

BASIC

当代BASIC

林美雄 吴振庆 主编

南京大学出版社

当代 BASIC

林美雄 吴振庆 主编

南京大学出版社

1992·南京

(苏) 新登字第 011 号

内 容 简 介

本书根据 90 年代计算机发展新形势而编写。全书共 20 章, 包括解释 BASIC 的基本内容、数据文件、IBM-PC 和 APPLE 图形处理、汉字处理、编程技巧、编译 BASIC 在内共 12 章, 同时还包括了结构化程序设计语言 True BASIC 的全部内容: True BASIC 基础、顺序结构、分支结构、循环结构、数组与矩阵、函数、子程序和库、True BASIC 图形处理、文件。在解释 BASIC 中兼顾了 IBM-PC 和 APPLE, 兼顾了课堂教学与上机实习, 兼顾了专业基础课与选修课的要求, 引进了一些崭新的程序设计方法, 符合当前高校的教学大纲。所有这些, 都使本书成为通用的且富有 90 年代气息的新教材。

《当代 BASIC》编委会

主 审: 胡维国 陈守厂
主 编: 林美雄 吴振庆
副主编: 杨秀金 陈志恬 沈祥玖 卢雪松
编 委: 陈志恬 吴振庆 宣文明 张 立
张国伟 徐冬梅 沈祥玖 卢雪松
杨秀金 林美雄 贺启宝 钱树清

当代 BASIC

林美雄 吴振庆 主编

责任编辑: 顾其兵

南京大学出版社出版

(南京大学校内)

南京航空学院飞达印刷厂印刷

江苏省新华书店发行 各地新华书店经销

开本: 787×1092 1/16 印张: 20.75 字数: 500 千字

1992 年 5 月第 1 版 1992 年 5 月第 1 次印刷

印数: 00001-14000

ISBN 7-305-01469-9/TP·42 定价: 6.90 元



主 编 简 介

林美雄，男，1944年5月出生于福建省仙游县，1968年毕业于北京大学数学力学系。1988年评上计算机科学副教授。现任南京航务工程专科学校计算机教研室主任。曾任《IBM PC BASIC 算法语言程序设计》(1988年)主编、《现代 BASIC》(1990年)主编、《汉字 dBASE III 程序设计》(1991年)主编和本书主编。

5556/04



主 编 简 介

吴振庆，男，1943年3月出生，出生于河北省曲阳县，1967年毕业于清华大学自动控制系，1987年评上计算机副教授。现任郑州机械专科学校计算中心主任。曾任《现代 BASIC》(1990年)主编、《汉字 dBASEⅢ程序设计》(1991年)主审和本书主编。

前 言

BASIC 是理工科高校学生必修课程之一。BASIC 语言发展到 90 年代, 经不断扩充改进完善, 并且出现了结构化程序设计语言 True BASIC, 较之 80 年代初期的 BASIC, 无论在功能上, 还是在程序设计方法上, 都已经无法比拟。在这种新形势下, 不能没有一本与之相应的新教材。

为了适应新形势, 提高教学质量, 我们编写了这本书, 奉献给广大读者, 我们认为, 本书具有下列特色:

1. 内容系统完整。本书包含解释 BASIC 内容 12 章及 True BASIC 内容 8 章, 且融进许多崭新的程序设计方法和完善的附录。

2. 符合当前教学大纲。解释 BASIC 和 True BASIC 都按高校 48~56 学时编写, 因此适用于各大专院校、电大、职大、函授。

3. 突出学以致用。在循序渐进地介绍基本概念、基本理论之后, 着重介绍程序设计方法。精心选择、安排习题, 使之与课堂教学一致, 既巩固基本概念, 又培养学生独立解决问题的能力。

4. 兼顾两种机型。考虑到当前高校中仍存在的 APPLE 微机, 因此, 在解释 BASIC 中兼顾到 APPLE, 尤其在数据文件、图形处理、上机操作方面单独列节。

5. 贯彻“浅而宽”的原则。突出基本要求, 深入讲解重点、难点, 开拓知识面, 介绍各方面的应用成果, 各种程序设计方法。

本书由郑州粮食学院计算机与经济管理系主任胡维国副教授、哈尔滨冶金高等专科学校计算机教研室主任陈守厂副教授主审。由林美雄、吴振庆主编; 由杨秀金、陈志恬、沈祥玖、卢雪松任副主编; 最后由林美雄定稿。编写分工如下:

第一章、第十一章的第一节、第十二章的第五、六节、第十八章由南京航务工程专科学校林美雄编写; 第二章、第十章的第二节由郑州机械专科学校吴振庆编写; 第三章由南通纺织工学院钱树清编写; 第四章、第十章的第一、三节、第十二章的第一~四节由郑州粮食学院杨秀金编写; 第五章由济南交通高等专科学校沈祥玖编写; 第六章、第九章、第十一章的第二节由江苏水利工程专科学校卢雪松编写; 第七章由黑龙江交通专科学校张国伟编写; 第八章由南通纺织工学院宣文明编写; 第十三章、第十七章由上海轻工业专科学校张立编写; 第十四章、第十五章由南京航务工程专科学校徐冬梅编写; 第十六章、第廿章由佛山大学陈志恬编写; 第十九章由佛山大学贺启宝编写。

在本书编写过程中, 始终得到南京大学出版社、各参编单位有关领导、教务部门的大力支持, 在此表示衷心感谢。由于编者水平有限, 时间仓促, 疏漏错误之处难免, 恳请诸位读者批评指正。

编委会

1992.4

跋

审阅完《当代 BASIC》的全部书稿，十分喜悦。BASIC 语言是世界上应用最广泛的高级程序设计语言之一，是我国高等学校理工科的一门必修的计算机课程。几年来，各种 BASIC 教材相继问世，呈现出一派繁荣景象，但在教学实践中，往往还会为找不到一本合适的教材而苦恼。《当代 BASIC》博采众长，刻意创新，使其成为一本不可多得的、颇具特色的教材。它是 BASIC 教材百花园中的一朵鲜艳夺目的奇葩。

作为一本教材，《当代 BASIC》具有结构严谨、内容精练、深入浅出、重点突出等特点。特别要指出的是《当代 BASIC》与同类教材比较，还有下述明显特色：

1. 教材是根据 90 年代 BASIC 语言的发展方向与教学要求编写的，除了仍把基本 BASIC 作为重点外，还用较大的篇幅介绍近年来越来越被人们重视，越来越被广泛应用的，具有标准化、结构化优点的 True BASIC。教材溶进了新思想、新知识、新技术、新成果，富有时代气息。

2. 内容丰富，注重应用。全书由基础篇、提高篇和操作篇组成，三部分有机联系，形成完整的教材体系。在叙述 BASIC 语言的基本理论和基本概念的同时，注意介绍程序设计方法、技巧和上机操作知识。书中安排有大量精选的例题，许多例题都有精辟的解题思路和算法的分析，这对提高读者分析问题和解决问题的能力是有极大帮助的。在基本 BASIC 的介绍中，兼顾我国高校两种主要机型。以 IBM PC BASIC 为主，也注意介绍 APPLESOFT BASIC 的特点。丰富的内容可供读者根据需要进行选择，能满足各种不同层次的教学要求。它既是一本优秀的教材，也是一本难觅的参考书，又是一本值得长期保存的珍贵资料。

《当代 BASIC》一书的成功出版，是全体编委努力的结果。编委会的成员来自全国不同系统的 10 所高等院校，是各校计算机教学的中坚力量。他们坦诚相见，肝胆相照，亲密合作，无私奉献，把自己丰富的教学经验溶进教材的字里行间，为教材增色添彩贡献自己的聪明才智。编委们在团结和谐的群体中进行了卓有成效的编审工作。彼此间在多次的合作中，建立了深厚的友谊。两位主编林美雄副教授和吴振庆副教授，是编委会的核心。他们已出版多种专著，撰写数十篇论文，在学术上成绩斐然。他们的学识、胆识，严谨的作风，组织才能，创造和奉献精神，是编委们成功合作的重要因素，受到编委们的高度评价。在此，祝愿《当代 BASIC》的编委们能再度合作，为繁荣我国的计算机应用事业做出更大的成绩。

胡维国 陈守厂
1992 年 2 月 28 日
于郑州粮食学院

目 录

第一章 电子计算机概述	(1)	第七章 自定义函数与子程序	(91)
§ 1-1 计算机概述	(1)	§ 7-1 自定义函数	(91)
§ 1-2 数制系统与数制转换	(6)	§ 7-2 子程序	(94)
		§ 7-3 应用举例	(98)
第二章 BASIC 语言基本知识	(11)	第八章 字符串	(102)
§ 2-1 基本字符、常数与变量	(11)	§ 8-1 字符串的基本知识	(102)
§ 2-2 标准函数、运算符与表达式	(15)	§ 8-2 字符串的输入和输出	(103)
第三章 BASIC 语言的几种		§ 8-3 字符串的连接和比较	(105)
基本语句	(21)	§ 8-4 字符串函数	(107)
§ 3-1 BASIC 源程序结构	(21)	§ 8-5 汉字处理	(112)
§ 3-2 赋值语句	(22)	第九章 上机操作	(120)
§ 3-3 打印输出语句	(23)	§ 9-1 IBM PC 机上机操作	(120)
§ 3-4 键盘输入语句	(27)	§ 9-2 APPLE 机上机操作	(124)
§ 3-5 读数、置数、		§ 9-3 BASIC 常用命令和	
恢复数据区语句	(29)	命令工作方式	(129)
§ 3-6 注释、暂停、结束语句	(32)	第十章 数据文件	(133)
§ 3-7 无条件转向语句	(34)	§ 10-1 文件的基本概念	(133)
第四章 分 支	(37)	§ 10-2 PC 机数据文件	(135)
§ 4-1 条件转向语句	(37)	§ 10-3 APPLE 机数据文件	(151)
§ 4-2 流程图	(40)	第十一章 屏幕图形处理	(165)
§ 4-3 分支程序应用举例	(41)	§ 11-1 PC 彩色屏幕图形处理	(165)
§ 4-4 条件执行语句	(49)	§ 11-2 APPLE 屏幕图形处理	(176)
§ 4-5 控制转向语句	(53)	第十二章 编程技术	(187)
第五章 循 环	(58)	§ 12-1 “菜单”技术	(187)
§ 5-1 FOR 循环语句	(58)	§ 12-2 链接技术	(188)
§ 5-2 多重循环	(64)	§ 12-3 屏幕输入输出技术	(190)
§ 5-3 WHILE 循环语句	(69)	§ 12-4 陷阱技术	(192)
第六章 数 组	(74)	§ 12-5 音响技术	(196)
§ 6-1 数组和下标变量	(74)	§ 12-6 编译技术	(198)
§ 6-2 数组说明语句	(76)		
§ 6-3 数组的应用	(78)		

第十三章 True BASIC 基础	(203)	§ 17-4 数组应用	(260)
§ 13-1 True BASIC 启动与 键盘操作	(203)	第十八章 函数、子程序和库	(267)
§ 13-2 True BASIC 基本语法	(208)	§ 18-1 函 数	(267)
第十四章 顺序结构程序设计	(215)	§ 18-2 子程序	(271)
§ 14-1 赋值语句	(215)	§ 18-3 库文件、链接语句与程 序语句	(277)
§ 14-2 键盘输入语句	(216)	第十九章 True BASIC 图形处理 ...	(280)
§ 14-3 打印输出语句	(219)	§ 19-1 图形窗口与坐标系统	(280)
§ 14-4 读数/置数语句	(222)	§ 19-2 基本绘图语句	(283)
§ 14-5 REM、STOP、PAUSE 和 END 语句	(224)	§ 19-3 BOX 语句	(287)
第十五章 分支结构程序设计	(226)	§ 19-4 图画(图形子程序)	(292)
§ 15-1 关系表达式和逻辑表达式	(226)	第二十章 文 件	(297)
§ 15-2 N-S 结构化流程图	(227)	§ 20-1 文件概述	(297)
§ 15-3 IF 型结构	(229)	§ 20-2 文件操作通论	(299)
§ 15-4 CASE 型结构	(232)	§ 20-3 正文文件	(303)
第十六章 循环结构程序设计	(235)	§ 20-4 记录文件	(305)
§ 16-1 FOR 循环结构	(235)	§ 20-5 字节文件	(309)
§ 16-2 DO 循环结构	(237)	附 录	(312)
§ 16-3 EXIT 语句	(241)	附录 I CRT 显示输出码	(312)
§ 16-4 循环嵌套	(243)	附录 II 键盘输入码	(313)
§ 16-5 应用举例	(245)	附录 III IBM PC BASICA 出错信息	(314)
第十七章 数 组	(249)	附录 IV IBM PC BASICA 编辑键	(316)
§ 17-1 概 述	(249)	附录 V IBM PC BASICA 保留字	(317)
§ 17-2 数组操作	(250)	附录 VI APPLESOFT BASIC 保留字	(318)
§ 17-3 内部数组、数组函数与 数组调整	(254)	附录 VII APPLE 错误信息	(318)
		附录 VIII PRINT USING 语句	(320)
		附录 IX IBM PC DOS 常用命令	(321)

第一章 电子计算机概述

电子计算机(Electronic Computer)是一种能够高速、自动地进行大量计算和信息处理的电子设备。电子计算机诞生于本世纪 40 年代,它的问世是 20 世纪一项重大科学成就,是当代先进科学技术的结晶。初期,人们只把电子计算机当做一先进的计算工具,用以代替人工进行繁复的数学运算。今日的电子计算机,除了数值计算外,还广泛应用于现代工业自动化管理、信息的收集和处理、图像识别、文字翻译等等。一句话,从宇宙空间到微观世界,从尖端科学到日常生活几乎所有的领域都用到计算机。计算机已成为人类的重要助手。因此,人们把电子计算机也称做“电脑”。

然而,计算机仍是一部没有生命的机器,它的全部聪明才智是人赋予的,一切工作都是按照预先规定好的一系列工作步骤进行的。事先把需要计算机从事的工作步骤交给计算机,计算机就可以自动地完成规定的工作。我们把这种工作方式叫程序方式,而交给计算机的工作步骤叫程序。那么,计算机为什么能自动执行程序?如何用 BASIC 语言书写程序?这就是本书要解决的中心问题。本章介绍计算机与算法语言的发展简史,计算机的基本结构、数制系统以及机器语言、汇编语言、算法语言的特点。

§ 1-1 计 算 机 概 述

一、电子计算机发展简史

1946 年 2 月 15 日,世界上第一台电子计算机 ENIAC(即电子数字积分计算机—Electronic Numerical Integrator And Calculator)在美国诞生。这台电子计算机研制了 3 年,使用了 18800 个电子管,占地 170 平方米,重达 30 吨。每秒能完成 5000 次 10 位数字的加法运算。它的诞生为电子计算机的高速发展奠定了技术基础。从此,计算机技术以空前未有的速度迅猛发展。匈牙利数学家冯·诺依曼第一个明确提出计算机组成的五大器件:控制器,运算器,存储器,输入设备和输出设备。并且明确指出:计算机中使用二进制数,在程序运行之前,要预先把指令和数据存入存储器。到目前为止,世界上所有的计算机也还都是遵循冯·诺依曼思想来设计的,因此可以称为冯·诺依曼计算机。

从第一代电子计算机的产生到现在,只经历了 40 多年的历史,可是它的发展已经历了四个时代,几乎每隔 5~8 年就进行一次产品的更新换代:

第一代(1946 年~1957 年)是电子管计算机。主要特点是:逻辑元件采用电子管,体积庞大、成本高、耗电多、内存容量小、可靠性差、运算速度慢(每秒几千次到几万次);编制程序主要用机器语言,开始使用汇编语言;主要用于科学计算。

第二代(1958 年~1963 年)是晶体管计算机。主要特点是:逻辑元件采用晶体管,体

积、耗电、成本大大减少；可靠性和内存容量大大提高，运算速度提高到每秒几十万次；内存储器采用磁芯，开始采用 FORTRAN、ALGOL、COBOL 等高级语言和操作系统；应用范围已扩大到数据处理、事务管理以及过程控制等方面。

第三代(1964 年~1970 年)是集成电路计算机，主要特点是：逻辑元件采用中、小规模集成(SSI、MSI)电路；实现机种多样化、生产系列化、结构积木化、语言标准化；外设种类齐全，开始使用 BASIC 等会话式语言；计算机已和通信技术密切结合，实现计算机网络；广泛应用于工业控制、数据处理和科学计算等各个领域。

第四代(1971 年以后)是大规模集成(LSI)电路计算机。主要特点是：逻辑元件主要采用大规模集成电路，由半导体存储器取代磁芯存储器。微处理器和由微处理器为核心的微型计算机(Microcomputer)飞跃发展；外部设备向高性能、小型多样化发展：软盘得到迅速推广；广泛使用具有图形功能的高清晰度彩色显示器；巨型机的运算速度已达到 10 亿次/秒以上；在软件方面，高级语言、操作系统、数据库以及应用软件包等有日新月异的发展并不断得到完善，出现了软件工程及软件工程学的新概念和新学科。

我国电子计算机事业发展也很快。1958 年，我国试制成功第一台电子管计算机 DJS-103；1964 年，第二代晶体管计算机 DJS-6 问世；1971 年，第三代集成电路计算机 TQ-16 等投入生产。1974 年研制成功 DJS-130 多用途集成电路小型计算机。1983 年我国自行设计的、具有世界水平的“银河”巨型电子计算机投入运行。它的运算速度高达 1 亿次/秒。从此，我国也进入了世界上研制巨型机的行列。

微型计算机是 70 年代初期诞生的。它是大规模集成电路发展的产物；把计算机的运算部件和控制部件集成在一片芯片上构成了微处理器，再加上其他电路部件(如存储器、接口等)便构成了微型计算机。它的特点是：体积小、功能全、可靠性强、适应性好、价格低廉。1971 年第一台微型机产生以后其发展极为迅速，差不多每隔 2~3 年就有一次重大的革新，到目前已从第一代 4 位机演变为第四代 32 位机。它的小巧、灵活、方便、省电、廉价的优点为计算机的普及开辟了极为广阔的天地。目前我国生产的长城微型机，性能上已达到国际同类产品的先进水平，并开始投放国际市场。

综观电子计算机的发展历史，可以用“迅猛”来概括发展势态。一般来说，电子计算机大约每隔 5—8 年更新换代一次，运算速度提高 10 倍，体积缩小 10 倍，价格降低 10 倍。当前世界上正掀起第四次产业革命高潮，各国科学家和研究人员正全力以赴，研制新一代计算机——第五代电子计算机。

二、电子计算机的基本结构

电子计算机有五大功能部件：控制器、运算器、存储器、输入设备和输出设备。它们之间的结构关系如图 1-1 所示。

(1)输入设备 它是向计算机输入数据、程序以及其他信息的设备。常用的输入设备有：键盘、纸带输入机、磁带输入机、卡片输入机、磁盘机、模拟量输入通道等。它的主要功能是把源程序、数据以及各种信息转换成计算机能够识别的二进制代码。

(2)存储器 这是用来存放原始数据、程序以及运算结果的部件。如果把存储器比喻成一座大楼，则大楼里每一个房间叫存储单元，每一个房间的号码叫存储单元的地址。而

每一个房间里能住几个人叫存储单元的字长。在计算机中，描述一个存储单元的字长是用二进制位(Bit)的数量来衡量的，如果某计算机一个存储单元中能存放8位二进制数，我们就说该机的字长为8位。通常还把每8位二进制码作为一个字节(Byte)，而把每两个字节描述成一个字(Word)。存储器容量的大小以kB为单位，1kB=1024个字节，如果说某存储器的存储容量为640KB，那就是说该存储器的存储容量有655360个字节。存储器有两个明显的特征：

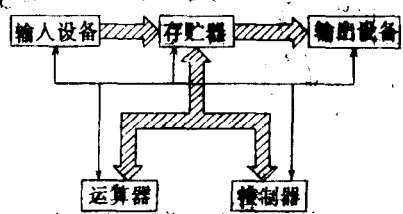


图 1-1 计算机组成的基本结构

a、具有“记忆”能力。当一个信息(即一组二进制数)存入某个存储单元之后，只要没有外界干扰(如掉电)，该信息将永远不变，如同被记忆住一般。

b、每个存储单元只能记忆一个信息。如果一个信息存入某个单元，则该单元里原有的信息同时消失，被新存入该单元的信息取而代之。

存储器的这两个特点对于程序设计尤其重要。在程序设计中，一方面要不断刷新某些存储单元的内容，以新信息代替旧信息；另一方面又要注意：今后要继续使用的信息不可遭到破坏，即千万不可向存储这些信息的存储单元写入新信息。存储器有内存器(内存)和外存储器(外存)之分。内存有磁芯存储器、半导体存储器。它的特点是容量小但存取速度快，主要用来存放执行时所需的程序和数据。外存储器有磁盘、磁鼓、磁带等，它的特点是容量大、存取速度慢、价格便宜，主要用来存放大量暂时不用的程序或数据信息。外存储器的信息不能直接参与运算，只有调入内存后方能参与运算。

(3)运算器 它主要由加法器(或称累加器)和若干个寄存器组成。是用来完成对各种信息的算术和逻辑操作的部件。

(4)控制器 它主要由译码器和逻辑线路组成。这是计算机的“神经中枢”，它统一指挥和控制电子计算机的各部分协调地工作。

(5)输出设备 这是计算机与人交往的输出窗口，它将计算机操作过程中的一些信息、运行结果等用人们能识别的数字、字符、图形等形式显示或打印出来。常见的有显示器、行式打印机、X-Y绘图机、磁盘机、磁带机等。

人们通常把上述五大部件统称为计算机硬件。随着大规模集成电路制造工艺的发展，计算机的结构和性能也发生变化。把计算机的控制器和运算器集成在一块电路芯片上，称为CPU(Central Processing Unit 中央处理机)。而且又把存储

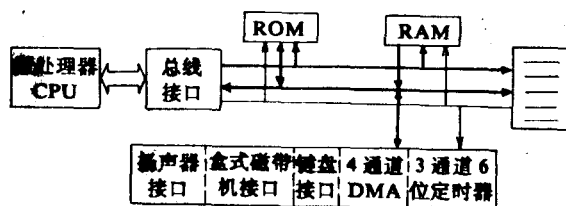


图 1-2 IBM PC 基本结构

器分成只读存储器 ROM(Read-Only Memory)和随机存储器 RAM(Random Access Memory)。这样，就可以把开机引导、系统自检、初始化等程序固化于只读存储器中。启动时，计算机就会自动去执行只读存储器中的程序，完成上述操作，进入操作系统，这样就大大方便用户。各种输出输入设备只要插入接口或扩展插槽就能够工作。IBM PC的基本结构如图1-2所示。

三、电子计算机系统的组成

电子计算机系统,是由计算机的硬件和软件两大部分组成。构成计算机的物理实体称为计算机的硬件。为开发计算机所编制的具有特定功能的各种程序、数据库等称为计算机软件。软件又可分为系统软件和应用软件。系统软件是由厂家提供的基本软件,是为了充分开发计算机资源、最大限度发挥计算机的作用,便于使用、管理、维护等目的而编制的一系列程序。有的系统软件固化在内存的 ROM 之中,用户只能使用,不能改变其内容,停电也不消失,这样,开机引导、自检就更加方便、可靠。应用软件是指用户为解决各种实际问题而编制的程序,也有厂家提供的一些应用软件包,应用软件一般存放在内存的 RAM 或外存之中,以便用户调用和修改。

四、程序设计语言

要想用计算机解决一个问题,必须事先用计算机能识别的代码(0 或 1 的排列)编制成解决问题的操作步骤,然后通过输入设备将操作的内容送入计算机,计算机才会按照人的意图完成指定的工作。我们把要求计算机完成的有限次数的操作步骤叫做程序。编制程序的过程叫做程序设计。书写程序用的语言称做程序设计语言。程序设计语言就使用层次来讲可以分为机器语言、汇编语言和算法语言三大类。

1. 机器语言

显然,计算机不懂得人类语言。只认识 0 和 1 这两个数码所表示的二进制数。如同我们既可以把十进制数作为数值使用,也可以作为代号使用,计算机中不仅用二进制 0 和 1 数码的排列来表示数据、符号,而且也用 0 和 1 数码的排列表示某种操作信号,以控制计算机完成特定的操作。例如,在 IBM PC8086 中用 0000000111011000 表示一种加法操作信号,指挥机器将寄存器 AX 和寄存器 BX 中的数进行相加,再将两数的和存入 AX 寄存器中的这样一种特定操作。我们通常把能够指挥机器完成某种特定操作的一组 0 和 1 的代码叫机器指令,而把一台计算机全体机器指令的集合称为这台计算机的机器语言。

计算机之所以能够识别机器语言,是因为在设计这台计算机时在电路上作了安排。因此,机器语言是这种型号的计算机能够识别的唯一语言。我们要使用计算机,就必须使用计算机能够识别的语言,即用机器语言编制程序。事实上,早期人们使用计算机,正是由人工直接使用机器语言逐条编制程序,这叫手编程序。

手编程序不仅工作量大、效率低、专业性强,而且机器语言本身直观性差、不便阅读,编程容易出错,再则用某台计算机的机器语言编写的程序只限于在这台计算机上使用,而不能在其他型号的计算机上运行。这就影响了计算机的推广使用。

2. 汇编语言

计算机科学工作者发现:对字母、数字、符号做一些硬性规定,利用计算机的逻辑判断功能,可以使计算机自动地把这些经过约定的字母、数字、符号转换成机器指令。那些

经过约定的字母、数字、符号称为助记符。后来又规定了简单的语法规则，因此，发展到不使用机器指令，而使用助记符来编写程序。这就是汇编符号语言，简称汇编语言。

汇编语言中每个助记符都有明确的含义。例如，上面提到的加法指令，在汇编语言中可以写成 `ADD AX, BX`，其中 `ADD` 表示做加法运算，含义很明确。所以汇编语言与机器语言相比具有直观、易读、便于记忆、便于交流的特点。

但是，我们知道，计算机只能识别它的机器语言，并不能识别汇编语言。那么，怎样才能使电子计算机识别并执行用汇编语言编写的程序呢？大家都知道，请一个不懂汉语的外国专家来我国讲学，必须配备翻译人员。与此相似，为了让计算机懂得汇编语言程序，软件人员必须预先用机器语言编制一个翻译程序，通常把这个翻译程序叫做汇编程序。汇编程序的主要作用就是把符合规定的字母、数字、符号逐一翻译成机器代码，这个翻译过程称为代真。也就是说，汇编程序把使用汇编语言编写的程序(称为源程序)翻译成机器语言程序(称为目的程序或目标程序)。然后，执行目标程序而达到预定的目的。

汇编语言虽比机器语言方便得多，但与人类自然语言仍有较大的差别。汇编语言与机器指令一一对应，因此，汇编语言仍然依赖于具体机器，称为面向机器的语言。然而，使用汇编语言可以充分发挥机器的功能，设计出高质量的程序，与使用机器语言相比又大大减轻了工作量，且易于阅读和调试。因此，汇编语言至今仍是编制程序的重要工具。

3. 算法语言

为了使程序设计语言真正摆脱对具体机器的依赖，更加接近于人们的自然语言，以使电子计算机能够广泛地应用到科研、管理和日常生活的各个领域中去，在 50 年代中期至 60 年代初期迅速发展起来了各种高级语言。高级语言的出现，是计算机发展史上的一个重要的里程碑。`BASIC` 算法语言就是其中之一。这些算法语言都已经相当接近于人们的自然语言，而且都已经摆脱了对具体机器的依赖，因此，计算机获得极大的普及与发展。比如说，使用 `BASIC` 算法语言编写的程序，无论在哪一个型号的计算机上，只要是配备了相应的 `BASIC` 解释程序，都可以运行。因此，使用算法语言编写程序，程序设计人员完全不必考虑具体机器的要求，因而可以集中精力去考虑算法的描述。所以，算法语言又称为面向过程的语言。

用 `BASIC` 语言编写的程序称为 `BASIC` 源程序。`BASIC` 源程序与人们的自然语言相当接近，整个源程序就像是描述计算机操作过程的一篇文章。例如，下面的 `BASIC` 源程序经计算机运行后可以打印输出一条正弦曲线。

```
10 FOR I=0 TO 36
20 X=3.1416*I/18:PRINT TAB(30+25*SIN(X));"*"
30 NEXT I
40 END
```

`BASIC` 算法语言是 `Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code` 一词的缩写，称为初学者通用符号指令代码。它是由两名美国教授 `J·G·Kemeny` 和 `T·E·Kurtz` 于 1964 年创立的。20 多年来，经过不断完善，增加了数据文件，计算机绘图，汉字系统，及出错陷阱等功能，又发展到编译 `BASIC(Compiler BASIC)`，功能相当强大齐全，从而使 `BASIC` 成为世界上应用最广泛的算法语言之一。

但是, 计算机并不能识别包括 BASIC 语言在内的任何算法语言。为了使计算机能够识别并执行 BASIC 源程序, 同样必须要有一个翻译程序。

算法语言的翻译程序与汇编语言的翻译程序不同。汇编语言语法简单, 助记符与机器指令一一对应, 算法语言的语法关系比汇编语言的语法关系复杂得多, 算法语言中每一个命令并非与一条机器指令对应。因此, 算法语言的翻译工作就复杂得多, 将算法语言源程序翻译成机器语言目标程序一般有两种方法: 解释方法和编译方法。如果拿翻译一篇外文资料来作比喻, 那么, 解释方法就是读一句, 翻译一句执行一句; 编译方法则是把整篇资料全部翻译完毕最后再执行。所以解释方法在翻译执行 BASIC 源程序时不产生目标程序, 而编译方法则要将整个源程序经过翻译产生目标程序。故解释方法比编译方法具有占用内存小的优点。但解释方法由于是翻译一句执行一句, 而编译方法是把整个源程序翻译成目标程序, 然后再执行目标程序, 故编译方法比解释方法具有运行速度快的优点。

BASIC 语言一般是解释性语言。预先编好一个翻译程序——BASIC 解释程序, 输入到计算机中, 然后 BASIC 解释程序就能开始工作(称为电子计算机进入 BASIC 状态)。接着, 就可以将 BASIC 源程序逐句逐行输入到计算机中(一般从键盘敲入)。整个源程序全部输入完毕, 就可以在键盘上打入运行命令(RUN)。BASIC 解释程序接到运行命令就开始逐行逐句地解释一句、执行一句, 直到所有语句全部解释执行完毕为止。

从使用方式来看, BASIC 是一种交互式的语言, 用户可以向计算机提出问题, 要求计算机回答; 计算机也可以向用户提出问题, 要求用户回答, 程序的运行就在人与机器的对话过程中完成。这就使计算机具有很大的灵活性。

§ 1-2 数制系统与数制转换

在日常生活中, 我们通常使用十进制计数, 但是应该指出, 采用十进制计数系统仅仅是人们长期生活形成的习惯, 而并非唯一和必然。人类在各种不同场合也使用着其他各种数制系统。例如: 60 秒进 1 分, 60 分进 1 时(60 进制), 1 年等于 12 个月, 1 打等于 12 只(12 进制); 1 星期等于 7 天(7 进制); 1 双等于 2 只(二进制)等等。可见, 使用什么样的数制系统完全取决于人类的需要。下面仅以 0 和正整数来阐述数制系统和数制转换。

一、数制系统

首先, 我们来考察一下熟悉的十进制计数系统。任意一个十进制数 A_{10} :

$$A_{10} = a_n a_{n-1} \cdots a_1 a_0$$

其中 a_i ($i=0, 1, 2, \cdots, n-1, n$) 只能取 10 个不同数字 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 中的任意一个。

其次, 我们还注意到每个数字在十进制数中的位置不同, 则其表示的权也不一样。如 a_0 表示个位数, a_1 表示十位数, a_2 表示百位数等等, 因此, 我们可以把一个十进制数写成多项式的形式:

$$A_{10} = a_n \cdot 10^n + a_{n-1} \cdot 10^{n-1} + \cdots + a_1 \cdot 10^1 + a_0 \cdot 10^0$$

$$= \sum_{i=0}^n a_i \cdot 10^i \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n-1, n)$$

其中 10 为十进制基数, 10^i 为 a_i 的权, 上面的多项式称为按权展开式。

至此, 我们不难得到十进制计数系统有如下特点:

- * 十进制计数系统就是基数为 10 的数制系统, 也就是逢十进一的数制系统。
- * 表示一位十进制数需要 0, 1, ..., (10-1) 等 10 个数字之一。
- * 任一个十进制数都可以按权(10^i)展开。

但是, 数制系统的基数并不是非取 10 不可, 实际上, 它可以取除 1 以外的任意自然数。于是, 当然也可以取 2, 8, 16 作为基数, 这就分别构成了二进制计数系统、八进制计数系统、十六进制计数系统:

(1) 十进制数: 十进制数是由 0~9 十个数字组成, 基数是 10, 逢十进一。如:

$$(358)_{10} = 3 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 8 \times 10^0$$

(2) 二进制数: 二进制数是由 0 和 1 两个数字组成, 基数是 2, 逢二进一。如:

$$(1001)_2 = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

(3) 八进制数: 八进制数是由 0~7 八个数字组成, 基数是 8, 逢八进一。如:

$$(2370)_8 = 2 \times 8^3 + 3 \times 8^2 + 7 \times 8^1 + 0 \times 8^0$$

(4) 十六进制数: 十六进制数是由 0~9 以及 A、B、C、D、E、F 十六个数字组成, 基数是 16, 逢十六进一。如:

$$(A2C)_{16} = 10 \times 16^2 + 2 \times 16^1 + 12 \times 16^0$$

二、计算机为什么要采用二进制数

计算机广泛使用二进制数, 这是因为二进制数对计算机来说, 有两个重要特点:

1. 易于实现, 可靠性高、成本低。十进制数基数为 10, 所以表示一位十进制数需要 10 个数字符号之一, 在电子计算机中就需要用彼此都不相同的 10 个状态来表示, 而生产具有 10 个彼此都不相同状态的电子器件很难实现。二进制数基数为 2, 表示一位二进制数只要 0, 1 两个数字之一即可, 而具有两个状态的电子器件很多。例如电位的高、低, 开关的通、断, 晶体管的导通、截止, 磁通的有、无等等。因此, 二进制数在计算机中容易实现, 可靠性高, 成本低。

2. 十进制数的运算法则复杂。其加法运算法则从 $0+0=0$ 到 $9+9=18$ 共有 100 条, 其乘法从 $0 \times 0=0$ 到 $9 \times 9=81$ 也有 100 条运算法则。而二进制数运算法则非常简单:

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

只有 4 条加法规则和 4 条乘法规则。所以计算机中采用二进制, 极大地简化了运算电路。

三、十进制数和二进制数之间的转换

由于我们日常生活习惯使用十进制数, 而计算机中却使用二进制数, 为此需要解决十

进制数和二进制数之间的转换问题。

1. 十进制数转换成二进制数：用除 2 取余法

所谓除 2 取余法是把待转换的十进制数，一次又一次地用 2 除，直到商为 0 为止。第一次除得的余数是所求二进制数的最低位，最后一次除得的余数是所求二进制数的最高位。把所得的余数(0 或是 1)从最高位向最低位排列即可。

例 1-1 求 $19_{10}=(\quad)_2$ ， $30_{10}=(\quad)_2$

解：

2	19	1 b_0
2	9	1 b_1
2	4	0 b_2
2	2	0 b_3
2	1	1 b_4
0		

2	30	0 b_0
2	15	1 b_1
2	7	1 b_2
2	3	1 b_3
2	1	1 b_4
0		

所以 $19_{10}=(10011)_2$ ， $30_{10}=(11110)_2$

上面介绍了将一个十进制整数转换成二进制整数的方法——除二取余法。我们很容易将这种方法推广到将一个十进制数转换成任意进制数的转换方法。如，将一个十进制数转换成八进制数，我们可以用“除八取余法”；而将一个十进制数转换成十六进制数，则可以用“除十六取余法”，等等。读者可以自行选题练习，不再赘述。

2. 二进制数转换成十进制数

将一个二进制数转换成十进制数，只要将这个二进制数按权展开求和即得到对应的十进制数。

例 1-2 求 $10011_2=(\quad)_{10}$ ， $11110_2=(\quad)_{10}$

解 $10011_2=1 \times 2^4+0 \times 2^3+0 \times 2^2+1 \times 2^1+1 \times 2^0$
 $=16+0+0+2+1=19_{10}$

$11110_2=1 \times 2^4+1 \times 2^3+1 \times 2^2+1 \times 2^1+0 \times 2^0$
 $=16+8+4+2+0=30_{10}$

所以 $10011_2=19_{10}$ ， $11110_2=30_{10}$

按权展开求和，可以实现将给定的二进制整数转换成十进制整数。我们还可以用这种方法实现将八进制数、十六进制数转换成十进制数，仅仅是权中的基数不同而已。

四、二进制数、八进制数、十六进制数的相互转换

二进制数对计算机来说，是很方便的，但是对于人来说，无论是阅读还是书写都不大方便。例如，十进制数 32767_{10} 相应的二进制数为 11111111111111_2 ，书写容易出错。因此，为了方便阅读和书写，需要将二进制数转换成八进制或十六进制数。注意到 $2^3=8$ ，