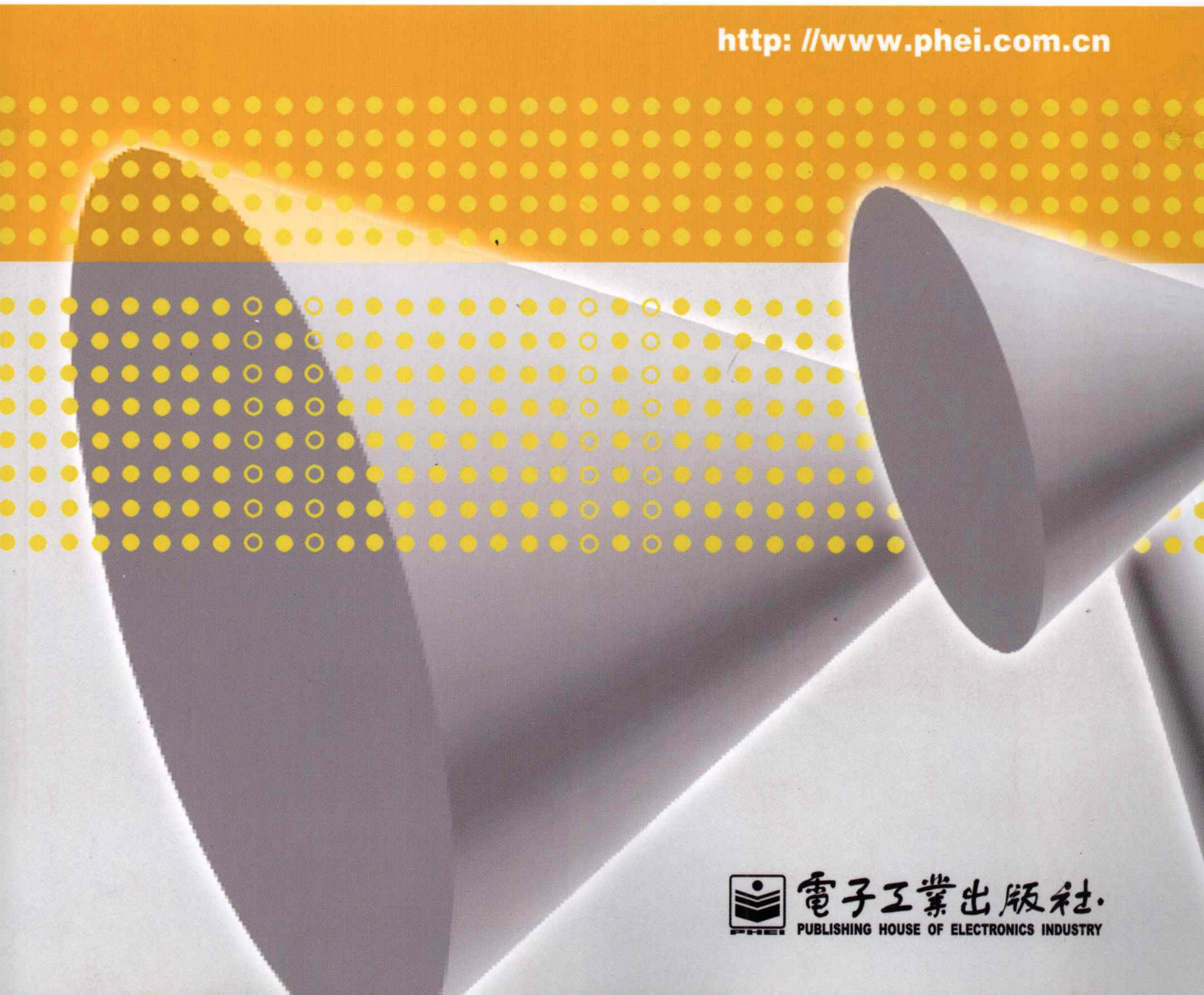
高等学校公共课计算机规划教材

精品课程教材 省级

C程序设计与应用教程

蔡启先　刘　琦　朱亚超　等编著

http: //www.phei.com.cn



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

高等学校公共课计算机规划教材

C 程序设计与应用教程

蔡启先　刘　琦　朱亚超　等编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 · BEIJING

内 容 简 介

C语言是国内外广泛流行的计算机高级程序设计语言，也是国内外各高校开设的重要基础课程之一。本书以零程序设计为起点，采用VC++作为编译环境，使读者全面地掌握计算机程序设计的基本知识与基本操作技能，并熟悉C语言编程的有关应用。

本书所有程序都按照结构化程序设计方法采用缩格方式编写。内容上，重基础、强能力，行文上，深入浅出、通俗易懂。针对C语言具有数据类型繁多、运算功能丰富、模块化能力强、程序设计灵活、介于高低级语言之间等特点，以及由此带来的教学难点多和教学内容繁杂等问题，本书采取突出基本点和重点，有层次地分散难点、知识点与后备知识的策略，从而使读者能够很方便地自学。全书内容包括：C程序设计概述，数据类型和表达式，算法的基本控制结构，函数，数组和字符串，指针，模块化程序设计，构造数据类型，位运算，文件，C程序应用实例及附录。

本书可作为高等学校各专业、计算机水平考试、各类成人教育的教材使用，也可供计算机爱好者自学。

图书在版编目 (CIP) 数据

C 程序设计与应用教程 / 蔡启先，刘琦，朱亚超等编著. —北京：电子工业出版社，2009.1
高等学校公共课计算机规划教材
ISBN 978-7-121-07692-3

Ⅰ. C… Ⅱ. ①蔡…②刘…③朱… 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（2008）第 171858 号

策划编辑：冯小贝
责任编辑：余 义
印 刷：北京市通州大中印刷厂
装 订：三河市鹏成印业有限公司
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
开 本：787×1092 1/16 印张：17.5 字数：448 千字
印 次：2009 年 1 月第 1 次印刷
印 数：5000 册 定价：27.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010)88254888。

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。

服务热线：(010)88258888。

前　言

为了推进新世纪计算机基础教育改革，推进精品课程建设及其配套的精品教材建设，按照现代素质教育的观念，结合信息化社会对高素质、应用型人才的培养要求，在总结了多年从事C语言教学和教学改革的经验基础上，特编写出版本教材。

C语言是国内外广泛流行的计算机高级程序设计语言，也是国内外各高校开设的重要基础课程之一。C语言兼顾了多种高级语言的特点，并且具备某些低级语言的功能。C语言功能丰富，其硬件控制能力和运算表达能力很强，目标代码短，运行速度快，因而效率高，且有良好的可移植性。C语言的突出优点，使得它既是一个非常成功的系统描述语言，适合于编写系统软件（如操作系统、编译软件等），又是一个相当有效的通用程序设计语言，适合于编写各种应用软件（如图形软件、控制软件等）。同时，C语言也是学习C++、Java等语言的基础。

目前，C语言课程不仅是计算机科学与技术专业的必修专业基础课，而且已成为非计算机专业的一般计算机应用人员学习计算机高级语言的首选语言。

本书编写的指导思想是以零程序设计为起点，使读者通过一门计算机高级语言程序设计的学习，全面地掌握计算机程序设计的基本知识与基本操作技能，并熟悉C语言编程的有关应用，为读者以后进一步学习和应用计算机知识和操作技能打下扎实的基础。

本书在内容上重基础、强能力，在行文上深入浅出、通俗易懂。

第1章从一开始就强调算法和程序设计的过程，导引出对C语言程序设计的认识，从而起到全书提纲挈领的作用。第2章只讲述C语言的基本数据类型和基本运算，并对程序中经常用到的输入/输出函数进行了简单的介绍，避免了读者从一开始就陷于烦琐的C运算罗列和函数格式学习，而将关系运算、逻辑运算以及输入/输出函数的完整格式与应用分散到相关章节去讲解。第3章和第4章介绍基本的C程序设计方法，主要涉及流程控制和函数的应用。第5章引入了构造型数据，讲述数组及其应用。第6章讲述指针。第7章将前几章的学习升华到模块化程序设计，使读者进一步加深对C程序结构及其应用的认识。第8章讲述结构体、共用体等构造数据类型。第9章介绍位运算。第10章讲述文件。第11章结合实例介绍了C语言的综合应用，包括结构体在链表中的应用、数值计算、控制端口的应用、图形设计，以及C语言与汇编语言混合编程等实例，以供不同专业的读者参考。附录中列出了经常要查找的ASCII码及C函数等资料，同时还提供了新ANSI C99标准，使读者在现有C89的基础上扩展熟悉新的国际标准。

针对C语言具有数据类型繁多、运算功能丰富、模块化能力强、程序设计灵活、介于高低级语言之间等特点，以及由此带来的教学难点多和教学内容烦杂等问题，本书采取突出基本点和重点，有层次地分散难点、知识点与后备知识的策略。如对自增自减等C运算带来的副作用，避开基本学习，另行选读。对输入/输出函数中烦琐格式的规定分两次进行介绍，第一次以满足基本编程学习需要为目的进行介绍，第二次才全面进行介绍。在书中很多

例子的程序清单中，均附有大量简洁明了的注释，以便读者自学。除第 11 章外，每章末尾均有一定难度的综合例题，供读者选学。练习题除基础训练外，也考虑到大作业的需要。在版式安排上有层次的区分，除第 11 章作为选读外，对其他章节中的选读内容，以小号字排出，读者可跳过阅读。

考虑到读者应用计算机系统平台的发展，本书采用 VC++作为编译环境，使程序的编译和运行更方便。所有程序都按照结构化程序设计方法采用缩格方式编写。

全书由蔡启先策划并由蔡启先、刘琦、朱亚超、何春华和刘永娟等编著。由蔡启先任主编著，刘琦、朱亚超任副主编著，最后由蔡启先统稿。具体编写工作是：蔡启先（第 1 章、第 11 章），何春华（第 2 章、第 3 章），朱亚超（第 4 章、第 5 章、第 7 章），刘永娟（第 6 章、第 8 章），刘琦（第 9 章、第 10 章）。参加编写的还有刘智、刘智琦、徐奕奕、王晓荣等。在全书编写过程中，得到了作者所在单位广西工学院的大力协助，电子工业出版社冯小贝编辑和余义编辑对本书的编写和出版自始至终进行了非常宝贵的指导和支持，谨在此一并致谢。在本书编写过程中，参考了若干出版物，也在此向有关作者表示感谢。

由于作者水平有限，错误难免，敬祈专家和读者指正。

作　者

2008 年 7 月

目　录

第1章　C程序设计概述

冯·诺依曼型计算机的基本原理是存储程序和程序控制。所谓程序，简言之，就是计算机指令序列。计算机指令是指示计算机进行相应操作的命令。人们将事先编制好的程序存放于存储器中，当计算机工作时，从存储器中逐条取出指令，经控制器分析解释，转换成要求计算机执行某种操作的命令，包括要求运算器进行相应计算的命令。计算机就是这样不断地进行“取指令、分析指令、执行指令”的操作，直至程序的指令序列执行完毕。在程序的执行过程中，存储器要安排存放中间结果和最终结果的存储空间。可见，以计算机程序为主的计算机软件是计算机系统中不可缺少的重要部分，而开发计算机软件必须应用程序设计语言。程序设计语言包括低级语言（机器语言或者汇编语言）、高级语言和应用语言。低级语言由于面向具体机器，程序员必须熟悉计算机的硬件逻辑结构，编程烦琐枯燥，工作量大，因而不通用。高级语言接近于人们的自然语言（英语）和数学语言，易学易用，编程效率高，且适用于各种计算机，通用性强，是人们经常用来编制应用程序和系统程序的计算机语言。应用语言依赖于具体的应用程序，种类繁多，如各种数据库管理系统编程语言。高级语言程序设计是应用语言编程的基础。

C语言是目前国内外广泛流行的计算机高级程序设计语言。那么，人们是如何从解决实际问题入手编写程序的？本章先引入算法和程序设计的概念，进而介绍C语言的发展和特点，最后总结出C语言程序的格式、结构特点，从而使读者对C语言和C程序设计有一个初步的认识，为以后各章的学习做好必要的准备。

1.1　算法、C语言和程序设计

使用计算机语言是为了编写计算机程序，而要了解程序设计，必须先掌握算法。

1.1.1　算法和算法设计

1. 算法

什么是算法？算法就是为解决一个特定问题而采取的确定的有限步骤。例如，开会有会议议题例程的安排，解数学题有解题的步骤和过程。其实，做任何事情都有它的过程和步骤，都有它的算法。演唱歌曲的算法是歌谱，它规定了歌唱家如何唱歌，先唱什么，后唱什么，唱什么音阶，什么音符……。计算机算法就是计算机能够接受并能执行的具体步骤，它告诉计算机如何一步一步地进行操作，直至问题得以解决。下面举例说明如何设计一个计算机算法。

例1.1　求梯形面积。要求出梯形面积，必须知道梯形的上底边、下底边和高度的数值，假定这些数据存放在存储器的某些单元中。计算机操作步骤如下：

① 从键盘输入上底边、下底边和高度的数据；

② 用梯形面积公式求出梯形面积；

③ 在屏幕上输出运算结果。

上述用自然语言描述的算法，与程序设计还有一段距离。要变成计算机便于编程的算法，还必须考虑：输入的数据存放在何处？计算出的面积数据存放在何处？为此设变量 a、b 和 h，它们分别表示输入的上底边、下底边和高度的数据的存放地方，设变量 area 表示输出数据（梯形面积）存放的地方。之所以称为变量，是因为存放在这些存储单元中的数据是可以再次重写的（即所代表的值是可变的）。这样，算法可改为

① 设置：变量 a，变量 b，变量 h，变量 area；

② 输入：a, b, h；

③ 运算：area = (a+b)*h/2；

④ 输出：area。

图 1-1 是描述本算法的流程图，图中通过箭头的指示能很直观地了解算法的具体步骤。从开始到结束，它们是一步一步顺序执行的。

例 1.2 字符转换程序。输入一个字符，若是小写字母，则变为大写字母，然后输出。设 ch 为存放输入字符的变量，转换后仍然存放于该变量中。下面给出算法：

① 设置变量 ch；

② 输入一个字符→ch；

③ 若 ch≥'a'并且 ch≤'z'，即 ch 中存放的是小写字母，其 ASCII 码值在字符'a'和'z'之间，则让 ch–('a' –'A')→ch，其中'a'和'A'分别表示小写字母 a 和大写字母 A 的 ASCII 码值，由于小写字母比大写字母的 ASCII 码始终大一个固定的值：'a' –'A'，因此若 ch 是小写字符，则让 ch 的内容减去这个固定的值，这样 ch 存放的字符就变为大写字母；否则不执行此步，即 ch 中内容不变；

④ 输出 ch 中内容；

⑤ 结束。

图 1-2 是描述本算法的流程图。该算法要求计算机对输入的字符是否是小写字母做出判断，并根据判断的情况来决定下一步的处理。因此算法有两个分支，机器会选择其中一个分支继续执行，最后输出结果。这个算法有一个特点，就是出现分支情况，使得计算机似乎具有某种智能，会自动判断并知道该如何往下执行。当然，这是依据算法编程所致。图 1-2 中用菱形框表示要进行分支条件判断，其中 Y 表示满足条件，N 表示不满足条件。

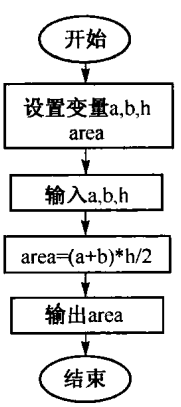


图 1-1 例 1.1 的流程图

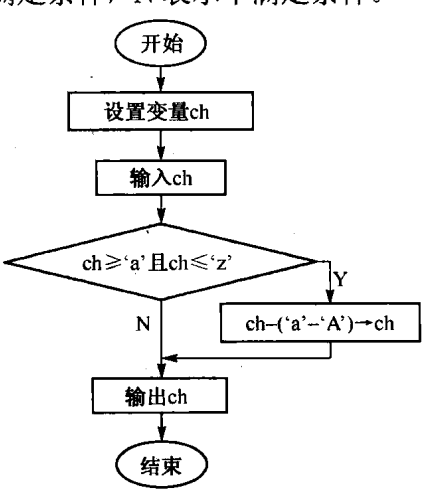


图 1-2 例 1.2 的流程图

例 1.3　统计某次考试 100 个学生的平均成绩。

对这道题，粗略的算法是分两步：

第 1 步，计算出 100 个学生的成绩总分；

第 2 步，求出平均分并打印出来。

在此基础上，进一步写出下面的算法：

① 将第 1 个学生的成绩输入计算机；

② 将第 2 个学生的成绩输入计算机；

③ 将以上两个学生的成绩相加；

④ 将第 3 个学生的成绩输入计算机；

⑤ 将它和前两个学生的成绩和相加；

⑥ 将第 4 个学生的成绩输入计算机；

……

⑲⑧ 将第 100 个学生的成绩输入计算机；

⑲⑨ 将它和前 99 个学生的成绩和相加得到这 100 个学生的成绩总分；

⑳⓪ 将成绩总分除以 100，得到平均分；

⑳① 打印出平均分。

这个算法是可以实现的，但非好的算法。若要统计 1000 个学生的成绩总分，则算法势必会写得很长。考察上述算法，发现每个学生的成绩加入总分，这种操作是重复的。因此，可以让计算机进行“循环”，重复同一操作，直至加完 100 个学生的成绩为止。为此，必须首先安排好若干个存放数据的变量。

设 total 为“累加变量”，用于存放每一次加进去之后的成绩和。显然，未计算之前，total 的初值必须为零，即让 total = 0。temp 为“输入暂存变量”，用于存放每一次输入的一个学生成绩。aver 为“平均分变量”，用于存放要输出的结果。

为了控制循环，必须对累加次数进行计数。为此，设一个“计数变量”n，用于记录累加的学生成绩个数。显然，未累加之前，n 的初值应该为零，即 n=0。

下面是具体的算法：

① total←0；

② n←0；

③ 输入一个成绩→temp；

④ 将 temp 和 total 的值相加，即 temp+total→total。这个过程完成了将输入的学生成绩进行一次累加的操作；

⑤ 使 n 的值加 1，即 n+1→n，表示已累加了一个学生的成绩；

⑥ 若 n<100，则返回③，继续执行，否则执行⑦。n<100 说明第 100 个学生成绩未加到，必须返回③，继续输入下一个学生的成绩。否则，n≥100，即这 100 个学生成绩已累加，total 中存放的是成绩总分，应执行步骤⑦；

⑦ 算出 total/n，结果存入 aver，即 total/n→aver；

⑧ 打印出平均分 aver 的值。

算法流程图见图 1-3。从流程图中可看到，算法中有一个循环过程，步骤③、④和⑤重复了 100 次，每次输入并累加一个学生成绩，接着计数并判断是否需要继续循环。

这个算法的最终结果虽然与上一种算法的结果相同，但叙述简单明确，且可灵活改变。假如，统计的不是100个学生而是1000个，那么只需将⑥中的n<100 改为n<1000就可以了。

2. 算法的流程图表示

算法可以用自然语言表示，也可以用流程图表示。

流程图能直观简明地描述算法，它由一些特定的几何符号、文字说明和流向线组成。常用流程图符号如图1-4所示。

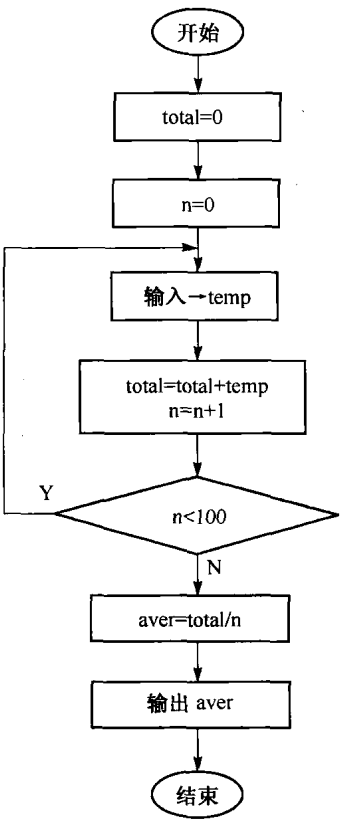


图1-3 例1.3的算法流程图

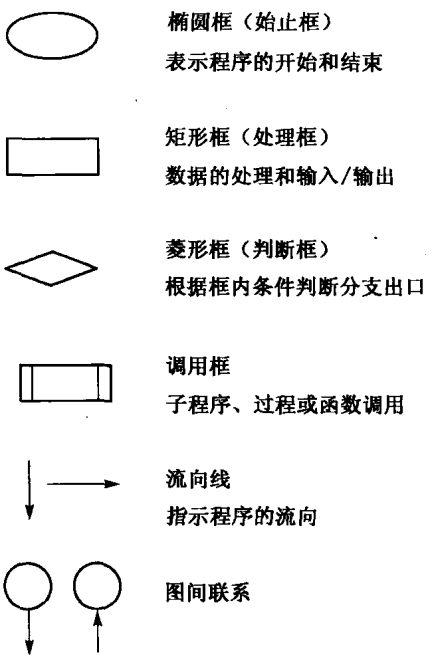


图1-4 常用流程图符号

画流程图时一般要自上而下按执行顺序画下来。注意流向线的指向千万不要绘错，以免执行步骤出现混乱。各图形框内的文字符号描写要简明确切，不能有二义性。此外，几个顺序执行而中间无其他流向线汇入的矩形框可以合为一个矩形框，如图1-3中“total=0”和“n=0”这两种顺序操作也可写以在同一个矩形框内。对于同一种操作可以有多种方式表达，如“0→total”、“total←0”、“total = 0”、“将0放入total中”、“使total值为0”等都是表示同样的操作。

3. 算法的特性

根据前述的几个实例，可以总结出算法具有下述特性:

（1）有穷性。一个算法应当在执行有限的步骤后结束，不应出现无终止的循环或永远执行不完的步骤。

（2）确定性。算法中的每一步骤必须有确切的含义，不能有二义性，否则计算机将不知该怎样操作。

（3）有 0 个或多个输入量或者初始值，有 1 个或多个输出量。所有算法涉及的数据，包括运算的中间结果和暂存数据，必须以变量的形式安排好存放的地方。变量都有自己的标识，即变量名称。

（4）可执行性。即算法中的每一步应该是机器能够准确实现的。如以 0 为除数，则无法执行。算法中应避免出现类似情况。

1.1.2　C 语言及其特点

正确简捷的算法是编写计算机程序的前提。有了好的算法，接下来该如何编写计算机程序呢？要编写计算机程序，首先必须选择好计算机程序设计语言。下面先来了解 C 语言及其特点。

1．C 语言及其发展

20 世纪 70 年代为描述 UNIX 操作系统和 C 编译程序，贝尔实验室（Bell Laboratories）开发了一种系统描述语言，即 C 语言。

1969 年，贝尔实验室的两位研究人员 Ken Thompson 和 Dennis M. Ritchie 开始用汇编语言编写 UNIX 操作系统。1970 年，Ken Thompson 为提高 UNIX 的可读性和可移植性，在 BCPL 语言（其前身是 ALGOL 60 的 CPL 语言）的基础上开发了 B 语言。之所以取这个名字，据说其中一个因素就是根据 BCPL 的字头。由于 B 语言存在一些缺点，例如，它没有定义数据类型，从而无法高效率支持多种数据类型及其运算，因此，该语言没有流行起来。

从 1971 年开始，D.M.Ritchie 用了一年左右的时间，以 B 语言为基础开发出了一种新的语言，于 1972 年投入使用。由于这个新的编译程序是在 B 语言的基础上开发的，无论是在英文字母序列中也好，还是在 BCPL 这个名字中也好，排在“B”后面的均为“C”，故将其命名为 C 语言。

1973 年，Ken Thompson 和 D.M.Ritchie 两人合作，用 C 语言将 UNIX 又写了一遍，他们改写了 90%以上的 UNIX 系统源代码（原系统用汇编语言编写），这就为 UNIX 的移植和发展奠定了基础，引起了计算机界对 C 语言的普遍关注。

1975 年 Brian W.Kernighan 和 D.M.Ritchie 合著《*The C Programming Language*》一书，为 C 语言在全世界范围内的推广与普及提供了一本很好的教科书，被世人誉为标准版本。1981 年，日本著名学者石田晴久把这本书译为日文。1982 年，我国 UNIX、C 的著名专家孙玉方、孟庆昌先生把这本书编译为中文教材。从此，C 语言便越来越受到软件工程人员的喜爱。C 语言的使用实践表明，它是一种非常成功的系统描述语言，适合于编写系统软件（如操作系统、编译软件等），同时，它又是一个相当有效的通用程序设计语言，适合于编写各种应用软件，如图形软件、控制软件等。

C 语言开始时附属于 UNIX，运行在 PDP-11 机上。但到 1978 年以后，它被移植到各种微机上，能在各种操作系统下运行，这就出现了各种 C 编译系统。这些 C 编译系统的规格不尽相同，因此，用户编辑的源程序要与所使用的编译系统相对应，即各种编译系统下所编写的源程序不具有互换性。

为提高互换性，美国国家标准学会（ANSI）信息系统委员会（X3委员会）中的jII小组对C语言进行了规范化，并于1987年公布了新标准87 ANSI C，得到了各国的承认，以后又发展为新的C语言标准，既ANSI X3.159—1989，简称C89。从此，C语言以其独特的优点颇为软件工程人员所青睐，成为世界上应用最广泛的程序设计高级语言。1990年，国际标准化组织（ISO）接受C89为国际标准ISO/IEC 9899:1990，简称C90，以后修订为C95。1999年，又扩充了一些面向对象的特征，命名为ISO/IEC 9899:1999，即C99。目前流行的C编译系统，如DOS系统下的MS C 5.0、Turbo C 2.0/3.0，UNIX系统下的UNIX 4.2 BSD等，都是以它为基础的。

随着计算机技术的发展，C语言本身也在不断地改进和发展。如C++就是在C基础上，扩充了面向对象的程序设计而发展起来的一种全新语言。C++与C完全兼容，C++是C的超集，C是C++的子集。现今普遍流行的基于可视化编程的Visual C++、Borland C++、网络编程语言Java等，皆以C语言为基础。可以说，掌握了C语言，就掌握了深层应用计算机的本领。

2. C语言的特点

C语言具有下述优点：

① C语言既具有一般高级语言的易读、易写、易查错等特点，又具有某些低级语言的功能，如它能直接访问内存地址，进行字、字节和位操作，目标代码执行速度非常快（仅比汇编语言慢10%～20%）。这一特点使得它很适合编写需要直接与计算机硬件打交道的系统软件和控制软件。

② C语言是一种结构化程序设计语言，它主张程序模块化，采用函数调用方式来组成程序，非常方便模块化软件设计。

③ C语言数据类型很丰富。基本类型有字符型、整型和实型，在此基础上还可构造各种类型，如数组、结构体、共用体等。特别是C的指针类型，它的强有力的功能与使用上的灵活成为C语言的特征。

④ C语言的运算符极其丰富，有34种之多。除了拥有一般高级语言普遍具有的运算外，还有位运算及独具特色的自增自减、复合赋值等运算。

⑤ C语言移植性好，其输入/输出功能是通过系统提供的库函数完成的。

⑥ C语言提供了一组以“#”号打头的预处理命令，便于有效地组织和编译程序。

⑦ 语言简洁、紧凑、高效。

C语言也有不足的一面，如它对变量类型的不一致性不做语法上的严格检查，对变量和指针、数组越界没有设置屏障，某些运算（自增自减等）还带来副作用等。因此，编程者不能过多地依赖编译程序找出错误，而要靠自己去保证程序的正确性，初学者应注意这一点。

目前，C语言已经成为学习和使用人数最多的一种计算机语言，熟练掌握和应用C语言是从事计算机应用人员的必备技能。

1.1.3 用C语言编写程序实现算法

下面看看如何用C语言来编写计算机能够执行的计算机程序。先以前述三个例题的算法为例，给出相应的C程序清单。请在阅读程序的同时注意结合算法流程图来了解C程序中的语句是如何描述算法的，程序中包含在/*……*/中的内容是C语句的注释部分，它可以帮助你理解程序的解题过程，而计算机在执行时是不理睬程序注释的。