大学计算机基础教育丛书

C语言程序设计

周必水 主 编
沃钧军 副主编
边 华

科学出版社
www.sciencep.com

大学计算机基础教育丛书

C 语言程序设计

周必水　主　编

沃钧军　边　华　副主编

科学出版社

北　京

内 容 简 介

本书是学习 C 语言程序设计的基础教程，采取理论与实践紧密结合的方法，通过循序渐进的内容安排，通俗易懂的讲解方法，使读者能够掌握C语言的基本内容，并有一定的编程能力。

本书的主要内容包括：C语言的基本概述，各种数据类型、运算符，数据的输入与输出，控制语句，指针，函数，预处理，结构、联合及枚举，文件等。书中每一章节都有大量的例程，这些例程也可以在随书附送的光盘中找到。另外，为了方便初学者使用 Turbo C，作者开发了一套简单易用的 C 语言开发环境，读者可以在光盘中找到。光盘中还附送了理论测试系统和上机测试系统，使读者可以迅速提高自己的理论和实践能力。

本书可作为大专院校学生的教材，也可作为C语言自学者的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

C语言程序设计/周必水主编. —北京：科学出版社， 2004
（大学计算机基础教育丛书）
ISBN 7-03-012351-4
I . C… II .周… 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（2003）第 093208 号

策划编辑：万国清 / 责任编辑：赵卫江
责任印制：吕春珉 / 封面设计：飞天创意

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
新蕾印刷厂 印刷
科学出版社总发行 各地新华书店经销
*
2004 年 1 月第 一 版 开本：787×1092 1/16
2004 年 1 月第一次印刷 印张：12 1/2
印数：1—6 000 字数：277 000
定价：17.00 元（光盘另加 7.00 元）
（如有印装质量问题，我社负责调换〈路通〉）

前　言

C 语言是最优秀的结构化程序设计语言之一，它结构严谨、数据类型完整、语句简练灵活、运算符丰富。C 语言具有很强的实用性，既可以用来编写系统软件，也可以用来编写各种应用软件。虽然面向对象程序设计语言在今天广泛使用，但 C 语言仍然是学习程序设计的基础语言。现在，国内几乎所有的高等院校都开设了“C 语言程序设计”课程。当今人们对计算机知识的渴求使得 C 语言不仅成为计算机专业学生的必修课，也成为广大非计算机专业学生和计算机爱好者首选的程序设计语言。而且全国和各省的计算机等级考试也都将 C 语言列为重要的考试内容之一。

本书是根据作者多年的教学和项目实践经验编写完成的，它吸收了目前已有 C 语言教材的长处，克服了原有教材存在的缺点和不足。本书具有如下主要特色：

（1）本书本着实用的原则，对语言中生僻、不常用的内容不作过多的描述；对于作者认为在实践中使用较多、需要牢固掌握的部分进行了详细的叙述，赋予大量的例程。

（2）根据作者的教学和实践经验，对于初学者常犯的一些错误，作者也尽量指出，使读者少走弯路。

（3）本书在介绍 C 语言的基本知识和语法规则的同时，还强调读者编程风格的形成，有意识地训练读者逐步养成一个良好的程序书写习惯和程序设计风格。

（4）作者注意到，现在几乎所有的 C 语言教材都使用 Turbo C 作为上机开发环境，它确实是一个良好的开发环境，但它可以说是一个老古董了，DOS 的环境，使用很不方便。作者在这方面做了一些努力，开发了一个适合于初学者的开发环境——C-Free，使用它，读者可以方便地编辑、编译、连接、运行 C 语言程序。读者可以在随书附送的光盘中找到这个软件的安装程序，附录 A 是这个软件的使用方法。

（5）为了有效培养读者的理论、实践能力，我们还在光盘上放置了 C 程序设计理论测试系统、C 程序设计上机测试系统，供学生自我测试使用。另外读者还可以在光盘上找到书上所有例程的源程序。

本书的第一至第五章由沃钧军编写，第六至第八章由边华编写，第九章由张元编写，第十章由徐颖编写，附录由张延红编写，全书由周必水任主编，沃钧军、边华任副主编。参加编写和软件制作的还有左光华、吴卿、王大全、郦泓、胡伟军、罗川林、张磊、李旭东、曹春等。本套丛书的课程测试系统分单机版（随书光盘）和网络版，其中单机版用于学生课后复习，网络版用于教师课后测试，需要网络版的读者可与杭州中智信息技术有限公司联系，E-mail: zbs8051@163.com，http:www.hzcnit.com。

由于作者水平有限，书中难免有不当之处，敬请广大读者批评指正。

编　者

2003 年 8 月于杭州电子工业学院

目 录

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第一章 概 述

1.1 C 语言概述

C 语言是一门强大的程序设计语言。虽然 C 语言的推出时间较早，但 C 语言仍然是当今世界上最为流行的面向过程的程序设计语言之一。

1.1.1 C 语言的发展历史

C 语言是为了描述 UNIX 操作系统，由美国贝尔实验室在 B 语言的基础上发展起来的。1969 年，贝尔实验室的研究人员 Ken Thompson 和 Dennis M. Ritchie 合作用汇编语言编制了 UNIX 操作系统。1970 年，Ken Thompson 为了提高 UNIX 的可读性和可移植性，在一种叫做 BCPL 语言的基础上开发了一种新的语言，起名为“B”。由于 B 语言存在一些缺点，无法支持多种数据类型，因此并未流行起来，鲜为人知。1972 年，Dennis M. Ritchie 在 B 语言的基础上设计出了 C 语言。 1973 年，Ken Thompson 和 Dennis M. Ritchie 合作把原来用汇编语言编写的 UNIX 操作系统的 90%以上的部分用 C 语言改写。1975 年，UNIX 的第 6 版公诸于世后，C 语言开始为世人所知晓，在这之前，C 语言一直在贝尔实验室内部使用。C 语言凭借其自身的优点，很快就得到了广泛的应用。

1978 年，Brian W. Kernighan 和 Dennis M. Ritchie（K&R）合著了一本名为“The C Programming Language”（《C 程序设计语言》）的书，这本书流行甚广，被公认为 C 语言的标准版本。1983 年，美国国家标准化协会 ANSI（American National Standard Institute）根据 C 语言问世以来各种版本对 C 语言的发展和补充，制定了新的标准，称为 ANSI C。1988 年，K&R 修改了他们的经典著作《C 程序设计语言》，按照 ANSI C 标准重新写了该书。1990 年，国际标准化组织 ISO（International Standard Organization）接受了 ANSI C 为 ISO 的标准，通常称为 C90。目前流行的 C 编译系统有 Microsoft C、Turbo C 等，它们都是以该标准为基础的。1994 年，又开始了修订该标准的工作，到 1999 年，ANSI/ISO 签署了 C99。C99 对 C 语言做了三方面的改进，即国际化、修改其不足和改进计算的实用性。目前，大多数编译器还不完全支持所有 C99 的修改，因此本书介绍的 C 语言是以 C90 标准为基础的。

1.1.2 C 语言的特点

在过去的 30 年中，C 语言已经成为一种最重要和最流行的程序设计语言。对地址的操作是低级语言才有的特性，C 语言提供的指针机制，能够访问任意的内存地址，这是其他高级语言所不支持的，这是一个曾经令无数程序员无比激动的特性。较之其他的高级语言，C 语言有如下鲜明的特点。

（1）功能强大，应用广泛

C语言具有高级语言的所有优点，但又具有比较低级的语言的功能，如直接操作硬件、位运算、指针等。能与汇编语言混合编程，既可用来编制大型的系统软件，如UNIX系统，以及其他语言（如Pascal、Basic）的编译器或解释器，也可以广泛地用于编制各种应用软件。

（2）语句简洁，表达能力强

C语言的语句种类很少，但表达式的形式却是多种多样的，表达能力很强，表达式的学习是学习C语言的重点和难点之一。

（3）程序设计灵活

C语言对变量类型、变量范围和存储空间的约束较小，程序设计能够很自由地进行，这给程序设计带来很大的灵活性。

（4）移植性好

C语言在可移植方面处于领先地位。C编译器在大约40种编译器上可用。这意味着，程序员在一个系统上编写的C程序经过很少的改动，或者不经过改动，就可以在其他系统上运行，当然，在其他系统上的重新编译是必不可少的。另外，程序中访问特定硬件设备或者操作系统的代码，通常不能移植，必须重新编写。

（5）缺点

C语言的某些优秀特性在给用户带来诸多方便的同时，也让用户承担更大的风险。例如，对强大的C指针的使用，意味着程序员可能会犯非常难以察觉的错误（如访问非法内存地址等），这些错误在使用其他的高级语言时是不可能犯的。另外，C的简洁性，使用户可能编写出很多难以理解的代码，降低了可读性；初学者往往难以把握这种简洁性，需要在实践上花费足够多的精力，才能很好地运用C语言。

1.2 程序设计语言

1.2.1 程序设计语言的发展

程序设计语言是人与计算机进行沟通的工具。随着计算机技术的飞速发展，程序设计语言也在不断地发展变化，从初期的机器语言发展到现时的面向对象语言以及类自然语言，经历一个由低级到高级的发展过程。

（1）机器语言

机器语言是指计算机能够直接识别和执行的、由一组组0和1组成的二进制指令码。用机器语言编写计算机程序，必须熟悉该机的指令系统中的各条指令的功能和二进制代码。这些代码难记，难理解，难查错，即使是专业人员，要编写一个正确无误的程序也不是一件轻而易举的事情，而且效率低，劳动强度大。因此，在计算机诞生后的早期，只有少数专业部门有能力使用计算机。

（2）汇编语言

为了提高编程效率和减轻劳动强度，20世纪50年代中期开始用“助记符”代替用0和1表示的机器指令来编程，用这种助记符描述的指令系统，称为汇编语言。用汇编

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

语言编写的程序称为汇编语言程序。但是计算机并不能直接识别和执行汇编语言源程序，必须在计算机上配置一个称为汇编系统的软件，通过这个汇编系统，把汇编语言源程序翻译为机器语言指令序列，后者称为目标程序。对于目标程序计算机就能够识别和执行了。

（3）面向过程的高级语言

与机器语言和汇编语言不同，高级语言是面向解题过程的。从 1954 年起，相继出现了许多高级语言，流传较广的有 Fortran，Cobol，Basic，Pascal，C 等，这些语言也称为算法语言。它们用一种接近于自然语言(英语单词或短语)和数学符号的专用语言来表示解题过程。使用高级语言编写程序，不必熟悉计算机的内部结构和机器指令，学习使用高级语言要比学习机器语言和汇编语言容易。当然，计算机不能直接执行用高级语言编写的程序，必须先翻译成为目标程序才行。这项翻译工作是由称为“编译程序”或者“解释程序”的专门软件来完成的。各种高级语言都有相应的一套编译程序或者解释程序。

（4）面向对象的高级语言

面向对象的程序设计属于一种结构模拟方法，它认为，万事万物都是对象，对象之间通过互相发送和接收消息进行联系。对象是数据和方法封装体，从程序的数据结构考虑，它是抽象数据类型。从分类学的观点看，客观世界中的对象都是可以分类的。也就是说，所有的对象都属于特定的“类”（class），或者说每一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。面向对象的程序设计语言有 Smalltalk、C++、Effiel 等。由面向对象编程发展起来的面向对象分析（OOA）和面向对象设计（OOD）方法，正在成为当今系统分析和系统设计的有效方法。

（5）类自然语言

它是第五代语言。这种语言是最近几年才发展起来的，它是与人工智能技术结合起来的。用户通过使用类自然语言的形式提出问题。用户不必涉及复杂的算法性细节。使用最广的第五代语言有数据库查询语言、程序自动生成器等。目前，第五代语言正在发展中，还远未成熟。

目前，国内外大多数计算机上运行的程序，多是用第三、第四代计算机语言编写的。传统的面向过程的程序设计语言仍然是程序设计的基础。因此，熟练掌握一门过程化语言，对于希望用计算机解决实际问题的人是至关重要。

1.2.2 C 语言程序设计的步骤

理论上，建立一个软件系统的标准过程需要经过若干步骤，即：系统分析、系统设计、编写代码、运行测试（调试）程序和维护程序。这是标准软件工程的做法，但是对于程序设计语言的初学者，这里我们只要关心怎样编写好一个 C 程序，也就是上面的编写代码和运行测试程序阶段，对软件工程感兴趣的读者，可以参考相关书籍。

建立一个C程序的过程，就是编写好一个C程序到完成运行得到正确的结果的过程。一般要经过以下四个步骤。目前，使用一种集成化开发工具就可以完成全部的四个步骤。

（1）编辑

这包括将源程序（就是 C 语言编写的程序）逐个字符地输入到计算机中；修改源程

序；将修改好的源程序保存在磁盘文件中。对于 C 程序，源程序文件的扩展名为.c。

（2）编译

C 源程序并不能被计算机直接执行，需要编译成机器代码才能被执行。这一步将已经编辑好的源程序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，就在屏幕上显示出错信息，此时应重新回到编辑状态，对源程序进行修改后重新编译，直到通过编译为止。编译后的二进制文件称为目标文件，Windows 下的扩展名为.o 或者.obj。

（3）连接

应当指出，经编译后的二进制代码一般还不能运行，因为程序中使用到的系统模块（如 C 语言中的标准库函数）还没有包含在目标文件中，需要执行连接程序，将系统模块添加到目标文件中，成为一个可执行文件。另外，如果用户的软件项目由多个 C 源程序组成（这在后面的章节会讲到），在编译这些源程序后，也需要运行连接程序，将多个目标文件连接成一个可执行的文件。这个可执行文件在 Windows 下的扩展名为.exe。

（4）运行

有了上面的可执行文件，就可以运行它了。运行一般在操作系统的管理下进行。

图 1.1 表示了上述编辑、编译、连接、运行的过程。

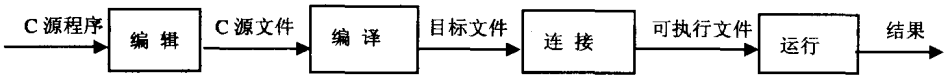

图 1.1 C 语言程序的执行过程

使用集成化开发工具，可以连贯地完成上述四个步骤，另外还有关键字加亮、程序调试等功能。关于集成化开发工具的使用读者可以参考附录 A。

1.3 C 语言程序设计初步

下面将要介绍几个简单的 C 语言程序，并对程序作适当的解释。读者通过这些简单的例子，可以对 C 语言的语法和程序结构有一个感性的了解。

用 C 语言编写的程序，称为 C 语言源程序，简称为 C 程序。C 程序一般由一个或多个文件组成，为了表示这些文件是存放 C 程序的文件，它们必须以 c 作为文件的扩展名。

例程 1.1 第一个 C 程序。

```
#include <stdio.h>
void main()
{
   printf("Hello, C!\n");
}
```

按照附录 A 介绍的方法，将程序保存为 c 文件，编译连接后，运行这个程序。运行的结果是在屏幕上显示一行英文：

```
Hello, C!
```

说明：

① 第一行，#include<stdio.h>，告诉编译器包含 stdio.h 文件中的所有内容，相当于在第一行的位置键入了 stdio.h 文件的完整内容。该文件中包含了标准输入输出库函数的声明，包括 printf 函数。标准输入输出是所有 C 语言编译包的一部分（包中包含了标准库函数的实现代码）。声明的意思是告诉编译器 printf 函数的代码是存在的，使编译时不会报错，这个函数的代码在连接的时候被包含进我们自己的程序代码中。具体声明函数的方法在后面的章节将会介绍。

② C 程序是由函数组成的，称为函数驱动的语言，每一个函数完成相对独立的功能。一个完整的程序必须有一个 main 函数，它称为主函数，程序总是从 main 函数开始执行的。main 函数是被系统调用的函数。本程序只有 main 函数，没有其他自定义函数。main 是函数名，函数名后面的一对圆括号内写函数的参数，这个程序不允许传递任何参数，所以没有填写任何参数。可以把函数的参数理解成数学函数中的自变量。main 前面的 void 指明了 main 函数的返回类型，void 表示空，就是不返回任何值。

③ void main()下面有一对花括号，花括号内的部分称为函数体。函数体一般包括两部分：说明部分和执行部分。说明部分中一般定义各种数据；执行部分由若干的执行语句组成。本程序没有定义任何数据，因此不包含说明部分。程序的函数体中只有两个语句。C 语言规定每个语句以分号（;）结束，分号是语句不可缺少的组成部分。第一行#include<stdio.h>并不是 C 语句，所以不必在末尾加分号，它是一条预处理命令，由编译器执行。以后章节会介绍更多的预处理命令。

④ printf 是 C 的库函数中的一个函数，它的作用是在显示屏上述出指定的内容，此程序中输出“Hello ,C!”字符串。程序中，字符串末尾的“\n”是 C 语言中规定的一个特殊符号，作为控制代码，它的作用是“回车换行”。以后章节还会详细介绍反斜杠“\”的作用。本程序中，在输出完“Hello ,C!”后执行一个回车换行操作，如果以后还有输出的话，将另起一行，从左端开始输出。

例如，下面的语句：

```
printf("I am a \n");
printf("C programmer.\n");
```

执行这个程序将得到如下输出：

```
I am a
C programmer.
```

没有“\n”时，后面的输出将不换行。请看下面的语句：

```
printf("I am a ");
printf("C programmer.\n");
```

输出为：

```
I am a C programmer.
```

⑤ 另外，主函数 main 的写法，有很多种，完整地还可以写成如下形式：

```
int main(int argc,char *argv[])
{
```

```
    ……
}
```

或者，简略地可以写成如下形式：

```
main()
{
……
}
```

读者在其他资料中可能看到这几种形式，读者应该认识。

例程 1.2 计算梯形面积的C程序。

```
#include <stdio.h>
void main()
{
    int top,bottom,h;    /*定义top，bottom，h为整型变量*/
    float area;  /*定义area为实型单精度变量*/
    top = 3;bottom = 5;h = 3;    /*分别把3，5，3赋给p，bottom和h*/
    area = h*(top+bottom)/2;/*右边表达式的值赋给左边的area*/
    printf("area=%f\n",area);    /*输出area的值*/
}
```

程序的输出结果如下：

```
area=12.000000
```

说明：

① int top,bottom,h;是变量声明语句，说明top，bottom和h是整型(int)变量，它们取整数。这个说明语句的作用是告诉计算机，程序中用到三个整型变量，为它们分配存储单元。

② float area;也是变量声明语句，说明变量area是浮点型变量，它告诉计算机，程序中用到浮点型变量area，并为其分配存储单元。整型和浮点型，均是C语言中常用的数据类型，关于数据类型，将在下一章中详细介绍。

③ 接下来的两行中出现的“＝”是赋值符号，也称为赋值运算符，表示把赋值运算符右边的数值或是运算结果赋给其左边的变量所指定的存储单元。习惯上，把赋值运算符左边的部分称为左值，右边的部分称为右值。

④ 本例中又用到了输出函数printf，在这里利用了它的格式输出功能。printf后面括号中包含两个参数，用逗号分隔。双引号内的部分是“格式字符串”，用它指定输出时的打印格式。此例的格式字符串中有一个“%f”，它指输出一个实数的格式，执行的时候将第二个参数（area）的值取代“%f”，并以实型格式输出。%f格式提供小数点后6位数字。不同类型的输出，格式字符并不一样，这些将在第三章中详细介绍。

⑤ /*与*/之间是注释信息，对程序运行结果不产生任何影响，它不会被编译，只是为了帮助别人（包括自己）更好地看懂程序。可以将注释的内容放在任意的若干行内，只要将它们放在/*与*/之间就行了。

以上对C语言的语法和程序结构作了简要的介绍，读者对C程序的基本情况应该有

了一个感性的了解。在以后的各章中，我们将对 C 的各个语言要素做详细的介绍，与读者一起领略 C 语言的强大功能！

1.4 学习 C 语言的建议

学习 C 语言，就像学习其他技艺一样，实践是惟一的法宝。本书在每一章的结束附有一定数目的练习题，为了真正掌握 C 语言，希望读者认真考虑这些问题。按照附录 A 的帮助，上机实践每一章的知识点。另外，可以积极参与网上的讨论，有上网条件的读者，可以加入网上 C 语言的论坛，与别人的讨论可以加深自己对 C 语言的理解。

习 题

1．什么是面向过程的程序设计语言？什么是面向对象的程序设计语言？试举一例。

2．一个 C 语言程序要经过怎样的过程才能运行？

3．一个 C 语言程序的执行总是从哪个函数开始？哪一个函数是 C 语言程序中所必须有的？

4．模仿例程 1.1，编写一个 C 语言程序，要求在屏幕上显示：

```
How are you?
I am fine!
```

5．模仿例程 1.2，编写一个计算矩形面积的 C 程序。矩形边长 a=3.2,b=1.6。

第二章　数据类型、运算符及表达式

数据和运算符是程序的基本要素。数据是程序处理的对象，运算符则是对数据如何处理的具体描述。现实世界中事物的类型是多种多样的，因此必须用不同的数据类型描述不同的事物。对不同的数据又有不同的加工处理方法。C 语言包含了丰富的数据类型和多种运算符。数据和运算符的连接构成表达式。本章介绍基本的数据类型：整型、字符型和实型，并较为系统地介绍各种运算符。

2.1　常量和变量

C 语言的数据可以分为常量和变量。所谓常量，是指在程序执行过程中其值保持不变，也不能改变的量。如原始数据、数据常量 π 等。变量则是其代表的值可以改变的量。变量在物理上代表内存中一个指定的存储单元，存储单元的内容发生改变时，变量的值也就随之改变了。

2.1.1 常量

在 C 语言中，有四种常量：整型常量，实型常量，字符常量和字符串常量。常量在表示上既可以直接表示，如常量 1，3.14，'A'，"Hello"等，分别表示整型常量 1，实型常量 3.14，字符常量 A 和字符串常量 Hello，也可以用符号代表，如用 PI 代表圆周率 3.141593。直接表示的常量称为直接常量，用符号表示的称为符号常量。

例程 2.1　圆面积的计算。

```
#include<stdio.h>
#define PI 3.141593                                    /*定义符号常量*/
#define r    2.0                                       /*也是符号常量*/
void main()
{
     printf("area1 = %f\n",3.141593*2.0*2.0); /*使用直接常量*/
     printf("area2 = %f\n",PI*r*r);           /*使用符号常量*/
}
```

程序的运行结果:

```
area1 = 12.566372
area2 = 12.566372
```

由程序中可以看到定义符号常量的一种方法，即使用#define 命令。与#include 类似，它是一条预编译命令，由编译器执行。上面#define 的作用是在预编译时将程序中凡出现

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com