

嵌入式开发系列

NITE 国家信息技术紧缺人才培养工程
National Information Technology Education Project
国家信息技术紧缺人才培养工程系列丛书

嵌入式 Linux C 编程入门 (第2版)

华清远见嵌入式培训中心 编著

众多专家、厂商联合推荐
业界权威培训机构的经验总结



提供36小时
嵌入式专家讲座视频
和PPT课件

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

嵌入式开发系列

NITE 国家信息技术紧缺人才培养工程
National Information Technology Education Project
国家信息技术紧缺人才培养工程系列丛书

嵌入式 Linux C 编程入门 (第2版)

华清远见嵌入式培训中心 编著



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

嵌入式Linux C编程入门 / 华清远见嵌入式培训中心
编著. — 2版. — 北京: 人民邮电出版社, 2009. 10
ISBN 978-7-115-21281-8

I. ①嵌… II. ①华… III. ①
Linux操作系统—程序设计②C语言—程序设计 IV.
①TP316.89②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第166176号

内 容 提 要

嵌入式系统是目前最热门的计算机应用领域之一, 嵌入式Linux是应用最广泛的嵌入式操作系统之一, 嵌入式C语言在其中起着至关重要的作用。

本书共13章, 全面讲解了嵌入式系统基础, 嵌入式Linux C语言开发工具、语言基础, 文件I/O相关实例, ARM Linux进程线程开发实例, ARM Linux网络开发实例, 嵌入式Linux设备驱动开发以及视频监控系統。

本书可作为大中专院校嵌入式相关专业本科生、研究生的教材, 也可供广大希望转入嵌入式领域的科研和工程技术人员使用。

嵌入式Linux C编程入门 (第2版)

- ◆ 编 著 华清远见嵌入式培训中心
责任编辑 黄 焱
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
- ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 26.5
字数: 560千字
印数: 7 001—11 000册
- 2009年10月第2版
2009年10月河北第1次印刷

ISBN 978-7-115-21281-8

定价: 49.00元 (附光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

本书编委会

主编

华清远见嵌入式培训中心

指导单位

工业和信息化部软件与集成电路促进中心

编委

谢学军 刘龙庚 李 滨 孙加兴 王绪刚 李 佳
教 翔 孙廉焘 杨玲玲 李云龙 胡昌军 冉嵩楠
陈 越 王永凯 刘洪涛 宋宝华 侯茂清 孙 琼
王大亮 王 辉 傅 曦 张 强

顾问

工业和信息化部软件与集成电路促进中心副主任 邱善勤

Symbian 公司中国市场总监 卢竞

Altera 公司中国区总经理 徐平波

广州周立功单片机发展有限公司 周立功

《单片机与嵌入式系统应用》杂志社主编 何立民

北京麦克泰软件技术有限公司董事长 何小庆

中国软件行业协会嵌入式系统分会秘书长 郭淳学

华清远见嵌入式培训中心简介

- ◆ 国内首家获得 ARM 公司授权的专业嵌入式培训机构
- ◆ 微软全球嵌入式合作伙伴
- ◆ 国内首家 Symbian 公司授权培训中心
- ◆ 国内首家 Altera 公司全球合作培训机构
- ◆ 国内首家获得“高新企业认定”的 IT 培训机构
- ◆ 荣获“2008 年度中国嵌入式系统十佳企业”称号
- ◆ 中国软件行业协会嵌入式分会会员单位

华清远见嵌入式培训中心 (<http://www.farsight.com.cn>) 是一家以为企业和个人提供高端嵌入式培训解决方案为核心业务的国家高新技术企业。目前培训内容涉及的领域主要有嵌入式 Linux、Windows CE、VxWorks、Symbian、ARM、DSP、FPGA、高速 PCB 设计等, 基本覆盖嵌入式领域的各个层面。

该中心在嵌入式高端培训领域享有盛誉, 每年为包括 Samsung、NEC、PHILIPS、Motorola 等世界 500 强企业提供嵌入式企业培训服务, 目前已为近百家国内外企业实施过技术培训与咨询。同时华清远见也致力于嵌入式技术的推广, 每年有数万技术人员受益于华清远见的技术研讨会、远程教学课程、专题培训等。

序

嵌入式产业现已成为中国 IT 产业中的一个重要的新兴产业和增长点，主要表现在：产业持续快速增长；新产品、新技术更新速度加快；应用市场空间不断拓展，终端应用产品市场规模巨大；嵌入式技术不断进步；嵌入式产业发展环境不断改善。

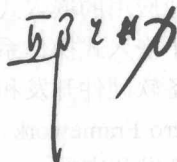
发展嵌入式技术可以全面提高“中国制造”核心竞争力，是实现“中国制造”向“中国创造”转变的良好契机。

工业和信息化部软件与集成电路促进中心（CSIP）作为国家软件与集成电路公共服务平台承载单位，秉承“促进产业发展，助力企业创新”的宗旨，以促进中国嵌入式产业的发展为己任，在嵌入式领域为国内广大企业提供政策保障、技术支持和培训服务，极大地促进了中国嵌入式相关产业的发展。

“国家信息技术紧缺人才培养工程系列丛书”由 CSIP 组织发起，在培养国家急需人才方面已经发挥了巨大作用，并将继续发挥巨大的作用。

嵌入式开发系列丛书是带领开发者进入嵌入式开发领域的最佳选择，希望能在嵌入式技术的普及、推广中发挥重大作用。

工业和信息化部软件与集成电路促进中心（CSIP）



工业和信息化部软件与集成电路 促进中心（CSIP）简介

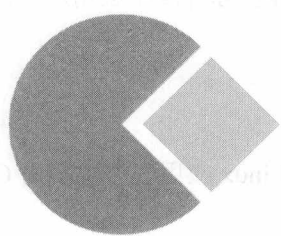
工业和信息化部软件与集成电路促进中心是工业和信息化部的直属事业单位，依据信部编[2004]10号文件，工业和信息化部软件与集成电路促进中心的主要职责是：负责国家软件与集成电路公共服务平台的建设，为我国软件与集成电路产业和企业的健康快速发展提供公共、中立、开放的服务。

国家软件与集成电路公共服务平台：是工业和信息化部领导建设的旨在引导产业发展，能对国家软件与集成电路产业和企业的发展起支撑和服务作用的公共、中立、开放的服务平台。解决单个企业想做而无法（无力）解决的问题，为企业创新和产业发展提供解决共性问题的环境，减少竞争前的企业技术基础投入，实现共性基础技术资源共享，降低企业在研发和质量保证方面的资金风险和技术门槛，促进遵从市场经济规律的软件与集成电路产业链的快速形成，让众多的软件和集成电路设计企业借其成长壮大，推动我国软件和集成电路产业做大做强。

嵌入式技术公共服务平台简介

嵌入式公共服务平台是国家软件与集成电路公共服务平台的重要组成部分，是国内嵌入式企业和开发者技术与知识的传播推广与服务平台，为微软、ARM、飞思卡尔、德州仪器、龙芯、东集、亿道电子、平望科技、英蓓特等嵌入式相关企业在国内联合开发与应用等开展合作，是嵌入式产品协作开发测试提供方。平台在嵌入式综合服务方面已具备以下服务业能力与特色。

- (1) 面向行业应用的嵌入式设备设计与方案定制。
- (2) 提供基于嵌入式操作系统及各类嵌入式处理器的软硬开发板。
- (3) 电子设备软硬件开发和服务外包。
- (4) .Net Micro Framework、Windows CE、Linux、Windows Mobile、Symbian 等嵌入式操作系统的驱动开发和支持。
- (5) 嵌入式综合测试业务。
- (6) 基于嵌入式技术的高级技术培训。



前 言

第 2 版说明

本书第 1 版《嵌入式 Linux C 语言应用程序设计》出版以来,受到了广大读者的一致好评,已经多次印刷。许多高等院校、职业学校和培训机构都将本书作为嵌入式专业的教材。许多读者给予宝贵的意见和中肯的建议。

第 2 版图书在第 1 版基础上做了以下的修订。

- 增加 PPT 教学课件:第 2 版增加了 PPT 教学课件,方便老师教学使用。
- 附有嵌入式专家授课视频:本书第 2 版附有超值的嵌入式教学视频,所讲内容均为嵌入式开发的热点内容。
 - 内容调整:对书中过时的内容进行了升级,对书中的正文、图进行了大量的替换。
 - 代码调整:对第 1 版图书中的代码进行大量的调整,并重新进行了编译、调试,使得第 2 版内容更加严谨。

嵌入式行业背景

进入后 PC 时代后,嵌入式系统在我们的生活中无处不在,我们每天都会接触很多的嵌入式产品,嵌入式产品方便了人们的生活,同时也给厂家带来巨大的利润。

嵌入式开发是当今计算机应用最热门的领域之一,广泛应用于汽车电子、无线通信、智能手机、便携式产品、数码相机、数字电视、数字机顶盒等领域,一时间,嵌入式开发人才非常紧缺。

嵌入式软件开发如何入门

嵌入式系统入门需要掌握嵌入式操作系统的原理并学会嵌入式应用程序的开发。

嵌入式 Linux 是源代码开放的嵌入式操作系统,是当今最优秀的嵌入式操作系统之一,得到众厂商的青睐,在工程实践中应用十分广泛,各高等院校的嵌入式系统课程也多采用嵌入式 Linux 进行教学工作。

嵌入式应用程序一般是在嵌入式操作系统之上进行开发的,在实际开发中应用广泛,是初学者入门的很好的选择。

嵌入式 C 语言至关重要

嵌入式 Linux 内核的大部分代码是由 C 语言编写的,嵌入式 Linux 应用程序也多由 C 语言编写,因此掌握嵌入式 C 语言对于嵌入式学习非常重要。

嵌入式 Linux C 语言代码编辑器、代码编译器以及代码调试器的使用对于初学者来说非常关键,本书对其进行了详细讲解,并配以实例加以说明,帮助读者尽快上手。

嵌入式 C 语言的语法是编写嵌入式应用程序的基础和规则,是读者必须掌握的内容,本书第 4 章至第 8 章对嵌入式 Linux C 语言的语法进行了详细讲解,并配合嵌入式 Linux 内核源代码进行分析、说明,使读者在嵌入式开发的实际环境中深刻理解嵌入式 C 语言的语法。

嵌入式系统结构

嵌入式系统由嵌入式硬件系统和嵌入式软件系统组成。

嵌入式硬件系统由嵌入式处理器和嵌入式系统外围器件组成。

嵌入式软件系统由嵌入式操作系统和嵌入式应用程序组成。

嵌入式系统的软硬件结构如图 1 所示。

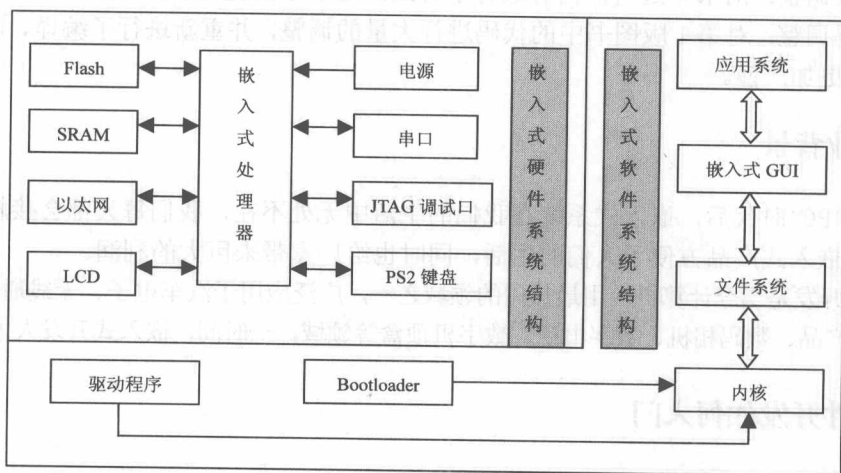


图 1 嵌入式系统软硬件结构

本书的主要内容

本书共 13 章，第 1 章主要讲解嵌入式系统的概念，通过这一章的学习，读者可以掌握什么是嵌入式系统、嵌入式系统与 PC 机的区别以及嵌入式应用软件的开发过程等。

第 2 章和第 3 章主要讲解如何构建嵌入式 Linux 的开发环境以及常见开发工具的使用方法。希望读者能够跟随本书中的实例实际动手操作，切实掌握这些开发工具的使用方法。

第 4 章至第 8 章讲解的是嵌入式 Linux C 语言的语法及常见数据结构。在这里，结合 Linux 内核源码进行讲解，读者可以看到 Linux 内核是如何规范、高效地使用 C 语言的。

本书的第 9 章至第 12 章详细讲解了嵌入式 Linux 中的文件 I/O 开发、进程线程开发、网络开发和驱动开发等，每一章都配有相应的实例进行讲解。

本书的第 13 章视频监控是一个综合性的实例，该实例综合运用了前面各章的内容，读者可以通过该实例综合掌握前面各章的内容。

本书结构如图 2 所示。

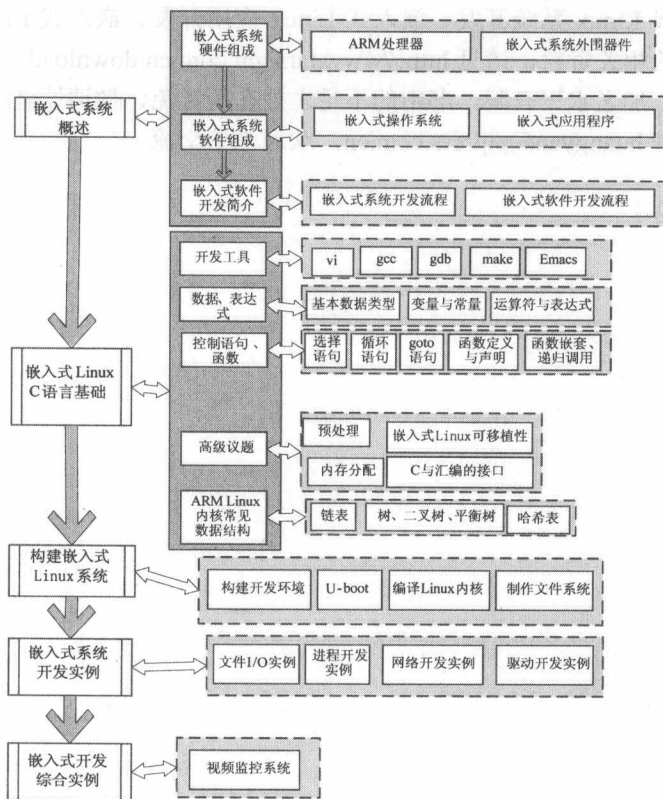


图 2 本书结构

光盘主要内容

本书光盘包含书中主要示例代码、流程图、原理图。

本书适合的读者

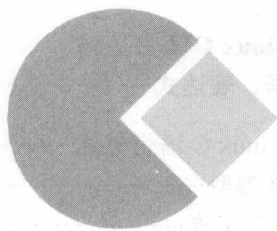
- Linux 爱好者;
- 嵌入式系统初学者;
- 大专院校嵌入式相关专业师生;
- 嵌入式系统工程师。

本书之外的内容

本书内容来源于北京华清远见科技信息有限公司 (<http://www.farsight.com.cn>) 的培训课程资料, 书中嵌入式 Linux 系统开发、嵌入式 Linux 应用开发、嵌入式 Linux 驱动开发、嵌入式系统硬件设计的相关资料, 请见 <http://www.farsight.com.cn/download>。

由于时间仓促, 加之水平有限, 书中的不足之处在所难免, 敬请读者批评指正。本书责任编辑的联系方式是 huangyan@ptpress.com.cn, 欢迎来信交流。

编者
2009 年 10 月



目 录

| | |
|------------------------------|----|
| 第 1 章 嵌入式系统基础知识 | 1 |
| 1.1 嵌入式系统概述 | 1 |
| 1.1.1 嵌入式系统的发展史 | 2 |
| 1.1.2 嵌入式系统的定义与特点 | 3 |
| 1.1.3 嵌入式系统的特点 | 4 |
| 1.2 嵌入式系统的组成 | 5 |
| 1.2.1 嵌入式系统的硬件架构 | 6 |
| 1.2.2 嵌入式操作系统 | 9 |
| 1.2.3 嵌入式应用软件 | 11 |
| 1.3 ARM 处理器平台介绍 | 12 |
| 1.3.1 ARM 处理器简介 | 12 |
| 1.3.2 ARM 处理器系列 | 13 |
| 1.3.3 ARM 体系结构简介 | 17 |
| 1.3.4 S3C2410 处理器简介 | 18 |
| 1.4 嵌入式系统硬件平台选型 | 22 |
| 1.4.1 硬件平台的选择 | 22 |
| 1.4.2 ARM 处理器选型 | 23 |
| 1.5 嵌入式系统开发概述 | 25 |
| 1.5.1 嵌入式系统开发流程 | 25 |
| 1.5.2 嵌入式软件开发流程 | 26 |
| 本章小结 | 31 |

| | |
|------------|----|
| 动手练练 | 31 |
|------------|----|

| | |
|-------------------------------------|----|
| 第 2 章 嵌入式 Linux C 语言开发 | 32 |
| 工具 | 32 |
| 2.1 嵌入式 Linux 下 C 语言概述 | 32 |
| 2.1.1 C 语言简史 | 33 |
| 2.1.2 C 语言特点 | 33 |
| 2.1.3 嵌入式 Linux C 语言 编程环境 | 34 |
| 2.2 嵌入式 Linux 编辑器 vi 的 使用 | 35 |
| 2.2.1 vi 的基本模式 | 35 |
| 2.2.2 vi 的基本操作 | 36 |
| 2.2.3 vi 的使用实例分析 | 40 |
| 2.3 嵌入式 Linux 编译器 GCC 的 使用 | 41 |
| 2.3.1 GCC 概述 | 41 |
| 2.3.2 GCC 编译流程分析 | 42 |
| 2.3.3 GCC 警告提示 | 45 |
| 2.3.4 GCC 使用库函数 | 47 |
| 2.3.5 GCC 代码优化 | 49 |
| 2.4 嵌入式 Linux 调试器 GDB 的 | |

| | | | |
|------------------------------------|----|---|-----|
| 使用 | 49 | 3.4 Linux 内核目录结构 | 95 |
| 2.4.1 GDB 使用实例 | 50 | 3.5 制作文件系统 | 95 |
| 2.4.2 设置/删除断点 | 53 | 本章小结 | 97 |
| 2.4.3 数据相关命令 | 54 | 动手练练 | 97 |
| 2.4.4 调试运行环境相关 命令 | 55 | 第 4 章 嵌入式 Linux C 语言基础 ——数据、表达式 | 98 |
| 2.4.5 堆栈相关命令 | 55 | 4.1 嵌入式 Linux C 语言概述 | 98 |
| 2.5 make 工程管理器 | 55 | 4.2 基本数据类型 | 100 |
| 2.5.1 Makefile 基本结构 | 56 | 4.2.1 整型家族 | 100 |
| 2.5.2 Makefile 变量 | 58 | 4.2.2 实型家族 | 102 |
| 2.5.3 Makefile 规则 | 61 | 4.2.3 字符型家族 | 103 |
| 2.5.4 make 使用 | 62 | 4.2.4 枚举家族 | 104 |
| 2.6 Emacs 综合编辑器 | 63 | 4.2.5 指针家族 | 105 |
| 2.6.1 Emacs 的启动与退出 | 63 | 4.3 变量与常量 | 107 |
| 2.6.2 Emacs 的基本编辑 | 64 | 4.3.1 变量的定义 | 107 |
| 2.6.3 Emacs 的 C 模式 | 66 | 4.3.2 typedef | 113 |
| 2.6.4 Emacs 的 Shell 模式 | 69 | 4.3.3 常量定义 | 114 |
| 本章小结 | 70 | 4.3.4 ARM-Linux 基本数据 类型综合应用实例 | 115 |
| 动手练练 | 70 | 4.4 运算符与表达式 | 118 |
| 第 3 章 构建嵌入式 Linux 系统 | 71 | 4.4.1 算术运算符和表达式 | 119 |
| 3.1 嵌入式系统开发环境的构建 | 71 | 4.4.2 赋值运算符和表达式 | 121 |
| 3.1.1 嵌入式交叉编译环境 搭建 | 71 | 4.4.3 逗号运算符和表达式 | 123 |
| 3.1.2 minicom 和超级终端 配置及使用 | 76 | 4.4.4 位运算符和表达式 | 124 |
| 3.1.3 宿主机服务配置 | 83 | 4.4.5 关系运算符和表达式 | 126 |
| 3.2 Bootloader | 87 | 4.4.6 逻辑运算符和表达式 | 127 |
| 3.2.1 Bootloader 的概念 | 88 | 4.4.7 sizeof 操作符 | 129 |
| 3.2.2 Bootloader 启动流程 分析 | 89 | 4.4.8 条件 (?) 运算符 | 130 |
| 3.2.3 U-Boot 概述 | 89 | 4.4.9 运算符优先级总结 | 131 |
| 3.2.4 U-Boot 源码导读 | 90 | 4.4.10 ARM-Linux 运算符 综合实例 | 133 |
| 3.3 编译嵌入式 Linux 内核 | 91 | 本章小结 | 137 |
| | | 动手练练 | 137 |

第 5 章 嵌入式 Linux C 语言基础
——控制语句及函数 138

5.1 嵌入式 Linux C 语言程序
 结构概述 138

5.1.1 嵌入式 Linux C 语言
 3 种程序结构 138

5.1.2 嵌入式 Linux C 语言
 基本语句 139

5.2 选择语句 142

5.2.1 if 语句 142

5.2.2 switch 语句 145

5.2.3 ARM-Linux 选择语句
 应用实例 147

5.3 循环语句 148

5.3.1 while 和 do-while 语句 148

5.3.2 for 循环语句 149

5.3.3 break 和 continue 语句 151

5.3.4 ARM-Linux 循环语句
 应用实例 152

5.4 goto 语句 154

5.4.1 goto 语句语法 154

5.4.2 ARM-Linux 中 goto
 语句应用实例 154

5.5 函数的定义与声明 155

5.5.1 C 语言函数概述 155

5.5.2 函数定义 157

5.5.3 函数声明 157

5.5.4 ARM-Linux 函数定义与
 声明实例 158

5.6 函数的参数、值和基本调用 160

5.6.1 函数的参数 160

5.6.2 函数的值 161

5.6.3 函数的基本调用 161

5.7 函数的嵌套、递归调用 162

5.7.1 函数的嵌套调用 162

5.7.2 函数的递归调用 162

5.7.3 ARM-Linux 函数调用
 应用实例 165

本章小结 167

动手练练 167

第 6 章 嵌入式 Linux C 语言基础
——数组、指针与结构 168

6.1 数组 169

6.1.1 一维数组 169

6.1.2 字符串 172

6.1.3 二维数组 174

6.2 指针 175

6.2.1 指针的概念 175

6.2.2 指针变量的操作 177

6.2.3 指针和数组 184

6.2.4 指针高级议题 191

6.3 结构体与联合 196

6.3.1 结构体 196

6.3.2 联合 200

6.3.3 ARM-Linux 指针、
 结构体使用实例 201

本章小结 203

动手练练 203

第 7 章 嵌入式 Linux C 语言基础
——高级议题 204

7.1 预处理 204

7.1.1 预处理的概述 204

7.1.2 预定义 205

7.1.3 文件包含 211

7.1.4 条件编译 212

| | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 7.2 C 语言中的内存分配.....214 | 8.3 哈希表.....249 |
| 7.2.1 C 语言程序所占内存 | 8.3.1 哈希表的概念及作用.....249 |
| 分类.....214 | 8.3.2 哈希表的构造方法.....250 |
| 7.2.2 堆和栈的区别.....215 | 8.3.3 哈希表的处理冲突 |
| 7.3 嵌入式 Linux 可移植性考虑.....216 | 方法.....252 |
| 7.3.1 字长和数据类型.....216 | 8.3.4 ARM Linux 中哈希 |
| 7.3.2 数据对齐.....218 | 表使用实例.....253 |
| 7.3.3 字节顺序.....218 | 本章小结.....255 |
| 7.4 C 和汇编的接口.....219 | 动手练练.....255 |
| 7.4.1 内嵌汇编的语法.....219 | 第 9 章 文件 I/O 相关实例256 |
| 7.4.2 编译器优化介绍.....221 | 9.1 Linux 系统调用及用户编程 |
| 7.4.3 C 语言关键字 volatile.....222 | 接口 (API).....257 |
| 7.4.4 memory 描述符.....222 | 9.1.1 系统调用.....257 |
| 7.4.5 gcc 对内嵌汇编语言的 | 9.1.2 用户编程接口 |
| 处理方式.....223 | (API).....257 |
| 本章小结.....224 | 9.1.3 系统命令.....258 |
| 动手练练.....224 | 9.2 ARM Linux 文件 I/O 系统 |
| 第 8 章 嵌入式 Linux C 语言基础 | 概述.....258 |
| ——ARM Linux 内核常见 | 9.2.1 虚拟文件系统 |
| 数据结构225 | (VFS).....258 |
| 8.1 链表.....226 | 9.2.2 通用文件模型.....259 |
| 8.1.1 链表概述.....226 | 9.2.3 ARM Linux 的设备 |
| 8.1.2 单向链表.....226 | 文件.....264 |
| 8.1.3 双向链表.....233 | 9.3 文件 I/O 操作.....265 |
| 8.1.4 循环链表.....234 | 9.3.1 不带缓存的文件 I/O |
| 8.1.5 ARM Linux 中链表 | 操作.....265 |
| 使用实例.....235 | 9.3.2 标准 I/O 开发.....276 |
| 8.2 树、二叉树、平衡树.....237 | 9.4 嵌入式 Linux 串口应用开发.....279 |
| 8.2.1 树.....237 | 9.4.1 串口概述.....279 |
| 8.2.2 二叉树.....238 | 9.4.2 串口设置详解.....280 |
| 8.2.3 平衡树.....245 | 9.4.3 串口使用详解.....284 |
| 8.2.4 ARM Linux 中红黑树 | 本章小结.....287 |
| 使用实例.....247 | 动手练练.....287 |

| | |
|---|---|
| 第 10 章 ARM Linux 进程线程开发实例288 | 11.3.1 Web 服务器功能.....339 |
| 10.1 ARM Linux 进程线程管理.....289 | 11.3.2 Web 服务器协议.....341 |
| 10.1.1 进程描述符及任务结构.....289 | 11.3.3 Web 服务器协议.....342 |
| 10.1.2 进程的调度.....291 | 11.3.4 运行 Web 服务器.....347 |
| 10.1.3 Linux 中的线程.....293 | 11.4 Traceroute 程序实例.....347 |
| 10.1.4 Linux 中进程间通信.....293 | 11.4.1 Traceroute 原理简介.....347 |
| 10.2 ARM Linux 进程控制相关 API.....294 | 11.4.2 traceroute 实例与分析.....348 |
| 10.3 ARM Linux 进程间通信 API.....301 | 11.4.3 traceroute 实例运行结果.....354 |
| 10.3.1 管道通信.....301 | 本章小结.....354 |
| 10.3.2 信号通信.....303 | 动手练练.....354 |
| 10.3.3 共享内存.....308 | |
| 10.3.4 消息队列.....309 | 第 12 章 嵌入式 Linux 设备驱动开发355 |
| 10.4 ARM Linux 线程相关 API.....312 | 12.1 设备驱动概述.....355 |
| 10.5 Linux 守护进程.....317 | 12.1.1 设备驱动简介.....355 |
| 10.5.1 守护进程概述.....317 | 12.1.2 设备驱动程序的特点.....356 |
| 10.5.2 编写规则.....318 | 12.2 模块编程.....357 |
| 10.5.3 守护进程实例.....319 | 12.2.1 模块编程简介.....357 |
| 本章小结.....321 | 12.2.2 模块相关命令.....357 |
| 动手练练.....321 | 12.2.3 模块编程流程.....358 |
| 第 11 章 ARM Linux 网络开发实例322 | 12.3 字符设备驱动编写.....360 |
| 11.1 TCP/IP 协议简介.....322 | 12.4 块设备驱动编写.....369 |
| 11.1.1 TCP/IP 的分层模型.....322 | 12.4.1 块设备驱动程序描述符.....369 |
| 11.1.2 TCP/IP 分层模型特点.....324 | 12.4.2 块设备驱动编写流程.....369 |
| 11.1.3 TCP/IP 核心协议.....325 | 12.5 简单的 skull 驱动实例.....375 |
| 11.2 网络基础编程.....328 | 12.5.1 驱动简介.....375 |
| 11.2.1 socket 概述.....328 | 12.5.2 驱动编写流程.....376 |
| 11.2.2 地址及顺序处理.....328 | 12.5.3 结果分析.....379 |
| 11.2.3 socket 基础编程.....333 | 12.6 LCD 驱动编写实例.....379 |
| 11.3 Web 服务器.....339 | 12.6.1 LCD 工作原理.....379 |
| | 12.6.2 LCD 驱动实例.....382 |

| | | | |
|----------------------------|------------|--------------------|-----|
| 本章小结..... | 389 | 13.2 基本数据结构..... | 395 |
| 动手练练..... | 389 | 13.3 功能实现..... | 398 |
| 第 13 章 视频监控系统 | 390 | 13.3.1 传输控制..... | 398 |
| 13.1 视频监控系统概述 | 390 | 13.3.2 用户检验..... | 401 |
| 13.1.1 系统组成 | 390 | 13.3.3 控制命令处理..... | 403 |
| 13.1.2 音视频服务器 | 391 | 13.3.4 云台转动控制..... | 404 |
| 13.1.3 音视频客户端 | 392 | 13.3.5 线程相关..... | 407 |
| 13.1.4 通信传输控制协议 | 393 | 本章小结..... | 408 |
| | | 动手练练..... | 408 |