

信息与电子学科百本精品教材工程

新编计算机类本科规划教材

C语言程序设计

黄迪明 主编

<http://www.phei.com.cn>



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

新编计算机类本科规划教材

C 语言程序设计

黄迪明 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书详细介绍 C 语言及其程序设计方法。全书共 12 章, 主要内容包括: C 语言程序设计基础知识; 数据类型、各类运算及数据的输入/输出; 控制语句; 数组; 指针; 函数; 变量的存储类型; 结构; 联合、枚举; 文件管理等。此外, 本书还为读者介绍了 Turbo C 编译系统以及 Visual C++ 编译系统的使用及标准库函数在动态内存分配、BIOS 接口及 DOS 系统调用、文件输入/输出、图形和数据结构应用程序中的调用方法及各类实例。

本书为读者展示了 C 语言灵活、精致的编程方法和在工程、科研中的应用, 力求做到 C 语言知识和应用开发能力的融会贯通。为了帮助读者学习, 每章设有小结和习题, 并有配套的程序设计题解与上机指导辅导教材。

本书是高等学校计算机专业及电子信息类其他专业的教科书, 亦可作为高等学校非计算机专业的教材或其他学习 C 语言人员的自学教材。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

C 语言程序设计 / 黄迪明主编. —北京: 电子工业出版社, 2005.7

新编计算机类本科规划教材

ISBN 7-121-01341-X

I. C… II. 黄… III. C 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 056417 号

策划编辑: 章海涛

责任编辑: 章海涛

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 19.75 字数: 502 千字

印 次: 2005 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 25.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。
联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

C 语言是一种通用的程序设计语言。它的结构简单,数据类型丰富,运算灵活方便,用它编写的程序,具有速度快、效率高、代码紧凑、可移植性好等优点,能够有效地用来编制各种系统软件和应用软件,是当今最为流行的一种计算机语言。

本书以美国国家标准 C 语言(ANSI C)为基本内容,以当前广为使用的 Turbo C 编译系统为实现版本,全面系统地介绍了 C 语言及其程序设计方法。本书的第一版是国家电子信息类“九五”规划教材。本书是在第一版的基础上修订而成的,由电子科技大学黄迪明教授主编,全书共 12 章,主要内容包括:C 语言程序设计基础知识,基本数据类型及运算,数据的输入/输出,控制语句,数组,指针,函数,变量的存储类型,结构,联合、枚举,文件管理,及 C 语言高级程序应用等。书中对指针、函数、变量的存储类型、结构和联合、文件等较难掌握的内容进行了深入讲解和分析,介绍了编译系统标准库函数在动态内存分配、BIOS 接口及 DOS 系统调用、文件输入/输出、图形及数据结构应用程序中的调用方法和实例,为读者展示了 C 语言灵活、精致的编程方法和在工程、科研中的应用,力求做到 C 语言知识和应用开发能力的融会贯通。

本书是作为程序设计的入门教材而编写的,如果读者对第 1 章中的 1.1 节和 1.2 节内容已经了解,可直接阅读后面的内容。本书参考学时数为 51 学时(含上机 17 学时),书中标注“*”的内容,可根据教学实际情况来取舍,既可作为基本教学内容的扩展,亦可作为自学内容。

为了帮助读者学习,每章设有小结和习题,同时本书有配套的程序设计题解与上机指导的辅导教材,重点介绍了 Turbo C 编译系统以及 Visual C++编译系统的使用方法,使学生在课堂学习过程中能迅速掌握 C 语言程序的编制、编译、调试和运行方法。

本书由黄迪明、许家珩、胡德昆编写。黄迪明编写了第 1 章、第 2 章、第 7 章~第 11 章,许家珩编写了第 3 章~第 6 章,胡德昆编写了第 12 章及附录。电子科技大学杨国炜教授、王健教授对本书的编写提出了各种有益的建议。本书在编写过程中,还得到了杜海涛、王波、刘家芬、陈琼等人的热情帮助。在此对他们及所有为本书的出版付出了辛勤劳动的同志表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

作 者

2005 年 5 月于电子科技大学

目 录

第 1 章 C 语言程序设计基础知识	(1)
1.1 计算机基础知识概述	(1)
1.1.1 计算机与信息社会	(1)
1.1.2 计算机中信息的表示	(2)
1.1.3 计算机系统的组成	(5)
1.2 算法及其表示	(8)
1.2.1 计算机求解问题的步骤	(8)
1.2.2 算法的表示	(9)
1.3 C 语言概述	(12)
1.3.1 C 语言简史及特点	(12)
1.3.2 基本程序结构	(13)
1.3.3 基本语法单位	(16)
1.4 C 语言程序的编写和运行	(18)
1.4.1 编辑	(18)
1.4.2 编译	(19)
1.4.3 连接	(19)
1.4.4 运行	(19)
1.5 程序举例	(19)
小结	(20)
习题 1	(21)
第 2 章 基本数据类型及运算	(22)
2.1 基本数据类型	(22)
2.2 常量	(24)
2.2.1 整型常量	(24)
2.2.2 浮点数常量	(25)
2.2.3 字符常量	(25)
2.2.4 字符串常量	(26)
2.2.5 转义字符	(26)
2.2.6 符号常量	(27)
2.3 变量	(28)
2.3.1 变量的定义	(28)
2.3.2 变量的初始化	(28)
2.3.3 变量地址	(29)
2.4 基本运算	(29)
2.4.1 算术运算	(29)
2.4.2 赋值运算	(30)

2.4.3 关系运算和逻辑运算	(33)
2.4.4 位运算	(34)
2.4.5 其他运算	(38)
2.5 混合运算与类型转换	(39)
2.5.1 自动类型转换	(39)
2.5.2 强制类型转换	(40)
2.6 运算优先级和结合性	(41)
2.7 程序举例	(43)
小结	(46)
习题 2	(47)
第 3 章 数据的输入、输出	(50)
3.1 格式输出函数	(50)
3.2 字符输出函数	(53)
3.3 格式输入函数	(54)
3.4 字符输入函数	(57)
3.5 程序举例	(58)
小结	(60)
习题 3	(60)
第 4 章 控制语句	(62)
4.1 程序的基本结构	(62)
4.2 复合语句	(63)
4.3 if 条件分支语句	(63)
4.3.1 if 流程	(63)
4.3.2 if-else 流程	(65)
4.3.3 else if 流程	(66)
4.3.4 if 语句嵌套	(68)
4.4 多路开关语句	(69)
4.5 循环语句	(74)
4.6 while 语句和 do-while 语句	(77)
4.6.1 while 语句	(77)
4.6.2 do-while 语句	(82)
4.7 循环嵌套	(84)
4.8 break、continue 和 goto 语句	(86)
4.8.1 break 语句	(86)
4.8.2 continue 语句	(87)
4.8.3 goto 语句	(88)
4.9 程序举例	(89)
小结	(91)
习题 4	(91)
第 5 章 数组	(94)

5.1	一维数组	(94)
5.1.1	一维数组的定义	(94)
5.1.2	一维数组元素的引用	(94)
5.1.3	一维数组的初始化	(96)
5.2	二维数组	(97)
5.2.1	二维数组的定义	(97)
5.2.2	二维数组元素的引用	(98)
5.2.3	二维数组的初始化	(99)
5.3	字符数组	(101)
5.3.1	字符数组的定义和初始化	(101)
5.3.2	字符数组的输入/输出	(103)
5.3.3	与字符串处理有关的几个函数	(106)
5.4	程序举例	(110)
	小结	(111)
	习题 5	(111)
第 6 章	指针	(114)
6.1	指针的概念和定义	(114)
6.1.1	指针的概念	(114)
6.1.2	指针的定义	(115)
6.1.3	指针的赋值	(115)
6.2	指针运算	(118)
6.3	指针和数组	(121)
6.4	字符串指针	(125)
6.4.1	指向字符数组的指针	(125)
6.4.2	指向字符串常量的指针	(127)
6.5	指针数组	(129)
6.6	指向指针的指针	(131)
6.7	程序举例	(133)
	小结	(137)
	习题 6	(138)
第 7 章	函数	(140)
7.1	函数定义和调用	(140)
7.1.1	函数定义	(140)
7.1.2	函数调用	(141)
7.2	函数参数	(145)
7.2.1	传值调用	(145)
7.2.2	传址调用	(146)
7.3	函数与数组	(148)
7.4	函数与指针	(150)
7.4.1	返回指针的函数	(150)

7.4.2 指向函数的指针	(152)
7.5 递归函数	(154)
7.6 命令行参数	(156)
7.7 标准库函数	(158)
7.8 预处理功能	(160)
7.8.1 宏替换	(161)
7.8.2 包含文件	(166)
7.8.3 条件编译	(167)
7.9 程序举例	(170)
小结	(173)
习题 7	(174)
第 8 章 变量的存储类型	(177)
8.1 自动变量	(177)
8.2 外部变量	(179)
8.3 静态变量	(184)
8.4 寄存器变量	(186)
8.5 变量的初始化	(187)
*8.6 动态内存分配函数	(188)
8.7 程序举例	(191)
小结	(193)
习题 8	(194)
第 9 章 结构	(197)
9.1 结构及结构变量的定义与访问	(197)
9.1.1 结构及结构变量的定义	(197)
9.1.2 结构成员的访问	(198)
9.1.3 结构变量的初始化	(200)
9.2 结构数组	(201)
9.3 结构和函数	(203)
9.3.1 结构变量的传值调用	(203)
9.3.2 结构指针及结构变量的传址调用	(206)
9.4 结构型函数和结构指针型函数	(209)
9.4.1 结构型函数	(209)
9.4.2 结构指针型函数	(212)
9.5 位域和结构嵌套	(213)
9.5.1 位域	(213)
9.5.2 结构嵌套	(216)
*9.6 引用自身的结构和链表	(217)
9.6.1 单向链表	(218)
9.6.2 双向链表	(220)
9.6.3 循环链表	(222)

*9.7 程序举例	(222)
小结	(224)
习题 9	(224)
第 10 章 联合、枚举及定义类型	(227)
10.1 联合	(227)
10.2 枚举	(231)
10.3 定义类型	(233)
10.4 与系统有关的库函数	(235)
10.4.1 BIOS 接口调用函数	(236)
10.4.2 DOS 系统调用函数	(238)
*10.5 程序举例	(242)
小结	(246)
习题 10	(246)
第 11 章 输入、输出和文件管理	(248)
11.1 流和文件	(248)
11.2 控制台 I/O	(248)
11.2.1 字符输入、输出	(249)
11.2.2 字符串的输入、输出	(250)
11.3 文件	(251)
11.3.1 打开文件函数	(252)
11.3.2 关闭文件函数	(253)
11.3.3 标准流式文件	(253)
11.4 文件 I/O	(254)
11.4.1 单字符的输入、输出	(255)
11.4.2 行的输入、输出	(256)
11.4.3 数据块的输入、输出	(258)
11.4.4 流式文件数据的格式化输入、输出	(259)
11.4.5 文件的随机访问	(260)
11.5 程序举例	(261)
小结	(263)
习题 11	(264)
*第 12 章 C 语言高级程序应用	(265)
*12.1 图形程序	(265)
12.1.1 图形模式的初始化	(265)
12.1.2 独立图形运行程序的建立	(268)
12.1.3 屏幕颜色的设置和清屏函数	(268)
12.1.4 基本图形函数	(270)
12.1.5 封闭图形的填充	(273)
12.1.6 有关图形窗口和图形屏幕操作函数	(275)
12.1.7 图形模式下的文本输出	(278)

12.2 声音程序	(281)
12.2.1 声音函数	(281)
12.2.2 音乐	(282)
12.2.3 应用举例	(283)
12.3 游戏程序设计实例	(284)
附录 A C 语言的关键字	(293)
附录 B 运算符的优先级与结合性	(293)
附录 C 常用字符 ASCII 表	(294)
附录 D C 语言中常用库函数	(295)
参考文献	(304)

第 1 章 C 语言程序设计基础知识

C 语言是一种通用的程序设计语言。随着 C 语言在开发系统软件和应用软件中的广泛应用，它已成为当今世界上最流行的语言之一。

本章将简要介绍与 C 语言程序设计相关的基础知识。

1.1 计算机基础知识概述

1.1.1 计算机与信息社会

电子计算机的出现和发展是当代科学技术的最伟大成就之一。从第一台计算机问世以来，在 50 多年的时间里，计算机的发展取得了令人瞩目的成就。今天，计算机科学与技术已作为一门学科独立存在；计算机工业已成为改造传统工业、振兴国民经济的重要支柱产业，计算机在科学研究、工农业生产、国防建设以及社会各个领域的广泛应用已成为国家现代化的一个重要标志。

人类在改造客观世界的过程中，已经认识到信息、物质和能源是构成世界的三大要素。在人类社会文明的发展过程中离不开信息交流，计算机作为信息处理工具，在信息存储、处理、交流传播方面起着重要的作用。人类历史上曾经历了四次信息革命。第一次信息革命是语言的使用，第二次信息革命是文字的使用，第三次信息革命是印刷术的发明，第四次信息革命是电话、广播、电视的使用。而从 20 世纪 60 年代开始的第五次信息革命产生的社会技术——信息技术，则是计算机、通信与控制技术相结合的技术，为此人类正迈向信息社会。

文化是人类在社会历史发展中所创造的物质财富和精神财富的总和。可以认为，文化离不开语言，所以当技术触动了语言，也就动摇了文化本身。计算机技术已经创造并且还在继续创造出不同于传统自然语言的计算机语言。这种计算机语言已从简单的应用发展到多种复杂的对话，并逐步发展到能像传统自然语言一样地表达和传递信息。可以说，计算机技术引起了语言的重构。同时，一个社会的文化模式是以它的记忆为基础的。数据库和网络技术的诞生使知识和信息的存储，在数量上与性质上都发生了质的变化，人们获得知识的方式也因此而发生了变化。文字的出现曾改变了人类历史的进程和文明的面貌，而数据库和网络技术的出现，则从根本上改变了静态的信息存储方式和局部的信息交换方式，人类开始进入了信息社会。

计算机技术使语言、知识及它们之间的相互交流发生了根本性的变化，因此引起了思维概念和推理的改变。在 1981 年召开的第三次世界计算机教育会议上，第一次提出了计算机文化（Computer Literacy）的术语。即为了区别传统的人类文化，把人类具备的对自然语言的阅读和写作能力称为“第一文化”，把人类具备的使用计算机语言的阅读和编程能力称为“第二文化”，也称为“计算机文化”。可见，在当今社会，掌握计算机知识，提高应用计算机能力应当成为对人才素质最基本的要求。

计算机在信息社会中具有如此重要的地位，那么什么是计算机？简单说，计算机是一种在事先存入的程序控制下，能够接收数据、存储数据、处理数据、提供处理结果的电子设备。图

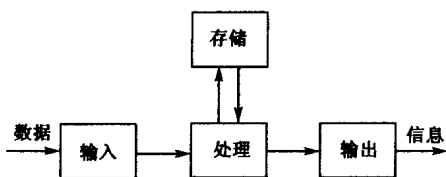


图 1.1 计算机工作流程图

1.1 给出了计算机工作流程的简图，其中包括：输入、处理、输出、存储四个步骤。

图 1.1 中，输入计算机的数据通常是指未经处理的原始数字、字符、图像或声音。经输入设备转换为二进制数形式的数据在计算机中事先存入的程序控制下，按预定方式被加工成有意义或有用的形式。通常把经计算机处理形成的有用数据称为信息。

信息可以按用户要求的方式存储或在输出设备中转换成用户可识别的形式，如打印成报表或图表，或在显示屏上显示等。从广义上说，在信息社会中，计算机是一种能以高速、精确、可靠的方式进行信息处理的工具。计算机技术对信息的产生、收集、处理、存储和传播将发挥越来越重要的作用，计算机作为一种崭新的生产力将推动信息社会更快地向前发展。

1.1.2 计算机中信息的表示

计算机是对信息（通常包括数字、字符、图像、声音，本书只讨论数字和字符信息）进行处理的机器。由于在计算机内部采用二进制数系统，所以无论何种类型的信息都必须以二进制数的形式在机器中进行处理。

1. 进位计数制

在日常生活和工作中，人们计算数时使用不同的进位方法构成各种计数制。每一种计数制都使用一组特定的数字符号，通常把这些符号按序排列，由低位到高位进位，以表示一个数的计数方法称为进位计数制。人们最习惯、最常用的是十进制。在计算机科学中，除十进制外，常用的还有二进制、八进制、十六进制。

在采用进位计数的数字系统中，如果用 r 个基本符号（如 0, 1, 2, ..., $r-1$ ）表示数值，则称为 r 进制数， r 称为该数制的基。例如，十进制的基 r 为 10，基本符号为 0, 1, 2, ..., 9。若取基 $r=2$ ，则基本符号为 0 和 1，称为二进制数。不同的计数制的共同特点是：

① 每种计数制都有固定的符号集，如十进制数制的符号有 10 个：0, 1, 2, ..., 9，二进制数制的符号有 2 个：0 和 1。

② 都使用位置表示法，即处于不同位置的数符所代表的值不同，其值与所在位置的权值有关。例如，十进制数 123.45 可表示为 $1 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$ 。

由此可以看出，各种进位计数制中的权值恰好是基数的 i 次幂，其中 $i \in (-\infty, +\infty)$ 。因此，任何一种进位计数制表示的数都可以写成按其位权展开的多项式，任意一个 r 进制数 N 可表示为： $N = \sum D_m r^i$ 。式中， D_m 为该数制采用的基本数符， r^i 是权值， r 是基数，基数不同所表示的进位数制不同。计算机中常用的几种进位数制如表 1-1 所示。

为什么计算机内采用二进制数而不采用十进制数呢？其主要原因是：

① 二进制数只使用数字符号“0”和“1”，可用自然界存在的两种对立的物理状态表示。例如，晶体管导通为“1”，截止为“0”；高电压为“1”，低电压为“0”；灯亮为“1”，不亮为“0”等。计算机采用具有两种不同稳定状态的电子或磁性器件表示“0”和“1”。由于二进制状态简单，比十进制容易实现，数据传送不易出错，因此工作可靠。

② 二进制数的运算比十进制数简单。例如，二进制两个整数的“和”的运算规则只有 3

条： $0+0=0$, $0+1=1$, $1+1=10$ 。这种运算规则大大简化了计算机中实现运算的线路。实际上，在计算机中，减法、乘法和除法运算都可转化为加法这种最基本的运算来完成。

③ 采用二进制可进行逻辑运算，使逻辑代数和逻辑电路成为计算机电路设计的数学基础。

表 1-1 计算机中常用的几种进位制数的表示

进位制	二进制	八进制	十进制	十六进制
规则	逢二进一	逢八进一	逢十进一	逢十六进一
基数 r	2	8	10	16
数符	0, 1	0, 1, ..., 7	0, 1, ..., 9	0, 1, ..., 9 和 A, ..., F
权	2^i	8^i	10^i	16^i
表示形式	B	O	D	H

2. 不同进制数之间的转换

(1) r 进制数转换为十进制数

r 进制转换为十进制可采用权展开公式 $N = \sum D_m r^i$ 来实现。将 r 进制数转换为十进制数的方法是：将 r 进制数的基数与相应位置的权值相乘，然后相加即可。比如，把二进制数转换为相应的十进制数，只要将二进制数中出现 1 的位权相加即可。

例如，把二进制数 100110.101 转换成相应的十进制数

$$(100110.101)_B = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-3} = (38.625)_D$$

把八进制数 103.2 转换成相应的十进制数

$$(103.2)_O = 1 \times 8^2 + 3 \times 8^0 + 2 \times 8^{-1} = (67.25)_D$$

(2) 十进制数转换为 r 进制数

- 十进制数转换为 r 进制整数。将一个十进制整数反复除以基数 r ，直到商为 0，并记下每次所得余数（注：余数始终是 $0 \sim r-1$ 之间的数，包括 0 和 $r-1$ ），将最后一个余数到第一个余数按从右到左的次序连起来所组成的数字串即为相应的 r 进制整数。这种方法称为除 r 取余法。若把十进制整数转换成相应的二进制整数，只需将十进制整数反复除以 2，直到商为 0。例如，把十进制数 15 转换成二进制数，如下所示：

2 15	余数
2 7	1 第一个
2 3	1
2 1	1
0	1 最后一个

所以， $(15)_D = (1111)_B$ 。

- 十进制小数转换为 r 进制小数。将十进制小数转换成 r 进制小数时，首先将十进制小数反复乘以基数 r ，并取其整数部分（注：整数部分始终是 $0 \sim r-1$ 之间的数，包括 0 和 $r-1$ ）。将从第一个整数到最后一个整数按从左到右的顺序连起来所成的数字串即为相应的 r 进制小数，这种方法称为乘 r 取整法。例如，将十进制数 0.375 转换成相应的二进制数：

$0.375 \times 2 = 0.75$	<u>0</u> 第一个整数
$0.75 \times 2 = 1.5$	<u>1</u>
$0.5 \times 2 = 1.0$	<u>1</u> 最后一个整数

所以, $(0.375)_D = (011)_B$ 。如果十进制数包含整数和小数两部分, 则必须将十进制数整数部分和小数部分分别按除 r 取余数和乘 r 取整数进行转换, 然后把 r 进制整数和小数部分组合在一起。例如, 将十进制数 15.375 转换成二进制数, 只要将上例整数部分和小数部分组合在一起即可, 即 1111.011。

(3) 非十进制数之间的转换

两个非十进制数之间的转换方法一般结合上述两种方法, 即先把被转换数据转换为相应的十进制数, 然后再将十进制数转换为其他进制数。由于二进制、八进制和十六进制之间存在特殊关系, 即 $8=2^3$, $16=2^4$, 因此转换方法就比较容易, 如表 1-2 所示。

表 1-2 二进制、八进制、十六进制之间的关系

二进制	八进制	二进制	十六进制	二进制	十六进制
000	0	0000	0	1000	8
001	1	0001	1	1001	9
010	2	0010	2	1010	A
011	3	0011	3	1011	B
100	4	0100	4	1100	C
101	5	0101	5	1101	D
110	6	0110	6	1110	E
111	7	0111	7	1111	F

根据这种对应关系, 二进制数转换到八进制数十分简单, 只需将二进制数以小数点为界, 整数从右向左每 3 位一组, 小数部分从左向右每 3 位一组, 最后不足 3 位补零, 然后根据表 1-2, 即可完成转换。例如, 将二进制数 10100101.010111101 转换成八进制数:

$$(010\ 100\ 101\ .010\ 111\ 010)_B = (245.272)_O$$

将八进制数转换成二进制数的过程正好相反。

二进制数同十六进制数之间的转换就如同八进制数同二进制数之间的转换一样, 只是 4 位一组。例如, 将二进制 1111111000111.100101011 转换成十六进制数:

$$(0001\ 1111\ 1100\ 0111\ .1001\ 0101\ 1000)_B = (1FC7.958)_H$$

3. 信息的单位及机器数

如前所述, 在计算机中采用具有两种状态的电子器件表示“1”和“0”, 每个电子器件代表二进制数中的一位。因此, bit (位) 是计算机中的最小信息单位。通常将 8 位二进制位称为一个 Byte (字节), 字节是信息的基本单位。一个字节可以表示 256 种状态, 它可以存放 0~255 范围内的一个整数或一个字符的编码。计算机中常以字节为单位表示文件或数据的长度以及存储容量的大小, 如内存容量为 128MB。其单位之间的关系如下:

$$1B=8bit, 1KB=1024B, 1MB=1024KB, 1GB=1024MB$$

二进制数在计算机中的表示形式称为机器数。由于计算机存放一个参与运算的机器数所使用的电子器件的基本位数是固定的, 通常把具有固定位的这种二进制串称为字。而把字所包含的二进制数位数称为字长。通常所说的多少位计算机就是指一个字长有多少位。例如, 16 位机的字长为 16, 能表示 2^{16} 个不同的信息, 32 位机的字长为 32 位, 能表示 2^{32} 个不同的信息。一般, 计算机的字长越长, 性能越高。大型机的字长高于 128 位。

机器数的特点如下:

- 机器数的位数固定，能表示的数值范围受到位数限制。例如，字长为 8 位的计算机能表示的无符号整数的范围为 $0 \sim 255 (2^8 - 1)$ ，字长为 16 位的计算机能表示无符号整数的范围为 $0 \sim 65535 (2^{16} - 1)$ 。由于字长的限制，如果计算机运算的结果超过了机器数能表示的范围，就会产生“溢出”，计算机便停止运行，进行溢出处理。
- 机器数的正、负用“0”和“1”表示。上述二进制数没有考虑符号问题，所以是无符号的数。在实际应用中，数总是有正负的，在计算机中通常是把最高位作为符号位，其余作为数值位，并规定 0 表示正数，1 表示负数。因此，机器数是连同数据符号一起数字化了的数据。
- 机器数有定点和浮点两种表示法。

4. 字符的表示

为了符合人们的习惯，使用计算机时能用十进制数及常用的字母、字符完成信息的输入和输出，在机器内又能以二进制数进行处理，因此信息必须用二进制编码。所谓编码，是用一串二进制数码代表一位十进制数字或一个字符。编码工作由计算机在输入、输出时自动进行。现在国际上广泛采用美国标准信息交换代码(American Standard Code for Information Interchange)表示字符，简称为 ASCII 码。ASCII 码基本字符集包括了 128 个字符，其中包括数字(0~9)、英文大/小写字母、一些在算式中常用的符号以及控制字符，每个字符用一个字节表示。由于基本 ASCII 码的最高位为 0，因此 128 个字符的编码范围为 00000000~01111111，即十进制 0~127(字符的二进制编码如附录 C 所示)。大写字母 A~Z 是由 01000001~01011010(十进制的 65~90)这 26 个连续代码来表示的，数字 0~9 是由 00110000~00111001(十进制的 48~57)这 10 个连续代码来表示的。从 NUL 到 US 的控制字符，用 00000000~00011111(十进制的 0~31)这 32 个连续代码来表示，控制字符(包括最后一个删除字符 DEL)是非显示和非打印字符，其他为可显示、可打印字符。

这些字符通常是用计算机的键盘输入的。键盘上的每个字符都由其 ASCII 码代表，通过这些字符的不同组合，就可以实现对各种信息的表示、传递和处理。由此可见，编码的作用就是把要计算机处理的数据(数值或字符)转换成二进制数字串，以便在机器中存储和处理；输出时再通过机器转换成对应符号。

例如，从键盘上按键输入“CHINA”的字符串，传送进计算机的则是 01000011、01001000、01001001、01001110、01000001 这 5 个二进制数字串。反之，存储器内存储的二进制数字串 01010111、01010000、01010011 在显示器或打印机输出时，可转换成字符串“WPS”。

必须指出的是，由 7 位编码构成的 ASCII 码基本字符集能表示的字符只有 128 个，不能满足信息处理的需要，近年来，人们对 ASCII 码字符集进行了扩充，采用 8 个二进制位数表示 1 个字符，编码范围为 00000000~11111111，一共可表示 256 种字符和图形符号，称为扩充的 ASCII 码字符集。但通常使用的仍是基本 ASCII 码字符集。

1.1.3 计算机系统的组成

计算机系统由硬件和软件两大部分组成，如图 1.2 所示。硬件就是构成计算机的五大部件：运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备，是可以触摸到、看得到的物理设备。

软件是指计算机所使用的各种程序的集合及程序运行时所需要的数据。通常把与这些程序和数据有关的文字说明和图表资料文档也称为软件。硬件和软件是相辅相成、缺一不可的，硬件是软件工作的基础，但硬件本身只是一台裸机，没有相应的软件就无法工作。

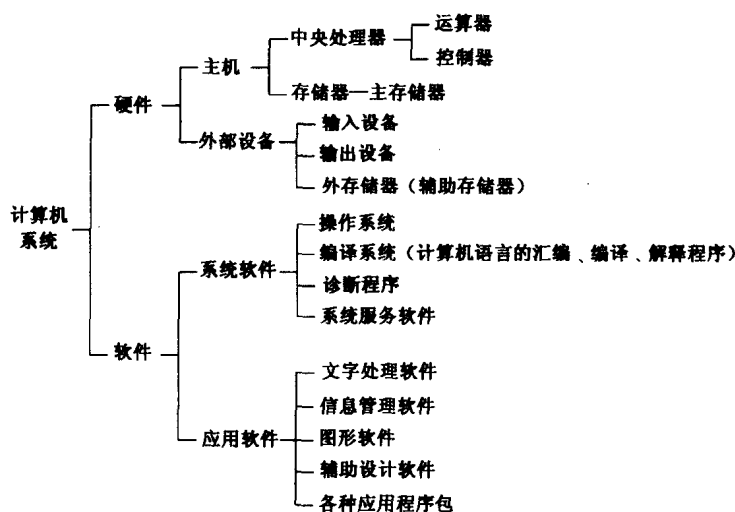


图 1.2 计算机系统的组成

1. 计算机系统的硬件

计算机并不神秘，从根本上说，它只是供人们使用的一种工具，它的计算过程与人们利用算盘类似，为了便于理解计算机的基本组成，我们用算盘来进行比较。算盘就是一个“运算器”；人脑和手是用来指挥和操作算盘完成计算的，这是“控制器”；需要计算的题目、解题步骤、原始数据和所得计算结果，往往记在一张纸上，这张纸就是一个存放信息的“存储器”。

计算机和算盘答题一样，只是由机器代替人，计算机也是由运算器、控制器和存储器组成的，为了实现信息的输入和输出，计算机通常还包括输入/输出设备。图 1.3 以框图的形式表示了一台计算机的基本硬件组成。方框之间用箭头线表示各部件之间的信息传送与传送方向，双线表示数据信息，单线表示控制信息。不管是数据还是控制命令，它们都是用 0 和 1 表示的二进制信息。

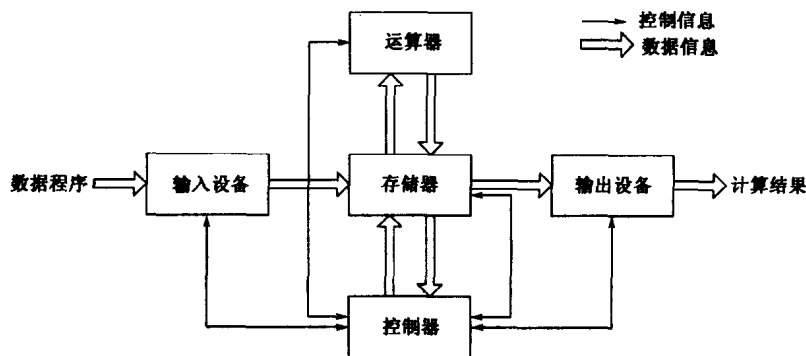


图 1.3 计算机组成框图

（1）存储器

存储器是计算机存取数据的部件。计算机可根据需要随时向存储器存取数据。向存储器存放数据，称为写入；从存储器取出数据，称为读出。

存储器中存放二进制数的单元称为存储单元，通常每个存储单元可以包括 8 位、16 位或 32 位二进制位。为了使计算机能识别这些单元，每个存储单元有一个编号，称为地址。信息就存放在这样的存储单元中，计算机是根据地址来访问存储器的。这与旅馆中的房间（存储单

元)和房号(存储地址)相似。存储单元的内容可以多次读出,而数据的写入则是以新代旧(覆盖)。与收录机磁带类似,可以多次播放,录入新内容则自动覆盖原有内容。

主存储器是放在主机内的半导体存储器,CPU可直接存取,读写速度快,但由于价格贵及机器结构的限制,容量不能做得太大,因而存放信息有限。这就需要使用价格较便宜的外存储器(又叫辅助存储器),以扩大存储信息的容量。通常使用的外存储器有磁盘、光盘和磁带,它们作为外部设备与主机相接。外存储器的功能是用于存放CPU当前暂时不用的信息,当需要使用外存中的信息时,CPU只有将需要的信息传送到主存储器内,才能被直接使用。

(2) 运算器

运算器在控制器的控制下,完成加减乘除运算、逻辑运算及其他运算。在运算过程中,运算器不断从存储器获取数据,并把所求得的结果送回存储器。运算器的性能高低直接影响着计算机的运算速度和整机性能。

(3) 控制器

控制器是计算机的控制指挥部件,也是全机的控制指挥中心,其主要功能是通过向计算机的各个部分发出控制信号,使整个机器自动、协调地进行工作,如控制存储器和运算器之间进行信息交换,控制运算器进行运算,控制输入/输出设备的工作等。

(4) 输入设备

输入设备是给计算机输入信息的设备。输入信息通过输入设备转换成计算机能识别的二进制代码,送入存储器保存。常用的输入设备有键盘、鼠标、光笔和触摸屏等。

(5) 输出设备

输出设备是输出计算结果的设备。数字运算和信息处理结果均通过输出设备传送出去。输出设备有显示器、打印机、绘图机等。

运算器和控制器合称为中央处理器(Central Processing Unit, CPU)。运算器、控制器和存储器是计算机的主要组成部分,称为主机。输入设备和输出设备统称为计算机的外部设备。

2. 计算机系统的软件

计算机系统的软件是计算机系统中不可缺少的重要组成部分。软件分为系统软件和应用软件两大类。硬件、软件和用户之间的关系如图1.4所示。

系统软件是指一组管理计算机本身、提高机器使用效率、便于用户使用计算机的程序的集合,一般是由厂家提供的。系统软件主要包括操作系统、语言处理程序和各種服务程序。

操作系统是最低层的系统软件,它是其他系统软件和应用软件能够在计算机上运行的基础。

操作系统是用于统一管理和控制计算机系统硬件和软件资源,合理地组织计算机的工作流程,协调计算机系统的各部分之间、系统与用户之间关系的一种系统软件。它是由许多功能模块组成的一组程序。其基本功能是:

- 有效地管理计算机系统的软件和硬件资源,实现计算机自己管理自己,如处理机管理、内存管理、设备管理、文件管理和作业管理。

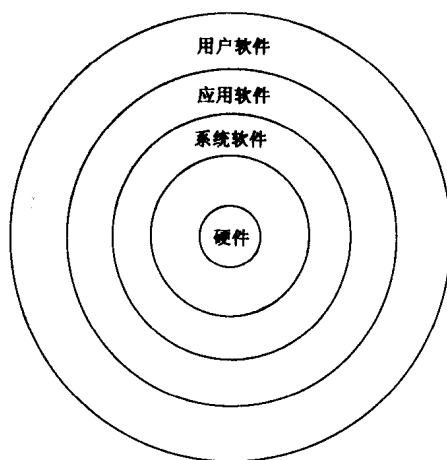


图 1.4 硬件、软件和用户之间的关系