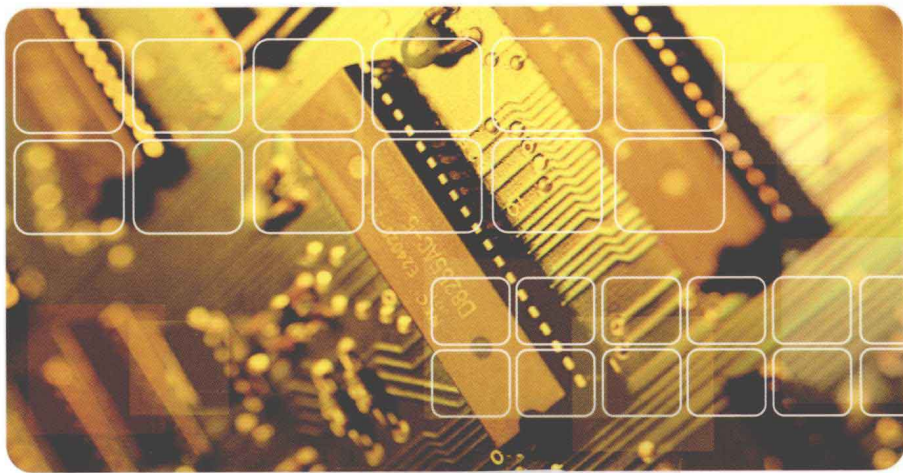


嵌入式Linux

系统工程师实训教程



王光宇 杨海峰 编著

- 涵盖**嵌入式系统开发**的必备知识，面向具体的系统开发工作内容
- 范例着重培训实际工作能力，读者在学完之后可以顺利成为合格的嵌入式系统开发工程师
- 作者为世界知名企业的高级工程师，有多年嵌入式实际**项目开发经验**
- **配视频光盘**，由具有开发经验的培训工程师亲自讲解书中涉及的案例，并提供**案例源代码**
- 适合**嵌入式培训学校使用**，并可作为**非计算机专业学生**或已从事嵌入式相关开发工作人员的自学教材



嵌入式系统工程师实训系列

嵌入式Linux

系统工程师实训教程

- ④ 嵌入式C/C++系统工程师实训教程
- ④ 嵌入式Linux系统工程师实训教程
- ④ 嵌入式WinCE系统工程师实训教程
- ④ 嵌入式ARM系统工程师实训教程

清华大学出版社数字出版网站

WQBook 书文局泉

www.wqbook.com

ISBN 978-7-302-28044-6



9 787302 280446 >

定价：69.00元

嵌入式系统工程师实训系列

嵌入式 Linux 系统工程师实训教程

庄 严 王光宇 杨海峰 编 著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

基于 ARM 的嵌入式 Linux 是嵌入式领域最有竞争力的系统组合。本书内容突出各章节重点,明确各个知识要点,以方便学员阅读,不仅可供教学使用,还是一套不可多得的常备学习参考资料。本书最大的特色是实践性强,所有的案例都是完整、可验证的。本书分为 6 篇:开发基础篇、系统开发篇、应用开发篇、驱动开发篇、调试测试篇、综合项目篇。

本书主要取材于作者在长期的嵌入式培训过程中积累起来的部分书稿,读者可根据需要顺序地或选择性地阅读和实践。本书所有的程序都是通过了验证的,所有的程序都是完整的程序而不是代码段,这样更适合阅读和学习。

本书结构清晰,内容由浅入深、循序渐进,逐步引领读者进入嵌入式编程的领域,可作为高校嵌入式系统程序设计的教材和嵌入式程序设计培训的实践教材和课程设计辅助读物,也可作为广大嵌入式程序设计爱好者、在校大学生及单片机爱好者的自学用书。

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

嵌入式 Linux 系统工程师实训教程/庄严,王光宇,杨海峰编著. —北京:清华大学出版社,2012

(嵌入式系统工程师实训系列)

ISBN 978-7-302-28044-6

I. ①嵌… II. ①庄… ②王… ③杨… III. ①Linux 操作系统—程序设计—教材 IV. ①TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 023640 号

责任编辑:杨作梅 宋延清

封面设计:杨玉兰

责任校对:李玉萍

责任印制:杨 艳

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>, 010-62791865

印 刷 者:北京鑫丰华彩印有限公司

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:36 字 数:872 千字

(附光盘 1 张)

版 次:2012 年 5 月第 1 版

印 次:2012 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:69.00 元

产品编号:035518-01

丛 书 序

目前很多跨国公司和国内 IT 巨头亟需嵌入式软件人才，尤其是，随着嵌入式技术成为当前 IT 领域的最大热门，人才缺口更是达到了每年 50 万人左右的数量级。目前，国内 3G 核心嵌入式人才不足万人，高薪的诱惑使得很多 IT 专业的大学生还没毕业就纷纷来到相关的公司提前实践，这些实践应用的核心就是嵌入式系统。

嵌入式系统研发人才如此稀缺的原因，一方面是因为这一领域门槛较高，不仅要懂较底层的软件(例如操作系统、驱动程序、嵌入式系统软件)，而且必须懂得相关硬件的工作原理，所以非专业 IT 人员很难切入这一领域；另一方面是因为这一领域较新，而且发展太快，很多软硬件技术出现时间不长或正在出现(如 ARM 处理器、3G 移动通信、MPEG 技术、无线通信协议等)，掌握这些新技术的人当然很难找。

嵌入式人才稀少的根本原因是大多数人无法接触真实的实践环境，这需要相应的嵌入式开发板和相关系统软件。而目前嵌入式培训图书大多集中在中高端，且理论较强，少部分面向低端的图书又功能有限，不适合开发者使用。实际上，初学者或进阶的软硬件开发人员需要一种对工作、学习有明确指导意义的图书。本书就是在这样的背景下产生的。

作为嵌入式系统工程师，掌握常用嵌入式微处理器体系结构(ARM/PowerPC/MIPS 等)、常见的嵌入式操作系统(Linux/Windows CE/Android/VxWorks 等)、软件设计(C/C++等)系统结构等知识是必需的。本丛书涵盖了硬件设计、处理器体系结构、操作系统、应用程序设计等嵌入式系统开发的方方面面。

本丛书的部分章节来自于作者多年讲授工业与信息化嵌入式软件工程师培训课程的课件，经过整理而成。本丛书被上海漕河泾软件园职业培训中心、浦东张江园区等多家嵌入式培训机构作为指定的培训教材。

本丛书具有如下鲜明的特点。

(1) 注重实用。编者都是具有十年以上一线开发经验的工程师。只有长期工作在一线的工程师才知道真正的嵌入式项目需求。

(2) 强调实践。技能的学习具有很强的实践性，只有通过实践才能学到相关的技能。本丛书具有大量的可操作的实践技能训练，帮助读者迅速掌握嵌入式开发相关的知识点。

(3) 涵盖面广。本丛书涉及到嵌入式硬件设计、体系结构与编程、系统设计(Linux/Windows CE/VxWorks 等)、驱动程序设计、应用设计、项目设计等全系列课程。

(4) 循序渐进。本丛书在相关知识点的阐述上都是用通俗的语言，从入门到精通一步一步地进行阐述的。

(5) 图文并茂。本丛书对一些关键性的概念常常以图形来展示，更有利于阅读和理解。

(6) 配备视频。本丛书提供多媒体视频教学光盘，光盘中涵盖教材中涉及的全部课件、代码和重要的学习视频。

另外，本丛书有专门的网络讨论版 www.wikore.com/bbs，可以在线与读者交流问题。

前 言

基于 ARM 的嵌入式 Linux 系统是嵌入式领域最具竞争力的组合。本书作者都具有十年左右嵌入式系统工作经验和多年的教学经验。本书内容突出各章节重点，明确各个知识要点，方便学员阅读。不仅可供教学使用，还是不可多得的常备学习参考资料。本书最大的特色是实践性强，所有的程序都是完整的、可以得到验证的程序。

本书分为 6 篇，取材于作者长期从事的嵌入式培训过程中的部分书稿，读者可以根据需要顺序地或选择性地阅读和实践，采用适合自己的方法来学习。

本书主要包括下列内容。

第一篇 开发基础篇

本篇的目的，是让读者快速了解嵌入式系统程序设计的一些概念，并通过一个简单的基于 ARM 的嵌入式 Linux 系统的实践，熟悉嵌入式系统的开发过程。

第 1 章 主要介绍嵌入式开发基础知识。

第 2 章 通过一个嵌入式完全实例讲解，来梳理嵌入式开发流程。

第 3 章 主要介绍 Linux 使用基础。

第 4 章 主要介绍 Shell 程序设计。

第 5 章 详细介绍 GNU Tools 软件开发工具链的使用。

第二篇 系统开发篇

系统开发课程涉及到 Bootloader、操作系统内核、根文件系统开发，当然也涉及到应用和驱动的开发。

第 6 章 主要介绍基于 ARM 的嵌入式 Linux 系统开发基础。

第 7 章 主要介绍系统启动加载系统 Bootloader 的开发技术。

第 8 章 主要介绍以 ARM Linux 2.6 为主内核的裁剪移植过程。

第 9 章 主要介绍文件系统及根文件系统的相关移植过程。

第三篇 应用开发篇

应用开发是本书的重点，这也是大部分没有任何经验的人进入嵌入式开发的必经之路。因为应用开发往往与具体的业务项目相关联，这就要求从业人员能熟练地进行融会贯通并做出高质量的东西。

第 10 章 主要介绍任务管理相关知识，包括进程、线程、信号量、消息队列等。

第 11 章 介绍 Linux 操作系统的文件与目录 I/O 编程及串行通信编程的相关知识。

第 12 章 主要介绍网络通信编程的相关知识，包括 Socket、Select、epoll 等。

第 13 章 主要介绍 Linux 环境常用开源软件的移植, 包括多媒体、数据库、网络等。

第 14 章 详细介绍 Linux 环境下图形用户界面开发及 Qt 的相关知识。

第四篇 驱动程序篇

驱动开发与系统开发具有紧密的关系, 进行驱动开发和系统开发需要有非常扎实、深厚的 C 语言功底, 应该具有相当规模的高质量的代码量积累。通过 C 语言, 可以实现底层开发所要求的算法和数据结构。应熟悉文件系统、进程/线程、字符设备、网络设备、块设备等。并且需要多种知识的融会贯通, 而项目实践是打通各种知识体系的最好方法。

第 15 章 主要介绍驱动程序开发基础。

第 16 章 主要介绍 Linux 环境驱动开发的一些机制、策略及常见资源的使用。

第 17 章 主要介绍常用的驱动开发实例。

第五篇 调试测试篇

可以用各种方法来监控运行着的程序——可以为其运行调试器并单步调试该程序, 添加打印语句, 或者添加工具来分析程序。

通常嵌入式系统对可靠性的要求比较高。嵌入式系统安全性的失效可能会导致灾难性的后果。这就要求对嵌入式系统(包括嵌入式软件)进行严格的测试、确认和验证。

第 18 章 介绍 Linux 开发过程中常用的调试和测试技术。

第六篇 综合项目篇

本篇将通过一个综合实例, 向读者介绍嵌入式 ARMLinux 系统项目常见的开发方法。

第 19 章 基于 Modbus 的嵌入式工业控制系统设计。

本书由庄严、王光宇、杨海峰编著。任力坚、冒睿瑞、郝永龙参与了编写。参与绘图的有张佳筠、顾雪、吴柳等。全书由庄严统稿和审定。

本书编写过程中得到上海漕河泾开发区职业培训中心王骁总监和浦东张江园区新经济组织人力资源协会会长汤建敏的大力支持。编写过程中的实验设备由上海微动信息科技有限公司提供, 特此感谢。

本书的网上论坛为微动嵌入式培训论坛 <http://www.wikore.net>, 我们将在那里与读者互相交流和讨论。

由于编者水平有限, 书中难免存在不足之处, 还望广大读者批评指正。

目 录

第一篇 开发基础篇

第 1 章 嵌入式基础知识..... 3	2.2.6 应用程序22
1.1 知识结构..... 4	2.3 完全实例介绍23
1.1.1 应用软件开发..... 4	2.3.1 搭建交叉开发环境.....24
1.1.2 系统与驱动开发..... 4	2.3.2 烧写 Bootloader.....24
1.1.3 硬件开发..... 5	2.3.3 烧写内核24
1.2 嵌入式系统..... 5	2.3.4 烧写根文件系统24
1.2.1 概念..... 6	2.3.5 发布应用程序24
1.2.2 构成..... 7	2.4 技能训练24
1.2.3 特点..... 7	2.4.1 完全安装流程24
1.2.4 知识结构..... 8	2.4.2 运行结果25
1.3 嵌入式 Linux 9	2.5 本章小结25
1.3.1 ARMLinux 简介 10	2.6 课后习题25
1.3.2 uCLinux 简介..... 12	第 3 章 Linux 操作系统.....27
1.3.3 实时 Linux 13	3.1 Linux 的介绍28
1.4 ARM Linux 开发需要的知识基础..... 15	3.1.1 概述28
1.5 素质培养..... 15	3.1.2 主流版本28
1.6 学习建议..... 17	3.1.3 Linux 的选择.....30
1.7 本章小结..... 17	3.2 Linux 的基本组成与操作30
1.8 课后习题..... 17	3.2.1 Linux 的基本组成30
第 2 章 嵌入式完全实例..... 19	3.2.2 Linux 的基本操作31
2.1 ARMLinux 项目概述20	3.3 编辑工具 Vi34
2.1.1 软硬件环境及其搭建..... 20	3.3.1 Vi 的简介34
2.1.2 嵌入式 Linux 系统开发 20	3.3.2 基本命令34
2.2 ARMLinux 项目流程 22	3.4 命令列表36
2.2.1 整体架构..... 22	3.5 Shell 命令38
2.2.2 启动加载程序 Bootloader 22	3.5.1 Shell 的介绍38
2.2.3 操作系统内核..... 22	3.5.2 Shell 的常用命令39
2.2.4 根文件系统..... 22	3.5.3 Shell 的配置文件41
2.2.5 驱动程序..... 22	3.5.4 Shell 的语法结构41

3.5.5 命令脚本.....	42	4.4.3 Awk 使用举例.....	58
3.6 常用主机服务配置.....	43	4.5 案例特训.....	59
3.6.1 配置 Samba.....	43	4.5.1 单文件 Shell 版本计算器 实例.....	59
3.6.2 配置 DHCP.....	44	4.5.2 多文件 Shell 版本计算器 实例.....	59
3.6.3 配置 TFTP.....	46	4.6 本章小结.....	60
3.6.4 配置 NFS.....	47	4.7 课后习题.....	60
3.7 技能训练.....	48	第 5 章 Linux 下的程序设计.....	63
3.7.1 Vi 使用举例.....	48	5.1 Linux 环境软件开发概述.....	64
3.7.2 压缩和解压缩.....	48	5.1.1 GNU 计划.....	64
3.7.3 常用服务配置.....	49	5.1.2 GNU Tools.....	65
3.8 案例特训——Linux 启动设置.....	49	5.1.3 代码编辑——Vi.....	65
3.9 本章小结.....	50	5.2 工程管理——Makefile.....	65
3.10 课后习题.....	50	5.2.1 Make 命令.....	67
第 4 章 Shell 程序设计.....	51	5.2.2 隐含规则.....	69
4.1 Shell 编程概述.....	52	5.3 编译器集合——GCC 的使用.....	69
4.1.1 为何要进行 Shell 编程.....	52	5.3.1 GCC 的用法.....	70
4.1.2 简单 Shell 程序示例.....	52	5.3.2 GCC 选项.....	71
4.1.3 Shell 的一般结构.....	52	5.4 工具链——Binutils.....	75
4.1.4 Shell 程序的编写和执行过程... 53		5.4.1 Binutils 简介.....	75
4.1.5 Shell 程序除错.....	53	5.4.2 Ar 命令举例.....	75
4.2 Shell 编程详解.....	53	5.4.3 Nm 命令.....	76
4.2.1 变量.....	53	5.4.4 Objcopy 命令.....	76
4.2.2 运算符.....	54	5.4.5 Objdump 命令.....	76
4.2.3 条件判断.....	54	5.4.6 Readelf 命令.....	76
4.2.4 控制结构.....	55	5.4.7 Gprof 命令.....	76
4.2.5 函数.....	56	5.5 库文件——Glibc.....	76
4.3 高级 Shell 命令.....	56	5.5.1 库文件命名.....	77
4.3.1 正则表达式.....	56	5.5.2 库文件操作.....	77
4.3.2 Grep.....	57	5.5.3 库文件升级.....	78
4.3.3 Sed.....	57	5.5.4 库文件的使用.....	79
4.3.4 Awk.....	58	5.6 调试工具 GDB.....	80
4.4 技能训练.....	58	5.6.1 Kdb 使用.....	80
4.4.1 Grep 使用举例.....	58		
4.4.2 Sed 使用举例.....	58		

5.6.2 GDB 使用	83	5.9 技能训练	90
5.7 交叉开发工具	86	5.9.1 GCC 使用	90
5.7.1 交叉编译	86	5.9.2 GDB 调试	90
5.7.2 制作工具链	86	5.9.3 Binutils 使用	90
5.7.3 安装交叉工具链	87	5.9.4 交叉编译工具链的安装	91
5.7.4 系统配置	87	5.9.5 交叉编译工具链的使用	91
5.7.5 调试程序	87	5.10 案例特训	92
5.8 专业级工具	88	5.10.1 Linux 环境 C 程序设计 举例	92
5.8.1 UltraEdit	88	5.10.2 ARMLinux 环境 C 程序设计 举例	93
5.8.2 Source Insight	88	5.11 本章小结	93
5.8.3 SecureCRT	89	5.12 课后习题	93
5.8.4 CuteFTP	89		
5.8.5 SVN	89		
5.8.6 仿真器	89		

第二篇 系统开发篇

第 6 章 开发基础	97	6.2.10 S3C2410/2240/6410 处理器 概述	116
6.1 硬件开发基础	98	6.2.11 基于 ARM Cortex-A8 的 S5PC100 和 S5PV210 处理器	116
6.1.1 需求分析	98	6.3 软件开发基础	118
6.1.2 方案确定	99	6.3.1 高效的 C 编程	118
6.1.3 原理图绘制	100	6.3.2 软件设计技巧	119
6.1.4 PCB 版图绘制	107	6.4 案例特训	119
6.1.5 制板与调试	108	6.4.1 LED 驱动系统介绍	119
6.2 ARM 体系结构与编程	108	6.4.2 需求分析	120
6.2.1 ARM 体系结构特点	109	6.4.3 开发板电路原理图分析	120
6.2.2 ARM 体系结构的版本	109	6.4.4 数据手册分析	121
6.2.3 ARM 存储系统概述	111	6.4.5 编码设计	122
6.2.4 ARM 微处理器工作状态	111	6.4.6 调试与测试	123
6.2.5 ARM 处理器模式	112	6.4.7 部署	123
6.2.6 ARM 异常中断	113	6.5 本章小结	123
6.2.7 ARM 指令集	113	6.6 课后习题	123
6.2.8 AMBA 规范	114		
6.2.9 AAPCS 规范	115		

第7章 启动加载 Bootloader	125
7.1 Bootloader 简介	126
7.1.1 概念.....	126
7.1.2 功能.....	128
7.2 Bootloader 流程	128
7.2.1 Stage1: 汇编阶段	129
7.2.2 Stage2: C 语言阶段	131
7.3 Vivi 移植开发.....	133
7.3.1 工程简介.....	133
7.3.2 目录结构.....	134
7.3.3 Makefile 分析	135
7.3.4 执行流程分析.....	135
7.3.5 配置编译.....	137
7.3.6 移植开发.....	139
7.3.7 常用命令.....	139
7.4 U-Boot 移植开发.....	139
7.4.1 工程简介.....	139
7.4.2 目录结构.....	140
7.4.3 Makefile 分析	142
7.4.4 流程分析.....	142
7.4.5 配置编译.....	143
7.4.6 移植开发.....	146
7.4.7 调试测试.....	149
7.4.8 常用命令.....	149
7.4.9 环境变量.....	151
7.5 Bootloader 的烧写	153
7.5.1 Vivi 环境烧写根文件系统	153
7.5.2 U-Boot 环境烧写根文件 系统.....	153
7.6 技能训练.....	153
7.6.1 Vivi 的 Makefile 分析	153
7.6.2 U-Boot 代码执行流程分析	158
7.7 案例特训 - 自制 Bootloader.....	159
7.8 本章小结.....	159
7.9 课后习题.....	159

第8章 系统内核	161
8.1 系统内核概述	162
8.1.1 内核简介	162
8.1.2 命名规则	162
8.1.3 发展历史	163
8.1.4 内核模块	163
8.1.5 内核特点	165
8.2 嵌入式 Linux 2.4 移植浅析	165
8.2.1 目录结构	165
8.2.2 嵌入式 ARM Linux 2.4 Makefile 导读	166
8.2.3 执行流程	177
8.2.4 配置编译	180
8.3 嵌入式 Linux 2.6 移植浅析	182
8.3.1 内核新特点	182
8.3.2 Makefile 导读	184
8.3.3 执行流程	185
8.3.4 配置编译	186
8.4 Linux 内核启动流程分析	186
8.4.1 内核启动流程	186
8.4.2 内核启动控制脚本.....	187
8.5 系统调用	189
8.5.1 原子操作	189
8.5.2 系统调用	189
8.5.3 进程原理	190
8.6 Linux Kernel 3.0 概述	190
8.6.1 概述	190
8.6.2 新特性	190
8.6.3 其他	191
8.7 技能训练	191
8.7.1 嵌入式 Linux 2.6 编译	191
8.7.2 内核烧写	193
8.8 案例特训 - 内核移植实例	194
8.9 本章小结	194
8.10 课后习题	194

第 9 章 文件系统	197	9.6 根文件系统制作	213
9.1 文件系统概述	198	9.6.1 制作 Ramdisk	214
9.1.1 文件系统的概述	198	9.6.2 制作 Ext2fs	214
9.1.2 Linux 环境文件系统	198	9.6.3 制作 Cramfs	215
9.1.3 基本概念	199	9.6.4 制作 Jffs2	215
9.2 Linux 常见文件系统	201	9.6.5 制作 Yaffs2	217
9.2.1 Extfs 与 Ext2fs	201	9.7 根文件系统烧写	217
9.2.2 Ext3fs	202	9.7.1 Vivi 环境烧写根文件系统	217
9.2.3 Cramfs	202	9.7.2 U-Boot 环境烧写根文件 系统	217
9.2.4 Jffs2	203	9.8 技能训练	218
9.2.5 Yaffs	204	9.8.1 用 Busybox 制作根文件 系统	218
9.2.6 其他文件系统	205	9.8.2 只读根文件系统 Cramfs 制作	218
9.3 文件系统结构	206	9.8.3 Yaffs2 根文件系统制作	218
9.3.1 VFS	206	9.9 案例特训	218
9.3.2 MTD	209	9.9.1 Vivi + ARM Linux 2.4 + Cramfs 实践	218
9.4 根文件系统	211	9.9.2 U-Boot + ARM Linux 2.6 + Yaffs 实践	219
9.4.1 根文件系统概述	211	9.10 本章小结	219
9.4.2 根文件系统组成	211	9.11 课后习题	219
9.4.3 制作根文件系统	212		
9.5 “瑞士军刀” Busybox	212		
9.5.1 Busybox 介绍	212		
9.5.2 代码简要分析	213		
9.5.3 配置编译	213		

第三篇 应用开发篇

第 10 章 任务管理	223	10.2.5 wait/waitpid	236
10.1 进程控制	224	10.2.6 sleep	237
10.1.1 Linux 进程概述	224	10.3 进程间通信	237
10.1.2 Linux 进程调度	224	10.3.1 概述	237
10.2 系统调用及例程	227	10.3.2 信号	239
10.2.1 getpid	228	10.3.3 管道	240
10.2.2 fork/vfork/clone	229	10.3.4 消息队列	242
10.2.3 Exit/_exit	230	10.3.5 信号灯	243
10.2.4 exec	233	10.3.6 共享内存	244



10.4 多线程应用.....	246	11.4.5 设置串口.....	294
10.4.1 线程概述.....	246	11.4.6 发送数据.....	295
10.4.2 POSIX 线程库.....	249	11.4.7 接收数据.....	295
10.4.3 线程编程实例.....	265	11.4.8 串口与 Modem.....	296
10.5 技能训练.....	268	11.5 技能训练.....	296
10.5.1 多进程管道通信.....	268	11.5.1 文件读写综合实例.....	296
10.5.2 多进程共享内存通信.....	270	11.5.2 目录读写综合实例.....	298
10.5.3 多进程信号通信.....	272	11.6 案例特训 - 串口转发网络程序.....	301
10.5.4 多进程消息队列通信.....	273	11.7 本章小结.....	303
10.6 案例特训.....	276	11.8 课后习题.....	303
10.6.1 线程间信号量通信.....	276		
10.6.2 多线程编程综合实例.....	277	第 12 章 网络通信编程.....	305
10.7 本章小结.....	283	12.1 基于网络的应用开发.....	306
10.8 课后习题.....	283	12.1.1 网络概述.....	306
第 11 章 文件 I/O 与串口通信编程.....	285	12.1.2 套接字 Socket.....	308
11.1 基本概念.....	286	12.1.3 套接字类型.....	309
11.1.1 文件的基本概念.....	286	12.2 客户机/服务器(Client/Server)	
11.1.2 文件操作基本元素.....	286	模式.....	309
11.2 文件 I/O.....	286	12.2.1 基于连接的网络通信.....	310
11.2.1 文件描述符.....	286	12.2.2 基于无连接的网络通信.....	311
11.2.2 系统调用文件 I/O.....	287	12.2.3 基于 Socket 的 API.....	312
11.2.3 C 库函数文件 I/O.....	288	12.3 多路复用编程.....	314
11.2.4 函数选择.....	289	12.3.1 多路复用.....	314
11.2.5 文件属性.....	289	12.3.2 select 模型.....	315
11.3 目录操作 API.....	291	12.3.3 pselect 模型.....	315
11.3.1 遍历目录.....	291	12.3.4 poll 模型.....	316
11.3.2 指针定位.....	291	12.3.5 epoll 模型.....	316
11.3.3 目录项匹配.....	291	12.4 技能训练.....	318
11.3.4 目录排序.....	291	12.4.1 TCP 程序实例.....	318
11.4 串口通信编程.....	292	12.4.2 UDP 协议实例.....	321
11.4.1 串口简介.....	292	12.4.3 select 开发实例.....	325
11.4.2 常用串口.....	292	12.5 案例特训 - epoll 开发实例.....	325
11.4.3 串口设备文件.....	293	12.6 本章小结.....	325
11.4.4 打开串口.....	294	12.7 课后习题.....	325

第 13 章 开源软件移植	327	13.9.2 MPlayer 及其移植	348
13.1 开源工程介绍.....	328	13.10 案例特训 - Android 及其移植	348
13.1.1 发展历史.....	328	13.11 本章小结	348
13.1.2 开源特点.....	328	13.12 课后习题	348
13.2 图形用户界面.....	329	第 14 章 Qt 软件设计	349
13.2.1 X Window 桌面环境	329	14.1 Qt 及其使用	350
13.2.2 Qt 与 KDE.....	330	14.1.1 简介	350
13.2.3 GTK 与 GNOME.....	330	14.1.2 程序库	350
13.2.4 MiniGUI.....	331	14.1.3 界面	351
13.2.5 Microwindows.....	331	14.1.4 信号与槽	351
13.3 网络开源.....	332	14.1.5 实践 - 窗口程序	352
13.3.1 简单网管协议 SNMP	332	14.2 Qt 核心技术	352
13.3.2 嵌入式浏览器 Konqueror.....	334	14.2.1 Qt 多线程设计	352
13.3.3 嵌入式 Web 服务器		14.2.2 以 Qt 实现计算器.....	356
GoAhead	335	14.2.3 Qt 动态曲线程序设计.....	358
13.3.4 服务器 Boa	336	14.2.4 Qt 网络编程	359
13.3.5 WebKit	336	14.2.5 Qt 数据库编程	361
13.4 数据库.....	337	14.2.6 Qt 多媒体编程	362
13.4.1 MySQL.....	337	14.2.7 Qt 中文显示	363
13.4.2 SQLite	337	14.3 Qtopia 及其移植.....	364
13.5 多媒体.....	337	14.3.1 简介	364
13.5.1 MPlayer.....	337	14.3.2 移植	365
13.5.2 FFmpeg	339	14.4 技能训练	370
13.6 Google-Android 系统.....	340	14.4.1 FTP 应用开发.....	370
13.6.1 Android 系统介绍.....	340	14.4.2 Qtopia 移植	371
13.6.2 Android S3C6410 移植	341	14.5 案例特训	371
13.7 3G 移动通信.....	345	14.5.1 项目背景	371
13.7.1 3G 移动通信简介	345	14.5.2 硬件系统	371
13.7.2 会话发起协议 SIP	345	14.5.3 程序设计	372
13.8 开源软件移植.....	346	14.5.4 项目测试	372
13.8.1 移植简介.....	346	14.5.5 项目部署	373
13.8.2 移植过程.....	347	14.5.6 用户手册编写	373
13.9 技能训练.....	347	14.6 本章小结	373
13.9.1 SQLite 移植	347	14.7 课后习题	373



第四篇 驱动程序篇

第 15 章 驱动基础.....	377	15.5.5 时钟	404
15.1 设备管理.....	378	15.6 字符设备驱动	405
15.1.1 设备文件.....	379	15.6.1 编写流程	405
15.1.2 设备识别.....	379	15.6.2 设备号	405
15.1.3 设备分类.....	381	15.6.3 注册注销	406
15.1.4 字符设备.....	382	15.6.4 数据结构	406
15.1.5 块设备.....	383	15.6.5 驱动实例	410
15.1.6 网络设备.....	383	15.7 块设备驱动概述	415
15.1.7 总线设备.....	384	15.7.1 block_device_operations.....	415
15.2 驱动程序.....	384	15.7.2 gendisk.....	415
15.2.1 驱动概述.....	384	15.7.3 request.....	416
15.2.2 接口关系.....	386	15.7.4 bio	417
15.2.3 驱动功能.....	387	15.7.5 注册与注销	418
15.2.4 驱动特点.....	387	15.7.6 驱动实例	418
15.2.5 驱动架构.....	387	15.8 网络设备驱动概述	418
15.3 内核模块 LKM.....	389	15.8.1 基本结构	418
15.3.1 LKM 概述.....	389	15.8.2 基本方法	420
15.3.2 LKM 编程.....	390	15.8.3 数据结构	422
15.4 Linux 2.6 驱动模型	391	15.8.4 CS8900A 驱动实例	427
15.4.1 devfs 文件系统	391	15.9 USB 驱动	431
15.4.2 sysfs 文件系统	392	15.9.1 USB 体系介绍.....	431
15.4.3 kobject.....	393	15.9.2 USB 体系工作流程.....	432
15.4.4 kset.....	393	15.9.3 USB 驱动程序框架.....	432
15.4.5 subsystem	394	15.9.4 主机驱动结构	433
15.4.6 热插拔的实现.....	394	15.9.5 Linux 环境 USB 驱动	433
15.4.7 设备模型元素.....	394	15.9.6 基于 USB 的 WIFI 网卡 移植	434
15.4.8 Platform 总线.....	396	15.10 技能训练 - Linux 2.6 内核模块 编程	435
15.5 系统资源.....	398	15.11 案例特训	435
15.5.1 内存.....	398	15.11.1 Linux 2.6 字符设备驱动 编程	435
15.5.2 IO 端口	398		
15.5.3 DMA	399		
15.5.4 中断.....	404		

15.11.2 Linux 2.6 块设备驱动 编程.....	436	16.6.2 AIO.....	463
15.11.3 Linux 2.6 网络设备驱动 编程.....	436	16.7 可移植化(Portability).....	464
15.11.4 Linux 2.6 环境 USB 设备 驱动编程.....	436	16.7.1 自定义数据类型.....	464
15.12 本章小结.....	436	16.7.2 字节序.....	466
15.13 课后习题.....	436	16.7.3 对齐.....	466
第 16 章 机制与策略	437	16.8 技能训练.....	468
16.1 概述.....	438	16.8.1 Tasklet 实验.....	468
16.2 中断.....	438	16.8.2 工作队列实验.....	469
16.2.1 中断基础.....	439	16.9 案例特训 - Linux 环境多定时器 实现.....	469
16.2.2 ARM 中断.....	442	16.10 本章小结.....	471
16.2.3 处理架构.....	443	16.11 课后习题.....	471
16.2.4 下半部.....	445	第 17 章 驱动实例	473
16.2.5 软中断.....	447	17.1 驱动程序开发架构.....	474
16.2.6 Tasklet.....	449	17.1.1 需求分析.....	474
16.2.7 工作队列.....	451	17.1.2 详细设计.....	474
16.3 时钟.....	452	17.1.3 编码设计.....	475
16.3.1 定时器.....	452	17.1.4 调试测试.....	475
16.3.2 时钟定时器实现.....	453	17.1.5 结案与归档.....	475
16.3.3 看门狗.....	455	17.2 字符设备 LED 驱动设计实例.....	475
16.4 并发.....	456	17.2.1 需求分析.....	475
16.4.1 资源共享规则.....	456	17.2.2 详细设计.....	475
16.4.2 原子操作.....	456	17.2.3 Linux 2.4 驱动编码设计.....	477
16.4.3 信号量.....	458	17.2.4 Linux 2.6 驱动编码设计.....	480
16.4.4 互斥量.....	458	17.2.5 调试与测试.....	483
16.4.5 自旋锁.....	459	17.2.6 结案与归档.....	483
16.5 阻塞与非阻塞.....	461	17.3 复杂字符设备 - 触摸屏驱动移植.....	483
16.5.1 阻塞与非阻塞.....	461	17.3.1 需求分析.....	483
16.5.2 等待队列.....	461	17.3.2 S3C2410-Linux2.6 详细 设计.....	483
16.5.3 轮询.....	462	17.3.3 调试与测试.....	485
16.6 同步与异步.....	463	17.3.4 结案与归档.....	485
16.6.1 信号.....	463	17.4 复杂字符设备 - LCD(DMA) 驱动分析.....	485