

苹果-II BASIC程序设计

张世英 编

北京师范大学出版社

内 容 简 介

本书以苹果-I微型计算机为背景,详细地介绍了BASIC语言的各种法规则、程序设计方法及上机操作的步骤。这些内容对各种微型机用的。本书后六章以较大篇幅介绍了苹果-I微型机图形绘制与游戏设计的方法;磁盘操作系统与文件、6502指令系统及监控命令等。这对苹果-I的用户充分开拓苹果-I上所配的丰富软件会有很大帮助。

本书按教材形式写出,内容由浅入深,由易到难,凡具有中等以上文化程度的读者即可阅读。各章后均附有习题,并在书末给出了参考答案。书末附录把书中有关内容作了归纳整理,以供参考。

3461/23 22

苹果-II BASIC程序设计

张世英 编

北京师范大学出版社出版
新华书店北京发行所发行
湖南省新华印刷二厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 16.75 字数: 414千

1985年4月第一版 1985年4月第一次印刷

印数: 1—97,000

统一书号: 13243·77 定价: 3.70

编者的话

前

是

对

本书是以苹果-Ⅱ微型计算机为背景来介绍BASIC语言的。苹果-Ⅱ微型机软件非常丰富,其功能很强,目前这种机器在国内的用户已占首位。苹果-Ⅱ上所配的BASIC语言除个别语句和命令外,其基本语句在别的微型机上也是适用的。

书中以介绍算法语言为主,也提供了一些常用算法。但这些算法不需要高深的数学知识,有一般中等文化水平也就可以了。书中后一部分介绍的苹果-Ⅱ图形绘制、游戏程序的设计方法、磁盘操作系统与文件、6502指令系统及监控命令、苹果-Ⅱ整数BASIC等仅适用于苹果机,内容比较全面而深入,其中相当一部分从现有资料上是查找不到的。

书中力求给读者以准确的概念,并对一些常见错误给出了必要的分析与说明。同时,书中还以相当的篇幅介绍了调试手段与纠正错误的措施。这些内容不仅对一般读者有用,对教授这门课的教师以及指导上机的教师,也是很有用处的。

本书内容,有一定的厚度。本书以“计算机盲”作为对象开始叙述,除了介绍语言以外,逐步引入计算机的一些更深入的概念,这不仅能引起读者进一步的求知欲,而且对进一步学习计算机的其它课程,有一定的帮助。

本书内容在叙述方法上力求由浅入深,通俗易懂;内容安排上前后连贯,由易到难。各章均配有一定量的习题并在书末给出了答案。这些习题和答案有利于读者对各章内容的复习和巩固。

在本书编写过程中,北京师范大学现代化教育技术研究所荣树熙副教授、北京师范大学出版社编辑部的同志提出过不少宝贵

意见，在此表示感谢。由于编者水平有限，加上编写时间仓促，错误缺点在所难免，敬请广大读者批评指正。

作者

目 录

第一章 计算机的一般知识	(1)
§ 1. 引言.....	(1)
§ 2. 电子计算机的基本结构.....	(4)
§ 3. 计算机中数的表示.....	(7)
§ 4. 计算机语言.....	(11)
第二章 BASIC语言的基本概念	(18)
§ 1. BASIC语言的特点.....	(18)
§ 2. BASIC程序的构成.....	(20)
§ 3. 常量与变量.....	(22)
§ 4. 标准函数.....	(26)
§ 5. 运算符和表达式.....	(29)
§ 6. 上机操作提要.....	(32)
第三章 数据的输入与输出	(42)
§ 1. 必要的说明.....	(42)
§ 2. 打印语句(PRINT).....	(46)
§ 3. 赋值语句(LET).....	(52)
§ 4. 键盘输入语句(INPUT).....	(56)
§ 5. 读数语句和置数语句(READ和DATA)	(61)
§ 6. 恢复数据区语句(RESTORE)	(62)
§ 7. 三种取得数据的语句的比较.....	(65)
§ 8. 算术函数的使用.....	(67)
§ 9. PR#与IN#	(72)

第四章	程序流向的转移	(75)
§ 1.	程序框图.....	(75)
§ 2.	无条件转向语句(GOTO)	(78)
§ 3.	条件转移语句(IF... THEN)的概念	(81)
§ 4.	条件式.....	(88)
§ 5.	应用程序举例.....	(94)
§ 6.	暂停语句(STOP)及调试程序的一般方法	(101)
§ 7.	注释语句(REM)	(102)
第五章	程序的循环	(107)
§ 1.	循环语句的基本概念.....	(107)
§ 2.	循环语句应用举例.....	(117)
§ 3.	多重循环.....	(122)
§ 4.	循环语句的深入讨论.....	(128)
第六章	程序模块	(146)
§ 1.	子程序.....	(146)
§ 2.	开关语句与出错处置.....	(163)
§ 3.	用户自定义函数.....	(167)
§ 4.	应用程序举例.....	(170)
第七章	数组与字符串函数	(184)
§ 1.	下标变量与数组的概念.....	(184)
§ 2.	数组说明语句(DIM).....	(189)
§ 3.	STORE与RECALL	(191)
§ 4.	应用程序举例.....	(192)
§ 5.	与字符串有关的几个函数.....	(214)
第八章	图形绘制	(223)
§ 1.	文本方式和文本方式下的图形绘制.....	(223)
§ 2.	低清晰度图形.....	(229)
§ 3.	高清晰度图形.....	(2

§ 4. 用图形表方法绘制高清晰度图形·····	(252)
第九章 唱歌与游戏程序的编写 ·····	(267)
§ 1. 唱歌程序的编写·····	(267)
§ 2. 游戏程序的编写·····	(275)
§ 3. 趣味教学程序一例·····	(296)
第十章 磁盘操作系统命令与文件 ·····	(308)
§ 1. 软磁盘·····	(308)
§ 2. DOS命令简介·····	(309)
§ 3. 顺序文本文件·····	(326)
§ 4. 自动APPLE:EXEC 命令的使用·····	(342)
§ 5. 随机文本文件·····	(347)
第十一章 6502指令系统及监控命令简介 ·····	(355)
§ 1. 6502的寄存器·····	(356)
§ 2. 6502指令分类·····	(357)
§ 3. 6502的寻址方式·····	(362)
§ 4. 补充说明·····	(372)
§ 5. 几个简单的程序例·····	(380)
§ 6. 监控命令简介·····	(383)
第十二章 深入的讨论 ·····	(397)
§ 1. DOS自举与内存分配·····	(397)
§ 2. 系统的建立·····	(401)
§ 3. 程序(或命令)的输入·····	(405)
§ 4. 程序(或命令)的运行·····	(415)
§ 5. 特殊技巧举例·····	(424)
§ 6. 同系统有关的几个命令和函数·····	(438)
第十三章 整数BASIC简介 ·····	(445)
§ 1. 整数BASIC的特点·····	(445)
§ 2. 整数BASIC的语句和命令·····	(449)

§ 3. 整数BASIC程序例	(454)
§ 4. 整数BASIC解释执行过程	(458)
习题参考答案	(476)
附录	(516)
附录1. ASCII码表	(516)
附录2. 保留字表	(519)
附录3. 出错信息表	(524)
附录4. 专用单元表	(527)

第一章 计算机的一般知识

§1. 引言

人类在同大自然的斗争中，创造并逐步发展了计算工具。

早期的计算工具，主要是人们自身的附属物(如手指、脚指)或周围可数的有形物体(如石子、绳结、小棒等)。这些计算工具都只是天然的“计算器”，计算也多属计数。人类经过加工制造出来的第一种计算工具，则是我国唐末出现的算盘。随着生产的发展，计算日趋复杂，先后又出现了许多较先进的计算工具。比如机械计算机(1642年)、计算尺(1654年)、手摇计算机(1887年)乃至电动计算机等。然而，这些计算工具的致命弱点是不能自动地连续地进行计算，也不能存放大量的中间结果。把程序控制引入计算机的第一个人是巴贝奇(Charles Babbage)。他花费了近四十年的时间构思了一台分析机，具备了现代计算机应具备的一切：用许多刻有数字的轮子来存贮数据，通过齿轮和轮子的旋转来进行计算，用一组齿轮和杠杆构成的装置来传送数据，用穿孔卡片输入程序和数据，用穿孔卡片和打印机输出计算结果。第一台实用的卡片程序控制计算机是霍勒力斯(Herman Hollerith)的杰作，他设计了一台用卡片存贮大量数据并用卡片进行控制的数据处理机，1890年曾用于人口普查工作，对六千二百万人的数据进行记录、编辑和制表处理，共花了两年时间。

计算工具的现代化和飞速发展是从本世纪开始的。1925年左右，布什(Vannever Bush)领导制造了第一台模拟式计算机。

1937年艾肯(Howard Aiken)写了《自动计算机建议》，并从1939年起经过5年努力制成了第一台数字式自动计算机Mark I。1943年宾夕法尼亚大学开始研制的数字积分机和计算机ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Calculator)则是有史以来第一台数字式电子计算机。该机于1945年12月投入运行，1946年2月正式交付使用。ENIAC共用了一万八千多只电子管，一千五百多个继电器，耗电一百五十瓩，占地一百七十平方米，重一百三十吨，运算速度每秒五千次加法运算。领导研制这部机器的有该校的工程师埃克特(J. Presper Eckert)和物理学家毛希利(John Mauchly)。这台机器的出现，被誉为新的工业革命的开始。

从“ENIAC”问世至今还不到四十年，电子计算机以越来越迅猛的势头发展着。据国外报导，电子计算机每五至八年运算速度提高十倍，体积缩小十倍，而成本却降低了十倍。就计算机采用的物理器件来说，已经历了电子管、晶体管、集成电路和大规模集成电路四代。由于大规模集成电路技术的发展，可以把一个小型计算机的运算器和控制器制作在一块很小的芯片上，成为一个微处理器，并以它为主体构成微型计算机。微型计算机的崛起，被称为计算机的“第二次革命”。它继承和发展了小型计算机的先进技术，又以其结构灵活紧凑、品种繁多、应用范围广阔、价格低廉、生产周期短、维修方便等优势，形成了对小型机的威胁。就连一些专门生产巨型机的厂家，也相继推出了自己的微型机，以争夺这个前景无量的市场。

我国计算机的研制工作，正式起步于1956年。1958年试制成功了第一代电子管数字计算机DJS-1。1965年又研制成功第一台大型通用晶体管计算机。1971年第一台集成电路计算机TQ-16问世。至今，我国计算机已换了三代，目前处于三代半状况。由于党和政府的重视，我国计算机事业正在形成一个新的发展时期。

计算机之所以能得到如此迅猛的发展并成为新的技术革命的

重要标志，主要地是由于计算机有着强有力的功能和极为广阔的应用领域。

电子计算机有以下几个特点：

1. 运算速度快。比如气象“日预报”，用手摇计算机或电动计算机来计算，约需一、二个星期；而用一般的中型计算机则只需几分钟。

2. 精度高。一般电子计算机可以有十几位有效数字，如果降低运算速度，有效位数还可以增加。

3. 具有“记忆”和判断功能。可以记录程序、原始数据和中间结果，还可以对某些信息进行判断并作出相应的后续处理。

4. 能自动地进行控制，不必人工干预。

5. 电子计算机是一个不怕麻烦、不闹情绪的计算工具，是人类最忠实、最可靠的朋友。

电子计算机是在人类生活中大量的繁琐的数值计算的需要下应运而生的，所以早期的电子计算机主要用于数值计算。也就是说，输入和处理的对象是数值，处理的算法是数值计算方法，输出的结果也是数值。但是，电子计算机诞生不久，应用的范围很快就突破了这个框框。人们发现，计算机除能进行数值处理之外，还可以处理诸如字母、符号、单据、表格、资料、图形、图象、信号乃至文字、语言、声音等，随之也发展了各种非数值的算法和相应的数据结构，比如排序、查找、插入、删除、字符串匹配、树和图的处理等。计算机的应用从数值计算发展到非数值应用是计算机发展史上的一个跃进，大大地拓宽了计算机应用的领域，使计算机不再是少数人的珍品，而进入人类社会的各种行业以至于家庭之中。

随着计算机应用范围的扩大，计算机软件也在突飞猛进地发展着。系统软件的功能越来越强，程序语言越来越丰富，各种应用软件也越来越多。目前，软件理论日臻成熟，软件研制工作的

工程化，软件产品的标准化、商品化，已成为一股新的潮流。

电子计算机的发展与普及，将对人类社会产生越来越深远的影响。

§ 2. 电子计算机的基本结构

电子计算机，从原理上讲分为两大类：电子模拟计算机（用来处理连续量的）和电子数字计算机（用来处理非连续量的）。从用途上讲，又可分为专用计算机和通用计算机。我们这里只介绍通用数字微型计算机。

通用数字计算机的基本结构，大体上有以下几个部分：控制器、运算器、内存贮器、输入设备和输出设备。前三者又合称主机，后两者又称作外部设备。现就这五个部分的功能，作一些简要说明。

1. 输入设备。输入设备是用来向主机输入原始数据和处理这些数据所使用的计算程序的设备。输入设备的种类很多，但在微型机上不外乎下列几种：

(1) 终端键盘。利用手指击键方法向计算机输入信息。用户自己写的程序和准备处理的数据，都可由键盘上敲入。

(2) 盒式磁带和磁盘。盒式磁带或磁盘，实际上也是存贮信息的，因为它们都是主机之外的设备，所以也称为外存贮器。外存贮器上的信息，也可以输入到机器中去。

(3) 模—数(A/D)转换器。它可以将连续变化的模拟量（如电流、电压、长度、角度等）转换为数字量，送入计算机内。

此外，图形输入板、声音输入装置等，实际上是专用的模—数转换器，同样可以为计算机输入信息。

2. 输出设备。输出设备是用来输出计算结果或其它信息的。常用的输出设备有：

(1) 显示终端。用以显示计算机的有关信息，如用户从键盘上敲入并为机器接收的字符、程序清单、机器向用户的提示、程序运行时的输出(包括数字、文字或图形)等。

(2) 打印机。显示终端上可显示的东西几乎都可以由打印机打印到纸上。

(3) 磁带和磁盘。可以用来存贮程序和数据(包括数字、文字、图形和声音信息等)。

(4) 数—模(D/A)转换器。将机器输出的数字量转换为模拟量。

绘图仪、声音输出装置等也是专用的数—模输出设备。

3. 主存贮器，即内存贮器(简称内存)。它用来存放原始数据、处理这些数据的程序以及计算结果(包括中间结果，也包括图形和声音信息等)。系统程序也放在内存中。

内存贮器分为一个个单元，好似一间间房子，并按顺序编了号码(从0号开始)，通常又称为一个个地址。机器中的所有信息都以一定的规则存放在内存的一个个单元中。

对任何一个单元来说，它很象从左到右顺序安放的一排灯泡，每个灯泡代表一位数字：灯泡点亮代表1，灯泡熄灭代表0。于是这一排灯泡就可表示由0和1构成的一个数。这排灯泡的个数，就称为位数或字长。目前，一般微型计算机的内存贮器是用半导体器件组成的电路制成的，称为半导体存贮器。字长，一般取决于微处理器的字长。我们介绍的苹果机，微处理器为6502，其字长为8位。所以苹果机是八位机。

一般微型机的内存贮器又分为两部分。一部分是随机存贮器(RAM)，每个单元的数据是可以改变的，而且关电以后所有信息都会自动消失。这类存贮器是用户可以使用的空间。另外，还有一部分是只读存贮器(ROM)，每个单元中的信息是固化了的，用户只可读出使用，但无法使其改变。任何时候，只要接通电源，

这些信息就建立好了。

4. 运算器。运算器是计算机进行信息加工的场所，所有算术运算、逻辑运算等都在这里进行。就象用算盘做题时一样，它只能放当前被操作的和操作完的一个数据，中间结果一般要送内存中保存起来，以备以后使用。所以，没有内存，单靠运算器是无所作为的。

5. 控制器。它是用来实现计算机各部分协调动作使计算过程自动进行的装置。也就是说，它是计算机内的指挥部。

控制器可以向计算机的其它部件发出信号，控制数据的传输与加工；同时，控制器也接收其它部件送来的信号，以便调整其控制功能。

所以，在计算机工作时，有两种信息流：控制流与数据流，由控制流控制数据流的传输与加工，完成所有的计算动作。

图1—1是典型的计算机框图，其中实线代表数据流，虚线代表控制流，箭头代表信息流动的方向。

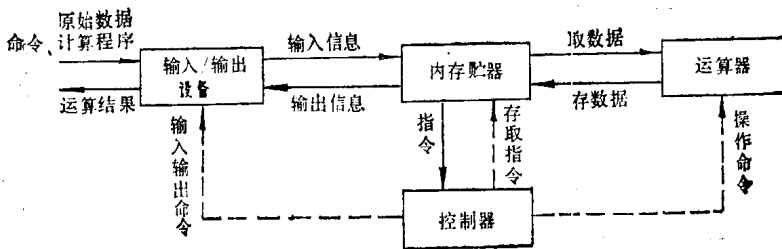


图1—1 计算机结构示意图

图1—2是苹果机基本系统配置的示意图。

苹果机的外部设备，比这个示意图上画的要多得多。那些设备将会大大扩充苹果机的用途。

附带说一下，这里介绍的运算器、控制器、内存贮器、输入、

输出设备等，都是一些看得见、摸得着的“硬”东西，所以又称它

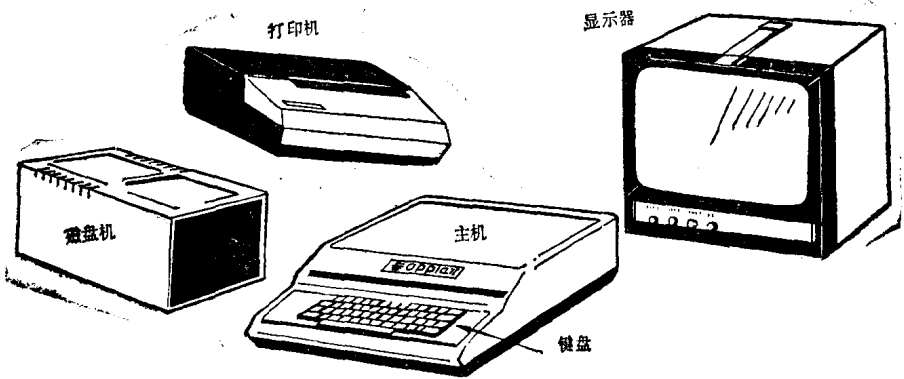


图1—2 苹果-Ⅱ微型机基本系统配置图

们为“硬件”或“硬设备”。相对地，那些在计算机工作过程中必不可少的数据以及对这些数据进行处理的控制命令等信息流都是摸不着的“软”东西，通常称之为“软件”或“软设备”。

BASIC语言本身，属于软件的范畴。

§ 3. 计算机中数的表示

日常生活中，我们非常习惯使用十进制计数法，可是在日常生活里我们也还会遇到一些别的进制，如二进制(两只为一双)、十二进制(十二只为一打，十二英寸为一英尺，十二个月为一年)、十六进制(中国老秤十六两为一斤)、二十四进制(二十四小时为一天)和六十进制(六十分为一小时，六十秒为一分)等等。在计算机内部，则采用二进制计数法。

为什么计算机要使用二进制计数法呢？这是因为电气元件中两种状态最容易实现(如电路的通断、电位的高低等)，也最为稳定，并且最容易实现对电路本身的控制。

在计算机里，一般以高电位代表1，低电位代表0。而二进制

的两个数基，就用0和1来表示。凡够2时，就向左进一位。比如十进制的2，用10表示；十进制的4，用100表示等。

把十进制的0到10用二进制表示出来，如下：

十进制数	二进制数
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010

二进制的算术运算规则是很简单的：

$0 + 0 = 0$	$0 \times 0 = 0$
$0 + 1 = 1$	$0 \times 1 = 0$
$1 + 0 = 1$	$1 \times 0 = 0$
$1 + 1 = 10$	$1 \times 1 = 1$

个位加法4条，个位乘法4条。而十进制个位加法规则有100条，乘法规则有81条。

用逻辑电路实现二进制数的运算，是极为方便的。

一、十进制数和二进制数的转换

把一个十进制数转换为二进制数，方法如下：把这个十进制数反复地除以2，直到商为零，所得的余数（从末一位读起）就是这个数的二进制表示。

如十进制的11，反复用2除：

$$\begin{array}{r} 2 \overline{) 11} \text{ (1)} \\ \underline{2} \\ 2 \overline{) 5} \text{ (1)} \\ \underline{4} \\ 2 \overline{) 2} \text{ (0)} \\ \underline{2} \\ 2 \overline{) 1} \text{ (1)} \\ \underline{2} \\ 0 \end{array}$$

用二进制表示，是1011

通常用 $(11)_{10} = (1011)_2$ 表示。

其中括号外的小10和小2分别表示是十进制数或二进制数。

换句话说，把一个十进制数化成以2为底的指数形式，则它的系数(由高次到低次)就是其二进制表示的数。

像上面提到的十进制数11，换成以2为底的指数形式为：

$$11 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

把它的系数顺序排列起来，就是1011，这就是它的二进制表示。

一般地，如果一个十进制数可以表示为：

$$a_0 \cdot 2^n + a_1 \cdot 2^{n-1} + \dots + a_{n-1} \cdot 2^1 + a_n \cdot 2^0$$

则 $a_0 a_1 \dots a_{n-1} a_n$

就是这个十进制数的二进制表示。

反之，一个二进制数如有以下形式：

$$a_0 a_1 \dots a_{n-1} a_n$$

那么它的十进制表示，就是下式的计算结果：

$$a_0 \cdot 2^n + a_1 \cdot 2^{n-1} + \dots + a_{n-1} \cdot 2^1 + a_n \cdot 2^0$$

例如：

$$(1011)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = (11)_{10}$$

这就表明，二进制数1011是十进制数的11。

换言之，将一个二进制数转换成十进制数的方法是：将这个二进制数的最末一位乘以 2^0 ，倒数第2位乘以 2^1 ，……最后将各项相加即可。