高等学校公共课计算机教材系列

C语言程序设计

武雅丽　王永玲　解亚利　等编著

清华大学出版社

高等学校公共课计算机教材系列

C语言程序设计

武雅丽　王永玲　解亚利　等编著

清华大学出版社
北　京

内 容 简 介

本书针对 C 语言的特点，通过大量实例程序的解析，将知识点融会贯通，使读者能快速掌握 C 语言的编程方法，提高程序设计能力。全书共 14 章，主要内容可分两部分：第一部分为 C 语言的基础内容，包括基本数据类型、控制结构、数组、函数和编译预处理；第二部分为 C 语言的高级编程技术，也是 C 语言区别于其他高级语言的部分，包括构造数据类型，即指针、结构体、共用体和文件的概念以及相互之间的联系。最后介绍了 Turbo C 的集成开发环境。

本书是作者在多年 C 语言教学实践经验及吸收国内外优秀教材特点的基础上精心编写而成的，力求集众多 C 语言版本的优点于一身，内容由浅入深，通俗易懂，适合作为高等学校的 C 语言教材，也适合 C 语言初学者。

图书在版编目（CIP）数据

C 语言程序设计/武雅丽，王永玲，解亚利等编著. —北京：清华大学出版社，2007.2
（高等学校公共课计算机教材系列）
ISBN 978-7-302-14441-0

Ⅰ. C…　Ⅱ. ①武…　②王…　③解…　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（2006）第 163966 号

责任编辑：郑寅堃　张为民
责任校对：梁　毅
责任印制：李红英
出版发行：清华大学出版社　　**地　　址**：北京清华大学学研大厦 A 座
http://www.tup.com.cn　**邮　　编**：100084
c-service@tup.tsinghua.edu.cn
社 总 机：010-62770175　**邮购热线**：010-62786544
投稿咨询：010-62772015　**客户服务**：010-62776969
印 刷 者：清华大学印刷厂
装 订 者：三河市溧源装订厂
经　　销：全国新华书店
开　　本：185×260　**印　张**：22　**字　数**：543 千字
版　　次：2007 年 2 月第 1 版　　**印　　次**：2007 年 2 月第1 次印刷
印　　数：1～8000
定　　价：28.00 元

出版说明

INTRODUCTION

随着计算机技术的普及及其向其他学科的快速渗透，非计算机专业的学生的计算机知识已普遍不能适应当今的形势，这在就业及进入新的工作方面，就更加突出。而非计算机专业的学生选修计算机专业的课程，并不符合其以应用为主、培养复合型创新性人才的教学目标。目前在本科教育中有不少高校建立了以素质教育为取向的跨学科公共课体系，开设了本科生公（通）选课程，以拓宽学生的知识基础，培养不断学习和创造知识的能力和素质，以便在就业与新的工作岗位上取得更大的优势。许多高校在教学体系建设中已将计算机教学纳入基础课的范畴，在非计算机专业教学和教材改革方面也做了大量工作，积累了许多宝贵经验，起到了教学示范作用。将他们的教研成果转化为教材的形式，向全国其他学校推广，对于深化我国高等学校的教学改革具有十分重要的意义。

2005 年 1 月，在教育部下发的《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》中明确指出："要科学制订人才培养目标和规格标准，把加强基础与强调适应性有机结合，着力培养基础扎实、知识面宽、能力强、素质高的人才，更加注重学生能力培养。要继续推进课程体系、教学内容、教学方法和手段的改革，构建新的课程结构，加大选修课程开设比例，积极推进弹性学习制度建设。"然而，目前明确定位于非计算机专业以应用为主这一教学目标的教材十分缺乏，使得一些公共课不得不选用计算机专业教材或非教材的店销图书及讲义来替代，在这种背景下，出版一套符合目前非计算机专业学习、拓宽计算机及相关领域知识的适用教材以填补这一空白，推进、配合高校新的教改需求，十分必要。清华大学出版社在对计算机基础教学现状进行了广泛的调查研究的基础上，决定组织编写一套《高等学校公共课计算机教材系列》。

本系列教材将延续并反映清华版教材二十年来形成的技术准确、内容严谨的风格，并具有以下特点：

1．目的明确

本系列教材针对当前高等教育改革的新形势，以社会对人才的需求为导向，以重点学校已开设的公共课程为基础，同时也吸收一般院校的优秀公共课教材，广泛吸纳全国各高等学校的优秀教师参与编写，从中精选出版确实反映非计算机专业计算机教学方向的特色教材，以配套各高校开设公选课程。

2．面向就业，突出应用

本系列教材力求突出各学科对计算机知识应用的特征，在知识结构上强调应用能力和创新能力，以使学生能比较熟练地应用计算机知识解决实际问题，满足就业单位的需求。

3．结合教育与学科发展的需求，动态更新

本系列教材将根据计算机学科的发展和各专业的需要进行更新，同时教材的出版载体形式也会随计算机、网络和多媒体技术的发展而变化，以体现教学方法和教学手段的更新。

4．注重服务

本系列教材都将力求配套能用于网上下载的教学课件及辅助教学资源。

由于各个学校办学特色有所不同，对教材的要求也会呈现自己的特点，我们希望大家在使用教材的过程中，及时给我们提出批评和改进意见，以便我们做好教材的修订改版工作，使其日趋完善。

清华大学出版社

联系人：郑寅堃 zhengyk@tup.tsinghua.edu.cn

前言

PREFACE

C语言概念简洁，数据类型丰富，表达能力强，运算符多而灵活，是一种短小精悍的计算机高级程序设计语言，它是根据结构化程序设计原则设计并实现的。C 语言为结构化程序设计提供了各种数据结构和控制结构，既具有高级语言程序设计的特点，又具有汇编语言的功能，同时，用 C 语言编写的程序具有很好的可移植性。尽管当初 C 语言是为编写 UNIX 操作系统而设计的，但它并不依赖于 UNIX 操作系统。目前 C 语言能在多种操作系统环境下运行，并且已经在广阔的领域里得到了应用，是目前国际上应用最广泛的高级程序设计语言之一。

由于近年来各类院校对计算机教学非常重视，教学设备得到了很大改善，使得计算机机房教学成为现实，因此，迫切需要与之相应的教材。我们编写教材的宗旨就是为了适应新的教学方式，教材有配套的教学软件，可联机大屏幕投影，联机广播教学，有利于教学效果的加强和节省学时。

《C 语言程序设计》是长安大学“十一五”规划教材，在编写过程中得到了校教务处及信息工程学院领导的支持和指导，得到了许多教师、学生的帮助，在此表示诚挚的感谢。

全书共 14 章，主要内容可分两部分：第一部分为 C 语言的基础内容，包括基本数据类型、控制结构、数组、函数和编译预处理；第二部分为 C 语言的高级编程技术，也是 C 语言区别于其他高级语言的部分，包括构造数据类型，即指针、结构体、共用体和文件的概念以及相互之间的联系。

第 1~3 章由解亚利编写，第 5、8 章由吴文红编写，第 4、7 章及附录由王永玲编写，第 6 章和第 12~14 章由武雅丽编写，第 9~11 章由王俊编写。全书由武雅丽、王永玲统稿。在编写本书的过程中，参考了大量的计算机专业书籍和技术资料。由于作者经验不足，时间紧迫，书中难免有不足之处，恳请广大读者批评指正。

编　者

2006 年 9 月

目录

CONTENTS

第 1 章

程序设计基础知识

随着科学技术的迅猛发展，计算机技术日新月异，计算机程序设计语言也层出不穷。那么，什么是程序语言？什么是程序设计？应该学哪一种程序语言？如何进行程序设计？这些都是程序设计初学者首先遇到的问题，也是程序设计的基本问题、共性问题。

不论是什么样的计算机语言，其程序设计的基本方法是相同的。本书作为程序设计的入门教材，将以 C 语言程序设计为主线，介绍程序设计的基本概念和基本方法，讲述 C 语言的语法规则和实用的 C 程序设计技术。作为全书的开篇，本章就程序设计的基本知识作概括性讨论，首先介绍计算机的工作原理，然后重点介绍算法的概念及特征、设计算法的方法和策略、流程图的表示和结构化程序设计方法等内容。需要说明的是，有些概念和方法要随着后续各章的深入学习才会有深刻的理解。

1.1 计算机的工作原理

1.1.1 计算机的指令系统

大家知道，计算机中的存储器是由千千万万个的电子线路单元组成，每个单元有两个稳定的工作状态（例如二极管或三极管的截止和导通，磁性元件的消磁和充磁等），分别以 0 和 1 表示，因此计算机存储的信息是以二进制形式存储的。人们要计算机处理信息，就要给计算机规定一些最基本的操作，并用 0 和 1 表示这些操作，这就构成一条一条的指令。在设计的时候，就给它规定了一套指令，称之为指令系统（instruction set）。不同型号的计算机，指令系统也不相同。

一条指令由操作码（opcode）和操作数（oprand）两部分构成，例如在 Z80 中有这样一条指令：

11000110	00000110
操作码	操作数

操作码 11000110 表示加法操作，操作数是 00000110。这条指令的功能是把操作数 00000110 与计算机累加器中的数相加，相加的和仍放在累加器中，例如先在累加器中放一个数 00000101，执行这条指令的过程如图 1.1 所示。这条指令用十六进制表示为：C6 06。

1.1.2 计算机的解题过程

计算机解题要由人事先告诉它解题的方法和步骤，一步一步地去执行。如果人们设计

的步骤是正确的，计算机就能计算出正确的结果，如果设计的步骤不正确，计算机就不能计算出正确的结果，甚至没有结果。

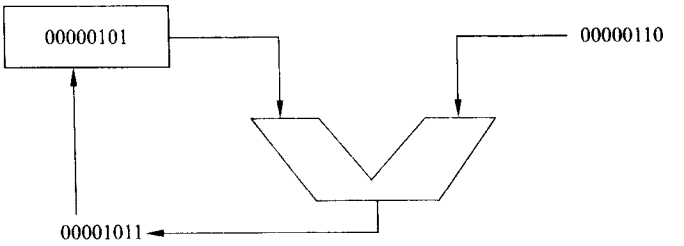

图 1.1　执行过程

以极简单的 5+6 为例，它的解题步骤如下：

（1）把数字 5 和 6 送到计算机的内存中存放起来，存储单元都要有一个编号，称为地址。例如，43 号地址存放数 5，写为 (43)←5，同样，44 号地址存放数 6，写为(44)←6。

（2）把数 5 取出来，送到累加器。

（3）把数 6 取出来，与累加器中的数相加，结果放在累加器中。

（4）把累加器结果送回到内存的 45 号地址存放起来，即(45)←11。

（5）把结果输出到打印机或显示器上。

（6）结束。

这些解题步骤的集合，称之为程序，第（1）步是数据的输入，第（5）步是数据的输出，第（2）～（4）步是计算机内部的处理，用某种机器指令写出第（2）～（4）步这一过程，有如下形式：

存储地址	机器指令
⋮	
00010000	00111011
00010001	00000000
00010010	00001011
00010011	00100001
00010100	00000000
00010101	00001100
00010110	10000110
00010111	00110010
00011000	00000000
00011001	00101101
⋮	
00101011	00000101
00101100	00000110
00101101	00001011

这些由机器指令构成的有序集合，就称为机器语言程序。计算机的工作就是按规定顺序执行程序。人们使用计算机就要为它编制程序，称为程序设计。用机器语言编写程序很不直观，初学者看到这个程序就不知其所以然了（初学者看不懂没关系，不必着急，首先对机器语言有点感性认识就可以了），但对于计算机来说，只有这样的机器语言，才能执行。

1.1.3 存储程序原理

有了指令和程序的概念，就可以进一步了解计算机的工作原理，计算机是基于存储程序的原理工作的。

首先，把程序和数据通过输入设备送入内存。一般的内存都是划分为很多存储单元，每个存储单元都有地址编号，这样按一定顺序把程序和数据存起来，而且还把内存分为若干区域，比如有专门存放程序的程序区和专门存放数据的数据区。

其次，执行程序，必须从第一条指令开始，以后一条一条地执行。一般情况下按存放地址号的顺序，由小到大依次执行，当遇到条件转移指令时，才改变执行的顺序。每执行一条指令，都要经过三个步骤：第一步，把指令从内存中送往译码器，称为取指；第二步，译码器把指令分解成操作码和操作数，产生相应的各种控制信号送往各电器部件；第三步，执行相应的操作。这一过程是由电子线路来控制的，从而实现自动连续的工作。

这一原理是计算机结构设计的基础，它是美籍匈牙利数学家冯·诺依曼（Von Neumann）1946 年提出并论证的，因此常把这一类型的计算机称为冯·诺依曼计算机，迄今为止，各种计算机仍是基于存储程序的原理工作的。

1.2 程序语言与程序设计

1.2.1 计算机程序与程序语言

1. 计算机语言

什么是计算机语言？为什么要使用计算机语言？过去，一提到语言这个词，人们自然想到的是像汉语、英语这样的自然语言，因为它是人和人相互交流信息不可缺少的工具。而今天，计算机遍布于我们生活的每一个角落，除了人和人之间的相互交流之外，我们还必须和计算机交流。用什么样的方式和计算机做最直接的交流呢？人们自然想到的是最古老也最方便的方式——语言。人和人交流用的是双方都能听懂和读懂的自然语言，同样，人和计算机交流也要用人和计算机都容易接受和理解的语言，这就是计算机语言。人用自然语言讲述和书写，目的是给另外的人传播信息。同样，人使用计算机语言把人的意图表达给计算机，目的是使用计算机。

计算机语言是根据计算机的特点而编制的，它没有自然语言那么丰富多样，而只是有限规则的集合，所以它简单易学。但是，也正因为它是根据机器的特点编制的，所以交流中无法意会和言传，而更多地表现了说一不二，表现了“规则”的严谨。例如该是“,”的地方不能写成“:”，该写“a”的地方不能写成“A”，这使得人和计算机的交流在一开始会

有些不习惯。不过，只要认识到计算机语言的特点，注意学习方法，把必需的严谨和恰当的灵活相结合，一切都会得心应手。

2. 程序语言

程序是计算机指令的序列集合，编制程序的工作就是为计算机安排指令序列。

指令是二进制编码，用它编制程序既难记忆，又难掌握，所以，计算机工作者就研制出了各种计算机能够懂得、人们又方便使用的计算机语言，程序就是用计算机语言来编写的。因此，计算机语言通常被称为“程序语言”，一个计算机程序总是用某种程序语言书写的。

程序语言的产生和发展，直接推动了计算机的普及和应用。自第一个高级语言问世以来，人们已发明了上千种程序语言，常用的也有上百种。这些语言之间有什么区别？我们应该学习哪一种?

计算机语言按使用方式和功能可分为低级语言和高级语言。低级语言包括机器语言和汇编语言。机器语言就是计算机指令的集合，它与计算机同时诞生，称为第一代计算机语言；汇编语言用符号来表示计算机指令，称为第二代计算机语言。机器语言和汇编语言都是围绕特定的计算机或计算机族而设计的，是面向计算机的语言，要使用这种语言必须了解计算机的内部结构，而且难学、难写、难记忆，所以把这种语言称为低级语言。因为低级语言是难以普及应用的，为此便产生了第三代计算机语言——高级语言，它是用更接近人的自然语言和数学表达式的一种语言，由表达不同意义的“关键字”和“表达式”，按照一定的语法语义规则组成，完全不依赖机器的指令系统。这样的高级语言为人们提供了很大的方便，编制出来的程序易读易记，也便于修改、调试，大大提高了编制程序的效率，也大大提高了程序的通用性，便于推广交流，从而极大地推动了计算机的普及应用。

例如，使用高级语言 BASIC 编程，要想得到 $3\times8\times\sin(\pi/2)$ 的结果，只需要写出 print 3*8*sin(3.14159/2)即可，计算机将计算并输出结果。

高级语言离人们的理解愈加接近了，但离计算机的理解就愈远了。计算机是不能直接理解那些英语单词、数学表达式的。所以，为了填补人机之间的鸿沟，还是得求助于翻译。这种“翻译”通常有两种做法，即编译方式和解释方式。

编译方式是：事先编好一个称为编译程序的机器指令程序，并放在计算机中，把用高级语言编写的源程序输入计算机，编译程序便把源程序整个地翻译成用机器指令表示的目标程序。然后执行该目标程序，得到计算结果。

解释方式是：事先编好一个称为解释程序的机器指令程序，并放在计算机中，把用高级语言编写的源程序输入计算机，它并不是像编译方式那样把源程序整个地翻译成用机器指令表示的目标程序，而是逐句翻译，译出一句立即执行一句，即边解释边执行。这种方式比编译方式多费机器时间，但可少占计算机的内存。

可以看到高级语言只是要求人们向计算机描述问题的求解过程，而不关心计算机的内部结构，所以把高级语言称为“面向过程语言”，它易于被人们理解和接受。典型的面向过程语言有 BASIC、FORTRAN、COBOL、C 和 Pascal 等。

随着计算机技术的迅猛发展，自从 20 世纪 80 年代以来，众多的第四代非过程化计算机语言、第五代智能化计算机语言也竞相推出。如果说第三代语言要求人们告诉计算机怎么做，那么第四代语言只要求人们告诉计算机做什么。因此，人们称第四代语言是“面向