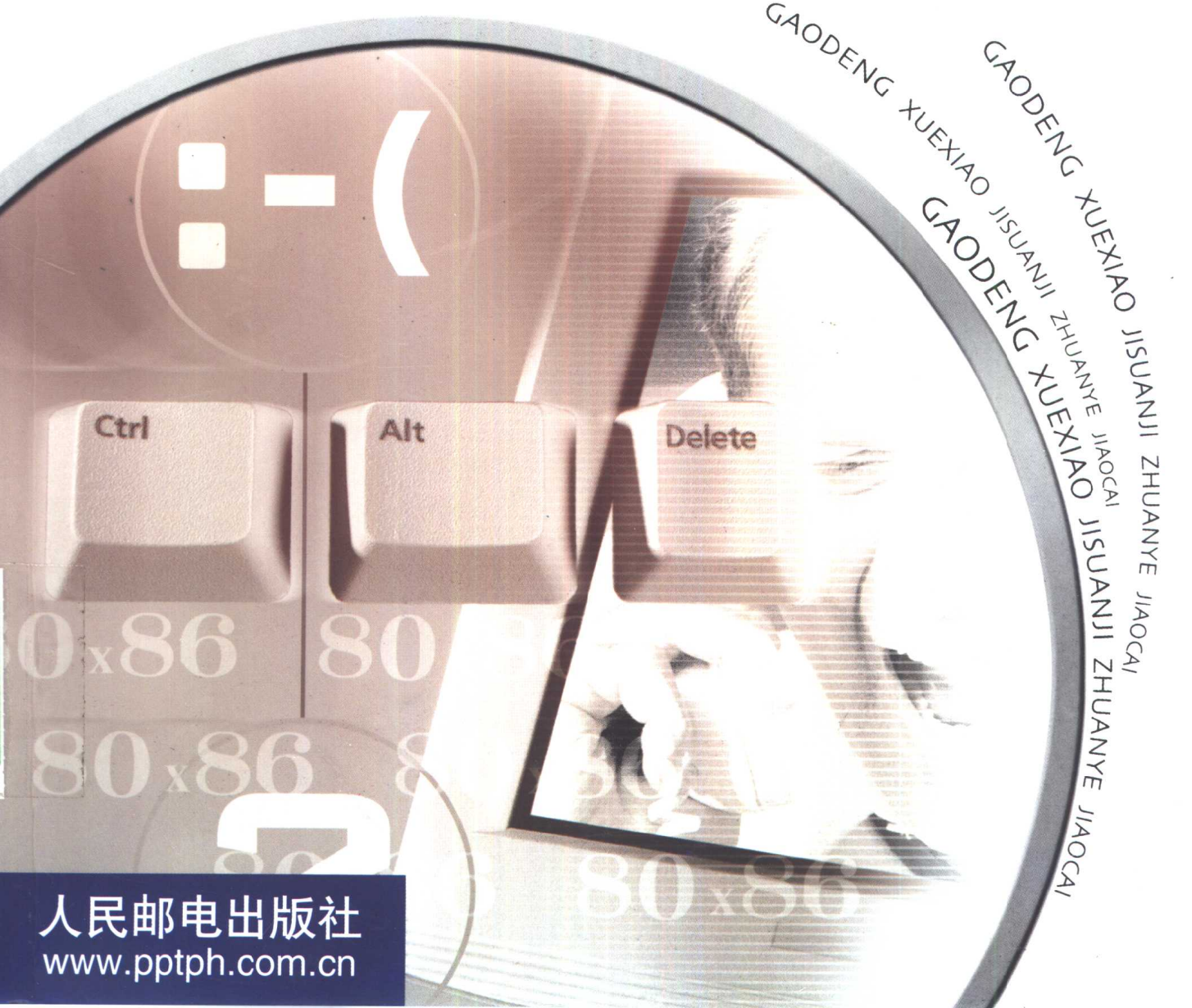
高等学校计算机专业教材

GAODENG XUEXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI

80x86汇编语言程序设计

◉ 王成耀 编



人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

图书在版编目（CIP）数据

80x86 汇编语言程序设计 / 王成耀编. —北京：人民邮电出版社，2002.2
ISBN 7-115-09377-6

I. 8... II. 王 III. 汇编语言—程序设计 IV. TP313

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2002）第 002476 号

内 容 提 要

本书以当前“汇编语言程序设计”课程的教学为目标，以 Intel 80x86 CPU 指令系统与 Microsoft 宏汇编 MASM 6.1X 为背景，系统介绍了汇编语言程序设计的基本理论和方法。内容主要包括：汇编语言程序设计的基础知识、实模式下的 80x86 指令、常用伪指令、源程序格式、程序设计的基本技术、多模块程序设计、输入输出和中断程序设计等。此外，简要介绍了 32 位保护模式以及 Win32 汇编语言程序设计的基本方法。

本书是高等院校计算机及相关专业本科生的教材，也可作为计算机工作者学习汇编语言的自学参考书。

高等学校计算机专业教材

80x86 汇编语言程序设计

◆ 编　　王成耀
责任编辑　滑　玉

◆ 人民邮电出版社出版发行　北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编　100061　　电子函件　315@ pptph.com.cn
网址　http://www.pptph.com.cn
读者热线:010-67180876
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京朝阳隆昌印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787 × 1092　1/16
印张:20
字数:484 千字　　2002 年 2 月第 1 版
印数:1 – 5 000 册　　2002 年 2 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-115-09377-6/TP·2268

定价:26.00 元

出版者的话

为了适应我国大学本科计算机专业教育发展对教材的需要，我社特邀请教育部所属的中国人民大学、中国地质大学、中国农业大学、北京科技大学、北京林业大学、北京语言文化大学（排名不分先后）6 所高等学校的“计算机科学与技术系”系主任及资深教授组成专家组，规划、编写、审订了本套教材。

读者对象　本套教材的主要读者对象是普通高等院校计算机科学与技术专业的学生，兼顾信息、自动化及机电类专业学生学习计算机课程的需要。由于这些专业对学生的培养目标是：掌握计算机软件与硬件的基本理论和方法，能从事计算机应用、软件研制、技术开发和管理工作的高级技术人才，因此，本套教材的内容既注意计算机高级技术人才所应具有的完整知识结构，又适当侧重主要专业知识。

教材特点　本套教材参考了美国 IEEE/CS 和 ACM 技术委员会 2001 年推荐的课程 CC2001(Computing Curricula 2001，参见 http://www.csab.org/~csab, http://cs.nju.edu.cn/~gchen/teaching/cc2001/overview-bok.html 2001)及我国几十所高等院校计算机专业的 2001 年教学计划进行规划。教材内容在选择国际上先进的计算机理论、技术的同时，务求符合我国目前教学环境的实际情况，有一定深度，又有较高的实用性。

根据大学教学的特点，本套教材主要包括必修课程、选修课程和辅助课程三类教材。除了每本教材内容自成体系外，还考虑了它在整个教学计划中的安排顺序，适当增加了承上启下的内容。

写作风格　本套教材根据内容需要，沿着“这是什么、有什么用、怎样用、怎样用得更好”的思路编写教材，通过讲解具体知识，传授学习方法，使学生达到掌握理论和技术的目的；同时力求文笔流畅，言简意赅。

教材每一章除基本知识外，还有本章要点、小结、思考与练习题。有些教材还附加教学大纲（包括教学重点、难点，讲授知识点的参考学时数），操作性较强的课程还配有实验教材（包括上机应具备的软硬件环境和实验内容及方法）。为了方便教师教学，本套教材提供了演示稿，可到人民邮电出版社网站（http://www.ptpress.com.cn）的“教材出版图书出版中心”→“教材附件”→“课件”下载。

本套教材的作者都具有多年教学经验，教材的草稿也都在各自的授课过程中多次使用。这套教材的出版，为计算机专业的师生提供了新的选择。我们希望这套以易教、易学，朴实、实用为特色的教材在培养信息化建设专业人才方面做出应有的贡献。

欢迎广大读者对本套教材的不足之处提出批评和建议。

2002 年 1 月

编 者 的 话

汇编语言是一种最能充分发挥和利用计算机硬件特性的语言，尤其适合于对时空效率要求较高、与机器硬件密切相关的高性能软件的开发，例如，操作系统的核心代码、要求有快速响应的实时系统等。

随着计算机运行速度的日益提高和内存容量的不断扩大，汇编语言的许多优势似乎已不再突出。相反，一些人认为汇编语言存在许多缺点，诸如复杂、难学和开发效率低等。然而，汇编语言可以实现高级语言难以胜任甚至无法完成的任务。掌握汇编语言知识，对于提高程序设计能力、加深对计算机系统的理解，无疑是极其重要的。很难想象，一个不具备汇编语言知识的人，能成为高水平的程序员，能设计出高质量的程序来。至少对于计算机专业人员来说，学习汇编语言是必要的。当然，我们不能期望完全用汇编语言开发大型的应用软件系统，而应尽可能扬长避短。

“汇编语言程序设计”作为高等院校计算机及相关专业本科生的技术基础课，是学习操作系统、编译原理等课程的基础。本书是作者在总结多年汇编语言教学经验的基础上，参考国内外大量相关文献写成的。

全书共分九章。以 Intel 80x86 CPU 指令系统为背景，基于 Microsoft 宏汇编 MASM 6.1X，重点讲述了实模式下 80x86 指令系统与汇编语言程序设计的基本技术，包括多模块程序设计以及中断程序设计的基本方法；简要介绍了 32 位保护模式以及 Win32 汇编语言程序设计的基本方法。

本书不求面面俱到，但求重点讲清。对于难以理解、容易混淆的内容力求给予明确说明。每个细节都力求避免差错。书中含有丰富的实例，所有实例都是精心设计并经过上机验证的。每章后均有习题以便读者复习和检查学习效果。(所有习题的参考答案请到人民邮电出版社网站（www.pptph.com.cn 或 www.ptpress.com.cn）中查找。点击“教材图书出版中心”→“教材附件”→“习题参考答案”)。希望本书能对学习汇编语言的读者提供较大帮助。

本教材计划讲授 50 学时左右，其中，带星号*的章节可选修，教师可根据自己的教学计划做相应取舍。

本书适合于初学者使用，读者只要有数制方面的基本知识，就可以通过学习本书的第 1 章至第 8 章，系统掌握汇编语言程序设计的基本技术。如果具备高级语言（如 Pascal、C 语言等）程序设计的基础，将有助于对部分内容的深入理解。对 Win32 汇编语言程序设计感兴趣的读者，可从第 9 章了解到相应内容。

感谢北京科技大学计算机系王沁教授对本书编写的热情帮助。欢迎读者对书中的错误与不妥之处提出批评和给予指正。

编者

2001 年 12 月

目　　录

第 1 章　基础知识

本章介绍学习汇编语言程序设计所必须具备的基本知识，主要包括汇编语言的基本概念及计算机中数据的表示方法。通过本章的学习，读者应了解什么是汇编语言、汇编语言的特点和意义、数据的组织（字节、字和双字）、带符号数的二进制补码表示、BCD 码以及基本位操作等。尤其要深刻理解：对于一个二进制数，其具体含义依赖于使用者的解释。

1.1　认识汇编语言

自然语言是具有特定语音和语法等规范的、用于人类表达思想并实现相互交流的工具。人与人之间只有使用同一种语言才能进行直接交流，否则就必须通过翻译。要使计算机为人类服务，人们就必须借助某种工具，告诉计算机“做什么”甚至“怎么做”，这种工具就是程序设计语言。

程序设计语言通常分为 3 类：机器语言(Machine Language)、汇编语言（Assembly Language）和高级语言（High Level Language）。其中，前两种语言是与机器密切相关的，统称为低级语言。

1.1.1　机器语言

计算机能直接识别并进行处理的是由 0、1 组成的二进制代码。因为构成计算机硬件本身的各个部件是基于二值逻辑的，这些部件只能识别 0 和 1 两个状态，其功能就是记忆、传输和加工二进制信息 0 或 1。计算机的工作就是传输和处理二进制信息的过程。

1. 机器指令

机器指令是指用二进制编码的指令，以指示计算机所要进行的操作及操作对象（数据或数据地址）。每条机器指令控制计算机完成一个操作。机器指令由指令译码器所识别，并经过一定的时钟周期付诸实现，从而完成指令所规定的操作。

机器指令一般由操作码（Opcode）和操作数（Operand）构成。操作码指出指令所要执行的操作，如加、减、乘、除和传送等。操作数指出操作的数据对象。

2. 指令系统与机器语言

指令系统（Instruction Set）是指特定计算机上机器指令的集合。机器语言是由指令系统以及机器指令的使用规则构成的。

机器语言是计算机惟一能够识别的语言，只有用机器语言描述的程序，计算机才能直接执行。下面是用 Intel 8086 CPU 机器语言编写的一段代码（十六进制）：

```
B024
B344
F6E3
050A00
```

区区几行代码，若没有注解，很少有人能直接看出它的功能就是计算表达式 36×68+10 的值。即使对 Intel 8086 机器语言非常了解，也许还得借助于手册。然而，在计算机诞生的初期，人们也就是这样设计程序的。

3. 机器语言的主要特点

机器语言主要具有下列两个特点。

（1）机器语言与机器密切相关

机器语言与计算机的 CPU、内存管理机制和 I/O 机制有着十分密切的关系。通常，不同型号 CPU 的指令系统往往有较大差异，但同一系列 CPU 的指令系统常常具有向上兼容性，即较高级别的 CPU 指令系统是较低级别 CPU 指令系统的超集。例如，Intel 80486 指令系统包含 80386 指令系统。

（2）用机器语言设计程序非常困难，但容易实现高性能

正是与机器的密切相关性，使得用机器语言设计程序能最大限度地利用和发挥计算机的硬件功能和优势，容易得到时间和空间上的最优代码。然而，这种代码可移植性差，不仅难以理解和掌握，而且不易调试和维护，其开发效率也很低，难以胜任大型软件的开发需要。

1.1.2 汇编语言

为了克服机器语言难以记忆、表达和阅读的缺点，人们将机器指令符号化，以直观、便于记忆的符号来表示机器指令，这些符号被称作指令助记符（Mnemonic）。例如，用 ADD 表示加法指令，MOV 表示传送指令，MUL 表示乘法指令等。

以助记符描述的指令称作汇编格式指令或符号指令，通常简称指令。指令和伪指令的集合及其程序设计规则便构成了汇编语言。伪指令的概念将在第 4 章介绍。用汇编语言编写的程序就是汇编语言源程序。

利用汇编语言，计算表达式 36×68+10 的程序代码如下：

```
MOV    AL, 36
MOV    BL, 68
MUL    BL
ADD    AX, 10
```

显然，用汇编语言编写的程序要比机器代码更易理解。

然而，汇编语言仅仅是机器语言的符号化，每条汇编语言指令均对应惟一的机器指令，因而与机器语言并无本质区别，即具有机器语言“与机器的密切相关性”等特点，只是在直观和记忆方面有了改进。

1. 汇编与汇编器

由于计算机只能识别机器语言，故用汇编语言编写的源程序必须被翻译成机器语言后方可执行。把汇编语言源程序翻译成机器语言描述的目标程序的过程称作汇编。完成汇编任务的程序称作汇编器（Assembler）或汇编程序。

汇编器的主要功能是对汇编语言源程序进行语法检查，并生成相应的目标文件（.obj 文件）。汇编器类似于高级语言的编译器（Compiler）。

2. 连接与连接器

虽然目标文件已是机器语言程序，是二进制代码文件，但还不能直接运行，需要经过连接器（Linker，或称连接程序）将其与其他目标文件或库文件连接在一起，生成可执行文件（.exe 文件）后，方可在计算机上运行。连接器的主要功能是实现多个目标文件及库文件的连接，并完成浮动地址的重定位。

从汇编语言源程序到可执行程序的生成过程如图 1-1 所示。

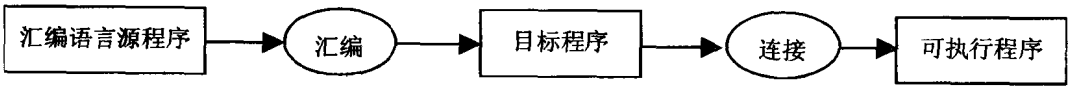


图 1-1　汇编与连接过程

1.1.3　高级语言

虽然汇编语言较机器语言在记忆和直观等方面有了很大改进，但并无本质上的飞跃。人们迫切希望有一种接近自然语言或数学表达形式的程序设计语言，使程序设计工作能避开与机器硬件相关的细节，而着重于解决问题的算法本身，因此便产生了高级语言。例如，可以在程序中直接使用表达式 36*68+10。目前，常用的高级语言有数十种，如 Pascal、C、C++、Basic、Java 等。

高级语言在程序设计的简易性与代码的可移植性等方面有了质的提高。当然，用高级语言编写的源程序必须经过编译和连接，将其转换为可执行程序或借助于解释程序方可运行。

1.1.4　对汇编语言的评价

高级语言简单、易学且开发效率高，而汇编语言复杂、难懂、开发效率低。那么，是否就意味着没有必要学习和使用汇编语言了呢？对于这一问题，也存在着不同看法。支持使用汇编语言的观点认为，汇编语言具有如下优势。

（1）用汇编语言容易得到高时空效率的程序。由于汇编语言本质上就是机器语言，可直接、有效地控制计算机硬件，因而与高级语言相比，容易得到运行速度快、执行代码短、占用内存空间少的高时空效率的目标程序。

（2）用汇编语言能设计出高级语言无法实现的程序。正是由于与机器的密切相关性，使得汇编语言能充分利用计算机的硬件特性，编写出与硬件紧密相关而高级语言又无法实现的程序来。

另一方面，对汇编语言持相反观点的人们则认为：

（1）汇编语言难学、难理解、难调试、难维护等；

（2）汇编语言程序可移植性差；

（3）随着计算机运行速度的提高和内存容量的增加，人们对时空效率的需求已不再迫切，因而汇编语言的优势也就不再突出。

尽管如此，汇编语言还是在某些方面具有高级语言无法比拟的独特优势。因此，汇编语言的意义可归纳为如下四个方面。

（1）速度：对于同一个问题，用汇编语言设计出的程序能达到“运行速度最快”。

（2）空间：对于同一个问题，用汇编语言设计出的程序能达到“占用空间最少”。

（3）功能：汇编语言可以实现高级语言难以胜任甚至不能完成的任务。

（4）知识：掌握汇编语言知识，有助于加深对计算机系统特别是程序执行逻辑的理解，有助于写出更好的高级语言程序来。很难想象，一个没有汇编语言知识的程序员能写出高质量的程序来。至少对于计算机专业人员来说，汇编语言是非常重要的。

当然，我们不能期望用汇编语言开发大型的应用软件系统，而应尽可能扬长避短。汇编语言正是由于其“面向机器”的特点，广泛用于高性能软件的开发中，例如，操作系统的核心代码要求有快速响应的实时系统等。

虽然汇编语言不具有通用性，不同类型 CPU 的指令系统可能有较大差异，但其原理和方法是具有普遍性的。只要熟练掌握一种汇编语言，再学习其他汇编语言是相当容易的。

1.2 数据表示

现代计算机系统采用二进制（Binary）来表示数据。然而，二进制书写太冗长，而十进制又与二进制的计算机系统不相吻合。因此，为了描述方便，引入了十六进制（Hexadecimal）。十六进制数简短、易读，而且与二进制数之间的转换非常容易。下面介绍一些数制方面的知识。

十进制数用数字 0～9 描述，基数是 10，运算规则是逢 10 进 1。

二进制数用数字 0～1 描述，基数是 2，运算规则是逢 2 进 1。

十六进制数用数字 0～9 和 A～F（或 a～f）描述，其中 A～F（a～f）表示 10～15，基数是 16，运算规则是逢 16 进 1。为了与标识符区分，若以字母打头，则前面补 0。

八进制数用数字 0～7 描述，基数是 8，运算规则是逢 8 进 1。

实质上，对于 X 进制数来说，用数字 0～$X-1$ 描述，基数是 X，运算规则是逢 X 进 1，实际值为各位数字与权值乘积之和。X 进制数

$$a_n a_{n-1} \cdots a_0 a_{-1} a_{-2} \cdots a_{-m}$$

等价于十进制数

$$a_n X^n + a_{n-1} X^{n-1} + \cdots + a_0 X^0 + a_{-1} X^{-1} + a_{-2} X^{-2} \cdots + a_{-m} X^{-m}$$

前导 0 可以忽略，不影响取值。

在汇编语言中，为了区分各种不同进制数，在结尾以一个字母表示。其中，十进制数书写时结尾用 D 或 d，二进制数用 B 或 b，十六进制数用 H 或 h，八进制数用 Q 或 q，缺省为十进制数。

1.2.1　数据组织

1. 位（Bit）

计算机中数据的最小单位是一个二进制位。除非特别指出，位即指二进制位。一位可以表示 0 和 1 两个值，当然也可用来描述任意两个对象，如真与假、开与关、对与错等，甚至可以表示 236 与 5623，依赖于使用者赋予的含义。

尽管在理论上，我们可以使用任意位的数，但计算机是在特定位数下工作的，一般是 8 或 16 的倍数，如 8 位、16 位和 32 位等。

2. 字节（Byte）

1 个字节是 8 位。字节是 Intel 80x86 CPU 可寻址的最小数据单位，基于 80x86 的内存与 I/O 空间均以字节编址。也就是说，80x86 程序可以存取的最小数据单位是字节。例如，若要读取的位数不足 8 位，则只能先读出一个完整字节，再屏蔽掉其他位。

位编号从右到左依次为 0 ~ 7，如图 1-2 所示。其中，第 0 位被称作最低位（Low Order Bit）或最低有效位（Least Significant Bit），第 7 位被称作最高位（High Order Bit）或最高有效位（Most Significant Bit）。一个字节可以表示 2^8（即 256）个不同值，例如，0 ~ 255。

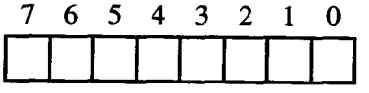


图 1-2　字节的位编号

3. 字（Word）

一个字是 16 位。位编号从右到左为 0 ~ 15。其中，第 0 位被称作最低位，第 15 位被称作最高位。0 ~ 7 位称作低字节（Low Order Byte），8 ~ 15 位称作高字节（High Order Byte），如图 1-3 所示。一个字可以表示 2^{16}（即 65536）个不同值，例如，0 ~ 65535。

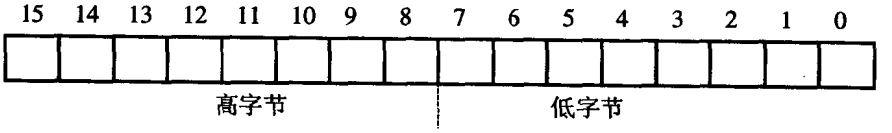


图 1-3　字的位编号

4. 双字（Double Word）

一个双字是 32 位。位编号从右到左为 0 ~ 31。其中，第 0 位被称作最低位，第 31 位被称作最高位。0 ~ 15 位称作低字（Low Order Word），16 ~ 31 位称作高字（High Order Word），如图 1-4 所示。一个双字可以表示 2^{31}（即 4 294 967 296）个不同值，例如，0 ~ 4 294 967 295。

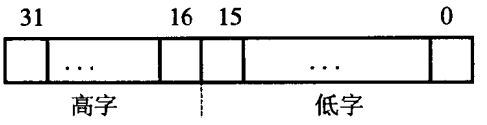


图 1-4　双字的位编号

1.2.2　无符号数与带符号数

1. 无符号数

到目前为止，我们把二进制数看作无符号数（Unsigned Number），因此，n 位二进制数可以表示的无符号数范围为 0～2^n-1。例如，8 位二进制数 00H～0FFH 表示 0～255，16 位二进制数 0000H～0FFFFH 表示 0～65535。那么，如何表示负数呢？

2. 带符号数的补码表示

80x86 CPU 采用二进制补码表示带符号数（Signed Number），以最高位作为符号位（0 表示正数，1 表示负数）。例如，对于 16 位数来说，8000H 是负数，0FFFH 是正数。具体表示规则为：

（1）正数的补码是其本身；

（2）负数的补码是对其正数“各位求反、末位加 1”后形成的。

我们把“各位求反、末位加 1”的操作称作求补。

n 位二进制补码数可以表示的带符号数范围为-2^{n-1}～$2^{n-1}-1$。例如，8 位二进制数可以表示−128～127，16 位二进制数可以表示−32768～32767，32 位二进制数可以表示−2 147 483 648～2 147 483 647。

例如，对于 8 位数来说，

$[5]_{补}$ = 00000101B

$[-5]_{补}$ = 11111011B

$[0]_{补}$ = 00000000B

$[-0]_{补}$ = 00000000B

那么，−5 的补码是如何得到的呢？计算过程如下：

0000 0101　　5 的二进制表示

1111 1010　　各位求反

1111 1011　　末位加 1，得−5

反之，对补码表示的−5 进行求补操作，可得到 5。计算过程如下：

1111 1011　　−5 的 8 位二进制补码表示

0000 0100　　各位求反

0000 0101　　末位加 1，得 5

实质上，求补就是求相反数。例如：

7FFFH: 0111 1111 1111 1111　　+32767　　（16 位带符号数的最大值）

1000 0000 0000 0000　　各位求反　　（8000H）

	1000 0000 0000 0001	末位加 1	（8001H 或－32767）
4000H:	0100 0000 0000 0000	+16384	
	1011 1111 1111 1111	各位求反	（0BFFFH）
	1100 0000 0000 0000	末位加 1	（0C000H 或－16384）
8000H:	1000 0000 0000 0000	－32768	（16 位带符号数的最小值）
	0111 1111 1111 1111	各位求反	（7FFFH）
	1000 0000 0000 0000	末位加 1	（8000H 或－32768）

8000H 求补后仍得 8000H。难道－32768 的相反数是－32768？问题在于，+32768 超出了 16 位带符号数的表示范围，因而出现溢出。

补码具有如下特性：

求补

（1）$[x]_{补} \Longleftrightarrow [-x]_{补}$

例如，在 8 位二进制表示下，

$[10]_{补}$ = 00001010B

求补后得

$[-10]_{补}$ = 11110110B

反之亦然。

（2）$[x+y]_{补} = [x]_{补} + [y]_{补}$

（3）$[x-y]_{补} = [x]_{补} + [-y]_{补}$

例如，在 8 位二进制表示下，实现 25 减 32，可用减法：

$$\begin{array}{rl} & 0001\ 1001B \quad (25) \\ - & 0010\ 0000B \quad (32) \\ \hline & 1\ \nwarrow 1111\ 1001B \quad (-7) \end{array}$$

其中，向高位的借位丢失。或者转换为如下的加法：

$$\begin{array}{rl} & 0001\ 1001B \quad (25) \\ + & 1110\ 0000B \quad (-32) \\ \hline & 1111\ 1001B \quad (-7) \end{array}$$

结果相同。

因此，在计算机内部，补码减法是通过对减数求补后，再将减法转换为加法进行的。为什么能保证结果的正确性呢？请看补码的物理意义。

3. 补码的物理意义

以现实生活的钟表对时为例。假设钟表目前指向 10 点整，而正确的时间应该是 6 点整。那么，要使钟表指向正确位置，通常有下列两种拨法：

① 按逆时针方向拨 4 小时，即

$$10-4=6$$

② 按顺时针方向拨 8 小时，即

$$10+8=6$$

这里，意味着存在下列等式：

$$10-4=10+8=6$$

为什么这样呢？因为钟表的表示范围是 0～11，12 即 0，因此

$$10+8=12+6=6$$

我们说，－4 与 8 关于 12 互为补数，即在钟表这种环境下，－4 等同于 8。

推而广之，考虑 8 位二进制数，其表示范围为 0～255，即 256 等同于 0。若将其想象为一个环，以 0 为基点，向顺时针方向移 246 个单位，则得 246。然而，若按逆时针方向移动，则该位置就是－10。即

$$-10=0F6H=246$$

因此，在 8 位二进制表示下，对于负数 x（－128～－1）来说，存在下列等式：

$$-x=256-|x|$$

二进制补码表示是基于固定长度的。换句话说，一个带符号数在不同位数下，其二进制补码表示可能是不同的。例如，8 位数－1 的补码表示是 0FFH，16 位数－1 的补码表示是 0FFFFH。差异如此之大！为什么？请读者思考。

4. 符号扩展与零扩展

有时，需要将一个二进制数从较少位数扩展到较多位数，如从 8 位扩展到 16 位，或者从 16 位扩展到 32 位等，并保持在特定意义下的取值不变，这就是符号扩展与零扩展。例如，当要将一个字节与字相加时，就必须首先将字节扩展为字，然后才能执行加法操作。

符号扩展（Sign Extension）是将原符号位填入扩展的每一位，使得在带符号数意义下取值不变。例如，若 8 位符号扩展为 16 位，只要将第 7 位复制到第 8～15 的每一位即可。

零扩展（Zero Extension）是将 0 填入扩展的每一位，使得在无符号数意义下取值不变。例如，若 8 位零扩展为 16 位，只要将 0 填入第 8～15 的每一位即可。

［**例 1.1**］ 对下列数进行符号扩展。

8 位	16 位	32 位
80H	0FF80H	0FFFFFF80H
26H	0026H	00000026H
---	106AH	0000106AH
---	906FH	0FFFF906FH

可以说

$$[-128]_{补}=80H（8\text{位}）=0FF80H（16\text{位}）=0FFFFFF80H（32\text{位}）$$

其余类似。

［**例 1.2**］ 对下列数进行零扩展。

8 位	16 位	32 位
80H	0080H	00000080H
26H	0026H	00000026H
---	106AH	0000106AH
---	906FH	0000906FH

可以说：

无符号数 128 = 80H（8 位）= 0080H（16 位）= 00000080H（32 位）