IBM PC实用手册

（微电脑）

下　册

何玉珍
贾　天译校
肖兴权

厦门电子计算机厂
中国科学院计算所八室

IBM PC 实 用 手 册

责任编辑： 厦门电子计算机厂PC组

承印单位： 集 美 师 专 印 刷 厂

6.00元

第一分册 8086 指令系统

目　　录

一、8086指令系统概述

IBMPC的CPU是用8088的芯片，8088所用的指令系统和寻址方式与8086的指令系统和寻址方式完全兼容，因此本部分介绍的是8086的指令系统和寻址方式。

在8086指令系统的介绍中，我们将按照下面的顺序进行：

1．8086寄存器和8086状态寄存器的介绍。各种各样指令组影响着哪个状态位的介绍。

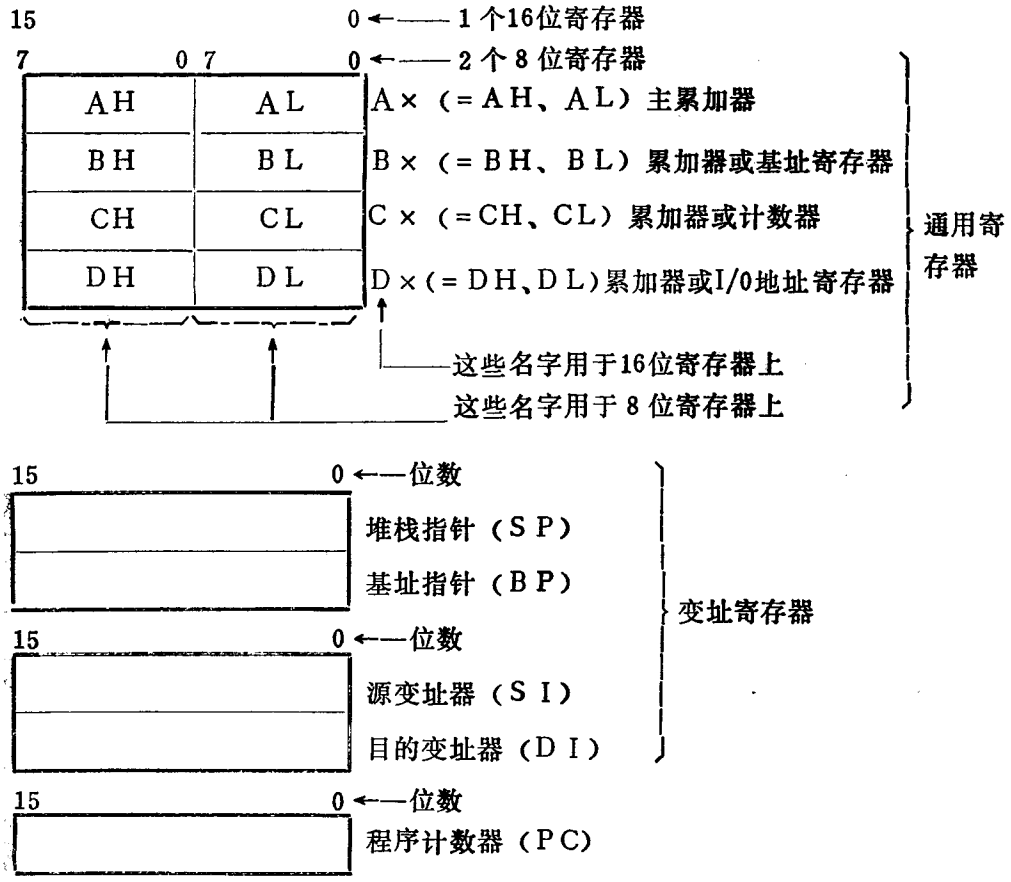
2．8086寻址方式的介绍。

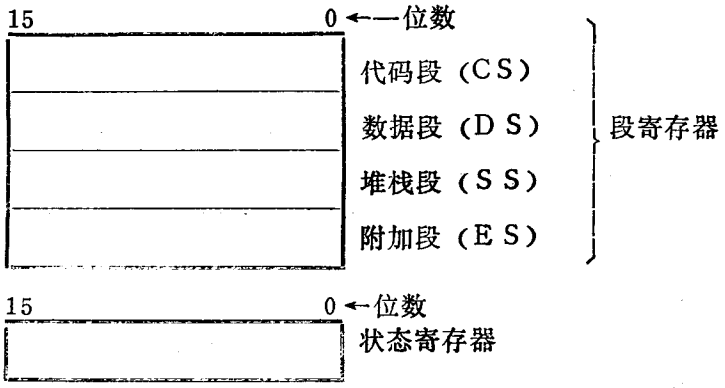
3．8086每条指令的介绍。每条指令包含指令功能、格式、编码、例子，对状态位的影响，有的还有注释等内容。

二、8086寄存器和标志

8086有4个16位通用寄存器。2个16位指针寄存器。2个16位变址寄存器。1个16位程序计数器。4个16位段寄存器。1个16位标志寄存器。即一共有14个16位寄存器。

图例说明如下：





1．通用寄存器

通用寄存器用来存放8位或16位算术/逻辑操作数。即高8位和低8位可以分开寻址，这一点是其它寄存器没有的特点。

Ax寄存器作为主累加器。所有的I/O操作都要通过这个寄存器。另外，一些字符串操作和算术指令也需要使用这个寄存器。

Bx寄存器也称为基址寄存器。在计算存贮器地址时使用这个寄存器，并使用DS寄存器作为未指明的段寄存器。

Cx寄存器称为计数寄存器。在字符串和循环操作时，减量这个寄存器。Cx寄存器用来控制完成重复循环操作次数。它也用在多位移位和循环移位操作上。

Dx寄存器也称为数据寄存器。这个寄存器对某些I/O指令提供了I/O地址。

2．指针寄存器

指针寄存器用于访问堆栈段中的数据。在所有的16位算术，逻辑操作中，他们也可作为操作数使用。

SP寄存器称为堆栈指针。允许实现存贮器中堆栈，在存贮器寻址中，凡涉及到SP寄存器则使用SS寄存器作为段寄存器。

BP寄存器称为基址指针。允许访问堆栈段中的数据。这个寄存器典型地用于访问经过堆栈传递的参数。

3．变址寄存器

变址寄存器用于访问数据存贮器中的数据。这些寄存器广泛地用在字符串操作上。他们也可以在所有的16位算术、逻辑操作中作为操作数使用。

4．段寄存器

段寄存器包括整个存贮器寻址计算。每个段寄存器在8086存贮器寻址空间中规定64K的存贮器块。该64K存贮器块叫做段寄存器的当前段。例如，DS寄存器规定的64K段称作当前数据段。

CS寄存器称作代码段寄存器。在每条指令的取指期间，程序计数器的内容加上CS寄存器的内容作为被取的指令所在的存贮器地址。

DS寄存器也称作数据段寄存器。每个数据存贮器的访问都是相对于数据段寄存

器。有三个例外：

1）利用栈指针计算堆栈地址。

2）使用BP寄存器计算数据存贮器地址，均是相对于堆栈段。

3）字符串操作（在地址计算中使用DI寄存器）均是相对于附加段。

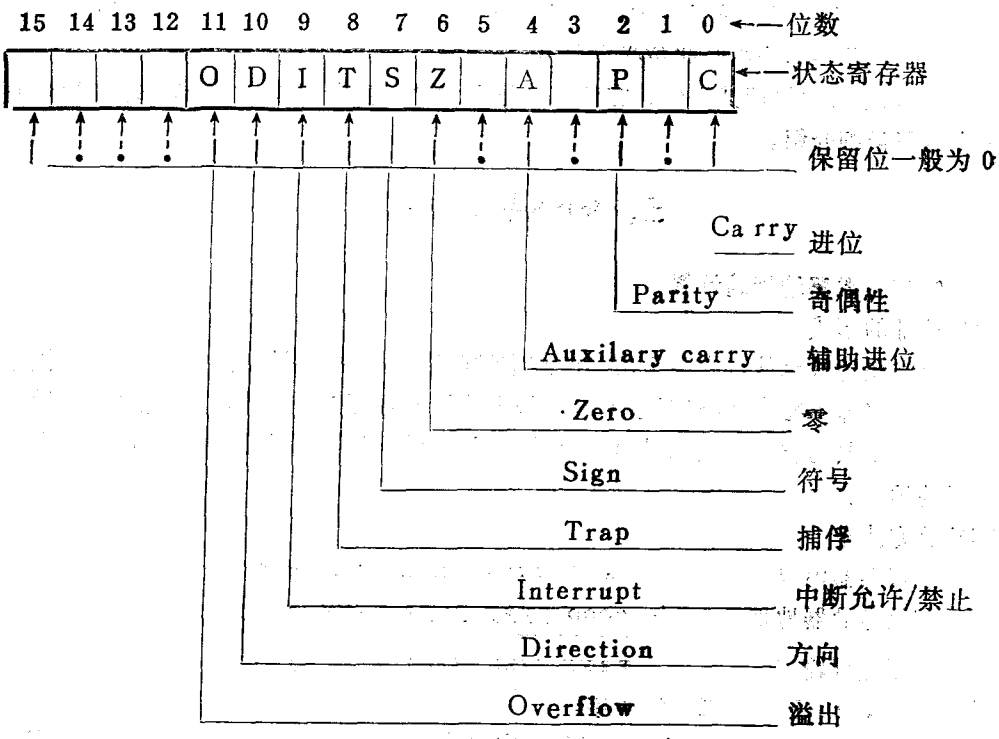
SS寄存器也叫做堆栈段寄存器。在地址计算中使用SP或BP访问所有的数据存贮器均是相对于SS寄存器。因此，所有面向堆栈的指令（例如，PUSH,POP,CALL,RET, INT）均利用SS寄存器作为段寄存器。

ES寄存器也叫做附加段寄存器。在字符串操作时，利用DI寄存器计算存贮器地址，均是相对于ES寄存器。

段寄存器的使用是由指令支配的。

5．标志寄存器

8086有一个16位的标志寄存器。也叫做状态寄存器或者程序状态字（PSW）。例如下：



进位，辅助进位，溢出，符号这些状态是非常标准的。

Carry状态反映了算术操作中高位进位情况。Carry也可由移位和循环移位指令修改。

Overflow状态是在算术操作之后，高位的输出和进位的异或结果。表示带符号的二进制运算在数量上的溢出。

Sign状态就是算术操作之后的最高位。假定执行的是带符号的二进制运算，Sign状态为0，表示结果为正。Sign状态为1，表示结果为负。

Auxiliary Carry状态表示8位数据单元中位3的进位输出。

为了从被减数中减去减数，减法指令使用了2的补码运算。但是进位状态是相反的。那就是说，在减法操作中，如果高位无进位输出，Carry状态置“1”。反之，若高位有进位输出，Carry状态置“0”。因此，这里Carry状态表示的是借位。

当任一数据操作结果的低8位中有偶数个1位，则Parity状态置“1”。若有奇数个1位，则Parity状态置“0”。

当数据的操作结果是零，则Zero状态位置“1”。否则置“0”。

Direction状态决定在字符串操作时，变址寄存器中的内容是自动地增加，还是自动地减少。如果Direction状态是1，SI和DI寄存器的内容就要减少。就是说字符串将从存贮器最高地址开始向存贮器最低地址进行存取。如果Direction状态是0，SI和DI寄存器的内容就要增加。就是说，字符串将从存贮器最低地址开始存取。

Interrupt状态表示允许总的中断还是禁止总的中断。若要允许8086中的中断，则此位必须是1。若要禁止中断此位必须是0。

Trap状态是特殊的调试手段。它使8086进入到“单步”方式。单步方式在8086中断逻辑中进行详细介绍。

三、8086寻址方式

1．8086存贮器地址的计算

20位地址的形成

8086有20条地址总线，它是采用字节或字访问存贮器和I/O设备。因此可以直接寻址2^{20}个字节（即1兆或1048576字节），每个地址内容为1个字节。为了能够利用16位地址寻址到1兆的空间，因此采用了用段寄存器寻址和偏移量寻址相结合的办法，来构成实际的地址。

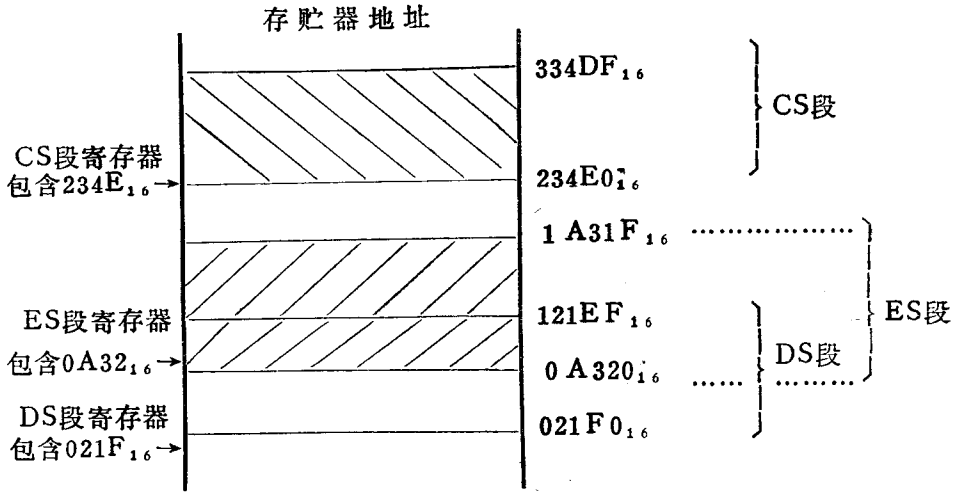
其计算方法是

段寄存器内容	xxxx xxxx xxxx xxxx oooo
有效存贮器地址	+ oooo yyyy yyyy yyyy yyyy
实际地址输出	xxxx zzzz zzzz zzzz yyyy

其中x，y，z表示任一二进制数字。

由计算方法上可以看出将段寄存器的内容也称作段地址，左移4位与有效的存贮器地址也称作偏移地址相加即得到实际地址输出。

段寄存器内容和偏移地址组成的实际地址可以指向存贮器的任何一个单元。如下图所示：



因为段寄存器为16位字长，所以段地址最大容量为65,536个字节。每个段必须指出段的初值地址。

2．8086寻址方式

8086寻址方式可分为两种类型。

1）程序存贮器寻址方式

2）数据存贮器寻址方式

数据存贮器分为相对于 DS 的数据存贮器，和相对于SS的数据存贮器两种类型

下面分别介绍这两种类型的寻址方式。

1）程序存贮器寻址方式

每当取指令时，要取的指令地址总是由程序计数器（PC）给出的偏移量和CS寄存器中给出的段值相加之和决定。通常，在执行指令时，PC寄存器的内容是增加的。但是，Jump和Call指令可以修改PC寄存器的内容。可以使用下面三种方法中任一种进行修改。

a、程序相对寻址。由指令以立即数的形式提供 8 位或16位的偏移量，作为一个带符号的二进制数与PC寄存器的内容相加。但这不会改变CS寄存器的内容。因此这叫段内操作。

b、直按寻址。将指令中以立即数形式出现的新的16位地址，装入到程序计数器和CS寄存器中。这叫做段间操作。

c、间按寻址。可使用任一种数据存贮器寻址方式来读数据存贮器中的数据。但是，输入的数据在Jump或Call 指令中作为存贮器地址。有两种间接寻址方式选择，一种可读单个的16位数据字，这个数据字被装入到程序计数器中。Jump和Call 指令访问当前的CS段内某个存贮器单元。另一种可读两个16位数据字，第一个字装入到程序计数器中，第二个字装入到CS段寄存器中。因此，可使用间按寻址方式 Jump 或 Call 任一可寻址的存贮器单元。

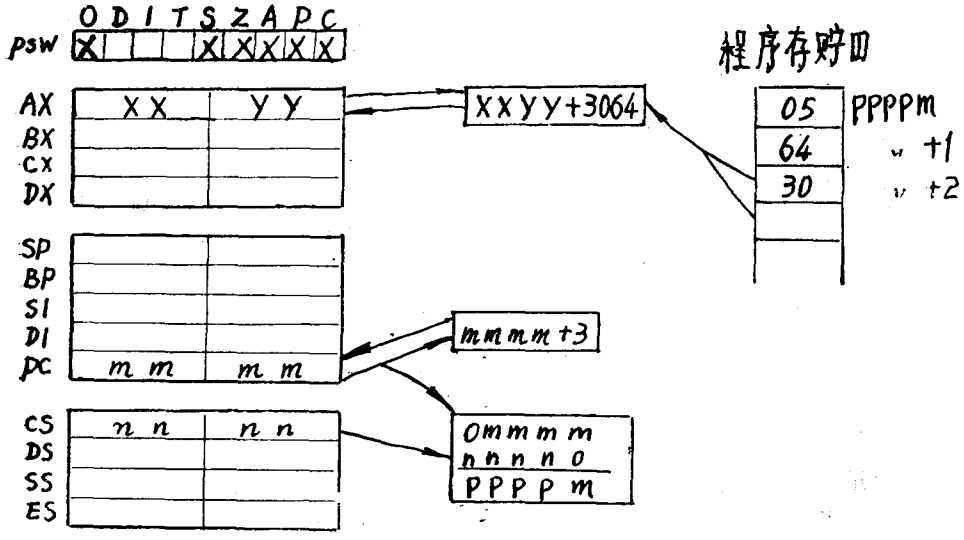
（2）数据存贮器寻址方式

有六种基本寻址方式：立即寻址方式，直接寻址方式，直接，变址寻址方式，隐含寻址方式，基本相对寻址方式，堆栈寻址方式。

a、立即寻址方式 (Immadiate)

在这种寻址方式中，有一个操作数是紧跟在指令操作码后面的那个字节。如果寻址字节跟在操作码后面，那么立即数跟在寻址字节后面。例如：ADD Ax，3064H

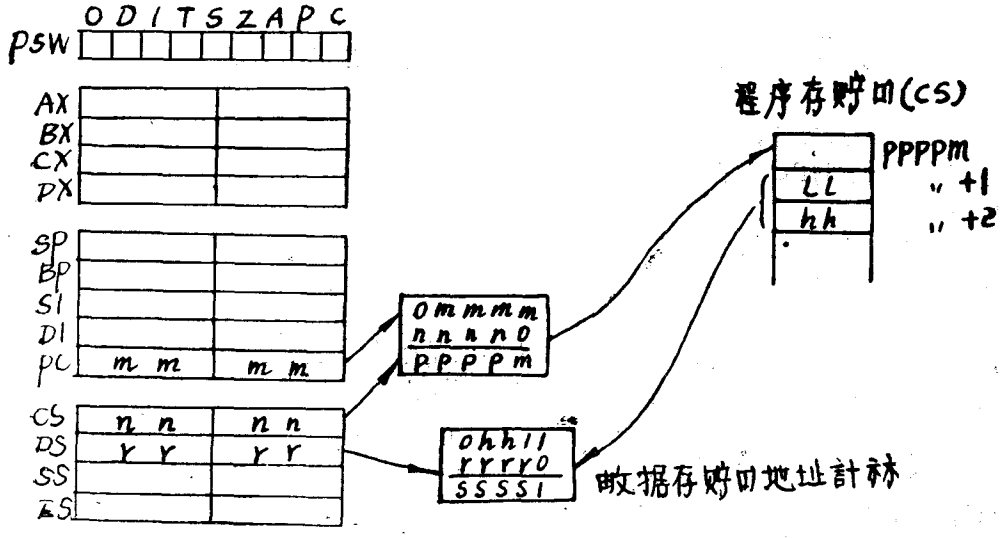
需要汇编程序产生ADD指令，并将3064_{16}加到AX寄存器中，可用下面的图例说明：



注意：存贮在程序存贮器中的16位立即操作数的低位字节在高位字节的前面。同样，16位操作数存入到数据存贮器也是按这个顺序。

b、直接存贮器寻址方式 (Direct)

8086通过直接由两个目标码字节组成的16位偏移量加到数据段寄存器中，以实现直接存贮器寻址方式。其和就是实际的存贮器地址。可用下面的图例说明：

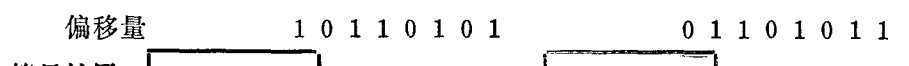


注：在数据存贮器进行直接寻址时，DS寄存器必须提供段基址。

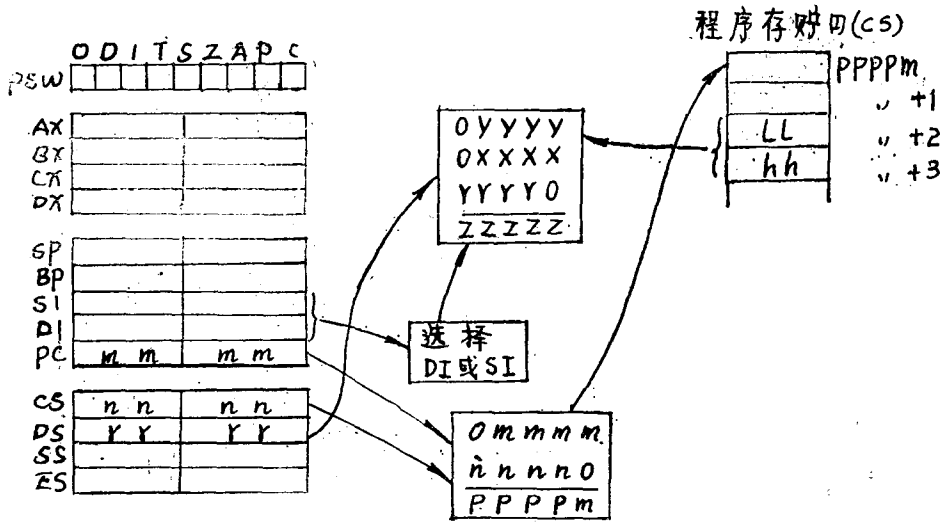
c、直接，变址存贮器寻址 (Direct, Indexed)

在直接，变址寻址方式中，指定SI和DI寄存器作为变址寄存器。可选择 8 位或16位偏移量加到指定的变址寄存器中，以产生有效的地址。

16位的偏移量用两个目标码字节存贮，低位字节在前，高位字节在后。如图所示。如果指定的是 8 位偏移量，那么低位字节中的高位扩展到高位字节，以产生 16 位偏移量。举例如下：



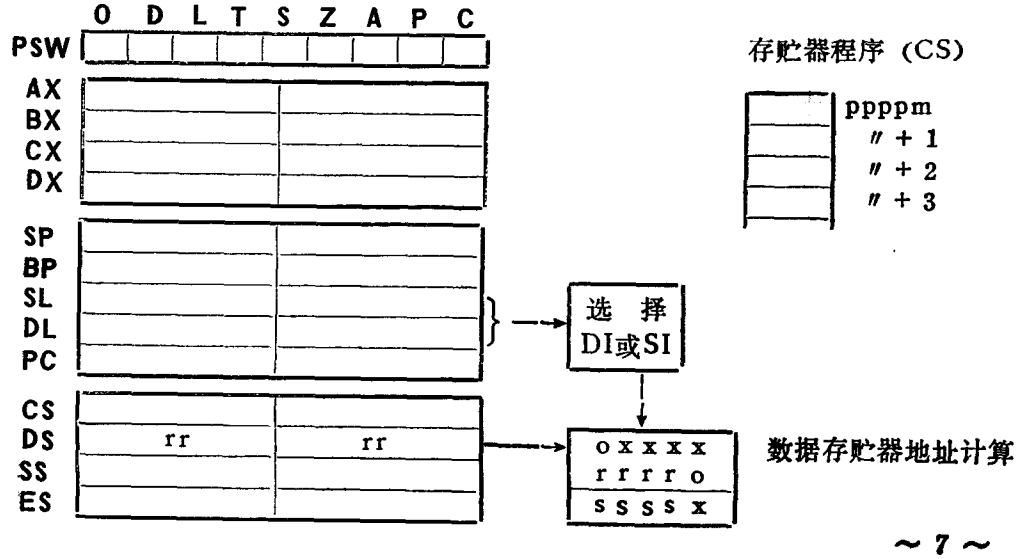
直接，变址寻址方式图例如下：



注：YY YY是从程序存贮中取来的16位或 8 位偏移量。XXXX是变址寄存器SI或DI中的内容。

d、隐含寻址 (Implied)

8086中隐含寻址是直接，变址存贮器寻址的简并类型。当使用直接，变址存贮器寻址方式时，如果不指明偏移量，那么实际上使用的就是通过DI或SI寄存器的隐含寻址方式。用图例表示



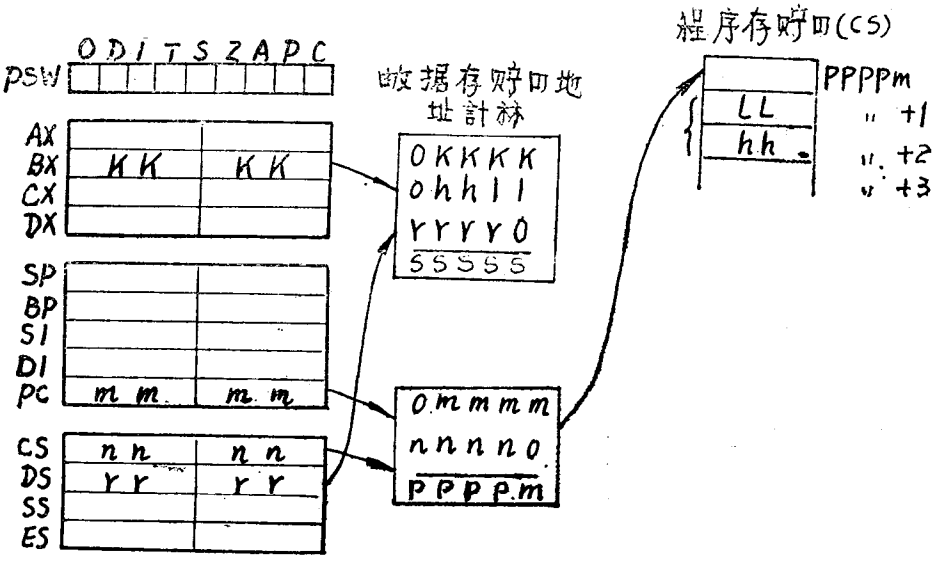
e、基本相对寻址（Base Relative）

8086有两种方法执行基本相对寻址：

（1）数据存贮器基本相对寻址，是在DS段内（数据存贮器）寻址。

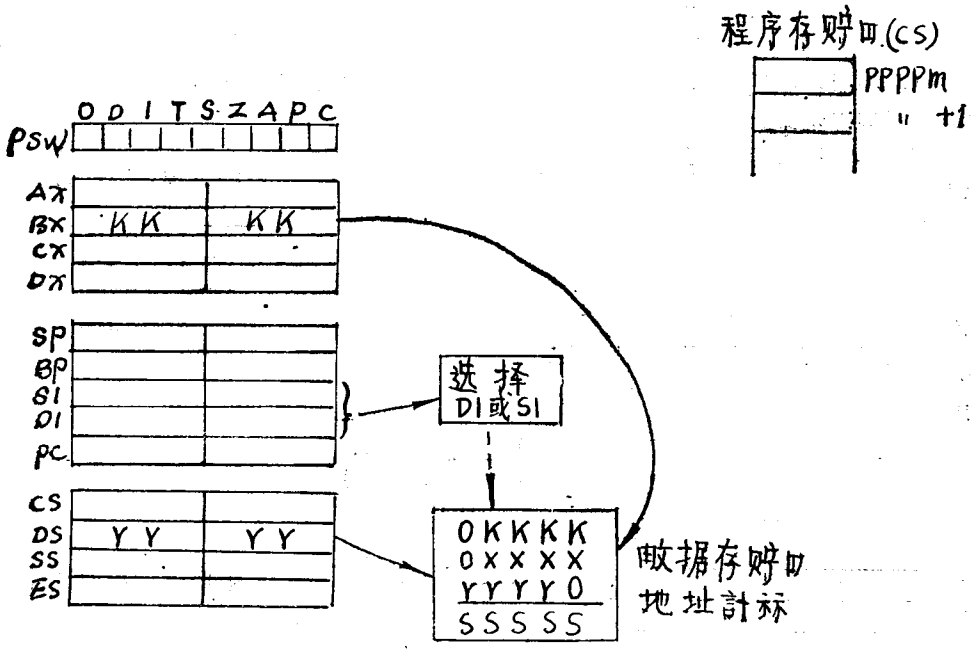
（2）堆栈基本相对寻址，是在SS段内（堆栈存贮器）寻址。

数据存贮器基本相对寻址方式使用BX寄存器内容作为有效地址的基址。实际上，数据存贮器基本相对寻址，就是将BX寄存器的内容加上有效的存贮器地址。举例说明：

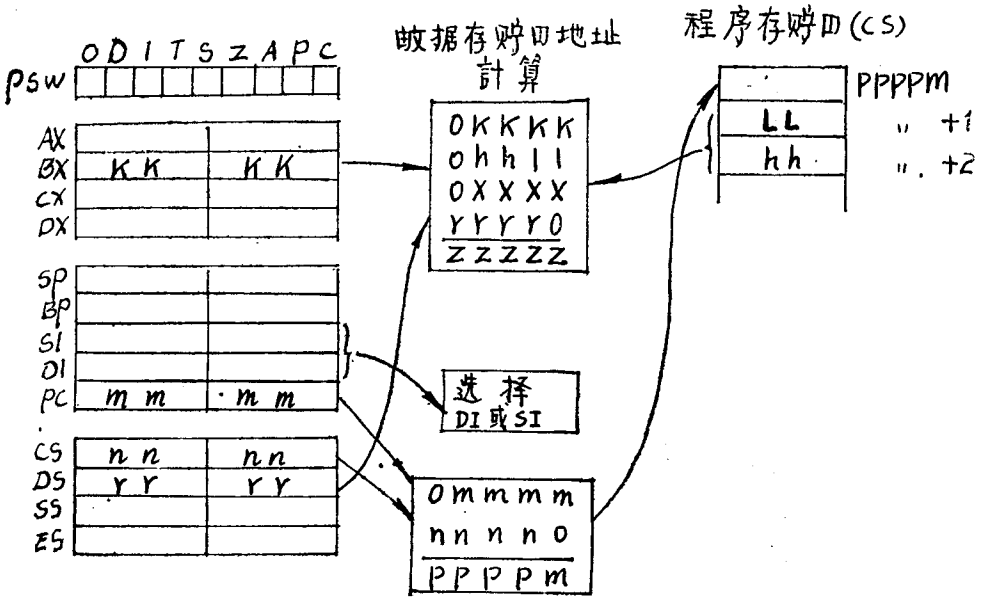


前面已介绍了简单的直接寻址总是要产生一个16位偏移量。基本相对，直接寻址允许有偏移量。如上图中的hhll，是16位偏移量。8位偏移量可以扩展成16位的。或者无偏移量。

基本相对隐含寻址就是BX寄存器的内容加上选择的变址寄存器的内容，其和作为有效的存贮器地址。图示如下：

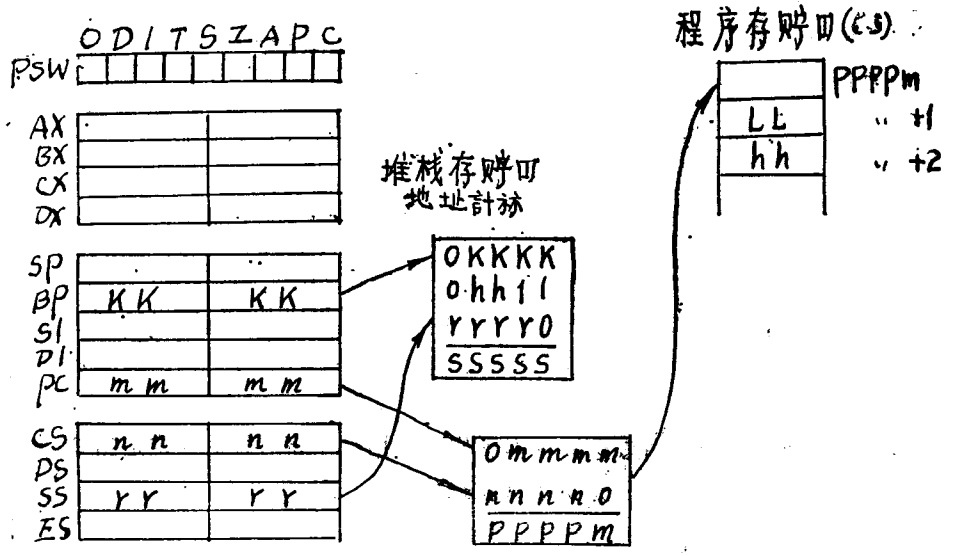


基本相对，直接，变址数据存贮器寻址看来变得复杂了，实际上并不是那样。只要将BX寄存器的内容加上有效的存贮器地址，而有效的存贮器地址按一般的直接，变址寻址方式那样计算地址。这样基本相对，直接，变址数据存贮器寻址可用下面图示表示：



f. 堆栈存贮器寻址 (Stack)

8086也具有堆栈存贮器的各种各样的基本相对寻址方式。但在这里BP寄存器是作为基址寄存器。如下图：

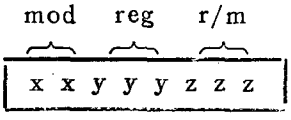


在上面的图中，偏移量HHLL或是16位偏移量，或是带有符号扩展的 8 位偏移量。基本相对堆栈存贮器寻址需要指定的偏移量，即或是 0 。

3 、寻址方式字节

8086提供了广泛的寻址方式，可是在目标码中是怎样实现这些寻址方式？8086在指令的目标码中，用一个字节规定了大多数存贮器的寻址方式。这个字节叫做寻址方式字节。与寻址方式字节一起可以有一个或二个附加的偏移量字节。通常寻址方式字节是指令目标码中的第 2 个字节。

寻址方式字节图例如下

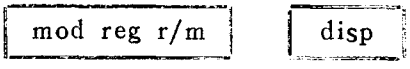


mod：这是两位，它构成mod字段。mod字段用来区分是存贮器寻址还是寄存器寻址。在存贮器寻址情况下，规定在寻址方式字节的后面有多少偏移量字节。

mod =

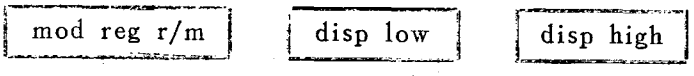
00：存贮器寻址方式。由r/m指定确切的寻址方式。无偏移量字节。

01：存贮器寻址方式。由r/m指定确切的寻址方式。有一个偏移量字节。这个偏移量字节作为一个带符号的数，它的范围是十127到一128。当这个数用在计算存贮器地址时，它就由符号位扩展成16位。在这种情况下寻址方式字节可由下面的图示说明：



此处mod = 01，disp（偏移量）为 1 个字节

10：存贮器寻址方式。由r/m指定确切的寻址方式。有二个偏移量字节。第一个偏移量字节是偏移量的低 8 位，第二个偏移量字节是偏移量的高 8 位。当这个数用来计算存贮器地址时，就处理成无符号的16位数。在这种情况下，寻址方式字节可由下面的图示说明：



此处mod = 10，disp low是偏移量的低 8 位，disp high是偏移量的高 8 位。

11：寄存器寻址方式。r/m表示寄存器。与w连在一起使用来确定选择 8 位还 是16位寄存器。

reg：reg与w位一起使用来选择在本操作中使用哪个寄存器。w位是指令操作 码的一部分，它决定执行 8 位操作还是执行16位操作。

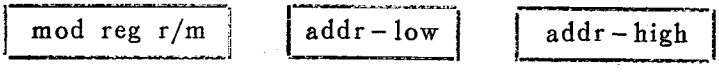
reg	w = 0	w = 1
0 0 0	AL	AX
0 0 1	CL	CX
0 1 0	DL	DX
0 1 1	BL	BX
1 0 0	AH	SP
1 0 1	CH	BP
1 1 0	DH	SI
1 1 1	BH	DI

某些指令——这些指令只需要单个的寄存器或存贮器操作数（NOT, NEG等等），还有一个隐含的操作数（MOV立即数，DIV，MUL等等），或者利用寻址方式来计算目标地址（JMP，CALL等等）——利用reg字段扩展操作码字节以便指定所要求的指令。见ADC指令的介绍。

r/m：这是三位，它构成了r/m字段。它与mod字段联合使用来确定寻址方式。如下表所述

r/m	mod－00	mod－01	mod－10	mod－11	
				W = 0	W = 1
0 0 0	BX + SI	BX + SI + DISP	BX + SI + DISP	AL	AX
0 0 1	BX + DI	BX + DI + DISP	BX + DI + DISP	CL	CX
0 1 0	BP + SI	BP + SI + DISP	BP + SI + DISP	DL	DX
0 1 1	BP + DI	BP + DI + DISP	BP + DI + DISP	BL	BX
1 0 0	SI	SI + DISP	SI + DISP	AH	SP
1 0 1	DI	DI + DISP	DI + DISP	CH	BP
1 1 0	直接寻址	BP + DISP	BP + DISP	DH	SI
1 1 1	BX	BX + DISP	BX + DISP	BH	DI

这个表除了直接寻址之外，是解释性的表。当mod是00，r/m是110时，偏移地址就是寻址方式字节后面的两个字节，用图例说时：



在这里addr－low就是偏移地址的低8位，addr－high就是偏移地址的高8位。

4、段替换

每种寻种方式中都有一个标准的未指明的段寄存器。但在多数情况下，可通过使用段替换前缀，选择另一个段寄存器。只要在指令的前面安排一个前缀字节，那么该指令

的未指明的段寄存器就由前缀字节中所指定的段寄存器来替换。前缀字节如下：

rr：这是二位，它选择下面的指令要用到的段寄存器。

00为ES寄存器

01为CS寄存器

10为SS寄存器

11为DS寄存器

有三种情况不能使用段替换，它们是：

1、堆栈访问指令（如PUSH和CALL）它用堆栈指针（SP寄存器）去计算偏移量，总是使用SS寄存器作为段寄存器。

2、字符串指令使用DI寄存器总是使用ES寄存器作为段寄存器。在使用SI和DI寄存器的字符串操作中（例MOVS或CMPS），如果段替换前缀出现，则只替换SI偏移的段寄存器。

3、段替换前缀不能和程序存贮器寻址一起使用。所有的指令取出都是相对CS段寄存器进行的。

5、存贮器寻址方式表

存贮器寻址方式和存贮器寻址字节信息组合在一起列在下面表中。

r/m	mod=00	mod=01	mod=10
0 0 0	基本相对变址 BX+SI	基本相对直接变址 BX+SI+DISP	基本相对直接变址 BX+SI+DISP
0 0 1	基本相对变址 BX+DI	基本相对直接变址 BX+DI+DISP	基本相对直接变址 BX+DI+DISP
0 1 0	基本相对变址堆栈 BP+SI	基本相对直接变址堆栈 BP+SI+DISP	基本相对直接变址堆栈 BP+SI+DISP
0 1 1	基本相对变址堆栈 BP+DI	基本相对直接变址堆栈 BP+DI+DISP	基本相对直接变址堆栈 BP+DI+DISP
1 0 0	隐含寻址 SI	直接，变址 SI+DISP	直接，变址 SI+DISP
1 0 1	隐含寻址 DI	直接，变址 DI+DISP	直接，变址 DI+DISP
1 1 0	直接地址	基本相对直接堆栈 BP+DISP	基本相对直接堆栈 BP+DISP
1 1 1	基本相对 BX	基本相对直接 BX+DISP	基本相对直接 BX+DISP

注： 两个操作数的指令中，当一个操作数在CPU寄存器中时，指令将很有顺序地取出存贮器中的另一个操作数。两个操作数也可以顺序地从CPU寄存器中取出。除若干个特殊的数据串处理指令外，8086不允许从存贮器中取出两个操作数。

下面的选择是有效的：

源操作数	目标操作数	结果
CPU寄存器	CPU寄存器	CPU寄存器
存贮器单元	CPU寄存器	CPU寄存器
CPU寄存器	存贮器单元	存贮器单元

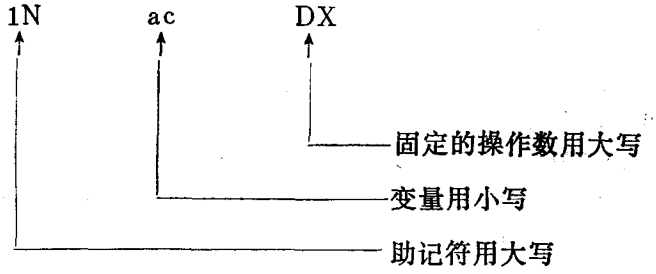
四、指令系统助记符

在讨论8086每条汇编语言指令之前，先将指令的构成介绍一下。

每条指令的介绍是由 6 个部分构成：

1、指令的助记符和各种各样的操作数在一起。可变的操作数是用小写字母表示。助记符本身和任一固定的操作数是用大写字母表示。

例如：



2、指令的操作说明

3、指令的机器语言编码

4、指令操作例子。对于简单的指令就不举例说明了。

5、指令执行图，此图说明执行本指令时，对标志位，寄存器和存贮器的影响。

6、注释部分中包括如何使用指令的一些短小例子，或在实际情况中更有用的有关指令。

缩写：

下面是与助记符一起介绍操作数时使用的缩写字。

ac 如果指的是 8 位操作则就是AL寄存器。如果指的是16位操作则指的是AX寄存器。在汇编语言指令中用AL或AX寄存器表示。

addr 8086的地址是由两个16位地址组成的。即16位偏移地址和16位段地址。在汇编语言指令中用标号表示。

count 它是 1 或CL寄存器中的内容。在汇编语言指令中用 1 或CL表示。

data 8 位或16位立即数。在汇编语言语句中它代表数据或表达式。

disp 8 位带符号的偏移量用在Jump和带条件的Jump指令中。

disp16　16位二进制偏移量，用在Call，Jump 和 Return 指令中。当用在Jump和Call指令时，用标号表示。在返回指令中，使用数字表达式表示16位偏移量。使用方法将在Return指令中说明。

mem　存贮器操作数。用寻址方式来选择由寻址方式字节指定的操作数。典型是用标号表示，在这种情况下，汇编将选择合适的寻址方式字节，或符号顺序允许选择特殊的寻址方式字节。在指令中由mod r/m表示。

mem/reg　存贮器或寄存器操作数。查阅mem和reg的说明。

port　I/O端口。它将由数据或表达式表示。端口数必须在0_{16}和FF_{16}之间。

reg　如果指定为8位操作，就是AH，AL，BH，BL，CH，CL，DH，DL寄存器。如果指定为16位操作，就是AX，BX，CX，DX，SP，BP，SI，DI寄存器。

segreg段寄存器CS，DS，ES或SS。

在指令代码的介绍中使用了下面的缩写字母：

c　它是1位。用在移位和循环移位指令中。在移位和循环移位指令执行时，要选择1或者CL寄存器中的内容作为移位或循环移位的次数。

C＝0　移位/循环　移位1次

C＝1　移位/循环移位CL寄存器指定的次数。

d　它是1位。用来表示方向，按这个方向执行操作。

disp 这是8位，在Jump和条件Jump指令中作为带符号的二进制偏移量。

jj　两位十六进制数字。用于表示立即数或16位偏移量中的一部分。

kk　两位十六进制数字。用于表示立即数或16位偏移量中的一部分。

mod reg r/m　8位寻址方式字节。

rrr　3位。选择8086通用寄存器之中的一个。

如果

表示为8位操作		表示为16位操作	
rrr＝000	AL	rrr＝000	AX
001	CL	001	CX
010	DL	010	DX
011	BL	011	BX
100	AH	100	SP
101	CH	101	BP
110	DH	110	SI
111	BH	111	DI

s　1位。表示立即数，是否执行符号扩展的立即数。如果用立即数指定16位操作数，如果可能的话，立即数可由程序存贮器空间的一个字节表示。

S解释如下：

S＝0 表示两个字节的立即数，执行无符号扩展。