

第 1 章 概 述

本章学习目标

本章简要介绍微型计算机的发展概况、微机的分类和组成，以及计算机中数的编码和字符表示。通过本章学习，读者应该对微型计算机的基本状况有一定了解。对数的编码和字符表示等基础内容应能掌握。

1.1 计算机和微型计算机的发展概况

1.1.1 计算机的发展

计算机（**Computer**）又称电脑，是 20 世纪最重要的科技成果。它的出现，在人类社会的各个领域已经引起了一场新的技术革命，其深远意义不亚于当年蒸汽机的诞生所迎来的第一次工业革命。如果说以蒸汽机为标志的第一次技术革命是用机器来代替人类繁重的体力劳动的动力革命，那么以计算机为标志的技术革命，则是用电脑来代替人类部分脑力劳动的一场信息革命。

计算机是一种能够自动地、高速地、精确地进行信息处理的现代化电子设备，是一种帮助人类从事脑力劳动（包括记忆、计算、分析、判断、设计、咨询、诊断、决策、学习与创作等思维活动）的工具。

对于计算机的如上描述，似乎掩盖了计算机的原始身份。事实上，计算机诞生时确实就是一台帮助人们完成某些计算的机器，别无他用，故以“计算机”而名之。只是到了后来，其应用才大大超出了计算的范围而成为一种功能复杂的信息处理工具。它是从计算工具的延伸、发展中脱颖而出的。

1944 年哈佛大学和 **IBM** 公司合作，在美国首次制造出了现代计算机的雏形——马克 I。马克 I 是采用继电器组装的，能够自动进行四则运算，10 位数的乘法运算仅需 3 秒。投资 50 万美元。后来美国海军为了计算弹道问题，对马克 I 进行了改进，研制成功了马克 II，其性能大大超过了马克 I。

几乎与此同时，一台具有真正意义上的现代计算机也正在紧锣密鼓的研制之中。1942 年美国物理学家毛希利（**John • Mauchely**）提出了一个名曰“高速电子管计算装置”的现代计算机制造方案。后来，在美国陆军的支持下，毛希利同电气工程师埃克特在宾夕法尼亚大

学开始了艰难的研制工作，该机于 1946 年正式交付使用，取名 ENIAC——电子数字积分机和计算机。在此之前，所有的计算机都是用齿轮或电开关装配而成的，一概称为机械式计算机。而 ENIAC 则是采用了电子管做为主要元件，开创了电子数字计算机的新纪元。此后，人们就将 ENIAC 视为电子数字计算机的始祖。

ENIAC 机以其快速准确的运算在其诞生的年代轰动了全世界，其运算速度达到 5000 次 / 秒加法或 400 次 / 秒乘法，比手摇计算机快 1000 倍，比人工计算快 200000 倍。

然而，ENIAC 并非完美无瑕，1944 年匈牙利出身的美国数学家冯·诺依曼（John·Von·Neumann 参观 ENIAC 研究小组之后，分析 ENIAC 的缺点是没有存储器，程序必须由一条条的配线告诉机器。冯·诺依曼指出：计算机要能够真正的快速、通用，必须有一个具有记忆功能的部件——存储器，在让计算机真正计算之前预先把用指令表示的计算步骤即程序存入其中，计算一旦开始后，计算机应能自动到存储器中逐条取出指令，并完成规定操作，直至结束，而只要存入不同程序就可完成不同运算。这就是著名的“程序存储原理”。1951 年，第一台基于程序存储原理并首次采用二进制代码表示数据和指令的计算机终于在冯·诺依曼的亲自指挥下研制成功，此即 EDVAC 机。

此后，在冯·诺依曼理论指导下，电子计算机便雨后春笋般地出现了。

对计算机的产生作出杰出贡献的另一位科学家是剑桥大学的图灵（Alan Turing, 1912—1954）。早在 1936 年图灵为解决纯数学的一个基础理论问题，发表了著名的“理想计算机”论文，提出了现代通用数字计算机的数学模型，后人称之为“图灵机”。冯·诺依曼在世时曾不只一次的说过：“现代计算机的思想来源于图灵”，且从未说过程序存储思想是他本人提出的。图灵在 1945 年曾研制过 ACE 计算机，1947 年提出了自动程序设计的思想，1950 年发表了著名的“计算机能思考吗”论文，对人工智能的研究作出了贡献。为纪念这位伟大的计算机科学家，“图灵奖”就是以其名字命名的，它已成为当今 IT 界的诺贝尔奖。

应当指出的是，“计算机”是一个广义的概念，它应该包括机械式的、电子式的所有计算机。电子计算机仅是其中的一个类别，而且电子计算机又可分为电子数字计算机和电子模拟计算机。前者是用离散的数字量表示数值的大小；后者则是利用连续的物理量表示数值的大小。由于机械式计算机早已退出历史舞台，而电子模拟计算机目前也极少应用，所以，今天人们所称的计算机在无特别指出的情况下就是指电子数字计算机。另外，虽然在电子数字计算机发展史上 ENIAC 被称为“始祖”，但由于 EDVAC 机在设计中采用了被后人广泛采纳的程序存储和二进制等先进思想，所以，今天的电子数字计算机几乎全部属于冯·诺依曼式计算机。

计算机自从诞生以后一直在迅猛的发展着，按照传统的划分方法，计算机的发展大体经历了四代：

第一代电子计算机称为电子管计算机。顾名思义，这种计算机的主要逻辑元件采用电子管。由于电子管体积大（一般十几个立方厘米）、功耗高（每个达几百个毫瓦）、反应速度慢、寿命短，所以，第一代计算机体积庞大，重量和耗电量，运行速度慢，工作的可靠性差。

另外，造价也高得惊人。ENIAC 的制造总投资近百万美元，用了 18000 多个电子管，占地 150 多平方米，重 30 吨，总耗电量 150 千瓦，运算速度只有 5000 次 / 秒 大约每过 15 分钟就会有一个电子管失效，所以，工作人员必须日夜守在机器旁以随时更换那些失效的电子管。

尽管如此，第一代计算机毕竟为计算机技术的发展奠定了坚实的基础。

第一代计算机的内存储器采用延迟线或磁鼓；外存储器开始使用磁带机；一切操作都由中央处理器集中控制。在计算机语言上，使用的是机器语言和符号语言。

第二代计算机称为晶体管计算机，其主要逻辑元件采用的是晶体管。这种新型的电子器件，有效地取代了大部分电子管的功能，而体积却只有电子管的几十分之一，能量消耗也只有电子管的几十分之一，晶体管寿命长、反应速度快、机械强度高，所以用晶体管制造出来的第二代计算机很快取代了电子管计算机，并进行了批量生产。显然第二代计算机的速度、工作可靠性较之第一代都有了明显的改善，而体积、重量、功耗、造价都大幅度下降。

第二代计算机的内存储器以磁芯存储器为主，外存储器开始使用磁盘。用磁芯取代磁鼓组成的存储器具有存取速度快、成本低、非易失性能好等优点。

与此同时，软件也有了较大的发展，开始使用高级语言，如 Fortran、COBOL、BASIC 等，并有了操作系统的雏形——系统管理程序。

第二代计算机改革了以中央处理器为中心的集中控制，代之以通道方式管理输入 / 输出设备。通道和主机的控制器独立并行工作，分别与内存交换信息，从而使高速的处理器和慢速的输入 / 输出设备分开，提高了计算机的工作效率。

第二代计算机从结构上向通用型方向发展。

随着半导体技术的发展，到了 1964 年，一种新的、性能更好的电子器件——集成电路出现了，它把许多个晶体管采用特殊的制作工艺集成到一块面积只有几平方毫米的半导体芯片上，最初是十几个到几十个，叫小规模集成电路。用这种小规模集成电路制造的计算机就是第三代计算机。与第二代相比，第三代计算机的速度和稳定性有了更大程度的提高，而体积、重量、功耗则大幅度下降。

第三代计算机的内存储器采用了半导体存储器，可靠性和存取速度有了明显的改善。同时，终端设备和远程终端迅速发展起来，并与通信设备、通讯技术结合起来，为日后计算机网络的出现打下了基础。

第四代计算机以采用大规模和超大规模集成电路为标志。如 1971 年生产的标号为 4004 的集成电路已经集成了 2300 多个晶体管，成为第一个实用的微处理器芯片。时至今日，集成电路的集成度还在不断提高，一个芯片上的晶体管数目达到了几十万、几百万甚至几千万，最新推出的 Pentium 4 和 Athlon 都集成了数千万的晶体管。毫无疑问，集成电路技术的发展必将有力地推动计算机技术的高速发展，使计算机向更高速化、体积更小化发展。

关于第五代计算机人们正在进行着多方面的探索。探索之一是寻找新材料取代当前的集成电路。例如生物计算机（DNA 计算机）和光计算机的设计思想，但目前这方面的研究尚未取得突破性的进展。探索之二是通过各种手段努力提高机器的智能化程度，一种“人工神

经网络”的人工智能新技术将使机器在智能程度上实现质的飞跃。

1.1.2 微型计算机的发展

在计算机的发展过程中，20世纪70年代出现了微型计算机。

为了缩小计算机的体积，美国 Intel 公司工程师霍夫首先提出了把全部计算机电路做在四个集成电路芯片上的设想，这四个芯片分别是：中央处理器芯片（即 CPU 芯片）随机存储器芯片（即 RAM 芯片）、只读存储器芯片（即 ROM 芯片）和寄存器芯片。这个设想首先由意大利工程师费金实现的，他在 $4.2 \times 3.2\text{mm}^2$ 的硅片上集成了 2250 个晶体管，构成了运算器和控制器组成的中央处理器。后来人们把这种用集成电路技术将运算器和控制器集成到一个芯片上而构成的中央处理器叫微处理器。这片最早的微处理器芯片就是著名的 Intel 4004，以 Intel 4004 为核心组建的第一台计算机 MCS-4 是世界上的第一台微型计算机。尽管 MCS-4 还不是一台通用计算机，功能也很简单，但它却标志着计算机发展中的崭新时代——微型计算机时代的到来。

人们一开始就把使用微处理器芯片制造的计算机称之为微型计算机，随着大规模集成电路的发展，单个芯片的性能（存储容量和运算速度）早已超过了原来的小型机，甚至在某些方面超过了原来的大中型机，依据“使用了微处理器芯片”这个理由，仍统统称之为微型机。

以缩小体积、方便使用为设计初衷的微型计算机的出现可谓计算机发展史上的一个奇迹，其超常规的发展速度更是任何人始料未及的。究其原因，大致如下：微型机体积小、重量轻、对使用环境的要求低，不像大型机那样需要专门的机房，可随意放置在办公桌上，为计算机步入日常办公和家庭事务处理提供了极大的方便。微型机价格低，一般单位和个人都能承受。当今的微型机的性能已可胜任绝大多数应用要求。

微型机的发展大约经历了五个阶段：

第一阶段（1971~1973）：典型的微型机以 Intel 4004 和 Intel 4040 为基础。微处理器和存储器采用 PMOS 工艺，工作速度很慢。微处理器的指令系统不完整；存储器的容量很小，只有几百字节；没有操作系统，只有汇编语言。主要用于工业仪表、过程控制或计算器中。

第二阶段（1974~1977）：以 8 位微处理器为基础，典型的微处理器有 Intel 8080/8085、Zilog 公司的 Z80 及 Motorola 公司的 6800。微处理器采用高密度 MOS（HMOS）工艺，具有较完整的指令系统和较强的功能。存储器容量达 64KB，配有荧光屏显示器、键盘、软盘驱动器等设备，构成了独立的台式计算机。配有简单的操作系统（如 CP/M）和高级语言。

第三阶段（1978~1981）：以 16 位和准 32 位微处理器为基础，如 Intel 公司的 8086、Motorola 的 68000 和 Zilog 的 Z8000。微处理器采用短沟道高性能 NMOS 工艺。在体系结构方面吸纳了传统小型机甚至大型机的设计思想，如虚拟存储和存储保护。此时的微型机已经具有相当强大的功能，存储容量可达 1MB，还配有较大容量的软盘驱动器和硬盘。这一阶段，操作系统、高级语言、工具软件和应用软件也日益成熟和丰富。此间，多用户微型计算机系统、多处理器微型计算机系统已开始出现，工业控制微型机也得到了快速发展。

第四阶段（20世纪80年代）：80年代初，IBM公司推出开放式的IBM PC，这是微型机发展史上的一个重要里程碑。IBM PC采用Intel 80x86（当时为8086/8088、80286、80386）微处理器和Microsoft公司的MS-DOS操作系统并公布了IBM PC的总线设计。这三方面的开放为微型机的大规模生产打下了基础。许多公司纷纷研究与IBM PC兼容的微型机及其配套的板卡级产品和外围设备，很多公司研发MS-DOS基础之上的软件，微型机的硬件产品、软件产品以及服务逐渐形成新的产业，在IT业内部出现了产业大分工。当时，IBM PC所用的芯片、操作系统和总线实际上形成了事实上的工业标准，推动了微型机生产、技术研发、应用的飞速发展。与此同时，Apple公司推出的微型机具有菜单选择功能和图形化的用户界面，使微机的使用更为方便。

第五阶段（20世纪90年代开始）：RISC（精简指令集计算机）技术的问世使微型机的体系结构发生了重大变革。RISC微处理器设计周期短，工作速度快。1987年RISC计算机进入批量生产时，其速度已达每秒几千万次，后来的RISC微型机已达每秒几亿次，并且可以采用UNIX操作系统。从Intel Pentium之后的CPU几乎都在内核中采用了RISC技术，而IBM、Apple和Motorola三家联盟的PowerPC更是一种完全的RISC处理器。这种变革使微型机、小型机、大型机的界限越来越模糊，并且可以使它们的软件实现二进制兼容。

与台式微型机并驾齐驱的是各类笔记本电脑（notebook computer）的纷纷出台。笔记本电脑实质上是一种体积更小、重量更轻的便携式微型机，随着技术的进步，在性能上已和同档次的台式机相差无几，而价格的下降，促使笔记本电脑走出贵族地位，正占据越来越多的市场份额。

微型计算机的另一个分支是单片计算机（single slice computer），它把微型计算机的主要部件集成在一个芯片上，也称单片微型计算机，简称单片机，广义一些还包括各种数字处理设备（DSP）。信息和网络时代的来临除了促使通用微机的迅速发展外，另一涉及面极其广泛的技术领域——嵌入式系统同样以极快的速度在发展，没有它的发展和普及，智能化仪器仪表、智能家电、手机和各种PDA设备、信息处理装置的发展等都难以想象，它们和通用微机特别是笔记本电脑的关系正处于微妙的地位，未来谁将处于主流地位也很难说。

1.2 微型计算机的特点和应用范围

1.2.1 微型计算机的特点

微型机是从小型机基础上发展起来的，除具有一般计算机的运算速度快、运算精度高、具有记忆和判断能力、内部操作自动进行等特点外，还有它自己的特点：

1. 体积小、重量轻、价格低廉

由于大规模集成电路工艺的迅速发展，IC芯片的集成度越来越高。因此，尽管今天的微型机性能增强了成千上万倍，但体积和重量并没有因之增大多少，相反许多品种比原来还

小还轻。

价格低廉也是微型机的突出特征之一。当前，3000 多元人民币就可以购买一台满足一般办公和家庭用微型计算机，许多工业控制用的微处理器芯片仅售几十元人民币。

2. 简单灵活、可靠性高、使用环境要求不高

微型机的体系结构采用了总线结构形式，基本部件大多数已系列化、标准化，因而非常机动灵活，可以根据不同的需要，灵活地组成各种不同规模的系统。部件的系列化、标准化也为微型机的大批量生产提供了优良的行业技术环境。

微型计算机采用大规模集成电路，很多功能电路组装在一个芯片上，元器件大为减少，外部的接头和导线也因此而减少，所以故障率下降。由于集成工艺技术不断提高，目前芯片的损坏率仅为 0.0005/kh，而微型机的失效率降低到 $10^{-8}/h$

微型机的使用环境不像大中型计算机那样必须放置在专用的机房中，要严格控制温度、湿度、灰尘度，它的使用环境要求较为宽松，一般的办公环境、家庭住宅就可以满足。而军用微型机则具有更强的抗恶劣环境能力。

3. 功耗低

微型计算机和同等水平的小型计算机比较，功耗低 60~150%。功耗水平不仅关系到节约能源，更重要的是对可靠性有较大的影响。机箱内部和机器组件内部的温度与功耗有关，功耗小，发热量也小，使微型计算机的可靠性大为提高。

微型机的上述特点有力的推动了它们的迅速普及，所以自从出现以来，几乎每隔几年就有一个重大发展，最近十年更是处于加速发展阶段。目前微型机的性能达到或超过以前的大中型机，一般的应用领域已完全可以胜任，甚至触及到传统上只有大中型计算机才能胜任的场合。在经历了短短 30 年的飞速发展之后，微机在计算机家族中已经后来居上，覆盖了计算机应用的大部分领域和用户，在役机的数量上更是占有绝对优势。

1.2.2 微型机的应用范围

1. 科学计算

计算机最初是作为计算工具而面世的。因此，科学计算是计算机最早进入的一个应用领域。现在还有许多并不真正了解计算机的人认为它不过是一个高速的计算工具，这确实是一个极大的误解。计算机在不断拓宽应用领域的同时，在科学计算这一最初的“老本行”领域里仍然发挥着极大的作用，特别是那些需要大量复杂计算的地方。

2. 数据处理

所谓数据处理也叫信息加工，是指利用计算机对大量的原始数据进行采集、存储、整理、计算等综合处理，加工成人们所需要的数据形式。其特点是数据量大而计算往往比较简单。

例如：利用计算机进行工资管理，将一个单位的每位职工的工资数据（每位职工一般有十几个数据项）全部存储到计算机中，然后让计算机进行处理，便可得到我们所需要的数据，如工资表、工资条、向银行领取现金时需要各种面值货币的数量等。由于全部处理过程均由

计算机进行，故速度快、不易出错。

3. 办公自动化

办公自动化（OA——Office Automation）是指使用现代化工具与手段，最大限度地帮助办公室人员处理办公业务。显然，办公业务的内容由于单位性质的不同而不同，其中，比较共同的内容有：公文的拟稿、收发、传送与处理，数据与信息的收集、发送与处理。在这个领域内，计算机因其强大的记忆与处理能力而倍受青睐。

办公自动化领域的终端机绝大部分是由微型机来担任的。

4. 过程控制

所谓过程控制，即对某一物理过程或工作对象，使用计算机进行控制，使其处于最佳工作状态。在工业生产中，生产过程的自动化是提高和稳定产品质量，减轻劳动强度的惟一途径。计算机的引入，很快成为工业过程控制的主要控制设备，它不但大大提高了控制的精度，而且使某些综合指标的控制成为可能。例如：按最低生产成本原则进行控制、按最低能源消耗的原则进行控制等。

5. 辅助系统

计算机辅助设计（CAD——Computer Aided Design）是指用计算机来帮助设计人员完成各种各样的设计工作。它是加快产品设计周期、提高产品设计质量的重要手段。目前，机械类产品、模具以及建筑的计算机辅助设计已相当普及，服装设计、工艺美术领域的计算机辅助设计也在推广。

计算机辅助制造（CAM——Computer Aided Manufacture）与计算机集成制造系统（CIMS——Computer Integrated Manufacture Systems）是近几年发展较快的两个应用分支，它们是将计算机过程控制、计算机辅助设计、计算机辅助管理有机地集成于一体的系统。这个系统最大限度地使用计算机，将产品的设计、生产与管理有机地联系起来，为企业取得最大的社会效益与经济效益。

计算机辅助教学（CAI——Computer Aided Instruction）是计算机辅助系统的一个重要分支，它是利用计算机辅助教师教学，以对话方式与学生讨论教学内容、安排教学进程、进行教学训练的方法与技术。CAI 为学生提供一个良好的个人化学习环境。综合应用多媒体、超文本、人工智能和知识库等技术，克服了传统教学方式上单一、片面的缺点。CAI 系统的核心是 CAI 课件，它是由设计者根据教学要求用 CAI 写作工具或计算机语言编制而成的软件。

6. 仿真

所谓计算机仿真（SIM——Simulation），也叫计算机模拟，是指利用计算机仿造真实对象的某些特征与行为的技术。通过这种仿造或模拟，可以更加有效地研究真实对象。例如，要研究一个大电力系统在发生某种故障情况下的稳定性，如果是在实际的系统中做实验，将付出很大的代价，有时这种实验是根本不可能进行的，类似的情况还有核试验。计算机的仿真在培养飞行员方面起到了很大的作用，一个计算机控制的驾驶舱，使飞行员不用驾驶真正的飞机，而能够感觉到真实的飞行环境，它大大降低了飞行员的培养费用。最近发展迅速的计

算机真实感图形技术以及多媒体计算机的出现，为计算机仿真创造了一个更加良好的环境，为此而出现了一个新的技术名词叫做虚拟现实（Virtual Reality）。计算机仿真正在快速地扩展着自己的应用领域。

1.3 微型计算机的基本组成

1.3.1 计算机系统组成

计算机系统是一个复杂的工作系统，它由硬件系统和软件系统组成。所谓计算机的硬件系统，通俗地说就是构成计算机的看得见摸得着的部件，即构成计算机的硬设备。例如：计算机的主机、显示器、键盘、磁盘驱动器等。所谓计算机的软件系统是指挥计算机进行工作的各种程序的总称。需要特别指出的是：软件属于信息的范畴，具有看不见摸不着的属性，而不是指它的物理形式。比如，一张写满程序的程序纸仅是程序的物理载体，而程序则是这张纸上的文字所反映的内容。

硬件和软件是计算机系统中相互依存、不可分割的两部分，没有软件的“裸机”和没有硬件的程序均是毫无意义的。计算机的工作就是通过硬件上运行软件实现的。计算机之所以能够完成千差万别的工作，正是因为有了功能各异的软件。

由硬件系统和软件系统组成的计算机系统的基本构架如图 1-1 所示。

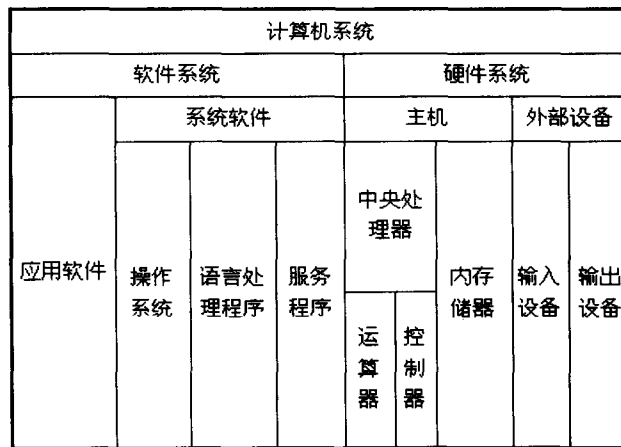


图 1-1 计算机系统组成

1.3.2 微型计算机的硬件组成

微型计算机的硬件组成部分主要有微处理器（CPU）、存储器、I/O 设备和系统总线。见图 1-2 所示。系统总线包括地址总线 AB、数据总线 DB 和控制总线 CB 组成。在微机中，

各功能部件之间通过系统总线相连，这使得各个部件之间的相互关系变为面向系统总线的单一关系。一个部件只要满足总线标准，就可以连接到采用这种总线标准的系统中。这是微机在系统结构上最突出的特点。这就为计算机的产品标准化、系列化、功能扩展或更新以及通用性打下了良好的基础。

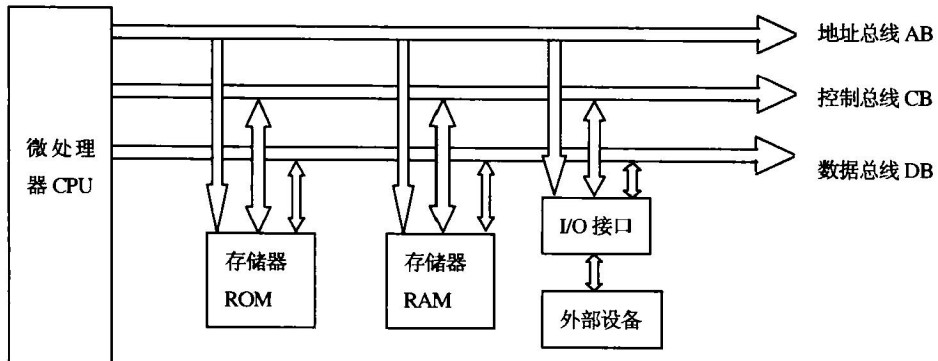


图 1-2 微型计算机的功能模块

从外在的物理结构而言，一台通用微机最基本的部件包括主机、显示器、键盘、鼠标、打印机等部件。如图 1-3 所示。



图 1-3 微型计算机的组成

主机是微机的主要组成部分，其中的主要部件有电源、主板、CPU、内存、接口板卡、软驱、硬盘、光驱等。

1.4 微型计算机中的数的编码和字符的表示

1.4.1 二进制

在十进制中表示数据的数字符号共有 10 个，即 0, 1, 2, …9。所有十进制数都是由这几个符号排列组合而成的。由于数字符号只有十个，一位的十进制数最多能表示 9，而大于 9 的数则必须用两位或更多位来表示：以小数点为界，向前诸位的位权依次是 10^0 , 10^1 , 10^2 , …，向后依次为 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , …；一个十进制数可以通过各位数字与其位权之积的和来计算其大小。例如： $(101)_{10} = 1 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 1 \times 10^0$ 。

在二进制计数系统中，表示数据的数字符号只有两个，即 0 和 1；大于 1 的数就需要两位或更多位来表示；以小数点为界向前诸位的位权依次是 2^0 , 2^1 , 2^2 , …，向后依次为 2^{-1} , 2^{-2} , 2^{-3} , …；一个二进制数也可以通过各位数字与其位权之积的和来计算其大小。

例如： $(101)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (5)_{10}$

一种进制中所使用的数字符号的个数叫做该进制的基数。因此，二进制数的基数为 2，十进制数的基数为 10。

我们不难看出，同样一个数，在用二进制表示时一般要比十进制需要的位数多。反过来说，如果位数相同，二进制所能表示的数值范围要比十进制小。

但是二进制有一个突出的优点，就是比十进制的运算规则简单得多，采用二进制大大简化了运算器的电子线路，这正是计算机采用二进制的重要原因。

在计算机中，一般是采用触发器来表示二进制数的，一个触发器具备两种稳定态，分别用于表示“1”和“0”。因此，这样一个元件就可以表示一位二进制数，多个触发器排起来就可以表示一个多位的二进制数。表示方法简单是计算机采用二进制的另一个重要原因。

1.4.2 二进制与十进制的互化

一个二进制的数向十进制转化十分简单，只要把它按位权展开相加即可。

例如： $(1011)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (11)_{10}$

十进制数转化为二进制数时，整数和纯小数的转化方法不同，而一个既有整数部分又有小数部分的数，则须分成整数和小数两部分分别转化。

一个十进制整数要转化为二进制形式，可采用基除数取余法。即把该十进制数除以基数 2 得到一个商和一个余数，若商为 0，则余数就是其二进制形式；若商不为 0，则把该商做被除数，再除以 2，又得一商和一余数，若商仍不为 0，则把该新商再做被除数，再除以 2……重复以上过程，直到商为 0，把每次所得余数按反序排列起来（即：最后一次的余数为最高位，第一次的余数为最低位）就是该数的二进制形式。

实际上，基除数法适用于把十进制整数转化成任意 R 进制数，如 8 进制数、16 进制数。

只要在相除时使用相应的基数 R 做除数即可。

例 1.1 将十进制数 47 转化为二进制形式。

除数	被除数 (商)	余数
2	47	1
2	23	1
2	11	1
2	5	1
2	2	0
2	1	1
	0	

即 $(47)_{10}=(101111)_2$

十进制的纯小数转化成二进制数，可采用基乘数取整法。即把该数乘以 2，取积的整数部分作为转化后的最高位，然后小数部分再乘以 2，取积的整数部分作为转化后的第二位。重复上述过程，直至积的小数部分为 0 或达到要求的精度位数。

例 1.2 将十进制数 0.625 转化为二进制形式。

被乘数	乘数	积	积的整数部分
0.625	2	1.250	1
0.250	2	0.500	0
0.500	2	1.000	1

即： $(0.625)_{10}=(0.101)_2$

应当指出：十进制整数转化是可以精确实现的，而小数的转化则不一定，有时只能根据需要的精度进行位数取舍。

1.4.3 八进制和十六进制

八进制就是基数为八、“逢八进一”的进制，它使用的数字符号为 0, 1, 2, …, 7；十六进制就是基数为十六、“逢十六进一”的进制，它使用的数字符号为 0, 1, 2, …, 9, A, B, C, D, E, F。A 就是十进制的 10，B 就是十进制的 11，依次类推。

如同十进制一样，八进制和十六进制并非计算机内使用的数制，计算机内部使用的只有二进制一种形式。所有非二进制形式的数据（如十、八、十六进制），最终都要转化为二进制才能被处理，而输出时再由二进制转化为所需要的进制。由于八进制和十六进制与二进制之间具有简单的转化关系，所以一个二进制数据在用八进制或十六进制表示时一方面缩短了书写长度同时又能直观的看出它的二进制形式，故而在计算机的外部数据表示形式上被广泛采用。下面我们就来看一看八、十六进制与二进制之间的特殊转化关系。

八进制与二进制之间的转化方法可以简单的记为“一对三”，即只要将一个八进制数的每一位分别写成其三位二进制形式就可得到该数的二进制形式。反之，一个二进制数只要从

最低位开始每三位（缺位补零）转化成一位八进制数即得到其八进制形式。

例 1.3 将八进制数 327 转成二进制形式。

3→011

2→010

7→111

即 $(327)_8 = (011010111)_2$

例 1.4 将二进制数 11010001 转化成八进制形式。

001→1

010→2

011→3

即 $(11010001)_2 = (321)_8$

十六进制与二进制之间的转化可简单的记为“一对四”，即一个十六进制数只要将每一位分别写成其四位二进制形式就可得到该数的二进制形式。反之，一个二进制数只要从最低位开始每四位（缺位补零）转化成一位十六进制数即得到其十六进制形式。

例 1.5 将十六进制数 3A2F 转为二进制形式。

3→0011

A→1010

2→0010

F→1111

即 $(3A2F)_{16} = (0011101000101111)_2$

例 1.6 将二进制 110011011 转化成十六进制形式。

1011→B

1001→9

0001→1

即 $(110011011)_2 = (19B)_{16}$

为了在书写形式上方便的标识出不同进制的数，一般约定：十六进制数末尾加一字母“H”；八进制为“O”或“Q”；二进制为“B”；十进制为“D”或无标志。如 0BH, 321O, 11001101B, 2567D 分别表示十六进制数‘B’，八进制数‘321’，二进制数‘11001101’和十进制数‘2567’，一般地，十进制数后的 D 后缀可省略。

1.4.4 有符号数的表示方法

在前面讨论的数的表示方法中，一直没有涉及数的符号问题，即讨论的都是无符号数。那么，有符号数在机内怎样表示呢？

由于计算机只能识别 0 和 1 组成的数或代码，所以有符号数的符号也只能用 0 和 1 来表

示，一般用 0 表示正，用 1 表示负，但由于数值部分的表示方法不同，有符号数可有三种表示方法，分别叫做原码、反码和补码。

原码表示的有符号数，最高位为符号位，数值位部分就是该数的绝对值。

例如：假设某机器为 8 位机，即一个数据用 8 位（二进制）来表示，则：

+23 的原码为 00010111

-23 的原码为 10010111

其中最高位是符号位，后 7 位是数值位。

8 位原码的表示范围是 -127 ~ +127，数字 '0' 有两个编码表示。 $(+0)_{10} = (00000000)_2$ ， $(-0)_{10} = (10000000)_2$ 16 位原码的表示范围是 -32768 ~ +32767，同样有 2 个编码表示数字 '0'。

反码表示的有符号数，也是把最高位规定为符号位，但数值部分对于正数是其绝对值，而对于负数则是其绝对值按位取反（即 1 变 0，0 变 1）得到的。

例如：+23 的反码为 00010111

-23 的反码为 11101000

反码表示的数字范围同原码。数字 '0' 也有 2 个编码表示。 $(+0)_{10} = (00000000)_2$ ， $(-0)_{10} = (11111111)_2$

补码表示的有符号数，对于正数来说同原码、反码一样，但负数的数值位部分为其绝对值按位取反后末位加 1 所得。

例如：-23 的补码为 11101001

可以证明：两个补码形式的数（无论正负）相加，只要按二进制运算规则运算，得到的结果就是其和的补码。即有：

$$[X+Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [Y]_{\text{补}}$$

但对原码和反码上式则不成立。因此，引入了补码后有符号数的加法运算根本无须考虑结果的符号位以及事实上是加还是减（因为有符号数正数加负数，实际上就是减法），只要按二进制运算，其结果就是正确的补码形式。所以引入补码之后大大减化了加法运算的逻辑电路。

另外，对于补码还有：

$$[X]_{\text{补}} - [Y]_{\text{补}} = [X]_{\text{补}} + [-Y]_{\text{补}}$$

所以引入补码的更重要意义在于可把加减法都统一到加法上来，从而使运算器中根本无须设计减法器，减化了运算器的结构。

8 位补码的表示范围是 -128 ~ +127 数字 '0' 只有 1 个编码表示，即 00000000。同理，16 位原码的表示范围是 -32768 ~ +32767。

在计算机中，有符号数一般是用补码形式表示的。

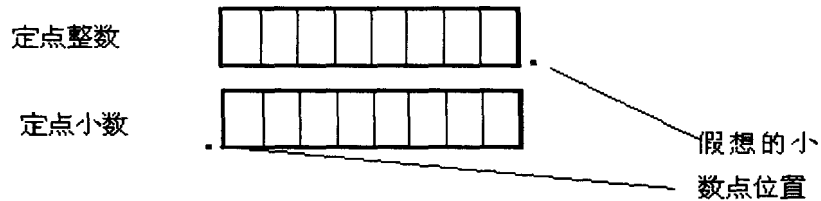
1.4.5 定点数与浮点数

前面所提到的数都是整数，但实际应用中存在大量带小数点的数。因此，计算机表示数

值的另一个问题就是如何标出小数点的位置表示小数点的位置有两种方法：定点表示法与浮点表示法。

1. 定点表示法

所谓定点表示法，是指计算机中小数点位置是固定不变的。根据小数点位置的固定方法不同，又可分为定点整数及定点小数表示法。前者小数点固定在数的最低位之后，后者小数点固定在数的最高位之前。设计算机的字长是 8 位，则上述两种表示法的格式如下：



显而易见，计算机采用定点整数表示时，它只能表示整数。但在实际问题中，数不可能总是整数，这就需要在用机器解题之前对非整数进行必要的加工，转变为适于机器表示的形式。

类似地，定点小数表示法只能表示小于 1 的数，它其实与定点整数表示法无原则区别。只是比例因子的选取不同罢了。

2. 浮点表示法

所谓浮点表示法，是指计算机中的小数点位置不是固定的，或者说是“浮动”的。为了说明它是怎样浮动的我们引入“阶码表示法”。对于任何一个二进制数 N 都可表示为：

$$N = 2^{\pm E} \times (\pm S)$$

式中，指数 E 称为阶数，是一个二进制正整数， E 前的 \pm 称为阶符 (E_f)； S 称为尾数，是一个二进制正小数， S 前的 \pm 称为尾符 (S_f)。

例如：二进制数 $+101.1$ 和 -10.11 的记阶表示形式为：

$$\begin{aligned} +101.1 &= 2^{+11} \times (+0.1011) & E &= 11, E_f \text{ 为 } +, S = 0.1011, S_f \text{ 为 } + \\ -10.11 &= 2^{+10} \times (-0.1011) & E &= 10, E_f \text{ 为 } -, S = 0.1011, S_f \text{ 为 } - \end{aligned}$$

比较两者可以看出：它们的有效数字 (1011) 是完全相同的，只是正负号和小数点位置不同。正负号的不同反映在尾符 S_f 上。因此，对于规格化的浮点数 (尾数第一位不为 0，可保留尽量多的有效数字) 而言，小数点的位置是随阶数的大小而浮动的。

1.4.6 计算机中的编码

上面讨论的数据仅仅是二进制数值型数据在计算机中的表示方法，非二进制的数值型数据以及所有非数值型数据 (例如：十进制数值、字符、汉字、图形、声音等) 在机内则需要用二进制形式的编码表示，即用只含 0、1 的代码表示。计算机中常用的编码有很多，不同的编码，其编码规则不同，具有不同的特性及应用场合。下面仅对十进制数、字符、汉字的

编码作简单介绍。

1. 十进制数的编码——BCD 码

计算机中采用二进制，但二进制书写冗长，阅读不便，所以在输入输出时人们仍习惯使用十进制。如果计算量不大，可采用二进制数对每一位十进制数字进行编码的方法来表示一个十进制数，这种数叫做 BCD 码。由于在机内采用 BCD 码进行运算绕过了二进制、十进制间的复杂转化环节，从而节省了机器时间。

BCD 码有多种形式，最常用的是 8421BCD 码，它是用 4 位二进制数对十进制数的每一位进行编码，这 4 位二进制码的值就是被编码的一位十进制数的值。

例如：7 的 BCD 码是 0111

27 的 BCD 码是 00100111

显然，BCD 码不是被编码十进制数的等值二进制数，例如 27 的 BCD 码是 00100111 而其等值的二进制数是 11011。但在一般机器中都提供了 BCD 码的调整指令，可使 BCD 码直接按二进制运算规则运算，而得到的结果经过调整就是正确的 BCD 码形式。

一个 BCD 形式的运算结果如果以 BCD 形式输出显然也是不直观的，但要将其转化成十进制形式输出要比从二进制数到十进制数的转化方便的多。

2. 字符的编码

在计算机中除了数值之外，还有一类非常重要的数据，那就是字符，如英文的大小写字母 (A, B, C, ..., a, b, c, ...)、数字符号 (0, 1, 2, ..., 9) 以及其他常用符号 (如：?、=、%、+ 等)。在计算机中，这些符号都是用二进制编码的形式表示，即每一个字符被赋予一个惟一固定的二进制编码，为了统一，人们制定了编码标准。目前，一般都是采用美国标准信息交换码，它使用七位二进制编码来表示一个符号，通常把它称为 ASCII 码。由于用七位码来表示一个符号，故该编码方案中共有 128 个符号 ($2^7=128$)，编号从 $(0000000)_2$ 到 $(1111111)_2$

例如：大写字母 A 的 ASCII 码为 1000001；小写字母 a 的 ASCII 码为 1100001；数字符号 0 的 ASCII 码为 0110000 等。附录一给出了标准的 ASCII 编码表。

其中从 0000000(00H) 到 0011111(1FH) 即前 32 个 ASCII 码为控制符号的编码。

值得指出的是：ASCII 码虽然是 7 位码，但由于存储器一般是以字节 (8 个二进制位为一个字节) 为单位组织的，故一个字符在机内存储器时仍然用一字节来存储，空出的一位一般置为 0，而在通信中一般用做奇偶校验位。

在微型机中，目前经常使用扩展的 ASCII 码编码方案，它用 8 位二进制码表示一个字符，其中前 128 个字符正是标准 ASCII 码方案中的 128 个字符，只是其编码多出了一个最高位 0，由 7 位码变成了 8 位码，后 128 个字符是一些扩充的字符，即标准 ASCII 方案中没有的字符，包括一些制表符等等，这些编码的最高位均是 1。目前，这种扩展的 ASCII 码方案有多种，它们的后 128 个扩充字符不完全相同。

3. 汉字的编码

计算机要处理汉字信息，就必须首先解决汉字的表示问题。同英文字符一样，汉字的表示也只能采用二进制编码形式，目前使用比较普遍的是我国制定的汉字编码标准 GB2312-80，该标准共包含一、二级汉字 6763 个，其他符号 682 个，每个符号都是用 14 位（两个 7 位）二进制数进行编码，通常叫做国标码。如“啊”的国标码为 1110000，1100001。新的国标汉字库已包括两万多个汉字和字符。

在机内存储时每个汉字实际占两个字节，它是在 14 位码的每一个 7 位前增加一个最高位 1 形成的，以区别标准 ASCII 码。

本章小结

计算机的发展历史到今天可分为四代，目前已进入到超大规模集成电路阶段的后期，第五代计算机将在新材料或新技术上获得重大突破后诞生。微机的历史只有 30 年，也经历了五个阶段，微机发展阶段是以体系结构的重大变化来划分的，现在即将进入到第六代——64 位 CPU 的阶段。

一台正常工作的计算机是由两部分组成，硬件和软件。

数的表示方法、编码形式和进位制是学习计算机的基础知识，这方面的内容还包括字符、汉字等非数字信息的表示方法，熟悉和掌握这些内容将为学习其他一切计算机硬软件知识打下基础。

习 题

1. 计算机的发展历史为四代，是以什么划分的？微机发展经历了几个阶段？
2. 微机系统由哪几部分组成？
3. 将下列十进制数转化为二进制数和十六进制数：
(1) 10000 (2) 4095.875
4. 写出下列十进制数的 BCD 码：
(1) 68 (2) 1234
5. 下列各数为十六进制表示的 8 位二进制数，若分别看作无符号数和补码表示的有符号数时，其真值十进制数各是多少？
(1) FFH (2) 5AH (3) 80H
6. 下列各数为十六进制表示的 8 位二进制数，若分别被看作补码表示的数和 ASCII 码表示的字符时，各是什么内容？
(1) 4FH (2) 2BH

第 2 章 微处理器

本章学习目标

本章着重介绍 8086/8088 的硬件结构和指令系统，它是 Intel 系列微处理器的基础。另外针对当前当前硬件发展日新月异的局面还详细介绍了主流 CPU 的发展。最后对汇编语言的基础知识做了简要说明。通过本章学习，读者应该了解和掌握以下内容：

- 8086/8088CPU 的组成、引脚功能和工作模式。
- 时序基本概念。
- 微处理器的发展历程，主流 CPU 及其最新技术。

一个完整的微型计算机系统包括硬件系统和软件系统两大部分。计算机硬件是指组成一台计算机的各种物理装置，它们是由各种实际的器件所组成，是计算机进行工作的物质基础。计算机硬件系统中最重要的组成部分是中央处理器（CPU）。

2.1 微处理器概述

2.1.1 CPU 的基本概念和组成

微处理器（Micro Processing Unit），即微型化的中央处理器。中央处理器 CPU 的英文全称是 Central Processing Unit。早期微处理器以 MPU 表示，以区别于大型主机的多芯片 CPU。但现在已经不加区分，都用 CPU 表示。因为现代微处理器虽然可能仍是单芯片封装，功能上和早期的 MPU 已不可同日而语。现在的 MPU 用来特指一些嵌入式系统的中央处理单元。本书的 CPU 泛指所有微处理器。

一般而言，CPU 是微机的核心芯片，它的性能大致上也就反映出了它所配置的那部微机的性能。从结构上说，任何 CPU 都包括运算器、控制器和寄存器三个主要组成部分。运算器完成算术和逻辑运算；控制器对微机各部件发出相应的控制信息，使它们协调工作；寄存器用于存放临时数据。随着微处理器性能的飞速提高，现在的 CPU 组成非常复杂，从逻辑上来说仍有以上三个组成部分，但物理结构上是再也不能把它们分割开来。不仅如此，每一部分都得到极大的强化和扩充，比如为提高数据处理速度，大量增加了原来中大型机才有