

高等学校试用教材

新编

Jisuanjiyingyongjichujiaocheng

计算机应用基础教程

主编 / 黄楠 李震平

本书主要内容

- ★ 计算机基础知识
- ★ DOS 操作系统
- ★ UC DOS 7.0
- ★ 汉字输入方法
- ★ 多媒体与计算机病毒
- ★ Windows 98
- ★ Word 2000
- ★ Excel 2000
- ★ PowerPoint 2000
- ★ 网络基本知识及应用
- ★ FoxPro 数据库系统



航空工业出版社

344

TP39-43

H766

高等学校试用教材

计算机应用基础教程

主 编 黄 楠 李震平

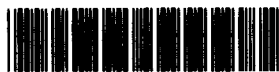
副主编 王 成 钟家民

武海燕 栗青生

编 委 王瑞平 黄建宇

常金娥 孙素环

刘英华 赵长伟



A0938856

航空工业出版社

内 容 提 要

本书是根据国家教委关于计算机基础三个层次教育指南并结合 2000 年最新计算机等级考试一级考试大纲编写的教学用书。内容包括：(1)计算机基础知识；(2)DOS 操作系统；(3)汉字操作系统 UC DOS 7.0 及汉字输入法；(4)多媒体与计算机病毒；(5)Windows 98；(6)Word 2000；(7)Excel 2000；(8)PowerPoint 2000；(9)计算机网络基本知识及应用；(10)FoxPro 数据库。本书语言流畅，并配有大量的图片说明，图文并茂。

本书可作为普通高校非计算机专业或少学时计算机专业的计算机应用基础教材，或作为计算机等级考试教材，也适合于成人自学和各类培训班使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机应用基础教程 / 黄楠, 李震平主编. — 北京:
航空工业出版社, 2000.9

ISBN 7-80134-734-X

I. 计… II. ①黄… ②李… III. 计算机应用-教材
IV. TP39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 69689 号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

北京云浩印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2000 年 9 月第 1 版

2000 年 9 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 20.25

字数: 493 千字

印数: 1-8000

定价: 26.80 元

本社图书如有缺页、倒页、脱页、残页等情况，请与本社发行部联系调换。联系电话：010-65934239 或 64941995

第1章 计算机基础知识

人类用于计算的工具发展经历了从简单到复杂、从低级到高级的演变过程。而计算机自1946年诞生以来,发展极其迅速,至今已在各个方面得到广泛的应用,它使人们传统的工作、学习、日常生活甚至思维方式都发生了深刻变化。可以说,在人类发展史中,计算机的发明具有特殊重要的意义。本章主要介绍计算机的基础知识。

1.1 计算机的发展、分类与应用

计算机是一种能自动、高速、精确地进行信息处理的电子设备。它是20世纪最重大的发明之一,对人类社会的发展产生了极其深刻的影响。对于计算机本身来说,它既是科学技术和生产力发展的结果,同时又大大地促进了科学技术和生产力的发展。

1.1.1 计算机的发展

计算工具的发展有着悠久的历史。早在我国春秋时期就有竹筹计数的“筹算法”,唐朝末年创造出算盘,南宋已有算盘歌诀的记载。随着生产力的发展,计算日趋复杂,开始出现较先进的计算工具。1642年,法国研制出了世界上第一台机械计算机。1654年出现了计算尺,1887年制成手摇计算机,以后又出现了电动机械计算机和电子模拟计算机。随着科学技术的发展和社会的进步,计算量越来越大,计算速度和精度要求越来越高,现有计算工具已不能满足社会发展的实际需要。

1946年2月,世界上第一台电子数字计算机在美国宾夕法尼亚大学诞生,取名为ENIAC(译作“埃尼克”),即“Electronic Numerical Integrator And Calculator”的缩写,它是一台电子数字积分计算机,用于美国陆军部的弹道研究室。这台计算机共用了18000多个电子管、1500个继电器,重量超过30吨,占地面积167m²,每小时耗电140千瓦,计算速度为每秒5000次加法运算。用现在的眼光来看,这是一台耗资巨大、功能不完善而且笨重的庞然大物。然而,它的出现却是科学技术发展史上的一个伟大的创造,它使人类社会从此进入了电子计算机时代。

人们根据计算机性能和当时软、硬件技术将计算机的发展划分为以下四个阶段,每一阶段在技术上都是一次新的突破,在性能上都是一次质的飞跃。

1. 第一代——电子管计算机(1946~1957年)

这一代计算机采用的主要元件是电子管,称电子管计算机。第一代计算机的主要特征如下:

- 采用电子管元件,体积庞大,耗电量高,可靠性差,维护困难。
- 计算速度慢,一般为每秒钟1千次到1万次运算。
- 使用机器语言,几乎没有系统软件。

- 采用磁鼓、小磁芯作存储器，存储容量有限。
- 输入、输出设备简单，采用穿孔纸带或卡片。
- 主要用于科学计算。

2. 第二代——晶体管计算机（1958～1964年）

晶体管的发明给计算机技术带来了革命性的变化，第二代计算机采用的主要元件是晶体管，称为晶体管计算机。第二代计算机的主要特征如下：

- 采用晶体管元件，体积大大缩小，可靠性增强，寿命延长。
- 计算速度加快，达到每秒几万次到几十万次运算。
- 提出了操作系统的概念，开始出现了汇编语言，产生了如 FORTRAN、COBOL 和 ALGOL60 等高级程序设计语言和批处理系统。
- 普遍采用磁芯作内存储器，磁盘、磁带作外存储器，容量大大提高。
- 计算机体系结构有较大发展，中断、变址、浮点等相继引入。
- 计算机应用领域扩大，除科学计算外，还用于数据处理和实时过程控制。

3. 第三代——集成电路计算机（1965～1969年）

20 世纪 60 年代中期，随着半导体工艺的发展，已制造出了集成电路元件，计算机开始采用中小规模的集成电路元件，称为中小规模集成电路计算机。第三代计算机的主要特征如下：

- 采用中小规模的集成电路元件，体积进一步缩小，可靠性更强，寿命更长。
- 计算速度加快，每秒可达几百万次运算。
- 高级语言进一步发展，操作系统的出现，使计算机功能更强，应用范围更广。
- 普遍采用半导体存储器，存储容量进一步提高。
- 计算机体系结构走向系列化、通用化和标准化。
- 计算机应用范围扩大到企业管理、辅助设计和辅助系统领域。

4. 第四代——大规模、超大规模集成电路计算机（1971年至今）

随着 70 年代初集成电路制造技术的飞速发展，生产出了大规模集成电路元件，使计算机进入了一个新的时代，即大规模和超大规模集成电路计算机时代。主要代表机型有 CRAY-1、IBM-430、VAX-II 以及目前广泛使用的微型计算机等。第四代计算机的主要特征如下：

- 采用大规模和超大规模集成电路元件，与第三代计算机相比，体积进一步缩小，可靠性更强，寿命更长。
- 计算速度加快，每秒几千万次到几十亿次运算。
- 软件配置丰富，软件系统工程化、理论化，程序设计部分自动化。
- 普遍采用半导体存储器作内存储器，存储容量和可靠性均大大提高。
- 发展了并行处理技术和多机系统，微型计算机大量进入家庭，产品更新升级速度加快。
- 计算机在办公自动化、数据库管理、图像处理、语音识别和专家系统等各个领域大显身手。

5. 新一代计算机

进入 20 世纪 90 年代以来,世界计算机技术发展十分迅速,产品不断升级换代,美国、日本等工业发达国家正在投入大量的人力和物力积极研究支持逻辑推理和知识库的智能计算机、神经网络计算机和生物计算机等新一代计算机。

随着科学技术的高速发展,现有的各种计算机系统将无法满足不同日益扩大的多样化应用要求,因此,人们在不断地采用新设想、新技术和新工艺,使计算机的功能更完善、应用范围更广泛的同时,还要使计算机不仅可以重复执行人的命令,而且可以提供逻辑推理和知识学习的能力。因此,新一代计算机将主要是把信息采集、存储、处理、通信和人工智能结合在一起的智能计算机,它将突破当前计算机的结构模式,更加注重逻辑推理或模拟人的“智能”,即具有对知识进行处理和模拟功能。总之,未来的计算机将向巨型化、微型化、网络化、智能化和多媒体方向发展。但是,智能化计算机将更具魅力,已引起各国的高度重视。新一代智能化计算机的研制成功和应用,必将对人类社会的发展产生更加深远的影响。

表 1-1 列出了各代计算机主要性能指标和代表机种。

表 1-1 各代计算机的比较

| | 第一代 (1946~1957) | 第二代 (1958~1964) | 第三代 (1965~1969) | 第四代 (1970~至今) |
|---------|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 电子器件 | 电子管 | 晶体管 | 中、小规模集成电路 | 大规模和超大规模集成电路 |
| 主存储器 | 磁芯、磁鼓 | 磁芯、磁鼓 | 磁芯、磁鼓、半导体存储器 | 半导体存储器 |
| 外部辅助存储器 | 磁带、磁鼓 | 磁带、磁鼓、磁盘 | 磁带、磁鼓、磁盘 | 磁带、磁盘、光盘 |
| 处理方式 | 机器语言 汇编语言 | 监控程序 作业批量连续处理 高级语言编译 | 多道程序 实时处理 | 实时、分时处理网络操作系统 |
| 运算速度 | 5千~3万次/秒 | 几十万~百万次/秒 | 百万~几百万次/秒 | 几百万~几亿次/秒 |
| 典型机种 | ENIAC EDVAC IBM 705 | IBM 7000 CDC 6600 | IBM 360 PDP 11 NOVA 1200 | IBM 370 VAX 11 IBM PC |

1.1.2 计算机的特点

计算机是一种可以进行自动控制、具有记忆功能的现代化计算工具和信息处理工具。它有以下五个方面的特点:

1. 运算速度快

计算机的运算速度(也称处理速度)用 MIPS(即每秒钟可执行多少百万条指令)来衡量。现代的计算机运算速度在几十 MIPS 以上,巨型计算机的速度可达到千万个 MIPS。计算机如此高的运算速度是其他任何计算工具无法比拟的,它使得过去需要几年甚至几十

年才能完成的复杂运算任务，现在只需几天、几小时、甚至更短的时间就可完成。这正是计算机被广泛使用的主要原因之一。

2. 计算精度高

一般来说，现在的计算机有几十位有效数字，而且理论上还可更高。因为数在计算机内部是用二进制数编码的，数的精度主要由这个数的二进制码的位数决定，可以通过增加数的二进制位数来提高精度，位数越多精度就越高。

3. 记忆力强

计算机的存储器类似于人的大脑，可以“记忆”（存储）大量的数据和计算机程序，在计算的同时，还可把中间结果存储起来，供以后使用。

4. 具有逻辑判断能力

计算机在程序的执行过程中，会根据上一步的执行结果，运用逻辑判断方法自动确定下一步的执行命令。正是因为计算机具有这种逻辑判断能力，使得计算机不仅能解决数值计算问题，而且能解决非数值计算问题，比如信息检索、图像识别等。

5. 可靠性高、通用性强

由于采用了大规模和超大规模集成电路，现在的计算机具有非常高的可靠性。现代计算机不仅可以用于数值计算，还可以用于数据处理、工业控制、辅助设计、辅助制造和办公自动化等，具有很强的通用性。

1.1.3 计算机的应用

由于计算机有运算速度快、计算精度高、记忆能力强、可靠性高和通用性强等一系列特点，使计算机几乎进入了一切领域，它服务于科研、生产、交通、商业、国防、卫生等各个部门。可以预见，其应用领域还将进一步扩大。计算机的主要用途如下：

1. 数值计算

主要指计算机用于完成和解决科学研究和工程技术中的数学计算问题。计算机具有计算速度快、精度高的特点，在数值计算等领域里刚好是计算机施展才能的地方，尤其是一些十分庞大而复杂的科学计算，靠其他计算工具有时简直是无法解决的。如天气预报，不但复杂且要求时间性很强，不提前一天发布就失去了预报天气的意义，而用解气象方程式的方法预测气象变化准确度高，但计算量相当大，所以只有借助于计算机，才能更及时、更准确地完成这样的工作。

2. 数据及事务处理

所谓数据及事务处理，泛指非科技方面的数据管理和计算处理。其主要特点是，要处理的原始数据量大，而算术运算较简单，并有大量的逻辑运算和判断，结果常要求以表格或图形等形式存储或输出。如银行日常账务管理、股票交易管理、图书资料的检索等，面对巨量的信息，如果不用计算机处理，仍采用传统的人工方法是难以胜任的。事实上，计算机在非数值方面的应用已经远远超过了在数值计算方面的应用。

3. 自动控制与人工智能

由于计算机不但计算速度快且又有逻辑判断能力,所以可广泛用于自动控制。如对生产和实验设备及其过程进行控制,可以大大提高自动化水平,减轻劳动强度,节省生产和实验周期,提高劳动效率,提高产品质量和产量,特别是在现代国防及航空航天等领域,可以说计算机起着决定性作用;现代的通讯工业,没有计算机是不可想象的。另外,随着智能机器人的研制成功,可以代替人完成不宜由人来进行的工作。预计 21 世纪,人工智能的研究目标是使计算机更好地模拟人的思维活动,那时的计算机将可以完成更复杂的控制任务。

4. 计算机辅助设计、辅助制造和辅助教育

计算机辅助设计 CAD (Computer Aided Design) 和计算机辅助制造 CAM (Computer Aided Manufacturing), 是设计人员利用计算机来协助进行最优化设计和制造人员进行生产设备的管理、控制和操作。目前,在电子、机械、造船、航空、建筑、化工、电器等方面都有计算机的应用,这样可以提高设计质量,缩短设计和生产周期,提高自动化水平。计算机辅助教学 CAI (Computer Aided Instruction), 是利用计算机的功能程序把教学内容变成软件,使得学生可以在计算机上学习,使教学内容更加多样化、形象化,以取得更好的教学效果。

5. 通讯与网络

随着信息化社会的发展,通讯业也发展迅速,计算机在通讯领域的作用越来越大,特别是计算机网络的迅速发展。目前全球最大的网络,即国际互联网(Internet)已把全地球上的大多数国家联系在一起,加之现在适应不同程度、不同专业的教学辅助软件不断涌现,利用计算机辅助教学和利用计算机网络在家里学习代替去学校、课堂这种传统教学方式将会很快变成现实。

除此之外,计算机在信息高速公路、电子商务等应用领域也得到了快速的发展。

1.1.4 计算机的分类

计算机按其功能可分为专用计算机和通用计算机。专用计算机功能单一、适应性差,但在特定的用途下最有效、最经济、最快速。通用计算机功能齐全、适应性强,但其效率、速度和经济性相对要低一些,目前所说的计算机都是指通用计算机。

在通用计算机中,又可根据运算速度、输入输出能力、数据存储量、指令系统的规模和机器价格等因素将其划分为巨型机、小巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机等。

1. 巨型机和小巨型机

巨型机、小巨型机运算速度快、存储容量大,每秒可达 1 亿次以上运算速度,主存容量高达几十兆至几百兆字节,字长可达 64 位。这类机结构复杂,价格昂贵,主要用于尖端科学研究领域。例如,国外在 20 世纪 70 年代初推出的 Cray-1 和 80 年代初推出的 Cray X-MP,主要用于飞行器设计和核物理研究中的大量向量运算。我国国防科技大学研制成功的“银河-I”和“银河-II”也属于巨型机。

2. 大型机、中型机

一般认为大型机的运算速度在一百万次~几千万次/秒, 字长 32 位~64 位, 主存容量在几十兆字节左右。它有比较完善的指令系统, 丰富的外部设备和功能齐全的软件系统。主要用于大型企业、计算机中心和计算机网络中。如 IBM 3033 和 VAX 8800 就是大型机的典型代表。

中型机的规模介于大型机和小型机之间。

3. 小型机

小型机结构简单、成本较低、操作简便、易于维护, 因而得以广泛推广。它既可用于科学计算、数据处理、又可用于生产过程自动控制和数据采集及分析处理。但主要还是面向中小企业。如 DEC 公司的 PDP-11 系列是 16 位小型机的典型代表, DEC 的 VAX-11 系列是 70 年代中期出现的 32 位超小型机。

4. 微型机

微型机又称个人计算机, 面向个人和家庭, 是计算机技术和超大规模集成电路技术发展的产物。目前, 微型机是应用最广泛的计算机。微型机采用微处理器、半导体存储器和输入输出接口芯片等组装, 使其比小型机体积更小、价格更低、通用性更强、灵活性更好、可靠性更高、使用更方便。

5. 工作站

工作站是 20 世纪 70 年代后期出现的一种高档微机, 它易于联网, 配有大容量主存、大屏幕显示器, 特别适合于计算机辅助设计 (CAD) 和办公自动化, 典型产品有美国 SUN 公司的 SUN-3、SUN-4 等。

分类方法是相对而言的, 随着大规模集成电路的发展, 目前的微型机与工作站, 小型机与中型机之间的界限已不明显, 微处理器芯片速度已达到甚至超过 10 年前一般大型机的 CPU 速度。今天是巨型机, 明天可能就被称为大型机或小型机。因此, 计算机的分类标准, 主要是根据社会的技术水平来确定的。

1.1.5 计算机的发展趋势

计算机从产生到现在虽然已经有了很大的发展, 但随着科技的进步与国民经济的发展, 计算机为了适应时代的需求也必将不断发展。以目前来看, 大约呈现四个发展趋势, 即巨型化、微型化、网络化和智能化。

1. 巨型化

计算机的巨型化并非指计算机的体积庞大, 而是指计算机的速度更高、容量更大、功能更强, 主要用于专业领域。正在研制中的巨型机, 其运算速度达每秒百亿次, 内存可达几十兆字节。

2. 微型化

微电子技术的发展为计算机的微型化创造了良好的条件。自 70 年代微型机问世以来, 发展极其迅速, 其性能几乎每两年翻一翻, 价格每年下降百分之三十。可以预见, 微机将

以更优的性能价格比得到大家的青睐。

3. 网络化

计算机应用的普及，特别是个人计算机的普及，必然会提出两方面的要求。首先是个人计算机的硬件、软件配置较低，功能有限，因此个人计算机总是希望能够共享大型计算机的硬、软件资源；其次是计算机之间希望能够相互传递信息，进行通信。这些必然要求计算机向网络化方向发展。

4. 智能化

计算机智能化程度越高就越能代替人的工作。但计算机的智能化研究是一项非常复杂的工作，涉及到许多学科的综合运用，因此更为复杂一些。

1.2 计算机中的数制和信息的表示

数据是计算机处理的对象。在计算机中采用什么计数制，如何表示数的正负和大小，是学习计算机首先遇到的一个重要问题。

人们习惯于采用十进制，但是由于技术原因，计算机内部一律采用二进制，而在编程中又经常使用十进制，有时为了方便还采用八进制或十六进制。因此，搞清不同计数制及其相互转换是重要的。

1.2.1 计算机为什么采用二进制

二进制并不符合人们的习惯，但是计算机内部却采用二进制表示信息，其主要原因有以下四点：

1. 电路简单

计算机是由逻辑电路组成的，逻辑电路通常只有两个状态。例如：开关的接通与断开；晶体管的饱和与截止；电压电平的高与低等。这两种状态正好用二进制的0和1来表示。

2. 工作可靠

两个状态代表的两个数码，数字传输和处理不容易出错，因而电路更加可靠。

3. 简化了运算

二进制运算法则简单。例如，求和法则有3个，求积法则有3个。

4. 逻辑性强

计算机工作原理是建立在逻辑运算基础上的，逻辑代数是逻辑运算的理论依据。二进制只有两个数码，正好代表逻辑代数中的“真”与“假”。

1.2.2 数制

在计算机中必须采用某一方式来对数据进行存储或表示，这种方式就是计算机中的数制。数制，即进位计数制，是人们利用数字符号按进位原则进行数据大小计算的方法。通常是以十进制数来进行计算的。另外，还有二进制、八进制、十六进制等。

数码：一个数制中表示基本数值大小的不同数字符号。例如，十进制有十个数码：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。

基数：一个数值所使用的数码的个数。例如，二进制的基数为：2；十进制的基数为：10。

位权：一个数值中某一位上的“1”所表示数值的大小。例如，十进制的“123”，“1”的位权是“100”；“2”的位权是“10”；“3”的位权是“1”。

1. 十进制 (Decimal notation)

- 有十个数码：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。
- 基数：10。
- 逢十进一（加法运算），借一当十（减法运算）。
- 按权展开式。对于任意一个 n 位整数和 m 位小数的十进制数 D ，均可按权展开为：

$$D = D_{n-1} \cdot 10^{n-1} + D_{n-2} \cdot 10^{n-2} + \dots + D_1 \cdot 10^1 + D_0 \cdot 10^0 + D_{-1} \cdot 10^{-1} + \dots + D_{-m} \cdot 10^{-m}$$

例：将十进制数 314.16 写成按权展开式形式。

解： $314.16 = 3 \times 10^2 + 1 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 1 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$

2. 二进制 (Binary notation)

- 有两个数码：0、1。
- 基数：2。
- 逢二进一（加法运算），借一当二（减法运算）。
- 按权展开式。对于任意一个 n 位整数和 m 位小数的二进制数 D ，均可按权展开为：

$$D = B_{n-1} \cdot 2^{n-1} + B_{n-2} \cdot 2^{n-2} + \dots + B_1 \cdot 2^1 + B_0 \cdot 2^0 + B_{-1} \cdot 2^{-1} + \dots + B_{-m} \cdot 2^{-m}$$

例：将二进制数 $(11011.1001)_2$ 写成按权展开式形式。它代表多大的十进制数？

解： $(11011.1001)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 0 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} = (27.5625)_{10}$

3. 八进制 (Octal notation)

- 有八个数码：0、1、2、3、4、5、6、7。
- 基数：8。
- 逢八进一（加法运算），借一当八（减法运算）。
- 按权展开式。对于任意一个 n 位整数和 m 位小数的八进制数 D ，均可按权展开为：

$$D = O_{n-1} \cdot 8^{n-1} + O_{n-2} \cdot 8^{n-2} + \dots + O_1 \cdot 8^1 + O_0 \cdot 8^0 + O_{-1} \cdot 8^{-1} + \dots + O_{-m} \cdot 8^{-m}$$

例：将八进制数 $(317)_8$ 写成按权展开式形式。它代表多大的十进制数？

解： $(317)_8 = 3 \times 8^2 + 1 \times 8^1 + 7 \times 8^0 = (207)_{10}$

4. 十六进制 (Hexadecimal notation)

- 有十六个数码：0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。
- 基数：16。
- 逢十六进一（加法运算），借一当十六（减法运算）。

- 按权展开式。对于任意一个 n 位整数和 m 位小数的十六进制数 D ，均可按权展开为：

$$D = H_{n-1} \cdot 16^{n-1} + H_{n-2} \cdot 16^{n-2} + \dots + H_1 \cdot 16^1 + H_0 \cdot 16^0 + H_{-1} \cdot 16^{-1} + \dots + H_{-m} \cdot 16^{-m}$$

注意：在十六个数码中，A、B、C、D、E、F 六个数码分别代表十进制中的 10、11、12、13、14、15，这是国际上通用的表示法。

例：将十六进制数 (3C4) 写成按权展开式形式。它代表多大的十进制数？

$$\text{解：}(3C4)_{16} = 3 \times 16^2 + 12 \times 16^1 + 4 \times 16^0 = (964)_{10}$$

1.2.3 不同数制间的转换

1. 十进制数与二进制数的相互转换

(1) 二进制数转换成十进制数

转换原则：把二进制数写成按权展开多项式，然后相加即可。

$$\text{例：}(1101.01)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = (13.25)_{10}$$


(2) 十进制数转换成二进制数

整数部分和小数部分分别用不同的方法进行转换。

① 整数部分的转换：除 2 取余法。

转换原则：将该十进制数除以 2，得到一个商和余数 (K_0)；再将商除以 2，又得到一个新的商和余数 (K_1)；如此反复，直到商是 0 时得到余数 (K_{n-1})。然后将所得到的各次余数，以最后余数为最高位，最初余数为最低位依次排列，即 $K_{n-1} K_{n-2} \dots K_1 K_0$ 所组成的数就是该十进制数对应的二进制数，又称为“倒序法”。

例：将 $(123)_{10}$ 转换成二进制数。

| | | |
|---------|---------------------|--|
| 2 123 | 余 1 (K_0) |  |
| 2 61 | 余 1 (K_1) | |
| 2 30 | 余 0 (K_2) | |
| 2 15 | 余 1 (K_3) | |
| 2 7 | 余 1 (K_4) | |
| 2 3 | 余 1 (K_5) | |
| 2 1 | 余 1 (K_6) | |
| 0 | | |

$$\therefore (123)_{10} = K_6 K_5 K_4 K_3 K_2 K_1 K_0 = (1111011)_2$$

② 小数部分的转换：乘 2 取整法。

转换原则：将十进制数的小数乘 2 取乘积中的整数部分作为相应二进制数小数点后最高位 K_1 ，反复乘 2，逐次得到 K_2 、 $K_3 \dots K_m$ 。直到乘积的小数部分为零或位数达到精确度要求为止。然后把每次乘积的整数部分由上而下依次 $0.K_1 K_2 \dots K_m$ 排列起来，即是所求的二进制数，又称为“顺序法”。

例：将 $(0.125)_{10}$ 转换成二进制数。

| | | | |
|------------------|--|-------------|------|
| 0.125 | | | |
| $\times \quad 2$ | | 进位整数 | |
| $(0).250$ | | 0 (K_1) | ↓ 高位 |
| $\times \quad 2$ | | 0 (K_2) | |
| $\times \quad 2$ | | 1 (K_3) | ↓ 低位 |
| $(1).000$ | | | |

$$\therefore (0.125)_{10} = 0.K_1 K_2 K_3 = (0.001)_2$$

注意：转换时有可能是无限循环小数。此时，只需保留到一定的位数即可。如十进制数 0.4。

例：将 $(25.25)_{10}$ 转换成二进制数。

解析：对于这种既有整数又有小数部分的十进制数，可将其整数和小数部分分别转换成二进制数，然后再把两者连接起来。

$$\therefore (25)_{10} = (11001)_2 \quad (0.25)_{10} = (0.01)_2$$

$$\therefore (25.25)_{10} = (11001.01)_2$$

十进制数与其他进制数的相互转换方法同十进制数与二进制数的相互转换方法一样，不同之处是具体数制的进位基数不同。例如，八进制的进位基数是 8，十六进制的进位基数是 16。

2. 十进制数与八进制数的相互转换

| | | |
|---|----------------------------|----------------------------|
| { | 八进制数转换成十进制数：以 8 为基数按权展开并相加 | |
| | 十进制数转换成八进制数：{ | 整数部分：除 8 取余 小数部分：乘 8 取整 |

3. 十进制数与十六进制数的相互转换

| | | |
|---|------------------------------|------------------------------|
| { | 十六进制数转换成十进制数：以 16 为基数按权展开并相加 | |
| | 十进制数转换成十六进制数：{ | 整数部分：除 16 取余 小数部分：乘 16 取整 |

例：将 $(525)_{10}$ 转换成十六进制数。

| | | |
|-----------------------|-----------|------|
| $16 \overline{) 525}$ | 余 D | ↑ 低位 |
| $16 \overline{) 32}$ | 余 0 | |
| $16 \overline{) 2}$ | 余 2 | ↑ 高位 |
| 0 | | |

$$\therefore (525)_{10} = (20D)_{16}$$

4. 二进制数与八进制数的相互转换

(1) 二进制数转换为八进制数

把二进制数转换为八进制数的原则是：“三位并一位”。即以小数点为界，整数部分从右向左每三位为一组，若最后一组不足三位，则在最高位前面添0补足三位，然后从左边第一组起，将每组中的二进制数按权相加得到对应的八进制数，并依次写出来即可；小数部分，从左向右每三位分为一组，最后一组不足三位时，尾部用0补足三位，然后按照顺序写出每组二进制数对应的八进制数即可。这样就把一个二进制数转换成了八进制数。

例：将 $(11101100.01101)_2$ 转换为八进制数。

011 101 100.011 010

3 5 4 . 3 2

$\therefore (11101100.01101)_2 = (354.32)_8$

(2) 八进制数转换为二进制数

把八进制数转换为二进制数的原则是：“一位拆三位”。即把一位八进制写成对应的三位二进制，然后按权连接即可。

例：将 $(541.67)_8$ 转换为二进制数。

| | | | | | |
|-----|-----|-----|---|-----|-----|
| 5 | 4 | 1 | . | 6 | 7 |
| ↓ | ↓ | ↓ | | ↓ | ↓ |
| 101 | 100 | 001 | . | 110 | 111 |

$\therefore (541.67)_8 = (101100001.110111)_2$

5. 二进制数与十六进制数的相互转换

(1) 二进制数转换为十六进制数

把二进制数转换为十六进制数的原则是：“四位并一位”。即以小数点为界，整数部分从右向左每四位为一组，若最后一组不足四位，则在最高位前面添0补足四位，然后从左边第一组起，将每组中的二进制数按权相加得到对应的十六进制数，并依次写出来即可；小数部分，从左向右每四位分为一组，最后一组不足四位时，尾部用0补足四位，然后按照顺序写出每组二进制数对应的十六进制数即可。这样就把一个二进制数转换成了十六进制数。

例：将 $(11101100.01101)_2$ 转换为十六进制数。

1110 1100.0110 1000

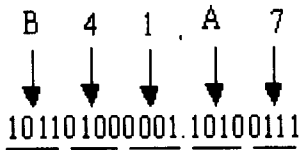
E C . 6 8

$\therefore (11101100.01101)_2 = (EC.68)_{16}$

(2) 十六进制数转换为二进制数

把十六进制数转换为二进制数的原则是：“一位拆四位”。即把一位十六进制写成对应的四位二进制，然后按权连接即可。

例：将 $(B41.A7)_{16}$ 转换为二进制数。



$$\therefore (B41.A7)_{16} = (101101000001.10100111)_2$$

在程序设计中，为了区分不同的进位制的数，常在数字后加一英文字母做后缀以示区别。

- 十进制数，在数字后面加字母 D 或不加字母，如 759D 或 759。
- 二进制数，在数字后面加字母 B，如 1101B。
- 八进制数，在数字后面加字母 O，如 175O。
- 十六进制数，在数字后面加字母 H，如 E7B9H。

各种进制的对应关系，见表 1-2。

表 1-2 各进制的对应关系

| 十进制 | 二进制 | 八进制 | 十六进制 |
|-----|------|-----|------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 01 | 1 | 1 |
| 2 | 10 | 2 | 2 |
| 3 | 11 | 3 | 3 |
| 4 | 100 | 4 | 4 |
| 5 | 101 | 5 | 5 |
| 6 | 110 | 6 | 6 |
| 7 | 111 | 7 | 7 |
| 8 | 1000 | 10 | 8 |
| 9 | 1001 | 11 | 9 |
| 10 | 1010 | 12 | A |
| 11 | 1011 | 13 | B |
| 12 | 1100 | 14 | C |
| 13 | 1101 | 15 | D |
| 14 | 1110 | 16 | E |
| 15 | 1111 | 17 | F |
| ... | ... | ... | ... |

1.2.4 计算机中数的表示

在介绍计算机中的数的表示之前，先简单介绍计算机中的位、字节和字的含义以及存储器的常用容量单位。

1. 位、字节、字和存储器容量单位

(1) 位、字节和字

位，音译为比特，是计算机存储数据的最小单位，是二进制数据中的一个位。一个二

进制位只能表示 0 或 1 两种状态, 要表示更多的信息, 就得把多个位组合成一个整体, 每增加一位, 所能表示的信息量就增加一倍。例如, ASCII 码用 7 位二进制组合编码, 能表示 $2^7=128$ 个不同信息。

字节简记为 B, 规定一个字节为 8 位, 即 $1B=8\text{bit}$ 。字节是计算机数据处理的基本单位, 并主要以字节为单位解释信息。通常, 一个字节可存放一个 ASCII 码, 两个字节存放一个汉字国际码, 整型数常用两个字节组织存储, 单精度实型数用 4 个字节组织成浮点形式。每个字节由 8 个二进制位组成。

字是计算机进行数据处理时, 一次存取、加工和传送的数据长度。一个字通常由一个或若干个字节组成, 由于字长是计算机一次所能处理信息的实际位数, 所以, 它决定了计算机数据处理的速度, 是衡量计算机性能的一个重要标识, 字长越长, 性能越好。

计算机型号不同其字长是不同的, 常用的字长有 8 位、16 位、32 位和 64 位。例如, APPLE-II 微机字长为 8 位, 称为 8 位机; IBM-PC/XT 字长为 16 位, 称为 16 位机; 386/486 微机字长 32 位, 称为 32 位机; 586 则是 64 位机。

一般一个字的每一位自右而左依次编号, 例如, 对于 8 位机, 各位依次编为 0~7, 对于 16 位机各位依次编为 0~15, 最低的位叫做“最低有效位”, 简记为 LSB, 最高的位叫“最高有效位”, 简记为 MSB。

(2) 存储器容量单位

计算机存储器容量大小以字节数来度量, 经常使用的度量单位有 KB、MB 和 GB。其中, B 代表字节, 各度量单位用字节来表示为:

$$1\text{KB}=2^{10}\text{B}=1024\text{B}$$

$$1\text{MB}=2^{10}\times 2^{10}\text{B}=1024\text{KB}=1024\times 1024\text{B}$$

$$1\text{GB}=2^{10}\times 2^{10}\times 2^{10}\text{B}=1024\text{MB}=1024\times 1024\text{KB}=1024\times 1024\times 1024\text{B}$$

例如, 一台 586 微机, 内存储器标注 16MB, 外存软盘标注 1.44MB, 硬盘容量标注 2.3GB, 则它实际的内外存字节数分别为:

$$\text{内存容量}=16\times 1024\times 1024\text{B}$$

$$\text{软盘容量}=1.44\times 1024\times 1024\text{B}$$

$$\text{硬盘容量}=2.3\times 1024\times 1024\times 1024\text{B}。$$

2. 计算机中数的表示

在计算机内部, 任何信息都以二进制代码表示(即 0 与 1 的组合来表示)。一个数在计算机中的表示形式, 称为机器数, 机器数所对应的原来的数值称为真值。由于采用二进制, 必须要把符号数字化, 通常是用机器数的最高位作为符号位, 该位不代表数值, 仅用来表示数符。若该位为 0, 则表示正数; 若该位为 1, 则表示负数。机器数也有不同表示法, 常用的有三种: 原码、补码和反码。下面以字长 8 位为例, 介绍计算机中数的表示法。

(1) 原码表示法

原码表示法, 是用机器数的最高位代表符号, 若为 0, 则代表正数, 若为 1, 则代表负数, 数值部分为真值的绝对值的一种表示方法。例如:

| | | | | | | |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 十进制 | +73 | -73 | +127 | -127 | +0 | -0 |
| 二进制(真值) | +1001001 | -1001001 | +1111111 | -1111111 | +0000000 | -0000000 |

原码 01001001 11001001 01111111 11111111 00000000 10000000

在原码表示中，零有两种表示形式： $[+0]_{\text{原}}=00000000$ 和 $[-0]_{\text{原}}=10000000$ 。

用原码表示时，数的真值和它原码表示的机器数之间的对应关系简单，相互转换方便。但不便于作减法运算，如果在计算机中用补码表示现实中的数，就可以对正数或负数都采用相同的运算规则来作加法或减法运算，使运算简化。

(2) 补码表示法

以时钟为例，我们来了解一下补码的概念。假如现在是 10 点，而时针却指向 6 点，调整时针的方法一种是将时针倒拨 4 个小时，即 $10 - 4 = 6$ ；另一种是将时针顺拨 8 个小时，即 $10 + 8 = 18 = 12 + 6$ 。

因为钟表是按 12 进位的，所以，将 12 称为它的“模”。对模 12 来说，减 4 和加 8 效果是一样的。因此，在以 12 为模的系统中，凡是减 4 的问题，都可以用加 8 来代替，这就把减法问题转化成加法问题了。实际上，在以 12 为模的系统中，11 和 1，10 和 2，9 和 3，8 和 4，7 和 5，6 和 6 之间都有这个性质。对模而言，它们互为补数。共同特点是两者相加等于 12（即等于时钟的模）。

以上是时钟的例子，对于计算机，其概念和方法完全一样。n 位计算机，设 $n=8$ ，所能表示的最大数为 $(11111111)_2$ ，相当于十进制数 255，若再加 1，成为 $(100000000)_2$ ，但因只有 8 位，最高位 1 自然丢失。本来应该是 256，却又回到了 0，所以 8 位二进制系统的模为 256。如同时钟一样，在这样的系统中，减法问题可化成加法问题，只需把减数用相应的补数表示就可以了。把补数用到计算机对机器数的处理上，就是补码。

① 补码的定义

对于 n 位计算机，某数 x 的补码定义为：

$$[x]_{\text{补}} = \begin{cases} x & 2^{n-1} > x \geq 0 \\ 2^n - |x| & 0 \geq x > -2^{n-1} \end{cases}$$

即正数的补码等于正数本身，负数的补码等于模（即 2^n ）减去它的绝对值，即用它的补数来表示。

例：对于 8 位计算机，求： $+91$ 、 -91 、 $+1$ 、 -1 、 $+0$ 、 -0 的补码。

解：8 位计算机，模为 2^8 ，即二进制数 100000000，相当于十进制数的 256。

$$\begin{aligned} x = (+91)_{10} &= (+1011011) & [x]_{\text{补}} &= 01011011 \\ x = (-91)_{10} &= (-1011011) & [x]_{\text{补}} &= 100000000 - 1011011 = 10100101 \\ x = (+1)_{10} &= (+0000001) & [x]_{\text{补}} &= 00000001 \\ x = (-1)_{10} &= (-0000001) & [x]_{\text{补}} &= 100000000 - 0000001 = 11111111 \\ x = (+0)_{10} &= (+0000000) & [x]_{\text{补}} &= 00000000 \\ x = (-0)_{10} &= (-0000000) & [x]_{\text{补}} &= 00000000 \end{aligned}$$

② 补码的简便求法

求一个二进制数补码的方法是：正数的补码与原码相同。负数的补码是将其原码除符号位外按位取反（即 0 变 1，1 变 0），得到它的反码，再在反码最低位加 1。

例：对于 8 位计算机，求： -91 的补码。

解：第一步，先将 $(-91)_{10}$ 表示成原码 $[-91]_{\text{原}}=11011011$