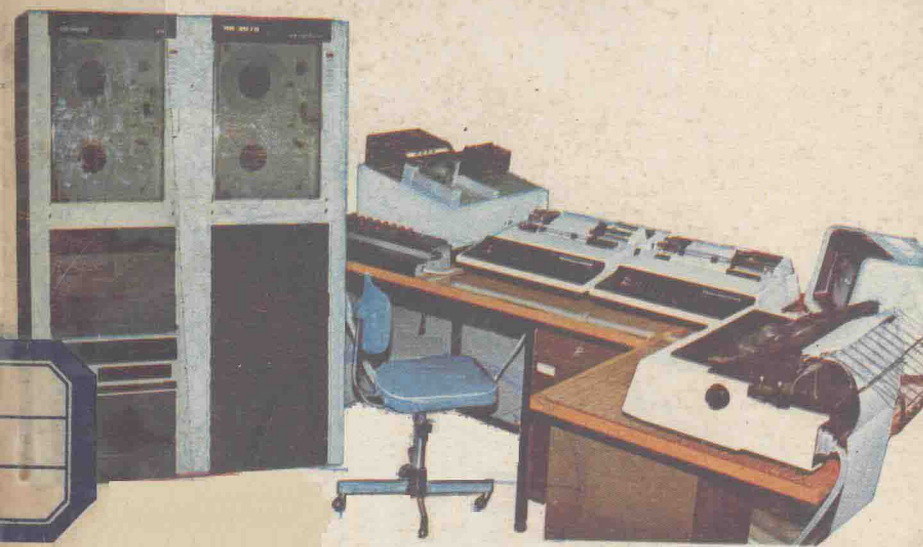


土木工程类学校适用

电子计算机

The Basis of Computers Application

应用基础



广州建筑工程学校

电子计算机

应用基础

江苏工业学院图书馆
藏书章

广州建筑工程学校

本书是根据城乡建设环境保护部教育局在81年底制定的《算法语言初步》教学大纲编写的。今年一月，教育部在北京召开会议，审定了非电子类中专学校《计算机应用基础》教学大纲。我们根据此大纲，对初稿作了较大的修改，删去了ALGOL语言部分，增加了微型电子计算机的介绍。

本书着眼于结合建筑工程的实际，学习算法语言和程序设计的基本知识，力求使学生掌握在专业中应用电子计算机的知识技能。

本书的教学时数为60学时，此书供建筑工程中专学校的工民建、建筑机械、建筑经济、给排水等专业使用，也可供土木工程类大、中专学校和工程技术人员培训班试用。为适应各专业的不同要求和知识的系统性，我们保留了“数字逻辑基础”和“扩展BASIC语言”这两部分非教学大纲要求的内容，供不同专业教学时选学和学生自学。

本书的编写由我校教师陈日新执笔，副教授郭日继指导与审定。我校教师唐天荣、黄小克、李文仪参加了誊写、绘

图和程序调试等工作。本书的初稿经华南工学院建筑工程系罗崧发教授审阅，并提供了宝贵意见。广州电子计算机厂、广东省地质局中心实验室电算组及广州市设计院电算室等单位亦给予协助。特此鸣谢。

由于编者水平有限，本书中会存在不少缺点错误，恳切希望各校教师和学员给予批评和指正。谢谢。

一九八三年九月

广州建筑工程学校

联系地址：广州市三元里棠溪本校

一九八三年九月

联系地址：广州市三元里棠溪本校

一九八三年九月

联系地址：广州市三元里棠溪本校

一九八三年九月

联系地址：广州市三元里棠溪本校

一九八三年九月

联系地址：广州市三元里棠溪本校

目 录

(081)	目 录	1.32
(181)	绪 论	1.32
(183)	绪 论	1.32
(183)	绪 论	1.32
§ 0.1	电子计算机的种类和发展过程	(1)
§ 0.2	电子计算机的特点和应用	(10)

第一章 二进制数的运算及数理逻辑基础

§ 1.1	二进制数及其算术运算	(21)
§ 1.2	数的定点及浮点表示法	(36)
§ 1.3	原码、反码、补码、溢出和变形码	(39)
§ 1.4	逻辑代数和逻辑电路基础	(49)
§ 1.5	小结	(64)
练习一		(65)

第二章 电子计算机的组成及工作原理

§ 2.1	运算器	(67)
§ 2.2	控制器	(69)
§ 2.3	存贮器	(79)
§ 2.4	输入输出设备	(88)
§ 2.5	微处理机和微型计算机概述	(102)
§ 2.6	整机工作原理	(112)
§ 2.7	小结	(118)
练习二		(118)

第三章 软件及 BASIC 语言概述

§ 3.1 电子计算机软件简介.....	(120)
§ 3.2 BASIC 语言的基本符号和程序结构	(131)
§ 3.3 数、简单变量.....	(133)
§ 3.4 表达式、标准函数.....	(135)
§ 3.5 小结.....	(139)
练习三.....	(140)

第四章 简单程序设计

§ 4.1 赋值、输出与键盘输入语句.....	(143)
§ 4.2 读数、数据与恢复数据语句.....	(152)
§ 4.3 注释、结束及暂停语句.....	(156)
§ 4.4 框图、程序实例、小结.....	(160)
练习四.....	(168)

第五章 复杂程序设计

§ 5.1 分支程序设计.....	(171)
§ 5.2 循环程序设计和数组.....	(190)
§ 5.3 自定义函数与子程序设计.....	(211)
§ 5.4 小结、程序实例.....	(219)
练习五.....	(224)

第六章 应用程序和上机操作

§ 6.1 数值积分.....	(227)
§ 6.2 主元素消去法线解性方程组.....	(235)

§ 6.3	连续代入法解连续梁.....	(39)
§ 6.4	上机操作.....	(282)
§ 6.5	小结.....	(294)

第七章 扩展 BASIC 语句介绍

§ 7.1	字符串变量.....	(300)
§ 7.2	开关语句.....	(311)
§ 7.3	条件转子语句和复合条件语句.....	(313)
§ 7.4	文件简介.....	(327)
§ 7.5	汉字信息处理简介.....	(338)
§ 7.6	工资计算程序.....	(348)
§ 7.7	小结.....	(366)

附录 I BACIC 错误信息表.....(367)

附录 II 参考文献.....(368)

绪 论

电子计算机的出现和发展,是现代科学技术领域中最卓越的成就。它的应用,使各种现代科学技术出现了革命性的变化,产生了很多新生的边沿学科,如计算力学、计算化学等。可以说,近三十年来现代科学技术的重大成就都是与电子计算机的应用分不开的。

§ 0.1 电子计算机的种类和发展过程

一、什么是电子计算机

电子计算机是一种通过电子电路(电子管电路、晶体管电路、集成电路等)进行数字计算,或者进行模拟计算,或者进行操作控制的电子机器。电子计算机(下面简称“电算机”)能按照人们编定的命令,对输入的信息进行自动加然后输出加工的结果。电算机从本质上来说是一部信息自动工处理机,如图0.1—1所示。它成了人的思维器官——大脑的延伸,因此,电算机被称作“电脑”。

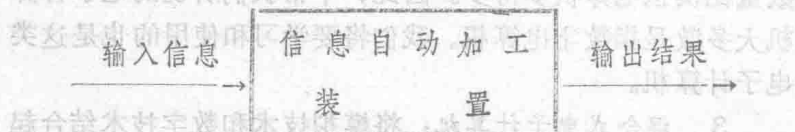


图0.1-1 电脑

二、电子计算机的种类

电算机的机型种类数以万计，但在工作原理上，可以分成三类：

1、模拟电子计算机：对求解问题进行模拟量运算的，称为模拟计算机。所谓“模拟量”，是用长度、角度、电压、电流等连续变化的物理量大小代表数值的大小。它的特征是对问题以量的连续增减进行运算，其结果仍是物理量。例如，对数计算尺就是一种简单的模拟计算器，它是以长度代表数值大小的。模拟电算机由运算放大器、积分器、函数发生器、控制器和绘图仪等组成，对各种算题只要经过简单的编排和联结，就能对连续输入的物理量进行运算，得到的是直观的线段和图形。模拟电算机使用方便，运算快速，但精度较低，只能达到0.01%，一般是0.1%。这类电算机主要用控制和模拟，多应用在气象、医学、生物学、核物理学等方面。

2、数字电子计算机：直接以数字型式进行运算的称为数字计算机。例如，算盘就是一种简单的数字计算机。这类计算机的特征是“跳跃”式地对数学问题进行计算。数字电算机由运算器、控制器、存贮器和外部设备（输入/输出、稳压电源等）组成。这类电算机在世界上应用最广泛，它的数量比模拟电算机多得多。因此，平常我们所说的电子计算机大多数是指数字电算机。我们将要学习和使用的也是这类电子计算机。

3、混合式电子计算机：将模拟技术和数字技术结合起来制成的电子计算机称为混合式电算机。这种电算机既可以

进行模拟运算，又可进行数字运算。这类电算机的数量很少，只用在有特别需要的部门。

电子计算机还可以从机型上分为巨型机、中小型机和微型机三类。巨型电计算机是指运算速度在每秒一千万次以上，内存容量在一千万个单元以上，售价在一千万元以上的高速巨型机。这类机的性能很强，一般在尖端科学研究，国防军事控制和大型企业管理上使用。微型机是指速度在每秒三十万次以下，由单片或多片集成电路组成，售价在五千美元以下的电计算机。这类电计算机由于它的价格性能比（即电计算机与价格的比例）优越，适合中小型企业和个人使用，因此它的使用越来越广泛。中小型电计算机介于巨型机和微型机之间。目前，这类电计算机数量最多，应用也最广，一般科研机构 and 中小型企业都装备和使用这种电计算机。

三、电子计算机的发展过程

同其他科学技术一样，电计算机是在各学科的基础上发展起来的，它是各种计算工具的革命性发展，是人类智慧的结晶。

早在远古时代，人类就开始使用计算工具，如结绳法和筹算法等。我国人民在唐宋时期（1274年）发展起来的算盘，是世界上最早的较为完备的计算工具。1622年，英国数学家奥特端德（W. Oughtred）根据苏格兰数学家纳皮尔噶（J. Napier）在1600年发明的对数原理而制成的计算尺，可以很方便地进行乘除法计算。1642年，法国数学家巴斯噶（B. Pascal）制成世界上第一台机械计算机——“加法机”，这台机器以加法为基本运算，可以进行四则运算。

1671年，德国大数学家莱布尼茨（G. W. Leibnitz）发明了能直接做乘除法的“乘法机”。1812年，英国数学家巴贝治（C. Babbage）研制成一种能制出对数和三角函数表的“差分机”。在1833年，他还设计了一种带有存贮器的“分析机”。这部机器用穿孔卡片来控制运算和输出结果，能一秒做一次加法，一分钟做一次乘法。由于当时技术条件的限制，这部机器未能制成，但他的设计对于计算工具的发展很有帮助。

19世纪末20世纪初，科学技术的发展，促进了计算工具的研制。1940年，美国贝尔电话实验室的研究人员斯帝比茨（Geosge Stibitz）研制成“复合计算机”（Complex computer），这种计算机是由大量的继电器来实现半自动的运算。在1944年，美国哈佛大学的工程师艾肯（Howard Aiken）设计的自动序列控制计算机——Mark I，由美国国际商业机械公司（IBM）制成。这部机器是一台庞然大物，重达5吨。它用机械开关操作，运算速度加法是0.3秒，乘法是6秒，除法是11.4秒。在同时期，德国人楚泽（Konrad Zuse）在1941年研制成一台称为Zuse Z-3的计算机。这些机器都开始用程序控制，但程序存贮多数是用穿孔纸带或卡片在机外实现的。

生产技术的发展、科学研究的发展，迫切要求计算更为精确，更为快速。本世纪四十年代中期，一方面由于航空、导弹、火箭和原子弹等现代科学技术的发展，极为复杂的数学计算迫切需要新的计算工具；一方面由于电子学和自动控制技术的发展，促进了计算工具向电子化进军。1946年美国宾夕法尼亚大学的工程师莫希莱（John Mauchly）和

埃克特(J. Presper Eckert)等人设计的,由IBM公司制成的“埃尼阿克”(Electronic Numerical Integrater and Computer, 简写“ENIAC”)是世界上第一部采用电子管电路制成的电子计算机(见图0.1—2)。



图0.1-2 世界上第一部计算机—ENIAC

ENIAC是一部庞大的机器,使用了一万八千个电子管,一千五百个继电器,体积约90立方米,重达30吨,耗电140千瓦,但它的运算速度仅为每秒5000次。虽然这台电子计算机的“始祖”缺点很多,但它是计算工具的一个革命性的创造,它奠定了电子计算机的基本电路。它的当时被认为是“神奇”的计算速度,使美军新武器研制的弹道计算问题得到了解决。1949年,英国剑桥大学也制成名为“埃德萨克”(“EDSAC”)的电子管计算机。从此,电子计算机便迅

速发展起来了。

从1946年第一台电子计算机诞生到现在，电算机经历了几代的发展：

第一代：从1946年到1956年，是电算机的“电子管时代”。在这个阶段中，电算机的基本逻辑电路都是由电子管构成的。这类电算机体积大，耗电多，维修复杂，可靠性差，但却奠定了电算机的基本技术。这个时期的电算机速度在每秒几千次到几万次。

第二代：由于五十年代初半导体技术的发展，半导体元件逐步完善。从1956年开始，晶体管电路逐步取代了电子管电路，成为电算机的基本电路。这个时期（1956年至1962年）称为电算机的“晶体管时代”。这类电算机在体积、耗电、可靠性等方面的指标都比电子管电算机提高了几十倍。这个时期的电算机速度达到每秒几十万次。

第三代：六十年代初，半导体技术有了革命性的突破，出现了集成电路技术。集成电路是用镀膜、金属气态扩散等方法，把大量的晶体管、电阻、电容等器件“集成”在一个基片上，简称为“IC”。这种基片多为硅片，尺寸很小，约为 0.25mm^2 到 6.5mm^2 。在这样微小的基片上可集成4到100个逻辑电路。也就是说，集成电路技术可将几十个到几百个晶体管电路的元件集成在一块基片上。集成电路的出现，是电子工业的一次“革命”。1962年，第一台集成电路电算机问世，开始了电算机的“集成电路时代”。这个时期（1962年至1971年）的集成电路电算机，体积比晶体管电算机更小，而速度更快，达到每秒上千万次。

第四代：七十年代初期，集成电路有了新的突破，集成

度(即在一个基片上集成逻辑电路的个数)达到了100~1000个逻辑电路。这种集成电路称为“大规模集成电路”,简称“LSI”。用LSI制成的电算机于1971年问世,使电算机进入了“大规模集成电路时代”(1971年至1980年)。这个时期的电算机,出现了两种倾向,一种倾向是研制巨型机,如1973年,美国投入运行的ILLIAC IV电算机,速度达到每秒一亿五千万次。另一种倾向是微型化发展,这个时期用单块大规模集成电路制成微处理机,体积仅有 $0.003M^3$,重仅0.45kg,为第一部电子管电算机的30万分之一,耗电仅为五万六千分之一,但它的运算速度却达到每秒10万次以上,其他性能也大大超过了它的“始祖”ENIAC。

从八十年代开始,电算机进入“超大规模集成电路时代”。微电子学技术的发展,使集成度提高到10000个逻辑电路以上。即,在一个基片上集成十几万个半导体元件。据外国报道,单片集成度已达到50万个半导体元件。这样的超大规模集成电路(简称“VLSI”),促进了巨型机和微型机的发展。1980年,美国数据控制公司(CDC)制成了运算速度达8亿次/秒的“赛伯(Cyber)205型”超级电算机;德尼尔柯公司还生产出运算速度达16亿次/秒的电子计算机组。超大规模集成电路电算机称为第4.5代电算机。现在,这类电算机的结构正在改变,向第五代电算机——“智能化电子计算机”发展。

电子计算机发展极快,每隔五到八年,计算速度就提高十倍,贮存量提高一百倍,而体积缩小十倍,售价也降低十倍。

未来的电算机将会向三个方面发展:

一是高速超级机，在八十年代末电算机的速度将会达到每秒百亿次以上，内存贮量将达到数百兆单元。这样的电算机将满足尖端科学的需要。

二是微型机和电算机网络：七十年代问世的、用 IC 和 LSI 组装的微型机，性能越来越强，价格越来越便宜。因此，社会对微型机的需要越来越大。中小型电算机也趋向与大型机组成网络，以满足社会各方面对电算机的使用需要。用机者只需购置一部终端，并在电算机网络管理机构注册后，就可以利用电话线路或专门线路使用性能很强的电算机。

三是智能电算机：这种电算机有一定的思维能力，能自行解决某些问题，可部分代替人的思维性工作。在结构上，它与现时根据诺曼(J. V. Neumann)博士创立的“EDVAC”原则设计的“串行加工”电算机不同，这种智能电算机能进行“并行加工”，并有联想、学习和自编程序的能力。

四、我国电子计算机的发展

1956年，周恩来总理主持制定的我国第一个发展科学技术的十二年规划，将电算机列为第一项重点发展的项目，促进了我国的电算机的研制工作。1958年，我国研制成103型(DJS-1型)电子管电算机，运算速度每秒一千次，字长31位，内存容量为1024单元。1959年，又研制成104型(DJS-2型)电子管机，运算速度提高到每秒一万次，字长39位，内存容量为2048单元。1964年，研制成108乙型、109乙型、X-2型、441-B型等晶体管电算机，其中109乙型机的运算速度为每秒6万次，字长32位，内存容量为8192单元。还陆续批量生产DJS-21型等型号的电算机。我国生产

第三代集成电路电算机是从1970年开始的，研制成111型机，运算速度为18万次，字长48位，内存容量为32768字。1971年，开始批量生产运算速度为20万次的TQ-16型集成电路机。1972年，我国研制成每秒运算100万次的DJS-11型集成电路电算机，内存容量624万单元。1976年，研制成DJS-013型集成电路机，运算速度为200万次，内存容量为13万单元，字长48位。1978年，我国又研制成运算速度为500万次的大规模集成电路电算机，进入了电算机的第四代时期。现在，我国正在研制运算速度在每秒一亿次以上的巨型电算机。近年来，我国还批量生产了很多型号的小型和微型电算机，如DJS-50、DJS-54、DJS-40等。我国的电算机使用正逐步普及。

我国的电算机研制，从第一代到第四代只用了22年的时间，比外国缩短了十年。但是，目前我国生产的电算机的性能，还落后于西方先进工业国家，运算速度只相当国外的十分之一，内存容量、可靠性、体积、造价等各项指标还与国外先进水平相差较远。特别在电算机的软件和应用方面，我国还落后较远。在党的领导下，经过广大科技工作者和全国人民的努力，我国电算机的研制和应用水平，一定能赶上国际先进水平。电子计算机的普及，也一定会大大促进我国的社会主义建设。

§ 0.2 电子计算机的特点和应用

一、电子计算机的特点

1. 计算速度快：计算速度是电算机的主要性能指标，一般是用每秒执行运算指令的次数来表示电算机的运算速度。例如，DJS-130型机的运算速度是50万次/秒，是表示这种电算机每秒能执行50万次的运算指令。也有用执行一次指令所需的时间来表示运算速度。例如DJS-11型机的浮点加法时间是0.812微秒，是表示执行一条浮点加法平均需要0.812微秒（微秒 = 10^{-6} 秒，记为 μs ）。

计算速度快是电算机的主要特点。一般的中小型机每秒都可执行几万次到几百万次的运算指令，高速机更达到10亿次/秒，而人工计算每秒只能运算二、三次。这样，电算机的计算速度比人工快几万倍到几亿倍。例如：一部运算速度为一千万次/秒的电算机三百个机时的计算量，用人工计算至少要30万年。这个惊人的速度倍率，使电算机能在很短的时间内，完成人类无法胜任的复杂计算。例如：现代战略进攻导弹是多弹头导弹，在发射导弹时，会同时发射大量的诱饵（假导弹），而在核防空的反导弹系统中，雷达预警时间只有几分钟到十几分钟。要在这样短的时间里，处理雷达测得的大量数据，分析出导弹的弹道，辨认出真假导弹，发射和分配导弹和其他武器拦截和摧毁来袭导弹，这种任务只有高速计算机才能胜任。