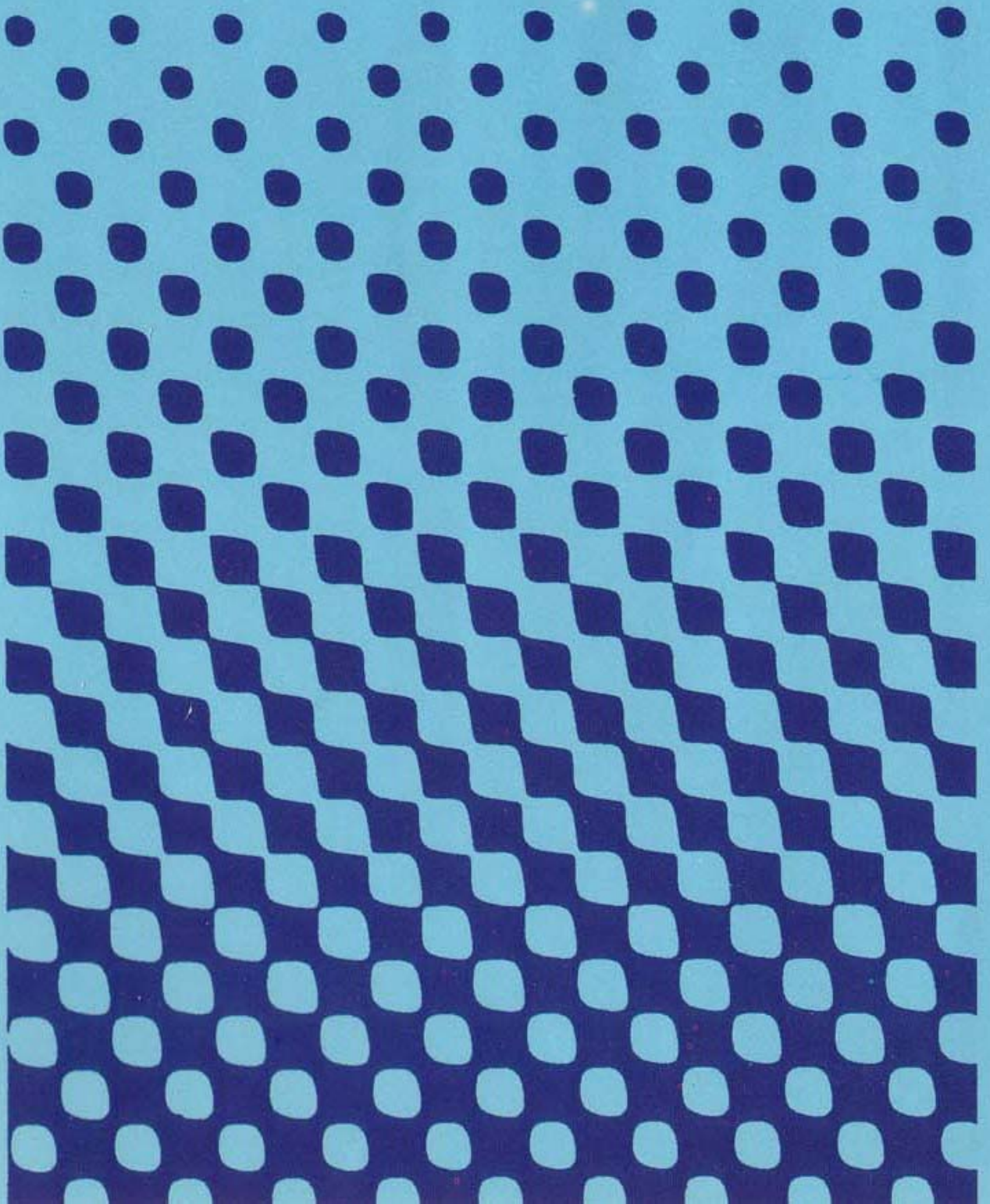


COMO NAJUNA

Del ZX-Spectrum

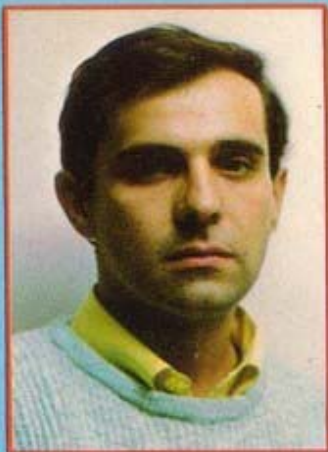
Jesús Alonso Rodríguez



Del ZX-Spectrum

Jesús Alonso Rodríguez





Jesús Alonso Rodríguez, de veintiocho años de edad, estudiante de Ciencias Económicas y colaborador desde sus inicios en la Revista MICROHOBBY, llegó al campo de la informática como aficionado cuando comenzaba a despertar esta revolución tecnológica en nuestro país. Su pasión por los ordenadores le ha llevado a convertirlos en su profesión, que desarrolla actualmente como Programador en un Organismo dependiente del Ministerio de Trabajo.

Autodidacta como es, se encuentra, tal vez, en una posición privilegiada para apreciar lo que el aficionado medio espera encontrar en un Curso de Programación. Responsable de la Sección CONSULTORIO de MICROHOBBY Semanal desde sus inicios, el contacto directo con los lectores de la revista ha constituido un inmejorable punto de observación para adaptar sus explicaciones a un nivel comprensible por la gran mayoría.

HOBBY PRESS, para gente inquieta.

INTRODUCCION AL CODIGO MAQUINA

Prácticamente cualquier usuario de Spectrum ha tenido alguna vez contacto con el código máquina. En este lenguaje están escritos los mejores programas comerciales, y algunas veces lo hemos utilizado en las páginas de nuestra revista.

Los menos experimentados se preguntan qué es eso del código máquina, qué tiene que ver con sentencias como DATA, USR, RANDOMIZE, etc. y sobre todo, para qué sirve. A lo largo de este curso, vamos a dar respuesta a estas y otras preguntas.

El código máquina no es sólo otro lenguaje más de programación; se trata de hablarle al ordenador directamente en el lenguaje que él entiende. De esta forma, no estamos sujetos a las restricciones del Basic, que son muchas, y tenemos un dominio completo sobre nuestra máquina.

Normalmente, nadie programa directamente en código máquina, este lenguaje está compuesto únicamente por sucesiones de números y no existe nadie capaz de recordarlos todos. Por esto, se

suelen escribir los programas en Assembler y después, traducirlos a código máquina. Esta última tarea, se conoce por el nombre de "ensamblado", y habitualmente, se realiza con la ayuda de un programa llamado "Ensamblador".

En los cuatro primeros capítulos del curso, se estudian algunas nociones previas que serán necesarias en los capítulos posteriores, por lo que no es recomendable pasar a estudiar un capítulo sin haber comprendido totalmente el anterior.

Es muy probable que el



gran volumen de lectores nos haga imposible mantener una correspondencia personalizada, pero aún así, nos agradecería que quienes sigan el curso nos escriban contándonos sus progresos o las dificultades que encuentran. Estas cartas nos permitirán ir adaptando las explicaciones a un nivel que satisfaga a todos y permita que nadie se quede "descolgado".

En este mismo capítulo incluimos dos rutinas de utilidad escritas en código máquina que permiten hacer "Scroll" lateral de la pantalla, a derecha e izquierda y pixel a pixel.

Las dos rutinas se han ensamblado una a continuación de la otra y son reubicables, es decir, se pueden colocar en cualquier parte de la memoria. Nosotros las hemos ensamblado a partir de la dirección 55000, pero quien disponga sólo de 16 K, puede colocarlas en otra dirección, haciendo unas pequeñas modificaciones en el programa cargador, que explicaremos un poco más adelante.

En la FIGURA 1, reproducimos fotográficamente el listado en Assembler de las dos rutinas. No se preocupe el lector si le suena a "chino", un listado en Assembler no es más difícil de entender que uno en Basic, cuando se conoce. Al final del curso, más de uno será capaz de mejorarlo.

El PROGRAMA 1 sirve, lógicamente, para cargar estas rutinas en memoria sin necesidad de Ensamblador. De esta forma, no es necesario saber código máquina para usarlas. Una vez estén en memoria, basta teclear:

```
RANDOMIZE USR 55000
```

II CODIGO MAQUINA

```

*HISOFT GENS3M ASSEMBLER*
  ZX SPECTRUM

  Copyright HISOFT 1983
  CURSO C/M MICROHOBBY

  Pass 1 errors: 00

      10 *C-
      20 *D+
55000 30          ORG      55000
      40 ;
      50 ;SCROLL_IZQUIERDA
      60 ;
55000 70          LD      HL,22527
55003 80          LD      C,192
55005 90 BUC_2    LD      B,32
55007 100         AND     A
55008 110 BUC_1   RL      (HL)
55010 120         DEC     HL
55011 130         DJNZ   BUC_1
55013 140         JR      NC,NOCA_1
55015 150         LD      (VAR),HL
55018 160         LD      IX,(VAR)
55022 170         SET    0,(IX+32)
55026 180 NOCA_1  DEC     C
55027 190         JR      NZ,BUC_2
55029 200         RET
      210 ;
      220 ;SCROLL_DERECHA
      230 ;
55030 240         LD      HL,16384
55033 250         LD      C,192
55035 260 BUC_4   LD      B,32
55037 270         AND     A
55038 280 BUC_3   RR      (HL)
55040 290         INC     HL
55041 300         DJNZ   BUC_3
55043 310         JR      NC,NOCA_2
55045 320         LD      (VAR),HL
55048 330         LD      IX,(VAR)
55052 340         SET    7,(IX-32)
55056 350 NOCA_2  DEC     C
55057 360         JR      NZ,BUC_4
55059 370         RET
23728 380 VAR     EQU     23728

  Pass 2 errors: 00

  Table used:      97  from  160

```

Fig. 1. Listado Assembler de las rutinas de "Scroll" lateral.

quina". Pero también podemos decirle: "pulsa la tecla 5, luego la tecla «por» y luego la tecla 7"; esto sería "Assembler".

Vamos a "programar" en "Assembler" a nuestro amigo, para que nos calcule el cuadrado de 5 por 7 y no escriba el resultado en un recuadro de la hoja de papel al que denominamos "archivo de presentación visual". La calculadora puede ser la representada en la FIGURA 2.

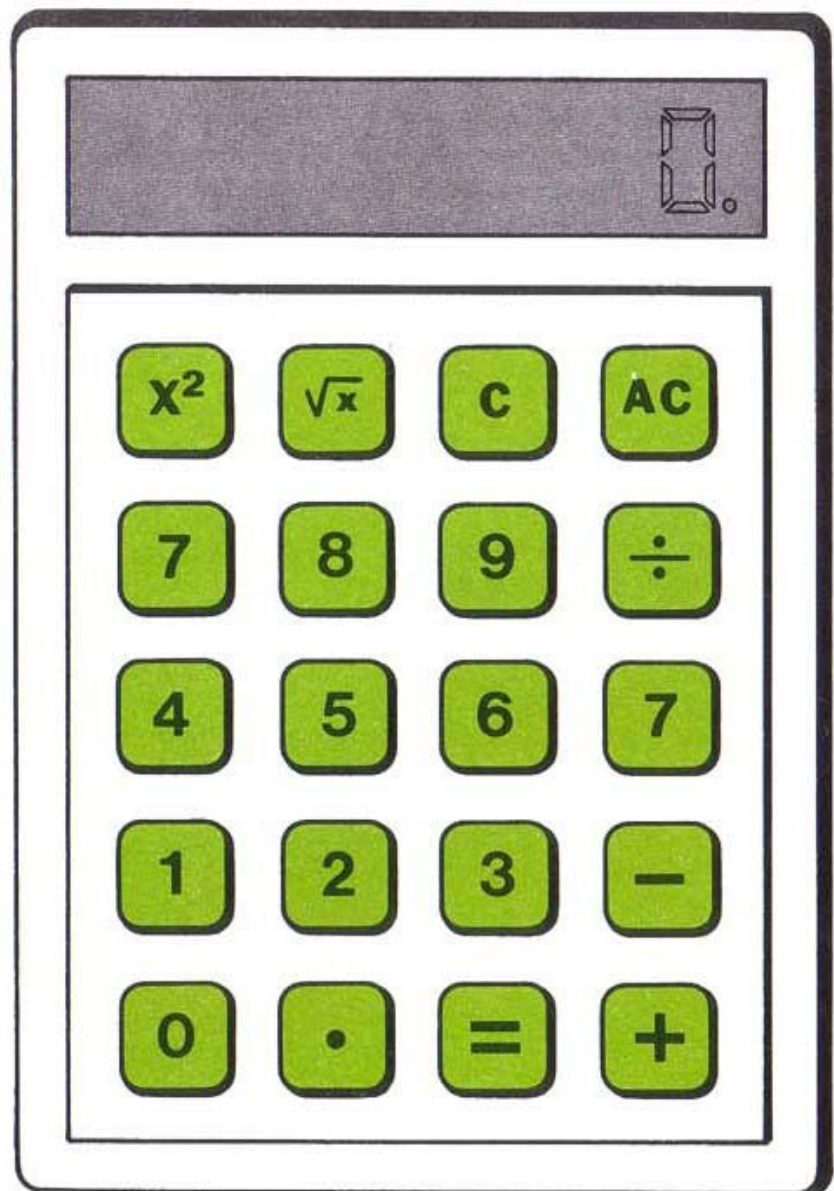
El programa podría quedar más o menos así:

```
10 Pulsa "AC"  
20 Pulsa "5"  
30 Pulsa "POR"  
40 Pulsa "7"  
50 Pulsa "="  
60 Pulsa "CUADRADO"  
70 Escribe Resultado  
80 Fin
```

Este programa se lo anotamos en el papel, y le damos la orden de que lo ejecute. Al final, él nos escribe el resultado en el papel.

Podemos sacar aún más partido a nuestro ejemplo. Supongamos que nuestro amigo supiera manejar perfectamente la calculadora, en ese caso, nos bastaría con decirle: "Calcula el cuadrado de 5 por 7 y anota el resultado". En este caso, estaríamos usando un "lenguaje de alto nivel". El Basic es un lenguaje de alto nivel, y lo podemos usar gracias a que nuestro ordenador tiene un "intérprete", lo que hace que "sepa" manejar perfectamente el microprocesador.

Vamos a estudiar detenidamente el proceso. Primero pulsamos "AC", con lo que se borran los anteriores contenidos de la calculadora. A



La calculadora de nuestro amigo el microprocesador.

continuación, pulsamos la tecla "5", con lo que aparece en pantalla el número cinco. La pantalla de la calculadora es un registro, y lo que hemos hecho ha sido cargar este registro con el número cinco. Luego definimos la operación a realizar, y cargamos el registro con el segundo operando (siete). Al pulsar "=" se realiza la operación y el resultado aparece de nuevo en ese registro. Finalmente, al pulsar "CUADRADO", elevamos al cuadrado el contenido del registro, y el resultado nos vuel-

ve a aparecer en el mismo.

La pantalla de una calculadora va acumulando los resultados de todas las operaciones que vamos realizando, por eso, podemos llamarla "registro ACUMULADOR". Todos los microprocesadores tienen un registro acumulador, pero a diferencia de las calculadoras, tienen también otros registros que nos pueden servir para diversos fines.

A pesar de tener muchos registros, no son suficientes para almacenar el enorme volumen de datos que maneja

IV CODIGO MAQUINA

un ordenador, por ello se recurre a un sistema de almacenamiento externo que se denomina "memoria" y cumple la misma función que el papel de nuestro ejemplo, sirve para almacenar tanto programas, como datos.

El "papel" que utilizamos como memoria está "cuadrículado" y nuestro microprocesador no sólo tiene "lápiz", sino también "goma" por lo que puede escribir y borrar en cualquiera de las cuadrículas; pero sólo borra una cuadrícula cuando tiene que escribir otro dato en ella. Las cuadrículas, a su vez, están numeradas, por lo que en cada caso, se puede acceder a una de ellas en concreto.

Existen más diferencias entre la calculadora y el microprocesador. Este último no realiza las mismas operaciones que una calculadora. Es cierto que puede sumar y restar, pero puede realizar también otro tipo de operaciones como incrementar un registro (sumarle 1), decrementarlo (restarle 1) rotarlo, y fundamentalmente, realizar lo que se denomina "operaciones lógicas" (AND, OR, NOT, EXOR). Además, nos informa continuamente de ciertas características del dato que contiene el acumulador, por ejemplo, nos dice si es cero, si es negativo, y otros cuya utilidad se irá viendo más adelante.

No obstante, la diferencia fundamental entre nuestro ejemplo y un verdadero microprocesador es que este último no trabaja en base 10 (decimal), sino en binario. Afortunadamente, no necesitamos trabajar siempre con números binarios (que son sumamente incómodos) y po-

dremos utilizar números en base 16 (hexadecimales).

Es muy importante adquirir cierta soltura en el manejo de la numeración hexadecimal, por ello, hemos dedicado un capítulo entero a este tema. Con bastante frecuencia, tendremos que convertir números decimales a hexadecimales o viceversa. Para esto se pueden usar los métodos descritos en el citado capítulo, pero resulta bastante tedioso, así que hemos desarrollado un programa que hace ese trabajo por nosotros. Este programa se encuentra en la página 11 del curso (MICROHOBBY número 43). Existen también, calculadoras de bolsillo capaces de operar en estas bases, y representan una gran ayuda a la hora de programar en código máquina.

También hemos dedicado un capítulo a describir el microprocesador Z-80 con el mayor detalle posible, ya que su conocimiento es imprescindible para programarlo. Sería algo así como el "manual" de la calculadora.

Finalmente, y antes de empezar a estudiar las instrucciones, hemos dedicado un capítulo a describir la forma en la que se debe elaborar un programa, independientemente del lenguaje utilizado.

Algebra de Boole

Prácticamente todos los instrumentos matemáticos que se utilizan en la programación de un pequeño ordenador como el Spectrum, forman parte del bagaje cultural de cualquier persona medianamente formada. Excepto, quizá, el álgebra de Boole.

Tal vez por ser de aparición relativamente reciente, tal vez por su escasa utilidad práctica en la realidad habitual, el caso es que el álgebra de Boole no ha sido incluida en el programa de estudios hasta fecha reciente; y lo ha sido dentro de la asignatura de "matemáticas comunes" del C.O.U. desgraciadamente, una de las "Marías".

Programando en Basic, hemos hecho uso de algunos conceptos provenientes del álgebra de Boole; cuando utilizábamos en las sentencias IF... THEN, los operadores OR, AND y NOT para expresar conjunciones o disjunciones lógicas. Al programar en Assembler o código máquina, haremos un uso mucho más profundo y preciso de estos operadores, así como del operador EXOR que no se utiliza en Basic.

Es tan frecuente (y útil) utilizar operadores lógicos en Assembler, como lo puede ser utilizar la suma y la resta en una calculadora de bolsillo. Por ello, es imprescindible tener un cierto conocimiento del álgebra de Boole; que por otro lado, es sumamente sencilla de aprender.

Dado que éste no pretende ser un manual de matemática moderna, no entraremos a definir formalmente lo que constituye un álgebra de Boole. Bástenos saber que un álgebra de Boole se puede construir allá donde tengamos un conjunto de elementos que puedan tomar dos valores (en nuestro caso, "0" y "1") y definamos una relación de equivalencia ("ser igual a") y dos operaciones internas al conjunto, que cumplan una serie de propiedades, similares a las que cumplen la suma

y el producto en el álgebra a la que estamos acostumbrados. El hecho de que las operaciones sean internas, quiere decir que al operar dos elementos del conjunto, lo que se obtiene es otro elemento que también pertenece al mismo. Lo que tiene por consecuencia, que siempre que hagamos operaciones lógicas entre "ceros" y "unos", obtendremos indefectiblemente, "ceros" y "unos".

Puesto que un circuito electrónico (y los ordenadores lo son) no pueden trabajar más que con "ceros" y "unos", el álgebra de Boole parece un instrumento especialmente adecuado a la Informática. Como se explica en el capítulo que trata de los sistemas de numeración, agrupamos los "unos" y "ceros" en secuencias de 8 o 16 para componer otros números; pero en definitiva, estaremos trabajando con "ceros" y "unos", y el juego de instrucciones del microprocesador nos permite aplicar operaciones lógicas entre el contenido de los registros.

A continuación, vamos a ver uno a uno los operadores lógicos de nuestro álgebra de Boole.

OPERADOR NOT

No se trata propiamente de un operador lógico pero podemos considerarlo como tal. El operador NOT se aplica sobre un solo elemento del conjunto, y lo convierte en su complementario. Es decir, si aplicamos NOT sobre un "0", obtenemos un "1"; y viceversa, si aplicamos NOT sobre un "1", obtenemos un "0". Su "Tabla de verdad" sería la siguiente:

| |
|-----------|
| NOT 0 = 1 |
| NOT 1 = 0 |

Una "tabla de verdad" equivalente, en álgebra de Boole, a la tabla de sumar o multiplicar. Se trata de una representación de todas las soluciones posibles que se pueden obtener con un operador determinado.

Si aplicamos el operador NOT al contenido de un registro, lo que obtenemos es el "complemento" de ese registro, es decir, cambiamos sus "unos" por "ceros" y sus "ceros" por "unos". A esta operación se la denomina "complementar un registro", y utilizamos para ello la instrucción CPL del microprocesador.

Veamos un ejemplo: Supongamos que el registro acumulador contiene el número:

| |
|-----------------|
| 0 1 1 0 1 0 1 0 |
|-----------------|

Que se podría escribir como "6Ah" en hexadecimal (ver capítulo referente a los sistemas de numeración). Si lo complementamos, obtenemos:

| |
|-----------------|
| 1 0 0 1 0 1 0 1 |
|-----------------|

Que podría escribirse como "95h" en hexadecimal. Hemos cambiado los "ceros" por "unos" y los "unos" por "ceros". El número "95h" es el complementario de "6Ah" porque si los sumamos, obtenemos "FFh", que a su vez, es el mayor número posible (todos son "unos").

De esta forma, sería posible construir una "tabla" para la operación NOT en hexadecimal. Esta tabla la hemos representado en la FIGURA 3. Se puede observar que si sumamos cualquier número, con el que resulta de aplicarle el operador NOT, obtenemos

"Fh", por eso son "complementarios".

OPERADOR OR

Se trata de una de las operaciones que se usan para definir nuestra álgebra de Boole, y es equivalente a la "suma" en el sentido de que satisface las mismas propiedades algebraicas.

Cuando operamos dos elementos de nuestro conjunto mediante este operador, obtenemos un "1" si al menos, uno de ellos es "1", o si lo son ambos; y obtenemos "0" en cualquier otro caso. La tabla de verdad del operador "OR" es la siguiente:

| |
|------------|
| 0 OR 0 = 0 |
| 0 OR 1 = 1 |
| 1 OR 0 = 1 |
| 1 OR 1 = 1 |

Veamos un ejemplo: Supongamos que el acumulador contiene el número:

| |
|-----------------|
| 0 1 0 0 0 1 1 0 |
|-----------------|

Es decir, "46h". Y le hacemos un "OR" con el número:

| |
|-----------------|
| 1 1 1 0 0 0 1 1 |
|-----------------|

Es decir, "E3h". El resultado sería el número:

| |
|-----------------|
| 1 1 1 0 0 1 1 1 |
|-----------------|

Que se representa en hexadecimal como "E7h". Vemos que hemos puesto un "1" en los lugares donde había "1" en cualquiera de los dos números y "0" en los lugares donde ambos números tenían un "0". La tabla para este operador en hexadecimal se puede ver en la FIGURA 4.

VI CODIGO MAQUINA

OPERADOR AND

En cierto sentido, se puede considerar que este operador es el opuesto del anterior. Equivale al producto, en cuanto a las propiedades algebraicas que satisface.

Cuando operamos dos elementos de nuestro conjunto ("unos" o "ceros") obtenemos un "1" solamente si ambos elementos son "1"; y un "0" en cualquier otro caso. La Tabla de verdad del operador AND es la siguiente:

| |
|-------------|
| 0 AND 0 = 0 |
| 0 AND 1 = 0 |
| 1 AND 0 = 0 |
| 1 AND 1 = 1 |

Vamos a ver que ocurre si, con los números del ejemplo anterior, aplicamos la operación AND:

| | |
|----------|-------|
| 01000110 | (46h) |
| AND | |
| 11100011 | (E3h) |
| = | |
| 01000010 | (42h) |

Esta vez, hemos puesto un "1" sólo en los lugares donde ambos números tenían un "1", y hemos puesto "0" en todos los demás lugares. La tabla del operador "AND" en Hexadecimal, está representada en la FIGURA 5.

OPERADOR EXOR

No se trata propiamente, de una operación del álgebra de Boole, pero es necesario describirlo dado el gran uso que se hace de él cuando se programa en Assembler. El ope-

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NOT | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
| | F | E | D | C | B | A | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Fig. 3. Tabla hexadecimal de "NOT".

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
| 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
| 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5 | 5 | 7 | 7 | 9 | 9 | B | B | D | D | F | F |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 6 | 8 | 6 | 7 | A | B | A | B | E | F | E | F |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 7 | 7 | 7 | 7 | B | B | B | B | F | F | F | F |
| 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 4 | 5 | 6 | 7 | C | D | E | F | C | D | E | F |
| 5 | 5 | 5 | 8 | 7 | 5 | 5 | 7 | 7 | D | D | F | F | D | D | F | F |
| 6 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 | E | F | E | F | E | F | E | F |
| 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | F | F | F | F | F | F | F | F |
| 8 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
| 9 | 9 | 9 | B | B | D | D | F | F | 9 | 9 | B | B | D | D | F | F |
| A | A | B | A | B | E | F | E | F | A | B | A | B | E | F | E | F |
| B | B | B | B | B | F | F | F | F | B | B | B | B | F | F | F | F |
| C | C | D | E | F | C | D | E | F | C | D | E | F | C | D | E | F |
| D | D | D | F | F | D | D | F | F | D | D | F | F | D | D | F | F |
| E | E | F | E | F | E | F | E | F | E | F | E | F | E | F | E | F |
| F | F | F | F | F | F | F | F | F | F | F | F | F | F | F | F | F |

Fig. 4. Tabla hexadecimal de "OR".

rador "EXOR" es, en cierta forma, una mezcla de los operadores "AND" y "OR".

Cuando operamos dos elementos de nuestro conjunto mediante este operador, obtenemos un "1", sólo si uno de los dos elementos es "1"; y obtenemos un "0" tanto si ambos son "ceros", como si ambos son "unos". La Tabla de verdad del operador "EXOR" es la siguiente:

| |
|--------------|
| 0 EXOR 0 = 0 |
| 0 EXOR 1 = 1 |
| 1 EXOR 0 = 1 |
| 1 EXOR 1 = 0 |

Apliquemos este operador a los números del ejemplo anterior:

| | |
|----------|-------|
| 01000110 | (46h) |
| EXOR | |
| 11100011 | (E3h) |
| = | |
| 10100101 | (42h) |

Hemos puesto un "0" en los lugares donde ambos números eran iguales (dos "unos" o dos "ceros"), y un "1" donde eran distintos ("cero" y "uno" o "uno" y "cero").

La tabla del operador "EXOR" en hexadecimal, está representada en la FIGURA 6. Como curiosidad importante, cabe señalar que si se realiza

CODIGO MAQUINA VII

| AND | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 3 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 4 | 5 | 4 | 5 | 0 | 1 | 0 | 1 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 6 | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 | 4 | 6 | 6 | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 | 4 | 6 | 6 |
| 7 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 9 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 8 | 9 | 8 | 9 | 8 | 9 | 8 | 9 |
| A | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 8 | 8 | A | A | 8 | 8 | A | A |
| B | 0 | 1 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 3 | 8 | 9 | A | B | 8 | 9 | A | B |
| C | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | C | C | C | C |
| D | 0 | 1 | 0 | 1 | 4 | 5 | 4 | 5 | 8 | 9 | 8 | 9 | C | D | C | D |
| E | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 | 4 | 6 | 6 | 8 | 8 | A | A | C | C | E | E |
| F | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |

Fig. 5. Tabla hexadecimal de "AND".

| XOR | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
| 1 | 1 | 0 | 3 | 2 | 5 | 4 | 7 | 6 | 9 | 8 | B | A | D | C | F | E |
| 2 | 2 | 3 | 0 | 1 | 6 | 7 | 4 | 5 | A | B | 8 | 9 | E | F | C | D |
| 3 | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 | B | A | 9 | 8 | F | E | D | C |
| 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 0 | 1 | 2 | 3 | C | D | E | F | 8 | 9 | 4 | B |
| 5 | 5 | 4 | 7 | 6 | 1 | 0 | 3 | 2 | D | C | F | E | 9 | 8 | B | A |
| 6 | 6 | 7 | 4 | 5 | 2 | 3 | 0 | 1 | E | F | C | D | A | B | 8 | 9 |
| 7 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | F | E | D | C | B | A | 9 | 8 |
| 8 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 9 | 9 | 8 | 8 | A | D | C | F | E | 1 | 0 | 3 | 2 | 5 | 4 | 7 | 6 |
| A | A | B | 8 | 9 | E | F | C | D | 2 | 3 | 0 | 1 | 6 | 7 | 4 | 5 |
| B | B | A | 9 | 8 | F | E | D | C | 3 | 2 | 1 | 0 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| C | C | D | E | F | 8 | 9 | A | B | 4 | 5 | 6 | 7 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| D | D | C | F | E | 9 | 8 | B | A | 5 | 4 | 7 | 6 | 1 | 0 | 3 | 2 |
| E | E | F | C | D | A | B | 8 | 9 | 6 | 7 | 4 | 5 | 2 | 3 | 0 | 1 |
| F | F | E | D | C | B | A | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |

Figura 6. Tabla hexadecimal de "EXOR".

una operación "EXOR" de un número consigo mismo, el resultado es siempre "cero"; lo cual es muy útil, ya que si se quiere cargar el número "cero" en el acumulador, se puede utilizar la instrucción "XOR A" ("EXOR" del acumulador consigo mismo) que ocupa la mitad de memoria y es el doble de rápida que "LD A,0"

(cargar el acumulador con cero).

De la misma forma, si se hace un "OR" o un "AND" de un número consigo mismo, éste no varía. En el programa de ejemplo de este capítulo, hemos usado la instrucción "AND A" ("AND" del acumulador consigo mismo) para poner a cero el indicador de

acarreo sin que varíe el contenido del acumulador.

El empleo de operadores lógicos nos va a permitir movernos por tablas, calcular direcciones de memoria, poner "máscaras" a algunos bits, y un sinfín de utilidades que justifican la necesidad de adquirir el mayor dominio posible del álgebra de Boole.

EJERCICIOS

1.- Realizar un "AND", un "OR" y un "EXOR" entre los siguientes pares de números:

1 1 1 0 0 1 0 0 y 0 1 1 0 1 0 0 1

0 1 0 1 0 0 0 0 y 1 0 1 0 1 1 1 1

0 0 0 1 1 0 1 0 y 1 0 1 1 0 1 0 0

2Ah y Bfh

B1h y 58h

2.- Repetir el ejercicio anterior, utilizando los complementarios de los números propuestos.

MICROHOBBY

SEMANTAL

CODIGO MAQUINA

Jesús Alonso Rodriguez

Comienza aquí un nuevo curso dedicado al estudio y utilización de uno de los lenguajes más profesionales entre los usuarios de ordenadores, el Código Máquina. Con él, al igual que hiciéramos con su antecesor, el Basic, pretendemos cubrir las necesidades de nuestros lectores y ofrecerles una idea clara, ayudándonos de ejemplos y todo tipo de gráficos, de este lenguaje, tanto para iniciados como para los que quieran llegar a serlo.

HOBBY PRESS, S.A.

CODIGO MAQUINA

La diferencia esencial entre un lenguaje de alto nivel, como el BASIC, y el código máquina, es que, mientras el primero se escribe en un lenguaje coloquial empleando como base el idioma inglés, el segundo ahorra memoria y tiempo de proceso a cambio de escribirlo en unos códigos que representan los bits que entiende el microprocesador.

Cuando se manda ejecutar un comando BASIC al ordenador, es el propio programa monitor el que interpreta y ejecuta ese comando. En un programa escrito en BASIC se iría haciendo así por cada comando o instrucción. En cambio, en un programa escrito en código máquina cada instrucción es leída directamente por el microprocesador y ejecutada de inmediato.

Como desventaja, la realización de un programa en código máquina no exige un planteamiento más minucioso del problema.

Se puede pues deducir que programar en BASIC es más

fácil, se emplea un lenguaje casi humano, pero se desperdicia una cantidad tremenda de memoria y tiempo de microprocesador, mientras que con el código máquina se ahorra parte de esa memoria y mucho en tiempo de proceso, pero es necesario usar unos códigos nemotécnicos para facilitar lo que sería una secuencia aparentemente aleatoria.

Este código nemotécnico es lo que se denomina ASSEMBLER.

El curso comenzará por explicar lo que es un código de máquina, analizando las diferencias entre intérprete, ensamblador y compilador. También se verá el porqué de utilizar sistemas de numeración distintos al decimal. Posteriormente se estudiará la arquitectura del microprocesador Z-80 para entrar ya a estudiar todo el repertorio de instrucciones y formatos así como las técnicas de programación de más utilidad. Finalmente, estudiaremos el fun-

cionamiento de un programa ensamblador y los recursos que proporciona.

Durante todos los capítulos se irán viendo ejemplos clarificadores y ejercicios de dificultad ascendente para afianzar los conocimientos.

Para justificar el esfuerzo necesario en aprender a programar en ASSEMBLER o código máquina, hay que tener en cuenta lo siguiente:

a) En el mejor de los casos, en el Spectrum se dispone de 48 K de memoria.

b) Los programas de utilidad y los juegos más sofisticados están en este lenguaje.

c) El programa monitor o sistema operativo (almacenado en la ROM) también lo usa, lo que nos permitirá investigarlo.

Por último, añadir que no es necesario dominar el BASIC, es más, ni siquiera conocerlo, para aprender a programar en código máquina, si bien como la lógica es la misma, facilitara su comprensión.

CODIGO MAQUINA Y ASSEMBLER

Lenguaje de máquina

Un lenguaje de máquina es aquel con el que trabaja el microprocesador; para reaccionar y efectuar la operación que se desea, necesita de una secuencia de señales eléctricas almacenadas como "unos" y "ceros" en las posiciones de la memoria. Una y solo una secuencia de señales concreta, realiza una determinada operación. Identificaremos a partir de ahora la existencia de señal con un "1" y la ausencia con un "0".

Microprocesador imaginario

El Spectrum trabaja con el microprocesador Z-80 cuyo funcionamiento se explicará en el Capítulo 3 de este curso. El Z-80 es un microprocesador un tanto complejo, de forma que para introducirnos en el estudio del código máquina vamos a idear un microprocesador imaginario con un funcionamiento extremadamente simplificado.

Supongamos un microprocesador que tiene un registro de índice "I" y uno aritmético "A", a los que identifica como

"01" y "10" respectivamente.

Un registro en un microprocesador es un campo interno modificable; denominamos campo a un lugar donde se almacenan datos; de esta forma, un registro es algo similar a una posición de memoria pero interno al microprocesador, su función es parecida a la de las variables en el BASIC.

También dispone del siguiente repertorio de instrucciones, cada una de las cuales tiene asignado un código de operación:

| OPERACION | CODIGO |
|-------------------------------|--------|
| Cargar registro | 001 |
| Almacenar registro | 010 |
| Sumar en registro aritmético | 011 |
| Restar en registro aritmético | 100 |
| Saltar por contenido cero | 101 |
| Saltar por contenido no cero | 110 |
| Decrementar registro índice | 111 |

Suponemos que el ordenador en el que está incorporado utiliza posiciones de memoria de 10 bits (el Spectrum las utiliza de 8). Nuestro microprocesador trabaja con un formato fijo para entender la secuencia de señales tal que:

— Los tres primeros bits son el identificativo o código

de la operación que se quiere realizar.

— Los dos siguientes son el identificativo del registro con que se opera.

— Los cinco siguientes y últimos indican la posición de memoria, si procede, que va desde 00000 a 11111.

El formato de instrucción quedaría como se muestra en la FIGURA 1 y las instrucciones serían las siguientes:

CARGAR REGISTRO:

Definición: Carga el registro indicado con el contenido de la posición de memoria.

Formato:



ALMACENAR REGISTRO:

Definición: Almacena el contenido del registro indicado en la posición de memoria.

Formato:



SUMAR EN REGISTRO ARITMETICO:

Definición: Suma en el registro aritmético el contenido

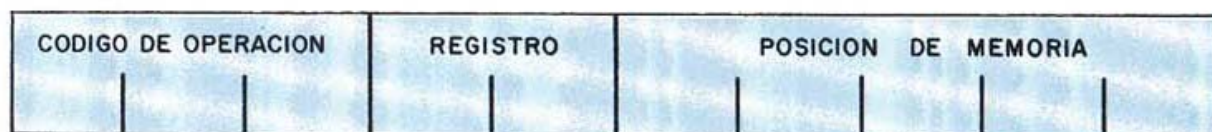


FIGURA 1

de la posición de memoria que resulta de sumar la posición de memoria indicada en la instrucción con el contenido del registro índice si está indicado.

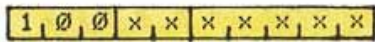
Formato:



RESTAR EN REGISTRO ARITMETICO:

Definición: Resta en el registro aritmético el contenido de la posición de memoria que resulta de sumar la posición de memoria indicada en la instrucción con el contenido del registro índice si está indicado.

Formato:



SALTAR POR CONTENIDO CERO:

Definición: Salta a la posición de memoria indicada si el valor del registro señalado es cero.

Formato:



SALTAR POR CONTENIDO NO CERO:

Definición: Salta a la posición de memoria indicada si el valor del registro señalado es distinto de cero.

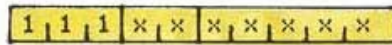
Formato:



DECREMENTAR EL REGISTRO INDICE:

Definición: Resta uno al valor del registro índice.

Formato:



Definido ya este microprocesador con la única intención de hacer más comprensibles los conceptos que se pretenden adquirir vamos, siguiendo la misma línea, a dar solución a un supuesto problema.

Supuesto

Se quiere sumar el contenido de las diez posiciones de memoria a partir de la posición 10110. Si todos los valores son cero o el resultado es 11111, almacenaremos 11111 en la posición 00000; si no, ponemos el resultado en la posición 00001.

Para irnos acostumbrando a trabajar con métodos de programación empezaremos por hacer el organigrama. Es interesante intentar hacerlo en un papel aparte y luego comprobar resultados. No tiene porqué ser exactamente igual; cualquier organigrama es válido siempre que funcione. Un posible organigrama está representado en la FIGURA 2.

Codificación

Basándonos en los códigos definidos anteriormente, iremos definiendo las posiciones de memoria.

Campos:

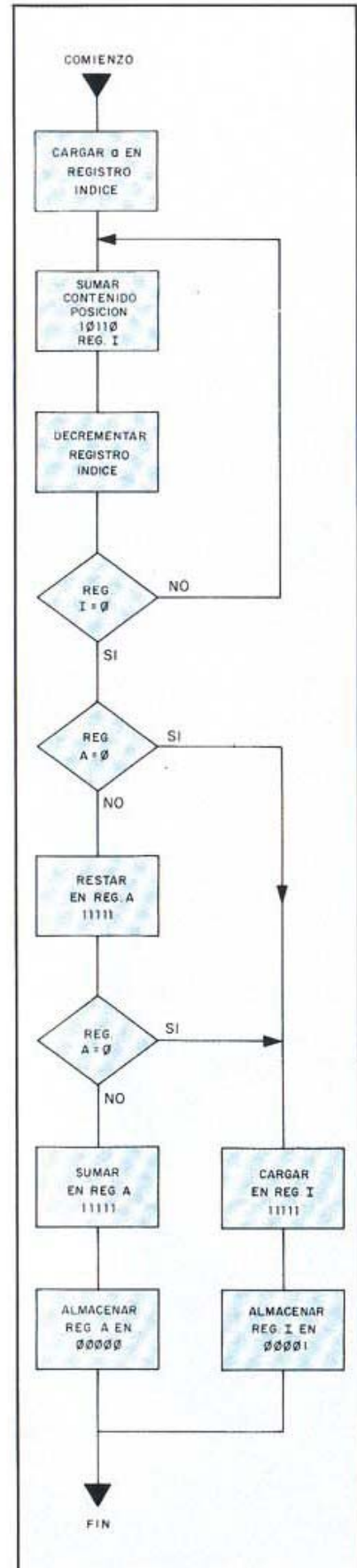


FIGURA 2.

4 CODIGO MAQUINA

| DIRECCION | CONTENIDO |
|-----------|---------------------------|
| 00011 | 0000011111 |
| 00100 | 0000001001 (9 en binario) |

El programa lo cargaremos a partir de la posición de memoria 01000. Instrucciones:

| DIRECCION | INSTRUCCION | COMENTARIOS |
|-----------|--------------|-------------------------------------|
| 01000 | 001 01 00100 | (Cargar el registro "I" con un 9) |
| 01001 | 011 01 10110 | (Suma contenido 10110 + reg. "I") |
| 01010 | 111 00 00000 | (Decrementa el registro "I") |
| 01011 | 110 01 01001 | (Seguir sumando si no van 9 pos.) |
| 01100 | 101 10 10100 | (Saltar si resultado=cero a 10100) |
| 01101 | 100 00 00011 | (Restar a la suma el valor 11111) |
| 01110 | 101 10 10100 | (Saltar si resultado=cero a 10100) |
| 01111 | 011 00 00011 | (Recuperar valor acumulado) |
| 10000 | 010 10 00000 | (Almacenar resultado en pos. 00000) |
| SALIDA | | |
| 10100 | 001 01 00011 | (Cargar en reg. "I" el valor 11111) |
| 10101 | 010 01 00001 | (Almacenar resultado en pos. 00001) |
| SALIDA | | |

La memoria quedaría configurada de la siguiente manera: Memoria:

| | ...00 | ...01 | ...10 | ...11 |
|-------|------------|------------|------------|------------|
| 000.. | 0000000000 | 0000000000 | 0000000000 | 0000011111 |
| 001.. | 0000001001 | 0000000000 | 0000000000 | 0000000000 |
| 010.. | 0010100100 | 0110110110 | 1110000000 | 1100101001 |
| 011.. | 1011010100 | 1000000011 | 1011010100 | 0110000011 |
| 100.. | 0101000000 | 0000000000 | 0000000000 | 0000000000 |
| 101.. | 0010100011 | 0100100001 | 0000000000 | 0000000000 |
| 110.. | 0000000000 | 0000000000 | 0000000000 | 0000000000 |
| 111.. | 0000000000 | 0000000000 | 0000000000 | 0000000000 |

Como se puede ver, esto supone un trabajo tremendo, y la facilidad de cometer errores es evidente. Siguiendo nuestro desarrollo de microprocesador simulado, tenemos que buscar una manera de facilitar el trabajo, para lo cual vamos a hacer corresponder a cada instrucción con una secuencia de letras que nos sirva para recordarla y nos de una idea de la operación que debe realizar. A esto se le denomina *representación simbólica* o código nemotécnico.

| OPERACION | CODIGO | |
|-------------------------------|---------|-------------|
| | MAQUINA | NEMOTECNICO |
| Cargar registro | 001 | CA |
| Almacenar registro | 010 | AL |
| Sumar en registro aritmético | 011 | SUM |
| Restar en registro aritmético | 100 | RES |
| Saltar si contenido cero | 101 | SC |
| Saltar si contenido no-cero | 110 | SNC |
| Decrementar registro "I" | 111 | DEC |

Se verá que es más fácil recordar el código nemotécnico o simbólico que los números de código máquina.

Sigamos simplificando, cuando nos refiramos a los registros en lugar de llamarlos 01 y 10 llamaremos al registro índice "I" y al registro aritmético "A".

| | | |
|---------------------|---|-----------|
| Registro índice | I | código 01 |
| Registro aritmético | A | código 10 |

Por último, cada vez que nos refiramos a una posición de memoria en lugar de recordar el valor numérico de su dirección, le daremos un nombre o literal, este literal tiene el valor de la dirección que representa y se le conoce con el nombre genérico de *etiqueta*.

Entonces diremos que la representación simbólica de una instrucción es la siguiente:

| ETIQUETA | NEMOTECNICO/REGISTRO | POSICION DE MEMORIA |
|------------|----------------------|---------------------|
| (opcional) | (opcional) | (opcional) |

Codificación del supuesto en lenguaje simbólico:

Campos:

| | | |
|-----------|------|-----------------------|
| RESULTADO | (0) | |
| OTROCASO | (1) | |
| CONSTANTE | (31) | (valor dec. de 11111) |
| NUEVE | (9) | |
| NUMEROS = | 22 | (valor dec. de 10110) |

Cuando ponemos el número entre paréntesis indicamos el contenido del campo, y cuando se pone el signo "=" nos referimos al valor que tiene el literal. Cualquier simbólico tiene que diferenciar entre dirección y contenido.

Instrucciones:

| | | |
|--------|-------|-----------|
| | CA/I | NUEVE |
| SUMAR | SUM/I | NUMEROS |
| | DEC | |
| | SNC/I | SUMAR |
| | SC/A | NOSUMA |
| | RES | CONSTANTE |
| | SC/A | NOSUMA |
| | SUM | CONSTANTE |
| | AL/A | RESULTADO |
| | FIN | |
| NOSUMA | CA/I | CONSTANTE |
| | AL/I | OTROCASO |
| | FIN | |

¿Qué se ha hecho?

1.º Definir los campos.

Damos a unos campos un nombre y un contenido inicial, siempre que queramos tomar su contenido nos acordaremos sólo del nombre del campo.

2.º Definir constantes.

Damos a un literal un valor, siempre que necesitemos ese valor sólo tendremos que recordar el nombre.

La constante NUMEROS nos indica el comienzo del campo donde tenemos los sumandos.

3.º Codificar la rutina.

Usando los códigos nemotécnicos construimos las instrucciones. Siempre que tengamos que saltar a una instrucción definiremos delante una etiqueta, así al tener que codificar la instrucción de salto con poner el literal no hay que andar considerando cual es la dirección a la que se quiere saltar.

Bien, ya tenemos un programa codificado en un lenguaje simbólico, lo que se llama un *programa fuente*. Está claro que para nosotros es más fácil entenderlo que la secuencia de números, pero la máquina no lo entiende. ¿Qué es lo que nos hacía falta?, sencillamente algo que lo convirtiera.

Intérpretes y Ensambladores

Un intérprete sería un programa que fuera leyendo una a una todas las instrucciones, pasándolas al código máquina y dándoselas de esa manera al microprocesador para que las ejecute. Algo así como ocurre con el BASIC.

En un lenguaje ASSEMBLER esto no es rentable, lo que se usa son unos programas llamados ENSAMBLA-

DORES o COMPILADORES que cogen las instrucciones, las colocan una detrás de otra en lenguaje máquina, calculan las direcciones relativas de cada campo o etiqueta y dan como resultado un programa en código máquina que se llama *código objeto*. Este programa posteriormente se carga en una posición de memoria de la máquina y ese cargador le suma a las direcciones relativas el valor de la dirección de carga con lo cual tenemos un programa listo para ejecutarse, a este programa se le llama *absoluto*. Todos los ensambladores que existen para el Spectrum, dan como resultado un programa absoluto.

En el supuesto que hemos realizado en una máquina imaginaria, el programa absoluto es la primera secuencia de números que hicimos.

Ejecución

El programa absoluto en código máquina lo ejecuta el microprocesador directamente según los siguientes pasos:

- lee instrucción
- incrementa puntero siguiente instrucción
- ejecuta instrucción.

Cuando hay una instrucción que modifica la secuencia del programa lo que hace es modificar el puntero de la siguiente instrucción (de forma equivalente a un GOTO en BASIC, pero en vez de mandar a un número de línea, manda a una posición de memoria apuntada por una etiqueta).

Como se ve, la ejecución de un programa absoluto no requiere la participación de ningún otro programa, como en el caso del BASIC que requie-

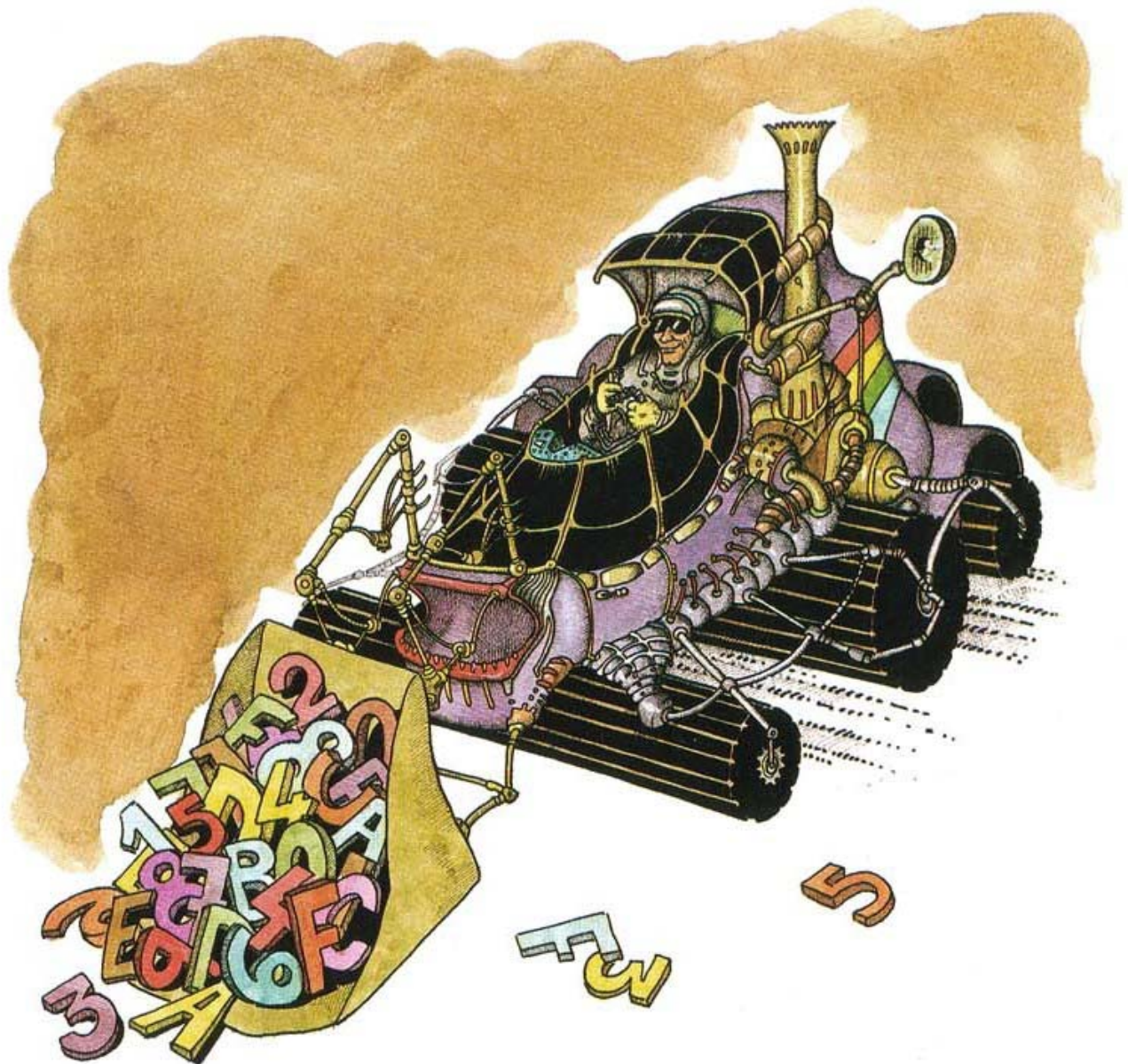
6 CODIGO MAQUINA

re la actuación del programa MONITOR, por lo cual es muchísimo más rápido.

Tanto el lenguaje de máquina como el simbólico hasta aquí visto es imaginario, sólo nos ha valido para la mayor comprensión del tema. He-

mos ideado un microprocesador sumamente sencillo con el fin de que el lector comprendiera fácilmente lo que es un código máquina. A partir de ahora, nos ceñiremos al microprocesador Z-80 de ZILOG, su repertorio de

instrucciones abarca más de 500, el formato de instrucción no es tan sencillo como el visto aquí y trabaja sobre posiciones de memoria de 8 bits; no obstante, los principios básicos de funcionamiento son los mismos. ■



SISTEMAS DE NUMERACION

Sistema decimal

Desde antiguo el Hombre ha ideado sistemas para numerar objetos, algunos sistemas primitivos han llegado hasta nuestros días, tal es el caso de los "números romanos", pero sin duda el más extendido en la actualidad es el sistema decimal de números arábigos, llamado así por ser los árabes sus creadores.

En el sistema decimal, los números se forman por combinación de 10 signos distintos: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. Cada uno de estos signos tiene un valor, y el valor del número que forman se haya multiplicando el valor de cada uno de ellos por 10 elevado a la potencia correspondiente a su situación en el número, siendo 0 el de más a la derecha, 1 el siguiente y así sucesivamente. De esta forma, el número 5348 sería igual a:

$$5348 = 8 \cdot 10^0 + 4 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^3 \\ = 8 \cdot 1 + 4 \cdot 10 + 3 \cdot 100 + 5 \cdot 1000$$

La misma denominación del número nos lo recuerda, decimos: cinco mil, tres cientos, cuarenta y ocho. El sistema decimal es de uso tan frecuente que no vale la pena insistir en él, pero es importante hacer notar que la base de los exponentes es siempre 10 y por tanto, este sistema se denomina también "de base 10". Es posible crear sistemas que utilicen una base distinta, y de hecho, estos sistemas son muy usados en informática.

Sistema binario

Un ordenador es una máquina esencialmente binaria, su componente básico es el transistor que sólo admite dos estados posibles, o bien pasa corriente, o bien no pasa.

Los "puristas" podrían objetar que un transistor puede tener múltiples estados dependiendo de la cantidad de corriente que pase; es cierto, pero la medición de esta cantidad de corriente implica una imprecisión que podría crear ambigüedades, y un ordenador no admite ambigüedad. De forma que por debajo de un determinado valor, se considera que no pasa corriente, y por encima de otro, se considera que sí pasa.

Arbitrariamente, asociamos estos dos estados con dos dígitos, cuando no pasa corriente, decimos que tenemos un "0" y cuando pasa, decimos que tenemos un "1". De esta forma, podremos representar mediante un dígito el estado de un interruptor: "1" cuando esté encendido y "0" cuando esté apagado.

Si tenemos una serie de interrupciones puestos en fila, podríamos representar el estado de todos ellos mediante un número binario. En la FIGURA 1 vemos una serie de interruptores cuyo estado podría ser definido mediante el número binario: "10011".

Como se ve, el sistema binario es perfectamente adecuado para su uso en circui-

tos electrónicos. A cada "1" o "0" de un número binario le llamaremos "dígito binario", que puede abreviarse como "bit" (contracción de "binary digit").

El valor de un número binario se haya de la misma forma que en el sistema decimal, excepto que esta vez, la base es "2". Así el número "10011" será:

$$10011 = 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^2 \\ + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^4$$

Es decir:

$$10011 = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 8 + \\ 1 \cdot 16 = 19 \text{ en decimal}$$

Ya hemos visto implícitamente, cómo transformar un número binario en decimal, el proceso inverso (transformar un número decimal en binario), lo veremos más adelante, cuando estudiemos el método general para transformar números en cualquier base.

Operaciones aritméticas en binario

Los números binarios se pueden sumar, restar, multiplicar y dividir de igual forma que los decimales, sólo es necesario conocer las "tablas" correspondientes. Veamos primero la suma.

Para sumar en decimal los números 19 y 28, los colocamos de la siguiente forma:

$$\begin{array}{r} 19 \\ + 28 \\ \hline \end{array}$$

8 CODIGO MAQUINA

Y a continuación hacemos: "9 más 8 igual 7 y me llevo 1, 1 más 1 más 2 igual 4" el resultado es 47, es decir:

$$\begin{array}{r} 1 \\ 19 \\ + 28 \\ \hline = 47 \end{array}$$

Al sumar 9 y 8 nos da un resultado superior a 9, es decir, superior al dígito más alto de nuestro sistema, por lo que decimos que "nos llevamos una", esta "una" que "nos llevamos" se denomina en binario "acarreo" (o "carry" en inglés). Cuando se suma en binario, es necesario tener en cuenta el acarreo.

Vamos ahora a ver la "tabla de sumar" en binario:

$$\begin{array}{l} 0 + 0 = 0 \\ 0 + 1 = 1 \\ 1 + 1 = 10 \end{array}$$

Es decir, cuando sumamos 1 más 1 el resultado es 0 pero se produce un acarreo de 1. Veamos un ejemplo: vamos a sumar los números 19 y 28 en binario. 19 es 10011 y 28 es 11100, de esta forma:

$$\begin{array}{r} 1 \\ 010011 \\ + 011100 \\ \hline = 101111 \end{array}$$

El resultado es 101111, o bien 47 en decimal. Al sumar los dos unos de la izquierda, se ha producido un acarreo que hemos anotado encima de la siguiente columna. Al igual que en decimal, los ceros a la izquierda son irrelevantes.

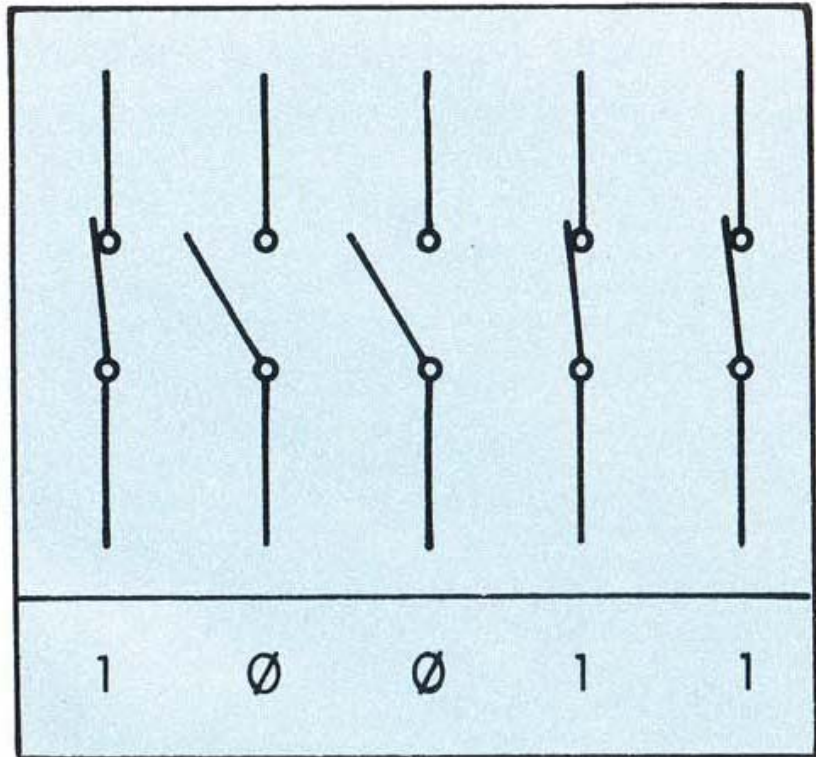


Figura 1.

Es interesante saber cómo realiza el ordenador esta operación. El programador de Basic, seguramente, esté familiarizado con los operadores lógicos AND, OR y NOT, pero quizá no lo esté tanto con el operador EXOR (OR exclusivo). A continuación se muestran las "tablas de verdad" correspondientes a estos operandos. Es conveniente manejar con facilidad el operador EXOR, ya que se utiliza con frecuencia al programar en código máquina.

$$\begin{array}{l} 0 \text{ AND } 0 = 0 \\ 0 \text{ AND } 1 = 0 \\ 1 \text{ AND } 0 = 0 \\ 1 \text{ AND } 1 = 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 0 \text{ OR } 0 = 0 \\ 0 \text{ OR } 1 = 1 \\ 1 \text{ OR } 0 = 1 \\ 1 \text{ OR } 1 = 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{NOT } 0 = 1 \\ \text{NOT } 1 = 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 0 \text{ EXOR } 0 = 0 \\ 0 \text{ EXOR } 1 = 1 \\ 1 \text{ EXOR } 0 = 1 \\ 1 \text{ EXOR } 1 = 0 \end{array}$$

El equivalente eléctrico del operador AND, serían dos interruptores en serie, el del operador OR, dos interruptores en paralelo. Siguiendo la misma analogía, el equivalente eléctrico del operador EXOR, serían dos interruptores conmutados, como los que se utilizan frecuentemente para encender y apagar la luz de una habitación desde dos puntos distintos.

Vistas estas tablas, no es difícil deducir la correspondencia con la tabla de sumar vista anteriormente. La suma se obtiene mediante una operación EXOR entre los dos bits, y el acarreo se obtiene mediante una operación AND. Esta correspondencia es la que permite a un ordenador realizar cálculos, ya que eléc-

tricamente, sólo es posible realizar operaciones lógicas.

No obstante, no se preocupe el lector por tener que realizar operaciones lógicas bit a bit cada vez que quiera sumar dos números, el juego de instrucciones del microprocesador Z-80, afortunadamente, incluye las instrucciones necesarias para realizar sumas y restas de forma bastante sencilla.

Números negativos

Hemos visto cómo suma una ordenador, pero ¿cómo resta? Para conseguir restar en binario, tendremos que establecer antes un convenio sobre qué consideramos números negativos.

Se denomina "complemento a 1" de un bit, a lo que le falta a ese bit para ser "1", es decir, el complemento de "1" es "0" y el de "0" es "1" (el complemento a 1 viene dado por el operador lógico NOT). Por tanto, el complemento a 1 de un número binario es el resultado de cambiar sus "unos" por "ceros" y sus "ceros" por "unos". Por ejemplo: el complemento a 1 de "10011101" es "01100010".

Por otro lado, se denomina "complemento a 2" al "complemento a 1" más 1, es decir, al resultado de cambiar los unos por ceros y los ceros por unos, y luego sumar uno. Veamos algunos ejemplos:

| NUMERO ORIGINAL | COMPLEMENTO A 1 | COMPLEMENTO A 2 |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 11001011 | 00110100 | 00110101 |
| 00100100 | 11011011 | 11011100 |
| 01010101 | 10101010 | 10101011 |
| 10101010 | 01010101 | 01010110 |

Podría parecer algo arbitrario, sin embargo es sumamente útil, ya que como veremos a continuación, es posible usar el complemento a 2 de un número como su negativo. Para restar dos números, sumamos al "minuendo" el complemento a 2 del "sustraendo". Vamos a ver algunos ejemplos, trabajando con números de 8 bits, que son los que utiliza el Z-80 (de hecho, también utiliza números de 16 bits, pero sería demasiado largo para un simple ejemplo). Vamos a restar 28 menos 19, para lo cual sumamos a 28 el complemento a 2 de 19:

$$\begin{array}{r}
 28 \quad 00011100 \\
 - 19 \quad + 11101101 \\
 \hline
 = 9 \quad = 100001001
 \end{array}$$

Obtenemos el número "00001001" con un acarreo de "1". El acarreo nos indica que el resultado es positivo, es decir, el resultado es "+9" como cabía esperar.

Ahora vamos a realizar la operación inversa, es decir, vamos a restar 19 menos 28 por tanto, tendremos que sumar a 19 el complemento a 2 de 28:

$$\begin{array}{r}
 19 \quad 00010011 \\
 - 28 \quad + 11100100 \\
 \hline
 = -9 \quad = 01110111
 \end{array}$$

Esta vez hemos obtenido el número "11110111" con un

acarreo de "0". El hecho de que el acarreo sea "0" nos indica que el número es negativo, y "11110111" es, precisamente, complemento a 2 de "9", es decir, "-9" como también cabía esperar.

Un hábil lector habrá comprobado que, trabajando con números de 8 bits, podemos saber si un número es negativo con sólo mirar el primer bit (el de más a la izquierda); si este bit es "1", el número será negativo. Bien, esto no siempre es cierto. Trabajando con 8 bits, se pueden representar 256 números distintos (desde 0 hasta 255), el Z-80 los considera casi siempre, todos positivos, pero hay veces que considera positivos a los 128 primeros (desde 0 a 127) y negativos a los 128 restantes (desde 128 a 255). En este último caso, si funciona la regla explicada anteriormente, y de hecho, al bit de más a la izquierda se le denomina "bit de signo".

De esta forma, 255 sería equivalente a "-1", 254 a "-2", 253 a "-3", y así sucesivamente hasta 128 que sería en realidad, "-128". Podría parecer un poco "lioso", pero con un poco de imaginación, se puede asimilar al funcionamiento de un cuenta-kilómetros de automóvil. Si partimos de un número cualquiera y vamos restando 1, llegará un momento que obtendremos "00000000", si a continuación volvemos a restar 1, obtendremos "11111111" (más un acarreo, lógicamente), es decir, "255" en decimal, si volvemos a restar 1, obtendremos "254"; parece lógico asignar a "255" el valor "-1" y a "254" el "-2" y así sucesivamente. En la segunda columna de la FIGURA 2, podrá ilustrar esto con mayor claridad.

PROGRAMA 1

```

10 REM PROGRAMA 1
*****
*
*   CONVERSION DE BASES
*
*****
100 INPUT "Numero? "; c$: RANDOM
IZE USR 3582: RANDOMIZE USR 3582
: IF c$="" STOP THEN GO TO 9999
110 IF c$="" THEN GO TO 100
120 LET d$=c$(LEN c$): IF d$="b
" THEN GO TO 1000
130 IF d$="h" THEN GO TO 2000
200 FOR n=1 TO LEN c$: IF c$(n)
<"0" OR c$(n)>"9" THEN GO TO 300
210 NEXT n: LET a=VAL c$: GO TO
3000
300 PRINT AT 21,0;"<ERROR> de s
intaxis": GO TO 100
1000 LET c$=c$(TO LEN c$-1): FO
R n=1 TO LEN c$: IF c$(n)<"0" OR
c$(n)>"1" THEN GO TO 300
1010 NEXT n
1020 REM BIN. (c$) A DEC. (a)
1030 LET a=0: FOR n=0 TO LEN c$-
1: LET b=VAL c$(LEN c$-n): LET a
=a+b*2^n: NEXT n: GO TO 3000
2000 LET c$=c$(TO LEN c$-1): FO
R n=1 TO LEN c$: IF c$(n)<"0" OR
c$(n)>"9" THEN GO SUB 2500
2010 NEXT n
2020 REM HEX. (c$) A DEC. (a)
2030 LET a=0: FOR n=0 TO LEN c$-
1: LET e$=c$(LEN c$-n)
2040 IF e$>="0" AND e$<="9" THEN
LET b=VAL e$

```

```

2050 IF e$>="A" AND e$<="F" THEN
LET b=CODE e$-55
2060 LET a=a+b*16^n: NEXT n: GO
TO 3000
2500 IF c$(n)<"A" OR c$(n)>"F" T
HEN GO TO 300
2510 RETURN
3000 IF a<0 OR a>=65536 THEN GO
TO 3500
3010 REM DEC. (a) A HEX. (b$)
3020 LET b$="": LET c=a
3030 LET coc=INT (c/16): LET res
=c-coc*16: IF res<10 THEN LET e$
=STR$ INT res
3040 IF res>=10 THEN LET e$=CHR$
(res+55)
3050 LET b$=e$+b$: LET c=coc: IF
c>=16 THEN GO TO 3030
3060 IF c<10 THEN LET e$=STR$ IN
T c
3070 IF c>=10 THEN LET e$=CHR$ (
c+55)
3080 LET b$=e$+b$
3100 REM DEC. (a) A BIN. (a$)
3110 LET a$="": LET c=a
3120 LET coc=INT (c/2): LET res=
c-coc*2: LET e$=STR$ INT res: LE
T a$=e$+a$: LET c=coc: IF c>=2 T
HEN GO TO 3120
3130 LET e$=STR$ INT c: LET a$=e
$a$: GO TO 4000
3500 PRINT AT 21,0;"<ERROR> fuer
a de rango": GO TO 100
4000 PRINT AT 20,0;"Dec.      Hexa
Binario" a;TAB 8;b$;"h";TAB
16;a$;"b": GO TO 100

```

Sistema hexadecimal

Como hemos visto, los números binarios son muy adecuados para su uso en aparatos electrónicos, pero tienen un gran inconveniente; cuando los escribimos, necesitamos una gran cantidad de cifras para representar un número relativamente pequeño. Si pudiéramos agrupar los bits, conseguiríamos evitar este inconveniente.

Dado que vamos a trabajar con 8 o 16 bits, parece lógico agruparlos de 4 en 4 con el fin de obtener números de 2 o 4 cifras. Como regla general, con "n" bits se pueden obtener "2 elevado a n" combinaciones distintas, por tanto, con 4 bits podemos obtener 16 combinaciones, cada una de las cuales las asociaremos con un dígito hexadecimal.

Necesitamos 16 dígitos para representar todas las posibles combinaciones, como sólo conocemos 10 dígitos distintos (del 0 al 9), utilizaremos las 6 primeras letras mayúsculas del abecedario (de la "A" a la "F"). En la FIGURA 3 se pueden ver las 16 combinaciones posibles con 4 bits y su equivalente en hexadecimal.

Supongamos el número binario "01101100", siguiendo la tabla de la FIGURA 3, podemos escribirlo como "6Ch". Hemos escrito "6" en lugar de "0110" y "C" en lugar de "1100", la "h" se añade al final para indicar que se trata de un número hexadecimal y no confundirlo con uno decimal. A los números hexadecimales se les denomina con frecuencia, simplemente, "Hexa".

La forma de transformar un número Hexa en decimal, es

sumamente sencilla, basta con multiplicar el valor de cada dígito por 16 elevado a la correspondiente potencia (como hacíamos anteriormente para los binarios y decimales); habrá que tener en cuenta, que "A" vale 10, "B" vale 11, "C" vale 12, "D" vale 13, "E" vale 14 y "F" vale 15. Veamos algún ejemplo, vamos a convertir a decimal el número "5CB2h":

$$5CB2h = 2 \cdot 16^0 + B \cdot 16^1 + C \cdot 16^2 + 5 \cdot 16^3$$

es decir:

$$5CB2h = 2 \cdot 1 + 11 \cdot 16 + 12 \cdot 256 + 5 \cdot 4096 = 23730$$

El resultado es "23730" en decimal, precisamente la dirección de la variable del Sistema "RAMTOP". Las direcciones de memoria en el

| Dec. | -dec. | Hex. | Bin. |
|------|-------|------|----------|
| 0 | ---- | 00 | 00000000 |
| 1 | ---- | 01 | 00000001 |
| 2 | ---- | 02 | 00000010 |
| 3 | ---- | 03 | 00000011 |
| 4 | ---- | 04 | 00000100 |
| 5 | ---- | 05 | 00000101 |
| 6 | ---- | 06 | 00000110 |
| 7 | ---- | 07 | 00000111 |
| 8 | ---- | 08 | 00001000 |
| 9 | ---- | 09 | 00001001 |
| 10 | ---- | 0A | 00001010 |
| 11 | ---- | 0B | 00001011 |
| 12 | ---- | 0C | 00001100 |
| 13 | ---- | 0D | 00001101 |
| 14 | ---- | 0E | 00001110 |
| 15 | ---- | 0F | 00001111 |
| 16 | ---- | 10 | 00010000 |
| 17 | ---- | 11 | 00010001 |
| 18 | ---- | 12 | 00010010 |
| 19 | ---- | 13 | 00010011 |
| 20 | ---- | 14 | 00010100 |
| 21 | ---- | 15 | 00010101 |
| 22 | ---- | 16 | 00010110 |
| 23 | ---- | 17 | 00010111 |
| 24 | ---- | 18 | 00011000 |
| 25 | ---- | 19 | 00011001 |
| 26 | ---- | 1A | 00011010 |
| 27 | ---- | 1B | 00011011 |
| 28 | ---- | 1C | 00011100 |
| 29 | ---- | 1D | 00011101 |
| 30 | ---- | 1E | 00011110 |
| 31 | ---- | 1F | 00011111 |

Figura 2A.

Spectrum son siempre números Hexa de 4 cifras, la razón es que existen 65536 direcciones posibles, que es el número de combinaciones que se pueden hacer con 16 bits, es decir, cuatro cifras hexadecimales.

| Dec. | -dec. | Hex. | Bin. |
|------|-------|------|----------|
| 32 | ---- | 20 | 00100000 |
| 33 | ---- | 21 | 00100001 |
| 34 | ---- | 22 | 00100010 |
| 35 | ---- | 23 | 00100011 |
| 36 | ---- | 24 | 00100100 |
| 37 | ---- | 25 | 00100101 |
| 38 | ---- | 26 | 00100110 |
| 39 | ---- | 27 | 00100111 |
| 40 | ---- | 28 | 00101000 |
| 41 | ---- | 29 | 00101001 |
| 42 | ---- | 2A | 00101010 |
| 43 | ---- | 2B | 00101011 |
| 44 | ---- | 2C | 00101100 |
| 45 | ---- | 2D | 00101101 |
| 46 | ---- | 2E | 00101110 |
| 47 | ---- | 2F | 00101111 |
| 48 | ---- | 30 | 00110000 |
| 49 | ---- | 31 | 00110001 |
| 50 | ---- | 32 | 00110010 |
| 51 | ---- | 33 | 00110011 |
| 52 | ---- | 34 | 00110100 |
| 53 | ---- | 35 | 00110101 |
| 54 | ---- | 36 | 00110110 |
| 55 | ---- | 37 | 00110111 |
| 56 | ---- | 38 | 00111000 |
| 57 | ---- | 39 | 00111001 |
| 58 | ---- | 3A | 00111010 |
| 59 | ---- | 3B | 00111011 |
| 60 | ---- | 3C | 00111100 |
| 61 | ---- | 3D | 00111101 |
| 62 | ---- | 3E | 00111110 |
| 63 | ---- | 3F | 00111111 |

Figura 2B.

Si contempla un mapa de memoria del Spectrum, las direcciones que definen el inicio de las distintas zonas pueden parecer algo arbitrarias; pero estos números vistos en Hexa, resultan ser "números redondos"; vamos a

| Dec. | -dec. | Hexa | Bin. |
|------|-------|------|----------|
| 64 | ---- | 40 | 01000000 |
| 65 | ---- | 41 | 01000001 |
| 66 | ---- | 42 | 01000010 |
| 67 | ---- | 43 | 01000011 |
| 68 | ---- | 44 | 01000100 |
| 69 | ---- | 45 | 01000101 |
| 70 | ---- | 46 | 01000110 |
| 71 | ---- | 47 | 01000111 |
| 72 | ---- | 48 | 01001000 |
| 73 | ---- | 49 | 01001001 |
| 74 | ---- | 4A | 01001010 |
| 75 | ---- | 4B | 01001011 |
| 76 | ---- | 4C | 01001100 |
| 77 | ---- | 4D | 01001101 |
| 78 | ---- | 4E | 01001110 |
| 79 | ---- | 4F | 01001111 |
| 80 | ---- | 50 | 01010000 |
| 81 | ---- | 51 | 01010001 |
| 82 | ---- | 52 | 01010010 |
| 83 | ---- | 53 | 01010011 |
| 84 | ---- | 54 | 01010100 |
| 85 | ---- | 55 | 01010101 |
| 86 | ---- | 56 | 01010110 |
| 87 | ---- | 57 | 01010111 |
| 88 | ---- | 58 | 01011000 |
| 89 | ---- | 59 | 01011001 |
| 90 | ---- | 5A | 01011010 |
| 91 | ---- | 5B | 01011011 |
| 92 | ---- | 5C | 01011100 |
| 93 | ---- | 5D | 01011101 |
| 94 | ---- | 5E | 01011110 |
| 95 | ---- | 5F | 01011111 |

Figura 2C.

comprobarlo: 16384 (el principio de la RAM) es 4000h en Hexa, 65535 (el final de la RAM) es FFFFh, 1024 (1 K) es 0400h, 16 K es 4000h, 32 K es 8000h, 48 K es C000h y finalmente, 64 K es 10000h. El archivo de pantalla ocupa des-

| Dec. | -dec. | Hexa | Bin. |
|------|-------|------|----------|
| 96 | ---- | 60 | 01100000 |
| 97 | ---- | 61 | 01100001 |
| 98 | ---- | 62 | 01100010 |
| 99 | ---- | 63 | 01100011 |
| 100 | ---- | 64 | 01100100 |
| 101 | ---- | 65 | 01100101 |
| 102 | ---- | 66 | 01100110 |
| 103 | ---- | 67 | 01100111 |
| 104 | ---- | 68 | 01101000 |
| 105 | ---- | 69 | 01101001 |
| 106 | ---- | 6A | 01101010 |
| 107 | ---- | 6B | 01101011 |
| 108 | ---- | 6C | 01101100 |
| 109 | ---- | 6D | 01101101 |
| 110 | ---- | 6E | 01101110 |
| 111 | ---- | 6F | 01101111 |
| 112 | ---- | 70 | 01110000 |
| 113 | ---- | 71 | 01110001 |
| 114 | ---- | 72 | 01110010 |
| 115 | ---- | 73 | 01110011 |
| 116 | ---- | 74 | 01110100 |
| 117 | ---- | 75 | 01110101 |
| 118 | ---- | 76 | 01110110 |
| 119 | ---- | 77 | 01110111 |
| 120 | ---- | 78 | 01111000 |
| 121 | ---- | 79 | 01111001 |
| 122 | ---- | 7A | 01111010 |
| 123 | ---- | 7B | 01111011 |
| 124 | ---- | 7C | 01111100 |
| 125 | ---- | 7D | 01111101 |
| 126 | ---- | 7E | 01111110 |
| 127 | ---- | 7F | 01111111 |

Figura 2D.

| Dec. | -dec. | Hexa | Bin. |
|------|-------|------|----------|
| 128 | -128 | 80 | 10000000 |
| 129 | -127 | 81 | 10000001 |
| 130 | -126 | 82 | 10000010 |
| 131 | -125 | 83 | 10000011 |
| 132 | -124 | 84 | 10000100 |
| 133 | -123 | 85 | 10000101 |
| 134 | -122 | 86 | 10000110 |
| 135 | -121 | 87 | 10000111 |
| 136 | -120 | 88 | 10001000 |
| 137 | -119 | 89 | 10001001 |
| 138 | -118 | 8A | 10001010 |
| 139 | -117 | 8B | 10001011 |
| 140 | -116 | 8C | 10001100 |
| 141 | -115 | 8D | 10001101 |
| 142 | -114 | 8E | 10001110 |
| 143 | -113 | 8F | 10001111 |
| 144 | -112 | 90 | 10010000 |
| 145 | -111 | 91 | 10010001 |
| 146 | -110 | 92 | 10010010 |
| 147 | -109 | 93 | 10010011 |
| 148 | -108 | 94 | 10010100 |
| 149 | -107 | 95 | 10010101 |
| 150 | -106 | 96 | 10010110 |
| 151 | -105 | 97 | 10010111 |
| 152 | -104 | 98 | 10011000 |
| 153 | -103 | 99 | 10011001 |
| 154 | -102 | 9A | 10011010 |
| 155 | -101 | 9B | 10011011 |
| 156 | -100 | 9C | 10011100 |
| 157 | -99 | 9D | 10011101 |
| 158 | -98 | 9E | 10011110 |
| 159 | -97 | 9F | 10011111 |

Figura 2E.

| Dec. | -dec. | Hexa | Bin. |
|------|-------|------|----------|
| 160 | -96 | A0 | 10100000 |
| 161 | -95 | A1 | 10100001 |
| 162 | -94 | A2 | 10100010 |
| 163 | -93 | A3 | 10100011 |
| 164 | -92 | A4 | 10100100 |
| 165 | -91 | A5 | 10100101 |
| 166 | -90 | A6 | 10100110 |
| 167 | -89 | A7 | 10100111 |
| 168 | -88 | A8 | 10101000 |
| 169 | -87 | A9 | 10101001 |
| 170 | -86 | AA | 10101010 |
| 171 | -85 | AB | 10101011 |
| 172 | -84 | AC | 10101100 |
| 173 | -83 | AD | 10101101 |
| 174 | -82 | AE | 10101110 |
| 175 | -81 | AF | 10101111 |
| 176 | -80 | B0 | 10110000 |
| 177 | -79 | B1 | 10110001 |
| 178 | -78 | B2 | 10110010 |
| 179 | -77 | B3 | 10110011 |
| 180 | -76 | B4 | 10110100 |
| 181 | -75 | B5 | 10110101 |
| 182 | -74 | B6 | 10110110 |
| 183 | -73 | B7 | 10110111 |
| 184 | -72 | B8 | 10111000 |
| 185 | -71 | B9 | 10111001 |
| 186 | -70 | BA | 10111010 |
| 187 | -69 | BB | 10111011 |
| 188 | -68 | BC | 10111100 |
| 189 | -67 | BD | 10111101 |
| 190 | -66 | BE | 10111110 |
| 191 | -65 | BF | 10111111 |

Figura 2F.

de 4000 hasta 5800h, el de atributos desde 5800h hasta 5B00, el buffer de impresora va desde 5B00 hasta 5C00h, la pantalla ocupa 1800h bytes, los atributos 300 bytes y el buffer de impresora 100h

bytes.

Esto quiere decir que si hemos de trabajar directamente sobre la memoria, es preferible que nos vayamos acostumbrando a contar en hexadecimal.

Conversión entre bases

Hasta ahora hemos visto cómo pasar números desde cualquier base a decimal; ahora vamos a estudiar el proceso inverso, pasar nú-

| Dec. | -dec. | Hexa | Bin. |
|------|-------|------|----------|
| 192 | -64 | C0 | 11000000 |
| 193 | -63 | C1 | 11000001 |
| 194 | -62 | C2 | 11000010 |
| 195 | -61 | C3 | 11000011 |
| 196 | -60 | C4 | 11000100 |
| 197 | -59 | C5 | 11000101 |
| 198 | -58 | C6 | 11000110 |
| 199 | -57 | C7 | 11000111 |
| 200 | -56 | C8 | 11001000 |
| 201 | -55 | C9 | 11001001 |
| 202 | -54 | CA | 11001010 |
| 203 | -53 | CB | 11001011 |
| 204 | -52 | CC | 11001100 |
| 205 | -51 | CD | 11001101 |
| 206 | -50 | CE | 11001110 |
| 207 | -49 | CF | 11001111 |
| 208 | -48 | D0 | 11010000 |
| 209 | -47 | D1 | 11010001 |
| 210 | -46 | D2 | 11010010 |
| 211 | -45 | D3 | 11010011 |
| 212 | -44 | D4 | 11010100 |
| 213 | -43 | D5 | 11010101 |
| 214 | -42 | D6 | 11010110 |
| 215 | -41 | D7 | 11010111 |
| 216 | -40 | D8 | 11011000 |
| 217 | -39 | D9 | 11011001 |
| 218 | -38 | DA | 11011010 |
| 219 | -37 | DB | 11011011 |
| 220 | -36 | DC | 11011100 |
| 221 | -35 | DD | 11011101 |
| 222 | -34 | DE | 11011110 |
| 223 | -33 | DF | 11011111 |

Figura 2G.

| Dec. | -dec. | Hexa | Bin. |
|------|-------|------|----------|
| 224 | -32 | E0 | 11100000 |
| 225 | -31 | E1 | 11100001 |
| 226 | -30 | E2 | 11100010 |
| 227 | -29 | E3 | 11100011 |
| 228 | -28 | E4 | 11100100 |
| 229 | -27 | E5 | 11100101 |
| 230 | -26 | E6 | 11100110 |
| 231 | -25 | E7 | 11100111 |
| 232 | -24 | E8 | 11101000 |
| 233 | -23 | E9 | 11101001 |
| 234 | -22 | EA | 11101010 |
| 235 | -21 | EB | 11101011 |
| 236 | -20 | EC | 11101100 |
| 237 | -19 | ED | 11101101 |
| 238 | -18 | EE | 11101110 |
| 239 | -17 | EF | 11101111 |
| 240 | -16 | F0 | 11110000 |
| 241 | -15 | F1 | 11110001 |
| 242 | -14 | F2 | 11110010 |
| 243 | -13 | F3 | 11110011 |
| 244 | -12 | F4 | 11110100 |
| 245 | -11 | F5 | 11110101 |
| 246 | -10 | F6 | 11110110 |
| 247 | -9 | F7 | 11110111 |
| 248 | -8 | F8 | 11111000 |
| 249 | -7 | F9 | 11111001 |
| 250 | -6 | FA | 11111010 |
| 251 | -5 | FB | 11111011 |
| 252 | -4 | FC | 11111100 |
| 253 | -3 | FD | 11111101 |
| 254 | -2 | FE | 11111110 |
| 255 | -1 | FF | 11111111 |

Figura 2H.

| | | | |
|------|-----|------|-----|
| 0000 | = 0 | 1000 | = 8 |
| 0001 | = 1 | 1001 | = 9 |
| 0010 | = 2 | 1010 | = A |
| 0011 | = 3 | 1011 | = B |
| 0100 | = 4 | 1100 | = C |
| 0101 | = 5 | 1101 | = D |
| 0110 | = 6 | 1110 | = E |
| 0111 | = 7 | 1111 | = F |

Figura 3.

meros de base decimal a cualquier base.

Este proceso es algo tedioso para realizarlo "a mano", así que normalmente usaremos un programa de ordenador, de hecho, la mayoría de los ensambladores tienen una opción que nos permite pasar números a hexadecimal, y si aún no tiene un ensamblador, puede utilizar el PROGRAMA 1 para pasar números a y desde cualquier base.

No obstante, es necesario saber cómo se realiza el proceso, entre otras cosas, para ser capaz de escribir un programa que lo haga. Como regla general, para pasar un número de base decimal a cualquier base, se divide el número por la base sin sacar decimales, el resto es el primer dígito de nuestro número (empezando por la derecha). A continuación se vuelve a dividir el cociente, y se toma el nuevo resto como el siguiente número, y así sucesivamente hasta que obtengamos un cociente de cero. Recuerde que no debe sacar decimales.

En la FIGURA 4 hemos realizado el proceso para pasar el número 23730 a Hexa, y en la FIGURA 5 hemos pasado el mismo número a binario.

Como regla general, a partir

| | | | | | |
|------------------------------|----|------|----|----|-------|
| 23730 | 16 | | | | |
| 077 | | 1483 | 16 | | |
| 133 | | 043 | 92 | 16 | |
| 050 | | | 11 | 12 | 5 16 |
| 02 | | | | 5 | 0 |
| 23730 = 5, 12, 11, 2 = 5CB2h | | | | | |

Figura 4.

14 CODIGO MAQUINA

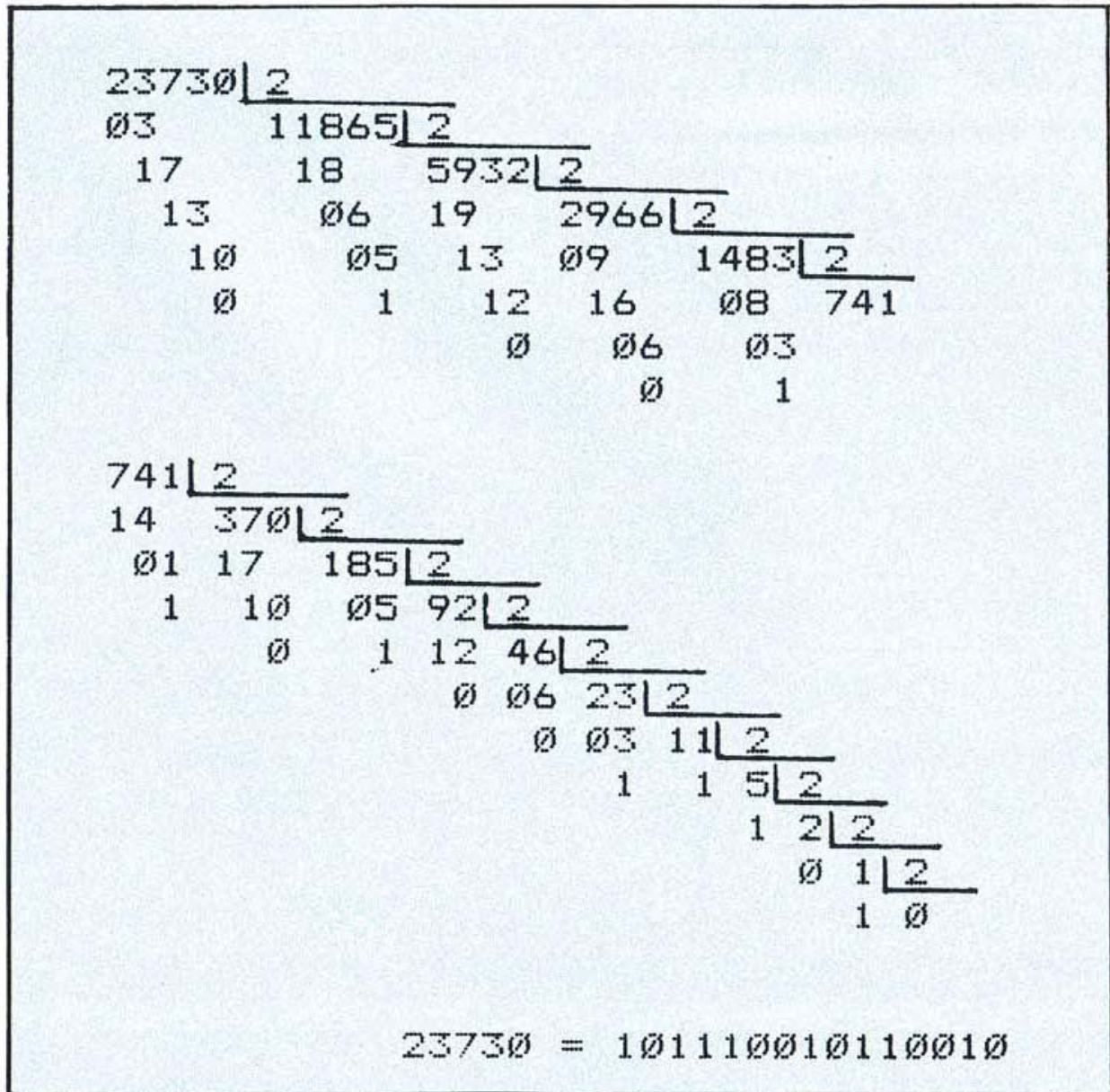


Figura 5.

de ahora representaremos los números hexadecimales seguidos de una "h" y los binarios, seguidos de una "b".

Con el PROGRAMA 1, podrá introducir un número en decimal, binario o Hexa, y el programa devolverá como resultado, ese mismo número en decimal, Hexa y binario.

Cuando introduzca un número binario, indíquelo terminando el número con una "b" minúscula, si introduce un número hexadecimal, termínelo con una "h" también minúscula, los números decimales deberá teclearlos tal cual. Por último, no olvide que las cifras que componen un

número hexadecimal, deben ser números o letras mayúsculas entre la "A" y la "F". En áreas de una mayor rapidez de ejecución, el programa no está protegido contra entradas erróneas. Los números no deben ser mayores de 65535 (FFFFh o 1111111111111111b). ■

EJERCICIOS

1. Transformar a decimal y hexadecimal sin mirar la FIGURA 2, los siguientes números:

| | |
|------------|------------|
| - 11010010 | - 11110010 |
| - 01101101 | - 00001101 |
| - 00110100 | - 10100010 |

2. Realizar las siguientes sumas en binario:

| | |
|-------------------|-------------------|
| 01110100 | 11010010 |
| + 10010100 | + 10001111 |
| <u> </u> | <u> </u> |
| = | = |

3. Realizar las siguientes restas en binario:

| | |
|-------------------|-------------------|
| 11001011 | 01001011 |
| - 01001001 | - 00110100 |
| <u> </u> | <u> </u> |
| = | = |

(En estos ejercicios, se pueden comprobar los resultados pasando los números a decimal con ayuda de la FIGURA 2 y operándolos en decimal).

4. Poner los siguientes números en "complemento a 2".

| | |
|------------|------------|
| - 00001111 | - 10101010 |
| - 11110000 | - 00110011 |
| - 01010101 | - 11001100 |

5. Realizar un AND, un OR y un EXOR entre los siguientes números:

| |
|-----------------------|
| - 01010101 y 10101010 |
| - 00001110 y 00111110 |
| - 11110101 y 11110101 |

6. Convertir a hexadecimal y a binario los siguientes números decimales (puede verificar los resultados con ayuda de la FIGURA 2 o del PROGRAMA 1):

| | |
|---------|---------|
| - 255 | - 327 |
| - 65535 | - 15360 |
| - 23296 | - 1000 |

Si ha resuelto correctamente estos ejercicios, ya sabe casi todo lo que hay que saber sobre los sistemas binario y hexadecimal. ¡¡Enhorabuena!!

EL MICROPROCESADOR Z-80

En el primer capítulo de este curso, ideamos un microprocesador imaginario con el fin de introducir fácilmente al lector en el código máquina. Ahora, vamos a explicar a

fondo lo que es un *microprocesador* y más concretamente, el microprocesador Z-80 de ZILOG, que es el que equipa el Spectrum, y el que utilizaremos en este curso.

Qué es un microprocesador

Un ordenador es una máquina fundamentalmente secuencial. Esto quiere decir

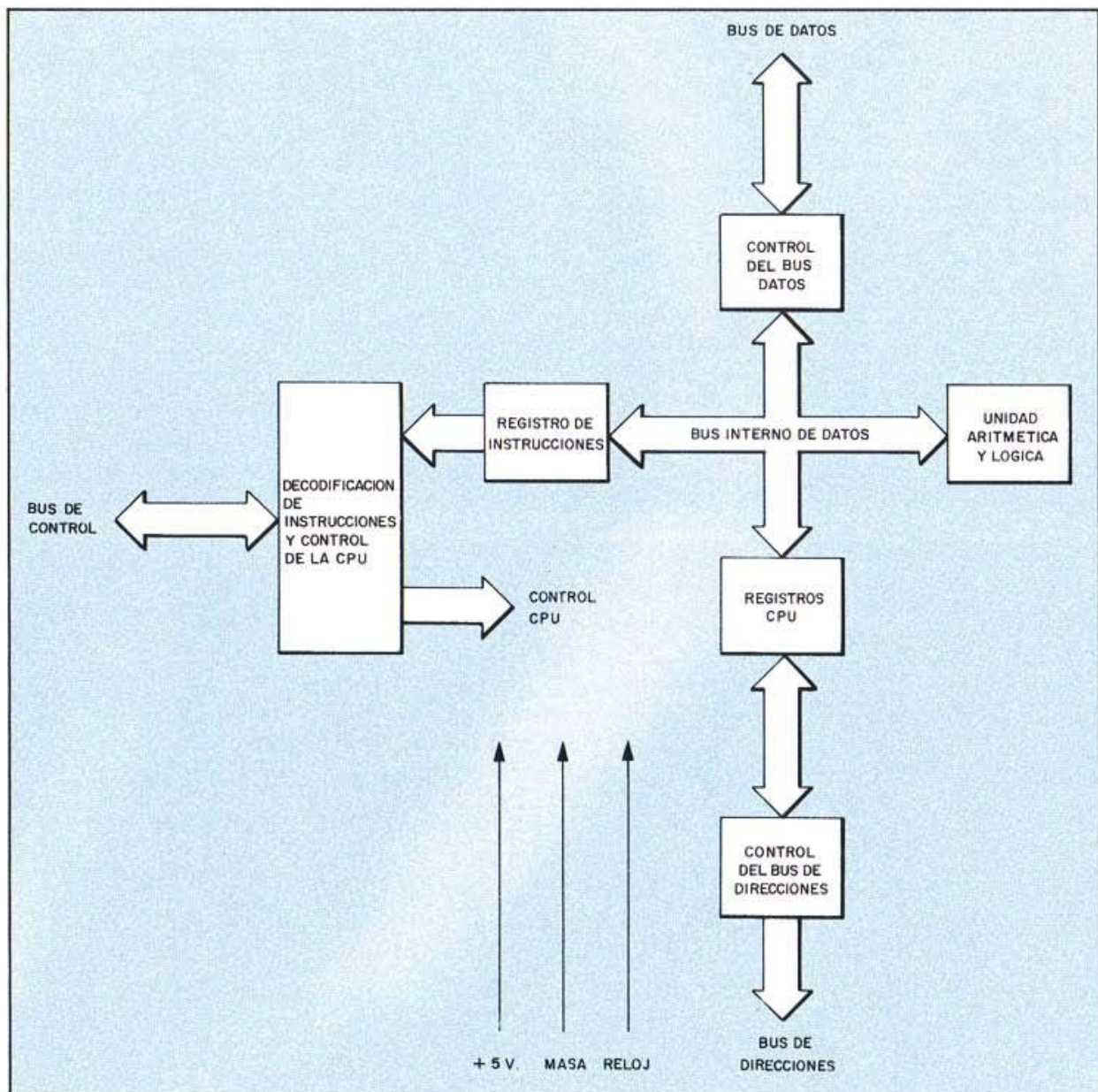


Figura 1. Diagrama de bloques del Z-80.

que realiza sus tareas una detrás de otra, siguiendo el orden en el que están las instrucciones para realizarlas.

Sus componentes básicos serán, por tanto, un lugar donde almacenar las instrucciones y datos (*Memoria*) y un elemento encargado de ejecutar los procesos indicados por esas instrucciones (*Unidad Central de Proceso o CPU*).

La CPU debe incluir todos los componentes necesarios para leer la memoria, decodificar las instrucciones y ejecutar cálculos aritméticos y lógicos. En los ordenadores de pequeño tamaño (minis y micros), la CPU está integrada dentro de un solo chip de silicio, a este chip se le conoce por el nombre de *microprocesador*.

Un microprocesador cons-

ta, normalmente, de una serie de registros, una *Unidad Aritmética-Lógica (ALU)* y los circuitos de control para la comunicación interna y externa. En la FIGURA 1 se puede ver el diagrama de bloques del microprocesador Z-80.

Registros

Los registros constituyen una especie de pequeña memoria interna al microprocesador. El Z-80 tiene registros de 8 y de 16 bits, si bien los de 8 bits se pueden agrupar de 2 en 2 para formar uno de 16 bits. Todas las operaciones que realiza el Z-80 se hacen entre números contenidos en los registros, o bien, entre un registro y una posición de memoria; por eso se dice que el Z-80 es un microprocesa-

dor orientado hacia los registros. La posibilidad de agrupar dos registros de 8 bits para formar uno de 16, permite al Z-80 realizar operaciones de 16 bits a pesar de ser un microprocesador de 8 bits.

El Z-80 tiene, en total, 18 registros de 8 bits y 4 registros de 16 bits. Algunos son de uso general y otros tienen asignadas funciones específicas.

Como se ve, los registros cumplen en Código Máquina una función similar a la de las variables en Basic. La configuración de registros del Z-80 se muestra en la FIGURA 2.

Registros especiales de 16 bits

Los cuatro registros especiales de 16 bits son: el Con-

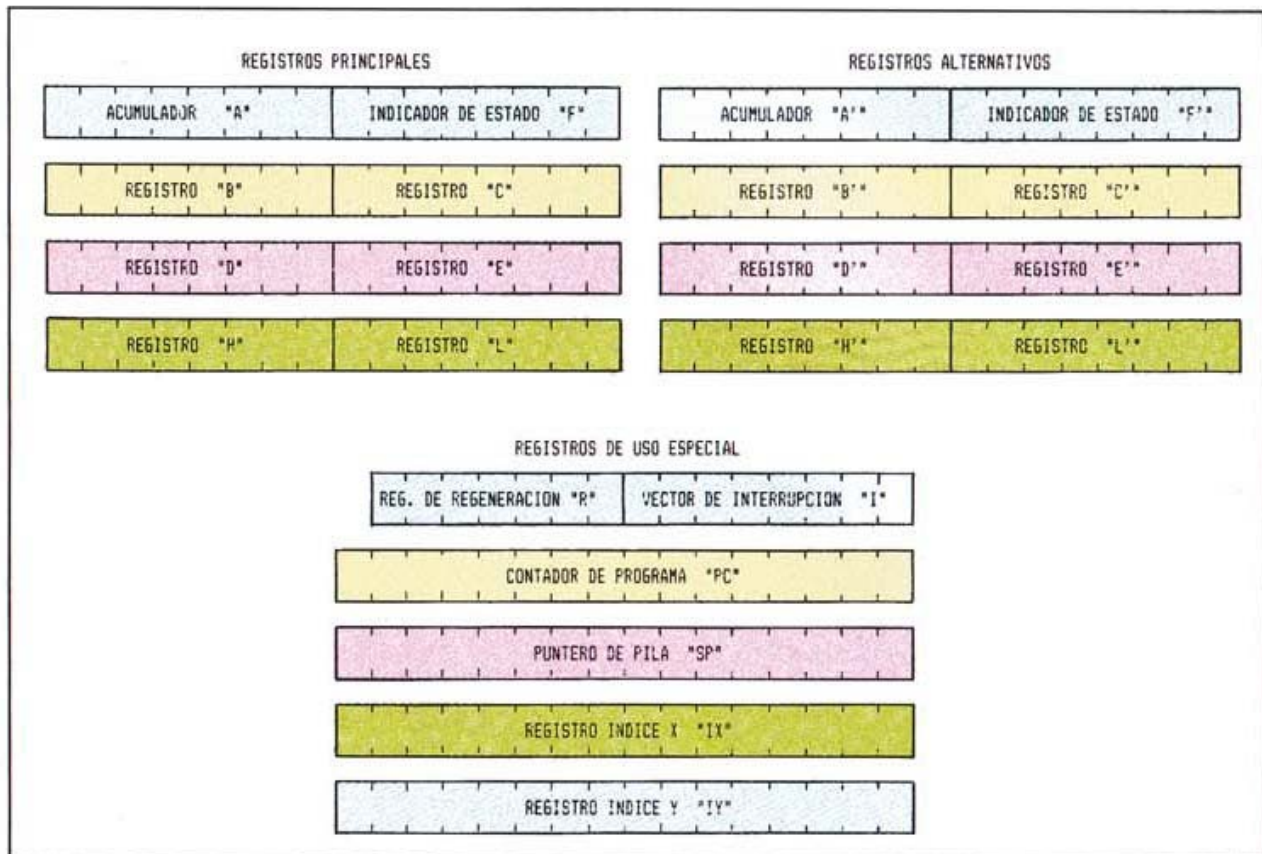


Figura 2. Registros del Z-80.

tador de programa (PC), el Puntero de pila (SP), el registro índice "X" (IX) y el registro índice "Y" (IY). A continuación vamos a verlos de uno en uno.

CONTADOR DE PROGRAMA (Program Counter "PC"):

Es el registro que contiene la dirección de memoria desde donde hay que leer la instrucción en curso, tras la ejecución de la instrucción el registro se incrementa para continuar con la siguiente, o se sustituye su valor por otro si se ha de ejecutar un salto o una llamada a subrutina. En el momento de conectar el ordenador, la señal de RESET pone este registro a "cero", por lo que la ejecución comienza desde la primera dirección de memoria.

PUNTERO DE PILA (Stack Pointer "SP"):

Una pila es una zona reservada de memoria cuyos datos están organizados como "último en entrar, primero en salir" (LIFO: Last In First Out), y sirve para almacenar determinados datos, como por ejemplo, la dirección de retorno tras una llamada a subrutina. De una pila sólo se puede recuperar cada vez el último dato que se ha introducido. El registro SP es el puntero de la *Pila de Máquina*. Apunta siempre al último dato introducido, los datos que se introducen en la pila de máquina tienen siempre dos bytes de longitud. Durante la rutina de inicialización, se carga este registro con un valor (inmediatamente debajo de RAMTOP) y cada vez que se mete un dato en la pila, el puntero (SP) se decrementa dos veces (la pila se expande hacia abajo).

La existencia de una pila permite la ejecución de llamadas a subrutinas, cada vez que se llama a una subrutina, se introduce en la pila el contenido actual del PC, se decrementa dos veces el SP y se carga el PC con la nueva dirección de la subrutina. Para retornar, se carga el PC con el contenido superior de la pila y se incrementa dos veces el SP. Este sistema permite la *anidación* de subrutinas hasta el límite de la memoria disponible para la pila.

Cuando se escribe un programa, hay que tener sumo cuidado para que la pila no crezca indefinidamente, ya que destrozaría todos los datos almacenados en memoria, incluido el propio programa. Por otro lado, hay que tener cuidado para recuperar de la pila todos los datos almacenados durante una subrutina antes de intentar retornar, ya que de lo contrario habríamos "corrompido" la pila y el retorno no sería posible.

Nuestros programas en C/M se llaman desde Basic como una subrutina (con la función *USR*) de forma que para retornar a Basic mediante una instrucción *RET*, deberemos tener la pila en perfectas condiciones. No obstante, el Sistema Operativo del Spectrum permite un retorno a Basic, incluso con la pila "corrompida", mediante el uso de la instrucción *RST 8* que se explicará más adelante.

REGISTROS INDICE (Index X e Index Y "IX" e "IY"):

Estos registros sirven para manipular tablas, contienen las direcciones de base a las que se sumará un entero en

complemento a dos cuando se utilice direccionamiento indexado (esta forma de direccionamiento se verá más adelante).

El Sistema Operativo del Spectrum utiliza el registro IY como dirección de base para acceder a las variables del sistema, por lo que deberemos tener sumo cuidado si utilizamos este registro en nuestros programas.

Registros especiales de 8 bits

VECTOR DE INTERRUPCION (Interrupt "I"):

El Z-80 utiliza el dato contenido en este registro como octeto de orden alto de la dirección a la que deberá saltar cuando reciba una petición de *interrupción enmascarable* en "modo 2" (Las interrupciones del Z-80 se estudiarán más adelante en este mismo capítulo).

REGISTRO DE REGENERACION (Refresh "R"):

Como casi todos los lectores sabrán, el Spectrum utiliza memoria RAM dinámica, este tipo de memoria tiene que ser leída y vuelta a escribir continuamente. El Z-80 utiliza este registro de 7 bits como dirección para regenerar la memoria durante el tiempo de decodificación de cada instrucción.

Registros alternativos

El Z-80 tiene dos grupos de 8 registros de 8 bits cada uno, que pueden ser usados de forma alternativa mediante

una instrucción de intercambio de contenidos. Cada uno de estos grupos lleva un acumulador, un indicador de estado y 6 registros de uso general.

ACUMULADOR (Acumulador "A"):

El Acumulador recibe los resultados de todas las operaciones aritméticas y lógicas que realiza el microprocesador que es, de hecho, el registro más usado del Z-80. Existen dos acumuladores, uno en cada grupo de registros alternativos (ver FIGURA 2) que se denominan respectivamente A y A'.

REGISTRO DE ESTADO (Flags "F"):

El registro de estado indica la ocurrencia de determinadas condiciones, tales como: paridad, cero, signo, acarreo, desbordamiento, que se producen tras una operación aritmética o lógica y que serán de gran utilidad en los saltos condicionales.

En la FIGURA 3 se puede ver la disposición de los distintos indicadores dentro del registro de estado.

Existen dos registros de estado, uno en cada grupo de registros alternativos, se denominan respectivamente F y F'.

REGISTROS DE USO GENERAL ("B", "C", "D", "E", "H" y "L"):

Cada grupo de registros alternativos tiene 6 registros de uso general que se denominan respectivamente B, C, D, E, H, L y B', C', D', E', H' y L'. Pueden agruparse de dos en dos para formar los registros: BC, DE, HL y BC', DE' y HL'.

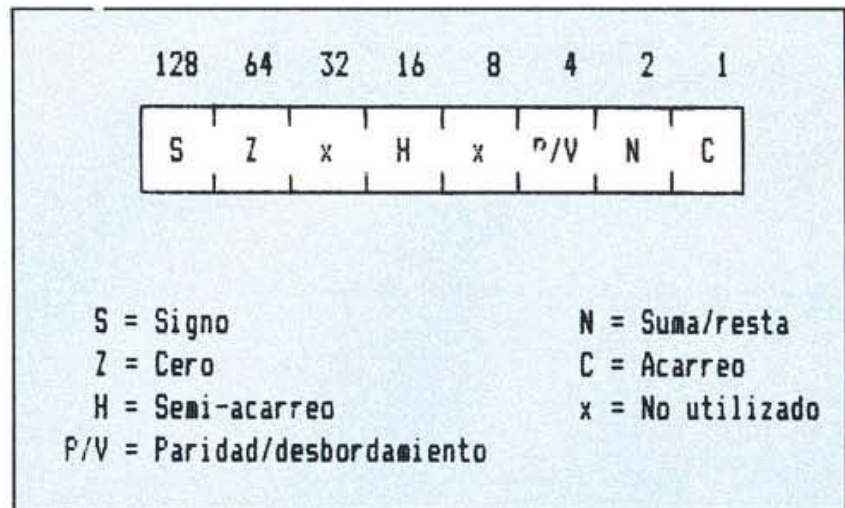


Figura 3. Indicadores de estado en el registro "F".

Una instrucción de intercambio de contenidos, permite seleccionar entre parejas de registros de uno u otro grupo.

Su aplicación es de uso general, si bien, algunos tienen funciones específicas asignadas en determinadas instrucciones, por ejemplo "HL" actúa como acumulador en las operaciones aritméticas de 16 bits, "B" actúa como contador en los bucles de iteración (instrucción DJNZ) y finalmente, en las transferencias de bloques, "HL" indica el origen, "DE" el destino y "BC" el número de bytes a transferir.

En el Sistema Operativo del Spectrum, el registro "BC" actúa como un puente de comunicación con el Basic, ya que cada vez que ejecutamos la funciónUSR, lo que obtenemos como resultado es, precisamente, el contenido del registro "BC" en el momento de retornar, lo que nos permitirá pasar datos con facilidad desde Código Máquina a Basic.

Unidad Aritmética-Lógica

Otro componente fundamental del microprocesador

es la ALU o Unidad Aritmética-Lógica que es la encargada de realizar todas las operaciones en el interior del microprocesador. Las operaciones que puede realizar son:

| |
|----------------------|
| Desplazamiento |
| Comparación |
| Puesta a uno de bit |
| Puesta a cero de bit |
| Prueba de bit |
| AND |
| OR |
| OR exclusiva (EXOR) |
| Incremento |
| Decremento |
| Suma |
| Resta |
| Ajuste decimal |

El desplazamiento consiste en una rotación, bit a bit, de un registro o una posición de memoria, puede incluir el indicador de acarreo del registro F. El efecto de rotar a la izquierda es el de multiplicar el número por 2, y el de rotarlo a la derecha es el de dividirlo por 2.

La comparación consiste en cotejar el acumulador con otro número y alterar los indicadores del registro F de acuerdo con el resultado de la comparación, permanen-

ciendo inalterado el contenido del acumulador.

Probar un bit consiste en ver si es "uno" o "cero" y anotar el resultado en el indicador de cero del registro F.

Incrementar es sumar "1", decrementar es restar "1".

La suma y la resta pueden ser con o sin acarreo.

El ajuste decimal consiste en transformar el número Hexa contenido en el acumulador y comprendido entre "00" y "FF", en un número decimal

codificado en binario (BCD) comprendido entre "00" y "99".

Registro de instrucciones

El registro de instrucciones no es accesible por el programador, se carga durante la lectura de una instrucción, con el contenido de la posición de memoria direccionada por el "PC", y retiene la instrucción hasta que es decodi-

ficada por el microprocesador.

Buses

Para comunicarse con la memoria y los periféricos, el Z-80 utiliza una serie de líneas eléctricas denominadas *BUSES*. Cada una de estas líneas se corresponde con una patilla del chip Z-80. Existen tres buses:

Bus de direcciones de 16

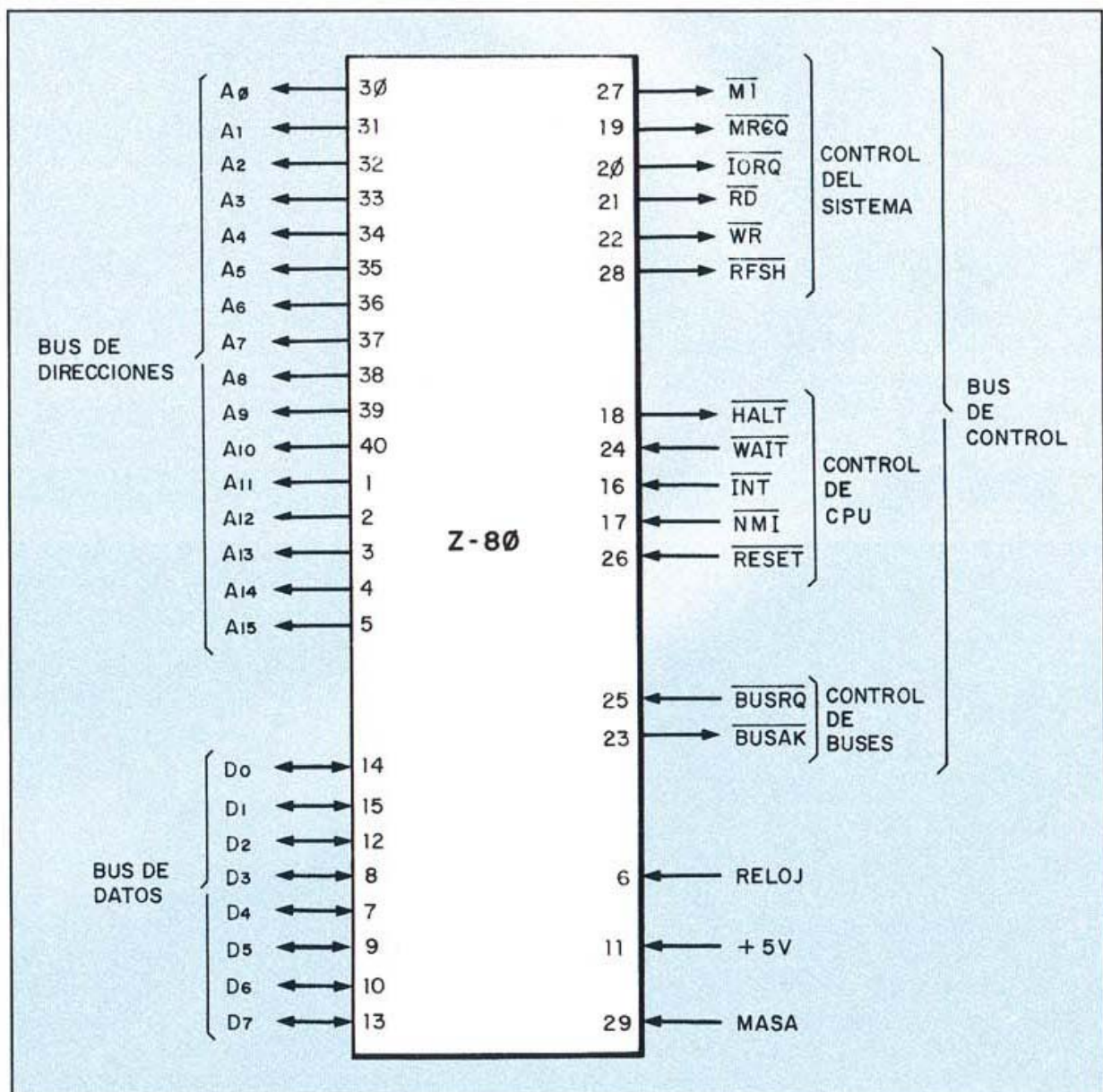


Figura 4. Configuración de patillas del Z-80.

bits formado por 16 líneas eléctricas denominadas $A_0 - A_{15}$.

Bus de datos de 8 bits, formado por 8 líneas eléctricas denominadas $D_0 - D_7$.

Bus de control de 13 bits, formado por 13 líneas eléctricas denominadas: $\overline{M1}$, \overline{MREQ} , \overline{IORQ} , RD , WR , \overline{RFSH} , $HALT$, $WAIT$, INT , NMI , $RESET$, \overline{BUSRQ} y \overline{BUSAk} .

Las tres patillas restantes hasta las 40 del chip son: la entrada de la señal de "reloj" (3,500,000 impulsos por segundo), la entrada de alimentación eléctrica (+5 voltios) y la conexión común a MASA.

Se dice que una entrada o salida está a nivel alto ("1") cuando su tensión con respecto a MASA es de +5V. Y se dice que está a nivel bajo ("0") cuando su tensión con respecto a MASA es de 0V.

Cuando el nombre de una línea tiene una raya encima, indica que es activa a nivel bajo, si no, se considera activa a nivel alto. Todas las salidas del Z-80 son *Triestado*, esto quiere decir que cuando no se están utilizando permanecen en un estado de alta impedancia que tiene el mismo efecto que si estuvieran desconectadas del circuito. A continuación veremos una a una todas las señales eléctricas del Z-80, representadas en la FIGURA 4.

$A_0 - A_{15}$:

Constituyen un bus de direcciones que permite acceder a 65536 posiciones de memorias, o a 256 ports de entrada/salida. En las operaciones de entrada/salida, los ports se direccionan con los ocho bits inferiores del bus. Durante el tiempo de regeneración de memoria, los siete

bits inferiores contienen una dirección de regeneración.

$D_0 - D_7$:

Constituyen un bus de datos bidireccional que permite al microprocesador tanto enviar datos como recibirlos. Se utiliza para el intercambio de datos con la memoria o con dispositivos de entrada/salida (ports).

Salida $\overline{M1}$ (Machine 1)

Se utiliza para indicar que el ciclo de máquina en curso es el de búsqueda de instrucción. También se activa junto con \overline{IORQ} para indicar un acuse de recibo a una petición de interrupción.

Salida \overline{MREQ}
(Memory Request)

Se utiliza para indicar que el microprocesador desea acceder a la memoria.

Salida \overline{IORQ}
(Input/Output Request)

Se utiliza para indicar que el microprocesador desea acceder a un port de entrada/salida. También se utiliza junto con $\overline{M1}$ para indicar un acuse de recibo a una petición de interrupción.

Salida \overline{RD} (Read)

Se utiliza para indicar que se desea leer una posición de memoria o un port de entrada/salida.

Salida \overline{WR} (Write)

Se utiliza para indicar que se desea escribir en una posición de memoria o en un port de entrada/salida.

Salida \overline{RFSH} (Refresh)

Se utiliza para indicar que se está en un ciclo de regeneración de memoria, y la dirección presente en los siete bits inferiores del bus de direcciones junto con la señal \overline{MREQ} se deben usar para una lectura de refresco de memoria.

Salida \overline{HALT}

Se utiliza para indicar que el microprocesador ha ejecutado una instrucción "HALT" y está esperando una petición de interrupción para atenderla. Durante este tiempo, se ejecuta continuamente la instrucción NOP con el fin de mantener la lógica de regeneración de memoria.

Entrada \overline{WAIT}

Le indica al microprocesador que tiene que esperar, ya que la memoria o el dispositivo de entrada/salida direccionado, no está listo para recibir la transferencia de datos solicitada.

Esta señal y la anterior, tienen la finalidad de sincronizar el funcionamiento del microprocesador con el de otros dispositivos.

Entrada \overline{INT} (Interrupt)

Petición de interrupción enmascarable, la interrupción sólo es atendida si se encuentra activado el flip/flop de aceptación de interrupción. Si la interrupción es aceptada, se envía el acuse de recibo a través de \overline{IORQ} y $\overline{M1}$ y se salta a la rutina de servicio correspondiente al modo de interrupción seleccionado.

En el Spectrum, la ULA se encarga de efectuar una petición de interrupción enmascarable cada 20 milisegundos, justo antes de empezar a

22 CODIGO MAQUINA

barrer la pantalla del televisor. Esta interrupción se utiliza normalmente para leer el teclado, pero es posible utilizarla en nuestras propias rutinas para sincronizar el funcionamiento de nuestros programas con el barrido de la pantalla, lo que puede ser útil en caso de animación de figuras.

Entrada $\overline{\text{NMI}}$ (Non Maskable Interrupt)

Petición de interrupción no enmascarable, esta interrupción se acepta siempre (salvo que haya presente una señal en $\overline{\text{BUSRQ}}$) y obliga al microprocesador a saltar a la dirección 0066h independientemente del estado del flip/flop de aceptación y del modo de interrupción seleccionado.

Entrada $\overline{\text{RESET}}$

Esta entrada obliga al microprocesador a inicializarse, cargando todos los registros con "cero", incluido el "PC", por lo que la ejecución comienza desde la posición de memoria "0000".

En el Spectrum, esta señal se produce cada vez que se conecta el ordenador, o cada vez que se pulsa el botón de RESET en el Plus.

Entrada $\overline{\text{BUSRQ}}$ (Bus Request)

Constituye una señal de petición de bus, al recibirla, el microprocesador responde activando la línea $\overline{\text{BUSAK}}$ y desconectándose de los buses de direcciones y datos para permitir el acceso directo a memoria de un dispositivo más rápido que él. Durante este tiempo, el microprocesador no regenera la memoria, por lo que el dispositivo que

ha hecho la petición debe encargarse de esta tarea.

Salida $\overline{\text{BUSAK}}$ (Bus Acknowledge)

La utiliza el microprocesador para indicar el acuse de recibo a una petición de bus. Cuando se genera esta señal, el microprocesador se haya totalmente desconectado de los buses de direcciones y datos, con lo que no interfiere el acceso a memoria del dispositivo que ha pedido el bus.

Las interrupciones en el Z-80

Cualquier microprocesador que valga el plástico que lo envuelve, tiene una posibilidad de interrumpir lo que está haciendo para atender inmediatamente a un dispositivo de alta prioridad que lo solicite, retornando a su tarea principal en el punto donde la dejó, cuando el servicio a este dispositivo haya finalizado.

El Z-80 como buen microprocesador que es, tiene varias posibilidades de interrupción que permiten el acceso con distinta prioridad.

INTERRUPCION NO ENMASCARABLE (NMI)

Es la petición de interrupción de más alta prioridad, se acepta siempre, y se responde siempre de la misma forma: saltando a la posición de memoria 0066h.

En el Spectrum esta forma de interrupción no se utiliza, es más, se encuentra ingeniosamente anulada para facilitar la protección del software comercial; si activáramos a través del slot posterior, la línea $\overline{\text{NMI}}$, nos encon-

triaríamos con la desagradable sorpresa de que el ordenador ejecuta un salto a la posición de memoria "cero", reiniciándose y borrando toda la memoria. Esto se debe a que la rutina de servicio a la interrupción que se encuentra a partir de 0066h salta a cero si el contenido de las posiciones de memoria 5CB0h y 5CB1h es "cero"; podemos evitar el salto a cero, almacenando un número distinto de cero en estas posiciones, pero en ese caso, se produciría un simple retorno y la interrupción sería ignorada.

INTERRUPCION ENMASCARABLE (INT)

Se trata de la interrupción más usada en el Z-80 ya que permite definir el vector de interrupción, y lo que es más importante, decidir por software si se atiende o no la petición.

Se denomina *vector de interrupción* a la dirección de memoria a que se salta para ejecutar la rutina de servicio a la interrupción.

En el Z-80 existe un "mini-registro" de un solo bit que se denomina *flip/flop de aceptación de interrupción*. Si este registro está a "1", la petición de interrupción es aceptada, y si está a "0" es ignorada. Cuando el flip/flop de aceptación está a "0", se dice que la interrupción está *enmascarada*.

Existen dos instrucciones en el Z-80 que nos permiten enmascarar o habilitar la interrupción, estas instrucciones son: "DI" (Disable Interrupt) y "EI" (Enable Interrupt), se verán detalladamente cuando se estudien las instrucciones de control de la CPU.

Si la interrupción está habi-

litada, y el microprocesador decide aceptarla, podrá responder de tres modos distintos. Estos tres modos de interrupción, también se seleccionan por software, mediante las instrucciones: "IM0", "IM1" e "IM2" (Interrupt Mode 0, 1 y 2). Estos modos de respuesta se denominan respectivamente: MODO 0, MODO 1 y MODO 2.

MODO 0

En este modo de interrupción, el microprocesador deja libre el bus de datos para permitir que el dispositivo que ha solicitado la interrupción, inserte el código de operación correspondiente a una instrucción que será ejecutada seguidamente por el microprocesador.

En el Spectrum, este modo de interrupción es redundante, ya que si lo seleccionamos, cuando se vaya a ejecutar, no habrá ningún dispositivo que inserte ningún código de operación, por lo que el bus de datos contendrá "FF", que es precisamente el código de operación de "RST 38", instrucción que obliga al microprocesador a saltar a la posición de memoria 0038h, que es, como veremos ahora, lo que hace en el MODO 1.

MODO 1

En este modo de interrupción, el microprocesador responde a la interrupción, simplemente, saltando a la posición de memoria 0038h. En este caso se dice que el vector de interrupción es fijo.

En el Spectrum, se trabaja normalmente en MODO 1, ya que a partir de la posición de memoria 0038h se encuentra la rutina que lee el teclado.

MODO 2

Es el modo de interrupción más complejo del Z-80, y el que deberemos utilizar para nuestros fines. En este caso, el microprocesador responde de una forma bastante compleja que conviene analizar detenidamente: primero coje el contenido del registro "I", lo considera como octeto superior de una dirección, el octeto inferior deberá suministrarlo el dispositivo que ha solicitado la interrupción (si no lo suministra, se entiende que es FFh). Acto seguido, lee el número almacenado en esa dirección y la siguiente, lo carga en el "PC", y continúa la ejecución desde ese punto.

Este modo de interrupción permite un salto indirecto a cualquier posición de memoria, hay que tener en cuenta que en el Spectrum el octeto de orden bajo de la dirección será siempre FFh y por tanto, la lectura de la dirección a la que hay que saltar se producirá desde una posición de memoria cuya dirección sea xxFFh, siendo xx el contenido del registro "I", que por motivos evidentes, se denomina: *Vector de página de interrupción*.

Teniendo en cuenta que en el Spectrum se produce una petición de interrupción enmascarable cada 20 milisegundos, podemos desactivar la interrupción (con "DI") para que nuestros programas corran más deprisa, o bien, utilizar la instrucción HALT para sincronizarlos con el barrido de la pantalla. Otra posibilidad es cambiar a MODO 2 y utilizar un vector de interrupción que salte a una rutina nuestra, con lo que ésta se ejecutará 50 veces por segundo.

Palabra de datos del Z-80

Como hemos visto anteriormente, el Z-80 es un microprocesador de 8 bits, esto quiere decir que cada vez que accede a la memoria, lee un octeto completo, que puede ser un código de operación o un dato.

Un octeto puede almacenar 256 números distintos (2 elevado a 8) pero el Z-80 tiene más de 256 instrucciones diferentes, por lo que algunos códigos de operación ocupan más de un byte. Por otro lado, en un gran número de instrucciones, el operando se ensambla como uno o varios bytes que siguen al código de operación. En la FIGURA 5 se pueden ver los distintos formatos de instrucción del Z-80

Ciclos o tiempos

Para realizar las operaciones secuencialmente, el Z-80 necesita sincronizar todas sus señales internas y externas y disponer, por tanto, de un patrón de tiempo. Es lo que se denomina: *Reloj del microprocesador*.

El reloj del microprocesador está constituido por un oscilador electrónico controlado por un cristal de cuarzo, que entrega tres millones y medio de impulsos por segundo (3.5 MHz). Estos impulsos se introducen en el Z-80 a través de la patilla 6 denominada "RELOJ", y el microprocesado utiliza un número determinado de estos impulsos para cada operación.

La primera versión del Z-80 no aceptaba señales de reloj superiores a 2.5 MHz.

En el Spectrum se ha utilizado una versión más moderna denominada Z-80A, que admite señales de reloj de hasta 4 MHz, con lo que se consigue una mayor velocidad de ejecución.

En el Spectrum se ha utilizado una señal de reloj de 3.5 MHz en vez de los 4 tolerados, para evitar llevar al microprocesador al límite de su frecuencia de trabajo, lo que podría dar lugar a errores.

CICLOS DE MÁQUINA Y CICLOS DE INSTRUCCIÓN

Se denomina *Ciclo de instrucción* al tiempo durante el cual el microprocesador ejecuta una instrucción completa.

El ciclo de instrucción se subdivide a su vez, en ciclos de máquina. Un ciclo de máquina es el tiempo durante el cual el microprocesador realiza una operación elemental. Cada ciclo de máquina emplea varios ciclos (impulsos) de reloj.

Se denomina "M1" al ciclo de máquina correspondiente a la búsqueda del código de operación, durante el cual, la pata M1 del microprocesador se coloca a nivel bajo. El ciclo de máquina M1 ocupa 4 ciclos de reloj; un ciclo de reloj dura aproximadamente 0.29 microsegundos (millonésimas de segundo), por lo que el ciclo M1 dura 1.14 microsegundos.

Un ciclo de memoria es una operación de lectura o escritura en memoria, emplea 3 ciclos de reloj, y dura 0.86 microsegundos.

En la FIGURA 6 se puede apreciar el cronograma (diagrama de tiempos) de una instrucción típica.

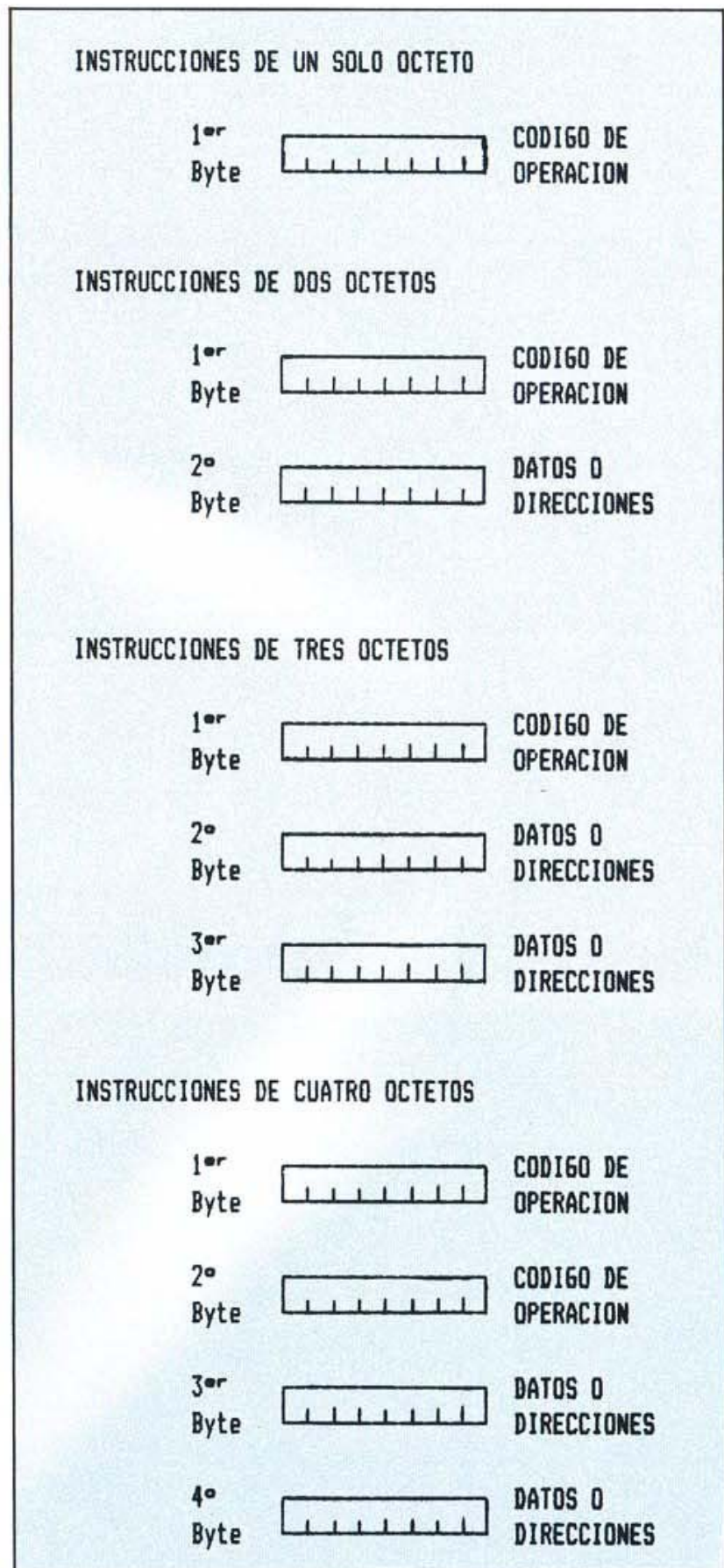


Figura 5. Formatos de instrucción del Z-80.

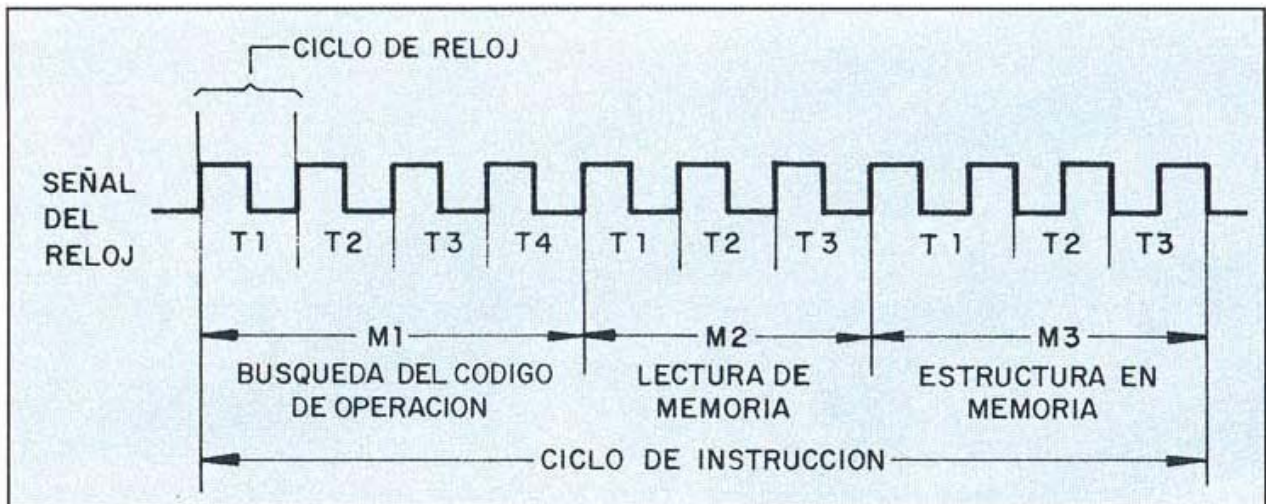


Figura 6. Cronograma de un ciclo típico de instrucción.

TIEMPOS DE EJECUCION

Como el lector habrá deducido ya, es posible calcular el tiempo de ejecución de una determinada rutina en C/M, a condición de conocer el número de ciclos de reloj que emplea cada una de sus instrucciones.

En lo sucesivo, cada vez que veamos una determinada instrucción, indicaremos el número de ciclos de reloj que emplea el microprocesador para ejecutarla, así como el número de veces que accede a memoria (ciclos de memoria).

Como ejemplo, veamos lo que se tarda en cargar el registro "A" con un número. Podemos utilizar la instrucción: LD A, # FF que carga el número 255 (FFh) en el acumulador; esta instrucción accede 2 veces a memoria (2 ciclos de memoria), una para buscar el código de operación (4 ciclos de reloj) y otra para buscar el número que ha de cargar en "A" (3 ciclos de reloj); lo que hace un total de 7 ciclos de reloj, es decir, unos $7 \times 0.29 = 2$ microsegundos. Este ejemplo ilustra la enorme velocidad del código máquina, el microprocesador es capaz

de cargar el acumulador medio millón de veces en un segundo.

Supongamos que queremos sumar en el acumulador una lista de números, y usamos el registro HL para movernos a lo largo de esa lista, el bucle podría ser:

```
BUCLE ADC A, (HL)
      INC HL
      JR BUCLE
```

El tiempo de ejecución por cada pasada, sería de 25 ciclos de reloj, es decir 7.14 microsegundos. Con este bucle, nuestro ordenador podría sumar 140000 números por segundo. Por supuesto, este pequeño bucle no es operativo, no existe condición de salida del bucle, por lo que el ordenador se quedaría eternamente atrapado dentro de él, y por otro lado, se produciría un rebosamiento en el acumulador, ya que el resultado de las sumas excedería su capacidad, a menos que la mayor parte de los números fueran ceros. La única finalidad de este ejemplo es mostrar la enorme velocidad de ejecución del código máquina.

Para calcular el tiempo de ejecución de sus rutinas, sume los números de ciclos de reloj de cada instrucción y multiplique por 0.29 para obtener el resultado aproximado en microsegundos.

Modos de direccionamiento

En la mayor parte de las operaciones, el Z-80 utiliza datos almacenados en sus registros o en posiciones de memoria. Las formas posibles de indicarle la situación de estos datos, constituyen los diversos modos de direccionamiento.

DIRECCIONAMIENTO INMEDIATO:

En este modo de direccionamiento, el byte que sigue al código de operación en memoria, contiene el operando.

```
CODIGO DE OPERACION
```

uno o dos bytes

```
OPERANDO
```

un byte

Un ejemplo podría ser cargar el acumulador con una constante, donde la constante es el byte que sigue al código de operación.

DIRECCIONAMIENTO INMEDIATO EXTENDIDO:

Es igual que el anterior, salvo que el operando ocupa dos bytes, el primer byte es el octeto de orden bajo, y el segundo, el de orden alto.

CODIGO DE OPERACION

uno o dos bytes

OPERANDO (LSB)

Octeto de menos peso

OPERANDO (MSB)

Octeto de más peso

Un ejemplo podría ser la carga de un registro doble con una constante que, lógicamente, ocuparía dos bytes de memoria.

DIRECCIONAMIENTO RAPIDO DE PAGINA CERO

El Z-80 tiene unas instrucciones de salto rápido a una dirección de página cero. Hay ocho direcciones posibles donde se colocan las rutinas de uso más frecuente, de esta forma se puede llamar a estas rutinas empleando un solo byte.

En el Spectrum, estas direcciones se encuentran utilizadas por la ROM para las rutinas de más uso, y son las siguientes:

RST 00h : Inicialización
 RST 08h : Salida de error
 RST 10h : Imprimir un caracter
 RST 18h : Leer un caracter

RST 20h : Leer el siguiente caracter

RST 28h : Entrada al calculador

RST 30h : Hacer espacio en memoria

RST 38h : Leer el teclado

DIRECCIONAMIENTO RELATIVO

En este caso, el byte que sigue al código de operación se emplea como un entero en complemento a dos, que se suma a la dirección actual almacenada en el «PC».

CODIGO DE OPERACION

un byte (salto relativo)

OPERANDO

entero en complemento a 2

Este modo de direccionamiento permite efectuar saltos relativos, con lo que las rutinas pueden ser *reubicables* es decir, correr de igual forma en cualquier dirección de memoria.

DIRECCIONAMIENTO INDEXADO

En esta forma de direccionamiento, el byte de datos que sigue al código de operación contiene un entero de desplazamiento en complemento a dos, que se suma al contenido actual del registro índice correspondiente, para apuntar a una dirección de memoria. El código de operación tiene siempre dos bytes, el primer byte es «DDh» siempre que se utilice el registro «IX» y «FDh» siempre que se utilice el «IY».

DD o FD

índice usado

CODIGO DE OPERACION

un byte

DESPLAZAMIENTO

entero en compl. a dos

DIRECCIONAMIENTO DE REGISTROS

En muchos de los códigos de operación, hay ciertos bits que especifican a qué registro se refiere la instrucción, permaneciendo inalterados el resto de los bits. Un ejemplo podría ser la instrucción:

LD C,B

Que significa: «cargar en el registro «C» el contenido del registro «B»».

DIRECCIONAMIENTO IMPLICITO

En este caso, la situación de los datos está implícita en el código de operación. Por ejemplo, en las operaciones aritméticas de 8 bits, el registro «A» (acumulador) es siempre el que recibe los resultados.

DIRECCIONAMIENTO INDIRECTO

En esta forma de direccionamiento, el contenido de un registro doble se utiliza como dirección a partir de la cual hay que cargar el dato. Un ejemplo podría ser:

LD A, (HL)

Que significa: «carga el registro A con el contenido de la dirección de memoria apuntada por el registro HL». En este caso el registro HL se utiliza como *puntero* para «apuntar» a una dirección de

memoria, siempre que un registro se utilice como puntero, su nombre aparecerá, en el código simbólico, encerrado entre paréntesis, significando: «donde apunta el contenido de».

También se puede utilizar como puntero, una constante de dos bytes, ensamblada a continuación del código objeto, por ejemplo:

```
LD A, (5C37)
```

Que significa: «carga el registro A con el contenido de la dirección de memoria 5C37h». Cuando hagamos estos en Assembler, normalmente utilizaremos una «etiqueta» de la siguiente forma:

```
LD A, (ETIQU)  
ETIQU EQU #5C37
```

De esta forma, solo tendremos que definir la etiqueta una vez, pero podremos usarla todas la veces que queramos sin tener que recordar de memoria los números. Los nombres de las variables del Sistema en el Spectrum son, precisamente, etiquetas del código fuente del Sistema Operativo. El uso de las etiquetas se verá en profundidad cuando estudiemos el manejo de ensambladores.

En algunos casos, el direccionamiento indirecto se utiliza para especificar operandos de 16 bits (dos bytes), en este caso, el puntero apunta al byte de menos peso, siendo el de más peso el siguiente. Por ejemplo:

```
LD HL, (5C37)
```

Que significa: «carga el registro L con el contenido de la

posición de memoria 5C37h, y el registro H con el contenido de la posición de memoria siguiente (5C38h)».

DIRECCIONAMIENTO DE BITS

Un gran número de instrucciones del Z-80 trabajan directamente sobre bits individuales de registros o posiciones de memoria. En este caso, se utiliza uno de los métodos de direccionamiento anteriores para indicar el registro o posición de memoria en concreto, y tres bits del código de operación para indicar a qué bit de ese registro o posición de memoria nos referimos.

MODOS DE DIRECCIONAMIENTO COMBINADOS

Muchas instrucciones incluyen más de un operando, en estos caso, se pueden combinar más de un modo de direccionamiento dentro de una misma instrucción, por ejemplo:

```
LD (IX+7),A
```

Que utiliza directamente indexado para el destino y direccionamiento inmediato para la fuente. Significa: «carga en la posición de memoria apuntada por el contenido del registro IX más 7, el contenido del registro A (acumulador)».

Instrucciones del Z-80

El Z-80 puede ejecutar un gran número de instrucciones, podemos ordenarlas en los siguientes grupos:

CARGA E INTERCAMBIO

Permiten desplazar datos entre registros, o entre estos y posiciones de memoria. También se puede intercambiar el contenido de dos registros, o el de dos grupos alternativos.

ARITMETICAS Y LOGICAS

Permiten realizar operaciones aritméticas o lógicas entre el acumulador y un registro o posición de memoria. Los resultados se almacenan en el acumulador, y los indicadores del registro «F» se ponen a «1» o a «0» en función del resultado de la operación.

BUSQUEDA Y TRANSFERENCIA DE BLOQUES

Se trata de las más poderosas instrucciones del Z-80, es posible transferir todo un bloque de memoria con una sola instrucción; también es posible examinar todo un bloque de memoria para buscar un determinado dato de un byte.

ROTACION Y DESPLAZAMIENTO

Permiten la rotación bit a bit del dato almacenado en un registro o una posición de memoria, las rotaciones pueden incluir el indicador de acarreo del registro «F».

MANIPULACION DE BITS

Permiten tratar de formar independiente cada bit de un registro o una posición de memoria, es posible poner un bit a «1», ponerlo a «0» o examinar si es «1» o «0».

SALTO LLAMADA Y RETORNO

Permite alterar la secuen-

cia normal del programa para saltar a otro lugar de la memoria o ejecutar una subrutina. También es posible retornar desde una subrutina al punto donde se la llamó.

ENTRA Y SALIDA

Permiten leer y escribir datos en los ports de entrada/salida, con lo cual se comunica el ordenador con el mundo exterior.

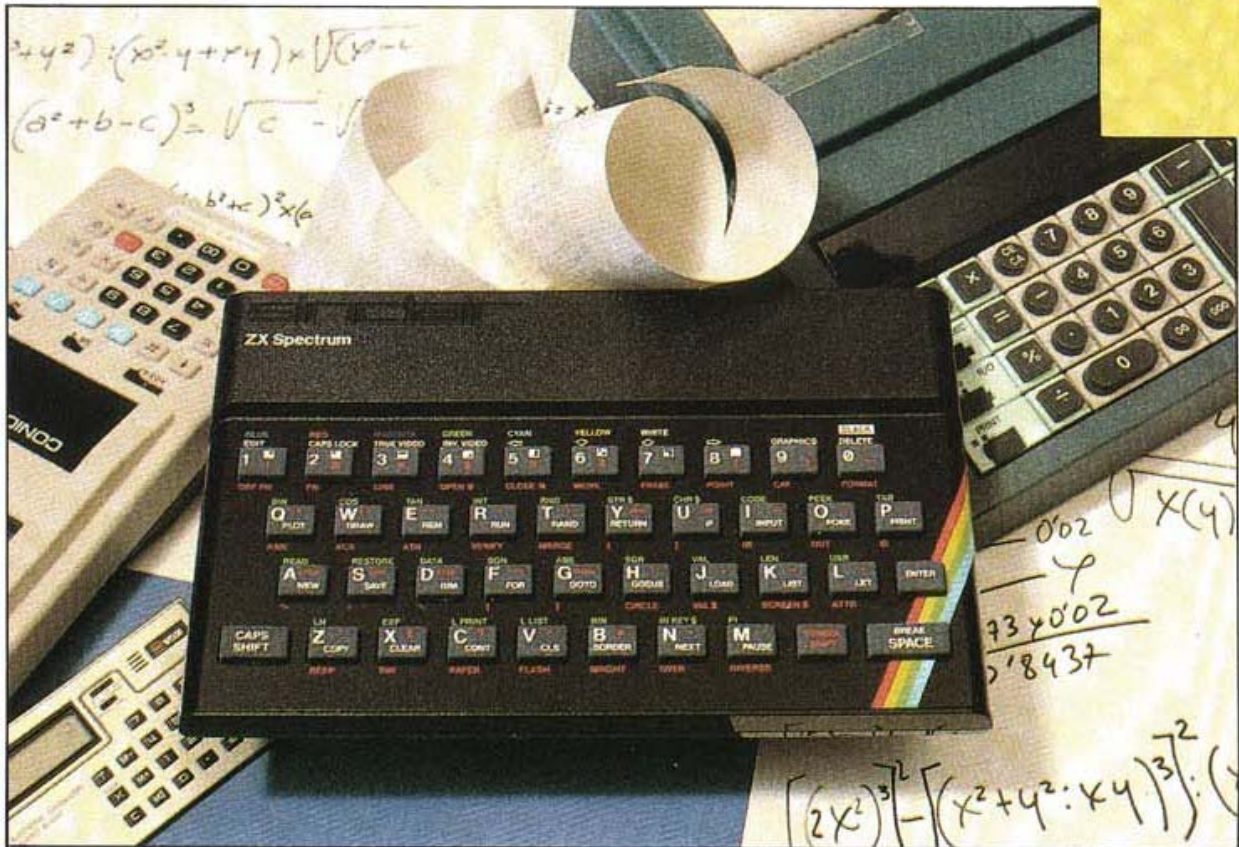
CONTROL CPU

Se utilizan para controlar el propio funcionamiento del microprocesador, inhibir o habilitar interrupciones, cambiar el modo de interrupción, detener el funcionamiento del microprocesador, etc.

En los capítulos posteriores de este curso, se irán viendo detenidamente, una a una, todas las instrucciones

de cada uno de estos grupos y la forma de utilizarlas en nuestros programas.

Antes, en el capítulo siguiente, se verán los conceptos básicos de la programación en Assembler, y las formas de almacenar y ejecutar nuestros programas en Código Máquina.



PROGRAMACION EN ASSEMBLER

En este capítulo se está ya en condiciones de saber qué es la programación en ASSEMBLER; esto es, escribir una serie de códigos entendibles por el usuario que posteriormente serán convertidos en código de máquina entendible por el microprocesador, en este caso el Z-80.

La programación en ASSEMBLER requiere cuidados especiales si se desea sacar el máximo rendimiento, por ejemplo, ante dos instrucciones que obtengan el mismo resultado se debe elegir aquella que tenga menos ciclos de máquina o de reloj, o aquella que ocupe menos posiciones de memoria; incluso en algunos casos habrá que elegir entre ocupar menos posiciones o ser más rápidos, en función de las necesidades que se tengan. Esto no quiere decir que sea necesario conocer de memoria los ciclos de cada instrucción; un manual de ASSEMBLER debe contener toda la información necesaria, con un método de acceso fácil, a pesar de que en algún caso resulte redundante. Se pretende que este curso, además de como tal, pueda servir en el futuro como un manual de consulta rápida, por lo que en algunos casos, es posible que el lector encuentre información reiterada.

Otra buena costumbre cuando se programa en ASSEMBLER es poner comentarios; siempre hay una manera de ponerlos en cada instruc-

ción o intercalados entre ellas. Los comentarios sólo ocupan lugar en el código simbólico o programa fuente; cualquier ensamblador los ignora cuando convierte el programa en código de máquina, lo cual quiere decir que no ocupará más un programa absoluto porque su simbólico tenga comentarios, pero tampoco irá más despacio. Cuando pase el tiempo y queramos modificar alguna parte del programa y se haya olvidado el porqué de cada instrucción, los comentarios serán de gran ayuda.

Siguiendo con la exposición de buenas costumbres nos referiremos, por último, al empleo de subrutinas. Ya veremos cómo se hacen y cómo se accede a ellas, pero hay que irse mentalizando a su uso. Esto es importante en este momento porque se trata de un problema de estructura del programa. Las ventajas son múltiples; una estructura de subrutinas es más fácil de entender, por lo tanto de modificar. Se da con frecuencia el caso de necesitar en un programa operaciones iguales o semejantes a las de otro, por lo tanto, con limitarse a copiar totalmente estas partes o como mucho, adaptarlas algo a las características del nuevo programa, saldriamos adelante.

Resumiendo, hay que acostumbrarse desde un principio a estos métodos y a la realización del organigrama, sobre el cual daremos al-

gunas orientaciones al final de este capítulo. Toda esta información, más los diseños que se hagan de pantalla, de campos o de tablas, se guardarán juntas en una carpeta o cosidas con grapa y se conseguirá una buena documentación de cada programa, documentación que nos será muy útil en el futuro.

Realización de un programa

Existen una serie de pasos que se deben seguir para dar por definitiva la realización de un programa. Cuanto más detallada sea la organización de estos pasos, más fácil será la realización del siguiente. El concepto programa abarca a todo lo que se puede realizar en una corriente de instrucciones dentro de un ordenador, por lo cual, tan programa es un juego, como llevar la contabilidad de una casa o la solución de problemas científicos; la metodología a seguir es la misma.

PASOS A SEGUIR:

a) **Planteamiento del programa:** Lo que en la informática profesional se llama *análisis funcional*. Es la definición de lo que se quiere realizar, la información de que se dispone, la información que se quiere obtener, la información que se quiere volver a utilizar, los formatos de pantalla deseados; todas estas

definiciones se deben hacer con el máximo detalle, como si se pretendiese explicar a otra persona cuál es nuestro problema y cómo nos gustaría que nos lo solucionase.

b) **Viabilidad de resolver el problema con un ordenador:** Lo que en informática profesional se llama *análisis técnico u orgánico*. En este paso se valorará la posibilidad de resolver el problema con el ordenador de que se dispone, así como de la periferia a nuestro alcance (impresora, microdrive, etc.). Se definirá toda la información del paso anterior como datos entendibles para el ordenador, indicando en qué código irán, cuánta memoria ocuparán, en qué lugar han de almacenarse y cómo se procesarán; lo mismo para los diseños de pantalla. En este paso es donde se debe decidir qué procesos se hacen por medio de subrutinas, y, como curiosidad, si el programa se hace en BASIC o en ASSEMBLER.

c) **Realización del programa:** Es decir, la programación propiamente dicha. Este paso se divide en dos partes: la construcción del organigrama y la codificación. Estos dos pasos son complementarios, cuanto más se detalle el organigrama menos vueltas se da a la codificación, y viceversa.

1. El organigrama es una construcción gráfica del flujo o caminos posibles que tiene el programa.

2. La codificación es la escritura del lenguaje simbólico contemplando todas las alternativas posibles definidas en el organigrama.

Por supuesto, hay muchos programadores que nunca hacen un organigrama, pero

también hay muchos que se olvidan de codificar una rama. En cualquier caso, para un programa sencillo o bien para un programador experto el organigrama puede no ser muy detallado o bien omitirse.

d) **Prueba del programa:** En este paso se preparan unos datos de entrada al programa de los cuales ya se conocen los resultados que obtienen, contemplando, si es posible, todos los casos. Por ejemplo, si se hace un programa para resolver raíces cuadradas, se introducirán una serie de valores de los que ya se conoce el resultado.

e) **Documentación:** Una vez concluidos los pasos anteriores, se reúne todo el material e incluso se comentan los problemas o dificultades encontrados y cómo se han solucionado. Dependerá de lo ordenado que sea cada cual el obtener como resultado una buena documentación. Ver FIGURA 4-1.

Todo lo anteriormente descrito se puede hacer o no, pero son métodos ya muy estudiados que producen unos buenos resultados. La metodología anteriormente descrita es una orientación de la más elemental; se pueden usar técnicas más complicadas pero que se salen un poco de lo que es un micro-ordenador. Se dice que en un programa vale todo, siempre y cuando funcione. Si existe un método que lleve a un buen resultado, no sólo que funcione, sino que sea lo más rápido posible, que no se repitan procesos, que ocupe la menor cantidad de memoria y que esté claro, ¿por qué no usarlo?

Formatos de instrucción en código máquina

La memoria del SPECTRUM está dividida en octetos. Un octeto es una agrupación de 8 bits y un bit es la unidad más pequeña de información; sólo puede informar de dos estados: o está activo o no. Cuando de un SPECTRUM se dice que tiene 16K indica que tiene, aproximadamente, 16.000 octetos de memoria disponible, que son exactamente en decimal 16.384; para uno de 48K se multiplica esta cantidad por 3.

Los 48K de memoria disponible en RAM más los 16K que usa el programa monitor en ROM, suman 64K, que son 65.536 octetos. Esto es, desde la posición 0 de memoria a la 65.535, que es en hexadecimal FFFFh y en binario 1111111111111111b y a su vez la máxima cantidad que se puede escribir en dos octetos.

Las instrucciones en el SPECTRUM pueden ocupar 1, 2, 3 ó 4 octetos en función del código de operación y básicamente, tiene los formatos que se ven en la FIGURA 5 del CAPITULO 3.

Como se ve, lo que es común a todos los formatos es que los primeros tienen el código de operación y los últimos el operando. Sobre el operando hay que tener en cuenta que cuando son dos octetos el microprocesador espera encontrar el octeto de orden inferior en el primer octeto del operando, y el de orden superior en el segundo, de tal forma que al referirse al valor de operando 7F3Bh el ensamblador almacenará la instrucción en memoria de la siguiente manera:

| | |
|------------------|-----|
| CODIGO OPERACION | |
| CODIGO OPERACION | |
| 0 0 1 1 1 0 1 1 | 3Bh |
| 0 1 1 1 1 1 1 1 | 7Fh |

Existe una combinación diferente de bits para cada instrucción en el código de operación, a pesar de que la única diferencia sea el registro usado. Por lo tanto, habrá una parte fija y otra variable en el código de operación en función de dichos registros.

Otra cosa muy curiosa es ver cómo el microprocesador va leyendo una serie de octetos llenos de instrucciones cuando estos pueden tener cuatro longitudes distintas. Es muy sencillo. Se recordará que el microprocesador tiene un registro PC que indica la dirección de la memoria donde está la próxima instrucción a ejecutar. Cuando la lee, en función del código de operación, sabe cuantos octetos ocupa; en ese momento sólo tiene que incrementar el registro PC en esa cantidad, mientras va leyendo los restantes octetos de la instrucción, para que cuando vaya a leer la siguiente instrucción, este registro ya la tenga apuntada. Ver FIGURA 4-2.

Necesidad de conocer el código máquina

Podríamos preguntarnos: voy a escribir mi programa en el lenguaje simbólico ASSEMBLER, tengo un ensamblador magnífico que me lo va a traducir, ¿qué necesidad tengo de conocer que bit tiene que estar activo y cual no?

Desde luego, el que tenga un buen ensamblador y escriba un programa de principio a

final, buena gana de estar descifrando códigos y pasándolos de binario a hexadecimal. Pero no siempre se dispone de un buen ensamblador o se quiere estar cargándolo para pocas instrucciones, con lo cual se meterían en la memoria los valores de las instrucciones y se saltaría a esa posición con lo que el microprocesador empezaría a trabajar. Además, existen algunas técnicas en programación que hacen necesario este conocimiento, por ejemplo:

1. Programas automodificables: La primera vez que pasan por una rutina pasan por una instrucción que ejecuta una operación; posteriormente, esa instrucción se modifica con lo que la próxima vez que pase ejecuta una operación distinta.

2. Parches: Durante la prueba del programa se encuentra un error; conociendo las posiciones de memoria donde está cargado el programa se puede modificar directamente y seguir la prueba, incluso si la modificación ocupa más espacio, se deja una zona del programa definida a ceros binarios, se hace sobre ella la modificación terminando con un retorno y desde la posición de error, se hace una llamada a esa rutina.

Por otro lado, no es necesario tener un ensamblador para poder utilizar el Spectrum en código máquina; es posible escribir el programa en Assembler y traducirlo a código máquina, manualmente; si el programa no es muy largo, la labor no resulta excesivamente tediosa. De hecho, es preferible aprender

primero a ensamblar «a mano», ya que esto proporciona un conocimiento más profundo del Assembler, y facilita la utilización posterior de un programa ensamblador.

En este mismo curso, describimos en detalle la utilización del que consideramos el mejor ensamblador que se ha escrito para el Spectrum, el "GENS 3", que desde ahora, recomendamos a nuestros lectores; mientras tanto, indicaremos con todo detalle la forma de ensamblar "a mano" cada instrucción y todos los ejemplos que demos, se podrán introducir en el ordenador sin necesidad de ensamblador, por lo que para seguir este curso, sólo es necesario disponer de un Spectrum.

Formatos de instrucción en lenguaje simbólico

Como se recordará, el lenguaje simbólico es aquél en el que escribimos el programa fuente. Los códigos nemotécnicos que se han utilizado para el microprocesador Z-80, son abreviaturas de las palabras inglesas que definen la operación que realizan.

El formato de la instrucción y sus normas de sintaxis pueden variar algo en función del ensamblador elegido; pero siempre hay unas reglas mínimas que suelen cumplir y a esas nos referiremos hasta el capítulo que trate más profundamente el ensamblador.

El formato normal es el siguiente:

ETIQUETA NEMOTECNICO
OPERANDOS ; COMENTARIOS

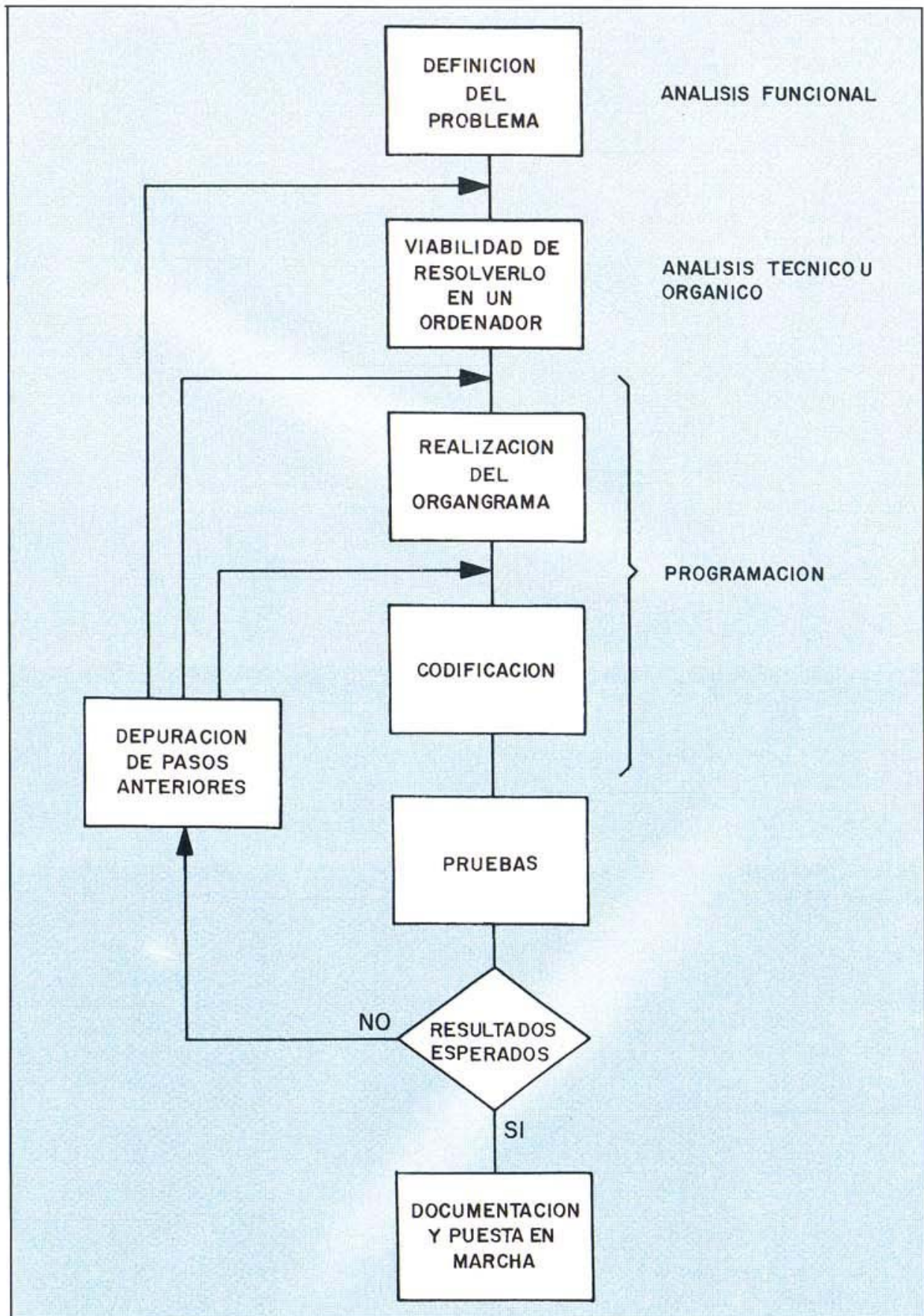


Figura 4.1. Pasos para la realización de un programa.

ETIQUETA. La etiqueta es opcional, sólo debe ponerse cuando sea necesario referirse a esta instrucción desde otra, bien para saltar a ella o para modificarla. Como etiqueta sirve cualquier sucesión de letras o números siempre que empiece por una letra; los espacios no son significativos, por lo cual se usa el símbolo “-” para separar palabras. Sólo los seis primeros caracteres son tratados como etiqueta.

Ejemplos:

| ETIQUETA ETIQUE | |
|-----------------|----------|
| etiqueta | etique |
| MUEVE_DATOS | MUEVE_ |
| 2 | (ilegal) |
| DOS | DOS |
| UN_2 | UN_2 |

NEMOTECNICO. Es el código de la instrucción y siempre estará presente pues es el que propiamente la define. Consta de 1 a 4 letras mayúsculas que recuerdan en parte la operación que realizan.

Ejemplo:

| |
|--|
| Instrucción de carga en inglés LOAD nemotécnico LD |
|--|

OPERANDOS. Este es el campo más variable de la instrucción. Muchas instrucciones no tienen necesidad de que se les definan operandos, ya que éstos están implícitos en su operación. Otras tienen necesidad de tener definidos dos operandos, en este caso irán separados por coma “,”. Operando podrá ser un número, una etiqueta, un registro o un par de registros. Cuando el valor del operando se refiera al contenido de la

posición de memoria indicada, el operando se pondrá entre paréntesis.

Ejemplos:

| | |
|--------|--|
| HL | Valor del par de registros HL. |
| (HL) | Contenido de la posición de memoria direccionada por HL. |
| 36FAh | Valor hexadecimal 36FAh. |
| (36FA) | Contenido de la posición de memoria 36FAh. |

COMENTARIOS. En un número limitado de caracteres, es una explicación del porqué y para qué de esta instrucción. Va separado “;” de los operandos.

Ejemplo:

PERIODO LD A,30 ; DIAS DEL MES

Contador de posición

El ensamblador, en tiempo de ensamblaje (mientras está ensamblado), mantiene un contador de posición (location counter). Este contador tiene el valor de la dirección de la instrucción que se está ensamblando. Es posible acceder a este valor usando el símbolo “\$” (dólar) que lo representa. Este símbolo se usa como una etiqueta en el campo de operando de la instrucción, de tal forma que si se quiere saltar a diez posiciones de memoria más adelante, se saltaría a “\$+10”. Cuando se use esta facilidad hay que tener en cuenta el número de octetos de cada instrucción.

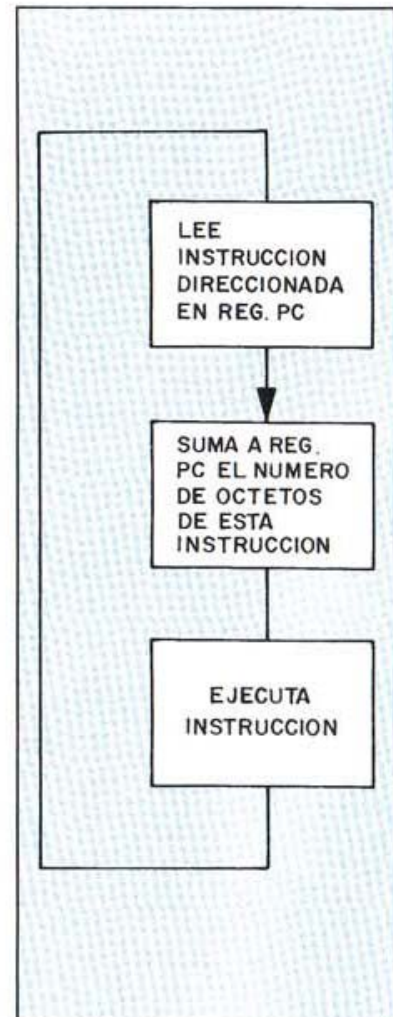


Figura 4.2. Forma de avanzar el registro PC.

Generación de palabras de datos

Por la misma razón que en el formato de instrucciones, pueden existir diferencias entre ensambladores cuando se definen datos; por lo tanto, seguiremos en la línea de lo que suele ser habitual. La definición de datos se hace por medio de unos códigos seudonemotécnicos, también llamados directivos, que actúan de una manera similar a las instrucciones. Estos directivos sólo tienen valor en tiempo de ensamblaje (en realidad son comandos del ensamblador y no tienen código

de operación), generan una o varias palabras de datos y quedan definidas dentro del programa absoluto. El formato es el siguiente:

ETIQUETA SEUDO-NEMOTECNICO
EXPRESION

ETIQUETA: Sigue las mismas normas que para instrucciones, y su uso está justificado por la necesidad de acceder a los datos. Sólo es obligatorio con el directivo EQU.

SEUDO-NEMOTECNICO: Son una serie de caracteres en mayúsculas, basados en el idioma inglés, que recuerdan el tipo de dato que definen. Como más usuales citaremos:

EQU expresión

Tiene que estar precedido por una etiqueta. Pone la etiqueta igual al valor de la expresión. La expresión no puede contener una etiqueta que no haya sido previamente valorada.

DEFB expresión, expresión...

Cada expresión tiene que tener un valor que entre en un octeto. Coloca el valor de cada expresión en octetos consecutivos a partir del contador de posición.

DEFW expresión, expresión...

Cada expresión tiene que tener un valor que entre en dos octetos. Coloca el valor de cada expresión en pares de octetos consecutivos a partir del contador de posición.

DEFS expresión

Reserva un bloque de memoria,

igual al valor de la expresión.

DEFM 's'

Define el contenido del octeto con el valor en código ASCII de las letras colocadas entre comillas.

Diagrama de flujo

Conocidos también como organigramas u ordinogramas, son una construcción gráfica del programa. Un buen organigrama facilita la codificación posterior y proporciona una representación visual de todas las situaciones o ramas del programa.

Si se utilizan los símbolos estándar, cualquier otro usuario podrá entenderlo; por lo tanto, se definirán a continuación los más utilizados, que son suficientes para la realización de los organigramas del SPECTRUM.

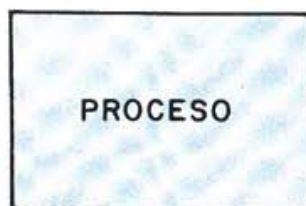
Como normas generales se tendrá en cuenta:

a) El tamaño de los símbolos es variable, sólo se deben mantener las proporciones.

b) En el interior de los símbolos se debe escribir claro y conciso.

c) Salvo que se indique lo contrario, la dirección del flujo en el organigrama es: de izquierda a derecha y de arriba a abajo.

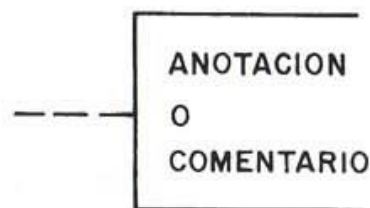
Simbolos básicos



Representa el proceso a realizar. Ejemplo: Operación aritmética, cambio de valores, actualización de una variable, etcétera.



Representa la dirección del flujo del programa. Estas flechas o líneas unen los símbolos del organigrama. Las direcciones de arriba a abajo y de izquierda a derecha no es necesario señalarlas, las otras sí.



Se usa para añadir comentarios o anotaciones marginales de tipo aclaratorio.

Simbolos especializados de entrada/salida



Representa una función de entrada/salida por medio de un documento. Por ejemplo, una impresión.



Representa una función de entrada/salida en la que la entrada es manual en tiempo de proceso. Ejemplos: teclado, interruptores, pulsado de botones, etc.



Representa una función de entrada/salida en la que la información es presentada para uso humano en tiempo de proceso. Ejemplo: indicadores, pantalla de video.



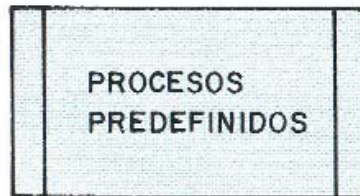
Representa una función de entrada/salida sobre una cinta magnética. Por ejemplo, el cassette.



Representa una función de entrada/salida sobre un disco magnético. Simbolos especializados



Representa una decisión dando paso a las alternativas que pueden ser seguidas.



Representa el nombre de un proceso que consiste en una o más operaciones. Por ejemplo, las subrutinas.

CONECTOR



Representa una conexión dentro del organigrama, tanto de salida hacia, como de entrada por. Normalmente se pone una letra o un número para

indicar hacia dónde se dirige o el nombre de la entrada. Una flecha marcará el sentido.

Ejemplos:

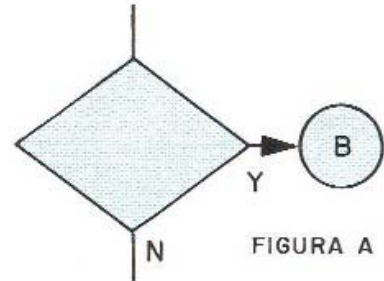


FIGURA A

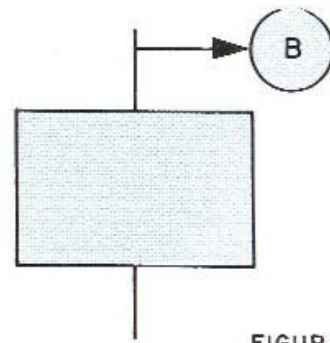


FIGURA B

La decisión "Y" se dirigirá a "B", que estará definido en otra parte del organigrama.

El flujo de programa llega desde el punto "B", donde se le mando aquí.



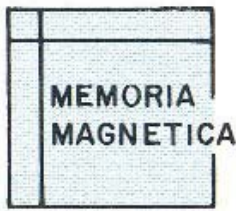
Representa un punto terminal en el programa. Por ejemplo: el comienzo, el final, un punto de espera, un alto, una interrupción, etc.

Otros simbolos usados

Básicos

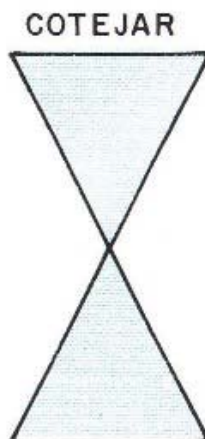
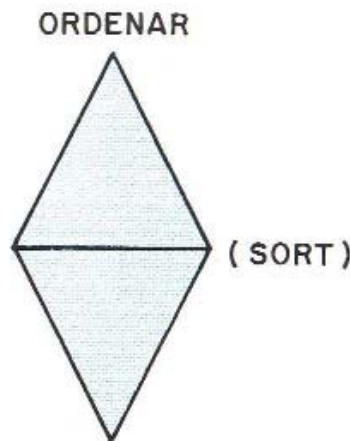


Especializados de entrada/salida



Este simbolo podria usarse para diferenciar entre el casette y el microdrive.

Especializados de proceso



Una tabla de saltos se puede representar de la siguiente manera:

| | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|
| | ↓ | | | | | |
| CODIGO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| SALTAR | A | B | C | D | | ↓ |

FIGURA C

En la FIGURA 4-3, se puede ver un ejemplo de lo que podría ser un organigrama que representara las actividades básicas de una persona. Creemos que el ejemplo es de por sí bastante ilustrativo de cómo se hace un organigrama. Esperamos, no obstante, que ninguno de nuestros lectores rija su existencia por un bucle de tan escasas posibilidades.

Presentación de las instrucciones

A partir del próximo capítulo iremos estudiando por grupos, todas las instrucciones que usa el Z-80. Veremos la forma de utilizarlas en Assembler, y la forma de ensamblarlas en código máquina para aquellos que no dispongan de ensamblador. También veremos una serie de ejemplos que irán creciendo en complejidad, y que el lector podrá teclear en su ordenador para irse habituando al uso de este lenguaje.

Las instrucciones se presentarán de la siguiente manera:

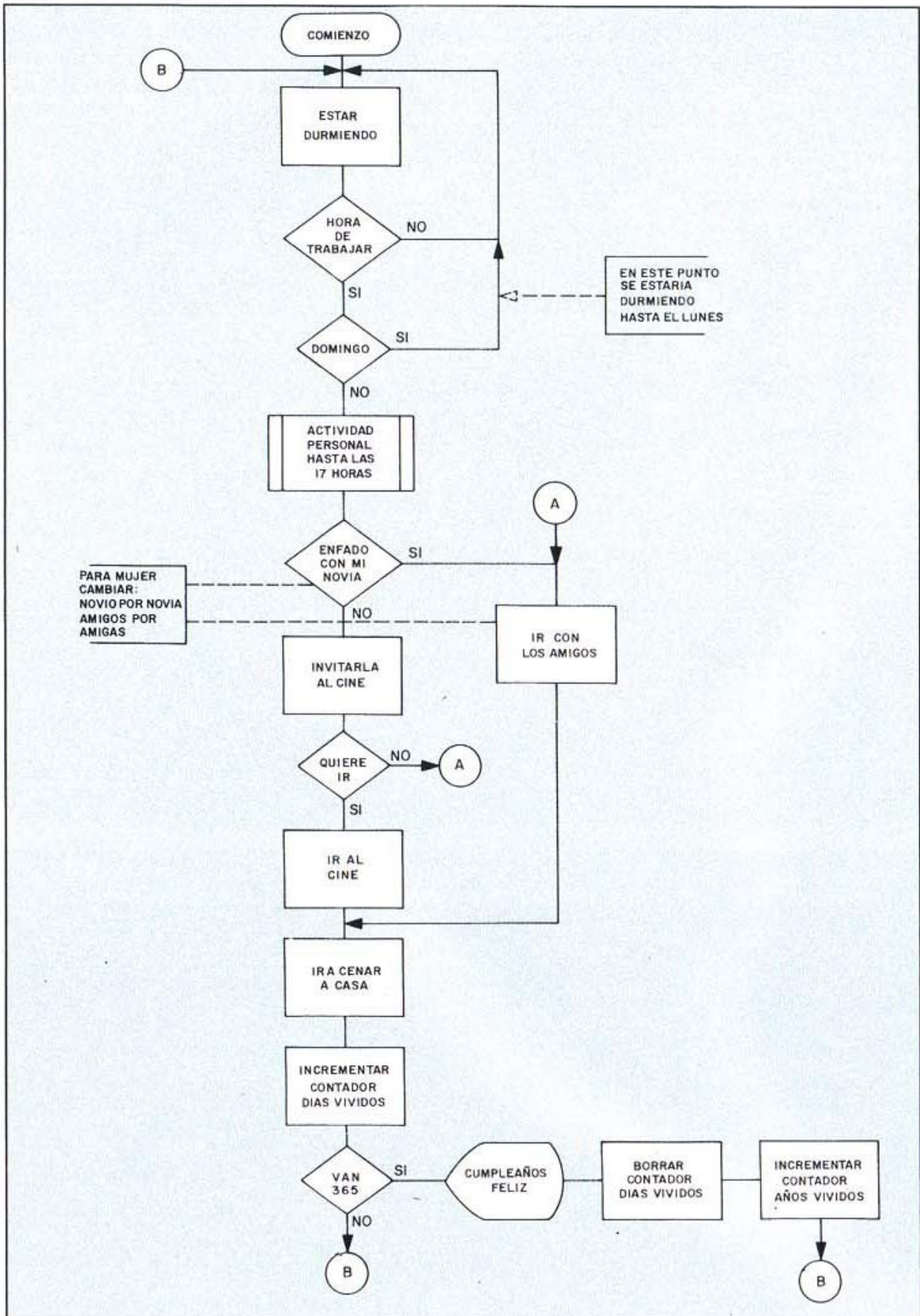


Figura 4.3.

1) Código simbólico: En el operando se usarán las siguientes claves:

- r,r' = Uno de los registros A, B, C, D, E, H o L.
n = Una expresión o número, cuyo valor no supere el tamaño de un octeto. Entre 0 y 255.
nn = Una expresión o número, cuyo valor no supere el tamaño de dos octetos. Entre 0 y 65535.
d = Una expresión o número con valores comprendidos desde -128 a +127.
b = Una expresión o número con valores comprendidos entre 0 y 7.
e = Una expresión o número con valores comprendidos desde -126 a +129.
cc = Estado de los indicadores de condición en las instrucciones que los usan.
qq = Cualquiera de los pares de registros BC, DE, HL o AF.
ss = Cualquiera de los pares de registros BC, DE, HL, o SP.
pp = Cualquiera de los pares de registros BC, DE, IX o SP.
rr = Cualquiera de los pares de registros BC, DE, IY o SP.
s = Cualquier r, n, (HL), (IX+d) o (IY+d).
m = Cualquier r, (HL), (IX+d) o (IY+d).

2) Objeto: Donde se describirá la operación que realizará.

3) Código de máquina: Donde se presentará el código binario de la instrucción y el hexadecimal, si es posible.

4) Indicadores de condición que afecta: Siempre que la instrucción afecte los indicadores de condición se indicará cuáles y cómo los afecta.

| | |
|------------|------------------------------|
| Estos son: | C = acarreo |
| | N = suma/resta |
| | P/V = paridad/desbordamiento |
| | H = semi-acarreo |
| | Z = cero |
| | S = signo |

5) Número de ciclos de máquina: Número de veces que el microprocesador accede a la memoria.

6) Número de ciclos de reloj: Número de ciclos de reloj que necesita la instrucción para ejecutarse.

7) Ejemplos: Con cada instrucción, se dará un ejemplo que muestre sobre el papel la forma en que actúa y cómo modifica los registros y las posiciones de memoria a las que afecta.

Por otro lado, también veremos ejemplos que se podrán introducir en el ordenador, y cuya realización explicaremos de forma exhaustiva. De cada ejemplo, se dará el listado Assembler, para que quien lo desee, pueda teclearlo por medio de un ensamblador. Para quienes no dispongan de ensamblador, se acompañará cada ejemplo de un programa en Basic (también explicado), que introduzca el código en memoria y lo ejecute.

Ejecución de código máquina en el Spectrum

Quienes dispongan de ensamblador, deberán mirar las instrucciones del mismo, pa-

ra ver cómo deben introducir sus programas en memoria. En cualquier caso, en un capítulo posterior, estudiaremos en profundidad el manejo de ensambladores, y concretamente, del GENS 3, que a pesar de todo, tiene el pequeño inconveniente de traer las instrucciones en inglés.

Por ahora, aprenderemos a utilizar el código máquina desde el Basic, construyendo pequeños programas cargadores de C/M.

Para introducir en el Spectrum un programa en C/M, empezaremos por escribirlo en Assembler sobre un papel. Una vez decidido en qué lugar de la memoria lo vamos a cargar, lo ensamblaremos a manos siguiendo las normas que daremos en los siguientes capítulos. El resultado, será una serie de números, comprendidos entre 0 y 255, que constituyen el código máquina propiamente dicho.

Mediante un bucle FOR ... NEXT en Basic, vamos introduciendo estos números en sucesivas posiciones de memoria a partir de la RAMTOP (que previamente habremos bajado). Y finalmente, utilizaremos la funciónUSR para ejecutarlo.

Veamos un ejemplo: Supongamos que el programa que deseamos cargar, está representado por los números: 12, 65, 87, 80, 68, 91, 18, 71, 33 y 27 (en este ejemplo, los números son aleatorios, así que no se moleste nadie en desensamblarlo, por que no tiene sentido). Supongamos también, que lo queremos introducir a partir de la dirección 50,000 y que se ejecuta a partir de 50,005 (un programa en C/M no tiene por qué ejecutarse siempre des-

de la primera dirección).

Nuestro programa en Basic, empezaría por:

```
10 CLEAR 49999
```

A continuación, utilizaremos un bucle FOR...NEXT para introducir el código.

```
20 FOR n=50000 TO 50009
30 READ a:POKE n,a
40 NEXT n
50 DATA 12,65,67,80,66
60 DATA 91,18,71,33,27
```

Ahora, sólo nos queda ejecutar el programa; para ello utilizaremos la funciónUSR, que como todos saben, nos devuelve en el retorno, el contenido del par de registros BC (como regla nemotécnica, acuérdesede de "Basic Comunicator,, -comunicador con el Basic-). USR, como toda función, debe ir precedida de un comando, el que utilicemos, dependerá de lo que queramos hacer con el resultado; si no nos importa el valor de BC en el retorno, podemos hacer RANDOMIZE USR... que sólo ocupa dos bytes. Si queremos imprimir el resultado, podemos hacer PRINT USR... y si queremos asignar el resultado a una variable, para luego trabajar con él, podemos hacer LET a=USR... En cualquier caso, detrás de USR deberá ir la dirección a partir de la cual se debe ejecutar nuestro programa. Supongamos que en nuestro ejemplo, no nos importa el resultado, así que haríamos:

```
70 RANDOMIZE USR 50005
```

Con lo que el Sistema Operativo para el control a nuestro programa en C/M, hasta que el microprocesador se encuentre una instrucción de retorno, ya que el S/O (Sistema Operativo) trata nuestro programa como si se tratase de una subrutina suya; esto se verá más claramente cuando estudiemos el capítulo dedicado a las subrutinas.

Codificación hexadecimal

Con el procedimiento visto hasta ahora, utilizamos 10 números metidos en DATAs, para representar un programa de 10 bytes de longitud. Estas DATAs, nos ocuparán cerca de 70 bytes de memoria dentro del programa Basic; si tuviéramos que representar en DATAs un programa de 2K (2048 bytes), probablemente, no nos cabrían los DATAs en un 16K. Para evitar esta forma de malgastar la memoria, existe un procedimiento al que quizá esté acostumbrado el lector por los listados de nuestra revista, este procedimiento consiste en codificar el programa en hexadecimal, e introducirlo como una cadena de caracteres, que sólo ocupará en DATAs el doble de la longitud del programa. Veámoslo con un ejemplo:

Primero haríamos:

```
10 CLEAR 49999
```

De la misma forma que antes, pero esta vez, definiremos una función que nos ayude a decodificarlo.

```
20 DEF FN a(a$,n)=16*ICODE a$(n)
-45-+15$IF n=0+1+ICODE a$(n)
-45-+15$(n+1)+9
```

Puede parecer complicado, pero esta función nos ayuda a pasar los números de hexa a decimal antes de POKEarlos en las direcciones de memoria.

Usaremos también, una suma de comprobación (checksum) para detectar si nos equivocamos al teclear los DATAs. El programa seguiría:

```
30 READ a$:S:LET c$=0
40 FOR n=1 TO LEN a$-1 STEP 2
50 LET a=FN a(a$,n)
60 LET c$=c$a
70 POKE 49999+n,a
80 NEXT n
90 IF c$="" THEN PRINT "Error"
STOP
100 RANDOMIZE USR 50005
110 DATA "0C415750445B1247211B"
120 DATA 552:REM CHECKSUM
```

La línea 30 lee toda la cadena, la suma de comprobación y pone a cero el contador de checksum.

El bucle entre las líneas 40 y 80, va leyendo los caracteres de la cadena de checksum y finalmente, los introduce en la dirección adecuada.

En la línea 90, se detectan los posibles errores, comparando el contador de checksum con la suma correcta que está en la línea 120. Finalmente, la línea 100 ejecuta el programa de la misma forma que en el caso anterior.

La cadena de la línea 110, está compuesta por la representación hexadecimal de los números que componen el código máquina que queramos introducir en el ordenador.

Dónde ubicar un programa en C/M

en principio, un programa en código máquina se puede colocar en cualquier lugar de la memoria, de hecho, existen programas comerciales que la ocupan prácticamente por completo. No obstante, para nuestros fines existen zonas más adecuadas que otras.

Se supone que un programador aficionado, utilizará rutinas en C/M combinadas con un programa principal en Basic, por lo que habrá que respetar una zona de memoria para que el Basic pueda trabajar.

Básicamente, existen cuatro zonas donde situar nuestros programas:

1. Por encima de la RAMTOP.
2. En el buffer de impresora.
3. En el archivo de pantalla.
4. Dentro del programa Basic.

Veámosalas una por una:

1. Por encima de la RAMTOP: Es la zona más adecuada para colocar un programa en C/M, ya que queda protegido de borrados por el sistema Basic. En primer lugar, deberemos bajar la RAMTOP con el uso de CLEAR, como se veía en el ejemplo anterior. Una vez cargado nuestro programa, no podrá ser borrado ni siquiera con NEW; para volver a la situación inicial, de-

beremos teclear:

```
RANDOMIZE USR 0
```

Que sí borrará el programa en C/M y todo lo que haya en la memoria del ordenador. Otra forma de destruir nuestro programa sería, volver a subir la RAMTOP.

2. En el buffer de impresora: Existe en la RAM, una zona reservada de 256 bytes, que empieza en la dirección 23296 (B00h) y acaba en la 23551 (5BFFh); esta zona la utiliza el Spectrum cuando trabaja con una impresora tipo ZX-Printer (Alphacom-32 o Seikosha GP-50S); si no va a utilizar ninguna de estas impresoras, puede almacenar en esta zona una rutina corta (256 bytes máximo) que no le ocupará, por tanto, memoria en la zona de programa. Tenga en cuenta, no obstante, que su rutina será borrada si utiliza los comandos: NEW, LPRINT, LLIST y COPY.

3. En el archivo de pantalla: En casos especiales, se utiliza el archivo de pantalla par almacenar programas en C/M, es una técnica usada en algunos copiadore para no ocupar memoria útil. Si no desea "ensuciar" la pantalla, puede poner los atributos correspondientes al mismo color de tinta y papel, con lo que los bytes no se visualizarán en forma de pixels. Cuando utilice esta técnica, tenga en

cuenta que su programa puede ser corrompido por el uso de NEW, CLEAR y cualquier comando que afecte a la pantalla. El archivo de pantalla va desde 16384 (4000h) hasta 22527 (57FFh).

4. Dentro del programa Basic: Esta era la técnica usada en el ZX-81, consiste en hacer que la primera línea del programa sea una línea REM, con tantos espacios, como bytes tenga el programa C/M a almacenar. La dirección de inicio de esta zona es (PROG)+5. Este método tiene la ventaja de poder salvar juntos el Basic y el Código Máquina, si bien, su empleo no es recomendable si se tiene conectado el INTERFACE 1, ya que este dispositivo desplaza el programa Basic, y por tanto, nuestra rutina en C/M, a menos que ésta sea *reubicable* y entremos en ella, calculando cada vez la dirección de entrada a partir del contenido de la variable PROG. En este caso, nuestra rutina sólo se borra editando la línea, o borrando el programa Basic con NEW.

De todos éstos, el sistema usado con más frecuencia es el primero, y es el que usaremos en nuestros ejemplos. Si se tiene conectado un interface de impresora INDESCOMP, ha de tenerse en cuenta que su software ocupa los 1000 bytes más altos de la memoria.

INSTRUCCIONES DE CARGA

Las instrucciones de carga transfieren contenidos de memoria a registros, de registros a memoria y entre registros.

Se trata del grupo principal de instrucciones del microprocesador, y su necesidad queda justificada, ya que todas las operaciones aritméticas y lógicas se hacen sobre registros del microprocesador, o entre estos y posiciones de memoria y casi siempre será necesario almacenar los resultados sobre la memoria.

Por otra parte, gran número de instrucciones utilizan registros para direccionar posiciones de memoria, bien sea mediante direccionamiento absoluto o indexado.

El formato básico de estas instrucciones es:

LD DESTINO, ORIGEN

El código LD del inglés "LOAD" (carga), indica al microprocesador que debe cargar en el "DESTINO" el valor contenido en el "ORIGEN".

El "DESTINO" y el "ORIGEN", pueden ser tanto registros, como posiciones de memoria, utilizaremos "r" y "r'" para referirnos a los registros de 8 bits, afectados por la instrucción, y "dd" para referirnos a los de 16 bits (pares de registros).

Los valores de "r" y "r'" usados para el código de máquina en este grupo de ins-

trucciones, son los siguientes:

| r y r' | registro |
|--------|----------|
| 111 | A |
| 000 | B |
| 001 | C |
| 010 | D |
| 011 | E |
| 100 | H |
| 101 | L |

Los valores de "dd" usados para el código de máquina en este grupo de instrucciones, son los siguientes:

| dd | par de registros |
|----|------------------|
| 00 | BC |
| 01 | DE |
| 10 | HL |
| 11 | SP |

Grupo de instrucciones de carga en registros

LD r,r'

OBJETO:

Carga el contenido del registro indicado por r', en el registro indicado por r.

CODIGO MAQUINA:

0 1 < r... > < r'... >

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

LD A,B

El contenido de "A" no es significativo, ya que será destruido por la instrucción. Supongamos que el contenido de "B" es 43 en decimal, 2Bh en Hexa.

(B): 00101011 2Bh

Ejecutamos la instrucción: LD A,B que carga en el registro "A", el contenido del registro "B":

LD A,B: 01111000 78h

Después de la ejecución, el registro "A" contendrá el valor que contenía el registro "B", mientras que el contenido de este último no se habrá modificado.

Contenido de "A" después de la ejecución:

(A): 00101011 2Bh

Contenido de "B" después de la ejecución:

(B): 00101011 2Bh

Como vimos en un capítulo anterior, los registros cumplen, en código máquina, una

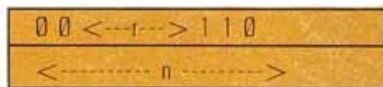
función similar a la de las variables en Basic, de forma que esta instrucción sería similar a la instrucción: LET A=B del Basic.

LD r,n

OBJETO:

Carga en el registro indicado por "r" el valor numérico "n" de 8 bits y en el rango de 0 a 255.

CODIGO MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

LD A,47

Esta instrucción carga el valor 47 decimal (2FH Hexa) en el registro "A", el contenido anterior de este registro se pierde al ejecutarse la instrucción.

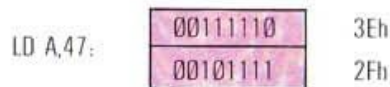
La mayoría de los ensambladores, permiten introducir los números, tanto en decimal como en Hexa. Concretamente, en el caso del GENS 3, esta instrucción se podría escribir también como:

LD A, # 2F

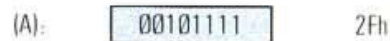
El signo "#" delante del nú-

mero, indica a el ensamblador que se trata de un número hexadecimal.

Instrucción.



Contenido de "A" después de la ejecución:



El equivalente en Basic de esta instrucción, sería: LET A=47

LD r,(HL)

OBJETO:

Carga en el registro indicado por "r", el contenido del octeto de memoria cuya dirección es el valor del par de registros HL.

CODIGO MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

LD B, (HL)

Esta instrucción carga en el registro "B", el contenido de la posición de memoria cuya dirección es el contenido del par de registros "HL". En este caso, estamos usando el mo-

do de direccionamiento indirecto para especificar el "ORIGEN".

Supongamos que el registro "HL" contiene el valor 5F47h (24391), el registro "H" contendrá 5Fh (95) y el registro "L" contendrá 47h (71); observe que 95x256+71=24391.

La posición de memoria cuyo contenido vamos a cargar, será por tanto, la 5F47h. Supongamos que a su vez, esta posición de memoria contiene el número 55h (85). Veamos cómo se desarrollan los acontecimientos.

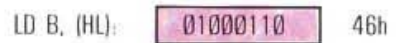
Contenido del par de registros "HL":



Contenido de la posición de memoria 5F47h:



Ejecutamos la instrucción:



Tras la instrucción, sólo se habrá modificado el contenido del registro "B".

Contenido del registro "B" después de la instrucción:

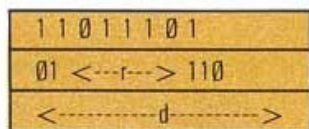


LD r,(IX+d)

OBJETO:

Carga en el registro indicado por "r", el contenido de la posición de memoria, que resulta de sumar: el valor del registro índice "IX" con un entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

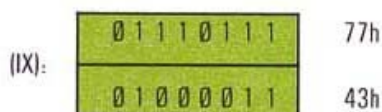


En este caso, vamos a cargar el registro "C" con el contenido de la posición de memoria, cuya dirección es el resultado de sumar 10 al contenido del registro índice "IX".

Esta instrucción utiliza direccionamiento indexado para especificar el "ORIGEN"; obsérvese que el direccionamiento indexado es similar al indirecto, pero más sofisticado.

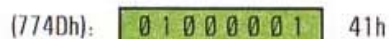
El contenido del registro "C" es irrelevante, ya que será destruido por la instrucción. Supongamos que el contenido de "IX" es 7743h (30531), por lo que accederemos a la posición de memoria 774Dh (30541). Supongamos también, que el contenido de esa posición de memoria es 41h (65).

Contenido de "IX":

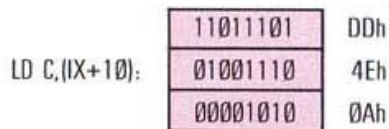


Contenido de la posición de

memoria 774Dh:



Ejecutamos la instrucción:



Contenido de "C" después de la ejecución:



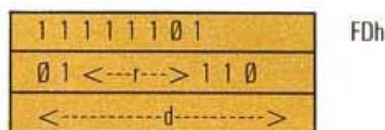
Observe que la posición de memoria leída es 7743h+10, es decir 7743h+Ah=774Dh. Tanto el contenido de esta posición de memoria, como el del registro "IX", no han sido alterados.



OBJETO:

Carga en el registro indicado por "r", el contenido de la posición de memoria que resulta de sumar: el valor del registro índice "IY" con el entero de desplazamiento "d", el cual puede tomar valores desde -128 a +127.

CODIGO MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

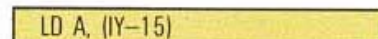
CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

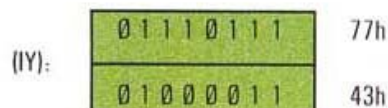
7

EJEMPLO:



De forma similar al ejemplo anterior, vamos a cargar el acumulador con el contenido de la posición de memoria direccionada por el índice "IY" menos 15.

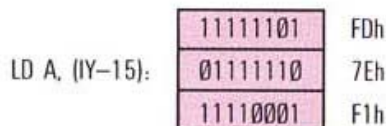
Supongamos que el contenido de "IY" es 7743h (30531), direccionamos, por tanto la posición de memoria 7734h (30516), a la que a su vez, le suponemos un contenido de 42h (66).



Contenido de la posición de memoria 7734h:



Ejecutamos la Instrucción:



Contenido de "A" después de la ejecución:



Obsérvese que hemos representado -15 como F1h, que es precisamente el complemento a 2 de 0Fh es decir, el negativo de 15.

En el Z-80, el primer byte del código de operación de todas las instrucciones que utilizan el registro "IX" es DDh, y el de todas las que utilizan el "IY" es FDh.

Grupo de instrucciones de carga en memoria

LD (HL),r

OBJETO:

Carga en contenido del registro indicado por r, en el octeto de memoria direccionado por el valor del par de registros HL.

CODIGO MAQUINA:

0 1 1 1 0 <---r-->

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

LD (HL),B

Esta instrucción carga en la posición de memoria cuya dirección es el contenido de "HL", el contenido del registro "B". Los contenidos previos de "B" y "HL" no son alterados y si el contenido de la posición de memoria correspondiente.

En este caso, se utiliza direccionamiento indirecto para especificar el "DESTINO".

Supongamos que "HL" contiene 4723h (18211), ésta será por tanto, la posición a la que accederemos. Suponemos asimismo, que el registro "B" tiene un contenido de 75h (117). El contenido de la posición de memoria 4723 es irre-

levante, ya que será destruido por la instrucción.

Contenido del par "HL":

(H): 0 1 0 0 0 1 1 1 47h
(L): 0 0 1 0 0 0 1 1 23h

Contenido de "B":

(B): 0 1 1 1 0 1 0 1 75h

Ejecutamos la instrucción:

LD (HL),B: 0 1 1 1 0 0 0 0 70h

Contenido de la posición 4723h después de la ejecución:

(4723h): 0 1 1 1 0 1 0 1 75h

LD (IX+d),r

OBJETO:

Carga el contenido del registro indicado por "r", en el octeto de la posición de memoria que resulta de sumar: el valor del registro índice "IX" con el entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO MAQUINA:

1 1 0 1 1 1 0 1 DDh
0 1 1 1 0 <---r-->
<-----d----->

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

LD (IX+7),C

Supongamos que "IX" contiene 75B3h (30131), por lo que accederemos a la posición 75BAh (30138), cuyo contenido es irrelevante. Suponemos también, que "C" contiene F0h (240).

Contenido del par "IX":

(IX): 0 1 1 1 0 1 0 1 75h
1 0 1 1 0 0 1 1 B3h

Contenido de "C":

(C): 1 1 1 1 0 0 0 0 F0h

Ejecutamos la instrucción:

LD (IX+7),C: 1 1 0 1 1 1 0 1 DDh
0 1 1 1 0 0 0 1 71h
0 0 0 0 0 1 1 1 07h

Contenido de la posición 75BAh después de la ejecución:

(75BAh): 1 1 1 1 0 0 0 0 F0h

LD (IY+d),r

OBJETO:

Carga el contenido del registro indicado por "r", en el octeto de la posición de memoria resultante de sumar: el valor del registro índice "IY" al entero de desplazamiento "d" el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO MAQUINA:

1 1 1 1 1 1 0 1 FDh
0 1 1 1 0 <---r-->
<-----d----->

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

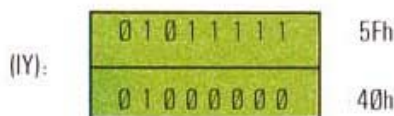
19

EJEMPLO:

```
LD (IY+10),B
```

Supongamos que el índice "IY" contiene 5F40h (24384), por lo que accederemos a la posición 5F4Ah (24394). Suponemos también, que el registro "B" contiene FFh (255). El contenido de la posición 5F4Ah no es significativo, ya que será destruido por la instrucción.

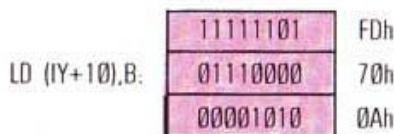
Contenido del índice "IY":



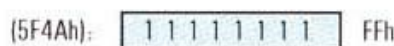
Contenido del registro "B":



Ejecutamos la instrucción:



Contenido de la posición 5F4Ah después de la ejecución:



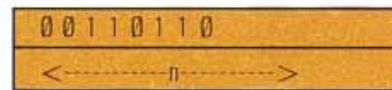
```
LD (HL),n
```

OBJETO:

Carga el valor del número

entero "n", (entre 0 y 255) en la posición de memoria cuya dirección es el contenido del par de registros "HL"

CODIGO MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

10

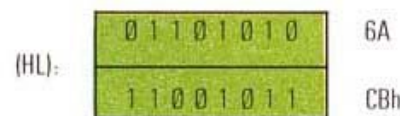
EJEMPLO:

```
LD (HL),57
```

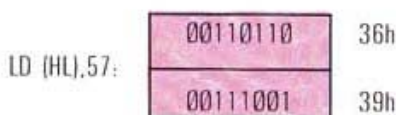
Este ejemplo se podría escribir también como: LD (HL), # 39 ya que 39h = 57.

Suponemos que el par de registros "HL" contiene 6ACBh (27339), por tanto, esa será la dirección de memoria a la que accederemos. El contenido de esta posición de memoria no es significativo, ya que será destruido por la instrucción.

Contenido de "HL":



Ejecutamos la instrucción:



Contenido de la posición 6ACBh después de la ejecución:

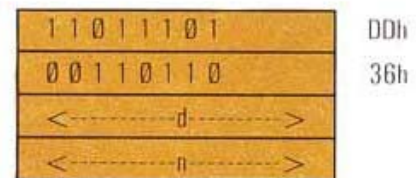


```
LD (IX+d),n
```

OBJETO:

Carga el valor del número entero "n", en el octeto de la posición de memoria que resulta de sumar: el contenido del registro índice "IX" al entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir valores desde -128 a +127.

CODIGO MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MAQUINA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

```
LD (IX+3),7
```

Suponemos que "IX" contiene 73BCh (29628), por lo que accederemos a la posición 73BF (29631), cuyo contenido es irrelevante.

Contenido de "IX"



Ejecutamos la instrucción:

| | | |
|--------------|----------|-----|
| LD (IX+3),7: | 11011101 | 0Dh |
| | 00110110 | 36h |
| | 00000011 | 03h |
| | 00000111 | 07h |

Contenido de la posición 73BFh después de la ejecución

| | |
|----------|----------|
| (73BFh): | 00000111 |
|----------|----------|

LD (IY+d),n

OBJETO:

Carga el valor del número entero "n", en el octeto de la posición de memoria que resulta de sumar: el contenido del registro índice "IY" al entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO MAQUINA:

| | |
|---------------|-----|
| 11111101 | FDh |
| 00110110 | 36h |
| <-----d-----> | |
| <-----n-----> | |

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

LD (IY+5),15

Le suponemos a "IY" un contenido de 5000h (20480), por lo que accederemos a la posición 5005h (20485). El

contenido de esta posición es irrelevante.

Contenido de "IY":

| | | |
|-------|----------|-----|
| (IY): | 01010000 | 50h |
| | 00000000 | 00h |

Ejecutamos la instrucción:

| | | |
|---------------|----------|-----|
| LD (IY+5),15: | 11111101 | FDh |
| | 00110110 | 36h |
| | 00000101 | 05h |
| | 00001111 | 0Fh |

Contenido de la posición 5005h después de la ejecución:

| | | |
|----------|----------|-----|
| (5005h): | 00001111 | 0Fh |
|----------|----------|-----|

Grupo de instrucciones de carga en registro acumulador

LD A,(BC)

OBJETO:

Carga en el registro acumulador, el contenido de la posición de memoria direccionada por el par de registros "BC".

CODIGO MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 00001010 | 0Ah |
|----------|-----|

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

LD A,(BC)

Supongamos que el par de registros "BC" contienen el número 76DFh (30431), esta es por tanto, la posición cuyo contenido cargaremos en el acumulador. Supongamos también, que el contenido de esta posición es AAh (170). El contenido del acumulador es irrelevante, ya que se pierde al ejecutar la instrucción.

Contenido del registro "BC".

| | | |
|------|----------|-----|
| (B): | 01110110 | 76h |
| (C): | 11011111 | DFh |

Contenido de la posición de memoria 76DFh.

| | | |
|----------|----------|-----|
| (76DFh): | 10101010 | AAh |
|----------|----------|-----|

Ejecutamos la instrucción:

| | | |
|------------|----------|-----|
| LD A,(BC): | 00001010 | 0Ah |
|------------|----------|-----|

Contenido del acumulador después de la ejecución

| | | |
|------|----------|-----|
| (A): | 10101010 | AAh |
|------|----------|-----|

LD A,(DE)

OBJETO:

Carga en el registro acumulador, el contenido de la posición de memoria direccionada por el par de registros "DE".

CODIGO MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 00011010 | 1Ah |
|----------|-----|

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

LD A,(DE)

Contenido del registro acumulador, no significativo.

Contenido del par de registros DE

(D): 01001111 4Fh
(E): 11111111 FFh

Contenido de la posición de memoria 4FFFh

(4FFFh): 11101110 EEh

Ejecutamos la instrucción:

LD A,(DE): 00011010 1Ah

Contenido del acumulador después de la ejecución

(A): 11101110 77h

LD A,(nn)

OBJETO:

Carga en el registro acumulador, el contenido de la posición de memoria direccionada por el operando "nn".

CODIGO MAQUINA:

00111010 3Ah
<-----n-----> LSB
<-----n-----> MSB

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

13

EJEMPLO:

CERO EQU #456A
LD A,(CERO)

La primera línea de este ejemplo define una etiqueta, esta operación no tiene código máquina y sirve simplemente, para indicarle al ensamblador, que allá donde le digamos la palabra "CERO", debe entender que queremos decir el número 456AH.

Esta instrucción también se podría haber escrito sin etiqueta de la siguiente forma:

LD A,(#456A)

La utilidad de las etiquetas es que si vamos a acceder a la posición 456Ah muchas veces, seguramente nos resulte más fácil recordar la palabra "CERO" que el número 456Ah.

Contenido de la posición de memoria 456Ah.

(456Ah): 00000000 00h

Ejecutamos la instrucción:

LD A,(#456A): 00111010 3Ah
01101010 6Ah
01000101 45h

Observe cómo se codifica el operando: el octeto de orden inferior (64h) se almace-

na, en la instrucción, delante del octeto de orden superior (45h).

Contenido del acumulador después de la ejecución

(A): 00000000 00h

LD A,I

OBJETO:

Carga en el acumulador, el contenido del registro "I" (vector de página de interrupción), y carga en el indicador "P/V" del registro "F", el estado del flip/flop de aceptación de interrupción "IFF2", que será "1" si la interrupción está habilitada y "0" si está inhibida. De esta forma, es posible comprobar de una sola instrucción, el estado del microprocesador en cuanto a las interrupciones.

CODIGO MAQUINA:

11101101 EDh
01010111 57h

INDICADORES DE CONDICION:

S (signo): Pone a "1" si "I" es negativo, es decir, si su bit de más peso es "1".

Z (cero): Pone a "1" si "I" vale cero.

H (semiacarreo): Pone a "0".

P/V (Paridad/rebosamiento): Pone a "1" si las interrupciones están habilitadas y a "0" si están inhibidas.

N (suma/resta): Pone a "0".

C (acarreo): Permanece con su estado anterior.

CICLOS DE MEMORIA:

2

48 CODIGO MAQUINA

CICLOS DE RELOJ:

9

EJEMPLO:

LD A,I

Supongamos que el registro "I" contiene el valor 9Fh y que las interrupciones están habilitadas.

Contenido de "I":

(I): 1 0 0 1 1 1 1 1 9Fh

Ejecutamos la instrucción:

LD A,I: 1 1 1 0 1 1 0 1 EDh
0 1 0 1 0 1 1 1 5Fh

Contenido de "A" después de la instrucción:

(A): 1 0 0 1 1 1 1 1 9Fh

Estado de "F" después de la instrucción:

S Z H P/V N C
(F): 1 0 x 0 x 1 0 *

x: Estado indeterminado.
*: El flag no cambia su estado anterior.

LD A,R

OBJETO:

Carga en el acumulador el contenido del registro "R" (registro de regeneración).

CODIGO MAQUINA:

1 1 1 0 1 1 0 1 EDh
0 1 0 1 1 1 1 1 5Fh

INDICADORES DE CONDICION:

S (signo): Pone a "1" si "R" es negativo.

Z (cero): Pone a "1" si "R" es cero.

H (semiacarreo): Pone a "0".

P/V (paridad/desbordamiento): Copia el estado de IFF2.

N (suma/resta): Pone a "0"

C (acarreo): Preserva su contenido anterior.

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

9

EJEMPLO:

LD A,R

Supongamos que en el momento de la ejecución, el registro "R" contiene el número 3Ah. Y que las interrupciones están inhibidas.

Contenido de "R"

(R): 0 1 1 1 0 1 0 3Ah

Ejecutamos la instrucción:

LD A,R: 1 1 1 0 1 1 0 1 EDh
0 1 0 1 1 1 1 1 5Fh

Contenido de "A" después de la instrucción:

(A): 0 0 1 1 1 0 1 0 3Ah

Estado de "F" después de la instrucción:

S Z H P/V N C
(F): 0 0 x 0 x 0 0 *

x: Estado indeterminado.
*: Preserva el estado anterior.

Grupo de instrucciones para salvar el registro acumulador

LD (BC),A

OBJETO:

Carga, en el octeto de la posición de memoria direccionada por el valor del par de registros "BC", el contenido del registro acumulador.

CODIGO MAQUINA:

0 0 0 0 0 0 1 0 02h

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

LD (BC),A

Suponemos que el registro "BC" contiene el número C9C0h (51648) y que el acumulador contiene BCh (188). El contenido de la posición C9C0h es irrelevante, ya que será destruido por la instrucción.

Contenido del par de registros "BC":

(B): 1 1 0 0 1 0 0 1 C9h
(C): 1 1 0 0 0 0 0 0 C0h

Contenido del registro acumulador:

(A): 1 0 1 1 1 0 0 0 BCh

CODIGO MAQUINA 49

Ejecutamos la instrucción:

LD (BC),A: 00000010 02h

Contenido de la posición C9C0h después de la ejecución:

(C9C0h): 10111100 BCh

LD (DE),A

OBJETO:

Carga, en el octeto de memoria direccionado por el valor del par de registros "DE", el contenido del registro acumulador.

CODIGO MAQUINA:

00010010 12h

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

LD (DE),A

Suponemos que "DE" contiene 8000h (32768), y que "A" contiene FFh (255). El contenido de la posición 8000h es irrelevante.

Contenido del par de registro "DE":

(D): 10000000 80h
(E): 00000000 00h

Contenido del registro acu-

mulador:

(A): 11111111 FFh

Ejecutamos la instrucción:

LD (DE),A: 00010010

Contenido de la posición 80000h después de la ejecución:

(8000h): 11111111 FFh

LD (nn),A

OBJETO:

Carga, en el octeto de memoria direccionado por el valor del operando "nn", el contenido del registro acumulador.

CODIGO MAQUINA:

00110010 32h
<-----n-----> LSB
<-----n-----> MSB

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

13

EJEMPLO:

LD (29016),A

Suponemos que el acumulador "A" contiene 33h (51). El contenido de la posición 7158h (29016) es irrelevante.

La instrucción se podría haber escrito también como:

LD (#7158),A

Haciendo uso de la notación hexadecimal, o bien, con una etiqueta de la siguiente forma:

ETIQUE EQU #7158
LD (ETIQUE),A

Contenido del registro acumulador:

(A): 00110011 33h

Ejecutamos la instrucción:

LD (#7158),A: 00110010 32h
01011000 58h
01110001 71h

Contenido de la 7158h después de la ejecución:

(7158h): 00110011 33h

LD I,A

OBJETO:

Carga en el registro "I" (vector de página de interrupción), el contenido del registro acumulador.

CODIGO MAQUINA:

11101101 EDh
01000111 47h

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

9

50 CODIGO MAQUINA

EJEMPLO:

LD I,A

Suponemos que el acumulador contiene el número 02h. El contenido del registro "I" es irrelevante.

Contenido del registro acumulador:

(A): 00000010 02h

Ejecutamos la instrucción:

LD I,A: 11101101 EDh
01000111 47h

Contenido del registro "I" después de la ejecución:

(I): 00000010 02h

LD R,A

OBJETO:

Carga en el registro "R" (registro de regeneración), el contenido del registro acumulador.

CODIGO MAQUINA:

11101101 EDh
01000111 47h

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

9

EJEMPLO:

LD R,A

Supongamos que el acumulador contiene el número 57h. El contenido del registro "R" es, de nuevo, irrelevante.

Contenido del registro acumulador:

(A): 01010111 57h

Ejecutamos la instrucción:

LD R,A: 11101101 EDh
01000111 47h

Contenido del registro "R" después de la ejecución:

(R): 1010111 57h

Grupo de instrucciones de carga en registro, 16 bits

LD dd,nn

OBJETO:

Carga en el par de registros indicados por "dd" el número entero de dos octetos "nn".

CODIGO MAQUINA:

00dd0000
<-----n-----> LSB
<-----n-----> MSB

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

10

EJEMPLO:

LD BC, #6A7F

Vamos a cargar el número 6A7Fh (27263) en el registro doble "BC", esto quiere decir, que cargaremos 6Ah (106) en el registro "B", y 7Fh (127) en el registro "C".

Esta instrucción podría haberse escrito también como:

LD BC,27263

El contenido anterior del par de registros "BC" es irrelevante.

Ejecutamos la instrucción:

00000001 01h
LD BC, #6A7F: 01111111 7Fh
01101010 6Ah

Observe que el entero 6A7Fh se codifica con el orden de sus octetos invertido, es decir, primero el octeto menos significativo (LSB) y luego el más significativo (MSB).

Contenido de "BC" después de la ejecución:

(B): 01101010 6Ah
(C): 01111111 7Fh

Recuerde:

| par | dd |
|-----|----|
| BC | 00 |
| DE | 01 |
| HL | 10 |
| SP | 11 |

LD IX,nn

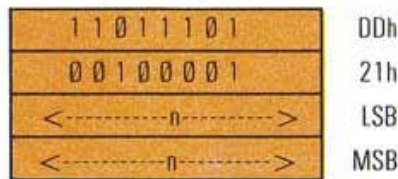
OBJETO:

Carga en el registro indice

CODIGO MAQUINA 51

"IX" el número entero de dos octetos "nn".

CODIGO MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

14

EJEMPLO:

```
LD IX,5
```

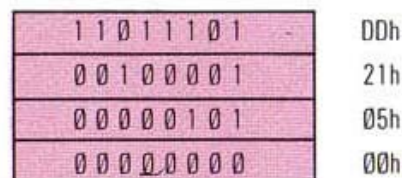
Esta instrucción se podría haber escrito también como:

```
LD IX, #0005
```

De lo que se trata es de cargar el registro índice "IX" con el número 0005h (5).

Obsérvese como los enteros se codifican, de nuevo, con el orden invertido, es decir, primero va el octeto menos significativo y luego, el más significativo.

Ejecutamos la instrucción:



Contenido del registro "IX" después de la ejecución

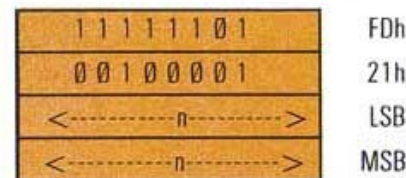
```
(IX): 0000000000000101 0005h
```

LD IY,nn

OBJETO:

Carga en el registro índice "IY" el número entero de dos octetos "nn".

CODIGO MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

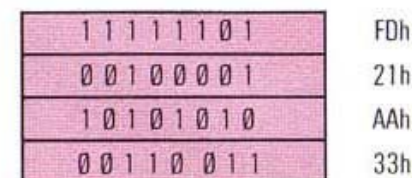
14

EJEMPLO:

```
LD IY, #33AA
```

De forma similar al ejemplo anterior, vamos a cargar el número 33AAh en el registro "IY". De nuevo, codificamos los octetos del entero, al revés.

Ejecutamos la instrucción:



Contenido del registro índice "IY" después de la ejecución:

```
(IY): 0011001110101010 33AAh
```

LD HL, (nn)

OBJETO:

Carga en el registro "L" el octeto de memoria direccionado por "nn" y en el registro "H" el octeto de memoria direccionado por "nn+1".

CODIGO MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

16

EJEMPLO:

```
LD HL, (#6677)
```

Vamos a cargar el par de registros "HL", con un número de dos bytes (16 bits) contenido en la memoria. Dado que el número tiene 16 bits, ocupará dos posiciones de memoria contiguas. Como operando de la instrucción, tenemos que dar la dirección de la primera de las dos posiciones.

Como de costumbre, el microprocesador considera que los octetos que componen el número, están en orden inverso, es decir, primero el de menos peso (LSB) y luego el de más peso (MSB).

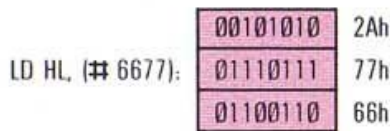
Supongamos que el número

ro que vamos a cargar en "HL" es el 33FFh (13311), que se encuentra almacenado en las direcciones de memoria 6677h y 6678h (26231 y 26232). La posición 6677h contendrá FFh, y la 6678h contendrá 33h.

Situación de los octetos en la memoria:

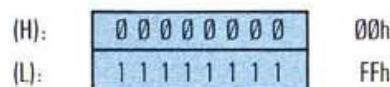


Al codificar la instrucción en código máquina, también deberemos invertir el orden de los octetos en el operando: Ejecutamos la instrucción:



De forma que, una vez ejecutada la instrucción, el contenido de la dirección de memoria 6677h (LSB) se habrá cargado en el registro "L", y el contenido de 6678h (MSB), lo habrá hecho en el registro "H".

Contenido de "HL" después de la instrucción:



LD dd,(nn)

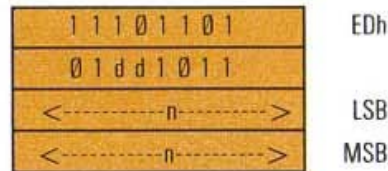
OBJETO:

Carga, en la parte de orden inferior del par de registros indicado por "dd", el octeto de memoria direccionado por "nn" y en la parte de orden superior, el octeto direccionado por "nn+1".

Esta instrucción es similar

a la que hemos descrito anteriormente, salvo que puede trabajar con todos los pares de registros, no sólo con el "HL". En compensación, ésta ocupa 4 bytes, en lugar de los tres que ocupaba la anterior.

CODIGO MAQUINA:



| Par | "dd" |
|-----|------|
| BC | 00 |
| DE | 01 |
| HL | 10 |
| SP | 11 |

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

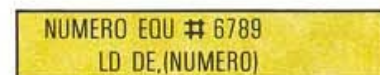
CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

20

EJEMPLO:



En este ejemplo, vamos a cargar en "DE", el contenido de la posición de memoria 6789h y siguiente. El orden de los octetos está, de nuevo, invertido.

A partir de estas instrucciones y según nos vayamos adentrando en otras más complejas, es de suma importancia que el lector analice cuidadosamente los cuadros que acompañan a los ejemplos y que muestran el contenido de los registros y posiciones de memoria, según

van siendo afectados por la instrucción.

Supongamos que el número que vamos a cargar es el 72C8h (29384), de forma que la posición 6789h, contendría el número C8h y la posición 678Ah, el 72h.

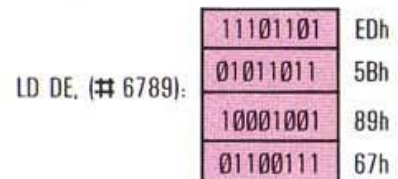
En el código fuente, hemos utilizado una etiqueta, con el fin de que el lector se vaya habituando a su uso. No obstante, la instrucción podría haberse escrito como:



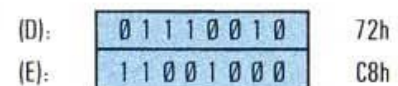
Situación del número en memoria:



Ejecutamos la instrucción:



Contenido de "DE" después de la ejecución:



Observe que con este código de máquina se puede codificar, también, la instrucción LD HL,(nn), sólo que ocuparía 4 octetos en lugar de 3. Cualquier ensamblador codificaría el código que menos octetos ocupase.

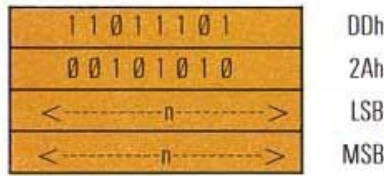
LD IX,(nn)

OBJETO:

Carga, en la parte de orden

inferior del registro índice "IX", el octeto direccionado por "nn", y en la parte de orden superior, el octeto direccionado por "n+1".

CODIGO MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

8

CICLOS DE RELOJ:

20

EJEMPLO:

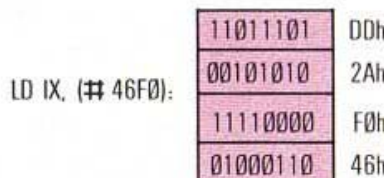
```
LD IX, (# 46F0)
```

En este caso, vamos a hacer lo mismo que en ejemplos anteriores, pero cargando el índice "IX". Suponemos que vamos a cargar el número BBAAh (48042).

Situación del número en memoria:

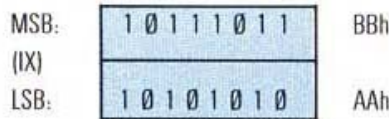


Ejecutamos la instrucción:



Contenido del índice "IX" después de la ejecución:

54 CODIGO MAQUINA

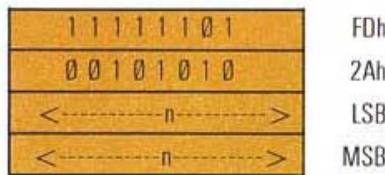


```
LD IY, (nn)
```

OBJETO:

Carga, en la parte de orden inferior del registro índice "IY", el octeto de memoria direccionado por "nn", y en la parte superior, el octeto de memoria direccionado por "nn+1".

CODIGO MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

20

EJEMPLO:

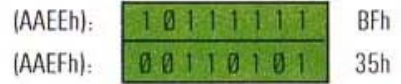
```
GRUPO EQU # AAEH
LD IY, (GRUPO)
```

De nuevo, utilizamos una etiqueta. Llamamos "GRUPO" al número AAEH. A partir de ese momento, cada vez que pongamos en un operando la palabra "GRUPO", el ensamblador considerará que nos referimos a este número. La instrucción podía haberse escrito también, como:

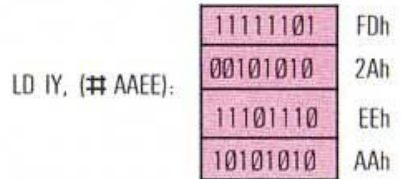
```
LD IY, (# AAEH)
```

El número que queremos cargar en "IY" es el 35BFh (13759), que está contenido en las posiciones de memoria AAEEh y AAEFh.

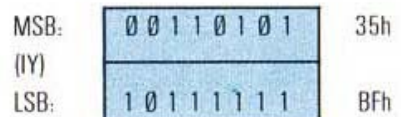
Situación del número en memoria:



Ejecutamos la instrucción:



Contenido del índice "IY" después de la ejecución:



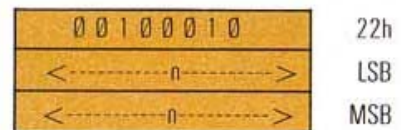
Grupo de instrucciones de carga en memoria, 16 bits

```
LD (nn),HL
```

OBJETO:

Carga en la dirección de memoria "nn" el contenido del registro "L" y en la dirección de memoria "nn+1", el contenido del registro "H".

CODIGO MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

16

EJEMPLO:

```
LD (#45FD),HL
```

Este grupo de instrucciones es el opuesto al visto anteriormente. De la misma forma que antes teníamos los números en memoria con el orden de los octetos invertidos, esta vez, el microprocesador se encarga de almacenarlos también, con el orden invertido. Esto hace que los dos grupos de instrucciones sean totalmente compatibles.

En otras instrucciones, también apreciaremos esta particularidad; como regla general, podemos decir que todos los números de dos bytes que se almacenan en la memoria, deberán guardarse con el orden de sus octetos invertidos (primero el menos significativo y luego el más significativo). He aquí la razón última de porqué las Variables del Sistema tienen este formato.

En este ejemplo concreto, vamos a guardar en la dirección 45FDh y siguiente, el contenido del par "HL", que suponemos, es de AABh.

Contenido del par de registros "HL":

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 1 0 1 0 1 0 1 0 | AAh |
| (L): | 1 0 1 1 1 0 1 1 | BBh |

Ejecutamos la instrucción:

| | | |
|----------------|----------|-----|
| LD (#45FD),HL: | 00100010 | 22h |
| | 11111101 | FDh |
| | 01000101 | 45h |

Situación del número en

memoria, después de la instrucción:

| | | |
|----------|-----------------|-----|
| (45FDh): | 1 0 1 1 1 0 1 1 | BBh |
| (45FEh): | 1 0 1 0 1 0 1 0 | AAh |

LD (nn),dd

OBJETO:

Carga en la posición de memoria "nn", el octeto de orden inferior del par de registros indicados por "dd", y en la posición de memoria "nn+1" el octeto de orden superior.

CODIGO MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh |
| 0 1 d d 0 0 1 1 | |
| <-----n-----> | LSB |
| <-----n-----> | MSB |

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

20

EJEMPLO:

```
TODO EQU #45FA
LD (TODO),BC
```

La palabra "TODO", es en este caso, una etiqueta, que sustituye al número 45AFh que es la dirección donde queremos almacenar el contenido del par "BC". Suponemos que este contenido es, por ejemplo, F00Fh.

Contenido del par "BC":

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (B): | 1 1 1 1 0 0 0 0 | F0h |
| (C): | 0 0 0 0 1 1 1 1 | 0Fh |

Ejecutamos la instrucción:

| | | |
|----------------|----------|-----|
| LD (#45AF),BC: | 11101101 | EDh |
| | 01000011 | 43h |
| | 11111010 | FAh |
| | 01000101 | 45h |

Contenido de las posiciones afectadas por la instrucción:

| | | |
|-----------|-----------------|-----|
| (TODO): | 0 0 0 0 1 1 1 1 | 0Fh |
| (TODO+1): | 1 1 1 1 0 0 0 0 | F0h |

Recuerde que la palabra "TODO" es una etiqueta que equivale al número 45AFh.

LD (nn),IX

OBJETO:

Carga en la posición "nn" de memoria, el octeto de orden inferior del registro índice "IX" y en la posición "nn+1", el octeto de orden superior.

CODIGO MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| 0 0 1 0 0 0 1 0 | 22h |
| <-----n-----> | LSB |
| <-----n-----> | MSB |

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

20

EJEMPLO:

```
LD (#4527),IX
```

Esta instrucción, carga el octeto de orden bajo del registro "IX", en la dirección 4527h, y el octeto de orden alto en la siguiente.

Suponemos, como ejemplo, que el registro "IX" contiene el número C3ECh.

Contenido de "IX".

| | | |
|------|-----------------|-----|
| MSB: | 1 1 0 0 0 0 1 1 | C3h |
| (IX) | | |
| LSB: | 1 1 1 0 1 1 0 0 | ECh |

Ejecutamos la instrucción:

| | | |
|----------------|----------|-----|
| LD (#4527),IX: | 11011101 | DDh |
| | 00100010 | 22h |
| | 00100111 | 27h |
| | 01000101 | 45h |

Situación de la memoria después de la instrucción:

| | | |
|----------|-----------------|-----|
| (4527h): | 1 1 1 0 1 1 0 0 | ECh |
| (4528h): | 1 1 0 0 0 0 1 1 | C3h |

LD (nn),IY

OBJETO:

Carga en la dirección "nn" de memoria, el octeto de orden inferior de registro índice "IY" y en la dirección "nn+1", el de orden superior.

CODIGO MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| 0 0 1 0 0 0 1 0 | 22h |
| <-----n-----> | LSB |
| <-----n-----> | MSB |

INDICADORES DE CONDICION:

56 CODIGO MAQUINA

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

20

EJEMPLO:

```
INDICE EQU #774F
LD (INDICE),IY
```

Este ejemplo es igual que el anterior, pero esta vez, hemos utilizado una etiqueta para referirnos al número 774Fh. Suponemos que el índice "IY", contiene DA5Dh.

Contenido de "IY":

| | | |
|------|-----------------|-----|
| MSB: | 1 1 0 1 1 0 1 0 | DAh |
| (IY) | | |
| LSB: | 0 1 0 1 1 1 0 1 | 5Dh |

Ejecutamos la instrucción:

| | | |
|----------------|----------|-----|
| LD (#774F),IY: | 11111101 | FDh |
| | 00100010 | 22h |
| | 01001111 | 4Fh |
| | 01110111 | 77h |

Contenido de la memoria después de la instrucción:

| | | |
|----------|-----------------|-----|
| (774Fh): | 0 1 0 1 1 1 0 1 | 5Dh |
| (7750h): | 1 1 0 1 1 0 1 0 | DAh |

Grupo de instrucciones de carga en registro SP

LD SP,HL

OBJETO:

Carga en el registro puntero de pila "SP", el contenido

del par de registros "HL".

CODIGO MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 1 0 0 1 | F9h |
|-----------------|-----|

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

6

EJEMPLO:

```
LD SP,HL
```

Se trata de una instrucción rápida y que ocupa un solo byte de memoria. El microprocesador sólo accede a memoria una vez, para leer el código de operación y se limita a realizar una transferencia interna entre registros.

Supongamos que el contenido de "HL" es F000h, éste será el número que se transferirá al puntero de pila y que será la nueva dirección de la pila de máquina.

Contenido de "HL":

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 1 1 1 1 0 0 0 0 | F0h |
| (L): | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |

Ejecutamos la instrucción:

| | | |
|-----------|-----------------|-----|
| LD SP,HL: | 1 1 1 1 1 0 0 1 | F9h |
|-----------|-----------------|-----|

Contenido de "SP" después de la ejecución:

| | | |
|------|-----------------|-----|
| MSB: | 1 1 1 1 0 0 0 0 | F0h |
| (SP) | | |
| LSB: | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |

Hay que tener sumo cuida-

do cuando se ejecute esta instrucción, ya que el puntero de pila cambia de lugar y no será posible recuperar los datos que estuvieran guardados en la pila antigua.

LD SP,IX

OBJETO:

Carga en el registro puntero de pila, "SP", el contenido del registro índice "IX".

CODIGO MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 11011101 | DDh |
| 11111001 | F9h |

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

10

EJEMPLO:

LD SP,IX

Otra vez, se trata de una simple transferencia de registros desde el índice "IX" al puntero de pila "SP".

Supongamos que "IX" contiene C6E1h.

Contenido de "IX":

(IX): 1100011011100001 C6E1h

Ejecutamos la instrucción:

LD SP,IX:

| | |
|----------|-----|
| 11011101 | DDh |
| 11111001 | F9h |

Contenido de "SP" después de la ejecución:

(SP): 1100011011100001 C6E1h

LD SP,IY

OBJETO:

Carga en el registro puntero de pila, "SP", el contenido del registro índice "IY".

CODIGO MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 11111101 | FDh |
| 11111001 | F9h |

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

10

EJEMPLO:

LD SP,IY

Exactamente igual que el ejemplo anterior, pero con el índice "IY". Suponemos que su contenido es 8D21h.

Contenido del registro "IY":

(IY): 1000110100100001 8D21h

Ejecutamos la instrucción:

LD SP,IY:

| | |
|----------|-----|
| 11111101 | FDh |
| 11111001 | F9h |

Contenido del registro "SP" después de la ejecución:

(SP): 1000110100100001 8D21h

Grupo de instrucciones de manejo de pila

Una pila es una cola LIFO (last input first output), último en entrar primero en salir. El término pila es de uso habitual, se apilan cajas, revistas, etc. Pues bien, una pila en términos informáticos funciona igual, por ejemplo: una persona que compra todos los meses una revista, es fácil que las ordene en una pila; es decir, irá poniendo una encima de la anterior, de tal forma que la última colocada siempre estaría más al alcance.

De la misma manera, en un ordenador se pueden ir guardando en una tabla en memoria, mejor denominada cola, una serie de octetos, y en una palabra de control de dos octetos se guardaría la última dirección usada de la tabla, de forma que: para meter un nuevo octeto se sumaría uno a la palabra de control de tabla y se cargaría el octeto en esa dirección; para sacar un octeto se leería el octeto direccionado por la palabra de control y se le restaría uno a ésta.

Eso es lo que se pretende con las instrucciones que siguen, las cuales utilizan el registro puntero de pila "SP".

Para identificar los pares de registros usaremos el siguiente código:

| qq | par |
|----|-----|
| 00 | BC |
| 01 | DE |
| 10 | HL |
| 11 | AF |

En el Spectrum, la pila se coloca en la parte alta de memoria, el sistema operativo la

sitúa inmediatamente debajo de RAMTOP, durante la rutina de inicialización. Esto lo hace, cargando el registro "SP" con la dirección inmediatamente inferior a la de RAMTOP.

Cada vez que utilizemos la instrucción PUSH, metemos en la pila el contenido de un par de registros y cada vez que utilizemos la instrucción POP, sacaremos el dato más alto de la pila y lo asignaremos a un par de registros.

Nuestra pila se expande "hacia abajo", lo cual quiere decir que cuando hablemos de "la parte superior de la pila", en realidad, nos estaremos refiriendo a la dirección más baja de ésta.

Por otro lado, todos los datos que se almacenan en la pila, tienen dos bytes de longitud, por lo cual, el registro "SP" se incrementa o se decrementa de 2 en 2.

El proceso de introducir el contenido de un par de registros en la pila, conlleva las siguientes operaciones:

1. Se decrementa "SP".
2. Se transfiere el octeto de orden alto del par de registros correspondiente a la dirección apuntada por "SP".
3. Se vuelve a decrementar "SP".
4. Se transfiere el octeto de orden bajo del par correspondiente a la dirección apuntada por "SP".

El proceso de sacar un número de la pila, implica que el microprocesador realice las mismas operaciones a la inversa:

1. Se toma el contenido de la dirección apuntada por "SP" y se carga en el octeto de orden bajo del registro correspondiente.

2. Se incrementa "SP".
3. Se toma el contenido

de la dirección apuntado ahora por "SP" y se carga en el octeto de orden alto del registro correspondiente.

4. Se vuelve a incrementar «SP».

Algunos microprocesadores trabajan con dos pilas, una se denomina "pila de máquina" y otra "pila de usuario". La pila de máquina la utiliza el microprocesador para introducir sus datos y la pila de usuario, es la que el programador puede utilizar.

En el Z-80 no existe "pila de usuario", de forma que el programador debe usar la misma pila que la máquina. Esto lleva aparejados ciertos inconvenientes, así que vamos a ver para qué utiliza la máquina esta pila.

Cada vez que el microprocesador recibe una instrucción que le haga saltar a una subrutina, almacena en la pila la dirección a la que deberá retornar cuando termine esa rutina. Por tanto, siempre que dentro de una subrutina utilizemos la pila, deberemos asegurarnos de sacar todos los datos que hayamos introducido antes de intentar retornar, ya que de lo contrario, el microprocesador tomaría nuestro último dato como dirección de retorno; si esto ocurriera, se diría que nuestra subrutina "corrompe la pila". Es imposible retornar con éxito desde una subrutina que corrompa la pila, por lo que hay que procurar que esto nunca ocurra.

A continuación, vamos a ver las instrucciones que puede utilizar el programador para trabajar sobre la pila.

PUSH qq

OBJETO:

Introducir el contenido del par de registros indicado por "qq" en la pila apuntada por el registro "SP". Esta instrucción ejecuta los siguientes pasos: decrementa el valor del registro SP y carga el octeto de orden superior del par de registros indicado por "qq" en la dirección especificada por "SP"; a continuación vuelve a decrementar el registro "SP" y carga el octeto de orden inferior.

CODIGO MAQUINA:

1 1 qq 0 1 0 1

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

11

EJEMPLO:

PUSH HL

Supongamos que el par "HL" contiene el número AAB5h y que el puntero de pila "SP", apunta a la dirección 4B89h, que será la del último dato introducido en la pila.

Contenido de "HL":

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 1 0 1 0 1 0 1 0 | AAh |
| (L): | 1 0 1 1 0 1 0 1 | B5h |

Contenido del puntero "SP":

| | | |
|-------|---------------------------------|-------|
| (SP): | 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 | 4B89h |
|-------|---------------------------------|-------|

Ejecutamos la instrucción:

PUSH HL:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 E5h

Contenido de "SP" después de la instrucción:

(SP):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 4B87h

Contenido de la pila

(4B87h):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 B5h

(4B88h):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 AAh

PUSH IX

OBJETO:

Introducir el contenido del registro índice "IX" en la pila apuntada por el registro "SP". Esta instrucción ejecuta los siguientes pasos: decrementa el valor del registro "SP" y carga el octeto de orden superior del registro "IX" en la dirección especificada por "SP", a continuación, vuelve a decrementar el registro "SP" y carga el octeto de orden inferior.

CODIGO MAQUINA:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |

 DDh
E5h

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:

PUSH IX

Supongamos que el índice "IX" contiene EEF1h y "SP" está como lo dejamos después de la instrucción anterior, es decir, apuntando a 4B87h.

Contenido de "IX":

(IX):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 EEF1h

Contenido de "SP":

(SP):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 4B87h

Ejecutamos la instrucción:

PUSH IX:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |

 DDh
E5h

Contenido de "SP" tras la ejecución:

(SP):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 4B85h

Contenido de la pila

(4B85h):

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|

 F1h

(4B86h):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 Eeh



PUSH IY

OBJETO:

Introducir el contenido del registro índice "IY" en la pila apuntada por el registro "SP". Esta instrucción ejecuta los siguientes pasos: decrementa el valor del registro "SP" y carga el octeto de orden superior del registro "IY" en la dirección especificada por "SP"; a continuación, vuelve a decrementar el registro "SP" y carga el octeto de orden inferior.

CODIGO MAQUINA:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |

 FDh
E5h

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:

PUSH IY

Contenido de "IY":

(IY):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 86FFh

Contenido de "SP":

(SP):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 4B85h

Ejecutamos la instrucción:

PUSH IY:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |

 FDh
E5h

CODIGO MAQUINA 59

Contenido de SP después de la ejecución:

(SP):

| |
|------------------|
| 0100101110000011 |
|------------------|

 4B83h

Contenido de la pila:

(4B83h):

| |
|----------|
| 11111111 |
|----------|

 FFh
 (4B84h):

| |
|----------|
| 10000110 |
|----------|

 86h

Contenido de la pila después de las ejecuciones anteriores

4B83h:

| |
|----------|
| 11111111 |
|----------|

 FFh
 4B84h:

| |
|----------|
| 10000110 |
|----------|

 86h
 4B85h:

| |
|----------|
| 11110001 |
|----------|

 F1h
 4B86h:

| |
|----------|
| 11101110 |
|----------|

 EEh
 4B87h:

| |
|----------|
| 10110101 |
|----------|

 B5h
 4B88h:

| |
|----------|
| 10101010 |
|----------|

 AAh

POP qq

OBJETO:

Introducir en el par de registros indicado por "qq", los dos primeros octetos de la pila apuntada por el registro "SP". Esta instrucción ejecuta los siguientes pasos: carga en la parte inferior del par de registros indicado por "qq", el octeto de la dirección especificada por el registro "SP"; incrementa el registro "SP" y carga el siguiente octeto direccionado, en la parte superior del par de registros; por último, vuelve a incrementar el registro "SP".

CODIGO MAQUINA:

| |
|----------|
| 11qq0001 |
|----------|

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

60 CODIGO MAQUINA

CICLOS MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

10

EJEMPLO:

POP HL

Suponemos que tenemos la pila y el registro puntero "SP", como quedó tras los ejemplos anteriores. Ahora, vamos a ir recuperando los datos desde la pila.

Contenido de "SP":

(SP):

| |
|------------------|
| 0100101110000011 |
|------------------|

 4B83h

Contenido de la pila, como quedó tras los ejemplos anteriores:

FF 86 F1 EE B5 AA

Ejecutamos la instrucción:

POP HL:

| |
|----------|
| 11100001 |
|----------|

 E1h

Contenido de "SP" después de la ejecución:

(SP):

| |
|------------------|
| 0100101110000101 |
|------------------|

 4B85h

Contenido de "HL" después de la ejecución:

(H):

| |
|----------|
| 10000110 |
|----------|

 86h
 (L):

| |
|----------|
| 11111111 |
|----------|

 FFh

POP IX

OBJETO:

Introducir en el registro índice "IX", los dos primeros octetos de la pila apuntada por el registro "SP". Esta ins-

trucción ejecuta los siguientes pasos: carga en la parte inferior del registro índice "IX", el octeto de la dirección especificada por el registro "SP"; incrementa el registro "SP" y carga el siguiente octeto direccionado, en la parte superior de registro índice; por último, vuelve a incrementar el registro "SP".

CODIGO MAQUINA:

| |
|----------|
| 11011101 |
| 11100001 |

 DDh
 E1h

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

14

EJEMPLO:

POP IX

Continuamos recuperando datos desde la pila, suponemos que la seguimos teniendo como estaba tras el ejemplo anterior.

Contenido de "SP":

(SP):

| |
|------------------|
| 0100101110000101 |
|------------------|

 4B85h

Contenido de la pila como queda en el ejemplo anterior:

F1 EE B5 AA

Ejecutamos la instrucción:

POP IX:

| |
|----------|
| 11011101 |
| 11100001 |

 DDh
 E1h

Contenido de "SP" después de la ejecución:

(SP): 0100101110000111 4B87h

Contenido de "IX" después de la ejecución:

(IX): 1110111011110001 EE1h

POP IY

OBJETO:

Introducir en el registro índice "IY", los dos primeros octetos de la pila apuntada por el registro "SP". Esta instrucción ejecuta los siguientes pasos: carga en la parte inferior del registro índice "IY", el octeto de la dirección especificada por el registro "SP"; incrementa el registro "SP" y carga el siguiente octeto direccionado, en la parte superior del registro índice; por último, vuelve a incrementar el registro "SP".

CODIGO MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| 1 1 1 0 0 0 0 1 | E1h |

INDICADORES DE CONDICION:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

14

EJEMPLO:

POP IY

Vamos a extraer el último dato de la pila, esta vez, lo cargaremos en el registro "IY".

Contenido de SP:

(SP): 0100101110000111 4B87h

Contenido de la pila como quedó en el ejemplo anterior:

B5 AA

Ejecutamos la instrucción:

| | | |
|---------|-----------------|-----|
| POP IY: | 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| | 1 1 1 0 0 0 0 1 | E1h |

Contenido de "SP" después de la ejecución:

(SP): 0100101110001001 4B89h

Contenido de "IY" después de la ejecución:

(IY): 1010101010110101 AAB5h

Observe que la secuencia de instrucciones de los seis últimos ejemplos da como resultado el siguiente intercambio de registros:

| | | |
|----|----|----|
| IY | => | HL |
| IX | => | IX |
| HL | => | IY |

El uso principal de las instrucciones PUSH (empujar) y POP (explotar) —la traducción al castellano no tiene un significado muy completo—, es salvar el contenido de los registros para poder usarlos y después recuperar sus valores. Esto es muy útil en el empleo de sub-rutinas.

EJEMPLO:

Una sub-rutina que quiera usar los registros BC, DE y HL

sin variar su contenido, comenzaría:

PUSH BC
 PUSH DE
 PUSH HL

Y terminaría:

POP HL
 POP DE
 POP BC

Observe cómo se recupera al revés de cómo se salvó, es decir, el primer registro que se recupera, es el último que se salvó. Recuerde que debe sacar de la pila todo lo que metió, antes de intentar retornar desde una subrutina.

Una mirada gráfica a la pila

Para quien no esté familiarizado con los ordenadores, el funcionamiento de una pila, puede resultar algo difícil de comprender. Haciendo cierto el refrán "una imagen vale más que mil palabras", vamos a ver de un modo gráfico, lo que ocurre en la pila y en los registros correspondientes, durante la ejecución de las anteriores instrucciones.

Miremos la FIGURA 5-1A, que representa la situación inicial de la que partimos. A la izquierda de la figura, vemos cuatro "ventanas" etiquetadas: "HL", "IX", "IY" y "SP"; se trata de una representación gráfica de los registros del microprocesador.

Cada ventana muestra un número hexadecimal, que representa el contenido del registro correspondiente, por ejemplo, el registro "HL" contiene AAB5h, el "IX" contiene EE1h, etc.

CODIGO MAQUINA 61

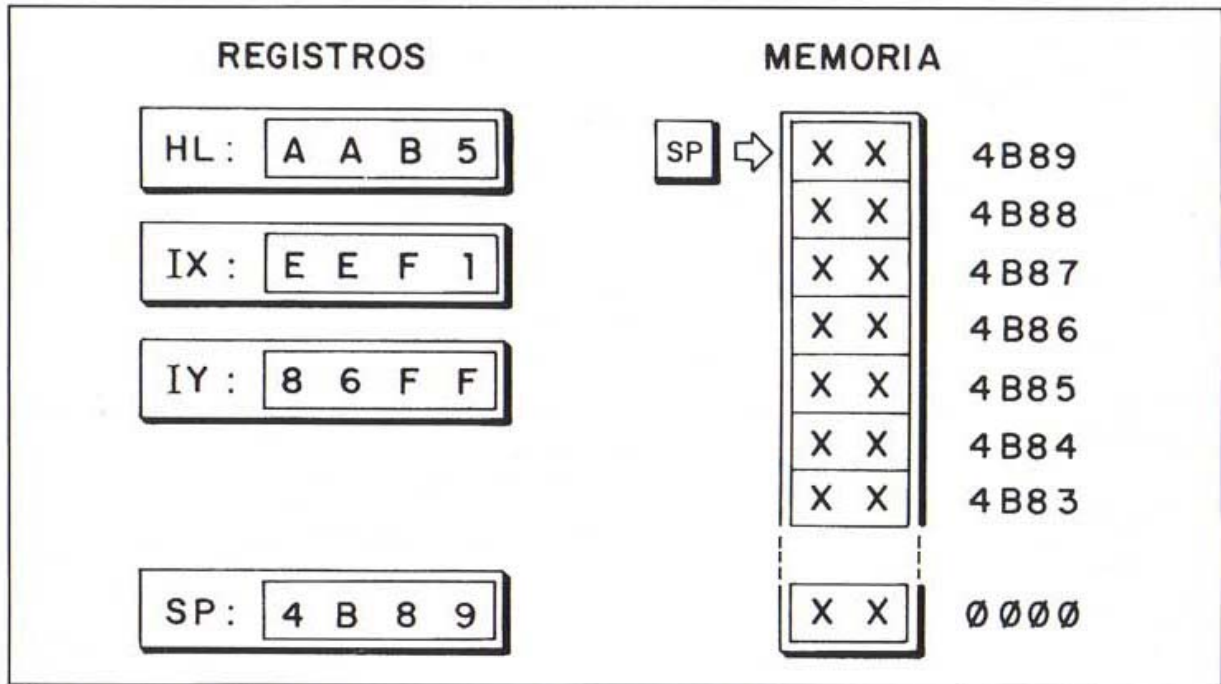


Fig. 5. 1A. Situación inicial de registros y posiciones de memoria.

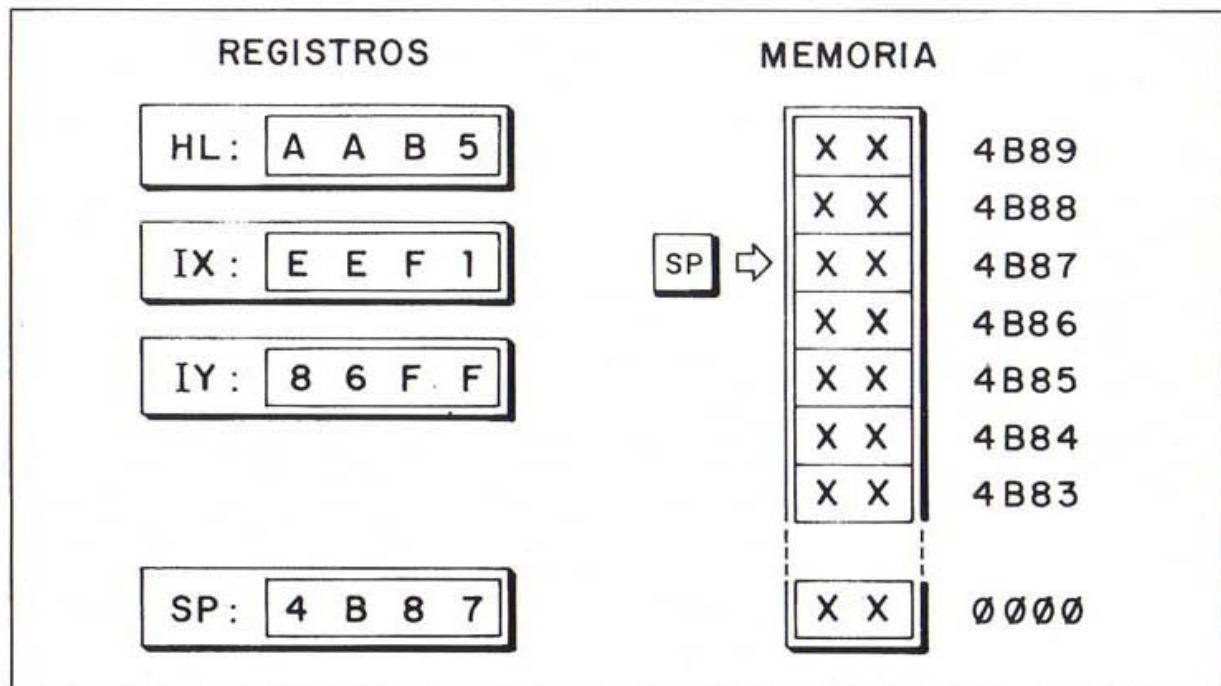


Fig. 5. 1B. Contenidos, después de ejecutar la instrucción: «PUSH HL».

El registro "SP", contiene 4B89h, que es la dirección de memoria a partir de donde crecerá la pila.

En la parte derecha de la figura, vemos una representación gráfica de la zona de me-

moria donde está situada la pila. A la derecha de cada casilla está su dirección y dentro de la casilla, su contenido hexadecimal. En principio, todas las casillas contienen "xx", lo que significa que su

verdadero contenido nos es indiferente.

Vemos un cuadrado con las letras "SP" dentro de él; este cuadrado, apunta a la casilla cuya dirección es precisamente, el contenido del

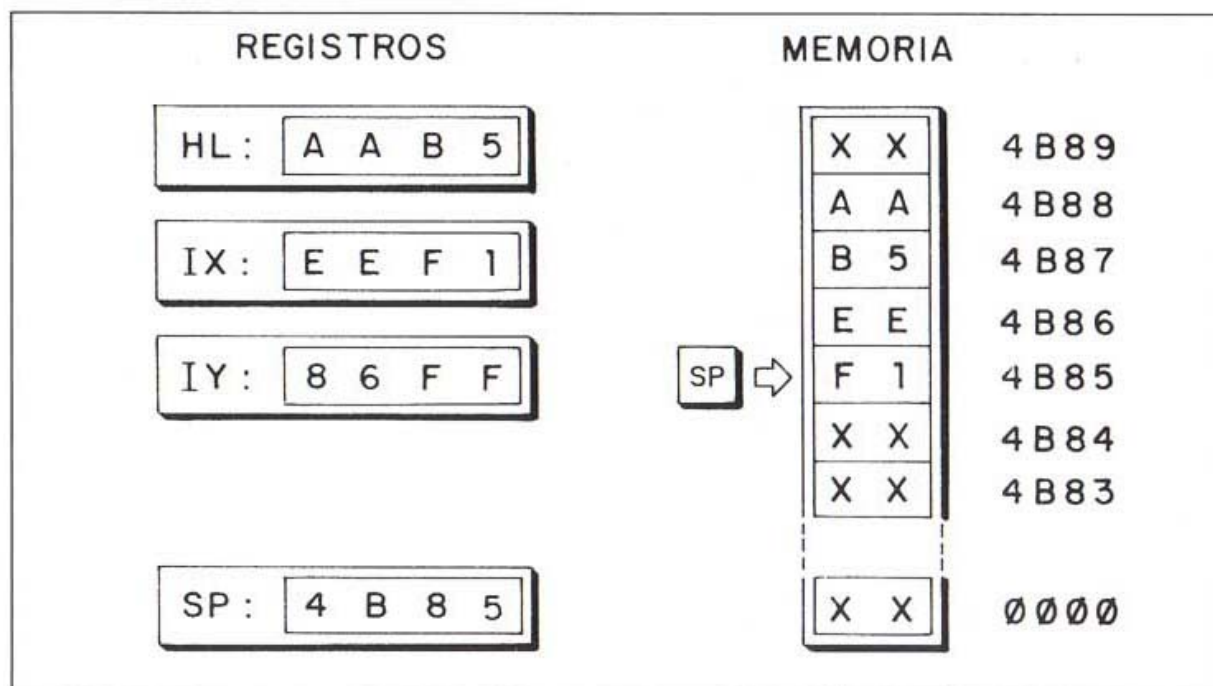


Fig. 5. 1C. Contenidos, después de ejecutar la instrucción: «PUSH IX».

registro "SP"; de esta forma, nos indica cuál es el último dato introducido en la pila, es decir, el primero que podemos leer.

Partiendo de la situación que muestra esta figura, vamos a ejecutar la primera de nuestras instrucciones:

PUSH HL

Esta instrucción debe guardar en la pila, el contenido del par de registros "HL"; el registro "SP" se decrementará dos veces, y por tanto, el cuadradito que apunta a la memoria bajará dos casillas.

En la FIGURA 5-1B, podemos ver la situación después de que esta instrucción haya sido ejecutada. El registro "HL" contiene el mismo valor que antes, ya que éste ha sido copiado en la pila, pero no se ha destruido. Vemos que la dirección 4B88h contiene el número AAh y la dirección 4B87h, el número B5h, por

tanto, las dos juntas componen el número AAB5h que es, precisamente, el contenido de "HL" que queríamos preservar. Por otro lado, vemos que el cuadradito (a partir de ahora, lo llamaremos *puntero*) ha bajado dos casillas, precisamente, para apuntar al último dato introducido.

Si ahora utilizáramos la instrucción POP para recuperar un dato de la pila, sería precisamente este dato el que podríamos recuperar.

Vamos con la segunda de nuestras instrucciones:

PUSH IX

En este caso, vamos a guardar en la pila el contenido del registro "IX"; sin por ello, perder el dato que habíamos guardado anteriormente.

En la FIGURA 5-1C, se puede ver cómo quedan los contenidos después de esta última instrucción. La posición de memoria 4B86h contiene

el número EEh, y la 4B85h el número F1h; juntos forman EEF1h, que es, de nuevo, el contenido que queríamos preservar. El puntero (cuadradito) ha vuelto a bajar dos casillas, para apuntar, de nuevo, al último dato introducido.

Vamos ahora, a meter en la pila el último de nuestros datos: el contenido del registro "IY"

PUSH IY

Con esta instrucción, entra en la pila el número 86FFh. En la FIGURA 5-1D, podemos ver, de nuevo, cómo queda la pila después de esta instrucción. Ahora el puntero ha bajado a la casilla 4B83h, con lo que otra vez, apunta al último dato introducido.

Podríamos seguir metiendo datos en la pila indefinidamente, hasta que agotáramos la memoria disponible, pero con estos tres ejemplos, ya

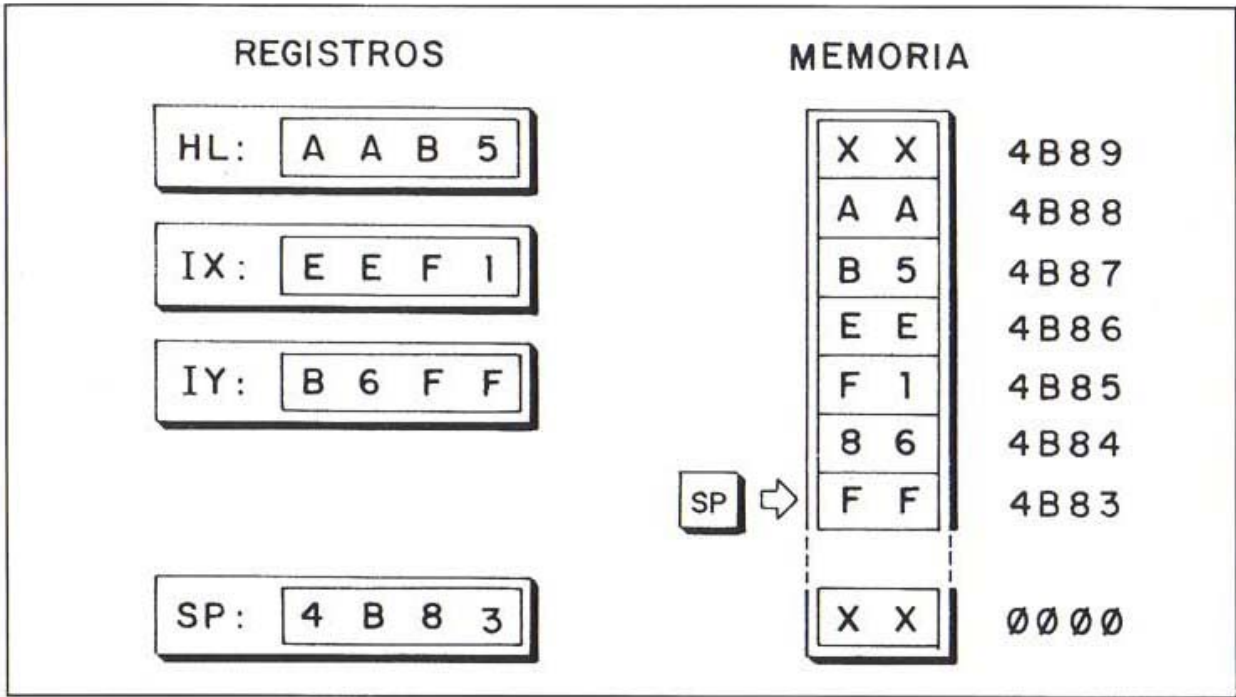


Fig. 5. 1D. Contenidos, después de ejecutar la instrucción: «PUSH IY».

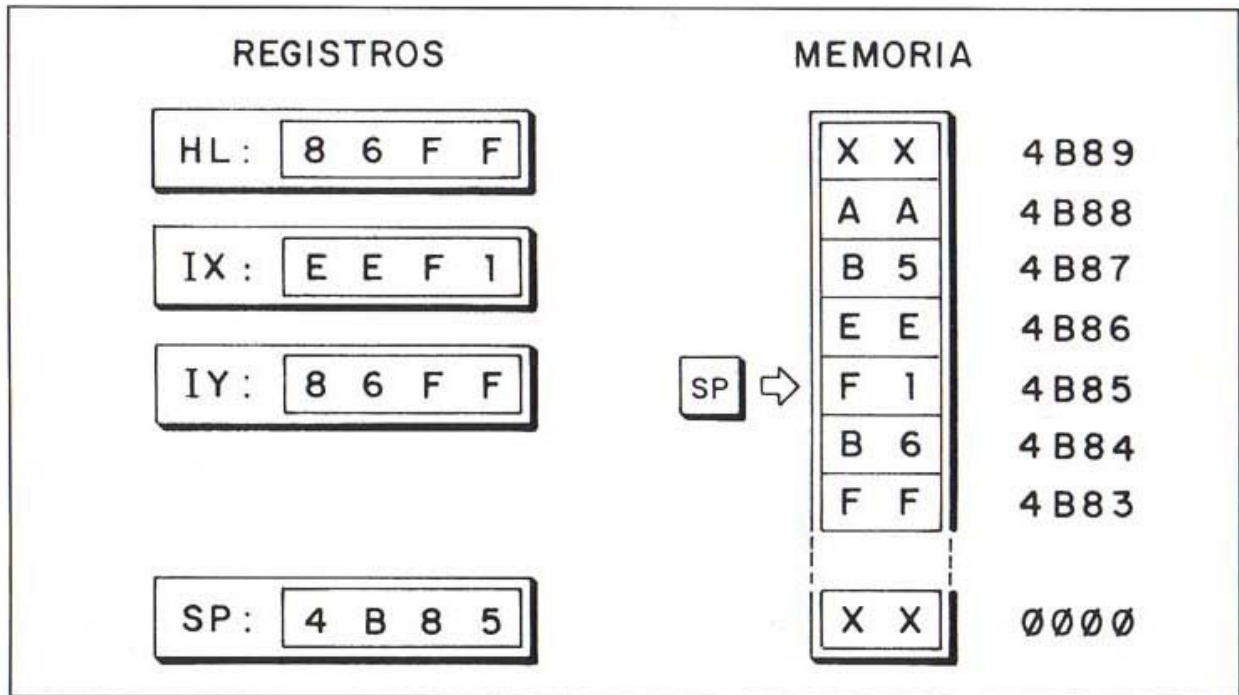


Fig. 5. 1E. Contenidos, después de ejecutar la instrucción: «POP HL».

hemos visto el proceso de expansión de la pila. Vamos a ver ahora, el proceso inverso: sacar datos de la pila.

Nuestra primera instrucción será:

POP HL

Que toma el último dato que hayamos introducido en la pila y lo coloca dentro del registro "HL".

En la FIGURA 5-1E, podemos ver cómo quedan pila y registros, después de esta instrucción. El último dato introducido en la pila (86FFh) ha pasado a ser el contenido del registro "HL" y el puntero

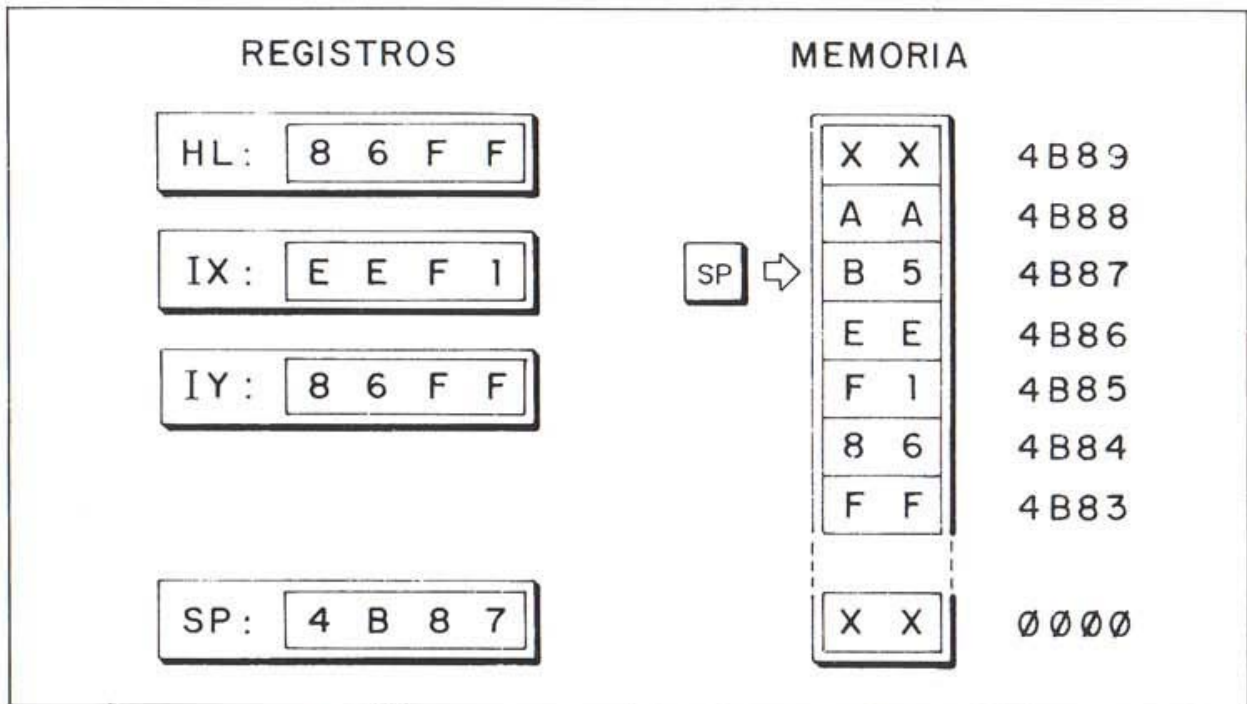


Fig. 5-1F. Contenidos, después de ejecutar la instrucción: «POP IX».

ha subido dos casillas, para apuntar al dato anteriormente introducido.

Una observación interesante, es que el contenido de las casillas que componen la pila, no se ha modificado; el número 86FFh sigue estando ahí, aunque a nosotros nos da igual, recuérdese que sólo podemos acceder cada vez, al dato señalado por el puntero; Las casillas 4B84h y 4B83h que contienen el dato 86FFh, sólo se borrarán totalmente cuando la pila vuelva a expandirse.

Ahora, vamos a recuperar el siguiente dato de la pila y lo asignaremos al registro "IX":

POP IX

Esta instrucción toma el último dato de la pila y lo asigna al registro "IX"; recuérdese que el último dato, es siempre el que es apuntado por el puntero. Recuérdese también, que la dirección de la

casilla apuntada por el puntero es el contenido del registro "SP"; las letras "S" y "P", son las iniciales de "Stack Pointer", en Inglés, "Puntero de Pila".

La FIGURA 5-1F, muestra los contenidos después de ejecutar la instrucción "POP IX", vemos otra vez que los datos de la pila no se han perdido, pero para nosotros no existen, ya que el puntero ha vuelto a subir dos casillas y ahora se considera que el último dato de la pila es AAB5h.

Vamos a recuperar, por último, este dato:

POP IY

Esta instrucción, toma el último dato de la pila y lo asigna al registro "IY".

En la FIGURA 5-1G, vemos la situación final, el dato AAB5h ha sido asignado al registro "IY" y el puntero se ha vuelto a incrementar dos veces, para apuntar al mismo si-

tio que lo hacia al principio de estos ejemplos.

Ya hemos sacado de la pila todos los datos que habíamos introducido. El puntero ha quedado en la misma posición donde estaba al principio. Si nuestro ejemplo fuese una subrutina de un programa, en la dirección donde apunta ahora el puntero se encontraría almacenada la dirección de retorno y ahora sería posible retornar al punto desde donde se llamó a esta subrutina.

Con la pila se pueden hacer muchas cosas. Supongamos que en Basic queremos intercambiar el contenido de dos variables "a" y "b"; en ese caso, necesitamos generar una tercera variable que nos sirve de "puente", de la forma:

10 LET c=a
20 LET a=b
30 LET b=c

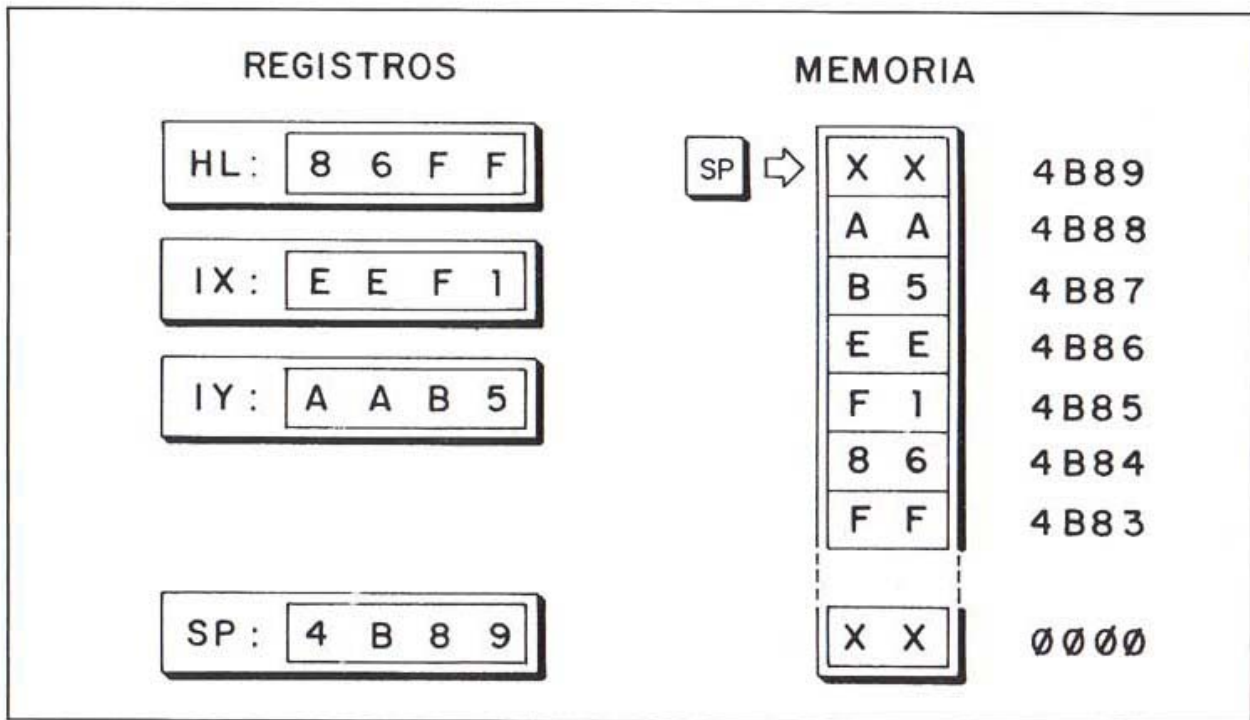


Fig. 5-1G. Contenidos, después de ejecutar la instrucción: «POP IY».

Trabajando en código máquina, podemos intercambiar el contenido de dos registros, utilizando la pila en lugar de la variable "puente" del Basic, supongamos que queremos intercambiar los contenidos de los registros "BC" y "DE"; podríamos hacer:

```
PUSH BC
PUSH DE
POP BC
POP DE
```

Por supuesto, esto es sólo un ejemplo, no se quedan aquí las utilidades de la pila. Su función principal es la de salvar temporalmente, el contenido de algún registro, mientras se utiliza para algo y luego, restituirle, de nuevo su contenido. No obstante, con la pila se pueden hacer muchas más cosas, en capítulos posteriores veremos cómo utiliza la pila el Intérprete de Basic, para poder retornar desde cualquier punto en caso de error.

Tablas de codificación:

A continuación, vamos a ver una serie de tablas que nos han de servir para codificar las instrucciones rápidamente, cuando ensamblemos a mano.

En las tablas se ha representado el código máquina de cada instrucción, tanto en decimal como en binario.

Cuando el código máquina ocupa más de un byte, se han puesto uno a continuación del otro, separados por comas.

Donde pone "d", se entiende que ese byte va ocupado por un entero de desplazamiento en complemento a

dos.

Donde pone "n", debe ir el operando "n" que aparece en el código fuente de la instrucción.

Donde aparecen dos bytes seguidos con "n", debe ir el operando "nn" del código fuente de la instrucción; primero irá el octeto menos significativo y luego el más significativo; por ejemplo: supongamos que el operando "nn" fuera 2A4Bh, primero iría 4Bh y luego 2Ah.

En el apartado de ejemplos, veremos con claridad la forma de ensamblar a mano pequeños programas.

La disposición de las tablas es la siguiente:

| | |
|--|----------|
| Grupo de carga en registros: _____ | FIG. 5-2 |
| Grupo de carga en memoria: _____ | FIG. 5-3 |
| Grupo de carga en acumulador: _____ | FIG. 5-4 |
| Grupo de salvar acumulador: _____ | FIG. 5-5 |
| Grupo de carga en registros, de 16 bits: _____ | FIG. 5-6 |
| Grupo de carga en memoria, de 16 bits: _____ | FIG. 5-7 |
| Grupo de carga en registro "SP": _____ | FIG. 5-8 |
| Grupo de manejo de pila: _____ | FIG. 5-9 |

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal | Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|---------------|-------------|-----------|
| LD A,A | 7F | 127 | LD H,E | 63 | 99 |
| LD A,B | 78 | 120 | LD H,H | 64 | 100 |
| LD A,C | 79 | 121 | LD H,L | 65 | 101 |
| LD A,D | 7A | 122 | LD L,A | 6F | 111 |
| LD A,E | 7B | 123 | LD L,B | 68 | 104 |
| LD A,H | 7C | 124 | LD L,C | 69 | 105 |
| LD A,L | 7D | 125 | LD L,D | 6A | 106 |
| LD B,A | 47 | 71 | LD L,E | 6B | 107 |
| LD B,B | 40 | 64 | LD L,H | 6C | 108 |
| LD B,C | 41 | 65 | LD L,L | 6D | 109 |
| LD B,D | 42 | 66 | LD A,n | 3E,n | 62,n |
| LD B,E | 43 | 67 | LD B,n | 06,n | 6,n |
| LD B,H | 44 | 68 | LD C,n | 0E,n | 14,n |
| LD B,L | 45 | 69 | LD D,n | 16,n | 22,n |
| LD C,A | 4F | 79 | LD E,n | 1E,n | 30,n |
| LD C,B | 48 | 72 | LD H,n | 26,n | 38,n |
| LD C,C | 49 | 73 | LD L,n | 2E,n | 46,n |
| LD C,D | 4A | 74 | LD A,(HL) | 7E | 126 |
| LD C,E | 4B | 75 | LD B,(HL) | 46 | 70 |
| LD C,H | 4C | 76 | LD C,(HL) | 4E | 78 |
| LD C,L | 4D | 77 | LD D,(HL) | 56 | 86 |
| LD D,A | 57 | 87 | LD E,(HL) | 5E | 94 |
| LD D,B | 50 | 80 | LD H,(HL) | 66 | 102 |
| LD D,C | 51 | 81 | LD L,(HL) | 6E | 110 |
| LD D,D | 52 | 82 | LD A,(IX+d) | DD,7E,d | 221,126,d |
| LD D,E | 53 | 83 | LD B,(IX+d) | DD,46,d | 221,70,d |
| LD D,H | 54 | 84 | LD C,(IX+d) | DD,4E,d | 221,78,d |
| LD D,L | 55 | 85 | LD D,(IX+d) | DD,56,d | 221,86,d |
| LD E,A | 5F | 95 | LD E,(IX+d) | DD,5E,d | 221,94,d |
| LD E,B | 58 | 88 | LD H,(IX+d) | DD,66,d | 221,102,d |
| LD E,C | 59 | 89 | LD L,(IX+d) | DD,6E,d | 221,110,d |
| LD E,D | 5A | 90 | LD A,(IY+d) | FD,7E,d | 253,126,d |
| LD E,E | 5B | 91 | LD B,(IY+d) | FD,46,d | 253,70,d |
| LD E,H | 5C | 92 | LD C,(IY+d) | FD,4E,d | 253,78,d |
| LD E,L | 5D | 93 | LD D,(IY+d) | FD,56,d | 253,86,d |
| LD H,A | 67 | 103 | LD E,(IY+d) | FD,5E,d | 253,94,d |
| LD H,B | 60 | 96 | LD H,(IY+d) | FD,66,d | 253,102,d |
| LD H,C | 61 | 97 | LD L,(IY+d) | FD,6E,d | 253,110,d |
| LD H,D | 62 | 98 | | | |

Fig. 5-2. Grupo de carga en registros.

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|------------|
| LD (HL),A | 77 | 119 |
| LD (HL),B | 78 | 112 |
| LD (HL),C | 71 | 113 |
| LD (HL),D | 72 | 114 |
| LD (HL),E | 73 | 115 |
| LD (HL),H | 74 | 116 |
| LD (HL),L | 75 | 117 |
| LD (IX+d),A | DD,77,d | 221,119,d |
| LD (IX+d),B | DD,78,d | 221,112,d |
| LD (IX+d),C | DD,71,d | 221,113,d |
| LD (IX+d),D | DD,72,d | 221,114,d |
| LD (IX+d),E | DD,73,d | 221,115,d |
| LD (IX+d),H | DD,74,d | 221,116,d |
| LD (IX+d),L | DD,75,d | 221,117,d |
| LD (IY+d),A | FD,77,d | 253,119,d |
| LD (IY+d),B | FD,78,d | 253,112,d |
| LD (IY+d),C | FD,71,d | 253,113,d |
| LD (IY+d),D | FD,72,d | 253,114,d |
| LD (IY+d),E | FD,73,d | 253,115,d |
| LD (IY+d),H | FD,74,d | 253,116,d |
| LD (IY+d),L | FD,75,d | 253,117,d |
| LD (HL),n | 36,n | 54,n |
| LD (IX+d),n | DD,36,d,n | 221,54,d,n |
| LD (IY+d),n | FD,36,d,n | 253,54,d,n |

Fig. 5-3. Grupo de carga de memoria.

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|
| LD A, (BC) | 0A | 10 |
| LD A, (DE) | 1A | 26 |
| LD A, (nn) | 3A,n,n | 58,n,n |
| LD A, I | ED,57 | 237,87 |
| LD A, R | ED,5F | 237,95 |

Fig. 5-4. Grupo de carga en acumulador.

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|
| LD (BC),A | 02 | 2 |
| LD (DE),A | 12 | 18 |
| LD (nn),A | 32,n,n | 50,n,n |
| LD I,A | ED,47 | 237,71 |
| LD R,A | ED,4F | 237,79 |

Fig. 5-5. Grupo de salvar acumulador.

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|-------------|
| LD BC,nn | 01,n,n | 1,n,n |
| LD DE,nn | 11,n,n | 17,n,n |
| LD HL,nn | 21,n,n | 33,n,n |
| LD SP,nn | 31,n,n | 49,n,n |
| LD IX,nn | DD,21,n,n | 221,33,n,n |
| LD IY,nn | FD,21,n,n | 253,33,n,n |
| LD HL,(nn) | 2A,n,n | 42,n,n |
| LD BC,(nn) | ED,4B,n,n | 237,75,n,n |
| LD DE,(nn) | ED,5B,n,n | 237,91,n,n |
| LD SP,(nn) | ED,7B,n,n | 237,123,n,n |
| LD IX,(nn) | DD,2A,n,n | 221,42,n,n |
| LD IY,(nn) | FD,2A,n,n | 253,42,n,n |

Fig. 5-6. Grupo de carga en registros de 16 bits.

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|-------------|
| LD (nn),HL | 22,n,n | 34,n,n |
| LD (nn),BC | ED,43,n,n | 237,67,n,n |
| LD (nn),DE | ED,53,n,n | 237,83,n,n |
| LD (nn),SP | ED,73,n,n | 237,115,n,n |
| LD (nn),IX | DD,22,n,n | 221,34,n,n |
| LD (nn),IY | FD,22,n,n | 253,34,n,n |

Fig. 5-7. Grupo de carga en memoria de 16 bits.

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|
| ----- | ----- | ----- |
| LD SP,HL | F9 | 249 |
| LD SP,IX | DD,F9 | 221,249 |
| LD SP,IY | FD,F9 | 253,249 |

Fig. 5-8. Grupo de carga de registro «SP».

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|
| ----- | ----- | ----- |
| PUSH BC | C5 | 197 |
| PUSH DE | D5 | 213 |
| PUSH HL | E5 | 229 |
| PUSH AF | F5 | 245 |
| PUSH IX | DD,E5 | 221,229 |
| PUSH IY | FD,E5 | 253,229 |
| POP BC | C1 | 193 |
| POP DE | D1 | 209 |
| POP HL | E1 | 225 |
| POP AF | F1 | 241 |
| POP IX | DD,E1 | 221,225 |
| POP IY | FD,E1 | 253,225 |

Fig. 5-9. Grupo de manejo de pila.

Carga del registro "PC"

Seguramente, el lector ya se habrá dado cuenta de que no hemos mencionado en ninguna instrucción al registro "PC"; este hecho se debe a que se trata de un registro especial, que tiene asignada una función muy específica.

El registro "PC" o "Contador de Programa", contiene siempre la dirección en memoria de la siguiente instrucción a ejecutar, por lo que el hecho de cargarlo con un número,

implica que la siguiente instrucción será leída desde la posición de memoria apuntada por ese número, es decir, se producirá un salto o bifurcación en el flujo del programa. Vamos a verlo con un ejemplo.

Supongamos que acabamos de leer una instrucción de tres bytes de longitud, que ocupaba las posiciones 40000, 40001 y 40002. En este momento, el registro "PC" contiene el valor 40003 que es la dirección desde donde se leerá la siguiente instruc-

ción; si la instrucción que estamos ejecutando, modifica el contenido del "PC", digamos que lo pone a 60000, la siguiente instrucción será leída desde esta dirección, con lo que se habrá producido un salto en el programa.

Los saltos y bifurcaciones tienen una importancia tan grande en cualquier lenguaje, que se ha reservado un grupo de instrucciones para este fin; se trata del grupo de instrucciones de "cambio de secuencia", que se estudiarán en el capítulo 10 de este

curso. Hasta ese momento, suponemos que los programas se ejecutan en un orden puramente secuencial, desde la primera instrucción hasta la última.

Ejemplos

A continuación, vamos a ver una serie de ejemplos prácticos que el lector podrá introducir en su ordenador, tanto si dispone de ensamblador, como si no.

A través de estos ejemplos, se pretende no sólo aprender a utilizar las instrucciones de carga, sino también, aprender a ensamblar un programa "a mano" y cargarlo desde Basic en cualquier lugar de la memoria.

Antes de eso, y como nota previa, vamos a ver la forma de retornar a Basic desde código máquina cuando finalice la ejecución de cada uno de nuestros programas. En general, llamaremos a nuestros programas con la función `USR` del Basic, esta función ejecutará nuestras rutinas como si se tratase de subrutinas del sistema operativo, por lo que el procedimiento de retornar a éste, será el mismo que para retornar desde cualquier subrutina, es decir, la instrucción "RET" que se ensambla como `C9h (201)` y es equivalente al `RETURN` del Basic.

Quizá esto se comprenda mejor cuando estudiemos las subrutinas en código máquina. Por ahora, nos basta con saber que al final de cada uno de nuestros programas, deberá ir la instrucción `RET`.

Empecemos por lo más sencillo, vamos simplemente a cargar un número en el re-

gistro "BC". Escogemos este registro, por que es su contenido el que nos devuelve la función `USR` cuando retornamos a Basic.

Nuestro primer programa en código máquina podría ser el siguiente:

```
LD BC,27263
RET
```

Que también podría haberse escrito en hexadecimal de la siguiente forma:

```
LD BC,#6A7F
RET
```

Vamos a ensamblar a mano este sencillo ejemplo, y luego lo cargaremos en uno de los lugares que indicábamos en el capítulo 4, el buffer de impresora.

Cogemos las tablas de codificación, y vemos que la instrucción

```
LD BC,nn
```

tiene el código `01(1)`, de forma que éste será el primer byte de nuestro programa.

A continuación, deberemos poner el operando de dos bytes "nn", con el orden de los octetos invertido. Como en este caso, el operando es `6A7F`, deberemos poner primero `7Fh (127)` y luego, `6Ah (106)`. Finalmente, pondremos el código de `RET, C9h (201)`.

Nuestro programa queda, por tanto, de la siguiente forma:

```
01,7F,6A,C9
```

O escrito en decimal:

```
1,127,106,201
```

Hasta ahora, hemos hecho todo esto sobre el papel; por fin llega el momento de poner en marcha nuestro querido Spectrum.

Para introducir los cuatro valores que componen nuestro código máquina, podemos `POKE`arlos en memoria ayudándonos de un bucle `FOR...NEXT`:

```
10 FOR n=23296 TO 23299
20 READ a: POKE n,a
30 NEXT n
40 DATA 1,127,106,201
50 PRINT USR 23296
```

Nuestro programa está en los datos de la línea `40`, las líneas `10`, `20` y `30` los van introduciendo secuencialmente en memoria, finalmente la línea `50` lo ejecuta imprimiendo el resultado de `USR` en el retorno.

Teclee el programa, revise que no haya habido errores, y pulse `RUN...`

Si todo ha ido correctamente, deberá ver el número `27263` en la esquina superior izquierda de la pantalla.

No parece un resultado muy espectacular comparado con los prodigios semi-mágicos que se suelen esperar del código máquina. Ciertamente, no se puede pretender más con cuatro bytes, un simple "PRINT a" de Basic implica la ejecución de cientos de instrucciones en código máquina.

No debe desanimarse el lector ni pretender hacer ma-

ravillas desde el primer momento. Lo más importante es ir aprendiendo todo claramente; las "virguerías" podrá hacerlas luego cada uno, no obstante, a lo largo del curso tenemos reservadas para nuestros lectores, maravillosas sorpresas.

Vamos con nuestro siguiente ejemplo, esta vez vamos a leer desde código máquina un número que habremos almacenado desde Basic en la variable del Sistema "SEED". Se trata de leer el contenido de SEED y sacarlo a pantalla a través del registro "BC". En esta ocasión, almacenaremos el programa a partir de la dirección de memoria 30000, para lo cual, bajaremos primero la RAMTOP a 29999. Estas direcciones son válidas tanto para los usuarios de 16 K como de 48 K.

Nuestro programa es el siguiente:

```
ORG 30000
LD HL, (SEED)
LD B,H
LD C,L
RET
SEED EQU #5C76
```

La primera línea: "ORG 300 00" es un pseudo-nemónico, no se puede ensamblar y su única finalidad es indicarle al ensamblador que deberá ensamblar el programa a partir de la dirección 30000.

La última línea "SEED EQU #5C76" tampoco se puede ensamblar, se trata de una definición de etiqueta, su finalidad es asignarle a la etiqueta "SEED" el valor 5C76h (23670). El programa simplificado, quedaría:

```
LD HL, (#5C76)
LD B,H
LD C,L
RET
```

Para codificarlo, tomamos de nuevo las tablas y buscamos el código de:

```
LD HL, (nn)
```

que resulta ser 2Ah (42). A continuación, vendrá el operando invertido: 76h (118) y 5Ch (92). Ahora buscamos:

```
LD B,H
```

y

```
LD C,L
```

cuyos códigos resultan ser respectivamente: 44h (68) y 4Dh (77). Finalmente, ponemos el código de RET, es decir, C9h (201). Nuestro programa queda de la siguiente forma:

```
2A,76,5C,44,4D,C9
```

O escrito en decimal:

```
42,118,92,68,77,201
```

Vamos a construir el programa Basic que lo introduce en memoria y lo ejecuta:

```
10 CLEAR
20 FOR n=30000
30 PERC n
40 DATA 4, 4, 110, 110, 2, 2, 30000
50 INPUT "SEED: "; SEED
60 RANDONISE SEED
70 PRINT USING "00000"; SEED
```

La línea 10 baja la RAMTOP para preservar nuestro programa contra borrados accidentales. Las líneas 20 y 30

cargan en memoria el programa que se encuentra en los datos de la línea 40. La línea 50 nos pide un valor para SEED, y la línea 60 lo introduce en la variable "SEED" siempre que este valor no sea cero. Finalmente, la línea 70 ejecuta nuestro programa en código máquina e imprime en pantalla el resultado.

En este ejemplo, vemos que es posible establecer una comunicación bidireccional entre Basic y Código Máquina para transferir datos; existen otras muchas formas de realizar esta comunicación que se irán viendo en ejemplos sucesivos.

En nuestro tercer ejemplo, vamos a leer la variable del Sistema RAMTOP desde código máquina, y utilizaremos la pila para sacarla a pantalla por el registro "BC". Asimismo, veremos cómo almacenar una rutina en código máquina dentro de una línea REM del programa Basic.

Primero leeremos el contenido de la variable RAMTOP, cargándolo sobre el registro "HL", luego transferiremos este contenido al "BC" a través de la pila; el programa podría ser el siguiente:

```
LD HL, (RAMTOP)
PUSH HL
POP BC
RET
RAMTOP EQU 23730
```

De nuevo, utilizamos una etiqueta que definimos en la última línea, antes de codificar el programa, eliminamos la etiqueta, quedando el programa simplificado:

```
LD HL, (#5CB2)
PUSH HL
POP BC
RET
```

Ahora, codificamos el programa, buscamos en las tablas el código de:

```
LD HL, (nn)
```

que resulta ser 2Ah (42), a continuación van los operandos B2h (178) y 5C (92). El código de:

```
PUSH HL
```

es E5h (229), y el de:

```
POP BC
```

es C1h (193). Por último, colocamos el código de RET: C9h (201). El programa completo, queda de la siguiente forma:

```
2A,B2,5C,E5,C1,C9
```

O, para quienes lo prefieran en decimal:

```
42,178,92,229,193,201
```

Ahora, sólo nos falta cargarlo en una línea REM de un programa en Basic. Nuestra rutina tiene 6 bytes, por lo que crearemos una línea REM con, por ejemplo, 6 asteriscos. Estos asteriscos serán sustituidos por los bytes del programa cuando éste se cargue.

El programa en Basic podría ser el siguiente:

```

10 REM *****
20 REM *****
30 REM *****
40 REM *****
50 REM *****
60 REM *****
70 REM *****
80 REM *****
90 REM *****
100 REM *****
110 REM *****
120 REM *****
130 REM *****
140 REM *****
150 REM *****
160 REM *****
170 REM *****
180 REM *****
190 REM *****
200 REM *****
210 REM *****
220 REM *****
230 REM *****
240 REM *****
250 REM *****
260 REM *****
270 REM *****
280 REM *****
290 REM *****
300 REM *****
310 REM *****
320 REM *****
330 REM *****
340 REM *****
350 REM *****
360 REM *****
370 REM *****
380 REM *****
390 REM *****
400 REM *****
410 REM *****
420 REM *****
430 REM *****
440 REM *****
450 REM *****
460 REM *****
470 REM *****
480 REM *****
490 REM *****
500 REM *****
510 REM *****
520 REM *****
530 REM *****
540 REM *****
550 REM *****
560 REM *****
570 REM *****
580 REM *****
590 REM *****
600 REM *****
610 REM *****
620 REM *****
630 REM *****
640 REM *****
650 REM *****
660 REM *****
670 REM *****
680 REM *****
690 REM *****
700 REM *****
710 REM *****
720 REM *****
730 REM *****
740 REM *****
750 REM *****
760 REM *****
770 REM *****
780 REM *****
790 REM *****
800 REM *****
810 REM *****
820 REM *****
830 REM *****
840 REM *****
850 REM *****
860 REM *****
870 REM *****
880 REM *****
890 REM *****
900 REM *****
910 REM *****
920 REM *****
930 REM *****
940 REM *****
950 REM *****
960 REM *****
970 REM *****
980 REM *****
990 REM *****
1000 REM *****

```

Hay muchos puntos sutiles en este programa que conviene analizar detenidamente; como dijimos antes, la línea 10 contiene el espacio donde se cargará nuestra rutina en C/M.

En la línea 20, leemos la variable del Sistema PROG, para saber a partir de qué dirección de memoria está ubicado el programa Basic. Los dos primeros bytes de esta zona, constituyen el número de línea, los dos siguientes la longitud, y el quinto es el código de REM; a partir de ahí empiezan los asteriscos, que es donde deberemos cargar el código máquina, es decir, desde "prog+5" hasta "prog+10" tal y como se ve en las líneas 30, 40 y 50. La línea 60 contiene el programa en DATAs. Finalmente, la línea 70 ejecuta el programa desde la dirección "prog+5". En este caso, es imprescindible que el argumento de USR vaya entre paréntesis; es muy fácil omitir los paréntesis, olvidándose de que la función USR tiene una prioridad más alta que la suma.

Una vez ejecutado el programa, la línea 10 quedaría:

```
10 REM *SIN \ RESTORE STR$ <>
```

Nuestro siguiente ejemplo es más vistoso, y algo más complejo. Vamos a dibujar una silueta en pantalla, y dado que la cosa va de pantalla,

almacenaremos esta rutina en el archivo de presentación visual, con lo que veremos físicamente los bytes que la componen, en forma de pixels en la primera línea.

El objetivo del programa es dibujar en la casilla central, la silueta de un muñeco, como si se tratara de un UDG. Dado que sólo podemos utilizar instrucciones de carga, el programa resulta considerablemente más largo de lo que es normal para trabajar con la pantalla.

En sucesivos ejemplos de capítulos más avanzados, iremos viendo otras formas más sencillas de imprimir en pantalla; y veremos también, cómo la peculiar manera en que está organizado el archivo de pantalla, que tan incómoda se hacía en Basic, resulta una gran ventaja cuando se trabaja en código máquina.

La forma más sencilla de imprimir un gráfico en pantalla, es almacenar en las ocho direcciones que componen una casilla, los ocho números que definen ese gráfico. En la FIGURA 5-10, vemos las direcciones de las posiciones de memoria correspondien-

tes a la casilla central de la pantalla, así como los datos que vamos a almacenar en esas posiciones, para visualizar nuestro muñeco.

| DATOS | | DIRECCIONES | | | |
|-------|---------|-------------|---------|--|--|
| 1 8 | 4 8 6 F | 9 8 | 4 C 6 F | | |
| 1 9 | 4 9 6 F | 2 4 | 4 D 6 F | | |
| 5 E | 4 A 6 F | 2 4 | 4 E 6 F | | |
| 5 8 | 4 B 6 F | 2 4 | 4 F 6 F | | |

el acumulador de checksum "cs". Las líneas 40 a 80 van pasando los códigos a decimal (línea 50), acumulándolos en el checksum (línea 60) y metiéndolos en sucesivas direcciones de memoria (línea 70).

La línea 90 comprueba que el valor acumulado en checksum sea igual a la suma de comprobación, y detiene el programa en caso contrario. Finalmente, la línea 100 ejecuta nuestra rutina en código máquina. La línea 110 contie-

ne el código máquina en hexadecimal, y la 120 la suma de todos los bytes en decimal, que se utiliza como suma de comprobación.

Cuando se ejecute el programa, en la pantalla del ordenador tiene que aparecer algo similar a lo que se ve en la FIGURA 5-11.

En el siguiente capítulo, veremos las instrucciones que nos permiten realizar operaciones aritméticas y lógicas sobre los registros del microprocesador. Antes de ello, le recomendamos al lector que intente resolver los siguientes ejercicios, que le ayudarán a afianzar conocimientos.

EJERCICIOS

- 1.- ¿Que valor retornará el siguiente programa en el registro "BC"? ¿Que valor tendremos en la variable del sistema "SEED" despues de ejecutarlo?:

```
LD HL,#4BFF
LD BC,#1100
LD H,C
LD (SEED),BC
PUSH HL
POP BC
RET
SEED EQU #5C76
```

(Puede encontrar la solución por usted mismo, codificando el programa y ejecutándolo en el ordenador, para comprobar si la solución que ha dado es correcta).

- 2.- Codificar (ensamblar) el siguiente programa:

```
LD BC,#1234
LD A,(BC)
LD (IX+7),A
PUSH AF
POP BC
RET
```

- 3.- Escribir cuatro cargadores en Basic, cada uno de los cuales almacenen el programa anterior en uno de los siguientes lugares:

```
EN EL BUFFER DE IMPRESORA
ENCIMA DE RAMTOP
EN UNA LINEA REM
EN LA PANTALLA
```

INSTRUCCIONES ARITMETICAS Y LOGICAS

El microprocesador Z-80 dispone de una unidad aritmética-lógica que le permite realizar una serie de operaciones, tanto aritméticas, como lógicas. Las aritméticas incluyen la suma y resta con o sin acarreo, incremento y decremento de un registro, comparaciones, ajuste decimal, complemento y negación. Las lógicas incluyen las operaciones que se realizan con los operadores "AND", "OR" y "XOR".

Antes de adentrarnos en el estudio de las instrucciones concretas, daremos una serie de definiciones útiles:

SUMA SIN ACARREO:

Consiste en sumar al contenido del registro "A" un número y obtener el resultado en el registro "A". El indicador de acarreo no se tiene en cuenta para esta operación. Su esquema sería:

$$A \leftarrow A+n$$

SUMA CON ACARREO:

Exactamente igual que la anterior, pero se suma también el indicador de acarreo del registro "F". De esta forma, se puede incluir en la suma el acarreo procedente de una suma anterior. Su esquema sería:

$$A \leftarrow A+n+CF$$

RESTA SIN ACARREO:

Consiste en restar un número del contenido del registro "A", y obtener el resultado en este mismo registro. El indicador de acarreo no interviene en la operación. Se consideran números negativos los superiores a 127 (7Fh) de la forma que se explicó en el capítulo relativo a los sistemas de numeración; es decir, el número 255 (FFh) se considera "-1", el 254 (FEh) se considera "-2" y así sucesivamente, hasta 128 (80) que se considera "-128". El paso de 127 a 128 o viceversa se indica poniendo a "1" el flag de "overflow" (P/V) del registro "F". Su esquema sería:

$$A \leftarrow A-n$$

RESTA CON ACARREO:

Igual que el anterior, salvo que también se resta el indicador de acarreo (CF) del registro "F". Su esquema sería:

$$A \leftarrow A-n-CF$$

INCREMENTO:

Consiste en sumar uno al contenido de un registro que se especifica en la instrucción. Su esquema es:

$$R \leftarrow R+1$$

Donde "R" representa un registro cualquiera de 8 a 16 bits. Si se trata de un registro doble (de 16 bits) se incrementa el registro de orden ba-

jo (por ejemplo, en el "BC" se incrementa "C"), y si ello hace que éste pase a valer "0", se incrementa también el orden alto.

DECREMENTO:

Es la inversa de la anterior, consiste en restar uno al contenido de un registro. Su esquema es:

$$R \leftarrow R-1$$

Si se trata de un registro doble, se decrementa el de orden bajo y, si esto hace que pase a valer 255 (FFh), se decrementa también el de orden alto.

Si el registro incrementado o decrementado es de 8 bits, resultan afectados los indicadores del registro "F".

COMPARACIONES:

Estas instrucciones permiten comparar el contenido del acumulador con un número. Para ello, se resta el número del contenido del acumulador, pero el resultado no se almacena en ninguna parte, simplemente, se alteran determinados flags del registro "F", lo que nos indica si el número era menor, igual o mayor que el contenido del acumulador. Si era igual, se pone a "1" el flag "Z" (indicador de "cero"). Si el número era mayor, se pone a "1" el flag "S" (indicador de "signo").

AJUSTE DECIMAL:

Esta instrucción realiza un ajuste del contenido del acumulador para que, en vez de estar comprendido entre "00h" y "FFh", lo esté entre "00h" y "99h". Si se produce acarreo, se indica mediante el flag correspondiente. Para realizar esta operación se toma en cuenta el estado de los indicadores de "acarreo" (C) y "semi-acarreo" (H). Su finalidad es la de permitir realizar operaciones en "BCD" (Decimal Codificado en Binario).

COMPLEMENTO:

Consiste en realizar un "completo a 1" del acumulador, es decir, cambiar los "unos" por "ceros" y los "ceros" por "unos".

NEGACION:

Consiste en realizar un "complemento a 2" del acumulador, es decir, realizar un "complemento 1" y, luego, sumarle "1". Lo que se obtiene es el "negativo" del número que teníamos en el acumulador. El efecto es el mismo que si restáramos el acumulador de "cero", es decir:

$$A \leftarrow 0 - A$$

EL FLAG DE ACARREO:

Existen dos instrucciones que afectan al indicador de acarreo del registro "F", es posible ponerlo a "1" o "complementarlo" (ponerlo a "1" si era "0" y viceversa). No se ha previsto una instrucción para poner a "0" el flag de acarreo, dado que esto se puede conseguir haciendo un "AND" o un "OR" del acumulador consigo mismo.

Veamos ya las instrucciones:

Grupo de instrucciones aritméticas para 8 bits

En este grupo de instrucciones los registros usados se indican con "r" según el siguiente código:

| "r" | código |
|-----|--------|
| A | 111 |
| B | 000 |
| C | 001 |
| D | 010 |
| E | 011 |
| H | 100 |
| L | 101 |

ADD, «sumar» en inglés: La función básica de esta instrucción es **sumar** sobre el registro acumulador el valor indicado por el operando. Ejecuta una suma binaria de ambos datos y no altera el contenido del operando.

ADD A,r

OBJETO:

Suma el registro acumulador "A" con el registro indicado por "r", dejando el resultado en el registro acumulador.

CODIGO MAQUINA:

1 0 0 0 0 ← r

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 3

pone 0 - en cualquier otro caso

N ; pone 0 - siempre

C ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 7

pone 0 - en cualquier otro caso

P/V ; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)

pone 0 - en cualquier otro caso

NOTA: Se entiende que hay acarreo desde el bit 3 cuando éste pasa de ser "1" a ser "0". Se entiende que hay desbordamiento si el resultado pasa de ser "positivo" a ser "negativo" o viceversa. Estas observaciones son válidas para todas las operaciones aritméticas.

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

ADD A,B

Valor del registro "A":

(A): 0 0 1 0 1 0 0 1 29h

Valor del registro "B":

(B): 0 1 0 0 1 0 1 0 4Ah

Instrucción:

ADD A,B: 1 0 0 0 0 0 0 0 80h

Valor del registro "A" después de la ejecución:

(A): 0 1 1 1 0 0 1 1 73h

El valor del registro "B" después de la ejecución no varía.

CODIGO MAQUINA 77

Indicadores de condición después de la ejecución:

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 1 | x | 0 |

Observe, que hubo acarreo desde el bit 3.

ADD A,n

OBJETO:

Suma el registro acumulador "A" con el número entero de 8 bits "n", dejando el resultado en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| < | | n | | | | > | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 0 - siempre
- C ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso
- P/V ; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

78 CODIGO MAQUINA

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

ADD A,24

Valor del registro "A":

(A): 00100110 26h

Instrucción

ADD A,24 11000110 C6h
00011000 18h

Valor del registro "A" después de la ejecución:

(A): 00111110 3Eh

Indicadores de condición después de la ejecución:

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 |

ADD A,(HL)

OBJETO:

Suma el registro acumulador "A" con el octeto de la posición de memoria direccionada por el contenido del par de registros "HL", y deja el resultado en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

10000110 86h

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resulta-

do es cero
pone 0 - en cualquier otro caso

H ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso

N ; pone 0 - siempre

C ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso

P/V ; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)

pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

ADD, A,(HL)

Valor del par de registros "HL":

(H): 01001100 4Ch
(L): 11110011 F3h

Valor de la posición de memoria 4CF3h:

(4CF3h): 10011100 9Ch

Valor del registro "A":

(A): 10110000 80h

Instrucción:

ADD A,(HL) 10000110 86h

Valor del registro "A" después de la ejecución:

(A): 01001100 46h

Indicadores de condición después de la ejecución:

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

Observe, que ha habido acarreo desde el bit 7

ADD A, (IX+d)

OBJETO:

Suma el registro acumulador "A" con el octeto de la posición de memoria direccionada por el valor que resulta de: añadir al contenido del registro índice "IX" el entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. Deja el resultado en el registro acumulador.

CODIGO MAQUINA:

| | |
|---------------|-----|
| 1 1 0 1 1 0 1 | 00h |
| 1 0 0 0 0 1 0 | 86h |
| < — d — > | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 0 - siempre
- C ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso
- P/V ; pone 1 - si hay desbordamiento (over-

flow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

ADD A,(IX+7)

Suponemos que el registro "A" contiene el número 80h (128) y vamos a sumarle el contenido de la posición de memoria 9318h que suponemos que es también 80 (128). Para acceder a esta posición utilizamos direccionamiento indexado. El resultado deberá ser 256, es decir, 100h; pero como este número excede la capacidad del acumulador, obtendremos "00h" en el acumulador y "1" en el indicador de acarreo.

Esto ocurrirá con frecuencia. Cuando el resultado de una suma sea mayor de 255 (FFh), nos aparecerá el flag de acarreo a "1", y el acumulador contendrá ese número menos 256, para los matemáticos, lo que obtenemos en el acumulador es el "módulo 256" del resultado de la suma. Cuando, después de una suma, el indicador de acarreo sea "1", podemos saber el verdadero resultado si sumamos 256 al contenido del acumulador. Veamos ahora el ejemplo.

Valor del registro "IX":

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IX): | 1 0 0 1 0 0 1 1 | 93h |
| | 0 0 0 1 0 0 0 1 | 11h |

Valor de la posición de me-

moria 9318h:

| | | |
|----------|-----------------|-----|
| (9318h): | 1 0 0 0 0 0 0 0 | 80h |
|----------|-----------------|-----|

Valor del registro "A"

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (A): | 1 0 0 0 0 0 0 0 | 80h |
|------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|---------------|---------------|-----|
| ADD A, (IX+7) | 1 1 0 1 1 0 1 | 00h |
| | 1 0 0 0 0 1 0 | 86h |
| | 0 0 0 0 0 1 1 | 07h |

Valor del registro "A" después de la ejecución

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (A): | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
|------|-----------------|-----|

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 1 | x | 0 | x | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

Obsérvese que se nos han puesto a "1" los indicadores de acarreo, cero y rebosamiento. El de acarreo, porque el resultado es mayor de 255; el de cero, porque el acumulador contiene "cero"; y el de rebosamiento, porque el bit 7 ha pasado de ser "1" a ser "0", lo que se interpreta como un cambio de signo; en este caso, el signo no nos interesa porque el número no puede ser negativo, por lo que, simplemente, ignoramos el indicador "P/V".

ADD A, (IY+d)

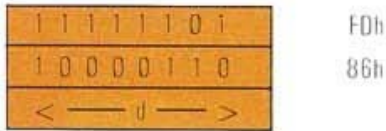
OBJETO:

Suma el registro acumulador "A" con el octeto de la posición de memoria direccionada por el valor que resulta de: añadir al contenido del registro índice "IY" el entero de

CODIGO MAQUINA 79

desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. Deja el resultado en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 0 - siempre
- C ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso
- P/V ; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

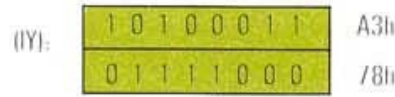
EJEMPLO:

```
ADD A, (IY-6)
```

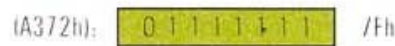
En esta ocasión vamos a usar, de nuevo, direccionamiento indexado para acceder al operando. Los dos nú-

meros a sumar serán 7Fh y 03H, el resultado será 82h (F más 3 = 2 y nos llevamos una; 7 más 0 más 1 = 8). Como se ve, sumar en hexadecimal es lo mismo que hacerlo en decimal.

Valor del registro "IY"



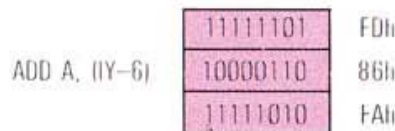
Valor de la posición de memoria A372h



Valor del registro "A"



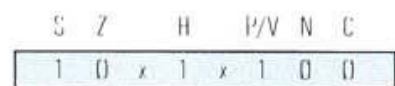
Instrucción



Valor del registro "A" después de la ejecución



Indicadores de condición después de la ejecución



Observe, que el indicador de signo (S) se activa por estar activo el bit 7, el tratar este número como negativo o no, dependerá del programador. El indicador P/V se activa por superar el máximo valor del octeto en complemento a dos (el bit de signo ha pasado de "0" a "1"). Finalmente, el indicador H está a "1" porque hubo acarreo desde el bit 3.

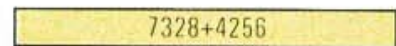
— . — . — . — .

Las instrucciones de sumar, como su nombre indica, suman; pero con lo visto hasta el momento sólo suman un octeto. Por lo tanto se limita la suma al número 255, considerando todos positivos.

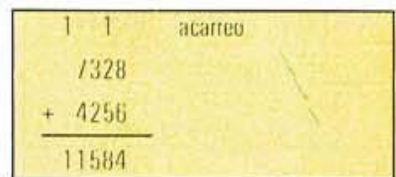
Este problema se soluciona con las instrucciones que se explican a continuación.

ADC (ADd with Carry), sumar con acarreo. Básicamente consiste en una suma binaria de dos octetos más el bit de acarreo. Esto quiere decir que si en una suma anterior el bit de acarreo está activo, "nos llevamos una", esa unidad hay que tenerla en cuenta en el octeto superior si existe.

Por ejemplo en una suma convencional en decimal.



al sumar las unidades 8 y 6 nos llevamos un 1 a las decenas; con las decenas y las centenas no hay acarreo, y de nuevo en las unidades de millar hay acarreo a las decenas de millar.



Visto esto, se entenderá fácilmente, que sumando octetos se acarrea 1 al octeto superior cuando se supera el valor decimal 255 (FFh). Ver FIGURA 6-1.

Esta es la manera de sumar, en binario, cantidades superiores a 255 decimal; usando las instrucciones que se describen a continuación.

80 CODIGO MAQUINA

ADC A,r

OBJETO:

Suma el registro acumulador "A", más el bit de acarreo, con el registro indicado por "r", dejando el resultado en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

1 0 0 0 1 <—>

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 0 - siempre
- C ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso
- P/V ; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

ADC A,D

Suponemos que tenemos

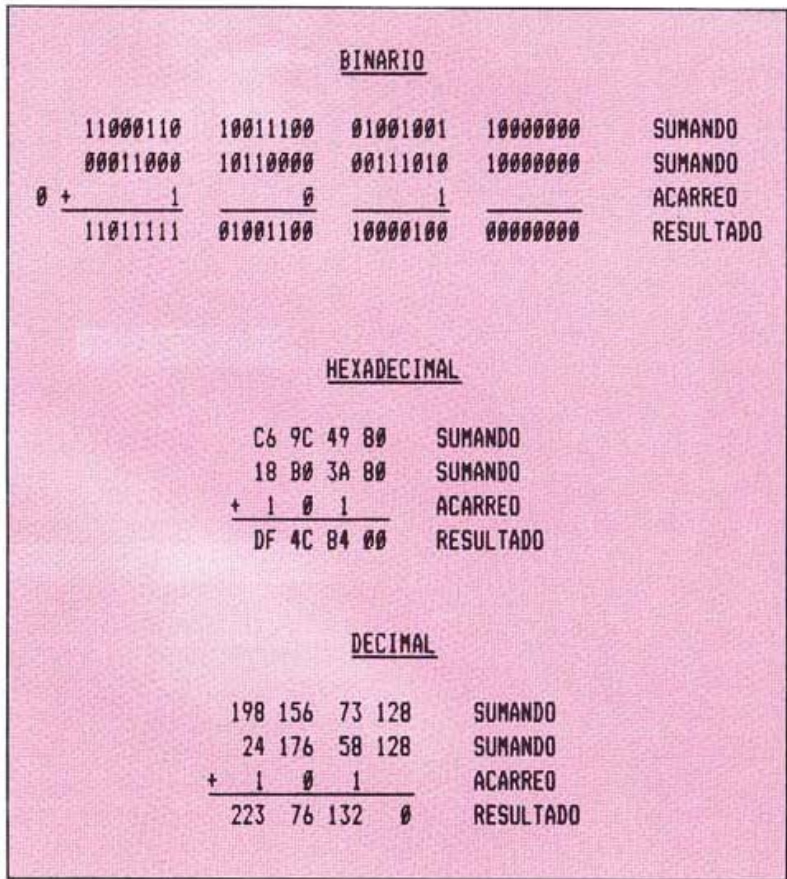


Fig. 6-1. Suma de varios objetos con acarreo.

el flag de acarreo a "1", puede ser, por ejemplo, como resultado de una suma anterior. Por tanto, vamos a sumar 49h + 22h + 1. El resultado debe ser 6Ch.

Valor del registro "A"
(A): 0 1 0 0 1 0 0 1 49h

Valor del registro "D"
(D): 0 0 1 0 0 0 1 0 22h

Bit de acarreo = 1
Instrucción

ADC A,D 1 0 0 0 1 0 1 0 8Ah

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A): 0 1 1 0 1 1 0 0 6Ch

Indicadores de condición

después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|-------|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 0 0 |

Esta vez no ha habido acarreo, semi-acarreo ni cambio de signo.

ADC A,n

OBJETO:

Suma el registro acumulador "A", más el bit de acarreo, con el número entero de 8 bits "n", dejando el resultado en el registro acumulador.

CODIGO MAQUINA:

1 1 0 0 1 1 1 0

CEh

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 0 - siempre
- C ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso
- P/V ; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

```
ADC A,120
```

Vamos a sumar A5h (165) más 78h (120) más 1, porque suponemos que el indicador de acarreo está a "1". El resultado deberá ser 11Eh (286); puesto que este resultado excede la capacidad del acumulador, el indicador de acarreo se pondrá a "1" y el acumulador contendrá 1Eh (30). Podemos comprobar que $256 + 30 = 286$, por tanto, el resultado es correcto.

Valor del registro "A"

```
(A): 10100101 A5h
```

Bit de acarreo = 1
Instrucción

```
ADC A,120 11001110 CEh
           01111000 /8h
```

Valor del registro "A" después de la ejecución

```
(A): 00011110 1Eh
```

Indicadores de condición después de la ejecución

```
S Z H P/V N C
0 0 x 0 x 0 0 1
```

Como indicábamos antes, se nos ha "levantado" el flag de acarreo para indicar que el verdadero resultado es 256 más el contenido del acumulador. Si ahora sumáramos otros dos octetos de orden superior a éstos, deberíamos tener en cuenta el acarreo.

```
ADC A, (HL)
```

OBJETO:

Suma el registro acumulador "A", más el bit de acarreo, con el octeto de la posición de memoria direccionada por el contenido del par de registros "HL", y deja el resultado en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

```
10001110 8Eh
```

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo

pone 0 - en cualquier otro caso

- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 0 - siempre
- C ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso
- P/V; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

```
ADC A, (HL)
```

Valor del par de registros "HL"

```
(H) 01110110 76h
(L) 10001110 8Eh
```

Valor de la posición de memoria 768Eh

```
(768Eh): 10001101 8Dh
```

Valor del registro "A"

```
(A): 00101001 29h
```

Instrucción

```
ADC A,(HL) 10001110 8Eh
```

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 B7h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C | | |
| 1 | 0 | x | 1 | x | 0 | 0 | 0 |

ADC A, (IX+d)

OBJETO:

Suma el registro acumulador "A", más el bit de acarreo, con el octeto de la posición de memoria direccionada por el valor que resulta de: añadir al contenido del registro índice "IX" el entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. Deja el resultado en el registro acumulador.

CODIGO MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| 1 0 0 0 1 1 1 0 | 8Eh |
| <-----d-----> | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 0 - siempre
- C ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso

otro caso
P/V; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

ADC A, (IX-3)

Valor del registro "IX"

| | |
|-----------------|-----|
| 1 0 0 0 0 1 1 1 | 87h |
| 1 0 1 0 1 0 1 0 | AAh |

Valor de la posición de memoria 87A7h

(87A7h):

| |
|-----------------|
| 0 0 0 0 0 0 0 1 |
|-----------------|

 01h

Valor del registro "A"

(A):

| |
|-----------------|
| 0 1 1 1 1 1 1 1 |
|-----------------|

 7Fh

Bit de acarreo = 0

Instrucción

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| 1 0 0 0 1 1 1 0 | 8Eh |
| 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A):

| |
|-----------------|
| 1 0 0 0 0 0 0 0 |
|-----------------|

 80h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C | | |
| 1 | 0 | x | 1 | x | 1 | 0 | 0 |

ADC A, (IY+d)

OBJETO:

Suma el registro acumulador "A", más el bit de acarreo, con el octeto de la posición de memoria direccionada por el valor que resulta de: añadir al contenido del registro índice "IY" el entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. Deja el resultado en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| 1 0 0 0 1 1 1 0 | 8Eh |
| <-----d-----> | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 0 - siempre
- C ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso
- P/V; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

CODIGO MAQUINA 83

EJEMPLO:

ADC A, (IY+25)

Valor del registro "IY"

(IY):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

 F0h
91h

Valor de la posición de memoria F0AAh

(F0AAh):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 0Fh

Valor del registro "A"

(A):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 F0h

Bit de acarreo = 0

Instrucción

ADC A, (IY+25)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |

 FDh
8Eh
19h

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 FFh

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 0 | x | 0 |

La actividad de los indicadores, de condición, tanto en la suma (ADD) como en la suma con acarreo (ADC), se hace según las siguientes condiciones:

"S": En este indicador se pone el mismo valor que tenga el bit siete del acumulador después de la ejecución.

"Z": Este indicador se activa, valor igual a 1, siempre

que todos los bits del registro acumulador sean cero después de la ejecución.

"H": Este indicador de acarreo desde el bit 3, se activa siempre que los cuatro bits inferiores del registro acumulador superen el valor Fh (15 decimal) después de la ejecución. Esto es independiente del valor que tengan los cuatro bits superiores.

"N": Este indicador no tiene significado para este grupo de instrucciones y se pone siempre a 0.

"C": Este indicador de acarreo desde el bit 7, se activa siempre que el registro acumulador supere el valor FFh (255 decimal) después de la ejecución.

"P/V": Este indicador de desbordamiento (overflow), se activa si, después de la ejecución, el registro acumulador supera el valor +127 o -128. Esto es, indica el cambio de signo del número en complemento a 2.

SUB (SUBtract), "restar" en inglés. Básicamente esta función consiste en restar del registro acumulador el valor indicado por el operando. Esto es una resta binaria en la que el registro acumulador es el minuendo y el operando indica el sustraendo.

La operación real que efectúa el microprocesador es: complementar a dos el sustraendo y sumarlo con el minuendo. Conocer esta operativa es interesante para entender cómo funciona el acarreo, pero no es necesario tenerla presente en el momento de construir el programa.

En una resta algebraica el sustraendo es un número negativo y como se sabe para el microprocesador Z80, los números

negativos se expresan con el complemento a 2. Por lo tanto la resta para el ordenador es la suma de un número positivo (minuendo) con un número negativo (sustraendo); y dependiendo de los valores absolutos, el resultado será un número negativo o positivo.

SUB r

OBJETO:

Resta del registro acumulador "A" el contenido del registro especificado por "r", dejando el resultado en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

1 0 0 1 0 <—|—>

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 1 - siempre
- C ; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso
- P/V; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

CICLOS DE RELOJ:

4

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 |

EJEMPLO:

SUB B

En este ejemplo, vamos a restar el contenido del registro "B" del contenido del acumulador "A". La operación se podría representar esquemáticamente como:

A ← A-B

Valor del registro "A"

(A): 00110101 35h

Valor del registro "B"

(B): 00010011 13h

Instrucción

SUB B 10010000 90h

Operación

```

00110101
+ 11101101
-----
00100010

```

El valor del registro "B" después de la ejecución, no varía.

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A): 00100010 22h

Indicadores de condición después de la ejecución

En este caso, el resultado ha sido positivo y no ha habido acarreo ni desbordamiento. Vemos que el indicador "N" (SUMA/RESTA) se ha puesto a "1"; al igual que todas las instrucciones de suma ponían este indicador a "cero", todas las de resta lo ponen a "uno".

Vamos a ver detenidamente lo que ha ocurrido: Le hemos pedido al microprocesador que reste 35h menos 13h. Como el segundo número es menor que el primero, el resultado será positivo; concretamente, el resultado deberá ser 22h. El microprocesador coje primero el número 13h y le hace el complemento a 2 (lo cambia de signo) resultando EDh. A continuación, suma 35h + EDh, de lo que resulta 22h y un acarreo de "1". Como estamos restando, invertimos el acarreo, con lo que resulta el número 22h sin acarreo.

Vamos a ver qué hubiera ocurrido de hacerlo al revés: restemos 13h menos 35h. El resultado deberá ser -(22h), es decir, el complemento a 2 de 22h o, lo que es lo mismo, DEh. Primero cojemos el número 35h y lo complementamos a 2 (lo cambiamos de signo) obteniendo CBh. Ahora, sumamos 13h más CBh y obtenemos DEh con un acarreo de "cero". Como complementamos el acarreo, resulta ser "uno", con lo que sabemos que se trata de un resultado negativo. Efectivamente, si complementamos a 2 el número DEh, obtenemos 22h que es lo que teníamos que obtener.

SUB n

OBJETO:

Resta del registro acumulador "A" el entero de 8 bits "n", dejando el resultado en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

11010110 06h

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 0 - siempre
- C ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso
- P/V; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

SUB 12

En este caso, el sustraendo es mayor que el minuendo, por lo que el resultado deberá

ser negativo. Veamos qué ocurre:

Valor del registro "A"

(A): 00000101 05h

Instrucción

SUB 12 11010110 06h
00001100 0Ch

Operación:

```

00000101
+ 00001100
-----
11111001
    
```

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A): 11111001 F9h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 1 | x | 0 |

Observamos que cuando el minuendo es menor que el sustraendo no hay acarreo en la suma que realiza el microprocesador, por tanto, se activa el indicador "C" que, como sabemos, va invertido cuando se resta.

El resultado de la operación es F9h, es decir, -7 expresado en complemento a 2.

SUB (HL)

OBJETO:

Resta del registro acumulador el valor del octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros "HL". El resultado se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

10010110 96h

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 0 - siempre
- C ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso
- P/V; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

SUB (HL)

Valor del par de registros "HL"

(H) 01111011 7Bh

(L) 01100010 62h

Valor de la posición de memoria 7B62h

(7B62h): 00111010 3Ah

Valor del registro "A"

(A): 01101111 6Fh

Instrucción

SUB (HL) 10010110 96h

Operación:

```

01101111
+ 11000110
-----
00110101
    
```

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A): 00110101 35h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 |

El funcionamiento del indicador "P/V" (Paridad/Rebosamiento) requiere una explicación por tratarse de uno de los puntos más oscuros de la programación en C/M. Este indicador tiene una doble función, en las operaciones lógicas actúa como indicador de paridad y en las aritméticas, como indicador de rebosamiento. Su función como indicador de paridad se verá cuando estudiemos las operaciones lógicas; ahora vamos a ver cómo actúa para indicarnos un rebosamiento.

Sabemos que nos es posible trabajar con números negativos si consideramos negativo a todo número cuyo bit de más a la izquierda sea "1". En el caso de trabajar sólo con positivos, el rango permitido va de "0" a "FFh" (255) y si, tras una suma, el número resultante pasa de este rango, se nos pone a "1" el indicador de acarreo "C". Por otro lado, es posible que estemos trabajando con números positivos y negativos, en este caso, el rango permitido es de "80h" (-128) a "7Fh" (+127). El microprocesador nunca sabe cómo vamos a considerar el número contenido en el acumulador, así que, por si acaso, nos indica también si está fuera de este rango, poniendo a "1" el indicador de rebosamiento "P/V".

Vemos, por tanto, que "P/V" se pondrá a "1" siempre que un número pase de ser positivo a ser negativo, o viceversa, sin pasar por cero. Para verlo más claro, representemos todos los valores posibles en una recta que vaya desde "0" a "255"; en mitad de la recta, tenemos el número "127". Cuando el contenido del acumulador pase de una mitad de la recta a otra a través del número "127", se pone a "1" el indicador "P/V" y cuando lo haga a través del número "255" y "0", se pone a "1" el indicador "C".

Veamos un ejemplo: Tenemos en el acumulador el número "7Fh" (127) y le sumamos "1", el resultado será "80h" que puede ser 128 o -128, según consideremos el número como positivo o como negativo; en este caso, se nos habrá puesto a "1" el indicador "P/V". Supongamos ahora que tenemos el número

"FFh" que puede ser 255 o -1; si le sumamos "1", obtenemos, como resultado "0"; en este caso, se habrá puesto a "1" el indicador de acarreo "C".

Otro tanto ocurriría si restáramos "1" a "80h", obtendríamos "7Fh" y "P/V" a "1". O si restáramos "1" a "0", resultaría "FFh" y el indicador "C" a "1". Cuando trabajemos sólo con números positivos, tendremos que tomar en cuenta el indicador "C", y cuando lo hagamos con números positivos y negativos, tomaremos en cuenta el indicador "P/V".

SUB (IX+d)

OBJETO:

Resta al contenido del registro acumulador, el valor del octeto de memoria direccionado por el valor que resulta de: añadir al contenido del registro índice IX el entero de desplazamiento d, el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| 1 0 0 1 0 1 1 0 | 96h |
| <-----d-----> | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso

- N ; pone 1 - siempre
- C ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso
- P/V; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

SUB (IX+24)

Valor del registro "IX"

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IX): | 1 0 0 0 0 1 0 1 | 85h |
| | 0 1 1 1 0 0 1 1 | 73h |

Valor de la posición de memoria 858Bh

| | | |
|----------|-----------------|-----|
| (858Bh): | 0 0 1 1 0 1 1 0 | 36h |
|----------|-----------------|-----|

Valor del registro "A"

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (A): | 1 0 0 1 0 0 0 1 | 91h |
|------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|-------------|-----------------|-----|
| SUB (IX+24) | 1 1 0 1 1 0 1 | DDh |
| | 1 0 0 1 0 1 1 0 | 96h |
| | 0 0 0 1 1 0 0 0 | 18h |

Operación:

| |
|------------|
| 10010001 |
| + 11001010 |
| ----- |
| 01011011 |

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 5Bh

Indicadores de condición después de la ejecución

| S | Z | H | P/V | N | C |
|---|---|---|-----|---|---|
| 0 | 0 | x | 1 | x | 1 |

En este caso, hemos restado 91h menos 36h, obteniendo 5Bh. El número 91h puede ser negativo (-111) y 5Bh es siempre positivo, de forma que el microprocesador nos pone a "1" el indicador "P/V" por si estábamos considerando los números como negativos.

SUB (IY+d)

OBJETO:

Resta al contenido del registro acumulador, el valor del octeto de memoria direccionado por el valor que resulta de: añadir al contenido del registro índice IY el entero de desplazamiento d, el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 11111101 | FDh |
| 10010110 | 96h |
| ← d → | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero

88 CODIGO MAQUINA

pone 0 - en cualquier otro caso

H ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso

N ; pone 1 - siempre

C ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier otro caso

P/V; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

SUB (IY-34)

Valor del registro "IY"

| | |
|----------|-----|
| 10101010 | AAh |
| 01001001 | 49h |

Valor de la posición de memoria AA27h

(AA27h):

| |
|----------|
| 00110101 |
|----------|

 35h

Valor del registro "A"

(A):

| |
|----------|
| 00110101 |
|----------|

 35h

Instrucción

| | |
|----------|-----|
| 11111101 | FDh |
| 10010110 | 96h |
| 11011110 | DEh |

Operación:

| |
|------------|
| 00110101 |
| + 11001011 |
| ----- |
| 00000000 |

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A):

| |
|----------|
| 00000000 |
|----------|

 00h

Indicadores de condición después de la ejecución

| S | Z | H | P/V | N | C |
|---|---|---|-----|---|---|
| 0 | 1 | x | 0 | x | 0 |

En la suma que ha hecho el microprocesador ha habido acarreo y semiacarreo ("H"), pero como en la resta los acarreos se invierten, los indicadores "C" y "H" permanecen a "0".

-.-.-.-.-

Con las instrucciones de restar vistas hasta el momento, la operación está limitada por el valor que puede contener un octeto, es decir, 255 considerando todos los valores como positivos. Para restar números más grandes, están las instrucciones cuyo nemotécnico es SBC.

SBC (SuBtract with Carry), restar con acarreo. Se trata de una resta binaria de un octeto, con las mismas características que en las instrucciones SUB, sólo que al minuendo se le resta primero el bit de acarreo del indicador de condición (C). Este bit se activa en una operación de resta cuando no hay acarreo desde el bit 7 y esto ocurre cuando el sustraendo es mayor que el minuendo (ver ejemplos de las instrucciones SUB).

En una resta convencional, operando con números decimales, cuando el valor del sustraendo es mayor que el minuendo en la unidad enfrentada; sumamos diez al valor del minuendo, restamos y "nos llevamos una" para la siguiente unidad, esto es, restamos el diez que habíamos sumado al minuendo:

5724-3615

Al resta 4-5 en realidad se hace 14-5 y nos llevamos una (acarreo), este acarreo lo sumamos a la decena 1 del sustraendo, que es lo mismo que restarlo en el minuendo a la decena 2 y resulta: 2-2 ó 1-1.

```

  5724
- 3615
  ----
  2109
  
```

1 acarreo

Pues esto mismo ocurre al sumar octetos, cuando el octeto sustraendo es mayor que el octeto minuendo y activarse por tanto el bit de acarreo, al tenerlo en cuenta con los octetos de orden superior; es como si en el minuendo se sumara 256 al octeto inferior y se restara uno al octeto superior.

Ver figura 6-2. Este es el uso más importante de la condición de acarreo para la resta.

SBC A,r

OBJETO:

Resta del registro acumulador "A" el contenido del registro especificado por "r", más el indicador de acarreo. Deja el resultado en el registro acumulador.

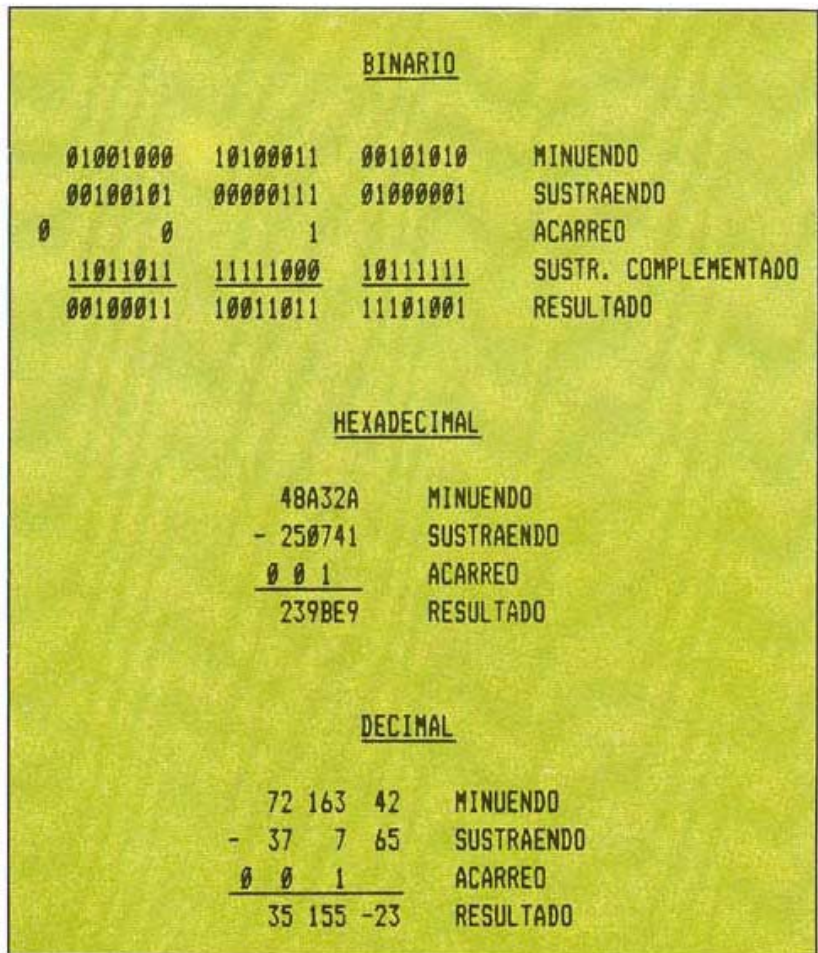


Fig. 6.2. Resta de varios objetos con acarreo.

CODIGO DE MAQUINA:

1 0 0 1 1 < < < <

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 1 - siempre
- C ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 7
pone 0 - en cualquier

otro caso
P/V; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

SUB A,H

Valor del registro "A"

(A): 11111111 FFh

Valor del registro "H"

(H): 01110111 77h

Indicador de acarreo (C) = 0.

Instrucción

SUB A,H 10011100 9Ch

Operación:

```
      (H)  01110111
      +C           0
      -----
           01110111

  compl. a 2 10001001
      +(A)   11111111
      -----
           10001000
```

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A): 10001000 88h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 0 | x | 0 |

SBC A,n

OBJETO:

Resta del registro acumulador "A" el entero de 8 bits n, más el bit de acarreo. Deja el resultado en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

11011110 DEh
←-----n----->

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

S ; pone 1 - si el resultado

GRUPO ARITMETICO DE 8 BITS (SUMA Y RESTA)

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|-----------|
| ADD A,A | 87 | 135 |
| ADD A,B | 88 | 128 |
| ADD A,C | 81 | 129 |
| ADD A,D | 82 | 130 |
| ADD A,E | 83 | 131 |
| ADD A,H | 84 | 132 |
| ADD A,L | 85 | 133 |
| ADD A,n | C6,n | 198,n |
| ADD A,(HL) | 86 | 134 |
| ADD A,(IX+d) | DD,86,d | 221,134,d |
| ADD A,(IY+d) | FD,86,d | 253,134,d |
| ADC A,A | 8F | 143 |
| ADC A,B | 88 | 136 |
| ADC A,C | 89 | 137 |
| ADC A,D | 8A | 138 |
| ADC A,E | 8B | 139 |
| ADC A,H | 8C | 140 |
| ADC A,L | 8D | 141 |
| ADC A,n | CE,n | 206,n |
| ADC A,(HL) | 8E | 142 |
| ADC A,(IX+d) | DD,8E,d | 221,142,d |
| ADC A,(IY+d) | FD,8E,d | 253,142,d |
| SUB A | 97 | 151 |
| SUB B | 98 | 144 |
| SUB C | 91 | 145 |
| SUB D | 92 | 146 |
| SUB E | 93 | 147 |
| SUB H | 94 | 148 |
| SUB L | 95 | 149 |
| SUB n | D6,n | 214,n |
| SUB (HL) | 96 | 150 |
| SUB (IX+d) | DD,96,d | 221,150,d |
| SUB (IY+d) | FD,96,d | 253,150,d |
| SBC A,A | 9F | 159 |
| SBC A,B | 98 | 152 |
| SBC A,C | 99 | 153 |

- es negativo
- pone 0 – en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 – si el resultado es cero
- pone 0 – en cualquier otro caso
- H ; pone 1 – si no hay acarreo desde el bit 3
- pone 0 – en cualquier otro caso
- N ; pone 0 – siempre
- C ; pone 1 – si no hay acarreo desde el bit 7
- pone 0 – en cualquier otro caso
- P/V; pone 1 – si hay desbordamiento (overflow)
- pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

SBC A,40

Valor del registro "A"

(A): 00000000 00h

Indicador del acarreo (C) = 1

Instrucción:

SBC A,40

| | |
|----------|-----|
| 11011110 | DEh |
| 00101000 | 28h |

Operación:

```

      n 00101000
      +C      1
      -----
      00101001

      compl. a 2 11010111
      +(A) 00000000
      -----
      11010111
  
```

| | | |
|---------------|-----------|-------------|
| SBC A, D | 9A | 154 |
| SBC A, E | 9B | 155 |
| SBC A, H | 9C | 156 |
| SBC A, L | 9D | 157 |
| SBC A, n | DE, n | 222, n |
| SBC A, (HL) | 9E | 158 |
| SBC A, (IX+d) | DD, 9E, d | 221, 158, d |
| SBC A, (IY+d) | FD, 9E, d | 253, 158, d |

Tabla de codificación para suma y resta.

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A): 11010111 07h

Indicadores de condición después de la ejecución.

S Z H P/V N C

1 0 x 1 x 1 1 1

Observe que hubo desbordamiento por pasar el registro "A" de un valor positivo a uno negativo.

SBC A,(HL)

OBJETO:

Resta del registro acumulador "A", el valor del octeto de memoria direccionado por el contenido el par de registros HL, más el indicador de acarreo. El resultado se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

10011110 9Eh

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE

AFECTA:

S ; pone 1 - si el resultado es negativo

pone 0 - en cualquier otro caso

Z ; pone 1 - si el resultado es cero

pone 0 - en cualquier otro caso

H ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3

pone 0 - en cualquier otro caso

N ; pone 0 - siempre

C ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 7

pone 0 en cualquier otro caso

P/V ; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)

pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

SBC A,(HL)

Valor del par de registros "HL"

(H):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 C5h
 (L):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 18h

Valor de la posición de memoria C518h

(C518h):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 FFh

Valor del registro "A"

(A):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 FFh

Indicador de acarreo = 0
Instrucción

SBC A,(HL):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
|---|---|---|---|---|---|---|--|

 9Eh

Operación:

```

(C518h) 11111111
  +C      0
  -----
          11111111

compl. a 2 00000001
  + (A) 11111111
  -----
          00000000
  
```

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 00h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | x | 0 | x | 1 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

Observe que hubo desbordamiento al pasar el registro "A" de un valor negativo a uno positivo.

SBC A,(IX+d)

OBJETO:

Resta al contenido del registro acumulador; el valor del octeto de memoria direccionado por el operando, más el indicador del acarreo. La dirección de memoria se calcula añadiendo al contenido del registro índice IX el valor del entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El resultado se deja en el registro acumulador.

CODIGO MAQUINA:

| | | | | | | | |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| < — d — > | | | | | | | |

 DDh 9Eh

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 0 - siempre
- C ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 7
pone 0 en cualquier otro caso
- P/V ; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

SBC A,(IX+30)

Valor del registro "IX"

(IX):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

 F3h 19h

Valor de la posición de memoria F337h

(F337h):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 6Ah

Valor del registro "A"

(A):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 7Bh

Indicador de acarreo (C)=1
Instrucción

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | |

 DDh 9Eh 1Eh

Operación:

```

(F337h) 01101010
  +C      1
  -----
          01101011

compl. a 2 10010101
  + (A) 01111011
  -----
          00010000
  
```

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 10h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

SBC A,(IY+d)

OBJETO:

Resta al contenido del registro acumulador "A", el valor del octeto de la memoria direccionado por el operando, más el indicador de acarreo. La dirección de memoria se calcula añadiendo al contenido del registro índice "IY" el valor del entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El resultado se deja en el registro acumulador.

CODIGO MAQUINA:

| | |
|---------------|-----|
| 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| 1 0 0 1 1 1 0 | 9Eh |
| < — d — > | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S ; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z ; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N ; pone 0 - siempre
- C ; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 7
pone 0 en cualquier otro caso
- P/V ; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

SBC A,(IY-1)

Valor del registro "IY"

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IY): | 0 1 1 0 0 1 1 0 | 66h |
| | 1 1 1 0 0 0 0 1 | E1h |

Valor de la posición de memoria 66E0h

| | | |
|----------|-----------------|-----|
| (66E0h): | 1 1 0 1 0 0 1 1 | D3h |
|----------|-----------------|-----|

Valor del registro "A"

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (A): | 0 1 1 0 0 0 1 0 | 62h |
|------|-----------------|-----|

Indicador de acarreo (C)=1
Instrucción:

| | | |
|--------------|---------------|-----|
| SBC A,(IY-1) | 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| | 1 0 0 1 1 1 0 | 9Eh |
| | 1 1 1 1 1 1 1 | FFh |

Operación:

| | |
|------------|-----------------|
| (66E0h) | 1 1 0 1 0 0 1 1 |
| +C | 1 |
| ----- | |
| | 1 1 0 1 0 1 0 0 |
| Compl. a 2 | 0 0 1 0 1 1 0 0 |
| +(A) | 0 1 1 0 0 0 1 0 |
| ----- | |
| | 1 0 0 0 1 1 1 0 |

Valor del registro "A" después de la ejecución

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (A): | 1 0 0 0 1 1 1 0 | 8Eh |
|------|-----------------|-----|

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | x | 1 | x | 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

Observe que no hubo acarreo desde el bit 7, esto ocurre cuando el sustraendo es menor que el minuendo, como el indicador "C" está invertido en las instrucciones de resta, se pone a "1"; esta situación da como resultado un número negativo. Si se hace el complemento a dos del resultado en el registro "A" nos da el valor 72, que con el signo "-" es el resultado entero de la operación (-72h).

La activación de los indicadores de condición, tanto en la resta (SUB) como en la resta con acarreo (SBC), se hace según las siguientes reglas:

"S": En este indicador se copia el bit 7 del acumulador para indicar si el número que contiene es positivo o negativo.

"Z": Este indicador se activa (valor igual 1) siempre que todos los bit del registro acumulador sean cero después de la ejecución.

"H": Este indicador se activa (valor igual 1) cuando no hay acarreo desde el bit 3 después de la ejecución. Esto ocurre siempre que el valor absoluto de los cuatro bits inferiores del sustraendo es mayor que el valor absoluto de los cuatro inferiores del minuendo.

"N": Este indicador lo toma en cuenta el microprocesador cuando hace un ajuste BCD del acumulador (se verá

más adelante) y le indica si la última operación realizada ha sido una suma o una resta. Por tanto, todas la sumas lo ponen a "0" y todas la restas lo ponen a "1".

"C": Este indicador se activa (valor igual 1) cuando no hay acarreo desde el bit 7, después de la ejecución. Esto ocurre siempre que el valor absoluto del octeto del sustraendo es mayor que el valor absoluto del octeto del minuendo. Es el indicador que se emplea para las instrucciones de restar con acarreo. Interesa observar que este indicador funciona, en la resta, de forma contraria a como lo hace en la suma, es decir, se activa cuando NO hay acarreo en la suma que realiza el microprocesador tras complementar el sustraendo.

"P/V": Este indicador de desbordamiento (overflow) se activa (valor igual 1) siempre que el resultado de la resta haga que el acumulador pase de contener un número menor de 127 a contener uno mayor, o de contener uno mayor de -128 a contener uno menor. Indica, por tanto, un rebosamiento del margen comprendido entre -128 y +127. Se utiliza como indicador de rebosamiento cuando se trabaja con números en complemento a 2.

Hata aquí hemos visto las instrucciones que nos han de servir para sumar y restar en código máquina. A continuación veremos las que se encargan de realizar operaciones lógicas tales como AND, OR y XOR. Pero antes, realizaremos unos cuantos ejemplos que podamos ejecutar

en el ordenador, y que sirvan para aclarar lo estudiado. También invitamos al lector a que intente resolver los ejercicios que se proponen, y que le darán una medida de cómo va asimilando los conocimientos.

EJEMPLOS:

Al igual que en el capítulo anterior, vamos a hacer algunos programas en código máquina que nos demuestren el funcionamiento de las instrucciones de suma y resta. Al mismo tiempo, iremos cogiendo práctica en la realización y ensamblado de programas en Assembler.

Recomendamos al lector que no se limite a «leer por encima» este curso. Si desea, de verdad, aprender a programar en código máquina, debe seguir el curso encima de una mesa con lápiz y papel en la mano. Intente ensamblar cada programa por usted mismo, y no se limite a ver cómo lo hacemos nosotros; e incluso, atrevase a escribir sus propias rutinas. No se preocupe si el ordenador se le «cuelga» cincuenta veces, es totalmente normal, una rutina en código máquina rara vez funciona a la primera.

Vamos con el primero de nuestros programas. Se trata de sumar dos números sin acarreo. Utilizaremos un programa en Basic que se encargará de gestionar la entrada de datos, llamar a la rutina en C/M e imprimir los resultados, pero la suma la realizaremos en código máquina.

En principio, necesitamos POKEar los dos números que vamos a sumar en dos direcciones de memoria, desde donde serán leídos por la rutina

C/M. Estas dos direcciones serán la 5CB0h (23728) para el primer operando, y la 5CB1h (23729) para el segundo; estas direcciones corresponden a una variable del sistema que no se usa.

Primero escribiremos el programa en C/M y luego el Basic. En Assembler, nuestra rutina podría ser algo así:

```

10 LD A, (#5CB1)
20 LD B, A
30 LD A, (#5CB0)
40 ADD A, B
50 PUSH AF
60 POP BC
70 RET

```

Las líneas 10, 20 y 30 leen los dos operandos desde las posiciones de memoria donde los almacenó el Basic. La línea 40 realizara la suma equivalente a:

```
"LET A=A+B"
```

Las líneas 50 y 60 transfieren el resultado al registro "B" y los indicadores de estado del registro "F", al registro "C". Recuerde que el registro "BC" es lo que nos devuelve USR cuando retornamos a Basic. Mirando las tablas de codificación, podemos ensamblar el programa:

| Assembler | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|--------------|---------------|
| LD A, (#5CB1) | : 3A, 81, 5C | : 58, 177, 92 |
| LD B, A | : 47 | : 71 |
| LD A, (#5CB0) | : 3A, 80, 5C | : 58, 176, 92 |
| ADD A, B | : 80 | : 128 |
| PUSH AF | : F5 | : 245 |
| POP BC | : C1 | : 193 |
| RET | : C9 | : 201 |

Habría sido interesante que el propio lector hubiera en-

samblado el programa antes de mirar la tabla anterior. Prométase a sí mismo que la próxima vez lo intentará.

Ya tenemos preparada la rutina en código máquina para sumar dos números. Seamos buenos con los que aún tienen solo 16K, y carguemos la rutina a partir de la dirección 31000.

Ha llegado el momento de pasar al olvidado Basic. El PROGRAMA 1 se encarga de todo. La línea 10 baja RAM-TOP, las líneas 20 y 30 introducen en memoria nuestra rutina que se encuentra en los DATA de la línea 40. Las líneas 50 a 100 nos piden los dos operandos y los POKEan en memoria tras comprobar si están dentro de rango.

La línea 110 llama a nuestra rutina en C/M de forma que, al retornar, el contenido del registro "BC" se almacene en la variable "a". En 120 llamamos a la rutina 3100 que nos pasa el número a binario, esta subrutina es la misma que usábamos en el programa para cambiar de base, del capítulo 3. Las líneas 130 y 140 completan el número con ceros a la izquierda para obtener, de nuevo, 16 bits. Finalmente, las líneas 200 a 220 imprimen en pantalla el valor que contenía el acumulador después de efectuar la suma y el estado de los indicadores en el registro "F". EL significado de los indicadores es el siguiente:

S : Signo
 Z : Cero
 H : Semi-acarreo
 V : Desbordamiento
 N : Suma/Resta
 C : Acarreo

Los indicadores marcados "x" presentan un estado indeterminado y no habrá que tomarlos en cuenta.

Una vez que tenga el programa en memoria, pruebe a introducir distintos operandos comprendidos entre 0 y 255. Le sugerimos unos cuantos:

17 + 17 = 34
 15 + 240 = 255 (N)
 128 + 128 = 0 (Z, V, C)
 127 + 1 = 128 (S, H, V)
 3 + 127 = 130 (S, H, V)

Puede utilizar este mismo programa para la resta cambiando "ADD A,B" por "SUB B", es decir, el "128" de la línea 40 por un "144". Haga el cambio y ejecute el programa de nuevo, esta vez restará el segundo operando del primero. Si el segundo es mayor que el primero (resultado negativo), el indicador "C" se pondrá a "1" y el resultado aparecerá en complemento a 2.

Ahora vamos a complicar un poco más la cosa, se trata de hacer una rutina que permita sumar números superiores a 255. En este caso, usaremos la instrucción "ADC" (sumar con acarreo) para poder tener en cuenta, cuando sumemos un octeto, el acarreo procedente del anterior.

Introduciremos el primer operando en las direcciones 5CB0H (23728) y 5CB1h (23729) (primero el octeto menos significativo y luego el más significativo), y el segundo operando en 5C76h (23670) y 5C77h (23671).

El programa en Assembler puede ser algo como:

```
10 AND A
20 LD A, (#5C76)
30 LD D, A
40 LD A, (#5CB0)
50 ADC A, D
60 LD C, A
70 LD A, (#5C77)
80 LD D, A
90 LD A, (#5CB1)
100 ADC A, D
110 LD B, A
120 PUSH AF
130 POP DE
140 LD (#5CB0), DE
150 RET
```

La línea 10 pone a «cero» el indicador de acarreo; se trata de un pequeño «truco» que consiste en realizar un "AND" lógico del acumulador consigo mismo, con lo que su contenido no varía, pero no se pone a cero el indicador de acarreo. Más adelante, y dentro de este mismo capítulo, veremos las operaciones lógicas.

Las líneas 20, 30 y 40 cargan los octetos de orden bajo de los dos operandos. La línea 50 los opera (suma) y, si hay acarreo, lo guarda para la suma siguiente. La línea 60 guarda el resultado en "C" (octeto bajo de "BC").

La operación se vuelve a repetir para los octetos altos; las líneas 70, 80 y 90 cargan los operandos. La línea 100 los suma tomando en cuenta el acarreo procedente de la operación anterior. Finalmente, la línea 110 transfiere el resultado al registro "B" (octeto alto de "BC").

PROGRAMA 1

```

10 CLEAR 30999
20 FOR n=31000 TO 31010
30 READ a: POKE n,a: NEXT n
40 DATA 56,177,92,71,58,176,92
,128,245,193,201
50 INPUT "Primer operando ? "
a
60 IF a>255 OR a<0 THEN GO TO
50
70 POKE 23728,a
80 INPUT "Segundo operando ? "
a
90 IF a>255 OR a<0 THEN GO TO
80
100 POKE 23729,a
110 LET a=USR 31000
120 GO SUB 3100

```

```

130 FOR n=LEN a$ TO 15
140 LET a$="0"+a$: NEXT n
200 CLS: PRINT "
210 PRINT TAB 3;"ACUMULADOR":
SZHXUNC"
220 PRINT "A= ",a$(1 TO 8):
F= ",a$(9 TO 16)
230 GO TO 50
3100 REM DEC. (a) A 6IN. (a$)
3110 LET a$="" : LET c=a
3120 LET coc=INT (c/2): LET res=
c-coc*2: LET e$=STR$ INT res: LE
T a$=e$a$: LET c=coc: IF c>=2 T
HEN GO TO 3120
3130 LET e$=STR$ INT c: LET a$=e
$a$: RETURN

```

La operación ya se ha realizado, tenemos el resultado en "BC" y, por tanto, será lo que obtengamos al retornar a Basic. Ahora sólo nos falta sacar, de alguna forma, el contenido del registro "F" (indicadores) de forma que lo podamos leer desde Basic. Para ello, las líneas 120 y 130 pasan los contenidos de "A" y "F" a "BC" y la línea 140 almacena el contenido de "E" en la posición de memoria 5CB0h (23728), desde donde será leído por el Basic. En esta operación, también se guarda en 23729 el contenido del registro "D" pero, en este caso, no nos interesa.

Sería interesante que el lector intentara, ahora, ensamblar por su cuenta este programa, para ello, deberá proceder como hicimos nosotros en el caso anterior. Primero, copie el programa en un papel, ahora, vaya buscando cada instrucción en las tablas ("ANDA" se ensambla como A7h ó 167d). A continuación, escriba los operandos numéricos sin olvidar invertir el orden de los octetos y, finalmente, acuérdesese de ensamblar "RET" como C9h ó 201d.

¿Ya lo tiene? Correcto, ahora compruebe si lo que usted ha ensamblado coincide con lo nuestro:

| Assembler | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|---------------|-----------------|
| AND A | : A7 | : 167 |
| LD A,(#5C76) | : 3A,76,5C | : 58,118,92 |
| LD D,A | : 57 | : 87 |
| LD A,(#5CB0) | : 3A,80,5C | : 58,176,92 |
| ADC A,D | : 8A | : 138 |
| LD C,A | : 4F | : 79 |
| LD A,(#5C77) | : 3A,77,5C | : 58,119,92 |
| LD D,A | : 57 | : 87 |
| LD A,(#5CB1) | : 3A,81,5C | : 58,177,92 |
| ADC A,D | : 8A | : 138 |
| LD B,A | : 47 | : 71 |
| PUSH AF | : F5 | : 245 |
| POP DE | : D1 | : 209 |
| LD (#5CB0),DE | : ED,53,80,5C | : 237,83,176,92 |
| RET | : C9 | : 201 |

No se preocupe si se ha equivocado en algo, sería mucho pedir que el primer programa que ensambla le saliera sin errores. Ahora, con los datos de la tercera columna (donde dice: "Decimal") podemos construir el programa en Basic que introduzca esta rutina en memoria, y la utilice para sumar dos números. Este programa es el listado que aparece con el nombre de PROGRAMA 2. No hace falta que lo copie entero, si lo desea, puede cargar el PROGRAMA 1 y reescribir las líneas 20, 40, 60, 70, 90, 100,

120, 130, 210 y 220 ya que son las únicas que varían.

El funcionamiento es muy similar al del PROGRAMA 1, pero observe que en las líneas 70 y 100 partimos los operandos en dos octetos antes de meterlos en sus direcciones de memoria correspondiente.

Pruebe con distintos operandos y verá que el programa suma correctamente; siempre que el resultado sea mayor de 65535, obtendrá ese resultado menos 65536 y el indicador de acarreo se pondrá a "1".

Puede, también, restar números si cambia "ADC A,D" por "SBC A,D"; para ello, puede cambiar los dos "138" de la línea 40 (del Basic) por "154", o bien, detener el programa (con STOP) y teclear: POKE 31008,154: POKE 31017,154. Luego, no lo arranque con "RUN", sino, con "GO TO 50".

Como verá, el hecho de POKEar en la zona de programa hace que éste se comporte de forma distinta; he aquí la razón de los famosos "POKES" de "vidas infinitas" y similares que se utilizan en juegos comerciales (sección "Patitas Arriba" de la revista MICROMANIA).

Grupo de incremento y decremento para 8 bits

INC (INCRement), "incrementar" en inglés. Básicamente esta instrucción incrementa en uno el valor del octeto indicado en el operando.

Este tipo de instrucciones es muy útil en programación, es de uso común ir siguiendo secuencialmente una serie de octetos, lo cual resulta muy fácil, utilizando esta instrucción en combinación con otras que usen el mismo operando como índice. Lo mismo para utilizar matrices e ir variando el valor de la fila y columna.

Otro de los usos más comunes es para actualizar contadores. Los contadores son octetos que se utilizan para conocer el número de veces que ha ocurrido un determinado suceso.

Es fácil que el lector se pregunte el porqué de no utilizar las instrucciones de sumar (ADD); la ventaja principal es que las instrucciones de incremento no requieren el uso del registro acumulador, lo cual evita también el tiempo y el espacio de estar cargándolo y salvándolo para actualizar y conocer su contenido.

Para incrementar un contador situado en una posición de memoria con la instrucción ADD, es necesario hacer lo siguiente:

- Cargar el registro acumulador con el valor del octeto.
- Sumar uno al registro acumulador.
- Cargar la posición de memoria con el contenido del registro acumulador.

Mientras que con la instrucción INC se hace en un solo paso, el operando es in-

| <u>Código Fuente</u> | <u>Hexadecimal</u> | <u>Decimal</u> |
|----------------------|--------------------|----------------|
| INC A | 3C | 60 |
| INC B | 04 | 42 |
| INC C | 0C | 12 |
| INC D | 14 | 20 |
| INC E | 1C | 28 |
| INC H | 24 | 36 |
| INC L | 2C | 44 |
| INC (HL) | 34 | 52 |
| INC (IX+d) | DD, 34, d | 221, 52, d |
| INC (IY+d) | FD, 34, d | 253, 52, d |
| DEC A | 3D | 61 |
| DEC B | 05 | 5 |
| DEC C | 0D | 13 |
| DEC D | 15 | 21 |
| DEC E | 1D | 29 |
| DEC H | 25 | 37 |
| DEC L | 2D | 45 |
| DEC (HL) | 35 | 53 |
| DEC (IX+d) | DD, 35, d | 221, 53, d |
| DEC (IY+d) | FD, 35, d | 253, 53, d |

Fig. 6.3b. Grupo de incremento y decremento para 8 bits.

crementado y se actualizan los indicadores del registro "F" para poner de manifiesto la ocurrencia de determinadas condiciones (cero, signo, etc.) excepto el acarreo que no es afectado por estas instrucciones.

Veamos, ahora, los distintos formatos en que se nos puede presentar la instrucción INC según sus operandos.

INC r

OBJETO:

Incrementa en uno el valor del registro indicado por "r".

CODIGO DE MAQUINA:

0 0 <---r---> 1 0 0

CODIGO MAQUINA 97

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 1 – si hay acarreo desde el bit 3
pone 0 – en cualquier otro caso
- N; pone 0 – siempre
- P/V; pone 1 – si el valor de r era 7Fh antes de la operación
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

```
INC B
```

En este ejemplo, vamos a incrementar el contenido del registro "B", es decir, vamos a sumarle "1". Podíamos haber hecho:

```
LD  A,B
ADD A,1
LD  B,A
```

El resultado hubiera sido el mismo, pero habríamos tenido que utilizar el acumulador, y nos ocuparía más memoria y más ciclos de reloj. En cambio, "INC B" lo hace directamente.

Valor del registro "B"

```
(B) 00000101 05h
```

Instrucción

```
INC B 00000100 04h
```

Valor del registro "B" después de la ejecución

```
(B) 00000110 06h
```

Indicadores de condición después de la ejecución

```
S  Z  H  P/V  N  C
0  0  x  0  x  0  x
```

En este caso, la instrucción no ha afectado a ningún indicador, dado que no se ha producido ninguna condición que así lo requiera. Obsérvese que el indicador "N" (suma/resta) permanece a "0", ya que lo que se ha producido es una suma (hemos sumado uno).

```
INC (HL)
```

OBJETO:

Incrementa en uno el valor del octeto direccionado por el par de registros "HL".

CODIGO DE MAQUINA:

```
00110100 34h
```

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero

pone 0 – en cualquier otro caso

H; pone 1 – si hay acarreo desde el bit 3

pone 0 – en cualquier otro caso

N; pone 0 – siempre

P/V; pone 1 – si el valor del octeto era 7Fh antes de la operación

pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

11

EJEMPLO:

```
INC (HL)
```

Esta vez, vamos a incrementar el contenido de la posición de memoria cuya dirección es apuntada por el contenido de "HL".

Valor del par de registros "HL"

```
(H): 11001010 CAh
(L): 01101111 6Fh
```

Valor de la posición de memoria CA6Fh

```
(CA6Fh): 00111111 3Fh
```

Instrucción

```
INC (HL): 00110100 34h
```

Valor de la posición de memoria CA6Fh después de la ejecución

```
(CA6Fh): 01000000 40h
```

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 1 | x | 0 |

Observe, que ha habido acarreo desde el bit 3.

INC (IX+d)

OBJETO:

Incrementa en uno el valor del octeto direccionado por: añadir al contenido del registro índice "IX" el entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| 0 0 1 1 0 1 0 0 | 34h |
| <-----d-----> | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N; pone 0 - siempre
- P/V; pone 1 - si el valor del octeto era 7Fh antes de la operación
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

INC (IX+7)

Valor del registro índice "IX"

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IX): | 1 0 0 0 1 1 0 0 | 8Ch |
| | 0 0 1 0 1 0 0 0 | 28h |

Valor de la posición de memoria 8C2Fh.

| | | |
|----------|-----------------|-----|
| (8C2Fh): | 0 1 1 1 1 1 1 1 | 7Fh |
|----------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|------------|-----------------|-----|
| INC (IX+7) | 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| | 0 0 1 1 0 1 0 0 | 34h |
| | 0 0 0 0 0 1 1 1 | 07h |

Valor de la posición de memoria 8C2Fh después de la ejecución.

| | | |
|----------|-----------------|-----|
| (8C2Fh): | 1 0 0 0 0 0 0 0 | 80h |
|----------|-----------------|-----|

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 1 | x | 0 |

Observe, que el valor anterior del octeto era 7F, por lo tanto se activa el indicador "P/V".

INC (IY+d)

OBJETO:

Incrementa en uno el valor del octeto direccionado por: añadir al contenido del regis-

tro índice "IY" el entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| 0 0 1 1 0 1 0 0 | 34h |
| <-----d-----> | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N; pone 0 - siempre
- P/V; pone 1 - si el valor del octeto era 7Fh antes de la operación
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

INC (IY-7)

Valor del registro índice "IY"

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IY): | 1 0 0 0 1 0 1 1 | 8Bh |
| | 1 1 1 1 1 0 0 0 | F8h |

Valor de la posición de memoria 8BF1h

| | | |
|----------|-----------------|-----|
| (8BF1h): | 1 1 1 1 1 1 1 1 | FFh |
|----------|-----------------|-----|

CODIGO MAQUINA 99

Instrucción

| | | |
|------------|-----------------|-----|
| INC (IX-7) | 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| | 0 0 1 1 0 1 0 0 | 34h |
| | 1 1 1 1 1 0 0 1 | F9h |

Valor de la posición de memoria 8BF1h después de la ejecución

(8BF1h):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 00h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 1 | x | 1 | x | 0 |

Observe, que la única ocasión en que el octeto puede tener como resultado "0" es si anteriormente valía FFh.

La activación de los indicadores de condición, en las instrucciones INC, se hace según las siguientes reglas:

"S": En este indicador se pone el mismo valor del bit 7 del octeto después de la ejecución.

"Z": Este indicador se activa, valor igual 1, si todos los bits del octeto son cero después de la ejecución.

"H": Este indicador se activa, valor igual 1, si hay acarreo en el octeto desde el bit 3, después de la ejecución; o lo que es lo mismo, los cuatro bits inferiores del octeto son 1 antes de la ejecución, independientemente del valor de los cuatro bits superiores.

"P/V": Este indicador se activa siempre que el octeto tenga el valor 7Fh antes de la ejecución. Esto es, hay desbordamiento de la máxima cantidad positiva que se puede expresar en un octeto en complemento a 2 (+127).

"N": Este indicador carece de significado para estas ins-

trucciones y se pone siempre a 0.

"C": Este indicador no resulta afectado por estas instrucciones y mantiene, por tanto su anterior contenido.

DEC (DECrement), "decrementar" en inglés. Básicamente esta operación resta "1" del octeto especificado mediante el operando.

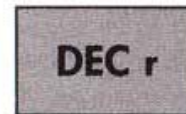
Al igual que las instrucciones INC, estas instrucciones sirven para seguir una secuencia de octetos, con la diferencia de que se hace desde la dirección más alta a la inferior.

Otro de los usos más importantes es calcular el final de un proceso que se desea realizar "n" veces (bucle de iteración), para lo cual se carga "n" en el campo que actúa como contador, que puede ser un registro o una posición de memoria, en cada pasada del bucle, se resta "1" del contador, y cuando este llega a cero, se sale del bucle que se habrá iterado "n" veces; esto sería el equivalente a los bucles "FOR... NEXT" del Basic. Si empezáramos desde cero y fuéramos incrementando hasta alcanzar el valor "n", sería necesario comparar cada vez el valor del contador con "n" para ver si ya lo ha alcanzado; esta comparación es más compleja que comprobar si el contador es cero, ya que en ese caso, después de decrementarlo se habrá puesto a "1" el indicador "Z", por lo que nos bastará con comprobar este indicador. Cuando veamos las instrucciones de salto, estudiaremos en profundidad la forma de crear bucles en código máquina.

El uso de estas instrucciones en lugar de las de restar

(SUB) tiene el mismo sentido que usar las instrucciones INC en lugar de ADD, como explicábamos en la introducción a las instrucciones INC.

La operación de decrementar consiste en sumar -1 en complemento a 2 (11111111) al octeto. Es necesario tener esto claro para entender cómo funciona el acarreo desde el bit 3.



OBJETO:

Decrementa en uno el valor del registro indicado por "r".

CODIGO DE MAQUINA:

| | | | | | | | |
|---|---|------|---|-----|---|---|---|
| 0 | 0 | <--- | r | --> | 1 | 0 | 1 |
|---|---|------|---|-----|---|---|---|

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N; pone 1 - siempre
- P/V; pone 1 - si el valor de "r" era 80h antes de la operación
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

EJEMPLO:

DEC H

En este ejemplo, restamos "1" al contenido del registro "H"; la operación sería equivalente a:

```
LD  A,H
SUB 1
LD  H,A
```

Excepto que "DEC H" no afecta al indicador de acarreo.

Valor del registro "H"

(H) 01101001 69h

Instrucción

DEC H: 00100101 25h

Operación:

```
  01101001
+ 11111111
-----
  01101000
```

Valor del registro "H" después de la ejecución

(H) 01101000 68h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 1 |

DEC (HL)

OBJETO:

Decrementa en uno el valor del octeto direccionado por el par de registros "HL".

CODIGO DE MAQUINA:

00110101 35h

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
- pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
- pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 1 – si no hay acarreo desde el bit 3
- pone 0 – en cualquier otro caso
- N; pone 1 – siempre
- P/V; pone 1 – si el valor del octeto era 80h antes de la operación
- pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

11

EJEMPLO:

DEC (HL)

Valor del par de registros "HL"

(H): 10000000 80h
(L): 10111100 BCh

Valor de la posición de memoria 80BCh

(80BCh): 10000000 80h

Instrucción

DEC (HL): 00110101 35h

Operación:

```
  10000000
+ 11111111
-----
  01111111
```

Valor de la posición de memoria +0BCh después de la ejecución

(80BCh): 01111111 7Fh

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 1 | 1 | x |

Observe, que el indicador P/V se ha activado por pasar el valor del octeto de negativo a positivo al pretender restar un 1 a -128 que es el negativo más bajo que se puede expresar con un octeto en complemento a 2.

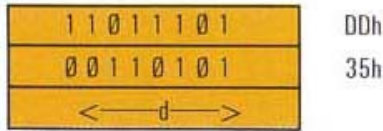
DEC (IX+d)

OBJETO:

Resta uno al valor del octeto direccionado por: añadir al contenido del registro índice "IX" el entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO DE MAQUINA:

CODIGO MAQUINA 101



INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 1 – si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 – en cualquier otro caso
- N; pone 1 – siempre
- P/V; pone 1 – si el valor del octeto era 80h antes de la operación
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

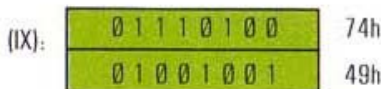
CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

DEC (IX+127)

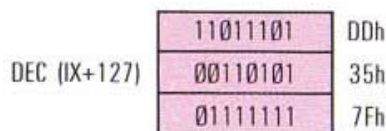
Valor del registro indice "IX"



Valor de la posición de memoria 74C8h.

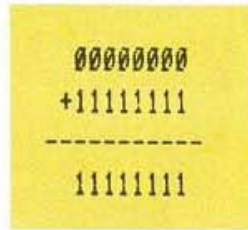


Instrucción



102 CODIGO MAQUINA

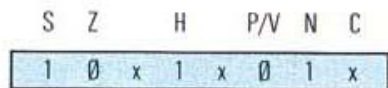
Operación:



Valor de la posición de memoria 74C8h después de la ejecución



Indicadores de condición después de la ejecución



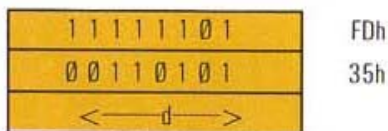
Observe, como al decrementar uno al valor 00h da como resultado FFh que es la representación de -1 en complemento a 2.

DEC (IX+d)

OBJETO:

Resta uno al valor del octeto direccionado por: añadir al contenido del registro indice "IX" el entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado

- es negativo
- pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 1 – si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 – en cualquier otro caso
- N; pone 1 – siempre
- P/V; pone 1 – si el valor del octeto era 80h antes de la operación
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

DEC (IY-128)

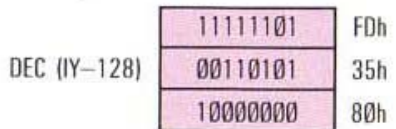
Valor del registro indice "IY"



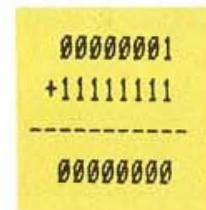
Valor de la posición de memoria CB16h



Instrucción



Operación:



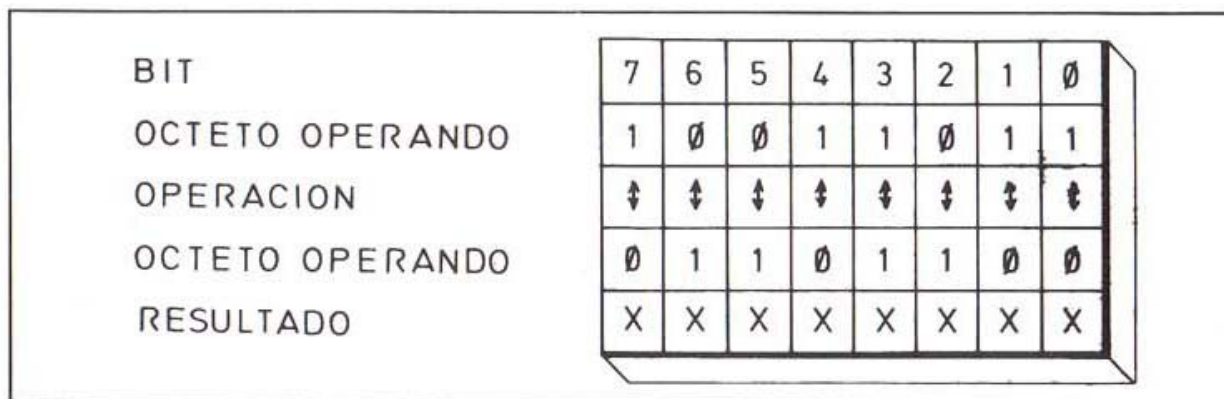


Fig. 6.4. Operación lógica.

Valor de la posición de memoria CB16h después de la ejecución

(CB16h): 00000000 00h

Indicadores de condición después de la ejecución.

| | | | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C | | |
| 0 | 1 | x | 0 | x | 0 | 1 | x |

La activación de los indicadores de condición en las instrucciones DEC, se hace según las siguientes reglas:

"S": En este indicador se pone el mismo valor que el bit 7 del octeto después de la ejecución.

"Z": Este indicador se activa, valor igual 1, si todos los bit del octeto son cero después de la ejecución.

"H": Este indicador se activa, valor igual 1, si no hay acarreo en el octeto desde el bit 3, después de la ejecución; o lo que es lo mismo, cuando los cuatro bits inferiores del octeto son cero antes de la ejecución, independientemente del valor de los cuatro bits superiores.

"P/V": Este indicador se activa siempre que el octeto ten-

ga el valor 80h antes de la ejecución. Esto es, si hay desbordamiento de la cantidad negativa más pequeña que se puede expresar en un octeto al restar 1 a -128, con lo que se pasa a un número positivo +127. Ver ejemplo de DEC (HL).

"N": Este indicador carece de significado para estas instrucciones y, al igual que en la resta, se pone siempre a 1.

"C": Este indicador no resulta afectado por las instrucciones "DEC" conservando, por tanto, el estado que tuviera antes de la ejecución. Esta circunstancia es sumamente útil, ya que permite iterar un bucle sin perder el estado anterior del acarreo; cosa que, con las instrucciones de resta, no sería posible.

Grupo de instrucciones lógicas

Las operaciones lógicas enfrentan bit a bit los octetos, de tal forma que el bit 0 del octeto resultado se define por el valor de los bit 0 de los operandos, el bit 1 con los bit 1 y así sucesivamente. Nunca depende el valor de un bit de los valores de sus bit superiores o inferiores. Si indicamos

la operación lógica con una doble flecha al operar dos octetos actuarían según la Figura 6-4.

En las operaciones lógicas, el valor uno se identifica con puesto (set) o encendido, y el valor 0 con quitado (clear) o apagado.

Existen tres operadores lógicos posibles: AND (conjunción), OR (disjunción) y XOR (disjunción excluyente). Vamos a verlas detenidamente una por una.

AND, conjunción copulativa inglesa; se traduce en castellano por "Y". Con esta palabra se define una operación lógica que consiste en que cuando los dos bits enfrentados son 1 el bit resultado es 1, en los demás casos el resultado es cero.

| |
|-------------|
| 1 AND 1 = 1 |
| 1 AND 0 = 0 |
| 0 AND 1 = 0 |
| 0 AND 0 = 0 |

Es igual que dos interruptores conectados en serie (uno a continuación del otro) en un circuito eléctrico; para que la

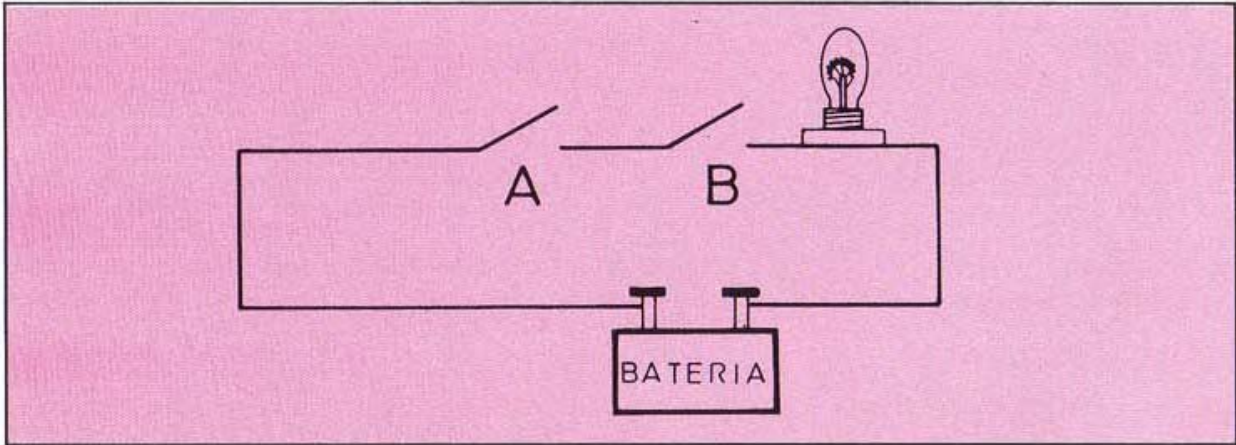


Fig. 6.5. Representación eléctrica de la operación AND.

bombilla se encienda es necesario que los dos estén conectados. Ver, en la Figura 6-5, que sólo cuando los interruptores A y B estén conectados se cerrará el circuito.

Resumiendo, el resultado es un solo cuando el bit de un operando y el del otro son 1.

Básicamente el formato de esta instrucción es:

AND OPERANDO

El octeto indicado por el operando se enfrenta con el octeto del registro acumulador, el resultado se deja en este último y el operando no sufre variación; asimismo, se actualizan los indicadores en consonancia con el resultado. En las operaciones lógicas, el indicador "P/V" no indica reboseamiento, sino "paridad"; más adelante, veremos a fondo lo que se entiende por paridad.

AND r

OBJETO:

Realiza una operación lógica AND, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el octeto del registro indicado

104 CODIGO MAQUINA

por "r". El resultado se deja en el registro acumulador.

CODIGO MAQUINA:

00100 <—r—>

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 1 – siempre
- N; pone 0 – siempre
- C; pone 0 – siempre
- P/V; pone 1 – si la paridad del resultado es par
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

AND C

En este ejemplo, realizaremos un AND lógico bit a bit entre el contenido del acumulador y el del registro "C". Cada bit del resultado será "1" si, y solo si, los dos bits correspondientes de cada operando son "1".

Valor del registro "A"

(A): **10110101** 85h

Valor del registro "C"

(C): **10010110** 96h

Instrucción

AND C **10100001** A1h

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A): **10010100** 94h

Indicadores de condición después de la ejecución

| S | Z | H | P/V | N | C |
|---|---|---|-----|---|---|
| 1 | 0 | x | 1 | x | 0 |

Observe que el indicador de condición P/V es 0 porque el número de "unos" en el resultado es 3 (impar).

El formato de esta instrucción, admite la operación

PROGRAMA 2

```

10 CLEAR 30999
20 FOR n=31000 TO 31025
30 READ a: POKE n,a: NEXT n
40 DATA 167,58,118,92,87,58,17
6,92,138,79,58,119,92,87,58,177,
92,138,71,245,209,237,83,176,92,
201
50 INPUT "Primer operando ? ";
a
60 IF a>65535 OR a<0 THEN GO TO
0 50
70 POKE 23729,INT (a/256): POK
E 23728,a-256*PEEK 23729
80 INPUT "Segundo operando ? "
;a
90 IF a>65535 OR a<0 THEN GO TO
0 80
100 POKE 23671,INT (a/256): POK

```

```

E 23670,a-256*PEEK 23671
110 LET b=USR 31000
120 LET a=PEEK 23728: GO SUB 31
00
130 FOR n=LEN a$ TO 7
140 LET a$="0"+a$: NEXT n
200 CLS: PRINT ""
210 PRINT TAB 2;"RESULTADO";"
52xHXUNC"
220 PRINT " BC= ";b;" F= ";a$
230 GO TO 50
3100 REM DEC. (a) A BIN. (a$)
3110 LET a$="" LET c=a
3120 LET coc=INT (c/2): LET res=
c-coc*2: LET e$=STR$ INT res: LE
T a$=e$+a$: LET c=coc: IF c=2 T
HEN GO TO 3120
3130 LET e$=STR$ INT c: LET a$=e
$a$: RETURN

```

"AND A", es decir, "AND" del acumulador consigo mismo; podría parecer una operación inútil, dado que no afecta al contenido del acumulador; no obstante, su función principal está en los indicadores; "AND A" se utiliza con frecuencia para poner a "0" el indicador de acarreo o comprobar la paridad del dato contenido en el acumulador. De la misma forma, veremos como usar la operación "XOR A" para cargar un cero en el acumulador empleando un solo byte, en lugar de los dos que ocuparía "LD A,0".

AND n

OBJETO:

Realiza una operación lógica AND, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el valor binario de "n". El resultado se deja en el registro acumulador.

CODIGO MAQUINA:

| |
|-----------------|
| 1 1 1 0 0 1 1 0 |
| < — n — > |

E6h

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE

AECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 1 – siempre
- N; pone 0 – siempre
- C; pone 0 – siempre
- P/V; pone 1 – si la paridad del resultado es par
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

AND 54

Valor del registro "A"

(A): 1 0 0 1 1 0 1 1 98h

Instrucción

| | | |
|---------|-----------------|-----|
| AND 54: | 1 1 1 0 0 1 1 0 | E6h |
| | 0 0 1 1 0 1 1 0 | 36h |

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A): 0 0 0 1 0 0 1 0 12h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 1 | x | 1 |

Observe que el indicador de condición P/V es "1" porque el número de "unos" en el resultado es 2 (par).

AND (HL)

OBJETO:

Realiza una operación lógica AND, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el octeto de la posición de memoria direccionado por el contenido del par de registros "HL". El resultado se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

| |
|-----------------|
| 1 0 1 0 0 1 1 0 |
|-----------------|

A6h

INDICADORES DE

CODIGO MAQUINA 105

CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 1 – siempre
- N; pone 0 – siempre
- C; pone 0 – siempre
- P/V; pone 1 – si la paridad es par.
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

AND (HL)

Valor del par de registros "HL"

(H): 11111111 Ff
(L): 00000000 00

Valor de la posición de memoria FF00h

(FF00h): 10101010 AAh

Valor del registro "A"

(A): 01010101 55h

Instrucción

AND (HL): 10100110 A6h

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A): 00000000 00h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C

0 1 x 1 x 1 0 0

Se ha activado el "P/V" porque el cero se considera como "par", es decir, si hay "cero" unos en el resultado, se considera que el número de unos es par.

AND (IX+d)

OBJETO:

Realiza una operación lógica AND, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el octeto indicado por el operando. La dirección del octeto del operando es la que resulta de añadir al contenido del registro indice "IX" el valor del entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El resultado de la operación se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

11011101 DDh
10100110 A6h
← d →

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 1 – siempre
- N; pone 0 – siempre
- C; pone 0 – siempre
- P/V; pone 1 – si la paridad es par.
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

AND (IX+48)

Valor del registro indice "IX"

IX: 01011101 5Dh
00100101 25h

Valor de la posición de memoria 5D55h

(5D55h): 10011011 98h

Valor del registro "A"

11111111 Ff

Instrucción

11011101 DDh
AND (IX+48) 10100110 A6h
00110000 30h

Operación:

11111111
AND 10011011
= 10011011

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A): 10011011 98h

Indicadores de condición después de la ejecución

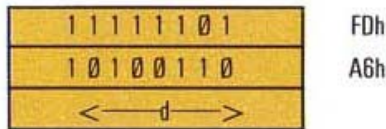
S Z H P/V N C
1 0 x 1 x 0 0 0

AND (IY+d)

OBJETO:

Realiza una operación lógica AND, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el octeto indicado por el operando. La dirección del octeto del operando es la que resulta de añadir al contenido del registro índice "IY" el valor del entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El resultado de la operación se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 1 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone 0 - siempre
- P/V; pone 1 - si la paridad es par.
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

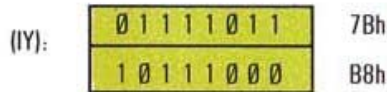
CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

AND (IX+0)

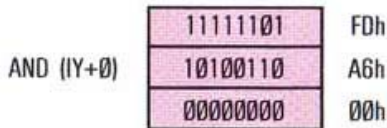
Valor del registro índice "IY"



Valor de la posición de memoria 78B8h



Valor del registro "A"



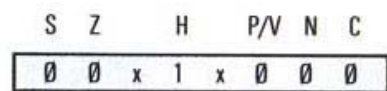
Operación:



Valor del registro "A" después de la ejecución



Indicadores de condición después de la ejecución



La activación de los indicadores de condición en las instrucciones AND, se hacen según las siguientes reglas:

"S": En este indicador se pone el mismo valor que el bit 7 del octeto después de la

ejecución.

"Z": Este indicador se activa, valor igual 1, si todos los bits del octeto son cero después de la ejecución.

"H": Este indicador no tiene significado para estas instrucciones y se pone siempre a 1.

"P/V": Este indicador actúa en función de la paridad. La paridad se refiere a la suma o cantidad de los bit activos del octeto; cuando esta cantidad es par se activa este indicador y cuando es impar el indicador se deja con el valor 0.

"N": Este indicador carece de significado para estas instrucciones y se pone siempre a 0.

"C": Este indicador carece de significado para estas instrucciones y se pone siempre a 0.

Control de paridad

Es fácil que algún lector se pregunte por la utilidad que tiene saber si un octeto tiene paridad par o impar.

Recordemos que paridad par en un octeto es cuando el número de bits activos (unos) que tiene es par y paridad impar es cuando el número de bits activos es impar.

Ejemplos:



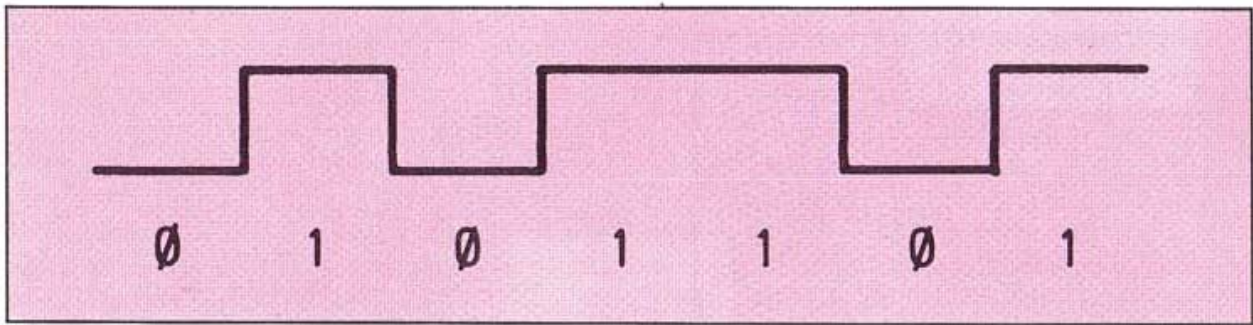


Fig. 6-6. Octeto en onda cuadrada.

El uso más frecuente de la paridad del octeto, también llamado paridad de carácter, es garantizar una correcta información. Cuando se quiere guardar un texto en algún periférico o bien se quiere enviar un texto a otro ordenador (no olvidar la posibilidad que existe de conectar dos SPECTRUM por red de área local) se usa la paridad de carácter para detectar cualquier error de un bit en el trasiego de la información que deteriore el octeto o carácter a que corresponde, por lo tanto deteriora la información enviada.

Pongamos por ejemplo el envío del siguiente mensaje:

MI NOMBRE ES PEPE

Este mensaje codificado en el código ASCII, expresado en hexadecimal, quedaría como sigue:

"M" = 4Dh
 "I" = 49h
 " " = 20h
 "N" = 4Eh
 "O" = 4Fh
 "M" = 4Dh
 "B" = 42h
 "R" = 52h
 "E" = 45h
 " " = 20h
 "E" = 45h

"S" = 53h
 " " = 20h
 "P" = 50h
 "E" = 45h
 "P" = 50h
 "E" = 45h

01010011 = "S"
 00100000 = " "
 01010000 = "P"
 01000101 = "E"
 01010000 = "P"
 01000101 = "E"

Al enviar este mensaje a un periférico (cassette, microdrive, etc.) o por una línea telegráfica saldría como una sucesión de ceros y unos, esto es, una onda que tiende a ser cuadrada y que cuando tiene un nivel vale 0 y cuando tiene otro vale 1. Ver FIGURA 6-5.

De todas formas es más fácil expresarse en binario que en ondas cuadradas, lo único necesario es saber cómo se envían datos para entender el problema que puede acontecer.

El mensaje que sirve de ejemplo codificado en binario sería el siguiente:

01001101 = "M"
 01001001 = "I"
 00100000 = " "
 01001110 = "N"
 01001111 = "O"
 01001101 = "M"
 01000010 = "B"
 01010010 = "R"
 01000101 = "E"
 00100000 = " "
 01000101 = "E"

En este caso el mensaje saldría por una línea hacia el dispositivo adecuado como una onda cuadrada. Supongamos por un momento que cualquier interferencia o ruido cambia el bit 0 del cuarto carácter por un "1" y el del bit 2 del último carácter por un "0". Esos dos caracteres quedarían de la siguiente manera:

Caracter enviado:
 01001110 = 4Eh = "N"
 (cambia bit 0)
 Caracter modificado:
 01001111 = 4Fh = "O"

Caracter enviado:
 01000101 = 45h = "E"
 (cambia bit 2)

Caracter modificado:

01000001 = 41h = "A"

En este caso el mensaje almacenado en el periférico o recibido en otro ordenador sería:

MI OOMBRE ES PEPA

Terrible confusión...

Este tipo de problemas se soluciona utilizando la paridad. Vamos a verlo haciendo uso, en lo posible, de las instrucciones Assembler vistas hasta el momento.

1) Hay que llegar a un acuerdo con nosotros mismos o con el usuario del otro ordenador. Por ejemplo en este caso llegamos al acuerdo de enviar mensajes con octetos que siempre tengan la paridad par.

2) Para la salida, cuando ya se ha formado el mensaje, se irá tomando octeto a octeto y viendo la paridad que tiene; si es par se deja como está y si es impar se pone a 1 el bit 7 del octeto. El código ASCII sólo ocupa siete bits, por lo tanto el octavo, que es el 7, puede servir para controlar la paridad.

Siguiendo con el ejemplo:

"M" = 01001101
>>> 4 bits a 1 <<<
=> no se modifica

"I" = 01001001
>>> 3 bits a 1 <<<

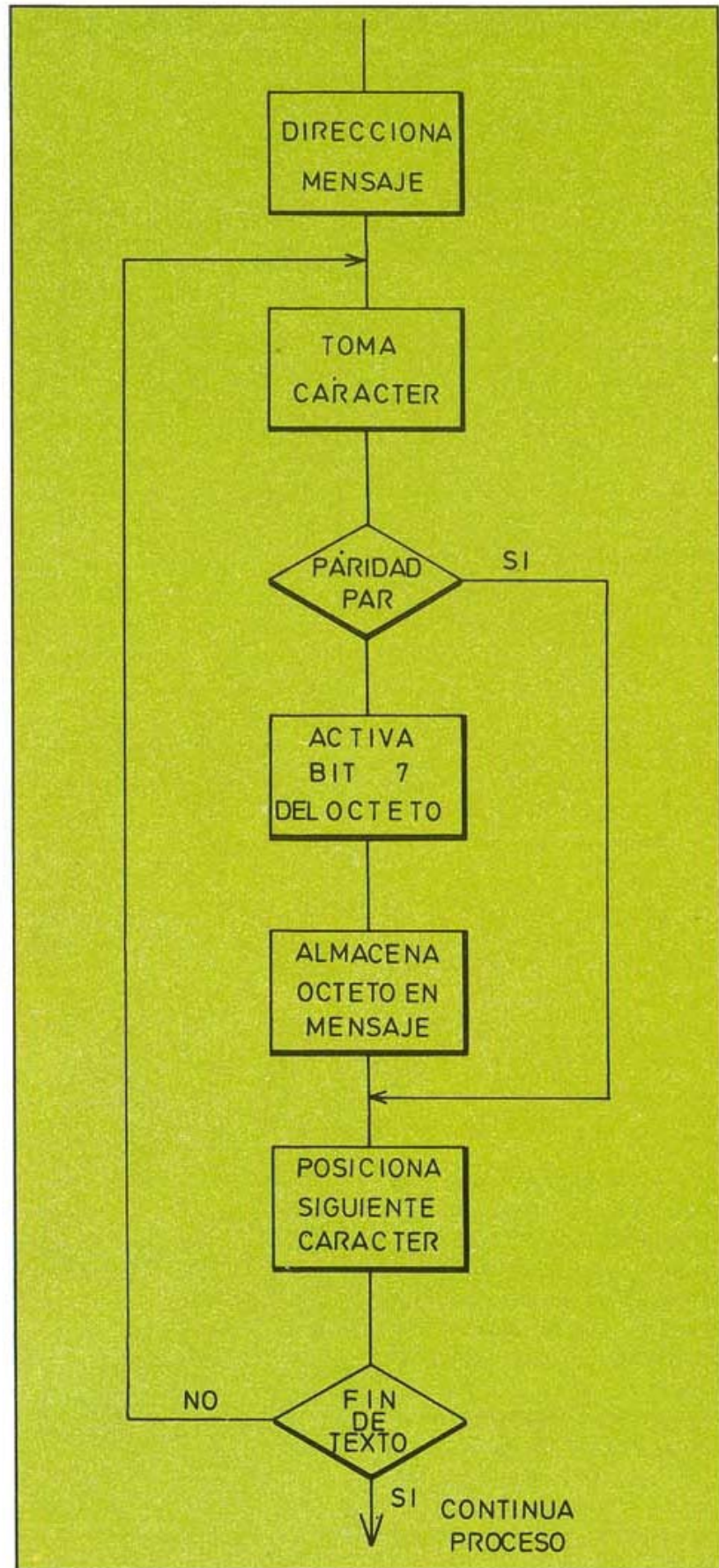


Fig. 6-7. Control de paridad en salida.

```

=> pasa a 11001001

" " = 00100000
>>> 1 bit a 1 <<<
=> pasa a 10100000

"N" = 01001110
>>> 4 bits a 1 <<<
=> no se modifica

```

y así con todos los octetos del mensaje. Con las instrucciones vistas hasta el momento, se puede hacer:

```

LD HL, MENSAJE ;Dirección mensaje.
OTRA LD A, (HL) ;Carga en A los 7 bits del
                ;código ASCII del carácter.
AND A          ;Comprueba la paridad.

< Si la paridad es par >
< no hace nada y salta >
< a "CONT". >

ADD A, 000     ;Poner bit de paridad.
LD (HL), A     ;Salvar nuevo octeto.
CONT INC HL    ;Posicionar siguiente oct.

< Si no es final de mensaje >
< salta a "OTRA". >

< Si ha tratado todos los >
< caracteres continúa el >
< proceso normal. >

```

En el programa ejemplo se destacan con los signos < > las que serían instrucciones de salto condicional que se verán más adelante, pero que ahora no son fundamentales para entender este procedimiento.

Ver, a este respecto, el organigrama de la FIGURA 6-7.

3) Para entrada, una vez recibido todo el mensaje, se irá tomando octeto a octeto viendo que la paridad sea siempre par; una vez compro-

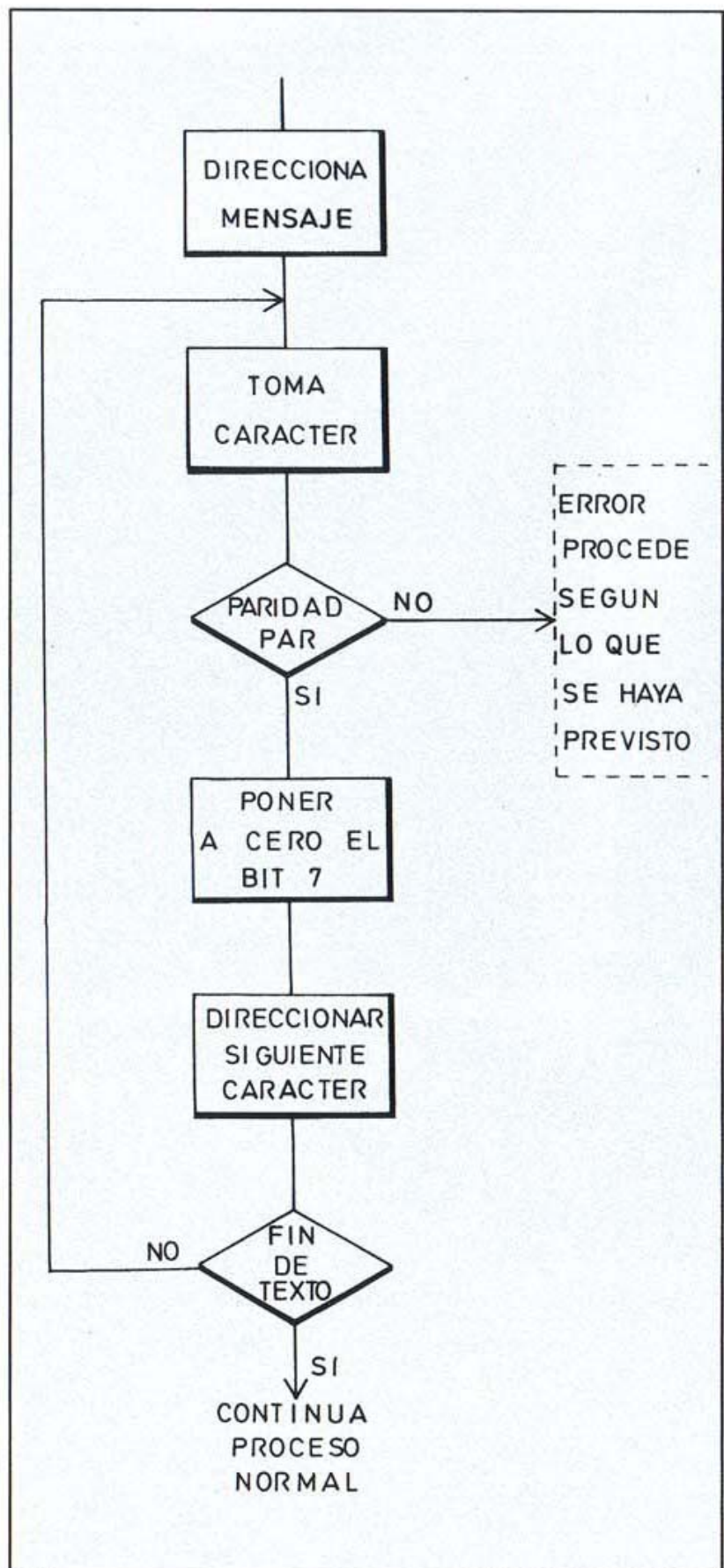


Fig. 6-8. Control de paridad en entrada.

bado que es correcto se pone a cero el bit 7 para volver el mensaje al código ASCII. Si la paridad no fuera par, se habrá detectado un error, y en función del trabajo que sea, se saca una información por la pantalla o se le pide al otro ordenador que repita el mensaje.

Siguiendo con el ejemplo,

| | | |
|----------|----------------|-----------------|
| 01001101 | par - correcto | => 01001101 "M" |
| 11001001 | par - correcto | => 01001001 "I" |
| 10100000 | par - correcto | => 00100000 " " |
| 01001110 | par - correcto | => 01001110 "N" |

y así con todos los octetos del mensaje. Empleando instrucciones vistas hasta ahora se haría,

```

LD HL, MENSAJE ;Direcciona mensaje.
DTRO LD A, (HL) ;Carga en A los 8 bits
                ;del octeto.
AND A          ;Comprueba la paridad.

< Si la paridad es impar >
< se informa del error. >

AND #7F.      ;Mascara para rehacer
                ;el código ASCII.
LD (HL), A    ;Guarda el caracter.
INC HL       ;Posiciona siguiente caracter.

< Si no es el final del >
< mensaje salta a DTRO. >

< Si ha tratado todos los >
< caracteres continua el >
< proceso normal. >

```

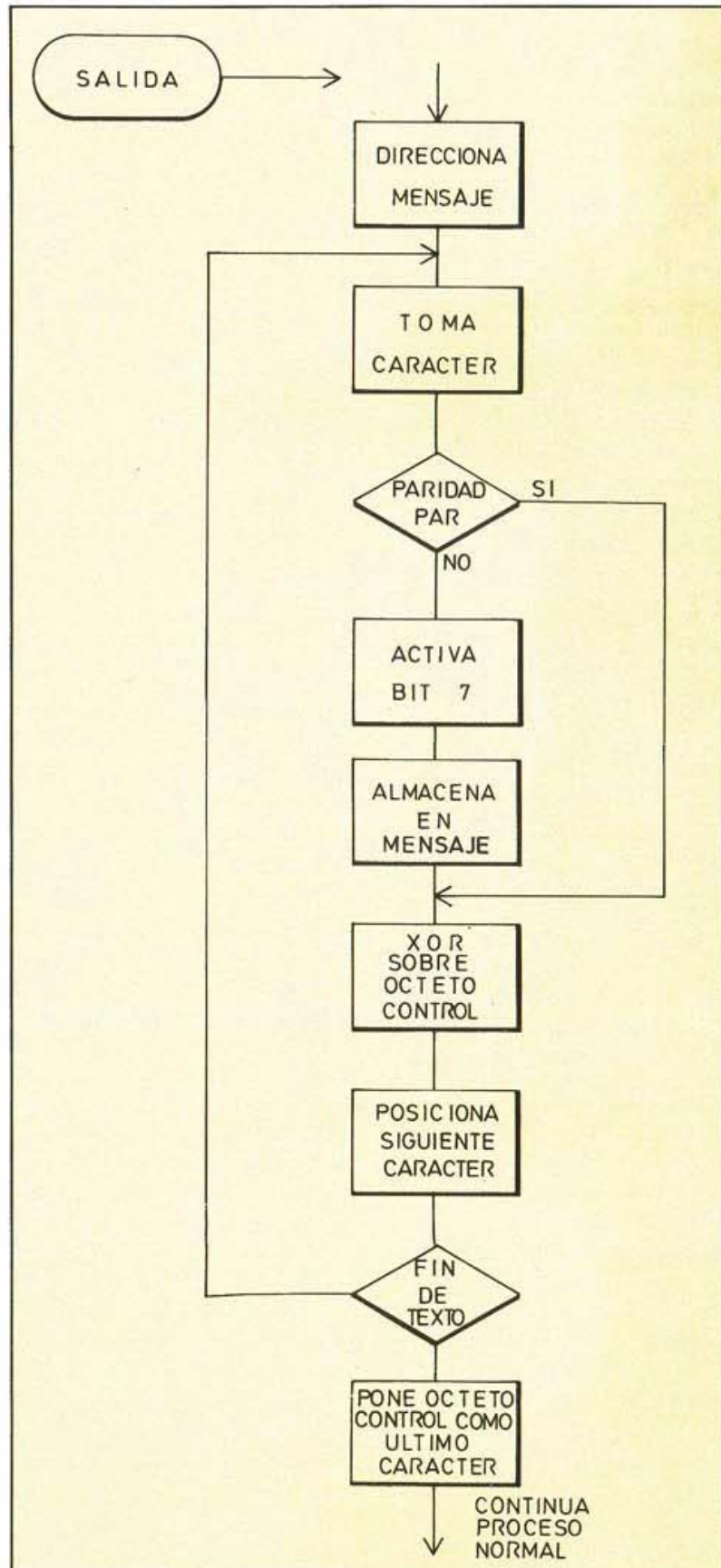


Fig. 6-9. Construcción de controles de paridad con octeto de control.

Esta rutina se puede hacer algo más sencilla, con instrucciones que se verán posteriormente, que modifican el valor de un bit, pero sólo se trata de entender el problema.

Ver, a este respecto, el organigrama de la FIGURA 6-8.

En los dos octetos erróneos que se pusieron de ejemplo en el mensaje "MI NOMBRE ES PEPE", que resultó cambiar a "MI OOMBRE ES PEPA", ocurrió que, después del error, la paridad del octeto era impar, con lo cual no había confusión, pues se sabía, con certeza, que el mensaje era erróneo.

Se puede pensar que el error que produce el cambio de valor de un bit lo produzca en dos bits de forma que no altere la paridad del octeto. Esto es posible, desde luego, pero la probabilidad de que al deteriorarse un octeto mantenga la paridad esperada es mucho menor que el deterioro del octeto sin ninguna técnica para detectar el error. Aún así se puede bajar mucho más la probabilidad de errores sin detectar, usando una técnica denominada "paridad longitudinal".

La paridad longitudinal, consiste en contar el número de bits del mensaje total, tomados por columnas. Esto es: cuantos bits 0 activos hay en el mensaje, cuantos bits 1 activos hay, etc. En algunos mensajes estos números serían muy altos y para simplificar se suele hacer lo siguiente: si el número es par se coloca un 0 en un octeto de control en el bit correspondiente a la columna analizada, y en caso contrario se pone un 1, así en todos los bits de este octeto de control.

Ejemplo:

| | |
|---------------------------|-------------------------|
| "H" 01001000 | paridad par => 01001000 |
| "O" 01001111 | paridad par => 11001111 |
| "L" 01001100 | paridad par => 11001100 |
| "A" 01000001 | paridad par => 01000001 |
| Oct. de control: 00001010 | |

La forma de calcular el octeto de control, aparentemente complicada, resulta fácil aplicando, en un octeto con valor 00h, la operación lógica XOR (la cual veremos en este mismo capítulo), a todos los octetos del mensaje.

Este octeto de control se envía como primero o último del texto, según acuerdo, y se analiza aplicando la misma operativa en la entrada del texto, si no coincide el calculado con el que entra es evidente que ha habido un error, por lo tanto se puede actuar de forma semejante al caso anterior de paridad de carácter.

Como se puede comprobar, la probabilidad de que al deteriorarse 1, 2 o n bits del mensaje, se mantengan las paridades de carácter y longitudinal correctas es muy pequeña.

El programa monitor del SPECTRUM utiliza la técnica de paridad longitudinal para grabar en cassette y micro-

drive. El último octeto del bloque de escritura es un octeto de control; si al volver a leer el bloque escrito y analizar ese octeto de control no coincide con el calculado en bloque de entrada, da error de carga.

Este programa monitor, no emplea la paridad de carácter como control por el hecho de que los 8 bits de información del octeto contienen información válida. Este tipo de control sólo se puede hacer, cuando uno de los bits del octeto no tiene información, tal como ocurre en el caso del bit 7 del código ASCII. Recordemos que el código ASCII sólo utiliza los siete bits menos significativos del octeto.

Por último, volviendo al mensaje del ejemplo inicial, se describe a continuación cómo quedaría el mensaje después de aplicarle las dos técnicas de paridad de carácter y paridad longitudinal.

| |
|-------------------|
| "M" 01001101 |
| "I" 11001001 |
| " " 10100000 |
| "N" 01001110 |
| "O" 11001111 |
| "M" 01001101 |
| "B" 01000010 |
| "E" 11000101 |
| " " 10100000 |
| "E" 11000101 |
| "S" 01010011 |
| " " 10100000 |
| "P" 01010000 |
| "E" 11000101 |
| "P" 01010000 |
| "E" 11000101 |
| control: 00101011 |

Y en las FIGURAS 6-9 y 6-10, hay dos organigramas que muestran la construc-

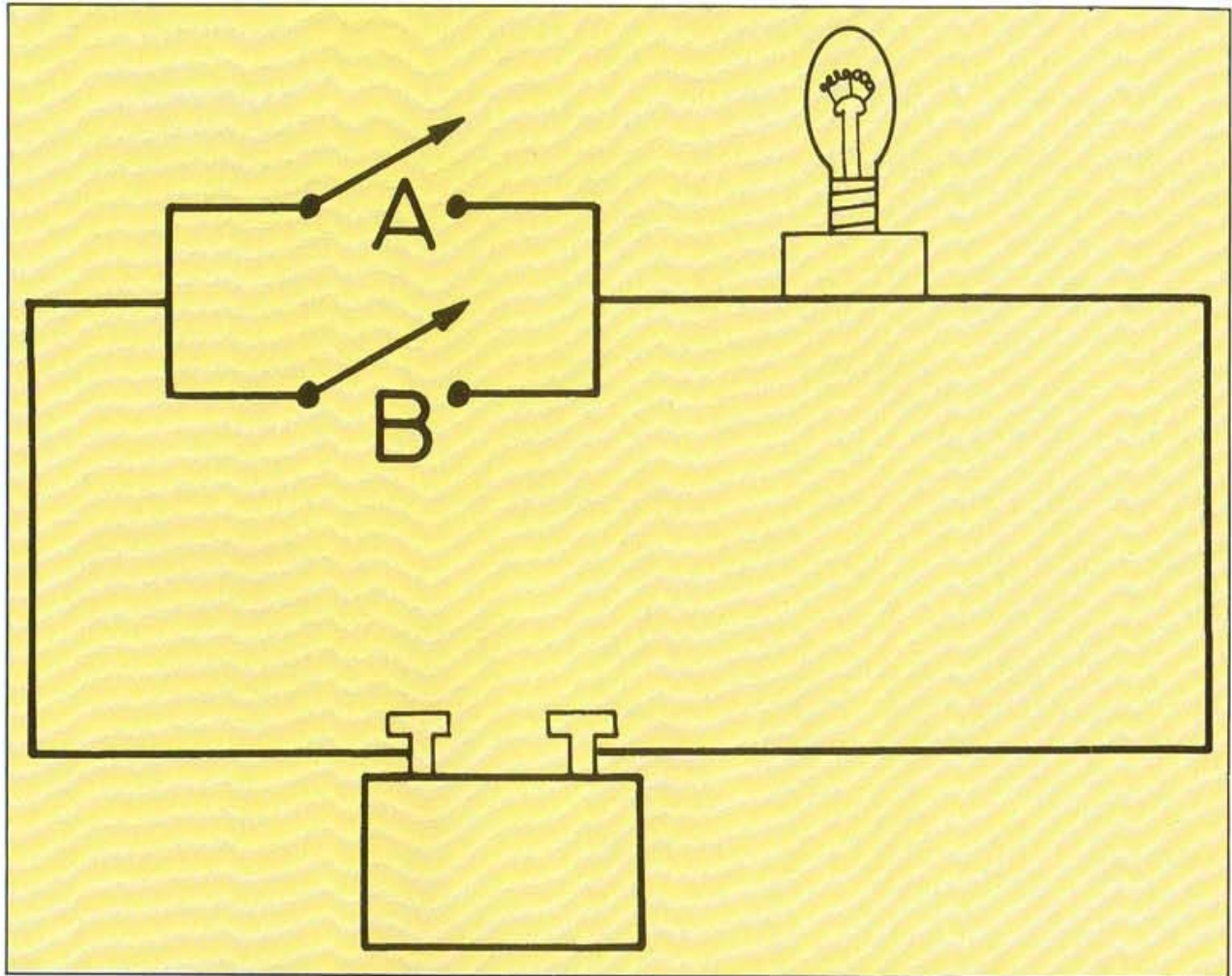


Fig. 6-12. Representación eléctrica de "OR".

ción de controles de paridad en salida y análisis de controles en entrada para textos de entrada/salida, en código ASCII con paridad de carácter par y colocando al final del texto un octeto de control.

Grupo de Instrucciones lógicas (cont.) OR y XOR

OR: conjunción disyuntiva inglesa; se traduce en castellano por "o". Con esta palabra se define una operación lógica que consiste en enfrentar los operandos bit a bit, de modo que cuando alguno de los dos bit enfrentados son 1 el bit resultado es 1, sólo cuando los dos son cero el resultado es 0. Veamos su

"tabla de verdad":

| | | | | |
|---|----|---|---|---|
| 1 | OR | 1 | = | 1 |
| 1 | OR | 0 | = | 1 |
| 0 | OR | 1 | = | 1 |
| 0 | OR | 0 | = | 0 |

Su analogía eléctrica viene dada por dos interruptores conectados en paralelo (Ver FIGURA 6-12) para que la bombilla se encienda es suficiente con que uno de ellos ("A" o "B") esté cerrado.

Básicamente el formato de esta instrucción es:

OR OPERANDO

El octeto indicado por el operando se enfrenta con el octeto del registro acumulador, ambos octetos se operan

bit a bit, el resultado se deja en el acumulador y el operando no sufre variación. En los indicadores de estado (registro "F") se anota la ocurrencia de "cero", "signo" o "paridad".

OR r

OBJETO:

Realiza una operación lógica OR, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el octeto del registro indicado por "r". El resultado se deja en el registro acumulador.

Al igual que en el resto de instrucciones, los bits que identifican a "r" tienen el si-

guiente formato:

| Registro | <--r--> |
|----------|---------|
| A | 111 |
| B | 000 |
| C | 001 |
| D | 010 |
| E | 011 |
| H | 100 |
| L | 101 |

CODIGO DE MAQUINA:

1 0 1 1 0 <--r-->

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
- pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
- pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 0 – siempre
- N; pone 0 – siempre
- C; pone 0 – siempre
- P/V; pone 1 – si la paridad es par.
- pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

OR B

Vamos a realizar un "OR" del acumulador con el registro "B", lo que equivale a enfrentar cada bit del registro "B" con su correspondiente bit del acumulador; el resultado de cada bit será "1" si, y

solo si, alguno de los dos bits enfrentados es "1". Recuerdese que, en la operación "AND", era necesario que ambos bits fueran "1" para que el resultado fuera "1"; aqui es necesario que ambos bits sean "0" para que el resultado sea "0". Por esta razón, a veces se dice que la operación "OR" es la opuesta de la "AND".

Valor del registro "A"

(A): 0 1 0 0 0 1 1 0 46h

Valor del registro "B"

(B): 0 1 1 0 1 1 0 0 6Ch

Instrucción

OR B: 1 0 1 1 0 0 0 0 80h

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A): 0 1 1 0 1 1 1 0 6Eh

Indicadores de condición después de la ejecución

| S | Z | H | P/V | N | C |
|---|---|---|-----|---|---|
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 |

Al igual que ocurría con "AND", el formato de esta instrucción permite realizar un "OR" del acumulador consigo mismo. En este caso la instrucción "ORA" tiene, exactamente, el mismo efecto que "AND A", salvo que el indicador "H" del registro "F" se pone a "0" en lugar de a "1" como lo hacia con "AND A".

En lo que a nosotros nos interesa, podemos usar indistintamente "OR A" o "AND A" para poner a cero el bit de acarreo o comprobar la paridad del dato contenido en el

acumulador sin alterarlo.

OR n

OBJETO:

Realiza una operación lógica OR, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el valor binario de "n". El resultado se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 1 1 0 1 1 0 F6h
<--n-->

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
- pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
- pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 0 – siempre
- N; pone 0 – siempre
- C; pone 0 – siempre
- P/V; pone 1 – si la paridad es par.
- pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

OR 7

Esta instrucción podría haberse escrito en hexadecimal como:

OR #07

En algunos ensambladores es, también, posible escribir los operandos en binario; más adelante veremos que esto puede resultarnos, a veces, muy útil; en el caso concreto del GENS 3, podríamos haber escrito:

```
OR %00000111
```

Dado que este ensamblador utiliza el signo "%" para indicar que el número que sigue está en binario.

Valor del registro "A"

```
(A): 11110000 F0h
```

Instrucción

```
OR 7: 11110110 F6h
      00000111 07h
```

Valor del registro "A" después de la ejecución

```
(A): 11110111 F7h
```

Indicadores de condición después de la ejecución

```
S Z H P/V N C
0 0 x 0 x 0 0 0
```

```
OR (HL)
```

OBJETO:

Realiza una operación lógica OR, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el octeto de la posición de memoria direccionado por el contenido del par de registros "HL". El resultado se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

```
10110110 B6h
```

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 0 – siempre
- N; pone 0 – siempre
- C; pone 0 – siempre
- P/V; pone 1 – si la paridad es par.
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

```
OR (HL)
```

Valor del par de registros "HL"

```
(H): 01110100 74h
(L): 10001010 8Ah
```

Valor de la posición de memoria 748Ah

```
(748Ah): 01101001 69h
```

Valor del registro "A"

```
(A): 10001110 8Eh
```

Instrucción

```
OR (HL): 10110110 B6h
```

Valor del registro "A" des-

pués de la ejecución

```
(A): 11101111 EFh
```

Indicadores de condición después de la ejecución

```
S Z H P/V N C
1 0 x 0 x 0 0 0
```

```
OR (IX+d)
```

OBJETO:

Realiza una operación lógica OR, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el octeto indicado por el operando. La dirección del octeto operando es la que resulta de añadir al contenido del registro índice "IX" el valor del entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El resultado de la operación se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

```
11011101 DDh
10110110 B6h
<--- d --->
```

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 0 – siempre
- N; pone 0 – siempre
- C; pone 0 – siempre
- P/V; pone 1 – si la paridad es par.

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

OR (IX-15)

Valor del registro indice "IX"

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IX): | 1 0 0 1 0 0 1 0 | 92h |
| | 1 0 1 1 0 1 0 0 | B4h |

Valor de la posición de memoria 92A5h

| | | |
|----------|-----------------|-----|
| (92A5h): | 1 1 1 1 1 1 1 1 | FFh |
|----------|-----------------|-----|

Valor del registro "A"

| | | |
|--|-----------------|-----|
| | 0 1 0 1 0 1 0 1 | 55h |
|--|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|------------|----------|-----|
| OR (IX-15) | 11011101 | DDh |
| | 10110110 | B6h |
| | 11110001 | F1h |

Valor del registro "A" después de la ejecución

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (A): | 1 1 1 1 1 1 1 1 | FFh |
|------|-----------------|-----|

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|-------|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 0 | x | 1 0 0 |

En este ejemplo podemos ver que, si uno de los dos operandos es FFh, el resultado es siempre FFh. Por otro lado, si uno de los dos operandos es

00h, el resultado será igual al otro operando. En la operación AND ocurría exactamente al contrario. Esto se revelará muy útil cuando estudiemos la forma de poner "máscaras" a un octeto para aislar algunos de sus bits.

OR (IY+d)

OBJETO:

Realiza una operación lógica OR, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el octeto indicado por el operando. La dirección del octeto operando es la que resulta de añadir al contenido del registro indice "IY" el valor del entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El resultado de la operación se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

| | | |
|--|-----------------|-----|
| | 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| | 1 0 1 1 0 1 1 0 | B6h |
| | <-----d-----> | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo
- pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero
- pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone 0 - siempre
- P/V; pone 1 - si la paridad es par.

pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

OR (IY+24)

Valor del registro indice "IY"

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IY): | 0 1 1 1 1 1 0 0 | 7Ch |
| | 1 0 0 0 0 1 1 0 | 86h |

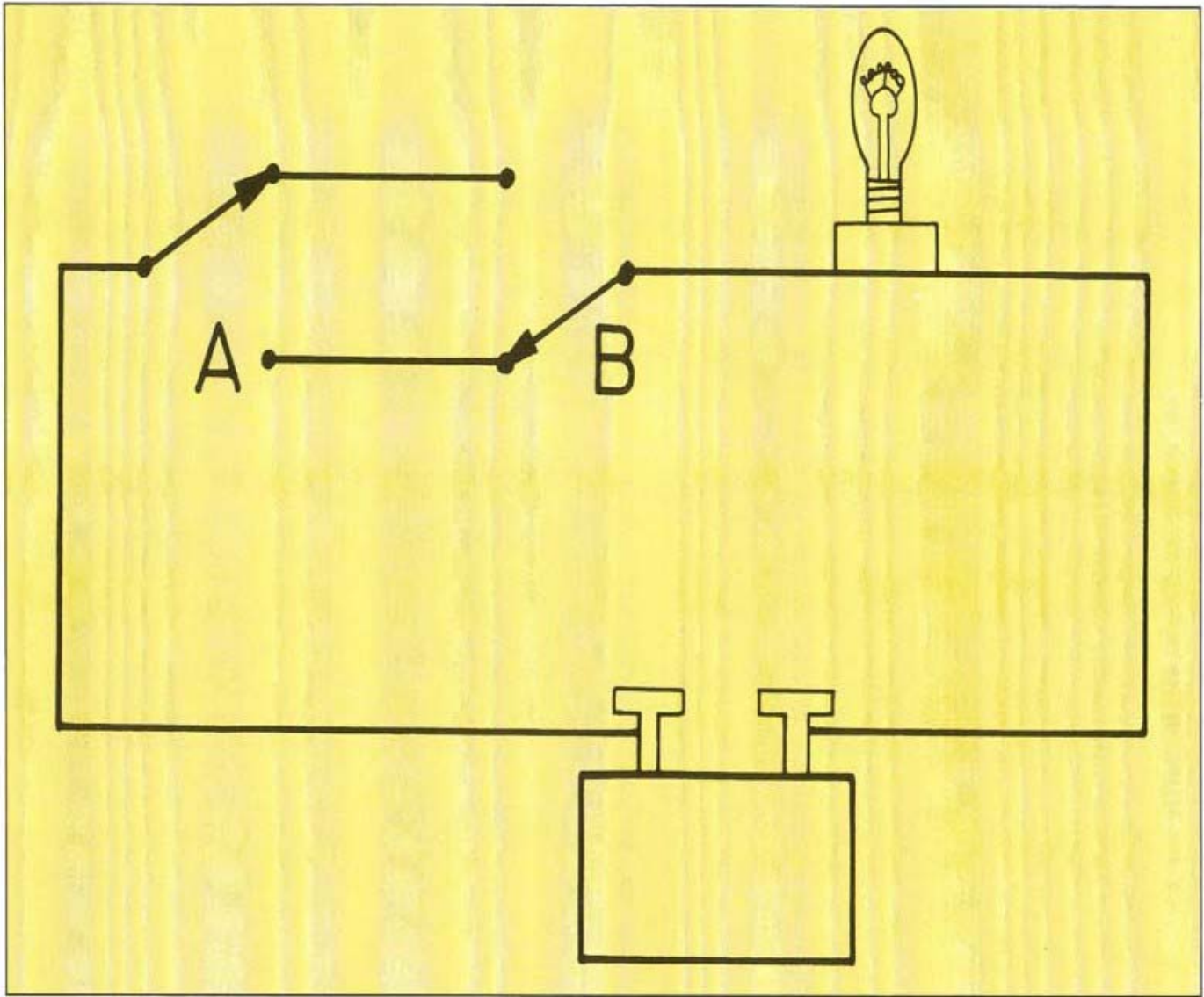


Fig. 6-13. Representación eléctrica de "XOR".

Valor de la posición de memoria 7C9Eh

(7C9Eh): 0 0 0 0 0 0 0 0 00h

Valor del registro "A"

0 1 0 1 0 1 0 1 55h

Instrucción

| | | |
|------------|----------|-----|
| | 11111101 | FDh |
| OR (IY+24) | 10110110 | B6h |
| | 00011000 | 18h |

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A): 0 1 0 1 0 1 0 1 55h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|-------|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 1 0 0 |

Vemos que el valor del registro "A" no ha variado, en efecto, es igual hacer "OR #00 que hacer "ORA"; y también es igual hacer "AND #FF" que hacer "AND A".

La activación de los indicadores de condición en las instrucciones OR, se hace según las siguientes reglas:

S: En este indicador se pone el mismo valor que el bit 7 del registro A, después de la ejecución.

Z: Este indicador se activa (valor igual 1) si todos los bits del registro A son cero después de la ejecución.

H: Este indicador no tiene significado para estas instrucciones y se pone siempre a 0.

P/V: Este indicador actúa en función de la paridad. Si el número de bits activos, en el registro acumulador, después de la ejecución es par, el indicador se activa; valor igual 1. En caso contrario se

mantiene a cero.

N: Este indicador carece de significado para estas instrucciones y se pone siempre a 0.

C: Este indicador carece de significado para estas instrucciones y se pone siempre a 0.

XOR: "exclusive OR" en inglés; se traduciría al castellano por: "O EXCLUSIVO". Con esta palabra se define una operación lógica que consiste en enfrentar los operandos bit a bit, de modo que cuando alguno de los dos bit enfrentados, y solo uno, tiene el valor 1 el bit resultado es 1, cuando ambos son 1 ó 0 el resultado es 0. Su tabla de verdad sería:

| |
|-------------|
| 1 XOR 1 = 0 |
| 1 XOR 0 = 1 |
| 0 XOR 1 = 1 |
| 0 XOR 0 = 0 |

El circuito eléctrico que más se asemeja a esta instrucción sería el formado por dos interruptores conmutados de los que se utilizan frecuentemente para encender o apagar la luz de una habitación desde dos puntos distintos (ver FIGURA 6-13), en este circuito, variando sólo uno de los interruptores, se enciende la bombilla y cuando se varían los dos no.

Básicamente el formato de esta instrucción es:

XOR OPERANDO

El octeto indicado por el operando se enfrenta, bit a bit, con el octeto del registro acumulador, el resultado se deja en este último y el operando no sufre variación.

118 CODIGO MAQUINA

XOR r

OBJETO:

Realiza una operación lógica XOR, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el octeto del registro indicado por "r". El resultado se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:

1 0 1 0 1 <—|—>

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 0 – siempre
- N; pone 0 – siempre
- C; pone 0 – siempre
- P/V; pone 1 – si la paridad es par.
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

XOR C

Vamos a realizar un "XOR" lógico entre los contenidos de los registros "A" y "C". El primer operando ("A") se omite ya que no puede ser otro. Al igual que en todas las opera-

ciones lógicas, es irrelevante el orden de los operandos (cumplen la propiedad conmutativa). Cada bit del resultado será "1" si los dos bits correspondientes de cada operando son distintos, y será "0" si ambos son iguales. El resultado quedará, como de costumbre, en el registro "A".

Valor del registro "A"

(A): 1 1 0 0 1 1 0 1 CDh

Valor del registro "C"

(C): 1 0 0 1 1 0 1 1 9Bh

Instrucción

XOR C: 1 0 1 0 1 0 0 1 A9h

Valor del registro "A" después de la ejecución

(A): 0 1 0 1 0 1 1 0 56h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|-------|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 1 0 0 |

La sintaxis de esta instrucción permite realizar un "XOR" del acumulador consigo mismo que dará, lógicamente, un resultado de "00h".

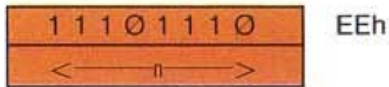
La instrucción "XOR A" es una forma sencilla de cargar un "0" en el registro acumulador, ya que al enfrentar dos octetos iguales con una operación lógica "XOR" el resultado es "0" en todos los bits.

XOR n₁

OBJETO:

Realiza una operación lógica XOR, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el valor binario de "n". El resultado se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 0 – siempre
- N; pone 0 – siempre
- C; pone 0 – siempre
- P/V; pone 1 – si la paridad es par.
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

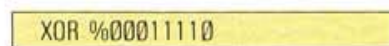
EJEMPLO:



Como ya sabrá el lector, esta instrucción podría haberse escrito:



En hexadecimal; o bien, en binario:



Valor del registro "A"



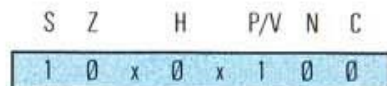
Instrucción



Valor del registro "A" después de la ejecución



Indicadores de condición después de la ejecución



OBJETO:

Realiza una operación lógica XOR, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el octeto de la posición de memoria direccionado por el contenido del par de registros "HL". El resultado se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso

- otro caso
- H; pone 0 – siempre
- N; pone 0 – siempre
- C; pone 0 – siempre
- P/V; pone 1 – si la paridad es par.
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

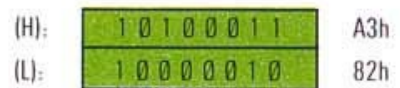
CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:



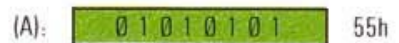
Valor del par de registros "HL"



Valor de la posición de memoria A382h



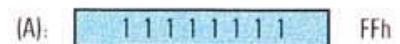
Valor del registro "A"



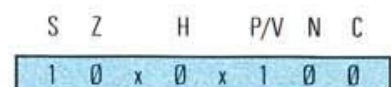
Instrucción



Valor del registro "A" después de la ejecución



Indicadores de condición después de la ejecución



Como era de esperar, al

operar un número con su complementario, el resultado es "FFh"; si no entiende porqué, repase atentamente lo visto hasta aquí del operador "XOR".

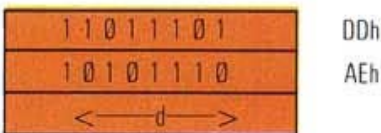
Efectivamente, habíamos dicho que al sumar un número con su complementario, el resultado era siempre "FFh"; pero lo que hace el operador "XOR" es, precisamente, sumar sin acarreo los bits uno a uno (el acarreo lo da el operador "AND"); entre números complementarios no hay acarreo, por tanto, da igual sumarlos que "XORearlos".

XOR (IX+d)

OBJETO:

Realiza una operación lógica XOR, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el octeto indicado por el operando. La dirección del octeto del operando es la que resulta de añadir al contenido del registro índice "IX" el valor del entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El resultado de la operación se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo
- pone 0 - en cualquier otro caso

120 CODIGO MAQUINA

- otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero
- pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone 0 - siempre
- P/V; pone 1 - si la paridad es par.
- pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:



Valor del registro índice "IX"



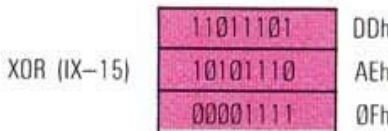
Valor de la posición de memoria 8E49h



Valor del registro "A"



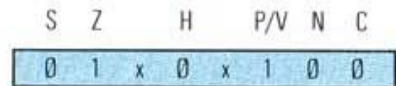
Instrucción



Valor del registro "A" después de la ejecución



Indicadores de condición después de la ejecución

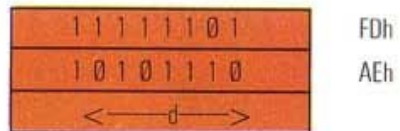


XOR (IY+d)

OBJETO:

Realiza una operación lógica XOR, bit a bit, entre el octeto del registro acumulador y el octeto indicado por el operando. La dirección del octeto del operando es la que resulta de añadir al contenido del registro índice "IY" el valor del entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El resultado de la operación se deja en el registro acumulador.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo
- pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero
- pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone 0 - siempre
- P/V; pone 1 - si la paridad es par.
- pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

XOR (IY-3)

Valor del registro indice "IY"

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IY): | 0 1 1 1 0 0 0 1 | 71h |
| | 1 0 0 1 0 1 0 1 | 95h |

Valor de la posición de memoria 7192h

| | | |
|----------|-----------------|-----|
| (7192h): | 1 0 0 1 1 0 1 0 | 9Ah |
|----------|-----------------|-----|

Valor del registro "A"

| | | |
|--|-----------------|-----|
| | 0 1 1 1 0 1 0 1 | 75h |
|--|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|------------|-----------------|-----|
| OR (IY-3): | 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| | 1 0 1 0 1 1 1 0 | AEh |
| | 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |

Valor del registro "A" después de la ejecución

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (A): | 1 1 1 0 1 1 1 1 | EFh |
|------|-----------------|-----|

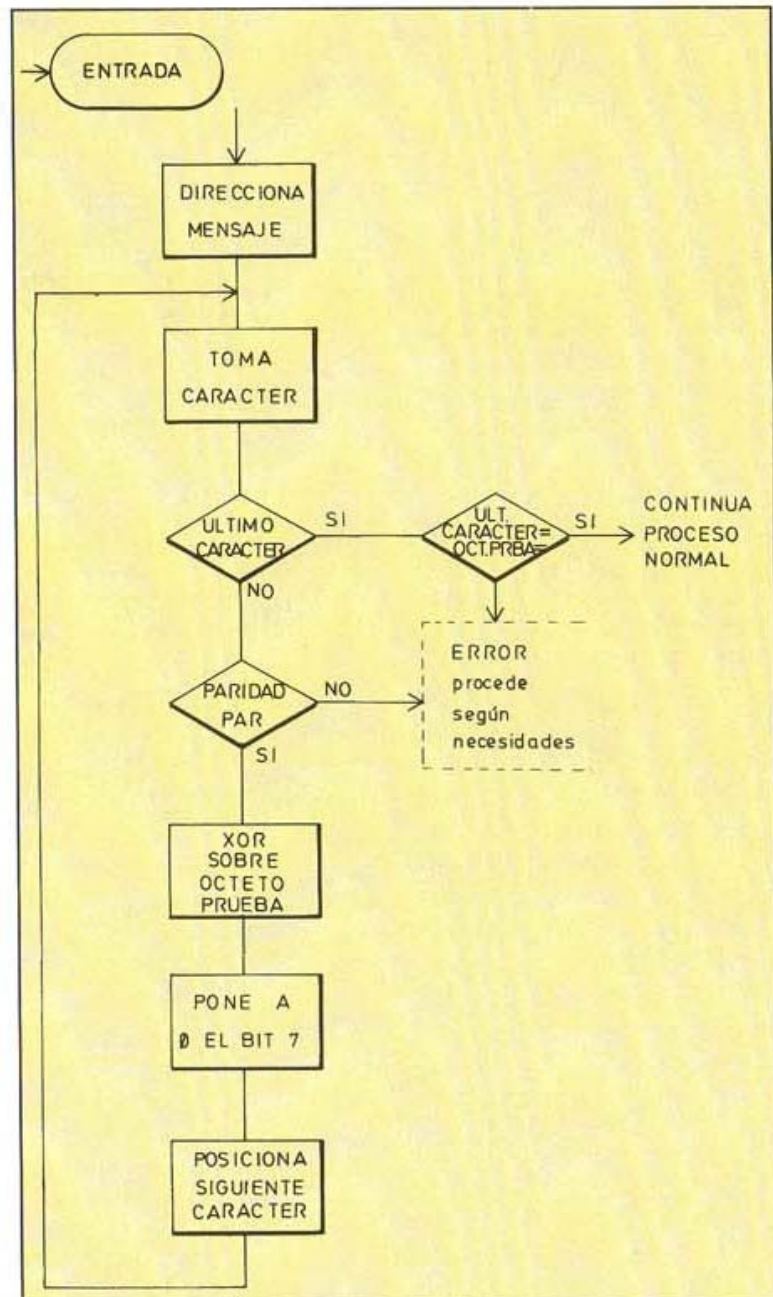
Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|-------|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 0 | x | 0 0 0 |

La activación de los indicadores de condición en las instrucciones XOR, se hace según las siguientes reglas:

S: En este indicador se pone el mismo valor que tenga el bit 7 del registro A, después de la ejecución.

Z: Este indicador se activa



Análisis de controles de paridad con octeto de control.

(valor igual a 1) si todos los bit del registro A son cero después de la ejecución.

H: Este indicador no tiene significado para estas instrucciones y se pone siempre a 0.

P/V: Este indicador actúa en función de la paridad. Si el número de bits activos en el registro acumulador, después de la ejecución es par, el

indicador se activa (valor igual a 1). En caso contrario se mantiene a cero.

N: Este indicador carece de significado para estas instrucciones y se pone siempre a 0.

C: Este indicador carece de significado para estas instrucciones y se pone siempre a 0.

Máscaras

La utilidad de las instrucciones que permiten sumar y restar es evidente, en definitiva, un ordenador tiene que realizar cálculos y estamos acostumbrados a hacerlo en Basic; pero tal vez más de un lector se pregunte qué finalidad puede tener realizar operaciones lógicas entre octetos. Pues bien, vamos a explicar uno de los usos más frecuentes de los operadores lógicos en Assembler: las máscaras.

Supongamos que tenemos un octeto del que sólo nos interesan los cuatro bits inferiores, pero tras los cálculos que hemos realizado, es posible que los bits superiores contengan "unos" o "ceros" que nos interesa eliminar. En principio, parece que no hay manera de partir el octeto por la mitad, pero tal vez podamos aplicarle una operación lógica que nos elimine los cuatro bits superiores y mantenga inalterados los inferiores; veamos: si hacemos un "AND" de ese octeto con el número binario 00001111 ocurrirá lo siguiente:

```
Octeto:      xxxxx1001 (X9h)
Máscara:    AND 00001111 (0Fh)
Resultado:  00001001 (09h)
```

Donde hemos puesto (x), significa que puede haber tanto un "1" como un "0". Teníamos un octeto que contenía "X9h" (aquí la "X" significa cualquier número entre 0 y F), le hemos hecho un "AND" con el número "0Fh" y hemos ob-

tenido "09h", es decir, hemos eliminado los bits cuyo contenido no nos interesaba (los marcados con "x") y los hemos puesto todos a "cero"... Pero podía habernos interesado ponerlos todos a "uno" y obtener "F9"; ¿por qué no?, vamos a verlo:

```
Octeto:      xxxxx1001 (X9h)
Máscara:    OR 11110000 (F0h)
Resultado:  11111001 (F9h)
```

Esta vez hemos hecho un "OR" con el número "F0h", con lo cual, los cuatro bits superiores toman valor "1", independientemente del valor que tuvieran antes, y los cuatro bits inferiores permanecen inalterados. Está claro que, conociendo el funcionamiento de los operadores "OR" y "AND", podemos aislar cualquier grupo de bits que nos interesen, y dejar los restantes a "cero" o a "uno".

Veamos otro ejemplo: si tenemos un octeto cuyo contenido es el código ASCII de una letra minúscula, y hacemos "AND #DF", obtenemos el código de esa misma letra en Mayúscula, con la ventaja adicional de que si la letra ya era Mayúscula, su código no habrá variado; veámoslo gráficamente:

```
Letra "a":  01101101 (6Dh)
Máscara:  AND 11011111 (DFh)
Letra "A":  01001101 (4Dh)
```

En el caso contrario; podemos tener el código de una Mayúscula y convertirla en minúscula haciendo "OR #20"; vamos a verlo:

```
Letra "W":  01010111 (57h)
Máscara:  OR 00100000 (20h)
Letra "w":  01110111 (77h)
```

¿Fácil verdad?, pues todo hay que agradecerlo a lo bien hecho que está el código ASCII, ya que una letra en Mayúsculas y esa misma letra en minúsculas sólo se diferencian en que la primera tiene el bit 5 a "cero" y la segunda lo tiene a "uno".

Podemos hacer más cosas, por ejemplo, es posible saber si una letra es minúscula o Mayúscula con sólo hacer "AND #20" y mirar el indicador de cero (Z) del registro "F"; si la letra era Mayúscula, el resultado de la operación será "00h" y, por tanto, el indicador "Z" se habrá puesto a "1"; pero si era minúscula, el indicador permanecerá a "0" ya que el resultado habrá sido "20h".

A estas alturas parece evidente la razón de que llamemos máscara al número con el que operamos nuestro octeto, ya que la operación hace que unos bits "pasen" y otros "se queden" (podíamos haberlo llamado "filtro", pero los ingleses dicen "mask" y, en informática la influencia sajona es inevitable).

Evidentemente, la utilidad de las máscaras no se queda en lo visto hasta aquí, existen un sinfín de aplicaciones

donde será necesario su uso, por ejemplo, cuando veamos los programas encargados de detectar y generar paridades, utilizábamos máscaras; cuando veamos la forma de hayar las direcciones de pantalla partiendo de las coordenadas de un carácter, tendremos que realizar operaciones en las que determinados grupos de bits serán tratados de forma independiente tras haber sido aislados con una máscara; y por último, cuando imprimimos en modo "OVER 1", en realidad lo que hacemos es un "XOR" del nuevo dato con el anterior, por eso, si ponemos un pixel donde ya había otro, obtenemos un punto en blanco.

Más adelante, en los ejemplos, utilizaremos las máscaras de un modo práctico; de momento vamos a ver unas cuantas instrucciones más, pertenecientes al grupo aritmético-lógico.

Grupo de instrucciones de comparación

CP, "ComPare" en inglés, se traduce al castellano por comparar. Con este código se define una instrucción que compara el octeto representado por el operando con el registro acumulador.

Esto es cierto en parte, pues lo que realmente hace esta instrucción es restarle al valor del registro acumulador el valor del octeto representado; todo ello sin modificar ninguno de los dos. Lo que sí modifica esta instrucción son los indicadores de condición en función de dicha resta y con ellos se interpreta el resultado de dicha comparación.

Por ejemplo: si después de comparar (restar) el registro

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|-----------|
| AND A | A7 | 167 |
| AND B | A0 | 160 |
| AND C | A1 | 161 |
| AND D | A2 | 162 |
| AND E | A3 | 163 |
| AND H | A4 | 164 |
| AND L | A5 | 165 |
| AND n | E6,n | 230,n |
| AND (HL) | A6 | 166 |
| AND (IX+d) | DD,A6,d | 221,166,d |
| AND (IY+d) | FD,A6,d | 253,166,d |

acumulador con un octeto, se activa el indicador de condición Z, esto es, el resultado de la resta es cero, quiere decir que los dos octetos son iguales.

Por lo tanto una vez sabido que más que una comparación, se trata de una resta en la que no se modifica ninguno de los operandos se pueden dar por válidas las siguientes reglas después de una comparación:

Z = 1 ; A = octeto operando
 Z = 0 ; A <> octeto operando
 C = 1 ; A < octeto operando
 C = 0 ; A >= octeto operando

Básicamente el formato de esta instrucción es:

CP OPERANDO

El octeto indicado por el operando se compara con el octeto del registro acumulador, el resultado activa los indicadores de condición como si se efectuase una resta del registro acumulador menos

el operando, pero sin alterar el dato contenido en el registro acumulador.

CP r

OBJETO:

Compara (resta) el valor del octeto del registro acumulador con el valor del octeto del registro representado por "r". El resultado de esta operación activa los indicadores de condición como corresponde a una resta.

CODIGO DE MAQUINA:

1 0 1 1 1 <—r—>

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

S; pone 1 – si el resultado es negativo
 pone 0 – en cualquier otro caso
 Z; pone 1 – si el resultado

CODIGO MAQUINA 123

es cero
 pone 0 – en cualquier otro caso
 H; pone 1 – si no hay acarreo desde el bit 3
 pone 0 – en cualquier otro caso
 N; pone 1 – siempre
 C; pone 1 – si no hay acarreo desde el bit 7.
 pone 0 – en cualquier otro caso.
 P/V; pone 1 – si hay desbordamiento (overflow)
 pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

CP H

Valor del registro "A"

(A): 01101101 6Dh

Valor del registro "H"

(H): 01101101 6Dh

Instrucción

CP H: 10111100 BCh

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 1 | x | 0 | x | 0 |

Observe que al ser iguales los dos octetos el resultado de la resta es cero, por lo tanto se activa el indicador Z.

CP n

124 CODIGO MAQUINA

OBJETO:

Compara (resta) el valor del octeto del registro acumulador con el octeto de valor "n". El resultado de esta operación activa los indicadores de condición según corresponde a la resta.

CODIGO DE MAQUINA:

11111110 FEh
 < n >

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

S; pone 1 – si el resultado es negativo
 pone 0 – en cualquier otro caso
 Z; pone 1 – si el resultado es cero
 pone 0 – en cualquier otro caso
 H; pone 1 – si no hay acarreo desde el bit 3
 pone 0 – en cualquier otro caso
 N; pone 1 – siempre
 C; pone 1 – si no hay acarreo desde el bit 7.
 pone 0 – en cualquier otro caso.
 P/V; pone 1 – si hay desbordamiento (overflow)
 pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

7

EJEMPLO:

CP 25

Valor del registro "A"

(A): 00001010 0Ah

Instrucción

CP 25: 11111110 FEh
 00011001 19h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 0 | x | 0 |

Observe que del análisis de los indicadores de condición se saca la conclusión de que "A" es menor que "n", dado que el "acarreo" se ha puesto a "1".

CP (HL)

OBJETO:

Compara (resta) el valor del octeto del registro acumulador con el valor del octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros "HL". El resultado de la operación activará los indicadores de condición como corresponde a la resta.

CODIGO DE MAQUINA:

10111110 BEh

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

S; pone 1 – si el resultado es negativo
 pone 0 – en cualquier otro caso
 Z; pone 1 – si el resultado es cero
 pone 0 – en cualquier otro caso
 H; pone 1 – si no hay aca-

reero desde el bit 3
 pone 0 – en cualquier otro caso
 N; pone 1 – siempre
 C; pone 1 – si no hay acarreo desde el bit 7.
 pone 0 – en cualquier otro caso.
 P/V; pone 1 – si hay desbordamiento (overflow)
 pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:
 2

CICLOS DE RELOJ:
 7

EJEMPLO:

CP (HL)

Valor del par de registros "HL"

(H): 01111100 7Ch
 (L): 10111000 B8h

Valor de la posición de memoria 7CB8h

(7CB8h): 00100100 24h

Valor del registro "A"

(A): 01101101 6Dh

Instrucción

CP (HL): 10111110 BEh

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 |

Del análisis de los indicadores se puede sacar la con-

clusión de que "A" es mayor que el octeto operando, ya que no se han activado ni el "Z" (cero) ni el "C" (acarreo).

CP (IX+d)

OBJETO:

Compara (resta) el valor del octeto del registro acumulador con el valor del octeto direccionado por el operando. La dirección del operando se calcula añadiendo al registro índice "IX" el entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El resultado de la operación activará los indicadores de condición según corresponde a la resta.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 11011101 | DDh |
| 10111110 | BEh |
| <---d--> | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 1 – si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 – en cualquier otro caso
- N; pone 1 – siempre
- C; pone 0 – si no hay acarreo desde el bit 7.
pone 1 – en cualquier otro caso.

P/V; pone 1 – si hay desbordamiento (overflow)
 pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:
 5

CICLOS DE RELOJ:
 19

EJEMPLO:

CP (IX+0)

Valor del registro índice "IX"

(IX): 01000000 40h
 00000000 00h

Valor de la posición de memoria 4000h

(4000h): 00000001 01h

Valor del registro "A"

(A): 00000000 00h

Instrucción

CP (IX+0): 11011101 DDh
 10111110 BEh
 00000000 00h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 1 | x | 0 |

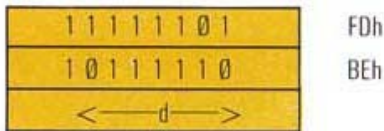
De nuevo, es posible ver que el operando era mayor que el resultado.

CP (IY+d)

OBJETO:

Compara (resta) el valor del octeto del registro acumulador con el valor del octeto direccionado por el operando. La dirección del operando se calcula añadiendo al registro índice "IY" el entero de desplazamiento "d", el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El resultado de la operación activará los indicadores de condición según corresponde a la resta.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N; pone 1 - siempre
- C; pone 0 - si no hay acarreo desde el bit 7.
pone 1 - en cualquier otro caso.
- P/V; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

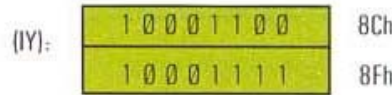
CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

CP (IY+5)

Valor del registro índice "IY"



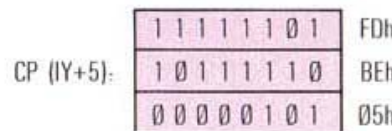
Valor de la posición de memoria 8C94h



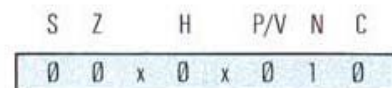
Valor del registro "A"



Instrucción



Indicadores de condición después de la ejecución



La activación de los indicadores de condición en las instrucciones CP, se hace con las mismas reglas que las SUB y SBC.

La única diferencia está en la interpretación que se pueda hacer con ellos.

Z: Si está activo indica que los dos octetos son iguales.

S, P/V y C: Pueden indicar la relación que existe entre los octetos, cual es el mayor o el menor; para ello es necesario conocer el tipo de datos que se maneja, valores absolutos o complemento a dos. El problema es complejo para sacar una norma sencilla y fia-

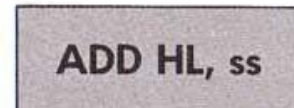
ble al cien por cien, pero si es interesante saber que en algunos casos se puede hacer uso de ellos; en general, y considerando que se trabaja sólo con números positivos, es posible utilizar el indicador de acarreo para saber cuál de los dos números era mayor.

Grupo de instrucciones aritméticas de 16 bits

Este grupo de instrucciones opera sobre registros dobles o pares de registros, por lo tanto permiten manejar dos octetos; lo que representa valores absolutos hasta 65535 en decimal.

Sólo se pueden utilizar los pares de registros definidos como tales, por ejemplo BC, HL; no se pueden emparejar BL ni BH, etc.

La forma de realizar las operaciones es la misma que en los registros sencillos.



OBJETO:

Sumar al contenido del par de registros "HL", el contenido del par de registros representados por "ss". El resultado se deja en el par de registros "HL".

La codificación de "ss" es la siguiente:

| ss | reg. |
|----|------|
| 00 | BC |
| 01 | DE |
| 10 | HL |
| 11 | SP |

CODIGO DE MAQUINA:

00ss1001

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- H; pone 1 – si no hay acarreo desde el bit 11.
pone 0 – en cualquier otro caso.
- N; pone 0 – siempre
- C; pone 1 – si hay acarreo desde el bit 15
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

11

EJEMPLO:

ADD HL,BC

Contenido del par de registros "HL"

(H): 10010100 94h
 (L): 10001010 8Ah

Contenido del par de registros "BC"

(B): 10010001 91h
 (C): 01001100 4Ch

Instrucción

ADD HL,BC: 00001001 09h

Contenido del par de registros "HL" después de la ejecución

(B): 10010001 91h
 (C): 01001100 4Ch
 (H): 00100101 25h
 (L): 11010110 D5h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C
 x x x 0 x x 0 1

ADC HL, ss

OBJETO:

Sumar al contenido del par de registros "HL", el contenido del par de registros representados por "ss", más el indicador de acarreo (C) del registro "F". El resultado se deja en el par de registros "HL".

La codificación de "ss" es la siguiente:

| ss | reg. |
|----|------|
| 00 | BC |
| 01 | DE |
| 10 | HL |
| 11 | SP |

CODIGO DE MAQUINA:

11101101 EDh
 01ss1010

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso
- Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso
- H; pone 1 – si hay acarreo desde el bit 11
pone 0 – en cualquier otro caso

- N; pone 0 – siempre
- C; pone 1 – si hay acarreo desde el bit 15
pone 0 – en cualquier otro caso.
- P/V; pone 1 – si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:

ADC HL,HL

Contenido del par de registros "HL"

(H): 01101001 69h
 (L): 00100110 26h

Indicador C=0

Instrucción

ADC HL,HL: 11101101 EDh
 01101010 6Ah

Contenido del par de registros "HL" después de la ejecución

(H): 11010010 D2h
 (L): 01001100 4Ch

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C
 1 0 x 1 x 1 0 0

Observe que esta instrucción equivale a multiplicar por 2 el valor del par de registros

"HL". El indicador de desbordamiento se ha activado al superarse la cantidad decimal 32767 que es el número positivo máximo que se puede representar en complemento a 2 en dos octetos.

SBC HL, ss

OBJETO:

Resta al contenido del par de registros "HL", el contenido del par de registros representados por "ss", más el indicador de acarreo (C) del registro "F". El resultado se deja en el par de registros "HL".

La codificación de "ss" es la siguiente:

| ss | reg. |
|----|------|
| 00 | BC |
| 01 | DE |
| 10 | HL |
| 11 | SP |

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh |
| 0 1 s s 0 0 1 0 | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero
pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 11
pone 0 - en cualquier otro caso
- N; pone 1 - siempre
- C; pone 1 - si no hay aca-

128 CODIGO MAQUINA

reero desde el bit 15
pone 0 - en cualquier otro caso
P/V; pone 1 - si hay desbordamiento (overflow)
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:

SBC HL,DE

Contenido del par de registros "DE":

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (D): | 1 0 1 1 0 0 1 1 | B9h |
| (E): | 1 1 0 1 1 0 1 0 | DAH |

Contenido del par de registros "HL":

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 0 1 1 0 0 0 0 0 | 60h |
| (L): | 1 0 0 0 0 1 1 0 | 86h |

Indicador: C=1

Instrucción

| | | |
|-----------|-----------------|-----|
| SBC HL,DE | 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh |
| | 0 1 0 1 0 0 1 0 | 53h |

Contenido del par de registros "HL" después de la ejecución

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 0 1 1 0 0 0 1 1 | 63h |
| (L): | 0 1 0 1 0 0 1 1 | 53h |

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|-------|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 1 0 |

Para entender mejor el funcionamiento de las instrucciones de 16 bits ADC y SBC, en caso de tener alguna dificultad, se puede consultar el funcionamiento de las mismas para 8 bits. Las reglas son las mismas y en lo que se diferencian es en el tamaño de los operandos, además de que las de 16 bits usan como si fuera el acumulador, el par de registros "HL".

Por otro lado, y como se habrá observado ya, no existe la resta sin acarreo en 16 bits, razón por la cual no es necesario especificar el operando de destino en la instrucción "SUB", ya que siempre es "A".

ADD IX, pp

OBJETO:

Sumar al contenido del registro indice "IX", el contenido del par de registros representados por "pp". El resultado se deja en el registro indice "IX".

La codificación de "pp" es la siguiente:

| pp | reg. |
|----|------|
| 00 | BC |
| 01 | DE |
| 10 | IX |
| 11 | SP |

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| 0 0 p p 1 0 0 1 | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

- H; pone 1 - si hay acarreo desde el bit 11
pone 0 - en cualquier

otro caso
 N; pone 0 – siempre
 C; pone 1 – si hay acarreo desde el bit 15
 pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:

ADD IX,SP

Contenido del registro "SP"

(SP):

| | |
|----------|-----|
| 00010000 | 10h |
| 01101001 | 69h |

Contenido del registro índice "IX"

(IX):

| | |
|----------|-----|
| 01100110 | 66h |
| 01110101 | 75h |

Instrucción

ADD IX,SP:

| | |
|----------|-----|
| 11011101 | 0Dh |
| 00111001 | 39h |

Contenido del registro índice "IX" después de la ejecución

(IX):

| | |
|----------|-----|
| 01110110 | 76h |
| 11011110 | DEh |

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| x | x | x | 0 | x | x | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

ADD IY, rr

OBJETO:

Sumar al contenido del registro índice "IY", el contenido del par de registros representados por "rr". El resultado se deja en el registro índice "IY". Observe que decimos "rr" en lugar de "pp" porque "pp" incluye al registro "IX" y "rr" incluye al "IY", por tanto, es posible multiplicar por dos el contenido de cualquiera de los dos registros índices (ADD IX, IX o ADD IY, IY) pero no es posible sumarlos los dos (ADD IX,IY o ADD IY,IX).

La codificación de "rr" es la siguiente:

| rr | reg. |
|----|------|
| 00 | BC |
| 01 | DE |
| 10 | IY |
| 11 | SP |

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 11111101 | FDh |
| 00rr1001 | |

INDICADORES DE CONDICION A LOS QUE AFECTA:

H; pone 1 – si hay acarreo desde el bit 11
 pone 0 – en cualquier otro caso

N; pone 0 – siempre

C; pone 1 – si hay acarreo desde el bit 15
 pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:

ADD IY,IY

Contenido del registro índice "IY"

(IY):

| | |
|----------|-----|
| 00000000 | 00h |
| 00000010 | 02h |

Instrucción

ADD IY,IY:

| | |
|----------|-----|
| 11111101 | FDh |
| 00101001 | 29h |

Contenido del registro índice "IY" después de la ejecución

(IY):

| | |
|----------|-----|
| 00000000 | 00h |
| 00000100 | 04h |

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| x | x | x | 0 | x | x | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

El resultado de este ejemplo ha sido el de multiplicar por dos el contenido del registro índice "IY" (lo hemos sumado consigo mismo).

La activación de los indicadores de condición en las instrucciones de suma y resta de 16 bits, se hace según las siguientes reglas:

S: Este indicador sólo se contempla en las instrucciones de sumar y restar con acarreo y se pone el mismo valor que tenga el bit 15 del par de registros "HL" después de la ejecución.

Z: Este indicador sólo se contempla en las instrucciones de sumar y restar con acarreo. Se activa, valor igual 1, si todos los bits del par de registros "HL" son cero después de la ejecución.

CODIGO MAQUINA 129

H: Este indicador actúa igual que para las instrucciones de sumar y restar de 8 bits, con la diferencia de que el acarreo o no acarreo se define en el bit 11 del registro doble donde se deja el resultado.

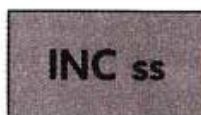
P/V: Este indicador actúa igual que en las instrucciones de suma y resta de 8 bits, con la diferencia de que el rango $-128, 0, +127$ es $-32768, 0, +32767$. Estos límites son los valores mínimos o máximos que se pueden representar en complemento a 2 en dos octetos.

N: Este indicador no tiene significado para este grupo de instrucciones y se pone a 0 o 1, según sea suma o resta.

C: Este indicador actúa igual que en las instrucciones de sumar y restar de 8 bits, con la diferencia de que el acarreo o no acarreo se define en el bit 15 del registro doble donde se deja el resultado.

Grupo de Incremento y Decremento para 16 bits

Las instrucciones INC y DEC de 16 bits son básicamente iguales a las INC y DEC de 8 bits, las únicas diferencias son: que trabajan sobre registros dobles de 16 bits y que no afectan a los indicadores de condición.



OBJETO:

Añade uno al contenido del registro doble representado por "ss". La codificación de "ss" es la siguiente:

130 CODIGO MAQUINA

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|-------------|
| OR A | B7 | 183 |
| OR B | B0 | 176 |
| OR C | B1 | 177 |
| OR D | B2 | 178 |
| OR E | B3 | 179 |
| OR H | B4 | 180 |
| OR L | B5 | 181 |
| OR n | F6,n | 246,n |
| OR (HL) | B6 | 182 |
| OR (IX+d) | DD, B6, d | 221, 182, d |
| OR (IY+d) | FD, B6, d | 253, 182, d |

Fig. 6-14. Tabla de codificación para el operador «OR».

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|-------------|
| XOR A | AF | 175 |
| XOR B | A8 | 168 |
| XOR C | A9 | 169 |
| XOR D | AA | 170 |
| XOR E | AB | 171 |
| XOR H | AC | 172 |
| XOR L | AD | 173 |
| XOR n | EE,n | 238,n |
| XOR (HL) | AE | 174 |
| XOR (IX+d) | DD, AE, d | 221, 174, d |
| XOR (IY+d) | FD, AE, d | 253, 174, d |

Fig. 6-15. Tabla de codificación para el operador «XOR».

| ss | reg |
|----|-----|
| 00 | BC |
| 01 | DE |
| 10 | HL |
| 11 | SP |

CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

1

CODIGO DE MAQUINA:



CICLOS DE RELOJ:

6

INDICADORES DE

EJEMPLO:

INC HL

Contenido del par de registros "HL"

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 0 1 1 0 0 1 0 0 | 64h |
| (L): | 1 1 1 1 1 1 1 1 | FFh |

Instrucción

| | | |
|---------|-----------------|-----|
| INC HL: | 0 0 1 0 0 0 1 1 | 23h |
|---------|-----------------|-----|

Contenido del par de registros "HL" después de la ejecución

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 0 1 1 0 0 1 0 1 | 65h |
| (L): | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |

El octeto alto de "HL" se ha incrementado en 1, dado que al incrementar el octeto bajo, éste ha pasado a valer "0". Vemos, por tanto, que el acarreo se transmite de forma automática desde el octeto bajo al alto.

INC IX

OBJETO:

Añade uno al contenido de registro índice "IX".

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| 0 0 1 0 0 0 1 1 | 23h |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

10

EJEMPLO:

INC IX

Contenido del registro índice "IX"

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IX): | 1 1 1 1 1 1 1 1 | FFh |
| | 1 1 1 1 1 1 1 1 | FFh |

Instrucción

| | | |
|---------|-----------------|-----|
| INC IX: | 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| | 0 0 1 0 0 0 1 1 | 23h |

Contenido del registro índice "IX" después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IX): | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
| | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |

En este caso, el registro "IX" valía "FFFFh" antes de la instrucción, lo que hace que al sumarle "1", pase a valer "0"; no hay indicador de acarreo que nos indique esta circunstancia, pero ya veremos que no es necesario, ya que nunca tendremos que iterar un bucle o mover un puntero más de 65536 veces.

INC IY

OBJETO:

Añade uno al contenido del registro índice "IY".

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| 0 0 1 0 0 0 1 1 | 23h |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

10

EJEMPLO:

INC IY

Contenido del registro índice "IY"

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IY): | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
| | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |

Instrucción

| | | |
|---------|-----------------|-----|
| INC IY: | 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| | 0 0 1 0 0 0 1 1 | 23h |

Contenido del registro índice "IY" después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IY): | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
| | 0 0 0 0 0 0 0 1 | 01h |

Las instrucciones de decrementar funcionan igual que las anteriores, salvo que restan "1" en vez de sumarlo. Tampoco afectan a los indicadores.

DEC ss

OBJETO:

Decrementa uno al contenido del registro doble representado por "ss". La codificación de "ss" es la siguiente:

CODIGO MAQUINA 131

| ss | reg |
|----|-----|
| 00 | BC |
| 01 | DE |
| 10 | HL |
| 11 | SP |

CODIGO DE MAQUINA:

00ss1011

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

6

EJEMPLO:

DEC DE

Contenido del par de registros "DE"

| | | |
|------|----------|-----|
| (D): | 01100110 | 66h |
| (E): | 00000000 | 00h |

Instrucción

DEC DE: 00011011 1Bh

Contenido del par de registros "DE" después de la ejecución

| | | |
|------|----------|-----|
| (D): | 01100101 | 65h |
| (E): | 11111111 | FFh |

Vemos, de nuevo, que el acarreo se ha vuelto a transmitir al octeto alto desde el bajo. Este valía cero, y el decrementarlo ha hecho que pasase a valer "FFh", por lo que el alto ha sido decrementado también.

132 CODIGO MAQUINA

DEC IX

OBJETO:

Decrementa uno al contenido del registro índice "IX".

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 11011101 | DDh |
| 00101011 | 2Bh |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

10

EJEMPLO:

DEC IX

Contenido del registro índice "IX"

| | | |
|-------|----------|-----|
| (IX): | 00000000 | 00h |
| | 00000000 | 00h |

Instrucción

| | | |
|---------|----------|-----|
| DEC IX: | 11011101 | DDh |
| | 00101011 | 2Bh |

Contenido del registro índice "IX" después de la ejecución

| | | |
|-------|----------|-----|
| (IX): | 11111111 | FFh |
| | 11111111 | FFh |

Vemos que el registro "IX" ha pasado de valer "0" a valer "FFFFh"; de nuevo, no hay indicador que ponga de mani-

fiesto esta circunstancia pero, como dijimos antes, no es necesario.

DEC IY

OBJETO:

Decrementa uno al contenido del registro índice "IY".

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 11111101 | FDh |
| 00101011 | 2Bh |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

10

EJEMPLO:

DEC IY

Contenido del registro índice "IY"

| | | |
|-------|----------|-----|
| (IY): | 00000000 | 00h |
| | 00000001 | 01h |

Instrucción

| | | |
|---------|----------|-----|
| DEC IY: | 11111101 | FDh |
| | 00101011 | 2Bh |

Contenido del registro índice "IY" después de la ejecución

| | | |
|-------|----------|-----|
| (IY): | 00000000 | 00h |
| | 00000000 | 00h |

Esta vez, el registro "IY" vale cero después de la ejecución y no se activa el indicador de "cero" (Z). Si estuviéramos haciendo un bucle de más de 256 iteraciones, y utilizáramos un determinado registro como contador, sería útil poder comprobar cuándo este registro se hace "cero" para salir del bucle; la instrucción DEC en registros de 16 bits no afecta al indicador de "cero", pero es posible hacer un pequeño truco: supongamos que estamos usando el registro "BC" como contador de nuestro bucle, podemos saber si hemos llegado a "cero" mediante la siguiente operación:



Es decir, cargamos en "A" el contenido de "B" y le hacemos un "OR" con "C". Si el contenido de "BC" era "cero", el resultado de esta operación será también "cero", y se pondrá a "1" el indicador (Z) del registro "F".

Los usos más importantes de las instrucciones INC y DEC para registros de 16 bits son recorrer una tabla o zona de memoria desde un comienzo a un final o viceversa y establecer bucles con más de 256 iteraciones (los bucles se verán detenidamente en el siguiente capítulo).

Normalmente el rastreo de zonas de memoria se hace con registros índice o con el par de registros "HL". Un ejemplo muy sencillo sería mover una tabla de x octetos

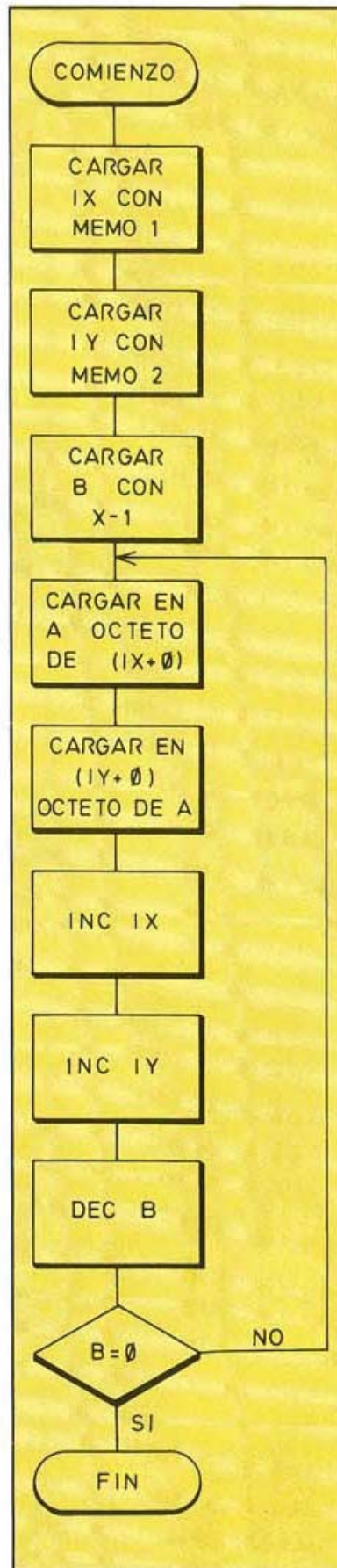


Fig. 6-16.

desde la posición de memoria MEMO1 a la posición de memoria MEMO2; la rutina que se puede hacer con estas instrucciones sería como indica la FIGURA 6-16.

En este caso se trata sólo de desplazar los octetos de una zona a otra, pero muchas veces utilizaremos bucles similares para realizar determinada operación en toda una zona de memoria. Cuando se trate sólo de desplazar octetos, el microprocesador Z-80 posee unas instrucciones especiales que lo hacen de forma automática y mucho más deprisa; las estudiaremos con profundidad en un capítulo posterior.

Grupo de instrucciones aritméticas de uso general

En este grupo se encuadran unas instrucciones especiales que complementan a las anteriores, y que iremos viendo una a una, ya que guardan poca relación entre sí.

CPL, ComPLEMENT, complemento en inglés. Por complementar a 1 se entiende invertir el valor de un número binario, más sencillo, cambiar todos los unos por ceros y los ceros por unos.



OBJETO:

Complementa a uno el contenido del registro acumulador, esto es, invierte el valor de todos sus bits.

CODIGO DE MAQUINA:

00101111 2Fh

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

H; pone 1 – siempre
N; pone 1 – siempre

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

CPL

Contenido del registro "A"

(A): 10011011 9Bh

Instrucción

CPL: 00101111 2Fh

Contenido del registro "A" después de la ejecución

01100100 64h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C

x x x 1 x x 1 x

NEG, NEGate, negar en inglés. Por negar un número se entiende complementarlo a 2; el complemento a 2 es el complemento a 1 + 1 y se utiliza como su negativo, por tanto, esta instrucción lo que hace realmente es cambiar de signo el contenido del acumulador (ver capítulo de sistemas de numeración).

NEG

134 CODIGO MAQUINA

OBJETO:

Complementa a dos el contenido del registro acumulador, dejando en el mismo el resultado.

CODIGO DE MAQUINA:

11101101 EDh
01000100 44h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 – si el resultado es negativo
pone 0 – en cualquier otro caso

Z; pone 1 – si el resultado es cero
pone 0 – en cualquier otro caso

H; pone 1 – si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 – en cualquier otro caso

N; pone 1 – siempre

C; pone 1 – si el acumulador era 00h antes de la operación
pone 0 – en cualquier otro caso

P/V; pone 1 – si el acumulador era 80 antes de la operación
pone 0 – en cualquier otro caso

Observe que la forma de activarse los indicadores de condición recuerda a las instrucciones de restar; esto es porque lo que realmente hace esta instrucción es restar a 0 el contenido del acumulador (0-A). Recuerde que las instrucciones de restar lo primero que hacen es complementar a dos el sustraendo y después sumarle el minuendo; como el minuendo es siempre cero, el resultado es siempre el sustraendo complementado a 2. Como se puede dedu-

cir, a pesar de lo dicho, el indicador H siempre será 1. Este funcionamiento nos indica que el microprocesador utiliza para "negar" la misma circuitería que para "restar"; esto ocurre con muchas otras instrucciones y es muy lógico dado que, en un microprocesador, lo que se pretende es meter el mayor número de funciones en el menor espacio posible.

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:

NEG

Contenido del registro "A"

(A): 01100101 65h

Instrucción

NEG: 11101101 EDh
01000100 44h

Operación:

01100101
complemento a 1 = 10011010
+ 00000001
complemento a 2 = 10011011
00000000
+ 10011011
resultado = 10011011

Contenido del registro "A" después de la ejecución

10011011 9Bh

Indicadores de condición

después de la ejecución

| S | Z | H | P/V | N | C |
|---|---|---|-----|---|-------|
| 1 | 0 | x | 1 | x | 0 1 0 |

CCF: "Complement Carry Flag"; en inglés "Complementar el indicador de acarreo"



OBJETO:

Invierte el valor del indicador de condición (C) en el registro "F"; es decir, pasa a valer "0" si antes valía "1" y viceversa.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 0 0 1 1 1 1 1 1 | 3Fh |
|-----------------|-----|

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- H; mantiene su valor anterior
- N; pone 0 - siempre
- C; pone 1 - si C era cero antes de la ejecución
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

| |
|-----|
| CCF |
|-----|

Valor del registro "F"

| S | Z | H | P/V | N | C |
|---|---|---|-----|---|-------|
| 0 | 0 | x | 1 | x | 0 0 1 |

Instrucción

| | | |
|------|-----------------|-----|
| CCF: | 0 0 1 1 1 1 1 1 | 3Fh |
|------|-----------------|-----|

Valor del registro "F" después de la ejecución

| S | Z | H | P/V | N | C |
|---|---|---|-----|---|-------|
| 0 | 0 | x | 1 | x | 0 0 0 |

No resulta alterado el contenido del acumulador ni de ningún otro registro.

SCF: "Set Carry Flag"; en inglés: "Poner a "1" el indicador de acarreo".



OBJETO:

Pone a 1 el valor del indicador de condición (C) del registro "F" independientemente del valor que tuviera antes.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 0 0 1 1 0 1 1 1 | 37h |
|-----------------|-----|

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone 1 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

| |
|-----|
| SCF |
|-----|

Valor del registro "F"

| S | Z | H | P/V | N | C |
|---|---|---|-----|---|-------|
| 0 | 0 | x | 1 | x | 0 0 0 |

| | | | |
|-------------|------|-----------------|-----|
| Instrucción | SCF: | 0 0 1 1 0 1 1 1 | 37h |
|-------------|------|-----------------|-----|

Valor del registro "F" después de la ejecución

| S | Z | H | P/V | N | C |
|---|---|---|-----|---|-------|
| 0 | 0 | x | 1 | x | 0 0 1 |

Si el indicador de acarreo fuera "1" antes de la ejecución, la instrucción, lógicamente, no lo modificaría.

Tal vez, el lector haya echado en falta una instrucción que ponga a "0" el indicador de acarreo. El caso es que esa instrucción no existe, simplemente, porque no es necesaria. La secuencia "SCF CCF" nos asegura que el indicador (C) acabe valiendo "0", pero ocupa dos bytes; hay una forma más fácil de poner el acarreo a "0", simplemente haga: "AND A". El contenido del acumulador no variará, pero el indicador de acarreo se pondrá, con toda certeza, a cero.

El micro procesador Z80, debido posiblemente a sus características de origen, tiene prevista una forma de operar con las instrucciones aritméticas en decimal.

Para ello emplea el código BCD (Binary Coded Decimal), código decimal expresado en binario. Los operandos, en este caso, tienen que estar definidos en dicho código.

El código BCD consiste en expresar cada dígito decimal en cuatro bits, de tal forma que en cada octeto entren dos dígitos.

Por ejemplo el número 19 se expresaría:

| | |
|-----------------|-----|
| 0 0 0 1 1 0 0 1 | 19h |
|-----------------|-----|

Un número de cuatro dígitos necesitaría dos octetos, etc. Ejemplo, el número 3427 se definiría:

| | |
|----------|-----|
| 00110100 | 34h |
| 00100111 | 27h |

Un número con la cantidad de dígitos impar, justificaría el octeto más significativo a la derecha, por ejemplo 753 sería:

| | |
|----------|-----|
| 00000111 | 07h |
| 01010011 | 53h |

Como se puede ver los números decimales coinciden con los dígitos hexadecimales. Un octeto con valores en BCD nunca puede tener números hexadecimales entre A y F.

Para operar con octetos en este código se utilizan las instrucciones normales de suma y resta para registros de 8 bits y después de cada suma o resta es necesario ajustar el resultado a BCD. Por ejemplo al sumar 27 más 48 ocurriría lo siguiente:

```

27 -> BCD 00100111 27h
48 -> BCD 01001000 48h
  
```

la suma con ADD de estos dos octetos sería:

```

  00100111
+ 01001000
-----
  01101111
  
```

resultado:

| | |
|----------|-----|
| 01101111 | 6Fh |
|----------|-----|

si a este resultado se le suma 06h, quedaría:

```

  01101111
+ 00000110
-----
  01101001
  
```

resultado:

| | |
|----------|-----|
| 01101001 | 75h |
|----------|-----|

Que vuelve a estar en código BCD; efectivamente 27+48=75. Al sumar 06h al resultado, lo hemos transformado, de nuevo, en BCD.

Con una resta ocurriría lo mismo: por ejemplo 31 menos 15:

```

31 -> BCD 00110001 31h
15 -> BCD 00010101 15h
  
```

al restar con la instrucción SUB (recuerde que es una suma con el sustraendo complementado a 2) sería:

```

  00110001
+ 11101011
-----
  00011000
  
```

resultado:

| | |
|----------|-----|
| 00011000 | 1Ch |
|----------|-----|

si a este resultado se le suma FAh, sería:

```

  00011000
+ 11111010
-----
  00010010
  
```

resultando:

| | |
|----------|-----|
| 00010010 | 16h |
|----------|-----|

como se ve, vuelve a estar en BCD pues efectivamente 31-15=16. Esta vez hemos tenido que sumar FAh para pasar a BCD.

Todo este procedimiento parece complicado, pero existe una instrucción, DAA (Decimal Adjust in "A"), que añade la cantidad adecuada en cada octeto. Esta instrucción, que se explica a continuación, es la encargada de ajustar a BCD el octeto después de cada operación; con lo cual la única responsabilidad del programador es tener los operandos en BCD y aplicar la instrucción DAA después de cada operación, con esto obtendrá los resultados en BCD.

De todas formas, es muy improbable que tenga que utilizar esta instrucción en alguno de sus programas ya que para operar en decimal es más fácil utilizar el calculador de la ROM (lo veremos más adelante). Esta instrucción está pensada para pequeños sistemas construidos alrededor del Z-80, por ejemplo, para aplicaciones de control en tiempo real, donde no se dispone de un sofisticado Sistema Operativo que gestione las entradas y salidas en decimal.

La instrucción DAA utiliza como información inicial los indicadores en condición C, H y N.

El indicador C informa que existe acarreo en el octeto. Siempre que se presente, además de condicionar la cantidad que tiene que añadir, lo mantiene activo para poder añadirlo al octeto siguiente.

El indicador H informa que existe acarreo en el dígito de orden inferior, por lo tanto condiciona la cantidad que tiene que añadir.

El indicador N informa, según sea 1 ó 0, que la instrucción anterior fue una suma o una resta.

DAA

OBJETO:

Ajusta el registro acumulador a BCD después de las instrucciones de suma o resta con operandos en ese código. Las operaciones previas posibles con ADD, ADC e INC como sumas y SUB, SBC, DEC y NEG como restas. La FIGURA 6-17 indica la operación que se realiza.

La interpretación de esta tabla se realiza de la siguiente manera:

Primero analiza el indicador de condición N, el cual señalará si se ha realizado anteriormente una suma o una resta; en segundo lugar analizará el indicador C y el valor de los cuatro bits superiores según unos rangos y por último el indicador H y el valor de los cuatro bits inferiores. Todo ello determinará el valor hexadecimal que se sumará al octeto y si se activa o no el indicador de acarreo C.

CODIGO DE MAQUINA:

00100111

 27h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 – si el bit 7 del registro A es 1 después de la ejecución

| OPERACION | C ANTES DAA | VALOR HEXA-DECIMAL DEL DIGITO SUPERIOR bits 7-4 | H ANTES DAA | VALOR HEXA-DECIMAL DEL DIGITO INFERIOR bits 3-0 | NUMERO HEXA-DECIMAL QUE AÑADE AL OCTETO | C DESPUES DAA |
|------------------------------|-------------|---|-------------|---|---|---------------|
| N=0 (ADD, ADC ó INC) | 0 | 0-9 | 0 | 0-9 | 00 | 0 |
| | 0 | 0-8 | 0 | A-F | 06 | 0 |
| | 0 | 0-9 | 1 | 0-3 | 06 | 0 |
| | 0 | A-F | 0 | 0-9 | 60 | 1 |
| | 0 | 9-F | 0 | A-F | 66 | 1 |
| | 0 | A-F | 1 | 0-3 | 66 | 1 |
| | 1 | 0-2 | 0 | 0-9 | 60 | 1 |
| 1 | 0-2 | 0 | A-F | 66 | 1 | |
| 1 | 0-3 | 1 | 0-3 | 66 | 1 | |
| N=1 (SUB, SBC, DEC ó NEG) | 0 | 0-9 | 0 | 0-9 | 00 | 0 |
| | 0 | 0-8 | 1 | 6-F | FA | 0 |
| | 1 | 7-F | 0 | 0-9 | A0 | 1 |
| | 1 | 6-F | 1 | 6-F | 9A | 1 |

Fig. 6-17. Tabla de condiciones para la instrucción "DAA".

pone 0 – en cualquier otro caso

Z; pone 1 – si el registro A es 0 después de la ejecución

pone 0 – en cualquier otro caso

C; pone 0 ó 1 – según se indica en la FIGURA 6-17

P/V; pone 1 – si el registro A tiene paridad par después de la ejecución
pone 0 – en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

DAA

Operación anterior 48+38 en BCD

```

01001000
+00111000
-----
10000000
```

Contenido del registro "A"

(A): 1 0 0 0 0 0 0 0 80h

Indicadores de condición de la operación anterior

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|-----|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 1 | x | 0 0 |

Instrucción

DAA: 0 0 1 0 0 1 1 1 27h

Condición según tercera línea de la figura 6-17 añade 06h al registro "A".

Contenido del registro "A" después de la ejecución

(A): 1 0 0 0 0 1 1 0 86h

Indicadores de condición después de la ejecución.

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|-------|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 0 | x | 0 0 0 |

No se preocupe si no ha entendido perfectamente el funcionamiento de esta instrucción, es muy posible que no la utilice ni una sola vez en su vida.

Con lo visto hasta aquí, terminamos la parte teórica de este capítulo dedicado a las instrucciones aritméticas y lógicas. En el capítulo siguiente veremos las instrucciones que nos permiten romper la secuencia del programa y saltar a cualquier posición, así como la forma de crear bucles en código máquina (equivalentes a las instrucciones "GO TO" y "FOR...NEXT" del Basic).

Antes de eso, vamos a ver las tablas de codificación y algunos ejemplos que aclaren lo estudiado hasta ahora.

PROGRAMA 3

```
5 REM PROGRAMA 3
*****
* OPERA Y COMPARA 2 NUMEROS *
*****
10 FOR n=23300 TO 23329
20 READ a: POKE n,a: NEXT n
30 DATA 237,91,118,92,123,162,
79,123,178,71,237,67,0,91,123,17
0,79,123,186,245,209,123,230,65,
71,237,67,2,91,201
100 INPUT "Primer numero ?:";a
110 INPUT "Segundo numero ?:";b
120 POKE 23670,a: POKE 23671,b
130 RANDOMIZE USR 23300
200 CLS: PRINT "a;" AND ";b;"
=";PEEK 23296
210 PRINT "a;" OR ";b;" = ";PEE
K 23297
220 PRINT "a;" XOR ";b;" = ";PE
EK 23298
230 GO TO 250+PEEK 23299
250 PRINT "a;" > ";b: GO TO 100

251 PRINT "a;" < ";b: GO TO 100
314 PRINT "a;" = ";b: GO TO 100
```

PROGRAMA 4

```
5 REM PROGRAMA 4
*****
* XOR de un bloque de memoria *
*****
10 FOR n=23301 TO 23321
20 READ a: POKE n,a: NEXT n
30 DATA 42,0,91,237,75,2,91,23
7,91,4,91,126,171,119,35,11,120,
177,32,247,201
100 INPUT "INICIO ?:";INIC
110 INPUT "LONGITUD ?:";LONG
120 INPUT "CLAVE ?:";CLAVE
130 POKE 23300,CLAVE
140 POKE 23299,INT (LONG/256)
150 POKE 23298,LONG-256*PEEK 23
299
160 POKE 23297,INT (INIC/256)
170 POKE 23296,INIC-256*PEEK 23
297
180 RANDOMIZE USR 23301
```

En la FIGURA 6-18 se encuentra la tabla de codificación para las instrucciones de comparación (CP). En la FIGURA 6-19 para las aritméticas de 16 bits (ADD, ADC y SBC). En la FIGURA 6-20 para las instrucciones de incre-

mento y decremento en registros de 16 bits (INC y DEC). Finalmente, la FIGURA 6-21 contiene la tabla correspondiente a las instrucciones aritméticas de uso general (CPL, NEG, CCF, SCF y DAA).

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|------------|
| CP A | BF | 191 |
| CP B | B8 | 184 |
| CP C | B9 | 185 |
| CP D | BA | 186 |
| CP E | BB | 187 |
| CP H | BC | 188 |
| CP L | BD | 189 |
| CP n | FE,n | 254,n |
| CP (HL) | BE | 190 |
| CP (IX+d) | DD, BE,d | 221, 190,d |
| CP (IY+d) | FD, BE,d | 253, 190,d |

Fig. 6-18. Tabla de codificación para instrucciones de comparación.

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|
| ADD HL,BC | 09 | 9 |
| ADD HL,DE | 19 | 25 |
| ADD HL,HL | 29 | 41 |
| ADD HL,SP | 39 | 57 |
| ADD IX,BC | DD,09 | 221,9 |
| ADD IX,DE | DD,19 | 221,25 |
| ADD IX,IX | DD,29 | 221,41 |
| ADD IX,SP | DD,39 | 221,57 |
| ADD IY,BC | FD,09 | 253,9 |
| ADD IY,DE | FD,19 | 253,25 |
| ADD IY,IX | FD,29 | 253,41 |
| ADD IY,SP | FD,39 | 253,57 |
| ADC HL,BC | ED,4A | 237,74 |
| ADC HL,DE | ED,5A | 237,90 |
| ADC HL,HL | ED,6A | 237,106 |
| ADC HL,SP | ED,7A | 237,122 |
| SBC HL,BC | ED,42 | 237,66 |
| SBC HL,DE | ED,52 | 237,82 |
| SBC HL,HL | ED,62 | 237,98 |
| SBC HL,SP | ED,72 | 237,114 |

Fig. 6-19. Tabla de codificación para instrucciones aritméticas de 16 bits.

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|
| INC BC | 03 | 3 |
| INC DE | 13 | 19 |
| INC HL | 23 | 35 |
| INC SP | 33 | 51 |
| INC IX | DD,23 | 221,35 |
| INC IY | FD,23 | 253,35 |
| DEC BC | 0B | 11 |
| DEC DE | 1B | 27 |
| DEC HL | 2B | 43 |
| DEC SP | 3B | 59 |
| DEC IX | DD,2B | 221,43 |
| DEC IY | FD,2B | 253,43 |

Fig. 6-20. Tabla de codificación para instrucciones de incremento y decremento en 16 bits.

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|
| CPL | 2F | 47 |
| NEG | ED,44 | 237,68 |
| CCF | 3F | 63 |
| SCF | 37 | 55 |
| DAA | 27 | 39 |

Fig. 6-21. Tabla de codificación para instrucciones aritméticas de uso general.

Ejemplos

Ha llegado ya el momento de volver a conectar nuestro querido Spectrum y empezar a aplicar en la práctica los conocimientos adquiridos. Insistimos en la importancia de que el lector no se limite a copiar los ejemplos; es imprescindible que tome una actitud participativa. Intente ensamblar los programas por sí mismo, y luego compare su resultado con el nuestro; intente, también, comprender el funcionamiento de cada programa y atrevase a realizar en ellos, sus propias modificaciones. ¿Qué pasaría si...?; no se lo pregunte, ¡hágalo!, y si se le "cuelga" el ordenador, paciencia y vuelta a intentarlo.

En esta ocasión, hemos preparado dos rutinas de ejemplo, la primera es muy ilustrativa pero de escasa aplicación práctica, simplemente, trate de comprender lo mejor posible su funcionamiento; la segunda, por el contrario, es de gran utilidad y seguro que la usará en sus programas.

Vamos, pues, con el primero de los ejemplos. Se trata de una rutina que recibe, como entrada, dos números de un byte (comprendidos entre 0 y 255), los opera con AND, OR y XOR dándonos el resultado de las tres operaciones, finalmente, los compara con "CP" para indicarnos cuál de los dos es mayor o si son iguales.

La rutina es muy corta y, por ello, la hemos colocado en el buffer de impresora, de esta forma sirve tanto para usuarios de 16K, como de 48K. Los dos números de entrada se deberán encontrar en las direcciones 23670 y

23671 respectivamente (que corresponden a la variable del sistema SEED), el programa en Basic que manejará esta rutina, se encargará de introducirlos en estas direcciones. La rutina nos devolverá los resultados de AND, OR y XOR en las direcciones 23296, 23297 y 23298 respectivamente y en la 23299 nos devolverá un número que dependerá del resultado de la comparación. Vamos a ver la rutina:

```

10 ENTR EQU 23670
20 SAL1 EQU 23296
30 SAL2 EQU 23298
40 ORG 23300
50 LD DE, (ENTR)
60 LD A,E
70 AND D
80 LD C,A
90 LD A,E
100 OR D
110 LD B,A
120 LD (SAL1),BC
130 LD A,E
140 XOR D
150 LD C,A
160 LD A,E
170 CP D
180 PUSH AF
190 POP DE
200 LD A,E
210 AND #41
220 LD B,A
230 LD (SAL2),BC
240 RET

```

Las líneas 10, 20 y 30 constituyen la definición de variables, el pseudo-nemónico EQU sirve para asignar a la etiqueta el valor numérico correspondiente. La línea 40 indica al ensamblador que deberá colocar el código objeto

a partir de la dirección 23300, el pseudo-nemónico ORG es abreviatura de "ORiGen". La línea 50 carga en "DE" los dos números que vamos a operar, el primero de ellos en "E" y el segundo en "D". Las líneas 60, 70 y 80 los operan con AND y guardan el resultado en el registro "C". Las líneas 90, 100 y 110 los operan con OR y guardan el resultado en el registro "B". La línea 120 almacena ambos resultados en la variable "SAL1" (2 bytes). Las líneas 130, 140 y 150 operan los dos números con XOR y guardan el resultado en "C" desde donde será transferido a la variable "SAL2" en la línea 230. Las líneas 160 y 170 comparan los dos números. En las líneas 180, 190 y 200 se hace un pequeño truco para transferir el registro "F" al "A". En la línea 210 se pone una máscara para aislar los dos bits que nos interesan ("Z" y "C"); veamos esto gráficamente:

| | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|-----|---|---|-----|
| | S | Z | x | H | x | P/V | N | C | |
| (F) | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| AND: | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 41h |
| =: | 0 | x | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | x | |

Como se ve, hemos aislado los indicadores de "cero" y "acarreo", dejando todos los bits restantes a "0". La línea 220 transfiere este resultado a "B", la 230 lo guarda en "SAL2" junto con el resultado de XOR y, finalmente, la línea 240 (la más importante) se encarga de devolver el control al Basic.

En la comparación pueden ocurrir tres cosas: que el primer número sea mayor que el segundo, que sea menor, o que ambos sean iguales; vamos a ver cómo quedan los

indicadores en cada caso y qué resultado nos devuelve la rutina en la dirección 23299:

Evidentemente, las líneas 10, 20, 30 y 40 no hay que ensamblarlas ya que no gene-

| CONDICION | RESULTADO | | | |
|--------------|-----------|-----|------|------|
| | "Z" | "C" | Hex. | Dec. |
| Prim. > Seg. | 0 | 0 | 00 | 0 |
| Prim. < Seg. | 0 | 1 | 01 | 1 |
| Prim. = Seg. | 1 | 0 | 40 | 64 |

Si el primero es mayor que el segundo, obtendremos "0", si es menor obtendremos "1", y si ambos son iguales el resultado será "64" en decimal, es decir, "40h" en hexadecimal.

Vamos a ensamblar la rutina, no mire el listado que hay a continuación, e intente hacerlo por usted mismo...

Ahora, compruebe el resultado:

| | |
|-----|---------------|
| 50 | 237,91,118,92 |
| 60 | 123 |
| 70 | 162 |
| 80 | 79 |
| 90 | 123 |
| 100 | 178 |
| 110 | 71 |
| 120 | 237,67,0,91 |
| 130 | 123 |
| 140 | 170 |
| 150 | 79 |
| 160 | 123 |
| 170 | 186 |
| 180 | 245 |
| 190 | 209 |
| 200 | 123 |
| 210 | 230,65 |
| 220 | 71 |
| 230 | 237,67,2,91 |
| 240 | 201 |

ran código objeto; por lo demás, hemos mantenido la misma numeración que en el código fuente.

La única dificultad puede estar en las líneas 50, 120 y 230; donde dice "LD DE, (ENTR)" es como si dijera "LD DE, (23670)" (para eso está la línea 10) o, si lo prefiere en Hexa: "LD DE, (#5C76)". Lo mismo se puede decir respecto a "LD (SAL1),BC" y "LD (SAL2),BC" que equivalen, respectivamente, a: "LD (#5B00),BC" y "LD (#5B02),BC".

Ahora que tenemos ensamblada nuestra rutina, no queda más que diseñar el programa en Basic que la haga funcionar. El PROGRAMA 3 cumple este cometido a la perfección, aunque es posible que cada lector prefiera escribir el suyo propio más adecuado a sus fines; vamos a comentarlo.

Las líneas 10, 20 y 30 se encargan, como de costumbre, de introducir en memoria el código máquina que se encuentra en los DATAs de la línea 30. Las líneas 100 y 110 nos piden los dos números a operar, que la línea 120 se encarga de introducir en la variable del sistema SEED; esta línea podría haber sido:

```
120 RANDOMIZE a+256*b
```

Pero no funcionaría si los dos números a operar fueran "cero" ya que, en ese caso, copiaría en SEED el contenido de los dos octetos menos significativos del contador de cuadros (variable del sistema FRAMES). La línea 130 llama a la rutina y las restantes se encargan de presentarnos en pantalla los resultados. En la línea 230 se ha usado un "artilugio" que consiste en saltar a una línea u otra en función del contenido de la dirección 23299 que, como dijimos antes, puede valer "0", "1" ó "64" ($250 + 64 = 314$); por este sistema, se ahorran tres sentencias del tipo "IF...THEN". Finalmente, el programa retorna a la línea 100 para una nueva entrada, aunque puede ser detenido con "STOP".

La elaboración de ejemplos que además de "hacer algo" utilizasen, exclusivamente, instrucciones vistas hasta el momento no ha sido tarea fácil; el principal problema se ha debido a no poder crear bucles. Para crear un bucle es necesario romper la secuencia del programa, pero aún no hemos visto las instrucciones que alteran esta secuencia; por otro lado, cualquier aplicación en código máquina se hace mediante bucles. Afortunadamente, en el siguiente capítulo, veremos las instrucciones de cambio de secuencia (saltos), así como las condicionales que se comportan de forma distinta en función del estado de los indicadores.

Con el fin de satisfacer la lógica impaciencia del lector, nos hemos anticipado un poco, y hemos preparado un ejemplo que si hace uso de una de estas instrucciones. En compensación, esta vez el ejemplo si vale para algo útil.

CODIGO MAQUINA 141

Se trata de una rutina que "barre" todo un bloque de memoria haciendo, en todos los bytes, un XOR con un número previamente introducido por el usuario. La enorme utilidad de esta rutina viene dada porque constituye una forma eficaz de enmascarar la información almacenada en memoria y protegerla de miradas indiscretas.

Efectivamente, si hacemos XOR con un determinado número a todo un bloque de memoria, la información almacenada quedará irreconocible; no obstante, bastará volver a hacer XOR con ese mismo número para recuperar la información inicial. Dado que sólo nosotros sabremos el número (o clave) utilizado la primera vez, sólo nosotros podremos desenmascarar la información y hacer uso de ella. Un "pirata" que intentara leerla, tendría que intentar desenmascararla con 256 números diferentes. Puede parecer poco, pero también es posible enmascarar la información 2 veces, primero con el número "a" y después con el "b"; para desenmascararla, sería necesario hacerlo primero con el "b" y luego con el "a". En este caso, el "pirata" se encuentra ante una clave compuesta por 65536 combinaciones posibles; lo más probable es que desista ¿no cree?

El método es tan eficaz que se usa con frecuencia en la protección de programas comerciales. Usted puede usarlo para enmascarar sus programas en código máquina, textos generados en un "procesador de textos" o, simplemente, pantallas; ya que la rutina se puede aplicar en cualquier lugar de la memoria. No le aconsejamos, no obstante,

que intente enmascarar con ella un programa en Basic, ya que el "cuelgue" del ordenador sería prácticamente seguro.

Luego indicaremos las direcciones a utilizar para enmascarar la pantalla o los bloques de texto, de momento, veamos cómo funciona la rutina. Su listado Assembler es el siguiente:

```

10 INIC EQU 23296
20 LONG EQU 23298
30 CLAVE EQU 23300
40      ORG 23301
50      LD HL, (INIC)
60      LD BC, (LONG)
70      LD DE, (CLAVE)
80 BUCLE LD A, (HL)
90      XOR E
100     LD (HL), A
110     INC HL
120     DEC BC
130     LD A, B
140     OR C
150     JR NZ, BUCLE
160     RET

```

Vamos a explicarlo por partes: Las líneas 10, 20 y 30 constituyen la definición de variables. La 40 indica la dirección donde se debe ensamblar (en el buffer de impresora, para que pueda actuar sobre toda la memoria). La línea 50 inicializa el valor del puntero "HL" que se carga con la dirección de inicio e irá apuntando, uno por uno, a todos los bytes de la zona a enmascarar. La línea 60 carga el contador de bytes "BC" con la longitud de la zona de memoria a enmascarar; este registro actuará como control del

bucle, que se iterará "BC" veces (decrementando "BC" en cada pasada, hasta que llegue a valer cero). En la línea 70, cargamos la clave en el registro "E"; la instrucción "LD E, (nn)" no existe, de modo que hemos tenido que utilizar la que carga el par "DE"; no obstante, el contenido de la dirección 23300 se cargará en "E", y en "D" se cargará el contenido de la siguiente (la primera del programa), pero este registro no le tendremos que utilizar para nada.

En la línea 80, entramos de lleno en el bucle; para indicarlo, está la etiqueta; en esta línea, se carga en "A" el contenido de la dirección apuntada por el puntero "HL". Este contenido es "XORreado" en la línea 90 y se restablece a su posición de memoria correspondiente en la línea 100. Las líneas 110 y 120 se encargan de INCREMENTAR el puntero y DECREMENTAR el contador, y las líneas 130 y 140 comprueban si éste ha llegado a cero (recuerde que "DEC BC" no afecta a los indicadores, por lo que es necesario comprobarlo así). La línea 150 constituye un salto relativo condicional; se estudiará en el capítulo próximo; de momento, bástenos saber que equivale a:

```
IF A<>0 THEN GO TO BUCLE
```

La línea 160 (la que nunca hay que olvidar) nos permite devolver el control al Basic.

Una vez visto cómo funciona la rutina, vamos a ensamblarla; la instrucción "JR NZ, BUCLE" se ensambla como "32,247"; el resto tiene que saber hacerlo usted. Adelante.

te, luego comprobaremos resultados...

A nosotros nos ha quedado así:

```

50 42,0,91
60 237,75,2,91
70 237,91,4,91
80 126
90 171
100 119
110 35
120 11
130 120
140 177
>>> 150 32,247 <<<
160 201
    
```

Hemos señalado la línea que contiene la instrucción no vista hasta ahora; esperamos que, a pesar de todo, no haya tenido problemas.

Vamos a ver el programa Basic que sirve para hacer funcionar esta rutina. Su listado es el del PROGRAMA 4. Las tres primeras líneas (10, 20 y 30) sirven, como siempre, para introducir el código en memoria. Las líneas 100, 110, 120 nos piden los datos que las 130 a 170 se encargan de introducir en las variables correspondientes. Finalmente, la línea 180 llama a la rutina.

El "Inicio" y la "Longitud" pueden estar comprendidos entre "0" y "65535", mientras que la "Clave" debe ser un número comprendido entre "0" y "255".

Si desea comprobar, de una forma rápida, el funcionamiento de la rutina, puede hacerla trabajar sobre la pantalla. En este caso, las direcciones serán: Inicio=16384,

| NEMONICO | INDICADORES | | | | | | | | No. DE BYTES | CICLOS | |
|--------------|-------------|---|---|---|---|-----|---|---|--------------|--------|------|
| | S | Z | x | H | x | P/V | N | C | | MEM. | REL. |
| ADD A,r | † | † | x | † | x | V | 0 | † | 1 | 1 | 4 |
| ADD A,n | † | † | x | † | x | V | 0 | † | 2 | 2 | 7 |
| ADD A,(HL) | † | † | x | † | x | V | 0 | † | 1 | 2 | 7 |
| ADD A,(IX+d) | † | † | x | † | x | V | 0 | † | 3 | 5 | 19 |
| ADD A,(IY+d) | † | † | x | † | x | V | 0 | † | 3 | 5 | 19 |
| ADC A,s | † | † | x | † | x | V | 0 | † | | | |
| SUB s | † | † | x | † | x | V | 1 | † | | | |
| SBC A,s | † | † | x | † | x | V | 1 | † | | | |
| AND s | † | † | x | 1 | x | P | 0 | 0 | | | |
| OR s | † | † | x | 0 | x | P | 0 | 0 | | | |
| XOR s | † | † | x | 0 | x | P | 0 | 0 | | | |
| CP s | † | † | x | † | x | V | 1 | † | | | |
| INC r | † | † | x | † | x | V | 0 | . | 1 | 1 | 4 |
| INC (HL) | † | † | x | † | x | V | 0 | . | 1 | 3 | 11 |
| INC (IX+d) | † | † | x | † | x | V | 0 | . | 3 | 6 | 23 |
| INC (IY+d) | † | † | x | † | x | V | 0 | . | 3 | 6 | 23 |
| DEC s | † | † | x | † | x | V | 1 | . | | | |

NOTAS:

- 1.- La letra "s" indica cualesquiera de "r", "n", "(HL)", "(IX+d)" ó "(IY+d)", salvo en "DEC" que no vale "n". Los bytes y ciclos, en estos casos, son los mismos que para el grupo inmediato anterior; por ejemplo: "AND (HL)" tiene 1 byte, 2 ciclos de memoria y 7 de reloj, exactamente igual que "ADD A,(HL)".
- 2.- Los signos tienen el siguiente significado:
 - "†": El indicador cambia de valor de acuerdo con el resultado de la instrucción.
 - "x": El bit adquiere un estado indeterminado.
 - ".": El indicador conserva su anterior contenido.
 - "V": P/V actúa como indicador de rebose.
 - "P": P/V actúa como indicador de paridad.
 - "0": El indicador se pone siempre a cero.
 - "1": El indicador se pone siempre a uno.

Fig. 6-22. Tabla resumida de indicadores y ciclos para las instrucciones aritméticas y lógicas de 8 bits.

Longitud sin atributos=6144,
Longitud con atributos=6912. Si desea trabajar sobre el fichero de atributos, las direcciones son: Inicio=22528, Longitud=768.

Si desea enmascarar textos generados con el "EDIT-TEXT", las direcciones de inicio de cada página puede encontrarlas en la página 8 del número 13 de MICROHOBBY; la longitud de cada página es de 1408 bytes. Si desea hacerlo con textos generados en un procesador TASWORD o similar (NEWTEXT, CONTEXT, etc.) la dirección de inicio del texto está almacenada en las direcciones 62216 y 62217; la longitud del mismo es devuelta en la variable "a" cuando se retorna a Basic desde el editor en C/M.

A estas alturas, podemos dar por concluido este capítulo; en el próximo, trataremos sobre los saltos y bucles; a partir de ese momento, el lector deberá ser capaz de empezar a escribir sus propios programas.

Antes de eso, le recomendamos que resuelva los siguientes ejercicios para comprobar si tiene suficientemente afianzados los conocimientos.

| NEMONICO | INDICADORES | | | | | | | | No. DE BYTES | CICLOS | |
|-----------|-------------|---|---|---|---|-----|---|---|--------------|--------|------|
| | S | Z | x | H | x | P/V | N | C | | MEM. | REL. |
| ADD HL,ss | . | . | x | x | x | . | 0 | 0 | 1 | 3 | 11 |
| ADD IX,pp | . | . | x | x | x | . | 0 | 0 | 2 | 4 | 15 |
| ADD IY,rr | . | . | x | x | x | . | 0 | 0 | 2 | 4 | 15 |
| ADC HL,ss | 0 | 0 | x | x | x | V | 0 | 0 | 2 | 4 | 15 |
| SBC HL,ss | 0 | 0 | x | x | x | V | 1 | 0 | 2 | 4 | 15 |
| INC ss | . | . | x | . | x | . | . | . | 1 | 1 | 6 |
| INC IX | . | . | x | . | x | . | . | . | 2 | 2 | 10 |
| INC IY | . | . | x | . | x | . | . | . | 2 | 2 | 10 |
| DEC ss | . | . | x | . | x | . | . | . | 1 | 1 | 6 |
| DEC IX | . | . | x | . | x | . | . | . | 2 | 2 | 10 |
| DEC IY | . | . | x | . | x | . | . | . | 2 | 2 | 10 |

NOTAS:

- Las letras "ss" indican cualesquiera de los registros "BC", "DE", "HL" ó "SP"; las letras "pp", cualesquiera de "BC", "DE", "IX" ó "SP", y las "rr", cualesquiera de "BC", "DE", "IY" ó "SP".
- Los signos tienen el siguiente significado:
 - "0": El indicador cambia de valor de acuerdo con el resultado de la instrucción.
 - "x": El bit adquiere un estado indeterminado.
 - ".": El indicador conserva su anterior contenido.
 - "V": P/V actua como indicador de rebosamiento.
 - "0": El indicador se pone siempre a cero.
 - "1": El indicador se pone siempre a uno.

Fig. 6-23. Tabla resumida de indicadores y ciclos para las instrucciones aritméticas y lógicas de 16 bits.

GRUPO ARITMETICO-LOGICO DE USO ESPECIAL (Indicadores y ciclos)

| NEMONICO | INDICADORES | | | | | | | | No. DE BYTES | CICLOS | |
|----------|-------------|---|---|---|---|-----|---|---|--------------|--------|------|
| | S | Z | x | H | x | P/V | N | C | | MEM. | REL. |
| DAA | ♦ | ♦ | x | ♦ | x | P | . | ♦ | 1 | 1 | 4 |
| CPL | . | . | x | 1 | x | . | 1 | . | 1 | 1 | 4 |
| NEG | ♦ | ♦ | x | ♦ | x | V | 1 | ♦ | 2 | 2 | 8 |
| CCF | . | . | x | x | x | . | 0 | ♦ | 1 | 1 | 4 |
| SCF | . | . | x | 0 | x | . | 0 | 1 | 1 | 1 | 4 |

NOTAS:

1.- Los signos tienen el siguiente significado:

"♦": El indicador cambia de valor de acuerdo con el resultado de la instrucción.

"x": El bit adquiere un estado indeterminado.

".": El indicador conserva su anterior contenido.

"V": P/V actua como indicador de rebosamiento.

"P": P/V actua como indicador de paridad.

"0": El indicador se pone siempre a cero.

"1": El indicador se pone siempre a uno.

Fig. 6-24. Tabla resumida de indicadores y ciclos para las instrucciones aritméticas especiales.

EJERCICIOS

1.- ¿Que máscara deberíamos poner para identificar si el número, que contiene un octeto determinado, es par o impar?

2.- Complete la siguiente rutina, de forma que barra una zona de memoria cambiando en Mayúsculas todas las letras minúsculas que se encuentre:

```

10      LD  HL,(INIC)
20      LD  BC,(LONG)
30 BUCLE .....
40      .....
50      .....
60      INC HL
70      DEC BC
80      .....
90      .....
100     JR  NZ,BUCLE
110     RET

```

3.- Igual que el ejercicio anterior, pero cambiando en minúsculas todas la Mayúsculas.

4.- ¿Que resultado obtendremos en el acumulador al final de esta rutina?:

```

10      LD  A,#77
20      AND #59
30      OR  #33
40      XOR #15
50      RET

```

5.- Queremos entrar en una tabla "indexada" donde utilizaremos un código, contenido en el acumulador, como "offset"; cada elemento de la tabla tiene 2 bytes de longitud; la dirección base de la tabla es 5F35h y tenemos que obtener el dato de salida en el par de registros "BC". Para ello, deberemos multiplicar por dos el contenido del acumulador (sumarlo consigo mismo) y añadirlo a la dirección base, luego, cargaremos el dato de la tabla en "BC". Complete la rutina que se encarga de hacerlo:

```

10      LD   BC,#5F35
20      LD   H,0
30      LD   L,A
40      ADD  HL,..
50      ADD  ..,BC
60      LD   .,(HL)
70      INC  ..
80      LD   B,(..)
90      RET

```

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS

1.- "AND #01" o bien: "AND 1". Si el número era par, el indicador "Z" se pondrá a "1".

2.- La rutina queda:

```

10      LD   HL,(INIC)
20      LD   BC,(LONG)
30 BUCLE LD   A,(HL)
40      AND  #DF
50      LD   (HL),A
60      INC  HL
70      DEC  BC
80      LD   A,B
90      OR   C
100     JR   NZ,BUCLE
110     RET

```

3.- En este caso, habría que cambiar la línea 40 por:

```

40      OR   #20

```

Permaneciendo, lo restante, exactamente igual.

4.- La operación sería la siguiente:

| | | |
|---------------|----------|-----|
| Valor inicial | 01110111 | 77h |
| AND | 01011001 | 59h |
| = | 01010001 | 51h |
| OR | 00110011 | 33h |
| = | 01110011 | 73h |
| XOR | 00010101 | 15h |
| = | 01100110 | 66h |

El resultado es, por tanto, 66h.

5.- La rutina quedaría:

| | | |
|----|-----|-----------|
| 10 | LD | BC, #5F35 |
| 20 | LD | H, 0 |
| 30 | LD | L, A |
| 40 | ADD | HL, HL |
| 50 | ADD | HL, BC |
| 60 | LD | C, (HL) |
| 70 | INC | HL |
| 80 | LD | B, (HL) |
| 90 | RET | |

Es de suma importancia que intente comprender el funcionamiento de esta rutina, ya que se trata de un procedimiento, para moverse por tablas, que se utiliza con mucha frecuencia.

----- 0 -----

INSTRUCCIONES DE CAMBIO DE SECUENCIA

Estas instrucciones son también conocidas como: «de salto».

Recordemos que la secuencia del programa se va marcando por el contenido del registro de 16 bits "PC" (Program Counter) contador de programa. La CPU lee siempre la instrucción que está en la dirección de memoria apuntada por el registro PC y añade a éste la cantidad de octetos que tiene dicha instrucción; por lo tanto el registro PC, una vez leída la instrucción por la CPU, queda apuntando a la siguiente. Si en una instrucción se cargara el registro PC con un valor distinto, la siguiente instrucción a ejecutar no sería la que le sigue secuencialmente. Pero las instrucciones que cargan el registro "PC" no existen dentro del grupo de instrucciones de carga, son de tanta importancia que se les ha reservado un grupo propio, denominado "Grupo de instrucciones de cambio de secuencia". Veámoslas una por una:

Jump, "saltar" en inglés, es el nombre genérico de estas instrucciones. A pesar de que siempre que nos referimos a ellas diremos que saltan a tal posición, lo que realmente hacen es cargar el registro "PC" con la dirección de memoria de esa posición. El utilizar el verbo "saltar" se debe a que es más descriptivo de la operación que se realiza, que

cambiar de secuencia o cargar el registro "PC".

En el micro-procesado Z80 hay tres tipos de instrucciones de salto: ABSOLUTO, RELATIVO e INDIRECTO. Las de salto absoluto van a la posición de memoria marcada por el operando de la propia instrucción, bien sea mediante una etiqueta o un valor numérico. Las de salto relativo calculan la posición de memoria sumando a su propia dirección un entero de desplazamiento que puede adquirir valores comprendidos entre -126 y +129. Por último, las de salto indirecto toman la posición de memoria, a donde han de saltar, de un registro de 16 bits.

Las instrucciones de salto absoluto y relativo se pueden dividir en dos grupos: INCONDICIONALES y CONDICIONALES. Las incondicionales saltan siempre a la posición indicada; mientras que la condicionadas saltan si es cierta una condición que se les pone. Precisamente para estas últimas instrucciones se han activado los indicadores de condición en el registro "F", ahí es donde se verifica si la condición señalada es cierta o no.

Instrucciones de salto absoluto

JP: (Jump), en inglés, "salto". Simplemente, provocan

un salto absoluto a la dirección de memoria indicada por el operando.

JP nn

OBJETO:

Salta a la posición de memoria indicada por "nn".

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 0 0 0 1 1 | C3h |
| <— n —> | LSB |
| <— n —> | MSB |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

10

EJEMPLO:

En la dirección absoluta 73F2h.

JP #9063

Observe que esta instrucción podría haber sido:

JP 36963

CODIGO MAQUINA 149

o bien, con el uso de una etiqueta:

```
ETIQUE EQU #9063
      JP ETIQUE
```

Contenido del registro "PC" inmediatamente después de que la CPU haya leído la instrucción:

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 0 1 1 1 0 0 1 1 | 73h |
| | 1 1 1 1 0 1 0 1 | F5h |

(El "PC" se ha incrementado tres veces tras leer la instrucción).

Instrucción

| | | |
|-----------|-----------------|-----|
| JP #9063: | 1 1 0 0 0 0 1 1 | C3h |
| | 0 1 1 0 0 0 1 1 | 63h |
| | 1 0 0 1 0 0 0 0 | 90h |

Contenido del registro PC después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 1 0 0 1 0 0 0 0 | 90h |
| | 0 1 1 0 0 0 1 1 | 63h |

La siguiente instrucción a ejecutar será leída desde la posición de memoria 9063h. Se habrá producido, por tanto, un salto en el programa.

```
JP cc,nn
```

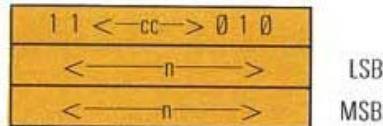
OBJETO:

Salta a la posición de memoria indicada por "nn" si la condición "cc" es verdad; en caso contrario continúa con la siguiente instrucción.

150 CODIGO MAQUINA

Las condiciones "cc" son las que se indican en la tabla de la figura 7-1.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

10

EJEMPLO:

En la dirección absoluta 8436h.

```
JP NZ, LABEL
```

La dirección de LABEL es 4723h.

El indicador de condición "Z" es igual a 0.

Contenido del registro PC al leer la instrucción la CPU:

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 1 0 0 0 0 1 0 0 | 84h |
| | 0 0 1 1 1 0 0 1 | 39h |

Instrucción

| | | |
|--------------|-----------------|-----|
| JP NZ,LABEL: | 1 1 0 0 0 1 0 | C2h |
| | 0 0 1 0 0 0 1 1 | 23h |
| | 0 1 0 0 0 1 1 1 | 47h |

Contenido del registro PC después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 0 1 0 0 0 1 1 1 | 47h |
| | 0 0 1 0 0 0 1 1 | 23h |

La siguiente instrucción a ejecutar será la de la posición de memoria 4723h, es decir, la apuntada por "LABEL".

EJEMPLO:

En la dirección absoluta 4728h.

```
JP C, #4576
```

Saltar a 4576h si el indicador de acarreo está a "1"; en caso contrario, continuar con la secuencia normal.

Suponemos que el indicador de condición "C" está a "0".

Contenido del registro PC al leer la instrucción la CPU

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 0 1 0 0 0 1 1 1 | 47h |
| | 0 0 1 0 1 0 1 1 | 28h |

Instrucción

| | | |
|--------------|-----------------|-----|
| JP C, #4576: | 1 1 0 1 1 0 1 0 | 0Ah |
| | 0 1 1 1 0 1 1 0 | 76h |
| | 0 1 0 0 0 1 0 1 | 45h |

Contenido del registro PC después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 0 1 0 0 0 1 1 1 | 47h |
| | 0 0 1 0 0 0 1 1 | 28h |

La siguiente instrucción a ejecutar será la de la posición de memoria 472Bh, es decir, no se ha producido el salto debido a que no se cumplía la condición.

EJEMPLO:

En la dirección absoluta 8520h.

```
JP PE, #E042
```

Saltar a la posición E042 si

el indicador "P/V" está a "1" ("PE" = Parity Even, Paridad par).

Suponemos que el indicador de condición "P/V" está a "1".

Contenido del registro PC al leer la instrucción la CPU

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 1 0 0 0 0 1 0 1 | 85h |
| | 0 0 1 0 0 0 1 1 | 23h |

Instrucción

| | | |
|---------------|-----------------|-----|
| JP PE, #E042: | 1 1 1 0 1 0 1 0 | EAh |
| | 0 1 0 0 0 0 1 0 | 42h |
| | 1 1 1 0 0 0 0 0 | E0h |

Contenido del registro PC después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 1 1 1 0 0 0 0 0 | E0h |
| | 0 1 0 0 0 0 1 0 | 42h |

La siguiente instrucción a ejecutar será la de la posición de memoria E042h. Se ha verificado el salto ya que la condición se cumplía.

EJEMPLO:

En la dirección absoluta A0A0h

| |
|-------------|
| JP P, #AA00 |
|-------------|

Saltar si el indicador de signo señala "positivo" ("S"=0). (JumP on Positive, Saltar si positivo).

Suponemos que el indicador de condición "S" es igual a "1".

Contenido del registro PC al leer la instrucción la CPU

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 1 0 1 0 0 0 0 0 | A0h |
| | 1 0 1 0 0 0 1 1 | A3h |

Instrucción

| | | |
|--------------|-----------------|-----|
| JP P, #AA00: | 1 1 1 1 0 0 1 0 | F2h |
| | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
| | 1 0 1 0 1 0 1 0 | AAh |

Contenido del registro PC después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 1 0 1 0 0 0 0 0 | A0h |
| | 1 0 1 0 0 0 1 1 | A3h |

La siguiente instrucción a ejecutar será la de la posición de memoria A0A3h. No se ha verificado el salto por no cumplirse la condición.

Instrucciones de salto relativo

JR: "Jump Relative"; salto relativo en inglés. Provocan un salto a una posición de memoria próxima a aquella desde donde se salta; la dirección del operando no viene dada en forma absoluta, sino mediante un valor de "desplazamiento" que se suma al contenido actual del "PC"; este valor puede ser positivo o negativo, lo que permite saltos hacia delante o hacia atrás y, lo que es más importante, al no figurar en la instrucción un valor absoluto, ésta funciona de igual forma independientemente de la posición de memoria donde esté colocada; dicho en otras palabras, las rutinas que utilicen saltos relativos son REUBICABLES, es decir, pueden correr en cualquier zona de la memoria.

Otra importante ventaja de los saltos relativos es que ocupan sólo 2 bytes frente a los 3 que ocupa un salto ab-

solutivo. El inconveniente fundamental es que los saltos han de ser "cortos", ya que el punto de destino debe estar muy próximo a aquel desde donde se salta. Su utilidad fundamental reside en la creación de bucles, como veremos más adelante.

Lo más engorroso de utilizar saltos relativos es calcular el valor de desplazamiento que hay que sumar al "PC" para que el salto se dirija al lugar correcto de la memoria; tégase en cuenta que el desplazamiento se suma al "PC" cuando éste ya se ha incrementado dos veces para apuntar a la siguiente instrucción. Cuando se trabaja con un Ensamblador, se suele poner una etiqueta en el punto de destino del salto, luego se hace el salto relativo a la etiqueta y el Ensamblador se encarga de la desagradable tarea de calcular el desplazamiento. No obstante, desde un principio prometimos que el curso se podría seguir sin Ensamblador, así que estudiaremos con detalle la forma de calcular saltos relativos.

Cuando se salta hacia delante no hay problema, la dificultad consiste en calcular un salto hacia atrás, ya que en este caso, el desplazamiento es negativo, es decir, complemento a 2; precisamente para esto, nos va a servir muy bien la figura 2 del capítulo relativo a los sistemas de numeración (páginas 12, 13 y 14 del curso); la segunda columna de esta figura indica el valor absoluto que se corresponde con un determinado valor negativo en complemento a 2. Veamos primero las instrucciones de salto relativo y luego volveremos sobre esto más detenidamente.

JR e

OBJETO:

Salta a la posición de memoria que resulta de añadir a la propia posición de la instrucción el entero de desplazamiento, el cual puede adquirir los valores desde -126 a +129.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 00011000 | 18h |
| ← e-2 → | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

12

EJEMPLO:

En la dirección absoluta 45F6h

JR +129

Queremos saltar a 4677h (18039d) y estamos en 45F6h (17910) por tanto, $18039 - 17910 = 129$.

Contenido del registro PC al leer la instrucción la CPU

| | | |
|-------|----------|-----|
| (PC): | 01000101 | 45h |
| | 11111000 | F8h |

El registro se ha incrementado dos veces, ahora contiene 45F8h (17912d) así que el valor que hay que sumar es 7Fh (127d) es decir, "e-2".

152 CODIGO MAQUINA

Instrucción

| | | |
|----------|----------|-----|
| JR +129: | 00011000 | 18h |
| | 01111111 | 7Fh |

Observe, de nuevo, que hemos ensamblado 7Fh (127d) es decir, "e-2".

Contenido del registro PC después de la ejecución

| | | |
|-------|----------|-----|
| (PC): | 01000110 | 46h |
| | 01110111 | 77h |

La siguiente instrucción a ejecutar será la de la posición de memoria 4677h; observe que esta dirección es igual a $45F8h + 7Fh$ o, si lo prefiere, $18039 = 17912 + 127$ ($127 = 129 - 2$, es decir, e-2). Observe también que hemos tenido que ensamblar el valor 127 en lugar de 129, ya que el código objeto debe llevar el valor "e-2"; esto se debe a que, como decíamos antes, el desplazamiento se suma cuando el "PC" se ha incrementado dos veces para apuntar a la siguiente instrucción.

Si estuviéramos trabajando con un Ensamblador, hubiéramos puesto una etiqueta delante de la instrucción a donde queríamos saltar, por ejemplo, "LB1" y luego, habríamos hecho, simplemente:

JR LB1

El Ensamblador se hubiera encargado de calcular el desplazamiento que habría que ensamblar en el código máquina. Todas estas consideraciones en cuanto al valor del desplazamiento son igualmente válidas en todos los ejemplos que siguen sobre saltos relativos.

JR C,e

OBJETO:

Si el indicador de acarreo "C" está activo; salta a la posición de memoria que resulta de añadir a la propia posición de la instrucción el entero de desplazamiento "e", el cual puede adquirir los valores desde -126 a +129.

Si el indicador de acarreo "C" no está activo; ejecuta la siguiente instrucción.

Las instrucciones de saltos condicionales son equivalentes a la sentencia Basic:

IF ... THEN GO TO ...

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 00111000 | 38h |
| ← e-2 → | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

Si cumple la condición, 3

Si no cumple la condición, 2

CICLOS DE RELOJ:

Si cumple la condición 12

Si no cumple la condición 7

EJEMPLO:

En la dirección absoluta 8323h

JR C,+10

Contenido del registro PC al leer la instrucción la CPU

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 1 0 0 0 0 0 0 0 | 80h |
| | 0 0 1 0 0 1 0 1 | 25h |

Indicador C=0

Instrucción

| | | |
|-----------|-----------------|-----|
| JR C,+10: | 0 0 1 1 1 0 0 0 | 38h |
| | 0 0 0 0 1 0 0 0 | 08h |

(Ensamblamos 08h que es 10-2, es decir, e-2).

Contenido del registro PC después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 1 0 0 0 0 0 0 0 | 80h |
| | 0 0 1 0 0 1 0 1 | 25h |

No se cumplía la condición porque "C" estaba a "0", de forma que no se verifica el salto y pasa a ejecutarse la instrucción que sigue en el orden normal del programa.

JR NC,e

OBJETO:

Si el indicador de acarreo "C" no está activo; salta a la posición de memoria que resulta de añadir a la propia posición de la instrucción el entero de desplazamiento "e", el cual puede adquirir los valores desde -126 a +129.

Si el indicador de acarreo "C" está activo, ejecuta la siguiente instrucción.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 0 0 1 1 0 0 0 0 | 30h |
| <-----e-2-----> | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

Si cumple la condición,

3

Si no cumple la condición,

2

CICLOS DE RELOJ:

Si cumple la condición,

12

Si no cumple la condición,

7

EJEMPLO:

En la dirección absoluta 7743h

| |
|----------|
| JR NC,-7 |
|----------|

Contenido del registro PC al leer la instrucción la CPU

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 0 1 1 1 0 1 1 1 | 77h |
| | 0 1 0 0 0 1 0 1 | 45h |

Indicador C=0

Instrucción

| | | |
|-----------|-----------------|-----|
| JR NC,-7: | 0 0 1 1 0 0 0 0 | 30h |
| | 1 1 1 1 1 0 1 1 | FBh |

Contenido del registro PC después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 0 1 1 1 0 1 1 1 | 77h |
| | 0 0 1 1 1 1 1 0 | 3Eh |

La siguiente instrucción a ejecutar será la de la posición de memoria 773Eh; por tanto, se ha efectuado el salto.

JR Z,e

OBJETO:

Si el indicador de cero "Z" está activo; salta a la posición de memoria que resulta de añadir a la propia posición de la instrucción el entero de desplazamiento "e", el cual puede adquirir los valores desde -126 a +129.

Si el indicador de cero Z no está activo; ejecuta la siguiente instrucción.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 0 0 1 0 1 0 0 0 | 28h |
| <-----e-2-----> | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

Si cumple la condición,

3

Si no cumple la condición,

2

CICLOS DE RELOJ:

Si cumple la condición,

12

Si no cumple la condición,

7

EJEMPLO:

En la dirección absoluta 4590h

| |
|---------|
| JR Z,+6 |
|---------|

Contenido del registro PC al leer la instrucción la CPU

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 0 1 0 0 0 1 0 1 | 45h |
| | 1 0 0 1 0 0 1 0 | 92h |

Indicador Z=1

Instrucción

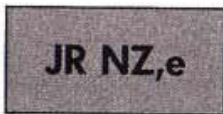
CODIGO MAQUINA 153

| | | |
|----------|-----------------|-----|
| JR Z,+6: | 0 0 1 0 1 0 0 0 | 28h |
| | 0 0 0 0 0 1 0 0 | 04h |

Contenido del registro PC después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 0 1 0 0 0 1 0 1 | 45h |
| | 1 0 0 1 0 1 1 0 | 96h |

La siguiente instrucción a ejecutar será la de la posición de memoria 4596h; se efectúa el salto.



OBJETO:

Si el indicador de acarreo "Z" no está activo; salta a la posición de memoria que resulta de añadir a la propia posición de la instrucción el entero de desplazamiento "e", el cual puede adquirir los valores desde -126 a +129.

Si el indicador de acarreo "Z" está activo; ejecuta la siguiente instrucción.

CODIGO DE MAQUINA:

| | | |
|--|-----------------|-----|
| | 0 0 1 0 0 0 0 0 | 20h |
| | <-----e-2-----> | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

Si cumple la condición, 3

Si no cumple la condición, 2

CICLOS DE RELOJ:

154 CODIGO MAQUINA

Si cumple la condición, 12
Si no cumple la condición, 7

EJEMPLO:

En la dirección absoluta 5000h

| |
|------------|
| JR NZ,-126 |
|------------|

Contenido del registro PC al leer la instrucción la CPU

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 0 1 0 1 0 0 0 0 | 50h |
| | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |

Indicador Z=1

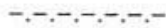
Instrucción

| | | |
|-------------|-----------------|-----|
| JR NZ,-126: | 0 0 1 0 0 0 0 0 | 20h |
| | 1 0 0 0 0 0 0 0 | 80h |

Contenido del registro PC después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 0 1 0 1 0 0 0 0 | 50h |
| | 0 0 0 0 0 0 1 0 | 02h |

Ejecuta la siguiente instrucción y no se verifica el salto.



Existe, dentro del repertorio del Z-80, una instrucción compleja que resulta especialmente adecuada para establecer bucles de iteración; esta instrucción es "DJNZ", abreviatura de: "Decrement and Jump if Not Zero", en castellano: "Decrementa y Salta si No es Cero". Esta instrucción puede considerarse equivalente a la sentencia "FOR...NEXT" del Basic, ya que se usa para lo mismo, si bien, de distinta forma.



OBJETO:

Decrementa el registro "B" (le resta "1").

Si el valor del registro "B" es distinto de cero; salta a la posición de memoria que resulta de añadir a la propia posición de la instrucción el entero de desplazamiento "e", el cual puede adquirir los valores desde -126 a +129.

Si el valor del registro "B" es cero; ejecuta la siguiente instrucción (ver FIGURA 7-2).

CODIGO DE MAQUINA:

| | | |
|--|-----------------|-----|
| | 0 0 0 1 0 0 0 0 | 10h |
| | <-----e-2-----> | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

Si registro "B" diferente de cero, 3

Si registro "B" igual a cero, 2

CICLOS DE RELOJ:

Si registro "B" diferente de cero, 13

Si registro "B" igual a cero, 8

EJEMPLO:

En la dirección absoluta 4723h

| |
|----------|
| DJNZ,-20 |
|----------|

Contenido del registro "B"

(B): 00000101 05h

Contenido del registro PC al leer la instrucción la CPU

(PC): 01000111 47h
00100101 25h

Instrucción

DJNZ,-20h: 00010000 10h
11011110 0Eh

Contenido del registro "B" después de la ejecución

(B): 00000101 04h

Contenido del registro PC después de la ejecución

(PC): 01000111 47h
00000011 03h

La siguiente instrucción a ejecutar será la de la posición de memoria 4703h. Se ha decrementado el registro "B", pero como todavía no ha llegado a "0", se efectúa el salto.

Si el registro "B" hubiera contenido "1" antes de la ejecución, al decrementarlo hubiera pasado a valer "0" con lo que no se habría producido el salto, y se hubiera ejecutado la siguiente instrucción.

A continuación, vamos a ver cómo se utilizan ésta y otras instrucciones para crear, en código máquina, bucles de diferentes tipos.

Bucles

Por fin, ha llegado el momento de estudiar la que es, sin duda, la principal técnica de programación. En código

máquina (o en Assembler), necesitaremos uno o más bucles para casi cualquier cosa que queramos hacer, así que recomendamos al lector que ponga mucha atención en esta parte, y la lea las veces que sean necesarias hasta que consiga comprenderlo perfectamente.

Al igual que en Basic, existen varias formas de hacer un bucle; la más sencilla consiste en escribir una serie de instrucciones y terminar con un "GO TO" que mande, de nuevo, a la primera de ellas. En Basic sería algo así:

```
10 REM Comienza el bucle
20 .....
30 .....
40 .....
50 GO TO 10
```

Este bucle tiene un fallo gravísimo: el ordenador se queda atrapado en él eternamente; claro que esto en Basic no es problema ya que siempre podemos hacer "BREAK"; pero en Assembler no vamos a disponer de un "BREAK" tan fácilmente, así que será mejor que tengamos mucho cuidado de no crear bucles donde el ordenador se quede atrapado. Algo más correcto sería:

```
10 REM Comienza el bucle
20 .....
30 .....
40 .....
50 IF ... THEN GO TO 10
```

Esta vez el bucle sólo se cierra si se cumple la condi-

ción que pongamos entre "IF" y "THEN", en caso contrario, se ejecuta la siguiente instrucción y se sale del bucle.

En Assembler podemos conseguir un efecto similar:

```
10 BUCLE .... ;Comienza el bucle
20 .....
30 .....
40 .....
50 JP cc,BUCLE
```

¿Qué hemos hecho?: tenemos una serie de instrucciones que deben repetirse mientras la condición "cc" se cumpla; ponemos esas instrucciones a partir de una etiqueta (en nuestro caso: "BUCLE") y al final colocamos una instrucción que obligue al microprocesador a saltar a la instrucción donde está la etiqueta solamente si se cumple la condición. Al igual que antes si ésta no se cumple, se saldrá del bucle y se continuará con el proceso normal.

Los saltos absolutos tienen el grave inconveniente de no permitir la reubicación del código en un lugar distinto de donde fueron ensamblados; por otro lado, ocupan 3 bytes en lugar de los 2 que ocupa un salto relativo; así que no parece mala idea de utilizar saltos relativos para los bucles; siempre, claro está, que las instrucciones que componen el bucle no ocupen más de 127 bytes.

En el ejemplo anterior, podemos cambiar la línea 50 por:

```
50 JR cc,BUCLE
```

La condición "cc" puede ser cualquiera de: "Z", "NZ", "C" y "NC"; al ensamblar esta línea, ocupará solamente 2 bytes y, además, correrá exactamente igual en cualquier posición de memoria.

Ahora, vamos a prestar un poco de atención a la condición "cc" que nos permite cerrar el bucle; examine este programa en Basic:

```
10 LET b=12
20 REM comienza el bucle
30 ....
40 ....
50 LET b=b-1
60 IF b<>0 THEN GO TO 20
```

Es fácil comprobar que el bucle se repetirá 12 veces; en cada pasada se resta "1" a "b"; en la duodécima pasada, "b" llegará a valer "0", con lo que no se cumple la condición "b<>0" y se sale del bucle. En Assembler, esto sería algo así:

```
10      LD    B,12
20 BUCLE .....
30      .....
40      .....
50      DEC  B
60      JR   NZ,BUCLE
```

La lógica es la misma: cargamos "12" en el registro "B" y lo decrementamos en cada pasada, cerrando el bucle mientras "B" sea distinto de "0". ¿Por qué hemos elegido el registro "B"?: las dos instrucciones "DEC B" y "JR NZ, BUCLE" ocupan, en total, 3 bytes; pero éste es el sitio adecuado para colocar la instrucción "DJNZ" de la siguiente forma:

```
50      DJNZ BUCLE
```

Esto es lo que se denomina un "BUCLE DE ITERACION" y el registro "B" resulta especialmente idóneo para usarlo en este tipo de bucles; aunque nada nos impide utilizar otros registros; pero tenga en cuenta que "DJNZ" sólo actúa sobre el registro "B".

Observe el siguiente programa en Basic:

```
10 LET c=15
20 REM Bucle exterior
30 LET b=12
40 REM Bucle interior
50 .....
60 .....
70 LET b=b-1
80 IF b<>0 THEN GO TO 40
90 LET c=c-1
100 IF c<>0 THEN GO TO 20
```

Es equivalente a:

```
10 FOR c=0 TO 15
20 FOR b=0 TO 12
30 .....
40 .....
50 NEXT b
60 NEXT c
```

Efectivamente, se trata de dos bucles "anidados", es decir, uno dentro del otro. En Assembler también podemos hacerlo:

```
10      LD    C,15
20 BUC_1 LD    B,12
30 BUC_2 .....
```

```
40      .....
50      .....
60      DJNZ BUC_2
70      DEC  C
80      JR   NZ,BUC_1
```

Parece que si empezamos a anidar muchos bucles uno dentro de otro, se nos acabarán pronto los registros. Bien, no es cierto, podemos utilizar la "pila":

```
10      LD    B,18
20 BUC_1 PUSH  BC
30      LD    B,15
40 BUC_2 PUSH  BC
50      LD    B,12
60 BUC_3 .....
70      .....
80      .....
90      DJNZ BUC_3
100     POP   BC
110     DJNZ BUC_2
120     POP   BC
130     DJNZ BUC_1
```

Si se toma la molestia de seguir el curso al programa, verá que tenemos anidados tres bucles, cada uno dentro del otro, todos están controlados por el mismo registro y no hay posibilidad de confusión; vamos guardando los registros en la pila y recuperándolos sólo cuando es necesario.

Hasta ahora, hemos supuesto que el número de iteraciones (veces que tiene que repetirse el bucle) era menor de 256; pero ¿y si fuera mayor?; en ese caso, tendríamos que recurrir a un registro de 16 bits como contador del bucle, por ejemplo, el "BC". Existe un pequeño inconveniente, al decrementar el "BC" no resultan afectados

los indicadores, pero podemos evitarlo con un pequeño truco:

```

10      LD      BC,500
20 BUCLE .....
30      .....
40      .....
50      DEC     BC
60      LD      A,B
70      OR      C
80      JR      NZ,BUCLE

```

¿Ingenioso verdad?; por desgracia no se nos ha ocurrido a nosotros, lo hacen todos los programadores de Assembler; se trata, simplemente, de cargar en "A" el contenido de "B" y hacerle un "OR" con "C"; el resultado sólo será "0" si ambos, "B" y "C", valen "0". Tiene el ligero inconveniente de modificar el contenido de "A", pero para eso tenemos la pila:

```

10      LD      BC,500
20      PUSH   AF
30 BUCLE POP     AF
40      .....
50      .....
60      DEC     BC
70      PUSH   AF
80      LD      A,B
90      OR      C
100     JR      NZ,BUCLE
110     POP     AF

```

La cosa se complica un poco con los PUSH y POP, pero funciona de maravilla y el contenido de "A" no se altera en absoluto. No olvide que la línea donde se define el valor inicial del contador tiene que estar antes de la etiqueta

donde se inicia el bucle; un error muy típico de principiante consiste en colocar la etiqueta en la línea donde se carga el contador con el valor inicial, algo como:

```

10 BUCLE LD      B,2
20      .....
30      .....
40      DJNZ   BUCLE

```

Terrible error; el registro "B" siempre vale "2" y el ordenador se queda "enganchado" indefinidamente en el bucle.

Por último y para terminar con el tema de los bucles, vamos a contarle un truco: si desea iterar un bucle 256 veces, no podrá cargar el número "256" en el registro "B", pero no necesita recurrir a un registro de 16 bits; bastará con que cargue el registro "B" con "0" y el bucle se iterará 256 veces. Si desea más de 65536 iteraciones (cosa bastante improbable), lo más sencillo es anidar dos bucles; el número total de iteraciones vendrá dado por el producto de las iteraciones de cada uno de los dos bucles; con 65536 iteraciones en cada uno, hasta un microprocesador relativamente rápido como el Z-80A tardará unos cuantos segundos.

Instrucciones de salto indirecto

```
JP (HL)
```

```
JP (IX)
```

Salta a la posición de memoria direccionada por el contenido del par de registros "HL".

CODIGO DE MAQUINA:

```
11101001 E9h
```

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

```
JP (HL)
```

Contenido del par de registros "HL"

```

(H): 10001010 8Ah
(L): 00001011 0Bh

```

Instrucción

```
JP (HL): 11101001 E9h
```

Contenido del registro "PC" después de la ejecución.

```

(PC): 10001010 8Ah
      00001011 0Bh

```

La siguiente instrucción a ejecutar será la de la posición de memoria 8A08h. El salto es incondicional y, por tanto, se verifica siempre.

OBJETO:

Salta a la posición de memoria direccionada por el contenido del registro índice IX.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 11011101 | DDh |
| 11101001 | E9h |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:

| |
|---------|
| JP (IX) |
|---------|

Contenido del registro índice IX.

| | | |
|-------|----------|-----|
| (IX): | 10110000 | B0h |
| | 11110000 | F0h |

Instrucción

| | | |
|----------|----------|-----|
| JP (IX): | 11011101 | DDh |
| | 11101001 | E9h |

Contenido del registro "PC" después de la ejecución.

| | | |
|-------|----------|-----|
| (PC): | 10110000 | B0h |
| | 11110000 | F0h |

La siguiente instrucción a ejecutar será la de la posición de memoria B0F0h.

JP (IY)

OBJETO:

Salta a la posición de memoria direccionada por el contenido del registro índice IY.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 11111101 | FDh |
| 11101001 | E9h |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:

| |
|---------|
| JP (IY) |
|---------|

Contenido del registro índice IY

| | | |
|-------|----------|-----|
| (IY): | 01110110 | 76h |
| | 10000100 | 84h |

Instrucción

| | | |
|----------|----------|-----|
| JP (IY): | 11111101 | FDh |
| | 11101001 | E9h |

Contenido del registro "PC" después de la ejecución.

| | | |
|-------|----------|-----|
| (PC): | 01110110 | 76h |
| | 10000100 | 84h |

La siguiente instrucción a

ejecutar será la de la posición de memoria 7684h.

Las instrucciones "JP (IX)" y "JP (IY)" son de escasa utilidad, ya que los registros índices rara vez se utilizan para direccionar saltos. Estas instrucciones son, más bien, una consecuencia del procedimiento que utiliza el microprocesador para decodificar las instrucciones que llevan direccionamiento indexado.

Si mira atentamente las tablas de codificación, verá que cualquier instrucción que utilice direccionamiento indirecto a través del registro "HL", puede funcionar con direccionamiento indexado si se antepone al código de operación "DD" para el índice "IX" o "FD" para el índice "IY"; esto es una regla general.

Hubiera sido más útil disponer de las instrucciones "JP (BC)" y "JP (DE)"; por desgracia, el repertorio del Z-80 no incluye estas instrucciones; no obstante, es posible simularlas mediante un artificio que utiliza en varias ocasiones el Sistema Operativo. El procedimiento se comprenderá mejor cuando estudiemos las subrutinas, pero podemos anticipar que consiste en "engañar" al microprocesador metiendo en la pila el contenido del registro y haciendo "RET" (retorno desde subrutina), con lo que tomará el valor que hemos metido en la pila como dirección de retorno. Por ejemplo, la instrucción "JP (BC)" se puede simular con: "PUSH BC" + "RET". Esta es una de las ventajas de compartir la pila de usuario con la máquina.

Ejemplos

Los ejemplos de este capítulo van a ser bastante más complicados que los de capítulos anteriores; el poder utilizar ya las instrucciones de salto, nos va a permitir crear bucles y hacer cosas más útiles. Desarrollaremos una rutina para multiplicar, otra para dividir y, finalmente, una rutina que borra la pantalla por trozos, dependiendo el trozo borrado del valor que contenga el acumulador.

Vamos a empezar por la rutina de multiplicar. Algunas CPUs de ordenadores mayores que el Spectrum, incluyen la instrucción de multiplicar en su Assembler; como no es el caso del Z-80, tal vez resulte útil disponer de una rutina de multiplicación que se podrá incluir dentro de un programa en cualquier momento que se necesite.

En el producto $A \times B$, vamos a llamar "multiplicando" a "A" y "multiplicador" a "B". Básicamente, multiplicar "AxB" consiste en sumar "A" sobre sí mismo tantas veces como indique "B"; parece un trabajo bastante adecuado para un bucle. Supongamos que tenemos el multiplicando en el registro "DE" y el multiplicador en el registro "B"; el bucle podría ser:

```
LD    HL,0
BUCLE ADD  HL,DE
      DJNZ BUCLE
```

El contenido del registro "DE" se iría sumando sobre "HL" tantas veces como indicara el contenido "B". Eviden-

| "cc" | Código | Significado | Indicador |
|------|--------|--------------------------------------|-----------|
| NZ | 000 | no cero | Z=0 |
| Z | 001 | cero | Z=1 |
| NC | 010 | no acarreo | C=0 |
| C | 011 | acarreo | C=1 |
| PO | 100 | paridad impar o no desbordamiento | P/V=0 |
| PE | 101 | paridad par o desbordamiento | P/V=1 |
| P | 110 | signo positivo | S=0 |
| M | 111 | signo negativo | S=1 |

Fig. 7-1. Tabla de condiciones "cc" para la instrucción de salto "JP".

temente, el multiplicando no puede ser superior a 65535 (FFFFh) ni el multiplicador puede ser superior a 255 (FFh). Pero si multiplicamos 65535 por 255 obtenemos 16711425 (FEFF01h) y este número no se puede representar con dos octetos, de forma que, a lo largo de la ejecución del bucle, obtendremos varias veces un acarreo en el registro "HL"; si no queremos que el resultado no tenga nada que ver con la realidad, será mejor que llevemos la cuenta de las veces que se produce acarreo. Algo más correcto sería:

```
XOR  A
LD   HL,0
BUCLE ADD HL,DE
      JR  C,CARRY
```

```
LOOP  DJNZ BUCLE
      .....
      .....
      RET
CARRY INC  A
      JR  LOOP
```

Los puntos suspensivos indican que ahí tendrán que ir algunas instrucciones que hagan algo con el resultado antes de retornar. La diferencia entre esta rutina y la otra, es que detectamos cada vez que hay un acarreo y lo acumulamos en "A"; de esta forma, el resultado final de nuestra multiplicación vendrá dado por los contenidos de "A" y "HL" puestos en el orden: "AHL", es decir, "A" será el octeto de mayor peso y "L" será el de menor.

Persiste aún un problema:

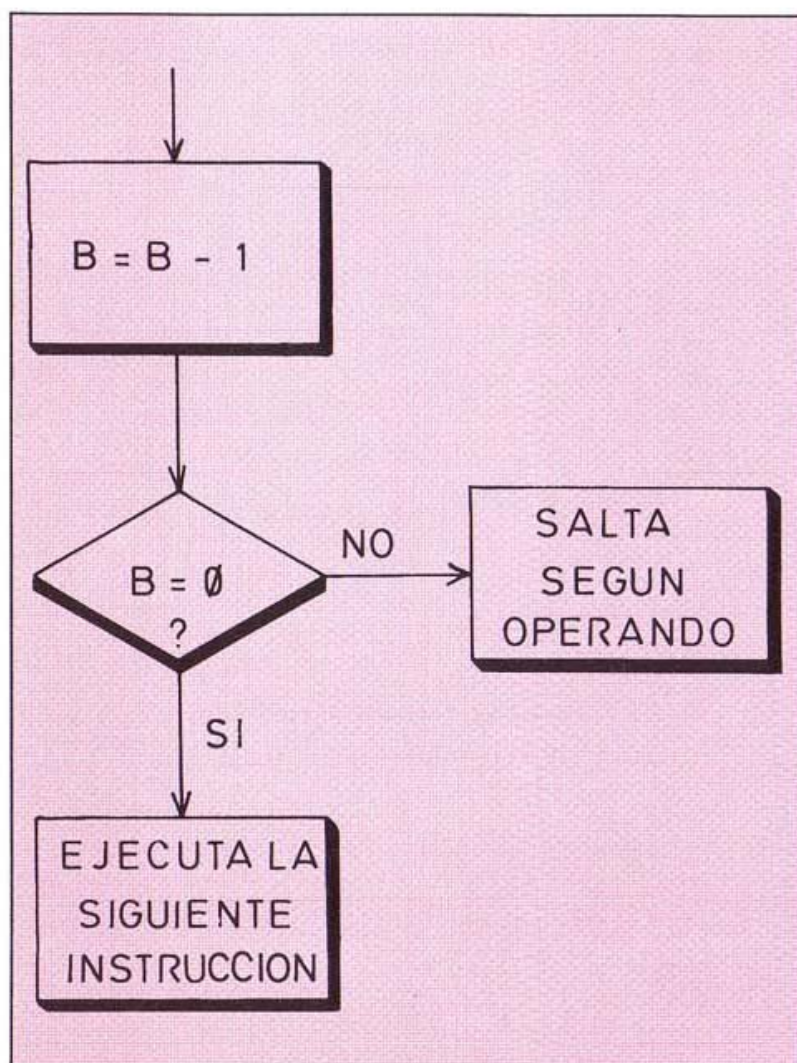


Fig. 7-2. Organigrama de la instrucción "DJNZe"

¿Qué ocurre cuando el multiplicador es igual a "0"?; dado el funcionamiento de "DJNZ", multiplicaríamos por 256. Esto provocaría un resultado erróneo, de forma que tendremos que detectar cuando el multiplicador sea "0" para actuar en consecuencia.

Por otro lado, es necesario tomar los valores iniciales de algún sitio y almacenarlos en algún otro sitio. Colocaremos nuestra rutina en el buffer de impresora (aunque es totalmente reubicable) y utilizaremos las primeras direcciones como variables donde almacenar los datos de entrada y

el resultado; "VAR1" en una variable de 2 octetos en las direcciones 23296 y 23297, en la entrada contiene el multiplicando y en la salida, los dos octetos menos significativos del resultado; "VAR2" es una variable de 1 octeto en la dirección 23298, en la entrada contiene el multiplicador y en la salida, el octeto más significativo del resultado. Dejamos otro byte libre y colocamos la rutina a partir de 23300 para que empiece en un número redondo que es más fácil de recordar. Hemos llamado a la rutina "MULTI" y su listado completo es:

```

130 MULTI LD HL,VAR2
140      LD B,(HL)
150      LD DE,(VAR1)
160      DEC B
170      INC B
180      JR Z,CERO
190      XOR A
200      LD HL,0
210 BUCLE ADD HL,DE
220      JR C,CARRY
230 LOOP  DJNZ BUCLE
240      LD (VAR1),HL
250      LD (VAR2),A
260      RET
270 CARRY INC A
280      JR LOOP
290 CERO  LD HL,0
300      LD (VAR1),HL
310      RET
  
```

Las líneas 130 y 140 cargan en "B" el contenido de "VAR2"; en 150 se carga en "DE" el contenido de "VAR1"; las líneas 160, 170 y 180 comprueban si "B" es "0", en cuyo caso, se salta a la línea 290. En 190 y 200 se carga "0" en "A" y "HL"; 210, 220 y 230 constituyen el bucle principal; si se produce acarreo, se incrementa "A" en 270 y 280. Finalmente, las líneas 240 y 250 cargan en "VAR1" y "VAR2" el resultado antes de retornar.

En la FIGURA 7-5 se puede ver el organigrama de esta rutina; un estudio detenido de este organigrama contribuirá a una mejor comprensión de su funcionamiento.

Vamos a ensamblarla. Las líneas 130 y 170 no deben dar problemas, simplemente, recuerde sustituir "VAR1" y "VAR2" por sus respectivos

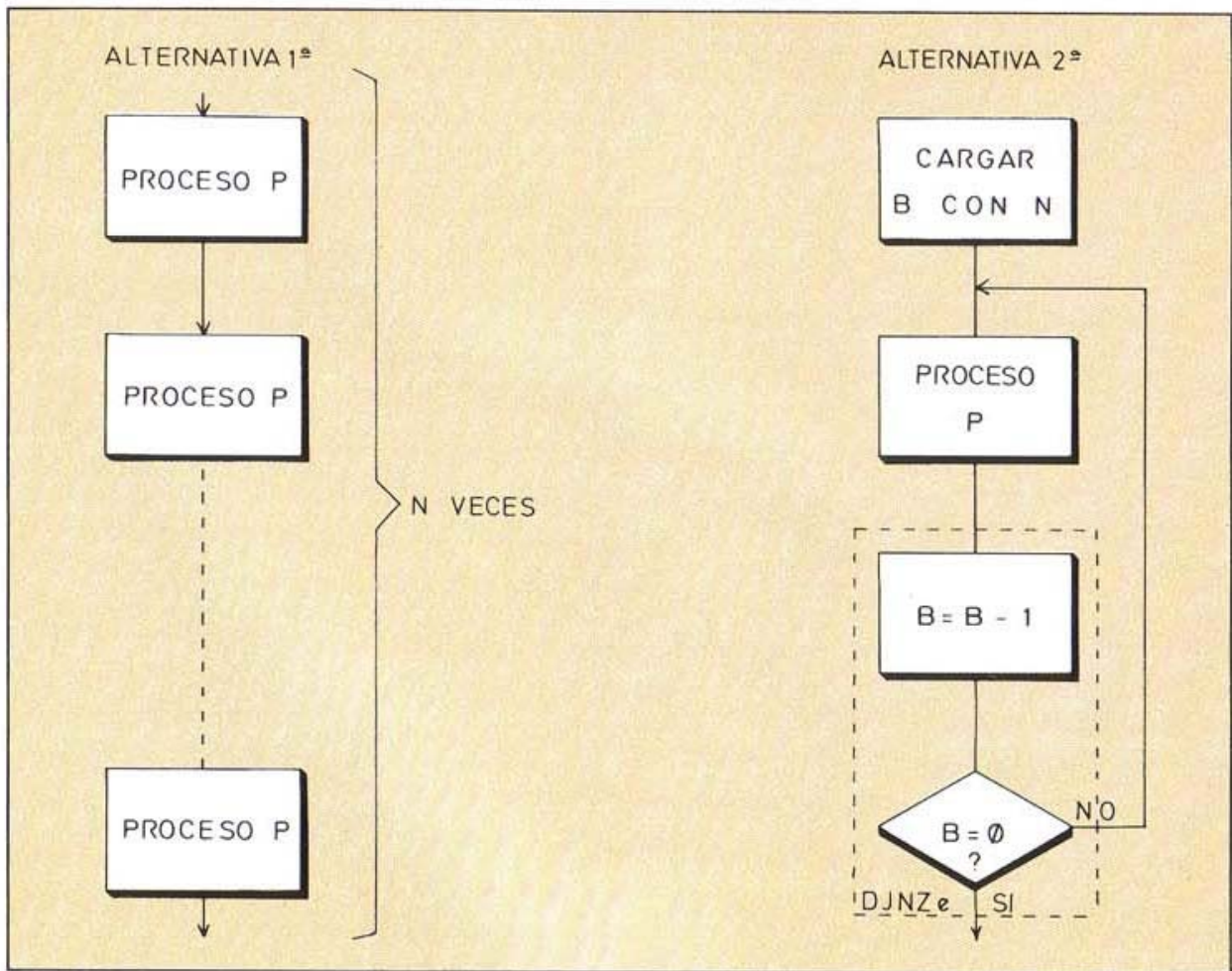


Fig. 7-3. Técnica de bucles.

valores: 23296 (5B00h) y 23298 (5B02h). El primer problema surge en el salto relativo de la línea 180; esta instrucción va a ocupar las direcciones 23310 y 23311 de forma que, cuando el micro acabe de leerla, el "PC" apuntará a 23312, y queremos que salte a 23331 que es donde está la etiqueta "CERO", así que el desplazamiento será: $23331 - 23312 = 19$; ensamblaremos "40" que es el código de operación y "19" que es el desplazamiento. El siguiente salto relativo está en la línea 220 "JR C,CARRY", se ensamblará en las posiciones 23317 y 23318 y tiene que saltar a 23328, así que: $23328 - 23319 = 9$; ensambla-

mos "56" y "9".

El salto de la línea 230 es hacia atrás, pero tampoco debe haber problema; "DJNZ BUCLE" está en 23319 y 23320 y "BUCLE" está en 23316; así que $23316 - 23321 = -5$; miramos en la segunda columna de la tabla de la página 14 y vemos que "-5" equivale a "251", de forma que ensamblamos "16" y "251". Es conveniente ensamblar primero todo el programa dejando en blanco el espacio equivalente a los saltos relativos, y luego calcular estos cuando ya se sabe qué direcciones ocupa cada instrucción. Intente ensamblar por sí mismo toda la rutina y luego compruebe si le ha

quedado así:

| | | |
|-----|-------|-------------|
| 130 | 23300 | 33,2,91 |
| 140 | 23303 | 70 |
| 150 | 23304 | 237,91,0,91 |
| 160 | 23308 | 5 |
| 170 | 23309 | 4 |
| 180 | 23310 | 40,19 |
| 190 | 23312 | 175 |
| 200 | 23313 | 33,0,0 |
| 210 | 23316 | 25 |
| 220 | 23317 | 56,9 |
| 230 | 23319 | 16,251 |
| 240 | 23321 | 34,0,91 |
| 250 | 23324 | 50,2,91 |
| 260 | 23327 | 201 |

| | | |
|-----|-------|---------|
| 270 | 23328 | 60 |
| 280 | 23329 | 24,244 |
| 290 | 23331 | 33,0,0 |
| 300 | 23334 | 34,0,91 |
| 310 | 23337 | 201 |

Hemos representado, por este orden: número de línea, dirección de memoria y código máquina. Habrá comprobado que resulta sumamente tedioso ensamblar a mano rutinas con saltos relativos; no se preocupe por ello, precisamente por eso se inventaron los ensambladores; si se dedica a hacer programas en Assembler, es seguro que utilizará un ensamblador. En un capítulo posterior, enseñaremos a utilizarlos; pero, de momento, el ensamblar a mano le va a servir para comprender mejor el código máquina.

En el orden que seguimos habitualmente, ahora tocaría desarrollar un pequeño programa en Basic que nos permita utilizar esta rutina; pero hemos creído más lógico hacer, primero, una rutina para dividir y, luego, el programa en Basic que maneje las dos rutinas. Así que vamos con la división.

Dado que trabajaremos con números enteros, nuestra rutina de dividir no sacará decimales; se limitará a dividir un número por otro y darnos un cociente y un resto. Esto suele ser más útil, en Assembler, que sacar decimales; no obstante, la rutina es fácil de modificar; si quiere sacar 2 decimales, multiplique el resto por 100 y siga dividiendo; si quiere 3 decimales, multiplíquelo por 1.000 y así sucesi-

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|
| JP nn | C3,n,n | 195,n,n |
| JP NZ,nn | C2,n,n | 194,n,n |
| JP Z,nn | CA,n,n | 202,n,n |
| JP NC,nn | D2,n,n | 210,n,n |
| JP C,nn | DA,n,n | 218,n,n |
| JP PO,nn | E2,n,n | 226,n,n |
| JP PE,nn | EA,n,n | 234,n,n |
| JP P,nn | F2,n,n | 242,n,n |
| JP M,nn | FA,n,n | 250,n,n |
| JP (HL) | E9 | 233 |
| JP (IX) | DD,E9 | 221,233 |
| JP (IY) | FD,E9 | 253,233 |
| JR e | 18,e | 24,e |
| JR C,e | 38,e | 56,e |
| JR NC,e | 30,e | 48,e |
| JR Z,e | 28,e | 40,e |
| JR NZ,e | 20,e | 32,e |
| DJNZ e | 10,e | 16,e |

Fig. 7-4. Tabla de codificación para las instrucciones de salto.

vamente, de forma similar a como se hace al dividir "a mano" sobre un papel.

En la operación "A/B" llamaremos "dividendo" a "A" y "divisor" a "B"; utilizaremos las mismas variables que para la multiplicación. "VAR1" almacenará, en la entrada, el dividendo y, en la salida, el cociente; "VAR2" almacenará, en la entrada, el divisor y,

en la salida, el resto. En estas condiciones, el dividendo no podrá ser mayor de 65535 ni el divisor mayor de 255; por tanto, el cociente estará siempre comprendido entre "0" y "65535"; y el resto entre "0" y "254" (ambos inclusive).

Dividir "A" entre "B" consiste en ir restando "B" de "A" hasta que lo que quede sea menor que "B", en ese mo-

mento, lo que queda de "A" es el resto y el número de veces que hayamos podido restar es el cociente. De nuevo parece que lo ideal es un bucle.

¿Cómo detectamos que lo que queda de "A" es menor que "B"?; muy sencillo, vamos restando hasta que tengamos acarreo, en ese momento volvemos un paso atrás, es decir, sumamos una vez, y ya tenemos el resto; si hemos llevado la cuenta de las restas, ese será el cociente más "1" (hemos restado una vez más de las que debíamos). Por otro lado, deberemos comprobar que el divisor no sea "0" ya que, en ese caso, no podríamos efectuar la división. Vamos a ver la rutina:

```

330 DIVI LD HL,VAR2
340 LD C,(HL)
350 DEC C
360 INC C
370 JR Z,ERROR
380 LD B,0
390 LD DE,0
400 LD HL,(VAR1)
410 LAZO AND A
420 SBC HL,BC
430 JR C,FINAL
440 INC DE
450 JR LAZO
460 FINAL ADD HL,BC
470 LD A,L
480 LD (VAR2),A
490 LD (VAR1),DE
500 RET
510 ERROR RST 8
520 DEFB 5
  
```

Las líneas 330 y 340 cargan el divisor en "C" ("B" se pone a "0" en 380 para que "BC" contenga el divisor). En

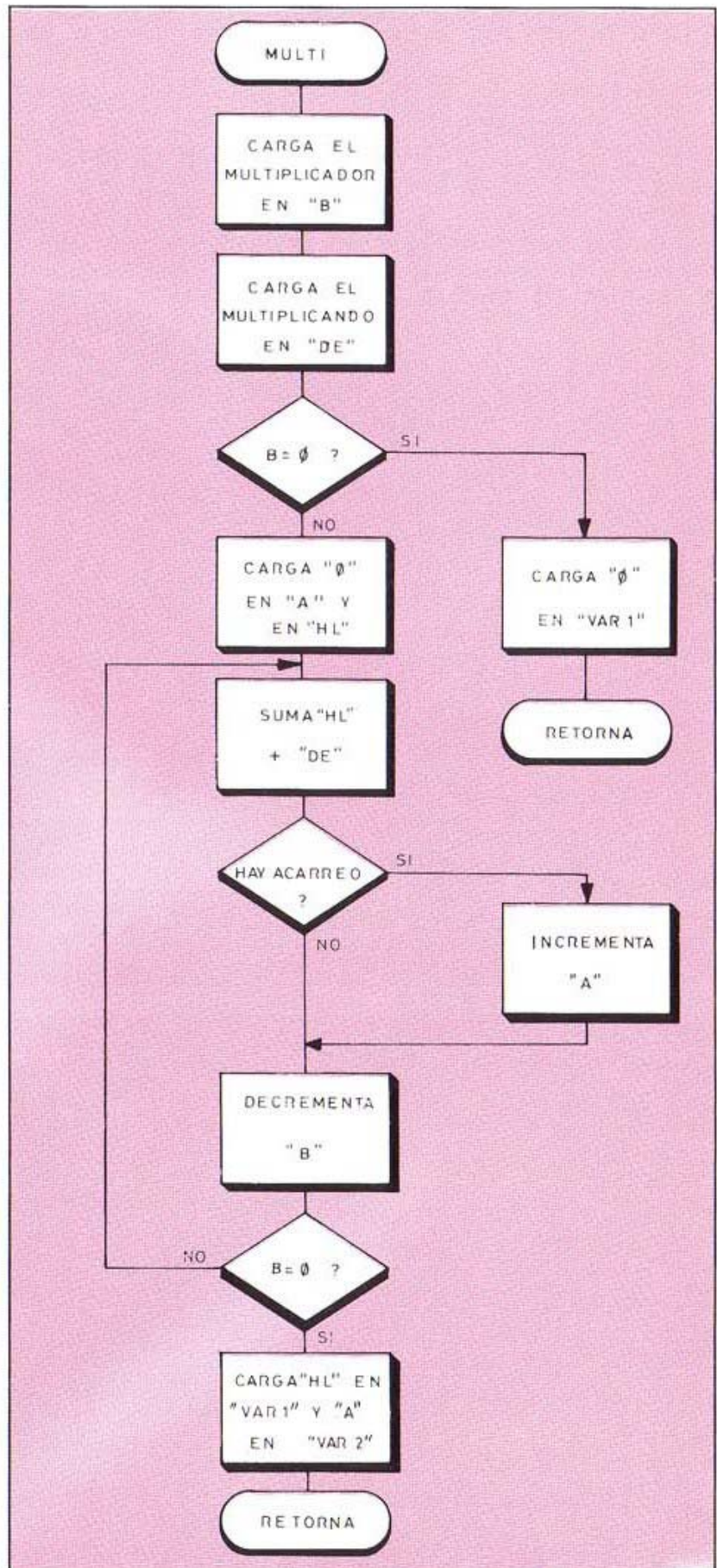


Fig. 7-5. Organigrama de la rutina para multiplicar.

350, 360 y 370 comprobamos si el divisor es "0" y, en ese caso, saltamos a 510 (luego explicaremos las instrucciones de 510 y 520 que parecen tan raras). "DE" será el contador de restas, así que lo ponemos inicialmente a "0" en 390; en 400 cargamos el dividendo en "HL" y ya estamos preparados para empezar a dividir. Dado que no disponemos de la instrucción "SUB HL,BC" y tenemos que usar "SBC", ponemos el indicador de acarreo a "0" para que no nos incordie (AND A en la línea 410). En el bucle de las líneas 410, 420, 430, 440 y 450 vamos restando e incrementando "DE" hasta que se produzca un acarreo en una de las restas, momento en el que saltamos a la línea 460 donde sumamos "HL" con "BC". El cociente está en "DE" y el resto en "HL" pero, como no puede ser mayor de 254, nos bastará con considerar que está en "L". En las líneas 470, 480 y 490 guardamos los resultados en "VAR1" y "VAR2" antes de retornar en 500.

Cuando estudiamos la pila, dijimos que el Sistema Operativo del Spectrum permite retornar a Basic en cualquier caso, incluso, con la pila desordenada; pues bien, ahora vamos a usar esta posibilidad. La instrucción "RST 8" (ReSTart 8) obliga al microprocesador a saltar a la dirección de memoria "0008h", donde se encuentra la rutina de la ROM que maneja los errores. En cualquier momento de un programa, podemos hacer "RST 8" y lo que ocurrirá será que se detendrá la ejecución de cualquier programa, apareciendo, en la parte inferior de la pantalla,

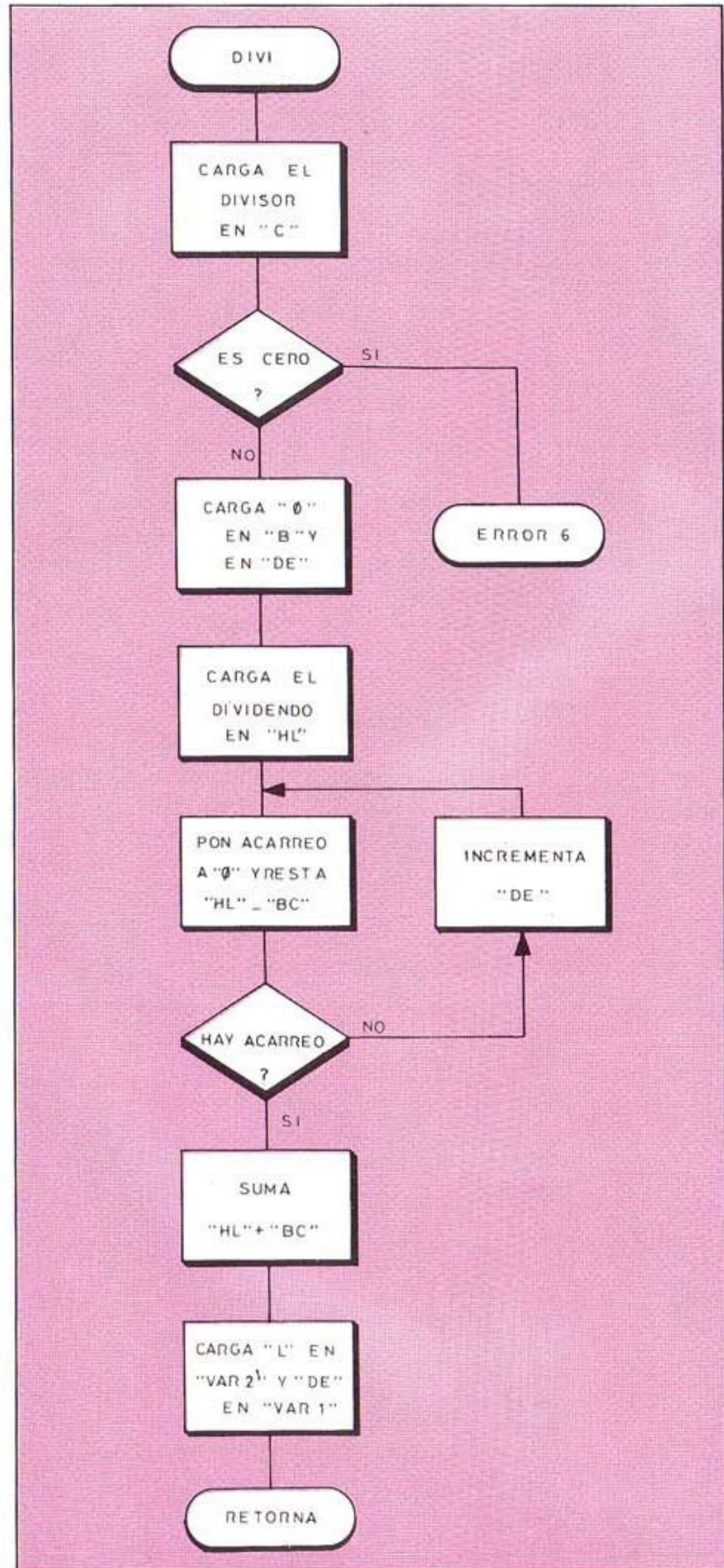


Fig. 7-6. Organigrama de la rutina para dividir.

```

Pass 1 errors: 00

      10 *C-
      20 *D+
23296 100 VAR1 EQU 23296 23338 330 DIVI LD HL,VAR2
23298 110 VAR2 EQU 23298 23341 340 LD C,(HL)
23300 120 ORG 23300 23342 350 DEC C
23300 130 MULTI LD HL,VAR2 23343 360 INC C
23303 140 LD B,(HL) 23344 370 JR Z,ERROR
23304 150 LD DE,(VAR1) 23346 380 LD B,0
23308 160 DEC B 23348 390 LD DE,0
23309 170 INC B 23351 400 LD HL,(VAR1)
23310 180 JR Z,CERO 23354 410 LAZO AND A
23312 190 XOR A 23355 420 SBC HL,BC
23313 200 LD HL,0 23357 430 JR C,FINAL
23316 210 BUCLE ADD HL,DE 23359 440 INC DE
23317 220 JR C,CARRY 23360 450 JR LAZO
23319 230 LOOP DJNZ BUCLE 23362 460 FINAL ADD HL,BC
23321 240 LD (VAR1),HL 23363 470 LD A,L
23324 250 LD (VAR2),A 23364 480 LD (VAR2),A
23327 260 RET 23367 490 LD (VAR1),DE
23328 270 CARRY INC A 23371 500 RET
23329 280 JR LOOP 23372 510 ERROR RST B
23331 290 CERO LD HL,0 23373 520 DEFB 5
23334 300 LD (VAR1),HL
23337 310 RET
      320
Pass 2 errors: 00
Table used: 139 from 170

```

Fig. 7-7. Listado completo de las rutinas para multiplicar y dividir

un mensaje de error (al igual que cuando ocurre un error en Basic); el mensaje que aparece depende del contenido de la posición de memoria siguiente a donde está la instrucción "RST 8"; esta posición de memoria debe contener un número que será igual al código del error menos "1". La pseudo-instrucción "DEFB" no corresponde al juego de instrucciones del Z-80 (igual que "ORG" o "EQU"), se utiliza para indicarle al ensamblador que almacene un número determinado en la posición de memoria correspondiente. En nuestro caso, deseamos que, si el divisor es "0", el programa se detenga con el error: "6 Number too big", así que almacenamos un "5" (6-1) en la po-

sición de memoria siguiente a "RST 8".

En la FIGURA 7-6 tiene el organigrama de la rutina para dividir. Intente ensamblar la rutina por su cuenta y, luego, compruebe resultados. La instrucción "RST 8" se ensambla como "207". Este es nuestro listado:

```

330 23338 33,2,91
340 23341 78
350 23342 13
360 23343 12
370 23344 40,26
380 23346 6,0
390 23348 17,0,0
400 23351 42,0,91
410 23354 167
420 23355 237,66

```

```

430 23357 56,3
440 23359 19
450 23360 24,248
460 23362 9
470 23363 125
480 23364 50,2,91
490 23367 237,83,0,91
500 23371 201
510 23372 207
520 23373 5

```

En la FIGURA 7-7 tiene el listado completo de las dos rutinas tal y como lo produce un ensamblador "GENS3" cuando ensambla. Las líneas 10 y 20 son comandos del ensamblador que se han utilizado para no imprimir el código objeto (*C-) y para imprimir

PROGRAMA 7

```

10 REM PROGRAMA 7-1
20 FOR n=23300 TO 23373
30 READ a:POKE n,a:NEXT n
40 DATA 33,2,91,70,237,91,0,91
,4,40,19,17,55,0,0,25,55,0,16
,44,51,34,0,91,50,0,91,201,0,4,16
,44,33,0,0,91,50,0,91,201,0,91,70
,15,10,40,0,0,0,17,0,0,42,0,0,1
,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
100 INPUT "MULTI O DIVI (M/D)?
":a$
110 IF a$="d" THEN GO TO 300
200 REM MULTIPLICAR
300 INPUT "Multiplicando ";v1
400 INPUT "Multiplicador ";v2
500 GO SUB 400
600 RANDOMIZE USR 23300
650 LET resu=PEEK 23296+256*PEE

```

```

K 23297+65536*PEEK 23296
260 PRINT "Resultado=";resu
270 GO TO 100
300 REM DIVIDIR
310 INPUT "Dividendo ";v1
320 INPUT "Divisor ";v2
330 GO SUB 400
340 RANDOMIZE USR 23338
350 LET coc=PEEK 23296+256*PEEK
23297
360 LET rest=PEEK 23298
370 PRINT "Cociente=";coc;"Rest
0=";rest
380 GO TO 100
400 REM Introduce valores
410 POKE 23297,INT (v1/256):PO
KE 23296,v1-256*PEEK 23297
420 POKE 23298,v2
430 RETURN

```

las direcciones en decimal en vez de en Hexa (*D+). En la línea 320 se ha puesto un "punto y coma" para separar una rutina de la otra. La rutina de dividir queda ensamblada a partir de 23338, es decir, a continuación de la anterior.

Ahora si ha llegado el momento de desarrollar el programa en Basic correspondiente. Este es el PROGRAMA 7-1; las líneas 20 a 40 cargan en memoria en código máquina de las dos rutinas; tenga sumo cuidado de no equivocarse al teclear los datos de la línea 40 y, en cualquier caso, guarde el programa en cinta antes de ejecutarlo; de esta forma, si se "cuelga" el ordenador, podrá volver a cargar el programa para corregirlo y no perderá todo el trabajo realizado. Las líneas 100 y 110 mandan a la 200 o 300 según se quiera multiplicar o dividir. La subrutina que está a partir de la línea 400 sirve para introducir en memoria los datos iniciales (multiplicando y multiplicador o dividendo y divisor). Por lo demás, no creemos que el programa requiera más explicación dada su simplicidad.

Las dos rutinas de multiplicar y dividir se han escrito en

forma reubicable con la finalidad de que, en un futuro, pueda incluirlas en sus programas en C/M cada vez que necesite multiplicar o dividir. Con los conocimientos adquiridos hasta ahora, es muy probable que algunos lectores consigan mejorar estas rutinas; en ese caso, agradeceríamos sinceramente que nos remitieran las rutinas mejoradas con el fin de establecer una mayor comunicación con los lectores que estén siguiendo el curso.

---.---.---

El segundo de nuestros ejemplos es una rutina que permite borrar la pantalla "por trozos" en función del contenido del acumulador en el momento de entrar a ella.

El archivo de presentación visual tiene una disposición un tanto "curiosa" que explicaremos en profundidad más adelante. De momento, lo primero que se aprecia es que está dividido en tres bloques (si carga una pantalla desde cinta lo verá claramente). Cada bloque tiene 2048 (0800h) bytes de longitud y sus direcciones respectivas de inicio son:

1º: 16384 (4000h)
2º: 18432 (4800h)
3º: 20480 (5000h)

El archivo de atributos está colocado de forma más lógica, pero podemos dividirlo en 3 bloques de 256 (100h) bytes de longitud; cada uno de los cuales se corresponde con un bloque del archivo de presentación visual. Sus direcciones de comienzo son:

1º: 22528 (5800h)
2º: 22784 (5900h)
3º: 23040 (5A00h)

Nuestra rutina borrará el primer bloque si "A" contiene un 1, el segundo si contiene un 2 y el tercero si contiene un 3.

El borrado de una zona de pantalla conlleva dos operaciones: primero, se cargan con "00" todas las posiciones de memoria del archivo de presentación visual correspondiente a esa zona; después, se copian, en la parte del archivo de atributos correspondiente, los atributos

permanentes en curso, tal como están definidos en la variable del Sistema "ATTR-T" (dirección 23693).

Cada una de estas operaciones es llevada a cabo por un bucle. Hemos denominado "BUC_1" al bucle que borra el archivo de presentación visual; al entrar en él, "HL" contiene la dirección de inicio del sector a borrar y "BC" contiene la longitud del mismo (0800h 2048 bytes). Su listado es:

```
420 BUC_1 XOR A
430      LD (HL),A
440      INC HL
450      DEC BC
460      LD A,B
470      OR C
480      JR NZ,BUC_1
```

La línea 420 carga "00" en "A", la 430 carga "00" en la dirección apuntada por "HL"; 440 y 450 incrementan el puntero "HL" y decrementan el contador "BC"; 460 y 470 comprueban si "BC" ha llegado a "0" y, en caso contrario, la línea 480 cierra el bucle.

El segundo bucle "BUC_2" borra el archivo de atributos, se entra en él con "HL" conteniendo la dirección de comienzo y "B" la longitud de la zona a borrar; como es 256 bytes, "B" deberá contener "0" y "A" contendrá los atributos permanentes. Su listado es:

```
530 BUC_2 LD (HL),A
540      INC HL
550      DJNZ BUC_2
```

El funcionamiento es tan sencillo que no hace falta ninguna explicación. El contenido de "HL" al entrar en estos bucles dependerá del sector de pantalla que deseemos borrar, y estará en función del dato contenido en "A" al entrar en la rutina; pero, ¿Cómo hallamos las direcciones de inicio de cada bloque en función de "A"?, la solución más fácil es utilizar una tabla.

En determinado lugar de la memoria, almacenamos las direcciones de inicio de cada uno de los bloques en el siguiente orden:

```
4000h (pantalla 1)
5800h (atributos 1)
4800h (pantalla 2)
5900h (atributos 2)
5000h (pantalla 3)
5A00h (atributos 3)
```

Los números deberán estar almacenados en un formato susceptible de ser leído por el Z-80, es decir, primero irá el octeto menos significativo y luego el más significativo. El inicio de la tabla lo marcamos con la etiqueta "TABLA"; supongamos que está a partir de 60032:

```
60032 0
60033 64
60034 0
60035 88
60036 0
60037 72
60038 0
60039 89
60040 0
60041 80
60042 0
60043 90
```

La etiqueta "TABLA" valdrá 60032 y a ese valor le llamaremos "dirección base de la tabla". Utilizaremos los cuatro primeros datos de la tabla cuando "A" valga "1", los cuatro segundos cuando valga "2" y los cuatro terceros cuando valga "3"; de esta forma, si restamos "1" a "A", multiplicamos por "4" y sumamos el resultado a la dirección base, estaremos apuntando al grupo de datos que nos interesan. Este es el funcionamiento básico de una tabla de "offset" (la más sencilla). En general, el inicio de la tabla se denomina "dirección base", cada elemento de la tabla puede tener "n" bytes de longitud; el número del elemento al que deseamos acceder (subíndice) debe estar comprendido entre "0" y "m-1" siendo "m" el número de elementos de la pantalla. En estas condiciones, multiplicamos el subíndice por "n" y le sumamos la dirección base con lo que el resultado queda apuntando al elemento de la tabla que nos interesa. En nuestro caso, la tabla tiene 3 elementos de 4 bytes cada uno.

Para crear tablas, resulta muy útil el pseudo-nemónico "DEFW" (DEFine Word) que nos almacena un número entre "0" y "65535" en dos bytes y en el formato adecuado al Z-80; de esta forma, nuestra tabla queda:

```
330 TABLA DEFW #4000
340      DEFW #5800
350      DEFW #4800
360      DEFW #5900
370      DEFW #5000
380      DEFW #5A00
```

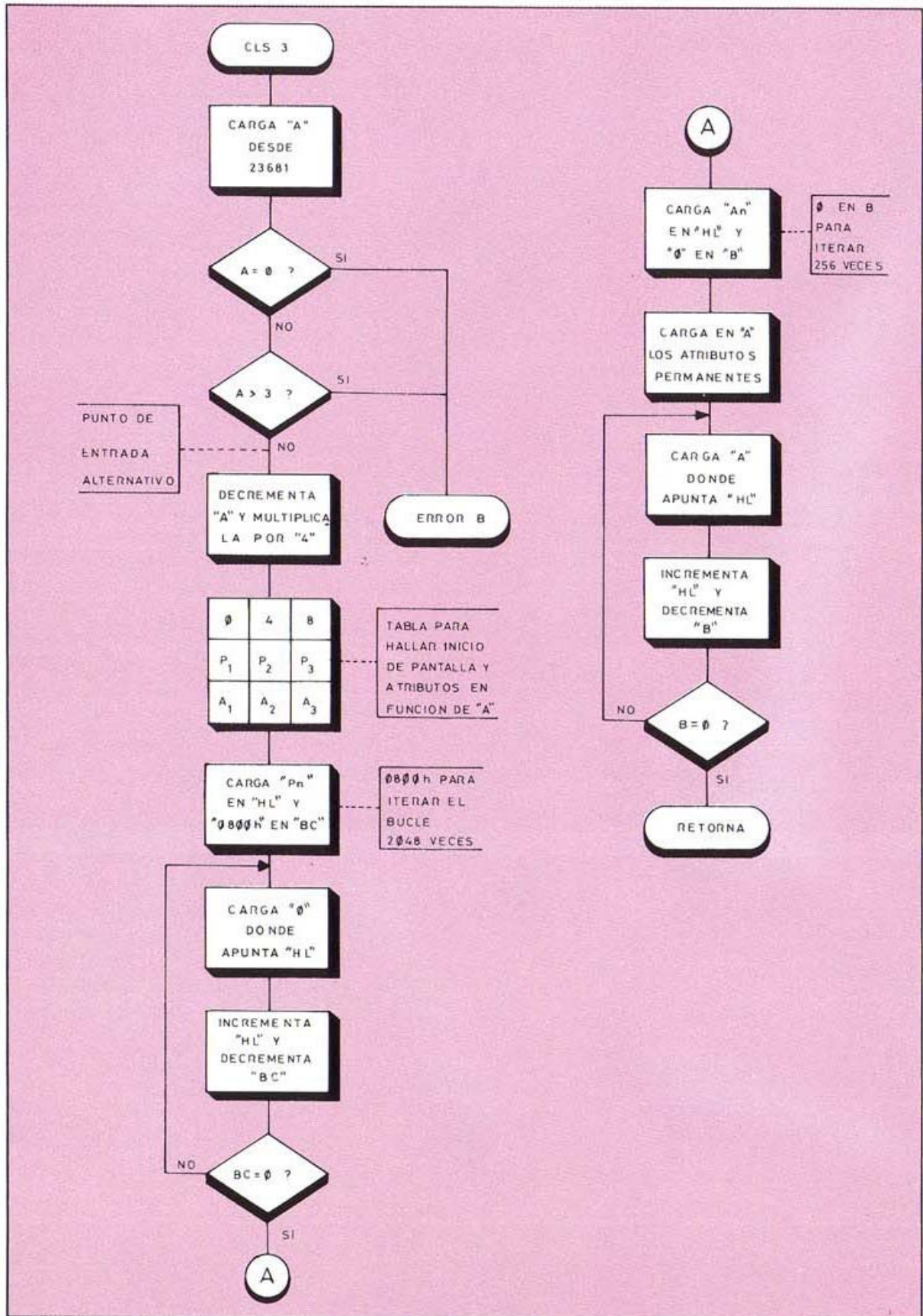


Fig. 7-8. Organigrama de la rutina para borrar la pantalla por tercios.

En la rutina para leer la tabla, entraremos con "A" conteniendo "1", "2" ó "3" y saldremos con "BC" conteniendo la dirección inicial de la zona correspondiente en el archivo de pantalla y "DE" la del archivo de atributos; el listado podría ser el siguiente:

```

180 CLS3   DEC  A
190       ADD  A,A
200       ADD  A,A
210       LD   HL,TABLA
220       LD   B,0
230       LD   C,A
240       ADC  HL,BC
250       LD   C,(HL)
260       INC  HL
270       LD   B,(HL)
280       INC  HL
290       LD   E,(HL)
300       INC  HL
310       LD   D,(HL)

```

La línea 180 resta "1" a "A", las 190 y 200 multiplican por "4"; en 210, 220, 230 y 240 sumamos "A" a la dirección base de la tabla y obtenemos el resultado en "HL"; las siguientes líneas se limitan a ir cargando en "BC" y "DE" los datos correspondientes de la tabla. Dadas las direcciones usadas, los contenidos de "C" y "E" serán siempre "0", por lo que la rutina podría haberse simplificado bastante; pero hemos preferido hacerlo así para que el lector pueda usar esta rutina, u otra similar, siempre que tenga acceso a una tabla. Ya tenemos casi todo el trabajo hecho, pero aún faltan algunos retoques: antes del "BUC_1" deberemos transferir el dato de "BC" a "HL" y cargar "BC" con

"0800h"; antes del "BUC_2" tenemos que pasar el dato de "DE" a "HL" y cargar "B" con "0" (esto se podría haber omitido, ya que "B" vale "0" como condición de salida del bucle anterior, no obstante, se ha incluido para mayor claridad); finalmente, deberemos añadir algunas instrucciones que lean el valor inicial de "A" (desde una posición de memoria donde habrá sido colocado en Basic antes de saltar a la rutina), y comprueben si está dentro de rango dando, en caso contrario, un informe de error; por ejemplo: "B Integer out of range". El listado completo de la rutina sería el siguiente:

```

100       ORG  60000
110       LD   A,(23681)
120       AND  A
130       JR   Z,ERROR
140       CP   4
150       JR   C,CLS3
160 ERROR  RST  8
170       DEFB 00A
180 CLS3   DEC  A
.....
320       JR   CLS3_1
330 TABLA  DEFB 04000
.....
390 CLS3_1 LD   H,B
400       LD   L,C
410       LD   BC,08000
420 BUC_1  XOR  A
.....
490       LD   H,D
500       LD   L,E
510       LD   A,(23693)
520       LD   B,0
530 BUC_2  LD   (HL),A
.....
560       RET

```

La línea 110 carga "A" desde "23681"; en 120 y 130 comprobamos si es "0", y si es así, saltamos a "ERROR"; en 140 y 150 comprobamos si es menor de "4" y, en caso afirmativo, saltamos a "CLS3" que es la rutina propiamente dicha.

Para el tratamiento del error, hemos utilizado, de nuevo, la instrucción "RST 8" seguida del literal "0Ah" correspondiente al mensaje "B Integer out of range". A partir de "CLS3" están las instrucciones que manejan la tabla, en la línea 320 saltamos la tabla siguiendo en "CLS3_1", donde nos preparamos para entrar en el primer bucle "BUC_1"; a partir de la línea 490, nos preparamos para entrar en "BUC_2" y en la 560, retornamos a Basic habiendo borrado el sector correspondiente de pantalla.

¿Le parece complicado?; no lo crea, programar en Assembler acaba siendo una tarea bastante rutinaria y, con el tiempo, comprobará que las rutinas de este tipo le salen "como churros".

En la FIGURA 7-8 tiene el organigrama para que lo vea más claro y, en la FIGURA 7-9, tiene el listado completo tal y como lo produce el "GENS-3" cuando ensambla.

Suponemos que, a estas alturas, ya habrá corrido a encender el ordenador para meter la rutina; vamos a ensamblarla. Recordemos que "RST 8" se ensambla como "207"; la tabla ya se la hemos dado ensamblada antes, así que no debe haber problema con ella; la etiqueta "TABLA" equivale a 60032 si ensambla la rutina a partir de 60000 (luego explicaremos como reubicarla); lo demás es fácil.

asi que... imanos a la obra!
 Compruebe si le ha queda-
 do asi:

```

60000 58 129 92 167 40
60005 4 254 4 56 2
60010 207 10 61 135 135
60015 33 128 234 6 0
60020 79 237 74 78 35
60025 70 35 94 35 86
60030 24 12 0 64 0
60035 88 0 72 0 89
60040 0 80 0 90 96
60045 105 1 0 0 175
60050 119 35 11 120 177
60055 32 248 98 107 58
60060 141 92 6 0 119
60065 35 16 252 201
  
```

Todos los saltos que hemos usado son relativos, de modo que, la rutina es totalmente reubicable: salvo por un pequeño detalle: el valor de la etiqueta "TABLA" varia si colocamos la rutina en otro sitio; pero podemos arreglarlo. En las direcciones 60016 y 60017 es donde hemos ensamblado el valor de "TABLA" (234*256+128=60032) asi que estos serán los únicos números a cambiar si la ensamblamos en otro sitio. Llamaremos "ORG" a la dirección donde ensamblamos la rutina, por tanto, 60016 será ORG+16 y 60017 será ORG+17; ahora veamos el valor que tendremos que poner en estas direcciones: "TABLA" es ORG+32, asi que:

```

(ORG+16) = TABLA-256*INT (TABLA/256)
(ORG+17) = INT (TABLA/256)
  
```

Visto esto, es fácil escribir un programa en Basic que haga la reubicación de forma automática, asi que, le dejamos al lector el gusto de realizarlo.

170 CODIGO MAQUINA

```

10 *C-
20 *D+
60000 100 ORG 60000
60000 110 LD A, (23681)
60003 120 AND A
60004 130 JR Z, ERROR
60006 140 CP 4
60008 150 JR C, CLS3
60010 160 ERROR RST B
60011 170 DEFB #0A
60012 180 CLS3 DEC A
60013 190 ADD A, A
60014 200 ADD A, A
60015 210 LD HL, TABLA
60018 220 LD B, 0
60020 230 LD C, A
60021 240 ADC HL, BC
60023 250 LD C, (HL)
60024 260 INC HL
60025 270 LD B, (HL)
60026 280 INC HL
60027 290 LD E, (HL)
60028 300 INC HL
60029 310 LD D, (HL)
60030 320 JR CLS3_1
60032 330 TABLA DEFW #4000
60034 340 DEFW #5800
60036 350 DEFW #4800
60038 360 DEFW #5900
60040 370 DEFW #5000
60042 380 DEFW #5A00
60044 390 CLS3_1 LD H, B
60045 400 LD L, C
60046 410 LD BC, #0800
60049 420 BUC_1 XOR A
60050 430 LD (HL), A
60051 440 INC HL
60052 450 DEC BC
60053 460 LD A, B
60054 470 OR C
60055 480 JR NZ, BUC_1
60057 490 LD H, D
60058 500 LD L, E
60059 510 LD A, (23693)
60062 520 LD B, 0
60064 530 BUC_2 LD (HL), A
60065 540 INC HL
60066 550 DJNZ BUC_2
60068 560 RET
  
```

Pass 2 errors: 00

Table used: 85 from 174

Fig. 7-9: Listado completo de la rutina para borrar la pantalla por tercios.

PROGRAMA 7-2

```

10 REM PROGRAMA 7-2
20 FOR n=60000 TO 60068
30 READ a: POKE n,a: NEXT n
40 DATA 58,129,92,167,40,4,254
,4,56,2,207,10,61,135,135,33,128
,234,6,0,79,237,74,78,35,70,35,9
4,35,86,24,12,0,64,0,88,0,72,0,8
9,0,80,0,90,96,105,1,0,8,175,119
,35,11,120,177,32,248,98,107,58,
141,92,6,0,119,35,16,252,201
100 FOR n=1 TO 22
110 PRINT "*****"
*****"
120 NEXT n
200 INPUT "Tercio a borrar (1,2
,3)?":a
210 POKE 23681,a
220 RANDOMIZE USR 60000
230 GO TO 200

```

El programa en Basic que sirve de ejemplo a esta rutina es el PROGRAMA 7-2. Las líneas 20 y 40 cargan la rutina en memoria (como verá, los DATA se van haciendo cada vez más largos). Las 100 a 120 llenan la pantalla de asteriscos. En 200 se nos pide un número entre "1" y "3" que in-

dique el tercio a borrar. La línea 210 lo mete en 23681 desde donde lo leerá el código máquina. Finalmente, la línea 220 llama a la rutina que borrará el trozo de pantalla indicado.

Animamos al lector a que utilice estas rutinas en sus propios programas, e incluso

a que las modifique o construya otras similares; la mejor forma de aprender es practicando.

Con lo visto hasta aquí, llegamos al final de este capítulo, sólo nos queda recomendarle que resuelva los siguientes ejercicios.

EJERCICIOS

- 1.- Ensamble la instrucción "JP LABEL" sabiendo que la etiqueta "LABEL" está colocada delante de una instrucción que se ensamblará en la dirección 57538.
- 2.- Ensamble la instrucción "JR LABEL", situada en la dirección 62537, sabiendo que la etiqueta "LABEL" se encuentra situada delante de una instrucción que está ensamblada en la dirección 62493.
- 3.- Compruebe para qué valores de "A" se efectúa el salto en la siguiente rutina:

```

CP 37
JR NC,LABEL

```

- 4.- Queremos saltar a una u otra dirección en función del contenido de "A" que puede ser desde "0" hasta "5". Escriba la rutina, sabiendo que las direcciones han de ser las siguientes:

| A | Dirección |
|---|-----------|
| 1 | 753Ah |
| 2 | 8000h |
| 3 | BF5Ah |
| 4 | BF7Ch |
| 5 | C005h |

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS

- 1.- La solución es: C3h, C2h, E0h; ó bien: 195, 194, 224; (224+256+194=57538).
- 2.- La solución es: 18h, D2h; ó bien: 24, 210; (62493-62539=-46 y -46 equivale a 210 en complemento a 2).
- 3.- El salto se efectuará siempre que, en la comparación, no haya habido acarreo, es decir, cuando "A" contenga un número mayor o igual que 37. Solución: "A >= 37".
- 4.- La rutina podría ser:

```
100 EJER_4 ADD A,A
110      LD B,0
120      LD C,A
130      LD HL,TABLA
140      ADD HL,BC
150      LD C,(HL)
160      INC HL
170      LD B,(HL)
180      LD H,B
190      LD L,C
200      JP (HL)
210 TABLA DEFW #753A
220      DEFW #8000
230      DEFW #BF5A
240      DEFW #BF7C
250      DEFW #C005
```

INSTRUCCIONES DE INTERCAMBIO, TRANSFERENCIA Y BUSQUEDA

Grupo de instrucciones de intercambio

EX: "EXchange", en inglés: intercambio.

Estas instrucciones consisten básicamente en el intercambio de los valores de dos campos dados, de tal forma que, si A vale X y B vale Y, después de ejecutarse la instrucción A valga Y y B valga X.

Uno de los usos más importantes de estas instrucciones es el almacenamiento temporal del valor de un registro para poder utilizarlo, pero permitiendo su posterior recuperación.

Por ejemplo, supongamos que interesa el valor del registro A, pero se necesita ejecutar una instrucción aritmética que lo usa; lo más rápido es intercambiar el valor del registro A con otro que sea posible, ejecutar la instrucción aritmética y volver a intercambiar el registro A.

El formato básico es:

EX OPERANDO, OPERANDO

donde los operandos indican los registros que intercambian sus valores.

EX DE,HL

OBJETO:

Cambia el contenido del par de registros "DE", por el contenido del par de registros "HL" y el contenido del par de registros "HL", por el contenido del par de registros "DE".

CODIGO MAQUINA:

11101011 EBh

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

EX DE,HL

Contenido del par de registros "DE"

(D): 10011111 9Fh
(E): 10000011 83h

Contenido del par de registros "HL"

(H): 00011001 19h
(L): 10100010 A2h

Instrucción

EX DE,HL 11101011 EBh

Contenido del par de registros "DE" después de la ejecución

(D): 00011001 19h
(E): 10100010 A2h

Contenido del par de registros "HL" después de la ejecución

(H): 10011111 9Fh
(L): 10000011 83h

EX AF,AF'

OBJETO:

Cambia el contenido del par de registros "AF", por el contenido de sus alternativos "AF'" y el contenido del par de registros alternativos "AF'", por el contenido del par de registros "AF".

CODIGO DE MAQUINA:

00001000 08h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

Observe que, dado que los indicadores de condición están en el registro "F", después de ejecutarse esta instrucción quedan activos los indi-

CODIGO MAQUINA 173

cadres de condición que ya lo estuvieron en el registro "F".

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

EX AF,AF'

Contenido del par de registros "AF"

(A): 01101001 69h
(F): 10000000 80h

Contenido del par de registros "AF"

(A'): 00000001 01h
(F'): 00000001 01h

Instrucción

EX AF,AF' 00001000 08h

Contenido del par de registros "AF" después de la ejecución

(A): 00000001 01h
(F): 00000001 01h

Contenido del par de registros "AF" después de la ejecución

(A'): 01101001 69h
(F'): 10000000 80h

Observe que antes de ejecutarse la instrucción estaba activo únicamente el indicador de signo S y después de la ejecución quedó activo únicamente el indicador de acarreo C.

EXX

OBJETO:

Cambia el contenido de los pares de registros "BC", "DE" y "HL" por el contenido de sus registros alternativos "BC", "DE" y "HL"; y el contenido de los pares de registros alternativos "BC", "DE" y "HL", por el contenido de los pares de registros "BC", "DE" y "HL".

CODIGO DE MAQUINA:

11011001 09h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

EXX

Contenido del par de registros "BC"

(B): 01101111 6Fh
(C): 10000101 85h

Contenido del par de registros "DE"

(D): 00010001 11h
(E): 01101110 6Eh

Contenido del par de registros "HL"

(H): 01111000 78h
(L): 00110100 34h

Contenido del par de registros "BC", "DE" y "HL"

00000000 00h
00000000 00h

Instrucción

EXX 11011001 09h

Contenido del par de registros "BC", "DE" y "HL" después de la ejecución

00000000 00h
00000000 00h

Contenido del par de registros "BC" después de la ejecución

(B'): 01101111 6Fh
(C'): 10000101 85h

Contenido del par de registros "DE" después de la ejecución

(D'): 00010001 11h
(E'): 01101110 6Eh

Contenido del par de registros "HL" después de la ejecución

(H'): 01111000 78h
(L'): 00110100 34h

EX (SP),HL

OBJETO:

Cambia: el contenido del registro "H" por contenido del octeto de memoria direccionado por el registro "SP" +1; el contenido del registro "L" por el contenido del octeto de

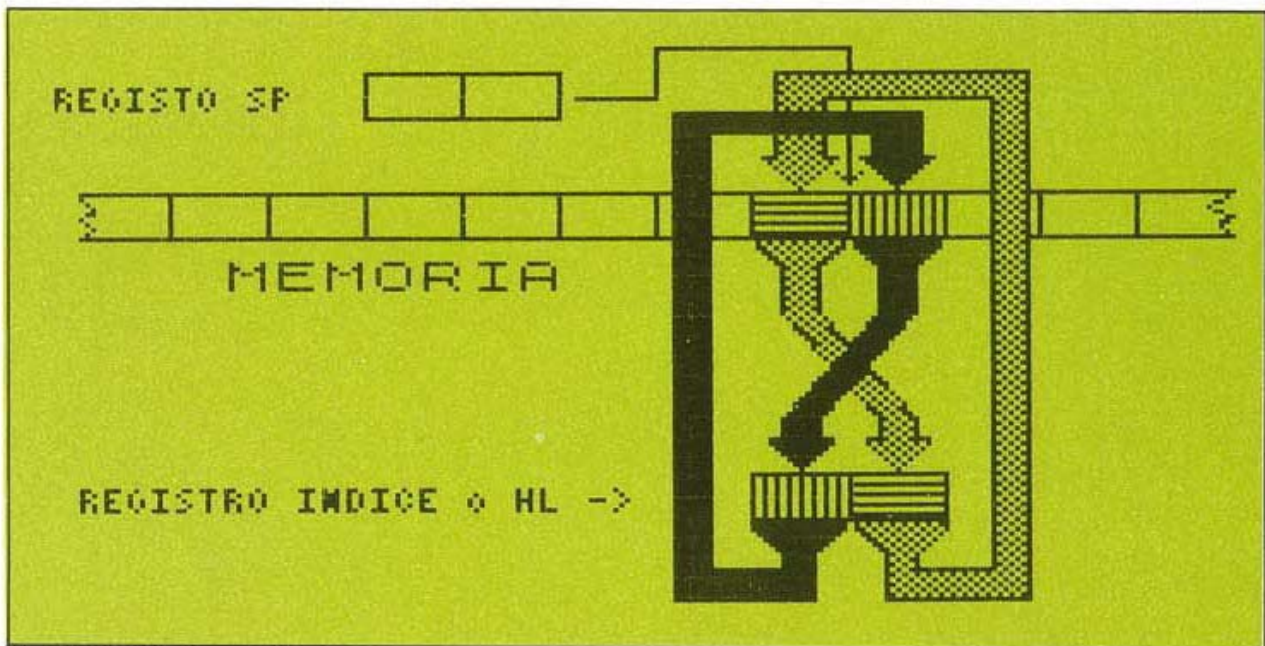


Fig. 8-1: Diagrama de funcionamiento del intercambio entre registros y memoria.

memoria direccionado por el registro "SP"; el contenido del octeto de memoria direccionado por el registro "SP" por el contenido del registro "L" y el contenido del octeto de memoria direccionado por "SP" +1 por el contenido del registro "H". En resumen, intercambia el último dato de la pila con el contenido del registro "HL". (Ver FIGURA 8-1.)

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 1 0 0 0 1 1 E3h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

19

EJEMPLO:

EX (SP),HL

Contenido del par de registros "SP"

(SP): 1 0 0 0 0 1 1 0 86h
1 1 1 1 0 0 1 1 F3h

Contenido del octeto de memoria 86F3h

86F3h: 0 0 1 1 0 0 0 1 31h

Contenido del octeto de memoria 86F4h

86F4h: 0 1 1 0 0 0 1 1 63h

Contenido del par de registros "HL"

(H): 0 0 0 0 1 1 1 1 0Fh
(L): 1 1 1 1 0 0 0 0 F0h

Instrucción

EX (SP),HL 1 1 1 0 0 0 1 1 E3h

Contenido del octeto de memoria 86F3h después de la ejecución

86F3h: 1 1 1 1 0 0 0 0 F0h

Contenido del octeto de memoria 86F4h después de la ejecución

86F4h: 0 0 0 0 1 1 1 1 0Fh

Contenido del par de registros "HL" después de la ejecución

(H): 0 1 1 0 0 0 1 1 63h
(L): 0 0 1 1 0 0 0 1 31h

EX (SP),IX

OBJETO:

Intercambia el último dato de la pila con el contenido del registro índice "IX". (Ver FIGURA 8-1.)

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 0 1 1 1 0 1 DDh
1 1 1 0 0 0 1 1 E3h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

CODIGO MAQUINA 175

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

EX (SP),IX

Contenido del par de registros "SP"

(SP): 11000110 66h
01111000 78h

Contenido del octeto de memoria C678h

C678h: 10101010 AAh

Contenido del octeto de memoria C679h

C679h: 01010101 55h

Contenido del par de registros "IX"

(IX): 01100011 63h
10010010 92h

Instrucción

EX (SP),IX 11011101 00h
11100011 E3h

Contenido del octeto de memoria C678h después de la ejecución

C678h: 10010010 92h

Contenido del octeto de memoria C679h después de la ejecución

C679h: 01100011 63h

Contenido del par de registros "IX" después de la ejecución

(IX): 01010101 55h
10101010 AAh

EX (SP),IX

OBJETO:

Intercambia el último dato de la pila con el contenido del registro índice "IY". (Ver FIGURA 8-1.)

CODIGO DE MAQUINA:

11111101 FDh
11100011 E3h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

EX (SP),IY

Contenido del par de registros "SP"

(SP): 01010111 57h
10001000 88h

Contenido del octeto de memoria 5788h

5788h: 10011110 9Eh

Contenido del octeto de memoria 5789h

5789h: 00110100 34h

Contenido del par de registros "IY"

(IY): 00001001 09h
01000100 44h

Instrucción

EX (SP),IY 11111101 FDh
11100011 E3h

Contenido del octeto de memoria 5788h después de la ejecución

5788h: 01000100 44h

Contenido del octeto de memoria 5789h después de la ejecución

5789h: 00001001 09h

Contenido del par de registros "IY" después de la ejecución

(IY): 00110100 34h
10011110 9Eh

Es conveniente hacer notar que, aunque estas instrucciones cumplen la propiedad conmutativa (da igual intercambiar (SP) con IY que intercambiar IY con (SP)), es necesario escribir los operandos en el orden que se indica ya que, de lo contrario, un ensamblador no las reconocería.

Grupo de instrucciones de transferencia

Supongamos que queremos transferir todo un bloque de memoria desde una zona hasta otra; por ejemplo, podría interesarnos transferir toda la pantalla a una dirección de memoria más alta (digamos, a partir de 40000) para guardar allí una copia segura.

El inicio de la pantalla es 16384 (4000h) y su longitud, con atributos incluidos, es 6912 bytes (1B00h). En Basic podríamos hacer:

```
10 LET inic=16384
20 LET dest=40000
30 LET cont=6912
40 POKE dest,PEEK inic
50 LET inic=inic+1
60 LET dest=dest+1
70 LET cont=cont-1
80 IF cont<>0 THEN GO TO 40
```

Este bucle tardaría una eternidad en ejecutarse y ocupa una cantidad ingente de memoria. Esta es una de las ocasiones en las que, o recurrimos al código máquina, o estamos perdidos. Vamos a ver cómo sería esta rutina en Assembler:

```
100      LD  HL,16384
110      LD  DE,40000
120      LD  BC,6912
130 BUCLE LD  A,(HL)
140      LD  (DE),A
150      INC HL
160      INC DE
170      DEC BC
180      LD  A,B
190      OR  C
200      JR  NZ,BUCLE
```

Esto ya es algo más racional, se ejecuta en un "abrir y cerrar de ojos" y ocupa bastante poca memoria. Hemos usado "HL" como puntero para movernos por el bloque "origen", "DE" para movernos por el "destino" y "BC" como contador de bytes a transferir. En cada pasada del bucle, hacemos la transferencia a través del registro "A", incrementamos los punteros y decrementamos el contador; si esto no es "cero", repetimos el bucle.

Es tan frecuente realizar transferencias de bloques en código máquina, que el microprocesador Z-80 posee una serie de instrucciones que nos van a ahorrar parte del trabajo en bucles de este tipo. Estas instrucciones se van a encargar de hacer todo lo que nosotros hacemos en las líneas 130 a 200; pero sin tocar el acumulador, es decir, transferir, ajustar punteros, decrementar el contador e, incluso, iterar el bucle. Son lo que se denomina: Instrucciones de transferencia.

En todas estas instrucciones el código mnemotécnico comienza por LD del inglés "load", cargar. La finalidad de estas instrucciones es transferir datos en memoria usando los pares de registros "HL" y "DE" como punteros; "HL" apuntará siempre a la primera o última dirección del bloque origen, "DE" lo mismo para el bloque destino y "BC" será el contador de bytes; como regla mnemotécnica para no olvidar esto, puede asociar "DE" con la palabra "DEstino" y "BC" con "Byes Counter" (en inglés: Contador de Bytes).

El uso más frecuente es mover campos de memoria, bien sean éstos numéricos o

literales, evitando el paso por registros de CPU. El límite de longitud de estos campos lo marca la memoria disponible, teóricamente es de 64 K octetos.

El formato básico es el código mnemotécnico, que en todas ellas es distinto. Estas instrucciones no tienen operandos, ya que el direccionamiento de los mismos está implícito en el código de operación.



OBJETO:

Transfiere un octeto de memoria desde la posición direccionada por el par de registros "HL" a la posición direccionada por el par de registros "DE". A continuación incrementa 1 en ambos pares de registros y decrementa en 1 el par de registros "BC".

Equivaldría al siguiente programa:

```
100      LD  (DE),(HL)
110      INC HL
120      INC DE
130      DEC BC
```

(Evidentemente, la instrucción de la línea 100 no existe, pero es una forma de ver que "LDI" transfiere el dato sin pasar por el acumulador).

CODIGO DE MAQUINA:

```
11101101  EDh
10100000  A0h
```

H; pone 0 - siempre
N; pone 0 - siempre

CODIGO MAQUINA 177

P/V; pone 1 - si BC-1 es diferente de cero
 pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:
 4

CICLOS DE RELOJ:
 16

EJEMPLO:

LDI

Contenido del par de registros "HL"

(H): 01010110 56h
 (L): 00001010 0Ah

Contenido del par de registro "DE"

(D): 01111101 7Dh
 (E): 10010010 92h

Contenido del octeto de memoria 560Ah

560Ah: 10101010 AAh

El contenido del octeto de memoria 7D92h no es significativo.

Contenido del par de registros "BC"

(B): 00000000 00h
 (C): 00000101 05h

Instrucción

LDI: 11101101 EDh
 10100000 A0h

Contenido del octeto de memoria 7D92h después de la ejecución

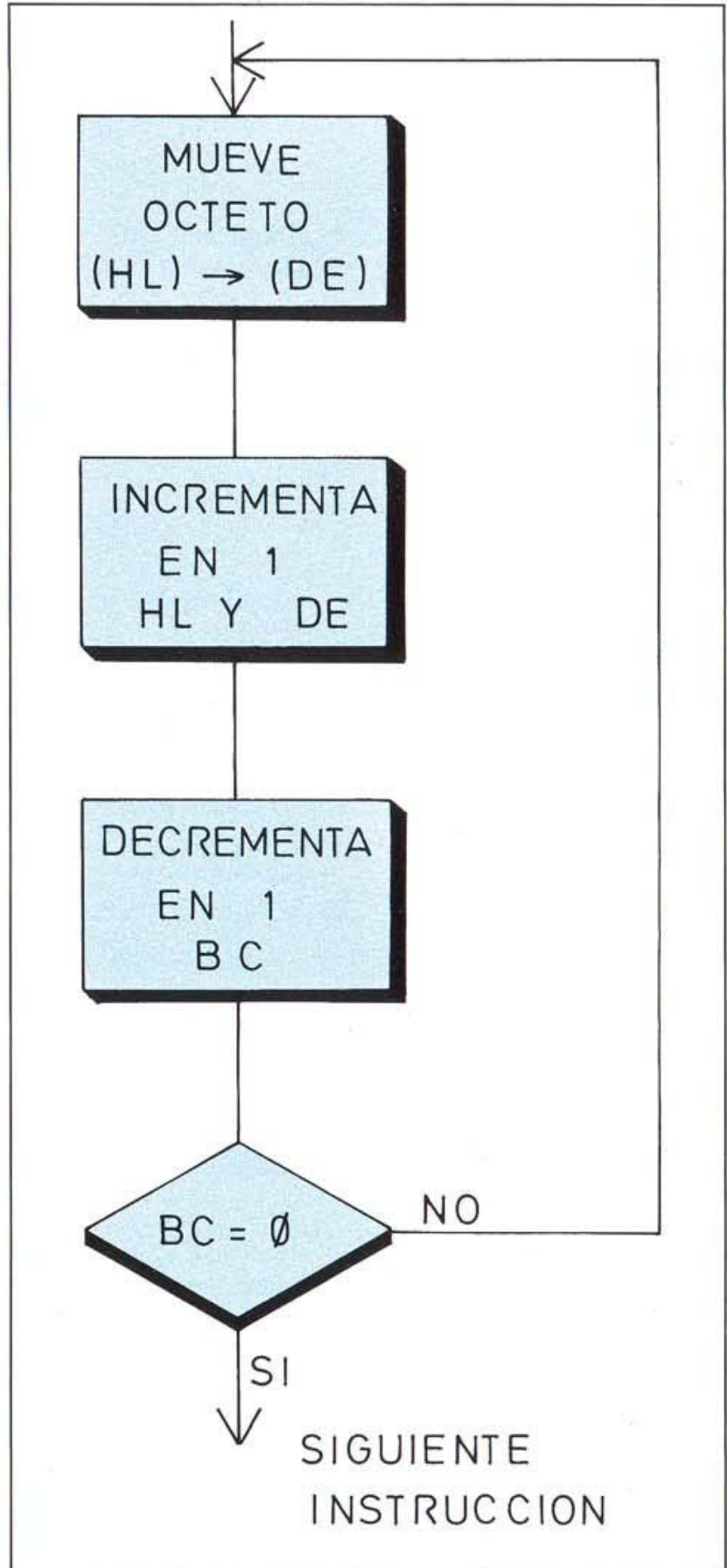


Fig. 8-2: Organigrama de la instrucción LDIR.

7D92h:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 AAh

El contenido del octeto de memoria 560Ah no ha variado con la ejecución.

Contenido del par de registros "HL" después de la ejecución

(H):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 56h
(L):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 93h

Contenido del par de registros "DE" después de la ejecución

(D):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|--|

 7Dh
(E):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|--|

 93h

Contenido del par de registros "BC" después de la ejecución

(B):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 00h
(C):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 04h

Indicados de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| x | x | x | 0 | x | 1 |

LDIR

OBJETO:

Transfiere un octeto de memoria desde la posición direccionada por el par de registros "HL" a la posición direccionada por el par de registros "DE". Después incrementa 1 en ambos pares de registros y decrementa en 1 el par de registros "BC". A continuación, comprueba si el par de registros "BC" vale cero; y si no, repite la instruc-

ción. Cuando el par de registros "BC" alcanza el valor cero se pasa a ejecutar la siguiente instrucción. Ver FIGURA 8-2.

En resumen, hace lo mismo que "LDI", pero cierra el bucle mientras "BC" sea distinto de cero.

Tenga en cuenta que, si el par de registros "BC" es cero antes de la ejecución de la instrucción, ésta se repetirá para 64 K (65536 ó 10000) octetos. Esto es debido a que primero decreenta y luego compara, al decrementar 1 a 0000h, en el par de registros "BC" quedaría el valor FFFFh.

Las interrupciones no pararán la ejecución de esta instrucción por lo que se atenderán cuando termine.

CODIGO DE MAQUINA:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

 EDh
B0h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

H; pone 0 - siempre
N; pone 0 - siempre
P/V; pone 0 - siempre

CICLOS DE MEMORIA (por cada octeto transferido):

Si "BC" diferente de 0
5
Si "BC" igual a 0
4

CICLOS DE RELOJ (por cada octeto transferido):

Si "BC" diferente de cero
2
Si "BC" igual a cero
16

Observe que cada repetición gasta un determinado número de ciclos, menos la última vez, cuando "BC" es

igual a cero, que gasta menos. Esto es debido a que la repetición se produce decrementando en 2 el registro contador de programa "PC".

EJEMPLO:

LDIR

Contenido del par de registros "HL"

(H):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 47h
(L):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 BCh

Contenido del par de registros "DE"

(D):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 88h
(E):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 63h

Contenido del par de registros "BC"

(B):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 00h
(C):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 07h

Contenido de las 7 posiciones de memoria a partir de 47BCh

| | | | | | | | | | | |
|--------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| 47BCh: | <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 01h |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | |
| | <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 02h |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | | |
| | <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr></table> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 03h |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | | | |
| | <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td></td></tr></table> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 04h |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | | | |
| | <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td></td></tr></table> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | | 05h |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | | | | |
| | <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td></td></tr></table> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | | 06h |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | | | | |
| | <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr></table> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | | 07h |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | | | | |

El contenido de las 7 posiciones de memoria a partir de 8863h no es significativo.

Instrucción

LDIR:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

 EDh
B0h

Contenido del par de registros "HL" después de la ejecución

| | | |
|------|----------|-----|
| (H): | 01000111 | 47h |
| (L): | 11000011 | C3h |

Contenido del par de registros "DE" después de la ejecución

| | | |
|------|----------|-----|
| (D): | 10001000 | 88h |
| (E): | 01101010 | 6Ah |

Contenido del par de registros "BC" después de la ejecución

| | | |
|------|----------|-----|
| (B): | 00000000 | 00h |
| (C): | 00000000 | 00h |

Contenido de las 7 posiciones de memoria a partir de 8863h después de la ejecución

| | | |
|--------|----------|-----|
| 8863h: | 00000001 | 01h |
| | 00000010 | 02h |
| | 00000011 | 03h |
| | 00000100 | 04h |
| | 00000101 | 05h |
| | 00000110 | 06h |
| | 00000111 | 07h |

El contenido de las 7 posiciones de memoria a partir de 47BCh no ha variado después de la ejecución.

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| x | x | x | 0 | x | 0 |

El mnemónico "LDI" es abreviatura del inglés: "LoaD and Increment" (Carga e incrementa). "LDIR" es abrevia-

tura de: "LoaD, Increment and Repeat" (Carga, incrementa y repite).

Estas instrucciones permiten realizar transferencias de bloques, moviendo los punteros desde el inicio del bloque al final, es decir, desde la dirección más baja de cada bloque, hacia la más alta. Esto funciona perfectamente; incluso, si los dos bloques se solapan (tienen algunas direcciones en común), siempre y cuando, la dirección inicial del destino sea más alta que la del origen.

Pero ¿qué pasa si los bloques se solapan y el destino está más bajo que el origen? En este caso, el proceso de transferencia corrompería el bloque transferido (si lo representa gráficamente, lo verá con claridad). En este caso, sería útil disponer de instrucciones que hicieran lo mismo que "LDI" y "LDIR", pero moviendo los punteros desde el final de cada bloque hacia el principio, es decir, decrementándolos.

Como en el Z-80 todo está previsto, disponemos de estas instrucciones; se denominan: "LDD" (LoaD and Decrement) y "LDDR" (LoaD, Decrement and Repeat).

LDD

OBJETO:

Transfiere un octeto de memoria desde la posición direccionada por el par de registros "HL" a la posición direccionada por el par de registros "DE". A continuación

decrementa 1 los pares de registros "HL", "DE" y "BC".

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 11101101 | EDh |
| 10101000 | A8h |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

H; pone 0 - siempre
N; pone 0 - siempre
P/V; pone 1 - si BC-1 es diferente de cero
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

16

EJEMPLO:

LDD

Contenido del par de registros "HL"

| | | |
|------|----------|-----|
| (H): | 10000001 | 81h |
| (L): | 10100110 | A6h |

Contenido del par de registros "DE"

| | | |
|------|----------|-----|
| (D): | 10010010 | 92h |
| (E): | 00000010 | 02h |

Contenido del par de registros "BC"

| | | |
|------|----------|-----|
| (B): | 00110110 | 36h |
| (C): | 11001001 | C9h |

Contenido del octeto de memoria 81A6h

| | | |
|--------|----------|-----|
| 81A6h: | 11111111 | Ffh |
|--------|----------|-----|

El contenido del octeto de memoria 9202h no es significativo.

Instrucción
LDD:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

 EDh
A8h

Contenido del octeto de memoria 9202h después de la ejecución

9202h:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 FFh

El contenido del octeto de memoria 81A6h no ha variado con la ejecución.

Contenido del par de registros "HL" después de la ejecución

(H):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 81h
(L):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 A5h

Contenido del par de registros "DE" después de la ejecución

(D):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 92h
(E):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 01h

Contenido del par de registros "BC" después de la ejecución

(B):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 36h
(C):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 C8h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C | | |
| x | x | x | 0 | x | 1 | 0 | x |

LDDR

OBJETO:

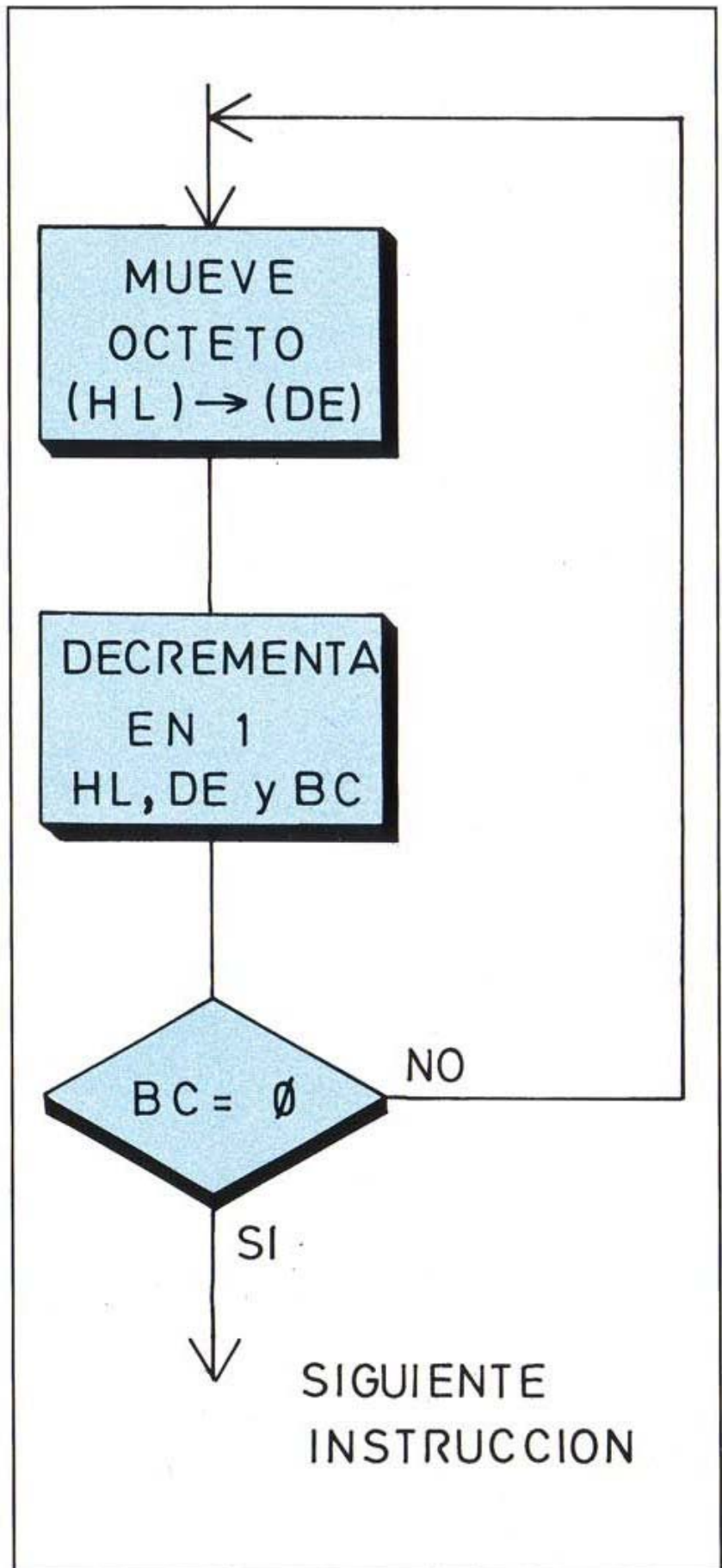


Fig. 8-3: Organigrama de la instrucción LDDR.

Transfiere un octeto de memoria desde la posición direccionada por el par de registros "HL" a la posición direccionada por el par de registros "DE". Después decrementa 1 los pares de registros "HL", "DE" y "BC". A continuación, compara el par de registros "BC" con cero; y si no lo es repite la instrucción. Cuando el par de registros "BC" alcanza el valor cero se pasa a ejecutar la siguiente instrucción. Ver FIGURA 8-3.

Tenga en cuenta que si el par de registros "BC" es cero antes de la ejecución de la instrucción ésta se repetirá para 64K octetos. Esto es debido a que primero decrementa y luego compara, al decrementar 1 a 0000h, en el par de registros "BC" quedaría el valor FFFFh.

Las interrupciones no paran la ejecución de esta instrucción por lo que se atenderían cuando terminase.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh |
| 1 0 1 1 1 0 0 0 | B8h |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- P/V; pone 0 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:

- Si "BC" diferente de 0
5
- Si "BC" igual a cero
4

CICLOS DE RELOJ:

- Si "BC" diferente de cero
21
- Si "BC" igual a cero
16

182 CODIGO MAQUINA

EJEMPLO:

| | |
|------|--|
| LDDR | |
|------|--|

Contenido del par de registros "HL"

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 0 1 1 1 0 1 0 0 | 74h |
| (L): | 1 0 1 1 1 0 0 1 | 89h |

Contenido del par de registros "DE"

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (D): | 1 0 0 0 0 0 1 1 | 83h |
| (E): | 0 0 0 1 0 1 1 1 | 17h |

Contenido del par de registros "BC"

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (B): | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
| (C): | 0 0 0 0 0 1 0 1 | 05h |

Contenido de las 5 posiciones de memoria anteriores a 74B9h

| | | |
|-------|----------|-----|
| | 01110111 | 77h |
| | 01100110 | 66h |
| | 01010101 | 55h |
| | 01000100 | 44h |
| 74B9h | 00110011 | 33h |

El contenido de las 5 posiciones de memoria anteriores a 8317h no es significativo.

Instrucción

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| LDDR: | 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh |
| | 1 0 1 1 1 0 0 0 | B8h |

Contenido del par de registros "HL" después de la ejecución

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 0 1 1 1 0 1 0 0 | 74h |
| (L): | 1 0 1 1 0 1 0 0 | B4h |

Contenido del par de registros "DE" después de la ejecución:

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (D): | 1 0 0 0 0 0 1 1 | 83h |
| (E): | 0 0 0 1 0 0 1 0 | 12h |

Contenido del par de registros "BC" después de la ejecución:

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (B): | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
| (C): | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |

Contenido de las 5 posiciones de memoria anteriores a 8317h después de la ejecución:

| | | |
|--|----------|-----|
| | 01110111 | 77h |
| | 01100110 | 66h |
| | 01010101 | 55h |
| | 11000100 | 44h |
| | 01110011 | 33h |

El contenido de las 5 posiciones de memoria anteriores a 47BCh no ha variado después de la ejecución.

Indicadores de condición después de la ejecución:

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| x | x | x | 0 | x | 0 |

Es importante tener en cuenta que, de estas instrucciones, se sale siempre con el registro "BC" a cero y los registros "HL" y "DE" apuntando a la dirección siguiente o anterior a cada uno de los bloques afectados.

Grupo de instrucciones de búsqueda

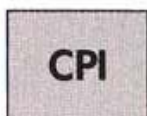
Las instrucciones de búsqueda tienen por objeto buscar en una tabla o posición de memoria un valor igual a uno dado.

Lo que realmente hacen estas instrucciones, al igual que las ya vistas de comparar (CP), es una resta entre un octeto de memoria (direccionado por el contenido del par de registros "HL") y el registro acumulador, sin alterar ninguno de los dos. Por lo tanto los indicadores de condición se activarán según las reglas de las instrucciones de restar (SUB). Emplearemos a pesar de todo el término comparar, pues lo que realmente se pretende es encontrar un valor igual a uno dado y si se encuentra se activará el indicador de condición "Z" (cero).

Para más aclaraciones, si son necesarias, ver las explicaciones de las instrucciones CP y SUB.

Cuando se usan estas instrucciones se pone en el registro acumulador (A) el valor que se desea buscar.

El uso de estas instrucciones es muy variado y son de gran utilidad en el manejo de datos. Piense en lo necesario que puede ser extraer determinado dato de una tabla de gran tamaño. El inconveniente que tiene es que sólo buscan un octeto, por tanto si se quiere buscar un dato mayor es necesario empezar por encontrar uno de sus octetos y mejor es buscar el más significativo. Una vez explicadas las instrucciones analizaremos algunas técnicas de búsqueda.



OBJETO:

Compara el contenido del registro acumulador con el octeto de memoria direccionado

por el contenido par de registros "HL". Si la comparación es verdadera se activará el indicador de condición "Z". A continuación incrementa 1 en el par de registros "HL" y decrementa en 1 el par de registros "BC".

Sería equivalente al siguiente programa:

```

CP   (HL)
INC  HL
DEC  BC
  
```

Con la única diferencia de que el indicador "P/V" se pondrá a "0" si "BC" alcanza un valor cero al decrementarlo y se pondrá a "1" si "BC" se mantiene distinto de cero.

CODIGO DE MAQUINA:

```

11101101  EDh
10100001  AHh
  
```

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el registro "A" es igual al octeto
pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso
- N; pone 1 - siempre
- P/V; pone 1 - si BC-1 es diferente de cero
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

16

EJEMPLO:

```
CPI
```

Contenido del registro acumulador:

```
(A): 01110111 77h
```

Contenido del par de registros "HL":

```
(H): 10010110 96h
(L): 00110111 37h
```

Contenido del octeto de memoria 9637h:

```
9637h: 01110111 77h
```

Contenido del par de registros "BC":

```
(B): 01101100 6Ch
(C): 00010001 11h
```

Instrucción:

```
CPI: 11101101  EDh
      10100001  AHh
```

El contenido del registro "A" no ha variado con la ejecución.

Contenido del par de registros "HL" después de la ejecución:

```
(H): 10010110 96h
(L): 00111000 38h
```

El contenido de la posición de memoria 9636h no ha variado con la ejecución.

Contenido del par de registros "BC" después de la ejecución:

(B):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 6Ch
 (C):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 10h

Indicadores de condición después de la ejecución:

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 1 | x | 0 | x | 1 |

El octeto direccionado por "HL" contenía el mismo valor que el acumulador, por lo que el indicador "Z" se ha puesto a "1". Por otro lado, el registro "BC" permanece distinto de cero tras decrementarlo, por lo cual, el indicador "P/V" se pone también a "1".

CPIR

OBJETO:

Compara el contenido del registro acumulador con el octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros "HL". Si la comparación es verdadera se activará el indicador de condición "Z". A continuación incrementa en 1 el par de registros "HL" y decrementa en 1 el par de registros "BC". Si el resultado de la comparación es falso y el contenido del par de registros "BC" no es cero se repite la instrucción. La instrucción termina cuando el par de registros "BC" alcanza el valor cero o el resultado de la comparación es verdadero. Ver FIGURA 8-4.

Tenga en cuenta que si el par de registros "BC" es cero antes de la ejecución de la instrucción esta se repetirá para 64 K octetos salvo que encuentre un resultado ver-

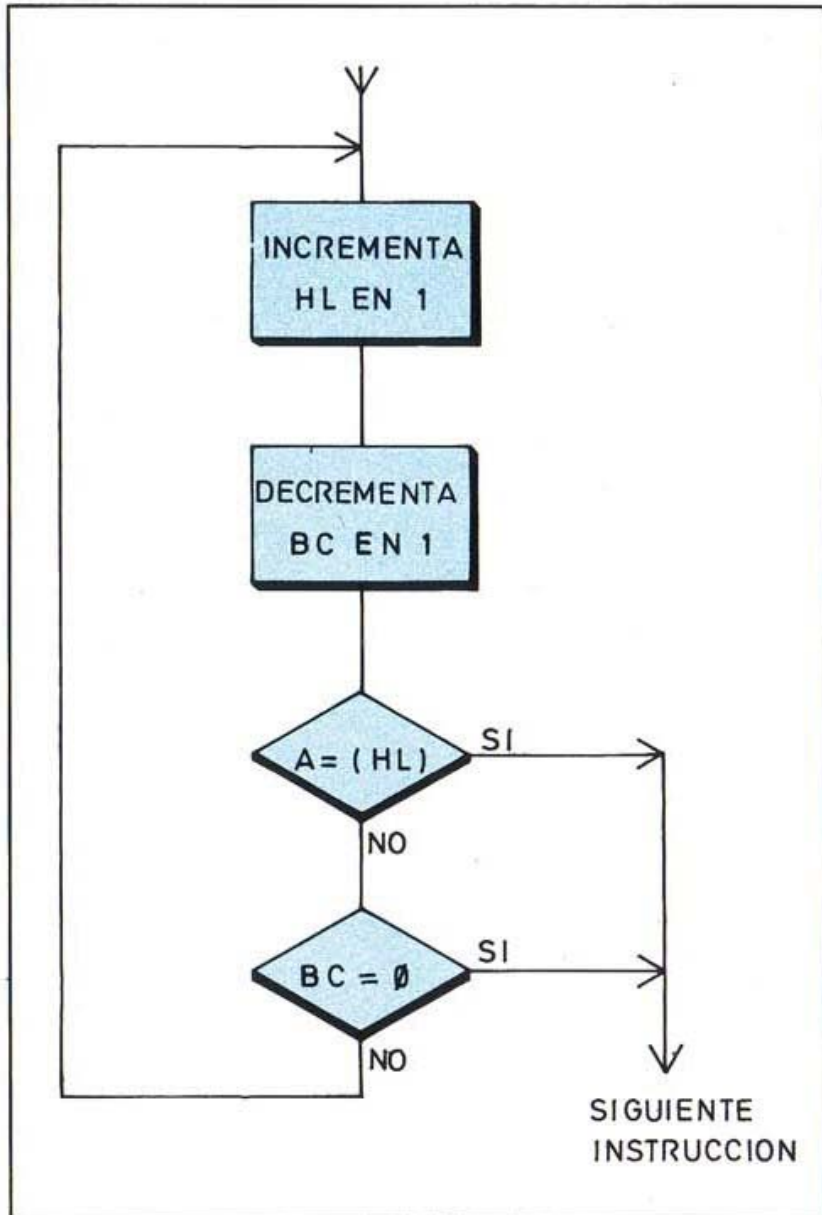


Fig. 8-4: Organigrama de la instrucción CPIR.

dadero. Esto es debido a que primero decrementa y luego compara, al decrementar 1 a 0000h, en el par de registros "BC" quedaría el valor FFFFh.

Las interrupciones no pararán la ejecución de esta instrucción por lo que se atenderían cuando terminase.

CODIGO DE MAQUINA:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

EDh
B1h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo
pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el registro "A" es igual al octeto
pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3
pone 0 - en cualquier otro caso

P/V; pone 1 - si BC-1 es diferente de cero

P/V; pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

Si «BC» diferente de 0 y «A» diferente del octeto

5

Si «BC» igual a 0 o «A» igual al octeto

4

CICLOS DE RELOJ:

Si «BC» diferente de 0 y «A» diferente del octeto

21

Si «BC» igual a 0 o «A» igual al octeto

EJEMPLO:

CPIR

Contenido del acumulador (octeto buscado):

(A): 10000010 82h

Contenido del par de registros «HL»:

(H): 11100000 E0
(L): 10000000 80h

Contenido del par de registros «BC»:

(B): 00000000 00h
(C): 00000111 07h

Contenido de las 7 posiciones de memoria a partir de E080h:

| | | |
|-------|----------|-----|
| E080h | 01111110 | 7Eh |
| | 01111111 | 7Fh |
| | 10000000 | 80h |
| | 10000001 | 81h |
| | 10000010 | 82h |
| | 10000011 | 83h |
| | 10000100 | 84h |

Instrucción

CPIR: 11101101 EDh
10110001 B1h

El contenido del registro «A» no ha variado con la ejecución.

Contenido del par de registros «HL» después de la ejecución:

(H): 11100000 E0h
(L): 10000100 84h

Contenido del par de registros «BC» después de la ejecución:

(B): 00000000 00h
(C): 00000111 03h

El contenido de las 7 posiciones de memoria a partir de E080h no ha variado después de la ejecución.

Indicadores de condición después de la ejecución:

S Z H P/V N C

0 1 x 0 x 1 1 x

Se ha encontrado un octeto igual al contenido del acumulador en la posición de memoria E084h, por lo que la ejecución se ha detenido en este punto; «Z» está a «1» para indicar que se ha encontrado el octeto; «P/V» está a «1» porque «BC» no ha llegado a valer cero; «HL» contiene la dirección del octeto cuyo contenido es igual al del acumulador.

CPD

OBJETO:

Compara el contenido del

registro acumulador con el octeto de memoria direccionado por el contenido par de registros «HL». Si la comparación, es verdadera se activará el indicador de condición «Z». A continuación decremента en 1 los pares de registros «HL» y «BC».

Funciona igual que CPI pero realizando la búsqueda desde el final del bloque hacia el principio.

CODIGO DE MAQUINA:

11101101 EDh
10101001 A9h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo

S; pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el registro «A» es igual al octeto

Z; 0 - en cualquier otro caso

H; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3

H; pone 0 - en cualquier otro caso

N; pone 1 - siempre

P/V; pone 1 - si BC-1 es diferente de cero

P/V; pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

16

EJEMPLO:

CPD

Contenido del registro acumulador:

(A):

| |
|----------|
| 00100000 |
|----------|

 20h

Contenido del par de registros «HL»:

(H):

| |
|----------|
| 10111001 |
|----------|

 B9h
 (L):

| |
|----------|
| 10001000 |
|----------|

 88h

Contenido del octeto de memoria B988h:

B988h:

| |
|----------|
| 00000010 |
|----------|

 02h

Contenido del par de registros «BC»:

(B):

| |
|----------|
| 00000000 |
|----------|

 00h
 (C):

| |
|----------|
| 00000000 |
|----------|

 00h

Instrucción:

CPDR:

| |
|----------|
| 11101101 |
| 10101001 |

 EDh A9h

El contenido del registro «A» no ha variado con la ejecución.

Contenido del par de registros «HL» después de la ejecución:

(H):

| |
|----------|
| 10111001 |
|----------|

 B9h
 (L):

| |
|----------|
| 10000111 |
|----------|

 87h

El contenido de la posición de memoria B988h no ha variado con la ejecución.

Contenido del par de registros «BC» después de la ejecución:

(B):

| |
|----------|
| 11111111 |
|----------|

 FFh
 (C):

| |
|----------|
| 11111111 |
|----------|

 FFh

Indicadores de condición después de la ejecución:

S Z H P/V N C

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 | 1 | x |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

CPDR

OBJETO:

Compara el contenido del registro acumulador con el octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros «HL». Si la comparación es verdadera se activará el indicador de condición «Z». A continuación decrementa en 1 los pares de registros «HL» y «BC». Si el resultado de la comparación es falso y el contenido del par de registros «BC» no es cero se repite la instrucción.

La instrucción termina cuando el par de registros «BC» alcanza el valor cero o

el resultado de la comparación es verdadero. Ver Figura 8-5.

Tenga en cuenta que si el par de registros «BC» es cero antes de la ejecución de la instrucción esta se repetirá para 64K octetos salvo que encuentre un resultado verdadero. Esto es debido a que primero decrementa y luego compara, al decrementar 1 a 0000h, en el par de registros «BC» quedaría el valor FFFFh.

Las interrupciones no pararán la ejecución de esta instrucción por lo que se atenderían cuando terminase.

CODIGO DE MAQUINA:

| |
|----------|
| 11101101 |
| 10111001 |

 EDh B9h

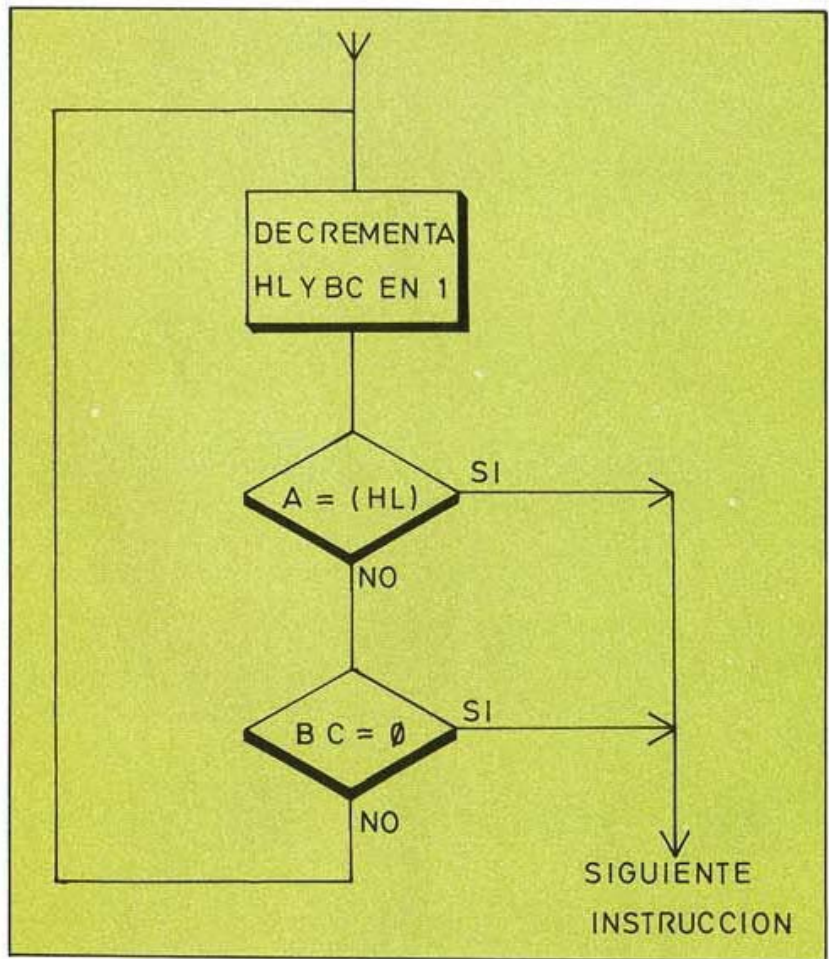


Fig. 8-5. Organigrama de la instrucción CPDR.

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo

S; pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el registro «A» es igual al octeto

Z; pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 1 - si no hay acarreo desde el bit 3

H; pone 0 - en cualquier otro caso

N; pone 1 - siempre

P/V; pone 1 - si BC-1 es diferente de cero

P/V; pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

Si «BC» diferente de 0 y «A» diferente del octeto:

5

Si «BC» igual a 0 o «A» igual al octeto:

4

CICLOS DE RELOJ:

Si «BC» diferente de 0 y «A» diferente del octeto:

21

Si «BC» igual a 0 ó «A» igual al octeto:

16

EJEMPLO:

CPDR

Contenido del acumulador:

(A): 11111111 Ffh

Contenido del par de registros «HL»:

(H): 10000100 84h
(L): 00100011 23h

INSTRUCCIONES DE INTERCAMBIO

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|
| EX DE,HL | EB | 235 |
| EX AF,AF' | 08 | 8 |
| EX (SP),HL | E3 | 227 |
| EX (SP),IX | DD,E3 | 221,227 |
| EX (SP),IY | FD,E3 | 253,227 |
| EXX | D9 | 217 |

Fig. 8-6. Tabla de codificación para las instrucciones de intercambio.

INSTRUCCIONES DE TRANSFERENCIA

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|
| LDD | ED,AB | 237,168 |
| LDDR | ED,B8 | 237,184 |
| LDI | ED,A0 | 237,160 |
| LDIR | ED,B0 | 237,176 |

Fig. 8-7. Tabla de codificación para las instrucciones de transferencia.

Contenido del par de registros «BC»:

(B): 00000000 00h
(C): 00000111 05h

Instrucción:

CPDR: 11101101 EDh
10111001 B9h

Contenido de las 5 posiciones de memoria anteriores a 8423h:

8423h: 00110011 33h
00110100 34h
00110101 35h
00110110 36h
00110111 37h

El contenido del registro «A» no ha variado con la ejecución.

Contenido del par de registros «HL» después de la ejecución:

(H): 11100000 80h
(L): 00011110 1Eh

Contenido del par de registros «BC» después de la ejecución:

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (B): | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
| (C): | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |

El contenido de las 5 posiciones de memoria anteriores a E080h no han variado después de la ejecución.

Indicadores de condición después de la ejecución:

S Z H P/V N C

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 | 1 | x |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

En este caso, no se ha encontrado ningún octeto cuyo contenido sea igual al del acumulador, por tanto, la instrucción ha terminado cuando «BC» ha llegado a valer cero. El indicador «Z» está a «0» porque no se ha encontrado el octeto y el «P/V» está, también, a «0» porque el registro «BC» ha llegado a valer cero.

Tablas de codificación

A continuación, vamos a ver las tablas que nos indican el código máquina que corresponde a cada instrucción; recuerde que éstas son las tablas que utilizaremos para ensamblar las rutinas «a mano».

En la Figura 8-6 tenemos la tabla correspondiente a las instrucciones de intercambio; en la Figura 8-7, la correspondiente a las de transferencia y, finalmente, en la Figura 8-8 tenemos la tabla correspondiente a las instrucciones de búsqueda.

Hemos añadido otra tabla en la Figura 8-9 que constituye un resumen de la forma en que estas instrucciones afectan a los indicadores, así como el número de bytes que

INSTRUCCIONES DE BUSQUEDA

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|
| CPD | ED,A9 | 237,169 |
| CPDR | ED,B9 | 237,185 |
| CPI | ED,A1 | 237,161 |
| CPIR | ED,B1 | 237,177 |

Fig. 8-8. Tabla de codificación para las instrucciones de búsqueda.

GRUPO DE INTERCAMBIO, TRANSFERENCIA Y BUSQUEDA

| NEMONICO | INDICADORES | | | | | | | No. DE BYTES | CICLOS | |
|-----------------------|-------------|---|---|---|---|-----|---|--------------|--------|--------|
| | S | Z | x | H | x | P/V | N | | C | MEM. |
| EX DE,HL | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | 4 |
| EX AF,AF ² | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | 4 |
| EX (SP),HL | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 5 | 19 |
| EX (SP),IX | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 6 | 23 |
| EX (SP),IY | . | . | . | . | . | . | . | 2 | 6 | 23 |
| EXX | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | 4 |
| LDI | . | . | x | 0 | x | 0 | . | 2 | 4 | 16 |
| LDIR | . | . | x | 0 | x | 0 | 0 | 2 | 5(4) | 21(16) |
| LDD | . | . | x | 0 | x | 0 | . | 2 | 4 | 16 |
| LDDR | . | . | x | 0 | x | 0 | 0 | 2 | 5(4) | 21(16) |
| CPI | 0 | 0 | x | 0 | x | 0 | 1 | 2 | 4 | 16 |
| CPIR | 0 | 0 | x | 0 | x | 0 | 1 | 2 | 5(4) | 21(16) |
| CPD | 0 | 0 | x | 0 | x | 0 | 1 | 2 | 4 | 16 |
| CPDR | 0 | 0 | x | 0 | x | 0 | 1 | 2 | 5(4) | 21(16) |

NOTAS:

1.- Los signos tienen el siguiente significado:

- "0": El indicador cambia de valor de acuerdo con el resultado de la instrucción.
- "x": El bit adquiere un estado indeterminado.
- ".": El indicador no es afectado por la instrucción, por lo que conserva su anterior contenido.
- "0": El indicador se pone siempre a cero.
- "1": El indicador se pone siempre a uno.

Fig. 8-9. Tabla de indicadores y ciclos para las instrucciones de intercambio, transferencia y búsqueda.

ocupan y el número de ciclos de memoria y reloj que emplean.

Métodos de búsqueda

Las instrucciones de búsqueda se usan normalmente para localizar en parte o en la totalidad de la memoria un valor que se supone que existe. También se suelen usar, aunque menos, para asegurarse de que un determinado valor no existe.

Cuando el valor que se quiere buscar ocupa un octeto, la aplicación de las instrucciones es inmediata, y una vez ejecutada sabremos si dicho valor existe o no, en caso de que exista también sabremos dónde se encuentra.

El problema se complica cuando se quiere buscar un valor que ocupa más de un octeto. Por ejemplo en una tabla donde existen nombres propios, queremos buscar «PEPE». La forma de actuar en un caso como éste sería:

- a) Buscar primero una «P».
- b) Si no se encuentra no hay ningún «PEPE».
- c) Si se encuentra habrá que comparar si los siguientes caracteres son «E», «P» y «E», lo cual se puede hacer con la instrucción CP o bien con las de búsqueda que incrementan el registro que se usa como índice.

Si lo que se busca es un valor numérico que ocupa más de un octeto es de mayor utilidad emplear otro método, a saber: supongamos que se quiere buscar el número 000074F372h en una tabla que contiene números de 5 octetos como máximo. Si se emplea el método anterior

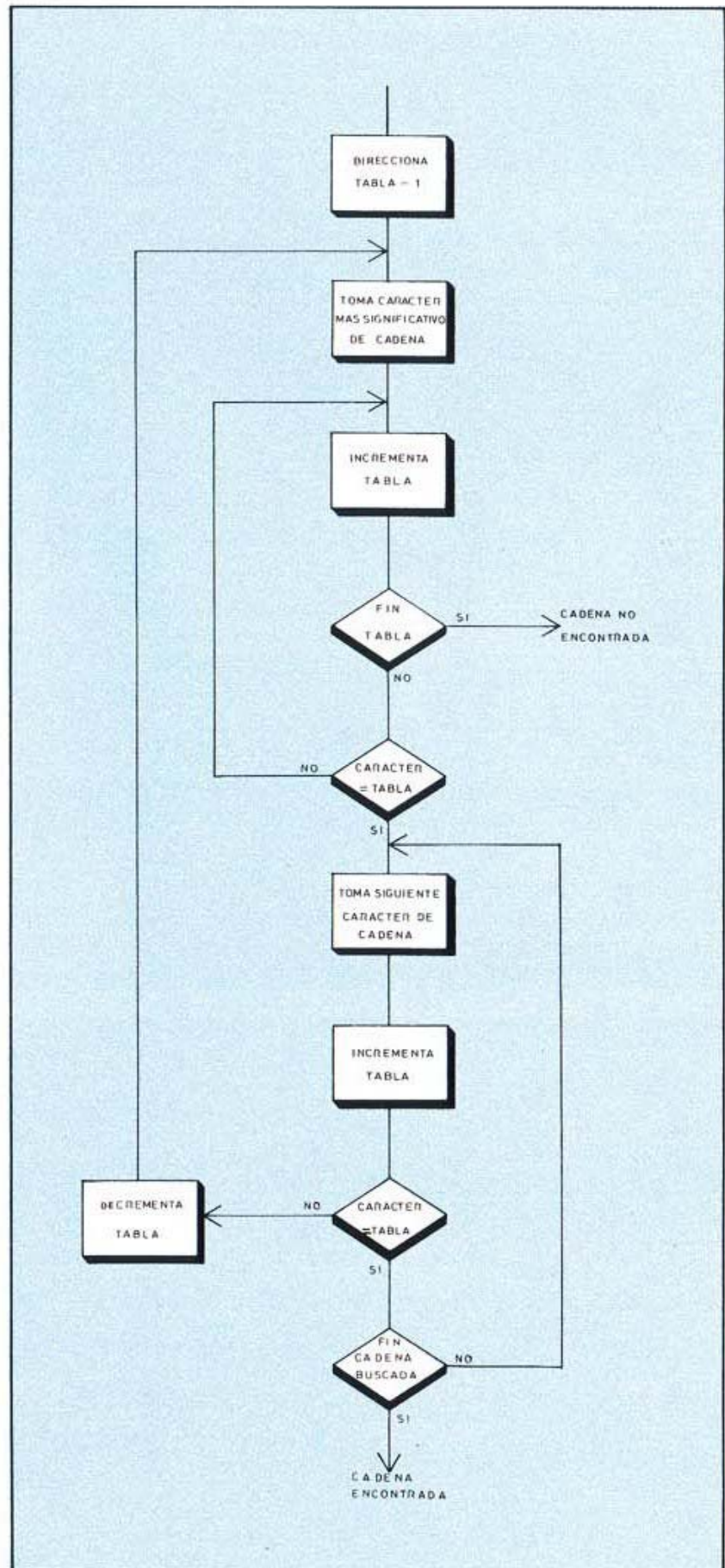


Fig. 8-10. Organigrama de una búsqueda en cadena.

empezaríamos a buscar el 00h, es de suponer que muchos números comiencen por 00h, por lo tanto, es más fácil organizar una búsqueda hacia atrás buscando el número más significativo, en este caso el 72h; una vez encontrado se analiza si el que le sigue hacia atrás es F3h, 74h, 00h y 00h.

Es norma habitual y aconsejable que los campos numéricos se justifiquen a la derecha y los literales a la izquierda, quiere esto decir que si en 5 octetos se quiere almacenar el literal «PEPE», se haga.

P E P E

y si se quiere almacenar el número 74F372h se haga,

00 00 74 F3 72

Una vez esto claro se podría aplicar como norma general a practicar que la búsqueda de una cadena literal se realice hacia delante y la búsqueda de una cadena numérica se realice hacia atrás. Ver organigrama de Figura 8-10.

El tipo de búsqueda visto hasta aquí es secuencial, es decir, se va mirando secuencialmente, bien sea hacia delante o hacia atrás unos octetos consecutivos de memoria.

Podría darse el caso de tener los datos organizados de forma que estén mezclados numéricos y literales además de diferentes tipos de información, eso sí, en una estructura previamente fijada. Por ejemplo, supongamos que se tiene información sobre libros y se coloca de la siguiente manera:

| | |
|------------------|-------------------------|
| 20 | octetos=AUTOR |
| 20 | octetos=TITULO |
| 15 | octetos=ISBN |
| 4 | octetos=PRECIO |
| 6 | octetos=FECHA DE COMPRA |
| 1 | octeto=CODIGO TEMATICO |
| TOTAL 66 octetos | |

A esta estructura se la llama registro de datos, cada una de sus subdivisiones se llaman campos y una serie de registros forman un fichero, todo ello independientemente del soporte en el que estén (memoria, cinta o disco). Más adelante en el curso se hablará de forma de organizar datos, bases de datos, etc. pero de momento es bueno diferenciar campo, registro y fichero.

Continuemos con las instrucciones de búsqueda que es lo que nos ocupa. Supongamos que, en un fichero así organizado, queremos saber si existe y dónde está un libro llamado «MOMO».

Un método sería buscar en todo el fichero la cadena de caracteres «MOMO» pero este tiene dos problemas fundamentales:

1. Hay que rastrear todo el fichero conscientes de que en más de las dos terceras partes de él no existe la información referente al título.

2. Una vez encontrada la cadena de caracteres «MOMO» no estaríamos seguros de haber encontrado un autor o un título.

El método más válido sería el secuencial con índice, esto es, se buscaría sólo en los octetos del campo TITULO. Para lo cual una vez direccionado el primer registro se sumaría 20 a dicha dirección; se buscaría en los 20 octetos restantes la cadena de caracte-

teres «MOMO» y si no se encuentra se sumaría a la dirección actual el tamaño del registro de datos menos 20, en este caso 46 con lo cual se estaría direccionando el campo TITULO del siguiente registro.

Observe que la palabra registro tiene dos usos muy utilizados en informática y muy diferentes en su función. Uno es el ya más familiar registro de CPU y otro es el registro de datos. No siempre que se emplea esta palabra se especifica si es CPU o datos, pero el contexto y el tema lo aclararán suficientemente.

Hasta aquí, hemos hecho una primera aproximación al manejo de tablas de datos; existen otros métodos más complejos que permiten, incluso, manejar tablas en las que los datos no tengan todos la misma longitud; pero no es el momento de abrumar al lector entrando excesivamente en profundidades; en un capítulo posterior, cuando veamos las técnicas de programación, haremos un estudio exhaustivo con ejemplos de lo que son y cómo se crean las bases de datos.

Ejemplos

El primer ejemplo que vimos en el curso, se limitaba a cargar el registro «BC» con un número y retornar; decíamos entonces que no parecía algo muy vistoso para lo que suelen evocar las palabras «código máquina»; a medida que hemos ido aprendiendo más instrucciones, nos ha sido posible aumentar el nivel de complejidad de nuestros ejemplos e ir haciendo cosas cada vez más útiles. Aún nos faltan por ver algunas instruc-

ciones fundamentales, como las de rotación o subrutinas; no obstante, estamos ya en disposición de escribir rutinas que puedan pasar a formar parte de la «biblioteca» particular de cada lector.

Programar en Assembler no es tarea fácil o, cuando menos, resulta bastante trabajoso, por lo que, los programadores, han ideado métodos para no tener que repetir el mismo trabajo varias veces. Uno de esos métodos es lo que se denomina: «biblioteca de rutinas». Programando en Assembler, hay una serie de tareas que se repiten en casi todos los programas; por ejemplo, borrar la pantalla, leer una tecla, hacer una pausa de «x» segundos, imprimir un dato en pantalla, buscar un dato en memoria, etc. La mayoría de los programadores escriben estas rutinas una sola vez y las guardan para utilizarlas en sucesivos programas; de esta forma, acaban teniendo una enorme colección de rutinas ya escritas y, cuando tienen que escribir un programa, combinan unas cuantas de ellas y ya tienen escrito más de la mitad del programa. A esta colección de rutinas se le denomina «biblioteca»; es conveniente que la mayoría de ellas estén escritas de forma reubicable, ya que así, resultará más fácil combinarlas.

Al hacer el curso, se nos ocurrió que los ejemplos pudieran servir para que cada lector iniciara, con ellos, su biblioteca particular. En este capítulo hemos preparado tres ejemplos que seguramente utilizará muchas veces. El primero de ellos sirve para intercambiar entre sí bloques de pantalla, y pretende

ilustrar el manejo de las instrucciones «EX» y «EXX». El segundo permite guardar pantallas en zonas altas de memoria y recuperarlas desde allí; evidentemente, ilustra a la perfección el manejo de «LDIR». Por último, el tercer ejemplo es quizá el más útil, se trata de una rutina que le permitirá buscar cualquier conjunto desde 1 hasta 50 octetos consecutivos en una zona determinada de memoria, devolviendo la dirección inicial, si los encuentra, o «0» si no los encuentra (porque no existan, claro); como ya habrá supuesto, el núcleo principal de este ejemplo es la instrucción «CPIR».

Antes de pasar a ver el primero de estos ejemplos, hemos creído importante reproducir aquí una idea apuntada por el joven programador británico David Webb en su libro «Advanced Spectrum Machine Language». La idea es genial, principalmente, por su sencillez; se trata de una rutina que utiliza la instrucción «LDIR» para borrar la pantalla. Cuando borramos la pantalla, lo que hacemos es, precisamente, cargar un cero en cada una de sus direcciones (desde 4000h hasta 57FFh inclusive); la forma normal de hacerlo, sería con un bucle que fuera cargando «ceros» en estas direcciones una por una; así lo hicimos en nuestra rutina para borrar la pantalla por trozos (aún no habíamos visto la instrucción «LDIR»). David Webb propone otra forma más rápida de hacerlo: se trata de cargar la primera dirección en «HL», cargar un «0» en esta dirección, cargar la segunda dirección en «DE», cargar la longitud menos uno en «BC» y hacer

«LDIR»; el primer byte será copiado en todos los restantes.

Este método puede ser utilizado cada vez que se quiera llenar una zona de memoria con un determinado octeto. Un ejercicio interesante para el lector sería modificar la rutina que borra la pantalla por trozos, de forma que lo haga utilizando «LDIR»; recuerde que cuando borre el fichero de atributos, no será un «0» lo que tendrá que cargar, sino el valor de los atributos permanentes en curso, que está almacenado en la variable del sistema «ATTR-P» (dirección 23693). Si modificamos las rutinas «BUC-1» y «BUC-2» de este ejemplo, quedarán así:

```

410          LD  BC, #07FF
420 BUC_1    PUSH DE
430          LD  (HL), L
440          LD  D, H
450          LD  E, 1
460          LDIR
470 BUC_2    POP  HL
480          LD  D, H
490          LD  E, 1
500          LD  A, (23693)
510          LD  (HL), A
520          LD  C, #FF
530          LDIR
540          RET

```

En la línea 420 guardamos el contenido de «DE» que es la dirección de inicio de la zona de atributos; luego, en la línea 470, la recuperamos cargándola en «HL». Dado que el octeto menos significativo de todas las direcciones que usamos es «00», hemos supri-

mido el «XOR A» que había en la línea 420 y, en vez de hacer «LD (HL),A» hacemos «LD (HL),L». Hemos simplificado el listado (este tiene dos líneas menos) y, además, funciona más deprisa. Aún podría simplificarse más; puesto que todos los octetos menos significativos son «ceros», podríamos almacenar en la tabla sólo los más significativos y cargar «L» y «E» con «0». En su día no se hizo así porque se pretendía que el ejemplo ilustrara, también, la forma de utilizar una tabla de «offset».

La rutina «CLS3» del capítulo 7 quedaría:

```

100      ORG 60000
110      LD  A, (23681)
120      AND A
130      JR  Z, ERROR
140      CP  4
150      JR  C, CLS3
160 ERROR RST 8
170      DEFB #0A
180 CLS3  DEC A
190      ADD A, A
210      LD  HL, TABLA
220      LD  B, 0
230      LD  C, A
240      ADC HL, BC
250      LD  B, (HL)
260      INC HL
270      LD  D, (HL)
280      LD  E, 0
320      JR  CLS3_1
330 TABLA DEFB #40, #58
340      DEFB #48, #59
350      DEFB #50, #5A
390 CLS3_1 LD  H, B
400      LD  L, 0
410 .....

```

A partir de la línea 410 continúa como está arriba. Hemos intentado mantener la numeración en lo que fuera posible, pero al desaparecer líneas, quedan huecos vacíos entre los números. Esta rutina ocupa menos bytes que la original y, además, es más rápida. ¿Qué más se puede pedir?

Ahora sí, empecemos con los ejemplos específicos de este capítulo. El primero de ellos sirve para intercambiar entre sí dos de los tres bloques de pantalla (los que borraba la rutina anterior). Existen tres posibilidades: se puede intercambiar el primer bloque con el segundo, el segundo con el tercero o el primero con el tercero (nótese que intercambiar, por ejemplo, el segundo bloque con el primero es lo mismo que intercambiar el primero con el segundo, por tanto, en los tres casos expuestos están todas las posibilidades). Los bloques que se intercambiarán dependerán del contenido del acumulador que podrá ser «4», «5» ó «6». Se han elegido estos valores para que esta rutina sea compatible con la anterior; veamos un cuadro resumido:

```

A=4 => 1<->2
A=5 => 2<->3
A=6 => 1<->3

```

La idea es que, mezclando estas rutinas y otras que veremos, se pueda llegar a hacer un auténtico «procesador de pantalla» que haga un gran número de operaciones dependiendo del valor de «A».

Llamamos archivo de pantalla a los bytes cuyas direc-

ciones están comprendidas entre 4000h (16384) y 57FFh (22527) ambos inclusive y que contienen los 49152 pixels que componen una imagen. Asimismo, llamamos archivo de atributos a los bytes con direcciones comprendidas entre 5800h (22528) y 5AFFh (23295) que contienen los atributos de color, brillo y parpadeo para cada grupo de 64 pixels.

Podemos dividir cada uno de estos archivos en tres zonas iguales; cada una de ellas contendrá 2048 bytes en el caso del fichero de pantalla y 256 bytes en el de atributos.

Intercambiar entre sí dos de estas zonas implica que los datos contenidos en cada una de sus direcciones de memoria se intercambian entre sí, y esto ocurre tanto para el archivo de pantalla como para el de atributos. Necesitaremos, por tanto, dos bucles; uno que intercambie los bytes del fichero de pantalla y otro que haga lo mismo con los bytes correspondientes del fichero de atributos. Para no andar manejando números engorrosos, asignaremos una etiqueta para la dirección de comienzo de cada una de estas zonas; las etiquetas serán «DIS_1», «DIS_2» y «DIS_3» para el archivo de pantalla y «ATT_1», «ATT_2» y «ATT_3» para el de atributos; sus direcciones (según se definen en el programa) serán:

```

660 DIS_1 EQU #4000
670 DIS_2 EQU #4800
680 DIS_3 EQU #5000
690 ATT_1 EQU #5800
700 ATT_2 EQU #5900
710 ATT_3 EQU #5A00

```

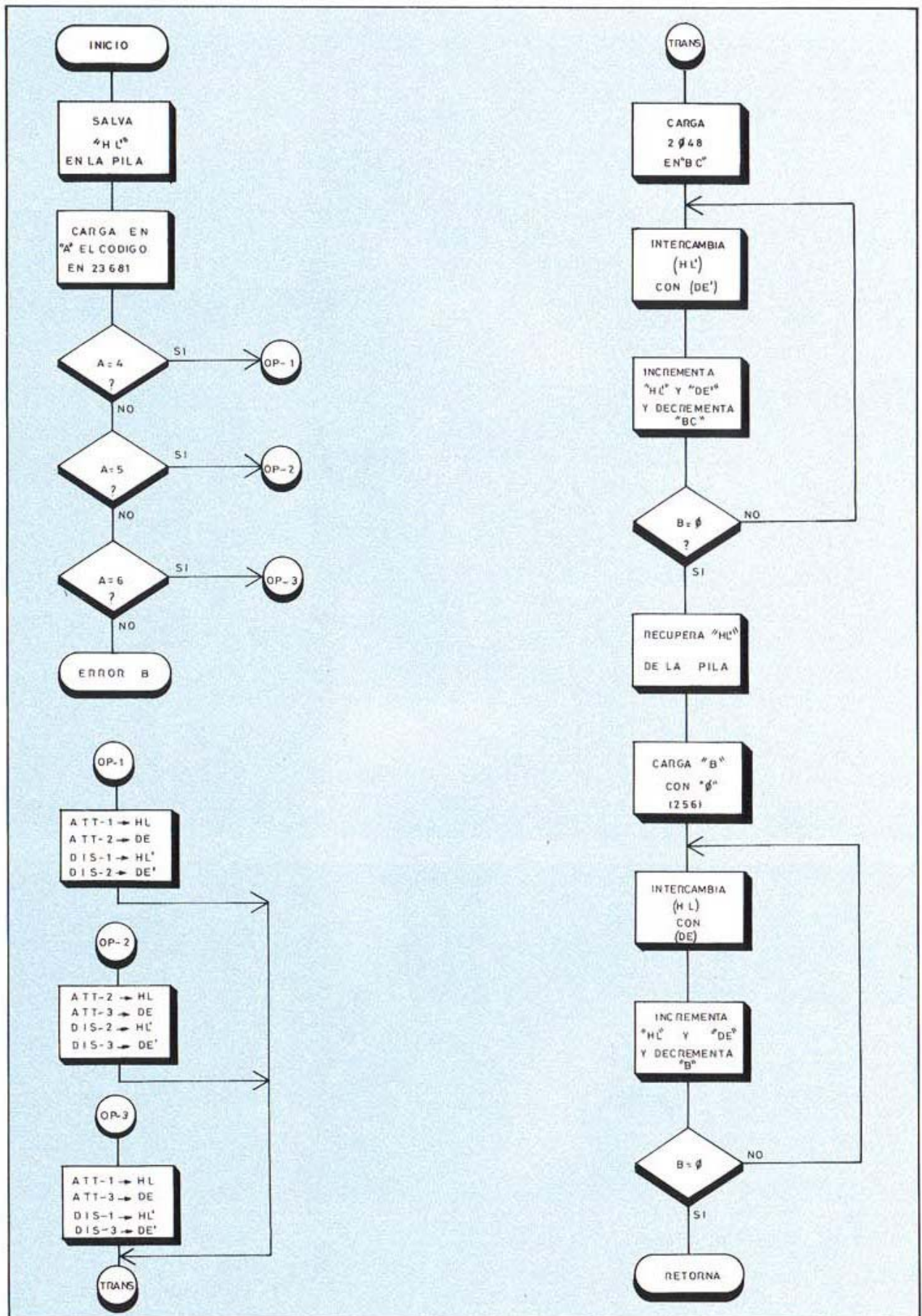


Fig. 8-11. Organigrama de la rutina para intercambiar zona de pantalla.

Esta definición de etiquetas formará parte de nuestro programa, de ahí los números de línea que están colocados antes de cada etiqueta.

Antes de seguir, haremos una pequeña observación de gran importancia cuando utilicemos las instrucciones «EX» y «EXX». Cuando programamos en código máquina el Spectrum, podemos utilizar todos los registros del microprocesador, pero algunos de ellos contienen datos importantes para el Sistema y, si alteramos su contenido, pueden ocurrir desastres cuando retornemos al Basic; estos registros son: «HL'», «IY» e «I»; El primero es el registro «HL» del «SET» alternativo, este registro contiene la dirección del siguiente literal a ejecutar por el calculador (no se preocupe si no entiende, ya estudiaremos el calculador); no conviene alterar el contenido de este registro, por ello, es mejor preservarlo al principio de la rutina y recuperarlo al final, antes de retornar. El segundo, es el índice «IY», este registro contiene la dirección base para acceder a las variables del sistema mediante direccionamiento indexado; el contenido de este registro es reinicializado cuando se retorna con «RET», pero NO si se retorna con «RST 8»; por tanto, es preferible no tocarlo. El registro «I» contiene el vector de página de interrupción (también las interrupciones serán estudiadas con más detalle); no es utilizado habitualmente por el sistema, pero a nosotros no nos sirve de mucho, así que es mejor no tocarlo a menos que, deliberadamente, queramos cambiar el vector de interrupción.

Todo esto es importante

porque, en esta rutina, vamos a utilizar los registros alternativos, así que guardaremos «HL'» al principio de la rutina y lo recuperaremos al final, antes de retornar. En la Figura 8-11 tiene el organigrama de la rutina completa; primero se guarda «HL'» haciendo lo siguiente:

```
110      EXX
120      PUSH HL
130      EXX
```

Después cargamos en «A» el contenido de la dirección 23681 y saltamos a las etiquetas «OP_1», «OP_2» u «OP_3» según que el contenido de «A» sea «4», «5» ó «6»; si fuera distinto de cualquiera de estos valores, retornamos mediante «RST 8» con el informe de error «B»:

```
140      LD  A, (23681)
150      CP  4
160      JR  Z, OP_1
170      CP  5
180      JR  Z, OP_2
190      CP  6
200      JR  Z, OP_3
210      RST 8
220      DEFB #0A
```

En «OP_1», «OP_2» u «OP_3», cargamos en «HL», «DE», «HL'» y «DE'» las direcciones de inicio de los bloques a intercambiar que, serán distintas en cada caso; luego, la rutina continúa en «TRANS»:

```
230 OP_1 LD HL, ATT_1
240     LD DE, ATT_2
```

```
250     EXX
260     LD HL, DIS_1
270     LD DE, DIS_2
280     JR  TRANS
290 OP_2 LD HL, ATT_2
300     LD DE, ATT_3
310     EXX
320     LD HL, DIS_2
330     LD DE, DIS_3
340     JR  TRANS
350 OP_3 LD HL, ATT_1
360     LD DE, ATT_3
370     EXX
380     LD HL, DIS_1
390     LD DE, DIS_3
```

De esta forma, entramos en la rutina de transferencia «TRANS» con «HL» conteniendo el inicio de un bloque de pantalla, «DE» el inicio del otro. «HL'» el inicio de un bloque de atributos y «DE'» el inicio del otro. La rutina «TRANS» consta de dos bucles; el primero es «BUC_1»:

```
400 TRANS LD BC, 2048
410 BUC_1 LD A, (HL)
420     EX AF, AF'
430     LD A, (DE)
440     LD (HL), A
450     EX AF, AF'
460     LD (DE), A
470     INC HL
480     INC DE
490     DEC BC
500     LD A, B
510     OR C
520     JR  NZ, BUC_1
```

En 400 cargamos «BC» con 2048 que será el número de iteraciones del bucle; en 410

cargamos en «A» el octeto de la primera zona y lo pasamos a «A'» en 420; en 430 y 440 pasamos el octeto de la segunda zona a la primera; en 450 recuperamos el contenido de «A'» y en 460 lo colocamos en la dirección correspondiente de la segunda zona; el resto del bucle está formado por las habituales instrucciones de incrementar punteros, decrementar contador y cerrar el bucle si «BC» difiere de cero. A continuación, recuperamos el dato de «HL'» que habíamos metido en la pila y lo metemos, de nuevo, en «HL'» al tiempo que sacamos a «HL» y «DE» las direcciones de inicio de los bloques de atributos a intercambiar:

```

530     POP HL
540     EXX

```

Ahora viene el bucle «BUC_2» para intercambiar las zonas de atributos:

```

550     LD B,0
560 BUC_2 LD A,(HL)
570     EX AF,AF'
580     LD A,(DE)
590     LD (HL),A
600     EX AF,AF'
610     LD (DE),A
620     INC HL
630     INC DE
640     DJNZ BUC_2
650     RET

```

Este bucle es exactamente igual que el anterior, salvo que sólo tiene 256 iteraciones, por lo que cargamos «B»

```

#HISOFT GENSYM ASSEMBLER#
ZX SPECTRUM

Copyright HISOFT 1983
CURSO C/M MICROHOBBY

Pass 1 errors: 00

      10 #C-
      20 #D+
60000 100   ORG      60000
60000 110   EXX
60001 120   PUSH    HL
60002 130   EXX
60003 140   LD      A,(23681)
60006 150   CP      4
60008 160   JR      Z,OP_1
60010 170   CP      5
60012 180   JR      Z,OP_2
60014 190   CP      6
60016 200   JR      Z,OP_3
60018 210   RST     8
60019 220   DEFB   #0A
60020 230 OP_1   LD      HL,ATT_1
60023 240     LD      DE,ATT_2
60026 250   EXX
60027 260   LD      HL,DIS_1
60030 270   LD      DE,DIS_2
60033 280   JR      TRANS
60035 290 OP_2   LD      HL,ATT_2
60038 300     LD      DE,ATT_3
60041 310   EXX
60042 320   LD      HL,DIS_2
60045 330   LD      DE,DIS_3
60048 340   JR      TRANS
60050 350 OP_3   LD      HL,ATT_1
60053 360     LD      DE,ATT_3
60056 370   EXX
60057 380   LD      HL,DIS_1
60060 390     LD      DE,DIS_3
60063 400 TRANS LD      BC,2048
60066 410 BUC_1 LD      A,(HL)
60067 420     EX      AF,AF'
60068 430     LD      A,(DE)
60069 440     LD      (HL),A
60070 450     EX      AF,AF'
60071 460     LD      (DE),A
60072 470   INC     HL
60073 480   INC     DE
60074 490   DEC     BC
60075 500   LD      A,B
60076 510   OR      C
60077 520   JR      NZ,BUC_1
60079 530   POP    HL
60080 540   EXX
60081 550   LD      B,0
60083 560 BUC_2 LD      A,(HL)
60084 570     EX      AF,AF'
60085 580     LD      A,(DE)
60086 590     LD      (HL),A
60087 600     EX      AF,AF'
60088 610     LD      (DE),A
60089 620   INC     HL
60090 630   INC     DE
60091 640   DJNZ   BUC_2
60093 650   RET
16384 660 DIS_1 EQU    #4000
18432 670 DIS_2 EQU    #4800
20480 680 DIS_3 EQU    #5000
22528 690 ATT_1 EQU    #5800
22784 700 ATT_2 EQU    #5900
23040 710 ATT_3 EQU    #5A00

Pass 2 errors: 00

Table used: 154 from 201

```

Fig. 8-12. Listado completo de la rutina para intercambiar zonas de pantalla.

con «0» y utilizamos «D» para cerrar el bucle; finalmente, en la línea 650 retornamos con «RET».

Ya está acabada la rutina, parece complicada pero, cuando se comprende, resulta sumamente sencilla. En la Figura 8-12 tiene el listado completo tal como lo produce el «GENS-3» cuando ensambla. Por nuestra parte, vamos a ensamblar la rutina «a mano» para que no se nos enfaden los que no tienen ensamblador.

La rutina es muy sencilla y no debe haber problemas para ensamblarla, en todo caso, resulta trabajoso porque son muchas instrucciones, pero ármese de paciencia que el trabajo vale la pena. Recuerde que, donde pone «ATT_1», deberá poner « 5800» y así con todas las etiquetas, excepto las correspondientes a los saltos relativos en los que deberá calcular el desplazamiento como aprendimos en el capítulo anterior.

Intente ensamblar por sí mismo, si no toda, al menos parte de la rutina y, luego, compruebe el resultado, corrija los errores y mire por qué los ha cometido para no volverlos a cometer...

Nos ha quedado así:

```

110 60000 217
120 60001 229
130 60002 217
140 60003 58,129,92
150 60006 254,4
160 60008 40,10
170 60010 254,5
180 60012 40,21
190 60014 254,6
200 60016 40,32
210 60018 207

```

PROGRAMA 1

```

10 REM PROGRAMA 8-1
20 CLEAR 59999
30 FOR n=0 TO 93: READ a: POKE
60000+n,a: NEXT n
40 DATA 217,229,217,58,129,92,
254,4,40,10,254,5,40,21,254,6,40,
32,207,10,33,0,88,17,0,89,217,3
3,0,64,17,0,72,24,28,33,0,89,17,
0,90,217,33,0,72,17,0
50 DATA 80,24,13,33,0,88,17,0,
90,217,33,0,64,17,0,80,1,0,8,126
8,26,119,8,18,35,19,11,120,177,
32,243,225,217,6,0,126,8,26,119,
8,18,35,19,16,246,201
100 FOR n=1 TO 192: PRINT PAPER
1; INK 9;"1";: NEXT n
105 PRINT
110 FOR n=1 TO 192: PRINT PAPER
3; INK 9;"2";: NEXT n
115 PRINT
120 FOR n=1 TO 192: PRINT PAPER
5; INK 9;"3";: NEXT n

130 INPUT "Valor para ""A"" (4,
5 o 6)? ";a: POKE 23681,a: RANDO
MIZEUSR 60000
140 GO TO 130

```

```

220 60019 10
230 60020 33,0,88
240 60023 17,0,89
250 60026 217
260 60027 33,0,64
270 60030 17,0,72
280 60033 24,28
290 60035 33,0,89
300 60038 17,0,90
310 60041 217
320 60042 33,0,72
330 60045 17,0,80
340 60048 24,13
350 60050 33,0,88
360 60053 17,0,90
370 60056 217
380 60057 33,0,64
390 60060 17,0,80
400 60063 1,0,8
410 60066 126
420 60067 8
430 60068 26

```

```

440 60069 119
450 60070 8
460 60071 18
470 60072 35
480 60073 19
490 60074 11
500 60075 120
510 60076 177
520 60077 32,243
530 60079 225
540 60080 217
550 60081 6,0
560 60083 126
570 60084 8
580 60085 26
590 60086 119
600 60087 8
610 60088 18
620 60089 35
630 60090 19
640 60091 16,246
650 60093 201

```

Si ha sido usted capaz de ensamblar toda la rutina (aun con errores), ¡¡enhorabuena!!, tiene usted una voluntad de hierro, será un gran programador; si, por el contrario, se ha cansado a la mitad, no se preocupe, no tiene más que comprarse un ensamblador.

Ya tenemos el código objeto, ahora sólo falta meterlo en memoria y probarlo. El Programa 8-1 se encarga de ello; procure no equivocarse en las líneas DATA (40 y 50) o los resultados podrían ser imprevisibles. El funcionamiento del programa es muy sencillo y no creemos que necesite explicación.

El segundo de nuestros ejemplos es una rutina muy sencilla pero muy ilustrativa. Su utilidad es transferir una pantalla completa a una dirección más alta de memoria; aunque no es difícil adaptarla para que transfiera sólo parte de la pantalla o cualquier otro bloque de memoria.

Por otro lado, la rutina también permite recuperar una pantalla desde donde se la haya almacenado. Podrían haberse utilizado dos rutinas, una para transferir la pantalla y otra para recuperarla, pero ambas rutinas hubieran tenido un gran número de instrucciones comunes, así que hemos preferido utilizar una sola rutina que realice las dos tareas.

Para indicarle a esta rutina si ha de hacer una cosa u otra, utilizaremos un «FLAG» (en inglés: «Bandera»). Una bandera puede estar «levantada» o «bajada», por tanto, nos va a indicar una de entre dos condiciones posibles. En informática, utilizamos como bandera un bit; si está a «1», decimos que la «bandera» es-

tá «levantada» (Flag a «1»); y si está a «0», decimos que está bajada (Flag a «0»).

En nuestra rutina, vamos a utilizar como flag el bit menos significativo de la posición de memoria 23681; si este bit está a «0», la rutina transferirá la pantalla a la dirección

apuntada por el contenido de la variable del sistema «SEED» (dirección: 23670); si el bit está a «1», la rutina recuperará la pantalla desde esta dirección de memoria.

Tenga en cuenta que el bit estará a «1» siempre que la posición de memoria 23681

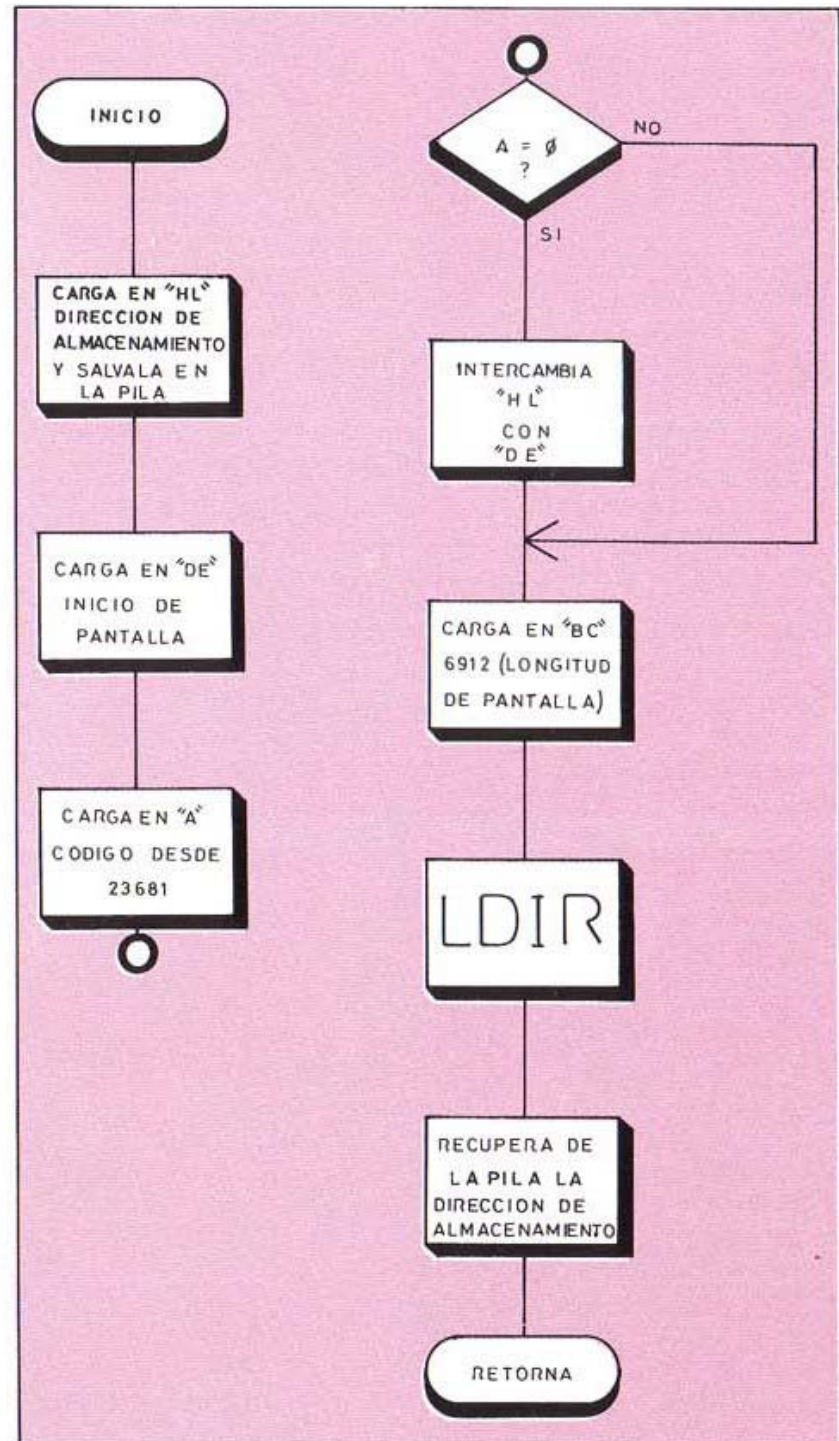


Fig. 8-13. Organigrama de la rutina para transferir pantallas.

contenga un número impar (1, 3, 5, etc.) y estará a «0» siempre que contenga un número par (0, 2, 4, etc.). El uso de flags es tan frecuente que el ZX-80 dispone de un grupo de instrucciones que permiten manejar los bits de forma independiente. Estas instrucciones se verán más adelante, de momento, podemos comprobar nuestro flag haciendo «AND 1» y comprobando el indicador de cero «Z» del registro «F»; este indicador será «1» si el flag era «0» y viceversa.

Por otro lado, hemos añadido dos instrucciones a la rutina para que nos devuelva, en el retorno (a través de «BC»), la dirección donde ha quedado almacenada la pantalla.

En la Figura 8-13, tiene el organigrama de esta rutina, verá que es muy sencillo. Empezamos por cargar en «HL» el contenido de la variable del sistema «SEED», en «DE» cargamos 4000h (16384) que es la dirección de inicio de la pantalla y hacemos «PUSH HL» para preservar el contenido de «HL»; de esta forma, la rutina queda preparada para transferir desde la dirección apuntada por «HL» hacia la apuntada por «DE», es decir, para recuperar una pantalla ya almacenada; veamos esta parte del listado:

```
100     ORG 23296
110     LD  HL, (SEED)
120     LD  DE, #4000
130     PUSH HL
```

Ahora, vamos a comprobar el flag, para saber qué operación debemos realizar. Si el

flag está a «1», la operación será recuperar, por tanto, no es necesaria ninguna modificación. Pero, si el flag está a cero, tenemos que transferir la pantalla, así que deberemos intercambiar los contenidos de «HL» y «DE» (recuerde que «HL» es el origen y «DE» es el destino). Seguimos con el listado:

```
140     LD  A, (23681)
150     AND 1
160     JR  NZ, RECU
170     EX  DE, HL
```

Si el flag era «1», nos saltaremos la instrucción de la línea 170 (la etiqueta «RECU» está en la línea 180 como ahora veremos). A continuación, viene la parte de la rutina que realiza la transferencia propiamente dicha. Cargamos «BC» con 6912 que es el número de bytes a transferir y utilizamos la potente instrucción «LDIR»; luego, recuperamos en «BC» lo que habíamos guardado en la pila y retornamos:

```
180 RECU LD  BC, 6912
190     LDIR
200     POP  BC
210     RET
220 SEED EQU 23670
```

La línea 220 sirve para definir el valor de la etiqueta «SEED» que hemos usado en la línea 110.

Hemos colocado la rutina en el buffer de impresora porque es muy corta, y así, no nos ocupa memoria en ningún otro sitio; pero, es perfec-

tamente reubicable y puede correr igual en cualquier parte de la memoria. En la Figura 8-14, puede ver el listado de la rutina tal como lo produce un «GENS-3» cuando ensambla.

Ahora, vamos a ensamblar la rutina «a mano»; para los que no tengan facilidad en convertir números a hexadecimal, puede serles útil la siguiente tabla:

```
16384 = 4000h
23681 = 5C81h
23670 = 5C76h
6912  = 1B00h
```

La etiqueta «RECU» está en 23311 y el salto relativo «JR NZ, RECU» se ensambla en 23308 y 23309, de modo que el desplazamiento será «1».

Ensamble la rutina y, después, compruebe su resultado:

Estará correcto si le ha quedado así:

```
110 23296 42,118,92
120 23299 17,0,64
130 23302 229
140 23303 58,129,92
150 23306 230,1
160 23308 32,1
170 23310 235
180 23311 1,0,27
190 23314 237,176
200 23316 193
210 23317 201
```

Vemos que la rutina ocupa 22 bytes. Vamos a intentar hacer algo útil con ella.

Uno de los problemas de salvar en cinta una pantalla

es que no podemos salvarla (el mensaje «Bytes:...» lo impide) y, además, el mensaje: «Start tape...» nos «machaca» las dos líneas inferiores. En este caso, resulta muy útil transferir la pantalla a una zona superior y salvarla desde allí. Esto es lo que pretendemos con el Programa 8-2. Primero pregunta dónde se quiere almacenar la pantalla, una buena dirección es de 50000. Luego, nos pide que la carguemos desde el cassette y la transfiere a la dirección que le hayamos dado. Después, la salvará y verificará desde esta dirección.

Si quiere usar esta pantalla como cabecera de un programa suyo, deberá cargarla con LOAD «SCREEN\$», aunque queda mejor cargarla en una zona más alta de memoria y utilizar esta rutina para recuperarla, con lo que la pantalla aparecerá «de golpe» como en muchos juegos comerciales (han sido muchos los lectores que han escrito a la sección «Consultorio» de MICROHOBBY preguntando cómo se hacía esto; bien, ahora ya lo saben).

Por supuesto, el Programa 8-2 no pretende ser más que un ejemplo. Esta rutina puede ser usada para muchas otras cosas que dependerán de la imaginación de cada cual. Nosotros le recomendamos que cargue dos pantallas en distintos lugares de la memoria y las vaya alternando en el televisor. La velocidad de transferencia es tan rápida que le parecerá estar viendo las dos a la vez.

El tercero y último, de los ejemplos que hemos preparado para este capítulo es, sin duda, el más útil. Se trata de

PROGRAMA 2

```

10 REM PROGRAMA 8-2
20 FOR n=0 TO 21
30 READ a: POKE 23296+n,a: NEXT n
40 DATA 42,118,92,17,0,64,229,58,129,92,230,1,32,1,235,1,0,27,237,176,193,201
100 INPUT "Direccion de almacenamiento?";a: RANDOMIZE a: CLEAR a-1
120 PRINT "Ponga en marcha el cassette para cargar la pantalla"
130 LOAD ""SCREEN$
140 POKE 23681,0: LET a=USR 23296
150 CLS: PRINT "La pantalla esta almacenada a partir de:";a: "Meta la cinta donde quiere guardarla"
160 INPUT "Nombre que le va a dar:";a$
170 POKE 23681,1: RANDOMIZE USR 23296: SAVE a$CODE a,6912
180 CLS: PRINT "Rebobine el cassette y pongalo en ""PLAY"" para verificar"
190 VERIFY a$CODE a
200 RANDOMIZE USR 23296: PRINT AT 10,11; PAPER 7; INK 0; "CORRECTO": PAUSE 0

```

una potente rutina que permite buscar un determinado grupo de octetos dentro de una zona de memoria. Pueden ser desde 1 hasta 50 octetos, y cada uno puede valer desde 0 hasta 254 (el valor 255 está prohibido, ya veremos por qué). Si se encuentra la cadena buscada, se retorna en «BC» la dirección a partir de donde está y, si no se encuentra, se retorna un «0».

Este tipo de rutinas se utilizan con frecuencia para buscar cadenas alfanuméricas, líneas de Basic, bloques de código máquina, etc. Resulta muy útil, por ejemplo, saber a partir de qué dirección está almacenada una determinada línea de Basic, o una determinada variable alfanumérica. Para quienes tengan el moni-

tor «MONS-3», esta rutina hace lo mismo que el comando «G».

La rutina es reubicable, pero la hemos colocado en el buffer de impresora, a partir de la dirección 23350, dejando desde la 23296 hasta la 23349 para almacenar ciertas variables que usará la propia rutina.

En 23296 y 23297 almacenaremos la dirección inicial del bloque donde vamos a realizar la búsqueda. En 23298 y 23299 almacenaremos la longitud de este bloque y a partir de 23300 irán los códigos que componen la cadena a buscar. Después del último de estos códigos deberá ir el número 255 que servirá para indicar a la rutina el fin de la cadena; ésta es la razón por

la cual la cadena no puede incluir ningún 255.

Primero, rastreamos la zona indicada en busca del primer carácter de la cadena; si no lo encontramos, es que la cadena no existe, así que almacenamos un «0» en «BC» y retornamos. Si se encuentra el primer carácter, se van comparando los siguientes con cada uno de los que componen la cadena. Si se llega al final de ésta, se carga en «BC» la dirección donde se encontró el primer carácter y se retorna. Si, antes de llegar al final de la cadena, falla alguna de las comparaciones, se abandona este bucle y se sigue la búsqueda del primer carácter.

La rutina está escrita de forma que no requiere que toda la cadena se halle dentro de la zona rastreada, basta con que lo esté el primer carácter.

El trabajo más arduo es rastrear la zona buscando el primer carácter, este trabajo lo hemos encomendado a la instrucción «CPIR», por tanto, rastreamos la zona de abajo a arriba. Vayamos viendo el listado:

```

100      ORG 23350
110      LD HL,(23296)
120      LD BC,(23298)
130 CONT LD A,(23300)
140      CP 255
150      JR Z,FIN_Z
160      CPIR

```

En 110 cargamos en «HL» el inicio de la zona y, en 120, cargamos en «BC» la longitud. La línea 130 lleva la etiqueta «CONT» porque es el si-

tio al que tendremos que volver cuando queramos continuar una búsqueda interrumpida; en esta línea, cargamos en «A» el primer carácter de la cadena. En 140 comprobamos si este carácter es 255 en cuyo caso, estaríamos buscando una cadena vacía; si es así, la línea 150 saltará a la etiqueta «FIN—Z» que retornaría con «BC» a «0» como si no se hubiera encontrado la cadena, ya que una cadena vacía no puede buscarse.

En este punto, tenemos en «HL» el inicio de la zona a rastrear, en «BC» su longitud y en «A» el carácter que estamos buscando; así que nada más apropiado que entrar en una instrucción «CPIR».

A la salida de esta instrucción, pueden ocurrir dos cosas: que se haya encontrado el carácter o que no se haya encontrado; en el primer caso, el indicador «Z» estará a «1» y, en el segundo caso, estará a «0». La segunda parte de la rutina tomará en cuenta estas dos posibilidades:

```

170      JR NZ,FIN_Z
180      PUSH HL
190      PUSH BC
200      LD BC,23301
210 BUCLE LD A,(BC)
220      CP 255
230      JR Z,FIN
240      CP (HL)
250      JR Z,OK
260      POP BC
270      POP HL
280      JR CONT
290 OK   INC HL
300      INC BC
310      JR BUCLE

```

En la línea 170 saltamos a «FIN—Z» si no se ha encontrado el carácter que buscábamos. Si se ha encontrado, preservamos los contenidos de «HL» y «BC» por si hay que seguir la búsqueda. En este momento, «HL» apuntará a la dirección siguiente a donde se ha encontrado el primer carácter de la cadena. Cargamos en «BC» 23301 que es la dirección del segundo carácter y entramos en un bucle donde vamos comparando cada carácter de la cadena con 255 para ver si ésta se ha acabado; si es así, saltamos a «FIN», si no, comparamos el carácter de la cadena con el correspondiente de la zona rastreada; si no son iguales, recuperamos los registros «HL» y «BC» y volvemos a «CONT» para continuar la búsqueda; si son iguales, incrementamos «HL» y «BC» y cerramos el bucle (subrutina «OK»).

```

#HISOFT GENSYM ASSEMBLER#
ZX SPECTRUM

Copyright HISOFT 1983
CURSO C/M MICROHDBY

Pass 1 errors: 00

      10 #C-
      20 #D+
23296 100      ORG      23296
23296 110      LD       HL,(SEED)
23299 120      LD       DE,#4000
23302 130      PUSH    HL
23303 140      LD       A,(23681)
23306 150      AND     1
23308 160      JR      NZ,RECU
23310 170      EX      DE,HL
23311 180 RECU LD       BC,6912
23314 190      LDIR
23316 200      POP     BC
23317 210      RET
23670 220 SEED EQU     23670

Pass 2 errors: 00
RECU 5B0F SEED 5C76

Table used: 35 from 122

```

Fig. 8-14. Listado completo de la rutina para transferir pantallas.

La rutina se completa con las dos subrutinas de salida «FIN» y «FIN—Z»:

```

320 FIN    POP  HL
330      POP  BC
340      DEC  BC
350      RET
360 FIN_Z LD   BC,0
370      RET
  
```

En «FIN», nos interesa pasar a «BC» la dirección donde se ha encontrado el primer carácter, así que recuperamos los registros en orden inverso a como los guardamos, para que lo que había en «HL» pase a «BC»; como esta dirección era la siguiente a donde se había encontrado el carácter, tenemos que decrementar «BC» antes de retornar.

En «FIN—Z», cargamos «cero» en «BC» y retornamos. El programa desde donde hayamos llamado a esta rutina deberá comprobar, en el retorno, si «BC» es »0«, en cuyo caso, actuará en la forma prevista para cuando la cadena no se encuentre.

Aunque la rutina es sencilla, su funcionamiento requiere un poco de atención para comprenderlo. Quizá le resulte útil una mirada al organigrama representado en la Figura 8-15.

En la Figura 8-16 tenemos el listado completo de la rutina tal como lo produciría un «GENS-3» al ensamblar.

Como de costumbre, ahora toca ensamblar la rutina «a mano». A continuación está la tabla de equivalencias «decimal-hexa» para las direcciones de esta rutina:

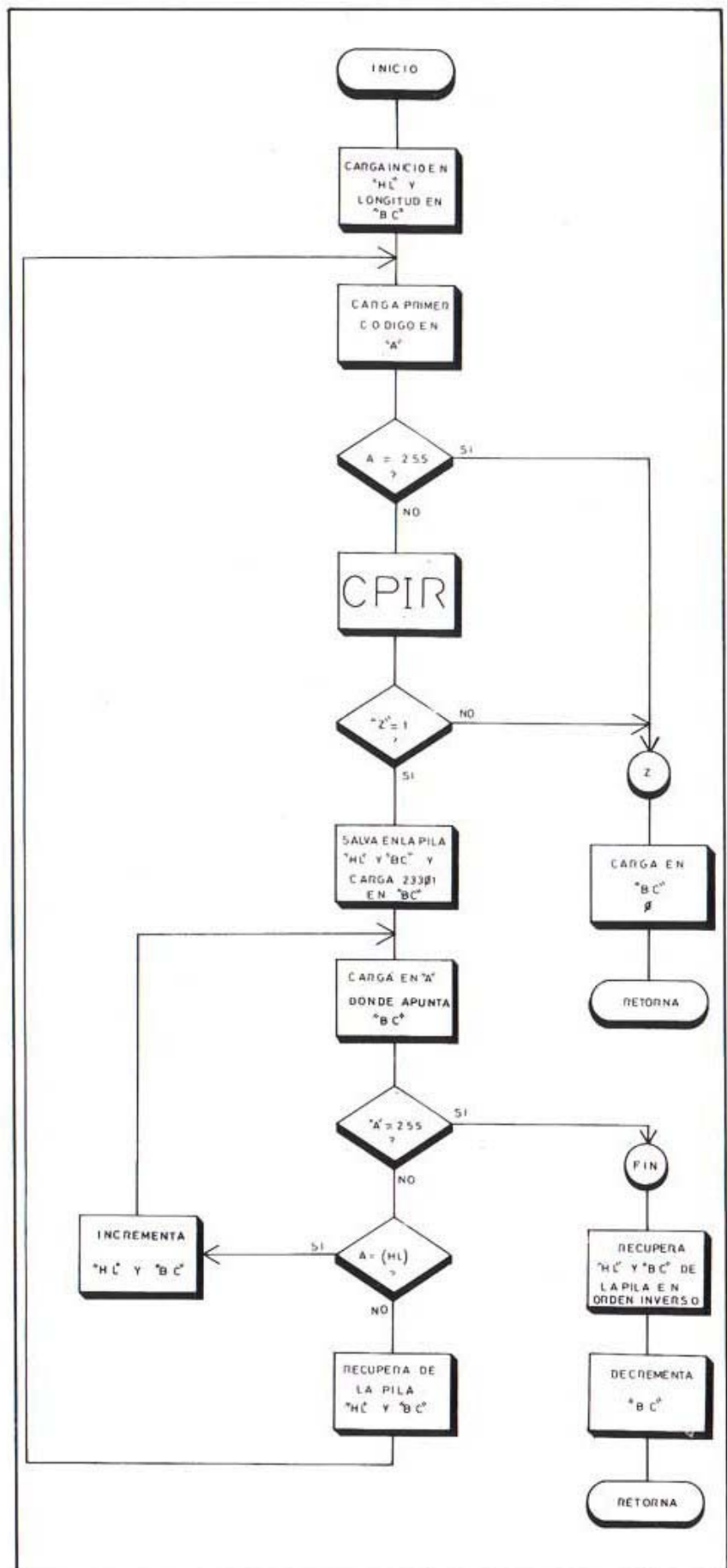


Fig. 8-15. Organigrama de la rutina para buscar cadenas.

```

23296 = 5B00h
23298 = 5B02h
23300 = 5B04h
23301 = 5B05h

```

Intente ensamblarla por sí mismo; recuerde, primero ensamble todas las instrucciones dejando en blanco los desplazamientos de los saltos relativos, luego, calcule éstos cuando sepa en qué dirección va cada instrucción.

Mire a ver si le ha quedado así:

```

110 23350 42,0,91
120 23353 237,75,2,91
130 23357 58,4,91
140 23360 254,255
150 23362 40,29
160 23364 237,177
170 23366 32,25
180 23368 229
190 23369 197
200 23370 1,5,91
210 23373 10
220 23374 254,255
230 23376 40,11
240 23378 190
250 23379 40,4
260 23381 193
270 23382 225
280 23383 24,228
290 23385 35
300 23386 3
310 23387 24,240
320 23389 225
330 23390 193
340 23391 11
350 23392 201
360 23393 1,0,0
370 23396 201

```

```

*HISOFT GEN53M ASSEMBLER*
ZX SPECTRUM

```

```

Copyright HISOFT 1983
CURSO C/M MICROHOBBY

```

Pass 1 errors: 00

```

      80 *C-
      90 *D+
23350 100      ORG      23350
23350 110      LD       HL,(23296)
23353 120      LD       BC,(23298)
23357 130 CONT  LD       A,(23300)
23360 140      CP       255
23362 150      JR       Z,FIN_Z
23364 160      CPIR
23366 170      JR       NZ,FIN_Z
23368 180      PUSH    HL
23369 190      PUSH    BC
23370 200      LD       BC,23301
23373 210 BUCLE LD       A,(BC)
23374 220      CP       255
23376 230      JR       Z,FIN
23378 240      CP       (HL)
23379 250      JR       Z,OK
23381 260      POP     BC
23382 270      POP     HL
23383 280      JR       CONT
23385 290 OK   INC     HL
23386 300      INC     BC
23387 310      JR       BUCLE
23389 320 FIN  POP     HL
23390 330      POP     BC
23391 340      DEC     BC
23392 350      RET
23393 360 FIN_Z LD      BC,0
23396 370      RET

```

Pass 2 errors: 00

```

BUCLE 5B4D      CONT 5B3D
FIN   5B5D      FIN_Z 5B61
OK    5B59

```

Table used: 67 from 144

Fig. 8-16. Listado completo de la rutina para buscar cadenas.

En este caso, y rompiendo la costumbre, no hemos escrito ningún programa en Basic para demostrar el funcionamiento de esta rutina. La razón es que no tendría sentido, ya que la utilidad de esta rutina es la de servir como subrutina a otras.

No obstante, puede utilizarse para buscar la dirección de comienzo de una determinada línea de un programa Basic que tenga en memoria, o el sitio donde está almacenada determinada variable alfanumérica. Para ello, no tiene más que «POKEar» los valores correspondientes en las primeras direcciones del buf-

fer de impresora y llamar a la rutina con «PRINT USR 23350»; le imprimirá la dirección donde ha encontrado la coincidencia o «0» si no la ha encontrado.

Otro uso interesante de esta rutina es el de explorar la RROM en busca de determinados datos; por ejemplo, intente descubrir en qué dirección de la ROM está el mensaje «(c) 1982 Sinclair Research Ltd». Si lo encuentra, tal vez le dé por buscar el resto de los mensajes. En ese caso, tenga en cuenta que la letra final de cada uno de los mensajes está en memoria con el bit 7 puesto a «1», es

decir, el número que encontrará en la memoria es 128 más el código de la letra.

En el siguiente capítulo, veremos un grupo de instrucciones muy interesantes que nos van a permitir realizar rotaciones dentro de los registros o entre éstos y posiciones de memoria. Pero antes de pasar a ello, sería interesante que resolviese los siguientes ejercicios para comprobar si tiene bien afianzados los conocimientos adquiridos hasta aquí. Si no es capaz de resolver alguno, no se limite a mirar la solución, intente descubrir dónde y por qué falló.

EJERCICIOS

1.- ¿Que valor contendrá "DE" al final de la siguiente rutina?:

```
100 LD HL,23000
110 LD DE,50000
120 LD BC,2000
130 DOR
```

2.- ¿Que valor tendrá "HL" al final de la siguiente rutina, si el contenido de la posición de memoria 50017 es "234"?:

```
100 LD HL,50000
110 LD BC,50
120 LD A,234
130 DOR
```

3.- Escriba una rutina que busque el código "FFh" en los 100 bytes anteriores a la dirección 50000, realizando la búsqueda "hacia atrás".

4.- Escriba una rutina que realice un "Scroll" ascendente del archivo de atributos, perdiendo la primera línea.

5.- Igual que la anterior, pero haciendo un "Scroll" descendente. (En este caso, se perderá la última línea).

----- 0 -----

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS

1.- "DE" contendrá 52000, ya que se habrá incrementado 2000 veces.

2.- "HL" contendrá 50018, ya que el código 234 se ha encontrado en 50017 y "HL" sale, siempre, apuntando una dirección por encima de donde se ha encontrado el código.

3.- La rutina sería:

```
100 LD HL,49999
110 LD BC,100
120 LD A,#FF
130 CPDR
```

Observe que hemos empleado "CPDR" porque había que realizar la búsqueda "hacia atrás".

4.- La rutina sería:

```
100 LD HL,22560
110 LD DE,22528
120 LD BC,736
130 LDIR
```

La dirección 22528 es la primera del archivo de atributos y 22560 es la primera de la segunda línea. 736 es 23x32.

5.- La rutina sería:

```
100 LD HL,23263
110 LD DE,23295
120 LD BC,736
130 LDDR
```

Esta vez, 23295 es la dirección final del archivo de atributos y 23263 es la última dirección de la penúltima línea. Hemos usado "LDDR" porque los bloques se solapan, por tanto, la transferencia hay que hacerla "hacia atrás".

----- 0 -----

GRUPO DE INSTRUCCIONES DE ROTACION Y DESPLAZAMIENTO

Este grupo de instrucciones tiene como misión mover los bits de un octeto de uno en uno cada vez, a derecha o izquierda. En algunos casos el bit que sale fuera del octeto da la vuelta y entra por el lugar que queda vacío, éstas son las instrucciones de rotación. En los casos en que el bit que sale del octeto desaparece, estamos ante las instrucciones de desplazamiento.

Estas instrucciones son de mucha y variada utilidad, sobre todo para manipular los datos atacando a su unidad más elemental. Pero una de las características más curiosas, sobre todo para un microprocesador que carece de instrucciones de multiplicar y dividir, es que son de gran ayuda para este tipo de operaciones.

Si se desplaza un octeto un bit a la izquierda es como si se multiplicara por 2; si se desplaza 2 bits equivale a multiplicar por 4 y así con todas las potencias de 2. Más adelante, veremos cómo se hace para valores que no sean potencia de 2.

Si hacia donde se desplaza el octeto es a la derecha, estaríamos dividiendo por potencias de 2. También veremos cómo es posible dividir mediante rotaciones.

De momento, vamos a ver las instrucciones. Luego, profundizaremos más en sus posibilidades y aplicaciones.

Como código nemotécnico se emplean las letras dadas a continuación, las cuales van asociadas con la palabra inglesa de origen y su significado castellano:

| | |
|-----------------|---|
| R=«Rotate»: | Rotación |
| S=«Shift»: | Desplazamiento |
| C=«Carry»: | Indicador de acarreo |
| A=«Acumulator»: | Registro acumulador |
| L=«Left»: | Izquierda |
| R=«Right»: | Derecha (cuando aparece en segundo lugar) |

Por ejemplo el código «RRA» nos indicaría que es una instrucción de rotación, a la derecha y del registro acumulador (Rotate Right Acumulator).



OBJETO:

Rota a la izquierda el contenido del registro acumulador un bit. El contenido del bit 7 saliente se copia en el bit 0 entrante y en el indicador de acarreo «C» (Rotate Left with Carry Acumulator). Ver Figura 9-1.

CODIGO DE MAQUINA:

0 0 0 0 0 1 1 1 07h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

H; pone 0 - siempre
N; pone 0 - siempre

C; pone el valor que tenía el bit 7 del registro A antes de la ejecución

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

RLCA

Contenido del registro acumulador

(A): 1 0 0 0 1 0 0 1 89h

Instrucción

RLCA: 0 0 0 0 0 1 1 1 07h

Contenido del registro «A» después de la ejecución

(A): 0 0 0 1 0 0 1 1 13h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S | Z | H | P | V | N | C |
| x | x | x | 0 | x | x | 0 |

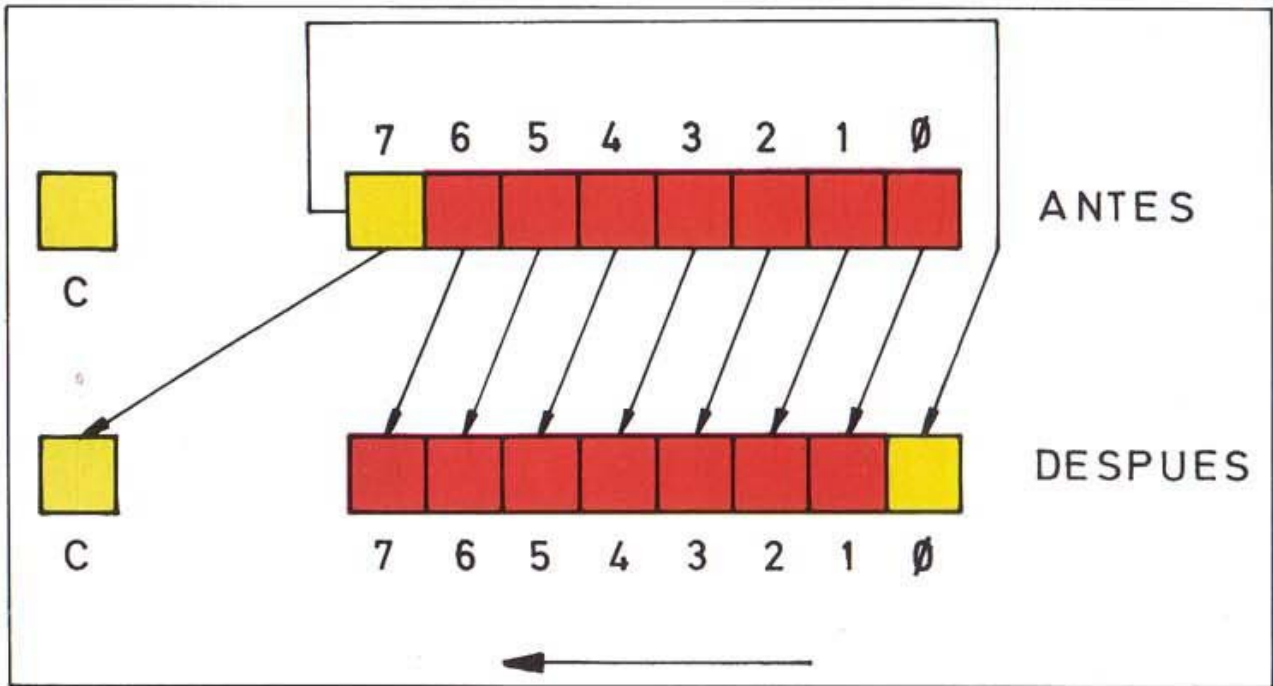


Fig. 9-1. Instrucciones RLCA y RLC.

| |
|--|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">RLA</div> <p>OBJETO:</p> <p>Rota a la izquierda el contenido del registro acumulador un bit. El contenido del bit 7 saliente se copia en el indicador de acarreo y el indicador de acarreo anterior se copia en el bit 0 entrante (Rotate Left Accumulator). Ver Figura 9-2.</p> <p>CODIGO DE MAQUINA:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 5px;">0 0 0 1 0 1 1 1</div> 17h |
|--|

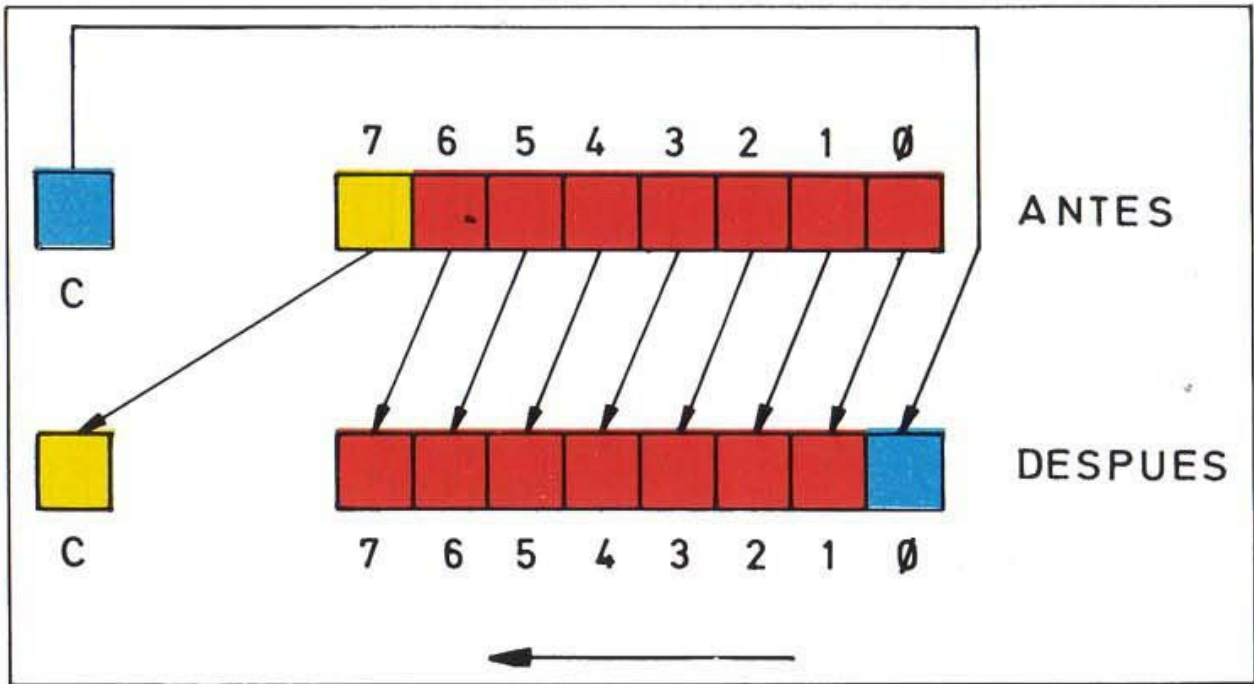


Fig. 9-2. Instrucciones RLA y RL.

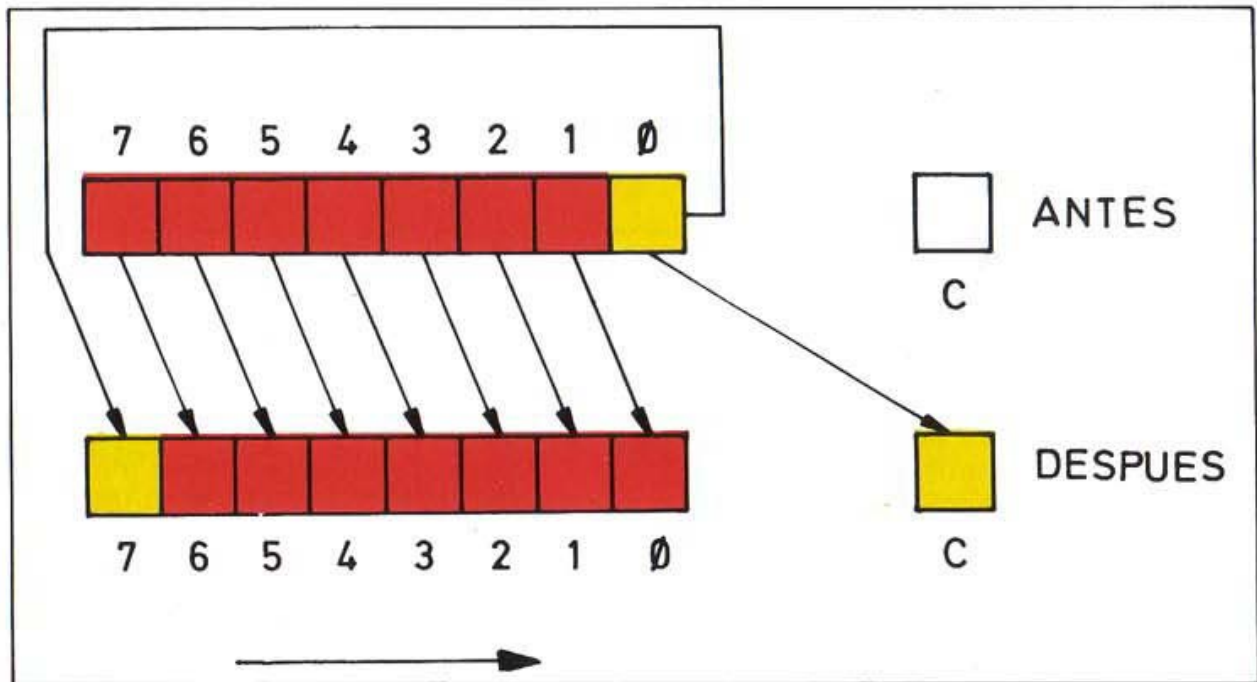


Fig. 9-3. Instrucciones RRCA y RRC.

CICLOS DE RELOJ:

4

(AI): 0 1 1 1 0 0 1 1 73h

(AI): 1 0 1 1 1 0 0 1 89h

EJEMPLO:

Instrucción

RRCA

RRCA: 0 0 0 0 1 1 1 1

Indicadores de condición después de la ejecución

Contenido del registro acumulador

Contenido del registro «A» después de la ejecución

S Z H P V N C
x x x 0 x x 0 1

RRA

CICLOS DE MEMORIA: 1

S Z H PV N C
x x x 0 x x 0 0

CICLOS DE RELOJ: 4

RLC r

OBJETO:

Rota a la derecha el contenido del registro acumulador un bit. El contenido del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo y el indicador de acarreo anterior se copia en el bit 7 entrante (Rotate Right Acumulator). Ver Figura 9-4.

OBJETO:

Rota a la izquierda el contenido del registro representado por «r» un bit. El contenido del bit 7 saliente se copia en el bit 0 entrante y en el indicador de acarreo «C» (Rotate Left with Carry «r»). El código de representación de «r» es el señalado más abajo. Ver Figura 9-1.

CODIGO DE MAQUINA:

0 0 0 1 1 1 1 1 1Fh

EJEMPLO:

RRA

Contenido del registro acumulador

(A): 1 1 1 1 0 0 0 0 F0h

Indicador de acarreo C = 0

Instrucción

RRA: 0 0 0 1 1 1 1 1 1Fh

Contenido del registro «A» después de la ejecución

(A): 0 1 1 1 1 0 0 0 78h

Indicadores de condición después de la ejecución

| Registro | Código |
|----------|--------|
| B | 0 0 0 |
| C | 0 0 1 |
| D | 0 1 0 |
| E | 0 1 1 |
| H | 1 0 0 |
| L | 1 0 1 |
| A | 1 1 1 |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone el valor que tenía el bit 0 del registro A antes de la ejecución

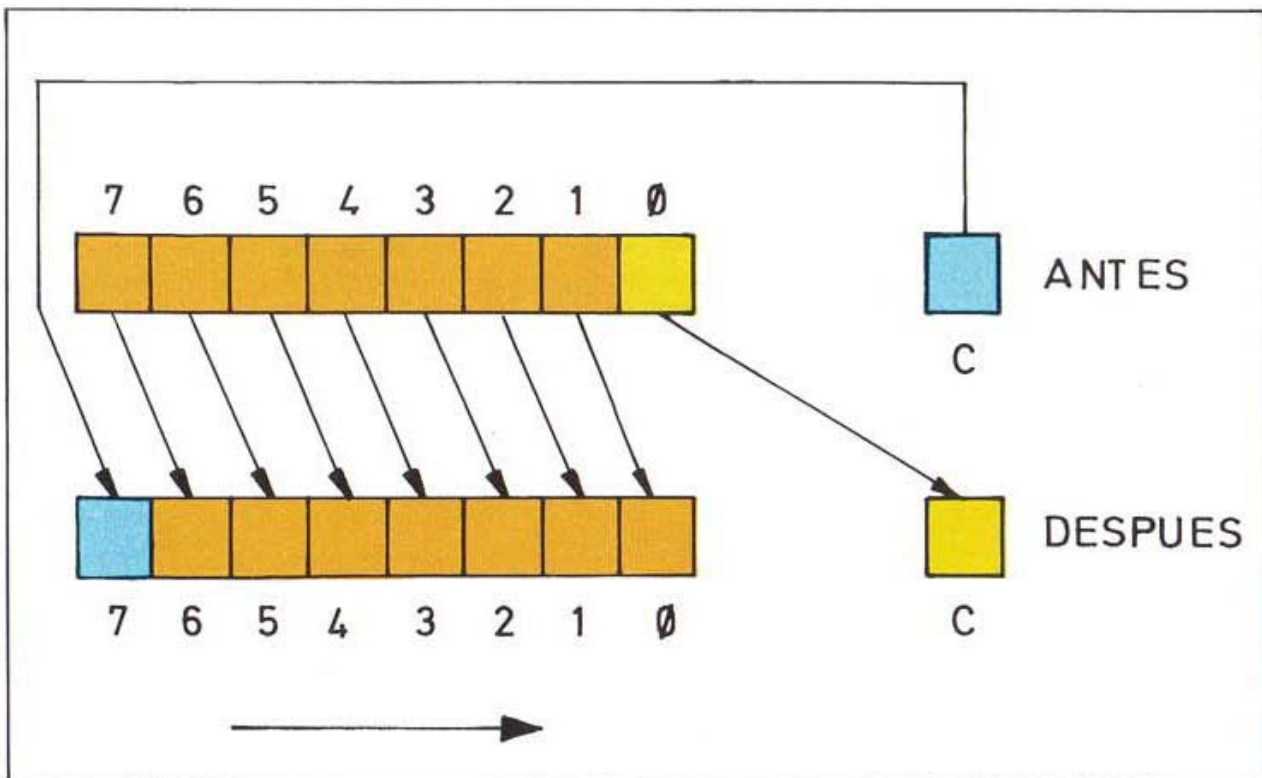


Fig. 9-4. Instrucciones RPA y RR.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo; pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero; pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone el valor que tenía el bit 7 del registro r antes de la ejecución
- P/V; pone 1 - si la paridad es par; pone 0 - en cualquier otro caso

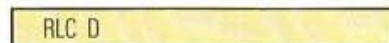
CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

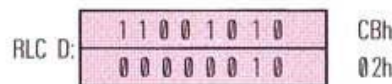
EJEMPLO:



Contenido del registro «D»



Instrucción

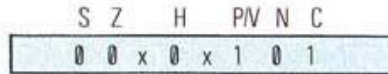


Contenido del registro «D» después de la ejecución



Indicadores de condición después de la ejecución

210 CODIGO MAQUINA



OBJETO:

Rota a la izquierda, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros «HL». El contenido del bit 7 saliente se copia en el bit 0 entrante y en el indicador de acarreo «C» (Rotate Left with Carry (HL)). Ver Figura 9-1.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo; pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero; pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone el valor que tenía el bit 7 del octeto antes de la ejecución
- P/V; pone 1 - si la paridad es par; pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:



Contenido del par de registros «HL»



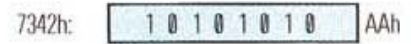
Contenido del octeto de memoria 7342h



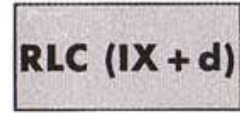
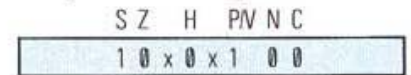
Instrucción



Contenido del octeto de memoria 7342h después de la ejecución



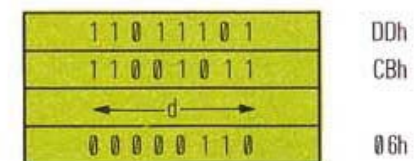
El contenido del par de registros «HL» no ha variado
Indicadores de condición después de la ejecución



OBJETO:

Rota a la izquierda, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IX» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El valor del bit 7 saliente se copia en el bit 0 entrante y en el indicador de acarreo «C». Ver Figura 9-1.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo
 pone 0 - en cualquier otro caso
 Z; pone 1 - si el resultado es cero
 pone 0 - en cualquier otro caso
 H; pone 0 - siempre
 N; pone 0 - siempre
 C; pone el valor que tenía el bit 7 del octeto antes de la ejecución
 P/V; pone 1 - si la paridad es par
 pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

RLC (IX+2)

Contenido del registro índice «IX»

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| IIX): | 1 1 1 1 0 0 0 0 | F0h |
| | 0 1 0 1 1 0 1 0 | 5Ah |

Contenido del octeto de memoria F05Ch

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| F05Ch: | 1 1 1 1 1 1 1 0 | FEh |
|--------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|-------------|-----------------|-----|
| RLC (IX+2): | 1 1 0 1 1 1 0 1 | DD |
| | 1 1 0 0 1 0 1 0 | CBh |
| | 0 0 0 0 0 0 1 0 | 02h |
| | 0 0 0 0 0 1 1 0 | 06h |

Contenido del octeto de memoria F05Ch después de la ejecución

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| F05Ch: | 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
|--------|-----------------|-----|

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | | |
|--|---|---|---|-----|---|-------|
| | S | Z | H | P/V | N | C |
| | 1 | 0 | x | 0 | x | 0 0 1 |

RLC (IY + d)

OBJETO:

Rota a la izquierda, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IY» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El valor del bit 7 saliente se copia en el bit 0 entrante y en el indicador de acarreo «C». Ver Figura 9-1.

CODIGO DE MAQUINA:

| | | |
|--|-----------------|-----|
| | 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| | 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| | ← d → | |
| | 0 0 0 0 0 1 1 0 | 06h |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;
 pone 0 - en cualquier otro caso
 Z; pone 1 - si el resultado es cero;
 pone 0 - en cualquier otro caso
 H; pone 0 - siempre
 N; pone 0 - siempre
 C; pone el valor que tenía el bit 7 del octeto antes de la ejecución
 P/V; pone 1 - si la paridad es par;
 pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

RLC (IY-2)

Contenido del registro índice «IY»

| | | |
|------|-----------------|-----|
| IYI: | 1 1 0 0 1 1 0 0 | CCh |
| | 0 0 1 1 0 1 1 0 | 36h |

Contenido del octeto de memoria CC34h

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| CC34h: | 0 0 1 1 0 0 1 1 | 33h |
|--------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|-------------|-----------------|-----|
| RLC (IY-2): | 1 1 0 1 1 1 0 1 | DD |
| | 1 1 0 0 1 0 1 0 | CBh |
| | 1 1 1 1 1 1 1 0 | FEh |
| | 0 0 0 0 0 1 1 0 | 06h |

Contenido del octeto de memoria CC34h después de la ejecución

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| CC34h: | 0 1 1 0 0 1 1 0 | 66h |
|--------|-----------------|-----|

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | | |
|--|---|---|---|-----|---|-------|
| | S | Z | H | P/V | N | C |
| | 0 | 0 | x | 0 | x | 1 0 0 |

RL r

OBJETO:

Rota a la izquierda, un bit, el contenido del registro representado por «r». El contenido del bit 7 saliente se copia en el indicador de acarreo «C», y el valor anterior del indicador de acarreo se copia

en el bit 0 entrante. Ver Figura 9-2. El código de representación de «r» es el señalado más abajo.

| Registro | Código |
|----------|--------|
| B | 000 |
| C | 001 |
| D | 010 |
| E | 011 |
| H | 100 |
| L | 101 |
| A | 111 |

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------|-----|
| 11001011 | CBh |
| 00010 ←r→ | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;

pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el resultado es cero;

pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 0 - siempre

N; pone 0 - siempre

C; pone el valor que tenía el bit 7 del registro r antes de la ejecución

P/V; pone 1 - si la paridad es par;

pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:

| |
|------|
| RL H |
|------|

Contenido del registro «H»

(H): 00000010 02h

212 CODIGO MAQUINA

| INSTRUCCIONES DE ROTACION | | |
|---------------------------|-------------|--------------|
| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
| RL A | 17 | 23 |
| RL B | CB,10 | 203,16 |
| RL C | CB,11 | 203,17 |
| RL D | CB,12 | 203,18 |
| RL E | CB,13 | 203,19 |
| RL H | CB,14 | 203,20 |
| RL L | CB,15 | 203,21 |
| RL (HL) | CB,16 | 203,22 |
| RL (IX+d) | DD,CB,d,16 | 221,203,d,22 |
| RL (IY+d) | FD,CB,d,16 | 253,203,d,22 |
| RLC A | CB,07 | 203,7 |
| RLC B | CB,00 | 203,0 |
| RLC C | CB,01 | 203,1 |
| RLC D | CB,02 | 203,2 |
| RLC E | CB,03 | 203,3 |
| RLC H | CB,04 | 203,4 |
| RLC L | CB,05 | 203,5 |
| RLC (HL) | CB,06 | 203,6 |
| RLC (IX+d) | DD,CB,d,06 | 221,203,d,6 |
| RLC (IY+d) | FD,CB,d,06 | 253,203,d,6 |
| RR A | 1F | 31 |
| RR B | CB,18 | 203,24 |
| RR C | CB,19 | 203,25 |
| RR D | CB,1A | 203,26 |
| RR E | CB,1B | 203,27 |
| RR H | CB,1C | 203,28 |
| RR L | CB,1D | 203,29 |
| RR (HL) | CB,1E | 203,30 |
| RR (IX+d) | DD,CB,d,1E | 221,203,d,30 |
| RR (IY+d) | FD,CB,d,1E | 253,203,d,30 |
| RRC A | CB,0F | 203,15 |
| RRC B | CB,08 | 203,8 |
| RRC C | CB,09 | 203,9 |
| RRC D | CB,0A | 203,10 |
| RRC E | CB,0B | 203,11 |
| RRC H | CB,0C | 203,12 |
| RRC L | CB,0D | 203,13 |
| RRC (HL) | CB,0E | 203,14 |
| RRC (IX+d) | DD,CB,d,0E | 221,203,d,14 |
| RRC (IY+d) | FD,CB,d,0E | 253,203,d,14 |

Fig. 9-5. Tabla de codificación para instrucciones de rotación.

Indicador de acarreo C = 0

Instrucción

RL H:

| |
|-----------------|
| 1 1 0 0 1 0 1 0 |
| 0 0 0 1 0 1 0 0 |

 CBh
14h

Contenido del registro «H» después de la ejecución

(H):

| |
|-----------------|
| 0 0 0 0 0 1 0 0 |
|-----------------|

 04h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|-------|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 0 0 |

RL (HL)

OBJETO:

Rota a la izquierda, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros «HL». El contenido del bit 7 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y el indicador de acarreo anterior se copia en el bit 0 entrante. Ver Figura 9-2.

CODIGO DE MAQUINA:

| |
|-----------------|
| 1 1 0 0 1 0 1 1 |
| 0 0 0 1 0 1 1 0 |

 CBh
16h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;

pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el resultado es cero;

pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 0 - siempre

N; pone 0 - siempre

C; pone el valor que tenía

| INSTRUCCIONES DE ROTACION | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------------|---|---|---|---|-----|---|---|--------------|--------|------|
| NEMONICO | INDICADORES | | | | | | | | No. DE BYTES | CICLOS | |
| | S | Z | x | H | x | P/V | N | C | | MEM. | REL. |
| RLC A | . | . | x | 0 | x | . | 0 | † | 1 | 1 | 4 |
| RLC r | † | † | x | 0 | x | P | 0 | † | 2 | 2 | 8 |
| RLC (HL) | † | † | x | 0 | x | P | 0 | † | 2 | 4 | 15 |
| RLC (IX+d) | † | † | x | 0 | x | P | 0 | † | 4 | 6 | 23 |
| RLC (IY+d) | † | † | x | 0 | x | P | 0 | † | 4 | 6 | 23 |
| RL A | . | . | x | 0 | x | . | 0 | † | | | |
| RL s | † | † | x | 0 | x | P | 0 | † | | | |
| RRC A | . | . | x | 0 | x | . | 0 | † | | | |
| RRC s | † | † | x | 0 | x | P | 0 | † | | | |
| RR A | . | . | x | 0 | x | . | 0 | † | | | |
| RR s | † | † | x | 0 | x | P | 0 | † | | | |

NOTAS:

- Los signos tienen el siguiente significado:
 - "†": El indicador cambia de valor de acuerdo con el resultado de la instrucción.
 - "x": El bit adquiere un estado indeterminado.
 - ".": El indicador no es afectado por la instrucción y conserva su anterior contenido.
 - "0": El indicador se pone siempre a "cero".
 - "P": El indicador "P/V" actúa como indicador de paridad.
- La letra "r" indica cualquiera de los registros: "B", "C", "D", "E", "H" ó "L".
- La letra "s" indica cualquiera de los operandos: "r", "(HL)", "(IX+d)" ó "(IY+d)".

Fig. 9-6. Tabla resumida de indicadores y ciclos para las instrucciones de rotación.

el bit 7 del octeto antes de la ejecución

P/V; pone 1 - si la paridad es par;

pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:

RL (HL)

Contenido del par de registros «HL»

CODIGO MAQUINA 213

(H): 0 1 1 0 0 0 1 1 63h
 (L): 0 0 1 1 0 1 1 0 36h

Contenido del octeto de memoria 6336h

6336h: 0 0 0 0 0 0 0 0 00h

Indicador de acarreo C = 1

Instrucción

RL (HL) 1 1 0 0 1 0 1 0 CBh
 0 0 0 1 0 1 1 0 16h

Contenido del octeto de memoria 6336h después de la ejecución

6336h: 0 0 0 0 0 0 0 1 01h

El contenido del par de registros «HL» no ha variado
 Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H PV N C
 0 0 x 0 x 0 0 0

RL (IX + d)

OBJETO:

Rota a la izquierda, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IX» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El valor del bit 7 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y el indicador de acarreo anterior se copia en el bit 0 entrante. Ver Figura 9-2.

214 CODIGO MAQUINA

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 0 1 1 1 0 1 DDh
 1 1 0 0 1 0 1 1 CBh
 ← d →
 0 0 0 1 0 1 1 0 16h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;
 pone 0 - en cualquier otro caso
 Z; pone 1 - si el resultado es cero;
 pone 0 - en cualquier otro caso
 H; pone 0 - siempre
 N; pone 0 - siempre
 C; pone el valor que tenía el bit 7 del octeto antes de la ejecución
 P/V; pone 1 - si la paridad es par;
 pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

RL (IX+40)

Contenido del registro índice «IX»

(IX): 1 0 0 0 0 0 1 0 82h
 0 0 0 0 0 0 0 0 00h

Contenido del octeto de memoria 8228h

8228h: 1 1 1 1 1 1 1 1 Ffh

Indicador de acarreo C = 0

Instrucción

1 1 0 1 1 1 0 1 DDh
 1 1 0 0 1 0 1 0 CBh
 RL (IX+40): 0 0 1 0 1 0 0 0 28h
 0 0 0 1 0 1 1 0 16h

Contenido del octeto de memoria 8228h después de la ejecución

8228h: 1 1 1 1 1 1 1 0 Feh

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H PV N C
 1 0 x 0 x 0 0 1

RL (IY + d)

OBJETO:

Rota a la izquierda, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IY» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El valor del bit 7 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y el acarreo anterior se copia en el bit 0 entrante. Ver Figura 9-2.

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 1 1 1 1 0 1 FDh
 1 1 0 0 1 0 1 1 CBh
 ← d →
 0 0 0 1 0 1 1 0 16h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;

pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el resultado es cero;

pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 0 - siempre

N; pone 0 - siempre

C; pone el valor que tenía el bit 7 del octeto antes de la ejecución

P/V; pone 1 - si la paridad es par;

pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

RL (IY+0)

Contenido del registro índice «IY»

(IY):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | |

 F5h
C6h

Contenido del octeto de memoria F5C3h

F5C3h:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|--|

 C5h

Indicador de acarreo C = 1

Instrucción

RL (IY+0):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|-----|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 00 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | CBh |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 00h |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 16h |

Contenido del octeto de memoria F5C3h después de la ejecución

F5C3h:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 8Bh

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 0 | x | 1 |

RRC r

OBJETO:

Rota a la derecha, un bit, el contenido del registro representado por «r». El contenido del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y en el bit 7 entrante. Ver Figura 9-3. El código de representación de «r» es el señalado más abajo.

| Registro | Código |
|----------|--------|
| B | 000 |
| C | 001 |
| D | 010 |
| E | 011 |
| H | 100 |
| L | 101 |
| A | 111 |

CODIGO DE MAQUINA:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|-----|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | ←r→ | | |

 CBh

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;

pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el resultado es cero;

pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 0 - siempre

N; pone 0 - siempre

C; pone el valor que tenía el bit 0 del registro r antes de la ejecución

P/V; pone 1 - si la paridad es par;

pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:

RRC L

Contenido del registro «L»

(L):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 96h

Instrucción

RRC L:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |

 CBh
0Dh

Contenido del registro «L» después de la ejecución

(L):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 4Bh

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 1 |

RRC (HL)

OBJETO:

Rota a la derecha, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros «HL». El contenido del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y en el bit 7 entrante. Ver Figura 9-3.

CODIGO MAQUINA 215

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| 0 0 0 0 1 1 1 0 | 0Eh |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo; pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero; pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone el valor que tenia el bit 0 del octeto antes de la ejecucion
- P/V; pone 1 - si la paridad es par; pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:

| |
|----------|
| RRC (HL) |
|----------|

Contenido del par de registros «HL»

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 0 1 1 1 0 0 0 0 | 70h |
| (L): | 0 0 1 0 0 1 1 1 | 27h |

Contenido del octeto de memoria 7027h

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| 7027h: | 0 0 0 0 0 0 0 1 | 01h |
|--------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|-----------|-----------------|-----|
| RRC (HL): | 1 1 0 0 1 0 1 0 | CBh |
| | 0 0 0 0 1 1 1 0 | 0Eh |

Contenido del octeto de memoria 7027h después de la ejecucion

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| 7027h: | 1 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
|--------|-----------------|-----|

El contenido del par de registros «HL» no ha variado
Indicadores de condicion después de la ejecucion

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 0 | x | 0 |

RRC (IX + d)

OBJETO:

Rota a la derecha, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IX» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El valor del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y en el bit 7 entrante. Ver Figura 9-3.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| ← d → | |
| 0 0 0 0 1 1 1 0 | 0Eh |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo; pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero; pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone el valor que tenia el bit 0 del octeto antes de la ejecucion
- P/V; pone 1 - si la paridad es par; pone 0 - en cualquier otro caso

el bit 0 del octeto antes de la ejecucion

- P/V; pone 1 - si la paridad es par; pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

| |
|-------------|
| RRC (IX+43) |
|-------------|

Contenido del registro índice «IX»

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IX): | 1 0 0 0 0 1 0 1 | 85h |
| | 0 0 1 0 0 1 1 1 | 27h |

Contenido del octeto de memoria 856Ah (IX + 43)

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| 856Ah: | 0 0 1 0 1 0 1 0 | 2Ah |
|--------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|--------------|-----------------|-----|
| | 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| RRC (IX+43): | 1 1 0 0 1 0 1 0 | CBh |
| | 0 0 1 0 1 0 1 1 | 2Bh |
| | 0 0 0 0 1 1 1 0 | 0Eh |

Contenido del octeto de memoria 856Ah después de la ejecucion

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| 856Ah: | 0 0 0 1 0 1 0 1 | 15h |
|--------|-----------------|-----|

Indicadores de condicion después de la ejecucion

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 |

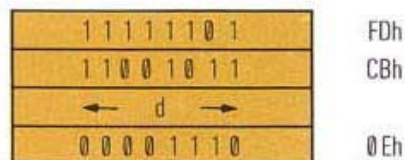
RRC (IY + d)

OBJETO:

Rota a la derecha, un bit, el octeto de memoria direc-

cionado por el contenido del registro índice «IY» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El valor del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y en el bit 7 entrante. Ver Figura 9-3.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo; pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero; pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone el valor que tenía el bit 0 del octeto antes de la ejecución
- P/V; pone 1 - si la paridad es par; pone 0 - en cualquier otro caso

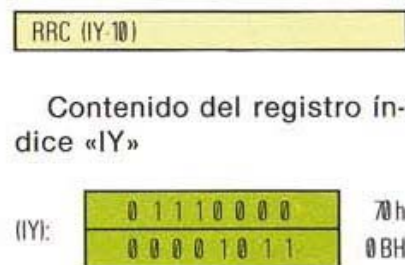
CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

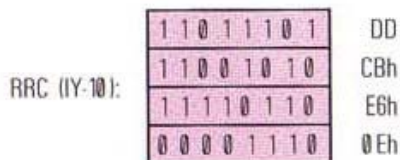
EJEMPLO:



Contenido del octeto de memoria 7001h (IY-10)



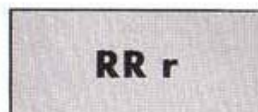
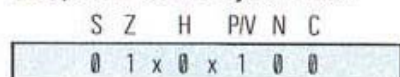
Instrucción



Contenido del octeto de memoria 7001h después de la ejecución



Indicadores de condición después de la ejecución



OBJETO:

Rota a la derecha, un bit, el contenido del registro representado por «r». El contenido del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y el valor del indicador de acarreo anterior se copia en el bit 7 entrante. El código de representación de «r» es el señalado más abajo. Ver Figura 9-4.

| Registro | Código |
|----------|--------|
| B | 000 |
| C | 001 |
| D | 010 |
| E | 011 |
| H | 100 |
| L | 101 |
| A | 111 |

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo; pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero; pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone el valor que tenía el bit 0 del registro «r» antes de la ejecución
- P/V; pone 1 - si la paridad es par; pone 0 - en cualquier otro caso

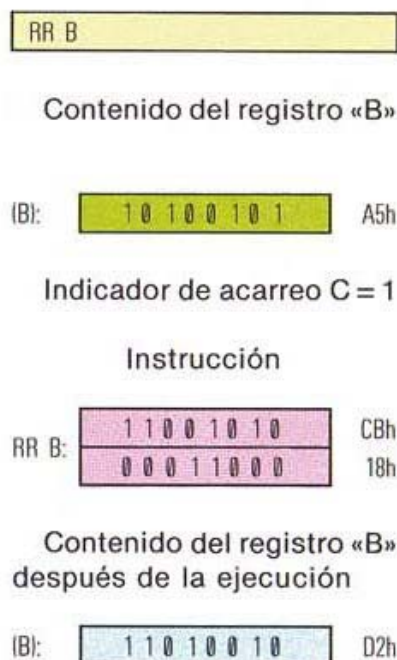
CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:



Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|-------|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 0 | x | 1 0 1 |



OBJETO:

Rota a la derecha, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros «HL». El contenido del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y el valor del indicador de acarreo anterior se copia en el bit 7 entrante. Ver Figura 9-4.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| 0 0 0 1 1 1 1 0 | 1Eh |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;
 pone 0 - en cualquier otro caso
 Z; pone 1 - si el resultado es cero;
 pone 0 - en cualquier otro caso
 H; pone 0 - siempre
 N; pone 0 - siempre
 C; pone el valor que tenía el bit 0 del octeto antes de la ejecución
 P/V; pone 1 - si la paridad es par;
 pone 0 en cualquier otro caso

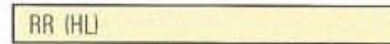
CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:



Contenido del par de registros «HL»

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 1 1 1 1 0 0 1 1 | F3h |
| (L): | 0 1 0 0 1 1 1 0 | 4Eh |

Contenido del octeto de memoria F34Eh

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| F34Eh: | 0 0 0 0 0 0 0 1 | 01h |
|--------|-----------------|-----|

Indicador de acarreo C = 0

Instrucción

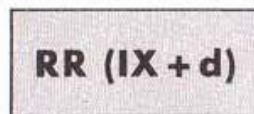
| | | |
|----------|-----------------|-----|
| RR (HL): | 1 1 0 0 1 0 1 0 | CBh |
| | 0 0 0 1 1 1 1 0 | 1Eh |

Contenido del octeto de memoria F34Eh después de la ejecución

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| F34Eh: | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
|--------|-----------------|-----|

El contenido del par de registros «HL» no ha variado
 Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|-------|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 1 | x | 0 | x | 1 0 1 |



OBJETO:

Rota a la derecha, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IX» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El valor del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y el valor del indicador de acarreo anterior se co-

pia en el bit 7 entrante. Ver Figura 9-4.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| ← d → | |
| 0 0 0 1 1 1 1 0 | 1Eh |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;
 pone 0 - en cualquier otro caso
 Z; pone 1 - si el resultado es cero;
 pone 0 - en cualquier otro caso
 H; pone 0 - siempre
 N; pone 0 - siempre
 C; pone el valor que tenía el bit 0 del octeto antes de la ejecución
 P/V; pone 1 - si la paridad es par;
 pone 0 - en cualquier otro caso

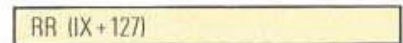
CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:



Contenido del registro índice «IX»

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IX): | 0 1 1 1 0 1 0 1 | 75h |
| | 1 0 0 1 0 1 0 0 | 94h |

Contenido del octeto de memoria 7613h (IX + 127)

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| 7613h: | 0 1 0 0 0 1 0 0 | 44h |
|--------|-----------------|-----|

Indicador de acarreo C = 1

Instrucción

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DD |
| 1 1 0 0 1 0 1 0 | CBh |
| 0 1 1 1 1 1 1 1 | 7Fh |
| 0 0 0 1 1 1 1 0 | 1Eh |

RR (IX+127):

Contenido del octeto de memoria 7613h después de la ejecución

| | |
|-----------------|-----|
| 1 0 1 0 0 0 1 0 | A2h |
|-----------------|-----|

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 0 | x | 0 |

RR (IY + d)

OBJETO:

Rota a la derecha, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IY» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El valor del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y el valor del indicador de acarreo anterior se copia en el bit 7 entrante. Ver Figura 9-4.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| ← d → | |
| 0 0 0 1 1 1 1 0 | 1Eh |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;
pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el resultado es cero;
pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 0 - siempre
N; pone 0 - siempre
C; pone el valor que tenía el bit 0 del octeto antes de la ejecución

P/V; pone 1 - si la paridad es par;
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

| |
|-------------|
| RR (IY-128) |
|-------------|

Contenido del registro índice «IY»

| | |
|-----------------|-----|
| 0 1 1 1 0 1 0 1 | 75h |
| 1 0 0 1 0 1 0 0 | 94h |

Contenido del octeto de memoria 7514h (IY-128)

| | |
|-----------------|-----|
| 1 0 1 0 1 0 1 0 | AAh |
|-----------------|-----|

Indicador de acarreo C = 0

Instrucción

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DD |
| 1 1 0 0 1 0 1 0 | CBh |
| 1 0 0 0 0 0 0 0 | 80h |
| 0 0 0 1 1 1 1 0 | 1Eh |

RR (IY-128):

Contenido del octeto de memoria 7514h después de la ejecución

| | |
|-----------------|-----|
| 0 1 0 1 0 1 0 1 | 55h |
|-----------------|-----|

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 |

Tablas de codificación e indicadores

Antes de continuar con las instrucciones de desplazamiento, veamos, en la Figura 9-5, la tabla de codificación para las instrucciones de rotación vistas hasta ahora.

Asimismo, en la Figura 9-6, tenemos una tabla resumida de cómo afectan estas instrucciones a los indicadores, así como, el número de ciclos de memoria y reloj que emplea cada una.

SLA r

OBJETO:

Desplaza a la izquierda, un bit, el contenido del registro representado por «r». El bit 7 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y el bit 0 entrante se pone a cero. El código de representación de «r» es el señalado más abajo. Ver Figura 9-7.

| Registro | Código |
|----------|--------|
| B | 000 |
| C | 001 |
| D | 010 |
| E | 011 |
| H | 100 |
| L | 101 |
| A | 111 |

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| 0 0 1 0 0 ← r → | |

CODIGO MAQUINA 219

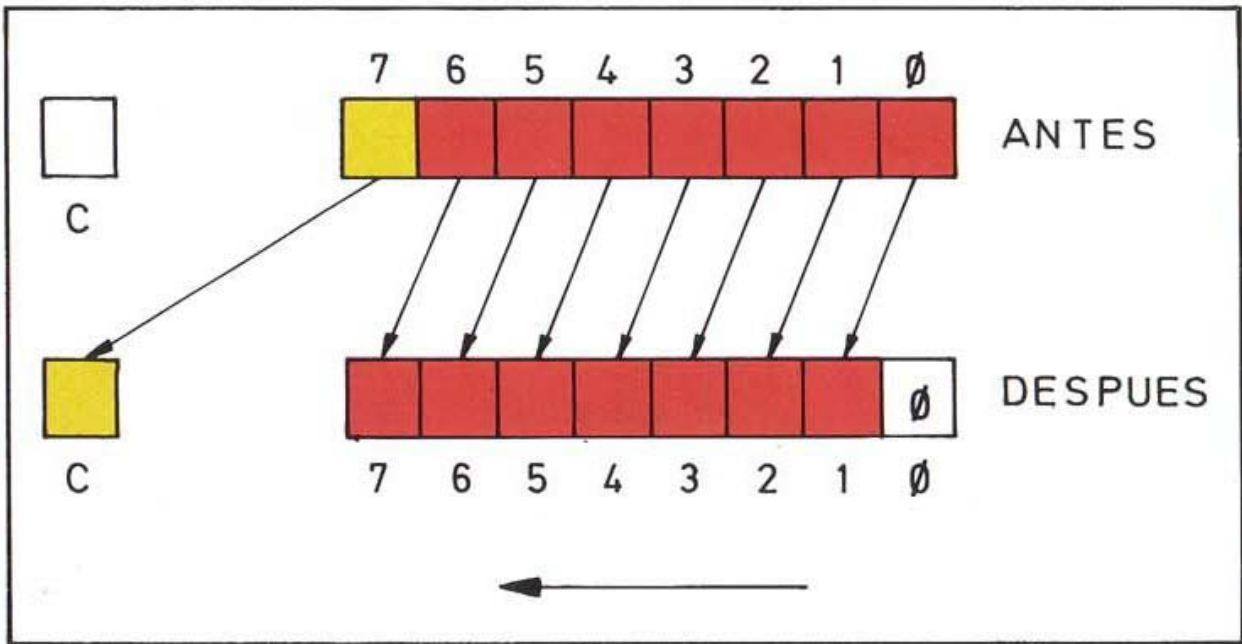


Fig. 9-7. Ilustración SLA.

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo; pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero; pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone el valor que tenía el bit 7 del registro «r» antes de la ejecución
- P/V; pone 1 - si la paridad es par; pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:

SLA H

Contenido del registro «H»

(H): 11101011 EBh

220 CODIGO MAQUINA

Instrucción

SLA H:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

 CBh 24h

Contenido del registro «H» después de la ejecución

(H):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 D6h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 1 | 0 | x | 0 | x | 0 |

SLA (HL)

OBJETO:

Desplaza a la izquierda, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros «HL». El contenido del bit 7 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y en el bit 0 entrante se pone cero. Ver Figura 9-7.

CODIGO DE MAQUINA:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |

 CBh 26h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo; pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero; pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone el valor que tenía el bit 7 del octeto antes de la ejecución
- P/V; pone 1 - si la paridad es par; pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:



Contenido del par de registros «HL»



Contenido del octeto de memoria 602Eh



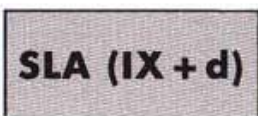
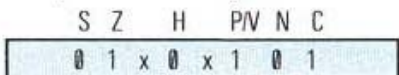
Instrucción



Contenido del octeto de memoria 602Eh después de la ejecución



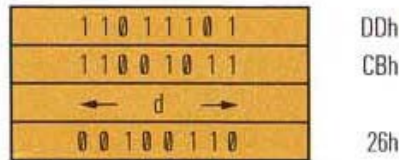
El contenido del par de registros «HL» no ha variado
Indicadores de condición después de la ejecución



OBJETO:

Desplaza a la izquierda, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IX» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El valor del bit 7 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y en el bit 0 entrante se pone cero. Ver Figura 9-7.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo; pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero; pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone el valor que tenía el bit 7 del octeto antes de la ejecución
- P/V; pone 1 - si la paridad es par; pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:



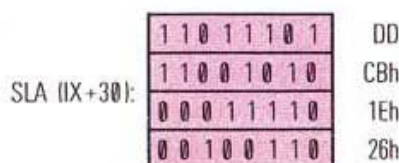
Contenido del registro índice «IX»



Contenido del octeto de memoria 73A2h



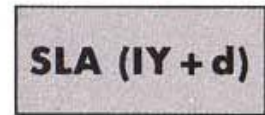
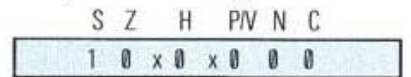
Instrucción



Contenido del octeto de memoria 73A2h después de la ejecución



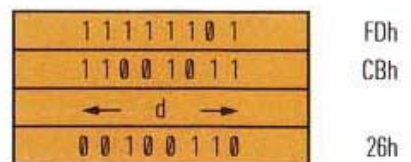
Indicadores de condición después de la ejecución



OBJETO:

Desplaza a la izquierda, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IY» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El valor del bit 7 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y en el bit 0 entrante se pone cero. Ver Figura 9-7.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el resultado es negativo; pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el resultado es cero; pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- C; pone el valor que tenía el bit 7 del octeto antes de la ejecución

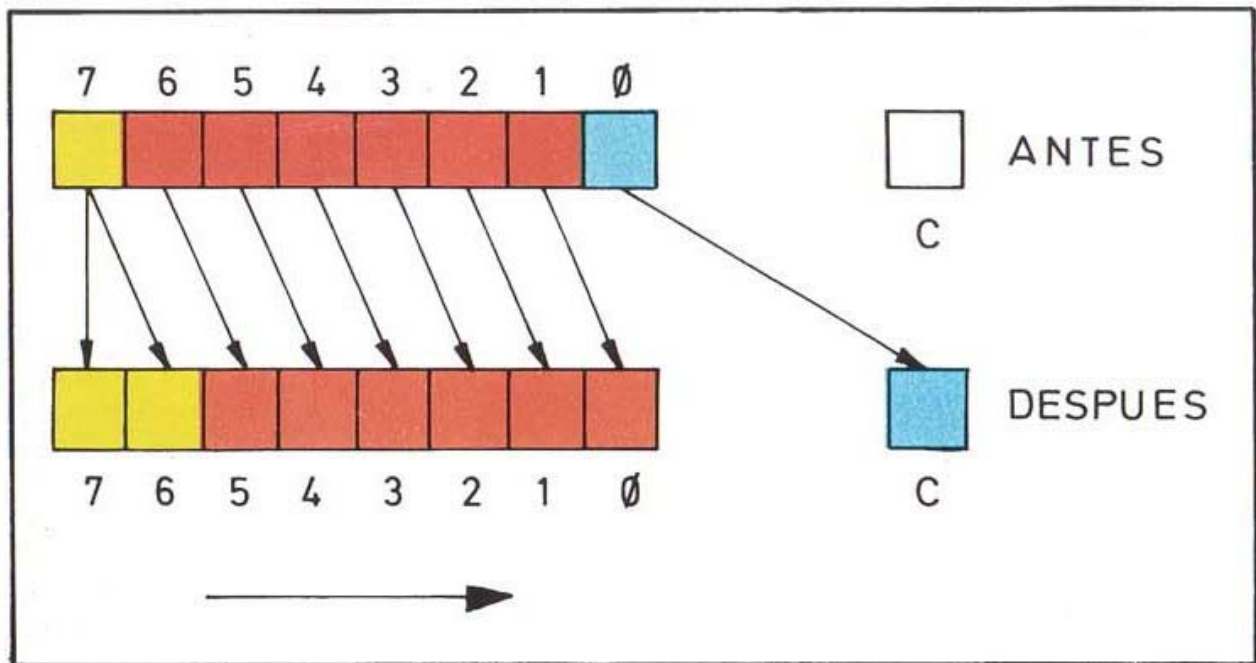


Fig. 9-8. Ilustración SRA.

P/V; pone 1 - si la paridad es par;
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

SLA (IY+0)

Contenido del registro índice «IY»

IY:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

 F3h
A2h

Contenido del octeto de memoria F3A2h

F3A2h:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 02h

Instrucción

SLA (IY+0):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | |

 DDh
CBh
00h
26h

Contenido del octeto de memoria F3A2h después de la ejecución

F3A2h:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 04h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P V N C

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

SRA r

OBJETO:

Desplaza a la derecha, un bit, el contenido del registro representado por «r». El bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y el bit 7 entrante se pone como el valor anterior del bit 7. El código de representación de «r» es el señalado más abajo. Ver Figura 9-8.

| Registro | Código |
|----------|--------|
| B | 000 |
| C | 001 |
| D | 010 |
| E | 011 |
| H | 100 |
| L | 101 |
| A | 111 |

CODIGO DE MAQUINA:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|-----|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | ←r→ | | |

 CBh

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;
pone 0 - en cualquier otro caso
Z; pone 1 - si el resultado es cero;
pone 0 - en cualquier otro caso
H; pone 0 - siempre
N; pone 0 - siempre
C; pone el valor que tenía el bit 0 del registro r antes de la ejecución

P/V; pone 1 - si la paridad es par;
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:
2

CICLOS DE RELOJ:
8

EJEMPLO:

SRA B
Contenido del registro «B»

(B): 0 1 1 1 0 1 0 1 75h

Instrucción

SRA B: 1 1 0 0 1 0 1 0 CBh
0 0 1 0 1 0 0 0 28h

Contenido del registro «B» después de la ejecución

(B): 0 0 1 1 1 0 1 0 3Ah

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C
0 0 x 0 x 1 0 1

SRA (HL)

OBJETO:

Desplaza a la derecha, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros «HL». El contenido del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y en el bit 7 entrante se pone el mismo valor que tenía el bit 7 anteriormente. Ver Figura 9-8.

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 0 0 1 0 1 1 CBh
0 0 1 0 1 1 1 0 2Eh

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;

pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el resultado es cero;

pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 0 - siempre

N; pone 0 - siempre

C; pone el valor que tenía el bit 0 del octeto antes de la ejecución

P/V; pone 1 - si la paridad es par;

pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:
4

CICLOS DE RELOJ:
15

EJEMPLO:

SRA (HL)

Contenido del par de registros «HL»

(H): 1 0 0 1 0 0 1 0 92h
(L): 0 1 1 1 0 1 0 7Ah

Contenido del octeto de memoria 927Ah

927Ah: 1 0 0 1 0 1 0 0 94h

Instrucción

SRA (HL): 1 1 0 0 1 0 1 0 CBh
0 0 1 0 1 1 1 0 2Eh

Contenido del octeto de memoria 927Ah después de la ejecución

927Ah: 1 1 0 0 1 0 1 0 CAh

El contenido del par de registros «HL» no ha variado
Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C
1 0 x 0 x 1 0 0

SRA (IX + d)

OBJETO:

Desplaza a la derecha, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IX» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El valor del bit 7 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y en el bit 7 entrante se pone el mismo valor que tenía el bit 7 anteriormente. Ver Figura 9-8.

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 0 1 1 1 0 1 DDh
1 1 0 0 1 0 1 1 CBh
← d →
0 0 1 0 1 1 1 0 2Eh

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;

pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el resultado es cero;

pone 0 - en cualquier otro caso

CODIGO MAQUINA 223

H; pone 0 - siempre
 N; pone 0 - siempre
 C; pone el valor que tenía el bit 0 del octeto antes de la ejecución

P/V; pone 1 - si la paridad es par;
 pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

SRA (IX+47)

Contenido del registro índice «IX»

(IX):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

 73h
 40h

Contenido del octeto de memoria 736Fh

736Fh:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 74h

Instrucción

SRA (IX+47):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |

 DD
 CBh
 2Fh
 2Eh

Contenido del octeto de memoria 736Fh después de la ejecución

736Fh:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 3Ah

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | x | 0 | x | 1 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

SRA (IY + d)

OBJETO:

Desplaza a la derecha, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IY» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El valor del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y en el bit 7 entrante se pone el mismo valor que tenía el bit 7 anteriormente. Ver Figura 9-8.

CODIGO DE MAQUINA:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| d | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |

FDh
 CBh
 2Eh

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;
 pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el resultado es cero;
 pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 0 - siempre
 N; pone 0 - siempre

C; pone el valor que tenía el bit 0 del octeto antes de la ejecución

P/V; pone 1 - si la paridad es par;
 pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

SRA (IY-2)

Contenido del registro índice «IY»

(IY):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

 A7h
 24h

Contenido del octeto de memoria A722h

A722h:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 80h

Instrucción

SRA (IY-2):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |

 DD
 CBh
 FEh
 2Eh

Contenido del octeto de memoria A722h después de la ejecución

A722h:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 C0h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | x | 0 | x | 1 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

SRL r

OBJETO:

Desplaza a la derecha, un bit, el contenido del registro representado por «r». El bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y el bit 7 entrante se pone a 0. El código de representación de «r» es el señalado más abajo. Ver Figura 9-9.

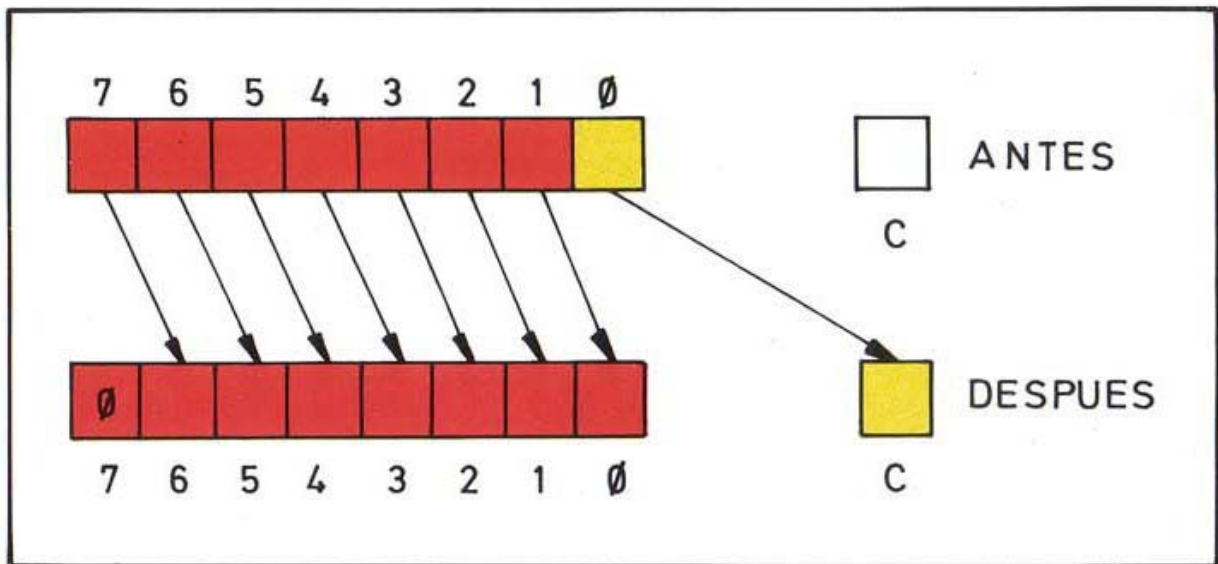


Fig. 9-9. Instrucción SRL.

| Registro | Código |
|----------|--------|
| B | 000 |
| C | 001 |
| D | 010 |
| E | 011 |
| H | 100 |
| L | 101 |
| A | 111 |

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 11001011 | CBh |
| 00111r | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;

pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el resultado es cero;

pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 0 - siempre

N; pone 0 - siempre

C; pone el valor que tenía el bit 0 del registro r antes de la ejecución

P/V; pone 1 - si la paridad es par;

pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:

SRL E

Contenido del registro «E»

(E): 11111111 FFh

Instrucción

SRL E: 11001010 CBh
00111000 38h

Contenido del registro «E» después de la ejecución

(E): 01111111 7Fh

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C
0 0 x 0 x 0 0 1

SRL (HL)

OBJETO:

Desplaza a la derecha, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros «HL». El contenido del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y en el bit 7 entrante se pone un 1. Ver Figura 9-9.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|----------|-----|
| 11001011 | CBh |
| 00111110 | 3Eh |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;

pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el resultado es cero;

pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 0 - siempre

N; pone 0 - siempre

C; pone el valor que tenía el bit 0 del octeto antes de la ejecución

P/V; pone 1 - si la paridad es par;

pone 0 - en cualquier otro caso

CODIGO MAQUINA 225

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:

SRL (HL)

Contenido del par de registros «HL»

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 1 0 1 0 0 1 0 1 | A5h |
| (L): | 1 0 0 1 0 0 1 1 | 93h |

Contenido del octeto de memoria A593h

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| A593h: | 1 0 0 1 0 0 1 0 | 92h |
|--------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|-----------|-----------------|-----|
| SRL (HL): | 1 1 0 0 1 0 1 0 | CBh |
| | 0 0 1 1 1 1 1 0 | 3Eh |

Contenido del octeto de memoria A593h después de la ejecución

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| A593h: | 0 1 0 0 1 0 0 1 | 49h |
|--------|-----------------|-----|

El contenido del par de registros «HL» no ha variado
Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 |

SRL (IX + d)

OBJETO:

Desplaza a la derecha, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IX» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los

valores desde -128 a +127. El valor del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y en el bit 7 entrante se pone el valor 1. Ver Figura 9-9.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| d | |
| 0 0 1 1 1 1 1 0 | 3Eh |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;
pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el resultado es cero;
pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 0 - siempre
N; pone 0 - siempre
C; pone el valor que tenía el bit 0 del octeto antes de la ejecución

P/V; pone 1 - si la paridad es par;
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

SRL (IX+10)

Contenido del registro índice «IX»

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IX): | 1 1 1 1 0 0 1 1 | F3h |
| | 1 0 0 1 0 0 0 0 | 90h |

Contenido del octeto de memoria F39Ah (IX + 10):

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| F39Ah: | 0 1 0 1 0 1 0 1 | 55h |
|--------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|--------------|-----------------|-----|
| SRL (IX+10): | 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| | 1 1 0 0 1 0 1 0 | CBh |
| | 0 0 0 0 1 0 1 0 | 0Ah |
| | 0 0 1 1 1 1 1 0 | 3Eh |

Contenido del octeto de memoria F39Ah después de la ejecución

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| F39Ah: | 0 0 1 0 1 0 1 0 | 2Ah |
|--------|-----------------|-----|

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| 0 | 0 | x | 0 | x | 0 |

SRL (IY + d)

OBJETO:

Desplaza a la derecha, un bit, el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IY» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127. El valor del bit 0 saliente se copia en el indicador de acarreo «C» y en el bit 7 entrante se pone el valor 1. Ver Figura 9-9.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| d | |
| 0 0 1 1 1 1 1 0 | 3Eh |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el resultado es negativo;

pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el resultado es cero;

pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 0 - siempre

N; pone 0 - siempre

C; pone el valor que tenía el bit 0 del octeto antes de la ejecución

P/V; pone 1 - si la paridad es par;

pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

SRA (IY+5)

Contenido del registro índice «IY»

| | | |
|-----|-----------------|-----|
| IY: | 0 1 1 1 0 1 0 1 | 75h |
| | 1 0 0 1 0 1 0 1 | 95h |

Contenido del octeto de memoria 759Ah (IY + 5):

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| 759Ah | 0 0 0 0 0 0 0 1 | 01h |
|-------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|-------------|-----------------|-----|
| SRL (IY+5): | 1 1 0 1 1 1 0 1 | DD |
| | 1 1 0 0 1 0 1 0 | CBh |
| | 0 0 0 0 0 1 0 1 | 05h |
| | 0 0 1 1 1 1 1 0 | 3Eh |

Contenido del octeto de memoria 759Ah después de la ejecución

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| 759Ah: | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
|--------|-----------------|-----|

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|----|---|---|
| S | Z | H | PV | N | C |
| 0 | 1 | x | 0 | x | 1 |
| 0 | 1 | 0 | x | 1 | 0 |

Las dos instrucciones de desplazamiento que nos quedan por ver son bastante atípicas. Su principal cometido es trabajar con números en BCD (decimal codificado en binario). Tienen la particularidad de que desplazan bits de 4 en 4 y no de 1 en 1 como las vistas hasta ahora. Además, el desplazamiento se produce entre el acumulador y la posición de memoria direccionada por el registro «HL», lo que nos va a permitir ir leyendo, uno a uno, una serie de dígitos en BCD; recuerde que un dígito BCD ocupa cuatro bits, es decir, en un octeto caben dos dígitos.

Cuando hablamos de la instrucción DAA, decíamos que servía para ajustar a BCD el resultado de una operación aritmética, pero era imprescindible que los datos, antes de la operación, estuvieran ya en BCD. Por tanto, es evidente que necesitábamos un sistema que nos permitiera introducir en memoria o sacar de la misma, dígitos BCD. Supongamos que tenemos, en memoria, una serie de octetos que contienen datos en BCD y supongamos, también, que tenemos que sacarlos a un canal de comunicación a través del registro «A» (lo más frecuente es que sea así); en ese caso, podemos direccionar mediante «HL» cualquiera de los dos extremos de la lista de datos, e ir usando repetidamente estas instrucciones para ir pasando los datos uno a uno (medio octeto cada vez) al registro «A».

Como en casi todas las

instrucciones del Z-80, estas también son simétricas, es decir, una nos permite leer los datos de «arriba» a «abajo», y la otra, de «abajo» a «arriba». De cualquier forma, no es frecuente que trabajemos en BCD con el Spectrum, ya que tenemos maravillosas rutinas del sistema operativo para gestionar números en decimal, pero no obstante, es conveniente conocer el manejo de estas instrucciones ya que, en algunos casos, es posible que les encontremos aplicación práctica.



OBJETO:

Copia el valor de los cuatro bits de orden inferior de la posición de memoria, direccionada por el contenido del par de registros «HL», en los cuatro bits de orden superior del mismo octeto; el valor anterior de los cuatro bits de orden superior los copia en los cuatro bits de orden inferior del registro acumulador; finalmente, el valor anterior de los cuatro bits de orden inferior del registro acumulador los copia en los cuatro bits de orden inferior del octeto. Los cuatro bits de orden superior del registro acumulador permanecen inalterados. Ver Figura 9-10.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh |
| 0 1 1 0 1 1 1 1 | 6Fh |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

CODIGO MAQUINA 227

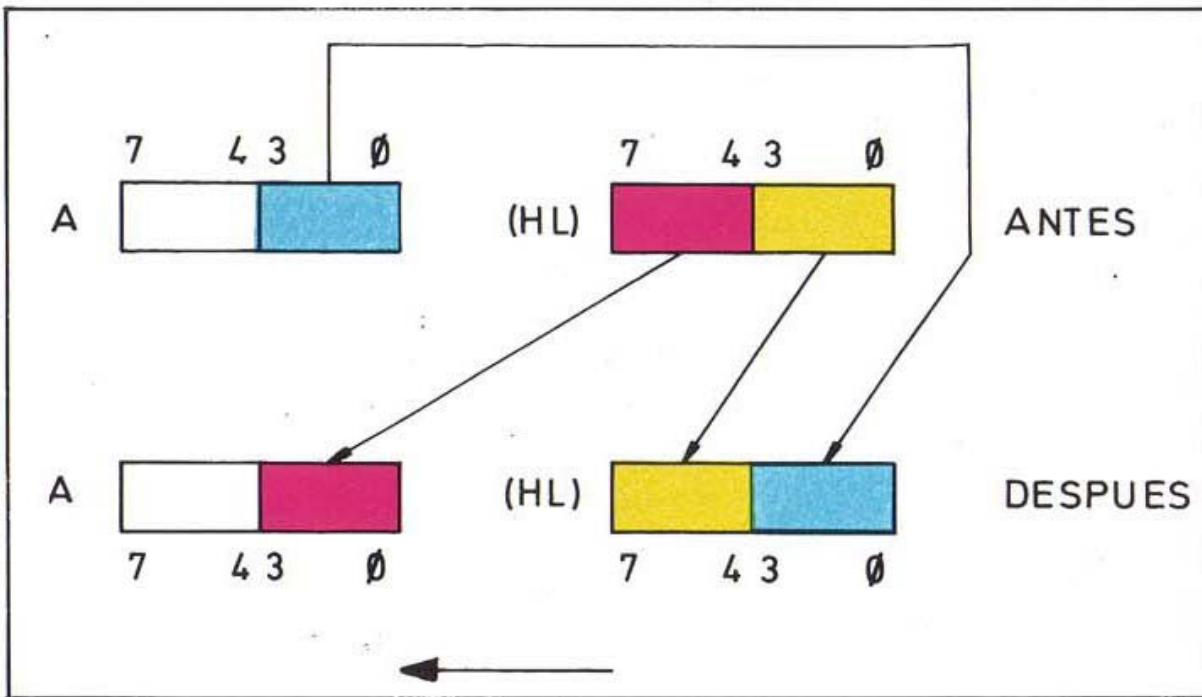


Fig. 9-10. Instrucción RRD.

S; pone 1 - si el registro «A» es negativo; pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el registro «A» es cero; pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 0 - siempre

N; pone 0 - siempre

P/V; pone 1 - si la paridad del registro «A» es par; pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

18

EJEMPLO:

RLD

Contenido del registro «A»

(A): 00010010 12h

Contenido del par de registros «HL»

(H): 10010010 92h
(L): 01000011 43h

Contenido de la posición de memoria 9243h

9243h: 00110100 34h

Instrucción

RLD: 11101101 EDh
01101111 6Eh

Contenido del registro «A» después de la ejecución

(A): 00010011 13h

Contenido del octeto de memoria 9243h después de la ejecución

9243h: 01000010 42h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C
0 0 x 0 x 0 0 x

RRD

OBJETO:

Copia el valor de los cuatro bits de orden superior de la posición de memoria, direccionada por el contenido del par de registros «HL», en los cuatro bits de orden inferior del mismo octeto; el valor anterior de los cuatro bits de orden inferior los copia en los cuatro bits de orden inferior del registro acumulador; finalmente, el valor anterior de los cuatro bits de orden inferior del registro acumulador los copia en los cuatro bits de orden superior del octeto. Los cuatro bits de orden superior del registro acumulador permanecen inalterados. Ver Figura 9-11.

CODIGO DE MAQUINA:

11101101 EDh
01100111 67h

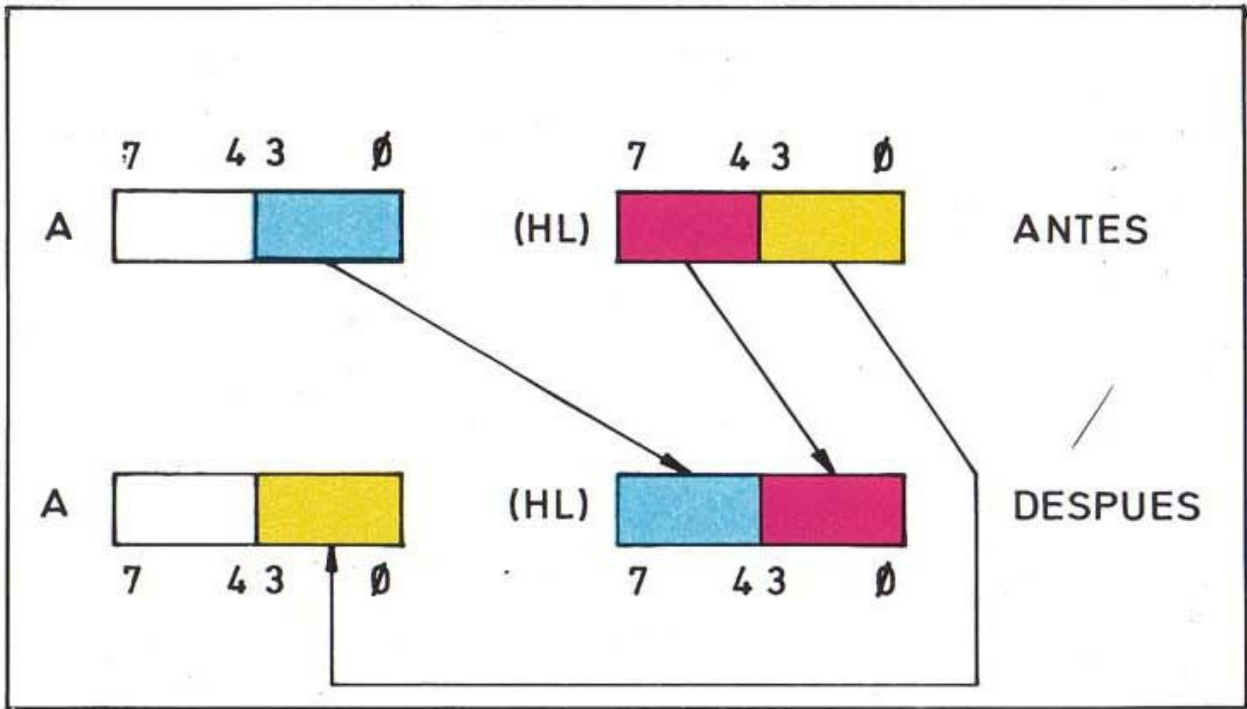


Fig. 9-10. Instrucción RRD.

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

S; pone 1 - si el registro «A» es negativo;
pone 0 - en cualquier otro caso

Z; pone 1 - si el registro «A» es cero;
pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 0 - siempre

N; pone 0 - siempre

P/V; pone 1 - si la paridad del registro «A» es par;
pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

18

EJEMPLO:

RRD

Contenido del registro «A»

(A): 1 0 0 1 0 1 1 0 96h

Contenido del par de registros «HL»

(H): 0 1 1 1 0 1 1 1 77h
(L): 0 1 0 0 0 0 1 1 43h

Contenido de la posición de memoria 7743h

7743h: 0 1 1 0 0 1 0 1 65h

Instrucción

RRD: 1 1 1 0 1 1 0 1 EDh
0 1 1 0 0 1 1 1 67h

Contenido del registro «A» después de la ejecución

(A): 1 0 0 1 0 1 0 0 94h

Contenido del octeto de memoria 7743h después de la ejecución

7743h: 0 1 1 0 0 1 0 1 65h

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|----|---|---|
| S | Z | H | PV | N | C |
| 1 | 0 | x | 0 | x | 0 |

Como se ve fácilmente en las Figuras 9-10 y 9-11, la instrucción RLD nos permite leer los datos BCD de «arriba» a «abajo», es decir, de direcciones más altas a direcciones más bajas. Vamos a ver el procedimiento: cargamos en «A» un cero, y en «HL» la dirección más alta de la tabla de datos. Hacemos una rotación RLD; ahora tenemos el primer dato en «A»; podemos llamar a una rutina que haga algo con él. Hacemos otra rotación, ahora tenemos el segundo dato; llamamos, otra vez a la rutina. Hacemos una tercera rotación y ya tenemos los dos datos como al principio. Ahora, decrementamos «HL» y volvemos a iniciar el proceso; así, hasta la dirección más baja de la tabla.

Si queremos leer la tabla de «abajo» a «arriba», empezamos por cargar «HL» con la dirección más baja de la ta-

bla. Hacemos las rotaciones con RRD y vamos incrementando «HL» hasta llegar a la dirección más alta.

Esto no sólo sirve para meter o sacar datos, también puede ser útil si queremos operar, de alguna forma, los datos de la tabla y volverlos a almacenar en las mismas posiciones que ocupaban. En cualquier caso, siempre que utilicemos números en formato BCD, tendremos que recurrir al uso de las instrucciones RLD y RRD.

Tablas de codificación

Ya hemos visto todas las instrucciones de desplazamiento que posee el Z-80. Ahora, y antes de pasar a los ejemplos, veamos la tabla que nos va a permitir codificarlas en decimal o Hexa, y una tabla resumida de cómo afectan a los indicadores y los ciclos de memoria y reloj que emplean. La primera está en la Figura 9-12 y la segunda, en la Figura 9-13.

Multiplicación y división con instrucciones de rotación y desplazamiento

Antes, prometimos que íbamos a hablar de la forma en que se puede multiplicar y dividir utilizando rotaciones. Bien, ahora cumplimos la promesa:

La primera consideración a tener en cuenta es cómo se colocan los contenidos de los campos dentro de éstos.

Se recordará que un campo es una serie de octetos consecutivos con una unidad de información. Por ejemplo el nombre de una persona, su número de carnet de identi-

| INSTRUCCIONES DE DESPLAZAMIENTO | | |
|---------------------------------|---------------|-----------------|
| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
| SLA A | CB, 27 | 203, 39 |
| SLA B | CB, 20 | 203, 32 |
| SLA C | CB, 21 | 203, 33 |
| SLA D | CB, 22 | 203, 34 |
| SLA E | CB, 23 | 203, 35 |
| SLA H | CB, 24 | 203, 36 |
| SLA L | CB, 25 | 203, 37 |
| SLA (HL) | CB, 26 | 203, 38 |
| SLA (IX+d) | DD, CB, d, 26 | 221, 203, d, 38 |
| SLA (IY+d) | FD, CB, d, 26 | 253, 203, d, 38 |
| SRA A | CB, 2F | 203, 47 |
| SRA B | CB, 28 | 203, 40 |
| SRA C | CB, 29 | 203, 41 |
| SRA D | CB, 2A | 203, 42 |
| SRA E | CB, 2B | 203, 43 |
| SRA H | CB, 2C | 203, 44 |
| SRA L | CB, 2D | 203, 45 |
| SRA (HL) | CB, 2E | 203, 46 |
| SRA (IX+d) | DD, CB, d, 2E | 221, 203, d, 46 |
| SRA (IY+d) | FD, CB, d, 2E | 253, 203, d, 46 |
| SRL A | CB, 3F | 203, 63 |
| SRL B | CB, 38 | 203, 56 |
| SRL C | CB, 39 | 203, 57 |
| SRL D | CB, 3A | 203, 58 |
| SRL E | CB, 3B | 203, 59 |
| SRL H | CB, 3C | 203, 60 |
| SRL L | CB, 3D | 203, 61 |
| SRL (HL) | CB, 3E | 203, 62 |
| SRL (IX+d) | DD, CB, d, 3E | 221, 203, d, 62 |
| SRL (IY+d) | FD, CB, d, 3E | 253, 203, d, 62 |
| RLD | ED, 6F | 237, 111 |
| RRD | ED, 67 | 237, 103 |

Fig. 9-12. Tabla de codificación para las instrucciones de desplazamiento.

INSTRUCCIONES DE DESPLAZAMIENTO

| NEMONICO | INDICADORES | | | | | | | | No. DE BYTES | CICLOS | |
|------------|-------------|---|---|---|---|-----|---|---|-----------------|--------|------|
| | S | Z | x | H | x | P/V | N | C | | MEM. | REL. |
| SLA r | ◊ | ◊ | x | ∅ | x | P | ∅ | ◊ | 2 | 2 | 8 |
| SLA (HL) | ◊ | ◊ | x | ∅ | x | P | ∅ | ◊ | 2 | 4 | 15 |
| SLA (IX+d) | ◊ | ◊ | x | ∅ | x | P | ∅ | ◊ | 4 | 6 | 23 |
| SLA (IY+d) | ◊ | ◊ | x | ∅ | x | P | ∅ | ◊ | 4 | 6 | 23 |
| SRA s | ◊ | ◊ | x | ∅ | x | P | ∅ | ◊ | | | |
| SRL s | ◊ | ◊ | x | ∅ | x | P | ∅ | ◊ | | | |
| RLD | ◊ | ◊ | x | ∅ | x | P | ∅ | . | 2 | 5 | 18 |
| RRD | ◊ | ◊ | x | ∅ | x | P | ∅ | . | 2 | 5 | 18 |

NOTAS:

1.- Los signos tienen el siguiente significado:

"◊": El indicador cambia de valor de acuerdo con el resultado de la instrucción.

"x": El bit adquiere un estado indeterminado.

".": El indicador no es afectado por la instrucción y conserva su anterior contenido.

"∅": El indicador se pone siempre a "cero".

"P": El indicador "P/V" actúa como indicador de paridad.

2.- La letra "r" indica cualquiera de los registros: "A", "B", "C", "D", "E", "H" ó "L".

3.- La letra "s" indica cualquiera de los operandos: "r", "(HL)", "(IX+d)" ó "(IY+d)".

Fig. 9-13. Tabla resumida de indicadores y ciclos para las instrucciones de desplazamiento.

dad, el sueldo que gana o el número de su cuenta corriente.

Por su contenido los campos se suelen dividir en alfabéticos, numéricos y alfanuméricos. Los campos alfabé-

uticos, como su mismo nombre indica, contienen letras y a lo sumo signos de puntuación; normalmente contienen palabras en el idioma en uso y tienen significado por sí mismos. Por ejemplo, el cam-

po de nombre en un registro de datos contendrá nombre y apellidos de personas; el campo de color contendrá nombres de colores; etc.

Los campos numéricos, contienen números y a lo su-

mo llevan indicado el signo. Normalmente tienen un valor aritmético con el cual se puede operar. Por ejemplo el campo precio contendrá el valor de un producto; el campo longitud contendrá una medida en unas unidades previamente fijadas; etc.

Los campos alfanuméricos, contienen indistintamente números, letras y cualquier otro símbolo. Normalmente no sirven para operar aritméticamente ni tienen un significado por sí mismos. Por ejemplo el campo número de cuenta corriente es un código de números o de letras y números, pero no significa nada por sí mismo ni es un valor para operar con él.

Más adelante nos extendemos en estos temas al tratar sobre bases de datos. De momento nos limitaremos a la colocación de contenidos dentro de campos.

En los campos alfabéticos los contenidos se justifican a la izquierda. Esto quiere decir que la información empieza a colocarse en la primera posición del campo de izquierda a derecha y si quedan algunas posiciones libres, éstas estarán a la derecha. Ejemplos:

| | |
|---------------------|------------|
| P E D R O | correcto |
| !-!-!-!-!-!-!-!-!-! | |
| B L A N C O | incorrecto |
| !-!-!-!-!-!-!-!-!-! | |
| J O S E | incorrecto |
| !-!-!-!-!-!-!-!-!-! | |
| F R A N C I S C O | correcto |
| !-!-!-!-!-!-!-!-!-! | |

Seguramente, el lector ha

tenido que llenar algún impreso preparado para procesar por ordenador en el que hacían esta advertencia.

En los campos numéricos los contenidos se justifican a la derecha. Esto es, las unidades se colocarán en la posición más a la derecha y se irá llenando el campo hacia la izquierda, de tal forma que si quedan algunas posiciones libres, éstas estarán a la izquierda del campo. Ejemplos:

| | |
|---------------------|------------|
| 3 4 3 7 | correcto |
| !-!-!-!-!-!-!-!-!-! | |
| 7 4 8 2 | incorrecto |
| !-!-!-!-!-!-!-!-!-! | |
| 2 9 6 | incorrecto |
| !-!-!-!-!-!-!-!-!-! | |
| 1 2 3 4 5 6 7 8 9 | correcto |
| !-!-!-!-!-!-!-!-!-! | |

Los campos alfanuméricos no tienen una colocación necesariamente fija, aunque lo normal es justificarlos a la derecha.

Una vez clara la colocación de los contenidos de los campos, nos centraremos en los de tipo numérico que es con los que, de alguna manera, podemos operar aritméticamente.

Como ya se comentó al comienzo de este grupo de instrucciones, éstas pueden servir para multiplicar y dividir. Desde luego no es el objetivo para el cual están hechas, pero dado que el microprocesador Z-80 carece de dichas operaciones, puede ser de gran utilidad conocer esta propiedad.

Comencemos por recordar el valor de cada unidad en el sistema de numeración deci-

mal. La unidad «n» vale «n» por 10 elevado a cero; la decena «n» vale «n» por 10 elevado a uno; la centena «n» vale «n» por 10 elevado a dos; etc. Ejemplo:

| | | | |
|---------------------|------------|---|------|
| 3475 | | | |
| 5 * 10 ⁰ | = 5 * 1 | = | 5 |
| 7 * 10 ¹ | = 7 * 10 | = | 70 |
| 4 * 10 ² | = 4 * 100 | = | 400 |
| 3 * 10 ³ | = 3 * 1000 | = | 3000 |
| total | | | 3475 |

De la misma manera, en un sistema de base 2 (binario) el valor de cada bit está en función del lugar que ocupa. El bit más a la derecha valdrá «n» por 2 elevado a cero, el siguiente «n» por 2 elevado a uno, el siguiente «n» por 2 elevado a dos, etc. Pero dado que el valor de un bit sólo puede ser cero o uno y cualquier número multiplicado por cero es cero se puede tener en cuenta sólo los bits que tengan valor uno y de la forma de 2 elevado a «e» representa el lugar que ocupa. Ejemplo:

| | |
|----------------|-------|
| 11010011 | |
| 2 ⁰ | = 1 |
| 2 ¹ | = 2 |
| 2 ⁴ | = 16 |
| 2 ⁶ | = 64 |
| 2 ⁷ | = 128 |
| total | 211 |

Efectivamente, el número binario 11010011 (D3h) tiene el valor decimal de 211.

Cuando a un número decimal le añadimos un cero a la derecha, éste queda multiplicado por diez. Por ejemplo si a 30 le añadimos un cero a la derecha queda 300 = 30 x 10. Supongamos

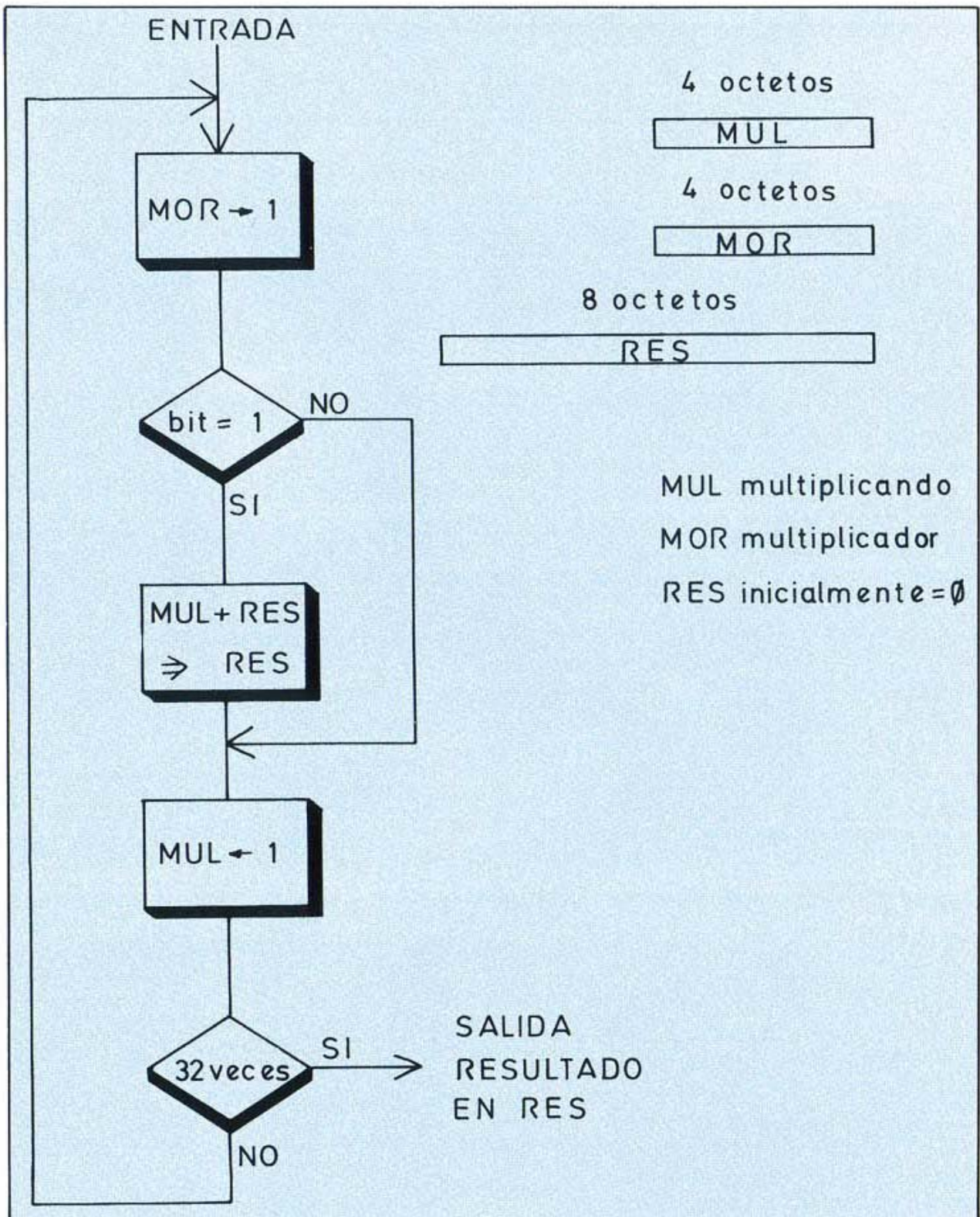
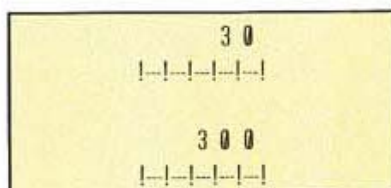


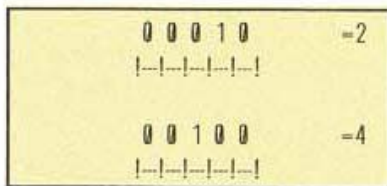
Fig. 9-14. Multiplicación por desplazamientos.

que ese número decimal está en un campo justificado a la derecha, para añadirle el cero es necesario desplazarle una posición hacia la izquierda:



Por el mismo motivo si desplazamos un número binario una posición a la izquierda, o sea le añadimos un cero a la derecha, este número queda multiplicado por la base.

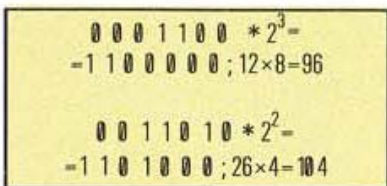
Cada uno de sus bits pasarían de valer 2 elevado a «e», a valer 2 elevado a («e» + 1):



Desplazarlo otra posición equivaldría a multiplicarlo otra vez por dos, esto es multiplicar el número original por $4 = 2 \times 2$; un nuevo desplazamiento sería $8 = 2 \times 2 \times 2$ y así sucesivamente. Lo que se observa es que un nuevo desplazamiento implica multiplicar por la siguiente potencia de 2, esto es 2, 4, 8, 16, 32, etc. Por lo tanto, podríamos enunciar la siguiente regla: para multiplicar un número binario por una potencia de 2 se desplaza el número a la izquierda tantas veces como valor tenga el exponente.



EJEMPLOS:



Pero no siempre se quiere multiplicar un número por una potencia de dos, es más, la mayoría de las veces no es así.

En un micro-procesador que carece de instrucción de multiplicar, una forma inmediata de solucionar el problema es sumar el multiplicando tantas veces como valor tenga el multiplicador; por ejemplo 30×3 sería

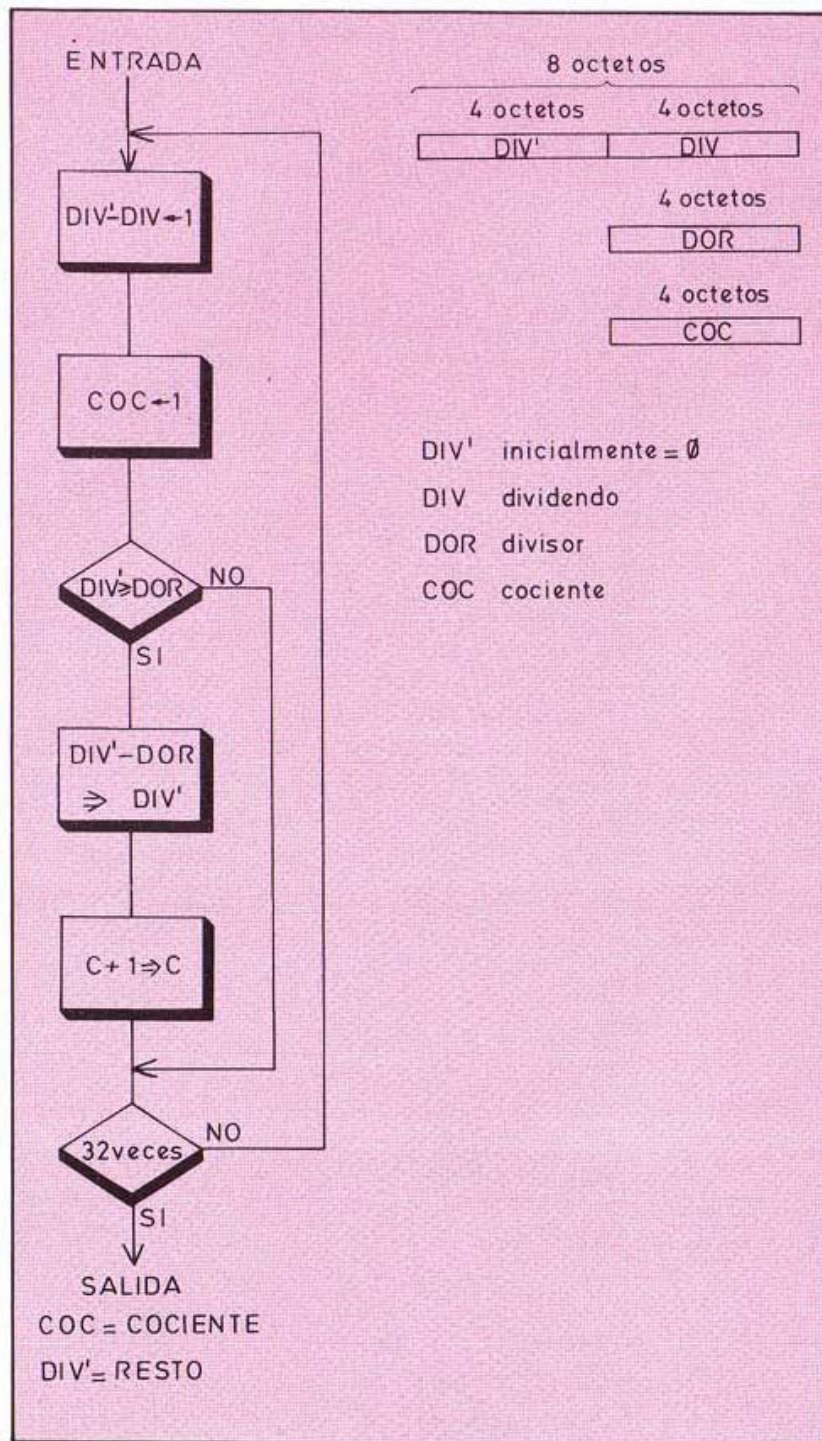


Fig. 9-15. División por desplazamientos.

$30 + 30 + 30$. En el caso de multiplicadores de poco valor, ésta sería la solución más sencilla, se ejecutarían poco más de tres instrucciones. Pero vamos a ver otra técnica que resulta mejor en el caso de multiplicadores grandes.

Como se sabe, en un número multiplicado por una suma « $A \times (X + Y + Z)$ » el resultado es igual a la suma de los productos del número por cada uno de los sumandos « $A \times X + A \times Y + A \times Z$ ». Pues dados dos números binarios, multiplicando que llamare-

mos MUL y multiplicador que llamaremos MOR, podemos descomponer el multiplicador en sus sumandos; y los sumandos pueden ser el valor relativo de cada bit; el resultado lo dejaremos en un campo llamado RES.

La técnica consiste en ir multiplicando MUL por cada sumando de MOR, que siempre será una potencia de dos, lo cual podemos hacer simplemente desplazando a la izquierda. Veamos un ejemplo:

| | |
|--|-------------|
| 30×26 | |
| $30 = 11110$ binario | |
| $26 = 11010$ binario | |
| $11010 = 2^1 + 2^3 + 2^4 = 2 + 8 + 16$ | |
| $11110 * 2^1 =$ | 111100 |
| $11110 * 2^3 =$ | 11110000 |
| $11110 * 2^4 =$ | 111100000 |
| suma total en RES $1100001100 = 780$ | |
| Efectivamente $30 \times 26 = 780$. | |

El lector es posible que ya se diera cuenta que es la misma técnica que se sigue cuando se hace una operación de números de varias cifras en un papel, sólo que los desplazamientos se realizan inconscientemente.

EJEMPLO:

| | |
|-------------------|----------------|
| 3456×752 | |
| $+1$ | |
| 3456 | |
| $\times 752$ | |
| <hr/> | |
| 6912 | |
| 17280 | desplazamiento |
| 24192 | desplazamiento |
| <hr/> | |
| 2598912 | |

RECOMENDACIONES:

- a) Si se opera con un solo

octeto, ni los multiplicandos ni el resultado podrán superar 256 decimal.

b) Si se opera con números que ocupan más de un octeto, hay que tener en cuenta el bit que sale por la izquierda en los desplazamientos y el acarreo en las sumas; lo cual es posible ya que estas instrucciones (sumas y desplazamientos) dejan ambos en el indicador de acarreo «C».

c) Es muy conveniente poner límites fijos a los multiplicandos, en función de las necesidades. Lo más útil es que los dos tengan el mismo tamaño y el resultado la suma de los dos tamaños. De tal forma que si se decide que ambos ocupen un máximo de cuatro octetos el resultado estará dimensionado con ocho.

Ver Figura 9-14 que es el organigrama de una rutina de multiplicación de dos números MUL y MOR de 4 octetos de tamaño dejando el resultado en RES que tiene 8 octetos de tamaño. Los desplazamientos se señalan con una flecha indicando el sentido y un número indicando la cantidad. El campo RES se crea inicialmente a ceros. Tenga en cuenta que, tanto en las sumas sobre RES como en los desplazamientos de MUL y MOR, hay que manejar el indicador de acarreo «C» ya que los números están en más de un octeto.

En la división, podemos obtener soluciones parecidas así que vamos a analizar, paso a paso, el mecanismo, igual que con la multiplicación.

Recordemos que para dividir en decimal entre la unidad seguida de ceros o sea, po-

tencias de diez, se corre una coma tantos lugares a la izquierda como ceros tenga la unidad, lo que es lo mismo, como valor tenga el exponente de la base, en este caso el 10. Esto es lo mismo que desplazar el número a la derecha, y el resto serían los números salientes justificados a la derecha. Ejemplo:

| | |
|---------------|--|
| $400:10$ | |
| 400 | |
| $!-!-!-!-!-!$ | |
| 40 | |
| $!-!-!-!-!-!$ | |
| <hr/> | |
| $374:100$ | |
| 374 | |
| $!-!-!-!-!-!$ | |
| 3 | |
| $!-!-!-!-!-!$ | |
| resto | |
| 74 | |
| $!-!-!-!-!-!$ | |

Por el mismo motivo, si desplazamos un número binario una posición a la derecha, este número queda dividido por la base. Cada uno de sus bits pasarían de valer 2 elevado a «e», a valer 2 elevado a («e»-1).

| | |
|---------------|-------|
| 01010 | $=10$ |
| $!-!-!-!-!-!$ | |
| 00101 | $=5$ |
| $!-!-!-!-!-!$ | |

Desplazarlo otra posición equivaldría a dividirlo otra vez por dos, esto es, dividir el número original por $4 = 2 \times 2$, y así sucesivamente. Lo que se observa es que un nuevo desplazamiento implica dividir por la siguiente potencia de 2,

esto es 2, 4, 8, 16, 32, etc. Por lo tanto podríamos enunciar la siguiente regla: para dividir un número binario por una potencia de 2 se desplaza el número a la derecha tantas veces como valor tenga el exponente, y el resto serían los bits salientes por la derecha justificados a la derecha.

NUMERO__BINARIO : 2^E =
 NUMERO__BINARIO → «E» veces

Ejemplos:

0 1 1 1 1 0 0 : 2³ =
 0 0 0 0 1 1 1 resto 1 0 0

69:8=7 resto 4

0 0 1 0 1 0 0 : 2² =
 0 0 0 0 1 0 1 resto 0

20:4=5 resto 0

Al igual que en la multiplicación, no siempre se quiere multiplicar un número que sea una potencia de dos, es más, la mayoría de las veces no es así.

En un micro-procesador que carece de instrucción de dividir, una forma inmediata de solucionar el problema es restar el divisor al dividendo hasta llegar a cero o a un número menor que el divisor, entonces el cociente sería el número de restas. Ejemplo 40:10 habría que restar cuatro veces 10 hasta alcanzar el valor cero. Resultan pocas ejecuciones cuando la relación entre el dividendo y el divisor es pequeña y muchas cuando es grande.

Es necesario encontrar una técnica menos costosa, para lo cual empezaremos por observar cómo se realiza una operación de dividir números decimales de varias cifras en un papel:

Primero: Se toman las mínimas cifras de la izquierda del dividendo que sean iguales o mayores que el divisor, y a éstas les restamos «n» veces hasta llegar a cero o un número menor que el divisor, o lo que es lo mismo, buscamos un número «n» que multiplicado por el divisor valga igual o menos.

Segundo: Bajamos la cifra siguiente; o lo que es lo mismo, a lo que nos queda lo desplazamos una posición a la izquierda y metemos en el lugar entrante la cifra siguiente.

Y así repetimos la operación hasta que no tengamos nada que bajar o con que ocupar el lugar vacío.

```

47632 : 234
-468   203
---
  832
-702
---
  121

Cociente: 202
Resto: 121
  
```

Si lo hacemos con números binarios es mucho más fácil, pues siempre que alcancemos un valor superior al divisor, el número por el que tendremos que multiplicarlo será 1 y mientras no lo alcancemos se irán metiendo ceros en el cociente como en el ejemplo de división decimal.

La técnica es la siguiente: dado un dividendo DIV y un divisor DOR, pretendemos obtener un cociente COC y un resto RES.

a) Es necesaria la utilización de campos de tamaño fijo e igual.

b) El campo COC se definirá inicialmente a ceros.

c) Definiremos un campo DIV' de igual tamaño que DIV y pegado a él por la izquierda de forma que entre los dos DIV'__DIV formen un campo doble.

Y ahora, siguiendo los pasos parecidos a la división decimal desplazaremos a la izquierda DIV'__DIV hasta tener en DIV' un valor igual o mayor que DOR (divisor).

En este momento el número por el que hay que multiplicar el divisor siempre es 1 el cual se pone en el campo COC (cociente).

A partir de este punto se irán desplazando COC y DIV'__DIV hasta alcanzar el valor del divisor DOR, momento en que se restará de DIV' el divisor y se sumará uno al cociente.

Parece un lío pero pruebe con un ejemplo, nunca falla; primero uno sencillo, 1001010:110, y después uno más complicado como 1011011010101001:1011001.

El resto será el valor que quede en DIV' cuando no haya más bits en el dividendo.

Ver organigrama de la Figura 9-11 hecho para campos fijos de 4 octetos con los números justificados a la derecha.

Los archivos de pantalla y atributos

Antes de estudiar cómo el Spectrum almacena, en memoria, la imagen que vemos en la pantalla, tal vez sea conveniente echar un vistazo a la forma en que se genera una imagen de televisión.

Como casi todos los lectores sabrán, la imagen de un televisor está compuesta por líneas horizontales. En la norma de televisión europea, se

utilizan 625 líneas para formar un cuadro, aunque no todas entran en la composición de la imagen. El haz de electrones barre la imagen de izquierda a derecha y de arriba a abajo, por tanto, cuando termina de formar un cuadro, se encuentra en el extremo inferior derecho. Antes de formar el siguiente cuadro, el haz debe retornar al extremo superior izquierdo en la operación que se denomina «retorno de cuadro». Durante esta operación, se pierden algunas líneas, ya que el barrido horizontal continúa funcionando.

En el caso del Spectrum, aún se pierden unas cuantas líneas más en las zonas superior e inferior del «BORDER», así como parte de las restantes en los extremos derecho e izquierdo de la pantalla (el resto del «BORDER»). Al final, quedan 384 líneas en la parte de la pantalla que denominamos «PAPER». De estas líneas, el Spectrum sólo utiliza la mitad, es decir, una sí y una no. Por tanto, la imagen enviada por el Spectrum al televisor consta de 192 líneas.

A efectos de terminología, llamaremos «SCAN» a cada una de estas 192 líneas. Tendremos, por tanto, 192 «scans» en pantalla (la palabra «scan» significa, en inglés: «barrido»; utilizamos la terminología inglesa por ser la de uso más común en todo el mundo).

Cada scan de pantalla consta de 256 pixels. Un «pixel» es un elemento de imagen, un punto, que puede tener el color del papel o el de la tinta. Cuando hacemos un «PLOT» en Basic, ponemos un pixel del color de la tinta.

Cada pixel está controlado por un bit del archivo de pantalla de forma que, si el bit co-

rrespondiente es un «1», el pixel tendrá color de tinta y si es un «0», lo tendrá de papel.

Los colores de la tinta y el papel, así como los atributos de brillo y parpadeo, se encuentran en otra zona de memoria denominada «archivo de atributos». Llamamos «carácter» a un conjunto de 64 pixels, colocados en una matriz de 8×8 . Por tanto, cada carácter ocupa 8 pixels de 8 scans consecutivos. Los 8 pixels de cada scan dentro de un carácter, están agrupados en una determinada posición de memoria, es decir, componen un octeto. Por tanto, cada carácter consta de 8 octetos; pero estos no son consecutivos. Por otro lado, cada elemento del archivo de atributos afecta a un carácter, por ello, hay 8 veces menos octetos en el archivo de atributos que en el de pantalla.

Si llamamos «línea» a un conjunto de 32 caracteres colocados uno al lado del otro, y «columna» a un conjunto de 24 caracteres colocados uno encima del otro, podemos decir que la pantalla del Spectrum tiene 24 líneas y 32 columnas, es decir, $24 \times 32 = 768$ caracteres. Por tanto, el archivo de atributos tendrá 768 bytes (u octetos) y el de pantalla, $768 \times 8 = 6144$ bytes. Si al llegar a este punto, no ha comprendido algo de lo anterior, vuelva a leerlo más despacio antes de proseguir.

Vamos a empezar por describir cómo está colocado el archivo de atributos ya que es el más fácil, luego, pasaremos al de pantalla que es bastante más complejo.

Los 768 bytes colocados a partir de la dirección de memoria 22525 (5800h) inclusive, constituyen el archivo de atri-

butos. El primer byte corresponde al carácter del ángulo superior izquierdo (coordenada 0,0). El segundo, al siguiente de esa línea (coordenada 0,1) y así sucesivamente hasta el último que corresponde al carácter del ángulo inferior derecho (coordenada 23,31; aunque esta coordenada no existe en Basic, ya que corresponde a las dos líneas inferiores que, como se sabe, son usadas por el canal «K»).

La finalidad de todo esto es ser capaces de averiguar la dirección del atributo de un determinado carácter, conociendo sus coordenadas. En este caso, el problema tiene fácil solución: bastará con multiplicar el número de línea por 32, sumarle el número de columna y, al resultado, sumarle 22528 que es la dirección base de este archivo. En realidad, no difiere mucho de una tabla indexada con dos subíndices o, si lo prefiere, una matriz de dos dimensiones.

Para hacer esto, en código máquina, tendremos en cuenta que multiplicar un número por 32 equivale a desplazarlo 5 lugares a la izquierda. También podemos usar la rutina de multiplicar publicada en este mismo curso, aunque es más lenta. Si, después de todo, decide hacerlo por rotaciones, tal vez se encuentre con el problema de que, al rotar a la izquierda el número de línea, se le escapará por el lado izquierdo del registro. Afortunadamente, existe una rutina que lo hace de forma sencilla. Hemos denominado «ATR» a la rutina, ya que sirve para buscar un atributo determinado. En ella se entra con «DE» conteniendo las coordenadas del carácter cu-

yos atributos estamos buscando, «D» deberá contener la línea y «E» la columna. A la salida de la rutina, tendremos, en «HL», la dirección del octeto del archivo de atributos, correspondiente a este carácter. El listado Assembler de «ATR» es el siguiente:

```

100 ATR LD A,D
110 SRA A
120 SRA A
130 SRA A
140 ADD A,#58
150 LD H,A
160 LD A,D
170 AND #7
180 RRC A
190 RRC A
200 RRC A
210 ADD A,E
220 LD L,A
230 RET

```

Vamos a ver cómo funciona con un ejemplo: Supongamos que queremos hallar la dirección de los atributos correspondientes al carácter cuyas coordenadas son (12,15), es decir, línea 12 (0Ch), columna 15 (0Fh). Veamos los pasos:

```

LD A,D ; #C -> A
SRA A ; A/2
SRA A ; A/2
SRA A ; A/2
ADD A,#58 ; A + #58
LD H,A ; A -> H
LD A,D ; D -> A
AND #7 ; A and #7
RRC A ; A/2
RRC A ; A/2
RRC A ; A/2
ADD A,E ; A + E
LD L,A ; A -> L
RET

```

En el retorno, «HL» contiene el número # 598F, es decir, 22927 en decimal. Vemos que, efectivamente:

$$22528 + 12 \times 32 + 15 = 22927$$

Por lo que 22927 es la dirección de los atributos correspondientes al carácter de coordenadas (12,15). Esta rutina trabaja perfectamente siempre que la línea esté comprendida entre 0 y 23; y la columna lo esté entre 0 y 31.

Antes de proseguir, conviene hacer referencia a la forma en que se almacenan los atributos, de un determinado carácter, dentro de cada byte del fichero de atributos. Empezando por la derecha, los tres primeros bytes almacenan el color de la tinta; los tres segundos, el color del papel; el séptimo, el flag de brillo y el octavo, el flag de parpadeo. Cuando la ULA va leyendo el fichero de pantalla para mandarlo al televisor, lee también los datos del fichero de atributos para mandar correctamente los colores de cada pixel.

Una vez vista la organización del fichero de atributos,

```

A= 00001100 = #0C
A= 00000110 = #06
A= 00000011 = #03
A= 00000001 = #01
A= 01011001 = #59
H= 01011001 = #59
A= 00001100 = #0C
A= 00000100 = #04
A= 00000010 = #02
A= 00000001 = #01
A= 10000000 = #80
A= 10001111 = #8F
L= 10001111 = #8F

```

vamos a ver la del fichero de pantalla. En este caso, las cosas no son tan sencillas como en el anterior. Sabemos que cada scan ocupa 32 bytes de memoria; parecería lógico que las direcciones de memoria de scans consecutivos fueran, también, consecutivos. Por desgracia, esto no es así.

Podemos considerar al archivo de pantalla como dividido en tres zonas de 2048 bytes cada una. La primera, correspondería a las 8 primeras líneas (0 a 7); la segunda, a las 8 segundas (8 a 15) y la tercera, a las 8 terceras (16 a 23). Para nuestros efectos, la pantalla consta de 24 líneas, así que podemos olvidarnos de que las dos líneas inferiores no son accesibles. Desde código máquina podremos acceder por igual a cualquier línea de la pantalla.

Ahora, vamos a estudiar la disposición de cada una de estas tres zonas, empezando por la primera. Cada línea se compone de 8 scans; pero no son consecutivos. Los primeros 32 bytes del archivo, contienen el primer scan de la primera línea (línea 0); los 32 siguientes, contienen el primer scan de la segunda línea; y así sucesivamente hasta el octavo grupo de 32 bytes que contiene el primer scan de la línea 7.

El noveno grupo de 32 bytes contiene el segundo scan de la primera línea, el décimo grupo, contiene el segundo scan de la segunda y así sucesivamente, hasta llegar al último grupo que contendrá el último scan de la octava línea (línea 7).

A partir de aquí, se comienza con la segunda zona de la pantalla que está organizada

de igual forma que la primera. Finalmente, se acaba con la tercera zona que está organizada de la misma forma que las dos anteriores. Esto es lo que nos permitía intercambiarlas (en la rutina para intercambiar zonas de pantalla) sin ningún problema; sin embargo, no es tan fácil intercambiar líneas, ya que sus scans no son consecutivos.

Si ha entendido a la perfección las explicaciones dadas hasta aquí sobre el archivo de pantalla, debe tener usted un coeficiente intelectual de super-dotado. Lo mejor, en cualquier caso, es que lo vuelva a leer detenidamente y, si es necesario, que se ayude de lápiz y papel para entenderlo mejor. La organización del archivo de pantalla no es nada fácil de comprender, pero es imprescindible manejarlo a la perfección para hacer rutinas de código máquina que trabajen sobre ella.

Pudiera parecer que con esta organización tan caótica, manejar la pantalla en código máquina es cosa de locos. Sin embargo, ahora veremos que resulta extremadamente fácil; es más, resulta más sencillo así que si los scans fueran consecutivos.

Ahora que, tras arduo esfuerzo, hemos sido capaces de comprender cómo está organizada la pantalla, vamos a olvidarnos de ello durante un momento. Lo que a nosotros nos interesa es ver de qué forma podemos hallar las direcciones de los 8 bytes que componen un determinado carácter, partiendo de sus coordenadas. Como ya sabe el lector, el archivo de pantalla ocupa los 6 primeros Kibytes de la RAM, es decir,



Fig. 9-16. Formato de una dirección en el archivo de pantalla.

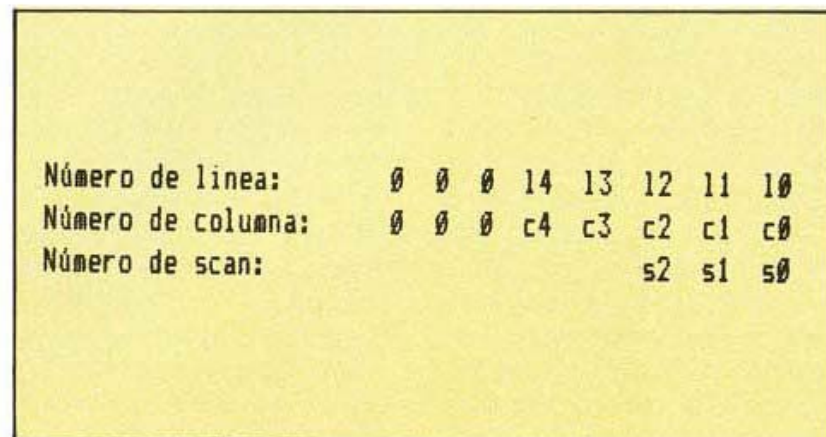
está colocado a partir de la dirección 16384 (4000h).

Por una curiosa «coincidencia» totalmente intencionada, podemos componer la dirección de cualquier octeto de la pantalla con sólo colocar de determinada forma los bits individuales de cada una de sus coordenadas. Vamos a verlo con sumo detalle porque es muy importante:

Dado que los números de línea y columna no pueden valer más de 23 y 31 respectivamente, cada uno de ellos sólo nos ocupa 5 bits. Supongamos que tenemos en «DE» las coordenadas de un determinado carácter, el registro «D» contendrá el número de línea que podrá estar comprendido entre 0 y 23, por tanto, sus tres bits de más a la izquierda serán «ceros». Llamaremos desde «l0» hasta «l4»

a los cinco bits que nos indican la línea. De la misma forma, el registro «E» tendrá sus tres bits de la izquierda a «c0» y llamaremos desde «c4» a los cinco bits de la derecha que nos van a determinar la columna.

Queda un último dato: cada carácter tiene 8 octetos que pertenecen a 8 scans diferentes, y cada octeto tiene su dirección. Normalmente, nos interesará hallar la dirección del primero de estos octetos, pero no siempre así que será mejor añadir un dato más. Dado que se trata de 8 posibilidades, podemos representarlo con 3 bits, «s000» será el octeto perteneciente al primer scan de la línea y «111» el que pertenezca al último scan de la misma. Vamos a llamarlos desde «s0» hasta «s2». Tenemos:



Vamos a colocarlos en un determinado orden, y tendremos la dirección del octeto buscando:

| BITE MAS SIGNIFICATIVO | | | | | | | |
|------------------------|---|-------|----|------|----|----|----|
| 0 | 1 | 0 | 14 | 13 | s2 | s1 | s0 |
| FIJO | | LINEA | | SCAN | | | |

Es decir: de izquierda a derecha, los tres primeros bits son «010» y este valor es fijo para todo el archivo. Los dos bits siguientes, son «14» y «13» es decir, los dos más altos de la línea. Los tres que siguen, son los que definen el scan, es decir, «s2», «s1» y «s0». Aquí acaba el octeto más significativo. En el menos significativo, los tres primeros son los tres más bajos del número de línea «l2», «l1» y «l0». Los cinco restantes indican el número de columna «c4» a «c0». Ver Figura 9-16.

A la vista de esta ordenación, podemos sacar algunas conclusiones interesantes. Supongamos que tenemos en «HL» la dirección de un determinado octeto de pantalla que pertenecerá a un determinado carácter. Supongamos, también, que este octeto es el que corresponde al primer scan de la línea. Cada vez que incrementemos «H», pasaremos al siguiente scan del mismo carácter; por tanto, podremos incrementar «H» siete veces para cubrir los 8 scans de cada carácter. Esto será muy útil cuando desarrollemos una rutina para imprimir caracteres en pantalla.

Por otro lado, si incrementamos «L», pasaremos al siguiente carácter de la siguiente columna, pero, dentro de la misma línea, con lo que po-

dremos imprimir una línea de un golpe, si direccionamos su primer carácter y vamos incrementando «L» 31 veces pa-

| BYTE MENOS SIGNIFICATIVO | | | | | | | |
|--------------------------|----|----|----|---------|----|----|----|
| 12 | 11 | 10 | c4 | c3 | c2 | c1 | c0 |
| LINEA | | | | COLUMNA | | | |

ra cubrir los 32 caracteres de la línea. Pero, ¿qué pasaría si incrementáramos «L» más allá de este punto? Para contestar esta pregunta, vamos a ver qué aspecto tienen los números de línea si los vemos en binario. Las líneas comprendidas entre 0 y 7 se verían: 00000 a 00111. Las que estuvieran entre 8 y 15, se verían: 01000 a 01111. Finalmente, las comprendidas entre 16 y 23 se verían: 10000 a 10111.

Tal vez ya se haya dado cuenta de que los dos primeros bits «14» y «13» son «00» para la primera zona de pantalla, «01» para la segunda y «10» para la tercera. De forma que podemos decir que estos bits nos están indicando la zona de pantalla a la que pertenece nuestro octeto. Por otro lado, los tres bits restantes («l2» a «l0») nos indican el número de línea dentro de una determinada zona.

Si trabajamos dentro de una zona y sin salirnos de ella, podemos ir incrementando «L» y saltaremos de una línea a la siguiente sin ningún problema. Para cambiar de zona, no tendremos más que sumar 8 al registro «H» y nos encontraremos en la misma línea de la siguiente zona.

Hechas estas consideraciones, está claro que en la dirección de un determinado

octeto están todos los datos que nos van a permitir saber a qué línea pertenece, a qué columna e, incluso, a qué scan del carácter, es decir, tenemos todos los datos que necesitamos sobre el octeto en cuestión. Sólo nos falta desarrollar una rutina que haga todo esto de forma automática.

De la misma forma que hicimos para el fichero de atributos, vamos a desarrollar una rutina que nos dé la dirección del primer scan de un carácter a partir de sus coordenadas. Hemos llamado «DIR» a la rutina. Se entra en ella con «DE» conteniendo las coordenadas del carácter en cuestión. Como siempre, «D» contiene el número de línea y «E» el número de columna. A la salida de la rutina, tendremos en «DE» la dirección del octeto perteneciente al primer scan de ese carácter. El listado, en Assembler, de «DIR» es el siguiente:

| | | | |
|-----|-----|-----|------|
| 100 | DIR | LD | A, D |
| 110 | | AND | #7 |
| 120 | | RRC | A |
| 130 | | RRC | A |
| 140 | | RRC | A |
| 150 | | OR | E |
| 160 | | LD | E, A |
| 170 | | LD | A, D |
| 180 | | AND | #18 |
| 190 | | OR | #40 |
| 200 | | LD | D, A |
| 210 | | RET | |

En las líneas 100 y 110, cogemos los tres bits inferiores del número de línea. En 120, 130 y 140 los rotamos a la derecha tres veces que equivale a rotarlos cinco veces a la izquierda —tenga en cuenta que los bits que salen por la derecha entran por la izquierda. En 150, los mezclamos con el número de columna y ése será el octeto bajo de nuestra dirección que, en la línea 160, almacenamos en «E».

Para componer el octeto alto, empezamos por cargar en «A» el número de línea y aislar (con AND 18) los dos bits que nos quedaban (líneas 170 y 180). En la línea 190, hacemos un «OR» con 40 para añadir la constante «010» al principio del octeto. Con esto, tenemos completo el byte alto de nuestra dirección; sólo queda almacenarlo en «D», lo que se hace en la línea 200. A la salida de la rutina, tendremos en «DE» la dirección de pantalla del octeto situado en el primer scan del carácter cuyas coordenadas contenía «DE» cuando entramos.

Con todos estos datos, ya podemos manejar la pantalla con bastante facilidad. En sucesivos capítulos, iremos viendo distintos efectos que se pueden conseguir sobre la pantalla. De momento, podemos hacer una rutina que nos permita imprimir un carácter en una determinada posición de la pantalla.

Mediante los ejemplos de este capítulo, iremos desarrollando esa rutina y, al final, podremos incorporarla a nuestro «procesador de pantallas».

Ejemplos:

Para imprimir un determinado carácter en la pantalla, partiremos de su código, es decir, entraremos en la rutina con el acumulador (registro «A») conteniendo el código del carácter. Pero el hecho de imprimir un determinado carácter, implica activar una serie de pixels que, todos juntos, formarán la letra o signo en cuestión. Cada carácter se compone de 64 pixels, es decir, de 8 octetos; para imprimirlo, tenemos que transferir esos 8 octetos desde una tabla donde estén definidos todos los caracteres, hasta la pantalla. Las tablas que contienen la definición de caracteres, se suelen denominar «Fonts». La ROM del Spectrum incluye un «Font» que contiene la definición de los 96 caracteres con códigos comprendidos entre 32 y 127 (ambos inclusive). Nosotros podríamos diseñar una tabla que contuviera nuestros propios caracteres y con el diseño que más nos gustara; pero, de momento, vamos a utilizar el Font de la ROM para no complicarnos demasiado la vida.

Cada carácter viene definido por 8 bytes consecutivos, por lo que el Font es, en realidad, una tabla de 96 elementos donde cada elemento tiene 8 bytes de longitud. El primer carácter será el de código 32 (espacio) que tiene los ocho octetos a «0». Para movernos por la tabla y apuntar al primer octeto de un determinado carácter, deberemos hacer lo siguiente: primero, multiplicamos por 8 el código del carácter; a continuación, sumamos al resultado un nú-

mero que es la dirección de inicio de la tabla menos 256 (tenga en cuenta que el primer código es 32 y $32 * 8 = 256$). De esta forma, empieza nuestra rutina de impresión a la que hemos denominado «IMP—A» precisamente porque sirve para imprimir el carácter cuyo código esté en «A». Vayamos viendo su listado:

```

100 IMP_A LD DE,(CHARS)
110      LD H,0
120      LD L,A
130      ADD HL,HL
140      ADD HL,HL
150      ADD HL,HL
160      ADD HL,DE
170      EX DE,HL

```

La dirección base del Font está en la variable del Sistema «CHARS» y desde ahí la leemos en la línea 100. En 110 y 120, cargamos en «HL» el código del carácter. En 130, 140 y 150 lo multiplicamos por 8. En 160 lo sumamos a la dirección base y en 170 pasamos la dirección del carácter en el Font al registro «DE».

A la salida de esta rutina, ya tenemos el registro «DE» apuntando al primero de los ocho octetos que definen el carácter.

A continuación, necesitamos hallar la dirección de pantalla correspondiente al primer octeto del lugar donde vayamos a colocar el carácter según indiquen las coordenadas. Pretendemos que esta rutina sea compatible con el Sistema operativo del Spectrum, es decir, que podamos utilizarla alternándola con sentencias «PRINT». En este caso, lo mejor es que utilicemos las coordenadas en curso del Basic.

Existe una variable del Sistema llamada «S_POSN» (Screen Position) y situada en las direcciones 23688 y 23689 que contiene, siempre, las coordenadas en curso; es decir, las de la celdilla de pantalla siguiente a la última que se haya impreso. El primer octeto contiene la columna y el segundo la línea. Para «incordiar» un poco al sufrido programador, estos valores están almacenados de una forma un tanto curiosa. En realidad, lo que se almacena no es el número de línea, sino 24 menos ese número, de forma que tendremos un «24» para la línea 0 y un «1» para la línea 23. De igual forma ocurre con el número de columna. En este caso, se almacena 33 menos el número de columna, así que tendremos «33» para la columna 0 y «2» para la columna «31». No es un problema demasiado grave y más adelante veremos cómo se resuelve.

Además de «S_POSN», existe otra variable denominada «DF_CC» que almacena la dirección, en el archivo de pantalla, del primer scan de la celdilla apuntada por «S_POSN» así que, de momento, nos ahorramos calcularla. No obstante, después de imprimir el carácter será necesario actualizar el contenido de estas variables.

Por el momento, vamos a tomar el contenido de «DF_CC» como dirección de destino de nuestro carácter. Por tanto, nuestra rutina continúa:

```
180      LD  HL, (DF_CC)
```

Ya tenemos en «DE» la dirección de nuestro carácter en el Font, y en «HL» la dirección del archivo de pantalla a partir de donde habrá que imprimirlo. Lo normal ahora, sería entrar en un bucle que fuera leyendo cada octeto apuntado por «DE» y almacenándolo donde apunta «HL» incrementando «DE» y «H» en cada pasada (recuerde que incrementamos el octeto alto de la dirección de pantalla para pasar al siguiente scan dentro del mismo carácter, por eso incrementamos «H» y no «HL»).

El bucle podría ser algo así como:

```
190 IMPR  LD  B,8
200 BUCLE LD  A, (DE)
210      LD  (HL), A
220      INC DE
230      INC H
240      DJNZ BUCLE
```

A la salida del bucle, tendríamos en pantalla los ocho bytes que definen el carácter y sólo nos faltaría actualizar las coordenadas antes de retornar. Hemos llamado «IMPR» a la rutina porque sirve para imprimir; vamos a ver detenidamente cómo funciona.

En la línea 190 cargamos un «8» en «B» porque será el número de iteraciones de nuestro bucle. En 200 cargamos en «A» el primer byte del carácter y los transferimos a la pantalla en 210. En 220 y 230 incrementamos los punteros y en 240 cerramos el bucle.

Esta rutina hace lo mismo que «PRINT» en el Basic, sal-

vo que no maneja colores ni códigos de control; en compensación, es considerablemente más rápida.

Podríamos hacer una rutina de impresión que maneja los colores (archivo de atributos) pero no tendría demasiado sentido hacer algo que ya tenemos en la ROM, así que vamos a intentar algo más original. Podemos modificar esta rutina de impresión para que nos imprima letras cursivas o negritas. La letra cursiva la obtenemos desplazando los tres primeros octetos del carácter a la derecha y los tres últimos a la izquierda, dejando los dos centrales inalterados; este tipo de letra también se denomina «itálica». La negrita podemos obtenerla haciendo un «OR» de cada byte con el mismo desplazado a la derecha; este tipo de letra también se denomina «bold». Estas dos posibilidades no son excluyentes, no hay ningún problema en que la letra sea cursiva y bold al mismo tiempo, de hecho, es la letra más bonita.

De alguna forma tiene que saber la rutina qué tipo de letra queremos; para ello utilizaremos dos «flags» que serán dos bits de la dirección de memoria 23681 (5C81h) que etiquetamos como «BAND» (por «banderas»). El primer bit por la derecha (el de menos peso) indicará letra cursiva cuando esté a «1». El segundo, indicará letra bold (también cuando esté a «1»). En el caso de que ambos estén a «0» se imprimirá letra normal y si ambos están a «1» la letra será cursiva y bold.

Los dos bits serán comprobados en cada pasada del bucle para actuar en consecuencia. También será necesario

comprobar en qué scan del carácter nos encontramos para saber hacia dónde hay que desplazar el byte cuando imprimamos en cursiva. En lugar de desplazar los tres primeros scans a la derecha y los tres segundos a la izquierda, vamos a seguir un método que resulta más fácil de programar: Cuando estemos imprimiendo en cursiva, primero desplazamos el byte a la derecha y si estamos en uno de los tres primeros scans lo dejamos así y saltamos al final; luego lo desplazamos un lugar a la izquierda y si estamos en uno de los 5 primeros scans lo dejamos así y saltamos al final; finalmente, desplazamos el byte otro lugar a la izquierda. De esta forma, conseguimos el efecto de inclinación deseado. Otra consideración a tener en cuenta es procesar primero el efecto de cursiva y luego el de bold, ya que si lo hiciéramos al revés, cuando utilizáramos ambos efectos no obtendríamos el resultado deseado.

A esta rutina que puede imprimir en bold y cursiva la llamaremos «IMPR_1» y deberá ir en lugar de la «IMPR» que vimos anteriormente. Vamos a ver el listado:

```

190 IMPR_1 LD B,8
200 BUC_1 LD A,(DE)
210 LD (HL),A
220 LD A,(BAND)
230 AND 1
240 JR Z,NOCURS
250 SRL (HL)
260 LD A,B
270 CP 5
280 JR NC,NOCURS

```

```

290 SLA (HL)
300 CP 3
310 JR NC,NOCURS
320 SLA (HL)
330 NOCURS LD A,(BAND)
340 AND 2
350 JR Z,NOBOLD
360 LD A,(HL)
370 SRL A
380 OR (HL)
390 LD (HL),A
400 NOBOLD INC DE
410 INC H
420 DJNZ BUC_1

```

Si ambos flags están a «0» saltaremos primero a «NOCURS» y luego a «NOBOLD» con lo que la rutina será igual que «IMPR».

Supongamos que el primer bit de «BAND», es decir, el flag de cursiva, está a «1». En ese caso, saldremos de la línea 230 con el indicador de «cero» a «0» y no se producirá el salto a «NOCURS» sino que el programa seguirá por la línea 250.

En esta línea, empezamos por desplazar a la derecha el octeto que acabábamos de transferir al archivo de pantalla. A continuación, en las líneas 260, 270 y 280, comprobamos si nos hallamos en uno de los primeros tres scans del carácter, en cuyo caso, saltamos a «NOCURS». Esta comprobación se lleva a cabo mirando si el contenido de «B» (contador del bucle) es mayor de «5», en cuyo caso, al comparar con «5» no se producirá acarreo.

Si no es así, continuamos en la línea 290 donde desplazamos el octeto a la izquierda. Seguimos teniendo en «A»

el contenido de «B», así que lo comparamos con «3» para ver si estamos en los dos scans de la mitad del carácter. Si es así, saltamos a «NOCURS». Si no, ejecutamos un desplazamiento más a la izquierda en la línea 320.

De esta forma, los tres primeros scans quedan desplazados a la derecha, los dos de en medio quedan tal como están y los tres últimos quedan desplazados a la izquierda lográndose el efecto de letra cursiva. Ver Figura 9-17.

En las líneas 330, 340 y 350 comprobamos el flag de «bold» (letra negrita). Supongamos que está a «1» en cuyo caso no se produce el salto a «NOBOLD» y se continúa en la línea 360. En esta línea, cargamos en «A» el octeto que acabamos de transferir. En 370 lo desplazamos a la derecha. En 380 le hacemos un «OR» con él mismo y, finalmente (en la línea 390), colocamos el resultado en el lugar correspondiente del archivo de pantalla.

A partir de «NOBOLD», la rutina continúa de forma normal: se incrementan los punteros «DE» y «H» y se cierra el bucle para el siguiente scan o se sale del mismo si ya se han completado los ocho scans correspondientes a un carácter.

Ya tenemos el carácter impreso en la pantalla, ahora nos queda actualizar las variables del Sistema que contienen las coordenadas y la dirección en el archivo de presentación visual.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Se leen las coordenadas antiguas.
2. Se incrementa el número de columna.

3. Si es mayor de 31, se pone a cero y se incrementa el número de línea.

4. Si ésta es mayor de 21, se hace «scroll» hacia arriba de una línea y se pone 21 como número de línea.

5. Se calcula la nueva dirección de pantalla.

6. Se almacena la nueva dirección de pantalla.

7. Se almacenan las nuevas coordenadas.

Como indicamos antes, las coordenadas se encuentran en una variable del Sistema denominada «S-POSN» cuya dirección es 23688 y están almacenadas de forma invertida, es decir, no tenemos el número de líneas o columnas que van escritas, sino las que nos faltan para llegar al final más dos. Por tanto, para recuperar las coordenadas correc-

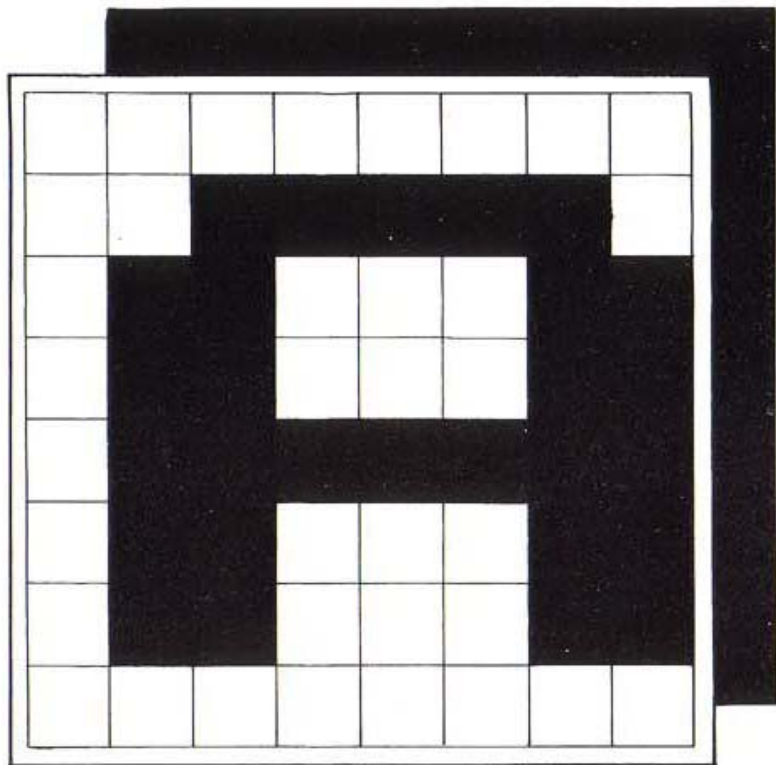


Fig. 9-17a. Formato de la letra «A».

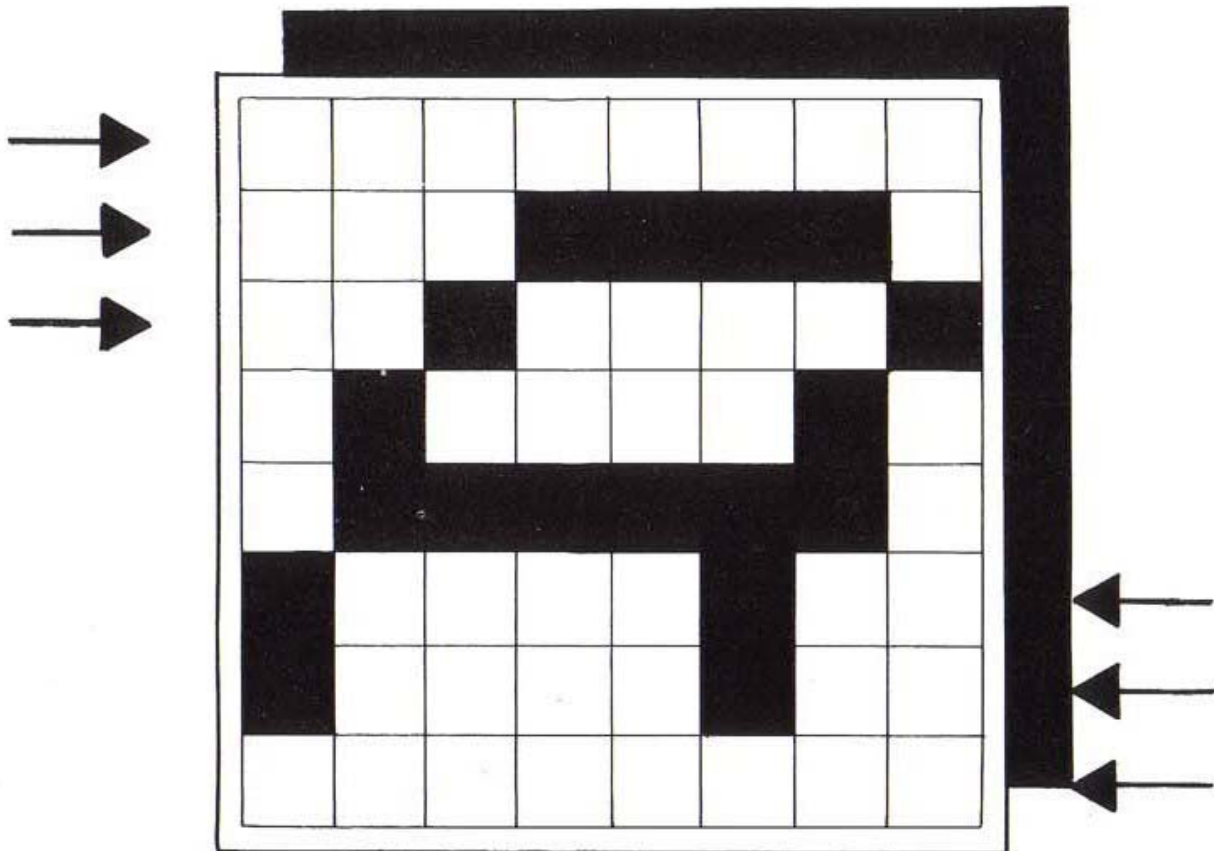


Fig. 9-17b. Formato de la «A» en cursiva.

tas tal y como nos interesan deberemos restar de 1821h el contenido de la variable «S-POSN». Vayamos viendo el listado:

```
440 LD DE,(S_POSN)
450 LD HL,#1821
460 SBC HL,DE
470 EX DE,HL
```

Empezamos por leer en «DE» el contenido de «S-POSN», luego lo restamos de 1821h y transferimos el resultado, de nuevo, a «DE». Por tanto, a la salida de esta rutina tenemos en «D» la línea donde hemos impreso nuestro carácter y en «E» la columna. Ahora, empezaremos por incrementar el número de columna. Sigamos con el listado:

```
480 INC E
490 LD A,E
500 CP 32
510 JR C,SIGUE
520 LD E,0
530 INC D
540 LD A,D
550 CP 21
560 JR C,SIGUE
570 CALL SCROLL
580 LD DE,#1400
590 SIGUE .....
```

De momento, ignore la línea 570. Luego veremos para qué vale. Empezamos por incrementar «E». En las líneas 490, 500 y 510 comprobamos si es menor de 32 en cuyo caso, ya estarían actualizadas las coordenadas y saltaríamos a la etiqueta «SIGUE». Si el valor de «E» después de incrementar es 32 o mayor (nunca puede ser mayor de

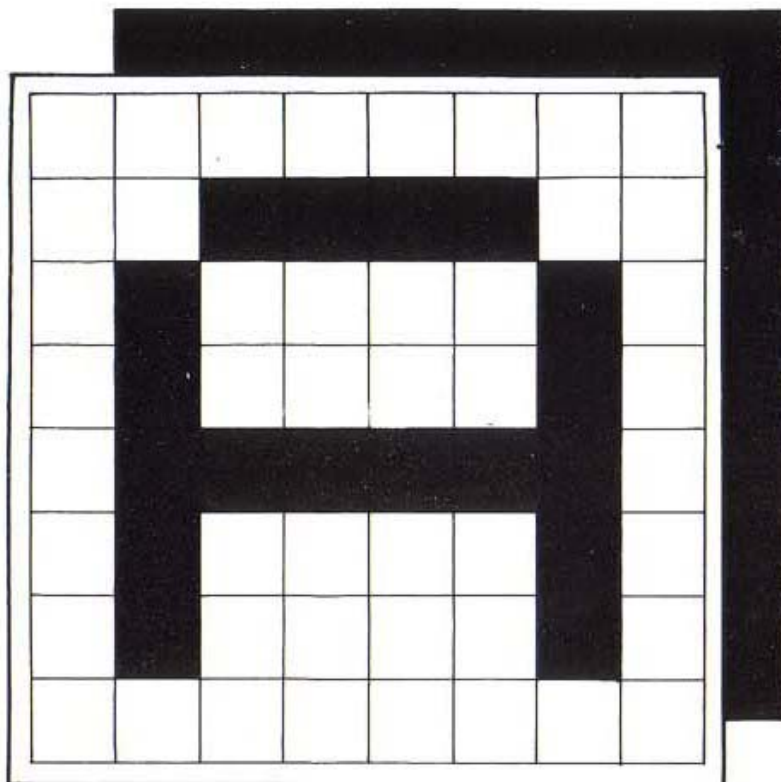


Fig. 9-17c. Formato de la «A» en bold o negrita.

32, pero el mismo trabajo nos cuesta comprobar si es igual o mayor), continuaríamos en la línea 520 donde cargamos un «0» en «E» e incrementamos «D» para colocarnos al principio de la siguiente línea.

Ahora debemos comprobar si hemos alcanzado la línea 21. Si no es así, saltamos a «SIGUE». Si, por el contrario, hemos llegado al final de la pantalla, será necesario realizar un «scroll» hacia arriba, es decir, subir toda la pantalla una línea y colocar la nueva posición de impresión al principio de la línea 20, lo que conseguimos cargando 1400h en «DE».

Para realizar el «scroll» hacia arriba, podíamos haber escrito una rutina en C/M que lo hiciera, pero como no nos gusta trabajar de balde y ya tenemos esa rutina en la ROM, hemos decidido que lo mejor es utilizarla. La instruc-

ción «CALL» de la línea 570 es una llamada a subrutina. Aún no hemos estudiado estas instrucciones por lo que, de momento, nos conformaremos con saber que «CALL SCROLL» nos sirve para subir una línea toda la pantalla. Por supuesto, en capítulos posteriores estudiaremos no sólo las instrucciones de llamada a subrutinas, sino también algunas subrutinas de la ROM que, como «SCROLL», pueden resultarnos muy útiles al programar.

Como es evidente, cuando utilicemos esta rutina para imprimir, nunca nos saldrá el famoso mensaje «Scroll?» («Sigo?» en los españoles). De hecho, el Spectrum es el único ordenador donde ocurren estas cosas; lo normal es que la pantalla suba sin esperar a que lo digamos. El programa que utilice esta rutina para el volcado de datos por pantalla,

deberá encargarse de que nunca se vuelquen más de 22 líneas de una sola vez.

En realidad, la pantalla tiene 24 líneas y podríamos haberlas utilizado todas, pero hemos querido que la rutina sea compatible con el Sistema Operativo Basic, así que hemos respetado las dos líneas inferiores para que las pueda seguir usando el canal «K». No obstante, quien desee puede modificar la rutina para que trabaje sobre toda la pantalla. Para ello, lo único que hay que hacer es poner «23» en lugar de «21» en la línea 550 y « 1600» en lugar de « 1400» en la línea 580.

Nos hemos quedado «colgados» con unos puntos suspensivos después de la etiqueta «SIGUE» donde teníamos en «DE» las nuevas coordenadas. Ahora tenemos que calcular la nueva dirección del archivo de pantalla correspondiente a estas coordenadas. Vamos a ver cómo seguiría la rutina:

```

590 SIGUE  PUSH DE
600 DIR    LD  A,D
610        AND #07
620        RRC A
630        RRC A
640        RRC A
650        OR  E
660        LD  E,A
670        LD  A,D
680        AND #1B
690        OR  #40
700        LD  D,A

```

Primero, salvamos «DE» en la pila ya que luego lo necesitaremos. Después, entramos en la rutina «DIR» que se

explicó anteriormente. En esta rutina, lo que hacemos es calcular la dirección de pantalla que corresponde a las nuevas coordenadas. A la salida, tendremos esta dirección en «DE». Vamos a ver qué hacemos con ella:

```

720        LD  (DF_CC),DE
730        POP DE
740        LD  HL,#1821
750        SBC HL,DE
760        LD  (S_POSN),HL
770        RET

```

Primero guardamos en «DF-CC» la nueva dirección de pantalla, luego recuperamos las coordenadas de la pila, las invertimos restándolas de 1821h y almacenamos el resultado en «S-POSN»; finalmente, retornamos en la línea 770.

Para que la rutina «IMP-A» esté completa, sólo nos falta definir el valor de algunas etiquetas, así que vamos a ello:

```

780 CHARS  EQU 23606
790 DF_CC  EQU 23684
800 BAND  EQU 23681
810 S_POSN EQU 23688
820 SCROLL EQU #0DFE

```

Con esto termina la rutina «IMP-A». Cada vez que la llamemos con el código de un carácter en «A», nos imprimirá ese carácter y actualizará las variables del sistema necesarias para que el Basic siga funcionando.

Hasta ahora, todas las rutinas que hemos hecho po-

dían ser llamadas directamente desde el Basic. Sin embargo, no es este el caso de «IMP-A» ya que, si la llamamos con USR, no sabremos el contenido de «A» y nos imprimirá un carácter aleatorio. En realidad, esta rutina no ha sido concebida para llamarla con USR, aunque luego veremos una forma de usarla directamente desde Basic.

Por si algún lector aún no se había dado cuenta, lo que estamos intentando es construir todo un programa para gestionar la pantalla. Hemos hecho una serie de rutinas que trabajaban de forma distinta según el valor que contuviera el registro «A» (Borrado por trozos, intercambio de bloques, etc.). Para todas ellas, el valor de «A» tenía que ser menor de «32». Pues bien, esta rutina será, en su día, una subrutina del programa para gestionar la pantalla, concretamente, se encargará de imprimir un carácter cuando el contenido de «A» sea mayor de 32.

De momento, no nos parece bien hacer esperar al lector, así que vamos a ver de qué forma podemos utilizar esta rutina. En principio, lo más sencillo es coger una zona de memoria y almacenar en ella los códigos de los caracteres que componen un determinado mensaje para, luego, hacer un bucle que fuera cargando los códigos en «A» uno por uno y llamando a esta rutina para que los imprimiera.

Vamos a imprimir el mensaje: «curso C/M MICROHOBBY» utilizando esta rutina. «IMP-A» es reubicable, pero vamos a ensamblarla a partir de la dirección 60000. Para ello, añadimos al principio del

listado la pseudo-instrucción «ORG 60000».

Ahora, vamos a hacer una pequeña rutina que ensamblaremos a partir de 60500:

```

1000 TEST   ORG 60500
1010      LD HL,MENS
1020      LD B,20
1030 LOOP  LD A,(HL)
1040      PUSH BC
1050      PUSH HL
1060      CALL IMP_A
1070      POP HL
1080      INC HL
1090      POP BC
1100      DJNZ LOOP
1110      RET
1120 MENS  DEFM "curso C/M "
1130      DEFM "MICROHOBBY"

```

Hay muchas cosas nuevas en esta rutina así que vamos a verla con detenimiento. En primer lugar, hemos utilizado por segunda vez el pseudo-nemónico «ORG». Aunque ensambláramos las dos rutinas juntas, no hay problema por ello. No es necesario que «ORG» vaya al principio del código fuente, además, puede utilizarse tantas veces como se quiera. Simplemente, cada vez que el ensamblador se encuentre con un «ORG», colocará el siguiente bloque de código a partir de esta dirección. De esta forma, es posible ensamblar de una sola vez varios bloques de código que ocupen direcciones distintas.

En segundo lugar, hemos vuelto a utilizar la instrucción «CALL» así que no nos quedará más remedio que explicar cómo se ensambla.

```

*HISOFT GEN53M ASSEMBLER*
ZX SPECTRUM

```

```

Copyright HISOFT 1983
CURSO C/M MICROHOBBY

```

```

Pass 1 errors: 00

```

```

10 *C-
20 *D+
30 ;IMPRIME_CODIGO_EN_"A"
40 ;
60000 90      ORG      60000
60000 100 IMP_A LD      DE,(CHARS)
60004 110      LD      H,0
60006 120      LD      L,A
60007 130      ADD     HL,HL
60008 140      ADD     HL,HL
60009 150      ADD     HL,HL
60010 160      ADD     HL,DE
60011 170      EX     DE,HL
60012 180      LD      HL,(DF_CC)
60015 190 IMPR_1 LD      B,0
60017 200 BUC_1 LD      A,(DE)
60018 210      LD      (HL),A
60019 220      LD      A,(BAND)
60022 230      AND     1
60024 240      JR     Z,NOCURS
60026 250      SRL    (HL)
60028 260      LD      A,B
60029 270      CP     5
60031 280      JR     NC,NOCURS
60033 290      SLA    (HL)
60035 300      CP     3
60037 310      JR     NC,NOCURS
60039 320      SLA    (HL)
60041 330 NOCURS LD      A,(BAND)
60044 340      AND     2
60046 350      JR     Z,NOBOLD
60048 360      LD      A,(HL)
60049 370      SRL    A
60051 380      OR     (HL)
60052 390      LD      (HL),A
60053 400 NOBOLD INC     DE
60054 410      INC     H
60055 420      DJNZ   BUC_1
430 ;
60057 440      LD      DE,(S_POSN)
60061 450      LD      HL,#1821
60064 460      SBC    HL,DE
60066 470      EX     DE,HL
60067 480      INC     E
60068 490      LD      A,E
60069 500      CP     32
60071 510      JR     C,SIGUE
60073 520      LD      E,0
60075 530      INC     D
60076 540      LD      A,D
60077 550      CP     21
60079 560      JR     C,SIGUE
60081 570      CALL   SCROLL
60084 580      LD      DE,#1400
60087 590 SIGUE PUSH   DE
60088 600 DIR  LD      A,D
60089 610      AND     #07
60091 620      RRC    A
60093 630      RRC    A
60095 640      RRC    A
60097 650      OR     E
60098 660      LD      E,A
60099 670      LD      A,D
60100 680      AND     #18
60102 690      OR     #40

```

Por último, hemos utilizado un nuevo pseudo-nemónico: «DEFM» que significa: «DEFine Message» es decir, definir un mensaje. Lo que hace el ensamblador cuando se encuentra con este pseudo-nemónico es colocar en los bytes siguientes los códigos de los caracteres que componen el mensaje encerrado entre comillas.

Ahora ya, vamos a ver cómo funciona la rutina. En la línea 1010 cargamos en «HL» la dirección de inicio del mensaje. Luego, cargamos en «B» la longitud del mismo (en este caso, 20 bytes). A continuación, entramos en un bucle donde iremos cargando, uno a uno los bytes que componen el mensaje, en el registro «A», preservando «HL» y «BC» en la pila, llamando a la rutina «IMP-A», recuperando los registros, incrementando el puntero y cerrando el bucle hasta que se hayan impreso los 20 caracteres que componen el mensaje.

Para utilizarlo desde Basic, podemos hacer:

```
PRINT AT li,co: RANDOMIZE USR 60500"
```

Donde «li» y «co» son las coordenadas del punto a partir del cual deseamos imprimir el mensaje. Esta rutina se puede emplear para imprimir cualquier mensaje siempre que su longitud no exceda de 255 caracteres.

También es importante señalar que la rutina «IMP-A» lee los caracteres del font direccionado por la variable del Sistema «CHARS» de forma que, si hemos cargado otro juego de caracteres y lo tenemos direccionado mediante

```

60104 700      LD      D,A
        710
60105 720      LD      (DF_CC),DE
60109 730      POP     DE
60110 740      LD      HL,#1021
60113 750      SBC    HL,DE
60115 760      LD      (S_POSN),HL
60118 770      RET
23606 780 CHARS EQU    23606
23604 790 DF_CC EQU    23604
23681 800 BAND  EQU    23681
23688 810 S_POSN EQU   23688
3582  820 SCROLL EQU   #0DFE
        990 J
605001000 TEST ORG    60500
605001010 LD      HL,MENS
605031020 LD      B,20
605051030 LOOP  LD      A,(HL)
605061040 PUSH   BC
605071050 PUSH   HL
605081060 CALL  IMP_A
605111070 POP    HL
605121080 INC   HL
605131090 POP    BC
605141100 DJNZ  LOOP
605161110 RET
605171120 MENS  DEFM   "curso C/M "
605271130      DEFM   "MICROHOBBY"

Pass 2 errors: 00

Table used: 192 from 246

```

Fig. 9-18. Listado completo de «IMP-A» y «TEST».

«CHARS», la rutina «IMP-A» usará, precisamente, esos caracteres. En la Figura 9-18 tiene el listado completo de las rutinas vistas hasta ahora.

Para indicarle a la rutina si ha de imprimir en normal, cursiva, negrita o ambas, lo haremos «POKEando» en la dirección 23681. Si escribimos un «0», la rutina imprimirá normalmente; con un «1» imprimirá letra cursiva; con un «2» la letra será negrita y, finalmente, con un «3» será cursiva y negrita a la vez.

Ya hemos llegado al punto donde toca ensamblar el programa. Esta vez, y para variar, lo ensamblaremos en hexadecimal en lugar de hacerlo en decimal como hasta ahora.

Ensamblar en hexadecimal es exactamente igual de fácil (y trabajoso) que hacerlo en decimal. Además, tendremos la ventaja de que los «DATAS» del programa Basic que utilizemos ocuparán considerablemente menos memoria. Cada byte en decimal ocupa 5 octetos mientras que en Hexa ocupa 2. La diferencia sólo compensa para rutinas largas, ya que el programa cargador se complica bastante al tener que convertir los datos de hexadecimal a decimal. Luego veremos esto con más detalle, de momento, vamos a ensamblar.

Las dos instrucciones «CALL» que utilizamos no se han visto hasta ahora, así que

daremos una pista: «CALL SCROLL» se ensambla como «CD,FE,0D» y «CALL IMP-A» como «CD,60,EA». Para las direcciones se puede usar la siguiente tabla de equivalencia:

| | | |
|-------|---|-------|
| 23606 | = | 5C36h |
| 23684 | = | 5C84h |
| 23681 | = | 5C81h |
| 23688 | = | 5C88h |

Vamos a ir viendo el ensamblado por trozos tal y como vimos las rutinas:

| | | |
|-----|-------|-------------|
| 100 | 60000 | ED,5B,36,5C |
| 110 | 60004 | 26,00 |
| 120 | 60006 | 6F |
| 130 | 60007 | 29 |
| 140 | 60008 | 29 |
| 150 | 60009 | 29 |
| 160 | 60010 | 19 |
| 170 | 60011 | EB |
| 180 | 60012 | 2A,84,5C |

Esta es la parte donde calculábamos las direcciones en el font y en la pantalla. A continuación viene la rutina «IMPR-1»:

| | | |
|-----|-------|----------|
| 190 | 60015 | 06,08 |
| 200 | 60017 | 1A |
| 210 | 60018 | 77 |
| 220 | 60019 | 3A,81,5C |
| 230 | 60022 | E6,01 |
| 240 | 60024 | 28,0F |
| 250 | 60026 | CB,3E |
| 260 | 60028 | 7B |
| 270 | 60029 | FE,05 |
| 280 | 60031 | 30,08 |
| 290 | 60033 | CB,26 |

| | | |
|-----|-------|----------|
| 300 | 60035 | FE,03 |
| 310 | 60037 | 30,02 |
| 320 | 60039 | CB,26 |
| 330 | 60041 | 3A,81,5C |
| 340 | 60044 | E6,02 |
| 350 | 60046 | 28,05 |
| 360 | 60048 | 7E |
| 370 | 60049 | CB,3F |
| 380 | 60051 | B6 |
| 390 | 60052 | 77 |
| 400 | 60053 | 13 |
| 410 | 60054 | 24 |
| 420 | 60055 | 10,08 |

A continuación viene la parte encargada de actualizar las coordenadas:

| | | |
|-----|-------|-------------|
| 440 | 60057 | ED,5B,80,5C |
| 450 | 60061 | 21,21,18 |
| 460 | 60064 | ED,52 |
| 470 | 60066 | EB |
| 480 | 60067 | 1C |
| 490 | 60068 | 7B |
| 500 | 60069 | FE,20 |
| 510 | 60071 | 38,0E |
| 520 | 60073 | 1E,00 |
| 530 | 60075 | 14 |
| 540 | 60076 | 7A |
| 550 | 60077 | FE,15 |
| 560 | 60079 | 38,06 |
| 570 | 60081 | CD,FE,0D |
| 580 | 60084 | 11,00,14 |

Finalmente, la parte encargada de calcular la nueva dirección de pantalla y almacenar ésta y las coordenadas en las variables del Sistema correspondiente:

| | | |
|-----|-------|----|
| 590 | 60087 | D5 |
| 600 | 60088 | 7A |

| | | |
|-----|-------|-------------|
| 610 | 60089 | E6,07 |
| 620 | 60091 | CB,0F |
| 630 | 60093 | CB,0F |
| 640 | 60095 | CB,0F |
| 650 | 60097 | B3 |
| 660 | 60098 | 5F |
| 670 | 60099 | 7A |
| 680 | 60100 | E6,18 |
| 690 | 60102 | F6,40 |
| 700 | 60104 | 57 |
| 720 | 60105 | ED,53,84,5C |
| 730 | 60109 | D1 |
| 740 | 60110 | 21,21,18 |
| 750 | 60113 | ED,52 |
| 760 | 60115 | 22,88,5C |
| 770 | 60118 | C9 |

Con esto, queda completa la rutina «IMP-A». Ahora vamos a ensamblar la rutina «TEST»:

| | | |
|------|-------|-------------|
| 1010 | 60500 | 21,65,EC |
| 1020 | 60503 | 06,14 |
| 1030 | 60505 | 7E |
| 1040 | 60506 | C5 |
| 1050 | 60507 | E5 |
| 1060 | 60508 | CD,60,EA |
| 1070 | 60511 | E1 |
| 1080 | 60512 | 23 |
| 1090 | 60513 | C1 |
| 1100 | 60514 | 10,F5 |
| 1110 | 60516 | C9 |
| 1120 | 60517 | 63,75,72,73 |
| | | 6F,20,43,2F |
| | | 4D,20 |
| 1130 | 60527 | 4D,49,43,52 |
| | | 4F,48,4F,42 |
| | | 42,59 |

PROGRAMA 9-1

```

10 REM      PROGRAMA 9-1
-----
15 REM      CARGA CODIGO MAQUINA
20 DEF FN a(a$,n)=16*(CODE a$(
n)-48-7*(a$(n)>"9"))+(CODE a$(n+
1)-48-7*(a$(n+1)>"9"))
25 CLEAR 59999
30 FOR h=1 TO 2: READ d,l
40 FOR f=1 TO l: READ a$,s: LE
T c=0
50 FOR n=1 TO 19 STEP 2
60 LET a=FN a(a$,n): POKE d,a
LET d=d+1: LET c=c+a: NEXT n
70 IF c<>s THEN PRINT "<ERROR>
en la linea: ";1000+10*f+120*(l
=2): STOP
80 NEXT f: NEXT h
100 REM      DEMOSTRACION
105 POKE 23681,3: PRINT AT 0,5;
: RANDOMIZE USR 60500
110 INPUT "Coordenadas: ";li,co
120 INPUT "Texto: ";a$

130 POKE 23658,0: POKE 23681,0
140 INPUT "Cursiva ? (s/n)";r$
IF r$="s" THEN POKE 23681,1
150 INPUT "Negrita ? (s/n)";r$
IF r$="s" THEN POKE 23681,PEEK
23681+2
160 FOR n=1 TO LEN a$: POKE 605
16+n,CODE a$(n): NEXT n: POKE 60
504,LEN a$
170 PRINT AT li,co: RANDOMIZE
USR 60500: GO TO 110
1000 REM      IMP_A
1005 DATA 60000.12
1010 DATA "ED5B365C26006F292929"
,746
1020 DATA "19EB2A845C06081A773A"
,743
1030 DATA "815CE601280FCB3E78FE"
,1146
1040 DATA "053008CB26FE033002CB"
,812
1050 DATA "263A815CE60228057ECB"
,923
1060 DATA "3FB677132410D8ED5B88"
,1115
1070 DATA "5C212118ED52EB1C7BFE"
,1141
1080 DATA "20380E1E00147AFE1538"
,605
1090 DATA "06CDFE0D110014D57AE6"
,1080
1100 DATA "07CB0FCB0FCB0FB35F7A"
,1057
1110 DATA "E618F64057ED53845CD1"
,1404
1120 DATA "212118ED5222885CC900"
,872
1124 REM      TEST
1126 DATA 60500,4
1130 DATA "2165EC06147EC5E5CD60"
,1249
1140 DATA "EAE123C110F5C9637572"
,1479
1150 DATA "736F20432F4D204D4943"
,698
1160 DATA "524F484F424259000000"
,533

```

Esperamos que haya intentado ensamblar por sí mismo al menos esta última. Vamos a coger la rutina «IMP-A» y agrupar los bytes del código máquina de 10 en 10 formando 12 líneas de 20 caracteres (en la última línea faltarán dos caracteres pero rellenamos con «00»). A la izquierda de cada línea ponemos un número del 1 al 12 con lo que quedan numeradas. A la derecha, ponemos el resultado de sumar todos los octetos de la línea, pero expresado en decimal. Obtendremos algo así:

```

1 ED5B365C26006F292929 746
2 19EB2A845C06081A773A 743
3 815CE601280FCB3E78FE 1146
4 053008CB26FE033002CB 812
5 263A815CE60228057ECB 923
6 3FB677132410D8ED5B88 1115
7 5C212118ED52EB1C7BFE 1141
8 20380E1E00147AFE1538 605

```

```

9 06CDFE0D110014D57AE6 1080
10 07CB0FCB0FCB0FB35F7A 1057
11 E618F64057ED53845CD1 1404
12 212118ED5222885CC900 872

```

A continuación, hacemos lo mismo con «TEST»:

```

1 2165EC06147EC5E5CD60 1249
2 EAE123C110F5C9637572 1479
3 736F20432F4D204D4943 698
4 524F484F424259000000 533

```

Seguro que a la mayoría de los lectores les resulta familiar. Efectivamente, se trata del formato utilizado por el «Cargador universal de código máquina» publicado en MICROHOBBY. Evidentemente, resulta muy trabajoso calcular a mano las sumas de control de cada línea, pero no es difícil escribir un programa, en Basic, que lo haga. La ventaja de este formato es que, si se produce un error, se sa-

be exactamente en qué línea se ha producido y sólo hay que comprobar 20 caracteres para encontrarlo.

El Programa 9-1 utiliza este formato para cargar las rutinas «IMP-A» y «TEST» que nos permitirán escribir un mensaje de hasta 255 caracteres en cualquier lugar de la pantalla y utilizando letra cursiva o negrita. Si analiza el funcionamiento del programa a partir de la línea 100, verá la forma de utilizar estas rutinas en sus propios programas. Para salvarlas puede utilizar:

```

SAVE "IMP_A"CODE 60000,119
SAVE "TEST"CODE 60500,37

```

La rutina «IMP-A» es reubicable, la rutina «TEST» no y, además, no funcionará si «IMP-A» no está en la dirección 60000. Aunque, a estas

alturas, quien haya seguido atentamente el curso tiene que ser capaz de realizar las modificaciones necesarias para que puedan correr en cualquier otra dirección.

Ya hemos dicho que esta rutina podría ser una subrutina de un programa para gestionar la pantalla; de hecho, hay otra forma más fácil de utilizarla desde el Basic. Cualquier rutina en la que se entre con el código de un carácter en «A» y haga algo con ese carácter, puede ser utilizada por el Sistema Operativo como un canal de salida. Exactamente igual que el canal «S» (parte superior de la pantalla), el «K» (parte inferior) o el «P» (impresora). Para ello, vamos a ver qué son y cómo se utilizan los «Canales de comunicación».

Los canales de comunicación

La configuración básica de un ordenador está compuesta por el microprocesador y la memoria. No obstante, este conjunto no sirve para nada si no se puede comunicar con el exterior. Por tanto, lo normal es que se acompañe de un teclado, una pantalla y una impresora. Estos elementos se denominan periféricos.

A nivel máquina, sabemos que el microprocesador utiliza «ports» para comunicarse con todos los periféricos excepto la pantalla que está configurada como una «tabla» en memoria que la ULA se encarga de enviar al televisor. Para el microprocesador, esta tabla es como un periférico más y como tal es gestionada por el Sistema Operativo.

Cuando se trabaja en un lenguaje de alto nivel como el Basic, no resulta cómodo an-

dar escribiendo y leyendo en «ports» o en posiciones de memoria. Es más fácil tener una o varias instrucciones de entrada y otras de salida y utilizarlas dirigidas a determinados canales que comuniquen con cada periférico. Pero ¿qué es un canal?

Existen canales de entrada y canales de salida. De momento, vamos a estudiar sólo los de salida porque son los que nos interesan para hacer funcionar nuestra rutina.

Un canal es, básicamente, una rutina escrita en código máquina que es llamada por el sistema operativo con el código de un carácter en «A». La rutina deberá enviar el carácter o el código al periférico correspondiente y, luego, devolverá el control al Sistema Operativo.

Un canal tiene que ser también capaz de manejar ciertos códigos de control tales como el retorno de carro (13), salto de línea (10), borrado (12) y, en general, aquéllos con códigos comprendidos entre «0» y «31» que incluyen controles de color, posicionamiento de la impresión, etc. Un mismo código puede tener significados distintos según el canal que se esté utilizando; por ejemplo, la impresora no aceptará controles de color.

El Spectrum, en su versión básica, utiliza cuatro canales. Se denominan «R», «S», «K» y «P». Algunos son sólo de salida y otros admiten también entradas. Suponemos que todos nuestros lectores están acostumbrados a utilizar los canales de comunicación en Basic, así que no profundizaremos más en ello y nos dedicaremos a estudiarlos desde el punto de vista del código máquina. Para mayor infor-

mación sobre el cometido de cada canal, se puede consultar el manual de Basic que viene con el ordenador o el capítulo 29 del «CURSO DE BASIC» publicado por MICROHOBBY.

Sabemos que el Basic utiliza «corrientes» que enlazan con determinados canales. Algunas están ya asignadas como por ejemplo, las #1, #2 y #3 que enlazan, respectivamente, con los canales «K», «S» y «P». Toda la gestión de canales y corrientes es llevada a cabo por dos tablas de «ofset» que se encuentran en determinado lugar de la memoria. La primera es la tabla de corrientes situada a partir de la dirección 23568 y compuesta por 38 bytes. Cada elemento de esta tabla ocupa dos octetos que contienen (en el orden inverso habitual) un número que indica el «ofset» de la tabla de canales, es decir, el desplazamiento desde «CHANS» para acceder al canal unido a esa corriente.

Si la corriente en cuestión está cerrada, el elemento correspondiente de la tabla de corrientes contendrá «0000», justo como era de esperar. Todo esto se comprenderá mejor con una mirada a la Figura 9-19 donde hemos representado esquemáticamente las dos tablas de corrientes y canales, así como la conexión entre ellas.

En el momento de conectar el ordenador la situación es la que se muestra en la figura. Las corrientes #3, #2 y #1 no son accesibles desde el Basic y sólo las utiliza el Sistema. De hecho, el Basic no nos admite la instrucción: OPEN #4, «R» ya que el canal «R» que conecta con el área de traba-

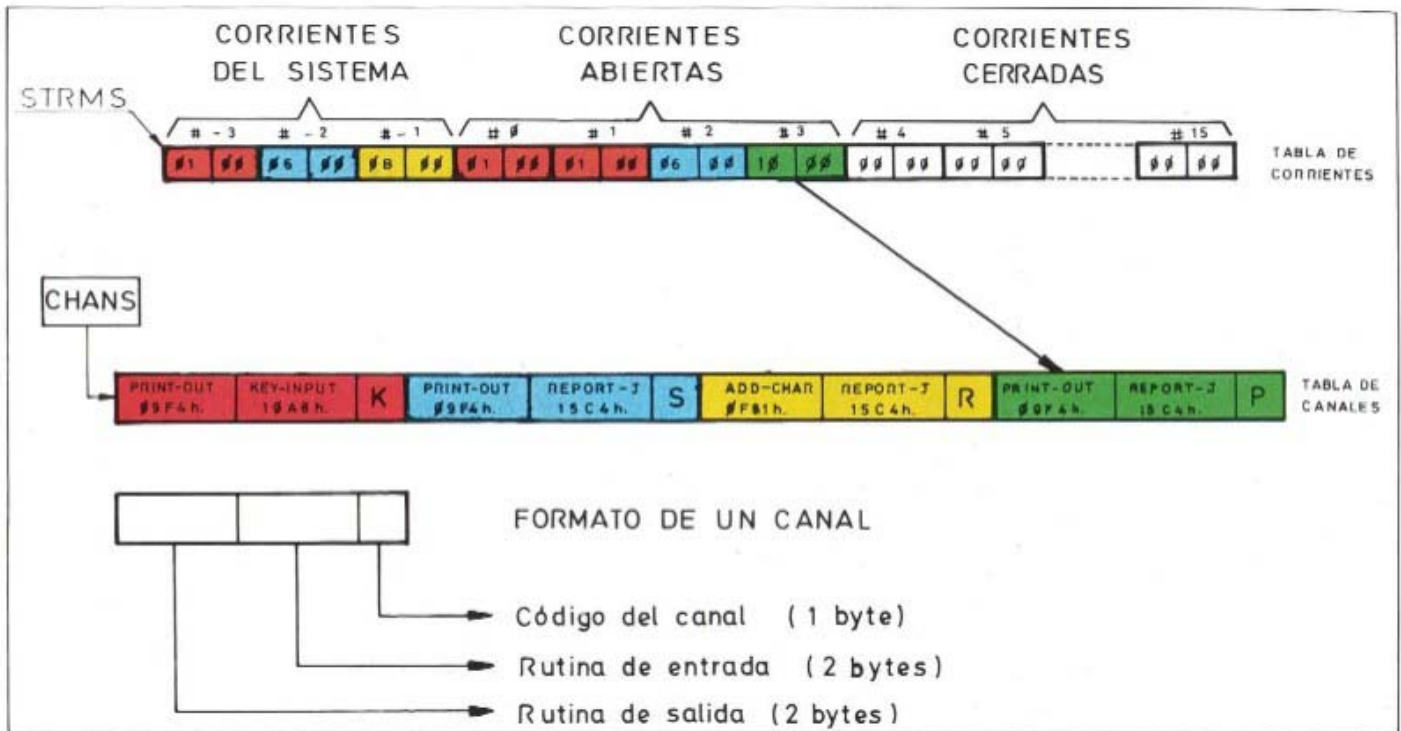


Fig. 9-19. Tablas de corrientes y canales.

jo sólo puede ser utilizado por el Sistema.

Las corrientes #0, #1, #2 y #3 están permanentemente abiertas y conectadas con sus respectivos canales. No hay inconveniente en utilizar la instrucción «OPEN #» para conectarlas con otros, pero si

intentamos cerrarlas mediante «CLOSE #», obtendremos, por defecto, los canales inicialmente conectados. Habría, no obstante, una forma de cerrarlas que sería «POKEar» directamente «0» en «STRMS» + 10 con lo que quedaría cerrada la corriente

#2. No obstante, no le aconsejamos que lo haga ya que el Sistema se «colgaría» con toda seguridad.

Conociendo la disposición de estas tablas, podemos hacer algo mucho más interesante. Podemos cambiar la dirección de salida de uno de

252 CODIGO MAQUINA

los canales para apuntar a una rutina nuestra que gestione esta salida. Y aquí es donde entra «IMP-A»; esta rutina puede ser usada, con ciertas precauciones, como un canal de salida.

Vamos a ver qué nos manda el Basic a un canal. Supon-

gamos que vamos a ejecutar la instrucción:

La salida se hará por la corriente #2 que es la que corresponde, por defecto, al comando «PRINT». Los códigos enviados por el Basic serán:

```
PRINT AT 10,12;"HOLA"
```

22=Código de control «AT».
10=Primer argumento de «AT».
12=Segundo argumento de «AT».
72=Código de «H».
79=Código de «O».
76=Código de «L».
65=Código de «A».
13=Retorno de carro.

CODIGO MAQUINA 253

Más adelante, podremos completar la rutina para que sea capaz de aceptar y manejar controles de posicionamiento como «AT» o «TAB». De momento, no deberemos mandar estos códigos, ya que producirían la impresión de cosas sin sentido.

Sin embargo, sí será necesario que la rutina sea capaz de aceptar el código «13» ya que el Basic siempre lo manda, a menos que la sentencia acabe en «;».

Lo mejor es construir una pequeña rutina «filtro» que sólo deje pasar códigos imprimibles, es decir, aquellos comprendidos entre 32 y 127 ambos inclusive. No obstante, este «filtro» debe ser capaz de identificar el código «13» para saltar a una rutina que lo gestione. Vamos a ir construyendo este filtro:

```

100 CANAL CP 13
110 JR Z,ENTER
120 CP 32
130 JR NC,LB1
140 RET
150 LB1 CP 128
160 JR C,IMP_A
170 RET
180 ENTER LD DE,(S_POSN)
190 LD HL,#1821
200 SBC HL,DE
210 EX DE,HL
220 JR INC_LI

```

Recuerde que entramos en esta rutina con el código en el acumulador. Así que lo primero que hacemos es compararlo con «13», si resulta que el código es 13, saltaremos a «ENTER» desde donde se llevará a cabo el incremento de línea. Exactamente, lo que hacemos es cargar las coordenadas en curso en «DE» y sal-

tar a la etiqueta «INC-LI» (Incrementar Línea). Esta etiqueta deberemos colocarla en la línea 520 de la rutina «IMP-A» ya que a partir de este punto, lo que se hace es, precisamente, incrementar el número de línea.

Si el código no fuera «13», entraríamos en la línea 120 donde lo comparamos con «31» y retornamos si es igual o menor. Si no, saltamos a la línea 150 donde lo volvemos a comparar con «128» y retornamos si es igual o mayor. Finalmente, si el código está dentro del rango, saltamos a «IMP-A» para que se imprima.

Esta rutina de «filtro», deberá ir colocada inmediatamente antes de «IMP-A» de forma que podemos añadirla y ensamblarlas juntas. Como «IMP-A» es reubicable, no hay problema en cambiarla de dirección. En la Figura 9-20 podemos ver el listado completo de «CANAL» + «IMP-A» tal como quedaría al ponerlas juntas. Dejamos al lector la tarea de ensamblar a mano (si no tiene ensamblador, esta corta rutina.

Vamos a ver cómo «activamos» este canal. Ya que necesitamos los canales «S» y «K» para manejarnos por el Sistema, lo que haremos será colocar esta rutina en el canal «P», es decir, el correspondiente a la impresora. Para ello, no hay más que almacenar en «(CHANS)+15» la dirección a partir de la cual haremos ensamblado la rutina.

Mientras tengamos activado este canal, no podremos utilizar la impresora, así que será mejor que preveamos una forma de «desactivarla» y dejar el canal «P» con su anterior contenido. Almacenaremos éste de forma temporal

en la dirección 23728 correspondiente a una variable que el Sistema no utiliza (El famoso vector de interrupción no enmascarable, hábilmente anulada por los simpáticos muchachos de Sinclair). Las rutinas de activar y desactivar pueden ser algo así:

```

1000 ACT LD HL,(CHANS)
1010 LD DE,15
1020 ADD HL,DE
1030 LD E,(HL)
1040 INC HL
1050 LD D,(HL)
1060 LD (NMI),DE
1070 LD DE,CANAL
1080 LD (HL),D
1090 DEC HL
1100 LD (HL),E
1110 RET
1120 NMI EQU 23728
1130 CHANS EQU 23631
1140 DESACT LD HL,(CHANS)
1150 LD DE,15
1160 ADD HL,DE
1170 LD DE,(NMI)
1180 LD (HL),E
1190 INC HL
1200 LD (HL),D
1210 RET

```

Para activar podemos hacer un «RANDOMIZE USR» a la dirección donde está la etiqueta «ACT» y para desactivar, lo mismo pero a la dirección donde está «DESACT» (Si ensambla a partir de 60000, «ACT» estará en 60145 y «DESACT» en 60166).

Pruébeio y verá qué bien funciona. No olvide que puede controlar los flags de cursiva y negrita «POKEando» en la dirección 23681 y tenga en cuenta que no puede mandar códigos de control como

«AT», «TAB», «INK», etc. Puede utilizar este canal con «LPRINT» o con «PRINT #3» que es lo mismo. También puede hacer:

```
PRINT AT 10,12;#3;"HOLA"
```

Con lo que los códigos de control irán por el canal «S» y la palabra a imprimir irá por el «P», es decir, por el nuestro.

```
*HISOFT GEN3M ASSEMBLER*
      ZX SPECTRUM

      Copyright HISOFT 1983
      CURSO C/M MICROHOBBY

      Pass 1 errors: 00

      10 *C-
      20 *D+

      600000 90      ORG      600000
      600000 100    CANAL   CP      13
      600002 110    JR      Z,ENTER
      600004 120    CP      32
      600006 130    JR      NC,LB1
      600008 140    RET
      600009 150    LB1     CP      128
      600011 160    JR      C,IMP_A
      600013 170    RET
      600014 180    ENTER   LD      DE,(S_POSN)
      600018 190    LD      HL,#1821
      600021 200    SBC     HL,DE
      600023 210    EX     DE,HL
      600024 220    JR      INC_LI
      600026 230    IMP_A   LD      DE,(CHARS)
      600030 240    LD      H,0
      600032 250    LD      L,A
      600033 260    ADD     HL,HL
      600034 270    ADD     HL,HL
      600035 280    ADD     HL,HL
      600036 290    ADD     HL,DE
      600037 300    EX     DE,HL
      600038 310    LD      HL,(DF_CC)
      600041 320    IMPR_1  LD      B,8
      600043 330    BUC_1  LD      A,(DE)
      600044 340    LD      (HL),A
      600045 350    LD      A,(BAND)
      600048 360    AND     1
      600050 370    JR      Z,NOCURS
      600052 380    SRL     (HL)
      600054 390    LD      A,B
      600055 400    CP      5
      600057 410    JR      NC,NOCURS
      600059 420    SLA     (HL)
      600061 430    CP      3
      600063 440    JR      NC,NOCURS
      600065 450    SLA     (HL)
      600067 460    NOCURS LD      A,(BAND)
      600070 470    AND     2
      600072 480    JR      Z,NOBOLD
      600074 490    LD      A,(HL)
      600075 500    SRL     A
      600077 510    OR      (HL)
      600078 520    LD      (HL),A
      600079 530    NOBOLD INC     DE
      600080 540    INC     H
      600081 550    DJNZ   BUC_1
      560 ;

      60083 570      LD      DE,(S_POSN)
      60087 580      LD      HL,#1821
      60090 590      SBC     HL,DE
      60092 600      EX     DE,HL
      60093 610      INC     E
      60094 620      LD      A,E
      60095 630      CP      32
      60097 640      JR      C,SIGUE
      60099 650      INC_LI LD      E,0
      60101 660      INC     D
      60102 670      LD      A,D
      60103 680      CP      21
      60105 690      JR      C,SIGUE
      60107 700      CALL   SCROLL
      60110 710      LD      DE,#1400
      60113 720      SIGUE  PUSH   DE
      60114 730      DIR    LD      A,D
      60115 740      AND     #07
      60117 750      RRC     A
      60119 760      RRC     A
      60121 770      RRC     A
      60123 780      OR      E
      60124 790      LD      E,A
      60125 800      LD      A,D
      60126 810      AND     #18
      60128 820      OR      #40
      60130 830      LD      D,A
      840 ;
      60131 850      LD      (DF_CC),DE
      60135 860      POP     DE
      60136 870      LD      HL,#1821
      60139 880      SBC     HL,DE
      60141 890      LD      (S_POSN),HL
      60144 900      RET
      23606 910      CHARS  EQU    23606
      23684 920      DF_CC  EQU    23684
      23681 930      BAND   EQU    23681
      23688 940      S_POSN EQU    23688
      3582 950      SCROLL EQU    #0DFE
      601451000 ACT    LD      HL,(CHANS)
      601481010      LD      DE,15
      601511020      ADD     HL,DE
      601521030      LD      E,(HL)
      601531040      INC     HL
      601541050      LD      D,(HL)
      601551060      LD      (NMI),DE
      601591070      LD      DE,CANAL
      601621080      LD      (HL),D
      601631090      DEC     HL
      601641100      LD      (HL),E
      601651110      RET
      237281120 NMI    EQU    23728
      236311130 CHANS  EQU    23631
      601661140 DESACT LD      HL,(CHANS)
      601691150      LD      DE,15
      601721160      ADD     HL,DE
      601731170      LD      DE,(NMI)
      601771180      LD      (HL),E
```


| | | | |
|-----------|-----|--------|--------------------------|
| 601781190 | INC | HL | Pass 2 errors: 00 |
| 601791200 | LD | (HL),D | |
| 601801210 | RET | | Table used: 251 from 277 |

Fig. 9-20. Listado completo de la rutina de salida «Canal».

EJERCICIOS

- 1.- Escriba una rutina que sustituya a "IMPR_1" (puede llamarla "IMPR_2") y que imprima los caracteres en "imagen de espejo".
- 2.- Modifique la rutina "ACT" para que "IMP_A" trabaje por el canal "S".
- 3.- ¿Cómo haría para posicionar la impresión en un lugar determinado de la pantalla ayudándose de la rutina "IMP_A"?
- 4.- Si ejecutamos el comando OPEN #4,"S" ¿qué modificación se produciría en la tabla de corrientes?, ¿y en la de canales?
- 5.- Escriba una rutina que multiplique por 32 el dato contenido en el acumulador, devolviendo el resultado en el registro "HL". Efectue la multiplicación mediante desplazamientos.

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS

1.- La rutina podría ser:

```
190 IMPR_2 LD B,8
200 BUCLE LD A,(DE)
210 LD C,8
220 BUC_2 RR A
230 RL (HL)
240 DEC C
250 JR NZ,BUC_2
260 INC DE
270 INC H
280 DJNZ BUCLE
```

Entre las líneas 210 y 250 hemos introducido otro bucle que va sacando los bits uno a uno por la derecha de "A" y metiéndolos uno a uno, también por la derecha, en el octeto correspondiente del archivo de pantalla.

2.- La única modificación necesaria es que la nueva dirección no habrá de almacenarse en "CHANS"+15, sino en "CHANS"+5. Por tanto, solo habrá que cambiar la línea 1010 para que sea:

```
1010 LD DE,5
```

De paso, podemos modificar también la rutina "DESACT" cambiando, de la misma forma, la línea 1150.

3.- El procedimiento no puede ser más sencillo, basta con cargar en "DE" las nuevas coordenadas y hacer un salto a la etiqueta "SIGUE".

4.- Se almacenará, en el elemento #4 de la tabla, el dato "06" que corresponde al offset del canal "S". La dirección correspondiente al elemento #4 de la tabla de corrientes es "STRMS"+14, es decir, 23568+14 = 23582. En la tabla de canales no se producirá ninguna modificación.

5.- La rutina podría ser:

```
100 MULT_2 LD HL,0
110 LD B,5
120 LOOP SL A
130 JR NC,SIG
140 INC H
150 SIG DJNZ LOOP
160 LD L,A
170 RET
```

Como se ve, realizamos cinco desplazamientos a la izquierda en el acumulador, incrementando "H" cada vez que sale un bit por el indicador de acarreo. Finalmente, cargamos en "L" el dato que haya quedado en "A".

GRUPO DE INSTRUCCIONES DE MANIPULACION DE BITS

Estas instrucciones actúan sobre la más elemental unidad de información, el bit. No es frecuente encontrar en los procesadores instrucciones dedicadas a manejar individualmente los bits, aunque supone una gran comodidad y operatividad el tenerlas.

Es de todos conocido la cantidad de alternativas binarias que existen a nivel informativo (si-no, blanco-negro, alto-bajo, hombre-mujer, derecha-izquierda, etc.). Pues toda esa información que sólo tiene dos posibilidades, o sea, que es binaria la podemos almacenar en un bit.

En cualquier procedimiento mecanizado se emplea mucho esta posibilidad, supone un gran ahorro de memoria en el almacenamiento de datos. Para analizar el estado de un bit utilizado como soporte de información se emplean muchos tipos de instrucciones, por ejemplo, los operadores lógicos con máscaras, o bien las instrucciones de desplazamiento llevando el bit a la posición de signo o de acarreo. Esas instrucciones y otras como de suma y resta se emplean para activar o desactivar un bit. Pues bien, todo esto se puede realizar directamente con las instrucciones que vamos a ver.

En este grupo de instrucciones existen tres subgrupos, a saber:

a) Prueba del bit (BIT): nos da la posibilidad de saber si un bit está activo o no.

b) Activar bit o puesta a uno (SET): pone a 1 (activo) un bit.

c) Desactivar bit o puesta a cero (RES): pone a 0 (desactivado o limpio) un bit.

El formato básico de estas instrucciones es el siguiente:

CODIGO b, OPERANDO

Donde «b» indica el bit sobre el que se va a operar. Los bits se numeran de derecha a izquierda, de 0 a 7.

7 6 5 4 3 2 1 0

El bit sobre el que se va a operar (valor de «b») viene indicado, a su vez, por tres bits del código de operación según la siguiente tabla:

| Bit | valor binario de «b» |
|-----|----------------------|
| 0 | 000 |
| 1 | 001 |
| 2 | 010 |
| 3 | 011 |
| 4 | 100 |
| 5 | 101 |
| 6 | 110 |
| 7 | 111 |

Prueba de bits

BIT b,r

OBJETO:

Pone en el indicador de condición «Z» el complemento del valor del bit indicado por «b» en el registro indicado por «r». El código de representación de «r» es el indicado más abajo.

| Registro | Código |
|----------|--------|
| B | 000 |
| C | 001 |
| D | 010 |
| E | 011 |
| H | 100 |
| L | 101 |
| A | 111 |

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 0 0 1 0 1 1
0 1 ← b → ← r →

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Z; pone 1 - si el bit especificado es 0;

pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 1 - siempre

N; pone 0 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:

BIT 3,C

Valor del registro «C»

(C): 0 1 1 1 0 1 0 1 75h

Instrucción

BIT 3,C: 1 1 0 0 1 0 1 1 CBh
0 1 0 1 1 0 0 1 59h

El valor del registro «C» no varía con la ejecución
Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C

x 1 x 1 x x 0 x

BIT b, (HL)

OBJETO:

Pone en el indicador de condición «Z» el complemento del valor del bit indicado por «b» en el octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros «HL».

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 0 0 1 0 1 1 CBh
0 1 ← b → 1 1 0

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Z; pone 1 - si el bit especificado es 0;
pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 1 - siempre

N; pone 0 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

12

EJEMPLO:

BIT 0, (HL)

Contenido del par de registros «HL»

(H): 1 0 0 1 0 0 1 1 93h
(L): 0 1 0 0 1 0 1 0 4Ah

Valor del octeto de memoria 934Ah

934Ah: 1 1 1 1 0 0 0 1 F1h

Instrucción

BIT 0, (HL): 1 1 0 0 1 0 1 1 CBh
0 1 0 0 0 1 1 0 46h

El valor del octeto 934Ah no varía con la ejecución
Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C

x 0 x 1 x x 0 x

BIT b, (IX + d)

OBJETO:

Pone en el indicador de condición «Z» el complemento del valor del bit indicado por «b» en el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IX» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 0 1 1 1 0 1 DDh
1 1 0 0 1 0 1 1 CBh
← d →
0 1 ← b → 1 1 0

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Z; pone 1 - si el bit especificado es 0;
pone 0 - en cualquier otro caso

H; pone 1 - siempre

N; pone 0 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

20

EJEMPLO:

BIT 7, (IX+20)

Contenido del registro índice «IX»

(IX): 1 0 1 0 0 0 1 1 A3h
1 0 1 1 0 0 1 0 B2h

Valor del octeto de memoria A3C6h

A3C6h: 0 1 1 1 1 1 1 1 7Fh

Instrucción

BIT 7, (IX+20): 1 1 0 1 1 1 0 1 DDh
1 1 0 0 1 0 1 1 CBh
0 0 0 1 0 1 0 0 14h
0 1 1 1 1 1 1 0 79h

El valor del octeto de memoria A3C6H no varía con la ejecución

Indicadores de condición después de la ejecución

CODIGO MAQUINA 259

| | | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C | |
| x | 1 | x | 1 | x | 0 | x |

BIT b, (IY + d)

OBJETO:

Pone en el indicador de condición «Z» el complemento del valor del bit indicado por «b» en el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IY» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| + d → | |
| 0 1 ← b → 1 1 0 | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- Z; pone 1 - si el bit especificado es 0;
- pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 1 - siempre
- N; pone 0 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:

5

CICLOS DE RELOJ:

20

EJEMPLO:

BIT 4, (IY-7)

Contenido del registro índice «IY»

| | | |
|-----|-----------------|-----|
| IY: | 0 1 1 1 1 0 0 1 | 79H |
| | 0 0 0 1 1 0 1 0 | 1Ah |

260 CODIGO MAQUINA

Valor del octeto de memoria 7913h

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| 7913h: | 0 1 0 1 1 0 1 0 | 5Ah |
|--------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|----------------|-----------------|-----|
| BIT 4, (IY-7): | 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| | 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| | 1 1 1 1 1 0 0 1 | F9h |
| | 0 1 1 0 0 1 1 0 | 61h |

El valor del octeto de memoria 7913h no varía con la ejecución

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C | |
| x | 0 | x | 1 | x | 0 | x |

Puesta a «1» de bits

SET b,r

OBJETO:

Pone a 1 el bit indicado por «b» en el registro indicado por «r». El código de representación de «r» es el indicado más abajo.

| Registro | Código |
|----------|--------|
| B | 000 |
| C | 001 |
| D | 010 |
| E | 011 |
| H | 100 |
| L | 101 |
| A | 111 |

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| 1 1 ← b → ← r → | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:

SET 2,A

Valor del registro «A»

| | | |
|-----|-----------------|-----|
| IA: | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
|-----|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|----------|-----------------|-----|
| SET 2,A: | 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| | 1 1 0 1 0 1 1 1 | D7h |

Valor del registro «A» después de la ejecución

| | | |
|-----|-----------------|-----|
| IA: | 0 0 0 0 0 1 0 0 | 04h |
|-----|-----------------|-----|

SET b,(HL)

OBJETO:

Pone a 1 el valor del bit indicado por «b» en el octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros «HL».

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| 1 1 ← b → | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:

SET 5, (HL)

Contenido del par de registros «HL»

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 1 0 0 1 0 0 1 1 | 93h |
| (L): | 0 1 1 1 0 1 0 0 | 74h |

Valor del octeto de memoria 9374h

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| 9374h: | 1 0 0 0 0 1 1 0 | 86h |
|--------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|--------------|-----------------|-----|
| SET 5, (HL): | 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| | 1 1 1 0 1 1 1 0 | EEh |

Valor del octeto 9374h después de la ejecución

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| 9374h: | 1 0 1 0 0 1 1 0 | A6h |
|--------|-----------------|-----|

SET b, (IX + d)

OBJETO:

Pone a 1 el valor del bit indicado por «b» en el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IX» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| ← d → | |
| 1 1 ← b → 1 1 0 | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

SET 6, (IX+0)

Contenido del registro índice «IX»

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IX): | 1 0 1 1 0 0 1 1 | B3h |
| | 0 1 1 0 0 1 0 0 | 64h |

Valor del octeto de memoria B364h

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| B364h: | 1 1 1 1 1 1 1 1 | FFh |
|--------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|----------------|-----------------|-----|
| SET 6, (IX+0): | 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| | 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
| | 1 1 1 1 0 1 1 0 | F6h |

Valor del octeto de memoria B364h después de la ejecución

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| B364h: | 1 1 1 1 1 1 1 1 | FFh |
|--------|-----------------|-----|

SET b, (IY + d)

OBJETO:

Pone a 1 el valor del bit indicado por «b» en el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IY» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| ← d → | |
| 1 1 ← b → 1 1 0 | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

SET 2, (IY-1)

Contenido del registro índice «IY»

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (IY): | 0 1 1 1 0 1 0 0 | 74h |
| | 1 0 1 1 0 0 1 1 | B3h |

Valor del octeto de memoria 74B2h

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| 74B2h: | 0 1 1 0 0 0 1 1 | 63h |
|--------|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|----------------|-----------------|-----|
| SET 2, (IY-1): | 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| | 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| | 1 1 1 1 1 1 1 1 | FFh |
| | 1 1 0 1 0 1 1 0 | D6h |

Valor del octeto de memoria 74B2h después de la ejecución

CODIGO MAQUINA 261

74B2h: 0 1 1 0 0 1 1 1 67h

Puesta a «0» de bits

RES b, r

OBJETO:

Pone a 0 el bit indicado por «b» en el registro indicado por «r». El código de representación de «r» es el indicado más abajo.

| Registro | Código |
|----------|--------|
| B | 000 |
| C | 001 |
| D | 010 |
| E | 011 |
| H | 100 |
| L | 101 |
| A | 111 |

CODIGO DE MAQUINA:

CBh
1 1 0 0 1 0 1 1
1 0 ← b → ← r →

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:

RES 3,H

Valor del registro «H»

(H): 1 1 1 1 1 1 1 1 11h

Instrucción

RES 3,H: 1 1 0 0 1 0 1 1 CBh
1 0 0 1 1 1 0 0 9Ch

Valor del registro «H» después de la ejecución

(H): 1 1 1 1 0 1 1 1 F7h

RES b, (HL)

OBJETO:

Pone a 0 el valor del bit indicado por «b» en el octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros «HL».

CODIGO DE MAQUINA:

CBh
1 1 0 0 1 0 1 1
1 0 ← b → 1 1 0

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

15

EJEMPLO:

RES 1, (HL)

Contenido del par de registros «HL»

(H): 1 0 0 0 0 0 1 0 82h
(L): 1 0 0 1 0 0 0 1 91h

Valor del octeto de memoria 8291h

8291h: 0 0 0 0 0 0 0 0 00h

Instrucción

RES 1, (HL): 1 1 0 0 1 0 1 1 CBh
1 0 0 0 1 1 1 0 8Eh

Valor del octeto 8291h después de la ejecución

8291h: 0 0 0 0 0 0 0 0 00h

RES b, (IX + d)

OBJETO:

Pone a 0 el valor del bit indicado por «b» en el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IX» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO DE MAQUINA:

DDh
1 1 0 1 1 1 0 1
CBh
1 1 0 0 1 0 1 1
← d →
1 0 ← b → 1 1 0

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

RES 5, (IX+4)

Contenido del registro índice «IX»

(IX): 1 0 0 0 0 0 1 1 83h
0 0 1 0 0 1 0 0 24h

Valor del octeto de memoria 8328h

8328: 0 1 1 0 1 0 0 1 89h

Instrucción

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 1 1 0 1 | DDh |
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| 0 0 0 0 0 1 0 0 | 04h |
| 1 0 1 0 1 1 1 0 | AEh |

RES 5, (IX+4)

Valor del octeto de memoria 8328h después de la ejecución

8328: 0 1 0 0 1 0 0 1 49h

RES b, (IY + d)

OBJETO:

Pone a 0 el valor del bit indicado por «b» en el octeto de memoria direccionado por el contenido del registro índice «IY» más el entero de desplazamiento «d», el cual puede adquirir los valores desde -128 a +127.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| ← d → | |
| 1 0 ← b → 1 1 0 | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

6

CICLOS DE RELOJ:

23

EJEMPLO:

RES 7, (IY-10)

Contenido del registro índice «IY»

(IY): 1 0 0 1 0 0 1 0 92h
0 1 0 0 1 0 1 0 4Ah

Valor del octeto de memoria 9240h

9240h: 1 0 0 0 0 0 0 0 80h

Instrucción

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 1 1 0 1 | FDh |
| 1 1 0 0 1 0 1 1 | CBh |
| 1 1 1 1 0 1 1 0 | F6h |
| 1 0 1 1 1 1 1 0 | BEh |

RES 7, (IY-10)

Valor del octeto de memoria 9240h después de la ejecución

9240h: 0 0 0 0 0 0 0 0 00h

Tablas de codificación

Dado el gran número de instrucciones que se utilizan para el manejo de bits, hemos realizado tres tablas de codificación. En la Figura 10-1 se encuentra la tabla con las instrucciones de prueba de bits, en la 10-2 la tabla con las de puesta a «1» y en la 10-3 las de puesta a «0». En la Figura 10-4 se encuentra la tabla resumida de indicadores y ciclos para todas estas instrucciones.

Los «Flags»

El término «Flag» se utiliza mucho en programación desde los primeros tiempos. Tiene su significado, al igual que

otros términos, en el inglés; en el cual quiere decir bandera o banderín en los deportes, como verbo se traduce por hacer señales con banderas. En informática se empezó a utilizar para indicar que determinada condición, estaba puesta o no, también se utiliza la palabra «SWITCH», que significa interruptor.

La elección entre una palabra u otra (flag o switch) es más una cuestión de costumbre, aunque por regla general «flag» es un indicador de una condición y «switch» un cambio o bit que puede estar ON/OFF (conectado/desconectado). En ambos casos es una información binaria.

Los flags (banderas) son muy utilizados como condiciones por todos entendidas en la vida diaria. Por ejemplo una bandera roja en una playa indica que es peligroso bañarse; una serie de banderitas indican el camino a seguir en una pista de ski, etc.

También se da el uso de señales de tipo binario en otras aplicaciones, desde la protección de una cinta cassette a los semáforos. Todos ellos englobarían lo que en términos informáticos se entiende por flag.

Por tanto, flag sería una información binaria, que no tiene por qué ocupar más de un bit y que de cara a conseguir más efectividad debe ser fácil de poner, quitar y analizar.

Sería interminable enumerar aquí todas las aplicaciones que tienen los flags; de lo que se trata es de entender las posibilidades de su uso.

Uno de los usos más inmediatos es marcar las condiciones iniciales de un programa para posteriormente ir condicionando su ejecución.

INSTRUCCIONES DE PRUEBA DE BITS (I)

INSTRUCCIONES DE PRUEBA DE BITS (II)

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|--------------|
| BIT 0,A | CB,47 | 203,71 |
| BIT 0,B | CB,40 | 203,64 |
| BIT 0,C | CB,41 | 203,65 |
| BIT 0,D | CB,42 | 203,66 |
| BIT 0,E | CB,43 | 203,67 |
| BIT 0,H | CB,44 | 203,68 |
| BIT 0,L | CB,45 | 203,69 |
| BIT 0,(HL) | CB,46 | 203,70 |
| BIT 0,(IX+d) | DD,CB,d,46 | 221,203,d,70 |
| BIT 0,(IY+d) | FD,CB,d,46 | 253,203,d,70 |
| BIT 1,A | CB,4F | 203,79 |
| BIT 1,B | CB,48 | 203,72 |
| BIT 1,C | CB,49 | 203,73 |
| BIT 1,D | CB,4A | 203,74 |
| BIT 1,E | CB,4B | 203,75 |
| BIT 1,H | CB,4C | 203,76 |
| BIT 1,L | CB,4D | 203,77 |
| BIT 1,(HL) | CB,4E | 203,78 |
| BIT 1,(IX+d) | DD,CB,d,4E | 221,203,d,78 |
| BIT 1,(IY+d) | FD,CB,d,4E | 253,203,d,78 |
| BIT 2,A | CB,57 | 203,87 |
| BIT 2,B | CB,50 | 203,80 |
| BIT 2,C | CB,51 | 203,81 |
| BIT 2,D | CB,52 | 203,82 |
| BIT 2,E | CB,53 | 203,83 |
| BIT 2,H | CB,54 | 203,84 |
| BIT 2,L | CB,55 | 203,85 |
| BIT 2,(HL) | CB,56 | 203,86 |
| BIT 2,(IX+d) | DD,CB,d,56 | 221,203,d,86 |
| BIT 2,(IY+d) | FD,CB,d,56 | 253,203,d,86 |
| BIT 3,A | CB,5F | 203,95 |
| BIT 3,B | CB,58 | 203,88 |
| BIT 3,C | CB,59 | 203,89 |
| BIT 3,D | CB,5A | 203,90 |
| BIT 3,E | CB,5B | 203,91 |
| BIT 3,H | CB,5C | 203,92 |
| BIT 3,L | CB,5D | 203,93 |
| BIT 3,(HL) | CB,5E | 203,94 |
| BIT 3,(IX+d) | DD,CB,d,5E | 221,203,d,94 |
| BIT 3,(IY+d) | FD,CB,d,5E | 253,203,d,94 |

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------------|
| BIT 4,A | CB,67 | 203,103 |
| BIT 4,B | CB,60 | 203,96 |
| BIT 4,C | CB,61 | 203,97 |
| BIT 4,D | CB,62 | 203,98 |
| BIT 4,E | CB,63 | 203,99 |
| BIT 4,H | CB,64 | 203,100 |
| BIT 4,L | CB,65 | 203,101 |
| BIT 4,(HL) | CB,66 | 203,102 |
| BIT 4,(IX+d) | DD,CB,d,66 | 221,203,d,102 |
| BIT 4,(IY+d) | FD,CB,d,66 | 253,203,d,102 |
| BIT 5,A | CB,6F | 203,111 |
| BIT 5,B | CB,68 | 203,104 |
| BIT 5,C | CB,69 | 203,105 |
| BIT 5,D | CB,6A | 203,106 |
| BIT 5,E | CB,6B | 203,107 |
| BIT 5,H | CB,6C | 203,108 |
| BIT 5,L | CB,6D | 203,109 |
| BIT 5,(HL) | CB,6E | 203,110 |
| BIT 5,(IX+d) | DD,CB,d,6E | 221,203,d,110 |
| BIT 5,(IY+d) | FD,CB,d,6E | 253,203,d,110 |
| BIT 6,A | CB,77 | 203,119 |
| BIT 6,B | CB,70 | 203,112 |
| BIT 6,C | CB,71 | 203,113 |
| BIT 6,D | CB,72 | 203,114 |
| BIT 6,E | CB,73 | 203,115 |
| BIT 6,H | CB,74 | 203,116 |
| BIT 6,L | CB,75 | 203,117 |
| BIT 6,(HL) | CB,76 | 203,118 |
| BIT 6,(IX+d) | DD,CB,d,76 | 221,203,d,118 |
| BIT 6,(IY+d) | FD,CB,d,76 | 253,203,d,118 |
| BIT 7,A | CB,7F | 203,127 |
| BIT 7,B | CB,78 | 203,120 |
| BIT 7,C | CB,79 | 203,121 |
| BIT 7,D | CB,7A | 203,122 |
| BIT 7,E | CB,7B | 203,123 |
| BIT 7,H | CB,7C | 203,124 |
| BIT 7,L | CB,7D | 203,125 |
| BIT 7,(HL) | CB,7E | 203,126 |
| BIT 7,(IX+d) | DD,CB,d,7E | 221,203,d,126 |
| BIT 7,(IY+d) | FD,CB,d,7E | 253,203,d,126 |

Fig. 10-1. Tabla de codificaciones para las instrucciones de prueba de bits.

| INSTRUCCIONES DE PUESTA A "1" (I) | | | INSTRUCCIONES DE PUESTA A "1" (II) | | |
|-----------------------------------|---------------|------------------|------------------------------------|---------------|------------------|
| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal | Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
| SET 0, A | CB, C7 | 203, 199 | SET 4, A | CB, E7 | 203, 231 |
| SET 0, B | CB, C0 | 203, 192 | SET 4, B | CB, E0 | 203, 224 |
| SET 0, C | CB, C1 | 203, 193 | SET 4, C | CB, E1 | 203, 225 |
| SET 0, D | CB, C2 | 203, 194 | SET 4, D | CB, E2 | 203, 226 |
| SET 0, E | CB, C3 | 203, 195 | SET 4, E | CB, E3 | 203, 227 |
| SET 0, H | CB, C4 | 203, 196 | SET 4, H | CB, E4 | 203, 228 |
| SET 0, L | CB, C5 | 203, 197 | SET 4, L | CB, E5 | 203, 229 |
| SET 0, (HL) | CB, C6 | 203, 198 | SET 4, (HL) | CB, E6 | 203, 230 |
| SET 0, (IX+d) | DD, CB, d, C6 | 221, 203, d, 198 | SET 4, (IX+d) | DD, CB, d, E6 | 221, 203, d, 230 |
| SET 0, (IY+d) | FD, CB, d, C6 | 253, 203, d, 198 | SET 4, (IY+d) | FD, CB, d, E6 | 253, 203, d, 230 |
| SET 1, A | CB, CF | 203, 207 | SET 5, A | CB, EF | 203, 239 |
| SET 1, B | CB, C8 | 203, 200 | SET 5, B | CB, E8 | 203, 232 |
| SET 1, C | CB, C9 | 203, 201 | SET 5, C | CB, E9 | 203, 233 |
| SET 1, D | CB, CA | 203, 202 | SET 5, D | CB, EA | 203, 234 |
| SET 1, E | CB, CB | 203, 203 | SET 5, E | CB, EB | 203, 235 |
| SET 1, H | CB, CC | 203, 204 | SET 5, H | CB, EC | 203, 236 |
| SET 1, L | CB, CD | 203, 205 | SET 5, L | CB, ED | 203, 237 |
| SET 1, (HL) | CB, CE | 203, 206 | SET 5, (HL) | CB, EE | 203, 238 |
| SET 1, (IX+d) | DD, CB, d, CE | 221, 203, d, 206 | SET 5, (IX+d) | DD, CB, d, EE | 221, 203, d, 238 |
| SET 1, (IY+d) | FD, CB, d, CE | 253, 203, d, 206 | SET 5, (IY+d) | FD, CB, d, EE | 253, 203, d, 238 |
| SET 2, A | CB, D7 | 203, 215 | SET 6, A | CB, F7 | 203, 247 |
| SET 2, B | CB, D0 | 203, 208 | SET 6, B | CB, F0 | 203, 240 |
| SET 2, C | CB, D1 | 203, 209 | SET 6, C | CB, F1 | 203, 241 |
| SET 2, D | CB, D2 | 203, 210 | SET 6, D | CB, F2 | 203, 242 |
| SET 2, E | CB, D3 | 203, 211 | SET 6, E | CB, F3 | 203, 243 |
| SET 2, H | CB, D4 | 203, 212 | SET 6, H | CB, F4 | 203, 244 |
| SET 2, L | CB, D5 | 203, 213 | SET 6, L | CB, F5 | 203, 245 |
| SET 2, (HL) | CB, D6 | 203, 214 | SET 6, (HL) | CB, F6 | 203, 246 |
| SET 2, (IX+d) | DD, CB, d, D6 | 221, 203, d, 214 | SET 6, (IX+d) | DD, CB, d, F6 | 221, 203, d, 246 |
| SET 2, (IY+d) | FD, CB, d, D6 | 253, 203, d, 214 | SET 6, (IY+d) | FD, CB, d, F6 | 253, 203, d, 246 |
| SET 3, A | CB, DF | 203, 223 | SET 7, A | CB, FF | 203, 255 |
| SET 3, B | CB, D8 | 203, 216 | SET 7, B | CB, F8 | 203, 248 |
| SET 3, C | CB, D9 | 203, 217 | SET 7, C | CB, F9 | 203, 249 |
| SET 3, D | CB, DA | 203, 218 | SET 7, D | CB, FA | 203, 250 |
| SET 3, E | CB, DB | 203, 219 | SET 7, E | CB, FB | 203, 251 |
| SET 3, H | CB, DC | 203, 220 | SET 7, H | CB, FC | 203, 252 |
| SET 3, L | CB, DD | 203, 221 | SET 7, L | CB, FD | 203, 253 |
| SET 3, (HL) | CB, DE | 203, 222 | SET 7, (HL) | CB, FE | 203, 254 |
| SET 3, (IX+d) | DD, CB, d, DE | 221, 203, d, 222 | SET 7, (IX+d) | DD, CB, d, FE | 221, 203, d, 254 |
| SET 3, (IY+d) | FD, CB, d, DE | 253, 203, d, 222 | SET 7, (IY+d) | FD, CB, d, FE | 253, 203, d, 254 |

Fig. 10-2. Tabla de codificación para las instrucciones de puesta a «1» de bits.

INSTRUCCIONES DE PUESTA A "0" (I)

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------------|
| RES 0,A | CB,87 | 203,135 |
| RES 0,B | CB,80 | 203,128 |
| RES 0,C | CB,81 | 203,129 |
| RES 0,D | CB,82 | 203,130 |
| RES 0,E | CB,83 | 203,131 |
| RES 0,H | CB,84 | 203,132 |
| RES 0,L | CB,85 | 203,133 |
| RES 0,(HL) | CB,86 | 203,134 |
| RES 0,(IX+d) | DD,CB,d,86 | 221,203,d,134 |
| RES 0,(IY+d) | FD,CB,d,86 | 253,203,d,134 |
| RES 1,A | CB,8F | 203,143 |
| RES 1,B | CB,88 | 203,136 |
| RES 1,C | CB,89 | 203,137 |
| RES 1,D | CB,8A | 203,138 |
| RES 1,E | CB,8B | 203,139 |
| RES 1,H | CB,8C | 203,140 |
| RES 1,L | CB,8D | 203,141 |
| RES 1,(HL) | CB,8E | 203,142 |
| RES 1,(IX+d) | DD,CB,d,8E | 221,203,d,142 |
| RES 1,(IY+d) | FD,CB,d,8E | 253,203,d,142 |
| RES 2,A | CB,97 | 203,151 |
| RES 2,B | CB,90 | 203,144 |
| RES 2,C | CB,91 | 203,145 |
| RES 2,D | CB,92 | 203,146 |
| RES 2,E | CB,93 | 203,147 |
| RES 2,H | CB,94 | 203,148 |
| RES 2,L | CB,95 | 203,149 |
| RES 2,(HL) | CB,96 | 203,150 |
| RES 2,(IX+d) | DD,CB,d,96 | 221,203,d,150 |
| RES 2,(IY+d) | FD,CB,d,96 | 253,203,d,150 |
| RES 3,A | CB,9F | 203,159 |
| RES 3,B | CB,98 | 203,152 |
| RES 3,C | CB,99 | 203,153 |
| RES 3,D | CB,9A | 203,154 |
| RES 3,E | CB,9B | 203,155 |
| RES 3,H | CB,9C | 203,156 |
| RES 3,L | CB,9D | 203,157 |
| RES 3,(HL) | CB,9E | 203,158 |
| RES 3,(IX+d) | DD,CB,d,9E | 221,203,d,158 |
| RES 3,(IY+d) | FD,CB,d,9E | 253,203,d,158 |

INSTRUCCIONES DE PUESTA A "0" (II)

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------------|
| RES 4,A | CB,A7 | 203,167 |
| RES 4,B | CB,A0 | 203,160 |
| RES 4,C | CB,A1 | 203,161 |
| RES 4,D | CB,A2 | 203,162 |
| RES 4,E | CB,A3 | 203,163 |
| RES 4,H | CB,A4 | 203,164 |
| RES 4,L | CB,A5 | 203,165 |
| RES 4,(HL) | CB,A6 | 203,166 |
| RES 4,(IX+d) | DD,CB,d,A6 | 221,203,d,166 |
| RES 4,(IY+d) | FD,CB,d,A6 | 253,203,d,166 |
| RES 5,A | CB,AF | 203,175 |
| RES 5,B | CB,A8 | 203,168 |
| RES 5,C | CB,A9 | 203,169 |
| RES 5,D | CB,AA | 203,170 |
| RES 5,E | CB,AB | 203,171 |
| RES 5,H | CB,AC | 203,172 |
| RES 5,L | CB,AD | 203,173 |
| RES 5,(HL) | CB,AE | 203,174 |
| RES 5,(IX+d) | DD,CB,d,AE | 221,203,d,174 |
| RES 5,(IY+d) | FD,CB,d,AE | 253,203,d,174 |
| RES 6,A | CB,B7 | 203,183 |
| RES 6,B | CB,B0 | 203,176 |
| RES 6,C | CB,B1 | 203,177 |
| RES 6,D | CB,B2 | 203,178 |
| RES 6,E | CB,B3 | 203,179 |
| RES 6,H | CB,B4 | 203,180 |
| RES 6,L | CB,B5 | 203,181 |
| RES 6,(HL) | CB,B6 | 203,182 |
| RES 6,(IX+d) | DD,CB,d,B6 | 221,203,d,182 |
| RES 6,(IY+d) | FD,CB,d,B6 | 253,203,d,182 |
| RES 7,A | CB,BF | 203,191 |
| RES 7,B | CB,B8 | 203,184 |
| RES 7,C | CB,B9 | 203,185 |
| RES 7,D | CB,BA | 203,186 |
| RES 7,E | CB,BB | 203,187 |
| RES 7,H | CB,BC | 203,188 |
| RES 7,L | CB,BD | 203,189 |
| RES 7,(HL) | CB,BE | 203,190 |
| RES 7,(IX+d) | DD,CB,d,BE | 221,203,d,190 |
| RES 7,(IY+d) | FD,CB,d,BE | 253,203,d,190 |

Fig. 10-3. Tabla de codificación para las instrucciones de puesta a «0» de bits.

INSTRUCCIONES DE MANIPULACION DE BITS

ejemplo en un programa que establezca un diálogo con el usuario, podría definirse un flag que indique el sexo de éste, en un momento que el programa pregunte si es hombre o mujer se activaría o no el flag en función de la respuesta; a partir de este momento siempre que el programa se dirija personalmente al usuario consultará el flag y empleará el género masculino o femenino según corresponda.

En esta misma línea el programa monitor del SPEC-TRUM, activa un flag cuando se presiona por primera vez la tecla CAPS LOCK, por lo tanto al ir a poner una letra consulta el flag y como está activo la pone mayúscula; al presionar una segunda vez la tecla CAPS LOCK se borrará el flag. Es decir, lo que en última instancia decide si las letras son mayúsculas o minúsculas es un flag.

Un uso más amplio sería el de indicar los atributos de cualquier dato que se tenga almacenado. Por ejemplo, en un registro de un fichero de libros podríamos indicar con flags: si es bueno o malo, si lo hemos leído o no, su género literario, etc.

Otro uso, al cual podemos denominar dinámico, sería un flag que cambia en base a una condición variable. Por ejemplo, en un programa de juego, después que el jugador ha fallado varias veces seguidas se puede activar un flag, al tenerlo activo y por las consultas correspondientes el juego baja automáticamente el nivel; una vez realizados varios aciertos seguidos desactiva el flag y por tanto subiría el nivel.

| NEMONICO | INDICADORES | | | | | | | | No. DE BYTES | CICLOS | |
|---------------|-------------|---|---|---|---|-----|---|---|--------------|--------|------|
| | S | Z | x | H | x | P/V | N | C | | MEM. | REL. |
| BIT b,r | x | ∅ | x | 1 | x | x | ∅ | . | 2 | 2 | 8 |
| BIT b, (HL) | x | ∅ | x | 1 | x | x | ∅ | . | 2 | 3 | 12 |
| BIT b, (IX+d) | x | ∅ | x | 1 | x | x | ∅ | . | 4 | 5 | 20 |
| BIT b, (IY+d) | x | ∅ | x | 1 | x | x | ∅ | . | 4 | 5 | 20 |
| SET b,r | . | . | x | . | x | . | . | . | 2 | 2 | 8 |
| SET b, (HL) | . | . | x | . | x | . | . | . | 2 | 4 | 15 |
| SET b, (IX+d) | . | . | x | . | x | . | . | . | 4 | 6 | 23 |
| SET b, (IY+d) | . | . | x | . | x | . | . | . | 4 | 6 | 23 |
| RES b,r | . | . | x | . | x | . | . | . | 2 | 2 | 8 |
| RES b, (HL) | . | . | x | . | x | . | . | . | 2 | 4 | 15 |
| RES b, (IX+d) | . | . | x | . | x | . | . | . | 4 | 6 | 23 |
| RES b, (IY+d) | . | . | x | . | x | . | . | . | 4 | 6 | 23 |

NOTAS:

- Los signos tienen el siguiente significado:
 - "∅": El indicador cambia de valor de acuerdo con el resultado de la instrucción.
 - "x": El bit adquiere un estado indeterminado.
 - ".": El indicador no es afectado por la instrucción y conserva su anterior contenido.
 - "∅": El indicador se pone siempre a "cero".
 - "1": El indicador se pone siempre a "uno".
- La letra "r" indica cualquiera de los registros: "A", "B", "C", "D", "E", "H" ó "L".

Fig. 10-4. Tabla resumida de indicadores y ciclos para las instrucciones de manipulación de bits.

UTILIZACION DE LOS FLAGS

Un flag podría ser utilizado en cualquier campo, un octeto, varios octetos o un bit. Dada la condición binaria del flag y la facilidad que tiene el micro-procesador Z-80 de manejar bits de forma independiente, parece lo más aconse-

jable usar el bit como flag.

Una vez decidido que el bit «b» del octeto «o» indica la condición «c», nos limitaremos a utilizar la instrucción SET cuando lo queramos activar, la instrucción RES cuando lo queramos desactivar y la instrucción BIT asociada con un salto condicional del indicador «Z» cuando queramos analizar su estado. Esta

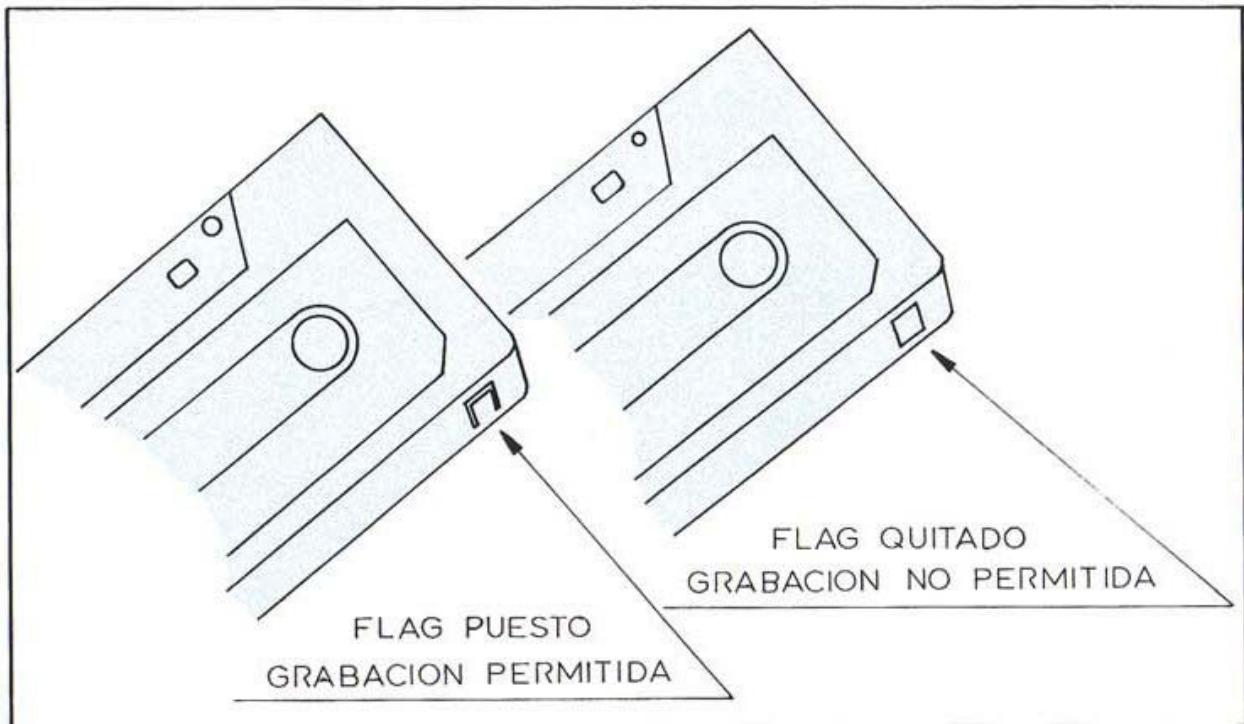


Fig. 10-5. Un ejemplo de «Flag» en la vida real.

sería la forma más inmediata y sencilla de utilizar un flag, tanto de manera estática como dinámica.

El uso de flags como atributos puede realizarse de formas más diversas. Para verlo lo ilustraremos siguiendo un ejemplo.

Supongamos que tenemos un fichero de libros en el que cada registro o ficha tiene el siguiente formato y contenido.

TITULO: 30 octetos

AUTOR: 30 octetos

TEMA: 1 octeto

- bit 7 = 1 novela
- bit 6 = 1 ensayo
- bit 5 = 1 ciencia
- bit 4 = 1 historia
- bit 3 = 1 cuento
- bit 2 = 1 poesía
- bit 1 = 1 teatro
- bit 0 = 1 otros

ATRIBUTOS: 1 octeto

- bit 7 = 1 bueno
- bit 6 = 1 interesante
- bit 5 = 1 malo
- bit 4 = 1 leído
- bit 3 = 1 para entendidos
- bit 2 = 1 para mayores
- bit 1 = 1 en inglés
- bit 0 = 1 en francés

EDITORIAL: 15 octetos

FECHA: 1 octeto

MES: 1 octeto

AÑO: 1 octeto

Podría ponerse mucha más información, pero para lo que nos ocupa nos dedicaremos principalmente a los octetos denominados TEMA y ATRIBUTOS.

En el momento que estamos creando el fichero con los libros que se tienen o cada vez que se incluye un nuevo libro, se irán llenando los campos y activando los bits del octeto TEMA y ATRIBU-

TOS, algunos de los atributos se llenarán después de haber leído el libro. Toda esta información, que ocupa tan poco espacio, se actualizaría con las instrucciones SET dado que el estado inicial es cero.

Supongamos que queremos ahora localizar una novela que no hayamos leído. El problema se limitaría a ir buscando con la instrucción BIT en el octeto TEMA de cada libro, si el bit 7 está activo. Cada vez que localicemos uno, miraremos con la misma instrucción el bit 4 del octeto ATRIBUTOS de ese libro; una vez localizado uno que no esté activo sacaremos a pantalla el TITULO y AUTOR. Para localizar este libro sólo hemos utilizado la instrucción BIT de manipulación de bits.

Una nueva utilización sería el caso de que un amigo nos pide un libro prestado y nos pone las siguientes condiciones: que trate sobre ciencia, de la cual sabe poco y le gus-

taría que estuviera escrito en inglés, por otra parte nosotros preferimos dejarle uno que ya hayamos leído. Para localizar los libros de ciencia emplearíamos el mismo método que en el ejemplo anterior, pero éste resultaría engorroso para analizar el octeto de ATRIBUTOS. Un método bueno sería preparar un octeto con los bits que queremos analizar activos y hacer una operación lógica AND con el octeto ATRIBUTOS. Este octeto con los bits activos se llama «máscara». Para nuestro ejemplo la máscara sería la siguiente:

```
1 0 0 1 1 0 1 0
```

con la que analizaremos los atributos BUENO, LEIDO, PARA ENTENDIDOS y EN INGLES; pero como nuestro amigo no tiene mucha idea del tema tendremos que descartar todos los que tengan el atributo PARA ENTENDIDOS, esto se puede solucionar comparando el resultado de la instrucción AND con el valor:

```
1 0 0 1 0 0 1 0
```

con lo que sólo nos quedaríamos con los libros de CIENCIA, que son BUENOS, BASICOS, en INGLES y LEIDOS.

Resumiendo la secuencia de instrucciones sería:

Primero: BIT para localizar los libros de tema CIENCIA.

Segundo: una vez localizado uno, aplicar al octeto ATRIBUTOS un operador AND con una máscara que tenga unos en los flags que queremos analizar.

Tercero: aplicar al resultado una resta (CP) con los va-

lores de los flags que queremos que estén activos.

Cuarto: cuando esta instrucción nos dé como resultado cero, sacar a la pantalla el TITULO Y AUTOR pues ya hemos localizado un libro.

Los flags en informática están por todas partes. Dentro de las variables del Sistema en el Spectrum existen tres octetos con diferentes flags para control del programa monitor éstos son: «FLAGS», «TV-FLAG» y «FLAGS2». También los indicadores de condición son flags con un uso dinámico.

Como habrá comprendido el lector, la utilización de flags es ilimitada. Es muy recomendable utilizarlos al máximo pues es una información que ocupa muy poca memoria y su acceso resulta sencillo. Ya señalamos al principio de este curso que la primera aplicación del microprocesador Z-80 fue industrial, seguramente éste es el motivo por el cual trae incorporadas estas instrucciones de manipulación de bits y no trae otras más usuales como son la multiplicación, división o desplazamientos de más de un bit. En cualquier caso, la obligación de toda persona que pretende hacer un programa es usar al máximo la potencia del procesador y ahorrar la memoria del ordenador que éste está empleando.

Ejemplos

En el Prólogo de este curso (número 52 de MICRO-HOBBY), publicamos una rutina de ejemplo que servía para mover la pantalla a izquierda y derecha, pixel a pixel. La única finalidad de esa rutina era mostrar al lector lo que se

podía conseguir empleando el Código Máquina. En ese momento, no se explicó su funcionamiento dado que, se supone, que el lector carecía del conocimiento necesario de Código Máquina para comprenderlo. Ahora, por fin, ha llegado el momento de explicar esta rutina y desarrollar otra que permita hacer lo mismo, pero en el sentido vertical, como ya prometíamos en el Prólogo.

Empezaremos por explicar la rutina de «SCROLL» lateral. Suponemos que casi todos los lectores teclearían el programa que manejaba esta rutina y se quedarían impacientes esperando la prometida rutina de «SCROLL» vertical. Posiblemente, algunos ya hayan intentado profundizar en su funcionamiento. Todas las instrucciones que se utilizan han sido vistas ya; sólo faltaban por ver las de las líneas 170 y 340 (SET 0, (IX + 32) y SET 7, (IX - 32) respectivamente), precisamente, las que hemos visto en este capítulo.

Suponemos que las rutinas no existen y empezaremos por el principio, es decir, por plantearnos el problema a resolver: Se trata de desplazar toda la pantalla un pixel a la derecha, teniendo en cuenta que los bits que se escapan por la derecha de cada scan deberán entrar por la izquierda del mismo, para conseguir el efecto de una pantalla circular. La solución más sencilla consiste en ir desplazando, uno a uno, los 192 scans que componen la pantalla empezando por el primero y acabando por el último.

Para cada scan, utilizaremos un bucle de 32 iteraciones en el que entraremos con «HL» apuntando al primer oc-

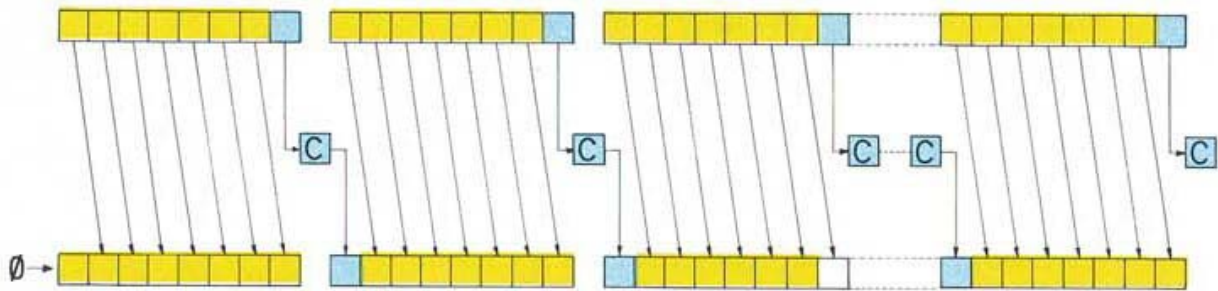


Fig. 10-6. Rotación encadenada de octetos.

teto del scan; este bucle utiliza la instrucción «RR (HL)» para ir rotando cada octeto del scan; recuerde que, con esta instrucción, el bit de la derecha de cada octeto pasa al indicador de acarreo y el anterior contenido de este indicador pasa al bit de la izquierda del octeto, de esta forma, encadenamos las rotaciones de los 32 octetos (ver Figura 10-6).

Al final del bucle, los 32 octetos del scan habrán rotado como si de uno solo se tratase y tendremos, en el indicador de acarreo, el contenido del bit 0 del último octeto. Si este bit es «1», tendremos que poner a «1» el bit 7 del primer octeto del scan. Para que no nos entre «morralla» por el lado izquierdo del scan, nos aseguraremos que el indicador de acarreo está a «0» antes de entrar el bucle.

Este bucle que hemos explicado («BUC-3») se encuentra dentro de otro («BUC-4») que se repite 192 veces para los 192 scans. Vayamos viendo el listado de la rutina para rotar a la derecha. La numeración de las líneas es la misma que la del programa fuente del Prólogo:

```
=====
240      LD    HL,16384
```

```
250      LD    C,192
-----
260 BUC_4 LD    B,32
270      AND  A
-----
280 BUC_3 RR   (HL)
290      INC  HL
300      DJNZ BUC_3
310      JR   NC,NOCA_2
-----
320      LD   (VAR),HL
330      LD   IX,(VAR)
340      SET  7,(IX-32)
-----
350 NOCA_2 DEC  C
360      JR   NZ,BUC_4
370      RET
380 VAR   EQU 23728
=====
```

Hemos separado el listado en 5 bloques para estudiarlo mejor. El primer bloque está compuesto por las líneas 240 y 250; la primera inicializa el valor del puntero «HL» al primer octeto de la pantalla y la segunda fija el número de iteraciones que tendrá el bucle «BUC-4».

En el segundo bloque, se fija el número de iteraciones del bucle «BUC-3» y se pone a «0» el indicador de acarreo. El tercer bloque contiene el

bucle que rota a la derecha un scan completo de la forma que se ve en la Figura 10-6. En la línea 310 comprobamos si el bit que ha pasado al indicador de acarreo es cero, si es así, saltamos a «NOCA-2», si no, transferimos a «IX» porque la instrucción «SET 7, (HL-32)» no existe; por otro lado, la transferencia de «HL» a «IX» no podemos hacerla de forma directa, ya que no disponemos de una instrucción como «LD IX,HL» por lo que tenemos que recurrir al empleo de una variable intermedia que hemos denominado «VAR» y está situada en 23728 que es una dirección de las variables del Sistema que éste no utiliza. El último bloque cierra el bucle «BUC-4» y retorna cuando éste ya se ha ejecutado 192 veces.

En algunas aplicaciones, puede interesar que la parte de pantalla que va desapareciendo por la derecha, no aparezca por la izquierda, sino que se pierda definitivamente, en ese caso, bastará con suprimir las líneas 310, 320, 330 y 340. Aunque sería más elegante utilizar un «flag» de forma que, cuando el flag estuviera a «1», la pantalla rotase en forma esférica y cuando estuviese a «0», se perdiese lo que se escapara por un lado. Supongamos que el flag

fuera del bit 0 del registro «E»; podríamos añadir, entre la línea 300 y la 310, las siguientes instrucciones:

```
304      BIT  0,E
306      JR   Z,NOCA_2
```

Antes de entrar en la rutina, deberíamos fijar el flag a «0» o «1» en función de qué tipo de scroll necesitemos; «SET 1,E» si queremos «scroll esférico» o «RES 1,E» si queremos «scroll lineal».

Una vez visto el scroll a derecha, para hacer la rutina que lo realice a izquierda no tenemos más que copiar ésta cambiando algunas instrucciones:

```
70      LD   HL,22527
80      LD   C,192
90 BUC_2 LD   B,32
100     AND  A
110 BUC_1 RL  (HL)
120     DEC  HL
130     DJNZ BUC_1
140     JR   NC,NOCA_1
150     LD   (VAR),HL
160     LD   IX,(VAR)
170     SET  0,(IX+32)
180 NOCA_1 DEC  C
190     JR   NZ,BUC_2
200     RET
```

En la línea 70 inicializamos el puntero a la última dirección de pantalla, ya que este scroll lo vamos a hacer de abajo a arriba. En la 110 rotamos a la izquierda en lugar de hacerlo a la derecha. En 120 decrementamos en vez de in-

crementar igual que en 180. Finalmente, en la línea 170, el bit que ponemos a «1» es el último del scan en lugar de el primero. Por lo demás, la rutina es igual que la anterior y sólo se diferencia en las etiquetas.

De nuevo, si no queremos «scroll esférico», podemos eliminar las líneas 140, 150, 160 y 170 o insertar las siguientes:

```
134     BIT  0,E
136     JR   Z,NOCA_1
```

Para controlarlo mediante el mismo flag que en la rutina anterior. Aunque nada impide utilizar flags distintos para cada rutina con lo que podríamos hacer girar la pantalla de forma «esférica» en un sentido y de forma «lineal» en otro.

Como se ve, las posibilidades de utilización de estas rutinas sólo están limitadas por la imaginación del usuario. En cualquier caso, es importante escribir las rutinas que han de formar parte de una biblioteca, de forma que sean fácilmente modificables para adaptarlas a cada uso concreto que se les quiera dar.

Tal vez a algún lector le interese saber cómo puede adaptar estas rutinas para que realicen el «scroll» de sólo un tercio de la pantalla. La adaptación no es difícil, y hemos preferido incluirla como uno de los ejercicios de este capítulo. Le recomendamos, por tanto, que intente resolverlo por sí mismo antes de mirar la solución.

El ensamblado de estas rutinas no presenta ningún problema. Le recomendamos que lo haga en hexadecimal y lo coloque en el formato del «CARGADOR UNIVERSAL» (10 octetos por línea con suma de comprobación al final). Si lo hace así, puede comprobar el resultado en las líneas 310 a 360 del programa Basic que las maneja y que publicamos en este capítulo con el título de «SCROLL TOTAL».

Vamos ahora con el scroll vertical. El planteamiento es el mismo de antes: tenemos que subir la pantalla un scan hacia arriba de forma que el primer scan pase a ser el último, el segundo pase al primero, el tercero al segundo y así sucesivamente. El sistema consiste en coger el primer scan, almacenarlo en otro lugar de la memoria (por ejemplo, el buffer de impresora), entrar en un bucle que, a partir del segundo scan, transfiera cada uno al anterior y, finalmente, deberemos recuperar el scan que guardamos en otra zona de memoria y transferirlo al lugar del último (esto, sólo si queremos que el scroll se realice de forma «esférica»). La solución sería muy sencilla si las direcciones de scans consecutivos fueran también consecutivos; por desgracia, esto no es así.

Lo primero que necesitamos es una rutina que nos dé la dirección del scan siguiente a uno dado. Para poder utilizar esta rutina en otros programas, podemos hacerla de forma que no nos de siempre la primera dirección del scan, sino la del octeto que se encuentra inmediatamente debajo de aquél de cuya dirección partimos. Lamentable-

mente, no existe un algoritmo de cálculo que sea válido para toda la pantalla (al menos, nosotros no lo hemos encontrado, pero si algún lector lo encuentra, no deje de comunicárnoslo).

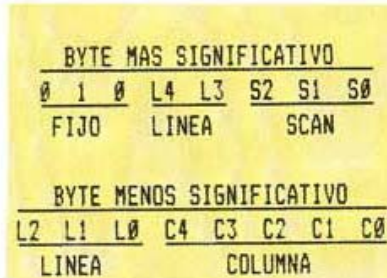
La solución que nosotros proponemos para este problema, no tiene por qué ser, necesariamente, la única ni siquiera la mejor (en informática, como en casi todos los aspectos de la vida, no existen verdades absolutas), pero al menos, funciona de forma bastante aceptable y permite adaptarla para otros usos.

De momento, imaginemos que numeramos los scans de «0» a «191»; el primer scan de la pantalla, empezando por arriba, sería el scan «0» y el último sería el scan «191». Ahora, el problema se reduce a escribir dos rutinas; una que nos sintetice el número de scan a partir de una dirección dada y la otra, que nos sintetice una dirección a partir del número de scan. Por supuesto, esta segunda rutina no deberá afectar a los bits de la dirección que definen el número de columna, para poder cumplir el requisito de que funcione con un octeto perteneciente a cualquier columna de la pantalla.

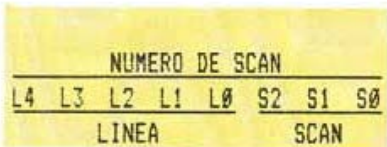
Una vez que consigamos tener el número de scan, podemos incrementarlo para pasar al scan siguiente o decrementarlo para pasar al anterior. Aún podemos sacar más partido de este procedimiento: si, al decrementar el número de scan, éste pasase de valer «0» a valer «255» o si, al incrementarlo, pasase de valer «191» a valer «192», la nueva dirección obtenida caería fuera del archivo de pantalla, por lo que sería errónea y nos in-

dicaría que la dirección de partida pertenecía al primer o último scan respectivamente.

Recordemos, del capítulo anterior, el formato de una dirección de pantalla:



Para obtener el número de scan a partir de aquí, no tendremos más que colocar los bits que definen la línea y el scan, en el orden adecuado:



Supongamos que tenemos la dirección de pantalla en el registro «HL» y queremos formar el número de scan en el registro «A». Transportaremos los bits como se muestra en la Figura 10-7. La rutina para hacerlo, podría ser la siguiente:

```

140 SIG_1 LD A,H
150 AND #07
160 LD B,A
170 LD A,H
180 AND #18
190 SLA A
200 SLA A
210 SLA A
220 OR B
230 LD B,A
240 LD A,L

```

```

250 AND #E0
260 SRL A
270 SRL A
280 OR B

```

Operamos con el registro «A» y utilizamos el «B» como almacenamiento temporal. Vamos a ir viendo el funcionamiento línea a línea:

- 140: Cargamos, en «A», el byte más significativo de la dirección.
- 150: Seleccionamos, sólo, los tres bits de la derecha, es decir, los que nos definen el número de scan dentro de la línea. Los restantes bits quedan a «0».
- 160: Transferimos el resultado al registro «B».
- 170: De nuevo, cargamos, en «A», el byte alto de la dirección.
- 180: Esta vez aislamos los bits 3 y 4 que definen a qué tercio de pantalla corresponde la dirección.
- 190: En esta línea y las dos siguientes rotamos estos dos bits a la izquierda tres posiciones.
- 220: Los mezclamos con los tres que habíamos almacenado anteriormente en «B».
- 230: Y volvemos a transferir el resultado a «B».
- 240: Ahora, cargamos en «A» el byte inferior de la dirección.
- 250: Aislamos los tres bits de más peso que nos indican el número de línea dentro de un tercio determinado.
- 260: En esta línea y la siguiente, los rotamos dos veces a la derecha para que encajen en los

dos huecos que nos quedan libres.

280: Finalmente, los mezclamos con lo que teníamos en «B».

A la salida de la rutina, tendremos en «A» el número de scan, comprendido entre «0» y «191». El proceso se entiende perfectamente si se va mirando la Figura 10-7 al mismo tiempo.

Vamos ahora con la segunda rutina, en este caso, tendremos que sintetizar, en «HL», la dirección correspondiente a un scan dado. Escribiremos la rutina de forma que no se alteren los cinco bits inferiores de «L» ya que son los que definen el número de columna. Suponemos que el número de scan se encuentra en el registro «A»; aunque de nuevo, utilizaremos el «B» como almacenamiento temporal:

```

380 816_2 LD B,A
390      LD H,#40
400      AND #07
410      OR H
420      LD H,A
430      LD A,B
440      AND #D0
450      SRL A

```

```

460      SRL A
470      SRL A
480      OR H
490      LD H,A
500      LD A,L
510      AND #1F
520      LD L,A
530      LD A,B
540      AND #38
550      SLA A
560      SLA A
570      OR L
580      LD L,A

```

De la misma forma que antes, vamos a explicar, línea a línea, el funcionamiento de esta rutina:

380: Guardamos en «B» el contenido de «A» para que no sea destruido al operar.
390: Cargamos 40h en «H» para poner el bit 6 a «1» y los restantes a «0» (recuerde que 40h = 01000000b).
400: Aislamos los tres bits de menos peso de «A».
410: Los mezclamos con el contenido de «H».
420: Y almacenamos el resultado en «H».

430: Ahora, volvemos a recuperar el número de scan desde «B».

440: Esta vez, aislamos los dos bits de más peso con la máscara C0h (observe el frecuente uso que hacemos de las máscaras en estas rutinas).

450: En esta línea y las dos siguientes, rotamos estos dos bits, tres lugares a la derecha.

480: Los mezclamos con el contenido de «H».

490: Y almacenamos el resultado en «H». Ya tenemos completo el byte alto de nuestra dirección.

500: Cargamos en «A» el byte bajo.

510: Borrados los tres bits superiores, dejando los cinco inferiores inalterados.

520: Reponemos el contenido de «L». Ahora, «L» sólo contiene los cinco bits que definen la columna.

530: Recuperamos el número de scan desde «B».

540: Ahora, aislamos los bits 3, 4 y 5.

550: En esta línea y la si-

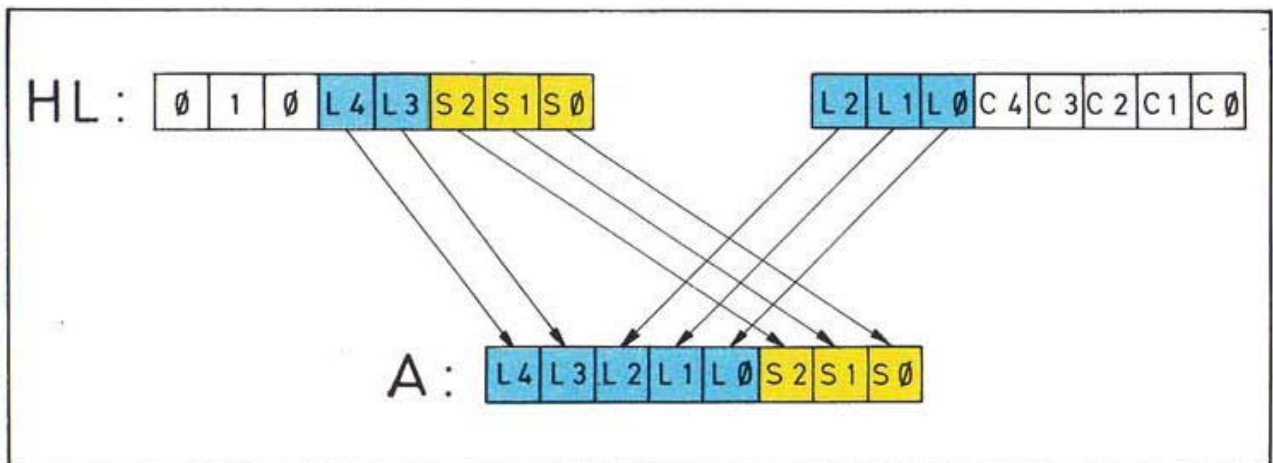


Fig. 10-7. Síntesis del número de scan a partir de la dirección de la pantalla.

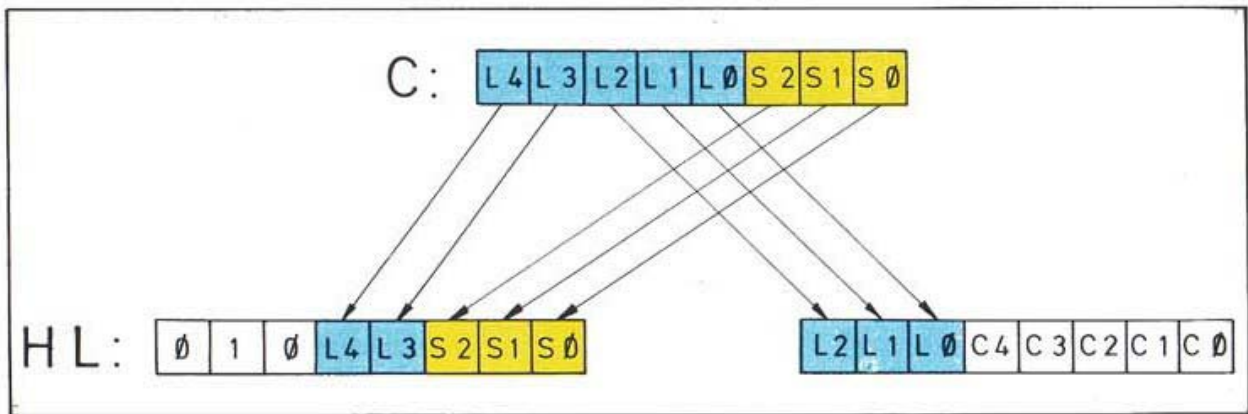


Fig. 10.8. Síntesis de la dirección de pantalla a partir del número de scan.

guiente, los rotamos dos lugares a la izquierda.

570: Los mezclamos con el contenido de «L».

580: Y finalmente, almacenamos el resultado en «L» con lo que queda completo el byte bajo de la dirección.

De nuevo, el procedimiento se entiende mejor consultando la Figura 10-8. A la salida de la rutina, tendremos en «HL» una dirección de pantalla correspondiente al scan cuyo número estaba en «A» y a la misma columna que definían los cinco bits inferiores de «L». Como detalle adicional, todavía tendremos en «B» el número de scan por si pudiera ser útil.

Ya tenemos las dos rutinas que necesitábamos, la primera que llama «SIG-1» y la segunda «SIG-2». Volvamos al problema inicial; se trataba de hallar la dirección del scan siguiente o del anterior a una dirección dada. Para hallar el scan siguiente, primero utilizamos «SIG-1», luego incrementamos el número de scan y finalmente, utilizamos «SIG-2». En el caso de tener que hallar la dirección del scan anterior, utilizamos el mismo procedimiento salvo

que decrementamos el número de scan en lugar de incrementarlo. En ambos casos, deberemos escribir las rutinas de forma que salgan con el indicador de acarreo a «1» si la dirección es correcta, y a «0» si cae fuera de la pantalla.

En los dos casos, tendremos que utilizar las rutinas «SIG-1» y «SIG-2» por lo que no parece muy adecuado escribir dos rutinas, una para hallar el scan siguiente y otra para el anterior. Lo mejor es escribir una sola rutina que nos dé la dirección del scan siguiente o del anterior en función del contenido de un flag. Utilizaremos el bit 0 del registro «C» como flag, la rutina tendrá tres puntos de entrada: Si entramos por «SIG», nos dará la dirección del octeto del scan siguiente a aquél cuya dirección contenga «HL». Si entramos por «ANT», nos dará la dirección del octeto del scan anterior. Finalmente, podremos entrar por «SIG-1» habiendo fijado, previamente, el bit 0 de «C» a «1» si queremos la dirección siguiente, o a «0» si queremos la anterior. Estas serían las líneas que habría que añadir a «SIG-1» y «SIG-2» para tener la rutina completa:

```

110 SIG SET 0,C
120     JR SIG_1
130 ANT RES 0,C
=====
140 SIG_1 .....
...     .....
=====
290     BIT 0,C
300     JR Z,ANT_1
310     INC A
320     CP #C0
330     PUSH AF
340     JR SIG_2
350 ANT_1 SUB 1
360     CCF
370     PUSH AF
=====
380 SIG_2 .....
...     .....
=====
590     POP AF
600     RET

```

Vamos a explicar la rutina línea a línea:

- 110: Ponemos a «1» el flag para que la dirección que hallemos sea la del scan siguiente.
- 120: Saltamos a «SIG-1» (línea 140).
- 130: Ponemos a «0» el flag para que la dirección

sea, esta vez, la correspondiente al scan anterior.

- 140 a 280: RUTINA «SIG-1».
- 290: Comprobamos el flag.
- 300: Si es «0», saltamos a «ANT-1» (línea 350).
- 310: Incrementamos el número de scan.
- 320: Lo comparamos con 192 para poner a «1» el acarreo sólo si es menor.
- 330: Guardamos el estado actual de los indicadores (el único que nos interesa es el de acarreo).
- 340: Saltamos a «SIG-2» (línea 380).
- 350: Decrementamos el número de scan. Utilizamos «SUB 1» en lugar de «DEC a» ya que esta última no afecta al indicador de acarreo.
- 360: Complementamos el indicador de acarreo para que sólo valga «1» si la dirección es correcta.
- 370: Guardamos el estado de los indicadores.
- 380 a 580: RUTINA «SIG-2».
- 590: Recuperamos los indicadores para recuperar el de acarreo.
- 600: Retornamos.

A la salida de esta rutina, tendremos en «HL» la nueva dirección que podremos considerar correcta si el indicador de acarreo se encuentra a «1»; en caso contrario, sabremos que nos hemos salido de la pantalla. También, tendremos en «A» el número de scan que, de momento, no vamos a utilizar pero que alguna vez puede resultarnos útil.

De nuevo, le recomendamos que ensamble la rutina en hexadecimal y utilice el formato del «CARGADOR

UNIVERSAL». Deberá quedarle algo así:

```

1 C8C11802CB817CE60747 1186
2 7CE618CB27CB27CB27B0 1280
3 477DE6E0CB3FCB3FB0CB 1561
4 4128063CFEC0F51804D6 1104
5 013FF5472640E607B467 1002
6 78E6C0CB3FCB3FCB3FB4 1520
7 677DE61F6F78E638CB27 1248
8 CB27B56FF1C900000000 976
  
```

En la Figura 10-9 puede ver el listado completo de esta rutina. La hemos ensamblado a partir de 60500 pero es perfectamente reubicable.

Ahora que podemos calcular la dirección de cada scan, estamos en disposición de preparar las rutinas de scroll vertical. A diferencia con el horizontal, esta vez utilizaremos una sola rutina que será capaz de realizar tanto el scroll ascendente como el descendente, en función del estado de un flag. De nuevo, utilizaremos como flag el bit 0 del registro «C», que deberá estar a «1» para un scroll ascendente y a «0» para uno descendente.

La rutina tendrá dos puntos de entrada: por «SCR-3» realizará un scroll ascendente de un pixel y por «SCR-4» lo hará descendente. Un punto de entrada alternativo sería por «SCR» donde habría que entrar con el flag a «1» y «HL» conteniendo el número 16384 para un scroll ascendente, o bien, con el flag a «0» y «HL» conteniendo 22496 para un scroll descendente.

El procedimiento a seguir consta de tres fases: Primero, transferimos el primer scan o el último (según se trate de

scroll ascendente o descendente) al buffer de impresora (dirección 23296); después, entramos en un bucle que va copiando cada scan en el anterior (o posterior) y, finalmente, recuperamos el scan del buffer de impresora y lo colocamos en el último scan (o en el primero).

Como es lógico, el scroll ascendente se realiza de arriba a abajo y el descendente de abajo a arriba, por eso, en el primer caso «HL» debe contener 16384 que es la dirección del primer octeto del primer scan y, en el segundo caso, debe contener 22496 que es la dirección del primer octeto del último scan.

Esta rutina, contendrá parte de la del ejemplo anterior, concretamente, a partir de «SIG-1» y hasta el final excepto el «RET», es decir, desde la línea 140 a la 590 del ejemplo anterior que, esta vez, estarán numeradas desde 250 a 700. La rutina se denomina «SCROLL-VERTICAL» y su listado es el siguiente:

```

100          ORG 55060
110 SCR_3    SET 0,C
120          LD  HL,16384
130          JR  SCR
140 SCR_4    RES 0,C
150          LD  HL,22496
160 SCR      PUSH HL
170          LD  DE,23296
180          PUSH BC
190          LD  BC,32
200          LDIR
210          POP  BC
220          POP  HL
230 BUC_3    PUSH HL
240          PUSH BC
  
```

HISOFT GEN3M ASSEMBLER
ZX SPECTRUM

Copyright HISOFT 1983
 CURSO C/M MICROHOBBY

Pass 1 errors: 00

| | | | | | |
|-----------------|-------|-----|-------|------|-------|
| 10 *C- | 60539 | 350 | ANT_1 | SUB | 1 |
| 20 *D+ | 60541 | 360 | | CCF | |
| 30 ; | 60542 | 370 | | PUSH | AF |
| 40 ;SIG/ANT | 60543 | 380 | SIG_2 | LD | B,A |
| 50 ; | 60544 | 390 | | LD | H,#40 |
| 60500 100 | 60546 | 400 | | AND | #07 |
| 60500 110 SIG | 60548 | 410 | | OR | H |
| 60502 120 | 60549 | 420 | | LD | H,A |
| 60504 130 ANT | 60550 | 430 | | LD | A,B |
| 60506 140 SIG_1 | 60551 | 440 | | AND | #C0 |
| 60507 150 | 60553 | 450 | | SRL | A |
| 60509 160 | 60555 | 460 | | SRL | A |
| 60510 170 | 60557 | 470 | | SRL | A |
| 60511 180 | 60559 | 480 | | OR | H |
| 60513 190 | 60560 | 490 | | LD | H,A |
| 60515 200 | 60561 | 500 | | LD | A,L |
| 60517 210 | 60562 | 510 | | AND | #1F |
| 60519 220 | 60564 | 520 | | LD | L,A |
| 60520 230 | 60565 | 530 | | LD | A,B |
| 60521 240 | 60566 | 540 | | AND | #38 |
| 60522 250 | 60568 | 550 | | SLA | A |
| 60524 260 | 60570 | 560 | | SLA | A |
| 60526 270 | 60572 | 570 | | OR | L |
| 60528 280 | 60573 | 580 | | LD | L,A |
| 60529 290 | 60574 | 590 | | POP | AF |
| 60531 300 | 60575 | 600 | | RET | |
| 60533 310 | | | | | |
| 60534 320 | | | | | |
| 60536 330 | | | | | |
| 60537 340 | | | | | |

Pass 2 errors: 00

Table used: 69 from 170

Fig. 10.9. Listado completo de la rutina «SIG/ANT».

PROGRAMA 1

```

10 REM ** SCROLL TOTAL **
20 REM
30 REM Curso C/M MICROHOBBY
40 REM
50 CLEAR 54999: LET d=55000
60 DEF FN a(a$,n)=16*(CODE a$(
n)-48-7*(a$(n)>"9"))+(CODE a$(n+
1)-48-7*(a$(n+1)>"9"))
65 PRINT #1;"ESPERE 10 SEGUNDO
S"
70 FOR f=1 TO 18
80 READ a$,s: LET c=0
90 FOR n=1 TO LEN a$-1 STEP 2
100 LET a=FN a(a$,n): POKE d,a
110 LET d=d+1: LET c=c+a
120 NEXT n
130 IF c<>s THEN PRINT "<ERROR>
en la linea: ";300+10*f: STOP
140 NEXT f
200 REM DEMOSTRACION
210 CLS: PRINT " DEMOSTRACI
ON DE SCROLL TOTAL " " " " PULSE: "
" " " Para SCROLL Arriba" " " Para SCR
OLL a Izquierda" " " Para SCROL
L a Derecha"
220 PLOT 0,0: DRAW 239,0: DRAW
0,175: DRAW -239,0: DRAW 0,-175
230 POKE 23658,0
240 IF INKEY$="q" THEN RANDOMIZ
E USR 55060
250 IF INKEY$="a" THEN RANDOMIZ
E USR 55067
260 IF INKEY$="o" THEN RANDOMIZ
E USR 55000
270 IF INKEY$="p" THEN RANDOMIZ
E USR 55030
280 GO TO 230
300 REM CODIGO MAQUINA
310 DATA "21FF570EC00620A7CB16"
,1011
320 DATA "2B10FB300B22B05CDD2A"
,934
330 DATA "B05CDDCB20C60D20E8C9"
,1400
340 DATA "2100400EC00620A7CB1E"
,741
350 DATA "2310FB300B22B05CDD2A"

```

```

,926
,360 DATA "B05CDDCBE0FE0D20E8C9"
,1648
,370 DATA "CBC12100401805CB8121"
,887
,380 DATA "E057E511005B8C5012000"
,878
,390 DATA "EDB0C1E1E5C57CE60747"
,1689
,400 DATA "7CE618CB27CB27CB27B0"
,1280
,410 DATA "477DE6E0CB3FCB3FB0CB"
,1561
,420 DATA "4128063CFEC0F51804D6"
,1104
,430 DATA "013FF5472640E607B467"
,1002
,440 DATA "78E6C0CB3FCB3FCB3FB4"
,1520
,450 DATA "677DE61F6F78E638CB27"
,1248
,460 DATA "CB27B56FF1C1D1300BE5"
,1465
,470 DATA "C5012000EDB0C1E118AA"
,1255
,480 DATA "21005B012000EDB0C900"
,771

```

```

=====
250 SIG_1 .....
...
=====
710 POP BC
720 POP DE
730 JR NC,FIN_1
740 PUSH HL
570 PUSH BC
760 LD BC,32
770 LDIR
780 POP BC
790 POP HL
800 JR BUC_3
810 FIN_1 LD HL,23296
820 LD BC,32
830 LDIR
840 RET

```

Hemos puesto 55060 como dirección de origen para que esta rutina quede situada justo a continuación de las de scroll lateral; pero tanto una como otras son reubicables, así que puede ensamblarlas en cualquier dirección.

Todas las transferencias se realizan con LDIR para que la rutina sea rápida. Como todos los lectores saben, la instrucción «LDIR» exige que «HL» contenga la primera edición del bloque origen, «DE» la del bloque destino y «BC» el número de bytes a transferir; pero, en nuestro caso, estos registros son punteros que con-

tienen las direcciones de inicio de los scans, y el registro «C» contiene el flag que indica si el scroll es ascendente o descendente, así que tendremos que salvar algunos registros en la pila, antes de cada transferencia. Podríamos haber utilizado el set de registros alternativos; pero, en muchos casos, nos valdrá para la transferencia, el valor de algún registro que ya tengamos, valor que perderíamos al ejecutar un «EXX».

Ahora ya, veamos el funcionamiento de la rutina: En 110 y 120 fijamos las condiciones iniciales para un scroll ascendente y saltamos a «SCR» en 130. En 140 y 150 fijamos las condiciones iniciales para un scroll descendente y continuamos en «SCR». Primero, guardamos «HL», cargamos la dirección del buffer de impresora en «DE» (línea 170), guardamos «BC» y cargamos en él la longitud de un scan (línea 190). En 200 transferimos un scan al buffer de impresora y, en 210 y 220, recuperamos los anteriores contenidos de «BC» y «HL». El scan transferido habrá sido el primero si «HL» contenía 16384, o el último si contenía 22496.

A partir de la línea 230, entramos en un bucle donde iremos transfiriendo cada scan al anterior o posterior (en función del estado del flag) y del que saldremos cuando la di-

rección que nos dé «SIG_1» caiga fuera de la pantalla. Primero, preservamos los contenidos de «HL» y «BC», ya que la rutina «SI_1» los destruye. A continuación, entramos en «SIG_1» que va desde la línea 250 a la 700. En 710 y 720 recuperamos el contenido de «BC» y pasamos a «DE» el anterior contenido de «HL»; el nuevo contenido de «HL» será el scan anterior o el siguiente, es decir, «HL» contendrá el origen y «DE» el destino para efectuar la transferencia de los 32 octetos de un scan. Antes de ello, tenemos que comprobar si estamos, aún, dentro de la pantalla, lo que hacemos en la línea 730 en función del estado del indicador de acarreo (recuerde que, a la salida de «SIG_1», el acarreo está a «1» si la dirección es correcta y a «0» si cae fuera de la pantalla); si el acarreo está a «0», saltamos a «FIN_1», si no, continuamos. En 740 y 750 volvemos a preservar «HL» y «BC» antes de realizar la transferencia. En 760 cargamos la longitud del scan en «BC» y, en 770, transferimos el scan. A continuación, recuperamos «BC» y «HL» y volvemos al inicio del bucle. En este punto, «HL» contiene la dirección del siguiente scan a procesar, es decir, el scan de destino de la siguiente transferencia; de esta forma, en sucesivas pasa-

das del bucle vamos tratando los scans uno a uno hasta que terminemos con toda la pantalla, momento en el que salimos por «FIN_1».

En la línea 810 («FIN_1»), cargamos en «HL» la dirección inicial del buffer de impresora que será el origen de la última transferencia. El destino será el último scan que hayamos procesado, cuya dirección se encuentra ya en «DE» por lo que no es necesario cargarla. En 820 cargamos, de nuevo, la longitud en «BC»; no preservamos los registros porque es la última transferencia y ya no nos importa que se pierdan sus contenidos. Finalmente, realizamos la transferencia en la línea 830 y retornamos en 840.

Esta vez, se pone más complicado el modificar la rutina para que el scroll no sea «esférico»; el procedimiento consiste en borrar el buffer de impresora antes de efectuar la última transferencia. La modificación no es demasiado difícil de realizar. No hemos querido privar al lector del placer de realizarla por sí mismo,

así que este será otro de los ejercicios del capítulo. De nuevo, le recomendamos que intente hacerlo antes de mirar la solución.

Sólo queda ensamblar la rutina y probarla. Si va a hacerlo a mano, le recomendamos que la ensamble en hexadecimal y compruebe su resultado comparando con las líneas 370 a 480 del Programa-1 donde se muestra un ejemplo de cómo utilizar estas rutinas para realizar un scroll total de la pantalla.

Este programa es similar al que ilustraba el prólogo; lo único que hemos hecho es añadir la rutina de scroll vertical y modificar algo el Basic para poder manejarla. Le recomendamos que cargue y ejecute este programa ya que será una buena forma de familiarizarse con el uso de estas rutinas. Si va a usarlas en un programa suyo, recuerde que el contenido de «BC» en el retorno será «0», por lo que llamarlas con «RANDOMIZE USR ...» equivale a hacer un «RANDOMIZE 0», es decir, copiar el contador de «FRA-

MES» en la variable «SEED», lo cual no siempre resulta conveniente; en ese caso, tal vez sea mejor que las llame con «LEZ z = USR ...».

También es importante señalar que estas rutinas hacen el scroll solamente del fichero de pantalla, no del de atributos. Este último es bastante más fácil de «scrolar» ya que las direcciones correspondientes a líneas consecutivas, son también consecutivas. De nuevo, es un placer que tampoco queremos arrebatarse al lector, así que lo dejamos para los ejercicios.

Hasta aquí, hemos visto las instrucciones de manejo de bits. En el próximo capítulo, veremos las que se utilizan para llamar a subrutinas, aprenderemos algo más de la pila y, en los ejemplos, terminaremos el «procesador de pantallas» que, estamos seguros, resultará muy útil para que el lector lo incluya en sus propios programas. Ahora, le recomendamos que intente resolver los ejercicios antes de pasar al capítulo siguiente.

```

*HISOFT GENS3M ASSEMBLER*
  ZX SPECTRUM

Copyright HISOFT 1983
CURSO C/M MICROHOBBY

Pass 1 errors: 00

50 *C-
60 *D+
70 ;
80 ;SCROLL_VERTICAL
90 ;
55060 100          ORG      55060
55060 110 SCR_3   SET      0,C
55062 120         LD      HL,16384
55065 130         JR      SCR
55067 140 SCR_4   RES      0,C
55069 150         LD      HL,22496
55072 160 SCR    PUSH    HL
55073 170         LD      DE,23296
55076 180         PUSH   BC
55077 190         LD      BC,32
55080 200         LDIR
55082 210         POP     BC
55083 220         POP     HL
55084 230 BUC_3   PUSH    HL
55085 240         PUSH   BC

```

```

55086 250 SIG_1 LD A,H
55087 260 AND #07
55089 270 LD B,A
55090 280 LD A,H
55091 290 AND #18
55093 300 SLA A
55095 310 SLA A
55097 320 SLA A
55099 330 OR B
55100 340 LD B,A
55101 350 LD A,L
55102 360 AND #E0
55104 370 SRL A
55106 380 SRL A
55108 390 OR B
55109 400 BIT 0,C
55111 410 JR Z,ANT_1
55113 420 INC A
55114 430 CP #C0
55116 440 PUSH AF
55117 450 JR SIG_2
55119 460 ANT_1 SUB 1
55121 470 CCF
55122 480 PUSH AF
55123 490 SIG_2 LD B,A
55124 500 LD H,#40
55126 510 AND #07
55128 520 OR H
55129 530 LD H,A
55130 540 LD A,B
55131 550 AND #C0
55133 560 SRL A
55135 570 SRL A
55137 580 SRL A
55139 590 OR H
55140 600 LD H,A
55141 610 LD A,L
55142 620 AND #1F
55144 630 LD L,A
55145 640 LD A,B
55146 650 AND #38
55148 660 SLA A
55150 670 SLA A
55152 680 OR L
55153 690 LD L,A
55154 700 POP AF
55155 710 POP BC
55156 720 POP DE
55157 730 JR NC,FIN_1
55159 740 PUSH HL
55160 750 PUSH BC
55161 760 LD BC,32
55164 770 LDIR
55166 780 POP BC
55167 790 POP HL
55168 800 JR BUC_3
55170 810 FIN_1 LD HL,23296
55173 820 LD BC,32
55176 830 LDIR
55178 840 RET

```

Pass 2 errors: 00

Fig. 10-10. Listado completo de la rutina scroll vertical.

EJERCICIOS

- 1.- Modifique las rutinas de scroll a derecha e izquierda para que trabajen, exclusivamente, sobre el segundo tercio de pantalla, es decir, el central.
- 2.- Modifique la rutina de scroll vertical de forma que lo que se pierda por un extremo de la pantalla (arriba o abajo), no aparezca por el contrario (abajo o arriba) si el bit 2 de la dirección 23681 es "0" (scroll lineal) y funcione normalmente si este bit es "1" (scroll esférico).
- 3.- Escriba dos rutinas que realicen el scroll vertical en el archivo de atributos. Una de las rutinas deberá hacer el scroll hacia arriba y la otra, hacia abajo. El scroll ha de ser "esférico".

SOLUCION A LOS EJERCICIOS

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS

1.- Habrá que cambiar las siguientes líneas:

```
70      LD  HL,20479 ; Final del segundo tercio.
80      LD  C,64    ; 64 scans en un tercio.
240     LD  HL,18432 ; Inicio del segundo tercio.
250     LD  C,64    ; 64 scans en un tercio.
```

2.- Habrá que modificar la rutina, a partir de "FIN_1" de la siguiente forma:

```
810 FIN_1 PUSH DE ; Preserva "DE".
820      LD  A,(23681) ; Carga variable.
830      BIT 2,A ; Comprueba el flag.
840      JR  NZ,FIN_2 ; Si es "1", salta a "FIN_2".
850      LD  HL,23296 ; Borra el scan que se habia
860      LD  DE,23297 ; almacenado en el buffer de
870      LD  BC,31 ; impresora.
880      XOR  A
890      LD  (HL),A
900      LDIR
910 FIN_2 POP  DE ; Recupera "DE"
920      LD  HL,23296 ; Sigue como antes de la
930      LD  BC,32 ; modificación.
940      LDIR
950      RET
```

3.- El punto de entrada por "SCRA_1" corresponde al scroll ascendente, y por "SCRA_2" al scroll descendente.

```
100 SCRA_1 LD  HL,22528 ; Transfiere los primeros
110      LD  DE,23296 ; 32 bytes del archivo de atributos
120      LD  BC,32 ; a los 32 primeros del
130      LDIR ; buffer de impresora.
140      LD  DE,22528 ; Transfiere, 32 bytes hacia
150      LD  BC,768 ; atras, el archivo de atributos
160      LDIR ; más los 32 primeros bytes del
170      RET ; buffer de impresora y retorna.
180 SCRA_2 LD  HL,23295 ; Transfiere, 32 bytes hacia
190      LD  DE,23327 ; delante, el archivo de atributos
200      LD  BC,768 ; tos entrando en los 32 primeros
210      LDDR ; bytes del buffer de impresora.
220      LD  HL,23327 ; Transfiere los 32 primeros
230      LD  BC,32 ; bytes del buffer de impresora
240      LDDR ; a los 32 primeros de atributos.
250      RET ; Retorna.
```

Aprovechamos la circunstancia de que el buffer de impresora se encuentra inmediatamente a continuación del archivo de atributos.

GRUPO DE INSTRUCCIONES DE LLAMADA Y RETORNO

Por subrutina se entiende, una serie de instrucciones dentro de un programa a las que se accede desde cualquier parte de este. A su vez esta serie de instrucciones, cuando termina, se responsabiliza de devolver la secuencia a la instrucción siguiente a la que la llamó.

En Basic, estamos muy acostumbrados a utilizar subrutinas. Como todo el mundo sabe, el comando «GO SUB» sirve para llamar a una subrutina que deberá terminar en un «RETURN» para devolver el control a la secuencia principal.

Normalmente las subrutinas tienen una unidad operativa, esto es, realizan una operación que tiene significado por sí misma. Por ejemplo: multiplicar, leer un carácter del teclado, etc.

Su razón de ser viene dada por su frecuencia de uso, tratando así de evitar repeticiones en la codificación. Supongamos un programa en el que en varios puntos se tiene que realizar una misma operación, ante esto existen dos soluciones posibles; o bien se codifican en cada uno de esos puntos las instrucciones necesarias para realizar dicha operación, o en otro caso se codifican en una parte del programa estas instrucciones y cada vez que se necesite es-

ta operación se ejecutan.

La forma en que se ejecutan estas instrucciones es la siguiente. En el momento en que se necesitan ejecutar se salta al comienzo de la subrutina, cuando se termina de ejecutar la última instrucción, se salta a la instrucción siguiente a la que salto a éstas. Este grupo de instrucciones es lo que se llama subrutina y la forma de saltar y retornar con el micro-procesador Z-80 es con las instrucciones CALL y RET.

Las instrucciones CALL (llamada) y RET (retorno) utilizan la pila de máquina controlada por el registro «SP». Para ser más exactos son una mezcla de instrucciones PUSH y POP con las de cambio de secuencia JP.

La ejecución de una instrucción «CALL nn» es equivalente a la secuencia: «PUSH PC» y «LD PC,nn» suponiendo, claro está, que existieran estas instrucciones. Por otro lado, la instrucción «RET» sería equivalente a «POP PC». De esta forma, vemos que las instrucciones de «llamada y retorno» constituyen una forma abreviada de escribir lo que, en realidad, serían instrucciones de carga trabajando sobre el registro «PC» (contador de programa); de igual manera que podíamos interpretar una instrucción «JP nn»

como si fuera «LD PC,nn».

Resumiendo: cuando ejecutamos una instrucción de llamada a subrutina, el microprocesador mete en la pila el contenido actual del «PC» (que estará apuntando a la siguiente instrucción) y carga en él, la dirección de la subrutina. Cuando retornamos desde subrutina, lo que hace el microprocesador es tomar el último dato de la pila y cargarlo en el «PC».

Dado que utilizamos la pila para almacenar las direcciones de retorno, es posible entrar en una subrutina desde otra, o lo que es lo mismo desde una subrutina llamar a otra, esto se conoce como anidamiento. La cantidad de subrutinas que pueden anidarse está sólo limitado por el tamaño de la pila de máquina, el tamaño de la pila de máquina está limitado por la colocación inicial de ella y la memoria disponible. Hay que tener un cuidado especial con las instrucciones RET, para llegar al punto de origen tiene que haber tantos RET como CALL se hayan realizado, ya que se va retornando cada vez a la última dirección de la pila.

En la Figura 11-1 hay una representación gráfica de llamadas a subrutina. Desde una secuencia de programa —llamada principal— se en-

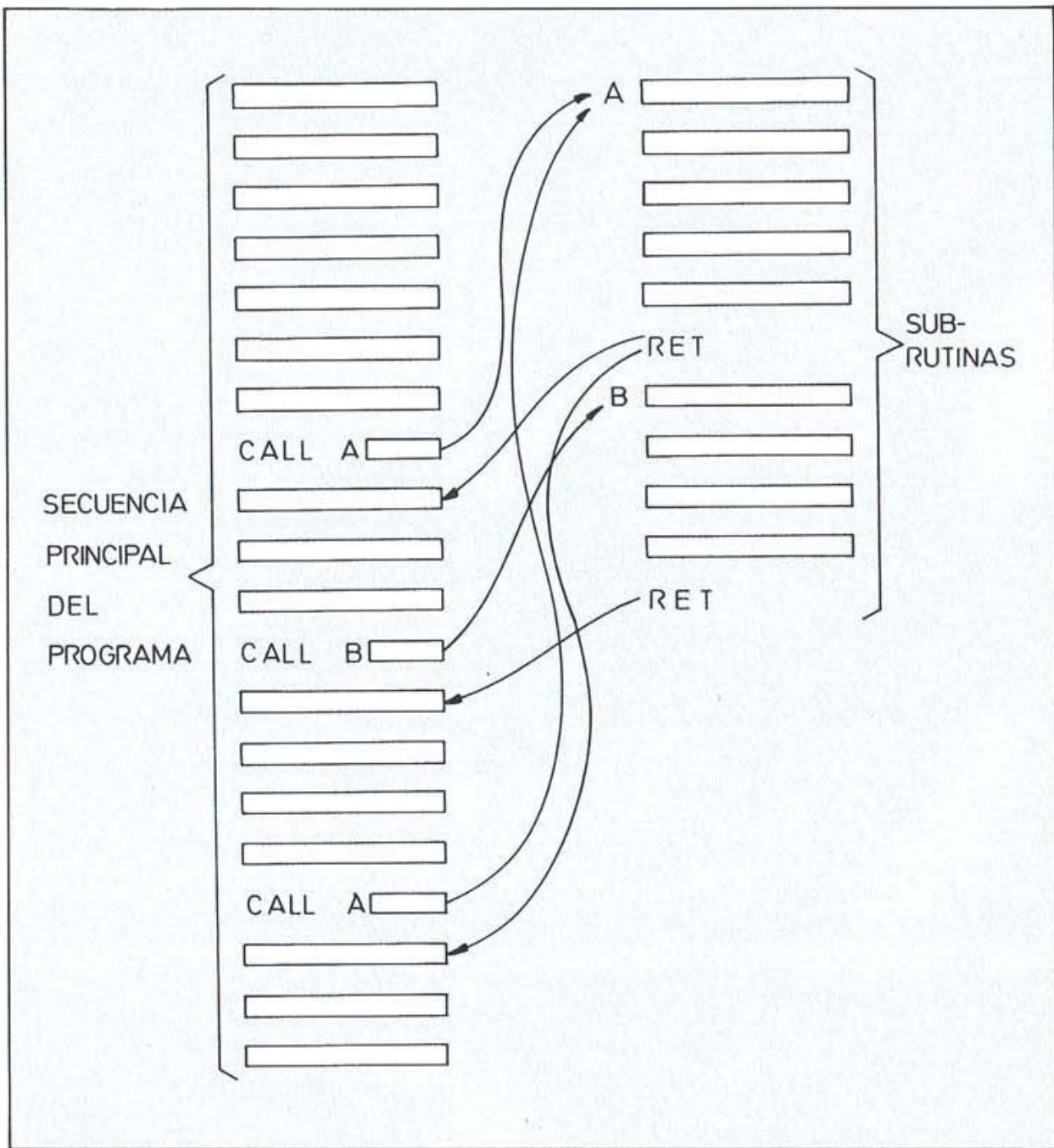


Fig. 11-1. Gráfico de sub-rutinas.

tra en varias subrutinas A y B, desde diferentes puntos.

La Figura 11-2 muestra el anidamiento de subrutinas hasta un tercer nivel. Como se observará, una subrutina siempre tiene que terminar por «RET».

Por último en la Figura 11-3 se muestra el funcionamiento de la pila de máquina en

las subrutinas anidadas de la figura anterior. Se parte del supuesto de que la pila en su estado inicial contiene ceros binarios y el registro «SP» apunta al comienzo. Cuando se hace la primera instrucción CALL se guarda en la pila la dirección de la siguiente instrucción, y así cada vez. Cuando se ejecuta la primera ins-

trucción RET se retorna a la última dirección guardada en la pila, de tal forma que siempre se garantiza el retorno a la instrucción, siguiente al «CALL» correspondiente. El registro «SP» va apuntando cada vez al nivel en uso, pero de la memoria no se borra el contenido de la pila, esta es la razón por la que a pesar de

que la pila está vacía porque el registro «SP» apunta al comienzo, el contenido último de la pila permanece.

En un gran número de CPUs, existen dos pilas; la de máquina y la de usuario. La primera es la que utiliza el procesador cuando se ejecuta una llamada a subrutina y, la segunda, es la que utiliza el usuario para almacenar datos mediante «PUSH» y «POP». En el Z-80, el usuario comparte la pila con la máquina, de forma que ambas, pila de máquina y pila de usuario, son la misma. Esto tiene ventajas e inconvenientes. El principal inconveniente es que, cuando utilizemos la pila dentro de una subrutina, tendremos que preocuparnos por recuperar de la pila todos los datos que se hubieran metido antes de intentar retornar, ya que de lo contrario, el microprocesador confundiría uno de nuestros datos con la dirección de retorno. A este efecto se le denomina «corromper la pila».

Evidentemente, la ventaja es que podremos corromper la pila de forma intencionada para engañar al microprocesador y hacerle retornar a una dirección distinta de aquella desde donde se le llamó. Por ejemplo, supongamos que queremos que una subrutina retorne a su sitio correcto cuando, tras una operación determinada, el resultado no sea «0»; pero si es «0», queremos que retorne a la dirección E700h. La rutina podría terminar de la siguiente forma:

```

...          .....
...          JR    NZ,SIGUE
...          LD    BC,#E700
...          PUSH BC
... SIGUE    RET

```

Otro truco interesante, que ya se mencionó en las instrucciones de salto, consiste en simular la instrucción «JP (DE)», que no existe, mediante la secuencia «PUSH DE» y «RET». Pero hay algo aún más útil: Podemos entrar en una subrutina habiendo fijado previamente cual será la dirección a donde queremos que retorne, por ejemplo, tenemos en «BC» la dirección de la subrutina y en «HL» la dirección a donde queremos que se produzca el retorno. Podemos hacer lo siguiente:

```

PUSH HL
PUSH BC
RET

```

No hemos inventado nada nuevo, este «truco» lo utiliza el Sistema Operativo para saltar a nuestras subrutinas cada vez que utilizamos la función «USR» con argumento numérico. En este caso, la dirección de retorno es 2D2Bh (11563). Todas nuestras rutinas son tratadas, por tanto, como subrutinas del Sistema Operativo.

En algunos casos, puede resultarnos útil saber que, cuando el S.O. entre en una de nuestras subrutinas (con USR), el registro «BC» contendrá, precisamente, la dirección de esta subrutina, por lo que una rutina nuestra puede saber en qué dirección está corriendo. Ya veremos cómo utilizar esto para escribir «reubicadores» de rutinas no reubicables.

Otro truco, delicado pero posible, es variar la secuencia de anidamiento. Supongamos una subrutina en la cual co-

nocemos su nivel de anidamiento y por el motivo que sea nos queremos saltar los retornos; pues una solución sería hacer tantas instrucciones «POP» como niveles se deseen saltar, menos una, y por último, ejecutar una instrucción RET. Ver Figura 11-4.

Para que el lector se dé cuenta de la importancia que tiene el conocimiento de las subrutinas, conviene saber que todo el Sistema Operativo del SPECTRUM está programado en base a ellas; lo que nos va a permitir, en muchos casos, utilizarlas dentro de nuestros programas para realizar tareas que ya están escritas en la ROM y ahorrarnos el trabajo de volver a escribirlas.

Por otro lado, es muy recomendable que escribamos nuestros programas a base de subrutinas, cada una de las cuales probaremos por separado. De esta forma, si hay un error, será más fácil de detectar.

Un pequeño problema de las instrucciones «CALL» es que —al igual que «JP»— contienen como operando una dirección absoluta, por lo que las rutinas que contengan subrutinas no serán reubicables. A diferencia con los saltos, no existen «llamadas relativas», por lo que los «CALL» nunca serán reubicables.

No obstante, existe una forma de que un programa con subrutinas pueda correr en cualquier dirección de memoria; el sistema consiste en escribir un «reubicador» que colocaremos delante del programa y que, mediante una tabla de direcciones relativas, modifique los operandos de todas las instrucciones «CALL»

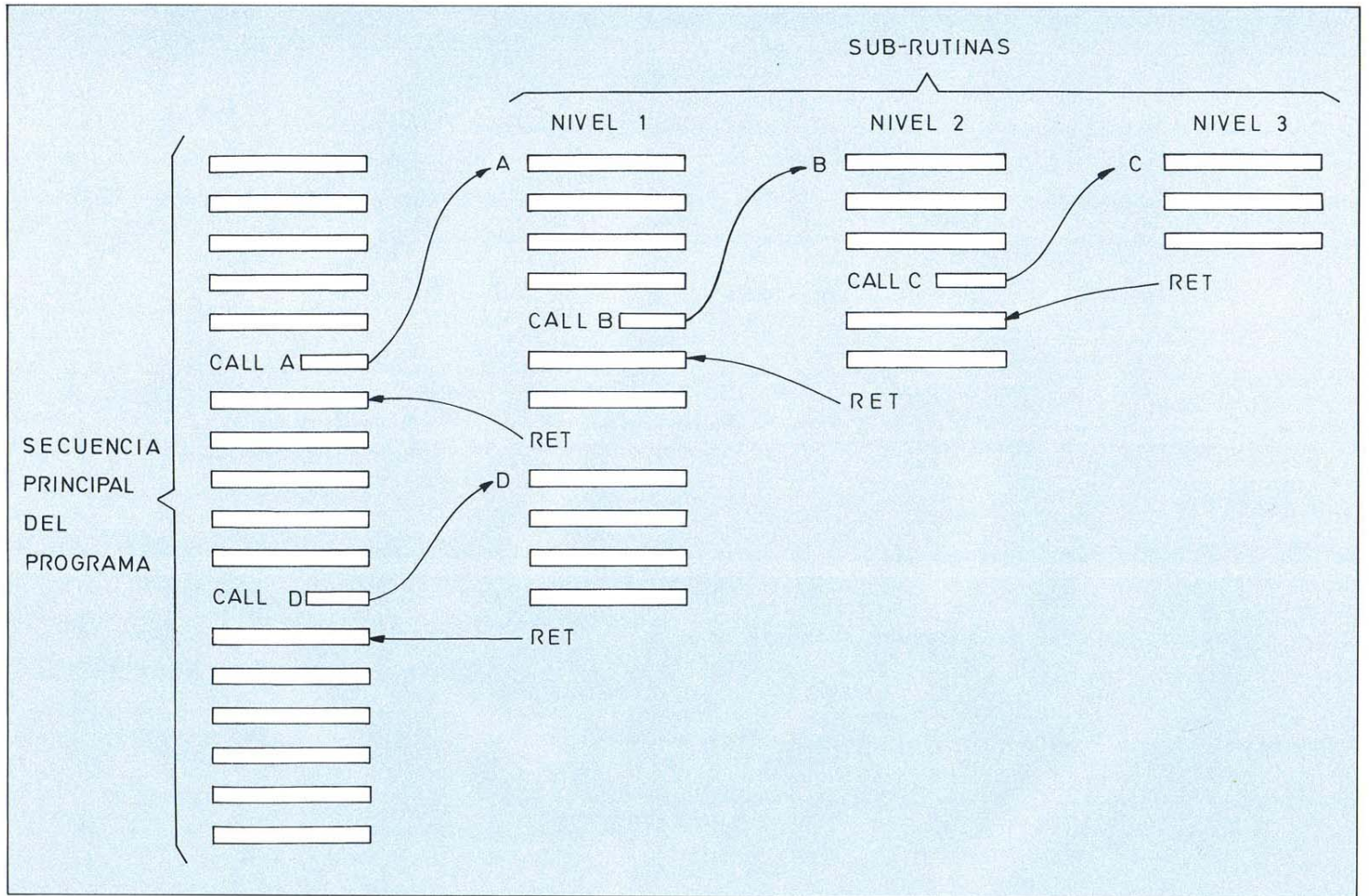


Fig. 11-2. Gráfico de sub-rutinas anidadas.

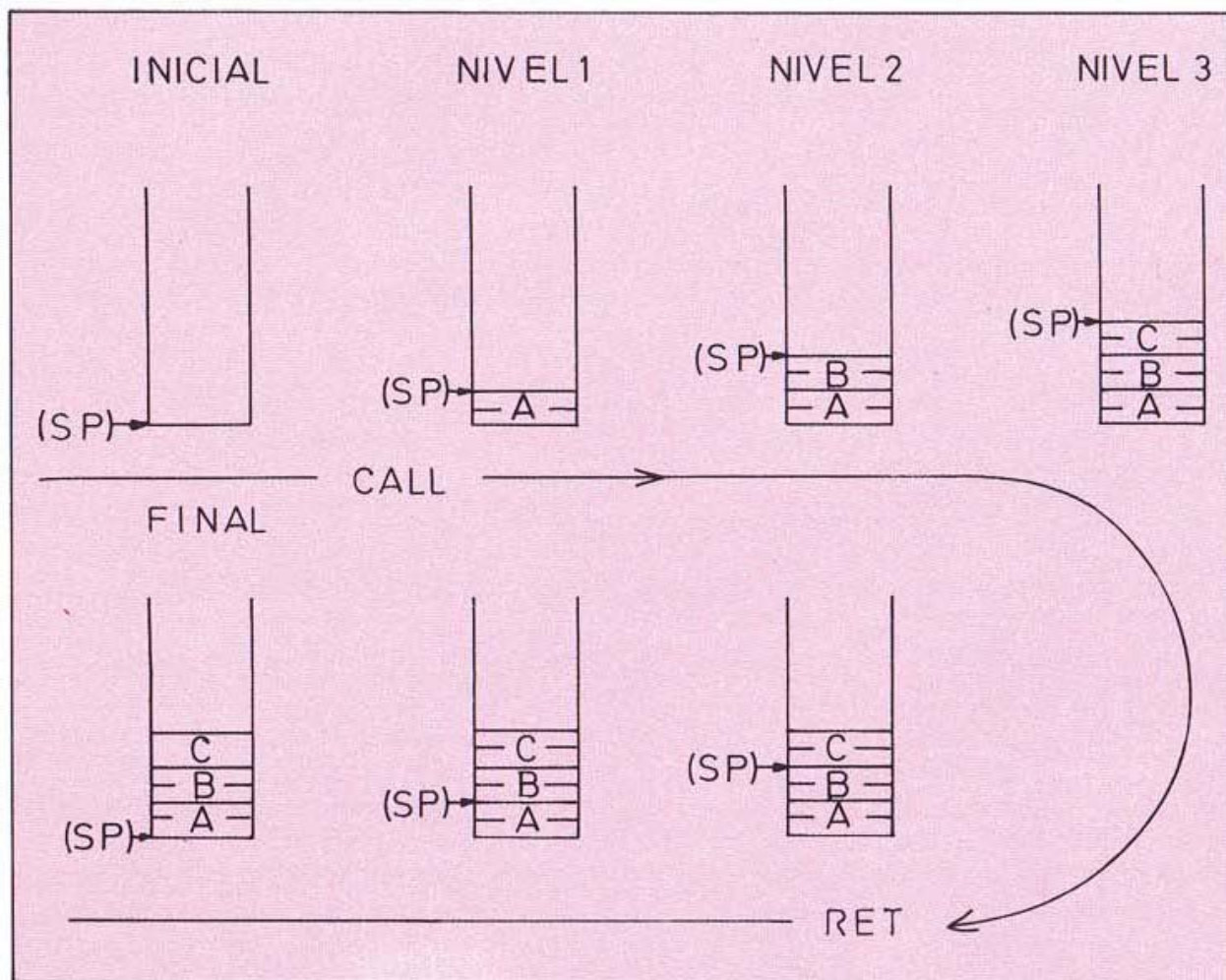


Fig. 11-3. Funcionamiento de la pila de máquina en subrutinas anidadas.

para que trabajen sobre las direcciones correctas. Este es el método empleado en el ensamblador «GENS-3» para que pueda ser cargado en cualquier dirección de memoria; por eso, la primera vez hay que entrar en él con un «USR» a la dirección de carga (para que actúe el reubicador) y la segunda, hay que entrar a la dirección de carga más 61.

Existen, también, instrucciones de llamada a subrutina condicionales, es decir, que sólo se ejecutan si cierto indicador tiene determinado estado. De la misma forma, existen instrucciones condicionales de retorno, es

decir, sólo retornan si cierto indicador tiene determinado estado.

Por otro lado, existe una forma de llamar a una subrutina «por hardware», es decir, no desde el programa sino aplicando una señal eléctrica a determinada patilla del microprocesador. Esto es lo que constituye las famosas «Interrupciones». Para estos casos, existen dos instrucciones de retorno desde interrupción. De momento, es posible que no entienda del todo su funcionamiento. No se preocupe, en el capítulo que trate sobre las instrucciones de control de la CPU, estudiare-

mos a fondo todo lo relativo a las interrupciones que, curiosamente, parece ser uno de los temas más difíciles de entender de la programación. De momento, vamos a ver una a una, las instrucciones de llamada y retorno.

CALL nn

OBJETO:

Lo primero que hace el microprocesador, al igual que en todas las instrucciones, es incrementar el registro de

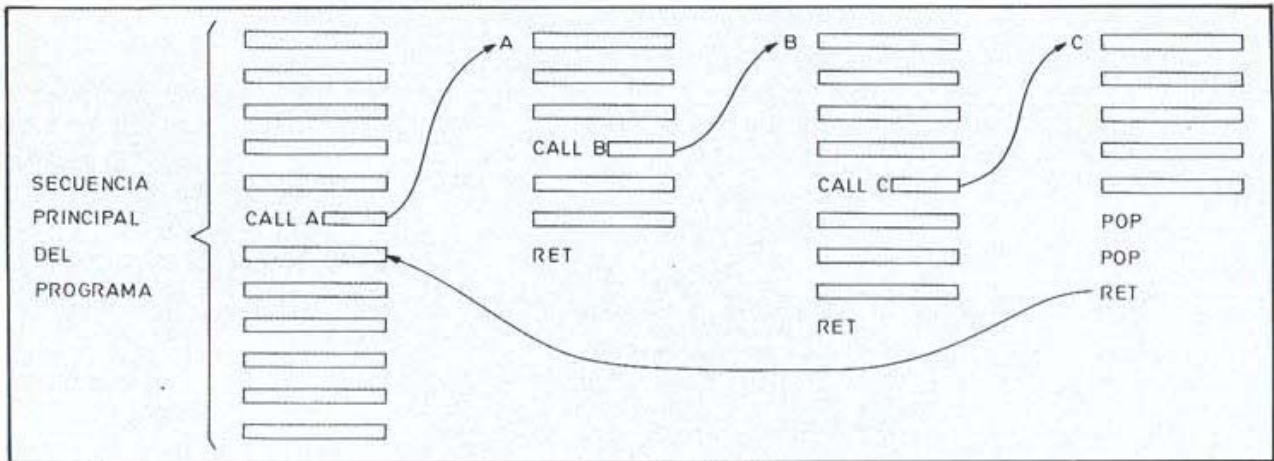
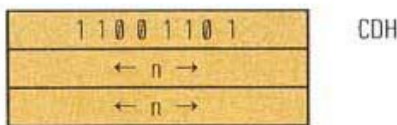


Fig. 11-4. Utilización de «pop» para provocar un salto en la secuencia de retorno.

control de programa «PC» en el número de octetos que tiene la instrucción, en este caso tres. Después guarda el valor del registro «PC» en la pila de máquina poniendo el contenido del octeto superior en la dirección señalada por (SP)-1 y el octeto inferior en la dirección señalada por (SP)-2. A continuación decreenta en 2 el registro «SP». Finalmente y para realizar el salto a la subrutina direccionada por el operando «nn», carga éste en el registro «PC».

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

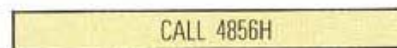
CICLOS DE MEMORIA:

5

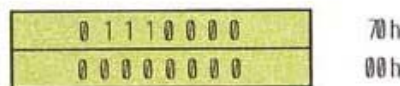
CICLOS DE RELOJ:

17

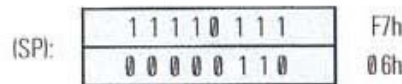
EJEMPLO:



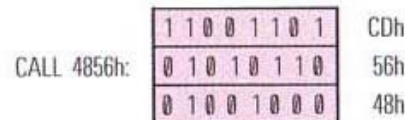
Dirección del primer octeto de la instrucción



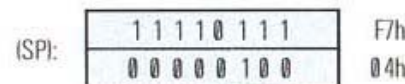
Contenido del registro «SP»



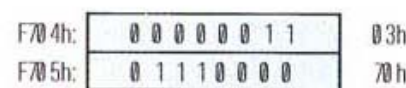
Instrucción



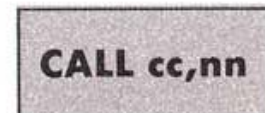
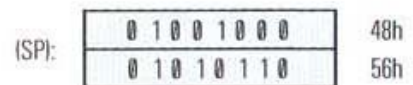
Contenido del registro «SP» después de la ejecución



Contenido de los octetos F704h y F705 después de la ejecución



Contenido del registro «PC» después de la ejecución

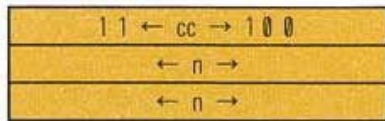


OBJETO:

Lo primero que hace el microprocesador, al igual que en todas las instrucciones, es incrementar el registro de control de programa «PC» en el número de octetos que tiene la instrucción, en este caso tres. Si la condición «cc» es verdadera, guarda el valor del registro «PC» en la pila de máquina poniendo el contenido del octeto superior en la dirección señalada por (SP)-1 y el octeto inferior en la dirección señalada por (SP)-2; decreenta en 2 el registro «SP» y realiza el salto a la subrutina direccionada por el operando «nn», cargando éste en el registro «PC». Si la condición «cc» es falsa, ejecuta la siguiente instrucción. Los códigos nemotécnicos de condición «cc» y su valor binario para el microprocesador son indicados a continuación.

| «cc» | binario | significado |
|------|---------|-----------------------------------|
| NZ | 000 | no cero |
| Z | 001 | cero |
| NC | 010 | no acarreo |
| C | 011 | acarreo |
| PO | 100 | paridad impar o no desbordamiento |
| PE | 101 | paridad par o desbordamiento |
| P | 110 | positivo |
| M | 111 | negativo |

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

Si la condición «cc» es verdadera:

5

Si la condición «cc» es falsa:

3

CICLOS DE RELOJ:

Si la condición «cc» es verdadera:

17

Si la condición «cc» es falsa:

10

EJEMPLO:



Indicador de condición C = 1

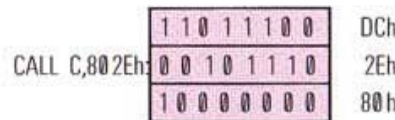
Dirección del primer octeto de la instrucción



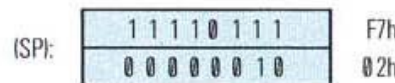
Contenido del registro «SP»



Instrucción



Contenido del registro «SP» después de la ejecución



Contenido de los octetos F702h y F703 después de la ejecución

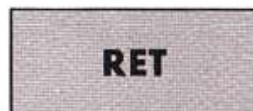


Contenido del registro «PC» después de la ejecución



Recuerde:

Cuando los operandos de una instrucción indican una dirección de memoria, en el primer octeto del operando se pone la mitad menos significativa de la dirección y en el siguiente la más significativa; en una palabra, se invierten.



OBJETO:

Carga en el registro contador de programa «PC» el último dato de la pila de máquina, poniendo el contenido de la dirección señalada por (SP)

en el octeto inferior y la dirección señalada por (SP) + 1 en el octeto superior. A continuación incrementa en 2 el registro «SP». Con esto efectúa la vuelta desde una subrutina a la instrucción siguiente a una «CALL» que realizó la entrada.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

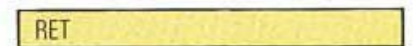
CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

10

EJEMPLO:



Contenido del registro «SP»



Contenido de los octetos F702h y F703h



Instrucción



Contenido del registro «SP» después de la ejecución



Contenido del registro «PC» después de la ejecución



La siguiente instrucción a ejecutar será la que se encuentre en la dirección 7546h

RET cc

OBJETO:

Si la condición «cc» es verdadera, carga en el registro contador de programa «PC» el último dato de la pila de máquina, poniendo el contenido de la dirección señalada por (SP) en el octeto inferior y la dirección señalada por (SP) + 1 en el octeto superior, después incrementa en 2 el registro «SP». Con esto efectúa la vuelta desde una subrutina a la instrucción siguiente a una «CALL» que realizó la entrada. Si la condición «cc» es falsa, ejecuta la siguiente instrucción. Los códigos nemotécnicos de «cc» y sus valores binarios se indican a continuación.

| «cc» | binario | significado |
|------|---------|-----------------------------------|
| NZ | 000 | no cero |
| Z | 001 | cero |
| NC | 010 | no acarreo |
| C | 011 | acarreo |
| PO | 100 | paridad impar o no desbordamiento |
| PE | 101 | paridad par o desbordamiento |
| P | 110 | positivo |
| M | 111 | negativo |

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 ← cc → 0 0 0

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

Si la condición «cc» es verdadera:

3

Si la condición «cc» es falsa:

1

CICLOS DE RELOJ:

Si la condición «cc» es verdadera:

11

Si la condición «cc» es falsa:

5

EJEMPLO:

RET Z

Indicador de condición Z = 1

Contenido del registro «SP»

(SP):

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 0 1 1 1 | F7h |
| 0 0 0 0 0 1 0 0 | 04h |

Contenido de los octetos F704h y F705h

F704h:

| | |
|-----------------|-----|
| 0 0 0 0 0 0 1 1 | 03h |
| 0 1 1 1 0 0 0 0 | 70h |

Instrucción

RET Z:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 0 1 0 0 0 | C8h |
|-----------------|-----|

Contenido del registro «SP» después de la ejecución

(SP):

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 1 0 1 1 1 | F7h |
| 0 0 0 0 0 1 1 0 | 06h |

Contenido del registro «PC» después de la ejecución

(PC):

| | |
|-----------------|-----|
| 0 1 1 1 0 0 0 0 | 70h |
| 0 1 0 0 0 1 1 0 | 03h |

La siguiente instrucción a ejecutar será la que se encuentra en la dirección 7003h

RETI

OBJETO:

Retorna desde una interrupción enmascarable al punto por donde iba el programa cuando se recibió la petición de interrupción («INT»). Lo realiza cargando en el registro contador de programa «PC» el último dato de la pila de máquina, poniendo el contenido de la dirección señalada por (SP) en el octeto inferior y la dirección señalada por (SP) + 1 en el octeto superior. A continuación incrementa en 2 el registro «SP».

Todos los chips de periféricos Z-80 reconocerán la ejecución de esta instrucción para su propio control y poder encajar las interrupciones; para ello, el microprocesador envía una señal de acuse de interrupción poniendo a «0», de forma simultánea, las patas «IORQ» y «M1».

Esta instrucción no actúa sobre los flip-flops IFF1 e IFF2 que son los que controlan la prioridad de las interrupciones.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh |
| 0 1 0 0 1 1 0 1 | 4Dh |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

14

EJEMPLO:

RETI

Contenido del registro «SP»

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (SP): | 1 1 1 1 0 1 1 1 | F7h |
| | 0 1 0 0 0 1 1 0 | 46h |

Contenido de los octetos F746h y F747h

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| F746h: | 1 1 0 1 0 1 0 0 | D4h |
| F747h: | 0 1 1 0 1 0 0 1 | 69h |

Instrucción

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| RETI: | 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh |
| | 0 1 0 0 1 1 0 1 | 4Dh |

Contenido del registro «SP» después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (SP): | 1 1 1 1 0 1 1 1 | F7h |
| | 0 1 0 0 1 0 0 0 | 48h |

Contenido del registro «PC» después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 0 1 1 0 1 0 0 1 | 69h |
| | 1 1 0 1 0 1 0 0 | D4h |

La siguiente instrucción a ejecutar será la que se encuentra en la dirección 69D4h, es decir, la siguiente a aquella que se estaba ejecutando cuando se recibió la petición de interrupción.

RETN

OBJETO:

Retorna desde una interrupción no enmascarable al punto por donde iba el programa cuando se produjo la petición de interrupción. Para ello, carga en el registro contador de programa «PC» el último dato de la pila de máquina, poniendo el contenido de la dirección señalada por (SP) en el octeto inferior y la dirección señalada por (SP) + 1 en el octeto superior, después incrementa en 2 el registro «SP».

Además copia el estado del flip-flop IFF2 en el IFF1, con lo que éste recupera el valor que tenía antes de producirse la interrupción no enmascarable.

CODIGO DE MAQUINA:

| | | |
|--|-----------------|-----|
| | 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh |
| | 0 1 0 0 0 1 0 1 | 45h |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

14

EJEMPLO:

RETN

Contenido del registro «SP»

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (SP): | 1 1 1 1 0 1 1 1 | F7h |
| | 0 1 0 0 1 0 0 0 | 48h |

Contenido de los octetos F748h y F749h

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| F748h: | 0 0 1 0 1 1 0 1 | 2Dh |
| F749h: | 0 1 0 1 0 1 1 0 | 56h |

IFF1 = 0, IFF2 = 1

Instrucción

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| RETN: | 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh |
| | 0 1 0 0 0 1 0 1 | 45h |

Contenido del registro «SP» después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (SP): | 1 1 1 1 0 1 1 1 | F7h |
| | 0 1 0 0 1 0 1 0 | 4Ah |

IFF1 = 1 y IFF2 = 1, después de la ejecución

Contenido del registro «PC» después de la ejecución

| | | |
|-------|-----------------|-----|
| (PC): | 0 1 0 1 0 1 1 0 | 56h |
| | 0 0 1 0 1 1 0 1 | 2Dh |

La siguiente instrucción a ejecutar será aquella que se encuentre en la dirección 562Dh, es decir, la siguiente a la que se estaba ejecutando cuando se recibió la petición de interrupción.

Observaciones:

Para entender y manejar mejor estas instrucciones es interesante que tenga en cuenta lo siguiente:

Las interrupciones son formas de trabajo que se utilizan principalmente para atender requerimientos que no admiten demora, resulta fundamental poder volver a la secuencia del programa que se estaba ejecutando una vez atendido ese requerimiento. Lo que garantizan las instrucciones RETI y RETN es la vuelta a la instrucción donde se interrumpió el programa.

Las instrucciones RETI o RETN serán siempre la última

instrucción de las rutinas que atiendan las interrupciones o de la rutina que trata la interrupción no enmascarable respectivamente, si no fuera así, no se podría trabajar con esta técnica.

Los flip-flops IFF1 e IFF2 son, desde el punto de vista software, dos flags que controlan cuando se permiten o no las interrupciones. IFF1 cuando vale 1 las permite y cuando vale cero no, IFF2 es el almacenamiento temporal del valor de IFF1.

Las interrupciones no enmascarables no están afectadas por el valor de IFF1 o IFF2, siempre se permiten.

En el programa monitor del SPECTRUM está anulada la interrupción no enmascarable. Si se recibiera una petición de este tipo, la rutina de servicio se limita a retornar a la secuencia principal. El objeto de esta medida es facilitar la protección de software comercial, ya que un programador experto, podría entrar en un programa protegido, provocando, desde fuera, una interrupción no enmascarable y saltando a una rutina que le devolviera el control.

Por otro lado, la ULA genera, cada 20 milisegundos, una petición de interrupción enmascarable que será atendida o no en función del estado del flip-flop IFF1. En el capítulo que trata de las instrucciones de control de la CPU, veremos detalladamente cómo funcionan las interrupciones y cómo utilizarlas en nuestros programas.

Reinicios de página cero

En todo programa, y especialmente en un Sistema Ope-

rativo, existen una serie de rutinas a las que hay que llamar frecuentemente desde distintos puntos del programa —imprimir un carácter, realizar un cálculo, leer un carácter de memoria, etc.—. Esto obligaría a utilizar un gran número de instrucciones «CALL» dirigidas al mismo punto desde varios lugares del programa. Cada instrucción «CALL» ocupa tres bytes, por tanto, el gasto de memoria resulta considerable.

Para evitar este desperdicio de memoria, el Z-80 incorpora una instrucción que permite llamar a subrutinas colocadas en lugares fijos de la memoria. Cada una de estas llamadas sólo ocupa un byte, de forma que se reduce considerablemente el gasto de memoria. Esta instrucción tiene el nemónico «RST», abreviatura del Inglés «ReStart» (Reinicio).

Las rutinas llamadas por esta instrucción han de estar situadas en las primeras direcciones de memoria, por ello, esta instrucción se denomina «Reinicio de página cero».

Todos los «Restart» del Spectrum se dirigen a rutinas útiles de la ROM que podremos utilizar en nuestros programas. De hecho, ya hemos utilizado una de ellas. ¿Recuerda el lector la misteriosa instrucción «RST #08» que nos detenía el programa con un informe de error? Pues bien, existen un total de 8 reinicios de página cero y cada uno de ellos tiene su utilidad. En principio, vamos a ver la instrucción y, luego, estudiaremos cada una de las rutinas a las que podemos llamar.

RST p

OBJETO:

Lo primero que hace el micro-procesador, al igual que en todas las instrucciones, es incrementar el registro contador de programa «PC» en el número de octetos que tiene la instrucción, en este caso uno. Después guarda el valor del registro «PC» en la pila de máquina poniendo el contenido del octeto superior en la dirección señalada por (SP)-2. A continuación decreta en 2 el registro «SP». Finalmente carga en el registro «PC» la dirección de página cero indicada por el operando «p». La correspondencia para codificar la instrucción es como sigue:

| «p» | «t» |
|-----|-----|
| 00h | 000 |
| 08h | 001 |
| 10h | 010 |
| 18h | 011 |
| 20h | 100 |
| 28h | 101 |
| 30h | 110 |
| 38h | 111 |

con lo que comenzará a ejecutar las instrucciones que se encuentren en dichas direcciones.

CODIGO DE MAQUINA:

11 ← t → 111

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

3

CODIGO MAQUINA 291

CICLOS DE RELOJ:

11

EJEMPLO:

RST #18

Dirección del primer octeto de la instrucción

| | |
|-----------------|-----|
| 0 1 0 1 0 0 1 0 | 52h |
| 1 0 0 0 0 0 1 1 | 83h |

Contenido del registro «SP»

| | |
|-----------------------|-----|
| (SP): 1 1 1 1 0 0 0 0 | F0h |
| 0 0 1 1 1 1 0 0 | 3Ch |

Instrucción

RST #18: 1 1 0 1 1 1 1 1 DFh

Contenido del registro «SP» después de la ejecución

| | |
|-----------------------|-----|
| (SP): 1 1 1 1 0 0 0 0 | F0h |
| 0 0 1 1 1 0 1 0 | 3Ah |

Contenido de los octetos F03Ah y F03B después de la ejecución

| | |
|------------------------|-----|
| F03Ah: 1 0 0 0 0 1 0 0 | 84h |
| F03Bh: 0 1 0 1 0 0 1 0 | 52h |

Contenido del registro «PC» después de la ejecución

| | |
|-----------------------|-----|
| (PC): 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
| 0 0 0 1 1 0 0 0 | 18h |

La siguiente instrucción a ejecutar está en la dirección 0018h

El programa monitor del SPECTRUM tiene las siguientes rutinas de página cero programadas:

Dirección 0000h

START:

Inicializa toda la memoria. Produce el mismo efecto que apagar y encender la fuente de alimentación o pulsar el botón de RESET en el SPECTRUM PLUS. Sería el equivalente, en código máquina, al famoso «RANDOMIZE USR 0» del Basic que nos borra toda la memoria.

Dirección 0008h

ERROR-1:

Es la rutina de manejo de errores. Cuando se utilice, el Sistema Operativo detendrá la ejecución de cualquier programa y saltará al editor de Basic presentando, en la parte inferior de la pantalla, un mensaje de error del Sistema. El mensaje presentado dependerá del contenido del byte siguiente a esta instrucción. Este byte se denomina «literal». En la siguiente tabla se da una lista de todos los mensajes del Sistema en función del literal que siga a «RST #08».

| literal | mensaje |
|---------|------------------------|
| 255 | 0 OK |
| 0 | 1 NEXT without FOR |
| 1 | 2 Variable no found |
| 2 | 3 Subscript wrong |
| 3 | 4 Out of memory |
| 4 | 5 Out of screen |
| 5 | 6 Number too big |
| 6 | 7 RETURN without GOSUB |
| 7 | 8 End of file |
| 8 | 9 STOP statement |
| 9 | A Invalid argument |
| 10 | B Integer out of range |
| 11 | C Nonsense in BASIC |
| 12 | D BREAK - CONT repeats |
| 13 | E Out of DATA |
| 14 | F Invalid file name |
| 15 | G No room for line |
| 16 | H STOP in INPUT |
| 17 | I FOR without NEXT |
| 18 | J Invalid I/O device |

- 19 K Invalid colour
- 20 L BREAK into program
- 21 M RAMTOP no good
- 22 N Statement lost
- 23 O Invalid stream
- 24 P FN without DEF
- 25 Q Parameter error
- 26 R Tape loading error
- 27 "
- 28 (c) 1982 Sinclair Research Ltd

Por ejemplo, la secuencia para detener un programa de forma que aparezca, en pantalla, el mensaje «R Tape loading error», sería:

RST #8
DEFB 26

Cuando expliquemos el uso del Microdrive en código máquina, veremos que es posible utilizar esta instrucción, con otros literales, para acceder a las funciones del INTERFACE 1. De momento, en la versión básica del Spectrum, si utilizamos otros literales, obtendremos informes sin sentido.

Dirección 0010h

PRINT-A-1

Imprime el carácter o código de control cuyo valor en ASCII se pondrá previamente en el registro acumulador «A». Antes de ello, es necesario abrir un canal de comunicación, lo cual se consigue llamando a la rutina «CHAN-OPEN» de la ROM (dirección: 1601h) con el número de corriente en el acumulador. En resumen, se puede decir que ésta es la rutina general de acceso a todos los canales de salida.

Dirección 0018h

GET-CHAR

Comprueba si el carácter

de la posición de memoria direccionada por la variable CH-ADD es imprimible, en caso afirmativo retorna; en otro caso incrementa la variable CH-ADD hasta que encuentre un carácter imprimible o el código «ENTER».

Dirección 0020h

NEXT-CHAR

Realiza la misma operación que la rutina anterior (GET-CHAR) comenzando por el carácter siguiente al direccionado por la variable CH-ADD.

Dirección 0028h

FP-CALC

Esta es la entrada de la rutina del calculador. Dada la complejidad de esta rutina, le dedicaremos un capítulo aparte. No obstante, anticiparemos que las operaciones a realizar se indican, también, mediante literales. Cuando aprendamos a manejar esta rutina, tendremos a nuestra disposición toda la potencia de cálculo del Basic para usarla desde código máquina.

Dirección 0030h

BC-SPACES

Deja un número de posiciones libres en el área de trabajo desplazando el resto de la memoria hacia arriba. El número de posiciones viene dado por el contenido del par de registros «BC» al entrar en la rutina.

Dirección 0038h

MASK-INT

A esta posición salta el micro procesador cuando se produce una interrupción enmascarable (en MODO 1), lo cual ocurre en el SPECTRUM cada 20 milisegundos.

Esta rutina se utiliza para actualizar el reloj de tiempo real y para leer el teclado. El

| INSTRUCCIONES DE LLAMADA Y RETORNO | | |
|------------------------------------|-------------|---------|
| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
| CALL nn | CD,n,n | 205,n,n |
| CALL C,nn | DC,n,n | 220,n,n |
| CALL NC,nn | D4,n,n | 212,n,n |
| CALL Z,nn | CC,n,n | 204,n,n |
| CALL NZ,nn | C4,n,n | 196,n,n |
| CALL PE,nn | EC,n,n | 236,n,n |
| CALL PD,nn | E4,n,n | 228,n,n |
| CALL M,nn | FC,n,n | 252,n,n |
| CALL P,nn | F4,n,n | 244,n,n |
| RET | C9 | 201 |
| RET C | D8 | 216 |
| RET NC | D0 | 208 |
| RET Z | C8 | 200 |
| RET NZ | C0 | 192 |
| RET PE | E8 | 232 |
| RET PD | E0 | 224 |
| RET M | F8 | 248 |
| RET P | F0 | 240 |
| RETI | ED,4D | 237,77 |
| RETN | ED,45 | 237,69 |

Fig. 11-5. Tabla de codificación para las instrucciones de llamada y retorno.

código ASCII del carácter, dígito o signo pulsado lo devuelve esta rutina en la variable «LAST-K». También es posible llamarla desde nuestros programas para leer el teclado.

Tablas de codificación

En la Figura 11-5 está la tabla de codificación para las instrucciones de llamada y re-

torno, y en la 11-6, para los reinicios de página cero.

Ejemplos

Terminado este capítulo, sólo nos restan por estudiar las instrucciones de entrada/salida y las de control de CPU. No obstante, estamos ya en disposición de escribir un auténtico programa en código máquina.

La realización de un progra-

ma en código máquina requiere un planteamiento bastante más cuidadoso que si se hiciera en Basic. Es importante definir, con toda claridad, qué es lo que se quiere hacer y cómo va a hacerse. Por pequeño que sea el programa, es necesario escribir un gran número de líneas y las posibilidades de error aumentan enormemente. Por todo esto, es recomendable que todo programa en código máquina esté compuesto por una colección de rutinas que serán llamadas desde el bucle principal para realizar cada una de las funciones elementales. Estas rutinas pueden escribirse y probarse, previamente, por separado. De esta forma, será más sencillo detectar y corregir los posibles errores.

A lo largo del curso, hemos ido viendo un gran número de rutinas sueltas. Algunas de ellas, trabajaban sobre la pantalla y, entre éstas, algunas realizaban una función u otra dependiendo del número que contuviera el acumulador al entrar en ellas (borrado parcial, intercambio de zonas de pantalla, etc.). También vimos lo que era un canal de salida; una rutina que hacía algo con el número que contuviera el acumulador al entrar en ella (por ejemplo, imprimir el carácter cuyo código fuera ese número).

Ahora, vamos a agrupar todas estas rutinas de gestión de pantalla, y unas cuantas más, para crear un auténtico «Procesador de Pantalla» que trabaje como un canal de salida. Es decir, en nuestro programa se entrará con un número en el acumulador y, dependiendo de este número, el programa realizará una u otra

| REINICIOS DE PAGINA CERO | | |
|--------------------------|-------------|---------|
| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
| RST #00 | C7 | 199 |
| RST #08 | CF | 207 |
| RST #10 | D7 | 215 |
| RST #18 | DF | 223 |
| RST #20 | E7 | 231 |
| RST #28 | EF | 239 |
| RST #30 | F7 | 247 |
| RST #38 | FF | 255 |

Fig. 11-6. Tabla de codificación para los reinicios de página cero.

función sobre la pantalla. Si almacenamos la dirección de inicio de nuestro programa en la tabla de canales, podremos utilizarlo desde el Basic, como si se tratara de uno de los canales del Sistema Operativo. La utilidad de este programa es que va a permitirnos un gran número de efectos sobre la pantalla, tanto si programamos en Basic como si lo hacemos en código máquina.

El programa —al que, por razones evidentes, hemos denominado «PROPAN»— utiliza 30 códigos de control (del «1» al «30») que realizan distintas funciones. Los códigos «0» y «31» son ignorados y no realizan ninguna función, pero cabe la posibilidad de que el lector amplíe el programa utilizando estos códigos para realizar otras funciones que él incorpore. Finalmente, los códigos del «32» en adelante (hasta el «255») producen la impresión de caracteres. Si se

utiliza el «font» de caracteres de la ROM, sólo se podrán utilizar los caracteres del «32» al «127», pero nada impide crear otro «font» de 223 caracteres con códigos comprendidos entre «32» y «255» (el «32» tiene que ser, siempre, un espacio) y direccionario mediante la variable del Sistema «CHARS» (dirección 23606 y 23607); con lo que no estaremos restringidos a los 21 UGDs del Spectrum.

Los caracteres se podrán imprimir tanto en letra normal como en cursiva o negrita (bold) y también es posible imprimirlos en «imagen de espejo»; esto último es muy útil, ya que nos ahorra mucho trabajo en la definición de gráficos; si tenemos un carácter que representa a un muñeco corriendo hacia la derecha, bastará imprimirlo en «imagen de espejo», para que aparezca corriendo hacia la izquierda.

Por otro lado, los códigos de control van a permitirnos borrar la pantalla por trozos, intercambiar zonas, repetir «n» veces un carácter, mover el cursor, realizar «scroll» de pantalla o atributos tanto en modo esférico como en modo lineal e, incluso, transferir la pantalla completa a otra dirección de memoria o recuperarla desde allí. Asimismo, se reconocen los códigos de «AT» y «ENTER» que funcionan de la misma manera que en Basic.

A continuación, se da una lista detallada de todos los códigos que utiliza «PROPAN»:

CHR\$ 0: Código nulo, no produce ningún efecto.

CHR\$ 1: Borra el primer tercio de pantalla. El borrado se produce poniendo a «0» los bits del archivo de pantalla y copiando los atributos permanentes en los bytes del archivo de atributos. No se restaura la posición de impresión.

CHR\$ 2: Borra el segundo tercio de pantalla. El borrado se produce de la misma forma que en el caso anterior.

CHR\$ 3: Borra el tercer tercio de pantalla. El borrado se produce de la misma forma que en los dos casos anteriores.

CHR\$ 4: Intercambia el primer tercio de la pantalla con el segundo. Se intercambian tanto los bytes del archivo de pantalla como los del de atributos. La posición de impresión no resulta afectada.

CHR\$ 5: Intercambia el segundo tercio de pantalla con el tercero. El intercambio se produce de la misma forma que en el caso anterior.

CHR\$ 6: Intercambia el primer tercio de pantalla con el tercero. El intercambio se produce de la misma forma que en los dos casos anteriores.

CHR\$ 7: Repetición de carácter. Utiliza dos operandos que serán los dos caracteres que le siguen; el primero de ellos indica las veces que se ha de repetir el carácter y el segundo es el carácter a repetir. Por ejemplo:

```
CHR$ 7;CHR$ 15;(*);
```

provocaría la impresión de 15 asteriscos a partir de la posición actual de impresión. El segundo operando nunca puede ser «7», si lo fuera, la orden sería ignorada. Por ejemplo:

```
CHR$ 7;CHR$ 15;CHR$ 7;
```

no provocaría ningún efecto. La posición de impresión se actualiza según el número de caracteres que se impriman. La rutina trabaja en modo «recursivo».

CHR\$ 8: Cursor izquierda. Al igual que en Basic, retrocede una columna la posición de impresión. A diferencia del Basic, no va más allá de la columna «0».

CHR\$ 9: Cursor derecha. Avanza una columna la posición de impresión. No va más allá de la columna «31».

CHR\$ 10: Cursor abajo. Baja una línea la posición de impresión. No va más allá de la línea «21».

CHR\$ 11: Cursor arriba. Sube una línea de la posición de impresión. No va más allá de la línea «0».

CHR\$ 12: DELETE. Produce el borrado del carácter anterior a la actual posición de im-

presión. El borrado se produce retrocediendo el cursor, imprimiendo un espacio y volviendo a retroceder el cursor. Si la posición de impresión se encontrara en «0,0», se borraría el carácter situado en «0,0» quedando la posición de impresión, de nuevo, en «0,0». En cualquier otra posición de impresión, se borra el carácter anterior y la posición de impresión no varía.

CHR\$ 13: ENTER. Se avanza la posición de impresión al inicio de la siguiente línea. Si se estuviera en la última línea, se produce un «scroll» automático de una línea. Hay que tener en cuenta que el Basic manda, automáticamente, este código al final de cualquier comando «PRINT» o «LPRINT» que no termine en «;».

CHR\$ 14: Scroll izquierda de pantalla. Se produce un «scroll» de la pantalla, un pixel a la izquierda. El scroll puede ser «lineal» o «esférico» dependiendo de como se hubiera fijado previamente. Al cargar el programa, queda preparado para «scroll lineal».

CHR\$ 15: Scroll derecha de pantalla. Se produce un scroll de la pantalla, un pixel a la derecha. El scroll se produce de la misma forma que en el caso anterior.

CHR\$ 16: Scroll abajo de pantalla. Se produce un scroll de la pantalla, un scan hacia abajo. El scroll se produce de la misma forma que en los dos casos anteriores.

CHR\$ 17: Scroll arriba de pantalla. Se produce un scroll de la pantalla, un scan hacia arriba. El scroll se produce de la misma forma que en los tres casos anteriores.

CHR\$ 18: Scroll izquierda de atributos. Se produce un scroll del archivo de atributos, una columna a la izquierda. El scroll puede ser lineal o esférico dependiendo de como se hubiera fijado previamente. Inicialmente es lineal. En el caso de scroll lineal, lo que va entrando por el lado contrario son los atributos permanentes en curso.

CHR\$ 19: Scroll derecha de atributos. Se produce un scroll del archivo de atributos, una columna a la derecha. El scroll se produce de la misma forma que en el caso anterior.

CHR\$ 20: Scroll abajo de atributos. Se produce un scroll del archivo de atributos, una línea hacia abajo. El scroll se produce de la misma forma que en los dos casos anteriores.

CHR\$ 21: Scroll arriba de atributos. Se produce un scroll del archivo de atributos, una línea hacia arriba. El scroll se produce de la misma forma que en los tres casos anteriores.

CHR\$ 22: Control «AT». Tiene dos operandos que son los dos caracteres que le siguen. El primero indica la línea y el segundo la columna, donde deberá quedar posicionado el cursor. El siguiente carácter se imprimirá en esa posición. Trabaja de la misma forma que el «AT» del Basic, salvo que el primer operando no podrá ser mayor de 21, aun cuando se hubieran eliminado las dos líneas inferiores de la pantalla.

CHR\$ 23: Fija letra cursiva. Pone a «1» el flag de cursiva en la variable «FLAGS» del programa (no en la del Siste-

ma Operativo con el mismo nombre).

CHR\$ 24: Fija letra negrita (bold). Pone a «1» el flag de bold en la variable «FLAGS» del programa.

CHR\$ 25: Fija letra especular (imagen de espejo). Pone a «1» el flag de espejo en la variable «FLAGS» del programa.

CHR\$ 26: Fija letra normal. Pone a «0» los flags de cursiva, bold y espejo en la variable «FLAGS» del programa.

CHR\$ 27: Fija scroll esférico. Pone a «1» el flag de scroll esférico en la variable «FLAGS» del programa.

CHR\$ 28: Fija scroll lineal. Pone a «0» el flag de scroll esférico en la variable «FLAGS» del programa.

CHR\$ 29: Transfiere la pantalla. Copia los archivos de pantalla y atributos en un bloque de 6912 bytes consecutivos, cuya primera dirección sea el contenido de la variable del Sistema «SEED». Al encender el ordenador, esta variable contiene «0», y cambia su valor cada vez que se hace uso de la función «RND» del Basic. Para almacenar el valor «n» en esta variable, basta con hacer: RANDOMIZE n donde «n» es un número entre «1» y «65535».

CHR\$ 30: Recupera la pantalla. Copia, en los archivos de pantalla y atributos, el contenido de un bloque de 6912 bytes consecutivos, cuya primera dirección sea el contenido de la variable del Sistema «SEED».

CHR\$ 31: Código nulo. No produce ningún efecto.

CHR\$ 32 al CHR\$ 255: Im-

prime el carácter que se corresponda con el código. La dirección del font de caracteres se toma de la variable del Sistema «CHARS». Es posible disponer un font de hasta 224 caracteres (el primero de los cuales deberá ser un espacio) en cualquier lugar de la memoria. Para direccionarlo, la variable del Sistema «CHARS» deberá contener un número que sea la dirección inicial del font, menos 256. La impresión se produce en letra normal, cursiva, negrita o especular (imagen de espejo), dependiendo de cómo estén fijados los flags correspondientes de la variable «FLAGS» del programa (no de la del Sistema que tiene el mismo nombre). Es posible imprimir, simultáneamente, en cursiva y negrita; pero si está a «1» el flag de «espejo», no se tendrán en cuenta los contenidos de los flags de cursiva y bold. Tras la impresión, se actualiza, adecuadamente, la posición de impresión. Asimismo, se actualizan los contenidos de las variables del Sistema «S-POSN» y «DF-CC» para que la rutina sea compatible con el Basic; en caso necesario, se produce un scroll automático de una línea. La impresión se realiza de modo «transparente», es decir, no se modifica el byte correspondiente del archivo de atributos. No se reconocen, como tales, los códigos de gráficos y tokens.

El programa «PROPAN» utiliza dos variables internas. La primera de ellas se denomina «FLAGS», tiene un octeto y contiene los 8 flags que necesita el programa. La segunda se llama «VAR-1», tiene 2 octetos y se utiliza para almace-

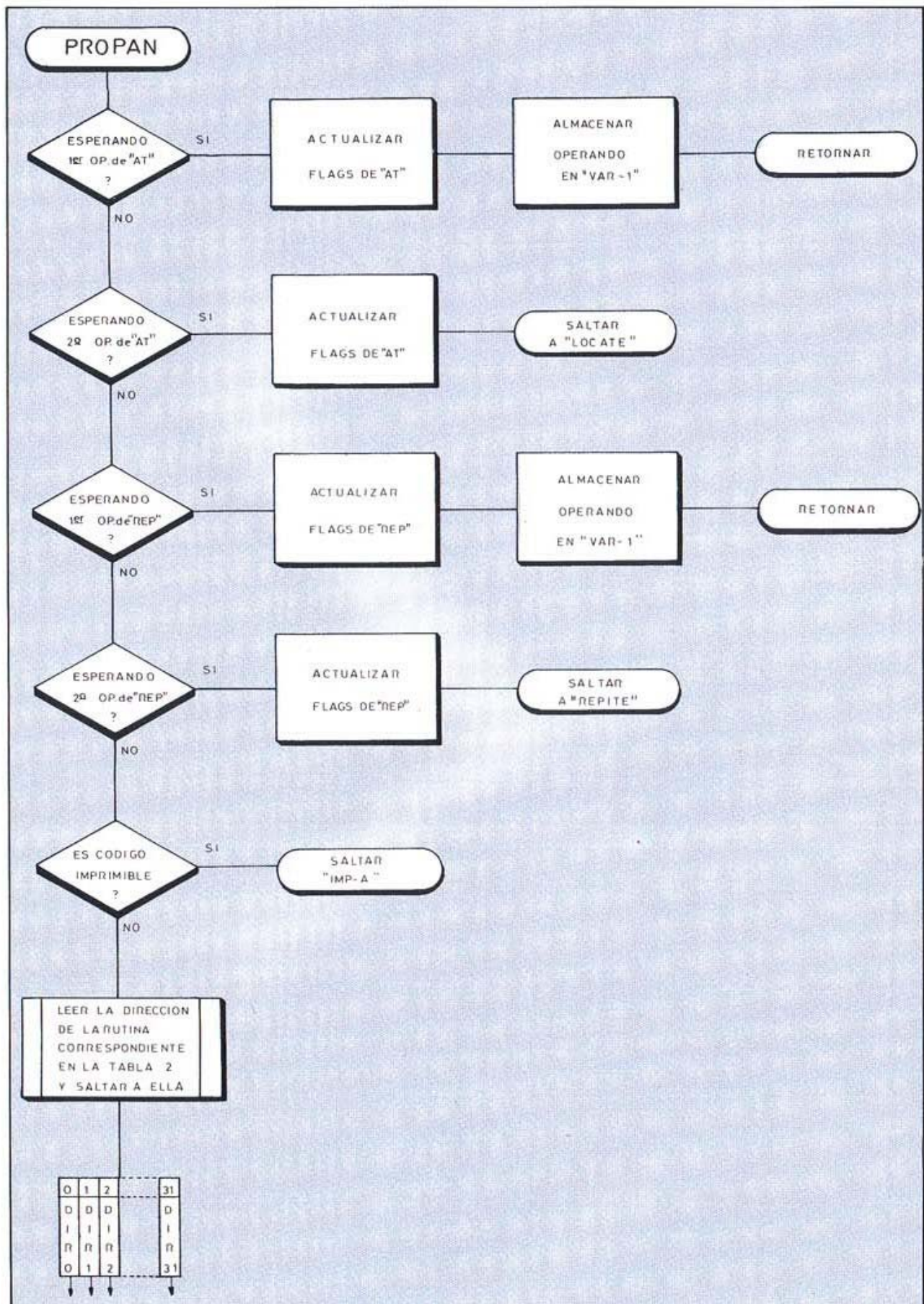


Fig. 11-7. Diagrama de flujo de la rutina de entrada al procesador de pantalla.

namiento temporal de algunos datos.

La disposición y significado de los «FLAGS» son los siguientes:

BIT 0: Si está a «1», indica que la impresión se debe hacer con letra cursiva.

BIT 1: Si está a «1», indica que la impresión se debe hacer con letra negrita o bold.

BIT 2: Si está a «1», indica que la impresión se debe hacer con letra especular (imagen de espejo).

BIT 3: Si está a «1», indica que cualquier scroll deberá hacerse en modo esférico, es decir, lo que «sale» por un lado de la pantalla, «entra» por el contrario. Si está a «0», cualquier scroll será lineal, es decir, lo que sale por un lado de la pantalla, se pierde definitivamente y por el lado contrario entran ceros, en el caso de scroll de pantalla, o los atributos permanentes en curso, en el caso de scroll de atributos.

BIT 4: Procesar primer operando de «AT». Si está a «1», indica que el carácter que se está procesando es el primer operando de un código «AT» (CHR\$ 22) previamente recibido.

BIT 5: Procesar segundo operando de «AT». Si está a «1», indica que el carácter que se está procesando es el segundo operando de un código «AT» (CHR\$ 22) previamente recibido.

BIT 6: Procesar primer operando de «REP». Si está a «1», indica que el carácter que se está procesando es el primer operando de un código de repetición (CHR\$ 7) previamente recibido. Este código se to-

maría como el número de repeticiones.

BIT 7: Procesar segundo operando de «REP». Si está a «1», indica que el carácter que se está procesando es el segundo operando de un código de repetición (CHR\$ 7) previamente recibido. Este código se tomaría como el del carácter a repetir.

Ahora ya tenemos claramente planteado lo que queremos hacer. Vamos a ver cómo hacerlo. Cada una de las distintas funciones que realizará «PROPAN», será llevada a cabo por una rutina; si bien, en ocasiones una misma rutina podrá realizar varias funciones similares. Por ejemplo, tendremos una rutina que nos borrará un tercio de la pantalla, pero será la misma rutina la que borre el primer tercio, el segundo o el tercero.

Por tanto, el programa deberá empezar con una rutina de entrada que se encargue de llamar a una u otra de las restantes rutinas, dependiendo de qué código contenga el acumulador. Esta rutina de entrada deberá tener en cuenta, también, si el carácter que entra es un operando de «AT» o de «CHR\$ 7» para tratarlo como tal; con este fin, se consultan los flags correspondientes.

El diagrama de flujo de esta rutina de entrada, está representado en la Figura 11-7. Como se ve, primero comprobamos los flags, uno a uno, para ver si se trata de un operando. Luego, vemos si el carácter es imprimible, en cuyo caso saltamos a la rutina «IMP-A». Si el código no corresponde a un carácter imprimible, miramos en una tabla, qué rutina tenemos que lla-

mar para que ejecute la función correspondiente.

El listado en Assembler de esta rutina de entrada es el siguiente:

```

100 PROPAN LD HL,FLAGS
110 BIT 4,(HL)
120 JR NZ,AT_1
130 BIT 5,(HL)
140 JR NZ,AT_2
150 BIT 6,(HL)
160 JR NZ,REF_1
170 BIT 7,(HL)
180 JR NZ,REF_2
190 CP 32
200 JP NC,IMP_A
210 LD C,A
220 ADD A,A
230 LD E,A
240 LD D,0
250 LD HL,TABLA2
260 ADD HL,DE
270 LD E,(HL)
280 INC HL
290 LD D,(HL)
300 EX DE,HL
310 LD A,C
320 JP (HL)
330 AT_1 LD (VAR_1),A
340 RES 4,(HL)
350 SET 5,(HL)
360 RET
370 AT_2 RES 5,(HL)
380 JP LOCATE
390 REF_1 LD (VAR_1),A
400 RES 6,(HL)
410 SET 7,(HL)
420 RET
430 REF_2 RES 7,(HL)
440 JP REPITE
450 FLAGS DEFB 0
460 VAR_1 DEFB 0
470 DEFB 0
480 TABLA2 DEFW NULO
490 DEFW CLS3
500 DEFW CLS3
510 DEFW CLS3
520 DEFW INTER
530 DEFW INTER
540 DEFW INTER
550 DEFW REP_0
560 DEFW CURSOR
570 DEFW CURSOR
580 DEFW CURSOR
590 DEFW CURSOR
600 DEFW DELETE
610 DEFW ENTER
620 DEFW SCRFI
630 DEFW SCRFD
640 DEFW SCRFB
650 DEFW SCRFR
660 DEFW SCRAI
670 DEFW SCRAD
680 DEFW SCRAB
690 DEFW SCRAR
700 DEFW AT_0
710 DEFW SETFLA
720 DEFW SETFLA
730 DEFW SETFLA
740 DEFW SETFLA
750 DEFW SETFLA
760 DEFW SETFLA
770 DEFW TRAPAN
780 DEFW TRAPAN
790 DEFW NULO
800 NULO RET

```

Tenga en cuenta que, en esta rutina, entramos con el registro «A» (acumulador) conteniendo un código que puede ser imprimible, de control o un operando de «AT» o «CHR\$ 7». Vamos a ir comentando las líneas una a una:

Línea 100: Cargamos, en «HL», la dirección de «FLAGS» con el fin de facilitar su lectura.

Líneas 110 y 120: Saltamos a «AT-1» (línea 330) si el carácter en proceso es el primer operando de un código «AT» previamente recibido.

Líneas 130 y 140: Saltamos a «AT-2» (línea 370) si el carácter recibido es el segundo operando de un código «AT».

Líneas 150 y 160: Saltamos a «REP-1» (línea 390) si el carácter es el primer operando de un «CHR\$ 7» previamente recibido.

Líneas 170 y 180: Saltamos a «REP-2» (línea 430) si el carácter es el segundo operando de un «CHR\$ 7».

Líneas 190 y 200: Llegado este punto, ya sabemos que no se trata de ningún operando. En estas líneas, saltamos a «IMP-A» si el código es mayor de 31, es decir, si representa un carácter imprimible. Utilizamos un salto absoluto ya que «IMP-A» se encuentra fuera del rango permitido por los saltos relativos.

A partir de la línea 210, ya sabemos que el código no es imprimible, es decir, que se trata de un código de control. Lo que haremos será utilizarlo como un «offset» para entrar en la «TABLA2» y salir de ella con «HL» conteniendo la dirección a donde tenemos que saltar. Vamos a verlo detenidamente:

Línea 210: Preservamos en «C» el contenido de «A».

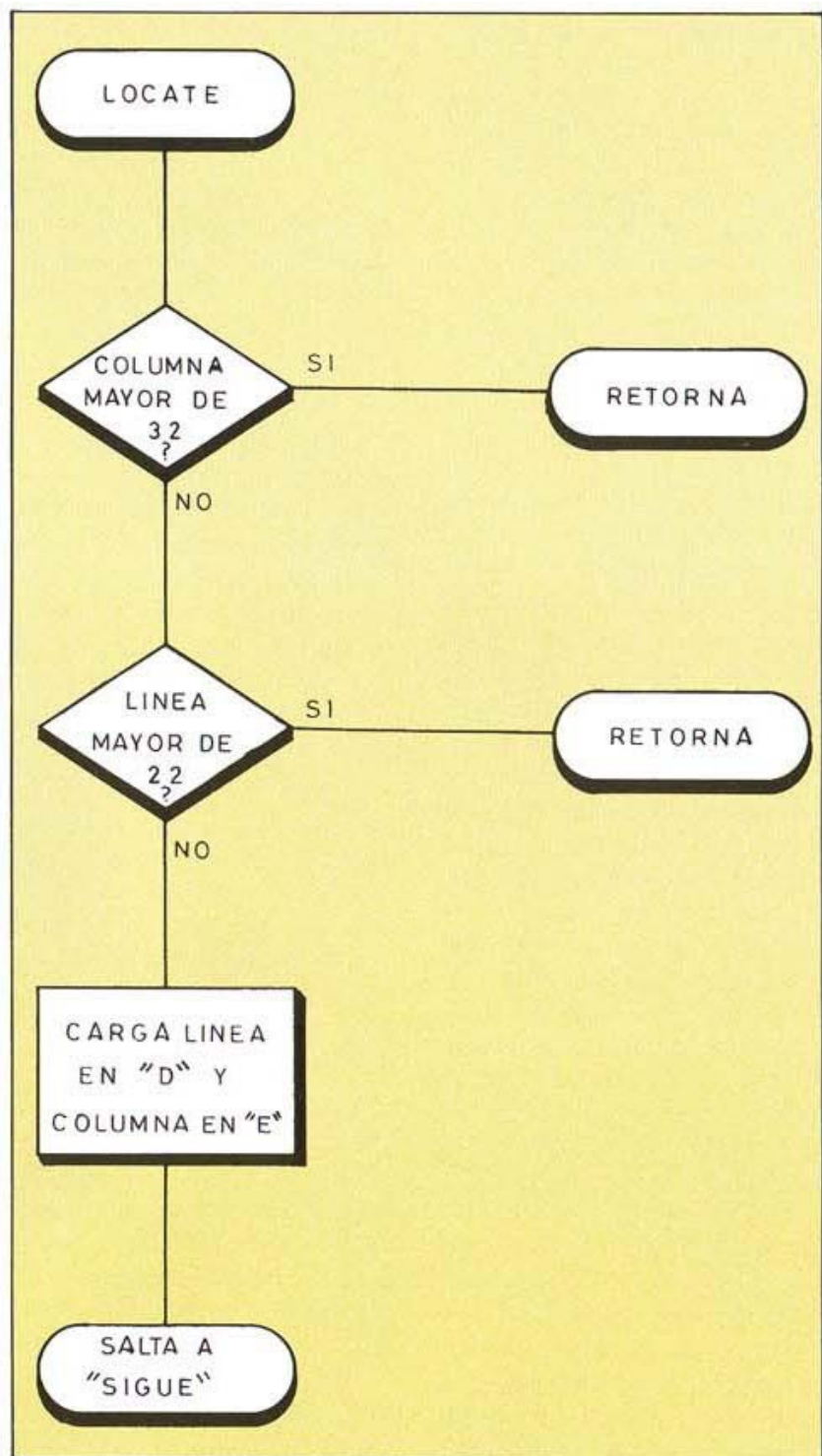


Fig. 11-8. Ordinograma de la rutina «LOCATE».

Línea 220: Multiplicamos el contenido de «A» por 2, ya que cada elemento de la tabla ocupa 2 bytes.

Líneas 230 y 240: Traspasamos, a «DE», el contenido de «A».

Línea 250: Cargamos en «HL» la dirección base de la

«TABLA2».

Línea 260: Sumamos, sobre «HL», el contenido de «DE». Con esto, el registro «HL» queda apuntando a un elemento de la tabla que dependerá del código que hubiera en «A». Este elemento será la dirección inicial de la

rutina que se encarga de realizar la función correspondiente a este código.

Líneas 270 a la 290: Cargamos en «DE» el elemento correspondiente de la tabla.

Línea 300: Pasamos este dato a «HL».

Línea 310: Recuperamos el primitivo valor de «A» que habíamos conservado en «C».

Línea 320: Saltamos a la rutina correspondiente que se va a encargar de realizar la función indicada por «A». En cualquiera de estas rutinas, entraremos, de nuevo, con el registro «A» conteniendo el código de la función a realizar. Para algunas rutinas, este código será útil; otras, simplemente lo ignorarán.

La «TABLA2» está colocada a partir de la línea 480. Observe que el primer y último elementos (correspondientes a los códigos «0» y «31») apuntan a la etiqueta «NULO» de la línea 800. Cuando se reciban estos códigos, se saltará a esta línea y se ejecutará un simple retorno. Si el lector quiere añadir funciones al procesador de pantalla, puede utilizar estos códigos cambiando las etiquetas «NULO» de la «TABLA2» por otras que indiquen el inicio de las rutinas correspondientes. Recuerde que, al ensamblar el programa, cada etiqueta de la tabla será sustituida por su significado, en este caso, por la dirección inicial de la rutina correspondiente.

Nos hemos dejado por ver las cuatro pequeñas rutinas colocadas a partir de la línea 330. Estas son las rutinas que se encargan de procesar los operandos de los códigos «AT» y «CHR\$ 7». Vamos a verlas:

Línea 330 a 360: Se alma-

cena, en «VAR-1», el contenido de «A» que es el primer operando de un «AT». Se pone a cero el flag de «primer operando de AT» y a uno el de «segundo operando de AT». De esta forma, el programa sabe que el siguiente código a recibir será el segundo operando de «AT». Finalmente, se retorna.

Líneas 370 y 380: se pone a cero el flag de «segundo operando de AT». En este punto, tendremos en «VAR-1» el primer operando (n.º de línea) y en «A» el segundo (n.º de columna); por tanto, no tenemos más que saltar a la rutina «LOCATE» que será la que se encargue de posicionar el cursor.

Líneas 390 a la 400: Exactamente igual que en «AT-1», almacenamos el primer operando en «VAR-1» y actualizamos los flags para que el programa interprete el siguiente código a recibir como segundo operando de «CHR\$ 7». Finalmente, retornamos.

Líneas 430 y 440: De la misma forma que en «AT-2», ponemos a cero el flag correspondiente y saltamos a la rutina «REPITE» que se encargará de repetir el carácter o código que esté en «A», tantas veces como indique el número contenido en «VAR-1». Si el contenido de «A» representa un código imprimible, se imprimirá las veces necesarias, si se trata de un código de control, se ejecutará la función correspondiente tantas veces como indique «VAR-1». Por último, si «A» contiene un «7», la orden será ignorada ya que, de ejecutarse, podría hacernos entrar en un bucle sin fin. De todo esto se encargará la rutina

«REPITE» cuyo listado veremos más adelante.

Líneas 450 a la 470: Hemos reservado tres bytes antes de la «TABLA2» para que sean las variables de nuestro programa. Observe que, a diferencia del Basic, en un programa escrito en Assembler, las variables pueden estar en cualquier lugar de la memoria, pero deberán tener un sitio fijo y será necesario declararlas. Precisamente, es lo que hacemos en estas líneas, inicializando sus contenidos a «0».

Ya hemos visto la rutina inicial de nuestro programa. A partir de ahora, iremos viendo, una a una, las rutinas que esta llama para realizar cada una de las funciones.

LOCATE:

Es la rutina de respuesta al código «AT». Coloca el cursor en la línea indicada por «VAR-1» y la columna indicada por el contenido de «A». Su listado Assembler es el siguiente:

```
810 LOCATE DF 32
820          RET NC
830          LD E, A
840          LD A, (VAR_1)
850          CF 22
860          RET NC
870          LD D, A
880          JF SIGUE
```

Líneas 810 y 820: Retorna si el contenido de «A» (n.º de columna) es mayor de 31.

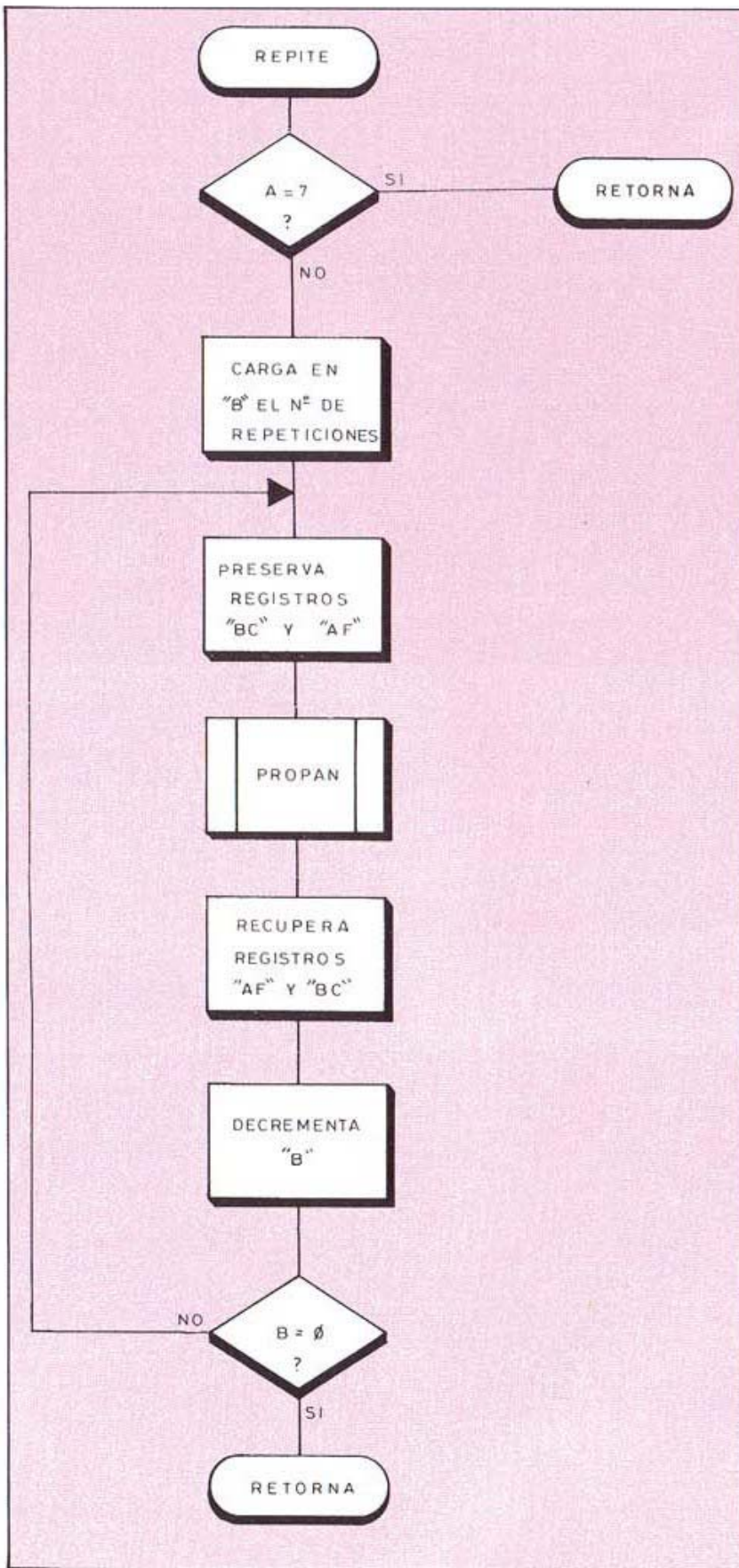
Línea 830: Carga el número de columna en «E».

Línea 840: Carga en «A» el número de línea.

Líneas 850 y 860: Retorna si el contenido de «A» (n.º de línea) es mayor de 21.

Línea 870: Carga el número de línea en «D».

Línea 880: Salta a la etique-



Ordinograma de la rutina «REPITE».

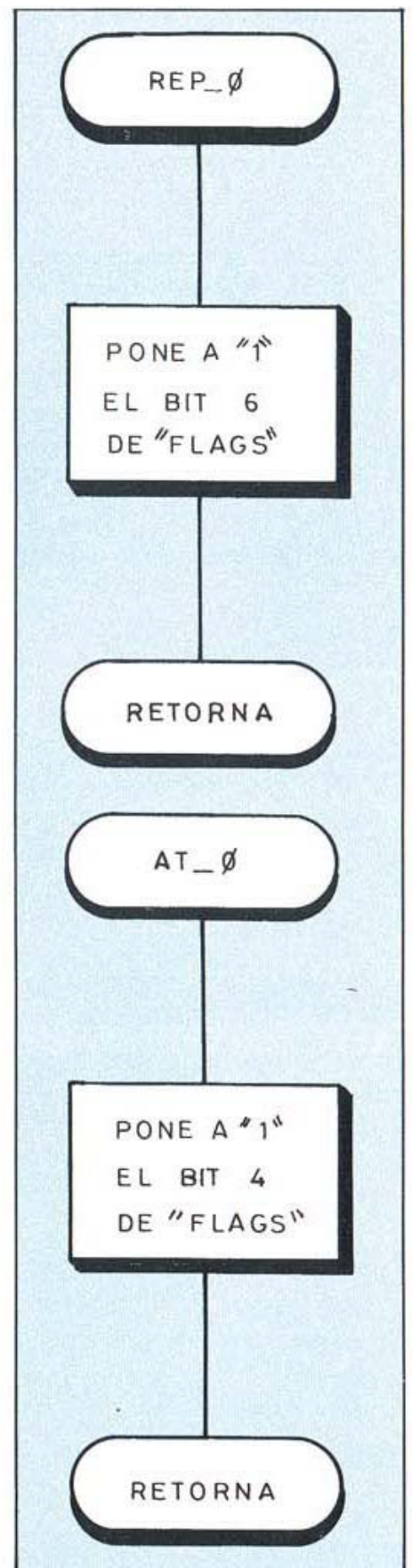


Fig. 11-10. Ordinograma de las rutinas.

ta «SIGUE» de la rutina «IMP-A». En este punto, se entra con las coordenadas de una posición de impresión en el registro «DE» y la rutina «SIGUE» se encargará de actualizar las variables del Sistema «S-POSN» y «DF-CC» para que ésta sea la nueva posición de impresión.

REPITE:

En esta rutina se entra con el acumulador conteniendo el código del carácter o función a repetir y la variable «VAR-1» conteniendo el número de repeticiones. El listado Assembler es el siguiente:

```

890 REPITE CP 7
900 RET Z
910 LD HL,VAR_1
920 LD B,(HL)
930 REPI PUSH BC
940 PUSH AF
950 CALL PROPAN
960 POP AF
970 POP BC
980 DJNZ REPI
990 RET

```

Hemos utilizado un procedimiento de programación denominado «recursivo» que consiste en hacer que una rutina se llame a sí misma. En este caso, la rutina llama a «PROPAN» tantas veces como tenga que repetir el carácter o función. Un procedimiento similar usa el Sistema Operativo del Spectrum para imprimir los «Tokens» expandidos.

Cuando se utilizan recursivos, es importante evitar que la rutina se encierre en un bucle sin fin, donde estaría llamándose a sí misma continuamente y expandiendo, indefinidamente, la pila. En este caso, lo hemos evitado haciendo que la rutina retorne si el código a repetir es «7». Vamos a ver lo que hace cada línea:

Líneas 890 y 900: Se retorna si el código a repetir es «7».

Líneas 910 y 920: Se transfiere al registro «B» el número de veces que habrá de repetirse el código que está en «A».

Líneas 930 a 980: Constituyen un bucle donde se va llamando a «PROPAN», con el código a repetir en «A», tantas veces como indique el contenido de «B». Antes de cada llamada, se preservan los contenidos de «AF» y «BC» que se recuperan después.

Línea 990: Retorna al Sistema.

REP-0:

Es la rutina de respuesta al código «7». Lo único que hace es poner a «1» el bit 6 de «FLAGS» para indicar al programa que el siguiente código será el primer operando. Su listado es el siguiente:

```

1000 REP_0 LD HL,FLAGS
1010 SET 6,(HL)
1020 RET

```

La rutina es tan sencilla que no creemos que requiera explicación.

AT-0:

Similar a la anterior, se trata de la rutina de respuesta al código «AT». En este caso, se pone a «1» el bit 4 de «FLAGS». El listado, tan sencillo como el anterior, es este:

```

1030 AT_0 LD HL,FLAGS
1040 SET 4,(HL)
1050 RET

```

CURSOR:

Se trata de la rutina que se encarga de mover la posición

de impresión. Se entra en ella con el acumulador conteniendo cualquiera de los códigos «8», «9», «10» u «11». La rutina ejecutará el movimiento en uno u otro sentido en función de este código. Veamos el listado:

```

1060 CURSOR LD DE,(S-POSN)
1070 LD HL,#1821
1080 SBC HL,DE
1090 EX DE,HL
1100 CF 9
1110 JR Z,CUR_2
1120 CP 10
1130 JR Z,CUR_3
1140 CF 11
1150 JR Z,CUR_4
1160 LD A,E
1170 AND A
1180 RET Z
1190 DEC E
1200 JP SIGUE
1210 CUR_2 LD A,E
1220 CP 31
1230 RET Z
1240 INC E
1250 JP SIGUE
1260 CUR_3 LD A,D
1270 CF 21
1280 RET Z
1290 INC D
1300 JP SIGUE
1310 CUR_4 LD A,D
1320 AND A
1330 RET Z
1340 DEC D
1350 JP SIGUE

```

Líneas 1060 a la 1090: Empezamos por cargar en «DE» las coordenadas en curso desde la variable del Sistema «S-POSN». Como están invertidas, tendremos que restarlas en 1821h para obtener el n.º de línea en «D» y el de columna en «E».

Líneas 1100 y 1110: Saltamos a «CUR-2» si el código en «A» es «9».

Líneas 1120 y 1130: Saltamos a «CUR-3» si el código es «10».

Líneas 1140 y 1150: Saltamos a «CUR-4» si el código en «A» es «11».

Líneas 1160 a la 1200: A estas líneas se llega si el código es «8» y se encargan de retroceder una columna. Se

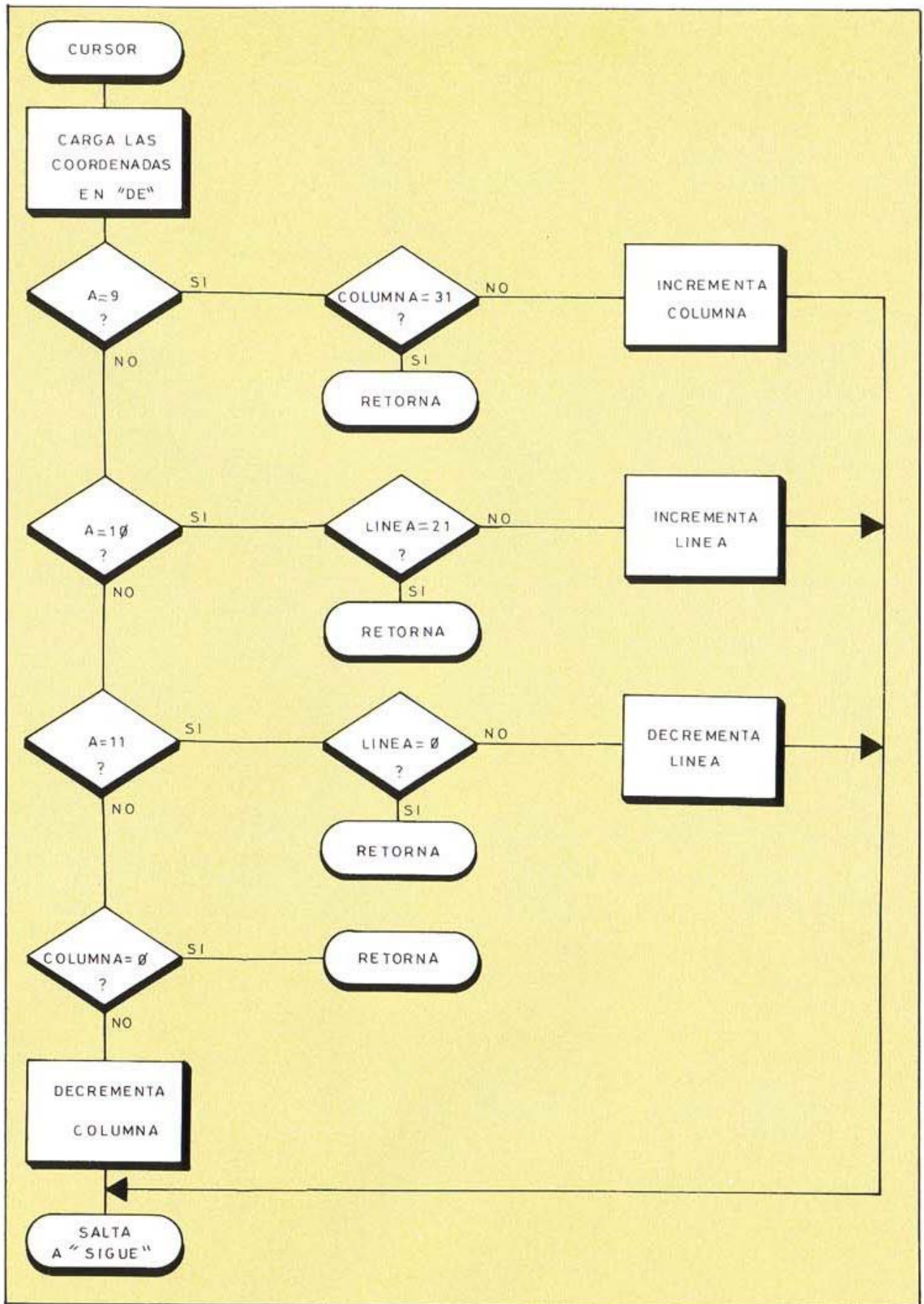


Fig. 11-11. Ordinograma de la rutina «CURSOR».

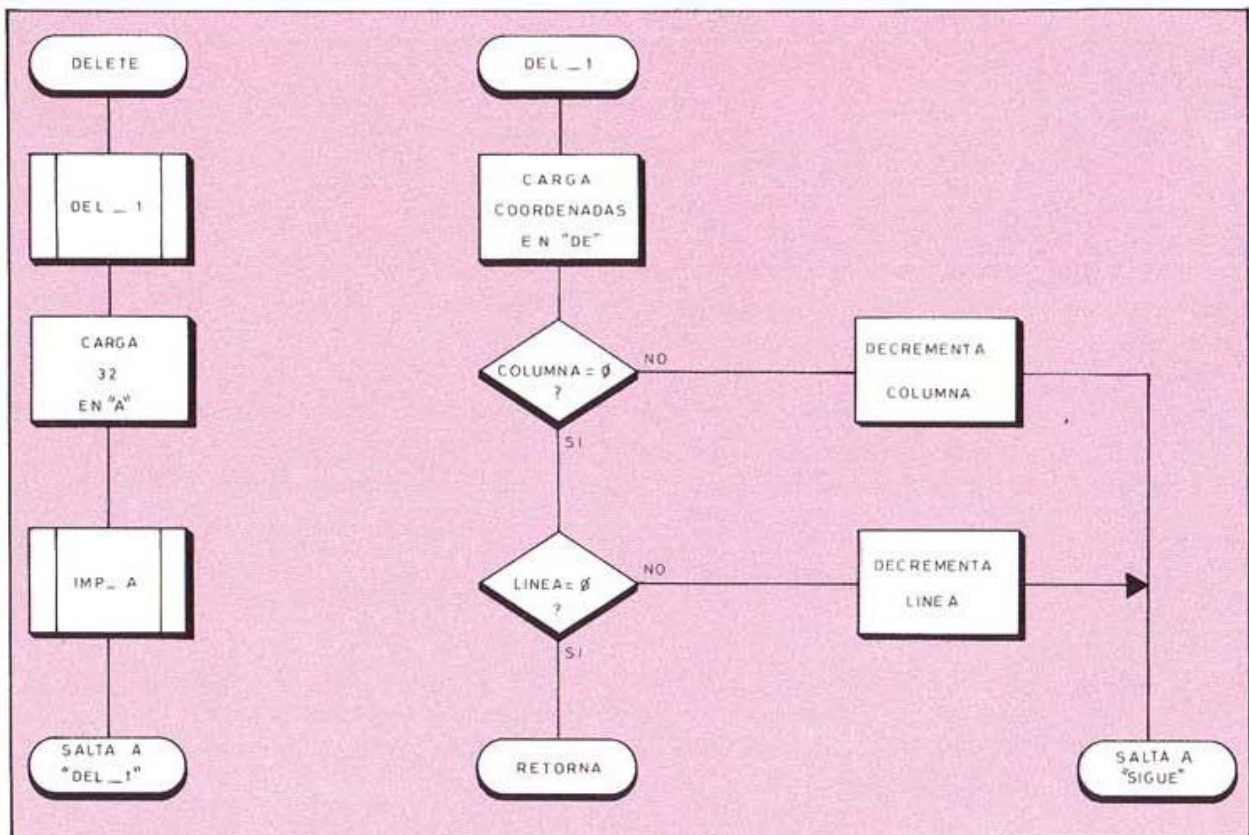


Fig. 11-12. Ordinograma de la rutina «DELETE».

carga, en «A», el número de columna, se retorna si es «0»; si no, se decrementa y se salta a «SIGUE» donde serán actualizadas las variables «S-POSN» y «DF-CC» del Sistema.

Líneas 1210 a la 1250: En este caso, se trata de incrementar el número de columna. En la línea 1230 se retorna si este ya era «31». También se sale saltando a «SIGUE».

Líneas 1260 a la 1300: Incrementa el número de línea. Se retorna si este ya era «21» antes de incrementarlo. Si se quiere que el código «AT» pueda posicionar el cursor en las dos líneas inferiores de la pantalla, basta con cambiar el «21» de la línea 1270 por un «23».

Líneas 1310 a la 1350: Al contrario de la anterior, esta

vez se trata de subir una línea. Se produce el retorno si el número de línea ya era «0».

DELETE:

Es la rutina de respuesta al código «12». Su misión es borrar el carácter anterior a la posición actual de impresión y dejar ésta en el lugar del carácter borrado. El listado es el siguiente:

```

1360 DELETE CALL DEL_1
1370 LD A,32
1380 CALL IMP_A
1390 DEL_1 LD DE,(S_POSN)
1400 LD HL,#1821
1410 SBC HL,DE
1420 EX DE,HL
1430 LD A,E
1440 AND A
1450 JR Z,DEL_2
1460 DEC E
1470 JP SIGUE
1480 DEL_2 LD A,D
1490 AND A
1500 RET Z
1510 DEC D
1520 LD E,31
1530 JP SIGUE
  
```

La subrutina «DEL-1» se encarga de retroceder la posición de impresión. El funcionamiento de «DELETE» consiste en: Primero: se llama a la rutina «DEL-1». Segundo: se imprime un espacio llamando a «IMP-A» con el código «32» en el acumulador. Tercero: se continúa en «DEL-1». De esta forma, la subrutina «DEL-1» se ejecuta dos veces, una antes del borrado y otra después. Vamos a estudiarla.

Líneas 1390 a la 1420: De igual forma que cuando movíamos los cursores, lo primero que hay que hacer es tener en «DE» las coordenadas en curso.

Líneas 1430 a la 1450: Si el número de columna es «0», habrá que colocarse en el último carácter de la línea anterior, para lo que se salta a «DEL-2».

Líneas 1460 a la 1470: Simplemente, se decrementa el número de línea y se salta a «SIGUE» para actualizar las variables «S-POSN» y «DF-CC».

Líneas 1480 a la 1500: Se carga en «A» el número de línea y se retorna si este es «0».

Líneas 1510 a la 1530: Se decrementa el número de línea y se pone «31» en el de columna, con lo que estamos al final de la línea anterior. Como de costumbre, terminamos saltando a «SIGUE» para actualizar las variables.

CLS3:

Esta es la primera de las rutinas que ya habíamos visto. Su misión es borrar un tercio de la pantalla. En ella se entra con el acumulador conteniendo «1», «2» ó «3» para borrar el primero, segundo o tercer tercio respectivamente. Hemos simplificado bastante el listado con el uso de instrucciones «LDIR» y la eliminación de «ceros» innecesarios en la tabla:

| | | | |
|------|--------|------|------------|
| 1540 | CLS3 | DEC | A |
| 1550 | | ADD | A, A |
| 1560 | | LD | HL, TABLA |
| 1570 | | LD | B, 0 |
| 1580 | | LD | C, A |
| 1590 | | ADC | HL, BC |
| 1600 | | LD | B, (HL) |
| 1610 | | INC | HL |
| 1620 | | LD | D, (HL) |
| 1630 | | LD | E, 0 |
| 1640 | | JR | CLS3_1 |
| 1650 | TABLA | DEFB | #40, #58 |
| 1660 | | DEFB | #48, #59 |
| 1670 | | DEFB | #50, #5A |
| 1680 | CLS3_1 | LD | H, B |
| 1690 | | LD | L, 0 |
| 1700 | | LD | BC, #07FF |
| 1710 | | PUSH | DE |
| 1720 | | LD | (HL), L |
| 1730 | | LD | D, H |
| 1740 | | LD | E, 1 |
| 1750 | | LDIR | |
| 1760 | | POP | HL |
| 1770 | | LD | D, H |
| 1780 | | LD | E, 1 |
| 1790 | | LD | A, (23693) |
| 1800 | | LD | (HL), A |
| 1810 | | LD | C, #FF |
| 1820 | | LDIR | |
| 1830 | | RET | |

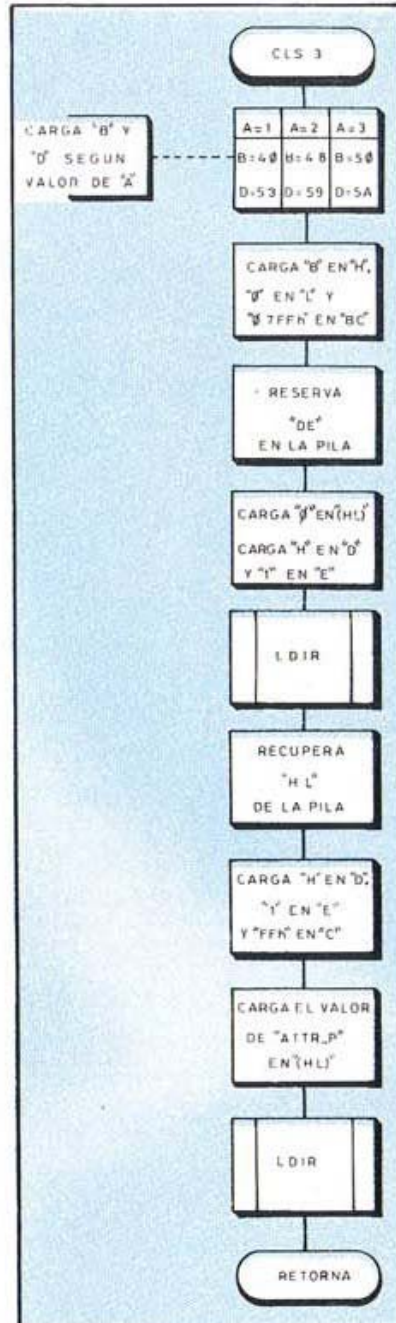


Fig. 11-13. Ordinograma de la rutina «CLS3».

Líneas 1540 a la 1630: Cada elemento de la tabla consta de dos bytes, el primero es el octeto alto de la dirección de inicio de un bloque en el archivo de pantalla; el segundo es lo mismo, pero para el archivo de atributos. En ambos casos, los octetos bajos de las direcciones son «0», por eso, los omitimos de la ta-

bla. En estas líneas, cargamos el inicio del bloque de pantalla en «BC» y el del bloque de atributos en «DE».

Línea 1640: Continuamos en «CLS3-1» para saltarnos los bytes ocupados por la tabla.

Líneas 1650 a la 1670: La tabla de direcciones para cada uno de los bloques.

Líneas 1680 y 1690: Transferimos a «HL» la dirección de inicio del bloque en el archivo de pantalla.

Líneas 1700 y 1710: Cargamos en «BC» la longitud del bloque menos uno y preservamos «DE» que contiene la dirección de inicio del bloque en atributos.

Línea 1720: Cargamos un «0» en la primera dirección del bloque. Utilizamos «LD (HL), L» porque «L» vale «0».

Líneas 1730 y 1740: Copiamos en «DE» la dirección de inicio del bloque más uno.

Línea 1750: Copiamos el «0» del primer byte en todos los restantes del bloque.

Líneas 1760 a la 1780: Recuperamos en «HL» la dirección de inicio del bloque en el archivo de atributos y pasamos a «DE» esta dirección más uno.

Líneas 1790 y 1800: Cargamos en «A» los atributos permanentes en curso y los transferimos a la primera dirección del bloque.

Línea 1810: Como «B» ya contiene «0» (así ha salido del «LDIR» anterior), el hecho de cargar FFh en «C» hace que «BC» contenga «255», es decir, la longitud del bloque menos uno.

Línea 1820: Copiamos el primer byte en todos los restantes.

Línea 1830: Retorna al Sistema.

INTER:

Esta rutina también la habíamos visto, aunque la hemos hecho un poco más corta convirtiendo en subrutina un grupo de instrucciones que se repetían dos veces. Su listado es:

```

1840 INTER    EXX
1850         PUSH HL
1860         EXX
1870         CP    5
1880         JR    Z,OP_2
1890         CP    6
1900         JR    Z,OP_3
1910         LD    HL,#5800
1920         LD    DE,#5900
1930         EXX
1940         LD    HL,#4000
1950         LD    DE,#4800
1960         JK    TRANS
1970 OP_2     LD    HL,#5900
1980         LD    DE,#5A00
1990         EXX
2000         LD    HL,#4800
2010         LD    DE,#5000
2020         JR    TRANS
2030 OP_3     LD    HL,#5800
2040         LD    DE,#5A00
2050         EXX
2060         LD    HL,#4000
2070         LD    DE,#5000
2080 TRANS   LD    BC,2048
2090 BUC_1    CALL INTE_1
2100         DEC  BC
2110         LD  A,B
2120         OR  C
2130         JR  NZ,BUC_1
2140         POP HL
2150         EXX
2160         LD  B,0
2170 BUC_2    CALL INTE_1
2180         DJNZ BUC_2
2190         RET
2200 INTE_1   LD  A,(HL)
2210         EX  AF,AF'
2220         LD  A,(DE)
2230         LD  (HL),A
2240         EX  AF,AF'
2250         LD  (DE),A
2260         INC HL
2270         INC DE
2280         RET
    
```

Líneas 1840 a la 1860: Preservamos el contenido del registro «HL» del set alternativo.

Líneas 1870 a la 1900: En función de que el contenido de «A» sea «4», «5» ó «6», se sigue o se salta a «OP-2» u «OP-3».

Líneas 1910 a la 1960: Cargamos en «HL» y «DE» las direcciones del primer y segun-

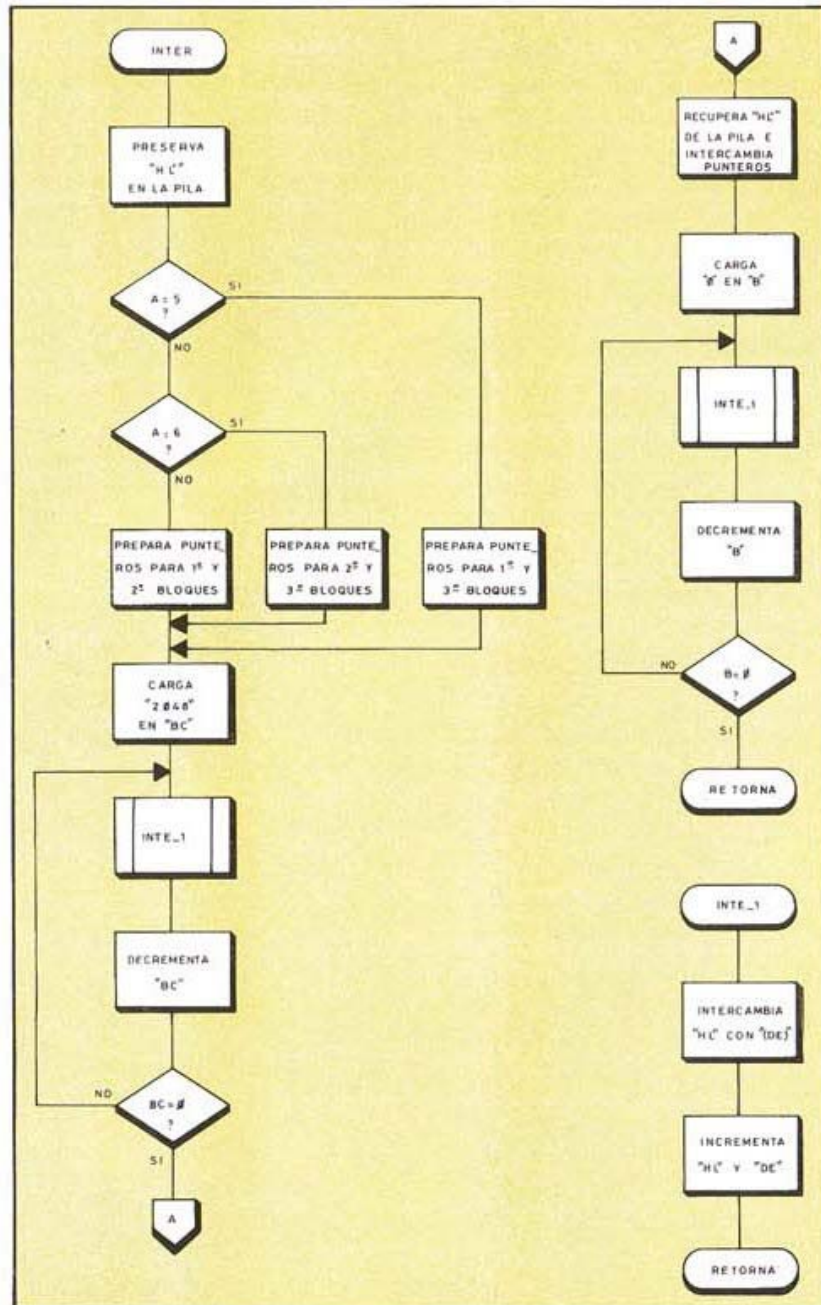


Fig. 11-14. Ordinograma de la rutina «INTER».

do bloque en el archivo de pantalla y en «HL» y «DE» las correspondientes a los mismos bloques, pero, en el archivo de atributos. Saltamos a «TRANS».

Líneas 1970 a la 2020: Lo mismo que en las anteriores, pero para el segundo y tercer bloque.

Líneas 2030 a la 2070: Idem, para el primer y tercer bloque.

Línea 2080: Se carga en «BC» la longitud del bloque.

Líneas 2090 a la 2130: Constituyen un bucle que va intercambiando los contenidos de los bytes de cada bloque. El intercambio se hace mediante llamadas a «INTE-1».

Líneas 2140 y 2150: Se recupera el valor de «HL» que se había preservado anteriormente y se intercambian los

registros para tener en «HL» y «DE» las direcciones correspondientes al archivo de atributos.

Línea 2160: Se carga un «0» en «B» para fijar un bucle con 256 iteraciones.

Líneas 2170 y 2180: Constituyen un bucle que intercambia los contenidos de cada byte de los dos bloques. De nuevo, los intercambios se realizan llamando a la rutina «INTE-1».

Línea 2190: Retorna al Sistema.

Líneas 2200 a la 2250: Intercambian los contenidos de la dirección apuntada por «HL» y la apuntada por «DE». El intercambio se produce sobre los registros «A» y «A'».

Líneas 2260 a la 2280: incrementan los punteros y retornan.

SETFLA:

Es la rutina que se encarga de fijar los flags de letra cursiva, bold, especular y de scroll esférico, en respuesta a los códigos «23» al «28». Su listado es:

```

2290 SETFLA LD HL, FLAGS
2300 CP 23
2310 JR NZ, SET_1
2320 SET 0, (HL)
2330 RET
2340 SET_1 CP 24
2350 JR NZ, SET_2
2360 SET 1, (HL)
2370 RET
2380 SET_2 CP 25
2390 JR NZ, SET_3
2400 SET 2, (HL)
2410 RET
2420 SET_3 CP 27
2430 JR NZ, SET_4
2440 SET 3, (HL)
2450 RET
2460 SET_4 CP 28
2470 JR NZ, SET_5
2480 RES 3, (HL)
2490 RET
2500 SET_5 LD A, #F8
2510 AND (HL)
2520 LD (HL), A
2530 RET
  
```

Línea 2290: Carga en «HL» la dirección de «FLAGS».

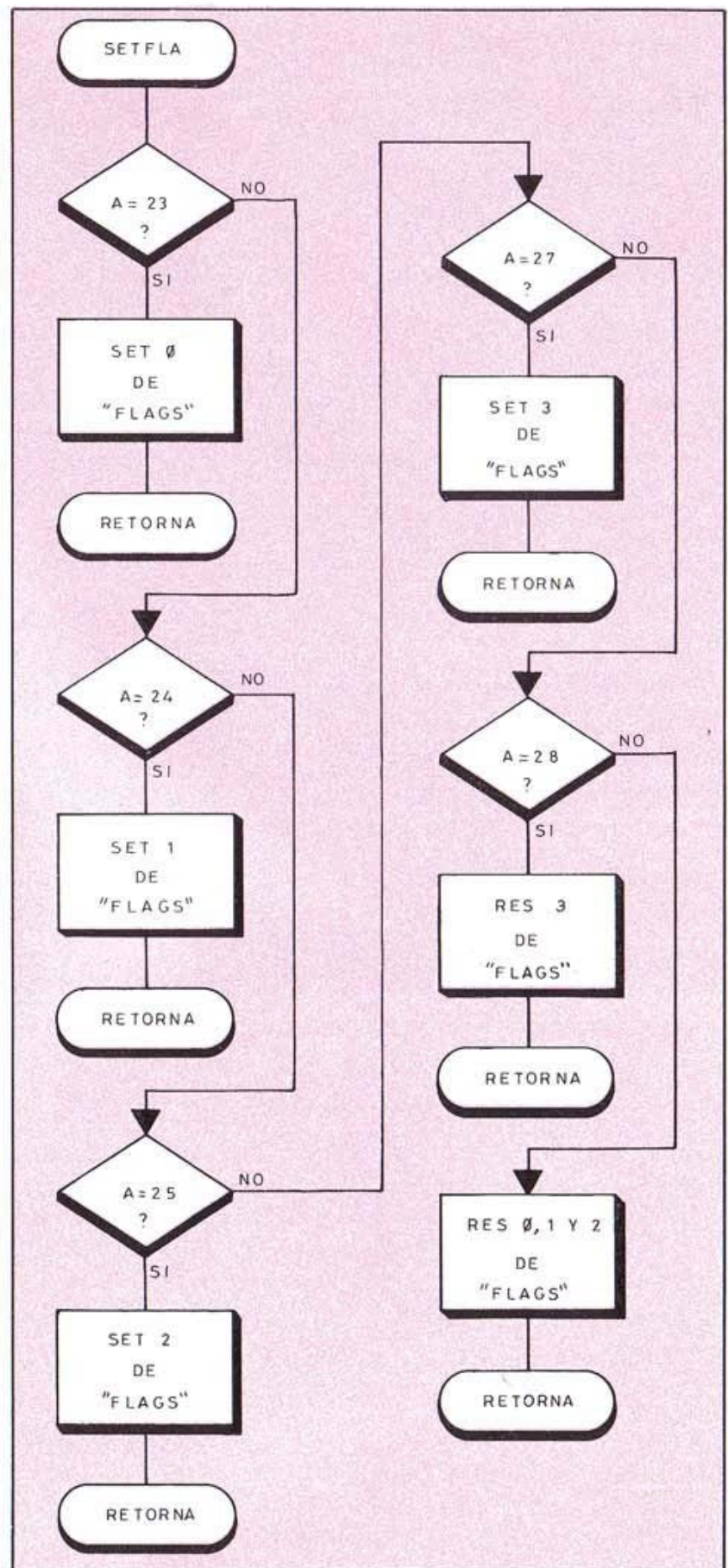


Fig. 11-15. Ordinograma de la rutina «SETFLA».

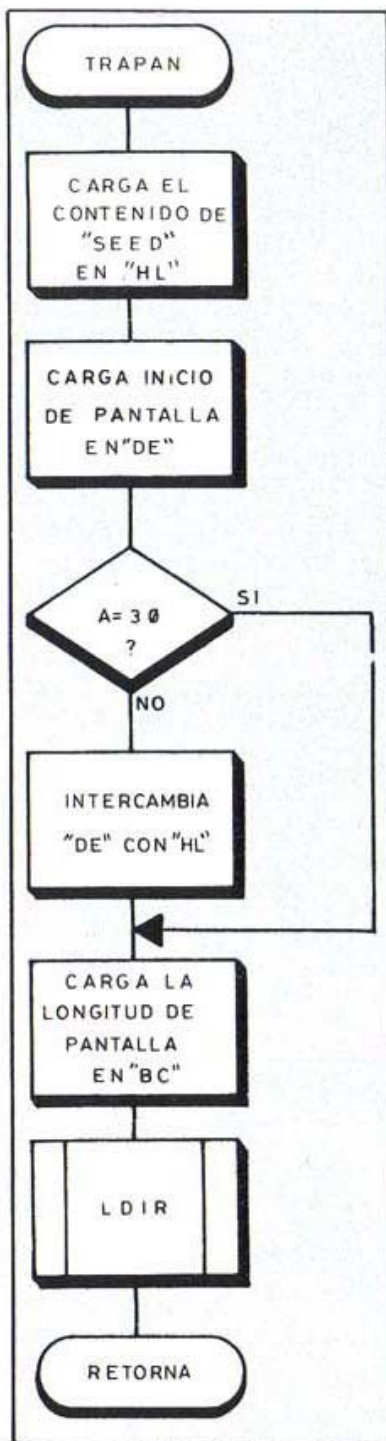


Fig. 11-16. Ordinograma de la rutina «TRAPAN».

Líneas 2300 y 2310: Si el código no es «23», salta a «SET-1».

Líneas 2320 y 2330: Pone a «1» el flag de «cursiva» y retorna al Sistema.

Líneas 2340 y 2350: Si el

código no es «24», salta a «SET-2».

Líneas 2360 y 2370: Pone a «1» el flag de «bold» (negrita) y retorna al Sistema.

Líneas 2400 y 2410: Pone a «1» el flag de «espejo» y retorna al Sistema.

Líneas 2420 y 2430: Si el código no es «27», salta a «SET-4».

Líneas 2440 y 2450: Pone a «1» el flag de «scroll esférico» y retorna al Sistema.

Líneas 2460 y 2470: Si el código no es «28», salta a «SET-5».

Líneas 2480 y 2490: Pone a «0» el flag de «scroll esférico» y retorna al Sistema.

Líneas 2500 a la 2530: Pone a «0» los flags de «cursiva», «bold» y «espejo», y retorna al Sistema. Como la puesta a «0» se hace mediante un «AND» con F8h, los restantes flags no resultan afectados.

TRAPAN:

Es la rutina que se encarga de transferir y recuperar la pantalla, a y desde una zona de memoria apuntada por el contenido de la variable del Sistema «SEED» en respuesta a los códigos «29» y «30». La misma rutina se encarga de transferir y recuperar. Según el contenido de «A», se intercambian o no las direcciones de origen y destino. El listado es como sigue:

```

2540 TRAPAN LD HL, (SEED)
2550 LD DE, #4000
2560 CP 30
2570 JR Z, RECU
2580 EX DE, HL
2590 RECU LD BC, 6912
2600 LDIR
2610 RET
2620 SEED EQU 23670
  
```

Líneas 2540 y 2550: Cargan en «HL» el contenido de la variable «SEED» y en «DE» la di-

rección de inicio del archivo de pantalla. Con estos valores, la rutina queda preparada para recuperar una pantalla.

Líneas 2560 y 2570: Si el código es «30», salta a «RECU».

Línea 2580: Intercambia origen y destino de forma que la rutina quede preparada para transferir una pantalla.

Líneas 2590 y 2600: Carga en «BC» la longitud de pantalla más atributos y realiza la transferencia en uno u otro sentido.

Línea 2610: Retorna al Sistema.

Línea 2620: La variable «SEED» se encuentra en las direcciones 23670 y 23671. Hay que decirselo al Ensamblador, porque él no lo sabe.

ENTER:

Es la rutina de respuesta al código «13». Se encarga de saltar al inicio de la línea siguiente. Su listado es:

```

2630 ENTER LD DE, (S_FOSN)
2640 LD HL, #1821
2650 SBC HL, DE
2660 EX DE, HL
2670 JR INC_LI
  
```

Se cargan en «DE» las coordenadas en curso y se salta a «INC-LI» dentro de la rutina «IMP-A». El salto puede ser relativo porque la rutina «IMP-A» viene a continuación.

IMP-A:

Esta es la rutina general para imprimir un carácter cuyo código se encuentre en «A». Asimismo, partes de esta rutina se utilizan desde otras, por ejemplo, la rutina «ENTER» utiliza a partir de «INC-LI» y todas las rutinas

que deben actualizar la posición de impresión tienen su salida a través de «SIGUE». El listado completo de «IMP-A» es el siguiente:

```

2680 IMP_A LD DE, (CHARS)
2690 LD H, 0
2700 LD L, A
2710 ADD HL, HL
2720 ADD HL, HL
2730 ADD HL, HL
2740 ADD HL, DE
2750 EX DE, HL
2760 LD HL, (DF_CC)
2770 LD B, B
2780 LD A, (FLAGS)
2790 BIT 2, A
2800 JR NZ, IMPR_2
2810 BUCLE1 LD A, (DE)
2820 LD (HL), A
2830 LD A, (FLAGS)
2840 AND 1
2850 JR Z, NOCURS
2860 SRL (HL)
2870 LD A, B
2880 CP 5
2890 JR NC, NOCURS
2900 SLA (HL)
2910 CP 3
2920 JR NC, NOCURS
2930 SLA (HL)
2940 NOCURS LD A, (FLAGS)
2950 AND 2
2960 JR Z, NOBOLD
2970 LD A, (HL)
2980 SRL A
2990 DR (HL)
3000 LD (HL), A
3010 NOBOLD INC DE
3020 INC H
3030 DJNZ BUCLE1
3040 JR ACTUAL
3050 IMPR_2 LD A, (DE)
3060 LD C, B
3070 BUCLE2 RR A
3080 RL (HL)
3090 DEC C
3100 JR NZ, BUCLE2
3110 INC DE
3120 INC H
3130 DJNZ IMPR_2
3140 ACTUAL LD DE, (S_FOSN)
3150 LD HL, #1821
3160 SBC HL, DE
3170 EX DE, HL
3180 INC E
3190 LD A, E
3200 CP 32
3210 JR C, SIGUE
3220 INC_LI LD E, 0
3230 INC D
3240 LD A, D
3250 CP 21
3260 JR C, SIGUE
3270 CALL SCROLL
3280 LD DE, #1400
3290 SIGUE PUSH DE
3300 LD A, D
3310 AND #07
3320 RRC A
3330 RRC A
3340 RRC A
3350 OR E
3360 LD E, A
3370 LD A, D

```

```

3380 AND #18
3390 OR #40
3400 LD D, A
3410 LD (DF_CC), DE
3420 POP DE
3430 LD HL, #1821
3440 SBC HL, DE
3450 LD (S_FOSN), HL
3460 RET
3470 CHARS EQU 23606
3480 DF_CC EQU 23684
3490 S_FOSN EQU 23688
3500 SCROLL EQU #0DFE

```

Se ha modificado algo con respecto a la versión vista en un capítulo anterior, en particular, se ha incluido la subrutina «IMPR-2» para imprimir los caracteres con imagen de espejo.

Líneas 2680 a la 2700: Se carga en «DE» la dirección base del font de caracteres y se transfiere a «HL» el código del carácter a imprimir.

Líneas 2710 a la 2740: Se multiplica por 8 el código del carácter y se suma a la dirección base del font.

Líneas 2750 y 2760: Se transfiere a «DE» la dirección del carácter en el font y se carga en «HL» la dirección de pantalla en curso.

Línea 2770: Se carga el registro «B» con «8» para un bucle de 8 iteraciones.

Línea 2780: Se cargan los flags en el registro «A».

Líneas 2790 y 2800: Si hay que imprimir en imagen de espejo, se salta a «IMPR-2».

Líneas 2810 y 2820: Cada scan de los 8 que componen el carácter, es transferido a la dirección correspondiente de pantalla en cada pasada del bucle.

Líneas 2830 a la 2850: Se salta a «NOCURS» si no se ha seleccionado la impresión en cursiva.

Líneas 2860 a la 2930: Se realizan los desplazamientos necesarios para que la letra quede inclinada a la derecha.

Líneas 2940 a la 2960: Se salta a «NOBOLD» si no se ha seleccionado impresión en «negrita».

Líneas 2970 a la 3000: Se imprime un «OR» del byte con él mismo desplazado a la derecha para conseguir el efec-



Fig. 11-17. Ordinograma de la rutina «ENTER».

to de aumentar el grosor en las líneas verticales.

Líneas 3010 a la 3030: Se incrementan los punteros y se cierra el bucle.

Línea 3040: La rutina continúa a partir de «ACTUAL» para actualizar la posición de impresión.

Líneas 3050 y 3060: Se carga en «A» un scan del carácter y se prepara el registro «C» para que sea el contador de un bucle con 8 iteraciones.

Líneas 3070 a la 3100: En las 8 iteraciones del bucle, se van sacando, uno a uno, los bits del registro «A» por la derecha y se van introduciendo, también por la derecha, en la posición apuntada por «HL», con lo que el byte queda invertido.

Líneas 3110 a la 3130: Se incrementan los punteros y se cierra el bucle.

Líneas 3140 a la 3170: Se cargan en «DE» las coordenadas actuales.

Línea 3180: Se incrementa el número de columna.

Líneas 3190 a la 3210: Si no se ha llegado a la columna 32, se salta a «SIGUE».

Líneas 3220 y 3230: Se carga «0» como número de columna y se incrementa el número de línea.

Líneas 3240 a la 3260: Si no se ha llegado al final de la pantalla, se salta a «SIGUE».

Líneas 3270 y 3280: Se llama a la rutina «SCROLL» de la ROM para subir toda la pantalla una línea hacia arriba y se fija como coordenada la primera columna de la última línea.

Línea 3290: Se preservan las coordenadas.

Líneas 3300 a la 3400: Se calcula la dirección del archivo de pantalla correspondiente a estas coordenadas.

Línea 3410: Se almacena la nueva dirección de pantalla en la variable del Sistema «DF-CC».

Línea 3420: Se recuperan las coordenadas.

Líneas 3430 a la 3450: Se almacenan las nuevas coordenadas en la variable del Sistema «S-POSN». Recuerde que las coordenadas deben ir invertidas, para lo cual, se las resta de 1821h.

Línea 3460: Se retorna al Sistema.

Líneas 3470 a la 3500: Se define el valor de las variables y etiquetas utilizadas en la rutina y que no estén definidas ya en ella.

SCRPI:

(SCROLL de Pantalla a la Izquierda). Esta es la primera de una colección de rutinas que se encargarán de realizar los scroll de pantalla y atributos. En este caso se trata de desplazar toda la pantalla un pixel a la izquierda. Los pixels que se «escapen» por la izquierda, entrarán por la derecha si está a «1» el flag de «scroll esférico». De lo contrario, se perderán definitivamente y, por la derecha, entrarán «ceros». El listado de la rutina es el siguiente:

```

3510 SCRPI LD HL,22527
3520 LD C,192
3530 B_2 LD B,32
3540 AND A
3550 B_1 RL (HL)
3560 DEC HL
3570 DJNZ B_1
3580 JR NC,NOCA_1
3590 LD A,(FLAGS)
3600 BIT 3,A
3610 JR Z,NOCA_1
3620 LD (VAR_1),HL
3630 LD IX,(VAR_1)
3640 SET 0,(IX+32)
3650 NOCA_1 DEC C
3660 JR NZ,B_2
3670 RET

```

La rutina es bastante similar a las vistas en el Prólogo de este CURSO. Veámos la misión de cada línea:

Línea 3510: Se inicializa el puntero «HL» para contener la última dirección en el archivo de pantalla.

Línea 3520: Se inicializa «C» para contener el número de scans en pantalla. Este registro actuará como contador en un bucle que se repetirá para cada scan.

Línea 3530: Dentro de este bucle, hay otro que se encarga de desplazar cada scan. El

registro «B» actuará como contador y se inicializa a 32 en esta línea (para los 32 bytes de un scan).

Líneas 3540 a la 3570: Se pone a «0» el indicador de acarreo (para que no entre «basura» por la derecha) y se rota, a la izquierda, todo el scan. Cada bit que sale por la izquierda de un byte, entra por la derecha del byte de su izquierda, la transferencia se realiza a través del indicador de acarreo.

Línea 3580: Al final del bucle, habrá acarreo si el pixel de más a la izquierda estaba a «1»; si no, se salta a «NOCA-1» (línea 3650).

Líneas 3590 a la 3610: También se salta a «NOCA-1» si el flag de «scroll esférico» está a «0», es decir, si el scroll ha de ser lineal.

Líneas 3620 a la 3640: Se pone a «1» el pixel de más a la derecha del scan.

Líneas 3650 y 3660: Decrementa el contador y cierra el bucle para pasar al siguiente scan hasta que se traten todos.

Línea 3670: Retorna al sistema.

SCRPD:

(SCROLL de Pantalla a la Derecha). De funcionamiento similar a la anterior, rota el archivo de pantalla un pixel a la derecha. Veámos su listado:

```

3680 SCRPD LD HL,16384
3690 LD C,192
3700 B_4 LD B,32
3710 AND A
3720 B_3 RR (HL)
3730 INC HL
3740 DJNZ B_3
3750 JR NC,NOCA_2
3760 LD A,(FLAGS)
3770 BIT 3,A
3780 JR Z,NOCA_2
3790 LD (VAR_1),HL
3800 LD IX,(VAR_1)
3810 SET 7,(IX-32)
3820 NOCA_2 DEC C
3830 JR NZ,B_4
3840 RET

```

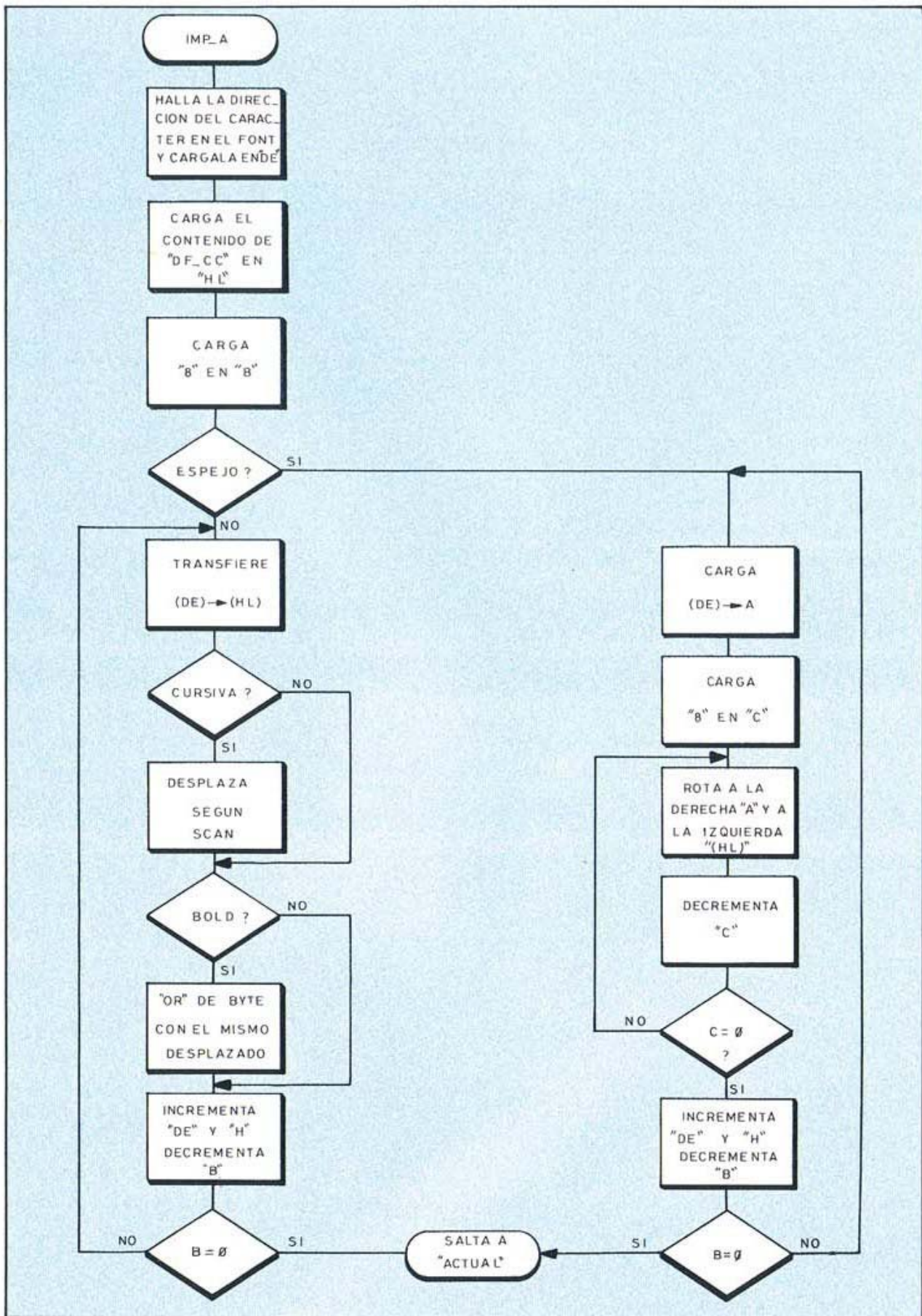


Fig. 11-18a. Ordinograma de la rutina «IMP-A».

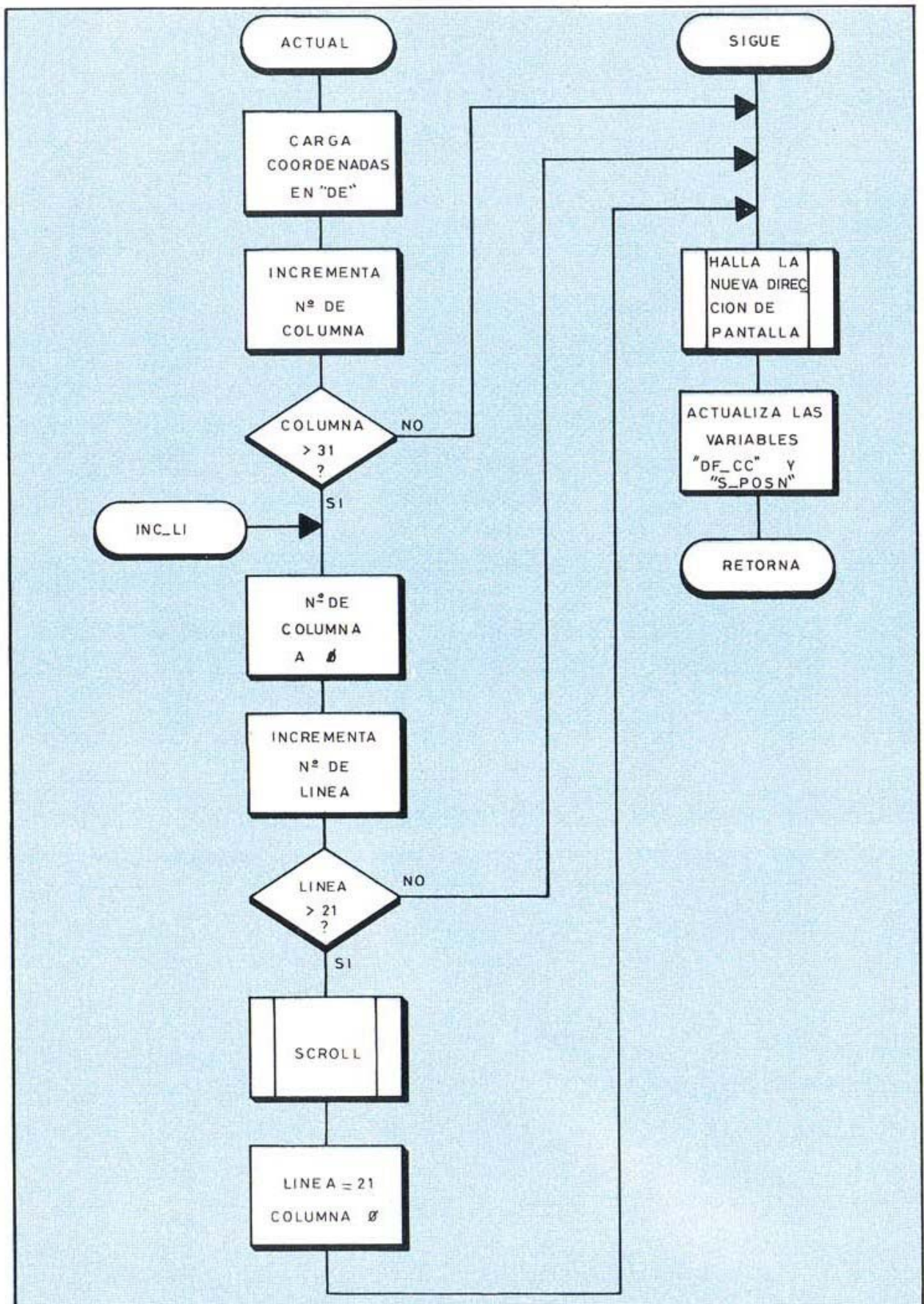


Fig. 11-18b. Ordinograma de las rutinas «ACTUAL», «INC-LI» y «SIGUE».

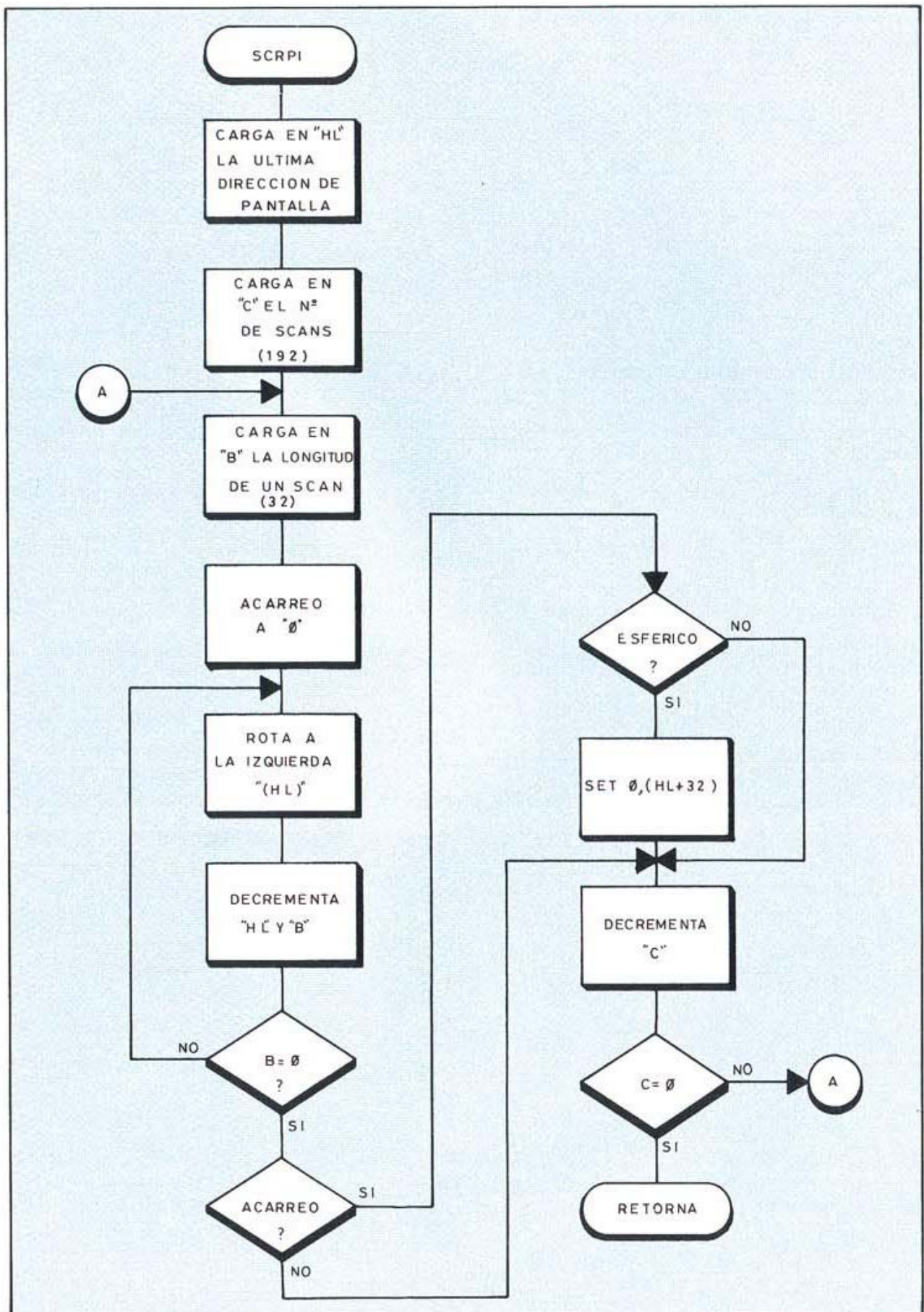


Fig. 11-19. Ordinograma de la rutina «SCRPI».

El funcionamiento es idéntico al caso anterior, por lo que sólo comentaremos aquellas líneas que difieren de uno a otro listado.

Línea 3580: Esta vez, inicializamos el puntero con la primera dirección de pantalla.

Líneas 3720 y 3730: En este caso, la rotación del scan se realiza hacia la derecha y se incrementa el puntero en vez de decrementarlo.

Línea 3810: El pixel que habrá que poner a «1» será, esta vez, el de la izquierda del scan.

Las demás líneas son iguales y sólo cambian las etiquetas.

SCRPR y SCRPB:

(SCROLL de Pantalla aRriba y SCROLL de Pantalla aBajo). Una misma rutina realizará las dos funciones. La rutina tendrá dos puntos de entrada que fijarán el bit 0 de «C» que se usa como flag para indicar si el scroll es ascendente o descendente; también se fija el valor inicial del puntero que será distinto en ambos casos. Después, se continúa en «SCR» que realiza el scroll propiamente dicho. Este es el listado:

```

3850 SCRPR SET 0,C
3860 LD HL,16384
3870 JR SCR
3880 SCRPB RES 0,C
3890 LD HL,22496
3900 SCR PUSH HL
3910 LD DE,23296
3920 PUSH BC
3930 LD BC,32
3940 LDIR
3950 POP BC
3960 POP HL
3970 BU_3 PUSH HL
3980 PUSH BC
3990 LD A,H
4000 AND #07
4010 LD B,A
4020 LD A,H
4030 AND #18
4040 SLA A
4050 SLA A
4060 SLA A

```

```

4070 OR B
4080 LD B,A
4090 LD A,L
4100 AND #E0
4110 SRL A
4120 SRL A
4130 OR B
4140 BIT 0,C
4150 JR Z,ANT_1
4160 INC A
4170 CP #C0
4180 PUSH AF
4190 JR SIG_2
4200 ANT_1 SUB 1
4210 CCF
4220 PUSH AF
4230 SIG_2 LD B,A
4240 LD H,#40
4250 AND #07
4260 OR H
4270 LD H,A
4280 LD A,B
4290 AND #C0
4300 SRL A
4310 SRL A
4320 SRL A
4330 OR H
4340 LD H,A
4350 LD A,L
4360 AND #1F
4370 LD L,A
4380 LD A,B
4390 AND #38
4400 SLA A
4410 SLA A
4420 OR L
4430 LD L,A
4440 POP AF
4450 POP BC
4460 POP DE
4470 JR NC,FIN_1
4480 PUSH HL
4490 PUSH BC
4500 LD BC,32
4510 LDIR
4520 POP BC
4530 POP HL
4540 JR BU_3
4550 FIN_1 PUSH DE
4560 LD A,(FLAG5)
4570 BIT 3,A
4580 JR NZ,FIN_2
4590 LD HL,23296
4600 LD DE,23297
4610 LD BC,31
4620 XOR A
4630 LD (HL),A
4640 LDIR
4650 FIN_2 POP DE
4660 LD HL,23296
4670 LD BC,32
4680 LDIR
4690 RET

```

Comentemos cada línea.

Líneas 3850 a la 3870: Punto de entrada para scroll ascendente. Se pone a «1» el flag y se inicializa el puntero a la primera dirección de pantalla. Se continúa saltando a «SCR».

Líneas 3880 y 3890: Punto de entrada para scroll descendente. Se pone a «0» el flag y se inicializa el puntero a la primera dirección del último scan de pantalla. Se continúa en «SCR».

Líneas 3900 a la 3960: Se empieza por transferir el primer o último scan al buffer de impresora por si hay que recuperarlo luego (sólo habrá que hacerlo en el caso de scroll esférico).

El bloque comprendido entre las líneas 3970 y 4540 constituye un bucle que copiará cada scan en el anterior o posterior hasta que se alcance el final de la pantalla.

Líneas 3970 y 3980: Se preservan los contenidos de «HL» y «BC» ya que «HL» es el puntero y «C» contiene el flag de ascendente/descendente.

Líneas 3990 a la 4130: Se construye en «A» el número de scan, partiendo del valor del puntero (dirección de pantalla).

Líneas 4140 y 4150: Si el flag indica scroll ascendente, se salta a «ANT-1» (en la línea 4200).

Líneas 4160 a 4190: Se incrementa el n.º de scan y se compara con «C0» (192) para poner a «1» el indicador de acarreo sólo si el nuevo scan cae dentro de la pantalla, es decir, si es menor de 192. Seguidamente, se preserva «AF» para preservar el estado actual del indicador de acarreo y el número de scan. Se sale saltando a «SIG-2» (línea 4230).

Líneas 4200 a la 4220: Al contrario que en el caso anterior, esta vez se decrementa el número de scan. Utilizamos «SUB 1» porque «DEC A» no afecta al indicador de aca-

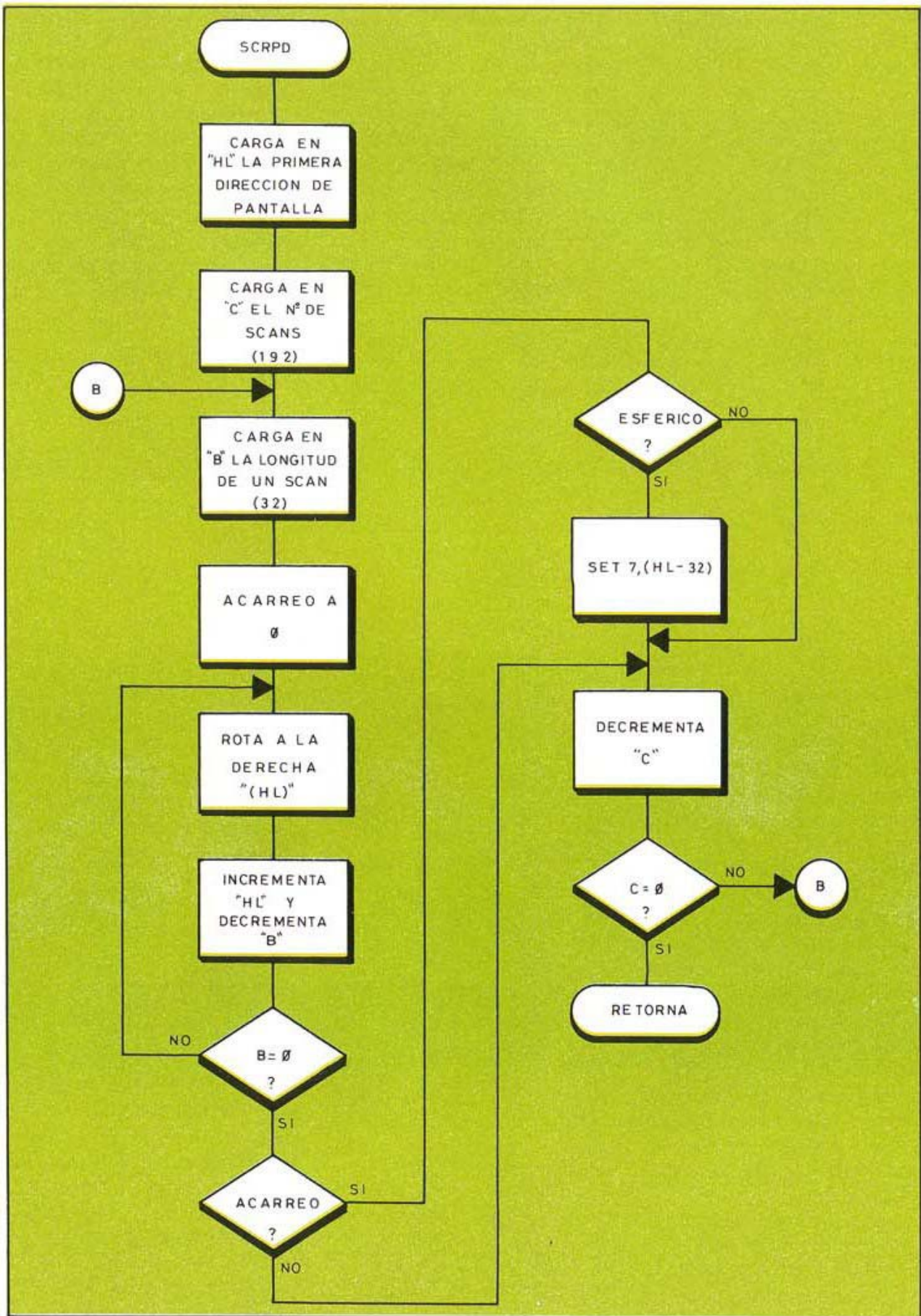


Fig. 11-20. Ordinograma de la rutina «SCRPD».

reco. De esta operación, el indicador sale a «0» si el n.º de scan es correcto, por lo que habrá que complementarlo en la línea 4210. Seguidamente, se preserva «AF» por la misma razón de antes y se sigue en «SIG—2».

Líneas 4230 a la 4430: Se construye una nueva dirección de pantalla en «HL» partiendo del número de scan. El proceso se realiza sin afectar a los cinco bits inferiores de «L» para no alterar el número de columna; aunque, en nuestro caso, éste será siempre «0».

Líneas 4440 a la 4470: Se recupera el n.º de scan en «A», el indicador de acarreo en «F», el flag de ascendente/descendente en «C» y la dirección del anterior scan en «DE». Finalmente, se salta a «FIN—1» (línea 4550) si el acarreo está a cero, indicando que ya se ha terminado con la pantalla, de lo contrario, se sigue en la línea 4480.

Líneas 4480 a la 4540: Se transfieren los 32 bytes desde el nuevo scan al anterior y se cierra el bucle saltando a «BU—3» (línea 3970).

Se llega a «FIN—1» (línea 4550) cuando ya se ha terminado con toda la pantalla y sólo resta ver qué se hace con el último scan dependiendo de que se haya seleccionado scroll esférico o scroll lineal.

Líneas 4550 a la 4580: Se preserva la dirección del último scan procesado y se salta a «FIN—2» (línea 4650) si se ha seleccionado scroll esférico. De lo contrario, se sigue en la línea 4590.

Líneas 4590 a la 4640: Si no se ha seleccionado scroll esférico, hay que borrar el scan que se había almacena-

do en el buffer de impresora. Esto es, precisamente, lo que se hace en estas líneas. Se continúa en «FIN—2» (línea 4650).

Líneas 4650 a la 4690: Se transfieren los 32 primeros bytes del buffer de impresora al último scan procesado cuya dirección está contenida en «DE». Este scan será el primero o el último de la pantalla, según que el scroll haya sido descendente o ascendente. Por último, se retorna al Sistema desde la línea 4690.

SCRAB y SCRAR:

(SCROLL de Atributos aBajo y SCROLL de Atributos aRriba). Se trata, realmente, de dos rutinas que realizan el scroll vertical en el fichero de atributos; pero ambas utilizan una subrutina común («SCRA—1») por lo que hemos creído preferible comentarlas juntas. Su listado es el siguiente:

```

4700 SCRAB LD HL,23295
4710 LD DE,23327
4720 LD BC,768
4730 LDDR -
4740 PUSH DE
4750 CALL SCRA_1
4760 POP DE
4770 LD HL,23327
4780 LD BC,32
4790 LDDR
4800 RET
4810 SCRAR LD HL,22528
4820 LD DE,23296
4830 LD BC,32
4840 LDIR
4850 PUSH HL
4860 CALL SCRA_1
4870 POP HL
4880 LD DE,22528
4890 LD BC,768
4900 LDIR
4910 RET
4920 SCRA_1 LD A,(FLAGS)
4930 BIT 3,A
4940 RET NZ
4950 LD HL,23296
4960 LD A,(23693)
4970 LD (HL),A
4980 LD DE,23297
4990 LD BC,31
5000 LDIR
5010 RET

```

Como ya vimos en los ejercicios de un capítulo anterior, estas rutinas se simplifican bastante aprovechando la circunstancia de que el buffer de impresora está a continuación del propio archivo de atributos. Veámoslas a fondo:

Líneas 4700 a la 4730: Se transfiere, 32 bytes hacia delante, el archivo de atributos completo, con lo que se entra 32 bytes dentro del buffer de impresora.

Líneas 4740 a la 4760: El registro «DE» contiene la dirección del último byte de la primera línea de atributos, lo preservamos para no tener que volverlo a cargar luego. Llamamos a la subrutina «SCRA-1» (línea 4920) que se encargará de borrar, o no, el buffer de impresora, dependiendo del tipo de scroll que hayamos seleccionado (luego lo veremos detalladamente). Por último, recuperamos «DE» y seguimos en la línea 4770.

Líneas 4770 a la 4800: Transferimos los 32 primeros bytes del buffer de impresora a la primera línea del archivo de atributos y retornamos al Sistema.

Líneas 4810 a la 8440: Esta vez se trata de hacer el scroll hacia arriba. Empezamos por transferir la primera línea de atributos al buffer de impresora.

Líneas 4850 a la 4870: El registro «HL» contiene la primera dirección de la segunda línea de atributos; lo preservamos para que la subrutina no lo destruya. A continuación, llamamos a la subrutina «SCR-A» para que, de nuevo, borre el buffer de impresora si el scroll ha de ser lineal.

Líneas 4880 a la 4910: Ahora, transferimos todo el archi-

vo de atributos, más los 32 primeros bytes del buffer de impresora, 32 posiciones hacia atrás, con lo que el archivo se desplaza hacia arriba y los 32 primeros bytes del buffer de impresora entran en la última línea. Se termina retornando al Sistema desde la línea 4910.

En la subrutina «SCRA-1» se comprueba el flag de «esférico»; si está a «1», se retorna sin más; pero si está «0», se copian los atributos permanentes en curso, en los 32 primeros bytes del buffer de impresora.

Líneas 4920 a la 4940: Se comprueba el flag de esférico y se retorna si es «1».

Líneas 4950 a la 5010: Se copian los atributos permanentes en curso (dirección 23693) sobre los 32 primeros bytes del buffer de impresora. Finalmente, se retorna al punto desde donde se llamó a la subrutina.

SCRAI y SCRAD:

(SCRoll de Atributos a la Izquierda y SCRoll de Atributos a Derecha). Al igual que en el caso anterior, se trata de dos rutinas independientes que utilizan una subrutina común. Su listado es:

```

5020 SCRA1 LD DE,22528
5030 LD B,24
5040 BU_1 PUSH BC
5050 LD A,(DE)
5060 LD H,D
5070 LD L,E
5080 INC HL
5090 LD BC,31
5100 LDIR
5110 CALL SCRA_2
5120 INC DE
5130 POP BC
5140 DJNZ BU_1
5150 RET
5160 SCRAD LD DE,23295
5170 LD B,24
5180 BU_2 PUSH BC
5190 LD A,(DE)
5200 LD H,D
5210 LD L,E
5220 DEC HL

```

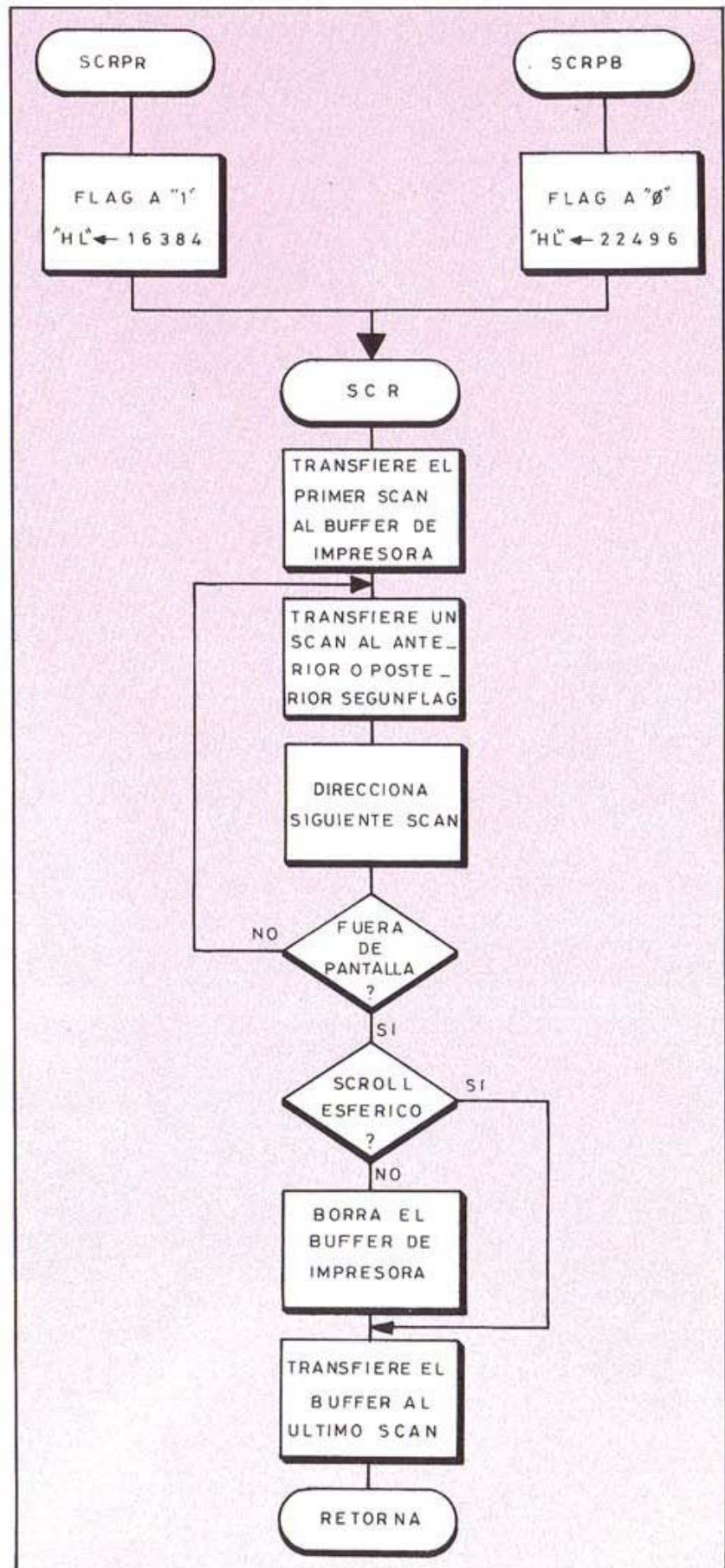


Fig. 11-21. Ordinograma de las rutinas «SCRPB» y «SCRPR».

```

5230      LD   BC, 31
5240      LDDR
5250      CALL SCRA_2
5260      DEC  DE
5270      POP  BC
5280      DJNZ BU_2
5290      RET
5300 SCRA_2 LD   (DE), A
5310      LD   A, (FLAGS)
5320      BIT  3, A
5330      RET  NZ
5340      LD   A, (23693)
5350      LD   (DE), A
5360      RET

```

La subrutina «SCRA-2» se encarga de comprobar si el scroll ha de ser esférico o lineal y actuar en consecuencia. Veamos las rutinas.

La rutina «SCRA1» realiza el scroll de atributos a la izquierda.

Líneas 5020 y 5030: Se inicializa el puntero «DE» para contener la dirección del primer byte de la primera línea del archivo de atributos. Se carga «24» en «B» para que actúe como contador en un bucle de 24 iteraciones, tantas como líneas de atributos tiene la pantalla.

Línea 5040: Se preserva el contenido de «BC» para que el valor de «B» no sea destruido durante la ejecución del bucle.

Línea 5050: Se carga en «A» el contenido del primer byte de la línea.

Líneas 5060 a la 5100: Se desplaza toda la línea un lugar a la izquierda. El registro «DE» sale apuntando al último byte de la línea.

Línea 5110: Se llama a «SCRA-2». Ver la explicación dada para las líneas 5300 a la 5360.

Línea 5120: Se incrementa «DE» para que apunte a la primera posición de la siguiente línea.

Líneas 5130 y 5140: Se recupera «BC» y se cierra el bucle.

Línea 5150: Se retorna al Sistema.

La rutina «SCRAD» es muy similar a ésta en cuanto a su funcionamiento.

Líneas 5160 y 5170: Se inicializa el puntero para apuntar a la última dirección de la última línea. Se prepara «B» para un bucle de 24 iteraciones. Esta vez, el scroll se hará de abajo a arriba.

Línea 5180: Exactamente igual que la 5040.

Línea 5190: Idem que la 5050.

Líneas 5200 a la 5240: Esta vez, se desplaza toda la línea un lugar a la derecha. El registro «DE» sale apuntando al primer byte de la línea.

Línea 5250: Se llama a «SCRA-2». Ver la explicación dada para las líneas 5300 a la 5360.

Línea 5260: Se decrementa «DE» para que apunte al último byte de la línea anterior.

Línea 5270 y 5280: Se recupera «BC» y se cierra el bucle.

Línea 5290: Se retorna al Sistema.

La subrutina «SCRA-2» deberá comprobar el flag de «es-

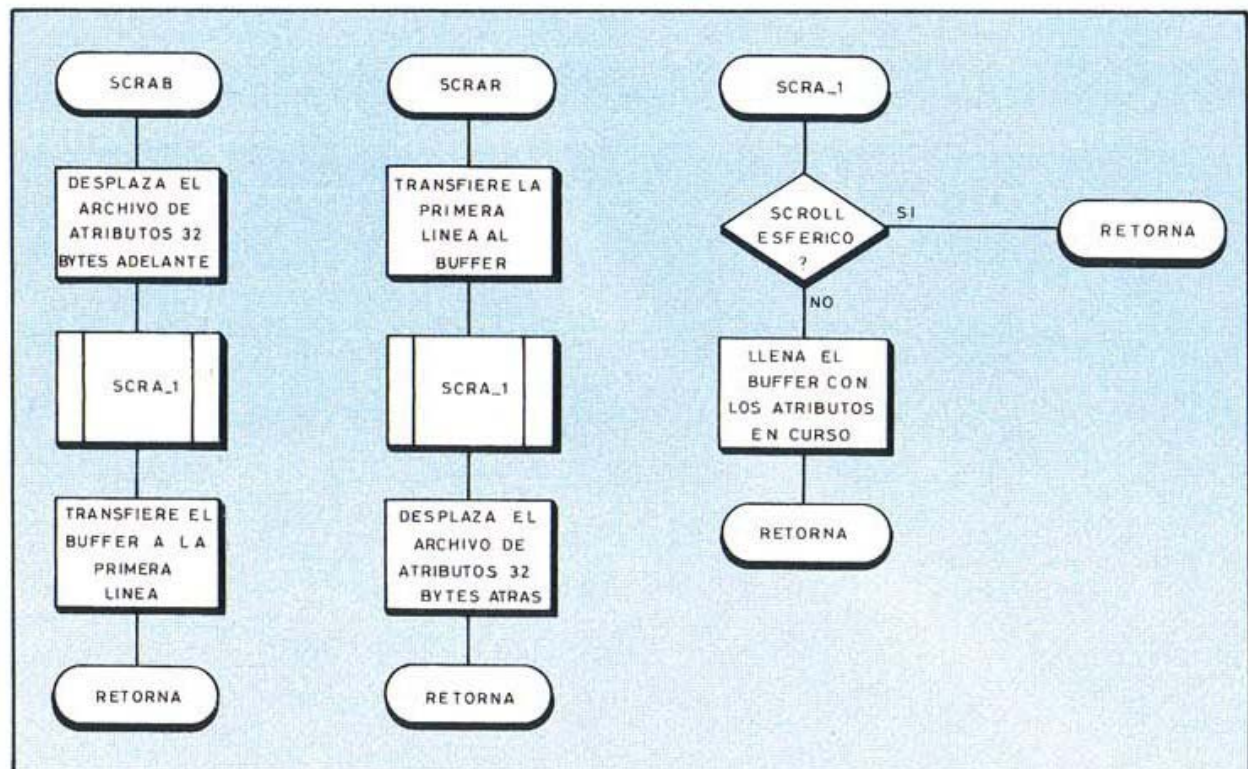


Fig. 11-22. Ordinograma de las rutinas «SCRAB» y «SCRAR».

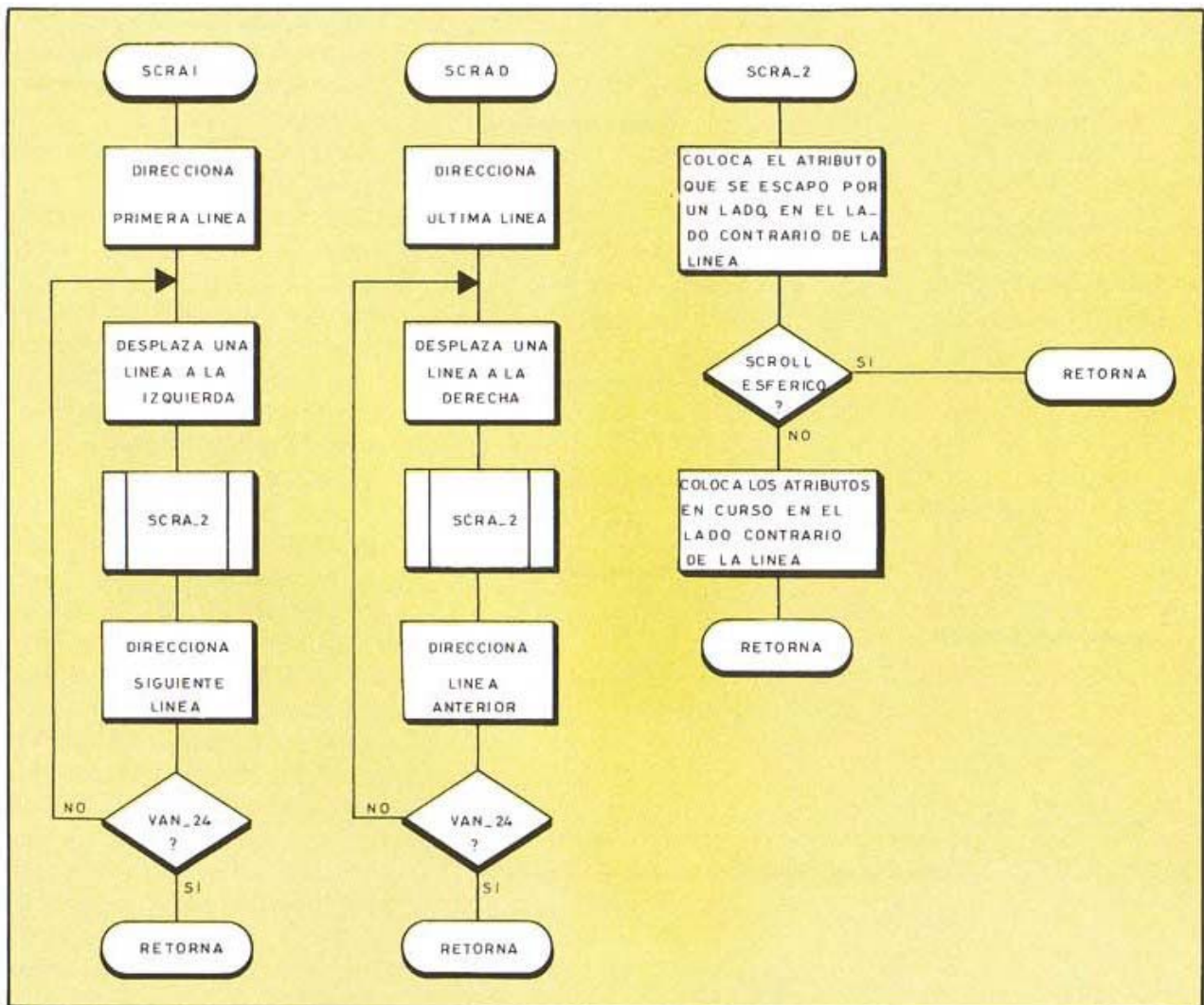


Fig. 11-23. Ordinograma de las rutinas «SCRA1» y «SCRAD».

férico»; si está a «1», cargará el contenido de «A» en la dirección apuntada por «DE». Por el contrario, si el flag está a «0», lo que cargará en esta dirección será el contenido de los atributos permanentes en curso (dirección 23693).

Línea 5300: Se carga el contenido de «A» en la dirección apuntada por «DE».

Líneas 5310 a la 5330: Se retorna si el flag de «esférico» está a «1».

Líneas 5340 y 5350: Se transfieren los atributos permanentes en curso a la dirección apuntada por «DE».

Líneas 5360: Se retorna al punto desde donde se llamó a esta subrutina.

Sólo nos faltan por ver las dos rutinas que sirven para activar y desactivar nuestro programa. Normalmente, la zona correspondiente al canal «P» en la tabla de canales, contiene la dirección de salida de la rutina que maneja la impresora. Si hacemos funcionar nuestra rutina por este canal, no podremos usar, simultáneamente, la impresora.

Cuando activamos el programa, guardamos la dirección de la rutina que maneja la impresora en las direcciones 23728 y 23729 que corresponden a una variable que el Sistema no utiliza. Y metemos, en su lugar, la dirección

de nuestro programa «PRO-PAN».

Al desactivar, cogemos la dirección que habíamos guardado en 23728 y 23729, y la volvemos a colocar en su lugar correspondiente dentro de la tabla de canales.

«ACT» es la rutina de activar y «DESACT» la de desactivar. Si se ensambla el programa en la dirección 60000, «ACT» quedará situado en 60955 y «DESACT» quedará en 60976. La dirección de activación será siempre 955 bytes más que la dirección donde se haya ensamblado. La de desactivación será 976 bytes más.

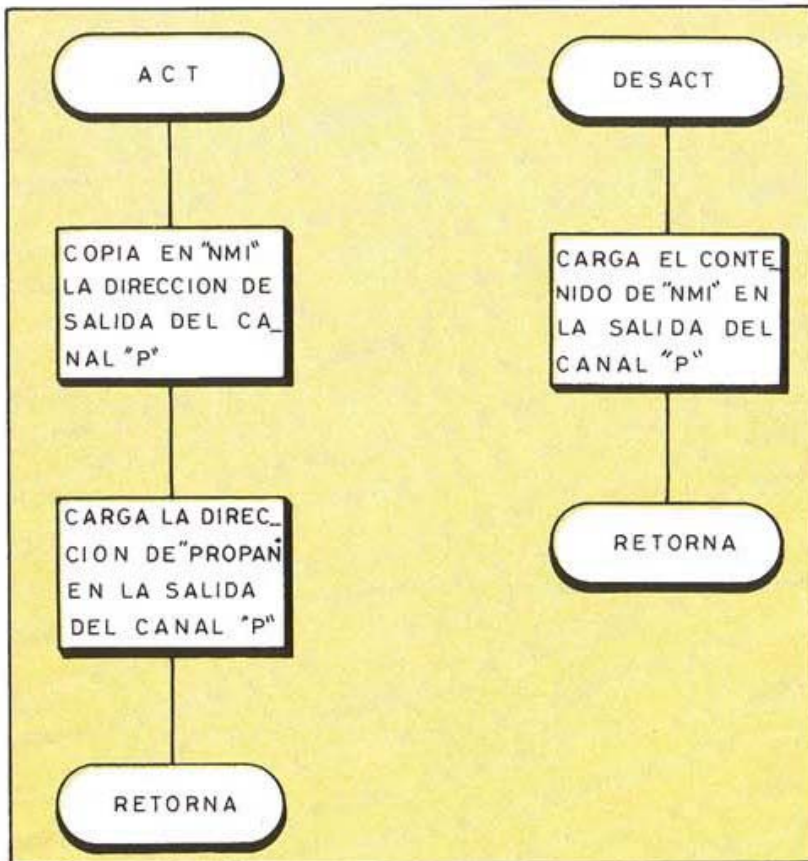


Fig. 11-24: Ordinograma de las rutinas «ACT» y «DESACT».

Antes de utilizar la rutina, se deberá hacer:

RANDOMIZE USR 60955

A partir de este punto, se pueden enviar los códigos con <LPRINT> o con <PRINT #3> indistintamente. Si se desea volver a utilizar la impresora, habrá que hacer:

RANDOMIZE USR 60976

El listado de las rutinas de activación y desactivación es el siguiente:

```

5370 ACT LD HL, (CHANS)
5380 LD DE, 15
5390 ADD HL, DE
5400 LD E, (HL)
5410 INC HL
5420 LD D, (HL)
5430 LD (NMI), DE
5440 LD DE, PROFAN
5450 LD (HL), D
5460 DEC HL
5470 LD (HL), E
  
```

```

5480 RET
5490 DESACT LD HL, (CHANS)
5500 LD DE, 15
5510 ADD HL, DE
5520 LD DE, (NMI)
5530 LD (HL), E
5540 INC HL
5550 LD (HL), D
5560 RET
5570 CHANS EQU 23631
5580 NMI EQU 23728
  
```

Empecemos por ver la rutina de activación:

Líneas 5370 a la 5390: Se carga en «HL» la dirección base de la tabla de canales y se le suma 15 para que quede apuntando a la dirección de la rutina de salida del canal «P».

Líneas 5400 a la 5430: Se carga en «DE» la dirección actual del canal «P» y se almacena en la variable «NMI» del Sistema.

Líneas 5440 a la 5470: Se almacena la dirección de «PROPAN» como dirección de la ru-

tina de salida para el canal «P» en la tabla de canales.

Línea 5480: Se retorna al Sistema.

Ahora veámos la rutina para desactivar:

Líneas 5490 a la 5510: De nuevo se hace que «HL» apunte a la dirección de la rutina de salida del canal «P» en la tabla de canales.

Líneas 5520 a la 5550: Se recupera la dirección desde la variable «NMI» y se coloca en la tabla de canales.

Línea 5560 y 5580 contienen la definición de las direcciones donde se encuentran las variables del Sistema «CHANS» y «NMI». Esta última es la dirección de salto en una interrupción no enmascable, y el Sistema no la utiliza debido a que se ha anulado esta forma de interrupción.

Con esto queda completa la explicación del programa «PROPAN». Las FIGURAS 11-7 a 11-24 contienen el ordinograma completo de este programa.

En la FIGURA 11-25 puede encontrar el listado completo tal y como lo produce el «GENS-3». En este tipo de listados, es posible que el lector haya encontrado algunos signos cuyo significado desconozca. Vamos a explicarlos:

Lo primero que encontramos es el mensaje:

```
*HISOFT GEN3M ASSEMBLER*
ZY SPECTRUM
```

```
Copyright HISOFT 1983
CURSO C/M MICROHOBBY
```


Esta cabecera es lanzada por el programa, cada vez que empieza a ensamblar, tanto si lo hace por pantalla, como por impresora. La primera línea indica que se trata de la versión «3M» (adaptada para Microdrive). La segunda, que está escrito para correr en un Spectrum (también existe el «GENA» para Amstrad). Después de una línea en blanco, viene el mensaje de «Copyright». La segunda línea de este mensaje, era: «All rights reserved»; nosotros la hemos cambiado para personalizar nuestros listados.

A continuación viene una línea que dice:

```
Pass 1 errors: 00
```

El «GENS-3» es un ensamblador en dos pasadas, es decir: cuando ensambla, primero hace una pasada por todo el código fuente para construir una tabla de etiquetas y detectar posibles errores de sintaxis. Si no se detecta ningún error durante esta pasada, se imprime este mensaje y se procede a hacer la segunda, donde se genera el código objeto mientras se lista el programa.

Las líneas 10 y 20 del listado, contienen comandos del Ensamblador. Estos comandos deben iniciarse, siempre, con un asterisco y sólo tienen significado en tiempo de ensamblado. El comando «C-» indica que, en el listado, se suprima la impresión del código objeto. De no hacerse así, éste se imprimiría en hexadecimal a continuación de las direcciones y antes de los números de línea.

El comando «D+» indica, al Ensamblador, que imprima las direcciones en decimal. De no existir este comando, las direcciones, al inicio de cada línea, se imprimirían en hexadecimal.

Las líneas 30, 40 y 50 son comentarios que deben empezar, siempre, por «punto y coma». Entre la línea 100 y la 5560 está el programa propiamente dicho. Cada línea tiene cinco campos. El primer campo consta de 5 caracteres y es la dirección de memoria donde se ensambla el primer byte de la línea, el segundo campo tiene 4 caracteres y contiene el número de línea, el tercer campo consta de 6 caracteres y contiene las etiquetas, el cuarto consta de 4 caracteres y contiene la instrucción, por último, el quinto campo, de longitud variable, contiene los operandos de la instrucción. Si no hubiéramos puesto el comando «C-», habría un campo más entre el primero y el segundo con 8 caracteres de longitud que contendría el código objeto de la línea.

Es posible añadir un campo más a cualquier línea, si se pone un «punto y coma» (;) y, a continuación, un comentario de cualquier longitud. Ningún campo puede contener un «espacio», ya que éste se interpretaría como código de fin de campo. Los espacios suelen sustituirse por el carácter «underscore» (—) que no hay que confundir con el «guión» o signo «menos» (-); aunque es frecuente que, en fotocomposición, nos lo confundan; ¡qué le vamos a hacer!

Tras el listado del programa, viene la línea:

```
Pass 2 errors: 00
```

Esta línea indica que tampoco ha habido errores en la segunda pasada. Finalmente, viene el mensaje:

```
Table used: 994 from 1100
```

Quiere decir que el Ensamblador ha utilizado 994 bytes de los 1100 que se reservaron, inicialmente, para la tabla de etiquetas.

No le recomendamos a nadie que ensamble este programa «a mano»; la tarea le llevaría horas. Si no tiene Ensamblador, puede utilizar el Cargador Universal de Código Máquina y copiar el listado de la FIGURA 11-26. En este caso, es imprescindible que haga el «DUMP» en la dirección 60000, ya que la rutina no es, en absoluto, reubicable. Para reubicarla en otra dirección, deberá modificar todos los «CALL», «JP» y las direcciones de tablas y variables.

A la vista del programa completo, es posible que algún lector se haya dado cuenta de que hay posibilidades de mejorarlo. Por ejemplo, la rutina «SETFLA» podría haberse sustituido por una colección de rutinas «SET—0» A «SET—5» que se accedieran, directamente, desde la tabla inicial, con lo que se evitaría tener que comprobar dos veces el código. Algo similar podría haberse hecho con otras rutinas. También es posible que se pudiera haber ahorrado algo de memoria, utilizando más subrutinas, aunque, a costa de complicar el programa y hacerlo menos legible.

En el desarrollo de este programa ejemplo se ha pretendido no sólo hacer algo que funcionara, sino también ilustrar diversos métodos de programación que el lector pueda emplear en sus propios programas. Por otro lado, cada una de las rutinas funciona por sí sola (excepto, claro está, las que tienen su salida por «SIGUE»); de esta forma, no es necesario que utilice el programa completo cuando quiera conseguir un determinado efecto. Por ejemplo, si necesita escribir un programa en el que tendrá que hacer un «scroll» ascendente de pantalla, le bastará con utilizar el trozo de «PROPAN» comprendido entre las líneas 3850 y 4690 y llamarlo con «USR» en lugar de hacerlo con «LPRINT».

Veámos, ahora, la forma práctica de utilizar «PROPAN». Suponemos que ha cargado el programa, bien con un Ensamblador, bien con el Cargador Universal, y lo tiene colocado a partir de la dirección 60000. Puede salvarlo con:

```
SAVE "PROPAN"CODE 60000,991
```

Cuando vaya a utilizarlo desde un programa en Basic, deberá tenerlo grabado a continuación del bloque de Basic, que deberá empezar por:

```
10 CLEAR 59999
20 LOAD "PROPAN"CODE
30 RANDOMIZE USR 60955
```

A partir de aquí, todo puede hacerse mediante códigos «LPRINTados». En principio, el programa está preparado para imprimir con letra normal y realizar los «scroll» en modo «lineal»; pero supongamos que quiere imprimir la palabra «HOLA» en negrita y en el centro de la pantalla. La línea de programa sería:

```
LPRINT CHR$ 24;AT 11,14;"HOLA"
```

El < «CHR\$ 24» > sirve para fijar la impresión en negrita. Ahora, supongamos que no quiere borrar la pantalla, sino que la palabra «HOLA» se desplace hacia arriba hasta desaparecer:

```
FOR n=1 TO 96
LPRINT CHR$ 17;
NEXT n
```

Esta sería una forma de hacerlo, pero ¿para qué quiere el código 7? Pruebe esto:

```
LPRINT CHR$ 7;CHR$ 96;CHR$ 17;
```

Obtendrá el mismo efecto, pero con más rapidez y gastando menos memoria. Esta línea significa «Repetir 96 veces un desplazamiento de pantalla hacia arriba».

Una de las posibles utilidades de «PROPAN» es crear rótulos como los del cine, para utilizar en las películas de vídeo domésticas. Nos referimos a los «créditos» que aparecen al final de la película, saliendo por debajo de la pantalla y desplazándose hacia arriba hasta desaparecer. Una forma de hacer esto, es imprimir cada rótulo en la última li-

nea de pantalla con el papel y la tinta del mismo color y, luego, realizar 16 desplazamientos de pantalla hacia arriba en modo de «scroll lineal». Veámos un posible programa:

```
10 LPRINT CHR$ 28;
20 PAPER 1: INK 6
30 BORDER 1: CLS
40 READ a$
50 IF a$="*" THEN STOP
60 PRINT AT 21,0: INK 1;a$;
70 LPRINT CHR$ 7;CHR$ 16;CHR$ 17;
80 GO TO 40
100 REM Rotulos
110 DATA "...."
120 DATA "...."
...
999 DATA "*"
```

Este programa genera rótulos amarillos sobre fondo azul. El efecto se puede mejorar con unos cuantos «PLOT» aleatorios para que los rótulos se muevan sobre un fondo de «estrellas».

Como ya indicamos, los códigos «0» y «31», no producen ningún efecto, y la rutina se limita a ignorarlos. Estos códigos pueden ser usados por el lector para algún fin; por ejemplo: el código «31» puede utilizarse para desactivar la rutina si en el último lugar de la «TABLA2» Se cambia «NULO» por «DESACT». Otra posibilidad es utilizar el código «0» para retroceder una posición el cursor, con la posibilidad de que pase del principio de una línea al final de la anterior; para ello, basta con cambiar el primer elemento de la «TABLA2» de «NULO» a «DEL-1».

Existen un gran número de modificaciones más que es posible hacer para adaptar el programa a sus propias necesidades. Confiamos en que la

imaginación del lector sepa encontrarlas todas, así como que la rutina sea útil para realizar efectos de pantalla en sus programas.

Como ejemplo de lo que se puede tardar en escribir un programa en Assembler, po-

demostramos decir que en la elaboración y depuración de este programa se invirtieron, aproximadamente, 20 horas de trabajo; sin contar el tiempo necesario para realizar los ordigramas.

Con esto damos por termi-

nado el capítulo. En el próximo estudiaremos las instrucciones que permiten al Z-80 comunicarse con el mundo exterior. Antes, recomendamos al lector que, como siempre, intente resolver los siguientes ejercicios.

```

*HISOFT GEN3M ASSEMBLER*
  ZX SPECTRUM

Copyright HISOFT 1983
CURSO C/M MICROHOBBY

Pass 1 errors: 00

    40 *C-
    50 *D+
    60 ;
    70 ; PROCESADOR_DE_PANTALLAS
    80 ;

60000 90          ORG      60000
60000 100 PROPAN LD      HL,FLAGS
60003 110          BIT      4,(HL)
60005 120          JR      NZ,AT_1
60007 130          BIT      5,(HL)
60009 140          JR      NZ,AT_2
60011 150          BIT      6,(HL)
60013 160          JR      NZ,REP_1
60015 170          BIT      7,(HL)
60017 180          JR      NZ,REP_2
60019 190          CP      32
60021 200          JP      NC,IMP_A
60024 210          LD      C,A
60025 220          ADD     A,A
60026 230          LD      E,A
60027 240          LD      D,0
60029 250          LD      HL,TABLA2
60032 260          ADD     HL,DE
60033 270          LD      E,(HL)
60034 280          INC     HL
60035 290          LD      D,(HL)
60036 300          EX      DE,HL
60037 310          LD      A,C
60038 320          JP      (HL)
60039 330 AT_1    LD      (VAR_1),A
60042 340          RES     4,(HL)
60044 350          SET     5,(HL)
60046 360          RET
60047 370 AT_2    RES     5,(HL)
60049 380          JP      LOCATE
60052 390 REP_1  LD      (VAR_1),A
60055 400          RES     6,(HL)
60057 410          SET     7,(HL)
60059 420          RET
60060 430 REP_2  RES     7,(HL)
60062 440          JP      REPITE
60065 450 FLAGS  DEFB    0
60066 460 VAR_1  DEFB    0

60067 470          DEFB    0
60068 480 TABLA2 DEFW    NULO
60070 490          DEFW    CLS3
60072 500          DEFW    CLS3
60074 510          DEFW    CLS3
60076 520          DEFW    INTER
60078 530          DEFW    INTER
60080 540          DEFW    INTER
60082 550          DEFW    REP_0
60084 560          DEFW    CURSOR
60086 570          DEFW    CURSOR
60088 580          DEFW    CURSOR
60090 590          DEFW    CURSOR
60092 600          DEFW    DELETE
60094 610          DEFW    ENTER
60096 620          DEFW    SCRPI
60098 630          DEFW    SCRPD
60100 640          DEFW    SCRPB
60102 650          DEFW    SCRPR
60104 660          DEFW    SCRAI
60106 670          DEFW    SCRAD
60108 680          DEFW    SCRAB
60110 690          DEFW    SCRAR
60112 700          DEFW    AT_0
60114 710          DEFW    SETFLA
60116 720          DEFW    SETFLA
60118 730          DEFW    SETFLA
60120 740          DEFW    SETFLA
60122 750          DEFW    SETFLA
60124 760          DEFW    SETFLA
60126 770          DEFW    TRAPAN
60128 780          DEFW    TRAPAN
60130 790          DEFW    NULO
60132 800 NULO    RET
60133 810 LOCATE  CP      32
60135 820          RET     NC
60136 830          LD      E,A
60137 840          LD      A,(VAR_1)
60140 850          CP      22
60142 860          RET     NC
60143 870          LD      D,A
60144 880          JP      SIGUE
60147 890 REPITE  CP      7
60149 900          RET     Z
60150 910          LD      HL,VAR_1
60153 920          LD      B,(HL)
60154 930 REPI   PUSH   BC
60155 940          PUSH   AF
60156 950          CALL  PROPAN
60159 960          POP    AF
60160 970          POP    BC
60161 980          DJNZ  REPI

```

| | | | | | | |
|-----------|--------|------|--------------|-----------|--------|---------------|
| 60163 990 | | RET | | 602751620 | LD | D, (HL) |
| 601641000 | REP_0 | LD | HL, FLAGS | 602761630 | LD | E, 0 |
| 601671010 | | SET | 6, (HL) | 602781640 | JR | CLS3_1 |
| 601691020 | | RET | | 602801650 | TABLA | DEFB #40, #58 |
| 601701030 | AT_0 | LD | HL, FLAGS | 602821660 | DEFB | #48, #59 |
| 601731040 | | SET | 4, (HL) | 602841670 | DEFB | #50, #5A |
| 601751050 | | RET | | 602861680 | CLS3_1 | LD H, B |
| 601761060 | CURSOR | LD | DE, (S_POSN) | 602871690 | LD | L, 0 |
| 601801070 | | LD | HL, #1821 | 602891700 | LD | BC, #07FF |
| 601831080 | | SBC | HL, DE | 602921710 | PUSH | DE |
| 601851090 | | EX | DE, HL | 602931720 | LD | (HL), L |
| 601861100 | | CP | 9 | 602941730 | LD | D, H |
| 601881110 | | JR | Z, CUR_2 | 602951740 | LD | E, 1 |
| 601901120 | | CP | 10 | 602971750 | LDIR | |
| 601921130 | | JR | Z, CUR_3 | 602991760 | POP | HL |
| 601941140 | | CP | 11 | 603001770 | LD | D, H |
| 601961150 | | JR | Z, CUR_4 | 603011780 | LD | E, 1 |
| 601981160 | | LD | A, E | 603031790 | LD | A, (23693) |
| 601991170 | | AND | A | 603061800 | LD | (HL), A |
| 602001180 | | RET | Z | 603071810 | LD | C, #FF |
| 602011190 | | DEC | E | 603091820 | LDIR | |
| 602021200 | | JP | SIGUE | 603111830 | RET | |
| 602051210 | CUR_2 | LD | A, E | 603121840 | INTER | EXX |
| 602061220 | | CP | 31 | 603131850 | PUSH | HL |
| 602081230 | | RET | Z | 603141860 | EXX | |
| 602091240 | | INC | E | 603151870 | CP | 5 |
| 602101250 | | JP | SIGUE | 603171880 | JR | Z, OP_2 |
| 602131260 | CUR_3 | LD | A, D | 603191890 | CP | 6 |
| 602141270 | | CP | 21 | 603211900 | JR | Z, OP_3 |
| 602161280 | | RET | Z | 603231910 | LD | HL, #5800 |
| 602171290 | | INC | D | 603261920 | LD | DE, #5900 |
| 602181300 | | JP | SIGUE | 603291930 | EXX | |
| 602211310 | CUR_4 | LD | A, D | 603301940 | LD | HL, #4000 |
| 602221320 | | AND | A | 603331950 | LD | DE, #4800 |
| 602231330 | | RET | Z | 603361960 | JR | TRANS |
| 602241340 | | DEC | D | 603381970 | OP_2 | LD HL, #5900 |
| 602251350 | | JP | SIGUE | 603411980 | LD | DE, #5A00 |
| 602281360 | DELETE | CALL | DEL_1 | 603441990 | EXX | |
| 602311370 | | LD | A, 32 | 603452000 | LD | HL, #4800 |
| 602331380 | | CALL | IMP_A | 603482010 | LD | DE, #5000 |
| 602361390 | DEL_1 | LD | DE, (S_POSN) | 603512020 | JR | TRANS |
| 602401400 | | LD | HL, #1821 | 603532030 | OP_3 | LD HL, #5800 |
| 602431410 | | SBC | HL, DE | 603562040 | LD | DE, #5A00 |
| 602451420 | | EX | DE, HL | 603592050 | EXX | |
| 602461430 | | LD | A, E | 603602060 | LD | HL, #4000 |
| 602471440 | | AND | A | 603632070 | LD | DE, #5000 |
| 602481450 | | JR | Z, DEL_2 | 603662080 | TRANS | LD BC, 2048 |
| 602501460 | | DEC | E | 603692090 | BUC_1 | CALL INTE_1 |
| 602511470 | | JP | SIGUE | 603722100 | DEC | BC |
| 602541480 | DEL_2 | LD | A, D | 603732110 | LD | A, B |
| 602551490 | | AND | A | 603742120 | OR | C |
| 602561500 | | RET | Z | 603752130 | JR | NZ, BUC_1 |
| 602571510 | | DEC | D | 603772140 | POP | HL |
| 602581520 | | LD | E, 31 | 603782150 | EXX | |
| 602601530 | | JP | SIGUE | 603792160 | LD | B, 0 |
| 602631540 | CLS3 | DEC | A | 603812170 | BUC_2 | CALL INTE_1 |
| 602641550 | | ADD | A, A | 603842180 | DJNZ | BUC_2 |
| 602651560 | | LD | HL, TABLA | 603862190 | RET | |
| 602681570 | | LD | B, 0 | 603872200 | INTE_1 | LD A, (HL) |
| 602701580 | | LD | C, A | 603882210 | EX | AF, AF' |
| 602711590 | | ADC | HL, BC | 603892220 | LD | A, (DE) |
| 602731600 | | LD | B, (HL) | 603902230 | LD | (HL), A |
| 602741610 | | INC | HL | 603912240 | EX | AF, AF' |

| | | | | | |
|-----------|--------|----------------|-----------|--------|----------------|
| 603922250 | LD | (DE),A | 605042880 | CP | 5 |
| 603932260 | INC | HL | 605062890 | JR | NC,NOCURS |
| 603942270 | INC | DE | 605082900 | SLA | (HL) |
| 603952280 | RET | | 605102910 | CP | 3 |
| 603962290 | SETFLA | LD HL,FLAGS | 605122920 | JR | NC,NOCURS |
| 603992300 | CP | 23 | 605142930 | SLA | (HL) |
| 604012310 | JR | NZ,SET_1 | 605162940 | NOCURS | LD A,(FLAGS) |
| 604032320 | SET | 0,(HL) | 605192950 | AND | 2 |
| 604052330 | RET | | 605212960 | JR | Z,NOBOLD |
| 604062340 | SET_1 | CP 24 | 605232970 | LD | A,(HL) |
| 604082350 | JR | NZ,SET_2 | 605242980 | SRL | A |
| 604102360 | SET | 1,(HL) | 605262990 | OR | (HL) |
| 604122370 | RET | | 605273000 | LD | (HL),A |
| 604132380 | SET_2 | CP 25 | 605283010 | NOBOLD | INC DE |
| 604152390 | JR | NZ,SET_3 | 605293020 | INC | H |
| 604172400 | SET | 2,(HL) | 605303030 | DJNZ | BUCLE1 |
| 604192410 | RET | | 605323040 | JR | ACTUAL |
| 604202420 | SET_3 | CP 27 | 605343050 | IMPR_2 | LD A,(DE) |
| 604222430 | JR | NZ,SET_4 | 605353060 | LD | C,B |
| 604242440 | SET | 3,(HL) | 605373070 | BUCLE2 | RR A |
| 604262450 | RET | | 605393080 | RL | (HL) |
| 604272460 | SET_4 | CP 28 | 605413090 | DEC | C |
| 604292470 | JR | NZ,SET_5 | 605423100 | JR | NZ,BUCLE2 |
| 604312480 | RES | 3,(HL) | 605443110 | INC | DE |
| 604332490 | RET | | 605453120 | INC | H |
| 604342500 | SET_5 | LD A,#F8 | 605463130 | DJNZ | IMPR_2 |
| 604362510 | AND | (HL) | 605483140 | ACTUAL | LD DE,(S_POSN) |
| 604372520 | LD | (HL),A | 605523150 | LD | HL,#1821 |
| 604382530 | RET | | 605553160 | SBC | HL,DE |
| 604392540 | TRAPAN | LD HL,(SEED) | 605573170 | EX | DE,HL |
| 604422550 | LD | DE,#4000 | 605583180 | INC | E |
| 604452560 | CP | 30 | 605593190 | LD | A,E |
| 604472570 | JR | Z,RECU | 605603200 | CP | 32 |
| 604492580 | EX | DE,HL | 605623210 | JR | C,SIGUE |
| 604502590 | RECU | LD BC,6912 | 605643220 | INC_LI | LD E,0 |
| 604532600 | LDIR | | 605663230 | INC | D |
| 604552610 | RET | | 605673240 | LD | A,D |
| 236702620 | SEED | EQU 23670 | 605683250 | CP | 21 |
| 604562630 | ENTER | LD DE,(S_POSN) | 605703260 | JR | C,SIGUE |
| 604602640 | LD | HL,#1821 | 605723270 | CALL | SCROLL |
| 604632650 | SBC | HL,DE | 605753280 | LD | DE,#1400 |
| 604652660 | EX | DE,HL | 605783290 | SIGUE | PUSH DE |
| 604662670 | JR | INC_LI | 605793300 | LD | A,D |
| 604682680 | IMP_A | LD DE,(CHARS) | 605803310 | AND | #07 |
| 604722690 | LD | H,0 | 605823320 | RRC | A |
| 604742700 | LD | L,A | 605843330 | RRC | A |
| 604752710 | ADD | HL,HL | 605863340 | RRC | A |
| 604762720 | ADD | HL,HL | 605883350 | OR | E |
| 604772730 | ADD | HL,HL | 605893360 | LD | E,A |
| 604782740 | ADD | HL,DE | 605903370 | LD | A,D |
| 604792750 | EX | DE,HL | 605913380 | AND | #18 |
| 604802760 | LD | HL,(DF_CC) | 605933390 | OR | #40 |
| 604832770 | LD | B,B | 605953400 | LD | D,A |
| 604852780 | LD | A,(FLAGS) | 605963410 | LD | (DF_CC),DE |
| 604882790 | BIT | 2,A | 606003420 | POP | DE |
| 604902800 | JR | NZ,IMPR_2 | 606013430 | LD | HL,#1821 |
| 604922810 | BUCLE1 | LD A,(DE) | 606043440 | SBC | HL,DE |
| 604932820 | LD | (HL),A | 606063450 | LD | (S_POSN),HL |
| 604942830 | LD | A,(FLAGS) | 606093460 | RET | |
| 604972840 | AND | 1 | 236063470 | CHARS | EQU 23606 |
| 604992850 | JR | Z,NOCURS | 236843480 | DF_CC | EQU 23684 |
| 605012860 | SRL | (HL) | 236883490 | S_POSN | EQU 23688 |
| 605032870 | LD | A,B | 35823500 | SCROLL | EQU #0DFE |

| | | | | | | | |
|-----------|--------|------|-------------|-----------|-------|----------|------------|
| 606103510 | SCRPI | LD | HL, 22527 | 607334140 | BIT | 0, C | |
| 606133520 | | LD | C, 192 | 607354150 | JR | Z, ANT_1 | |
| 606153530 | B_2 | LD | B, 32 | 607374160 | INC | A | |
| 606173540 | | AND | A | 607384170 | CP | #C0 | |
| 606183550 | B_1 | RL | (HL) | 607404180 | PUSH | AF | |
| 606203560 | | DEC | HL | 607414190 | JR | SIG_2 | |
| 606213570 | | DJNZ | B_1 | 607434200 | ANT_1 | SUB | 1 |
| 606233580 | | JR | NC, NOCA_1 | 607454210 | | CCF | |
| 606253590 | | LD | A, (FLAGS) | 607464220 | | PUSH | AF |
| 606283600 | | BIT | 3, A | 607474230 | SIG_2 | LD | B, A |
| 606303610 | | JR | Z, NOCA_1 | 607484240 | | LD | H, #40 |
| 606323620 | | LD | (VAR_1), HL | 607504250 | | AND | #07 |
| 606353630 | | LD | IX, (VAR_1) | 607524260 | | OR | H |
| 606393640 | | SET | 0, (IX+32) | 607534270 | | LD | H, A |
| 606433650 | NOCA_1 | DEC | C | 607544280 | | LD | A, B |
| 606443660 | | JR | NZ, B_2 | 607554290 | | AND | #C0 |
| 606463670 | | RET | | 607574300 | | SRL | A |
| 606473680 | SCRPD | LD | HL, 16384 | 607594310 | | SRL | A |
| 606503690 | | LD | C, 192 | 607614320 | | SRL | A |
| 606523700 | B_4 | LD | B, 32 | 607634330 | | OR | H |
| 606543710 | | AND | A | 607644340 | | LD | H, A |
| 606553720 | B_3 | RR | (HL) | 607654350 | | LD | A, L |
| 606573730 | | INC | HL | 607664360 | | AND | #1F |
| 606583740 | | DJNZ | B_3 | 607684370 | | LD | L, A |
| 606603750 | | JR | NC, NOCA_2 | 607694380 | | LD | A, B |
| 606623760 | | LD | A, (FLAGS) | 607704390 | | AND | #38 |
| 606653770 | | BIT | 3, A | 607724400 | | SLA | A |
| 606673780 | | JR | Z, NOCA_2 | 607744410 | | SLA | A |
| 606693790 | | LD | (VAR_1), HL | 607764420 | | OR | L |
| 606723800 | | LD | IX, (VAR_1) | 607774430 | | LD | L, A |
| 606763810 | | SET | 7, (IX-32) | 607784440 | | POP | AF |
| 606803820 | NOCA_2 | DEC | C | 607794450 | | POP | BC |
| 606813830 | | JR | NZ, B_4 | 607804460 | | POP | DE |
| 606833840 | | RET | | 607814470 | | JR | NC, FIN_1 |
| 606843850 | SCRPR | SET | 0, C | 607834480 | | PUSH | HL |
| 606863860 | | LD | HL, 16384 | 607844490 | | PUSH | BC |
| 606893870 | | JR | SCR | 607854500 | | LD | BC, 32 |
| 606913880 | SCRPB | RES | 0, C | 607884510 | | LDIR | |
| 606933890 | | LD | HL, 22496 | 607904520 | | POP | BC |
| 606963900 | SCR | PUSH | HL | 607914530 | | POP | HL |
| 606973910 | | LD | DE, 23296 | 607924540 | | JR | BU_3 |
| 607003920 | | PUSH | BC | 607944550 | FIN_1 | PUSH | DE |
| 607013930 | | LD | BC, 32 | 607954560 | | LD | A, (FLAGS) |
| 607043940 | | LDIR | | 607984570 | | BIT | 3, A |
| 607063950 | | POP | BC | 608004580 | | JR | NZ, FIN_2 |
| 607073960 | | POP | HL | 608024590 | | LD | HL, 23296 |
| 607083970 | BU_3 | PUSH | HL | 608054600 | | LD | DE, 23297 |
| 607093980 | | PUSH | BC | 608084610 | | LD | BC, 31 |
| 607103990 | | LD | A, H | 608114620 | | XOR | A |
| 607114000 | | AND | #07 | 608124630 | | LD | (HL), A |
| 607134010 | | LD | B, A | 608134640 | | LDIR | |
| 607144020 | | LD | A, H | 608154650 | FIN_2 | POP | DE |
| 607154030 | | AND | #18 | 608164660 | | LD | HL, 23296 |
| 607174040 | | SLA | A | 608194670 | | LD | BC, 32 |
| 607194050 | | SLA | A | 608224680 | | LDIR | |
| 607214060 | | SLA | A | 608244690 | | RET | |
| 607234070 | | OR | B | 608254700 | SCRAB | LD | HL, 23295 |
| 607244080 | | LD | B, A | 608284710 | | LD | DE, 23327 |
| 607254090 | | LD | A, L | 608314720 | | LD | BC, 768 |
| 607264100 | | AND | #E0 | 608344730 | | LDDR | |
| 607284110 | | SRL | A | 608364740 | | PUSH | DE |
| 607304120 | | SRL | A | 608374750 | | CALL | SCRA_1 |
| 607324130 | | OR | B | 608404760 | | POP | DE |

```

608414770      LD      HL, 23327      609275200      LD      H, D
608444780      LD      BC, 32       609285210      LD      L, E
608474790      LDDR                                609295220      DEC     HL
608494800      RET                                609305230      LD      BC, 31
608504810  SCRAR LD      HL, 22528    609335240      LDDR
608534820      LD      DE, 23296   609355250      CALL   SCRA_2
608564830      LD      BC, 32     609385260      DEC     DE
608594840      LDIR                                609395270      POP     BC
608614850      PUSH   HL          609405280      DJNZ   BU_2
608624860      CALL   SCRA_1     609425290      RET
608654870      POP     HL          609435300  SCRA_2 LD      (DE), A
608664880      LD      DE, 22528  609445310      LD      A, (FLAGS)
608694890      LD      BC, 768    609475320      BIT    3, A
608724900      LDIR                                609495330      RET     NZ
608744910      RET                                609505340      LD      A, (23693)
608754920  SCRA_1 LD      A, (FLAGS)  609535350      LD      (DE), A
608784930      BIT    3, A        609545360      RET
608804940      RET     NZ          609555370  ACT   LD      HL, (CHANS)
608814950      LD      HL, 23296  609585380      LD      DE, 15
608844960      LD      A, (23693) 609615390      ADD    HL, DE
608874970      LD      (HL), A    609625400      LD      E, (HL)
608884980      LD      DE, 23297  609635410      INC    HL
608914990      LD      BC, 31     609645420      LD      D, (HL)
608945000      LDIR                                609655430      LD      (NMI), DE
608965010      RET                                609695440      LD      DE, PROPAN
608975020  SCRAI  LD      DE, 22528  609725450      LD      (HL), D
609005030      LD      B, 24      609735460      DEC    HL
609025040  BU_1  PUSH   BC          609745470      LD      (HL), E
609035050      LD      A, (DE)    609755480      RET
609045060      LD      H, D        609765490  DESACT LD      HL, (CHANS)
609055070      LD      L, E        609795500      LD      DE, 15
609065080      INC    HL          609825510      ADD    HL, DE
609075090      LD      BC, 31     609835520      LD      DE, (NMI)
609105100      LDIR                                609875530      LD      (HL), E
609125110      CALL   SCRA_2     609885540      INC    HL
609155120      INC    DE          609895550      LD      (HL), D
609165130      POP     BC          609905560      RET
609175140      DJNZ   BU_1       236315570  CHANS EQU    23631
609195150      RET                                237285580  NMI   EQU    23728
609205160  SCRAD  LD      DE, 23295  Pass 2 errors: 00
609235170      LD      B, 24      Table used: 994 from 1100
609255180  BU_2  PUSH   BC
609265190      LD      A, (DE)

```

Fig. 11-25. Listado Assembler completo del procesador de pantalla.

```

1  21A1EACB662020CB6E20 1142 17  C110F7C921A1EACBF6C9 1735
2  24CB762025CB7E2029FE 1082 18  21A1EACBE6C9ED5B885C 1618
3  20D234EC4F875F160021 894 19  212118ED52EBFE09280F 962
4  A4EA195E2356EB79E932 1277 20  FE0A2813FE0B28177BA7 941
5  A2EACBA6CBEEC9CBAEC3 1979 21  C810C3A2EC7BFE1FC81C 1458
6  E5EA32A2EACBB6CBFEC9 1952 22  C3A2EC7AFE15C814C3A2 1567
7  CBBEC3F3EA00C053E4EA 1802 23  EC7AA7C815C3A2ECCD4C 1620
8  67EB67EB67EB98EB98EB 1788 24  EB3E20CD34ECED5B885C 1378
9  98EB04EB10EB10EB10EB 1379 25  212118ED52EB7BA72804 978
10 10EB44EB28ECC2ECE7EC 1727 26  1DC3A2EC7AA7C8151E1F 1193
11 13ED0CEDE1EDF8ED99ED 1842 27  C3A2EC3D872178EB0600 1183
12 B2ED0AEBECEBECBECBEC 2073 28  4FED4A4623561E001806 641
13 ECEBECBECB17EC17EC 1931 29  40584859505A602E0001 626
14 E4EAC9FE20D05F3AA2EA 1706 30  FF07D575541E01EDB0E1 1345
15 FE16D057C3A2ECFE07C8 1625 31  541E013A8D5C770EFFED 1031
16 21A2EA46C5F5CD60EAF1 1717 32  B0C9D9E5D9FE052813FE 1612

```

| | | | | | |
|----|----------------------|------|-----|----------------------|------|
| 33 | 06281E210058110059D9 | 520 | 67 | 30123AA1EACB5F280B22 | 902 |
| 34 | 210040110048181C2100 | 271 | 68 | A2EADD2AA2EADDCBE0FE | 1957 |
| 35 | 5911005AD92100481100 | 535 | 69 | 0D20E1C9CBC121004018 | 988 |
| 36 | 50180D21005811005AD9 | 562 | 70 | 05CB8121E057E511005B | 1018 |
| 37 | 210040110050010008CD | 408 | 71 | C5012000EDB0C1E1E5C5 | 1487 |
| 38 | E3EB0B78B120F8E1D906 | 1498 | 72 | 7CE607477CE618CB27CB | 1255 |
| 39 | 00CDE3EB10FBC97E081A | 1295 | 73 | 27CB27B0477DE6E0CB3F | 1373 |
| 40 | 7708122313C921A1EAFE | 1082 | 74 | CB3FB0CB4128063CFEC0 | 1262 |
| 41 | 172003CBC6C9FE182003 | 973 | 75 | F51804D6013FF5472640 | 969 |
| 42 | CBCEC9FE192003CBD6C9 | 1542 | 76 | E607B46778E6C0CB3FCB | 1531 |
| 43 | FE1B2003CBDEC9FE1C20 | 1256 | 77 | 3FCB3FB4677DE61F6F78 | 1229 |
| 44 | 03CB9EC93EF8A677C92A | 1403 | 78 | E638CB27CB27B56FF1C1 | 1496 |
| 45 | 765C110040FE1E2801EB | 851 | 79 | D1300BE5C5012000EDB0 | 1140 |
| 46 | 01001BEDB0C9ED5B885C | 1198 | 80 | C1E118AAD53AA1EACB5F | 1576 |
| 47 | 212118ED52EB1860ED5B | 1092 | 81 | 200D21005B11015B011F | 310 |
| 48 | 365C26006F29292919EB | 678 | 82 | 00AF77EDB0D121005B01 | 1041 |
| 49 | 2A845C06083AA1EACB57 | 1023 | 83 | 2000EDB0C921FF5A111F | 1072 |
| 50 | 202A1A773AA1EAE60128 | 943 | 84 | 5B010003EDB8D5C0CBED | 1374 |
| 51 | 0FCB3E78FE053008CB26 | 956 | 85 | D1211F5B012000EDB8C9 | 1019 |
| 52 | FE033002CB263AA1EAE6 | 1231 | 86 | 21005811005B012000ED | 499 |
| 53 | 0228057ECB3FB6771324 | 795 | 87 | B0E5C0CBEDE111005801 | 1381 |
| 54 | 10D8180E1A0E08CB1FCB | 755 | 88 | 0003EDB0C93AA1EACB5F | 1368 |
| 55 | 160D20F9132410F2ED5B | 957 | 89 | C021005B3A8D5C771101 | 744 |
| 56 | 885C212118ED52EB1C7B | 1023 | 90 | 5B011F00EDB0C9110058 | 842 |
| 57 | FE20380E1E00147AFE15 | 803 | 91 | 0618C51A626B23011F00 | 525 |
| 58 | 3806CDFE0D110014D57A | 906 | 92 | EDB0CD0FEE13C110EFC9 | 1539 |
| 59 | E607CB0FCB0FCB0FB35F | 1165 | 93 | 11FF5A0618C51A626B2B | 863 |
| 60 | 7AE618F64057ED53845C | 1317 | 94 | 011F00EDB8CD0FEE1BC1 | 1131 |
| 61 | D1212118ED5222885CC9 | 1081 | 95 | 10EFC9123AA1EACB5FC0 | 1417 |
| 62 | 21FF570EC00620A7CB16 | 1011 | 96 | 3A8D5C12C92A4F5C110F | 755 |
| 63 | 2B10FB30123AA1EACB5F | 1127 | 97 | 00195E2356ED53B05C11 | 845 |
| 64 | 280B22A2EADD2AA2EADD | 1361 | 98 | 60EA722B73C92A4F5C11 | 1033 |
| 65 | CB20C60D20E1C9210040 | 1001 | 99 | 0F0019ED5B805C732372 | 900 |
| 66 | 0EC00620A7CB1E2310FB | 946 | 100 | C9000000000000000000 | 201 |

Fig. 11-26. Listado de «Propan» en formato de cargador universal.

EJERCICIOS

- 1.- En una subrutina, nos interesa retornar si el contenido de "A" es distinto de "0" y, en caso contrario, detener el programa con el informe "ó Number too big" del Sistema. Escriba la parte correspondiente de la rutina.
- 2.- Escriba una rutina que imprima, desde código máquina, los caracteres cuyos códigos se encuentran en un bloque de 704 posiciones de memoria cuya primera dirección es 32000. La impresión deberá dirigirse a la pantalla por la corriente #2.
- 3.- Queremos llamar a una subrutina cuya dirección de comienzo está en el registro "DE". La subrutina acabará con un "RET", pero queremos que retorne a la dirección contenida en los dos bytes apuntados por "IX+12". ¿Como la llamaríamos?

----- 0 -----

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS

1.- La subrutina podría terminar así:

```
.....
AND  A           ;Levanta indicadores
RET  NZ          ;Retorna si Z=0
RST  #8          ;Llamada a "ERROR"
DEFB 5           ;Código del informe menos 1
```

2.- Haremos uso de "RST #10" haciendo, previamente, que la corriente en curso sea la #2.

```
LD  A,2          ;La corriente en curso
CALL #1601       ; será la #2.
LD  HL,32000     ;Inicializa puntero.
LD  BC,704       ;Inicializa contador.
BUCLE LD  A,(HL) ;Carga código.
      PUSH HL    ;Preserva puntero.
      PUSH BC    ;Preserva contador.
      RST #10    ;Imprime carácter.
      POP BC     ;Recupera contador.
      POP HL     ;Recupera puntero.
      INC HL     ;Incrementa puntero.
      DEC BC     ;Decrementa contador
      LD  A,B    ;Comprueba si contador
      OR  C      ; ha llegado a cero.
      JR  NZ,BUCLE ;Cierra el bucle.
      RET        ;Retorna.
```

3.- La forma de llamar a la subrutina sería:

```
LD  HL,(IX+2)   ;Dir. de retorno a "HL".
PUSH HL         ;Dir. de retorno a pila.
EX  DE,HL       ;Dir. de inicio a "HL".
JP  (HL)        ;Salta a dir. de inicio.
```

GRUPO DE INSTRUCCIONES DE ENTRADA Y SALIDA

Una de las principales características que tiene que tener un ordenador es la posibilidad de comunicarse con el exterior. Este cometido es para el que se diseñaron las ins-

trucciones de entrada salida.

Los ordenadores pequeños solucionan este problema utilizando los mismos buses que para acceder a la memoria; pero señalando, con el bus de

control, que el acceso pedido no es a memoria sino a un dispositivo de entrada/salida. Como vimos al principio del curso, el microprocesador Z-80 tiene tres buses: «bus de

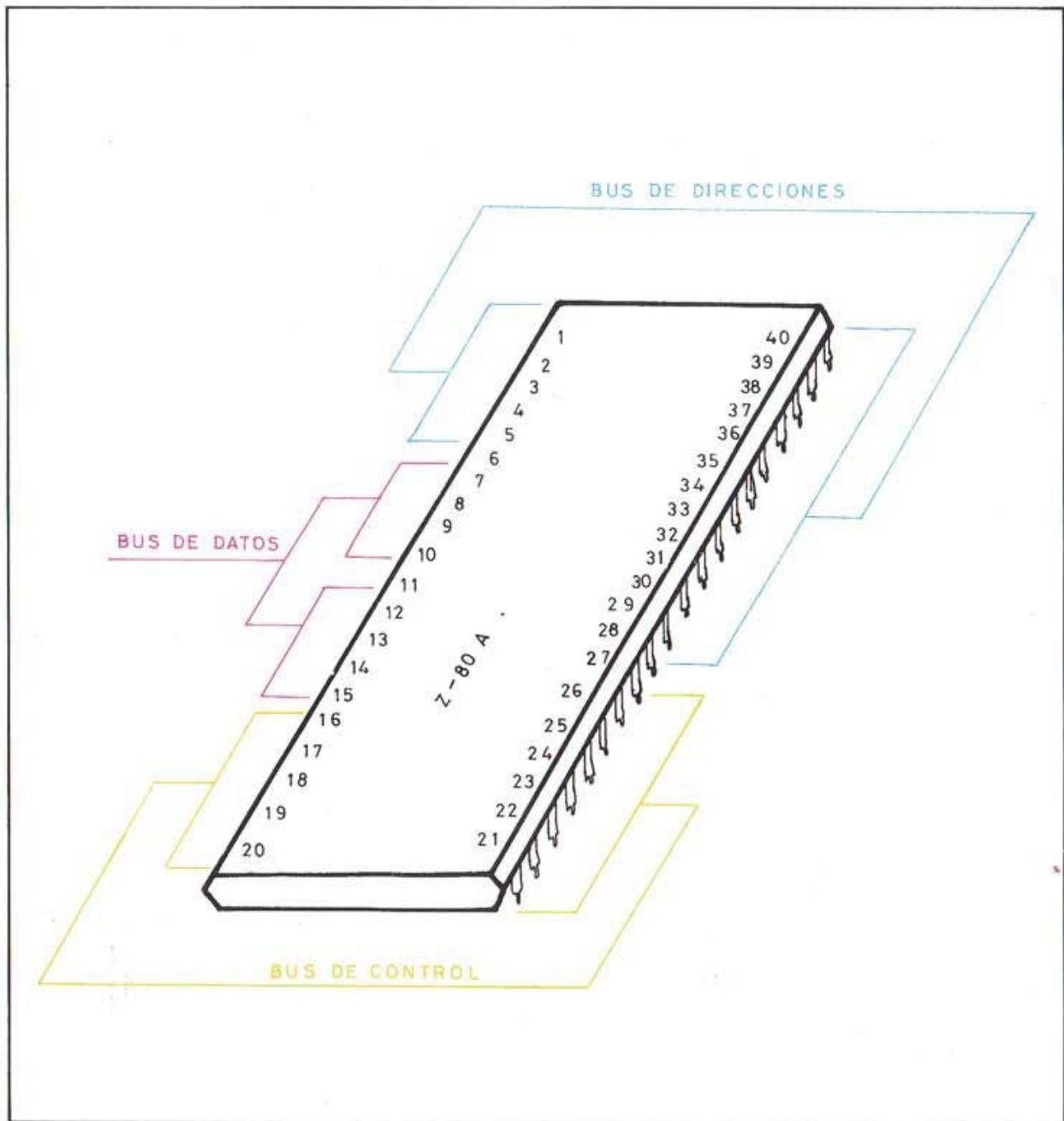


Fig. 12-1. Disposición de los buses en la pastilla del Z-80.

direcciones», «bus de datos» y «bus de control» (ver Figura 12-1).

El bus de direcciones está formado por 15 patas (A0-A15) del micro-procesador, desde el punto de vista software, dos octetos. Con el valor de estos dos octetos se selecciona el dispositivo periférico al cual nos queremos dirigir, la capacidad teórica de periféricos es, por tanto, de 65536. El valor de estas 16 patas o bus de direcciones es controlado por medio de las instrucciones de entrada/salida.

El bus de datos está formado por 8 patas (D0-D7) del micro-procesador, desde el punto de vista software, un octeto. El valor de este octeto indica el dato que está entrando o saliendo según sea el caso.

El bus de control se utiliza para indicar el tipo de operación que se está realizando. Si se accede a memoria, se pondrá a cero la pata «MREQ». Y, si se accede a un dispositivo de entrada/salida,

se pondrá a cero la pata «IORQ». En ambos casos, para accesos de lectura se pone a cero la pata «RD» y para los de escritura, la «WR».

Resumiendo, se puede decir que una instrucción de entrada/salida actúa como una instrucción de lectura/escritura de memoria. Por medio del bus de direcciones posicionamos un periférico como si fuera una dirección de memoria y captura o almacena un valor en el bus de datos como si fuera el octeto de memoria.

La comunicación física con el exterior la realizan los ordenadores por medio de regletas que están conectadas directamente al micro-procesador. En el SPECTRUM es el famoso «slot de expansión».

Por tanto tenga siempre presente que el bus de direcciones se refiere a las patas A0-A15, parte menos significativa A0-A7 y parte más significativa A8-A15, y que sirve para seleccionar el periférico. El bus de datos se refiere a las patas D0-D7 e indica el valor a transferir.

En la Figura 12-2 se puede ver la semejanza que existe entre las instrucciones de acceso a memoria y las de entrada/salida. En cada caso el micro-procesador indica lo que quiere hacer mediante las señales de control. Realmente los buses de datos y direcciones los usa la CPU para todo acceso a su entorno bien sea a memoria RAM, ROM, periféricos, etc. Es igualmente válido para leer las instrucciones de memoria como para ejecutarlas. La razón por la cual hasta este momento no se han tratado es porque desde el punto de vista software, o sea del programador que pretende realizar un proceso, no existe necesidad de saber cómo se las apaña el micro-procesador para realizar lo que se le pida. Es al tratar las instrucciones de este grupo cuando más directamente entra el programador en contacto con estos buses.

Existe, no obstante, una pequeña diferencia en cuanto al acceso a los periféricos a través del bus de direcciones.

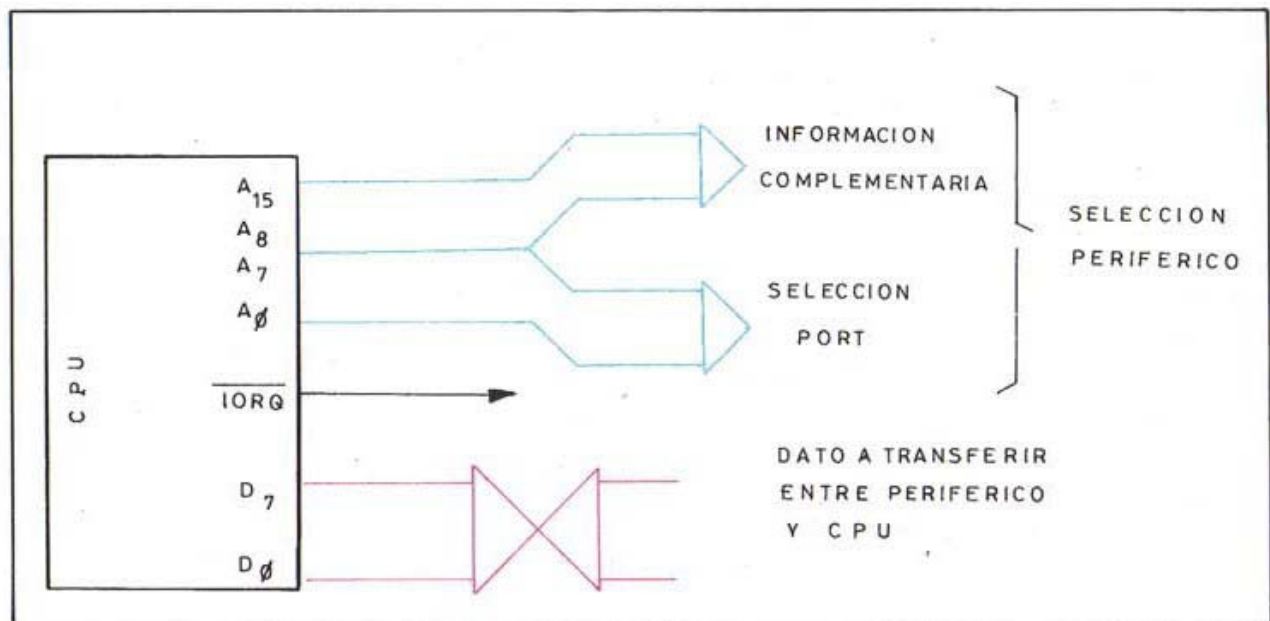


Fig. 12-2A. Direccionamiento en operaciones de entrada/salida.

Cuando dábamos una instrucción para acceder a una posición de memoria, utilizábamos dos octetos para indicar la dirección de esa posición; por ejemplo: Para cargar el Acumulador con el contenido de la posición «4532h», hacíamos: LD A, (#4532) que codificábamos con tres octetos. El primero era el código de operación y los dos siguientes contenían la dirección donde estaba el operando.

En el acceso a un dispositivo de entrada/salida, sólo dispondremos de un octeto para codificar el operando. Este octeto contendrá el número que aparecerá en la parte baja del bus de direcciones. Lo que aparecerá en la parte alta del mismo, será el contenido de un cierto registro; que podrá ser el «A» o el «B» dependiendo de la instrucción concreta que estemos procesando.

Se suele decir que el Z-80 sólo puede direccionar 256 ports de entrada salida. Esto es falso. En realidad, se pueden direccionar 65536 ports;

lo que ocurre es que sólo 256 se direccionan en modo directo. Para acceder a los 65536 ports, hay que utilizar una combinación de direccionamiento directo (para la parte baja del bus de direcciones) e indirecto (para la parte alta). Normalmente, se utiliza la parte baja del bus de direcciones para direccionar el periférico y la parte alta, para suministrar información adicional cuando sea necesario. Esto se hace así porque rara vez es necesario acceder a más de 256 ports (ver Figura 12-2). Ahora bien, las instrucciones de entrada/salida del Basic, permiten direccionar 65536 ports; lógicamente, el direccionamiento es indirecto a través del registro «BC» (ya lo veremos en detalle).

Ahora, vamos a ver las instrucciones de entrada/salida de que disponemos en el Z-80.

Instrucciones de entrada

IN A, (n)

OBJETO:

Coloca el valor del operando «n» en la mitad inferior del bus de direcciones para seleccionar un dispositivo de entrada/salida entre los 256 ports posibles. El contenido del registro acumulador se coloca en la mitad superior del bus de direcciones. El octeto procedente del port seleccionado aparece en el bus de datos y se escribe en el registro acumulador «A». En esta instrucción, se direcciona en modo «directo» la mitad inferior del bus, y en modo indirecto la mitad superior.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

11

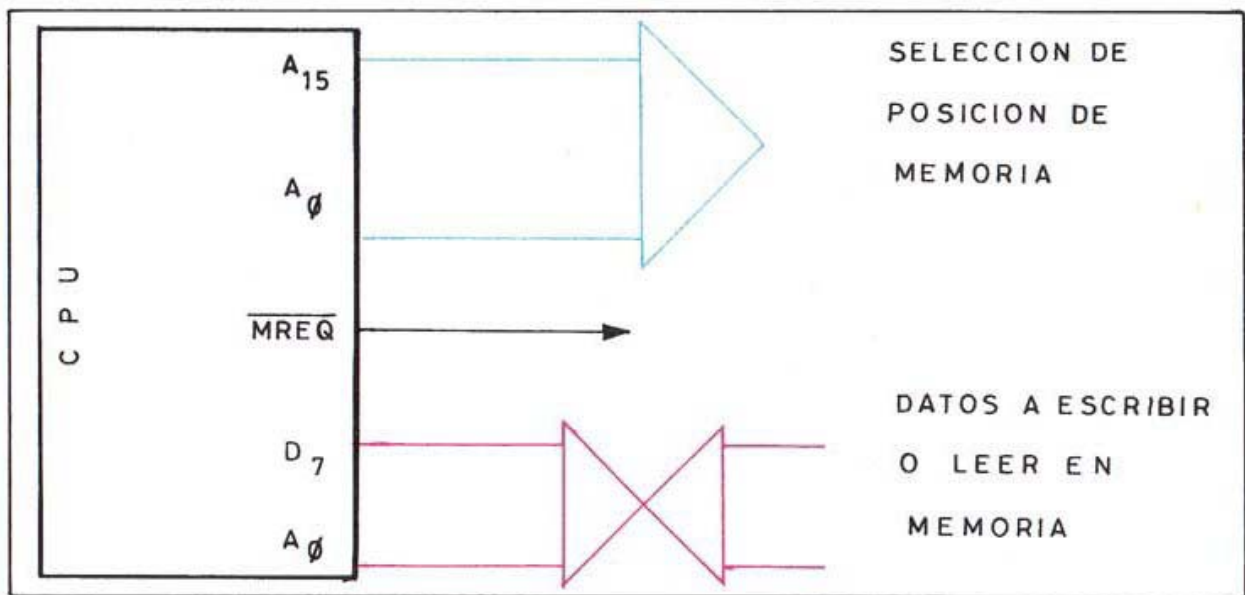


Fig. 12-2B. Direccionamiento en operaciones de acceso a memoria.

EJEMPLO:

IN A, (27)

Contenido del registro «A».

(A): 00111010 3Ah

Instrucción

IN A, (27): 11011011 00011011
DBh 1Bh

Bus de direcciones resultante.

A8-A15: 00111010 3Ah
A0-A7: 00011011 1Bh

Valor aparecido en bus de datos (ejemplo arbitrario).

D0-D7: 01000001 4h

Contenido del registro «A» después de la ejecución

(A): 01000001 4h

Resultado de la operación. Desde el dispositivo conectado en el port 27 (1Bh) ha entrado el carácter ASCII «A» (41h), el cual ha quedado almacenado en el registro acumulador.

IN r, (C)

OBJETO:

Coloca el contenido del registro «C» en la mitad inferior del bus de direcciones para seleccionar un dispositivo de entrada/salida entre los 256 ports posibles. El contenido del registro «B» se coloca en la mitad superior del bus de direcciones. El octeto proce-

dente del port seleccionado aparece en el bus de datos y se escribe en el registro representado por «r». El código de representación de «r» es el indicado a continuación.

| Registro | r |
|----------|-----|
| B | 000 |
| C | 001 |
| D | 010 |
| E | 011 |
| H | 100 |
| L | 101 |
| A | 111 |

En realidad, esta instrucción debería ser «IN r, (BC)» ya que es el contenido de «BC» lo que se coloca en el bus de direcciones. Se utiliza, por tanto, direccionamiento indirecto para todo el bus. No obstante, la forma correcta de escribirla es «IN r, (C)» y, si se escribe de otro modo, no será reconocida por ningún ensamblador.

CODIGO DE MAQUINA:

11101101 EDh
01 ← r → 000

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- S; pone 1 - si el octeto entrante es negativo; pone 0 - en cualquier otro caso
- Z; pone 1 - si el octeto entrante es cero; pone 0 - en cualquier otro caso
- H; pone 0 - siempre
- N; pone 0 - siempre
- P; pone 1 - si la paridad es par; pone 0 - en cualquier otro caso

CICLOS DE MEMORIA:

CICLOS DE RELOJ:

12

EJEMPLO:

IN H, (C)

Contenido del registro «C».

(C): 00101010 2Ah

Contenido del registro «B».

(B): 01110100 7Ah

Instrucción

IN H, (C): 11101101 EDh
01100000 60h

Bus de direcciones resultante.

A8-A15: 01110100 7Ah
A0-A7: 00101010 2Ah

Valor aparecido en bus de datos (ejemplo arbitrario).

D0-D7: 01000010 42h

Contenido del registro «H» después de la ejecución

(H): 01000010 42h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P V N C

00x0x10x

Resultado de la operación. Desde el dispositivo conectado en port el 2Ah ha entrado el carácter ASCII «B» (42h), el cual ha quedado almacenado en el registro «H».

INI

OBJETO:

Coloca el contenido del registro «C» en la mitad inferior del bus de direcciones para seleccionar un dispositivo de entrada/salida entre los 256 ports posibles. El contenido del registro «B» se coloca en la mitad superior del bus de direcciones y puede utilizarse como contador de octetos. El octeto procedente del port seleccionado aparece en el bus de datos y se escribe en la posición de memoria direccionada por el contenido del par de registros «HL». Finalmente se incrementa el valor del par de registros «HL» y se decreuenta el valor del registro «B».

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|------------|
| 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh A2h |
| 1 0 1 0 0 0 1 0 | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- Z; pone 1 - si B-1 es igual a cero;
- pone 0 - en cualquier otro caso
- N; pone 1 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

16

EJEMPLO:

| |
|-----|
| INI |
|-----|

Contenido del registro «C».

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (C): | 0 1 1 1 0 0 0 1 | 71h |
|------|-----------------|-----|

334 CODIGO MAQUINA

Contenido del registro «B».

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (B): | 0 0 0 0 0 1 1 1 | 07h |
|------|-----------------|-----|

Contenido del par de registros «HL»

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 1 0 0 1 0 0 1 1 | 93h |
| (L): | 0 0 1 0 1 0 1 0 | 2Ah |

El contenido de la posición de memoria 932Ah no es significativo

Instrucción

| | | |
|------|-----------------|-----|
| INI: | 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh |
| | 1 0 1 0 0 0 1 0 | A2h |

Bus de direcciones resultante.

| | | |
|---------|-----------------|-----|
| A8-A15: | 0 0 0 0 0 1 1 1 | 07h |
| A0-A7: | 0 1 1 1 0 0 0 1 | 71h |

Valor aparecido en bus de datos.

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| D0-D7: | 0 1 0 0 0 0 1 1 | 43h |
|--------|-----------------|-----|

Contenido del octeto 932Ah después de la ejecución

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| 932Ah: | 0 1 0 0 0 0 1 1 | 43h |
|--------|-----------------|-----|

Contenido del registro «B» después de la ejecución

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (B): | 0 0 0 0 0 1 1 0 | 06h |
|------|-----------------|-----|

Contenido del par de registros «HL»

| | | |
|------|-----------------|-----|
| (H): | 1 0 0 1 0 0 1 1 | 93h |
| (L): | 0 0 1 0 1 0 1 1 | 28h |

Indicadores de condición después de la ejecución

| | | | | | |
|---|---|---|-----|---|---|
| S | Z | H | P/V | N | C |
| x | 0 | x | x | x | 1 |

Resultado de la operación. Desde el dispositivo conectado en el port 71h ha entrado el carácter ASCII «C» (43h), el cual ha quedado almacenado en la posición de memoria 932Ah.

INIR

OBJETO:

Coloca el contenido del registro «C» en la mitad inferior del bus de direcciones para seleccionar un dispositivo de entrada/salida entre los 256 ports posibles. El contenido del registro «B» se coloca en la mitad superior del bus de direcciones y puede utilizarse como contador de octetos. El octeto procedente del port seleccionado aparece en el bus de datos y se escribe en la posición de memoria direccionada por el contenido del par de registros «HL». Entonces se incrementa el valor del par de registros «HL» y se decreuenta el valor del registro «B». Si el registro «B» alcanza el valor cero se termina la instrucción; en caso contrario el registro «PC» se decreuenta en 2 con lo que se repite la instrucción.

Las interrupciones no paran la ejecución de esta instrucción por lo que se atenderán cuando termine.

CODIGO MAQUINA:

| | |
|-----------------|------------|
| 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh B2h |
| 1 0 1 1 0 0 1 0 | |

CURSO12A

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

- Z; pone 1 - siempre

N; pone 1 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:

Si «B» diferente de cero

5

Si «B» igual cero

4

CICLOS DE RELOJ:

Si «B» diferente de cero

21

Si «B» igual cero

16

EJEMPLO:

INIR

Contenido del registro «C».

(C): 1 1 1 1 1 1 1 0 FEh

Contenido del registro «B».

(B): 0 0 0 0 0 1 1 0 06h

Contenido del par de registros «HL»

(H): 0 1 1 1 0 1 0 0 74h
(L): 0 0 1 0 0 0 1 0 22h

El contenido de las posiciones de memoria desde 7422h a 7427h no es significativo.

Instrucción

INIR: 1 1 1 0 1 1 0 1 EDh
1 0 1 1 0 0 1 0 B2h

Primer bus de direcciones resultante.

A8-A15: 0 0 0 0 0 1 1 0 06h
A0-A7: 1 1 1 1 1 1 1 0 FEh

Ultimo bus de direcciones resultante.

A8-A15: 0 0 0 0 0 0 0 1 01h
A0-A7: 1 1 1 1 1 1 1 0 FEh

Valores aparecidos en bus de datos hasta que «B» es cero.

D0-D7: 0 1 0 0 0 1 0 0 44h

D0-D7: 0 1 0 0 0 1 0 1 45h

D0-D7: 0 1 0 0 0 1 1 0 46h

D0-D7: 0 1 0 0 0 1 1 1 47h

D0-D7: 0 1 0 0 1 0 0 0 48h

D0-D7: 0 1 0 0 1 0 0 1 49h

Contenido de los octetos 7422h a 7427h después de la ejecución

7422h: 0 1 0 0 0 1 0 0 44h

7423h: 0 1 0 0 0 1 0 1 45h

7424h: 0 1 0 0 0 1 1 0 46h

7425h: 0 1 0 0 0 1 1 1 47h

7426h: 0 1 0 0 1 0 0 0 48h

7427h: 0 1 0 0 1 0 0 1 49h

Contenido del registro «B» después de la ejecución

(B): 0 0 0 0 0 0 0 0 00h

Contenido del par de registros «HL»

(H): 0 1 1 1 0 1 0 0 74h
(L): 0 0 1 0 1 0 0 1 28h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C
x 1 x x x x 1 x

Resultado de la operación. Desde el dispositivo conectado en port FEh han entrado los caracteres ASCII «D», «E», «F», «G», «H» e «I» (44h, 45h, 46h, 47h, 48h y 49h), los cuales han quedado almacenados en las posiciones de memoria 7422h a 7427h.

IND

OBJETO:

Coloca el contenido del registro «C» en la mitad inferior del bus de direcciones para seleccionar un dispositivo de entrada/salida entre los 256 ports posibles. El contenido del registro «B» se coloca en la mitad superior del bus de direcciones y puede utilizarse como contador de octetos. El octeto procedente del port seleccionado aparece en el bus de datos y se escribe en la posición de memoria direccionada por el contenido del par de registros «HL». Finalmente se decrementa el valor del par de registros «HL» y el del registro «B».

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 1 0 1 1 0 1 EDh
1 0 1 0 1 0 1 0 AAh

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Z; pone 1 - si B-1 es igual a cero;
 pone 0 - en cualquier otro caso
 N; pone 1 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:
 4

CICLOS DE RELOJ:
 16

EJEMPLO:

IND

Contenido del registro «C».

(C): 0 1 1 1 1 0 0 1 79h

Contenido del registro «B».

(B): 0 0 1 0 0 1 0 1 25h

Contenido del par de registros «HL»

(H): 0 1 1 1 1 0 0 1 79h
 (L): 1 0 1 0 0 0 1 1 A3h

El contenido de la posición de memoria 79A3h no es significativo

Instrucción

IND: 1 1 1 0 1 1 0 1 EDh
 1 0 1 0 1 0 1 0 AAh

Bus de direcciones resultante.

A8-A15: 0 0 1 0 0 1 0 1 25h
 A0-A7: 0 1 1 1 1 0 0 1 79h

Valor aparecido en bus de datos.

D0-D7: 0 1 0 0 1 0 1 0 4Ah

Contenido del octeto 79A3h después de la ejecución

79A3H: 0 1 0 0 1 0 1 0 4Ah

Contenido del registro «B» después de la ejecución

(B): 0 0 1 0 0 1 0 0 24h

Contenido del par de registros «HL»

(H): 0 1 1 1 1 0 0 1 79h
 (L): 1 0 1 0 0 0 1 0 A2h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P V N C

x 0 x x x x 1 x

Resultado de la operación. Desde el dispositivo conectado en port 79h ha entrado el carácter ASCII «J» (4Ah), el cual ha quedado almacenado en la posición de memoria 79A3h.

INDR

OBJETO:

Coloca el contenido del registro «C» en la mitad inferior del bus de direcciones para seleccionar un dispositivo de entrada/salida entre los 256 ports posibles. El contenido del registro «B» se coloca en la mitad superior del bus de direcciones y puede utilizarse como contador de octetos. El octeto procedente del port seleccionado aparece en el bus de datos y se escribe en la posición de memoria direccionada por el contenido del par de registros «HL». Entonces

se decrementa el valor del par de registros «HL» y el valor del registro «B». Si el registro «B» alcanza el valor cero se termina la instrucción; en caso contrario el registro «PC» se decrementa en 2 con lo que se repite la instrucción.

Las interrupciones no pararán la ejecución de esta instrucción por lo que se atenderán cuando termine.

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 1 0 1 1 0 1 EDh
 1 0 1 1 1 0 1 0 BAh

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Z; pone 1 - siempre
 N; pone 1 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:

Si «B» diferente de cero
 4
 Si «B» igual cero
 4

CICLOS DE RELOJ:

Si «B» diferente de cero
 21
 Si «B» igual cero
 16

EJEMPLO:

INDR

Contenido del registro «C».

(C): 0 0 1 0 0 0 1 0 22h

Contenido del registro «B».

(B): 0 0 0 0 0 1 0 1 05h

Contenido del par de registros «HL»

(H): 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 80h
 (L): 0 0 1 1 0 1 1 1 37h

El contenido de las posiciones de memoria desde 8033h a 8037h no es significativo.

Instrucción

INDR: 1 1 1 0 1 1 0 1 EDh
 1 0 1 1 1 0 1 0 BAh

Primer bus de direcciones resultante.

A8-A15: 0 0 0 0 0 1 0 1 05h
 A0-A7: 0 0 1 0 0 0 1 0 22h

Ultimo bus de direcciones resultante.

A8-A15: 0 0 0 0 0 0 0 1 01h
 A0-A7: 0 0 1 0 0 0 1 0 22h

Valores aparecidos en bus de datos hasta que «B» es c ero.

D0-D7: 0 1 0 0 1 0 1 1 4Bh

D0-D7: 0 1 0 0 1 1 0 0 4Ch

D0-D7: 0 1 0 0 1 1 0 1 4Dh

D0-D7: 0 1 0 0 1 1 1 0 4Eh

D0-D7: 0 1 0 0 1 1 1 1 4Fh

Contenido de los octetos 8033h a 8037h después de la ejecución

8033h: 0 1 0 0 1 1 1 1 4Fh

8034h: 0 1 0 0 1 1 1 0 4Eh

8035h: 0 1 0 0 1 1 0 1 4Dh

8036h: 0 1 0 0 1 1 0 0 4Ch

8037h: 0 1 0 0 1 0 1 1 4Bh

Contenido del registro «B» después de la ejecución

(B): 0 0 0 0 0 0 0 0 00h

Contenido del par de registros «HL»

(H): 1 0 0 0 0 0 0 0 80h
 (L): 0 0 1 1 0 0 1 0 32h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P V N C

x 1 x x x x 1 x

Resultado de la operación.

Desde el dispositivo conectado en port 22h han entrado los caracteres ASCII «K», «L», «M», «N» y «O» (4Bh, 4Ch, 4Dh, 4Eh y 4Fh), los cuales han quedado almacenados en las posiciones de memoria 8033h a 8037h en orden inverso.

Instrucciones de salida

OUT (n),A

OBJETO:

Coloca el valor del operando «n» en la mitad inferior del bus de direcciones para seleccionar un dispositivo de entrada/salida entre los 256 ports posibles. El contenido del registro acumulador se coloca en la mitad superior del bus de direcciones. El oc-

teto procedente del registro «A» se coloca en el bus de datos y se escribe en el dispositivo periférico seleccionado.

De nuevo, se utiliza direccionamiento directo para la mitad inferior del bus y direccionamiento indirecto para la mitad superior.

CODIGO DE MAQUINA:

1 1 0 1 0 0 1 1 D3h
 ← n →

CURSO12B

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

11

EJEMPLO:

OUT (46h),A

Contenido del registro «A».

(A): 0 0 1 1 0 0 0 0 30h

Instrucción

OUT (46h),A: 1 1 0 1 0 0 1 1 D3h
 0 1 0 0 0 1 1 0 46h

Bus de direcciones resultante.

A8-A15: 0 0 1 1 0 0 0 0 30h
 A0-A7: 0 1 0 0 0 1 1 0 46h

Valor puesto en bus de datos.

CODIGO MAQUINA 337

D0-D7:

| |
|----------|
| 00110000 |
|----------|

 30h

El contenido del registro «A» después de la ejecución no varía.

Resultado de la operación.

En el dispositivo conectado en el port 46h se ha escrito el carácter ASCII «0» (30h), el cual ya estaba almacenado en el registro acumulador.

OUT (C),r

OBJETO:

Coloca el contenido del registro «C» en la mitad inferior del bus de direcciones para seleccionar un dispositivo de entrada/salida entre los 256 ports posibles. El contenido del registro «B» se coloca en la mitad superior del bus de direcciones. El octeto contenido en el registro representado por «r» se coloca en el bus de datos y se escribe en el dispositivo periférico seleccionado. El código de representación de «r» es el indicado a continuación.

| Registro | r |
|----------|-----|
| B | 000 |
| C | 001 |
| D | 010 |
| E | 011 |
| H | 100 |
| L | 101 |
| A | 111 |

En este caso, el direccionamiento es indirecto para todo el bus. Por su funcionamiento, la instrucción podría haberse llamado, perfectamente: «OUT (BC),r»

CODIGO DE MAQUINA:

338 CODIGO MAQUINA

| |
|--------------|
| 11101101 |
| 01 ← r → 001 |

 EDh

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

3

CICLOS DE RELOJ:

12

EJEMPLO:

OUT (C),E

Contenido del registro «C».

(C):

| |
|----------|
| 00101111 |
|----------|

 2Fh

Contenido del registro «B».

(B):

| |
|----------|
| 00001111 |
|----------|

 0Fh

Contenido del registro «E».

(E):

| |
|----------|
| 00110001 |
|----------|

 31h

Instrucción

OUT (C),E:

| |
|----------|
| 11101101 |
| 01011001 |

 EDh
58h

Bus de direcciones resultante.

A8-A15:

| |
|----------|
| 00001111 |
|----------|

 0Fh
A0-A7:

| |
|----------|
| 00101111 |
|----------|

 2Fh

Valor puesto en bus de datos.

D0-D7:

| |
|----------|
| 00110001 |
|----------|

 31h

Contenido del registro «E» no ha variado después de la ejecución.

Resultado de la operación. En el dispositivo conectado

en el port 2Fh se ha escrito el carácter ASCII «1» (31h), el cual estaba almacenado en el registro «E».

OUT 1

OBJETO:

Coloca el contenido del registro «C» en la mitad inferior del bus de direcciones para seleccionar un dispositivo de entrada/salida entre los 256 ports posibles. El contenido del registro «B» se coloca en la mitad superior del bus de direcciones y puede utilizarse como contador de octetos. El octeto de la posición de memoria direccionado por el par de registros «HL» se coloca en el bus de datos y se escribe en el periférico de entrada/salida seleccionado. Finalmente se incrementa el valor del par de registros «HL» y se decrementa el valor del registro «B».

CODIGO DE MAQUINA:

| |
|----------|
| 11101101 |
| 10100011 |

 EDh
A3h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Z; pone 1 - si B-1 es igual a cero
pone 0 - en cualquier otro caso

N; pone 1 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

16

EJEMPLO:

OUTI

Contenido del registro «C».

(C): 00110011 33h

Contenido del registro «B».

(B): 00001011 0Bh

Contenido del par de registros «HL»

(H): 10100011 A3h
(L): 00100101 25h

Contenido de la posición de memoria A325h

A325h: 00110010 32h

Instrucción

OUTI: 11101101 EDh
10100011 A3h

Bus de direcciones resultante.

A8-A15: 00001011 0Bh
A0-A7: 00110011 33h

Valor puesto en bus de datos.

D0-D7: 00110010 32h

El contenido del octeto A325h no ha variado con la ejecución

Contenido del registro «B» después de la ejecución

(B): 00001010 0Ah

Contenido del par de registros «HL»

(H): 10100011 A3h
(L): 00100110 26h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P V N C

x 0 x x x x 1 x

Resultado de la operación.

En el dispositivo conectado en el port 33h se ha escrito el carácter ASCII «2» (32h), el cual estaba almacenado en la posición de memoria A325h.

OTIR

OBJETO:

Coloca el contenido del registro «C» en la mitad inferior del bus de direcciones para seleccionar un dispositivo de entrada/salida entre los 256 ports posibles. El contenido del registro «B» se coloca en la mitad superior del bus de direcciones y puede utilizarse como contador de octetos. El octeto de la posición de memoria direccionada por el par de registros «HL» se coloca en el bus de datos y se escribe en el dispositivo de entrada/salida seleccionado. Entonces se incrementa el valor del par de registros «HL» y se decrementa el valor del registro «B». Si el registro «B» alcanza el valor cero se termina la instrucción; en caso contrario el registro «PC» se decrementa en 2 con lo que se repite la instrucción.

Las interrupciones no detienen la ejecución de esta instrucción por lo que se atenderán cuando termine.

CODIGO MAQUINA:

11101101 EDh
10110011 B3h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Z; pone 1 - siempre
N; pone 1 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:

Si «B» diferente de cero
5

CICLOS DE RELOJ:

Si «B» diferente de cero
21

Si «B» igual cero
16

EJEMPLO:

OTIR

Contenido del registro «C».

(C): 00100000 20h

Contenido del registro «B».

(B): 00000110 06h

Contenido del par de registros «HL»

(H): 10110110 B6h
(L): 01001000 48h

Contenido de las posiciones de memoria desde B648h a B64Dh

B648h: 00110011 33h

B649h: 00110100 34h

B64Ah: 00110101 35h

B64Bh: 00110110 36h

B64Ch: 00110111 37h

B64Dh: 00111000 38h

Instrucción

OTIR: 11101101 EDh
10110011 B3h

Primer bus de direcciones resultante.

A8-A15: 00000110 06h
A0-A7: 00100000 20h

Ultimo bus de direcciones resultante.

A8-A15: 00000001 01h
A0-A7: 00100000 20h

Valores puestos en bus de datos hasta que «B» es cero.

D0-D7: 00110011 33h

D0-D7: 00110100 34h

D0-D7: 00110101 35h

D0-D7: 00110110 36h

D0-D7: 00110111 37h

D0-D7: 00111000 38h

Contenido de los octetos B648h a B64Dh no ha variado con la ejecución

Contenido del registro «B» después de la ejecución

(B): 00000000 00h

Contenido del par de regis-

tros «HL» después de la ejecución

(H): 10110110 B6h
(L): 01001110 4Eh

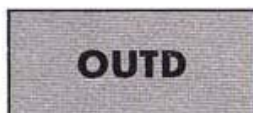
Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C

x 1 x x x x 1 x

Resultado de la operación.

En el dispositivo conectado en port 20h se han escrito los caracteres ASCII «3», «4», «5», «6», «7» y «8» (33h, 34h, 35h, 36h, 37h y 38h), los cuales estaban almacenados en las posiciones de memoria B648h a B64Dh.



OBJETO:

Coloca el contenido del registro «C» en la mitad inferior del bus de direcciones para seleccionar un dispositivo de entrada/salida entre los 256 ports posibles. El contenido del registro «B» se coloca en la mitad superior del bus de direcciones y puede utilizarse como contador de octetos. El octeto de memoria direccionado por el contenido del par de registros «HL» se coloca en el bus de datos y se escribe en el periférico de entrada/salida seleccionado. Finalmente se decrementa el valor del par de registros «HL» y el del registro «B».

CODIGO DE MAQUINA:

11101101 EDh
10101011 ABh

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

A; pone 1 - si B-1 es igual a cero

pone 0 - en cualquier otro caso

N; pone 1 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:

4

CICLOS DE RELOJ:

16

EJEMPLO:

OUTD

Contenido del registro «C».

(C): 01010000 50h

Contenido del registro «B».

(B): 00000001 01h

Contenido del par de registros «HL»

(H): 11110000 F0h
(L): 01000010 42h

Contenido de la posición de memoria F042h

F042h: 00111001 39h

Instrucción

OUTD: 11101101 EDh
10101011 ABh

Bus de direcciones resultante.

A8-A15: 00000001 01h
A0-A7: 01010000 50h

Valor puesto en bus de datos.

D0-D7:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 39h

El contenido del octeto 79A3h no ha variado con la ejecución

Contenido del registro «B» después de la ejecución

(B):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 00h

Contenido del par de registros «HL»

(H):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 F0h
(L):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 41h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H PV N C

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| x | 1 | x | x | x | x | 1 | x |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

Resultado de la operación.

En el dispositivo conectado en port 79h se ha escrito el carácter ASCII «9» (39h), el cual estaba almacenado en la posición de memoria F042h.

OTDR

OBJETO:

Coloca el contenido del registro «C» en la mitad inferior del bus de direcciones para seleccionar un dispositivo de entrada/salida entre los 256 ports posibles. El contenido del registro «B» se coloca en la mitad superior del bus de direcciones y puede utilizarse como contador de octetos. El octeto de la posición de memoria direccionada por el par de registros «HL» se coloca en el bus de datos y se escribe en el dispositivo de entrada/salida seleccionado. En-

tonces se incrementa el valor del par de registros «HL» y se decrementa el valor del registro «B». Si el registro «B» alcanza el valor cero se termina la instrucción; en caso contrario el registro «PC» se decrementa en 2 con lo que se repite la instrucción.

Las interrupciones no detienen la ejecución de esta instrucción por lo que se atenderán cuando termine.

CODIGO MAQUINA:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |

 EDh
B3H

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Z; pone 1 - siempre

N; pone 1 - siempre

CICLOS DE MEMORIA:

Si «B» diferente de cero

4

Si «B» igual cero

4

CICLOS DE RELOJ:

Si «B» diferente de cero

21

Si «B» igual cero

16

EJEMPLO:

| |
|------|
| OTDR |
|------|

Contenido del registro «C».

(C):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 EEh

Contenido del registro «B».

(B):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 05h

Contenido del par de registros «HL»

(H):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 A3h
(L):

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 28h

Contenido de las posiciones de memoria desde A324h a A328h

A324h:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 30h

A325h:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 31h

A326h:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 32h

A327h:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 33h

A328h:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 34h

Instrucción

OTDR:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |

 EDh
BAh

Primer bus de direcciones resultante.

A8-A15:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 05h
A0-A7:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 EEh

Ultimo bus de direcciones resultante.

A8-A15:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 01h
A0-A7:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 EEh

Valores aparecidos en bus de datos hasta que «B» es cero.

D0-D7:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 34h

D0-D7:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 33h

D0-D7:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 32h

D0-D7:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

 31h

CODIGO MAQUINA 341

DD D7: 0 0 1 1 0 0 0 0 30h

El contenido de los octetos A324h a A328h no ha variado con la ejecución

Contenido del registro «B» después de la ejecución

(B): 0 0 0 0 0 0 0 0 00h

Contenido del par de registros «HL»

(H): 1 0 1 0 0 0 1 1 A3h

(L): 0 0 1 0 0 0 1 1 23h

Indicadores de condición después de la ejecución

S Z H P/V N C

x 1 x x x x 1 x

Resultado de la operación.

En el dispositivo conectado en el port EEh se ha escrito los caracteres ASCII «4», «3», «2», «1» y «0» (34h, 33h, 32h, 31h, y 30h) 49h), los cuales estaban almacenados en las posiciones de memoria A324h a A328h en orden inverso.

Tablas de codificación

En la figura 12-3 pueden verse las tablas de codificación para las instrucciones de entrada/salida.

El teclado del Spectrum

Los «ports» (en español «puertos») de entrada/salida son similares a posiciones de memoria, pero que se comunican con periféricos. En la versión básica del Spectrum, sólo existen tres periféricos: El televisor (o monitor), el teclado y el cassette. Para el televisor no se utiliza ningún port, ya que la «ULA» se encarga de leer, directamente,

INSTRUCCIONES DE ENTRADA/SALIDA

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|
| IN A, (n) | DB,n | 219,n |
| IN A, (C) | ED,78 | 237,120 |
| IN B, (C) | ED,40 | 237,64 |
| IN C, (C) | ED,48 | 237,72 |
| IN D, (C) | ED,50 | 237,80 |
| IN E, (C) | ED,58 | 237,88 |
| IN H, (C) | ED,60 | 237,96 |
| IN L, (C) | ED,68 | 237,104 |
| INI | ED,A2 | 237,162 |
| IND | ED,AA | 237,170 |
| INIR | ED,B2 | 237,178 |
| INDR | ED,BA | 237,186 |
| OUT (n), A | D3,n | 211,n |
| OUT (C), A | ED,79 | 237,121 |
| OUT (C), B | ED,41 | 237,65 |
| OUT (C), C | ED,49 | 237,73 |
| OUT (C), D | ED,51 | 237,81 |
| OUT (C), E | ED,59 | 237,89 |
| OUT (C), H | ED,61 | 237,97 |
| OUT (C), L | ED,69 | 237,105 |
| OUTI | ED,A3 | 237,163 |
| OUTD | ED,AB | 237,171 |
| OTIR | ED,B3 | 237,179 |
| OTDR | ED,8B | 237,187 |

Fig. 12-3a. Tabla de codificación para instrucciones de entrada-salida.

las posiciones de memoria que contienen la imagen, y enviarla al modulador de vídeo. El acceso al teclado y al

cassette se realiza mediante el port 254.

El Sistema Spectrum completo, utiliza los 5 bits inferior-

res del bus de direcciones para direccionar todos los periféricos, quedando los tres restantes, libres para el usuario. Los 8 bits superiores se utilizan para suministrar información adicional cuando se lee el teclado. Para cada periférico, se pone a «0» uno de los cinco bits, permaneciendo los restantes a «1». Por ejemplo: si se quiere leer el teclado, se coloca el número 254 (11111110b) en la parte inferior del bus de direcciones. Lo que se coloca en la parte superior, depende de la semi-fila que se desee leer. Sólo uno de estos 8 bits puede ser bajo al mismo tiempo ya que, de lo contrario, se accedería a más de un periférico simultáneamente, lo que podría crear confusión.

El joystick tipo «Kempston», utiliza uno de los tres bits libres para el usuario. Concretamente, el bit A5, por lo que se direcciona en el port 223 (1101111b).

Vamos a centrarnos, primero, en el estudio del teclado. El teclado del Spectrum está dispuesto, electrónicamente, como una matriz de 8 filas y 5 columnas; en cada «cruce» hay una tecla. En la figura 12-4 se puede ver un esquema eléctrico del mismo. Cada una de las filas de esta matriz, se corresponde con una semi-fila del teclado original tal como aparece su disposición física en la carcasa del ordenador; por tanto, a partir de ahora las llamaremos «semi-filas». En los modelos «Plus» y «128K», existen más de 40 teclas. Esto se debe a que algunas de ellas actúan de forma simultánea sobre dos «cruces» de la matriz.

Las ocho líneas horizontales (color azul) están conecta-

INSTRUCCIONES DE ENTRADA/SALIDA

| NEMONICO | INDICADORES | | | | | | | | No. DE BYTES | CICLOS | |
|------------|-------------|---|---|---|---|-----|---|---|--------------|--------|--------|
| | S | Z | x | H | x | P/V | N | C | | MEM. | REL. |
| IN A, (n) | . | . | x | . | x | . | . | . | 2 | 3 | 11 |
| IN r, (C) | ↓ | ↓ | x | ↓ | x | P | 0 | . | 2 | 3 | 12 |
| INI | x | ↓ | x | x | x | x | 1 | . | 2 | 4 | 16 |
| IND | x | ↓ | . | x | x | x | 1 | . | 2 | 4 | 16 |
| INIR | x | 1 | x | x | x | x | 1 | . | 2 | 5(4) | 21(16) |
| INDR | x | 1 | x | x | x | x | 1 | . | 2 | 5(4) | 21(16) |
| OUT (n), A | . | . | x | . | x | . | . | . | 2 | 3 | 11 |
| OUT (C), r | . | . | x | . | x | . | . | . | 2 | 3 | 12 |
| OUTI | x | ↓ | x | x | x | x | 1 | . | 2 | 4 | 16 |
| OUTD | x | ↓ | . | x | x | x | 1 | . | 2 | 4 | 16 |
| OTIR | x | 1 | x | x | x | x | 1 | . | 2 | 5(4) | 21(16) |
| OTDR | x | 1 | x | x | x | x | 1 | . | 2 | 5(4) | 21(16) |

NOTAS:

- Los signos tienen el siguiente significado:
 - "↓": El indicador cambia de valor de acuerdo con el resultado de la instrucción.
 - "x": El bit adquiere un estado indeterminado.
 - ".": El indicador no es afectado por la instrucción y conserva su anterior contenido.
 - "0": El indicador se pone siempre a "cero".
 - "1": El indicador se pone siempre a "uno".
 - "P": El indicador "P/V" actúa como indicador de paridad.
- La letra "r" indica cualquiera de los registros: "A", "B", "C", "D", "E", "H" ó "L".

Fig. 12-3b. Tabla resumida de indicadores y ciclos de instrucciones de entrada-salida.

das a los ocho bits superiores del bus de direcciones. Los diodos sirven para evitar corto-circuitos entre líneas que podrían dañar al microprocesador. Las 5 líneas verticales (color rojo) están conectadas a los 5 bits inferior-

res del bus de datos; pero esta conexión sólo se produce, cuando se direcciona el port 254 como entrada. Las 5 resistencias de 10K conectadas a +5 voltios, sirven para que cada una de las líneas esté a «1» si no hay tecla pulsa-

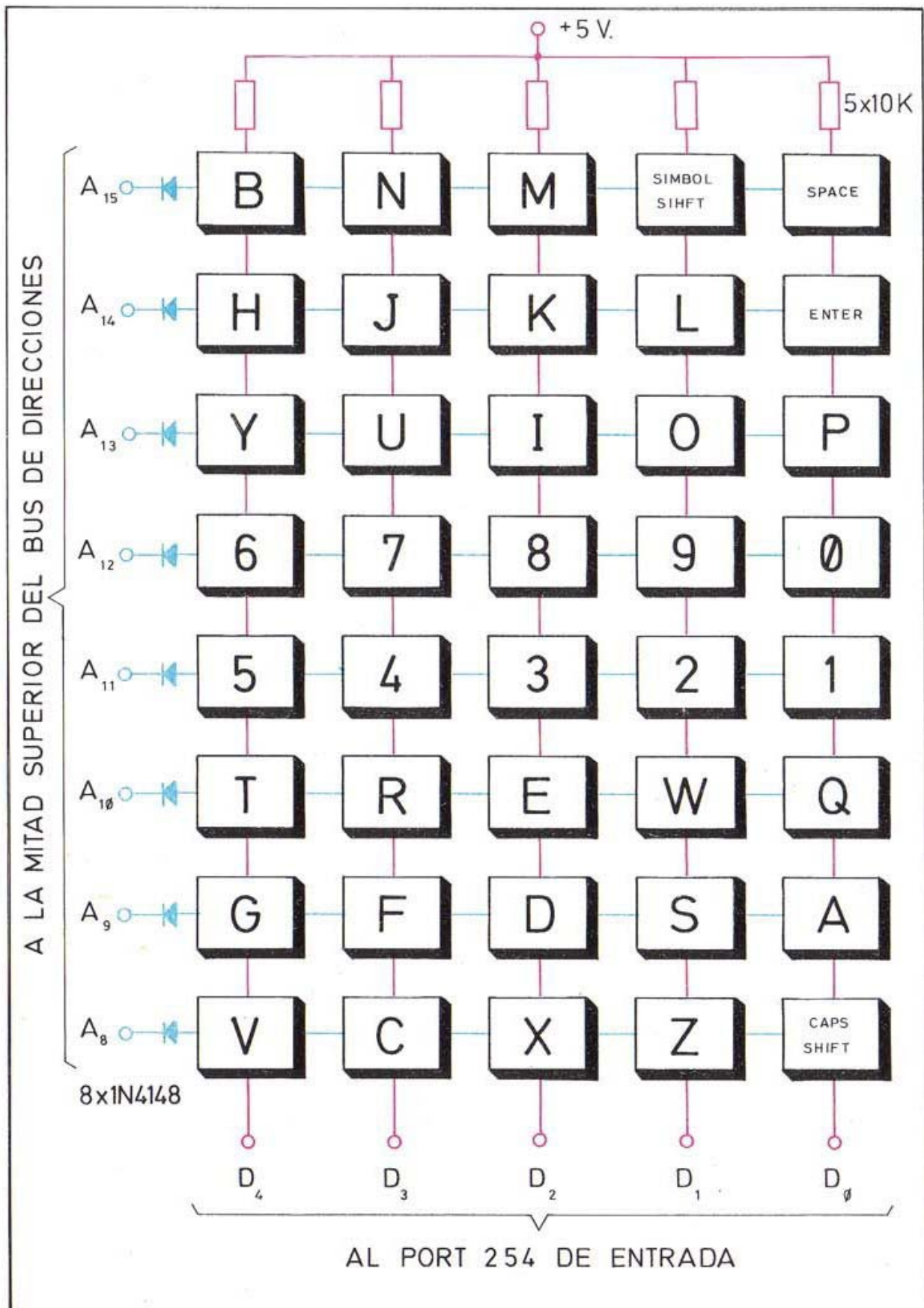


Fig. 12-4. Disposición electrónica del teclado en el Spectrum.

da (recuerde que asociábamos el estado lógico «1» con una tensión positiva de 5 voltios y el estado «0» con una tensión de 0 voltios).

Cada semi-fila es leída de una vez, por lo que son necesarias 8 lecturas para leer el teclado completo. Supongamos que queremos leer la semi-fila que contiene las teclas «G», «F», «D», «S» y «A». En principio, tenemos que direccionar el port 254 como entrada y, simultáneamente, colocar el número 253 (1111101b) en la parte alta del bus de direcciones. Esto se puede conseguir con: «LD A,253» «IN A,(254)». Con ello, ponemos un «0» (0 voltios) en la línea A9 y un «1» (+5 voltios) en las demás. Si no hubiera ninguna tecla, de esta semi-fila, pulsada, las 5 resistencias harían que las 5 líneas D4 a D0 estuvieran a +5 voltios, es decir, a «1».

Supongamos que está pulsada la tecla «F». En ese caso, la corriente procedente de la segunda resistencia, se fuga a través del séptimo diodo hacia la línea A9 y aparece un «0» en D3. Si estuvieran pulsadas las teclas «F» y «S» simultáneamente, aparecerían dos ceros; uno en D3 y otro en D1. El valor de los bits D5, D6 y D7 depende del tipo de ULA que lleve el ordenador y del estado de la entrada «EAR», por lo que es preferible no tomarlos en cuenta. Lo mejor es poner una máscara cada vez que se lea una semi-fila, por ejemplo: «AND #1F».

Si están pulsadas las teclas «T» y «F», obtendremos un «0» en D4 al leer la semi-fila de «T» a «Q» y otro «0» en D3 al leer la semi-fila de «G» a «A». El teclado del Spec-

trum permite la pulsación de 2 teclas simultáneamente. En el caso de pulsar más de 2, puede ocurrir un problema común a todos los teclados matriciales o de exploración (es el nombre más comúnmente dado a este tipo de teclados). Supongamos que pulsamos, simultáneamente, las teclas «G», «F» y «V». Al leer la semi-fila correspondiente a A9, la corriente de las dos primeras resistencias, se fugará por el diodo de A9, con lo que aparecerán ceros en D4 y D5 indicándonos que «G» y «F» están pulsadas. Cuando leamos la semi-fila de A8, la corriente de la primera resistencia se fugará por «V» hacia el diodo de A8; pero, también se fugará la corriente de la segunda resistencia a través de los cruces «F», «G» y «V», con lo que aparecerá un «0» en D3 aunque la tecla «C» no estuviera pulsada. Al ocurrir esto, el ordenador interpretará que se ha pulsado la tecla «C», aunque no sea así. Esto ocurre para cualquier combinación de cuatro teclas que ocupen los vértices de un rectángulo. Por ejemplo, si se pulsa «B», «M» y «T», el ordenador interpretará que se ha pulsado, también, «E». En general: cuando se pulsen, simultáneamente, tres teclas que ocupen tres vértices de un rectángulo, el ordenador entenderá que se ha pulsado, también, la que ocupa el cuarto vértice. Esto no ocurrirá, por ejemplo, para las teclas «B», «N» y «K», ya que no están en los cuatro vértices de un rectángulo.

Es muy importante tener en cuenta este efecto cuando se diseñen programas que requieran la pulsación de varias teclas a la vez. El programa

ejemplo de este capítulo nos va a permitir experimentar lo que ocurre con distintas configuraciones de teclas, al pulsarlas simultáneamente.

Ya hemos visto la forma teórica de leer el teclado desde código máquina. La forma práctica la veremos en los ejemplos. No obstante, tenemos una rutina en la ROM que funciona en respuesta a la interrupción enmascarable y se encarga de leer el teclado cada 20 milisegundos y anotar en la variable «LAST-K» el código del carácter correspondiente a la última tecla pulsada. A continuación, veremos las restantes señales que afectan a otros periféricos en la versión básica del Spectrum.

La conexión «EAR» también se lee por el port 254 y su valor afecta al bit D6. En los Spectrum que llevan la ULA antigua (5C102 ó 5C112) el valor de este bit, en ausencia de señal, es «1». En los que llevan la ULA 6C0001, este valor suele ser «0», aunque, en algunos de ellos, el ruido producido en el circuito de audio hace que la entrada cambie de estado aleatoriamente (siempre, claro está, en ausencia de señal).

La salida «MIC» se excita con el bit D3 del port 254 configurado como salida. El bit D4 de este mismo port, es el que excita al altavoz. Finalmente, los bits D2, D1 y D0 establecen el color del borde, aunque, éste cambiará al pulsar una tecla desde el Basic.

Como ya dijimos antes, el joystick tipo Kempston se lee por el port 223 (11011111b); el bit D4 es «1» si se ha activado el «disparo», los bits D3 a D0 se ponen a uno para cada una de las direcciones

«arriba», «abajo», «izquierda» y «derecha» respectivamente; las direcciones diagonales harán que se pongan a «1» dos de estos bits. Visto todo esto, podemos pasar a la parte práctica con los ejemplos del capítulo.

Ejemplos

En el capítulo anterior, vimos un programa de ejemplo bastante largo. Como suponemos que el lector se cansaría de teclearlo, esta vez los ejemplos serán más cortos. Aunque, no por ello, menos interesantes (al menos, así lo esperamos).

La primera de las rutinas que hemos preparado, ilustra la forma de leer una semi-fila cualquiera del teclado. Entramos en ella con un determinado valor en el registro «A» que nos va a determinar la semi-fila que leemos. A la salida, «A» contendrá un valor que estará en función de la tecla que hubiera pulsada. Veamos el listado:

```
100 TECL_1 CPL
110     IN  A, (254)
120     CPL
130     AND #1F
140     RET
```

Los valores de entrada serán los siguientes según la semi-fila a leer:

| Valor de «A» | Semi-fila leída |
|--------------|-----------------|
| 1 | *V* a *C/S* |
| 2 | *G* a *A* |
| 4 | *T* a *Q* |
| 8 | *S* a *I* |
| 16 | *6* a *0* |
| 32 | *Y* a *P* |
| 64 | *H* a *Enter* |
| 128 | *B* a *Space* |

En la línea 100, complementamos el contenido de «A» para que sea «0» el bit correspondiente a la semi-fila a leer y «1» los bits restantes.

En la línea 110 se coloca el contenido de «A» en la parte alta del bus de direcciones y «254» en la parte baja, se hace una entrada desde este port y el dato entrante se escribe en «A».

En la línea 120 se complementa el contenido de «A» para que sean «1» los bits correspondientes a la(s) tecla(s) que hubiera pulsada(s) y «0» los bits restantes.

En la línea 130, se pone una máscara para dejar a «0» los tres bits superiores cuyo estado depende de factores bastante aleatorios, y que podrían crear confusión.

Finalmente, la línea 140 se encarga de retornar a la rutina desde donde se llamará a ésta.

En el retorno, el valor de «A» dependerá de la tecla que hubiera pulsada, según la siguiente tabla:

| Valor de «A» | Tecla pulsada |
|--------------|-----------------|
| 1 | *Space* a *C/S* |
| 2 | *S/S* a *I* |
| 4 | *M* a *I* |
| 8 | *N* a *C* |
| 16 | *B* a *V* |

Se pueden obtener sumas de valores si hay dos o más teclas pulsadas. Por ejemplo: entramos en la rutina con «A» conteniendo un «4» y salimos con «A» conteniendo «17»; esto quiere decir que estaban pulsadas las teclas «T» y «Q».

La rutina ocupa, sólo 7 bytes y su ensamblado no debe presentar problemas, no

obstante, he aquí el código objeto:

```
1 2F0BFE2FE61FC9000000 1029
```

Por supuesto, es perfectamente reubicable. En la figura 12-5 se puede ver el listado completo de esta rutina. Nosotros la hemos ensamblado en el buffer de impresora.

El segundo de los ejemplos del capítulo es una rutina que nos va a permitir leer el teclado de una sola vez y saber qué tecla o teclas hay pulsadas, aunque haya más de una. Exploraremos todas las semi-filas del teclado y colocaremos un «1» por cada tecla que haya pulsada en las posiciones de memoria 23296 a la 23300. Cada bit de cada una de estas posiciones se corresponde con una tecla, de forma que bastará leer el bit en cuestión para saber si la tecla está pulsada. La correspondencia entre bits y teclas viene dada por la siguiente tabla:

| DIRECCION | BIT: 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----------|--------|---|-----|---|-----|---|-----|----|
| 23300 | V | C | I | Z | C/S | G | F | D |
| 23299 | S | A | T | R | E | W | B | 5 |
| 23298 | 4 | 3 | 2 | 1 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 23297 | # | Y | U | I | D | P | H | J |
| 23296 | K | L | ENT | B | N | M | S/S | SP |

El procedimiento a seguir será ir leyendo, una a una, todas las semi-filas y metiendo los 5 bits de cada una en el grupo de posiciones de memoria. Para ello, rotaremos el registro «A» a la izquierda y, a continuación, las cinco posiciones de memoria, con lo que la transferencia se realizará a través del indicador de acarreo. El registro «A» será

donde obtengamos el dato de cada semi-fila y habrá que rotarlo tres lugares a la izquierda, para que los bits que nos interesan se coloquen en los 5 bits superiores antes de iniciar la cadena de rotaciones.

Como complementamos el registro «A» después de leer cada semi-fila, cada bit de las 5 posiciones 23296 a 23300 será «1» si la tecla estaba pulsada y «0» si no lo estaba. Veamos el listado de la rutina:

```

100 TECL_2 LD BC,#FEFE
110 BUC_1 IN A,(C)
120 CPL
130 SLA A
140 SLA A
150 SLA A
160 LD E,5
170 BUC_2 LD HL,23296
190 SLA A
190 LD D,5
200 BUC_3 RL (HL)
210 INC HL
220 DEC D
230 JR NZ,BUC_3
240 DEC E
250 JR NZ,BUC_2
260 RLC B
270 JR C,BUC_1
280 RET

```

El funcionamiento de esta rutina no es demasiado fácil de entender, por lo que le recomendamos leer detenidamente la explicación. Tal vez ayude una mirada al organigrama de la figura 12-6.

Lo que vamos a hacer es leer, secuencialmente, cada semi-fila del teclado e ir guardando, de cada vez, el contenido de «A» en las cinco posiciones de memoria 23296 a la 23300. La forma de hacer

```

*HISOFT GEN53M ASSEMBLER*
ZX SPECTRUM

Copyright HISOFT 1983
CURSO C/M MICROHOBBY

Pass 1 errors: 00

10 *C-
20 *D+
30 ;
40 ;ROUTINA:"TECLADO_1"
50 ;-----
60 ;

23301 70 ORG 23301
23301 100 TECL_1 CPL
23302 110 IN A,(254)
23304 120 CPL
23305 130 AND #1F
23307 140 RET

Pass 2 errors: 00

Table used: 26 from 116

```

Fig. 12-5. Listado de la rutina «TECL-1».

esto último es rotar a la izquierda el contenido de «A» para que los bits vayan saliendo al indicador de acarreo y rotar, también a la izquierda, las cinco posiciones de memoria para que el indicador de acarreo vaya entrando en ellas.

Hay, por tanto, tres bucles anidados uno dentro de otro. El más exterior es «BUC-1», tiene 8 iteraciones y se encarga de ir leyendo cada semi-fila, complementar el valor de «A» y rotarlo tres veces a la izquierda para «quitar» los tres bits que no nos interesan; este bucle no utiliza variable de

control (contador), ya que salimos de él cuando el «0» que metemos en el bit 0 de «B» (línea 100) sale al indicador de acarreo tras ocho rotaciones a la izquierda. Las líneas que pertenecen (solo) a este bucle son: 110, 120, 130, 140, 150, 260 y 270 y contiene en su interior a «BUC-2» y «BUC-3».

El siguiente bucle es «BUC-2» tiene 5 iteraciones y se encarga de rotar, a la izquierda, primero «A» y luego las cinco posiciones de memoria, repitiendo la operación 5 veces para los cinco bits de «A» que nos interesan. A este bucle pertenecen las lí-

neas: 170, 180, 240 y 250; utiliza como contador el registro «E» cuyo valor se inicializa en la línea 160 y contiene, en su interior, al bucle «BUC-3».

El bucle más interior es «BUC-3» que se encarga de meter el indicador de acarreo en el bloque formado por las cinco posiciones de memoria, rotando éstas a la izquierda para que la entrada sea secuencial. El primer bit que entre por la derecha del bloque acabará, tras 40 rotaciones, en la izquierda. Este bucle tiene 5 iteraciones y está controlado por el registro «D» cuyo valor se inicializa en la línea 190. Pertenecen a «BUC-3» las líneas 200, 210, 220 y 230.

Al leer cada semi-fila, serán cinco bits los que entren en el bloque de 5 octetos. Tras la lectura de las ocho semi-filas, habrán entrado $5 \times 8 = 40$ bits, es decir, uno por cada tecla y el bloque estará completo. Como la primera semi-fila que se lee es la correspondiente a las teclas «V» a «C/S», el primer bit que entrará será el correspondiente a la tecla «V» que acabará, por tanto, a la izquierda del bloque, es decir, en el bit 7 de 23300. La última semi-fila que se lee es la correspondiente a las teclas «B» a «SP»; por tanto, el último bit que entra es el correspondiente a la tecla «SP» (barra espaciadora) y quedará situado a la derecha del bloque, es decir, en el bit 0 de 23296.

Podría parecer que el procedimiento resulta extremadamente lento, ya que el bucle «BUC-3» se ejecuta $5 \times 5 \times 8 = 200$ veces, el «BUC-2» 40 veces y el «BUC-1» 8 veces. Lo cierto es que todo se produce a tal velocidad que se puede consi-

derar instantáneo. El lector tendrá ocasión de comprobarlo cuando apliquemos esta rutina en el programa-ejemplo.

Ya tenemos una rutina que nos lee todo el teclado a la velocidad del rayo y nos permite pulsar todas las teclas que queramos simultáneamente. Ahora, vamos a ver qué podemos hacer con ella. La utilidad más inmediata de esta rutina es usarla en un juego que requiera la pulsación de varias teclas. Cada opción del juego no tendrá más que comprobar un bit determinado de una posición de memoria para ver si se ha pulsado determinada tecla, y actuar en consecuencia.

No obstante, a nosotros se nos ha ocurrido una idea más vistosa. Se trata de hacer una representación, en pantalla, del teclado del Spectrum y visualizar la pulsación de cada tecla, incluso si se pulsan varias a la vez.

Representamos cada tecla con su letra y ocupando la posición que ocupa en el teclado. Para las teclas «Caps Shift», «Symbol Shift», «Enter» y «Space», creamos cuatro caracteres gráficos (UDGs). Mientras una tecla permanece pulsada, el carácter que la representa pasa a «vídeo inverso», volviendo a su posición normal cuando se suelte la tecla. Si se pulsan varias teclas a la vez, serán varios los caracteres que se muestren en «vídeo inverso».

El programa 12-1, que hemos denominado «Prueba de teclado», se encarga de todo esto. Si lo desea, puede teclearlo ahora (antes de seguir leyendo), ya que funciona por sí solo.

Suponemos que ya ha te-

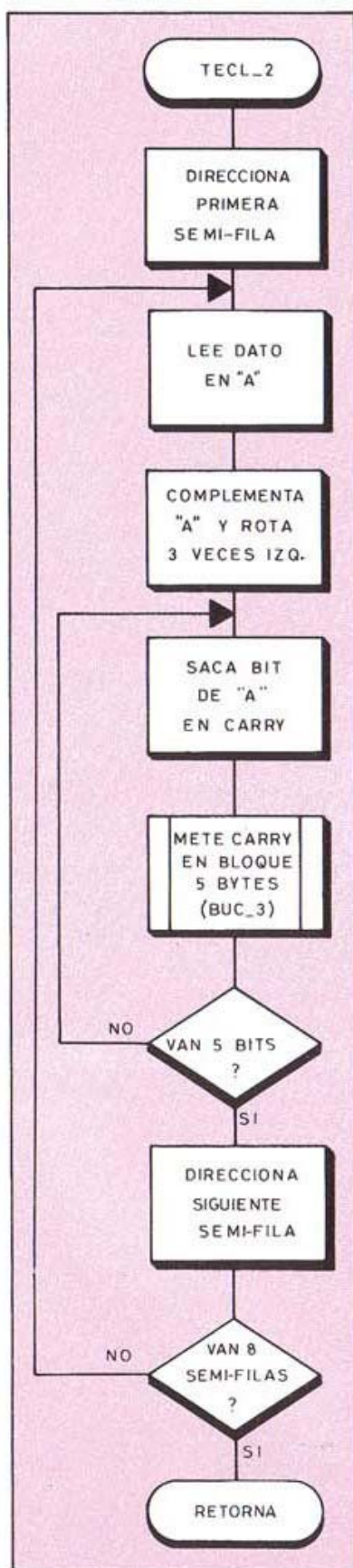


Fig. 12-6. Organigrama de la rutina «TELL-2».

cleado el programa. Póngalo en marcha con «RUN». Lo primero que aparecerá es el mensaje: «ESPERE 10 SEGUNDOS. Por Favor». Estos 10 segundos corresponden al tiempo que tarda el programa en leer el código máquina y los UDGs desde las líneas «DATA».

A continuación, le habrá salido una pantalla que contiene los 40 caracteres que representan el teclado del ordenador. Pulse cualquier tecla y manténgala oprimida. El carácter correspondiente pasará a «vídeo inverso». Ahora, suéltela. El carácter volverá a vídeo normal.

Puede experimentar pulsando varias teclas diferentes, incluso, varias a la vez. En algunos casos, observará que pasan a «vídeo inverso» algunos caracteres que corresponden a teclas no pulsadas. No es que el programa funcione mal. Se trata del «efecto de matriz» que comentábamos al explicar la disposición del teclado. Vamos a estudiarlo.

Pulse las teclas «Q», «E» y «A» simultáneamente. Observará que también se ha activado el carácter correspondiente a la tecla «D». Ahora, pulse «Y», «B» y «O». Se activará el carácter correspondiente a «Simbol Shift». Mire si es capaz de encontrar más combinaciones de teclas donde ocurra esto.

Cada vez que pulse tres teclas que se encuentren en tres de los vértices de un rectángulo, la tecla del cuarto vértice también se activará. Es importante que tenga en cuenta este efecto cuando diseñe programas que requieran la pulsación de varias teclas simultáneamente. Este

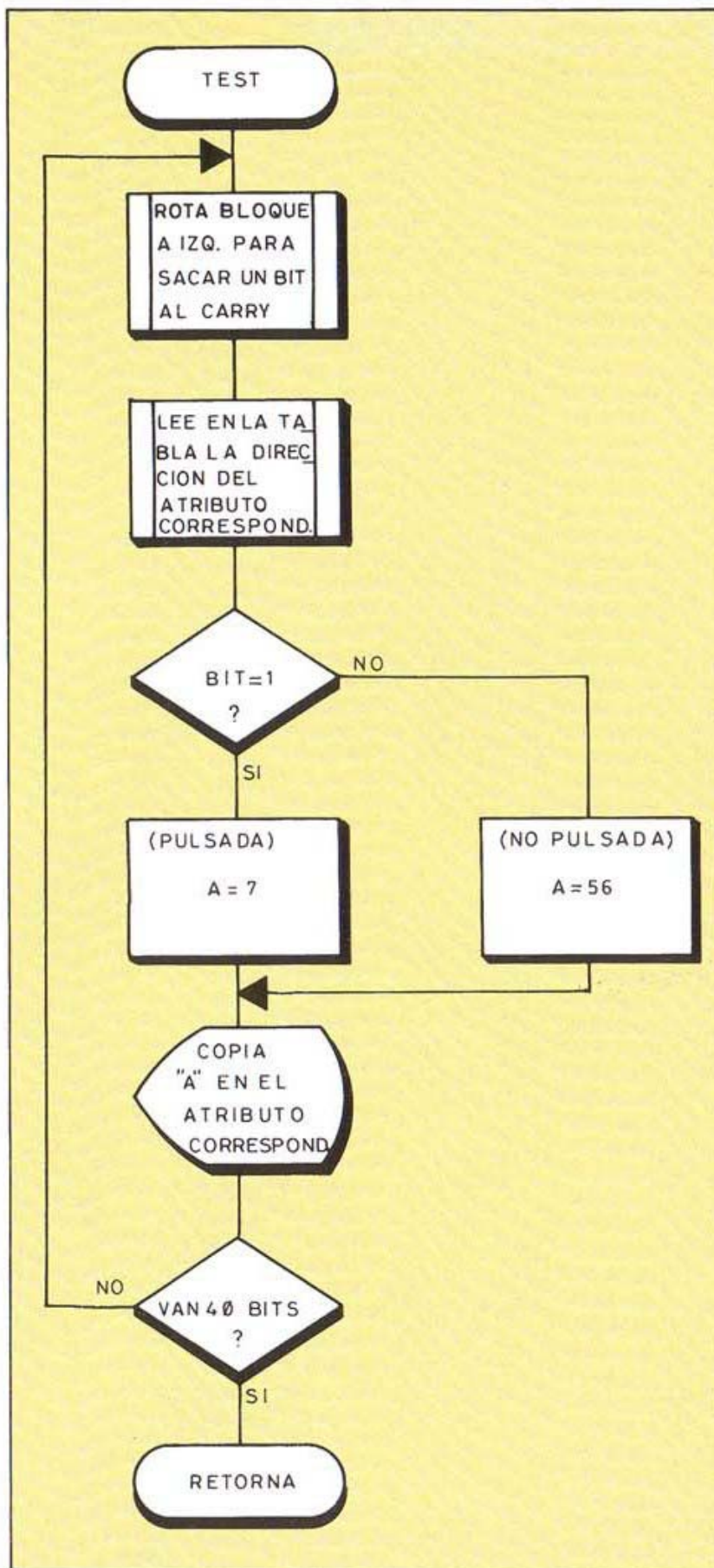


Fig. 12-7. Organigrama de la rutina «TEST».

PROGRAMA 12-1

```

10 REM *****
* PRUEBA DE TECLADO *
* *****
20 REM CARGA CODIGO MAQUINA
30 DEF FN a(a$,n)=16*(CODE a$(
n)-48-7*(a$(n)>"9"))+(CODE a$(n+
1)-48-7*(a$(n+1)>"9"))
35 CLS : PRINT "ESPERE 10 SEGU
NDOS..Por Favor"
40 LET d=23301: FOR f=1 TO 15
50 READ a$,s: LET c=0
60 FOR n=1 TO 19 STEP 2
70 LET a=FN a(a$,n): POKE d,a
80 LET d=d+1: LET c=c+a
90 NEXT n
100 IF c<>s THEN PRINT "<ERROR>
en la línea: ";1000+10*f: STOP
110 NEXT f
200 REM CARGA "UDGs"
210 FOR n=0 TO 31: READ a: POKE
USR "a"+n,a: NEXT n
300 REM GENERA PANTALLA
310 CLS : PRINT AT 1,0;" 1 2
3 4 5 6 7 8 9 0"
W E R T Y U I O P " " "
A S D F G H J K L " ; CH
R$ 146," " ;CHR$ 144;" Z X
C U B N M " ;CHR$ 145;" " ;C
HR$ 147
400 REM BUCLE PRINCIPAL
410 RANDOMIZE USR 23301: RANDOM

```

```

IZE USR 23336: GO TO 410
1000 REM CODIGO MAQUINA
1010 DATA "01FEFEED782FCB27CB27"
,1397
1020 DATA "CB271E05210058CB2716"
,665
1030 DATA "05CB16231520FA1D20F0"
,869
1040 DATA "CB0038E1C911485B0E28"
,919
1050 DATA "21005B0605CB162310FB"
,662
1060 DATA "3E0738023E38EB5E2356"
,695
1070 DATA "23EB770D20E6C94E594B"
,1107
1080 DATA "59485945594259EE58EB"
,1124
1090 DATA "58E858E558E2588E588B"
,1408
1100 DATA "588858855882582E582B"
,928
1110 DATA "58285825582258315834"
,652
1120 DATA "5837583A583D58915894"
,907
1130 DATA "5897589A589D58F158F4"
,1387
1140 DATA "58F758FA58FD58515954"
,1356
1150 DATA "5957595A595D59000000"
,626
2000 REM "UDGs"
2010 DATA 224,128,128,224,15,12,
3,15,240,192,48,240,15,12,3,15,0
,2,18,50,126,48,16,0,240,192,48,
255,9,15,8,8

```

programa le puede servir para planificar las teclas de control de sus programas. Cuando se canse, puede pararlo pulsando «BREAK» («Caps Shift» + «Space»).

No se queda aquí la utilidad de este programa ejemplo. Quienes aspiren a mecanógrafos, encontrarán en él una magnífica ayuda para aprender a teclear sin mirar al teclado.

Suponemos que, a estas alturas, se estará preguntando cómo funciona el programa. Vamos a verlo. En principio, podemos ver una serie de bloques separados por sentencias «REM». El primero de ellos, desde la línea 20 a la 110, se encarga de leer el código máquina, desde las líneas «DATA», y meterlo en el buffer de impresora. El siguiente bloque (líneas 200 y 210) genera los «UDGs». El tercero (líneas 300 y 310), genera la pantalla. Es importante que ponga mucha atención al teclear la línea 310, ya que la situación de los caracteres es muy crítica.

La línea 410 constituye el bucle principal. En ella se llama a dos rutinas en código máquina situadas en 23301 y 23336. La primera es la rutina «TECL-2» para leer el teclado. La segunda es la rutina que se encarga de modificar los atributos correspondientes a las teclas que hubiera pulsadas. Vamos a ver esta segunda rutina:

La hemos denominado «TEST», su función es leer los 40 bits de las 5 posiciones de memoria 23296 a 23300 y actualizar los atributos de cada carácter, poniéndolos a «56» (papel blanco y tinta negra) cuando el bit correspondiente sea «0», y poniéndolos a «7» (papel negro y tinta blanca) cuando el bit sea «1». El proceso de lectura de los 40 bits es muy curioso, así que vamos a estudiarlo.

De la misma forma que metíamos los bits, a través del indicador de acarreo, rotando las 5 posiciones a la izquierda, los sacaremos, uno a uno, por el mismo indicador y rotando, también a la izquierda,

las 5 posiciones. De cada vez, veremos si el bit que sale es «0» o «1» y cargaremos el valor correspondiente («56» o «7») en la dirección del archivo de atributos que corresponda a la posición, en pantalla, del carácter correspondiente al bit.

Para saber qué dirección del archivo de atributos corresponde a cada bit, hemos optado por un método bastante fácil, pero muy efectivo. Creamos una tabla de 80 bytes que contiene las direcciones de los atributos de cada carácter (2 bytes por cada dirección), colocadas en el mismo orden en el que van saliendo los bits del bloque de 5 posiciones de memoria. De esta forma, un puntero puede ir avanzando por la tabla y apuntando, siempre, al lugar donde está almacenada la dirección del atributo correspondiente al bit que se está procesando.

En la figura 12-9 se puede ver el listado de la rutina «TEST» y en la 12-8 el de la rutina «TECL-2». Las hemos en-

HISOFT GENS3M ASSEMBLER
ZX SPECTRUM

Copyright HISOFT 1983
CURSO C/M MICROHOBBY

Pass 1 errors: 00

```
30 *C-
40 *D+
50 ;
60 ; RUTINA: "TECLADO_2"
70 ; -----
80 ;
23301 90          ORG      23301
23301 100 TECL_2 LD      BC, #FEFE
23304 110 BUC_1  IN      A, (C)
23306 120          CPL
23307 130          SLA    A
23309 140          SLA    A
23311 150          SLA    A
23313 160          LD     E, 5
23315 170 BUC_2  LD     HL, 23296
23318 180          SLA    A
23320 190          LD     D, 5
23322 200 BUC_3  RL     (HL)
23324 210          INC    HL
23325 220          DEC    D
23326 230          JR     NZ, BUC_3
23328 240          DEC    E
23329 250          JR     NZ, BUC_2
23331 260          RLC    B
23333 270          JR     C, BUC_1
23335 280          RET
```

Pass 2 errors: 00

Table used: 62 from 138

Fig. 12-8. Listado completo del «TECL-2».

samblado, una a continuación de la otra, en el buffer de impresora. Veamos el funcionamiento de «TEST»:

Líneas 100 y 110: Cargamos, en «DE», la dirección inicial de la tabla y en «C», el n.º 40 para que actúe como contador en el bucle donde sacaremos los 40 bits.

Líneas 120 a la 160: Constituyen un bucle que saca un bit del bloque de cinco posiciones de memoria por el procedimiento de rotarlas todas a la izquierda. El bit sale en el indicador de acarreo.

Líneas 170 a la 190: Cargamos un «7» en «A» por si el bit es «1» y seguimos en «PULS» si es así. Si no, cargamos un «56» en «A» y continuamos. Al llegar a la línea 200 («PULS»), «A» contendrá un «7» si el bit era «1» (tecla pulsada) y contendrá un «56» si el bit era «0» (tecla no pulsada).

Línea 200: Pasamos el contenido del puntero «DE» a «HL».

Líneas 210 a la 240: Cargamos, en «DE», la dirección del atributo correspondiente al bit que se esté procesando. Al mismo tiempo, incrementamos, 2 veces, el puntero para que quede apuntando a la dirección del siguiente atributo.

Línea 250: Pasamos la di-

rección del atributo a «HL».

Línea 260: Cargamos el valor de «A» en la dirección apuntada por «HL», es decir, en el atributo correspondiente al bit que se estuviera procesando.

Líneas 270 y 280: Decrementamos el contador y saltamos a «BUC-4» para procesar el siguiente bit, a menos que el contador pase a «0» indicando que todos los bits se han procesado ya, en cuyo caso, se retorna en la línea 290.

Líneas 300 a la 690: Constituyen la tabla donde están almacenadas las direcciones de los 40 atributos.

Por supuesto, se podría haber eliminado el «RET» de la línea 280 de «TECL-2» y haber sustituido el «RET» de la línea 290 de «TEST» por un «JR TECL-2» con lo que el bucle se cerraría en código máquina. No obstante, hemos preferido hacerlo así y llamar a las rutinas desde Basic, ya que, de lo contrario, una vez entrado en el bucle, sería imposible salir de él.

Quien haya escrito unos cuantos programas en Basic, tal vez esté acostumbrado a crear, de vez en cuando, bucles de los que el programa no salga por sí solo. En Basic,

no representa ningún problema, se pulsa «BREAK» y se detiene el programa. Por desgracia, en Assembler esto no es tan fácil, si el microprocesador se «engancha» en un bucle, no hay quien lo haga salir de él. Por ello, es imprescindible crear condiciones de salida dentro de todo bucle. Una forma que podríamos haber usado es escribir una subrutina que compruebe si las teclas «Caps Shift» y «Space» están pulsadas al mismo tiempo y, en ese caso, detenga la ejecución del bucle y devuelva el control. En cada pasada del bucle, se llamaría a esta rutina y, por tanto, se podría salir del bucle. El tema nos ha parecido tan interesante, que hemos decidido dejarlo para los ejercicios.

Con esto termina el capítulo dedicado a las instrucciones de entrada/salida. Ya solo nos queda por ver un grupo de instrucciones: las de control de la «CPU». Las veremos en el capítulo próximo, donde también estudiaremos —por fin— qué son y cómo se utilizan las interrupciones.

Antes de ello, le recomendamos, como de costumbre, que intente resolver los siguientes ejercicios.

```
*HISOFT GENS3M ASSEMBLER*  
ZX SPECTRUM
```

```
Copyright HISOFT 1983  
CURSO C/M MICROHOBBY
```

```
Pass 1 errors: 00
```

```
30 *C-
```



```

40 *D+
50 ;
60 ; RUTINA: "TEST"
70 ; -----
80 ;
23336 90          ORG      23336
23336 100 TEST    LD       DE, TABLA
23339 110          LD       C, 40
23341 120 BUC_4   LD       HL, 23296
23344 130          LD       B, 5
23346 140 BUC_5   RL       (HL)
23348 150          INC      HL
23349 160          DJNZ     BUC_5
23351 170          LD       A, 7
23353 180          JR       C, PULS
23355 190          LD       A, 56
23357 200 PULS    EX       DE, HL
23358 210          LD       E, (HL)
23359 220          INC      HL
23360 230          LD       D, (HL)
23361 240          INC      HL
23362 250          EX       DE, HL
23363 260          LD       (HL), A
23364 270          DEC      C
23365 280          JR       NZ, BUC_4
23367 290          RET
23368 300 TABLA   DEFW     22862
23370 310          DEFW     22859
23372 320          DEFW     22856
23374 330          DEFW     22853
23376 340          DEFW     22850
23378 350          DEFW     22766
23380 360          DEFW     22763
23382 370          DEFW     22760
23384 380          DEFW     22757
23386 390          DEFW     22754
23388 400          DEFW     22670
23390 410          DEFW     22667
23392 420          DEFW     22664
23394 430          DEFW     22661
23396 440          DEFW     22658

```

| | | | |
|-------|-----|------|-------|
| 23398 | 450 | DEFW | 22574 |
| 23400 | 460 | DEFW | 22571 |
| 23402 | 470 | DEFW | 22568 |
| 23404 | 480 | DEFW | 22565 |
| 23406 | 490 | DEFW | 22562 |
| 23408 | 500 | DEFW | 22577 |
| 23410 | 510 | DEFW | 22580 |
| 23412 | 520 | DEFW | 22583 |
| 23414 | 530 | DEFW | 22586 |
| 23416 | 540 | DEFW | 22589 |
| 23418 | 550 | DEFW | 22673 |
| 23420 | 560 | DEFW | 22676 |
| 23422 | 570 | DEFW | 22679 |
| 23424 | 580 | DEFW | 22682 |
| 23426 | 590 | DEFW | 22685 |
| 23428 | 600 | DEFW | 22769 |
| 23430 | 610 | DEFW | 22772 |
| 23432 | 620 | DEFW | 22775 |
| 23434 | 630 | DEFW | 22778 |
| 23436 | 640 | DEFW | 22781 |
| 23438 | 650 | DEFW | 22865 |
| 23440 | 660 | DEFW | 22868 |
| 23442 | 670 | DEFW | 22871 |
| 23444 | 680 | DEFW | 22874 |
| 23446 | 690 | DEFW | 22877 |

Pass 2 errors: 00

Table used: 71 from 210

Fig. 12-9. Listado completo de «TEST».

EJERCICIOS

- 19) Escriba una subrutina que compruebe si se han pulsado, simultáneamente, las teclas "Caps Shift" y "Space". La rutina deberá retornar con el acarreo a "0" si ambas teclas están pulsadas y, con el acarreo a "1", en cualquier otro caso.
- 20) ¿Qué semi-fila del teclado leemos con la siguiente subrutina?:

```
LD  A,251
IN  A,(254)
AND 31
RET
```

- 30) Tenemos una lista de 256 códigos en el buffer de impresora, y queremos enviarlos por el port 223. Escriba una subrutina que realice esta tarea. (Nuestro periférico no decodificará los 8 bits superiores del bus de direcciones, por lo que su contenido nos es indiferente).

----- 0 -----

SOLUCION A LOS EJERCICIOS

- 30) La rutina podría ser:

```
SEND LD  BC,223
      LD  HL,23296
      OTIR
      RET
```

Tan sencilla como parece, se trata de un claro ejemplo de la instrucción "OTIR". Primero cargamos "223" en "BC" para que "C" contenga "223" (la dirección del port) y "B" contenga "0". Recuerde que "B" es el contador de octetos, por lo que contiene "0" para 256 iteraciones. A continuación direccionamos el bloque de datos con "HL" y, todo lo demás, lo hace la instrucción "OTIR".

----- 0 -----

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS

10) La rutina podría ser algo así:

```
TS_BRK LD  A,#7F  ;Semi-fila "B" a "SPACE".
        IN  A,(#FE) ;Lee el dato en "A".
        RRA          ;Rota el bit "0" al acarreo.
        RET  C       ;Si es "0", retorna.
        LD  A,#FE  ;Semi-fila "V" a "CAPS/SHIFT".
        IN  A,(FE)  ;Lee el dato en "A".
        RRA          ;Rota el bit "0" al acarreo.
        RET          ;Retorna.
```

Lo cierto es que no hemos inventado nada. Esta rutina es, exactamente, la que utiliza el intérprete de Basic para leer la tecla "BREAK" después de ejecutar cada comando. La subrutina se denomina "BREAK_KEY" y se encuentra en la dirección 1F54h (8020). Por tanto, cada vez que se hace un "CALL #1F54" la rutina devuelve el indicador de acarreo a "0" si están pulsadas las teclas de "BREAK".

20) La configuración que formamos en la parte alta del bus de direcciones es 251 (11111011b), por lo que, el bit que se pondrá a "0" es el A10 correspondiente a la semi-fila "T" a "0". Será, por tanto, esta semi-fila la que leamos.

GRUPO DE INSTRUCCIONES DE CONTROL DE CPU

En este grupo de instrucciones se engloban todas aquellas que actúan directamente sobre la unidad de control de proceso (CPU) del micro-procesador. La mayor parte de estas instrucciones se refieren a las interrupciones, lo que tiene que tener en cuenta el lector es que no todas las facilidades del micro-procesador Z-80 están implementadas en el ordenador SPECTRUM.

En una primera pasada por todas las instrucciones veremos lo que hacen independientemente de las limitaciones puestas por Sinclair, las cuales se señalarán posteriormente.

Con este capítulo terminamos la parte del curso dedicada al funcionamiento de las instrucciones, esto es el repertorio de instrucciones del «Z-80 queda concluido.

NOP

OBJETO:

El procesador central no realiza ninguna operación durante el tiempo de ejecución de esta instrucción.

CODIGO DE MAQUINA:

00000000 00h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

NOP

Ningún valor de registros o memoria es significativo

Instrucción

NOP: 00000000 00h

No se ha modificado ninguna posición de memoria ni registro.

Observe que lo único que ha ocurrido con la ejecución de esta instrucción es que se ha cumplido un ciclo de memoria y han transcurrido 4 ciclos de reloj. Este es el uso que tiene esta instrucción es una instrucción para «perder el tiempo», pues es la única manera de tener parado el ordenador sin afectar a sus funciones internas.

HALT

OBJETO:

Suspende la operación de la CPU hasta que se reciba una interrupción o se realice un «RESET» (puesta a «0»). La ejecución de esta instrucción produce una señal al exterior por la pata 18 para informar a cualquier periférico que se está a la espera de interrupción. Lo que realmente ejecuta la CPU son instrucciones NOP mientras está activa la suspensión con lo cual mantiene la lógica de regeneración de memoria.

CODIGO DE MEMORIA:

01110110 76h

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:

HALT

Ningún valor de registros o memoria es significativo

Instrucción

CODIGO MAQUINA 357

HALT: 0 1 1 1 0 1 1 0 76h

No se ha modificado ninguna posición de memoria ni registro.

Observe que el resultado de la ejecución de esta instrucción es el mismo que el de la instrucción «NOP», la diferencia está en la forma de salir de ellas. Para salir de un ciclo de instrucciones «NOP» tendrá que tener en cuenta el programador el tiempo que desea estar parado y ejecutar tantas instrucciones como desee, mientras que para salir de una instrucción «HALT» es necesaria una interrupción. Con un «RESET» también se sale pero reiniciando el ordenador, con lo que se pierde el propio programa que ejecutó la instrucción.

Las interrupciones

Supongamos que está usted tecleando un programa en el Spectrum. En ese momento, suena el teléfono. Lo más probable es que interrumpa lo que está haciendo y se acerque a atender la llamada. El teléfono es un «dispositivo de alta prioridad». Hay que atenderle en el momento. No puede esperar.

Una vez que haya terminado de atender la llamada, reanudará lo que estaba haciendo, en el punto donde lo dejó. La llamada de teléfono ha provocado una «interrupción» en su actividad. El dispositivo ha sido atendido inmediatamente y, luego, se ha retornado a la actividad principal.

De forma similar, el microprocesador Z-80 puede interrumpir su actividad principal para atender la petición de interrupción desde un

dispositivo de alta prioridad.

La filosofía de las interrupciones está pensada, principalmente, para atender de forma adecuada las prioridades dentro de un ordenador. Cuando un programa tiene el control de la CPU no existe, en principio, nada que se lo pueda quitar... salvo una interrupción.

Supongamos que existe otra actividad que requiera ser atendida de forma inmediata, como es, por ejemplo, una entrada desde un periférico. La forma más utilizada es la interrupción. Por medio de una señal de interrupción la CPU sabe que existe un requerimiento de mayor prioridad que tiene que atender, en ese caso guarda todos los controles necesarios para devolver el control, en su momento, a la actividad en curso y pasa a atender la actividad que genere la interrupción. Una vez atendida dicha interrupción se devolvería, directa o indirectamente, el control a la actividad interrumpida.

El sistema que utiliza el Z-80 para quitar y devolver el control es la pila de máquina. Cuando ocurre una interrupción en el Z-80, la CPU guarda, en la pila de máquina, el contenido del registro «PC» y coloca, en este registro, la dirección que corresponda al tratamiento de la interrupción, la salida de esta rutina tendrá que ser con una de las instrucciones de retorno (RET) para tomar de la pila de máquina la dirección donde se interrumpió el programa.

En el micro-procesador Z-80 existen dos tipos de interrupciones: interrupción no enmascarable (NMI) e interrupción enmascarable (INT).

Interrupción no enmascarable

Esta interrupción está pensada para necesidades urgentes y no puede ser deshabilitada por el programa. Trabaja, por tanto, con prioridad absoluta.

Cuando se produce una interrupción no enmascarable, la CPU carga, en el registro «PC», la dirección de memoria 0066h. En esta dirección tendrá que existir una subrutina para tratar esta interrupción y el retorno de este tratamiento será por medio de la instrucción RETN (retorno de interrupción no enmascarable). Esta rutina sólo puede ser interrumpida por otra interrupción no enmascarable que recomenzaría la ejecución de la misma. Es decir, si se está en una rutina de servicio a una interrupción no enmascarable, las peticiones de interrupción enmascarable no serán atendidas.

Un símil que puede darnos idea de lo que es la interrupción no enmascarable, es el siguiente: supongamos que, mientras está tecleando el programa, se da cuenta de que se ha declarado un incendio en su casa. Con toda seguridad, dejará lo que está haciendo y acudirá a apagar el fuego. Es más, si, mientras está apagando el fuego, suena el teléfono, lo más probable es que no atienda la llamada. Una llamada de teléfono es una interrupción de más baja prioridad que un incendio.

Interrupción enmascarable

Puede ocurrir que tenga tanta prisa por terminar su

programa, que decida no co-ger el teléfono aunque suene. En ese caso, el dispositivo no será atendido aunque solicite interrupción.

El Z-80 permite habilitar y dehabilitar interrupciones desde el programa. Cuando están deshabilitadas las interrupciones, una petición de interrupción enmascarable será ignorada, exactamente como si no se hubiera producido.

La interrupción enmascarable está pensada para atender periféricos principalmente. Esta interrupción tiene tres modos de respuesta que tienen que ser habilitados por el programa en curso o por el sistema monitor. Las interrupciones enmascarables pueden ser deshabilitadas por el programador mediante la instrucción «DI» y habilitadas mediante la instrucción «EI». Cuando el Z-80 recibe la señal de «RESET», arranca con las interrupciones habilitadas.

Los tres modos de interrupción son: «modo 0», «modo 1» y «modo 2». Se pueden seleccionar por programa con las instrucciones «IM 0», «IM 1» e «IM 2». Cuando se recibe una señal de «RESET», el Z-80 arranca en «modo 0».

MODO 0

Cuando se produce una interrupción es este modo, el periférico deberá colocar, en el BUS de datos, un octeto que será una instrucción de RESTART de página cero. Por tanto se pasará el control a una de las ocho primeras posiciones de memoria vistas en la instrucción «RST».

MODO 1

Cuando se produce una interrupción en este modo, se salta a la dirección de memoria 0038h, donde existirá una rutina para tratar esta interrupción.

MODO 2

Este es el modo más potente. Cuando se produce una interrupción en este modo se construirá una dirección con el valor del registro «I» y el valor que deje el periférico en el BUS de datos. El registro «I» será la parte más significativa y el BUS de datos la menos. Este valor se tomará como una dirección de memoria y desde ella y la siguiente, le leerá la verdadera dirección a donde hay que saltar. El contenido del registro «I» se carga por programa como el de cualquier otro (instrucción «LD I,A»). Vamos a verlo más claro con un ejemplo:

Supongamos que seleccionamos el «modo 2» de interrupción y cargamos «7Eh» en el registro «I». Cuando se produzca una petición de interrupción, el Z-80 formará una dirección con el registro «I» y el bus de datos. Supongamos, también, que nuestro dispositivo no inserta nada en el bus de datos. En ese caso, la dirección formada sería «7EFFh» (el bus de datos está a «FFh»). Previamente, habremos metido en las direcciones «7EFFh» y «7F00h» unos determinados datos. Esos datos pueden ser «6Ah» y «C3h» respectivamente. En ese caso, el microprocesador saltaría a la dirección «C36Ah».

Vemos que, por este método, podemos colocar una rutina que se ejecute por interrupción, en cualquier lugar

de la memoria y direccionarla de forma indirecta en «modo 2».

Para poder controlar de forma adecuada la inhibición o desbloqueo de las interrupciones la CPU tiene dos flags IFF1 e IFF2. El valor de IFF1, que sólo puede ser «0» ó «1», controla el permiso para que se produzca una interrupción enmascarable. «0» no las permite y «1» las permite. IFF2 es un reflejo de IFF1, siempre que una instrucción modifica uno, el otro también es modificado, excepto cuando se produce una interrupción no enmascarable. Cuando esto ocurre lo primero que se hace es poner a «0» IFF1 para evitar que se dé una interrupción enmascarable, cuando se vuelve de la interrupción no enmascarable con la instrucción RETN, se copia el valor de IFF2 sobre IFF1 para recuperar el valor anterior.

Las interrupciones en el Spectrum

El microordenador Spectrum no utiliza toda la potencia del Z-80 en materia de interrupciones. La primera característica es que la rutina de la posición de memoria 0066h está preparada para retornar directamente, o saltar a la dirección 0000h, en función de que el contenido de las direcciones 23728 y 23729 sea, o no, «cero», con lo que produce un RESET, esto es, pone a «0» toda la memoria e inicializa las variables del sistema. Resumiendo la interrupción no enmascarable está bloqueada por software.

Echémosle un vistazo a la rutina, del sistema operativo que responde a la interrupción no enmascarable:

| | | |
|-------|--------|-------------|
| 0066h | RESET | PUSH AF |
| 0067h | | PUSH HL |
| 0068h | LD | HL, (23728) |
| 006Bh | LD | A, H |
| 006Ch | OR | L |
| 006Dh | JR | NZ, NO_RES |
| 006Fh | JP | (HL) |
| 0070h | NO_RES | POP HL |
| 0071h | | POP AF |
| 0072h | | RETN |

Veamos cómo funciona: Primero se preservan los registros «AF» y «HL» que son los que se van a utilizar en la rutina. A continuación, se carga en «HL» el contenido de las posiciones de memoria 23728 y 23729 y se comprueba si son «cero». Si es así, la instrucción «JP (HL)» salta a «0000h» y produce un «RESET». Si las posiciones no son «0», se salta a «NO-RES», donde se recuperan los registros «HL» y «AF» y se retorna desde la interrupción. Observe que el bloqueo se podría eliminar, simplemente, con cambiar el «JR NZ» de la posición «00Dh» por un «JR Z». La instrucción «JR NZ» se codifica como: «20h» (00100000b) y la «JR Z» como: «28h» (00101000b). Es decir, la interrupción no enmascarable quedaría desbloqueada con sólo cambiar ¡¡un bit!! Concretamente, el bit 3 de la posición de memoria «006Dh» (109) tendría que ser «1» en lugar de ser «0». Quienes se decidan a cambiar la ROM de su Spectrum por una EPROM, no olviden realizar esta modificación. En ese caso, una petición de interrupción no enmascarable, provocaría un salto a la dirección apuntada por el contenido de

360 CODIGO MAQUINA

las posiciones 23728 y 23729 y sería ignorada si estas posiciones contuvieran «0».

Las ocho posiciones de memoria posibles en la interrupción enmascarable en «modo 0» están ocupadas como se vio en la instrucción «RST». La ULA produce una petición de interrupción enmascarable cada 20 milisegundos, que salta a la posición 0038h de memoria donde se encuentra la rutina de lectura del teclado (la interrupción enmascarable del Spectrum trabaja, normalmente, en «modo 1»). Por lo demás, el resto de las posibilidades del microprocesador Z-80 pueden ser utilizadas sin modificar, en absoluto, el ordenador.



OBJETO:

Inhibe la interrupción enmascarable cargando «0» en IFF1 e IFF2.

Tras la ejecución de esta instrucción, no se atienden las interrupciones enmascarables.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

1

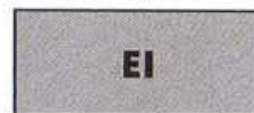
CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:



A partir de este momento no se permite ninguna interrupción enmascarable.



OBJETO:

Permite la interrupción enmascarable cargando «1» en IFF1 e IFF2.

Tras la ejecución de esta instrucción, vuelven a atenderse las interrupciones enmascarables.

CODIGO DE MAQUINA:



INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

1

CICLOS DE RELOJ:

4

EJEMPLO:



A partir de este momento se permite cualquier interrupción enmascarable.

IM 0

OBJETO:

Activa el modo de interrupción 0.

Cuando se produce una interrupción enmascarable con este modo activo, se ejecuta la instrucción que el periférico coloca en el BUS de datos.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|------------|
| 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh 46h |
| 0 1 0 0 0 1 1 0 | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:

IM 0

Instrucción

| | | |
|-------|-----------------|------------|
| IM 0: | 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh 46h |
| | 0 1 0 0 0 1 1 0 | |

Contenido del BUS de datos cuando se produce una interrupción.

| | |
|-----------------|-----|
| 1 1 0 1 0 1 1 1 | D7h |
|-----------------|-----|

La CPU pasa control a la rutina codificada a partir de la posición de memoria 0010h, debido a que el valor del BUS de datos corresponde a la instrucción: «RST #10».

IM 1

OBJETO:

Activa el modo de interrupción 1.

Cuando se produce una interrupción enmascarable con este modo activo, la CPU pasa control a la rutina codificada a partir de la posición de memoria 0038h.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|------------|
| 1 1 1 0 1 0 1 | EDh 56h |
| 0 1 0 1 0 1 1 0 | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:

IM 1

Instrucción

| | | |
|-------|-----------------|------------|
| IM 1: | 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh 56h |
| | 0 1 0 1 0 1 1 0 | |

Cuando se produzca una interrupción enmascarable la CPU pasará el control a la rutina codificada a partir de la posición de memoria 0038h.

IM 2

OBJETO:

Activa el modo de interrupción 2.

Cuando se produce una interrupción enmascarable con este modo activo, se ejecuta la rutina codificada a partir de la dirección almacenada en las dos posiciones de memoria cuya dirección más baja resulta de tomar el registro «I» como la parte más significativa y el BUS de datos como la parte menos significativa.

CODIGO DE MAQUINA:

| | |
|-----------------|------------|
| 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh 5Eh |
| 0 1 0 1 1 1 1 0 | |

INDICADORES DE CONDICION QUE AFECTA:

Ninguno

CICLOS DE MEMORIA:

2

CICLOS DE RELOJ:

8

EJEMPLO:

IM 2

Contenido del registro «I».

| | | |
|-----|-----------------|-----|
| II: | 1 0 0 0 1 0 1 0 | 8Ah |
|-----|-----------------|-----|

Instrucción

| | | |
|-------|-----------------|------------|
| IM 2: | 1 1 1 0 1 1 0 1 | EDh 5Eh |
| | 0 1 0 1 1 1 1 0 | |

Contenido del BUS de datos cuando se produce una interrupción

| | |
|-----------------|----|
| 1 1 1 1 1 1 1 1 | Fh |
|-----------------|----|

Contenido de las posiciones de memoria 8AFFh y 8B00h:

| | | |
|--------|-----------------|-----|
| 8AFFh: | 1 0 1 0 0 0 0 0 | A0h |
| 8B00h: | 1 0 1 1 1 1 0 0 | BCh |

CODIGO MAQUINA 361

La CPU pasa el control a la rutina codificada a partir de la posición de memoria BCA0h.

Tablas de codificación

Dado que las rutinas de control de la CPU no afectan a los indicadores del registro «F», no hemos representado la habitual tabla resumida de indicadores y ciclos. Las instrucciones «NOP», «HALT», «DI» y «EI» ocupan un byte y emplean 1 ciclo de memoria, es decir, 4 de reloj. Las «IM 0», «IM 1» e «IM 2» ocupan dos bytes y emplean 2 ciclos de memoria y 8 de reloj.

En la Figura 13-1 se encuentra la tabla de codificación de estas instrucciones.

Ejemplos

Tal vez lo más complicado de este capítulo sea el manejo de las interrupciones, concretamente, del «Modo 2» que es el que podemos utilizar para nuestros fines. Por ello, la rutina que hemos preparado funcionará como una rutina de respuesta a la interrupción enmascarable. Con esto, conseguiremos que se ejecute de forma, aparentemente, simultánea a cualquier otra tarea que esté realizando el ordenador. Siempre, claro está, que no se deshabiliten las interrupciones.

Antes de ver nuestra rutina, sería conveniente echar una mirada a la rutina de la ROM que se encarga, habitualmente, de responder a la interrupción enmascarable.

Desde que se conecta el ordenador, la ULA se encarga de poner a «0» la pata 16 del microprocesador, una vez cada 20 milisegundos, es decir,

INSTRUCCIONES DE CONTROL DE CPU

| Código Fuente | Hexadecimal | Decimal |
|---------------|-------------|---------|
| NOP | 00 | 0 |
| HALT | 76 | 118 |
| DI | F3 | 243 |
| EI | FB | 251 |
| IM 0 | ED, 46 | 237, 70 |
| IM 1 | ED, 56 | 237, 86 |
| IM 2 | ED, 5E | 237, 94 |

Fig. 13-1. Tabla de codificación para las instrucciones de control de CPU.

50 veces por segundo. Esto ocurre, exactamente, en el momento en que se va a empezar a barrer una pantalla en el televisor. Dicho de otra forma, la señal de sincronismo de cuadro y la petición de interrupción se producen al mismo tiempo.

Durante la rutina de inicialización (después de un RESET o un comando «NEW»), durante las rutinas de cassette (comandos «SAVE», «LOAD», «VERIFY» y «MERGE») y durante la ejecución de un comando «BEEP», las interrupciones se encuentran deshabilitadas. En la inicialización se hace así, porque las variables del Sistema no están preparadas para procesar una interrupción y, en el resto de las ocasiones, porque el tiempo empleado en responder a la interrupción distorsionaría la temporización de señales que requieren estas rutinas.

Al inicializarse el ordenador, la interrupción se fija en «Modo 1», lo cual quiere decir que el microprocesador saltará a la dirección 0038h. A partir de aquí se encuentra la rutina que actualiza el reloj de tiempo real (FRAMES) y lee el teclado. Veamos esta rutina:

```

0038 MASK_INT PUSH AF
                PUSH HL
                LD HL, (FRAMES)
                INC HL
                LD (FRAMES), HL
                LD A, H
                OR L
                JR NZ, KEY_INT
                INC (IY+64)
0048 KEY_INT  PUSH BC
                PUSH DE
                CALL KEYBOARD
                POP DE
                POP BC
                POP HL
                POP AF
                EI
                RET
    
```

En toda rutina de respuesta a interrupción, es fundamental preservar los registros antes de hacer nada con ellos. Tenga en cuenta que la petición de interrupción puede haberse producido en cualquier momento de la ejecución de un programa, por lo que, si destruyéramos algún registro que contuviera información vital, el programa no podría continuar.

Lo primero que hace esta rutina es preservar los registros «AF» y «HL». A continuación, incrementa los dos octetos inferiores de «FRAMES». Comprueba si han pasado a valer «0» y, de ser así, incrementa el octeto superior. Dado que el registro «IY» se inicializa para apuntar a «ERR-NR», la posición «IY + 64» corresponde al octeto superior de «FRAMES». Tenga esto muy en cuenta si utiliza el registro «IY» en alguno de sus programas.

A continuación, se preservan «BC» y «DE» y se llama a la subrutina «KEYBOARD» (dirección 02BFh) que se encarga de leer el teclado y actualizar las variables del Sistema asociadas a él. Por último se recuperan todos los registros y se retorna habilitando, previamente, las interrupciones.

Un detalle curioso de esta rutina es que no retorna con «RET», como sería de esperar, sino con «EI» y «RET». Lo cierto es que da lo mismo. Durante una rutina de respuesta a una interrupción enmascarable, las interrupciones quedan deshabilitadas. Se hace así para que, si el tiempo entre interrupciones es más corto que lo que tarda en ejecutarse la rutina, evitar que el ordenador se quede atrapado en un bucle sin

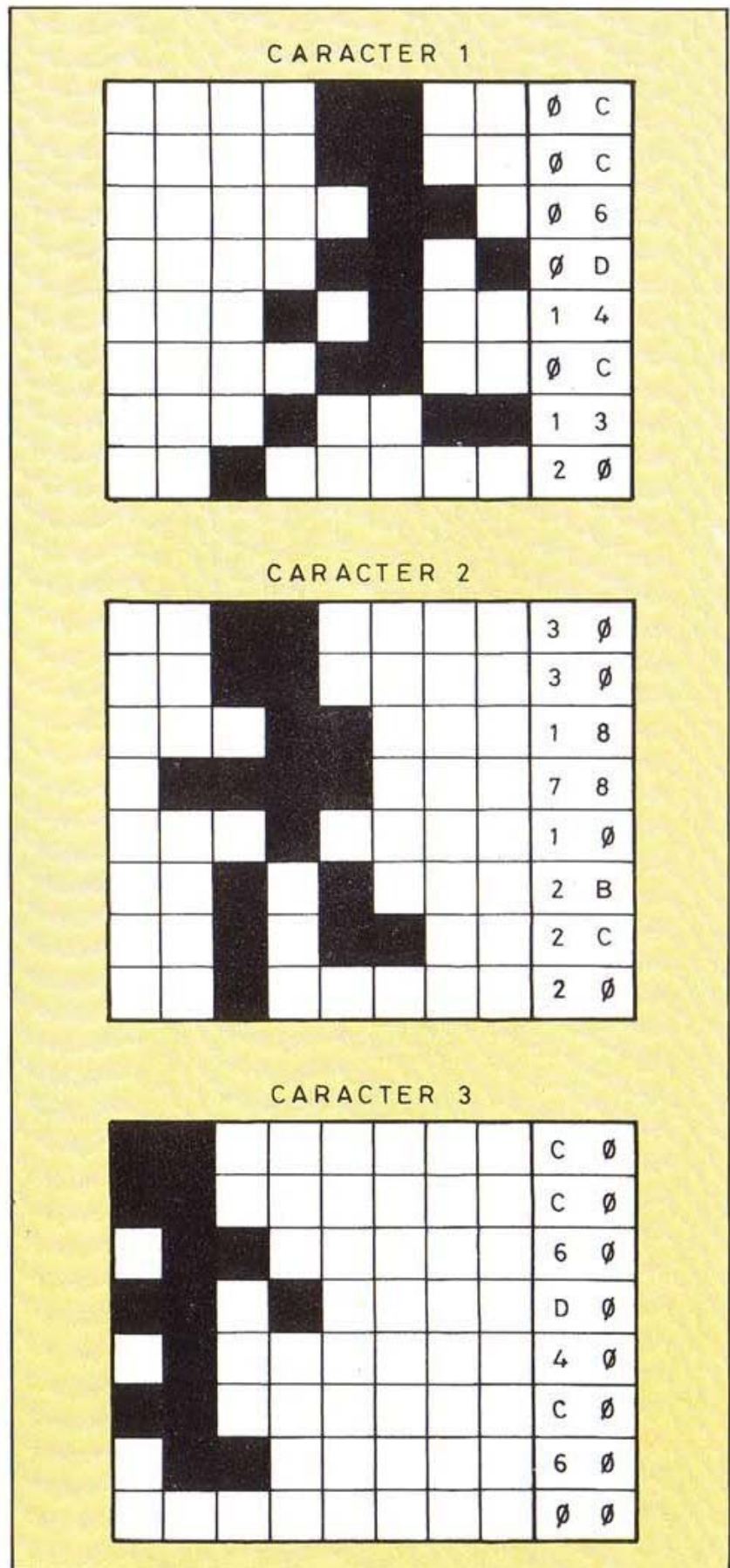


Fig. 13-2. Las tres fases del movimiento del muñeco.

fin donde iría expandiendo la pila indefinidamente. Sabemos que «RET» es equivalente a «POP PC» y «RETI» es equivalente a «EI» + «POP PC», por tanto, da lo mismo utilizar una forma que otra. Además, ambas ocupan 2 bytes.

Tal vez el lector se pregunte porqué se incluyó la instrucción «RETI» en el juego de instrucciones del Z-80. Lo cierto es que, si afinamos mucho, ambas formas de retornar *NO son* totalmente equivalentes. La forma correcta es hacerlo con «RETI» (que para eso está). Si utilizamos «EI» + «RET», corremos el riesgo de que llegue una petición de interrupción justo después de «EI» y antes de «RET», con lo que la rutina volvería a empezar antes de haber retornado, es decir, se anidaría sobre sí misma. Si esto ocurre una sola vez, no pasa nada grave, pero si el efecto se produce un gran número de veces, la pila de máquina empieza a expandirse indefinidamente y se produce el inevitable «crash» («cuelgue»).

No obstante y en este caso, la pequeña «chupuza» de los programadores de Sinclair no tiene importancia ya que las interrupciones se producen en tiempos claramente definidos y, por supuesto, mucho más largos que lo que tarda en ejecutarse la rutina. La razón de haberlo hecho así no está muy clara, pero tal vez se deba a que querían que la rutina fuera utilizable, desde un programa de usuario, para leer el teclado con «RST #38». En las rutinas que usted escriba y que trabajen por interrupción, es mejor que utilice

«RETI» que es más «ortodoxo».

Ahora que hemos visto como funciona la rutina de interrupción de la ROM, vamos a diseñar una rutina nuestra que se ejecute por interrupción.

Hemos elegido un ejemplo, tal vez, poco práctico pero muy ilustrativo. Se trata de hacer que un pequeño muñeco se mueva, continuamente, por la pantalla, mientras el ordenador está haciendo cualquier otra cosa. El ejemplo servirá, también, para ilustrar una sencilla forma de hacer animaciones.

La rutina funcionará en respuesta a las peticiones de interrupción de la ULA, por lo que tendremos que escribir otra pequeña rutina que la active, cambiando a «Modo 2» de interrupción y cargando el vector de página de interrupción (registro «I») con un valor adecuado.

Lo primero que tenemos que hacer es decidir dónde colocamos nuestra rutina. Recordemos como trabaja la interrupción en «Modo 2»: Se forma una dirección con el vector de página (registro «I») y el contenido del bus de datos (en el Spectrum, siempre será FFh); al contenido de esta dirección y la siguiente lo llamaremos «vector de interrupción» (no confundir con el vector de página); este contenido será, precisamente, la dirección donde comenzará nuestra rutina.

Dado que el bus de datos siempre es «FFh», la dirección donde esté el vector de interrupción deberá terminar en «FFh». Hemos elegido la dirección «EAFFh» (60159), de forma que el registro «I» deberá contener «EAh». En esta di-

rección y la siguiente, estará almacenada la dirección de inicio de la rutina, por ejemplo: 60161 para que quede a continuación. Empecemos por ver la rutina de activación que carga «EAh» en el registro «I» y selecciona el «Modo 2» de interrupción:

```

110 ACT    LD  A,#EA
120       LD  I,A
130       IM  2
140       RET

```

Lógicamente, habrá otra rutina para desactivar que cargue, de nuevo, «3Fh» en «I» y vuelva a seleccionar el «Modo 1»:

```

150 DES    LD  A,#3F
160       LD  I,A
170       IM  1
180       RET

```

Ambas rutinas son muy similares y tan claras que no requieren explicación. Antes de proseguir con el programa, veamos cómo vamos a generar un muñeco que se mueva.

Para conseguir un efecto, medianamente convincente, de movimiento, utilizaremos tres caracteres distintos que representan tres fases del movimiento del muñeco. Estos tres caracteres están representados en la Figura 13-2 los hemos llamado «carácter 1, 2 y 3». El muñeco correrá hacia la izquierda; para ello, empezaremos por imprimir el

carácter 1 en la columna 31 de la fila 21 (va de «unos»). A continuación, imprimiremos el carácter 2 en esa misma columna. Luego, el carácter 3. Cuando hayamos terminado con los tres caracteres, empezaremos, de nuevo, por el 1, pero en la columna 30 y el muñeco se habrá desplazado una columna a la izquierda. Seguiremos así hasta la columna «0» y, después, volveremos a empezar por la 31. El efecto conseguido será el de un hombrecillo corriendo de derecha a izquierda y reapareciendo, por la derecha, después de haber desaparecido por la izquierda.

La diferencia con los ejemplos vistos hasta ahora es que el muñeco seguirá corriendo mientras usted hace cualquier otra cosa con el ordenador, por ejemplo, mientras escribe un programa, lo lista o lo ejecuta. Únicamente se parará cuando maneje el cassette o ejecute un comando «BEEP» ya que, en estos casos, se deshabilitan las interrupciones.

A la derecha de cada carácter (en la Figura 13-2), se ven los bytes correspondientes en hexadecimal. Estos serán los datos que utilice nuestra rutina para dibujar el muñeco:

```

190 DATOS  DEFB #0C,#0C,#06
200        DEFB #0D,#14,#0C
210        DEFB #13,#20,#30
220        DEFB #30,#18,#78
230        DEFB #10,#28,#2C
240        DEFB #20,#C0,#C0
250        DEFB #60,#D0,#40
260        DEFB #C0,#60,#00
270        DEFB #1F,#01
280        DEFB #01,#EB

```

```

*HISOFT GENS3M ASSEMBLER*
ZX SPECTRUM

```

```

Copyright HISOFT 1983
CURSO C/M MICROHOBBY

```

```

Pass 1 errors: 00

```

```

      80 *C-
      90 *D+
60119 100          ORG      60119
60119 110 ACT      LD       A,#EA
60121 120          LD       I,A
60123 130          IM       2
60125 140          RET
60126 150 DES      LD       A,#3F
60128 160          LD       I,A
60130 170          IM       1
60132 180          RET
60133 190 DAT      DEFB     #0C,#0C,#06
60136 200          DEFB     #0D,#14,#0C
60139 210          DEFB     #13,#20,#30
60142 220          DEFB     #30,#18,#78
60145 230          DEFB     #10,#28,#2C
60148 240          DEFB     #20,#C0,#C0
60151 250          DEFB     #60,#D0,#40
60154 260          DEFB     #C0,#60,#00
60157 270          DEFB     #1F,#01
60159 280          DEFB     #01,#EB
60161 290 START  RST       #38
60162 300          PUSH     AF
60163 310          LD       A,(FRAMES)
60166 320          AND      #07
60168 330          JR       Z,SIGUE
60170 340          POP      AF
60171 350          RETI
60173 360 SIGUE  PUSH     BC
60174 370          PUSH     DE
60175 380          PUSH     HL
60176 390          LD       A,(60157)
60179 400          LD       C,A
60180 410          LD       H,#50
60182 420          LD       A,#A0
60184 430          OR       C
60185 440          LD       L,A
60186 450          XOR      A
60187 460          LD       B,B

```

```

60189 470 BUC_1 LD (HL),A
60190 480 INC H
60191 490 DJNZ BUC_1
60193 500 LD A,(60158)
60196 510 INC A
60197 520 CP 4
60199 530 JR C,CONT_2
60201 540 LD A,C
60202 550 SUB 1
60204 560 JR NC,CONT_1
60206 570 LD A,31
60208 580 CONT_1 LD C,A
60209 590 LD (60157),A
60212 600 LD A,1
60214 610 CONT_2 LD (60158),A
60217 620 LD DE,60125
60220 630 LD H,0
60222 640 LD L,A
60223 650 ADD HL,HL
60224 660 ADD HL,HL
60225 670 ADD HL,HL
60226 680 ADD HL,DE
60227 690 EX DE,HL
60228 700 LD H,#50
60230 710 LD A,#A0
60232 720 OR C
60233 730 LD L,A
60234 740 LD B,B
60236 750 BUC_2 LD A,(DE)
60237 760 LD (HL),A
60238 770 INC H
60239 780 INC DE
60240 790 DJNZ BUC_2
60242 800 POP HL
60243 810 POP DE
60244 820 POP BC
60245 830 POP AF
60246 840 RETI
23672 850 FRAMES EQU 23672
Pass 2 errors: 00
ACT EAD7 BUC_1 EB1D
BUC_2 EB4C CONT_1 EB30
CONT_2 EB36 DAT EAES
DES EADE FRAMES 5C78
SIGUE EB0D START EB01
Table used: 130 from 224

```

Fig. 13-3. Listado completo de la rutina.

366 CODIGO MAQUINA

Las líneas 190 a la 260 contienen los datos de los tres caracteres, la línea 270 contiene los valores iniciales de dos variables internas que utilizará el programa. El primer byte es el n.º de columna (se inicializa a «1Fh» para la columna 31), el segundo es el n.º de carácter en curso (se inicializa a 1). Los dos últimos bytes de la línea 280 contienen el vector de interrupción. Cuando ensamblamos el programa, daremos una dirección de origen tal que esta línea se ensamble en la dirección 60159 (EAFh) para que el vector de interrupción sea leído desde aquí. El contenido de estas dos posiciones es «EB01h» (60161) que es la dirección donde irá colocada la siguiente línea por la que entraremos al programa. Ni que decir tiene, que este programa no es, en absoluto, reubicable.

Un aspecto más a tener en cuenta es la velocidad con que se moverá el muñeco. Si la rutina se ejecuta con cada interrupción, el muñeco avanzará una columna cada tres interrupciones. Como hay 50 interrupciones por segundo, la velocidad del muñeco será de casi 17 columnas por segundo, es decir, tardará 2 segundos en cruzar la pantalla.

No queremos que nuestro hombrecillo gane los 100 metros lisos y, además, esta velocidad impediría apreciar bien el efecto. Sería más adecuado dividir la velocidad por ocho, es decir, ejecutar la rutina solamente una vez por cada 8 interrupciones. De esta forma, tardará unos 16 segundos en cruzar la pantalla (exactamente, 15.36 segundos) que parece una velocidad más adecuada.

Pero, ¿cómo conseguiremos que la rutina se ejecute una sola vez cada 8 interrupciones? Escribiremos la rutina de forma que sea «transparente» al Sistema, es decir, seguiremos leyendo el teclado y actualizando el contador «FRAMES» (con una llamada a «RST #38»). Como «FRAMES» se actualizará en cada interrupción, sus tres bits inferiores sólo serán «0» simultáneamente, una vez cada 8 interrupciones. Nuestra rutina leerá estos tres bits y sólo se ejecutará cuando los tres sean, simultáneamente, cero.

Vayamos viendo como empieza la rutina:

```

290 START RST #38
300      PUSH AF
310      LD  A, (FRAMES)
320      AND #07
330      JR  Z, SIGUE
340      POP AF
350      RETI
360 SIGUE ....

```

Lo primero que hacemos es una llamada a «RST #38» para leer el teclado y actualizar «FRAMES». A continuación, preservamos el registro «A» para poder utilizarlo en esta parte de la rutina. Cargamos en «A» el contenido del octeto inferior de «FRAMES» y le hacemos un «AND» con el número 7 (00000111b) para aislar los tres bits inferiores. Si el resultado del «AND» es «0», saltamos a «SIGUE» para ejecutar la rutina. En caso contrario, recuperamos el contenido de «A» y retornamos desde interrupción.

Dado que empezamos por el «RST #38», el resto de la rutina se ejecuta con las inte-

rrupciones habilitadas. No hay problema por ello, ya que el tiempo de ejecución es muy inferior al tiempo entre interrupciones. Podríamos haber puesto el «RST #38» al final de la rutina, pero habríamos tenido que ponerlo dos veces, puesto que la rutina tiene dos finales. Uno, si no se ejecuta, en la línea 350, el otro, al final de la rutina que empieza en «SIGUE».

Un problema que debemos plantearnos es la forma de imprimir y borrar nuestro muñeco. No podemos utilizar la rutina de la ROM (RST #10), ya que alteraríamos la posición de impresión y el canal en curso (si éste fuera distinto del #2). Por ello, nos veremos obligados a desarrollar una pequeña rutina de impresión y otra de borrado. Como siempre trabajaremos sobre la línea 21 de la pantalla, la dirección del archivo de presentación visual será siempre: 01010000 101xxxxx donde «xxxxx» representa la columna donde se encuentre el muñeco que puede ir desde «11111» (31) hasta «00000» (0).

El procedimiento seguido para mover el muñeco será:

1.º Borrar la posición correspondiente a la columna en curso.

2.º Incrementar el n.º de carácter.

3.º Si éste pasara a valer «4», ponerlo a «0» y decrementar el n.º de columna.

4.º Si ésta pasara a valer «255» (-1), ponerla a «31».

5.º Imprimir el nuevo muñeco en la nueva columna.

6.º Retornar.

Antes de todo esto, habrá que preservar los registros que vayamos a utilizar y recuperarlos antes de retornar.

Veámoslo en Assembler:

```

360 SIGUE PUSH BC
370      PUSH DE
380      PUSH HL
390      LD  A, (60157)
400      LD  C, A
410      LD  H, #50
420      LD  A, #A0
430      OR  C
440      LD  L, A
450      XOR A
460      LD  B, B
470 BUC_1 LD  (HL), A
480      INC H
490      DJNZ BUC_1

```

Entre 360 y 380 preservamos los registros. En 390 y 400 pasamos a «C» la columna en curso. Entre 410 y 440 componemos, en «HL» la dirección de pantalla correspondiente a esta columna. En 450 ponemos «A» a «0» y entre 460 y 490 imprimimos «ceros» en los ocho bytes correspondientes de la pantalla con lo que el muñeco queda borrado.

Sigamos adelante:

```

500      LD  A, (60158)
510      INC A
520      CP  4
530      JR  C, CONT_2
540      LD  A, C
550      SUB 1
560      JR  NC, CONT_1
570      LD  A, 31
580 CONT_1 LD  C, A
590      LD  (60157), A
600      LD  A, 1
610 CONT_2 LD  (60158), A

```

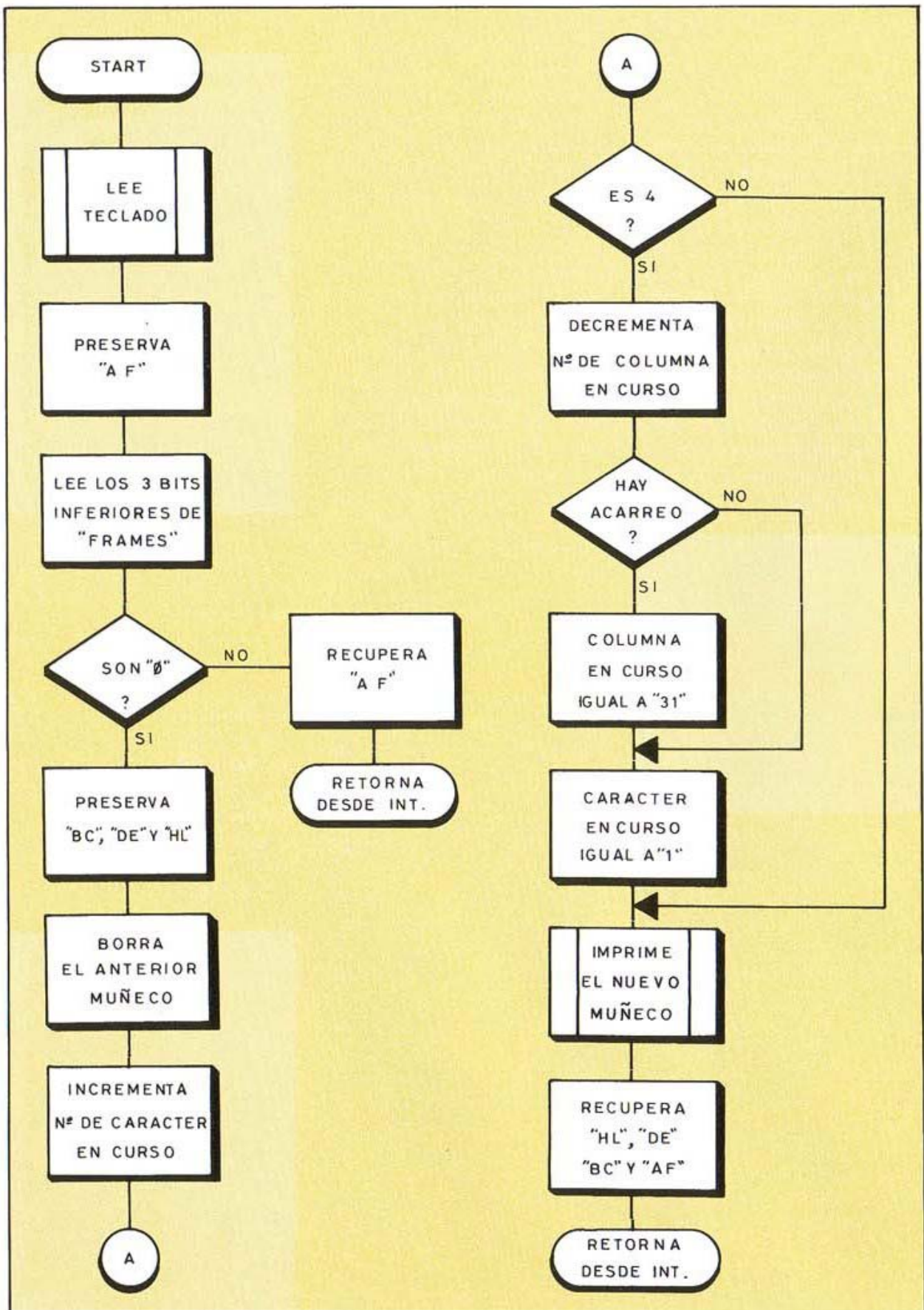


Fig. 13-4. Organigrama de la rutina que mueve el muñeco.

Empezamos por cargar en «A» el n.º de carácter en curso. En 510 lo incrementamos y, en 520, lo comparamos con «4». Si es menor, saltamos a «CONT-2»; de lo contrario, la ejecución continúa en la línea 540, donde cargamos en «A» la columna en curso (antes ya la habíamos cargado en «C»).

En 550 decrementamos el n.º de columna. Utilizamos «SUB 1» porque «DEC A» no afectaría al indicador de acarreo. Si no se ha producido acarreo, quiere decir que no estábamos en la columna «0», así que saltamos a «CONT-1»; de lo contrario, cargamos «31» en «A» para que sea éste el nuevo n.º de columna.

En 580 («CONT-1»), cargamos en «C» el nuevo n.º de columna y lo guardamos en su variable correspondiente, en la línea 590. En 600, cargamos un «1» en «A» para que sea éste el nuevo n.º de carácter y guardamos este número, en su variable, en la línea 610.

Ahora sólo nos falta imprimir el carácter. Nuestro pequeño «font» provisional serán los datos colocados a partir de la línea 190. Esta línea quedará ensamblada a partir de 60133, por tanto, la dirección base de la tabla será 60125 (60133-8). Multiplicaremos el n.º de carácter por 8 y lo sumaremos a esta dirección base, para apuntar a los ocho datos que definen el carácter en cuestión:

```
620      LD   DE,60125
630      LD   H,0
640      LD   L,A
650      ADD  HL,HL
```

```
660      ADD  HL,HL
670      ADD  HL,HL
680      ADD  HL,DE
690      EX  DE,HL
```

El sistema es claro: cargamos la dirección base en «DE», el n.º de carácter en «L» y un «cero» en «H». Después, sumamos «HL» tres veces sobre sí mismo para multiplicarlo por 8. Finalmente, le sumamos la dirección base y pasamos el resultado a «DE».

Ahora, calcularemos la dirección de pantalla donde imprimirlo:

```
700      LD   H,#50
710      LD   A,#A0
720      OR   C
730      LD   L,A
```

De la misma forma que antes, cargamos «50h» en «H» que será el octeto alto de la dirección. En «A» cargamos «A0h» y le hacemos un «OR» con el n.º de columna. Finalmente, transferimos el resultado a «L».

Ahora, tenemos la dirección de pantalla en «HL» y la dirección de los datos que forman el carácter en «DE». Sólo nos queda, por tanto, entrar en un bucle que realice la impresión:

```
740      LD   B,8
750 BUC_2 LD   A,(DE)
760      LD   (HL),A
770      INC  H
780      INC  DE
790      DJNZ BUC_2
```

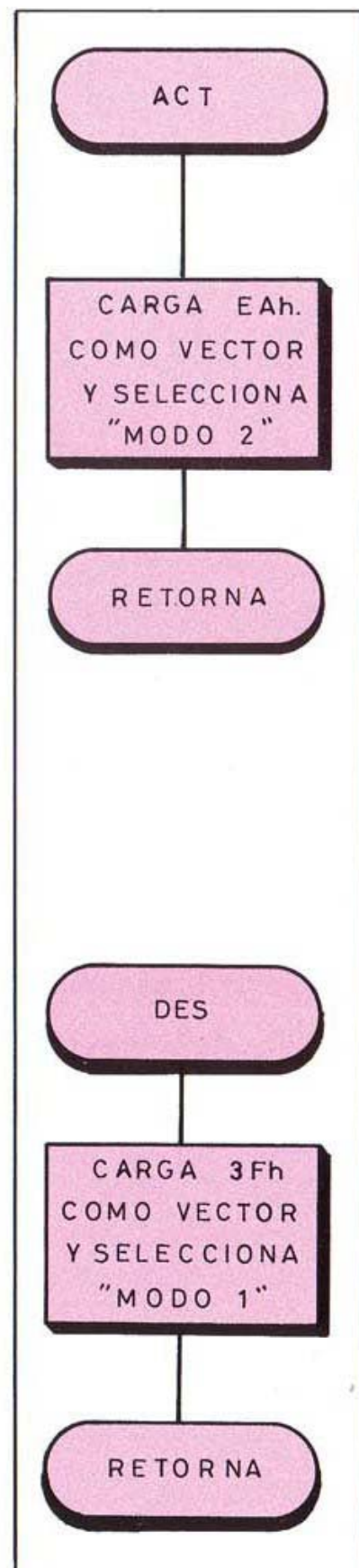


Fig. 13-5. Organigrama de las rutinas de activación y desactivación.

El bucle tendrá 8 iteraciones y «B» será el contador, en la línea 740 se inicializa su valor. En 750 y 760 transferimos el dato desde la dirección apuntada por «DE» a la apuntada por «HL». Incrementamos «H» para apuntar al siguiente scan de la misma columna y «DE» para apuntar al siguiente dato. Finalmente, cerramos el bucle en la línea 790.

Sólo nos queda recuperar los registros que habíamos preservado y retornar:

```

800      POP HL
810      POP DE
820      POP BC
830      POP AF
840      RETI

```

Lógicamente, los registros se recuperan en orden inverso a como se habían guardado. Podríamos retornar con «RET» ya que tenemos las interrupciones habilitadas (se habilitaron al salir del «RST #38»), pero lo hemos hecho

```

1  3EEAED47ED5EC93E3FED 1498
2  47ED56C90C0C060D140C 670
3  13203030187810282C20 423
4  C0C060D040C060000E01 1055
5  01EBFFF53A785CE60728 1283
6  03F1ED4DC5D5E53AFDEA 1742
7  4F26503EA0B16FAF0608 896
8  772410FC3AFEEA3CFE04 1287
9  380D79D60130023E1F4F 627
10 32FDEA3E0132FEAA11DD 1376
11 EA26006F29292919EB26 804
12 503EA0B16F06081A7724 785
13 1310FAE1D1C1F1ED4D00 1467

```

Fig. 13-6. Listado de la rutina con formato de Cargador Universal. El «DUMP» deberá hacerse en la dirección 60119.

así para que el lector no se olvide de que una rutina de interrupción debe terminar, siempre, en «RETI».

En la figura 13-3 está el listado completo de la rutina. Tal vez le resulte ilustrativa una mirada a la figura 13-4 donde encontrará representado su funcionamiento en forma de organigrama. Las rutinas de activación y desactivación se encuentran en la figura 13-5. Por último, quienes no dispongan, aún, de ensamblador, encontrarán en la figura 13-6 un listado de esta rutina

en el formato del Cargador Universal de Código Máquina.

Con esto, terminamos todas las instrucciones del Z-80. Los siguientes capítulos se dedicarán a comentar las particularidades del Spectrum que todo programador debe saber.

Como de costumbre, le recomendamos encarecidamente que resuelva los siguientes ejercicios, para comprobar si tiene afianzados los conocimientos adquiridos en este capítulo.

EJERCICIOS

- 10) ¿Que ocurrirá si, mientras se está en una rutina de respuesta a una interrupción enmascarable, llega una petición de interrupción no enmascarable?
- 20) ¿Como responde el ordenador en el "Modo 0" de interrupción?
- 30) Escriba una rutina que, trabajando en respuesta a la interrupción enmascarable, lea la tecla "BREAK" ("CAPS SHIFT" + "SPACE") y detenga el programa, con el informe correspondiente, si estuviera pulsada.

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS

- 10) La petición de interrupción no enmascarable será atendida saltando a la dirección "0066h". Cuando se termine de atender, se continuará atendiendo la interrupción enmascarable. Esta anidación de interrupciones es posible gracias al funcionamiento de los "flip/flops" FF1 y FF2.
- 20) El microprocesador responde al "Modo 0" de interrupción, ejecutando el código de operación que se encuentre en el bus de datos (lo deberá insertar el periférico que solicite la interrupción). En el Spectrum, este modo de interrupción es redundante. La ULA no inserta ningún código de operación, por lo que el bus de datos se pone a "FFh"; pero éste es, precisamente, el código de operación de "RST #38", por lo que será esta la instrucción que ejecute el microprocesador, es decir, la misma que en "Modo 1".
- 30) Suponemos que direcciona adecuadamente la rutina en "Modo 2". El listado podría ser:

```
100 START  PUSH AF
110        CALL #1F54
120        JR  C,SIGUE
130        EI
140        RST #08
150        DEFB #14
160 SIGUE  POP  AF
170        JP  #0038
```

En caso de no estar pulsada la tecla "BREAK", el retorno se produce desde la rutina que lee el teclado y actualiza "FRAMES". Esta rutina puede serle muy útil para poder detener un programa en código máquina que se haya "enganchado" en un bucle sin fin; siempre, claro está, que no tenga deshabilitadas las interrupciones.

| NEMOTECNICO | OBJETO | Ref. pag. | Cod. pag. |
|--------------|--|--------------|--------------|
| ADC HL,ss | Suma con acarreo a "HL" el par de registros "ss". | 126 | 139 |
| ADC A,s | Suma con acarreo a "A" el operando "s". | 82 | 90 |
| ADD A,n | Suma en "A" el valor "n". | 78 | 90 |
| ADD A,(HL) | Suma en "A" el octeto (HL). | 78 | 90 |
| ADD A,(IX+d) | Suma en "A" el octeto (IX+d). | 79 | 90 |
| ADD A,(IY+d) | Suma en "A" el octeto (IY+d). | 79 | 90 |
| ADD HL,ss | Suma a "HL" el par de registros "ss". | 126 | 139 |
| ADD IX,pp | Suma a "IX" el par de registros "pp". | 128 | 139 |
| ADD IY,rr | Suma a "IY" el par de registros "rr". | 129 | 139 |
| AND s | Operación lógica AND entre operando "s" y registro "A". | 104 | 123 |
| BIT b,(HL) | Comprobación del bit "b" del octeto (HL). | 259 | 264 |
| BIT b,(IX+d) | Comprobación del bit "b" del octeto (IX+d). | 259 | 264 |
| BIT b,(IY+d) | Comprobación del bit "b" del octeto (IY+d). | 260 | 264 |
| BIT b,r | Comprobación del bit "b" del registro "r". | 258 | 264 |
| CALL cc,nn | Llamada a la sub-rutina en la dirección "nn" si la condición "cc" es verdadera. | 287 | 293 |
| CALL nn | Llamada a la sub-rutina en la dirección "nn". | 286 | 293 |
| CCF | Complementa el indicador de acarreo. | 135 | 139 |
| CP s | Compara el operando "s" con el registro acumulador. | 123 | 139 |
| CPD | Compara el octeto (HL) con el registro acumulador, decrementa "HL" y "BC". | 185 | 188 |
| CPDR | Compara el octeto (HL) con el registro acumulador, decrementa "HL" y "BC" y repite hasta que "BC"=0. | 186 | 188 |

| NEMOTECNICO | OBJETO | Ref. pag. | Cod. pag. |
|-------------|--|--------------|--------------|
| CPI | Compara el octeto (HL) con el registro acumulador, incrementa "HL" y decrementa "BC". | 183 | 188 |
| CPIR | Compara el octeto (HL) con el registro acumulador, incrementa "HL", decrementa "BC" y repite hasta "BC"=0. | 184 | 188 |
| CPL | Complementa a 1 el registro acumulador. | 133 | 139 |
| DAA | Ajusta a decimal el registro acumulador. | 137 | 139 |
| DEC m | Decrementa en 1 el operando "m". | 100 | 97 |
| DEC IX | Decrementa en 1 el registro "IX". | 132 | 139 |
| DEC IY | Decrementa en 1 el registro "IY". | 132 | 139 |
| DEC ss | Decrementa en 1 el par de registros "ss". | 131 | 139 |
| DI | Inhibe interrupciones. | 360 | 362 |
| DJNZ e | Decrementa "B" y salta relativo si "B" diferente de cero. | 154 | 162 |
| EI | Habilita interrupciones. | 360 | 362 |
| EX (SP),HL | Intercambia el octeto (SP) con el par de registros "HL". | 174 | 187 |
| EX (SP),IX | Intercambia el octeto (SP) con el registro "IX". | 175 | 187 |
| EX (SP),IY | Intercambia el octeto (SP) con el registro "IY". | 176 | 187 |
| EX AF,AF' | Intercambia los registros "AF" con "AF'". | 173 | 187 |
| EX DE,HL | Intercambia los registros "DE" con "HL". | 173 | 187 |
| EXX | Intercambia los registros "BC", "DE" y "HL" con "BC'", "DE'" y "HL'". | 174 | 187 |
| HALT | Espera interrupción o "RESET". | 357 | 362 |
| IM 0 | Habilita el "Modo 0" de interrupción. | 361 | 362 |
| IM 1 | Habilita el "Modo 1" de interrupción. | 361 | 362 |
| IM 2 | Habilita el "Modo 2" de interrupción. | 361 | 362 |

| NEMOTECNICO | OBJETO | Ref. pag. | Cod. pag. |
|-------------|---|--------------|--------------|
| IN A, (n) | Carga el registro acumulador con el octeto que entra desde el periférico "n". | 332 | 342 |
| IN r, (C) | Carga el registro "r" con el octeto que entra desde el periférico "C". | 333 | 342 |
| INC (HL) | Incrementa el octeto (HL). | 98 | 97 |
| INC IX | Incrementa el registro "IX". | 131 | 139 |
| INC (IX+d) | Incrementa el octeto (IX+d). | 99 | 97 |
| INC IY | Incrementa el registro "IY". | 131 | 139 |
| INC (IY+d) | Incrementa el octeto (IY+d). | 99 | 97 |
| INC r | Incrementa el registro "r". | 97 | 97 |
| INC ss | Incrementa el par de registros "ss". | 130 | 139 |
| IND | Carga el octeto (HL) con el octeto que entra desde el periférico "C", decrementa "HL" y "B". | 335 | 342 |
| INDR | Carga el octeto (HL) con el octeto que entra desde el periférico "C", decrementa "HL" y "B", y repite hasta que "B"=Ø. | 336 | 342 |
| INI | Carga el octeto (HL) con el octeto que entra desde el periférico "C", incrementa "HL" y decrementa "B". | 334 | 342 |
| INIR | Carga el octeto (HL) con el octeto que entra desde el periférico "C", incrementa "HL", decrementa "B" y repite hasta que "B"=Ø. | 334 | 342 |
| JP (HL) | Salta a la dirección (HL). | 157 | 162 |
| JP (IX) | Salta a la dirección (IX). | 157 | 162 |
| JP (IY) | Salta a la dirección (IY). | 158 | 162 |
| JP cc,nn | Salta a la dirección "nn" si la condición "cc" es verdadera. | 150 | 162 |
| JP nn | Salta a la dirección "nn". | 149 | 162 |
| JR C,e | Salto relativo si el acarreo=1. | 152 | 162 |
| JR e | Salto relativo. | 152 | 162 |

| NEMOTECNICO | OBJETO | Ref. pag. | Cod. pag. |
|-------------|---|--------------|--------------|
| JR NC,e | Salto relativo si el acarreo= \emptyset . | 153 | 162 |
| JR NZ,e | Salto relativo si no cero. | 154 | 162 |
| JR Z,e | Salto relativo si cero. | 153 | 162 |
| LD A,(BC) | Carga el acumulador con el octeto (BC). | 47 | 68 |
| LD A,(DE) | Carga el acumulador con el octeto (DE). | 47 | 68 |
| LD A,I | Carga el acumulador con el registro "I". | 48 | 68 |
| LD A,(nn) | Carga el acumulador con el octeto "nn". | 48 | 68 |
| LD A,R | Carga el acumulador con el registro "R". | 49 | 68 |
| LD (BC),A | Carga el octeto (BC) con el valor del acumulador. | 49 | 69 |
| LD (DE),A | Carga el octeto (DE) con el valor del acumulador. | 50 | 69 |
| LD (HL),n | Carga el octeto (HL) con el valor "n". | 46 | 68 |
| LD dd,nn | Carga el par de registros "dd" con el valor "nn". | 51 | 69 |
| LD HL,(nn) | Carga el par de registros "HL" con el octeto (nn). | 52 | 69 |
| LD (HL),r | Carga el octeto (HL) con el registro "r". | 45 | 68 |
| LD I,A | Carga el registro "I" con el acumulador. | 50 | 69 |
| LD IX,nn | Carga el registro "IX" con el valor "nn". | 51 | 69 |
| LD IX,(nn) | Carga el registro "IX" con el octeto (nn). | 53 | 69 |
| LD (IX+d),n | Carga el octeto (IX+d) con el valor "n". | 46 | 68 |
| LD (IX+d),r | Carga el octeto (IX+d) con el valor del registro "r". | 45 | 68 |
| LD IY,nn | Carga el registro "IY" con el valor "nn". | 52 | 69 |

| NEMOTECNICO | OBJETO | Ref. pag. | Cod. pag. |
|--------------|--|--------------|--------------|
| LD IY, (nn) | Carga el registro IY con el octeto (nn). | 54 | 69 |
| LD (IY+d), n | Carga el octeto (IY+d) con el valor "n". | 47 | 68 |
| LD (IY+d), r | Carga el octeto (IY+d) con el valor del registro "r" | 45 | 68 |
| LD (nn), A | Carga el octeto (nn) con el valor del acumulador. | 50 | 69 |
| LD (nn), dd | Carga los octetos (nn) y (nn+1) con el valor del par de registros "dd". | 55 | 69 |
| LD (nn), HL | Carga los octetos (nn) y (nn+1) con el valor del par de registros "HL". | 54 | 69 |
| LD (nn), IX | Carga los octetos (nn) y (nn+1) con el valor del registro "IX". | 55 | 69 |
| LD (nn), IY | Carga los octetos (nn) y (nn+1) con el valor del registro "IY". | 56 | 69 |
| LD R, A | Carga el registro "R" con el valor del acumulador. | 51 | 69 |
| LD r, (HL) | Carga el registro "r" con el valor del octeto (HL). | 43 | 67 |
| LD r, (IX+d) | Carga el registro "r" con el valor del octeto (IX+d). | 43 | 67 |
| LD r, (IY+d) | Carga el registro "r" con el valor del octeto (IY+d). | 44 | 67 |
| LD r, n | Carga el registro "r" con el valor "n". | 43 | 67 |
| LD r, r' | Carga el registro "r" con el valor del registro "r'". | 42 | 67 |
| LD SP, HL | Carga el registro "SP" con el valor del registro "HL". | 56 | 70 |
| LD SP, IX | Carga el registro "SP" con el valor del registro "IX". | 57 | 70 |
| LD SP, IY | Carga el registro "SP" con el valor del registro "IY". | 57 | 70 |
| LDD | Carga el octeto (DE) con el valor del octeto (HL), decrementa "DE", "HL" y "BC". | 180 | 187 |

| NEMOTECNICO | OBJETO | Ref. pag. | Cod. pag. |
|-------------|--|--------------|--------------|
| LDDR | Carga el octeto (DE) con el valor del octeto (HL), decrementa "DE", "HL" y "BC", repite hasta que "BC"=∅. | 181 | 187 |
| LDI | Carga el octeto (DE) con el valor del octeto (HL), incrementa "DE" y "HL", decrementa "BC". | 177 | 187 |
| LDIR | Carga el octeto (DE) con el valor del octeto (HL), incrementa "DE" y "HL", decrementa "BC", repite hasta que "BC"=∅. | 179 | 187 |
| NEG | Complementa a 2 el acumulador. | 134 | 139 |
| NOP | No opera. | 357 | 362 |
| OR s | Operación lógica OR entre el operando "s" y el acumulador. | 113 | 130 |
| OTDR | Salida por el periférico "C" del octeto (HL), decrementa "HL" y "B", repite hasta que "B"=∅. | 341 | 342 |
| OTIR | Salida por el periférico "C" del octeto (HL), incrementa "HL", decrementa "B", repite hasta que "B"=∅. | 339 | 342 |
| OUT (C),r | Salida por el periférico "C" del valor del registro "r". | 338 | 342 |
| OUT (n),A | Salida por el periférico n del valor del acumulador. | 337 | 342 |
| OUTD | Salida por el periférico "C" del valor del octeto (HL), decrementa "HL" y "B". | 340 | 342 |
| OUTI | Salida por el periférico "C" del valor del octeto (HL), incrementa "HL", decrementa "B". | 338 | 342 |
| POP IX | Carga "IX" con los dos primeros octetos de la pila de máquina. | 60 | 70 |
| POP IY | Carga "IY" con los dos primeros octetos de la pila de máquina. | 61 | 70 |
| POP qq | Carga el par de registros "qq" con los dos primeros octetos de la pila de máquina. | 60 | 70 |
| PUSH IX | Carga los dos primeros octetos de la pila de máquina con "IX". | 59 | 70 |

| NEMOTECNICO | OBJETO | Ref. pag. | Cod. pag. |
|-------------|--|--------------|--------------|
| PUSH IY | Carga los dos primeros octetos de la pila de máquina con "IY". | 59 | 70 |
| PUSH qq | Carga los dos primeros octetos de la pila de máquina con el valor del par de registros "qq". | 58 | 70 |
| RES b,m | Pone a cero el bit "b" del operando "m". | 262 | 266 |
| RET | Retorno desde sub-rutina. | 288 | 293 |
| RET cc | Retorno desde sub-rutina si la condición "cc" es verdadera. | 289 | 293 |
| RETI | Retorno desde interrupción. | 289 | 293 |
| RETN | Retorno desde interrupción no enmascarable. | 289 | 293 |
| RL m | Rotación a la izquierda del octeto del operando "m" mas el acarreo. | 213 | 212 |
| RLA | Rotación a la izquierda del acumulador mas el acarreo. | 207 | 212 |
| RLC (HL) | Rotación a la izquierda del octeto (HL). | 210 | 212 |
| RLC (IX+d) | Rotación a la izquierda del octeto (IX+d). | 210 | 212 |
| RLC (IY+d) | Rotación a la izquierda del octeto (IY+d). | 211 | 212 |
| RLC r | Rotación a la izquierda del registro "r". | 209 | 212 |
| RLCA | Rotación a la izquierda del acumulador. | 206 | 212 |
| RLD | Rotación de 4 bits entre octeto (HL) y acumulador, octeto hacia la izquierda. | 227 | 230 |
| RR m | Rotación, a la derecha, del operando "m" mas el acarreo. | 217 | 212 |
| RRA | Rotación, a la derecha, del acumulador mas el acarreo. | 209 | 212 |
| RRC m | Rotación del operando "m" a la derecha. | 215 | 212 |
| RRCA | Rotación del acumulador a la derecha. | 207 | 212 |

378 CODIGO MAQUINA

| NEMOTECNICO | OBJETO | Ref. pag. | Cod. pag. |
|---------------|---|--------------|--------------|
| RRD | Rotación de 4 bits entre octeto (HL) y acumulador, octeto a la derecha. | 228 | 230 |
| RST p | Llamada a dirección "p" de página 0. | 291 | 293 |
| SBC A,s | Restar del acumulador el operando "s" con acarreo. | 89 | 90 |
| SBC HL,ss | Restar del par de registros "HL" el operando "ss" con acarreo. | 128 | 139 |
| SCF | Poner a 1 el indicador de acarreo. | 135 | 139 |
| SET b, (HL) | Poner a 1 el bit "b" del octeto (HL). | 260 | 265 |
| SET b, (IX+d) | Poner a 1 el bit "b" del octeto (IX+d). | 261 | 265 |
| SET b, (IY+d) | Poner a 1 el bit "b" del octeto (IY+d). | 261 | 265 |
| SET b,r | Poner a 1 el bit "b" del registro "r". | 260 | 265 |
| SLA m | Desplazamiento aritmético a la izquierda del operando "m". | 219 | 230 |
| SRA m | Desplazamiento aritmético a la derecha del operando "m". | 222 | 230 |
| SRL m | Desplazamiento lógico a la derecha del operando "m". | 224 | 230 |
| SUB s | Restar del acumulador el operando "s". | 84 | 90 |
| XOR s | Operación, lógica OR exclusivo entre el operando "s" y el acumulador. | 118 | 130 |

MANEJO DE ENSAMBLADORES

Un ensamblador es un programa que, partiendo de una secuencia de instrucciones en código nemotécnico (Programa fuente), construye una secuencia de instrucciones en código máquina (Programa absoluto).

Una vez visto todo el repertorio de instrucciones del micro-procesador Z-80, tanto en su forma nemotécnica como en código máquina, no se le escapará al lector que lo más sencillo es escribir un programa con las instrucciones nemotécnicas. Pero este programa no puede ser ejecutado por el ordenador, no ocurre lo mismo que con el lenguaje Basic que cada instrucción es interpretada en el momento de la ejecución. Este programa fuente en assembler tiene que pasarse a un código entendible por el ordenador; ésta es la misión de un ensamblador.

Los ensambladores, para cumplir su misión, tienen que ir haciendo pasadas por las instrucciones para construir octetos en código máquina. Una sola pasada por las instrucciones no suele ser suficiente para convertirlas totalmente, dependerá de la potencia del ensamblador el que se tengan que hacer dos o tres pasadas.

En una primera pasada se construirán todos los códigos de operación y se podrán poner los operandos si la variable ya ha sido definida que no siempre ocurrirá. Piense en

un salto a una instrucción con una etiqueta que esté situada más adelante.

En una segunda pasada se satisfarían los operandos que dependen de etiquetas situadas posteriormente. El caso del salto apuntado con anterioridad.

Una tercera pasada puede ser necesaria para las expresiones, si el ensamblador no tiene la limitación de que todos los valores que entren en una expresión estén definidos antes de la codificación de ésta, serán necesarios al menos tres pasadas por la secuencia de instrucciones, en caso contrario con dos pasadas es suficiente.

Cuando se ensambla un programa se le suele dar una dirección de comienzo para que todos los operandos estén calculados en base a esa dirección. Si no se hace así, será necesario un programa cargador que, en el momento de la carga, base la dirección del programa y por tanto sus operandos. Un programa en código de máquina sin basar se llama relocizable.

Otra de las funciones que suelen incorporar los ensambladores es la detección de errores tanto de sintaxis como de lógica, tales como código nemotécnico desconocido, etiqueta duplicada, mal dimensionado de campos, etc.

Después de analizar múltiples ensambladores actualmente en el mercado para el Zx Spectrum nos ha parecido

más interesante limitarnos al conocido «GENS-3». Las razones son las siguientes: es el más potente, por lo tanto el que más comandos tiene con lo que lo dicho sobre él podrá no estar en otros pero si lo está será de forma muy parecida o igual; los códigos nemotécnicos y los formatos de las instrucciones son exactamente los mismos que hemos visto a lo largo de este curso y por último está comercializado con garantía de adquisición para los interesados.

Otra de las herramientas que incorpora un buen ensamblador es un editor. El editor consiste en una serie de comandos para construir el lenguaje fuente, los cuales permiten: borrar, intercalar, avanzar, retroceder, tabular, etc., todo aquello que simplifica la construcción de un programa fuente.

A pesar de las explicaciones de comandos que se den en este apartado, normalmente válidas para cualquier ensamblador, es inevitable leerse las instrucciones que acompañan a un programa ensamblador para aprovechar al máximo sus opciones.

Formato de la instrucción

ETIQUETA NEMOTECNICO OPERANDOS;
COMENTARIOS

ETIQUETA:

Una etiqueta es una secuencia de caracteres, dígitos

y signos que representan un valor. Si la etiqueta precede a una instrucción su valor es la dirección de esta instrucción; si precede a una definición de campos es el valor de la dirección de comienzo de dichos campos y por último a una etiqueta se le puede dar un valor deseado por medio del directivo EQU.

En el caso de GENS 3 la etiqueta tiene una longitud indeterminada pero sólo son significativos los seis primeros caracteres, esto da la posibilidad de usar la etiqueta como comentario para entender el programa.

CONTADOR DE POSICIONES:

El programa ensamblador conoce en cada momento la dirección de la instrucción que está analizando, esta dirección se representa por el signo '\$' y se conoce como contador de posiciones. El signo '\$' puede ser utilizado como parte del operando o en una expresión; una instrucción como JP \$+10 indicaría un salto de diez octetos desde la dirección del primer octeto de la instrucción. El contador de posiciones puede inicializarse con el directivo ORG.

EXPRESIONES:

Una expresión es una sucesión de uno o varios términos separados por operadores.

Los términos pueden ser:
 constantes decimales
 constantes hexadecimales
 constantes binarias
 caracteres
 etiquetas
 contador de posiciones '\$'

Las constantes decimales se definen con los propios dí-

gitos, las hexadecimales anteponiendo el signo #, las binarias anteponiendo el signo % y los caracteres entre comillas. Ejemplos:

```
3648
#4E62
%100 10 1
«a»
```

Los operadores pueden ser:

- + suma
- resta
- & AND
- (a) OR (a de arroba con S/S + «2»)
- ! XOR
- * multiplicación
- / división
- ? función MOD (módulo)

Los operadores se valoran de izquierda a derecha según aparecen en la expresión sin que exista ninguna prioridad ni siquiera por medio de paréntesis. Por ejemplo en una expresión del tipo:

```
term1 + term2 * term3 - term4
```

primero se sumaría term1 y term2, se multiplicaría el resultado con term3 y se restaría al resultado term4.

Ejemplo de expresiones:

```
%0 110 10 & %100 10
472 * #E
etiqueta/5 + %110
```

Observe que los operandos y los términos pueden ir separados por espacios.

DIRECTIVOS DEL ENSAMBLADOR:

Los directivos son códigos pseudo-nemotécnicos que se escriben con las instrucciones pero que no tienen una correspondencia con códigos

de máquina; sólo son entendidos por el ensamblador en tiempo de ensamblaje.

A continuación describiremos los más comunes. Valorar etiquetas:

ETIQUETA EQU expresión

Iguala la etiqueta al valor de la expresión, de tal forma que cada vez que se utilice la etiqueta en un operando o en un operador, se estará usando su valor. Este es el único directivo en el que la etiqueta es obligatoria.

Ejemplo:

```
NUMERO-INICIAL EQU 28
```

Resultaría

NUMERO: 00011100 1Ch

Definición de campos:

DEFB expresión, expresión,...

Define tantos octetos como expresiones tenga el operando con el valor de las mismas, por tanto el valor de la expresión no debe superar el tamaño del octeto.

Ejemplo:

```
CAMPO DEFB 5+7, NUMERO-INICIAL -1
```

Resultaría

CAMPO: 00001011 0Bh
 00011011 1Bh

DEFW expresión, expresión,...

Define tantos pares de octetos como expresiones tenga el operando con el valor de las mismas, por tanto el valor de la expresión no debe superar el tamaño de dos octetos (16 bits).

Ejemplo:

CAMPO2 DEFW 15,23*23

Resultaría

| | | |
|---------|-----------------|-----|
| CAMPO2: | 0 0 0 0 0 0 0 0 | 00h |
| | 0 0 0 0 1 1 1 1 | 0Fh |
| | 0 0 0 0 0 0 0 1 | 01h |
| | 0 0 0 0 0 0 1 1 | 03h |

DEFS expresión

Incrementa el contador de posiciones en el valor de la expresión. Esto equivale a reservar una zona de memoria con una longitud igual al valor de la expresión.

DEFM «S»

Define tantos octetos como caracteres tenga la cadena «s» con los valores ASCII de los mismos. El símbolo " limita la cadena.

Ejemplo:

LETRAS DEFM «ABCD»

Resultaría

| | | |
|---------|-----------------|-----|
| LETRAS: | 0 1 0 0 0 0 0 1 | 41h |
| | 0 1 0 0 0 0 1 0 | 42h |
| | 0 1 0 0 0 0 1 1 | 43h |
| | 0 1 0 0 0 1 0 0 | 44h |

Condicionales

IF expresión

Si el valor de la expresión es cero el ensamblador no ensambla las siguientes instrucciones hasta encontrar un directivo ELSE o END; en caso contrario continúa normalmente.

ELSE

Cambia el estado del ensamblador. Si estaba ensamblado deja de hacerlo; si no lo hacía pasa a hacerlo.

END

Sea cual sea el estado anterior se pone a ensamblar.

COMANDOS DEL ENSAMBLADOR:

Son también pseudonemotécnicos que a diferencia de los directivos no modifican el programa absoluto actuando únicamente sobre el listado resultante.

*E

Deja tres líneas en blanco.

*Hs

Imprime la cadena de caracteres s después de cada comando *E. *H realiza un comando *E de forma automática.

*S

Detiene el listado en esta línea. Sólo actúa sobre la pantalla, en la impresora no tiene efecto.

*L—

Detiene el listado a partir de esta línea tanto en pantalla como en impresora.

*L+

Continúa el listado a partir de esta línea tanto en pantalla como en impresora.

*D—

Pone las direcciones de los octetos en hexadecimal.

*D+

Pone las direcciones de los octetos en decimal.

*C—

Acorta la línea de listado

suprimiendo el código de máquina.

*C+

Vuelve a listar la línea completa.

*F (nombre de fichero)

Lee desde cinta el código agrupado bajo el nombre de fichero de 10 caracteres, el cual fue previamente salvado con el comando de editor T. Caso de no poner nombre de fichero se tomará el primero de la cinta.

Este código se ensamblará con el resto del programa y el comando F será reconocido en la primera pasada del ensamblador.

Editor

Un editor es un programa o una serie de rutinas que acompañan al ensamblador, su misión consiste en gestionar un fichero donde se introduce el programa fuente.

Un buen editor gestiona este fichero usando el mínimo de memoria por línea de codificación, lo cual consigue compactando los espacios. Tenga en cuenta que los miniordenadores del tipo del Spectrum no disponen de mucha memoria y dentro de esta memoria tiene que entrar el ensamblador con su editor, el programa fuente y el absoluto ejecutable.

Normalmente en modo editor se entra cuando se llama al ensamblador, tal es el caso del GENS 3. En este momento se está en condiciones de introducir los comandos para construir, modificar o editar el texto del programa simbólico.

Además se utilizan las si-

güentes teclas con un significado diferente del indicado en las mismas:

EDIT - Anula la última entrada

DELETE - Borra un espacio hacia atrás

Cursor derecha - Salta al siguiente tabulador

Cursor izquierda - Borra toda la línea

A continuación analizaremos los comandos más importantes sin pretender con ello excluir las especificaciones que en cada momento proporcione el realizador de un ensamblador. Como en el caso anterior nos centraremos en GENS 3.

Comandos del editor

INSERCIÓN DE TEXTO:

Se entiende como texto tanto las instrucciones como los comentarios, directivos del ensamblador y definición de campos.

I n,m

Este comando pone al editor en modo de inserción automático, se irán introduciendo líneas de programa y éstas irán numeradas desde n saltando de m en m. Cada vez que el editor dé el cursor lo dará acompañado del número de línea correspondiente.

Esta es la forma en la que se va construyendo el programa fuente.

Al introducir el texto bien sea o no en modo inserción hay que tener en cuenta la siguiente actuación del editor. Si se está en modo automático el editor presenta el número

de la línea que se pretende incluir, si no es el primer campo a escribir; posteriormente se deja un espacio y se escribe la etiqueta, si no tiene etiqueta la sentencia se dejarán dos espacios con lo que el formato quedará perfectamente tabulado; a continuación irán el código nemo-técnico y el operando; por último si se desea se pondrán los comentarios. Este sistema de ir dejando un solo espacio hace que el editor tabule correctamente el texto y permite que el ensamblador cuando se procese tome correctamente cada campo del formato de la instrucción.

Para salir del modo «Inserción», pulse \textcircled{R} EDIT o \textcircled{R} CAPS SHIFT + «1».

LISTADO DE TEXTO:

Es necesario en múltiples ocasiones revisar lo introducido hasta el momento, si está en «Inserción», deberá salir al modo editor de la forma que se dijo antes.

L n,m

Este comando lista el texto desde la línea n a la m, ambas inclusivas.

K n

Este comando indica el número de líneas que se quiere visualizar de cada vez. Se utiliza en combinación con 'L', cada vez que se introduzca 'L' se visualizarán n líneas.

MANIPULACION DEL TEXTO:

Este grupo de comandos está orientado a corregir el texto previamente introducido.

D n,m

Borra todas las líneas desde la n a la m inclusive.

M n,m

Mueve la línea n a la línea m borrando la que hubiera allí. La línea n permanece inalterada.

N n,m

Renumerar el texto poniendo como primer número n en intervalos de m. Esto puede ser necesario si se han intercalado muchas líneas.

F n,m,f,s,

Busca en el texto comprendido entre las líneas n y m la cadena de caracteres f, si encuentra una cadena igual pone la línea en el buffer de edición y entra en dicho modo, el cual estudiaremos más detenidamente a continuación. El campo s es una cadena de caracteres que podrá sustituir a la cadena f en función de los comandos del modo edición. Los valores de los campos de F permanecen mientras no se definen otros.

E n

Pasa la línea n al buffer de edición y entra en dicho modo. En este momento se podrá modificar la línea en curso sin afectar hasta que se decida, al texto original. Exactamente lo que se hace es copiar la línea desde el texto del programa fuente sobre un buffer que se displaya sobre la pantalla, sobre este texto se actúa modificándolo y cuando se considere oportuno, se salvará sobre el programa fuente, hasta que esto ocurra ninguna modificación

del buffer de edición tendrá efecto.

Los subcomandos del modo edición son los siguientes:

Barra de espacio - Pasa al siguiente carácter sin borrar. No se puede pasar del final de la línea.

DELETE - Pasa al carácter anterior sin borrar. No se puede ir más atrás del comienzo de la línea.

Cursor derecha - Pasa a la siguiente posición de tabulador.

ENTER - Introduce los cambios del buffer de edición sobre el programa fuente y sale del modo edición.

Q - Sale del modo edición e ignora los cambios realizados en el buffer.

R - Repone la línea del programa fuente en el buffer de edición.

L - Lista el resto de la línea desde el cursor hasta el final, permaneciendo en el modo de edición.

K - Borra el carácter señalado por el cursor.

Z - Borra desde el cursor hasta el final de la línea.

F - Busca una nueva cadena de caracteres f previamente definida. Los cambios efectuados con anterioridad quedan respaldados.

S - Sustituye la cadena de caracteres encontrada f por la s previamente definida.

I - Inserta caracteres en la posición del cursor hasta que se pulse ENTER.

X - Coloca el cursor después del último carácter de la línea i comienza a actuar como el comando I.

C - Cambia los caracteres po-

sicionados por el cursor hasta que se pulse ENTER.

Ensamblaje y puesta en marcha

Para esta misión existen dos comandos.

A

Ensambla desde la primera línea de texto hasta la última.

R

Ejecuta el programa resultante si no hay errores de ensamblaje. La ejecución se hace en la dirección especificada en el directivo ENT.

Comandos de cinta

P n,m,s

Salva en cinta el texto comprendido entre las líneas n y m, dándole el nombre s. No pide parámetros por tanto el cassette debe estar en posición de grabar.

G ,,s

Lee desde cinta el fichero con el nombre s y lo coloca a continuación del texto ya introducido. Este fichero fue previamente salvado a cinta por el comando P.

T n,m,s

Salva en cinta el texto comprendido entre la línea n y m para su posterior utilización por el directivo de ensamblador *F. Por tanto, cuando un texto se pretenda añadir a otro ya introducido se utiliza-

rá el comando P. Si lo que se quiere es un texto para intercalarlo dentro de un programa se utilizará el comando T. Esto resulta muy útil para codificar solamente una vez rutinas usadas en varios programas.

Comandos de Microdrive

La versión «GENS-3M» está preparada para trabajar con Microdrive. Los comandos son los mismos que para cinta, con las siguientes modificaciones:

P n,m,h:s

Salva el código fuente desde la línea n hasta la m en el microdrive h con el nombre de fichero s.

G,,h:s

Carga el código fuente cuyo nombre es «s» desde el microdrive número h.

Otros comandos

B

Salva del ensamblador y retorna al Basic.

S

Cambia el carácter limitador de argumentos. Al iniciarse el ensamblador este carácter es la coma «,». El carácter separador no puede ser un espacio.

W n,m

Saca por impresora las líneas comprendidas entre n y m. Si se omite «n,m» se imprime el texto completo.

TABLA DE MANEJO DE GENS 3

Opciones de llamada del ensamblador

| Opciones | Significado |
|----------|--|
| 1 | Produce un listado de la tabla de símbolos |
| 2 | No genera código objeto |
| 4 | No produce ningún listado de ensamblaje |
| 8 | Imprime el listado en la impresora |
| 16 | Sitúa el código objeto después de la tabla de símbolos. En combinación con el directivo ORG puede colocar el código objeto en una parte de la memoria y estar diseñado para ejecutarse en otra |
| 32 | No comprueba dónde va el código objeto |

Operadores de las expresiones

| Operador | Significado |
|----------|----------------|
| + | Suma |
| - | Resta |
| & | AND |
| (a) | OR |
| ! | XOR |
| * | Multiplicación |
| / | División |
| ? | Módulo |

Directivos de ensamblador

| Formato | ETIQUETA DIRECTIVO OPERANDO, OPERANDO,... |
|-----------|---|
| Directivo | Significado |
| ORG | Inicia el contador de direcciones |
| EQU | Da un valor a una etiqueta |
| DEFB | Define octetos |
| DEFW | Define palabras (dos octetos) |
| DEFS | Reserva espacio de memoria |
| DEFM | Define literales |
| ENT | Define dirección de ejecución del código objeto |
| IF | Condiciona el ensamblaje del código fuente |
| ELSE | Cambia el estado de la condición |
| END | Termina el ensamblado condicional |

Comandos del ensamblador

| Comando | Significado |
|---------|--|
| *E | Envía tres líneas en blanco |
| *Hs | Pone s como cabecera después de *E |
| *S | Detiene el listado, cualquier tecla lo activa |
| *L- | Detiene el listado a partir de esta línea |
| *L+ | Activa el listado a partir de esta línea |
| *D+ | Contador de direcciones en decimal |
| *D- | Contador de direcciones en hexadecimal |
| *C- | No imprime código objeto |
| *C+ | Vuelve a imprimir el código objeto |
| *F (f) | Intercala el código salvado con el nombre de fichero f |

Comandos del editor

| Comando | Significado |
|-----------|--|
| I n,m | Pone editor en inserción automática desde línea n en intervalos m |
| L n,m | Lista texto desde n a m inclusive |
| K n | Establece número de líneas n para listar en partes |
| D n,m | Borra las líneas desde la n a la m |
| M n,m | Pasa el texto de la línea n a la m |
| N n,m | Renumerar el texto desde n con m de intervalo |
| F n,m,f,s | Busca la cadena f entre las líneas n y m |
| E n | Edita línea n y se pone en edición de línea. Ver subcomandos |
| P n,m,s | Salva en cinta el texto definido entre n y m bajo el nombre s |
| G „s | Lee de cinta el fichero con el nombre s |
| T n,m,s | Salva en cinta el texto definido entre n y m bajo el nombre s para uso posterior del comando de ensamblador *F |
| A | Ensambla el programa |
| R | Ejecuta el programa en la dirección definida con el directivo ENT si no hubo errores |
| B | Pasa control al programa monitor |
| C | Convierte ficheros de GENS 1 a GENS 3 |
| S„d | Cambia limitador de los argumentos |
| V | Muestra los valores de N1, N2, S1 y S2 |
| W n,m | Saca por impresora el texto comprendido entre n y m |
| X | Saca a pantalla las direcciones de comienzo y final del fichero en decimal |

Subcomandos del editor de línea

| Subcomando | Significado |
|------------|---|
| Espacio | Pasa a siguiente carácter |
| DELETE | Pasa a carácter anterior |
| - > | Pasa a siguiente posición de tab |
| Q | Ignora cambios realizados |
| R | Recupera la línea desde el texto |
| L | Lista desde cursor a final de línea |
| K | Borra carácter |
| Z | Borra desde cursor a fin de línea |
| F | Busca siguiente cadena f |
| S | Cambia s por f |
| I | Inserta caracteres hasta pulsar ENTER |
| X | Pone el cursor en el último carácter de la línea y actúa como I |
| C | Cambia caracteres hasta pulsar ENTER |

SUBROUTINAS DE LA ROM

Una vez vistas todas las instrucciones y la forma de manejar un ensamblador, lo más probable es que el lector se lance, como loco, a escribir rutinas en código máquina para incorporar en sus programas.

En muchos casos, habrá rutinas que no será necesario escribir, ya que los señores de SINCLAIR lo han hecho por nosotros. Estas rutinas se encuentran en la ROM. Forman parte del Sistema Operativo y son utilizadas por éste para realizar ciertas tareas. Pero también podemos utilizarlas nosotros, llamándolas desde nuestros programas. Lo único que se necesita saber, para esto, es:

- 1.º Qué hace la rutina.
- 2.º Dónde está ubicada.
- 3.º Condiciones de entrada (contenido de registros, flags y variables).
- 4.º Condiciones de salida.

Estos datos serán los que daremos en el presente capítulo. La lista de rutinas no es exhaustiva, simplemente, hemos seleccionado aquellas que consideramos más útiles.

Al final del capítulo, pasaremos, también, revista al calculador de la ROM.

El formato que vamos a emplear para cada rutina es el siguiente:

NOMBRE: XXXXh (xxxxx)

- > DESCRIPCION: ...
- > ENTRADA: ...
- > SALIDA: ...
- > REGISTROS ALTERADOS: ...
- > FUNCIONAMIENTO: ...
- > EJEMPLO: ...

La primera línea es el nombre de la rutina (el que tiene en el código fuente del Sistema Operativo). A continuación viene su dirección, tanto en hexadecimal como en decimal.

La segunda línea es una breve descripción de lo que hace la rutina. Esta descripción puede servir como referencia rápida para elegir la rutina más adecuada a determinada tarea.

La tercera línea indica las condiciones de entrada a la rutina. El estado de los registros que no se mencionen no afecta al funcionamiento de la rutina.

La cuarta línea indica las condiciones de salida. Los registros que no se mencionen, o bien no sufren modificación, o bien salen con un contenido indeterminado.

La quinta línea indica los registros que es conveniente preservar, antes de llamar a la rutina, si se desea que su valor no resulte alterado. En caso de que no exista esta línea, deberá asumirse que la rutina altera el contenido de todos los registros del «set» principal («A», «F», «B», «C», «D», «E», «H» y «L»).

En el apartado «FUNCIONAMIENTO», se dará una descripción más amplia de cómo funciona la rutina. Cuando la longitud de la misma lo permita, procuraremos incluir su listado.

Por último, en el apartado «EJEMPLO», se dará, cuando sea posible, un breve ejemplo de utilización de la rutina. Procuraremos, siempre, que el ejemplo ilustre al lector sobre la forma de usarla.

Para utilizar estas rutinas en sus pro-

gramas, deberá llamarlas con «CALL». No incluimos aquí los «RESTARTs» de página «0» ya que se vieron en un capítulo anterior.

Para evitar confusiones, utilizaremos la palabra «pila» para referirnos a la pila de máquina y usuario, y la palabra «stack» para referirnos a la pila del calculador. Esta pila se utiliza para almacenar datos en los cálculos, cada elemento de la misma tiene 5 bytes que pueden representar un número en coma flotante o los parámetros de una cadena. La veremos con más detenimiento cuando estudiemos el calculador de la ROM.

Rutinas de control de pantalla

PLOT-SUB: 22E5h (8933)

- > DESCRIPCION: Equivalente al comando «PLOT» del Basic.
- > ENTRADA: «B» = Coordenada «y»
 «C» = Coordenada «x»
- > SALIDA: Ajusta coordenadas en la Variable «COORDS».
- > FUNCIONAMIENTO: Se trata de una entrada alternativa a la rutina del comando «PLOT». La verdadera entrada es por 22DCh y exige que las coordenadas se hallen presentes en la parte alta del stack del calculador. Primero actualiza la variable «COORDS», luego halla la dirección del byte de pantalla que contiene el pixel que hay que poner a «1» y, finalmente, altera el bit en cuestión, tomando en cuenta el estado de «INVERSE» y «OVER» (Bit 0 de «P-FLAGS» es «1» para «OVER 1» y Bit 2 de «P-FLAGS» es «1» para «INVERSE 1»).
- > EJEMPLO: Supongamos que queremos poner a «1» el pixel cuyas coordenadas son: x = 112 e y = 93. El procedimiento sería:

```
PUSH BC
LD BC, #5D70
PUSH HL
PUSH AF
PUSH DE
CALL #22E5
POP DE
POP AF
POP HL
POP BC
```

Esto sería equivalente a la sentencia Basic: PLOT 112,93.

POINT: 22CEh (8910)

- > DESCRIPCION: Equivalente a la función «POINT» del Basic.
- > ENTRADA: «B» = Coordenada «y»
 «C» = Coordenada «x»
- > SALIDA: Coloca el resultado en la parte alta del stack del calculador. Este resultado será «0» si el pixel tiene color de papel o «1» si lo tiene de tinta.
- > FUNCIONAMIENTO: En realidad, se trata de un punto de entrada alternativo a la subrutina de la función «POINT». El otro punto de entrada es por 22CBh y exige que las coordenadas se hallen en la parte alta del stack. Al igual que la anterior, empieza por hallar la dirección del byte que contiene el pixel y, luego, comprueba si este es «1» o «0» terminando por meter este valor en el stack.

CL-SCROLL: 0E00h (3584)

- > DESCRIPCION: Hace un «Scroll» de pantalla hacia arriba, tantas líneas como indique el contenido del registro «B».
- > ENTRADA: «B» = N.º de líneas a desplazar.

- > SALIDA: Ninguna.
- > FUNCIONAMIENTO: Empieza por hallar la dirección de pantalla de la línea que va a quedar en la parte alta, a continuación, entra un bucle donde copia cada línea en su nueva ubicación. Finalmente, sale por «CL-LINE» (siguiente rutina) para borrar tantas líneas, desde abajo, como se hubieran desplazado hacia arriba. Un punto de entrada alternativo sería por 0DFEh para desplazar toda la pantalla. Esto sería equivalente a:

```
LD B,23
CALL #0E00
```

De hecho, la instrucción ensamblada en 0DFEh es, precisamente, LD B,23.

CL-LINE: 0E44h (3652)

- > DESCRIPCION: Borra tantas líneas de la pantalla, contadas desde abajo, como indique el contenido del registro «B».
- > ENTRADA: «B» = N.º de líneas a borrar.
- > SALIDA: Ninguna.
- > FUNCIONAMIENTO: Empieza por hallar la dirección de la línea más alta que habrá de borrar. A continuación, entra en un bucle donde borra todos los scans hasta el final de la pantalla. Finalmente, copia los atributos permanentes en las líneas que ha borrado. Un punto de entrada alternativo para hacer la función equivalente a «CLS» sería por 0D6Bh que restaura, también, las posiciones de PRINT y PLOT. En realidad, esta última es la rutina de respuesta al comando «CLS».

BORD-1: 229Bh (8859)

- > DESCRIPCION: Pone el borde del color especificado por el contenido del registro «A».
- > ENTRADA: «A» = Nuevo color del borde.
- > SALIDA: Altera la variable «BORDCR».
- > REGISTROS ALTERADOS: «AF».
- > FUNCIONAMIENTO: Se trata de una entrada alternativa a la rutina del comando «BORDER». Esta última tiene su entrada por 2294h y requiere que el nuevo color se encuentre en el stack. BORD-1 empieza por hacer un «OUT (FE),A» para cambiar el color del borde, a continuación, halla un color de tinta que contraste con este y, por último, mete estos datos en la variable «BORDCR» para fijar los atributos de la parte inferior de la pantalla.
- > EJEMPLO: Para poner el borde de color rojo, podríamos hacer:

```
LD A,2
CALL #229B
```

Rutinas de cassette y sonido

BEEPER: 03B5h (949)

- > DESCRIPCION: Se trata de la subrutina que utiliza el comando «BEEP» del Basic para producir un tono de una frecuencia y duración determinadas. Hay que poner sumo cuidado con los datos de entrada ya que estos no son, exactamente, como en el Basic. La rutina deshabilita las interrupciones al principio y las vuelve a habilitar al final; lo hace así para que la tem-

porización de señales no se vea afectada por la respuesta a peticiones de interrupción.

- > ENTRADA: Si llamamos «f» a la frecuencia de la nota en hercios (ciclos por segundo) y «t» a su duración en segundos, los valores de «HL» y «DE» serán los siguientes:

```
«HL»=INT ((t*6689/4)-30.125)
«DE»=INT (f*t)
```

La tabla de frecuencias para la octava central es la siguiente:

| | | |
|------|------|--------|
| DO | (C) | 261.63 |
| DO# | (C#) | 277.18 |
| RE | (D) | 293.66 |
| RE# | (D#) | 311.13 |
| MI | (E) | 329.63 |
| FA | (F) | 349.23 |
| FA# | (F#) | 369.99 |
| SOL | (G) | 392.00 |
| SOL# | (G#) | 415.30 |
| LA | (A) | 440.00 |
| LA# | (A#) | 466.16 |
| SI | (B) | 493.88 |

La primera columna representa la notación clásica, la segunda columna es la notación americana y la tercera representa la frecuencia expresada en hercios. El punto indica los decimales (no los «millares»). Para subir una octava, se multiplicarán todas las frecuencias por 2 y se dividirán por 2 para bajar una octava. Estas frecuencias corresponden a la «afinación» del Spectrum, pero pueden modificarse ligeramente para conseguir cualquier afinación.

- > SALIDA: Ninguna.
- > EJEMPLO: Vamos a interpretar la nota FA de la segunda octava durante 1.5 segundos:

La frecuencia de FA es 349.23, la multiplicamos por 2 para la segunda octava: $349.23 * 2 = 698.46$.

Multiplicamos este valor por 1.5 segundos para hallar el contenido de «DE»: $698.46 * 1.5 = 1047.69$ y tomamos su parte entera: «DE» = 1047 = 0417h.

El contenido de «HL» será: «HL» = INT $((1.5 * 6689 / 4) - 30.125) = 2478 = 09AEh$.

Para llamar a la rutina haremos:

```
LD HL,2478
LD DE,1047
CALL #03B5
```

SA-BYTES: 04C2h (1218)

- > DESCRIPCION: Es la subrutina que utiliza el comando «SAVE» dos veces, una para la cabecera y otra para el bloque de datos propiamente dicho. Podemos utilizarla en nuestros programas para salvar bloques sin cabecera.
- > ENTRADA: «IX» = Dirección inicial del bloque.
«DE» = Longitud del bloque (n.º de bytes).
«A» = Flag identificador (ver FUNCIONAMIENTO).
- > SALIDA: «IX» = Final del bloque más 2.
- > REGISTROS ALTERADOS: «AF», «BC», «HL», «DE», «IX», «AF».
- > FUNCIONAMIENTO: Cada bloque de bytes salvado en el cassette, con la instrucción «SAVE» del Basic, consta de una cabecera y el bloque propiamente dicho. La cabecera consta de 17 bytes con el siguiente significado:

1.º): Tipo de bloque:

«00» = Programa Basic (Program:).

«01» = Matriz numérica (Number array:).

«02» = Matriz de caracteres (Character array:).

«03» = Bloque de bytes (Bytes:).

2.º al 11.º): 10 caracteres conteniendo el nombre del bloque.

12.º y 13.º): Longitud total del bloque. En «Program», longitud de programa más variables.

14.º y 15.º): En «Program» línea de arranque para auto-ejecución. En «Bytes» dirección inicial de carga.

16.º y 17.º): En «Program» longitud del programa (sin variables).

La cabecera tiene un tono guía que dura 5 segundos. A continuación hay una pusa de aproximadamente 1 segundo y, luego, el bloque de información, propiamente dicho, precedido de un tono guía de 2 segundos de duración. El último byte de este bloque es un byte de control que contiene el resultado de «XORear» entre sí todos los bytes del bloque (otro tanto ocurre en la cabecera). Este byte de control es añadido de forma automática por la rutina «SA-BYTES» y es leído y chequeado por la «LD-BYTES» de forma que el programador no se tiene que preocupar, en absoluto, por él.

El «Flag» del registro «A» le indica a la rutina de carga «LD-BYTES» si se trata de una cabecera o de un bloque de información. En el primer caso, este byte contendrá «00» (cabecera) y en caso de ser un bloque de información, contendrá «FF». En realidad, nosotros podemos hacer que este byte contenga cualquier dato. Cuando utilicemos la rutina «LD-BYTES» para cargar el bloque, el dato contenido por «A» deberá ser igual a aquel que utilizamos para salvar el blo-

que. De esta forma, es posible proteger un bloque de bytes de forma que solo se pueda cargar si se conoce el flag identificador.

La rutina añadirá un tono guía de 5 segundos si el flag identificador tiene su bit de más peso a «0» y añadirá un tono de 2 segundos si el flag identificador tiene el byte de más peso a «1». No obstante, existe un punto de entrada alternativo en el cual podemos fijar la longitud del tono guía. Este punto de entrada es «SA-FLAG» en la dirección 04D0h (1232). Las condiciones de entrada en este punto son las mismas que en «SA-BYTES», pero además, deberemos tener el número 053Fh en la parte alta de la pila de máquina y una constante en «HL» que va a indicar la duración del tono guía. Esta constante será igual (aproximadamente) a «t» * 1612 donde «t» es el número de segundos que durará el tono guía.

```
LD IX,16384
LD DE,6912
LD A,#AA
LD HL,#053F
PUSH HL
LD HL,4836
CALL #04D0
```

> EJEMPLO: Vamos a salvar una pantalla sin cabecera, con un flag identificador «AA» (170) y con un tono guía de 3 segundos de duración:

- 1.º) La dirección de inicio de la pantalla es 16384.
- 2.º) Su longitud es 6912.
- 3.º) La constante para el tono guía es $3 * 1612 + 4836$

- 4.º) Entraremos por «SA-FLAG» para poder controlar la longitud del tono guía.

Si hubiéramos querido salvarlo con su tono guía normal de 2 segundos y su flag normal de «FF», podríamos haber entrado por «SA-BYTES» de la siguiente forma:

```
LD IX,16384
LD DE,6912
LD A,#FF
CALL #04C2
```

SA-CONTRL: 0970h (2416)

- > DESCRIPCION: Realiza la función equivalente al comando «SAVE» del Spectrum. Salva un bloque de bytes con cabecera, flags y tonos guía correctos. Saca por pantalla el mensaje «Start tape, then press any key» y espera la pulsación de una tecla para empezar el proceso. Es necesario que se haya construido, previamente, una cabecera en algún lugar de la memoria.
- > ENTRADA: «HL» = Dirección de inicio del bloque.
«IX» = Dirección de inicio de la cabecera.
- > SALIDA: «IX» = Final del bloque más 2.
- > REGISTROS ALTERADOS: «AF», «BC», «HL», «DE», «IX» y «AF'».
- > FUNCIONAMIENTO: Se empieza por imprimir el mensaje «Start tape, then press any key» y esperar a que se pulse una tecla. A continuación, se salva la

cabecera con un flag «00» y un tono guía de 5 segundos. Luego, se hace una pausa de 50 interrupciones (1 segundo). Finalmente, se salva el bloque con flag «FF» y tono guía de 2 segundos.

Existe un punto de entrada alternativo donde evitamos que se imprima el mensaje y se espere la pulsación de tecla. Este punto de entrada es por la dirección 0984h (2436) y los requisitos son los mismos, excepto que el valor de «HL» tiene que estar, también, en la parte alta de la pila de máquina.

- > EJEMPLO: Vamos a guardar la pantalla (como en el ejemplo anterior) pero esta vez lo haremos con cabecera, de forma que pueda ser cargada con el comando «LOAD» del Basic. La rutina puede ser:

```
LD HL,16384
LD IX,CABEC.
CALL #0970

.....
CABEC. DEFB #03
DEFM "PANTALLA"
DEFB 0,0
DEFW 6912
DEFW 16384
DEFW 0
```

Hemos construido la cabecera a partir de la dirección dada por la etiqueta «CABEC.» el primer byte es «3» para indicar un bloque de bytes. Los 10 bytes siguientes contienen el nombre del fichero; ocho bytes para la palabra «PANTALLA» y los 2 restantes a «0». Los dos bytes siguientes contienen la longitud, los siguientes la dirección de inicio y los dos últimos están a «0» ya que, en este caso, no tienen significado.

Si quisiéramos hacer lo mismo, pero sin que se imprimiera el mensaje y se esperara la pulsación de una tecla, la rutina tendría que ser:

```
LD HL,16384
LD IX,CABEC.
CALL #0970
.....
CABEC. DEFB #03
DEFM "PANTALLA"
DEFB 0,0
DEFW 6912
DEFW 16384
DEFW 0
```

LD-BYTES: 0556h (1366)

- > DESCRIPCION: Sirve tanto para cargar como para verificar un bloque de datos o una cabecera.
- > ENTRADA: «IX» = Dirección de comienzo.
«DE» = Longitud.
«A» = Flag identificador (deberá ser igual que aquel con el que se salvó el bloque, de lo contrario, éste no será cargado).
«Carry» = (Indicador de acarreo). Deberá estar a «1» para cargar y a «0» para verificar.
- > SALIDA: «IX» = Dirección del último byte cargado más uno.
«DE» = «0» si la carga ha sido correcta.
«Carry» = «1» si la carga ha sido correcta, «0» si ha habido error de carga o de verificación.
- > REGISTROS ALTERADOS:

«AF», «BC», «HL», «DE», «IX» y «AF'».

- > FUNCIONAMIENTO: Se empieza por esperar un tono guía de, al menos, un segundo de duración. A continuación, se carga el flag y se retorna si no coincide con el especificado al llamar a la rutina. Después se van cargando o verificando, todos los bytes uno por uno; se retorna si se produce algún error (por ejemplo, si se interrumpe la señal entrante) con el acarreo a «0». Finalmente, se carga el último byte (el de control) y se comprueba si es correcto; de no serlo, se retorna con el acarreo a «0», en otro caso, se retorna con el acarreo a «1».
- > EJEMPLO: Vamos a cargar la pantalla que habíamos salvado, anteriormente, sin cabecera y con un flag «AA». La rutina será:

```
LD HL,16384
LD IX,CABEC.
PUSH HL
CALL #0984
.....
```

Llamaremos a la rutina con un «CALL LOAD» si es desde código máquina o un «RANDOMIZE USR ...» si es desde Basic. En cualquier caso, la rutina retorna si la carga ha sido correcta e imprime el mensaje. «Tape loading error» si se ha producido algún error.

Rutinas de uso general

BREAK-KEY: 1F54h (8020)

- > DESCRIPCION: Comprueba si están pulsadas las teclas «Caps

- shift» y «Space» de forma simultánea; o la tecla «BREAK» o «PARAR» en el Plus.
- > ENTRADA: Ninguna.
 - > SALIDA: Indicador de acarreo a «1» si no está pulsada y a «0» si lo está.
 - > REGISTROS ALTERADOS: «AF».
 - > FUNCIONAMIENTO: Primero lee la tecla «Space» y retorna con el carry a «1» si no está pulsada. Si lo está, lee la tecla «Caps Shift» y retorna con el carry a «0» si está pulsada y a «1» si no lo está. En los ejercicios del capítulo relativo a las instrucciones de entrada/salida, se puede ver el listado de esta rutina.

```

LOAD LD IX,16384
      LD DE,6912
      LD A,#AA
      SCF
      CALL #0556
      RET C
      RST #08
      DEFB #1A

```

PAUSE-1: 1F3Dh (7991)

- > DESCRIPCION: Entra en un bucle donde espera el tiempo indicado por el registro «BC» en cincuenta-avos de segundo. También sale del bucle si se pulsa una tecla (equivalente al comando «PAUSE» del Basic).
- > ENTRADA: «BC» = Tiempo de la pausa en 1/50 de segundo. Si vale «0», la pausa es indefinida hasta que se pulse una tecla.
- > SALIDA: Bit 5 de «FLAGS» a «1».

- > REGISTROS ALTERADOS: «AF» y «BC».
- > FUNCIONAMIENTO: La primera instrucción es «HALT» donde se detiene la ejecución hasta que se reciba una interrupción, momento en el que se decrementa «BC» y se retorna si ha llegado a «0»; en caso contrario, se lee el bit 5 de «FLAGS» para ver si se ha pulsado alguna tecla. En caso afirmativo, se retorna; si no, se vuelve al principio. Es imprescindible que las interrupciones estén habilitadas, de lo contrario, el microprocesador no saldría nunca del estado «HALT».

FREE-MEM: 1F1Ah (7962)

- > DESCRIPCION: Devuelve, en «BC», el número de bytes de memoria ocupados. Si se resta este número de 65536 se obtiene el número de bytes que quedan libres para el Basic. Operación equivalente al comando «FRE» de algunos ordenadores. Para utilizarlo desde Basic, podríamos hacer: PRINT 65536-USR 7962.
- > ENTRADA: Ninguna.
- > SALIDA: «BC» = n.º de bytes ocupados.

DE, (DE + 1): 2AEEh (10990)

- > DESCRIPCION: Realiza la operación equivalente a la instrucción «LD DE, (DE + 1)» inexistente.
- > ENTRADA: «DE» = Dirección de memoria.
- > SALIDA: «DE» = Contenido de los dos bytes siguientes al señalado por «DE» al entrar en la rutina.
- > REGISTROS ALTERADOS: «DE» y «HL».

- > **FUNCIONAMIENTO:** Su listado es el siguiente:

Este es un ejemplo de cómo se pueden utilizar subrutinas para simular instrucciones inexistentes.

```

EX  DE,HL
INC HL
LD  E,(HL)
INC HL
LD  D,(HL)
RET

```

HL = HL * DE: 30A9h (12457)

- > **DESCRIPCION:** Multiplica «HL» por «DE» y devuelve el resultado en «HL». Simula la instrucción de multiplicar inexistente en el Z-80.
- > **ENTRADA:** «HL» = Multiplicando. «DE» = Multiplicador.
- > **SALIDA:** «HL» = Resultado. Si este excede de 65535, el contenido de «HL» será indeterminado.
- > **REGISTROS ALTERADOS:** «AF», «DE» y «HL».
- > **FUNCIONAMIENTO:** Su listado es el siguiente:

```

                PUSH BC
                LD  B,16
                LD  A,H
                LD  C,L
                LD  HL,0
LOOP          ADD HL,HL
                JR  C,END
                RL  C
                RLA
                JR  NC,AGAIN
                ADD HL,DE
                JR  C,END
AGAIN        DJNZ LOOP
END          POP  BC
                RET

```

Puede constituir un magnífico ejemplo de cómo crear una rutina de multiplicación.

KEYBOAR: 02BFh (703)

- > **DESCRIPCION:** Lee el teclado y devuelve, en «A» y en la variable «LAST-K» el valor de la tecla pulsada, si hubiera alguna. Se decodifica el teclado y se tienen en cuenta los valores de «REPPER» y «REPDEL».
- > **ENTRADA:** Ninguna.
- > **SALIDA:** «A» y «LAST-K» = Última tecla pulsada. Bit 5 de «FLAGS» = «1» si ha habido pulsación.

MAKE-ROOM: 1655h (5717)

- > **DESCRIPCION:** Hace sitio en memoria desplazando los bloques que sea necesario y actualizando los punteros del Sistema.
- > **ENTRADA:** «HL» = Dirección siguiente a aquella donde debe empezar la nueva zona. «BC» = Número de bytes que deberá tener de longitud la nueva zona.
- > **SALIDA:** «HL» = Posición anterior a aquella donde la nueva zona empieza. «DE» = Última dirección de la nueva zona.
- > **FUNCIONAMIENTO:** Empieza por comprobar si hay suficiente sitio en memoria, para lo cual llama a la subrutina «TEST-ROOM» (1F05h). Si es así, actualiza los punteros llamando a la subrutina «POINTERS» (1664h) que sumará «BC» a todos los punteros del Basic que estén apuntando por encima de «HL». Finalmente, utiliza la ins-

trucción LDDR para desplazar la memoria hacia arriba el número de bytes que indique «BC».

NEXT-ONE: 19B8h (6584)

- > DESCRIPCION: Halla la dirección de comienzo de la línea o variable siguiente a la que esté apuntada por «HL». Por añadidura también halla la longitud de la línea o variable actualmente apuntada.
- > ENTRADA: «HL» = Apuntando a la dirección de inicio de una determinada línea o variable.
- > SALIDA: «HL» = No sufre modificación.
«DE» = Dirección inicial de la siguiente línea o variable.
«BC» = Longitud de la línea o variable apuntada por «HL».
- > FUNCIONAMIENTO: La rutina se limita a leer la longitud de la línea o variable actual y sumársela a «HL» sacando el resultado en «BC». En el caso de variables, se leen los bits identificadores para saber de qué tipo de variable se trata y, por tanto, cuál es su longitud.
- > EJEMPLO: La mayor utilidad de esta rutina es para buscar una variable determinada en el área de variables. Para ello, deberemos saber cuál es el byte identificador. Este está compuesto por los tres bits identificadores del tipo de variable más los cinco bits inferiores de la letra que le da nombre. Los bits identificadores son:

010 = Variable numérica cuyo nombre es una sola letra.

101 = Primera letra de una variable numérica cuyo nombre son varias letras.

111 = Última letra de una variable del tipo anterior.

100 = Matriz de números.

111 = Variable de control de un bucle FOR-NEXT.

010 = Variable de cadena.

110 = Matriz de caracteres.

Según esto, sabemos que, por ejemplo, la variable «H\$» tendrá un byte identificador que será: 010 (porque es una variable de cadena) + 01000 (que son los 5 bits inferiores de la letra «H»), por tanto: H\$ = 01001000 es decir, 72.

Supongamos que queremos buscar la variable H\$ en el área de variables. Empezamos por cargar «HL» con la dirección contenida en «VARS» que nos indica el inicio de la zona de variables. Luego, vamos llamando a «NEXT-ONE» hasta que encontremos la variable que estamos buscando:

| | | | |
|-----|-------|------|------------|
| 100 | START | LD | HL, (VARS) |
| 110 | BUCLE | LD | A, (HL) |
| 120 | | CP | 72 |
| 130 | | RET | Z |
| 140 | | CALL | #19B8 |
| 150 | | EX | DE, HL |
| 160 | | LD | A, (HL) |
| 170 | | CP | 128 |
| 180 | | JR | NZ, BUCLE |
| 190 | | RST | 8 |
| 200 | | DEFB | 1 |
| 210 | VARS | EQU | 23627 |

Empezamos por cargar en «HL» la dirección de la primera variable y entramos en un bucle comprendido entre las líneas 110 y 180. En el bucle empezamos por comparar el contenido de la dirección apuntada por «HL» con 72 que es el identificador de la variable que estamos buscando. Si la comparación da «0», retornamos sin más. En caso contrario, pasamos a «HL» la dirección de

la siguiente variable llamando a «NEXT-ONE» e intercambiando «HL» con «DE». Antes de cerrar el bucle, comprobamos si hemos alcanzado el final del área de variables, lo que se comprueba comparando el contenido de la dirección apuntada por «HL» con «128» que es el indicador de fin de la zona de variables. Si esta comparación diera «0», se detiene la ejecución y se imprime el mensaje «Variable not found».

NUMERIC: 2D1Bh (11547)

- > DESCRIPCION: Comprueba si el contenido del acumulador es el código ASCII de un carácter numérico.
- > ENTRADA: Código en «A».
- > SALIDA: Indicador de acarreo a «0» si el código corresponde a un carácter numérico, y a «1» si no es así.
- > REGISTROS ALTERADOS: Ninguno.
- > FUNCIONAMIENTO: Su listado es el siguiente:

```

NUMERIC CP #30
        RET C
        CP #3A
        CCF
        RET
    
```

Más sencillo, imposible.

ALPHA: 2C8D (11405)

- > DESCRIPCION: Comprueba si el contenido del acumulador es el código ASCII de una letra del alfabeto.
- > ENTRADA: Código en «A».
- > SALIDA: Indicador de acarreo a «1» si el código corresponde a una letra, y a «0» si no es así.
- > REGISTROS ALTERADOS: Ninguno.

- > FUNCIONAMIENTO: Su listado es el siguiente:

```

ALPHA CP #41
      CCF
      RET NC
      CP #5B
      RET C
      CP #61
      CCF
      RET NC
      CP #7B
      RET
    
```

El mismo sistema que en el caso anterior, pero comprobando dos intervalos. Obsérvese que el indicador retorna con valores contrarios a los del caso anterior.

ALPHANUM: 2C88h (11400)

- > DESCRIPCION: Es una combinación de las anteriores. Comprueba si el contenido de «A» es el código ASCII de un dígito o de una letra.
- > ENTRADA: Código en «A».
- > SALIDA: Indicador de acarreo a «1» si el código corresponde a un número o a una letra, y a «0» en caso contrario.
- > REGISTROS ALTERADOS: Ninguno.
- > FUNCIONAMIENTO: Su listado es el siguiente:

```

ALPHANUM CALL NUMERIC
        CCF
        RET C
ALPHA   .....
        .....
    
```

La rutina empieza llamando a «NUMERIC» y retorna si se trata de un número, de lo contrario, continúa en «ALPHA».

CHAN-OPEN: 1601h (5633)

- > DESCRIPCION: Hace que la corriente indicada por el contenido de «A» sea la corriente en curso.
- > ENTRADA: «A» = Número de la corriente a abrir.
- > SALIDA: La variable del Sistema «CURCHL» sale apuntando a los datos del canal asignado a esa corriente. Se produce el error «O Invalid Stream» si la corriente no tiene canal asignado.
- > FUNCIONAMIENTO: Comprueba, en la tabla de corrientes (STRMS), si la corriente solicitada tiene canal asignado. Si es así, carga la dirección de ese canal en la variable «CURCHL» (canal en curso) y fija los flags de acuerdo con el canal de que se trate. Los flags que se fijan son los siguientes:

```

CANAL "K": SET 0, (TV-FLAG)
            RES 5, (FLAGS)
            SET 4, (FLAGS2)
            RES 1, (FLAGS)
CANAL "S": RES 0, (TV-FLAG)
            RES 4, (FLAGS2)
            RES 1, (FLAGS)
CANAL "P": SET 1, (FLAGS)
            RES 4, (FLAGS2)
    
```

- > EJEMPLO: Utilizaremos esta rutina para abrir una corriente antes de realizar cualquier impresión con «RST #10». Para imprimir «MICROHOBBY» en la parte alta de la pantalla, se haría:

```

START  LD  A, 2
        CALL #1601
        LD  B, 10
        LD  HL, TEXTO
BUCLE  LD  A, (HL)
        PUSH HL
        PUSH BC
        RST #10
        POP BC
        POP HL
        INC HL
        DJNZ BUCLE
        RET
TEXTO  DEFM "MICROHOBBY"
    
```

STMTR1: 1B7Dh (7037)

- > DESCRIPCION: Pone el Basic en ejecución a partir de la línea apuntada por «NEWPPC».
- > ENTRADA: Bit 7 de «FLAGS» a «1» para indicar ejecución.
«NEWPPC»: Número de línea donde iniciar la ejecución.
«NSPPC»: Número de comando dentro de la línea donde iniciar la ejecución.
- > FUNCIONAMIENTO: Salta al bucle principal del intérprete de Basic.

MAIN 4: 1303h (4867)

- > FUNCIONAMIENTO: Termina la ejecución del Basic imprimiendo un mensaje de error.
- > ENTRADA: El código del mensaje a imprimir ha de estar en la variable del sistema «ERRNR».
- > SALIDA: Detiene la ejecución, imprime el mensaje y entra en el editor de Basic.

- > **FUNCIONAMIENTO:** Es la dirección contenida en el elemento de la pila de máquina apuntado por «ERRSP», por tanto, es la dirección habitual de retorno de error. Su funcionamiento es el mismo que el de «RST 8» salvo que no limpia la pila de máquina ni el stack del calculador.

LINADD: 196Eh (6510)

- > **DESCRIPCION:** Busca la dirección de una determinada línea de programa Basic.
- > **ENTRADA:** «HL» = Número de línea a buscar.
- > **SALIDA:** «HL» = Dirección de la línea buscada o de la siguiente si esa no existiera.
«DE» = Dirección de la línea anterior a la buscada. Indicador de «cero» a «1» si la línea buscada existe y a «0» si no existe.

RECLM1: 19E5h (6629)

- > **DESCRIPCION:** Elimina una zona de memoria y reajusta los punteros moviendo todo hacia abajo. Es la inversa de «MAKE-ROOM».
- > **ENTRADA:** «DE» = Primera posición de memoria a eliminar.
«HL» = Posición siguiente a la última a eliminar.

PO-MSG: 0C0Ah (3082)

- > **DESCRIPCION:** Imprime un mensaje determinado de una tabla.
- > **ENTRADA:** «A» = Número del mensaje dentro de la tabla.
«DE» = Dirección

base de la tabla.
Es necesario que se haya abierto un stream con «CHAN-OPEN».

- > **FUNCIONAMIENTO:** La estructura de la tabla ha de ser la siguiente: El primer byte debe ser «80h» (128). A partir de ahí siguen los mensajes que pueden tener cualquier longitud pero el último carácter de cada uno ha de tener el bit 7 a «1» para indicar fin de mensaje.

WAIT-KEY1: 15DEh (5598)

- > **DESCRIPCION:** Espera la pulsación de una tecla y retorna cuando se haya pulsado. No retorna si se pulsa sólo «CAPS SHIFT» o «SIMBOL SHIFT».
- > **ENTRADA:** Ninguna.
- > **SALIDA:** «A» = Código de la tecla pulsada.
Indicador de acarreo a «0».

Rutinas para manejar el stack del calculador

Un stack (en castellano, «pila») es un lugar de la memoria donde los datos se guardan de forma que, de cada vez, sólo puede leerse el último que ese metió. Suponga que guarda sus ejemplares de MICROHOBBY en una caja y colocados uno encima de otro. Su caja será una pila. Para acceder al penúltimo ejemplar que metió, deberá retirar primero el último.

El Spectrum utiliza tres pilas. La pila de máquina, que ya se trató ampliamente durante el curso. La pila de GOSUB que almacena el lugar de retorno cuando se hacen llamadas a subrutinas desde Basic. Y finalmente, la pila del calculador (a la que, para evitar confusiones, llamaremos «stack»).

El stack del calculador está situado por encima del área de trabajo. Su dirección base está apuntada por la variable del Sistema «STKBOT» y el último dato introducido es apuntado por «STKEND». Esta última variable será, por tanto, el puntero del stack. Cuando no hay ningún dato introducido, «STKEND» apunta al mismo sitio que «STKBOT». El stack del calculador, a diferencia de la pila de máquina, crece hacia arriba. Cada dato ocupa 5 bytes, por tanto, cada vez que se introduzca un dato en el stack, la variable «STKEND» se incrementa 5 veces; y se decrementa 5 veces cada vez que se saca un dato del stack.

Los datos almacenados en el stack serán los operando que utilice el calculador. También, los resultados de los cálculos realizados por éste irán a parar al stack. Dado que el calculador puede operar tanto con cadenas como con números, cada dato del stack podrá ser un número o los parámetros de una cadena. Veamos primero el segundo caso.

CADENAS

Las cadenas con las que opera el calculador podrán estar situadas en cualquier lugar de la memoria. Al calculador sólo le interesan sus parámetros. Cuando una operación entre cadenas (por ejemplo, una concatenación) dé como resultado otra cadena, el calculador la construirá en el área de trabajo y dejará sus parámetros como última entrada en el stack. Veamos cuáles son esos parámetros.

Los parámetros de una cadena (como cualquier dato del calculador) constan de 5 bytes, el primero de ellos es el que ocupa la dirección de memoria más baja en el stack. Este primer byte es un flag que indica si la cadena es nueva o procede de una asignación. Este flag es utilizado por el comando «LET» para saber si tiene que borrar una cadena an-

terior con el mismo nombre. Suponga la operación: LET A\$ = A\$ + B\$ al colocar el resultado de la operación, como A\$, en el área de variables, es necesario borrar la anterior variable A\$. Esto lo sabe la rutina de LET, porque el flag será «1». En caso contrario, este flag será «0». Los dos bytes siguientes contienen la dirección de memoria a partir de donde está colocada la cadena. Finalmente, los dos últimos bytes contienen la longitud de ésta.

Observe que, cuando hagamos operaciones con cadenas, deberemos pasar estos datos al stack. Si la cadena de entrada está en una variable, podemos buscarla con la ayuda de «NEXT-ONE» que nos dará su dirección y longitud. La cadena resultante la podríamos leer del área de trabajo, teniendo en cuenta los parámetros que el calculador nos ha dejado en el stack. De esta forma, podríamos implementar funciones inexistentes en el Basic del Spectrum, por ejemplo, la función: STRING\$(n,c) que nos devuelve una cadena de «n» caracteres cuyo código ASCII es «c».

Para ayudarnos en la manipulación de cadenas con el calculador, tenemos dos subrutinas. La primera nos va a permitir meter en el stack los parámetros de una cadena, la segunda, lógicamente, nos va a permitir sacarlos.

STK-STO-\$: 2AB2h (10930)

- > DESCRIPCION: Introduce, en el stack, los parámetros de una cadena.
- > ENTRADA: «A» = Flag.
«DE» = Dirección de inicio.
«BC» = Longitud de la cadena.
- > SALIDA: La variable «STKEND» resulta incrementada cinco veces. Los parámetros quedan en el stack.
- > FUNCIONAMIENTO: Su listado es el siguiente:


```

STK_STO_ $ RES 6, (FLAGS)
STK_STORE PUSH BC
          CALL TEST_5_SP
          POP BC
          LD HL, (STKEND)
          LD (HL), A
          INC HL
          LD (HL), E
          INC HL
          LD (HL), D
          INC HL
          LD (HL), C
          INC HL
          LD (HL), B
          INC HL
          LD (STKEND), HL
          RET
TEST_5_SP EQU #33A9

```

El bit 6 de «FLAGS» se pone «0» para indicar que el dato alto del stack es una cadena. Si no se desea así, se puede entrar por «STK-STORE». Llamando a «TEST-5-SP» se comprueba que exista sitio en memoria para 5 bytes más. Esta rutina se llama cada vez que se necesite añadir un nuevo dato al stack. Hace uso de la subrutina «TEST-ROOM» que vimos antes, y su listado es el siguiente:

```

TEST_5_SP PUSH DE
          PUSH HL
          LD BC, 5
          CALL TEST_ROOM
          POP HL
          POP DE
          RET
TEST_ROOM EQU #1F05

```

Por lo demás, la rutina es de sencilla comprensión.

STK-FETCH: 2BF1h (11249)

- > DESCRIPCION: Saca del stack los parámetros de una cadena.
- > ENTRADA: Parámetros en el stack.
- > SALIDA: «A» = Flag.
«BC» = Longitud.
«DE» = Dirección.
La variable «STKEND» resulta decrementada cinco veces.
- > FUNCIONAMIENTO: Su listado es el siguiente:

```

STK_FETCH LD HL, (STKEND)
          DEC HL
          LD B, (HL)
          DEC HL
          LD C, (HL)
          DEC HL
          LD D, (HL)
          DEC HL
          LD E, (HL)
          DEC HL
          LD A, (HL)
          LD (STKEND), HL
          RET

```

El listado es tan sencillo que no creemos que requiera comentario alguno.

NUMEROS

Los números que se almacenen en el stack pueden ser de dos tipos, enteros o números en coma flotante. En Assembler no tienen mucho sentido los números no enteros, por lo que, habitualmente, utilizaremos números enteros en nuestros cálculos. No obstante, el Sistema Operativo está preparado para trabajar con ambos tipos de números y nosotros podremos aprovecharnos de esa posibilidad.

Un número en coma flotante (en inglés, «FP» abreviatura de «Floating

Point») se almacena como una mantisa elevada a un exponente. Tanto la mantisa como el exponente están en binario y en complemento a 2, por lo que su primer bit, en cada caso, es el bit de signo. Se utilizan 8 bits (1 byte) para el exponente y 32 bits (4 bytes) para la mantisa. El primer byte es el exponente. Este byte nunca puede ser «0» ni «FF» y de esta forma, el calculador diferencia si se trata de un entero o de un número en coma flotante (si el primer byte fuera «0» el número sería un entero positivo y si fuera, «FF» se trataría de un entero negativo».

Un número entero (en lo que respecta al calculador) es aquel cuyo valor absoluto es entero y menor de 65536. Es decir, es número entero todo aquel cuyo valor absoluto cabe en dos bytes. En estos casos, el primer byte es el signo, el segundo es «0», los bytes tercero y cuarto contienen el número en el formato habitual del Z-80 (el menos significativo primero) y, finalmente, el último byte es también «0». El byte de signo es «00» para positivo y «FF» para negativo.

Como ejemplo, veamos la representación de las constantes usadas por el calculador:

```
"0" = 00 00 00 00 00 (ENTERO)
"1" = 00 00 01 00 00 (ENTERO)
"1/2" = 80 00 00 00 00 (COMA FLOTANTE)
"PI/2" = 81 49 0F DA A2 (COMA FLOTANTE)
"10" = 00 00 0A 00 00 (ENTERO)
```

Hay una serie de subrutinas que nos van a permitir meter y sacar números del stack.

STK-DIGIT: 2D22h (11554)

- > DESCRIPCION: Si el contenido del acumulador es el código ASCII de un dígito, se mete en el stack. Si no, se retorna sin más.
- > ENTRADA: Código ASCII de un dígito en el acumulador.

- > SALIDA: Dato en el stack.
«HL» = apuntado a la entrada anterior (STKEND-5).

STACK-A 2D28h (11560)

- > DESCRIPCION: Mete el contenido de «A» en el stack.
- > ENTRADA: Dato en el acumulador.
- > SALIDA: Dato en el stack.
«HL» = apuntando a la entrada anterior (STKEND-5).

STKACK-BC: 2D2Bh (11563)

- > DESCRIPCION: Mete el contenido de «BC» en el stack.
- > ENTRADA: Dato en «BC».
- > SALIDA: Dato en el stack.
«HL» = apuntando a la entrada anterior (STKEND-5).
- > FUNCIONAMIENTO: Veamos el listado de esta rutina y las dos anteriores, ya que trabajan encadenadas:

```
STK_DIGIT  CALL  NUMERIC
           RET   C
           SUB  #30
NUMERIC    EQU  #2D1B
STACK_A    LD   C,A
           LD   B,0
STACK_BC   LD   IY,#5C3A
           XOR  A
           LD   E,A
           LD   D,C
           LD   C,B
           LD   B,A
           CALL STK_STORE
           RST  #28
           DEFB #3B
           AND  A
           RET
STK_STORE  EQU  #2AB6
```

«STK-DIGIT» utiliza la subrutina «NUMERIC» (vista anteriormente) para comprobar si se trata de un dígito. Si es así, continúa en «STACK-A», si no, retorna con el indicador de acarreo a «1».

«STACK-A» se limita a copiar el contenido de «a» en «BC» y continuar en «STACK-BC».

«STACK-BC» empieza por restaurar el valor de «IY» para que apunte a la variable «ERRNR». Esto se hace así porque «STACK-BC» es el punto de retorno de las llamadas a rutinas de usuario (USR) y se prevé la posibilidad de que este valor haya sido corrompido. Resulta bastante absurdo, ya que si una subrutina de usuario corrompiera el valor de «IY», la rutina de respuesta a las interrupciones no podría actualizar «FRAMES» adecuadamente. Por el contrario, no se restablece el valor de «HL'» que también es importante que no sea corrompido en una subrutina de usuario. Este registro apunta, siempre, al siguiente literal a ejecutar por el calculador. Recuerde que, cuando hemos utilizado «HL'» en un ejemplo, nos hemos cuidado mucho de preservar su valor y recuperarlo antes de retornar. El registro «HL'», puede utilizarse en una subrutina de usuario siempre que se preserve su valor y se recupere antes de retornar. Por el contrario, el registro «IY» no debe alterarse, a menos que se cambie el vector de interrupción. Si se retorna con RET, el contenido de «IY» será reinicializado. No así si se retorna de otro modo (por ejemplo, con RST #08). Sigamos con «STACK-BC». Lo siguiente que se hace es poner «A», «E» y «B» a «0» y copiar «B» en «C» y «C» en «D» para terminar llamando a la rutina «STK-STORE» que almacenará todos estos registros en el orden correcto (observe que «A» será siempre «0» por lo que el número almacenado será siempre un entero positivo). La llamada a RST #28 con el literal «38h» es un «truco» para conseguir que «HL» salga

apuntando a (STKEND-5). Lo que ese hace es llamar al calculador (con RST #28) y salir de él con el literal «38h»; no se realiza ninguna operación, pero se consigue el efecto deseado. Hubiera sido más rápido cargar «STKEND» en «HL» y restarle 5, pero hubiera ocupado más memoria y el Sistema Operativo del Spectrum está escrito pensando más en el ahorro de memoria que en la velocidad de proceso —lo curioso es que les ha sobrado más de 1K de memoria ROM (entre 386Eh y 3CFFh está toda a «FF») y les ha quedado un S.O. bastante lento—. Lo último que se hace antes de retornar es poner el indicador de acarreo a «0» con «AND A». De esta forma, cuando entremos por «STK—DIGIT», sabremos si el dígito ha sido almacenado, ya que en ese caso, el indicador de acarreo retorna a «0» y en caso contrario retorna a «1».

FP-TO-BC: 2DA2h (11682)

- > DESCRIPCION: Coge un número del stack, lo redondea a su valor entero más próximo y copia el resultado en «BC». El octeto inferior del número se copia, también en «A». Si el resultado es mayor —en valor absoluto— de 65535, se retorna con el indicador de acarreo a «1». Si el resultado es negativo, se retorna con el indicador de acarreo a «0».
- > ENTRADA: Dato en el stack del calculador.
- > SALIDA: «BC» = Número leído del stack.
«A» = Octeto inferior de este número.
Indicador de acarreo a «1» si el número está fuera de rango. Indicador de cero a «1» si el número es positivo.

FP-TO-A: 2DD5h (11733)

- > DESCRIPCION: Hace lo mismo que «FP-TO-BC» salvo que, esta vez, el número tiene que ser menor —en valor absoluto— de 256.
- > ENTRADA: Dato en el stack del calculador.
- > SALIDA: «A» = Número leído del stack.
Indicador de acarreo a «1» si el número está fuera de rango. Indicador de cero a «1» si el número es positivo.
- > FUNCIONAMIENTO: Utiliza «FP-TO-BC» como subrutina. Su listado es el siguiente:

```

FP_TO_A  CALL  FP_TO_BC
          RET   C
          PUSH AF
          DEC  B
          INC  B
          JR   Z, END
          POP  AF
          SCF
          RET
END       POP  AF
          RET

```

Empieza por llamar a «FP-TO-BC» para obtener una copia del octeto menos significativo en «A» y retorna en caso de que hubiera acarreo indicando que el número es mayor de 65535. A continuación preserva el registro «A» y los indicadores, y comprueba si «B» es cero, para ver si el número es menor de 256. Si es así, salta a «END» donde recupera «A» y los indicadores y retorna. En caso contrario, también recupera «A» y los indicadores, pero pone a «1» el indicador de acarreo antes de retornar, para indicar que el número está fuera de rango.

404 CODIGO MAQUINA**STK-TO-A: 2314h (8980)**

- > DESCRIPCION: Haciendo uso de las rutinas anteriores, lee del stack del calculador, un número cuyo valor absoluto no exceda de 255, y lo devuelva en el registro «A». El registro «C» retorna con «1» si el número es positivo y con «FF» si es negativo (a estos efectos, el número «0» se considera positivo). Se produce el error: «B Integrar out of range» si el número está fuera de rango.
- + ENTRADA: Dato en el stack del calculador.
- > SALIDA: «A» = Número leído del stack.
«C» = Signo del número.
- > FUNCIONAMIENTO: Utiliza la subrutina «FP-TO-A» por lo que puede constituir un magnífico ejemplo de cómo usar esta rutina. Su listado es el siguiente.

```

STK_TO_A CALL  FP_TO_A
          JP   C, ERR_B
          LD  C, 1
          RET Z
          LD  C, #FF
          RET
          .....
ERR_B    RST  B
          DEFB #0A

```

Empieza por llamar a «FP-TO-A» y salta a «ERR-B» si hay acarreo indicando que el número está fuera de rango. A continuación, carga «C» con «FFh» para indicar signo negativo y retorna. La etiqueta «ERR-B» se encuentra en la dirección 24F9h (9465), ya que este mensaje de error es usado por varias subrutinas.

STK-TO-BC: 2307h (8967)

- > DESCRIPCION: Complementaria de la anterior y haciendo uso de ella, lee dos números del stack —cuyo valor absoluto deberá ser menor de 256— y los coloca en «B» y «E». El número que ocupaba el lugar más alto del stack (última entrada) será el que se cargue en «B» y el siguiente, el que se cargue en «C». La utilidad de esta rutina es para leer los parámetros de aquellos comandos que necesiten dos argumentos, por ejemplo: PLOT, DRAW, etc.
ENTRADA: Dos datos en el stack del calculador.
- > SALIDA: «B» = Número más alto del stack.
«D» = Signo de «B» («1» = posit.
«FF» = negat.)
«C» = Siguiete número del stack.
«E» = Signo de «C» («1» = posit.
«FF» = negat.)
Error «B» si alguno de los dos números está fuera de rango.
- > FUNCIONAMIENTO: Como era de esperar, utiliza dos llamadas a «STK-TO-A». Su listado es el siguiente:

```

STK_TO_BC CALL STK_TO_A
            LD   B,A
            PUSH BC
            CALL STK_TO_A
            LD   E,C
            POP  BC
            LD   D,C
            LD   C,A
            RET

```

Para entender el listado, tenga en cuenta que en cada llamada a «STK-TO-A» se retorna con el número «A» y su signo en «C». La rutina se limita a hacer dos de estas llamadas y transferir los datos para que quedan colocados en «BC» y «DE». Por añadidura, el registro «A» contendrá, a la salida, lo mismo que el «C».

FIND-INT-1: 1E94h (7828)

- > DESCRIPCION: Al igual que «FP-TO-A», lee un número del stack. Pero esta vez, se produce el error «B» tanto si el número está fuera de rango como si es negativo. Por tanto, el número leído no puede ser menor de «0» ni mayor de «225».
- + ENTRADA: Dato en el stack del calculador.
- > SALIDA: «A» = Número que ha sido leído del stack.
Error «B» si es mayor de 255 o menor de «0».
- > FUNCIONAMIENTO: (Ver «FIND-INT-2»).

FIND-INT-2: 1E99 (7833)

- > DESCRIPCION: De la misma forma que «FP-TO-BC», lee un número del stack (cuyo valor absoluto sea menor de 65536). Pero esta vez, se produce el error «B» tanto si el número está fuera de rango como si es negativo. El número leído deberá ser menor de «65536» y mayor de «0».
- > ENTRADA: Dato en el stack del calculador.
- > SALIDA: «BC» = Número que ha sido leído del stack.
Error «B» si es mayor de «65535» o menor de «0».
- > FUNCIONAMIENTO: Las dos rutinas «FIND-INT-1» y «FIND-

INT-2» trabajan encadenadas y su listado es el siguiente:

```
FIND_INT_1 CALL FP_TO_A
             JR    FIND
FIND_INT_2 CALL FP_TO_BC
FIND        JR    C, REP_B
             RET   Z
REP_B       RST   B
             DEFB #0A
```

Si se entra por «FIND-INT-1», se llama a «FP-TO-A» y si se hace por «FIND-INT-2», se llama a «FP-TO-BC». En ambos casos, se continúa en «FIND». Si hay acarreo, se salta a «REP-B» para producir el error «B». A continuación se retorna si el número es positivo. Si fuera negativo (indicador de cero a «0»), se continuaría en «REP-B» con lo que también se produce el error «B».

El calculador de la ROM

El calculador del Spectrum puede considerarse como un programa aparte dentro del Sistema Operativo del ordenador. Su funcionamiento es similar al de una calculadora programable, salvo que, en lugar de pantalla tiene un stack y en lugar de teclas, números colocados en la memoria del ordenador que actúan a modo de instrucciones, diciéndole las operaciones que debe realizar con los datos del stack. Estos datos podrán introducirse en el stack utilizando las rutinas vistas hasta ahora. Los resultados de las operaciones quedarán en la parte alta del stack y podrán ser leídos de ahí utilizando, también, estas rutinas.

Para entrar en el calculador, utilizaremos la instrucción «RST #28» y a continuación de ella irán una serie de literales que servirán para indicarle al calculador las operaciones que deberá realizar. El último de estos literales deberá

ser «38h» que significa «salir del calculador». Veámoslo más claro con un ejemplo:

Supongamos que tenemos dos datos en lo alto del stack y queremos multiplicarlos. El resultado lo obtendremos, de nuevo, en lo alto del stack. Al entrar teníamos dos datos y al salir tendremos uno, por lo que el stack se habrá decrementado una vez, es decir, cinco bytes. La secuencia de instrucciones sería:

```
RST #28 ; Calculador.
DEFB #04 ; Multiplicar.
DEFB #38 ; Terminar.
```

Como ya habrá adivinado más de un lector, el literal «04h» es, precisamente, el de multiplicar. Hay un total de 66 literales (desde el «00h» hasta el «41h») para las distintas operaciones que puede realizar el calculador. Luego los veremos todos.

Además del stack, el calculador utiliza 6 memorias numeradas de «0» a «5» para almacenamiento temporal de algunos datos, y una posición de memoria que actúa como contador en los bucles y que se denomina «BREG» ya que cumple la misma función que el registro «B» del microprocesador.

Por otro lado, el calculador posee 5 constantes que pueden ser introducidas en el stack mediante el uso de un literal. Estas constantes son: «0», «1», «1/2», «PI/2» y «10».

Algunos literales llevan parámetros, por ejemplo, en los literales que impliquen un salto, el siguiente literal se tomará como un parámetro que indicará el número de literales a saltar en la secuencia de instrucciones. Su funcionamiento es similar al de los saltos relativos en el Z-80. También existen saltos condicionales que se ejecutan o no en

función del contenido del stack, por ello, se puede decir que el calculador de la ROM es una auténtica «calculadora programable», ya que la secuencia de literales se comporta como un verdadero «programa».

Las operaciones que puede realizar el calculador son de tres tipos: Binarias, Unitarias y de Manipulación.

Las operaciones binarias son aquellas que se realizan entre los dos elementos superiores del stack. Recuerde que cada elemento puede ser un número o los parámetros de una cadena. Un ejemplo de operación binaria es la multiplicación que veíamos anteriormente. (Se llaman operaciones binarias porque se realizan entre dos elementos, no porque se realicen en sistema de numeración binario. Todas las operaciones del calculador se realizan en decimal y en coma flotante).

Las operaciones unitarias son aquellas que se realizan sobre un solo elemento del stack, por ejemplo, la operación «SIN» que halla el seno de número que se encuentre en la parte alta del stack.

Por último, las operaciones de manipulación son aquellas que no implican cálculos, por ejemplo: copiar un número del stack en una de las memorias, realizar un salto, tomar una decisión (salto condicional) o meter un determinado valor en el stack.

En caso de querer realizar una sola operación, puede utilizarse el literal «3Bh» colocando el literal de la operación a realizar en el registro «B».

A continuación, estudiaremos los literales del calculador, uno por uno.

Literales del calculador

«00h» JUMP-TRUE

Se trata de un salto relativo. Se ejecuta si el tercer byte del número almacenado en el stack es distinto de cero.

El literal que le siga deberá ser el desplazamiento del salto, al igual que en las instrucciones de salto relativo del Z-80.

«01h» EXCHANGE

Intercambia entre sí los dos números de la parte alta del stack. El primero pasa a ser el segundo y el segundo pasa a ser el primero.

«02h» DELETE

Borra el dato superior del stack. En realidad, lo único que hace es restar 5 del puntero del stack.

«03h» SUBSTRACT

Resta el segundo número del stack (minuyendo) del primero (sustraendo). En realidad, se limita a cambiar el signo del minuendo y sumarlos. El resultado se obtiene —como siempre— en lo alto del stack.

«04h» MULTIPLY

Multiplica, entre sí, los dos números de la parte alta del stack y deja el resultado en lo alto de éste.

«05h» DIVISION

Divide el primer número del stack (dividendo) entre el segundo (divisor) y deja el resultado en la parte alta del stack. Se produce «overflow» si el divisor es cero.

«06h» TO-POWER

Eleva el primer número a la potencia indicada por el segundo. Al igual que en todas las calculadoras, esta operación se realiza como el antilogaritmo del resultado de multiplicar el exponente por el logaritmo de la base. Por lo cual, no admite exponentes negativos.

«07h» OR

Realiza un «OR» lógico entre el primer número y el segundo, devolviendo el primer número si el segundo es «0» y el valor «1» en caso contrario.

«08h» NO-&-NO

Opuesto al anterior, realiza un «AND» lógico entre los dos números y devuelve el primero si el segundo no es cero y el valor «0» en caso contrario.

«09h» NO-L-EQL

«0Ah» NO-GR-EQ

«0Bh» NOS-NEQ

«0Ch» NO-GRTR

«0Dh» NO-LESS

«0Eh» NOS-EQL

Estos seis literales realizan las seis comparaciones binarias posibles entre números (menor/igual, mayor/igual, diferente, mayor, menor e igual) devolviendo un valor de verdad (cierto o falso) que será usado por los saltos condicionales.

«0Fh» ADDITION

Realiza la suma de dos números devolviendo el resultado como última entrada del stack.

«10h» STR-&-NO

Realiza un «AND» lógico entre una cadena (sus parámetros serán los que deban estar en el stack) y un número. Devuelve la misma cadena si el número es distinto de cero y la cadena nula en caso contrario. Los parámetros de la cadena son la última entrada en el stack.

«11h» STR-L-EQL

«12h» STR-GR-EQ

«13h» STRS-NEQL

«14h» STR-GRTR

«15h» STR-LESS

«16h» STRS-EQL

En este caso, se realizan las seis comparaciones binarias posibles entre cadenas (las mismas que en el caso de los números). Al igual que en todas las operaciones con cadenas, serán los parámetros de éstas los que deberán estar presentes en el stack.

«17h» STRS-ADD

Realiza la concatenación de las dos cadenas cuyos parámetros se encuentren en el stack. El resultado es el último dato del stack que representa los parámetros de una cadena construida en el área de trabajo.

«18h» VAL\$

Realiza la operación equivalente a «VAL\$» en Basic, es decir, evalúa una expresión de cadena, devolviendo el resultado como otra cadena construida en el área de trabajo y cuyos parámetros están en lo alto del calculador.

«19h» USR-\$

Devuelve la dirección en memoria del UDG correspondiente al primer carácter de una cadena.

«1Ah» READ-IN

Equivalente a la función «INKEY\$» del Basic, devuelve una cadena (en realidad, un solo carácter) que ha sido leída desde la corriente (stream) que estuviese abierta.

«1Bh» NEGATE

Cambia el signo del número que se halle presente en la parte alta del stack. Si éste es «0», no resulta afectado.

«1Ch» CODE

Devuelve el código ASCII del primer carácter de una cadena cuyos parámetros estén en el stack. Si se tratase de una cadena nula, se devuelve un cero.

«1Dh» VAL

Al igual que la función «VAL» del Basic, evalúa una cadena devolviendo un resultado numérico si ello fuera posible.

«1Eh» LEN

Devuelve un número que es la longitud de la cadena cuyos parámetros se encuentren en el stack.

«1Fh» SIN
«20h» COS
«21h» TAN
«22h» ASN
«23h» ACS
«24h» ATN

Se trata de las funciones trigonométricas del calculador (seno, coseno, tangente, arco-seno, arco-coseno y arco-tangente respectivamente). En el caso de las tres primeras, la entrada ha de ser en radianes. En el caso de las tres últimas, la salida es, asimismo, en radianes.

«25h» LN

Devuelve el logaritmo neperiano del número que se encuentre en el stack.

«26h» EXP

Devuelve el «antilogaritmo» o función exponencial (e^x) del número que se encuentre en el stack.

«27h» INT

Devuelve la parte entera del número que se encuentre en el stack.

«28h» SQR

Devuelve la raíz cuadrada del número presente en el stack.

«29h» SGN

Devuelve el signo (-1 , 0 ó $+1$) del número presente en el stack.

«2Ah» ABS

Elimina el signo (lo cambia a positivo) del número presente en el stack. Es decir, devuelve su valor absoluto.

«2Bh» PEEK

Devuelve el contenido de la posición de memoria cuya dirección es el último valor del stack.

«2Ch» IN

Realiza un «IN» a nivel de micropro-

cesador al port direccionado por el dato del stack y devuelve el valor que tuviera el port en ese momento.

«2Dh» USR-NO

Realiza un «CALL» a la dirección apuntada por el dato del stack. Devuelve el valor que contenga el registro «BC» en el retorno. Es el sistema por el que, habitualmente, entramos a nuestros programas en C/M desde Basic. La dirección a la que se ha hecho el «CALL» estará presente en el registro «BC» en el momento de entrar en la subrutina. De forma que, si ésta fuera un simple «RET», el dato del stack no se modificaría.

«2Eh» STR\$

Devuelve la cadena que representa, en ASCII, el número que contuviera el stack. Como siempre, la cadena se construirá en el área de trabajo y sus parámetros serán el resultado que se obtenga en el stack. Puede resultar muy útil para imprimir en ASCII un determinado dato del stack.

«2Fh» CHR\$

Devuelve una cadena de un solo carácter, que será aquél cuyo código ASCII contuviera el stack.

«30h» NOT

Devuelve un valor de «1» si el contenido del stack fuera «0», y un valor de «0» en caso contrario.

«31h» DUPLICATE

Duplica el número que se halle en el stack. Por tanto, el stack crece en un elemento (cinco bytes).

«32h» N-MOD-M

Halla el módulo «M» del número «N». «M» será la última entrada en el stack y «N» la penúltima. En realidad, lo que hace es dividir «N» entre «M» sin sacar decimales y dar el cociente como últi-

ma entrada en el stack y el resto como penúltima.

«33h» JUMP

Salta tantos literales (hacia delante o hacia atrás) como indique el literal que lo sigue (en complemento a 2) que se considera como un parámetro. De hecho, se comporta igual que las instrucciones de salto relativo del microprocesador. En este caso, el salto es incondicional.

«34h» STK-DATA

Sirve para almacenar un dato en el stack. El dato vendrá dado por los literales que le sigan y que serán considerados como parámetros. El primero de ellos será dividido por «40h» (64) y el cociente más 1 determina si siguen 1, 2, 3 ó 4 literales que formarán la mantisa del número, rellenándose los espacios vacíos con ceros. El primer literal se utiliza, también, como exponente tras dividirlo por «40h», a menos que el resto sea «cero», en cuyo caso, se le añade «50h» para formar el verdadero exponente.

«35h» DEC-JR-NZ

Funciona de la misma forma que la instrucción «DJNZ» del Z-80, salvo que el contador es el pseudo-registro «B» del calculador, es decir, la posición de memoria 23655. La longitud del salto viene indicada, en complemento a 2, por el siguiente literal.

«36h» LESS-0

Devuelve un valor de «1» si el valor del stack es menor de cero y un valor de «0» en caso contrario.

«37h» GREATER-0

Devuelve un valor de «1» si el valor del stack es mayor de cero y un valor de «0», en caso contrario.

«39» END-CALC

Termina el cálculo y devuelve el control a la secuencia de programa. En este momento, el resultado del cálculo deberá estar en el stack para poder ser leído desde allí.

«39h» GET-ARGT

Este literal realiza una complicada reducción con el argumento «X» de «SIN X» o «COS X». Devolviendo un valor «V» que cumpla las dos propiedades siguientes:

$$\begin{aligned} -1 &\leq V \leq 1 \\ \text{SIN}(\text{PI} \cdot V/2) &= \text{SIN} X \end{aligned}$$

La reducción se hace a través de un valor «Y» intermedio de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} Y &= X / (2 \cdot \text{PI}) - \text{INT}(X/2 \cdot \text{PI}) + 0.5 \\ \text{Si } -1 &\leq 4 \cdot Y \leq 1 \text{ Entonces } V = 4 \cdot Y \\ \text{Si } 1 &< 4 \cdot Y < 2 \text{ Entonces } V = 2 - 4 \cdot Y \\ \text{Si } -2 &\leq 4 \cdot Y < -1 \text{ Entonces } \\ &V = -4 \cdot Y - 2 \end{aligned}$$

«3Ah» TRUNCATE

Redondea un número a su entero más próximo.

«3Bh» FP-CALC-2

Se utiliza para realizar una operación aritmética única. El literal que indica la operación a realizar, se pasa a través del pseudo-registro «B» del calculador (variable «BREG» del Sistema).

«3Ch» E-TO-FP

Devuelve un valor que es el resultado de convertir un número en notación exponencial (científica) a coma flotante. La notación exponencial es «xEm» donde «x» es la última entrada del stack y «m» está en el registro «A».

«3Dh» RE-STACK

Transforma un número que se en-

cuentre en formato de entero, en ese mismo número pero en formato de coma flotante.

«86h» SERIES-06

«88h» SERIES-08

«8Ch» SERIES-0C

Estos tres literales se dirigen a la misma subrutina que se encarga de realizar los desarrollos en serie necesarios para las funciones logarítmicas y trigonométricas. La rutina resulta imprescindible para el Sistema Operativo, pero de escasa utilidad para el programador.

«A0h» STK-ZERO

«A1h» STK-ONE

«A2h» STK-HALF

«A3h» STK-PI/2

«A4h» STK-TEN

Estos cinco literales sirven para almacenar en el stack las cinco constantes de que dispone el calculador. Respectivamente: «0», «1», «1/2», «PI/2» y «10».

«C0h» ST-MEM-0

«C1h» ST-MEM-1

«C2h» ST-MEM-2

«C3h» ST-MEM-3

«C4h» ST-MEM-4

«C5h» ST-MEM-5

Estos seis literales sirven para transferir el dato que se encuentre en la parte alta del stack, a una de las seis memorias de que dispone el calculador.

«E0h» GET-MEM-0

«E1h» GET-MEM-1

«E2h» GET-MEM-2

«E3h» GET-MEM-3

«E4h» GET-MEM-4

«E5h» GET-MEM-5

Opuestos a los anteriores, estos literales sirven para recuperar un dato desde una de las memorias y pasarlo al stack, dejándolo en la parte superior.

Hasta aquí, hemos visto las principales rutinas de la ROM del Spectrum que pueden ser utilizadas por el programador. Para aquellos que deseen profundizar en el funcionamiento del Sistema Operativo, puede ser de gran ayuda el libro de los doctores Ian Logan y Frank O'Hara: «The Complete Spectrum ROM Disassembly», Ed. Melbourne House, 1983.

INSTRUCCIONES ESPECIALES

A lo largo de los anteriores capítulos, hemos ido viendo todo el juego de instrucciones del microprocesador, Z-80, al menos el juego de instrucciones que figura en los manuales del fabricante. No obstante, el Z-80 puede hacer algo más de lo que hemos visto hasta ahora.

Este microprocesador fue concebido como una versión mejorada del, entonces, más popular microprocesador de 8 bits: el 8080. Para ello, se le añadió un set de registros alternativos y algunas instrucciones más. También se le añadieron los registros índice «IX» e «IY» para darle la posibilidad de trabajar con direccionamiento indexado.

En este modo de direccionamiento, se utilizan los mismos códigos de operación que para el direccionamiento indirecto a través del registro «HL», pero precedidos de «DDh» si utilizan el índice «IX», o

de «FDh» si utilizan el «IY». Probablemente más de un lector ya se haya dado cuenta de esta particularidad. Si desea comprobarlo, elija una instrucción al azar, por ejemplo, «LD A, (HL)» cuyo código de operación es «7Eh». Si le añadimos «DDh» se convierte en «DDh 7Eh» que es, precisamente, el código de operación de «LD A, (IX + d)». El valor de «d» se añade, en complemento a 2, a continuación del código de operación.

Todo esto se encuentra en cualquier manual, así como todos los códigos de las instrucciones que utilizan direccionamiento indexado. Pero lo que no dice ningún manual (al menos, ninguno que nosotros conozcamos), es que los registros «IX» e «IY» pueden ser utilizados como cualquier otro registro del microprocesador. No solamente como punteros, sino para realizar operaciones dentro de ellos mismos. Por ejem-

plo, hemos visto que la instrucción «INC (HL)», cuyo código de operación es «34h» se transforma en «INC (IX + d)» con código de operación «DDh 34h» o en «INC (IY + d)» con código «FDh 34h». Pero lo que no hemos visto, y veremos ahora, es que la instrucción «INC HL» cuyo código de operación es «23h» se transforma en «INC IX» si le ponemos delante «DDh» quedando, como código de operación, «DDh 23h». Esto es válido para todas las instrucciones que utilicen el registro «HL» y es una consecuencia del sistema de decodificación que utiliza, internamente, el Z-80. Cada vez que se recibe un «DDh» o un «FDh», se sabe que el siguiente código de operación que se reciba no irá referido al registro «HL», sino al «IX» o al «IY».

No queda ahí la cosa. Los registros «IX» e «IY», que son registros dobles (de 16 bits), pueden «par-

tirse» y convertirse en registros sencillos (de 8 bits). Para evitar confusiones, llamaremos a los registros de la siguiente forma:

«Ix» = Mitad alta de «IX»
«iX» = Mitad baja de «IX»
«Iy» = Mitad alta de «IY»
«iY» = Mitad baja de «IY»

La letra que esté en mayúscula indicará a cuál de las dos mitades nos estamos refiriendo.

Cualquier instrucción que actúe sobre el registro «H», podrá actuar sobre la mitad alta de los registros «IX» e «IY» si le antepone «DDh» o «FDh». De la misma forma, cualquier instrucción que actúe sobre el registro «L», lo hará sobre la mitad baja del «IX» o «IY» si le antepone «DDh» o «FDh». Por ejemplo: la instrucción «LD A,L» cuyo código de operación es «7Dh» se transforma en «LD A,iX» con código «DDh 7Dh».

Existen un total de 126 instrucciones que actúan sobre «H», sobre «L» o sobre «HL», por lo que podemos obtener 252 instrucciones extra que actúen sobre «IX», sobre «IY» o sobre cualquiera de sus mitades.

Estas instrucciones no serán reconocidas por ningún ensamblador, ni por ningún desensamblador. La forma de teclearlas es utilizar la correspondiente instrucción referida a «HL», pero anteponiéndole un «DEFB #DD» o un «DEFB #FD». Por ejemplo: si queremos teclear en nuestro ensamblador la instrucción «LD A,iX» podremos hacerlo de la siguiente forma:

```
DEFB #DD  
LD A,L
```

Aunque recomendamos añadir un comentario para hacer más legible el código fuente. Algunos desensambladores (por ejemplo el MONS-3) de-

sensamblan como «NOP» aquellas instrucciones que no identifican, pero señalándolo con un asterisco a la derecha del código objeto. Por ejemplo, si un MONS-3 se encuentra con la instrucción que acabamos de introducir, la desensamblaría de la siguiente forma:

```
DD* NOP  
7D LD A,L
```

Tenga esto en cuenta cada vez que desensamble un programa comercial, ya que últimamente, aparecen este tipo de instrucciones con bastante frecuencia.

Con esto, damos por terminado el CURSO DE CODIGO MAQUINA, no sin antes recordar al lector que puede remitir cualquier duda que le surja, a la sección CONSULTORIO de MICROHOBBY Semanal, donde tendremos sumo gusto en resolverla... ¡¡Si sabemos!!

INDICE

| | |
|---------------------------------|------|
| Introducción | I |
| Manejando una calculadora | III |
| Algebra de Boole | V |
| Ejercicios | VIII |

| | |
|--------------------|---|
| PRESENTACION | 2 |
|--------------------|---|

Capítulo 1

CODIGO MAQUINA Y ASSEMBLER

| | |
|---|---|
| Lenguaje de máquina | 3 |
| Microprocesador imaginario | 3 |
| Supuesto | 4 |
| Codificación | 4 |
| Codificación del supuesto en lenguaje simbólico | 6 |
| Intérpretes y ensambladores | 6 |
| Ejecución | 6 |

Capítulo 2

SISTEMAS DE NUMERACION

| | |
|--|----|
| Sistema decimal | 8 |
| Sistema binario | 8 |
| Operaciones aritméticas en binario | 8 |
| Números negativos | 10 |
| Sistema hexadecimal | 11 |
| Conversión entre bases | 13 |
| Ejercicios | 16 |

Capítulo 3

EL MICROPROCESADOR Z-80

| | |
|---------------------------------------|----|
| Qué es un microprocesador | 17 |
| Registros | 18 |
| Registros especiales de 16 bits | 18 |
| Registros especiales de 8 bits | 19 |
| Registros alternativos | 19 |
| Unidad aritmética-lógica | 20 |
| Registro de instrucciones | 21 |
| Buses | 21 |
| Las interrupciones en el Z-80 | 23 |
| Palabra de datos del Z-80 | 24 |
| Ciclos y tiempos | 24 |
| Modos de direccionamiento | 26 |
| Instrucciones del Z-80 | 28 |

Capítulo 4

PROGRAMACION EN ASSEMBLER

| | |
|--------------------|----|
| Introducción | 30 |
|--------------------|----|

| | |
|---|----|
| Realización de un programa | 30 |
| Formatos de instrucción en código máquina | 31 |
| Necesidad de conocer el código de máquina | 32 |
| Formatos de instrucción en lenguaje simbólico | 32 |
| Contador de posición | 34 |
| Generación de palabras de datos .. | 34 |
| Diagramas de flujo | 35 |
| Presentación de las instrucciones . | 37 |
| Ejecución de código máquina en el Spectrum | 39 |
| Codificación hexadecimal | 40 |
| Dónde ubicar un programa en código máquina | 41 |

Capítulo 5

INSTRUCCIONES DE CARGA

| | |
|--|----|
| Introducción | 42 |
| Grupo de instrucciones de carga en registros (LD r,r'; LD r,n; LD r,(HL); LD r,(IX+d); LD r,(IY+d)) | 42 |
| Grupo de instrucciones de carga en memoria (LD (HL),r; LD (IX+d),r; LD (IY+d),r; LD (HL),n; LD (IX+d),n; LD (IY+d),n) | 45 |
| Grupo de instrucciones de carga en registro acumulador (LD A,(BC); LD A,(DE); LD A,(nn); LD A,I; LD A,R) .. | 47 |
| Grupo de instrucciones para salvar el registro acumulador (LD (BC),A; LD (DE),A; LD (nn),A; LD I,A; LD R,A) .. | 49 |
| Grupo de instrucciones de carga en registros de 16 bits (LD dd,nn; LD IX,nn; LD IY,nn; LD HL,(nn); LD dd,(nn); LD IX,(nn); LD IY (nn)) | 51 |
| Grupo de instrucciones de carga en memoria, 16 bits (LD (nn),HL; LD (nn),dd; LD (nn),IX; LD (nn),IY) | 54 |
| Grupo de instrucciones de carga en registro SP (LD SP,HL; LD SP,IX; LD SP,IY) | 56 |
| Grupo de instrucciones de manejo de pila (PUSH qq; PUSH IX; PUSH IY; POP qq; POP IX; POP IY) | 57 |
| Una mirada gráfica a la pila | 61 |
| Tablas de codificación | 66 |
| Carga del registro «PC» | 70 |
| Ejemplos | 71 |
| Ejercicios | 75 |

Capítulo 6

INSTRUCCIONES ARITMETICAS Y LOGICAS

| | |
|--|-----|
| Introducción | 76 |
| Grupo de instrucciones aritméticas para 8 bits (ADD A,r; ADD A,n; ADD A,(HL); ADD A,(IX + d); ADD A,(IY + d); ADC A,r; ADC A,n; ADC A,(HL); ADC A,(IX + d); ADC A,(IY + d); SUB r; SUB n; SUB (HL); SUB (IX + d); SUB A,(IY + d) SBC A,r; SBC A,n; SBC A,(HL); SBC A,(IX + d); SBC A,(IY + d)) | 77 |
| Ejemplos | 94 |
| Grupo de incremento y decremento para 8 bits (INC r; INC (HL); INC (IX + d); INC (IY + d) DEC r; DEC (HL); DEC (IX + d); DEC (IY + d)) | 97 |
| Grupo de instrucciones lógicas (AND r; AND n; AND (HL); AND (IX + d); AND (IY + d)) | 103 |
| Control de paridad | 107 |
| Grupo de instrucciones lógicas (cont.) (OR r; OR n; OR (HL); OR (IX + d); OR (IY + d); XOR r; XOR n; XOR (HL); XOR (IX + d); XOR (IY + d)) | 113 |
| Máscaras | 122 |
| Grupo de instrucciones de comparación (CP r; CP n; CP (HL); CP (IX + d); CP (IY + d)) | 123 |
| Grupo aritmético de 16 bits (ADD HL,ss; ADC HL, ss; SBC HL,ss; ADD IX,pp; ADD IY,rr) | 126 |
| Grupo de incremento y decremento para 16 bits (INC ss; INC IX; INC IY; DEC ss; DEC IX; DEC IY) | 130 |
| Grupo de instrucciones aritméticas de uso general (CPL; NEG; CCF; SCF; DAA) | 133 |
| Ejemplos | 140 |
| Ejercicios | 145 |
| Soluciones a los ejercicios | 147 |

Capítulo 7

INSTRUCCIONES DE CAMBIO DE SECUENCIA

| | |
|--|-----|
| Introducción | 149 |
| Instrucciones de salto absoluto (JP n; JP cc,nn) | 149 |
| Instrucciones de salto relativo (JR e; JR c,e; JR NC,e; JR Z,e; JR NZ,e; DJNZ e) | 151 |

| | |
|--|-----|
| Bucles | 155 |
| Instrucciones de salto indirecto (JP (HL); JP (IX); JP (IY)) | 157 |
| Ejemplos | 159 |
| Ejercicios | 171 |
| Soluciones a los ejercicios | 172 |

Capítulo 8

INSTRUCCIONES DE INTERCAMBIO TRANSFERENCIA Y BUSQUEDA

| | |
|--|-----|
| Grupo de instrucciones de intercambio (EX DE,HL; EX AF,AF'; EXX; EX (SP),HL; EX (SP),IX; EX (SP),IY) | 173 |
| Grupo de instrucciones de transferencia (LDI; LDIR; LDD; LDDR) | 177 |
| Grupo de instrucciones de búsqueda (CPI; CPIR; CPD; CPDR) | 182 |
| Tablas de codificación | 188 |
| Métodos de búsqueda | 189 |
| Ejemplos | 190 |
| Ejercicios | 203 |
| Soluciones a los ejercicios | 204 |

Capítulo 9

INSTRUCCIONES DE ROTACION Y DESPLAZAMIENTO

| | |
|--|-----|
| Introducción | 206 |
| Instrucciones de rotación (RLCA; RLA; RRCA; RRA; RLC r; RLC (HL); RLC (IX + d); RLC (IY + d); RL r; RL (HL); RL (IX + d); RL (IY + d); RRC r; RRC (HL); RRC (IX + d); RRC (IY + d); RR r; RR (HL); RR (IX + d); RR (IY + d)) | 206 |
| Tablas de codificación | 219 |
| Instrucciones de desplazamiento (SLA r; SLA (HL); SLA (IX + d); SLA (IY + d); SRA r; SRA (HL); SRA (IX + d); SRA (IY + d); SRL r; SRL (HL); SRL (IX + d); SRL (IY + d); RLD; RRD) | 219 |
| Tablas de codificación | 230 |
| Multiplicación y división con instrucciones de rotación y desplazamiento | 230 |
| Los archivos de pantalla y atributos | 236 |
| Ejemplos | 241 |
| Los canales de comunicación | 251 |
| Ejercicios | 256 |
| Soluciones a los ejercicios | 257 |

Capítulo 10

INSTRUCCIONES DE MANEJO DE BITS

| | |
|---|-----|
| Introducción | 258 |
| Instrucciones de prueba de bits (BIT b,r; BIT b,(HL); BIT b,(IX+d); BIT b,(IY+d)) | 258 |
| Instrucciones de activar bits (SET b,r; SET b,(HL); SET b,(IX+d); SET b,(IY+d)) | 260 |
| Instrucciones de borrar bits (RES b,r; RES b,(HL); RES b,(IX+d); RES b,(IY+d)) | 262 |
| Tablas de codificación | 263 |
| Los «Flags» | 263 |
| Ejemplos | 269 |
| Ejercicios | 279 |
| Soluciones a los ejercicios | 280 |

Capítulo 11

GRUPO DE INSTRUCCIONES DE LLAMADA Y RETORNO

| | |
|--|-----|
| Subrutinas | 281 |
| Instrucciones de llamada (CALL nn; CALL cc,nn) | 286 |
| Instrucciones de retorno (RET; RET cc; RETI; RETN) | 288 |
| Reinicios de página cero (RST p) .. | 291 |
| Tablas de codificación | 293 |
| Ejemplos | 293 |
| Ejercicios | 328 |
| Soluciones a los ejercicios | 329 |

Capítulo 12

GRUPO DE INSTRUCCIONES DE ENTRADA Y SALIDA

| | |
|---|-----|
| Introducción | 330 |
| Instrucciones de entrada (IN A,(n); IN r,(C); INI; INIR; INDR) | 332 |
| Instrucciones de salida (OUT (n),A; OUT (C),r; OUTI; OTIR; OUTD; OTDR) .. | 337 |
| Tablas de codificación | 342 |
| El teclado del Spectrum | 342 |
| Ejemplos | 346 |
| Ejercicios | 355 |
| Soluciones a los ejercicios | 355 |

416 CODIGO MAQUINA

Capítulo 13

GRUPO DE INSTRUCCIONES DE CONTROL DE CPU

| | |
|---|-----|
| Instrucciones de control (NOP; HALT) .. | 357 |
| Las interrupciones | 358 |
| Instrucciones relativas a las interrupciones (DI; EI; IM 0; IM 1; IM 2) ... | 360 |
| Tablas de codificación | 362 |
| Ejemplos | 362 |
| Ejercicios | 370 |
| Soluciones a los ejercicios | 371 |
| REPERTORIO ALFABETICO DE INSTRUCCIONES | 372 |

Capítulo 14

MANEJO DE ENSAMBLADORES

| | |
|---|-----|
| Introducción | 380 |
| Etiqueta | 380 |
| Contador de posiciones | 381 |
| Expresiones | 381 |
| Directivos del ensamblador (EQU; DEFB; DEFW; DEFS; DEFM; IF; ELSE; END) | 381 |
| Comandos del ensamblador (E; Hs; S; L—; L+; D—; D+; C—; C+; F) ... | 382 |
| Editor | 382 |
| Comandos del editor | 383 |
| Ensamblaje y puesta en marcha ... | 384 |
| Comandos de cinta | 384 |
| Comandos de microdrive | 384 |
| Otros comandos | 384 |
| TABLAS DE MANEJO DEL GENS-3 | 385 |

Capítulo 15

SUBRUTINAS DE LA ROM

| | |
|--|-----|
| Introducción | 387 |
| Rutinas de control de pantalla | 388 |
| Rutinas de cassette y sonido | 389 |
| Rutinas de uso general | 393 |
| Rutinas para manejar el stack del Calculador | 399 |
| El Calculador de la ROM | 406 |
| Literales del Calculador | 407 |
| APENDICE INSTRUCCIONES ESPECIALES | 412 |
| INDICE | 414 |

CURSO DE CODIGO MAQUINA FE DE ERRATAS

Errores de foliación:

- 1.º) Las páginas publicadas en el n.º 49 de MICROHOBBY salieron con el orden alterado. Deberán sustituirse por las que salieron en el n.º 50 con el orden correcto.
- 2.º) En el n.º 91, las páginas numeradas de 397 a 404 deben ser numeradas de 377 a 384.
- 3.º) En el n.º 93, las páginas numeradas de 401 a 408 deben ser numeradas de 393 a 400.
(El índice hace referencia a la numeración corregida.)

Errores en figuras:

- Pág. IV: La tecla «7» de la columna derecha de la calculadora debe ser una tecla «X» (por).
- Pág. 26: Fig. 6: Donde dice «ESTRUCTURA EN MEMORIA» debe decir «ESCRITURA EN MEMORIA».
- Pág. 33: Fig. 4-1: Donde dice «ORGANGRAMA» debe decir «ORGANIGRAMA».
- Pág. 36: Fig. B: La flecha debe apuntar en sentido contrario.
- Pág. 62: Fig. 5-1b: Las posiciones de memoria 4B88 y 4B87 deben contener AA y B5 respectivamente.
- Pág. 64: Fig. 5-1d: El registro IY debe contener 86FF
Fig. 5-1e: La posición de memoria 4B84 debe contener 86.
- Pág. 74: Fig. 5-10: Los datos y direcciones del recuadro rojo de la página 75 corresponden a las 8 filas del muñeco de esta figura.
- Pág. 175: Fig. 8-1: Donde dice «REGISTO SP» debe decir «REGISTRO SP».
- Pág. 209: Fig. 9-4: El pie debe decir: «Fig. 9-4: Instrucciones RRA y RR».
- Págs. 244 y 245: Los pies de las figuras 9-17a y 9-17b están intercambiados.
- Págs. 252 y 253: Fig. 9-18: Faltan las flechas que conectan cada casilla de la línea superior con la de su mismo color en la línea inferior. Sólo una de estas flechas ha sido representada.
- Pág. 393: El listado, en verde, de la segunda columna deberá estar en el lugar del de la primera. Este último no vale por ser repetición del de la página anterior. En el lugar que ocupa el listado de la segunda columna, deberá ir el de la primera columna de la página siguiente.

Errores en texto:

| Página. | Columna. | Línea. | Dónde dice: | Debe decir: |
|---------|----------|--------|--|-------------------|
| III | 1 | 8 | scroll | scroll |
| IV | 1 | 9 | no escriba | nos escriba |
| 2 | 1 | 28 | no exige | nos exige |
| 6 | 3 | 4 | otro | otra |
| 8 | 3 | 8 | haya | halla |
| 9 | 2 | 12 | operandos | operadores |
| 15 | 3 | 4 | áreas | aras |
| 28 | 1 | 18 | estos | esto |
| 28 | 2 | 32 | directamente | direccionamiento |
| 29 | 1 | 7 | ENTRA Y SALIDA | ENTRADA Y SALIDA |
| 30 | 3 | 33 | grama | blema |
| 31 | 3 | 30 | intrucciones | instrucciones |
| 40 | 2 | 2 | para el control | pasa el control |
| 41 | 2 | 13 | (B00h) | (5B00h) |
| 75 | 3 | 10 | FIGURA 5-11 | FIGURA 5-10 |
| 77 | 2 | 22 | 1 0 0 0 0 < ·r | 1 0 0 0 0 < ·r > |
| 89 | 1 | 13 | al resta 4-5 | al restar 4-5 |
| 95 | 3 | 9 | pero no sé | pero sé |
| 104 | 1 | 8 | es un solo | es «uno» solo |
| 155 | 3 | 31 | idea de utilizar | idea, utilizar |
| 167 | 3 | 27 | pantalla | tabla |
| 169 | 3 | 33 | rutinans | rutinas |
| 177 | 1 | 21 | memoair | memoria |
| 177 | 2 | 15 | esto | éste |
| 179 | 2 | 14 | (65536 ó 10000) | (65536 ó 10000h) |
| 190 | 1 | 20 | P E P E | P E P E — |
| 196 | 1 | 1 | "D | "DJNZ" |
| 196 | 1 | 25 | " 5800" | "#5800" |
| 199 | 1 | 1 | podemos v | podemos verificar |
| 199 | 1 | 13 | es de | es a partir de |
| 203 | 2 | 9 | RROM | ROM |
| 253 | 2 | 8 | (La línea 8, amarilla, debe ir insertada entre la 2 y la 3.) | |
| 274 | 1 | 25 | que llama | que se llama |
| 277 | 3 | 5 | "SI—1 | "SIG—1" |
| 302 | 3 | 15 | en 1821h | de 1821h |
| 337 | 3 | 11 | CURSO12B | |
| 338 | 3 | 5 | OUT 1 | OUTI |
| 391 | 1 | 23 | una pusa | una pausa |

CÓDIGO MÁQUINA

Las palabras «Código Máquina» evocan en el aficionado la idea de un conocimiento reservado a sesudos eruditos. Nada más alejado de la realidad. El Código Máquina no es más que un sencillo lenguaje de programación, tan fácil de dominar como pueda serlo el Basic, pero que abre las puertas a un maravilloso mundo donde el programador se encuentra libre de las ataduras impuestas por los lenguajes de «alto nivel» y adquiere un control total sobre su ordenador.

Partiendo de las bases más elementales, el lector va adentrándose progresivamente en el conocimiento de éste lenguaje —utilizado por todos los programadores profesionales— hasta llegar a tener un completo dominio del mismo. Con claras explicaciones, términos comprensibles y una gran profusión de ejemplos e ilustraciones, se llega hasta el desarrollo de un programa completo en Código Máquina. Completan el curso los capítulos dedicados al manejo de ensambladores, subrutinas del Sistema Operativo y conceptos básicos de programación.

Desde las primeras páginas, el lector se sentirá cautivado por este lenguaje y descubrirá que lo más divertido de programar es hacerlo en Código Máquina.

Sin duda, tiene en sus manos el más completo manual que se ha publicado sobre el Código Máquina del Spectrum.