普通高等教育“十二五”重点规划教材

中国科学院教材建设专家委员会“十二五”规划教材

C语言程序设计教程

张秀萍　闫　丽◎主　编

王淑霞　王玉国◎副主编

科学出版社

普通高等教育“十二五”重点规划教材
中国科学院教材建设专家委员会“十二五”规划教材

C语言程序设计教程

张秀萍　闫　丽　主　编
王淑霞　王玉国　副主编

科学出版社
北　京

内 容 简 介

C 语言是一种结构化程序设计语言，本书通过大量的实例讲解 C 语言程序设计的方法，主要内容包括 C 语言程序设计基础知识，数据类型、运算符和表达式，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、共用体和枚举类型，编译预处理，位运算，文件等。每章都包括小结、习题等。

本书可作为高等院校各专业学生的 C 语言程序设计教材，也可作为全国计算机等级考试（二级 C 语言）的培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

C 语言程序设计教程/张秀萍，闫丽主编. —北京：科学出版社，2015.1
（普通高等教育“十二五”重点规划教材·中国科学院教材建设专家委员会“十二五”规划教材）
ISBN 978-7-03-043178-3

I. ①C… II. ①张… ②闫… 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（2015）第 018899 号

责任编辑：戴薇 余梦洁/责任校对：马英菊
责任印制：吕春珉/封面设计：东方人华平面设计部

科学出版社 出版
北京东黄城根北街 16 号
邮政编码：100717
http://www.sciencep.com

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销
*
2015 年 1 月第 一 版 开本：787×1092 1/16
2015 年 1 月第一次印刷 印张：18 1/2
字数：439 000

定价：39.00 元

（如有印装质量问题，我社负责调换 <双青>）
销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135120-2005

本书编委会

主　编：张秀萍　闫　丽

副主编：王淑霞　王玉国

编　委：（按姓氏拼音为序）

郭　丹　史迎馨　王　成

前　言

C 语言程序设计是高等院校计算机专业学生的必修课程，也是非计算机专业学生的计算机应用教育课程。C 语言作为一门通用语言，既可用来编写系统软件，也可用来编写应用软件。它是一种面向过程的语言，既具有低级语言的某些特性，又具有高级语言的特点。

本书根据高等院校计算机专业 C 语言程序设计的教学大纲及全国计算机等级考试新大纲规定的二级 C 语言的考试内容要求编写而成。本书有如下特点：

1．注重双基：考虑到全国普通高等学校学生的知识能力及素质特点和教学实际情况，教材把重点放在基础知识和基本技能上，使略有计算机基础的人都能学会利用 C 语言编写程序。

2．内容编排合理：本书整体结构安排合理，由浅入深地讲解 C 语言的知识。例如，先介绍数据的输入/输出和简单的程序设计概念，再介绍数组、函数、指针等 C 语言的难点问题。

3．知识讲授和能力培养并重：在讲解基本知识的过程中，注意穿插例题，同时每章后面都有内容小结和习题，以帮助读者复习并掌握本章的重点内容。

4．重点突出：指针是 C 语言的重点和难点，本书用了大量的篇幅，从不同方面对其进行讲解，并列举了大量的实例，帮助读者理解并掌握指针。

5．实例丰富，讲解详细：学习程序设计时，必须要多上机操作。本书对每个知识点都配有实例代码，并对实例代码进行了详细地讲解，在实例后，一般都附有实例程序的运行结果，方便读者对比理解相应的知识点。

本书由张秀萍，阎丽担任主编并统稿。本书共分 12 章，第 1 和第 2 章由史迎馨编写，第 3 和第 4 章由郭丹编写，第 5 章和附录由王成编写，第 6 和第 11 章由王淑霞编写，第 7 和第 12 章由闫丽编写，第 8 章由王玉国编写，第 9 和第 10 章由张秀萍编写。本书的编写和出版得到了通化师范学院计算机学院全体教师的极大帮助和支持，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正，提出宝贵意见！

编　者

2014 年 11 月

目　录

第 1 章　程序设计概述

计算机语言分为低级语言（机器语言）、中级语言（汇编语言）和高级语言（C、Java 等）。C 语言的全称为 C 程序设计语言，它是一种通用、简单、灵活的程序设计工具。通过 C 语言可以实现程序设计。本章介绍了 C 语言的发展、算法的相关知识、结构化程序设计方法，认识简单的 C 语言程序以及 C 语言程序的运行环境。

1.1　C 语言概述

1.1.1　程序设计语言

计算机语言是用户和计算机相互交流的语言。计算机本身是不会做任何工作的，它是按照用户发出的计算机语言指令来进行相应工作的。程序是人们为解决某些实际问题或实现某些特定的功能而用计算机语言编写的指令序列的集合。所以，计算机语言又称为程序设计语言，是用户编写程序的语言。程序设计语言按其发展阶段分为 3 种：机器语言、汇编语言和高级语言。

机器语言是计算机能直接识别和执行的二进制指令语言；汇编语言是在机器语言的基础上，采用助记符来书写的机器语言；高级语言是面向过程和问题的语言，它是最接近人类自然语言的程序设计语言。高级语言相对于机器语言和汇编语言而言，更加直观明了，且容易学习和掌握。常见的高级语言有 BASIC、Visual Basic、C、C++、Java 等。

1.1.2　C 语言的发展历程

C 语言是目前比较流行的程序设计语言，它是一种面向过程的语言，既具有低级语言的某些特性，又具有高级语言的优点。

C 语言的原型是 1960 年的 ALGOL 60。ALGOL 60 是一种面向问题的高级语言，离硬件比较远，不易编写系统程序。1963 年，英国剑桥大学推出了 CPL（combined programming language），CPL 在 ALGOL 60 的基础上加以改进，离硬件较近，能实现较低层次的操作，但是由于规模太大，难以实现。1967 年，剑桥大学的 Martin Richards 改进了 CPL，推出了 BCPL（basic combined programming language）。1970 年美国贝尔实验室的 Ken Thompson 对 BCPL 进行了简化处理，设计出 B 语言，它更加简单且接近硬件，但功能较少。1973 年，美国贝尔实验室的 D. M. Ritchie 和 B. W. Kernighan 在 B 语言的基础上，设计了 C 语言，C 语言继承了 BCPL 和 B 语言的优点，同时克服了 B 语言的缺点。

C 语言最初是用来描述和实现 UNIX 操作系统的，后来经过多次改进，在 1975 年 UNIX 第 6 版公布后，C 语言的优点才得到人们的认可。1977 年出现了不依赖于具体机器的 C 语言编译文本——可移植 C 语言编译程序，用 C 语言编写的 UNIX 操作系统可运行在各种计算机上。随着 UNIX 操作系统的普及，C 语言也随之推广开来。1978 年后，C 语言先后被移植到大、中、小、微型计算机上。

B. W. Kernighan 和 D.M.Richie 以 1978 年发表的 UNIX 第 7 版中的 C 编译程序为基础，编著了 *The C Programming Language* 一书，该书介绍的 C 语言成为后来广泛使用的 C 语言版本的基础，称为标准的 C 语言。1983 年，美国国家标准化协会（ANSI）根据 C 语言产生以来各种版本对 C 语言的发展和扩充，制定了新的标准，称为 ANSI C。1990 年，国际标准化组织（ISO）统一了 C 语言标准，现在流行的版本都是以此为基础的。

目前，大部分机器和操作系统都支持 C 语言。在微型计算机上，有 Microsoft C、Turbo C 和 Queck C 等各种 C 语言版本，本书所介绍的 C 语言是在 Visual C++ 6.0 环境下调试程序的。

1.1.3 C 语言的特点

C 语言能够存在和发展，并一直被广泛使用，是因为它具有以下优点。

1）C 语言是结构化程序设计语言。它以函数作为程序的主体结构，便于实现程序的模块化。C 语言提供了 9 种结构化的控制语句，如选择结构的 if-else 语句，循环结构的 while、for、do-while 语句等。

2）表达方式简洁，使用方便和灵活。C 语言有 32 个关键字，9 种控制语句。C 语言程序书写形式自由，一行可以写多条 C 语句，一条 C 语句可以占用多行；主要以小写字母表示，区分大小写字母。

3）运算符丰富。C 语言有 34 种运算符，包括算术运算符、逻辑运算符，以及其他高级语言不具有的位运算符、复合运算符等。使用多种运算符，可以实现其他高级语言不能实现的运算。

4）数据类型丰富。C 语言的数据类型有整型、实型、字符型、空类型、数组类型、指针类型、结构体类型等。同时，它提供了用户自定义数据类型的功能。利用这些数据类型可以实现复杂的数据处理。

5）具有预处理能力。C 语言具有#include 和#define 两个预处理命令和#if-#else 等编译预处理命令，这些功能提高了软件开发的工作效率，同时也为程序的组织和编译提供了便利。

6）可移植性好。C 语言的输入和输出不依赖于计算机硬件，所以它能适应多种操作系统。C 语言程序的可移植性一般是通过 C 语言编译程序的可移植性来实现的。

C 语言虽然有很多优点，但也存在着一些缺点，如语法限制不太严格、类型检验比较弱、不同类型数据转换比较随便等。针对这些缺点，程序设计人员需要在开发完成后检验程序，以保证程序的正确性。

1.2 算　　法

程序是由算法（algorithm）和数据结构（data structure）两个重要部分组成的。算法设计的正确与否直接决定程序的正确性，算法的好坏也直接影响程序的质量。所以，一个好程序的前提是有正确、高效的算法。

1.2.1 算法概述

算法是为解决某个问题而采用的方法或步骤。著名计算机科学家 N. Wirth 对程序有如下的描述：程序=数据结构+算法，说明程序由以下两部分组成。

1）对数据的描述和组织形式，即数据结构。

2）对操作或行为的描述，即操作步骤，也就是算法。

数据是操作的对象，操作的目的是对数据进行加工处理，以得到期望的结果；操作步骤即算法，是一个有穷的规则集合，规则确定了解决某个问题的一个运算序列。本书所提到的算法是指计算机算法，它分为数值运算算法和非数值运算算法。

1.2.2　算法的特性

算法必须具备以下 5 个特性。

1）有穷性。一个算法的执行步骤必须是有限的。有穷性一般是指在一定范围内有效，也称为有限性。假如计算机执行一个算法需要几百年甚至是几千年，那么此算法虽然是有穷的，但是超过了合理的范围，所以认为是无效的算法。

2）确定性。算法中的每一步骤必须有明确的含义，不能存在“歧义性”。歧义性是指被理解为两种或多种可能的含义。例如，判断输入的数是正数还是负数时，如果判断条件只给出大于零和小于零两种情况，当输入的数是零时，程序便无法执行。

3）有效性。算法中的每一个步骤必须有效地执行，并能得到确定的结果。例如，进行分数运算时，当分母为零时，此算法无法有效地执行。

4）输入。一个算法可以有零个或多个输入。输入是指在执行算法时，需要从外界输入数据来实现算法。例如，求 N 个数的最大值问题，需要输入 N 个数（如输入 3 个数，表示求出 3 个数中的最大值）。

5）输出。一个算法必须有一个或多个输出。输出即所谓的“解”，算法的目的就是解决问题求得“解”。所以，一个算法至少要有一个输出结果。

1.2.3　算法的描述方法

目前存在多种描述算法的方法，常用的方法有自然语言方法、传统流程图、N-S 结构流程图等。

1. 自然语言方法

自然语言是人与人交流使用的语言，如汉语、英语、俄语等。用自然语言表示算法通俗易懂，符合人们的思维习惯，但是文字冗长，不容易转化为程序，且容易存在歧义性。

【例 1-1】　采用自然语言描述求 S=1+2+…+100 的算法。

步骤 1：给变量赋初值，S 的值赋 0，i 的值赋 1。

步骤 2：累加求和，S=S+i。

步骤 3：变量 i 自增 1，i=i+1。

步骤 4：判断 i 是否大于 100，如果 i 小于或等于 100，则重复执行步骤 2 和步骤 3；否则执行步骤 5。

步骤 5：输出 S 的值。

2. 传统流程图

传统流程图是一个描述算法控制流程和指令执行情况的有向图。在传统流程图中，用几

个框图来表示算法中的各个操作。用传统流程图表示算法，更加直观、容易理解。美国国家标准化协会（ANSI）规定了如图 1-1 所示的符号作为常用的传统流程图符号。

起止框表示传统流程图的开始或结束；处理框表示对数据的处理；判断框表示对条件的逻辑判断，它有一个入口，两个出口；输入/输出框表示数据的输入或输出；流程线表示传统流程图执行的方向；连接符用来连接不同地方的流程线。

【例 1-2】　采用传统流程图描述例 1-1 的求和问题，如图 1-2 所示。

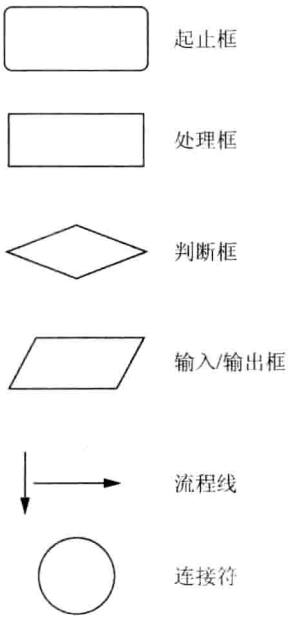

图 1-1　传统流程图常用符号

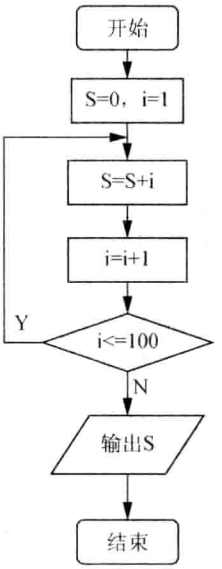

图 1-2　求和传统流程图

3. N-S 结构流程图

相对于传统流程图，N-S 结构流程图是新的流程图。它是美国学者 I. Nassi 和 B. Schneiderman 在 1973 年提出的。在这种流程图中，去掉了流程线，全部算法写在一个矩形框内，这样算法只能从上到下顺序执行，在该矩形框中可以包含从属的子框。N-S 结构流程图避免了算法流程的任意转向，保证了程序的质量，而且它形象直观、节省篇幅，尤其适于结构化程序的设计。

【例 1-3】　采用 N-S 结构流程图描述例 1-1 的求和问题，如图 1-3 所示。

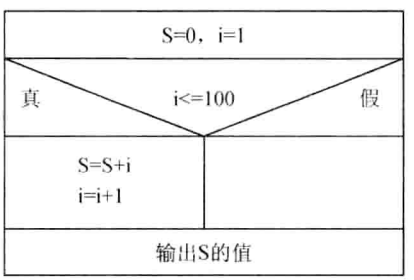

图 1-3　求和 N-S 结构流程图

1.3　简单的 C 语言程序

前面介绍了 C 语言的基本知识，本节介绍几个简单的 C 语言程序，使读者对 C 语言程序有一个初步的了解和认识。

【例 1-4】　输出一串字符。

```
#include <stdio.h>
main()
{
   printf("This is my book ");
}
```

运行结果如下：

```
This is my book
```

这个程序是由一个函数组成的，这个函数就是 main 函数，又称为主函数。本程序中，主函数只有一条语句，即 printf 输出语句，它的作用是在终端输出一行被括在双引号“" "”内的字符串，本例中即是输出“This is my book”字符串。语句的末尾有个分号，是语句结束标志。

【例 1-5】　求两个数的和。

```
#include <stdio.h>
main()                          /*函数首部*/
{
   int a,b;                     /*定义变量 a 和 b*/
   a=3;b=4;                     /*变量赋值*/
   printf("a+b=%d",a+b);        /*输出 a+b 的值*/
}
```

运行结果如下：

```
a+b=7
```

本程序仍是由主函数组成的。每个函数由函数首部和函数体构成。程序的第一行是主函数的函数首部，它由函数的名称 main 和小括号构成；/*……*/是注释信息，它的作用是对语句进行标注解释，以便于理解；函数体是由花括号“{ }”括起来的部分。函数体的第一行语句中，int 表示数据类型为整型，此语句的作用是定义 a 和 b 两个整型变量，它们用于存储所要求和的两个数；第二行是两条赋值语句，它们的作用是将 3 和 4 分别存放在变量 a 和变量 b 中；第三行是 printf 语句，它不仅输出“a+b=”字符串，还输出 a+b 表达式的值。这是由于本例中调用 printf 输出函数时，函数内不仅有双引号“" "”部分，还有 a+b 这个表达式。另外，在双引号“" "”内还有一个符号“%d”，它的作用是指定输入或输出对象的数据类型是十进制整型，在本例中用于指定 a+b 表达式的值以十进制整型输出。

【例 1-6】　求任意两个数的最大值。

```
#include <stdio.h>                    /*将标准的输入/输出的头文件 stdio.h 包含到本程序中*/
main()
{
   int a,b,c;
   scanf("%d,%d",&a,&b);              /*输入变量 a 和 b 的值*/
   c=max(a,b);                        /*调用 max 函数,将函数返回值赋给变量 c*/
   printf("Max is :%d",c);            /*输出 c 的值*/
}

int max(int x,int y)                  /*定义 max 函数,函数值的类型为整型,形式参数为整型 x,y*/
{
   int z;
   if(x>y)                            /*利用 if-else 条件语句,实现变量值的大小比较*/
      z=x;
   else
      z=y;
   return(z);                         /*将 z 的值返回到主调函数 main*/
}
```

输入任意两个数（↙代表按“Enter”键）：

```
5,7↙
```

运行结果如下：

```
Max is:T
```

本程序是由主函数 main 和 max 函数构成的。程序中的第 1 行为预处理命令，#include 表示文件包含，stdio 为 standard input & output 的缩写，称为标准的输入/输出说明，.h 是头文件的扩展名。当程序中调用标准的输入、输出库函数时，需要有此条命令，但由于经常使用 printf 函数和 scanf 函数，所以此包含命令也可省略。

第 4 行为调用 scanf 函数，scanf 函数的作用是由终端输入数据，即给变量 a 和变量 b 输入数据（a 和 b 分别输入 5 和 7）。变量 a 和 b 前的符号“&”的作用是“取地址”，将数据 5 和 7 分别存放在变量 a 和变量 b 的地址所表示的单元中。第 5 行是调用 max 函数，将函数的返回值赋给变量 c。此时，程序的执行点由主调函数位置跳到被调用函数 max，并将实参 a 和实参 b 的值分别传递给形参 x 和形参 y。max 函数也是由函数首部和函数体构成的。函数体中的 if-else 是条件判断语句，if 后面的小括号“( )”中是判断条件，如果条件为真，执行“z=x;”语句；否则执行“z=y;”语句。return 语句是将 z 的值返回给主调函数 main。同时，程序的执行点由 max 函数返回到 main 函数的调用位置，即将带回的函数值赋给变量 c。最后一条语句，调用 printf 函数，输出变量 c 的值。

通过对以上 3 个例子的分析，可总结出 C 语言程序的结构和书写规则如下。

1. C 语言程序的结构

（1）C 语言程序由函数构成

一个 C 语言程序是由一个或多个函数构成的，即一个 C 语言程序至少由一个函数构成，