

北京市高等教育学历文凭考试计算机专业教材

# IBM-PC 汇编语言程序设计

熊桂喜 编著



科学出版社

北京市高等教育学历文凭考试计算机专业教材

# IBM-PC 汇编语言 程序设计

熊桂喜 编著

科学出版社

2000

## 内 容 简 介

本书是根据国务院发布的《高等教育自学考试暂行条例》，以及北京市高等教育自学考试委员会关于《高等教育学历文凭考试课程大纲》编写的，其内容的深度和广度符合大纲要求。

本书较系统地介绍了基于 Intel 8086/8088 CPU 的 IBM 宏汇编语言程序设计的基本知识、基本原理和程序设计技术。

全书共分 12 章。第一、二章介绍了 IBM-PC 的基础知识；第三章介绍了寻址方式及指令系统，第四章介绍了组织汇编程序所需的伪指令及操作符、程序结构；第五、六章以大量实例介绍了用汇编语言编程的基本技术；第七章介绍了宏和结构；第八~十一章介绍了用汇编语言进行 I/O 程序设计的技术；第十二章简要介绍了多模块程序设计技术。各章内容结构清晰，重点突出。每章后还附有一定数量的习题。

本书由北京市高等教育自学考试委员会推荐使用，不仅可作为高等教育自学考试计算机专业文凭考试课程的理想教材，还可以作为各类高等专科学校、职工大学、职业大学、夜大学，以及函授大学等大专类“汇编语言”课程的教材与教学参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

IBM-PC 汇编语言程序设计/熊桂喜编著. 北京: 科学出版社, 1998  
北京市高等教育学历文凭考试计算机专业教材  
ISBN 7-03-006814-9

I. IBM… II. 熊… III. 汇编语言-程序设计-高等教育-教材 R. TP312  
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 16506 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码: 100717

北京双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

1998 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16  
2000 年 8 月第 三 次印刷 印张: 16 1/2  
印数: 9 001—13 000 字数: 367 000

定价: 21.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<杨小>)

## 序

高等教育学历文凭考试,是我国高等教育事业发展过程中出现的一个新生事物。它是社会力量办学与国家考试相结合,以宽进严出、教考分离、全日制教学为特点的高等教育形式。这种形式从它产生之日起,就受到社会各界的重视和赞誉,认为它为我国社会主义经济建设对人才的大量需求又提供了一种培养手段,同时它也得到了国家有关领导同志的称赞,认为这是“穷国办大教育”的一条好的途径。北京在全国是最早进行这项试点工作的,目前有 24 所民办高校参加,开设的专业有 16 个,在校生 3 万余人,年均招生规模都在万人左右,其中计算机应用专业 1997 年成为招生规模最大的专业。经过五年的实践和总结,特别是结合国家为民办高等教育培养目标“应用性、职业性”定位的理解,我们感到,我市试点工作在发展过程中,基本建设做得还不够,这其中 一个表现就是抓教材建设做得不够,特别是目前市场上还缺乏与高等职业技术教育相匹配的有关教材,导致目前参加文凭考试的民办学校在教学上基本上是借用普通高校的教材,因而教材与培养要求上的矛盾就尤显突出。

我们非常感谢的是,北京航空航天大学计算机系非常积极和认真地提出了要组织编写一套适合这种考试的教材的建议,并做了很具体的安排。北京航空航天大学的许多专家、教授克服了学校教学、科研任务繁忙的困难,按时、保质地完成了撰稿工作。同时此项工作也得到了科学出版社有关同志的大力配合,没有他们耐心、细致地做组稿和出版等工作,这套教材能这样快地面世是不可想象的。

经过各方的通力协作,今天这套教材终于可以奉献给大家了。我们觉得这套教材基本上体现了高等教育学历文凭考试计算机应用专业培养方向上的要求,在内容上也是科学、严谨的,我们同意把这套教材作为推荐使用的教材。同时,我们也希望社会各界对这套教材有什么意见和建议,能及时反馈给我们,以便使它不断完善。

谢谢大家。

北京市高等教育自学考试委员会办公室

1998 年 6 月 12 日

## 前 言

《IBM-PC 汇编语言程序设计》几乎是所有计算机专业的一门专业必修课。学习汇编语言的要求有：

- (1) 加深对于微机结构及其内部运行过程的理解。
- (2) 掌握 Intel 8086/8088 的宏汇编语言,了解其语言成分、语法结构,能够读懂和编写汇编语言程序。
- (3) 了解 IBM-PC 的 BIOS,MS-DOS 的支持基础,掌握 BIOS,MS-DOS 的功能调用方法,并能运用主要的功能调用。
- (4) 了解 IBM-PC 主要外部设备的工作原理及简单编程方法。
- (5) 掌握汇编语言的编程、调试技术,能够以汇编语言为工具,解决一些与数据结构、外部设备、系统硬件有关的实际问题。

按照上述要求,并结合大专教学特点,我们编写了本教材。全书共分 12 章,内容如下:

- 第一、二章介绍了 IBM-PC 的基础知识。
- 第三章介绍了指令系统及寻址方式。
- 第四章介绍了伪指令、操作符和汇编语言程序格式,以及上机调试的过程和方法。
- 第五、六章结合汇编语言程序结构知识,介绍了基本编程知识。
- 第七章简要介绍了宏及结构。
- 第八章介绍了 I/O 程序设计的基本技术,重点介绍了用汇编语言设计中断处理程序的内容。
- 第九章介绍了 DOS,BIOS 功能调用的方法及应用。
- 第十章简要介绍了两种显示卡的图形程序设计。
- 第十一章简要介绍了 DOS 句柄式文件访问技术。
- 第十二章简要介绍了多模块程序设计技术。

汇编语言是一门学习及讲授难度比较大的课程,它内容枯燥,需要记忆的东西较多,要了解的机器知识及编程技巧也较多。本教材在许多内容上专为大专课程要求作了调整。例如减少了指令的介绍,对复杂的数据结构及技巧也不作要求。但一些基本指令、基本结构、解决基本问题的方法仍是必不可少的。对学生的动手编程、上机调试能力也有要求。但本书内容在讲授和学习时,可以有所取舍。

限于作者水平,本书难免有错误及疏漏之处,欢迎读者指正。

编 者  
1998 年 7 月

# 目 录

## 序 前 言

<b>第一章 基础知识</b> .....	( 1 )
1.1 数制及数制间的转换 .....	( 1 )
1.1.1 二进制数、十进制数及十六进制数 .....	( 1 )
1.1.2 二进制数与十进制数之间的转换 .....	( 2 )
1.1.3 十六进制数与二进制数、十进制数之间的转换 .....	( 3 )
1.2 二进制数与十六进制数的运算 .....	( 5 )
1.2.1 二进制数和十六进制数的算术运算 .....	( 5 )
1.2.2 二进制数和十六进制数的逻辑运算 .....	( 6 )
1.3 ASCII 码和 BCD 码 .....	( 7 )
1.4 数值与编码的转换 .....	( 8 )
1.5 本章小结 .....	( 9 )
<b>第二章 IBM-PC 计算机组织</b> .....	( 11 )
2.1 IBM-PC 微型计算机的基本结构 .....	( 11 )
2.2 IBM-PC 上的软件与汇编语言 .....	( 12 )
2.2.1 系统软件和应用软件 .....	( 12 )
2.2.2 高级语言、汇编语言、机器语言 .....	( 13 )
2.2.3 汇编语言的开发环境 .....	( 14 )
2.3 Intel8086/8088CPU 的寄存器结构 .....	( 14 )
2.3.1 通用寄存器 .....	( 15 )
2.3.2 段寄存器 .....	( 17 )
2.3.3 指令指针 .....	( 18 )
2.3.4 标志寄存器 .....	( 18 )
2.4 PC 机的内存组织 .....	( 20 )
2.4.1 内存地址与字节、字的存放 .....	( 20 )
2.4.2 内存地址的分段 .....	( 22 )
2.4.3 物理地址和逻辑地址 .....	( 24 )
2.4.4 实际内存分配方法 .....	( 25 )
2.5 堆栈 .....	( 26 )
2.5.1 堆栈在哪里 .....	( 26 )
2.5.2 堆栈操作 .....	( 26 )
2.6 本章小结 .....	( 28 )
<b>第三章 寻址方式与指令系统</b> .....	( 30 )
3.1 指令格式 .....	( 30 )
3.1.1 指令的汇编语言格式 .....	( 30 )
3.1.2 指令的机器语言格式 .....	( 31 )
3.2 寻址方式 .....	( 33 )
3.2.1 与数据有关的寻址方式 .....	( 33 )

3.2.2	与转移地址有关的寻址方式	( 37 )
3.3	指令系统	( 40 )
3.3.1	数据传送指令	( 41 )
3.3.2	算术运算指令	( 44 )
3.3.3	逻辑指令	( 49 )
3.3.4	控制转移指令	( 52 )
3.4	本章小结	( 59 )
<b>第四章</b>	<b>汇编语言程序格式</b>	<b>( 61 )</b>
4.1	分段式程序结构	( 61 )
4.1.1	一个排序的汇编语言程序例子	( 61 )
4.1.2	语句格式	( 62 )
4.1.3	标号和符号名	( 64 )
4.1.4	程序中的段和过程	( 64 )
4.2	定义程序结构的伪指令	( 66 )
4.2.1	段定义伪指令	( 66 )
4.2.2	过程定义伪指令	( 69 )
4.2.3	定位伪指令 ORG	( 69 )
4.2.4	END 及其他程序结构伪指令	( 70 )
4.3	数据定义与内存分配	( 70 )
4.3.1	常数和常量	( 70 )
4.3.2	变量与变量的定义	( 71 )
4.3.3	数据定义时用到的操作符和表达式	( 73 )
4.4	表达式与操作符	( 75 )
4.4.1	表达式	( 75 )
4.4.2	算术操作符	( 75 )
4.4.3	逻辑操作符	( 76 )
4.4.4	关系操作符	( 76 )
4.4.5	数值回送操作符	( 76 )
4.4.6	属性操作符	( 78 )
4.4.7	操作符的运算优先级	( 80 )
4.4.8	LABEL 伪指令	( 81 )
4.5	汇编、连接和运行	( 81 )
4.5.1	汇编与连接	( 81 )
4.5.2	LST 文件	( 82 )
4.5.3	MAP 文件	( 84 )
4.6	程序的调试与 DEBUG	( 85 )
4.6.1	DEBUG 的主要命令	( 85 )
4.6.2	用 DEBUG 调试程序	( 92 )
4.7	本章小结	( 96 )
<b>第五章</b>	<b>分支与循环程序设计</b>	<b>( 99 )</b>
5.1	顺序程序设计	( 99 )
5.2	分支程序设计	( 105 )
5.2.1	分支程序的结构形式	( 105 )

5.2.2	转移分支 .....	(105)
5.2.3	用跳转表实现多路转移 .....	(108)
5.3	循环程序设计 .....	(111)
5.3.1	循环程序的结构形式 .....	(111)
5.3.2	循环程序实例 .....	(112)
5.3.3	多重循环程序设计 .....	(118)
5.4	串处理 .....	(120)
5.4.1	串处理指令 .....	(120)
5.4.2	串操作指令的运用 .....	(123)
5.4.3	串处理应用的例子 .....	(125)
5.5	本章小结 .....	(130)
<b>第六章</b>	<b>子程序结构 .....</b>	<b>(132)</b>
6.1	子程序的设计方法 .....	(132)
6.1.1	过程的定义 .....	(132)
6.1.2	过程的调用和返回 .....	(132)
6.2	编写子程序的注意事项 .....	(133)
6.2.1	正确地切分子程序 .....	(134)
6.2.2	确定接口参数及参数传递方法 .....	(135)
6.2.3	保存环境信息 .....	(135)
6.2.4	保持堆栈平衡 .....	(136)
6.2.5	参数传递实例 .....	(137)
6.3	子程序举例 .....	(141)
6.4	子程序嵌套和递归 .....	(144)
6.5	本章小结 .....	(148)
<b>第七章</b>	<b>高级汇编语言技术 .....</b>	<b>(150)</b>
7.1	宏 .....	(150)
7.1.1	宏的定义 .....	(150)
7.1.2	宏调用 .....	(151)
7.1.3	宏展开 .....	(151)
7.1.4	运用宏的实例 .....	(152)
7.1.5	宏与子程序 .....	(154)
7.2	结构 .....	(154)
7.2.1	结构的定义 .....	(154)
7.2.2	结构的预置与内存分配 .....	(155)
7.2.3	访问结构变量及其字段 .....	(155)
7.2.4	结构使用实例 .....	(157)
7.3	本章小结 .....	(159)
<b>第八章</b>	<b>输入/输出程序设计 .....</b>	<b>(161)</b>
8.1	输入/输出指令 .....	(161)
8.1.1	I/O 端口 .....	(161)
8.1.2	IN/OUT 指令 .....	(162)
8.1.3	I/O 端口寻址方式 .....	(162)
8.2	输入/输出控制方式 .....	(163)



8.2.1	程序控制的 I/O 方式	(163)
8.2.2	中断控制方式	(165)
8.2.3	直接内存访问(DMA)方式	(165)
8.3	中断控制方式	(167)
8.3.1	中断	(167)
8.3.2	中断源	(167)
8.3.3	中断优先级	(170)
8.3.4	中断向量表	(171)
8.3.5	中断过程	(171)
8.4	编写中断处理程序	(172)
8.4.1	INT 类指令和 IRET 指令	(173)
8.4.2	DOS 提供的中断设置支持	(173)
8.4.3	中断处理程序举例	(174)
8.5	本章小结	(178)
<b>第九章</b>	<b>BIOS 和 DOS 中断</b>	<b>(180)</b>
9.1	BIOS 中断调用	(180)
9.2	DOS 中断调用	(181)
9.3	键盘 I/O 调用	(181)
9.3.1	有关键盘输入的基本知识	(181)
9.3.2	BIOS 键盘功能调用	(183)
9.3.3	DOS 键盘功能调用	(185)
9.4	显示 I/O 调用	(187)
9.4.1	显示模式与字符属性	(187)
9.4.2	BIOS 显示功能调用	(189)
9.4.3	DOS 显示功能调用	(194)
9.5	BIOS 及 DOS 中的时间功能调用	(194)
9.5.1	DOS 时间功能调用	(194)
9.5.2	BIOS 时间功能调用	(195)
9.6	本章小结	(198)
<b>第十章</b>	<b>单色和彩色图形显示</b>	<b>(200)</b>
10.1	显示卡与显示缓冲区	(200)
10.2	字符显示缓冲区的组织	(201)
10.3	CGA 卡图形模式下的编程	(204)
10.4	HGC 图形方式下的编程	(209)
10.5	本章小结	(215)
<b>第十一章</b>	<b>磁盘文件访问技术</b>	<b>(216)</b>
11.1	访问文件的基本过程	(216)
11.2	DOS 提供的文件功能调用	(216)
11.2.1	基于文件句柄的 DOS 功能调用	(216)
11.2.2	路径名和 ASCII 串	(218)
11.2.3	句柄、错误代码及文件属性	(218)
11.2.4	文件打开方式与读写指针移动方式	(219)
11.3	文件操作举例	(220)

---

11.4 本章小结 .....	(224)
<b>第十二章 模块化程序设计 .....</b>	<b>(226)</b>
12.1 多模块程序设计 .....	(226)
12.1.1 多个模块中的段定义 .....	(226)
12.1.2 模块间的变量传递 .....	(227)
12.1.3 子程序参数传递 .....	(227)
12.1.4 举例 .....	(227)
12.2 C与汇编的连接 .....	(229)
<b>附录 I Intel 8086/8088 指令系统一览表 .....</b>	<b>(231)</b>
<b>附录 II 北京市高等教育学历文凭考试“8086 汇编语言”课程考试大纲 .....</b>	<b>(240)</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>(248)</b>

# 第一章 基础知识

在讲授汇编语言的指令、伪指令等内容之前,先介绍二进制、十进制、十六进制及ASCII码、BCD码以及数制与代码之间相互转换的知识。正确地理解数制之间的转换关系、数值与代码之间的关系,是学习汇编语言的基础。

对于具有一定计算机基础知识的读者,可将本章内容作为一个总结或复习。

## 1.1 数制及数制间的转换

目前计算机内部都采用二进制(binary)数进行操作和运算,因为这种方式比较符合机器的特点。在人们的日常生活中,表达及思维时,更习惯于使用十进制(decimal)数,它是一般算术和数学的基础。在表达和描述计算机中的内容时,还常用到十六进制(hexadecimal)数。二进制、十进制、十六进制,是我们与计算机打交道时经常用到的三种计数制。在一些高级语言中,还用到了八进制数,但在本书讲解的过程中,主要用到的是前三种数制。

### 1.1.1 二进制数、十进制数及十六进制数

逢十进位是十进制数的基本特点之一。实际上,这种进位计数是一种通用的方法,它同样适用于其他计数制,只不过它可能是“逢2进1”(二进制)或“逢16进1”(十六进制)。

以十进制为例,一个任意十进制数可表示为:

$$a_n a_{n-1} \cdots a_0 . b_1 b_2 \cdots b_m$$

其含意是:

$$a_n \times 10^n + a_{n-1} \times 10^{n-1} + \cdots + a_0 \times 10^0 + b_1 \times 10^{-1} + b_2 \times 10^{-2} + \cdots + b_m \times 10^{-m}$$

其中, $a_i (i=1, 2, \cdots, n)$ 及 $b_j (j=1, 2, \cdots, m)$ 是0,1,2,3,4,5,6,7,8,9十个数码中的任意一个。

上式中对应于每位数字的 $10^k$ 称为该位数字的权(即常说的个位、十位、百位……)。一个数值即是每位数字乘以它的权值相加的结果。例如:

$$12345.67 = 1 \times 10^4 + 2 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 4 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 6 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2}$$

前面的公式同样适用于其他计数制。基数为 $r$ 的 $r$ 进制数的值可以表示为:

$$a_n \times r^n + a_{n-1} \times r^{n-1} + \cdots + a_0 \times r^0 + b_1 \times r^{-1} + b_2 \times r^{-2} + \cdots + b_m r^{-m}$$

其中 $a_i, b_j$ 可以是0,1,2,3,4,5,6,7,8,9中的任一个数码, $r^k$ 则为各位数相应的权。

对于二进制数,上述公式中的 $r$ 值为2;对于十六进制数,上述公式中的 $r$ 值为16。

由于二进制数的基数为2,因而每位数字只能为0或1,且遵循逢二进一的规则。各位数的权值为 $2^k$ 。因此,前面的公式可以写为:

$$a_n \times 2^n + a_{n-1} \times 2^{n-1} + \dots + a_0 \times 2^0 + b_1 \times 2^{-1} + b_2 \times 2^{-2} + \dots + b_m \times 2^{-m}$$

其中,  $a_i, b_j$  只能为 0, 1 两个数码中的一个。

按照上述公式, 一个 101010 的二进制数值为:

$$1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 42_{10}$$

最后结果  $42_{10}$  是一个十进制数, 其下标表示的是此数的基数。转换成这样的结果, 人们更易于理解, 但实际上,  $101010_2$  与  $42_{10}$  是相同的数值。

$n$  位二进制数可以表示  $2^n$  个数(对应的  $n$  位十进制数可以表示  $10^n$  个数)。例如, 4 位二进制数可以表示  $2^4$  个数, 即 0~15 共 16 个数(在谈到“真正”的值、个数时, 仍用十进制作为参考值), 它们是:

二进制数	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111
十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7
二进制数	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
十进制数	8	9	10	11	12	13	14	15

上述表中的 16 个二进制数以后会经常用到, 应该记住。

如果理解了二进制数, 则学习十六进制数就比较容易。十六进制的基数为 16, 且遵循逢 16 进 1 的规则。每位数的数码为 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F; 其中, A, B, C, D, E, F 分别对应于十进制数的 10, 11, 12, 13, 14, 15。十六进制数第  $k$  位数的权值为  $16^k$ 。因此, 表示一个十六进制数的公式为:

$$a_n \times 16^n + a_{n-1} \times 16^{n-1} + \dots + a_0 \times 16^0 + b_1 \times 16^{-1} + b_2 \times 16^{-2} + \dots + b_m \times 16^{-m}$$

其中,  $a_i, b_j$  为 0, 1, ..., 9, A, B, ..., F 中的任意一个数。

例如, 一个  $213B_{16}$  的十六进制数, 其值为:

$$213B_{16} = 2 \times 16^3 + 1 \times 16^2 + 3 \times 16^1 + 11 \times 16^0 = 8507_{10}$$

在本书及其他书籍中, 表示一个数的计数制时, 常用如下符号:

D —— 十进制数; B —— 二进制数; H —— 十六进制数

例如,  $2136H, 8502D, 101010B$ ; 如果省略最后一个字母, 则表示它是一个十进制数。

### 1.1.2 二进制数与十进制数之间的转换

数值在机器内部进行存储和处理时, 必须使用二进制数, 而在输入输出过程中时, 常常采用十进制数, 这就需要在两种数制之间进行转换。

#### 1. 二进制数转换成十进制数

将每位二进制数码乘以与该数码对应的权值, 再将乘积相加, 即得到对应的十进制数。例如:

$$11111100\text{B}=2^7+2^6+2^5+2^4+2^3+2^2=252\text{D}$$

## 2. 十进制数转换成二进制数

将十进制数转换成二进制数的办法很多,但最常见的,且最符合于常规思维习惯的是除法。具体做法是:将要转换的十进制数(整数)不断地除以2,并记下余数,直到商为0时为止。例如:

252D	—	252/2=126	余0
		126/2=63	余0
		63/2=31	余1
		31/2=15	余1
		15/2=7	余1
		7/2=3	余1
		3/2=1	余1
		1/2=0	余1

将余数从后往前排列,得到11111100B,这就是转换的结果。

### 1.1.3 十六进制数与二进制数、十进制数之间的转换

虽然在计算机内部数的存储和运算本质上都是二进制数,但如果要说明给人看,则既不易阅读、书写,也太啰嗦。例如 $252\text{D}=11111100\text{B}$ ,这一长串数字是很难一眼看出它的值的。十进制数虽易理解,但它与二进制数之间的对应关系却不直观。一种更常用的数便是十六进制数,因为它的1位可以对应于二进制数的4位,非常简炼。 $252\text{D}=11111100\text{B}=F\text{CH}$ ,FCH就很简炼。更重要的是,这种表示方法与计算机中的运算器及存储器的对应关系也很直接。

计算机中存储信息的最小单位是“位”或“比特(bit)”,这与二进制的1位数相对应。但计算机中的字符一般是由8位二进制数组成的一个“字节(byte)”来表示,计算机存储器的基本单位是字节。计算机的字长一般都为字节的倍数,如8位、16位、32位、64位等。无论是字节还是字,都刚好是16进制数的整数倍,如一个字节可以用两个十六进制位来表示。例如,字节11101110B的十六进制数为EEH。

#### 1. 二进制数转换成十六进制数

二进制数转换成十六进制数,只需从低位往高位,每4位一组,然后找出对应的十六进制数即可。例如:

$$1001111\text{B}=01001111\text{B}=4\text{FH}$$

#### 2. 十六进制数转换成二进制数

将十六进制数转换成二进制数时,采用上面转换的逆过程,即一个十六进制数位对应于4个二进制数位。例如:

$$66FH = 011001101111B = 11001101111B$$

上例中的 6, 6, F 分别对应的 4 位二进制数为 0110, 0110, 1111, 组织到一起为 011001101111B。也可去掉高位 0, 得 11001101111B。

实际运算中更常见的是十六进制数与十进制数的相互转换。

### 3. 十六进制数转换成十进制数

将各位十六进制数与对应的权值相乘, 其结果相加, 即为对应的十进制数。例如:

$$\begin{aligned} FFFFH &= 15 \times 16^3 + 15 \times 16^2 + 15 \times 16^1 + 15 \times 16^0 \\ &= 15 \times 4096 + 15 \times 256 + 15 \times 16 + 15 \times 1 \\ &= 65535D \end{aligned}$$

### 4. 十进制数转换成十六进制数

将十进制数转换成十六进制的方法主要有除法和降幂法。

• **降幂法。**采用降幂法来将十进制数转换成十六进制数的方法是: 先根据要转换的十进制数值, 找出小于或等于该数的最接近的十六进制权值, 然后找出该数中包含此数值的倍数, 用原数减去此倍数与权值的乘积, 记下倍数。差值作为新的十进制数重复上述运算, 直到差值为零。例如将 65534D 转换成十六进制数结果如下:

$$\begin{array}{ll} 65534D - 15 \times 16^3 = 65534 - 15 \times 4096 = 4094 & \text{--- 倍数为 15} \\ 4094 - 15 \times 16^2 = 4094 - 15 \times 256 = 254 & \text{--- 倍数为 15} \\ 254 - 15 \times 16^1 = 254 - 15 \times 16 = 14 & \text{--- 倍数为 15} \\ 14 - 14 \times 16^0 = 14 - 14 = 0 & \text{--- 倍数为 14} \end{array}$$

将上式中的各阶段倍数 15, 15, 15, 14 按顺序组成对应的十六进制数码, 即为 FFFE<sub>H</sub>。

降幂法的困难在于难于找出第一个最接近的十六进制数位的权值。

• **除法。**把要转换的十进制数(整数)不断除以 16, 并记下余数, 直到商为 0 时为止。最后将所得的余数倒序排列, 即为所求的十六进制数。例如将 65534D 转换成十六进制数:

$$\begin{array}{ll} 65534D \text{ --- } 65534/16 = 4095 & \text{余 14} \\ & 4095/16 = 255 & \text{余 15} \\ & 255/16 = 15 & \text{余 15} \\ & 15/16 = 0 & \text{余 15} \end{array}$$

将余数从后往前排列, 即得 FFFE<sub>H</sub>。

采用除法转换时必须先缓存余数。

实际编程运算时, 降幂法和除法都常被采用。

## 1.2 二进制数与十六进制数的运算

### 1.2.1 二进制数和十六进制数的算术运算

二进制数算术运算规则如下:

加法规则:	乘法规则:
$0+0=0$	$0\times 0=0$
$0+1=1$	$0\times 1=1$
$1+0=1$	$1\times 0=0$
$1+1=0(\text{进位}1)$	$1\times 1=1$

十六进制数的运算与十进制数的运算相似,只不过要记住权值为16的 $n$ 次方,应“逢16进1”,而不是“逢10进1”。例如:

$$9999\text{H} + 9999\text{H} = 13332\text{H} \quad \begin{array}{r} 9999\text{H} \\ + 9999\text{H} \\ \hline 13332\text{H} \end{array}$$

如果不是“逢16进1”,按照十进制的“逢10进1”,就会变成“19998”。

$$\text{又如: } 1333\text{H} - 999\text{H} = 99\text{AH} \quad \begin{array}{r} 1333\text{H} \\ - 999\text{H} \\ \hline 99\text{AH} \end{array}$$

减法时,如果某位数不够减,会向前借位,借来的位是“以1当16”,而不是“以1当10”。因此,上面的结果不应是334。

前面介绍过,计算机内部的数都是二进制的。带符号的二进制数在表示时,常采用“补码”,二进制数的减法运算,实质上是被减数与减数的补码相加。例如:

$$-117\text{D} = -0000\ 0000\ 0111\ 0101\text{B}$$

它的补码为:

$$1111\ 1111\ 1000\ 1011$$

$$\text{于是: } 118\text{D} - 117\text{D} = 118\text{D} + (-117\text{D})$$

用补码做减法运算时,过程如下:

$$\begin{array}{r} 0000\ 0000\ 0111\ 0110 \\ + 1111\ 1111\ 1000\ 1011 \\ \hline 1\ 0000\ 0000\ 0000\ 0001 \end{array}$$

去掉最高位的进位,结果为0000000000000001B,即1D。

二进制负数补码的基本规则是“各位变反,末位再加1”。

这里只简单地介绍了减法的基本规则,详细的补码运算,包括二进制数、十六进制数的小数运算、补码运算等,限于篇幅,这里不再介绍。

### 1.2.2 二进制数和十六进制数的逻辑运算

逻辑运算是二进制数的“按位”运算,无进位关系。由于1个十六进制数位对应于4个二进制数位,所以十六进制数的逻辑运算,本质上是二进制数的逻辑运算。常见的逻辑运算有“与”、“或”、“非”、“异或”四种。

#### 1. “与(AND)”运算

“与”运算也称为逻辑乘,可用符号 $\cdot$ 或 $\wedge$ 表示。两位 $A$ 和 $B$ 相与时,只有当 $A$ 和 $B$ 都为1时,结果才为1,否则,结果为0。即:

$$\begin{array}{ll} 0 \wedge 0 = 0 & 0 \wedge 1 = 0 \\ 1 \wedge 0 = 0 & 1 \wedge 1 = 1 \end{array}$$

#### 2. “或(OR)”运算

“或”运算也称逻辑加,可用符号 $+$ 或 $\vee$ 来表示。两位 $A$ 和 $B$ 相或时,只要 $A$ 和 $B$ 中的任一位为1,结果便为1; $A$ 和 $B$ 都为0时,结果才为0。即:

$$\begin{array}{ll} 0 \vee 0 = 0 & 0 \vee 1 = 1 \\ 1 \vee 0 = 1 & 1 \vee 1 = 1 \end{array}$$

#### 3. “异或(XOR)”运算

“异或”运算可用符号 $\underline{\vee}$ 表示。两位 $A$ 和 $B$ 相异或时,如果 $A$ 和 $B$ 分别为1,0或0,1,则结果为1;如果 $A$ 和 $B$ 都为0或都为1,则结果为0。即:

$$\begin{array}{ll} 0 \underline{\vee} 1 = 1 & 1 \underline{\vee} 0 = 1 \\ 0 \underline{\vee} 0 = 0 & 1 \underline{\vee} 1 = 0 \end{array}$$

#### 4. “非(NOT)”运算

如变量为 $A$ ,则它的“非”用 $\bar{A}$ 表示。“非”运算的结果是该位变反。即:

$$\bar{0} = 1 \quad \bar{1} = 0$$

由于逻辑运算是按位操作的,所以多位操作时,每位分别运算。例如: $X = 00FFH$ , $Y = 5555H$ ,这两个变量都是一个16位的二进制数,则它们的各种运算结果如下:

$$X = 00FFH = 0000\ 0000\ 1111\ 1111B$$

$$Y = 5555H = 0101\ 0101\ 0101\ 0101B$$

$$\text{与: } X \wedge Y = 0000\ 0000\ 0101\ 0101B = 0055H$$

$$\text{或: } X \vee Y = 0101\ 0101\ 1111\ 1111B = 55FFH$$

$$\text{异或: } X \underline{\vee} Y = 0101\ 0101\ 1010\ 1010B = 55AAH$$

$$\text{非: } \bar{Y} = 1010\ 1010\ 1010\ 1010B = AAAAH$$



### 1.3 ASCII 码和 BCD 码

二进制数或十六进制数对计算机的操作和运算十分方便,但二进制数或十六进制数的值与人们的日常生活中习惯的十进制数值之间要进行转换,很不直观。为了便于计算机直接对十进制数进行存储和运算,便产生了用二进制编码的十进制数,这就是 BCD 码(Binary Coded Decimal)。每 1 位十进制数用 4 位二进制数表示。这 4 位二进制数通常用 8421 编码方式,即用 4 位二进制数 0000B~1001B 表示十进制数 0~9,其余的 4 位二进制数 1010B~1111B(即十六进制数的 A~F)不用。

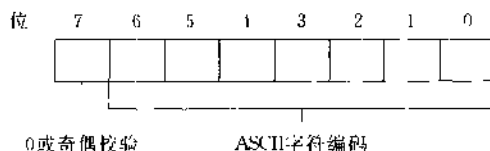
在实践中,用一个字节来表示 BCD 码时,有两种方式。第一种方式,用一个字节的高 4 位及低 4 位各表示 1 个十进制数码,称为压缩的 BCD 码;第二种方式,用一个字节的低 4 位表示 1 个十进制数,高 4 位为零,这种方式称为非压缩 BCD 码或直接称为 BCD 码。例如:

压缩 BCD 码:        0101 0101B     表示十进制数 55  
非压缩 BCD 码:     00000101B     表示十进制数 5,不是 05

当一个字节中的值是 BCD 码或压缩 BCD 码时,它代表的值与对应的十六进制值不同。例如 1 字节的压缩 BCD 码 55,存放于 8 位中,为 01010101B,如果理解成十六进制数值 55H 就不对了,因为 55H=85D。这里的根本区别是压缩 BCD 码高 4 位和低 4 位各自独立,没有权值的含义在其中。

#### ASCII 码

计算机在输入、存储和输出字符(也包括数字字符)时,常采用某种编码。在这种编码方式下,每一个字符都用一个字节中的某个值来代表(也有不用 1 字节的其他编码),每个字符都用一个唯一的值来表示。其中,IBM-PC 机和现代大多数计算机,都采用 ASCII 码。ASCII 码是“美国信息交换标准码(American Standard Code for Information Interchange)”的英文首字母缩写。它用 1 个字节中的低 7 位表示字符编码,最高位(第 7 位)为 0 或用于奇偶校验位(parity bit)。



标准的 ASCII 码共有 128 个字符,分为可打印的 ASCII 码字符及非打印的 ASCII 码字符两大类。表 1.1 列出了主要的 ASCII 码。

可打印的 ASCII 码字符共有 95 个,主要的有:

26 个大写字母 A~Z                      41H~5AH  
26 个小写字母 a~z                        61H~7A