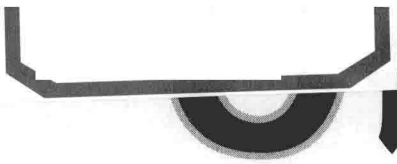
# C语言程序设计

主　编　田丰春　杨种学
副主编　曹　晨　杨　鑫
　　王小正　李　朔

南京大学出版社



# C语言程序设计

主　编　田丰春　杨种学
副主编　曹　晨　杨　鑫
　　王小正　李　朔

南京大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

C语言程序设计 / 田丰春，杨种学主编. —南京：南京大学出版社，2016.1

ISBN 978-7-305-16333-3

Ⅰ. ①C… Ⅱ. ①田… ②杨… Ⅲ. ①C语言-程序设计 Ⅳ. ①TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第309024号

出版发行 南京大学出版社
社　　址 南京市汉口路22号　　邮　　编 210093
出 版 人 金鑫荣

**书　　名 C语言程序设计**
主　　编 田丰春 杨种学
责任编辑 单　宁 吴宜锴　　编辑热线 025-83596923

照　　排 南京理工大学资产经营有限公司
印　　刷 南通印刷总厂有限公司
开　　本 787×1092 1/16　印张 22　字数 536千
版　　次 2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷
ISBN 978-7-305-16333-3
定　　价 45.00元

网　　址：http://www.njupco.com
官方微博：http://weibo.com/njupco
官方微信号：njupress
销售咨询热线：(025)83594756

# 前　言

C语言程序设计是高等院校计算机专业及相关专业重要的专业基础课，其目的是培养学生的程序设计理念、掌握程序设计的基本方法，为后续课程打下坚实的基础。

我们在多年教授C语言的过程中，深切感受到学习C语言程序设计不仅要掌握C语言的语法要点和编程规范，更重要的是要领会结构化程序设计的思想，实现思维方式的转换，使学生真正拥有解决实际问题的能力。本教材从计算思维培养的角度出发，面向实际应用，以“学生成绩管理系统”案例贯穿始终，以讲授程序设计为主，借助任务驱动的模式将知识点串接起来，循序渐进地引入各章节知识点的讲解，并通过对实际案例的思考分析，形成逻辑清晰的脉络和主线，从而加深对C语言的理解和驾驭能力，提升分析问题和解决问题的能力。

全书共分10个章节，内容包括：绪论、顺序结构程序设计、选择结构程序设计、循环结构程序设计、数组、函数、指针、结构体和共用体、文件、C语言应用程序设计实例。每个章节都以“学生成绩管理系统”为例引入本章知识点，以循序渐进的任务驱动方式，引导读者逐步编写出有一定规模的、贯穿全书的综合应用程序。每章结尾以表格形式给出本章知识点和常见错误小结，帮助读者理清思路。

本书由田丰春、杨种学策划主编并整理。第1~4章由田丰春编写，第5~6章由曹晨编写，第7章由杨鑫编写，第8章由王小正编写，第9章由李朔编写，第10章由田丰春编写。

由于时间仓促，作者的水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编　者

2015年12月

# 目 录

# 第1章 绪 论

## 1.1 程序与程序设计语言

我们从小到大进行过无数次的考试，老师们常常对我们的成绩要进行求平均分、求总分、排序、查询等各种统计分析工作，如果都用手工来进行，那将是一件非常繁琐的工作。所幸如今已是信息时代，老师们常借助计算机来完成这些成绩管理的工作。但是，我们看到的计算机都是一些物理硬件，它是怎么样工作的？它为什么能对成绩进行排序等操作呢？

其实，计算机都是按照程序来工作的，有人按照老师的需求编写了用于学生成绩管理的程序，老师在计算机上运行这个程序就可以进行学生成绩的管理了。那么什么是程序呢？

程序是告诉计算机做什么和如何做的一组指令（语句），是人们事先编写好的一组计算机能识别和执行的指令，每一条指令使计算机执行特定的操作。计算机按照程序来工作，离开程序，计算机什么也做不了，只有懂得程序设计，才能真正了解计算机是怎样工作的，才能更深入地使用计算机。

人与人交流的语言称为自然语言，人与计算机交流的语言，我们就称为计算机语言。不同领域问题的描述是有差异的，为了能确切而又简单地描述这些问题，人们设计了数千种专用的和通用的计算机语言，有的适用于科学计算，有的适用于编写系统软件，有的适用于自动控制。

计算机语言的发展，经历了从机器语言、汇编语言到高级语言的历程。

**1. 机器语言**

计算机是一种电子机器，其硬件使用的是二进制，只能识别和接受由“0”和“1”构成的一串二进制代码，如：

1011001000100000001

这种计算机能直接识别和接受的二进制代码称为机器指令。每种计算机都有自己的一套机器指令，机器指令的集合就是该计算机的机器语言。

机器语言直接用二进制表示，是计算机硬件系统真正理解和执行的唯一语言。用机器语言编写的程序可以被计算机直接执行，因此它的效率最高，执行速度最快。但由于不同类型计算机的指令系统不同，因而在某一种类型计算机上编写的机器语言程序，在另一种不同类型的计算机上也可能不能运行，即可移植性差。而且它与人们所习惯的自然语言差别太大，人们不易记忆和理解，也难于修改和维护，所以现在人们已不再用机器语言编制程序了。

**2. 汇编语言**

汇编语言用助记符来代替机器指令的操作数和操作码，如用 ADD 表示加法、SUB 表示减法等，这样就构成了计算机符号语言，如：

ADD AX,BX

用汇编语言编写的源程序计算机并不能直接识别和执行，必须经过“翻译”变成机器语

言后，才能被计算机识别和执行，所以其执行速度要慢于机器语言编写的程序。这种将汇编语言源程序翻译成机器语言的软件我们称为汇编程序，“翻译”的过程称为“汇编”。

汇编语言在一定程度上克服了机器语言难以辨认和记忆的缺点，但仍然不够直观简便、可移植性差、难以普及，只在专业人员中使用。

机器语言和汇编语言是完全依赖于具体机器特性的，是面向机器的语言，我们统称为计算机低级语言。

**3. 高级语言**

为了克服低级语言的缺点，提高编写程序和维护程序的效率，一种接近人们自然语言的程序设计语言应运而生了，这就是高级语言。

高级语言功能很强，它的表示方法更接近人类的自然语言（英语）和数学语言，具有学习容易、使用方便等特点，如：

$$B = A + 5$$

显然，这与使用数学语言对计算过程的描述是一致的，而且这样的描述适用于任何配置了这种高级语言处理系统的计算机，具有通用性，在一定程度上与计算机无关，即不依赖于具体机器，与具体机器距离较远。

用高级语言编写程序，虽然方便，但计算机不能直接识别和执行，必须经过“翻译”，用一种称为编译程序的软件把用高级语言编写的程序（称为源程序）转换为机器指令的程序（称为目标程序），然后才能由计算机来执行。

早期应用比较广泛的几种高级语言有 FORTRAN、BASIC、PASCL 和 C 等，在此之后，又诞生了上百种高级程序设计语言，并根据应用领域的不同和语言本身侧重点差异，分成了许多类别。但高级语言的本质都是相通的，在学会了一门经典语言之后，就能很容易地掌握其它高级语言。

## 1.2 为什么学习C语言

早期的系统软件主要用汇编语言编写，因而程序与计算机硬件的关系十分密切，使程序编写难度大、可读性差、难于一致。

1969 年，美国贝尔实验室的 Ken Thompson 和 Dennis Ritchie 为 DEC PDP－7 计算机设计了一个操作系统软件，即最早的 UNIX 系统。

在 1972～1973 年间，贝尔实验室的 Dennis Ritchie 在 B 语言的基础上设计出了 C 语言。1973 年，Ken Thompson 和 Dennis Ritchie 两人合作把 UNIX 操作系统的 90% 以上程序用 C 语言改写，增加了多道程序设计能力，同时大大提高了 UNIX 操作系统的可移植性和可读性。

后来，C 语言又做了多次改进，渐渐形成了不依赖于具体机器的 C 语言编译程序，于是 C 移植到其它机器时所需做的工作大大简化了，成为如今广泛应用的计算机语言之一。

随着 C 语言使用得越来越广泛，C 语言的编译程序也有不同的版本。一般来说，1978 年 B. W. Kernighan 和 Dennis Ritchie 合著的 The C Programming Language 是各种 C 语言版本的基础，称之为旧标准 C 语言或“K&R C”。1989 年，美国国家标准局（ANSI）颁布了第一个官方的 C 语言标准，称为“ANSI C”或“C89”。1990 年，这个标准被国际标准化组织（ISO）

采纳,将其命名为“ISO C”或“C90”。目前使用的如 Microsoft C、Turbo C 等版本都把 ANSI C 作为一个子集,并在此基础上做了合乎它们各自特点的扩充。

总的来说,C 语言是一种用途广泛、功能强大、使用灵活的过程性编程语言,既能用于编写系统软件,又能用于编写应用软件。因此,C 语言问世以后得到迅速推广,学习和使用 C 语言的人越来越多。C 语言成为学习和使用人数最多的一种计算机语言。掌握 C 语言成为计算机开发人员的一项基本功。从图 1-1 所示的 Tiobe 在 2015 年 11 月公布的编程语言受欢迎程度的排行榜(最新的统计图请访问图 1-1 中的网址),可以看到,C 语言依然位于前列。

| Nov 2015 | Nov 2014 | Change | Programming Language | Ratings | Change |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | ^ | Java | 20.403% | +6.01% |
| 2 | 1 | v | C | 17.145% | -0.32% |
| 3 | 4 | ^ | C++ | 6.198% | +0.10% |
| 4 | 5 | ^ | C# | 4.318% | -0.67% |
| 5 | 7 | ^ | Python | 3.771% | +1.18% |
| 6 | 6 | | PHP | 3.248% | +0.20% |
| 7 | 8 | ^ | JavaScript | 2.473% | +0.38% |
| 8 | 10 | ^ | Visual Basic .NET | 2.223% | +0.16% |
| 9 | 14 | ^^ | Ruby | 2.038% | +0.83% |
| 10 | 9 | v | Perl | 2.032% | -0.04% |
| 11 | 29 | ^^ | Assembly language | 1.883% | +1.28% |
| 12 | 15 | ^ | Delphi/Object Pascal | 1.682% | +0.73% |
| 13 | 11 | v | Visual Basic | 1.681% | +0.02% |
| 14 | 3 | vv | Objective-C | 1.426% | -7.64% |
| 15 | 18 | ^ | Swift | 1.236% | +0.40% |

**图 1-1　2015 年 11 月统计的编程语言热门程度排行榜 TOP 15 榜单**

(资料来源:http:// www. tiobe. com/ index. php/ content/ paperinfo/ tpci/ index. html)

目前大多数高校都将C语言作为新生的第一门语言课，因此学过C语言的人最多，熟悉C语言风格语法的人也最多，所以C语言成为程序设计思想交流的首选媒介语言。在涉及编程能力考查的笔试、面试时，C语言通常都是必考的。现在大多数的主流编程语言如Java、C++等语言也都是与C语言一脉相承的。从C语言入门后，再学习其他语言，也就容易多了。

## 1.3 C语言程序的结构

下面通过两个实例，来说明C语言程序的基本结构。

【例1.1】输入一个学生的两门课程成绩，计算成绩之和并输出（注：成绩不含小数）。

【程序代码】

```
/* 下面程序用于求成绩之和 */
#include <stdio.h>                          //包含文件 stdio.h 在本程序中
int main(void)                              //定义主函数
{                                           //函数开始的标志
    int a,b,sum;                            //定义三个整型变量 a,b,sum
    printf("Please input a and b:\n");
                                            //在屏幕上输出提示信息
    scanf("%d%d", &a, &b);
                                    //从键盘输入两个整数并保存在变量 a 和 b 中
    sum = a + b;                            //计算 a + b,结果保存在变量 sum 中
    printf("The sum is%d\n",sum); //在屏幕上输出 sum 的值
    return 0;                               //结束主函数的执行,返回 0 值到系统
}                                           //函数结束的标志
```

【运行结果】

```
Please input a and b:
89  95
The sum is 184
Press any key to continue
```

以上运行结果是在Visual C++ 6.0环境下运行的结果，屏幕首先显示“Please input a and b:”，此时用户从键盘输入89和95，屏幕接着显示“The sum is 184”。屏幕最后一行是Visual C++ 6.0系统在输出完运行结果后自动输出的一行信息，告诉用户：“如果想继续进行下一步，请按任意键”。当用户按任意键后，屏幕上不再显示运行结果，而返回程序窗口，以便进行下一步工作（如修改程序）。

【程序分析】程序第1行是注释，以“/*”开始，以“*/”结束，中间的文字用来对程序有关部分进行必要的说明。这种注释称为块式注释，可以包含多行内容，也可以单独占一行，编译系统在发现一个“/*”后，会开始找注释结束符“*/”，把二者间的内容作为注释。C语言还允许以“//”开始的单行注释，它可以单独占一行，也可以出现在一行中其他内容

的右侧,注释的范围从“// ”开始,以换行符结束。注释是给人看的,不是让计算机执行的,所以在编译程序时注释部分是不产生目标代码的。

程序第3行的main是函数的名字,表示“主函数”,括号中的void表示main函数没有参数,void也可以省略。main前面的int表示此函数的类型是int类型(整型),在执行主函数后会得到一个值(即函数值),其值为整型。程序第10行“return 0;”的作用是:当main()函数执行结束时将整数0作为函数值,返回到调用函数处。每一个C语言程序都必须有一个main函数()。函数体由花括号括起来,函数体中的每个语句最后都有一个分号,表示语句的结束。

程序第5行是声明部分,定义a,b和sum为整型(int)变量。

程序第6行是一个输出语句,作用是在屏幕上显示提示信息,提示用户输入a和b的值。printf函数中的双撇号内的字符串“Please input a and b:”按原样输出,“\n”是换行符,即在输出“Please input a and b:”后,显示屏上的光标位置移到下一行的开头。

程序第7行是一个输入句,作用是输入变量a和b的值。scanf后面圆括号中包含两部分的内容:一是双撇号中的内容,它指定输入的数据按什么格式输入,“%d”的含义是十进制整数形式。二是输入的数据准备放在哪里,即赋给哪个变量。现在,scanf()函数中指定的是a和b,在a和b的前面各有一个“&”,在C语言中“&”是地址符,“&a”的含义是“变量a的地址”,“&b”是“变量b的地址”。执行scanf()函数,从键盘读入两个整数,送到变量a和b的地址处,然后把这两个整数分别赋给变量a和b。

程序第8行是一个赋值语句,作用是先将变量a与变量b的值相加,然后赋值给sum。

程序第9行也是一个输出语句,作用是输出变量sum的值。在执行printf()函数时,对双撇号括起来的“The sum is%d\n”是这样处理的,将“The sum is”原样输出,“%d”由变量sum的值取代之,“\n”执行换行。

程序第2行是一个编译预处理指令,作用将stdio.h文件包含到本程序中来。scanf()和printf()都是C编译系统提供的函数库中的标准输入输出函数,在使用这些函数时,编译系统要求程序提供有关此函数的信息(例如对这些输入输出函数的声明和宏的定义、全局量的定义等),“#include <stdio.h>”就是用来提供这些信息的。“stdio.h”是系统提供的一个文件名,stdio是“standard input & output”的缩写,文件后缀.h的意思是头文件,因为这些文件都是放在程序各文件模块的开头的。输入输出函数的相关信息已事先放在stdio.h文件中。现在,用include指令把这些信息调入程序供使用。

【例1.2】编写一个既可以求排列,又能求组合的应用程序。

排列公式:A(n,m)=n!/(n-m)!

组合公式:C(n,m)=n!/(m!*(n-m)!)

【程序代码】

文件Exam1-2.c代码如下:

```
//Exam1-2.c:实现求排列组合的源文件
#include <stdio.h>          /*包含文件stdio.h在本程序中*/
#include "Exam1-2.h"        /*包含文件Exam1-2.h在本程序中*/
```

```
int main(void)                          /* 主函数 */
{
    int n,m,p,z;                        /* 定义 n、m、p、z 为整型的变量 */
    printf("input n,m:");               /* 在屏幕上输出提示信息 */
    scanf("%d,%d",&n,&m);               /* 从键盘输入两个整数,保存到变量 n 和 m 中 */
    p = pailie(n,m);                    /* 调用函数 pailie 求组合,保存到变量 p 中 */
    z = zuhe(n,m);                      /* 调用函数 zuhe 求组合,保存到变量 z 中 */
    printf("A(%d,%d) = %d\n",n,m,p);    /* 输出排列 */
    printf("C(%d,%d) = %d\n",n,m,z);    /* 输出组合 */
    return 0;                           /* 结束主函数的执行,返回 0 值到系统 */
}
int pailie(int n,int m)                 /* 求排列的函数 */
{
    return(fac(n)/fac(n-m));
}
int zuhe(int n,int m)                   /* 求组合的函数 */
{
    return(fac(n)/(fac(m)*fac(n-m)));
}
int fac (int n)                         /* 求阶乘的函数 */
{
    int i,t;
    for(i =1,t =1;i <=n;i ++)
    t = t * i;
    return (t);
}
```

文件 Exam1 -2.h 代码如下：

```
//Exam1 -2.h:实现求排列组合的头文件
int pailie(int n,int m);                /* 求排列的函数声明 */
int zuhe(int n,int m);                  /* 求组合的函数声明 */
int fac(int n);                         /* 求阶乘的函数声明 */
```

【运行结果】

```
Input n,m:6,3
A(6,3) = 120
C(6,3) = 20
Press any key to continue
```

【程序分析】

本程序由2个文件组成，“Exam1 - 2. c”文件是用于求排列组合的源程序，“Exam1 - 2. h”文件是用于声明函数的头文件。

“Exam1 - 2. c”源文件包含4个函数：主函数main( )；求排列的函数pailie( )；求组合的函数zuhe( )；求阶乘的函数fac( )。

每一个C语言程序都必须有且仅有一个main( )函数，它是程序的入口，程序的运行从main( )函数开始，当main( )函数执行结束时，整个程序也就结束了。main( )前面的int表示此函数的类型是int类型(整型)。在执行主函数后会得到一个值(即函数值)，其值为整型。函数体用花括号括起来。

程序从main( )函数开始执行函数体内的代码，当执行到“p = pailie(n,m);”时，程序调用pailie( )函数，流程跳转到pailie( )函数中执行pailie( )函数体内的代码，在pailie( )函数体内又两次调用fac( )函数求阶乘，得到排列的值后返回到主函数main( )，继续执行后面的“z = zuhe(n,m);”，此时程序又调用zuhe( )函数，流程跳转到zuhe( )函数中执行组合函数体内的代码，在zuhe( )函数体内又三次调用fac( )函数求阶乘，得到组合的值后返回到主函数main( )，继续执行后面的代码，直到main( )函数体内代码执行完毕，整个程序也就结束了。

“Exam1 - 2. h”头文件对pailie( )函数、zuhe( )函数、fac( )函数进行了声明。因为main( )函数中要调用pailie( )和zuhe( )两个函数，而这两个函数又要调用fac( )函数。程序的编译是自上而下进行的，如果被调用函数的定义在主调函数之后，主调函数是不认识这些函数的，所以要先进行声明。声明语句可以放在主调函数的开头，也可以集中放在头文件中。再通过#include “Exam1 - 2. h”将头文件包含进来。

本例所涉及的细节读者现在可能不大理解，在学习了相关章节后自然就能理解了。在本章节介绍此例只是想让读者对C程序的组成和形式有一个初步的了解。

通过两个实例，我们可以看到C语言程序的组成及书写规则为：

(1) 一个程序由一个或多个文件组成。

(2) 函数是C程序的主要组成部分。C程序是由一个或多个函数组成的，其中必须要有一个且只能有一个main( )函数。无论这个函数的位置在哪里，程序总是从它开始执行。main( )函数可以调用其他函数，但是其他函数不能调用main( )函数。

(3) 在一个函数内，语句的执行顺序是从上到下的。

(4) C语言程序书写形式自由，一行可以写多条语句，每条语句以分号结束(为了程序格式的清晰，最好一行只写一条语句)。程序中的所有标点符号都是英文符号。

(5) C语言严格区分大小写，即大写字母“A”和小写字母“a”被认为是不同的符号。

(6) 程序应当包含注释。给程序添加必要的注释可以提高程序的可读性，编程者应养成给程序注释的好习惯。

## 1.4 如何运行C程序

计算机不能直接识别和执行用高级语言编写的指令。用C语言编写的源程序必须经

过编译、连接生成可执行文件后方可运行。具体步骤如下：

（1）上机输入和编辑C源程序。输入的源程序文件用.c作为后缀名(如Exam1-1.c)。

（2）对源程序进行编译，生成二进制目标文件(如Exam1-1.obj)。

（3）进行连接处理。经过编译后的目标文件还不能直接执行，必须将所有编译后得到的目标模块连接装配起来，再与函数库相连接成一个整体，生成一个可执行程序(如Exam1-1.exe)。

（4）运行可执行程序。生成可执行文件后，程序就可以在操作系统控制下运行。

一个程序从编写到运行成功，并不是一次成功的，往往需要经过多次反复的测试与修改。图1-2给出了运行C程序的基本流程，可以看到这其实是一个不断修正、完善的过程。

为了编译、连接和运行C程序，必须要有相应的编译系统。目前使用的C语言编译系统很多都是集成在开发环境(IDE)的，如基于DOS环境的Turbo C、基于Windows环境的Visual C++都是常用的集成开发环境。本书的程序都是用Visual C++ 6.0集成环境编译的。本书后面的附录A中详细介绍了Visual C++6.0集成开发环境。

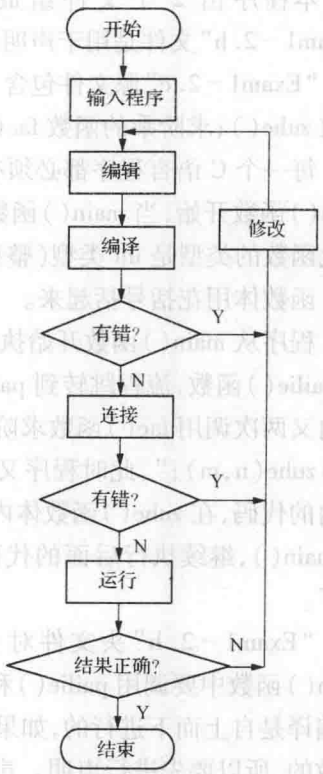



图1-2 运行C程序的基本流程

## 1.5 算 法

人们常说："软件的主体是程序，程序的核心是算法。"这是因为要使计算机解决某个问题，首先必须进行问题分析，确定该问题的解决方法与步骤，即算法，然后再据此编写程序并交给计算机执行。下面通过一个求解问题的实例来说明算法。

【例1.3】 输入两个整数a和b，如果a>b，就将a和b的值交换，然后输出a和b的值，否则，直接输出a和b的值。

要实现a和b的值的互换，必须借助第3个变量。我们可以这样考虑：有一个装着水的杯子a和一个装着牛奶的杯子b，要将两个杯子的东西互换，只靠这两个杯子倒来倒去是无法实现的，必须借助第3个杯子t。先将a杯中的水倒在t杯中，再将b杯中的牛奶倒在a杯中，最后再把t杯的水倒在b杯中，这就实现了水和牛奶的互换。

基于上述解决问题的思路，就可以明确解决问题的步骤，即确定解决问题的算法。

算法是一组明确解决问题的步骤，它产生结果并可在有限的时间内终止。

算法必须满足下列基本要求：

（1）确定性。算法中的每一步操作必须清楚明确，无二义性。