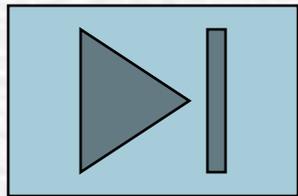


第十四章 显示程序设计

14.1 显示器种类及性能

14.2 用BIOS调用编制显示程序

14.3 CGA显示程序设计



14.1 显示器种类及性能

1. MDA显示适配器(Monochrome Display Adapter)

单色显示适配器，只支持字符显示方式，字符为白（或绿）色。

2. CGA显示适配器(Color Graphics Adapter)

CGA显示适配器是彩色图形适配器，它支持字符显示和图形显示。CGA显示器本身具有16种颜色，字符和图形都可以彩色方式显示，显示分辨率为320×200（彩色）和640×200（单色）。

(1) 字符显示:	40列×25行	单色
	40列×25行	彩色（16色）
	80列×25行	单色
	80列×25行	彩色（16色）
(2) 图形显示:	320×200	彩色（4色）
	320×200	单色
	640×200	单色

14.1 显示器种类及性能

3 . EGA显示适配器(Enhanced Graphics Adapter)

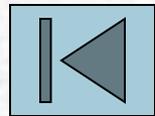
EGA增强型图形适配器是彩色图形适配器，它支持字符显示和图形显示。EGA显示器本身具有16种颜色，它完全兼容CGA显示方式，同时又增加了新显示方式。显示分辨率为640×350（单、彩色）。

新增加的图形显示：	320×200	彩色（16色）
	640×200	彩色（16色）
	640×350	单色
	640×350	彩色（16色）

4 . VGA显示适配器(Video Graphics Array)

VGA视频图形阵列是彩色图形适配器，它支持字符显示和图形显示。VGA显示器本身可同时显示256种颜色，它完全兼容CGA、EGA显示方式，同时又增加了新的图形显示方式。显示分辨率为640×480（单、彩色）。

新增加的图形显示：	640×480	单色
	640×480	彩色（16色）
	320×200	彩色（256K种颜色中的256色）



14.2 用BIOS调用编制显示程序

显示驱动程序：INT 10H

1. 设置显示方式（0号子功能）

入口参数：AH=0，AL=方式码

出口参数：无

例14.1 将显示器设置为80×25字符方式（16色）。

```
MOV AH, 0
```

```
MOV AL, 03H
```

```
INT 10H
```

说明：若AL的第7位为0，显示存储器的内容有可能被清除，若第7位为1，则显示存储器的内容不变。

将显示器设置为320×200图形方式（16色）。

MOV AH, 0

MOV AL, 0DH

INT 10H

14.2 用BIOS调用编制显示程序

2. 设置光标位置（2号子功能）

入口参数：AH=2，BH=显示页号，DH=行号，DL=列号

出口参数：无

例14.2 将光标定位于（10，30）处。

```
MOV AH, 2
MOV BH, 0
MOV DH, 10
MOV DL, 30
INT 10H
```

14.2 用BIOS调用编制显示程序

3. 在光标处显示字符（9号子功能）

入口参数：AH=9，AL=显示字符的ASCII码

BH=显示页号，BL=字符属性，CX=重复计数

出口参数：无

例14.3 从当前光标处开始以绿底红字连续显示5个A。

```
MOV AH, 9
```

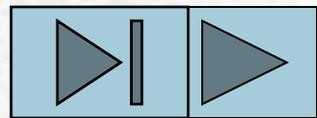
```
MOV AL, 'A'
```

```
MOV BH, 0
```

```
MOV BL, 24H
```

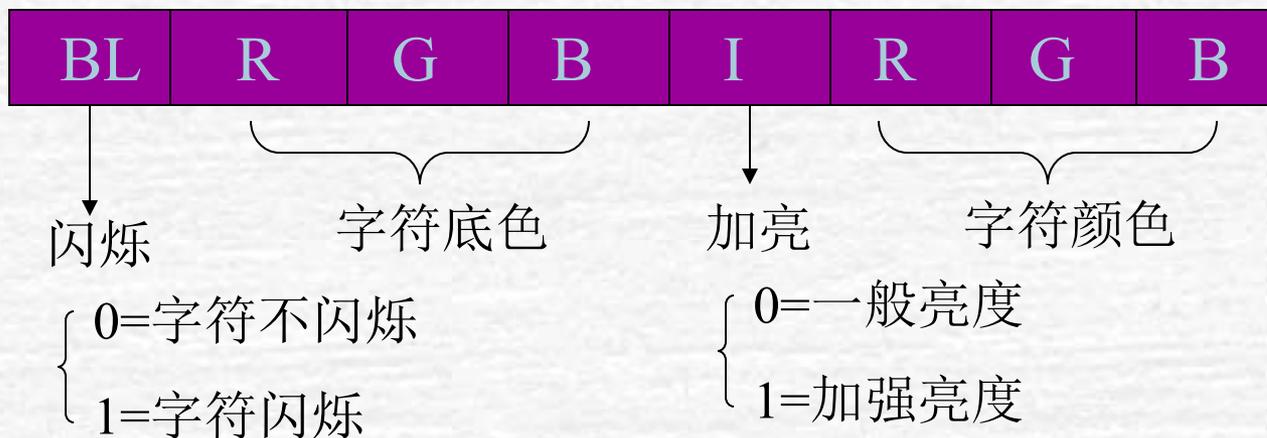
```
MOV CX, 5
```

```
INT 10H
```

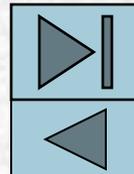


14.2 用BIOS调用编制显示程序

字符的属性:



IRGB	颜色	IRGB	颜色	IRGB	颜色
0000	黑	0110	棕	1100	亮红
0001	蓝	0111	白	1101	亮品红
0010	绿	1000	灰	1110	黄
0011	青(深蓝)	1001	亮蓝	1111	白(加亮)
0100	红	1010	亮绿		
0101	品红	1011	亮青		



14.2 用BIOS调用编制显示程序

4. 指定位置画点（0C号子功能）

入口参数：AH=0CH，AL=点的颜色

CX=象素列号，DX=象素行号

出口参数：无

例14.4 设当前显示方式为04H，在屏幕（300，100）处画一蓝色点。

```
MOV  AH, 0CH
```

```
MOV  AL, 01
```

```
MOV  DX, 300
```

```
MOV  CX, 100
```

```
INT  10H
```

说明：若AL的最高位为1，则AL中的颜色值与现有底色异或的结果为新点颜色。

14.2 用BIOS调用编制显示程序

5. 改变光标指示处的字符属性

读取光标处字符及属性是通过INT 10H的8号子功能实现的。

入口参数：AH=8，BH=显示页号

出口参数：AL=字符的ASCII码，AH=字符的属性

例14.5 将光标指示处的字符属性变为反视频显示。

INVERT	PROC	NEAR		
	MOV	AH, 8	OR	BL, AH
	MOV	BH, 0	MOV	AH, 9
	INT	10H	MOV	CX, 1
	MOV	BL, AH	INT	10H
	NOT	BL	RET	
	AND	AH, 88H	INVERT	ENDP



14.3 CGA显示程序设计

14.3.1 CGA显示器的性能

1. A/N方式

- (1) 每屏最多可显示 $80 \times 25 = 2000$ 个字符或 $40 \times 25 = 1000$ 个字符；
- (2) 每个字符框的大小为 8×8 点（小写字符 7×7 点）；
- (3) 框中字符由 7×7 点（或 5×7 点）组成；
- (4) 可显示256种8位编码的不同字符；
- (5) 每个显示字符有各自的背景颜色和前景颜色。

14.3.1 CGA显示器的性能

2. APA方式

(1) 中分辨率

- 1) 最大包括320点/行 \times 200行的图象;
- 2) 每个象素由1 \times 1点组成;
- 3) 每个象素可有4种颜色。

(2) 高分辨率

- 1) 最大包括640点/行 \times 200行的图象;
- 2) 每个象素由1 \times 1点组成;
- 3) 每个象素有二种颜色。

14.3 CGA显示程序设计

14.3.2 CGA适配器

主要部件有：适配器存储器、操作方式控制寄存器、CRT状态寄存器、颜色选择寄存器和6845CRTC，还有一些相应的控制电路。

适配器存储器

操作方式寄存器

状态寄存器

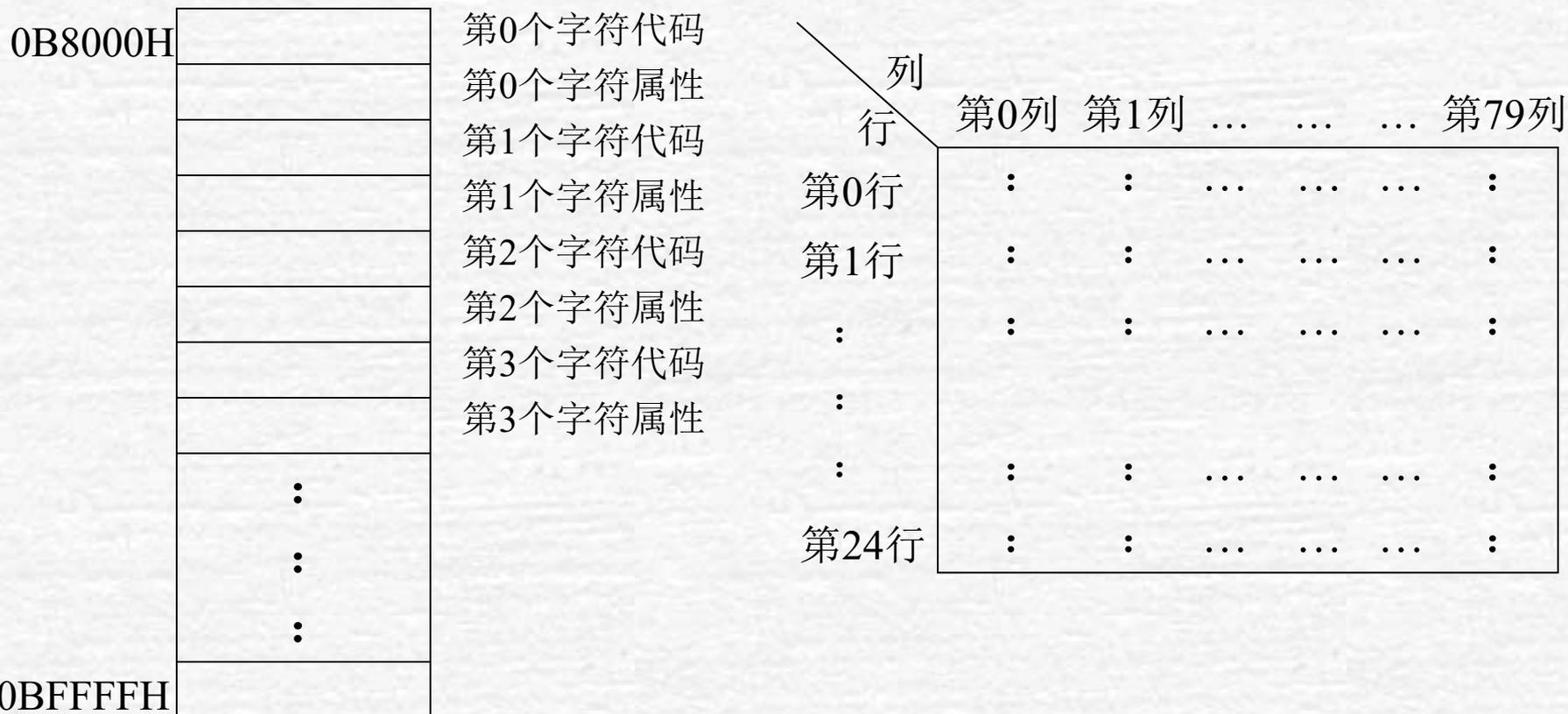
颜色选择寄存器

6845CRTC

1. CGA显示存储器

有16KB存储单元，第一个单元的物理地址为0B8000H。

(1) A/N方式



1. CGA显示存储器(A/N方式)

1) 80×25 A/N方式

每屏可显示2000个字符，需要4KB字节单元，16KB字节单元可以同时存放4个显示画面文本。显示位置与存储单元偏移地址的计算方法：

显示字符位置：行号×80+列号

显示单元的偏移地址（相对于0B800H段）

页面第0个字符地址偏移量+（行号×80+列号）×2

2) 40×25 A/N方式

每屏可显示1000个字符，需要2KB字节单元，16KB字节单元可以同时存放8个显示画面文本。显示位置与存储单元偏移地址的计算方法：

显示字符位置：行号×40+列号

显示单元的偏移地址（相对于0B800H段）

页面第0个字符地址偏移量+（行号×40+列号）×2

1. CGA显示存储器(A/N方式)

例：已知显示器工作于 80×25 A/N方式，在(X, Y)处以蓝底红字显示一字符‘A’。已知X, Y分别在AL和BL中。

```
MOV    DX, 0B800H
```

```
MOV    DS, DX
```

```
MOV    CL, 80
```

```
MUL   CL
```

```
MOV    BH, 0
```

```
ADD    BX, AX
```

```
SHL   BX, 1
```

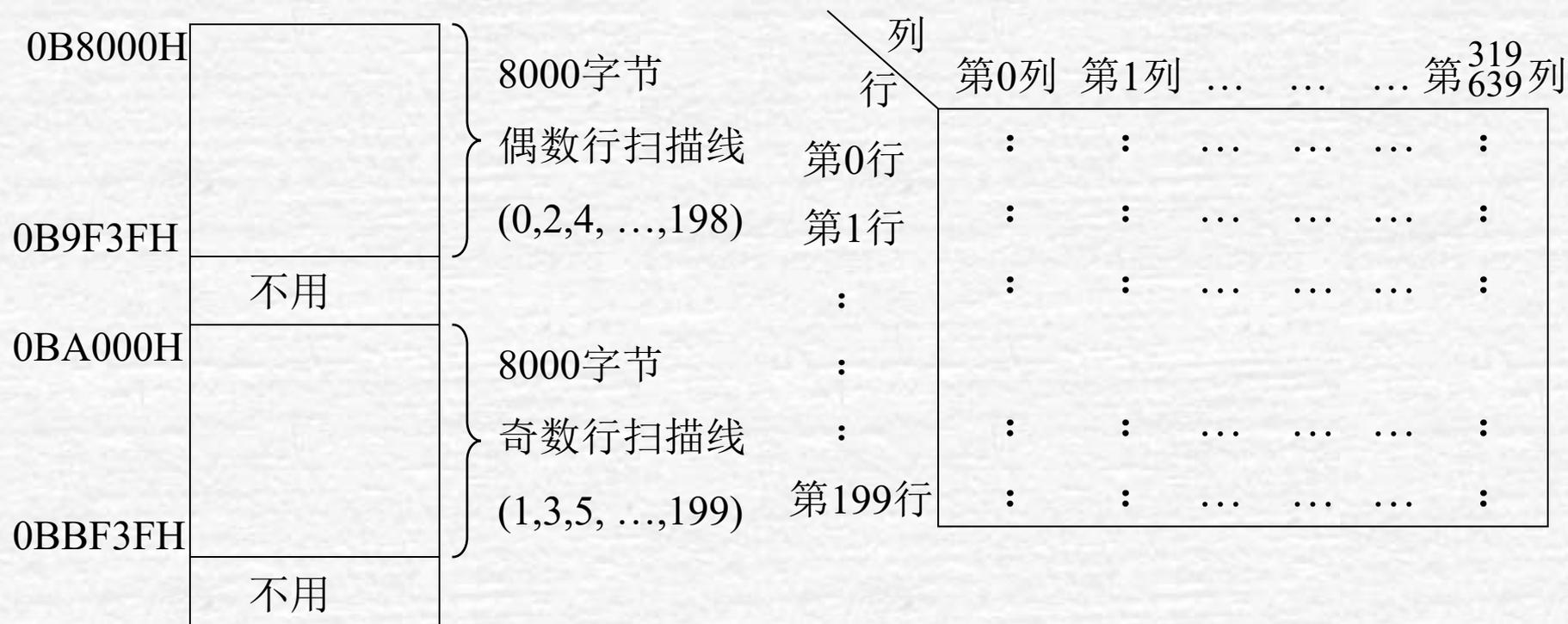
```
MOV    AX, 1441H
```

```
MOV    [BX], AX
```

1. CGA显示存储器

(2) APA方式

在APA方式下，显示器可以中/高分辨率显示彩色或单色图形。图形中的偶数行扫描线和奇数行扫描线的信息分别存储在两个存储区中，偶数行扫描线在0B8000H~0B9F3FH的存储区，奇数行扫描线在0BA000H~0BBF3FH的存储区，其对应关系如下图所示。

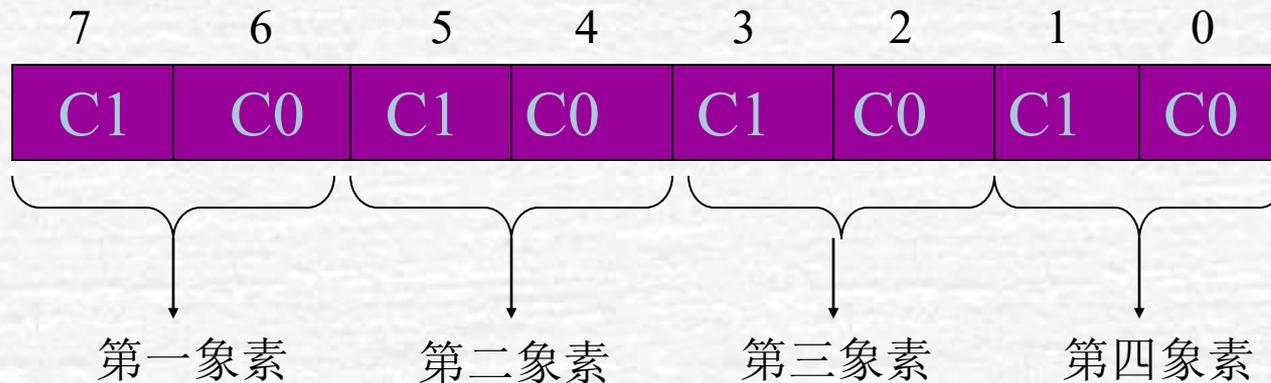


1. CGA显示存储器(APA方式)

1) 中分辨率

每幅图形由 $320\text{点/行} \times 200\text{行} = 64000$ 象素组成，每个象素用两位二进制位存储，因此可有4种颜色，图象背景可有16种颜色。

一个字节可以存放4个点，一行320个点，需要80个字节，200行共需要16000个字节，因此，16KB显示存储区可以存放一幅图象。

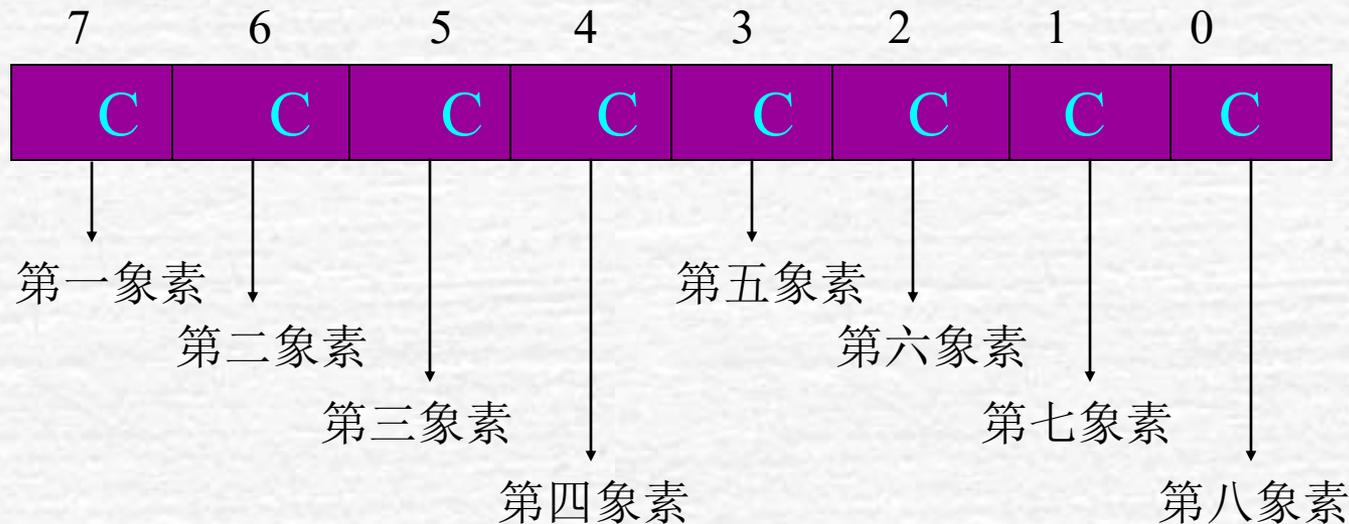


1. CGA显示存储器(APA方式)

2) 高分辨率

每幅图形由 $640\text{点/行} \times 200\text{行} = 128000$ 象素组成，每个象素用一位二进制位存储，因此只有2种颜色，图象背景可有16种颜色。

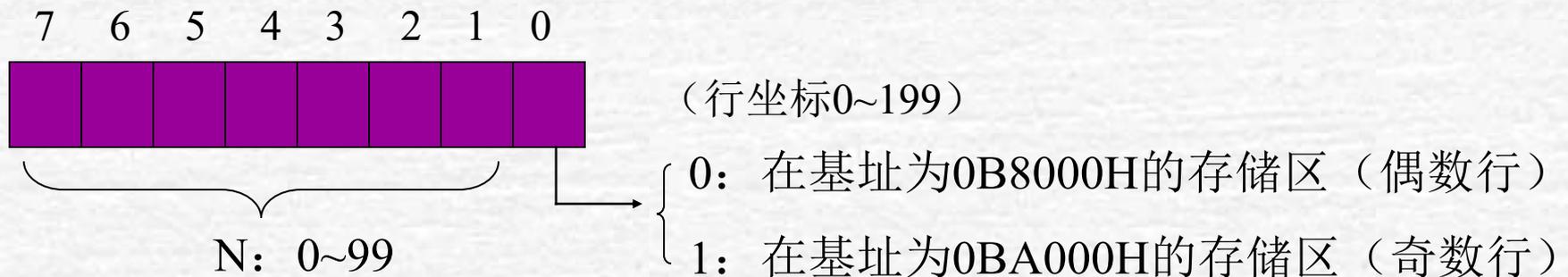
一个字节可以存放8个点，一行640个点，需要80个字节，200行共需要16000个字节，因此，16KB显示存储区可以存放一幅图象。



1. CGA显示存储器(APA方式)

这样，我们就可以根据点的行坐标值确定点所在的存储区以及在相应存储区中的位置。

点的行坐标值范围为0~199，用一个字节即可表示。最低位为0，则为偶数行扫描线上的点，在0B800H开始的存储区；最低位为1，则为奇数行扫描线上的点，在0BA00H开始的存储区。行坐标的7~1位，它所表示的数值为0~99，表示点所在的扫描线是相应存储区中存放的100条扫描线中的第几条，将其乘以80（每行的字节数）得该点所处行中的第一个字节在相应存储区内的偏移地址。



$L=N*80$ 为点所处行中第一个字节在相应存储区中的位置

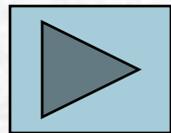
1. CGA显示存储器(APA方式)

在中分辨率下，点的列坐标值范围为0~319，可用9位二进制位表示。高7位可确定点在行中的哪个字节，低2位确定在字节中的哪个比特位置，其中00表示第一象素等等。



象素所处字节在存储区的偏移地址的计算方法:

$$\text{行值}/2 \times 80 + \text{列值}/4$$



1. CGA显示存储器(APA方式)

第 0 字节	第 1 字节	第 2 字节	...	第79字节
0000000 <u>00</u>	0000001 <u>00</u>	0000010 <u>00</u>		1001111 <u>00</u>
0000000 <u>01</u>	0000001 <u>01</u>	0000010 <u>01</u>	...	1001111 <u>01</u>
0000000 <u>10</u>	0000001 <u>10</u>	0000010 <u>10</u>	...	1001111 <u>10</u>
0000000 <u>11</u>	0000001 <u>11</u>	0000010 <u>11</u>	...	1001111 <u>11</u>
高7位为0	高7位为1	高7位为2		高7位为79

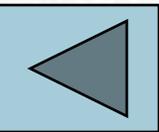
列坐标值的高7位为点所在扫描线上80个字节单元的哪个字节
低2位确定点在该字节中的哪个比特位置，其中：

00表示点在字节的最高两位

01表示点在字节的次高两位

10表示点在字节的次低两位

11表示点在字节的最低两位



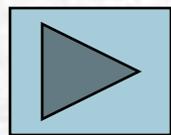
1. CGA显示存储器(APA方式)

在高分辨率下，点的列坐标值范围为0~639，可用10位二进制位表示。高7位可确定点在行中的哪个字节，低3位确定在字节中的哪个比特位置，其中000表示第一象素等等。



象素所处字节在存储区的偏移地址的计算方法:

$$\text{行值}/2 \times 80 + \text{列值}/8$$



1. CGA显示存储器(APA方式)

第0字节	第1字节	第2字节	...	第79字节
000000 <u>000</u>	000001 <u>000</u>	000010 <u>000</u>		1001111 <u>000</u>
000000 <u>001</u>	000001 <u>001</u>	000010 <u>001</u>	...	1001111 <u>001</u>
:	:	:	...	:
000000 <u>111</u>	000001 <u>111</u>	000010 <u>111</u>	...	1001111 <u>111</u>
高7位为0	高7位为1	高7位为2		高7位为79

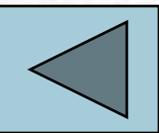
列坐标值的高7位为点所在扫描线上80个字节单元的哪个字节
低3位确定点在该字节中的哪个比特位置，其中：

000表示点在字节的最高位

001表示点在字节的次高位

:

111表示点在字节的最低位



1. CGA显示存储器(APA方式)

例：已知显示器工作于640×200APA方式下，在(X, Y)处显示一点。已知X, Y分别在AL, BX中存放。

	MOV	DX, 0B800H	MOV	AL, [BX]
	SHR	AL, 1	NOT	DL
	JNC	L1	AND	DL, 07H
	MOV	DX, 0BA00H	MOV	CL, DL
L1:	MOV	DS, DX	MOV	DL, 01H
	MOV	CL, 80	SHL	DL, CL
	MUL	CL	OR	AL, DL
	MOV	DX, BX	MOV	[BX], AL
	MOV	CL, 3		
	SHR	BX, CL		
	ADD	BX, AX		

2. 操作方式控制寄存器 (I/O地址3D8H)

用于控制彩色显示器的操作方式。



2. 操作方式控制寄存器 (I/O地址3D8H)

操作方式寄存器	操 作 方 式
× × 101100 (2CH)	40×25单色A/N方式
× × 101000 (28H)	40×25彩色A/N方式
× × 101101 (2DH)	80×25单色A/N方式
× × 101001 (29H)	80×25彩色A/N方式
× × × 01110 (0EH)	320×200单色APA方式
× × × 01010 (0AH)	320×200彩色APA方式
× × × 11110 (1EH)	640×200单色APA方式

例设置显示器为80×25彩色方式

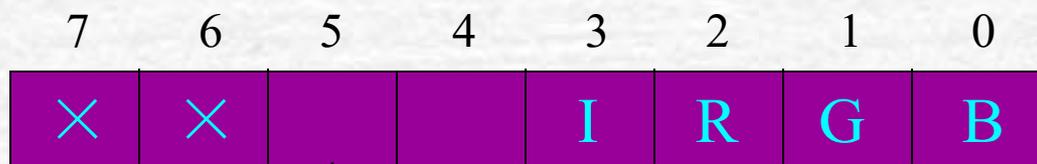
```
MOV DX, 3D8H
```

```
MOV AL, 29H
```

```
OUT DX, AL
```

3. 颜色选择寄存器 (I/O地址3D9H)

用于控制屏幕的边缘颜色或图形前景颜色和调色板的色组选择。



未用

在A/N方式下, 控制屏幕边缘颜色

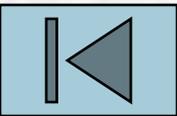
在320×200方式下, 控制图形背景颜色

在640×200方式下, 控制图形前景颜色 (单色)

字符背景颜色亮度 { 0=一般亮度
1=加强亮度

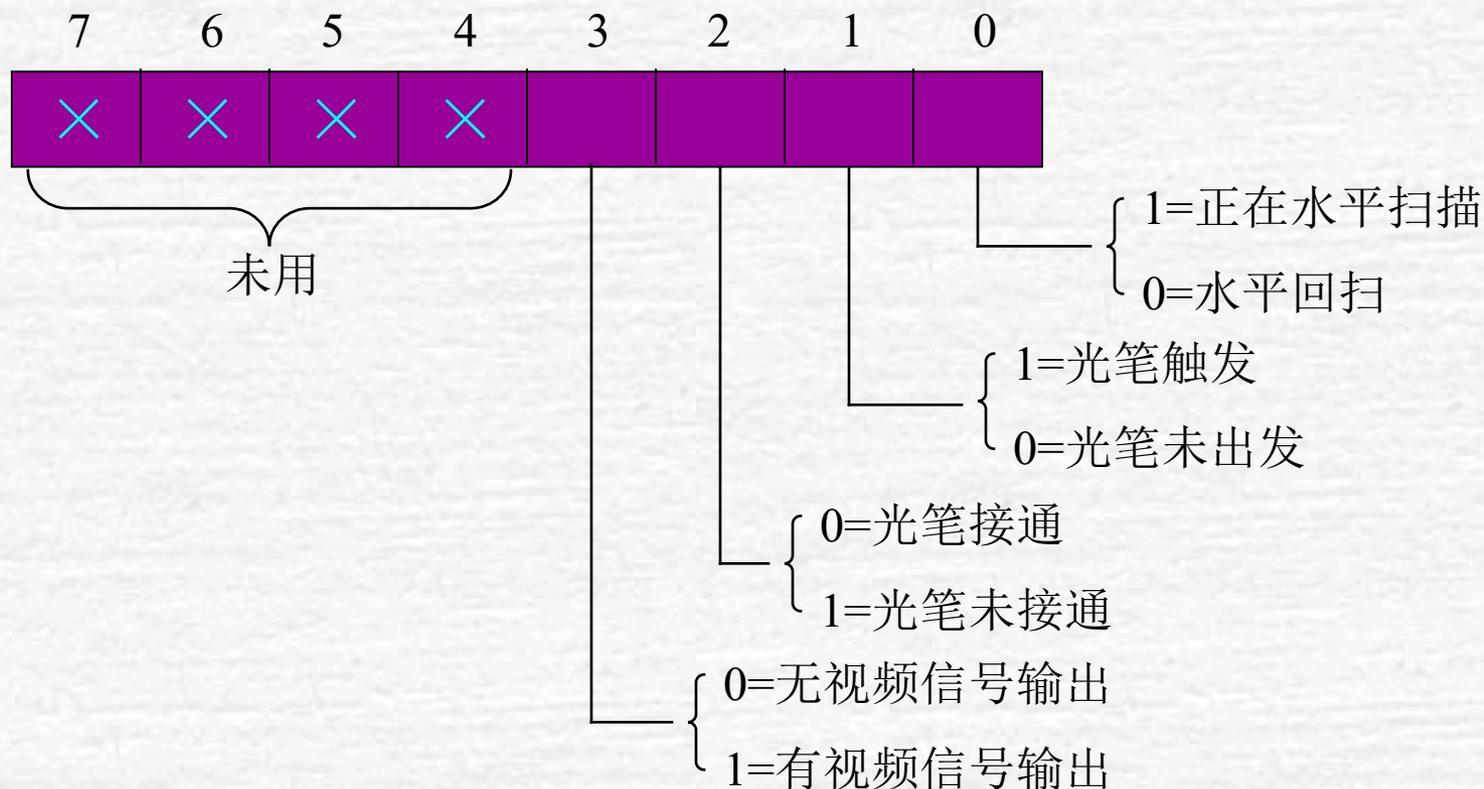
色组选择 { 0=色组0
1=色组1

色组 0		色组 1	
C1 C0	颜色	C1 C0	颜色
00	与背景同色	00	与背景同色
01	绿	01	青
10	红	10	品红
11	棕	11	白



4. CRT状态寄存器（I/O地址3DAH）

其状态反映彩色显示适配器的状态。



5. 6845CRTC

I/O口地址	寄存器名	寄存器号	单位	40×25A/N方式	80×25A/N方式	APA方式
3D4H	索引寄存器	—	—	—	—	—
3D5H	水平总数	R0	字符	38H	71H	38H
	水平显示	R1	字符	28H	50H	28H
	水平同步位置	R2	字符	2DH	5AH	2DH
	水平同步宽度	R3	字符	0AH	0AH	0AH
	垂直总数	R4	字符	1FH	1FH	7FH
	垂直总数调整	R5	字符行	06H	06H	06H
	垂直显示	R6	扫描线	19H	19H	64H
	垂直同步位置	R7	字符行	1CH	1CH	70H
	隔行方式	R8	字符行	02H	02H	02H
	最大扫描地址	R9	扫描线	07H	07H	01H
	光标起始	R10	扫描线	06H	06H	06H
	光标结束	R11	扫描线	07H	07H	07H
	起始地址(高)	R12	—	00H	00H	00H
	起始地址(低)	R13	—	00H	00H	00H
	光标地址(高)	R14	—	××	××	××
	光标地址(低)	R15	—	××	××	××
	光笔(高)	R16	—	××	××	××
光笔(低)	R17	—	××	××	××	

5. 6845CRTC

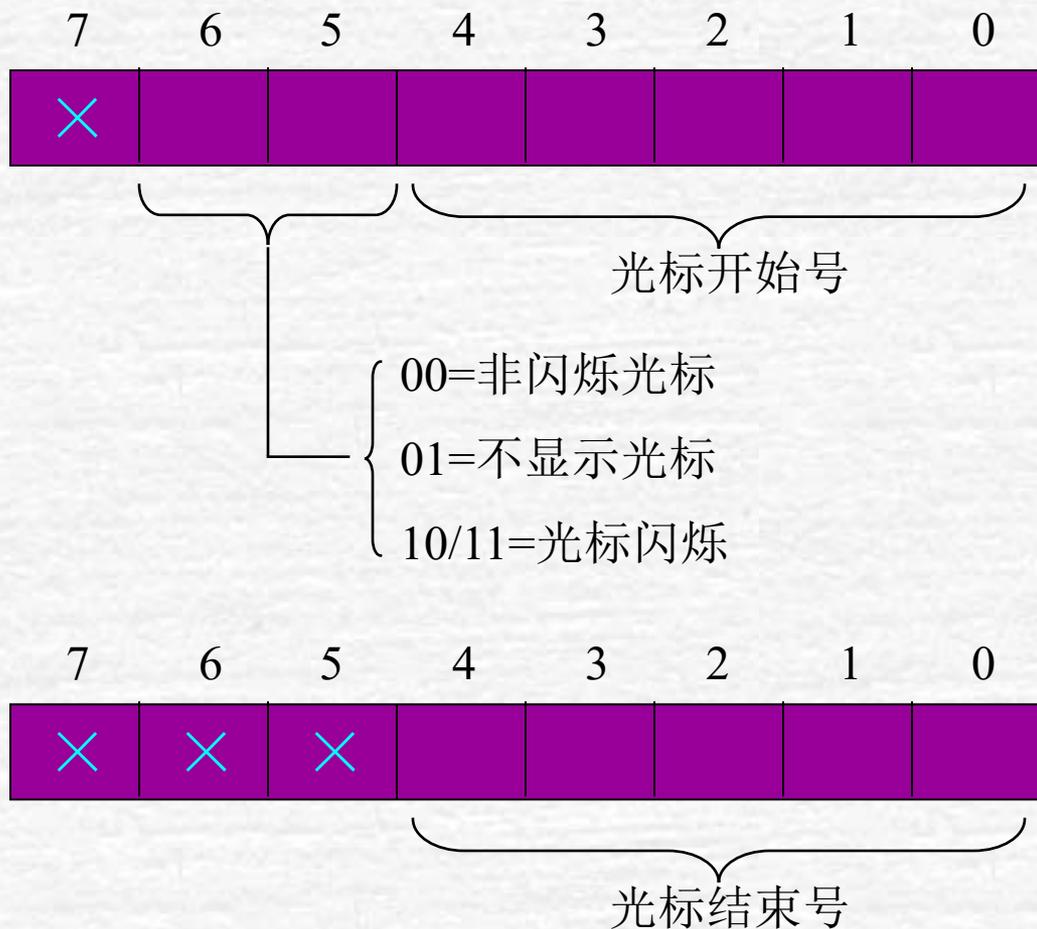
(1) 索引寄存器 (3D4H)

用于指出6845CRTC中的R0~R17的寄存器中的一个寄存器。在I/O地址3D5H上共有18个寄存器 (R0~R17)，要访问这18个寄存器之一时，先将寄存器的号码送入索引寄存器，然后再访问3D5H即是访问指定的寄存器。

(2) 光标开始和结束寄存器 (R10, R11)

决定光标的形象和高度，即光标包含哪些扫描线。彩色显示器每个字符框由8根行扫描线组成，编号为0~7，光标开始寄存器决定光标由哪条扫描线开始，光标结束寄存器决定光标到哪条扫描线结束。设置R10和R11时，必须保证其值在0~7之间，且R10的值小于等于R11的值。

5. 6845CRTC



例：设置光标由3~5扫描线组成。

```
MOV    DX, 3D4H
```

```
MOV    AL, 10
```

```
OUT    DX, AL
```

```
MOV    AL, 3
```

```
INC    DX
```

```
OUT    DX, AL
```

```
DEC    DX
```

```
MOV    AL, 11
```

```
OUT    DX, AL
```

```
MOV    AL, 5
```

```
INC    DX
```

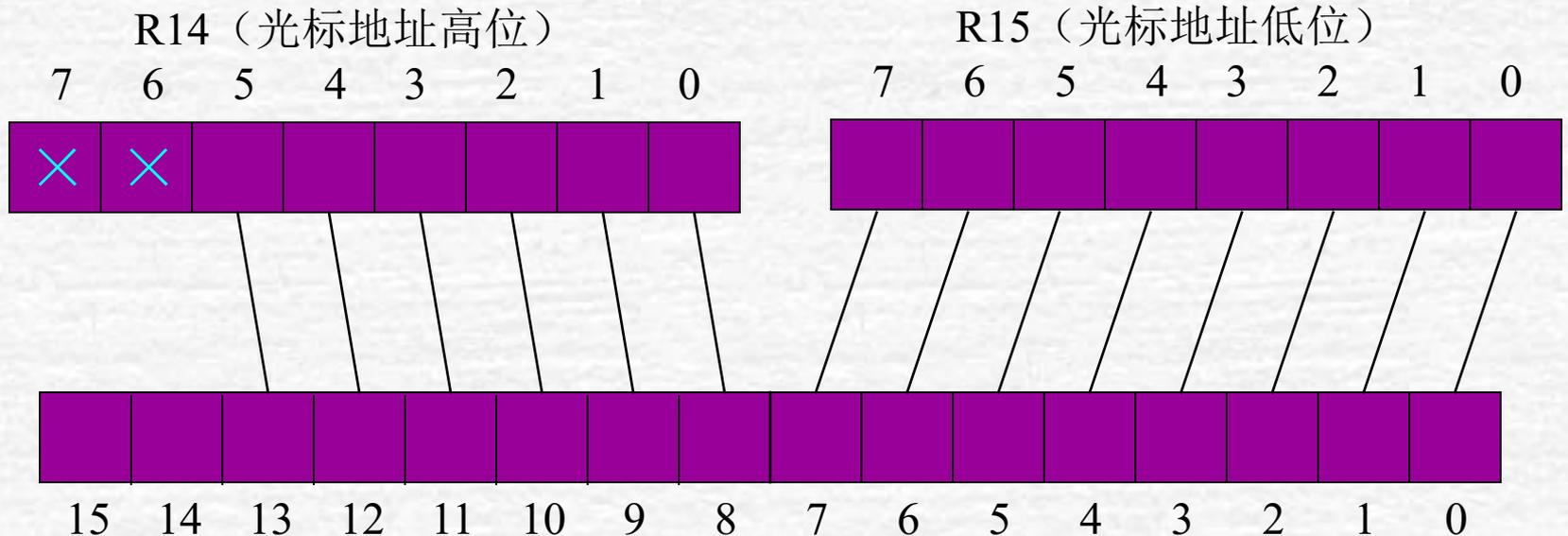
```
OUT    DX, AL
```

5. 6845CRTC

(3) 光标地址寄存器 (R14, R15)

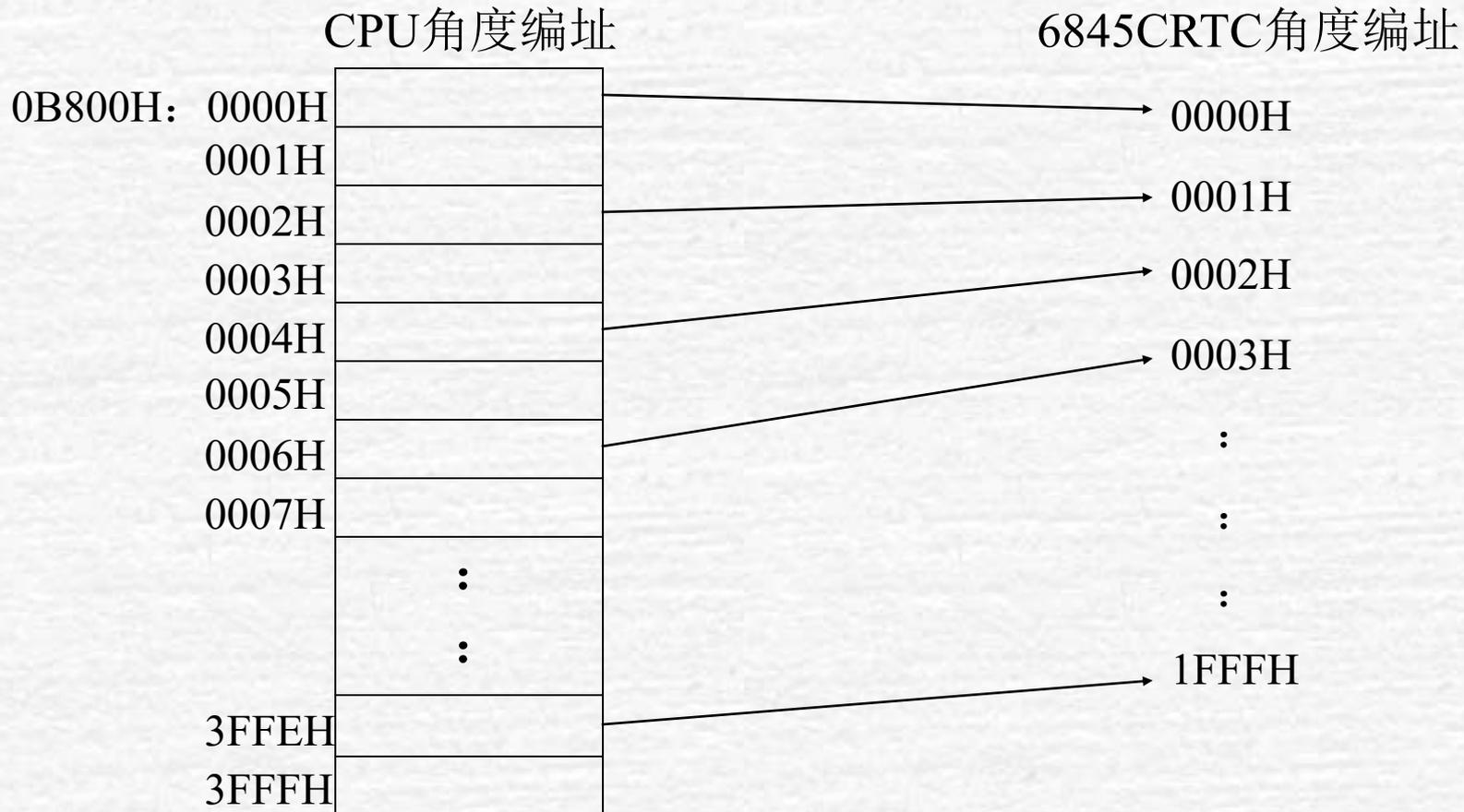
决定光标的位置，将光标在屏幕上欲处位置的地址放入光标地址寄存器。要在光标处显示字符，则将光标地址转换为显示存储器的相应单元地址，向此单元送入字符代码即可，转换公式为：

$$\text{显示存储单元地址} = 0B8000H + (R14, R15) \times 2$$



5. 6845CRTC

注意：6845CRTC只对存放代码的内存单元编址，因此适配器的地址是从0开始编址的8K字节。光标地址寄存器存放的值是从6845CRTC角度上的编址值，因此只用14位即可表示。



5. 6845CRTC

(4) 开始地址寄存器 (R12, R13)

确定6845CRTC使用显示存储器的起始地址。可以通过改变这两个寄存器的值来实现硬件滚动，即使其值增加80（或40），画面就向上滚动一行，减小80（或40），画面就向下滚动一行。在设置R12和R13的值时，其值应在0~1FFFH范围之内，即从CPU的角度上看将以0B800H为基址的偏移量值除以2所得商放入R12和R13，则确定了当前显示页的首地址。

R0~R9的值一般按表中的值预设。

14.3.3 CGA显示器编程

直接对CGA彩色显示器编程的一般步骤如下：

- (1) 根据编程需要选定操作方式；
- (2) 将操作方式寄存器的第3位置“0”，暂不允许视频输出；
- (3) 将选定的操作方式对应的6845CRTC的参数送入6845CRTC的各寄存器；
- (4) 将选定的操作方式的位模式送入操作方式寄存器，第3位一定要为“1”；
- (5) 按需要设置颜色选择寄存器；
- (6) 组织要显示的信息（字符代码及其属性，或图形象素）送入显示存储器。

例14.6 编制设置6845CRTC寄存器参数子程序。

子程序说明文件如下：

- 1) 子程序名： I6845；
- 2) 子程序功能： 初始化6845CRTC寄存器；
- 3) 入口条件： AL=0 40×25 A/N方式；
 AL=1 80×25 A/N方式；
 AL=2 APA方式；
- 4) 出口条件： 无；
- 5) 受影响的寄存器： F。

I6845	PROC	NEAR			ADD	BX, AX
	PUSH	BX			XOR	CH, CH
	PUSH	CX			XOR	AH, AH
	PUSH	DX			MOV	DX, 3D4H
	PUSH	DS		L6845:	MOV	AL, AH
	PUSH	CS			OUT	DX, AL
	POP	DS			MOV	AL, [BX]
	PUSH	AX			INC	DX
	MOV	AL, 00			OUT	DX, AL
	MOV	DX, 3D8H			INC	BX
	OUT	DX, AL			INC	AH
	LEA	BX, T6845			DEC	DX
	MOV	CL, TLEN			LOOP	L6845
	POP	AX			POP	AX
	PUSH	AX			POP	DS
	MUL	CL			POP	DX

```
POP    CX
POP    BX
RET
T6845  DB    38H, 28H, 2DH, 0AH, 1FH, 06H, 19H, 1CH
        DB    02H, 07H, 06H, 07H, 00H, 00H, 00H, 00H
        DB    71H, 50H, 5AH, 0AH, 1FH, 06H, 19H, 1CH
        DB    02H, 07H, 06H, 07H, 00H, 00H, 00H, 00H
        DB    38H, 28H, 2DH, 0AH, 7FH, 06H, 64H, 70H
        DB    02H, 01H, 06H, 07H, 00H, 00H, 00H, 00H
TLEN   DB    16
I6845  ENDP
```

例14.7 设计光标定位子程序。

子程序说明文件如下：

- 1) 子程序名：CURSOR；
- 2) 子程序功能：将光标定在指定的位置；
- 3) 入口条件：DL=光标列号，DH=光标行号；
- 4) 出口条件：BX=光标地址；
- 5) 受影响的寄存器：F，BX。

```
CURSOR    PROC    NEAR
           PUSH    DX
           PUSH    AX
           CMP     DH, 25
           JC      CURS1
           MOV     DH, 24
CURS1:    CMP     DL, 80
           JC      CURS2
           MOV     DL, 79
CURS2:    MOV     AL, 80
           MUL     DH
           XOR     DH, DH
           ADD     AX, DX
           MOV     BX, AX
           MOV     DX, 3D4H
```

```
           MOV     AL, 14
           OUT     DX, AL
           INC     DX
           MOV     AL, BH
           OUT     DX, AL
           DEC     DX
           MOV     AL, 15
           OUT     DX, AL
           DEC     DX
           MOV     AL, BL
           OUT     DX, AL
           POP     AX
           POP     DX
           RET
CURSOR    ENDP
```

例14.8 设计清屏且光标定位于0行0列的子程序。

子程序说明文件如下：

- 1) 子程序名：CLEAR；
- 2) 子程序功能：清屏，光标定在0行0列；
- 3) 入口条件：无；
- 4) 出口条件：无；
- 5) 受影响的寄存器：F。

```
CLEAR PROC NEAR
    PUSH ES
    PUSH AX
    PUSH DI
    PUSH CX
    MOV AX, 0B800H
    MOV ES, AX
    MOV DI, 0
    MOV AL, ' '
    MOV AH, 07H
    MOV CX, 80*25
    CLD
    REP STOSW
    XOR DX, DX
    PUSH BX
    CALL CURSOR
```

```
POP BX
POP CX
POP DI
POP AX
POP ES
RET
```

```
CLEAR ENDP
```

例14.9 设计屏幕向上滚动一行的子程序。

子程序说明文件如下：

- 1) 子程序名： SCROLL；
- 2) 子程序功能： 屏幕向上滚动一行；
- 3) 入口条件： 无；
- 4) 出口条件： 无；
- 5) 受影响的寄存器： F。

SCROLL	PROC	NEAR		MOV	AH, 07H
	PUSH	DS		MOV	CX, 80
	PUSH	ES		REP	STOSW
	PUSH	AX		MOV	DH, 24
	PUSH	DI		MOV	DL, 0
	PUSH	SI		PUSH	BX
	PUSH	CX		CALL	CURSOR
	MOV	AX, 0B800H		POP	BX
	MOV	DS, AX		POP	CX
	MOV	ES, AX		POP	SI
	MOV	SI, 80*2		POP	DI
	XOR	DI, DI		POP	AX
	MOV	CX, 80*24		POP	ES
	CLD			POP	DS
	REP	MOVSW		RET	
	MOV	AL, ' '	SCROLL	ENDP	

例14.10 编制在APA方式下画点的子程序。

子程序说明文件如下：

- 1) 子程序名：DRAW；
- 2) 子程序功能：在中分辨率图形方式下画点；
- 3) 入口条件：AL=行坐标值，BX=列坐标值；
AH最高两位=点的颜色；
- 4) 出口条件：指定点着色；
- 5) 受影响的寄存器：F。

```
DRAW PROC NEAR
    PUSH DS
    PUSH DI
    PUSH CX
    PUSH BX
    PUSH AX
    MOV DI, 0B800H
    SHR AL, 1
    JNC DRAW1
    MOV DI, 0BA00H
DRAW1: MOV DS, DI
    XOR DI, DI
    MOV CL, 80
    MUL CL
    ADD DI, AX
    MOV CX, BX
    SHR BX, 1
    SHR BX, 1
    ADD DI, BX
```

```
POP AX
    PUSH AX
    MOV BL, 3FH
    AND CL, 03H
    JZ COLOR
    SHL CL, 1
    SHR AH, CL
    ROR BL, CL
COLOR: MOV AL, [DI]
    AND AL, BL
    OR AL, AH
    MOV [DI], AL
    POP AX
    POP BX
    POP CX
    POP DI
    POP DS
    RET
DRAW ENDP
```

