

第一章 计算机系统概述

第一节 计算机的基本概念

一、电子数字计算机的基本含义

电子数字计算机是一种不需人的干预，能够自动连续地、快速地、准确地完成信息存储、数值计算、数据处理和过程控制等多种功能的电子机器。它的物质基础是电子逻辑器件，基本功能是进行数字化信息处理。人们常将电子数字计算机简称为计算机。因为它的工作方式与人的思维过程十分类似，亦被叫作“电脑”。

计算机是 20 世纪的重大科学技术成就之一，并很快地成为一门信息科学，有力地推动着现代化工业、农业、国际和科学技术的迅猛发展，是人类生活中不可缺少的先进工具。

计算机问世以来，发展非常迅速，应用十分广泛，效果极为显著，从尖端科学领域到人类社会的生活，到处都可以看到由计算机所带来的深刻变化和深远影响。计算机的发明和应用，在人类文明史中像蒸汽机的发明一样，具有划时代的历史意义。

二、计算机的特点

计算机总体上来看具有五大特性。

1. 快速性

由于计算机中使用了高速开关性能的电子逻辑器件和“存储程序”结构原理，这两者相结合而获得了快速性和自动连续性。存储程序的原理是现代计算机普遍采用的基本原理。即把要进行的工作用若干条指令按一定规则组成一个程序，将这个程序及其所需数据一起存入计算机的内存储器中。只要下令执行这个程序，则此程序就会控制计算机按规定的顺序逐条执行指令，自动完成预定的操作和处理，这一过程称为“程序控制”。合起来简称“存储程序控制”。实现这一自动连续过程的部件，就是由高速逻辑元件构成的快速逻辑运算部件和快速存储器。

2. 准确性

被计算机程序加工处理的对象，除数值量外，还有语言、文字、图形、符号及音乐等各种各样的信息。这些信息在计算机中，都是由数字化信息编码来表示的，而数字化编码技术可以用增加数位的方法来保证运算和控制的准确性。

3. 逻辑性

由于计算机中采用的数字化编码是二进制编码，方便于使用逻辑函数，具有逻辑判断和处理能力。因此，它能把各种运算有机地组成复杂多变的计算和控制流程。

4. 记忆性

计算机能够自动连续地进行工作，是因为它有一个存储器，这个存储器能够记忆各种程序和数据，可以根据不同任务的需要，方便、灵活地进行调用。“记忆”是实现自动化工作的关键。

5. 通用性

任何复杂而繁重的信息处理任务，计算机总是把它分解为大量的基本算术运算和逻辑操

作，并通过相应的指令，按先后执行的次序组成各种程序来完成。这些程序中既有由用户编写的应用程序；又有大量事先编好由厂家提供的系统管理程序和应用软件包。通过系统程序及各种各样的应用软件包，计算机可以很方便地处理各行各业的任务，具有极大的通用性。

三、计算机的分类

计算机总体上分为两大类。

1. 电子模拟计算机

“模拟”是相似的意思。例如计算尺是用长度来表示数值；时钟是用指针在表盘上的转动来表示时间；电表则用角度来表示电量的大小。计算尺、时钟和电表都是模拟计算装置。电子模拟计算机是以连续变化的模拟量（如温度、压力、流量等）为操作对象，其数值是用连续的物理量表示的，其运算过程也是连续的，故又有连续作用计算机之称。

2. 电子数字计算机

电子数字计算机是在算盘的基础上发展起来的，是用离散的数字量和逻辑量为操作对象，其数值是按位计算的不连续量，又称断续作用计算机。

表 1-1 列出了电子数字计算机与电子模拟计算机的主要差别。由表可见：电子模拟计算机的解题能力和计算精度都比较差，其应用范围较小。自从电子数字计算机发展起来后，其优越性十分显著，被人们广泛采用。

表 1-1 电子数字计算机和电子模拟计算机的比较

比较内容	数字计算机	模拟计算机	比较内容	数字计算机	模拟计算机
数据形式	数字 0 和数字 1	电压	精度	高	低
计算方式	数字计算	电压组合或测量值	数据存储量	大	小
控制方式	程序控制	盘上重新连线	逻辑判断	有	无

电子数字计算机按其功能不同，又分专用计算机和通用计算机两类。专用和通用又是以计算机的效率、速度、运行的经济性和适应性等因素来划分的。

专用计算机用于工业控制、军事和国防事业等专用设备上，结构简单，强调的是高速度、高效率和经济性，但适用性很差。

通用计算机适应性强，主要用于科学计算、数据处理和信息管理等方面。但是它牺牲了效率、速度和经济性。

按体积大小、简易性、功率损耗、性能指标、存储容量、指令系统规模和机器价格等的不同，通用计算机又可分为巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机和单片机六类。

一般，巨型计算机主要用于科学计算，速度约为每秒几亿次到几十亿次浮点运算，数据存储容量很大，结构复杂，价格昂贵。单片计算机是只用一片集成电路作成的计算机，体积小，结构简单，性能指标较低，价格便宜。介于巨型机和单片机之间的是大型机、中型机、小型机和微型机，它们的结构规模和性能指标依次递减。但是随着超大规模集成电路的迅速发展，微型机、小型机和中型机彼此之间的概念也在发生变化，可能今天的中型机将是明天的小型机，而今天的小型机可能就是明天的微型机，依此类推。无论计算机如何分类，目前，仍然把巨型机、大中型计算机称为主架计算机。

四、计算机的主要技术指标

一台计算机的性能如何，要由多项技术指标来综合评价，对于不同用途的计算机，强调的侧面也不相同。下面只介绍一些主要的技术指标。

1. 字长

字长是指参与运算的数的位数。它决定着寄存器、加法器、存储器单元和数据总线等的位数，对硬件的造价有极大的直接影响。

字长又是计算精度的标志，为了适应不同需要并协调精度与造价的关系，计算机中设计了变字长的各种运算。例如，半字长、全字长、双字长和多字长等。

又因数和指令都存放在主存储器中，字长和指令有着密切的对应关系，指令长度受到字长的限制。因此，字长又直接影响着指令系统功能的强弱。这种关系在小型机中极为明显。

计算机的字长从 8 位、16 位、32 位直到 64 位。为了更灵活地表达和处理信息，常用字节（8 位）作基本单位。

2. 主存容量

以字（Word）为单位的计算机常以字数乘以字长来表示主存储器的存储容量。如 8192×16 表示有 8192 个存储单元，每个单元字长为 16 位二进制位。以字节（Byte）为单位的计算机则以字节的数量表示容量。一个字节由 8 位二进制数组成。上述 8192 个字，可以表示成 16384 个字节。可以直接访问的主存容量一般都受地址码长度的限制。如 16 位二进制数码表示的地址字，只能最大限度地访问到 65536 个单元。因为 1024 在计算机中称为 1K，而把 1024K 称为 1M（兆）。因此，65536 则称为 64K。由于现代计算机中字长是变化的，存储容量宜用字节表示。

3. 运算速度

计算机执行的操作不同，所需要的时间也就不同，其运算速度的计算方法也不同。早期曾经用综合折算的方法，即规定加、减、乘、除各占多少比例，折算出一个平均运算速度指标。如

$$V_c = \frac{1}{t_c} \text{次/s} \quad (1-1)$$

$$t_c = t_A \times 25\% + t_M \times 15\% + t_D \times 5\% + t_0 \times 55\%$$

式中 t_A ——加法执行时间；
 t_M ——乘法执行时间；
 t_D ——除法执行时间；
 t_0 ——其它指令执行时间；
 t_c ——平均执行时间；
 V_c ——平均运算速度。

现在普遍采用单位时间内执行指令的平均条数作为运算速度指标，并以 MIPS（Million Instruction Per Second 即每秒百万条指令）作为计量单位。如 Zilog 公司的 Z-80A，主频为 4MHz，每秒能执行 100 万条短指令，则记为 1MIPS。目前，微型机的运算速度为每秒几十万次到几百万次，巨型机的运算速度则高达每秒数亿次。

应该注意，运算速度不是衡量计算机性能的唯一指标，还应考虑到字长、软硬件结构和处理功能等因素。

4. 软硬件配置

上述三项指标是一台计算机的基本指标，但还不能全面衡量一台计算机优劣情况，还要分析整个软件和硬件的配置情况。例如，指令系统的功能；外部设备的配备情况；有无功能很强的操作系统和丰富的程序设计语言；有无其它支持软件和必要的应用软件等。有的计算

机系统还配有诊断程序，方便于计算机维护。

5. 可靠性

计算机的可靠性一般用平均无故障运行时间来衡量。平均无故障运行时间是指在相当长的运行时间内，计算机的工作时间除以运行时间内的故障次数，它是一个统计值。这个统计值越大，计算机的可靠性越高。这个值与计算机的规模有关。微型机的平均无故障运行时间可达几千小时，而主架计算机可能只有几十个小时，甚至几小时。

第二节 计算机系统的硬件结构

一、计算机硬件的基本组成

目前大部分计算机，特别是微型计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备及输出设备五大部分组成，总体上又分为主机和外部设备。

1. 主机

主机由运算器、控制器、内存储器、输入/输出接口、总线等主要部件构成。

(1) 运算器 运算器能完成算术运算和逻辑运算。它的运算速度、精度等指标直接关系到计算机处理信息的能力。

(2) 控制器 控制器是整个计算机的指挥中心，它的功能是识别、翻译指令代码，安排操作次序，并向计算机各部件发出适当的控制信号，以指挥计算机有条不紊地工作。

微机的运算器和控制器集成在一块集成电路芯片中，叫作中央处理器，英文缩写为CPU。中央处理器的功能在很大程度上决定了计算机系统的整体功能。下面列出几种常见的微处理器。

型 号	主频/MHz	数据总线/条	晶体管 个数	型 号	主频/MHz	数据总线/条	晶体管 个数
386SX	16~33	{ 内部 32 外部 16	约 275000	486DX	25~59	{ 内部 32 外部 32	约 1200000
386DX	16~33	{ 内部 32 外部 32	约 275000	486DX	50~66	{ 内部 32 外部 32	约 1200000
386DX	25~40	{ 内部 32 外部 32	约 161000	486DX	100	{ 内部 32 外部 32	约 1200000
486SX	16~33	{ 内部 32 外部 32	约 900000	Pentium	50~133	{ 内部 32 外部 64	约 3000000

(3) 内存储器 内存储器能接收和存储各种信息，并能根据指令提供这些信息，是计算机的主要工作存储器。它在中央处理器的控制下完成存取过程。

(4) 输入/输出接口 计算机的输入、输出设备种类繁多，工作频率各不相同，它们不能直接与高速运行的中央处理器相配合，必须通过各种接口电路协调后与中央处理器联接，保证各种输入/输出设备按照中央处理器的指令快速、有序地传送信息。一般主机都设有适当数量的输入/输出接口，简称 I/O 接口。

(5) 总线 多个部件之间公用的一组信号线称为总线。中央处理器、内存储器、输入/输出接口以及相关的辅助电路通过总线有机地联接在一起。借助总线，计算机可在中央处理器、存储器、接口及其它设备间实现信息的传递。计算机的总线由数据总线、地址总线和控制总线组成。 1-1 是总线示意图。

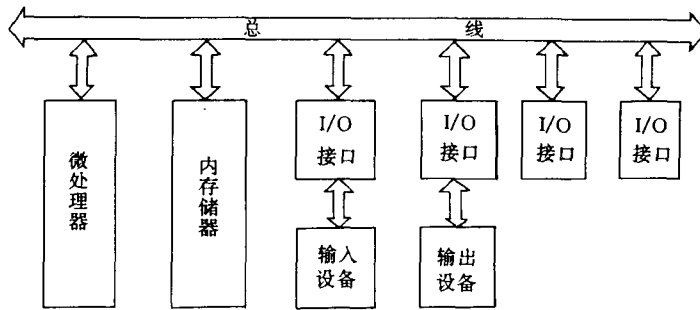


图 1-1 总线示意图

数据总线是中央处理器与存储器及其它设备之间传递数据的通道。其宽度（信号线的条数）决定了 CPU 一次传递数据的位数，它与 CPU 对外数据引脚的数目相对应。例如 486DX 系列 CPU 的对外数据引脚是 32 个，则数据总线的宽度为 32 条。

地址总线是用来传递存储器、I/O 接口的地址代码的。以便 CPU 按地址代码进行读写操作。其宽度越宽则寻找的地址代码范围越广。

控制总线是负责传递控制信号的。CPU 要控制计算机的所有设备，协调各部分的工作关系，必须通过控制总线传递控制信号。

2. 外部设备

计算机的外部设备主要包括输入设备、输出设备、外存储器及电源四部分。

(1) 输入设备 其功能是向计算机输入人们编好的程序和原始数据，并将其转换为计算机能够识别的二进制代码。常用的输入设备有键盘、磁盘输入机、光盘输入机、鼠标器、光笔等。最理想的输入设备应该“会听”和“会写”，这样的输入设备就可以把人们用文字和语言所表达的问题直接送入计算机内部进行处理。这种理想的输入设备正在研制之中，具有一定识别能力的字符、语言输入装置已经问世并投入使用。

(2) 输出设备 其功能是将计算机的处理结果转换成人们或其它机器设备所能接受的形式输出。常见的输出设备有显示器、打印机、绘图仪等。

(3) 外存储器 最常用的外存储器有：软磁盘、硬磁盘、光盘以及它们的驱动装置（软盘驱动器、硬盘驱动器和光盘驱动器）。磁盘是利用盘片表面的磁介质存储信息的，磁介质涂在软片上就称为软磁盘，涂在金属片上即为硬磁盘。光盘则是用激光技术把信息存储在盘片上。软盘一般有 5.25 英寸和 3.5 英寸两种，5.25 英寸的软盘容量一般为 360KB 或 1.2MB，3.5 英寸软盘的容量一般为 720KB 或 1.4MB，光盘的容量可达 650MB。硬盘的存储容量种类较多，从几十兆到几千兆的都有，其存取速度比软盘快得多，而光盘又比硬盘快得多。

外存储器所存储的数据不能直接参与计算机的运算，必须调入内存存储器中才能在 CPU 的控制下参与运算。

计算机的主机、电源、硬盘及磁盘驱动器和各种接口卡安装在同一个机箱内，习惯上把这个机箱称作主机箱，其它外部设备则通过接口电路与主机相接。如图 1-2 所示。

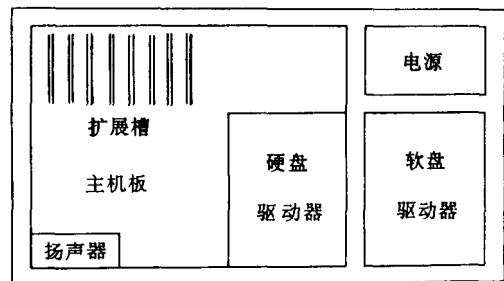


图 1-2 主机箱内各部分示意图

第三节 计算机的软件

一、计算机软件的组成及分类

指挥整个计算机硬件系统工作的程序集合叫作计算机的软件系统或程序系统。软件系统按其功能可分为系统程序和应用程序两大部分。现代计算机系统的软件分类情况如图 1-3 所示。

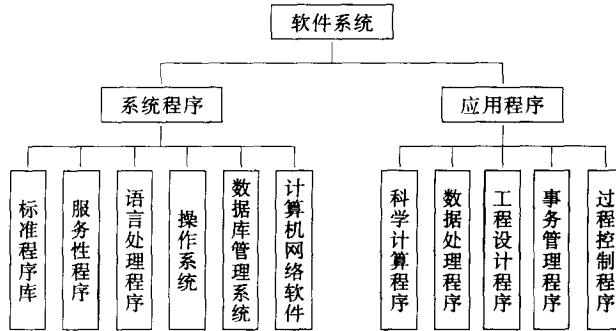


图 1-3 计算机软件系统的分类

系统程序又称系统软件，其主要功能是用来对整个计算机系统（也包括软件系统本身）进行调度管理、监视及服务，简化程序设计，简化使用方法，可以使系统的资源得到合理调度和高效利用。

系统程序包括以下 6 类：①标准程序库，它包括求解初等函数、线性方程组、常微分方程和数值积分等计算程序及标准子程序；②服务性程序，如诊断程序（Diagnostic Program）、排错程序（Debugging Program）和装入程序（Loader Program）等；③语言处理程序，如汇编程序或汇编器（Assembler）、编译程序或编译器（Compiler）和解释程序或解释器（Interpreter）等；④操作系统（Operating System），如批处理系统（Batch Processing System）、分时系统（Time-sharing System）和实时系统（Real-time System）等；⑤数据库管理系统（Data base Management System）；⑥计算机网络软件（Computer Network Software）。

应用程序也称应用软件。是用户在各自的业务系统中开发和使用的各种程序。如科学计算程序、数据处理程序、工程设计程序、事务管理程序和过程控制程序等。随着计算机的广泛应用，这类程序的种类繁多，名目也各不相同。

二、计算机软件与硬件的依存关系

随着大规模集成电路技术的发展，软件硬化的趋势也得到迅速的发展。要明确划分计算机系统软件和硬件的界限（Boundry）也就更加困难了。事实上，任何一种操作既可用硬件来实现，也可以由软件来实现；任何一条指令的执行可以用硬件来完成，也可以用软件来完成。这就是人们常谈到的软件与硬件的逻辑等价性。

对于一台具体的计算机，究竟是用软件方案还是用硬件方案来完成某一操作，要根据价格、速度、可靠性、存储容量和变更周期等诸多因素来决定。

早期的计算机是依靠硬件实现各种基本功能。当结构简单、功能较强的小型机问世和发展之后，只让硬件去完成较简单的指令系统功能，而高一级的复杂任务则由软件来实现，这是一种硬件软化的方法；随着集成电路技术的发展，许多原来用机器语言程序实现的操作（如乘法和除法运算、浮点运算等），又可以改由硬件来实现，这又是软件硬化的例子；当微

程序控制技术与集成电路技术结合之后，使得原来属于软件的微程序和一些固定不变的程序，可以装入一个容量大、价格低、体积小和可改写的只读存储器 EPROM 中，制成了“固件”。固件是介于软件和硬件之间的实体，其功能类似软件，其形态又类似硬件。因此，典型的软件部分，今后完全可以“固化”，甚至“硬化”。

第四节 计算机的应用领域及发展概况

一、计算机应用领域简介

随着科学技术的进步和国民经济发展，计算机的应用领域十分广泛。从军事部门到民用部门，从尖端科学到家庭生活，从工农业生产到消费娱乐，从科学教育到文化艺术，从国民经济到事务的管理……，到处都可看见计算机应用的实例。可以说，计算机的应用已经渗透到人类活动的所有领域。

按传统观念，常把计算机的应用归纳为科学计算、数据处理和实时控制三个方面。按计算机工作情况来看，则可分成数值计算和非数值应用两个方面。

(一) 数值计算

在科学技术和工程设计中，存在着大量的数值计算问题。数值计算的特点是数据量不很大，但计算工作量很大，而且很复杂。一般要解上千阶的微分方程组、几百个线性联立方程组或进行大量的矩阵运算。因此，要求计算机的运算速度要快，数据字要长，指令系统要丰富，存储容量要大。

例如，大范围地区的日气象预报，对军事、农业、航空、航海等都有指导性的现实意义，采用快速计算机计算，不到 10min 就能得到结果。若用人工计算，则要耗费几个星期的时间，“日预报”就毫无价值了。

曾经是世界著名的三大数学难题之一的“四色定理”，是指只用四种颜色就能使相邻的两国在地图上具有不同的颜色。从 19 世纪中叶以来，经过 125 年后得到精确证明。1976 年利用 IBM370 系列的高档机计算了 1200h，终于获得证明，轰动了世界。若用人工计算，一个人日夜不停地计算，要算十几万年。

太阳系是否存在第 10 颗行星？天文学家已经探讨了 100 多年。1981 年美军天文台用 IBM4341 计算机，对海王星的 6000 多次记录进行分析之后，发现一些异常现象，这些现象被解释为由一个比地球质量大 2~5 倍，离太阳 50~100 个天文单位的第 10 颗行星所产生的。1987 年又进一步预言太阳系可能存在第 10 颗行星，比地球大 4 倍，绕太阳一周至少要 700 年。

此外，在人工合成胰岛素的理论研究中，用计算机先进行了大量复杂的计算，才取得晶体结构的可喜结果；为了将人造卫星和导弹发射到预定的轨道，要用计算机对它们的重量、火箭的推力、发射角度以及飞行参数的调整等，进行一系列的复杂计算才能实现；在一些工程设计中，利用计算机对成十上百个方案进行分析、比较，最后选出最佳方案，可以大大节省人力和财力。从这些实例中可以看到，计算机在科学技术和工程设计的数值计算中，具有举足轻重的地位。

数值计算是计算机应用最早和最广的领域，在当今的基础学科和尖端学科领域中，例如数学、化学、天文学、地球物理学、生物学、原子能技术、航空航天技术、飞机设计、桥梁设计、水力发电、地质探矿等方面，都需要使用计算机作复杂的数值计算。这样不仅可以节省大量的时间、人力和财力，而且使一些过去无法解决、无法及时解决或无法精确解决的问题

题得到了圆满的解决。

(二) 非数值应用

非数值应用的领域十分广泛，是指除了数值计算以外的所有领域，其中，主要方面有信息处理、实时控制、计算机辅助设计和人工智能等。

1. 信息处理（数据处理）

信息，是人类赖以生存和交往的媒介。通过人的五官和肌肤，可以看到文字和图像，听到说话和唱歌，闻到气味的香和臭，尝到酸甜与苦辣，感受到气温的冷和热。文字、图像、说话、唱歌、香、臭、酸、甜、苦、辣、冷、热等都是信息。人本身就是一个高级复杂的信息处理系统。

随着标志高度文明的信息社会的到来，必将涌现出各种各样的信息，人们为了更全面、深入和精确地了解并掌握这些信息反映的实质，必然要利用计算机对这些信息进行分析 and 加工。因此，计算机实际上是个信息处理机。信息处理的范围很广，下面仅以事务处理和管理应用这两方面的情况作些简要说明。

(1) 事务处理 事务处理是信息处理的一个重要门类。例如商业上已经广泛使用办公室计算机、数据处理机、会计终端机、出纳终端机和零售终端机等；在银行业务中，已广泛使用金融终端机、现金出纳机、资产负债管理系统，通存通兑系统和薪金转帐系统等；在邮电业务上，有电子邮件，电子传真，电视电话等。此外，还有各种图像处理系统，航空及铁路客票预订系统，选票系统，税收系统等。其应用实例层出不穷。

(2) 管理应用 管理是人类生活中不可缺少的基本职能。计算机用于企业管理是把企业实际活动中的特定数据收集起来，从中提取反映生产、经营等企业状况的信息，进行分析处理，并在决策人员参与下作出最优选择；计算机用于经营管理，可以减轻管理人员的劳动强度，提高核算质量，增强信息的及时性和全面性；计算机用于库存管理，可以随时掌握各类物资库存情况，以便进行合理调济，减少库存。计算机管理系统的范围很广，例如行政管理、生产管理、物资管理、人事管理、图书资料管理、计划统计、市场预测、情况分析和办公室自动化等，不胜枚举。

信息处理主要是对各种各样的信息进行收集、分类、排序、计算、传送、存储以及打印输出各种报表或各种图形。其特点是要处理的原始数据量大，算术运算比较简单，有大量的逻辑运算与判断。因此，信息处理计算机应有足够大的存储容量；有逻辑处理功能较强的比较、组合、分类及综合型指令；有十进制运算和变字长运算功能；有较多的通道接口和较丰富的 I/O 设备。

2. 实时控制（过程控制）

实时控制广泛用于工业、农业、科学技术和国防部门。自从体小价廉的微型机及单片机问世后，实时控制进入了以计算机为主要控制设备的新阶段，大大地提高了实时控制的自动化程度。

航空航天和军事部门是实时控制的主要领域，喷气飞机的飞行、导弹、人造卫星和宇宙飞船等的控制都是靠计算机实现的。阿波罗 4 号飞船升空时，由 125 台计算机联成网络进行监控和测试。军事上的现代化武器系统使用计算机控制后，大大提高了射击速度和命中率，提高了射击自动化水平，有效地发挥了武器本身的杀伤力。例如，地空导弹发射控制系统，雷达跟踪系统等都离不开计算机的控制。

生产过程控制是实时控制的又一个重要领域。机械、冶金、石油、化工、电力、交通

纺织及轻工等部门，都有过程控制的应用实例。例如，年产 500 万吨钢的钢厂，原来需要生产人员 15000 人，使用计算机实现自动控制后，只要 2500 人就足够了。此外，温度控制、压力控制、流量控制、交通控制、窑炉控制、照相排版控制及生产加工控制等，到处可见。特别是以微型机为中心的“集散型控制系统”出现后，将控制功能分散给若干台微型机，操作管理则集中用一台高性能的计算机控制，吸收了集中控制和分散控制的优点，提高了系统的可靠性和利用率。

随着计算机性能的提高，相应的控制理论的发展和数学模型的建立，实时控制的应用领域将进一步扩大。由于实时控制与生产过程密切相关，用于实时控制的计算机应有很高的可靠性；较短的字长（16 位二进制）；较小的主存容量；完善的中断系统和多种性能的 I/O 设备。

3. 计算机辅助设计

计算机辅助设计（Computer Aided Design），简称 CAD，是人们借助计算机来进行设计的一项专门技术。它广泛应用于航空、造船、建筑工程及微电子技术等方面。

计算机辅助设计技术加速了生产现代化的步伐，它不仅有效地提高了设计质量和自动化程度，而且大大缩短了新产品的设计和试制周期。在大规模集成电路的设计中，要求在几平方毫米的硅片上制作几万到几十万个电子元件，线条宽度只有几微米到零点几微米，人工设计是十分困难的，若将版图设计方案及要求，编制出相应的程序，借助计算机辅助设计技术，就能绘制出复杂的版图。又如在飞机设计中，从制定方案到画出全套图纸，若用人工设计，要用两年半左右时间，而采用 CAD 技术 3 个月即可完成。

计算机辅助设计技术已经扩展到测试、制造和教学等领域，实现了计算机辅助测试（CAT），计算机辅助制造（CAM）和计算机辅助教学（CAI），并形成计算机辅助工程（CAE）的新概念。

4. 人工智能

人工智能是指用计算机来模拟人类某些智能行为，如感知、推理、学习和理解等。其研究范围包括：数学定理证明、常识性推理、自然语言的理解和生成、模式识别、景物分析、诊断疾病、下棋游戏、破译密码和机器人等。简单说，人工智能是将人脑在进行演绎推理中的思维过程、规则和所采取的策略、技巧等编成计算机程序，并在计算机中存储一些公理和推理规则，然后让计算机去自动探索解题的方法。

专家系统是一个具有大量专门知识的程序系统。它总结了某个领域中一个或多个专家的知识，将其分类后存入计算机中，建立起知识库。专家系统解决问题的过程是从知识库提供的事实出发，经过计算机内部推理后，作出判断和决策，回答用户的咨询。专家系统已经广泛应用于医疗诊断、遗传工程、化学结构的研究、空中交通控制、地质学与勘探和商业等领域。

自然语言是人类交往所用的语言，计算机是难于理解的。因为人们通过生产、生活和社会活动，在大脑中积累了大量高度相似的信息或知识，在计算机内则没有。此外，讲话时的语义又经常与上下文有关，有时尚需对讲话的内容进行一番推理或演绎之后，才能得出结论。因此，人工智能在自然语言的理解、机器视觉和听觉方面开展了广泛的研究。

机械人是一种能模仿人类智能和肢体功能的计算机操作装置。分工业机器人和智能机器人两类。工业机器人没有多少智能，它能准确、迅速、精力集中地执行任务。智能机器人则具有创造性和洞察力，它能感知和理解周围环境，进行推理和操纵工具，并能通过学习来适

应周围环境，采取相应的决策来完成自己的任务。机器人不仅可以提高工作质量、生产效率和降低成本，而且能够代替人完成在有害环境（如高温或有放射性物质）中的工作。

非数值应用方面的实例不胜枚举，除上述几方面外，在通信技术、测量和测试、教育与卫生以及家用电器等方面都有大量的例子。

近年来，一种将计算机、电视机、录像机以及收录机融为一体的多媒体技术正在兴起，这种集计算机技术、声像技术和通信技术于一体的系统导致了计算机应用领域的一场迅猛革命。它促使微型计算机由单纯的数字与文字处理，演变为能处理音乐、声音、文字、照片、图像、动画、电影与电视等多种传播媒介的综合信息系统。计算机的多媒体化正在形成不可阻挡的新潮流，多媒体个人计算机的时代已经到来。

二、计算机的发展概况

（一）计算工作的演变情况

计算是人类同自然作斗争的一项重要活动。计算工具则是人类长期从事计算这个实践过程中创造和发展起来的，经历了由低级到高级、由简单到复杂的发展过程。

人们在进行计算的时候常常搬动手指，“屈指可数”即说明手指是最早的计算工具。史前时期，中国古代民族就使用石块、贝壳和绳子等计数，易经上记载为“上古结绳而治”。周、秦时代（公元前 770 年至公元前 221 年）又使用“筹棍”来进行“筹算”（也称“算筹”）。南北朝时代的祖冲之用筹算将圆周率算到第七位小数，比欧洲人早 1000 多年。筹算使用到 15 世纪才被淘汰，现在的罗马数字还保留着筹算的痕迹。唐代末期出现了算盘，“珠算”便代替了筹算。公元 1274 年宋代杨辉所著《乘除通变算宝》中，记载有完整的珠算口诀。算盘于 15—16 世纪传入日本，继而进入欧洲，对各国计算工具的发展起了不可磨灭的促进作用。现在，各种先进的计算机已经遍布世界各地，算盘仍然与计算机并驾齐驱地被广泛使用着。算盘是世界公认的最早的专用数字计算机。

1614 年苏格兰数学家约翰·奈普尔（John Napier）发明了对数。1622 年英国人奥特利德（Oughtred）制成了计算尺，计算尺是模拟计算工具。1642 年法国哲学家和数学家布莱塞·帕斯卡（Blaise Pascal）研制成功了第一台加减法计算机。德国数学家莱布尼兹（Leibnitz）在帕斯卡的机器上增加了乘除运算，于 1694 年制成了一架机械计算机，几经改进后发展成可进行四则运算的手摇计算机。1812 年英国剑桥大学数学家查尔斯·巴贝奇（Charles Babbage）提出了自动计算机的基本概念，利用穿孔卡片来控制计算的程序，并于 1822 年制造出一台差分机。1833 年，巴贝奇又提出分析的设想，包括了现代电子计算机所具备的一切部件，由于经费缺乏，这台机器未能问世，但是已为现代计算机奠定了基础。1887 年，美国的海尔曼·霍勒列斯（Herman Hollerith）研制成功了穿孔卡片分类统计机，于 1889 年获得专利，1890 年用于美国第十一次人口普查工作，是最早的数据处理机。

20 世纪初期，许多继电器式计算机相继问世。如 1925 年左右由布什（Vannever Bush）领导下制造的第一台模拟计算机。1935 年布什又在麻省理工学院设计了第二台模拟计算机，并于 1942 年制成能解 18 个变量的方程式。第一台数字式自动计算机是 Mark-1 机，该机在霍华德·艾肯（Howard H Aiken）领导下从 1935 年起经 5 年努力后完成并于 1944 年 8 月 7 日送给哈佛大学。Mark-1 机使用了 15 年，现在作为美国第一台数字式计算机陈列在计算机博物馆中。

世界上第一台“电子数字积分机和计算机”（Electronic Numerical Integrator And Calculator），简称 ENIAC。是在美国陆军部主持下，由宾夕法尼亚大学的摩尔电工学院研制成功。于 1945 年 12 月投入运行，1946 年 2 月正式交付使用。它的主研者是物理学家约翰·威廉·莫

克利 (John William Marchly) 和工程师 J·P 埃克特 (J Presper Eckert)。该机历时三年，耗资 40 万美元，共用电子管 18800 多个，继电器 6000 个，电阻 7000 只，电容 1000 只，耗电 150kW，重达 30t，机房面积 170m²，每秒可做 5000 次加法运算。在使用 10 年之后，于 1955 年 10 月 2 日最后一次切断电源，正式退役。现在陈列于美国国立博物馆中供人们参观，被誉为电子计算机发展史上的重要里程碑。 ENIAC 有两个主要缺点：一是存储容量太小，只能存放 20 个字长为 10 位的十进制数；二是用线路连接的方法来编排程序，每次解题都要靠工人改接连线，准备时间太长。

应当指出：长期以来，人们都认为世界上第一台计算机 ENIAC 是莫克利和埃克特于 1946 年发明的。但是经过法院 135 次开庭审理发明权的公案后，于 1973 年 10 月 19 日正式宣布：“莫克利和埃克特没有发明第一台电子计算机，而是利用了阿坦纳索夫发明中的构思……”。阿坦纳索夫是依阿华大学的物理学家，于 1939 年 12 月制成了以二进制逻辑运算为核心的首台计算机。由于在二次世界大战的年代，世界混乱而未申请专利。事实证明计算机的发明权应属于阿坦纳索夫。因此，美国机械工程师协会授予阿坦纳索夫最高荣誉 HCLLEY 奖章。

继 ENIAC 问世之后，40 多年来，计算机的面貌不断更新，可以说是千姿百态，琳琅满目。

1945 年，约翰·冯·诺依曼确立了存储程序概念。1949 年 5 月，英国剑桥大学的莫利斯·文森特·威尔克斯 (Maurice Vincent Wilkes) 研制成功“电子延迟存储自动计算机” (Electronic Delay Storage Automatic Computer) 简称 EDSAC。这是世界上第一台使用存储程序的计算机。而冯·诺依曼自己设计的“电子离散变量自动计算机” (Electronic Discrete Variable Autonnatic Comprter) 简称 EDVAC 却推迟到 1951 年才完成。世界上第一台商用电子计算机 UNIVAC-1 也在 1951 年由斯巴利·龙尼瓦克公司 (Soerrt Univac Corp) 制成。

20 世纪 50 年代，英国、法国、前苏联、日本、联邦德国、意大利等国家，先后都研制成功了本国的第一台电子管计算机。1958 年，中国亦研制成功了第一台电子计算机。

(二) 计算机的技术划代

自第一台计算机问世以来，计算机的生产技术发展异常迅速。但在推动计算机硬件实体发展的各种因素中，电子逻辑器件的发展是起主要作用的因素。事实上，计算机和半导体工业是互相促进的。在整个电子计算机的发展过程中，可以看到：每当电子逻辑器件向前发展一步，人们就会相应地以现有器件为基础，综合考虑当时的工艺条件及经济能力，设计出与之相适应的计算机系统结构，尽可能地将计算机的性能提高到当时的最高水平。可以这样说，电子逻辑器件推动着计算机的发展，又因计算机的需要，促进更高性能的电子逻辑器件产生。因此，人们常用计算机所使用的电子逻辑器件来划分电子计算机技术的发展时代。在表 1-2 中列出电子计算机的各个主要发展阶段。

表 1-2 电子计算机的技术划代

技术划代	第一代	第二代	第三代	第四代	第五代
大约年代	1946 ~ 1957	1958 ~ 1964	1965 ~ 1974	1975 ~ 今	1980 开始
使用逻辑元件	电子管	晶体管	集成电路和大规模集成电路	超大规模集成电路	新逻辑器件
主存储器	磁鼓，磁芯	磁鼓，磁芯	磁鼓，磁芯，半导体存储器	半导体存储器	半导体存储器 激光存储器

续表

技术划代	第一代	第二代	第三代	第四代	第五代	
辅助存储器	磁鼓, 磁带	磁鼓, 磁带, 磁盘	磁鼓, 磁带, 磁盘	高速磁盘, 快速外存	高速磁盘, 光盘	
外部设备配备情况	穿孔卡片 探针式纸带输入机 S5 型电传打字机	光电输入机 控制台打印机 宽行打印机 文字读出机	外部设备种类增多, 光学及符号读出设备得到应用	外部设备种类繁多, 形成外部设备群, 高速打印, 终端机及远程终端大量使用	外设种类更加繁多, 终端及远程终端更加完善, 智能外设得到发展	
外设占主机比例	2% ~ 3%	30% ~ 40%	50% ~ 60%	75%	大大超过主机	
采用的硬件技术及特点	存储程序结构机器产生, 总体结构以运算器为核心。奠定了五大部件基本结构。体积大, 质量大, 可靠性差, 价格贵、耗电量	总体结构以主存为核心。多道程序, 并行处理及可变的微程序设计思想出现。I/O 设备较完善, 中断出现。体积小, 质量下降, 可靠性提高, 价格下降, 耗电少	多处理器出现; 实时控制实用化; 分时操作出现; 系列机得到发展; 小型机实用化; 虚存实用化。机器更加小型化, 功耗进一步下降, 可靠性更加提高	并行处理, 多机系统, 分布式计算机系统及计算机网络等得到发展, 微型机迅猛发展, 单片机开始出现。主存容量扩大。机器微型化, 功耗更小, 可靠性更高	出现非冯·诺依曼结构, 人工智能发展, 知识工程, 快速推理, 高级人机接口得到发展, 联想存储器, 专用机得到发展。机器功能更完善, 系统结构改善, 群机与网络进一步发展, 更智能化	
软件配备及应用领域	使用机器语言或汇编语言编程, 出现高级语言雏型, 数据主要用定点数, 以单机用于科学计算为主	出现了面向用户的高级语言、编译程序及操作系统等。应用进入事务处理, 实时控制开始	软件已系统化, 出现软件产业。系统软件, 应用软件增多, 操作系统及数据库管理得到发展和普及。应用领域扩大到实时处理及多道程序	软件工程标准化得到发展, 数据库系统、分布式处理和网络结构得到发展。应用领域更加扩大, 微机应用更为显著	自然语言、函数语言、逻辑程序设计语言和知识库系统得到发展。办公室自动化、情报检索、辅助决策、辅助教育等不断出现	
运算速度	1 万次左右/s	(万次 ~ 百万次)/s	(百万次 ~ 千万次)/s	(千万次 ~ 1 亿次)/s	(1 亿次 ~ 100 亿次)/s	
代表机种	国外	ENIAC UNIVAC-I IBM605	UNIVAC-II IBM7094 CDC1604	IBM360 CDC7600 PDP-8	IBM370 IBM4300 Andahl470v/6	数据流机 高级语言机 非诺依曼机
	中国	104 机 103 机	DJ5121 441-B X-2	655 150 DJS-100 系列 DJS-180 系列	757 银河 银河-II	

注: 表中加·的 Andahl470v/6 机于 1975 年研制成功, 全面使用了大规模集成电路, 是四代机的真正代表。在此之前的 IBM370 系列机, 只是主存用了大规模集成电路。故称三代半计算机。

(三) 计算机的发展趋势

随着大规模集成电路的出现, 计算机进入大发展时期, 各类计算机都在迅猛地向前发展。

1. 巨型机

现代化科学技术和现代化的国防技术的发展, 需要研制和发展巨型机。目前所谓的巨型机是具有三个“一千万”的计算机, 即它的运算速度是每秒一千万次以上; 存储容量是一千万位以上; 计算机系统的价格在一千万元以上。这种机器的发展基础是超大规模集成电路和并行处理结构。其总体系统采用多处理机结构或串、并阵列式结构, 主存采用快速的超大规模集成电路存储器和虚拟海量存储器, 并配有各种向量化高级语言和并行化的软件系统。目

前，RISC (Reduced Instruction Set Computer) 技术已经被引入巨型机体系结构，而且，还出现了采用 80386 芯片的小巨型机。

巨型机虽然价格昂贵，但对大范围区域的天气预报、太空卫星所摄照片的剖析、反导弹系统、航天飞行器的设计和热核反应等问题的处理，都离不开巨型机。而研制巨型机又标志着国家的科学技术水平和工业发展水平，也象征着国家的经济实力，各国都十分重视巨型机的研制。1976 年推出的 CRAY-1 向量处理机，其向量运算速度可达每秒 8000 万次。1983 年研制成功的 CRAYX-MP 机，向量运算速度达每秒 4 亿次。同一时期，CDC 公司生产的 CYBER-205 机，每秒进行 4 亿次浮点运算。1987 年，ETA 系统公司推出的 ETA-10 巨型机，低档次的单机，运算速度每秒 8 亿次，主存 32 兆字；而高档次的多机系统有 16 个处理机，运算速度可高达每秒 96 亿次浮点运算，已进入每秒 100 亿次的行列了。近年来，微处理器的发展，为阵列结构的巨型机系统 MPP 该机由 16384 个微处理器组成 128×128 的方阵。

国产机型有中国科学院于 1983 年 11 月 16 日公布的 757 向量计算机，运算速度每秒可达 5000 万次；国防科技大学研制的银河亿次机，也于 1983 年 12 月宣布成功。1992 年 11 月 19 日，每秒 10 亿次的银河-II 型巨型计算机通过国家鉴定。1993 年 6 月 22 日，每秒执行 6600 万条指令的银河全数字仿真 II 型计算机也通过国家鉴定。在巨型机技术上，中国已经赶上国际水平。

2. 通用机

通用机包含大、中型计算机，是计算机工业中价值比重最大的产品，IBM370 系统是最典型的代表，它与 IBM360 系统兼容。由于 IBM 公司耗费巨资为 360 系统开发了丰富的软件，为了继承这些软件而使 IBM370 受到了制约。继 IBM370 之后，IBM303X 系列仍与 IBM370 系统兼容，但具有更强的科学计算处理能力。IBM4300 系列取代了 IBM370 系统的低档机。1982 年宣布的 IBM3084K 仍与 IBM370 系统兼容，但其运算速度已达每秒 2500 万次，主存容量为 64 兆字节。

其余厂家在发展新机种时也遵循兼容的原则，走上与 IBM 计算机兼容的道路，称为 PCM (Plug-Compatible Main frame 插接兼容主机，或 Program Compatible Mainframe 程序兼容主机)。他们按 IBM 系列机的结构制造主机，直接引用 IBM 计算机的软件，从而使产品的性能价格比优于 IBM 原装机，以争夺计算机市场。

国产机 KJS-8000 系列属于大、中型机系列。

3. 小型机

小型机出现于 20 世纪 60 年代中期，其典型代表是被称为世界上第一台小型计算机的 PDP-8 小型机的字长为 12 位到 32 位，标准字长为 16 位。内存储器在 4K 以上，通常以 4K 或 8K 为模，可以扩展到 32K 至 128K。它可以配备多种外部设备，常用的有打印机、显示设备、软磁盘、小磁盘和盒式磁带等。可以满足工业控制和数据处理的需要。小型机明显地向两极发展，高档次的小型机趋于大型机的低档机，而低档次的小型机则向高档次的微型机靠拢。

高档的小型机向多功能、复杂化方向发展，其共同特点是：采用 4~8 个或更多的通用寄存器；存储容量可扩展到 32K 字以上，有的已达 16M 字节；中央处理机可作浮点运算的处理机；外存普遍采用硬磁盘，容量达 200M 字节以上；软件配备比较齐全，有模块化的操作系统，多种程序设计语言及其编译程序。某些小型机已经采用了大型机中的先行控制、多模交叉存取、虚拟存储技术、并行操作和流水线等先进技术。

传统的小型机字长为 16 位，高档的小型机大多数是 32 位，为了与低档的 32 位大型机相区别，高档的小型机又称为超级小型机。1981 年 Harris 公司推出一系列 48 位的小型机，在硬件结构上和大型机已无明显区别，只是软件上有些差异。由于历史原因，超级小型机多侧重于实时应用，大型机则偏重于成批作业的处理。

小型机具有规模小、结构简单、设计试制周期短，便于及时采用先进工艺，软、硬件成本低，可靠性高，易于操作和维护，管理机器和编制程序简单等特点。因而得到迅速推广和普及应用。KEC 公司的 PDP-11 系列机和 VAX-11 系列机，DG 公司的 NOVA 系列机和 MV 系列机，Prime 公司的 Prime 850，HP 公司的 HP-3000，PE 公司的 PE3200 等系列机以及中国的 DJS-1000 系列机、DJS-2000 系列机、DJS-3000 系列机都是典型的机种。

4 微型机

低档小型机和微型机都采用大规模集成电路，而微型机在系统结构上大多沿用小型机的方案，它们基本上无大的差别，只是微型机的体积比小型机更小。微型机发展很快，每隔两年左右就有一个重大的发展。自 1971 年用 Intel4004（4 位微处理器）构成世界上第一台微型计算机 MCS-4 以来，1973 年以后相继出现了 Intel 公司的 8080，Motorola 公司的 M6800 以及 Zilog 公司的 Z-80 等 8 位微处理器。1978 年以来，先后又研制和生产了 Intel8086，Motorola 的 M68000 和 Zilog 的 Z-8000 等 16 位的微处理器。随后，Bell 公司、HP 公司、IBM 公司又陆续宣布 32 位微处理器及其相应的微型机系统研制成功。当前，Intel80386 和 80486，Motorola 的 68020 等微处理器已被广泛采用，1993 年 3 月 22 日，Intel 公司公布了新一代微处理器 Pentium，这便是人们期望的 80586，主频有 60MHz 和 66MHz 两种，运算速度可达 112MIPS，线宽 0.8 μm 集成了 310 万个晶体管，它的 iCOMP 指数已达 510-567。这样，微型机不仅进入了超级小型机的领域，而且步入了大型机的范畴。例如，1981 年 Intel 公司宣布的与传统产品绝少共同之处的高级微处理器构成的 iAPX432 系统，其功能可与大型机中的 IBM370/158 相媲美；又如，National Semiconductor 公司的 16032 微处理器，它执行 Pascal 语言的速度竟超过大型机 CYBER173。此外，由微型机构成的巨型机方案不断涌现。因此，“微机”这一概念不是仅指微小的机器，而是指计算机的微型化。今后的计算机系统将是由微型机组成的微机组网络和阵列结构的系统。

微型机产品现已经系列化。功能上有高、中、低各个档次；字长有 4、8、12、16 及 32 位；运算速度每秒几十万次到几百万次；结构上已由单片微处理器发展到单片微型计算机；软件方面均配有各种操作系统及各种各样的程序设计语言。由于它具有体积小，价格低，可靠性高，不要求严格的使用环境等优点，尤其是各种个人计算机（Personal Computer）及多媒体个人计算机（Multimedia PC）的问世，给普及应用提供了有利条件，为计算机渗透到各行各业，进入办公室和千家万户打开了方便之门。

5. 联机系统和计算机网络

计算机网络是指由分布各地的计算机及数据终端设备、数据传输设备、数据交换设备和数据通信线路互相连接而成的计算机系统。它具有数据传输，资源（包括数据、硬件和软件等）共享，均衡负荷（把一个给定的工作负荷分配给网内的各计算机，以便均衡地使用网络资源）等功能及其它功能。

联机系统（或称面向终端设备的单处理机网络）是以一台计算机为中心，通过通信线路和多个远程终端设备连接起来，实现计算机与多个终端之间的信息传送，以成批处理方式为主。20 世纪 60 年代初期发展了分时网络，采用交互式处理方式为公共用户服务，为了减轻

主机系统的负担，在主机之前设置一台前置处理机，专门负责通信工作，故又称面向终端设备的多处理机网络。以上两种计算机网络也称第一代计算机网络，又有专用网络和公共网络之分。专用网络主要用于银行、交通、企业管理、气象预报和航空等系统；公共网络主要用于情报检索系统和学术交流等方面。按信息传输和处理方法，又可分为联机实时、分时处理网络和联机分批处理网络。按信息方向和适用业务范围，又可分为数据收集、分配网络，询问、应答网络，信息交换网络和远距离分批处理网络等。

从 20 世纪 60 年代末开始，多处理机网络陆续出现。它以资源共享为特点，用通信线路把很多计算机连接起来，各计算机之间可以互相支援、互相利用对方的一些特殊设备或存储资料。这种网络是真正的计算机网络。国际上又称为第二代计算机网络。

著名的 ARPA 网由美国国防部高级研究计划局于 1968 年设计，1969 年投入运行，当时只有 4 个结点相连，到 1976 年 2 月，已发展到 57 个结点，连接 1000 多台主机和 2000 多个用户，地域上不仅跨越美国大陆，而且通过通信卫星连接到夏威夷和亚洲的结点。此后，许多先进国家纷纷建立圈套规模的计算机网络。例如，美国的全国商用资源共享网 CYBER-MET，网内使用 CYBER-76、STAR-100 等巨型机，还包括欧洲及澳大利亚的一些结点，是国际性网络。另一个国际性网络是欧洲情报网络（EIN）网，通过 5 台小型计算机及 6 条国际租用线路把伦敦、巴黎、米兰、苏黎世及伊斯普勒 5 个计算中心连接起来，然后伸向各地。1980 年开通的英国邮政总局全国性公用数据网，共有 9 个业务交换中心，分设在伦敦、曼彻斯特、格拉斯哥和剑桥等地。此外，英国皇家物理研究所的 MPL 网，法国的 CYLADES 网，日本的 JIPMET 网都是知名的网，这些网技术与 ARPA 网很相似，都采用报文分组交换方式。这类网跨越的地理范围大，故称广域计算机网。广域网按连接的计算机类型可分为同机种网络和异机种网络；按交换方式可分为线路交换网络和存储交换网络；按建网目的可分为计算机通信网络和资源共享网络；按结构形态可分为集中型、分散型和环型等网络。一些主要厂家为了解决本公司生产的各种计算机和终端设备的联机问题，不断向用户提供相应的硬件（如通信接口板）和网络软件。

当小型机和微型机的应用发展起来后，一个单位的计算机常常分散安装于不同的房间或几栋大楼内，将这些计算机连在一起的网络称为局部网络。典型的局部网有 AST 公司的 Cnet，Corvus 的 OMNINET，3COM 公司的 Ethereries（以太系列）和 3+（3Plus）以太网，IBM 公司的令牌环网（IBM Token Ring），近来广泛使用的 Novell 网等。

随着微型机的发展，无线电遥控、遥测、遥讯等技术与微型机相结合，以及数据传输、光导纤维、电视系统和激光技术等的发展，计算机网络的发展趋势如下。

发展分组交换网。这种方式具有线路利用率高，数据传输可靠性高，平均传送延迟时间短，适于资源共享等特点，人们较为重视。

注重网络结构和网络软件标准化。网络软件指包括通信协议、通信软件在内的网络操作系统。

发展数字传输和数字相结合的新的数据通信网及其传输手段。

发展利用卫星、光缆提供全数字通信业务的通信网。

发展分布式处理机及分布式数据库，实现应用处理功能的分散。

⑥发展国际连接。包括网络之间的连接和国际性网络应用通信卫星的问题。

⑦发展各种新型网络终端设备。

6. 新一代计算机

智能模拟又称人工智能，人工智能的工作，是指用人工的方法使人造装置具有一定智慧和能力的工作，即用计算机来模仿人类的高级思维活动。把仅仅作为信息处理的计算机转变为知识处理机，把只用作计算和存储数据的计算机转变为既能推理、得出结论，又能通过学习，积累新的知识，进行逻辑判断，甚至能够理解语音和书面文字的计算机。这样的计算机称为人工智能和知识信息处理系统。它是新一代计算机。

新一代计算机突破了冯·诺依曼结构原理，具有解题和推理的功能（根据自身存储的知识进行推理和求解问题）；智能接口功能〔能识别自然语言（文字、语音）、图形、图像〕；知识库管理功能（可检索计算机机存储的大量知识）。运算速度可能比现有计算机高出 1000 倍以上。工作效能非常高。人们用了许多新名词、新概念来描述它的特征，把研制人工智能计算机看成计算机的一次重大革命。这不会仅会推动计算机工业迅猛发展，而且将会产生一种新的“知识工业”。

7. 计算机软件

高级语言程序设计在第二代计算机时期不断成熟并迅速普及。操作系统能自动管理计算机系统各个设备并使多个程序得到高效运行，这是第三代计算机时期的主要成就。随着各种应用软件的开发，产生了专门从事软件研制、生产、销售工作的软件公司。为了得到廉价、可靠和有效的软件，产生了软件工程的概念，对软件开发实行工程和标准化的管理，并对软件采取法律保护手段，这是第四代计算机时期的特点。

为了发挥计算机的作用，使计算机从只供专家使用转到面向大众使用。人们努力改进计算机的设计以简化计算机的操作，采用软件工具编程代替手工编程已经初见成效。面向自然的语言已为人们所重视，新型的软件将不断问世，计算机的应用将渗透到人类社会的所有领域。

第五节 计算机系统的层次结构

现代计算机是一个复杂的硬、软件组合而成的多级系统。它通常由 5 个以上不同的级组成，每一级都能进行程序设计，如图 1-4 所示。

第 1 级是微程序设计级。这是一个实在的硬件级，它由机器硬件直接执行微指令。如果某一个应用程序直接用微指令来编写，那么可在这一级上运行应用程序。

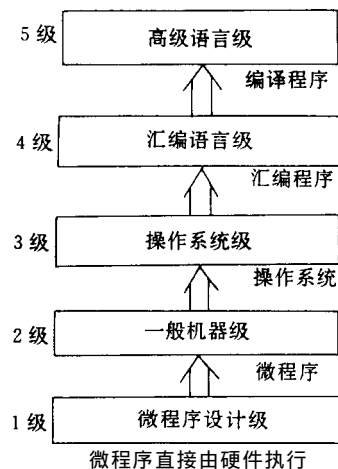


图 1-4 计算机系统的层次结构示意图

第 2 级是一般机器级，也称为机器语言级，它由微程序解释机器指令系统，这一级也是硬件级。

第 3 级是操作系统级，它由操作系统程序实现。这些操作系统由机器指令和广义指令组成，这些广义指令是操作系统定义和解释的软件指令，所以这一级也称为混合级。

第 4 级是汇编语言级，它给程序人员提供一种符号形式语言，以减少程序编写的复杂性，这一级由汇编程序支持和执行。如果应用程序采用汇编语言编写时，则机器必须要有这一级的功能；如果应用程序不采用汇编语言编写，则这一级可以不要。

第 5 级是高级语言级，它是面向用户的，为方便用户编写应用程序而设置的。这一级由各种高级语言编译程序支

持和执行。

图 1-4 中，除第 1 级外，其它各级都得到它下面级的支持，同时也受到运行在下面各级上的程序的支持。第 1 级到第 3 级编写程序所采用的语言，基本是二进制数字化语言，机器执行和解释容易；在第 4、5 两级编写程序所采用的是符号语言，用英文字母和符号来表示程序，因而便于大多数不了解硬件的人们使用计算机。

显然，这种用一系列的级来组成计算机的概念和技术，对于掌握计算机是如何组成的提供了一种好的结构和体制，而且用这种分级的观点来设计计算机，对保证产生一个良好的系统结构也是很有帮助的。

习题与思考题

1. 试述计算机的几大特性。
2. 计算机有哪些主要技术指标？
3. 试述计算机的硬件基本结构。
4. 什么是 CPU？什么是主存？什么是主机？简述其各自的功能。
5. 什么是系统软件？什么是应用软件？软件与硬件相比，谁更重要？
6. 计算机的发展趋势是什么？
7. 计算机有哪些方面的应用？