

结构化 BASIC 程序设计

主 编 顾永年 靳学辉
副主编 赵良全 安富胜

JIE GOU HUA BASIC CHENG
XU SHE JI JIE GOU HUA
BASIC CHENG XU
SHE JI

蓝天出版社

前 言

计算机的应用,已步入生产、交换、管理等各个领域。要学习计算机知识和掌握计算机的应用,首先必须学习和掌握计算机语言,BASIC语言是国内外流行最为广泛的一种计算机高级语言,它易于学习,易于掌握,又具有较高的使用价值。因此,受到普遍的欢迎。以前的非结构化 BASIC 的普及应用在推动我国计算机的应用与普及方面起到了重要作用,但也带来了种种弊端,现在迫切需要在非计算机专业教学中讲授结构化程序设计语言,本书就是为适应这一要求而编写的。

结构化程序设计的核心是用“自顶而下”,“逐步求精”、“模块化”和只用顺序结构、选择结构、循环结构三种基本程序结构的组合等方法而形成程序。这种方法编出的程序具有良好的结构,逻辑清楚,运行效率较高,且易读、易懂。

本书内容丰富,系统性强,兼顾初学与提高两个层次。不仅可作为高校、中专非计算机专业的教材,亦可供广大读者自学参考。

参加本书编写的有:李胜宾、顾永年、安富胜、靳学辉、陈晓青、赵良全、冯泽森、施积成、李会斌、裘建新、李书友。全书由顾永年、靳学辉任主编,赵良全、安富胜任副主编。

编者 1992年7月

目 录

第一章 计算机的基本知识	(1)
§ 1-1 计算机的发展概况	(1)
§ 1-2 计算机的特点与应用	(2)
§ 1-3 计算机系统的组成	(3)
§ 1-4 计算机中数的表示方法	(6)
§ 1-5 计算机语言概述	(8)
习题一	(11)
第二章 结构化 BASIC 程序设计初步	(13)
§ 2-1 BASIC 概述	(13)
§ 2-2 BASIC 程序的构成	(13)
§ 2-3 常量、变量及函数	(15)
§ 2-4 表达式及运算规则	(17)
§ 2-5 结构化程序设计要点及流程图	(19)
习题二	(23)
第三章 顺序结构程序设计	(24)
§ 3-1 赋值语言 (LET 语句)	(24)
§ 3-2 打印语句 (PRINT 语句)	(25)
§ 3-3 键盘输入语句 (INPUT 语句)	(30)
§ 3-4 读数据语句 (READ 语句) 和置数据语句 (DATA 语句)	(31)
§ 3-5 恢复数据区语句 (RESTORE 语句)	(32)
§ 3-6 END、STOP、REM 语句	(34)
§ 3-7 上机操作	(36)
§ 3-8 程序举例	(38)
习题三	(40)
第四章 选择结构程序设计	(41)
§ 4-1 单、双分支选择结构程序	(41)
§ 4-2 无条件转移语句	(46)
§ 4-3 选择结构的嵌套	(48)
§ 4-4 多分支选择结构	(51)
§ 4-5 程序举例	(52)
习题四	(58)
第五章 循环结构程序设计	(61)
§ 5-1 用 IF 语句和 GOTO 语句实现循环	(61)
§ 5-2 用 WHILE—WEND 语句实现循环	(66)
§ 5-3 用 FOR—NEXT 语句实现循环	(71)
§ 5-4 循环语句应用举例	(75)
§ 5-5 循环的嵌套	(79)

习题五	(84)
第六章 数组	(87)
§ 6-1 数组和下标变量	(87)
§ 6-2 数组说明语句	(88)
§ 6-3 程序举例	(89)
习题六	(97)
第七章 函数	(101)
§ 7-1 标准函数	(101)
§ 7-2 自定义函数	(107)
§ 7-3 程序举例	(108)
习题七	(112)
第八章 子程序	(113)
§ 8-1 转语句 GOSUB 和返回语句 RETURN	(113)
§ 8-2 子程序的嵌套	(114)
§ 8-3 程序举例	(115)
习题八	(117)
第九章 字符串处理	(118)
§ 9-1 字符串的概念	(118)
§ 9-2 在程序中使用字符串变量	(119)
§ 9-3 字符串的比较	(121)
§ 9-4 字符串函数	(122)
§ 9-5 程序举例	(127)
习题九	(128)
第十章 计算机作图	(129)
§ 10-1 屏幕控制与作图语句	(129)
§ 10-2 画点和画线	(132)
§ 10-3 画圆、椭圆和圆弧	(135)
§ 10-4 程序举例	(137)
习题十	(138)
第十一章 文件	(140)
§ 11-1 文件的基本概念	(140)
§ 11-2 源程序文件	(140)
§ 11-3 顺序文件	(142)
§ 11-4 随机文件	(146)
习题十一	(150)
第十二章 结构化程序设计方法与编程技术	(151)
§ 12-1 结构化程序设计	(151)
§ 12-2 程序的风格	(153)
§ 12-3 “陷阱”技术	(154)
§ 12-4 输入输出格式	(156)
§ 12-5 “菜单”技术	(158)
习题十二	(161)

第十三章 MS-DOS 的使用与汉字处理	(163)
§ 13-1 IBM-PC 机的磁盘操作系统	(163)
§ 13-2 汉字的输入与输出	(171)
习题十三	(177)
第十四章 文字编辑软件	(178)
习题十四	(183)

第一章 计算机的基本知识

电子计算机的出现和广泛地应用于各个领域，这无疑是二十世纪科学技术的最卓越的成就之一。

今天，计算机已成为人们处理各种复杂任务的不可缺少的现代工具。计算机的应用与普及将对整个国民经济、国防建设和科学文化事业的发展产生巨大的促进作用。计算机的发展水平已经成为一个国家应用技术水平及科学技术发展程度的重要标志。

目前计算机程序设计已成为高等学校许多专业的必修课。计算机知识成为大学生们知识结构中的重要组成部分。计算机作为智力工具，它在教育事业中占有特殊的位置。

本章将介绍计算机的硬件、软件，计算机系统组成，计算机中数的表示及计算机语言等内容。

§ 1-1 计算机的发展概况

随着科学技术的发展，1946年世界上产生了第一台电子计算机ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator)。它是在美国陆军部的主持下，由J·P·Eckert和J·W·Mauchly等人设计的。

电子计算机的发展过程，大体上经过了四个阶段。

1946年~1958年。电子管计算机，通常称为第一代计算机。它的主要逻辑元件采用电子管，可靠性差，价格高。

1958年~1964年。晶体管计算机，即第二代计算机。以计算机晶体管为基本元件，可靠性显著提高，价格大大下降，速度提高近百倍，体积缩小为电子管计算机的1/10。

1964年~1971年。中小规模集成电路计算机，即第三代计算机。

1971年以后。大规模集成电路计算机。由于发明了大规模集成电路，可以把几百个，几千个晶体管连接成一定功能的电路做在一块硅片上。此后相继出现了以大规模集成电路为主要器件的第四代电子计算机，微处理器，微型计算机。

电子计算机大约每5~8年就发生一次换代，其运算速度提高十倍，体积减少到原来的十分之一，成本降低到原来的十分之一。

目前，计算机正向四个方面发展，即巨型机、微型机，计算机网络、智能模拟，第五代计算机正在研制中。

巨型机是指速度高、容量大、计算能力强的巨型计算机系统。它主要用于尖端科学技术和军事工程等方面。它促进了尖端科学技术的研究与发展。我国研制成功的“银河”机，其运算速度为每秒一亿次。

随着大规模集成电路工艺的发展，可以把计算机的运算器和控制器做在一片大规模集成电路上，这样的电路就称为微处理器(MPU, Microprocessor)。以微处理器为核心，再加上内存贮器，输入输出(I/O)接口等大规模集成电路，就构成了微型计算机。微型计算机价格便宜，体积小，可靠性高，用途广泛，这些特点有利于计算机的普及与社会化。

计算机网络是现代计算技术与通信技术相结合的产物，它是利用通信线路把分布在不同

地点上的多个独立计算机系统连接起来的一种网络。它能使用户共享网络中的所有硬件、软件和数据等资源。用户可以在自己的办公室或家里使用网络中分布在不同地点的计算机。计算机网络在办公自动化、企业管理等领域的应用迅速增长，已成为国内外一个非常活跃的工程研究及产品开发的领域。

智能模拟是一门探索或模拟人的感觉和思维过程规律的科学。它是建立在控制论、计算机、仿生学、心理学等科学基础上的边缘科学。将来的计算机会进一步模拟人类神经系统，使计算机具有“听觉”、“视觉”和“触觉”的功能，甚至于具有情感。

据有关资料报导，第五代计算机将是超大容量、超高速，具有新的结构体系的智能化计算机。

§ 1-2 计算机的特点与应用

著名数学家冯·诺依曼 (Von Neumann) 于 1946 年提出了“存储程序式计算机”，即冯·诺依曼型计算机。现今使用的计算机都是这种类型的机器。下面先论述其特点，然后讨论它的应用。

一、电子计算机的主要特点

1. 程序控制。这是电子计算机的主要特征。计算机从开始工作到输出计算结果，整个工作过程都是在程序控制下自动进行的，不用人去进行干预。
2. 高速。通常用每秒能够执行指令的数目来表示运算速度。目前巨型机的运算速度已达每秒几亿次。这是以往的任何计算工具所无法比拟的。
3. 精确度高。电子计算机是用数字方式来表示一个数的，因此所表示的数的精确度很高。原则上可以满足任何精度的要求，需要多少位就用多少位。但实际上要受其它因素的限制，位数不能取得太多。
4. 具有“记忆”功能，存储量大。计算机能长期保存大量的数据和程序，可根据需要随时存取。
5. 通用。只要能够用数字或数字方式描写对象，都可以用计算机来进行处理。
6. 具有逻辑判断能力。借助于数理逻辑和布尔代数，计算机可以进行某些逻辑推理和逻辑判断，从而使计算机具有一定的“能动性”。

二、计算机的应用

由于计算机具有上述特点，因此它的应用非常广泛，涉及到社会生活的各个领域。归纳起来，可以分为以下几类：

1. 数值计算，或称科学计算。计算机运算速度快，精确度高，许多大型的计算问题只有现代计算机才能胜任。如原子能工程、航天技术、天气预报、地震预测等。
2. 数据处理与信息加工。计算机不仅能进行数值计算，而且还能对大批量的数据进行有效的加工和处理（如分类、排序、变换、检索、制表等）。例如企业经济管理、银行业务、图书情报资料检索、档案管理、学籍管理、图象分析、编辑排版等，事实上，计算机在非数值方面的应用远远超过数值计算方面应用。
3. 实时控制。导弹、卫星、飞船、生产过程自动化、交通管理等都需要实时的自动控制。计算机在这个领域中的应用，大大地提高了其质量和效率。
4. 计算机辅助设计和辅助教育。计算机辅助设计，简称 CAD (Computer Aided Design)。是

用计算机辅助人们进行设计工作，用于电子、机械、航空、造船、化工、建筑等行业。使得复杂产品的设计过程能自动产生产品的造型，分析产品的性能，对设计方案作出选择与优化，因而可使设计工作自动化或半自动化，大大提高了设计质量和效率。

计算机辅助教学，简称 CAI (Computer Aided Institute)。它是利用计算机来辅助进行教学，把教学内容编成“课件”，学生可以根据自己的程度选择不同内容，可使教学内容多样化、形象化，有效地提高教育质量和教学水平。我国有些高校已开展这方面的研究和开发。

5. 人工智能。这是计算机应用的新领域。主要研究如何用计算机来“模仿”人的智能，使计算机具有“推理”和“学习”的功能。其内容包括：模式识别、语言识别，定理自动证明、自动程序设计、数据库的智能检索、专家系统和机器人等。日前最有代表性和实用意义的是专家系统和机器人。人工智能的难度很大，但其应用前景十分诱人。

早期的计算机主要用于科学计算，“计算机”因此而得名。而现在计算机在非数值计算方面的应用远远超过数值计算方面的应用，与其叫“计算机”，倒不如叫“信息处理机”更为确切。

§ 1-3 计算机系统的组成

计算机系统是计算机硬件和软件的总称。组成计算机的任何机械的、磁的、电的、电子的、光学的部件或装置，均称为机器系统（或硬件）。软件，则是相对于硬件而言，它包括运行机器所需的各种程序的集合和相关资料。

一、硬件

冯·诺依曼型计算机使用的最基本的运算是二进制运算。除了要将运算所需的数据输入计算机外，还要将运算的步骤事先编成指令（指令是用二进制数表示的），并将指令输入到计算机内存贮起来，这就是“存贮程序”的概念。计算机根据人们事先存贮在计算机内的程序指令，一步一步地进行操作，对数据进行加工处理及输入输出。由此可见，计算机的工作完全是“自动”的，是由程序控制的。

要使计算机能够自动地计算，必须让机器“看到”数据和程序，要能够“理解”程序的含义并顺序执行指定的操作，可以及时取得初始数据和中间数据，能够自动地输出结果。因此，机器必须要有一个存贮器，用来存贮程序和数；有一个运算器，用以执行指定的操作；要有一个控制器，以便实现自动操作；还要有输入输出部件，以便输入原始数据、计算程序和输出计算结果。

综上所述，冯·诺依曼计算机由运算器、控制器、存贮器、输入和输出设备组成。基本结构如图 1-1 所示。

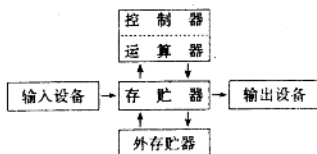


图 1-1 计算机基本结构

1. 运算器。运算器又称为算术和逻辑部件。它能完成算术运算和逻辑运算。

计算机的各种运算可以由相加及移位这两个基本操作来实现。为了进行计算，参加运算的数需要在运算器中暂时存放起来，这称为寄存。每次运算的中间结果也要暂时保留。因而运算器必须能完成数码寄存，数码相加和数码移位等工作。故运算器通常由累加器、存放操作数和结果的寄存器，以及为实现乘、除法及其它操作而增加的移位线路等组成。

2. 控制器。控制器是整个机器的指挥控制中心。它是根据人们事先编好的程序（一条条指令）来进行工作的。控制器从存储器取来指令并发出相应的控制信号送给运算器及其它功能部件，以保证计算机的各个部件相互协调地工作。

运算器、控制器组成中央处理器，简称CPU (Central Processing Unit)。CPU是计算机的核心部件。

3. 存储器。存储器是存放二进制信息的部件。各种数据、程序均以二进制的方式存储在存储器中。

为了能够迅速准确地存取二进制信息，存储器被分为许多存储单元，每个存储单元有一个编号，存储单元的编号称为地址。每个存储单元容纳一个固定位数的二进制信息。二进制信息用二进制数表示。二进制数由数码“0”和“1”构成。它的每位 (bit) 是计算机表示信息的最小单位。每八位二进制数为一个字节 (byte)。每个存储单元能装下多少位二进制数字，称为存储单元字长，也叫计算机的字长。存储容量是衡量计算机存储器性能的重要指标，存储容量用字节数来表示。1024 (即 2^{10}) 最接近 1000，称为 1kB (即 1024 byte)。记住这个数值是很有好处的。

存储器分为内部存储器 (简称内存或主存) 和外部存储器 (简称外存或辅存)。

内部存储器通常由能够高速存取信息的集成电路芯片组成。它与运算器直接相连，主要存储当前所需的程序和数据，把内存中的信息送往运算器以及将信息从运算器中送往内存中存储，速度都较快。内部存储器又可分为只读存储器 (ROM) 和随机存储器 (RAM) 两种。必须使用但又不允许修改的信息通常固化在 ROM 中；而 RAM 中的信息既可读出又可写入，但如果关闭计算机，RAM 中的信息亦将丢失。

外部存储器是外部设备之一。凡是需要长期保存或是不经常使用的信息，都可以成批地存放在外存中。计算机工作时，可以随时将这些程序和数据调入内存使用。外存的工作速度较低，与运算器没有直接联系，但容量很大，原则上可以要有多大有多大，但实际上总是有限的。常用的外存有磁盘机、磁带机、光盘机等。

对存储器中某一存储单元写入一个信息后，可以反复从这个存储单元读出这个信息，直到再次写入另一个信息为止。就是说，进行读操作时，仅拷贝其中内容，单元内容保持不变；而对存储单元进行写操作时，要改变原有内容为新的内容。

4. 输入和输出设备。输入输出设备 (简称为 I/O 设备，即 Input/Output 设备) 是计算机与外界进行联系的桥梁。人和机器打交道是要通过输入和输出设备。输入设备将外部信息转换成二进制形式并传输到内存，同样输出设备能把计算机内部的二进制形式的信息转换成所需要的信息 (如文字、数字、图形、声音等) 并传输到计算机外部。常用的输入设备有：键盘、鼠标器、光笔、数字化仪、图形文字扫描仪、摄像仪、音频输入装置等。常用的输出设备有：屏幕显示器、打印机、X-Y 绘图仪、投影仪、音频输出装置等。

一台计算机至少要配有一台输入设备和一台输出设备，但一般都配有多台。

通常把硬件分为主机和外部设备 (简称外设) 两大类。主机由中央处理器和内部存储器

组成，它是计算机的核心；主机以外的各种设备（如外部存储器，输入设备，输出设备等）称为外部设备。

二、软件

在计算机系统中，硬件是物质基础，软件是指挥枢纽，是灵魂。软件主要是研究如何管理和使用机器，即研究通过各种程序系统来更好地发挥计算机的功能。一个不包含任何软件的计算机称为“裸机”。裸机只能在很不方便的情况下做点简单的运算。如果软件设计和使用不好，只能发挥出计算机效能的百分之三十；在最佳条件下，可达百分之八十。因此，软件的功能与质量在很大程度上决定了整个计算机的功能。

计算机软件按其用途可以分为系统软件和应用软件。系统软件是用于保证计算机系统正常工作、发挥和提高计算机系统的运行效率，为计算机系统提供通用服务功能的。系统软件包括操作系统、故障检查和诊断程序、汇编程序、编译程序、数据库管理系统等。应用软件则是在计算机应用领域为解决某些具体问题而开发的程序。例如各种管理程序、科学计算程序、控制程序等。此外，还有一种称之为“工具软件”，即提供一种工具以方便用户进行软件开发，例如编辑软件，绘图工具（AUTOCAD）、电子表格程序等。

系统软件中最重要的是操作系统，它是所有软件的核心，几乎所有计算机都配置了操作系统（Operating System，简称OS）。它的主要功能是管理计算机硬件和软件，最大限度地发挥它们的作用，使用户能够有效地利用和控制计算机。BASIC解释程序是在操作系统管理下进行工作的，高级语言的编译程序也只有在操作系统的支持下才能工作。因此，读者应当学会使用操作系统所提供的一些常用命令，以便能正确地在计算机上调试和运行自己编写的程序。

图1-2表示了计算机系统硬件和软件以及软件和软件各部分之间的关系。硬件是软件的基础，没有硬件就不能执行指令和实施最原始最简单的操作，那么软件也就失去了作用，软件是在硬件基础上对硬件性能的扩充和完善，没有软件，计算机也就不能发挥它的潜在能力，硬件资源也就没有活力。软件之间，外层软件需要内层软件为其提供运行的条件，即外层软件只有在内层软件的支持下才能运行。

许多计算机系统采用分时操作系统，允许许多用户（几个到几十个）同时使用同一台计算机。在分时系统中，计算机能同时为许多终端用户服务，而且能在很短的时间内响应用户的要求。系统采用了分时技术，把处理机时间划分成很短的时间片轮流分配使用，用户好像是独占一台计算机一样。这样提高了计算机的使用效率。



图 1-2 硬件—软件层次关系

§ 1-4 计算机中数的表示方法

人们通常是以十进制数来进行计算的。“逢十进一”，这几乎是人人知晓的道理。但除此之外，还有十六进制（我国老秤十六两为一斤）、十二进制、八进制和二进制等。

在计算机中，通常是用二进制来进行计算的。这是因为电子计算机中的存储器是由一个个小的电子线路单元组成，每个单元有两种稳定的工作状态（例如三极管的截止和导通）它们以 0 和 1 代表，因此，电子计算机中数的存贮是以二进制形式来存放的。这样在线路上易于实现。此外，二进制数容易进行计算，采用二进制可节省设备，便于用逻辑代数对计算机的逻辑线路进行分析和综合。

一、十进制数与二进制数

我们平常使用的数字是由 0~9 十个符号组成的。用这些数字表示数时，其位置不同，所表示的数值也不同。这就是所谓数位（个位、十位、百位、千位、…）。在数学上叫做权。每一位上的数码与该位“权”的乘积表示该位数值的大小。例如：302.75 可以写成

$$\begin{aligned} 302.75 &= 3 \times 100 + 0 \times 10 + 2 \times 1 + 7 \times 0.1 + 5 \times 0.01 \\ &= 3 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

其中 10^2 、 10^1 、 10^0 、 10^{-1} 、 10^{-2} 为十进制数的“权”，而“10”为十进制的基数（或底数），它说明“逢十进一”。

二进制数是计算机通常采用的数制。它是由“0”和“1”两个符号来表示的。例如二进制数 11101.11 可以写成

$$11101.11 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$$

其中 2^4 、 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 、 2^{-1} 、 2^{-2} 为二进制数的权，2 为二进制数的基数，它说明“逢二进一”。

十进制数与二进制数间的转换：

我们习惯的是十进制，而计算机采用的是二进制，因此必须将十进制数转换成二进制数，机器才能接受。相反，计算机算得的二进制结果，也必须转换成十进制数才能易于被人们理解。虽然这种转换是计算机自动进行的，但我们了解它们的转换方法，对于今后的学习是有益的。

整数的转换方法（除二取余法）：对于十进制整数，可以将其除以 2，得到一个商和余数。再将商除以 2，又得到一个新的商和余数。如此继续下去，直到商等于零为止。将所求得的各项余数，以最后余数为最高数字，最初余数为最低数字所组成的数就是二进制的各位数字。例如求 61 的二进制数。

2	61	1	(最低位)
2	30	0	
2	15	1	
2	7	1	
2	3	1	
2	1	1	
	0		

$$(61)_{10} = (111101)_2$$

括弧外的“10”和“2”表示括弧内的数是十进制数和二进制数。

小数的转换方法(乘二取整法):对于十进制的纯小数,用乘二取整法。即用2乘十进制数的纯小数,然后去掉乘积中的整数部分,再用2乘剩下的纯小数部分,如此继续下去,直到满足所要求的精确度或直到纯小数部分等于零为止。把每次乘积的整数部分由上而下依次排列起来(最初的整数部分为最高位,最后所求得的整数部分为最低位),即是所求的二进制纯小数的各位数字。

【例1-1】求 $(0.6875)_{10}$ 的二进制数。

(最高位)	0 . 6 8 7 5
解:	$\begin{array}{r} \times \quad 2 \\ \hline \{1\} . 3 \ 7 \ 5 \ 0 \\ \times \quad 2 \\ \hline \{0\} . 7 \ 5 \ 0 \ 0 \\ \times \quad 2 \\ \hline \{1\} . 5 \ 0 \ 0 \ 0 \\ \times \quad 2 \\ \hline \{1\} . 0 \ 0 \ 0 \ 0 \end{array}$
(最低位)	

所以 $(0.6875)_{10} = (0.1011)_2$

对于一个包含整数与小数两个部分的十进制数,求其二进制数时,可分别对其整数部分采用“除二取余法”,对小数部分则采用“乘二取整法”进行转换,然后把得到整数和小数合并即为所求的二进制数。根据上述两例所求的整数和纯小数分别为:

$$(61)_{10} = (111101)_2 \quad (0.6875)_{10} = (0.1011)_2$$

因而有 $(61.6875)_{10} = (111101.1011)_2$

二进制数转换成十进制数(按权相加法):将二进制数写成2的乘方的多项式,按权相加就能求得等值的十进制数。例如

$$\begin{aligned} (1101.11101)_2 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} + 0 \times 2^{-4} + 1 \times 2^{-5} \\ &= 8 + 4 + 1 + 0.5 + 0.25 + 0.125 + 0.03125 \\ &= (13.90625)_{10} \end{aligned}$$

二、二进制数与八进制数、十六进制数

将二进制数分成三位一组或四位一组,即可转换成八进制数或十六进制数。

八进制的基数为8,使用0~7这八个数码,它是“逢八进一”的。八进制与二进制的对应关系是

八进制数	0	1	2	3	4	5	6	7
二进制数	000	001	010	011	100	101	110	111

因此二进制和八进制之间的转换非常简单。如

$$\begin{aligned} (110 \ 101 \ 111 \ 001 \cdot 1101)_2 & \\ 110 \ 101 \ 111 \ 001 \cdot 110 \ 100 & \\ 6 \quad 5 \quad 7 \quad 1 \cdot 6 \quad 4 & \end{aligned}$$

结果是 $(110 \ 101 \ 111 \ 001 \cdot 1101)_2 = (6571.64)_8$

八进制数转换成二进制数也可类似地进行。

十六进制的基数为16。除使用0~9十个数码外,10~15分别用A、B、C、D、E、F来

表示。二进制与十六进制之间的转换与上面的转换大致相同。如将 $(1101\ 1011\ 0011\ 1001 \cdot 1011\ 110)_2$ 转换为十六进制。

1101 1011 0011 1001 1011 1100
D B 3 9 B C

结果为 $(1101\ 1011\ 0011\ 1001 \cdot 1011\ 110)_2 = (DB39 \cdot BC)_{16}$

例如将 $(2563.4A)_{10}$ 转换为二进制数

2 5 6 3 4 A
0010 0101 0110 0011 0100 1010

结果为 $(2563.4A)_{10} = (10010101100011.0100101)_2$

三、十进制数与八进制数

十进制数与八进制数之间的转换类似于十进制数与二进制数间的转换。所不同的是用基数 8 替换基数 2。要将十进制数转换为八进制数，可将整数部分按“除八取余”法，小数部分按“乘八取整”法，然后将整数部分与小数部分合并。反之，若将八进制数转换为十进制数，可将八进制数写成 8 的乘方多项式，按权相加即可得等值的十进制数。

【例 1-2】 将十进制数 $(86.6875)_{10}$ 转换成等值的八进制数。

解：

8	86	6	(最低位)
8	10	2	
8	1	1	(最高位)
	0		

(最高位)

0.6875	8
×	5
	5000
×	8
	4000

(最低位)

结果为 $(86.6875)_{10} = (126.54)_8$

【例 1-3】 将八进制数 $(45.72)_8$ 转换十进制数。

解：

$$\begin{aligned}(45.72)_8 &= 4 \times 8^1 + 5 \times 8^0 + 7 \times 8^{-1} + 2 \times 8^{-2} \\ &= 32 + 5 + 0.875 + 0.03125 \\ &= (37.90625)_{10}\end{aligned}$$

结果为 $(45.72)_8 = (37.90625)_{10}$

§ 1-5 计算机语言概述

一、指令与指令系统

计算机的工作过程，就是机器执行预先设计好的指令序列的过程。所谓指令就是指挥计算机工作的指示和命令。计算机的控制器指挥整个计算机进行协调地工作要靠指令。不同的计算机，其指令格式和内容可能有所不同，一般情况下，一条指令通常包括以下内容：

(1) 指出机器的操作类型，即说明计算机应该进行什么样的操作。

(2) 指出操作数在存储器中的地址。

操作类型和操作数地址都是用二进制数码来表示，也就是说，指令是一种二进制代码。

一台计算机所有指令的集合就构成了该台计算机的指令系统。不同类型的计算机所包含的指令和指令数目也各不相同，一般为几十条到一百多条，也有的机器多达几百条。

一条指令的一般格式为：



(操作码) (地址码)

操作码 O 指明操作类型，即规定该指令的操作性质；地址码 D 给出操作数的内存地址。

一般说来，一条指令中，操作码只有一个，地址码可以有多个。按地址码的数目，指令可分为单地址指令、双地址指令和三地址指令等。

为解决某个实际问题，根据机器的指令系统编制出一个指令序列称为程序。构造指令序列的过程称为程序设计。

二、机器语言

人和机器是通过“语言”进行交谈的。机器并不懂人类的语言，它只能识别和执行由二进制数组成的机器指令。一种机器的指令集合称为该计算机的机器语言（或称为该计算机的指令系统）。用这样的指令序列编成的程序叫机器语言程序。

用机器语言编写的程序，全是由“0”和“1”所表示的数据及程序，既容易弄错又很不直观，要是编写大一点的程序，会存在许多困难，检查调试程序都非常费时。

用机器语言编写程序，还需分配内存单元，即确定内存中存放原始数据、中间结果以及最终结果和指令单元的地址。

上面已经提到，不同的计算机有不同的指令系统，因而机器语言的程序设计是依赖于特定机器特定的指令系统的，故编写出来的程序是没有通用性的。

三、汇编语言

要记住每台计算机的指令系统显然是不可能的。写起来也很长。机器语言实在是难记难写，存在很大的缺陷。如果采用文字符号（即程序的编码、操作码和地址码全部用文字符号表示）编写程序而文字符号变为机器代码的过程再由计算机自动完成，这将给程序设计带来很大的方便。

汇编语言为机器语言指令的操作性质安排了助记符号，汇编语言采用这些助记符来写程序，存贮单元可用变量表示，数据用十进制数表示。

汇编语言比机器语言前进一步，助记符（以人们熟悉的英文缩写来代替原来的指令代码）比较容易记忆，数字、变量表示直观，程序的可读性比机器语言要好。

但是，计算机唯一能直接接受和执行的是机器语言。汇编语言并不能为机器直接接受，因而需要一套汇编编译程序进行翻译。这个翻译程序是事先（由专业人员）编好的，使用时将它调入计算机内存，这种把汇编语言翻译成机器语言的程序叫做汇编程序。

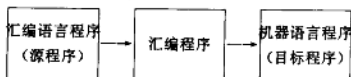


图 1-3 汇编语言的翻译过程

用汇编语言编写的程序叫做源程序，而把翻译后的机器语言程序叫做目标程序。见图 1-

3. 计算机执行这个目标程序便可得到计算结果。

汇编语言也同样是依赖于具体的计算机。因此，在编写汇编语言程序时，要查阅所用机器的汇编语言说明书，了解它的一些具体规则，才能编写出可供机器执行的程序。

四、高级语言

汇编语言虽然比机器语言好，但它与特定的机器和指令系统密切相关，通用性差。为此人们创造了高级语言。它很接近我们习惯的自然语言和数学表达方法。高级语言不再是面向机器，而是面向解题过程，不必考虑机器内部构造和不同机器的特点，只要按照规则就可以写出程序。这种语言被称为高级语言。

目前使用较多的高级语言有：

BASIC——一种易学易用又有实际使用价值的计算机语言，最适合于初学者使用。

FORTRAN——最早出现的高级语言，适于数值计算。深受科技工作者、工程师们的欢迎。

COBOL——适用于商业和管理领域。

PASCAL——第一个体现结构程序设计思想的高级语言，可用于编写系统软件、应用软件以及科学计算等。

C——近年来得到广泛推广的结构化语言，适于编写系统软件。

高级语言同汇编语言一样，计算机不能直接接受和执行用高级语言编写的程序。因此必须要有“翻译”。这个工作是通过事先编好的程序（一般由制造厂家或计算机专门人员编写）来完成的。这种程序叫做翻译程序。它把人们用高级语言编写的程序（源程序）翻译成机器指令的程序（目标程序）。然后再由计算机执行。

翻译程序有两种基本的工作方式：编译方式和解释方式。编译方式是先把整个源程序翻译成机器语言程序，然后再加以执行。解释方式是逐句地翻译源程序，译出一句就立即执行，即边解释边执行。见图 1-4 (a) 和 (b)。

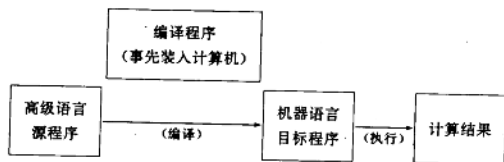


图 1-4 (a) 编译方式实现过程

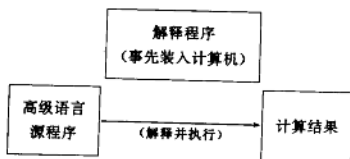


图 1-4 (b) 解释方式执行过程

一般说来，采用解释方式比编译方式多费机器时间，但可少占计算机内存。

高级语言编写的程序借助于编译（或解释）程序的帮助而翻译成机器指令程序，从而大大地减轻了使用者的负担。高级语言易学好记，便于描述复杂的算法，不受具体机器的限制。用户不必深入了解计算机的内部结构和工作原理，就可在计算机上用高级语言进行各种数值计算和事务管理等。高级语言为计算机的推广和普及创造了有利条件。它使得计算机能够从计算机专家的实验室里走出来，进入到人类社会的各个领域，在很大程度上要归功于高级语言的出现。

高级语言不依赖于具体的机器，它具有通用性。用某种高级语言编写的程序几乎不加修改（有时需做些微小修改）就可以在不同的计算机上使用。这对于各种应用程序的交流带来很大的方便。应当指出，编译程序是跟具体机器有关的。即使是同一种高级语言，对不同型号的计算机来说，它的具体编译系统是不同的。但用户不必考虑这个问题。

五、计算机的解题过程

使用计算机解决具体问题，大体上有以下几个步骤：

(1) 提出和分析问题。就是针对所研究的物理过程，分析和研究已知数据、所要求解的问题以及求解的精度等。

(2) 建立数学模型。将一个实际的物理过程用一系列数学公式表达出来。

(3) 确定数据结构和算法。对所建立的数学模型，选择适当的计算方法。建立起来的数学模型不一定适合于计算机直接进行计算，需要找出近似的计算方法。数值计算（计算方法）课程专门讨论这个问题。解题还要考虑数据的组织形式，即数据结构。

(4) 画流程图。流程图是算法的一种表现形式，也可称为流程图语言。它往往比计算机语言描述算法更为直观，逻辑表达更为清晰。

(5) 编写计算程序。简单的计算问题，可以根据算式，直接用程序设计语言把程序写出来。对于比较复杂的问题，还需要用流程图把计算步骤直观地表达出来，然后再按照流程图，用程序设计语言编写程序。

(6) 调试和运行程序。将写好的源程序上机试运行，程序中难免会有些错误，要反复运行和修改，输入所需数据，测试在各种不同情况下程序能否正常运行。调试通过之后，上机正式运行，得到计算结果。

(7) 分析结果。细心分析计算机输出的结果是否正确。如果数学模型不合适，算法不正确或精度不够，程序中有错，都将得不到令人满意的结果。要找出错误的原因，并改正之。重复上述某些步骤，直到获得正确结果。

(8) 整理资料，写出程序文档（程序说明书）。程序说明书包括题目、任务要求、算法、流程图、程序清单、操作说明、设备的配置、变量注释、程序注释、输入数据的内容及形式、输出结果的内容及格式、不正确的操作可能产生的错误信息和出错后的处理办法等。文档是软件的重要部分，应当引起足够的重视。

习 题 一

1. 计算机硬件是由哪几个基本部件组成？各部件的主要功能是什么？
2. 计算机系统是怎样组成的？操作系统在计算机系统中起什么作用？
3. 计算机内部为什么要采用二进制形式存储数据和进行运算？

4. 把下列十进制数转换为二进制数:

(1) 92 (2) 128 (3) 136 (4) 124.368

5. 把下列二进制数转换为十进制数:

(1) 1110 (2) 1010 (3) 10111 (4) 11100010

6. 把下面二进制数转换为八进制数和十六进制数:

(1) 10110111 (2) 110001 (3) 0101010101

(4) 1111111111 (5) 1000001 (6) 10110100111.10110111

7. 机器语言、汇编语言、高级语言各有什么特点? 为什么要使用高级语言?

8. 什么叫程序? 什么叫程序设计?

9. 解释程序和编译程序有何异同点, 它们的作用是什么?

10. 用计算机解题分哪几步?

11. 为什么要写程序文档? 程序文档应包括哪些内容?