第 1 部分

预 备 知 识

- ✧ 了解数制的基本知识和数制转换的方法。
- ✧ 了解 8086 处理器的结构和工作方式，初步认识所谓的针对处理器编程，是针对处理器的哪些部件和哪些方面进行的，理解分段的原理。
- ✧ 了解什么是汇编语言，以及如何书写、编译汇编语言源程序，掌握在虚拟机上运行程序的方法。

第1章　十六进制计数法

电子计算机，顾名思义，就是计算的机器。因此，学习汇编语言，就不可避免地要和数字打交道。在这个过程中，我们要用到三种数制：十进制（这是我们再熟悉不过的）、二进制和十六进制。本章的目标是：

1. 熟悉后两种数制，了解这两种数制的计数特点。
2. 能够在这三种数制之间熟练地进行转换，特别是看到一个二进制数时，能够口算出它对应的十六进制数，反之亦然。
3. 对于 0～15 之间的任何一个十进制数，能够立即说出它对应的二进制数和十六进制数。

1.1　二进制计数法回顾

1.1.1　关于二进制计数法

在《穿越计算机的迷雾》那本书里我们已经知道，计算机也是一台机器，唯一不同的地方在于它能计算数学题，且具有逻辑判断能力。

与此同时，我们也已经在那本书里学到，机器在做数学题的时候，也面临着一个如何表示数字的问题，比如你采用什么办法来将加数和被加数送到机器里。

同样是在那本书里，我们揭晓了答案，那就是用高、低两种电平的组合来表示数字。如图 1-1 所示，参与计算的数字通过电线送往计算机器，高电平被认为是“1”，低电平被认为是“0”，这样就形成了一个序列“11111010”，这就是一个二进制数，在数值上等于我们所熟知的二百五，换句话说，等于十进制数 250。

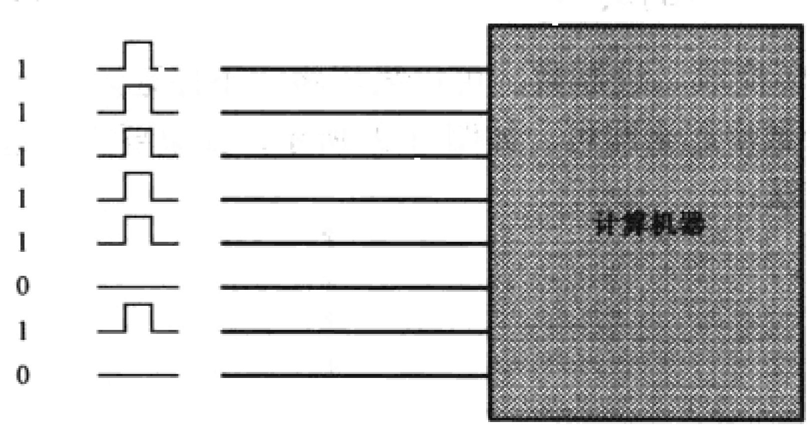

图 1-1　在计算机里，二进制数字对应着高低电平的组合

从数学的角度来看，二进制计数法是现代主流计算机的基础。一方面，它简化了硬件设计，因为它只有两个符号“0”和“1”，要得到它们，可以用最少的电路元件来接通或者关断电路就行了；另一方面，二进制数与我们熟悉的十进制数之间有着一对一的关系，任何一个十进制数都对应着一个二进制数，不管它有多大。比如，十进制数 5，它所对应的二进制数是 101，而十进制数 5785478965147 则对应着一长串“0”和“1”的组合，即 1010100001100001001011010110010011110011011。

组成二进制数的每一个数位，称为一个比特（bit），而一个二进制数也可以看成是一个比特串。很明显，它的数值越大，这个比特串就越长，这是二进制计数法不好的一面。

1.1.2 二进制到十进制的转换

每一种计数法都有自己的符号（数符）。比如，十进制有 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 这十个符号；二进制呢，则只有 0、1 这两个符号。这些数字符号的个数称为基数。也就是说，十进制有 10 个基数，而二进制只有两个。

二进制和十进制都是进位计数法。进位计数法的一个特点是，符号的值和它在这个数中所处的位置有关。比如十进制数 356，数字 6 处在个位上，所以是“6 个”；5 处在十位上，所以是“50”；3 处在百位上，所以是“300”。即：

$$百位 3、十位 5、个位 6=3\times10^2+5\times10^1+6\times10^0=356$$

这就是说，由于所处的位置不同，每个数位都有一个不同的放大倍数，这称为“权”。每个数位的权是这样计算的（这里仅讨论整数）：从右往左开始，以基数为底，指数从 0 开始递增的幂。正如上面的公式所清楚表明的那样，“6”在最右边，所以它的权是以 10 为底，指数为 0 的幂 10^0；而 3 呢，它的权则是以 10 为底，指数为 2 的幂 10^2。

上面的算式是把**十进制**数“**翻译**”成**十进制**数。从十进制数又算回到十进制数，这看起来有些可笑，注意这个公式是可以推广的，可以用它来将二进制数转换成十进制数。

比如一个二进制数 10110001，它的基数是 2，所以要这样来计算与它等值的十进制数：

$$10110001B=1\times2^7+0\times2^6+1\times2^5+1\times2^4+0\times2^3+0\times2^2+0\times2^1+1\times2^0=177D$$

在上面的公式里，10110001B 里的“B”表示这是一个二进制数，“D”则表示 177 是个十进制数。“B”和“D”分别是英语单词 Binary 和 Decimal 的头一个字母，这两个单词分别表示二进位和十进位的意思。

◆ **检测点 1.1**

将下列二进制数转换成十进制数：

1101、1111、1001110、11111111、10000000、1101101100011011

1.1.3 十进制到二进制的转换

为了将一个十进制数转换成二进制数，可以采用将它不停地除以二进制的基数 2，直到商为 0，然后将每一步得到的余数串起来即可。如图 1-2 所示，如果要将十进制数 26 转换成二进制数 11010，那么可采用如下方法：

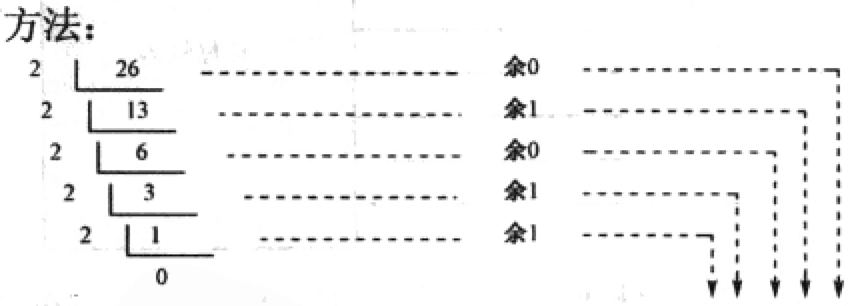

图 1-2 将十进制数 26 转换成二进制数

第 1 步，将 26 除以 2，商为 13，余数为 0；

第 2 步，用 13 除以 2，商为 6，余数为 1；

第 3 步，用 6 除以 2，商为 3，余数为 0；

第 4 步，用 3 除以 2，商为 1，余数为 1；

第 5 步，用 1 除以 2，商为 0，余数为 1，结束。

然后，从下往上，将每一步得到的余数串起来，从左往右书写，就是我们所要转换的二进制数。

◆　**检测点 1.2**

将下列十进制数转换成二进制数：

8、10、12、15、25、64、100、255、1000、65535、1048576

1.2　十六进制计数法

1.2.1　十六进制计数法的原理

二进制数和计算机电路有着近乎直观的联系。电路的状态，可以用二进制数来直观地描述，而一个二进制数，也容易使我们仿佛观察到了每根电线上的电平变化。所以，我们才形象地说，二进制是计算机的官方语言。

即使是在平时的学习和研究中，使用二进制也是必需的。一个数字电路输入什么，输出什么，电路的状态变了，是哪一位发生了变化，研究这些，肯定要精确到每一个比特。这个时候，采用二进制是最直观的。

但是，二进制也有它的缺点。眼下看来，它最主要的缺点就是写起来太长，一点也不方便。为此，人们发明了十六进制计数法。至于为什么要发明另外一套计数方法，而不是依旧采用我们熟悉的十进制，下面就要为大家解释。

一旦知道二进制有两个数符“0”和“1”，十进制有十个数符“0”到“9”，那么我们就会很自然地认为十六进制一定有 16 个数符。

一点没错，完全正确。这 16 个数符分别是 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。

你可能会觉得惊讶，字母怎么可以当做数字来用？这样的话，那些熟悉的英语单词，像 Face（脸）、Bad（坏的）、Bed（床）就都成了数。

这又有什么奇怪的？你觉得“0”、“5”、“9”是数字，而“A”、“B”不是数字，这是因为你已经从小习惯了这种做法。

对于自然数里的前 10 个，十进制和十六进制的表示方法是一致的。但是，9 之后的数，两者的表示方法就大相径庭了，如表 1-1 所示。

表 1-1　部分十进制数和十六进制数对照表

十进制数	十六进制数	十进制数	十六进制数
0	0	17	11
1	1	18	12
2	2	19	13
3	3	20	14
4	4	21	15
5	5	22	16
6	6	23	17
7	7	24	18
8	8	25	19
9	9	26	1A
10	A	27	1B
11	B	28	1C

续表

十进制数	十六进制数	十进制数	十六进制数
12	C	29	1D
13	D	30	1E
14	E	31	1F
15	F	32	20
16	10	33	21

很显然，一旦某个数位增加到 9 之后，下一次，它将变成 A，而不是向前进位，因为这里是逢 16 才进位的。进位只发生在某个数位原先是 F 的情况下，比如 1F，它加一后将会变成 20。

1.2.2 十六进制到十进制的转换

要把一个十六进制数转换成我们熟悉的十进制数，可以采用和前面一样的方法。只不过，计算各个数位的权时，幂的底数是 16。比如将十六进制数 125 转换成十进制数的方法如下：

$$125H=1\times16^2+2\times16^1+5\times16^0=293D$$

上式里，125 后面的“H”用于表明这是一个十六进制数，它是英语单词 Hexadecimal 的头一个字母，这个单词的意思是十六进制。

◆ **检测点 1.3**

将下列十六进制数转换成十进制数：

8、A、B、C、D、E、F、10、1F、6CD、3FE、FFC、FFFF

1.2.3 十进制到十六进制的转换

如图 1-3 所示，相应地，要把一个十进制数转换成十六进制数，则可以采取不停地除以 16 并取其余数的策略。

第 1 次，将 293 除以 16，商为 18，余 5；

第 2 次，用 18 除以 16，商为 1，余 2；

第 3 次，再用 1 除以 16，商为 0，余 1，结束。

然后，从下往上，将每次的余数 1、2、5 列出来，得到 125，这就是所要的结果。

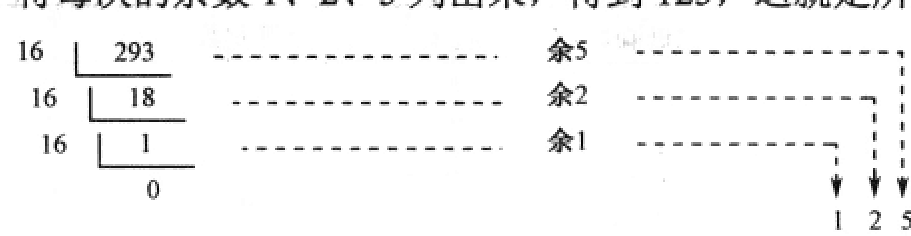

图 1-3 将十进制数 293 转换成十六进制数

◆ **检测点 1.4**

将下列十进制数转换成十六进制数：

8、10、12、15、25、64、100、255、1000、65535、1048576

1.2.4 为什么需要十六进制

为什么我们要发明十六进制计数法？为什么我们要学习它？

提出这样的问题，在我看来很有趣，也很有意义，但似乎从来没有人在书上正面回答过。这样一来，可怜的学子们只能在掌握了十六进制若干年之后，在某一天里自己恍然大悟。

为了搞清楚这个问题，我们不妨来列张表（表 1-2），看看十进制数、二进制数和十六进制数之间，都有些什么有趣的规律和特点。

表 1-2 部分十进制数、二进制数和十六进制数对照表

十进制数	二进制数	十六进制数	十进制数	二进制数	十六进制数
0	0000	0	10	1010	A
1	0001	1	11	1011	B
2	0010	2	12	1100	C
3	0011	3	13	1101	D
4	0100	4	14	1110	E
5	0101	5	15	1111	F
6	0110	6	16	0001 0000	10
7	0111	7	17	0001 0001	11
8	1000	8	55	0011 0111	37
9	1001	9	195	1100 0011	C3

在上面这张表里（表 1-2），每一个二进制数在排版的时候，都经过了“艺术加工”，全都以 4 比特为一组的形式出现。不足 4 比特的，前面都额外加了“0”，比如 10，被写成 0010 的形式。就像十进制数一样，在一个二进制数的前面加多少个零，都不会改变它的值。

注意观察这张表并开动脑子．4 比特的二进制数，可以表示的数是 0000 到 1111，也就是十进制的 0～15，这正好对应于十六进制的 0～F。

在这个时候，如果将它们都各自加 1，那么，下一个二进制数是 0001 0000，与此同时，它对应的十六进制数则是 10，你会发现，它们有着如图 1-4（左边）所示的奇妙对应关系。

图 1-4 十六进制的每一位与二进制数每 4 比特为一组的对应关系

再比如图 1-4（右边）中的二进制数 1100 0011，它与等值的十六进制数 C3 也有着相同的对应关系。

也就是说，如果将一个二进制数从右往左，分成 4 比特为一组的形式，分别将每一组的值转换成十六进制数，就可以得到这个二进制数所对应的十六进制数。

这样一来，如果我们稍加努力，将 0～F 这 16 个数所对应的二进制数背熟，并能换算自如的话，那么，当我们看到一个十六进制数 3F8 时，我们就知道，因为 3 对应的二进制数为 0011，F 对应的二进制数是 1111，8 对应的二进制数是 1000，所以 3F8H＝0011 1111 1000B。

同理，如果一个二进制数是 1101 0010 0101 0001，那么，将它们按 4 比特为一组，分别换算成十六进制数，就得到了 D251。

正如前面所说的，从事计算机的学习和研究（包括咱们马上就要进行的汇编语言程序设计），不可避免地要与二进制数打交道，而且有时还必须针对其中某些比特进行特殊处理。这个时候，

如果想保留二进制数的直观性，同时还要求写起来简短，十六进制数是最好的选择。

◆ **检测点 1.5**

1. 将下列十六进制数转换成二进制数：

   3、A、C、F、20、3F、2FE、FFFF、9FC05D、7CCFFEFF

2. 快速说出以下十进制数所对应的二进制数和十六进制数：

   1、3、5、7、9、11、13、15、0、2、4、6、8、10、12、14

1.3 使用 Windows 计算器方便你的学习过程

和十进制数一样，二进制数和十六进制数也可以进行加、减、乘、除运算。比如，两个十六进制数 F 和 A 相乘，结果是十六进制数 96。从十进制的角度来看这个计算过程，就是两个十进制数 15 和 10 相乘，结果为 150。

在学习汇编语言程序设计的过程中，出于解决实际问题的需要，经常要在编写程序时做一些计算工作。十进制就不说了，我们都很熟悉，计算起来驾轻就熟。但是，如果是几个二进制数进行加减乘除，或者几个十六进制数加减乘除，就很困难了。想想看，为了做十进制乘法，我们要背九九乘法口诀。而十六进制有 16 个基数，它的乘法口诀就更多了。

这本书的目的不是教会你十六进制四则运算的方法和步骤，不是这样的。相反，我希望你能借助于一些工具来快速得到计算结果，从而把更多的精力放到学习汇编语言上。

不是所有知识都应当放在脑子里，要善于利用工具！

为了将较大的数转换成不同的数制，或者进行某种数制的四则运算，可以使用 Windows 计算器。这是一个小软件，每个版本的 Windows 操作系统都有，你应该很熟悉，其界面如图 1-5 所示。注意，如果该程序运行后的界面与此不同，则可以通过选择菜单“查看”->“程序员”进行更改。

图 1-5　Windows 计算器

计算器软件的使用方法并不复杂，只需稍加练习即可掌握。比如，选择单选钮“十六进制”，然后输入一个十六进制数。此时，如果你再选择单选钮“十进制”，则刚才输入的内容就会立即变成十进制的形式，这就是进行数制转换的一个例子。

◆ **检测点 1.6**

1. 用计算器程序将 FFCH 转换成十进制数和二进制数；
2. 用计算器程序计算 FFCH 乘以 27C0H 的结果，并转换成二进制数。

本 章 习 题

1. 口算：

5H=___D　　12D=___H　　0FH=___D=___B

0CH=___D=___B　　0AH=___D=___B　　8D=___H=___B

0BH=___D=___B　　0EH=___D=___B　　10H=___D=___B

2. 口算：

10010B=___H　　15H=___B　　8FH=___B　　200H=___B　　111111111B=___H