非计算机专业计算机公共课系列教材

C语言程序设计

主编　高建华　张　华　关焕梅　陈　萍

WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

非计算机专业计算机公共课系列教材

C语言程序设计

主　编　高建华　张　华　关焕梅　陈　萍
副主编　刘　英　腾　冲　周雅洁　汤　洁

WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

C 语言程序设计/高建华等主编. —武汉:武汉大学出版社,2015.1
非计算机专业计算机公共课系列教材
ISBN 978-7-307-15099-7

Ⅰ.C… Ⅱ.高… 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(2015)第 021642 号

责任编辑:林 莉 责任校对:汪欣怡 版式设计:马 佳

出版发行:**武汉大学出版社** (430072 武昌 珞珈山)
(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)
印刷:湖北省荆州市今印印务有限公司
开本:787×1092 1/16 印张:22.5 字数:576 千字 插页:1
版次:2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-307-15099-7 定价:45.00 元

前　言

C 语言是一种使用方便、功能强大、移植性好、兼具高级语言和低级语言优点、能产生高效率目标代码的、优秀的结构化程序设计语言。C 语言作为一种既适合于开发系统软件又适合于开发应用软件的语言，已经成为计算机程序设计语言的主流语种之一，得到广泛的认同。

二十多年来，除了计算机专业人员外，其他行业的广大计算机应用人员也喜欢使用 C 语言。全国计算机等级考试、全国计算机应用技术证书考试、全国计算机软件专业技术资格及水平考试等都将 C 语言纳入了考试范围。随着 C 语言在国内普及、推广、应用的需要，全国许多高校已不仅对计算机专业的学生，而且对广大非计算机专业的学生也相继开设了 C 语言程序设计课程。此外，成人教育、函授教育等同样广泛开设了 C 语言程序设计课程。

C 语言与其他高级语言相比更复杂一些。这是由于它规则较多，涵盖的知识面更广，尤其是涉及一些机器及环境方面的实现细节，使用灵活，难点较多，容易出错，初学者不易掌握。

本书的对象主要为大学非计算机专业的本科生和专科生。其特点如下：

(1)本着不苛求读者具备太多计算机专门知识也能学好 C 语言的愿望，尽量做到叙述通俗易懂，一方面要有利于组织教学，另一方面又要有利于自学。

(2)学习的目的在于应用。通过学习，读者应该能做到自己动手编程来解决问题。本教材强调了算法在编程中的重要性，同时也希望通过学习，读者能养成良好的编程习惯和风格。

(3)知识的积累有一定的过程，循序渐进是必要的，帮助读者建立正确、清晰的概念是本书的主要任务。

(4)章节的安排尽量做到结构合理，难点和重点突出。

(5)围绕引例进行简明扼要的语法说明，通过完整的案例传递程序设计的思想。

(6)既要说明问题，又不能太过于拘泥于语法细节，让人产生畏难情绪。

本书共分为 13 章。

第 1 章介绍了 C 语言简介、基本结构和程序开发基本知识；第 2 章介绍了 C 语言的基本数据类型、运算符和表达式；第 3 章介绍了结构化程序设计和算法的概念、基本语句、顺序结构和基本的输入输出函数；第 4 章介绍了选择结构，包括关系运算和逻辑运算、if 条件语句和 switch 语句；第 5 章介绍了循环结构，包括 while 语句、do-while 语句、for 语句、break 语句、continue 语句和 goto 语句；第 6 章介绍了数组，主要包括一、二维数组的定义、存储、元素的引用、初始化和输入输出；第 7 章介绍了 C 语言函数，包括函数的分类与定义、函数调用、变量的作用域与存储类别、较大型 C 语言程序的组织；第 8 章介绍了指针，包括指针与指针变量的概念、指向变量的指针变量、指针与数组、指针数组和指向指针的指针、指针与函数、指针与动态内存管理；第 9 章介绍了字符串，包括字符串的基本概念、用

字符数组存储和处理字符串、指向字符串的指针变量、常用的字符串处理函数；第 10 章介绍了结构体、共用体和枚举类型，包括结构体类型的变量、结构体数组、结构体指针、结构体作为函数参数、用结构体和指针实现链表、共用体变量的定义和引用、枚举变量的定义和引用；第 11 章介绍了文件处理，包括文件与文件类型指针、文件的打开与关闭、文件的存取、文件的定位；第 12 章介绍了位运算和位段，包括位运算的概念、位运算符和位段的使用；第 13 章介绍了编译预处理，包括编译预处理的概念、宏定义、文件包含和条件编译。

本书第 1、2 章由高建华编写，第 3 章由陈萍编写，第 4、5 章由刘英编写，第 6 章由汤洁编写，第 7 章由张华编写，第 8、9 章由腾冲编写，第 10 章由关焕梅编写，第 11 章由周雅洁编写、第 12 章由张华编写，第 13 章由陈萍编写。在编写过程中，得到武汉大学本科生院、武汉大学计算机学院和武汉大学出版社领导的大力支持，汪同庆和王丽娜等许多老师给予帮助并提出了宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

作为课堂教学的补充，与此书同时出版有《C 语言程序设计实验与习题》作为配套教材使用。

由于计算机技术发展迅速以及编者水平所限，加之时间紧迫，对书中存在的错误和遗漏，恳请同行专家和广大读者批评指正。

编　者

2014 年 12 月

目 录

第1章 概 述

C语言是一种通用的程序设计语言，深受广大科技人员和专业编程者的喜爱。随着计算机软硬件技术的发展，C语言已经成为当前计算机程序设计语言的主流语种。

本章主要介绍计算机语言与程序设计的基本方法、C语言的发展和特点、C语言程序的基本结构与开发过程。本章重点是掌握C语言程序的基本结构与开发过程。

1.1 计算机程序与语言简介

1.1.1 计算机程序

为了利用计算机来处理问题，必须编写使计算机能够按照人的意愿工作的程序。

所谓程序，就是计算机解决问题所需要的一系列代码化指令、符号化指令或符号化语句。著名的计算机科学家沃思(Wirth)提出过一个著名的公式来表达程序的实质，即

程序=数据结构+算法

也就是说，“程序是在数据的某些特定的表示方式和结构的基础上，对抽象算法的具体描述”。但是，在实际编写计算机程序时，还要遵循程序设计方法，在运行程序时还要有软件环境的支持。因此，有学者将上述公式扩充为：

程序=数据结构+算法+程序设计方法+语言工具

即一个应用程序应该体现四个方面的成分：采用的描述和存储数据的数据结构，采用的解决问题的算法，采用的程序设计的方法和采用的语言工具和编程环境。

在学习利用计算机语言编写程序时要掌握三个基本概念。一是语言的语法规则，包括常量、变量、运算符、表达式、函数和语句的使用规则；二是语义规则，包括单词和符号的含义及其使用规则；三是语用规则，即善于利用语法规则和语义规则正确组织程序的技能，使程序结构精练、执行效率高。

此外，还要弄清“语言”和“程序”的关系。语言是构成程序的指令集合及其规则，程序是用语言为实现某一算法组成的指令序列。学习计算机语言是为了掌握编程工具，它本身不是目的；当然，脱离具体语言去学习编程是十分困难的，因此两者有密切的联系。

1.1.2 计算机语言及其处理程序

计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成的，硬件系统是系统运行的物质基础，软件是管理、维护计算机系统和完成各项应用任务的程序。程序是由计算机语言编写而成的。计算机语言的发展经历了机器语言、汇编语言和高级语言的发展历程。

1. 机器语言

机器语言是以二进制代码表示的指令集合。用机器语言编写的程序称为机器语言程序，

可以交付计算机直接执行。机器语言程序的优点是占用内存少、执行速度快，缺点是用二进制代码形式表示不易阅读和记忆，而且是面向机器的，通用性差。用机器语言来编写程序是一项非常繁琐、乏味和费力的工作。因为即使是一件非常简单的事，例如两个数相加，也必须被分解成若干个步骤：

(1)把地址为2000的内存单元中的数复制到寄存器1；

(2)把地址为2004的内存单元中的数复制到寄存器2；

(3)把寄存器2中的数与寄存器1中的数相加，结果保留在寄存器1中；

(4)把寄存器1中的数复制到地址为2008的内存单元中。

更令人头痛的是必须以指令的数字形式来书写程序。可想而知，一旦程序中间有错误(常常发生)，在一堆数字中查找出错点犹如大海捞针。

2. 汇编语言和汇编程序

汇编语言用助记符来代替机器指令，是一种面向机器的符号化语言。用汇编语言编写的程序称为汇编语言程序。由于其指令是用助记符表示的，所以比机器语言易于理解和记忆。程序员不再写数字形式的指令代码，而是写指令的符号代码，并且可以为每个数据的存储位置定义一个名字。如下面是用汇编语言来表示两个数相加所要执行的动作：

(1)ldreg n1, r1　　把变量n1的值复制到寄存器1(r1)；

(2)ldreg n2, r2　　把变量n2的值复制到寄存器2(r2)；

(3)add r1, r2　　把r2中的数与r1中的数相加，结果保留在r1中；

(4)store r1, sum　　把r1中的数复制到变量sum。

其中，每一个变量对应一个内存单元，变量的值就是该内存单元中保存的数。

尽管汇编语言程序读起来清楚一些，但计算机却无法理解它，需要将它翻译成机器语言。汇编程序就是用来完成这项任务的语言处理程序。在把汇编语言程序翻译成机器语言程序时，汇编程序将为变量分配内存单元。我们把汇编语言程序用汇编程序翻译成机器语言程序的过程称为汇编。如图1-1所示。

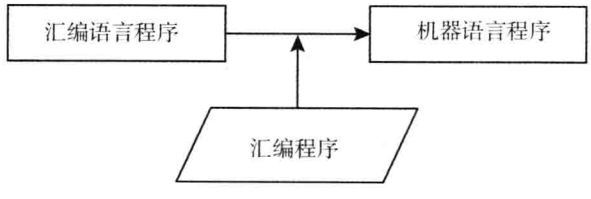

图1-1　汇编

3. 高级语言和编译程序

使用汇编语言编写程序时仍然需要很多指令才能够实现最简单的任务。为了加速编程的过程，人们开发了高级语言，在高级语言中，单个语句就能够实现基本任务。下面是用C语言来表示两个数相加的一条语句：

```
sum=n1+n2;
```

可以看出，它包含常用的数学符号和数学表达式。

很明显，用高级语言编写的程序更容易被人们理解和接受，同时也将从多方面提高编程的效率。首先，不必去考虑CPU的指令集，其次，不必考虑CPU实现特定任务所需采取的

精确步骤，而是采用更接近人类思考问题的方式去书写语句、表达意图。

用高级语言编写的程序通用性强、可靠性高、简洁易读、便于维护，给程序设计从形式到内容上都带来了重大的改变。

与汇编语言程序类似，高级语言程序需要被编译程序(或编译器)翻译成机器语言，才能被计算机所理解。编译程序就是用来完成这项任务的语言处理程序。使用编译器将高级语言程序翻译成机器语言程序的过程称为编译。如图 1-2 所示。

一般来说，每种计算机在设计上都有其自身特有的机器语言。为英特尔的奔腾 CPU 编写的机器语言或汇编语言程序对苹果的麦金塔 CPU 来说是不能理解的。但可以选择正确的编译器将同一个高级语言程序转换为各种不同的机器语言程序。也就是说，程序员解决一个编程问题只需一次，然后可以让编译器将该解决方案解释为各种机器语言，即可以在各种机器上运行同一个高级语言程序。

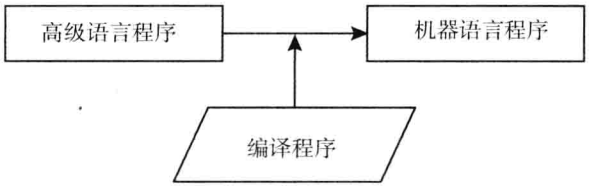

图 1-2 编译

1.1.3 程序开发的一般步骤

开发一个应用程序的过程，随问题的复杂程度不同会有所不同。对于一个大型复杂的问题来说，应当采用软件工程的方法，运用工程学和规范化设计方法进行软件的开发工作。对于简单的问题，如果是一般的数值计算问题，可能会有现成的算法可供参考；如果是一个非数值计算问题，一般没有现成的算法可供利用，需要根据具体的问题由程序员自己设计出算法。然而，无论是一个大型复杂的问题或是一个简单的问题，在程序开发过程中通常都要经过以下几个步骤：

1. 需求分析

开发任何一个应用程序首先都要作需求分析，即先要对解决的问题进行“剖析”。需求分析阶段主要分析两方面问题：一是明确要解决的问题是什么，解决问题的目的和要达到的目标是什么，解决的主要问题中还涉及哪些子问题，以及主要问题和子问题之间的关系。二是要弄清楚解决的问题中要用到哪些数据，包括原始数据、中间数据和最终结果数据，以及数据的来源和特征。因为，数据的来源、可靠性和特征会直接影响到最终解决问题的结果。其次还要考虑各种客观环境对解决问题的影响等。

2. 程序设计

程序设计是根据需求分析阶段明确的问题和所要达到的目标，确定解决问题的方法和步骤。这一阶段的关键是在对解决的问题进行系统分析的基础上，建立数学模型和确定相应的求解方法，包括程序的总体设计和程序的详细设计。

程序总体设计的主要任务是将所解决的问题进行分割、离散和细化，确定应用程序的结构，建立相对独立的程序模块。

程序详细设计是根据总体设计划分的模块，分别设计出每个模块相应的数据类型和算法，画出流程图或用伪代码等表示。

程序的关键是算法，算法是对计算机解题过程的抽象，是程序的灵魂。在学习程序设计语言时，要注意积累和留心一些基本的算法表达形式，如迭代和数值计算等，非数值计算问题的算法则比较复杂，需要花费精力加以归纳和总结。

另外，从1946年第一台电子计算机ENIAC问世到今天的IBM Deep Blue(深蓝)，计算机技术得到突飞猛进的发展，程序设计的方法也随之不断进步。20世纪80年代以前，程序设计方法主要采用面向过程的程序设计方法。进入80年代之后，随着计算机应用领域的扩大和开发大型信息系统的需要，面向对象的程序设计应运而生。面向过程的程序设计强调应用程序的过程和结构性，面向对象的程序设计更加强调应用程序的运行机制。然而，面向对象的程序设计方法是建立在面向过程的程序设计方法基础上的，这两种程序设计方法仍然是程序设计的主要方法。本书主要介绍面向过程的结构化程序设计方法。

3. 编写程序代码

根据算法表示的每一个步骤，用计算机语言(例如C语言)编写源程序。这一步的关键在于要能熟练运用计算机高级语言中的典型算法，按照题意和编程语言的语法、语义、语句和程序组成规则，尽快整理出编程思路，尽量保证程序的清晰、简洁、完整和可读性。

开发人员可以先草拟代码，再将代码输入计算机。输入代码所采用的机制则取决于具体的编程环境。一般来说，需要使用文本编辑器来创建一个后缀名为".c"的C语言源代码文件，即C语言源文件。

4. 编译源文件

用计算机高级语言(例如C语言)编写的程序，计算机是不能直接执行的，需要经过编译转换成机器语言表示的程序，即可执行程序。编译源文件一般分两步完成：编译和链接。

编译是将源代码转换成目标代码的过程。因为源文件是用高级语言编写的，计算机不能直接执行，必须翻译成计算机可以识别的二进制代码形式机器指令并存入目标文件中；链接是将目标代码与其他代码结合起来生成可执行代码并存入可执行文件中。这种把编译和链接分开来做的方法便于程序的模块化，即可以分别编译程序的各个模块，然后用链接器把编译过的模块结合起来。这样，如果需要改变一个模块，就不需要重新编译所有其他模块了。

5. 运行、测试和调试程序

即运行可执行文件，观察运行的结果。在不同的系统中运行程序的方式可能不同，例如在Windows和Linux的控制台中，要运行某个程序，只需输入相应的可执行文件名称即可。而在Windows的资源管理器中，可以通过双击可执行文件的图标来运行程序。

运行可执行文件是应用程序开发过程中的最后一步，但要想一次性得到程序的正确结果往往是困难的，还需要对程序进行若干次的调试。比较好的做法是尽早地为验证程序的正确性设计一个测试计划，这有助于理清程序员的思路。对程序中可能存在各种错误要进行调试，调试是发现程序中的错误并修正错误的过程。

1.2 C语言简介

1.2.1 C语言的起源

随着计算机技术在社会各个领域中的广泛应用，作为计算机软件基础的程序设计语言也