



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

教育部—英特尔精品课程配套教材

辽宁省精品课程配套教材

高等学校计算机基础教育规划教材

程序设计基础（C语言） （第3版）

高克宁 等 编著



清华大学出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

教育部—英特尔精品课程配套教材

辽宁省精品课程配套教材

高等学校计算机基础教育规划教材

程序设计基础 (C语言) (第3版)

高克宁 李金双 赵长宽 柳秀梅 徐 彬 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书重点介绍程序设计的基本方法和技术,全书共 15 章,以程序设计思想、程序设计语言、程序设计技术和软件工程管理四条主线组织内容。在程序设计思想方面,以结构化程序设计思想为主,同时介绍面向对象程序设计思想,并引入并行程序设计的思想。在程序设计语言方面,以 C 语言为主,按照最新 C11 标准,充分考虑初学者的学习规律,深入浅出地介绍基本语法和特性,内容通俗易懂。在程序设计技术方面,重点介绍结构化程序设计,同时从代码封装与重用入手,介绍函数库和组件;另外,还加强了并行计算技术的内容,除介绍面向多机的 MPI 外,还介绍面向多核的多线程和 OpenMP 技术。在软件工程管理方面,为培养个人软件工程的能力,从程序设计的规范性入手介绍个体软件过程管理。

本书适合作为高等学校程序设计基础课程的教材,也可供程序设计爱好者学习。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

程序设计基础: C 语言/高克宁,等编著. —3 版. —北京:清华大学出版社,2018(2018.9重印)
(高等学校计算机基础教育规划教材)

ISBN 978-7-302-48843-9

I. ①程… II. ①高… III. ①C 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP312.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 284894 号

责任编辑:袁勤勇 战晓雷

封面设计:常雪影

责任校对:焦丽丽

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:31.75 字 数:733 千字

版 次:2009 年 10 月第 1 版 2018 年 1 月第 3 版 印 次:2018 年 9 月第 3 次印刷

定 价:69.00 元

产品编号:076102-01

前言

近年来,以云计算、大数据、深度学习为代表的计算机技术快速发展,“互联网+”成为传统工业改革的重要方向,强大的社会需求对高等教育人才的计算机能力培养提出了新的要求。“程序设计基础”是计算机能力培养的核心课程,承担着计算思维与程序设计能力培养的重要责任。

计算思维的表达和程序设计均离不开程序设计语言。本教材选择了C语言。1972年,为编写UNIX操作系统,贝尔实验室Dennis Ritchie和Ken Thompson设计了C语言,并于1978年发布C语言的第一个版本,史称K&R版本。伴随着小型机和PC的快速发展,MacOS、Windows、Linux等操作系统及其应用软件的开发大量使用了C语言。随着C++、Java、PHP、Python等多种程序语言的兴起,C语言在应用软件开发中的比例有所下降。但是,根据IEEE Spectrum发布的报告,C语言在最近3年内依然是最受欢迎的两种程序设计语言之一。随着多核计算和GPU计算等并行计算的兴起,大多数并行计算框架依然选择了C语言。因此,在本科阶段的程序设计基础课程中,C语言是一个最佳的选择。

本次修订在前两版的基础上对内容进行了大幅度的调整。结合作者多年的教学和软件开发经验,本教材重点介绍程序设计的基本方法和技术,以程序设计思想、程序设计语言、程序设计技术和软件工程管理4条主线组织相关内容。在程序设计思想方面,以结构化程序设计思想为主,同时介绍面向对象程序设计思想,并引入并行程序设计的思想。在程序设计语言方面,以C语言为主,按照最新C11标准,充分考虑初学者的学习规律,深入浅出地介绍基本语法和特性,内容通俗易懂。在程序设计技术方面,重点介绍结构化程序设计,同时从代码封装与重用入手,介绍函数库和组件;同时加强并行计算技术的内容,除介绍面向多机的MPI外,还介绍了面向多核的多线程和OpenMP技术。为培养个人软件工程的能力,从程序设计的规范性入手介绍个体软件过程管理。

本教材共分15章。第1章按照计算设备的发展过程,介绍图灵机及现代计算机的工作原理、问题求解与算法以及主流的程序设计思想和程序设计语言。第2章从信息编码与存储着手,介绍基本标识符、数据类型、常量和变量。第3章从数值计算角度出发,介绍运算符、表达式、输入输出函数库、数值计算函数库以及基本程序设计语句。第4章重点介绍逻辑运算与选择结构及其实现。第5章介绍迭代逻辑与循环结构及其实现。第6章从集合数据处理角度介绍数组、字符串及其实现。第7章从分工和重用角度介绍函数以

及基于多文件的程序结构。第 8 章从地址角度介绍如何通过指针处理数据和指令。第 9 章围绕复杂数据结构的表示形式,介绍结构体、共用体和线性链表。第 10 章介绍预编译处理及其程序移植和泛化编程。第 11 章从数据永久存储角度介绍文件和常用函数。第 12 章总结了常见问题的求解算法。第 13 章从代码和数据封装的角度介绍面向对象的程序设计思想。第 14 章从高性能计算角度介绍并行政程序的基本思想以及 MPI、OpenMP 和多线程技术。第 15 章从培养合格程序设计人员的角度介绍程序设计规范和代码重用技术,并引入软件工程的概念,初步介绍个体软件过程(PSP)。

本教材由高克宁教授主编,副主编有李金双、赵长宽、柳秀梅和徐彬。其中第 1 章由高克宁编写,第 2~5 章由李金双编写,第 7、12、14、15 章由赵长宽编写,第 6、9、11 章由柳秀梅编写,第 8、10、13 章由徐彬编写。高克宁、赵长宽负责全书的统稿。同时,感谢为本教材出版付出辛苦各位同事和研究生。

本教材提供全部教学 PPT、习题答案、案例,请联系清华大学出版社(www.tup.com.cn)。教材中的部分程序要求采用支持 C11 标准的编译器,建议使用 GCC 4.9.2 或更新版本。

作者

2017 年 7 月于东北大学

目录

第 1 章 计算机及程序设计概述	1
1.1 概述	1
1.2 计算与机器	2
1.2.1 计算器	2
1.2.2 机械式计算机	2
1.2.3 图灵机模型	3
1.2.4 电子数字计算机	4
1.3 指令与程序	5
1.4 计算机的典型应用	6
1.5 程序设计语言	7
1.5.1 机器语言	8
1.5.2 汇编语言	8
1.5.3 高级语言	9
1.6 问题求解与算法	11
1.6.1 算法定义	12
1.6.2 算法复杂性	12
1.7 算法描述	13
1.7.1 伪代码	13
1.7.2 流程图	14
1.7.3 N-S 图	15
1.8 程序设计	15
1.8.1 基本步骤	15
1.8.2 结构化程序设计	16
1.8.3 面向对象程序设计	17
1.8.4 并行程序设计	17
1.8.5 程序设计思想前沿	18
1.9 C 语言简介	18
1.9.1 C 语言的特点	18
1.9.2 简单的 C 程序设计	19

1.9.3	C 语言程序结构	21
1.9.4	C 程序设计过程	23
1.10	案例	24
	练习题	25
第 2 章	信息编码与数据类型	27
2.1	概述	27
2.2	二进制与信息编码	27
2.2.1	整数编码	27
2.2.2	实数编码	28
2.2.3	字符编码	29
2.3	标识符和关键字	30
2.3.1	标识符构成	30
2.3.2	关键字	30
2.3.3	自定义标识符	31
2.4	基本数据类型	31
2.4.1	整数类型	33
2.4.2	实数类型	34
2.4.3	字符类型	34
2.4.4	逻辑类型	36
2.4.5	复数类型	36
2.5	常量	37
2.5.1	整型常量	37
2.5.2	实型常量	38
2.5.3	字符常量	38
2.5.4	字符串常量	39
2.5.5	逻辑常量	40
2.5.6	复数常量	40
2.5.7	符号常量	41
2.6	变量	41
2.6.1	变量声明	42
2.6.2	变量初始化	43
2.6.3	变量赋值	44
2.6.4	变量读写	45
2.7	案例	45
	练习题	46

第3章	基本运算与顺序结构	48
3.1	概述	48
3.2	运算符与表达式	48
3.3	赋值运算	50
3.4	算术运算	51
3.4.1	基本算术运算	51
3.4.2	自增或自减运算	52
3.4.3	整数运算	53
3.4.4	实数运算	55
3.4.5	复合赋值运算	56
3.5	字符运算	56
3.5.1	算术运算	56
3.5.2	字符分类	57
3.5.3	字符转换	58
3.6	位运算	58
3.6.1	位逻辑运算	58
3.6.2	位移运算	60
3.6.3	复合位运算及补位原则	61
3.7	逗号运算	61
3.8	强制类型转换	62
3.8.1	算术运算中的隐式转换	62
3.8.2	赋值运算中的隐式转换	62
3.8.3	显式转换	63
3.9	sizeof 运算	64
3.10	标准设备输入输出库	64
3.10.1	字符输入输出函数	65
3.10.2	格式化输出函数	66
3.10.3	格式化输入函数	72
3.11	数学库	76
3.11.1	实数计算函数	76
3.11.2	复数运算函数	77
3.12	基本语句	78
3.12.1	标签语句	78
3.12.2	空语句	78
3.12.3	声明语句	79
3.12.4	表达式语句	79
3.12.5	复合语句	79
3.13	顺序结构	80

3.14	案例	82
	练习题	83
第4章 逻辑判断与选择结构		85
4.1	概述	85
4.2	关系运算	85
4.3	逻辑运算	86
4.4	条件运算	88
4.5	if 语句	89
4.5.1	单分支选择结构	89
4.5.2	双分支选择结构	91
4.5.3	多分支选择结构	93
4.6	switch 语句	96
4.7	选择结构嵌套	101
4.8	案例	106
	练习题	108
第5章 迭代计算与循环结构		109
5.1	概述	109
5.2	while 语句	110
5.3	do...while 语句	112
5.4	for 语句	115
5.5	循环语句对比	118
5.6	循环嵌套	119
5.7	跳转控制语句	124
5.7.1	break 语句	124
5.7.2	continue 语句	126
5.7.3	goto 语句	126
5.7.4	continue、break、goto 语句的区别	128
5.8	案例	129
	练习题	131
第6章 集合数据与数组		133
6.1	概述	133
6.2	一维数组	134
6.2.1	一维数组定义	134
6.2.2	一维数组初始化	135
6.2.3	一维数组引用	136

081	6.2.4	一维数组应用	137
081	6.3	二维数组	140
091	6.3.1	二维数组定义	141
101	6.3.2	二维数组初始化	142
101	6.3.3	二维数组引用	143
101	6.3.4	二维数组应用	143
101	6.4	高维数组	147
101	6.5	字符数组与字符串	149
091	6.5.1	字符数组	149
101	6.5.2	字符串	151
101	6.6	字符串处理函数	155
101	6.6.1	字符串标准输入输出函数	155
091	6.6.2	字符串输入输出函数	157
091	6.6.3	字符串复制函数	158
002	6.6.4	字符串连接函数	159
002	6.6.5	字符串比较函数	159
102	6.6.6	字符串检索函数	160
102	6.6.7	字符串转换函数	162
102	6.6.8	其他字符串常用函数	162
102	6.6.9	宽字节型字符串函数	163
102	6.7	数组新特性	164
102	6.8	案例	165
012		练习题	166
	第7章	模块化与函数	168
112	7.1	概述	168
112	7.2	函数定义	170
112	7.2.1	函数定义形式	170
112	7.2.2	函数返回值与函数类型	173
112	7.3	函数声明、头文件的使用和库函数声明	176
112	7.3.1	函数声明	176
112	7.3.2	头文件的使用	177
112	7.3.3	库函数声明	178
112	7.4	参数传递	180
112	7.4.1	形式参数	180
022	7.4.2	实际参数	182
022	7.4.3	值复制传递机制	183
122	7.4.4	地址复制传递机制	185

7.4.5	数组参数新特性	189
7.5	函数调用	190
7.5.1	函数调用形式	190
7.5.2	嵌套调用	191
7.5.3	递归调用	192
7.6	源程序文件与函数分类	194
7.6.1	外部函数	194
7.6.2	内部函数	195
7.6.3	内联函数	196
7.7	变量存储类型	197
7.7.1	普通变量	197
7.7.2	寄存器变量	197
7.8	变量作用域	198
7.8.1	局部变量	199
7.8.2	全局变量	200
7.8.3	静态变量	203
7.8.4	变量访问控制	204
7.9	源程序结构	205
7.9.1	单文件单函数结构	205
7.9.2	单文件多函数结构	206
7.9.3	多文件多函数结构	206
7.10	案例	208
	练习题	210
第 8 章 地址操作与指针 212		
8.1	概述	212
8.2	指针和指针变量	213
8.2.1	指针变量声明	213
8.2.2	指针变量的赋值及初始化	214
8.2.3	指针变量的引用	214
8.3	指针运算	215
8.3.1	取地址与取值运算	216
8.3.2	算术运算	216
8.3.3	关系运算	218
8.3.4	指针类型转换	218
8.4	数组和指针	220
8.4.1	用指针访问数组元素	220
8.4.2	指向多维数组的指针	221

8.5	字符串和指针	224
8.5.1	指针处理字符串	224
8.5.2	使用字符指针变量与字符数组的区别	225
8.6	函数和指针	227
8.6.1	指针作为函数参数	227
8.6.2	指针作为函数的返回值	232
8.6.3	指向函数的指针	233
8.7	指针数组	236
8.7.1	指针数组定义	236
8.7.2	带参数的 main 函数	239
8.8	数组指针	241
8.9	指向指针的指针	242
8.10	内存访问控制	244
8.11	案例	245
	练习题	249
第 9 章 复杂数据类型与结构体		251
9.1	概述	251
9.2	结构体类型	252
9.2.1	结构体类型定义	253
9.2.2	结构体类型变量声明与初始化	254
9.2.3	结构体变量的引用	257
9.2.4	结构体数组	259
9.2.5	结构体与函数	262
9.2.6	结构体类型指针	264
9.3	共用体	267
9.4	枚举类型	269
9.5	类型重定义	271
9.6	日期和时间	273
9.7	链表	274
9.7.1	链表定义	274
9.7.2	动态内存管理函数	275
9.7.3	链表的基本操作	279
9.8	结构体新特性	283
9.9	案例	285
	练习题	290

第 10 章 泛化编程与预编译	292
10.1 概述	292
10.2 #define 指令	292
10.2.1 不带参数的宏定义	292
10.2.2 带参数的宏定义	294
10.3 #include 指令	297
10.4 条件编译	299
10.4.1 #ifdef ... #else ... #endif	299
10.4.2 #ifndef ... #else ... #endif	299
10.4.3 #if ... #else ... #endif	300
10.5 其他指令	302
10.6 预定义宏	305
10.7 异常处理	305
10.8 程序移植	307
10.9 案例	308
练习题	310
第 11 章 数据存储与文件	312
11.1 概述	312
11.2 文本文件与二进制文件	313
11.2.1 文本文件	313
11.2.2 二进制文件	313
11.3 文件类型	314
11.4 文件打开与关闭	315
11.4.1 文件打开	315
11.4.2 文件关闭	318
11.5 文件读写	319
11.5.1 单字符读写	319
11.5.2 字符串读写	322
11.5.3 格式化读写	323
11.5.4 数据块读写	325
11.6 文件定位函数	328
11.7 文件状态跟踪	330
11.8 其他文件操作函数	332
11.9 案例	334
练习题	338

第 12 章 程序设计思想及范例	340
12.1 概述	340
12.2 求和/求积问题	340
12.2.1 多项式求和	341
12.2.2 数列求和	342
12.3 遍历问题	344
12.4 迭代问题	350
12.4.1 二分迭代法	350
12.4.2 牛顿迭代法	352
12.5 排序问题	354
12.5.1 直接插入排序	355
12.5.2 起泡排序	357
12.5.3 选择排序	359
12.6 查找问题	361
12.6.1 顺序查找	361
12.6.2 折半查找	362
12.7 递归问题	364
12.8 矩阵运算	367
12.8.1 矩阵加/减运算	367
12.8.2 矩阵乘法	368
12.8.3 矩阵转置	370
练习题	371
第 13 章 面向对象与 C++ 基础	373
13.1 概述	373
13.1.1 结构化程序设计	373
13.1.2 模块封装与访问控制	374
13.2 面向对象程序设计	376
13.3 类与对象	376
13.3.1 类	376
13.3.2 对象	378
13.3.3 类在 C++ 中的实现	378
13.3.4 成员变量	384
13.3.5 成员函数	386
13.3.6 构造函数和析构函数	390
13.3.7 函数重载	392
13.3.8 运算符重载	394

13.3.9	静态成员变量	396
13.3.10	静态成员函数	398
13.4	继承与多态	400
13.4.1	类继承	400
13.4.2	多态性与虚函数	403
13.5	案例	407
	练习题	408
第 14 章 高性能计算与并行程序设计		409
14.1	概述	409
14.2	并行算法	409
14.2.1	并行问题	409
14.2.2	并行算法设计	410
14.3	并行程序设计实现	411
14.3.1	并行程序设计模型	411
14.3.2	进程	412
14.3.3	创建进程	412
14.3.4	消息传递	413
14.4	MPI 程序设计基础	416
14.4.1	MPI 简介	416
14.4.2	简单 MPI 程序设计	417
14.4.3	MPI 初始化与关闭	417
14.4.4	MPI 函数库	419
14.4.5	MPI 消息传递	420
14.5	多核 CPU 与多线程	428
14.5.1	多核 CPU	428
14.5.2	线程	430
14.6	OpenMP 与多核程序设计	431
14.6.1	OpenMP 简介	431
14.6.2	OpenMP 并行程序结构	431
14.6.3	parallel 节	433
14.6.4	for 节	434
14.6.5	其他节	435
14.6.6	共享变量与信息传递	436
14.7	多线程技术	437
14.7.1	线程函数库简介	437
14.7.2	Win32 线程函数库	437

14.7.3	C11 标准线程函数库	444
	练习题	451
第 15 章 个体软件过程管理 453		
15.1	概述	453
15.2	编码规范定义	454
15.3	MPI 编码规范	454
15.3.1	标识符命名规范	455
15.3.2	函数或过程规范	455
15.4	ANSI C 程序编码规范	456
15.4.1	代码结构与组织	456
15.4.2	注释	458
15.4.3	标识符命名规范	460
15.4.4	代码风格与排版	461
15.5	代码重用技术	462
15.5.1	源程序文件	463
15.5.2	静态库	463
15.5.3	动态链接库	465
15.5.4	组件技术	467
15.6	软件生命周期模型简介	468
15.7	CMM 简介	470
15.8	PSP 简介	470
15.9	PSP0 级	471
15.9.1	计划过程管理	472
15.9.2	开发过程管理	472
15.9.3	总结过程管理	473
15.9.4	PSP0 过程管理文档	474
15.9.5	PSP0.1 级	475
15.10	软件开发计划	477
15.10.1	软件开发计划基本内容	477
15.10.2	制定个体软件开发计划	478
15.10.3	PSP 软件开发计划过程管理	479
15.11	PSP1 级	479
15.11.1	规模计算	480
15.11.2	任务计划	480
15.11.3	进度计划	481
15.12	PSP2 级	481

15.12.1	代码评审	482
15.12.2	设计评审	483
15.12.3	缺陷预防	483
15.12.4	PSP2 级的改进	483
	练习题	483
附录 A ASCII 码表		485
附录 B 运算符和结合方向		486
参考文献		488