21世纪高等学校教材

C语言程序设计教程

主编 李 明

上海交通大学出版社

21 世纪高等学校教材

C 语言程序设计教程

主编　李　明

上海交通大学出版社

内 容 提 要

C 语言是当今软件开发领域中广泛应用的一种语言，也是高等学校计算机语言类课程的首选语言。本书共分为 10 章，系统全面地介绍了 C 语言的基本概念、C 语言的数据类型、C 语言的程序构成，系统阐述了各种程序设计的方法。本书内容合理、案例丰富，讲解深入浅出、循序渐进，既注重培养学习者程序设计的能力，又提倡良好的程序设计风格。

本书可作为 C 语言程序设计课程的教学用书，也可作为学习 C 语言的自学教材。为配合本书的学习，本书配有 CAI 教学课件，并有配套的《C 语言程序设计实验指导与习题解答》，供学习者参考。

图书在版编目（CIP）数据

C 语言程序设计教程 / 李明主编. —上海：上海交通大学出版社，2008
21 世纪高等学校教材
ISBN 978-7-313-05004-5

Ⅰ. C... Ⅱ. 李... 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（2007）第 161790 号

C 语言程序设计教程

李 明 主编

上海交通大学 出版社出版发行

（上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030）

电话：64071208 出版人：韩建民

昆山市亭林印刷有限责任公司印刷 全国新华书店经销

开本：787mm · 1092mm 1/16 印张：20.25 字数：499 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-313-05004-5/TP·680 定价：29.50 元

前　言

C语言伴随着UNIX的发展而诞生，并以其概念简洁、数据类型丰富、结构清晰、表达能力强、功能强大、书写灵活等优势，迅速在程序设计领域普及。C语言的模块化、结构化特性使其可以满足现代程序设计的需要，它既可以用于书写系统软件，也可用于书写应用软件，还广泛应用于嵌入式系统开发。正因为如此，C语言成为当今软件开发领域中广泛应用的一种语言，也是高等学校计算机语言类课程的首选。

本书共分为10章，系统全面地介绍了C语言的基本概念、C语言的数据类型、C语言的程序构成以及各种程序设计的方法。第1章介绍了C语言的基本概念和C程序的基本构成，以及用C语言解决实际问题的基本步骤。第2章介绍了C语言的各种数据类型、运算符及其特性，并阐述了数据的输入和输出函数。第3章介绍了程序的基本结构——顺序结构、分支结构、循环结构的基本设计思想及其使用。第4章对C语言的数组进行了系统的阐述。第5章介绍了通过指针访问数据的方法，并重点描述了指针在数组中的应用。第6章介绍了用函数进行模块化程序设计的基本方法，重点描述了模块的划分和函数之间数据的传递。第7章介绍了C语言提供的结构、联合、枚举和用户自定义类型，以及利用它们进行程序设计的方法，并描述了一种动态的数据结构——链表。第8章介绍了C语言提供的各种逻辑位运算和移位位运算。第9章介绍了C程序处理文件中数据处理的基本方法。第10章以C语言的综合编程为实例，详细阐述了用C语言开发应用软件的一般步骤和方法。

本书内容合理、案例丰富，讲解深入浅出、循序渐进，既注重培养学习者程序设计的能力，又提倡良好的程序设计风格。本教材既重视语法结构的介绍，更重视算法和方法的提升。在介绍程序设计的基础上，适当地介绍了软件工程的基本思想，所有的案例力求做到符合现代程序设计的需要，为学习者培养良好的程序设计风格奠定了基础。本书各章均配有丰富的案例，所有的代码均在Visual C++ 6.0环境下调试通过，可直接引用。

本书为作者在多年教学与程序设计实践的基础上，结合多次编写相关讲义和教材的经验总结而成。本书由李明任主编，宣善立任副主编。参加编写的人员有：李明、宣善立、吴国凤、于红光、冷金麟、王金玲、黎杰等。

为配合本书的学习，本书各章均配有一定数量的习题，并配有CAI教学课件和配套的教材《C语言程序设计实验指导与习题解答》，供学习者参考。

在编写本书的过程中，参考了大量书籍，得到了许多同志的支持，在此向广大同仁和所有参考书籍的作者表示衷心的感谢。

由于作者才疏学浅，书中的错误和不当之处，恳请专家、读者批评指正。

编　者

2007年10月

目　录

第 1 章　概　述

本章学习目标：

- 计算机、程序、语言
- C 语言的历史和特点
- C 语言程序的基本构成
- C 语言的算法及其描述
- C 语言的开发环境和程序开发的步骤

1.1　C 语言简介

1．计算机与程序

从 20 世纪 40 年代电子计算机诞生以来，计算机的应用领域，几乎渗透到各行各业，为人们做着各种各样的工作。为了让计算机完成各种工作，人们必须首先编写程序。

程序是用计算机语言描述的、为解决某一问题、满足一定语法规则的语句序列。计算机是可以按照人们事先编写的程序高速、精确地进行数据加工、处理的电子装置。人们通过程序明确地告诉计算机做什么，以及如何去做这些事情，并将事先编写的程序存储到计算机内部，启动计算机执行程序，计算机在执行程序的过程中，完成程序规定的任务。

2．计算机的语言

为使计算机理解人类的意图，必须书写程序，而程序是用某种计算机语言书写的。计算机的语言有许多种，可分为 3 大类：机器语言、汇编语言和高级语言。

(1) 机器语言。机器语言是由 0 和 1 二进制代码按一定的规则组合而成的指令序列，它是面向具体计算机系统的，不同的计算机系统识别的机器语言是不同的。如：在某种计算机系统中 00100101 代表加法；10010101 代表减法。

机器语言能被计算机硬件直接理解和执行，不需要另外的翻译软件，占用空间少，效率高。但其难于学习和记忆，编程工作量大，通用性差，且随着不同的计算机系统而改变。

(2) 汇编语言。汇编语言是采用英文助记符表示的语言。如 add 代表加法，sub 代表减法。

与机器语言相比，其学习和记忆难度有所下降，但通用性仍然较差，而且不同的计算机系统其汇编语言的指令也有所差别。用汇编语言编写的程序，计算机硬件不能直接理解和执行，需要另外的语言处理程序将其翻译成机器语言程序。

(3) 高级语言。高级语言是由表达各种意义的英文单词和数学式子按照一定的语法规则构成的语言。如：＋代表加法；－代表减法。

高级语言接近于自然语言，便于学习和记忆。用高级语言编写的程序，计算机硬件也不能直接理解和执行，需要另外的语言处理程序将其翻译成机器语言程序。

高级语言可分为面向过程的语言和面向对象的语言。面向过程的语言在程序中不仅要告诉计算机“做什么”，还要告诉计算机“怎么做”，即在程序中要详细描述用什么动作加工什么数据，即解题的过程和细节。用面向对象的语言编写程序时，在程序中只要告诉计算机“做什么”，一般不需要告诉计算机“怎么做”。

C 语言是面向过程的语言，C++语言是面向对象的语言。

3. C 语言的发展

C 语言的发展过程与 UNIX 操作系统是密不可分的。

1963 年英国的剑桥大学推出了 CPL(combined programming language)语言，并于 1967 年对其进行了简化，推出了 BCPL(basic combined programming language)语言；1970 年美国贝尔实验室的 Dennis Ritchie 和 Ken Thompson 以 BCPL 语言为基础，进行了进一步简化，推出了更简单的 B 语言，并用 B 语言书写了第一个操作系统 UNIX。在随后的几年中，贝尔实验室继续对 B 语言进行改进，并于 1973 年，推出了 C 语言，而且用 C 语言重新书写了 UNIX 操作系统，使其成为较完善的操作系统。因此人们称 Dennis Ritchie 和 Ken Thompson 为 C 语言的鼻祖。

以后人们对 C 语言进行了多次改进，使其功能日益完善，但一直在贝尔实验室内部使用。直到 1975 年，UNIX 推出了 6.0 版本后，C 语言的优点引起了人们的普遍关注，特别是 1977 年出现了不依赖具体机器的 C 语言编译文本《可移植 C 语言编译程序》，使得 C 语言移植到其他机器比较容易实现，这也使得 UNIX 操作系统迅速在各种机器上实现。1978 年出版的 C 语言的经典著作——《The C Programming Language》所给出的几乎是当时 C 语言的标准。

随着各种 C 语言版本的推出，为 C 语言制订标准成为必需。1983 年美国国家标准委员会对 C 语言进行了标准化，颁布了第一个 C 语言的标准草案——83 ANSI C；1987 年又颁布了新标准——87 ANSI C；1990 年，国际标准化组织 ISO(International Standard Organization)接受 87 ANSI C 为 ISO-C 的标准。目前流行的 C 编译系统都以此为基础。

80 年代后期，贝尔实验室又为 C 语言增加了面向对象的特性，即 C++。C 语言系统依然保留在 C++中，形成了 C++的子集。

4. C 语言的特点

尽管高级语言有很多，但由于 C 语言有着完善的功能，适用于多种编程要求，因而成为计算机专业人员首选的语言之一，也成为多数高校开设的程序设计课程首选的语言之一。其主要特点如下。

(1) 功能强大。C 语言功能强大，其既可以用于书写系统软件，也可用于书写应用软件。

(2) 移植性强。在某种计算机系统中的 C 语言程序，只需作少量改动，甚至不作改动即可在其他的计算机系统中运行。

(3) 是主流的编程语言之一。C 语言是广大的计算机专业人员普遍采用的流行编程语言之一。

(4) 是模块化、结构化的程序设计语言。C 语言具有多种结构化的控制语句，可以实现各种功能。C 语言的源程序是由一系列函数组成，它的模块化、结构化特性使其可以满足现代程序设计的需要。

(5) 有着丰富的运算符和数据类型。C 语言丰富的运算符和数据类型可以满足各种程序

设计的需要。

(6) 语法简洁、灵活，使用方便。

(7) 允许直接访问物理地址，具有一定的低级语言的特性。

(8) 程序生成的目标代码质量高，程序的执行效率高。

当然，C 语言也有其局限，如它的灵活性给编程人员带来自由的同时，可能也埋下了一定的风险；它的指针使得程序的执行过程难以跟踪；它的简洁使得程序难以阅读等。但鉴于其众多优点，C 预言仍然不失为人们首选的编程语言之一。

1.2 C 程序初探

1.2.1 简单的 C 程序

首先让我们暂时忽略细节来看几个简单的 C 语言程序的例子，并通过它们了解 C 语言的基本构成，从中了解和感受 C 语言程序设计的思想。

【例 1-1】字符串的输出。

编写程序代码 1-1 如下，其执行结果如图 1-1 所示。

代码 1-1

```
/* example 1-1 输出信息 */
#include<stdio.h>
void main(void)
{
   printf("欢迎走进 C 世界!");
}
```

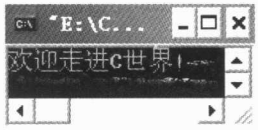

图 1-1 代码 1-1 的执行结果

程序分析：

(1) /*example 1-1 输出信息*/

此行为注释语句。在 C 程序中，/*注释内容*/语句为注释语句，注释内容不影响程序的执行，只是为了帮助读者阅读和理解程序。

(2) #include<stdio.h>

此行为文件包含，告诉系统必须包含文件 stdio.h，此文件为输入和输出提供支持。

(3) void main(void)

此句表明以下是一个 C 程序的主函数。

(4) {

此行表明主函数体由此开始。

(5) printf("欢迎走进 C 世界!");

此行为输出函数，其功能是在屏幕上显示双引号中的内容。

(6) }

此行表明主函数体到此结束。

程序功能：在屏幕上打印双引号中的信息“欢迎走进 C 世界!”。

【例 1-2】求三门课程的平均成绩。

编写程序代码 1-2 如下，其执行结果如图 1-2 所示。

代码 1-2

```
/* example 1-2 计算平均数 */
#include<stdio.h>
void main(void)
{
    int mathscore,physscore,chemscore;                    /*代表三门成绩*/
    float avescore;                                       /*代表平均成绩*/
    mathscore = 75;
    physscore = 85;
    chemscore = 95;                                       /*三门成绩赋初值*/
    avescore =(mathscore+physscore+chemscore)/3.0;        /*计算平均成绩*/
    printf("avescore = %f  ",avescore);                   /*输出平均成绩*/
}
```

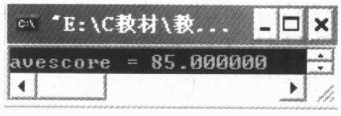

图 1-2　代码 1-2 的执行结果

程序分析：

(1) /* example 1-2 计算平均数 */

此行为注释语句。

(2) #include<stdio.h>

此行为文件包含，告诉系统必须包含文件 stdio.h。

(3) void main(void)

此行表明以下是一个 C 程序的主函数。

(4) {

此行表明主函数体由此开始。

(5) int mathscore，physscore，chemscore;

此行为说明语句，说明本程序需要用这 3 个变量，而且它们的数据类型是整型。

(6) float avescore;

此行为说明语句，说明本程序需要用这个变量，而且它的数据类型是浮点型。

(7) mathscore = 75;

physscore = 85;

chemscore = 95;

此 3 行为赋值语句，表明给这 3 个变量的初始值分别为：75、85、95。

(8) avescore =(mathscore+physscore+chemscore)/3.0;

此行为赋值语句，利用 3 个变量的初始值计算平均值。

(9) printf("avescore = %f "，avescore);

此行为输出函数，在屏幕上输出平均成绩。

(10) }

此行表明主函数体到此结束。

程序功能：程序中使用 4 个变量，分别代表 3 门课程的成绩和平均成绩，程序首先为 3 门课程的成绩赋值，并将已知的 3 门课程的成绩求和后，除以 3，计算平均成绩，利用 printf 函数将结果输出在屏幕上。

【例 1-3】求两个数中的大数，由主函数独立完成。

编写程序代码 1-3 如下，其执行结果如图 1-3 所示。

代码 1-3

```
/* example 1-3 求最大数 */
#include<stdio.h>
void main(void)
{
int a,b,maxvalue;                              /*定义 3 个变量*/
printf("请输入 2 个数:");                       /*输出提示信息*/
    scanf("%d%d",&a,&b);                       /*由键盘输入 2 个数*/
if (a>b)                                       /*比较 2 个数的大小*/
        maxvalue = a;
else
        maxvalue = b;
printf("2 个数中的最大数是: %d ",maxvalue); /*输出最大数*/
}
```

程序分析：

(1) int a，b，maxvalue；

此行为说明语句，说明本程序需要用这 3 个整型变量。

(2) printf("请输入 2 个数：");

此行在屏幕上输出提示信息。

图 1-3 代码 1-3 的执行结果

(3) scanf("%d%d"，&a，&b)；

此行利用输入函数，要求用户从键盘输入 2 个整数，分别存放到 *a* 和 *b* 的存储单元。

(4) if (a>b)

        maxvalue = a；

    else

        maxvalue = b；

此 4 行为 if 语句，比较 2 个数的大小，取其中的大数给 maxvalue。

(5) printf("2 个数中的最大数是：%d ", maxvalue)；

此行为输出函数，输出最大数。

程序功能：程序执行时，通过输入函数 scanf 临时由键盘输入两个数，赋给变量 *a* 和 *b*，接着对两个数进行大小的比较，根据比较的结果，将其中的大数放在变量 maxvalue 中，利用输出函数进行输出。

【例 1-4】求两个数中的大数，由主函数和子函数合作完成。

编写程序代码 1-4 如下，其执行结果如图 1-3 所示。

代码 1-4

```
/* example 1-4 利用子函数求最大数 */
#include<stdio.h>
int Getmax(int ,int );                    /* 声明子函数 */
void main(void)
{
```

```
    int a,b,maxvalue;                    /*定义3个变量*/
    printf("请输入2个数:");              /*输出提示信息*/
    scanf("%d%d",&a,&b);                 /*由键盘输入2个数*/
    maxvalue = Getmax(a,b);              /*调用子函数求最大数*/
    printf("最大数是:%d ",maxvalue);     /*输出最大数*/
}

int Getmax(int x, int y)                 /*定义子函数*/
{
    int z;
    if(x>y)                              /*比较2个数的大小*/
        z = x;
    else
        z = y;
    return z;                            /*返回最大数*/
}
```

程序分析：

(1) int Getmax(int ， int);

声明子函数，表明以下有一个名为 Getmax 的子函数，它有 2 个整型参数，子函数的返回值为整型。

(2) maxvalue = Getmax(a， b);

此行为调用语句，调用名为 Getmax 的子函数，将参数 *a* 和 *b* 传递给子函数，并将返回结果赋给变量。

(3) int Getmax(int x， int y)

子函数定义，表明以下是名为 Getmax 的子函数。

(4) {　　(子函数中的大括号)

此行表明子函数体由此开始。

(5) return z;

返回语句，返回最大数。

(6) }　　(子函数中的大括号)

此句表明子函数体到此结束。

程序功能：程序将任务分为两部分，一部分负责数据的输入和输出，由称为 main 的主函数实现；另一部分负责在两个数中找出最大数，此任务由称为 Getmax 的子函数实现。主函数采集数据，并通过参数将主函数中的变量 *a* 和 *b* 的值传递给子函数中的变量 *x* 和 *y*，子函数收到数据后，对它们进行判断，将结果放入变量 *z* 中，并将结果变量 *z* 返回给主函数，由主函数负责输出，即两个函数共同合作完成任务。

1.2.2 C 程序的基本结构

通过以上几个例子，虽然还不能完全掌握 C 程序，但可以基本了解 C 程序的基本构成。

1. 函数是构成 C 程序的基本单位

(1) C 程序是由函数组成，其中有且仅有一个名为 main 的主函数，根据实际编程的需要还可以有若干个子函数，如 Getmax 为子函数，函数是构成 C 程序的基本单位。

(2) 一个 C 程序总是从主函数 main 开始执行，也是从主函数结束，无论主函数书写在什么位置。

(3) 函数在执行过程中根据需要可以调用系统提供的库函数(如 printf( ))，也可以调用用户定义的函数(如 Getmax( ))。如果调用系统提供的库函数，在调用之前必须将相应的文件包含到本文件中，如果调用用户定义的函数，在调用之前必须声明。

语句#include<stdio.h>和 int Getmax(int，int);可解决该问题，其详细内容将在后续章节中介绍。

2. 函数的组成

(1) 每一个函数由函数首部和函数体组成。

(2) 函数首部由函数类型、函数名、函数参数类型、函数参数名组成。

(3) 函数体由说明和执行两部分组成，且函数体以左大括号开始，以右大括号结束，其构成如下：

```
函数类型   函数名   参数类型   参数名   参数类型   参数名
   ↓        ↓        ↓        ↓        ↓        ↓
  int     Getmax   ( int      x,       int      y )      函数首部
  {                                                      函数开始
      int z;                                             函数说明
      if(x>y)    z = x;
      else       z = y;                                  函数执行体
      return     z;
  }                                                      函数结束
```

3. 函数体的组成

(1) 函数体内由若干条 C 的语句组成，C 的语句有许多，如：int z；为说明语句；c = a；为赋值语句；return z；为返回语句；/* … … */为注释语句等。

(2) C 的语句必须以分号“；”作为语句的结束。

(3) C 的语句书写比较自由，如：可在一行书写多条语句，也可将一条语句写在多行，但尽量一行只写一条语句，以养成良好的、规范的程序设计风格。

(4) 与任何一种语言一样，C 的语句也必须满足一定的语法规则。

4. C 的语句的组成

C 程序的语句中含有各种符号、名称、数值等，如：int 是英语单词 integer(整型)的缩写，表示整型；avescore =(mathscore+physscore+chemscore)/3.0；类似于数学式子；x>y 类似于不等式；3.0 代表一个数值；return z 代表的功能也与英文原意相同等等。

5. C 语言程序的书写字母

由于 C 语言区分大小写字母，一般使用小写字母，因此命名时应特别注意。

1.2.3 C 程序的基本词汇

C 的语句中含有许多词汇和标识符号，它们基本都来自于英语短语，每一个标识符号都代表特定的含义，它们是组成 C 语句的基本单位。

1. 字符集

字符是组成 C 语句的最小单位，C 程序中可以有以下几种字符。

(1) 英语字母：大写字母 A~Z 和小写字母 a~z。

(2) 数字：数字 0~9。

(3) 各种符号：如+、−、*、=、空格等。

这些符号构成了 C 语言基本的语法元素。

2. 关键字

关键字又称保留字，是 C 语言预先规定的、具有固定意义的一些单词，如：int、return 等，用户只能按其预先规定的意义来使用它们，不能改变其原来的意义。C 语言的关键字如表 1-1 所示。

表 1-1 C 语言的关键字表

关键字	语义	关键字	语义	关键字	语义	关键字	语义
auto	自动	double	双精度	int	整型	struct	结构
break	中断	else	否则	long	长整型	switch	开关
char	字符	enum	枚举	register	寄存器	typedef	自定义类型
case	情况	extern	外部	return	返回	union	共同体
const	常量	float	浮点	short	短整型	unsigned	无符号
continue	继续	for	循环	signed	有符号	void	空类型
default	缺省	goto	转向	sizeof	字节数	volatile	可变的
do	循环	if	如果	static	静态	while	循环

3. 标识符

C 语言的标识符有系统预定义标识符和用户自定义标识符，一般用小写。

(1) 系统预定义标识符。系统预定义标识符是由系统预先定义的，如：main、printf 等，与关键字不同的是，系统预定义标识符允许用户改变它的意义，但这样做会失去其原有的含义，从而造成误解，因而这类标识符用户也不要更改其原意。

(2) 用户自定义标识符。用户自定义标识符是由用户自己根据需要定义的标识符，通常用作变量名、数组名、函数名等，如：score、aver 等，标识符是满足以下规则的字符序列。

① 以字母或下划线开头。

② 由字母或下划线或数字组成。

③ 长度在一定范围的字符序列，如：一般环境只允许取 32 个字符，建议不要太长。

④ 建议按照“见名知义”的原则，如：score 代表分数，mathscore 代表数学分数，aver 代表平均数，sum 代表和等。

4．运算符

C 语言提供了丰富的运算符，如例 1-2 中的加法运算符(+)和除法运算符(/)，以及例 1-3 中的关系运算符(>)等，这些将在后续的学习中陆续介绍。

5．分隔符

用 C 语言书写的 C 程序中含有许多具有特定含义的符号，与自然语言一样，各种符号之间必须有一些分隔符。C 语言的分隔符有空格、逗号、分号、回车(换行)等，它们用在不同的场合以区分不同的对象。如 int a，b，c；语句，在说明符 int 和变量名 a 之间以空格分隔，在 3 个变量之间以逗号分隔，而语句末尾用分号表示语句结束。

6．数据

从上述例子不难看出数据在程序中的活跃程度。如例 1-1 中的"欢迎走进 C 世界！ "是一种字符数据；例 1-2 中的 mathscore、physscore、chemscore 是一种整型数据；avescore 是一种实型数据；分母 3 是一个常量；例 1-3 中的 a>b 的比较结果有 2 种可能，即正确(Yes)或错误(No)，比较的结果又为以下进行什么操作指明了道路。由此可见程序是用计算机语言描述的、为解决某一问题的、满足一定语法规则的语句序列。但这只能反映程序的组成，而更能代表程序意义的是程序是加工数据的单元。一个程序一般都由说明数据、输入数据、加工数据、输出数据几个部分组成。数据是程序的生命线，是程序中跳动的音符。

1.3 算法及其描述

1.3.1 小试身手

上一节通过几个小程序对 C 程序有了一些感性认识。下面让我们利用已有的知识，暂时摆脱细节的烦恼，尝试着编写程序，来体验编程的快乐。

【例 1-5】已知三角形的 3 条边长，利用海伦公式，计算三角形的面积。

首先利用数学知识解决这个问题，再利用 C 程序解决这个问题，并从中找出它们在解题思路上的相同和不同之处。

1．方案一 —— 数学解法

已知三角形的 3 条边 a=3，b=4，c=5，利用海伦公式先求三角形的半周长：

$$t=\frac{a+b+c}{2}=\frac{3+4+5}{2}=6$$

再利用半周长 t 计算公式得：

面积 area $=\sqrt{t(t-a)(t-b)(t-c)}=\sqrt{6(6-3)(6-4)(6-5)}=6$

答：由边长为 3、4、5 的三条边组成的三角形的面积是 6。

2．方案二 —— 利用 C 程序解决

功能：利用三角形的 3 条边长，计算三角形的面积。

输入数据：三角形的 3 条边长。