

第一章 计算机的基础知识

1.1 电子计算机的发展

电子计算机是指一种能执行高速算术和逻辑运算的具有记忆功能的自动电子装置。

电子计算机经历了半个世纪的发展，最重要的奠基人是英国科学家艾兰·图灵（Alan Turing）和美籍匈牙利科学家冯·诺依曼（John Von·Neuman）。图灵的贡献是建立了图灵机的理论模型，发展了可计算性理论和提出了定义机器智能的图灵测试，奠定了人工智能的基础。

冯·诺依曼的贡献是首先提出了在电子计算机中存储程序的概念，确立了现代电子计算机硬件的基本结构，即电子计算机由运算器、控制器、存储器、输入和输出设备五个部分组成，一直沿用至今。人们总是把冯·诺依曼称为“计算机鼻祖”。

电子计算机的发展阶段常以第几代表示。划代的传统方法通常以构成计算机的电子器件的不断更新为标志，分为电子管、晶体管、集成电路、超大规模集成电路四代。一般指的大型机、中型机、小型机等，称为传统电子计算机的发展阶段；而70年代出现的微型机具有划时代的意义，其核心部件——微处理器的出现开辟了电子计算机的新纪元，于是由不同规模的集成电路构成的微处理器，形成了微型机发展阶段中的“代机”，称为微型机的发展阶段。

1.1.1 传统电子计算机的发展阶段

1. 第一代电子计算机

其主要特征是采用电子管作开关元件。以人所共知的第一台电子计算机 ENIAC（埃尼阿克）为代表，其主要器件是18000个电子管。ENIAC 是电子数值积分器及计算机（Electronic Numerical Integrator and Computer）的缩写。它是在第二次世界大战中，1943年4月由美国陆军作战部出资，美国宾夕法尼亚大学莫尔学院与陆军阿伯丁弹道研究实验室共同研制的，于1946年2月通过验收并投入运行，服役到1955年。

2. 第二代电子计算机

其特点是用晶体管代替了电子管。晶体管的优点是体积小、重量轻、发热少、耗电少、寿命长、价格低，特别是状态转换速度快。

另外二代机普遍采用磁心存储器作内存，采用磁盘与磁带作外存，使存储容量增大，可靠性提高。这时，汇编语言取代了机器语言，开始出现了 FORTRAN 和 COBOL 等高级语言。

其代表机型为1959年至1964年出现的晶体管计算机。例如，IBM 的 7090, 7094, 7040, 7044，贝尔的 TRADIC 等。

3. 第三代电子计算机

人们通常把1965年至1970年出现的集成电路计算机称为第三代电子计算机。例如,IBM360系统、Honeywell6000系列等。其主存储器容量达1~4兆字节,运算速度达200万次/秒。

其特点是用集成电路取代了晶体管。它的体积更小、耗电更省、功能更强。用半导体存储器,淘汰了磁心存储器,使存储器也开始集成电路化,内存容量大幅度增加。另外,系统软件和应用软件有了很大发展,出现了结构化、模块化程序设计方法。

4. 第四代电子计算机

其特点是用超大规模集成电路(VLSI)取代中小规模集成电路。由于微电子学在理论和制造工艺方面的迅速发展,为集成电路集成度的大幅度提高创造了条件。

这时微处理器的出现,使微型机突起,独树一帜。这将在1.1.2小节详述。

通常把1971年至今出现的大型主机称为第四代电子计算机,代表机种有IBM4300系列、3080系列、3900系列以及9000系列。

从80年代开始,日、美等国开展了新一代计算机系统(FGCS)的研究,目前未见有突破性进展。

1.1.2 微型电子计算机的发展阶段

在计算机的飞速发展,70年代出现了微型计算机(Microcomputer),它的出现和发展具有划时代的意义。

微型计算机开发的先驱是两个年青的工程师,美国英特尔(Intel)公司的霍夫(Hoff)和意大利的弗金(Fagin)。霍夫首先提出了可编程序通用计算机的设想,即把计算机的全部电路做在四个集成电路芯片上。这个设想首先由弗金实现,他在 4.2×3.2 平方毫米的硅片上集成了2250个晶体管构成中央处理器,即四位微处理器Intel4004。再加上一片320位的随机存取存储器,一片256字节的只读存储器和一片10位的寄存器,通过总线连接就构成了4位微型电子计算机。

凡由集成电路构成的中央处理器,人们习惯上称为微处理器(Micro Processor)。由不同规模的集成电路构成的微处理器,形成了微型机的几个发展阶段。

1. 第一代微型计算机

通常把IBM-PC/XT及其兼容机称为第一代微型计算机。

1981年8月IBM公司推出个人计算机IBM-PC。1983年8月又推出PC/XT,其中XT代表扩展型(eXtended Type)。IBM在微机市场取得很大成功。它使用了Intel8088芯片为处理器(亦称CPU),内部总线为16位,外部总线为8位。IBM-PC在当时是最好的产品,它的80系列的显示、PC单总线带来的开放式结构、有大小写字母和光标控制的键盘、有文字处理等配套软件,这些性能在当时都令人耳目一新。

2. 第二代微型计算机

286AT及其兼容机被称为第二代微型计算机。

1984年8月IBM公司又推出了IBM-PC/AT, 其中AT代表先进型或高级技术(Advanced Type 或 Advanced Technology)。它使用了Intel80286芯片为处理器, 时钟从8MHz到16MHz, 它是完全16位的微处理器, 内存达到1M, 并配有高密软磁盘和20M以上的硬盘。采用了AT总线, 又称工业标准体系结构ISA总线。

3. 第三代微型计算机

386微机被称为第三代微型计算机。

1986年PC兼容机厂家Compaq公司率先推出386AT, 牌号是Deskpro 386, 开辟了386微机的新时代。1987年IBM推出PS/2-50型, 它使用80386为CPU芯片, 但其总线不再与ISA总线兼容, 而是IBM独自的微通道体系结构的MCA总线。1988年Compaq又推出了与ISA总线兼容的扩展工业标准体系结构EISA总线。

4. 第四代微型计算机

486微机被称为第四代微型计算机。

1989年Intel80486芯片问世后, 很快就出现了以它为CPU的微型计算机。它们仍以总线类型分为EISA与MCA两个分支, 但又发展了局部总线技术。

5. 第五代微型计算机

第五代微型计算机以奔腾为芯片的微型机作代表。

1993年Intel又推出了Pentium芯片, 一个芯片集成了310万个晶体管。它是人们原先预料的80586, 不过出于专利保护的需要, 给它起了特殊的英文名Pentium, 还给它起了中文名“奔腾”。各国微机厂家纷纷推出以奔腾为芯片的64位微型机。目前见到的最新芯片是B3MHZ的Pentium CPU, 今年下半年150MHZ Pentium将问世。

此外, IBM, Motorola, Apple三家公司联合开发了Power PC芯片, DEC公司也推出了Alpha芯片, 展开了64位或准64位高档超级微机的激烈竞争。它们的性能超过了早期巨型机的水平。

微机的发展还在继续前进着, 例如Intel公司已宣布新的芯片P6即将推出, 它集成了2200万个晶体管, 预计到2000年, P7集成度将达1亿个晶体管。

1.2 计算机的应用领域

1. 数值计算

计算机传统的应用领域就是进行数值计算。在现代科学技术工作中, 科学计算问题是十分庞大而相当复杂的。利用计算机的高速计算、大容量存储和连续运算的能力, 可以实现人工无法实现的各种科学计算。目前出现了很多用于各种领域的数值计算程序包。

例如, 气象预报需要对大量云图等气象资料进行计算, 需要超级计算机才能实现及时的预报, 并能做较长期的预测预报。又如海湾战争中, 爱国者导弹拦截飞毛腿导弹, 也是经过网络传送及高速运算才实现的。

正是因为有了计算机，才使利用模型来模仿真实系统的方法得以实现。使计算机成为与理论、实验并立的三种科学研究方法之一。

2. 数据处理

数据处理是指在计算机上管理、操作任何形式的数据资料。

数据处理是计算机应用中所占比例最大的领域。例如，对企业管理、会计、统计、医疗资料、档案、仓库、试验资料等的整理，其计算方法比较简单，但数据量非常大，输入输出操作频繁，这些工作的核心是数据处理。

数据处理从简单到复杂已经历了三个不同的发展阶段。

(1) 电子数据处理 (EDP) 阶段

EDP 是 Electronic Data Processing 的缩写，它以文件系统为手段，实现一个部门内的单项管理。

(2) 管理信息系统 (MIS) 阶段

MIS 是 Management Information System 的缩写，它以数据库技术为工具，实现一个部门的全面管理，以提高工作效率。

(3) 决策支持系统 (DSS) 阶段

DSS 是 Decision Support System 的缩写，它以数据库、模型库、方法库为基础，帮助管理决策者提高决策水平，改善运营策略的正确性与有效性。

3. 过程控制

过程控制是指利用计算机实现单机或整个生产过程的控制。它不仅可以大大提高自动化水平、减轻劳动强度，而且可以提高控制的准确性，提高产品质量及成品合格率。因此，在机械、冶金、石油、化工、电力、建筑以及轻工等部门已得到十分广泛的应用，并获得了非常好的效果。

例如，在汽车工业方面，用计算机控制机床、控制整个装配流水线，不仅可以实现精度要求高、形状复杂的零件加工自动化，而且可以使整个工厂实现自动化。

4. CAD, CAM, CAI

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD) 是指利用计算机系统辅助设计人员进行工程或产品设计，以实现最佳设计效果的一种技术。它已广泛地应用于宇航、飞机、汽车、机械、电子、建筑、轻工等领域。例如，在计算机设计过程中，利用 CAD 技术进行体系结构模拟、逻辑模拟、插件划分、自动布线等。又如在建筑设计过程中，可以利用 CAD 技术进行力学计算、结构设计、绘制建筑施工图样等。CAD 技术不仅提高了设计速度，而且大大提高了设计质量。

计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing 简称 CAM) 是指使用计算机系统有计划、管理和控制加工设备的操作等。它可提高产品质量，降低成本，缩短生产周期，提高生产率和改善制造人员的工作条件。

CAD 和 CAM 进一步发展，两者必然要联接起来，称为 CAD/CAM 系统。随着信息技术的不断发展，目前国内外引人注目的计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manu-

facturing System, 简称 CIMS) 将得以实现, 它将实现设计、生产的自动化, 真正实现无人化工厂。

计算机辅助教学 (Computer Aided Instruction, 简称 CAI) 是指利用计算机来辅助学生学习的自动系统。它将教学内容、教学方法以及学生的学习情况存储于计算机内。能进行学习的自我检测, 引导学生循序渐进地学习, 使学生能够轻松自如地从 CAI 系统中学到所需要的知识。

5. 电脑网络

电脑网络是计算机通过网络得以集成应用。目前世界上最大的电脑网络 (亦可称电脑网络互联) 是美国的 Internet 网络。Internet 网始于 1969 年, 主要用于军事。1985 年向社会开放, 1993 年 Internet 网发展成公用性极强的计算机网络集合, 爆炸性地成为当代流行的高科技产业热点。它是一种个人电脑与民用波段无线电、电话局网络的特殊集合物, 如今已成为人们彼此交谈和传递信息的地方, 其话题可以是天底下所发生的任何一件事。所以 Internet 已成为国际计算机互联网的专用名, Internet 是成千上万个信息资源的总称, 这些资源以电子文件的形式在线 (On-Line) 地分布在世界各地的数百万台计算机上。最近 (1995 年 9 月初) 在我国举办的第四次世妇会以及 NGO 论坛, 各国代表使用的就是 Internet 电脑网络与世界各地联系。这是我国首次在大型国际会议上使用, 一方面可使世界各国人民及妇女及时了解世妇会的进展情况, 另一方面与会代表也可以通过 Internet 的 E-Mail 进行电子邮件的传递; 通过 Internet 的 USENET——世界范围的电子公告板来发表各自的见解和评论, 也可使用 Internet 的 FTP 来进行各种文件的传递, 以及利用其中的超文本文件 WWW 来查询各种各样的信息。

一般来说, Internet 电脑网络的主要信息服务有以下几个方面: 一是电子邮件服务 (E-Mail), 电子邮件是指互联网络用户通过网络传递特定的用户或一群用户的信息; 二是远程登录服务 (Telnet) 互联网络用户若与远在千里之外的另一台计算机联通, 便可使用这台计算机提供的各种信息服务, 如查询公共联机检索目录、电子图书馆目录、商业数据库等; 三是文件传送服务 (FTP), 指互联网上的用户将一台计算机上的文件传递给另一台; 四是信息查询浏览服务, 是指以上电子邮件、远程登录和文件传送的互联网络的三项基本服务; 五是新闻服务 (USENET), 是指一个世界范围的电子公告板, 用于发布公告、新闻和各种文章供大家使用。

1.3 计算机系统的主要技术指标及其配置

学习、使用和购买计算机都必须了解计算机的主要技术指标及其基本配置。为介绍微机系统的基本配置, 首先要了解微机的主要性能指标。

1.3.1 微型机的主要性能指标

1. 字长 (Size)

字长是计算机的一项重要技术指标。它指计算机能直接处理的二进制数据的位数。字

长直接影响到计算机的功能、用途及应用领域。如 286 机是 16 位机,就是指它的字长是 16 位。

2. 速度 (Speed)

(1) 主频:指计算机的时钟频率,即 CPU 在单位时间(秒)内的平均“操作”次数。它在很大程度上决定了计算机的运算速度。例如,8088 为 4.77MHz、80286 为 8MHz、80386 为 16MHz、80486 为 66MHz,即是指其主频,单位为兆赫兹。目前奔腾主频可达 150MHz。

(2) 运算速度:指计算机每秒能执行的指令数。单位为每秒百万条指令 (Million Instructions Per Second,简称 MIPS,读作米普斯)或者每秒百万条浮点指令 (Million Floating Point Per Second,简称 MFLOPS)。它们都是用基准程序 (Benchmark) 来测试的。从微处理器芯片来看,1980 年至 1987 年,它从 1MIPS 增至 2MIPS。然而从 1987 年至 1994 年,它又从 2MIPS 提高到 200 至 300MIPS,增加了 100 多倍。预计 2000 年将达到 1000MIPS。

(3) 存取速度:存储器完成一次读(取)或写(存)操作所需的时间称为存储器的存取时间或者访问时间。而连续两次读(或写)所需的最短时间称为存储周期。对于半导体存储器来说,存取周期约为几十到几百毫微秒 (10^{-9} 秒)。它的快慢也会影响到计算机的速度。

3. 容量 (Capacity)

容量一般以 KB 和 MB 为单位 (1KB=1024 字节,1MB=1024KB)。内存容量即是内存存储器能够存储信息的总字节数。通常 286 微机的内存容量为 640KB,386 微机为 1MB 到 4MB,486 微机可达 16MB。容量越大,运行软件的功能就越强。

4. 可靠性 (Reliability)

可靠性是指在给定的时间内,计算机系统能正常运转的概率。通常用平均无故障时间 (Mean Time Between Failures,简称 MTBF) 表示,指系统能正常工作的平均时间,MTBF 的时间越长,表明系统的可靠性越高。

5. 可用性 (Availability)

可用性是指计算机的使用效率,它以系统在执行任务的任意时刻所能正常工作的概率来表示。

6. 可维护性 (Serviceability)

可维护性是指计算机的维修效率。通常用平均修复时间 (Mean Time To Repair,简称 MTTR) 表示,即从故障发生到故障修复所需的平均时间。

此外,还有一些评价计算机的综合指标,例如性能价格比、系统的完整性、安全性等。

1.3.2 微机系统的基本配置

微机的硬件系统主要包括主机(由微处理器和内存储器组成)、硬盘驱动器、软盘驱动器、键盘、显示器等部分。下面以目前常见机型举例说明微机的基本配置情况。

1. 长城 GW386 的基本配置

微处理器 (亦称 CPU) 采用 80386, 主频 16MHz, 可扩充 80387 协处理器。内存 2MB ~ 4MB, 外存有两个 5.25 英寸软盘驱动器 (1.2MB 和 360KB 各 1 个)。硬盘 40MB。

显示系统采用 14 英寸彩色高清晰度显示器, 字符分辨率为 648×504, 图形分辨率为 640×480。采用带 ROM 汉字库的 CEGA 显示卡。

操作系统为 DOS3.2、DOS3.3、OS/2 以及 XENIX 多用户操作系统。还有多种高级语言。应用软件包括多种汉字字处理, 汉字 dBASE、FOXBASE、长城 CAD 软件包、汉字印刷软件包 GWART 和 XE2.0 汉字编辑软件等。

2. 486 微机基本配置

目前市场上的 486 微机如 DEC, IBM, AST, HP, LX (联想), COMPAQ 等厂家的常见配置为: 80486 微处理器, 主频 66MHz, 内存有 8MB, 16MB, 1GB, 硬盘有 340MB, 540MB, 850MB, 双软驱 1.44MB+1.2MB, 显示器 SVGA1024×768 (或 1024), VEGA 显示卡。101 键盘+鼠标器。

操作系统可配 DOS6.1, OS/2, Windows 95 等。应用软件有汉字处理系统 UC DOS, CCED, WPS 以及计算机辅助设计与绘图软件 Auto CAD12.0 等数十个。

另外带多媒体功能的 486 微机, 外加配置包括 1 倍速~4 倍速的 CD-ROM、16 位声霸卡+有源音箱、视霸卡、解压卡、电视卡、大彩显等, 这些都可由用户根据需要选配。

例如联想 LX-G4/66VL 型的基本配置为: CPU486Dx2/66, 内存 8MB~16MB, 硬盘 270MB~540MB, 双软驱 1.2MB+1.44MB, 显示器 SVGA, VEGA 显示卡、1MB 显存, 光盘驱动器为双倍速 CD-ROM。101 键盘+鼠标。操作系统为 OS/2+DOS6.2。

3. 联想 LX-P5/60 PCI 型 (586 机) 基本配置

CPU inter pentium/60, 内存 8MB~128MB, 硬盘 540MB, 双软驱 1.2MB+1.44MB, 光盘驱动器为双倍速 CD-ROM, 显示器 SVGA, PCI 显示卡、1MB 显存。101 键盘+鼠标。操作系统为 OS/2+DOS 6.2。

1.4 数 制

数制 (Number System) 是指用一组固定的数字和一套统一的规则来表示数目的方法。

世界各国最习惯用的是十进制。这可能是人类首先用 10 个手指来计数的缘故。其实也用其它进制; 例如每年 12 个月就是十二进制; 每小时 60 分, 每分 60 秒, 就是六十进制。计算机采用的是二进制, 它只需表示 0, 1 两个数字符号, 这在物理上很容易实现, 可行性好。0 和 1 两个数, 传输和处理不易出错, 可靠性好; 运算法则简单, 硬件结构简化。另外, 0 和 1 正好与逻辑代数假和真相对应, 逻辑性好。

对于计算机初学者, 必须熟悉 4 种进制的数制: 二进制、十进制、八进制和十六进制。

十进制大家自幼就熟悉, 它是理解其它数制的基础。二进制则是计算机与网络通信中都用的基本数制, 非懂不可。而八进制和十六进制则常用作二进制的压缩形式, 只要搞清

原理，学起来都一样容易。

1. 基数 (base)

在一种数制中，只能使用一组固定的数字来表示数目的大小，具体使用多少个数字符号来表示数目的大小，就称为该数制的基数。例如：

(1) 十进制 (Decimal) 的基数是 10，它只有 10 个数字就够用，即 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9。其中最大数码是基数减一，即 9，最小数码是 0。

(2) 二进制 (Binary) 的基数是 2，它只有两个数字可用，即 0 和 1。这就是说，如果给定的数中，除 0 和 1 外还有其它数，例如 1012，它就决不会是一个二进制数。

(3) 八进制 (Octal) 的基数是 8，它只有 8 个数字可用，即 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7。最大的也是基数减一，即 7，最小的是 0。

(4) 十六进制 (Hexadecimal) 的基数是 16，它必须有 16 个数字才够用。因此，除了十进制中的 10 个数可用外，还必须再创造 6 个数字。事实上，在十六进制中是借用了 6 个英文字母。它的 16 个数字依次是 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F。其中 A 至 F 分别代表十进制数的 10 至 15，最大的数字也是基数减一。

既然有不同的进制，那么在给出一个数时，必须指明是什么数制里的数。例如： $(1010)_2$ ， $(1010)_8$ ， $(1010)_{10}$ ， $(1010)_{16}$ 所代表的数值就不同。除了用下标表示外，还可利用后缀字母来表示数制。例如 2A4EH，FEEDH，BADH 就表示它们都是十六进制数，与 $(2A4E)_{16}$ 、 $(FEED)_{16}$ 、 $(BAD)_{16}$ 的意义相同。

2. 规则

在一种数制中，还必须有一套统一的规则。这就是 N 进制，必须是逢 N 进一。

(1) 十进制数的特点是逢十进一。例如：

$$(1010)_{10} = 1 \times 10^3 + 0 \times 10^2 + 1 \times 10^1 + 0 \times 10^0 = (1010)_{10}$$

(2) 二进制数的特点是逢二进一。例如：

$$(1010)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = (10)_{10}$$

(3) 八进制数的特点是逢八进一。例如：

$$(1010)_8 = 1 \times 8^3 + 0 \times 8^2 + 1 \times 8^1 + 0 \times 8^0 = (520)_{10}$$

(4) 十六进制数的特点是逢十六进一。例如：

$$(1010)_{16} = 1 \times 16^3 + 0 \times 16^2 + 1 \times 16^1 + 0 \times 16^0 = (4112)_{10}$$

$$\text{同理 } (BAD)_{16} = 11 \times 16^2 + 10 \times 16^1 + 13 \times 16^0 = 2816 + 160 + 13 = (2989)_{10}$$

1.4.1 数制间的相互转换

非十进制数转换成十进制数，方法只有一个，即把各非十进制数按权展开求和即可。十进制数转换成非十进制数的方法不只一个，通常在整数转换中采用除基数取余的方法，在小数转换中采用乘基数取整的方法。学习的关键是要掌握二进制与十进制之间的转换方法。

1. 其它进制数转换成十进制数

(1) 二进制数转换成十进制数

$$\begin{aligned}
 (1011.101)_2 &= 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} \\
 &\quad + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\
 &= 8 + 2 + 1 + 0.5 + 0.125 \\
 &= (11.625)_{10}
 \end{aligned}$$

$$(110110)_2 = 32 + 16 + 4 + 2 = (54)_{10}$$

(2) 八进制数转换成十进制数

$$\begin{aligned}
 (143.65)_8 &= 1 \times 8^2 + 4 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 6 \times 8^{-1} + 5 \times 8^{-2} \\
 &= 64 + 32 + 3 + 0.75 + 0.078125 \\
 &= (99.828125)_{10}
 \end{aligned}$$

$$(257)_8 = 64 \times 2 + 8 \times 5 + 1 \times 7 = 128 + 40 + 7 = (175)_{10}$$

(3) 十六进制数转换成十进制数

$$\begin{aligned}
 (32CF.4B)_{16} &= 3 \times 16^3 + 2 \times 16^2 + 12 \times 16^1 + 15 \times 16^0 \\
 &\quad + 4 \times 16^{-1} + 11 \times 16^{-2} \\
 &= 12288 + 512 + 192 + 15 + 0.25 + 0.04296875 \\
 &= (13007.29296875)_{10}
 \end{aligned}$$

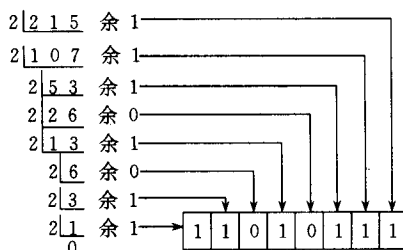
$$\begin{aligned}
 (2A4E)_{16} &= 4096 \times 2 + 256 \times A + 16 \times 4 + 1 \times E \\
 &= (10830)_{10}
 \end{aligned}$$

根据上面的实例可以看出，要想快而准地完成这种转换，最好能把各种数制的权值记住，特别是二进制的权值：1，2，4，8，16，32，64，128等更要记熟。

2. 把十进制数转换成其它进制数

(1) 十进制数转换成二进制数

当把十进制整数转换成二进制整数时，应采用“除二取余”法。例如把 $(215)_{10}$ 转换成二进制数：

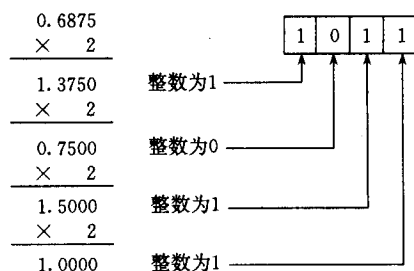


这里需要注意的是：第一个余数是转换成的二进制数的最低位，最后一个余数是在最高位。因此， $(215)_{10} = (11010111)_2$ ，而不是 $(11101011)_2$ 。

当把十进制小数转换成二进制小数时，应采用“乘二取整”法。例如把 $(0.6875)_{10}$ 转换成二进制数：

上面的例子是简单的，通过有限次乘二取整过程即告结束。 $(0.6875)_{10} = (0.1011)_2$ 。但是，也有许多情况可能是无限的，这就要根据精度的要求选取适当的位数。如果未提出精度的要求，则一般小数部分取 6 位即可。

(2) 十进制数转换成八进制数



对于十进制整数通过“除八取余”法可转换成八进制整数数列。同样，需要注意第一个余数为最低位，最后一个余数为最高位。

对于十进制小数则通过“乘八取整”法可转换成八进制小数数列。同样，需要注意第一个整数为最高位，而相对精度要求的最后一个整数为最低位。

(3) 十进制数转换成十六进制数

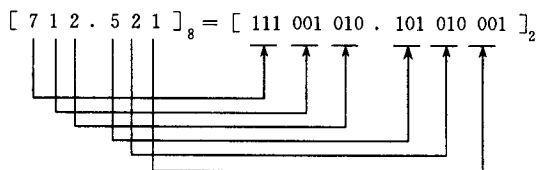
同理，对于整数部分采用“除十六取余”法进行转换，顺序规则可概括为“先余为低，后余为高”。对于小数部分则采用“乘十六取整”法进行转换，顺序规则可概括为“先整为高，后整为低”。

3. 非十进制数之间的转换

(1) 二、八进制数之间的相互转换

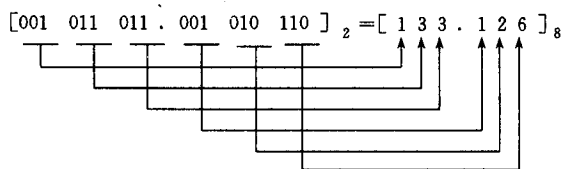
由于八进制数的一位数相当于二进制的三位数，因此，从八进制数转换成二进制数，只需以小数点为界，向左向右，每位八进制数用相应的三位二进制数取代，即可分别转换成二进制的整数和小数。无论是向左还是向右，最后不是三位二进制数时都用零补足三位。

例如把 $(712.521)_8$ 转换为二进制数：



同理，把二进制数转换成相应的八进制数只是上述方法的逆过程。

例如把 $(1011011.00101011)_2$ 转换为八进制数；

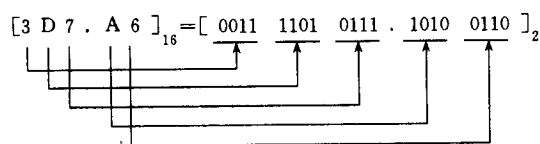


(2) 二、十六进制数之间的相互转换

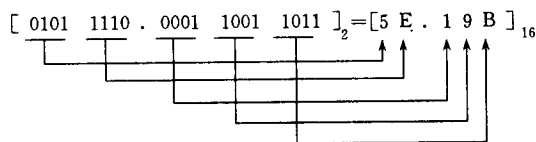
由于十六进制的一位数相当于二进制的四位数，因此，从十六进制数转换成二进制数，只需以小数点为界，整数部分向左，小数部分向右，每位十六进制数用相应的四位二进制

数取代，即可分别转换成二进制的整数和小数。无论是向左还是向右，最后不足四位二进制数时都用零补足四位。

例如把 $(3D7.A6)_{16}$ 转换成二进制数：



又如把 $(1011110.000110011011)_2$ 转换成十六进制数：



1.4.2 二进制数的算术运算

二进制数的算术运算的基本运算是加法和减法。利用加法和减法，可以实现二进制数的乘法和除法运算。

1. 二进制数的加法运算

二进制数的加法运算法则只有三条：

- (1) $0+0=0$
- (2) $0+1=1+0=1$
- (3) $1+1=0$ (向高位进位)

例如， $(1101)_2 + (1011)_2$ 的算式如下：

被加数	1101
加数	1011
+ 进位	111
和数	
	11000

由算式可知，两个二进制数相加时，每一位最多有三个数：本位被加数、加数和来自低位的进位数。按照加法运算法则可得到本位加法的和及向高位的进位。

2. 二进制数的减法运算

二进制数的减法运算法则也只有三条：

- (1) $0-0=1-1=0$
- (2) $1-0=1$
- (3) $0-1=1$ (向高位借位)

例如, $(11000011)_2 - (00101101)_2$ 的算式如下:

$$\begin{array}{r}
 \text{被减数} \quad 11000011 \\
 \text{减数} \quad 00101101 \\
 \hline
 \text{—) 借位} \quad 1111 \\
 \hline
 \text{差数} \quad 10010110
 \end{array}$$

由算式可知, 两个二进制数相减时, 每一位最多有三个数: 本位被减数、减数和向高位的借位数。按照减法运算法则可得到本位相减的差数和向高位的借位。

3. 二进制数的乘法运算

二进制数的乘法运算法则也只有三条:

- (1) $0 \times 0 = 0$
- (2) $0 \times 1 = 1 \times 0 = 0$
- (3) $1 \times 1 = 1$

例如: $(1110)_2 \times (1101)_2$ 的运算若按十进制数的乘法算式为:

$$\begin{array}{r}
 \text{被乘数} \quad 1110 \\
 \text{乘数} \quad 1101 \\
 \hline
 \begin{array}{l}
 \text{部分积} \left\{ \begin{array}{l} 1110 \\ 0000 \\ 1110 \\ 1110 \end{array} \right. \\
 \hline
 \text{乘积} \quad 10110110
 \end{array}
 \end{array}$$

由算式可知, 在两个二进制数相乘的过程中, 每个部分积都取决于乘数。若相应位乘数为 1, 则部分积就是被乘数; 若相应位乘数为 0, 则部分积就是全 0。部分积的个数取决于乘数的位数。

4. 二进制数的除法运算

二进制数的除法运算法则也只有三条:

- 1) $0 \div 0 = 0$
- 2) $0 \div 1 = 0$ ($1 \div 0$ 无意义)
- 3) $1 \div 1 = 1$

例如 $(100110)_2 \div (110)_2$ 得 $(110)_2$ 并余数 $(10)_2$ 。

1.4.3 二进制数的逻辑运算

逻辑变量之间的运算称为逻辑运算, 它是逻辑代数的研究内容, 也是计算机需要的基本操作。对二进制数的 1 和 0 赋予逻辑含义, 它们可以表示“真”与“假”、“是”与“否”、“有”与“无”, 这种具有逻辑属性的变量就称为逻辑变量。由此可见, 逻辑运算是以二进制数为基础的。

计算机的逻辑运算区别于算术运算的主要特点是：逻辑运算是按位进行的，位与位之间不像加减运算那样有进位或借位的联系。

逻辑运算包括三种基本运算：逻辑加法（又称“或”运算）、逻辑乘法（又称“与”运算）和逻辑否定（又称“非”运算）。此外，异或运算也很有用。

1. 逻辑加法（或运算）

逻辑加法通常用符号：“+”或“ $\vee$ ”来表示。例如有逻辑变量 A、B 和 C，它们的逻辑加运算关系为：

$$A + B = C$$

$$A \vee B = C$$

以上两式等价，都读作 A 或 B 等于 C。若逻辑变量采用各种不同的取值，则逻辑加运算规则如下：

$$0 + 0 = 0, \quad 0 \vee 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1, \quad 0 \vee 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1, \quad 1 \vee 0 = 1$$

$$1 + 1 = 1, \quad 1 \vee 1 = 1$$

从上式可见，逻辑加法有“或”的意义。也就是说，在给定的逻辑变量中，A 或 B 只要有一个为 1，其逻辑加的结果就为 1；两者都为 1 则逻辑加当然为 1。

在日常生活中，有许多或逻辑的例子。例如，房间里有一盏电灯，为了使用方便，装了两个开关。这两个开关是并联的。显然，任何一个开关接通或两个开关同时接通，电灯都亮。又如，一个房间装有锁，每位在该房间工作的人都有一把钥匙，甲或乙或丙只要有一人就可开门，他们在开房门这件事上就是或逻辑关系。

值得指出，逻辑加与算术加的运算规律基本相同，只是前者在 $1+1=1$ 时没有进位问题。

2. 逻辑乘法（与运算）

逻辑乘法通常用符号“ $\times$ ”或“ $\wedge$ ”或“ $\cdot$ ”来表示。例如有逻辑变量 A、B 和 C，它们的逻辑乘运算关系为：

$$A \times B = C$$

$$A \wedge B = C$$

$$A \cdot B = C \text{ 或者 } AB = C$$

以上各式等价，都读作 A 与 B 等于 C。若逻辑变量采用各种不同的取值，则逻辑乘运算规则如下：

$$0 \times 0 = 0, \quad 0 \wedge 0 = 0, \quad 0 \cdot 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0, \quad 0 \wedge 1 = 0, \quad 0 \cdot 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0, \quad 1 \wedge 0 = 0, \quad 1 \cdot 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1, \quad 1 \wedge 1 = 1, \quad 1 \cdot 1 = 1$$

不难看出，逻辑乘法有“与”的意义。它表示只有参与运算的逻辑变量都同时取值为 1 时，其逻辑乘积才等于 1。

在日常生活中也有许多与逻辑的例子。例如计算机的电源要想接通，必须把实验室的电源总闸、UPS 电源开关、计算机箱的电源开关都接通才行。这些开关是串在一起的，它们按照与逻辑接通。又如，实验室门上如果并排装有两个锁，而且每个钥匙都有一人专门保管。因此，要想打开实验室的门必须甲与乙两人同来才能办到。

值得指出，逻辑乘与算术乘的运算规则是相同的，只是意义不同。

3. 逻辑否定（非运算）

在逻辑变量的上方如加一横线，例如 $\bar{A}$ ，则为对 A 的非运算，又称否运算。其运算规则为：

$$\bar{0}=1, \text{读作非 } 0 \text{ 等于 } 1$$

$$\bar{1}=0, \text{读作非 } 1 \text{ 等于 } 0$$

4. 异或逻辑运算

异或运算通常用符号“ $\oplus$ ”表示，它的运算规则为：

$$0\oplus 0=0, \text{读作 } 0 \text{ 同 } 0 \text{ 异或, 结果为 } 0$$

$$0\oplus 1=1, \text{读作 } 0 \text{ 同 } 1 \text{ 异或, 结果为 } 1$$

$$1\oplus 0=1, \text{读作 } 1 \text{ 同 } 0 \text{ 异或, 结果为 } 1$$

$$1\oplus 1=0, \text{读作 } 1 \text{ 同 } 1 \text{ 异或, 结果为 } 0$$

由此可见，在给定的两个逻辑变量中，只要两个逻辑变量相同，则异或运算的结果就为 0；当两个逻辑变量不同时，则异或运算的结果才为 1。

以上介绍的四种逻辑运算都很有用。再强调一下，当两个多位的逻辑变量之间进行逻辑运算时，只在对应位上彼此按上述规则进行运算，不同位之间不发生任何关系，没有算术运算中的进位或借位问题。

1.5 数据与编码

数据 (data) 是指能够输入计算机并被计算机处理的数字、字母和符号的集合。人们看到的景象 (figure) 和听到的事实 (fact)，都可以用数据来描述。通常经过收集、整理、组织起来的数据，就能成为有用的信息供人们使用。

数据可分为人读数据和机读数据。例如，人类独有的语言、文字、数字以及图象、图书、资料、声象制品等，都是特定的人群才能理解的数据，这就是人类可读的数据。日常生活中，我们购买的物品上常会印出黑白相间、粗细不同的条形码，通过扫描器阅读后，它就会把有关物品的信息输给计算机处理，这种条形码就是一种机读数据。

1.5.1 数据的单位与存储形式

计算机只认识二进制数，即在计算机内部，运算器运算的是二进制数。

数据的最小单位就是二进制的一位数，简称为位，英文名称是 bit，音译为比特。bit 是 binary digit (二进制位) 的前两个字母与最后一个字母组成的。

一个比特只能表示两种状态 (0 或 1)。两个比特就能表示 4 种状态 (00, 10, 01,

11)。为了表示人读数据中的所有字符——字母，数字以及专门符号，这些基本符号一般应有 128 到 256 个，这就是说要用 7 比特到 8 比特才能把它们表示出来。因此，人们又选定 8 比特为一个字节，英文名称是 Byte，音译为拜特。例如，字符 A 就表示成“11000001”。一个英文字符用一个字节来表示。一个汉字则需要两个字节甚至更多字节来表示。

数据的另一个单位就是计算机的字长 (word size)。它是计算机进行数据存储和数据处理的单位。

在计算机中常用一个字 (word) 来表示数据或信息的长度，一个字由若干字节组成。通常将组成一个字的位数叫作该字的字长。例如，一个字由两个字节 (即 16 位) 组成，则该字字长为 16 位。一个字 (或称一个存储单元) 可以用来存放一条指令或一个数据，不同的计算机系统内的字长是不同的。

在计算机中常用的字长有 8 位、16 位、32 位等。在存储单元中，所有信息 (包括数据、地址、指令等) 都是由 8 位、16 位和 32 位等二进制数来表示和存取的。例如，一个字长为 8 位的存储单元可以表示 0~255 之间的正整数，也可以表示 256 种指令中的任何一种。如果 8 位二进制数代表的是 ASCII 码，则又可以表示 128 (或 256) 种数字、字母、符号之中的一种。总之，它可以代表许多不同的内容。而较长的字长可以处理位数更多的信息，“字长”长是功能强的一个重要标志。图 1-1 表示组成计算机字长的位数。

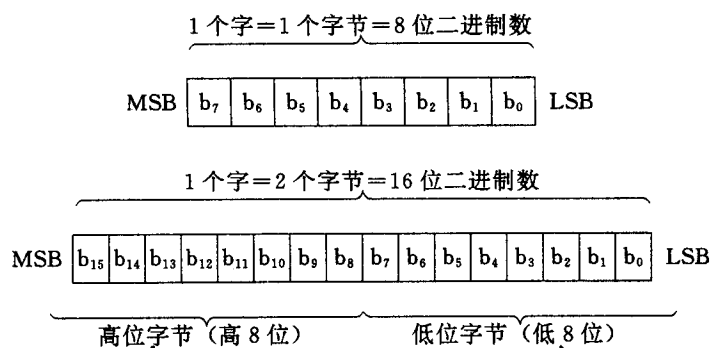


图 1-1 字、字节和位

一个字最右边的一位称最低有效位 (LSB——Least Significant Bit)，最左边的一位称最高有效位 (MSB——Most Significant Bit)。在 8 位字中，自右而左，依次为 $b_0 \sim b_7$ ，为一个字节。在 16 位字中，自右而左，依次为 $b_0 \sim b_{15}$ ，为两个字节，左边 8 位为高位字节，右边 8 位为低位字节。

1.5.2 字符的编码

字符编码 (character code) 就是规定用怎样的二进制码来表示字母、数字以及专门符号。由于这是一个涉及世界范围内有关信息表示、交换、处理、存储的基本问题，因此都以国家标准或国际标准的形式颁布施行。

在计算机系统中，有两种重要的字符编码方式：EBCDIC 和 ASCII。前者主要用于 IBM 的大型主机，后者则用于微型机与小型机。本节我们首先介绍 ASCII 编码，然后简单说明汉字编码 (国标码和机内码)。

1. ASCII 码

ASCII 是美国标准信息交换码 (American Standard Code for Information Interchange) 的缩写。读作阿斯克码。它本来只是一个美国交换码的国家标准, 但它已被国际标准化组织 (ISO) 接收为国际标准, 称为 ISO-646 码。它又称为国际 5 号码, 代号 IA5。因此, ASCII 码已为世界所公认, 并在世界范围内通用。

字符是计算机处理的主要对象。一般说来, 人们使用最多的符号有: 十进制数字 0—9, 大小写英文字母 (A—Z, a—z), 通用的算术运算符及各种标点符号等近百个。

ASCII 码有 7 位版本和 8 位版本两种。

国际上通用的 ASCII 码是一种 7 位码, 它包含 10 个阿拉伯数字、52 个英文大小写字母、32 个标点符号和运算符以及 34 个控制码。一共 128 个字符, 所以可用 7 位码 ($2^7=128$) 来表示。具体编码如表 1-1 所列。

表 1-1 7 位 ASCII 码

$B_7 B_6 B_5$ $B_4 B_3 B_2 B_1$	000	001	010	011	100	101	110	111
0 0 0 0	NUL	DLE	SP	0	@	P	,	p
0 0 0 1	SOH	DC ₁	!	1	A	Q	a	q
0 0 1 0	STX	DC ₂	"	2	B	R	b	r
0 0 1 1	ETX	DC ₃	#	3	C	S	c	s
0 1 0 0	EOT	DC ₄	\$	4	D	T	d	t
0 1 0 1	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0 1 1 0	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0 1 1 1	BEL	ETB	,	7	G	W	g	w
1 0 0 0	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1 0 0 1	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1 0 1 0	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1 0 1 1	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1 1 0 0	FF	FS	,	<	L	\	l	
1 1 0 1	CR	GS	—	=	M	]	m	}
1 1 1 0	SO	RS	.	>	N	↑	n	~
1 1 1 1	SI	US	/	?	O	↓	o	DEL

其中: NUL——空白 SOH——序始 STX——文始 ETX——文终 EOT——送毕 ENQ——询问 ACK——应答 BEL——告警 BS——退格 HT——横表 LF——换行 VT——纵表 FF——换页 CR——回车 SO——移出 SI——移入 SP——空格 DLE——转义 DC₁——设控 1 DC₂——设控 2 DC₃——设控 3 DC₄——设控 4 NAK——否认 SYN——同步 ETB——组终 CAN——作废 EM——载终 SUB——取代 ESC——扩展 FS——卷隙 GS——勘隙 RS——录隙 US——元隙 DEL——删除

要确定一个数字、字母、符号或控制字符的 ASCII 码, 可在表 1.1 中先查出它的位置, 然后确定它所在位置对应的行和列。根据行数可确定被查字符的低 4 位编码 ($b_4b_3b_2b_1$), 根

据列数可确定被查字符的高 3 位编码 ($b_7b_6b_5$)。将高 3 位编码与低 4 位编码连在一起就是要查字符的 ASCII 码。

当微型机采用 7 位 ASCII 码作机内码时, 每个字节的 8 位只占用了 7 位, 而把最左边的 1 位 (最高位) 置 0。由此可见, 7 位 ASCII 在作机器的内部码时, 表示每个字符的字节, 其最高位都是 0。

ASCII 的新版本称为 ASCII-8。它把原来的 7 位码扩展成 8 位码, 因此它可以表示 256 个字符, 而且表示每个字符的字节, 其最高位并不全是 0。

2. 汉字国际码

汉字国际码又称为汉字交换码。1981 年我国颁布了《信息交换用汉字编码字符集·基本集》, 国家标准代码为 GB2312-80。根据词频统计的结果, 选择出 6763 个常用汉字, 并为每个汉字分配了标准代码, 以供汉字交换信息使用。

关于汉字编码问题, 在第四章中还将详细讨论。

3. 机内码

汉字的机内码是指在计算机中表示一个汉字的编码。机内码与区位码稍有区别。为什么不直接用区位码作为计算机内的编码呢? 这是因为汉字的区码和位码的范围都在 1~94 内, 如果直接用它作机内码, 就会与基本 ASCII 码冲突。

为了避免汉字的机内码与基本 ASCII 码的冲突, 首先要避开基本 ASCII 码中的控制码 (00H~1FH, 最后的字母“H”表示前两位为十六进制数), 还要与基本 ASCII 码中的字符相区别。

为了避开基本 ASCII 码中的控制码, 可以在区码和位码的基础上加 20H。

为了区别于基本 ASCII 码中的字符, 可以在上述基础上再加 80H。

由此可得, 一个汉字的内码占两个字节, 分别称为高位字节与低位字节, 这两位字节的内码按如下规则确定:

高位内码 = 区码 + 20H + 80H (即: 区码 + A0H)

低位内码 = 位码 + 20H + 80H (即: 位码 + A0H)

由于汉字的区码与位码的取值范围均为 01H~5EH (即十进制的 01~94), 因此, 汉字的高位内码与低位内码的取值范围均为 A1H~FEH (即十进制的 161~254)。

例如, 汉字“啊”的区位码为“1601”, 如果区码和位码分别用十六进制表示即为 1001H, 则它的机内码为 B0A1H, 其中 B0H 为高位字节, A1H 为低位字节。

1.6 计 算 机 系 统

计算机系统包括硬件系统和软件系统两大部分。

硬件系统即机器系统, 包括运算器、控制器、存储器和输入输出设备。它是计算机进行工作的物质基础。

软件系统是指在硬件系统上运行的各种程序及有关资料。它用以管理和维护好计算机, 方便用户, 使计算机系统更好地发挥作用。