

763373

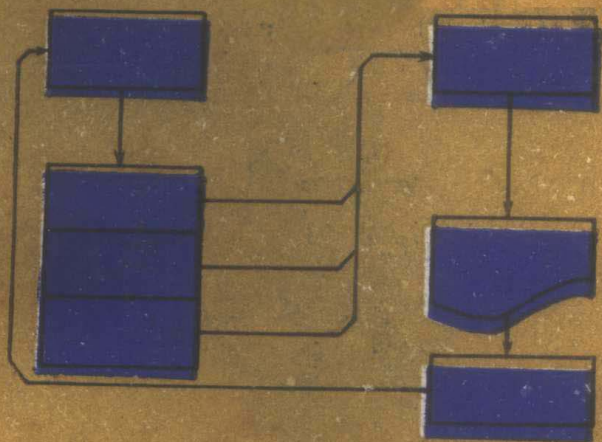
5087

4492

电子计算机

(硬件分册)

电子技术教育丛书



江苏科学技术出版社

电子计算机

(硬件分册)

黄炳生 编著

孙钟秀 主审

江苏科学技术出版社

电 子 计 算 机

(硬件分册)

黄炳生 编 著

孙钟秀 主 审

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：扬州印刷厂

开本787×1092毫米 1/32 印张15.375 字数 339,000

1985年3月第1版 1985年3月第1次印刷

印数 1—24,800册

书号：15196·146 定价：2.30元

责任编辑 许顺生

本书是为培训电子工业技术工人、业务干部、工程技术人员有关计算机方面的业务技术水平而编写的教学用书，共分硬件、软件和外部设备三个分册。

硬件分册内容包括：概述、数的表示方法、逻辑电路、逻辑部件和运算部件及其运算方法、存储器、指令系统、微程序控制器、输入输出通道与接口、微处理器与微型计算机、输入输出设备和备整机系统。

本书取材新颖、结构严谨，结合我国计算机工业生产的具体情况和国外计算机技术的新发展，力求通俗易懂，便于自学。它除可作为电子工业技术工人培训教材，还可以作为计算站、计算中心、中等技术学校和高等学校非电类专业学生的教学参考书。对具有高中以上文化水平的技术工人，本书亦是较好的自学用书。

本书从大纲的制定到内容的审核均是在孙钟秀同志的主持下进行的。在编写过程中，曾得到电子工业部计算机管理局、北京有线电厂、南京有线电厂等有关同志的支持和帮助，南京大学计算机科学系的汪承藻同志仔细地阅读了全部稿件，并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

出版说明

为加速电子工业的发展和提高工人技术水平，电子工业部于1979年9月颁发了《电子工业工人技术等级标准》，作为工人技术教育和等级考核的依据。我们根据标准中规定的具体要求，结合生产实际，编辑出版了这套《电子技术教育丛书》。

丛书是在江苏省电子工业厅主持下，由施福桐、赵所生、张月华、王谨之、曹锦芬、舒云台、吴山、张曙光、方朝良和金仁和等同志组成编委会，负责规划、组稿和审定。分别聘请有关大专院校、科研单位、工厂的教授、讲师、高级工程师、工程师编写和审核。

丛书已出版了《电工基础》、《电子线路》和《电子测量技术》三册；《无线电元器件》、《无线电技术原理》将于1984年内出版；有关元件、器件和整机的制造工艺类书籍，为进一步适应电子工业在工艺方面的新形势，将在修订和试用之后，陆续出版。

丛书中原计划的《电子计算机原理和应用》一书，经与电子工业部计算机工业管理局研究，改为《电子计算机——软件分册》、《电子计算机——硬件分册》、《电子计算机——外部设备分册》和《数字逻辑电路》等四册出版，作为计算机类工厂和有关企事业单位的职工技术教育的教材，也可供非计算机类专业的科技人员和业余爱好者的参考书。

我们希望广大电子技术教育工作者、电子工业职工和读者，对这套丛书的编辑出版，提出宝贵意见。

《电子技术教育丛书》编委会

1983年11月

目 录

第一章 概 述	(1)
第一节 发展概况.....	(1)
第二节 计算机的特点及组成.....	(5)
第二章 数的表示方法	(12)
第一节 数制的特征.....	(12)
第二节 二进制数的算术运算和逻辑运算.....	(15)
第三节 不同进制数的转换.....	(22)
第四节 数的表示方法——定点、浮点.....	(30)
第五节 原码、补码、反码及其运算方法.....	(37)
第六节 十进制数的代码表示.....	(59)
复习题	(65)
第三章 逻辑电路	(67)
第一节 反相器、门电路.....	(69)
第二节 布尔代数.....	(75)
第三节 布尔代数在计算机中的应用.....	(82)
第四节 其它逻辑电路.....	(96)
复习题	(104)
第四章 逻辑部件和运算部件	(106)
第一节 集成电路触发器.....	(106)
第二节 基本逻辑部件.....	(117)
第三节 运算部件及其运算方法.....	(132)
第四节 运算器举例.....	(155)
复习题	(160)
第五章 存储器	(161)
第一节 存储器的主要参数及其结构原理.....	(162)

第二节	磁心随机存取存储器	(166)
第三节	半导体存储器	(187)
第四节	只读存储器	(205)
复习题		(212)
第六章	指令系统	(214)
第一节	指令和指令格式	(214)
第二节	寻址方式	(218)
第三节	指令类型及其功能	(222)
第四节	数据格式	(231)
第五节	堆栈	(236)
第六节	指令系统	(240)
复习题		(267)
第七章	微程序控制器	(269)
第一节	控制器的功能、分类、组成方式 及各部件之功能	(269)
第二节	组合逻辑控制器	(284)
第三节	微程序控制器	(292)
第四节	中断概念介绍	(304)
第五节	控制台介绍	(311)
复习题		(314)
第八章	输入/输出通道与接口	(316)
第一节	输入/输出系统	(317)
第二节	通道组织的一般原理	(321)
第三节	输入/输出接口	(334)
第四节	中央处理机与输入/输出设备的通 信方式	(340)
复习题		(345)
第九章	微处理器与微型计算机	(347)
第一节	微型计算机的分类及特性	(348)

第二节	微处理器结构	(351)
第三节	微处理器的指令系统	(362)
第四节	微型计算机存储器	(381)
第五节	微型计算机输入/输出系统	(393)
第六节	微型计算机硬件系统组织	(410)
第七节	微型计算机软件	(413)
	复习题	(425)
第十章	输入/输出设备	(427)
第一节	纸带输入机	(428)
第二节	宽行打印机	(434)
第三节	卡片机	(443)
第四节	控制台打字机	(451)
第五节	光笔图形显示装置	(458)
	复习题	(462)
第十一章	整机系统	(464)
第一节	计算机整机系统结构演变	(464)
第二节	整机系统结构的新技术	(466)
第三节	整机系统介绍	(468)
第四节	整机系统工作过程	(475)
第五节	计算机整机系统发展趋向	(480)
	复习题	(483)

第一章 概 述

第一节 发 展 概 况

电子数字计算机是一种能够自动、高速、精确地进行各种数值计算、信息存储、过程控制和数据处理功能的电子机器。它的发明和发展，是二十世纪科学技术的卓越成就之一。它的出现，有力地推动着生产、科学技术与文化事业的发展。

人们在长期的生产实践中，创造了各式各样的计算工具来加快计算过程的进行。例如，我国在南宋时就已有算盘歌诀的记载，到了明朝算盘就很流行了。其他如计算尺，手摇或电动计算机等也已经发明很久。如果需要计算的数字不很大，也不太复杂，这些简单的计算工具也就完全可以胜任了。

但是，由于工业生产范围的扩大和科学技术的发展，很多科学和技术部门愈来愈迫切地需要进行更大量、更复杂、更快速的精确计算，这些简单的计算工具就远远不能胜任。随着电子器件、脉冲技术、自动控制等技术的迅猛发展，一九四五年，美国宾夕伐尼亚大学的穆尔学院，以当时的电真空器件为基础，研制成功世界上第一台实际运行的电子计算机ENIAC。这台计算机共用了18000多个电子管，消耗近100千瓦的电力，机房占地面积约140平方米，机器重30吨，进行一次加法的平均时间为每秒五千次左右，运算速度有了惊人的提

高，完成了当时用人工无法完成的一些重大科研题目的计算工作量，这就给电子数字计算机的发展开辟了新的途径。

从出现第一台计算机至今还不到四十年，然而，电子数字计算技术已经有了飞跃的发展。现在，电子计算机的平均运算速度，已达到每秒钟几百万次，几千万次，甚至上亿次。归纳起来，电子计算机的发展大致经历下面几个阶段，亦称为几代。第一代计算机，亦就上面所说的，以真空管为主要器件的计算机，体积庞大，耗电量大，可靠性相对比较差，使用亦不太方便，人们使用计算机是先用机器语言（即一般机器的指令系统）编写程序，然后直接操纵机器解题，在解算题目的时间内，机器为解题人“独占”。这种使用方式很落后，一是机器语言和数学语言差距较大，编制程序的工作十分烦琐，工作量大，易于出错；二是机器为解题人“独占”，使用效率低，输入输出与运算处理不能平行。由于上述原因，计算机的使用范围受到限制，当时主要用于军事研究方面。1948年，人们发明了晶体管并用于计算，使电子计算机跨入了第二代。这代计算机由于运用了晶体管这一具有体积小、重量轻、寿命长、耗电省等优点的器件，使计算机的体积减小、重量减轻、耗电减小、而且运算速度比电子管计算机提高了一个数量级，进入了每秒几万到几十万次的运算速度，可靠性也大大提高；尤其是在记忆方面，由于使用了磁心作为存储单元，使存储容量的扩大有了可能。这给用户带来了许多方便。在软件方面，在第一阶段使用的基础上，开始实现用程序语言来编写程序，如1956年在IBM704机器上首先实现了FORTRAN编译程序。这类高级语言编写程序比之用机器语言编写程序具有显著的优越性，可以大大地节省计算机使用者的人工劳动。与此同时，还发展了各种各样的

单道与多道的管理程序及各种调机、诊断程序，提高了计算机的实际使用效率。另外，计算机的性能、价格比方面比第一代计算机也有较大改善，这样大大地开扩了计算机的适用领域，如从单纯用于军事方面而向中小企业事务处理和科学计算等方面发展。随着电子器件的进一步发展，人们在六十年代初又开始制造成功更为小巧的集成电路，也即是在一小块仅有几平方毫米大小的半导体材料——硅单晶片上，集中做成含有几十个，几百个，甚至更多的二极管、三极管、电阻电容等电子元器件的电路，这样一来，就诞生了第三代电子计算机——集成电路电子计算机，把电子计算机的性能又提高了一步。这一代计算机的特点是除了在可靠性、运算速度等方面有比第二代计算机更加提高外，主要表现在硬设备结构方面的变化，尤为突出的是外部设备种类增加。例如，每台中央处理机都有各自的外部设备，以及中央处理机与外部设备控制器之间的标准输入输出接口装置等等。引进主存储器 and 外部设备直接交换信息和数据的装置——通道概念，使计算机总体结构上发生了很大的变化。这个变化反映在通道部件的产生使中央处理机和外部设备关系疏远开来，提供了来往于主存储器的独立访问通路，并对输入/输出操作进行独立控制，使中央处理机(CPU)与外部设备能同时并行操作，大大地提高了整个计算机系统性能。也使计算机总体结构从以中央处理机为中心的结构而转入到以主存储器为中心的结构，即在存储器总线上连接中央处理机、通道、输入/输出设备，并通过通信线路和终端设备相结合构成计算机系统。软件方面，由于运算速度的大大提高，需将人的介入减少到最小限度，以提高系统总的处理能力，这种原来由操作员所担负的计算机管理工作改由机器本身来完成，亦即出现了操作系

统(OS)。同时,由于用户的扩大,对计算机提出了更多的要求,出现了程序兼容性的计算机,也即事务处理能力和科学计算能力两者并存的计算机。七十年代开始以来人们不断提高集成电路的集成度,在几平方毫米的硅单片上集中做成的电子元器件越来越多,先后做成了其中包含百个以上电子元器件的中规模集成电路(MSI),包含千个以上电子元器件的大规模集成电路(LSI),和包含多达十万个左右电子元器件的超大规模集成电路(VLSI)。所以说,由于通道的出现将计算机引进到三代半,而大规模集成电路的出现,使计算机进入了第四代。它们之间的主要差别是所用的电子器件不同,并且越到后代计算速度越快,功能范围越广,自动化程度越高,体积越小,稳定性越好。目前,电子计算机已被广泛地应用于国民经济的各个领域。

我国的电子计算机事业在短短的二十几年中得到了迅速发展。一九五八年,我国第一台电子数字计算机投入运行;伟大的国庆十周年期间,国产“104”型电子数字计算机投入运行;1967年,我国又宣布第一台晶体管计算机投入运行;特别是1970年我国第一颗人造地球卫星发射成功,进一步标志着我国电子计算机事业达到了一个新的水平。现在,我国已初步建立起DJS-100, DJS-180, DJS-200三种中小型系列计算机,它们具有生产上的继承性和软件上的兼容性,为成批生产和推广应用创造了良好的条件。其次每秒百万次运算能力的计算机已能小批量生产,每秒五百万次左右的大型集成电路计算机已投入运行。最近,每秒上亿次运算速度的计算机也试制成功。全国已经形成一支拥有数万人的专业技术队伍,近百个研究所和主机与外围设备的生产试制厂遍布全国各地;用于科学计算的算法语言如ALGOL、

FORTRAN 等得到了普遍应用，计算数学方面的研究工作以有限元法为代表，已有某些项目达到或接近世界先进水平；全国安装的计算机总数已超过一万台，这些计算机已经应用于原子能、人造卫星、导弹、航空、冶金、化工、机械、石油、电力、交通、水利、气象、轻纺、卫生等几十个部门和行业，为国防建设和国民经济建设做出了一定的贡献。特别是国家把计算机科学列为全国科学技术发展规划中八个重点发展的带头学科之一，表明了计算机在实现四个现代化的宏伟目标中将具有十分重要的作用。

第二节 计算机的特点及组成

电子计算机对于任何复杂的数学问题和许多逻辑问题都能自动地进行运算，扩大了人类征服自然的能力，使人们能够完成前人所不能完成的工作。为什么？它究竟是有哪些特点？它主要由哪些部件构成？掌握计算机工作的全局，对于今后各章的深入学习是很重要的，因此下面分别对这两个问题进行介绍。

一、计算机的特点

与其它计算工具（如算盘、手摇计算机等）相比较，电子计算机的特点可简略归结为如下几点。

1. 运算速度快

如果用算盘或手摇计算机进行计算，平均每秒钟运算不到一次；可是，一般的中小型和微型计算机的平均运算速度每秒钟都可达到几万次或几十万次，大型计算机每秒可达百万次或千万次甚至上亿次。一台每秒钟运算百万次的计算机，

在一分钟内完成的计算量，就相当于一个人用算盘或手摇计算机工作若干年的计算量。1873年英国著名数学家桑克斯用人工计算 π 值，花了十五年才算到707位，而用一台小型计算机(每秒十几万次运算速度)来算，一个小时即可算出来了。

计算机的高速运算，为人们争得了时间，特别是那些计算量很大，时间性限制又很强的工作，使用计算机的意义就特别重大。

2. 记忆容量大

电子计算机具有记忆能力，它能把有用的信息“记住”；在需要时，可以高速地取出来。一秒钟几十万次至几百万次的存取能力已是很容易实现的技术了。不仅存取速度快，而且能记忆的信息量也很惊人，一个藏书一百万册，每册20万个字符的图书馆，全部信息可以存储在大容量磁盘存储器的“数据库”介质上。

3. 具有逻辑判断能力

计算机不单能对“数”进行运算，而且能对“字”进行运算，即对两个信息进行比较；根据比较的结果，可以完成某种推理，判断和自动选择，这是其它计算工具所达不到的功能，由于具有逻辑判断的能力，就可以实现如图象识别，语言翻译，汉字信息处理等任务。

4. 计算精确度高

电子计算机能表达的数的长度是极大的，人们可以根据实际需要来设计计算机的字长。字长愈长则愈精确，因此从原理上说，计算机本身的计算精确度是可以不受限制的；然而，实际上计算机的字长一般为十几位到几十位。例如，64位字长的计算机，可以得到19位十进制有效数字；对于十进制可变字长运算，更可精确到32位以上。这对于气象上，商业上，

地质勘探上的各种统计计算是十分有用的。

5. 自动化程度高

计算机从正式开始工作，到送出工作结果，整个工作过程都是在程序控制下自动进行，完全用不着人去干预。人们只要把程序和数据送入计算机，它就能自动地进行计算，也能自动纠错，实时控制，自动判断。所以，它是高度自动化的计算工具，可以使人们能够摆脱那些繁琐的重复劳动，把精力用在创造性的劳动上。

二、计算机的组成

在说明这个问题时，我们先从人是怎样用算盘来算题谈起。

例如：某汽车厂工人，不断总结生产经验，提高汽车产量，在一个月內，前20天生产汽车500辆，后10天生产400辆，问平均每天生产汽车多少辆？

其数学计算式应是：

$$(500 + 400) \div (20 + 10) = ? \text{ (辆)}$$

演算开始，先用算盘按加法口诀做 $500 + 400$ 的运算，得中间结果为900辆，将此结果记在纸上（或放在算盘的右边）；再用加法口诀做 $20 + 10 = 30$ 天，亦同样记在纸上；然后再用除法口诀做 $900 \div 30 = 30$ 辆。最后结果表明，平均每天生产汽车30辆。

在上面的计算过程中，参加算题的有纸，笔，算盘以及使用工具的人。电子计算机要能自动地进行工作，也必须具备与其相似的以下几个基本装置：

第一，要能进行数字运算，必须要有相当于算盘的运算器。与算盘不同点是除了能完成四则运算外，还可以作一些

逻辑运算，如逻辑加、逻辑乘、求反、比较等操作。

第二，要能保存和记录原始数据、运算步骤以及运算的中间结果，就要有足够容量的存储器（记忆装置），它相当于纸和笔。用算盘做题时，算盘的每一步都是人随时决定的，而电子计算机在运算时整个过程“人”不参与工作，所以每个计算步骤需要人事先编排好。编排好的步骤统称为计算程序，它存放在存储器中。存储器就是存放“数”和“运算命令”的地方，好似一个大旅馆，内有大量房间，并编以号码。计算机工作时，根据预先存放在存储器内的程序，按房间号码（称为地址）来选取“数”和“命令”的。

第三，要能使运算器自动地进行运算，并使各部分均能协调地、有节奏地进行工作，就需要一个控制器。这相当于上述例中“人”的本身。控制器是根据存放在存储器内的“程序”来进行指挥计算机各个部门的协调工作，这样，电子计算机便具备了自动工作的能力。

单有上述三个装置还不能完整地构成一台电子计算机。因为机器是听从“人”的命令工作的，是按照“人”事先给出的数据及运算步骤来运算的；同时，机器算得的结果又需要给“人”知道，所以还需要有输入和输出设备。它们在人和计算机之间起桥梁作用，把“人”的意图翻译给机器能懂得的语言，同时又将机器运算的结果“翻译”成“人”能接受的语言。控制台打字机就是这样一种可供人一机通信的设备。

上述运算器、存储器（指内存储器）、控制器及输入输出设备就是电子计算机的主要部件。另外，一般电子计算机还包括外存储器等部件。各部件相互之间的联系如图1-1所示。其中实线箭头表示代码传送途径，虚线箭头表示控制信号的途径。

通常控制器、运算器、存储器三部分起着运算操作和信息

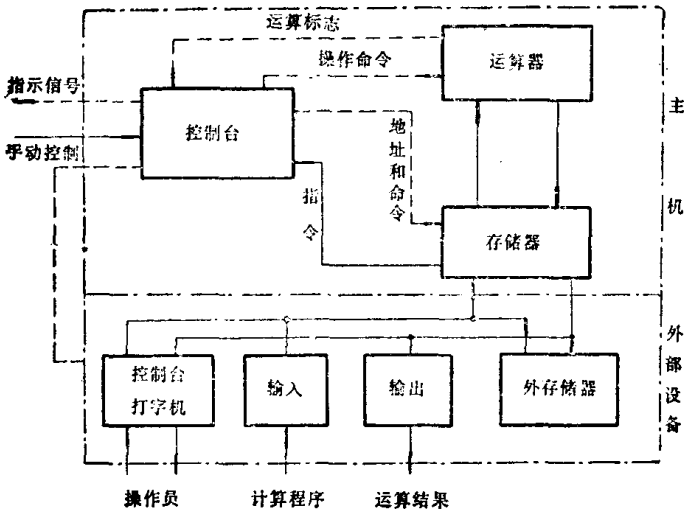


图 1-1

加工处理的主要作用，所以把它们合称为“主机”；而控制台打字机、输入、输出设备及外存储器等，合称为“外部设备”。又因为运算器和控制器大都由单一的电子线路构成，特别是由大规模和超大规模集成电路组成的计算机中，它们不论在逻辑关系或是在工艺结构上都有十分紧密的联系，同时它们又确实是信息加工处理的中心部件，所以把它们合称为“中央处理机”（即所谓CPU）。另外，运算器的基本功能是完成算术、逻辑运算操作，所以我们通常称它为“算术逻辑运算部件”（即所谓的ALU）。这样中央处理机（CPU）包含算术逻辑部件（ALU）和控制部件两部分。除此之外，由于中央处理机（CPU）大都由电子线路组成，所以传输信息速度较快，故又称为高速工作部件。而外部设备大都由机械部件或机械与电子结合组成，因而信息传输的速度比较慢，有时主机运算速度每秒钟达几十万次而外部设备每秒钟只能传输几十个字符或上百个字符，故称为慢速部