

嵌入式 Linux 设备驱动开发详解

华清远见嵌入式培训中心 李俊 编著

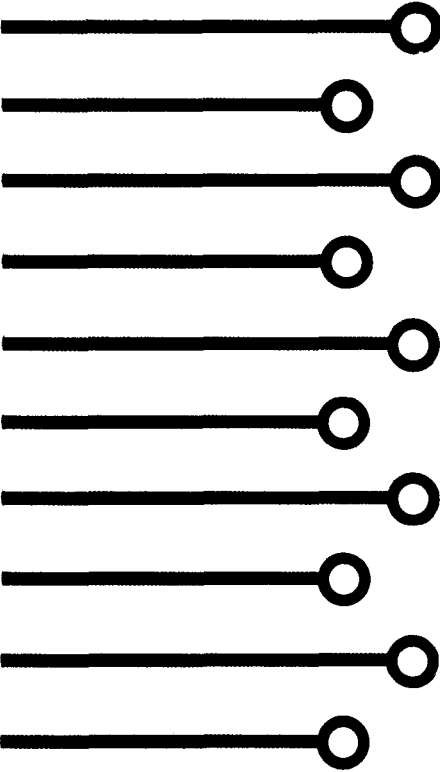
TP316.81/145

TP316.81/145

2008

嵌入式Linux 设备驱动开发详解

华清远见嵌入式培训中心 李俊 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

嵌入式 Linux 设备驱动开发详解 / 李俊编著. —北京:
人民邮电出版社, 2008.3
ISBN 978-7-115-17342-3

I. 嵌… II. 李… III. Linux 操作系统—程序设计
IV. TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 194025 号

内 容 提 要

嵌入式 Linux 设备驱动是嵌入式系统中十分重要的组成部分。本书详细讲解了嵌入式 Linux 的各种设备驱动, 包括字符设备驱动、数字显示驱动、键盘驱动、A/D 驱动、D/A 驱动、LCD 驱动、触摸屏驱动、CAN 总线驱动、IIC 总线驱动、音频总线驱动、IDE 接口驱动、闪存芯片驱动、USB 驱动、串口驱动、网络设备驱动等, 并结合大量实例进行讲解, 读者可以快速熟悉和掌握相关知识。

本书内容丰富, 专业性和实用性强, 适合嵌入式系统设计人员以及高校相关专业师生学习和使用。

嵌入式 Linux 设备驱动开发详解

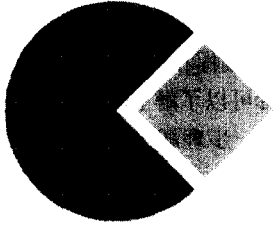
-
- ◆ 编 著 华清远见嵌入式培训中心 李 俊
责任编辑 黄 焱
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 27
字数: 652 千字 2008 年 3 月第 1 版
印数: 1-5 000 册 2008 年 3 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17342-3/TP

定价: 49.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010) 67171154



前 言

嵌入式行业背景

嵌入式系统是计算机技术、通信技术、半导体技术、微电子技术、语音图像数据传输技术、传感器技术等和具体应用对象相结合的产物，因此往往是技术密集、投资强度大、高度分散、不断创新的知识密集型系统。

嵌入式系统和 PC 上的应用系统不同，针对不同的具体应用而设计的嵌入式系统之间差别也很大。嵌入式系统一般功能单一、简单，在兼容性方面要求不高，但是在大小、成本方面限制较多。

嵌入式系统是指操作系统和功能软件集成于计算机硬件系统之中，简单地说就是系统的应用软件与系统的硬件一体化，类似于 BIOS 的工作方式。具有软件代码小、高度自动化、响应速度快等特点，特别适合于要求实时的多任务体系。

目前，国内还很缺乏能够进行嵌入式系统软硬件设计的综合人才，本书详细讲解嵌入式系统下各类设备驱动程序的开发方法，帮助读者提高嵌入式系统的软硬件设计能力。

本书主要内容

本书各个章节的内容安排如下。

第 1 章介绍嵌入式系统的概念、特点、体系结构和应用前景。通过本章的学习，读者可以对嵌入式系统有初步的了解，并对嵌入式 Linux 设备驱动程序的开发有一个总体的认识。

第 2 章介绍嵌入式 Linux 设备驱动程序的分类和字符设备驱动程序的相关知识。以 LED 和按键驱动为例讲解开发驱动程序的大致流程。通过阅读本章，读者可以对驱动程序的开发流程有初步的认识，为以后学习其他设备驱动程序的开发打下基础。

第 3 章介绍数字显示设备驱动程序的开发方法。通过阅读本章，读者可以掌握 7 段数码管的显示原理和驱动方法。

第 4 章介绍键盘设备驱动程序的设计方法。通过本章的学习读者可以了解键盘设备的工作原理，从而为自己的系统添加键盘设备，并编写相应的驱动程序使其能正常工作。

第 5 章介绍 A/D 转换设备驱动程序的设计方法。通过本章的学习，读者可以掌握 A/D 转换的基本原理和电路实现方法，并结合实例自行编写 A/D 转换设备的驱动程序和测试程序。

第 6 章介绍 D/A 转换设备驱动程序的设计方法。通过本章的学习，读者可以掌握 D/A 转换的基本原理和电路实现方法，并结合实例自行编写 D/A 转换设备的驱动程序和测试程序。

第 7 章介绍 LCD 显示器的驱动程序设计方法。通过本章的学习,读者可以了解嵌入式 Linux 系统中 LCD 的工作原理和驱动方法,并结合代码为自己的系统移植相应的 LCD 显示设备驱动程序。

第 8 章介绍触摸屏的基本分类和工作原理。通过本章的学习,读者可以掌握电阻式触摸屏驱动程序的编写方法和移植要点,并结合 A/D 转换的知识自行设计一些简单的有人机交互功能的软件。

第 9 章介绍 CAN 总线的工作原理等相关知识。通过本章的学习,读者可以掌握 CAN 总线工作特点、电气特性、仲裁原则等知识,并结合实例理解 CAN 总线的工作流程和驱动程序设计方法。

第 10 章介绍 IIC 总线的驱动程序设计方法。通过本章的学习,读者可以了解 IIC 总线的工作原理、电气特性、通信过程等知识,结合 IIC 设备的驱动代码实例可以进一步理解 IIC 器件的驱动程序开发方法。

第 11 章介绍音频总线驱动程序的设计方法。通过本章的学习,读者可以了解 IIS 和 AC97 这两种用于音频设备的总线标准。结合实例代码,读者还可以学习基于 IIS 总线音频设备驱动程序设计的细节,从而进一步掌握音频设备驱动程序的设计方法。

第 12 章介绍 IDE 接口的驱动方法。通过本章的学习,读者可以掌握 IDE 接口标准的发展流程以及工作原理,掌握嵌入式 Linux 系统是如何支持基于 IDE 接口的存储设备的,如 IDE 硬盘、CF 卡等。

第 13 章介绍闪存芯片驱动程序的设计方法。通过本章的学习,读者可以掌握闪存芯片的分类和主要特点,掌握嵌入式 Linux 系统是如何支持不同的闪存设备的,如 NOR Flash、NAND Flash 等。通过结合实例代码,读者可以进一步掌握闪存设备的工作流程,并可以为自己系统的闪存设备移植相应的驱动程序。

第 14 章介绍 USB 设备驱动程序的设计方法。通过本章的学习,读者可以掌握 USB 总线标准的分类方法和各自的应用范围,了解 USB 总线的工作特点、电气特性等知识,并通过结合实例代码进一步掌握嵌入式 Linux 中 USB 设备驱动程序的设计方法。

第 15 章介绍串口通信设备的驱动程序设计方法。通过本章的学习,读者可以了解同步串口和异步串口的工作原理、电气特性等知识。本章以异步串口为重点,介绍了异步串口驱动程序的整体架构,并逐个分析了其主要组成部分,帮助读者理解嵌入式 Linux 系统中串口的工作原理。

第 16 章介绍网络设备的驱动程序设计方法。通过本章的学习,读者可以了解嵌入式 Linux 系统中网络设备的工作原理。通过结合实例代码,读者可以掌握 NE2000 兼容的网卡驱动程序的设计方法。

本书适合的读者

- Linux 爱好者;
- 嵌入式系统驱动工程师;
- 大专院校嵌入式相关专业师生。

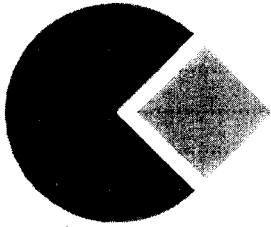
本书内容来源于华清远见嵌入式培训中心 (<http://www.farsight.com.cn>) 的培训课程资料,书中相关代码以及嵌入式 Linux 应用开发、嵌入式 Linux 系统开发、嵌入式 Linux 驱动开发、嵌入式系统硬件设计的相关资料,请见 <http://www.farsight.com.cn/download>。

本书由李俊执笔,黄惠英、刘雯审定写作提纲,另外感谢以下人员为本书所做的工作:孙琼、田旭、范文庆、钟金鑫、王欣、张曦文、尚玉珊、张丛辉、王玮、刘超、张圣亮、李凡、马堃、徐路迎、赵国锋、孙颂武、汪荷君、孙明、林雪梅、张墨等。

由于时间仓促,加之水平有限,书中不足之处在所难免,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

2008 年 1 月



目 录

第 1 章 嵌入式系统与驱动程序	1
本章目标	1
1.1 嵌入式系统概述	1
1.1.1 嵌入式系统的概念	1
1.1.2 嵌入式系统的特点	2
1.1.3 嵌入式系统的体系结构	2
1.2 嵌入式处理器介绍	4
1.2.1 嵌入式处理器分类	4
1.2.2 ARM 概述	5
1.2.3 ARM 系列芯片简介	5
1.3 嵌入式操作系统介绍	7
1.3.1 主流嵌入式操作系统	7
1.3.2 嵌入式系统的发展状况	8
1.3.3 嵌入式 Linux 介绍	8
1.3.4 嵌入式系统开发环境的建立	9
1.3.5 嵌入式软件开发	10
1.4 嵌入式 Linux 驱动程序	12
1.4.1 嵌入式 Linux 的内核空间和用户空间	12
1.4.2 嵌入式 Linux 的文件系统	12
1.4.3 嵌入式 Linux 的设备管理	14
1.4.4 嵌入式 Linux 的驱动程序	16
1.5 知识索引	20
1.6 思考与练习	21
第 2 章 简单的字符设备驱动程序	23
本章目标	23

2.1	嵌入式 Linux 字符设备的驱动程序结构	23
2.1.1	嵌入式 Linux 驱动程序常用的头文件	24
2.1.2	File_operations 结构体	24
2.1.3	字符设备驱动程序的入口	25
2.1.4	驱动程序的设备注册	26
2.2	设备驱动程序中的具体问题	27
2.2.1	I/O 端口	28
2.2.2	内存操作	29
2.2.3	中断处理	29
2.3	LED 的驱动程序实例及测试	30
2.3.1	LED I/O 端口设置	30
2.3.2	LED 硬件电路设计	32
2.3.3	LED 驱动程序设计	33
2.3.4	LED 测试程序设计	36
2.4	嵌入式 Linux 中断处理驱动程序及测试	37
2.4.1	中断处理过程	37
2.4.2	中断向量表	39
2.4.3	中断的处理模式	39
2.4.4	中断的优先级	40
2.4.5	中断的嵌套	40
2.4.6	中断源的扩展	40
2.4.7	中断控制寄存器的设置	41
2.5	按键中断的驱动程序实例	45
2.5.1	按键中断的电路设计	45
2.5.2	按键中断的驱动程序设计	45
2.6	知识索引	48
2.7	思考与练习	49
第 3 章	数字显示驱动程序	50
	本章目标	50
3.1	数字显示器	50
3.1.1	数码管简介	50
3.1.2	数码管的分类	51
3.1.3	数码管显示原理	51
3.2	数码管显示电路的硬件设计	52
3.2.1	译码器的使用	52
3.2.2	数码管的驱动方式	53
3.2.3	串/并变换的译码设计	55
3.3	数码管驱动程序实例	56

3.3.1	驱动程序的初始化和卸载模块	56
3.3.2	文件操作结构模块	57
3.3.3	数码管的打开模块	57
3.3.4	数码管的读写模块	58
3.3.5	数码管的 I/O 控制模块	58
3.3.6	数码管的退出模块	58
3.3.7	驱动程序的模块加载和卸载	59
3.4	数码管显示电路测试程序设计	60
3.4.1	数码管测试设计	60
3.4.2	数码管测试程序	60
3.4.3	数码管测试效果	61
3.5	知识索引	61
3.6	思考与练习	62
第 4 章	键盘驱动程序	63
本章目标		63
4.1	键盘接口概述	63
4.1.1	键盘的分类	63
4.1.2	键盘的防抖	65
4.1.3	键盘的扫描	65
4.1.4	键盘的缓冲算法	67
4.2	键盘的驱动设计实例	67
4.2.1	锁存器和缓冲器扩展键盘	67
4.2.2	锁存器和缓冲器的接口	68
4.2.3	锁存器和缓冲器扩展键盘驱动程序设计	69
4.2.4	锁存器和缓冲器扩展键盘测试程序设计	71
4.3	智能控制芯片 HD7279 扩展键盘	72
4.3.1	HD7279 的电路设计	72
4.3.2	HD7279 的指令介绍	73
4.3.3	HD7279 的串行接口	74
4.3.4	HD7279 的驱动程序设计	75
4.3.5	HD7279 的测试程序设计	84
4.4	知识索引	85
4.5	思考与练习	85
第 5 章	A/D 驱动程序	86
本章目标		86
5.1	A/D 转换的过程	86
5.1.1	采样和保持	86

5.1.2	量化和编码	88
5.1.3	ADC 的分类	89
5.2	A/D 转换器的基本原理	89
5.2.1	逐次逼近型 A/D 转换器	89
5.2.2	双积分型 A/D 转换器	90
5.2.3	V/F 和 F/V 型转换器	93
5.2.4	其他 A/D 转换器	95
5.3	A/D 转换器接口技术	97
5.3.1	ADC 的主要参数及意义	97
5.3.2	ADC 的电路选择方法	98
5.3.3	ADC 实际应用中的问题	99
5.4	S3C2410 A/D 转换驱动设计实例	99
5.4.1	S3C2410 的 A/D 转换电路	99
5.4.2	S3C2410X 的 A/D 转换控制寄存器	100
5.4.3	S3C2410X 的 A/D 转换数据寄存器	101
5.4.4	S3C2410X 中 A/D 转换驱动程序的设计	102
5.4.5	S3C2410X 中 A/D 转换测试程序的设计	105
5.5	知识索引	106
5.6	思考与练习	107
第 6 章	D/A 驱动程序	108
	本章目标	108
6.1	D/A 的原理介绍	108
6.1.1	D/A 转换的概念及基本原理	108
6.1.2	电子模拟开关	109
6.1.3	D/A 转换器的基本结构	110
6.1.4	D/A 转换的静态参数	114
6.1.5	D/A 转换的动态参数	115
6.2	D/A 转换的硬件电路设计	116
6.2.1	D/A 转换的接口技术	116
6.2.2	D/A 转换芯片介绍	117
6.2.3	D/A 转换的电路设计	118
6.3	D/A 转换器的驱动程序实例	118
6.3.1	D/A 驱动程序中的宏定义	118
6.3.2	D/A 的模块加载	118
6.3.3	D/A 转换器的文件操作模块	119
6.3.4	D/A 转换器的读写控制模块	120
6.3.5	D/A 转换器的打开、退出模块	120
6.4	测试程序的设计	120

6.4.1 D/A 测试程序中的宏定义	121
6.4.2 D/A 测试程序的主函数	121
6.4.3 D/A 测试程序中的功能函数	122
6.4.4 D/A 测试程序中的功能打印函数	123
6.4.5 D/A 测试程序中的波形生成函数	123
6.4.6 D/A 测试程序的效果	124
6.5 知识索引	125
6.6 思考与练习	125
第 7 章 LCD 驱动程序	126
本章目标	126
7.1 LCD 显示器概述	126
7.1.1 液晶	126
7.1.2 LCD 显示屏的背光	127
7.1.3 LCD 显示器的分类	127
7.1.4 LCD 的显示原理	127
7.1.5 LCD 的驱动方式	130
7.1.6 LCD 的常用指标	131
7.2 LCD 的显示接口	131
7.2.1 灰度 STN 的时序	132
7.2.2 彩色 STN 的时序	133
7.2.3 TFT 的时序	134
7.3 嵌入式处理器的 LCD 控制器	136
7.3.1 LCD 控制器	136
7.3.2 LCD 控制器的设置	137
7.3.3 LCD 的字符显示缓存	139
7.4 LCD 的驱动程序设计	140
7.4.1 LCD 驱动程序相关的宏定义	140
7.4.2 LCD 驱动程序的底层操作函数	142
7.4.3 LCD 驱动程序提供的 API	145
7.4.4 LCD 驱动程序的模块化加载	151
7.4.5 LCD 的测试程序	152
7.5 基于 Framebuffer 的 LCD 驱动程序实例	155
7.5.1 Framebuffer 概述	155
7.5.2 LCD 的电路连接	155
7.5.3 Framebuffer 设备驱动程序的结构	156
7.5.4 Framebuffer 设备驱动程序的设计	159
7.5.5 Framebuffer 设备测试程序的设计	164
7.5.6 嵌入式 Linux 常用的 GUI	166

7.6 知识索引	166
7.7 思考与练习	167
第 8 章 触摸屏驱动程序	168
本章目标	168
8.1 触摸屏概述	168
8.2 触摸屏的分类	168
8.2.1 电阻技术触摸屏	168
8.2.2 表面声波技术触摸屏	169
8.2.3 电容电感技术触摸屏	170
8.2.4 红外线技术触摸屏	170
8.3 触摸屏的特性	171
8.3.1 透明度和色彩失真	171
8.3.2 反光性	171
8.3.3 清晰度	171
8.3.4 漂移	172
8.3.5 检测和定位	172
8.4 触摸屏的硬件电路设计	172
8.4.1 电阻式触摸屏的电路原理	172
8.4.2 电阻式触摸屏原点的定位	173
8.4.3 电阻式触摸屏的电路连接	174
8.5 触摸屏的驱动程序实例	176
8.5.1 触摸屏接口的模式	176
8.5.2 A/D 转换和触摸屏寄存器的设置	177
8.5.3 触摸屏的坐标	179
8.5.4 触摸屏的电路连接	180
8.5.5 触摸屏的驱动程序接口	181
8.6 测试程序的设计	182
8.6.1 触摸屏的数据定义	183
8.6.2 触摸屏的数据处理	183
8.6.3 触摸屏的运行测试	185
8.7 知识索引	186
8.8 思考与练习	187
第 9 章 CAN 总线驱动程序	188
本章目标	188
9.1 CAN 总线接口设计	188
9.1.1 CAN 总线概述	188
9.1.2 CAN 的工作特点及主要优点	189

9.1.3 CAN 总线的电气特征和 MAC 帧结构 189

9.2 嵌入式处理器上 CAN 总线接口的扩展 190

9.2.1 SJA1000 简介 190

9.2.2 SJA1000 扩展 191

9.3 SJA1000 扩展 CAN 总线接口的设计 192

9.3.1 CAN 控制器 SJA1000 的操作模式 192

9.3.2 CAN 控制器 SJA1000 的特征功能 193

9.3.3 CAN 控制器 SJA1000 的 Basic CAN 模式设置 194

9.4 SJA1000 扩展 CAN 总线接口的通信 196

9.4.1 通过 CAN 总线建立通信的步骤 196

9.4.2 SJA1000 的初始化 196

9.4.3 驱动程序的结构设计 198

9.4.4 驱动程序 init、exit、open、close 函数的实现 200

9.4.5 驱动程序 read、write 函数的实现 201

9.4.6 驱动程序 interrupt、ioctl 函数实现 202

9.4.7 测试程序的编写 202

9.5 驱动程序的加载 204

9.6 知识索引 204

9.7 思考与练习 205

第 10 章 IIC 总线驱动程序 206

本章目标 206

10.1 IIC 总线概述 206

10.1.1 IIC 总线介绍 206

10.1.2 IIC 总线引入的原因 206

10.1.3 IIC 总线的特点 206

10.1.4 IIC 总线的基本结构 207

10.1.5 IIC 总线的术语 207

10.1.6 IIC 总线的工作 208

10.1.7 IIC 总线的竞争仲裁 209

10.1.8 IIC 总线的工作流程 210

10.2 嵌入式处理器的 IIC 接口 211

10.2.1 IIC 总线控制寄存器 212

10.2.2 IIC 总线控制/状态寄存器 213

10.2.3 IIC 总线地址寄存器 214

10.2.4 IIC 总线移位数据寄存器 214

10.2.5 S3C2410 中与 IIC 对应的 I/O 端口 215

10.3 基于 IIC 的键盘芯片应用 216

10.3.1 ZLG7290 的功能 217

10.3.2	ZLG7290 的控制方式	218
10.3.3	ZLG7290 的寄存器	218
10.3.4	ZLG7290 的通信接口	219
10.3.5	ZLG7290 的指令介绍	219
10.4	IIC 总线驱动程序实例	221
10.4.1	ZLG7290 的电路连接	221
10.4.2	ZLG7290 的通信流程	223
10.4.3	ZLG7290 驱动中变量的定义	225
10.4.4	ZLG7290 驱动中实时时钟的改变	226
10.4.5	ZLG7290 和 IIC 寄存器的初始化	227
10.4.6	ZLG7290 驱动程序的模块化	228
10.4.7	ZLG7290 的文件操作结构	228
10.5	IIC 总线的测试程序	230
10.6	知识索引	231
10.7	思考与练习	231
第 11 章	音频总线驱动程序	232
	本章目标	232
11.1	音频总线接口概述	232
11.1.1	音频的采样精度	233
11.1.2	音频编码	233
11.2	IIS 音频总线接口	233
11.2.1	IIS 总线的物理连接	233
11.2.2	IIS 的总线协议	234
11.2.3	IIS 总线的硬件设计	235
11.2.4	IIS 总线的寄存器	236
11.3	AC97 音频总线接口	239
11.4	IIS 总线的驱动程序设计	240
11.4.1	音频设备基础知识	240
11.4.2	音频设备文件	241
11.4.3	WAV 声音文件	243
11.4.4	音频设备和驱动程序的通信	243
11.4.5	设备的初始化和加载	244
11.4.6	DMA 的操作和宏定义	246
11.4.7	audio 设备文件的操作	248
11.4.8	mixer 设备文件的操作	260
11.5	音频驱动程序的测试	262
11.6	知识索引	262
11.7	思考与练习	263

第 12 章 IDE 接口驱动程序	264
本章目标	264
12.1 IDE 接口概述	264
12.1.1 硬盘知识介绍	264
12.1.2 IDE 接口标准	267
12.1.3 IDE 接口的传输模式	269
12.1.4 IDE 接口寄存器	269
12.2 IDE 接口驱动程序的移植	271
12.2.1 嵌入式 Linux 下 IDE 驱动程序接口	271
12.2.2 嵌入式 Linux 下 IDE 驱动程序	272
12.2.3 IDE 硬盘的读/写操作	274
12.3 IDE 驱动程序测试	282
12.3.1 磁盘文件系统简介	283
12.3.2 IDE 分区测试	283
12.4 知识索引	285
12.5 思考与练习	285
第 13 章 闪存芯片的驱动程序	286
本章目标	286
13.1 闪存芯片概述	286
13.1.1 闪存芯片的物理特性	286
13.1.2 嵌入式文件系统概述	289
13.1.3 MTD 体系介绍	289
13.1.4 Flash 专有名词	291
13.2 NAND Flash	291
13.2.1 NAND Flash 的结构	291
13.2.2 NAND Flash 的操作	292
13.2.3 NAND Flash 控制器	294
13.2.4 NAND Flash 的时序	296
13.2.5 NAND Flash 的驱动程序实例	297
13.3 NOR Flash	301
13.3.1 NOR Flash 的结构	301
13.3.2 NOR Flash 的操作	302
13.3.3 NOR Flash 的驱动程序实例	303
13.4 基于闪存的文件系统	307
13.5 知识索引	309
13.6 思考与练习	310

第 14 章 USB 设备驱动程序	311
本章目标	311
14.1 USB 接口概述.....	311
14.1.1 USB 系统	311
14.1.2 USB 的电气特性	312
14.1.3 USB 总线的拓扑结构	313
14.1.4 USB 的通信协议	313
14.2 嵌入式系统中 USB 的使用	315
14.2.1 OHCI 概述	315
14.2.2 Host 接口硬件设计.....	316
14.3 嵌入式系统中 USB 设备的驱动程序设计	316
14.3.1 USB 设备驱动程序的分类	316
14.3.2 USB 驱动的骨架程序	317
14.3.3 设备端 USB 驱动程序	327
14.3.4 USB 键盘飞梭的驱动程序	327
14.4 USB 驱动程序测试.....	331
14.4.1 热插拔	331
14.4.2 利用 hotplug 脚本实现设备的自动加载.....	332
14.5 知识索引	333
14.6 思考与练习	334
第 15 章 串口驱动程序	335
本章目标	335
15.1 串口概述	335
15.1.1 同步串口的传输标准	335
15.1.2 异步串口的传输标准	336
15.1.3 串口的物理层标准	336
15.1.4 串口的电平逻辑转换	341
15.2 嵌入式处理器串口控制器	342
15.2.1 嵌入式系统中常用的 UART 控制器	342
15.2.2 S3C2410 中的 UART 控制器	342
15.3 嵌入式 Linux 串口驱动程序设计.....	346
15.3.1 异步串口的工作流程	346
15.3.2 串口的驱动程序结构	347
15.3.3 串口驱动程序的注册	349
15.3.4 ops 中的串口操作函数	351
15.3.5 串口驱动中与控制台有关的函数	360
15.4 嵌入式 Linux 串口的应用程序设计.....	360

15.4.1	串口编程需要用到的头文件	360
15.4.2	串口的终端函数	361
15.4.3	RS-485 和 RS-232 的通信	363
15.5	基于串口的 GPRS 应用实例	366
15.5.1	GPRS 简介	366
15.5.2	GPRS 的电路设计	367
15.5.3	GPRS 的程序分析	368
15.6	基于串口的 GPS 应用实例	371
15.6.1	GPS 简介	371
15.6.2	GPS 应用程序设计	371
15.7	知识索引	375
15.8	思考与练习	376
第 16 章	网络设备驱动程序	377
	本章目标	377
16.1	以太网概述	377
16.1.1	以太网的连接	377
16.1.2	以太网的工作原理	378
16.1.3	以太网的帧结构	379
16.1.4	TCP/IP 网络协议	381
16.1.5	嵌入式系统中常用的网络协议	382
16.2	嵌入式处理器的以太网接口	383
16.2.1	带有 MAC 层控制协议的处理器	383
16.2.2	通过以太网芯片扩展网络接口	384
16.3	以太网驱动程序体系结构	385
16.3.1	网络驱动程序的结构	385
16.3.2	网络设备初始化	386
16.3.3	数据包的发送与接收	386
16.3.4	网络设备的加载方式	387
16.3.5	常用的系统支持	388
16.4	网卡驱动程序实例	392
16.4.1	NE2000 的内核支持	392
16.4.2	网络接口的初始化	392
16.4.3	网络接口设备的打开和关闭	393
16.4.4	数据包发送和接收	394
16.4.5	网络驱动程序的基本操作	394
16.4.6	编写嵌入式 Linux 网络驱动程序中需要注意的问题	398
16.5	网络驱动程序的测试	399
16.5.1	嵌入式 Linux 的网络配置	400

16.5.2	NFS 文件系统	401
16.5.3	socket 编程	403
16.5.4	socket 编程实例	405
16.6	知识索引	415
16.7	思考与练习	416