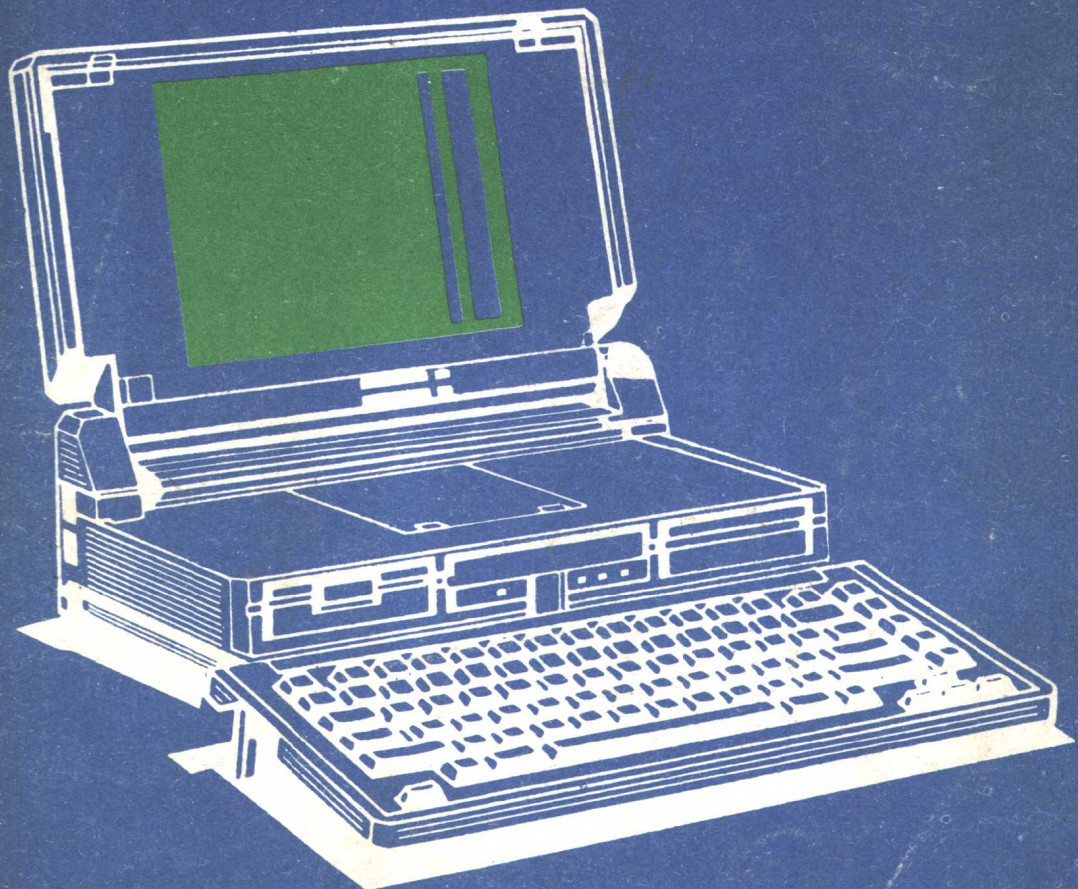


医用计算机原理

医用计算机原理

YI YONG JI SUAN JI YUAN LI

王世迪等著



319
SD
69.3

出版
社

医用计算机原理

王世迪 等编著

光明日报出版社

内 容 提 要

本书对计算机在医学中的应用进行了全面的讨论,用了两章分别讲解了 BASIC 语言原理及高级编程技术。对计算机在医学中的几个主要应用领域:医用数理统计程序、文字处理和数据库技术、生物电信号处理、计算机图像处理和人工智能专家系统,分别介绍了基本原理和系统设计思想,并给出了应用实例。

本书可用于广大医务工作者学习计算机语言和学习掌握设计方案,作为教材可适用于医学院校的教师及本科生、研究生等不同层次的教学需要。

医用计算机原理

王世迪等编

光明日报出版社出版
(北京永安路 106 号)

新华书店发行所发行	北京胶印三厂印刷
787×1092 毫米 16 开本	11 印张 220 千字
1989 年 8 月第一版	1989 年 8 月第一次印刷
1-7200 册	定价: 4.00 元

统一书号: ISBN7-80014-491-7 / R.045

序

计算机的广泛应用推动了新一代的技术革命,正日益显示出巨大的效益。在今后很长一段时间内,重要技术的发展直接或间接地与计算机有关,医学也不例外。在医学中有很多领域有待开发,由于个体间的差异和多因素的影响,对医学、生命科学的定量化和系统化更需要运用计算机。目前,计算机等新技术学科都十分重视在医学领域中的开发和应用,医务工作者掌握基本的计算机知识,特别是了解计算机在课题开发中的可行性是十分必要的。

本书基于这样的基本思想,在内容安排上考虑到了医务工作者自学的需要,在作为医学院校计算机课程的教材时,能满足不同层次和不同授课时数的教学要求。本书共八章,第一章介绍了计算机的基本原理,第二、三章是本书的主要部分,讲解了 BASIC 语言的基础知识及其深入的编程技术。第四章到第八章分别讨论了常用医用数理统计程序、文字处理和数据库技术、生物电信号处理、计算机图像处理和图形学以及人工智能和专家系统,包括了计算机在医学上应用的各个主要方面,讲解了其基本原理、系统设计方案和主要的程序段。广大医务工作者可以根据所从事的专业选择适当的章节进行学习。

由于中学已逐步开设了计算机课程,在医学院校的本科生教学中需要提高深度,本书第三章 BASIC 语言的深入学习和第四章常用医用数理统计程序,可选用作教材。研究生计算机课程的教学,由于本科阶段基本上已学过 BASIC 语言的内容,所以可考虑选用第四、五章作为公共教学部分,另根据专业,在第六到第八章中选用一章讲解或开设讲座,在条件成熟时,可开设选修课。第二章 BASIC 语言部分,对于大多数未学过计算机的学生,在目前的教学中仍是必要的,它是学习计算机的基础。

本书以 IBM-PC (PC/XT, PC/AT) 及其兼容机和 APPLE II (APPLE II e) 作为样机,讲解了系统构成、DOS 命令及 BASIC 语言程序的编制。由于医疗单位和医学院校学生用机主要是这两种机型,而正处于逐步从 APPLE 机向 IBM-PC 机过渡的阶段,介绍这两种机型,以利于用户开发的软件推广应用。

根据目前的现实情况,本书以 BASIC 语言作为主要的计算机高级语言进行介绍。BASIC 语言虽已有二十几年的历史,但通过改进版本和扩展功能,在今后很长一段时间内,仍有很强的生命力, BASIC 语言易学易懂,通用性强,适合于医务工作者和医学院校学生学习和使用。

本书配有一张计算机软盘,包括书中所有的程序,以及常用医用数理统计程序包,电信号处理系统 (IBM-PC 版本), 计算机图像处理系统 (IBM-PC 版本) 及演示数据文件。所有程序系统均与书中相对应并较书中的程序更为完善,功能更强,可用于实际。

重庆医科大学计算机室

1989.1.

医用计算机原理

王世迪 等编著

光明日报出版社

序

计算机的广泛应用推动了新一代的技术革命,正日益显示出巨大的效益。在今后很长一段时间内,重要技术的发展直接或间接地与计算机有关,医学也不例外。在医学中有很多领域有待开发,由于个体间的差异和多因素的影响,对医学、生命科学的定量化和系统化更需要运用计算机。目前,计算机等新技术学科都十分重视在医学领域中的开发和应用,医务工作者掌握基本的计算机知识,特别是了解计算机在课题开发中的可行性是十分必要的。

本书基于这样的基本思想,在内容安排上考虑到了医务工作者自学的需要,在作为医学院校计算机课程的教材时,能满足不同层次和不同授课时数的教学要求。本书共八章,第一章介绍了计算机的基本原理,第二、三章是本书的主要部分,讲解了 BASIC 语言的基础知识及其深入的编程技术。第四章到第八章分别讨论了常用医用数理统计程序、文字处理和数据库技术、生物电信号处理、计算机图像处理和图形学以及人工智能和专家系统,包括了计算机在医学上应用的各个主要方面,讲解了其基本原理、系统设计方案和主要的程序段。广大医务工作者可以根据所从事的专业选择适当的章节进行学习。

由于中学已逐步开设了计算机课程,在医学院校的本科生教学中需要提高深度,本书第三章 BASIC 语言的深入学习和第四章常用医用数理统计程序,可选用作教材。研究生计算机课程的教学,由于本科阶段基本上已学过 BASIC 语言的内容,所以可考虑选用第四、五章作为公共教学部分,另根据专业,在第六到第八章中选用一章讲解或开设讲座,在条件成熟时,可开设选修课。第二章 BASIC 语言部分,对于大多数未学过计算机的学生,在目前的教学中仍是必要的,它是学习计算机的基础。

本书以 IBM-PC (PC/XT, PC/AT) 及其兼容机和 APPLE II (APPLE II e) 作为样机,讲解了系统构成、DOS 命令及 BASIC 语言程序的编制。由于医疗单位和医学院校学生用机主要是这两种机型,而正处于逐步从 APPLE 机向 IBM-PC 机过渡的阶段,介绍这两种机型,以利于用户开发的软件推广应用。

根据目前的现实情况,本书以 BASIC 语言作为主要的计算机高级语言进行介绍。BASIC 语言虽已有二十几年的历史,但通过改进版本和扩展功能,在今后很长一段时间内,仍有很强的生命力, BASIC 语言易学易懂,通用性强,适合于医务工作者和医学院校学生学习和使用。

本书配有一张计算机软盘,包括书中所有的程序,以及常用医用数理统计程序包,电信号处理系统 (IBM-PC 版本), 计算机图像处理系统 (IBM-PC 版本) 及演示数据文件。所有程序系统均与书中相对应并较书中的程序更为完善,功能更强,可用于实际。

重庆医科大学计算机室

1989.1.

目 录

第一章 计算机的基本原理		1 数值运算函数	40
1-1 发展	5	2 字符串处理函数	41
1-2 构成	6	3 自定义函数	42
1-3 数制	6	练 习	
1-4 原理	8	A2-1 磁盘操作系统	44
1-5 程序	9	A2-2 文件管理命令	45
1-6 语言	10	A2-3 打印操作命令	47
A1-1 ASC II 码表	11	A2-4 DOS 命令	48
第二章 BASIC 语言		第三章 BASIC 语言的深入学习	
2-1 BASIC 语言的基本概念		3-1 数据文件	
1 BASIC 程序的构成及规则	12	1 顺序文件	53
2 程序的输入和修改	13	2 随机文件	55
3 常量、变量及表达式	14	3-2 作图指令	
4 BASIC 的三种状态	15	1 IBM-PC 机的作图指令	58
2-2 数据的输入和输出		2 APPLE 机的作图指令	61
1 输出语句 (PRINT)	15	3 常用作图程序的编制	64
2 赋值语句 (LET)	17	3-3 与内存的直接联系	
3 键盘输入语句 (INPUT)	18	1 内存图	67
4 读数语句 (READ) 和		2 内存的直接读写	69
置数语句 (DATA)	20	3 二进制数据文件存取	69
练 习		4 汇编语言子程序的调用	70
2-3 转移		第四章 常用医用数理统计	
1 无条件转移 (GOTO)	23	4-1 均数和标准差	71
2 程序框图	23	4-2 检验	
3 条件转移 (IF.....THEN)	24	1 配对资料 t 检验	72
练 习		2 两均数比较的 t 检验	73
2-4 循环		3 单因素方差分析	75
1 循环语句 (FOR/NEXT)	28	4 按两因素分组的多个样本	
2 多重循环	30	均数的比较	76
3 数组	32	4-3 R×K 列联表分析及	
练 习		剩余残差分析	78
2-5 子程序	37	4-4 回归	
1 子程序调用和返回命令 (GOSUB/		1 直线回归	81
RETURN)	37	2 曲线回归 (可化为直线的曲线)	83
2 开关语句 (ON...GOSUB,		3 多元逐步线性回归	88
ON...GOTO)	39	4-5 药物代谢动力学二室模型拟合	95
练 习			
2-6 函数	40		

第五章 文字处理和关系数据库

5-1 文字处理软件 (Wordstar)

1 文件编辑	101
2 文件打印	103
3 字块操作	105
4 文件操作命令	106
5-2 dBASE III 关系数据库软件	107
1 建立数据库文件	108
2 输入数据	109
3 检索记录	112
4 组织数据库	115
5 dBASE III 程序的编制 (命令文件)	117
6 报表文件	123
7 dBASE III 常用的 SET 命令和函数	124
8 几个简单的命令	126
9 实例	126

第六章 计算机生物医学信号处理

6-1 生物医学信号及传感器	129
6-2 信号采样	
1 采样定理	130
2 模数转换器	131
6-3 信号处理软件	
1 脉冲计数	132
2 导数算法	133
3 积分算法	134
4 峰值及谷值检测	134
5 滤波	135
6-4 频域分析	136
6-5 数据压缩	138
6-6 生物医学信号处理演示程序	138

第七章 计算机图像处理和计算机图形学

7-1 计算机图像处理

1 数字图像	142
2 图像增强	143
7-2 计算机图形学	148
1 三维重建	149
2 信息库的数据结构	149
3 三维重建图形的显示	149
4 任意角度截面的显示	152

第八章 人工智能和专家系统

8-1 人工智能

1 人工智能的定义	153
2 人工智能的研究领域	153
8-2 知识的表达	
1 知识的表达方法概述	154
2 一阶谓词逻辑	154
3 产生式系统	155
8-3 专家系统	155

8-4 Micro-PROLOG 语言

1 PROLOG 语言的基本特点	156
2 Micro-PROLOG 语言引言	156
3 SIMPLE 语法	157
4 标准语法	160
5 一个关于选择药的例子	161

实验一 开机 键盘操作	163
实验二 编辑命令	165
实验三 磁盘操作系统 DOS 命令 I	169
实验四 打印机的操作	172
实验五 DOS 命令 II	173

第一章 计算机的基本原理

自 1945 年 12 月世界上第一台计算机 ENIAC 到现在只有四十几年, 但电子计算机的广泛应用推动了信息革命, 特别是七十年代微型计算机的出现, 使计算机走向社会, 对社会的发展产生了深远的影响。本章主要讨论微型计算机的基本工作原理, 以期能对微型计算机的发展、结构以及工作方法有一个基本的了解。

1-1 发展

对计算机发展的过程主要从所用器件的变化和计算机的规模这两方面进行讨论。

第一台计算机是用电子管工作的, 称为第一代。电子管计算机体积大, 耗电多, 电路复杂, 可靠性很低, 平均无故障工作间隔 MTBF 只有几十分钟。1948 年发明了晶体管, 很快用晶体管制成了第二代计算机, 体积和耗电都大为减少, 但电路仍很复杂, MTBF 只提高了几倍。人们想到可以将几个或几十个晶体管在生产厂里装在一块板上, 完成一定的功能, 板上只有少数几根引线引出, 可以大大简化计算机内的电路, 这就是集成电路。采用集成电路在 50 年代末制成的计算机称为第三代计算机。由于电路大大简化, 故障率大幅度下降。进一步的发展是在工艺上提高集成度, 在一片 (Chip) 集成电路上制成几千、几万个晶体管, 这就是六十年代中到现在的第四代计算机所采用的大规模集成电路 LSIC (Large Scale Integrated circuit)。目前使用的都是第四代计算机。平均无故障工作间隔 MTBF 已达几千小时。下一代计算机为第五代, 现正在研制中, 主要需解决的问题是要大大提高集成度, 并用并行处理方法代替目前计算机所采用的串行处理方式, 以模拟人的思维, 提高计算机的智能。第五代计算机是下一世纪高技术的标志, 各国都在集中力量加紧研制。

从计算机的规模上划分有超级 (Super-Computer)、大型 (Large-Scale Computer)、中型 (Mid-Computer)、小型 (Mini-Computer) 和微型计算机 (Micro-Computer)。超大型计算机用于国家的大型项目, 需要由一个配备有硬件、软件及系统工程专业人员组成的机构进行操作使用、调试和检修。具有极大的存储量和极快的运行速度。中型计算机在国内目前用于部、所及重点院校。小型计算机需几个到十几个专业人员进行操作, 价格近百万。而微型计算机可以由一个人独立操作, 非计算机专业人员经过短期学习就能应用自如, 价格能为各单位, 甚至个人承受, 自七十年代中出现后, 计算机才在社会上得到广泛应用, 极大地促进了生产力的发展。

微型计算机的功能是很强的, 充分利用微型计算机的资源能够满足医学领域的绝大多数需要。国内目前使用的微型计算机主要有美国 IBM 公司的 IBM-PC 机及其兼容机和苹果公司的 APPLE II 型机。相应的国产机型号是长城和紫金。

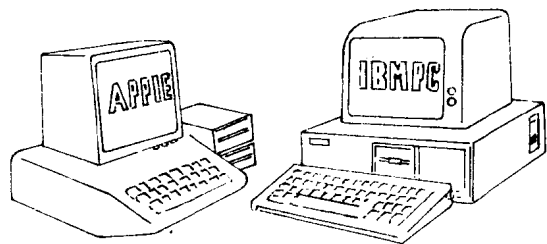


图 1-1

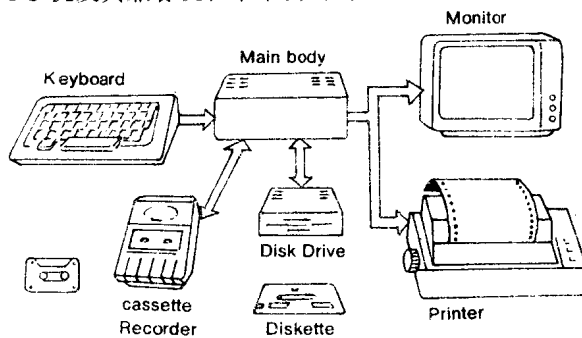


图 1-2

1-2 构成

微型计算机是处理信息的工具，因此必须将信息输入计算机，由计算机进行处理后又必须将信息输出。输入设备和输出设备是信息处理工具必不可少的部分。实际上输入和输出是人和计算机的对话 (dialog)。微型计算机的输出设备效率是较高的，一般可以满足实际工作的需要，而输入设备的效率相对较低，大量的数据和程序输入需要花费大量的时间，因此必须保存已输入的信息，微型计算机一般都配备有存储设备。处理信息由微型计算机的主机 (Main body) 完成。完整的微型计算机系统由主机、输入设备、输出设备和存储设备构成。图 1-2 是微型计算机的构成图，箭头表示信息的流向。

主机：主机是微型计算机的主体，对信息进行处理。工作原理在 1-4 节中介绍。区别于主机，其他输入、输出和存储设备又统称为外围设备 (Peripheral equipment)。

输入设备：键盘 (Keyboard) 是目前微型计算机上唯一的输入设备，所有需要输入的信息，如数据、程序和文字等都是通过击键打入计算机，效率是较低的。计算机的键盘类似于英文打字机的键盘，只增加了几个计算机特有的功能键，汉字也通过键盘输入，常用的方式有拼音法、区位码法、五笔字型法等。利用其他效率更高的输入设备是目前研究的重点，如用话筒输入语音，或用摄像机摄入数字、文字画面，但都需要经过语音识别或图像识别，目前仍处于研制阶段。键盘与主机的信息流向是单向的，由键盘到主机。

输出设备：显示屏 (Screen) 是微型计算机的主要输出设备。可以显示 24 行，每行 40 或 80 个字符 (Character)。显示速度很快，每显示一个字符约几十微秒。为了永久保存保留输出的信息，可用打印机 (Printer) 将结果打印在打印纸上。打印速度约每秒一行，每行 80 或 132 个字符。显示屏、打印机与主机的联系是主机将信息传向显示屏或打印机，也是单向的。

存储设备：由于计算机是用电工作的，存储信息的方法最实用的是采用电-磁转换的原理将计算机中的信息存储在磁性材料上，计算机用的是磁盘 (Diskette)，通过磁盘驱动器 (Disk Drive) 计算机将信息存入 (Save) 磁盘，或由磁盘将信息装入 (Load) 计算机。因此磁盘驱动器与主机之间的信息交换是双向的。APPLE 机和标准的早期 IBM-PC 机可以用普通的盒式录音机将信息存在盒式磁带 (Cassette) 上，但速度慢、出错率高，使用不方便，现已很少使用。

由主机、键盘和显示器构成的系统叫最小系统，是能够进行正常工作的最小配置。当然，会给工作带来很多不便，但用作练习还是可行的。

1-3 数制

数制有二进制(Binary)、八进制、十进制 (Decimal)、十二进制以及十六进制 (Hexadecimal) 等。人们最熟悉的是十进制。但计算机是用电工作的，如果在计算机内采用十进制，就需要在传递信息的导线上用不同的电压来表示 0~9 这十种状态，这是很困难的。最简单，最可靠的方法是只在传递信息的导线上传递表示两种状态的信息：有电表示 1，无电表示 0。因此，计算机内采用的是二进制。二进制对计算机是适宜的，但人类社会通用的是十进制，因此必须用二进制数表示十进制。

首先参见图 1-3A，一根导线可以表示二种状态：0 和 1。为了表示更多的状态，计算机中采取的措施是用多根导线为一组来传递信息。图 1-3B 到 D 分别给出了二根、四根和八根导线的情况。二根导线可以表示四种状态，相当于十进制的 0~3。三根导线表示八种状态，即十进制的 0~7。四根导线表示十六种状态，包括了十进制的 0~9 这十个数，此外还有六种状态，为此，在计算机中广泛采用十六进制数 0~F 来对应由四根导线表示的十六种状态。十六进制数 0~9 与十进制相同，A~F 相对应于十进制数的 10~15。

位 (bit)：由上面讨论可以看到，导线的根数 n 和所能表示的状态数 M 之间的关系是： $M = 2^n$ 。在

计算机术语中将传递信息的每一根导线称作：位 (bit)。位的概念在存储信息的场合可以设想为一个开关：接通为 1，断开为 0，在一个盒子中有 n 个开关，可以存储 2^n 种状态的信息。

	Bin	Dec	Hex	Bin	Dec	Hex	Bin	Dec	Hex	Bin	Dec	Hex
0000	0000	0	0	0000	0	0	00	0	0	0	0	0
0000	0001	1	1	0001	1	1	01	1	1	1	1	1
0000	0010	2	2	0010	2	2	10	2	2			
0000	0011	3	3	0011	3	3	11	3	3			
0000	0100	4	4	0100	4	4						
0000	0101	5	5	0101	5	5						
0000	0110	6	6	0110	6	6						
0000	0111	7	7	0111	7	7						
0000	1000	8	8	1000	8	8						
0000	1001	9	9	1001	9	9						
0000	1010	10	A	1010	10	A						
0000	1011	11	B	1011	11	B						
0000	1100	12	C	1100	12	C						
0000	1101	13	D	1101	13	D						
0000	1110	14	E	1110	14	E						
0000	1111	15	F	1111	15	F						
0001	0000	16	10									
⋮												
0010	0000	32	20									
⋮												
0100	0000	64	40									
⋮												
0111	1111	127	7F									
1000	0000	128	80									
⋮												
1111	1111	255	FF									
!!!!	!!!!			!!!!			!!			!		
(D)				(C)			(B)			(A)		

图 1-3ABCD

字节 (byte)：在传递信息时由 n 根导线构成的一组导线或在存储信息时由 n 个开关构成的一个盒子，被认为是传递或存储信息的基本单位，称作字节 (byte)。一个字节由 n 位 (bit) 组成，可以表示 2^n 种状态的信息。组成一个字节 (byte) 的位 (bit) 的数目可以是 4、8、16 甚至 32，分别可以表示 16、256、65536 和约 4.295×10^9 种状态。微型计算机中常用的是八位组成一个字节，因此也叫八位计算机。或用十六位字节的十六位计算机等。

ASC II 码：世界上 70% 左右的计算机用于文字处理，文字处理需要表示二十六个大写字母，二十六个小写字母，十个数字以及几十个标点符号等字符。需要用 7bit，共 128 种状态。但 7 是素数，使用中不方便，因此采用八位构成字节。共可表示 256 种状态。每一个字母、数字和标点符号都有一个规定的代码，国际上通用的是美国标准信息交换代码 ASC II Code (American Standard Code for Information Interchange)。原用于电报和电传，计算机也采用了这一标准代码 (附 A1-1)。ASC II 码的 128-255，常用来表示一些图形符号，非标准拉丁字母及日文假名等。每个字节可存储一个字符，因此存储量的大小用字节 (byte) 数表示。每 1024 字节称为 1K byte。

字 (Word)：计算机中在传递或存储数值时可用一个，二个或多个字节构成一个字，表示一个数值。由一个字节构成的字可以表示范围为 0~255 的一个整数，或 -127~+127 的一个带符号的整数。二字节的字可以表示 0~65535 或 -32767~+32767 中的一个数。带符号的六位有效数字的小数需要用四字节的字表示，也叫单精度数值。有十四位有效数字的带符号带小数数值需用 7 字节的字表示。

1-4 原理

微型计算机主机内的主要部件有中央处理器 CPU，随机存储器 RAM，只读存储器 ROM，接口电路和逻辑电路。这些部件由地址总线 (Address bus)，数据总线 (Data bus) 和控制总线 (Control bus) 互相连接，见图 1-4A。

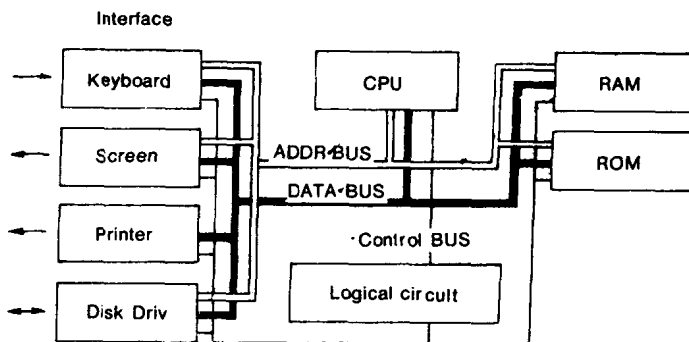


图 1-4A

中央处理器 CPU (Center Processing Unit) 是一块大规模集成电路，是整个微型计算机的总管，对计算机实行集中管理。一切指令都由 CPU 发出，数据的传输也都通过 CPU 进行。在 IBM-PC 机中采用的 CPU 是 Intel 公司的 8088，地址线二十位，数据线为八位，还有一组控制总线。工作频率为 4.77MHZ。APPLE 采用的是 Lockwell 公司的 6502，有十六位地址线，八位数据线和一组控制线，工作频率为 1.023MHZ。

随机存储器 RAM (Random Access Memory) 用于存储用户输入和计算机内部产生的数据、程序等资料。可以由 CPU 将数据写入 RAM，或由 CPU 从 RAM 中读出数据，“随机”是指既可写入又可读出。在 RAM 中的信息在关机断电后将丢失。在工作时需要每隔 2mS 刷新 (Refresh) 一次 RAM 中的信息。RAM 的存储量用千字节 (K bytes 1K=1024) 表示。IBM-PC 机的标准型装有 256K bytes 的 RAM，通常扩展到 512K 或 640K。APPLE 机 RAM 为 48K bytes。RAM 与 CPU 之间的信息流向是双向的。

只读存储器 ROM (Read Only Memory) 存放的是计算机出厂时已编制好的系统监控程序和 BASIC 语言解释程序。CPU 只能从 ROM 中读出信息，而不能写入，即 ROM 中的内容不能更改，停机断电后也不丢失。信息流向只能 ROM 流向 CPU，是单向的。IBM-PC 机的 ROM 为 48K，APPLE 机为 10K。

接口电路 (Interface) 是各种外部设备与 CPU 的连接电路。在 IBM-PC 和 APPLE 机中大多数接口电路独立装在一块板上，IBM-PC 机上的叫适配器 (Adapter)，APPLE 机上叫卡 (Card)。这些接口电路板插在主机板 (System board) 上的插槽中 (Slot)。键盘接口电路和 APPLE 机的显示器接口电路装在主板上。采用插槽插入接口电路板的设计可以灵活地配置计算机，以适应各种不同的要求。

逻辑电路由各种数字逻辑集成电路芯片 (Chip) 组成，执行 CPU 发出的指令。

计算机的存储器中因 RAM 和 ROM 在主机内，称为内存，而磁盘等称为外存。

下面介绍两个计算机工作原理的主要概念。

寻址 (Addressing): CPU 将数据写入 RAM 或从 RAM 和 ROM 中读出数据时必须选定进行读写的字节，选定存储单元的过程即为寻址。首先由 CPU 向地址总线发出地址信息和读/写指令，由逻辑电路选通存储单元使之有效，再由 CPU 在数据总线上发出数据值，被选通有效的那一个字节根据读/写指令

将数据总线上的数据写入或将数据放到数据总线上让 CPU 读取。IBM-PC 机的 CPU8088 有 20 根地址线，可对 $2^{10} = 1024\text{K bytes}$ 的存储器寻址。APPLE 机的 CPU6502 有 16 根地址线，寻址范围为 64K bytes。每个接口电路只相当存储器中的一个字节，叫端口地址 (Port Address)，寻址过程相同。

时态 (Timing)：整个微型计算机的工作由内部一个频率固定的脉冲信号控制，称为时钟 (Clock)，时钟的频率称为工作频率 f ，周期称为时钟周期 T 。CPU 的每个指令都有一定的执行时间，以 T 为单位。如 8088CPU 从内存中读取数据的时间为四个时钟周期 T 。因此时钟的工作频率直接决定计算机运行的速度。IBM-PC 的工作频率为 4.77MHz， $T = 0.21\mu\text{s}$ ，而 APPLE 机为 1.023MHz， $T = 1\mu\text{s}$ ，显然，IBM-PC 机的运行速度比 APPLE 机快。目前微型计算机工作频率最快已达 22MHz (CPU80386)。由时钟周期 T 决定一个指令执行的起始时刻和所需时间，这就是时态。图 1-4B 是 8088 读操作的时态图。在 CPU 发出读操作指令并给出地址后的一个 T 后，这时已寻址到所选字节，并注明是读操作。在读信号 (可以理解为控制总线的一部分) 和地址选通信号先后有效，二个 T 后数据有效，CPU 从数据总线上读得被选通字节放在数据总线上的数据，完成读操作。在图中可以看到读信号和地址有效的时间比数据有效时间长，这样保证了读操作的可靠性。

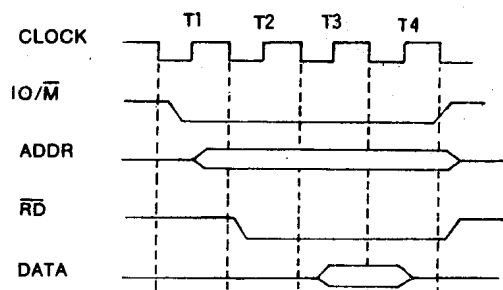


图 1-4B

计算机执行程序时的指令是存放在 ROM 或 RAM 中的，指令是一些特定的数表示的指令码，当 CPU 读到这些特定的代码后经过 CPU 内部的译码电路后发出相应的指令。一条指令执行完后又从 ROM 或 RAM 中读取指令代码，再发指令，计算机就这样不停工作，执行程序。

由以上分析可知，目前的微型计算机是实行串行工作方式的，逐条执行指令，CPU 在一个时刻只完成一项工作。这种运行模式称为冯·纽曼模型 (Von Neumann Model)，取得了很大的成功，但进一步提高运行速度很困难，特别是与人脑对信息采用并行处理的工作模式不同，不能很好地模拟人的思维过程。因此，今后发展的第五代计算机将采用并行处理模式工作，以更好地实现思维机器 (Reasoning Machine) 的目标。

1-5 程序

程序是为了达到某一目的所需执行的一系列操作。人们做任何事都有程序。计算机程序是用计算机所能理解的计算机语言逐条列出的一系列指令。程序有明显的时间逻辑性，某项操作应在一些操作以后，又需在另一些操作以前执行，这种前后顺序应该是明确的。

对一个程序评价应从三个方面考虑：可行性、可靠性和合理性。

可行性是微型计算机现有的设备和技术条件能否完成预期目标的可能性，需要对本书内容有了较完整的了解后，才能对可行性有一个较为清晰的概念。

可靠性是指程序能否完成预期目标，即在系统设计所要求的使用范围内，程序应该都能顺利通过，不应发生错误，这是对程序的基本要求。

合理性也叫优化程度。能够完成同一目标的可以有很多个不同的程序，这些程序都是可靠的，但其中必然有一个是最优的。应当追求最优，但不要断定某个程序就是最优的。合理性是追求最快的运行速度，最小的占用内存。但为了使程序清晰可读，缩短开发周期而采用较高级的语言，改善人机对话性，往往在运行速度和占用内存上作一些牺牲，这是必要的。所以一个程序的优化是综合多因素的结果。

计算机的设备本身称作硬件 (Hardware)。计算机和其他仪器有很大的不同, 仅有计算机硬件是无法工作的, 必须有丰富的程序来完成各种任务。程序是一种知识密集型产品, 是纯脑力劳动的结果, 称为软件 (Software)。软件是使硬件完成任务所必不可少的知识。硬件设备由于技术的提高和批量生产, 其成本逐年下降。而软件是脑力劳动的产品, 无法批量生产, 其价值正不断提高, 各行业对软件技术的需求也在逐年增大。

1-6 语言

计算机程序必须用计算机语言编写。计算机只能理解用二进制数编写的指令代码程序, 指令代码语言称为机器语言 (Machine Language) 或汇编语言 (Assemble Language), 是一种低级语言 (Low Level Language)。计算机专业人员应该掌握机器语言, 但对广大使用者来说机器语言是难以接受的。广大用户希望用自然语言编写程序, 但这是计算机目前无法理解的。解决的方法是设计出多种计算机高级语言 (High Level Language), 选用自然语言中的有限个单词或符号作为指令 (Instruction), 以适应人们的习惯。由计算机高级语言将这些指令转换成计算机能够理解的二进制代码。这种转换有两种方法, 一种是在执行由高级语言编写的程序时每遇到一条指令将其翻译成二进制代码, 并执行之, 这种高级语言叫解释型 (Interpreter) 语言, 另一种方法是在编写完程序后, 经过一个编译过程, 一次性地将程序转换成二进制代码程序, 然后执行, 这种高级语言称为编译型 (Compiler) 语言。后者执行速度快, 但占用内存大, 前者则正相反, 各有利弊。

人们对高级语言的要求是: 采用十进制、简单易学、语法严谨。各种高级语言程度不同地满足了这三条要求。但机器语言运行速度快, 节省内存, 优点是明显的, 在需要充分利用计算机资源的场合仍是十分有用的, 但不作为本书讨论的内容。

常用的计算机高级语言有通用的 BASIC 解释型、BASIC 编译型、PASCAL, 主要用于数值计算的 FORTRAN, 商业用的 COBOL 等, 另外一些实用软件如关系数据库软件 DBASE、财务管理软件 Visicalc、Lotus 等也有编制程序的功能, 也可以理解成是高级语言。

低级语言中常用的是用简单助记符表示指令代码的宏汇编 (Macro Assemble) 语言, 另外 IBM-PC 的 DEBUG 软件也能很方便地编制和调试机器语言级程序。

BASIC 语言虽然从 1964 年至今已有二十多年的历史, 但通过更新版本 (Version), 功能有很大的提高。由于 BASIC 语言有简单、易学、语法严谨的优点, 虽然速度较慢但仍得到广泛的应用, 有很强的生命力。本书主要讲解 IBM-PC 机和 APPLE 机的 BASIC 语言。

以上介绍的高级语言都是面向过程的语言, 即需要用户逐条编制程序。而面向目标的人工智能语言 PROLOG 和 LISP 则只需输入入口条件后由计算机自动经过推理得出结果。

附录 A1-1

ASC II Code Table

Dec	Hex	CHR	Dec	Hex	CHR	Dec	Hex	CHR	Dec	Hex	CHR
32	20	Space	56	38	8	80	50	P	104	68	h
33	21	!	57	39	9	81	51	Q	105	69	i
34	22	"	58	3A	:	82	52	R	106	6A	j
35	23	#	59	3B	;	83	53	S	107	6B	k
36	24	\$	60	3C	<	84	54	T	108	6C	l
37	25	%	61	3D	=	85	55	U	109	6D	m
38	26	&	62	3E	>	86	56	V	110	6E	n
39	27	'	63	3F	?	87	57	W	111	6F	o
40	28	(	64	40	@	88	58	X	112	70	p
41	29	)	65	41	A	89	59	Y	113	71	q
42	2A	*	66	42	B	90	5A	Z	114	72	r
43	2B	+	67	43	C	91	5B	[	115	73	s
44	2C	,	68	44	D	92	5C	\	116	74	t
45	2D	-	69	45	E	93	5D	]	117	75	u
46	2E	.	70	46	F	94	5E	^	118	76	v
47	2F	/	71	47	G	95	5F	_	119	77	w
48	30	0	72	48	H	96	60	`	120	78	x
49	31	1	73	49	I	97	61	a	121	79	y
50	32	2	74	4A	J	98	62	b	122	7A	z
51	33	3	75	4B	K	99	63	c	123	7B	{
52	34	4	76	4C	L	100	64	d	124	7C	
53	35	5	77	4D	M	101	65	e	125	7D	}
54	36	6	78	4E	N	102	66	f	126	7E	~
55	37	7	79	4F	O	103	67	g	127	7F	Space

第二章 BASIC 语言

BASIC 语言是目前国际通用的计算机语言, 微型机都配有 BASIC 语言, 它简单易学, 功能很强, 主要用于数值计算及文字处理。

BASIC 是 Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code (初学者通用符号指令代码) 一词的缩写。BASIC 语言中有 17 条基本指令, 在任何版本的 BASIC 语言都应该有这 17 条指令。基本 BASIC 指令的功能、使用方法及格式在任何计算机上都基本一致。但在不同的机器或不同的版本中, 除了这 17 条指令, 还可能增加其它指令, 这些指令就构成了完整的 BASIC 语言。由于各种 BASIC 的增加部分有所不同, 所以各种 BASIC 版本之间的通用性受到一定限制, 用户在使用前, 必须查阅自己所使用的计算机说明书。

本章主要介绍 IBM-PC 系列微机及 APPLE-II 微机的基本 BASIC。

IBM-PC 机由美国的 MICROSOFT 公司配置了向上兼容的三种版本的 BASIC 语言, 即磁带 BASIC、磁盘 BASIC 和高级 BASIC, 其中后面二种存放在磁盘上, 必须在磁盘操作系统 DOS (Disk Operating System) 支持下才能运行, 现在大多数用 BASIC。

APPLE 机的 BASIC 分为浮点 BASIC (APPLE SOFT) 和整数 BASIC (INT BASIC) 二种, 本书主要介绍 APPLE 机的浮点 BASIC。APPLE 机的 BASIC 固化在 ROM 中, 一开机就自动装入。

2-1 BASIC 语言的基本概念

1. BASIC 程序的构成及规则

下面是一个完整的 BASIC 语言程序例子, 以此来说明 BASIC 语言的构成及规则。

例 1: 设有一圆, 直径为 100, 求该圆的面积。BASIC 语言程序如下:

```
10 LET D=100
20 LET R=D/2
30 LET A=3.14159*R^2
40 PRINT "AREA=";A
50 END
```

一个 BASIC 程序 (Program) 由若干个程序行 (Program Line) 组成, 例如上例的程序就是由五个程序行组成的。一个程序行又由行号和语句构成。

行号 (Line Number): 每个程序行的最前面的数字就是行号, 如上例中的 10、20、30、40、50。行号必须是正的十进制整数, 范围因机器的不同而异, IBM-PC 机允许从 0~65529, APPLE 机允许从 0~63999, 可以是连续的, 也可以是不连续的。行号的作用, 用来规定计算机执行程序时的先后顺序, 即不管输入的顺序如何, 计算机总是从最小的行号开始, 依次往下执行, 直到最大的行号。如上例, 最先执行第 10 行, 然后是第 20 行, …直到第 50 行。

如果某一程序行没有行号, 则表示只要一输入, 计算机就立即执行, 这样计算机就只能相当于一台计算器。

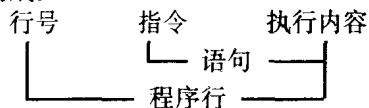
语句 (Statement): 行号右边的部分称为语句, 在程序运行时, 告诉计算机做什么。语句开始部分紧接着行号的是指令 (Instruction), 指令后面是执行内容。

指令定义了计算机可执行的各种功能, 命令计算机执行某种特定的操作。如例中的 LET、PRINT、END 等。指令是 BASIC 语言本身规定的, 不能改动或增减, 因此也称为“保留字” (Saved Word)。

指令后面的是执行内容, 指出指令将要执行的具体内容。有些指令没有执行内容部分, 如例中第 50

行的 END。

一个完整的程序行由三个部分构成。



BASIC 语言规定一个程序行（包括其中的空格）最多为 255 个字符，若一个程序行写不完，则将其分成两个或多个程序行。

一个程序行一般只能写一个语句，但是在很多 BASIC 版本中一个程序行允许写两个或多个语句（当然不能超过 255 个字符），语句之间用冒号：隔开，这样的程序行称为多语句行。例如可用一个程序行来代替上例中的第 10、20、30 行：

```
35 LET D=100:LET R=D/2:LET A=3.14159 * R^2
```

2. 程序的输入和修改

在启动计算机并进入 BASIC 语言后（操作步骤见附录 A2-1），即可输入已编好的程序。程序的输入是按程序行逐行输入的。

程序的输入利用键盘打入，每输入完一个程序行后必须按 RETURN（用↓表示）键，这样才使打入的程序进入计算机的内存。

在按 RETURN 键前，发现输入的程序行有错，可以用←，→键移动光标到出错处进行修改，然后将光标移到该程序行的末尾，再按 RETURN 键，进入内存。如按 RETURN 键后发现有问题，则进入编辑状态进行修改。

输入的程序行必须有行号。若没有行号，计算机在按 RETURN 键后立即执行这行语句，而不送入计算机的内存。

立即执行指令 LIST，将列出已存入内存的程序清单，在输入程序时经常需要用 LIST 命令查看已输入的程序。

立即执行指令 CLS（IBM-PC 机用）或 HOME（APPLE 机用），可以清除显示屏上的所有信息，出现无任何信息的显示屏。在输入程序时为了清楚地查看输入的程序，往往在 LIST 前先清屏。清屏指令 CLS 或 HOME 仅仅清除显示屏上的信息而不清除已存入内存的程序。对清屏指令可以放心地使用。

立即执行指令 NEW 将清除已存入内存的所有程序，但不清屏。在输入一个新的程序前，为了防止存在计算机里的原有程序与新程序产生混淆，应该先执行 NEW，以清除原有的程序。在执行 NEW 后，接着执行 LIST 将会发现，没有程序被列出。执行 NEW 应小心，以防误操作丢失已输入的程序。

可立即执行指令 RUN，执行已输入的程序。如执行过程中发现错误，应予改正，反复调试，直至程序顺利通过。已调试完的程序可以存入磁盘或打印在打印纸上（以后介绍）。

3. 常量、变量及表达式

常量和变量是 BASIC 语言中两种常用的量。

常量：在程序中始终不变的量，常量的类型有两种，即字符串常量和数值常量。

字符串常量是用双引号括起来的一串字符，一个字符串最多可包含 255 个字符，这些字符包括各种标点符号、字母和数字。例中的“AREA=”就是字符串常量（不包括引号），在发出 RUN 命令后，得到的结果中 AREA= 是没有改变的。

数值常量：与数学中的常量的概念相同，有正、负数，整数与小数之分。

变量：在程序执行过程中可以改变的量，如例中的 D、R、A。

我们可以这样来理解，电子计算机的内存中有许多存储单元，可以把它视为许多小盒子，这些小盒子