

apple  II basic

语言程序设计

张秀越 曹文全 陈寿勤 编 著

TP312
32

APPLE (苹果) II BASIC

语 言 程 序 设 计

张秀越 曹文全 陈寿勤 编 著

广 西 人 民 出 版 社

内 容 提 要

本书以APPLE (苹果) II 微型计算机为模机, 全面系统地讲述了该机配置的 BASIC 程序设计语言的各种语法规则、程序设计方法和技巧、以及使用该机的具体操作方法。对该机的磁盘文件系统、中文系统和图形绘制都作了较详细的介绍。书中配有大量习题和上机实习指导。该书内容丰富, 叙述深入浅出, 通俗易懂, 既是一本较好的苹果 II 型机程序设计培训教材, 又是一本实用操作手册。可作为大中专院校师生、工矿企业、经营管理部门、科研、工程技术人员和干部职工学习电子计算机的教材及计算机应用参考书。

JS46/16-02

APPLE(苹果) II BASIC 语言程序设计

张秀越 曹文全 陈寿勤 编著

☆

广西人民出版社出版

(南宁市河堤路14号)

广西新华书店发行 南宁市人民印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/16 18.5印张 460千字

1985年5月第1版 1985年5月第1次印刷

印数: 1—24,000册

书号: 15113·108 定价: 3.40元

前 言

近年来,有关BASIC语言的教材和译作已出版过多部,其中有不少是很受欢迎的,对于普及电子计算技术起着良好的推动作用,收到了显著的社会效果。

但这份教材的编写不是多余的。我们编著的出发点是:当前流行的教材,在BASIC语言内容的介绍和程序设计方法的传授上,其广度和深度略嫌不足,有关计算机绘图和中文系统功能等方面的内容也难以读到,不能适应当前计算机应用水平的提高和机关事务、企业管理上应用计算机的实际需要,急需弥补;此外,苹果Ⅱ微型计算机在国内广为流行,未见系统介绍该机使用方法的教材,用户早有要求。本书以苹果Ⅱ微型机为背景,除介绍常用的BASIC语句和机器操作方法外,还介绍磁盘文件、图象显示程序设计、中文系统功能及汉字编码方法等内容,书末附有上机实习指导。本书既概括了苹果Ⅱ微型机常用的和重要的内容,又通过对这些内容的介绍和大量应用例题,着力引导读者掌握BASIC程序设计的基本思想和方法,使读者能较快地独立编写一般应用程序,对于希望掌握其他计算机的高级语言和使用方法的读者,也有一定的参考价值。因而,本书既可作为计算机应用与程序设计普及教材,又可作为苹果Ⅱ微型计算机的操作手册,实用性强。本书第十二章和第十三章,试图采用形式化表达方法阐述苹果机实数BASIC语法和语义,并超越苹果机,讨论程序设计中一些较为有效的方法和对一些难度较大的实际问题的处理意见,理论性较强,也较抽象,初学者可暂略去。已经初步掌握BASIC语言程序设计方法的读者,阅读这部分内容,也许会受到启迪和获得事半功倍的效果。

多年来,我们分别在广西大学和广西科学院从事计算机应用开发研究和推广普及教学,小有体会,希望通过编写此教材,与各地同行交流切磋。该书初稿曾由广西区轻工业厅铅印作为电子计算机学习班教材,受到了读者的普遍欢迎。在此次正式出版的修改过程中,得到了广西区轻工业厅的大力支持,特别是李琼之同志在出版本书过程中做了大量的组织工作,在此一并致谢。由于编者水平有限,对苹果Ⅱ型机的实际应用经验不足,加上编写及修改时间仓促,书中缺点和错误一定不少,敬请有关老师、计算机工作者和广大读者批评指正。

编 者

1985年2月于南宁

目 录

论.....	(1)
第一章 电子计算机的基本知识.....	(4)
§1.1 硬件系统.....	(4)
§1.2 软件系统.....	(6)
§1.3 计算机的语言.....	(6)
§1.4 电子计算技术常用的几种数制.....	(8)
§1.5 ASC II 码	(11)
习题一.....	(12)
第二章 APPLE I 机和实数BASIC语言基本量.....	(14)
§2.1 APPLE I 微型机简介.....	(14)
§2.2 BASIC语言和实数BASIC程序结构.....	(15)
§2.3 实数BASIC可用字符集与保留字.....	(18)
§2.4 常量.....	(19)
§2.5 标识符和变量.....	(20)
§2.6 标准数值函数.....	(22)
§2.7 表达式.....	(24)
§2.8 注释语句、结束语句和暂停语句 (REM语句、END语句、STOP语句)	(27)
习题二.....	(29)
第三章 数据的输入、输出与赋值.....	(31)
§3.1 数据的键盘输入(INPUT语句)	(31)
§3.2 数据的读取(READ语句、DATA语句)	(32)
§3.3 数据区指针复原语句 (RESTORE语句)	(34)
§3.4 赋值语句 (LET语句)	(35)
§3.5 几种提供数据方法的比较.....	(37)
§3.6 数据的显示输出(PRINT语句)	(37)
§3.7 用户自行控制的格式化输出.....	(41)
§3.8 数据的列印输出.....	(43)
§3.9 数据的格式化显示输出.....	(45)
习题三.....	(48)
第四章 分枝程序.....	
§4.1 逻辑框图.....	

§4.2	逻辑表达式	(54)
§4.3	转向语句 (GOTO语句)	(60)
§4.4	条件语句(IF—THEN语句)	(61)
§4.5	开关转向语句和开关转子程序语句(ON—GOTO语句、ON—GOSUB 语句)	(70)
	习题四	(75)
第五章	循环程序与数组	(78)
§5.1	数组与下标变量	(78)
§5.2	循环程序与循环语句 (FOR—NEXT 语句)	(82)
§5.3	循环语句的应用	(87)
§5.4	多重循环	(91)
§5.5	多重循环程序示例	(94)
§5.6	使用条件语句构成的循环程序	(100)
	习题五	(107)
第六章	子程序与函数	(111)
§6.1	子程序的概念与定义	(111)
§6.2	返回主程序语句和调用子程序语句 (RETURN语句、GOSUB 语句)	(112)
§6.3	子程序的嵌套	(117)
§6.4	标准字符串函数	(124)
§6.5	标准功能函数	(127)
§6.6	自定义函数	(128)
	习题六	(132)
第七章	磁盘文件	(137)
§7.1	磁盘简介	(137)
§7.2	DOS 的输入	(138)
§7.3	文件的概念	(138)
§7.4	磁盘命令	(139)
§7.5	顺序文件	(146)
§7.6	随机文件	(157)
§7.7	文件访问的另一种形式	(162)
	习题七	(164)
第八章	DOS命令的补充	(166)
§8.1	批量处理命令 (EXEC 命令)	(166)
§8.2	字节位置选择项 (BYTE 元素)	(171)
	可执行文件数目指定命令 (MAXFILES命令)	(175)
	监督命令 (MON命令、NOMON命令)	(177)

习题八	(178)
第九章 基本操作	(180)
§9.1 键盘和显示屏	(180)
§9.2 加电操作	(182)
§9.3 DOS引导	(183)
§9.4 源程序的输入	(183)
§9.5 程序的列表印出	(184)
§9.6 程序的编辑	(184)
§9.7 程序的执行	(187)
§9.8 将程序存入磁盘	(188)
§9.9 将程序从磁盘调入内存	(188)
§9.10 磁盘文件的运行	(188)
§9.11 磁盘的写保护	(189)
第十章 图形显示程序设计	(190)
§10.1 图形显示方法	(190)
§10.2 显示方式控制指令	(191)
§10.3 颜色选择指令及颜色参数	(192)
§10.4 低分辨率图形设计	(194)
§10.5 高分辨度图形设计(HPLOT语句)	(196)
习题十	(200)
第十一章 APPLE中文系统	(201)
§11.1 汉字卡简介	(201)
§11.2 汉字卡的使用	(201)
§11.3 中文状态的软件功能	(203)
§11.4 内存分配	(205)
§11.5 中文字母与辅助字形	(210)
§11.6 中文组字法则	(217)
§11.7 中文信息的输入、存贮及输出	(224)
第十二章 关于程序设计方法的讨论	(226)
§12.1 关于程序设计方法的讨论	(226)
§12.2 描述性流程图与应用示例	(230)
§12.3 关于算法形式化的示例	(233)
§12.4 一个较为复杂的实例	(237)
第十三章 苹果Ⅱ机实数部分BASIC语句的形式定义	(246)
§13.1 基本符号和基本量的定义	(246)

§13.2 实数BASIC部分语句的形式 定义.....	(252)
附录A 上机实习指导.....	(259)
附录B 编辑用命令.....	(273)
附录C 保留字.....	(274)
附录D ASCII 码	(276)
附录E 中文部首及其编码.....	(278)
附录F 中文重复字及其编码.....	(282)
附录G APPLESOFT错误信息和DQS 错误信息.....	(284)

绪 论

1. 电子计算机的特点及应用

电子计算机的出现,是人类文明史上最重大的事件之一,它对人类科学文化和社会生活产生了巨大的影响。目前,电子计算机的使用早已超出了计算的范围而深入到各门学科和日常生活之中,成为现代化的一种标志。

世界上第一台电子计算机1946年产生于美国,它问世以后,由于在进行计算中表现出的快速、准确、精确、自动等诸多优点,立即引起了全世界科技界及有关决策部门的高度重视,投入了大量的人力、物力、财力进行研究和发 展,使电子计算机在短短三十几年里就经历了电子管、晶体管、集成电路和大规模集成电路四个世代的演进更迭,在理论上也形成了独立的体系——计算机科学这一崭新的学科。

目前,世界各国均十分重视计算机的研制、生产和使用,计算机科学事业仍在一日千里地迅猛发展。一些发达的资本主义国家正在研制第五代计算机,相信在不久的将来,计算机科学事业又将有重大的突破。

计算机科学事业在短短三十几年里有着如此巨大的发展决不是轻而易举的事情,它是科技工作者和劳动者辛勤劳动的结晶,是以消耗了成千上万亿的金钱为代价的。我们不禁要问:究竟是计算机的何种功能,使得人们对它如此偏爱和不遗余力地促进它的发展呢?正是计算机的下述特性使得它成为人类的宠儿并获得了得天独厚的发展条件。

(1) **运算速度快。**对于计算机来说,在一秒钟之内完成几万次运算已经不再是新鲜的事情,目前最先进的巨型计算机的运算速度已达到每秒钟十亿次以上。如此高的运算速度,是人所望尘莫及的。这一特点,使得计算机在那些要求在极短时间内给出问题答案的工作中,发挥着不可缺少的巨大作用,很难设想脱离计算机而能控制宇宙飞船。这一特点的第二重大作用就是可以依靠高速度来完成工作量大到人力无法完成的计算工作。人造卫星、导弹的轨迹计算,需要几十万或几百万个数据。如果依靠人力,几乎是无法完成的。现在,则可以使用计算机来解算它们。

(2) **运算正确可靠。**依靠人脑进行计算是不能保证结果的绝对正确的,因为人会疲劳和算错。在一个复杂的计算过程中,一个中间环节发生了错误,后面的工作就变得毫无意义了。但是对于计算机来说,却不存在这样的问题,由于现在的计算机可靠性都相当高,所以它们都可以夜以继日地连续工作,既不会疲劳也不会出错(当然,这是在设计者的程序正确无误的前提下)。它象最勤劳而又忠实的仆人,可以替人们完成各式各样的复杂计算工作。

(3) **有精确度的结果。**计算机的计算结果一般均具有十几位有效数字,这是十分难能可贵的。使用计算尺计算,仅有三位有效数字,而计算机,在理论上可以达到比十几位更高的有效数字。但过分地追求高位数的有效数字会使机器的结构过于复杂,因而人们对这方面的要求还是克制的。苹果Ⅱ微型机计算结果的有效数字是9位。

(4) **能够自动进行有关的运算和操作。**由于计算机有记忆、逻辑判断和运算的能力,因

此可以把运算及操作步骤和原始数据都存贮在计算机系统内，让计算机自动去完成这些工作，完全可以免除或者极少需要人工干预。

正是因为计算机是这样一种能干、可靠、忠实而又不知疲倦的计算机器，所以它在现代科学的各个领域中都成为人最好的助手之一，在人类的社会生活中也占有极其重要的地位。

目前计算机的应用范围很广，概括地说，计算机有下述几个方面的应用：

(1) 用于科学计算（又称数值计算）。这是最早应用计算机的领域。早在1948年，美国原子能研究中有某项计划，需做900万道运算，假如用人工完成，需要1500名工程师计算一年。但利用了一台今天看来十分“原始”的计算机，仅用了1500小时，便完成了。大量科学研究、工程设计中存在的数值计算问题，电子计算机均可以承担。对于这种性质的问题，只要人们为计算机规定了运算步骤，具体的运算过程则完全可以由计算机自动完成。

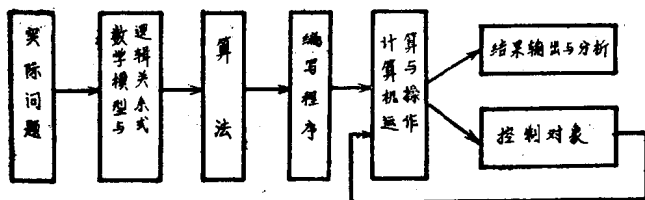
(2) 用于数据处理和信息加工。对大量的数据进行分析、加工、处理，早已开始使用计算机完成。由于现代计算机的高速度和海量存贮，使得计算机在档案资料存贮和检索方面有着广泛的应用。国外的银行大都采用计算机管理账目，不仅解放了大批出纳、会计人员，还大大提高了营业速度。美国的国会图书馆使用计算机存贮有关资料，用户可以通过分布在各地的计算机终端设备，索取自己所需要的资料。有人做过估计，计算机用于数据处理和信息加工方面，约占其全部应用的90%左右。

(3) 用于实时控制。计算机不仅可以用于科技计算和信息加工，而且可以与其他检测仪器和控制部件结合，形成一个自动控制系统。一个年产一千万吨钢的钢厂，使用计算机控制，只要一万名工人即可，而且其产品质量亦极其稳定和良好。在经济发达的国家，采用计算机来控制工业系统和交通系统是十分普遍的。

随着科学的发展和人类社会的进步，计算机的应用领域仍在不断开拓，充分地表现出强大的生命力。

2. 应用计算机解决实际问题的步骤

人们应用计算机解决实际问题的步骤，可用如下方框图表示：



要想使用计算机解决一个实际问题，必须对此问题进行深入细致的分析和研究，归纳和抽象出数学模型，用数学公式和逻辑关系式描述实际问题的内在规律。然后，人们选择或设计一种确定的算法——包括计算方法与逻辑处理方法。在此之后，则根据选定的算法，用计算机语言编写出计算机程序，并在机器上运行。如果我们使用计算机进行数值计算或数据处理工作，则计算和处理的结果可以从计算机中得到，这就是结果输出部分的内容。此后还应对其结果的可靠性进行分析，以决定其是否可用。假如使用计算机来进行某个过程控制，则计算机运行和操作的后果是输出对该过程的控制信息，而该过程工作进程中的有关信息也应反馈到计算机内，而形成控制回路。

图中所示仅是各个部分及其相互联系的示意图,而实际解决问题的操作过程往往不会是如此顺利的直线式进程,在其中的每个环节都可能发生错误而使最终的结果达不到预期的效果。一旦发现这种情况,就要仔细审查在此之前的所有步骤,设法查出错误并改正。

3. 本课程的基本任务和要求

本教材采用美国APPLE—Ⅱ机为模机。该机是国内使用较广泛的微型机,功能较全,配置的语言有多种。为了适应目前推广普及BASIC语言和微型机应用热潮的需要,我们选用其中一种功能较全、应用最广的APPLESOFT BASIC语言,并选取其中常用的语句进行介绍,讲述程序设计的基本方法。

本书的一至六章讲授APPLESOFT BASIC的基本内容和语句,以及BASIC程序的基本结构。第七、八章讲授有关文件的内容,为读者提供在苹果机上处理规模较大的实际问题的手段和方法。第九章介绍该机的操作方法,使读者学完本教材就能具备使用该型号机器进行工作的基本技能。第十章和十一章介绍图形显示程序设计和汉字功能的利用,这是各种科技计算、设计和事务管理方面的重要的功能,掌握这方面的内容,将大大有助于计算机的开发应用。

本书的第十二章对使用BASIC语言进行程序设计的方法作了一些初步讨论。第十三章给出了APPLESOFT BASIC部分语句的形式定义,供使用者查阅使用。这两章内容不作為本课程的基本要求,仅供有兴趣的读者参考。

为使读者对基本语句的使用方法和程序设计基本方法易于理解和掌握,除各章节列举较多例题外,每章都配有较多习题,供读者练习。

“程序设计”是一种技术性、实践性很强的学科,学习这门课程时,应该注重实际编写程序的训练,从多练中体会方法,总结经验,提高编写程序的技能和技巧,更希望能阅读有关参考书或进一步阅读《数据结构》、《数据库》和《计算方法》、《程序设计方法》等有关书籍,以提高自己的水平。读者应有一定的上机训练时间,以熟悉苹果机的操作并积累一些调试程序的经验。

通过本课程的学习,读者不仅可以掌握BASIC程序设计语言的基本内容和学会设计一些简单的程序,而且可以掌握苹果机的文件、图形、中文系统的使用和该机的具体操作方法。因此,本教材可以作为BASIC语言的教材和苹果机的操作手册使用。

第一章 电子计算机的基本知识

电子计算机从原理上讲,可分为电子模拟计算机和数字电子计算机。而从用途上又可以分为通用计算机和专用计算机。我们在本课程中谈及的均是通用数字计算机。

现代数字计算机均由两大部分组成:硬件系统和软件系统。

§ 1.1 硬件系统

所谓计算机硬件,是指组成计算机的实体——那些看得见摸得着的物理设备。硬件系统主要由下述一些部分组成:内存贮器、运算器、控制器、输入设备、输出设备、外存贮器等。各部分之间的联系如下图所示。

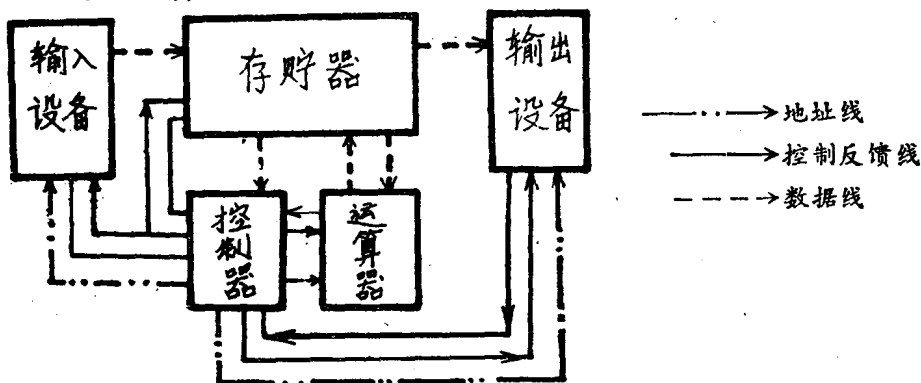


图 1-1 计算机基本构造框图

1. 内存贮器

存贮器具有记忆功能,是记忆部件。在计算机中,记忆通常又叫做存贮,故称为存贮器。存贮器有内存贮器与外存贮器之分。内存贮器与运算器、控制器以及通道直接联系,配合工作。它属于计算机主机的一部分,所以有内存贮器(或主存贮器)之称。内存贮器主要用来存贮数据(即原始数据、中间结果及最终结果)和指令。在机器的运行过程中,它一般可以根据需要,及时、快速而又随机地提供信息或接受信息。

由许许多多的存贮元件组成的存贮体是存贮器的核心部件。存贮单元由一系列物理存贮元件组成,每个存贮元件称为一位,组成存贮单元的存贮元件的数目称为“字长”。而8位存贮元件组成一个“字节”。计算机的存贮单元,通称“机器字”,可由一个或数个字节组成。

在存贮器中,存贮体好象旅店的一座楼,楼里有很多房间,房间中又有若干床位。房间是编号的,房间内的床位也编号。旅客可以根据房间号和床位号到指定的位置住宿。在存贮体中把相当于房间作用的叫做单元,而房间编号则称为地址,床位的编号称为位。单元中的内容是可以改变的,但单元地址一经编定便不再改变。

存贮元件可以是半导体元件,称为半导体存贮体,也可用具有矩形磁滞回线的磁心做存贮元件,此时则称之为磁心存贮体。现在的微型机和袖珍机的内存贮器多是半导体存贮器。

内存贮器就其功能来说又可分为随机存贮器、固定存贮器和半固定存贮器。所谓随机存

贮器,就是根据需要可以随机地对存贮器内容进行修改,即改变其中的内容。而固定存贮器则是所存内容只能读出不能修改。随机、固定存贮器中的内容均不会因为被读出而改变。固定存贮器一般用于存放系统专用的一些程序,多数微型机即把BASIC解释程序存于固定存贮器中。苹果Ⅱ机也如此处理。而半固定存贮器即指所存的信息可以半永久性保留,如果需要时还可以修改原来存贮的信息以便把新的信息存入其中。

2. 运算器

运算器是数字计算机的主要组成部件之一,它用来完成各种算术运算和逻辑运算。逻辑运算是比较简单的,因此运算器的结构决定于算术运算。在计算机中,乘法和除法一般都是通过加法和移位两个基本操作来实现,因此加法器和寄存器是运算器的主要部件。

3. 控制器

控制器是计算机的控制中心,它相当于军队里发布命令的指挥部,也是机器的主要组成部件之一。计算机能够有条不紊地进行工作,就是在控制器的控制下实现的。计算机的工作过程实际是执行程序的过程,控制器的具体功能,是根据程序的安排将指令逐条从内存中取出并加以分析,根据指令的意义和要求发出必要的控制信号,去控制各个部件执行相应的操作。计算机就是这样按照控制器的指挥去执行各条指令,从而实现整个程序安排的全部操作。

上面所讲述的内存贮器、运算器、控制器合在一起组成计算机的主机。而主机中的运算器和控制器通称中央处理机(CPU)。

4. 输入设备

输入设备的任务是将程序、数据及其他有关信息从外部输入到计算机的内存贮器之中。计算机的输入设备有很多种,经常使用的有下面几种:纸带输入机、卡片输入机、电传打字机、终端等。

前两种输入机是将编排好的程序或数据事先按一定的格式在纸带或卡片上穿孔,通过光电输入方式将信息输入至内存之中。后两种设备则既可作为输入设备又可作输出设备使用,作为输入设备使用时,只须通过按下键盘上的有关按键,即可将有关内容输入。

5. 输出设备

输出设备的任务是将计算机中的运算结果或其他有关信息以人们容易识别的形式,如数字、符号、字母、图象等方式显示或打印出来。计算机配套使用的输出设备是有很多种类的,如:针式打印机、宽行打印机、绘图机、纸带穿孔机、电传打字机、终端等等。

各种形式的打印机,均是以文字、数字和符号打印有关输出内容。而绘图机则是用图形方式印出有关结果。纸带穿孔机是将调试好的程序或计算数据穿成纸带输出以供再次使用。随着计算机事业的发展,新型的输入输出设备还在不断地研究和制造出来。

6. 外存贮器

计算机硬件部分的另一类重要设备就是外存贮器。计算机的内存贮器受中央处理机的直接控制,工作速度快而且存取可以随机,但因价格比较昂贵和机器设计格局的限制,不可能无限制地扩大。为了弥补内存贮器容量的不足,现代计算机都配有外存贮器。外存贮器的特点是存贮容量大,可以达到内存贮器的数百倍或数千倍甚至更多,但存取速度比较慢。因此,人

们使用外存来存放大量的暂时不用的信息，而将需要使用的信息置于内存之中。但外存贮器不受中央处理机的直接控制，而是以通道方式与内存贮器进行信息交换，外存贮器中内容的使用和修改，均要通过内存贮器才能进行。

目前采用的外存贮器多是磁盘、磁带，有些旧式的计算机系统还配有磁鼓。

§ 1.2 软 件 系 统

现代计算机系统的另一个重要组成部分是软件系统。软件系统由系统软件和应用软件两部分组成。所谓软件，即是人们预先写好的计算机程序。这些程序的作用主要在于下述两点：

- ①为用户提供方便的手段去控制和使用计算机；
- ②经济而合理地调动、使用计算机系统的资源。

我们所说的系统软件部分的主要内容就是操作系统和语言处理程序。

语言处理程序。现在的计算机用户使用计算机解题，一般都是使用高级语言书写程序（什么是计算机语言，我们在下一节会讲到），而计算机是不能直接理解和执行这种程序的，需要一个“翻译”，把用高级语言书写的程序转变为计算机可以直接执行的机器语言程序，在计算机中，这个翻译工作是由预先设计好的计算机程序完成的，这就是编译程序或解释程序。

操作系统一般包含下面一些内容：

调度程序。现代的比较大的计算机系统，为了更合理和经济地使用，都允许多个用户共同使用。这即是说，在同一段时间内，可以有多个用户的作业共享计算机资源。所谓调度程序就是对这些作业和计算机系统的资源进行调度和安排，以保证所有的工作程序顺利进行，当然，它也是事先已经写好并妥善贮存了的。

错误校验程序。由于计算机硬件设备的故障或用户程序中的问题，可能使工作停顿或结果不正确。操作系统中配有错误校验程序以便及时发现这些问题，保证正常的工作。

计算机软件系统的另一部分即是应用软件。应用软件的一种是应用程序库，它是为了处理被频繁使用的用户程序而由专家写成的。它的存在，使得用户可以不编写程序就可以得到某类问题的特定算法的程序，不仅节约时间，而且十分方便。另外一种应用软件是用户为解决某些实际问题而书写的程序。

至此，我们已经简单地介绍了计算机系统的组成。当然，不同规模和类型的计算机，其系统的具体组成情况可能不相同甚至差别很大，但现代的计算机，却无一不是由硬件系统和软件系统两大部分组成的，即使是苹果Ⅱ这种微型计算机也不例外。而人们平时常说的用计算机解题，实际上用的都是一个计算机系统，尽管不一定把系统中的每个设备或组件全用到。

§ 1.3 计 算 机 的 语 言

对于数字计算机来说，其中数的表示是采用二进制表示法的。所谓二进制，通俗地说，就是每一位数字上仅有0和1两种可能，并且按“逢二进一”的进位法则来进位。之所以采用二进制，是因为容易找到具有两种稳定状态的物理元件来表示0和1这两种状态。数字计算机中表示某种操作的代码，也是二进制数字。因此，初期的电子计算机的程序，完全是用一系列数字写成的。用这种办法描述计算过程是不胜其烦的。

为了能够方便地使用计算机，人们一直在不断地探索和总结，到了五十年代末期，终于产生了“计算机语言”这个概念，并出现了富有生命力的计算机高级语言FORTRAN。此后各种计算机高级语言如雨后春笋，不断涌现。

由于计算机学科是一个年轻的学科，因此很多概念没有统一的标准定义。何谓计算机语言，我们只能按照自己的理解向读者作个介绍。

所谓计算机语言是一些可用符号和严格规则的总和，它是人和计算机之间交流的重要工具，可以认为计算机理解语言的具体含义并能按其中的规定去完成确定的动作，而人们则使用计算机语言表达自己要求计算机执行的解决实际问题的算法。

计算机语言的发展有三个过程，或称经历过三个发展阶段。

低级语言。即机器语言，是一种面向机器、因机而异的语言。全部由二进制数字组成，这种语言难写难记，书写程序困难，出错也难以检查。而且，为这一台计算机书写的程序到另一台计算机上可能全然无用。但机器语言是能够为机器直接理解和执行的语言。

符号语言。符号语言是指汇编语言，它使用一些助记符和数码来书写程序，虽然比前面所说的机器语言有了一些进步，但就该语言的特性来讲，仍是属于面向机器，因机而异的类型。同样地，为这台计算机书写的汇编语言程序，到另一台机器上仍然可能是全然无用的。用汇编语言所写的程序称为汇编语言程序，它已不能为计算机所直接理解和执行。也需要一个被称之为“汇编程序”的专用程序将其翻译为机器语言程序，计算机才能执行。汇编程序也是事先设计好并存放在计算机系统之中的。目前，多是计算机专业人员为计算机配置系统软件或者是设计那些用于控制的软件时，才使用汇编语言书写程序。

高级语言。高级语言是一种与自然语言和常用数学表示方法十分接近的计算机语言。高级语言易学易记，书写程序容易，是一种面向过程、大同小异的语言。例如为这一台机器所书写的BASIC程序，到另外一台使用BASIC语言的机器上，不用修改或仅作少量修改即可正常使用。目前世界上已有的高级语言不下几百种，我们所讲授的BASIC语言即是其中十分流行和被广泛使用的一种。高级语言书写的程序不能为计算机直接理解和执行，需要通过已配置的“编译程序”或“解释程序”，翻译成机器语言程序，才能执行。目前绝大多数用户使用计算机解题，都是使用高级语言编写程序。

计算机执行用户用高级语言书写的程序有两种方式：编译执行方式和解释执行方式。

编译执行方式的工作过程如下：用户将高级语言书写的程序输入计算机后，启动系统内存中的编译程序，则编译程序便把用户写的程序（常称之为源程序）全部翻译成用机器语言写的程序（常称此程序为源程序的目标程序）。只要执行此目标程序，即可得到最终的计算结果。如果在源程序编译的过程中发现语法错误，系统会给出错误性质和地址的有关信息，用户则应修改源程序，然后再次重复上述过程。编译工作方式可用下面简图示意。

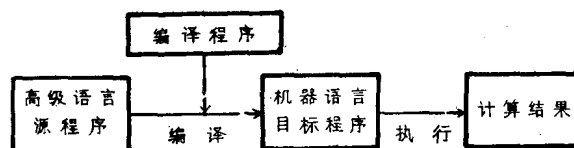


图 1—2 编译工作方式示意图

解释执行方式的工作过程如下：用户的源程序输入内存之后，在运行时不是象编译方式那样把源程序整个地翻译成目标程序然后才执行，而是逐行逐句地翻译，译出一句立即执行

一句，即边解释边执行。其原理可用下图简示。

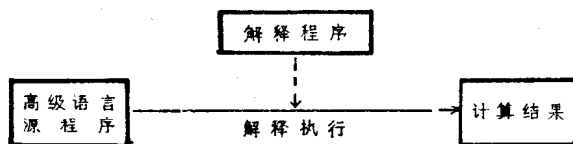


图 1—3 解释执行方式示意图

采用解释执行方式比编译执行方式要多费机器时间，但解释程序本身占用内存空间较少。因为微型机和袖珍机的内存空间均较小，故在这两种机上大多配备采用解释执行方式的BASIC语言。

现在国内比较流行的FORTRAN、ALGOL、COBOL等高级语言，是采用编译执行方式的，而BASIC语言大多采用解释执行方式。

高级语言的出现是计算机发展中的一个惊人的重大成就。由于编译程序代替了人工把高级语言的源程序翻译成了机器语言程序，大大简化了使用者的工作量，因此，就使得凡是具有一定数学基础的人都能很快地学会使用计算机，而可以不去考虑机器语言和计算机的内部结构及工作原理。这就在很大程度上把计算机解放了出来，使它从只有少数人才能使用的高、精、尖的设备变成了大众化的使用工具。此外，由于高级语言脱离了具体的机器结构，是一种面向用户和面向过程的有效工具，因此用高级语言书写的程序具有相当广泛的通用性，对于用某种高级语言书写的源程序，可以不做或仅做少量修改，即可在配备这种语言的计算机上使用。

§ 1.4 电子计算技术常用的几种数制

本节简略地介绍一下在电子计算技术中常用的几种数制：二进制、八进制、十进制，并讲述如何将它们转换为十进制数以及它们相互之间的转换规律。

1. 二进制

在日常生活中，我们接触到的多是十进制的数。所谓十进制数，就是说在数的每一位上仅能出现0至9之间的数字，一旦在此位上达到10的值时，它就需要向前面的一位进位。通俗的说法，就是“逢十进一”。

二进制就是“逢二进一”的数制，它使用的基本数码只有两个：0和1。对于一个二进制数，以下述形式表示：

$$S: a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0 . a_{-1} a_{-2} \cdots a_{-m}$$

这里： n 与 m 为非负整数，小数点后面的数位下脚标带有一个负号。以 a_i 表示上述各位中的数码，它为0或1。

我们约定：用带有一个下脚标的圆括号表示该数在下脚标所示数制中的值。则 S 的十进制数值的位值公式为：

$$(S)_{10} = a_n \times 2^n + a_{n-1} \times 2^{n-1} + \cdots + a_1 \times 2 + a_0 + a_{-1} \times 2^{-1} + a_{-2} \times 2^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 2^{-m}$$

按上述位值公式，可以算出各二进制数的十进制数值。

〔例1〕 $S = (10101)_2$

$$= (1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1)_{10}$$

$$= (16 + 0 + 4 + 0 + 1)_{10} = (21)_{10}$$

〔例2〕 $R = (0.0111)_2$

$$= (0 + 0 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} + 1 \cdot 2^{-4})_{10}$$

$$= (0 + 0.25 + 0.125 + 0.0625)_{10}$$

$$= (0.4375)_{10}$$

〔例3〕 $T = (10101.0111)_2$

$$= (2^4 + 2^2 + 1 + 2^{-2} + 2^{-3} + 2^{-4})_{10}$$

$$= (16 + 4 + 1 + 0.25 + 0.125 + 0.0625)_{10}$$

$$= (21.4375)_{10}$$

电子计算机内部使用的数为二进制数。二进制的两个基数数码0和1，在电子计算机内是以两种对立的物理状态来表示的，如电位的“高”或“低”，电脉冲的“有”或“无”，电流的“通”或“不通”，磁极的“正”或“反”，指示灯的“亮”或“暗”等等，很方便。二进制数的运算，很容易在电子计算机内通过线路来实现。在计算机内用一长串的0和1表示其他事物的数、形、性也很有效。然而由于人们日常生活工作中很少用二进制数，所以用起来不熟悉，不习惯。特别二进制的数字信息往往是一长串的0和1，书写和阅读不方便，容易错。为了解决人机二方使用数制的矛盾，计算技术工作者引用八进制、十六进制以及十进制。并在机器内配置了“十转二”、“二转十”数制的换算程序，使得人们在使用计算机时可以不直接使用二进制，而仍然保持使用十进制。

2. 八进制

八进制就是“逢八进一”的数制，其基码有八个，即0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7。八进制数的表示为：

$$S: a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0. a_{-1} a_{-2} \cdots a_{-m}$$

其中n和m为非负整数， a_i 为0, 1, ..., 7数码。其位值公式为：

$$(S)_{10} = a_n \times 8^n + a_{n-1} \times 8^{n-1} + \cdots + a_1 \times 8 + a_0 + a_{-1} \times 8^{-1} + a_{-2} \times 8^{-2} + \cdots + a_{-m} \times 8^{-m}$$

根据此位值公式，我们可以计算出一个八进制的数的十进制真值。

〔例4〕 $a = (147)_8$

$$= (1 \times 8^2 + 4 \times 8 + 7)_{10}$$

$$= (64 + 32 + 7)_{10}$$

$$= (103)_{10}$$

〔例5〕 $b = (0.23)_8$

$$= (0 + 2 \times 8^{-1} + 3 \times 8^{-2})_{10}$$

$$= (0.25 + 0.046875)_{10}$$

$$= (0.296875)_{10}$$

〔例6〕 $c = (147.23)_8$

$$= (1 \times 8^2 + 4 \times 8 + 7 + 2 \times 8^{-1} + 3 \times 8^{-2})_{10}$$

$$= (103 + 0.296875)_{10} = (103.296875)_{10}$$

在计算技术中，常常使用八进制的数码串来简化二进制数码串表示。它们代码的对应关系为：