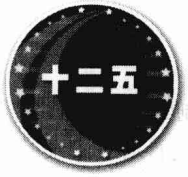
十二五
21世纪高等学校计算机公共课程“十二五”规划教材

C语言程序设计

C YU YAN CHENG XU SHE JI

易晓梅　赵　芸　主编
许凤亚　崔坤鹏　楼吉林　副主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



21世纪高等学校计算机公共课程“十二五”规划教材

C语言程序设计

易晓梅　赵　芸　主　编

许凤亚　崔坤鹏　楼吉林　副主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书主要内容包括C语言概述，基本数据类型、运算符及表达式，程序的控制结构，数组，函数，变量的作用域及存储类别，编译预处理，指针，结构体、共用体与枚举、文件等。附录部分提供了字符、C语言中的关键字、运算符的优先级与结合性、常用标准库函数等内容，以方便读者查阅。本书结构合理，内容翔实，重点突出，实例典型丰富，循序渐进、由浅入深地讲解C语言。

本书适合作为高等院校计算机与非计算机专业教材使用，也可作为计算机C语言程序设计二级考试的自学教材或参考用书，还可作为广大计算机爱好者学习C语言程序设计的学习资料。

图书在版编目（CIP）数据

C语言程序设计 / 易晓梅，赵芸主编. -- 北京：中国铁道出版社，2011.1

21世纪高等学校计算机公共课程“十二五”规划教材

ISBN 978-7-113-12361-1

Ⅰ.①C… Ⅱ.①易… ②赵… 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（2011）第000857号

书　　名：C语言程序设计

作　　者：易晓梅　赵　芸　主编

策划编辑：刘　璐

责任编辑：杜　鹃　　**读者热线电话：**400-668-0820

编辑助理：何　佳

封面设计：付　巍　　**封面制作：**白　雪

版式设计：于　洋　　**责任印制：**李　佳

出版发行：中国铁道出版社（北京市宣武区右安门西街8号　　邮政编码：100054）

印　　刷：化学工业出版社印刷厂

版　　次：2011年1月第1版　　2011年1月第1次印刷

开　　本：787mm×1092mm　1/16　**印张：**16.5　**字数：**387千

印　　数：3 000册

书　　号：ISBN 978-7-113-12361-1

定　　价：26.00元

前言

FOREWORD

C语言是得到广泛使用的程序设计语言之一，它具有语言简洁、紧凑，使用方便、灵活，运算符和数据结构丰富，表达、运算能力强等特点，有着广泛的应用领域。C语言不仅有如汇编语言可以直接对硬件进行操作（地址address、位操作bit等）的特性，也有其他高级语言所具有的良好的可读性和可移植性。目前很多高等学校把C语言作为计算机专业或非计算机专业的程序设计与开发课程，各类计算机等级考试也将C语言列为重点考试科目。

本书在强调掌握C语言基本语法和功能的同时，着重培养学生逐步掌握程序设计的思想和方法，以及问题的求解能力和探索创新能力。内容的编排由浅入深、由简到繁、循序渐进，同时注意突出重点、分散难点，并提供大量的例题，以便于读者将艰苦的程序设计工作转换为充分发挥主观能动性的创作。

本书共10章，具体内容如下：

第1章　C语言概述，主要内容包括C语言简史、C语言的特点、C程序的运行等。介绍程序设计语言的种类、C语言的发展历史、特点及其开发步骤，引导读者快速入门。

第2章　基本数据类型、运算符及表达式，主要内容包括字符集与关键字、标识符，数据与数据类型，基本数据类型，运算符与表达式等。介绍数据类型的定义和使用方法，以及C语言中的运算符与表达式的概念，为读者学好C语言做铺垫。

第3章　程序的控制结构，主要内容包括算法概述、程序的控制结构、顺序结构、选择结构、循环结构等。详述算法的概念、程序的三种基本结构，以及简单的数据输入/输出方法。

第4章　数组，主要内容包括一维数组、二维数组、字符数组等。介绍一维数组、二维数组和字符数组的定义、引用、初始化及输入/输出等操作。

第5章　函数，主要内容包括函数与C语言的结构、库函数、自定义函数、函数的嵌套与递归调用、内部函数与外部函数等。重点介绍C语言中库函数的使用方法、自定义函数的定义方法、调用方法等。

第6章　变量的作用域及存储类别，主要内容包括变量的作用范围、变量的存储类别等。使读者对变量的使用范围和生存周期有透彻的理解。

第7章　编译预处理，主要内容包括宏定义、文件包含、条件编译等。介绍C语言特有的预编译功能，以及编译预处理改进程序设计环境、提高编程效率的方法。

第8章　指针，主要内容包括指针的基本知识、指针与一维数组、指针与二维数组、指针与字符串、指针与函数、指针数组、多级指针等。指针是C语言的精髓部分，也是C语言的重要特色，本章从指针的基本概念出发，结合具体实例对指针的定义和使用进行了分析。

第9章　结构体、共用体与枚举，主要内容包括定义结构体类型、定义和使用结构体变量、

结构体数组、结构体和指针、单向链表、共用体、枚举类型等。介绍C语言中的几种自定义数据类型，包括结构体与共用体类型。对于用户自定义数据类型的使用步骤：类型的声明，新数据类型变量的定义，新数据类型变量的初始化，新数据类型变量的引用进行了详述。

第10章　文件，主要内容包括文件的打开与关闭、读/写文件、文件的定位等。使读者对文件的概念、类型有所了解，能熟练地进行文件的打开、读/写、关闭等基本操作。

本书在编写过程中得到了浙江农林大学方陆明、祁亨年、李光辉、尹建新、夏其表、王宇熙和浙江农林大学信息工程学院全体老师的大力帮助和支持，在此表示衷心的感谢。易晓梅、赵芸任本书主编，许凤亚、崔坤鹏、楼吉林任副主编，第1章由易晓梅、邓丽萍编写，第2章由崔坤鹏编写，第3章由楼吉林、易晓梅编写，第4章由吴鹏、于芹芬编写，第5章由楼吉林、王国省编写，第6章由赵芸、李剑编写，第7章由楼吉林、刘丽娟编写，第8章由崔坤鹏编写，第9章由许凤亚、黄美丽编写，第10章由易晓梅、楼雄伟编写，全书由易晓梅、赵芸、许凤亚提出编写思路并完成统稿。

本书虽经多次讨论并反复修改，但限于作者水平有限，谬误之处在所难免，敬请读者指正。

编　者

2010.8

CONTENTS

目 录

第1章 C语言概述

本章要点

- C语言简介
- C语言的组成及基本语法
- C语言的执行

本章学习目标

- 了解C语言的起源及特点
- 了解C语言的组成及基本语法
- 熟悉C语言的开发步骤与上机步骤

C语言在各种程序设计语言中是首选语言，本章节将对C语言的起源和发展、执行步骤做简单的介绍，并通过简单的例题说明C程序组成和代码格式，为读者学习和使用这门语言做准备。

1.1 C语言简介

C语言是目前国际上流行、使用非常广泛的高级程序设计语言，在程序员中备受青睐。下面将介绍程序设计语言的分类、C语言的起源及其特点。

1.1.1 程序设计语言

程序设计语言又称编程语言，能被计算机系统所接受、理解和执行，是一组用来定义计算机程序的语法规则，以便向计算机发出指令。程序设计语言主要分为以下几类：

1. 机器语言

机器语言是第一代程序设计语言，它是由“0”和“1”组成的指令序列，如：字长为16位的计算机指令为10110110 00000000，表示让计算机执行一次加法操作；而指令10110101 00000000则表示执行一次减法操作，它们的前8位表示操作码，而后8位表示地址码。

机器语言能被计算机直接识别并执行，不需要进行任何翻译，所以具有灵活、直接执行和速度快等特点。

每台机器指令格式和代码所代表的含义都是硬件规定的，从而把在某台计算机上执行的程序移植到另一台计算机上执行必须重新编写程序，因此机器语言可移植性差，重用性差。另外，由于机器语言由“0”和“1”组成，编程人员要首先熟记计算机的全部指令和代码含义才能进行程序编写，因此用机器语言编写程序是一项极其烦琐的工作。

2. 汇编语言

为克服机器语言中“0”和“1”给程序员所带来的不便，汇编语言用助记符代替操作码，

用地址符或标号代替地址码。如：数据传输指令中的 MOV 表示传送字或字节；算术运算指令中的 ADD 表示加法、SUB 表示减法、MUL 表示无符号乘法、DIV 表示无符号除法，逻辑运算指令中的 AND 表示与运算，等等。

汇编语言编写的程序不能由机器直接识别，要由一种特定程序将汇编语言翻译成机器语言，才能由机器执行，汇编语言编译器把汇编程序翻译成机器语言的过程称为汇编。汇编语言的执行效率仍然很高，针对某种机器特定硬件而编制的汇编语言程序能准确地发挥计算机硬件功能和特长。

相对于机器语言，汇编语言用简洁的英文字母或符号串来替代特定指令的二进制串，使得程序员容易读、写、调试和修改程序。尽管如此，相对高级语言来说，汇编语言在编写复杂程序时代码量较大，另外，由于它与处理器密切相关，每种处理器都有自己的指令系统，相应的汇编语言各不相同，所以，汇编语言程序的通用性、可移植性较差。

3. 高级语言

为解决汇编语言通用性差、需大量助记符的缺陷，人们开发了高级语言，这种语言不依赖于计算机硬件、通用性好，接近于数学语言或人的自然语言，单个语句就能实现基本功能。从 1954 年第一个完全脱离机器硬件的高级语言——Fortran 问世到现在已有了几百种高级语言，其中最常用的有 Fortran 语言、C 语言、BASIC 语言、COBOL 语言、Pascal 语言等。

高级语言以它自身的优点深受程序员的青睐：

（1）高级语言是从人类的逻辑思维角度出发的程序设计语言，易学、易掌握；

（2）使用高级语言设计的程序可读性好，可维护性强，可靠性高；

（3）高级语言程序可移植性好；

（4）使用高级语言编程效率高，但执行速度相对低级语言慢。

高级语言的下一个发展目标是面向应用，程序能自动生成算法进行处理，也就是非过程化的程序语言。

1.1.2 C 语言的起源

C 语言的发展经历颇为丰富，如图 1-1 所示。

图 1-1 C 语言的起源

1972 年，在 B 语言的基础上，美国贝尔实验室的 D.M.RITCHIE 在 PDP-11 机器上实现了一种小型语言，这就是最初的 C 语言。

1978 年，Brian W.Kernighian 和 Dennis M.Ritchie 出版了名著 *The C Programming Language*，这本书中的 C 语言成了标准的 C，是各种 C 语言版本的基础，从而也使 C 语言成为目前世界上流行最广的高级程序设计语言。

1983 年，美国国家标准化学会（ANSI）对 C 语言制定了新标准，称为 ANSI C，对于标准的 C 有了很大的发展，任何 C 语言的编译器都可在 ANSI C 的基础上扩充。诸如 Turbo C 等语言都将 ANSI C 作为它的子集并在此基础上进行了扩充，使之更加方便、完美。

1987 年，美国国家标准化学会（ANSI）又公布了新标准——87 ANSI C。

1990 年，国际标准化组织（ISO）接受 87 ANSI C 作为 ISO C 的标准。

1.1.3　C 语言的特点

C 语言有许多独特的优于其他高级语言的特点，在对操作系统和系统应用程序以及需对硬件进行操作的场合，C 语言明显优越于其他高级语言：

（1）C 语言允许对位、字节和地址这些计算机功能中的基本成分进行操作，但另一方面它又具有高级语言的灵活性。

（2）C 语言程序可移植性好。可移植性表示为某种计算机编写的软件可以用到另一种机器上去。

（3）C 语言是结构化语言，以函数作为模块组织程序，由顺序、选择、循环构成程序的结构化。

（4）C 语言简洁、紧凑，书写形式方便、灵活。它共有 32 个关键字，9 种控制语句。

（5）C 语言运算符丰富，ANSI C 共提供了 34 种运算符。

（6）C 语言数据结构丰富，数据类型有：整形、实型、字符型、数组、结构体、共用体、指针（C 语言特色，对指针的灵活运用能带来很大方便），另外用户还能根据需要自己扩充数据类型。

1.2　C 程序初体验

由于还没有介绍 C 语言的相关语法，下面将通过简单实例帮助读者理解 C 程序的组成及其代码格式。

1.2.1　简单 C 程序实例

下面通过 3 个简单的 C 程序实例让读者对 C 语言有初步的了解。

【例 1.1】 在屏幕上输出如下字符：

```
It's not difficult to learn C program!
*****************************
Are you ready?
```

【程序代码】

```
#include <stdio.h>
void main()
{
```

```
    printf("It's not difficult to learn C program!\n");
    printf("*****************************\n");
    printf("Are you ready?\n");
}
```

【程序运行结果】

```
It's not difficult to learn C program!
*****************************
Are you ready?
```

【程序说明】

（1）#include <stdio.h>是编译预处理命令，预处理命令的格式为：以“#”开头，且其末尾无分号“;”，一般放在程序的开头。由于C语言输入输出操作都由C函数库“stdio.h”中的函数实现，而本程序使用到printf函数包含于此库函数中，因此必须使用#include <stdio.h>将stdio.h包含其中。

（2）第2行void main()中的void是指函数的返回值类型为空，若把void换为int，则函数返回值为整型。main为函数名，是主函数，由系统调用，C程序的执行都是从main()函数开始，到main函数结束，而其他函数的执行都是借助于main函数的直接或者间接调用，否则无执行时机。()中用来填写参数，()中为空说明本函数为无参函数，在后面第5章将会有详细介绍。

（3）整个函数体都由{}括住，函数体一般由多条语句构成，而本例题中函数体由3条语句构成。

（4）printf为输出函数，其后面()中引号内的内容原样输出，其中“\n”为转义字符，功能为换行，即将当前的输出位置换到下一行开头，本例题将会在输出“It's not difficult to learn C program!”后，换到下一行输出“*****************************”，换到第3行输出“Are you ready?”。

【例1.2】由键盘输入两个整数，求这两个数的平方和并输出。

【程序代码】

```
#include <stdio.h>
void main()
{
   int x,y, s_sum;                          /*定义x、y、s_sum为整型变量*/
   printf("请输入x、y的值: \n");
   scanf("%d,%d",&x,&y);                    /*接收x、y值的输入*/
   s_sum=x*x+y*y;                           /*计算s_sum的值*/
   printf("平方和是: %d\n",s_sum);          /*按格式输出s_sum的值*/
}
```

【程序运行结果】

```
请输入x、y的值:
2,3↙
平方和是: 13
```

【程序说明】

（1）本例题由一个main()函数组成，语句“int x,y, s_sum;”分别定义了3个变量x,y, s_sum为整型。

（2）语句“scanf("%d,%d",&x,&y);”中，scanf()是标准输入函数，与标准输出函数printf()一样，要使用此函数，必须有编译预处理命令#include <stdio.h>，引号中的“%d,%d”指定了两个变量都要按照十进制整数的形式输入，且输入时两个变量中间用逗号隔开，“&x,&y”中的“&”是地址运算符，“&x”表示变量x在内存中的地址，“&y”表示变量y在内存中的地址。整行语句的功能是以整型形式在内存存入x、y的值。scanf、printf函数的用法在第3章详细介绍。

（3）语句“s_sum=x*x+y*y;”的功能为计算表达式 x*x+y*y 的值后赋值给 s_sum。

（4）语句“printf("平方和是：%d\n",s_sum);”中，“%d”处需填入的内容为逗号右端变量 s_sum 的值，“\n”表示换行，双引号内的其他内容原样输出。

（5）各行后的“/*……*/”是注释部分，用来注释一块文字，不参与程序的运行，一般用来注释程序的功能、变量的作用等，以增加程序的可读性。

【例 1.3】由键盘输入两个整数，求这两个整数的平均值并输出。

【程序代码】

```
#include <stdio.h>
void main()
{
   int x,y;
   float ave;
   float average(int a,int b);                    /*对函数 average 进行声明*/
   printf("please input the value of x,y:\n");
   scanf("%d,%d",&x,&y);                          /*接收 x、y 值的输入*/
   ave=average(x,y);                              /*调用 average 函数计算 x、y 的平均值*/
   printf("(%d+%d)/2.0=%d\n",x,y,ave);            /*按格式输出各变量的值*/
}

float average(int a,int b)
{
   float c;
   c=(a+b)/2.0;                                   /*计算 c 的值*/
   return c;                                      /*把 c 的值作为函数的返回值*/
}
```

【程序运行结果】

```
please input the value of x,y:
6,9↙
(6+9)/2.0=7.50
```

【程序说明】

（1）本程序由两个函数构成：main 函数和 average 函数。main 是主函数，在例 1.1 和例 1.2 中都有出现，average 是自定义函数，功能是计算两个数的平均值。

（2）main 函数中：

语句“int x,y;”声明了两个 int（整型）变量 x、y。

语句“float ave;”声明 ave 为 float（单精度类型）变量，表示它可存储一定范围一定精度的小数。

语句“float average(int x,int y);”声明 average 函数的返回值为 float 类型、并接收两个 int 类型的参数，为函数的调用做准备。C 规定若被调用的函数位置出现在主调函数之后，则需声明被调函数，位置颠倒则无需声明。具体知识在后续的函数章节中详细说明。

语句“ave=average(x,y);”的功能为调用 average 函数，求出两数的平均值。调用过程中，首先将 x、y（称之为实参）的值传递给 average 函数中的参数 a、b（称之为形参）。

此时程序切入到 average 函数中执行。

（3）程序进入 average 函数执行：

语句“c=(a+b)/2.0;”计算出变量 c 的值。若将 2.0 改为 2，请读者试试结果有何不同，具体解释将在后续章节中。

语句“return c;”的作用是将变量 c 的值返回给主调函数中调用的 average 函数，即“ave=average(x,y);”，程序回到 main 函数中继续执行。

（4）程序进入 main()函数执行：

语句“printf("(%d+%d)/2=%d\n",x,y,ave);”中 3 个“%d”分别由 x,y,ave 这 3 个变量的值所取代，“\n”表示换行输出，其他字符原样输出。

1.2.2 C 程序的组成

C 程序由一个或多个能完成一定功能的函数构成，但每个完整的 C 程序必须有且仅有一个 main 函数，可以位于任意位置。main 函数是程序执行的入口，其他函数的工作通过 main 函数的调用来完成。被调函数可以是 C 函数库中存在的函数，也可以是用户根据需要自己编写的函数。

函数包括两部分：函数首部和函数体。

函数首部：包括函数类型、函数名、函数参数（形参）类型及参数（形参）名（若没有形参括号内可以为空）等。

函数体：包含在{ }中的内容，包括声明部分和执行部分。声明部分用来声明变量的类型，执行部分是函数体内的主要内容，一般由多条语句构成，但也可为空。

以下为函数结构：

```
float average(int a,int b)  ——— 函数首部
{
   float c;          ——— 声明部分 ┐
   c=(a+b)/2.0;      ——— 执行部分 ┘——— 函数体
   return c;
}
```

1.2.3 C 程序的基本语法知识

在 C 程序的编写还应注意以下几个方面：

（1）C 程序书写格式自由，一行可以写多条语句，也可将一条语句写在多行，但这样会降低程序的可读性。

（2）C 程序中语句必须以分号结尾，否则编译将会出错。

（3）C 程序中严格区分字母的大小写，一般使用小写字母作为函数名、变量名等，而使用大写字母作为常量名。

（4）可以对程序的关键部分加上必要的注释用来说明程序段的功能，以帮助阅读，增加程序可读性，“//”注释一行，“/*...*/”注释一块（一行或者多行）。

（5）为使得 C 程序便于阅读，最好以缩进的格式书写程序（若不遵守，也不影响程序运行）。

（6）使用“{}”时，为检查匹配性，最好同一层次的“{”“}”缩进相同（若不遵守，也不影响程序运行）。

1.3 C 程序的执行

C 程序的执行由编辑、编译、连接和运行调试四个步骤构成，最终把得到的可执行程序调入内存运行。

1.3.1　C 程序的开发步骤

C 语言程序开发过程与其他高级语言源程序开发过程一样，都必须先经过编辑、编译和连接过程，最后生成可执行的文件后才能运行，如图 1-2 所示。程序开发过程基本步骤如下：源文件的编辑（生成源文件.c）→编译（生成目标文件.obj）→连接（生成可执行文件.exe）→运行（在 DOS 环境下输入可执行文件名，也可在 Windows 资源管理器中双击.exe 文件）。

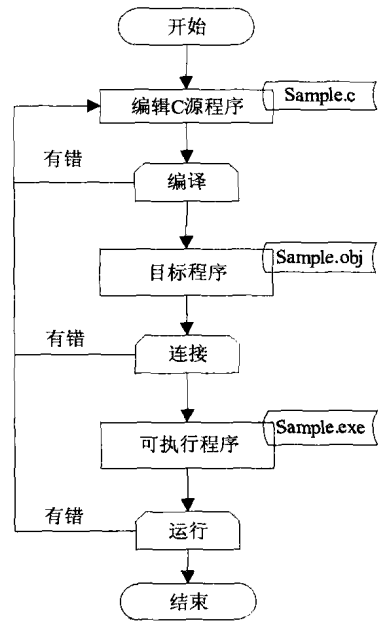


图 1-2　C 程序开发过程

1．编辑

编辑目的是得到 C 的源程序，生成磁盘文件保存在磁盘上，文件的扩展名为.c，如 sample.c。

2．编译

C 源程序不能被机器直接识别，必须把编辑好的 C 源程序转换成机器语言表示的可重定位的二进制目标程序，生成的目标程序文件主名与源程序主名相同，扩展名为.obj，如源文件 sample.c 经编译后将得到目标文件 sample.obj。编译的另外一个重要功能是检测源程序的语法错误，并给出提示信息。

3．连接

目标程序虽能被机器直接识别，但还是不能直接执行，此时必须用连接器将目标程序与其他代码（如程序中用到的系统库函数或者其他目标程序）连接起来，生成可执行程序，生成的可执行程序文件主名与源程序主名相同，扩展名为.exe，如目标文件 sample.obj 经连接后将生成可执行文件 sample.exe。

4．运行

运行即执行利用上述 3 个步骤生成的可执行文件，程序的运行结果正确可结束 C 的开发任务，若运行结果错误，则需重新检查源程序，修改后重新进行编译、连接、运行。

1.3.2　C 程序的上机步骤

C 语言的可移植性使得它在许多环境中都可用，如 Windows、UNIX、Linux 等，也可以使用不同的编译环境操作 C 程序，如：Microsoft Visual C++，Borland C++，Watcom C++，Borland C++ Builder，Borland C++ 3.1 for DOS，Watcom C++ 11.0 for DOS，GNU DJGPP C++，Lccwin32 C Compiler 3.1，Microsoft C，High C，Turbo C 等。本书使用 Visual C++ 6.0 集成环境来对 C 程序进行操作。

1．Visual C++6.0 的启动

Visual C++ 6.0 是微软公司为编程人员提供的功能强大的、基于 Windows 操作系统可视化集成开发环境（Integrated Development Environment，IDE）的软件开发工具。Visual C++ 6.0 的启动很简单，只需选择“开始”→“所有程序”→“Microsoft Visual C++ 6.0”→“Microsoft Visual C++ 6.0”命令即可。