

第 1 章 计算机基础知识

以计算机技术为基础的高新技术迅猛发展，使社会步入了信息化时代，信息技术（IT）正以其广泛的渗透性和高度的先进性与传统产业紧密结合。计算机已经走入各行各业，遍及企事业单位、机关、学校和家庭，成为各行业必不可少的工具。掌握计算机尤其是微型计算机的知识，已成为有效学习和工作所必需的基本技能之一。

1.1 计算机发展及应用

在人类文明发展的历史长河中，计算工具经历了从简单到复杂、从低级到高级的发展过程，例如“结绳记事”中的绳结、算筹、算盘、计算尺、手摇机械计算机、电动机械计算机等。它们在不同的历史时期发挥了各自的作用，同时也孕育了电子计算机的雏形和设计思路。

计算机是 20 世纪人类最伟大的发明之一。从第一台电子计算机问世到今天，短短 60 多年，计算机技术得到了迅速的发展。它的应用从最初的军事领域，扩展到社会的各个领域，让人们的工作、学习和生活方面都发生了巨大变化。以计算机为核心的信息技术成为一种崭新的生产力。可以说，没有计算机就没有现代化。

1.1.1 计算机的发展简史

一、计算机的诞生

在第一台真正意义上的计算机诞生之前，人们在电磁学、电工学和电子学领域不断取得重大的发展。在麦克斯韦、弗莱明等科学家的努力下，我们有了完备的电子知识，为电子计算机的出现奠定了基础。

在第二次世界大战期间，美军为了研制新型武器，在马里兰州的阿伯丁设立了“弹道实验室”。但是，参与研制的研究人员为研究新型武器所需的大量计算头疼不已，他们迫切需要一种新型的计算工具来完成这些复杂而烦琐的计算工作。当他们正为这一问题头疼时，宾夕法尼亚大学莫尔电机学院的莫克利博士提出了试制第一台电子计算机的设想，于是他们开始合作研制 ENIAC。在埃克特（J.Presper Eckert）、戈德斯坦（Herman H.Goldstine）等的共同努力下，终于在 1946 年 2 月 15 日，第一台电子计算机 ENIAC（Electronic Numerical

Integrator And Calculator, 电子数字积分计算机) 在美国宾夕法尼亚大学诞生了 (如图 1-1 所示)。ENIAC 是为计算弹道和射击表而设计的。主要元件是电子管, 每秒钟能完成 5000 次加法, 300 多次乘法运算, 比当时最快的计算工具快 300 倍。ENIAC 有几间房间那么大, 占地 170 平方米, 使用了 1500 个继电器, 18800 个电子管, 重达 30 多吨, 每小时耗电 174 千焦, 耗资 48 万美元, 真可谓“庞然大物”。



图 1-1 世界上第一台计算机: ENIAC

用 ENIAC 解决问题时, 人们首先要根据问题的计算步骤预先编好一条条指令, 再按指令连接好外部线路, 然后启动它让其自动运行并输出结果。当要解决另一个问题时, 必须重复进行上述工作, 所以只有少数专家才能使用它。尽管这是 ENIAC 的明显弱点, 但它使过去借助机械分析机费时 7~20 小时才能计算出一条弹道的工作时间缩短到 30 秒, 使科学家们从奴隶般的计算中解放出来。至今人们仍然一致公认, ENIAC 的问世标志着计算机时代的到来, 它的出现具有划时代的伟大意义。但 ENIAC 并不具有存储程序和程序控制原理。

在 ENIAC 的研制过程中, 不得不提一下为计算机发展奠定坚实基础的美籍匈牙利数学家冯·诺依曼 (Von Neumann)。他与 ENIAC 的碰撞, 迸发出了计算机发展的火花。他认为计算机应具备计算器、逻辑控制设备、存储器、输入设备和输出设备五个部分, 并提出一个全新的存储程序通用电子计算机方案——EDVAC 方案并于 1950 年研制成功。EDVAC 首次实现了制造电子计算机的程序设计的新思想: 一是计算机内部直接采用二进制数进行运算; 二是将指令和数据都存储起来, 由程序控制计算机自动执行。从此, 存储程序和程序控制成为区别电子计算机与其他计算工具的本质标志。

二、计算机的发展

从第一台电子计算机诞生到现在短短的七十多年中, 计算机的发展日新月异, 特别是电子元件的发展有力也推动了计算机的发展。根据计算机采用的电子元件的不同, 将计算机的发展划分为四个阶段。

1. 第一代计算机（1946—1957）

第一代计算机是电子管计算机。其基本元件是电子管（如图 1-2（a）所示）。内存存储器采用水银延迟线，外存储器有纸带、卡片、磁带和磁鼓等。由于当时电子技术的限制，运算速度为每秒几千次到几万次，而且内存存储器容量也非常小，只有 1000~4000 字节。

此时的计算机已经用二进制代替了十进制，所有的数据和指令都用若干个 0 和 1 表示，这很容易对应于电子元件的“导通”和“截止”。计算机程序设计语言还处于最低阶段，要用二进制代码表示的机器语言进行编程，工作十分烦琐。直到 20 世纪 50 年代末才出现了稍微方便一点的汇编语言。

UNIVAC（Universal Automatic Computer）是第一代计算机的典型代表。第一台产品于 1951 年交付美国人口统计局使用。它的交付使用标志着计算机从实验室进入了市场，从军事应用领域转入数据处理领域。其他代表新机型有 IBM650（小型机）、IBM709（大型机）。

第一代计算机体积庞大，造价昂贵，因此基本上还局限于军事研究领域的狭小天地里。

2. 第二代计算机（1958—1964）

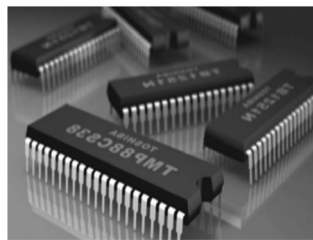
1948 年，贝尔实验室发明晶体管（如图 1-2（b）所示）。晶体管是一种开关元件，具有体积小、重量轻、开关速度快、工作温度低、稳定性好等特点，所以第二代计算机以晶体管为主要元件。此时，内存存储器大量使用磁性材料制成的磁芯，每个小米粒大小的磁芯可存 1 位二进制代码；外存储器有磁盘、磁带。随着外部设备种类的增加，运算速度从每秒几万次提高到几十万次，内存存储器容量扩大到几十万字节。



(a) 电子管



(b) 晶体管



(c) 集成电路

图 1-2 电子元件

计算机软件方面也有了较大的发展，出现了监控程序并发展成为后来的操作系统。另外，BASIC、FORTRAN 和 COBOL 等高级程序设计语言相继推出，使编写程序的工作变得更为方便并实现了程序兼容。这样，人们使用计算机工作的效率大大提高。

第二代计算机与第一代计算机相比较，晶体管计算机体积小、成本低、重量轻、功耗小、速度快、功能强且可靠性高。使用范围也由单一的科学计算扩展到数据处理和事务管理等其他领域中。其中，IBM 7000 系列机是第二代计算机的典型代表。

3. 第三代计算机（1965—1970）

1958 年第一块集成电路（如图 1-2（c）所示）诞生以后，集成电路技术的发展日臻成



熟。集成电路的问世催生了微电子产业，第三代计算机的主要元件采用小规模集成电路（SSI——Small Scale Integrated circuits）和中规模集成电路（MSI——Medium Scale Integrated circuits）。集成电路是用特殊的工艺将大量完整的电子线路做在一个硅片上。与晶体管电路相比，集成电路计算机的体积、重量、功耗都进一步减小，运算速度、逻辑运算功能和可靠性都进一步提高。

计算机软件在这个时期形成了产业，操作系统在种类、规模和功能上发展很快，通过分时操作系统，用户可以共享计算机的资源。结构化、模块化的程序设计思想被提出，而且出现了结构化的程序设计语言 PASCAL。第三代计算机广泛应用于数据处理、过程控制和教育等各方面。

IBM 360 系列是最早采用集成电路的通用计算机，也是影响最大的第三代计算机。

4. 第四代计算机（自 1971 年至今）

随着集成电路技术的不断发展，单个硅片可容纳电子线路的数目也在迅速增加。20 世纪 70 年代初期出现了可容纳数千个乃至数万个晶体管的大规模集成电路（LSI——Large Scale Integrated circuits），20 世纪 70 年代末又出现了一个芯片上可容纳几万个到几十万晶体管的超大规模集成电路（VLSI——Vary Large Scale Integrated circuits）。VLSI 能把计算机的核心部件甚至整个计算机都做一个硅片上。

第四代计算机的主要元件是采用大规模集成电路（LSI）和超大规模集成电路（VLSI）。集成度很高的半导体存储器完全代替了使用达 20 年之久的磁芯存储器，外存磁盘的存取速度和存储容量大幅度上升，计算机的速度可达每秒几百万次至上亿次。体积、重量和耗电量进一步减少，计算机的性能价格比基本上以每 18 个月翻一番的速度上升（此即著名的 More 定律，摩尔定律）。

软件工程的概念此时也开始提出，操作系统向虚拟操作系统发展，各种应用软件丰富多彩，在各行业中都有应用，大大扩展了计算机的应用领域。IBM 4300 系列、3080 系列、3090 系列和 9000 系列是这一时期的主流产品。

综上所述计算机的发展如表 1-1 所示。

表 1-1 计算机的发展历程

	基本元件	运算速度	内存储器	外存储器	相应软件	应用领域
第一代计算机	电子管	几千~几万次/秒	水银延迟线	卡片、磁带、磁鼓等	机器语言程序	主要用于军事领域
第二代计算机	晶体管	几十万次/秒	磁芯	磁盘、磁带	监控程序、高级语言	科学计算、数据处理、事务处理
第三代计算机	中小规模集成电路	几十万~几百万次/秒	磁芯	磁盘、磁带	分时操作系统、结构化程序设计	各种领域
第四代计算机	大、超大规模集成电路	几百万~上亿次/秒	半导体存储器	磁盘、光盘等	多种多样	各种领域

5. 新一代计算机

为了争夺世界范围内信息技术的制高点，20 世纪 80 年代初期，各国展开了研制第五代计算机的激烈竞争。第五代计算机的研制推动了专家系统、知识工程、语音合成与语音识别、自然语言理解、自动推理和智能机器人等方面的研究，取得了大批成果。目前计算机正在向人工智能、神经网络计算机和生物芯片方向发展。从计算机的核心部件——芯片技术的发展上看，未来计算机有光学计算机、生物计算机、量子计算机、神经网络计算机等。新一代计算机能够具有像人一样的思维、推理和判断能力，向智能化发展，实现接近人的思维方式。

(1) 生物计算机

1995 年，来自世界各国的 200 多位专家共同探讨了生物计算机的可行性，他们认为生物计算机是以生物电子元件构建的计算机，而不是模仿生物大脑和神经系统中信息传递、处理等相关原理来设计的计算机。

目前研制的生物计算机最大的特点是采用了生物芯片，它由生物工程技术产生的蛋白质分子构成。在这种芯片中，信息以波的形式传播，运算速度比当今最新一代的计算机快 10 万倍，能量消耗仅相当于普通计算机的十分之一，并且拥有巨大的存储能力。由于蛋白质分子能够自我组合，再生新的微型电路，使得生物计算机具有生物体的一些特点，如能发挥生物体本身的调节机能自动修复芯片发生的故障，还能模仿人脑的思考机制。

(2) 光学计算机

光学计算机利用光作为信息的传输介质。与电子相比，光子具有许多独特的优点——它的速度永远等于光速、具有电子所不具备的频率及偏振特征，从而大大提高了转载信息的能力。此外，光信号传输根本不需要导线，即使在光线交汇时也不会互相干扰、互相影响。一块直径仅为 2cm 的光棱镜可通过的信息比特率可以超过全世界现有全部电缆总和的 300 多倍。光学计算机的智能水平也将远远超过电子计算机的智能水平，是人们梦寐以求的理想计算机。

(3) 量子计算机

真正的量子计算机很难把它想象成是一台计算机，它没有传统计算机的盒式外壳，看起来像是一个被其他物质包围的巨大磁场。它也不能像现在的计算机那样利用硬盘实现信息的长期存储。但它自身独特的优点，吸引着众多的国家和实体投入巨大的人力、物力去研究。

(4) 神经网络计算机

神经网络计算机是模仿人的大脑判断能力和适应能力，并具有可并行处理多种数据功能的神经网络计算机。神经网络计算机的信息不是存在存储器中，而是存储在神经元之间的联络网中。若有节点断裂，计算机仍有重建资料的能力，它还具有联想记忆、视觉和声音识别能力。



(5) 纳米计算机

纳米计算机是将纳米技术应用于计算机领域所研究的新型计算机。“纳米”本是一种计量长度的单位， $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ ，应用纳米技术研制的计算机内存芯片的体积不过数百个原子的大小，仅相当于人的头发丝直径的千分之一。纳米计算机几乎不耗费能量，它的运算速度是使用硅芯片计算机的 15000 倍。

(6) 超导计算机

超导计算机由特殊性能的超导开关器件、超导存储器件和电路制成。目前的超导开关器件的开关速度比集成电路要快几百倍，而能耗仅为现有的大规模集成电路的千分之一。

三、微型机的发展

随着更高集成度的超大规模集成电路技术的出现，使计算机朝着微型化和巨型化两个方向发展。尤其是微型计算机，自 1971 年第一片微处理器诞生之后，异军突起，以迅猛的气势渗透到工业、教育、生活等许多领域之中。以 1981 年出现的 IBM-PC 为代表，开始了微型机阶段。在今天，微型机的应用十分广泛，几乎随处可见。21 世纪，微型机将会更多地进入人们的日常工作和生活。而巨型机则用于解决诸如气象、太空、能源、医药等尖端科学研究和战略武器研制中的复杂计算。它们安装在国家高级研究机关中，价格昂贵，号称国家级资源，体现一个国家的综合科技实力，成为各国体现国力和军力的战略物资以及发展高技术的强有力的工具。

1971 年第一只微处理器 Intel 4004 问世，由它构成 MCS-4 微型计算机，标志着微型计算机时代的来临。微型计算机体积轻巧，使用方便，能满足社会大众的普遍要求，性能价格比适当，使计算机从实验室和大型计算中心走向普通大众，为计算机的普及做出了巨大贡献。

由于微处理器决定了微型机的性能，根据微处理器的位数和功能，可将微型机的发展划分为以下四个阶段。

1. 4 位微处理器

4 位微处理器的代表产品是 Intel 4004 及由它构成的 MCS-4 微型计算机。其时钟频率为 0.5~0.8MHz，数据线和地址线均为 4~8 位，使用机器语言和简单汇编语言编程，主要应用于家用电器、计算器和简单的控制等。

2. 8 位微处理器

8 位微处理器的代表产品是 Intel 8080、8085，Motorola 公司的 MC 6800，Zilog 公司的 Z80，MOS Technology 公司的 6502 微处理器。较著名的微型计算机有以 6502 为中央处理器的 APPLE II 微型机，以 Z80 为中央处理器的 System-3。这一代微型机的时钟频率为 1~2.5MHz，数据总线为 8 位，地址总线为 16 位，配有操作系统，可使用 FORTRAN、BASIC 等多种高级语言编程，主要应用于教学和实验、工业控制和智能仪表中。

3. 16位微处理器

16位微处理器的代表产品为 Intel 8086 及其派生产品 Intel 8088 等,以 8086 或 8088 为中央处理器的 IBM PC 系列微机最为著名。国内在 20 世纪 90 年代初开始引入。这一代微型机的时钟频率为 5~10MHz,数据总线为 8 位或 16 位,地址总线为 20~24 位。微型机软件日益成熟,操作系统方便灵活,汉字处理技术开始使用,为计算机在我国的广泛应用开辟了道路。应用扩展到实时控制、实时数据处理和企业信息管理等方面。

4. 32位微处理器及以上

32位微处理器的代表产品是 Intel 80386、80486、80586、初期的 Pentium 系列。由它们组成的 32 位微型计算机,时钟频率达到 16~100MHz,数据总线 32 位,地址总线 24~32 位。这类微机也称超级微型计算机,其应用扩展到计算机辅助设计、工程设计、排版印刷等方面。

5. 21世纪的微处理器

进入新世纪以来,CPU 进入了更高速发展的时代,以往可望而不可及的 1GHz 大关被轻松突破了,在市场分布方面,仍然是 Intel 跟 AMD 公司在两雄争霸,它们分别推出了 Pentium4、Tualatin 核心 Pentium II 和 Celeron、Tunderbird 核心 Athlon、AthlonXP 和 Duron 等处理器,竞争日益激烈。另外,出现多核微处理器,如:酷睿™2 双核处理器,酷睿 2 四核处理器。目前,IBM、富士通、AMD 和 Intel 等众多芯片制造商推出六核、八核等多核服务器处理器。总的来说,多核心处理技术是代替单核心的必然趋势,是计算机性能的一次突破机会。

四、计算机在我国的发展

华罗庚教授是我国计算机技术的奠基人和最主要的开拓者之一。1952 年,在全国大学及院系调整时,他从清华大学电机系物色了闵乃大、夏培肃和王传英三位科研人员在他任所长的中国科学院数学所内建立了中国第一个电子计算机科研小组。下面简要介绍我国计算机的发展历程。

1. 第一代计算机——电子管计算机（1958—1964）

我国从 1957 年开始研制通用数字电子计算机,1958 年 8 月 1 日该机可以表演短程序运行,标志着我国第一台电子计算机诞生。为了纪念这个日子,该机定名为“八一型”数字电子计算机,在投入生产该计算机时将其改名为“103 型”计算机(即 DJS-1 型)。从 1958 年起,我国在研制第一代电子管计算机(104 机)的同时,开始酝酿研制晶体管计算机,夏培肃院士领导的科研小组首次自行设计于 1960 年 4 月研制成功一台小型通用电子计算机——107 机。

2. 第二代计算机——晶体管计算机（1965—1972）

1965 年研制成功我国第一台大型晶体管计算机“109 乙”机,改进后的“109 丙”机

在我国两弹试验中发挥了重要作用，被用户誉为“功勋机”。

3. 第三代计算机——中小规模集成电路计算机（1973—1982）

到 20 世纪 70 年代初期，我国陆续推出了大、中、小型采用集成电路的计算机。1973 年，北京大学与北京有线电厂等单位合作研制成功了运算速度达每秒钟 100 万次的大型通用计算机。进入 20 世纪 80 年代，我国高速计算机，特别是向量计算机有了新的发展。1983 年，中国科学院计算所完成的我国第一台大型向量机“757 机”，计算速度达到每秒钟 1000 万次。同年，这一纪录就被中国人民解放军国防科学技术大学研制的“银河 I”亿次巨型计算机打破。“银河 I”巨型机是我国高速计算机研制的一座重要里程碑，它标志着我国计算机技术与国外的距离缩小到 7 年左右。

4. 第四代计算机——大规模超大规模集成电路计算机（1983 年至今）

和国外一样，我国第四代基于超大规模集成电路的计算机研制也是从微机开始的。1983 年，原电子部六所研制成功与 IBM PC 兼容的 DJS 0520 微机；1992 年，中国人民解放军国防科学技术大学研究成功“银河 II”通用并行巨型机，其峰值速度达每秒钟 4 亿次浮点运算，总体上达到 20 世纪 80 年代中后期国际先进水平。

从 20 世纪 90 年代初开始，国际上采用主流的微处理机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 年研制成功“曙光 1 号”全对称共享存储多处理机。1995 年，国家智能机中心又推出了国内第一台具有大规模并行处理机（MPP）结构的并行机“曙光 1000”（含 36 个处理机），峰值速度达每秒钟 25 亿次浮点运算，实际运算速度上了每秒 10 亿次浮点运算这一高性能的台阶。

1997 年，中国人民解放军国防科学技术大学研制成功“银河 III”百亿次并行巨型计算机系统，采用可扩展分布共享存储并行处理体系结构，系统综合技术达到 20 世纪 90 年代中期国际先进水平。国家智能机中心与曙光公司于 1997 年至 2004 年先后在市场上推出具有机群结构的“曙光 1000A”、“曙光 2000 I”、“曙光 2000 II”超级服务器；“曙光 3000”超级服务器；“曙光 4000”超级服务器，其中面向网络的“曙光 4000A”超级服务器具有十万亿次浮点运算能力。“曙光 4000”系列为中国高性能计算机（HPC）技术和产业超过欧洲、位居世界第三做出了重要贡献，使中国商品化 HPC 的制造水平达到了世界先进水平。

2008 年 9 月下线的中国第一台超百万亿次超级计算机“曙光 5000A”，运算峰值速度为每秒 230 万亿次。一年后，中国人民解放军国防科学技术大学的“天河一号”研制成功，中国高性能计算机的峰值性能提升到了每秒 1206 万亿次，实测性能为 563.1 万亿次。2010 年，国防科技大学在“天河一号”的基础上，对加速节点进行了扩充与升级，“天河一号 A”系统研制成功，其实测运算能力从上一代的每秒 563.1 万亿次倍增至 2507 万亿次，成为当时世界上最快的超级计算机。2013 年 5 月，“天河二号”发布，峰值计算速度每秒 5.49 亿亿次、持续计算速度每秒 3.39 亿亿次双精度浮点运算的优异性能位居榜首，成为全球最快

超级计算机。在德国举行的 2015 年国际超级计算机大会上发布全球超级计算机 500 强最新榜单，中国“天河二号”以每秒 33.86 千万亿次的浮点运算速度第五次蝉联冠军。

1.1.2 计算机发展趋势

计算机技术不断发展，日渐成熟，呈现出巨型化、微型化、网络化、多媒体化和智能化的发展趋势。

1. 巨型化

巨型化是指计算机向高速度、高精度、大容量、功能强方向发展。在许多领域都需要这样的计算机，比如模拟核实验、破解人类基因等。一个国家的巨型机的研制水平，在一定程度上标志着该国计算机技术水平。

2. 微型化

微型化是指计算机向功能齐全、使用方便、体积微小、价格低廉方向发展。计算机的微型化可以拓展计算机的应用领域，比如医疗中的诊断、手术，军事上的“电子苍蝇”、“蚂蚁士兵”等。只有计算机的微型化，才能使计算机日益贴近日常生活，推动计算机文化的普及。

3. 网络化

计算机连接成网络，可以方便快捷地实现信息交流、资源共享等。通信、电子商务等都离不开计算机网络的支持，“网络就是计算机”不断被验证着。现在，世界上最大的计算机互联网 Internet 用户数已经逾亿。

4. 多媒体化

传统的计算机处理信息的主要对象是字符和数字，人们通过键盘、鼠标和显示器对文字和数字来进行交互。而人类生活中，更多的是图、文、声、像等多种形式的信息。由于数字化技术的发展能进一步改进计算机的表现能力，使现代计算机可以集文字、图形、图像、声音处理为一体，使人们面对有声有色、图文并茂的信息环境，这就是通常所说的多媒体计算机技术。多媒体技术使信息处理的对象和内容发生了深刻变化。

5. 智能化

智能化是指利用计算机来模拟人的思维过程，并利用计算机程序来实现这些过程。人们把用计算机模拟人脑力劳动的过程，称为人工智能。如利用计算机进行数学定理的证明、进行逻辑推理、理解自然语言、辅助疾病诊断、实现人机对奕、密码破译等，都可利用人们赋予计算机的智能来完成。计算机高度智能化是人们长期不懈的追求目标。也许不久的将来，智能计算机将会代替甚至超越人类某些方面的脑力和体力劳动。



1.1.3 计算机的分类

计算机发展到今天，已是琳琅满目，种类繁多。通常从三个不同角度对计算机进行分类。

1. 按处理的数据分类

按处理数据的类型分类，可以分为数字计算机、模拟计算机和混合计算机。

(1) 数字计算机

数字计算机所处理的数据（以电信号表示）是离散的，称为数字量，如职工人数、工资数据等。处理之后，仍以数字形式输出到打印纸上或显示在屏幕上。目前，常用的计算机大都是数字计算机。

(2) 模拟计算机

模拟计算机所处理的数据是连续的，称为模拟量。模拟量以电信号的幅值来模拟数值或某物理量的大小，如电压、电流、温度等都是模拟量。能够接受模拟数据，经过处理后，仍以连续的数据输出，这种计算机称为模拟计算机。一般来说，模拟计算机不如数字计算机精确。模拟计算机常以绘图或量表的形式输出。

(3) 混合计算机

它集数字计算机与模拟计算机的优点于一身，可以接受模拟量或数字量的运算，最后以连续的模拟量或离散的数字量为输出结果。

2. 按使用范围分类

按使用范围分类，可以分为通用计算机和专用计算机。

(1) 通用计算机

通用计算机功能全面、适用性强，可适用于一般科学运算、学术研究、工程设计和数据处理等广泛用途的计算，但其效率、速度等方面相对于专用计算机要低一些。通常所说的计算机均指通用计算机。

(2) 专用计算机

专用计算机是为适应某种特殊应用而设计的计算机。它功能单一、适用性较差，但效率较高，速度较快，精度较好。如飞机的自动驾驶仪、坦克上的火控系统、导弹的导航系统中用的计算机，都属专用计算机。

3. 按性能分类

这是最常规的分类方法，所依据的性能主要包括：存储容量，就是能记忆数据的多少；运算速度，就是处理数据的快慢；允许同时使用一台计算机的用户多少和价格等。根据这些性能可以将计算机分为巨型计算机、大型计算机、小型计算机、微型计算机和工作站五类。

(1) 巨型计算机（Supercomputer）

巨型计算机是目前功能最强、速度最快、价格最贵的计算机。一般用于解决诸如气象、

航天、能源、医药等尖端科学研究和战略武器研制中的复杂计算。它们安装在国家高级研究机关中，可供几百个用户同时使用。这种机器价格昂贵，号称国家级资源，体现一个国家的综合科技实力。世界上只有少数几个国家能生产这种机器，如 IBM 公司的深蓝和 Sequoia（红衫）、美国克雷公司生产的 Cray-1、Cray-2、Cray-3、Titan（巨人）、日本神户理化学研究所（RIKEN）计算机科研机构（Advanced Institute for Computational Science）与富士通共同开发的“京”都是著名的巨型计算机。我国自主生产的天河二号亿亿次机、曙光-5000A 型机也属于巨型计算机，图 1-3 所示为天河二号巨型计算机。



图 1-3 “天河二号”千万亿次超级计算机系统

(2) 大型计算机 (Mainframe Computer)

这种计算机也有很快的运算速度和很大的存储量，并允许相当多的用户同时使用。当然在量级上不及巨型计算机，价格也比巨型计算机更便宜。大型计算机通带像一个家族一样形成系列，如 IBM 4300 系列、IBM 9000 系列等。这类机器通常用于大型企业、商业管理或大型数据库管理系统中，也可用做大型计算机网络中的主机。

(3) 小型计算机 (Minicomputer)

这种机器规模比大型机要小，但仍能支持十几个用户同时使用。这类机器价格便宜，适合于中小型企事业单位采用。像 DEC 公司生产的 VAX 系列，IBM 公司生产的 AS/400 系列都是典型的小型计算机。

(4) 微型计算机 (Microcomputer)

这种机器最主要的特点是小巧、灵活、便宜。不过通常一次只能供一个用户使用，所以微型计算机也叫个人计算机 (Personal Computer) 或 PC 机。近几年又出现了体积更小的微机，如台式机、一体机、笔记本式、平板电脑、掌上电脑等 (如图 1-4 所示)。



图 1-4 微型计算机

(5) 工作站 (Workstation)

工作站与功能较强的高档微机之间的差别不十分明显。与微型计算机相比，它通常比微型计算机有较大的存储容量和较快的运算速度，而且配备大屏幕显示器。工作站主要用于图像处理和计算机辅助设计等领域。

不过，随着计算机技术的发展，各类机器之间的差别有时也不再是那么明显了。例如，现在高档微机的内存容量比前几年小型计算机甚至大型计算机的内存容量还要大得多；手机电脑化，如苹果公司的 iPhone、诺基亚发布的 MeeGo 等代表了智能手机的发展趋势。随着网络时代的到来，网络计算机 (Network Computer) 的概念也应运而生。其主要宗旨是适应计算机网络的发展，降低机器成本。这种机器只能联网运行而不能单独使用，它不需配置硬盘，所以价格较低。

1.1.4 计算机的应用领域

计算机具有存储容量大、处理速度快、工作全自动、可靠性高、逻辑推理和判断能力强等特点。因此，在现代社会中，有信息的地方就可使用计算机。无论是数值的还是非数值的数据，都可以表示成二进制数的编码；无论是复杂的还是简单的问题，都可以分解成基本的算术运算和逻辑运算，并可用算法和程序描述解决问题的步骤。所以，计算机能在许多领域或场合广泛使用。

一、科学计算

计算机是为科学计算的需要而发明的。科学计算所解决的是科学研究和工程技术中提出的一些复杂的数学问题，计算量大而且精度要求高，只有具有高速运算能力和存储量大的计算机系统才能完成。例如，高能物理方面的原子和粒子结构分析、可控热核反应的研究、反应堆的研究和控制；水利、农业方面各种设施的设计计算；气象预报、水文预报、大气环境检测分析；宇宙空间探索方面的人造卫星轨道计算、宇宙飞船的研制和制导。如果没有计算机系统高速而又精确的计算，许多现代科学都难以发展。

二、数据处理

数据处理又称信息加工，是指对各种数据进行收集、存储、整理、分类、统计、加工、

利用、传播等一系列活动的统称。据统计,目前 80% 以上的计算机主要用于数据处理,使其成为最大的计算机应用领域。数据处理是企业现代化管理的基础,它不仅可应用于日常事务的处理,还能支持科学的管理与决策。一个企业,从市场预测、情报检索,到经营决策、生产管理,无不与数据的处理有关。数据处理应用的扩大,在硬件上刺激着大容量存储器和高速度、高质量输入/输出设备的发展。同时,在软件上也推动了数据库系统、表格处理软件、绘图软件以及用于分析和预测的软件包的开发。比如,现在所说的办公自动化(OA)就是计算机在数据处理方面的应用。

三、过程控制

过程控制是指用计算机采集各类生产过程中的实时数据,把得到的数据按照预定的算法进行处理,然后反馈到执行机构去控制相应后续过程。它是生产自动化的重要技术和手段。例如,在冶炼车间可将采集到的炉温、燃料和其他数据传送给计算机,由计算机按照预定的算法进行计算,并确定温度的控制或加料的多少。过程控制可以提高自动化程度、加快工序流转速度、减轻劳动强度、提高生产效率、节省生产原料、降低生产成本,保证产品质量的稳定。在制造业大发展的中国当今社会中,过程控制具有广泛的市场需求,是计算机应用的重要领域。

四、计算机辅助技术

1. 计算机辅助设计

计算机辅助设计简称 CAD (Computer Aided Design) 系统帮助设计人员实现最佳化设计的判定和处理,能自动将设计方案转变成生产图纸,提高了设计质量和自动化程度,大大缩短了新产品的设计与试制周期,从而成为生产现代化的重要手段。以飞机设计为例,过去从制定方案到画出全套图纸,要花费大量人力、物力,用两到三年的时间才能完成,采用计算机辅助设计之后,只需三个月就可完成。

2. 计算机辅助制造

计算机辅助制造简称 CAM (Computer Aided Manufacturing)。CAM 利用 CAD 的输出信息控制、指挥生产和装配产品。CAD/CAM 使产品的设计和制造过程都能在高度自动化的环境中进行。目前,无论从复杂的飞机到简单的家电产品都广泛使用了 CAD/CAM 技术。

3. 计算机辅助教学

计算机辅助教学简称 CAI (Computer Assisted Instruction)。常用的计算机辅助教学模式有练习与测试模式和交互的授课模式。计算机辅助教学适用于很多课程,更适用于学生个性化、自主学习,体现了现代学习的主动性。为了适应各年龄段、不同水平人员学习的需要,各种各样的 CAI 课件相继问世。

4. 计算机辅助工艺设计

计算机辅助工艺设计 CAPP (Computer Aided Process Planning)。CAPP 是利用计算机

对工艺人员的经验知识和各种工艺数据进行科学的决策，自动化生产工艺规程，自动计算工序尺寸、绘制工序图、选择切削参数，并且将工艺设计与 CAD、CAM、MIS (Management Information System, 管理信息系统) 等系统进行集成，大大提高了工艺设计效率，是连接 CAD 与 CAM 的桥梁，也是 CIMS 系统中的重要组成部分。

5. 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integrated Manufacture System)。CIMS 是指以计算机为中心的现代化信息技术应用于企业管理与产品开发制造的新一代制造系统，是 CAD、CAPP、CAM、CAQ (计算机辅助质量管理)、PDMS (产品数据管理系统)、管理与决策、网络与数据库及质量保证系统等子系统的技术集成。它将企业生产和经营的各个环节，从市场分析、经营决策、产品开发、加工制造到管理、销售、服务都视为一个整体，即以充分的信息共享，促进制造系统和企业组织的优化运行。CIMS 将管理、设计、生产、经营等各个环节的信息集成，进行优化分析，确保了企业的信息流、资金流、物流能够高效、稳定地运行，从而使企业实现整体最优效益。CIMS 不仅仅把技术系统和经营生产系统集成在一起，而且把人 (人的思想、理念及智能化) 也集成在一起，使整个企业的工作流程、物流和信息流都保持通畅和相互有机联系，所以，CIMS 是人、经营和技术三者集成的产物。

五、人工智能 (或智能模拟)

人工智能 (Artificial Intelligence) 是计算机模拟人类的智能活动，诸如感知、判断、理解、学习、问题求解和图像识别等。现在人工智能的研究已取得不少成果，有些已开始走向实用阶段。例如，能模拟高水平医学专家进行疾病诊疗的专家系统，具有一定思维能力的智能机器人等。

六、现代教育

1. 计算机模拟

除了计算机辅助教学外，计算机模拟是另一种重要的教学辅助手段。例如，计算机模拟实验，用飞行模拟器训练飞行员，汽车驾驶模拟器训练汽车驾驶员等都是利用计算机模拟进行教学、训练的例子。

2. 多媒体教室

利用多媒体计算机和相应的配套设备建立的多媒体教室可以演示文字、声音、图形、图像和动画，为教师提供了强有力的现代化教学手段，使学生了解操作的完整流程，课堂教学变得图文并茂，生动直观。

3. 网络远程教学

利用计算机网络将大学校园内开设的课程实时或批量地传送到校园以外的各个地方，使得更多的人能有机会接受高等教育。远程教学在地域辽阔的中国将有诱人的发展前景。

七、网络应用

计算机技术与通信技术的结合构成了计算机网络。计算机网络的建立，不仅解决了一个单位、一个地区、一个国家中计算机与计算机之间的通信，各种软、硬件资源的共享，也大大促进了国际间的文字、图像、视频和声音等各类数据的传输与处理。电子邮件、WWW 服务、资料检索、IP 电话、电子商务、电子政务、BBS、远程教育等，不一而足。计算机网络已经并将继续改变人类的生产和生活方式。

在互联网之后又出现了物联网（The Internet of things）。物联网通过智能感知、识别技术与普适计算等通信感知技术，广泛应用于网络的融合中，被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。物联网就是“物物相连的互联网”，是互联网的应用扩展。

显然，计算机的应用不胜枚举，重要的是怎样把计算机用于自己的学习、工作和研究之中。

中国互联网络信息中心（CNNIC）发布的《2015 年第 35 次中国互联网络发展状况统计报告》报告显示，截至 2014 年 12 月，我国网民规模达 6.49 亿。

1.1.5 计算机的特点和主要性能指标

一、计算机的工作特点

计算机的主要工作特点表现在以下几个方面。

1. 运算速度快

运算速度是计算机的一个重要性能指标。计算机的运算速度通常用每秒钟执行定点加法的次数或平均每秒钟执行指令的条数来衡量。运算速度快是计算机的一个突出特点。计算机的运算速度已由早期的每秒几千次发展到现在的最高可达每秒千万亿次甚至更高。

2. 计算精度高

在科学研究和工程设计中，对计算的结果精度有很高的要求。一般的计算工具只能达到几位有效数字（如过去常用的四位数学用表、八位数学用表等），而计算机对数据的结果精度可达到十几位、几十位有效数字，根据需要甚至可达到任意的精度。

3. 存储容量大

计算机的存储器可以存储大量数据，这使计算机具有了“记忆”功能。目前计算机的存储容量越来越大，已高达千兆数量级的容量。计算机具有“记忆”功能，这是计算机与传统计算工具的一个重要区别。

4. 具有逻辑判断能力

计算机的运算器除了能够完成基本的算术运算外，还具有进行比较、判断等逻辑运算的功能。这种能力是计算机处理逻辑推理问题的前提。



5. 自动化程度高，通用性强

由于计算机的工作方式是将程序和数据先存放在机内，工作时按程序规定的操作，一步一步地自动完成，一般无须人工干预，因而自动化程度高。这一特点是一般计算工具所不具备的。计算机通用性的特点表现在几乎能求解自然科学和社会科学中一切类型的问题，能广泛地应用各个领域。

6. 海量运算，彰显计算机新技术

网络计算模式是通过互联网把分散在各地的计算机组织成一个虚拟的超级计算机，实现资源共享，协同工作。

计算机网络实现的是硬件连通，网络实现的是应用层面的连通。2003 年的 SARS 病毒横行期间，有人尝试利用网络计算技术，组成一台虚拟的高性能计算机，希望尽快寻找到一种特效的抗 SARS 病毒的药物。网络计算技术是一个计算革命，它将全世界的计算机联合起来协同工作，被人们视为 21 世纪的新型网络基础架构。然而，网络计算还不能在主流企业中占有一席之地。

目前，云计算及其服务正在兴起。从本质上来讲，云计算是一种信息资源和计算处理的转移。信息资源的转移，指的是将原有的分散在不同用户计算机中的信息资源，转移到统一的资源池中；计算处理的转移，指的是将原有的分散在不同用户计算机中的计算处理，转移到云端，云端完成数据处理和运算，用户只是看到最终的结果。云是网络、互联网的一种比喻说法。云计算（Cloud Computing）是分布式计算（Distributed Computing）、并行计算（Parallel Computing）、效用计算（Utility Computing）、网络存储（Network Storage Technologies）、虚拟化（Virtualization）、负载均衡（Load Balance）、热备份冗余（High Available）等传统计算机和网络技术发展融合的产物。

二、计算机的主要性能指标

计算机的性能涉及体系结构、软硬件配置、指令系统等多种因素，一般说来主要有下列技术指标。

1. 字长

在计算机中，一串数码作为一个整体来处理或运算的，称为一个计算机字，简称字（Word）。字的长度用二进制位数来表示，通常将一个字分为若干字节。在计算机的运算器、控制器中，通常都是以字为单位进行信息传送的。字长是指计算机运算部件一次能同时处理的二进制数据的位数。通常计算机字长越长，计算机的运算精度就越高，数据处理能力就越强，运算速度也越快。通常，字长总是 8 的整倍数，如 8、16、32、64 位等。如苹果机为 8 位机，IBM PC/XT 与 286 机属 16 位机，386 机与 486 机以及奔腾机均属 32 位机。现在微机的 CPU 大多是 64 位的。

2. 运算速度

计算机的运算速度可用时钟频率和运算速度两个指标评价。

计算机的运算速度通常是指每秒钟所能执行加法指令数目。常以 MIPS 和 MFLOPS 为计量单位来衡量运算速度。

MIPS (Million Instruction per Second) 表示每秒执行多少百万条指令。对于一个给定的程序, MIPS 的定义为

$$\text{MIPS} = \frac{\text{指令条数}}{\text{执行时间} \times 10^{-6}}$$

这里所说的指令, 一般是指加、减运算这类短指令。

MFLOPS (Million Floating-point Operations per Second) 表示每秒执行多少百万次浮点运算。对于一个给定的程序, MFLOPS 的定义为

$$\text{MFLOPS} = \frac{\text{浮点操作次数}}{\text{执行时间} \times 10^{-6}}$$

3. 主频

主频就是时钟频率, 是指 CPU 在单位时间 (秒) 内发出的脉冲数。通常, 时钟频率以兆赫 (MHz) 为单位。时钟频率越高, 其运行速度就越快。主频以兆赫兹 (MHz) 为单位, 一般说, 主频越高, 速度越快。由于微处理器发展迅速, 微机的主频也在不断提高。“奔腾 (Pentium)” 处理器的主频, 1993 年的 4 季度为 66 MHz, 1995 年 2 季度就达到 200MHz, 目前酷睿 i7 的主频已达到 3.5GHz, 羿龙 II 主频已达到 3.2GHz。

4. 存储容量

存储容量包括主存容量和辅存容量, 主要指内存储器的容量。显然, 内存容量越大, 机器所能运行的程序就越大, 处理能力就越强。尤其是当前微机应用多涉及图像信息处理, 要求存储容量会越来越大, 甚至没有足够大的内存容量就无法运行某些软件。

存储器中最小的单位是位 (bit), 在计算机中最小的数据单位是一个二进制数位, 即二进制的“0”和“1”。计算机中最直接、最基本的操作就是对二进制位的操作。我们把二进制数的每一位称为一个字位, 或叫一个 bit。

计算存储器容量的时候通常采用字节 (Byte 或 B) 为单位, 一个 8 位的二进制数单元叫做一个字节, 称为 Byte。字节是计算机中最小的存储单元。还可用 KB、MB (兆字节)、GB (吉字节)、TB (太字节) 和 PB (皮字节) 来衡量, 以下是存储单位之间的换算关系:

$$1\text{B}=8\text{bit}$$

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

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

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

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

$$1\text{PB}=2^{50}\text{B}=1024\text{TB}$$

1.2 计算机系统

1.2.1 计算机系统概述

计算机系统由硬件（Hardware）系统和软件（Software）系统两大部分组成。

硬件是指肉眼看得见的机器部件，通常所看到的计算机会有一个机箱，里边是各式各样的电子元件，还有键盘、鼠标器、显示器和打印机等，它们是计算机工作的物质基础。不同种类的计算机硬件组成各不相同，但无论什么类型的计算机，都可以将其硬件划分为功能相近的几大部分。

软件是程序、数据及相关文档的总称。程序是由一系列指令组成的，每条指令都能指挥机器完成相应的操作。当程序执行时，其中的各条指令就依次发挥作用，指挥机器按指定顺序完成特定的任务，把执行结果按照某种格式输出。机器的执行程序犹如琴师演奏，乐谱就是程序，琴师根据乐谱一个音节一个音节地演奏，直到乐谱结束。乐谱的演奏结果是产生一首乐曲。

计算机系统是一个整体，既包括硬件也包含软件，两者缺一不可。计算机如果没有软件的支持，也就是在没有装入任何程序之前，被称为“裸机”。裸机是无法实现任何处理任务的。反之，若没有硬件设备的支持，单靠软件本身，软件也就失去了其发挥作用的物质基础。计算机系统的软、硬件系统相辅相成，共同完成处理任务。计算机系统的组成如图 1-5 所示。

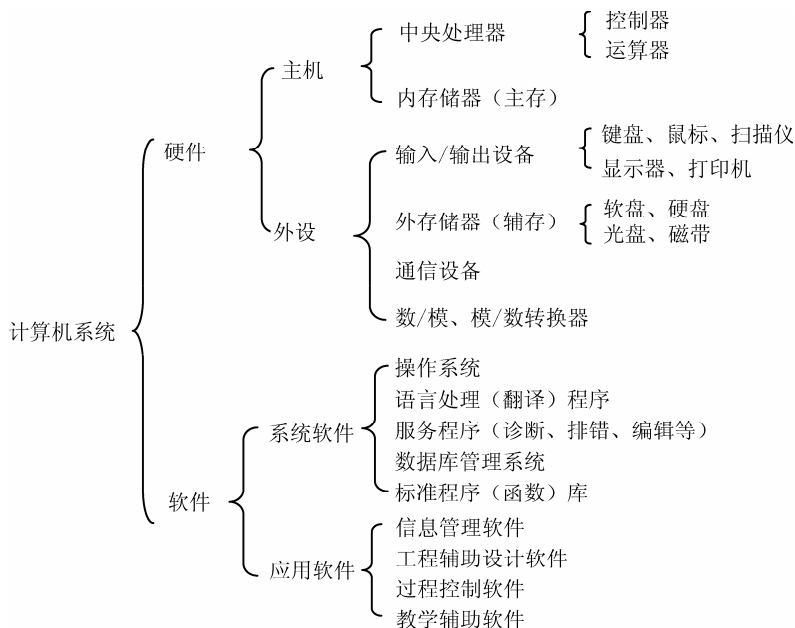


图 1-5 计算机系统的组成示意图