

# 第 1 章 计算机基础知识

## 1.1 计算机的发展

### 1.1.1 计算机的概念与产生

计算机 (computer) 的全称是电子计算机 (electronic computer), 俗称电脑, 是一种能够按照程序运行, 自动、高速处理海量数据的现代化智能电子设备, 是一种具有计算能力和逻辑判断能力的机器。它是由硬件和软件组成, 没有安装任何软件的计算机称为裸机。

20 世纪 40 年代中期, 导弹、火箭、原子弹等现代科技的发展, 迫切需要解决很多复杂的数学问题, 原有的计算工具已经满足不了要求, 另外电子学和自动控制技术的迅速发展, 为研制电子计算机提供了技术条件。1946 年 2 月, 在美国宾夕法尼亚大学, 世界上第一台电子数字计算机 ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator——电子数字积分计算机, 简称“埃尼亚克”) 诞生了, 它的出现标志着计算机时代的到来, 如图 1-1 和图 1-2 所示。

第一台计算机 ENIAC 是第二次世界大战期间, 美国为计算炮弹的运行轨迹而设计的, 它主要采用的元器件是电子管。该机使用了 1500 个继电器, 18800 个电子管, 占地 170 平方米, 重 30 多吨, 耗电 150 千瓦, 耗资 40 万美元。这台计算机每秒能完成 5000 次加法运算, 300 多次乘法运算, 比当时最快的计算工具快 300 倍, 这台计算机的功能虽然无法与今天的计算机相比, 但它的诞生却是科学技术发展史上的一次意义重大的事件, 展露了新技术革命的曙光。经过几十年的发展, 计算机技术的应用已经十分普及, 从国民经济的各个领域到个人生活、工作的各个方面, 可谓无所不在。



图 1-1 ENIAC

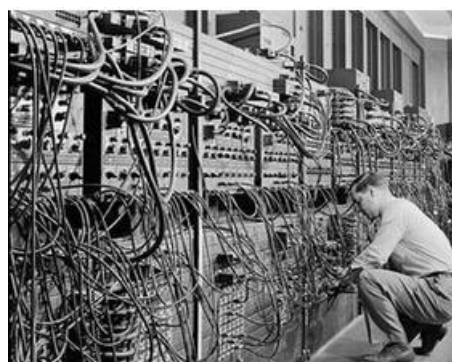


图 1-2 ENIAC

### 1.1.2 计算机的发展

在第一台计算机诞生以来的几十年里, 计算机的发展日新月异, 特别是电子器件的发展,

更有力地推动了计算机的发展,所以人们习惯以计算机的主要元器件作为计算机发展年代划分的依据。人们根据计算机的性能和使用的主要元器件不同,将计算机的发展划分成四个阶段,也称为四代。每一个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。

第一代(1946年—1958年)是电子管计算机时代(如图1-3所示)。其特征是采用电子管作为逻辑元件,用阴极射线管或水银延迟线作为主存储器,结构上以CPU为中心,速度慢、存储量小。这一代计算机的逻辑元件采用电子管,并且使用机器语言编程,后来又产生了汇编语言。



图 1-3 电子管

第二代(1959年—1964年)是晶体管计算机时代(如图1-4所示)。其特征是用晶体管代替了电子管,用磁芯作为主存储器,引入了变地址寄存器和浮点运算部件,利用 I/O (Input/Output) 处理机提高输入输出操作能力等。这一代计算机的逻辑元件采用晶体管,并出现了管理程序和 COBOL、FORTRAN 等高级编程语言,以简化编程过程,建立了子程序库和批处理管理程序,应用范围扩大到数据处理和工业控制。



图 1-4 晶体管

第三代(1965年—1970年)是集成电路计算机时代(如图1-5所示)。其特征是用集成电路 IC (Integrated Circuit) 代替了分立元件晶体管。这一代计算机逻辑元件采用中、小规模集成电路,出现了操作系统和诊断程序,高级语言更加流行,如 BASIC、Pascal、APL 等。

第四代(1971年至今)是超大规模集成电路计算机时代(如图1-6所示)。其特征是以大规模集成电路 (LSI) 和超大规模集成电路 (VLSI) 为计算机主要功能部件,用 16KB、64KB

或集成度更高的半导体存储器部件作为主存储器。这一代计算机采用的逻辑元件是微处理器和其他芯片，其特点主要包括速度快、存储容量大、外部设备种类多、用户使用方便、操作系统和数据库技术进一步发展。同时，1971年美国 Intel 公司首次把中央处理器（CPU）制作在一块芯片上，研究出了第一个 4 位单片微处理器，它标志着微型计算机的诞生。



图 1-5 集成电路



图 1-6 超大规模集成电路

第五代计算机是正在研制中的新型电子计算机。有关第五代计算机的设想，是 1981 年在日本东京召开的第五代计算机国际会议上正式提出的。第五代计算机的特点是智能化，具有某些与人的智能相类似的功能，可以理解人的语言，能思考问题，并具有逻辑推理的能力。

我国计算机事业是从 1956 年制定的《十二年科学技术发展规划》后开始起步的。1958 年成功地仿制了 103 和 104 电子管通用计算机。20 世纪 60 年代中期，我国已全面进入到第二代电子计算机时代。我国的集成电路在 1964 年已研制出来，但真正生产集成电路是在 20 世纪 70 年代初期。20 世纪 80 年代以来，我国的计算机科学技术进入了迅猛发展的新阶段。

### 1.1.3 计算机的分类

计算机发展到今天，已是种类繁多，并表现出各自不同的特点。可以从不同的角度对计算机进行分类。

计算机按信息的表示形式和对信息的处理方式不同可分为数字计算机（digital computer）、模拟计算机（analogue computer）和混合计算机。数字计算机所处理数据都是以 0 和 1 表示的二进制数字，是不连续的离散数字，具有运算速度快、准确、存储量大等优点，因此适宜科学计算、信息处理、过程控制和人工智能等，具有最广泛的用途。模拟计算机所处理的数据是连续的，称为模拟量。模拟量以电信号的幅值来模拟数值或某物理量的大小，如电压、电流、温度等都是模拟量。模拟计算机解题速度快，适于解高阶微分方程，在模拟计算和控制系统中应用较多。混合计算机则集数字计算机和模拟计算机的优点于一身。

计算机按用途不同可分为通用计算机（general purpose computer）和专用计算机（special purpose computer）。通用计算机广泛适用于一般科学运算、学术研究、工程设计和数据处理等，具有功能多、配置全、用途广、通用性强的特点，市场上销售的计算机多属于通用计算机。专用计算机是为适应某种特殊需要而设计的计算机，通常增强了某些特定功能，忽略了一些次要要求，所以专用计算机能高速度、高效率地解决特定问题，具有功能单纯、使用面窄甚至专机专用的特点。模拟计算机通常都是专用计算机，在军事控制系统中被广泛地使用，如飞机的自动驾驶仪和坦克上的兵器控制计算机。

目前国际上沿用的分类方法,是根据电气和电子工程师协会(IEEE)的一个委员会于1989年11月提出的标准来划分的,即把计算机划分为巨型机(超级计算机)、小巨型机、大型机、小型机、工作站、微型机等。

### 1. 巨型机

巨型机(giant computer)又称超级计算机(supercomputer),是指运算速度超过每秒1亿次的高性能计算机,它是目前功能最强、速度最快、软硬件配套齐备、价格最贵的计算机,主要用于解决诸如气象、太空、能源、医药等尖端科学研究和战略武器研制中的复杂计算。其研制水平、生产能力及应用程序,已成为衡量一个国家经济实力与科技水平的重要标志。目前,巨型机主要用于战略武器(如核武器和反弹道武器)的设计、空间技术、石油勘探、长期天气预报以及社会模拟等领域。世界上只有少数几个国家能生产巨型机,著名巨型机有:美国的“美洲虎”,我国自行研制的天河一号、银河-I(每秒运算1亿次以上,如图1-7所示)、银河-II(每秒运算10亿次以上,如图1-8所示)和银河-III(每秒运算100亿次以上)、银河-IV(每秒运算1万亿次以上)、银河-V等。2011年11月我国自主研发的天河一号(如图1-9所示)成为当时世界上最快的计算机,其实测运算速度可以达到每秒2570万亿次,此前排名第一的美国橡树岭国家实验室的“美洲虎”超级计算机位居第二,“美洲虎”的实测运算速度可达每秒1750万亿次。天河一号的诞生表明我国科研水平向前迈进了一大步,也表明中国经济竞争力的增强。



图 1-7 银河-I



图 1-8 银河-II



图 1-9 天河一号

### 2. 小巨型机

小巨型机(mini supercomputer),也叫小超级机,出现于20世纪80年代中期,它的问世对巨型机的高价格发出了挑战,其最大的特点就是具有更高的性价比。

### 3. 大型机

大型机(mainframe)称为大型主机、大型计算机或大型通用机(常说的大中型机),其特点是通用性强、有很强的综合处理能力。处理速度高达每秒30万亿次,主要用于大银行、大公司、规模较大的高校和科研院所,所以也被称为“企业级”计算机。大型机经历批处理、分时处理、分散处理与集中管理等几个主要发展阶段。美国IBM公司生产的IBM 360、IBM 370、IBM 9000系列,就是国际上最具有代表性的大型机。IBM大型机如图1-10所示。

### 4. 小型机

小型机(minicomputer)一般用于工业自动化控制、医疗设备中的数据采集等场合。其规模和运算速度比大中型机要差,但仍能支持十几个用户同时使用。小型机具有规模较小、结构简单、成本较低、操作简单、易于维护、与外部设备连接容易等特点,是在20世纪60年代中期发展起来的一类计算机。当时微型计算机还未出现,因而得以广泛推广应用,许多工业自动化控制和事务处理都采用小型机,它也常用在一些中小型企事业单位或某一部门,例如,高

等院校的计算机中心都以一台小型机为主机，配以几十台甚至上百台终端机，以满足大量学生学习程序设计课程的需要。典型的小型机是美国 DEC 公司的 PDP 系列计算机、IBM 公司的 AS/400 系列计算机、我国的 DJS-130 计算机等。IBM 小型机如图 1-11 所示。



图 1-10 IBM 大型机



图 1-11 IBM 小型机

### 5. 工作站

工作站 (workstation) 是介于 PC 机和小型机之间的一种高档微型机，是为了某种特殊用途而将高性能的计算机系统、输入/输出设备与专用软件结合在一起的系统，如图 1-12 所示。它的独到之处是有大容量主存、大屏幕显示器，特别适合于计算机辅助工程。例如，图形工作站一般包括主机、数字化仪、扫描仪、鼠标器、图形显示器、绘图仪和图形处理软件等，它可以完成对各种图形与图像的输入、存储、处理和输出等操作。目前几个生产工作站的厂家有著名的 Sun、HP 和 SGI 等公司。



图 1-12 工作站

自 1980 年美国 Appolo 公司推出世界上第一个工作站 DN-100 以来，工作站迅速发展，成为专门处理某类特殊事务的一种独立的计算机类型。早期的工作站大都采用 Motorola 公司的 680X0 芯片，配置 UNIX 操作系统，现在的工作站多数采用 Pentium IV 芯片，配置 Windows 2000/XP 或者 Linux 操作系统。

### 6. 微型机

微型机简称“微机”，是当今使用最普及、产量最大的一类计算机，体积小、功耗低、成本少、灵活性大，性价比明显地优于其他类型计算机，因而得到了广泛应用。微型机可以按结构和性能划分为单片机、单板机、个人计算机等几种类型。

微型机的中央处理器采用微处理芯片，体积小巧轻便。目前微型机使用的微处理芯片主要有 Intel 公司的 Pentium 系列、AMD 公司的 Athlon 系列，以及 IBM 公司 Power PC 等。



### 1.1.4 计算机的发展趋势

现代计算机的发展表现在两个方面：一是朝着巨（巨型化）、微（微型化）、多（多媒体化）、网（网络化）和智（智能化）5种趋向发展；二是朝着非冯·诺依曼结构发展。

#### 1. 计算机发展的5种趋向

##### （1）巨型化

巨型化是指发展高速度、大存储容量和强功能的超级巨型计算机。这既是诸如天文、气象、原子、核反应等尖端科学发展以及进一步探索新兴科学的需要，同时也是为了让计算机具有人脑学习、推理的复杂功能。当今知识信息犹如核裂变一样不断膨胀，记忆、存储和处理这些信息是必要的。

##### （2）微型化

由于超大规模集成电路技术的发展，计算机的体积越来越小，功耗越来越低，性能越来越强，性价比越来越高，微型计算机已广泛应用到社会各个领域。除了台式微型计算机外，还出现了笔记本型、掌上型。随着微处理器的不断发展，微处理器已应用到仪表、家用电器、导弹弹头等中、小型计算机无法进入的领域。

##### （3）多媒体化

多媒体是“以数字技术为核心的图像、声音与计算机、通信等融为一体的信息环境”的总称。多媒体技术的目标是无论何时何地，只需要简单的设备就能自由自在地以交互和对话方式收发所需要的信息。多媒体技术的实质就是让人们利用计算机以更接近自然的方式交换信息。

##### （4）网络化

网络化就是用通信线路把各自独立的计算机连接起来，形成各计算机用户之间可以相互通信并使用公共资源的网络系统，一方面使众多用户能共享信息资源，另一方面使各计算机之间能通过互相传递信息进行通信，把国家、地区、单位和个人连成一体，提供方便、及时、可靠、广泛、灵活的信息服务。

##### （5）智能化

智能化是指使计算机具有人的智能，能够像人一样思考，让计算机能够进行图像识别、定理证明、研究学习、探索、联想、启发和理解人的语言等，是新一代计算机要实现的目标。随着计算机的计算能力的不断增强，通用计算机也开始具备一定的智能化，如各种专家系统的出现就是用计算机模仿人类专家的工作。智能化从本质上扩充了计算机的能力，使其能越来越多地代替人类的脑力与体力劳动。

#### 2. 非冯·诺依曼结构模式

随着计算机技术的发展、计算机应用领域的开拓更新，冯·诺依曼结构模式已不能满足需要，所以出现了制造非冯·诺依曼计算机的想法。自20世纪60年代开始除了创造新的程序设计语言，即所谓的“非冯·诺依曼”语言外，还从计算机元件方面提出了发明与人脑神经网络相类似的新型大规模集成电路的设想，即分子芯片。

##### （1）光子计算机

光子计算机是用光子取代电子进行信息传递。在光子计算机中，光子的速度是电子的300多倍。2003年10月，全球首枚嵌入光核心的商用向量光学处理器问世，其运算速度是8万亿次/秒，预示着计算机将进入光学时代。

### (2) 生物计算机

生物计算机（分子计算机）在 20 世纪 80 年代中期开始研制，其特点是采用生物芯片，它由生物工程技术产生的蛋白质分子构成。在这种生物芯片中，信息以波的形式传播，运算速度比当今最新一代计算机快 10 万倍，并拥有巨大的存储能力。由于蛋白质分子能够自我组合，再生新的微型电路，使得生物计算机具有生物体的一些特点，如能发挥生物体本身的调节机能从而自动修复芯片发生的故障，还能模仿人脑的思考机制。目前，生物计算机研究领域已经有了新的进展，预计在不久的将来，就能制造出分子元件，即通过在分子水平上的物理化学作用对信息进行检测、处理、传输和存储。

### (3) 量子计算机

量子计算机是指处于多现实态下的原子进行运算的计算机，多现实态是量子力学的标志。在某种条件下，原子世界存在着多现实态，即原子和亚原子粒子可以同时存在于此处和彼处，可以同时表现出高速和低速，可以同时向上和向下运动。如果使这些不同的原子状态分别代表不同的数字或数据，就可以利用一组具有不同潜在状态组合的原子，在同一时间对某一问题的所有答案进行探寻，寻找正确答案。量子计算机具有解题速度快、存储量大、搜索功能强和安全性较高等优点。

在进入 21 世纪之际，美国的研究人员已经成功实现了 4 位量子逻辑门，取得了 4 个锂离子的量子纠缠状态，获得了新的突破。

## 1.2 计算机的特点与应用

### 1.2.1 计算机的特点

计算机的应用已经渗透到社会的各行各业，其主要原因是计算机具有以下特点。

#### 1. 高速的运算能力

现在，一般的计算机运算速度是每秒几十万次到几百万次，大型计算机的运算速度是每秒亿亿次。目前世界上运算速度最快的计算机是中国的“天河二号”，已达 3.39 亿亿次/秒，这是人的运算能力无法比拟的。高速运算能力可以完成天气预报、大地测量、运载火箭参数等的计算。

#### 2. 很高的计算精度

由于计算机内采用二进制数字进行运算，其计算精度可通过增加表示数字的设备来获得，使数值计算可根据需要获得千分之一至几百万分之一，甚至更高的精确度。一般计算机的字长越长，所能表达的数字的有效位就越多，其运算的精度就越高。

#### 3. 具有“记忆”功能

计算机中设有存储器，存储器可记忆大量的数据。当计算机工作时，计算的数据、运算的中间结果及最终结果都可存入存储器中。最重要的是，可以把人们为计算机事先编好的程序也存储起来，这是计算机工作原理的关键。

#### 4. 具有逻辑判断能力

计算机不仅能进行算术运算，还可以进行逻辑判断和推理，并能根据判断结果自动决定以后执行什么命令。

### 5. 高度的自动化和灵活性

由于计算机能够存储程序，并能够自动依次逐条地运行，不需要人工干预，这样计算机就实现了高度的自动化和灵活性。

### 6. 联网通信，共享资源

若干台计算机联成网络后，为人们提供了一种有效的、崭新的交往手段，便于世界各地的人们充分利用人类共有的知识财富。

## 1.2.2 计算机的应用

随着计算机技术的不断发展，计算机的应用领域越来越广泛，应用水平越来越高，已经渗透到各行各业，改变着人们传统的工作、学习和生活方式，推动着人类社会的不断发展。计算机的应用主要体现在以下几个方面。

### 1. 科学计算

科学计算也称为数值计算，是指利用计算机来完成科学研究和工程技术中提出的数学问题的计算。在现代科学技术工作中，科学计算问题是大量的和复杂的。利用计算机的高速计算、大存储容量和连续运算的能力，可以实现人工无法解决的各种科学计算问题。近几十年来，一些现代尖端科学技术的发展，都是建立在计算机的基础上的，如卫星轨迹计算、气象预报等。

### 2. 数据处理

数据处理也称为非数值处理或事务处理，是指对各种数据进行收集、存储、整理、分类、统计、加工、利用、传播等一系列活动的统称。科学计算的数据量不大，但计算过程比较复杂；而数据处理数据量很大，但计算方法较简单。据统计，80%以上的计算机主要用于数据处理，这类工作量巨大且涉及面宽，决定了计算机应用的主导方向。目前，数据处理已广泛应用于办公自动化、企事业计算机辅助管理与决策、情报检索、图书管理、电影电视动画设计、会计电算化等各行各业。

### 3. 过程控制

过程控制也称为实时控制，是指利用计算机及时采集、检测数据，按最佳值迅速地对控制对象进行自动控制或自动调节。随着生产自动化程度的提高，对信息传递速度和准确度的要求也越来越高，这一任务靠人工操作已无法完成，只有计算机才能胜任。以计算机为中心的系统可以及时地采集数据、分析数据、制定方案，进行自动控制。它不仅可以减轻劳动强度，而且可以大大地提高自动控制的水平，提高产品的质量和合格率。因此，过程控制在冶金、电力、石油、机械、化工以及各种自动化部门得到广泛的应用，同时还应用于导弹发射、雷达系统、航空航天等各个领域。

### 4. 计算机辅助系统

计算机辅助系统的应用，可以提高产品设计、生产和测试过程的自动化水平，降低成本，缩短生产的周期，改善工作环境，提高产品质量，获得更高的经济效益。计算机辅助技术包括CAD、CAM和CAI等。

(1) 计算机辅助设计(Computer Aided Design, 简称CAD)。计算机辅助设计是综合地利用计算机的工程计算、逻辑判断、数据处理功能和人的经验与判断能力，形成一个专门系统，用来进行各种图形设计和图形绘制，对所设计的部件、构件或系统进行综合分析 with 模拟仿真实验。它是近十几年来形成的一个重要的计算机应用领域。目前在汽车、飞机、船舶、集成电路、



大型自动控制系统的设计中，CAD 技术占据愈来愈重要的地位。

(2) 计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing, 简称 CAM)。计算机辅助制造是利用计算机系统进行生产设备的管理、控制和操作的过程。例如，在产品的制造过程中，用计算机控制机器的运行，处理生产过程中所需的数据，控制和处理材料的流动以及对产品进行检测等。使用 CAM 技术可以提高产品质量，降低成本，缩短生产周期，提高生产率和改善劳动条件。

可将 CAD 和 CAM 技术集成实现设计生产自动化，这种技术被称为计算机集成制造系统 (CIMS)。它的实现将真正做到无人化工厂 (或车间)。

(3) 计算机辅助教学 (Computer Aided Instruction, 简称 CAI)。计算机辅助教学是指利用计算机进行辅助教学、交互学习。如利用计算机辅助教学系统制作的多媒体课件可以使教学内容生动、形象逼真，取得良好的教学效果。通过交互方式的学习，可以使学员自己掌握学习的进度，进行自测，方便灵活，可满足不同层次学员的要求。CAI 的主要特色是交互教育、个别指导和因人施教。

#### 5. 人工智能

人工智能 (artificial intelligence) 是用计算机模拟人类的智能活动，如模拟人脑学习、推理、判断、理解、问题求解等过程，辅助人类进行决策，如专家系统。人工智能是计算机科学研究领域最前沿的学科，现在人工智能的研究已取得不少成果，有些已开始走向实用阶段，例如，能模拟高水平医学专家进行疾病诊疗的专家系统，具有一定思维能力的智能机器人 (如图 1-13 所示) 等。



图 1-13 机器人

#### 6. 信息高速公路

1993 年 2 月时任美国副总统的戈尔在一次演讲中提出“信息高速公路”的概念，1993 年 9 月美国正式宣布实施“国家信息基础设施”计划，俗称“信息高速公路”计划，引起了世界各发达国家、新兴工业国家和地区的极大反响，各国家、地区积极加入到了这场国际大竞争中。

国家信息基础设施，除通信、计算机、信息本身和人力资源关键要素的硬环境外，还包括标准、规则、政策、法规和道德等软环境。由于我国的信息技术相对落后，信息产业不够强大，信息应用不够普遍和信息服务队伍不够壮大等现状，有关专家提出，我国的信息高速公路应该加上两个关键部分，即民族信息产业和信息科学技术。

#### 7. 电子商务

电子商务 (electronic commerce) 最早产生于 20 世纪 60 年代，发展于 20 世纪 90 年代，一般指的是在网络上通过计算机进行业务通信和交易处理，实现商品和服务的买卖以及资金的转账，同时还包括企业公司之间及其内部借助计算机及网络通信技术能够实现的一切商务活动，也就是通过网络进行的生产、营销、销售和流通活动，不仅包括在互联网上的交易，而且包括利用信息技术来降低商务成本、增加流通价值和创造商业机遇的所有商务活动。

商务活动的核心是信息活动，在正确的时间和正确的地点与正确的人交换正确的信息是电子商务成功的关键。电子商务的显著特点是突破了时间和地点的限制，低成本、高效率、虚拟现实、功能全面，使用更灵活和更加安全有效。

电子商务的运行模式按照电子商务交易主体之间的差异可以有多种不同的模式，其中最典型的运行模式有：商家—商家模式（business to business，简称 B2B），商家—消费者模式（business to customer，简称 B2C）、消费者—消费者模式（customer to customer，简称 C2C）。

### 8. 电子政务

电子政务就是指政府机构运用现代计算机技术和网络技术，将管理和服务的职能转移到网络上，实现政府组织结构和 workflows 的重组优化，超越时间、空间和部门分隔的制约，向全社会提供高效优质、规范透明和全方位的管理与服务。它开辟了推动社会信息化的新途径，创造了政府实施产业政策的新手段。电子政务的出现有利于政府转变职能，提高运作的效率。

电子政务的特点是转变政府工作方式，提高政府科学决策水平，优化信息资源配置，借助信息技术，降低管理和服务成本。

从电子政务服务的对象看，电子政务的主要内容包括：政府—政府电子政务（government to government，简称 G2G）；政府—企业电子政务（government to business，简称 G2B）；政府—公民电子政务（government to citizen，简称 G2C）。

## 1.3 计算机中的数值转换

### 1.3.1 进位计数制及其特点

进位计数制的特点是表示数值大小的数码与它在数中的位置有关。如十进制数 23.45，数码 2 处于十位上，它代表  $2 \times 10^1 = 20$ ，即 2 处的位置具有  $10^1$  权；3 代表  $3 \times 10^0 = 3$ ；而 4 处于小数点后第一位，代表  $4 \times 10^{-1} = 0.4$ ；最低位 5 处于小数点后第二位，代表  $5 \times 10^{-2} = 0.05$ 。

十进制运算中，凡超过 10 就向高位进一位，相邻间是十倍关系，10 称为进位“基数”。同理，若是二进制，则进位基数应该是 2，八进制的进位基数为 8，十六进制的进位基数应该为 16。因此，任何进位计数制都有两个要素：数码的个数和进位基数。

#### 1. 十进制

十进制数是人们十分熟悉的计数体制。它用 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个数字符号，按照一定规律排列起来表示数值的大小。

任意一个十进制数，都可表示为  $(X)_{10}$ 、 $[X]_{10}$  或 XD，如 628 可表示为  $(628)_{10}$ 、 $[628]_{10}$  或 628D。

**【例 1-1】**十进制数  $[X]_{10} = 654.16$ ，可以写成：

$$\begin{aligned} \text{解：} [X]_{10} &= [654.16]_{10} \\ &= 6 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 1 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

从这个十进制数的表达式中，可以得到十进制数的特点：

(1) 每一个位置（数位）只能出现十个数字符号 0~9 中的一个。通常把这些符号的个数称为基数，十进制数的基数为 10。

(2) 同一个数字符号在不同的位置代表的数值是不同的。例 1-1 中，左右两边的数字都是 6，但右边第一位数的数值为 0.06，而左边第一位数的数值为 600。

(3) 十进制的基本运算规则是“逢十进一”。例 1-1 中，小数点左边第一位为个位，记作  $10^0$ ；第二位为十位，记作  $10^1$ ；第三为百位，记作  $10^2$ ；小数点右边第一位为十分位，记作  $10^{-1}$ ；

第二位为百分位，记作  $10^{-2}$ ；通常把  $10^{-2}$ 、 $10^{-1}$ 、 $10^0$ 、 $10^1$ 、 $10^2$  等称为是对应数位的权，各数位的权都是基数的幂。每个数位对应的数字符号称为系数。显然，某数位的数值等于该位的系数和权的乘积。

一般来说， $n$  位十进制正数  $[X]_{10}=a_{n-1}a_{n-2}\dots a_1a_0$  可写为以下形式：

$$[X]_{10}=a_{n-1}\times 10^{n-1}+a_{n-2}\times 10^{n-2}+\dots+a_1\times 10^1+a_0\times 10^0$$

式中  $a_0$ 、 $a_1\dots a_{n-1}$  为各数位的系数（ $a_i$  是第  $i+1$  位的系数），它可以取  $0\sim 9$  十个数字符号中任意一个； $10^0$ 、 $10^1\dots 10^{n-1}$  为各数位的权； $[X]_{10}$  中下标 10 表示  $X$  是十进制数，十进制数的括号也经常省略。

## 2. 二进制 (binary system)

与十进制类似，二进制的基数为 2，即二进制中只有两个数字符号（0 和 1）。二进制的基本运算规则是“逢二进一”，各数位的权为 2 的幂。

任意一个二进制数，都可表示为  $(X)_2$ 、 $[X]_2$  或  $XB$ ，如 110 可表示为  $(110)_2$ 、 $[110]_2$  或  $110B$ 。

一般来说， $n$  位二进制正整数  $[X]_2$  的表达式可以写成：

$$[X]_2=a_{n-1}\times 2^{n-1}+a_{n-2}\times 2^{n-2}+\dots+a_1\times 2^1+a_0\times 2^0$$

式中  $a_0$ 、 $a_1\dots a_{n-1}$  为系数，可取 0 或 1 两种值； $2^0$ 、 $2^1\dots 2^{n-1}$  为各数位的权。

**【例 1-2】** 八位二进制数  $[X]_2=10001111$ ，可以写成：

解： $[X]_2=[10001111]_2$

$$=1\times 2^7+0\times 2^6+0\times 2^5+0\times 2^4+1\times 2^3+1\times 2^2+1\times 2^1+1\times 2^0=[143]_{10}$$

除了使用二进制和十进制外，在计算机的应用中，也经常使用八进制和十六进制。

## 3. 八进制 (octal system)

在八进制中，基数为 8，它有 0、1、2、3、4、5、6、7 八个数字符号，八进制的基本运算规则是“逢八进一”，各数位的权是 8 的幂。

任意一个八进制数，都可表示为  $(X)_8$ 、 $[X]_8$  或  $XQ$ ，如 127 可表示为  $(139)_8$ 、 $[139]_8$  或  $139Q$ （注：为了区分 O 与 0，可把 O 用 Q 来表示）。

$n$  位八进制正整数的表达式可写成：

$$[X]_8=a_{n-1}\times 8^{n-1}+a_{n-2}\times 8^{n-2}+\dots+a_1\times 8^1+a_0\times 8^0$$

**【例 1-3】** 八进制数  $[X]_8=173.5$ ，可以写成：

解： $[X]_8=[173.5]_8$

$$=1\times 8^2+7\times 8^1+3\times 8^0+5\times 8^{-1}=(123.625)_{10}$$

## 4. 十六进制 (hexadecimal system)

在十六进制中，基数为 16。它有 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 十六个数字符号。十六进制的基本运算规则是“逢十六进一”，各数位的权为 16 的幂。

**【例 1-4】** 十六进制数  $[X]_{16}=3AF.C8$ ，可以写成：

解： $[X]_{16}=[3AF.C8]_{16}$

$$=3\times 16^2+10\times 16^1+15\times 16^0+12\times 16^{-1}+8\times 16^{-2}=(943.78125)_{10}$$

综上所述，各进制数都可以用权展开来表示，公式为：

$$N=a_{n-1}\times r^{n-1}+a_{n-2}\times r^{n-2}+\dots+a_1\times r^1+a_0\times r^0+a_{-1}\times r^{-1}+\dots+a_{-m}\times r^{-m}$$

总结以上四种进位计数制，可以将它们的特点概括为每一种进位计数制都有一个固定的基数，每一个数位都可取数码中的不同数值，每一种进位计数制都有自己的位权，并且遵循“逢

r 进一”的规则。

表 1-1 列出了常用各种进制数的表示方法。

表 1-1 计算机中常用的各种进制数的表示

进位制	十进制	二进制	八进制	十六进制
基本符号	0, 1...9	0, 1	0, 1...7	0, 1...9, A, B...F
基数	r=10	r=2	r=8	r=16
位权	$10^i$	$2^i$	$8^i$	$16^i$
规则	逢十进一	逢二进一	逢八进一	逢十六进一
形式表示	D	B	O (Q)	H

不论是哪一种进位计数制，其计数和运算都有共同的规律和特点。进位计数制的表示主要包含三个基本要素：数位、基数和位权。数位是指数码在一个数中所处的位置；基数是指某种进位计数制中所含的基本符号的个数，用  $r$  表示，例如十进位计数制中，每个数位上可以使用的数码为 0、1、2、3...9 十个数码，即其基数为 10；每一固定位置对应的单位值称为位权，各种进位计数制中位权的值恰好是基数  $r$  的某次幂，例如在十进位计数制中，小数点左边第一位位权为  $10^0$ ，左边第二位位权为  $10^1$ ，左边第三位位权为  $10^2$ ……，小数点右边第一位位权为  $10^{-1}$ ，小数点右边第二位位权为  $10^{-2}$ ……，即小数点左边位权依次为  $r^0, r^1, r^2$ ……，小数点右边位权依次为  $r^{-1}, r^{-2}$ ……。

### 1.3.2 不同数制的相互转换

将数由一种数制（进位计数制）转换成另一种数制称为数制间的转换。由于计算机采用二进制，但用计算机解决实际问题时对数值的输入输出通常使用十进制，这就有一个十进制向二进制转换或由二进制向十进制转换的过程。也就是说，在使用计算机进行数据处理时首先必须把输入的十进制数转换成计算机所能接受的二进制数；计算机在运行结束后，再把二进制数转换为人们所习惯的十进制数输出。这两个转换过程完全由计算机系统自动完成，不需人参与。有时候，直接对二进制和十进制进行转换比较烦琐，为方便起见，人们常用八进制或十六进制作为中间结果，进行数制转换。下面我们来看各种数制之间是怎样完成转换的。

#### 1. r 进制转换成十进制

r 进制转换成十进制采用“位权法”，就是将各位数码乘以各自的权值累加求和，即按权展开求和。可用如下公式表示：

$$N = \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times r^i$$

#### 【例 1-5】

解： $(11010.10)_B = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} = (26.5)_D$

$(236.14)_O = 2 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 6 \times 8^0 + 1 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} = (158.1875)_D$

$(2E9.C8)_H = 2 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 9 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} + 8 \times 16^{-2} = (745.78125)_D$

#### 2. 十进制转换成 r 进制

数制之间进行转换时，通常对整数部分和小数部分分别进行转换。将十进制数转换成 r

进制数时,先将十进制数分成整数部分和小数部分,然后再利用各自的转换法则进行转换,最后在保持小数点位置不变的前提下将两部分结果写在一起。

整数部分的转换法则为:除基取余倒着读,直到商取0为止。

小数部分的转换法则为:乘基取整正着读,直到小数部分取0或达到所求的精度为止。

**【例 1-6】**将十进制数 207.815 转换成二进制数。

解:(1) 整数部分(除 2 取余法)

(2) 小数部分(乘 2 取整法)

<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">2</td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">207</td><td style="padding-left: 20px;">取余数</td><td style="padding-left: 20px;">余数</td><td style="padding-left: 20px;">↓ 低</td></tr> <tr> <td></td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="padding-left: 10px;">103</td><td style="padding-left: 10px;">.....</td><td style="padding-left: 10px;">1</td></tr> <tr> <td></td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="padding-left: 10px;">51</td><td style="padding-left: 10px;">.....</td><td style="padding-left: 10px;">1</td></tr> <tr> <td></td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="padding-left: 10px;">25</td><td style="padding-left: 10px;">.....</td><td style="padding-left: 10px;">1</td></tr> <tr> <td></td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="padding-left: 10px;">12</td><td style="padding-left: 10px;">.....</td><td style="padding-left: 10px;">1</td></tr> <tr> <td></td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="padding-left: 10px;">6</td><td style="padding-left: 10px;">.....</td><td style="padding-left: 10px;">0</td></tr> <tr> <td></td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="padding-left: 10px;">3</td><td style="padding-left: 10px;">.....</td><td style="padding-left: 10px;">0</td></tr> <tr> <td></td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="padding-left: 10px;">1</td><td style="padding-left: 10px;">.....</td><td style="padding-left: 10px;">1</td></tr> <tr> <td></td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">2</td><td style="padding-left: 10px;">0</td><td style="padding-left: 10px;">.....</td><td style="padding-left: 10px;">1</td></tr> </table>	2	207	取余数	余数	↓ 低		2	103	.....	1		2	2	51	.....	1		2	2	25	.....	1		2	2	12	.....	1		2	2	6	.....	0		2	2	3	.....	0		2	2	1	.....	1		2	2	0	.....	1	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">0.815</td><td style="padding-left: 20px;">取整数</td></tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">× 2</td><td></td></tr> <tr> <td style="padding-left: 10px;">1</td><td style="padding-left: 10px;">.63</td><td style="padding-left: 10px;">1</td><td rowspan="5" style="vertical-align: middle; text-align: center;">↑ 高</td></tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">× 2</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td style="padding-left: 10px;">1</td><td style="padding-left: 10px;">.26</td><td style="padding-left: 10px;">1</td></tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">× 2</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td style="padding-left: 10px;">0</td><td style="padding-left: 10px;">.52</td><td style="padding-left: 10px;">0</td></tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">× 2</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td style="padding-left: 10px;">1</td><td style="padding-left: 10px;">.04</td><td style="padding-left: 10px;">1</td><td style="vertical-align: bottom; text-align: center;">↓ 低</td></tr> </table>	0.815	取整数	× 2		1	.63	1	↑ 高	× 2			1	.26	1	× 2			0	.52	0	× 2				1	.04	1	↓ 低
2	207	取余数	余数	↓ 低																																																																													
	2	103	.....	1																																																																													
	2	2	51	.....	1																																																																												
	2	2	25	.....	1																																																																												
	2	2	12	.....	1																																																																												
	2	2	6	.....	0																																																																												
	2	2	3	.....	0																																																																												
	2	2	1	.....	1																																																																												
	2	2	0	.....	1																																																																												
0.815	取整数																																																																																
× 2																																																																																	
1	.63	1	↑ 高																																																																														
× 2																																																																																	
1	.26	1																																																																															
× 2																																																																																	
0	.52	0																																																																															
× 2																																																																																	
1	.04	1	↓ 低																																																																														

转换结果:  $(207.815)_D \approx (11001111.1101)_B$

有时小数部分可能永远不会得到 0,按所要求的精度进行取值即可。

将十进制数转换成八进制或十六进制,方法与将十进制数转换成二进制数相同,只是整数部分的“除 2 取余法”变成了“除 8 取余法”或“除 16 取余法”,小数部分的“乘 2 取整法”变成了“乘 8 取整法”或“乘 16 取整法”。

**【例 1-7】**将十进制数 193.12 转换成八进制数。

解:(1) 整数部分(除 8 取余法)

(2) 小数部分(乘 8 取整法)

<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">8</td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">193</td><td style="padding-left: 20px;">取余数</td><td style="padding-left: 20px;">余数</td><td style="padding-left: 20px;">↓ 低</td></tr> <tr> <td></td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">8</td><td style="padding-left: 10px;">24</td><td style="padding-left: 10px;">.....</td><td style="padding-left: 10px;">1</td></tr> <tr> <td></td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">8</td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">3</td><td style="padding-left: 10px;">.....</td><td style="padding-left: 10px;">0</td></tr> <tr> <td></td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">8</td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">0</td><td style="padding-left: 10px;">.....</td><td style="padding-left: 10px;">3</td></tr> </table>	8	193	取余数	余数	↓ 低		8	24	.....	1		8	3	.....	0		8	0	.....	3	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">0.12</td><td style="padding-left: 20px;">取整数</td></tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">× 8</td><td></td></tr> <tr> <td style="padding-left: 10px;">0</td><td style="padding-left: 10px;">.96</td><td style="padding-left: 10px;">0</td><td rowspan="5" style="vertical-align: middle; text-align: center;">↑ 高</td></tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">× 8</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td style="padding-left: 10px;">7</td><td style="padding-left: 10px;">.68</td><td style="padding-left: 10px;">7</td></tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">× 8</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td style="padding-left: 10px;">5</td><td style="padding-left: 10px;">.44</td><td style="padding-left: 10px;">5</td></tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">× 8</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td style="padding-left: 10px;">3</td><td style="padding-left: 10px;">.52</td><td style="padding-left: 10px;">4</td><td style="vertical-align: bottom; text-align: center;">↓ 低</td></tr> </table>	0.12	取整数	× 8		0	.96	0	↑ 高	× 8			7	.68	7	× 8			5	.44	5	× 8				3	.52	4	↓ 低
8	193	取余数	余数	↓ 低																																													
	8	24	.....	1																																													
	8	3	.....	0																																													
	8	0	.....	3																																													
0.12	取整数																																																
× 8																																																	
0	.96	0	↑ 高																																														
× 8																																																	
7	.68	7																																															
× 8																																																	
5	.44	5																																															
× 8																																																	
3	.52	4	↓ 低																																														

转换结果:  $(193.12)_D \approx (301.0754)_O$

十进制的舍入方法为四舍五入,类似地,二进制为零舍一入,八进制为三舍四入,十六进制为七舍八入。

**【例 1-8】**将十进制数 69.625 转换成十六进制数。

解:(1) 整数部分(除 16 取余法)

(2) 小数部分(乘 16 取整法)

<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">16</td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">69</td><td style="padding-left: 20px;">取余数</td><td style="padding-left: 20px;">余数</td><td style="padding-left: 20px;">↓ 低</td></tr> <tr> <td></td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">16</td><td style="padding-left: 10px;">4</td><td style="padding-left: 10px;">.....</td><td style="padding-left: 10px;">5</td></tr> <tr> <td></td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">16</td><td style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;">0</td><td style="padding-left: 10px;">.....</td><td style="padding-left: 10px;">4</td></tr> </table>	16	69	取余数	余数	↓ 低		16	4	.....	5		16	0	.....	4	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-right: 10px;">0.625</td><td style="padding-left: 20px;">取整数</td></tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;">× 16</td><td></td></tr> <tr> <td style="padding-left: 10px;">10</td><td style="padding-left: 10px;">.00</td><td style="padding-left: 10px;">A</td></tr> </table>	0.625	取整数	× 16		10	.00	A
16	69	取余数	余数	↓ 低																			
	16	4	.....	5																			
	16	0	.....	4																			
0.625	取整数																						
× 16																							
10	.00	A																					

转换结果:  $(69.625)_D \approx (45.A)_H$

### 3. 八进制和二进制之间的转换

由表 1-2 中八进制与二进制之间的关系可知,一位八进制数相当于三位二进制数,因此,要将八进制数转换成二进制数时,只需以小数点为界,向左或向右每一位八进制数用相应的三位二进制数取代即可,即“以一换三”,如果不足三位,可用零补足。反之,二进制数转换成相应的八进制数,只是上述方法的逆过程,即以小数点为界,向左或向右每三位二进制数用相应的一位八进制数取代即可。

表 1-2 八进制与二进制之间的关系

八进制	二进制
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

**【例 1-9】**将八进制数 $(265.734)_O$ 转换成二进制数。

解:    2     6     5     .   7     3     4  
      010  110  101  .  111  011  100  
即 $(265.734)_O = (10110101.1110111)_B$

**【例 1-10】**将二进制数 $(1100101.010011111)_B$ 转换成八进制数。

解:   001  100  101  .  010  011  111  
      1     4     5     .  2     3     7  
即 $(1100101.010011111)_B = (145.237)_O$

### 4. 十六进制和二进制之间的转换

由表 1-3 中十六进制与二进制之间的关系可知,一位十六进制数相当于四位二进制数,因此,要将十六进制数转换成二进制数时,只需以小数点为界,向左或向右每一位十六进制数用相应的四位二进制数取代即可,即“以一换四”,如果不足四位,可用零补足。反之,二进制数转换成相应的十六进制数,只是上述方法的逆过程,即以小数点为界,向左或向右每四位二进制数用相应的一位十六进制数取代即可。

**【例 1-11】**将十六进制数 $(69A.BD3)_{16}$ 转换成二进制数。

解:     6     9     A     .   B     D     3  
      0110  1001  1010  1011  1101  0011  
即 $(69A.BD3)_H = (11010011010.101111010011)_B$



表 1-3 十六进制与二进制之间的关系

十六进制	二进制	十六进制	二进制
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	A	1010
3	0011	B	1011
4	0100	C	1100
5	0101	D	1101
6	0110	E	1110
7	0111	F	1111

**【例 1-12】**将二进制数 $(11101101101111.101000101)_B$ 转换成十六进制数。

0011 1011 0110 1111 . 1010 0010 1000  
3 B 6 F A 2 8

即 $(11101101101111.101000101)_B = (3B6F.A28)_H$

### 1.3.3 数值的存储

计算机处理信息，除了处理数值信息之外，还要处理大量的符号、字母、汉字等非数值信息。而计算机只能识别二进制数码信息，因此一切非二进制数码的信息，如各种字母、数字、符号，都用二进制特定数码来表示。

计算机中使用的二进制数共有 3 个单位：位、字节和字。

“位”是计算机中数的最小单位，称为比特（bit），简记为 b，即二进制数的一位“0”或“1”所占的空间。

在计算机中，8 个位（bit）组成一个字节（byte），简记为 B。字节是最基本的数据单位。一个字节可存放一个 ASCII 码，两个字节可存放一个汉字。

存储器的容量一般以 KB、MB、GB、TB 和 PB 为单位。

$1KB=1024B=2^{10}B$ 。

$1MB=1024KB=2^{10}KB$ 。

$1GB=1024MB\approx 1000MB$

$1TB=1024GB\approx 1000GB$

$1PB=1024TB\approx 1000TB$

字（word）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。由于字长是计算机一次所能处理的实际位数的多少，决定了计算机进行数据处理的速率，因此，字长常常成为衡量计算机性能的标志，如常用的字长有 8 位、16 位、32 位和 64 位等。

#### 1. 有符号数的机器数表示

数在计算机中的表示统称为机器数。机器数有如下三个特点。

(1) 数的符号数值化。在计算机中，因为只有 0 和 1 两种形式，因此，数的正、负号也用 0 和 1 表示。通常把一个数的最高位定义为符号位，用 0 表示正，1 表示负，此时的 0 或 1

称为数符，其余位仍表示数值。机器数是把机器内存放的正、负符号数值化后的数，机器数对应的数值称为机器数的真值数。

若一个数占 8 位，则表示形式如图 1-14 所示。

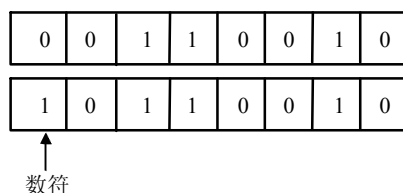


图 1-14 机器数

如 $(+50)_{10}=(00110010)_2$ 和 $(-50)_{10}=(10110010)_2$ ，它们在机器中的存放形式如图 1-14 所示。

(2) 计算机中常只表示整数和纯小数，将小数点约定在一个固定的位置上，不再占用 1 个数位。

(3) 机器数表示的范围受字长和数据类型的限制。

例如，用 16 位二进制数表示，则十进制数-513 的二进制数表示为 1000001000000011，显然，用 8 位二进制数无法表示这个数。

## 2. 定点数与浮点数

在计算机中，对于一般的数有两种表示方法：定点数与浮点数。

### (1) 定点数

所谓定点数是指小数点位置固定的数。通常用定点数来表示整数与纯小数，其分别称为定点整数与定点小数。

1) 定点整数：小数点默认为在整个二进制数的最后（小数点不占二进制位）。在这种表示中，符号位右边的所有位数表示的是一个整数，我们称用这种方法表示的数为定点整数。

例如，用 8 位二进制定点整数表示十进制数-77 为：

$$(-77)_{10}=(11001101)_2$$

2) 定点小数：小数点默认为在符号位之后（小数点不占二进制位）。在这种表示中，符号位右边的第一位是小数的最高位，我们称用这种方法表示的数为定点小数。

例如，用 8 位二进制定点小数表示十进制纯小数+0.296875 为：

$$(+0.296875)_{10}=(00100110)_2$$

### (2) 浮点数

对于既有整数部分，又有小数部分的数，由于其小数点的位置不固定，一般用浮点数表示。在计算机中，通常所说的浮点数就是指小数点位置不固定的数。

一个既有整数部分又有小数部分的十进制数 R 可以表示成如下形式：

$$R=Q \times 10^n$$

其中 Q 为一个纯小数，n 为一个整数。例如，十进制数+23.475 可以表示成 $+0.23475 \times 10^2$ ，十进制数 0.00003957 可以表示成 $0.3957 \times 10^{-4}$ 。纯小数 Q 的小数点后第一位一般为非零数字。

同样，对于既有整数部分又有小数部分的二进制数 P 也可以表示成如下形式：

$$P=S \times 2^n$$

其中 S 为二进制定点小数，称为 P 的尾数；n 为二进制定点整数，称为 P 的阶码，它反映

了二进制数  $P$  的小数点后的实际位置。为使有限的二进制位数能表示出最多的数字位数，定点小数  $S$  的小数点后的第一位（即符号位的后面一位）一般为非零数字（即为“1”）。

**【例 1-13】**用 16 位二进制定点小数与 8 位二进制定点整数表示十进制 -255.75。

首先将  $(-255.75)_{10}$  转换成二进制数为：

$$(-255.75)_{10} = (-11111111.11)_2 = (-0.111111111)_2 \times 2^8$$

将阶码 8 也转换成二进制数为：

$$(+8)_{10} = (+1000)_2$$

将尾数化成 16 位二进制定点小数为：

$$S = (-0.111111111)_2 = (1\ 11111111100000)_2$$

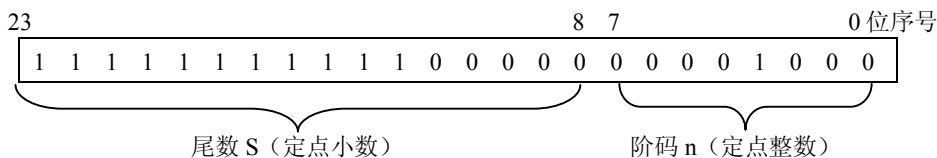
↑ 小数点的位置

将阶码化成 8 位二进制定点整数为：

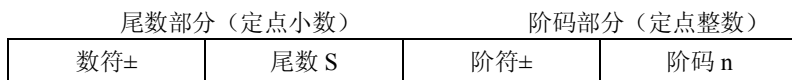
$$n = (+1000)_2 = (0000\ 1000)_2$$

↑ 小数点的位置

十进制 -255.75 转换成所要求的二进制浮点数后，存放的形式为：



由此可见，在计算机中表示一个浮点数，其结构为：



## 1.4 计算机中的信息编码

### 1.4.1 西文字符编码

关于“字符”这种常见的非数值型数据，当今计算机中普遍采用 ASCII 码，即美国信息交换标准码（American Standard Code for Information Interchange）。

ASCII 码总共有 128 个元素，用 7 位二进制数就可以对这些字符进行编码。一个字符的二进制编码占 8 个二进制位，即 1 个字节，在 7 个二进制位前面的第 8 位码是附加的，即最高位，常以 0 填补，称为奇偶校验位。7 位二进制数共可表示  $2^7=128$  个字符，它包含 10 个阿拉伯数字、52 个英文大小写字母、32 个通用控制字符、34 个控制码。ASCII 码表如表 1-4 所示，纵向的 3 位（高位）和横向的 4 位（低位）组成 ASCII 码的 7 位二进制代码。

表 1-4 7 位的 ASCII 码表

低 4 位	高 3 位							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	\	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	↑	n	~
1111	SI	US	/	?	O	↓	o	Del

## 1.4.2 汉字编码

### (1) 汉字国标码和区位码

在计算机中一个汉字通常用两个字节的编码表示，我国制定了 GB 2312—1980《中华人民共和国国家标准 信息交换用汉字编码字符集（基本集）》，简称“国标码”，这是计算机进行汉字信息处理和汉字信息交换的标准编码。在该编码中，共收录汉字和图形符号 7445 个，其中一级常用汉字 3755 个（按汉语拼音字母顺序排列），二级常用汉字 3008 个（按部首顺序排列），图形符号 682 个。

在 GB 2312—1980 中规定，全部国标汉字及符号组成一个 94×94 的矩阵。在此矩阵中，每一行称为一个“区”，每一列称为一个“位”。于是构成了一个有 94 个区（01~94 区），每个区有 94 个位（01~94 个位）的汉字字符集。区码与位码组合在一起就形成了“区位码”，唯一地确定某一汉字或符号。

区位码的分布规则如下。

- 1) 01~09 区：图形符号区。
- 2) 10~15 区：自定义符号区。
- 3) 16~55 区：一级汉字区，按汉字拼音排序，同音字按笔画顺序。
- 4) 56~87 区：二级汉字区，按偏旁部首、笔画排序。
- 5) 88~94 区：自定义汉字区。

## (2) 汉字输入码

所谓汉字输入码就是用于使用西文键盘输入汉字的编码。每个汉字对应一组由键盘符号组成的编码，对于不同的汉字输入法，其输入码不同。汉字输入码也称外码。汉字输入码方案目前已达 600 多种，已经在计算机中实现的也超过了 100 种。常见的汉字输入码方案可分为如下四类。

- 1) 数码——用数字组成的等长编码，典型代表有区位码、电报码。
- 2) 音码——根据汉字的读音组成的编码，典型代表有全拼码和双拼码。
- 3) 形码——根据汉字的形状、结构特征组成的编码，典型代表有五笔字型、表形码。
- 4) 音形码——将汉字读音与其结构特征综合考虑的编码，典型代表有自然码、首尾拼音码。

## (3) 汉字内码

无论用户用哪种输入法，汉字输入到计算机后都转换成汉字内码进行存储，以方便机内的汉字处理。汉字内码是采用双字节的变形国标码，在每个字节的低 7 位与国标码相同，每个字节的最高位为 1，以与 ASCII 码字符编码区别。

## (4) 汉字字形码

汉字字形码（汉字输出码）是将点阵组成的汉字模型数字化，形成的一串二进制数，其主要用于输出汉字。输出汉字时，将汉字字形码再还原为由点阵构成的汉字，所以汉字字形码又被称为汉字输出码。

汉字是一种象形文字，每一个汉字可以看成是一个特定的图形，这种图形可以用点阵、轮廓向量、骨架向量等多种方法表示，而最基本的是用点阵表示。如果用  $16 \times 16$  点阵来表示一个汉字，则一个汉字占 16 行，每一行有 16 个点，其中每一个点用一个二进制位表示，值“0”表示暗，值“1”表示亮。由于计算机存储器的每个字节有 8 个二进制位，因此，16 个点要用两个字节来存放， $16 \times 16$  点阵的一个汉字字形需要用 32 个字节来存放，这 32 个字节中的信息就构成了一个  $16 \times 16$  点阵汉字的字模。

从汉字代码的转换关系的角度看，图 1-15 描述了汉字信息处理的过程。

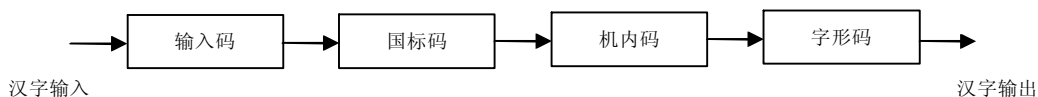


图 1-15 汉字信息处理过程

### 1.4.3 图形编码

在计算机中存储和处理图形同样要用二进制数字编码的形式。要表示一幅图片或屏幕图形，最直接的方式是“点阵表示”。在这种方式中，图形由排列成若干行、若干列的像素 (pixels) 组成，形成像素的阵列。阵列中的像素总数决定了图形的精细程度。像素的数目越多，图形越精细，其细节的分辨程度也就越高，但同时也必然要占用更大的存储空间。对图形的点阵表示，其行列数的乘积称为图形的分辨率。例如，若一个图形的阵列总共有 480 行，每行 640 个点，则该图形的分辨率为  $640 \times 480$ 。这与一般电视机的分辨率差不多。

像素实际上就是图形中的一个光点，一个光点可以是黑白的，也可以是彩色的，因而

一个像素也可以有几种表示方式:

(1) 最简单的情况

假设一个像素只有纯黑、纯白两种可能性,那么只用一个二进位就可以表示了。这时,一个  $640 \times 480$  的像素阵列需要  $640 \times 480 / 8 = 38400$  字节=37.5K 字节。

(2) 多种颜色

假设一个像素至少要有四种颜色,那么至少要用两个二进位来表示。如果用一个字节来表示一个像素,那么一个像素最多可以有 256 种颜色。这时,一个  $640 \times 480$  的像素阵列需要  $640 \times 480 = 307200$  字节=300K 字节。

由黑白二色像素构成的图形也可以用像素的灰度来模拟彩色显示,一个像素的灰度就是像素的黑的程度,即介于纯黑和纯白之间的各种情况。计算机中采用分级方式表示灰度:例如分成 256 个不同的灰度级别(可以用 0 到 255 的数表示),用 8 个二进位就能表示一个像素的灰度。采用灰度方式,使图形的表现力增强了,但同时存储一幅图形所需要的存储量也增加了。例如采用上述 256 级灰度,与采用 256 种颜色一样,表示一幅  $640 \times 480$  的图形就需要大约 30 万个字节(300KB)。

(3) 真彩色图形显示

由光学关于色彩的理论可知,任何颜色的光都可以由红绿蓝三种纯的基色(光)通过不同的强度混合而成。今天所谓真彩色的图形显示,就是用三个字节表示一个点(像素)的色彩,其中每个字节表示一种基色的强度,强度分成 256 个级别。不难计算,要表示一个  $640 \times 480$  的“真彩色”的点阵图形,需要将近 1MB 的存储空间。

图形的点阵表示法的缺点是:经常用到的各种图形,如工程图、街区分布图、广告创意图等是用线条、矩形、圆等基础图形元素构成的,图纸上绝大部分都是空白区,因而存储的主要数据是 0(白色基本上都是用 0 表示,也占用存储空间),浪费了存储空间,而真正需要精细表示的图形部分却不精确,图形中的对象和它们之间的关系没有明确地表示出来,图形中只有一个一个的点。点阵表示的另一个缺点是:如果取出点阵表示的一个小部分图形加以放大,图的每个点就都被放大,放大的点构成的图形会出现锯齿状。为了节约存储空间并且适应图形信息的高速处理,出现了许多其他图形表示方法,这些方法的基本思想是用直线来逼近曲线,用直线段两端点位置表示直线段,而不是记录线上各点,这种方法简称为矢量表示方法。采用这类方法表示一个图形可以只用很少的存储量。另外,采用解析几何的曲线公式也可以表示很多曲线形状,这称为图形曲线的参数表示方法。由于存在着多种不同的图形编码方法,图形数据的格式互不相同,应用时常会遇到数据不“兼容”的问题,不同的图形编码体制之间必须经过转换才能互相利用。

## 1.5 计算机信息化

### 1.5.1 信息化的概念

信息化概念是从社会进化的角度提出的。综合所见资料,公认“信息化”一词起源于日本。信息化的思想是 1963 年 1 月在日本社会学家梅悌忠夫发表的《信息产业论》中首次提出的,但有关社会现象,则更早就受到西方学者的重视和研究。“信息化”概念由 1967 年日本科学技术和经



济研究团体提出，基本看法是今后的人类社会将是一个以信息产业为主体的信息化社会。

“信息化”的概念在 20 世纪 60 年代初提出。一般认为，信息化是指信息技术和信息产业在经济和社会发展中的作用日益加强，并发挥主导作用的动态发展过程。它以信息产业在国民经济中的比重、信息技术在传统产业中的应用程度和信息基础设施建设水平为主要标志。

从内容上看，信息化可分为信息的生产、应用和保障三大方面。信息生产，即信息化，要求发展一系列信息技术及产业，涉及信息和数据的采集、处理、存储技术，包括通信设备、计算机、软件和消费类电子产品制造等领域。信息应用，即产业和社会领域的信息化，主要表现在利用信息技术改造和提升农业、制造业、服务业等传统行业，大大提高各种物质和能量资源的利用效率，促进产业结构的调整、转换和升级，促进人类生活方式、社会体系和社会文化发生深刻变革。信息保障，指保障信息传输的基础设施和安全机制，使人类能够可持续地提升获取信息的能力，包括基础设施建设、信息安全保障机制、信息科技创新体系、信息传播途径和信息能力教育等。

### 1.5.2 信息化的层次

国家大力支持发展信息化，信息化又可以简单分为 5 个层次：

#### (1) 产品信息化

产品信息化是信息化的基础，含两层意思：一是产品所含各类信息比重日益增大，物质比重日益降低，产品日益由物质产品的特征向信息产品的特征迈进；二是越来越多的产品中嵌入了智能化元器件，使产品具有越来越强的信息处理功能。

#### (2) 企业信息化

企业信息化是国民经济信息化的基础，指企业在产品的设计、开发、生产、管理、经营等多个环节中广泛利用信息技术，并大力培养信息人才，完善信息服务，加速建设企业信息系统。

#### (3) 产业信息化

产业信息化指农业、工业、服务业等传统行业广泛利用信息技术，大力开发和利用信息资源，建立各种类型的数据库和网络，实现产业内各种资源、要素的优化与重组，从而实现产业的升级。

#### (4) 国民经济信息化

国民经济信息化指在经济大系统内实现统一的信息大流动，使金融、贸易、投资、计划、通关、营销等组成一个信息大系统，使生产、流通、分配、消费等经济的四个环节通过信息进一步联成一个整体。国民经济信息化是各国急需实现的近期目标。

#### (5) 社会生活信息化

社会生活信息化指包括经济、科技、教育、军事、政务、日常生活等在内的整个社会体系采用先进的信息技术，建立各种信息网络，大力开发有关人们日常生活的信息内容，丰富人们的精神生活，拓展人们的活动时空。等社会生活极大程度信息化以后，我们也就进入了信息社会。

### 1.5.3 信息化与社会发展

#### 1. 信息社会

信息社会也称信息化社会，是脱离工业化社会以后，信息将起主要作用的社会。在农业

社会和工业社会中,物质和能源是主要资源,人们所从事的是大规模的物质生产。而在信息社会中,信息成为比物质和能源更为重要的资源,以开发和利用信息资源为目的信息经济活动迅速扩大,逐渐取代工业生产活动而成为国民经济活动的主要内容。信息经济在国民经济中占据主导地位,并构成社会信息化的物质基础。以计算机、微电子和通信技术为主的信息技术革命是社会信息化的动力源泉。

信息技术发展和应用所推动的信息化,给人类经济和社会生活带来了深刻的影响。进入21世纪,信息化对经济社会发展的影响愈加深刻。世界经济发展进程加快,信息化、全球化、多极化发展的大趋势十分明显。信息化被称为推动现代经济增长的发动机和现代社会发展的均衡器。信息化与经济全球化,推动着全球产业分工深化和经济结构调整,改变着世界市场和世界经济竞争格局。从全球范围来看,信息化的影响主要表现在三个方面:

第一,信息化促进产业结构的调整、转换和升级。电子信息产品制造业、软件业、信息服务业、通信业、金融保险业等一批新兴产业迅速崛起,传统产业如煤炭、钢铁、石油、化工、农业在国民经济中的比重日渐下降。信息产业在国民经济中的主导地位越来越突出。国内外已有专家把信息产业从传统的产业分类体系中分离出来,称其为农业、工业、服务业之后的“第四产业”。

第二,信息化成为推动经济增长的重要手段。信息经济的显著特征就是技术含量高、渗透性强、增值快,可以很大程度上优化对各种生产要素的管理及配置,从而使各种资源的配置达到最优状态,降低生产成本,提高劳动生产率,扩大社会的总产量,推动经济的增长。在信息化过程中,通过加大对信息资源的投入,可以在一定程度上替代各种物质资源和能源的投入,减少物质资源和能源的消耗,改变传统的经济增长模式。

第三,信息化引起生活方式和社会结构的变化。随着信息技术的不断进步,智能化的综合网络遍布社会各个角落,信息技术正在改变人类的学习方式、工作方式和娱乐方式。数字化的生产工具与消费终端广泛应用,人类已经生活在一个被各种信息终端所包围的社会中。信息逐渐成为现代人类生活不可或缺的重要元素之一。一些传统的就业岗位被淘汰,劳动力人口主要向信息部门集中,新的就业形态和就业结构正在形成。在信息化程度较高的发达国家,其信息业从业人员已占整个社会从业人员的一半以上。一大批新的就业形态和就业方式被催生,如弹性工时制、家庭办公、网上求职、灵活就业等。商业交易方式、政府管理模式、社会管理结构也在发生变化。

信息化浪潮的持续深入使人类社会日渐超越“工业社会”,而呈现“信息社会”的基本特征,主要表现在:信息技术促进生产的自动化,生产效率显著提升,科学技术作为第一生产力得到充分体现;信息产业形成并成为支柱产业;信息和知识成为重要社会财富;信息化管理在提高企业效率中起到了决定性作用;信息产业经济形成并占据重要的经济份额。

## 2. 信息化发展战略

2006年3月举行的第60届联合国大会通过第252号决议,确定自2006年开始,每年5月17日为“世界信息社会日”,这标志着信息化对人类社会的影响进入了一个新的阶段。加快信息化发展,使信息化向纵深推进,推动信息社会建设已经成为世界各国的共同选择。发达国家信息化发展目标更加清晰,各国纷纷出台了相应的计划和战略。美国政府相继发布“21世纪信息技术计划”“网络与信息技术研究开发计划”和《网络空间安全国家战略》。欧盟制定实施的“欧盟研究与技术开发框架计划”目前已进入第六个执行期(2002—2006年),信息技术

被明确列为七个研究优先领域之一。日本政府制定了《Focus21 技术研发计划》，通过国家预算对电子信息技术领域中的下一代半导体芯片、高可靠软件系统、下一代平面显示技术、下一代全球定位系统等进行重点投入。韩国政府推出“IT839 战略”，确定了 9 项具有增长动力的信息技术作为近期及中长期的投资重点。

2006 年 5 月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《2006—2020 年国家信息化发展战略》（简称《战略》），对信息化发展做出了全面部署。《战略》指出，大力推进信息化，是覆盖中国现代化建设全局的战略举措，是贯彻落实科学发展观，全面建设小康社会，构建社会主义和谐社会和建设创新型国家的迫切需要和必然选择。

### 3. 中国信息化进展

经过努力，中国信息化建设取得了可喜的进展，信息产业从无到有，已经成为国民经济的基础产业、支柱产业和先导产业。2006 年，信息产业增加值占全国 GDP 的比重达到 7.5%。电话用户总数、网络规模已经位居世界第一，互联网用户总数和宽带接入用户总数均位居世界第二。电子信息产品制造业出口额占出口总额的比重已超过 30%。手机、程控交换机、彩电、个人电脑、显示器生产量均位居世界首位。与此同时，中国国民经济和社会信息化整体水平不断得到提高。农业信息化进展顺利。“村村通电话”工程稳步推进。全中国通电话行政村比重达到 98.85%，24 个省份实现了全部行政村通电话；各地相继建立农业综合信息服务体系，通过各种接入方式向广大农民提供各种农业信息；部分地区应用信息技术发展精准农业取得显著成效。应用信息技术改造传统制造业和服务业取得新的进展，能源、交通、冶金、机械和化工等行业信息化水平逐步提高。社会信息化水平不断提高。电子商务发展势头良好，电子政务稳步展开，科技、教育、文化、医疗卫生、社会保障、环境保护等领域信息化步伐明显加快。基础信息资源建设开始起步，互联网中文信息比重大幅上升。信息安全保障逐步加强，信息化政策法律环境不断改善。《电子签名法》已颁布实施，信息化培训工作得到高度重视，信息化人才队伍不断壮大。

我国信息化的五大应用领域如下：

- (1) 经济领域的信息化，包括农业信息化、工业信息化、服务业信息化、电子商务等。
- (2) 社会领域的信息化，包括教育、体育、公共卫生、劳动保障等。
- (3) 政治领域的信息化，包括 OA、门户网站、重点工程等。
- (4) 文化领域的信息化，包括图书、档案、文博、广电、网络治理等。
- (5) 军事领域的信息化，包括装备、情报、指挥、后勤等。

### 4. 信息化发展趋势

信息化是充分利用信息技术，开发利用信息资源，促进信息交流和知识共享，提高经济增长质量，推动经济社会发展转型的历史进程。

中国科学院 2009 年 6 月 10 日发布的《创新 2050：科技革命与中国的未来》系列报告指出，当今世界正处在科技创新突破和新科技革命的前夜，在今后的 10 年至 20 年，很有可能发生一场以绿色、智能和可持续为特征的新的科技革命和产业革命。为了全面实现小康社会和现代化建设目标的战略任务，面对可能发生的新科技革命，我国必须及早准备。该报告中的路线图同时提出了必须着力解决 22 个影响我国现代化进程的战略科技问题，其中包括 6 个信息领域的战略性科技问题：“后 IP”网络的新原理、新技术研究和试验网建设、高品质基础原材料的绿色制备、资源高效清洁循环利用的过程工程、农业动植物品种的分子设计、泛在感知信

息化制造系统、艾级 ( $10^{18}$ ) 超级计算技术。这些技术的突破将对我国的信息化进程产生重大影响。

由 IBM 公司提出的“智慧的地球”描述了信息社会的远景。“智慧的地球”的核心是：以一种更智慧的方法通过利用新一代信息技术来改变政府、企业和人们相互交互的方式，以便提高交互的明确性、效率、灵活性和响应速度，通过信息基础架构与高度整合的基础设施的完美结合，使得政府、企业和人们可以做出更明智的决策。智慧方法有三方面特征：更透彻的感知，更广泛的互联互通，更深入的智能化。

#### 5. 信息化发展对中国经济社会的影响

信息化的发展将对我国的产业结构、经济体系、组织体系和社会结构产生重大影响。

##### (1) 信息化发展对产业结构的影响

信息化发展对产业结构的影响主要表现在以下方面：传统工业在国民经济中不再占有支配性的地位；传统产业通过信息化改造，实现了“产业升级”，造就了信息化的第二产业；催生了众多新兴的产业部门（其中特别重要的是支撑整个信息化进程的信息产业，尤其是微电子和软件产业）；导致了现代服务业的诞生和迅速发展。

##### (2) 信息化发展对经济体系的影响

信息化发展对经济体系的影响主要表现在以下方面：在土地和资本与各种物质资源依然重要的同时，信息资源正在成为信息社会经济系统最重要的资源基础；信息技术和信息资源使社会生产力结构发生巨大变化，信息系统则改变了社会经济系统运行的方式；引起国民经济的基础发生革命性变化，包括产业结构、地区经济结构和一、二、三次产业结构的变化；促进了社会经济体系的全球化。

##### (3) 信息化发展对组织体系的影响

信息化发展对组织体系的影响主要表现在以下方面：促使组织体系全球化；以互联网为基础的网络化管理正在取代传统的金字塔式的管理结构；推动了政府和社会管理体制的变革。

##### (4) 信息化发展对社会结构的影响

信息化发展对社会结构的影响主要表现在以下方面：使传统意义上的产业工人在社会就业结构中的比例大大下降；工作方式以及社会就业形态将发生相当大的变化；从事信息与知识处理的人员将会大量增加，可能出现新的社会两极化现象。

#### 6. 中国信息化发展道路

整体来看，中国是在工业化水平较低的基础上推进信息化的，不可能也不应该走发达国家“先工业化，后信息化”的发展道路，只能是把工业化与信息化结合起来，优先发展信息产业，以信息化带动工业化，以工业化促进信息化。

第一，要利用先进的科学技术实现后发效应，加快中国信息产业的发展。要加快建设先进、适用的信息化基础设施，大力提升网络功能和业务提供能力，做大做强电子信息产业，集中力量突破集成电路、软件、关键电子元器件、关键工艺装备等基础产业的发展瓶颈。积极鼓励和引导自主创新，形成以企业为主体的技术创新体系，提高自我良性发展的能力，提高中国信息产业在全球产业格局中的地位。

第二，要大力加强农业、重工业、能源、交通运输等传统产业的信息化，并利用这一有利时机带动服务业等相关产业，顺利实现产业结构的调整、转换和升级。要加强信息技术在农业、农村中的应用，逐步缩小城乡“数字鸿沟”。加快信息技术改造传统产业步伐，推进设计

研发信息化、生产装备数字化、生产过程智能化和经营管理网络化。运用信息技术推动高能耗、高物耗和高污染行业的改造。加强信息资源的开发利用，建设先进网络文化。

第三，要积极采取措施，缩小数字鸿沟，加强信息安全保障，培育国民信息技能，使信息化惠及全民。要建立和完善普遍服务制度，面向老少边穷地区和社会困难群体，提供便捷便宜的信息服务。大力开发各类适农电子产品，推广信息技术在农业和农村的应用。进一步加大信息基础设施建设，加强应对突发事件的软硬件建设，促进容灾能力提高，提升信息化安全保障与灾难恢复能力。大力普及信息技术教育，积极开展国民信息技能教育和培训，壮大信息化人才队伍。

### 7. 信息化面临的挑战

信息化在迅猛发展的同时，也给人类带来负面、消极的影响。这主要体现在信息化对全球和社会发展的影响极不平衡，信息化给人类社会带来的利益并没有在不同的国家、地区和社会阶层得到共享。数字化差距或数字鸿沟加大了发达国家和发展中国家的差距，也加大了一国内经济发达地区与经济不发达地区间的差距。信息技术的广泛应用使劳动者对具体劳动的依赖程度逐渐减弱，对劳动者素质特别是专业素质的要求逐渐提高，从而不可避免地带来了一定程度上的结构性失业。数字化生活方式的形成，使人类对信息手段和信息设施及终端的依赖性越来越强，在基础设施不完善、应急机制不健全的情况下，一旦发生紧急状况，将造成生产生活的极大影响。另外，信息安全与网络犯罪、信息爆炸与信息质量、个人隐私权与文化多样性的保护等，也是信息化带给人类社会的新的挑战。

总之，伴随着信息技术的发展，信息化和全球化已成为当代世界经济不可逆转的大趋势。应正确认识全球信息化发展的大趋势，主动应对这个大趋势，趋利避害，加快发展信息产业，积极推进国民经济和社会信息化，缩小数字鸿沟，提高信息安全保障水平，为创新型国家和社会主义和谐社会建设做出更大贡献。

## 1.6 计算机系统概述

一个完整的计算机系统是由硬件系统和软件系统两部分组成的。硬件系统是指构成计算机的电子线路、电子元器件和机械装置等物理设备的总称，是看得见、摸得着的实实在在的有形实体。软件系统是指程序、程序运行时所需要的数据以及开发、使用和维护这些程序所需要的文档的集合，包括计算机本身运行所需要的系统软件、各种应用程序和用户文件等。如果说计算机硬件系统相当于人的躯体的话，那么计算机软件系统就是人的大脑，由软件系统控制、协调硬件系统的动作，完成用户交给计算机的任务。

### 1.6.1 计算机系统的组成

现代计算机之父冯·诺依曼在“存储程序通用电子计算机方案”中明确指出了组成计算机硬件系统的五大功能部件：运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。其中运算器和控制器合在一起被称作中央处理器，习惯上又常将中央处理器和主存储器（也叫内存器）称作主机，而将输入设备、输出设备和辅助存储器（也叫外存储器）称为外部设备。软件系统是各种程序及有关文档资料的集合，它可分为系统软件和应用软件两大类。计算机系统示意图如图 1-16 所示。

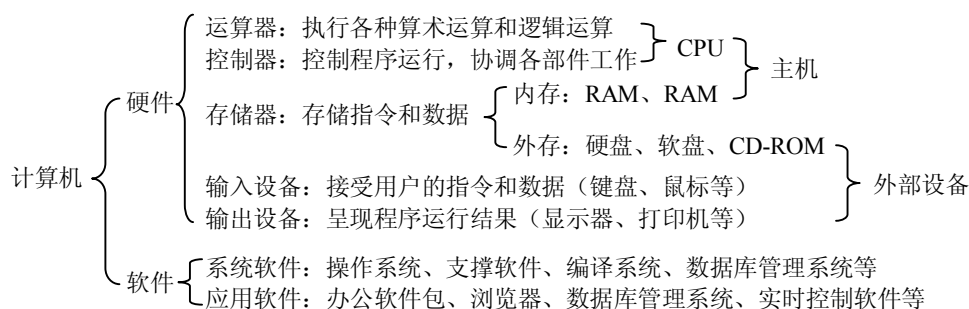


图 1-16 计算机系统示意图

### 1.6.2 计算机的硬件系统

从 20 世纪初，物理学和电子学科学家们在争论制造可以进行数值计算的机器应该采用什么样的结构。人们被十进制这个人类习惯的计数方法所困扰。所以，那时研制模拟计算机的呼声更为响亮和有力。20 世纪 30 年代中期，美籍匈牙利科学家冯·诺依曼（Von Neumann）（如图 1-17 所示）大胆地提出：抛弃十进制，采用二进制作为数字计算机的数制基础。同时，他还提出预先编制计算程序，然后由计算机来按照人们事前制定的计算顺序来执行数值计算工作。



图 1-17 冯·诺依曼

冯·诺依曼理论的要点是：

- (1) 计算机应由五个部分组成：运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。
- (2) 程序和数据以同等地位存放在存储器中，并按地址寻访。
- (3) 程序和数据以二进制表示。

人们把冯·诺依曼的这个理论称为冯·诺依曼体系结构。从 ENIAC 到当前最先进的计算机都采用的是冯·诺依曼体系结构，所以冯·诺依曼是当之无愧的数字计算机之父。

一个完整的计算机硬件系统从功能角度而言必须包括运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五部分，每个功能部件各尽其职、协调工作。它们之间的关系如图 1-18 所示。其中虚线箭头表示由控制器发出的控制信息流向，实线箭头为数据信息流向。

下面介绍计算机五大硬件部件的基本功能。

#### 1. 运算器

运算器又称算术逻辑单元（Arithmetic and Logic Unit，简称 ALU），它是计算机对数据进行加工处理的部件，包括算术运算（加、减、乘、除等）和逻辑运算（与、或、非、异或比较



等)。运算器中的数据取自内存，运算的结果又送回内存。运算器对内存的读写操作是在控制器的控制之下完成的。

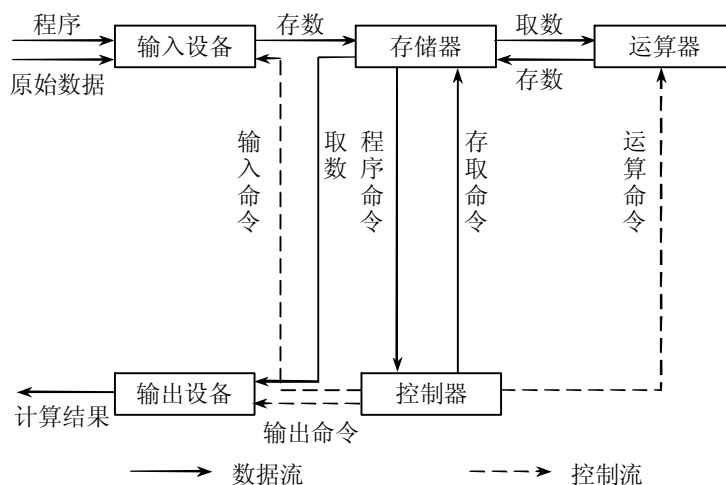


图 1-18 计算机硬件系统的基本结构及工作过程

## 2. 控制器

控制器是计算机的神经中枢，用来控制程序的运行，协调各部件的工作。控制器是对计算机发布命令的“决策机构”，用来协调和指挥整个计算机系统的操作，它本身不具有运算功能。控制器负责从存储器中取出指令，对指令进行译码，并根据指令的要求，按时间的先后顺序向各部件发出控制信号，保证各部件协调一致地工作，一步一步地完成各种操作。控制器主要由指令寄存器、译码器、程序计数器和操作控制器等组成。

运算器和控制器是计算机的核心部件，这两部分合称中央处理单元（Central Processing Unit，简称 CPU），如果将 CPU 集成在一块芯片上作为一个独立的部件，该部件称为微处理器（Microprocessor，简称 MP）。

## 3. 存储器

存储器是用来存储数据和程序的“记忆”装置，相当于存放资料的“仓库”。计算机中的全部信息，包括数据、程序、指令以及运算的中间数据和最后的结果都要存放在存储器中。

存储器由若干个存储单元组成，每个存储单元可存放八位二进制数，标识每个单元的唯一编号称为地址。信息可以按地址写入（存入，即把信息写入存储器，原来的内容被抹掉）或读出（取出，即从存储器中取出信息，不破坏原有内容）。存储器的基本存储单位为字节（Byte），并约定八位二进制数为一个字节，字节用 B 表示。存储单位还有千字节（KB），兆字节（MB），千兆字节（GB）和吉字节（GB），它们之间的换算公式如下：

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

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

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

$$1\text{TB}=1024\text{GB}=2^{10}\text{GB}$$

存储器分为两大类：一类是内部存储器，简称“内存储器”“内存”或“主存”；另一类是外部存储器或辅助存储器，简称“外存储器”“外存”或“辅存”。

(1) 内存储器：是指设置在计算机内部的存储器，用来存放当前正在使用的或随时要使用的程序或数据。CPU 可以直接访问内存。

从输入设备输入到计算机中的程序和数据都要送入内存，需要对数据进行操作时，再从内存中读出数据（或指令）送到运算器（或控制器），由运算器（或控制器）对数据进行规定的操作，其中间结果和最终结果保存在内存中，输出设备输出的信息也来自内存。内存中的信息不能长期保存，如要长期保存需要转送到外存储器中。

(2) 外存储器：是指设置在主机外部的存储器，用来存储暂时不用的信息。外存储器一般不直接与微处理器打交道，外存中的数据应先调入内存，再由微处理器进行处理。

外存和内存虽然都是用来存放信息的，但是它们有很多不同之处：一是受技术、价格和速度等因素的限制，内存的存储容量不能做得过大，而外存的容量不受限制；二是 CPU 可以直接访问内存，而外存的内容需要先调入内存再由 CPU 进行处理，所以 CPU 访问内存的速度比较快；三是外存中存储的信息断电后仍然保存，磁盘上的信息一般可保存数年之久，而内存中的信息断电后即消失；四是外存的价格要比内存便宜很多。

#### 4. 输入设备

输入设备是用来接受用户输入的原始数据和程序，并将它们转变为计算机可识别的形式（二进制）存放于内存中。

常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、数码相机、磁盘、光盘等。最常使用的是键盘和鼠标。

#### 5. 输出设备

输出设备用来将存放在内存中并由计算机处理的结果转变为人们所能接受的形式。常用的输出设备有显示器、打印机、音响、绘图仪等。磁盘驱动器既属于输入设备又属于输出设备。

### 1.6.3 计算机的软件系统

计算机软件是指在计算机硬件上运行的各种程序、程序运行所需要的数据以及开发、使用和维护这些程序所需要的文档的集合。一台性能优良的计算机硬件系统能否发挥其应有的功能，取决于为之配置的软件是否完善、丰富。因此，在使用和开发计算机系统时，必须要考虑软件系统的发展与提高，必须熟悉与硬件配套的各种软件。从计算机系统的角度划分，计算机软件分为系统软件和应用软件。

#### 1. 系统软件

系统软件是为提高计算机效率和方便用户使用计算机而设计的各种软件，一般是由计算机厂家或专业软件公司研制。系统软件又分为操作系统、支撑软件、编译系统和数据库管理系统等。

(1) 操作系统。操作系统是为了合理、方便地利用计算机系统，而对其硬件资源和软件资源进行管理和控制的软件。操作系统具有进程管理、存储管理、设备管理、文件管理和作业管理等五大管理功能，由它来负责对计算机的全部软硬件资源进行分配、控制、调度和回收，合理地组织计算机的工作流程，使计算机系统能够协调一致，高效率地完成处理任务。操作系统是计算机最基本的系统软件，对计算机的所有操作都要在操作系统的支持下才能进行。

从操作的角度而言，操作系统是一台比裸机（不包含任何软件的硬件机器）功能更强、服务质量更高、使用户感觉方便友好的虚拟机器。因此，也可以说它是介于用户与裸机之间的一个界面，是计算机的操作平台，用户通过它来使用计算机。

(2) 支撑软件。支撑软件是支持其他软件的编制和维护的软件，是为了对计算机系统进行测试、诊断和排除故障，进行文件的编辑、传送、装配、显示、调试，以及进行计算机病毒检测、防治等的程序，是软件开发过程中进行管理和实施而使用的软件工具。在软件开发的各个阶段选用合适的软件工具可以大大提高工作效率和软件质量。在微机系统中，常见的支撑软件有编辑程序 Edlin, Edit, 连接程序 Link, 调试程序 Debug, 工具程序 PC Tools, 系统检测程序 QAPLus, 计算机病毒防治程序 CPAV、KILL、KV300、AV95 等。

(3) 编译系统。要使计算机能够按照人的意图去工作，就必须使计算机能接受人向它发出的各种命令和信息，这就需要有用来进行人和计算机交换信息的“语言”。计算机语言的发展有机器语言、汇编语言和高级语言 3 个阶段。

(4) 数据库管理系统。数据库是以一定组织方式存储起来且具有相关性数据的集合，它的数据冗余度小而且独立于任何应用程序而存在，可以为多种不同的应用程序共享。也就是说，数据库的数据是结构化了的，对数据库输入、输出及修改均可按一种公用的可控制的方式进行，使用十分方便，大大提高了数据的利用率和灵活性。数据库管理系统（Database Management System, 简称 DBMS）是对数据库中的资源进行统一管理和控制的软件，数据库管理系统是数据库系统的核心，是进行数据处理的有利工具。目前，被广泛使用的数据库管理系统有 FoxBASE、FoxPro、SQL Server、Visual FoxPro 等。

## 2. 应用软件

应用软件是为计算机在特定领域中的应用而开发的专用软件。应用软件由各种应用系统、软件包和用户程序组成。各种应用系统和软件包是提供给用户使用的针对某一类应用而开发的独立软件系统，例如科学计算软件包（IMSL 等）、文字处理系统（WPS 等）、办公自动化系统（OAS）、管理信息系统（MIS）、决策支持系统（DSS）、计算机辅助设计系统（CAD）等。应用软件不同于系统软件，系统软件是利用计算机本身的逻辑功能，合理地组织用户使用计算机的硬件和软件资源，以充分利用计算机的资源，最大限度地发挥计算机效率，以便于用户使用、管理为目的；而应用软件是用户利用计算机和它所提供的系统软件，为解决自身的、特定的实际问题而编制的程序和文档。

组成电子计算机系统的硬件和软件是相辅相成的两个部分。硬件是组成计算机系统的基础，而软件是硬件功能的扩充与完善。离开硬件，软件无处栖身，也无法工作。没有软件的支持，硬件仅是一堆废铁。如果把硬件比做是计算机系统的躯体，那么软件就是计算机系统的灵魂，有躯体而无灵魂是僵尸，有灵魂而无躯体则是幽灵。

## 3. 计算机语言

要使计算机按人的意图运行，就必须使计算机懂得人的意图，接受人向它发出的命令和信息，计算机语言就是这种人与计算机之间交流信息的工具。人们要利用计算机来解决问题，就必须采用计算机语言来编制程序。编制程序的过程称为程序设计，计算机语言又被称为程序设计语言。计算机语言通常分为机器语言、汇编语言和高级语言三类，其中机器语言和汇编语言属于低级语言。

### (1) 机器语言

机器语言是一种用二进制代码（以 0 和 1）表示的，能被计算机直接识别和执行的语言。用机器语言编写的程序，称为计算机机器语言程序。它是一种低级语言，用机器语言编写的程序不便记忆、阅读和书写。通常不用机器语言直接编写程序。

### (2) 汇编语言

汇编语言（assembly language）是一种用助记符表示的、面向机器的程序设计语言，用汇编语言编写的程序叫汇编语言程序。汇编语言程序不能直接识别和执行，必须由“汇编程序”翻译成机器语言程序，然后才能由计算机执行，这种“汇编程序”就是汇编语言的翻译程序。汇编语言指令比机器语言好记，简洁、高效，但与 CPU 等硬件的相关性强，存在指令多、繁琐、易错、不易移植、每条指令功能弱等缺点，主要用于编写直接控制硬件的底层程序，一般的计算机用户很少使用这种语言编写程序。

### (3) 高级语言

由于机器语言和汇编语言的局限性，不少计算机科学工作者开始研究、探讨和设计便于应用而又能充分发挥计算机硬件功能的程序设计语言。高级语言是一种比较接近自然语言（即人们通常所说的语言）的计算机语言。在高级语言中，一条命令可以代替几条、几十条甚至几百条汇编语言命令。高级语言由于接近自然语言，因此有易学、易记、易用、通用性强、兼容性好、便于移植等优点。用高级语言编写的程序一般称为“源程序”，计算机不能识别和执行，要把用高级语言编写的源程序翻译成机器指令，通常有编译和解释两种方式。

编译程序是将用高级语言编写的程序（源程序）翻译成目标程序，然后通过链接程序将目标程序链接成可执行程序，这个可执行程序可以独立于源程序直接运行，如 C 语言。

解释程序是在运行高级语言源程序时，对源程序进行逐行翻译，边翻译边执行，与编译过程不同的是解释过程不产生目标程序，如 BASIC 语言。

常用的高级语言有如下几种：

(1) BASIC 语言。BASIC 语言是一种被广泛使用的计算机语言，也是一种适合初学者学习的实用高级计算机语言，它可作为初学电脑编程、理解高级语言编程原理的入门语言。

(2) C 与 C++语言。C 语言是一种更接近汇编语言的高级语言，它兼有高级语言和低级语言两者的优点，表达清楚且效率高，主要用于系统软件的编写，也适用于科学计算等应用程序的编写。C++语言是由 C 语言发展而来的、面向对象的程序设计语言。

(3) Java 语言。Java 语言是一种面向对象的，可在 Internet 上分布执行的程序设计语言。它简单、安全、可移植性强，适用于网络环境的编程，多用于交互式多媒体的应用。

(4) Pascal 语言。Pascal 语言是一种结构程序设计语言，用这种语言可以编写出程序结构和数据结构比较完美的程序，曾经应用很广泛，但现在逐渐被其他语言代替。

(5) Prolog 语言。Prolog 语言是一种以形式逻辑为基础的，主要面向人工智能领域的编程语言。

(6) COBOL 语言。COBOL 语言是一种专为数据处理设计的语言，适用于计算简单、数据量大的场合，如银行记账、仓库管理、工资管理、商业管理等管理系统，有时也直接称 COBOL 为商业语言，其特点是大量取用基本的英文词汇和句型。

## 1.7 计算机的工作原理

### 1.7.1 指令与指令系统

#### 1. 指令、指令系统与程序的概念

指令是指示计算机执行某种操作的命令，每条命令都可完成一个独立的操作。指令是硬件能理解并能执行的语言，一条指令就是机器语言的一个语句，是程序员进行程序设计的最小语言单位。使用汇编语言或高级语言编程，最终都需翻译成机器语言才能被计算机识别并执行。

所有指令的集合就称为计算机的指令系统。程序是为完成既定任务而编写的一组指令序列。

#### 2. 指令格式

计算机中的指令由操作码字段和操作数字段两部分组成。操作码字段表示计算机要执行的操作，而操作数字段则指出在指令执行操作过程中所需要的操作对象。例如，加法指令除需要指定做加法操作外，还需提供加数和被加数。操作数字段可以是操作对象本身，也可以是操作对象地址的一部分，还可以是指向操作对象地址的指针或其他有关操作数的信息。

指令的一般格式如图 1-19 所示。

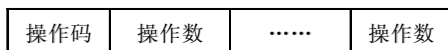


图 1-19 指令格式

(1) 操作码。操作码一般放在指令的前部，由若干位二进制数组成，由于每一种操作都要用不同的二进制代码表示，所以操作码部分应有足够的位数，以便能表示指令系统的全部操作。

(2) 操作数。操作数字段可以有一个、二个或三个，通常称为一地址、二地址或三地址指令。例如单操作指令就是一地址指令，它只需要指定一个操作数。

(3) 指令字长度。任何指令都是用机器字表示的。通常，把一条指令的机器字称为指令字。而指令字长度就是指一条指令中所包含的二进制代码的位数。显然，指令字长度主要取决于操作码的长度和操作数地址的个数及长度。Intel 8086 的指令长度为 8 位、16 位、24 位、32 位、40 位和 48 位 6 种。

### 1.7.2 计算机的工作原理

计算机的工作原理就是计算机执行程序的原理。现在的计算机基本都是基于“存储程序”的原理设计制造出来的。存储程序原理是由美籍匈牙利数学家冯·诺依曼于 1946 年提出来的，根据此概念设计的计算机统称为冯·诺依曼机。

冯·诺依曼的设计思想被誉为计算机发展史上的里程碑，标志着计算机时代的真正开始。

存储程序原理的基本思想是：把程序存储在计算机内，使计算机能像快速存取数据一样快速存取组成程序的指令。为实现控制器自动连续地执行程序，必须先把程序和数据送到具有记忆功能的存储器中保存起来，然后给出程序中第一条指令的地址，控制器就可依据存储程序中的指令顺序周而复始地取出指令、分析指令、执行指令，直到完成全部指令操作为止。由此可见，计算机之所以能自动连续地工作，完全是因为人们预先将程序和有

关的数据存入计算机的存储装置中了，这就是存储程序原理。存储程序原理实现了计算机工作的自动化。

## 1.8 微型计算机的组成部件

微型计算机又称个人计算机，是计算机领域中应用最广的计算机。与其他类型的计算机一样，微型计算机也是由硬件系统和软件系统两大部分组成的。下面，我们主要介绍微型计算机的硬件系统的组成。

### 1.8.1 微型计算机系统

典型的微型计算机系统（如图 1-20 所示）一般由主机、显示器、键盘、鼠标组成。



图 1-20 典型的微型计算机系统

主机（如图 1-21 所示）里面一般有主板、硬盘、光驱、电源，主板上一般插有 CPU、内存、显卡等。

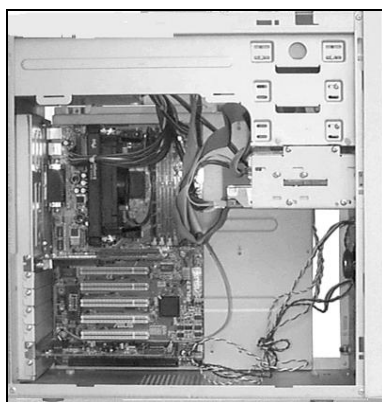


图 1-21 主机内部结构

#### 1. CPU (Central Processing Unit)

在微型计算机中，运算器和控制器被制作在同一块半导体芯片上，称为中央处理单元，

简称 CPU，又称微处理器，如图 1-22 所示。CPU 是微型计算机的心脏，是计算机内部完成指令的读出、解释和执行的重要部件，它的性能直接决定了微型计算机的性能。能够处理的数据位数是 CPU 的一个最重要的品质标志。人们通常所说的 8 位机、16 位机、32 位机、64 位机即指 CPU 可同时处理 8 位、16 位、32 位、64 位的二进制数据。



图 1-22 CPU

CPU 又分为很多种类，即不同的档次。目前，大多数微型计算机所使用的 CPU 都是美国 Intel 公司生产的。Intel 系列的 CPU 按性能由低到高依次有：8088/8086、80286、80386、80486、Pentium（奔腾）系列、Celeron、酷睿系列等。生产 CPU 的公司不只 Intel 一家，IBM、Apple、AMD、Motorola 等公司也是著名的生产 CPU 的公司。

随着计算机技术的飞速发展，生产出的 CPU 功能越来越强，工作速度越来越快，内部结构也越来越复杂。

## 2. 内存储器

微型计算机的存储器分为内存储器和外存储器两种。内存储器是指主机内部的存储器，用来存放程序与数据，可直接与 CPU 交换信息。内存储器一般都是采用大规模或超大规模集成电路工艺制造的半导体存储器，具有体积小、重量轻、存取速度快等特点。

在计算机中，内存储器按其工作特点分为：随机存取存储器（Random Access Memory，RAM）、只读存储器（Read-Only Memory，ROM）和高速缓冲存储器（Cache）。

（1）随机存取存储器（RAM）。随机存取存储器简称“随机存储器”或“读写存储器”，是一种既能写入又能读出数据的存储器，用来存放正在执行的程序和数据。计算机中的内存（或内存条）一般指的就是随机存储器。内存条如图 1-23 所示。

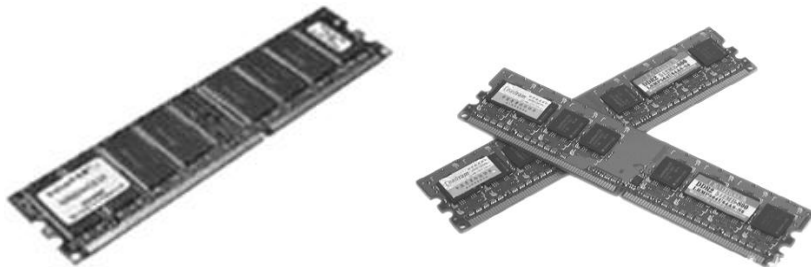


图 1-23 内存条

RAM 又可分为 DRAM（Dynamic RAM，动态随机存储器）和 SRAM（Static RAM，静态随机存储器）。

### ①动态随机存储器 (DRAM)。

DRAM 需要周期性地给电容充电 (刷新), 以维持存储内容的正确, 一般每隔 2ms 刷新一次。这种存储器集成度较高、价格较低, 主要用于主存, 但由于需要周期性地刷新, 存取速度较慢。一种叫做 SDRAM 的新型 DRAM, 由于采用与系统时钟同步的技术, 所以比 DRAM 快得多。现在, 多数计算机用的都是 SDRAM。

### ②静态随机存储器 (SRAM)。

SRAM 是利用双稳态的触发器来存储“1”和“0”的。“静态”的意思是指它不需要像 DRAM 那样经常刷新, 只要正常供电即能保持存储数据的正确。所以, SRAM 比任何形式的 DRAM 都快得多, 也稳定得多。但 SRAM 的价格比 DRAM 贵得多, 所以只用在特殊场合 (如高速缓冲存储器)。

RAM 具有以下特点:

①可读可写。读出时不改变原有内容, 写入时才修改原有内容。

②随机存取。与顺序存取不同, 写入或读出数据时都可以不考虑原有数据写入时的顺序和当前的位置排列。取数据时可直接找到要读的数据, 存数据时可直接找到要写入的位置。

③断电或关机时, 存储的内容全部消失, 且不能恢复。

对于微型计算机上使用的 RAM, 其存储容量随着微机档次的提高在不断增加, 286 微机的基本内存配置为 1MB, 386 微机的基本内存配置为 2MB~4MB, 486 微机的基本内存配置为 4MB~8MB, 而 Pentium (奔腾) 微机的基本内存配置在 16MB 以上。随着硬件产品的不断发展以及价格的下降, 目前计算机内存的配置一般都在 4GB 以上。

(2) 只读存储器 (ROM)。ROM 是计算机内部一种只能读出数据信息而不能写入信息的存储器。当机器断电或关机时, ROM 中的信息不会丢失。ROM 中主要存放计算机系统的设置程序、基本输入输出系统等对计算机运行十分重要的信息, 如 IBM-PC 系列微机及其兼容机中的 BIOS (基本输入/输出系统) 就存储在 ROM 中。ROM 中存放的信息是制造厂预先用特定的方法写进芯片的, 断电后原来写入的数据信息不丢失。

常用的只读存储器有以下几种:

①可编程只读存储器 (Programmable ROM, PROM)。

PROM 是一种空白 ROM, 用户可按照自己的需要对其编程。输入 PROM 的指令叫做微码, 一旦微码输入, PROM 的功能就和普通 ROM 一样, 内容不能消除和改变。

②可擦除和可编程的只读存储器 (Erasable Programmable ROM, E-PROM)。

E-PROM 可以从计算机上取下来, 用特殊的设备擦除其内容后重新编程。

③闪存 (Flash ROM)。

闪存不像 PROM、EPROM 那样只能一次编程, 而是可以电擦除, 重新编程。闪存常用于个人计算机、蜂窝电话、数码相机、个人数字助手等。

(3) 高速缓冲存储器 (Cache)。现在的 CPU 速度越来越快, 它访问数据的周期甚至达到了几纳秒 (ns), 而 RAM 访问数据的周期最快也需 50ns。计算机在工作时, CPU 频繁地和内存储器交换信息, 当 CPU 从 RAM 中读取数据时, 就不得不进入等待状态, 放慢它的运行速度, 因此极大地影响了计算机的整体性能。为有效地解决这一问题, 目前在微机上采用了 Cache。Cache 是介于 CPU 和 RAM 之间的一种可高速存取信息的芯片, 是 CPU 和 RAM 之间的桥梁, 用于解决它们之间的速度冲突问题, 它的访问速度是 DRAM 的 10 倍左右。CPU 要



访问内存中的数据,需先在 Cache 中查找,当 Cache 中有 CPU 所需的数据时,CPU 直接从 Cache 中读取,如果没有,就从内存中读取数据,并把与该数据相关的一部分内容复制到 Cache,为下一次的访问做好准备,从而提高工作效率。

从实际使用情况看,尽量增大 Cache 的容量和采用回写方式更新数据是一种不错的选择。但当 Cache 的容量达到一定的数量后,速度的提高并不明显,且制造成本较高,故不必将 Cache 的容量提得过高。Cache 一般采用 SRAM 构成。

### 3. 外存储器

一些大型的项目往往涉及几百万个数据,甚至更多。这就需要配置第二类存储器,外存储器(也称辅助存储器,简称“外存”)。外存储器一般不直接与微处理器打交道,外存中的数据应先调入内存,再由微处理器进行处理。为了增加内存容量,方便读写操作,有时将硬盘的一部分当作内存使用,这就是虚拟内存。虚拟内存利用在硬盘上建立“交换文件”的方式,把部分应用程序(特别是已闲置的应用程序)所用到的内存空间搬到硬盘上去,以此来增加可使用的内存空间和弹性,当然,容量的增加是以牺牲速度为代价的。交换文件是暂时性的,应用程序执行完毕便自动删除。常用的外存储器有硬盘、光盘、优盘等。

(1) 硬盘。硬盘存储器由硬盘驱动器和硬盘控制器组成。硬盘控制器也称硬盘适配器,是硬盘驱动器与主机的接口。硬盘片由涂有磁性材料的铝合金构成。硬盘外观结构如图 1-24 所示。



图 1-24 硬盘外观结构图

(2) 光盘。光盘存储器由光盘和光盘驱动器组成。光盘存储器也是微机上使用较多的存储设备。光盘的最大特点是存储量大,并且具有价格低、寿命长、可靠性高等特点,特别适合于需要存储大量信息的计算机使用,例如百科全书、图像、声音信息等。光盘的存储原理不同于磁盘存储器。它是将激光聚焦成很细的激光束照射在记录媒体上,使介质发生微小的物理或化学变化,从而将信息记录下来;又根据这些变化,利用激光将光盘上记录的信息读出。

常用的光盘存储器有以下几种类型:

①只读型光盘(Compact Disc Read-Only Memory, CD-ROM)。

这种光盘中的信息是制造商事先写入和复制好的,用户只能读取或再现其中的信息。目前这类光盘的技术比较成熟,信息存储密度比磁盘等介质高得多,是国内外市场上 CD 产品的主流介质。

②一次性可写入光盘(Compact Disc-Recordable, CD-R)。


这种光盘不仅可以读出信息,还能记录新的信息,但需要专门的光盘刻录机完成数据的

写入。现在光盘刻录机具有光驱的读盘功能，同时其价格与光驱也相差不大，得到了广泛的应用。常见的一次性可写入光盘的容量为 650MB。

③可反复擦写光盘（Compact Disc-Rewritable, CD-RW）。

这种光盘不仅可多次读，而且可多次写，信息写入后可以擦掉，并重写新的信息。其容量为 10MB~1GB 不等，可代替磁带、磁盘，目前已进入实用阶段。

(3) 优盘。优盘是一种移动存储设备，其存储介质为快闪内存（Flash Memory）。快闪内存，即闪存，是一种集成电路芯片，它最初是从关闭电源后数据也不会丢失的只读内存（ROM）派生出来的，以块为单位进行写入和删除操作，存取速度快。优盘无机械装置，可承受 3 米高自由落体的震动，还具有防潮、防磁、耐高低温等特性。优盘体积小，重量轻，采用芯片存储，数据极为安全可靠，使用寿命长，可擦写 100 万次以上，数据至少可保存 10 年，已成为当今比较流行的存储设备之一。

优盘采用 USB 接口，可热插热拔，即插即用，无需驱动器，无需外接电源。但是插拔 USB 设备时，容易使静电直接通过 USB 设备传回电脑主板，此时瞬间产生的较高电压会使主板的重要部件烧毁并使系统无法正常开机工作，所以插拔 USB 设备一定要按指定的操作方式进行。Windows 2000 和 Windows XP 都有安全移除 USB 设备的选项，用鼠标左键单击任务栏上图标，然后单击“安全移除 USB Mass Storage Device-驱动器（H）”选项，即可安全地将优盘退出。

目前比较常用的优盘容量为 8GB、16GB、32GB 等。随着技术的发展，优盘容量也在加大。图 1-25 为优盘的外观。



图 1-25 优盘外观

#### 4. 系统主板

##### (1) 主板。

主板，又叫主机板（mainboard）、系统板（system board）或母板（motherboard），它安装在机箱内，是微机最基本的也是最重要的部件之一。主板一般为矩形电路板，上面安装了组成计算机的主要电路系统，一般有 BIOS 芯片、I/O 控制芯片、键盘和面板控制开关接口、指示灯插接件、扩充插槽、主板及插卡的直流电源供电接插件等元件。主板结构如图 1-26 所示。

##### (2) 主板内部插槽。

①CPU 插槽。在主板上有一个白色正方形、布满插孔的插座，它就是 CPU 的插槽（如图 1-27 所示）。CPU 插槽是用来连接和固定 CPU 的。不同类型的 CPU 使用的 CPU 插槽结构是不一样的。



图 1-26 主板结构

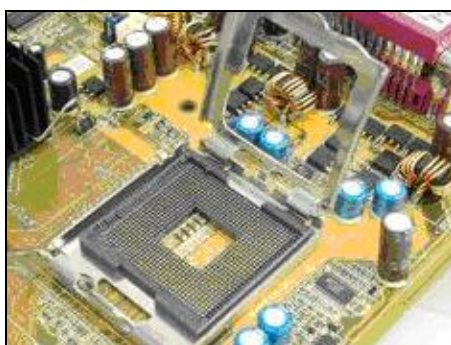


图 1-27 CPU 插槽

②内存插槽。内存插槽是用来连接和固定内存条的。内存插槽通常有多个（如图 1-28 所示），可以根据需要插不同数目的内存条。

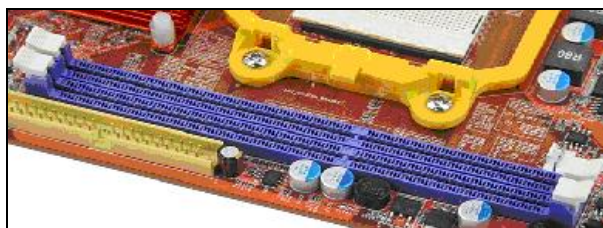


图 1-28 内存插槽

### （3）外部设备接口。

常用外部设备接口如图 1-29 所示。

其中，1：键盘和鼠标接口。2：并行接口。3：串行 COM 口，主要是用于以前的扁口鼠标、调制解调器（Modem）以及其他串口通信设备。4 和 5：USB 接口，也是一种串行接口。6：双绞以太网线接口，也称为“RJ-45 接口”，主板集成了网卡时才会提供该接口，它将用于网络连接的双绞网线与主板中集成的网卡连接起来。7：声卡输入/输出接口，主板集成了声卡时才提供该接口，不过现在的主板一般都集成了声卡，所以通常在主板上都可以看到这 3 个接口。常用的只有 2 个，那就是输入和输出接口，通常是用颜色来区分的，最下面红色的那个为输出接口，接音箱、耳机等音频输出设备，而最上面的那个浅蓝色的为音频输入接口，用于连接麦克风、话筒之类的音频外设。

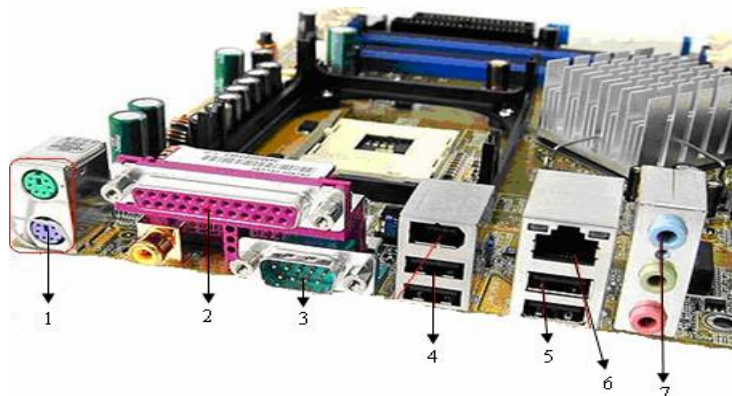


图 1-29 常用外设接口

①IDE 接口。IDE 接口是用来连接 IDE 设备(采用 IDE 接口的硬盘、CD-ROM 或者 DVD-ROM)的,一般靠近主板边缘。通常主板上有两个 IDE 接口,在主板上分别用 IDE1 和 IDE2 表示。每个接口都可以连接一个主设备(master)和一个从设备(slaver),所以一般主板都可以连接四个 IDE 设备。IDE 接口中有 40 根针,插座中间有一个小的缺口,该缺口具有防反插和定位的作用,使用 IDE 数据线时,只有把接头上有箭头状突起的边对准这个缺口才能插入。

②SATA 接口。SATA 接口是 Serial ATA 的缩写,即串行 ATA。这是一种完全不同于并行 ATA 的新型硬盘接口类型,由于采用串行方式传输数据而得名。SATA 总线使用嵌入式时钟信号,具备了更强的纠错能力,与以往相比其最大的区别在于能对传输指令(不仅仅是数据)进行检查,如果发现错误会自动矫正,这在很大程度上提高了数据传输的可靠性。串行接口还具有结构简单、支持热插拔的优点。

③串行接口。目前大多数主板都提供了两个 9 针 D 型 RS-232C 异步串行通信型接口,分别为 COM1、COM2 或 COMA、COMB。串行接口的作用是用来连接串行鼠标、外置调制解调器、绘图仪等设备的。

④并行接口。并行接口一般用来连接打印机或扫描仪。

⑤USB 接口。它也是一种串行接口。目前许多设备都采用这种设备接口,如 Modem、打印机、扫描仪、数码相机等。它的优点就是数据传输速率高,支持即插即用,支持热插拔,无需专用电源,可以连接多个设备等。

⑥PS/2 接口。PS/2 接口仅能用于连接键盘和鼠标,PS/2 接口来源与 IBM 公司曾推出的 IBM PS/2 计算机,虽然 IBM PS/2 计算机已被淘汰,但 PS/2 接口却被保留下来,被后来的计算机所使用。PS/2 接口的最大好处就是不占用串口资源。

一般情况下,主板都配有两个 PS/2 接口,上为鼠标接口,下为键盘接口,鼠标的接口为绿色,键盘的接口为紫色。PS/2 接口使用 6 脚母插座,1 脚为键盘/鼠标信号,3 脚为地线,4 脚为+5V 电源,5 脚为键盘/鼠标时钟信号,2 脚和 6 脚为空。

⑦音频接口。现在,很多主板将声卡集成在主板上,因此主板上提供了音频接口。其中 Line Out 接口是用来连接扬声器或耳机的,Line in 接口用来与外接 CD 播放器、磁带播放器或其他音频设备连接,MIC 接口是用来与话筒相连接的。



## 5. 总线

总线是计算机中传输数据信号的通道。总线的传输方式是并行的，所以也称并行总线。在微型计算机中，微处理器与存储器以及其他接口部件之间通信的总线称为系统内部总线；主机系统与外部设备之间通信的总线称为外部总线。在 I/O 总线上通常传输数据、地址和控制等三种信号。传输数据信号的总线称为数据总线，传输地址信号的总线称为地址总线，传输控制信号的总线称为控制总线，所以 I/O 总线由这三种总线构成。总线就像“高速公路”，总线上传输的信号则被视为高速公路上的“车辆”。显而易见，在单位时间内公路上通过的“车辆”数直接依赖于公路的宽度和质量。因此，I/O 总线技术成为微型计算机系统结构的一个重要技术指标。

微型计算机采用开放体系结构，在系统主板上装有多个扩展槽，扩展槽与板上的 I/O 总线相连，任何插入扩展槽的电路板（例如显卡、声卡）都可通过 I/O 总线与 CPU 连接，这为用户自己组合可选设备提供了方便。

目前可见到的总线结构与扩展槽如下：

(1) ISA 总线。ISA 总线又称“工业标准结构”（Industry Standard Architecture, ISA）总线。ISA 总线是总线的元老，ISA 总线数据宽度只有 16 位，时钟频率为 8.3MHz，数据传输率只有 16MB/s。ISA 总线的主要缺点是不能动态地分配系统资源，CPU 占用率高，插卡的数量也有限。

(2) PCI 总线。PCI（Peripheral Component Interconnect）总线又称外部设备互连总线。PCI 总线是 1991 年由 Intel 公司推出的，用于解决外部设备接口的问题。PCI 总线或插槽是目前主板上最常见的，也是最多的插槽，现在所有的主板上都有它的踪影。它为显卡、声卡、网卡、电视卡、Modem 等设备提供了连接接口。

PCI 总线定义了 32 位数据总线，工作频率为 33MHz，同时支持 10 个外部设备。在 PCI 总线标准 V2.2 中，其可扩展为 64 位，工作频率为 66MHz。PCI 总线是一种不依附于某个具体处理器的局部总线。PCI 插槽如图 1-30 所示。



图 1-30 PCI 插槽

(3) AGP 扩展槽。AGP 扩展槽（加速图形端口，Accelerated Graphics Port）是 AGP 图形显示卡的专用插槽。AGP 是专门用于高速处理图像的，它使用 64 位图形总线将 CPU 与内存连接，以提高计算机对图像的处理能力。AGP 扩展槽如图 1-31 所示。



图 1-31 AGP 扩展槽

## 1.8.2 常用外部设备

### 1. 输入设备

输入设备是将数据、程序等转换成计算机能接受的二进制码，并将它们送入内存。常用的输入设备有键盘（如图 1-32 所示）、鼠标（如图 1-33 所示）、扫描仪（如图 1-34 所示）、光笔（如图 1-35 所示）、触摸屏等。

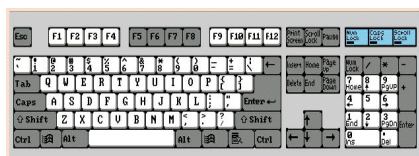


图 1-32 101 键盘



图 1-33 鼠标



图 1-34 扫描仪



图 1-35 光笔

键盘（keyboard）是一种输入设备，它与显示器一起成为人机对话的主要工具。键位基本与英文打字机键盘相同，操作也基本相同。键盘通过插入主板上的键盘接口与主机相连接。目前，常用的键盘有 101 键盘和 104 键盘。

鼠标（mouse）也是一种常见的输入设备。它通过 RS-232C 串行口或者是 USB 接口和主机相连接。它可以方便、准确地移动显示器上的光标，并通过单击，选取光标所指的内容。随着软件中窗口、菜单的广泛使用，鼠标已成为计算机系统的必备输入设备之一。

### 2. 输出设备

(1) 输出设备是将计算机处理的结果转换成人们所能识别的形式显示、打印或播放出来。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪等。

(2) 显示器（CRT）是微机必要的输出设备，它可以显示键盘输入的命令和数据，也可以将计算结果以字符、图形或图像的形式显示出来，如图 1-36 所示。显示器由监视器和显示

适配器两部分组成。监视器通过一个 9 针或 15 针的插头连接到主机内的显示适配器上。显示适配器,即显卡,是 CPU 与显示器之间的接口电路,如图 1-37 所示。显卡直接插在系统主板的总线扩展槽上,它的主要功能是将要显示的字符或图形的内码转换成图形点阵,并与同步信息形成视频信号输出给显示器。显卡是直接决定计算机的视觉效果的关键之一,其性能的好坏将直接影响到我们对计算机的可视感觉。



图 1-36 显示器



图 1-37 显卡

(3) 打印机是一种常用的输出设备,它可以将计算机处理结果用各种图表、字符的形式打印在纸上。目前最普及的打印机按印字的工作原理可以分为击打式和非击打式两种。常见的打印机有针式打印机、喷墨打印机、激光打印机等。打印机与主机之间通过打印适配器连接。

## 1.9 微型计算机的主要性能指标及组装

### 1.9.1 微型计算机的主要性能指标

微型计算机的性能指标决定着微型计算机的性能优劣及应用范围的宽窄。实际上微型计算机的主要性能指标是由以下几部分组成的。

#### 1. CPU 的主要性能指标

##### (1) 字长。

字长是计算机运算部件一次能处理的二进制数据的位数。人们通常所说的 8 位机、16 位机、32 位机、64 位机即是指 CPU 可同时并行处理 8 位、16 位、32 位、64 位的二进制数据。8 位的 CPU 为早期的微型机产品使用,后来的 IBM PC/XT、IBM PC/AT 及 286 机使用的均是 16 位的 CPU,80386、80486、80586、Pentium II (奔腾 II)、Pentium III (奔腾 III)、Pentium IV (奔腾 IV) 属于 32 位的 CPU。而近年出厂的 CPU 都是 64 位的了,包括 AMD 公司的速龙、羿龙、闪龙,Intel 公司的奔腾 D、酷睿构架的所有 E 系列/Q 系列、最新 Nehalem 构架的 i7/5/3 等。

##### (2) 速度。

不同配置的计算机执行相同任务所需要的时间可能不同,这跟计算机的速度有关。计算机的速度指标可用主频及运算速度加以评价。

运算速度用以衡量计算机运算的快慢程度,通常给出每秒钟所能执行的机器指令数,以 MIPS (million of instructions per second, 百万指令数/秒) 为单位。主频被称为时钟频率,是反映 CPU 性能高低的一个很重要的指标。主频以兆赫兹 (MHz) 为单位,主频越高,计算机的速度越快,目前市场上已有主频超过 4GHz 的 CPU 出售。

## 2. 内存的主要性能指标

### (1) 存储容量。

计算机的处理能力不仅与字长、速度有关，而且很大程度上还取决于存储容量，存储容量分为主存容量（又称为内存容量）和辅存容量（又称为外存容量），外存容量通常指硬盘、光盘、U 盘等的容量。存储容量以字节为单位，1 个字节由 8 个二进制位组成。由于存储容量一般很大，所以通常用千字节（KB）、兆字节（MB）和吉字节（GB）表示。目前，内存的标准配置为 4GB 以上。

### (2) 存取速度。

存取速度是指请求写入（或读出）到完成写入（或读出）所需要的时间，其单位为纳秒（ns）。

## 3. 磁盘的主要性能指标

磁盘的主要性能指标有记录密度、存储容量、寻址时间等。

### (1) 记录密度。

记录密度也称为存储密度，是指单位盘片面积的磁层表面上存储二进制信息的量。

### (2) 存储容量。

存储容量是指磁盘格式化以后能够存储的信息量，和内存容量单位相同。

### (3) 寻址时间。

寻址时间是指驱动器磁头从起始位置到达所要求的读写位置所经历的时间总和。寻址时间由查找时间和等待时间构成，其中查找时间也叫寻道时间，是指找到磁道的时间，等待时间是指读写扇区旋转至磁头下方所用的时间。

## 4. 总线的主要性能指标

总线的主要性能指标有总线的带宽、总线的位宽和总线的工作频率。

### (1) 总线的带宽。

总线的带宽是指单位时间内可传送的数据，即每秒钟可传送多少字节。

### (2) 总线的位宽。

总线的位宽是指总线同时传送的数据位数。如工作频率确定，总线的带宽与总线的位宽成正比。

### (3) 总线的工作频率。

总线的工作频率也称为总线的时钟频率，是指用于协调总线上的各种操作的时钟信号的频率，以 MHz 为单位。工作频率越高则总线工作速度越快，即总线带宽越宽。

## 5. 常用外部设备的主要性能指标

(1) CD-ROM 驱动器的主要性能指标有：容量、数据传输率、读取时间、误码率等。

(2) 打印机的主要性能指标有：打印速度、打印质量、打印密度及打印宽度、打印噪声和使用寿命等。

以上只是一些主要的性能指标，各项指标之间不是彼此孤立的。在实际应用时，应该把它们综合起来考虑，而且还要遵循性价比高的原则。

## 1.9.2 组装前的准备

组装计算机前需要做好充分的准备工作，下面介绍常用的计算机组装工具和一些组装常识。组装计算机不能单凭双手，还必须借助一些工具，而且为了计算机和个人的安全还需要了



解一些组装计算机的常识。

### 1. 装机部件和工具的准备

组装一台计算机，首先明确自己的要求，即看你要用计算机干什么，然后根据自己的具体需要来选购合适的计算机配件。一般需要主板、CPU、硬盘、内存条、光驱、机箱、电源、显示器、键盘、鼠标等，配置较高的还有独立显卡、独立声卡，根据自己的情况而定。再了解相应硬件的市场价位，最好是在装机商给出报价单之后货比三家。组装计算机所需的工具比较简单，一般只需螺丝刀和防静电腕带即可。

### 2. 装机环境的准备

应释放身上的静电，用户可以佩戴防静电腕带，或通过洗手、触摸水管等与地面直接接触的金属器件进行放电。将计算机配件规则地放在计算机组装台或桌子上，并在主板下垫上一块干燥的软海绵，以防止主板底部的焊接点刮坏桌面，同时也起到绝缘的作用。

## 1.9.3 组装一台微型计算机

在正式组装计算机之前，我们最好使用“最小系统”法验证一下各个配件的品质以及兼容性。所谓最小系统就是指用CPU（包含风扇）、主板、内存、显卡、显示器、电源这几项构成的系统。先在机箱外面将主板、CPU、内存装好，并接通电源看一下是否能显示，如果此时“最小系统”能够顺利点亮，再按如下步骤组装：

- (1) 拆机箱，装主板挡板，拧好螺丝铜柱，装电源和光驱。
- (2) 把机箱前面板的跳线先插好，再将主板固定到机箱内。
- (3) 装硬盘，接好光驱和硬盘数据线，接好电源线。
- (4) 开机后设置 BIOS。
- (5) 装系统，装驱动，装软件。
- (6) 关机，把机箱内部的线用扎带绑好，并盖好机箱面板。
- (7) 装拷机软件进行长时间拷机。

组装计算机的注意事项：

- (1) 对配件应轻拿轻放，不要发生碰撞。
- (2) 在未组装完毕前，不要连接电源。
- (3) 插拔各种板卡时要注意方向，不能盲目用力，以免损坏板卡。
- (4) 在拧螺丝时，不能拧得太紧，在拧紧后应反方向拧半圈。
- (5) 在连接机箱内部连线时一定要参照主板说明书进行，以免接错线造成意外。

## 本章小结

通过本章的学习，初步了解了计算机的发展史、计算机的主要特点及应用，掌握计算机中的数制转换、信息编码和工作原理。同时，对整个计算机系统的构成（硬件与软件）及我们常用的微型计算机的组成部件和主要性能指标也有了一定的了解，为后面知识的学习打下基础。

## 思考题

1. 简述计算机发展的不同阶段的划分依据是什么。
2. 试举出几种与你生活密切相关的计算机应用方面的例子。
3. 简述计算机系统的组成及各组成部分的功能。
4. 什么是 RAM? 什么是 ROM? 它们有什么区别?
5. 微型计算机所遵循的工作原理是什么?
6. 微型计算机系统主要包括什么?
7. 何为指令、指令系统? 指令的基本类型有哪些? 指令格式的基本结构是什么?
8. 什么是总线? 微型计算机的外部总线分为哪三类?
9. 微型计算机的存储器可以分为哪几类? 主存储器和辅助存储器的特点及使用场合是什么?
10. 打印设备可以分为哪几类? 各类打印机的主要特点是什么?
11. 什么是磁盘的面、磁道、扇区? 为什么要对磁盘格式化?
12. U 盘移动存储设备有什么特点?
13. 光盘可分为哪三种类型?
14. 在计算机系统中, 接口是什么? 接口的作用是什么?