

高等师范专科学校统编教材

计算机算法语言

(数学专业用)

主编 廖荣鉴 主审 王学仁 副主编 陈世樵



西南师范大学出版社

高等师范专科学校统编教材

计算机算法语言

(数学专业用)

主 编 廖荣鉴 陈世樵 主 审 王学仁

副主编 刘应秀 胡庶安

编 委 赵家骥 田 明 王秀珍 张友良

西南师范大学出版社

出 版 说 明

党的十一届三中全会以来,师范专科教育有了很大的发展,但是,作为师专教学三大基本建设之一的师专教材建设,却始终没有得到很好的解决。近几年来,有的地区和学校为了改变这种状况,也零星地编写了一些师专教材,可是,不成套,有的学科甚至编写了几种,质量参差不齐。虽对师专无教材的局面有了部分改变,但终因没有一套全国统一的、高质量的教材而影响了师专的教学质量。

为了进一步发挥师专的办学效益,彻底改变师专没有适合自己特色的教材局面,国家教委师范司在1987年制订了《二年制师范专科学校八个专业教学计划》;继之又约请了全国有教学经验的专家、教授编写了这八个专业的《教学大纲》;1988年7月在长春又召开了全国二年制师专教材编写出版规划会议,会上研究制订了《1988~1990年二年制师专八个专业教材编写出版规划》。八个专业是:中文、历史、政治教育、数学、物理、化学、生物和地理。

在国家教委师范司的统一部署、各省市自治区教委、高教局的大力帮助和出版社的积极组织下,这套教材聘请了一些长期从事师专教学工作,具有丰富的教学实践经验和较高学术水平的教授或副教授担任各科主编。各科教材由学术造诣比较深、熟悉师专教学情况的专家负责主审。各位主编根据国家教委师范司拟定的《关于编写二年制师专教材的指导思想和基本原则》及各科《教学大纲》的精神,组织编者收集资料,综合研究,争取编出一套具有师专自身特色的教材,以适应师专教育的迫切需要。

现在,在各方面的大力支持下,经过主编、主审和各位编写人员的努力和辛勤劳动,这套教材将陆续面世。我们热忱地欢迎师专的广大师生使用它,并在使用过程中,多提宝贵意见,使之不断完善,不断提高,以保持与当代科学和师专教育实践的同步发展。

1990年2月

计 算 机 算 法 语 言

廖荣鉴 陈世樵 主 编

西南师范大学出版社出版

(重庆 北碚)

新华书店重庆发行所经销

重庆通信学院印刷厂

开本: 787×1092 1/16 印张: 13 字数: 325千

1990年3月第一版 1990年3月第一次印刷

印数: 1-3000

ISBN 7-5621-0251-1/0·14

定价: 2.95 元

前 言

本书根据国家教委1988年8月下发的二年制师专数学专业教学计划与大纲的要求进行编写。原系西南区师专、教育学院协编教材,1988年7月,国家教委在长春召开全国师专教材编写工作会议,本书被推荐为全国师专通用教材。

《计算机算法语言》是一门实践性强的专业基础课。这门课程所涉及的知识及其应用的领域都比较宽,而且内容新,发展快。对学生构造性思维能力、综合应用能力,和动手能力的要求较高;同时学习中也能充分反映和发挥出他们这些方面的能力与水平。因此,作为这门课程的教材,在其内容的选取、安排、以及讲授方式等方面,都应该体现并顺应这些特点。也就是说,要做到:精选内容,打好基础,注重实践与能力的培养,并在一定程度上体现内容的先进性,有利于今后的发展。

全书以目前国内师专和中学普遍使用的 *APPLE-Ⅱ* 机为背景,全面、系统地介绍 *BASIC* 语言及其程序设计基础;同时对计算机常识、*APPLE-Ⅱ* 机的图形与声音、磁盘操作系统与文件等内容作了初步介绍;并对当前在程序设计中较为流行和先进的方法——结构化程序设计方法,作了适当的介绍。

本书对概念的阐述力求准确,深入浅出。全书文字流畅,不艰不涩。在第二章介绍 *BASIC* 语言的基本概念时,我们尽可能地将有关概念(包括字符串函数等)提出,以便后面各章使用,逐步加深同学对数据、运算与算法的认识。在后面各章介绍语句与命令的同时,结合程序设计讲解使用方法,并指出容易出错的地方。在举例讲解程序设计时,特别注重对解题的过程的构思与算法的分析,同时注意适当介绍一些算法及有关知识。全书各章例题丰富、同时注意所选问题的代表性、专业性与趣味性。有些例题是典型题例,可供读者今后借鉴;有的例题还适当留有进一步思考的余地,让读者自己去思考、完善,富于启发。另外在对例题或概念进行讲解时,大部分都配了框图或图形符号,便于教学和帮助理解。全书大小配图共120余幅,数量之多,在同类教材及书籍中,也是不多见的。在各章之后,配置了数量较多的,不同层次与要求的习题以供选用,并附有上机实习的目的与要求,方便教学。

考虑到在师专中不再单独开设程序设计方法等的有关课程,为弥补这方面的不足,同时使同学对现代程序设计的思想与方法有所了解,我们编写了第十章结构化程序设计方法简介。以期提高读者程序设计的能力与水平,写出较为符合现代软件工程要求的实用程序。本章的内容不在教学大纲之内,可作选学内容。

如果说本书的编写还有些许特色与成功的话,那么这是集体智慧的结晶。在我们的编写过程中,得到了全国许多教学同仁的支持与鼓励。由于人数众多,在此就不一一致谢了,谨借此机会,向为我们提供了自己的著作、讲义、讲稿、教学参考资料,以及对教材编写提出过各种建议与意见的各位同仁,表示由衷的谢意。

本书的编写实行主编负责制下的分工合作。先由主编廖荣鉴同志与陈世樵同志起草编写提纲与编写说明,经编委会讨论修定后,分工编写。并互相校阅、共同讨论,最后由廖荣鉴与陈世樵同志对全书进行了统一的修定。

在本书的编写过程中，自始至终得到了西南师范大学赵宏量教授关心与支持。云南大学王学仁教授与西南师范大学王能忠副教授非常仔细地审阅了全书，提出了许多中肯的意见和有益的建议，使本书的质量得以保证，并增色不少。宜宾师专杨海中老师，贵阳师专龙小平老师和邵阳师专周天宏老师，认真、细致地审阅了全书，提出了许多好的意见与建议，为提高本书的质量，更好地体现教法，有利于教学，做了积极的工作。还有一些同志，虽未正式担任本书的审稿工作，但认真地审阅了本书书稿，提出了不少好的意见与建议，在此我们对上述同志一并表示敬谢之意。

本书编委具体分工是：

第一、八章	刘应秀；	第二章	廖荣鉴
第三章	王秀珍；	第四章	赵家骥
第五章	田 明；	第六、七章	张友良
第九章	胡庶安；	第十章	陈世樵

在本书编写中，还得到了云南省教育厅高教处、曲靖师专的热情关心与支持；西南师范大学出版社的有关同志为本书的编辑出版做了大量的工作；曲靖师专计算机室的荀树强、何伟同志帮助在机器上验证了全部例题，杨苹同志解答了全书的习题，并复核了全书的框图；谭昆同志帮助整理了全书的图形。谨在此表示感谢。

由于我们的水平有限，加之时间仓促。错漏之处在所难免。敬祈有识之士，不吝赐教。

编 者

1989年3月

目 录

第一章 电子计算机的一般知识	(1)
§ 1.1 计算机概述	(1)
§ 1.2 计算机的基本组成	(4)
§ 1.3 计算机所采用的数制	(7)
§ 1.4 计算机语言	(11)
习题一	(13)
上机实习的目的要求(一)	(14)
第二章 BASIC 语言的基本概念	(15)
§ 2.1 BASIC 语言的基本概念	(15)
§ 2.2 BASIC 程序的基本结构	(16)
§ 2.3 BASIC 语言的基本符号	(17)
§ 2.4 BASIC 语言中的常量与变量	(18)
§ 2.5 标准函数	(22)
§ 2.6 字符串函数	(25)
§ 2.7 BASIC 表达式	(29)
§ 2.8 程序设计的基本步骤	(32)
习题二	(35)
上机实习的目的要求(二)	(38)
第三章 输入输出语句	(39)
§ 3.1 赋值语句(LET 语句)	(39)
§ 3.2 输出语句(PRINT 语句)	(42)
§ 3.3 键盘输入语句(INPUT 语句)	(49)
§ 3.4 读数置数语句(READ/DATA 语句)	(51)
§ 3.5 结束、暂停和注释语句	(55)
§ 3.6 程序举例	(56)
习题三	(58)
上机实习的目的要求(三)	(60)
第四章 转向语句	(61)
§ 4.1 无条件转向语句(GOTO 语句)	(61)
§ 4.2 条件转向语句(IF/THEN 语句)	(63)
§ 4.3 开关语句(ON/GOTO 语句)	(69)
§ 4.4 程序举例	(72)
习题四	(76)
上机实习的目的要求(四)	(78)
第五章 循环语句	(79)
§ 5.1 循环语句(FOR/NEXT 语句)	(79)
§ 5.2 多重循环	(85)
§ 5.3 利用循环语打句印图形	(89)

§ 5.4 循环程序的阅读与编写 举例	(91)
习题五	(97)
上机实习的目的要求(五)	(99)
第六章 数组	(100)
§ 6.1 数组和 数组说明语句	(100)
§ 6.2 排序和 检索	(104)
§ 6.3 程序 举例	(109)
习题 六	(114)
上机实习的目的要求(六)	(117)
第七章 自定义函数与子程序	(118)
§ 7.1 自定义 函数	(118)
§ 7.2 子 程序	(121)
§ 7.3 开关 转子语句	(124)
§ 7.4 程序 举例	(125)
习题 七	(129)
上机实习的目的要求(七)	(131)
第八章 图形与声音	(132)
§ 8.1 APPLE- II 的屏幕显示 方式	(132)
§ 8.2 APPLE- II 低 分辨率作图	(133)
§ 8.3 APPLE- II 高 分辨率作图	(136)
§ 8.4 APPLE- II 发 音子程序简介	(141)
习题 八	(146)
上机实习的目的要求(八)	(146)
第九章 磁盘操作系统和文件	(148)
§ 9.1 磁盘操作系统 简介	(148)
§ 9.2 DOS3.3 常用 命令	(150)
§ 9.3 顺序 文件	(156)
§ 9.4 随机 文件	(162)
§ 9.5 STC汉字系统简介	(165)
习题 九	(167)
上机实习的目的要求(九)	(169)
第十章 结构化程序设计简介	(170)
§ 10.1 程序的质量与结构化程序	(170)
§ 10.2 结构化程序的特点	(172)
§ 10.3 结构化程序的设计方法	(185)
习题 十	(197)
附录1 ASCII 码 表	(198)
附录2 APPLESOFT BASIC 出 错信息简表	(200)
附录3 DOS 出错信息简表	(202)

第一章

电子计算机的一般知识

电子计算机是当代科学技术领域最杰出的成就之一，内容十分丰富。本章将向读者介绍数字式通用电子计算机(简称计算机)的一般知识，以期读者对现代计算机的概貌有一些基本了解，为以后几章学习BASIC语言，提供必要的预备知识。

§1.1 计算机概述

一 电子计算机的发展

由于生产的不断发展，计算成了人类活动中不可缺少的一项重要内容。人类在长期的社会实践中，逐渐认识到：要解放和“代替”人的体力劳动，人的肢体需要延伸；同样，要解放和“代替”人的脑力劳动，人的大脑也需要延伸。如果说生产工具和机器的发明是人类肢体的延伸的话，那么计算工具的发明就是人类大脑的延伸了。随着社会的发展，生产工具和机器在不断地完善和发展，计算工具也在不断地完善与发展。从原始时代用手指辅助计算，到我国古代的算筹和算盘，到十七、十八世纪欧洲的计算尺、机械计算机，和十九世纪的差分机，直至本世纪上半叶的模拟计算机、全自动机械式数字计算机和今天的电子计算机，无不体现出这一点。

本世纪是动荡的世纪，也是创造奇迹的世纪。生产和科学技术的发展对计算工具提出了新的更高的要求。本世纪四十年代以后，相继出现了雷达、导弹、原子能利用……，大量复杂的计算，要求人们设计制造更先进的计算工具。而电子技术的迅速发展，电子元器件的广泛应用，为电子计算机的产生提供了必要的物质和技术条件。1942年美国科学家提出了高速计算装置的设计方案，在军方的大力支持下，1945年底名为ENIAC的第一台数字电子计算机诞生，并于1946年2月正式交付使用。

用今天的观点来看，ENIAC尽管还很不完善，但它的成功终究是近代科学技术史上的一个重要里程碑。它为现代计算机的发展奠定了科学基础，开创了近代科学技术发展的新时代——电子计算机时代。计算机对人类社会所发生的作用，与在第一次工业革命中扮演主角的蒸汽机相比，是有过之而无不及的。

从ENIAC问世至今已40多年。这40多年中，计算机以前所未有的速度发展着，一个概括的说法是，大约每五至八年运算速度提高十倍，体积缩小十倍，成本降低十倍。迄今已经历了四代产品更新换代，即50年代的电子管计算机，60年代的晶体管计算机，70年代的集成电路计算机，和70年代末至今的大规模与超大规模集成电路计算机。目前计算机正酝酿进入第

五代。第五代计算机将是一种知识处理系统，它能看、能听、能说，不仅能作计算，还能思考和推理。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，发展前景十分诱人。

二 计算机的特点

计算机之所以获得如此高速的发展，这是和它所具有的特点分不开的。概括地说，计算机具有以下特点：

1. 运算速度快 由于计算机采用了电子线路和电子器件，使它获得了很高的数据传输速度和数据处理速度。第一台计算机每秒钟内可完成5000次加法运算，今天的微型机和小型机运算速度可达每秒几十万甚至上百万次，而巨型机运算速度可高达每秒十几亿次。

2. 计算精度高 由于计算机采用了二进制数字计算，使其计算精度可用增加字长及先进的计算方法来提高，所以现代科技上任何高精度的计算，计算机原则上均可以达到。

3. 具有记忆功能和逻辑判断功能 计算机由于拥有内存贮器和大容量的外部存贮设备，故可以“记忆”大量数据和程序，需要时再高速地从存放的地方调出，以供使用。另外由于计算机采用二进制和逻辑电路，使它不仅能作算术运算，而且还能作逻辑运算，帮助人们进行资料分类、检索，甚至进行逻辑推理和定理证明。

4. 能自动连续地进行工作，不必人工干预 计算机与其它计算工具的根本区别就在于它采用了“存贮程序”的工作原理。人们只要将解决问题或完成任务的程序编制好，事先存入计算机的存贮器中，它就能按要求自动、连续地进行工作，而不需进行人工干预。

5. 可靠性高 这里所说的可靠性，是指计算机本身的可靠程度。由于现代计算机采用了大规模或超大规模集成电路，其制造工艺水平高，检测手段先进，故元件的性能稳定、工作可靠。计算机无故障运行时间可高达几万甚至几十万小时以上。这就大大提高和保证了计算机的可靠性。

另一方面，由于计算机无“主观意志”完全凭靠客观因素工作。其运行结果的可靠程度，仅依赖于机器设备与程序(包括系统程序和用户程序)的可靠程度。试想，一台运算速度仅为每秒十万次的计算机，只要稳定、可靠地运行十分钟，即是连续地做六千万次运算不出错，一般情况下，人是做不到这一点的。故在机器正常可靠，程序也正确可靠的情况下，计算机的运行结果也是可靠的。

以上主要特点是仅就目前的通用数字电子计算机来说的。计算机还在不断地发展，功能还在不断地扩大，譬如说，正在研制中的第五代计算机，将会有更多的特点，功能会更强。在此就不讨论了。

三 计算机的应用

由于计算机具有上述特点，以及对计算机特点认识的不断深化，使计算机的应用领域得到不断地开拓和延伸。据有关资料报道，目前电子计算机的应用领域已不下六七千种。可以说，在现代社会中，处处都有计算机的用武之地。从总的应用范围来讲，计算机的应用大致可以分为两大类。一类是数值计算，一类是非数值计算。

1. 数值计算 数值计算也称科学计算或科学数值计算。计算机起初是作为一种计算工具而发展起来的，因此数值计算当然就是它最早，也是最基本的应用领域。用计算机进行数值计算，往往是运算复杂，计算量大，要求精度高和及时。这些是人工或其它计算工具难以达到或根本达不到的。如飞行器轨道的计算、大范围中长期天气预报、大型工程计算等，都

离不开计算机。

2. 非数值计算 非数值计算是相对于单纯的数值计算而言的。如上所述,早期的电子计算机主要应用于数值计算。它输入、处理的对象是数值,输出的结果也是数值,研究与应用的算法也是数值计算方法。由于计算机具有“记忆”和“逻辑判断”能力,在计算机诞生后不久,人们很快就发现除了做数值计算之外,计算机还可用于对非数值型的“数据”对象,如字母、符号、图形、文字、声音等进行处理。这就使计算机的应用范围获得了全面发展的可能。进入本世纪,特别是二次大战以来,整个社会的信息量以空前的速度爆炸般地增长;同时人们也越来越认识到除了物质和能源以外,信息也是一种极为重要而宝贵的社会资源。为了全面深入而又准确及时地掌握大量信息所反映的事物,在科学研究、生产控制、组织管理、文化教育、社会服务等各个领域,都需要对大量的数据进行统计、分析、分类整理等加工处理。正是由于社会各方面的迫切需要,促进了计算机在非数值计算应用方面的飞速发展。随之也发展了各种非数值型的算法,如分类、查找、插入、删除等;以及相应的数据结构,如表、记录、文件等。

在非数值计算应用中,目前主要的有以下几个方面:

- (1) 过程控制与生产自动化;
- (2) 管理、决策与办公自动化;
- (3) 图书、情报与资料检索;
- (4) 计算机辅助设计;
- (5) 计算机辅助教学;
- (6) 人工智能。

当然,计算机在非数值计算方面的应用,远不止上面所提到的这一些。而且上述的每一个应用范围内又包含着许许多多不同的领域。例如,人工智能就包括着模式识别、自然语言生成和理解,自动定理证明,自动程序设计、专家系统以及机器人等等。据国外统计,现在的计算机有80%以上用于非数值计算。所以,目前更确切地说,电子计算机应该叫信息处理机或数据处理设备。

四 我国计算机的发展概况

我国对电子计算机的研制工作开始于1956年。1958年试制成功了第一台数字式电子计算机DJS-1,其主要元件是电子管。同年,我国的半导体晶体管试制成功,并着手研制晶体管计算机。1965年5月,我国第一台大型通用晶体管计算机研制成功。

1964年,我国研制成功小规模集成电路,同时开始研制第三代计算机——集成电路计算机。1971年,我国第一台集成电路计算机TQ-16试制成功。1973年,我国第一台大型通用数字计算机DJS-11研制成功,其处理速度为每秒一百万条指令。以上所说的这些,都没有形成系列产品。1974年,研制成功小型系列化计算机DJS100。此后又陆续研制出一些大、中、小型集成电路计算机。

1977年我国研制成功并开始生产微型计算机。1985年,我国研制成功第一台运算速度超过每秒一亿次的巨型机——银河I号。1988年,我国第二台巨型机“银河II号”问世。

30多年来,我国的计算机从无到有,从小到大,从微到巨,有了很大的发展。计算机应用也从国防、科研、高等学校、气象等少数部门推向了全社会。但总的来说,我国的计算机制造和应用,在世界上仍处于落后的地位。随着四化建设的深入,我国的计算机事业一定

会有更快、更大的发展。

§1.2 计算机的基本组成

一 计算机的基本组成

1946年美国学者冯·诺伊曼写了《关于计算机逻辑设计的初步讨论》的报告，提出了一个全新的存贮程序通用电子计算机方案，这个方案明确了计算机至少应由五个基本部分组成。几十年来，计算机虽然几次更新换代，机种也形形色色，除正在研制的第五代计算机外，其基本结构仍未根本改变，都属于诺伊曼型计算机。诺伊曼型计算机的基本组成及信息通道如图1.1所示，它包括：

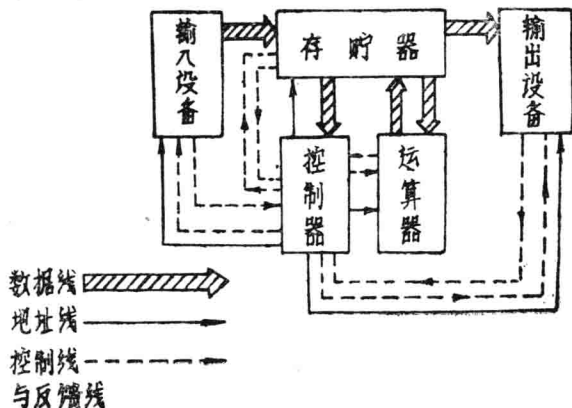


图 1.1

1. 存贮器 存贮器的主要功能是存贮数据与程序，这里的数据与程序都是以代码形式表示的。在计算机内部的存贮器简称内存，用以存贮当前要使用的数据和当前要执行的程序。内存中有若干个由电子线路组成的存贮单元，每一单元有一地址码以示区别，每一单元内可存放若干位二进制代码以代表数据或指令。内存好比一幢大楼，存贮单元好比是大楼内的房间，单元地址好比是房号，数据和指令就存放在“房间”内，以备使用。

在计算机内存中总是用一部分单元来存贮一些固定不变的信息，如计算机监控程序，BASIC 语言解释程序等。对这些单元，使用者在使用计算机时只能进行读出(取出)信息的操作，而不能进行写入(存入)信息的操作，即使计算机断电后，其中的信息也仍旧保留着，故称为只读存贮器，简称 ROM。内存中还有一些单元，可以根据需要，随时写入或读出信息，计算机断电后，其中的信息不复存在，故称为随机存取存贮器，简称 RAM。

存贮器存贮信息的最小单位是位，它就是一位二进制代码。通常用若干个位来存放一个相对独立、完整的信息单位——字。一个字所包含的位数称为字长。一般 8 位又称为一个字节。通常用一个或若干个字节构成一个字。存贮器能容纳的信息量称为它的容量，常用多少 K 字节表示。 $1K = 1024(2^{10})$ 。例如某台微型机的容量是 64K，表示它的存贮能力是 64×1024 字节，或 $64 \times 1024 \times 8$ 位。一般来讲，存贮器的容量越大，其解决问题的能力也就越强。

存贮器从接到“读出”(取)或“写入”(存)命令开始，到完成读写操作为止所需的时间，称为存取时间。显然存取时间越短，存取速度也就越快。存取速度和存贮容量一样，是衡量计算机性能的一个重要指标。

计算机工作时，在处理信息之前要将被处理的信息送入内存；处理过程中，内存不仅要向计算机其它部份提供必要的信息，也要保留中间结果和最后结果；处理完成后，内存向输出设备提供所要输出的信息。总之，计算机工作时，内存要和计算机各个部分打交道，进行

信息交换。

2. 运算器 运算器的功能是进行基本的算术运算和逻辑运算,以及实现数据的传送。运算器中的核心装置是加法器,减法是转换成加法来完成的,乘除法一般也是通过加法和移位来实现的,而信息的逻辑运算是在信息传送过程中由逻辑门实现的。运算器无论是做算术运算还是做逻辑运算,都只能做少数几种最简单的基本运算。对于复杂的运算,可分解为简单的基本运算一步一步来实现。运算器的能力虽然“低下”,然而由于运算器的运算速度快得惊人,从而弥补了这个缺陷,成了运算的“高手”。

运算器工作时一方面接受控制器发来的操作命令和向控制器发回操作反馈信息,另一方面又向内存索取操作数据和送回操作结果数据。故其工作时一般只与内存和控制器交换信息。

3. 控制器 控制器的主要功能是控制计算机的各个部分协调一致地按程序自动地进行工作。控制器是计算机的神经中枢,计算机工作时,不断从内存中取出指令,经分析后向计算机各部分发布控制命令,又接受各部分送回的反馈信息,保证整个计算机有条不紊地进行工作。控制器工作时,可与计算机的各个部分交换信息。

4. 输入设备 输入设备的主要作用是把程序、数据和有关控制命令等信息,转变成计算机中的电信号,然后把它们送往内存或控制器。什么时候输入信息,信息的电信号送到内存中什么地方等,均由控制器控制。所以输入设备工作时一般只与内存和控制器交换信息。

5. 输出设备 输出设备的主要作用是把计算机的处理结果,按人们需要的方式输出。什么时候输出,将什么地方的信息,用什么设备以何种形式输出等,也是在控制器控制下进行的。因此输出设备工作时,只与控制器和内存交换信息。

计算机中的运算器和控制器合在一起构成计算机的核心,称为中央处理器,简称CPU。内存贮器和CPU合起来构成计算机的主机;输入设备、输出设备构成计算机的外部设备,简称外设。主机和外设构成计算机的硬件系统。

本世纪70年代,随着大规模集成电路工艺的发展,实现了将CPU集成在一片或几片大规模集成电路芯片上,而称这些具有CPU功能的芯片为“微处理器”。以微处理器为核心,加上由大规模集成电路组成的主存贮器和各种接口电路,以及各种总线,构成了微型计算机。微型计算机的基本结构如图1.2所示。

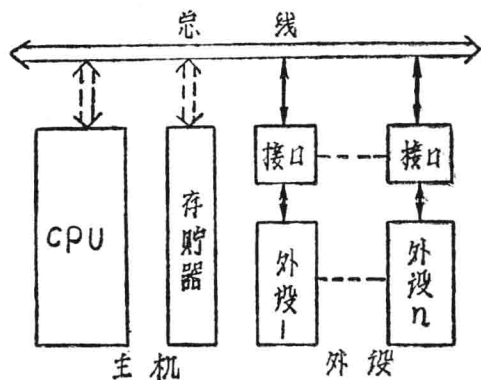


图 1.2

二 APPLE-Ⅱ 微型机的基本组成

目前我国中学所使用的微型计算机,较好的大部分采用IBM-PC及其兼容机,它的CPU用16位微处理器,功能较强,价格也稍高。普通的大部分采用APPLE-Ⅱ及其兼容机(如紫金Ⅱ,中华学习机),它的CPU采用8位微处理器。APPLE-Ⅱ微型机价格便宜,软件丰富、形小体轻、性能稳定、系统配置灵活,可以适应各方面的需要,因而得到广泛应用。本书将以APPLE-Ⅱ机为背景进行介绍。

APPLE-Ⅱ微型机的基本构成如图1.3所示。

1. 主机 它是由布置在一块印刷板上的6502微处理器、主存贮器、以及一些辅助电路组成。在印刷板的后部有8个插槽，可以插入各种外设接口，扩展计算机的功能。

2. 键盘 它与通常的英文打字机键盘相似，通常有54或62个按键，通过它可以将程序、数据、和各种命令输入主机。它是计算机的主要输入设备之一。

3. 显示器 它是一个NTSC制的萤光显示器。加一块调制板也可用电视机代替。它主要用于显示输入的数据、命令、程序和运行结果，或在人机对话中显示计算机对用户的提示及出错信息。它是计算机的主要输出设备之一。

4. 打印机 它通常是一种用打印点阵来形成字符或图形的打印设备，用以将计算机的结果输出在打印纸上，以便于阅读和保存。它也是计算机的一种主要输出设备。

5. 磁盘机 APPLE-Ⅱ的磁盘机通常是使用5.25吋的软盘驱动器，它可以将计算机内存中的信息转贮在软盘上，长期保存起来；也可以将软磁盘上的信息输入到计算机内存中去。所以它既是一种输出设备，也是一种输入设备。

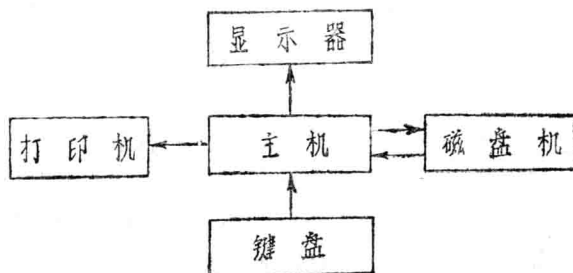


图 1.3

三 计算机硬件的工作过程

计算机硬件的工作过程，就是上述各基本组成部分，在控制器统一指挥下，协调动作，执行指令或程序的过程。现以执行一个程序为例，说明硬件的工作过程。

1. 机器加电自检进入预备状态 计算机通电后，总是在控制器控制下，执行一个存贮在ROM中的自检程序，以检查各部分的状态，无误后各部分进入等待状态，准备进行各自的工作。

2. 启动输入设备，进行程序和数据的输入 微型机主要是通过键盘，将事先写好的程序顺序键入计算机。这时控制器将分配一片连续的存贮单元存入程序中各条指令，另外分配一片存贮单元存入要用到的数据。

3. 执行程序 当计算机得到执行命令后，首先将程序区存贮单元的首地址送往控制器的程序计数器，控制器按此地址在内存中取出第一条指令，此时程序计数器自动加1为取第二条指令作好准备。控制器取指令后经指令译码器分析指令，然后向有关部分发出操作命令，有关部分得到指令后按指令执行操作，并向控制器发回操作完否的反馈信息。控制器得到操作完的反馈信息后，继续在程序计数器中取下一条指令。以后又是分析指令，执行指令，直到整个程序执行完为止。在此过程中，控制器、运算器、存贮器不断通过总线交换信息，使计算机自动地、有条不紊地，按程序进行工作。

4. 启动输出设备，输出处理结果 当程序执行到输出指令时，控制器分析指令后，即按要求的输出通道，发布输出命令。输出设备接到命令后，执行输出，将结果显示在屏幕上或打印在打印纸上、或存贮在其它介质上。

5. 停机 当程序执行完毕，控制器得到信息后会发出停机命令，使计算机各部分停止

运行, 进入下一次的预备状态。这时用户可以重新输入运行指令, 使计算机重复上述过程, 再执行一遍程序; 或者输入、运行一个新程序; 或者关闭计算机电源, 使计算机停止工作。

以上过程可用流程图表示如图1.4所示。

§1.3 计算机所采用的数制

一 数的进位制

所谓数制是按某种约定的原则进行记数的方法。我们通常所使用的十进制是一种“位置记数制”。它由0、1、2、…、9十个数码, 按“逢十进一, 退一当十”的原则横向排列起来表示一个数。一个十进制数的数值, 是由组成该数的各个数码及其所在的位置来决定的。例如201.92首尾的数码都是“2”, 但在不同的位置上, 因而具有不同的值。左边的“2”代表200, 即 2×10^2 ; 而右边的“2”代表0.02, 即 2×10^{-2} 。也就是说, 同一个数码处于不同的位置(数位)就具有不同的位置值, 这就是“位置原则”。

在位置记数制中, 某数制所使用的数码的个数称为该数制的基; 各个数位所具有的位置值称为该数位的权。在十进制中, 其基数是十; 各数位的权是以十为底的幂, 每向左前进一位, 其位置值为原来的十倍; 每向右后退一位, 其位置值为原来的十分之一。数201.92实际上可用下面展开式表示:

$$201.92 = 2 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 1 \times 10^0 + 9 \times 10^{-1} + 2 \times 10^{-2}$$

一般地, 任意一个十进制数 N , 可以记为

$$N = a_{n-1}a_{n-2} \cdots a_1a_0 \cdot a_{-1}a_{-2} \cdots a_{-m}$$

其值为:

$$\begin{aligned} N &= a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_1 \times 10^1 + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} + a_{-2} \times 10^{-2} + \\ &\quad \cdots + a_{-m} \times 10^{-m} \\ &= \sum_{i=-m}^{n-1} a_i \times 10^i \end{aligned}$$

其中, i 是权位, a_i 是10的 i 次幂位上的数码。

这个关于10的“多项式”称为数 N 按权的展开式, 它表明了十进制数的记法与其值之间的一般关系。

实际上, 在位置记数法中, 基数可以是任意大于1的正整数 p 。与十进制相仿, 任一 p 进制数 N 可以记为:

$$N = b_{n-1}b_{n-2} \cdots b_1b_0 \cdot b_{-1}b_{-2} \cdots b_{-m}$$

其值为:

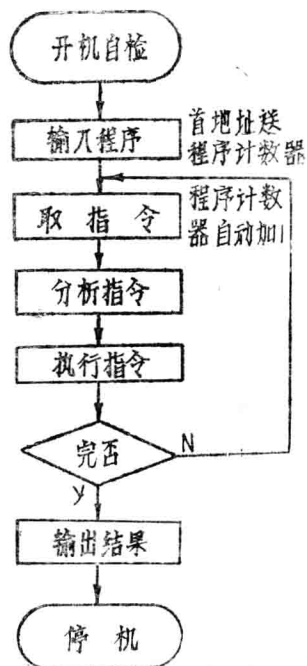


图 1.4

$$N = b_{n-1} \cdot p^{n-1} + b_{n-2} \cdot p^{n-2} + \dots + b_1 \cdot p^1 + b_0 \cdot p^0 + b_{-1} \cdot p^{-1} + b_{-2} \cdot p^{-2} + \dots + b_{-m} \cdot p^{-m}$$

$$= \sum_{i=-n-1}^{-m} b_i p^i$$

其中 b_i 是0, 1, ..., $(p-1)$ 中的某一个数码。数码 b_i 所在的数位, 叫 p 的 i 次幂位, 其位置值(或权)是 p^i 。上式也称为数 N 按权的展开式。

由上可见 p 进制的一般规律是: (1)数码的个数等于基数, 最小的数码是0, 最大的数码是基数减1; (2)相邻两个数位的权相差 p 倍, 计数时按“逢 p 进一, 退一当 p ”的原则进行; (3)每位数的值等于该位数码乘该位的权; 整个数的值是按权展开式的值。

按上面的规律我们可以定义二进制、八进制、十六进制等。它们与十进制比较, 只是基和权不同而已。当然, 怎样选择 p 的值而得到不同的进制制, 要根据实际需要确定。在计算机中, 二进制就特别有用, 这是因为:

1. 二进制只有二个数码0和1, 它容易用物理上具有二种稳定状态的元件来实现, 如开关的闭合与断开, 管子的导通与截止, 磁化方向的正与反等。

2. 二进制数的运算简单, 可使运算器的结构简化, 控制器也比较简单, 从而可以大大简化电路和节省设备。

3. 二进制的数码0和1, 不仅可表示一般数值, 也可表示逻辑值(真、假), 从而可以进行逻辑运算。同时由于采用二进制, 在设计计算机电路时, 可以用逻辑代数的理论和方法进行分析与综合。

因此, 现代的数字计算机, 都毫无例外地采用二进制。但是二进制数书写起来较长, 读起来也不方便。因此在计算机中, 有时又用八进制和十六进制来作为二进制数的缩写。如二进制数 $(100000000)_2$ (以下用圆括弧外的足标来表示某种数制的基数, 没有注明足标的表示十进制的数), 对应的八进制数是 $(400)_8$, 对应的十六进制数是 $(100)_{16}$ (关于它们的转换方法, 下节再作介绍)。比较起来八进制数和十六进制数, 比相应的二进制数位数少, 数值越大, 位数减少越明显。

需要指出的是十六进制的基是十六, 应有十六个数码, 最大的一个应是十五, 但在阿拉伯数字中, 最大的数码是9, 对9以上的数字不能用一位阿拉伯数字表示, 于是规定了依次用A、B、C、D、E、F来表示10、11、12、13、14、15。

十进制、二进制、八进制、十六进制数的关系如表1.1所示。

表1.1 十进制、二进制、八进制、十六进制数间的关系

十进制	1	2	3	4	5	6	7	8
二进制	1	10	11	100	101	110	111	1000
八进制	1	2	3	4	5	6	7	10
十六进制	1	2	3	4	5	6	7	8
十进制	9	10	11	12	13	14	15	16
二进制	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111	10000
八进制	11	12	13	14	15	16	17	20
十六进制	9	A	B	C	D	E	F	10

二 不同数制间的转换

我们习惯使用十进制数，而计算机使用的是二进制数，在书写时又常用八进制数和十六进制数，这里就存在着一个不同数制间的转换问题。

数制的转换，实质上是基的转换。转换的原则是：如果两个有理数相等，则两数的整数部分和小数部分分别相等。因此，要将某种进位制的有理数，转换成另一进位制的有理数，必须对该数的整数部分和小数部分分别进行转换。

1. 二进制数转换成十进制数 二进制数转换成十进制数的方法是“按权展开”。即将二进制数各位的数码与该位的权相乘，再将各乘积项相加，其和就是对应的十进制数。

例1 化 $(110111)_2$ 为十进制数。

$$\begin{aligned}(110111)_2 &= 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &= 32 + 16 + 4 + 1 = 55\end{aligned}$$

例2 化 $(0.101)_2$ 为十进制数

$$\begin{aligned}(0.101)_2 &= 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 0.5 + 0 + 0.125 = 0.625\end{aligned}$$

例3 化 $(101.101)_2$ 为十进制数

$$\begin{aligned}(101.101)_2 &= 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} \\ &= 4 + 0 + 1 + 0.5 + 0 + 0.125 \\ &= 5.625\end{aligned}$$

2. 十进制数转换成二进制数 将十进制数转换成二进制数，需将整数部分和小数部分分别转换。整数部分的转换方法是“除2取余”；小数部分的转换方法是“乘2取整”。

除2取余法是将一个十进制整数用2去除，得一个商和余数(0或1)，再将商用2去除，又得一个商和余数，这样进行下去直到商是零为止。将各次除2所得的余数，按照“先得为低位，后得为高位”排列起来，就是该十进制数的二进制形式。

例4 化75为二进制数

$$\begin{array}{ccccccc} & \text{从右至左为依次所得的商} & & & & & \\ 0 \leftarrow 1 \leftarrow 2 \leftarrow 4 \leftarrow 9 \leftarrow 18 \leftarrow 37 \leftarrow 75 & & & & & & \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ (\text{最高位}) & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & (\text{最低位}) \\ & \leftarrow & & & & & & & \leftarrow \\ & \text{从右至左为依次所得余数} & & & & & \end{array}$$

所以 $75 = (1001011)_2$

乘2取整法是将一个十进制纯小数用2去乘，取结果的整数部分(0或1)，再将结果的小数部分乘以2又取其积的整数部分，这样进行下去直到小数部分为0或取到所要求的位数为止。将各次乘2所得的整数顺排起来，就是该十进制纯小数的二进制形式。

例5 化0.6875为二进制数

$$\begin{array}{ccccccc} & \text{从左至右为依次所得积的小数部分} & & & & & \\ 0.6875 \rightarrow 0.375 \rightarrow 0.75 \rightarrow 0.5 \rightarrow 0 & & & & & & \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & & & \\ (\text{最高位}) & 1 & 0 & 1 & 1 & & (\text{最低位}) \\ & \leftarrow & & & & & \leftarrow \\ & \text{从左至右为依次所得积的整数部分} & & & & & \end{array}$$

所以 $0.6875 = (0.1011)_2$

值得注意的是,不是任何十进制的有限小数,都能转化成二进制的有限小数的。此时可根据精度要求,按照“0舍1入”的原则化到一定位数为止。例如:化0.6531为二进制数。

用乘2取整法

$$\begin{array}{ccccccc} 0.6531 \rightarrow 0.3062 \rightarrow 0.6124 \rightarrow 0.2248 \rightarrow 0.4496 \cdots \\ \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \quad \quad \downarrow \\ 1 \quad \quad 0 \quad \quad 1 \quad \quad 0 \quad \quad 0 \quad \cdots \end{array}$$

若取到小数部分第四位,则得

$$0.6531 \approx (0.1010)_2$$

对于整数部分与小数部分均不为0的十进制数,转换成二进制数时,只需将整数部分和小数部分分别转换,再用小数点将整数部分和小数部分连接起来就行了。

例6 化75.6875为二进制数

由例4和例5可知: $75 = (1001011)_2$ $0.6875 = (0.1011)_2$

所以 $75.6875 = (1001011.1011)_2$

3. 二进制数与八进制数、十六进制数间的转换 由于 $2^3 = 8$, $2^4 = 16$, 所以一位八进制数可以用三位二进制数表示;一位十六进制数可用四位二进制数表示。因此,二进制数与八进制数、十六进制数间的转换变得十分简单。比如二进制数转换成十六进制数时,只要从小数点开始,整数部分从右向左每四位分一组,不足四位的在左边添0补足四位;小数部分从左向右每四位分一组,不足四位的在右边添0补足四位,分组后再将各组二进制数,写成对应的十六进制数,转换即告完成。与此相反,将十六进制数转换成二进制数时,只需将每位十六进制数,写成对应的四位二进制数就行了。

例7 求 $(1011111.01101)_2 = (?)_{16}$

$$\begin{array}{ccccccc} & \longleftarrow & & \longrightarrow & & & \\ (1011111.01101)_2 & = & (0101 & 1111.0110 & 1000)_2 \\ & & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \\ & & 5 & F & 6 & 8 & \text{——十六进制} \end{array}$$

所以 $(1011111.01101)_2 = (5F.68)_{16}$

例8 求 $(D57.7A5)_{16} = (?)_2$

$$(D)_{16} = (1101)_2, (5)_{16} = (0101)_2,$$

$$(7)_{16} = (0111)_2, (A)_{16} = (1010)_2$$

所以 $(D57.7A5)_{16} = (\underline{1101} \ \underline{0101} \ \underline{0111}. \underline{0111} \ \underline{1010} \ \underline{0101})_2$

二进制数与八进制数间的转换,按上述方法,只需将分组改为每三位一组,读者就不难自己去完成转换。

三 信息的数字编码

计算机是一种信息处理机,来自社会和自然界的信息是各式各样的,计算机要处理它首先必须能识别它。为此,将信息进行编码是一个好方法。就象裁判员将运动员编码,电报员将文字编码一样,这给信息处理带来极大的方便。由于计算机能存贮、识别、传递二进制数,因此信息的编码自然就采用二进制编码了。

1. 数字编码 计算机在作数值计算时是采用二进制的,因此在输入数据和输出结果时