

C语言程序设计

(第3版)

张继生 杨凯 主编
刘尚懿 王瑞 副主编



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

C语言程序设计 (第3版)

张继生 杨凯 主编
刘尚懿 王瑞 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书讲解了 C 语言的基本概念、原理和使用方法,力求给读者打下一个扎实的程序设计基础,培养读者程序设计的能力,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符、C 语言的控制结构、数组、函数、指针、构造数据类型、编译预处理、文件等。本书采用循序渐进、深入浅出、通俗易懂的讲解方法,本着理论与实际相结合的原则,通过大量经典实例对 C 语言知识进行重点讲解,便于程序设计语言的初学者掌握利用 C 语言进行结构化程序设计的技术和方法。

本书以 C 编程基本技能训练为主线,突出基本技能的培养,内容完整、阐述准确、层次清楚。通过本书的学习,将使学生牢固掌握程序设计的基本技能,以适应信息时代对大学生的科学素质的要求。

本书适用于高等学校各专业程序设计基础教学,特别适合作为应用型本科、高职院校的计算机及非计算机相关专业的学生使用,同时也是计算机等级备考的一本实用辅导书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

C 语言程序设计/张继生,杨凯主编.--3 版.--北京:清华大学出版社,2016 (2016.10 重印)
21 世纪高等学校规划教材·计算机应用
ISBN 978-7-302-42978-4

I. ①C… II. ①张… ②杨… III. ①C 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 030555 号

责任编辑:付弘宇 王冰飞

封面设计:傅瑞学

责任校对:时翠兰

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:15.25

字 数:368 千字

版 次:2009 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 3 版

印 次:2016 年 10 月第 2 次印刷

印 数:2001~4000

定 价:32.00 元

产品编号:068476-01

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

- (1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。
- (2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。
- (3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。
- (4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。
- (5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。
- (6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。
- (7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。
- (8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

C 语言是一种在国际上广泛流行的计算机程序设计语言。它具有表达能力强、功能丰富、目标程序效率高、可移植性好、使用灵活方便等特点,既具有高级语言的优点,又具有低级语言的某些特点,能够有效地用来编制各种系统软件和应用软件。同时,C 语言的控制结构简明清晰,是非常适合进行结构化程序设计的一种计算机语言。因此,目前国内大部分高等院校都把 C 语言作为计算机专业和非计算机相关专业的一门程序设计语言课程。

C 语言涉及的概念多、规则复杂、容易出错,初学者往往感觉困难。本书在详细阐述程序设计基本概念、原理和方法的基础上采用循序渐进、深入浅出、通俗易懂的讲解方法,本着理论与实际相结合的原则,通过大量经典实例重点讲解 C 语言的概念、规则和使用方法,便于程序设计语言的初学者在建立正确程序设计理念的前提下掌握利用 C 语言进行结构化程序设计的技术和方法。全书共 9 章,主要内容包括第 1 章 C 语言概述、第 2 章数据描述与基本操作、第 3 章 C 语言的控制结构、第 4 章数组、第 5 章函数、第 6 章指针、第 7 章构造数据类型、第 8 章编译预处理和位运算、第 9 章文件。书中对数组、函数、指针、变量的存储类型、结构体和共用体、文件等重点和难点的内容进行了深入讲解和分析。“C 语言程序设计”课程作为程序设计的入门课程,重视对程序设计和 C 语言基本概念、原理和规则的讲解,力求给读者打下一个扎实的基础,培养读者良好的编程风格,提高读者进一步学习新程序设计语言的能力。

本书可作为高等学校各专业程序设计基础教学的教材,特别适合作为应用型本科、高职院校的计算机及非计算机专业的学生使用。书中的例题和习题紧密结合计算机等级考试内容,可作为编程人员和 C 语言自学者的参考用书,也可作为计算机等级考试备考辅导书。

本书第 1 章、第 2 章由王瑞编写,第 3 章由张续亮编写,第 4 章、第 9 章由张继生编写,第 5 章由刘尚懿编写,第 6 章由杨凯编写,第 7 章、第 8 章由孟丹编写。清华大学出版社的编辑和校对人员为本书的出版付出了心血,在此表示感谢!

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《C 语言程序设计上机指导与习题解答》,重点介绍了 Visual C++ 6.0 编译系统的使用方法,使学生在实践学习过程中能迅速掌握 C 语言程序的编辑、编译、调试和运行方法。

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和不足,殷切地希望广大读者批评指正。

编 者

2015 年 11 月

目 录

第 1 章 C 语言概述	1
1.1 C 语言的发展与特点	1
1.1.1 C 语言的发展	1
1.1.2 C 语言的特点	2
1.2 程序设计基础	3
1.2.1 程序	3
1.2.2 程序设计	3
1.2.3 算法	4
1.2.4 数据结构	9
1.3 C 语言程序的结构	9
1.4 C 语言程序的开发与环境	11
1.4.1 C 语言程序的开发	11
1.4.2 C 语言程序的开发环境	12
本章小结	14
习题 1	15
第 2 章 数据描述与基本操作	16
2.1 C 语言的数据类型	16
2.2 常量与变量	17
2.2.1 常量和变量简介	17
2.2.2 整型数据	18
2.2.3 浮点型数据	22
2.2.4 字符型数据	24
2.2.5 变量的初始化	27
2.3 运算符与表达式	28
2.3.1 算术运算符和算术表达式	28
2.3.2 赋值运算符和赋值表达式	29
2.3.3 关系运算符和关系表达式	32
2.3.4 逻辑运算符和逻辑表达式	33
2.3.5 逗号运算符和逗号表达式	34
2.4 输入和输出函数	35
2.4.1 字符型数据的输入和输出	35

2.4.2 格式输入与输出函数	36
本章小结	41
习题 2	41
第 3 章 C 语言的控制结构	43
3.1 结构化程序设计	43
3.1.1 结构化程序设计的方法	43
3.1.2 结构化程序设计的步骤	44
3.1.3 结构化程序设计的特点	45
3.1.4 结构化程序设计的 3 种基本控制结构	45
3.2 顺序结构程序设计	47
3.3 选择结构程序设计	52
3.3.1 单分支选择结构	52
3.3.2 双分支选择结构	53
3.3.3 多分支(多情况)选择结构	54
3.3.4 条件运算符和条件表达式	58
3.4 循环结构程序设计	59
3.4.1 while 语句	59
3.4.2 do...while 语句	62
3.4.3 for 语句	63
3.4.4 几种循环语句的比较	66
3.4.5 break 语句	66
3.4.6 continue 语句	67
3.4.7 多重循环	67
3.4.8 程序举例	68
本章小结	71
习题 3	71
第 4 章 数组	73
4.1 一维数组的定义和引用	73
4.1.1 一维数组的定义	73
4.1.2 一维数组的初始化	74
4.1.3 一维数组元素的引用	75
4.1.4 一维数组应用举例	76
4.2 二维数组的定义和引用	81
4.2.1 二维数组的定义	81
4.2.2 二维数组的初始化	82
4.2.3 二维数组元素的引用	83
4.2.4 二维数组应用举例	84

4.3 字符数组的定义和引用.....	86
4.3.1 字符数组的定义	86
4.3.2 字符数组的初始化	87
4.3.3 字符数组的引用	87
4.3.4 字符串与字符数组	89
4.3.5 字符数组的输入与输出	90
4.3.6 字符串处理函数	93
4.3.7 字符数组应用举例	95
本章小结.....	100
习题 4	101
第 5 章 函数	103
5.1 模块化程序设计与函数	103
5.1.1 模块化程序设计原则.....	103
5.1.2 模块与函数.....	104
5.1.3 C 源程序的结构	104
5.2 标准库函数与函数的定义	105
5.2.1 标准库函数.....	105
5.2.2 函数的定义.....	106
5.2.3 函数参数.....	108
5.3 函数调用与返回值	109
5.3.1 函数调用.....	109
5.3.2 函数的返回值.....	112
5.4 数组作为函数参数	113
5.4.1 数组元素作为实参.....	113
5.4.2 一维数组名作为函数参数.....	114
5.4.3 多维数组名作为函数参数.....	117
5.5 变量的作用域与存储属性	118
5.5.1 局部变量与全局变量.....	118
5.5.2 变量的存储属性.....	121
5.5.3 局部变量的存储类型.....	122
5.6 函数的其他问题	124
5.6.1 函数的递归调用.....	124
5.6.2 函数的声明.....	126
5.6.3 全局变量的声明.....	127
5.6.4 内部函数和外部函数.....	128
本章小结.....	129

习题 5	129
第 6 章 指针	131
6.1 指针的概念	131
6.2 指针变量的定义	132
6.3 指针变量的引用	133
6.3.1 指针变量的赋值	133
6.3.2 引用指针变量指向的值	135
6.3.3 引用指针变量的值	136
6.4 指针与数组	137
6.4.1 指针变量的算术运算	137
6.4.2 指向一维数组的指针	138
6.4.3 指向二维数组的指针	142
6.4.4 行指针变量	145
6.4.5 指向字符串的指针	145
6.5 指针与函数	148
6.5.1 指针变量作为函数参数	148
6.5.2 数组指针作为函数参数	151
6.5.3 指针作为函数的返回值	155
6.5.4 指向函数的指针变量	156
6.6 指针数组与指向指针的指针	158
6.6.1 指针数组	158
6.6.2 指向指针的指针	160
6.6.3 main 函数的参数	161
本章小结	161
习题 6	162
第 7 章 构造数据类型	163
7.1 结构体数据类型	163
7.1.1 结构体类型的定义	163
7.1.2 结构体类型变量的定义	164
7.1.3 结构体变量的初始化	166
7.1.4 结构体变量成员的引用	168
7.2 结构体数组	169
7.2.1 结构体数组的定义	170
7.2.2 结构体数组的初始化	170
7.2.3 结构体数组的引用	171
7.3 结构体指针	172
7.3.1 指向结构体变量的指针	172

7.3.2 指向结构体数组的指针	174
7.3.3 结构体指针变量作为函数参数	175
7.3.4 结构体指针变量作为函数返回值	176
7.4 链表	177
7.4.1 动态存储分配	177
7.4.2 链表的操作	178
7.5 共用体数据类型	183
7.6 枚举类型	185
7.7 类型定义符 typedef	187
本章小结	188
习题 7	189
第 8 章 编译预处理和位运算	190
8.1 编译预处理	190
8.1.1 宏定义 #define	190
8.1.2 文件包含 #include	196
8.1.3 条件编译	197
8.2 位运算	198
习题 8	203
第 9 章 文件	204
9.1 C 文件概述	204
9.1.1 C 文件的分类	204
9.1.2 文件指针	206
9.2 文件的打开与关闭	206
9.2.1 文件的打开	207
9.2.2 文件的关闭	208
9.3 文件的读写	209
9.3.1 字符读写函数	209
9.3.2 字符串读写函数	212
9.3.3 数据块读写函数	213
9.3.4 格式化读写函数	215
9.4 文件定位函数	216
9.4.1 重置文件指针函数	216
9.4.2 设置指针位置函数	217
9.4.3 取指针位置函数	217
9.5 文件出错检测函数	217
9.5.1 读写出错检测函数	218
9.5.2 清除文件出错标志函数	218

9.5.3 清除文件函数	218
本章小结	219
习题 9	219
附录 A 常用字符与 ASCII 码对照表	220
附录 B 关键字	222
附录 C 运算符的优先级与结合性	223
附录 D 常用的 ANSI C 标准库函数	224
参考文献	229

第1章

C语言概述

C语言是国际上广泛流行的高级程序设计语言之一,它具有语言简洁、使用方便灵活、移植性好、能直接对系统硬件和外围接口进行控制等特点。作为系统描述语言,C语言既可以用来编写系统软件,也可以用来编写应用软件,集汇编语言和高级语言的优点于一身。本章简要介绍C语言的发展和特点、程序设计基础知识、C语言程序结构及C语言程序的运行环境。

本章要点

- 了解C语言的发展。
- 了解程序设计基础知识。
- 掌握C语言程序的结构。
- 掌握C语言的开发环境。

1.1 C语言的发展与特点

1.1.1 C语言的发展

C语言的原型是ALGOL 60语言。1963年,剑桥大学将ALGOL 60语言发展成为CPL(Combined Programming Language)语言。1967年,剑桥大学的Martin Richards对CPL语言进行了简化,于是产生了BCPL语言。1970年,美国贝尔实验室的Ken Thompson将BCPL进行了修改,并为它起了一个有趣的名字“B语言”,意思是将CPL语言中的精华提炼出来,并且他用B语言写了第一个UNIX操作系统。1973年,美国贝尔实验室的D. M. RITCHIE在B语言的基础上最终设计出了一种新的语言,他用BCPL的第二个字母作为这种语言的名字,即C语言。

为了使UNIX操作系统推广,1977年Dennis M. Ritchie发表了不依赖于具体机器系统的C语言编译文本——可移植C语言编译程序。

1978年Brian W. Kernighan和Dennis M. Ritchie出版了名著《The C Programming Language》,从而使C语言成为目前世界上流行最广泛的高级程序设计语言。

随着微型计算机的日益普及出现了许多C语言版本,由于没有统一的标准,使得这些C语言之间出现了一些不一致的地方,为了改变这种情况,美国国家标准研究所(ANSI)于1983年成立了专门定义C语言标准的委员会,花了6年时间使C语言迈向标准化。随着

C语言被广泛关注与应用,ANSI C 标准于 1989 年被采用,该标准一般称为 ANSI/ISO Standard C,成为现行的 C 语言标准,而且成为最受欢迎的语言之一。

到了 1995 年,在 ANSI C 的基础上增加了一些库函数,出现了初步的 C++。C++ 进一步扩充和完善了 C 语言,成为一种面向对象的程序设计语言。C++ 目前比较流行的版本是 Microsoft Visual C++ 6.0。VC++ 提出了一些更为深入的概念,它所支持的这些面向对象的概念容易将问题空间直接映射到程序空间,为程序员提供了一种与传统结构程序设计不同的思维方式和编程方法,因而也增加了整个语言的复杂性。

C 语言是 C++ 的基础,C++ 语言兼容了 C 语言的主体功能。本书以 Microsoft Visual C++ 6.0 系统为平台来介绍 C 语言程序设计,所有的 C 语言程序都基于 Microsoft Visual C++ 6.0 环境运行。

1.1.2 C 语言的特点

C 语言是一种极具生命力的语言,它具有很多方面的特点,一般可归纳如下。

(1) 语言简洁、紧凑,使用方便、灵活: C 语言共有 32 个关键字、9 种控制语句,程序书写形式自由,主要用小写字母表示,压缩了一切不必要的成分。

(2) 具有结构化控制语句(如 if-else 语句、while 语句、do...while 语句等): C 语言用函数作为程序的模块单位,便于实现程序的模块化,函数之间调用灵活、方便。C 语言是完全模块化和结构化的语言。

(3) 运算符丰富: C 语言有 34 种运算符和 15 个等级的运算优先顺序,使表达式类型多样化,灵活使用运算符可以实现在其他高级语言中难以实现的运算。

(4) 数据类型丰富: 提供的类型有整型、浮点型、字符型、数组类型、指针类型、结构体类型及共用体类型等,能用来实现各种复杂的数据结构(如链表、树、栈等)的运算。

(5) 比较接近硬件: 允许直接访问物理地址,能进行位操作,能实现汇编语言的大部分功能,可以直接对硬件进行操作。因此,C 语言既有高级语言的功能,又有低级语言的许多功能,可以用来编写系统软件。C 语言的这种双重性使它既是成功的系统描述语言,又是通用的程序设计语言。因为 C 语言程序要通过编译、连接才可以执行,所以习惯将 C 语言称为高级语言。

(6) 语法限制少,程序设计自由度大: C 语言允许程序编写者有较大的自由度,放宽了以往高级语言严格的语法检查,较好地处理了“限制”与“灵活”这一对矛盾。

(7) 生成目标代码质量高、程序执行效率高: 一般只比汇编程序生成的目标代码效率低 10%~20%。

(8) 可移植性好: 基本上不做修改就能用于各种型号的计算机和各种操作系统。

综上所述,可以看出 C 语言是非常重要的程序设计语言,在软件行业有它广泛的应用。虽然目前面向对象的各类高级语言盛行,但因为 C 语言是面向对象程序设计语言 Visual C++ 的基础,所以 C 语言仍然是非常重要的一门课程,在学习 C 语言之后进一步学习 C++ 就会非常轻松。

1.2 程序设计基础

计算机技术的发展为科学计算与数据处理提供了高速度、高精度的计算工具。但计算机在本质上只能机械地执行人输入的命令,它本身不会主动地进行思维,也不可能发挥任何创造性,因此在利用计算机解决问题时要进行程序设计——用计算机语言描述出解决问题的方法。

1.2.1 程序

计算机是一种具有内部存储能力的自动、高效的电子设备,它最本质的使命就是执行指令所规定的操作。如果我们需要计算机完成什么工作,只要将其步骤用诸条指令的形式描述出来,并把这些指令存放在计算机的内部存储器中,当需要结果时向计算机发出一个简单的命令,计算机就会自动逐条顺序执行操作,全部指令执行完就得到了预期的结果。这种可以被连续执行的一条条指令的集合称为计算机的程序。也就是说,程序是计算机指令的序列,编制程序的工作就是为计算机安排指令序列。

但是,指令是二进制编码,用它编制程序既难记忆又难掌握,所以计算机工作者研制出了各种计算机能够懂得、人们又方便使用的计算机语言,程序就是用计算机语言来编写的。因此,计算机语言通常被称为“程序语言”,一个计算机程序总是用某种程序语言书写的。

1.2.2 程序设计

那么什么是程序设计呢?在日常生活中我们可以看到,同一台计算机,有时可以画图,有时可以制表、有时可以玩游戏,诸如此类,不一而足。也就是说,尽管计算机本身只是一种用现代化方式批量生产出来的通用机器,但是使用不同的程序,计算机就可以处理不同的问题。计算机之所以能够产生如此之大的影响,其原因不仅在于人们发明了机器本身,更重要的是人们为计算机开发出了不计其数的能够指挥计算机完成各种各样工作的程序。正是这些功能丰富的程序给了计算机无尽的生命力,它们正是程序设计工作的结晶。程序设计就是用某种程序语言编写这些程序的过程。

更确切地说,所谓程序是用计算机语言对所要解决的问题中的数据以及处理问题的方法和步骤所做的完整而准确的描述,这个描述的过程称为程序设计。对数据的描述就是指明数据结构形式;对处理方法和步骤的描述就是算法问题。因而,数据结构与算法是程序设计过程中密切相关的两个方面。发明 Pascal 语言的著名计算机科学家 Niklaus Wirth 教授对于程序曾经提出著名公式:程序=数据结构+算法。这个公式说明了程序设计的主要任务。本书介绍程序设计语言之一——C 语言程序设计,对于数据结构部分不做介绍,关于算法的问题在下一节给出初步介绍。

对于程序设计的初学者来说首先要学会设计一个正确的程序。一个正确的程序通常包括两个含义:一是书写正确,二是结果正确。书写正确是指程序在语法上正确,符合程序语言的规则;结果正确通常是指对应于正确的输入程序能产生用户所期望的输出,符合使用者对程序功能的要求。程序设计的基本目标是编制出正确的程序和注重程序的高质量。所

谓高质量是指程序具有良好的结构、可读性好、可靠性高、便于维护等一系列特点。毫无疑问,无论是一个正确的程序,还是一个高质量的程序,都需要设计才能达到预期的目标。

那么如何进行程序设计呢?一个简单的程序设计一般包含以下4个步骤。

(1) 分析问题,建立数学模型:在使用计算机解决具体问题时首先要对问题进行充分的分析,确定问题是什么,解决问题的步骤又是什么。然后针对所要解决的问题找出已知的数据和条件,确定所需的输入、处理及输出对象,并将解题过程归纳为一系列的数学表达式,建立各种量之间的关系,即建立起解决问题的数学模型。有许多问题的数学模型是显然的或者简单的,以至于用户没有感觉到需要模型。但是有更多复杂的问题需要靠分析问题来构造计算模型,模型的好坏、对与错在很大程度上决定了程序的正确性和复杂程度。

(2) 确定数据结构和算法:根据建立的数学模型对指定的输入数据和预期的输出结果确定存放数据的数据结构,针对所建立的数学模型和确定的数据结构选择合适的算法加以实现。注意,这里所说的“算法”泛指解决某一问题的方法和步骤,而不仅仅是指“计算”。

(3) 编制程序:根据确定的数据结构和算法用自己所使用的程序语言把这个解决方案严格地描述出来,也就是编写出程序代码。

(4) 调试程序:在计算机上用实际的输入数据对编好的程序进行调试,分析所得到的运行结果,进行程序的测试和调整,直到获得预期的结果。

由此可见,一个完整的程序要涉及4方面的问题:数据结构、算法、编程语言和程序设计方法。这4个方面的知识都是程序设计人员所必须具备的,其中算法是至关重要的一个方面。对于数据结构和算法问题有专门的著作,本书的重点是介绍编程语言和程序设计方法。但是,如果用户对算法一无所知,也就无法进行基本的程序设计。因此,下面对算法的基本概念、基本设计和表示方法做初步介绍,目的是使初学者了解程序设计是如何开始的。

1.2.3 算法

1. 算法的基本概念

什么是算法?当代著名计算机科学家 D. E. Knuth 在他撰写的《THE ART OF COMPUTER PROGRAMMING》一书中写到:“一个算法,就是一个有穷规则的集合,其中之规则规定了一个解决某一特定类型的问题的运算序列。”简单地说,任何解决问题的过程都是由一定的步骤组成的,把解决问题确定的方法和有限的步骤称为算法。

不是只有计算问题才有算法,做任何事情都有一定的步骤。例如,某人想去北京开会,首先要买火车票,然后按照车票的时间、地点坐火车到达目的地,参加会议;新生开学报到,要根据录取通知书到指定学校报到注册。这些活动都是按一定的顺序进行的,缺一不可,我们从事的任何活动都必须按一定的步骤进行才能顺利完成。

通常计算机算法分为两大类:数值运算算法和非数值运算算法。数值运算是指对问题求数值解,例如对微分方程求解、对函数的定积分求解等都属于数值运算范围;非数值运算包括非常广泛的领域,例如资料检索、事务管理、数据处理等。数值运算有确定的数学模型,一般都有比较成熟的算法。许多常用算法通常还会被编写成通用程序并汇编成各种程序库的形式,用户需要时可直接调用,例如数学程序库、数学软件包等。非数值运算的种类繁多,

要求不一,很难提供统一规范的算法。

下面通过3个简单的问题说明设计算法的思维方式。

【例 1-1】 有黑和蓝两个墨水瓶,却错把黑墨水装在了蓝墨水瓶子里,而蓝墨水错装在了黑墨水瓶子里,要求将其互换。

算法分析:这是一个非数值运算问题。因为两个瓶子的墨水不能直接交换,所以解决这一问题的关键是引入第3个墨水瓶。设第3个墨水瓶为白色,其交换步骤如下:

- ① 将黑瓶中的蓝墨水装入白瓶中;
- ② 将蓝瓶中的黑墨水装入黑瓶中;
- ③ 将白瓶中的蓝墨水装入蓝瓶中;
- ④ 交换结束。

【例 1-2】 计算函数 $M(x)$ 的值。函数

$$M(x) = \begin{cases} x^2 + 1 & (x \geq 0) \\ x^2 - 1 & (x < 0) \end{cases}$$

算法分析:本题是一个数值运算问题。其中 M 代表要计算的函数值,有两个不同的表达式,根据 x 的取值决定采用哪一个算式。根据计算机具有逻辑判断的基本功能用计算机解题的算法如下:

- ① 将 x 的值输入到计算机;
- ② 判断 $x \geq 0$ 是否成立,如果条件成立,执行第③步,否则执行第④步;
- ③ 按表达式 $x^2 + 1$ 计算出结果存放到 M 中,然后执行第⑤步;
- ④ 按表达式 $x^2 - 1$ 计算出结果存放到 M 中,然后执行第⑤步;
- ⑤ 输出 M 的值;
- ⑥ 算法结束。

【例 1-3】 给定两个正整数 m 和 $n(m \geq n)$,求它们的最大公约数。

算法分析:这也是一个数值运算问题,它有成熟的算法,我国数学家秦九韶在《算术九章》一书中曾记载了这个算法。求最大公约数的问题一般用辗转相除法(也称欧几里德算法)求解。

例如,设 m 为 35、 n 为 15,余数用 r 表示,它们的最大公约数的求法如下:

35/15 商 2,余数为 5,以 n 做 m 、以 r 做 n ,继续相除;15/5 商 3,余数为 0,当余数为 0 时,所得 n 即为两数的最大公约数,所以 35 和 15 两数的最大公约数为 5。

用这种方法求两数的最大公约数,其算法可以描述如下:

- ① 将两个正整数存放到变量 m 和 n 中;
- ② 求余数:计算 m 除以 n ,将所得余数存放到变量 r 中;
- ③ 判断余数是否为 0:若余数为 0 执行第⑤步,否则执行第④步;
- ④ 更新被除数和余数:将 n 的值存放到 m 中,将 r 的值存放到 n 中,并转向第②步继续循环执行;
- ⑤ 输出 n 的当前值,算法结束。

由上述 3 个简单的例子可以看出,一个算法由若干个操作步骤构成,并且这些操作按一定的控制结构所规定的次序执行。如例 1-1 是顺序执行的,称之为顺序结构;而在例 1-2 中