

原创经典，程序员典藏

资深程序员15年开发经验的总结，全面、深入剖析Linux环境C程序设计的精髓  
涵盖Linux C编程基础、开发环境、进程操作、文件操作、网路编程和Shell编程

# Linux C程序设计 王者归来

( 23.8小时多媒体教学视频 )

吴岳 等编著

## 本书特色

- 内容全面：涵盖Linux下C语言基础、开发工具、系统机制和Shell编程
- 讲解详细：从原理、作用、语法、示例和技巧等多角度讲解每个知识点
- 贴近实际：对经常用到的Linux进程操作、文件操作和网络编程做了深入剖析
- 重点突出：对C语言本质和Linux编程中容易遇到的问题和难点做了深入剖析
- 对比讲解：对Linux和Windows系统开发中的相关概念做了对比讲解
- 注重实用：提供了643个典型示例、412个开发技巧和2个综合开发案例
- 视频教学：专门提供了23.8小时高清教学视频辅助学习，提高学习效率

## 超值、大容量DVD光盘

- ◎ 本书实例源文件
- ◎ 16.8小时高清配套教学视频
- ◎ 7小时Linux C编程专题视频讲座
- ◎ Ubuntu安装镜像文件



清华大学出版社

# Linux C程序设计

# 王者归来

吴岳 等编著



清华大学出版社

## 内 容 简 介

本书由浅入深,全面细致地讲述了 Linux 环境 C 程序设计从基本概念到实际操作,从核心原理到具体实践,再到实际案例开发等内容,涵盖了 Linux C 程序设计的所有重要知识点。本书讲解时结合大量实例,便于读者通过动手实践更加深刻地理解所学知识。另外,本书配 1 张 DVD 光盘,内容为作者专门为本书录制的 16.8 小时高清配套教学视频、本书涉及的实例源文件及其他相关学习资料。

本书共 28 章,分 6 篇。第 1 篇 Linux 下 C 语言基础,介绍了 Linux 发展、控制结构、C 语言中的函数、指针与字符串及 C 语言高级技术等;第 2 篇 C 语言开发环境,介绍了 vi 编辑器、gcc 编译器、构建 makefile 文件和 gdb 调试器等;第 3 篇 Linux 进程操作,介绍了进程环境、进程控制、时间和日历历程、信号及信号处理、进程间通信、线程和线程高级操作等;第 4 篇 Linux 文件操作,介绍了文件 I/O、文件管理、目录操作、特殊文件和基于流的 I/O 等;第 5 篇 Linux 网络编程,介绍了 TCP 和 UDP 协议、网络编程基础、网络编程进阶、实现文件传输程序实例和简单的 Web 服务器实例;第 6 篇介绍了 shell 脚本基础和脚本中的控制结构等。

本书适合所有想全面学习 Linux C 开发技术的人员阅读,也适合各种使用 Linux C 做开发的工程技术人员阅读。对于长期在 Linux 平台做开发的程序员,本书更是一本不可多得的案头必备参考书。

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

Linux C 程序设计王者归来 / 吴岳等编著. —北京:清华大学出版社, 2014

ISBN 978-7-302-35563-2

I. ①L… II. ①吴… III. ①Linux 操作系统—程序设计 ②C 语言—程序设计 IV. ①TP316.89 ②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 038543 号

责任编辑:夏兆彦

封面设计:欧振旭

责任校对:胡伟民

责任印制:沈 露

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印刷者:清华大学印刷厂

装订者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:49.5

字 数:1236 千字

(附光盘 1 张)

版 次:2014 年 8 月第 1 版

印 次:2014 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:99.80 元



# 前 言

Linux 系统以其免费、开源等特点，在服务器解决方案、嵌入式开发和计算机安全等领域的优势已经越来越明显，也越来越被更多的开发人员所认同。在 Linux 系统下，最为有效的开发方式是采用 C 语言开发。IT 行业的人才招聘也可以印证这一点。很明显，基于 Linux 系统开发的人员需求量不断增加，尤其对 Linux 环境 C 程序设计人员的需求尤为明显。

尽管 Linux 环境 C 语言开发越来越被企业和开发人员所认同，而且关注的人数也越来越多，但实际上真正了解和掌握 Linux 环境 C 程序设计的人员却是少数，在整个程序员队伍中所占比例依然较低。这可能也是由于 Linux 环境 C 程序设计对于大多数人来说并不是一件容易的事，开发人员要在陌生的战场（Linux 操作系统），使用陌生的武器（gcc 和 vi 等开发工具），和陌生的敌人（要遇到操作系统层面的相关技术）作战。

为了让广大 Linux 环境 C 程序设计爱好者和程序员更加系统、深入和透彻地学习这门技术，笔者总结了自己亲身学习 Linux 系统函数接口的经验，并结合了多年从事 Linux 环境 C 程序设计的经验，编写了本书。在本书中，笔者将通过 28 章的学习规划，让读者更快速地掌握 Linux 环境 C 程序设计的基本知识和编程技巧。

## 本书特色

### 1. 技术翔实，内容突出

本书从实际开发者的角度出发，全面、系统、深入地介绍了 Linux 环境 C 语言编程方方面面的知识。书中除了涉及 Linux 系统函数的各个方面外，还选择了当前最热门、应用最广的技术进行了深入的讨论。

### 2. 概念准确，理解深刻

本书对每个核心概念都使用通俗、形象的语言进行解释，对很多关键概念还配有相关插图，让读者更加直观地掌握概念的含义。另外，鉴于广大读者对 Windows 比较熟悉，本书在多处概念讲解中将 Linux 和 Windows 系统开发中的相关概念进行了对比讲解，以加深读者对 Linux 开发的理解。

### 3. 实例丰富，强调实践

为了让读者易于掌握 Linux 环境下 C 语言编程的技巧，本书列举了大量实例进行讲解。通过这些实例，读者可以更加深入地理解相关概念，从而达到灵活使用 Linux 系统函数接口编写程序的目的。另外，本书重点强调实践性，书中的很多例子都来源于作者的实际开

发, 大多数实例都是一些实际项目中截取的一部分子功能。通过对这些例子的学习, 可以增强读者的动手实践能力。

#### 4. 代码规范, 注释详细

为了让读者了解 Linux 环境下开发的要求, 本书在讲解代码时十分注意代码规范。书中所有的代码都取自实际开发经验, 符合规范。为了帮助读者理解代码含义, 书中对代码进行了详细的注释, 读者可以通过注释十分便利地了解代码的结构和流程。

#### 5. 视频教学, 高效直观

笔者专门为本书录制了长达 16.8 小时的配套高清多媒体教学视频, 便于让读者更加轻松、直观地学习, 从而提高学习效率。这些视频与本书源代码一起收录于配书光盘中。

#### 6. 技术支持, 答疑解惑

本书提供技术答疑服务。读者在阅读本书时如果有什么疑问或者发现了疏漏之处, 可以发 E-mail 到 [book@wanjuanchina.net](mailto:book@wanjuanchina.net) 或 [bookservice2008@163.com](mailto:bookservice2008@163.com) 以获得帮助, 也可以在本书的技术论坛 (<http://www.wanjuanchina.net>) 上留言, 会有专人负责答疑。

## 本书内容

### 第 1 篇 Linux 下 C 语言基础 (第 1~5 章)

本篇主要包括: Linux 简介、控制结构、C 语言中的函数、C 语言中的指针与字符串及 C 语言的高级技术。通过本篇的学习, 读者可以了解 Linux 的发展过程, 掌握 Linux 下 C 语言的基础知识。

### 第 2 篇 C 语言开发环境 (第 6~9 章)

本篇主要包括: vi 编辑器、gcc 编译器、构建 makefile 文件及 gdb 调试器。通过本篇的学习, 读者可以掌握 Linux 下 C 语言开发环境的使用。

### 第 3 篇 Linux 进程操作 (第 10~16 章)

本篇主要包括: 进程环境、进程控制、时间和日历历程、信号及信号处理、进程间通信、线程及线程高级操作。通过本篇的学习, 读者可以掌握 Linux 下 C 语言编程的进程操作技术。

### 第 4 篇 Linux 文件操作 (第 17~21 章)

本篇主要包括: 文件 I/O、文件管理、目录操作、特殊文件及基于流的 I/O。通过本篇的学习, 读者可以掌握 Linux 下 C 语言的文件操作。

### 第 5 篇 Linux 网络编程 (第 22~26 章)

本篇主要包括: TCP 和 UDP 协议、网络编程基础、网络编程进阶及两个编程实

例。通过本篇的学习，读者可以熟练掌握 Linux 下 C 语言的网络编程技术。

## 第 6 篇 shell 脚本知识（第 27~28 章）

本篇主要内容包括：shell 脚本基础和 shell 脚本中的控制结构。通过本篇的学习，读者可以初步掌握 shell 脚本的知识。

## 学习建议

为了提高读者的学习效率，增强学习效果，特别提出以下学习建议。

- ❑ **仔细看图：**为了帮助读者理解概念，本书中多次使用了图示的方法来讲解概念。请读者认真查看这些示意图，可以更加深刻地理解所讲解的知识点。
- ❑ **亲自动手：**本书中的所有实例都有实际的开发背景，所以需要读者亲自完成书中的实例，这样才能身临其境地感受到实际项目对开发者的要求。
- ❑ **技术交流：**Linux 本身就是开源的系统，从诞生之日起，就和技术交流密切相关。根据笔者的经验，技术交流和网络资源对开发者而言是至关重要的。希望读者一开始就能注意到技术交流的重要性。
- ❑ **坚持编程：**程序设计是实践性很强的事，除了要掌握好基本的语法和理论外，还需要长期坚持动手实践，只有这样才能避免“纸上谈兵”，胜任实际的工作要求。

## 本书读者对象

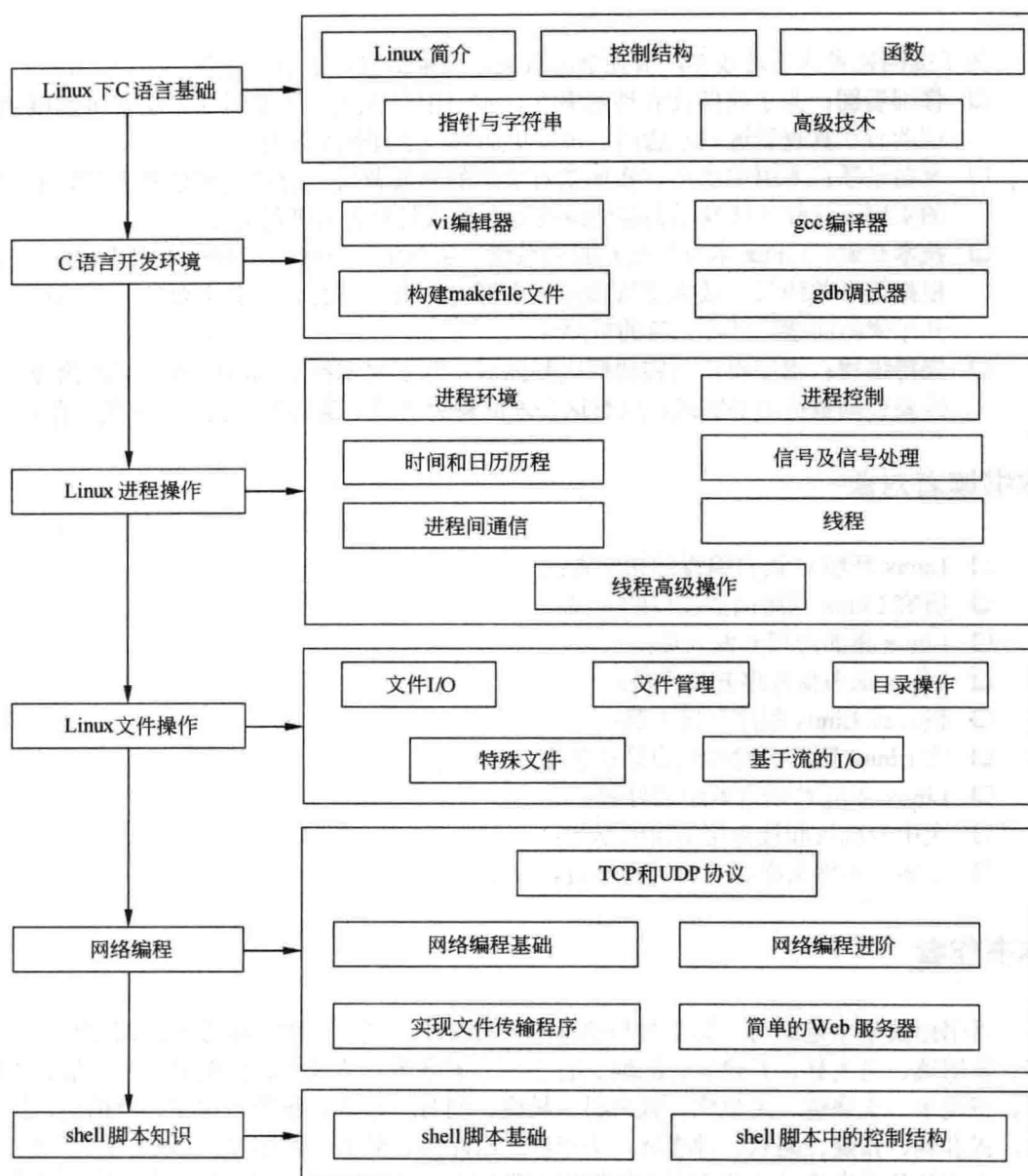
- ❑ Linux 环境 C 语言编程的初学者；
- ❑ 研究 Linux 系统函数接口的人员；
- ❑ Linux 桌面应用开发人员；
- ❑ Linux 服务器程序开发人员；
- ❑ 嵌入式 Linux 程序开发人员；
- ❑ 在 Linux 环境下做毕业设计的学生；
- ❑ Linux 环境 C 语言编程爱好者；
- ❑ 大中专院校和社会培训班的学生；
- ❑ 需要一本案头必备手册的程序员。

## 本书作者

本书由吴岳主笔编写。其他参与编写的人员有梁胜斌、林阳、林珍珍、刘爱军、刘海峰、罗明英、马奎林、乔建军、施迎、石小勇、宋晓薇、苏亚光、谭东平、王守信、王向军、王晓东、王晓倩、王晓艳、魏来科、吴俊、闫芳、杨丹、杨艳、宜亮、余柏山、张春杰、张春晓、张娜、赵东、钟晓鸣、朱翠红、朱萍玉、龚力、黄茂发、邢岩、符滔滔。

希望各位读者通过阅读本书，能很好地掌握 Linux 环境 C 语言开发技术，成为这个领域中的“王者”，笔者将倍感欣慰！所学授之于人，不亦乐乎？最后祝读书快乐！

# 本书知识体系导读



# 目 录

## 第 1 篇 Linux 下 C 语言基础

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第 1 章 Linux 简介 (🎥 教学视频: 16 分钟) | 2  |
| 1.1 GNU 简介                     | 2  |
| 1.2 Linux 简介                   | 2  |
| 1.2.1 Linux 发展史                | 2  |
| 1.2.2 Linux 发行版                | 4  |
| 1.2.3 Linux 内核版本               | 5  |
| 1.2.4 Linux 与 UNIX 的关系         | 5  |
| 1.2.5 Linux 在服务器方面的发展          | 5  |
| 1.2.6 Linux 在嵌入式系统方面的发展        | 6  |
| 1.2.7 Linux 在桌面系统方面的发展         | 6  |
| 1.3 Linux 环境下的其他编程语言           | 7  |
| 1.3.1 C++                      | 7  |
| 1.3.2 Java                     | 9  |
| 1.3.3 Perl                     | 11 |
| 1.3.4 Python                   | 12 |
| 1.3.5 Ruby                     | 13 |
| 1.3.6 PHP                      | 13 |
| 第 2 章 控制结构 (🎥 教学视频: 56 分钟)     | 16 |
| 2.1 goto 语句                    | 16 |
| 2.1.1 C 语言中的无条件跳转              | 16 |
| 2.1.2 使用 goto 语句进行出错处理         | 17 |
| 2.1.3 出错处理的一般模型                | 19 |
| 2.2 C 语言中的分支结构                 | 20 |
| 2.2.1 分支结构的翻译                  | 20 |
| 2.2.2 使用 goto 语句实现分支结构         | 22 |
| 2.3 短路计算                       | 22 |
| 2.3.1 短路计算                     | 22 |
| 2.3.2 &&运算的短路计算                | 23 |

|       |                          |    |
|-------|--------------------------|----|
| 2.3.3 | 运算的短路计算                  | 24 |
| 2.4   | C 语言中的循环结构               | 26 |
| 2.4.1 | while 循环                 | 26 |
| 2.4.2 | do...while 循环            | 28 |
| 2.4.3 | for 循环                   | 30 |
| 2.5   | switch 语句                | 32 |
| 2.5.1 | switch 语句的应用             | 32 |
| 2.5.2 | 使用 goto 语句实现 switch 语句   | 33 |
| 2.6   | 优化控制结构                   | 34 |
| 2.6.1 | 表达式优化——使用替换程序中的乘除法       | 34 |
| 2.6.2 | 表达式优化——常量折叠              | 35 |
| 2.6.3 | 表达式优化——使用数学公式            | 36 |
| 2.6.4 | 表达式优化——存储问题              | 37 |
| 2.6.5 | 分支优化——改变判断顺序             | 38 |
| 2.6.6 | 分支优化——使用 switch 语句       | 41 |
| 2.6.7 | 循环优化——一次性计算              | 42 |
| 第 3 章 | C 语言中的函数 (📺 教学视频: 56 分钟) | 46 |
| 3.1   | 函数的本质                    | 46 |
| 3.2   | 变量的作用域和生命期               | 47 |
| 3.2.1 | 全局变量                     | 47 |
| 3.2.2 | 局部变量                     | 48 |
| 3.3   | 变量的初始值                   | 50 |
| 3.3.1 | 全局变量的初始值                 | 50 |
| 3.3.2 | 局部变量的初始值                 | 50 |
| 3.4   | 与函数有关的优化                 | 51 |
| 3.4.1 | 函数调用与程序优化                | 52 |
| 3.4.2 | 变量存储优化                   | 54 |
| 3.5   | 编写多文件程序——变量的存储类别         | 56 |
| 3.5.1 | 存储类别                     | 56 |
| 3.5.2 | static 变量的作用——改变变量的生命期   | 56 |
| 3.5.3 | static 变量的作用——实现封装和模块化设计 | 58 |
| 3.6   | 编写多文件的程序——链接的作用          | 61 |
| 3.6.1 | 链接多个文件                   | 61 |
| 3.6.2 | 链接时符号解析规则                | 63 |
| 3.6.3 | 链接规则的应用                  | 63 |
| 3.7   | 可变参数                     | 66 |
| 3.7.1 | 可变参数的概念                  | 66 |
| 3.7.2 | 实现一个简单的可变参数的函数           | 67 |
| 3.7.3 | 可变参数实例                   | 69 |

|                                                                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.7.4 关于 printf()函数的疑问——缺少整型参数 .....                                                                                          | 74         |
| 3.7.5 关于 printf()函数的疑问——缺少字符串地址参数 .....                                                                                       | 75         |
| <b>第4章 C语言中的指针与字符串 (  教学视频: 48 分钟) .....</b> | <b>78</b>  |
| 4.1 sizeof 运算符 .....                                                                                                          | 78         |
| 4.1.1 sizeof 运算符的应用——得到内置类型的大小 .....                                                                                          | 78         |
| 4.1.2 sizeof 运算符的应用——得到复合类型的大小 .....                                                                                          | 79         |
| 4.2 指针的应用 .....                                                                                                               | 80         |
| 4.2.1 指针与别名陷阱 .....                                                                                                           | 80         |
| 4.2.2 数组的指针 .....                                                                                                             | 82         |
| 4.2.3 指针的指针 .....                                                                                                             | 83         |
| 4.2.4 指针与参数传递 .....                                                                                                           | 85         |
| 4.2.5 指针类型的意义 .....                                                                                                           | 90         |
| 4.2.6 void*型指针 .....                                                                                                          | 91         |
| 4.3 函数的指针 .....                                                                                                               | 94         |
| 4.3.1 C语言中的函数指针 .....                                                                                                         | 94         |
| 4.3.2 函数指针的应用——回调函数 .....                                                                                                     | 97         |
| 4.3.3 函数指针数组 .....                                                                                                            | 102        |
| 4.4 字符串 .....                                                                                                                 | 103        |
| 4.4.1 字符串与字符数组 .....                                                                                                          | 103        |
| 4.4.2 字符串与指针 .....                                                                                                            | 104        |
| 4.4.3 限定修饰符 const .....                                                                                                       | 106        |
| 4.4.4 const 关键字修饰指针——在指针定义之前 .....                                                                                            | 107        |
| 4.4.5 const 关键字修饰指针——在指针定义之中 .....                                                                                            | 107        |
| 4.4.6 const 关键字修饰指针——在指针定义之前和定义之中 .....                                                                                       | 107        |
| 4.4.7 使用 const 关键字的意义 .....                                                                                                   | 108        |
| <b>第5章 C语言的高级技术 (  教学视频: 30 分钟) .....</b>  | <b>111</b> |
| 5.1 结构体与共同体 .....                                                                                                             | 111        |
| 5.1.1 结构体中成员变量的存储分布 .....                                                                                                     | 111        |
| 5.1.2 内存对齐 .....                                                                                                              | 112        |
| 5.2 位运算 .....                                                                                                                 | 115        |
| 5.2.1 掩码运算 .....                                                                                                              | 115        |
| 5.2.2 不安全的位运算 .....                                                                                                           | 117        |
| 5.2.3 异或运算的特性 .....                                                                                                           | 119        |
| 5.2.4 移位运算的陷阱 .....                                                                                                           | 121        |
| 5.2.5 移位运算的实例 .....                                                                                                           | 122        |
| 5.3 预处理 .....                                                                                                                 | 124        |
| 5.3.1 常用的代码组织形式 .....                                                                                                         | 124        |
| 5.3.2 调试开关 .....                                                                                                              | 129        |
| 5.4 C99 新标准关键字详解 .....                                                                                                        | 130        |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 5.4.1 inline 关键字的概念 .....   | 131 |
| 5.4.2 inline 关键字实例 .....    | 131 |
| 5.4.3 inline 关键字使用总结 .....  | 132 |
| 5.4.4 restrict 关键字的概念 ..... | 133 |
| 5.4.5 restrict 关键字的应用 ..... | 134 |

## 第 2 篇 C 语言开发环境

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 第 6 章 vi 编辑器 (🔗 教学视频: 44 分钟) .....  | 136 |
| 6.1 vi 编辑器入门 .....                  | 136 |
| 6.1.1 vi 简介 .....                   | 136 |
| 6.1.2 vi 的工作模式 .....                | 136 |
| 6.2 vi 一般操作 .....                   | 137 |
| 6.2.1 进入 vi .....                   | 137 |
| 6.2.2 文本插入操作 .....                  | 140 |
| 6.2.3 文本删除操作 .....                  | 141 |
| 6.2.4 文本复制操作 .....                  | 143 |
| 6.2.5 撤销命令 .....                    | 144 |
| 6.2.6 重复命令 .....                    | 145 |
| 6.2.7 退出 vi .....                   | 145 |
| 6.3 vi 的增强操作 .....                  | 147 |
| 6.3.1 替换命令 .....                    | 147 |
| 6.3.2 光标移动 .....                    | 148 |
| 6.3.3 按行移动光标 .....                  | 148 |
| 6.3.4 按字移动光标 .....                  | 149 |
| 6.3.5 按句移动光标 .....                  | 150 |
| 6.3.6 按段移动光标 .....                  | 151 |
| 6.3.7 文本行的移动 .....                  | 151 |
| 6.3.8 文本的异行移动 .....                 | 153 |
| 6.3.9 屏幕滚动 .....                    | 153 |
| 6.3.10 查找命令 .....                   | 154 |
| 6.3.11 替换命令 .....                   | 155 |
| 6.3.12 窗口的切分 .....                  | 157 |
| 6.3.13 设置环境 .....                   | 157 |
| 第 7 章 gcc 编译器 (🔗 教学视频: 27 分钟) ..... | 159 |
| 7.1 初探 gcc 编译器 .....                | 159 |
| 7.1.1 从经典的 hello world 开始 .....     | 159 |
| 7.1.2 gcc 编译流程 .....                | 160 |

|       |                                                                                                                         |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.2   | gcc 常用选项 .....                                                                                                          | 160 |
| 7.2.1 | gcc 常用选项汇总 .....                                                                                                        | 161 |
| 7.2.2 | -c 选项 .....                                                                                                             | 161 |
| 7.2.3 | -S 选项 .....                                                                                                             | 162 |
| 7.2.4 | -E 选项 .....                                                                                                             | 163 |
| 7.2.5 | -o 选项 .....                                                                                                             | 164 |
| 7.2.6 | -I 选项 .....                                                                                                             | 165 |
| 7.2.7 | -g 选项 .....                                                                                                             | 165 |
| 7.3   | 链接原理 .....                                                                                                              | 165 |
| 7.3.1 | 链接器的任务 .....                                                                                                            | 165 |
| 7.3.2 | 目标文件 .....                                                                                                              | 165 |
| 7.3.3 | ELF 格式的可重定位目标文件 .....                                                                                                   | 167 |
| 7.3.4 | 目标文件中的符号表 .....                                                                                                         | 168 |
| 7.3.5 | 重定位的概念 .....                                                                                                            | 172 |
| 7.3.6 | 符号的重定位信息 .....                                                                                                          | 172 |
| 7.4   | 关于库 .....                                                                                                               | 173 |
| 7.4.1 | 使用库的优势 .....                                                                                                            | 173 |
| 7.4.2 | 静态库的概念 .....                                                                                                            | 175 |
| 7.4.3 | 创建静态库 .....                                                                                                             | 175 |
| 7.4.4 | 使用静态库 .....                                                                                                             | 176 |
| 7.4.5 | 动态库的概念 .....                                                                                                            | 177 |
| 7.4.6 | 创建动态库 .....                                                                                                             | 178 |
| 7.4.7 | 使用动态库 .....                                                                                                             | 180 |
| 7.5   | gcc 工具链 .....                                                                                                           | 181 |
| 第 8 章 | 构建 makefile 文件 (  教学视频: 46 分钟) ..... | 183 |
| 8.1   | makefile 文件入门 .....                                                                                                     | 183 |
| 8.1.1 | makefile 文件的组成内容 .....                                                                                                  | 183 |
| 8.1.2 | makefile 文件包含 .....                                                                                                     | 183 |
| 8.1.3 | make 工具的退出码 .....                                                                                                       | 184 |
| 8.2   | 书写 makefile 规则 .....                                                                                                    | 185 |
| 8.2.1 | 使用基本规则 .....                                                                                                            | 185 |
| 8.2.2 | 使用隐式规则 .....                                                                                                            | 186 |
| 8.2.3 | 使用伪目标 .....                                                                                                             | 187 |
| 8.2.4 | 使用通配符 .....                                                                                                             | 188 |
| 8.2.5 | 搜索源文件 .....                                                                                                             | 189 |
| 8.3   | 使用命令 .....                                                                                                              | 190 |
| 8.3.1 | 显示命令 .....                                                                                                              | 190 |
| 8.3.2 | 执行命令 .....                                                                                                              | 190 |
| 8.3.3 | 命令出错 .....                                                                                                              | 192 |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.4 使用变量                                                                                                          | 192 |
| 8.4.1 使用普通变量                                                                                                      | 192 |
| 8.4.2 变量中的变量                                                                                                      | 194 |
| 8.4.3 追加变量的值                                                                                                      | 196 |
| 8.4.4 自动化变量                                                                                                       | 197 |
| 8.5 使用条件判断                                                                                                        | 197 |
| 8.5.1 条件表达式                                                                                                       | 197 |
| 8.5.2 表达式实例                                                                                                       | 199 |
| 8.6 使用函数                                                                                                          | 200 |
| 8.6.1 函数调用的语法                                                                                                     | 200 |
| 8.6.2 字符串处理函数                                                                                                     | 201 |
| 8.6.3 文件名操作函数                                                                                                     | 206 |
| 8.6.4 foreach 函数                                                                                                  | 209 |
| 8.6.5 if 函数                                                                                                       | 210 |
| 8.6.6 call 函数                                                                                                     | 210 |
| 8.6.7 origin 函数                                                                                                   | 211 |
| 8.6.8 shell 函数                                                                                                    | 211 |
| 8.7 makefile 实例                                                                                                   | 212 |
| 8.7.1 makefile 实例——项目中的总 makefile                                                                                 | 212 |
| 8.7.2 makefile 实例——makefile 模板                                                                                    | 214 |
| 第 9 章 gdb 调试器 (  教学视频: 27 分钟 ) | 216 |
| 9.1 列出源程序                                                                                                         | 216 |
| 9.1.1 不带参数的 list 命令                                                                                               | 216 |
| 9.1.2 带一个参数的 list 命令                                                                                              | 217 |
| 9.1.3 带两个参数的 list 命令                                                                                              | 217 |
| 9.2 运行程序的命令                                                                                                       | 218 |
| 9.3 操作断点的命令                                                                                                       | 220 |
| 9.3.1 设置断点                                                                                                        | 220 |
| 9.3.2 显示当前 gdb 的断点信息                                                                                              | 222 |
| 9.3.3 删除指定的断点                                                                                                     | 223 |
| 9.3.4 禁止或启用断点                                                                                                     | 223 |
| 9.3.5 清除断点                                                                                                        | 223 |
| 9.3.6 观察点                                                                                                         | 224 |
| 9.3.7 设置断点实例                                                                                                      | 225 |
| 9.4 查看运行时数据                                                                                                       | 228 |
| 9.4.1 数据观察命令                                                                                                      | 229 |
| 9.4.2 对程序中函数的调用                                                                                                   | 230 |
| 9.4.3 查看表达式的值                                                                                                     | 231 |
| 9.4.4 查看数组的值                                                                                                      | 231 |

|        |                     |     |
|--------|---------------------|-----|
| 9.4.5  | 变量的输出格式 .....       | 232 |
| 9.4.6  | 查看内存 .....          | 233 |
| 9.4.7  | 自动显示变量 .....        | 233 |
| 9.4.8  | 设置显示选项 .....        | 237 |
| 9.4.9  | 显示变量的历史记录 .....     | 239 |
| 9.4.10 | 查看寄存器 .....         | 239 |
| 9.4.11 | 查看使用 gdb 环境变量 ..... | 240 |
| 9.4.12 | 查看数据实例 .....        | 241 |
| 9.5    | 改变程序的执行 .....       | 245 |
| 9.5.1  | 修改变量的值 .....        | 246 |
| 9.5.2  | 跳转执行 .....          | 246 |
| 9.5.3  | 信号的产生及处理 .....      | 248 |
| 9.5.4  | 强制调用函数 .....        | 248 |
| 9.5.5  | 强制函数返回 .....        | 249 |
| 9.6    | gdb 高级应用 .....      | 249 |
| 9.6.1  | 产生 core 文件 .....    | 250 |
| 9.6.2  | 跟踪栈上数据 .....        | 250 |
| 9.6.3  | 绑定运行进程 .....        | 252 |
| 9.6.4  | 源文件搜索 .....         | 254 |
| 9.6.5  | 机器语言工具 .....        | 254 |
| 9.6.6  | 其他有用的调试命令 .....     | 255 |

## 第 3 篇 Linux 进程操作

|        |                          |     |
|--------|--------------------------|-----|
| 第 10 章 | 进程环境 (教学视频: 44 分钟) ..... | 258 |
| 10.1   | 程序的启动和退出 .....           | 258 |
| 10.1.1 | 在 shell 中启动一个程序 .....    | 258 |
| 10.1.2 | 加载一个程序 .....             | 259 |
| 10.1.3 | 加载地址 .....               | 260 |
| 10.1.4 | 退出程序 .....               | 261 |
| 10.1.5 | 进程终止处理函数 .....           | 262 |
| 10.2   | Linux 进程内存管理 .....       | 263 |
| 10.2.1 | 数据的内部存储 .....            | 263 |
| 10.2.2 | C 程序的存储布局——代码段 .....     | 265 |
| 10.2.3 | C 程序的存储布局——数据段和缓冲段 ..... | 267 |
| 10.2.4 | C 程序的存储布局——栈 .....       | 268 |
| 10.2.5 | C 程序的存储布局——堆 .....       | 269 |
| 10.2.6 | 常量的存储 .....              | 270 |
| 10.2.7 | 动态内存管理 .....             | 271 |

|         |                                                     |     |
|---------|-----------------------------------------------------|-----|
| 10.2.8  | 动态内存分配的深入研究                                         | 273 |
| 10.3    | shell 环境                                            | 276 |
| 10.3.1  | 命令行参数                                               | 277 |
| 10.3.2  | 得到程序文件名                                             | 278 |
| 10.3.3  | 环境变量                                                | 278 |
| 10.3.4  | 得到指定的环境变量                                           | 280 |
| 10.3.5  | 设置一个环境变量                                            | 280 |
| 10.3.6  | 得到进程结束状态                                            | 285 |
| 10.3.7  | 使用 <code>errno</code> 调试程序                          | 286 |
| 10.3.8  | 输出错误原因                                              | 288 |
| 10.4    | 全局跳转                                                | 289 |
| 10.4.1  | 局部跳转的局限性                                            | 289 |
| 10.4.2  | 使用全局跳转                                              | 291 |
| 10.4.3  | 使用全局跳转代替局部跳转                                        | 292 |
| 第 11 章  | 进程控制 (教学视频: 45 分钟)                                  | 295 |
| 11.1    | 进程标识符                                               | 295 |
| 11.1.1  | 进程 ID                                               | 295 |
| 11.1.2  | 进程中重要的 ID 值                                         | 296 |
| 11.2    | 进程操作                                                | 297 |
| 11.2.1  | 创建一个进程                                              | 298 |
| 11.2.2  | 父子进程的共享资源                                           | 299 |
| 11.2.3  | <code>fork()</code> 函数的出错情况                         | 302 |
| 11.2.4  | 创建一个共享空间的子进程                                        | 303 |
| 11.2.5  | 在函数内部调用 <code>vfork()</code> 函数                     | 304 |
| 11.2.6  | 退出进程                                                | 305 |
| 11.2.7  | 使用 <code>exit()</code> 函数检查进程出错信息                   | 306 |
| 11.2.8  | <code>exit()</code> 函数与内核函数的关系                      | 307 |
| 11.2.9  | 设置进程所有者                                             | 307 |
| 11.2.10 | 调试多进程——设置跟踪流                                        | 309 |
| 11.2.11 | 调试多进程——使用 <code>gdb</code> 的 <code>attach</code> 命令 | 309 |
| 11.3    | 执行程序                                                | 310 |
| 11.3.1  | 执行一个新程序                                             | 310 |
| 11.3.2  | 执行解释器文件                                             | 313 |
| 11.3.3  | 在程序中执行 <code>shell</code> 命令                        | 315 |
| 11.3.4  | 实现 <code>system()</code> 函数                         | 317 |
| 11.4    | 关系操作                                                | 318 |
| 11.4.1  | 等待进程退出                                              | 318 |
| 11.4.2  | 等待指定的进程                                             | 321 |
| 11.4.3  | 僵尸进程的概念                                             | 323 |

|               |                                |            |
|---------------|--------------------------------|------------|
| 11.4.4        | 产生一个僵尸进程                       | 324        |
| 11.4.5        | 避免僵尸进程的产生                      | 325        |
| 11.4.6        | 输出进程统计信息                       | 327        |
| <b>第 12 章</b> | <b>时间和日历历程 (📺 教学视频: 7 分钟)</b>  | <b>330</b> |
| 12.1          | 系统时间                           | 330        |
| 12.2          | 日历时间                           | 332        |
| <b>第 13 章</b> | <b>信号及信号处理 (📺 教学视频: 48 分钟)</b> | <b>335</b> |
| 13.1          | 信号的基础                          | 335        |
| 13.1.1        | 信号的基本概念                        | 335        |
| 13.1.2        | 产生信号                           | 336        |
| 13.1.3        | 处理信号                           | 336        |
| 13.1.4        | 常用信号的使用方法                      | 337        |
| 13.2          | 信号的影响                          | 338        |
| 13.2.1        | 重入                             | 339        |
| 13.2.2        | 原子操作                           | 341        |
| 13.2.3        | 中断系统调用                         | 343        |
| 13.3          | 信号处理函数                         | 343        |
| 13.3.1        | 设置信号处理函数                       | 343        |
| 13.3.2        | 发送信号                           | 347        |
| 13.3.3        | 向进程本身发送信号                      | 348        |
| 13.3.4        | 设置 Linux 定时器                   | 349        |
| 13.3.5        | 定时等待 I/O                       | 350        |
| 13.3.6        | 挂起进程                           | 352        |
| 13.3.7        | 进程休眠                           | 353        |
| 13.4          | 信号集与屏蔽信号                       | 356        |
| 13.4.1        | 信号集和信号集处理函数                    | 356        |
| 13.4.2        | 屏蔽信号                           | 358        |
| 13.4.3        | 处理未决信号                         | 360        |
| 13.4.4        | 高级信号注册函数                       | 362        |
| 13.4.5        | 信号选项实例——SA_NOCLDWAIT 选项        | 363        |
| 13.4.6        | 信号选项实例——SA_NODEFER 选项          | 364        |
| 13.4.7        | 信号选项实例——SA_RESETHAND 选项        | 366        |
| <b>第 14 章</b> | <b>进程间通信 (📺 教学视频: 52 分钟)</b>   | <b>368</b> |
| 14.1          | 进程间通信概述                        | 368        |
| 14.1.1        | 进程间通信简介                        | 368        |
| 14.1.2        | 进程间通信的难点                       | 369        |
| 14.1.3        | IPC 的多种方式                      | 369        |
| 14.2          | 管道                             | 370        |

|               |                                                                                                                     |            |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 14.2.1        | 管道的概念 .....                                                                                                         | 370        |
| 14.2.2        | 匿名半双工管道 .....                                                                                                       | 370        |
| 14.2.3        | 匿名半双工管道的读写操作 .....                                                                                                  | 371        |
| 14.2.4        | 创建管道的标准库函数 .....                                                                                                    | 375        |
| 14.3          | FIFO 管道 .....                                                                                                       | 377        |
| 14.3.1        | FIFO 的概念 .....                                                                                                      | 377        |
| 14.3.2        | 创建 FIFO .....                                                                                                       | 378        |
| 14.3.3        | FIFO 的读写操作 .....                                                                                                    | 379        |
| 14.3.4        | FIFO 的缺点 .....                                                                                                      | 382        |
| 14.4          | System V IPC/POSIX IPC .....                                                                                        | 383        |
| 14.4.1        | IPC 对象的概念 .....                                                                                                     | 383        |
| 14.4.2        | IPC 对象的问题 .....                                                                                                     | 385        |
| 14.4.3        | IPC 对象系统命令 .....                                                                                                    | 385        |
| 14.5          | 共享内存 .....                                                                                                          | 386        |
| 14.5.1        | 共享内存的概念 .....                                                                                                       | 386        |
| 14.5.2        | 共享内存的创建 .....                                                                                                       | 387        |
| 14.5.3        | 共享内存的操作 .....                                                                                                       | 388        |
| 14.5.4        | 共享内存使用注意事项 .....                                                                                                    | 390        |
| 14.6          | 信号量 .....                                                                                                           | 391        |
| 14.6.1        | 信号量的概念 .....                                                                                                        | 391        |
| 14.6.2        | 信号量的创建 .....                                                                                                        | 392        |
| 14.6.3        | 信号量集的操作 .....                                                                                                       | 394        |
| 14.7          | 消息队列 .....                                                                                                          | 396        |
| 14.7.1        | 消息队列的概念 .....                                                                                                       | 396        |
| 14.7.2        | 创建消息队列 .....                                                                                                        | 397        |
| 14.7.3        | 读写消息队列 .....                                                                                                        | 399        |
| <b>第 15 章</b> | <b>线程 (  教学视频: 34 分钟 ) .....</b> | <b>403</b> |
| 15.1          | 线程与进程 .....                                                                                                         | 403        |
| 15.1.1        | 线程的概念 .....                                                                                                         | 403        |
| 15.1.2        | 线程的优势 .....                                                                                                         | 404        |
| 15.2          | 线程标识符 .....                                                                                                         | 405        |
| 15.3          | 线程基本操作 .....                                                                                                        | 405        |
| 15.3.1        | 创建线程 .....                                                                                                          | 405        |
| 15.3.2        | 向线程体函数传递参数 .....                                                                                                    | 407        |
| 15.3.3        | 线程访问资源的限制 .....                                                                                                     | 409        |
| 15.3.4        | 终止线程 .....                                                                                                          | 412        |
| 15.3.5        | 正确得到线程退出信息的方法 .....                                                                                                 | 415        |
| 15.3.6        | 取消一个线程的运行 .....                                                                                                     | 417        |
| 15.3.7        | 线程退出函数 .....                                                                                                        | 420        |