21世纪高职高专规划教材

C语言程序设计

任正云 李素若 主编 胡玉荣 张牧 肖衡 副主编 田原 主审

21SHIJIGAOZHIGAOZHUANGUIHUAJIAOCAI

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

C语言程序设计

21世纪高职高专规划教材

C语言程序设计

任正云　李素若　主　编

胡玉荣　张　牧　肖　衡　副主编

田　原　主　审

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书遵照C语言标准，结合作者多年的教学和科研实践的经验和体会，全面系统、深入浅出地阐述了C语言的基本概念、语法和语义，以及用C语言进行程序设计的基本方法和技巧。

本书的主要内容包括数据类型和表达式、流程控制、算法分析、函数与程序结构等。概念准确，结构合理，层次清晰，实例丰富，选材精心，语言通俗易懂。每章末都配有习题可供不同层次的读者练习。

本书十分注重知识的应用，重点章节都给出了应用举例。本书的一个亮点是给出了学生成绩管理系统、大奖赛评分系统和万年历的程序，虽然所给出程序代码不一定最优化，但可以引导读者分析，给读者以启发，是学习编程人员一本很好的工具书。

本书是一本准确而又较全面反映标准C语言的教材，还配有《C语言程序设计上机指导与习题集解答》一书。既可供高等院校计算机和非计算机专业本、专科或培训班教学使用，也是广大科技工作者和编程爱好者的一本很好的参考书。

本书电子教案可以从中国水利水电出版社网站上免费下载，网址：http://www.waterpub.com.cn/softdown/。

图书在版编目（CIP）数据

C语言程序设计 / 任正云，李素若主编. —北京：中国水利水电出版社，2007

21世纪高职高专规划教材

ISBN 978-7-5084-4300-3

Ⅰ. C... Ⅱ. ①任...②李... Ⅲ. C语言－程序设计－高等学校：技术学校－教材 Ⅳ. TP312

中国版本图书馆CIP数据核字（2006）第149880号

书　　名	C语言程序设计
主　　编	任正云　李素若
副 主 编	胡玉荣　张　牧　肖　衡
主　　审	田　原
出版发行	中国水利水电出版社（北京市三里河路6号　100044） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail：mchannel@263.net（万水） sales@waterpub.com.cn 电话：（010）63202266（总机）、68331835（营销中心）、82562819（万水）
经　　售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排　　版	北京万水电子信息有限公司
印　　刷	北京蓝空印刷厂
规　　格	787mm×1092mm　16开本　17.75印张　434千字
版　　次	2007年3月第1版　2007年3月第1次印刷
印　　数	0001—4000册
定　　价	26.00元

前　言

C 语言是一种结构化的程序设计语言。它功能丰富、表现力强、使用灵活、应用面广、目标程序效率高、可移植性好，既具有高级语言的特点，又具有低级语言的功能，因此它成为当今的主流程序设计语言之一。由于它简单易学，使用方便灵活，所以学习和使用 C 语言的人越来越多，国内高等院校理工科专业都开设了这门课程。同时，C 语言也是全国计算机二级考试的指定考试科目之一。学好 C 语言对进一步学习其他计算机语言具有积极的意义。

C 语言程序设计是一门实践性很强的课程，它包含理论学习、编程方法和程序调试三个方面的内容。由于它的语法现象比较复杂，数据类型转换和表示灵活多变，因此，在学习和掌握 C 语言时，要把实践分为三个层次和两个方面。三个层次是：阅读别人写好的程序（或函数），理解程序所要完成的任务（也就是程序的功能），从中学习编程的方法和技巧；模仿编写功能类似的程序；自己独立设计和编写完成指定任务的程序。两个方面是：在条件有限的情况下，动手在纸上严格按语法规则一丝不苟地写出程序；另一方面，在条件允许的情况下，应该尽量上机练习，调试自己所写的程序。根据当前的形式和教学的需要，从 C 语言教学实际出发，我们编写了这本《C 语言程序设计》，希望本书能为广大读者提供有益的帮助。

针对 C 语言在计算机专业课程以及计算机公共基础课程体系中的地位，本书从培养学生的理解、设计基本算法出发，结合掌握 C 语言的语法规则训练，培养学生基本编程能力。本书在编写过程中，着重体现以下特色：

（1）语言通俗易懂、结构符合教学规律。考虑到学习者的基础，本书在编写过程中从语言的角度尽量做到通俗易懂，避免按 C 语言说明书、操作手册的内容安排和描述，内容及讲解由浅入深，符合 C 语言的特点，符合程序设计语言学习的特点。

（2）理论讲解力求体现“必需、够用为度”。充分考虑学生的特点和 C 语言程序设计在课程体系中的地位，在内容的讲解上，尽量形象地描述算法产生的过程，突出学习重点，理论教学力求体现必需、够用为度，强调实际应用，有意回避一些 C 语言中出现频率很低或与语言实现版本有关的内容，把重点放在语言本身的难点和程序设计的技巧方面，为以后从事软件开发的学生提供良好的参考。

（3）坚持“两个并重”，重视学生技能的形成过程。所谓两个并重，就是程序设计语言和程序设计技巧并重、典型案例和实际编程并重。本书在讲解理论后都有强化理论的例题，每章结束部分都安排有应用实例。这样做的目的就是力求使读者学完 C 语言程序设计之后，不仅能懂 C 语言的语法、语义，更重要的是具备编程解决实际问题的能力，通过给出的一些经典案例，让学生能够从中借鉴、模仿及改写，从而提高学习者的编程能力。

特别值得一提的是：本书在讲解必要的理论知识的同时，十分注重知识的应用，重点章节都给出了应用举例，本书的一个亮点是给出了学生成绩管理系统，大奖赛评分系统，万年历的程序，是学习编程人员的一本很好的工具书。本书还配有《C 语言程序设计上机指导与习题

集解答》一书，供不同层次的读者练习。

本书由任正云、李素若任主编，胡玉荣、张牧、肖衡任副主编，具体分工如下：第1、2、3、5、7章由任正云编写，第4、6章由胡玉荣编写，第8章由李素若编写，第9章由张牧编写，第10章由肖衡编写，全书由任正云统稿，所有的程序由张牧、胡玉荣负责调试，在编写过程中得到了主审田原副教授和相关专家的指导，在此一并表示衷心的感谢。

本书存在一些不足之处，竭诚希望广大读者批评指正。

编　者

2006年12月

目　　录

第 1 章　C 语言程序设计基础

1.1　程序设计及程序设计语言

程序是能被机器识别并执行的一系列的指令代码，这些指令代码是用程序设计语言来描述的。程序设计语言是人与计算机对话的工具。程序设计需要在一定程序设计语言环境下进行。

1.1.1　程序设计语言的发展

从计算机诞生到现在，程序设计语言也伴随着计算机技术不断地升级换代。

1. 低级语言

低级语言又分为机器语言、符号语言和汇编语言。机器语言用二进制代码表示机器指令和数据，机器语言程序能够直接被机器理解和执行，因而程序效率高，但编程烦琐，而且不便于记忆和阅读，因而程序维护困难。符号语言用符号代替二进制代码表示机器指令。汇编语言进而用符号代替二进制代码来表示指令和数据的存储地址。现在人们用低级语言编程通常指用汇编语言编程。汇编语言程序必须被转换为机器语言才能被机器理解和执行，完成这种转换任务的系统软件称为汇编程序，这种转换过程称为汇编。低级语言是面向机器的，依 CPU 的不同而异。用低级语言写的程序效率高，但可移植性差，程序员不仅要考虑解题的思路，还要熟悉机器的内部结构，并且还要“手工”地进行存储器分配，这种编程劳动强度很大，给计算机的普及推广造成了很大的障碍。

2. 高级语言

高级语言是类似于人类自然语言和数学描述语言的程序设计语言，分为面向过程的程序设计语言和面向对象的程序设计语言。如 C 语言和 Pascal 语言、FoxBase、Visual C++、Visual Basic 等。

（1）面向过程的程序设计语言。汇编语言和机器语言都是面向机器的，随机器而异，1954 年出现的 FORTRAN 语言以及随后相继出现的其他计算机语言，使人们开始摆脱进行程序设计时必须先熟悉机器的桎梏，把精力集中在解题的思路和方法上，使程序设计语言开始与解题方法相结合。其中一种就是把解题过程看作数据被加工的过程。基于这种方法的程序设计语言称为面向过程的程序设计语言，C 语言就是一种面向过程的程序设计语言。下面是一个计算长方形面积的 C 语言程序设计的片段：

```
main()                          /*告诉编译器 C 程序由此开始执行*/
{                               /*这一段程序开始*/
float a,b;                      /*定义两个实型变量长 a 和宽 b */
float area;                     /*定义面积变量 area*/
area=a*b;                       /*把计算的面积赋给 area*/
printf("%f ", area);            /*输出面积 area 的值*/
}                               /*程序结束*/
```

这个程序是很好理解的，其中计算面积的语句与我们习惯的数学式子没有什么根本的区别（“/*”与“*/”之间的内容称为注释，目的是为了阅读的方便，让程序更容易被理解）。显然使用高级语言编程可以较大地降低编程过程中的劳动强度，提高编程效率，高级语言的诞生是计算机发展史上的一个里程碑。它使人们能摆脱具体机器指令系统的束缚，用接近人们习惯的语言来构思解题过程，从而大大提高了编程效率，使人们能够编制出规模越来越大的程序，以满足日益广泛而深入的应用需求。

（2）面向对象的程序设计语言。面向对象的程序设计是一种结构模拟方法，它把现实世界看成是由许多对象（object）所组成，对象之间通过相互发送和接收消息进行联系。消息的发送对象本身运动，形成对象状态的变化。从程序结构的角度，每个对象都是一个数据和方法的封装体——抽象数据类型。

从分类学的观点来看，客观世界中的对象都可以分类。也就是说，所有的对象都属于特定的类（class），或者说每个对象都是类的一个实例。因而面向对象的程序设计的一个关键是定义“类”，并由“类”生成“对象”。

面向对象的程序比面向过程的程序更清晰易懂，更适宜编写更大规模的程序，正在成为当代程序设计的主流。面向对象的程序设计语言有 Java、Visual Basic、Visual Basic.NET 等，由 C 派生出的 C++语言也属于面向对象的程序设计语言，它是一种多范型程序设计语言，不仅可以利用它编写面向对象的程序设计语言，还可以用它编写面向过程的程序。

1.1.2 C 语言的发展过程

C 语言是目前世界上流行最广泛的高级程序设计语言。C 语言的发展过程可粗略地分为三个阶段：1970 年至 1973 年为诞生阶段，之后至 1988 年为发展阶段，1988 年以后为成熟阶段。

1. C 语言的诞生

C 语言是为写 UNIX 操作系统而诞生的。1970 年美国 AT&T 公司贝尔实验室 Ken Thompson 为实现 UNIX 操作系统而提出一种仅供自己使用的工作语言，由于该工作语言是基于 1967 年由英国剑桥大学的 Martin Richards 提出的 BCPL 语言设计的，因而被作者命名为 B 语言，B 取自 BCPL 的第一个字母。B 语言被用于在 PDP-7 计算机上实现了第一个 UNIX 操作系统。1972 年贝尔实验室的 Dennis M.Ritchie 又在 B 语言基础上系统地引入了各种数据类型，从而使 B 语言的数据结构类型化。1973 年 K.Tompson 和 D.M.Ritchie 用 C 语言重写了 UNIX 操作系统，推出 UNIX v5，1975 年又推出 UNIX v6。此时的 C 语言是附属于 UNIX 操作系统的。

2. C 语言的发展

为了使 UNIX 操作系统能够在别的机器上得到推广，1977 年 C 语言的作者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》，从而推动了 UNIX 操作系统在各种机器上的实现以及 UNIX 操作系统的不断发展。1978 年以后相继推出了 UNIX v7，UNIX systemV。UNIX 操作系统的巨大成功和广泛使用，使人们普遍注意到 C 语言的突出优点，从而又促进了 C 语言的迅速推广。同时，C 语言也伴随着 UNIX 操作系统的发展而不断发展。1978 年 Brian W.Kernighan 和 D.M.Ritchie 以 UNIX v7 中编译程序为基础写了影响深远的名著 The C Programming Language，这本书上介绍的 C 语言是以后各种 C 语言版本的基础，被称为传统 C 语言。1978 年以后，C 语言先后移植到各种大型机、中型机、小型机及微型机上。目前，C 语言成为世界上使用最广泛的高级程序设计语言，且不依赖于 UNIX 操作系统而独立存在。

3. C 语言的成熟

1978 年以后，C 语言的不断发展产生了各种 C 语言版本，不同的 C 语言版本对传统 C 语言都有所扩充和发展。1983 年，美国国家标准协会（ANSI）综合了各版本对 C 的扩充和发展，制定了新标准，称为 ANSI C。Kernighan 和 D.M.Ritchie 按 ANSI C 标准重写了他们的经典著作，于 1990 年正式发表了国际标准化组织（ISO）公布的 C 语言标准。C 语言标准的制定标志着 C 语言的成熟，1988 年以后推出的各种 C 语言版本与 ANSI C 是相容的。

1.2　C 语言的特点

一种语言之所以能存在和发展，并具有生命力，总是有其不同于（或优于）其他语言的特点。C 语言的主要特点如下：

（1）语言简洁、紧凑，使用方便、灵活。C 语言一共只有 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。下面将 C 与 PASCAL 语言作一比较（如表 1-1 所示）。

表 1-1　C 与 PASCAL 语言的比较

C 语言	PASCAL 语言	含义
{　}	BEGIN...END	复合语句
if(e)　S	IF(e) THEN S	条件语句
int i;	VAR i:INTEGER	定义 i 为整型变量
int a[10];	VAR a:ARRAY[1..10]OF INTEGER	定义 a 为整型一维数组
int　f();	FUNCTION f():INTEGER	定义 f 为返回整型值的函数
int *p;	VAR p: ↑ INTEGER	定义 p 为指向整型变量的指针变量
i+=2;	i:=i+2	赋值语句，使 i+2 =>i
i++,++i	i:=i+1	i 自增值 1，i+1=> i

学过 PASCAL 的读者可以看到，C 程序比 PASCAL 简练，源程序短，因此输入程序时工作量少。

（2）运算符丰富。C 语言的运算符包含的范围很广泛，共有 34 种运算符。C 语言把括号、赋值、强制类型转换等都作为运算符处理，从而使其运算类型极其丰富，表达式类型多样化。灵活使用各种运算符可以实现在其他高级语言中难以实现的运算。

（3）数据结构丰富，具有现代化语言的各种数据结构。C 语言的数据类型有整型、实型、字符型、数组类型、指针类型、结构体类型、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，尤其是指针类型数据，使用起来比 PASCAL 更为灵活、多样。

（4）具有结构化的控制语句（如 if...else 语句、while 语句、do...while 语句、switch 语句、for 语句）。用函数作为程序的模块单位，便于实现程序的模块化。C 语言是良好的结构化语言，符合现代编程风格的要求。

（5）语法限制不太严格，程序设计自由度大。例如对数组下标越界不做检查，由程序编

写者自己保证程序的正确。对变量的类型使用比较灵活，例如整型数据与字符型数据可以通用。一般的高级语言语法检查比较严，能检查出几乎所有的语法错误。而 C 语言允许程序编写者有较大的自由度，因此放宽了语法检查。程序员应当仔细检查程序，保证其正确，而不要过分依赖 C 编译程序去查错。“限制”与“灵活”是一对矛盾。限制严格，就失去灵活性；而强调灵活，就必然放松限制。一个不熟练的编程人员，编一个正确的 C 程序可能会比编其他高级语言的程序难一些。也就是说，对用 C 语言编程的人，要求对程序设计更熟练一些。

（6）C 语言能进行位（bit）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 语言既具有高级语言的特点，又具有低级语言的许多功能，可用来编写系统软件。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。

按此特点可将各语言分类如下：

1）高级语言。有 BASIC、FORTRAN、COBOL、Ada、Modula-2 等。

2）中级语言。有 C、FORTH、宏汇编等。

3）低级语言。即为汇编语言。

一般仍习惯将 C 语言称为高级语言，因为 C 程序也要通过编译、连接才能得到可执行的目标程序，这和其他高级语言是相同的。

（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）程序可移植性好（与汇编语言比）。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。

上面只介绍了 C 语言的最容易理解的一般特点，至于 C 语言应用内部的其他特点将结合以后各章的内容作介绍。由于 C 语言的这些优点，使 C 语言应用面很广。许多大的软件都用 C 语言编写，这主要是由于 C 的可移植性好和硬件控制能力高，表达和运算能力强。许多以前只能用汇编语言处理的问题，现在可以改用 C 语言来处理了。C 语言对程序员的要求较高，程序员使用 C 语言编写程序会感到限制少，灵活性大，功能强，可以编写出任何类型的程序。现在，C 语言已不仅用来编写系统软件，也用来编写应用软件。

1.3 源程序的编辑、编译、连接与运行

用高级语言编写的程序称为“源程序”，通常简称为程序。高级程序设计语言也必须被转换为机器语言程序才能被机器理解和执行，完成这种转换任务的系统软件称为编译程序。相应的转换过程通常称为编译。

高级语言是面向解题过程的，语言本身与具体的机器系统无关，因而用高级语言编写的应用程序可移植性好。编译程序是一种语言的具体实现，编译程序与具体机器系统有关，通常称为语言的一个版本。同一语言的不同版本不完全相同，在使用一种具体的高级语言及其编译程序开发软件时，必须参考与编译程序配套的有关资料。本书阐述的内容遵从 ANSI C 标准，对于大多数 C 编译程序具有通用性。为了使上机环境尽量简单，书中所有的例题均在 Turbo C 2.0 上通过。

C 语言采用编译方式将源程序转换为二进制的目标代码。编写好一个 C 程序到完成运行一般经过以下几个步骤。

1. 编辑

所谓编辑，包括以下内容：①将源程序逐个字符输入到计算机内存；②修改源程序；③将修改好的源程序保存在磁盘文件中。编辑的对象是源程序，它是以 ASCII 代码的形式输入和存储的，不能被计算机执行。目前使用较多的编辑软件有：UNIX 下的编辑程序 ed、vi 等，MS-DOS 下的 EDLIN、Wordstar，Windows 下的 Write、Word 等字处理软件。关于编辑软件的使用方法请参阅《C 语言程序设计上机指导与习题集解答》一书或其他有关手册。

2. 编译

编译就是将已编辑好的源程序（已存储在磁盘文件中）翻译成二进制的目标代码。在编译时，还要对源程序进行语法检查，如发现有错，则在屏幕上显示出错信息，此时应重新进入编辑状态，对源程序进行修改后再重新编译，直到通过编译为止。编译后得到的二进制代码在 UNIX 下是后缀为.o 的文件，在 MS-DOS 下是后缀为.obj 的文件。应当指出，经编译后得到的二进制代码还不能直接执行，因为第一个模块往往是单独编译的，必须把经过编译的各个模块的目标代码与系统提供的标准模块（如 C 语言中的标准函数库）连接后才能运行。

3. 连接

将各模块的二进制目标代码与系统标准模块经连接处理后，得到具有绝对地址的可执行文件，它是计算机能直接执行的文件。在 UNIX 下它以.out 为后缀（例如，f.out），在 MS-DOS 下以.exe 为后缀（例如，f.exe）。

4. 执行

执行一个经过编译和连接的可执行的目标文件。只有在操作系统的支持和管理下才能执行它。图 1-1 用以表示编辑、编译、连接、运行的过程。

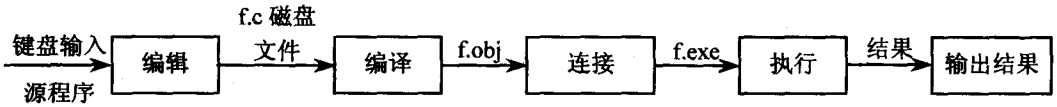

图 1-1　程序执行步骤

其中文件取名为 f，后缀按 MS-DOS 的规则表示。

近来“集成化”的工具环境已将编辑、编译、连接、调试工具集于一身（例如 Turbo C），用户可以方便地在窗口状态下进行编辑、编译、连接、调试、运行的全过程。

1.4　C 程序结构

1.4.1　简单的 C 程序介绍

【例 1.1】 C 程序输出。

```
main()
 {
   printf("This is a C program.\n");
 }
```

输出结果是：This is a C program.

说明：