

第 1 章 计算机与信息技术

本章首先介绍计算机的发展、特点、分类及应用，然后在介绍了信息、信息技术及信息系统概念的基础上重点讲述了数值、字符、声音、图像、视频等信息的数字化方法，最后介绍了信息安全、计算机病毒等基础知识。

1.1 计算机概述

计算机是 20 世纪人类最伟大的发明之一。经历了半个多世纪的发展，计算机已经成为信息处理系统中最重要的一种工具，不仅承担着信息加工、信息存储的任务，而且信息的感测、传递、识别、控制和显示等都离不开计算机。

1.1.1 计算机的发展历程

宾夕法尼亚大学的约翰·莫奇利（John Mauchly）教授与研究生普雷斯波·埃克特（J. Presper Eckert）花费了 3 年时间，于 1946 年 2 月研制出了被世界公认的第一台电子数字计算机——电子数字积分器和计算器（Electronic Numerical Integrator And Calculator, ENIAC），如图 1.1 所示。

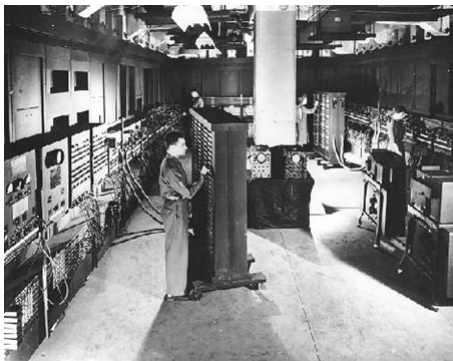


图 1.1 第一台数字电子计算机 ENIAC

这台计算机主要元器件采用的是电子管，使用了 1 500 个继电器，18 800 个电子管，占地 170 m²，重量达 30 多吨，耗电 150 KW，造价 48 万美元。这台计算机每秒能完成 5 000 次加法运算，400 次乘法运算，比当时最快的计算工具快 300 倍。用今天的标准看，它是那样的“笨拙”和“低级”，其功能远不如一个掌上可编程计算器，但它使科学家们从复杂的计算中解脱了出来，它的诞生标志着人类进入了一个崭新的信息革命时代。

随着电子技术的不断发展，计算机先后以电子管、晶体管、小规模和中规模集成电路、

大规模和超大规模集成电路为主要元器件，共经历了四代变革，如表 1.1 所示。

表 1.1 计算机发展的四个代次

代次	年代	所用电子元器件	运算速度	应用领域
第一代	1946—1957	电子管	5 000~30 000 次/秒	国防及高科技
第二代	1958—1964	晶体管	数十万~几百万次/秒	工程设计、数据处理
第三代	1965—1971	小规模、中规模集成电路	数百万~几千万次/秒	工业设计、数据处理
第四代	1972 至今	大规模、超大规模集成电路	数千万~几亿次/秒	工业、生活等各方面

(1) 第一代计算机是电子管计算机。这一阶段计算机的主要特征是采用电子管元器件作基本器件，用光屏管或汞延时电路作存储器，输入与输出主要采用穿孔卡片或纸带。此时的计算机体积大、耗电量大、速度慢、存储容量小、可靠性差、维护困难且价格昂贵。在软件上，通常使用机器语言或者汇编语言来编写应用程序。因此这一时期的计算机主要用于科学计算。

第一代电子计算机是计算工具革命性发展的开始，它所采用的二进位制与程序存储等基本技术思想，奠定了现代电子计算机技术基础。

(2) 第二代计算机是晶体管计算机。20 世纪 50 年代中期，晶体管的出现使计算机生产技术得到了根本性的发展，晶体管代替电子管成了计算机的基础器件，存储器采用了磁芯和磁鼓，内存容量扩大到了几十千字节。晶体管比电子管平均寿命提高了 100~1 000 倍，耗电量却只有电子管的 1/10，体积也比电子管小一个数量级，运算速度明显提高。

在这一时期，系统软件出现了监控程序，有了操作系统概念，出现了高级语言，如 Basic、FORTRAN 和 COBOL 等。晶体管计算机被用于科学计算的同时，也开始在数据处理、过程控制方面得到应用。

(3) 第三代计算机是小规模、中规模集成电路计算机。所谓集成电路，是用特殊的工艺将完整的电子线路集中做在一块几平方毫米的芯片上形成的电路。集成电路使计算机的体积和功耗大大减小，运算速度、性能和稳定性进一步提高。

在这一时期，系统软件有了很大发展，出现了分时操作系统，高级语言种类增多，结构化、模块化的程序设计思想也开始出现。计算机应用领域进一步扩大。

(4) 第四代计算机是大规模和超大规模集成电路计算机。计算机体积和功耗进一步减少，计算机性能价格比基本上以每 18 个月翻一番的速度上升，符合著名的摩尔定律。

在这一时期，操作系统不断完善，微型计算机在社会上的应用范围进一步扩大，几乎所有领域都能看到计算机的“身影”，计算机的发展进入了以计算机网络为特征的时代。

目前使用的计算机都属于第四代计算机。从 20 世纪 80 年代开始，发达国家开始研制第五代计算机，研究的目标是打破以往计算机固有的体系结构，使计算机能够具有像人一样的思维、推理和判断能力，并向智能化发展，实现接近人的思考方式。

1.1.2 计算机的特点

计算机是能够按照程序运行，自动、高速处理海量数据的现代化智能电子设备。它具有如下一些特点：

(1) 高速、精确的运算能力：目前世界上已经有超过每秒亿亿次运算速度的计算机。

计算机处理数据的速度相当快, 是其他任何工具无法比拟的。

(2) 强大的存储记忆能力: 计算机的存储器类似于人的大脑, 可以“记忆”(存储)大量的数据和计算机程序。

(3) 准确的逻辑判断能力: 具有可靠的逻辑判断能力是计算机实现信息处理自动化的重要原因。能进行逻辑判断, 计算机不仅可以对数值数据进行计算, 也可以对非数值数据进行处理, 使计算机能广泛应用于非数值数据处理领域, 如信息检索、图像识别以及各种多媒体应用等。

(4) 工作过程自动化功能: 利用计算机解决问题时, 人们启动计算机输入编制好的程序以后, 计算机可以自动执行, 一般不需要人直接干预运算、处理和控制过程。

(5) 网络与通信功能: 目前最大、应用范围最广的“国际互联网”(Internet)连接了全世界 200 多个国家和地区数亿台的各种计算机, 在互联网上的所有计算机用户可以共享网上资料、交流信息、互相学习, 使世界变成了地球村。

1.1.3 计算机的应用

计算机的应用领域已渗透到社会的各行各业, 正在改变着传统的工作、学习和生活方式, 推动着社会的发展。

(1) 科学计算。指利用计算机来完成科学研究和工程技术中数学问题的计算。利用计算机的高速计算、高精度、大存储容量和连续运算的能力, 可以解决人工无法解决的各种科学计算问题。这是计算机最早的应用领域。在网络应用越来越深入的现在, 基于网络的“云计算”也将发挥越来越重要的作用。

(2) 信息处理。指对各种数据进行收集、存储、整理、分类、统计、加工、利用和传播等一系列活动的统称。据统计, 80%以上的计算机主要用于信息处理。目前, 信息处理已广泛地应用于办公自动化、企事业单位计算机辅助管理与决策、情报检索、图书管理、电影电视动画设计和会计电算化等各行各业。

(3) 计算机辅助技术。包括计算机辅助设计(computer aided design, CAD)、计算机辅助制造(computer-aided manufacturing, CAM)、计算机辅助教育(computer aided instruction, CAI)、计算机辅助测试(computer aided testing, CAT)、计算机仿真模拟等, 是近年来迅速发展的一个计算机应用领域。

(4) 过程控制。也称为实时控制, 是使用计算机对连续工作的控制对象实行自动控制。要求计算机能及时搜集、检测信号, 通过计算处理, 发出调节信号对控制对象进行自动调节。过程控制应用中的计算机对输入信息的处理结果的输出总是实时进行的。过程控制已在机械、冶金、石油、化工、纺织、水电和航天等领域得到广泛的应用。

(5) 人工智能。是研究、解释和模拟人类智能、行为及其规律的一门学科。其主要任务是建立智能信息处理理论, 进而设计出可以展现某些近似于人类智能行为的计算机系统。目前人工智能已应用于机器人、医疗诊断、故障检测、计算机辅助教育等诸多方面。

(6) 网络应用。计算机技术与现代通信技术的结合构成了计算机网络, 实现了信息双向交流, 各种软、硬件资源的共享, 同时利用多媒体技术扩大了计算机的应用范围。例如, 利用计算机辅助教学和网络, 开设网络远程教学代替传统的教学方式。

(7) 多媒体技术。多媒体技术是指能够同时对文字、声音、图像、动画和视频等多种

媒体信息进行综合处理的技术。目前计算机多媒体技术的应用领域正在不断拓宽,除了知识学习、电子图书、商业及家庭应用外,在远程医疗、视频会议中也得到了极大的推广。

(8) 嵌入式系统。并不是所有计算机都是通用的,有些专用计算机嵌入其他产品中,用于完成特定的处理任务,如手机、数码相机、数控机床等都使用了不同功能的处理器,这些系统称为嵌入式系统。

1.1.4 计算机的分类

计算机的种类有很多,从不同的角度对计算机有不同的分类方法。按照计算机的用途可分为通用计算机和专用计算机。按照计算机内部的逻辑结构可分为 8 位机、16 位机、32 位机和 64 位机。按照计算机的规模和处理能力可分为巨型计算机、大型计算机、小型计算机、微型计算机、工作站、服务器等。

(1) 巨型计算机:也称为超级计算机,它采用大规模并行处理结构,是计算机中功能最强、运算速度最快和存储容量最大的一类计算机。目前,超级计算机主要用于军事、科研、石油勘探、气象预报、飞机设计模拟、生物信息处理等领域。

(2) 大型计算机:指通用性能好、外部设备负载能力强、处理速度快的计算机,主要用于科学计算、数据处理或者做网络服务器。大型计算机价格比较贵,运算速度没有超级计算机那样快,一般只有大型企事业单位才有必要配置和管理。

(3) 小型计算机:相对于大型计算机而言,小型计算机的软件和硬件系统规模比较小,但价格低、可靠性高、便于维护和使用,是在 20 世纪 60 年代中期发展起来的一类计算机。小型计算机一般为中小型企事业单位或某一部门用于信息处理任务。当然其运算速度和存储容量都比不上大型计算机。

(4) 微型计算机,简称微机,是以运算器和控制器为核心,加上由大规模集成电路制作的存储器、输入输出接口和系统总线构成的体积小、价格低,但又具有一定功能的计算机。如果把这种计算机制作在一块印刷线路板上,则称为单板机。如果在一块芯片上集成了运算器、控制器、存储器和输入输出接口,则称为单片机。以微机为核心,再配以相应的外部设备(如键盘、鼠标、显示器、打印机)、电源、辅助电路和控制微机工作的软件,就构成了一个完整的微型计算机系统。如今,微型计算机因其轻、小、价廉和易用的特点,正变为真正面向个人,成为大众化的信息处理工具。

(5) 工作站:是指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。它的特殊之处在于有大容量的内存和外存,以及高分辨率的大屏幕显示器,适合进行图像处理和计算机辅助设计。目前,它的应用领域已经逐步拓展到商业、金融、办公等领域,并频频充当网络服务器的角色。

(6) 服务器:是指网络中专门为其他计算机提供资源和服务的计算机及相关软件。服务器可以是巨型机、大型机、小型机、微型机、工作站等。但由于服务器往往需要具有较强的计算能力、高速的网络通信能力和很好的多任务处理能力,因此计算机厂商专门开发了用作服务器的一类计算机产品。与普通的微型计算机相比,服务器需要连续工作,对稳定性、可靠性和安全性等要求更高。

目前,微型计算机与工作站、小型计算机乃至大型机之间的界限已经越来越模糊。无论按哪一种分类,各类计算机之间的主要区别是运算速度、存储容量和机器体积等。

1.2 信息与信息技术

信息和信息技术无处不在。信息在不断地推动着社会和经济的发展，信息技术正在改变人们的生活方式、行为习惯和价值观念。

1.2.1 信息

数据是对客观事物的符号表示，如书面上的文字、卡片上的孔位、商品上印刷的条码等。信息是对人们有用的，能够影响人们行为的数据。它们以数据的形式出现，如数值、文字、图形、图像等。

信息具有如下特性：可传输性、可存储性、可处理性、可共享性、时滞性等。信息同物质和能源一样，是人们赖以生存和发展的重要资源之一。人类通过信息认知各种事物，借助信息交流沟通，保持人与人之间的联系，从而推动社会发展。

数据和信息之间是相互联系的。数据是反映客观事物属性的记录，是信息的具体表现形式。数据经过加工处理之后，就成为信息；而信息需要经过数字化转变成数据才能存储和传输。

数据和信息是有区别的。数据是数据采集时提供的，信息是从采集的数据中获取的有用信息。数据是原始事实，而信息是数据处理的结果。不同知识、经验的人，对于同一数据的理解，可以得到不同的信息。

数据和信息尽管是两个不同的观念，但人们在许多场合把它们互换使用。

1.2.2 信息技术

信息技术（information technology, IT）深刻地影响着经济结构与经济效率，代表着当今先进生产力的发展方向。

1. 信息技术的定义

信息技术是指信息存储、加工、传输和使用的理论和方法，以及相关设备设施的设计、制造、运行、工艺和技术。

人类社会的发展过程，就是人类交流信息和应用信息的过程。人类社会的发展和进步必然伴随着信息的产生、流通和加工利用方式的进步与发展。人类社会已经经历了五次信息技术革命。

（1）语言的创造。劳动创造了人类，人类创造了语言，语言是人类特有的交流信息的重要手段。

（2）文字的发明。文字既帮助了人们记忆信息，又促进了人类信息交流。文字使信息超越了时空界限，源远流传。

（3）造纸术和印刷术的发明。这两者的发明扩大了信息的交流和传递的容量和范围，使人类文明得以迅速传播。书籍成为重要的信息存储和传输媒体。

（4）电报、电话、电视等现代通信技术的发明。这些发明创造使人类进入了利用电磁波传播信息的时代，信息的传递手段发生了根本性的变革，信息的交流和传播更为快捷，

地域范围更广。传播的信息从文字扩展到声音、图像。

(5) 电子计算机与通信相结合的现代信息技术出现。20 世纪中期, 现代信息技术取得了突飞猛进的发展, 极大地提高了人们信息技术的水平。例如, 雷达、卫星遥感等使人们的感知范围、感知精度和灵敏度大为提高; 计算机技术的发展大大增强了人们的信息处理和控制能力。

2. 现代信息技术

现代信息技术正以其他技术从未有过的速度向前发展, 并以其他任何一种技术从未有过的深度和广度融入社会的方方面面。20 世纪, 尤其是第二次世界大战以来的大事记, 无论多么简略, 都不会忽视信息技术的巨大进步和它所产生的广泛经济、社会影响。

现代信息技术的内容主要包括以下几部分:

(1) 信息基础技术: 信息技术的基础, 包括新材料、新能源的开发和制造技术。近几十年来, 发展最快、应用最广泛、对信息技术以及整个高科技领域的发展影响最大的是微电子技术和光技术。

(2) 信息系统技术: 有关信息的获取、传输、处理、控制的设备和系统的技术。感测技术、通信技术、计算机与智能技术和控制技术是它的核心和支撑技术。

(3) 信息应用技术: 针对各种实用目的, 如文化教育、商业贸易、工农业生产、社会管理中用以提高效率 and 效益的各种自动化、智能化、信息化应用软件与设备, 它们是信息技术开发的根本目的所在。

随着科学技术的飞速发展, 信息技术将得到更深、更广、更快的发展, 其未来将向高速度、数字化、网络化、宽频化、智能化和多媒体化等方向发展。

3. 信息产业

围绕着信息技术的发展和应用, 逐步形成了信息技术产业。信息技术产业, 又称信息产业, 是专门从事信息技术开发, 设备与产品的研制生产, 以及提供服务的若干产业部门的总称, 是一个包括信息采集、存储、传递、处理、应用等门类众多的产业群。如信息服务业 (通信、广播电视、电子商务、信息中心和咨询公司等)、信息开发业 (软件产业、大数据及应用产业等)。

信息技术已经成为支撑当今经济活动和社会生活的基石, 信息产业成为世界各国竞相投资、重点发展的战略性先导产业。进入 21 世纪以来, 信息产业已经成为全球第一大产业。

1.2.3 信息系统

信息系统从概念上讲, 在计算机问世之前就已经存在, 计算机和网络的广泛应用加速了信息系统的发展, 信息系统日益为人瞩目。

1. 信息系统的定义

计算机信息系统 (以下简称信息系统), 是指由计算机硬件、网络和通信设备、计算机软件、信息资源、信息用户和规章制度组成的以处理信息流为目的的人机一体化系统。信息系统具有以下特点:

- (1) 信息系统涉及的数据量很大, 有时甚至是海量的;
- (2) 信息系统中的绝大多数数据是持久的, 需要长期保存;

- (3) 这些长久数据为多个应用程序和多个用户所共享;
- (4) 信息系统的任务是信息处理, 向用户提供各种信息服务。

2. 信息系统的功能

信息系统具备五个基本功能: 输入、存储、处理、输出和控制。

(1) 输入功能: 收集数据并记录下来, 整理成信息系统要求的格式。信息系统的输入功能决定于系统所要达到的目标及系统的能力和环境的许可。

(2) 存储功能: 系统存储各种信息资料和数据的能力。

(3) 处理功能: 包括从简单的查询、排序、合并、计算一直到复杂的经济模型的仿真、预测、优化计算等。数据仓库、数据挖掘就是典型的数据处理方法。

(4) 输出功能: 对加工处理后的数据, 根据不同的需要, 以不同的形式和格式进行输出。信息系统的各种功能都是为了保证最终实现最佳的输出功能。

(5) 控制功能: 对构成系统的各种信息处理设备进行控制和管理, 对整个信息加工、处理、传输、输出等环节通过各种程序进行控制。

3. 信息系统的结构

信息系统通常划分为资源管理层、业务逻辑层和应用表现层等三个层次结构, 如图 1.2 所示。

(1) 资源管理层: 包括各种类型的数据信息, 以及实现信息采集、存储、传输、存取和管理的各种资源管理系统, 主要有数据库、数据库管理系统、目录服务系统等。

(2) 业务逻辑层: 由实现各种业务功能、流程、规则、策略等应用业务的一组信息处理代码构成。

(3) 应用表现层: 通过人机交互等方式, 将业务逻辑和资源紧密结合在一起, 并以多媒体等丰富的形式向用户展示信息处理的结果。

信息系统基础设施支撑计算机信息系统的正常运行, 由计算机硬件、系统软件和网络组成。

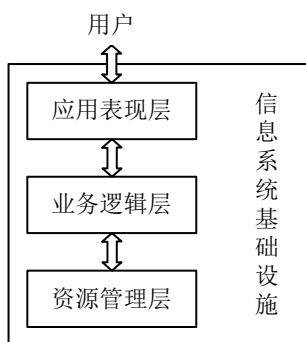


图 1.2 信息系统的层次结构

1.2.4 信息化与信息社会

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。信息技术的飞速发展促进了信息社会的到来。以计算机技术、通信技术和控制技术为核心的现代信息技术正在使人类从工业社会全面进入信息社会。

1. 信息化

信息化的概念在 20 世纪 60 年代初提出,是指信息技术和信息产业在经济和社会发展的作用日益加强,并发挥主导作用的动态发展过程。信息化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。

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,主要表现在三个方面:

(1) 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。

(2) 信息化成为推动经济增长的重要手段。信息经济的一个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,降低了生产成本,提高了劳动生产率,扩大了社会的总产量,推动了经济的增长。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,也改变了传统的经济增长模式。

(3) 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。同时商业交易方式、政府管理模式、社会管理结构也在发生变化。

2. 信息社会

所谓信息社会,是以电子信息技术为基础,以信息资源为基本发展资源,以信息服务性产业为基本社会产业,以数字化和网络化为基本社会交往方式的新型社会。

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;管理在提高企业效率中起到了决定性作用;服务业经济形成并占据重要的经济份额。

信息化是当今世界发展的大趋势,也是我国产业结构优化与升级、实现工业化和现代化、增强国际竞争力与提高综合国力的关键。近年来,我国的电子工业、通信业、广播电视业、计算机制造与应用服务业等快速发展,信息基础设施的建设不断加强,信息技术的推广应用逐步深入,为进一步加快信息化建设奠定了良好的基础。但我国的信息化建设起步晚,虽然发展迅猛,但是基础不牢、问题不少,例如,信息产业在总量上虽然已有相当的规模,但质量并不高,特别是技术创新能力不足;信息化工程建设如电子政务、电子商务以及信息技术应用的深度与广度都还不够;适应信息化发展要求的人才短缺,人才外流问题不可忽视。所以,我们必须抓住机遇,大力推进工业化和信息化深度融合,实现跨越式发展。

1.3 信息的表示

计算机可以处理各种各样的信息,包括数值、文字、图形、声音、视频等。但是计算机无法直接“理解”这些信息,所以计算机需要采用数字化编码的形式对信息进行存储、加工、和传送。

1.3.1 信息的表示形式

信息在计算机内部都是用二进制来表示的。相对于十进制而言,使用二进制表示有如下优点:

(1) 易于物理实现。二进制只有“0”和“1”两个数码。制造有两个稳定状态的电路就可以表示和存储二进位信息,而制造双稳态的电路要比制造有多个稳定状态的电路容易得多,并且容易实现高速处理。

(2) 运算规则简单。通过一些基本的门电路就能把二进制数的算术运算与逻辑运算联系在一起,实现统一的处理。

(3) 通用性强。使用二进位不仅能表示数值信息,而且能表示文字、符号、图像、声音等多种信息。

(4) 可靠性高。因为每位数据只有高和低两个状态,当受到一定程度的干扰时,仍能可靠地分辨出它是高还是低,计算机可靠性提高。

1.3.2 数据的计量单位

在计算机中存储二进制数时,会使用各种存储单位来表示。位是计算机中最小的数据单位,字节是存储容量的基本单位。

1. 位

计算机中所有的数据都是以二进制来表示的,一个二进制代码称为一位(bit, 比特),一般用小写的字母“b”表示。

2. 字节

在对二进制数据进行存储时,以8位二进制代码为一个单元存放在一起,称为一个字节(byte, 1 byte = 8 bit),一般用大写的字母“B”表示。经常使用的存储单位还有以下一些:

KB (千字节)	$1 \text{ KB} = 1024 \text{ B} = 2^{10} \text{ B}$
MB (兆字节)	$1 \text{ MB} = 1024 \text{ KB} = 2^{20} \text{ B}$
GB (吉字节)	$1 \text{ GB} = 1024 \text{ MB} = 2^{30} \text{ B}$
TB (太字节)	$1 \text{ TB} = 1024 \text{ GB} = 2^{40} \text{ B}$
PB (拍字节)	$1 \text{ PB} = 1024 \text{ TB} = 2^{50} \text{ B}$
EB (艾字节)	$1 \text{ EB} = 1024 \text{ PB} = 2^{60} \text{ B}$
ZB (泽字节)	$1 \text{ ZB} = 1024 \text{ EB} = 2^{70} \text{ B}$

1.3.3 数制转换

日常生活中,人们最常使用的数制是十进制,而计算机中使用的是二进制。为了书写

方便，人们也采用八进制和十六进制。

1. 数制

数制也称计数制，是指用一组固定的符号和统一的规则来表示数值的方法。按进位的原则进行计数的方法，称为进位计数制（简称为进制）。一种数制包含两个基本的因素：基数和位权。

(1) 基数。它是数制中所用到数码的个数。一般来说，基数为 R 的计数制（简称 R 进制）中，内含 $0、1、\cdots、R-1$ 等 R 个数码，进位规律是“逢 R 进 1”。如十进制中包含 $0、1、2、3、4、5、6、7、8、9$ 等十个数码。

(2) 位权。在一个进位计数制表示的数中，处在不同数位的数码，代表不同的数值，某个数位的数值由这一位数码的值乘以处在该位的一个固定常数。不同数位上的固定常数称为“位权值”，简称“权”。不同的数位有不同的位权值。例如，十进制个位的位权值为 1，十位的位权值为 10^1 ，百位的位权值为 10^2 。

广义地说，一个 R 进制数 N ，可以有两种表示方式：并列表示方式和多项式表示法。

例如：123.45 是并列表示方式。而 $1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$ 是多项式表示方式，其中 10 代表基数， $10^2、10^1、10^0、10^{-1}、10^{-2}$ 等代表位权值。

2. 二进制、八进制和十六进制

表 1.2 给出了计算机中常用的几种进位计数制。

表 1.2 计算机中常用的几种进位计数制的表示

进位计数制	基 数	包 含 的 数 码	形 式 表 示
二进制	2	0,1	B
八进制	8	0,1,2,3,4,5,6,7	O
十进制	10	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	D
十六进制	16	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F	H

从表 1.2 可以看出：

(1) 十六进制的数字除了使用 $0 \sim 9$ 等 10 个数码外，好使用了 6 个英文字母 A、B、C、D、E、F，它们分别等于十进制中的 10、11、12、13、14、15。

(2) 书写时分别以字母 B、O、D、H 结尾来表示二、八、十、十六进制数。例如，10B、23.45H 分别代表二进制数 10 和十六进制数 23.45。十进制数可以正常书写，默认就是十进制数。另外，所有进制都可以写成数字用括号括起来，下标是基数的形式。例如， $(13.2)_8$ 、 $(29)_{10}$ 。

3. 二进制数的运算

计算机具有强大的运算能力，它可以进行两种运算：算术运算和逻辑运算。

与十进制数一样，对二进制数也可以进行加、减、乘、除等四则运算。两个 1 位二进制数加、减、乘、除的基本运算规则如下。

(1) 加法运算： $0+0=0$ ； $0+1=1$ ； $1+0=1$ ； $1+1=0$ （进位为 1）。

(2) 减法运算： $0-0=0$ ； $1-0=1$ ； $0-1=1$ （借位为 1）； $1-1=0$ 。

(3) 乘法运算： $0 \times 0=0$ ； $0 \times 1=0$ ； $1 \times 0=0$ ； $1 \times 1=1$ 。

(4) 除法运算： $0 \div 1=0$ ； $1 \div 1=1$ 。

例如：

$$\begin{array}{r} 0\ 1\ 0\ 1 \\ +\ 0\ 1\ 1\ 0 \\ \hline 1\ 0\ 1\ 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0\ 1\ 1\ 0 \\ -\ 0\ 1\ 0\ 1 \\ \hline 0\ 0\ 0\ 1 \end{array}$$

二进制数 1 和 0 在逻辑上可以表示“真”与“假”、“是”与“否”、“有”与“无”。二进制数的逻辑运算包括逻辑加法（也称“或”运算，用符号“OR”、“ \vee ”或“+”表示）、逻辑乘法（也称“与”运算，用符号“AND”、“ \wedge ”或“ \cdot ”表示）、逻辑否定（也称“非”运算，用符号“NOT”或“ \neg ”表示）。它们的运算规则如表 1.3 所示。

表 1.3 逻辑运算规则

X	Y	$X\text{ OR }Y$	$X\text{ AND }Y$	NOT X
0	0	0	0	1
0	1	1	0	
1	0	1	0	0
1	1	1	1	

需要注意的是，算术运算是会发生进位和借位运算的，而逻辑运算则按位独立进行运算。
例如：

$$\begin{array}{r} 1\ 1\ 0\ 1 \\ \vee\ 0\ 1\ 1\ 0 \\ \hline 1\ 1\ 1\ 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1\ 1\ 0\ 1 \\ \wedge\ 0\ 1\ 1\ 0 \\ \hline 0\ 1\ 0\ 0 \end{array}$$

而对 1101 和 0110 进行取反，其结果分别为 0010 和 1001。

4. R 进制转换为十进制

将 R 进制数 N 使用多项式表示法，按权展开求和，即可得到相应的十进制数，实现 R 进制对十进制的转换。

例如：

$101.01\text{ B}=1\times 2^2+0\times 2^1+1\times 2^0+0\times 2^{-1}+1\times 2^{-2}$
 $=4+1+0.25$
 $=5.25$

$23.4\text{ O}=2\times 8^1+3\times 8^0+4\times 8^{-1}$
 $=16+3+0.5$
 $=19.5$

$\text{F75.B H}=15\times 16^2+7\times 16^1+5\times 16^0+11\times 16^{-1}$
 $=3\ 840+112+5+0.687\ 5$
 $=3\ 957.687\ 5$

5. 十进制数转换为 R 进制数

将十进制数转换为 R 进制数时，可将该十进制数分成整数与小数两部分分别进行转换。整数部分的转换采用“除以 R 逆序取余法”。即将该十进制数连续地除以 R 取余数，直到商为 0，将得到的余数逆序依次排列。所谓逆序就是最后得到的余数排在最左边，最先得到

的余数排在最右边。

例如：将十进制 29 转换为二进制数。

2	|	29	——	1	↑ 低位
2	|	14	——	0	
2	|	7	——	1	
2	|	3	——	1	
2	|	1	——	1	↑ 高位
		0			余数

故 $(29)_{10} = (11\ 101)_2$ 。

小数部分采用“乘以 R 顺序取整法”。即将这个十进制小数乘以 R 后，取乘积的整数部分作为 R 进制小数的最高位，然后把乘积小数部分再乘以 R ，得到 R 进制小数的第二位。重复上述过程，就可以得到希望的位数，有时得到的是近似值。

例如：分别将十进制 0.6875 和 0.63 转换为二进制数。

		0.6875				0.63	
		× 2				× 2	
高位	↓	1. 3750		高位	↓	1. 26	
		× 2				× 2	
		0. 7500				0. 52	
		× 2				× 2	
		1. 5000				1. 04	
		× 2				× 2	
低位	↓	1. 0000		低位	↓	0. 08	
						

故 $(0.6875)_{10} = (0.1011)_2$ ，

$(0.63)_{10} = (0.1010\dots)_2$ 。

而其他任意两种进制数之间的转换，一般说来是先由一种进制数转换为十进制数，再由十进制数转换为另一种进制数，把十进制作为“桥梁”。

6. 二进制数、八进制数和十六进制数之间的转换

八进制数转换为二进制数的方法很简单，由于 $8=2^3$ ，所以只要把每一个八进制数改写成等值 3 位二进制数，并保持高低位的次序不变即可。八进制数字与二进制数的对应关系如下：

$(0)_8 = (000)_2$ ， $(1)_8 = (001)_2$ ， $(2)_8 = (010)_2$ ， $(3)_8 = (011)_2$ ，

$(4)_8 = (100)_2$ ， $(5)_8 = (101)_2$ ， $(6)_8 = (110)_2$ ， $(7)_8 = (111)_2$ 。

故 $(76.3)_8 = (\underline{111}\ \underline{110}.\underline{011})_2$

二进制数转换为八进制数时，整数部分从低位向高位方向每 3 位用一个等值的八进制数替代，不足 3 位时高位用 0 补满；小数部分从高位向低位方向每 3 位用一个等值的八进制数替代，不足 3 位时低位用 0 补满。

故 $(11100101.1)_2 = (\underline{011}\ \underline{100}\ \underline{101}.\underline{100})_2 = (345.4)_8$ 。

同样，由于 $16=2^4$ ，所以只要把每一个十六进制数改写成等值的 4 位二进制数即可，并保持高低位的次序不变。十六进制数与二进制数的对应关系如下：

$(0)_{16} = (0000)_2$ ， $(1)_{16} = (0001)_2$ ， $(2)_{16} = (0010)_2$ ， $(3)_{16} = (0011)_2$ ，

$(4)_{16} = (0100)_2$ ， $(5)_{16} = (0101)_2$ ， $(6)_{16} = (0110)_2$ ， $(7)_{16} = (0111)_2$ ，

$(8)_{16}=(1000)_2$ $(9)_{16}=(1001)_2$ $(A)_{16}=(1010)_2$ $(B)_{16}=(1011)_2$
 $(C)_{16}=(1100)_2$ $(D)_{16}=(1101)_2$ $(E)_{16}=(1110)_2$ $(F)_{16}=(1111)_2$
故 $(76.C)_{16}=(\underline{0111} \ \underline{0110} . \underline{1100})_2=(111 \ 0110.11)_2$

二进制数转换为十六进制数时，整数部分从低位向高位方向每 4 位用一个等值的十六进制数替代，不足 4 位时高位用 0 补满；小数部分从高位向低位方向每 4 位用一个等值的十六进制数替代，不足 4 位时低位用 0 补满。

故 $(11100101.1)_2=(\underline{1110} \ \underline{0101} . \underline{1000})_2=(E5.8)_{16}$ 。

二进制数往往位数太多，书写、阅读、记忆都不方便。由于二进制数与八进制数、十六进制数具有简单直观的对应关系，因此在书写程序和数据用到二进制的地方，往往采用八进制或十六进制的形式。必须注意，计算机内部的信息都是使用二进制表示的，并不使用其他计数制。

1.3.4 数值信息在计算机中的表示

数值信息指的是数学中的数，有正负和大小之分。计算机中的数值信息分为整数和实数两类。

整数中不包含小数点，或者说小数点隐含在最低位的右边，所以整数也称为定点数。计算机中的整数又可以分为不带符号的整数（无符号整数）和带符号的整数。

实数通常是既有整数部分又有小数部分的数，小数点位置不固定，因此，实数在计算机中也称为浮点数。

所有的数值信息可以用 8 位、16 位、32 位、64 位甚至更多位二进制数来表示。

1. 无符号整数

无符号整数，用全部的二进制位表示数值，没有符号位。八位二进制数 0000 0010 和 1111 1111 可以分别表示无符号整数 2 和无符号整数 255。无符号整数通常用于表示地址、索引等正整数。例如，32 位无符号整数可用于表示 32 位 CPU 的内存地址，16 位无符号整数可用于表示双字节编码的汉字。

表 1.4 是 8 位、16 位无符号二进制数的表示。从表中可以看出，8 位二进制位表示的无符号整数其取值范围是 0~255 (2^8-1)，16 位二进制位表示的无符号整数其取值范围是 0~65 535 ($2^{16}-1$)。以此类推， N 位二进制位表示的无符号整数的取值范围为 0~ 2^N-1 。

表 1.4 8 位、16 位二进制表示的无符号整数

十进制数	8 位无符号二进制整数	16 位无符号二进制整数
0	0000 0000	0000 0000 0000 0000
1	0000 0001	0000 0000 0000 0001
2	0000 0010	0000 0000 0000 0010
⋮	⋮	⋮
255	1111 1111	0000 0000 1111 1111
256	—	0000 0001 0000 0000
⋮	⋮	⋮
65 535	—	1111 1111 1111 1111

2. 带符号整数

带符号的整数必须使用一个二进制位作为其符号位，一般是最高位，使用“0”表示“+”（正数），使用“1”表示“-”（负数）。例如，8 位二进制数 0000 0010 和 1111 1111 可以分别表示带符号整数+2 和带符号整数-127。

这种表示方法称为“原码”。采用原码表示，8 位二进制位表示的带符号整数的取值范围是 $-127 \sim +127$ ($-2^7+1 \sim +2^7-1$)，16 位二进制位表示的带符号整数的取值范围是 $-32767 \sim +32767$ ($-2^{15}+1 \sim +2^{15}-1$)，若采用 N 位二进制位表示整数，则其取值范围是 $-2^{N-1}+1 \sim +2^{N-1}-1$ 。

原码表示简单直观。但用它做加减法运算不方便，而且 0 有两种表示方法（0000...0 和 1000...0）。为了统一加减运算规则，方便计算机运算，负整数在计算机内部实际上是采用“补码”来表示的。

负整数补码求解的步骤：先将负整数转换成“原码”的形式；然后符号位为“1”保持不变，将绝对值的每一位取反，得到称为“反码”的表示形式；最后将“反码”的最低位（末位）加“1”，即可得到“补码”的表示形式。例如，-2 的 8 位二进制位补码表示的求解过程如下：

$$(-2)_{\text{原}} = 1000\ 0010,$$

$$(-2)_{\text{反}} = 1111\ 1101,$$

$$(-2)_{\text{补}} = 1111\ 1110.$$

注意，无论采用原码还是补码表示，正整数的编码都是相同的，只有负整数采用原码与补码表示时才有区别。例如，+2 的 8 位二进制位补码为

$$(+2)_{\text{补}} = 0000\ 0010$$

$$=(+2)_{\text{原}}.$$

表 1.5 为采用 8 位二进制原码和补码表示带符号整数的对比。从表中可以看出，在 8 位二进制补码表示法中 0 唯一地表示为 0000 0000，而 1000 0000 却被用来表示-128 (-2^7)，8 位二进制补码可表示数的个数比原码多一个。

所以，采用补码表示，8 个二进制位表示的带符号整数的取值范围是 $-128 \sim +127$ ($-2^7 \sim +2^7-1$)，16 个二进制位表示的整数的取值范围是 $-32768 \sim +32767$ ($-2^{15} \sim +2^{15}-1$)，若采用 N 位二进制表示整数，则其取值范围是 $-2^{N-1} \sim +2^{N-1}-1$ 。

表 1.5 两种带符号整数的表示方法对比

8 位二进制位	带符号整数的值（原码）	带符号整数的值（补码）
0000 0000	0	0
0000 0001	1	1
0000 0010	2	2
⋮	⋮	⋮
0111 1111	127	127
1000 0000	-0	-128
1000 0001	-1	-127
⋮	⋮	⋮
1111 1111	-127	-1

3. 浮点数

任何一个实数总可以表达成一个乘幂和一个纯小数之积。

浮点数由三部分组成，第 1 部分是数的正负符号，第 2 部分是指数（它是一个整数，表示实数中小数点的位置，也称为阶码），第 3 部分是尾数（它是这个实数的纯小数部分，表示实数中的有效数字）。例如：

+ 1001.011 B = + 0.1001011 B×2¹⁰⁰

- 0.0010101 B = - 0.10101 B×2⁻¹⁰

可见，任意一个二进制实数 *N* 均可表示为

$$N = \pm S \times 2^P$$

其中，±是 *N* 的符号；*S* 是 *N* 的尾数；*P* 是 *N* 的阶码。

因此，浮点数在计算机中可表示为：

<i>M_S</i>	<i>E₁ E₂ … E_P</i>	<i>M₁ M₂ … M_N</i>
----------------------	--	--

其中，*M_S* 为符号位，占 1 位；*E₁~E_P* 为阶码，占 *P* 位；*M₁~M_N* 为尾数，占 *N* 位。

一般来说增加尾数的位数，可以提高数据的精度；增加阶码的位数，可以扩大数据表示的范围。

1.3.5 字符的编码

字符是指计算机中使用的字母、数字、汉字和符号等。常用字符的集合称为“字符集”。字符集中的每一个字符在计算机中各有一个二进制编码。

字符包括西文字符和中文字符，由于形式不同，西文字符与中文字符使用不同的编码。

1. 西文字符的编码

西文字符集由拉丁字母、数字、标点符号及一些特殊符号组成。目前，计算机中最常用的西文字符集及其编码是 ASCII 字符集和美国信息交换标准码（American Standard Code for Information Interchange，ASCII 码），它已被国际标准化组织（ISO）指定为国际标准。基本的 ASCII 码字符集共有 128 个字符，每个字符使用 7 位二进制位进行编码，如表 1.6 所示。

表 1.6 ASCII 字符集及其编码表

字符	二进制表示	十六进制	字符	二进制表示	十六进制	字符	二进制表示	十六进制	字符	二进制表示	十六进制
NUL	0000000	00	SP	0100000	20	@	1000000	40	`	1100000	60
SOH	0000001	01	!	0100001	21	A	1000001	41	a	1100001	61
STX	0000010	02	"	0100010	22	B	1000010	42	b	1100010	62
ETX	0000011	03	#	0100011	23	C	1000011	43	c	1100011	63
EOT	0000100	04	\$	0100100	24	D	1000100	44	d	1100100	64
ENQ	0000101	05	%	0100101	25	E	1000101	45	e	1100101	65
ACK	0000110	06	&	0100110	26	F	1000110	46	f	1100110	66
BEL	0000111	07	'	0100111	27	G	1000111	47	g	1100111	67

(续表)

字符	二进制表示	十六进制	字符	二进制表示	十六进制	字符	二进制表示	十六进制	字符	二进制表示	十六进制
BS	0001000	08	(	0101000	28	H	1001000	48	h	1101000	68
HT	0001001	09	)	0101001	29	I	1001001	49	i	1101001	69
LF	0001010	0A	*	0101010	2A	J	1001010	4A	j	1101010	6A
VT	0001011	0B	+	0101011	2B	K	1001011	4B	k	1101011	6B
FF	0001100	0C	,	0101100	2C	L	1001100	4C	l	1101100	6C
CR	0001101	0D	-	0101101	2D	M	1001101	4D	m	1101101	6D
SO	0001110	0E	.	0101110	2E	N	1001110	4E	n	1101110	6E
SI	0001111	0F	/	0101111	2F	O	1001111	4F	o	1101111	6F
DLE	0010000	10	0	0110000	30	P	1010000	50	p	1110000	70
DC1	0010001	11	1	0110001	31	Q	1010001	51	q	1110001	71
DC2	0010010	12	2	0110010	32	R	1010010	52	r	1110010	72
DC3	0010011	13	3	0110011	33	S	1010011	53	s	1110011	73
DC4	0010100	14	4	0110100	34	T	1010100	54	t	1110100	74
NAK	0010101	15	5	0110101	35	U	1010101	55	u	1110101	75
SYN	0010110	16	6	0110110	36	V	1010110	56	v	1110110	76
ETB	0010111	17	7	0110111	37	W	1010111	57	w	1110111	77
CAN	0011000	18	8	0111000	38	X	1011000	58	x	1111000	78
EM	0011001	19	9	0111001	39	Y	1011001	59	y	1111001	79
SUB	0011010	1A	:	0111010	3A	Z	1011010	5A	z	1111010	7A
ESC	0011011	1B	:	0111011	3B	[	1011011	5B	{	1111011	7B
FS	0011100	1C	<	0111100	3C	\	1011100	5C	|	1111100	7C
GS	0011101	1D	=	0111101	3D	]	1011101	5D	}	1111101	7D
RS	0011110	1E	>	0111110	3E	^	1011110	5E	~	1111110	7E
VS	0011111	1F	?	0111111	3F	_	1011111	5F	DEL	1111111	7F

从表 1.6 中可以看出, ASCII 字符集有 34 个控制字符和 94 个可打印字符, 每个字符对应一个编码。例如, 空格的编码为 0100000, 对应的十进制数是 32; “a” 字符的编码为 1100001, 对应的十进制数是 97。

ASCII 码采用 7 位二进制编码, 每个字符在计算机中使用一个字节来存放, 每个字节多余出来的一位 (最高位) 置 0。

2. 汉字的编码

ASCII 码只对西文字符进行了编码。为了使计算机能够处理、显示、打印和交换汉字字符, 同样也需要对汉字进行编码。汉字内码是计算机内部对汉字进行存储、处理的汉字编码。

我国于 1980 年发布了汉字编码标准 GB 2312—80, 全称为《信息交换用汉字编码字符

集—基本集》，简称为 GB 码或国标码，是一个简体正文字符编码的国家标准。2017 年该标准号改为 GB/T 2312—1980。GB/T 2312—1980 中共收录 6 763 个汉字，一级汉字 3 755 个，二级汉字 3 008 个；同时还收录了 682 个图形符号。

GB/T 2312—1980 中的汉字、图形符号组成一个 94×94 的方阵，分为 94 个区（行）和 94 个位（列）。其中 01~09 区为特殊字符，16~55 区为一级汉字，按汉语拼音字母的顺序排列，56~87 区为二级汉字，按偏旁部首排列，10~15 区及 88~94 区则没有编码。区号从 01 至 94，位号也是从 01 至 94，区号和位号构成了区位码。区位码由 4 位十进制数字组成，前两位为区号，后两位为位号。例如，“啊”字是 GB/T 2312—1980 中的第一个汉字，它的区位码是 1601。

区位码是一个 4 位十进制编码，国标码是一个 4 位十六进制编码。国标码是在区位码的基础上得到的，即把区号和位号各加上 20H。例如，“啊”字的区位码为 1601，写成相应的十六进制数为 1001H，则“啊”字国标码为 3021H。

采用 GB/T 2312—1980 标准的汉字内码用 2 个字节存储，在国标码的基础上将每个字节的最高位置“1”，以免与 ASCII 码产生歧义，相当于每个字节加上 80H。汉字“啊”的内码为 B0A1H。

大五码（big5 code）是表示繁体中文的计算机汉字内码标准，在中国台湾、香港等地区使用。大五码采用双字节表示，但不兼容简体中文。

GBK 编码是我国在 1995 年发布的《汉字内码扩展规范》。GBK 在 GB/T 2312—1980 中的汉字基础上，又增加了一些非汉字符号、大五码中的全部汉字，共收入 21 886 个汉字与图形符号。GBK 编码也采用双字节表示，与 GB/T 2312—1980 兼容。

UCS 标准是国际标准化组织制定的一个将全世界现代书面文字使用的所有字符和符号（目前超过 12 万个字符）集中进行统一编码的标准。UCS 对应的工业标准称为 Unicode，Unicode 码在网络、Windows 操作系统和很多大型软件中得到应用。

GB 18030—2000 是我国在 2000 年和 2005 年两次发布的汉字编码国家标准。它与 GB/T 2312—1980 完全兼容，与 GBK 基本兼容，支持 Unicode 中的全部汉字，共收录汉字 70 244 个。

由于历史的原因，目前不同信息系统和不同应用中使用的汉字编码方案并不统一，因而给不同信息系统的互通带来一些麻烦，浏览网页或查看邮件时屏幕上偶尔出现的“乱码”就是由此引起的。

3. 汉字输入码

汉字的字数繁多，字形复杂，常用的汉字也有 6 000~7 000 个，比英文的 26 个字母要多得多。在计算机系统中使用汉字，首先遇到的问题就是如何把汉字输入到计算机内，为了使用西文标准键盘进行输入，必须为汉字设计相应的编码，即汉字输入码。常用的汉字输入编码方法有以下几种。

（1）数字编码。使用一串数字来表示汉字的编码方法，例如电报码、区位码等。它们难以记忆，不易推广。

（2）字音编码。这是一种基于汉语拼音的编码方法，简单易学，适合于非专业人员。缺点是同音字引起的重码多，需增加选择操作。常用的字音编码有微软拼音输入法、搜狗输入法等。

（3）字形编码。这是将汉字的字形分解归类而给出的编码方法，具有重码少、输入速

度快的特点，但编码规则不易掌握。例如，五笔字形法、表形码等。

(4) 形音编码。它吸取了字音编码和字形编码的优点，使编码规则适当简化，重码减少，但掌握起来也不容易。

使用键盘输入汉字并不适合所有用户，也不能适应各种不同的场合和不同的数码设备。为此人们研究开发了其他各种输入方法。

(1) 手写输入法。一种非常人性化的中英文输入法，适合于不习惯键盘操作的人群和没有标准英文键盘的场合。手写识别是指将在手写设备上书写时产生的有序轨迹信息转化为汉字内码的过程。使用这种方法输入汉字不仅方便、快捷，而且错字率也比较低。

(2) 语音输入。通过计算机中的音频处理系统（主要包括声卡和麦克风），采集处理人的语音信息，再经过语音识别处理，将说话内容转换成对应的文字完成输入。

(3) OCR 输入。光学字符识别（optical character recognition, OCR）是指对文本资料进行扫描，然后对图像文件进行分析处理，获取文字及版面信息的过程。

4. 汉字字形码

汉字字形码又称汉字字模，用于汉字的显示或打印。汉字字形码通常有两种形式：点阵表示形式和矢量表示形式。

用点阵表示字形时，汉字字形码指的就是汉字字形点阵的代码。在计算机中用一组二进制表示点阵。一般的汉字系统中汉字字形点阵有 16×16 、 24×24 、 48×48 几种。

如图 1.3 所示，用 16×16 点阵表示一个汉字，就是将每个汉字用 16 行，每行 16 个点表示，一个点需要一位二进制代码，所以用 16×16 点阵表示一个汉字，字形码需要 32 字节。点阵越大，字形越清晰美观，所占存储空间也越大。

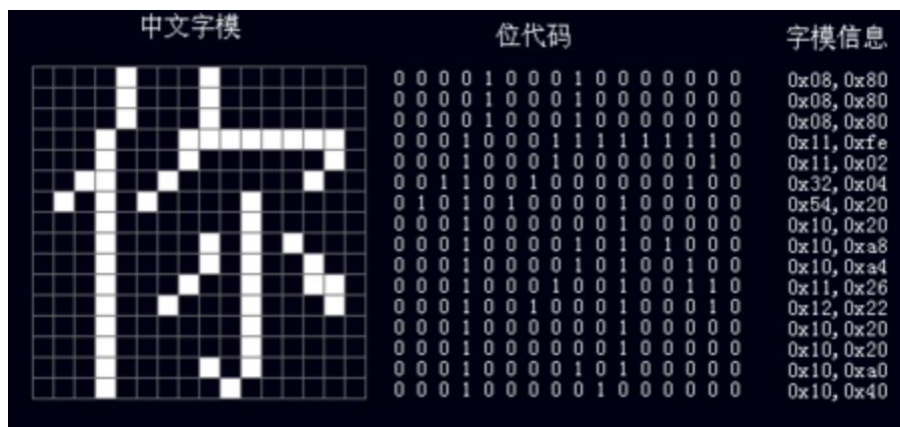


图 1.3 汉字点阵字模和数字化

全部汉字的点阵字形码的集合构成汉字字库（或字模库），不同的字体有不同的字库，比如，汉字有宋体字库、楷体字库、黑体字库等，计算机通过汉字的机内码在汉字字库中找出汉字字形码。

点阵表示字形这种文字显示方式在较早的计算机系统中被普遍采用。由于位图的原因，点阵字体很难进行缩放，特定的点阵字体只能清晰地显示在相应的字号下，否则文字只能被强行放大而失真，产生马赛克式的锯齿边缘。

矢量表示方式存储的是汉字字形的轮廓信息。当要输出汉字时，通过计算机的计算，

由汉字字形描述生成所需大小和形状的汉字点阵。矢量表示字形与最终文字显示的大小、分辨率无关,因此可输出高质量的汉字。Windows 操作系统中使用的 TrueType 技术就是汉字的矢量表示方式。

5. 汉字的处理过程

根据应用目的的不同,汉字编码分为输入码、机内码、地址码和字形码。

汉字的输入码、机内码、字形码前面都已介绍过。汉字的地址码是指汉字库中存储汉字字形信息的逻辑地址码。需要输出汉字时,必须通过地址码对汉字库进行访问。汉字库中字形信息是按一定顺序连续存放在存储介质中的,所以汉字地址码也大多是连续的,它与汉字内码有着简单的对应关系,以简化内码到地址码的转换。

汉字信息处理中的各编码及流程如图 1.4 所示。

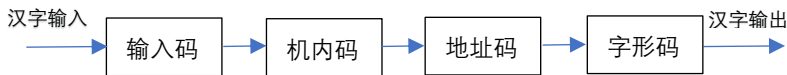


图 1.4 汉字信息处理的流程

从图 1.4 中可以看到,输入汉字时,通过键盘按某一种输入码,将汉字输入到计算机中。不论采用哪一种汉字输入方法,计算机都将汉字的输入码转换为机内码进行存储和处理。输出汉字时,首先将汉字的机内码通过对应关系转换为相应的汉字地址码,然后通过汉字地址码对汉字字库进行访问,从字库中提取汉字的字形码,最后根据字形数据显示或打印汉字。

1.4 多媒体技术

多媒体技术已经渗透到了人们日常生活中,通过与网络技术相结合,多媒体技术进入了教育、咨询、游戏、娱乐和办公等各个领域。

1.4.1 多媒体的概念

多媒体技术是指能够同时对文字、声音、图像、动画和视频等多种媒体信息进行综合处理的技术。多媒体技术具有多样性、交互性、集成性、实时性和数字化的特征。

(1) 多样性。指文字、声音、图像、视频等多种媒体信息于一体,扩大了计算机所能处理的信息空间,使计算机不再局限于处理数值、文本等信息。

(2) 交互性。指用户可以与计算机的多种信息媒体进行交互操作,从而为用户提供了更加有效地控制和使用信息的手段。交互可以使用户自由地控制和干预信息的处理,增加对信息的注意力和理解力,延长信息的保留时间。

(3) 集成性。指以计算机为中心综合处理多种信息媒体。多媒体技术能够同时表示和处理多种信息,但对用户而言,它们是集成一体的。这种集成包括信息的统一获取、存储、组织和合成等方面。

(4) 实时性。指在人的感官系统允许的情况下,进行多媒体交互,就好像面对面一样,声音和图像都是实时的。多媒体系统的一个基本特征就是能够综合地处理带有时间关系的

媒体,如音频、视频和动画,甚至是实况信息媒体。

(5) 数字化。指多媒体信息以数字形式存在。多媒体信息可以向人们展示丰富多彩的视觉、听觉效果,但是在计算机内部都是转化为 0 和 1 的数字化信息。

1.4.2 媒体的数字化

前面已经介绍过数值、中西文信息的数字化。这里主要介绍声音、图形图像和视频媒体的数字化方法。

1. 声音的数字化

声音是由声波传递的,而声波是由各种频率的正弦波合成的。反映声音强弱的是波的振幅,反映声音高低的是波的频率。

音频是模拟信号,为了使用计算机进行处理,必须将它转换成二进制编码表示的形式,这个过程就是数字化,主要包括取样、量化和编码三个过程,如图 1.5 所示。

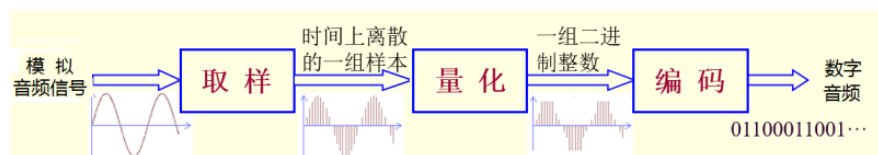


图 1.5 声音的数字化过程

(1) 取样:是把时间连续的模拟信号转换成时间离散、幅度连续的信号。在某些特定时刻获取的声音信号幅值称为取样。一般都是每隔相等的一小段时间采样一次,其时间间隔称为取样周期,它的倒数称为取样频率。为了不产生失真,取样频率不应低于声音信号最高频率的两倍。因此,语音信号的取样频率一般为 8 kHz,音乐信号的取样频率则应在 40 kHz 以上。取样频率越高,可恢复的声音信号分量越丰富,其声音的保真度也就越好。

(2) 量化:是把幅度上连续取值(模拟量)的每一个样本转换为离散值(数字量),因此量化过程有时也称为 A/D 转换(模数转换)。量化后的样本是用二进制数来表示的,二进制位数的多少反映了声音波形幅度的精度,称为量化精度,也称为量化分辨率。例如,每个声音样本若用 16 位表示,则声音样本的取值范围是 0~65535,精度是 1/65536;若只用 8 位表示,则样本的取值范围是 0~255,精度是 1/256。量化精度越高,声音的重构质量越好,需要的存储空间也越多;量化精度就越低,声音的重构质量就越差,而需要的存储空间也越少。

(3) 编码:将量化的结果用二进制数的形式表示,以便于计算机进行存储、处理和传输。

音频的数据量可按下面的公式进行计算:

音频数据量(B)=取样频率×量化位数×声道数×采样时间/8

例如,计算 1 分钟双声道、16 位量化位数、44.1kHz 取样频率的声音未经压缩的数据量为 $16 \times 44\,100 \times 2 \times 60 / 8 = 10\,584\,000$ B。

计算机中的声卡可以对声音进行数字化。

存储声音信息的文件有很多种。

① .wav 文件。微软公司的音频文件格式。.wav 格式文件直接记录了真实声音的二进

制采样数据,能够和原声基本一致,质量非常高,但文件数据量大,不便于交流和传播。

② .mp3 文件。采用国际标准化组织提出的 MPEG Audio Layer 3 (MPEG-1 层 3) 算法进行有损的压缩编码,是互联网上最流行的数字音乐格式。MP3 能将音乐以 10:1 甚至 12:1 的比率压缩,换句话说,能够在音质丢失很小的情况下把文件压缩到更小的程度。

③ .wma 文件。微软力推的一种音频格式,其压缩比高于 MP3,一般可以达到 18:1,生成的文件大小只有相应文件的一半,质量大体相当。此外,.wma 格式文件中加入了数字版权保护措施,防止未经授权下载和拷贝。

④ .midi 文件。一种描述性的“音乐语言”,它将所要演奏的乐曲信息用二进制编码表示。MIDI 文件本身并不包含波形数据,所以 MIDI 文件的数据量很少,易于编辑修改,成本低,主要用于合成音乐。

⑤ .voc 文件。Creative 公司推出的波形音频文件格式,也是声霸卡 (Sound Blaster) 使用的音频文件格式。

⑥ RealAudio 文件。RealNetworks 公司推出的一种网络音频文件格式,采用了流媒体技术,允许用户在网络上一边下载一边收听。此类文件格式有以下几个主要形式:RA (RealAudio)、RM (RealMedia, RealAudio G2)、RMX (RealAudio Secured),这些文件的共性在于随着网络带宽的不同而改变声音质量,使用户在得到流畅声音的前提下,尽可能高地提高声音质量。

2. 图形、图像的数字化

计算机中的“图”按其生成方法可以分为两类:一类是从现实世界中提供扫描仪、数码相机等设备获取的,称为取样图像,也称为位图图像或点阵图像;另一类是使用计算机绘制而成的,它们称为矢量图形,或简称图形。图 1.6 为矢量图与位图图像放大 800% 的效果对比。

图形的数字化一般采用向量处理方式,向量处理不存储图形数据的每一个点,而是存储图形内容的轮廓部分。该存储方式的优点是占用的存储空间小,图形的缩放不会影响到显示精度,不失真,打印输出和放大时图形质量较高。

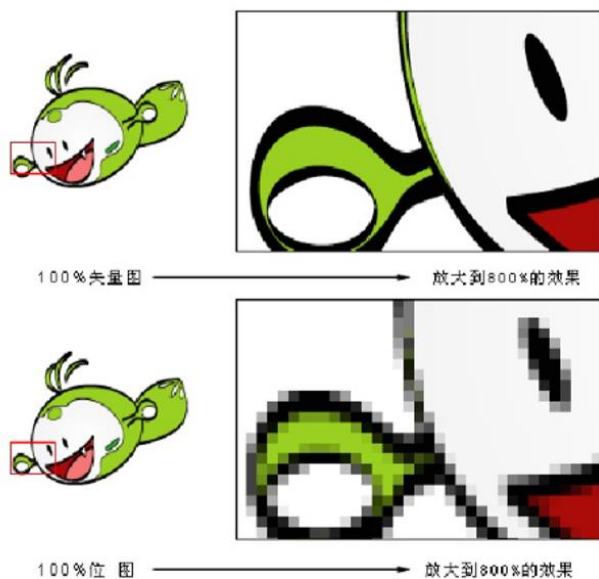


图 1.6 矢量图与位图图像放大 800% 的效果对比

图像的数字化大体分为三步：

(1) 取样：将画面划分为 $M \times N$ 个网格，每个网格称为一个取样点，用其亮度值来表示。这样，一幅图像就转换为 $M \times N$ 个取样点组成的一个阵列。

(2) 分色：将彩色图像的取样点的颜色分解成红、绿、蓝三个基色 (R、G、B)，如果不是彩色图像 (即灰度图像或黑白图像)，则不需要进行分色。图 1.7 为红、绿、蓝三基色的不同亮度值。

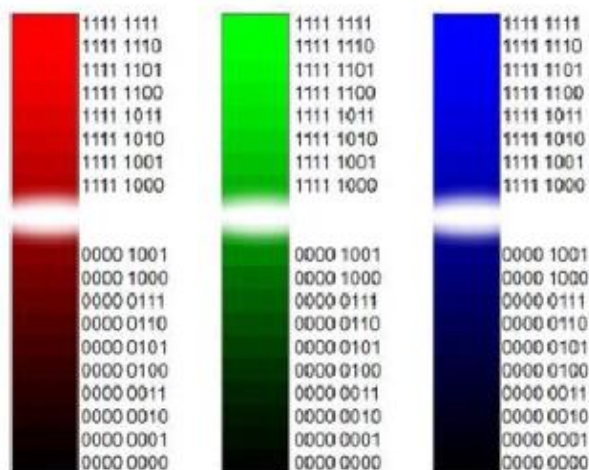


图 1.7 红、绿、蓝三基色的不同亮度值

(3) 量化：对取样点的每个分量的亮度值进行 A/D 转换，把模拟量的亮度值使用数字量来表示 (一般是 8 位至 12 位的正整数)。

如图 1.8 所示，为灰度图像的表示。如图 1.9 所示为彩色图像的表示 (64 像素)。

从图像的数字化过程可知，一副彩色图像可以看成是由许许多多多个彩色的点 (像素) 组成，每个点有深浅不同的颜色。如果将每个点的颜色用二进制表示出来，就可以将图像数字化。用多少位二进制数字表示一个点的颜色，称为图像的颜色深度，例如图 1.9 中图像的颜色深度为 24 位。我们把颜色深度是 24 位以上的颜色称之为真彩色。

数字图像的大小与图像的像素点数和颜色深度有关。一幅未经数据压缩的图像的数据量可按下面的公式计算：

图像数据量 (B) = 图像水平分辨率 × 图像垂直分辨率 × 颜色深度 / 8

例如，如果一个图像是 800×600 的分辨率，颜色深度是 24 位，则该图像所占用的存储空间就是 $800 \times 600 \times 24 / 8 = 1\,440\,000$ (B)。

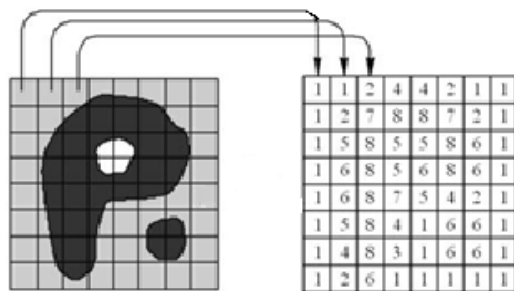


图 1.8 灰度图像的表示

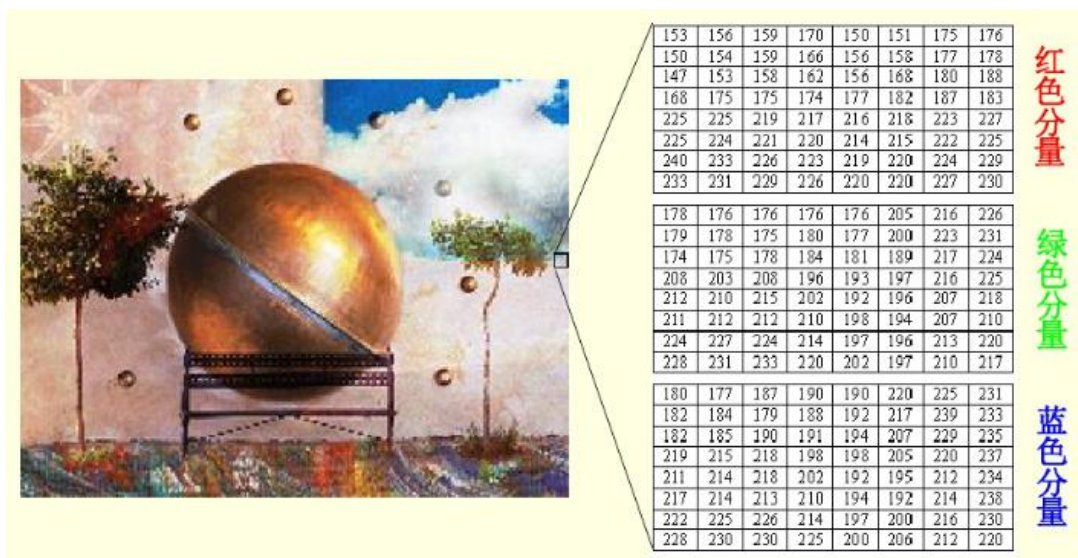


图 1.9 彩色图像的表达

常见的图像文件格式有：

① .bmp 文件。微软公司在 Windows 操作系统下使用的一种图像文件存储格式。它是一种通用的图像文件格式，几乎所有的图像处理软件都能支持 bmp 文件。

② .gif 文件。目前互联网上广泛使用的一种图像文件格式。它的颜色数目不超过 256 色，文件特别小。支持透明背景，具有在屏幕上渐进演示的功能。同时它可以将多张图像保存在一个文件中，显示时按预先规定的时间间隔逐一显示，产生动画效果。

③ .jpg 文件。也写作 .jpeg，是图像文件的一种国际标准，也是最常用的图像文件格式之一。它特别适合处理各种连续色调的彩色或灰度图像，在互联网和数码相机中被广泛采用。

④ .tif 文件。也写作 .tiff，大多使用于扫描仪和桌面出版系统，也可用于一种平台到另一种平台间图形的转换。

⑤ .png 文件。它的开发目的是替代 .gif 文件格式和 .tif 文件格式。它既保留了 .gif 文件的特性，又增加了许多 .gif 文件格式没有的功能，如支持每个像素为 48 bit 的真彩色图像。 .png 文件格式主要应用在互联网上。

⑥ .wmf 文件。是绝大多数 Windows 操作系统中的应用程序都可以有效处理的格式，其应用很广泛，是桌面出版系统中常用的图形格式。

常见的图像数字化设备有扫描仪、数码相机等。

3. 视频的数字化

视频信息由连续的图像帧和声音信息组成，视频信息的数字化就是将真实的影像信息每隔固定时间数字化一幅图像，并将声音信息进行保存。例如，电影每秒 24 帧，就是每 1/24 秒钟会保存一幅图像，在播放时 1 秒钟连续显示 24 幅图像，由于人眼的视觉特性，人看到的的就是连续的影像了。常见的视频文件格式有：

(1) .avi 文件。微软公司在 Windows 操作系统下使用的一种视频文件的标准格式。

(2) .mov 文件。苹果公司 Quick Time 视频处理软件所使用的视频文件格式，其图像画面的质量比 .avi 文件要好。

(3) .asf 文件。微软公司开发的高级串流格式。

(4) .wmv 文件。微软公司推出的视频文件格式，是 Windows Media 的核心。Microsoft Media Player 支持 .asf 和 .wmv 两种格式的文件，可以一边下载一边实时播放。

(5) .mp4 文件。MP4 是一套用于音频、视频信息的压缩编码标准。其特点是对于不同的对象可采用不同的编码算法，从而进一步提高压缩效率；对象各自相对独立，提高了多媒体数据的可重用性；允许用户对单个的对象操作，提供前所未有的交互性；允许在不同的对象之间灵活分配码率，对重要的对象可分配较多的字节，对次要的对象可分配较少的字节，从而能在低码率下获得较好的效果；可以方便地集成自然音视频对象和合成音视频对象。MP4 格式主要用于网上流媒体、光盘、语音发送（视频电话），以及电视广播。

数码相机、数码摄像机是常用的视频数字化设备。

1.4.3 多媒体数据压缩

多媒体信息数字化之后，数据量很大。1 分钟 CD 质量的高保真立体声的数字音乐的数据量大约是 11 MB，而 1 分钟的标准清晰度（分辨率 720×480 ）数字视频其数据量超过 1 GB。这样大的数据量，无论是存储、传输还是处理都有很大的困难，所以人们考虑用压缩的方法来减少数据量。

通常是将原始数据压缩后进行存储、传输与交换，仅当用到它时才把数据解压缩，还原数据满足实际的需要。数据压缩可以分为两种类型：无损压缩和有损压缩。

1. 无损压缩

无损压缩，又称可逆编码，其原理是统计被压缩数据中重复数据的出现次数来进行编码。数据统计冗余度的理论限制为 2:1 到 5:1，所以无损压缩的压缩比一般比较低。这类方法广泛应用于文本数据、程序和特殊应用场合的图像数据等需要精确存储数据的压缩。例如，压缩软件 WinZip、WinRAR 就是基于无损压缩原理进行设计的，因此可用来压缩任何类型的文件。无损压缩能够确保重构（或者称为还原、解压缩）后的数据与原来的数据完全相同。

由于压缩比的限制，仅使用无损压缩技术不可能解决多媒体信息存储和传输的所有问题。

2. 有损压缩

有损压缩，又称不可逆编码，其利用了人类视觉、听觉对图像、声音中的某些频率成分不敏感的特性，允许压缩的过程中损失一定的信息（重构后的数据与原来的数据有所不同）。虽然不能完全恢复原始数据，但是所损失的部分对理解原始数据的影响较小，却换来了比较大的压缩比，一般为几十到几百。有损压缩广泛应用于音频、图像和视频数据的压缩。

1.5 信息安全

信息成为国民经济和社会发展战略资源的同时，信息安全问题亦成为影响国民经济和社会发展的重大问题。

1.5.1 信息安全的含义

信息安全有两层含义：数据（信息）的安全和信息系统的。数据安全是指保证数据的机密性（信息不泄露给未授权者的特性）、完整性（保护信息正确、完整和未被篡改的特性）和可用性（信息可被授权用户访问，并按其要求运行的特性）；信息系统安全是指信息系统包含的所有硬件、软件和数据受到保护，不因偶然和恶意的原因而遭到破坏、更改和泄露，信息系统连续正常运行。

2020年5月19日，总部位于英国伦敦的易捷航空（EasyJet）宣布，该公司遭受“高度复杂”的重大网络攻击，多达900万名客户的电子信箱和旅行详细资料被盗，还有2208名客户的信用卡详细资料被公开。

2013年8月16日11点05分上证指数出现大幅拉升，大盘一分钟内涨幅超5%，最高涨幅5.62%，盘中由2075点逼近2200点。11点44分上交所称系统运行正常。下午2点，光大证券公告称策略投资部门自营业务在使用其独立的套利系统时出现问题：在11时05分08秒之后的2秒内，瞬间重复生成26082笔预期外的市价委托订单。

所谓“智者千虑，必有一失”，尽管信息系统使用前都要进行测试，但是很难没有一点疏漏。信息安全已经成为部门、行业、各级政府、国家都必须十分重视的问题，是一个不容忽视的国家安全战略问题。

信息安全问题可以抽象为一个由信息系统、信息内容、信息系统的所有者和运营者、信息安全规则等多个因素构成的一个多维问题空间。

1.5.2 信息安全技术

保证信息安全的方法很多，涉及各类信息安全技术，主要有：访问控制、加密、身份鉴别、数字签名和防火墙。

1. 身份鉴别

鉴别是对实体声称的身份进行唯一性识别，以便验证其访问请求，保证信息来自或到达指定的源或目的地址。鉴别技术可以验证消息的完整性，能有效地对抗假冒、非法访问、重放等威胁。鉴别的方法很多，例如：利用鉴别码验证消息的完整性；利用通行字、密钥、访问控制机制等鉴别用户身份，防止冒充、非法访问。

2. 访问控制

访问控制就是系统在身份鉴别之后根据用户身份的不同而进行控制。当用户申请系统账号时，系统管理员会根据用户的身份分配给用户对系统内文件或资源的一定操作权限，如对某些文件的是否可读、是否可写等。

如果说身份鉴别是保证信息安全的第二道防线，访问控制就是保证信息安全的第三道防线。

3. 加密

加密是所有信息保护技术措施中最古老、最基本的一种。加密的主要目的是防止信息的非授权访问和泄漏。加密方法多种多样，一般是利用信息变换规则把有效的信息（明文）变成无法理解的字符（密文）。既可对传输信息加密，也可对存储信息加密。现代加密算

法不仅可以实现加密,还可以实现数字签名、鉴别等功能,能有效地对抗窃听、非法访问、破坏信息的完整性、假冒、抵赖、重放等威胁。因此,加密技术是网络安全的核心技术。

1.5.3 计算机病毒

信息安全中的一个特殊问题是计算机病毒。随着网络的普及,计算机病毒危害越来越大,已经成为一种社会公害。

1. 计算机病毒的定义

在《中华人民共和国计算机信息系统安全保护条例》中明确定义了计算机病毒(computer virus)是指“编制或者在计算机程序中插入的破坏计算机功能或者破坏数据,影响计算机使用并且能够自我复制的一组计算机指令或者程序代码”。

与生物病毒不同,所有计算机病毒都是人为制造并在计算机系统中传播的,计算机病毒一旦扩散,制造者自己也很难控制,对社会危害极大。例如,勒索病毒是一种新型计算机病毒,主要以邮件、程序木马、网页挂马的形式进行传播。该病毒性质恶劣、危害极大,一旦感染将给用户带来无法估量的损失。这种病毒利用各种加密算法对文件进行加密,被感染者一般无法解密,必须拿到解密的私钥才有可能破解。

2017年5月12日,一种名为“想哭”的勒索病毒袭击全球150多个国家和地区,影响领域包括政府部门、医疗服务、公共交通、邮政、通信和汽车制造业。

2017年10月24日,俄罗斯、乌克兰等国遭到勒索病毒“坏兔子”攻击。乌克兰敖德萨国际机场、首都基辅的地铁支付系统及俄罗斯三家媒体系统受到病毒感染,德国、土耳其等国随后也发现了此病毒。

2018年3月,中国国家互联网应急中心通过自主监测和样本交换形式共发现23个锁屏勒索类恶意程序变种。该类病毒通过对用户手机锁屏,勒索用户付费解锁,对用户财产和手机安全均造成了严重威胁。

从2018年初到2018年9月中旬,勒索病毒总计对超过200万台终端发起过攻击,攻击次数高达1700万余次,且整体呈上升趋势。

2020年4月,勒索病毒“WannaRen”开始传播,且大部分杀毒软件无法拦截。

2. 计算机病毒的特征

计算机病毒一般具有破坏性、寄生性、传染性、潜伏性和隐蔽性的特征。

(1)破坏性。任何计算机病毒侵入到机器中,都会对系统造成不同程度的影响。轻者占有系统资源,降低工作效率,重者数据丢失、机器瘫痪。

(2)寄生性。它是一种特殊的寄生程序,不是一个通常意义下的完整的计算机程序,而是寄生在其他可执行的程序中,因此,它能享有被寄生的程序所能得到的一切权限。

(3)传染性。计算机病毒的传染性是指病毒具有把自身复制到其他程序中的特性。病毒可以附着在程序上,通过磁盘、光盘、计算机网络等载体进行传染,被破坏的计算机又成为病毒生成的环境及新传染源。传染性是病毒的基本特征。

(4)潜伏性。计算机病毒具有依附其他媒体而寄生的能力。有些计算机病毒并不是一侵入你的机器,就会对机器造成破坏,它可能隐藏在合法文件中,静静地待几周或者几个月甚至几年,具有很强的潜伏性,一旦时机成熟就会迅速繁殖、扩散。

(5) 隐蔽性。计算机病毒可以寄生在其他程序中,具有很强的隐蔽性,不容易被发现。其隐蔽性使广大计算机用户对计算机病毒失去应有的警惕性。

从病毒的检测方面来看,病毒还有不可预见性,病毒永远超前杀病毒软件。新一代计算机病毒甚至连计算机病毒的基本特征都隐藏了,有时病毒利用文件中的空隙来存放自身代码,有的病毒则采用变形来逃避病毒检测,这也成为新一代计算机病毒的特征。

3. 计算机病毒的分类

计算机病毒的分类方法很多,按计算机病毒的传染方式分为:引导区型病毒、文件型病毒、混合型病毒、宏病毒、网络病毒和邮件病毒等。

(1) 引导区型病毒。通过读 U 盘、光盘及各种移动存储介质感染的引导区型病毒,其主要感染硬盘的主引导记录,当硬盘主引导记录感染病毒后,病毒就企图感染每个插入计算机进行读写的移动盘的引导区。这类病毒常常将其病毒程序替代主引导区中的系统程序。引导区病毒总是先于系统文件装入内存存储器,获得控制权,并进行传染和破坏。典型的引导型病毒有大麻病毒和小球病毒,是 20 世纪 90 年代最为流行的一类计算机病毒。

(2) 文件型病毒。又称寄生病毒,通常感染扩展名为 .exe、.com、.dll、.sys 等可执行文件。每次执行受感染的文件时,病毒便会进入内存,开始进行破坏和传染。典型例子是 CIH 病毒,它会感染 Windows 操作系统中的 .exe 文件,并在每月的 26 号发作日进行破坏。

(3) 混合型病毒。它具有引导区型病毒和文件型病毒的双重特点。混合型病毒综合了这两类计算机病毒的特性,是计算机病毒中最难杀灭的。

(4) 宏病毒。与其他电脑病毒类型的区别是,宏病毒是攻击数据文件而不是程序文件。宏病毒是寄存在 Microsoft Office 文档或模板的宏中的病毒,只感染文档文件和模板文件。它们大多以 Visual Basic 或 Microsoft Word 提供的宏程序语言编写,容易制造。它可以很容易通过电子邮件下载 Word 文档附件等多种方式进行传播。宏病毒最先在 1995 年被发现,在不久后成为最普遍的电脑病毒。

(5) 网络病毒。网络病毒是在网络上运行并传播、破坏网络系统的病毒。该病毒利用网络不断寻找有安全漏洞的计算机,一旦发现这样的计算机就趁机侵入并寄生于其中,这种病毒的传播媒介是网络通道。所以网络病毒的传染能力更强、危害更大。例如,非法使用网络资源,发送垃圾邮件,占用网络带宽。

(6) 邮件病毒。主要利用电子邮件软件的漏洞进行传播的计算机病毒。常见的传播方式是将病毒附于电子邮件的附件中。当接收者收到电子邮件打开附件,便激活了病毒。例如, SirCam 病毒会让用户收到无数陌生人的邮件,在这些邮件中附带有病毒文件,可以进一步感染别的计算机。它寻找用户通信录中的邮件地址、还可以在系统中搜索 HTML 文件中的邮件地址,进一步感染这些邮件地址对应的计算机系统。

4. 计算机病毒的主要危害

计算机病毒的危害越来越大,从最初对单台计算机系统资源的破坏,到后来对局域网范围内计算机系统的破坏,乃至到现在对全球网络安全以及整个社会都构成极大的危害。主要表现为:

(1) 病毒发作对计算机系统中数据的直接破坏作用。大部分病毒发作时直接破坏计算机系统的重要数据,如格式化磁盘、改写文件分配表和目录区、删除重要文件或者用无意

义的“垃圾数据”改写文件等。例如，磁盘杀手病毒（Disk killer）内含计数器，在硬盘感染后累计开机 48 小时后发作，它的破坏作用主要是改写硬盘数据。

（2）非法侵占磁盘空间，破坏数据。病毒总是占用一部分磁盘空间，由于是非法占用，势必破坏磁盘中的数据。不同类型的病毒，其破坏作用和方式不同。引导区型病毒驻存在磁盘引导区，把原来的引导区转移到其他扇区，被覆盖扇区的数据将永久性丢失，无法恢复。文件型病毒把病毒体写到其他可执行文件中或磁盘的某个位置。文件型病毒传染速度很快，被传染文件的长度都会不同程度地增长（附带了病毒体），由此造成非法占据了大量的磁盘空间。

（3）抢占系统资源，影响计算机运行速度。除少数病毒外，大多数病毒在发作时都是常驻内存，这就必然抢占一部分内存，导致内存资源减少，使部分软件不能运行。病毒常驻内存后不但干扰系统运行，还要与其他程序争夺 CPU 资源，进而影响计算机的运行速度。

5. 计算机病毒的预防

检测与消除计算机病毒最常用的方法是使用专门的杀毒软件。然而杀毒软件的开发与更新总是滞后于新病毒的出现，因此无法确保百分之百的安全。为了确保计算机系统不受计算机病毒的侵害，关键工作还是预防。

尽管病毒具有极强的危害性，但是在还没有满足其运行所需要的条件时，它是不会发作的。如果用户能够在病毒被激活之前，发现并清除它，就不会造成重大的损失。因此，计算机病毒的防护应以防为主、以治为辅。计算机病毒的预防，要采取技术手段与管理手段相结合的方法。

（1）技术手段。安装、设置防火墙，对内部网络实行安全保护；安装实时监测的杀病毒软件；从 Internet 接口去掉不必要的协议；不要随意下载来路不明的可执行文件或 E-mail 附件中携带的可执行文件；不要将自己的邮箱地址放在网上，以防病毒的窃取；对重要的文件采用加密方式传输。

（2）管理手段。尊重知识产权，使用正版软件；注意对系统文件、重要的可执行文件和数据进行写保护；不使用来历不明的程序和数据；不轻易打开来历不明的电子邮件；使用新的计算机系统或软件时，要先杀毒后使用；经常备份系统和关键数据，建立系统的应急计划等。

计算机病毒是人为制造的，也是通过人的操作传染和扩散的，因此加强教育是预防计算机病毒的重要策略。通过教育，使广大用户认识到计算机病毒的危害，了解病毒的防治常识，自觉遵守规章制度和道德规范，能最大程度地减少病毒的产生与传播。

1.6 本章小结

本章主要介绍了计算机的发展历程、特点、分类及应用领域，在介绍了信息、信息技术及信息系统等概念的基础上，重点论述了计算机中信息的表示，介绍了信息安全和计算机病毒的基本知识。

从 1946 年 2 月世界上第一台计算机 ENIAC 的出现至今，计算机的发展经历了：电子管计算机、晶体管计算机、中小规模集成电路计算机、大规模和超大规模集成电路计算机。

计算机的应用也从最初的科学计算，逐步发展至信息处理、计算机辅助技术、过程控制、人工智能、网络应用、多媒体技术、嵌入式系统等诸多领域。

数据是对客观事物的符号表示。而信息是对人们有用的，能够影响人们行为的数据。信息技术是指信息存储、加工、传输和使用的理论和方法，以及相关设备设施的设计、制造、运行、工艺和技术。现代信息技术主要有信息基础技术、信息系统技术和信息应用技术。

任何信息必须表示成二进制数据后才能由计算机进行处理，包括数值、字符、声音、图像以及视频信息。与我们日常使用的十进制相比，使用二进制表示信息具有诸多优点。

信息与物质、能量一样是人们赖以生存和发展的重要资源之一，因此信息在传输、存储和处理的过程中，其安全会受到各种威胁，信息安全已经成为全球性的问题。信息安全包括数据的安全和信息系统的两层含义。为了保障信息安全，可以采用访问控制、数据加密、身份鉴别、数字签名和防火墙等信息安全措施。信息安全中的一个特殊问题是计算机病毒，计算机病毒已经成为计算机系统安全的巨大隐患。充分认识计算机病毒的危害，将技术保护、管理保护与法律保护相结合，切实保障信息的安全。

习 题 1

1. 判断题

- (1) 世界上第一台电子计算机是 1946 年 2 月在美国宾夕法尼亚大学研制成功的, 该计算机命名为 ENIAC, 意思是“电子数值积分计算机”。 ()
- (2) 根据应用目的的不同, 汉字编码分为输入码、输出码、地址码和字形码。 ()
- (3) 采用补码表示, 8 个二进制位表示的带符号整数的取值范围是 $-127 \sim +128$ 。 ()
- (4) .gif 文件是目前互联网上广泛使用的一种图像文件格式。它的颜色丰富, 文件一般比较大。 ()
- (5) 无损压缩, 又称可逆编码, 其原理是统计被压缩数据中重复数据的出现次数来进行编码。 ()

2. 单选题

- (1) 在计算机的四个发展阶段中，第四个阶段是以_____为主要元器件。
- A. 电子管 B. 晶体管时代
- C. 小规模集成电路 D. 大规模和超大规模集成电路
- (2) 计算机辅助教育的英文缩写是_____。
- A. CAD B. CAT C. CAI D. CAM
- (3) 下列不同数制的数中，最小的是_____。
- A. 2B H B. 45 C. 47 O D. 11101 B
- (4) 某计算机的声卡在处理声音信息时，采样频率为 44 KHz，量化位数为 8 位，若连续采集 2 分钟双声道的声音信息，则在不进行压缩编码的情况保存这段声音，需要的存储空间约_____。

A. 88 KB

B. 176 KB

C. 11 MB

D. 22 MB

(5) 如果一幅图像的分辨率为 800×600 , 颜色深度是_____位, 则该图像所占用的存储空间就是 1.44 MB。

A. 8

B. 16

C. 24

D. 32

3. 填空题

(1) 信息技术包含三个层次的内容: 信息基础技术、信息系统技术和_____。

(2) 计算机内部的所有数据都是用_____来表示的。

(3) 1 B 指的是_____bit, 1 KB 指的是_____B。

(4) 已知 $[X]_{\text{补}} = (9A)_{16}$, 则将 X 用十进制表示是_____。

(5) 已知某小写字母的 ASCII 码为 99, 则其对应的大写字母的 ASCII 码为_____H。

4. 简答题

(1) 什么是信息、信息技术? 现代信息技术的内容有哪些?

(2) 计算机中的信息采用二进制表示有哪些优点?

(3) 什么是多媒体技术, 多媒体技术有哪些特征?

(4) 简述图像的数字化过程。

(5) 计算机病毒的主要危害有哪些?

第2章 计算机硬件

本章先向读者介绍计算机的工作原理和组成，再介绍主板、总线、I/O 接口、中央处理器、内存储器等主机部件，最后介绍外设部件外存储器、输入设备和输出设备的相关知识。

2.1 计算机的组成

计算机俗称电脑，是一种可实现高速数值或逻辑计算、具有存储记忆功能、能够通过运行程序自动高速处理海量数据的现代智能电子设备。

2.1.1 “存储程序控制”原理

ABC 计算机（阿塔纳索夫-贝瑞计算机）被认定为世界上第一台计算机，世界上第二台计算机“ENIAC（电子数字积分计算机）”是世界上第一台通用电子计算机，被普遍认为是第一台现代意义上的计算机。ENIAC 最主要的缺点是程序与计算分离，不具备存储程序的能力，最先按“存储程序控制”计算机结构设计的计算机是 EDVAC，但世界上首次实现存储程序的计算机是 EDSAC。

“存储程序”设计思想是由匈牙利裔美国籍数学家冯·诺依曼最先提出的，这种在数字计算机内部存储器中存放程序的计算机设计概念结构称为“冯·诺依曼体系结构”。冯·诺依曼体系结构是现代电子计算机的模板，从 EDVAC 到当前最先进的计算机基本都采用此结构。

冯·诺依曼体系结构主要特点如下：

- (1) 计算机系统由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大功能部件组成。
- (2) 程序和数据均以二进制形式存储在存储器中。
- (3) 计算机工作时控制器从存储器中依次取出程序的指令并执行。

冯·诺依曼体系结构计算机的工作原理可以概括为“存储程序、程序控制”，这就是“存储程序控制”原理，迄今为止，绝大多数计算机都按照此原理进行工作。程序是一个问题的解算步骤，由一系列计算机能识别和执行的指令构成；“存储程序”是将事先编写的程序和原始的数据存储在计算机存储器中；“程序控制”指的是计算机按照顺序逐条取出程序的指令加以分析并执行。

2.1.2 计算机的逻辑组成

一个完整的计算机系统由硬件和软件两部分组成，二者协同工作，缺一不可。硬件是计算机的实际装置，是构成计算机的看得见、摸得着的物理部件，是计算机的“躯壳”；软件是指在计算机硬件上运行的各种程序及其相关数据和文档的总称，是计算机的“灵魂”。

硬件系统分为主机系统（主机）和外围设备（外设）。主机包括中央处理器（CPU）、内存储器和主板等；外设包括外存储器、输入设备、输出设备等。

从逻辑上（功能上）来讲，冯·诺依曼计算机硬件包括运算器和控制器、存储器、输入设备和输出设备；现代计算机硬件主要包括中央处理器（CPU，运算控制器）、主存储器、外存储器、输入设备、输出设备等。

1. 冯·诺依曼计算机逻辑结构

冯·诺依曼计算机各组成部件之间有单独的连接线路，采用直接连接方式，早期的计算机基本采用冯·诺依曼计算机结构，被称为“经典计算机逻辑结构”，如图 2.1 所示。

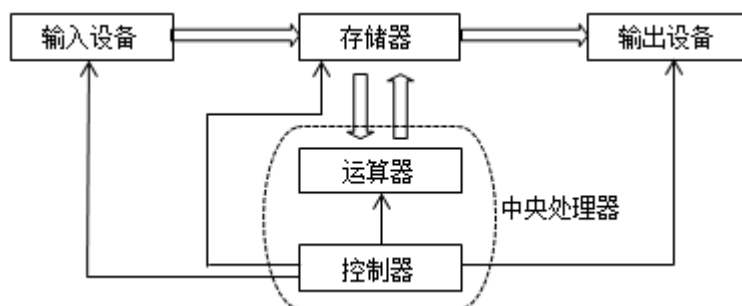


图 2.1 冯·诺依曼计算机逻辑结构

2. 现代计算机逻辑结构

现代计算机各组成部件是通过总线相互连接的，普遍采用总线结构（见图 2.2）。由此可见，现代计算机逻辑上由中央处理器、内存储器、外存储器、输入设备、输出设备以及总线组成。

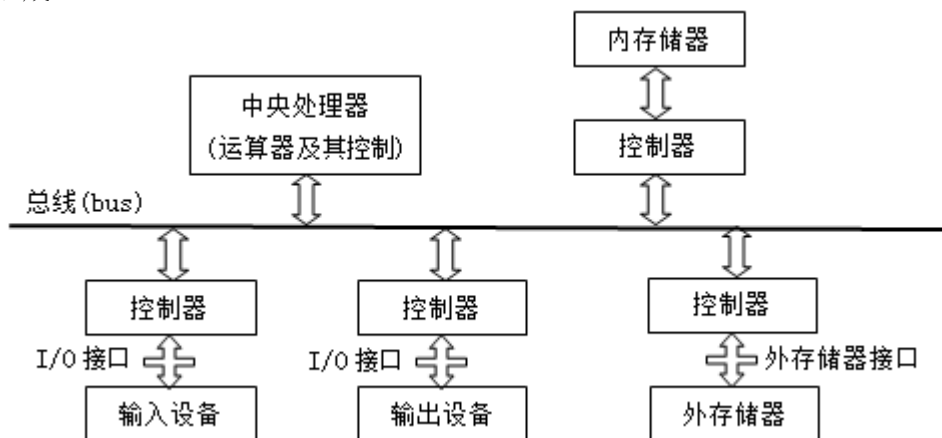


图 2.2 现代计算机的逻辑结构

2.2 主板、总线和 I/O 接口

无论是台式计算机还是笔记本电脑，CPU 芯片、存储器芯片、总线、I/O 控制器以及用作 I/O 接口的插头插座等，都安装在主板上。若把主板比作一座城市，则总线就像是城

市里的公共汽车（bus），按照固定行车路线，传输来回不停运作的数据。

2.2.1 主板

主板（mainboard）也称为母板，式安装在计算机主机箱内的一种印制电路板，也是计算机硬件系统的核心，计算机各硬件都需通过主板连接在一起。

1. 主板安装内容

以台式机为例，主板上通常安装有 CPU 插座、内存条插座、扩充卡插座、显卡插座、芯片组、BIOS 芯片、CMOS 存储器、光驱及硬盘连接器、电源连接器和若干用于连接外围设备的 I/O 接口（见图 2.3）。

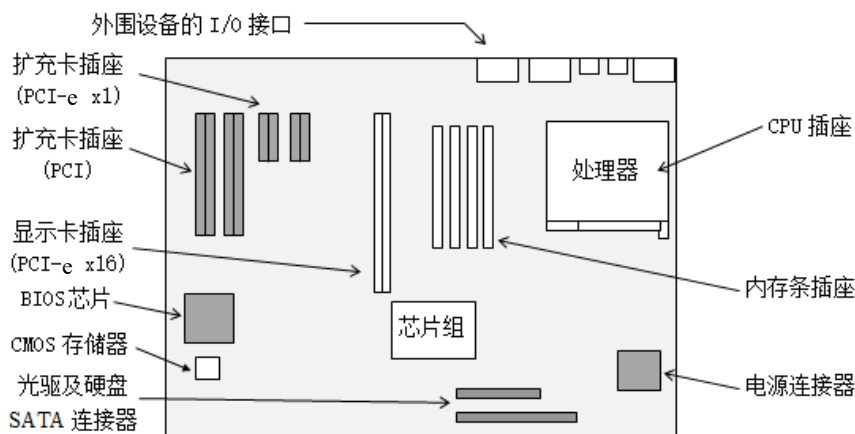


图 2.3 台式机主板示意图

主板上的 CPU 插座和内存条插座分别用来安装 CPU 芯片和内存条。扩充卡插座（PCI 或 PCI-e）、显示卡插座和 I/O 接口用于实现 PC 常用外围设备与主板相连，扩充卡（如声卡、显卡等）通过卡上的印刷头插在主板的扩充卡插座或显示卡插座中。现在，许多扩充卡（如声卡、网卡等）的功能已经部分或全部集成在了主板上。

主板上两块特别有用的芯片：BIOS 芯片和 CMOS 存储器。

（1）BIOS 芯片：用于长期存放基本输入输出系统（BIOS）的闪速存储器（flash memory）。BIOS 是计算机启动时最先运行的软件，具有诊断计算机故障和加载操作系统并启动运行的功能。BIOS 实际上是一组机器语言程序，主要包括四个部分程序，分别是加电自检程序、系统盘主引导记录装入程序、CMOS 设置程序和基本外围设备驱动程序。

（2）CMOS 存储器：存放着与计算机系统相关的一些参数（即“配置信息”），包括当前日期和时间、开机口令、光驱和硬盘个数及类型等。CMOS 存储器是一种易失性存储器，由主板上的纽扣电池供电，所以断电后存储的信息也不会丢失。可在开机后立刻按下特定的键（如“Del”键、“F2”键等）进入 CMOS 设置程序，设置系统配置信息。

2. 芯片组

芯片组（chipset）是一组共同工作的集成电路“芯片”，构成了主板电路的核心，几乎决定着主板的全部功能。芯片组是计算机各组成部分相互连接和通信的枢纽，一方面实现了计算机总线的功能，另一方面提供了各种 I/O 接口及相关控制。芯片组是主板的灵魂，

其性能的优劣决定了主板性能的好坏与级别的高低。

芯片组原先一共有两个主要的芯片：北桥芯片和南桥芯片。北桥芯片是存储控制中心，用于高速连接 CPU、内存条、显卡，并与南桥芯片互连；南桥芯片是 I/O 控制中心，主要与 PCI 总线插槽、USB 接口、硬盘接口、音频解码器、BIOS 和 CMOS 存储器等连接。随着集成电路技术的发展，北桥芯片的大部分功能集成在了 CPU 芯片中，其他功能则合并到南桥芯片，所以现在只需一块芯片（称为单芯片芯片组）就能完成系统所有硬件的连接，目前流行的 Core i9/i7/i5/i3、锐龙 R9/R7/R5/R3 等 CPU 芯片都是如此。

需要说明的是，有什么样的功能和速度的 CPU，就需要使用什么样的芯片组。芯片组与 CPU 芯片及外围设备是配套和同步发展的。CPU 的时钟信号也是由芯片组提供。CPU 的型号和种类繁多、功能特点不一，如果芯片组不能与 CPU 良好地协同工作，将会严重影响计算机的整体性能甚至不能正常工作。

2.2.2 总线

总线（bus）是用于在 CPU、内存储器、外存储器和各种输入输出设备等部件之间传输信息并协调它们工作的一种部件，由传输线和控制电路组成。总线是一种内部结构，主机的各个部件通过总线相连接，外围设备通过相应的接口电路再与总线相连接，从而形成了计算机硬件系统。

1. 总线类型

按照传输信号的性质划分，总线一般分为以下三类：

（1）数据总线：用于传送数据信息。数据总线一方面把 CPU 的数据传送到存储器或 I/O 接口等其他部件，另一方面将其他部件的数据传送到 CPU，是双向总线。数据总线的位数是计算机的一个重要指标，反映传输数据的能力，通常与 CPU 的字长相一致。

（2）地址总线：专门用来传送地址信息。地址总线只能将地址信息从 CPU 传向存储器或 I/O 接口等，是单向总线。地址总线的位数决定了 CPU 可直接寻址的内存空间大小。

（3）控制总线：用来传送各种控制信号。控制总线传输的信号有 CPU 送往存储器和 I/O 接口的，如读/写信号，也有其他部件反馈给 CPU 的，如设备就绪信号，传送方向由具体情况而定，一般是双向的。控制总线的位数要根据系统的实际控制需要而定，控制总线的具体情况主要取决于 CPU。

按照连接的主要部件，可将总线分为 CPU 总线（前端总线或高速总线）、I/O 总线等。CPU 总线用于连接 CPU 和内存；I/O 总线用于连接内存和 I/O 设备（包括外存）。按照传输的数据单位，总线可分为串行（一次只传输 1 位）总线和并行（多位一起进行传输）总线。

2. 总线性能参数

总线的主要性能参数包括数据通路宽度、总线周期、总线工作频率和总线带宽等。

（1）数据通路宽度：指的是总线能同时传送的二进制数据的位数。

（2）总线周期：一次总线操作所需的时间，通常由若干个总线时钟周期（即机器的时钟周期）构成。

（3）总线工作频率：总线上各种操作的频率，实际上是指一秒内传送几次数据，以兆赫兹（MHz）为单位。若总线周期包含 N 个时钟周期，则总线工作频率=总线时钟频率/ N 。

(4) 总线带宽: 指的是单位时间内总线上传送的数据量, 单位用 B/s 表示。总线带宽是总线本身所能达到的最高传输速率。总线带宽计算公式如下:

$$\begin{aligned}\text{总线带宽} &= (\text{数据通路宽度}/8) \times \text{总线工作频率}(\text{B/s}) \\ &= (\text{数据通路宽度}/8) \times \text{总线时钟频率}/N(\text{B/s})\end{aligned}$$

备注: 总线周期包含 N 个时钟周期。

3. 总线标准

总线在发展过程中逐步标准化, 形成了如下常见的总线标准:

(1) ISA 总线: 为 PC/AT 机建立的系统总线标准, 也称为 AT 总线, 只支持 16 位 CPU, 不支持多台主设备系统。最大数据传输率为 16 MB/s。

(2) EISA 总线: 扩充 ISA 总线, 支持 32 位, 并向下兼容 ISA 总线, ISA 的总线控制由 CPU 完成。最大数据传输率为 33 MB/s。

(3) PCI 总线: 外围设备互联型总线标准。支持 32 位, 可升级到 64 位, 向下兼容 ISA、EISA, 最大数据传输率 132 MB/s, 升级到 64 位时, 数据传输率可达 264 MB/s。

(4) AGP 总线: 严格来说, AGP 不能称为总线, 而是一种接口方式。AGP 是 accelerated graphics port (加速图形端口) 的缩写。随着显示芯片的发展, PCI 总线日益无法满足其需求。AGP 与 PCI 总线不同, 它在图形显示卡和内存之间提供了一条直接访问路径。AGP 接口的发展经历了 AGP1.0(AGP1X、AGP2X)、AGP2.0(AGP Pro、AGP4X)、AGP3.0(AGP8X) 等阶段, 传输速率 AGP1X 的 266 MB/s 发展到 AGP8X 的 2.1 GB/s。

(5) PCI-e 总线: 即 PCI-express, 是最新的总线和接口标准, 这个新标准将全面取代现行的 PCI 和 AGP, 最终实现总线标准的统一, 当然这需要一个相当长的过程。PCI-e 有多种规格, 从 PCI-e 1X 到 PCI-e 16X, 能满足现在和将来一定时间内出现的低速设备和高速设备的需求。PCI-e 1X 传输速率可达 250 MB/s, PCI-e 总线数据传输速率目前最高可达到 10 GB/s 以上, 而且还有很大发展空间。

2.2.3 I/O 接口

I/O (input/output), 即输入输出。I/O 操作的任务是将输入设备输入的数据送入计算机内存存储器, 或者将数据从内存存储器读出送到输出设备, 外存储器与内存存储器之间的数据传输也属于 I/O 操作。

I/O 接口是 I/O 设备与主机之间的连接器和用于实现 I/O 通信规程的控制电路。为了方便更换与扩充 I/O 设备, 计算机系统内的 I/O 设备一般通过 I/O 接口与各自的控制器连接, 然后由控制器与 I/O 总线相连。

I/O 设备有许多不同种类, 相应的 I/O 接口也可能不同, 因此 I/O 接口也有多种类型。现在除了显示器和硬盘有专用的接口之外, 其他设备几乎都使用 USB 接口。大多数智能手机等移动终端设备, 也都采用 USB 接口。







1. USB 接口

USB 是通用串行总线 (universal serial bus) 的英文缩写。USB 接口的标准是通用的; 采用串行传输方式; 采用总线方式可同时连接多个设备, 设备最多 127 个。USB 接口有如下主要特点:

- (1) 支持热插拔和即插即用。
- (2) 应用广泛，支持多种低速、全速、高速设备。
- (3) 体积小，携带方便。
- (4) 可通过 USB 接口由主机向外设提供电源。

USB 接口有多个版本（协议），早期的 1.0 版和 1.1 版已基本不使用，现在普遍使用的是 2.0 版，3.0 版也已被广泛采用，同时新的版本不断涌现。不同版本的 USB 接口有不同的标识，且带宽也有差异，具体如表 2.1 所示。

表 2.1 USB 接口的版本标识和带宽

版 本	标 识	带 宽
USB 2.0		480 Mb/s
USB 3.0		5 Gb/s
USB 3.1		10 Gb/s
USB 3.2		20 Gb/s
USB4 20		20 Gb/s
USB4 40		40 Gb/s

USB 连接器规格也有多种。按用于主机还是外设分 A 型和 B 型，A 型通常出现在 PC 上，B 型通常出现在 USB 设备上；按形状大小分标准型、小型（mini）和微型（micro）。USB Type-C 是和 USB 3.1 版一起推出的一种新型连接器，最明显的特点就是支持正反面盲插。表 2.2 是 USB 接口的各版本和相应连接器的情况。

表 2.2 USB 接口的版本和连接器

版本	USB Type-A	USB Type-B			USB Type-C
	标准	标准	小型（Mini）	微型（Micro）	
USB 2.0					
	PC 机使用	PC 外设使用	数码产品使用	手机等移动终端使用	
USB 3.0					
	PC 机使用	PC 外设使用	数码产品使用	外置硬盘、U 盘、蓝光光驱等使用	
USB 3.1	可以支持 Type-A（标准）、Type-B（微型）以及 Type-C 三种，连接器结构及作用与 USB 3.0 一致。 虽然 USB Type-C 接口对 USB 2.0、USB 3.0、USB 3.1 等各版本都支持，但只有采用 USB 3.1 版本的 Type-C 接口传输速度才比较快				

2. 智能手机的 I/O 接口

智能手机经常需要与 PC 机连接,进行数据传输或软件下载安装,此时的智能手机相当于 PC 机的一个 I/O 设备。智能手机的 I/O 接口主要是无线传输方式和具有 OTG 功能两种。

几乎所有智能手机都配置了无线传输方式的 I/O 接口,其中蓝牙和近场通信(NFC)是常用的两种。无线 I/O 接口可用来连接耳机、键盘、手表、智能手表/手环、打印机等,为智能手机提供很好的扩展。

OTG 是 on-the-go 的缩写,OTG 技术主要应用于各种不同的设备或移动设备之间的连接,并进行数据交换,于 2014 年左右开始在市场普及。OTG 可分为如下两大类:

(1) USB OTG 接口:在完全兼容 USB 2.0/3.0/3.1 等标准的基础上增加了一个 ID pin (用于识别是“主控”设备还是“从”设备),通过 ID pin 的控制,允许设备既可作为主机又可作为外设工作。作为“从”设备时,“主控”设备 PC 机对其进行控制、访问、数据传输和充电等;作为“主控”设备时,连接 U 盘、打印机、鼠标、键盘等“从”设备以扩充辅助存储器的容量、方便输入输出等。USB 2.0 OTG 的 Micro 5PIN OTG 和 Mini 5PIN OTG 应用于安卓平板电脑;Micro USB 3.0 OTG 是三星、小米等 2016 年以前安卓智能手机使用的;Type C OTG 是三星、小米、华为等 2016 年以后安卓智能手机使用的。

(2) Lightning (闪电) OTG 接口:苹果公司的 iPhone、iPad 使用的接口,其数据线的插头正反两个方向均可插入使用,比 USB 接口方便。iPhone、iPad 通过 Lightning 接口连接 PC 机传输数据和安装软件,并能连接充电器进行充电,连接音响设备播放音乐等。

2.3 中央处理器

处理器是一种能高速执行指令,完成二进制数据的算术或逻辑运算和数据传输等操作的部件。现在的处理器也称为微处理器,因为处理器的所有组件都制作在仅几平方厘米的集成电路芯片上。

处理器的种类有多种,现代计算机中一般会包含多个处理器,它们各自有不同的分工和任务,其中承担执行系统软件和应用软件任务的处理器称为中央处理器(CPU)。CPU 是计算机必不可少的核心部件。

接下来的三小节,2.3.1 节和 2.3.2 节中的 CPU 是指 CPU 芯片中的 CPU 内核(“纯”处理器),2.3.3 节中的 CPU 指的是 CPU 芯片。事实上,CPU 芯片中除了 1 个或多个 CPU 内核,还包含其他部件。日常所说的 CPU 可能是 CPU 芯片,也可能是 CPU 内核,可根据上下文进行辨别。

2.3.1 CPU 的作用与组成

1. CPU 的作用

CPU 的根本任务是执行指令,按指令的要求完成对数据的基本运算和处理。根据大多数计算机都遵循的“存储程序控制”原理,计算机的工作流程如下:程序运行时,CPU 自动从内存中一条一条地取出指令和相应的数据,按照指令操作码的规定,对数据进行运算处理,直到程序执行完毕,如图 2.4 所示。

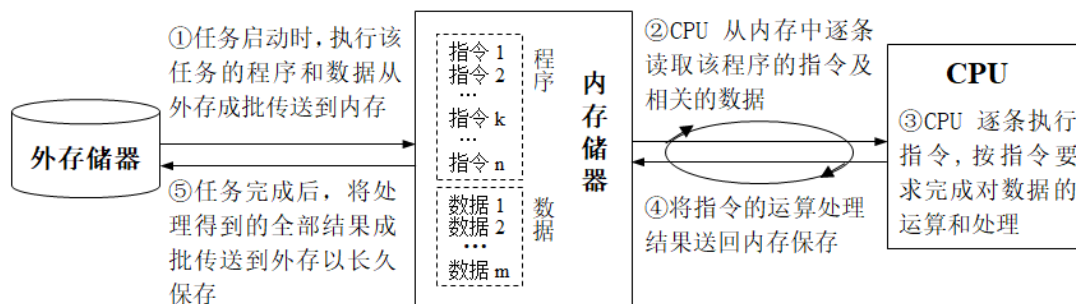


图 2.4 程序在计算机中的执行过程

2. CPU 的组成

CPU 主要由运算器、控制器和寄存器组三部分组成，其结构如图 2.5 所示。

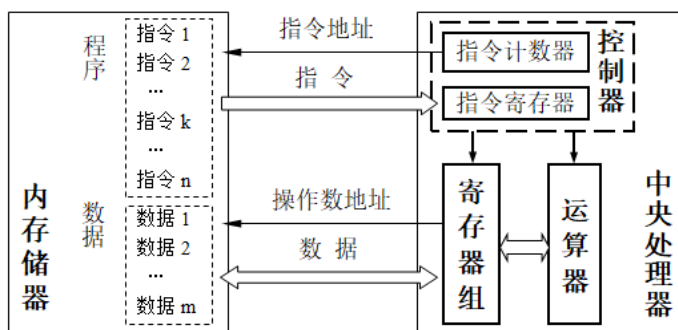


图 2.5 CPU 组成及与内存的关系

(1) 运算器：计算机的处理中心，运算器的核心是算术逻辑部件（ALU）。ALU 用来对二进制数据进行加、减、乘、除或与、或、非等各种基本的算术运算和逻辑运算。通常，运算器运算的数据来自寄存器，运算结果也送回寄存器保存。为了加快运算速度，运算器中的 ALU 可能有多。

(2) 控制器：CPU 的指挥中心。控制器包含了指令计数器和指令寄存器等部件。指令寄存器用来存放 CPU 正在执行的指令的地址，CPU 根据该地址从内存读取所要执行的指令。指令寄存器用来保存当前正在执行的指令，通过译码器解释该指令的含义，控制运算器的操作，记录 CPU 的内部状态等。

(3) 寄存器组：由十几个甚至几十个寄存器组成。寄存器用来临时存放参加运算的数据和运算得到的中间或最后结果。需要运算器处理的数据预先从内存传送到寄存器；运算结果不需继续参加运算就从寄存器送回到内存。寄存器拥有非常高的读写速度，因此数据传送非常快。CPU 内部的寄存器包括通用寄存器、专用寄存器和控制寄存器三种。

虽然为了提高 CPU 的处理速度，其结构要比上面介绍的复杂很多，但是几十年来 CPU 的工作原理和基本结构并没有实质性的改变。

2.3.2 指令与指令系统

1. 指令

指令是指示 CPU 执行具体操作的命令，采用二进制位表示。程序由一系列指令组成，

指令是构成程序的基本单位。

一条指令通常由操作码和操作数两个部分组成。

(1) 操作码：指出 CPU 应执行何种操作的一个命令词，如加、减、乘、除等，每一种操作分别使用不同的二进制代码表示。

(2) 操作数：指出该指令所操作（处理）的数据或者数据所在位置（内存中的存储单元地址）。

2. 指令的执行过程

任何程序的运行总是由 CPU 一条一条地执行程序中的指令来完成的。指令的执行过程大体如下：

(1) 取指令：根据指令计数器中的指令地址从存储单元中取出要执行的指令并存放到指令寄存器。

(2) 指令译码：指令寄存器中的指令经过译码，决定该指令进行何种操作和操作数所在的位置。

(3) 生成控制信号：控制器根据译码结果，按一定顺序产生执行该指令所需的所有控制信号。

(4) 执行指令：在控制信号的作用下，CPU 各部分联系起来以完成该指令所规定的各种操作，实现数据的处理和结果的保存。

(5) 重复执行：修改指令计数器，决定下一条需执行的指令，重复上述 4 个步骤，直到程序的所有指令执行完毕。

3. 指令系统

指令系统是指 CPU 所能执行的全部指令的集合，即 CPU 的机器语言，也就是计算机硬件的语言系统。

每一种 CPU 都有其独特的一组指令。关于 CPU 指令系统的兼容性，大体情况如下：

(1) 不同公司生产的 CPU，指令系统一般是不相同的，即互不兼容。但是有些 PC 使用 AMD 公司的 CPU，其指令系统与 Intel 公司的 CPU 基本一致，因此这两大公司的 CPU 相互兼容。

(2) 同一公司同一系列的 CPU 具有向下兼容性：使用老型号 CPU 的计算机的程序能在使用新型号 CPU 的计算机上运行，反之则不可以。新处理器的开发采用“向下兼容方式”，即新处理器保留老处理器的全部指令，同时扩充功能更强的新指令。

(3) PC 机的 CPU 与平板计算机和智能手机互不兼容，也即 PC 机上的程序一般不能直接在平板计算机和智能手机上运行，反之也如此。

2.3.3 CPU 的性能指标

计算机的性能和许多因素有关，如 CPU、内存、硬盘等，但 CPU 是最主要的因素。CPU 的性能主要表现在程序执行速度上，CPU 执行速度可用每秒钟可执行的指令数目来衡量，影响 CPU 执行程序速度的因素即 CPU 的性能指标。

CPU 的主要性能指标如下：

(1) 字长（位数）：指通用寄存器和定点运算器的宽度（二进制整数运算的位数），即

CPU 在单位时间内能一次处理的二进制数的位数。CPU 的字长是表示运算器性能的主要技术指标。通常 PC 机的字长为 16 位（早期）、32 位、64 位。现在市面上大多 PC 的 CPU 已达到 64 位，但好多因为软件的限制还是以 32 位字长运行。

（2）指令系统：指令的类型、数目、功能等会影响程序的执行速度。PC 机的 CPU 指令系统比较复杂，智能手机的相对简单。

（3）主频（CPU 时钟频率）：指 CPU 芯片中电子线路的工作频率，决定 CPU 芯片内部数据传输与操作速度的快慢。一般而言，主频越高，执行一条指令所需时间就越少，CPU 的处理速度就越快。目前市面上绝大多数 CPU 的主频在 1 GHz~4 GHz 之间。

（4）高速缓存（cache）的容量与结构：程序运行过程中，高速缓存有利于减少 CPU 访问内存的次数。通常，cache 容量越大、级数越多，其效用越明显。

（5）逻辑结构（微架构）：CPU 包含的定点运算器和浮点运算器数目、采用的流水线结构和级数、指令分支预测机制、执行部件的数目等对指令执行的速度有影响。

（6）CPU 内核的数目：为了提高 CPU 的处理速度，现在 CPU 芯片往往包含 2 个、4 个、6 个甚至更多的 CPU 内核，每个内核都是一个独立的 CPU（处理器）。在操作系统支持下，多个 CPU 内核实现并行处理。CPU 内核越多，CPU 芯片的整体性能就越高。

2.4 存 储 器

存储器（memory）是用来存储程序和各种数据的记忆部件。存储器可分为内存储器（简称内存）和外存储器（又称为辅助存储器，简称外存或辅存）两大类。内存储器和外存储器之间常常频繁地交换信息。

表 2.3 是内存储器和外存储器在各方面特点的对比，可以看出，速度越快的存储器一般成本会越高。为了获得更好的性能价格比，计算机中各种存储器往往组成一个层状的塔式结构（见图 2.6），取长补短，协调工作。

表 2.3 内存储器和外存储器的特点对比

	内 存 储 器	外 存 储 器
存取速度	很快	较慢
存储容量	较小（因单位成本较高）	很大（因单位成本较低）
性质	断电后信息消失	断电后信息不消失
用途	存放已经启动运行的程序和需要立即处理的数据	长期存放计算机系统中几乎所有的信息
与 CPU 关系	CPU 所处理的指令及数据直接从内存中取出	程序及相关数据必须先送入内存后才能被 CPU 使用

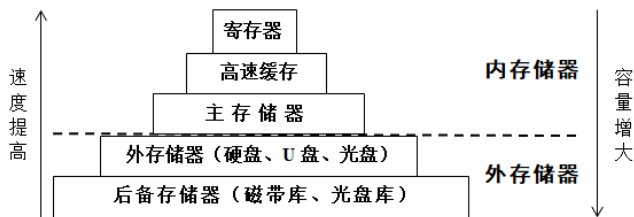


图 2.6 存储器的层次结构

CPU 运行时，需要的操作数大部分来自寄存器；如需从（向）存储器中取（存）数据，先访问 cache（高速缓存），如在，取自 cache；如操作数不在 cache，则访问主存储器，如在，则取自主存储器；如操作数不在主存储器，则访问硬盘，操作数从硬盘中读出→主存储器→cache。

2.4.1 内存储器

内存储器实际包括 CPU 内核中的寄存器、CPU 芯片中的高速缓存（cache）以及主存储器（内存条构成）。通常所说的“内存”指的是主存储器。

1. 半导体存储器类型及应用

早期的内存储器使用磁芯。随着大规模集成电路的发展，半导体存储器集成度大大提高，成本迅速下降，存取速度大大加快，所以目前微型计算机的内存一般都使用半导体存储器。

半导体存储器从功能可分为两大类：随机存取存储器 RAM（random access memory）和只读存储器 ROM（read only memory）。图 2.7 是半导体存储器详细分类情况。

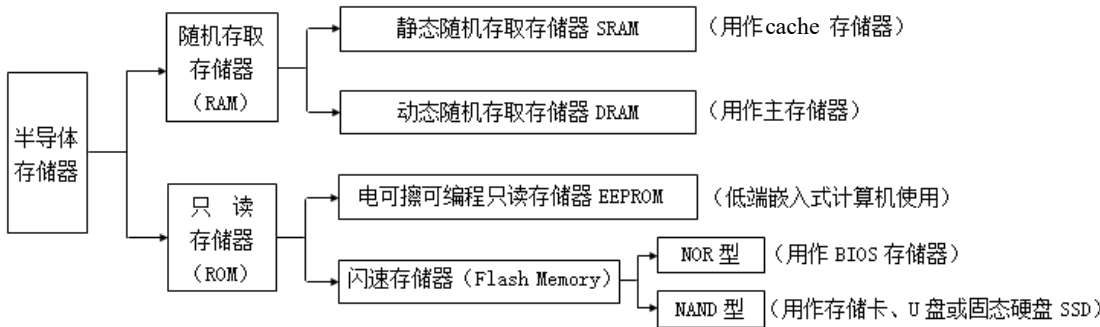


图 2.7 半导体存储器类型及应用

RAM 是易失性存储器。DRAM 芯片电路简单，集成度高，功耗小，成本较低，工作速度比 CPU 慢，适合用作主存储器；SRAM 芯片电路较复杂，集成度低，功耗较大，成本较高，但工作速度很快，与 CPU 差不多，适合用作高速缓存 cache。

ROM 是非易失性存储器。EEPROM 速度较慢，容量不大，价格便宜，在 IC 卡之类的低端产品中用得较多；flash memory（闪速存储器或快擦除存储器，简称闪存）速度快，容量大，低电压时类似 ROM，较高电压时类似 RAM。flash 存储器又分为或非型（NOR flash）和与非型（NAND flash）。NOR 型以字节为单位进行存取，可直接被 CPU 访问，可用作 BIOS 存储器等；NAND 型以页（块）为单位进行存取，在容量、使用寿命和成本方面有优

势，大多用作存储卡、U 盘、固态硬盘 SSD 以及智能手机中所谓的“手机存储”和“机身内存”之类的辅助存储器。

2. 主存储器

主存储器是内存储器的主体部分，简称主存。主存储器由 1~4 根内存条（见图 2.8）组成，内存条是把若干片 DRAM 芯片焊装在一小条印制电路板上制成的。主板上的内存条插座（插槽）就是用来安装内存条的。现在的 PC 机广泛使用 DDR3/DDR4 SDRAM 存储器芯片构成的内存条，DDR3 和 DDR4 均采用双列直插式（DIMM），PC 机主板上一般都配备有 2 个或 4 个 DIMM 插座，如图 2.9 所示。



图 2.8 内存条

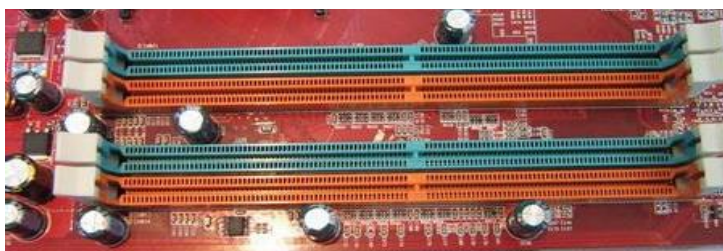


图 2.9 DIMM 内存插槽

主存储器的主要性能指标有两个：存储容量和存取时间（速度）。

（1）存储容量：主存储器中所包含的存储单元的总数（单位：MB 或 GB）。主存储器以字节为单位进行连续编址（见图 2.10），每个存储单元为 1 个字节（8 个二进位）。

（2）存取时间：指的是从 CPU 给出存储器地址开始，到主存读出数据并送到 CPU（或者是把 CPU 数据写入主存）所需要的时间，存取时间的单位是纳秒 ns（ $1\text{ ns} = 10^{-9}\text{ s}$ ）。

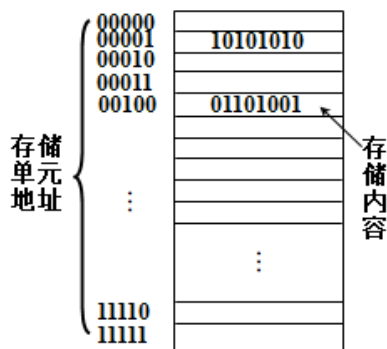


图 2.10 主存储器编址

3. 高速缓冲存储器

高速缓冲存储器 (cache) 主要是为了解决 CPU 和主存速度不匹配问题, 由 SRAM 芯片组成, 具有容量小而速度快的特点。cache 直接制作在 CPU 芯片内, 速度几乎与 CPU 一样快。根据程序局部性原理, 正在使用的主存某一单元邻近的那些单元将被用到的可能性很大, 这部分数据和指令将会预先复制在 cache 中, cache 中的内容是主存中部分内容的映像。程序运行时, 当 CPU 需要读 (写) 数据或指令时, 先检查 cache 中有没有, 若有就直接读取, 而不用访问主存。

cache 的读取命中率是其最重要的技术指标, 提高命中率的方法主要有增大 cache 容量、采用多级 cache、采用快速查找算法判定是否命中等。

2.4.2 外存储器

外存储器是磁性介质或光盘等部件, 用来存放各种数据文件和程序文件等需要长期保存的信息。CPU 不能像内存那样直接访问外存, 当需要外存的程序或数据时, 首先应将其调入内存, 然后再运行。

常见的外存储器有硬盘、U 盘和光盘等。

1. 硬盘

硬盘是计算机最重要的外存储器, 具有容量大、存取速度快等优点。硬盘存储器由磁盘盘片 (存储介质)、主轴与主轴电机、移动臂、磁头和控制电路等组成, 它们全部密封在一个盒状装置内, 这就是通常所说的硬盘。

硬盘的内部结构如图 2.11 所示, 一个硬盘内部包含多个盘片 (一般是 1~5 个), 盘片是硬盘的存储介质, 每个盘片有上下两个盘面用于记录数据。每个盘面都有一个读写磁头负责数据的写入或读出, 每个磁头都用一个移动臂固定, 移动臂用来带动磁头沿着盘面的径向移动。硬盘中的所有盘片都固定在主轴上, 主轴底部是主轴电机。硬盘工作时, 主轴电机带动主轴, 主轴带动盘片高速旋转。因为磁头是一个质量很轻的薄膜组件, 所以盘片高速旋转时带动的气流会将盘片两面对应的磁头托起。

硬盘记录数据的方法: 硬盘盘片的两个盘面都涂有一层很薄的磁性材料, 磁性材料粒子有两种不同的磁化方向, 分别用来表示二进位 “0” 和 “1”。如图 2.12 所示, 每个盘面被分为许多同心圆, 每个圆称为一个磁道, 每个磁道都有一个编号, 最外面的是 0 磁道; 每个磁道被划分为若干段 (段又称为扇区), 每个扇区的存储容量均为 512 Byte 或 4 KB (容量超过 2 TB 的硬盘), 每个扇区也有一个编号。所有盘片上相同半径处的所有磁道构成一个 “柱面”。

衡量硬盘存储器性能有以下主要指标:

(1) 硬盘容量: 以 GB 或 TB 为单位, 目前 PC 机硬盘单碟容量大多为几百 GB 到 1 TB。硬盘的容量由磁头数、柱面数、每个磁道的扇区数和每个扇区的字节数决定:

$$\text{硬盘总容量} = \text{磁头数} \times \text{柱面数} \times \text{磁道扇区数} \times \text{每扇区字节数}$$

(2) 平均存取时间: 目前在几毫秒到几十毫秒之间, 由硬盘的旋转速度、磁头寻道时间和数据传输速率决定。

(3) 缓存容量: 缓存 (cache memory) 是硬盘控制器上的一块内存芯片, 具有极快的存取速度, 是硬盘内部存储和外界接口之间的缓冲器。理论上缓存容量越大越好, 目前硬盘

的缓存容量大多为几 MB~几十 MB。

(4) 数据传输速率：分为外部传输速率和内部传输速率。外部传输速率指主机从（向）硬盘缓存读出（写入）数据的速度，与采用的接口类型有关；内部传输速率指硬盘在盘片上读写数据的速度，通常远小于外部传输速率。硬盘旋转速度越高内部传输速率就越快。

(5) 硬盘接口：硬盘与主机间的连接部件，作用是在硬盘缓存和主机内存之间传输数据。硬盘接口分为 ATA、SATA、SCSI 等，SATA 接口已逐渐取代 ATA 接口成为目前主流的硬盘接口。SATA 接口采用串行传输方式，传输速率为 150 MB/s，SATA 3.0 版本可以达到 6 Gb/s（约 600 MB/s）。SCSI 接口的硬盘主要应用在服务器上。

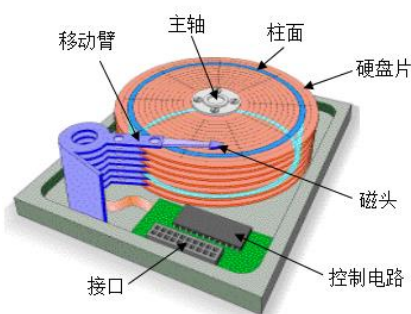


图 2.11 硬盘内部结构

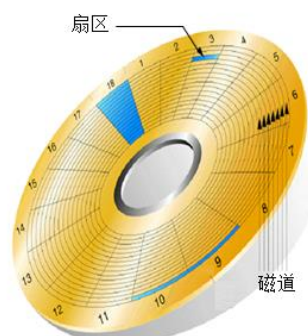


图 2.12 磁道和扇区

2. U 盘

U 盘是目前广泛使用的移动存储器之一，采用 NAND Flash 存储器（闪存）芯片，具有体积小、重量轻的特点。U 盘容量按需要而定（几个 GB~几百 GB），具有写保护功能。

U 盘具有以下特点：

- (1) 数据保存安全可靠，使用寿命长。
- (2) 使用 USB 接口，即插即用，支持热插拔（必须先停止工作）。
- (3) 读写速度比较快。
- (4) 可以模拟光驱和硬盘启动操作系统。

3. 光盘

光盘以光信息作为存储信息的载体来存储数据，通过在盘面上压制凹坑的方法来记录信息，凹坑的边缘处表示“1”，而凹坑内和凹坑外的平坦部分表示“0”，信息的读出需要使用激光进行分辨和识别。

按存储容量，目前光盘主要分为 CD 光盘、DVD 光盘和蓝光光盘。这三种光盘可以分别按信息读写特性进一步分为只读光盘、一次可写光盘和可擦写光盘。

(1) CD 光盘：主要用来存储高保真数字立体声音乐（即 CD 唱片），CD 光盘最大容量大约 700 MB。CD 光盘有只读光盘（CD-ROM）、一次可写光盘（CD-R）和可擦写光盘（CD-RW）三种类型。

(2) DVD 光盘：是 CD 光盘的后续产品，支持双面双层结构。盘片大小相同的情况下，DVD 光盘存储容量是普通 CD 光盘的 8~25 倍，且存取速度是 CD 的 9 倍以上。普通 DVD 光盘单面单层存储容量为 4.7 GB，双面双层可达 17 GB。DVD 光盘也分为只读光盘 DVD-

ROM、一次可写光盘(DVD-R 或 DVD+R)和可擦写光盘(DVD-RAM、DVD-RW 或 DVD+RW)三种类型。

(3) 蓝光光盘(BD): 是 DVD 光盘的下一代,也是目前比较先进的大容量光盘,单层存储容量为 25 GB,双层的为 50 GB,新的 3 层和 4 层蓝光光盘存储容量分别达 100 GB 和 128 GB。蓝光光盘也一样有只读光盘(BD-ROM)、一次可写光盘(BD-R)和可擦写光盘(BD-RE)三种类型。

光盘驱动器(简称光驱)用于带动盘片旋转并读出盘片上的(或向盘片上刻录)数据。衡量光驱数据传输速率的指标是倍速。CD 的 1 倍速是 150 KB/s,DVD 的 1 倍速是 1353 KB/s,BD 的 1 倍速为 36 Mb/s。光驱与主机的接口主要是 SATA 接口(内置)和 USB 接口(外接)。

2.5 输入和输出设备

输入设备和输出设备通称 I/O (input/output) 设备,这些设备是计算机与外界(人、环境或其他设备)联系和沟通的桥梁,用户或外部环境通过 I/O 设备与计算机系统互相通信。

2.5.1 输入设备

输入设备用来向计算机输入命令、数据、文本、声音、图像和视频等信息,不论信息的原始形态如何,输入到计算机中的信息都使用二进制位来表示。输入设备种类较多,有字符与命令输入设备(键盘、鼠标器、手写板、触摸屏等)、图像输入设备(扫描仪、数码相机、摄像头、传感器等)以及声音输入设备(麦克风等)。

1. 键盘

键盘是最常用和最主要的输入设备,用来向计算机输入字母、数字、符号、命令等信息。使用键盘之前需熟悉键盘的布局(见图 2.13)。



图 2.13 键盘布局

常规的键盘按键有机械式和电容式两种,但机械式是早期使用的,现在键盘上的按键大多是电容式的。电容式键盘无磨损和接触不良问题,耐久性、灵敏度和稳定性都比较好,击键声音小,手感较好,寿命较长。

键盘与主机的常用接口有 PS/2 接口(见图 2.14)、USB 接口和无线接口(红外线或蓝牙)。

2. 鼠标器

鼠标器简称鼠标,用于输入鼠标移动的位置信息及按钮命令,具体就是控制屏幕上的鼠标光标准确地定位在指定的位置处,然后通过按键(左键或右键)发出命令,完成各种操作。

鼠标的结构经过了几次演变,现在流行的是光电鼠标(见图 2.15)。光电鼠标工作速度快,准确性和灵敏度高,几乎没有机械磨损,不需要专用鼠标垫(除了在玻璃、金属等光亮平面上)。

鼠标与主机的接口与键盘类似,主要有 PS/2 接口、USB 接口和无线接口(红外线或蓝牙)。使用红外线的无线鼠标比较常见,而使用蓝牙通信的无线鼠标也逐步流行。



图 2.14 键盘/鼠标的 PS/2 接口



图 2.15 光电鼠标

3. 扫描仪

扫描仪是将文档原稿(图片、照片、底片、书稿)的影像输入计算机的一种输入设备。按照机构,扫描仪分为平板式、手持式、胶片式和滚筒式等类型,如图 2.16 所示。

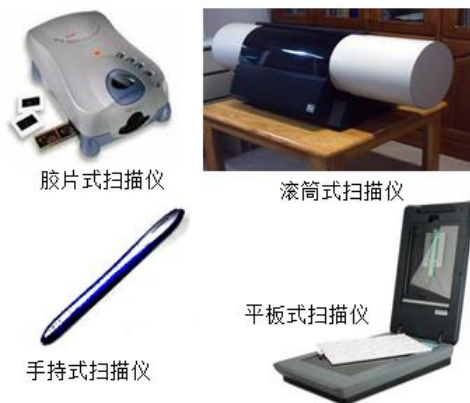


图 2.16 三种类型扫描仪

(1) 平板式扫描仪:主要扫描反射式稿件,适用范围较广,扫描速度、精度和质量比较好,在家用和办公自动化领域得到广泛应用。

(2) 胶片式和滚筒式扫描仪:高分辨率的专业扫描仪,技术性能很高,多用于专业印刷排版领域。

(3) 手持式扫描仪:扫描头较窄,只适用于扫描较小的图件。

扫描仪的主要性能指标:

(1) 光学分辨率(dpi): 反映扫描仪扫描图像的清晰程度, 用纵向和横向每英寸生成的像素数目(dpi)来表示, 如 600×1200 dpi。

(2) 色彩位数(色彩深度): 反映了扫描仪对图像色彩的辨析能力, 位数越多, 扫描仪所能反映的色彩就越丰富, 扫描的图像效果也越真实。色彩位数可以是 24 位、36 位、42 位、48 位等, 分别可表示 2^{24} 、 2^{36} 、 2^{42} 、 2^{48} 种不同的颜色。

(3) 扫描幅面: 指容许原稿的最大尺寸, 如 A4 幅面、A3 幅面、A0 幅面等。

(4) 与主机的接口类型: SCSI 接口、USB 接口、1394 接口等。

4. 其他输入设备

手写板: 作用与键盘类似, 基本上局限于输入文字或者绘画, 也带有一些鼠标的功能。手写板一般是使用一只专门的笔, 或者手指在特定的区域内书写。手写板通过各种方法将笔或者手指走过的轨迹记录下来, 然后识别为文字。手写板还可以用于精确制图。

触摸屏: 智能手机、平板电脑等便携式数字设备广泛使用触摸屏作为输入设备, 触摸屏兼有鼠标和键盘的功能。现在流行的是“多点触摸屏”, 可以同时感知屏幕上的多个触控点, 并能感应到手指滑动的快慢以及力度, 从而使操控更加人性化。

数码相机/摄像头: 可以获取现实世界中景物的数字图像。成像芯片 CMOS 或 CCD 的像素数目是其中重要的性能参数之一, 决定数字图像能达到的最高分辨率。

条码阅读器: 是一种能够识别条形码的扫描装置, 连接计算机使用。超市、商场和图书馆等都用条码阅读器来帮助管理商品和图书。

2.5.2 输出设备

输出设备用来从计算机输出信息, 即把计算机中的二进制位信息转换成人可感知的形式(文字、符号、图像、声音等)。常用输出设备有显示器、打印机、绘图仪和影像输出、声音输出以及磁记录设备等。

1. 显示器

显示器是计算机必不可少的一个图文输出设备, 用于将数字信号转换为光信号, 使文字和图形在屏幕上显示出来。

PC 机的显示系统通常由两部分组成: 显示器和显示控制器。显示器是一个独立的设备; 显示控制器也称为显示卡(显卡)、图形卡或视频卡, 要么以扩充卡的形式插在主板上(独立显卡), 要么以显示控制模块包含在 CPU 芯片中(集成显卡)。

计算机的显示器有多种类型, 根据制造材料的不同, 可分为阴极射线管显示器(CRT)、液晶显示器(LCD)等。LCD 显示器为平板式, 体积小、重量轻、功耗少、辐射少, CRT 现在几乎全部被 LCD 取代, 还有极少数台式机在使用。

显示器的主要性能参数:

(1) 显示屏尺寸: 以显示屏的对角线长度来度量, 如 15 in(英寸, 1 in = 2.54 cm)、17 in、19 in、22 in 等, 目前主流产品的屏幕尺寸以 23 in 和 27 in 为主。

(2) 宽高比: 普通屏为 4:3, 宽屏为 16:10 或 16:9。

(3) 显示分辨率: 水平像素个数×垂直像素个数, 常用的分辨率有: 640×480(256 色)、1 024×768、1 280×1 024 等, 在显卡的控制下, 屏幕分辨率可以设置。现在一些显示器(或

电视机)标识“2K/3K/4K”,几K是指水平像素个数达到或接近1024的几倍,如分辨率4096×2160、3840×2160都属于4K显示器的范畴。

(4)刷新速率(刷新率):画面每秒钟更新的次数,刷新率越高,屏幕图像越稳定。

(5)响应时间:LCD像素点对输入信号的反应速度,响应时间越小越好。

(6)其他:色彩、亮度和对比度、背光源(LCD背后的光源)类型、辐射和环保等。

显卡的主要性能指标:

(1)绘图处理器(图形引擎,GPU)类型。

(2)显存容量:显存即显示存储器,集成显卡的显示存储器与主存储器合二为一。显存容量越大,可存储的图像数据就越多,支持的分辨率与颜色数也就越高,目前显存容量一般为128MB~8GB。

(3)显卡与主机的接口:PCI-e接口、AGP接口(已很少使用)。

(4)显卡与显示器的接口:VGA接口(即D-Sub15接口),属于模拟接口;DVI接口,属于数字接口;HDMI全高清多媒体接口,既传送数字图像信号,也同时传送多声道数字音频信号,而且是以无压缩方式传送的。

2. 打印机

打印机是把程序、数据、字符、图形在纸上输出以供阅读和保存的计算机外部设备。

打印机的种类较多,按对纸张是否有击打动作,分为击打式打印机和非击打式打印机;按打印字符结构,分为分全形字打印机和点阵字符打印机;按采用的技术,又可以分为柱形、球形、喷墨式、热敏式、激光式、静电式、磁式、发光二极管式等。

目前使用较广的是针式打印机、喷墨打印机和激光打印机三种(见图2.17)。



图 2.17 常用类型打印机

(1)针式打印机:一种击打式打印机,利用钢针击打色带,把色带上的墨打印在纸上形成文本或图形。缺点是打印质量差、速度慢、噪声大;优点是可以多层套打、耗材相对较便宜。针式打印机虽已从办公和家用市场退出,但在打印存折和票据方面,具有其他类型打印机所不具备的优势,多应用于银行、证券、邮电、商业等领域。

(2)喷墨打印机:一种非击打式打印机,打印头上有若干个喷头,打印时,墨水以每秒近万次的频率喷射到纸上。优点是能输出彩色图像、经济、噪声低、打印效果好、环保;缺点是墨水成本高,而且消耗快。在彩色图像输出设备中,喷墨打印机占绝对的优势。

(3) 激光打印机: 激光技术与复印技术相结合的产物, 利用激光可以形成很细的光点, 将碳粉固着在纸上, 加热后碳粉固定在纸上, 最后印出文字和图片。优点是打印速度快、噪声低、质量好(打印效果是三种打印机中最好的); 缺点是彩色打印成本比较高。

打印机的主要性能指标:

(1) 打印精度(分辨率): 用每英寸打印的像素数目表示, 反映打印图像的清晰度, 单位为 dpi。针式打印机分辨率一般只有 180 dpi; 喷墨打印机分辨率一般可达 300~360 dpi, 高的能达 1 000 dpi 以上; 激光打印机分辨率最低 300 dpi, 高的可达 1 200 dpi。

(2) 打印速度: 针式打印机打印速度用每秒可打印的字符个数或行数表示; 激光和喷墨打印机是一种页式打印机, 速度单位是页数/分钟 (PPM), 通常 3~10 页每分钟。

(3) 色彩表现能力(彩色数目): 指打印机可打印的不同颜色总数。

(4) 可打印幅面大小: A3、A4 等。

(5) 与主机的接口: 并行口、SCSI 接口、USB 接口。

(6) 其他: 打印成本、噪声、功耗等。

2.6 本章小结

本章主要介绍计算机硬件方面相关知识, 包括: “存储程序控制” 计算机工作原理与计算机硬件逻辑组成; 主板安装内容和总线的类型、性能参数、标准以及 USB 接口与智能手机的 I/O 接口情况; 中央处理器 (CPU) 的作用、组成、性能指标和指令、指令系统的概念以及 CPU 的兼容性问题; 存储器的类型、半导体存储器的类型及应用、主存储器的性能指标、硬盘的结构与工作原理及性能指标、U 盘的特点和光盘的类型及相应存储容量情况; 常用的输入设备和输出设备的功能、类型以及性能指标。

习 题 2

1. 判断题

- (1) 硬盘属于外设, 所以 PC 机的硬盘在主机箱外面。 ()
- (2) USB 连接器有多种形状和大小。 ()
- (3) 现在 PC 中一般只有 1 个 CPU 芯片, 而 1 个 CPU 芯片通常包含多个 CPU 内核。 ()
- (4) 程序运行时, CPU 所执行的指令和处理的数据若不在内存中, 则可以直接从外存储器获取。 ()
- (5) 独立显卡与 LCD 显示器的连接大多采用 PCI-e 接口。 ()

2. 单选题

- (1) 在图形显示卡和内存之间提供了一条直接访问路径的总线标准是_____。
A. PCI-e B. EISA C. PCI D. AGP
- (2) 下面_____不是提高 CPU 运算速度的有效措施。
A. 提高 CPU 主频 B. 改进芯片组设计

C. 增加 cache 容量

D. 增加 CPU 内核数

(3) 若主存储器的地址编号为 0000H 到 FFFFH, 则该主存储器容量为_____。

A. 64 KB

B. 1 MB

C. 7FFF B

D. 8000 B

(4) 下列各组设备中, 全部属于输出设备的一组是_____。

A. 扫描仪、显示器和条码阅读器

B. 扫描仪、显示器和绘图仪

C. 打印机、显示器和条码阅读器

D. 打印机、显示器和绘图仪

(5) _____是扫描仪、显示器和打印机共有的一项性能指标。

A. 重量

B. 刷新率

C. 分辨率

D. 宽高比

3. 填空题

(1) 现代计算机各组成部件是通过_____相互连接的。

(2) _____构成了主板电路的核心, 几乎决定着主板的全部功能。

(3) CPU 的机器语言是_____, 也即是计算机硬件的语言系统。

(4) 主存储器的内存条是把若干片_____焊装在一小条印制电路板上制成的。

(5) 一个硬盘有 4 个盘片, 每个盘片每个面有 10 000 个磁道, 每个磁道有 2 000 个扇区, 每个扇区的容量为 512 Byte, 则生产厂家计算该硬盘的存储容量为_____GB。
(答案取整数, 四舍五入)。

4. 简答题

(1) 简述计算机的工作原理。

(2) 简述计算机执行指令的过程。

(3) 简述半导体存储器芯片分类情况、各种存储器芯片特点及相应的应用。

(4) 从速度、容量、性质、用途、与 CPU 的关系以及编址方案等方面, 简述内存存储器与外存储器的不同。

(5) 目前常用打印机有哪些? 简述这些打印机的打印原理以及各自的优缺点。



第3章 计算机软件

计算机软件是相对于计算机硬件而言的，是用户与硬件之间的接口。只有硬件系统的计算机是什么事也干不成的，要使得它运转起来发挥功效，必须得有软件系统的支持。使用不同的软件，计算机可以完成许许多多不同的工作，使计算机具有非凡的灵活性和通用性。

3.1 软件概述

3.1.1 什么是计算机软件

计算机软件（software，也称软件）是指计算机系统上的程序及与程序相关的数据和文档。程序是软件的主体，人们把解决问题的方法、思想、步骤以程序的形式写出来；数据指的是程序运行过程中需要处理的对象和必须使用的一些参数；而怎样设计、如何使用这些程序的技术文件就是文档，包括电子的和非电子的有关说明资料，如 `readme.txt`、说明书、用户指南、操作手册等。程序必须装入计算机内部才能工作，文档则是供人们参阅的，不一定装入计算机。

软件的主要任务是提高计算机的使用效率、发挥和扩大计算机的功效和用途，为用户使用计算机提供方便。没有任何软件支持的计算机称为裸机，裸机几乎没有任何作用，只有配备一定的软件才能发挥其功效，软件是计算机的灵魂。软件和硬件结合的统一整体才是一个完整的计算机系统。

软件是人们脑力劳动、智力的高度发挥及多人集体合作的结晶。作为知识作品，它与书籍、论文、音乐、电影等一样受到知识产权法的保护。软件知识产权就是软件开发者对自己的智力劳动成果所依法享有的权利，是一种无形财产。目前大多数国家采用著作权法来保护软件，著作权也称版权，版权所有者唯一地享有该软件的发布、拷贝、修改、出售、署名等诸多权利。用户在购买了一套正版软件之后，用户仅仅得到了该软件的使用权（即软件许可证），并没有获得它的版权。任何未经软件著作权人许可，擅自对软件进行复制、传播的行为，或以其他方式超出许可范围传播、销售和使用软件的行为，都是软件盗版行为。软件盗版行为是需要承担法律责任的。

3.1.2 计算机软件分类

按照不同的角度和标准，可以将软件划分为不同的种类。

1. 系统软件与应用软件

从软件功能和作用的角度出发，软件通常可以分为两大类：系统软件和应用软件。

1) 系统软件

系统软件是计算机厂家为实现计算机系统的管理、调度、监视和服务等功能而提供给用户使用的软件。它居于计算机系统中最靠近硬件的一层，与具体应用领域无关，但其他软件一般均要通过它才能发挥作用。系统软件的目的是方便用户，提高使用效率，扩充系统功能。系统软件一般包括操作系统、语言处理系统、数据库管理系统、常用系统辅助程序等。

(1) 操作系统 (operating system, OS)。操作系统是系统软件的核心，是计算机最基本的操作平台，是用户和计算机系统的接口和界面，每个用户都是通过操作系统来使用计算机的，而每个程序都要通过操作系统获得必要的资源以后才能执行。操作系统将根据用户的需要合理而有效地进行资源分配。通过操作系统可以提高计算机的性能，扩大计算机的功能，改善用户的工作环境，提供高效、方便的人机服务界面，从而达到提高计算机的总体效用。

常用的操作系统有 Windows、Linux、UNIX、Mac OS 等。

(2) 语言处理系统。语言处理系统是对程序设计语言进行处理的程序系统。除机器语言外，用其他任何层次的语言书写的程序都不能直接在计算机上执行，都需要对它们进行翻译。语言处理系统的作用就是把用程序设计语言书写的各种程序翻译成可在计算机上执行的程序，或其他中间语言形式。

(3) 数据库管理系统 (database management system, DBMS)。计算机信息系统中，信息的表现形式为数据。有组织、可共享的、相关数据的集合构成了数据库 (database)，顾名思义，即存放大量数据的“仓库”。数据库管理系统是在操作系统支撑下对数据库中的数据资源实现集中控制和管理的系统软件。用户可以通过数据库管理系统有效地进行查询、检索和管理数据库，数据库管理员也可以通过数据库管理系统建立、使用和维护数据库。

常见的数据库管理系统产品有：美国甲骨文公司的 Oracle，IBM 公司的 DB2，微软公司的 Microsoft SQL Server、Access，以及自由软件 MySQL 等。

(4) 常用系统辅助程序。系统的辅助程序包括为计算机系统提供服务的工具软件和支撑软件。有些是系统运行必不可少的软件，如计算机主板上固化在主板 ROM 芯片中的基本输入输出系统 (BIOS)，在嵌入式系统中的一些监控程序，各种设备的驱动程序，等等；有些是系统使用过程中提供帮助的软件，如编辑程序、调试程序、系统诊断程序等等；还有一些是为了维护计算机系统的正常运行、方便用户使用的软件，如 Windows 操作系统中的磁盘整理工具程序、备份程序、杀毒软件等。Windows 操作系统和其他操作系统中都附加了一些常用的系统辅助程序。

2) 应用软件

应用软件是面向特定应用领域的专用软件，是为最终用户解决各种具体应用问题的。由于计算机的通用性和应用的广泛性，应用软件比系统软件更加丰富多样。按照应用软件的开发方式和适用范围，应用软件可以再分为通用应用软件和定制应用软件两大类。

(1) 通用应用软件。计算机用户无论从事何种职业，进行何种操作，总有一些相同的活动，例如要进行文字编辑、数据的统计分析、交流联系、汇报演讲等。各种针对同一类问题开发的软件能够使这些活动更方便、更高效的完成。这些软件称为通用应用软件。常用的通用软件一般包括：

① 办公自动化软件：这一类软件主要用于日常办公、商务处理等需要，一般包括文字处理软件、电子表格软件、演示文稿软件、个人信息管理软件等。目前使用较多的文字处理软件有微软公司的 Microsoft Word、金山的 WPS 文字、Adobe 公司的 Adobe Acrobat 等；电子表格数据分析软件有 Microsoft Excel、WPS 电子表格、IBM 公司的 SPSS 等；演示文稿有 Microsoft PowerPoint、WPS 演示文稿等。

② 通信与社交软件：随着计算机网络技术的飞速发展，网络应用相关的软件也越来越多。常用的网络工具包括：浏览网页的软件，如微软的 IE (Internet Explorer)、谷歌的 Chrome、苹果的 Safari 等；社交软件，如 QQ、微信、MSN、Facebook 等。

③ 多媒体处理软件：多媒体技术的发展使得多媒体处理软件的应用更加广泛。多媒体处理软件主要包括图像处理软件、图形与动画制作处理软件，各种音频视频处理软件等。目前比较流行的图像图形处理软件有 Adobe 公司的 Photoshop、Corel 公司的 CorelDRAW、制作动画的软件有 Adobe 公司的 Flash，播放音频和视频的软件有微软公司的 Microsoft Media Player、Corel 公司的绘声绘影、苹果公司的 QuickTime 等。

④ 计算机辅助工具软件：计算机辅助技术是指将计算机作为工具应用到各行各业的工作过程中，辅助人们完成特定领域任务的理论、方法和技术。例如，计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM)、计算机辅助测试 (CAT)、计算机辅助教学 (CAI) 等。

(2) 定制应用软件。定制应用软件是按照不同领域的用户针对业务处理的不同而专门设计开发的，如图书馆的图书管理系统、学校的教学管理系统、售票系统、超市的销售管理系统、医院的信息管理系统、酒店客房管理系统等。这类软件的专用性强，设计和开发成本相对较高。

计算机硬件、系统软件和应用软件的关系如图 3.1 所示。

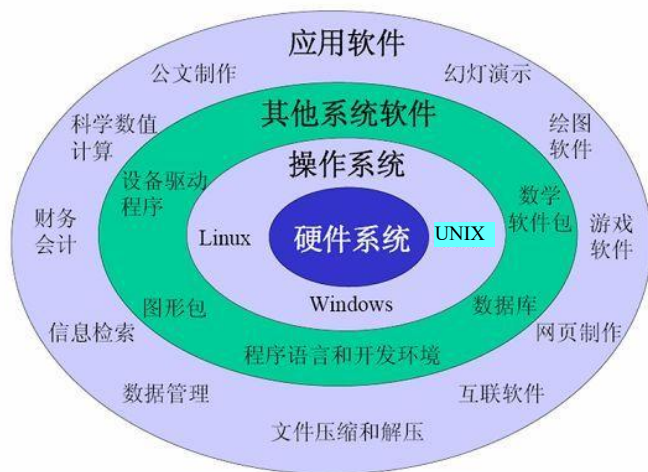


图 3.1 计算机硬件、系统软件和应用软件的关系

2. 商品软件、共享软件和自由软件/开源软件

按照软件权益的处置方式来进行分类，软件可分为商品软件、共享软件和自由软件。

商品软件，是指通过贸易方式面向社会公众发行的各种商品化软件，用户需要付费才能使用。它除了受版权保护之外，通常还按照软件许可证 (license) 的规定使用软件。例如，版权法规定用户将一个软件复制到多台机器上使用是非法的，但若购买了多用户许可证，

则就允许同时安装在多台计算机上使用,或者允许所安装的一份软件同时被多个用户使用。

共享软件,是以“先使用后付费”的方式销售的享有版权的软件,通常允许用户试用一段时间,也允许用户进行拷贝和散发(但不可修改后散发)。使用者可在软件规定的试用期限内免费试用,再决定注册购买与否。

自由软件是自由软件基金会倡导的一种软件类型。用户拥有自由地对软件运行、复制、分发、学习并改进的权利。自由软件基金会的创始人——理查德·斯托尔曼(Richard Stallman)提出:“free software” is a matter of liberty, not price. To understand the concept, you should think of “free” as in “free speech,” not as in “free beer”。即自由软件的重点在于自由,而非价格,要了解其所代表的概念,应该将“free”想成是“free speech”(言论自由)中的“free”(自由),而不是“free beer”(免费啤酒)中的“free”(免费)。因此,自由软件的本质不是免费,而是要打破商业软件占主导地位的格局。

在自由软件精神的启迪下出现了开源软件。开源软件是指在软件发行的时候,附上软件的源代码,并授权允许用户可以修改和再发布。开源软件继承了自由软件所提倡的知识共享的理念,但并不抵制商业收费。因此,开源软件不一定是免费的(当然,通常是免费的),开源的目的是通过更多人的参与来完善软件的缺陷。许多开源软件都是多人合作义务开发的成果,例如,Apache HTTP 服务器软件、火狐(Mozilla Firefox)浏览器、GNU/Linux 和 Android 操作系统等。一般地,在不刻意追究微小差异的情况下,我们可以认为开源软件和自由软件是两个等价的概念。

另外,还有一种软件,免费软件,它不需付费就可以自由地使用并拷贝给别人,使用上不会出现任何日期的限制或是软件使用上的限制,但其源代码不一定公开,例如 Adobe Reader、360 杀毒软件等。大多数自由软件是免费软件,但免费软件并不全是自由软件。

现在,华为、小米、苹果、谷歌等厂商在互联网上开设了应用软件商店,向智能手机和平板电脑用户提供了数以几十万计的应用软件,其中有需要收费的商品软件,也有大量的免费软件。

3.2 操作系统

操作系统是指控制和管理整个计算机系统的软件和硬件资源,并合理地组织调度计算机的工作和资源的分配,以提供给用户和其他软件方面的接口和环境的程序集合,是计算机中最基本也是最为重要的基础性系统软件。

3.2.1 概述

1. 操作系统的地位

操作系统是紧挨着硬件的第一层,是对硬件功能的首次扩充,其他软件则是建立在操作系统之上的。操作系统对硬件功能进行扩充,并统一管理和支持各种软件的运行。

因此,操作系统在计算机系统中占据着一个非常重要的地位,它不仅是硬件与所有其他软件之间的接口,而且任何数字电子计算机都必须在其硬件平台上加载相应的操作系统之后,才能构成一个可以协调运转的计算机系统。只有在操作系统的指挥控制下,各种计

计算机资源才能被分配给用户使用。也只有在操作系统的支撑下，其他系统软件如各类编译系统、程序库和运行支持环境才得以取得运行条件。没有操作系统，任何应用软件都无法运行。操作系统的地位如图 3.2 所示。

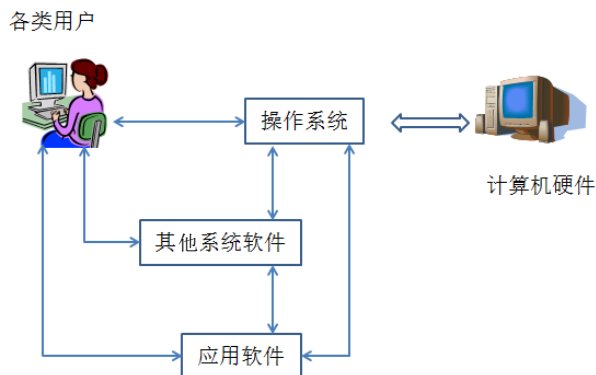


图 3.2 操作系统的地位

2. 操作系统的作用

操作系统主要有三个方面重要的作用。

1) 管理系统中的各种资源，包括硬件和软件资源

在计算机系统中，所有硬件部件（如 CPU、存储器、I/O 设备和网络通信设备等）均称为硬件资源；而程序和数据等信息称为软件资源。因此，从微观上看，使用计算机系统就是使用各种硬件资源和软件资源。特别是在多用户和多任务处理的系统中，同时有多个程序在运行，这些程序在执行的过程中可能会要求使用系统中的各种资源。操作系统就是资源的管理者和仲裁者，由它负责在各个程序之间调度和分配资源，保证系统中的各种资源得以有效地利用。

在这里，操作系统管理的含义是多层次的，操作系统对每一种资源的管理都必须进行以下几种工作：

（1）实施某种资源分配策略，以决定谁有权限可获得这种资源，何时可获得，可获得多少，如何退回资源，等等。

（2）分配这种资源。按照已决定的资源分配策略，对符合条件的申请者分配这种资源，并进行相应的管理事务处理。

（3）监视这种资源。该资源有多少（how much），资源的状态如何（how），它们都在哪里（where），谁在使用（who's），可供分配的还有多少（who's free），资源的使用历史（when），等等。

（4）回收这种资源。在使用者放弃这种资源之后，对该资源进行处理，如果是可重复使用的资源，则进行回收、整理，以备再次使用。

2) 为用户提供良好的界面

一般来说，使用操作系统的用户有两类：一类是最终用户；另一类是系统用户。最终用户只关心自己的应用需求是否被满足，而不在意其他情况。至于操作系统的效率是否高，所有的计算机设备是否正常，只要不影响最终用户的使用，他们则一律不去关心，而后面这些问题则是系统用户所关心的。

操作系统必须为最终用户和系统用户这两类用户的各种工作提供良好的界面，以方便用户的工作。典型的操作系统界面有两类：一类是命令行界面，如 UNIX 和 MS-DOS；另一类是图形化的操作系统界面，如 MS Windows。现在，几乎所有操作系统都向用户提供图形用户界面（GUI），使用户从记忆操作命令的沉重负担中解脱出来，从而能够比较直观、灵活、方便、有效地使用计算机。

3) 为应用程序的开发和运行提供一个高效的平台

没有安装任何软件的计算机称为裸机，在裸机上开发和运行应用程序需要面对难懂的机器指令，了解硬件平台的运作原理，难度大、效率低，一般非专业人员不能掌握。安装了操作系统之后，操作系统将硬件的复杂性封装起来，屏蔽了计算机硬件的技术细节，以规范、标准、高效的方式为程序员提供方便的编程接口和有力的功能支撑，从而为开发和运行其他系统软件和各种应用软件提供了一个高效的平台。

除了上述三个方面的作用之外，操作系统还能处理软硬件错误、监控系统性能、保护系统安全等。总之，操作系统是计算机系统的重要组成部分，它使计算机成了一个高效、可靠、通用的信息处理系统。

3. 操作系统的功能

为了使计算机系统能协调、高效和可靠地进行工作，同时也为了给用户一种方便友好地使用计算机的环境，在计算机操作系统中，通常都设有处理器管理、存储器管理、文件管理、设备管理等功能模块，它们相互配合，共同完成操作系统既定的全部职能。

1) 处理器管理

在现代操作系统中，处理器的分配和运行都是以进程为基本单位的，因而对处理器的管理也可以视为对进程的管理。进程是程序的一次执行过程。CPU 是计算机系统中最宝贵的硬件资源。为了提高 CPU 的利用率，操作系统采用了多道程序技术。当一个程序因等待某一条件而不能运行下去时，就把处理器占用权转交给另一个可运行程序；或者当出现了一个比当前运行的程序更重要的可运行程序时，后者应能抢占 CPU 资源。进程管理协调多道程序之间的关系，对处理器实施分配调度策略，以使 CPU 资源得到最充分的利用。

2) 存储器管理

存储器管理主要管理内存资源。主要任务是分配内存空间，保证各作业占用的存储空间不发生矛盾，并使各作业在自己所属存储区中不互相干扰。

3) 文件管理

系统中的信息资源（如程序和数据）是以文件的形式存放在外存储器上的，需要时再将它们装入内存。文件管理的任务是有效地支持文件的存储、检索和修改等操作，解决文件的共享、保密和保护问题，以使用户方便、安全地访问文件。操作系统一般都提供很强的文件系统。

4) 设备管理

设备管理是指对计算机系统中所有的输入输出设备（外部设备）的管理。主要任务是当用户使用外部设备时，先提出要求，待操作系统进行统一分配后方可使用；当用户的程序运行到要使用某外设时，由操作系统负责驱动外设。

除了上述功能之外，操作系统还具备中断处理、错误处理、维护计算机安全等功能。操作系统的各功能之间并非完全独立的，它们之间存在着相互依赖的关系。

3.2.2 多任务处理与处理器管理

1. 多任务处理

“任务”指的是要计算机做的一件事，计算机执行一个任务通常就对应着运行一个应用程序。程序的执行是要占用系统资源（CPU、内存、I/O 等）的。在计算机发展的早期单道程序处理时期，计算机在任一时刻只能运行一个独立的用户程序。即在 A 程序计算时，I/O 空闲，A 程序 I/O 操作时，CPU 空闲（B 程序也是同样）；并且必须 A 工作完成后，B 才能进入内存中开始工作，两者是串行的，全部完成共需时间= T_1+T_2 （单道程序工作如图 3.3 所示）。

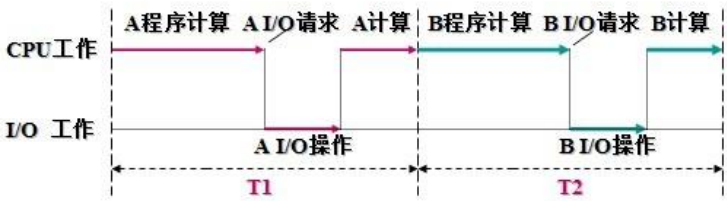


图 3.3 单道程序工作

多道程序处理，也可以称为多任务处理，允许多个程序同时存在于内存，并允许它们交替在 CPU 中运行，使得多个程序可以同时执行。计算机资源不再是“串行”地被一个用户独占，而是可以同时为几个用户共享。将 A、B 两道程序同时存放在内存中，它们在系统的控制下，可相互穿插、交替地在 CPU 上运行。即当 A 程序因请求 I/O 操作或其他原因而放弃 CPU 时，B 程序就可占用 CPU 运行，这样 CPU 不再空闲，同时，进行 A 程序 I/O 操作的 I/O 设备也不空闲，显然，CPU 和 I/O 设备都处于“忙”的状态，大大提高了资源的利用率，从而也提高了系统的效率，A、B 全部完成所需时间远小于 T_1+T_2 （多任务处理如图 3.4 所示）。

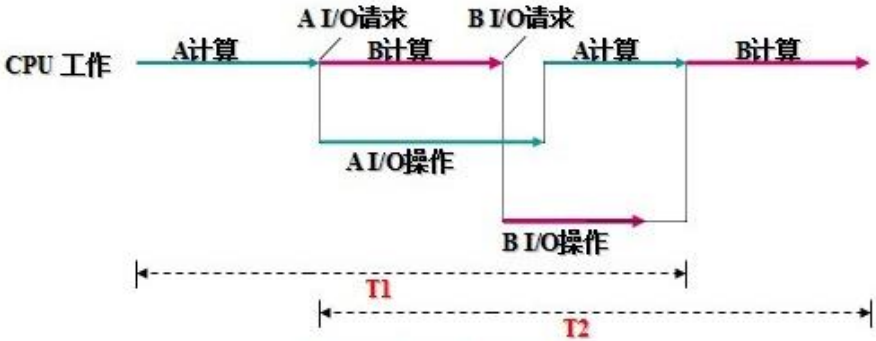


图 3.4 多任务处理

不论计算机的 CPU 芯片中包含 1 个 CPU 内核还是有多个 CPU 内核，多任务处理都需要在操作系统的指挥和协调下使 CPU 能高效地为多个任务运行其相应的程序，使内存能有条不紊地容纳多个任务的代码和相关数据，使 I/O 设备能可靠地为多个任务服务，这些都需要操作系统中相应的模块如处理器管理、存储管理、I/O 设备管理等的支持和保障。

一般而言，计算机中的任务有 3 种状态：

（1）未运行状态。应用程序已经下载并安装但还未被启动，此时该任务不占用 CPU 和

内存，只占用一部分外存储器。

(2) 前台状态。应用程序被操作系统启动，对应的程序代码加载到了内存并被 CPU 执行，显示屏上出现该任务的会话窗。前台任务与用户交互，它可以使用所有可用的系统资源，不受限制，前台任务是用户看得见的。

(3) 后台状态。当用户启动了另一个任务或者用户切换到另一个任务时，新任务进入前台运行状态，原先的前台任务就转入后台状态。处于后台状态的任务仍然在内存中，它可能运行，也可能不运行。后台任务不能与用户交互，它们通常在不打扰用户其他工作的时候默默地执行着相关的操作，但后台任务在使用系统资源的时候是受限制的。

例如，一个文本编辑软件，帮助用户编辑文字的任务都是前台执行的。如果这个软件做得好，最好还有自动保存文件的功能，这样在系统突然崩溃之后，不至于用户做的改动都白费。自动保存这个功能一般都被作为后台任务，它在执行时，不打扰用户其他工作。

无论是处于前台任务还是后台任务，需要时用户或者 OS 都可以终止该任务，收回该任务所占用的资源，使任务回到未运行状态。

2. Windows 操作系统的多任务处理

在 Windows 操作系统中，每个已启动的任务以窗口方式进行操作，该窗口既用于显示任务的进展状态和处理结果，也用于接收用户的输入。屏幕上只有一个窗口能接收用户的输入（击键或按击鼠标），该窗口称为活动窗口，又称当前窗口。活动窗口对应的任务称为前台任务；活动窗口之外的其他窗口都是非活动窗口，对应的任务称为后台任务。在有多多个打开的窗口时，只有一个是活动窗口，它就是位于最上层、不被其他窗口遮掩的那个窗口。Windows 操作系统中前台任务只能有 1 个，后台任务的数目原理上可以不受限制。

Windows 操作系统启动以后，就进入了多任务处理状态。为了支持多任务处理，Windows 操作系统中有一个处理器调度程序负责把 CPU 分配给各个已经启动并且具备了运行条件的任务。调度程序一般采用按时间片轮转的策略，即每个任务都能轮流得到一个时间片的 CPU 运行时间，在时间片用完之后调度程序再把 CPU 交给下一个任务，就这样一遍遍地轮转。只要时间片结束，不管任务有多重要，也不管它执行到什么地方，正在执行的任务就会被强行暂时停止执行，直到下一次得到 CPU 的使用权后再继续执行。因此，从宏观上看这些任务是在同时执行的，而微观上任何一个时间点只有一个任务正在被 CPU 执行（如有多个内核的 CPU，理论上可以同时有多个任务分别被不同的内核执行）。

实际上，操作系统本身也有若干相关程序在运行，它们与用户启动的多个应用程序是同时运行的，它们也一起参与了 CPU 时间片的分配。当然，不同程序的重要性不完全一样，它们获得 CPU 使用权的优先级也不一样，这就需要处理器的调度要采用一定的策略。

在 Windows 操作系统中，用户可以打开任务管理器查看正在执行的任务和进程。如图 3.5 所示，当前系统中同时执行了 5 个任务。

3. 智能手机/平板计算机的多任务处理

PC 机的多任务处理确实是有多个 APP 在同时运行，即使从前台切换到了后台，任务仍然继续运行。而智能手机和平板计算机由于屏幕小，难以支持多窗口显示，其他硬件资源也比较紧张，加上电池容量有限，它们的多任务处理能力与 PC 机有一定的差异。

智能手机操作系统的多任务处理，只是一种有限的多任务机制，除了为数不多且必需的 APP 外，大多数程序进入后台时，都要交出硬件资源（CPU、屏幕等），说白了只是个图

标（快捷方式）挂在那，并没有在实时处理，等用户再点开那个图标时，程序才进入前台重新占用硬件资源运行。即使是那些有限的、必须后台运行的程序（如通信、音乐播放等），采用的也是一种守护模式，在需要使用 CPU 时（有电话时、进入下一首曲目时），才提交 CPU 占用请求，并非一直在通过时间片轮流使用 CPU 占着 CPU 资源。手机操作系统的多任务，更重要的是在效率（处理一个事件总是比同时处理两个以上事件效率要高，相同网速下载一个文件总是比同时下两个同等大小的文件快）、功能性和节电上找到一个平衡点。

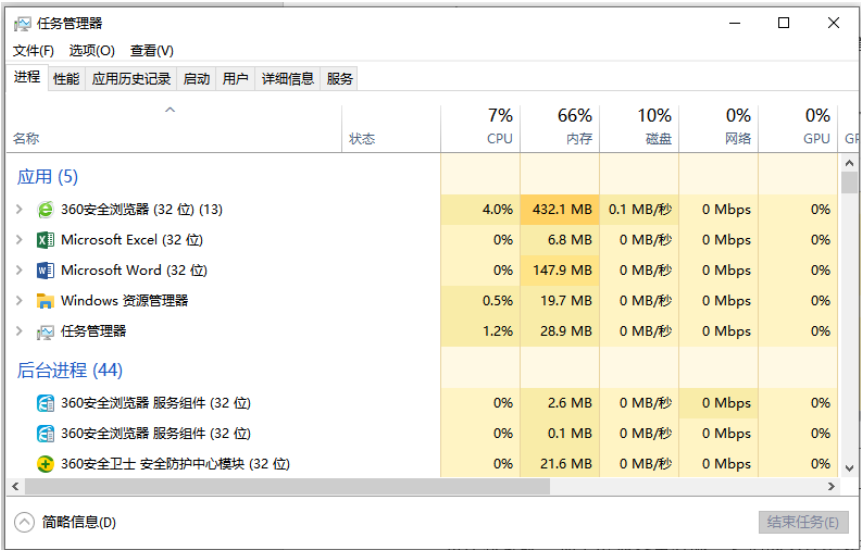


图 3.5 Win10 系统的任务管理器窗口

3.2.3 存储管理

1. 存储管理的任务

当用户启动某个程序时，操作系统需要将该程序的代码和相关数据从外存储器中加载到主存储器，然后才能被 CPU 运行和处理。在运行规模很大或者需要处理大量数据的程序时，主存储器往往不够使用。特别是在多任务处理时，系统中有多多个任务在同时执行，主存储器容量往往不足以容纳所有这些任务。另外操作系统本身也占用了一部分主存储器空间，用来存放操作系统内核程序和相关数据。

虽然现在计算机的主存容量不断扩大，但限于成本和安装空间等原因，其容量总有限制，因此，如何对存储器进行有效的管理，不仅直接影响到存储器的利用率，而且还对系统的性能有重大的影响。所以，操作系统中存储管理的主要任务包括如下几种：

- (1) 分配和回收主存储器空间：为每个任务分配内存空间，任务终止之后再回收内存空间。
- (2) 提高主存储器利用率：允许一些存储区域被多个任务共享访问，提高主存储器的利用率。
- (3) 扩充主存储器：对主存储器空间进行扩充，使任务的存储空间不受实际物理内存容量的限制。
- (4) 对主存储器空间进行保护：保护操作系统所在区域不被应用程序随意访问和修改，

保护每个任务的专属存储区域不被其他任务随意访问和修改等。

2. 虚拟存储技术

为了满足用户的要求并改善系统性能，可借助于虚拟存储技术，从逻辑上扩充内存容量，使计算机可以运行对内存需求量远比实际物理内存大得多的程序任务。虚拟存储技术就是利用实际内存空间和相对大的多的辅助存储器存储空间相结合构成一个远远大于实际内存空间的虚拟存储空间，程序就运行在这个虚拟存储空间中。

能够实现虚拟存储主要是基于程序的局部性原理，即程序在执行时将呈现出局部性规律。①时间局部性。如果程序中的某条指令一旦被执行，则不久之后该指令可能再次被执行；如果某数据被访问过，则不久之后该数据可能再次被访问。产生时间局部性的典型情况是由于在程序中存在着大量的循环操作。②空间局部性。一旦程序访问了某个存储单元，不久之后，其附近的存储单元也将被访问，即程序在一段时间内所访问的地址，可能集中在一定的范围之内。空间局部性的典型情况是程序的顺序执行。

基于程序局部性原理，应用程序在运行之前没有必要全部装入内存，只需要将那些运行的少数页面（操作系统把程序及其数据划分成一个个“页面”（page），相应地，也把内存空间分成与页面相同大小的存储块）先装入内存便可运行，其余部分暂时放在辅助存储器中。程序在运行时，如果它所访问的页面已调入内存，便可继续执行下去；但如果程序所要访问的页面尚未调入内存，此时程序就利用操作系统所提供的请求调页功能将它们调入内存，以使程序能够继续执行下去；如果此时内存已满，无法再装入新的页面，则还需再利用页面的置换功能，将内存中暂时不用的页面调至辅助存储器，腾出足够的内存空间后，再将要访问的页面调入内存，使程序继续执行下去。页面的调入和调出完全由操作系统的存储管理程序自动完成。这样，便可使一个大的用户程序能在较小的内存空间中运行，也可以在内存中同时装入更多的任务使它们并发执行。从用户角度看，该系统所具有的内存容量比实际的内存容量大得多，实际上，用户所看到的大容量只是一种感觉，是虚的，所以这样的存储器称为虚拟存储器。

在 Windows 操作系统中，虚拟内存是由一个页面文件（Pagefile.sys）来设置的，通常位于系统盘的根目录下，用户可以自行设置虚拟内存的大小。

3.2.4 文件管理

1. 文件

在现代计算机系统中，要用到大量的程序和数据，因内存容量有限，且不能长期保存，故而平时总是把它们以文件的形式存放在辅助存储器中，需要时再随时将它们调入内存。如果由用户直接管理辅助存储器上的文件，不仅要求用户熟悉辅助存储器的特性、了解各种文件的属性和它们在辅助存储器上的位置，而且在多用户环境下，还必须保持数据的安全性和一致性。显然这是用户所不能胜任、也不愿意承担的工作。于是，取而代之的便是在操作系统中又增加了文件管理功能，即构成一个文件系统，负责管理在辅助存储器上的文件，并将对文件的存取、共享和保护等手段提供给用户。这不仅方便了用户，保证了文件的安全性，还可有效地提高系统资源的利用率。

文件是存储在辅助存储器中的一组相关信息的集合。例如，一首 MP3 音乐、一张数码照片、一个程序等。不同计算机之间也以文件为单位进行信息交换。

一个文件必须要有一个文件名，用户使用文件名来访问文件。文件名包括两部分：主文件名和扩展名，中间用“.”隔开。扩展名是为了区分各种不同类型的程序和数据，例如 Windows 操作系统中可执行程序文件的扩展名是 exe，图像文件的扩展名是 jpg，文本文件的扩展名是 txt，等等。

不同类型的文件内部格式不同，通常需要使用不同的应用程序进行处理；同类文件的类型名称通常不止 1 种，如图像文件有 jpg、gif、bmp 等。另外，大多数数据文件在不同的操作系统中是通用的，因而 PC 机、智能手机和平板计算机相互之间可以交换文档、音乐、图片等各种数据，但可执行程序（应用程序）的文件类型名称则各不相同，Windows 操作系统中为 exe，iOS 操作系统中为 ipa，Android 操作系统中则为 apk，这是因为这三个操作系统互不兼容，在 PC 机上运行的应用程序不能在 iOS 或 Android 操作系统上运行，反之亦然。

此外，为了管理文件的需要，文件应具有自己的属性，属性包括文件类型、文件大小、文件的建立时间、文件在辅助存储器中的物理位置等。

2. 文件目录

在现代计算机系统中，都要存储大量的文件。为了能方便地查找和使用文件，必须对它们加以妥善组织，这主要是通过文件目录来实现的。在 Windows 操作系统中文件目录也称为文件夹，它采用树状结构进行组织。在这种结构中，每一个磁盘有一个根文件夹，它包含若干文件和文件夹，文件夹中不仅可以包含文件还可以包含下一级的文件夹，这样依次类推就形成了多级的树状文件目录结构，如图 3.6 所示。

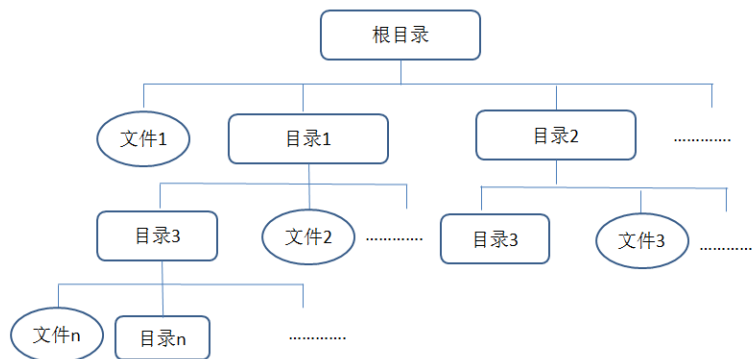


图 3.6 树状文件目录

树状文件目录具有以下优点：

(1) 实现“按名存取”。用户只需要向系统提供所需访问文件的名称，便能快速准确地找到指定的文件。

(2) 提高检索速度。通过合理地组织目录结构的方法，可加快对目录的检索速度，从而提高对文件的存取速度。

(3) 允许文件重名。操作系统允许不同用户对不同文件采用相同的名字，以便于用户按照自己的习惯给文件命名和使用文件。

(4) 允许文件共享。在多用户系统中，允许多个用户共享一个文件，这样就只需在外存中保留一份该文件的副本，供不同用户使用，以节省大量的存储空间，提高文件利用率。当然，还需要相应的安全措施，以保证不同权限的用户只能取得相应的文件操作权限，防止越权行为。

3.2.5 设备管理

计算机通常配置有多种输入输出（I/O）设备，用以输入和输出数值、文本、图像、声音、视频等各种形式的信息。为了方便、有效、可靠地完成 I/O 操作，操作系统中的设备管理模块负责对用户或应用程序的 I/O 操作进行统一的管理，将各种物理 I/O 设备的硬件操作细节进行屏蔽和抽象，为每个物理设备配置驱动程序，由驱动程序负责具体物理设备的 I/O 操作。这样，不同规格和性能参数的 I/O 设备（如各种不同的打印机）通过安装各自的设备驱动程序，就能使系统和应用程序不需要进行任何修改即可直接使用该设备。通常，I/O 的生产厂商在提供硬件设备的同时也提供该设备的驱动程序。

从理论上讲，所有的硬件设备都需要安装相应的驱动程序才能正常工作。但像 CPU、内存、主板、键盘、显示器等设备却并不需要安装驱动程序也可以正常工作，而打印机、声卡、网卡等却一定要安装驱动程序，否则无法正常工作。这是为什么呢？这主要是由于这些硬件对于一台个人计算机来说是必需的，所以早期的设计人员将这些硬件列为 BIOS 能直接支持的硬件。换句话说，上述硬件安装后就可以被 BIOS 和操作系统直接支持，不再需要安装驱动程序。从这个角度来说，BIOS 也是一种驱动程序。但是对于其他的硬件必须要安装驱动程序，不然这些硬件就无法正常工作。

由于 I/O 设备不仅种类繁多，而且它们的特性和操作方式往往相差很大，这就使得设备管理成为操作系统中最繁杂且与硬件最紧密相关的部分。在 Windows 操作系统中，用户可以通过控制面板中的“设备管理器”程序对设备进行管理，如图 3.7 所示。

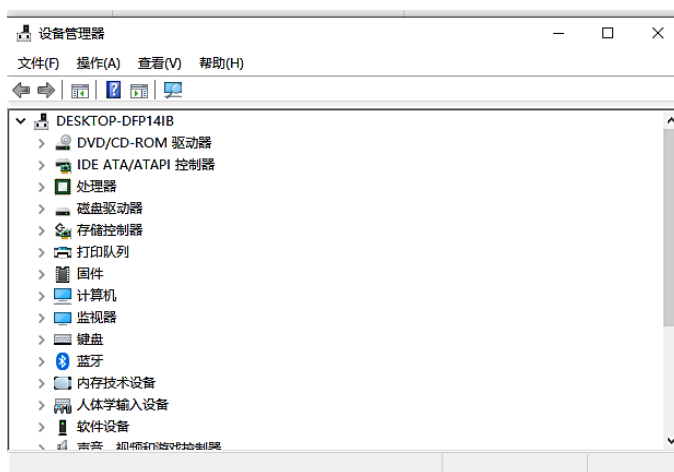


图 3.7 Windows 操作系统中的“设备管理器”程序

3.2.6 常用操作系统介绍

操作系统种类繁多，不同类型的操作系统用以满足不同环境、不同用户的操作需求。下面就目前常用的操作系统进行简单的介绍。

1. DOS 操作系统

DOS 是英文 disk operation system 的简称，中文为磁盘操作系统，它最初是 1981 年美国微软公司为 IBM-PC 开发的一种操作系统，DOS 的界面用字符命令方式操作，只能运行

单个任务，目前 DOS 操作系统已让位于 Windows 等操作系统，但 Windows 等操作系统还保留着对 DOS 的兼用性。

2. Windows 操作系统

Microsoft Windows 是美国微软公司研发的一套操作系统，它问世于 1985 年，起初仅仅是 DOS 之下的桌面环境，其后续版本由于微软不断的更新升级，慢慢地成为了家家户户最喜爱的操作系统，并最终获得世界个人计算机操作系统软件的垄断地位。

Windows 操作系统采用了图形化界面，比起之前的 DOS 需要键入指令使用的方式更为人性化。随着计算机硬件和软件的不不断升级，Windows 操作系统也在不断升级，系统版本从最初的 Windows 1.0 到大家熟知的 Windows 95、Windows 98、Windows ME、Windows 2000、Windows 2003、Windows XP、Windows Vista、Windows 7、Windows 8、Windows 8.1、Windows 10 和 Windows Server 服务器企业级操作系统，不断持续更新，微软一直在致力于 Windows 操作系统的开发和完善。现在最新的正式版本是 Windows 10。

Windows 长久以来垄断了 PC 机市场绝大部分的份额，用户面广、量大，但也经常受到用户的批评，问题主要是两个方面：可靠性和安全性。Windows 操作系统庞大，相比较其他操作系统来讲，运行不稳定，软件的崩溃容易造成系统的瘫痪，并且 Windows 操作系统更容易受到计算机病毒的入侵和攻击，存在安全漏洞，容易造成信息泄露。

3. UNIX

UNIX 是一种通用型、多用户、多任务、交互式、分时操作系统。它是 1970 年由美国贝尔实验室开发研制的。自 UNIX 问世以来，已研制出许多以 UNIX 为基础类 UNIX 产品。例如，著名的 TCP/IP 网络协议就是在 UNIX 系统上开发成功的。UNIX 操作系统结构简练、功能强大、可移植性好、网络功能强大，可靠性和稳定性是其他系统所无法比拟的，它的设计理念先进，是目前广泛使用的、影响最大的主流操作系统之一。

4. Linux

Linux 是一个源代码开放的、免费使用和自由传播的类 UNIX 操作系统，其内核最早由芬兰的一名青年学者莱纳斯·托瓦兹（Linus Torvalds）于 1991 年（当时他 21 岁）编写。它是一款最著名的自由软件，功能强大、性能出众、稳定可靠，Linux 以它的高效性和灵活性著称。

目前 Linux 已经被移植到许多计算机硬件平台，可以运行在服务器、大型机和超级计算机上。Linux 也广泛应用于智能手机、平板计算机、路由器和电子游戏机等设备中。在智能手机上广泛使用的 Android 操作系统就是 Linux 内核。

5. 手机操作系统

手机操作系统主要应用于智能手机上。目前最流行的手机操作系统是苹果公司的 iOS 操作系统和 Google 公司的 Android 操作系统。iOS 操作系统是封闭操作系统，只支持苹果公司出品的移动设备，如 iPhone 手机、iPod touch 播放器、iPad 平板计算机和 Apple TV 播放器等。iOS 操作系统的用户界面友好、运行流畅稳定、操作简单，其应用程序丰富，也可以安装第三方的应用软件，但必须经过苹果应用商店的允许。Google 公司的 Android 操作系统的优势在于其开放性和可移植性。任何厂商都可以不经 Google 的授权免费使用 Android 操作系统，它已经广泛应用于各种电子产品中，但也给系统带来了风险和隐患，一些恶意程序和病毒随之出现。这两个不同的操作系统产品，各有特色，用户可以根据应用需求、操作习惯、偏好，选择适合自己使用的产品。

3.3 算法与程序设计语言

设计程序要使计算机解决某个问题，首先必须了解要解决的问题，并列出具体的方法和步骤（即算法），然后利用计算机语言，将算法转化为计算机可以“读懂”的程序代码，交给计算机执行。所以说，软件的主体是程序，程序的核心是算法。

3.3.1 算法

1. 什么是算法

计算机与算法有着不可分割的关系。可以说，没有算法，就没有计算机，或者说，计算机无法独立于算法而存在。从这个层面上说，算法就是计算机的灵魂。但是，算法不一定依赖于计算机而存在。算法可以是抽象的，实现算法的主体可以是计算机，也可以是人。只能说多数时候算法是通过计算机实现的，因为很多算法对于人来说过于复杂，计算的工作量太大且常常重复，对于人脑来说实在是难以胜任。

事实上，人们日常生活中到处都在使用算法，只是没意识到。例如，我们到商店购物，首先确定要购买的东西，然后进行挑选、比较，最后到收银台付款，这一系列活动实际上就是我们购物的“算法”。这些算法与计算学科中的算法的最大差异就是，前者是人执行算法，后者交给计算机执行。不管是现实世界还是计算机世界，解决问题的过程就是算法实现的过程。

那么，到底什么是算法呢？简单地说，算法就是解决问题的方法和步骤。

例如，交换两瓶墨水。现有一瓶红墨水、一瓶蓝墨水，要求将两瓶墨水交换，也就是把原来装红墨水的瓶子改装蓝墨水，把原来装蓝墨水的瓶子改装红墨水。

显然，这是很简单的问题。找一个空瓶子来倒腾一下就可以了（这就是解决问题的方法）。算法如下（也就是解决问题的步骤）：

第一步：将红墨水倒入空瓶子中；

第二步：将蓝墨水倒入原来红墨水的瓶子中；

第三步：将原来空瓶子中的红墨水倒入原来装蓝墨水的瓶子中；

第四步：结束。

这个简单的算法是用自然语言来写的，大家容易理解，但显得有点“啰嗦”。如果用变量 a 表示红墨水瓶（里面装有红墨水），用变量 b 表示蓝墨水瓶（里面装有蓝墨水），用变量 t 表示空瓶子，用符号“ \leftarrow ”表示把一个变量的值放入另一个变量之中（在这里就是指把一个瓶子中的墨水倒入另一个瓶子中），那么上述算法就可以表示如下：

$t \leftarrow a;$

$a \leftarrow b;$

$b \leftarrow t;$

这就是常用的交换两个变量的算法。可见，这样表示一个算法简洁明了。慢慢地，我们就喜欢上了这种抽象且简洁的表示方法。另外，描述一个算法还可以采用流程图、伪代码（一种介于自然语言和程序设计语言之间的文字和符号表达方法），或者采用某一种计算机程序设计语言等。

算法是由一套计算规则组成的一个过程，它解决的是一类问题，而不是一个特定的问题。例如排序（sort），可以是表格内容的排序，也可以是文件夹中文件的排序，可以按数字或文字排序，也可以按日期排序，等等；再例如查找（search），可以在文档中查找某个单词或在硬盘中查找某个文件，也可在网络上查找某个网页，等等。软件开发就是根据实际问题给出解题的算法，然后再将该算法在计算机上实现。因此，在计算机中处处都是算法，算法是计算机软件的灵魂。

算法是解题思想的表达，是一种抽象的解题方法。作为一个算法应具备如下 5 个特性：

（1）有穷性。一个算法必须在执行有穷步之后结束，即任何算法必须在有限时间内完成，不能出现“死循环”，执行是可终止的。任何不会终止的算法是没有意义的。有穷性隐含了执行时间应该合理，如果一个算法在计算机上要运行上千年，那就失去了实用价值，尽管它是有穷的。

（2）确定性。组成算法的每个步骤都是确定的、明确无误的。也就是说，算法中的每一步必须有确切的含义，理解时不能产生二义性，不能模棱两可，不能含糊不清。相当于写文章时，不能使用“大概”“也许”“差不多”“少量”“适当”等模糊的词汇。

（3）可行性。算法中的每一步操作都应是可执行的，或者都可以分解成计算机可执行的基本操作。典型的、不可行的操作如下：

① “公鸡下蛋”式的操作。例如，以 0 为分母，即使在数学里面也是不可行的。

② 想当然的操作。例如，算法中某一步要求计算方程 $f(x)=0$ 的根。确切地说，计算机只是帮助人们“计算”而已（速度非常快），至于“如何计算”那是程序员或者算法设计者的事情。换句话说，如果我们不知道怎么求解一个问题，计算机也无能为力。

（4）输入。算法开始前，允许有若干输入量，也可以没有输入量。

（5）输出。每种算法必须有确定的结果，产生一个或多个输出。否则，“只开花不结果”的算法是没有意义的。

2. 算法设计举例

算法是一种求解问题的思维方式，研究和学习算法能锻炼我们的思维，使我们的思维变得更加清晰、更有逻辑。算法是对事物本质的数学抽象，看似深奥却体现着点点滴滴的朴素思想。有些算法充满了智慧，但难度也比较大，有一些复杂问题的算法设计往往相当困难。这里我们仅就排序问题举两个简单、易理解的算法。

对排序的直观印象打小就有了。在中小学里，至少有两件事情大家印象很深刻。一是排队，经常要求按身高进行排队；二是考试成绩，老师们喜欢从高分到低分依次宣布……这些都是非常简单的事情（参与排序的人或事很少），大家很容易做到，也就习以为常了。

进一步，我们看看高考的情况就不一样了。首先，参加高考的人很多，一个省多达几十万，全国甚至能达上千万；其次，每一个人要考好几门课程，高校录取新生时，既要看总成绩，也要看单科成绩。试想，这么多人的数据还要从不同角度考虑，录取工作怎么进行呢？录取前不需要事先排好序吗？这个序怎么排？排好序需要多长时间呢？

既然工作与生活中排序无处不在，计算机世界必须有相应的方法（算法）来解决现实世界的排序问题。假定待排序的数据有 n 个，这些原始数据原本是杂乱无章的，分别存放于一维数组 $A[1 \cdots n]$ 中。排序自然是依据数据的大小来排。在没有特别指明的情况下，我们假定是按小到大排序（从大到小道理是一样的）。

1) 简单选择排序法

简单选择排序是一种最容易理解的排序方法。该方法的基本思想是：每次从待排序的区间中选择出具有最小排序码的元素，将该元素与该区间的第一个元素交换位置。第一次待排序区间为 $A[1] \sim A[n]$ ，经过选择和交换后， $A[1]$ 为具有最小排序码的元素；第二次待排序区间为 $A[2] \sim A[n]$ ，经过选择和交换后， $A[2]$ 为仅次于 $A[1]$ 的具有最小排序码的元素；以此类推，经过 $n-1$ 次选择和交换后， $A[1 \cdots n]$ 就成了有序表，整个排序过程结束。

下面用具体的实例来展示排序过程。假定待排序的数组 A 中有如下 8 个元素：

下标	1	2	3	4	5	6	7	8
	36	25	48	12	65	43	20	58

第一趟，找出 $A[1 \cdots 8]$ 中的最小元素是 12，位置是 $A[4]$ ，将 $A[1]$ 与 $A[4]$ 交换位置，得到结果如下：

12	25	48	36	65	43	20	58
----	----	----	----	----	----	----	----

第二趟，找出 $A[2 \cdots 8]$ 中的最小元素是 20，位置是 $A[7]$ ，将 $A[2]$ 与 $A[7]$ 交换位置，得到结果如下：

12	20	48	36	65	43	25	58
----	----	----	----	----	----	----	----

第三趟，找出 $A[3 \cdots 8]$ 中的最小元素是 25，位置是 $A[7]$ ，将 $A[3]$ 与 $A[7]$ 交换位置，得到结果如下：

12	20	25	36	65	43	48	58
----	----	----	----	----	----	----	----

第四趟，找出 $A[4 \cdots 8]$ 中的最小元素是 36，位置是 $A[4]$ ，将 $A[4]$ 与 $A[4]$ 交换位置，得到结果如下：

12	20	25	36	65	43	48	58
----	----	----	----	----	----	----	----

第五趟，找出 $A[5 \cdots 8]$ 中的最小元素是 43，位置是 $A[6]$ ，将 $A[5]$ 与 $A[6]$ 交换位置，得到结果如下：

12	20	25	36	43	65	48	58
----	----	----	----	----	----	----	----

第六趟，找出 $A[6 \cdots 8]$ 中的最小元素是 48，位置是 $A[7]$ ，将 $A[6]$ 与 $A[7]$ 交换位置，得到结果如下：

12	20	25	36	43	48	65	58
----	----	----	----	----	----	----	----

第七趟，选择和交换结束后，就完成了排序，得到结果如下：

12	20	25	36	43	48	58	65
----	----	----	----	----	----	----	----

2) 冒泡排序法

冒泡排序也是一种简单的排序方法。其基本思想是通过相邻元素之间的比较和交换使排序码较小的元素逐渐从底部移向顶部，即从下标较大的元素移向下标较小的单元，就像水底下的气泡一样逐渐向上冒。当然，随着排序码较小的元素逐渐上移，排序码较大的元素也逐渐下移。

冒泡排序过程可具体叙述为：首先将 $A[n]$ 中的元素与 $A[n-1]$ 中的元素进行比较，若 $A[n] < A[n-1]$ ，则交换两元素的位置，接着比较 $A[n-1]$ 同 $A[n-2]$ 中元素的大小，轻者上浮，重者下沉，依此类推，直到比较完 $A[2]$ 同 $A[1]$ 的大小，并使轻者上浮重者下沉后，第一趟排序结束，此时， $A[1]$ 中元素为具有最小排序码的元素；然后在 $A[2] \sim A[n]$ 排序区间内进行第二趟排序，使具有次最小排序码的元素被上浮到第 2 个单元 $A[2]$ 中；重复进行 $n-1$ 趟后，整个气泡排序结束。

例如，依然用上述待排序的 8 个元素（36，25，48，12，65，43，20，58），下图 3.8 给出了进行冒泡排序的过程。

下标	1	2	3	4	5	6	7	8
第 0 趟	[36	25	48	12	65	43	20	58]
第 1 趟	12	[36	25	48	20	65	43	58]
第 2 趟	12	20	[36	25	48	43	65	58]
第 3 趟	12	20	25	[36	43	48	58	65]
第 4 趟	12	20	25	36	[43	48	58	65]
第 5 趟	12	20	25	36	43	[48	58	65]
第 6 趟	12	20	25	36	43	48	[58	65]
第 7 趟	12	20	25	36	43	48	58	65

图 3.8 冒泡排序过程

3. 算法分析

根据以上的介绍不难看出，解决同一个问题可以有多种算法，这些算法虽然功能相同（都是解决同一问题的），但性能不可能完全一样。人们自然会问，在这些算法中哪一个更好？大概好多少呢？也就是，如何衡量或评价一个算法的优劣呢？

衡量一个算法的优劣总得有一些标准。一般地，一个算法除了要正确和简单外，人们主要关注算法的效率。算法效率主要体现在以下两方面：①算法的时间复杂度，就是执行一个算法所需要的时间；②算法的空间复杂度，就是执行一个算法所需要的空间。对于同一个问题，如果有多个算法可以解决，执行时间短、所需要的最大存储空间少的算法效率高。算法效率的高低与问题的规模有关。求 100 个人的平均分与求 100 万个人的平均分所花的执行时间或运行空间显然是有差别的。实际上，在计算速度越来越快的今天，研究小规模问题（几百或几千个数据元素）处理算法的效率也许意义不大，但面对大规模数据的时候，特别是如今大数据时代，面对庞大的海量数据，算法的效率问题就尤其的重要。

一般，算法的时间效率是问题规模 n 的某个函数 $f(n)$ ，算法的时间复杂度记为 $T(n)=O[f(n)]$ ，表示随问题规模 n 的增大，算法执行时间的增长率与 $f(n)$ 的增长率相同。例如，某算法的执行时间为

$$f(n)=n^3+n^2(n+1)+n^2+n(n+1)+n+1=2n^3+3n^2+2n+1$$

显然，这是一个关于 n 的函数，这里的 n 称之为问题的规模。当 n 很大时，函数中后面几个项就可以忽略不计了，第一项的系数 2 也可以不用考虑，也就是说，函数 $f(n)$ 在 n 很大的时候，其变化率与 n^3 是接近的，即同阶，记为 $T(n)=O(n^3)$ 。

当然，分析算法的时间复杂度有时候很困难，有时候只好考虑最好与最坏情况下的时间复杂度，然后取平均值作为算法的时间复杂度。

空间复杂度与时间复杂度类似。

下面以冒泡排序算法为例，分析一下它的时间复杂度。

从冒泡排序算法可以看出：

（1）若待排序的元素是有序的（即正序，最好的情况），则只需进行一趟排序，其元素的比较次数为 $n-1$ 次，并且不需要移动元素；

(2) 反之,若待排序的元素为逆序(最坏的情况),则需要进行 $n-1$ 趟排序,其比较的总次数为 $(n-1)+(n-2)+(n-3)+\cdots+2+1=(n^2-n)/2$ 次,移动次数为 $(3/2)\times(n^2-n)$ 次(每次交换需移动三次元素: $t=a, a=b, b=t$);

(3) 在平均情况下,比较和移动元素的总次数大约为最坏情况下的一半。

因此,冒泡排序算法的时间复杂度为 $O(n^2)$ 。

3.3.2 程序设计语言的分类

语言是用于交流通信的。人们日常使用的自然语言用于人与人的通信,而程序设计语言则用于人与计算机之间的通信。计算机是一种电子机器,其硬件使用的是二进制语言,与自然语言差别太大了。程序设计语言是一种既可以使人能准确地描述解题的算法,又可以让计算机也很容易理解和执行的语言。

程序设计语言按其级别可以划分为机器语言、汇编语言和高级语言三大类。

1. 机器语言

机器语言是由二进制 0、1 代码指令构成,不同的 CPU 具有不同的指令系统。机器语言程序(见图 3.9(a))难编写、难修改、难维护,需要用户直接对存储空间进行分配,编程效率极低。这种语言已经被渐渐淘汰,人们已不再用机器语言编制程序了。

2. 汇编语言

汇编语言用助记符来代替机器指令中的操作码,是机器指令的符号化,例如,用 ADD 表示加法, SUB 表示减法等。用汇编语言编写的程序(见图 3.9(b))与机器指令存在着直接的对应关系,所以汇编语言同样存在着难学、难用、容易出错、维护困难等缺点。但是汇编语言也有自己的优点:可直接访问系统接口,汇编程序翻译成的机器语言程序的效率高。从软件工程角度来看,只有在高级语言不能满足设计要求,或不具备支持某种特定功能的技术性能(如特殊的输入输出)时,汇编语言才被使用。

3. 高级语言

为了克服汇编语言的缺陷,提高编写程序和维护程序的效率,一种接近人们自然语言的程序设计语言应运而生了,这就是高级语言。

高级语言是面向用户的,其最大的优点是形式上接近于算术语言和自然语言,概念上接近于人们通常使用的概念。高级语言的一个命令可以代替几条、几十条甚至几百条汇编语言的指令(见图 3.9(c))。因此,高级语言易学易用,通用性强,应用广泛。

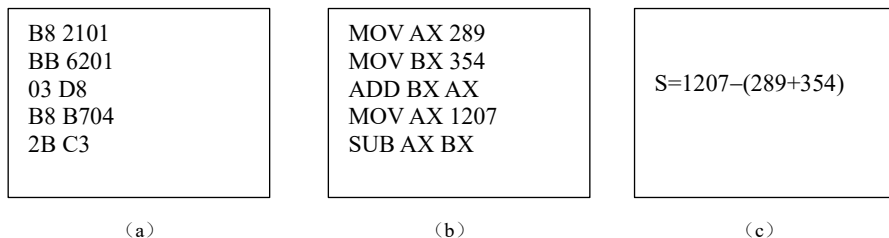


图 3.9 三种语言编写的计算“1207- (289+354)”的程序片段

(a) 机器语言程序(十六进制);(b) 汇编语言程序;(c) 高级语言程序

虽然高级语言接近于人类的自然语言,但还是有一些差距。高级语言中采用的符号、

语言成分及其构成、语法的格式都有严格的规范。在编写程序时必须严格按照规则，稍有不同，程序则不能执行。所以，高级语言还是缺乏高级的智能，还有待进一步改进。

3.3.3 程序设计语言处理系统

除机器语言外，其他用汇编语言和高级语言编写的程序都不能直接在计算机上执行，都需要对它们进行翻译，将它们翻译成功能等价的可在计算机上执行的程序，或其他中间语言形式。程序设计语言处理系统就是对程序设计语言进行翻译处理的程序系统，是系统软件中的一大类。

各种不同语言编写的程序在转化为可执行程序前，称为源程序。而转化后的低级语言代码称为目标程序。因所处理的语言、处理方法和过程的不同，语言处理系统也会有所不同，一般分为汇编程序、解释程序和编译程序三类。

1. 汇编程序

汇编程序是把汇编语言源程序翻译成机器语言目标程序的翻译程序。由于汇编语言的指令与机器指令是一一对应的，因此汇编程序较为简单。汇编的过程就是对汇编指令逐行处理，翻译成计算机可以理解的机器指令。

2. 解释程序

解释程序是将用高级语言编写的源程序逐句扫描、逐句解释、逐句执行。翻译的过程不生成目标程序，翻译完成后，即执行结束得到结果。解释程序的过程类似于“口译”。例如，BASIC、Visual Basic、VBScript 等都是解释执行的语言。解释程序的优点是实现算法简单，但运行效率低、执行速度慢。因此，解释程序通常适合于以交互方式工作的、或运行时间与解释时间相差不大的程序。

3. 编译程序

编译程序是将用高级语言编写的源程序整个翻译成机器指令代码组成的目标程序。编译程序的过程类似于“笔译”。例如，C、C++等都是需要编译的语言。编译程序的实现算法较为复杂，但通过编译程序的处理可以产生优化的、高效率运行的目标程序，并可以把它保存在磁盘上，以备多次执行。因此，编译程序更适合于翻译那些规模大、结构复杂、运行时间长的大型应用程序。

3.3.4 几种程序设计语言介绍

自 20 世纪 60 年代以来，世界上公布的程序设计语言已经有上千种之多，但是只有很小的一部分得到了广泛的应用，下面介绍几种目前广泛使用的、有一定影响力的通用程序设计语言。

1. FORTRAN 语言

FORTRAN 语言是 Formula Translation 的缩写，意为“公式翻译”，它是世界上第一个被正式推广使用的高级语言，于 1954 年提出，1956 年开始正式使用，是最古老的编程语言之一，但仍历久不衰，一直是科学计算的主流程序设计语言。

2. Basic 语言和 Visual Basic 语言

Basic 是 (beginners all-purpose symbolic instruction code) “初学者通用符号指令代码”的缩写。它是一种应用广泛的计算机高级语言，特点是易学易用，人机对话能力强，非常适合初学者。

1991 年，微软推出了 Visual Basic 1.0 (VB 1.0) 版，它是第一个基于 Windows 操作系统的“可视化”的编程语言。Visual Basic 既保持了原 Basic 语言的简单、易学、易用的特点，又采用了面向对象、事件驱动的编程机制。

微软公司的 Office 软件中嵌入的 VBA (Visual Basic for Application) 程序设计语言，是 VB 的子集，它没有自己的开发环境，必须依附于已有的应用程序 (如 Word、Excel 等) 才能使用，所开发出来的程序 (称为“宏”) 必须由它的宿主程序调用之后才能运行。

VB 程序还可以嵌入在 HTML 文档中用以扩充网页的功能，这种嵌在 HTML 文档中的小程序称为脚本，脚本就是使用 VBScript 语言 (也是 VB 的子集) 编写的。

3. C 语言、C++语言和 Objective-C 语言

C 语言是 1972 年由 AT&T 公司贝尔实验室的丹尼斯·里奇 (Dennis M. Ritchie) 在 BCPL 语言 (即 B 语言) 基础上设计而成。C 语言作为高级语言，还具有低级语言的功能，可以直接对硬件操作，能够编写出高效率的应用程序，C 语言描述问题比汇编语言迅速，工作量大，可读性好，易于调试、修改和移植，而代码质量与汇编语言相当。目前的 UNIX 源码，绝大多数都是由 C 语言编写的。C 语言是目前应用最广泛的通用程序设计语言之一，C 语言的设计影响了众多后来的编程语言，如 C++、Objective-C、Java、C#等。

C++语言是在 C 语言的基础上发展起来的面向对象的程序设计语言，是对 C 语言的扩充，是 C 语言的继承，它既可以进行 C 语言的过程化程序设计，又可以以抽象数据类型、继承和多态为特点的面向对象的程序设计，是面向对象程序设计的主流语言。

Objective-C 语言也是在 C 语言基础上扩充的面向对象编程语言，它完全兼容标准的 C 语言，是 iPhone 和 iPad 的编程语言，iOS 操作系统和 iOS 应用程序都是使用它开发而成的。

4. Java 语言

Java 语言是由 Sun 公司 (后被 Oracle 公司收购) 开发的一种面向对象、用于网络环境编程的程序设计语言。Java 语言的基本特征是适用于网络环境编程和跨平台性 (Java 语言编写的程序与使用何种平台完全无关，可以在编译后不用经过任何更改，就能在任何硬件设备条件下运行)。Java 语言一经推出之后，全世界的目光都被这个神奇的语言所吸引了，它不仅吸收了 C++语言的各种优点，还摒弃了 C++里难以理解的多继承、指针等概念，功能强大，简单易用，同时它在安卓平板计算机和智能手机等便携式数字设备中也得到了广泛应用。

5. Python

Python 是一种跨平台的面向对象的解释型脚本语言，诞生于 20 世纪 90 年代初，目前已经成为最受欢迎的程序设计语言之一。Python 语言简单、易学、免费、开源、可移植在许多平台上，并且 Python 具有庞大的功能库，可以帮助处理各种工作，广泛应用于 Web 和 Internet 开发、科学计算和统计、人工智能、金融数据分析等众多领域。

除了以上介绍的几种常用程序设计语言之外，具有一定影响力的程序设计语言还有

LISP 语言（主要用于人工智能领域）、PROLOG 语言（主要用于人工智能领域）、R 语言（用于统计计算和统计制图）等。

3.4 本章小结

本章首先介绍了计算机软件系统的组成和分类，描述了系统软件和应用软件的概念和作用；然后从计算机中最重要的系统软件——操作系统入手，重点讲解了操作系统的功能和作用；接着简单探讨了计算机软件的灵魂——算法；最后简要介绍了几种常用的程序设计语言。

习 题 3

1. 判断题

- (1) 所有存储在 U 盘或光盘上的数字作品都是软件。 ()
- (2) 由于 CPU 具有多个执行部件，可同时执行多条指令，所以操作系统才能同时进行多个任务的处理。 ()
- (3) 程序是算法的一种表示形式。 ()
- (4) 编译程序是一种把高级语言源程序翻译成为机器语言程序的程序，由它所产生的可执行程序可以多次被执行。 ()
- (5) 如果你购买了一个商品软件，通常就意味着得到了它的版权。 ()

2. 单选题

- (1) 下列选项中的软件全部属于应用软件的是_____。
 ①教务在线系统；②Access；③FrontPage；④CorelDRAW；⑤编译器；⑥Linux；⑦银行会计软件；⑧Oracle；⑨Sybase；⑩民航售票软件
 A. ①③④⑦⑩ B. ①③⑧⑨ C. ①③⑥⑨⑩ D. ②⑤⑥⑧⑨
- (2) 在下列有关 Windows 操作系统的多任务处理功能的叙述中，正确的是_____。
 A. 用户如果只启动 Word 写作，那么该程序就可以自始至终地独占 CPU
 B. 由于计算机中有多个处理器，所以操作系统才能同时执行多个任务的处理
 C. 后台任务与前台任务一样，都能得到 CPU 的及时响应
 D. 由于 CPU 具有多个执行部件，可同时执行多条指令，所以操作系统才能同时进行多个任务的处理
- (3) 以下关于 Windows 操作系统中文件管理的叙述，错误的是_____。
 A. 子目录中可以存放文件，也可以存放文件夹，从而构成树状目录结构
 B. 根目录中只能用来存放文件夹，不能存放文件
 C. 文件和文件夹的名字既可以用英文也可以用中文
 D. 即使文件的属性是“隐藏”，该文件也能正常打开和处理
- (4) 算法设计是编写程序的基础，下列关于算法的叙述中正确的是_____。
 A. 算法必须产生正确的结果

- B. 算法必须具有确定性
- C. 算法可以没有输出
- D. 算法的表示计算机必须能理解

(5) 以下关于操作系统的描述, 不正确的是_____。

- A. 操作系统是最基本的系统软件
- B. 操作系统直接运行在裸机之上, 是对计算机硬件系统的第一次扩充
- C. 操作系统与用户对话的界面必定是图形用户界面
- D. 应用程序必须在操作系统的支持下才能运行

3. 填空题

- (1) 计算机软件由程序、数据和文档组成, 其中主体是_____。
- (2) 授予软件作者唯一地拥有软件作品的署名、拷贝、分发、修改和出售权利的软件保护形式是_____。
- (3) 操作系统给用户提供一个容量比实际内存大得多的存储空间, 采用了_____技术。
- (4) 目前的操作系统向用户提供了一种 GUI, GUI 的中文意思是_____。
- (5) _____语言是计算机唯一能够识别并直接执行的语言。

4. 简答题

- (1) 从功能角度出发, 软件分为哪两类? 你会使用哪些通用应用软件?
- (2) 多任务处理中, 前台任务和后台任务有什么不同?
- (3) 操作系统中存储管理的任务是什么, 大多采用什么方案来解决?
- (4) 什么是算法? 算法与程序有何联系和区别?
- (5) 高级语言编写的程序, 需要经过怎样的处理才能被计算机执行?