

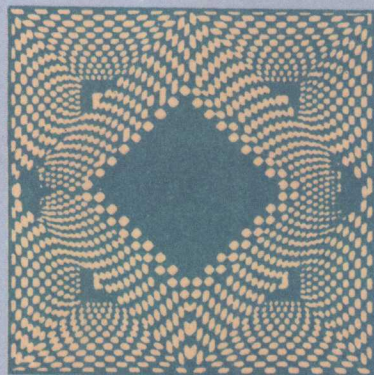


中央广播电视大学教材

计算机组成原理 学习指导书

JISUANJI
ZUCHENG YUANLI

何晓新 编



中央广播电视大学出版社

计算机组成原理 学习指导书

何晓新 编

中央广播电视大学出版社

(京)新登字 163 号

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成原理学习指导书/何晓新编. -北京: 中央
广播电视大学出版社, 1995. 10

ISBN 7-304-01174-2

I. 计… II. 何… III. 电子计算机-系统结构-基础
理论-电视大学-教材参考资料 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 21424 号

计算机组成原理学习指导书

何晓新 编

中央广播电视大学出版社出版

社址: 北京市复兴门内大街 160 号 邮编: 100031

北京印刷二厂印刷 新华书店北京发行所发行

开本 787×1092 1/16 印张 9.75 千字 243

1995 年 10 月第 1 版 1999 年 2 月第 6 次印刷

印数 64601~75600

定价: 11.60 元

ISBN 7-304-01174-2/TP·60

前 言

本书是根据中央广播电视大学“计算机组成原理教学大纲”的要求，配合由李明慧、陈明主编的该课程教材《计算机组成原理》（以后简称“教材”）一书编写的学习指导。供电视大学师生备课和自学时使用。

本书按照教材的章节内容及顺序，介绍了各章的教学要求并作了重点、难点分析。对重要概念和主要内容都进行了较为详细、系统的阐述，并提供相应的复习思考题，以供学生学习时参考。

由于编者水平有限，书中定有不少缺点和错误，敬请广大读者批评指正。

编 者

1995 年夏于国家教委电教大楼

目 录

第一章 概述	(1)
一、基本概念与基本内容.....	(1)
二、教学安排与教学要求.....	(1)
1.1 计算机发展简史	(2)
1.2 计算机年代的划分	(8)
1.3 计算机的分类	(9)
1.4 计算机系统的硬件结构.....	(10)
1.5 计算机系统的软件.....	(17)
1.6 计算机系统的层次结构.....	(18)
1.7 硬件、软件的功能分配与逻辑上的等价	(20)
1.8 计算机的主要技术指标.....	(21)
1.9 计算机的工作过程.....	(22)
1.10 学习计算机组成原理的方法	(23)
复习题与思考题	(24)
第二章 数据的表示	(25)
一、基本概念与基本内容	(25)
二、教学安排与教学要求	(25)
2.1 进位计数制.....	(26)
2.2 带符号数的表示.....	(31)
2.3 数的定点表示与浮点表示.....	(34)
2.4 字符的表示.....	(37)
2.5 计算机中常用的校验码.....	(38)
复习题与思考题	(39)
第三章 指令系统	(41)
一、基本概念与基本内容	(41)
二、教学安排与教学要求	(41)
3.1 指令.....	(42)
3.2 指令内容总结.....	(47)
3.3 PDP—11 机指令系统介绍	(49)
复习题与思考题	(57)
第四章 运算方法与运算器	(58)
一、基本概念与基本内容	(58)
二、教学安排与教学要求	(58)
4.1 定点加减法运算.....	(59)
4.2 定点乘法运算.....	(61)

4.3 定点除法运算.....	(63)
4.4 逻辑运算.....	(64)
4.5 运算器的组织与结构.....	(65)
4.6 浮点运算小结.....	(77)
复习题与思考题	(78)
第五章 控制器	(80)
一、基本概念与基本内容	(80)
二、教学安排与教学要求	(80)
5.1 控制器的基本功能和组成.....	(81)
5.2 控制方式与时序.....	(83)
5.3 指令的执行过程.....	(86)
5.4 组合逻辑控制器.....	(86)
5.5 微程序控制器.....	(94)
5.6 中央处理机的功能与组成	(103)
复习题与思考题.....	(103)
第六章 存贮器	(105)
一、基本概念与基本内容.....	(105)
二、教学安排与教学要求.....	(105)
6.1 存贮器的基本概念	(106)
6.2 主存贮器的基本结构和基本操作	(111)
6.3 半导体随机存取存贮器	(114)
6.4 半导体只读存贮器	(115)
6.5 半导体存贮器的组成及与 CPU 的连接	(116)
6.6 并行存贮器与交叉存取	(119)
6.7 高速缓冲存贮器(Cache)	(122)
6.8 磁表面存贮器	(123)
复习题与思考题.....	(127)
第七章 输入输出系统	(129)
一、基本概念与基本内容.....	(129)
二、教学安排与教学要求.....	(129)
7.1 输入输出系统概述	(130)
7.2 I/O 设备的寻址	(133)
7.3 输入输出接口	(133)
7.4 程序查询方式	(134)
7.5 程序中中断方式	(137)
7.6 直接存贮器存取(DMA)方式	(143)
复习题与思考题.....	(144)
附录 PDP—11 机指令系统表	(146)
参考文献	(151)

第一章 概 论

一、基本概念与基本内容

1. 计算机系统的概念。
2. 冯·诺依曼机的特征(计算机的内部特征)。
3. 计算机的外部特征。
4. 计算机的产生、发展与年代划分。
5. 硬件系统
 - (1) 概念: 程序, 数据, 字节, 硬件, 固件。
 - (2) 内容: 运算器, 存贮器, 控制器, 输入设备, 输出设备。硬件如何连接与操作。
6. 软件系统
 - (1) 概念: 软件, 操作系统, 源程序, 目标程序, 汇编程序, 编译程序, 解释程序。
 - (2) 内容: 系统程序, 应用程序。计算机处理简单问题的的工作过程。
7. 计算机系统的层次结构。
8. 计算机的应用。

二、教学安排与教学要求

(一) 教学安排

本章共 2 学时录像课程。具体安排如下:

1. 录像课内容

通过计算机技术发展的历史, 形象地阐述了计算机技术产生发展的思想理论与规律, 概括地介绍了计算机的硬件与软件系统, 以及计算机应用的广阔前景。

2. 辅导内容

结合本章内容观看录像, 辅导教师总结计算机技术产生发展的科学思想是什么, 有哪些内在的规律性。即: 是何种原因促进了计算机技术的产生与飞速发展? 计算机技术的发展主要围绕解决计算机中的哪一对矛盾? 如何学习这门课程?

(二) 教学要求

1. 重点掌握内容

- (1) 程序、数据、字节、硬件、软件、固件的概念。
- (2) 冯·诺依曼机的特征。

2. 一般掌握的内容

- (1) 运算器、存贮器、控制器、输入设备、输出设备的功能。
- (2) 操作系统的概念。

(3) 程序设计语言的概念。包括机器语言、汇编语言、高级语言、源程序、目标程序、汇编程序、编译程序、解释程序。

(4) 计算机系统的层次结构。

3. 一般了解的内容

(1) 计算机年代的划分。

(2) 计算机的应用。

1.1 计算机发展简史

电子数字计算机是一种能够自动连续地、高速地、准确地解决数学问题和逻辑问题的现代化电子设备，它是本世纪发展最迅速的重大科学技术成就之一，其在各个领域中的应用之广泛而深入，已成为人类生活中不可缺少的先进工具。不少科学家认为：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。

电子计算机从广义上可分为两大类型：

电子模拟计算机(Electronic Analog Computer)所处理的电信号在时间上是连续变化的模拟量(如温度、流量、电压和电流等)，其数值的大小可以用电信号的幅值去模拟。这种计算机由于解题能力和计算精度都比较差，所以应用范围比较小。

电子数字计算机(Electronic Digital Computer)所处理的电信号在时间上是离散的数字量，例如用信号电平的高低或脉冲有无来表示数值的0或1，这样就可以用一串彼此在时间上是离散的脉冲，或用一组触发器输出电平的高低表示一个数值。其不同的组合就能够表示大小不同的数值，增加组合的位数就可以增加数的表示范围和精度。

采用数字化信息的长处是显而易见的，首先它可以利用各种存贮器和寄存器加以保存，从而为快速自动处理电子设备提供大量数据信息；其次数字信息可以用来表示各种物理量和逻辑变量、图形与文字符号等，所以电子数字计算机不但可以进行数值计算，还能够进行逻辑运算，因而具有广泛的应用范围。

由于电子数字计算机具有存贮容量大，计算精度高，控制灵活，且可以进行数值和逻辑运算这些优点，所以它已成为信息处理装置的主流。我们通常所说的计算机就是指这种电子数字计算机。

现代计算机系统产生于人类社会活动的需要，它经历了一系列历史的演变，才发展到目前的水平。从科学技术发展史来看，计算机的产生与发展不仅是一系列计算机器发明的历史，也是一系列发明家的历史。它不仅是创造物质财富的记录，同样也是人类创造的宝贵精神财富的结晶。

一、古代计算工具的发展

人类使用简单的计算工具从事记数和计算，有着悠久而漫长的历史，原始人类需要计数时，可能先是在木棒或其它东西上留下一个简单的划痕，以后发展到在石头或泥土块上刻画一些条纹或者其它符号，也有利用结绳来记数和记事的。

最早的人造计算工具是距今一千多年前我国发明创造的算筹。在此基础上，于公元13世纪我国又发明了算盘，至元末明初时算盘已广泛使用。这些都是世界上公认的、最早使用的计算工具。

二、机械式计算机的发展

在16世纪资本主义经济发展的推动下,英国数学家约翰·耐普尔(John Napier, 1550—1617)确立了对数。稍后,布里格斯又加以改进,制成了对数表,使复杂的计算变成了查阅对数表,大大减少了计算工作。1614年耐普尔又发明了可以帮助乘法计算的骨质拼条,称为耐普尔骨条。1620年英国数学家威廉·奥垂德(William Oughtred, 1575—1660)在对数原理的基础上发明了圆形计算尺,这是最早的模拟计算工具。

17世纪机器工业的革命对计算工作提出了更高的要求,同时也为计算工具进一步的发展提供了必要的条件。法国物理学家、数学家布莱斯·帕斯卡(Blaise Pascal, 1623—1662)利用齿轮技术于1642年研制了一台齿轮式加减法器,这是一种原始的机械式加法器,但他的设计思想实际上包含了后来广泛使用的手摇计算机的基本原理。

继帕斯卡之后,德国大哲学家、数学家莱布尼兹(G. W. Leibniz, 1646—1716)于1671年制造出一台能进行加减乘除四则运算的机械计算器,他在设计中提出了直接进行机械乘法的思想。

这些发明家卓越的思想以及要达到的目的,就是力图用纯粹机械的装置去代替人类本身的思考和记忆,这无疑对后来计算工具的发展有着重要的启迪。

1818年法国人托马斯设计了一种台式机械计算机,并建厂投产,开创了计算机制造业。1874年瑞典人奥涅尔设计成功一种新型的手摇计算机。1875年弗兰克·鲍德温开始建立美国的手摇计算机工业,这些机器直到本世纪初都是广泛使用的计算机器。

1822年英国数学家查尔斯·巴贝奇(Charles Babbage, 1792—1871)研制了一台带有固定程序的差分机模型,它的重要之处在于能按照设计者的安排自动地完成整个运算过程,这就包含了程序设计思想的萌芽,而在巴贝奇以前的各种机器中都没有程序控制的机构。1832年—1834年巴贝奇又完成了一项称为分析机的设计工作。在设计中,分析机由三大部分构成:保存数字信息的齿轮式寄存器、利用寄存器中数据进行各种运算的装置以及控制操作顺序,选择所需输入的数据及输出运算结果的装置。其中控制装置的设计受到了法国人1801年发明的穿孔卡提花织布机的启发。可以看出巴贝奇在现代电子计算机诞生一百多年以前,就已经提出了几乎是完整的设计方案,因而也完成了人类计算工具史上的一次重大改革。

1886年美国工程师赫尔曼·霍勒瑞斯(Herman Hollerith, 1860—1929)发明了第一台机电式制表机,它将信息用穿孔方式记录在卡片上,用弱电流技术识别和传送这些信息到机械式计数器中,这一原理成为以后穿孔卡式计算机的基础。

从17世纪到19世纪,对计算机技术发展做出重要贡献的还有莱布尼兹确立的二进制及其运算法则,艾达在程序设计上的开创性工作,以及英国逻辑学家、数学家乔治·布尔创立的布尔代数。这些都为现代计算机的诞生准备了相应的理论。

三、机电式计算机的发展

20世纪是自然科学技术迅速发展的时代,以爱因斯坦的相对论和量子理论为指引,人类在短短的几十年中奇迹般地掌握了电子技术,这就使过去在纯机械时代计算工具发展受到阻碍的状况,有了根本改革的可能。

1941年德国工程师康纳德·朱斯(K·Zuse)试制成功世界上第一台全部采用继电器的通用程序控制计算机Z-3。

1937年美国哈佛大学教授霍华德·艾肯(Howard Aiken, 1900—1973)提出用机电的方

法设计制造 MARK—I 机的方案,在得到 IBM 公司大力支持下,1944 年该机宣告完工,同年在哈佛大学投入运行。MARK—I 机长 15.5 米,高 2.4 米,由 75 万个零部件组成,它使用了大量的继电器作为开关元件,用十进制计数齿轮作存储器,用穿孔纸带进行程序控制。计算速度很慢,每次乘法要用 3 秒钟时间。

MARK—I 机与在它以后设计制造的一批机电式计算机只不过是计算机发展史上短暂的序幕,当人们掌握了更为先进的电子技术,制造出比继电器开关速度更快的电子管、晶体管之后,现代电子计算机的诞生就是必然的。

四、电子计算机的诞生

进入 20 世纪后,科学技术与生产的飞速发展以及第二次世界大战中军事上的需要,使得数据处理和科学计算工作以惊人的速度在增长,原有的机械式和机电式计算机远远不能满足需要。1919 年第一个电子管触发器研制成功,这一关键发明引起了人们极大的重视,它使人联想到使用电子管来大大提高计算机速度的可能性。

1937 年美国依阿华州立大学教授阿塔纳索夫和贝利合作研制了一台电子数字计算机的部件,这是在计算机设计中最早使用电子技术的方案。

1942 年 8 月美国莫尔学院的莫奇利博士(John W. Mauchly, 1907—1980)为满足战争迅速发展的需要,撰写了一份题为《高速电子管计算装置的使用》的备忘录,概述了研制电子计算机的设想和方案。在军方的大力支持下,以莫奇利和埃克特等人组成的研制小组于 1945 年底完成名为 ENIAC 的电子数字计算机总装和调试工作。该机共用了 18 000 多个电子管,70 000 个电阻,10 000 个电容,占地 170 平方米,重达 30 吨,耗电 150 千瓦,运算速度比 MARK—I 快 1 000 倍。ENIAC 的主要缺点是系统结构和原理继承了机电式计算机的做法,它的程序是外插型的,即它的程序设计是通过改变复杂的运算控制线路来解决的,使用很不方便,所以改变程序存储形式就成为刚诞生的电子计算机发展的关键。

1944 年 8 月到 1945 年 6 月,在美国普林斯顿大学教授,著名数学家冯·诺依曼(John Von Neumann, 1903—1957)的参与下,ENIAC 研制小组提出了一个全新的存储程序通用电子计算机方案,即 EDVAC 方案。该方案明确规定机器由运算器、存储器、控制器、输入和输出五个部分组成;并描述了各自的职能和相互关系。此外,该方案还采用了二进制,提出了“存储程序”概念。在此基础上冯·诺依曼等人于 1946 年 6 月发表了更完善的设计报告《电子计算机装置逻辑结构初探》。这种结构为现代电子计算机的发展铺平了道路,四十多年来它仍是大多数电子计算机所采用的模式。由于冯·诺依曼教授对计算机发展的巨大贡献,被人们尊称为现代电子计算机之父。

在这个时期,对计算机的发展同样也做出重大理论贡献的还有英国年青的天才数学家阿兰·图灵(Alan Mathison Turing, 1912—1954)。1936 年 24 岁的图灵发表了著名的《论可计算数及其在判定问题中的应用》论文,首次提出了逻辑机的通用模型,后来人们称之为图灵机。它对数字计算机的一般性结构、可实现性和局限性具有深远的影响。第二次世界大战期间,图灵参加了英国破译密码的研究工作,作为该机构中的主要成员,他以自己独特思想创造的破译机(一种专用的电子计算机)成功地破译了德国法西斯的密码,对反法西斯战争的胜利作出了贡献,为此图灵荣获了英国政府颁发的最高奖章。

战后图灵参加了 ACE 计算机的研制工作,他提出的 ACE 设计说明书中描述了存储程序概念在计算机中的应用,阐明了用子程序实现某些运算而程序人员不必知道机器内部的情况,

这就预言了后来对高级语言的开发。在该设计报告中还包含了仿真系统的思想，而这类机器直至本世纪 70 年代才研制出来。

1950 年 10 月图灵发表的《计算机与智能》论文中对智能问题设计了著名的图灵测验，它奠定了 60 年代以后才发展起来的人工智能的理论基础。

为纪念图灵对计算机科学做出的重要贡献，美国计算机协会 (ACM) 专门设立了图灵奖，这已成为计算机学术界的最高成就奖。

五、计算机的实用化与应用

40 年代到 50 年代初，电子计算机主要供国防尖端研究部门与军事部门使用。从 1951 年开始，计算机由军用扩展到民用，并进入工业化生产，从单一科学计算转到数据处理领域。1947 年产生的 UNIVAC—1 机就是这个转变的代表，该机采用水银延迟线作存储器，并首先使用磁带机做外存，最早采用奇偶校验和双重运算线路，并配备了符号语言程序。该机研制成功后，首次用于美国人口统计局的数据处理工作。该机后来批量生产了 20 台，销售给军事部门、研究单位、政府机关和大企业使用。

IBM 公司于 1952 年底推出用于科学计算的 IBM701 大型计算机，向社会开放。该机字长 36 位，采用单地址，并行运算。主存采用电子射线管，外配有磁鼓、磁带机、卡片输入/输出机、打印机。运算速度为每秒 12 000 次定点加法运算。从 1953 年到 1954 年，该机每月生产一台，共生产了 18 台。

1954 年 IBM 公司又推出用于数据处理的 IBM702 大型计算机，该机能进行字符处理，输出输入能力强。

为了推广计算机的使用，IBM 公司又生产了一种价格便宜，功能较强的小型机 IBM650，一共生产销售了千台以上，成为第一代计算机中生产最多的机器。

由于计算机应用的领域不同，对机器性能的要求自然也有所差别。在科学计算方面，主要要求计算速度快，精确度高。为了适应这些要求，从 50 年代后期研制运算速度为每秒百万次以上的高速大型通用机的工作就开始了，主要有以下几种：

1961 年 IBM 公司研制的 STRETCH 机，该机字长 64 位，采用先行控制技术；主存容量 96 000 字，采用交叉存取方式；配有速度较快的大容量磁盘；浮点运算达每秒 60 万次。

1964 年由西蒙·克雷博士领导研制的 CDC 6600 高速大型机问世。该字字长 60 位，主存容量 13 万字，在系统结构上采用中央处理机与多台外围处理机并行工作的结构；运算速度为每秒 300 万次。

1973 年由依里诺斯大学设计，宝来公司承包制造的 ILLIAC—IV 巨型机研制成功。该机为单指令流—多数据流系统，由 256 个处理机组成的阵列同时工作，运算速度高达每秒一亿五千万次。

1976 年克雷博士设计的 Cray—1 推出，该机向量运算达每秒 8 000 万次；1983 年研制的 CrayX—MP，向量运算为每秒 4 亿次，1985 年问世的 Cray—2，每秒可执行 8 亿次浮点运算。

这些大型、巨型计算机的研制，对计算机技术和半导体工业的发展起到了巨大的推动作用，它们所采用的新技术，新的设计思想，也为后来其它中、小、微型机的发展提供了宝贵经验。

数据处理领域由于所需处理的数据量大，时间性要求高，这就需要计算机响应速度快、存储容量大，适用于字符处理，计算速度也要快。据不完全统计，全世界的计算机中约有三分

之二用于数据处理领域。此外，还有大量的计算机用于辅助设计和过程控制等领域。

六、微电子技术对计算机发展的重大影响

对计算机发展产生影响的诸多因素中，微电子技术的发展无疑有着极其重要的地位。本世纪 30 年代，由于将量子力学应用于固体物理的研究，产生了固体能带理论。它成为理解包括半导体在内的固体的基本性质以及发展半导体技术的重要理论基础。1947 年底，美国贝尔电话实验室的三位物理学家：肖克莱(William Shockley, 1910—)、巴丁(John Bardeen 1908—)和布拉坦(Walter Brattain, 1902—)，制成了第一支点接触型锗晶体三极管，50 年代开始进行晶体管的工业化生产。此时美国的福雷斯特和王安博士先后发明了磁芯存贮器，这些都为计算机从电子管过渡到晶体管准备了条件。

在元器件方面，晶体管比电子管体积小，重量轻，寿命长，功耗低，开关速度快。用晶体管制成的部件其优点是：装配密度增大，体积减小，可靠性高，运算速度提高，总耗电量减少，价格降低。由于具有这些优点，很快晶体管化的计算机就研制成功。

1956 年美国贝尔实验室首先研制成一台军用晶体管计算机(Leprechan)。该机字长 18 位，使用了 5 000 支晶体管，磁芯存贮器为 1 024 字，功耗仅为 160 瓦，体积只有落地式音箱那样大。

1958 年底到 1959 年，第一批批量生产的晶体管计算机投入运行，其中代表机型为 IBM7090。该机和 IBM709 第一代科学计算用大型机相比，在系统结构上没有根本性的变革，只是采用了一系列新技术，除使用晶体管线路外，还使用了存取周期为 2.18 微秒的快速磁芯存贮器、高容量的磁鼓和磁盘，还配备了 FORTRAN 和 COBOL 高级语言，因而使运算速度提高了几十倍以上。

半导体集成工艺的研究，早在 50 年代初就开始了。1952 年英国科学家达默(Dummer)首次提出了集成电路的设想。1956 年，美国的富勒(Fuller)和赖斯(Reis)发明了扩散工艺。1957 年英国普列斯公司与马尔维尔雷达研究所协作，试制成了一个半导体集成触发器电路。1958 年，美国德州仪器公司的基尔比(Kilby)制成一个半导体集成电路振荡器。

随着集成电路的问世，开始出现了采用这种新元件发展计算机的浪潮。集成电路(Integrated Circuit)比晶体管体积更小，功能更强，寿命更长，耗电更少，价格更低。而用半导体存储器芯片构成的计算机存贮器淘汰了磁心存贮器，使得存贮容量大幅度提高，存取速度更快，价格也更便宜。大容量半导体只读存贮器的出现，还使微程序设计技术更加广泛地得到使用。

1961 年德州仪器公司研制成第一台军用集成电路计算机，全机共使用了 587 块集成电路，体积只有 100 立方厘米，功耗仅为 16 瓦。

1964 年 IBM 公司宣布采用混合集成电路的 IBM360 系列机问世，这个系列包括大、中、小型机共六个型号，有多种外围设备和丰富的软件，具有通用化、系列化和标准化的突出特点。它在性能、可靠性、组装密度、成本等方面都比以往的计算机更进步。例如第一代 IBM704 大型机乘法速度为每秒 3000 次，第二代大型机 7090 为 3 万次，而 IBM360/75 则达到 37 万 5 千次。计算 10 万次乘法的价格是：IBM704 为 1 美元，IBM7090 约 20 美分，IBM360/75 则下降到 3.5 美分。计算机的可靠性随每次换代提高一个数量级以上，而计算机的组装密度在十年间提高了 20 多倍。IBM 360 系列机是第三代机的著名代表，它的出现是计算机工业具有重大意义的跃进。它对美国 and 世界各国通用系列机的发展有很大影响。70 年代以来，随着离子注

入、电子束曝光等微细半导体集成工艺技术和计算机辅助设计的出现，使集成电路从小规模（SSI）、中规模（MSI）向大规模（LSI）集成电路过渡。大规模集成电路是在一块几平方毫米的芯片上集成几千至十万个元件，这就使计算机在体积、可靠性、功耗等方面进一步得到改善，并且使微型机的出现成为可能。

1969年，美国英特尔（Intel）公司年仅32岁的霍夫博士提出了微处理器的设想，经过一年的努力，霍夫和助手在 $4.2\text{mm} \times 3.2\text{mm}$ 的硅片上集成了2250个晶体管，实现了中央处理器（CPU）的功能，从而导致了世界上第一个微处理器Intel—1004于1971年诞生。并生产出以它为核心的4位微型机MCS—4，它是世界上第一台微型机。

1972年初英特尔公司制成第一代微处理器Intel 8008，该处理器为8位，可以执行45条指令。

1973年Intel 8080问世，性能比8008提高了10倍。1975年摩托罗拉公司的M6800推出，1976年Zilog公司Z80诞生，这些都是8位微处理器，为第二代微处理器。

1978年Intel公司的Intel 8086 16位微处理器推出，性能为Intel 8080的10倍。随后M6800，Z8000等16位微处理器也相继问世，为第三代微处理器。

1985年Intel公司推出第四代32位微处理器Intel 80386。1989年英特尔公司又推出了吸收RISC技术思想的32位Intel 80486微处理器，它的集成度首次超过了百万大关，称为超大规模集成电路（VLSI）。

1993年3月，Intel公司推出64位微处理器80586（Pentium）主频已达66MHz，运算速度为112MIPS，已步入了大型机的范畴。此外，由于利用微型机构成的巨型机方案的出现，因此“微机”这一概念应主要指的是计算机的微型化。

微型机产品发展到现今已经系列化，在功能上有高、中、低各档次；字长以4，8，16到32位；运算速度每秒几十万次到几百万次；结构上从单片微处理器发展到单片微型计算机；软件系统配备有各种操作系统与各种程序设计语言。近年来各种个人计算机及多媒体个人计算机的出现，以及微型机所特有的优势为计算机在各行各业的广泛应用，进入千家万户提供了有利的条件。微处理器与微型机是当今计算机发展中最为活跃的一个领域，它所产生的深远影响也是难以估价的。

七、联机系统和计算机网络

随着现代社会的发展，需要处理的各种信息的数量大大增加，而且首先是信息处理的复杂性急剧增长，用以往传统的单个计算机处理的方式已远远不能满足需要。由于电子技术、微型机技术、光纤、数字通信技术和卫星等方面的发展，从60年代起，许多国家纷纷建立大规模的计算机网络系统。所谓计算机网络，是将分布在各地的计算机以及数据终端设备、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，资源共享，均衡负荷等功能。它是将计算机技术和通信技术相结合的产物，也是发展最快的领域之一。

联机系统（又称面向终端设备的单处理机网络）是以一台计算机为中心，利用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。60年代初期发展了分时网络，采用交互式处理方式为用户提供服务。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，故又称为面向终端设备的多处理机网络。以上这两种计算机网络称为第一代计算机网络。

第二代计算机网络是从 60 年代末开始出现,即多处理机网络。它以资源共享为特点,用通信线路把很多计算机连接起来,各计算机之间可以相互支援,互相利用对方的一些设备或存贮资料,这种意义上的网络才是真正的计算机网络。

例如 1969 年建成的 ARPA 网,早期只有 4 个结点相连,到 1976 年已发展到 57 个结点,连接 1000 多台主机和 2000 多个用户,该网不仅跨越美国大陆,而且通过通信卫星连接到夏威夷和亚洲的结点。

随着小型机和微型机的发展,针对上述大型的计算机网络,又出现了一种称为局部网络的计算机网络。它是把一个单位内分散安装于不同房间或几栋大楼内的计算机,相互连接而形成的。典型的局部网有 AST 公司的 Cnet、IBM 公司的令牌环网 (IBM Token Ring) 及 Novell 网等。

随着各种技术的发展,计算机网络发展趋势是:

1. 发展分组交换网。
2. 网络结构和网络软件趋于标准化。
3. 发展数字传输和数字处理相结合的新的数据通信网及其传输手段。
4. 发展利用卫星、光缆提供全数字通信业务的通信网。
5. 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。

八、人工智能与新一代计算机

回顾计算机发展的历史,我们可以看到,四十多年来计算机体系结构的发展,主要是在冯·诺依曼结构的基础上,不断采用新的技术,围绕如何提高运算速度,扩大存贮容量,降低成本,提高系统可靠性和方便用户的过程,但是人们发明这类自动计算装置最终的目的,是力图用它来模仿人类自身的高级思维活动,这也就是人工智能这门新兴科学的含义。人工智能研究的领域是多方面的,如计算机学习、计算机证明、博弈问题、模式识别、专家系统、智能机器人学、自然语言理解以及人脑的思维过程等。

新一代计算机所应具有的功能是:解题和推理的功能(根据自身存贮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,包含文字和语音、图像、图形);智能知识库管理功能(可检索存贮的大量知识)。

对新一代计算机的研究,欧美和日本等国都投入了大量的资金和人力,这种具有智能的计算机突破了传统的冯·诺依曼结构原理,对它的研制定会引起计算机的一次重大革命。这不仅会推动计算机工业迅猛发展,而且对未来社会的影响也将是深远的。

1.2 计算机年代的划分

对计算机年代的划分,学术界的看法不尽相同,一般说来有如下几种划分原则:

一、按照计算机采用的电子器件来划分

按照这种原则,通常分为:电子管、晶体管、集成电路、超大规模集成电路(微处理器)四代。

二、结合具有里程碑意义的典型计算机来划分

这种划分方法不只从学术价值来判断，而要求根据它的社会效益与经济效益来衡量。

三、考虑计算机系统的全面技术水平来划分

这种方法考虑了计算机的硬件、软件配置、外设、使用的元器件等综合因素来判断。

在《计算机组成原理》一书中，对计算机年代的划分，主要采用了第一种划分原则，这里就不重述了。

1.3 计算机的分类

前面我们已经说明计算机一般分为电子模拟计算机和电子数字计算机两大类，其中电子数字计算机按功能的不同，又可分为专用计算机和通用计算机。所谓专用和通用是以计算机的效率、速度、价格、运行的经济性和适应性等因素来划分的。

专用机是最有效、最经济和最快速的计算机，但它的适应性很差。主要用于工业控制、军事和国防等专用设备上。

通用机适应性大，但是牺牲了效率、速度和经济性。它主要用于科学计算、数据处理和信息管理等方面。

通用计算机按体积大小、简易性、功率损耗、性能指标、存贮容量、指令系统规模和机器价格等因素又可分成巨型机、大型机、中型机、小型机、微型机、单片机六大类。

巨型机造价昂贵，字长不少于 64 位，运算速度每秒几亿次到几十亿次浮点运算，主存容量为几百兆字节到几千兆字节，具有高速的输入/输出通道，每秒可传输几千万个数据。并配有功能强大，效率很高的系统软件，是计算机中性能最好的。它主要用于国防、原子能和气象方面的计算。

大、中型机通用性强，字长 32~64 位，运算速度为平均每秒执行几百万条到几千万条指令，主存容量为几十兆字节到几百兆字节，配备多种外部设备和通信接口，还配有丰富的系统软件，性能很好。

巨型机和大、中型机又称为“主架计算机”。

小型机应用范围广，字长为 16~32 位，运算速度每秒执行几十万条指令到几百万条指令，主存容量为几兆字节，配有一定数量的外设和通信接口，有着完善的软件系统，价格也比较便宜，性能良好。

微型机价格最便宜，应用范围也最为广泛，字长有 8, 16, 32, 64 位几种，主存容量已达几兆字节，辅助存贮器可达几十兆字节到几百兆字节，软件系统也很完善，发展非常迅速。

单片机是专为适应实时控制应用而设计的，它把一台微型机集成在一个芯片上，体积小，结构简单，性能指标较低，价格十分便宜。在工业自动控制、仪器仪表、军事装备等方面有着广阔的应用前景。

特别要指明的是上述这些分类标准不是固定不变的，随着计算机技术的发展，过去的中型机，现在只相当一台 32 位微型机的功能。微型机、小型机、中型机彼此之间的概念也在发生变化。

1.4 计算机系统的硬件结构

1.4.1 “存贮程序控制”的基本概念

在计算机发展简史中我们提到过冯·诺依曼在1945年和1946年提出了“存贮程序控制”的概念，其内容可以概括为以下几点：

一、计算机系统由运算器、存贮器、控制器、输入设备和输出设备五个基本部件组成。运算器能进行算术运算和逻辑运算；存贮器用来存放指令和数据；控制器根据指令的内容发出相应的控制命令；输入设备将需要处理的信息送入计算机，而输出设备将运算结果等需要输出的信息传送出来，操作人员通过输入/输出设备与主机相互通信。

二、计算机内部采用二进制形式表示数据和指令。

三、将编好的程序和原始数据存入主存贮器中，使计算机在工作时能够按程序规定的顺序连续、自动、高速地从存贮器中取出一条条指令并加以执行。在这里由于事先编制好的程序与要处理的数据都写成了二进制码，所以程序就可以和数据一样放入存贮器，而且使得机器能够把程序作为数据处理，这样计算机就可以按照程序规定的顺序来进行各种工作，这是计算机能够自动化工作的关键。

这些概念奠定了现代计算机的基本结构思想，并开创了程序设计的时代，直到目前为止大多数计算机系统仍沿用这一体制。

1.4.2 电子数字计算机的结构框图

根据上述“存贮程序控制”的概念，典型的冯·诺依曼计算机结构框图如图1.1所示。

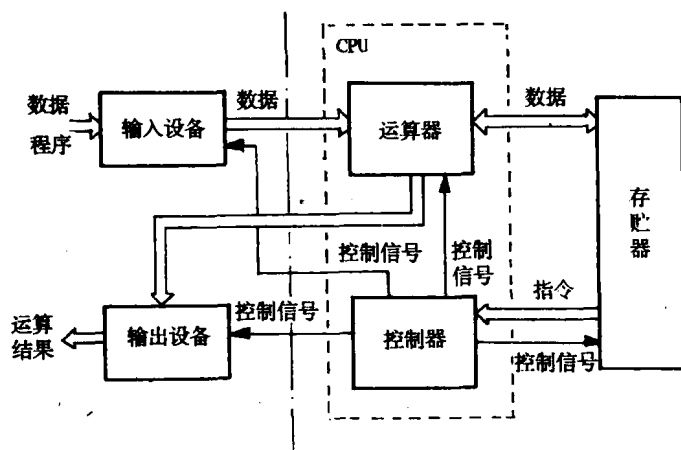


图 1.1 典型的冯·诺依曼机结构框图

早期的冯·诺依曼机在结构上是以运算器为中心的，程序和原始数据经输入设备送到运算器，然后经运算器再送入存贮器中存放。而运算结果又必须先送入存贮器，然后由存贮器经运算器再送到输出设备输出。

随着计算机体系结构的发展，现代的计算机已演变到以存贮器为中心，其结构框图如图1.2所示。

首先，操作人员将程序和原始数据通过输入设备直接送入存贮器。启动运行后，计算机

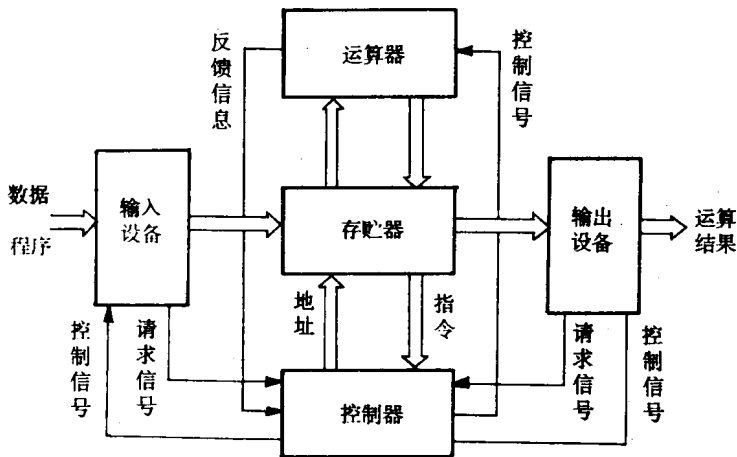


图 1.2 以存储器为中心的计算机结构框图

就从存储器中取出指令送到控制器去识别，经过控制器将指令翻译成相应的命令，将存储器中存放的操作数取出，送到运算器中进行运算，运算的结果再送回存储器中存贮。当运算任务完成后就可以根据程序的安排，将运算结果通过输出设备输出。操作人员可以通过控制台控制机器的运行，也可对程序的执行过程进行人工干预。

由图 1.1 和图 1.2 可以看出，组成计算机的这五大部件中运算器和控制器直接完成信息处理任务，合称为中央处理机（Central Processing Unit，简称 CPU），中央处理机和主存储器又称为主机，而输入设备和输出设备则称为外部设备。

1.4.3 计算机的硬件系统

前面概述了一台电子数字计算机的基本结构，这些都属于计算机硬件系统的范畴。什么是硬件呢？所谓硬件（Hardware）是指计算机系统使用的电子线路和物理实体。它们都是可以看见的设备实体，如前述的五大基本部件及如何把它们组织成一个整体的体系结构。这个硬件系统是计算机的物质基础。一个计算机系统具有哪些基本功能，包含哪些部件，各部件又应具有什么功能，这些部件按什么结构方式连接成为一个有机的整体，使用什么样的元器件和电路构成，以及在工艺上如何进行组装等，都属于硬件设计的范畴。

一、各基本部件简介

在前述的计算机基本结构中，计算机都是由运算器、存储器、控制器、输入设备和输出设备五大功能部件组成。下面对这五个部件所具有的功能和结构作些简要介绍。

（一）运算器

运算器的功能是在控制器的控制下直接完成各种算术运算、逻辑运算及其操作。所以又称为算术逻辑单元（Arithmetic Logic Unit，简称 ALU）。

算术运算是指加、减、乘、除四则运算。逻辑运算是指逻辑非、逻辑加、逻辑乘和逻辑异或等运算。

计算机的各种运算都可以由相加和移位这两个基本操作来实现。所以加法器是运算器的核心部件。为了进行计算，还要有能够提供参与运算的操作数，以及可用来存放运算结果的寄存器（一般由通用寄存器承担）。为了选择哪些操作数参与运算，还要有多路输入选择器。此外为了实现直接传送或移位传送，应具有移位功能的输出门。图 1.3 是由加法器、输入选