



第一部分



基础篇

第 1 章 计算机基础知识

导读

计算机无疑是人类社会 20 世纪最伟大的发明之一，在几十年的时间里，它一直以难以置信的速度发展着。计算机的出现彻底改变了人类社会的文化生活，并且对人类的整个历史发展都有着不可估量的影响，电子计算机的出现标志着人类文明的发展进入了一个崭新的阶段。随着计算机技术的发展，电子计算机已经成为人们进行信息处理的一种必不可少的工具。

本章主要介绍计算机的基本知识，使读者通过本章的学习，对计算机有概括性的了解，为以后的学习奠定基础。

学习目标

- 了解计算机的基础知识
- 了解计算思维
- 了解计算机病毒与防治
- 熟悉计算机的数据与编码
- 熟悉计算机系统的组成
- 掌握数制的定义和进制的转换方式

1.1 计算机概述

1.1.1 计算机的起源与发展

基础理论的研究与先进思想的出现推动了计算机的发展。1854 年，英国数学家布尔（George Boole，1824—1898 年）提出了符号逻辑的思想，数十年后形成了计算科学软件的理论基础。1936 年，英国数学家图灵（Alan Turing，1912—1954 年）提出了著名的“图灵机”模型，探讨了现代计算机的基本概念，从理论上证明了研制通用数字计算机的可行性。1945 年，匈牙利出生的美籍数学家冯·诺依曼（John von Neumann，1903—1957 年）提出了在数字计算机内部的存储器中存放程序的概念。这是所有现代计算机的范式，称为“冯·诺依曼结构”。按这一结构制造的计算机称为存储程序计算机，又称通用计算机。几十年过去了，虽然现在的计算机系统从性能指标、运算速度、工作方式、应用领域和价格等方面与当时的计算机有很大差别，但基本结构没有变，都属于冯·诺依曼计算机。冯·诺依曼因此被誉为“计算机之父”。

1. 冯·诺依曼结构

(1) 五大功能部件

计算机由运算器、存储器、控制器、输入设备、输出设备五大部件组成。早期的冯·诺依曼体系结构以运算器为核心，输入/输出设备与存储器的数据传送要通过运算器，而现在的计算机则以存储器为中心。

(2) 采用二进制

指令和数据都用二进制代码表示，以同等地位存放于存储器内，并可按地址寻访。

(3) 存储程序原理

存储程序原理是将程序像数据一样存储到计算机内部存储器中的一种设计原理。程序存入存储器后，计算机便可自动地从一条指令转到执行另一条指令。

首先，把程序和数据送入内存。内存可划分为很多存储单元，每个存储单元都有地址编号，而且把内存分为若干个区域，如专门存放程序的程序区和专门存放数据的数据区。

其次，从第一条指令开始执行程序。一般情况下，指令按存放地址号，由小到大依次执行，遇到条件转移指令时改变执行的顺序。每条指令执行都要经过如下 3 个步骤。

- ① 取指：把指令从内存送往译码器。
- ② 分析：译码器将指令分解成操作码和操作数，产生相应控制信号送往各电器部件。
- ③ 执行：控制信号控制电器部件，完成相应的操作。

从早期的 EDSAC 到当前最先进的通用计算机，采用的都是冯·诺依曼体系结构。

2. 现代计算机的基本组成

现代计算机以存储器为中心，如图 1-1 所示。

图 1-1 中各部件的功能如下。

- ① 运算器：用来完成算术运算和逻辑运算，并将中间运算结果暂存。
- ② 存储器：用来存放数据和程序。
- ③ 控制器：用来控制、指挥程序和数据的输入、运行，以处理运算结果。
- ④ 输入设备：将人们熟悉的信息形式转换为机器能识别的信息形式。
- ⑤ 输出设备：将机器运算结果转换为人们熟悉的信息形式。

计算机的五大部件在控制器的统一指挥下，有条不紊地自动工作。由于运算器和控制器在逻辑关系和电路结构上联系紧密，尤其是在大规模集成电路出现后，这两大部件往往制作在同一芯片上，因此，通常将它们合起来，统称为中央处理器（Central Processing Unit, CPU）。存储器分为主存储器和辅助存储器，主存储器可直接与 CPU 交换信息。CPU 与内存合起来称为主机，输入设备与输出设备统称为 I/O 设备，I/O 设备和外存统称为外部设备，简称为外设。因此，可认为现代计算机由两大部分组成：主机和外设。



图 1-2 ENIAC

1946 年，宾夕法尼亚大学的工程师们开发出了世界上第一台多用途的计算机 ENIAC（Electronic Numerical Integrator And Calculator），这是一台真正现代意义上的计算机，如图 1-2 所示。ENIAC 共使用了 18000 个电子管，1500 个电子继电器，70000 个电阻器，18000 个电容器，占地面积 170 m²，重达 30 t，耗电 140 kW，堪称“巨型机”。ENIAC 能在 1 s 内完成 5000 次加法运算，ENIAC 产生后立即用于军事计算。它虽然庞大笨重，不可与后来的计算机同日而语，但是标志着计算机的诞生。

计算机从诞生之日起，就以惊人的速度发展着，一般将电子计算机的发展分成 4 个阶段，如表 1-1 所示。

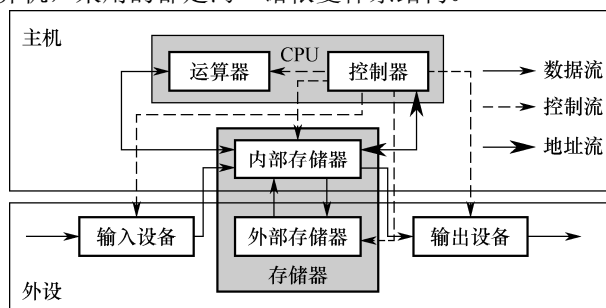


图 1-1 现代计算机的组成

表 1-1 各发展阶段计算机的主要特点比较

代 别	起止年份	代表产品	硬 件			处理方式	应用领域
			逻辑单元	主存储器	其 他		
第一代	1946—1957 年	ENIAC EDVAC IBM-705	电子管	磁鼓 磁芯	输入、输出主要采用穿孔卡片	机器语言 汇编语言	科学计算
第二代	1958—1964 年	IBM-7090 ATLAS	晶体管	磁芯	外存开始采用磁带、磁盘	作业连续处理，编译语言	科学计算、数据处理、事务管理
第三代	1965—1970 年	IBM-360 PDP-11 NOVA1200	集成电路	磁鼓 磁芯 半导体	外存普遍采用磁带、磁盘	多道程序实时处理	实现标准化系列，应用于各领域
第四代	1971 年至今	IBM-370 VAX-11 CRAY II	超大规模集成电路	半导体	普遍使用各种专业外设，大容量磁盘	网络结构，实时、分时处理	广泛应用于各领域

1.1.2 我国计算机的发展

我国从 1957 年开始研制通用数字电子计算机，于 1958 年和 1959 年分别研制出 103 小型数字计算机和 104 大型通用数字计算机，这两台机器标志着我国最早的电子数字计算机的诞生。

1983 年 12 月，我国第一个巨型机系统——“银河”超高速电子计算机系统在长沙研制成功，并通过了国家鉴定，其向量运算速度为每秒 1 亿次以上。1989 年，“银河 II”10 亿次巨型机研制成功，运算速度为每秒 10 亿次以上，主频为 50 MHz，其性能令世界瞩目。

从 20 世纪 90 年代初开始，国际上采用主流的微处理器芯片研制高性能并行计算机已成为一种发展趋势。国家智能计算机研究开发中心于 1993 年成功研制了曙光 I 号全对称共享存储多处理机。1995 年，国家智能计算机中心又推出了国内第一台具有大规模并行处理机结构的并行机——曙光 1000（含 36 个处理机），峰值速度达每秒 35 亿次浮点运算。

1997 年，国防科技大学成功研制了“银河 III”百亿次巨型并行计算机系统，采用可扩展分布共享存储并行处理体系结构，由 130 多个处理节点组成，峰值速度为每秒 130 亿次浮点运算，系统综合技术达到当时的国际先进水平。

国家智能计算机中心与曙光公司于 1997 至 1999 年，先后在市场上推出具有机群结构的曙光 1000 A、曙光 2000-I、曙光 2000-II 超级服务器，峰值速度已突破每秒 1000 亿次浮点运算，机器规模已超过 160 个处理机；2000 年，推出峰值速度为每秒 3000 亿次浮点运算的曙光 3000 超级服务器；2004 年上半年，推出峰值速度为每秒 1 万亿次浮点运算的曙光 4000 超级服务器。

2009 年 6 月 15 日，国内首台百万亿次超级计算机“魔方”在上海正式启动；同年 10 月，中国第一台千万亿次超级计算机“天河一号”在湖南长沙亮相；2010 年 8 月，第三代处理器神威蓝光千万亿次超级计算机成功运行。

综观 50 多年来我国高性能通用计算机的研制历程，从 103 机到曙光机，走过了一段不平凡的历程。总体来讲，国内的代表性计算机为 103、109 乙、150、银河、曙光 1000、曙光 2000 等。

1.1.3 计算机的主要特点

① 运算速度快。计算机的运算速度是指在单位时间内执行的平均指令数。目前，计算机的运算速度已达每秒数万亿次，极大地提高了工作效率。

② 运算精度高。当前计算机字长为 32 位或 64 位，计算结果的有效数字可精确到几十位甚至上百位。

③ 存储功能强。计算机具有存储“信息”的存储装置，可以存储大量的数据，需要时又可准

确无误地取出来。计算机这种存储信息的“记忆”能力，使它成为信息处理的有力工具。

④ 具有记忆和逻辑判断能力。计算机不仅能进行计算，还可以把原始数据、中间结果、指令等信息存储起来，随时调用，并能进行逻辑判断，从而完成许多复杂问题的分析。

⑤ 具有自动运行能力。计算机能够按照存储在其中的程序自动工作，不需要用户直接干预运算、处理和控制在。这是计算机与其他计算工具的本质区别。

1.1.4 计算机的应用领域

计算机的应用已经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。归纳起来，计算机主要应用于以下几方面。

① 科学计算。科学计算又称数值计算，通常是指完成科学研究和工程技术中提出的数学问题的计算。随着科学技术的发展，各领域中的计算模型日趋复杂，人工计算已无法解决这些复杂的计算问题，需要依靠计算机进行复杂的运算。科学计算的特点是计算工作量大、数值变化范围大。

② 数据处理。数据处理又称非数值计算，是指对大量的数据进行加工处理，如统计分析、合并、分类等。与科学计算不同，数据处理涉及的数据量大，但计算方法较简单。数据处理包括数据的采集、记载、分类、排序、存储、计算、加工、传输和统计分析等方面的工作，结果一般以表格或文件的形式存储或输出，常常泛指非科学计算方面的、以管理为主的所有应用。例如，企业管理、财务会计、统计分析、仓库管理、商品销售管理、资料管理和图书检索等。

③ 过程控制。过程控制又称实时控制，是指用计算机及时采集检测数据，按照最佳值迅速对控制对象进行自动控制或自动调节。利用计算机进行过程控制，不仅可以大大提高控制的自动化水平，而且可以提高控制的及时性和准确性，从而改善劳动条件、提高质量、节约能源、降低成本。计算机过程控制已在军事、冶金、化工、机械、航天等领域得到广泛的应用。

④ CAD/CAM。计算机辅助设计（Computer Aided Design, CAD）就是用计算机帮助设计人员进行设计，如飞机船舶设计、建筑设计、机械设计、大规模集成电路设计等。计算机辅助制造（Computer Aided Manufacturing, CAM）就是用计算机进行生产设备的管理、控制和操作的过程。

除 CAD、CAM 之外，计算机辅助系统还有计算机辅助教学（Computer Aided Instruction, CAI）、计算机辅助教育（Computer Based Education, CBE）、计算机辅助工程（Computer Aided Engineering, CAE）、计算机辅助工艺规划（Computer Aided Process Planning, CAPP）、计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacture System, CIMS）等。

⑤ 多媒体技术。多媒体（Multimedia）是一种以交互的方式将文本、图形、图像、音频、视频等多种媒体信息，经过计算机设备的获取、操作、编辑、存储等综合处理后，以单独或合成的形态表现出来的技术和方法。多媒体技术以计算机技术为核心，将现代声像技术和通信技术融为一体，追求更自然、更丰富的界面，因而其应用领域十分广泛。

⑥ 网络技术。20 世纪 80 年代发展起来的因特网（Internet）正在促进全球信息产业化发展，对全球的经济、科学、教育、政治、军事等领域起着巨大的作用，可以实现各部门、地区、国家之间的信息资源共享和交换。

⑦ 虚拟现实。虚拟现实是利用计算机生成一种模拟环境，通过多种传感设备，使用户“投入”该环境，实现用户与环境直接进行交互的目的。这种模拟环境使用计算机构成的具有表面色彩的立体图形，可以是某一特定现实世界的真实写照，也可以是构想出来的世界。

⑧ 电子商务。电子商务（E-Business）是指利用计算机和网络进行的商务活动，具体地说，是指综合利用 LAN（局域网）、Intranet（企业内部网）和 Internet 进行商品与服务交易、金融汇兑、网络广告，或提供娱乐节目等商业活动。交易的双方可以是企业与企业（B-to-B），也可以是企业与消费者（B-to-C）。

⑨ 人工智能。人工智能（Artificial Intelligence, AI）是指用计算机来模拟人类的智能。虽然计

算机的能力在许多方面（如计算速度）远远超过了人类，但是真正要达到人类的智能还非常遥远。不过，目前一些智能系统已经能够代替人类的部分脑力劳动，获得了实际的应用，尤其是在机器人、专家系统、模式识别等方面。

随着网络技术的不断发展，计算机的应用会进一步深入到社会的各行各业，通过高速信息网实现数据与信息的查询、高速通信服务（如电视会议、电子邮件）、电子教育、电子娱乐、电子购物、远程医疗、交通信息查询与管理等。计算机的应用将推动信息社会更快地发展。

1.1.5 计算机的分类

从不同的角度，计算机的分类如下。

- ① 按工作原理分类：计算机可分为数字计算机和模拟计算机。
- ② 按用途分类：计算机可分为专用计算机和通用计算机。
- ③ 按功能分类：计算机可分为巨型机、小巨型机、大型机、小型机、工作站和微型机。
- ④ 按使用方式分类：计算机可分为掌上计算机、笔记本计算机、台式计算机、网络计算机、工作站、服务器、主机等。

还有一些其他分类方法，这里不再详述。本书中所讨论的计算机都是电子数字计算机，而实际操作主要针对个人计算机系列的微型计算机。

1.1.6 计算机的发展趋势

随着新技术、新发明的不断涌现和科学技术水平的提高，计算机技术也将会继续高速发展下去。从目前计算机科学的现状和趋势看，它将向以下4个方向发展。

① 巨型化。为了适应尖端科学技术的需要，将会发展出一批高速度、大容量的巨型计算机。巨型机的发展集中体现了国家计算机科学的发展水平，推动了计算机系统结构、硬件和软件理论与技术、计算数学及计算机应用等方面的发展，是一个国家综合国力的反映。

② 微型化。随着信息化社会的发展，微型计算机已经成为人们生活中不可缺少的工具，所以计算机将会继续向着微型化的方向发展。从笔记本计算机到掌上计算机，再到嵌入到各种家电中的计算机控制芯片，进入人体内部甚至能嵌入到人脑中的微型计算机不久也将会成为现实。

③ 网络化。随着网络带宽的增大，计算机和计算机网络一起成为人们生活中不可或缺的部分。通过网络，用户可以下载自己喜欢的电影，控制远在万里之外的家电设备，完成各种想要做的事情。

④ 智能化。智能化计算机的研究领域包括自然语言的生成与理解、模式识别、自动定理证明、专家系统、机器人等。智能化计算机的发展，将会使计算机科学和计算机的应用达到一个崭新的水平。

实证思维、逻辑思维和计算思维是人类认识世界和改造世界的三大思维。计算机的出现为人类认识世界和改造世界提供了一种更加有效的手段，而以计算机技术和计算机科学为基础的计算思维必将深刻影响人类的思维方式。

1.2 计算思维概述

1.2.1 人类认识、改造世界的基本思维

认识世界和改造世界是人类创造历史的两种基本活动。认识世界是为了改造世界，要有效地改造世界，就必须正确地认识世界。而在认识世界和改造世界的过程中，思维和思维过程占有重要位置。

1. 思维与思维过程

思维是通过一系列比较复杂的操作来实现的。人们在头脑中，运用存储在长时间记忆中的知识经验，对外界输入的信息进行分析、综合、比较、抽象和概括的过程就是思维过程（或称为思维操

作), 思维过程主要包括以下三个环节。

(1) 分析与综合

分析是指在头脑中把事物的整体分解为各个部分或各种属性, 事物分析往往是从分析事物的特征和属性开始的。综合是指在头脑中把事物的各个部分、各种特征、各种属性通过它们之间的联系结合起来, 形成一个整体。综合是思维的重要特征, 通过综合能够把握事物及其联系, 抓住事物的本质。

(2) 比较

比较是在头脑中把事物或现象的个别部分、个别方面或个别特征加以对比, 确定它们之间的异同与关系。比较可以在同类事物和现象之间进行, 也可以在类型不同但具有某种联系的事物和现象之间进行。当事物或现象之间存在着性质上的异同、数量上的多少、形式上的美丑、质量上的好坏时, 常运用比较的方法来认识这些事物和现象。

比较是在分析与综合的基础上进行的。为了比较某些事物, 首先要对这些事物进行分析, 分解出它们的各个部分、个别属性和各个方面。其次, 再把它们相应的部分、相应的属性和相应的方面联系起来加以比较(实际上就是综合), 最后找出并确定事物的相同点和差异点。所以, 比较离不开分析综合, 分析综合又是比较的组成部分。

(3) 抽象与概括

抽象是在头脑中抽取同类事物或现象的共同的、本质的属性或特征, 并舍弃其个别的、非本质特征的思维过程。概括是在头脑中把抽象出来的事物或现象的共同的本质属性或特征综合起来并推广到同类事物或现象中去的思维过程。通过这种概括, 可以认识同类事物的本质特征。

2. 三种基本思维

实证思维、逻辑思维、计算思维是人类认识世界和改造世界的三种基本思维。

(1) 实证思维

实证思维是指以观察和总结自然规律为特征, 用具体的实际证据支持自己的论点。实证思维以物理学科为代表, 是认识世界的基础。实证思维结论要符合三点: 可以解释以往的实验现象; 逻辑上自洽; 能够预见新的现象。

(2) 逻辑思维

逻辑思维是指人们在认识过程中借助概念、判断、推理等思维形式能动地反映客观现实的理性认识过程, 又称理论思维。只有经过逻辑思维, 人们才能达到对具体对象本质规律的把握, 进而认识客观世界。逻辑思维以数学学科为代表, 是认识的高级阶段。逻辑思维结论要符合以下原则: 有作为推理基础的公理集合; 有一个可靠和协调的推演系统(推演规则); 结论只能从公理集合出发, 经过推演系统的合法推理达到结论。

(3) 计算思维

计算思维就是运用计算机科学的基础概念, 通过约简、嵌入、转化和仿真的方法, 把一个看来困难的问题重新阐述成一个知道怎样解的问题。计算思维以计算机学科为代表, 是改造世界的有力支撑。计算思维结论要符合以下原则: 运用计算机科学的基础概念进行问题求解和系统设计; 涵盖了计算机科学的一系列思维活动。

1.2.2 计算思维的形成

2006年3月, 美国卡耐基梅隆大学计算机系主任周以真教授在美国计算机权威杂志 *Communication of the ACM* 上发表并定义了“Computational Thinking”, 即计算思维。此后, “计算思维”这一概念引起了国际计算机界、社会学界及哲学界的广泛讨论和关注, 进而成为对国内外计算机界和教育界造成深远影响的一个重要概念。

计算方法及计算工具的发展和应用对于人类科技史的创新起着异常重要的作用。然而, 由于没有上升到思维科学的高度, 计算有一定的盲目性, 缺乏系统性和指导性。直到20世纪80年代, 钱

学森教授在总结前人的基础之上,将思维科学列为 11 大科学技术门类之一,与自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、人体科学、行为科学、军事科学、地理科学、建筑科学、文学艺术并列在一起。经过 20 余年的实践证明,在钱学森思维科学的倡导和影响下,各种学科思维逐步开始形成和发展,如数学思维、物理思维等。思维科学理论体系的建立和发展也为计算思维的萌芽和形成奠定了基础。计算思维在此时期开始萌芽。此后,各学科在思维科学的指导下逐渐发展起来,但直到 2006 年,周以真教授对计算思维进行详细分析,阐明其原理,并将其以“Computational Thinking”命名发表在 ACM 的期刊上,才使计算思维这一概念一举得到了各国专家学者及跨国机构的极大关注。

1.2.3 理解计算思维

计算思维代表着一种普遍认识和基本技能,涉及运用计算机科学的基础概念去求解问题、设计系统和理解人类的行为,涵盖了反映计算机科学之广泛性的一系列思维活动。计算思维将像计算机一样,渗入每个人的生活之中,诸如算法和前提条件等计算机专业名词也将成为日常词汇的一部分。所以,计算思维不仅属于计算机专业人员,更是每个人应掌握的基本技能。

计算思维具有以下四个基本特点。

1. 概念化

计算机科学不是计算机编程,计算机编程仅是实现环节的一个基本组成部分。像计算机科学家那样去思维远非计算机编程,它要求能够在多个层次上抽象思维。

2. 基础技能

基础技能是每个人为了在现代社会中发挥职能所必须掌握的技能。构建于计算机技术基础上的现代社会要求人们必须具备计算思维。而生搬硬套的机械技能意味着机械地重复,不能为创新性需求提供支持。

3. 人的思维

计算思维是建立在计算过程的能力和限制之上的人类求解复杂问题的基本途径,但绝非试图使人类像计算机那样思考。计算方法和模型的使用使得处理那些原本无法由个人独立完成的问题求解和系统设计成为可能,人类就能解决那些计算时代之前不敢尝试的规模问题和复杂问题,就能建造那些其功能仅受制于自身想象力的系统。

4. 本质是抽象和自动化

计算思维吸取了问题解决所采用的一般数学思维方法、复杂系统设计与评估的一般工程思维方法,以及复杂性、智能、心理、人类行为的理解等一般科学思维方法。与数学和物理科学相比,计算思维中的抽象显得更为丰富,也更为复杂。数学抽象的最大特点是抛开现实事物的物理、化学和生物学等特性,而仅保留其量的关系和空间的形式。而计算思维中的抽象不仅如此,计算思维中的抽象完全超越物理的时空观,并完全用符号来表示,其中,数字抽象只是一类特例。

计算机科学在本质上源自数学思维和工程思维,计算设备的空间限制(计算机的存储空间有限)和时间限制(计算机的运算速度有限)使得计算机科学家必须计算性地思考,不能只是数学性地思考。

1.2.3 计算思维与各学科的关系

不同计算平台、计算环境和计算设备使得数据的获取、处理和利用更便捷、更具时效性,特别是在大数据时代背景下,数据本身已成为一种工具,隐藏在其中的巨大信息资源不仅需要计算技术保持迅速发展,同时也让人们意识到基于多学科交叉的人才培养对技术创新体系的重要性。创造性思维培养离不开计算思维的培养。

思维的特性决定了它能给人以启迪,给人创造想象的空间。思维可使人具有联想性、具有推展

性；思维既可概念化又可具象化，且具有普适性；知识和技能具有时间性的局限，而思维则可跨越时间性，随着时间的推移，知识和技能可能被遗忘，但思维可以潜移默化地融入未来的创新活动中。计算机学科中体现了很多这样的思维，这些典型的计算思维对各学科、包括非计算机专业学生的创造性思维培养是非常有用的，尤其是对其创新能力的培养是有决定作用的。例如，“0和1”和“程序”有助于学生形成研究和应用自动化手段求解问题的思维模式；“并行与分布计算”和“云计算”有助于学生形成现实空间与虚拟空间、并行分布虚拟解决社会自然问题的新型思维模式；“算法”和“系统”有助于学生形成化复杂为简单、层次化结构化对象化求解问题的思维模式；“数据化”和“网络化”有助于学生形成数据聚集与分析、网络化获取数据与网络化服务的新型思维模式。借鉴通用计算系统的思维，研制支持生物技术研究的计算平台，研制支持材料技术研究的计算平台等。

思维的每个环节都需要知识，基于知识可更好地理解、形成贯通，通过贯通进而理解整个思维。对于各学科知识的汲取具有的这些思维不仅仅有助于勾勒出反映计算的原理依据和方法、计算机程序的设计，更重要的是体现了基于计算技术/计算机的问题求解思路与方法。另一方面，由于计算科学相关知识的更新和膨胀速度非常快，学习知识时应注重“思维”训练，对“知识”就必须有所选择，侧重于理解计算机学科经典的、对人们现在和未来有深刻影响的思维模式。在选择和理解知识相关性，以及培养自身具备计算思维来解决问题的过程中，可以从以下角度出发去思考。

- ① 对于该类问题的解决，人的能力与局限性是什么？计算机的计算能力与局限性是什么？
- ② 问题到底有多复杂？也即，问题解决的时间复杂性、空间复杂性。
- ③ 问题解决的判定条件是什么？也即，如何合理设定最终结果的临界值。
- ④ 什么样的技术（各种建模技术）能被应用于当前问题的求解或讨论之中？与已解决的哪些问题存在相似方面？
- ⑤ 在可采用的计算策略中，如何判断怎样的计算策略更有利于当前问题的解决？

1.3 计算机中的数据与编码

1.3.1 数字化信息编码的概念

使用电子计算机进行信息处理，首先必须使计算机能够识别信息。信息的表示有两种形态：一是人类可识别、理解的信息形态；二是电子计算机能够识别和理解的信息形态。电子计算机只能识别机器代码，即用0和1表示的二进制数据。用计算机进行信息处理时，必须将信息进行数字化编码后，才能方便地进行存储、传送和处理等操作。

所谓编码，是采用有限的基本符号，通过某个确定的原则，对这些基本符号加以组合，用来描述大量的、复杂多变的信息。信息编码的两大要素是基本符号的种类及符号组合的规则。日常生活中常遇到类似编码的实例，如用10个阿拉伯数码表示数字，用26个英文字母表示词汇等。

冯·诺依曼计算机采用二进制编码形式，即用0和1两个基本符号的组合表示各种类型的信息。虽然计算机的内部采用二进制编码，但是计算机与外部的信息交流还是采用大家熟悉和习惯的形式。

1.3.2 数制

数制 (Numbering System)，即表示数值的方法，有非进位数制和进位数制两种。表示数值的数码与它在数中的位置无关的数制称为非进位数制，如罗马数字就是典型的非进位数制。按进位的原则进行计数的数制称为进位数制，简称“进制”。对于任何进位计数制，它有以下基本特点。

1. 数制的基数确定了所采用的进位计数制

表示一个数时所用的数字符号的个数称为基数 (Radix)，如十进制数的基数为10、二进制数的基数为2。对于 N 进位数制，有 N 个数字符号。如十进制数有10个数字符号，分别是0~9；二进制数有2个符号，分别是0和1；八进制数有8个符号，分别是0~7；十六进制数共有16个符号，

分别为 0~9、A~F。

2. 逢 N 进 1

十进制采用逢 10 进 1，二进制采用逢 2 进 1，八进制采用逢 8 进 1，十六进制采用逢 16 进 1，如表 1-2 所示。

表 1-2 0~15 之间整数的 4 种常用进制表示

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

3. 采用位权表示法

处在不同位置上的相同数字所代表的值不同，一个数字在某个固定位置上所代表的值是确定的，这个固定的位置称为位权或权 (Weight)。各种进位制中位权的值恰好是基数的整数次幂。小数点左边的第一位的位权为基数的 0 次幂，第二位的位权为基数的 1 次幂，以此类推；小数点右边第一位的位权为基数的 -1 次幂，第二位位权为基数的 -2 次幂，以此类推。根据这一特点，任何一种进位计数制表示的数都可以写成按位权展开的多项式之和。

位权和基数是进位计数制中的两个要素。在计算机中常用的进位计数制是二进制、八进制和十六进制。表 1-3 给出了不同进制中的数按位权展开式的例子。

表 1-3 不同进制中的数按位权展开式

进制	原始数	按位权展开	对应的十进制数
十进制	923.56	$9 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1} + 6 \times 10^{-2}$	923.56
二进制	1101.1	$1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1}$	13.5
八进制	472.4	$4 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 2 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1}$	314.5
十六进制	3B2.4	$3 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 2 \times 16^0 + 4 \times 16^{-1}$	946.25

1.3.3 不同进制之间的转换

1. r 进制数转换成十进制数

将 r 进制数转换为十进制数，其转换公式为

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

其中， n 表示整数部分的位数， m 表示小数部分的位数， K_i 表示数值 K 第 i 位上的数字， N 表示转换后的十进制数。

公式本身就提供了将 r 进制数转换为十进制数的方法。例如，将二进制数转换为相应的十进制数，只要将二进制数中出现 1 的位权相加即可。

$(1101)_2$ 可表示为： $(1101)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (13)_{10}$ 。

【例 1-1】 $(10011.101)_2$ 可表示为

$$\begin{aligned} (10011.101)_2 &= 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= (19.625)_{10} \end{aligned}$$

【例 1-2】 $(125.3)_8$ 可表示为

$$(125.3)_8 = 1 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 5 \times 8^0 + 3 \times 8^{-1} = (85.375)_{10}$$

【例 1-3】 $(1CF.A)_{16}$ 可表示为

$$(1CF.A)_{16} = 1 \times 16^2 + 12 \times 16^1 + 15 \times 16^0 + 10 \times 16^{-1} = (463.625)_{10}$$

2. 十进制数转换成 r 进制数

将十进制数转换成 r 进制数时，可将此数分成整数与小数两部分分别转换，然后再拼接起来。下面分别加以介绍。

整数部分的转换：把十进制整数转换成 r 进制整数采用除 r 取余法，即将十进制整数不断除以 r 取余数，直到商为 0，将余数从右到左排列，首次取得的余数放在最右一位。

【例 1-4】 将十进制数 57 转换为二进制数。

2 |	57	余数	低位
2 |	28	1	↑
2 |	14	0	
2 |	7	0	
2 |	3	1	
2 |	1	1	
	0	1	高位

所以， $(57)_{10} = (111001)_2$ 。

小数部分的转换：把十进制小数转换成 r 进制小数采用乘 r 取整法，即将十进制小数不断乘以 r 取整数，直到小数部分为 0 或达到所求的精度为止（小数部分可能永不为 0）。所得的整数从小数点自左往右排列，取有效精度，首次取得的整数放在最左边。

【例 1-5】 将十进制数 0.3125 转换成二进制数。

	整数	高位
$0.3125 \times 2 = 0.625$	0	↓
$0.625 \times 2 = 1.25$	1	
$0.25 \times 2 = 0.5$	0	
$0.5 \times 2 = 1.0$	1	低位

所以， $(0.3125)_{10} = (0.0101)_2$ 。

注意：十进制小数常常不能准确地换算为等值的二进制小数（或其他进制数），有换算误差存在。

若将十进制数 57.3125 转换成二进制数，可分别进行整数部分和小数部分的转换，然后再拼在一起，结果为 $(57.3125)_{10} = (111001.0101)_2$ 。

3. 二进制数、八进制数、十六进制数间的转换

由例 1-5 可知，十进制数转换成二进制数转换过程的书写比较长，为了转换方便，人们常把十进制数转换八进制数或十六进制数，再转换成二进制数。由于二进制数、八进制数和十六进制数之间存在特殊关系： $8^1=2^3$ ， $16^1=2^4$ ，即 1 位八进制数相当于 3 位二进制数，1 位十六进制数相当于 4 位二进制数，因此转换方法就变得比较容易，如表 1-4 所示。

表 1-4 二进制数、八进制数和十六进制数之间的关系

二进制数	八进制数	二进制数	十六进制数	二进制数	十六进制数
000	0	0000	0	1000	8
001	1	0001	1	1001	9
010	2	0010	2	1010	A
011	3	0011	3	1011	B
100	4	0100	4	1100	C

(续表)

二进制数	八进制数	二进制数	十六进制数	二进制数	十六进制数
101	5	0101	5	1101	D
110	6	0110	6	1110	E
111	7	0111	7	1111	F

根据这种对应关系,二进制数转换成八进制数时,以小数点为中心向左右两边分组,每3位为一组,两头不足3位补0即可,然后根据表1-4即可完成转换。

同样,二进制数转换成十六进制数时,只要将二进制数以4位为一组即可。

将八(十六)进制数转换为二进制数只要将1位化为3(4)位即可。

【例 1-6】将二进制数 1101101110.110101 转换成八进制数和十六进制数。

$$\begin{array}{ccccccc} \underline{001} & \underline{101} & \underline{101} & \underline{110} & . & \underline{110} & \underline{101} \\ 1 & 5 & 5 & 6 & . & 6 & 5 \end{array} \quad (1556.65)_8$$

$$\begin{array}{ccccccc} \underline{0011} & \underline{0110} & \underline{1110} & . & \underline{1101} & \underline{0100} \\ 3 & 6 & E & . & D & 4 \end{array} \quad (36E.D4)_{16}$$

【例 1-7】将八(十六)进制数转换为二进制数。

$$(2C1D.A1)_{16} = (\underline{0010} \quad \underline{1100} \quad \underline{0001} \quad \underline{1101} . \underline{1010} \quad \underline{0001})_2$$

$$\quad \quad \quad 2 \quad C \quad 1 \quad D \quad . \quad A \quad 1$$

$$(7123.14)_8 = (\underline{111} \quad \underline{001} \quad \underline{010} \quad \underline{011} . \underline{001} \quad \underline{100})_2$$

$$\quad \quad \quad 7 \quad 1 \quad 2 \quad 3 . \quad 1 \quad 4$$

1.3.4 数据存储单位

在计算机中,数据存储的最小单位为位(bit, b),1位为1个二进制位(又称比特)。

1位太小,无法用来表示数据的信息含义,所以又引入了“字节”(Byte, B)作为数据存储的基本单位。在计算机中规定,1字节为8个二进制位。除字节外,还有千字节(KB)、兆字节(MB)、吉字节(GB)、太字节(TB)、拍字节(PB)、爱字节(EB)等单位。它们的换算关系是:

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

$$1 \text{ MB} = 1024 \text{ KB} = 1024 \times 1024 \text{ B} = 2^{20} \text{ B}$$

$$1 \text{ GB} = 1024 \text{ MB} = 1024 \times 1024 \text{ KB} = 1024 \times 1024 \times 1024 \text{ B} = 2^{30} \text{ B}$$

$$1 \text{ TB} = 1024 \text{ GB} = 2^{40} \text{ B}$$

在谈到计算机的存储容量或某些信息量的大小时,常常使用上述的数据存储单位,如目前个人计算机的内存容量一般达到4GB,硬盘容量一般在500GB以上。

1.3.5 英文字符编码

计算机除进行数值计算外,大多还是进行各种数据的处理。其中字符处理占有相当大的比重。由于计算机是以二进制数的形式存储和处理的,因此字符也必须按特定的规则进行二进制编码才能进入计算机。字符编码的方法很简单:首先,确定需要编码的字符总数,然后,将每个字符按照顺序确定顺序编号,编号值的大小无意义,仅作为识别与使用这些字符的依据。字符形式的多少涉及编码的位数。这如同必须有一个学号来唯一地表示某个学生,学校的招生规模决定了学号的位数一样。对西文与中文字符,由于形式不同,使用不同的编码。

在计算机中,最常用的英文字符编码为ASCII(American Standard Code for Information Interchange,美国信息交换标准码),如表1-5所示,它原为美国的国家标准,1976年确定为国际标准。

表 1-5 7 位 ASCII 代码表

d ₃ d ₂ d ₁ d ₀	d ₆ d ₅ d ₄							
	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	PS	,	>	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	<	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

在 ASCII 码中，用 7 个二进制位表示 1 个字符，排列次序为 $d_6d_5d_4d_3d_2d_1d_0$ ， d_6 为高位， d_0 为低位。而一个字符在计算机内实际用 8 位表示。在正常情况下，最高位 d_7 为“0”，在需要奇偶校验时，这一位可用于存储奇偶校验的值，此时称这一位为校验位。

ASCII 码是 128 个字符组成的字符集，其中 94 个为可打印或可显示的字符，其他为不可打印或不可显示的字符。在 ASCII 码的应用中，也经常用十进制数或十六进制数表示。在这些字符中，0~9、A~Z、a~z 都是顺序排列的，且小写比大写字母码值大 32，即位值 d_5 为 0 或 1，这有利于大、小写字母之间的编码转换。

有些特殊的字符编码需要记住，例如：

- ① a 字母字符的编码为 1100001，对应的十进制数为 97，十六进制数为 61H；
- ② A 字母字符的编码为 1000001，对应的十进制数为 65，十六进制数为 41H；
- ③ 0 数字字符的编码为 0110000，对应的十进制数为 48，十六进制数为 30H；
- ④ 空格字符的编码为 0100000，对应的十进制数为 32，十六进制数为 20H；
- ⑤ LF（换行）控制符的编码为 0001010，对应的十进制数为 10，十六进制数为 0AH；
- ⑥ CR（回车）控制符的编码为 0001101，对应的十进制数为 13，十六进制数为 0DH。

1.3.6 汉字编码

用计算机处理汉字时必须先将汉字代码化，即对汉字进行编码。汉字是象形文字，种类繁多，编码比较困难，而且在一个汉字处理系统中，输入、内部存储和处理、输出等部分对汉字代码的要求不尽相同，使用的代码也不尽相同。因此，在处理汉字时，需要进行一系列的汉字代码转换。

计算机对汉字的输入、保存和输出过程如下：在输入汉字时，操作者在键盘上输入输入码，通过输入码找到汉字的国际区位码，再计算出汉字的机内码后保存内码。而当显示或打印汉字时，则首先从指定地址取出汉字的内码，根据内码从字模库中取出汉字的字形码，再通过一定的软件转换，将字形输出到屏幕或打印机上，如图 1-3 所示。

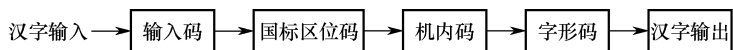


图 1-3 汉字信息处理系统模型

1. 输入码

为了能直接使用英文键盘进行汉字输入，必须为汉字设计相应的编码。汉字编码主要分为三类：数字编码、拼音编码和字形编码。

① 数字编码：用一串数字表示一个汉字，如区位码。区位码将国家标准局公布的 6763 个两级汉字分成 94 个区，每个区分 94 位，实际上是把汉字表示成二维数组，区码和位码各为两位十进制数字。因此，输入一个汉字需要按键 4 次。数字码缺乏规律，难于记忆，通常很少用。

② 拼音编码：以汉语拼音为基础的输入方法，如全拼、搜狗输入法等。拼音法的优点是，学习速度快，学过拼音就可以掌握，但重码率高，打字速度慢。

③ 字形编码：按汉字的形状进行编码，如五笔、郑码等。字形编码的优点是，平均触键次数少，重码率低，缺点是需要背字根，不易掌握。

2. 国际区位码

为了解决汉字的编码问题，1980 年，我国公布了 GB 2312—1980 国家标准。在此标准中，含有 6763 个简化汉字，其中一级汉字 3755 个，属于常用字，按汉语拼音顺序排列；二级汉字 3008 个，属非常用字，按部首排列。在该标准的汉字编码表中，汉字和符号按区位排列，共分成 94 个区，每个区有 94 位。一个汉字的编码由它所在的区号和位号组成，称为区位码。

3. 机内码

机内码是字符在设备或信息处理内部最基本的表达形式，是在设备和信息处理系统内部存储、处理、传输字符用的代码。在西文计算机中，没有交换码和机内码之分。目前，世界各大计算机公司一般均以 ASCII 码为机内码来设计计算机系统。由于汉字数量多，用 1 个字节无法区分，一般用 2 个字节来存放汉字的内码。2 个字节共 16 位，可以表示 2^{16} (65536) 个可区分的码；如果 2 个字节各用 7 位，则可表示 2^{14} (16384) 个可区分的码。一般来说，这已经够用了。现在我国的汉字信息系统一般采用这种与 ASCII 码相容的 8 位编码方案，用两个 8 位码字符构成一个汉字内部码。另外，汉字字符必须与英文字符区别开，以免造成混淆。英文字符的机内码是 7 位 ASCII 码，最高位为“0”，汉字机内码中 2 个字节的最高位均为“1”。

为了统一地表示世界各国的文字，1993 年，国际标准化组织公布了“通用多八位编码字符集”的国际标准 ISO/IEC 10646，简称 UCS (Universal Code Set)。UCS 包含了中、日、韩等国的文字，这一标准为包括汉字在内的各种正在使用的文字规定了统一的编码方案。我国相应的国家标准为《GB 13000.1—1993 信息技术 通用多八位编码字符集(UCS)第 1 部分：体系结构与基本多文种平面》。

4. 字形码

汉字字形码又称汉字字模，用于在显示屏或打印机输出汉字。汉字字形码通常有两种表示方式：点阵和矢量。

用点阵表示字形时，汉字字形码指的就是这个汉字字形点阵的代码。根据输出汉字的要求不同，点阵的多少也不同。简易型汉字为 16×16 点阵，提高型汉字为 24×24 点阵、 32×32 点阵、 48×48 点阵等。点阵规模越大，字形越清晰美观，所占存储空间也越大。

矢量表示方式存储的是描述汉字字形的轮廓特征，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。矢量化字形描述与最终文字显示的大小、分辨率无关，因此可产生高质量的汉字输出。

点阵方式的编码、存储方式简单，无须转换直接输出，但字形放大后产生的效果差，而且同一种字体不同的点阵需要不同的字库。矢量方式正好与前者相反。

1.4 计算机系统的组成

计算机系统由硬件（Hardware）系统和软件（Software）系统两部分组成，如图 1-4 所示。硬件系统是组成计算机系统的各种物理设备的总称，是计算机系统的物质基础。按照冯·诺依曼体系结构，计算机硬件包括输入设备、运算器、控制器、存储器、输出设备五部分。只有硬件系统的计算机称为裸机，裸机只能识别由 0、1 组成的机器代码，对于一般用户来说几乎是没有什么用的。软件系统是为运行、管理和维护计算机而编制的各种程序、数据和文档的总称。实际上，用户所面对的是经过若干层软件“包装”的计算机。计算机的功能不仅仅取决于硬件系统，在更大程度上是由所安装的软件系统决定的。

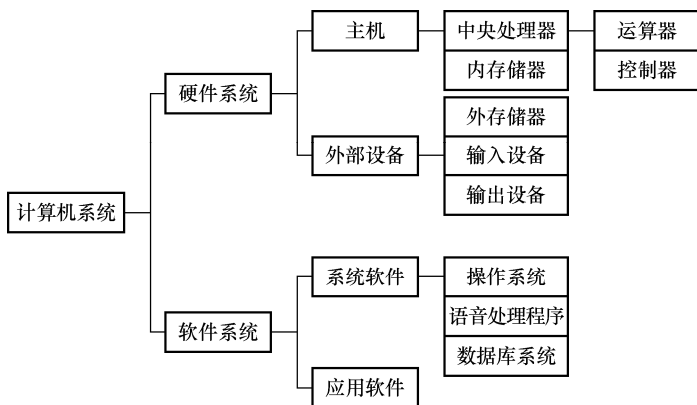


图 1-4 计算机系统的组成

1.4.1 计算机系统的基本硬件

计算机系统的软件包括系统软件和应用软件。总的来说，计算机硬件包括运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大功能部件，计算机五大功能部件组成及工作原理如图 1-5 所示。

1. 运算器

运算器又称算术逻辑单元（Arithmetic Logic Unit, ALU），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）部件和逻辑运算（与、或、非、异或、比较等）部件。

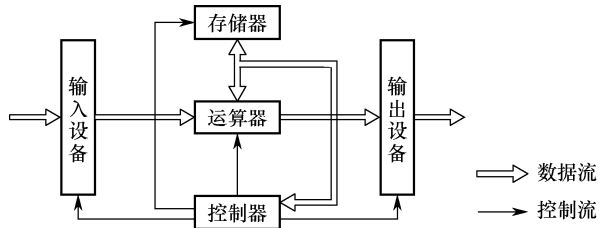


图 1-5 计算机基本硬件组成及工作原理

2. 控制器

控制器负责从存储器中取出指令，并对指令进行译码；根据指令的要求，按时间的先后顺序，负责向其他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、操作控制器等组成。

运算器和控制器组成硬件系统的核心部件——中央处理器，CPU 采用大规模集成电路工艺制成，又称微处理器。

3. 存储器

存储器是用来存放程序和数据的部件，分为内存储器、外存储器、高速缓冲存储器。

内存储器简称内存，也称主存储器，分为只读存储器（Read Only Memory, ROM）和随机存储器（Random Access Memory, RAM）。内存空间的大小（一般指 RAM 部分）也称内存的容量，对

计算机的性能影响很大。内存容量越大，能保存的数据就越多，从而减少了与外存储器交换数据的频度，因此效率也越高。目前个人计算机内存一般达到 4 GB，甚至更多。

外存储器简称外存，也称辅存，主要用来长期存放程序和数据。通常，外存不与计算机的其他部件直接交换数据，只与内存交换数据，而且不是按单个数据进行存取，而是成批地进行数据交换。常用的外存有磁盘、磁带、光盘、移动硬盘等。目前硬盘的存储容量一般在 500 GB 以上。

高速缓冲存储器（Cache）也称高速缓存，是 CPU 与内存之间设立的一种高速缓冲器。由于与高速运行的 CPU 数据处理速度相比，内存的数据存取速度太慢，为此在内存和 CPU 之间设置了高速缓存，其中可以保存下一步将要处理的指令和数据，以及在 CPU 运行的过程中重复访问的数据和指令，从而减少了 CPU 直接到速度较慢的内存中访问的次数。

4. 输入设备

输入设备是计算机输入信息的设备，是重要的人机接口，负责将输入的信息（包括数据和指令）转换成计算机能识别的二进制代码，通过运算器再送入存储器保存。常用的输入设备包括键盘、鼠标、扫描仪、麦克风、触摸屏等。

5. 输出设备

输出设备是输出计算机处理结果的设备。在大多数情况下，输出设备将这些结果转换成便于人们识别的形式。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪、音响等。

1.4.2 计算机系统的软件

计算机系统的软件包括系统软件和应用软件。系统软件是维持计算机系统的正常运行，支持用户应用软件运行的基础软件，包括操作系统、程序设计语言和数据库管理系统等。应用软件是利用计算机的软件、硬件资源为某一专门的应用目的而开发的软件。

1. 操作系统

为了使计算机系统的所有资源（包括中央处理器、存储器、各种外部设备及各种软件）协调一致，有条不紊地工作，就必须有一个软件来进行统一管理和统一调度，这个软件称为操作系统（Operating System, OS）。操作系统的功能就是管理计算机系统的全部硬件资源、软件资源及数据资源，使计算机系统所有资源最大限度地发挥作用，为用户提供方便、有效、友善的服务界面。

操作系统的功能如下：CPU 管理、存储管理、设备管理、文件管理和进程管理。实际的操作系统是多种多样的，根据侧重面不同和设计思想不同，操作系统的结构和内容存在很大差别。目前在计算机上常见的操作系统有 DOS、Windows 系列、OS/2、UNIX、XENIX、Linux、NetWare 等。DOS 是单用户单任务操作系统，Windows 是单用户多任务操作系统。

2. 程序设计语言

计算机语言是程序设计的最重要工具，是指计算机能够接受和处理的、具有一定格式的语言。从计算机诞生至今，计算机语言发展经历了三代。

① 机器语言：由 0、1 代码组成，能被机器直接理解、执行的指令集合。该语言编程质量高，所占空间小，执行速度快，是机器唯一能够执行的语言，但机器语言不易学习和修改，且不同类型机器的机器语言不同，只适合专业人员使用。

② 汇编语言：用助记符来代替机器语言中的指令和数据。汇编语言在一定程度上克服了机器语言难读难改的缺点，同时保持了其编程质量高、占用存储空间小、执行速度快的优点。不同计算机一般有不同的汇编语言。汇编语言程序必须翻译成机器语言的目标程序后再执行。

③ 高级语言：一种完全符号化的语言，采用自然语言（英语）中的词汇和语法习惯，容易被人们理解和掌握；完全独立于具体的计算机，具有很强的可移植性。用高级语言编写的程序称为源

程序，源程序不能在计算机直接执行，必须将它翻译或解释成目标程序后，才能为计算机所理解和执行。高级语言的种类繁多，如面向过程的 FORTRAN、Pascal、C、BASIC 等，面向对象的 C++、Java、Visual BASIC、Visual C++、Delphi 等。

3. 数据库管理系统

数据库管理系统主要面向解决数据处理的非数值计算问题，用于档案管理、财务管理、图书资料管理及仓库管理等的数据处理。这类数据的特点是数据量比较大，数据处理的主要内容为数据的存储、查询、修改、排序、分类等。目前，常用的数据库管理系统有 Access、FoxPro、SQL Server、Oracle、Sybase、DB2 等。

4. 应用软件

应用软件可分为三大类：通用应用软件、专用应用软件及定制应用软件。一些常见的应用软件有：办公软件（如 Microsoft Office）、信息管理软件（如财务管理系统、仓库管理系统、人事档案管理系统）、浏览器（如 Microsoft Internet Explorer）、图形图像处理软件（如 CorelDraw、Photoshop）、工程设计软件（如 AutoCAD、MATLAB）等。

1.5 多媒体技术简介

多媒体技术是当今计算机软件发展的一个热点。多媒体技术使得计算机可以同时交互地接收、处理并输出文本（Text）、图形（Graphics）、图像（Image）、声音（Sound）、动画（Animation）、视频（Video）等信息。

1.5.1 多媒体的基本概念

① 媒体。媒体在计算机领域中主要有两种含义：一是指用以存储信息的实体，如磁带、磁盘、光盘、半导体存储器等；二是指用以承载信息的载体，如数字、文字、声音、图形、图像、动画等。在计算机领域，媒体一般分为感觉媒体、表示媒体、表现媒体、存储媒体和传输媒体五类。

② 多媒体。多媒体，简单地说，是一种以交互方式将文本、图形、图像、声音、动画、视频等多种媒体信息，经过计算机设备的获取、操作、编辑和存储等综合处理后，以单独或合成的形态表现出来的技术和方法。

③ 多媒体技术。多媒体技术涉及许多学科，如图像处理技术、声音处理技术、视频处理技术及三维动画技术等，它是一门跨学科的综合性技术。多媒体技术用计算机把各种不同的电子媒体集成并控制起来，这些媒体包括计算机屏幕显示、CD-ROM、语言和声音的合成及计算机动画等，且使整个系统具有交互性，因此多媒体技术又可被看成一种界面技术，使得人机界面更为形象、生动、友好。

1.5.2 多媒体技术

多媒体技术主要包括数据压缩与解压缩、媒体同步、多媒体网络、超媒体等。其中以视频和音频数据的压缩与解压缩技术最为重要。

视频和音频信号的数据量大，同时要求传输速度快，目前的计算机还不能完全满足要求。因此，需要对多媒体数据进行压缩与解压缩。

数据压缩技术又称数据编码技术，目前多媒体信息的数据编码技术主要如下。

① JPEG（Joint Photographic Experts Group）标准。JPEG 是 1986 年制定的主要针对静止图像的第一个图像压缩国际标准。该标准制定了有损和无损两种压缩编码方案，JPEG 对单色和彩色图像的压缩比通常分别为 10:1 和 15:1，常用于 CD-ROM、彩色图像传真和图文管理。许多 Web 浏览器都将 JPEG 图像作为一种标准文件格式，以供欣赏。

② MPEG (Moving Picture Experts Group) 标准。MPEG 标准实际上是数字电视标准, 包括 3 部分: MPEG-Video、MPEG-Audio 及 MPEG-System。MPEG 是针对 CD-ROM 式有线电视 (Cable-TV) 传播的全动态影像, 严格规定了分辨率、数据传输速率和格式, MPEG 平均压缩比为 50:1。

③ H.261 标准。这是国际电报电话咨询委员会 (CCITT) 为可视电话和电视会议制定的标准, 是关于视像和声音双向传输的标准。

近 50 年来, 已经产生了各种不同用途的压缩算法、压缩手段和实现这些算法的大规模集成电路和计算机软件, 人们还在不断地研究更为有效的算法。

1.5.3 多媒体计算机系统组成

多媒体计算机具有能捕获、存储、处理和展示文字、图形、声音、动画及活动影像等多种类型信息的能力。完整的多媒体计算机系统由多媒体硬件系统和多媒体软件系统组成。

1. 多媒体计算机硬件系统

多媒体计算机硬件系统主要包括以下几部分。

- ① 多媒体主机, 支持多媒体指令的 CPU。
- ② 多媒体输入设备, 如录像机、摄像机、CD-ROM、话筒等。
- ③ 多媒体输出设备, 如音箱、耳机、录像带等。
- ④ 多媒体接口卡, 如音频卡、视频卡、图形压缩卡、网络通信卡等。
- ⑤ 多媒体操纵控制设备, 如触摸式显示屏、鼠标、操纵杆、键盘等。

2. 多媒体计算机软件系统

多媒体计算机软件系统主要包括以下几部分。

- ① 支持多媒体的操作系统。
- ② 多媒体数据库管理系统。
- ③ 多媒体压缩与解压缩软件。
- ④ 多媒体通信软件。

3. 多媒体个人计算机

能够处理多媒体信息的个人计算机称为多媒体个人计算机, 简称 MPC (Multimedia Personal Computer)。目前, 市场上的主流个人计算机都是 MPC, 配置已经远远超过了国际 MPC 标准。

MPC 中, 声卡、CD-ROM 驱动器是必须配置的, 其他装置可根据需要选配。下面介绍 MPC 涉及的主要硬件技术。

① 声卡的配置。声卡又称音频卡, 是 MPC 必选配件, 是计算机进行声音处理的适配器。其作用是从话筒中捕获声音, 经过模数转换器, 对声音模拟信号以固定的时间进行采样, 使其变成数字化信息, 经转换后的数字信息便可存储到计算机中。在重放时, 再把这些数字信息输入到声卡数模转换器中, 以同样的采样频率还原为模拟信号, 经放大后作为音频输出。有了声卡, 计算机便具有了听、说、唱的功能。

② 视频卡的配置。图像处理已经成为多媒体计算机的热门技术。图像的获取一般可通过两种方法: 一是利用专门的图形图像处理软件创作所需要的图形; 二是利用扫描仪或数字照相机把照片、艺术作品或实景输入计算机。然而, 上述方法只能采集静止画面, 要想捕获动态画面, 就要借助于电视设备。视频卡的作用就是为多媒体个人计算机和电视机、录像机或摄像机提供一个接口, 用来捕获动态图像, 进行实时压缩生成数字视频信号。

1.5.4 音频信息

1. 音频的数字化

在多媒体系统中，声音是指人耳能识别的音频信息。计算机内采用二进制数表示各种信息，所以计算机内的音频信号必须是数字形式的，必须把模拟音频信号转换成有限个数字表示的离散序列，即实现音频数字化。这一处理技术涉及音频的采样、量化和编码。

2. 数字音频的技术指标

数字音频的技术指标有采样频率、量化位数和声道数。采样频率是指 1 秒内采样的次数。

量化位数是对模拟信号的幅度轴进行数字化，决定了模拟信号数字化以后的动态范围。按字节运算，一般的量化位数为 8 位和 16 位。量化位数越高，信号的动态范围越大，数字化后的音频信号就越可能接近原始信号，但所需要的存储空间也越大。

声道数包含单声道和双声道，双声道又称立体声，在硬件中要占两条线路，音质、音色好，但立体声数字化后所占空间比单声道多一倍。

3. 数字音频的文件格式

音频文件通常分为两类：声音文件和 MIDI (Musical Instrument Digital Interface, 乐器数字接口) 文件。声音文件是指通过声音录入设备录制的原始声音，直接记录了真实声音的二进制采样数据，通常文件较大；MIDI 文件则是一种音乐演奏指令序列，相当于乐谱，可以利用声音输出设备或与计算机相连的电子乐器进行演奏，由于不包含声音数据，其文件尺寸较小。

数字音频是将真实的数字信号保存起来，播放时通过声卡将信号恢复成悦耳的声音。声音文件采用了不同的音频压缩算法，在保持声音质量基本不变的情况下尽可能获得更小的文件。

① Wave 文件 (.wav): Microsoft 公司开发的一种声音文件格式，符合 RIFF (Resource Interchange File Format) 文件规范，用于保存 Windows 平台的音频信息资源，被 Windows 平台及其应用程序广泛支持。

② Audio 文件 (.au): Sun Microsystems 公司推出的一种经过压缩的数字声音格式，是 Internet 中常用的声音文件格式。

③ MPEG 音频文件 (.mp1/.mp2/.mp3): MPEG 标准中的音频部分，即 MPEG 音频层 (MPEG Audio Layer)。MPEG 音频文件的压缩是一种有损压缩，根据压缩质量和编码复杂程度的不同可分为三层 (MPEG Audio Layer 1/2/3)，分别对应 MP1、MP2、MP3 三种声音文件。MPEG 音频编码具有很高的压缩率，MP1 和 MP2 的压缩率分别为 4:1 和 6:1~8:1，MP3 的压缩率则高达 10:1~12:1，目前使用最多的是 MP3 文件格式。

④ MIDI 文件 (.mid/.rmi): 数字音乐的标准，几乎所有的多媒体计算机都遵循这个标准。它规定了不同厂家的电子乐器与计算机连接的方案及设备间数据传输的协议。

1.5.5 图形与图像

图像所表现的内容是自然界的真实景物，而图形实际上是对图像的抽象，组成图形的画面元素主要是点、线、面或简单立体图形等，与自然界景物的真实感相差很大。

1. 图形与图像的基本属性

① 分辨率：分辨率是一个统称，分为显示分辨率、图像分辨率等。显示分辨率是指在某种显示方式下，显示屏上能够显示出的像素数目，以水平和垂直的像素数表示。图像分辨率是指组成数字图形与图像的像素数目，以水平和垂直的像素数表示。

② 颜色深度：图像中每个像素的颜色（或亮度）信息所占的二进制数位数，记为位/像素 (bits)

per pixel, b/p)。常见颜色深度种类如下。

- 4 位：VGA 标准支持的颜色深度，共 16 种颜色。
- 8 位：数字媒体应用中的最低颜色深度，共 256 种颜色。
- 16 位：其中的 15 位表示 R、G、B（红、绿、蓝）三种颜色，每种颜色 5 位，余下的 1 位表示图像的其他属性。
- 24 位：用 3 个 8 位分别表示 R、G、B，称为 3 个颜色通道，可生成的颜色数为 16 777 216 种。
- 32 位：同 24 位颜色深度一样，也是用 3 个 8 位通道分别表示 R、G、B 三种颜色，剩余 8 位用来表示图像的其他属性。

③ 文件的大小：图形与图像文件的大小（又称数据量）是指在磁盘上存储整幅图像所有点的字节数，反映了图像所需数据存储空间的大小。

2. 图形与图像数字化

计算机存储和处理的图形与图像信息都是数字化的，因此，无论以什么方式获取图形与图像信息，最终都要转换为一系列二进制数表示的离散数据的集合。这个集合即数字图像信息，即图形与图像的获取过程就是图形与图像的数字化过程。

数字化图像可分为位图和矢量图两种基本类型。位图（Bit-mapped Graphics）是由许多的像素组合而成的平面点阵图。其中，每个像素的颜色、亮度和属性是用一组二进制像素值来表示的。矢量图（Vector Graphics）是用一系列计算机指令集合的形式来描述或处理一幅图，描述的对象包括一幅图中所包含的各图元的位置、颜色、大小、形状、轮廓和其他一些特性，也可以用更复杂的形式表示图像中的曲面、光照、阴影、材质等效果。

3. 图形与图像文件的格式

① BMP（Bitmap）格式。BMP 是 Windows 操作系统中的标准图像文件格式。这种格式的特点是包含的图像信息较丰富，几乎不进行压缩，占用磁盘空间大。最典型的应用程序就是 Windows 的画图程序。

② GIF（Graphics Interchange Format，图形交换格式）格式。GIF 是用来交换图片的，是一种经过压缩的 8 位图像的格式，文件存储量很小，所以在网络上得到广泛应用，传输速度比其他格式的图像文件快得多。但是 GIF 格式不能存储超过 256 种颜色的图形。

③ JPEG 格式。JPEG 是由联合照片专家组开发的，其文件扩展名为 .jpg 或 .jpeg，在获取到极高的压缩率的同时，能得到较好的图像质量。JPEG 文件的应用非常广泛，特别是在网络和光盘读物上。目前，大多数 Web 页面都可以看到这种格式的文件，其原因就是 JPEG 格式的文件尺寸较小，下载速度快，有可能以较短的下载时间提供大量美观的图像。

④ JPEG 2000 格式。JPEG 2000 同样是由 JPEG 组织负责制定的。与 JPEG 相比，其压缩率提高约 30%。JPEG 2000 同时支持有损压缩和无损压缩，因此适合保存重要图片。JPEG 2000 还能提供渐进传输，即先传输图像的轮廓，然后逐步传输数据，不断提高图像质量。

⑤ TIFF（Tag Image File Format）格式。TIFF 是由 Aldus 为 Macintosh 机开发的一种图形文件格式，最早流行于 Macintosh，现在 Windows 上主流的图像应用程序都支持该格式。目前，它是 Macintosh 和 PC 上使用最广泛的位图格式，在这两种硬件平台上移植 TIFF 图形图像十分便捷，大多数扫描仪也都可以输出 TIFF 格式的图像文件，支持的色彩数最高可达 1600 万种。其特点如下：存储的图像质量高，占用的存储空间也非常大，大小是相应 GIF 图像的 3 倍，JPEG 图像的 10 倍。

⑥ PSD 格式。PSD 是著名的 Adobe 公司的图像处理软件 Photoshop 的自建标准文件格式。PSD 其实是 Photoshop 进行平面设计的一张“草稿图”，里面包含各种图层、通道等多种设计的样稿，以便于下次打开文件时可以修改上一次的設計。由于 Photoshop 应用越来越广泛，这种格式也逐步流行起来。