

高等学校试用教材

电子计算机与 算法语言

上册

(电子计算机部分)

华南工学院 高等数学教研室 合编
电子计算机软件教研组

人民教育出版社

73.87
235
1-1

高等学校试用教材

电子计算机与算法语言

上册

(电子计算机部分)

华南工学院 高等数学教研室 合编
电子计算机软件教研组



高等学校试用教材

电子计算机与算法语言

上册

(电子计算机部分)

华南工学院 高等数学教研室 合编
电子计算机软件教研组

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

重庆新华印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/32 印张4 4/16 字数103,000

1978年9月第1版 1979年3月第1次印刷

印数000,001—230,000

书号 15012·049 定价 0.37 元

编 者 的 话

为了适应我国实现四个现代化的需要，在工科学生中普遍开设有关电子计算机和算法语言的课程，已经十分迫切。本书就是为这门课程提供的一本基础教材。

本书根据高等工科院校基础课电工、无线电类教材编写大纲会议所拟订的大纲编写。它可作工科各专业的基础课教材或教学参考书，也可供希望学习电子计算机的人员参考。

本书分上下两册。上册为电子计算机部分，介绍电子计算机的基本原理。下册为算法语言部分，分别介绍目前国内外广泛使用的三种算法语言 ALGOL60、FORTRAN 和 BASIC 的基本知识。三种语言的前面有一个引言，简略介绍算法语言的产生和概况。

使用本书教学要求达到：使学生了解计算机的基本原理，掌握算法语言的基本知识，具有使用计算机解题的能力。

全书所需教学时数大致估计如下：电子计算机部分可用 26 学时，ALGOL60 与 FORTRAN 可各用 34 学时，BASIC 可用 16 学时。这样，如果教学时选用上册和下册中的 ALGOL60 或 FORTRAN，则共需 60 学时。

本书各部分由下列人员分工执笔：电子计算机部分由鍾沃坚执笔；ALGOL60 和 BASIC 语言部分由郑咸义执笔；FORTRAN 语言部分由邓自立、李锡权执笔。

本书是在我院——华南工学院党委领导下，各级领导同志关怀和支持下编写的。我院一些同志对本书的编写也曾给予不少帮助。本书承浙江大学主审，又承十三所兄弟院校的代表会审。负责主审的同志和参加会审的代表认真阅读本书初稿，提出了许多

宝贵的修改意见。在本书定稿过程中，还得到浙江大学的热情支持和关怀。对此，编者表示衷心的感谢。

本书编写过程中曾广泛参考国内各兄弟单位编著的各种有关书刊、讲义、资料和各种文本等，因具体名称较多，恕不在此一一列举。

编写一本这种内容和这样形式的通用教材，还是一次尝试。由于编者水平所限，加之时间匆促，因此，书中错误和缺点在所难免。希望使用本书的教师、同学和其他读者批评指正。

编 者

1978年8月于华南工学院

目 录

上册 电子计算机

第一章 电子计算机概述	1
§ 1.1 电子计算机的发展概况	1
§ 1.2 电子计算机的组成和特点	4
§ 1.3 电子计算机的应用	13
第二章 算术运算和数字逻辑基础	18
§ 2.1 二进制及其算术运算	18
§ 2.2 定点与浮点表示法·原码、反码与补码	28
§ 2.3 逻辑代数	37
§ 2.4 逻辑电路	47
§ 2.5 基本逻辑部件	60
第三章 电子计算机的组成及工作原理	70
§ 3.1 运算器	70
§ 3.2 内存贮器	78
§ 3.3 控制器	92
§ 3.4 外部设备	110
§ 3.5 整机工作原理	121
上册习题	128
附录 某些计算机的主要性能指标	131

上册 电子计算机

第一章 电子计算机概述

电子计算机是一种能自动、高速进行大量计算的电子机器。电子计算机的出现和发展,是二十世纪科学技术的卓越成就之一。它本身是科学技术和生产发展的结果,反过来也大大促进了科学技术和生产的发展。现在,电子计算机已广泛应用于科学技术、国防和工农业生产等各个领域。

电子计算机可分为三类:

1. 电子数字计算机,它是一种以数字形式的量值在机器内部进行运算的电子计算机。

2. 电子模拟计算机,它是一种用连续变化的电压表示被运算量的电子计算机。

3. 混合式电子计算机,它是把模拟技术和数字技术灵活结合的电子计算机。

在本书中,我们只介绍电子数字计算机,简称电子计算机或计算机。

§ 1.1 电子计算机的发展概况

一九四六年,世界上出现了第一台电子数字计算机“ENIAC”。这台计算机共用了一万八千多个电子管,占用三十多米长的房间,消耗近一百千瓦的电力,重量约三十吨,运算速度为每秒五千次。

现在看来，这台计算机既耗费大，又不完善。然而，它却是科学技术发展史上一次意义重大的创新。

自从这台计算机问世以来，计算机的发展大致经历了下述几代的变化：

第一代，从一九四六年开始。这一代计算机采用电子管，称为电子管计算机。

在此期间，形成了电子管计算机体系，确定了程序设计的基本方法，数据处理机（指专门用于数据处理的计算机）开始得到应用。计算机的运算速度一般为每秒几千次到几万次，体积庞大，成本很高。

第二代，从五十年代末期开始。这一代计算机采用晶体管，称为晶体管计算机。

在此期间，计算机的可靠性和速度均得到提高。速度一般为每秒几万次到几十万次，体积缩小，成本降低。工业控制机（指专门用于工业生产过程控制的计算机）开始得到应用。

第三代，从六十年代后期开始。这一代计算机采用集成电路，称为集成电路计算机。

在此期间，计算机的可靠性和速度有了进一步提高。速度一般为每秒几十万次到几百万次，体积进一步缩小，成本进一步降低。机种多样化，生产系列化，结构积木化，使用系统化。小型计算机（指规模小、体积小、结构简单、操作方便的计算机）开始出现并迅速发展。

第四代，从七十年代初期开始。这一代计算机采用大规模集成电路，称为大规模集成电路计算机。

在此期间，计算机的可靠性和速度更为提高，体积更为缩小，成本更为降低。大型电子计算机速度可达每秒几千万次，甚至上亿次。同时，全套电路只集中在一块硅片上的微型计算机已开始



图 1-1 国产大型电子计算机

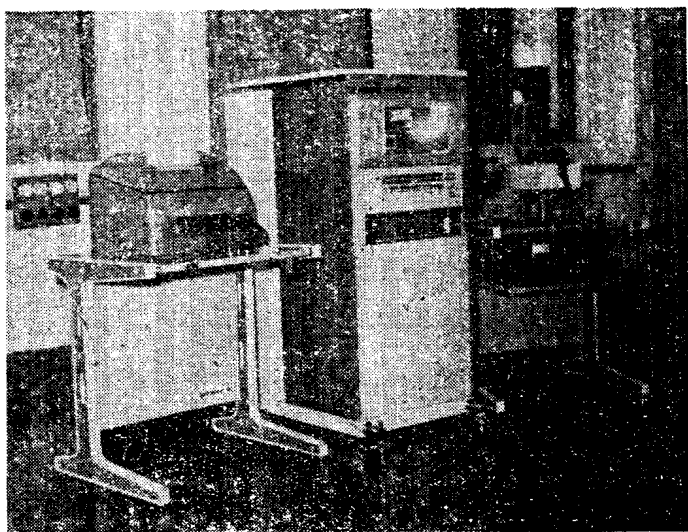


图 1-2 国产小型电子计算机

出现,其体积小可放在火柴盒里,重量只有几十克。与此同时,由若干台计算机组成的计算机网络已开始实际应用。

据统计,大约每隔五年到八年,计算机的速度提高十倍,体积缩小十倍,成本降低十倍。

我国的电子计算机事业,在毛主席革命路线指引下,获得了迅速的发展。一九五八年,我国第一台电子数字计算机试制成功。一九六四年,我国第一台大型晶体管计算机投入运行。一九七一年,研制成功集成电路计算机(每秒运算十几万次)。一九七二年又研制成功每秒运算一百万次的集成电路计算机。近年来又试制成功各种大型机(见图 1-1)、中型机、小型机(见图 1-2)和微型机。此外,袖珍式、台式电子计算机自一九七二年试制生产以来,发展也相当迅速。

可以预见,今后将不断采用新的设计思想、新元件、新技术和新工艺,使计算机的运算速度更高,功能更加完善,使用更为方便。从研制方面来说,其发展趋势将向大型、巨型和小型、微型两个方面发展,即除了研制大型、巨型计算机外,将大量研制各种小型、微型机。此外,还将研制一些新型机种,如光学计算机等。从应用方面来说,则趋向于系统化和网络化。在一个地区或几个地区之间,把各种型号的计算机用通讯线路互相连接起来,形成计算机网络。在这个计算机网络中,连接许多终端设备,分装到各个单位的办公室或用户家中。人们可以随时使用计算机,象打电话一样方便。

§ 1.2 电子计算机的组成和特点

一、电子计算机的组成

为了便于了解计算机的组成,我们先从人是怎样用算盘算题谈起。

我们知道,我国 1971 年和 1972 年的钢产量分别为 2100 万

吨和 2300 万吨。而解放前的旧中国, 1890 年至 1949 年钢的总产量才 700 万吨。试计算一下, 1971 年和 1972 年两年钢的平均产量是旧中国平均产量的几倍?

计算时, 一般先将算式写在纸上:

$$\left(\frac{2100+2300}{2}\right) \div \left(\frac{700}{1949-1890}\right) = ? \quad (\text{倍})$$

演算开始, 先用算盘按加法口诀做

$$2100 + 2300$$

的运算, 得 4400 万吨。接着按除法口诀做

$$4400 \div 2$$

的运算, 得 1971 年和 1972 年两年的平均年产量为 2200 万吨。将此中间结果记在纸上, 然后再按减法口诀做

$$1949 - 1890$$

的运算, 得 59 年。接着做

$$700 \div 59$$

的运算, 得近似值 12 万吨。这是旧中国的平均年产量。最后做

$$2200 \div 12$$

的运算, 得近似值 183 倍, 并把这个答案从算盘抄在纸上。至此, 整个计算过程便告结束。

在上面的计算过程中, 参加算题的有纸、笔、算盘以及使用这些工具的人。人们从自己的计算实践中得到启示, 模仿自己的计算过程而创造了电子计算机。的确, 电子计算机也具有与上述计算过程类似作用的几个组成部分:

第一, 能进行数字运算的“算盘”——运算器;

第二, 能记录和保存原始数据、运算步骤(程序)以及中间计算结果、最后计算结果的“纸”——存贮器;

第三, 能书写数据、程序和计算结果的“笔”——输入设备和输

出设备；

第四，能控制“算盘”、“笔”和“纸”协调工作的“指挥者”——控制器。

这样，运算器、存贮器、输入设备、输出设备和控制器就成为电子计算机的五个主要组成部分。它们之间的联系如图 1-3 所示。

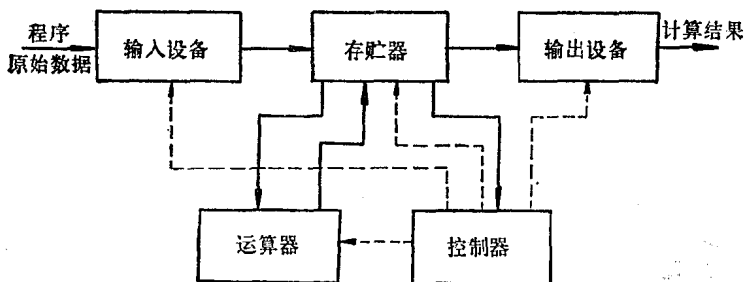


图 1-3 电子计算机框图

图 1-3 中实线表示数码传送的路径，虚线表示控制信号的路径。

实际上，电子计算机除了图 1-3 中所指出的五部分外，还必须有电源等设备。而且，有的计算机各部分紧密而有机地结合在一起，很难机械地加以划分。但是，从原理上来讲，电子计算机总可以看作是由上述五个部分组成的。

下面对计算机五个组成部分作简单的介绍。

1. 运算器

运算器是直接完成各种算术运算和逻辑运算的装置。算术运算就是加、减、乘、除等运算；逻辑运算就是按照逻辑代数规律进行的运算，如逻辑加法、逻辑乘法等（详见本册第二章）。此外，运算器还能做别的一些动作，如数码的传送、移位以及给出转移特征等。所有这些运算和动作统称为操作。指挥机器进行操作的命令，称为指令。一台机器所具有的指令的全体，称为指令系统。每台

机器都有其特定的指令系统。

机器的各种运算可以由相加及移位这两个基本操作来实现。为了进行运算，参加运算的数需要在运算器中暂时存放起来，称为寄存。每次运算所得的中间结果也要暂时保留，使上次运算结果能直接为下一次操作所利用。因此，运算器必须具备三个最基本的功能：

第一，数码的寄存；

第二，数码的移位；

第三，数码的相加。

寄存数码的部件称为寄存器。在寄存器里增加一些附加电路，便可实现数码的移位。而数码的相加，则要用到加法器。所谓加法器就是直接实现数码相加的部件。

由此可见，运算器通常是由加法器以及若干个寄存器（兼有移位功能）组成。例如，DJS-21机（即121机）及441B-Ⅲ机的运算器均由一个加法器和三个寄存器组成。

计算机的运算器由电子线路构成。

2. 存贮器

存贮器是存放数据和程序（程序是指解题所需要的一系列指令）的装置。不论是数据或指令都是一些用二进制表示的代码。存贮器的基本功能是能够把许多的代码，按需要存进去（写入）或取出来（读出）。这种功能可比喻为人的“记忆”，所以，存贮器也叫记忆装置。

存贮器要存贮大量的代码，因此分成许多小的单元，正如一座大集体宿舍有许多小房间一样。存贮器内的小单元，称为存贮单元。每个存贮单元有一个编号，正如集体宿舍中每个房间均编有房号一样。存贮单元的编号，称为地址。每个存贮单元通常存放一个有独立意义的代码，即存放作为一个整体来处理或运算的

一组数字。这样的一组数字称为字。字的长度，即字所包含的位数，称为字长。存储器所具有的存储单元的总数，称为存储器容量（简称容量）。存储容量愈大，意味着机器的功能愈强。例如，我们说某台机器的存储容量为 8192 个单元（字），意思就是说能记忆 8192 个数，可简记为 8K。这里 1K 字等于 1024 个字。因为字长有长有短，所以在讲存储容量的时候，如果把字长也直接表示出来则更具体了。比如，容量为 8192 个单元，每个单元为 30 位，则存储容量可写成 8192×30 位。因此，衡量存储容量的大小，又可用能存“多少个位”来表示。从存储器取一个数或存一个数所需的时间，称为存取周期或存取时间。

上述的字长、存储容量和存取周期，都是计算机的一些重要的

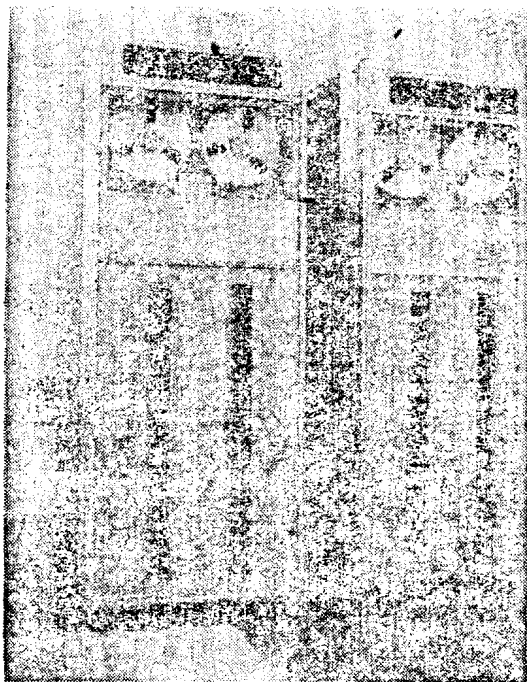


图 1-4 磁带存储器

技术指标。例如 DJS-11 机的字长为 48 位, 存贮容量为 128K 字, 存取周期为 2 微秒。某些机器的性能指标可参阅本册附录。

存贮器一般由记忆元件(例如磁芯、磁鼓、磁带、磁盘等)和电子线路构成。

存贮器按其在机器中的作用分为两类: 一类称为内存贮器, 简称内存; 另一类称为外存贮器, 简称外存。内存容量比外存容量小, 但存取速度快。

内存的种类很多, 例如磁芯存贮器、磁膜存贮器、半导体存贮器等。目前最常用的是磁芯存贮器。

外存的种类也很多, 例如磁鼓存贮器、磁带存贮器(见图 1-4)、磁盘存贮器(见图 1-5)、磁泡存贮器等。目前常用的是磁鼓、磁带和磁盘存贮器。

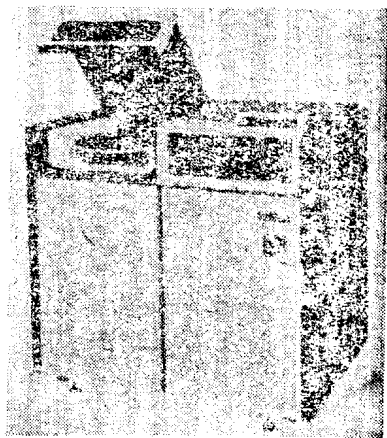


图 1-5 磁盘存贮器

3. 输入设备

输入设备是向计算机送入数据、程序以及各种字符信息的设备。

输入设备有纸带输入机(见图 1-6)、卡片输入机、电传打字机、控制打字机、光笔显示器以及模-数转换器等。

理想的输入设备, 应该“会看”、“会听”, 即能够把人们用文字符号写出来的问题, 或者用语言表达的问题直接送入机器进行处理。这种理想的输入设备, 目前还处于研制阶段, 未能正式使用。现在普遍使用的, 还是把问题换成计算机所能接受的符号、代码, 然后才送给计算机, 即用上述的纸带输入机、电传打字机等设备作为输入设备。

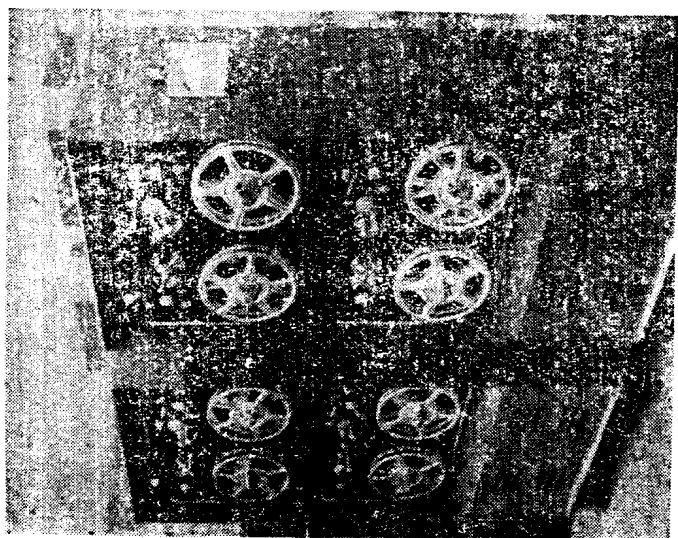


图 1-6 光电纸带输入机

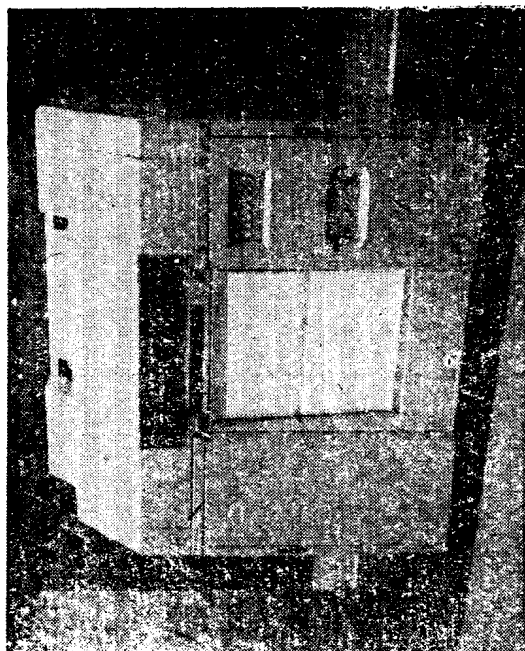


图 1-7 行式打印机

4. 输出设备

输出设备的作用是把机器工作的中间结果或最后结果表示(打印或显示)出来。

输出设备有行式打印机(见图 1-7)、电传打字机、控制打字机、纸带穿孔输出机、自动绘图机、微缩胶卷输出机、静电印刷机以及数-模转换器等。

理想的输出设备应该“会写”、“会讲”。“会写”已能做到,现在的计算机不但能输出数字、文字、符号,而且还能画图 and 作曲线。至于“会讲”,即声音输出,还在研究之中。

5. 控制器

控制器是整个机器的指挥系统。它通过向机器的各个部分发出控制信号来指挥整台机器自动地、协调地进行工作。但控制器到底凭什么指挥机器工作呢?实际上,控制器是根据人事先编好的程序来进行工作(控制)的。计算机先做什么,后做什么,如何处理可能遇到的一切情况,都要由程序来决定。人把事先考虑好的意图表达在程序中,而控制器按程序指挥机器工作。所以,可以说控制器是按照人的意图(由程序体现)来指挥机器工作的。计算机自动工作的过程,实质上就是自动执行程序的过程。

控制器一般由电子线路构成。

运算器、控制器和内存贮器合称为电子计算机的主机。其中运算器与控制器合称为中央处理机,也称CPU^①。而输入设备、输出设备以及外存贮器合称为外部设备。一台主机所能配备的外部设备的品种和数量,是根据机器的功能大小和使用要求而定的。

二、电子计算机的特点

与其它计算工具(如算盘、手摇计算机等)相比,电子数字计算机有下列特点:

① CPU 是英文 Central Processing Unit 的缩写。意即中央处理机。