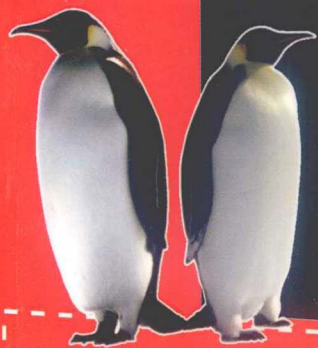


嵌入式Linux开发精品图书全面升级，ChinaUnix社区鼎力推荐
由浅入深，全面解析基于ARM体系结构的嵌入式Linux系统开发
结合多个实例和5个典型案例，深入剖析嵌入式开发的原理及过程



弓雷 等编著

ARM 嵌入式

Linux系统开发详解 (第2版)

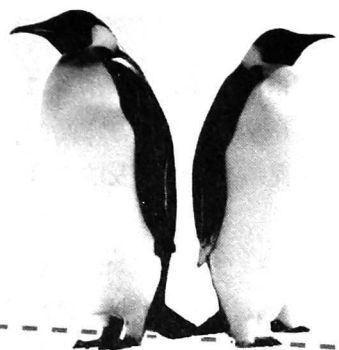
赠送40段共9小时高清语音教学视频

本书源代码、教学视频及PPT下载网址：www.wanjuanchina.net

- ◎ **内容新颖**：书中涉及的软件及开发环境都是当前最为流行的版本
- ◎ **内容全面**：涵盖嵌入式Linux系统开发的大部分知识点和典型应用
- ◎ **由浅入深**：从嵌入式系统的软硬件开始讲解，逐步深入到实际开发
- ◎ **注重原理**：对每个知识点从概念和基本原理进行了详细而透彻的分析
- ◎ **重点突出**：对Bootloader和Linux内核的功能和移植进行了详细介绍
- ◎ **实践性强**：结合多个典型实例和5个应用案例，提高读者的开发水平



清华大学出版社



ARM 嵌入式

Linux 系统开发详解

(第2版)

弓雷 等编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是获得了大量读者好评的“Linux 典藏大系”中的《ARM 嵌入式 Linux 系统开发详解》的第 2 版。本书由浅入深，全面、系统地介绍了基于 ARM 体系结构的嵌入式 Linux 系统开发所涉及的方方面面技术，并提供了大量实例供读者实战演练。另外，本书提供了 9 小时多媒体教学视频及书中涉及的实例源程序，便于读者高效、直观地学习。

本书共分 4 篇。第 1 篇介绍了嵌入式系统入门、嵌入式软硬件系统、ARM 处理器、嵌入式 Linux、软件开发环境建立和第一个 Linux 应用程序；第 2 篇介绍了 Linux 应用程序编程基础、开发多进程/线程程序、网络通信应用、串口通信编程、嵌入式 GUI 程序开发和软件项目管理；第 3 篇介绍 ARM 体系结构及开发实例、深入 Bootloader、解析 Linux 内核、嵌入式 Linux 启动流程、Linux 文件系统、建立交叉编译工具链、命令系统 BusyBox、Linux 内核移植，以及内核和应用程序调试技术；第 4 篇结合 5 个案例介绍了 Linux 设备驱动、网络设备驱动、Flash 设备驱动和 USB 驱动的开发过程，以此提高读者的实战水平。

本书适合广大从事嵌入式 Linux 系统开发的人员、对嵌入式 Linux 系统开发有兴趣的爱好者及大中专院校相关专业的学生阅读。相关培训院校及高校的老师亦可将本书作为教材使用。

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

ARM 嵌入式 Linux 系统开发详解/弓雷等编著. --2 版. --北京：清华大学出版社，2014
(Linux 典藏大系)

ISBN 978-7-302-34052-2

I. ①A… II. ①弓… III. ①Linux 操作系统 IV. ①TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 237631 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：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

印 装 者：清华大学印刷厂

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×260mm 印 张：30.5 字 数：765 千字

版 次：2010 年 1 月第 1 版 2014 年 2 月第 2 版 印 次：2014 年 2 月第 1 次印刷

印 数：5001~9000

定 价：69.00 元

产品编号：050116-01

前 言

随着超大规模集成电路的发展，计算机处理器技术不断提高，计算机芯片的处理能力越来越强，体积越来越小，计算机技术应用到生活的方方面面。与人们日常生活打交道最多的就是嵌入式系统，从目前广泛使用的手机、MP3 播放器到家用电器，嵌入式系统的应用无处不在。嵌入式系统的开发占整个计算机系统开发的比重也越来越高。

嵌入式系统开发与传统的 PC 程序开发不同。嵌入式系统开发涉及软件和硬件的开发，是一个协同工作的统一体。目前，已经有许多的嵌入式系统硬件和操作系统软件，其中应用最广泛的是 ARM 嵌入式处理器和 Linux 系统。

目前，市场上嵌入式开发的书籍大多是针对某个特定领域编写的，专业性和针对性较强，不适合初学者学习。基于这个原因笔者编写了本书。本书是获得了大量读者好评的“Linux 典藏大系”中的《ARM 嵌入式 Linux 系统开发详解》的第 2 版。在第 1 版的基础上，本书进行了全新改版，升级了编程环境，对第 1 版书中的一些疏漏进行了修订，也对书中的一些实例和代码进行了重新表述，使得更加易读。相信读者可以在本书的引领下跨入嵌入式开发的大门。

关于“Linux 典藏大系”

“Linux 典藏大系”是清华大学出版社自 2010 年 1 月以来陆续推出的一个图书系列，截止 2012 年，已经出版了 10 余个品种。该系列图书涵盖了 Linux 技术的方方面面，可以满足各个层次和各个领域的读者学习 Linux 技术的需求。该系列图书自出版以来获得了广大读者的好评，已经成为了 Linux 图书市场上最耀眼的明星品牌之一。其销量在同类图书中也名列前茅，其中一些图书还获得了“51CTO 读书频道”颁发的“最受读者喜爱的原创 IT 技术图书奖”。该系列图书在出版过程中也得到了国内 Linux 领域最知名的技术社区 ChinaUnix（简称 CU）的大力支持和帮助，读者在 CU 社区中就图书的内容与活跃在 CU 社区中的 Linux 技术爱好者进行广泛交流，取得了良好的学习效果。

关于本书第 2 版

本书第 1 版出版后深受读者好评，并被 ChinaUnix 技术社区推荐。但是随着技术的发展，本书第 1 版内容已经无法满足读者的学习需求。应广大读者的要求，我们结合嵌入式技术的最新发展推出了本书的第 2 版。相比第 1 版，第 2 版图书在内容上的变化主要体现在以下几个方面：

- (1) Linux 开发环境由 Ubuntu 8.04 升级到 12.04。
- (2) 更新了 Cygwin、ADS、GCC 等相关软件。
- (3) 修订了一些专有名词及术语的不一致问题。

- (4) 删除了部分已经过时的内容，如 Ubuntu 的网络配置等。
- (5) 给完整的实例代码增加了行序号，方便读者阅读。
- (6) 纠正了部分函数讲解错误，并修正了部分代码的类型转化等问题。
- (7) 将一些表达不准确的地方表述得更加准确。

本书特色

1. 循序渐进，由浅入深

为了让初学者快速进入嵌入式系统开发领域，本书一开始对嵌入式系统的软件和硬件做了全面的介绍，让读者对嵌入式系统有一个基本的认识。同时，在书中讲解的知识点都配备了完整的实例，读者可以通过实例学习嵌入式系统开发的相关知识。

2. 技术全面，内容充实

作者本人从事嵌入式系统开发多年，深入了解嵌入式系统开发的各个方面，在书中讲解了嵌入式 Linux 开发的各个要点，包括 Linux 内核的构成、工作流程、驱动程序开发、文件系统、程序库等知识，使读者全面了解嵌入式 Linux 开发的各个知识点。

3. 实例讲解，理解深刻

嵌入式 Linux 开发书籍众多，很多书籍偏重理论。本书所有的实例都经过作者验证，并且有详细的操作过程和实验结果。其次，本书的操作实例有完整的实验环境描述，读者可以通过实例加深对知识点的理解。

4. 化整为零，深入剖析

嵌入式系统开发涉及知识面广，技术复杂。本书剥茧抽丝，力求找出开发过程中关键的知识点。从关键点入手，通过简单易懂的例子剖析技术原理，帮助读者掌握复杂的技术。

5. 详解典型项目案例开发，提高实战水平

本书详细分析了 DM9000 网卡驱动、NAND Flash 设备驱动和 USB 驱动的实现。通过这三个项目案例，可以提高读者的设备驱动开发水平，从而具备独立进行驱动开发的能力。

6. 提供多媒体教学视频和源文件

本书专门提供了 9 小时多媒体教学视频和实例源文件，便于读者高效、直观地学习。这些学习资料需要读者按照封底的提示自行下载。

本书内容体系

第 1 篇 Linux 嵌入式开发基础篇（第 1~6 章）

本篇主要内容包括嵌入式系统入门、嵌入式软硬件系统、ARM 处理器、嵌入式 Linux、软件开发环境建立和第一个 Linux 应用程序。通过本篇的学习，读者可以掌握 Linux 嵌入式开发环境的搭建和 Linux 嵌入式的基础知识。

第 2 篇 Linux 嵌入式开发应用篇（第 7~12 章）

本篇主要内容包括 Linux 应用程序编程基础、开发多进程/线程程序、网络通信应用、串行口通信编程、嵌入式 GUI 程序开发和软件项目管理等内容。通过本篇的学习，读者可以掌握 Linux 嵌入式的核心技术与应用。

第 3 篇 Linux 系统篇（第 13~21 章）

本篇主要内容包括 ARM 体系结构及开发实例、深入 Bootloader、解析 Linux 内核、嵌入式 Linux 启动流程、Linux 文件系统、建立交叉编译工具链、命令系统 BusyBox、Linux 内核移植，以及内核和应用程序调试技术。通过本篇的学习，读者可以对 Linux 系统从内核到文件系统再到启动流程有一个非常清楚的了解。

第 4 篇 Linux 嵌入式驱动开发篇（第 22~25 章）

本篇主要内容包括 Linux 设备驱动、网络设备驱动程序、Flash 设备驱动，以及 USB 驱动开发等。通过本篇的学习，读者可以掌握 Linux 嵌入式开发的基本流程及思想。

本书读者对象

- Linux 嵌入式开发初学者；
- 需要系统学习 Linux 嵌入式开发的人员；
- Linux 嵌入式从业人员；
- Linux 嵌入式开发爱好者；
- 大中专院校的学生；
- 社会培训班的学员。

本书作者

本书由弓雷主笔编写。其他参与编写的人员有吴振华、辛立伟、熊新奇、徐彬、晏景现、杨光磊、杨艳玲、姚志娟、俞晶磊、张建辉、张健、张林、张迎春、张之超、赵红梅、赵永源、仲从浩、周建珍、杨文达。

本书编委会成员有欧振旭、陈杰、陈冠军、项宇峰、张帆、陈刚、程彩红、毛红娟、聂庆亮、王志娟、武文娟、颜盟盟、姚志娟、尹继平、张昆、张薛。

阅读本书时，有疑问可发 E-mail 到 book@wanjuanchina.net 或 bookservice2008@163.com 以获得帮助。也可以在 <http://www.wanjuanchina.net> 论坛上留言，会有专人负责答疑。

编著者

目 录

第 1 篇 Linux 嵌入式开发基础篇

第 1 章	嵌入式系统入门	2
1.1	什么是嵌入式系统	2
1.2	嵌入式系统应用领域	2
1.2.1	家用电器和电子类产品	2
1.2.2	交通工具	3
1.2.3	公共电子设施	3
1.3	嵌入式系统发展	4
1.3.1	嵌入式微控制器	4
1.3.2	嵌入式微处理器	5
1.3.3	未来嵌入式系统发展的方向	5
1.4	典型的嵌入式系统组成	6
1.5	小结	6
第 2 章	嵌入式软硬件系统	7
2.1	电路基本知识	7
2.1.1	什么是模拟电路	7
2.1.2	什么是数字电路	7
2.1.3	数制转换	8
2.2	计算机组成原理	9
2.2.1	计算机体系的发展	9
2.2.2	中央处理器	9
2.2.3	存储系统	10
2.2.4	总线系统	10
2.2.5	输入输出系统	11
2.3	软件基础知识	11
2.3.1	什么是软件	11
2.3.2	软件开发流程	12
2.3.3	常见的软件开发模型	12
2.3.4	计算机编程语言	13
2.3.5	数据结构	13
2.4	操作系统知识	14
2.4.1	什么是操作系统	14

2.4.2	操作系统的发展历史.....	14
2.4.3	操作系统由什么组成.....	15
2.4.4	几种操作系统的设计思路.....	15
2.4.5	操作系统分类.....	16
2.5	小结.....	16
第 3 章	ARM 处理器	17
3.1	微处理器和微控制器.....	17
3.2	ARM 处理器介绍.....	17
3.2.1	ARM 微处理器的应用领域.....	18
3.2.2	ARM 的功能特点.....	18
3.3	ARM 指令集.....	19
3.3.1	算术运算指令.....	19
3.3.2	逻辑运算指令.....	20
3.3.3	分支指令.....	21
3.3.4	数据传送指令.....	21
3.4	ARM 的结构.....	22
3.4.1	ARM 体系结构的命名方法.....	22
3.4.2	处理器系列划分.....	23
3.4.3	处理器工作模式.....	23
3.4.4	存储系统.....	24
3.4.5	寻址方式.....	25
3.5	ARM 的功能选型.....	27
3.5.1	ARM 的选型原则.....	27
3.5.2	几种常见的 ARM 核处理器选型参考.....	29
3.6	小结.....	30
第 4 章	嵌入式 Linux	31
4.1	常见的嵌入式操作系统.....	31
4.1.1	VxWorks.....	31
4.1.2	Windows CE.....	32
4.1.3	PalmOS.....	32
4.1.4	Symbian.....	32
4.2	嵌入式 Linux 操作系统.....	32
4.2.1	什么是 Linux.....	33
4.2.2	Linux 与 UNIX 的不同——GPL 版权协议介绍.....	33
4.2.3	Linux 发行版.....	34
4.2.4	常见的嵌入式 Linux 系统.....	35
4.3	小结.....	35
第 5 章	建立软件开发环境	36
5.1	独立的 Linux 系统.....	36
5.1.1	安装 Ubuntu Linux.....	36

5.1.2	怎样安装、卸载软件.....	45
5.1.3	怎样配置系统服务.....	45
5.1.4	安装主要的开发工具.....	45
5.1.5	安装其他的开发工具和文档.....	46
5.2	运行在 Windows 上的 Linux 系统.....	46
5.2.1	什么是 Cygwin.....	47
5.2.2	如何安装 Cygwin.....	47
5.2.3	安装开发环境.....	50
5.3	Linux 常用工具.....	51
5.3.1	Linux shell 和常用命令.....	51
5.3.2	文本编辑工具 vi.....	52
5.3.3	搜索工具 find 和 grep.....	53
5.3.4	FTP 工具.....	57
5.3.5	串口工具 minicom.....	59
5.4	Windows 常用工具.....	61
5.4.1	代码编辑管理工具 Source Insight.....	61
5.4.2	串口工具 XShell.....	67
5.5	ARM 集成开发环境 ADS.....	68
5.5.1	ADS 集成开发环境介绍.....	69
5.5.2	配置 ADS 调试环境.....	69
5.5.3	建立自己的工程.....	71
5.6	小结.....	73
第 6 章	第一个 Linux 应用程序.....	74
6.1	向世界问好——Hello,World!.....	74
6.1.1	用 vi 编辑源代码文件.....	74
6.1.2	用 gcc 编译程序.....	75
6.1.3	执行程序.....	75
6.2	程序背后做了什么.....	76
6.2.1	程序执行的过程.....	76
6.2.2	窥视程序执行中的秘密.....	77
6.2.3	动态库的作用.....	78
6.3	程序如何来的——编译的全部过程.....	78
6.3.1	编译源代码.....	79
6.3.2	连接目标文件到指定的库.....	80
6.4	更简单的办法——用 Makefile 管理工程.....	81
6.4.1	什么是 Makefile.....	81
6.4.2	它是如何工作的.....	82
6.4.3	如何使用 Makefile.....	82
6.4.4	好的源代码管理习惯.....	82
6.5	小结.....	83

第 2 篇 Linux 嵌入式开发应用篇

第 7 章 Linux 应用程序编程基础	86
7.1 内存管理和使用.....	86
7.1.1 堆和栈的区别.....	86
7.1.2 内存管理函数 malloc()和 free().....	89
7.1.3 实用的内存分配函数 calloc()和 realloc().....	89
7.1.4 内存管理编程实例.....	90
7.2 ANSI C 文件管理.....	93
7.2.1 文件指针和流.....	93
7.2.2 存储方式.....	94
7.2.3 标准输入、标准输出和标准错误.....	94
7.2.4 缓冲.....	94
7.2.5 打开、关闭文件.....	95
7.2.6 读写文件.....	96
7.2.7 文件流定位.....	98
7.2.8 ANSI C 文件编程实例.....	99
7.3 POSIX 文件 I/O 编程.....	100
7.3.1 底层的文件 I/O 操作.....	100
7.3.2 文件描述符.....	100
7.3.3 创建/打开/关闭文件.....	101
7.3.4 读写文件内容.....	103
7.3.5 文件内容定位.....	105
7.3.6 修改已打开文件的属性.....	105
7.3.7 POSIX 文件编程实例.....	106
7.4 小结.....	107
第 8 章 开发多进程/线程程序	108
8.1 多进程开发.....	108
8.1.1 什么是进程.....	108
8.1.2 进程环境和属性.....	109
8.1.3 创建进程.....	110
8.1.4 等待进程结束.....	112
8.1.5 退出进程.....	113
8.1.6 常用进程间通信的方法.....	115
8.1.7 进程编程实例.....	119
8.2 多线程开发.....	120
8.2.1 线程的概念.....	120
8.2.2 进程和线程对比.....	121
8.2.3 创建线程.....	121
8.2.4 取消线程.....	123

8.2.5	等待线程.....	124
8.2.6	使用 pthread 库线程操作实例	124
8.3	小结	125
第 9 章	网络通信应用.....	126
9.1	网络通信基础.....	126
9.1.1	TCP/IP 协议族.....	126
9.1.2	IP 协议	127
9.1.3	TCP 协议.....	128
9.1.4	UDP 协议.....	129
9.1.5	学习分析协议的方法.....	129
9.2	Socket 通信基本概念.....	131
9.2.1	创建 socket 对象	131
9.2.2	面向连接的 Socket 通信实现.....	132
9.2.3	面向连接的 echo 服务编程实例	134
9.2.4	无连接的 Socket 通信实现.....	138
9.2.5	无连接的时间服务编程实例	139
9.3	Socket 高级应用	142
9.3.1	Socket 超时处理.....	142
9.3.2	使用 Select 机制处理多连接.....	143
9.3.3	使用 poll 机制处理多连接	144
9.3.4	多线程环境 Socket 编程.....	146
9.4	小结	146
第 10 章	串口通信编程.....	147
10.1	串口介绍	147
10.1.1	什么是串口	147
10.1.2	串口工作原理.....	147
10.1.3	串口流量控制.....	148
10.2	开发串口应用程序.....	149
10.2.1	操作串口需要用到的头文件	149
10.2.2	串口操作方法.....	149
10.2.3	串口属性设置.....	150
10.2.4	与 Windows 串口终端通信	154
10.3	串口应用实例——手机短信发送.....	156
10.3.1	PC 与手机连接发送短信的物理结构	156
10.3.2	AT 指令介绍	157
10.3.3	GSM AT 指令集.....	157
10.3.4	PDU 编码方式.....	158
10.3.5	建立与手机的连接.....	159
10.3.6	使用 AT 指令发送短信	160
10.4	小结	163

第 11 章 嵌入式 GUI 程序开发	164
11.1 Linux GUI 介绍	164
11.1.1 Linux GUI 的发展	164
11.1.2 常见的嵌入式 GUI.....	165
11.2 开发图形界面程序.....	166
11.2.1 安装 Qt 开发环境.....	166
11.2.2 建立简单的 Qt 程序.....	167
11.2.3 Qt 库编程结构.....	170
11.3 深入 Qt 编程.....	171
11.3.1 使用 Widget.....	171
11.3.2 对话框程序设计.....	172
11.3.3 信号与槽系统.....	176
11.4 移植 Qtopia 到 ARM 开发板.....	177
11.4.1 需要的资源.....	177
11.4.2 准备工作.....	177
11.4.3 编译主机 Qt 工具.....	178
11.4.4 交叉编译 qtopia.....	179
11.5 小结.....	180
第 12 章 软件项目管理	181
12.1 源代码管理.....	181
12.1.1 什么是软件的版本.....	181
12.1.2 版本控制的概念.....	182
12.2 版本控制系统 Subversion.....	183
12.2.1 在 Linux 系统下使用 Subversion 服务端.....	183
12.2.2 在 Windows 系统下使用 TortoiseSVN 客户端.....	185
12.3 开发文档管理——常见的开发文档.....	190
12.3.1 可行性研究报告.....	191
12.3.2 项目开发计划.....	191
12.3.3 软件需求说明书.....	191
12.3.4 概要设计.....	191
12.3.5 详细设计.....	191
12.3.6 用户手册.....	191
12.3.7 其他文档.....	192
12.4 使用 trac 管理软件开发文档.....	192
12.4.1 安装 trac.....	192
12.4.2 配置 trac 基本设置.....	192
12.4.3 配置 trac 全局脚本.....	195
12.4.4 设置 trac 的 Web 界面.....	196
12.5 Bug 跟踪系统.....	199
12.5.1 Bug 管理的概念和作用.....	199

12.5.2 使用 Bugzilla 跟踪 Bug	199
12.6 小结	202

第 3 篇 Linux 系统篇

第 13 章 ARM 体系结构及开发实例	204
13.1 ARM 体系结构介绍.....	204
13.1.1 ARM 体系结构.....	204
13.1.2 ARM 指令集介绍.....	205
13.2 编程模型.....	206
13.2.1 数据类型.....	206
13.2.2 处理器模式.....	206
13.2.3 寄存器.....	207
13.2.4 通用寄存器.....	207
13.2.5 程序状态寄存器.....	208
13.2.6 异常处理.....	209
13.2.7 内存和内存 I/O 映射	210
13.3 内存管理单元.....	211
13.3.1 内存管理介绍.....	211
13.3.2 内存访问顺序.....	211
13.3.3 地址翻译过程.....	212
13.3.4 访问权限.....	212
13.4 常见接口和控制器.....	213
13.4.1 GPIO 接口	213
13.4.2 中断控制器.....	213
13.4.3 RTC 控制器.....	214
13.4.4 看门狗定时器.....	214
13.4.5 试验：使用 GPIO 点亮 LED	215
13.5 小结	216
第 14 章 深入 Bootloader	217
14.1 初识 Bootloader	217
14.1.1 PC（个人电脑）上的 Bootloader.....	217
14.1.2 什么是嵌入式系统的 Bootloader.....	217
14.1.3 嵌入式系统常见的 Bootloader.....	218
14.2 U-Boot 分析.....	219
14.2.1 获取 U-Boot.....	219
14.2.2 U-Boot 工程结构分析.....	219
14.2.3 U-Boot 总体工作流程.....	220
14.3 U-Boot 启动流程分析.....	221
14.3.1 <code>_start</code> 标号	222

14.3.2	reset 标号	224
14.3.3	cpu_init_crit 标号	225
14.3.4	lowlevel_init 标号	227
14.3.5	relocate 标号	227
14.3.6	start_armboot()函数	229
14.3.7	main_loop()函数	232
14.4	移植 U-Boot 到开发板	237
14.4.1	U-Boot 移植的一般步骤	237
14.4.2	移植 U-Boot 到目标开发板	238
14.4.3	移植 U-Boot 的常见问题	239
14.5	小结	239
第 15 章	解析 Linux 内核	240
15.1	基本知识	240
15.1.1	什么是 Linux 内核	240
15.1.2	Linux 内核版本	241
15.1.3	如何获取 Linux 内核代码	241
15.1.4	编译内核	241
15.2	Linux 内核的子系统	248
15.2.1	系统调用接口	248
15.2.2	进程管理子系统	250
15.2.3	内存管理子系统	250
15.2.4	虚拟文件系统	251
15.2.5	网络堆栈	251
15.2.6	设备驱动	253
15.2.7	依赖体系结构的代码	254
15.3	Linux 内核代码的工程结构	254
15.3.1	源代码目录布局	254
15.3.2	几个重要的 Linux 内核文件	255
15.4	内核编译系统	256
15.4.1	内核编译系统基本架构	257
15.4.2	内核顶层 Makefile 分析	257
15.4.3	内核编译文件分析	262
15.4.4	目标文件清除机制	266
15.4.5	编译辅助程序	267
15.4.6	KBuild 变量	269
15.5	小结	270
第 16 章	嵌入式 Linux 启动流程	271
16.1	Linux 内核初始化流程	271
16.2	PC 的初始化流程	272
16.2.1	PC BIOS 功能和作用	272

16.2.2	硬盘的数据结构.....	273
16.2.3	完整的初始化流程.....	274
16.3	嵌入式系统的初始化.....	274
16.4	Linux 内核初始化.....	275
16.4.1	解压缩内核映像.....	275
16.4.2	进入内核代码.....	277
16.5	启动 init 内核进程.....	279
16.6	根文件系统初始化.....	280
16.6.1	根文件系统介绍.....	280
16.6.2	挂载虚拟文件系统.....	282
16.7	内核交出权限.....	288
16.8	init 进程.....	288
16.9	初始化 RAM Disk.....	289
16.9.1	RAM Disk 介绍.....	289
16.9.2	如何使用 RAM Disk.....	289
16.9.3	实例：使用 RAM Disk 作为根文件系统.....	290
16.10	小结.....	291
第 17 章	Linux 文件系统.....	292
17.1	Linux 文件管理.....	292
17.1.1	文件和目录的概念.....	292
17.1.2	文件的结构.....	292
17.1.3	文件的类型.....	293
17.1.4	文件系统的目录结构.....	294
17.1.5	文件和目录的存取权限.....	296
17.1.6	文件系统管理.....	298
17.2	Linux 文件系统原理.....	298
17.2.1	非日志文件系统.....	299
17.2.2	日志文件系统.....	299
17.3	常见的 Linux 文件系统.....	300
17.3.1	ext2 文件系统.....	300
17.3.2	ext3 文件系统.....	302
17.3.3	ReiserFS 文件系统.....	303
17.3.4	JFFS 文件系统.....	304
17.3.5	cramfs 文件系统.....	306
17.4	其他文件系统.....	306
17.4.1	网络文件系统.....	307
17.4.2	/proc 影子文件系统.....	308
17.5	小结.....	311
第 18 章	建立交叉编译工具链.....	312
18.1	什么是交叉编译.....	312

18.2	需要哪些东西	313
18.3	手工创建工具链	313
18.3.1	准备工作——获取源代码	314
18.3.2	开始了——建立工作环境	314
18.3.3	建立 Linux 内核头文件	315
18.3.4	编译安装 binutils	318
18.3.5	编译安装 gcc 的 C 编译器	319
18.3.6	编译安装 glibc 库	320
18.3.7	编译安装 gcc 的 C、C++ 编译器	321
18.3.8	最后的工作	321
18.4	使用脚本创建工具链	322
18.5	更简便的方法——获取已编译好的交叉编译环境	324
18.6	小结	324
第 19 章	强大的命令系统 BusyBox	325
19.1	BusyBox 简介	325
19.1.1	简单易懂的 BusyBox	325
19.1.2	BusyBox 工作原理	326
19.1.3	安装 BusyBox	327
19.2	交叉编译 BusyBox	329
19.3	使用 BusyBox	331
19.3.1	BusyBox 初始化	332
19.3.2	目标板 BusyBox 安装	334
19.4	小结	336
第 20 章	Linux 内核移植	337
20.1	Linux 内核移植要点	337
20.2	平台相关代码结构	338
20.3	建立目标平台工程框架	339
20.3.1	加入编译菜单项	340
20.3.2	设置宏与代码文件的对应关系	340
20.3.3	测试工程框架	341
20.4	建立目标平台代码框架	342
20.4.1	ARM 处理器相关结构	342
20.4.2	建立 machine_desc 结构	344
20.4.3	加入处理函数	344
20.4.4	加入定时器结构	345
20.4.5	测试代码结构	345
20.5	构建目标板代码	345
20.5.1	处理器初始化	345
20.5.2	端口映射	347
20.5.3	中断处理	349

20.5.4	定时器处理.....	349
20.5.5	编译最终代码.....	349
20.6	小结.....	349
第 21 章	内核和应用程序调试技术.....	350
21.1	使用 gdb 调试应用程序概述.....	350
21.2	基本的调试技术.....	350
21.2.1	列出源代码.....	353
21.2.2	断点管理.....	355
21.2.3	执行程序.....	357
21.2.4	显示程序变量.....	357
21.2.5	信号管理.....	358
21.2.6	调试实例.....	358
21.3	多进程调试.....	359
21.4	调试意外终止的程序.....	361
21.5	内核调试技术.....	363
21.5.1	printk 打印调试信息.....	364
21.5.2	使用/proc 虚拟文件系统.....	364
21.5.3	使用 KDB 调试工具.....	367
21.5.4	KDB 调试指令.....	369
21.6	小结.....	371

第 4 篇 Linux 嵌入式驱动开发篇

第 22 章	Linux 设备驱动.....	374
22.1	设备驱动介绍.....	374
22.2	Linux 内核模块.....	375
22.2.1	内核模块简介.....	375
22.2.2	内核模块的结构.....	375
22.2.3	内核模块的加载和卸载.....	376
22.2.4	编写一个基本的内核模块.....	377
22.2.5	编译内核模块.....	378
22.2.6	为内核模块添加参数.....	379
22.3	Linux 设备驱动.....	380
22.3.1	PCI 局部总线介绍.....	380
22.3.2	Linux 设备驱动基本概念.....	381
22.3.3	字符设备.....	381
22.3.4	块设备.....	384
22.3.5	网络设备.....	385
22.4	字符设备驱动开发实例.....	385
22.4.1	开发一个基本的字符设备驱动.....	385