Se se cansou da lentidão dos seus programas em BASIC, e se deseja escrever programas mais rápidos e melhores — em particular de jogos — então este livro é-lhe destinado.

Este trabalho parte do princípio de que não possui conhecimento da linguagem máquina. E começa por explicar quais são os equivalentes em linguagem máquina para instruções BASIC tais como LET, IF, FOR/NEXT, PRINT, GOSUB, ADDITION e SUBTRACTION. Prossegue com a descrição pormenorizada das rotinas individuais dum simples jogo do Invasor Espacial, e de como essas rotinas estão interligadas. Para terminar são indicadas algumas rotinas simples que podem ser usadas com programas BASIC. São também incluídos alguns jogos para demonstrar a eficácia da programação em linguagem máquina.

- Aprenda como é simples incorporar nos seus programas BASIC rotinas em linguagem máquina.
- Use a linguagem máquina para criar muito melhores efeitos sonoros do que os que podem ser conseguidos com o comando BASIC.

Quer pretenda simplesmente escrever uma rotina para melhorar os seu programas BASIC, quer seja para escrever um programa em linguagem máquina com pés e cabeça, este livro será muito útil para si. Ele elimina a teoria que envolve a linguagem máquina, apresentando-a de um modo prático e agradável de aprender.

Há no decurso do livro um certo número de perguntas que permitirão testar os seus conhecimentos de linguagem máquina.

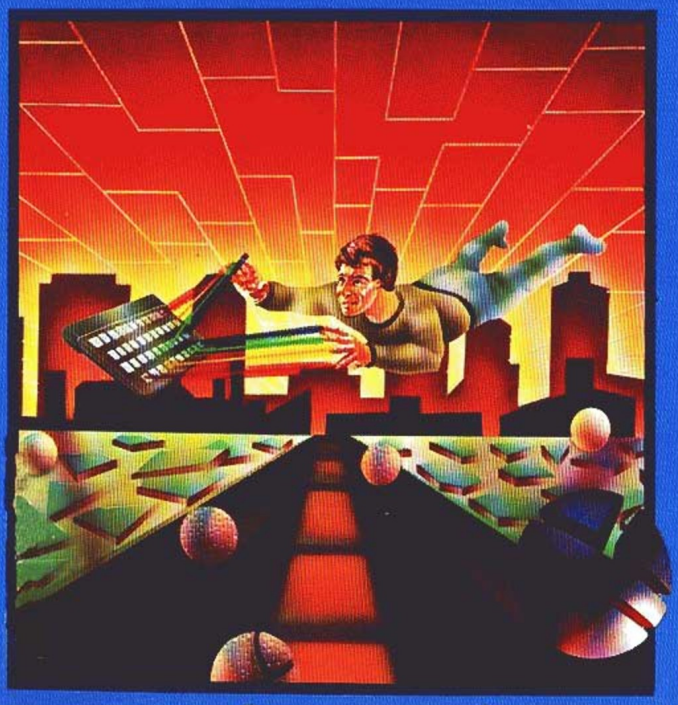
ARTE DE VIVER
89

3308985

ARTE DE VIVER 89

STEVE WEBB

Programação prática em LINGUAGEM MÁQUINA para o Spectrum



PUBLICAÇÕES EUROPA-AMÉRICA

STEVE WEBB

Programação prática em LINGUAGEM MÁQUINA para o Spectrum

ARTE DE VIVER

PUBLICAÇÕES EUROPA-AMÉRICA

Título original: Practical Spectrum Machine Code Programming

Tradução do Eng.º Eduardo Mesquita de Abreu

Capa: estúdios P. E. A.

Editor: Francisco Lyon de Castro

PUBLICAÇÕES EUROPA-AMÉRICA, LDA.
Apartado 8
2726 MEM MARTINS CODEX
PORTUGAL

Edição n.º 33 089/3897

Execução técnica:
Gráfica Europam, Lda.,
Mem Martins

ÍNDICE

	Pág.
Introdução	9
Que é a linguagem máquina?	11
Instruções em BASIC e os seus equivalentes em linguagem máquina	17
Rotinas em linguagem máquina (Programa «Invasor Espacial»)	43
Dois jogos e algumas rotinas úteis	72
Apêndice	111

Introdução

Este livro tem a intenção de constituir uma introdução ao mundo da programação em linguagem máquina. O leitor não precisa de ter nenhum conhecimento prévio de linguagem máquina para ser capaz de usar as rotinas e os jogos nele contidos. Deve no entanto necessitar dum conhecimento sobre o funcionamento da programação BASIC. E por tal eu quero significar que deve ser capaz de imprimir o seu nome e fazê-lo mover-se através do *écran* em jeito de comboio expresso.

Para todos aqueles que pretendem tornar-se programadores a sério de linguagem máquina, cada rotina é acompanhada de uma descrição pormenorizada e dum fluxograma.

Se você não pretende tornar-se programador de linguagem máquina, não há razão para que não use algumas rotinas que vêm no livro para valorizar a sua programação em BASIC.

Esta obra tem a finalidade de ensinar os funcionamentos da programação em linguagem máquina e permitir-lhe aprender como desenvolver os seus próprios programas. Se bem que tenha incluído no texto alguns jogos, fi-lo mais com a finalidade de ensinar do que divertir. Se os utilizar simplesmente com o fim de jogar ficará desapontado.

Espero sinceramente que o leitor ache este livro mais prático que a maioria dos livros do tipo «Aprenda Linguagem Máquina» disponíveis.

As rotinas e os programas contidos no livro não foram escritos da maneira mais eficiente ou de modo a poupar a memória do computador. Muitos deles são mais longos do que é necessário, com a finalidade de os tornar mais compreensíveis. À medida que você se

Não é com frequência que tenho a oportunidade de, em público, agradecer aos meus amigos. Por isso peço que me seja perdoada esta página de auto-indulgência.

Quero agradecer à Susan por ter dactilografado este trabalho e ao Tracy por tudo o que fez.

tornar mais proficiente em programação será capaz de criar os seus próprios métodos mais abreviados.

No decurso deste livro o leitor depara com várias perguntas. Deve tentar dar-lhes resposta (estas podem ser encontradas no fim do livro); se verificar que errou, deve voltar a ler a secção correspondente, até que seja capaz de responder correctamente.

Que é a linguagem máquina?

O BASIC é uma linguagem de programação que tem por fim permitir ao homem comunicar com o funcionamento interno de um computador; pode ser olhado como um *interface* (um tradutor) entre o homem e o computador. O BASIC é extremamente inclinado para o homem e, acredite-se ou não, é mais fácil para si entendê-lo do que é para o computador.

O BASIC é uma língua estrangeira para o computador. A sua língua mãe é a linguagem máquina. Cada vez que ao computador se depara uma instrução em BASIC ele precisa do equivalente a um intérprete para o compreender. E isto leva tempo. Se um programa for escrito em linguagem máquina, o computador agirá de acordo com as instruções quase instantaneamente, poupando assim um tempo considerável. Os programas escritos em linguagem máquina são geralmente cinquenta a cem vezes mais rápidos do que os equivalentes programas em BASIC.

Os números e o seu armazenamento na memória

Creio que uma das coisas mais importantes a compreender antes de aprender linguagem máquina é como estão armazenados na memória os números. A memória é feita de locais individualmente numerados.

Cada local pode conter um número entre 0 e 255, inclusive. O facto de só poder conter um número com o valor máximo 255 é

obviamente uma limitação e tem de se encontrar um método para poder armazenar números de valor superior. O exemplo seguinte mostra como isto se faz.

Digamos que o número que se quer armazenar é 29248. Em primeiro lugar dividimos este número por 256 e arredondamos o resultado por defeito para o número inteiro mais próximo.

Assim: 29248 dividido por 256 = 114,25, arredondado por defeito = 114. A este chamamos a componente superior do número a ser armazenado. Representa o número total de vezes que o número 256 se contém no número em questão.

A componente superior (114) deste exemplo é então multiplicada por 256 e o resultado é em seguida subtraído do número que queremos armazenar (29248).

114 × 256 = 29184
29248 − 29184 = 64

64 chama-se a componente inferior do número que pretendemos armazenar.

Para o fazer pomos a componente inferior, que é 64, numa localização da memória e a componente superior, 114, na seguinte.

Para se armazenar um número de valor superior a 255 precisamos de utilizar duas posições de memória. Assim, se ler neste livro que um número, como por exemplo 29248, está armazenado na posição 30000, já sabe que na realidade ele se encontra armazenado nas posições 30000 e 30001.

Quais são as componentes superior e inferior do número 45621?

Se a componente inferior de um número for 31 e a sua componente superior tiver o valor 64, de que número se trata?

Quando damos entrada a um programa em linguagem máquina não usamos o nosso habitual sistema de numeração decimal, mas sim um outro que se designa por HEXADECIMAL (e que abreviadamente se designa por HEX). Para dar uma ideia como é o HEX veja-se este quadro, onde temos os números decimais e os seus equivalentes em HEX

DECIMAL	HEX
0	00
9	09
10	0A
15	0F
16	10
255	FF

Anexa a este livro há uma tabela completa dos HEX e seus equivalentes em números decimais.

Para evitar confusões usa-se neste trabalho a letra D para significar número decimal e H para o HEX. E assim

8d = 8 decimal
12h = 12 HEX

Qual é o número decimal equivalente a E3h?

Se FBh é a componente superior dum número e CBh a sua componente inferior, qual é o seu equivalente no sistema decimal?

Para dar as respostas a estas duas perguntas deve usar-se a tabela do anexo.

Escrevemos um programa especial para permitir ao leitor dar facilmente entrada e testar os seus programas em linguagem máquina, ao qual nos referiremos como *Hexent*. Segue-se uma listagem do Hexent que deve ser batido no teclado e cuidadosamente verificado, guardando-o em seguida usando

SAVE "HEXENT" LINE 5

```
 5 CLEAR 28999
 10 CLS
 15 PRINT AT 5,0; "Press key E
to input HEX code."
 20 PRINT AT 7,0; "Press key C
to check HEX code."
 35 PRINT AT 9,0; "Press key X
to start HEX count."
 40 PRINT AT 11,0; "Press key Q
to stop program."
```

```
 45 IF INKEY $="e" OR INKEY $="E"
THEN GO TO 155
 50 IF INKEY $="c" OR INKEY $="C"
THEN GO TO 70
 55 IF INKEY $="x" OR INKEY $="X"
THEN GO TO 265
 60 IF INKEY $="Q" OR INKEY $="q"
THEN STOP
 65 GO TO 45
Q 70 LET A$="0123456789ABCDEF"
 75 CLS
 80 PRINT "INPUT STARTING ADDRESS."
 85 INPUT A
 90 PRINT "INPUT FINISHING ADDRESS."
 95 INPUT B
100 CLS
105 FOR C=A TO B
110 LET D=PEEK C
115 LET E=INT (D/16)
120 LET F=D-16*E
125 PRINT C; " "; A$ (E+1); A$ (F+1)
130 IF INKEY $="M" OR INKEY $="m"
THEN GO TO 15
135 NEXT C
140 PRINT AT 5,12; "PRESS M FOR
MENU."
145 IF INKEY $="M" OR INKEY $="m"
THEN GO TO 10
150 GO TO 145
155 CLS
160 PRINT "PUT CAPS LOCK ON."
165 PRINT "INPUT STARTING ADDRESS."
170 INPUT X
175 PRINT "INPUT HEX CODE."
180 LET A$=" "
185 IF A$=" " THEN INPUT A$
190 IF A$="M" THEN GO TO 10
195 LET B=0: LET A=1
200 FOR D=1 TO 0 STEP -1
205 LET C=CODE A$ (A)
210 LET A=A+1
215 IF C>=48 AND C<=57THEN LET
C=C-48: GOT TO 230
220 IF C>=65 AND C<=70 THEN LET
C=C-55: GO TO 230
225 GO TO 180
230 LET B=B+C*16↑D
235 NEXT D
240 POKE X,B
245 PRINT X; " "; CHR$ CODE A$(1);
CHR$ CODE A$ (2)
250 LET X=X+1
255 LET A$=A$ (3 TO)
260 GO TO 185
265 CLS
270 PRINT "INPUT STARTING ADDRESS."
275 LET D=0
280 INPUT A
285 PRINT "INPUT END ADDRESS."
290 INPUT B
295 FOR C=A TO B
300 LET D=D+PEEK C
305 NEXT C
310 PRINT "HEX COUNT = "; D
315 PRINT "PRESS M TO RETURN TO
MENU."
320 IF INKEY $="M" OR INKEY $="m"
THEN GO TO 10
325 GO TO 320
```

Como utilizar o Hexent

Quando se carrega o Hexent ele executa-se automaticamente e aparece (em inglês)* o seguinte menu:

Pressionar a tecla E para dar entrada ao código HEX.
Pressionar a tecla C para verificar o código HEX.
Pressionar a tecla X para iniciar a contagem HEX.
Pressionar a tecla Q para parar o programa.

Para dar entrada à linguagem máquina deve bater-se a tecla E. Quando o tiver feito o computador pedirá que pressione a tecla que fará com que a impressão seja em maiúsculas. Depois deve fazer-se o «input» da posição de memória em que se deseja que se inicie a linguagem máquina. Feito isto, logo surgirá o indicativo « » de pronto a funcionar, e significando que o *Spectrum* aguarda agora que alguma coisa dê entrada.

Na primeira rotina a primeira linha a entrar é 2108 3E (o que dá três bytes de Hex). Impressa esta linha deve pressionar-se ENTER. O que tiver sido batido no teclado aparece então no canto superior esquerdo do *écran*, juntamente com as posições de memória em

* Por motivos técnicos, optou-se por manter em inglês as mensagens (o que está escrito entre aspas, « »), nas listagens de programas. O leitor já saberá que o que está escrito entre aspas não afecta o trabalho do computador. Por outro lado, decidiu-se aceitar como linguagem normal termos como *byte, opcode,* etc., que, não pertencendo ainda à nossa língua, são usados correntemente. *(N. do E. port.)*

que os bytes foram colocados. Prossegue-se de modo semelhante dando entrada ao resto das linhas. E, quando se deu entrada à última linha, tem de se bater a tecla M e depois ENTER, o que o fará voltar ao menu.

Se agora se pressionar a tecla C entrar-se-á na rotina de verificação, que lhe pedirá os endereços do início e do fim da linguagem máquina a serem verificados. Esta imprimirá os endereços e a linguagem máquina, que pode então ser verificada com as listagens para correcção. Para continuar a proceder à verificação do resto do programa tem de se pressionar a tecla C. No final bate-se a tecla M para voltar ao menu de controlo.

Agora é a vez de se pressionar X, o que dará início à verificação de contagem do HEX. Primeiro surgirá o pedido para dar entrada aos endereços inicial e a final da linguagem máquina a ser verificada. O Hexent adicionará então os valores dos bytes entre essas posições e imprimirá o total. No fim de cada rotina indicou-se qual deve ser esse valor. O total para a primeira rotina é 1585. Isto serve como uma dupla verificação de que se deu entrada correctamente à linguagem máquina.

É importante uma verificação exaustiva, dado que ao contrário do BASIC que pára se houver erro, se a linguagem máquina tiver erro dará como resultado que o *Spectrum* aborte e provavelmente terá de se desligar antes de prosseguir. Como precaução adicional deve também guardar-se o programa em linguagem máquina antes de na realidade o executar.

Se se pressionar Q o Hexent parará, o que permite guardar a linguagem máquina e/ou escrever pequenos programas em BASIC acima da linha 325 para testar a linguagem máquina.

Quando se está a ler ou a dar entrada à linguagem máquina não se pode ter a certeza se se faz entrar a letra l ou o número um ou a letra O ou o número zero. Para apurar isto lembre-se que em HEX não temos as letras l e O.

Instruções em BASIC e os seus equivalentes em linguagem máquina

Nesta secção vamos indicar os equivalentes em linguagem máquina às mais correntes instruções em BASIC. Estes equivalentes mostrarão que a linguagem máquina não é tão difícil como se pode ter acreditado.

Na programação BASIC estávamos acostumados a usar variáveis tais como A, B, C, ..., X, Y, Z. Na programação em linguagem máquina não há tais variáveis e as suas mais próximas equivalentes são os registos. Há muito poucos registos e aqueles que principalmente se utilizarão são rotulados:

A, B, C, D, E, H, L

Cada registo pode ser considerado como uma posição específica da memória e consequentemente só pode conter um número entre 0 e 255. Para podermos usar os registos para armazenar números superiores a 255, seis deles foram constituídos num grupo de três pares, como se segue:

H L
B C
D E

Esta formação de pares não nos impede de usar os registos individualmente.

Todos estarão familiarizados com as instruções BASIC tais como LET A=5. O equivalente em linguagem máquina é LD A,5, que se lê como «carregar o registo A com 5». LD A chama-se um *opcode*[1]. No «Anexo» há uma lista de opcodes. Cada um deles é representado por um número HEX. O HEX para LD A,X é 3EX, onde X representa um número que pode ir de 0 a 255. A instrução LD A,5 ocupa duas posições de memória. Se LD A,5 for a primeira instrução duma rotina em linguagem máquina que começa na posição 30000, então, se atentarmos nas duas primeiras posições usando o Hexent, veremos que:

```
30000   3E
30001   05
```

É impossível ter uma instrução tal como LD A,827, pois que 827 é maior do que o número máximo, 255, que um simples registo pode armazenar. Se pretendermos armazenar um número maior do que 255 temos de utilizar um dos três pares de registos, tal como

LD HL, 827

Já mencionámos que cada registo individual pode ser considerado como uma posição de memória. Se nos lembrarmos como os números são armazenados, sabemos que a componente superior de 827=3 (827:256, arredondado o quociente por defeito) e que a componente inferior é 59.

Quando executarmos uma instrução como LD HL,827 a componente superior, 3, é colocada no registo H e a componente inferior, 59, vai para o registo L.

No par de registos BC, B é a componente superior; no registo DE, a componente superior é D.

Os opcodes podem ter o comprimento de um ou dois bytes e podem ser seguidos por mais um ou dois bytes adicionais. Há mais de 600 variantes de opcodes e está fora do âmbito desta obra dar uma descrição de cada um deles. Contudo, no «Anexo» encontra-se uma lista completa dos opcodes. No decurso deste livro aprender-se-á os opcodes suficientes para permitir ao leitor escrever os seus próprios programas.

[1] Abreviatura de «operacional code». *(N. do T.)*

Mostraremos seguidamente as instruções BASIC mais frequentemente usadas e quais são os seus equivalentes em linguagem máquina.

```
BASIC   : Let A = A + 3
OPCODE  : ADC, x
HEX     : CE 03

BASIC   : Let A = B
OPCODE  : LD A, B
HEX     : 78

BASIC   : Let A = A - 3
OPCODE  : SBC A, x
HEX     : DE 03
```

BASIC

```
For A = 1 to 100
Rotina a fazer
100 vezes
Next A
```

OPCODE

```
LD A, 100
┌→Rotina a fazer
│ 100 vezes
│ SBC A, 1
└─JRNZ
```

HEX

```
3E 64
Rotina a fazer
100 vezes
DE 01
20 x (— número de bytes a saltar
   para chegar ao início da rotina)
```

Para simular um ciclo FOR/NEXT carregamos primeiro o registo A com 100, ou fazemo-lo tantas vezes quantas as necessárias para realizar a rotina dentro do ciclo. No fim da rotina subtraímos

1 do registo A, e fazemos a verificação para ver se A é zero. Isto faz-se com o opcode JRNZ, o qual significa salto relativo se o último cálculo efectuado não teve resultado zero, JRNZ é então seguido pelo número de bytes que se deve saltar para chegar ao começo da rotina. Digamos que a rotina que tem de ser executada 100 vezes consiste em 50 bytes. Com o fim de saltar para trás para o seu começo temos de fazer um salto negativo de 54 bytes, a saber, os 50 bytes da rotina mais os 2 bytes de SBC A,1, mais ainda 2 bytes do JRNZ. O HEX para JRNZ — 54 é 20 CA.

No fim do livro há um «Apêndice» onde estão todos os códigos HEX para saltar negativamente (isto é, para trás). Veremos que só se pode saltar para trás o máximo 128 bytes. Também não se pode saltar para a frente mais do que 127 bytes. Com o fim de ajudar o leitor a utilizar o «Apêndice» no fim do livro, damos a seguir alguns exemplos de saltos relativos e dos seus códigos HEX:

Salto relativo + 49	**18 31**
Salto relativo — 49	**18 CF**
Salto relativo — 94	**18 A2**
Salto relativo + 94	**18 5E**

Se um opcode é 18 E5, quantos bytes teremos de saltar, negativa (para trás) ou positivamente (para a frente)?

Qual é o opcode para JR + 98?

A finalidade da utilização da linguagem máquina é tirar partido da sua alta velocidade. No entanto acontece que, por vezes, é demasiado rápida para certas aplicações e é preciso introduzir um processo que permite reduzir a velocidade. A rotina anterior é excelente para produzir um retardamento e seria usada do seguinte modo:

LD A, 100	**3E 64**
SBC, 1	**DE 01**
JRNZ	**20 FC (−4)**

Isto pode ser considerado como o equivalente em linguagem máquina do que em BASIC é a instrução de pausa cuja duração é regulada pela carga inicial do registo A.

Notar-se-á provavelmente que, nos exemplos dados dos equivalentes em linguagem máquina, usámos constantemente o registo A e não fazemos uso de nenhum dos outros registos. Isto acontece porque A é o único registo do qual se pode directamente subtrair ou adicionar um número. Não podemos ter opcodes como os seguintes

ADC H, 1
SBC H, 1
ou
SBC B, 3

Se quisermos adicionar um número, por exemplo 8, ao registo H, temos primeiro de carregar o registo A como o número 8 e seguidamente juntar os dois registos.

ADC A, H

A resposta aparecerá no registo A.

Pode-se adicionar ou subtrair qualquer dos seis registos, B, C, D, E, H, L, ao ou do registo A, mas lembremo-nos de que a resposta aparecerá sempre no registo A.

Podem-se adicionar ou subtrair pares de registos, mas somente ao ou do registo HL, com a resposta a aparecer neste. Assim, podemos ter

HL + DE
HL + BC

mas não

DE + BC
BC − DE

Não se pode somar ou diminuir um registo simples a ou dum registo par.

Sugere-se que se evite efectuar cálculos em que se espera que o resultado seja um número negativo. Claro que se pode trabalhar com números negativos, mas sugerimos que os principiantes os evitem.

BASIC	:	**GOTO 265**
OPCODE	:	**JP x x**
HEX	:	**C3 x x**

O leitor já terá tomado consciência de que em linguagem máquina não temos números de linha. Se queremos «ir para» qualquer parte temos de especificar a posição particular na memória. Suponhamos que no fim de um jogo queremos ir para o inicio do mesmo, na posição 30000. O opcode completo para o fazer é

C3	30	75
	componente inferior de 30000	componente superior de 30000

Em todos os opcodes apropriados, os números são escritos sempre da maneira que acima se indicou — isto é, a componente inferior seguida da componente superior.

```
BASIC    : GOSUB 1500
OPCODE   : CALL x x
HEX      : CD x x
```

O equivalente a GOSUB em linguagem máquina é CALL. Uma vez mais, como sucedeu com GOTO, temos de chamar uma posição especifica de memória. Assim como com as sub-rotinas em BASIC, uma sub-rotina em linguagem máquina tem de terminar com um opcode de retorno.

O opcode completo para chamar uma sub-rotina na posição 30000 é

CD 30 75

Na posição 30000 podemos ter a rotina para abrandamento que foi previamente descrita:

```
3E 64
DE 01
20 FC
C9
```

Como se vê, ela termina com C9, que é o opcode para retorno.

BASIC: IF

Já se nos deparou o equivalente em linguagem máquina para «IF» sob a forma de Salto Relativo se o último resultado não é zero.

Há muitas mais variações de «IF», existindo uma lista no «Apêndice» dos opcodes na parte final deste livro. Damos a seguir uma descrição de algumas das variações que mais provavelmente se utilizarão.

J R Z	Se o último resultado calculado for zero, fazer salto relativo de x bytes
J P Z	Se o último resultado calculado for zero, saltar para o endereço x x
J P N Z	Se o último resultado calculado não for zero, saltar para o endereço x x
J P M	Se o último resultado calculado for negativo, saltar para o endereço x x
J P P	Se o último resultado calculado for positivo, saltar para o endereço x x

Também podemos ter CALLs condicionais (GOSUBs).

CALL NZ	Chamar o endereço x x se o último resultado calculado não for zero
CALL Z	Chamar o endereço x x se o último resultado calculado for zero
CALL M	Chamar o endereço x x se o último resultado calculado for negativo
CALL P	Chamar o endereço x x se o último resultado calculado for positivo

BASIC: LET A = PEEK 30000

Quando se programa em BASIC, PEEK e POKE são as instruções que mais se aproximam normalmente da linguagem máquina.

O opcode para LET A = PEEK 30000 é

```
LD A, (30000)
HEX = 3A 30 75
```

Os parênteses curvos à volta de 30000 significam que estamos a carregar o registo A com o que estiver contido na posição 30000. Assim, se esta posição 30000 contiver o número 81 e executarmos LD A, (30000), o registo conterá agora 81.

Podemos também usar os três pares de registos para PEEK em posições.

```
LOAD HL, (30000)
HEX = 2A 30 75
```

Isto significa carregar o registo L com o que estiver contido na posição 30000 e carregar o registo H com o conteúdo da posição 30001. Você será capaz de ver como isto se liga com o modo como os números são armazenados na memória e em registos pares.

Se a posição 30000 contém o número 5d e a posição 30001 contém o número 15d, qual será o valor total de HL após a instrução LD HL, (30000)?

O oposto a PEEK é POKE. O opcode para POKE 30000,A é:

```
LD (30000), A
HEX 32 30 75
```

Os parênteses curvos à volta de 30000 indicam que estamos a carregar a posição 30000 com o que estiver contido no registo A.

Podemos também usar POKE em posições com o valor contido por qualquer dos três registos pares.

```
LD (30000), HL
HEX 22 30 75
LD (30000), DE
HEX ED 53 30 75
LD (30000), BC
HEX ED 43 30 75
```

Depois da instrução LD (30000), HL, a posição 30000 conterá o valor do registo L e a posição 30001 o valor do registo H.

Se HL contém o valor 35621d, quais serão os valores decimais contidos nas posições 30000 e 30001 depois de se ter dado a instrução LD (30000), HL?

Em BASIC podemos ter o seguinte

```
LET A = 5
LET B = 30000
POKE B, A
```

o que significa que podemos POKE (escrever) uma variável por via de uma outra. Podemos fazer isto facilmente em linguagem máquina:

```
OPCODE LD(HL), A
HEXENT 77
```

Digamos que HL contém o valor 30000 e que o registo A tem um valor de 5. Após a instrução LD(HL),A a posição 30000 conterá o valor 5.

Em BASIC, o oposto disto é

```
LET A = PEEK B
```

e é fácil de fazer em linguagem máquina:

```
LD A, (HL)
HEX 7E
```

Como resultado deste opcode, o registo A ficará a conter o que estava na posição contida por HL.

BASIC: READ e DATA

Em linguagem máquina não há equivalentes directos para READ e DATA, porém é bastante simples simulá-los. Já se explicou que os opcodes exigem que isso se faça. Na secção que trata dos dois jogos mostrar-se-á como é possivel armazenar e ler dados.

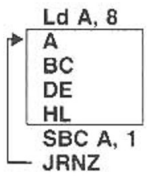
PUSH e POP

PUSH e POP são dois opcodes da linguagem máquina que na realidade não têm equivalentes em BASIC. Os fluxogramas que se

seguem ajudarão a explicar o que na realidade PUSH e POP fazem.

Suponhamos que temos uma rotina que usa os sete registos que já mencionámos:

Se em BASIC quiséssemos executar várias vezes esta rotina usaríamos A para próximo ciclo. Isto foi já explicado anteriormente e vamos então experimentar:

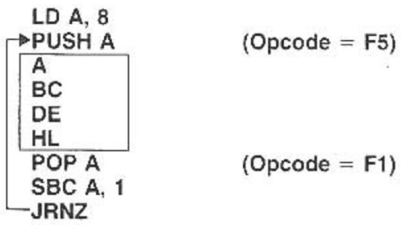


Estamos certos de que poderá ver que o programa acima escrito não funcionaria. É como montar um ciclo FOR/NEXT tal como

```
FOR A = 1 TO 8
```

e então usar a variável A na rotina no interior do ciclo. Aconteceriam coisas muito estranhas; o valor de A a controlar o ciclo FOR/NEXT seria destruído se o A fosse utilizado nesta rotina. Na programação BASIC é muito fácil evitar este problema, pois que há muitas variáveis que podem ser usadas.

Em linguagem máquina é um verdadeiro problema e usamos PUSH e POP para o evitar da maneira que a seguir se indica.



Depois de termos carregado o registo A com 8 usamos o opcode PUSH, o que em termos muito simples significa que se coloca o valor de A num local «seguro» que se designa por pilha. Podemos então executar a rotina principal sem receio de destruir o valor original de A. No fim da rotina usamos o opcode POP A, que permite recuperar o valor original de A.

PUSH e POP podem ser usados para quaisquer registos pares mas não para registos individuais. Podemos já ouvir todos a dizer: «Mas acabamos de ver a utilização de PUSH e POP para o registo A, que é um registo individual.»

Admitimos que assim foi, mas fizemo-lo para evitar confusões. O opcode F5 significa PUSH o par de registos AF. F é um registo que não se mencionou previamente. Trata-se de um registo que não pode ser usado como os outros sete registos e não voltará a ser mencionado neste livro.

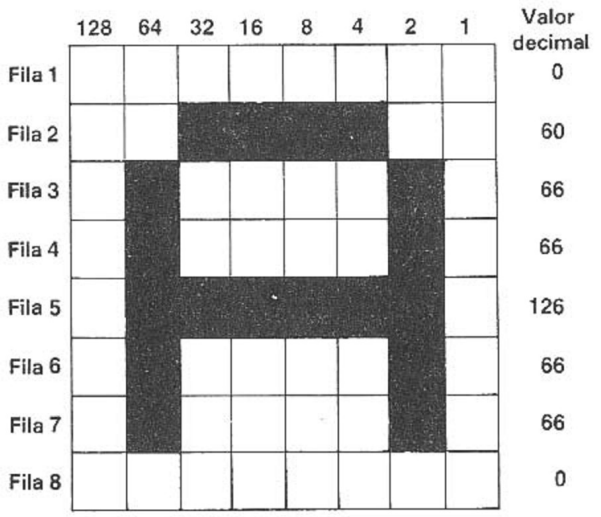
Imprimir um carácter no «écran»

Se estivermos a programar em BASIC é bastante simples imprimir um carácter. Na programação em linguagem máquina é ligeiramente mais difícil e requer compreender como os caracteres estão armazenados na memória e como funciona o visor. Primeiramente vamos descrever em pormenor como se imprime a letra A no canto superior esquerdo do *écran*. Em seguida mostraremos como se imprime um carácter em qualquer local do mesmo.

Se o leitor estiver familiarizado com a programação BASIC sabe que cada carácter é formado numa grelha 8 × 8.

O diagrama da página seguinte mostra como se constrói a letra A.

Cada uma das oito filas da grelha do carácter pode ser convertida num número decimal (veja-se o «Apêndice» que diz respeito ao sistema binário, se se pretender saber mais sobre este assunto). Os oito números ficam então armazenados na memória. Consequentemente cada carácter precisa de oito posições de memória para armazenar os seus dados. Os dados para a letra A começam na posição 15880. Isto pode ser verificado fazendo entrar e passando o se-



guinte programa, que imprimirá os valores de cada uma das filas como acima foi indicado.

```
400 LET X = 15880
405 FOR A = 0 to 7
410 PRINT PEEK (X + A)
415 NEXT A
420 STOP
```

Há 768 posições possíveis para imprimir um carácter no *écran* (24 filas × 32 colunas). Sabemos já que cada carácter usa oito posições de memória, do que se segue que o total do *écran* utiliza 6144 posições de memória (8 × 768). A memória para o *écran* tem início na posição 16384 e vai até à posição 22527. Quando pretendemos que apareça algo no *écran* temos de o colocar na sua área de memória. O *hardware* do *Spectrum* encarrega-se então de o enviar para o televisor.

Se se introduzir o exemplo seguinte, começar-se-á a ver como é que um carácter é impresso.

```
POKE 16384, 0     (ENTER)
POKE 16640, 60    (ENTER)
POKE 16896, 66    (ENTER)
POKE 17152, 66    (ENTER)
POKE 17408, 126   (ENTER)
POKE 17664, 66    (ENTER)
POKE 17920, 66    (ENTER)
POKE 18176, 0     (ENTER)
```

(Observe-se o canto superior esquerdo do *écran* cada vez que se carrega ENTER)

Temos agora a letra A impressa no canto superior esquerdo. O que na realidade se fez colocar os valores do exemplo da grelha da letra A na área de memória do visor.

A única coisa que se não terá compreendido é por que razão «pokámos» as posições particulares. Isso será explicado mais tarde.

Antes de se imprimir um carácter no *écran* é preciso saber duas coisas.

1) O endereço inicial dos oito dados do carácter que se pretende imprimir. No caso da letra A, o endereço inicial dos oito dados é 15880.
2) Também se precisa de saber o endereço inicial das oito posições na memória do visor que devem ser «pokadas» com os dados do carácter. No caso do canto superior esquerdo do *écran*, a primeira posição é 16384.

O fluxograma que se segue mostra como imprimir o carácter A no canto superior esquerdo do *écran*.

Carregar o par de registos HL com 15880 (o endereço inicial dos dados para a letra A)

Carregar o par de registos BC com 16384 (o endereço inicial da posição de imprimir no canto superior esquerdo)

Carregar A,8 (este é o número de dados que formam o carácter)

PUSH AF (pôr o valor de A num lugar seguro)

Carregar A com os dados no endereço contido por HL

Carregar o endereço contido em BC com os dados contidos em A

Aumentar o valor de HL até ao ponto do próximo dado

Aumentar B. Dado que B é a parte de valor mais elevado do par de registos BC, esta instrução é equivalente à de somar 256 ao par de registos BC. É preciso adicionar 256 a BC porque esta é onde o próximo carácter tem de ser «pokado». Se nos voltarmos a referir ao exemplo onde «pokámos» 8 números no *écran* para produzir a letra A, verificamos que as posições dos números são incrementadas em lances de 256

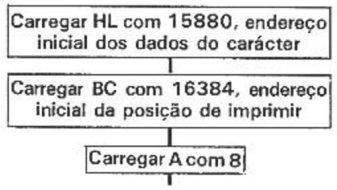
POP AF

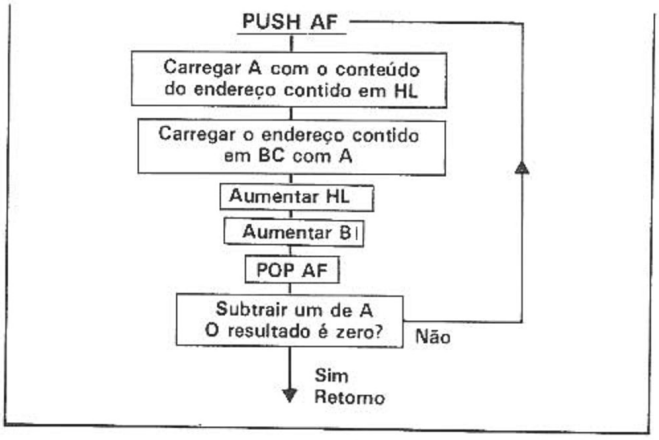
Subtrair 1 de A

Se o resultado final não for igual a zero, então saltar para o início do ciclo

Retorno (isto é, o fim da rotina)

FLUXOGRAMA PARA IMPRIMIR A LETRA A





Temos a seguir a listagem em linguagem máquina para imprimir a letra A no canto superior esquerdo. O programa contém 12 linhas com uma instrução em cada linha. A primeira coluna indica, em HEX, o endereço inicial de cada instrução. Assim, o endereço da primeira instrução é 29000. A segunda coluna contém a correspondente linguagem máquina, também em HEX. A primeira instrução é 21083E, que é três bytes de HEX. Na terceira coluna temos os opcodes, sendo o primeiro carregar o registo par HL com 3E08, que é 15880 decimal.

Endereço, em HEX, do primeiro byte de cada instrução	A correspondente linguagem máquina	O opcode	
7148	21083E	LD	HL,3E08
714B	010040	LD	BC, 4000
714E	3E08	LD	A,08
7150	F5	PUSH	AF
7151	7E	LD	A, (HL)
7152	02	LD	(BC), A
7153	23	INC	HL
7154	04	INC	B
7155	F1	POP	AF

Endereço, em HEX, do primeiro byte de cada instrução	A correspondente linguagem máquina	O opcode	
7156	D601	SUB	01
7158	20F6	JR	NZ, 7150
715A	C9	RET	

Esta é a primeira rotina útil a que podemos dar entrada usando HEX. Carregue-se Hexent e bata-se a tecla E quando o menu aparece. Será então pedido para introduzir o endereço inicial; bater no teclado 29000 e pressionar ENTER. Pode então começar a dar entrada ao programa acima. A primeira linha a dar entrada é 21083E, depois pressione ENTER. A segunda linha é 010040. Quando tiver dado entrada à última linha, C9, deve bater a tecla M e pressionar ENTER, o que o fará regressar ao menu.

Agora bata C e ENTER e entrará no modo de verificação. O computador perguntará qual o endereço inicial do código que quer verificar, que é 29000, e a seguir o endereço final, que é 29018. Os conteúdos desses endereços serão então visualizados no *écran* e terão de ser verificados para se saber se se deu entrada ao programa correctamente.

Pressione M para regressar ao menu e a seguir carregue em X para começar a verificação da contagem do HEX. O Hex pedir-lhe-á uma vez mais que dê entrada aos endereços iniciais e finais do código que quer verificar. Após uma curta pausa será visualizado um número no *écran*, que é o total HEX. Neste caso será 1585. Se o número impresso = 1585, pode ter a certeza absoluta de que deu entrada ao código correctamente e que pode fazê-lo trabalhar teclando RAMDOM USR 29000. No entanto, antes de o fazer tem de quebrar o programa Hexent imprimindo Q na fase do menu. Como precaução adicional deve guardar a linguagem antes de a executar, e para o fazer escreva no teclado

```
SAVE "PRINT" CODE 29000, 19
```

Se o programa abortar enquanto o está a executar, pode facilmente proceder à sua recarga, primeiro carregando o Hexent e depois escrevendo

```
LOAD "" CODE
```


o que lhe permitirá fazer o exame do programa e esperar com confiança que vai encontrar o erro.

A rotina «Imprimir um carácter» que acabámos de desenvolver será usada na maior parte dos programas deste livro. Ocorrerá uma ligeira diferença, consistindo em que as duas primeiras instruções (carregar HL e carregar BC) não serão incluidas. Quando queremos imprimir um carácter, HL deve ser carregado com o endereço inicial dos dados do carácter, e BC deve por sua vez ser carregado com o endereço inicial da posição de impressão desejada; e então será chamada a rotina de impressão.

Esta sub-rotina de impressão pode também ser usada para imprimir determinados gráficos do utilizador. Não existe diferença entre imprimir um carácter comum e um UDG[1]. Só o que se tem de fazer é carregar HL com o endereço inicial dos dados do carácter. O endereço inicial da letra A do UDG é

```
65368 = 48K SPECTRUM
32600 = 16K SPECTRUM
```

Não foram utilizados os UDG nos programas deste livro, pois não teria utilidade quando se está a aprender e envolveria muita confusão pelas diferenças entre 48K e 16K.

Existe um outro método para imprimir um carácter que implica chamar uma das sub-rotinas na «read only memory» (ROM). Contudo este método não é tão versátil como aquele que até agora descrevemos e não se teria aprendido tanto sobre linguagem máquina se se tivesse usado uma sub-rotina.

Já se mostrou como, uma vez que se saiba o endereço inicial da posição em que se quer imprimir um carácter e depois, adicionando sucessivamente o número 256 ao endereço inicial, calcular onde devem ser postas as sete restantes partes do carácter.

O endereço inicial do primeiro carácter da fila zero é 16384, o segundo começa em 16385, o terceiro em 16386 e assim por diante até ao 32.° carácter da fila zero, que tem início em 16415, o que é muito fácil de compreender. Desloquemo-nos para a fila um, em que o primeiro carácter começa na posição 16416, o segundo na 16417 e por aí adiante, até ao 32.° carácter, o qual se inicia na posi-

[1] *User Defined Graphics* = gráficos definidos pelo utilizador. *(N. do T.)*

ção 16447. O endereço inicial do primeiro carácter da fila dois é 16448 e prossegue até ao 32.º carácter exactamente da mesma maneira que na fila precedente. Já notaram a relação entre os endereços iniciais dos primeiros caracteres de cada linha? Há uma diferença de 32 entre cada um deles.

O primeiro carácter na fila zero começa em 16384, o primeiro na fila um começa em 16416 e o primeiro na fila três começa em 16448. A sequência continua até, e incluindo, a fila sete. O salto entre a fila sete e a oito não é usual: tem de se adicionar 1824. Da fila oito até à quinze, inclusive, continua a sequência, com o formato +32. Uma vez mais o salto entre a linha quinze e a dezasseis exige uma adição de 1824, e então a sequência normal prossegue. A tabela que se segue indica o endereço inicial do primeiro e do último carácter em cada fila, mostrando onde ocorrem os soluços entre as linhas.

LINHA	INÍCIO DA LINHA	FIM DA LINHA
0	16384	16415
1	16416	16447
2	16448	16479
3	16480	16511
4	16512	16543
5	16544	16575
6	16576	16607
7	16608	16639
8	18432	18463
9	18464	18495
10	18496	18527
11	18528	18559
12	18560	18591
13	18592	18623
14	18624	18655
15	18656	18687
16	20480	20511
17	20512	20543
18	20544	20575
19	20576	20607
20	20608	20639
21	20640	20671
22	20672	20703
23	20704	20735

Com a ajuda desta tabela será possível encontrar o endereço inicial de qualquer posição de impressão no *écran*.

Daremos um exemplo: como encontrar o endereço inicial do décimo carácter na fila 9. Sabemos que o primeiro carácter na fila 9 começa na posição 18464; por conseguinte, o décimo carácter começa em (18464 + 9) = 18473.

E, se pretende estar seguro de ter compreendido o que se explicou atrás, pode, como exercício, converter a rotina que se utilizou para imprimir a letra A no canto esquerdo superior numa outra para colocar a mesma letra na terceira posição da fila 10 (o equivalente em BASIC seria: PRINT AT 10, 2;).

Atributos

Para cada posição de carácter existe uma correspondente posição na memória que é usada para registar a cor da tinta e a cor do papel e se o carácter é brilhante/normal ou flamejante/normal. Esta área de memória é chamada o arquivo dos atributos e começa na posição 23528, prosseguindo até 23295. (32 × 24 = 768 posições de caracteres.)

Para mostrar como funciona o arquivo dos atributos, vamos experimentar o exemplo seguinte. Primeiro devemos assegurar-nos de que estamos a trabalhar com tinta preta e papel branco. Em seguida escreve-se o comando directo: PRINT AT 0,0; «X».

Teremos então a letra X impressa a preto no papel branco no canto superior esquerdo.

Agora:

```
POKE 22528, 7
```

e o X passará a estar impresso a tinta branca em papel preto.

Escreva:

```
POKE 22528, 135
```

e teremos o X flamejante.

A posição 22528 é o atributo que corresponde às primeiras posições de impressão na linha zero. Em primeiro lugar «pokámos» es-

ta posição com o número 7, que significa tinta branca e papel preto. Em seguida «pokámos» com o 135, que significa flamejar.

O arranjo do ficheiro dos atributos é muito directo. A posição 22528 corresponde à primeira posição de impressão na linha zero, 22529 é a segunda posição. A posição que corresponde à última impressão na linha zero é 22559. 22560 diz respeito à primeira posição de impressão na linha um, 22561 é a segunda na mesma linha e por aí adiante. No «Apêndice» indicam-se as posições que correspondem ao primeiro e ao último carácter em cada linha.

No quadro seguinte indicam-se os códigos que devem ser «pokados» no arquivo dos atributos para que se consiga o resultado desejado.

COR DO PAPEL	COR DA TINTA							
	PRETO	AZUL	ENC.	MAGENTA	VERDE	TURQUE	AMARELO	BRAN.
PRETO	0	1	2	3	4	5	6	7
AZUL	8	9	10	11	12	13	14	15
ENC.	16	17	18	19	20	21	22	23
MAGENTA	24	25	26	27	28	29	30	31
VERDE	32	33	34	35	36	37	38	39
TURQUE	40	41	42	43	44	45	46	47
AMARELO	48	49	50	51	52	53	54	55
BRANCO	56	57	58	59	60	61	62	63

Se se pretender papel magenta e tinta encarnada teremos de fazer entrar 26 na correspondente posição, dado que, como verificamos no quadro acima, o número 26 encontra-se na intersecção do papel magenta e da tinta encarnada.

Para tornar brilhante um carácter adiciona-se 64 ao código obtido do quadro acima. E assim, para ter um carácter impresso em tinta encarnada brilhante em papel magenta o código seria 90 (26 + 64).

Para obter um carácter flamejante tem de se somar 128 aos códigos obtidos do quadro. Se quisermos um carácter flamejante impresso a tinta vermelha em papel magenta o código será 154 (26 + 128).

E, para terminar, se se pretender um carácter brilhante, flamejante, em tinta encarnada e impresso em papel magenta, teremos o código 218 (26 + 64 + 128).

Qual é o código para papel turquesa e tinta verde?

Qual é o código para papel branco, tinta turquesa e flamejante?

Detectar qual a tecla que está pressionada

Em BASIC, quando queremos detectar uma tecla, usualmente servimo-nos de qualquer coisa como:

```
IF INKEY$ = "5" THEN GOTO
IF INKEY$ = "8" THEN GOTO
```

Se procedermos a um exame veremos que estamos activamente a procurar saber se uma determinada tecla foi pressionada; e do mesmo modo se procede em linguagem máquina.

Com a finalidade de ler qual a tecla que está a ser pressionada pode considerar-se o teclado dividido em 8 blocos, cada um contendo 5 teclas. O diagrama seguinte mostra como está dividido o teclado.

BLOCOS

	COLUNAS				
	10h	08h	04h	02h	01h
FE	V	C	X	Z	Shift
FD	G	F	D	S	A
FB	T	R	E	W	Q
F7	5	4	3	2	1
EF	6	7	8	9	Ø
DF	Y	U	I	O	P
BF	H	J	K	L	Enter
7F	B	N	M	SYM	Space

Como vemos, a cada um dos blocos foi dado um número HEX. O primeiro bloco tem a etiqueta FE, o segundo FD. Os blocos por sua vez estão divididos em cinco colunas, a cada uma das quais igualmente se atribui um número HEX. A coluna da direita tem o número 01.

O exemplo seguinte mostra como escrever uma rotina para detectar uma tecla especifica.

```
3E (Bloco)     Ld A, x
D3 FF          OUT 255, A
DB FE          IN A, 254
E6 (Coluna)    AND, A
```

Suponhamos que queremos ver se a tecla K está a ser pressionada. A primeira instrução será

3E BF

Esta instrução carrega o registo A com o número do bloco em que está a tecla que queremos detectar.

A segunda instrução mantém-se a mesma, independentemente da tecla que estamos a verificar.

D3 FF OUT 255, A

A terceira instrução também se mantém a mesma.

DB FE IN A, 254

Isto lê o bloco do teclado que seleccionámos na primeira instrução. No registo A são postos diferentes valores, dependendo de qual das cinco teclas deste bloco está a ser pressionada.

A última instrução será:

E604 AND A, 04

04 mostra que a tecla que queremos detectar está na coluna 04, como está a tecla K. Esta última instrução porá o registo A a zero se a tecla K está a ser pressionada. A rotina final para detectar a tecla K é

```
3E BF
D3 FF
DB FE
E6 04
```

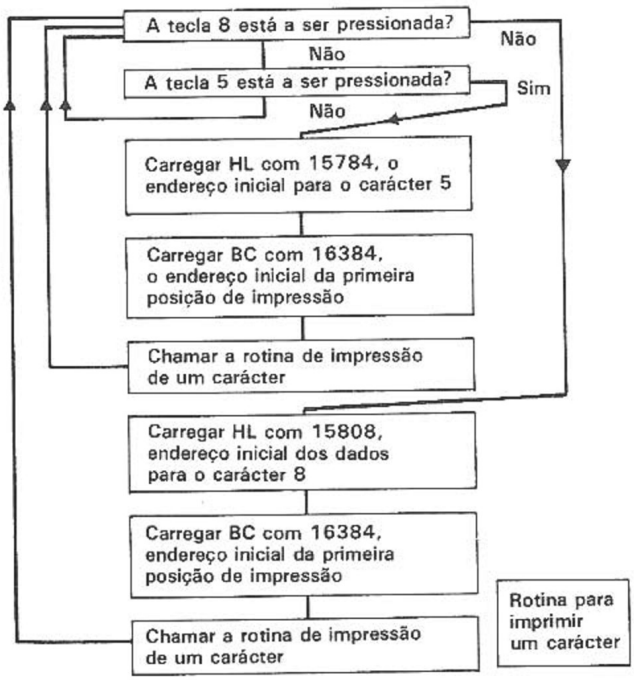

Para detectar qualquer outra tecla basta seleccionar o bloco e a coluna certas.

Por si própria, a rotina acima não tem utilidade e seria normalmente seguida por uma outra instrução tal como: se A é zero (a tecla foi pressionada), saltar então para uma rotina que executa seja o que for que aconteça quando aquela tecla for pressionada.

Vamos agora desenvolver uma rotina que mostrará um meio prático de detectar teclas. Nesta rotina, se a tecla 5 está pressionada, aparecerá um 5 impresso no canto superior esquerdo e teremos um 8 se for a tecla 8 que tiver sido pressionada.

O fluxograma para esta rotina é o seguinte:

FLUXOGRAMA PARA DETECTAR AS TECLAS 5 E 8



O fluxograma não necessita de explicações. Vamos descrever o que acontece se for pressionada a tecla 8. O ciclo principal procura constantemente saber se a tecla 8 ou a 5 está pressionada. Ao detectar-se a tecla 8 salta-se para uma rotina que coloca em HL o valor 15808, que é o endereço inicial dos dados para 8. O registo BC passa a conter o valor 16384, que é o início da posição onde queremos imprimir o carácter. É então chamada a rotina para imprimir um carácter, que é idêntica a uma que já se escreveu e testou anteriormente. A diferença consiste em que HL e BC devem ser colocados antes de se chamar a rotina da pesquisa de teclas.

Listagem em linguagem máquina para detectar as teclas 5 e 8

Endereço inicial	29000
Endereço final	29060
HEX total	7789

```
7148  3EEF    LD    A,EF
714A  D3FF    OUT   (FF), A
714C  DBFE    IN    A, (FE)
714E  E604    AND   04
7150  CA6071  JP    Z,7160
7153  3EF7    LD    A,F7
7155  D3FF    OUT   (FF), A
7157  DBFE    IN    A, (FE)
7159  E610    AND   10
715B  CA6C71  JP    Z,716C
715E  18E8    JR    7148
7160  21C03D  LD    HL,3DC0
7163  010040  LD    BC,4000
7166  CD7871  CALL  7178
7169  C34871  JP    7148
716C  21A83D  LD    HL,3DA8
716F  010040  LD    BC,4000
7172  CD7871  CALL  7178
7175  C34871  JP    7148
7178  3E08    LD    A,08
717A  F5      PUSH  AF
717B  7E      LD    A, (HL)
717C  02      LD    (BC), A
717D  23      INC   HL
717E  04      INC   B
717F  F1      POP   AF
7180  D601    SUB   01
7182  20F6    JR    NZ,717A
7184  C9      RET
```

Não seria usual só querermos imprimir os números 5 ou 8, e normalmente as duas chamadas da rotina de impressão seriam substituídas por rotinas de chamada, que seriam algo como

```
IF KEY 8 IS PRESSED THEN LET X = X + 1
IF KEY 5 IS PRESSED THEN LET X = X - 1
```

onde X representa uma variável tal como a posição horizontal dum canhão. Na verdade usaremos este método na próxima secção, quando se desenvolver o jogo do «Invasor Espacial».

Deve notar-se que, desde que se tenha iniciado esta rotina, a única maneira de a parar é desligar da corrente. Pedimos desculpas por isto, mas foi inteiramente intencional para terem de voltar a carregar o Hexent e ter memória disponível pronta para a secção seguinte.

Diferenças fundamentais entre a linguagem máquina e o BASIC

As programações em linguagem máquina e em BASIC são mundos à parte: há duas diferenças da maior importância que se devem ter em mente quando se desenvolvem programas em linguagem máquina.

Quando se escreve um programa em BASIC é usual numerar-se as linhas 10, 15, 20, 25, etc. Isto permite acrescentar linhas entre as existentes, se o quisermos fazer, sem causar grande perturbação. Em linguagem máquina as linhas estão efectivamente numeradas 1, 2, 3, 4, 5, etc. Consequentemente é impossível inserir linhas extra sem ter de mudar a posição de todas as linhas seguintes. Quando, na próxima secção, desenvolvermos o programa «Invasor Espacial» veremos como ultrapassar este problema intercalando «linhas em branco» entre as rotinas individuais dentro do programa global.

Assim, se precisarmos de acrescentar mais linhas a uma rotina, basta mudar a posição das linhas no seio da própria rotina e ter assim espaço disponível de modo a não afectar as rotinas subsequentes.

A segunda maior diferença é a portabilidade das rotinas em linguagem máquina. Se estudarmos a rotina «Imprimir um carácter» veremos que é possível colocá-la em qualquer parte da memória disponível e ela funcionará. Podemos experimentar fazê-la entrar em diferentes posições usando o Hexent; podemos, por exemplo, fazê-la entrar nas posições 29500 ou 29611, mas temos de lembrar-nos de estabelecer o acesso à rotina por meio da instrução RANDOM X, em que X representa o endereço inicial no qual se começou. A rotina impressão pode considerar-se portátil, dado que pode ser colocada em qualquer ponto da memória sem quaisquer mudanças.

A maior parte das rotinas em linguagem máquina não são portáteis. Se atentarmos, por exemplo, na rotina que desenvolvemos para detectar duas teclas, veremos que ela contém instruções tais como C3 48 71, o que significa saltar para a posição 29000. É óbvio que isto não é o que queremos que aconteça se tivermos deslocado a rotina para a posição 35000. Devíamos ter intercalado uma rotina inteiramente nova na posição 29000.

Com o fim de dar nova colocação a uma rotina não portátil teríamos de alterar os saltos absolutos e chamadas relevantes. Na próxima secção aprenderemos como desenvolver um mapa de memória, que ajudará a evitar os dois problemas acima mencionados.

Rotinas em linguagem máquina (programa «Invasor Espacial»)

O programa «Invasor Espacial»

Este capítulo descreve em pormenor como se escreve um simples programa «Invasor Espacial». O facto de o jogo ser simples não significa que as rotinas que vão ser descritas não possam ser usadas para criar um jogo muito mais interessante. Devemos lembrar-nos que mesmo o programa mais complexo pode ser dividido numa série de blocos e que mesmo esses podem ainda ser divididos num conjunto de rotinas. No fim deste capítulo o leitor terá ganho suficientes conhecimentos que lhe permitirão começar a escrever os seus próprios programas.

Este capítulo iniciar-se-á pela descrição do fluxograma para o programa. Se já tiver escrito programas em BASIC não terá dificuldade em compreender um fluxograma.

A seguir discutiremos como formar um mapa de memória. Na programação em BASIC não houve necessidade de o fazer, mas é muito importante quando se inicia o desenvolvimento dos programas em linguagem máquina.

Vamos prosseguir com a descrição pormenorizada de cada um dos blocos do fluxograma. Por exemplo: um dos blocos tem a etiqueta «mover a bala para cima no *écran*». O modo como isto se consegue será descrito com a maior exactidão e, quando for necessário, indicar-se-á um subfluxograma adicional da presente rotina.

Neste programa as rotinas foram escritas de tal modo que podem ser testadas cada uma de per si ou em conjugação com uma rotina que tenha sido previamente testada. Isto permitirá testar o programa passo a passo e ver exactamente o que cada rotina faz.

Na altura em que se escreveu este livro a intenção do autor era que o leitor se sentasse ao computador e não o largasse até que tivesse acabado a secção do livro. Contudo, agora compreende-se que em dada altura o leitor terá de devolver a televisão à familia, de modo que ela possa receber a sua ração diária de telenovela. Por conseguinte, em qualquer altura, é fácil guardar aquilo que já deu entrada e recarregá-lo posteriormente. Primeiro faz-se parar o programa que está a ser executado, carregando na tecla Q do menu. Em seguida escreve-se:

```
SAVE "INVADER" CODE 29000, 3010
```

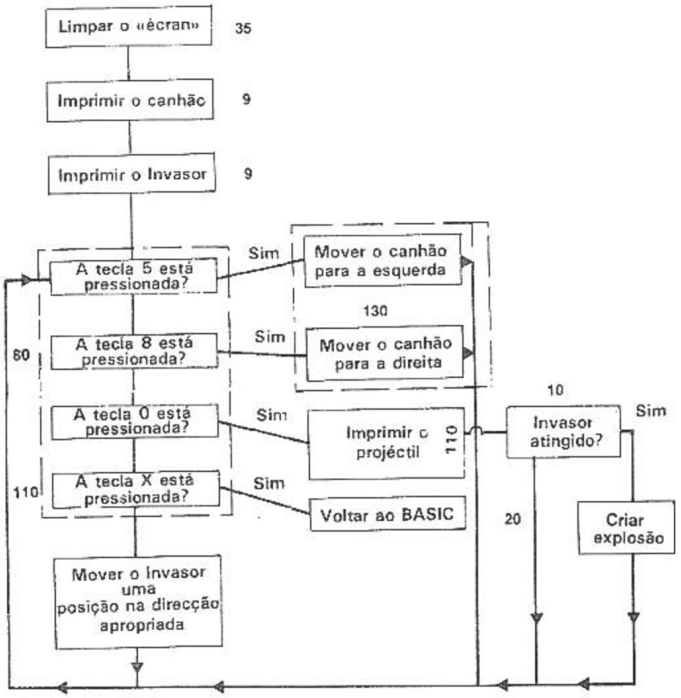
Isto permite guardar o que já tiver dado entrada em linguagem máquina. Para voltar a carregar a linguagem máquina (depois da telenovela), primeiro carrega-se o programa Hexent e pára-se. Então imprime-se

```
LOAD "" CODE
```

Quando a linguagem máquina estiver carregada escreve-se «executar» (RUN) e pode continuar-se onde se tinha interrompido.

FLUXOGRAMA

Uma das primeiras coisas a fazer quando se constrói um programa é desenhar um fluxograma que mostre com clareza como o dito programa vai funcionar. O diagrama que temos a seguir é o fluxograma do programa «Invasor Espacial».



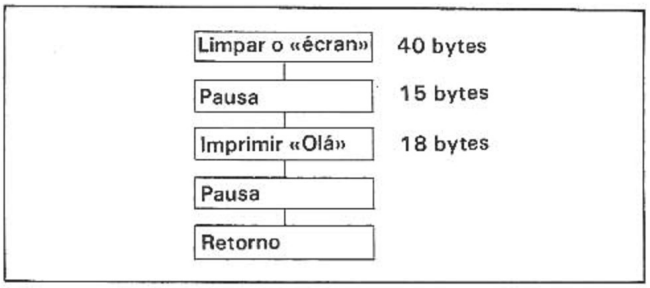
Concordam por certo que este fluxograma é relativamente fácil de compreender. O leitor deve estudá-lo e compreender bem como vai funcionar o programa e verá então como cada rotina se interliga com as outras.

Mapa de memória

Já explicámos que em linguagem máquina não temos números de linhas. Consequentemente, se precisarmos de inserir uma nova instrução teremos de mover todas as instruções que estão a seguir à

posição onde a vamos colocar. Ora, isto causa imensos problemas com saltos absolutos e chamadas. Suponhamos que temos uma rotina de pausa na posição 30000 do programa. Para ter acesso a esta rotina, seja de que parte for do programa, temos a instrução de chamada 30000. E se, por qualquer razão, precisarmos de acrescentar uma instrução de uns meros três bytes no fim da rotina que termina na posição 29999 precisamos, como é evidente, usar as posições 30000/30001/30002. E assim teremos de mover a rotina de pausa para a posição 30003. Feito isto teremos de seguir o programa e alterá-lo desde a chamada 30000 até à 30003. Escrever um programa desta maneira leva muito tempo.

Ora, acontece que estes problemas podem ser ultrapassados utilizando o fluxograma principal para criar um mapa de memória. Para isso precisamos de saber aproximadamente quantos bytes há em cada rotina. Então atribuem-se a cada rotina posições especificas de memória e deixa-se também entre cada rotina um espaço de memória disponível. Estes espaços em branco permitirão aumentar cada rotina sem afectar as seguintes. O fluxograma abaixo pode ser usado para mostrar como se faz um mapa de memória.



Como vemos acima, cada rotina está marcada com o número aproximado de bytes que utiliza.

Podemos colocar a rotina «limpar o *écran*» na posição 30000, a da pausa em 30050 e a de impressão na 30080. Isto deixará alguns bytes entre cada rotina, de modo que cada uma pode ser aumentada, se for necessário, sem ser preciso «rebaralhar» todo o programa.

Se se atentar no fluxograma do programa do «Invasor Espacial» verifica-se que ao longo de cada rotina se indicou o número

aproximado de bytes que se terá de usar. Utilizando esta informação elaborou-se o mapa de memória que se segue. Na coluna da esquerda temos o nome de cada rotina e na da direita o endereço inicial respectivo.

MAPA DE MEMÓRIA DO «INVASOR ESPACIAL»

Limpar o «écran»	29000
Colocar e imprimir o canhão e o Invasor	29050
Detectar as teclas	29100
Mover o canhão	29150
Pausa	29230
Mover o projéctil	29257
Alvo atingido	29370
Explosão	29385
Mover o Invasor	29470
Imprimir um carácter	29610
Verificar a impressão	29700
Variáveis	32000
Controle	29630

Neste mapa de memória considerou-se uma área da memória para um bloco designado por «controle», que não está no fluxograma. A rotina de controle pode ser considerada como um gestor do programa. Uma outra área considerada no mapa de memória, mas não no fluxograma, é «teste de impressão», que será explicada mais adiante.

Para se obter o máximo de benefício desta secção deve dar-se entrada e testar cada rotina de per si, como foi indicado. Recomenda-se ainda que, depois de fazer entrar cada rotina, se guarde a linguagem máquina utilizando

```
SAVE "INVADER" CODE 29000, 3010
```

Caso algo desagradável suceda, pode ficar-se com a certeza de se poder voltar a carregar a linguagem, evitando-se os inconvenientes de se ter de a voltar a escrever.

Imprimir um carácter

Esta rotina é idêntica à rotina de impressão que já foi desenvolvida. Quando queremos imprimir um carácter, deve colocar-se HL com o endereço inicial do carácter que se quer imprimir e BC com o inicial da posição de impressão. A seguir chama-se a rotina por meio de 29610 (CD AA 73).

Linguagem máquina para a rotina «Imprimir um carácter»

Endereço inicial	29610
Endereço final	29622
HEX total	1417

```
73AA   3E08   LD     A,08
73AC   F5     PUSH   AF
73AD   7E     LD     A, (HL)
73AE   02     LD     (BC), A
73AF   23     INC    HL
73B0   04     INC    B
73B1   F1     POP    AF
73B2   D601   SUB    01
73B4   20F6   JR     NZ,73AC
73B6   C9     RET
```

Não é possível testar esta rotina só por si, porque HL e BC devem ter os seus valores colocados antes de se ter acesso à rotina. Tem de se dar entrada a uma rotina de teste de pequena dimensão, cujo código é este

```
7404  21083E    LD     HL,3E08
7407  010040    LD     BC,4000
740A  CDAA73    CALL   73AA
740D  C9        RET
```

Esta rotina de teste colocará HL ao ponto dos dados para a letra A, e BC para o início da primeira posição de impressão; nesta altura a rotina de impressão será chamada.

```
ENDEREÇO INICIAL  = 29700
ENDEREÇO FINAL    = 29709
HEX TOTAL         = 859
```

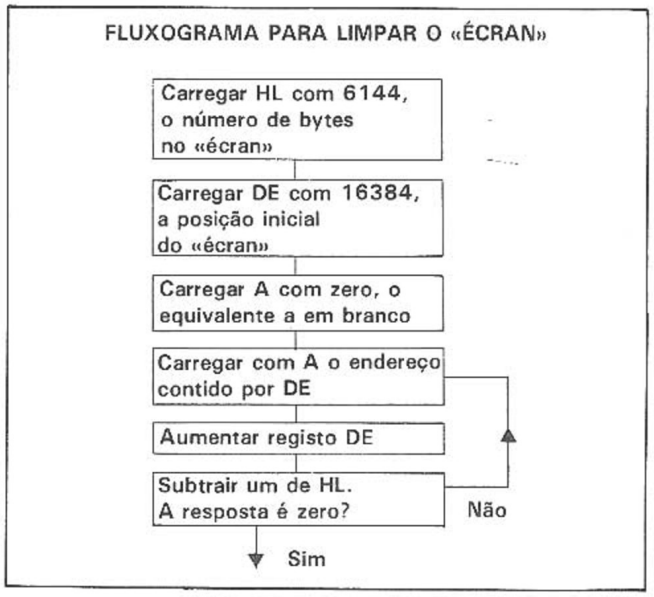

Para testar a rotina de impressão deve bater-se no teclado:

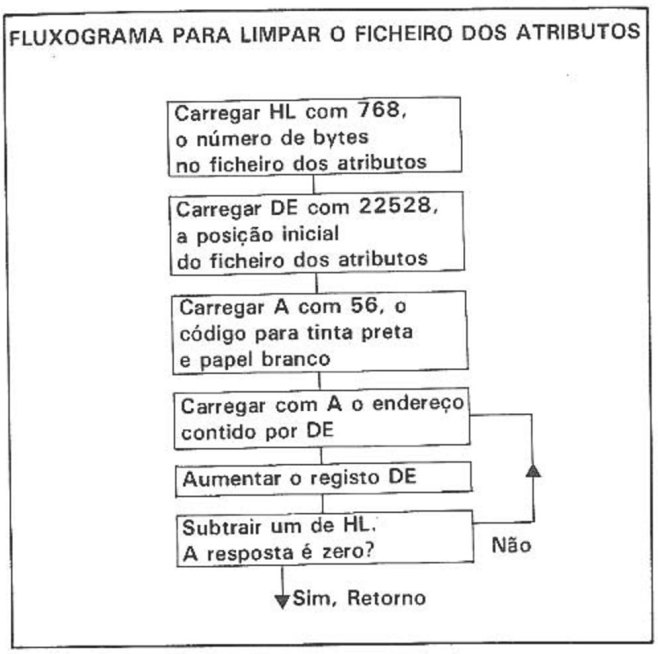
RANDOMIZE USR 29700

A letra A deve aparecer impressa no canto superior esquerdo.

Limpar o «écran»

Esta rotina encherá totalmente a área da memória do *écran* com zeros, por conseguinte nada aparecerá no *écran*. Isto é o equivalente a imprimir em branco em cada posição de carácter. Esta rotina colocará também os atributos das cores em tinta preta e papel branco. O fluxograma seguinte mostra como o programa funciona.





Linguagem máquina da rotina para limpar o «écran»

Endereço inicial 29000
Endereço final 29037
HEX total 2185

```
7148  210018  LD   HL,1800
714B  110040  LD   DE,4000
714E  3E00    LD   A,00
7150  12      LD   (DE), A
7151  13      INC  DE
7152  010100  LD   BC,0001
7155  ED42    SBC  HL,BC
7157  20F7    JR   NZ,7150
7159  210003  LD   HL,0300
715C  110058  LD   DE,5800
715F  3E38    LD   A,38
7161  12      LD   (DE), A
7162  13      INC  DE
7163  010100  LD   BC,0001
7166  ED42    SBC  HL,BC
7168  20F7    JR   NZ,7161
716A  328D5C  LD   (5C8D), A
716D  C9      RET
```


A rotina para limpar o *écran* pode ser testada pela entrada do programa BASIC que se segue:

```
400 PAPER 2
405 CLS
410 INK 7
415 PAPER 5
420 PRINT AT 10,10; "HELLO"
425 PAUSE 100
430 RANDOMIZE USR 29000
435 STOP
```

Por meio deste programa teremos primeiro o *écran* em encarnado, a seguir aparecerá a palavra «hello» em tinta branca em papel turquesa. Depois de uma curta pausa teremos acesso à rotina «limpar o *écran*», o que dará como consequência o *écran* ficar em branco. Mais uma curta pausa, o controle regressará ao BASIC e pode-se testar que se tem então palavras em tinta preta impressas em papel branco.

Posicionar as variáveis e imprimir o canhão

Dada a falta de variáveis e o pequeno número de registos da linguagem máquina, é preciso encontrar outra maneira de armazenar os valores de coisas que mudam de posição, tais como a posição horizontal do canhão no jogo «Invasor Espacial». Como se viu no mapa de memória, atribuíram-se para as variáveis a posição 32000 e seguintes, o que dará uma indicação sobre a forma como as variáveis estão armazenadas. As posições 32000 e 32001 conterão o endereço inicial em que o canhão se situa no *écran*. Para começar, este será impresso no meio da linha do fundo. Assim, a posição 32000 armazenará o número 20720, que é o endereço inicial da décima sétima posição de impressão na fila mais baixa. Utilizando es-

te método podem armazenar-se tantas variáveis quanto se quiser, desde que se tenha espaço disponível de memória. O exemplo seguinte mostra como deste modo se faz uso das variáveis armazenadas.

Suponhamos que a posição 32000 contém o canhão e que o vamos deslocar uma posição de impressão para a direita.

```
LD HL (32000)
INC HL
LD (32000), HL
```

e disto resulta que se carrega o registo HL com a posição do canhão.

Incrementa-se HL (teríamos de diminuir, se se quisesse levar o canhão para a esquerda) e voltamos a pôr o novo valor de HL em 32000. E que não haja preocupações por se não compreender isto, pois será descrito todo o processo quando chegarmos a deslocar o canhão para a esquerda e para a direita.

Em programação BASIC estávamos habituados à colocação de variáveis no início, tal como LET A = 20720. Pois bem, neste caso é também igualmente importante no arranque dum programa em linguagem máquina colocar as variáveis. E é também boa altura para imprimir o canhão na sua posição inicial.

A rotina seguinte colocará o canhão variável e fará a sua impressão usando a respectiva rotina, a que já foi dada entrada.

Endereço inicial 29050
Endereço final 29063
HEX total 1639

```
717A  21683D    LD    HL,3D68
717D  01F050    LD    BC,50F0
7180  ED43007D  LD    (7D00),BC
7184  CDAA73    CALL  73AA
7187  C9        RET
```

Como funciona a rotina

HL é colocado no início dos dados do carácter do canhão. (Está-se a utilizar o sinal — para representar o canhão). BC é colocado por sua vez no endereço inicial da posição de impressão em

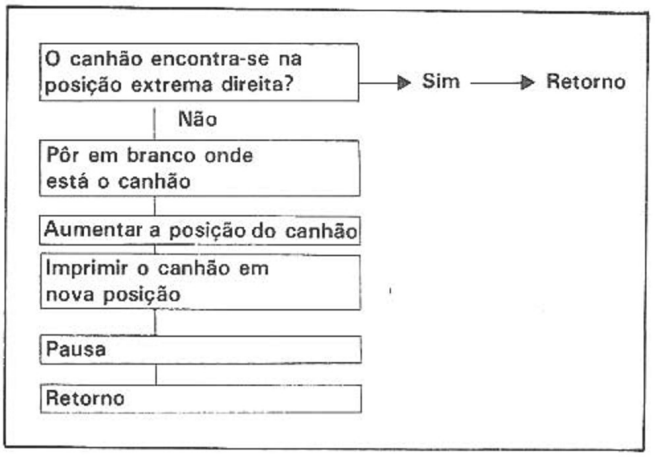
que o canhão estará no começo do jogo. O endereço variável do canhão (32000) é então carregado com BC. A seguir chama-se a rotina de impressão, que imprimirá o canhão no centro da fila de baixo. A instrução final desta rotina é RETURN.

Para efectuar o teste desta rotina faz-se entrar o seguinte programa em BASIC:

```
400 RANDOMIZE USR 29050
405 GOTO 405
```

Deslocar o canhão

Para a rotina «Mover o canhão» há duas partes principais, muito parecidas uma com a outra e que se designam por «mover o canhão para a direita» e «mover o canhão para a esquerda». A parte adequada é executada conforme é pressionada a tecla 5 ou a 8. Que fique porém bem claro que a rotina para detectar as teclas 5 ou 8 não se encontra nesta parte e sim na zona para onde o programa salta se uma das teclas for pressionada. O fluxograma seguinte é a parte do programa que controla o que sucede se a tecla 8 for batida.



Como funciona a rotina

Se a tecla 8 foi detectada chama-se a sub-rotina. A tecla 8 é usada para mover o canhão para a direita e portanto a primeira coisa que se deve fazer é ver se o canhão está na posição extrema da direita do *écran*. Se isso acontecer não se pode, como é óbvio, deslocar o canhão ainda mais para a direita; assim, volta-se à rotina para detectar uma tecla. A maneira que se usa para detectar se o canhão está na extrema direita é carregar HL com a corrente posição do canhão da localização 32000, carregar o registo BC com 20735 (este valor é o início da extrema direita posição de impressão na fila de baixo). Subtraímos BC de HL. Se o resultado for zero é porque o canhão deve estar no limite da direita e regressamos à rotina de procura da tecla. Se o resultado não for zero, então pomos o canhão em branco carregando HL com o endereço de início para o carácter espaço, carregamos BC com a corrente posição do canhão e então chamamos a rotina de impressão. Para deslocar o canhão para a direita, carregamos BC com a corrente posição do canhão, sendo BC assim aumentado. O seu novo valor é colocado na posição 32000, isto é, na nova posição do canhão. Coloca-se HL no início dos dados do carácter e é chamada a rotina de impressão. Antes de finalmente se voltar para a rotina de procura da tecla, faz-se uma pausa que controla a velocidade máxima a que o canhão se moverá. Se a não incluíssemos e se a tecla 5 ou a 8 continuasse pressionada, o canhão mover-se-ia tão depressa que dificilmente poderia ser visto. A parte desta rotina que controla o movimento do canhão para a esquerda é muito semelhante à rotina do movimento para a direita, com excepção de que a primeira coisa a fazer é verificar se ele se encontra na posição esquerda limite e, antes de o imprimir, diminuir a posição em que se encontra.

Temos a seguir uma listagem da rotina para mover o canhão que deve ter entrada na posição 29150.

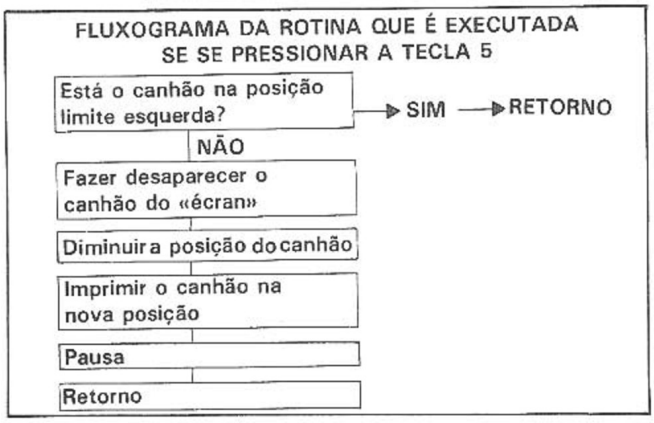
Rotina em linguagem máquina para mover o canhão

Endereço inicial	29150
Endereço final	29225
HEX total	8277

```
71DE  2A007D    LD    HL,(7D00)
71E1  01FF50    LD    BC,50FF
```



```
71E4  ED42      SBC   HL,BC
71E6  C8        RET   Z
71E7  21003D    LD    HL,3D00
71EA  ED4B007D  LD    BC,(7D00)
71EE  CDAA73    CALL  73AA
71F1  ED4B007D  LD    BC,(7D00)
71F5  03        INC   BC
71F6  ED43007D  LD    (7D00),BC
71FA  21683D    LD    HL,3D68
71FD  CDAA73    CALL  73AA
7200  CD2E72    CALL  722E
7203  C9        RET
7204  2A007D    LD    HL,(7D00)
7207  01E050    LD    BC,50E0
720A  ED42      SBC   HL,BC
720C  C8        RET   Z
720D  21003D    LD    HL,3D00
7210  ED4B007D  LD    BC,(7D00)
7214  CDAA73    CALL  73AA
7217  ED4B007D  LD    BC,(7D00)
721B  0B        DEC   BC
721C  ED43007D  LD    (7D00),BC
7220  21683D    LD    HL,3D68
7223  CDAA73    CALL  73AA
7226  CD2E72    CALL  722E
7229  C9        RET
```



Como se vê no fluxograma, a rotina para mover o canhão requer uma rotina de pausa. Esta rotina de pausa está na posição 29230 e a ela deve ser dada entrada antes que a rotina para mover o canhão seja testada.

Linguagem máquina para a rotina de pausa para mover o canhão

Endereço inicial	29230
Endereço final	29240
HEX total	843

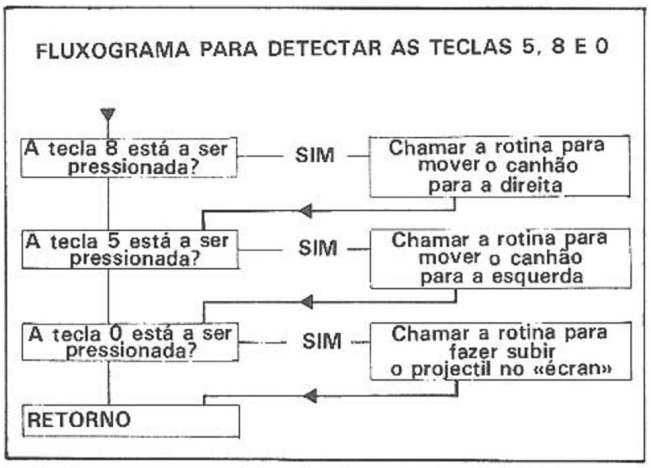
```
722E  010100   LD    BC,0001
7231  210014   LD    HL,1400
7234  ED42     SBC   HL,BC
7236  20FC     JR    NZ,7234
7238  C9       RET
```

Pode proceder-se ao teste da rotina para mover o canhão dando entrada ao seguinte programa em BASIC. Inicia-se o programa BASIC batendo no teclado GOTO 400. Se se pressionar a tecla 1 será chamada a rotina para mover o canhão para a esquerda. Se for pressionada a tecla 2 será chamada a rotina para mover o canhão para a direita.

```
400 IF INKEY$ = "2" THEN RANDOMIZE USR 29150
405 IF INKEY$ = "1" THEN RANDOMIZE USR 29188
410 GOTO 400
```

Detectar as teclas

Esta rotina permitirá saber se a tecla pressionada foi a 5, a 8 ou a 0. No primeiro caso será chamada a rotina para mover o canhão para a esquerda. Se foi a 8, a correspondente para a direita. Sendo a 0, a rotina que será chamada é a que fará o disparo. O fluxograma seguinte não precisa de explicações.



Linguagem máquina da rotina para detectar as teclas

Endereço inicial	29100
Endereço final	29133
HEX total	5892

```
71AC  3EEF     LD    A,EF
71AE  D3FF     OUT   (FF),A
71B0  DBFE     IN    A,(FE)
71B2  E604     AND   04
71B4  CCDE71   CALL  Z,71DE
71B7  3EF7     LD    A,F7
71B9  D3FF     OUT   (FF),A
71BB  DBFE     IN    A,(FE)
71BD  E610     AND   10
71BF  CC0472   CALL  Z,7204
71C2  3EEF     LD    A,EF
71C4  D3FF     OUT   (FF),A
71C6  DBFE     IN    A,(FE)
71C8  E601     AND   01
71CA  CC4972   CALL  Z,7249
71CD  C9       RET
```

Quando se está a proceder ao teste da rotina para detectar as teclas não se pode bater a tecla 0 se ainda se não tiver dado entrada à rotina «fazer um disparo» na posição 29257. No entanto, se se quiser ter a certeza de que o *Spectrum* não aborta se inadvertidamente se pressionar 0, então escreva-se como comando directo:

```
POKE 29257, 201
```

201 é o código para retorno e, assim se se pressionar o 0, o programa saltará para a posição 29257 — como devia fazer —, mas fá-lo-á directamente.

Para testar a rotina para detectar as teclas faz-se entrar e executar o seguinte programa em BASIC:

```
400 RANDOMIZE USR 29050
405 RANDOMIZE USR 29100
410 GOTO 405
```

Rotina para fazer um disparo

Esta rotina será chamada se se pressionar a tecla 0. A rotina fará que o projéctil suba ao topo do canhão até ao topo do *écran*. Movimentar um objecto da esquerda para a direita através do *écran*, como vimos na rotina para mover o canhão, é bastante simples. Tudo o que se tem a fazer é somar ou subtrair um desde o inicio da posição de impressão. Mover um objecto para cima ou para baixo é mais difícil, devido à configuração da memória do *écran*.

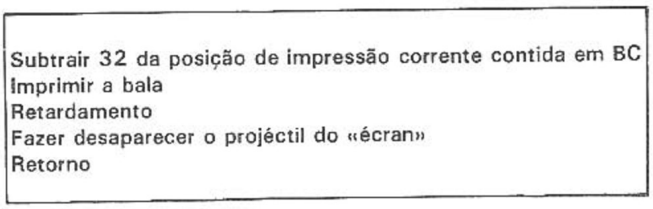
O exemplo que vamos dar em seguida mostrará como fazer subir o projéctil na vertical. Suponhamos que o canhão se encontra no limite inferior esquerdo da fila de impressão do fundo do *écran*. A primeira posição em que o projéctil deve ser impresso é mesmo acima do canhão, na fila 22. Sabemos que o endereço inicial onde o canhão está impresso é 20704 (veja-se no «Anexo» a configuração da memória do *écran*). Para se ter o endereço inicial de onde o projectil deve em primeiro lugar estar impresso subtraímos 32 do endereço inicial do canhão — o que dará 20762, que é o endereço inicial da primeira posição do carácter na linha 22. Para mover o projéctil para a linha 21, temos primeiro de o apagar e depois subtrair 32 do inicio da sua posição de impressão, para dar 20640, que é a posição inicial de impressão do primeiro carácter na linha 21. Este método para fazer subir o carácter no *écran* pode continuar até à linha 16,

depois temos de efectuar o salto não sequencial da linha 16 para a 15. Continuamos a subtrair 32 até chegar a linha 8, onde temos de fazer outro salto não sequencial para a linha 7. São estes dois saltos não sequenciais que tornam mais difícil fazer subir o carácter do que deslocá-lo lateralmente. Mover o carácter de uma linha para a linha acima, dentro dum bloco de oito linhas, faz-se sempre da mesma maneira, independentemente de qual dos três blocos se trate. Portanto podemos escrever uma sub-rotina para tratar do simples processo de mover o carácter para a linha de cima.

A rotina para fazer subir o projéctil funciona da seguinte maneira: antes de se pressionar a tecla que provoca o disparo não existe projéctil no *écran*. Assim, a primeira coisa que a rotina deve fazer é imprimir a bala logo acima do canhão, o que se consegue subtraindo 32 do endereço inicial da posição de impressão do canhão. Há então um ratardamento para diminuir a velocidade da bala, fazendo-se depois desaparecer.

O fluxograma seguinte mostra a sub-rotina para subtrair 32 da posição corrente de impressão do canhão, imprimir a bala e depois, após um curto retardamento, fazê-la desaparecer do *écran*.

FLUXOGRAMA PARA SUBIR O PROJÉCTIL UMA LINHA



Para deslocar a bala da linha 32 para a linha 16, a rotina acima deve ser chamada sete vezes, o que se faz estabelecendo um ciclo FOR/NEXT, utilizando o registo A.

Depois de termos executado sete vezes o ciclo, o registo BC — que contém a posição corrente de impressão do projéctil — precisará de ser ajustado, com o fim de fazer o salto não sequencial da linha 16 para a 15. Este ajustamento é feito subtraindo 1792 de BC. Para deslocar a bala da linha 15 para a 8, a sub-rotina tem de ser

chamada oito vezes, o que se faz estabelecendo um ciclo utilizando o registo A. Da linha 8 para a 7 tem de se proceder ao ajustamento do registo BC subtraindo 1792. Para mover o projéctil da linha 7 para a 0 chama-se outra vez a sub-rotina oito vezes.

O fluxograma que se segue ajudará a compreender como funciona a rotina «Mover o projéctil».

FLUXOGRAMA PARA MOVER VERTICALMENTE A BALA DA POSIÇÃO CORRENTE DO CANHÃO PARA O TOPO DO «ÉCRAN»

Carregar BC com o endereço do canhão
Carregar A com 7. (Ciclo para mover o projéctil da linha 22 para a 16)
Chamar «Ciclo de controle e rotina de salto de linha não sequencial»
Carregar A com 8. (Ciclo para mover o projéctil da linha 15 para a 8)
Chamar «Ciclo de controle e rotina de salto de linha não sequencial»
Carregar A com 8. (Ciclo para mover o projéctil da linha 7 para a 0)
Chamar «Ciclo de controle e rotina de salto de linha não sequencial»
RETORNO

«Ciclo de controle e rotina de salto de linha não sequencial»

PUSH A
Chamar «Rotina para fazer subir o projectil uma linha»
POP A
Subtrair um de A. Saltar para o início desta rotina se o resultado não é zero
Subtrair 1792 de BC
RETORNO

«Rotina para fazer o projéctil subir uma linha»

Subtrair 32 da posição de impressão corrente contida por BC
Imprimir o projéctil
Retardamento
Fazer desaparecer o projéctil do «écran»
RETORNO

Linguagem máquina para fazer subir o projéctil no «écran»

Endereço inicial 29257
Endereço final 29337
HEX total 9206

7249	ED4B007D	LD	BC,(7D00)
724D	3E07	LD	A,07
724F	CD5F72	CALL	725F
7252	3E08	LD	A,08
7254	CD5F72	CALL	725F
7257	3E08	LD	A,08
7259	CD5F72	CALL	725F
725C	C9	RET	
725D	00	NOP	
725E	00	NOP	
725F	F5	PUSH	AF
7260	CD7272	CALL	7272
7263	F1	POP	AF
7264	DE01	SBC	A,01
7266	20F7	JR	NZ,725F
7268	60	LD	H,B
7269	69	LD	L,C
726A	010007	LD	BC,0700
726D	ED42	SBC	HL,BC
726F	44	LD	B,H
7270	4D	LD	C,L
7271	C9	RET	
7272	C5	PUSH	BC
7273	E1	POP	HL
7274	012000	LD	BC,0020

```
7277  ED42      SBC   HL,BC
7279  44        LD    B,H
727A  4D        LD    C,L
727B  C5        PUSH  BC
727C  21E03F    LD    HL,3FE0
727F  CDAA73    CALL  73AA
7282  CD8F72    CALL  728F
7285  C1        POP   BC
7286  C5        PUSH  BC
7287  21003D    LD    HL,3D00
728A  CDAA73    CALL  73AA
728D  C1        POP   BC
728E  C9        RET
728F  010100    LD    BC,0001
7292  21FF14    LD    HL,14FF
7295  ED42      SBC   HL,BC
7297  20FC      JR    NZ,7295
7299  C9        RET
```

Para testar esta rotina faz-ze entrar o seguinte programa em BASIC:

```
400 RANDOMIZE USR 29050
405 RANDOMIZE USR 29100
410 GOTO 405
```

Para mover o alvo (o Invasor)

Esta rotina fará um inofensivo Invasor Espacial deslocar-se de um lado para o outro ao longo do topo do «écran». O Invasor começará a deslocar-se para a direita a partir do canto superior esquerdo. Quando atingir a posição extrema à direita mudará de direcção e começa a deslocar-se para a esquerda. Tal como se fez para o caso do canhão, é preciso colocar as variáveis do Invasor antes da rotina para o fazer movimentar-se.

O Invasor tem duas variáveis. A primeira é a sua posição no *écran*, a qual está contida nas posições 30003 e 30004. A segunda diz respeito ao facto de ele estar a deslocar-se da esquerda para a direita ou da direita para a esquerda. Esta variável está contida na

posição 30002. Se o Invasor se está a mover da esquerda para a direita, a posição 30002 contém um 1. Se ele está a movimentar-se da direita para a esquerda, tem um zero. Esta posição actua como uma «agulha» e cada vez que chamamos a rotina para fazer mover o Invasor ele diz-nos se a deslocação é para a esquerda ou para a direita. O fluxograma mostra claramente como funciona.

A linguagem máquina para estabelecer as variáveis e inicialmente fazer a sua impressão começará na posição 29063, isto é, directamente a seguir às variáveis do canhão e da sua impressão. De modo que, na versão final do jogo, quando se chama as variáveis do canhão, o mesmo acontece para as do Invasor.

Linguagem máquina para mover o Invasor Espacial

Endereço inicial 29470
Endereço final 29560
HEX total 8082

```
731E  3A027D    LD    A,(7D02)
7321  DE01      SBC   A,01
7323  202A      JR    NZ,734F
7325  2A037D    LD    HL,(7D03)
7328  011F40    LD    BC, 401F
732B  ED42      SBC   HL,BC
732D  2006      JR    NZ,7335
732F  3E00      LD    A,00
7331  32027D    LD    (7D02),A
7334  C9        RET
7335  ED4B037D  LD    BC,(7D03)
7339  21003D    LD    HL,3D00
733C  CDAA73    CALL  73AA
733F  ED4B037D  LD    BC,(7D03)
7343  03        INC   BC
7344  ED43037D  LD    (7D03),BC
7348  21503D    LD    HL,3D50
734B  CDAA73    CALL  73AA
734E  C9        RET
734F  2A037D    LD    HL,(7D03)
7352  010040    LD    BC,4000
7355  ED42      SBC   HL,BC
7357  2006      JR    NZ,735F
7359  3E01      LD    A,01
```

```
735B  32027D    LD    (7D02),A
735E  C9        RET
735F  ED4B037D  LD    BC, (7D03)
7363  21003D    LD    HL,3D00
7366  CDAA73    CALL  73AA
7369  ED4B037D  LD    BC,(7D03)
736D  0B        DEC   BC
736E  ED43037D  LD    (7D03),BC
7372  21503D    LD    HL,3D50
7375  CDAA73    CALL  73AA
7378  C9        RET
```

Antes que a rotina para mover o Invasor possa ser testada é necessário fazer entrar a rotina que se segue, que primeiro imprime o Invasor e coloque a «agulha» em 1, o que significa que o Invasor se está a mover da esquerda para a direita.

Endereço inicial 29063
Endereço final 29081
HEX total 1602

```
7187  21503D    LD    HL,3D50
718A  010040    LD    BC,4000
718D  ED43037D  LD    (7D03),BC
7191  CDAA73    CALL  A,01
7194  3EO1      LD    A,O1
7196  32027D    LD    (7D02),A
7199  C9        RET
```

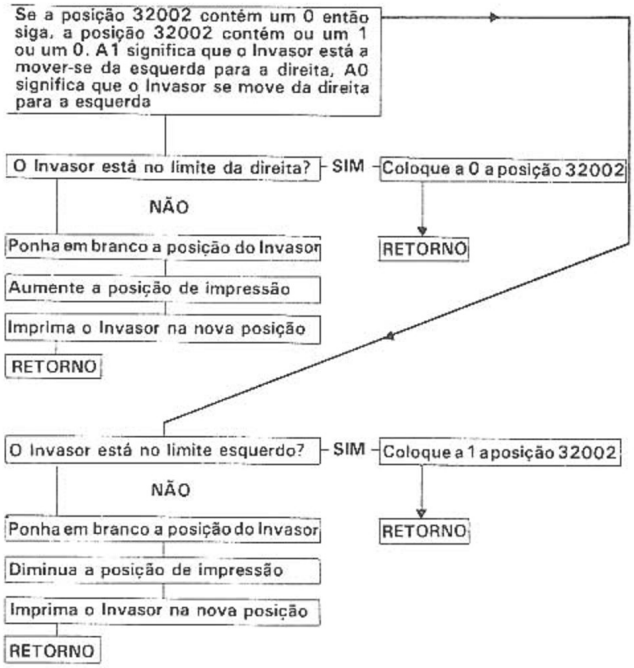
A rotina do Invasor Espacial pode ser testada utilizando o programa BASIC que se segue. Escreva no teclado GOTO 400 e verá o Invasor a mover-se continuamente através do topo do *écran*.

```
400 RANDOMIZE USR 29063
405 RANDOMIZE USR 29470
410 GOTO 405
```

O fluxograma incluído a seguir mostra como funciona a rotina para movimentar o Invasor. Esta rotina é chamada da rotina de controle que estará no final do jogo. Quando a ela se tiver tido acesso, decidirá em que direcção o Invasor deve ser movido, fará

com que ele se desloque uma posição nessa direcção e voltará à rotina de controle. Se o Invasor estiver num dos limites, a rotina colocará a «agulha» de direcção na direcção oposta, de modo que quando se tem em seguida acesso à rotina o Invasor inverterá a sua direcção.

FLUXOGRAMA PARA MOVER O INVASOR



Como produzir uma explosão

Se o projéctil que disparou atingir o Invasor ocorrerá obviamente uma espectacular explosão.

Antes que ela ocorra é necessário detectar que o projéctil coli-

diu com o Invasor. A curta rotina para o fazer será descrita após termos escrito e testado a rotina de explosão.

Quando examinarem o fluxograma da explosão perdoamos-lhes por terem pensado que a explosão não parece ser muito espectacular. Tudo o que ela faz é encher o *écran* com preto, depois azul, vermelho, magenta, verde, turquesa e amarelo, o que se repete ciclicamente nove vezes. Quando isto é feito com a veloz rotina em linguagem máquina o resultado é um verdadeiro espectáculo.

FLUXOGRAMA DA EXPLOSÃO

Carregar HL com 9 (número de vezes que o ciclo principal é executado).
PUSH HL
Colocar amarelo à cor de papel
Chamar «Rotina para limpar atributos»
Colocar azul à cor de papel
Chamar «Rotina para limpar atributos»
Colocar encarnado à cor de papel
Chamar «Rotina para limpar atributos»
Colocar magenta à cor de papel
Chamar «Rotina para limpar atributos»
Colocar verde à cor de papel
Chamar «Rotina para limpar atributos»
Colocar turquesa à cor de papel
Chamar «Rotina para limpar atributos»
Colocar branco à cor de papel
Chamar «Rotina para limpar atributos»
POP HL
Subtrair um de HL. Se o resultado não é zero, saltar então para a segunda instrução desta rotina
RETORNO

«Rotina para limpar atributos»

Esta rotina é exactamente a mesma que a descrita no início desta secção para limpar o «écran»

Linguagem máquina para a rotina da explosão

Endereço inicial	29385
Endereço final	29458
HEX total	7466

72C9	210900	LD	HL,0009
72CC	E5	PUSH	HL
72CD	3E30	LD	A,30
72CF	CDF972	CALL	72F9
72D2	3E08	LD	A,08
72D4	CDF972	CALL	72F9
72D7	3E10	LD	A,10
72D9	CDF972	CALL	72F9
72DC	3E18	LD	A,18
72DE	CDF972	CALL	72F9
72E1	3E20	LD	A,20
72E3	CDF972	CALL	72F9
72E6	3E28	LD	A,28
72E8	CDF972	CALL	72F9
72EB	3E38	LD	A,38
72ED	CDF972	CALL	72F9
72F0	E1	POP	HL
72F1	010100	LD	BC,0001
72F4	ED42	SBC	HL,BC
72F6	20D4	JR	NZ,72CC
72F8	C9	RET	
72F9	210003	LD	HL,0300
72FC	110058	LD	DE,5800
72FF	12	LD	(DE),A
7300	13	INC	DE
7301	010100	LD	BC,0001
7304	ED42	SBC	HL,BC
7306	20F7	JR	NZ,72FF
7308	210100	LD	HL,0001
730B	010100	LD	BC,0001
730E	ED42	SBC	HL,BC
7310	20FC	JR	NZ,730E
7312	C9	RET	

A rotina da explosão pode ser testada fazendo entrar como comando directo

RANDOMIZE USR 29385 (ENTER)

Detectar quando o Invasor é atingido

Com o fim de detectar se o projéctil atingiu o Invasor, tudo o que é necessário fazer é comparar as posições do canhão e do Invasor. Se eles se situam na mesma vertical, isto quer dizer que obviamente o projéctil atingiu o alvo. O projéctil terminou a sua viagem para o topo do *écran* e directamente será dado acesso à rotina «Detectar alvo atingido». No caso de ter sido detectado que o alvo foi atingido será então dado acesso a sub-rotina da explosão.

Não incluímos no texto um fluxograma desta rotina, dado que é muito curto e fácil de compreender. O registo HL é primeiro carregado com o endereço do canhão. Subtrai-se 4320 de HL. BC é carregado com o endereço do Invasor e é subtraído de HL. Se o resultado é zero, quer dizer que o projéctil atingiu o alvo. Para confirmar que isto é assim, suponhamos que o canhão está situado no canto inferior esquerdo, e que assim o seu endereço é 20704, e que o Invasor está no canto superior esquerdo, no endereço 16384. Ora, isto significa que o Invasor e o canhão estão na mesma vertical e que o projéctil vai atingir aquele. Carrega-se HL com 20704 e dele subtrai-se 4320, ficando com o valor 16384. BC é carregado com o endereço do Invasor, que é 16384. HL—BC = zero, por conseguinte a rotina salta para a explosão.

Linguagem máquina para a rotina «Detectar alvo atingido»

Endereço inicial	**29370**
Endereço final	**29384**
HEX total	**1646**

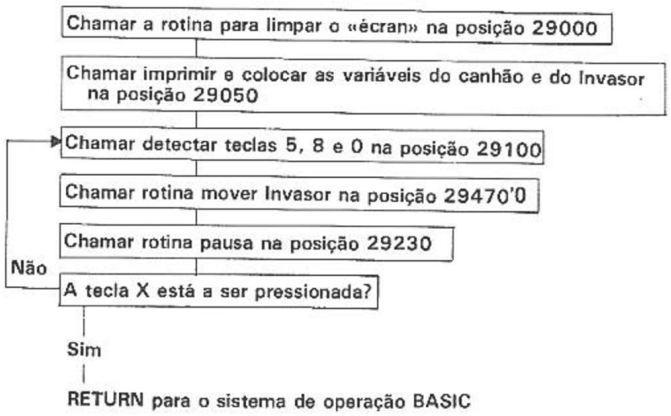
```
72BA  2A007D    LD    HL,(7D00)
72BD  01E010    LD    BC,10E0
72C0  ED42      SBC   HL,BC
72C2  ED4B037D  LD    BC,(7D03)
72C6  ED42      SBC   HL,BC
72C8  C0        RET   NZ
```

Faz-se entrar os três bytes seguintes na posição 29276. Isto é uma instrução que faz o programa saltar para o início da rotina para detectar o alvo atingido depois de o projéctil ter alcançado o topo do *écran:* C3 BA 72.

A rotina de controle

Tudo o que resta para ser feito agora é dar entrada à rotina de controle. Esta começa na posição 29630 e todo o jogo será posto em funcionamento pela instrução RANDOM USR 29630. A primeira instrução é chamar 29000, que é a rotina para limpar o *écran*. Seguidamente a rotina para estabelecer a variável e imprimir o canhão é chamada para a posição 29050. A terceira instrução é chamar 29100, que é a rotina para detectar as teclas. A próxima rotina a ser chamada do controle é a rotina para mover o Invasor. Como a linguagem máquina é tão rápida, é introduzida outra pausa chamando a rotina de pausa na posição 29230. A parte final da rotina de controle é usada para detectar se a tecla X está a ser pressionada. Se estiver, volta-se então ao sistema de operação BASIC. Se a tecla X não estiver a ser pressionada, então o programa salta para trás, para a terceira instrução da rotina de controle. Esta é apenas um ciclo contínuo que constantemente chama as duas rotinas principais — a saber: a rotina para detectar as teclas e a outra que faz mover o Invasor.

FLUXOGRAMA DA ROTINA DE CONTROLE



Linguagem máquina para a rotina de controle

Posição inicial 29630
Posição final 29657
HEX total 4026

```
73BE  CD4871    CALL  7148
73C1  CD7A71    CALL  717A
73C4  CDAC71    CALL  71AC
73C7  CD1E73    CALL  731E
73CA  CD2E72    CALL  722E
73CD  3EFE      LD    A,FE
73CF  D3FF      OUT   (FF),A
73D1  DBFE      IN    A,(FE)
73D3  E604      AND   04
73D5  2802      JR    Z,73D9
73D7  18EB      JR    73C4
73D9  C9        RET
```

Todo o jogo pode agora ser testado batendo no teclado RANDOM USR 29630. Pode ver-se o Invasor a mover-se continuamente através do *écran*. Utilizam-se as teclas 5 e 8 para mover o canhão para a esquerda e para a direita. Usa-se a tecla 0 para efectuar um disparo contra o Invasor. Quando se estiver cansado de jogar este jogo, carrega-se na tecla X para voltar ao sistema de operação BASIC.

Como todos estarão de acordo, o jogo «Invasor Espacial» agora acabado é bastante simples. O fim desta secção não era proporcionar um entretenimento mas sim mostrar como escrever e testar pequenas rotinas e em seguida interligá-las para formar um jogo completo. Se tiverem compreendido como funciona cada rotina, nada os impedirá de escrever os vossos pequenos jogos. Uma das maiores fraquezas do jogo que acabámos de escrever é que o Invasor pára quando o projéctil é disparado. Para os que tenham estudado os fluxogramas será fácil compreender por que é que isto acontece. E é sem dúvida devido ao facto de que nada é feito até que o projéctil atinja o topo do écran. Acham que há algum modo de modificar o programa de forma que o Invasor continue a deslocar-se mesmo depois de o projéctil ter sido disparado?

Notaram que neste programa se usaram algumas rotinas de pausa. Num programa mais profissional, isso seria considerado um

desperdício de tempo. Normalmente estas rotinas seriam substituidas por algo mais útil, mas produzindo o mesmo efeito. Por exemplo, podia usar-se o tempo para dar animação a alguns dos gráficos normalmente estáticos no *écran* ou para mover o fundo do jogo. Ou ainda se poderia usar o tempo disponível para criar efeitos sonoros ou tocar uma melodia, se bem que isto seja ligeiramente mais complicado.

Esperamos que ao terminar esta secção tenham aprendido os princípios fundamentais da programação em linguagem máquina. Podíamos ter feito o «Invasor Espacial» muitíssimo mais complexo, arranjando um conjunto de Invasores que fossem morrendo à medida que os alvejássemos. Podíamos ter dado mais cores e sons. Porém, deliberadamente, quisemos fazer um programa simples e sem complicações, esperando que pudesse ser compreendido com maior facilidade.

Quando estiverem a desenvolver as vossas próprias rotinas em linguagem máquina atribuam uma área específica para cada uma. Experimentem escrevê-las de modo que possam ser testadas individualmente. Não devem esquecer que é também importante demarcar uma área da memória para as variáveis. Quando estiverem a escrever as vossas próprias rotinas não terão o benefício dum verificador do HEX, de modo que devem sempre guardar a linguagem antes de a experimentar.

Como uma ajuda para um mais profundo conhecimento da linguagem máquina, experimentem neste programa fazer qualquer coisa como, por exemplo, alterar os valores dos ciclos de pausa ou modificar o programa de controle de modo que a rotina para detectar as teclas seja chamada duas vezes em vez de uma.

Dois jogos e algumas rotinas úteis

Este capítulo contém dois jogos e algumas rotinas úteis para o leitor escrever. Não são descritos com aquela abundância de pormenores do jogo do «Invasor Espacial», mas, com a ajuda dos fluxogramas, poderá aprender alguns truques.

Os jogos são a preto e branco por duas razões principais. Em primeiro lugar para diminuir a quantidade de escrita a realizar; em segundo lugar para tornar mais fáceis de compreender os fluxogramas e as descrições. Nos vossos próprios programas vão ver que é relativamente simples juntar as cores. Lembrem-se que quando se tem de mover um objecto, como o canhão do programa do «Invasor Espacial», é também preciso mover os seus atributos das cores.

Dados

Descrição do programa

Este programa simula o lançar de um dado. O dado continuará sempre a rolar até que a tecla S seja pressionada e ficará imóvel até que ela seja libertada.

Como funciona

O ficheiro dos atributos das cores é usado para «imprimir» no *écran*. Se este estiver completamente branco e se introduzir a instrução POKE 22862,0 ver-se-á aparecer um ponto negro no meio do *écran*. E isto acontece porque a posição 22862 é o atributo que corresponde ao meio do *écran* e 0 é o código para preto. Na secção que trata do BASIC e seus equivalentes em linguagem máquina há uma descrição completa do ficheiro dos atributos das cores. As posições de memória do ficheiro dos atributos que se utilizarão para «imprimir» as sete pintas possíveis de um dado são indicadas no diagrama seguinte.

```
22796          22800
  X              X

22860   22862  22864
  X       X      X

22924          22928
  X              X
```

Para visualizar o lado três do dado, tudo o que é preciso fazer é utilizar a instrução POKE das três posições adequadas com 0. Se se experimentar o que a seguir se indica ver-se-á o lado 3:

```
POKE 22796, 0 (ENTER)
POKE 22862, 0 (ENTER)
POKE 22928, 0 (ENTER)
```

Neste programa também usamos a instrução POKE para as quatro restantes posições com 63 (63 é o código para o branco). Isto assegura que o que quer que fosse que estivesse aí será apagado.

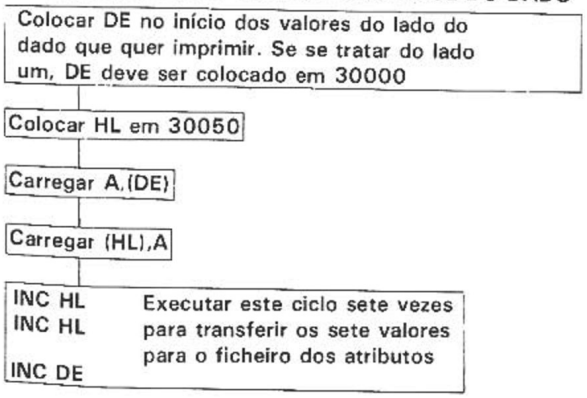
É necessário armazenar os valores relativos a cada um das seis faces do dado, isto é, quais os pontos que estão ligados (código 0) e quais os que estão desligados (código 63). Cada face do dado tem sete pontos que podem, em certas combinações, estar ligados ou desligados. Por conseguinte precisamos de 42 bytes (6×7) da memória para armazenar os valores relativos ao total dos seis lados. Neste programa escolheu-se armazenar os valores nas posições 30000 a 30041, inclusive. Os valores para o lado um estão armazenados nas posições 30000 a 30006 do modo seguinte:

Posição	Valores (HEX)
30000	3F
30001	3F
30002	3F
30003	00
30004	3F
30005	3F
30006	3F

Os valores correspondentes à face dois estão contidos nas posições desde 30007 a 30013, e por aí adiante no que respeita às outras faces. Para imprimir no *écran* os valores de uma face temos de primeiro colocar um apontador para o início dos valores da face que queremos imprimir. No caso da face um, colocaremos o apontador para 30000. Depois colocamos um outro apontador para 30050. As posições de 30050 a 30063 contêm os sete endereços do ficheiro dos atributos para os quais transferimos os valores.

Posição	Conteúdos
30050/1	22796
30052/3	22800
30054/5	22860
30056/7	22862
30058/9	22864
30060/1	22924
30062/3	22928

FLUXOGRAMA PARA IMPRIMIR UMA FACE DO DADO



A rotina acima é na realidade uma sub-rotina do programa principal. Se se quiser imprimir um dos lados do dado basta colocar DE no início dos valores do lado que se quer imprimir, e depois chamar esta sub-rotina.

Vejamos como funciona o programa. Em primeiro lugar coloca-se DE no início dos valores da face um, e então chama-se a sub-rotina de impressão. No fim desta foi acrescentada uma pequena rotina para detectar se a tecla S está pressionada. Se assim for, o programa espera até que ela seja libertada antes de deixar a sub-rotina de impressão. O programa principal coloca a seguir DE no início dos valores para a face dois e chama a sub-rotina de impressão.

Esta sequência prossegue até à face seis e nessa altura o programa salta para trás, para o início do ciclo. Deste modo, os seis lados do dado estão a ser constantemente mostrados um após outro. Porém acontece que a impressão é tão rápida que nunca se pode realmente ver qual o lado que está a ser impresso. Só quando se faz parar o programa é que então se pode ver qual é o lado.

Listagem em linguagem máquina para o programa dos dados

Endereço inicial 30000
Endereço final 30138
HEX total 11210
Começar por RANDOMIZE USR 30064

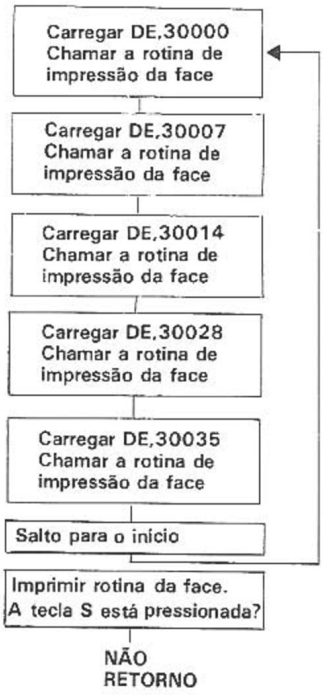
```
7530  3F
7531  3F
7532  3F
7533  00
7534  3F
7535  3F
7536  3F
7537  00
7538  3F
7539  3F
753A  3F
753B  3F
753C  3F
753D  00
753E  00
```

```
753F  3F
7540  3F
7541  00
7542  3F
7543  3F
7544  00
7545  00
7546  00
7547  3F
7548  3F
7549  3F
754A  00
754B  00
754C  00
754D  00
754E  3F
754F  00
7550  3F
7551  00
7552  00
7553  00
7554  00
7555  00
7556  3F
7557  00
7558  00
7559  00
755A  00
755B  00
755C  00
755D  00
755E  00
755F  00
7560  00
7561  00
7562  0C
7563  59
7564  1059
7566  4C
7567  59
7568  4E
7569  59
756A  50
```



```
756B  59
756C  8C
756D  59
756E  90
756F  59
7570  113075  LD    DE,7530
7573  CD9675  CALL  7596
7576  113775  LD    DE,7537
7579  CD9675  CALL  7596
757C  113E75  LD    DE,753E
757F  CD9675  CALL  7596
7582  114575  LD    DE,7545
7585  CD9675  CALL  7596
7588  114C75  LD    DE,754C
758B  CD9675  CALL  7596
758E  115375  LD    DE,7553
7591  CD9675  CALL  7596
7594  18DA    JR    7570
7596  3E62    LD    A,62
7598  329F75  LD    (759F),A
759B  3E07    LD    A,07
759D  F5      PUSH  AF
759E  2A0075  LD    HL,(7500)
75A1  1A      LD    A,(DE)
75A2  77      LD    (HL),A
75A3  13      INC   DE
75A4  3A9F75  LD    A,(759F)
75A7  3C      INC   A
75A8  3C      INC   A
75A9  329F75  LD    (759F),A
75AC  F1      POP   AF
75AD  3D      DEC   A
75AE  20ED    JR    NZ,759D
75B0  3EFD    LD    A,FD
75B2  D3FF    OUT   (FF),A
75B4  DBFE    IN    A,(FE)
75B6  E602    AND   02
75B8  28F6    JR    Z,7580
75BA  C9      RET
```

FLUXOGRAMA COMPLETO DO PROGRAMA DOS DADOS



Som

O *Spectrum* não desfruta de fama pelas suas capacidades de produzir sons. Se o leitor possuir na sua colecção alguns dos jogos mais sofisticados, sabe que se podem produzir sons e melodias bastante razoáveis. Não temos a pretensão de ensinar a escrever música, mas indicaremos como se podem produzir várias notas. Para criar som usaremos uma sub-rotina no ROM, e que é quase tão simples como usar uma das suas próprias sub-rotinas. Chama-se simplesmente a rotina usando a instrução CD XX. O endereço da sub-rotina do som é 949d, por conseguinte, a instrução completa será CD B5 03. Antes de se chamar a rotina os pares de registos HL e DE devem ser estabelecidos com valores que se relacionam com a frequência e a duração do som.

Suponhamos que queremos produzir um som cuja frequência é 350 Hz e que dura dois segundos. A fórmula para achar o valor de DE é:

FREQUÊNCIA × DURAÇÃO EM SEGUNDOS

Portanto, o valor de DE deve ser

350 × 2 = 700

E a fórmula para encontrar o valor do registo HL é

(437 500/FREQUÊNCIA) − 30,125

Por conseguinte, HL deve ter o valor

(437,500/350) = 1250 − 30,125 = 1219,875

O valor a dar a HL deve ser 1219 (arredondando sempre por defeito).

A rotina que se segue dará para DE o valor 700 e para HL o de 1219, e então deve chamar-se a sub-rotina do som. Dá-se entrada a esta rotina na posição 29000, imprimindo depois RANDOM USR 29000. E ouvir-se-á o som durante dois segundos.

```
11  BC  02
21  C3  04
CD  B5  03
C9
```

Endereço inicial	**29000**
Endereço final	**29009**
HEX total	**1029**

Que valores devem ter HL e DE para produzir uma frequência de 1200 Hz com a duração de três segundos?

Se se quiser criar sons do tipo «Invasor Espacial», tais como *lasers,* bipebipe e pumpum, o melhor método é o da experimentação. A rotina seguinte consiste num ciclo com uma chamada da rotina do som. O valor de DE permanece constante, mas o valor de HL é aumentado do valor de BC cada vez que o ciclo se completa. O registo A é inicialmente colocado no valor 10, o que determina o número de vezes que se completa o ciclo. Tem de se dar entrada à rotina seguinte na posição 29000 e começar-se por utilizar RANDOM USR 29000.

Endereço inicial 29000
Endereço final 29023
HEX total 2345

```
7148  215703   LD     HL,0357
714B  3E0A     LD     A,0A
714D  F5       PUSH   AF
714E  113200   LD     DE,0032
7151  E5       PUSH   HL
7152  CDB503   CALL   03B5
7155  E1       POP    HL
7156  013200   LD     BC,0032
7159  09       ADD    HL,BC
715A  F1       POP    AF
715B  DE01     SBC    A,01
715D  20EE     JR     NZ,714D
715F  C9       RET
```

Uma vez que se tenha dado entrada e se tenha testado a rotina pode começar-se a fazer experiências com ela. Pode mudar-se o número de vezes em que o ciclo é completado por meio de POKE 29001,X, em que X pode ter um valor entre 1 e 255. Poder-se-ia alterar os valores iniciais de HL e DE. Efectuando experiências com os valores é possível produzir uma frequência tão alta que não pode ser ouvida pelo homem mas que um cão pode ouvir! Se se der a DE um valor demasiado alto, pode acontecer que se esperem horas para que o som termine. Podia também ser alterado o valor de BC.

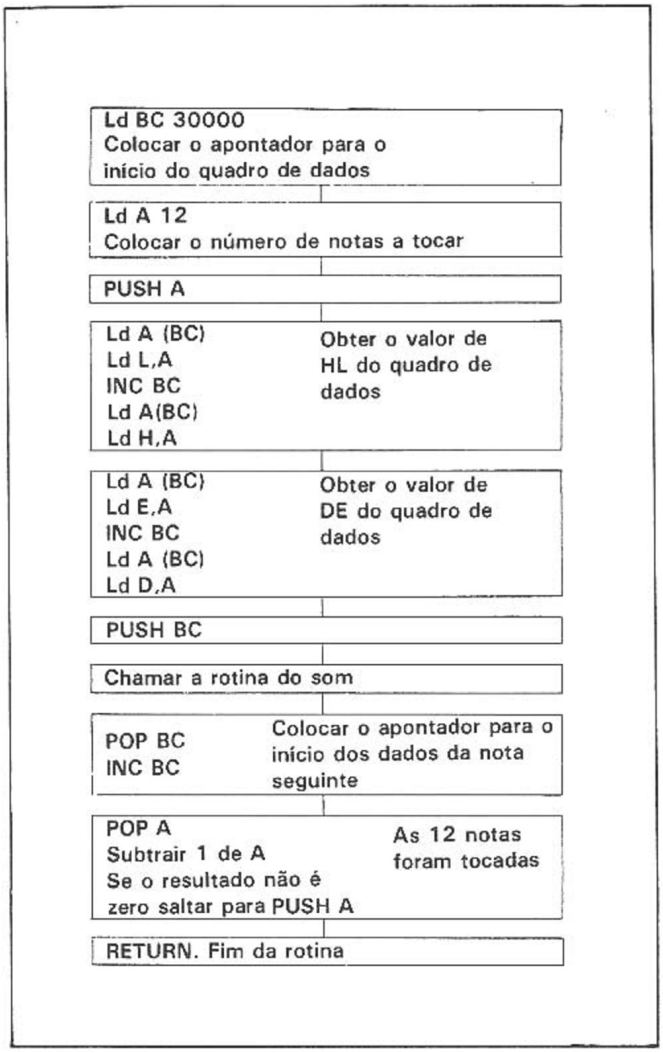
As combinações destes valores diferentes produzirão muitos sons diferentes. Como regra geral, quando se estiverem a fazer estas experiências, o valor de cada coisa deve ser alterado somente em pequena quantidade e assim se saberá o que está a causar um determinado efeito.

O quadro que se segue indica quais os valores de HL e DE que devem ser atribuídos para produzir cada uma das doze notas de música contidas na primeira coluna durante um segundo.

	HL	DE
Mi	1642	261
Mi sustenido	1548	277
Fá	1459	293
Fá sustenido	1406	311
Sol	1297	329
Lá	1222	349
Lá sustenido	1152	369
Si	1085	392
Si sustenido	1023	415
Dó	964	440
Dó sustenido	908	466
Ré	855	493

As rotinas de som previamente indicadas usam ciclos quer para aumentar quer para diminuir os vários registos. Na realidade este método é adequado para produzir algo de musical. A rotina seguinte mostra como produzir uma sequência de notas musicais. Claro que primeiro é preciso saber quais as notas que se vão tocar. Neste exemplo só teremos a sequência das doze notas que constam da tabela anterior, de Mi a Ré.

Os dois valores de HL e DE que são precisos para produzir uma das notas estão contidos em quatro consecutivas posições de memória. Os da primeira nota estão em 30000 até 30003, os da segunda de 30004 a 30007 e por aí adiante até à décima segunda nota, cujos valores estão contidos nas posições 30044 e 30047. O fluxograma seguinte mostra como funciona o programa.



Como funciona

O registo BC é usado como um apontador para os dados e começa com o valor de 30000. Os dados nessa posição são carregados no registo A usando a instrução LD A,(BC). O conteúdo do registo A é então transferido para o registo L utilizando a instrução LD L,A.

BC é então aumentado para a posição 30001. Nesta altura a informação é transferida para o registo H. O registo BC é mais uma vez aumentado e a informação transferida para o registo E. Os dois registos HL e DE estão agora carregados com os dados para produzir a primeira nota, o que se faz chamando a rotina do som.

Se se quiser produzir as doze notas junta-se um ciclo no início, utilizando o registo A, que é carregado com 12. No final da rotina principal o registo A é diminuído e efectua-se uma verificação para ver se ele atingiu o zero. Se isso não acontecer, salta-se para o início da rotina e a nota seguinte é tocada. A entrada dos dados e do programa faz-se da maneira corrente usando Hexent. Para iniciar o programa bate-se no teclado RANDOMIZE USR 30043. (30048 é onde se inicia o presente programa. As posições 30000 a 30047 contêm os dados correspondentes às notas.)

Linguagem máquina da rotina para tocar notas armazenadas

Endereço inicial	30000
Endereço final	30076
HEX total	5533

7530	6A
7531	06
7532	05
7533	01
7534	0C
7535	06
7536	15
7537	01
7538	B3
7539	05
753A	25
753B	01

```
753C  7E
753D  05
753E  37
753F  01
7540  11
7541  05
7542  49
7543  01
7544  C6
7545  04
7546  5D
7547  01
7548  80
7549  04
754A  71
754B  01
754C  3D
754D  04
754E  88
754F  01
7550  FF
7551  03
7552  9F
7553  01
7554  C4
7555  03
7556  B8
7557  01
7558  8C
7559  03
755A  D2
755B  01
755C  57
755D  03
755E  ED
755F  01
7560  013075    LD    BC,7530
7563  3E0C      LD    A,0C
7565  F5        PUSH  AF
7566  0A        LD    A,(BC)
7567  6F        LD    L,A
7568  03        INC   BC
```



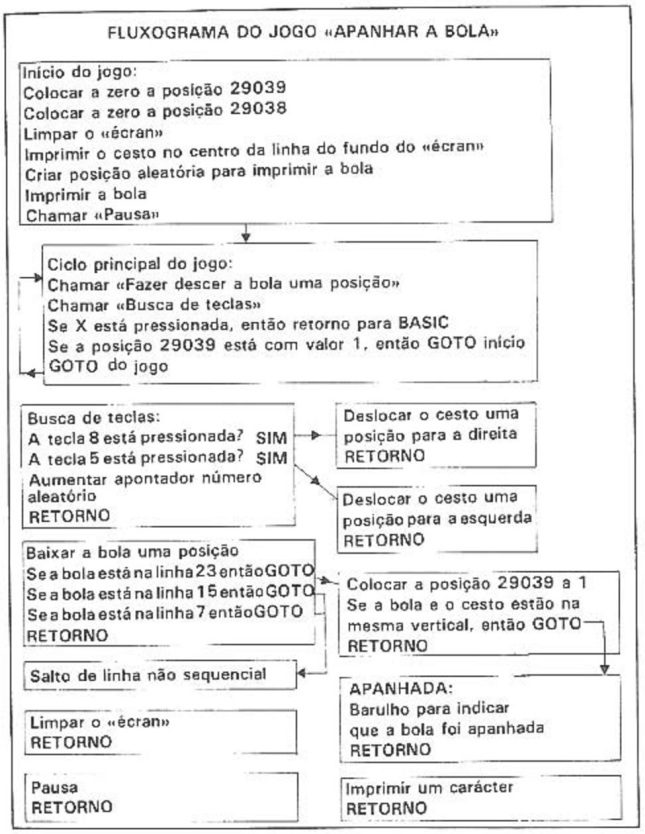
```
7569  0A        LD    A,(BC)
756A  67        LD    H,A
756B  03        INC   BC
756C  0A        LD    A,(BC)
756D  5F        LD    E,A
756E  03        INC   BC
756F  0A        LD    A,(BC)
7570  57        LD    D,A
7571  C5        PUSH  BC
7572  CDB503    CALL  03B5
7575  C1        POP   BC
7576  03        INC   BC
7577  F1        POP   AF
7578  DE01      SBC   A,01
757A  20E9      JR    NZ,7565
757C  C9        RET
```

Se se usar o método indicado para produzir som, seremos capazes de armazenar as notas para tocar qualquer melodia. (Se o leitor não for dotado para a música, como sucede com o autor deste livro, trabalhar com notas para armazenar pode constituir um problema!)

Apanhar a bola

Neste jogo aparecerá uma bola em posição aleatória ao longo da fila de cima do *écran* e que em seguida vai cair verticalmente. O que se tem de fazer é apanhar a bola, utilizando um cesto que se pode deslocar de um lado para outro ao longo da fila do fundo do *écran*. Deve estudar-se o fluxograma que apresentamos a seguir, para compreender o programa na sua globalidade.

Para dar início à rotina do jogo é preciso estabelecer as variáveis e proceder à impressão da bola e do cesto. No início este está sempre na mesma posição, a saber, no centro da linha do fundo do *écran*. E a bola está, por seu lado, sempre em posição aleatória no topo do mesmo. Esta posição aleatória consegue-se do modo seguinte: as posições desde 29000 até 29031 contêm a sequência de



números de 1 a 31. As posições 29032/3 contêm um número entre 29000 e 29031, que se chama o apontador para a tabela de números aleatórios. As três instruções seguintes são então usadas para calcular a posição aleatória inicial da bola.

Load DE, (29032) — **O registo DE conterá agora um número entre 29000 e 29031**

Load A, (DE) — **O registo A conterá agora um valor entre 1 e 32**

Load HL, 16383

O valor de A é agora acrescentado a HL, procedendo repetidamente ao aumento de HL e à diminuição de A até que o valor deste seja zero. HL conterá agora um valor entre 16384 e 16415, que será a posição inicial da bola. Este valor é colocado na posição 29036/7 e será utilizado quando se fizer a bola descer ao longo do *écran*. O apontador na posição 29032/3 está continuamente a mudar de local, dado que no início de cada jogo a bola é impressa numa posição aleatória. Mais adiante vai ser descrito o modo como o apontador está constantemente a mudar de local. Tendo-se inicialmente imprimido a bola, segue-se uma curta pausa, o suficiente para dar ao jogador uma melhor oportunidade de a apanhar.

Inicia-se então o principal ciclo de controle do jogo, o qual consiste no seguinte:

1) Chama-se a rotina que faz baixar a bola uma posição.
2) Procede-se a uma verificação para ver se a bola está no fundo do *écran*. Se tal acontecer volta-se ao princípio.
3) Chama-se a rotina de busca de teclas para ver se as teclas 5 e 8 estão a ser pressionadas.
4) Volta-se para o item 1 do início deste ciclo.

A rotina que se usa para fazer descer a bola uma posição é muito semelhante à usada no programa «Invasor Espacial» para fazer subir o projéctil. A corrente posição da bola é primeiramente obtida da posição 29036/7. Então esta é usada para fazer desaparecer a bola do *écran*. Seguidamente calcula-se e armazena-se em 29036/7 a nova posição de impressão e imprime-se a bola. Quando se faz descer a bola no *écran* é necessário tomar em consideração os saltos de linha não sequenciais, o que se consegue mantendo-se a verificação da variável na posição 29038. No início de cada jogo esta variável é posta a zero e representa o número da linha onde a bola está. Cada vez que se faz descer a bola uma posição, a variável na posi-

ção 29038 é aumentada; quando atinge 8 ou 16 sabemos que temos de fazer um salto de linha não sequencial. Quando a posição 29038 contém um valor 22, a bola atingiu a linha justamente acima daquela em que se desloca o cesto. Uma vez que a bola tenha atingido a linha do fundo do *écran* podemos chamar a rotina que faz a verificação para saber se o cesto a apanhou. Esta rotina usa o endereço do cesto que está contido na posição 29034/5 e o endereço da bola que está na posição 29036/7. Por conseguinte, do endereço do cesto subtrai-se 32 e o resultado é comparado com o endereço da bola; se forem iguais é chamada a sub-rotina do ruído, para indicar que a bola foi apanhada. A posição 29039 é então colocada no valor 1. Isto é usado pelo ciclo de controle principal para indicar que pode ser começado um novo jogo.

A rotina de busca das teclas verifica se as teclas 5 e 8 estão a ser pressionadas e moverá o cesto uma posição na direcção apropriada. A posição 29034/5 é actualizada para indicar a nova posição do cesto. No fim da rotina de busca das teclas o apontador para a tabela de números aleatórios é aumentado e reposto em 29000 se atingir 29032. Dado que a rotina para busca das teclas é chamada muitas vezes por segundo, obviamente o apontador do número aleatório estará continuamente a mudar, dando por conseguinte a garantia de que a bola começará em posição aleatória no início de cada jogo.

O ciclo de controle principal verifica constantemente a posição 29039. Se ela contém um 1, então deve ser começado um novo jogo. No início de cada jogo, a posição 29039 é levada a 0.

Listagem em linguagem máquina para apanhar a bola

Endereço inicial **29000**
Endereço final **29401**
HEX total **41790**

Inicia-se o programa batendo no teclado RANDOM USR 29040. Lembremo-nos de que as posições 29000/29039 contêm variáveis e dados para o programa funcionar.

```
7148  01
7149  02
714A  03
714B  04
714C  05
714D  06
714E  07
714F  08
7150  09
7151  0A
7152  0B
7153  0C
7154  0D
7155  0E
7156  0F
7157  10
7158  11
7159  12
715A  13
715B  14
715C  15
715D  16
715E  17
715F  18
7160  19
7161  1A
7162  1B
7163  1C
7164  1D
7165  1E
7166  1F
7167  20
7168  58
7169  71
716A  F0
716B  50
716C  00
716D  00
716E  00
716F  00
7170  3E00       LD     A,00
7172  326F71     LD     (716F),A
7175  326E71     LD     (716E),A
7178  CDC772     CALL   7207
717B  21A83E     LD     HL,3EA8
717E  01F050     LD     BC,50F0
7181  ED436A71   LD     (716A),BC
7185  CD3F72     CALL   723F
7188  ED5B6871   LD     DE,(7168)
718C  1A         LD     A,(DE)
718D  01FF3F     LD     BC,3FFF
7190  03         INC    BC
7191  3D         DEC    A
7192  C29071     JP     NZ,7190
7195  ED436C71   LD     (716C),BC
7199  21783E     LD     HL,3E78
719C  CD3F72     CALL   723F
719F  CD3472     CALL   7234
71A2  CD4C72     CALL   724C
71A5  CD3472     CALL   7234
71A8  CDBE71     CALL   71BE
```

```
71AB  3EFE      LD      A,FE
71AD  D3FF      OUT     (FF),A
71AF  DBFE      IN      A,(FE)
71B1  E604      AND     04
71B3  C8        RET     Z
71B4  3A6F71    LD      A,(716F)
71B7  3D        DEC     A
71B8  CA7071    JP      Z,7170
71BB  C3A271    JP      71A2
71BE  3EEF      LD      A,EF
71C0  D3FF      OUT     (FF),A
71C2  DBFE      IN      A,(FE)
71C4  E604      AND     04
71C6  CCE871    CALL    Z,71E8
71C9  3EF7      LD      A,F7
71CB  D3FF      OUT     (FF),A
71CD  DBFE      IN      A,(FE)
71CF  E610      AND     10
71D1  CC0E72    CALL    Z,720E
71D4  2A6871    LD      HL,(7168)
71D7  23        INC     HL
71D8  226871    LD      (7168),HL
71DB  016871    LD      BC,7168
71DE  ED42      SBC     HL,BC
71E0  C0        RET     NZ
71E1  214871    LD      HL,7148
71E4  226871    LD      (7163),HL
71E7  C9        RET
71E8  2A6A71    LD      HL,(716A)
71EB  01FF50    LD      BC,50FF
71EE  ED42      SBC     HL,BC
71F0  C8        RET     Z
71F1  21003D    LD      HL,3D00
71F4  ED4B6A71  LD      BC,(716A)
71F8  CD3F72    CALL    723F
71FB  ED4B6A71  LD      BC,(716A)
71FF  03        INC     BC
7200  ED436A71  LD      (716A),BC
7204  21A83E    LD      HL,3EA8
7207  CD3F72    CALL    723F
720A  CD3472    CALL    7234
720D  C9        RET
720E  2A6A71    LD      HL,(716A)
7211  01E050    LD      BC,50E0
7214  ED42      SBC     HL,BC
7216  C8        RET     Z
7217  21003D    LD      HL,3D00
721A  ED4B6A71  LD      BC,(716A)
721E  CD3F72    CALL    723F
7221  ED4B6A71  LD      BC,(716A)
7225  0B        DEC     BC
7226  ED436A71  LD      (716A),BC
722A  21A83E    LD      HL,3EA8
722D  CD3F72    CALL    723F
7230  CD3472    CALL    7234
7233  C9        RET
7234  010100    LD      BC,0001
7237  210014    LD      HL,1400
```



```
723A  ED42      SBC     HL,BC
723C  20FC      JR      NZ,723A
723E  C9        RET
723F  3E08      LD      A,08
7241  F5        PUSH    AF
7242  7E        LD      A,(HL)
7243  02        LD      (BC),A
7244  23        INC     HL
7245  04        INC     B
7246  F1        POP     AF
7247  DE01      SBC     A,01
7249  20F6      JR      NZ,7241
724B  C9        RET
724C  3A6E71    LD      A,(716E)
724F  3C        INC     A
7250  326E71    LD      (716E),A
7253  DE17      SBC     A,17
7255  CAA972    JP      Z,72A9
7258  3A6E71    LD      A,(716E)
725B  DE0F      SBC     A,0F
725D  CA8972    JP      Z,7289
7260  3A6E71    LD      A,(716E)
7263  DE07      SBC     A,07
7265  CA8972    JP      Z,7289
7268  ED4B6C71  LD      BC,(716C)
726C  21003D    LD      HL,3D00
726F  CD3F72    CALL    723F
7272  ED4B6C71  LD      BC,(716C)
7276  212000    LD      HL,0020
7279  ED4A      ADC     HL,BC
727B  226C71    LD      (716C),HL
727E  ED4B6C71  LD      BC,(716C)
7282  21783E    LD      HL,3E78
7285  CD3F72    CALL    723F
7288  C9        RET
7289  ED4B6C71  LD      BC,(716C)
728D  21003D    LD      HL,3D00
7290  CD3F72    CALL    723F
7293  2A6C71    LD      HL,(716C)
7296  012007    LD      BC,0720
7299  ED4A      ADC     HL,BC
729B  226C71    LD      (716C),HL
729E  ED4B6C71  LD      BC,(716C)
72A2  21783E    LD      HL,3E78
72A5  CD3F72    CALL    723F
72A8  C9        RET
72A9  3E01      LD      A,01
72AB  326F71    LD      (716F),A
72AE  2A6A71    LD      HL,(716A)
72B1  012000    LD      BC,0020
72B4  ED42      SBC     HL,BC
72B6  ED4B6C71  LD      BC,(716C)
72BA  ED42      SBC     HL,BC
72BC  C0        RET     NZ
72BD  11BC02    LD      DE,02BC
72C0  21C304    LD      HL,0403
72C3  CDB503    CALL    03B5
72C6  C9        RET
```

```
72C7  210018    LD      HL,1800
72CA  110040    LD      DE,4000
72CD  3E00      LD      A,00
72CF  12        LD      (DE),A
72D0  13        INC     DE
72D1  010100    LD      BC,0001
72D4  ED42      SBC     HL,BC
72D6  C2CF72    JP      NZ,72CF
72D9  C9        RET
```

As oito rotinas a seguir apresentadas são típicas dos programas em linguagem máquina que se podem escrever e utilizar para melhorar os programas em BASIC.

Rolar o «écran»

Podem fazer-se três coisas:

1) Rolar os atributos das cores.
2) Rolar as informações que estão no *écran*.
3) Ou, o que é mais útil, fazer ao mesmo tempo as duas coisas.

Vamos primeiro mostrar como se faz cada uma isoladamente; depois, é simples combinar os dois métodos.

Rolar os atributos da esquerda para a direita

Quando esta rotina for chamada fará mudar a posição das 32 colunas dos atributos de cor da esquerda para a direita. A coluna um será mudada para a coluna dois, a coluna dois para a três e por aí adiante até à coluna 32. Esta será mudada para a coluna 1, para dar um efeito de envolvimento.

Como funciona

Este exemplo mostra como a fila inferior do *écran* é mudada de posição da esquerda para a direita. O atributo mais à direita desta fila está na posição 23295. O registo A está carregado com o conteúdo desta posição. DE é colocado a 23295, HL a 23294 e BC a 31. Os dados no endereço contido por HL são então transferidos para o endereço contido por DE. HL e DE são então diminuídos e a transferência volta a efectuar-se. Tem de se fazer isto 31 vezes. Esta transferência de dados e a diminuição dos registos é efectuada por uma simples instrução chamada LDDR, a qual significa: «Carregar o endereço contido pelo registo DE com o conteúdo do endereço contido por HL.»

DE é então diminuído.
HL é então diminuído.
BC é então diminuído.

Se BC não é igual a zero verifica-se então uma outra transferência entre HL e DE. O ciclo de transferência e diminuição prossegue até que o valor de BC seja zero.

Dado que BC está carregado com 31, esta instrução prosseguirá até que o atributo na posição 23264 tenha sido transferido para a posição 23265. Temos então de carregar a posição 23264 com o conteúdo do registo A (lembremo-nos de que A estava carregado com um atributo na extrema direita); isto dá o efeito de envolvimento que desejamos.

As restantes 23 filas horizontais são mudadas de posição do mesmo modo.

FLUXOGRAMA DO PROGRAMA PARA ROLAR OS ATRIBUTOS DA ESQUERDA PARA A DIREITA

Carregar B,24.
O número de linhas a serem roladas

Carregar DE,24.
O endereço do atributo do lado direito do fundo

Carregar H L,23294

PUSH BC

Carregar B C,31.
O número de atributos duma linha a ser mudado para a direita

Carregar A,(DE).
Armazenar o atributo do lado direito no registo A

LDDR. Mudar o 31.° atributo para a 32.ª posição.
Mudar o 30.° atributo para a 31.ª posição e por aí adiante para mudar o primeiro atributo para o segundo

Carregar (HL),A. Pôr o valor do registo A que contém o 32.° atributo original no primeiro atributo. Isto dá o desejado efeito de envolvimento.

Colocar DE no endereço do atributo do lado direito da linha seguinte acima da que acaba de ser mudada

Colocar HL em um menos DE

POP BC

DEC BC

Salto se não for zero

RETORNO

Listagem em linguagem máquina do rolar atributos da esquerda para a direita

Endereço inicial 29000
Endereço final 29023
HEX total 2467

```
7148  0618     LD    B,18
714A  11FF5A   LD    DE,5AFF
714D  D5       PUSH  DE
714E  E1       POP   HL
714F  2B       DEC   HL
7150  C5       PUSH  BC
7151  011F00   LD    BC,001F
7154  1A       LD    A,(DE)
7155  EDB8     LDDR
7157  23       INC   HL
```



```
7158  77       LD    (HL),A
7159  2B       DEC   HL
715A  2B       DEC   HL
715B  1B       DEC   DE
715C  C1       POP   BC
715D  10F1     DJNZ  7150
715F  C9       RET
```

A rotina para mover os atributos da direita para a esquerda é muito semelhante à que serve para efectuar o movimento da esquerda para a direita. As diferenças são que começamos à esquerda da fila do topo e que a instrução LDDR é substituída pela LDIR, o que significa:

Carregar o endereço contido pelo registo DE com o conteúdo do endereço contido por HL.

DE é então diminuído.
HL é aumentado.
BC é diminuído.

Se BC não é igual a zero repete-se a transferência. A instrução LDIR é semelhante à instrução LDDR, com excepção de que os registos HL e DE são diminuídos.

Listagem em linguagem máquina para rolar os atributos da direita para a esquerda

Endereço inicial 29024
Endereço final 29047
HEX total 2178

```
7160  0618     LD    B,18
7162  110058   LD    DE,5800
7165  D5       PUSH  DE
7166  E1       POP   HL
7167  23       INC   HL
7168  C5       PUSH  BC
7169  011F00   LD    BC,001F
716C  1A       LD    A,(DE)
```

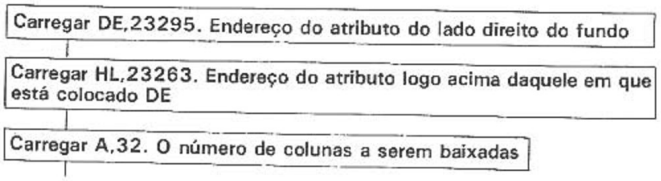
```
716D  EDB0    LDIR
716F  2B      DEC   HL
7170  77      LD    (HL),A
7171  23      INC   HL
7172  23      INC   HL
7173  13      INC   DE
7174  C1      POP   BC
7175  10F1    DJNZ  7168
7177  C9      RET
```

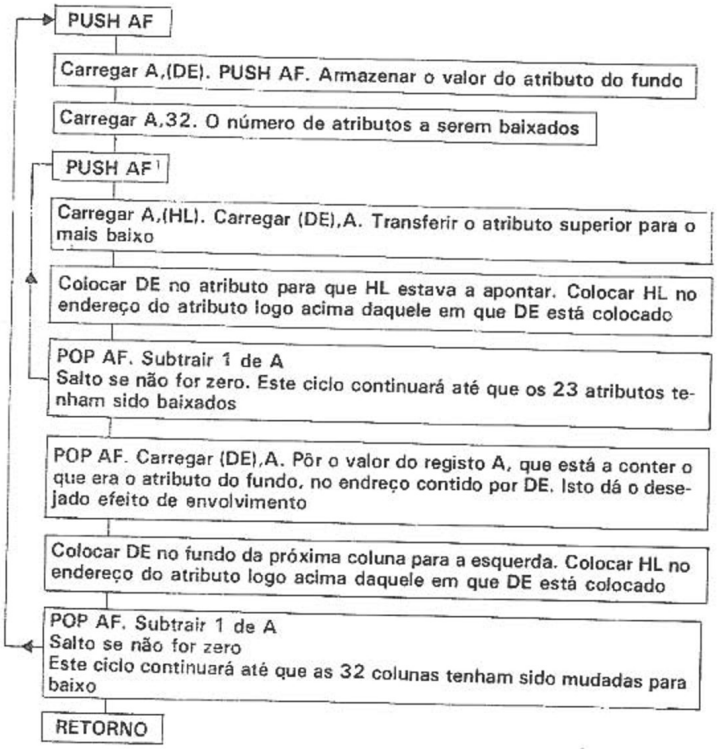
Rolar os atributos para baixo

Os principios fundamentais para rolar os atributos para baixo são muito semelhantes aos que usámos para os rolar para a esquerda ou direita. Cada uma das 32 colunas é baixada individualmente, começando pela da direita e prosseguindo até chegar à da esquerda. Cada coluna é mudada de posição, começando por armazenar o valor do atributo do fundo e em seguida fazendo o mesmo para os outros. No fim, o atributo armazenado é posto no topo da coluna.

O fluxograma seguinte diz respeito à rotina para baixar os atributos.

FLUXOGRAMA PARA ROLAR OS ATRIBUTOS PARA BAIXO





Listagem em linguagem máquina para rolar os atributos para baixo

Endereço inicial 29048
Endereço final 29095
HEX total 5819

```
7178  11FF5A  LD  DE,5AFF
717B  21DF5A  LD  HL,5ADF
717E  3E20    LD  A,20
```

```
7180  F5       PUSH  AF
7181  1A       LD    A,(DE)
7182  F5       PUSH  AF
7183  3E17     LD    A,17
7185  F5       PUSH  AF
7186  7E       LD    A,(HL)
7187  12       LD    (DE),A
7188  E5       PUSH  HL
7189  D1       POP   DE
718A  012000   LD    BC,0020
718D  ED42     SBC   HL,BC
718F  F1       POP   AF
7190  DE01     SBC   A,01
7192  20F1     JR    NZ,7185
7194  F1       POP   AF
7195  12       LD    (DE),A
7196  01FF02   LD    BC,02FF
7199  ED4A     ADC   HL,BC
719B  E5       PUSH  HL
719C  D1       POP   DE
719D  012000   LD    BC,0020
71A0  ED42     SBC   HL,BC
71A2  F1       POP   AF
71A3  DE01     SBC   A,01
71A5  20D9     JR    NZ,7180
71A7  C9       RET
```

Rolar os atributos para cima

Como se esperaria, a maneira de o fazer é muito semelhante à que serviu para rolar os atributos para baixo. Cada coluna é mudada individualmente de posição, começando-se pela da esquerda e prosseguindo até chegar à da direita.

Listagem em linguagem máquina para rolar os atributos para cima

Endereço inicial	29096
Endereço final	29143
HEX total	5477


```
71A8  110058   LD    DE,5800
71AB  212058   LD    HL,5820
71AE  3E20     LD    A,20
71B0  F5       PUSH  AF
71B1  1A       LD    A,(DE)
71B2  F5       PUSH  AF
71B3  3E17     LD    A,17
71B5  F5       PUSH  AF
71B6  7E       LD    A,(HL)
71B7  12       LD    (DE),A
71B8  E5       PUSH  HL
71B9  D1       POP   DE
71BA  012000   LD    BC,0020
71BD  ED4A     ADC   HL,BC
71BF  F1       POP   AF
71C0  DE01     SBC   A,01
71C2  20F1     JR    NZ,71B5
71C4  F1       POP   AF
71C5  12       LD    (DE),A
71C6  01FF02   LD    BC,02FF
71C9  ED42     SBC   HL,BC
71CB  E5       PUSH  HL
71CC  D1       POP   DE
71CD  012000   LD    BC,0020
71D0  ED4A     ADC   HL,BC
71D2  F1       POP   AF
71D3  DE01     SBC   A,01
71D5  20D9     JR    NZ,71B0
71D7  C9       RET
```

O programa em BASIC que se segue pode ser usado para demonstrar as quatro rotinas para rolar os atributos. Dependendo de qual dos quatro cursores for pressionado, assim será chamada uma determinada rotina. Por exemplo, se for batida a tecla 5 será chamada a rotina para rolar os atributos da direita para a esquerda.

Este mesmo programa também mostra como usar a linguagem máquina para melhorar os seus programas em BASIC. Com efeito, a linguagem máquina torna-se uma sub-rotina do programa em BASIC. Podem ter-se na memória tantas rotinas quanto se quiser e chamá-las individualmente do programa em BASIC.

É também uma boa altura para se falar de RAMTOP. Se olharmos para a primeira linha do programa Hexent, vemos que ela con-

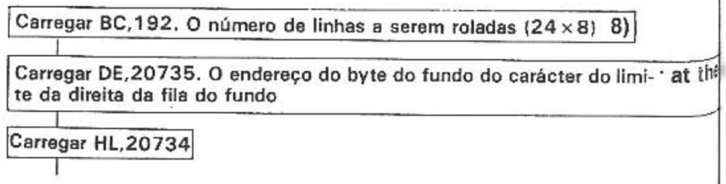
siste em CLEAR 28999. Isto pode ser considerado como uma barreira entre o programa em BASIC e a linguagem máquina. Sem ele a linguagem máquina seria provavelmente sobreposta pelo programa em BASIC. Limita a dimensão do programa em BASIC que pode ser escrito e os possuidores de *Spectrum 48K* acharão mais prático colocar RAMTOP a 39999 e escrever as rotinas em linguagem máquina acima deste endereço.

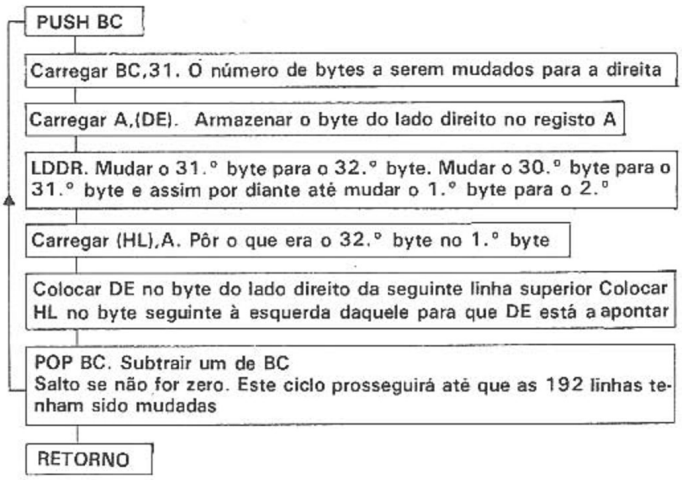
```
400 LET I=8
405 FOR A=22528 TO 23295
410 POKE A,I
415 LET I=I+8
420 IF I=64 THEN LET I=8
425 NEXT A
430 IF INKEY$="5" THEN RANDOMIZE USR 29024
435 IF INKEY$="8" THEN RANDOMIZE USR 29000
440 IF INKEY$="6" THEN RANDOMIZE USR 29048
445 IF INKEY$="7" THEN RANDOMIZE USR 29096
450 GOTO 430
```

Rolar o texto da esquerda para a direita

A rotina para rolar o texto da esquerda para a direita é quase identica à rotina para rolar os atributos da esquerda para a direita; as diferenças óbvias são os endereços iniciais e o facto de que têm de ser mudadas 192 filas em vez de 24.

FLUXOGRAMA DO PROGRAMA PARA ROLAR O TEXTO DA ESQUERDA PARA A DIREITA





Listagem em linguagem máquina
para rolar o texto da esquerda para a direita

Endereço inicial 29144
Endereço final 29167
HEX total 2932

```
71D8  06C0      LD      B,C0
71DA  11FF57    LD      DE,57FF
71DD  D5        PUSH    DE
71DE  E1        POP     HL
71DF  2B        DEC     HL
71E0  C5        PUSH    BC
71E1  011F00    LD      BC,001F
71E4  1A        LD      A,(DE)
71E5  EDB8      LDDR
71E7  23        INC     HL
71E8  77        LD      (HL),A
71E9  2B        DEC     HL
71EA  2B        DEC     HL
71EB  1B        DEC     DE
71EC  C1        POP     BC
71ED  10F1      DJNZ    71EQ
71EF  C9        RET
```

Rolar o texto da direita para a esquerda

Como já devem ter pensado, esta rotina é quase idêntica à rotina usada para rolar os atributos da esquerda para a direita.

Listagem em linguagem máquina
para rolar o texto da direita para a esquerda

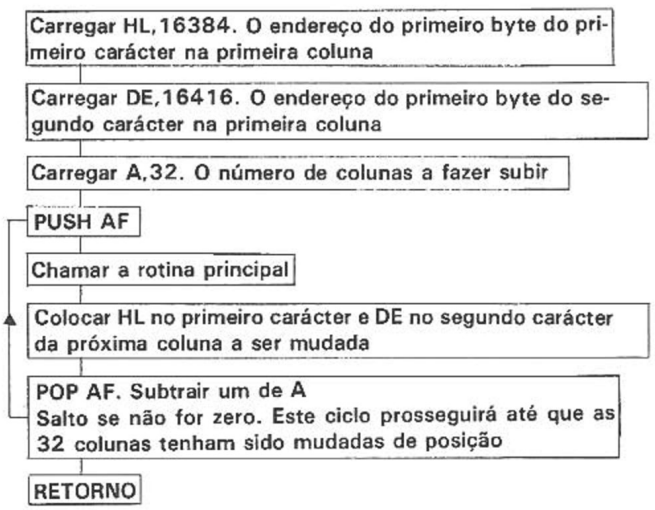
Endereço inicial	29168
Endereço final	29191
HEX total	2322

```
71F0  06C0      LD      B,C0
71F2  110040    LD      DE,4000
71F5  D5        PUSH    DE
71F6  E1        POP     HL
71F7  23        INC     HL
71F8  C5        PUSH    BC
71F9  011F00    LD      BC,001F
71FC  1A        LD      A,(DE)
71FD  EDB0      LDIR
71FF  2B        DEC     HL
7200  77        LD      (HL),A
7201  23        INC     HL
7202  23        INC     HL
7203  13        INC     DE
7204  C1        POP     BC
7205  10F1      DJNZ    71F8
7207  C9        RET
```

Rolar o texto para cima

As rotinas para rolar o texto do *écran* para cima e para baixo são as mais difíceis, principalmente por causa dos agora famosos saltos não sequenciais entre as linhas 7 e 8 e 15 e 16. O fluxograma seguinte mostra a rotina de controle deste programa.

FLUXOGRAM DA ROTINA DE CONTROLE PARA MOVER O TEXTO PARA CIMA



A tarefa da rotina de controle é colocar HL no primeiro byte do primeiro carácter e DE no primeiro byte do segundo carácter da coluna que é movida para cima. A rotina principal é então chamada, e realiza a tarefa de mover a coluna para cima.

A rotina principal

A primeira coisa a fazer é colocar em lugar seguro os oito bytes do primeiro carácter. Depois de a coluna ter sido deslocada para cima esses oito bytes são recuperados e colocados na base da coluna para dar o efeito de envolvimento. Por causa dos saltos de linha não sequenciais, temos agora de nos concentrar em cada terço da coluna de per si. No terço superior há sete caracteres que precisam de ser mudados para cima na sequência seguinte:

1 para 0
2 para 1
3 para 2
4 para 3
5 para 4
6 para 5
7 para 6

Isto faz-se carregando o registo A com 7, número de caracteres a ser movido, depois chama-se a rotina chamada «Mudar bloco». Esta rotina fará mover os caracteres no sentido ascendente. Depois de se ter mudado a posição do terço superior da coluna é preciso fazer o mesmo para o terço do meio. Primeiro HL e DE devem ser ajustados para o salto de linha não sequencial, o que se faz chamando uma rotina designada por «Salto de linha». Depois de se ter ajustado HL e DE, o registo A é então carregado com 8, e é chamada a rotina para mudar o bloco. Para mudar o terço inferior da coluna chama-se a rotina de salto de linha, A é carregado com 8 e chama-se a rotina «Mudar bloco». A seguir o carácter que estava no topo da coluna é retirado e colocado na base da mesma. Feito isto, faremos RETURN para a rotina de controle.

Rotina para mudar bloco

Esta rotina fará subir sete ou oito caracteres, dependendo de que valor se colocou no registo A por meio da rotina principal antes de ela ter sido chamada. Viu-se anteriormente que um carácter é constituido por oito bytes e por conseguinte para o subir é preciso que os oito bytes o façam. À parte principal desta rotina compete efectuar a transferência dos oito bytes de uma posição em que está o carácter para a posição seguinte.

Rotina do salto de linha

Esta rotina ajusta o valor de DE de modo que ele é correcto para o próximo terço do *écran*. HL também será colocado no endereço correcto devido à acção da rotina para mudar bloco.

Listagem em linguagem máquina para rolar o texto para cima

Endereço inicial **29192**
Endereço final **29333**
HEX total **15983**

```
7208  112040  LD    DE,4020
720B  210040  LD    HL,4000
720   3E20    LD    A,20
7210  F5      PUSH  AF
7211  CD2772  CALL  7227
7214  11DF18  LD    DE,18DF
7217  ED52    SBC   HL,DE
7219  E5      PUSH  HL
721A  012000  LD    BC,0020
721D  09      ADD   HL,BC
721E  54      LD    D,H
721F  5D      LD    E,L
7220  E1      POP   HL
7221  F1      POP   AF
7222  DE01    SBC   A,01
7224  20EA    JR    NZ,7210
7226  C9      RET
7227  E5      PUSH  HL
7228  019672  LD    BC,7296
722B  3E08    LD    A,08
722D  F5      PUSH  AF
722E  7E      LD    A,(HL)
722F  02      LD    (BC),A
7230  24      INC   H
7231  03      INC   BC
7232  F1      POP   AF
7233  DE01    SBC   A,01
7235  20F6    JR    NZ,722D
7237  E1      POP   HL
7238  3E07    LD    A,07
723A  CD6B72  CALL  726B
723D  CD6072  CALL  7260
7240  3E08    LD    A,08
7242  CD6B72  CALL  726B
7245  CD6072  CALL  7260
7248  3E08    LD    A,08
724A  CD6B72  CALL  726B
724D  110001  LD    DE,0100
7250  019672  LD    BC,7296
7253  3E08    LD    A,08
7255  F5      PUSH  AF
7256  0A      LD    A,(BC)
7257  77      LD    (HL),A
7258  19      ADD   HL,DE
7259  03      INC   BC
725A  F1      POP   AF
725B  DE01    SBC   A,01
725D  20F6    JR    NZ,7255
725F  C9      RET
```

```
7260  E5       PUSH   HL
7261  D5       PUSH   DE
7262  E1       POP    HL
7263  010007   LD     BC,0700
7266  09       ADD    HL,BC
7267  E5       PUSH   HL
7268  D1       POP    DE
7269  E1       POP    HL
726A  C9       RET
726B  F5       PUSH   AF
726C  3E08     LD     A,08
726E  F5       PUSH   AF
726F  1A       LD     A,(DE)
7270  77       LD     (HL),A
7271  010001   LD     BC,0100
7274  09       ADD    HL,BC
7275  E5       PUSH   HL
7276  D5       PUSH   DE
7277  E1       POP    HL
7278  09       ADD    HL,BC
7279  E5       PUSH   HL
727A  D1       POP    DE
727B  E1       POP    HL
727C  F1       POP    AF
727D  DE01     SBC    A,01
727F  20ED     JR     NZ,726E
7281  D5       PUSH   DE
7282  E1       POP    HL
7283  010008   LD     BC,0800
7286  ED42     SBC    HL,BC
7288  E5       PUSH   HL
7289  012000   LD     BC,0020
728C  09       ADD    HL,BC
728D  E5       PUSH   HL
728E  D1       POP    DE
728F  E1       POP    HL
7290  F1       POP    AF
7291  DE01     SBC    A,01
7293  20D6     JR     NZ,726B
7295  C9       RET
```

Rolar o texto para baixo

O programa para rolar o texto para baixo é muito semelhante ao programa que o faz rolar para cima. As principais diferenças são:

1) Começa-se com a coluna da extrema direita, que é deslocada para baixo, e continua-se a mover as colunas até se chegar à da extrema esquerda.

2) O carácter do fundo de cada coluna é armazenado e quando se baixou a coluna é posto no topo, para lhe dar a volta.
3) A rotina bloco move os caracteres para baixo em vez de para cima.

Listagem em linguagem máquina para rolar o texto para baixo

Endereço inicial 29342
Endereço final 29489
HEX total 18002

```
729E  11DF50   LD     DE,50DF
72A1  21FF50   LD     HL,50FF
72A4  3E20     LD     A,20
72A6  F5       PUSH   AF
72A7  CDBE72   CALL   72BE
72AA  11DF08   LD     DE,08DF
72AD  ED5A     ADC    HL,DE
72AF  E5       PUSH   HL
72B0  012000   LD     BC,0020
72B3  ED42     SBC    HL,BC
72B5  54       LD     D,H
72B6  5D       LD     E,L
72B7  E1       POP    HL
72B8  F1       POP    AF
72B9  DE01     SBC    A,01
72BB  20E9     JR     NZ,72A6
72BD  C9       RET
72BE  E5       PUSH   HL
72BF  013273   LD     BC,7332
72C2  3E08     LD     A,08
72C4  F5       PUSH   AF
72C5  7E       LD     A,(HL)
72C6  02       LD     (BC),A
72C7  24       INC    H
72C8  03       INC    BC
72C9  F1       POP    AF
72CA  DE01     SBC    A,01
72CC  20F6     JR     NZ,72C4
72CE  E1       POP    HL
72CF  3E07     LD     A,07
72D1  CDF872   CALL   72F8
72D4  CD2673   CALL   7326
72D7  3E08     LD     A,08
72D9  CDF872   CALL   72F8
72DC  CD2673   CALL   7326
72DF  3E08     LD     A,08
72E1  CDF872   CALL   72F8
72E4  110001   LD     DE,0100
72E7  013273   LD     BC,7332
72EA  3E08     LD     A,08
72EC  F5       PUSH   AF
72ED  0A       LD     A,(BC)
```

```
72EE  77      LD    (HL),A
72EF  ED5A    ADC   HL,DE
72F1  03      INC   BC
72F2  F1      POP   AF
72F3  DE01    SBC   A,01
72F5  20F5    JR    NZ,72EC
72F7  C9      RET
72F8  F5      PUSH  AF
72F9  3E08    LD    A,08
72FB  F5      PUSH  AF
72FC  1A      LD    A,(DE)
72FD  77      LD    (HL),A
72FE  010001  LD    BC,0100
7301  ED4A    ADC   HL,BC
7303  E5      PUSH  HL
7304  D5      PUSH  DE
7305  E1      POP   HL
7306  ED4A    ADC   HL,BC
7308  E5      PUSH  HL
7309  D1      POP   DE
730A  E1      POP   HL
730B  F1      POP   AF
730C  DE01    SBC   A,01
730E  20EB    JR    NZ,72FB
7310  D5      PUSH  DE
7311  E1      POP   HL
7312  010008  LD    BC,0800
7315  ED42    SBC   HL,BC
7317  E5      PUSH  HL
7318  012000  LD    BC,0020
731B  ED42    SBC   HL,BC
731D  E5      PUSH  HL
731E  D1      POP   DE
731F  E1      POP   HL
7320  F1      POP   AF
7321  DE01    SBC   A,01
7323  20D3    JR    NZ,72F8
7325  C9      RET
7326  E5      PUSH  HL
7327  62      LD    H,D
7328  6B      LD    L,E
7329  010007  LD    BC,0700
732C  ED42    SBC   HL,BC
732E  54      LD    D,H
732F  5D      LD    E,L
7330  E1      POP   HL
7331  C9      RET
```

O seguinte programa em BASIC pode ser usado para demonstrar as quatro rotinas para rolar o texto.

```
400 FOR A=0 TO 21
405 FOR B=0 TO 31
410 PRINT AT A,B; CHR$ (B+65)
415 NEXT B
420 NEXT A
425 IF INKEY$ = "5" THEN RANDOMIZE USR 29168
430 IF INKEY$ = "8" THEN RANDOMIZE USR 29144
435 IF INKEY$ = "6" THEN RANDOMIZE USR 29342
440 IF INKEY$ = "7" THEN RANDOMIZE USR 29192
445 GOTO 425
```


A rotina BASIC acima indicada encherá o *écran* com texto. Depois, se se pressionar as teclas 5, 6, 7 ou 8, pode-se rolar o texto em qualquer direcção.

O seguinte programa em BASIC mostra como combinar as rotinas para rolar de modo que as cores e o texto sejam rolados juntamente:

```
400 LET I=8
401 LET X=22528
404 FOR A=0 TO 21
405 FOR B=0 TO 31
410 PRINT AT A,B;CHR$ (B+65)
411 POKE X,I
412 LET X=X+1
413 LET I=I+8
414 IF I=64 THEN LET I=8
415 NEXT B
420 NEXT A
425 IF INKEY$="5" THEN GO SUB 500
430 IF INKEY$="8" THEN GO SUB 550
435 IF INKEY$="6" THEN GO SUB 600
440 IF INKEY$="7" THEN GO SUB 650
445 GO TO 425
500 RANDOMIZE USR 29168
505 RANDOMIZE USR 29024
510 RETURN
550 RANDOMIZE USR 29144
555 RANDOMIZE USR 29000
560 RETURN
600 RANDOMIZE USR 29342
605 RANDOMIZE USR 29048
610 RETURN
650 RANDOMIZE USR 29192
655 RANDOMIZE USR29096
660 RETURN
```

APÊNDICE

1) OPCODES Z80
2) TABELA DE CONVERSÃO DE DECIMAL EM HEX
3) TABELA DE CÁLCULO DO SALTO RELATIVO
4) TABELA DO FICHEIRO VISUAL
5) TABELA DO FICHEIRO DE ATRIBUTOS
6) O SISTEMA DE NUMERAÇÃO BINÁRIA
7) RESPOSTAS

Nota do autor

Espero ter realizado o que pretendi fazer, que era proporcionar ao leitor uma introdução suave ao mundo da programação em linguagem máquina. Devem nesta altura ter descoberto se se dão bem com a linguagem máquina. Existem muitos opcodes Z80 de que não tratei neste livro; se pretenderem conhecê-los, existem alguns livros que tratam especificamente deles com grandes pormenores.

Quando estiverem a escrever programas em linguagem máquina pode acontecer que se lhes deparem alguns problemas que não sejam capazes de resolver. Se me escreverem por intermédio dos Editores desta obra, terei muito prazer em tentar dar-lhe uma ajuda na sua resolução, mas só o farei se me enviarem um envelope selado e com o endereço.

Já expliquei que os programas são muito mais extensos do que o necessário e que isso acontece intencionalmente, para tornar mais fácil a sua compreensão. Por isso não me enviem cartas a dizer coisas tais como «consegui encurtar determinada rotina 10 bytes» ou «encontrei um modo melhor de deslocar os atributos». Tais cartas deito-as para o cesto dos papéis.

STEVE WEBB
Londres
Maio de 1984

Opcodes Z80

ADC A, (HL)	8E
ADC A, (IX + d)	DD8Ed
ADC A, (IY + d)	FD8Ed
ADC A, A	8F
ADC A, B	88
ADC A, C	89
ADC A, D	8A
ADC A, E	8B
ADC A, H	8C
ADC A, L	8D
ADC A, n	CEn
ADC HL, BC	ED4A
ADC HL, DE	ED5A
ADC HL, HL	ED6A
ADC HL, SP	ED7A
ADD A, (HL)	86
ADD A, (IX + d)	DD86d
ADD A, (IY + d)	FD86d
ADD A, A	87
ADD A, B	80
ADD A, C	81
ADD A, D	82
ADD A, E	83
ADD A, H	84
ADD A, L	85
ADD A, n	C6n
ADD HL, BC	09
ADD HL, DE	19
ADD HL, HL	29
ADD HL, SP	39
ADD IX, BC	DD09
ADD IX, DE	DD19
ADD IX, IX	DD29
ADD IX, SP	DD39
ADD IY, BC	FD09
ADD IY, DE	FD19
ADD IY, IY	FD29
ADD IY, SP	FD39
AND(HL)	A6
AND (IX + d)	DDA6d
AND (IY + d)	FDA6d
AND A	A7
AND B	A0
AND C	A1
AND D	A2
AND E	A3
AND H	A4
AND L	A5
AND n	E6n
BIT 0, (HL)	CB46
BIT 0, (IX + D)	DDCBd46
BIT 0, (IY + d)	FDCBd46
BIT 0, A	CB47
BIT 0, B	CB40
BIT 0, C	CB41
BIT 0, D	CB42
BIT 0, E	CB43
BIT 0, H	CB44
BIT 0, L	CB45
BIT 1, (HL)	CB4E
BIT 1, (IX + d)	DDCBd4E
BIT 1, (IY + d)	FDCBd4E
BIT 1, A	CB4F
BIT 1, B	CB48
BIT 1, C	CB49
BIT 1, D	CB4A
BIT 1, E	CB4B
BIT 1, H	CB4C
BIT 1, L	CB4D
BIT 2, (HL)	CB56
BIT 2, (IX + d)	DDCBd56
BIT 2, (IY + d)	FDCBd56
BIT 2, A	CB57
BIT 2, B	CB50
BIT 2, C	CB51
BIT 2, D	CB52
BIT 2, E	CB53
BIT 2, H	CB54
BIT 2, L	CB55
BIT 3, (HL)	CB5E
BIT 3, (IX + d)	DDCBd5E
BIT 3, (IY + d)	FDCBd5E
BIT 3, A	CB5F
BIT 3, B	CB58
BIT 3, C	CB59
BIT 3, D	CB5A
BIT 3, E	CB5B
BIT 3, H	CB5C
BIT 3, L	CB5D
BIT 4, (HL)	CB66

A. V. 89 — 8

BIT 4, (IX + d)	DDCBd66
BIT 4, (IY + d)	FDCBd66
BIT 4, A	CB67
BIT 4, B	CB60
BIT 4, C	CB61
BIT 4, D	CB62
BIT 4, E	CB63
BIT 4, H	CB64
BIT 4, L	CB65
BIT 5, (HL)	CB6E
BIT 5, (IX + d)	DDCBd6E
BIT 5, (IY + D)	FDCBd6E
BIT 5, A	CB6F
BIT 5, B	CB68
BIT 5, C	CB69
BIT 5, D	CB6A
BIT 5, E	CB6B
BIT 5, H	CB6C
BIT 5, L	CB6D
BIT 6, (HL)	CB76
BIT 6, (IX + d)	DDCBd76
BIT 6, (IY + d)	FDCBd76
BIT 6, A	C877
BIT 6, B	CB70
BIT 6, C	CB71
BIT 6, D	CB72
BIT 6, E	CB73
BIT 6, H	CB74
BIT 6, L	CB75
BIT 7, (HL)	CB7E
BIT 7, (IX + d)	DDCBd7E
BIT 7, (IY + d)	FDCBd7E
BIT 7, A	CB7F
BIT 7, B	CB78
BIT 7, C	CB79
BIT 7, D	CB7A
BIT 7, E	CB7B
BIT 7, H	CB7C
BIT 7, L	CB7D
CALL C, nn	DCnn
CALL M, nn	FCnn
CALL NC, nn	D4nn
CALL nn	CDnn
CALL NZ, nn	C4nn
CALL P, nn	F4nn
CALL PE, nn	ECnn
CALL PO, nn	E4nn
CALL Z, nn	CCnn
CCF	3F
CP (HL)	BE
CP (IX + d)	DDBEd
CP (IY + d)	FDBEd
CP A	BF
CP B	B8
CP C	B9
CP D	BA
CP E	BB
CP H	BC
CP L	BD
CP n	FEn
CPD	EDA9
CPDR	EDB9
CPI	EDA1
CPIR	EDB1
CPL	2F
DAA	27
DEC (HL)	35
DEC (IX + d)	DD35d
DEC (IY + d)	FD35d
DEC A	3D
DEC B	05
DEC BC	0B
DEC C	0D
DEC D	15
DEC DE	1B
DEC E	1D
DEC H	25
DEC HL	2B
DEC IX	DD2B
DEC IY	FD2B
DEC L	2D
DEC SP	3B
DI	F3
DJNZ, d	10d
E1	FB
EX (SP), HL	E3
EX (SP), IX	DDE3
EX (SP), IY	FDE3
EX AF, AF	08
EX DE, HL	EB
EXX	D9
HALT	76
IM 0	ED46
IM 1	ED56

IM 2	ED5E
IN A, (C)	ED78
IN A, (n)	DBn
IN B, (C)	ED40
IN C, (C)	ED48
IN D, (C)	ED50
IN E, (C)	ED58
IN H, (C)	ED60
IN L, (C)	ED68
INC (HL)	34
INC (IX + d)	DD34d
INC (IY + d)	FD34d
INC A	3C
INC B	04
INC BC	03
INC C	0C
INC D	14
INC DE	13
INC E	1C
INC H	24
INC HL	23
INC IX	DD23
INC IY	FD23
INC L	2C
INC SP	33
IND	EDAA
INDR	EDBA
INI	EDA2
INIR	EDB2
JP (HL)	E9
JP (IX)	DDE9
JP (IY)	FDE9
JP C, nn	DAnn
JP M, nn	FAnn
JP NC, nn	D2nn
JP nn	C3nn
JP NZ, nn	C2nn
JP P, nn	F2nn
JP PE, nn	EAnn
JP PO, nn	E2nn
JP Z, nn	CAnn
JR C, d	38d
JR, d	18d
JR NC, d	30d
JR NZ, d	20d
JR Z, d	28d
LD (BC), A	02
LD (DE), A	12
LD (HL), A	77
LD (HL), B	70
LD (HL), C	71
LD (HL), D	72
LD (HL), E	73
LD (HL), H	74
LD (HL), L	75
LD (HL), n	36n
LD (IX + d), A	DD77d
LD (IX + d), B	DD70d
LD (IX + d), C	DD71d
LD (IX + d), D	DD72d
LD (IX + d), E	DD73d
LD (IX + d), H	DD74d
LD (IX + d), L	DD75d
LD (IX + d), n	DD36dn
LD (IY + d), A	FD77d
LD (IY + d), B	FD70d
LD (IY + d), C	FD71d
LD (IY + d), D	FD72d
LD (IY + d), E	FD73d
LD (IY + d), H	FD74d
LD (IY + d), L	FD75d
LD (IY + d), n	FD36dn
LD (nn), A	32nn
LD (nn), BC	ED43nn
LD (nn), DE	ED53nn
LD (nn), HL	22nn
LD (nn), IX	DD22nn
LD (nn), IY	FD22nn
LD (nn), SP	ED73nn
LD A, (BC)	0A
LD A, (DE)	1A
LD A, (HL)	7E
LD A, (IX + d)	DD7Ed
LD A, (IY + d)	FD7Ed
LD A, (nn)	3Ann
LD A, A	7F
LD A, B	78
LD A, C	79
LD A, D	7A
LD A, E	7B
LD A, H	7C
LD A, I	ED57

LD A, L	7D
LD A, n	3En
LD B, (HL)	46
LD B, (IX + d)	DD46d
LD B, (IY + d)	FD46d
LD B, A	47
LD B, B	40
LD B, C	41
LD B, D	42
LD B, E	43
LD B, H	44
LD B, L	45
LD B, n	06n
LD B, C (nn)	ED4Bnn
LD B, C nn	01nn
LD C, (HL)	4E
LD C, (IX + d)	DD4Ed
LD C, (IY + d)	FD4Ed
LD C, A	4F
LD C, B	48
LD C, C	49
LD C, D	4A
LD C, E	4B
LD C, H	4C
LD C, L	4D
LD C, n	0En
LD D, (HL)	56
LD D, (IX + d)	DD56d
LD D, (IY + d)	FD56d
LD D, A	57
LD D, B	50
LD D, C	51
LD D, D	52
LD D, E	53
LD D, H	54
LD D, L	55
LD D, n	16n
LD DE, (nn)	ED58nn
LD DE, nn	11nn
LD E, (HL)	5E
LD E, (IX + d)	DD5Ed
LD E, (IY + d)	FD5Ed
LD E, A	5F
LD E, B	58
LD E, C	59
LD E, D	5A
LD E, E	5B
LD E, H	5C
LD E, L	5D
LD E, n	1En
LD H, (HL)	66
LD H, (IX + d)	DD66d
LD H, (IY + d)	FF66d
LD H, A	67
LD H, B	60
LD H, C	61
LD H, D	62
LD H, E	63
LD H, H	64
LD H, L	65
LD H, n	26n
LD HL, (nn)	2Ann
LD HL, nn	21nn
LD I, A	ED47
LD IX, (nn)	DD2Ann
LD IX, nn	DD21nn
LD IY, (nn)	FD2Ann
LD IY, nn	FD21nn
LD L, (HL)	6E
LD L, (IX + d)	DD6Ed
LD L, (IY + d)	FD6Ed
LD L, A	6F
LD L, B	68
LD L, C	69
LD L, D	6A
LD L, E	6B
LD L, H	6C
LD L, L	6D
LD L, n	2En
LD SP, (nn)	ED7Bnn
LD SP, HL	F9
LD SP, IX	DDF9
LD SP, IY	FDF9
LD SP, nn	31nn
LDD	EDA8
LDDR	EDB8
LDI	EDAO
LDIR	EDB0
NEG	ED44
NOP	00
OR (HL)	B6
OR (IX + d)	DDB6d
OR (IY + d)	FDB6d
OR A	B7

OR B	B0
OR C	B1
OR D	B2
OR E	B3
OR H	B4
OR L	B5
OR n	F6n
OTDR	EDBB
OTIR	EDB3
OUT (C), A	ED79
OUT (C), B	ED41
OUT (C), C	ED49
OUT (C), D	ED51
OUT (C), E	ED59
OUT (C), H	ED61
OUT (C), L	ED69
OUT (n), A	D3n
OUTD	EDAB
OUTI	EDA3
POPAF	F1
POP BC	C1
POP DE	D1
POP HL	E1
POP IX	DDE1
POP IY	FDE1
PUSH AF	F5
PUSH BC	C5
PUSH DE	D5
PUSH HL	E5
PUSH IX	DDE5
PUSH IY	FDE5
RES 0, (HL)	CB86
RES 0, (IX + d)	DDCBd86
RES 0, (IY + d)	FDCBd86
RES 0, A	CB87
RES 0, B	CB80
RES 0, C	CB81
RES 0, D	CB82
RES 0, E	CB83
RES 0, H	CB84
RES 0, L	CB85
RES 1, (HL)	CB8E
RES 1, (IX + d)	DDCBd8E
RES 1, (IY + d)	FDCBd8E
RES 1, A	CB8F
RES 1, B	CB88
RES 1, C	CB89
RES 1, D	CB8A
RES 1, E	CB8B
RES 1, H	CB8C
RES 1, L	CB8D
RES 2, (HL)	CB96
RES 2, (IX + d)	DDCBd96
RES 2, (IY + d)	FDCBd96
RES 2, A	CB97
RES 2, B	CB90
RES 2, C	CB91
RES 2, D	CB92
RES 2, E	CB93
RES 2, H	CB94
RES 2, L	CB95
RES 3, (HL)	CB9E
RES 3, (IX + d)	DDCBd9E
RES 3, (IY + d)	FDCBd9E
RES 3, A	CB9F
RES 3, B	CB98
RES 3, C	CB99
RES 3, D	CB9A
RES 3, E	CB9B
RES 3, H	CB9C
RES 3, L	CB9D
RES 4, (HL)	CBA6
RES 4, (IX + d)	DDCBdA6
RES 4, (IY + d)	FDCBdA6
RES 4, A	CBA7
RES 4, B	CBA0
RES 4, C	CBA1
RES 4, D	CBA2
RES 4, E	CBA3
RES 4, H	CBA4
RES 4, L	CBA5
RES 5, (HL)	CBAE
RES 5, (IX + d)	DDCBdAE
RES 5, (IY + d)	FDCBdAE
RES 5, A	CBAF
RES 5, B	CBA8
RES 5, C	CBA9
RES 5, D	CBAA
RES 5, E	CBAB
RES 5, H	CBAC
RES 5, L	CBAD
RES 6, (HL)	CBB6
RES 6, (IX + d)	DDCBdB6
RES 6, (IY + d)	FDCBdB6

RES 6, A	CBB7
RES 6, B	CBB0
RES 6, C	CBB1
RES 6, D	CBB2
RES 6, E	CBB3
RES 6, H	CBB4
RES 6, L	CBB5
RES 7, (HL)	CBBE
RES 7, (IX + d)	DDCBdBE
RES 7, (IY + d)	FDCBdBE
RES 7, A	CBBF
RES 7, B	CBB8
RES 7, C	CBB9
RES 7, D	CBBA
RES 7, E	CBBB
RES 7, H	CBBC
RES 7, L	CBBD
RET	C9
RET C	D8
RET M	F8
RET NC	D0
RET NZ	C0
RET P	F0
RET PE	E8
RET P0	E0
RET Z	C8
RETI	ED4D
RETN	ED45
RL (HL)	CB16
RL (IX + d)	DDCBd16
RL (IY + d)	FDCBd16
RL A	CB17
RL B	CB10
RL C	CB11
RL D	CB12
RL E	CB13
RL H	CB14
RL L	CB15
RLA	17
RLC (HL)	CB06
RLC (IX + d)	DDCBd06
RLC (IY + d)	FDCBd06
RLC A	CB07
RLC B	CB00
RLC C	CB01
RLC D	CB02
RLC E	CB03
RLC H	CB04
RLC L	CB05
RLCA	07
RLD	ED6F
RR (HL)	CB1E
RR (IX + d)	DDC8d1E
RR (IY + d)	FDCBd1E
RR A	CB1F
RR B	CB18
RR C	CB19
RR D	CB1A
RR E	CB1B
RR H	CB1C
RR L	CB1D
RRA	1F
RRC (HL)	CB0E
RRC (IX + d)	DDCBd0E
RRC (IY + d)	FDCBd0E
RRC A	CB0F
RRC B	CB08
RRC C	CB09
RRC D	CB0A
RRC E	CB0B
RRC H	CB0C
RRC L	CB0D
RRC A	0F
RRD	ED67
RST 0	C7
RST10H	D7
RST 18H	DF
RST 20H	E7
RST 28H	EF
RST 30H	F7
RST 38H	FF
RST 8	CF
SBC A, (HL)	9E
SBC A, (IX + d)	DD9Ed
SBC A, (IY + d)	FD9Ed
SBC A, A	9F
SBC A, B	98
SBC A, C	99
SBC A, D	9A
SBC A, E	9B
SBC A, H	9C
SBC A, L	9D
SBC A, n	DEn
SBC HL, BC	ED42

SBC HL, DE	ED52
SBC HL, HL	ED62
SBC HL, SP	ED72
SCF	37
SET 0, (HL)	CBC6
SET 0, (IX + d)	DDCBdC6
SET 0, (IY + d)	FDCBdC6
SET 0, A	CBC7
SET 0, B	CBC0
SET 0, C	CBC1
SET 0, D	CBC2
SET 0, E	CBC3
SET 0, H	CBC4
SET 0, L	CBC5
SET 1, (HL)	CBCE
SET 1, (IX + d)	DDCBdCE
SET 1, (IY + d)	FDCBdCE
SET 1, A	CBCF
SET 1, B	CBC8
SET 1, C	CBC9
SET 1, D	CBCA
SET 1, E	CBCB
SET 1, H	CBCC
SET 1, L	CBCD
SET 2, (HL)	CBD6
SET 2, (IX + d)	DDCBdD6
SET 2, (IY + d)	FDCBdD6
SET 2, A	CBD7
SET 2, B	CBD0
SET 2, C	CBD1
SET 2, D	CBD2
SET 2, E	CBD3
SET 2, H	CBD4
SET 2, L	CBD5
SET 3, (HL)	CBDE
SET 3, (IX + d)	DDCBdDE
SET 3, (IY + d)	FDCBdDE
SET 3, A	CBDF
SET 3, B	CBD8
SET 3, C	CBD9
SET 3, D	CBDA
SET 3, E	CBDB
SET 3, H	CBDC
SET 3, L	CBDD
SET 4, (HL)	CBE6
SET 4, (IX + d)	DDCbE6
SET 4, (IY + d)	FDCBdE6
SET 4, A	CBE7
SET 4, B	CBE0
SET 4, C	CBE1
SET 4, D	CBE2
SET 4, E	CBE2
SET 4, H	CBE4
SET 4, L	CBE5
SET 5, (HL)	CBEE
SET 5, (IX + d)	DDCBdEE
SET 5, (IY + d)	FDCBdEE
SET 5, A	CBEF
SET 5, B	CBE8
SET 5, C	CBE9
SET 5, D	CBEA
SET 5, E	CBEB
SET 5, H	CBEC
SET 5, L	CBED
SET 6, (HL)	CBF6
SET 6, (IX + d)	DDCBdF6
SET 6, (IY + d)	FDCBdF6
SET 6, A	CBF7
SET 6, B	CBF0
SET 6, C	CBF1
SET 6, D	CBF2
SET 6, E	CBF3
SET 6, H	CBF4
SET 6, L	CBF5
SET 7, (HL)	CBFE
SET 7, (IX + d)	DDCBdFE
SET 7, (IY + d)	FDCBdFE
SET 7, A	CBFF
SET 7, B	CBF8
SET 7, C	CBF9
SET 7, D	CBFA
SET 7, E	CBFB
SET 7, H	CBFC
SET 7, L	CBFD
SLA (HL)	CB26
SLA (IX + d)	DDCBd26
SLA (IY + d)	FDCBd26
SLA A	CB27
SLA B	CB20
SLA C	CB21
SLA D	CB22
SLA E	CB23
SLA H	CB24
SLA L	CB25

SRA (HL)	CB2E
SRA (IX + d)	DDCBd2E
SRA (IY + d)	FDCBd2E
SRA A	CB2F
SRA B	CB28
SRA C	CB29
SRA D	CB2A
SRA E	CB2B
SRA H	CB2C
SRA L	CB2D
SRL (HL)	CB3E
SRL (IX + d)	DDCBd3E
SRL (IY + d)	FDCBd3E
SRL A	CB3F
SRL B	CB38
SRL C	CB39
SRL D	CB3A
SRL E	CB3B
SRL H	CB3C
SRL L	CB3D
SUB (HL)	96
SUB (IX + d)	DD96d
SUB (IY + d)	FD96d
SUB A	97
SUB B	90
SUB C	91
SUB D	92
SUB E	93
SUB H	94
SUB L	95
SUB n	D6n
XOR (HL)	AE
XOR (IX + d)	DDAEd
XOR (IY + d)	FDAEd
XOR A	AF
XOR B	A8
XOR C	A9
XOR D	AA
XOR E	AB
XOR H	AC
XOR L	AD
XOR n	EEn

Tabela de conversão HEX/Decimal

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0A	0B	0C	0D	0E	0F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
3	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
4	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
5	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
6	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
7	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127
8	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143
9	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
A	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
B	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
C	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207
D	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223
E	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
F	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255

Tabela de cálculo do salto relativo

Este quadro serve para calcular os saltos relativos. Por exemplo, o HEX para o salto relativo + 73 é 18 49; para —73 é 18 B7.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
8	-128	-127	-126	-125	-124	-123	-122	-121	-120	-119	-118	-117	-116	-115	-114	-113
9	-112	-111	-110	-109	-108	-107	-106	-105	-104	-103	-102	-101	-100	-99	-98	-97
A	-96	-95	-94	-93	-92	-91	-90	-89	-88	-87	-86	-85	-84	-83	-82	-81
B	-80	-79	-78	-77	-76	-75	-74	-73	-72	-71	-70	-69	-68	-67	-66	-65
C	-64	-63	-62	-61	-60	-59	-58	-57	-56	-55	-54	-53	-52	-51	-50	-49
D	-48	-47	-46	-45	-44	-43	-42	-41	-40	-39	-38	-37	-36	-35	-34	-33
E	-32	-31	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17
F	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
3	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
4	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
5	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
6	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
7	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127

Tabela do ficheiro visual

A tabela seguinte contém os endereços iniciais dos caracteres no princípio e no fim de cada uma das 24 linhas no *écran*.

LINHA	INÍCIO DA LINHA	FIM DA LINHA
0	16384	16415
1	16416	16447
2	16448	16479
3	16480	16511
4	16512	16543
5	16544	16575
6	16576	16607
7	16608	16639
8	18432	18463
9	18464	18495
10	18496	18527
11	18528	18559
12	18560	18591
13	18592	18623
14	18624	18655
15	18656	18687
16	20480	20511
17	20512	20543
18	20544	20575
19	20576	20607
20	20608	20639
21	20640	20671
22	20672	20703
23	20704	20735

Tabela do ficheiro de atributos

Esta tabela mostra os endereços da memória dos atributos que correspondem ao primeiro e último carácter em cada uma das 24 linhas.

LINHA	INÍCIO	FIM
0	22528	22559
1	22560	22591
2	22592	22623
3	22624	22655
4	22656	22687
5	22688	22719
6	22720	22751
7	22752	22783
8	22784	22815
9	22816	22847
10	22848	22879
11	22880	22911
12	22912	22943
13	22944	22975
14	22976	23007
15	23008	23039
16	23040	23071
17	23072	23103
18	23104	23135
19	23136	23167
20	23168	23199
21	23200	23231
22	23232	23263
23	23264	23295

O sistema de numeração binária

No capítulo em que se tratou do armazenamento dos números terá aprendido que cada localização pode armazenar um byte, o qual tem um valor entre 0 e 255. Os computadores só podem lidar com dois números, o zero e o um, e todos os números estão armazenados como uma série de uns e zeros.

Cada byte divide-se em oito bits com cada bit representando um número específico do seguinte modo:

128 64 32 16 8 4 2 1

Cada bit pode ser representado por um 1 ou um 0. Dependendo quais os bits que estão ligados (representados por um 1) ou desligados (representados por um 0), qualquer número compreendido entre 0 e 255 pode ser armazenado.

O exemplo seguinte mostra quais os bits que devem estar ligados e quais os que devem estar desligados de modo a representar o número 55.

128 64 32 16 8 4 2 1
0 0 1 1 0 1 1 1

Se se proceder à soma dos números acima dos bits que estão ligados obter-se-á o número 55. Se nunca tomou conhecimento do sistema binário pode ficar um pouco confuso. Felizmente não precisa de compreender para escrever os programas em linguagem máquina. É suficiente saber que se realizar uma instrução BASIC tal como POKE 30000,55, o 55 está de facto armazenado como 8 bits na localização 30000. E, de modo semelhante, se realizar uma instrução em linguagem máquina tal como Ld 30000,A o valor de A está armazenado no local 30000 do mesmo modo em 8 bits.

Respostas

1) A componente superior de 45621 é 178 e a inferior é 53.

2) Se a componente inferior de um número é 31 e a sua componente superior 64, trata-se do número 16415.

3) O equivalente de E3h no sistema decimal é 227.

4) Se FBh é a componente superior de um número e CBh a sua componente inferior, então o número é 64459.

5) O opcode 18E5 significa salto relativo menos 27 bytes.

6) O opcode para salto relativo mais 98 bytes é 18 62.

7) Se a posição 30000 contém 5d e a 30001 contém 15d, após a instrução LD HL,(30000), HL conterá o valor 3845.

8) Se HL contém 35621, após a instrução LD(30 000),HL, a posição 30000 conterá 37 e a 30001 terá 139.

9) O código para papel turquesa e tinta verde é 44.

10) O código para papel branco, tinta turquesa e flamejante é 189.

11) Para produzir uma nota de 1200 Hz durante três segundos, HL deve ser 334 e DE 3600.