

普通高等教育机电类规划教材

计算机概论教程

哈尔滨电工学院 康乃真
合肥工业大学 宋保珍 等编

机械工业出版社



429695

TP301
K22

普通高等教育机电类规划教材

计算机概论教程

哈尔滨电工学院 康乃真
合肥工业大学 宋保珍 等编



00429695



机械工业出版社

前 言

随着计算机科学技术的迅速发展和广泛应用,计算机学科领域的各个分支不断开拓,相应的课程和内容急剧增加。为了使计算机初学者对计算机系统有个较全面、较系统的认识,对各门课程所包含的基本概念、基本内容,以及相互间的关系能有较完整、较深入的了解,为以后的进一步学习和实际应用打好基础,特此编写本教材。本教材在编写过程中,参照IEEE-83教程、中国计算机教育和培训学会推荐的教学大纲的基本要求,并经全国高等工业学校机电类、兵工类专业教学指导委员会计算机及应用专业教学指导小组审定出版。它可作为大专院校计算机各专业的计算机概论教材,也可作为其他专业的计算机基础教材,还可供具有一定文化程度者作为自学计算机的入门教材。

本教材共分为八章。第一章介绍了有关计算机的背景材料和预备知识;第二章介绍了计算机硬件的基本组成和基本原理;第三章介绍了计算机软件的基本概念和基本内容;第四、五章分别介绍了计算机解题基础和程序设计基础;第六、七章分别简述了FORTRAN77语言和FOXBASE+微机数据库管理系统的主要内容;第八章给出了课程有关的上机实践的指导和要求,以加强实践性教学环节。全书参考教学时数为70~80学时,各章节的内容可根据教学的实际情况进行必要的增删。在编写过程中,力求做到概念清楚、内容简明、条理清晰、通俗易懂;特别注重基础知识的介绍和基本问题的提出,至于一些较深层次的问题留给读者在今后学习和实践中逐步解决。

本书是编者多年来从事计算机硬件、计算机软件、计算机语言和计算机概论等课程教学及实践的心得体会,也是有关人员集体创作的成果。书中第一、二、三章由康乃真编写;第四章、第五章的第一~三节由宋保珍编写;第六章、第八章的第一~二节由梁楠编写;第五章的第四、五节、第七章、第八章的第三节由梁栋编写。本书由哈尔滨工业大学王开涛教授担任主审;中国科技大学蔡庆生教授、赵宝华副教授担任副主审,他们都认真审读了全部书稿,并提出许多宝贵的修改意见。在教材编写过程中还得到合肥工业大学张奠成教授、中山大学杨润生教授的热情指导和帮助,在此谨向他们表示衷心的感谢!

鉴于计算机科学和技术的突飞猛进,计算机专业大有知识爆炸之势,本教材所涉及的内容和所覆盖的知识面又极为广泛,而编者的学识水平和实践经验有限,加上资料不足、时间仓促,书中的缺点、错误在所难免,恳请广大读者予以批评指正。

编 者

1993年7月

目 录

前言

第一章 计算机导论	1
第一节 计算机的发展简史	1
第二节 计算机的主要特点	5
第三节 计算机的主要应用	8
第四节 计算机的运算基础	11
第五节 计算机的电路基础	18
习题	27
第二章 计算机硬件基础	28
第一节 计算机硬件的组成	28
第二节 存储器	33
第三节 中央处理机	41
第四节 输入和输出设备	46
第五节 微型计算机	55
第三章 计算机软件基础	70
第一节 计算机软件的组成	70
第二节 语言翻译系统	73
第三节 操作系统	80
第四节 数据库系统	91
第五节 软件工程	100
习题	110
第四章 计算机解题基础	111
第一节 计算机解题过程	111
第二节 问题分析和数学模型	113
第三节 算法设计	115
第四节 流程图设计	118
第五节 数据结构基础	125
第六节 文件和文件系统	132
习题	135
第五章 程序设计基础	136
第一节 程序	136

第二节 程序设计语言	138
第三节 程序设计语言的发展	146
第四节 结构化程序的设计方法	146
习题	150
第六章 FORTRAN77 程序设计基础	151
第一节 概述	151
第二节 FORTRAN77 程序设计基础知识	160
第三节 FORTRAN77 过程	190
第四节 FORTRAN77 文件	200
习题	205
第七章 数据库管理系统FOXBASE ⁺ 简介	208
第一节 概述	208
第二节 常量、变量、函数与表达式	209
第三节 命令结构及文件类型	212
第四节 FOXBASE ⁺ 的常用命令	213
第五节 FOXBASE ⁺ 程序设计	233
第六节 程序设计举例	248
第七节 FOXBASE ⁺ 与FORTRAN77之间的数据传递	266
习题	268
第八章 课程实践指导	270
第一节 DOS常用命令及操作	270
第二节 IBM PC机FORTRAN77上机操作指导	274
第三节 FOXBASE ⁺ 2.10上机操作指导	280
附录	287
参考文献	292

第一章 计算机导论

第一节 计算机的发展简史

人类的活动与计算有着密切的联系,随着人类社会的发展,计算的工具也在不断地改进和发展。手指是原始人天然的计数工具;古代人使用石块、贝壳或绳结进行计数也相当普遍。我国早在春秋战国时代就使用算筹来进行计算,算筹是用竹、木、玉或象牙制成的小棒,根据不同的摆法表示不同的数字,如用一、二、三、四、五、六、七、八、九。随着社会的进一步发展,对计算速度提出更高的要求,到了唐、宋时期已经出现了算盘,至今已有1300多年历史。数学家还发明了运算口诀,使计算可以快速、简便地完成。算盘后来还传到朝鲜、日本、东南亚各国,有力地促进这些国家计算技术的进步。近代人们还使用根据对数原理制成的计算尺进行计算,它是一种模拟型计算工具。

由于科学技术的迅速发展,使得新的计算工具和计算方法不断发明和改进,各种类型的计算机逐渐取代了手工计算工具。追溯计算机发展的历史,大致可以划分为以下几个时代。

一、机械计算机时代 (1623~1945年)

随着航海业的发展,促进了对天文学的研究,人们开始寻求新的计算工具,可用于自动进行四则算术运算的机器在17世纪早期就出现在欧洲。其中较著名的有法国哲学家和科学家巴斯噶 (Blaise Pascal) 于1642年制造的加减法计算机。这种机器是由一系列转盘式的计数齿轮组成,每个转盘上刻有从0到9的数字。右边的第一个轮子表示个位数,第二个轮子表示十位数,第三个轮子表示百位数,以此类推。要进行加法运算时,只要在机器上存储第一个数,再转动要相加的数,就能得到计算的结果。如果某一位的两数之和超过10,则通过棘轮器件自动进位。负数用补码表示,变减法为加法运算。计算的结果可通过盖板上的一排读数窗口显示出来。

德国哲学家、数学家莱布尼兹 (Gottfried Leibniz) 参观了这台机械计算机之后,决心创造出具有更高功能的机器。他对加减法计算机进行了重大改革,在机器中增加了不同长度的齿轮小圆柱,又把机器分为不动的计数器部分和可动的定位机构部分,1671年他发明了既可进行加减,又可进行乘除的计算机。此外,他还创造了二进制运算,为未来计算机的革命奠定了基础。

在计算机历史上最卓越的人物之一是英国人巴贝奇 (Charles Babbage), 开始时他考虑如何使用机器来计算对数表,1823年他着手研制差分机,精度要求达到20位小数,但一直没有制造成功。1833年他又构思解析机,其中包含了现代计算机的全部基本思想。尽管花费了近40年功夫,由于缺乏足够的经费,加上当时技术条件尚未成熟,机器没能制造成功,但是巴贝奇把程序控制引入了计算机,第一个绘出了现代计算机的设计蓝图。

二、第一代电子计算机 (1946~1956年)

由于机械式计算机靠机械零件来传递信息,既笨重又不可靠,计算速度也受到限制,人们开始考虑研制具有更高速度的计算机。20世纪40年代由于原子弹、雷达、火箭等研制需要解决一些极其复杂的数学问题,迫切要求产生新的计算工具。当时的电子学、控制论、信息论等新的科学技术也日趋成熟,为研制电子计算机提供了可能。

第一台电子计算机ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator) 是由莫希里 (John Mauchly) 和埃克特 (J. Presper Eckert) 指导,约有200人参加,在美国宾夕法尼亚大学建造的。在第二次世界大战期间,美国陆军军械署为了解决弹导学的研究问题,与宾夕法尼亚大学签订了研制用于计算炮弹弹导的高速计算机合同,投入了巨额资金。ENIAC自1943年开始研制,1945年12月投入运行,1946年2月正式交付使用。它是一个庞然大物,共使用了18800只电子管、1500个继电器,重达30t、占地面积170m²、耗电150kW,还配备一台30t重的冷却装置专供它散热。它每秒钟能完成5000次加法运算;进行一次10位数的乘法运算需要3ms;用它计算炮弹从发射到进入轨道的40点位置只需要3s,用人工计算则需要7h,两者相比计算速度提高了8400倍。ENIAC的研制成功是计算机发展史上的一个重要里程碑,它开创了电子计算机的新时代。

美籍匈牙利人冯·诺依曼 (John Von Neumann) 是位“万能数学家”,他在纯粹数学、应用数学、计算数学等许多数学分支中都作出了重大贡献,在量子力学、原子弹研制、数理经济学等领域也取得巨大成就。当他发现ENIAC的一些不足之处后,就与宾夕法尼亚摩尔电机系研究小组合作,提出了第一台存储程序的电子计算机EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) 的一个全新的设计方案,这个方案确立了计算机的五个基本部件 (即存储器、运算器、控制器、输入和输出设备),提出了“存储程序”的基本原理 (即冯·诺依曼原理)。由于冯·诺依曼对计算机的杰出贡献,被后人称为计算机之父。EDVAC的方案在1945年就大体完成了,但由于种种原因直到1952年才正式建成。1949年初,美、英等国一些著名的大学、研究单位和大公司都纷纷研制存储程序的电子计算机。

通常把1946~1956年研制和生产的电子管计算机称为第一代电子计算机。它的主要特征是采用电子管组成基本逻辑电路,用延迟线和磁鼓作为内存储器,用磁带机作为外存储器;软件处于初始发展阶段,使用机器语言和汇编语言编制程序;主要用于科技计算。它的代表机种有IBM701、IBM709等。

三、第二代电子计算机 (1957~1963年)

第一代电子计算机采用电子管作为基本电子元件,机器的体积大、功耗高、可靠性差、价格昂贵,使用也不普遍。到了50年代末期,随着半导体技术的迅速发展,晶体管逐渐代替了电子管,人们开始使用晶体管研制第二代电子计算机。最早的晶体管计算机是由美国MIT的林肯实验室研制的于1953年运行的实验性机器TX-0。1957年美国安装了第一台晶体管计算机TRANSAC S-100;1958年4月IBM公司开始用晶体管计算机取代原来生产的电子管计算机。由于采用晶体管作为计算机的基本电子元件,使得计算机运算速度加快、体积减小、功耗下降、可靠性增高、价格降低,应用也随之进一步扩大。

第二代电子计算机的主要特征是采用晶体管组成基本逻辑电路,内存储器采用磁心存储器,外存储器已经开始使用磁盘。还引入了诸如ALGOL、FORTRAN和COBOL等高级语言来简化程序设计,开始提供编译程序、子程序库以及批处理软件。第二代电子计算机的运算速度已经提高到每秒几十万次至上百万次,除了用于科技计算以外,还在各种事务数据处理

中得到广泛应用，并已经开始用于过程控制，主要的代表机种如 IBM7090、CDC6600、UNIVAC1107等。

四、第三代电子计算机（1964~1974年）

在60年代中期开始出现了中、小规模集成电路。所谓集成电路（IC）是通过半导体集成技术，把许多逻辑电路集中做在一块只有几平方毫米大的硅片上。通常把在一块基片上包含不到10个门电路的集成电路叫做小规模集成电路（SSI）；包含10~100个门电路的集成电路叫做中规模集成电路（MSI），一个中规模集成电路相当于数百个二极管、三极管、电阻、电容等分立电子元件。从1964年起人们开始使用中、小规模集成电路代替分立的晶体管电路，研制第三代电子计算机，大大缩小了体积，降低了功耗，提高了可靠性和运算速度。这一时期最有影响的机种要数IBM360系列。

第三代电子计算机的主要特征是采用中、小规模集成电路作为基本逻辑电路；内存存储器仍以磁心存储器为主，已开始使用半导体存储器；微程序设计技术已被广泛使用，简化了处理机的设计，并提高了灵活性；外围设备的种类不断增加，各种终端设备迅速发展，并与通信线路结合形成网络，机种也已经多样化和系列化。软件有了进一步的发展，操作系统更加完善和普及；会话型高级语言如BASIC、APL等得到广泛使用。计算机的运算速度增加到每秒几百万次、几千万次，甚至上亿次，电子计算机已被广泛应用于数据处理、过程控制和科技计算等各个领域。

五、第四代电子计算机（1975年至今）

第四代电子计算机的研制始于70年代初。1970年研制成功、1971年正式开始生产的IBM370系列机开始使用大规模集成电路组成的半导体存储器；1975年研制成功全面采用大规模集成电路的大型电子计算机。大规模集成电路（LSI）是在一块只有几平方毫米大的硅片上集成100个以上的门电路；目前，它正向超大规模集成电路（VLSI）发展，研制的目标是实现在每个芯片上集成1~10亿个元件；现在已经可以把一台小型计算机的逻辑电路做在一块半导体材料上。由于大规模和超大规模集成技术的应用，使得计算机的体积更小、功耗更低、运算速度更高。当前，电子计算机有了更大的发展，其势头至今仍然方兴未艾，既出现运算速度超过亿次的巨型机，又出现了体积小、价格低、使用灵活的微型机。这里把美国仙童公司生产的F₈微型计算机与第一台计算机ENIAC作一个简单的比较：F₈体积只有ENIAC的1/(30万)；重量只有ENIAC的1/6000；运算速度比ENIAC快几十倍；可靠性比ENIAC高1万倍。由此，电子计算机惊人的发展速度可以略见一斑。

第四代电子计算机的主要特征是采用大规模、超大规模集成电路作为基本逻辑电路和内存存储器，机器的性能价格比有了很大提高。计算机已经形成了巨型、大型、中型、小型和微型计算机系统，计算机工业发展成了门类齐全、品种繁多的现代工业部门。软件的发展也极为迅速，对各种操作系统、数据库系统、网络系统、分布式系统的研究更加深入、功能更加完善，软件行业已经发展成为一个新兴的重要工业部门。计算机的应用更加广泛和普及，并且向更高的层次进军，跨入了以网络化和智能化为特征的新时代。

第五代计算机目前正处在研制阶段。人们设想新一代计算机将是具有人工智能的知识信息处理、非数值运算的高性能的计算机。其主要功能是问题求解和推理、知识库管理和智能接口。它的关键技术包括超大规模集成电路结构、并行处理方法、逻辑程序设计、基于关系数据库的知识库以及应用人工智能和模式处理。日本和美国政府都已制订出计划，拨出巨额

资金，集中优秀人才投入研制工作。目前，还有许多人正在积极从事神经元计算机的研究工作。展望未来，计算机将是微电子技术、光学技术、超导技术、电子仿生技术等多学科互相结合的产物，它也必将对人类社会的前途发生更加深远的影响。

以上介绍的是计算机发展简史，电子计算机发展的进程可以用图 1-1 来加以概括说明。

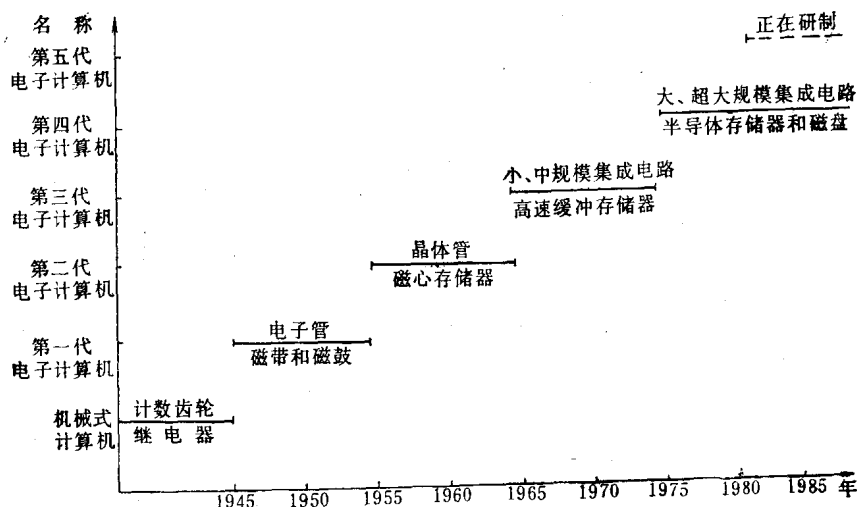


图1-1 电子计算机发展示意图

我国的电子计算机事业是根据1956年毛主席、周总理亲自主持制定的《十二年科学技术发展规划》列为国家重点发展项目而得到迅速发展的。1958年试制成功我国第一台电子管小型通用计算机103机，运算速度为每秒2000次，填补了我国计算机领域的空白；1959年大型电子管数字计算机104机投入运行，运算速度为每秒1万次。经过各有关方面的努力，1965年我国自行设计、制造成功每秒运行7万次的大型晶体管通用计算机320机，在同一时期还相继研制成功如108丙机、109乙机和441B机等多种晶体管数字计算机。随后又开始集成电路计算机的研究工作，1971年研制成功运算速度达到每秒十几万次709机；1973年研制成功运算速度分别为每秒80万次的655机和每秒100万次的150机。此外，在70年代我国还相继建立了1000系列（相当于美国DG公司的NOVA系列）、2000系列（相当于美国DEC公司的PDP-11系列）、8000系列（相当于美国IBM公司的370系列）的三种中、小型计算机系列。1974年开始研制0500系列（相当于美国Intel公司的8080/8086系统）、0600系列（相当于美国Motorola公司的M6800/M68000系统）、0400系列（相当于美国Zilog公司的Z80/Z8000系统）、0300系列（相当于美国Rockwell公司的6502系统）的微型计算机系列。1983年我国首次研制成功每秒运行1亿次的银河巨型计算机，标志着我国计算机科学技术的新水平。我国的导弹、火箭、人造卫星等高科技领域取得了辉煌的成果，也体现了我国计算机应用的新高度。总之，我国的计算机工业从无到有、从小到大、从简单仿制到自行设计，无论是元器件、整机，还是外围设备，生产水平不断提高、生产能力不断扩大，已经形成了一支具有相当规模的科研、生产、教学和应用队伍，取得了举世瞩目的成就。为了加速我国现代化建设的步伐和在新的技术革命的挑战中立于不败之地，必须大力发展我国的计算机事业（包括软件和硬件），深入开展和推广计算机的应用，瞄准计算机的世界先进水平，奋起直追，迎头赶上，争取为我国国民经济的发展和社会的进步做出更大贡献。

第二节 计算机的主要特点

电子数字计算机（下面简称计算机）是一种不需要人工直接干预，能够自动地对各种数字化信息进行高速处理和存储的电子设备，它的出现和发展开辟了计算工具和计算方法的新纪元。计算机在短短的40多年时间里经历了四代变化，并且得到了极其广泛和成功的应用。计算机之所以获得如此巨大的发展动力和应用魅力，是因为它具有许多其他计算工具难以比拟的特点。

一、运算速度快

由于计算机采用高速的电子器件，所以它具有很高的运算速度，第一代计算机每秒钟能进行5000次到几万次运算；第二代计算机每秒钟能进行几万次、几十万次到上百万次运算；第三代计算机每秒钟能进行几百万次到几千万次，甚至接近亿次运算；第四代计算机每秒钟运算速度可高达几千万次、几亿次以上。过去需要花费几年，甚至十几年的计算问题，现在使用计算机只用几小时，甚至几分钟即可以完成。例如，1867年法国有位天文学家达拉姆尼，为了用天体力学方法求解月球运行轨道，他花费了10年时间去解一个摄动级数展开式，又花了10年时间去进行验证，计算的结果写成了整整一卷书。后来人们使用计算机重复他的工作，只花费20个小时，并查出他的三个错误。又如19世纪英国数学家威廉·谢克斯，用了15年时间把圆周率算到了小数点后面707位，这在当时是一件十分了不起的事情，而用第一台计算机ENIAC来做这件工作，仅花了40s，而且还发现他在第528位出错。由此可见，计算机具有多么惊人的运算速度。在科学技术和国防军事等研究领域的许多计算问题，往往需要几十万个以上数据、计算公式也十分繁杂，用人工计算根本无法解决，只能借助计算机来进行运算。计算机的高速运算能力，使许多过去无法进行的计算成为可能，为人类提供了强而有力的计算工具。

二、计算精度高

人们使用传统的计算尺只能估计三位有效数字；机械式计算机也只有七八位有效数字；常用的算盘仅有13档，难以进行两个五位数的乘法，因而计算精度受到很大的局限。计算机采用二进制数进行运算，可以通过增加数字的位数来提高计算的精度。在计算机中使用10多位有效数字（十进制数）来进行运算是很通常的，还可以根据实际需要进行双倍位或多倍位运算，使计算精度达到千分之几到亿分之几，甚至更高。同时，计算机还具有检错和纠错能力，从而保证计算结果不发生错误。这里以圆周率 π 值的计算为例来说明计算机的精度。人类计算圆周率已有几千年的历史，公元前3000年苏美尔人得到最早的 π 值为3；亚历山大时期的数学大师阿基米德发现 π 的值略小于 $22/7$ 、略大于 $223/71$ ，平均值为3.141815；我国南北朝时期数学家祖冲之用15年时间计算了正12888边形的边长，得出 π 值为3.1415927。在这以后的1000多年里，许多数学家为了求出精确的 π 值付出了艰辛的劳动，最多的计算到小数点后面707位。1949年有人用计算机花费了70多小时，得到了精确到小数点后面2035位的 π 值；时隔6年，数学家又用一台大型计算机计算 π 值，仅花了33个小时计算到小数点后面1017位；1981年日本筑波大学把 π 值计算到小数点后面200万位，如果把它打印出来，就是一本超厚巨著。这些用人工计算根本无法想象的精度，只有使用计算机才能够如愿以偿。因此，计算机不但运算速度快，而且还可以提供高精度的计算结果，为尖端科学技术的研究开

辟了广阔的道路。

三、逻辑功能强

计算机不仅能够进行算术运算，而且还能够进行逻辑运算。它具有逻辑分析和判断的功能，并且根据判断的情况自动决定应该执行什么命令，这样就可以代替人们的部分脑力劳动。计算机可以使用逻辑功能来处理博弈问题，程序人员预先把下棋的法则编制成程序输入给计算机，它就可以根据这些法则来下棋了。显然，输入计算机的棋谱越多，实战的各种考虑越周密，计算机下棋就越高明。如果一旦计算机与人对弈失利，计算机若不改变下棋程序就只能一输到底。但是具有智能的计算机还可以从失败中吸取教训，不断积累经验，及时改变下法，不再重蹈以往的错误，就终将战胜对手而立于不败之地。还可以利用计算机的逻辑功能来进行定理证明。1840年大数学家麦比乌斯提出了一个猜想：一张地图只用四种颜色，而相邻的两国不会用上同一种颜色，即所谓著名的四色定理。100多年来，这一难题困扰着无数数学家，1880年有人发表了证明它的论文，到了1890年英国数学家希伍德发现论文有漏洞，证明被推翻了。希伍德自己花费了毕生的精力想攻克这个堡垒，也未能奏效。1976年美国数学家阿贝尔和里肯对地图的各种接界可能进行了分析，编制出计算机程序，然后让三台IBM360计算机进行运算，计算机进行了200亿个逻辑判断，整整工作了1200机时，无可辩驳地证明了四色定理的成立。又如使用计算机的逻辑功能进行逻辑推理，美国有一个叫维克多的逃犯，1978年越狱潜逃，警方先后花了三年时间未能抓获他，最后请求计算机的帮助，分析该逃犯历年的生活习性，从而确定他藏匿的地区才把他捕获归案，一时传为趣闻。利用计算机的逻辑功能，还可以进行情报检索、资料分类、文字处理和人工智能等工作，大大开拓了计算机的应用范围。

四、记忆容量大

计算机的存储器具有类似记忆的能力，而且能够保存大量的数字化信息。一般计算机内存存储器有几十万到几百万存储单元，加上容量大得多的外存储器就更为可观了。一个体积很小的存储器，就能记忆100万册（每册20万个字符）书籍的全部内容；它还可以以极快的速度（每个数据用十分之几到百分之几微秒取出）读写大量信息，真是令人叹为观止。据报道，国外已使用计算机来保存一周出版的全部报刊，使用者只要打一个电话，一个叫“电视资料”的系统就可以把相当于7000页原文的资料从计算机存储器中提取出来，呈现在家用电视机的屏幕上供人们查阅。用户还可以通过“电视资料”提取所需要的信息，人们不用出门就可以预定火车票、飞机票、旅馆房间；可以咨询各种信息，如国内新闻、市场行情、天气预报、文体节目等；可以通过“信息银行”进行存款或取款等。据介绍，1982年底美国就拥有1450个公开开放的信息库，它们包括：股票行情、商品信息、经济统计、科技文献、法律条款、历史珍本、医疗处方、电子教育以及大英百科全书等数百种类型，拥有个人计算机的用户，可以从其中600个信息库中查询信息和知识。据有关专家推测：人类的知识在50年代10年间增加一倍，在70年代每5年增加一倍，现在大约每3年就增加一倍，信息量随着时间成指数曲线增长。在当今“信息爆炸”的时代里，只有使用计算机这一高速的信息处理工具，人们才不会淹没在信息的汪洋大海中。计算机诱发的新的信息革命，将对人类社会的进步发生重要而深远的影响。

五、自动连续工作

人们使用算盘或计算器进行计算时，要把一系列算式写在纸上或记在脑中，然后一步一

步地去操作。计算机则是把计算程序存放在存储器里，当它运行时依次以很高的速度从存储器里取出一条条指令，逐一地予以分析和执行，完成计算所需的各种操作，这就是“存储程序”的冯·诺依曼原理。第一台计算机ENIAC在解颞之前，要把计算程序预先在调度板上编制好后再去执行。本来只要几分钟便可以完成的计算，则往往需要几个人花费几天时间去改变线路，大大限制了计算机运算速度的发挥。在使用存储程序原理工作的计算机中，只要操作员一按“启动”按钮，整个计算过程便自动、连续完成，不需要任何人工干预，这是计算机工作方式的重大创新，大大发挥了计算机高速运算的效能。“存储程序”的原理也使计算机更具有通用性，只要在计算机的存储器里存入不同的程序，它就可以完成不同的任务，这就意味着计算机几乎无所不能、神通广大。从宇宙空间的探索到基本粒子的研究，从天气预报到地质勘探，从模拟仿真到人工智能，从生产过程控制到工矿企业的管理，从“阿波罗”登月飞行工程到“星球大战”计划……，在人类社会的各个领域几乎无处不留下计算机的足迹，它到处大显身手，受到人们高度的瞩目和广泛的赞誉。计算机这种具有自动、连续进行高速运算的能力，也是它区别于过去机械式计算机、台式计算器和其他各种计算工具最显著的特点之一，使它跻身于当代最杰出的科学技术成就之列。

根据计算机所具有的性能特点，如运算速度的快慢、基本字长（参加运算的位数）的长短、存储容量的大小和各种功能的强弱，可以分为巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机等不同类型。

1.巨型机 巨型机是指运算速度快、存储容量大、利用效率高、功能很强的高性能计算机。这并不意味着它是像ENIAC那样的庞然大物，而它真正的体积并不很大。巨型机一般要求运算速度达到每秒几千万次到1亿次以上；字长达64位；内存容量达4~16兆字节；价格一般在1000万美元以上。它主要用于尖端科学和军事技术等方面。

2.大型机 大型机的运算速度要比巨型机低，一般为每秒几百万次到1000万次；字长通常为32位到64位；内存容量为0.5~8兆字节；价格通常在几百万美元左右。大型机多数是通用计算机，主要用于计算中心进行科技计算，在计算机网络中也占有重要地位。

3.中型机 通常把介于大型机与小型机之间的计算机称为中型机，也称作超级小型机。它的运算速度为每秒十几万次到100万次；字长为32位；内存容量在1兆字节以下。中型机一般也为通用计算机，随着计算机网络的发展，它们越来越多地被投入网络中使用。

4.小型机 在60年代中期，随着集成电路的发展，人们使用它来制造体积小、价格低、结构简单、操作方便的小型计算机。小型机的运算速度为每秒几十万次；字长通常为16位左右；内存容量为2~8K字节，可扩充到64K字节；价格一般为十几万到几十万美元。它多用于一般的数据处理和过程控制。

5.微型机 把微处理器、半导体存储器、输入和输出接口等，通过总线连接起来就组成了微型计算机；它可以由多块芯片构成，也可以集成在一块芯片上。微型机的运算速度一般比小型机低，体积比小型机小得多，价格更加低廉，灵活性更强，可靠性更高，使用更为方便，因而得到十分广泛的应用。微型机有4位、8位、16位和32位之分，随着超大规模集成电路的发展，高档微型机的性能已经接近中、小型机。

随着计算机科学和技术的迅速发展，尤其是并行技术、分布技术、多机系统的采用，各类计算机之间的界面已经变得越来越模糊了，但是它们在功能和用途上还是有所差别的，请读者加以注意。

第三节 计算机的主要应用

人类在漫长的生产斗争实践中,创造了无数劳动生产工具,从原始石器到现代化机器,它们是人的五官和四肢的延伸,但只能改善和代替人类的各种体力劳动。计算机的出现,在一定范围内代替人类的脑力劳动,是人脑的扩展,它把人们从大量繁重的脑力劳动中解放出来,具有十分广阔的应用前景。

在计算机出现的初期,人们普遍地把它当作一种高级计算工具,用来代替人工进行繁琐的数值计算。随着计算机科学和技术的飞速发展,计算机应用已经深入到工业、农业、国防、科技、交通、第三产业等各个部门,对社会经济发展和科学技术进步产生了巨大而深远的影响。因此,计算机的应用水平是衡量一个国家经济实力和现代化水平的重要标志之一。计算机应用的范围和领域极为广泛,最主要的应用有以下几个方面。

一、科学和工程计算

人们在发展科学技术和生产建设实践中,经常会遇到各式各样的数学问题,有些问题计算难度大,使用普通的计算工具难以胜任。计算机具有计算速度快、计算精度高、存储容量大等优点,所以被广泛用来对科学技术和工程设计中的数学问题进行计算,承担人工无法完成的复杂运算。例如人造卫星和宇宙飞船的发射,都要通过计算机进行大量的计算工作。为了使运载火箭把人造卫星送到指定的轨道上去,就要进行轨道计算,即用计算机求解一组火箭运动方程。在人造卫星发射的过程中,地面测量系统把测得的运行轨道参数(如速度、方位等)输送给计算机,计算机对数据进行高速而准确的运算,把计算的结果与预定的轨道进行比较,再输出无线电控制信号,利用卫星上的控制系统对运行轨道进行必要的修正。1969年7月人类第一次登上月球,有两名宇航员乘登月仓登上了月球,又乘登月仓返回月球轨道,与绕月球飞行的指令仓、辅助仓对接,和另一名字航员会合,一起返回地球,这些高精度的计算,都是依靠计算机完成的。此外,计算机还在天气预报、地震预测、天文观测、物质结构、热核反应、飞机设计、大型建筑设计等领域的计算中发挥了重要作用,成为发展现代化尖端科学技术和进行大型工程设计必不可少的重要工具。

二、数据和信息处理

数据处理与科学计算的主要差别在于:前者是对大量输入信息进行快速而有效的分类、排序、判别、制表等重复操作,但总的计算量并不大;而后者的计算量大,输入与输出量则较少。计算机本身就是一种信息处理机,它可以接收信息、传递信息;还能够存储信息、比较信息;使用信息进行逻辑推理,做出科学决策,所以在数据和信息处理中得到了广泛的应用。例如我国是一个11亿人口的大国,如果用人工来对全国人口普查的信息进行处理,则需要好几年的时间,还难免会发生错误。如果使用计算机,对129万人按照年龄、性别、职业等14个项目进行统计分析,仅需要3h,这样既节省大量人力,还能及时地为国家制定政策提供正确的依据。又如在现代信息社会里,每天就有6000多篇科技论文发表,大约每隔20个月公开发表的科技文献资料就增加1倍,采用人工管理的方法已经越来越难以应付。如果使用计算机来管理科技资料,可以先把每篇科技论文的题目,缩写成一定数量的关键词存入计算机,以后可通过计算机检索系统来快速查找,这样能在半小时内为几百个不同的课题提供所需要的资料清单,计算机还可以根据用户的需要,把某一篇文章的摘要打印出来。此外,计

算机还在图书管理、物资管理、财务管理、档案管理、计划管理、生产管理等领域发挥了重大作用，并且取得了显著的成效。现在已经能够通过计算机网络，把分布在不同地点的多台计算机和终端连接起来，实现办公室自动化（OA），在办公室的各智能终端上，可以进行文件生成、编辑、传送、传真，甚至召开电子远程会议等。目前出现的超级市场销售管理系统、银行终端服务系统、计算机辅助医疗系统、计算机辅助教学系统等，都是属于这一范畴。总之，计算机就像一把金钥匙，打开了通往信息化社会的大门。

三、过程和实时控制

使用计算机在工业生产、科学实验以及其他过程中，及时地收集、检测数据或信号，按照某种标准状态或最优方案实现自动控制，既节省了大量人力、物力，改善了劳动生产的环境，又提高了产品的数量和质量，降低了生产的成本。现在有许多大型的钢铁厂、化工厂、发电厂、水泥厂、造纸厂等，已使用计算机进行生产过程控制，实现生产的自动化，并且取得了很好经济效益。例如日本一座200t的转炉，采用计算机控制以后，氧气顶吹命中率提高了30%，仅仅由于缩短冶炼时间，一天就可增产上千吨钢。美国有一台标准带钢热轧机，用人工控制时每周产量500t，采用计算机控制后，每周产量可达5000t，产量提高了100倍。据有关报道，使用计算机对生产过程进行控制之后，合成氨厂增产5%，乙烯厂增产6%，炼油厂增产2%~5%。一般说来，冶金、化工、电力、石油等部门使用计算机控制的投资费用，可在1~2年内全部收回。正像蒸汽机引起第一次工业革命一样，计算机给工业带来又一次新的技术革命，整个工业设备和工艺已进入以普及计算机和微电子技术为特征的重大变革。

实时控制是指计算机对数据的接收、处理和回答，都能在满足实际需要时间（如秒或毫秒）内完成。例如美国一铁路系统采用计算机实时控制，能把运行在22000km长的铁路线上的85000节车厢、2300辆机车和1000多个乘务组的工作及时地进行调度，使整个铁路系统安全、快速、准确、高效地运转。又如国防军事上的通信指挥系统、武器控制系统、防空预警系统等，都采用计算机进行实时控制和处理。许多军事专家认为，未来的现代化战争，将是以计算机为主的电子对抗战。

四、辅助设计和辅助制造

计算机辅助设计（简称CAD）就是采用计算机系统，并在设计人员的交互作用下，实现最优化的设计。CAD大大缩短了设计周期，降低了劳动强度，提高了设计质量，加速了工业产品的更新换代，促进了生产技术的进步。例如大规模集成电路（LSI）的设计就是CAD应用的一个十分活跃的领域。随着集成电路的集成度的提高，单片中的元器件数可达数万个以上，电路的复杂程度越来越高，所要求的版图规模越来越大，制造的工艺越来越精细，因此必须采用CAD技术。大规模集成电路的设计过程，一般分为逻辑设计、电路设计和版图设计三个步骤。采用CAD技术后，可以通过交互式图形系统，从计算机存储的集成电路逻辑单元库中，像按菜单点菜一样收集逻辑单元，拼接成逻辑电路。计算机对电路的每个连接点进行逻辑电平和负载分析，设计人员可在图形显示终端上修改设计，绘制出所需的逻辑图。然后使用专门的电路描述语言把电路草图的电路结构、元件参数、输入波形和输出要求等数据输入计算机，进行电路分析和电路模拟，预先得出大规模集成电路的参量和性能，若不符合要求，可不断进行修改。在版图设计时，计算机从版图数据库中，调出与电路各单元相应的版图，用光笔或专用程序自动进行单元布局及单元间布线，最后形成制版设备数据输出。这样原来需要大量人力，花费几年时间完成的工作，采用CAD技术后缩短为几个人在几天时间内

完成。近年来还发展了计算机辅助制造（简称CAM），可以实现无图样加工。操作人员用光笔在图形显示器上画出所需零件，通过键盘给定零件的尺寸，计算机排出自动机床加工这种零件所需的脉冲序列存入磁带，机床控制设备根据磁带上的数据制造出符合要求的零件。除了上述介绍的例子外，计算机还广泛应用于飞机、船舶、汽车、水坝、桥梁、房屋、服装、家具等的辅助设计或制造中。CAD和CAM已经成为影响产业发展的技术方面的重要因素，引起各有关方面极大的兴趣和关注，将得到迅速的发展和发挥越来越大的作用。

五、专家系统、模式识别和机器人

所谓专家系统就是一个存储了某个领域专家大量知识的计算机咨询系统。它把专家的知识分为事实和规则两部分，以知识库的形式存入计算机，可根据用户输入的原始数据进行推理，做出判断和决策，给出咨询问题的答案。目前，世界上已经出现许多能够在一定程度上具有实用价值的专家系统。例如医疗诊断专家系统可用来诊断某一方面的疾病，其中一个最大的系统能够诊断500多种疾病，它了解的病状多达3500多种。又如探矿专家系统，可协助地质学家估计金属矿藏的数量；确定油气田的构造，判断钻井的位置等。此外还有化学结构、遗传工程等专家系统，它们以其在应用中的准确性和经济性受到人们高度的重视。

模式识别是通过把图形信息输入计算机，对其进行特征抽取等处理后，对图形进行识别，并给出图形的分类和描述。例如用计算机对指纹进行自动识别，先把实际的现场指纹经过预处理，转换成数字化图象存入图象存储器，计算机对输入的图象经过定位、特征（如端点、分叉等）提取后，再进行指纹分类，并与指纹库中的指纹进行查对，其处理的结果可由彩色显示器立即评价，或由打印机输出判断结论。又如联机手写体汉字的识别，采用对手写汉字字形变化相对稳定的笔划作为识别基元，并根据汉字内在结构的特征以及人识别文字的经验知识，建立起汉字模糊子型。再通过基本笔划匹配和笔划序列匹配，来完成对手写体汉字的识别。此外，图表识别、语音识别、印刷体汉字识别等已取得可喜的成果。

机器人是一种模仿人类智能和肢体功能的计算机操作装置。机器人可以分为工业机器人和智能机器人两类，前者是一些不同种类的计算机控制的机械手，后者具有创造性和洞察力，能够理解环境，根据不同的情况，采取相应的决策去完成自己的任务。在日本约有120多家工厂制造各种各样的机器人。已有几万个工业机器人活跃在各个生产部门，如金属加工、塑料加工、铸造、焊接、喷漆等工序，它们能准确、迅速、不知疲倦地完成各种任务。护理智能机器人可根据病人的呼气信号，获知病人要喝桔子汁，驱动搬运车，从食品柜的多种食品中选出桔子汁，移到病床前，倒入杯中送到病人嘴边。在那些人类很难工作的领域中，机器人已捷足先登，出现了海底机器人和宇宙空间机器人。据估计，全世界的机器人正以惊人的速度增加，到2000年世界上将会有1000万台机器人服务于各行各业。

专家系统、模式识别和机器人同属人工智能研究领域。人工智能还有自然语言理解、自然语言生成、自动定理证明、自动程序设计、机器翻译、景物感知、博弈（计算机下棋）等研究方向。人工智能是研究用计算机来模拟人类的某些智能行为（如推理、学习、理解、联想等）的理论和技術，是计算机应用的前沿学科，具有十分诱人的应用前景。

综上所述，计算机已经在国民经济和社会生活的各个领域获得了极为广泛的应用，并且取得了巨大的成功，而且，计算机应用的新领域正在不断涌现和开拓。计算机应用发展的速度、广度和深度，已经远远超过历史上任何一种技术手段和装备，是人类科学技术史上一个新的里程碑。

第四节 计算机的运算基础

一、数制

数制是指计数的制度。人们在日常生活中使用的数制是十进制，在计算机中使用的数制是二进制。在编写程序时，有时也用到八进制和十六进制。

用一组数字来计数时，每个数字都表示一定的量，这不但决定于数字本身的大小，而且还决定于它所在的位置，每一位都对应一个固定的值称为权。相邻两位中高位的权与低位的权的比值称为基数。下面介绍几种常用的数制，以及它们之间的换算方法。

(一)十进制 (Decimal Number System)

十进制是人们最熟悉的一种数制。它有0~9十个数字，即基数为10，每位计满10就向高位进位，即逢十进一。任何一个十进制数都可以用一个多项式来表示。例如，123.45就可以被写成 $(1 \times 10^2) + (2 \times 10^1) + (3 \times 10^0) + (4 \times 10^{-1}) + (5 \times 10^{-2})$ ，即每个数字都要乘以该位所对应的权。十进制数的表示和特点如下：

1.表示 设 $N = K_n \dots K_1 K_0 . K_{-1} \dots K_{-m}$

$$\begin{aligned}(N)_{10} &= K_n \times 10^n + \dots + K_1 \times 10^1 + K_0 \times 10^0 + K_{-1} \times 10^{-1} + \dots + K_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^n K_i \times 10^i\end{aligned}$$

式中， K_i 为0~9中的一个数，由 N 决定； m 和 n 均为正整数。

2.特点

- ① 基数为10。共有0、1、2、3、4、5、6、7、8、9十个数字，逢十进一。
- ② 数 $\dots K_2 K_1 K_0 . K_{-1} K_{-2} \dots$
权 $\dots 10^2 10^1 10^0 \quad 10^{-1} 10^{-2} \dots$
- ③ 十进制数乘以 10^i ，小数点向右移 i 位，空位补0。
十进制数除以 10^i ，小数点向左移 i 位，空位补0。

(二)二进制 (Binary Number System)

在计算机中采用二进制，可用低电平和高电平分别表示两个不同的数0与1。二进制数的表示和特点如下：

1.表示 设 $N = K_n \dots K_1 K_0 . K_{-1} \dots K_{-m}$

$$\begin{aligned}(N)_2 &= K_n \times 2^n + \dots + K_1 \times 2^1 + K_0 \times 2^0 + K_{-1} \times 2^{-1} + \dots + K_{-m} \times 2^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^n K_i \times 2^i\end{aligned}$$

式中， K_i 为0或1，由 N 决定； m 和 n 均为正整数。

2.特点

- ① 基数为2，共有0和1二个数字，逢二进一。
- ② 数 $\dots K_2 K_1 K_0 . K_{-1} K_{-2} \dots$
权 $\dots 2^2 2^1 2^0 \quad 2^{-1} 2^{-2} \dots$
- ③ 二进制数乘以 2^i ，小数点右移 i 位；
二进制数除以 2^i ，小数点左移 i 位。

④ 二进制数算术运算简单,一位加法和乘法有以下8种组合:

$$0+0=0 \quad 0+1=1+0=1 \quad 1+1=10$$

$$0 \times 0=0 \quad 0 \times 1=1 \times 0=0 \quad 1 \times 1=1$$

(三)十六进制 (Hexadecimal number system)

由于二进制数位较多,使用不便,故常常用十六进制数来简化二进制数。十六进制数的表示和特点如下:

1.表示 设 $N = K_n \cdots K_1 K_0 . K_{-1} \cdots K_{-m}$

$$(N)_{16} = K_n \times 16^n + \cdots + K_1 \times 16^1 + K_0 \times 16^0 + K_{-1} \times 16^{-1} + \cdots + K_{-m} \times 16^{-m}$$

$$= \sum_{i=n}^{-m} K_i \times 16^i$$

式中, K_i 可取 0、1、…、9、A、B、C、D、E、F 十六个数字中的一个,由 N 决定, m 和 n 均为正整数。

2.特点

① 基数为16,共有0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F十六个数字,逢十六进一。

② 数 $\cdots K_2 K_1 K_0 . K_{-1} K_{-2} \cdots$

权 $\cdots 16^2 16^1 16^0 \quad 16^{-1} 16^{-2} \cdots$

③ 十六进制数乘以 16^i , 小数点右移 i 位;
十六进制数除以 16^i , 小数点左移 i 位。

④ 每位十六进制数,可用4位二进制数表示;每4位二进制数,可用1位十六进制数表示。

除了上面介绍的十进制、二进制和十六进制,还有其他一些计数制,其表示方法和特点与上述介绍的数制基本相同,在此就不详细介绍了。几种常用的计数制对照表如表1-1所示。

表1-1 几种常用计数制对照表

十进制数	二 进 制 数	八进制数	十六进制数
0	0 0 0 0	0	0
1	0 0 0 1	1	1
2	0 0 1 0	2	2
3	0 0 1 1	3	3
4	0 1 0 0	4	4
5	0 1 0 1	5	5
6	0 1 1 0	6	6
7	0 1 1 1	7	7
8	1 0 0 0	10	8
9	1 0 0 1	11	9
10	1 0 1 0	12	A
11	1 0 1 1	13	B
12	1 1 0 0	14	C
13	1 1 0 1	15	D
14	1 1 1 0	16	E
15	1 1 1 1	17	F
16	1 0 0 0 0	20	10

(四)数制互换

1.按“权”展开法 其他进制的数要转换为相应的十进制数,只要把各位数字与它的权相乘,再把乘积相加,就得到十进制数。例如:

$$(100011.1011)_2 = 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4} = (35.6875)_{10}$$

$$(4E6.C)_{16} = 4 \times 16^2 + 14 \times 16^1 + 6 \times 16^0 + 12 \times 16^{-1} = (1254.75)_{10}$$

2.基数乘法 要把十进制数转换为相应的其他进制数,需要对它的整数部分和小数部分分别进行转换,再把整数和小数部分拼接起来。

(1)整数部分的转换 把十进制整数部分连续除以所要转换进制的基数,直到除完(商为0)为止,依次求出各次除法的余数,即为所要转换的整数。

现以十进制整数转换为二进制整数加以说明。因为一个十进制整数除以2可写成下列形

式:

$$\frac{N}{2} = (K_n \times 2^{n-1} + K_{n-1} \times 2^{n-2} + \dots + K_1 \times 2^0) + \frac{K_0}{2}$$

上式括号内为商, K_0 为余数。若余数为 0, 则 $K_0 = 0$; 若余数为 1, 则 $K_0 = 1$ 。依此类推, 不断除 2 可得到 $K_1 \sim K_n$, 直到商为 0 为止。

例如:

2	35		余数 1	K_0	↑
2	17		余数 1	K_1	读 余 数 方 向
2	8		余数 0	K_2	
2	4		余数 0	K_3	
2	2		余数 0	K_4	
2	1		余数 1	K_5	
	0				

故 $(35)_{10} = (K_5 K_4 K_3 K_2 K_1 K_0)_2 = (100011)_2$

(2) 小数部分的转换 把十进制小数部分连续乘以所要转换进制的基数, 依次取出各次乘积的整数部分, 直到小数部分为 0 或达到所要求的精度为止。

现在以十进制小数转换为二进制小数加以说明。因为一个十进制小数乘以 2 可写成下列形式:

$$2N = K_{-1} + (K_{-2} \times 2^{-1} + K_{-3} \times 2^{-2} + \dots + K_{-m} \times 2^{-m+1})$$

上式括号内为小数部分, 而 K_{-1} 为整数部分。再把括号内的内容乘以 2, 取出整数部分。依此类推, 不断乘 2, 就可以得到 $K_{-2} \sim K_{-m}$ 。

例如: 取出整数 0.6875

		$\times 2$
读 整 数 方 向	K_{-1}	1 1.3750
		$\times 2$
	K_{-2}	0 0.7500
		$\times 2$
	K_{-3}	1 1.5000
		$\times 2$
	K_{-4}	1 1.0000
		$\times 2$
	K_{-5}	0 0.0000

故 $(0.6875)_{10} = (0.K_{-1}K_{-2}K_{-3}K_{-4}K_{-5})_2 = (0.10110)_2$

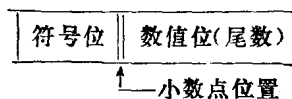
则 $(35.6875)_{10} = (100011.1011)_2$

二、定点制与浮点制

计算机中采用的二进制数, 又可以分为定点制和浮点制两种表示方法。

(一) 定点制 (Fixed Point)

在定点制中, 小数点的位置是固定不变的, 通常把小数点放在数的最高位之前。其格式如下:



如果数值位全部为 1, 则它的绝对值最大, 即为 $0.11\dots 11$; 如果数值位的最后一位为