高职高专

高职高专立体化教材计算机系列

微机原理与汇编语言实用教程

王富荣　主　编
邵冬华　副主编

赠送电子课件及其他立体化资源

清华大学出版社

微机原理与汇编语言实用教程

高职高专立体化教材　计算机系列

微机原理与汇编语言实用教程

主　编　王富荣

副主编　邵冬华

清华大学出版社

北　京

内 容 简 介

本书首先介绍微型计算机的软、硬件基本知识，然后以 Intel 8086/8088 系列微机为对象介绍微机的基本工作原理、汇编语言程序设计及微机接口技术。全书共 11 章，主要内容有：微型计算机概述、8086 微处理器及系统结构、存储器系统、汇编语言基础、汇编语言程序设计、输入/输出系统及中断技术、总线技术、可编程接口芯片(ADC0809、DAC0832、并行输入/输出 8255A、定时/计数器 8253)及其应用、80X86 微处理器的最新发展。本书每章都提供了习题，并在相应的章节给出了实训环节，以供读者学习、实践和借鉴。

本书融入了作者多年教学和实践的经验及体会，内容的安排力求循序渐进、重点突出、难点分散、强调应用。通过理论课的课堂讲授和实践课的上机实训，力争使学生能够掌握微机工作原理、汇编语言的基本编程方法及常用接口芯片的应用。

本书既适合作为高等学校教材，也可用于高等教育自学教材，还可作为从事微型计算机硬件和软件开发的工程技术人员学习和应用的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与汇编语言实用教程/王富荣主编；邵冬华副主编. —北京：清华大学出版社，2009.3
(高职高专立体化教材　计算机系列)
ISBN 978-7-302-19493-4
Ⅰ. 微…　Ⅱ. ①王…　②邵…　Ⅲ. ①微型计算机—理论—高等学校：技术学校—教材　②汇编语言—程序设计—高等学校：技术学校—教材　Ⅳ. TP36　TP313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 016506 号

责任编辑：石　伟
封面设计：山鹰工作室
版式设计：杨玉兰
责任校对：李凤茹
责任印制：何　芊
出版发行：清华大学出版社　　**地　　址**：北京清华大学学研大厦 A 座
http://www.tup.com.cn　　**邮　　编**：100084
社　总　机：010-62770175　　**邮　购**：010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质　量　反　馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 刷 者：北京市清华园胶印厂
装 订 者：三河市李旗庄少明装订厂
经　　销：全国新华书店
开　　本：185×260　**印　张**：21.5　**字　数**：513 千字
版　　次：2009 年 3 月第 1 版　　**印　次**：2009 年 3 月第1 次印刷
印　　数：1～4000
定　　价：32.00 元

高职高专立体化教材计算机系列

丛 书 序

一、编写目的

关于立体化教材，国内、外有多种说法，有的叫“立体化教材”，有的叫“一体化教材”，有的叫“多元化教材”，其目的是一样的，就是要为学校提供一种教学资源的整体解决方案，最大限度地满足教学需要，满足教育市场需求，促进教学改革。这里所讲的立体化教材，其内容、形式、服务都是建立在当前技术水平和条件基础上的。

立体化教材是一个“一揽子”式的，包括主教材、教师参考书、学习指导书、试题库在内的完整体系。主教材讲究的是“精品”意识，既要具备指导性和示范性，也要具有一定的适用性，喜新不厌旧，内容愈编愈多，本子愈编愈厚的低水平重复建设在“立体化”的世界中将被扫地出门。和以往不同，“立体化教材”中的教师参考书可不是千篇一律的，教师参考书不只是提供答案和注释，而是含有与主教材配套的大量参考资料，使得老师在教学中能做到“个性化教学”。学习指导书更像一本明晰的地图册，难点、重点、学习方法一目了然。试题库或习题集则要完成对教学效果进行测试与评价的任务。这些组成部分采用不同的编写方式，把教材的精华从各个角度呈现给师生，既有重复、强调，又有交叉和补充，相互配合，形成一个教学资源有机的整体。

除了内容上的扩充，立体化教材的最大突破还在于在表现形式上走出了“书本”这一平面媒介的局限，如果说音像制品让平面书本实现了第一次“突围”，那么电子和网络技术的大量运用就让躺在书桌上的教材真正“活”了起来。用 PowerPoint 开发的电子教案不仅大大减少了教师案头备课的时间，而且也让学生的课后复习更加有的放矢。电子图书通过数字化使得教材的内容得以无限扩张，使平面教材更能发挥其提纲挈领的作用。

CAI 课件把动画、仿真等技术引入了课堂，让课程的难点和重点一目了然，通过生动的表达方式达到深入浅出的目的。在科学指标体系控制之下的试题库既可以轻而易举地制作标准化试卷，也能让学生进行模拟实战的在线测试，提高了教学质量评价的客观性和及时性。网络课程更厉害，它使教学突破了空间和时间的限制，彻底发挥了立体化教材本身的潜力，轻轻敲击几下键盘，你就能在任何时候得到有关课程的全部信息。

最后还有资料库，它把教学资料以知识点为单位，通过文字、图形、图像、音频、视频、动画等各种形式，按科学的存储策略组织起来，大大方便了教师在备课、开发电子教案和网络课程时的教学工作。如此一来，教材就“活”了。学生和书本之间的关系不再像领导与被领导那样呆板，而是真正有了互动。教材不再只为老师们规定什么重要什么不重要，而是成为教师实现其教学理念的最佳拍档。在建设观念上，从提供和出版单一纸质教材转向提供和出版较完整的教学解决方案；在建设目标上，以最大限度满足教学要求为根

本出发点；在建设方式上，不单纯以现有教材为核心，简单地配套电子音像出版物，而是以课程为核心，整合已有资源并聚拢新资源。

网络化、立体化教材的出版是我社下一阶段教材建设的重中之重，作为以计算机教材出版为龙头的清华大学出版社确立了“改变思想观念，调整工作模式，构建立体化教材体系，大幅度提高教材服务”的发展目标。并提出了首先以建设“高职高专计算机立体化教材”为重点的教材出版规划，希望通过邀请全国范围内的高职高专院校的优秀教师，在2008年共同策划、编写这一套高职高专立体化教材，利用网络等现代技术手段实现课程立体化教材的资源共享，解决国内教材建设工作中存在教材内容的更新滞后于学科发展的状况。把各种相互作用、相互联系的媒体和资源有机地整合，形成立体化教材，把教学资料以知识点为单位，通过文字、图形、图像、音频、视频、动画等各种形式，按科学的存储策略组织起来，为高职高专教学提供一整套解决方案。

二、教材特点

在编写思想上，以适应高职高专教学改革的需要为目标，以企业需求为导向，充分吸收国外经典教材及国内优秀教材的优点，结合中国高校计算机教育的教学现状，打造立体化精品教材。

在内容安排上，充分体现先进性、科学性和实用性，尽可能选取最新、最实用的技术，并依照学生接受知识的一般规律，通过设计详细的可实施的项目化案例(而不仅仅是功能性的小例子)，帮助学生掌握要求的知识点。

在教材形式上，利用网络等现代技术手段实现立体化的资源共享，为教材创建专门的网站，并提供题库、素材、录像、CAI 课件、案例分析，实现教师和学生在更大范围内的教与学互动，及时解决教学过程中遇到的问题。

本系列教材采用案例式的教学方法，以实际应用为主，理论够用为度。教程中每一个知识点的结构模式为“案例(任务)提出→案例关键点分析→具体操作步骤→相关知识(技术)介绍(理论总结、功能介绍、方法和技巧等)”。

该系列教材将提供全方位、立体化的服务。网上提供电子教案、文字或图片素材、源代码、在线题库、模拟试卷、习题答案、案例动画演示、专题拓展、教学指导方案等。

在为教学服务方面，主要是通过教学服务专用网站在网络上为教师和学生提供交流的场所，每个学科、每门课程，甚至每本教材都建立网络上的交流环境。可以为广大教师信息交流、学术讨论、专家咨询提供服务，也可以让教师发表对教材建设的意见，甚至通过网络授课。对学生来说，则在教学支撑平台上所提供的自主学习空间来实现学习、答疑、作业、讨论和测试，当然也可以对教材建设提出意见。这样，在编辑、作者、专家、教师、学生之间建立起一个以网络为纽带、以数据库为基础、以网站为门户的立体化教材建设与实践的体系，用快捷的信息反馈机制和优质的教学服务促进教学改革。

本系列教材专题网站：http://www.lth.wenyuan.com.cn。

前　言

微机原理与汇编语言是计算机类专业的一门专业基础课，它涉及的知识面较广，技术性较强，是计算机类专业应用型人才必须掌握的一门专业技术。

根据高等职业教育“以服务为宗旨，以就业为导向，走产学研结合的发展道路”的办学方针及“必须面向地区经济建设和社会发展，适应就业市场的实际需要，培养生产、服务、管理第一线需要的实用人才，真正办出特色”的要求，结合当前微型计算机软/硬件新技术的发展趋势，我们打破以学科体系为特征的传统教学方法，以“应用型人才的专业技能和实用技术的能力”培养为主。将传统教学计划中的《计算机系统结构》、《汇编语言程序设计》和《微型计算机接口技术》等课程进行整合，形成《微机原理与汇编语言》课程，以适应高等职业教育的快速发展，满足教学改革和课程建设的需要，体现高职教育的特色。

本课程主要帮助学生了解微机系统，掌握微机软/硬件组成及使用，学会运用指令系统和汇编语言进行程序设计，熟悉各种硬件接口及其应用，了解微机发展的最新技术，从而树立起微型计算机体系结构的基本概念，为后续课程的学习及应用打下良好的基础。

本教材的知识结构层次合理、内容实用，主要有以下几个特点。

(1) 注重基础。在内容的编排上，由浅入深，循序渐进，注重阐述基本原理和实际应用。

(2) 注重应用。通过在相关章节安排大量实训内容，培养学生应用能力，以实例分析为基础，阐明应用技术的要点，使学生在掌握基本原理的基础上，具有一定的分析问题、解决问题的能力。

(3) 难点分散，重点突出。力求将难点分布在各个知识点，讲透；重点突现在各个应用环节，讲细。

(4) 具有一定的先进性。本书不仅深入浅出地分析了微型计算机的基本工作原理与汇编语言程序设计的方法，而且还与现代微机新技术紧密相连。

本书共分 11 章。全书教学参考学时为 80～90 学时(含实训环节)，其中实训课时授课不少于 20 学时。在授课过程中，教师可根据实际课时安排教学内容。

本书由王富荣任主编，邵冬华任副主编。邵冬华编写第 1、2、3、4 章；王艳红编写第 5、6、7 章；王富荣编写第 8、9、10、11 章和附录。全书由王富荣统稿。在本书的编写过程中，参考了大量有关专业的书籍，听取了许多专家和学者的意见，在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足和错误之处，恳切希望大家批评指正。

编　者

目　录

第 1 章　微型计算机系统概述

在系统地学习微型计算机原理与汇编语言之前，必须首先掌握计算机最基本的功能，即对存储在计算机中的信息进行加工和处理，了解计算机系统的基本组成。

1.1　计算机中的数制与编码

计算机中所有的信息(如数、字符、汉字、计算机的指令、状态等)都是用二进制数来表示的，利用二进制数进行操作和运算比较符合机器的特点。而在人们的日常生活中，表达及思维时，更习惯于使用十进制数，它是一般算术和数学的基础。在计算机中表达和描述某些内容时还常用到十六进制数。因此要深入地学习计算机系统，就必须熟练掌握计算机中的数制与编码。

1.1.1　计算机中的数制及其转换

1. 进位计数制

进位计数制是一种计数的方法，而习惯上常用的是十进制计数法，对于一个任意的十进制数通常可以表示为：

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

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=0，1，…，n)，b_j(j=0，1，…，m)是 0，1，2，3，4，5，6，7，8，9 十个数码中的任意一个。

例如：

$$1234.56 = 1\times10^3 + 2\times10^2 + 3\times10^1 + 4\times10^0 + 5\times10^{-1} + 6\times10^{-2}$$

一般来说，对一个 r 进制数，我们将它所用的数码个数 r，定义为它的“基数”。由于该进制数每个数位上的数码所代表的“权值”不同，将 r^k 记为以 r 为基数的第 k 位的权。因此，对于一个基数为 r 的 r 进制数的值可以表示为：

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

其中 a_i，a_j 可以是 0，1，…，r−1 中的任一个数码，r^k 则为各位数相应的权。

根据上述公式，若计数制为二进制数，r 值为 2；若计数制为十进制数，r 值为 10；若计数制为十六进制数，r 值为 16。

在计算机中，常采用二进制数。二进制数的基数为 2，每个二进制位只有 0、1 两个数码，且遵循“逢二进一、借一当二”的规则，各位数的权值为 2^k。因此，前面的公式可以写为：

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

其中 a_i，a_j 只能为 0，1 两个数码中的一个。

例如：

$101011_2=1\times2^5+0\times2^4+1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0$

其中数的下标表示该数的进制。

为便于阅读与书写，还经常采用八进制数和十六进制数，它们的基数和数码表示如表 1.1 所示。

表 1.1　几种常用的进位计数制的基数和数码

进位计数制	基　数	数　码
十六进制数	16	0，1，2，3，4，5，6，7，8，9，A，B，C，D，E，F
十进制数	10	0，1，2，3，4，5，6，7，8，9
八进制数	8	0，1，2，3，4，5，6，7
二进制数	2	0，1

我们知道 n 位十进制数可以有 10^n 个数，同样，n 位二进制数可以表示 2^n 个数。例如 3 位二进制数可以表示 8 个数，如表 1.2 所示。

表 1.2　3 位二进制数表示

二进制数	000	001	010	011	100	101	110	111
对应的十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7

而 4 位二进制数则可以表示十进制数的 0～15，共 16 个数。

在进行数制表示时，通常在数字后面跟一个英文字母。十进制数用 D(Decimal)，二进制数用 B(Binary)，八进制数用 O(Octal)，有时为与 0 相区别，也可用 Q 来表示，十六进制数用 H(Hexadecimal)来表示，也可以用这些字母的小写形式表示。在用十六进制数表示时，若最高位数为字母 A～F 之一时，则应加上前导 0。如 126D，10110010B，37O(或 37Q)，1EFFH，0B2EDH。

2. 进位计数制之间的转换

数值在计算机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，经常采用十六进制数或十进制数，这就需要在数制之间进行转换。转换遵循等值的原则。

1) 二进制数和十进制数之间的转换

(1) 二进制数转换成十进制数

方法：将每位二进制数码乘以与其对应的权值，再将乘积相加，所得之和即为对应的十进制数。例如：

$11010110B=1\times2^7+1\times2^6+1\times2^4+1\times2^2+1\times2^1=128+64+16+4+2=214D$

(2) 十进制数转换成二进制数

① 整数部分的转换

将十进制数转换成二进制数的方法很多，整数部分的转换最常用的是“除 2 取余”法。具体做法是：将要转换的十进制整数不断除以 2，并依次记下整除的余数，直到商为 0 时为止，然后按反序获得对应的二进制数。

例如：对十进制整数 236 的转换如下。

236/2=118　　余 0
118/2=59　　余 0
59/2=29　　余 1
29/2=14　　余 1
14/2=7　　余 0
7/2=3　　余 1
3/2=1　　余 1
1/2=0　　余 1

即 236D=11101100B。

② 小数部分的转换

小数部分的转换常用乘 2 取整法。具体做法是将要转换的十进制小数不断乘以 2，记下每次积的整数，直到积为零为止，若十进制小数不能用有限的二进制小数表示，则可根据需要取若干位近似值，最后按正序获得对应的二进制小数。

例如：对十进制小数 0.865 的转换如下。

0.865×2=1.73　　整数为 1
0.73×2=1.46　　整数为 1
0.46×2=0.92　　整数为 0
0.92×2=1.84　　整数为 1
0.84×2=1.68　　整数为 1

即 0.865D≈0.11011B。

2) 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运算与存储都是采用二进制的，但二进制数既不易阅读、书写及记忆，也太繁琐。如 236D=11101100B，这一连串 0 与 1 的数字很难一眼看出它的值。而十进制数虽然方便读写与记忆，但它与计算机内部二进制数的对应关系却很不直观。为便于人们对二进制数的描述，需要选择一种易于与二进制数转换的数制。显而易见，使用 2^n 作为基数的数制可以满足人们的这种需要，最常用的就是十六进制数，因为它的一位可以对应于二进制数的 4 位，十分简练。如：236D=11101100B=ECH，ECH 就很简洁明了。

(1) 十六进制数的表示

计算机中存储信息的基本单位为一个二进制位(Bit)，它可以存储“0”或“1”数码。此外，由于计算机中常用的字符是采用由 8 位二进制数组成的一个字节(Byte)来表示的，因此字节也为计算机中存储信息的单位。字节可以用两个四位组(半字节)来表示，所以用十六进制数来表示二进制数是十分方便的。

十六进制数的基数是 16，共有 0，1，2，3，4，5，6，7，8，9，A，B，C，D，E，F 等 16 个数码，其中 A 表示十进制的 10，其余类推。

(2) 二进制数转换成十六进制数

二进制数转换成十六进制数，只需将二进制数以小数点为中心，向前或向后分别按每 4 位组成一组，若不足 4 位，那么整数部分前面用 0 补齐，小数部分后面用 0 补齐 4 位，然后每组找出对应的一位十六进制数即可。

例如：1011101B=0101 1101B=5DH

(3) 十六进制数转换成二进制数

十六进制数转换成二进制数，可以采用上面转换的逆过程，即将十六进制数的每个数码用对应的四位二进制数来表示即可。

例如：3EDH=0011 1110 1101B=1111101101B

(4) 十六进制数转换成十进制数

方法：与二进制数转换成十进制数类似，只需将十六进制数的各位数码与对应权值相乘，其结果相加，所得之和即为对应的十进制数。

例如：$6BEFH=6\times16^3+11\times16^2+14\times16^1+15\times16^0$

$=6\times4\ 096+11\times256+14\times16+15\times1$

$=27631D$

(5) 十进制数转换成十六进制数

方法：与十进制数转换成二进制数类似。十进制整数转换十六进制数时，采用不断除以 16 取余；十进制小数转换时，则是采用不断乘以 16 取整。

例如：

65532/16=4095　　余 12

4095/16=225　　余 15

225/16=15　　余 15

15/16=0　　余 15

将余数反序即得：65532D=FFFCH。

1.1.2 计算机中的数据编码

1. BCD 码

如前所述，计算机中是使用二进制代码工作的。但是在日常生活中，人们最熟悉最习惯的数制是十进制。为解决这一矛盾，提出了一个比较适合于十进制系统的二进制代码的特殊形式，即将 1 位十进制的 0～9 这十个数字分别用 4 位二进制码的组合来代表，在此基础上，可按位对任意十进制数进行编码。这就是二进制编码的十进制数，简称 BCD(Binary-Coded Decimal)码。

4 位二进制数码共有 16 种组合，原则上可任选其中的 10 种作为代码，分别代表十进制中 0～9 这 10 个数字。为便于记忆和直观表示，最常用的方法是 8421BCD 码，8、4、2、1 分别是 4 位二进制数的权值。十进制数和二进制编码的对应关系如表 1.3 所示。

这种 BCD 码与十进制数的关系非常直观，其相互转换也很简单。

例如：十进制数与 BCD 码相互转换如下。

将十进制数 89.5 转换为 BCD 码：

$$89.5=(1000\ 1001.0101)_{BCD}$$

将 BCD 码 1001 0111.0110 转换为十进制数：

$$(1001\ 0111.0110)_{BCD}=97.6$$

表 1.3　8421BCD 码

十进制数	8421BCD 码	十进制数	8421BCD 码
0	0000	5	0101
1	0001	6	0110
2	0010	7	0111
3	0011	8	1000
4	0100	9	1001

同一个 8 位二进制代码表示的数，当认为它表示的是二进制数和认为它表示的是二进制编码的十进制数时，数值是不相同的。例如 00100110 作为二进制数时，其值为 38；但作为 2 位 BCD 码时，其值为 26。

在计算机中，BCD 码有两种基本格式：压缩型 BCD 码格式和非压缩型 BCD 码格式。压缩型 BCD 码用 4 位二进制数表示一个十进制数位，整个十进制数用一个顺序 4 位一组的二进制数来表示，1 个字节表示两个十进制数位。如用 8421BCD 码表示十进制数 2896 为：

0010　1000　1001　0110

非压缩型 BCD 码是以 8 位为一组表示一个十进制数位，8 位中的低 4 位表示 BCD 码，而高 4 位则没有意义。仍用 8421BCD 码表示 2896D 应为：

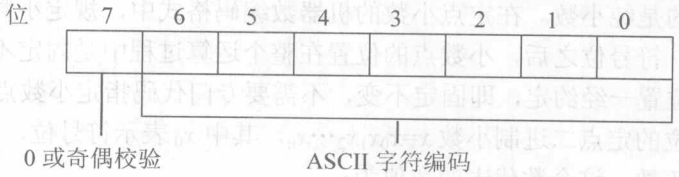
xxxx0010　xxxx1000　xxxx1001　xxxx0110

2. 字符和汉字的编码

在计算机内，任何信息(包括字母、数字、符号和汉字)都是用二进制代码表示的。一般情况下，计算机依靠输入设备把要输入的字符或汉字转换成为一定格式的二进制代码，然后才能接收。输出则是相反的过程，计算机首先要将输出的字符或汉字的二进制代码送到输出设备，然后再由输出设备转换处理后输出。由此看来，无论是输入字符还是输出字符，都必须对字符和汉字进行编码。

1) 字符编码

目前，国际上使用的字符编码方案有多种，在微型计算机中普遍采用的是美国标准信息交换码，即 ASCII 码(American Standard Code for Information Interchange)。ASCII 码采用 1 个字节中低 7 位来表示字符编码，最高位(第 7 位)为 0 或用于奇偶校验位(Parity Bit)。



标准的 ASCII 码包括 32 个标点符号，10 个阿拉伯数字，52 个英文大、小写字母，34 个控制符号，共 128 个字符。例如阿拉伯数字 0～9 的 ASCII 码分别为 30H～39H，英文大写字母 A、B、…、Z 的 ASCII 码是从 41H 开始依次往下编排。并非所有的 ASCII 码都能打印显示，有些字符为控制字符，用来控制退格、换行和回车等。ASCII 码还包括几个其他的字符，例如文件结束(EOF)、传送结束(EOT)，用作传送和存储数据的标志。附录 A 列

出了主要的 ASCII 码。

2) 汉字编码

西文是拼音文字，用有限的几个字母(如英文字母仅有 26 个，俄文字母则为 32 个)可以拼写出全部西文信息。因此，西文只需对有限个数的字母进行编码，就可以将全部西文信息输入到计算机。而汉字信息则不一样，汉字是象形文字，一个汉字就是一个方块图形。计算机要对汉字信息进行处理，就必须对数目繁多的汉字进行编码，建立一个有几千汉字的编码表。

汉字编码有内码和外码之分。外码(又称汉字的输入编码)是指汉字的输入方式，目前我国公布的汉字编码有上百种，其编码的方法可以按照汉字的字形、字音和音形结合分为 3 类。常用的输入编码有区位码、国标码、首尾码、拼音码、双拼双音码、五笔字形码、自然码、ABC 码、郑码等。内码是计算机系统内部进行汉字信息的存储、交换、检索等操作的编码。汉字内码采用 2B 表示，没有重码，并要求与国标码有简单的对应关系。

汉字的输入编码与内码是两个不同概念，不可混为一谈。现就汉字区位码、国标码和机内码作简要说明。

汉字区位码：用每个汉字在二维代码表中行、列位置(行号称为区号，列号称为位号)来表示的代码，称为该汉字的区位码。区位码是汉字的输入编码。

汉字国标码：国标码=区位码+32，区号和位号各增加 32 以后所得的双 7 位二进制编码。国标码用于不同汉字系统之间汉字的传输和交换，可作为汉字的输入编码。

汉字机内码：英文 DOS 的机内码是 ASCII 码，国标码是双 7 位二进制编码，用做内码将会与 ASCII 码相混淆，为此利用 ASCII 码最高位为“0”这一特点，把两个字节国标码的每个字节最高位置“1”，以示区别。这样，形成了汉字的另外一种编码方法，即汉字的机内码。

1.1.3 计算机中数的表示

计算机中的数是用二进制来表示的，数的符号也是用二进制表示的。把一个数连同其符号在内在机器中的表示加以数值化，这样的数称为机器数。一般用最高有效位来表示数的符号，正数用 0 表示，负数用 1 表示。机器数可以用不同的码制来表示，常用的有原码、补码和反码表示法。

机器数的编码可分为定点数和浮点数两种。定点数又分为定点整数和定点小数两种。

定点小数表示的是纯小数。在定点小数的机器数编码格式中，规定小数点的位置固定在最高数据位之前，符号位之后，小数点的位置在整个运算过程中是固定不变的。在定点机器中，小数点的位置一经约定，即固定不变，不需要专门代码指定小数点位置。

对于一个 n+1 位的定点二进制小数 $x=x_0x_1x_2\cdots x_n$，其中 x_0 表示符号位，可为 0 或 1。

若 $x_0=0$，表示正数，这个数代表的数值为：

$$x_1\times2^{-1}+x_2\times2^{-2}+\cdots+x_n\times2^{-n}$$

它能表示的最大正数为 $1-2^{-n}$。

若 $x_0=1$，表示负数，其绝对值与正数相同。

因此该定点小数的表示范围为

$$-(1-2^{-n})\leqslant x\leqslant(1-2^{-n})$$

定点整数的机器数编码方法中，规定小数点固定放在最低数据位的右边。

对于一个 $n+1$ 位定点二进制整数 $x=x_nx_{n-1}x_{n-2}\cdots x_0$，其中 x_n 表示符号位，可为 0 或 1。

同理，可推得定点整数的表示范围为

$$-(2^n-1)\leqslant x\leqslant(2^n-1)$$

1. 原码表示法

原码表示法是一种最简单的机器数表示方法。编码规则为：保持机器数的数值不变，若是正数，最高位符号用“0”表示；若是负数，最高位符号用“1”表示。一个数 X 的原码记作$[X]_{原}$。

设 $X=X_{n-2}X_{n-3}\cdots X_0$(即 n-1 位二进制数)，其中 X_i 为 1 位二进制数，i=0，1，…，(n−2)，则

$$[X]_{原}=\begin{cases}0X_{n-2}X_{n-3}\cdots X_1X_0 & \text{当 } X\geqslant 0\\ 1X_{n-2}X_{n-3}\cdots X_1X_0 & \text{当 } X\leqslant 0\end{cases}$$

例：X_1=+110101　　则$[X]_{原}$=0110101

X_2=−101101　　则$[X]_{原}$=1101101

0 有两种原码表示形式：

$[+0]_{原}$=00000000　　或　　$[-0]_{原}$=10000000

因此，定点整数的原码定义为：

$$[X]_{原}=\begin{cases}X & \text{当 } 0\leqslant x<2^n\\ 2^n-X & \text{当 } -2^n<x\leqslant 0\end{cases}$$

8 位二进制原码所能表示的数值范围为−127～+127。原码表示法简单且易于理解，且真值转换方便，这是它的优点。缺点是进行加减运算时比较麻烦。参加运算的数可能为正，也可能为负，这时不仅要考虑运算是加还是减，还要考虑数的符号和数的绝对值大小。例如两数相加时，要进行判断：如果两数同号，数值部分相加，符号不变；如果两数异号，不仅数值部分实际相减，而且还要比较两数的绝对值大小，才能确定实际的被减数和减数。因此采用原码表示后，将使运算的逻辑复杂化或增加机器的运行时间。

2. 补码表示法

为了解决异号两数相加或同号两数相减问题，引入了补码的概念。补码表示法的实质是将加减法统一为加法。

在介绍补码概念之前，先看个日常生活中的例子。

时钟调整问题。如现在准确时间为 5 点钟，而钟表时针却指在 10 点钟位置。调准时间有两种方法：一种方法是可以按顺时针方向向前拨 7 个小时，可拨到 5 点钟位置，相当于加 7；另一种方法是按逆时针方向向后拨 5 个小时，可拨到 5 点钟位置，相当于减 5。由此得出加 7 与减 5 时等价的，只是前提需要是时针表盘一周被划分为 12 小时才是正确的。加上的数与减去的数的关系必须是二数绝对值之和等于 12。我们称这样的两个数为 12 的互补数，如：3 与 9，5 与 7 等。而 12 叫做模数。

减去一个数，可用加上该数的补数来代替，二者对于模数具有同余关系。而加减其模的整数倍，其值不变。另说明：做加法时，不需要进行变换。

根据同余的概念，则：

$$a+NK=a \pmod{K}$$