



周立功单片机公司策划

ARM嵌入式Linux 系统构建与驱动开发范例

周立功 陈明计 陈 渝 著



北京航空航天大学出版社

ARM 嵌入式 Linux 系统构建 与驱动开发范例

周立功 陈明计 陈 渝 著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书介绍 μ Clinux 内核编程的一个方面——使用内核模块编写设备驱动程序。主要内容包括：介绍如何建立基于 ARM7 的交叉开发环境以及如何向 ARM7 芯片上移植 μ Clinux；分析 μ Clinux 上一个已在 ARM7 上成功运行的最简单的内核模块；介绍 μ Clinux 的字符设备驱动程序、块设备驱动程序和网络设备驱动程序的编写、编译及使用，这些范例均在 ARM7 平台编译和使用，但可以方便地移植到其他平台。

本书通俗易懂，是一本面向初学者的 μ Clinux 内核编程图书，对资深 μ Clinux 内核编程人员也有参考价值。可作为高等院校相关专业师生以及从事嵌入式系统应用开发工程师的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

ARM 嵌入式 Linux 系统构建与驱动开发范例/周立功等著. —北京：北京航空航天大学出版社，2006. 1
ISBN 7-81077-749-1

I. A… II. 周… III. ①微处理器，ARM②Linux 操作系统 IV. ①TP332②TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 002835 号

©2006, 北京航空航天大学出版社, 版权所有。

未经本书出版者书面许可, 任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。侵权必究。

ARM 嵌入式 Linux 系统构建与驱动开发范例

周立功 陈明计 陈 渝 著

责任编辑 王慕冰

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话: 010-82317024 传真: 010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhp@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本: 787×960 1/16 印张: 25.25 字数: 566 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 8 月第 2 次印刷 印数: 5 001~9 000 册

ISBN 7-81077-749-1 定价: 38.00 元

如果读者在阅读本书时发现有什么问题,或需要购买 SmartARM2200、MagicARM2200 或 MagicARM2200-S 教学实验开发平台,可与广州周立功单片机发展有限公司联系。联系方式如下:

广州周立功单片机发展有限公司

地址:广州市天河区天河北路 689 号光大银行大厦 16 楼 D2 (邮编:510630)

电话:(020) 38730916 38730917 38730976 38730977

传真:(020) 38730925

电子邮箱:info@zlgmcu.com 网址:http://www.zlgmcu.com

技术支持

电话:(020) 22644358 22644359 22644360 22644361

电子邮箱:ARM@zlgmcu.com

技术论坛:http://www.zlgmcu.com.cn http://www.21ICbbs.com

广州专卖店

地址:广州市天河区新赛格电子城 203~204 室

电话:(020) 87578634 传真:(020) 87578842

武汉周立功

地址:武汉市洪山区广埠屯珞瑜路 158 号 12128 室(华中电脑数码市场)

电话:(027) 87168497 87168297 87168397

传真:(027) 87163755

深圳周立功

地址:深圳市深南中路 2070 号电子科技大厦 A 座 22 楼 2201 室

电话:(0755) 83781768 83781788 83782922 83781798

传真:(0755) 83793285

成都周立功

地址:成都市一环路南一段 57 号金城大厦 612 室

电话:(028) 85499320 85437446

传真:(028) 85439505

重庆周立功

地址:重庆市石桥铺科园一路二号大西洋国际大厦 1116 室

电话:(023) 68796438 68796439

传真:(023) 68796439

北京周立功

地址:北京市海淀区知春路 113 号银网中心 715 室

电话:(010) 62536178 62536179 82628073 82614433

传真:(010) 82614433

上海周立功

地址:上海市北京东路 668 号科技京城东座 7E 室

电话:(021) 53083452 53083453 53083496 53083497

传真:(021) 53083491

杭州周立功

地址:杭州市登云路 428 号浙江时代电子商城 205 号(邮编:310000)

电话:(0571) 88009275 88009932 88009933 88271834

传真:(0571) 88009274

南京周立功

地址:南京市珠江路 280 号珠江大厦 2006 室

电话:(025) 83613221 83613271 83603500 83603005

传真:(025) 83613271

西安办事处

地址:西安市长安北路 54 号太平洋大厦 1201 室

电话:(029) 87881296 87881295 83063000

传真:(029) 87880865

深圳得技通 0755-83291449	广州得技通 020-87588300	上海得技通 021-54904533	郑州融泰 0371-67446736
济南启东 0531-86959007	青岛三友 0532-86961863	杭州炜煌 0571-88009778	兰州启东 0931-8279018
沈阳新华龙 024-23911896	北京金一倍 010-51659981	福州伟福启东 0591-3363562	上海凌煌 021-53081480
武汉合欣 027-87858706	天津启东 022-27412234	长沙中芯 0731-2237457	长沙中芯南宁 0771-3851552
济南历下诚信 0531-86123703	江西启天 0791-6260972	哈尔滨爱思 0451-82588391	合肥炜煌 0551-3663158
长春通科 0431-5653784	昆明五华中晶 0871-5121865	台湾秉华 886-4-24629998	香港科技 852-23619975
台湾鼎丞 886-37-621880	飞碟实业 886-5-2163919		

北京航空航天大学出版社单片机与嵌入式系统图书推荐

(2005年6月后出版图书)

书 名	作 者	定 价	出版 日期
-----	-----	-----	----------

嵌入式系统高端教材

嵌入式系统基础—— μ C/OS-II及 μ CLinux	任 哲	估 28.0	2006.08
Windows CE 嵌入式系统	何宗键		2006.08
ARM 嵌入式 VxWorks 实践教程	李忠民	28.0	2006.03
嵌入式系统设计与应用开发	郑灵翔	36.0	2006.02
嵌入式系统设计与实践	张晓林	29.5	2006.01
嵌入式实时操作系统 μ C/OS-II 原理及应用	任 哲	22.0	2005.08
ARM 9 嵌入式技术及 Linux 高级实践教程	陈 贇	32.0	2005.06
ARM 嵌入式系统实验教程(二)	周立功	29.0	2005.10
ARM 嵌入式系统实验教程(三)	周立功	32.0	2005.11
ARM 嵌入式系统实验教程(三)——扩展实验	周立功	29.5	2006.02
嵌入式系统开发与应用教程	田 泽	33.0	2005.03
嵌入式系统开发与应用实验教程(第2版)(含光盘)	田 泽	29.5	2005.05

ARM、SoC 设计、IC 设计及其他嵌入式系统综合类

Nios II 嵌入式软核 SOPC 设计原理及应用	李兰英		2006.09
ARM 嵌入式软件开发实例(二)	周立功	53.0	2006.7
ARM 9 嵌入式 Linux 系统构建与应用	潘巨龙	29.5	2006.07
ARM SoC 设计的软硬件协同验证(含光盘)	周立功	25.0	2006.07
C++ GUI Qt3 编程 (含光盘)	齐亮译	45.0	2006.06
ARM 开发工具 ADS 原理与应用	赵星寒	29.0	2006.06
基于 FPGA 的可编程 SoC 设计	董代洁	26.0	2006.06
IAR EWARM 嵌入式系统编程与实践 (含光盘)	徐爱钧	49.0	2006.03
英汉双解嵌入式系统词典	马广云等译	59.0	2006.01
嵌入式 Ethernet 和 Internet 通信设计技术	骆丽等译	39.0	2006.01
ARM 嵌入式 Linux 系统构建与驱动开发范例	周立功	38.0	2006.02
ARM 嵌入式 MiniGUI 初步与应用开发范例	周立功	26.0	2006.01
μ C/OS ARM 移植要点详解	黄燕平	26.0	2005.10
嵌入式实时操作系统的多线程计算——基于 ThreadX [®] 和 ARM [®] (含光盘)	张 炯	46.0	2005.10
从 51 到 ARM—32 位嵌入式系统入门	赵星寒	38.0	2005.11
ARM 微控制寄存器基础与实战(第2版)	周立功	43.0	2005.08
深入浅出 ARM7——LPC213X/214X(上)	立功	45.0	2005.07
深入浅出 ARM7——LPC213X/214X(下)	周立功	45.0	2006.02

书 名	作 者	定 价	出版 日期
ColdFire 系列 32 位处理器与嵌入式 Linux 应用 (含光盘)	李晶皎	39.5	2005.06
MIPS 处理器设计透视	赵俊良译	55.0	2005.06
ARM 嵌入式系统开发——软件设计与优化	沈建化等译	75.0	2005.06

嵌入式操作系统及软件开发

嵌入式可配置实时操作系统 eCos 软件开发	颜若麟	39.0	2006.06
深入理解 Linux 虚拟内存管理	白洛等	76.0	2006.06
嵌入式系统接口设计与 Linux 驱动程序开发	刘 森	39.0	2006.05
源码开放的嵌入式实时操作系统 T-Kernel (含光盘)	周立功等译	45.0	2005.10

DSP

TMS320X281x DSP 原理与应用	徐科军	45.0	2006.06
dsPIC 数字信号控制器 C 程序开发及应用(含光盘)	梁海浪	36.0	2006.06
DSP 应用系统设计实践	郑 红	32.0	2006.05
高性能工业控制 DSP——ADSP 2199X 原理及应用 (含光盘)	王晓明	39.0	2005.09

单片机

开发实例与实战

51 系列单片机设计实例(第2版)(含光盘)	楼然苗	29.5	2006.02
单片机应用系统设计与仿真调试	严天峰	28.0	2005.08

教材与教辅

练中学单片机	李 刚	28.0	2006.07
单片机认识与实践	邵贝贝		2006.08
Freemove 8 位单片机入门与实践	熊 慧		2006.08
标准 80C51 单片机基础教程——原理篇	李学海	29.0	2006.07
高职高专通用教材——单片机原理与应用理论教程	袁秀英		2006.08
高职高专通用教材——单片机实训教程	李雅轩		2006.08
高职高专通用教材——单片机习题及实验教程	李 珍		2006.08
单片机基础(第3版)	李广弟		2006.09
单片机初级教程——单片机基础(第2版)	张迎新		2006.09
单片机实验与实践教程(一)(第2版)	万光毅	25.0	2006.06
单片机实验与实践教程(二)(第2版)	夏继强	26.0	2006.06
单片机实验与实践教程(三)	周立功	27.0	2006.06
练中学单片机教程	李 刚	估 28.0	2006.07
跟我学用单片机(第2版)	肖洪兵	26.0	2006.06

书 名	作 者	定 价	出版 日期
单片机习题与试题解析	高 锋	16.0	2006.03
SoC 单片机实验、实践与应用设计——基于 C8051F 系列 (含光盘)	万光毅	39.5	2006.05
单片机 C51 程序设计教程与实验	祁 伟	22.0	2006.01
单片机原理及接口技术(第3版)	李朝青	27.0	2005.10
单片机学习指导	李朝青	26.0	2005.10
高职高专通用教材——PIC 单片机基础教程	丁跃军	19.5	2005.06
单片机 C 程序设计实例指导	李光飞	19.5	2005.08

应用程序设计与开发

单片机 C 语言轻松入门(含光盘)	周 坚	29.0	2006.07
单片机智能化产品 C 语言设计实例详解 (含光盘)	周兴华	28.0	2006.06
单片机 C 语言和汇编语言混合编程实例详解(含光盘)	杜树青	26.0	2006.06

器件手册、应用技术选编

单片机应用技术选编(11)	何立民	75.0	2006.06
单片机 & DSP 外围数字 IC 技术手册(第2版)	李朝青	59.0	2005.10
单片机外围器件实用手册——数据传输接口器件分册(第2版)	邬宽明	59.0	2005.09

51 系列单片机其他图书

单片机应用系统电磁干扰与抗干扰技术	王幸之	59.0	2006.01
单片机 C 程序设计实例指导	楼然苗	19.5	2005.08

PIC 单片机

PIC 单片机初级教程	李荣正	22.0	2006.03
PIC 单片机实验教程 (含光盘)	李荣正	26.0	2006.02
PIC 单片机开发应用与实验工具制作(含光盘)	陈新建	25.0	2006.02
高职高专通用教材—PIC 单片机基础教程	丁跃军	22.0	2005.08

AVR 单片机

AVR 单片机 GCC 程序设计	佟长福	28.0	2006.01
------------------	-----	------	---------

其他公司单片机

凌阳 16 位单片机 C 语言开发	李晓白	估 26.0	2006.07
凌阳 16 位单片机开发实例	凌阳科技	19.5	2006.06
凌阳 8 位通用单片机原理及开发	凌阳科技	28.0	2006.04
MCU - DSP 混合控制器技术与应用——基于凌阳 16 位单片机	刘海成	26.0	2006.01
凌阳 8 位单片机——提高篇(含光盘)	李学海	45.0	2006.03

书 名	作 者	定 价	出版 日期
凌阳 8 位单片机——基础篇	李学海	38.0	2005.11
M68HC08 单片机原理及 C 语言开发实例(含光盘)	常 越	39.0	2005.09
凌阳单片机在大学生电子竞赛中的应用	凌阳科技	18.0	2005.06

总线技术

EZ - USB FX2 单片机原理、编程及应用	钱 峰	45.0	2006.03
现场总线技术应用选编(3)	邬宽明	69.0	2005.08
现场总线工业控制网络技术	夏继强	35.0	2005.05
8051 单片机 USB 接口 VB 程序设计	许永和 估 45.0	2006.09	
现场总线技术应用选编(3)	邬宽明	69.0	2005.08

其 它

单片机应用设计 200 例(上册)	张洪润	60.0	2006.07
单片机应用设计 200 例(下册)		55.0	2006.07
传感器应用电路 200 例	张洪润		2006.07
单片机可视化软硬件仿真技术	林志琦	估 32.0	2006.08
Cadence 高速 PCB 设计与仿真分析(含光盘)	黄豪佑	46.0	2006.07
基于 PROTEUS 的电路与单片机系统设计与仿真 (含光盘)	周润景	45.0	2006.06
蓝牙技术原理、开发与应用	钱志鸿	35.0	2006.03
蓝牙硬件电路	黄智伟	65.0	2005.08
无线通信集成电路	黄智伟	96.0	2005.07
机器人制作入门篇	崔维娜译	49.0	2005.08
机器人制作提高篇	毕术生译	39.0	2005.09
Verilog - HDL 工程实践入门(含光盘)	常晓明	35.0	2005.10
2006 第四届全国高校嵌入式系统教学研讨会 第一届全国嵌入式系统学术交流会	论文集	50.0	2006.07
2005 年 ARM 应用技术论文大奖赛论文集	组委会	29.0	2006.05
2005 年上海市高校学生嵌入式系统创新设计竞赛获奖作品论文集	竞赛评审委员会	26.0	2005.11
全国第三届 DSP 应用技术/第九届信号与信息处理联合学术会议论文集	电子学会 航空学会	90.0	2005.09
2005 年全国单片机与嵌入式系统学术交流会议论文集	深圳 计算机 行业学会	80.0	2005.08
中国西部嵌入式系统与单片机技术论坛 2005 年学术年会论文集	四川省 单片机 学会	50.0	2005.12
《单片机与嵌入式系统应用》杂志合订本(2005 年 1~12 月)		65.0	2006.06

注：表中加底纹者为 2006 年后图书。

可直接向出版社邮购以上图书。邮购通信及汇款地址：北京航空航天大学出版社邮购组(邮编 100083) 另加 3 元挂号费。

邮购组电话：010-82316936, 传真：010-82317031 详细图书目录及内容介绍请查阅出版社网站：<http://www.buaapress.com.cn>。

投稿单片机与嵌入式系统图书请联系：通信：北京航空航天大学出版社第 1 编辑室(邮编 100083)

电话：010-82317022 82317035 82317044 传真：010-82317022 Email: pressb@nesnet.com.cn

单片机与嵌入式系统应用



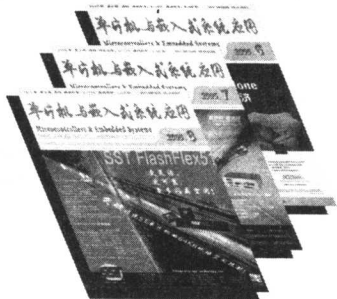
www.dpj.com.cn

何立民教授主编

中央级科技期刊

月刊

北京航空航天大学出版社 承办



引领嵌入式技术时代潮流
反映嵌入式系统先进技术
推动嵌入式应用全面发展

本刊栏目设置

业界论坛

创新观念、技术评述、学术争论以及方向性、技术性指导

专题论述

单片机与嵌入式系统领域的热点技术、观念及综合分析

技术纵横

国内外先进技术的宏观纵览，全局资料分析、介绍和述评

新器件新技术

先进器件、先进技术及其在系统中的典型应用方法

应用天地

具有重要参考价值的科技成果与典型应用的技术交流

经验交流

嵌入式系统应用中的深入体验和开发经验交流

学习园地

介绍嵌入式系统新领域的基础知识

产业技术与信息

为产业界提供技术与信息发布平台，推广厂家的最新成果

编读往来

嵌入式系统领域的科技活动及产业动态报道

本刊反映了单片机与嵌入式系统领域的最新技术，包括：单片机与嵌入式系统的前沿技术与应用分析；新器件与新技术；软、硬件平台及其应用技术；应用系统的扩展总线、外设总线与现场总线；SoC总线技术、IP技术与SoC应用设计；嵌入式系统的网络、通信与数据传输；嵌入式操作系统与嵌入式集成开发环境；DSP领域的新器件、新技术及其典型应用；EDA、FPGA/CPLD、SoPo器件及其应用技术；单片机与嵌入式系统的典型应用设计。

专业期刊
专家办刊

着眼世界
面向全国

应用为主
读者第一

出版日期：每月1日出版
国际标准16开本形式出版
每期定价：8元 全年定价：96元
国内统一刊号：CN 11-4530/V
国际标准刊号：ISSN 1009-623X
邮发代号：2-765

地址：北京市海淀区学院路37号《单片机与嵌入式系统应用》杂志社 邮编：100083
投稿专用邮箱：mcupress@263.net.cn 广告部专用邮箱：advmcu@263.net
电话：010-82338009（编辑部）82317029，82313656（广告部）82317043（网络部）
传真：010-82317043 网址：<http://www.dpj.com.cn>

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告 欢迎索取样刊

简洁就是美。

研究开源软件的热潮已经遍及神州大地,作为开源软件的重头戏 Linux 自然成为大家的研究重点,而其嵌入式分支 μ Clinux 也备受关注。对于大多数开源软件来说,由于开发者不能从中获利,因此造成大多数开源项目缺少文档。同样,多人协作开发的 Linux 也具有这个特点,即缺少“官方”文档。对于其他非官方写作的文档、资料等,由于其作者本身已经是高手,他们编写的资料对已入门者具有重要的参考价值,所以只可作为“手册”来使用。不过,这些资料大多是分析内核的,对于应用涉及不多。作为 Linux 的分支 μ Clinux 也继承了这些特点。

对于 μ Clinux 的应用来说,主要有 3 方面:编写应用软件、编写设备驱动程序和移植 μ Clinux。

因为 Linux 和 μ Clinux 的应用程序编程接口与 Unix 兼容,所以这方面的资料较多,也比较容易入门。而移植 μ Clinux 由专业人员完成,一般的应用工程师接触不到。对于设备驱动程序来说,尽管它在 Linux 和 μ Clinux 的源代码中比例最大,但仍不能包括所有设备驱动程序。在一个应用中,这些(还不存在的)设备驱动程序与应用密切相关,只能由应用工程师完成,至少是部分完成。即使有现成的设备驱动程序,也未必适合这个应用,也需要重写。

编写驱动程序是如此重要,但针对初学者的资料却很少,大多数读者对于编写驱动程序始终没有清晰的脉络。可以想象,这样编写的程序会存在多少隐患。笔者针对这种情况,通过阅读大量的资料和源码,斧去大量的细枝繁叶,使其脉络清晰,并设计多个实际的设备驱动程序作为例子,便成此书。

希望读者在阅读本书后,由衷地说:“编写 μ Clinux 设备驱动程序原来是如此简单!”

本书的各章节安排如下:

第 1 章是 μ Clinux 内核简介。本章主要讲述了 μ Clinux 和 Linux 的渊源及差别,并且对 μ Clinux 的开发环境、如何编译 μ Clinux 内核及其建立文件系统进行了详细的描述。

第 2 章是使用 GNU Tools 建立 μ Clinux 开发环境。本章主要介绍了在嵌入式 Linux 开发过程中所用到的 GNU 工具。

第 3 章是移植 μ Clinux 到 LPC2200 实例。本章以 LPC2200 为例,简单地介绍了如何把 μ Clinux 移植到一个新系统中。

第 4 章是 μ Clinux 设备驱动程序概述。本章首先介绍了 Linux(μ Clinux)设备驱动程序相关知识,包括简单的使用;然后主要介绍了一个最简单的设备驱动程序,包括源码分析和 Makefile 文件的编写和分析。



第 5 章是字符设备驱动程序初步。本章首先介绍了 Linux(μ Clinux)字符设备驱动程序的相关概念;然后主要介绍了一个最简单的字符设备驱动程序,主要包括源码分析和编译使用;最后介绍程序员如何使用字符设备。

第 6~10 章是 5 个字符设备驱动实例。这 5 章分别以 GPIO、PWM、A/D、SPI 和 I²C 等硬件为例,通过分析这些设备驱动程序源码,详细介绍了编写字符设备需要了解的一些基本知识及设计思想。

第 11 章是块设备驱动程序初步。本章首先介绍了 Linux(μ Clinux)块设备驱动程序的相关概念;然后主要介绍了一个最简单的块设备驱动程序,主要包括源码分析和编译使用;最后介绍如何使用块设备。

第 12 章是简单的块设备编写范例。本章以 NAND FLASH K9f2808 为例介绍了实际的 Linux(μ Clinux)块设备驱动程序的相关知识。首先简单介绍这个驱动,然后对源码进行分析。

第 13 章是基于 ZLG/FS 驱动程序的通用块设备驱动程序。本章以一个通用块设备驱动程序为例介绍了实际的 Linux(μ Clinux)块设备驱动程序的相关知识。首先介绍这个驱动的使用方法,然后对源码进行分析。

第 14 章是转换 ZLG/FS V1.10 驱动为 μ Clinux 驱动。本章是第 13 章的延续,主要介绍如何把 ZLG/FS V1.10 的驱动转换成 μ Clinux 的驱动程序。

第 15 章是网络设备驱动程序初步。本章主要介绍了 Linux(μ Clinux)网络驱动程序的一般编写方法和相关知识,包括源码分析和编译使用。

第 16 和 17 章是 2 个网络设备驱动实例。这 2 章分别以 RTL8019 和 DM9000 等硬件为例,通过分析这些设备驱动程序源码,详细介绍了编写网络设备需要了解的一些基本知识及设计思想。

本书是面向初学者的入门书籍,不可能也没有必要介绍编写设备驱动程序的各个方面。如果读者需要深入学习,可参考本书参考文献中列出的资料及其他相关书籍和源码。

本书第 1~3 章由清华大学计算机系陈渝博士及其学生康烁、杨坚编写,其他各章主要由陈明计编写。另外,陈锡炳、黄邵斌、甘达、周立山、郑明远等参与了部分具体工作。全书由周立功负责规划、统稿与审核。

本书介绍的设备驱动程序均由广州周立功单片机发展有限公司设计,是基于 μ Clinux V2.4.x 版本的,均在其出品的开发套件上测试通过。软件作者会尽力保证软件的正确性,但限于作者的理论水平和经验,本书及软件中难免有疏忽的地方。因为软件的发展时间不长,所以不可能十分完善。不过,软件作者会不断地升级软件,力求软件越来越完善。

感谢北京航空航天大学出版社的大力支持,他们为规划本书付出了很大的心血。与此同时,也感谢清华大学邵贝贝教授的帮助。如果没有他们的努力,我想这项工作很难及时完成。

周立功

2005 年 10 月 26 日

目 录

第 1 章 μ Clinux 内核简介

1.1 μ Clinux 简介	1
1.2 μ Clinux 内核与传统 Linux 内核的比较	2
1.3 μ Clinux 运行条件	5
1.4 μ Clinux 的目录结构	5
1.5 μ Clinux 的开发流程	6
1.5.1 编译 μ Clinux 内核	6
1.5.2 创建文件系统	8
本章小结	10

第 2 章 使用 GNU Tools 建立 μ Clinux 开发环境

2.1 GNU Tools 简介	11
2.2 GCC 编译器	13
2.2.1 GCC 使用示例	14
2.2.2 编译内核时使用的编译选项	20
2.3 binutils 二进制工具集	21
2.3.1 ar 软件	22
2.3.2 nm 软件	24
2.3.3 objcopy 软件	27
2.3.4 objdump 软件	29
2.3.5 readelf 软件	32
2.4 ld 链接器	33
2.4.1 ld 选项	34
2.4.2 链接描述文件介绍	35
2.4.3 链接描述文件的语法	36
2.4.4 链接描述文件例子	39
2.5 make 介绍	42
2.5.1 GNU make 简介	42
2.5.2 Makefile 及其语法	43



2.5.3	μ Clinux-dist2.4 中的 Makefile 分析	52
2.6	GDB 调试器	58
2.6.1	GDB 简介	58
2.6.2	GDB 调试程序示例	59
2.6.3	gdbserver 介绍	62
2.7	GNU Tools 的制作和安装	63
2.7.1	从源码制作交叉编译环境	63
2.7.2	安装二进制的交叉工具链 arm-elf 工具	63
2.8	使用 GNU Tools 编译 μ Clinux 内核和应用程序	64
2.8.1	使用 GNU Tools 编译 μ Clinux 内核	64
2.8.2	使用 GNU Tools 在 μ Clinux 中编译应用程序	68
	本章小结	70
第 3 章 移植 μClinux 到 LPC2200 实例		
3.1	选择开发环境	71
3.2	移植内核	71
3.2.1	增加体系架构和机型相关的代码	72
3.2.2	添加中断系统	74
3.2.3	增加其他代码	83
3.2.4	修改 Makefile 和配置菜单	95
3.3	移植驱动程序	98
3.3.1	时钟驱动程序的移植	98
3.3.2	串口驱动程序的移植	100
	本章小结	101
第 4 章 μClinux 设备驱动程序概述		
4.1	设备驱动程序基础知识	102
4.1.1	驱动程序分类	102
4.1.2	加载和删除驱动程序	103
4.2	最简单的内核模块	104
4.2.1	内核模块的概念	104
4.2.2	编写内核模块	104
4.2.3	关于内核模块初始化(加载)函数	106
4.2.4	关于内核模块清除(卸载)函数	106
4.2.5	关于 printk() 函数	106
4.3	编写 Makefile 文件	107



4.3.1	Makefile 文件整体介绍	107
4.3.2	Makefile 文件中的变量	108
4.3.3	Makefile 文件中的规则	109
	本章小结	111
第 5 章 字符设备驱动程序初步		
5.1	几个概念	112
5.1.1	关于主设备号和从设备号	112
5.1.2	关于设备节点、节点文件和设备文件	112
5.2	最简单的字符设备驱动程序	113
5.2.1	驱动程序代码	113
5.2.2	驱动程序的初始化函数	116
5.2.3	驱动程序的清除函数	116
5.2.4	保存设备信息的结构体	117
5.2.5	关于 file 结构	122
5.2.6	内核空间与用户空间交换数据	125
5.2.7	内核空间与 I/O 空间交换数据	126
5.2.8	ioctl() 方法的编写	127
5.2.9	一些宏定义	130
5.2.10	关于头文件	130
5.2.11	其他说明	131
5.3	使用字符设备驱动程序	131
5.3.1	建立设备文件	131
5.3.2	加载驱动程序	131
5.3.3	接口函数	131
5.3.4	示例代码	137
5.3.5	编写 Makefile 文件	138
	本章小结	139
第 6 章 GPIO(字符设备)驱动程序编写范例		
6.1	在应用程序中使用 GPIO 驱动程序	140
6.1.1	建立设备文件	140
6.1.2	可使用的函数	140
6.1.3	提供给应用程序的头文件	141
6.1.4	设置 GPIO 口数据传输方向	142
6.1.5	让 GPIO 口输出指定电平	144



6.1.6 读 GPIO 口输出电平	146
6.1.7 读 GPIO 口引脚上的电平	147
6.2 编译	148
6.3 源码分析	149
6.3.1 初始化函数	149
6.3.2 清除函数	150
6.3.3 open()方法	150
6.3.4 release()方法	151
6.3.5 ioctl()方法	151
6.3.6 其他说明	158
本章小结	159

第 7 章 PWM(字符设备)驱动程序编写范例

7.1 在应用程序中使用 PWM 驱动程序	160
7.1.1 建立设备文件	160
7.1.2 可使用的函数	161
7.1.3 提供给应用程序的头文件	161
7.1.4 PWM 总体控制	163
7.1.5 允许某路 PWM 输出	164
7.1.6 禁止某路 PWM 输出	164
7.1.7 设置某路 PWM 高电平宽度	165
7.2 编译	166
7.3 源码分析	167
7.3.1 为驱动程序增加中断服务程序	167
7.3.2 关于临界区	169
7.3.3 初始化函数	170
7.3.4 清除函数	170
7.3.5 open()方法及中断处理	171
7.3.6 release()方法	172
7.3.7 ioctl()方法	173
7.3.8 其他说明	179
本章小结	179

第 8 章 A/D(字符设备)驱动程序编写范例

8.1 在应用程序中使用 A/D 驱动程序	180
8.1.1 建立设备文件	180



8.1.2	可使用的函数	181
8.1.3	提供给应用程序的头文件	181
8.1.4	设置 A/D 工作频率	182
8.1.5	设置 A/D 转换精度	182
8.1.6	读取 A/D 转换结果	183
8.2	编 译	183
8.3	源码分析	184
8.3.1	初始化函数	184
8.3.2	清除函数	185
8.3.3	open()方法	186
8.3.4	release()方法	187
8.3.5	ioctl()方法	188
8.3.6	read()方法	189
8.3.7	其他说明	191
	本章小结	191
第 9 章 SPI(字符设备)驱动程序编写范例		
9.1	在应用程序中使用 SPI 驱动程序	192
9.1.1	建立设备文件	192
9.1.2	使用 SPI 的特殊注意点	193
9.1.3	可使用的函数	193
9.1.4	提供给应用程序的头文件	194
9.1.5	设置 SPI 分频值	195
9.1.6	SPI 时钟相位控制	195
9.1.7	SPI 时钟极性控制	196
9.1.8	SPI 数据传输顺序控制	197
9.1.9	开始和结束 SPI 操作	198
9.1.10	发送同时接收一字节数据	198
9.1.11	写数据到 SPI 从器件	199
9.1.12	从 SPI 从器件读数据	199
9.2	编 译	200
9.3	源码分析	201
9.3.1	初始化函数	201
9.3.2	清除函数	201
9.3.3	open()方法	202



9.3.4	release()方法	204
9.3.5	ioctl()方法	205
9.3.6	write()方法	209
9.3.7	read()方法	211
9.3.8	其他说明	212
本章小结		212
第 10 章 I²C(字符设备)驱动程序编写范例		
10.1	在应用程序中使用 I ² C 总线驱动程序	213
10.1.1	建立设备文件	213
10.1.2	可使用的函数	214
10.1.3	提供给应用程序的头文件	214
10.1.4	设置 I ² C 总线频率	215
10.1.5	写数据到 I ² C 从器件	215
10.1.6	从 I ² C 从器件读数据	216
10.2	编译	216
10.3	源码分析	217
10.3.1	初始化函数	217
10.3.2	清除函数	218
10.3.3	open()方法	218
10.3.4	release()方法	220
10.3.5	I ² C 中断处理	220
10.3.6	ioctl()方法	223
10.3.7	write()方法	225
10.3.8	read()方法	226
10.3.9	其他说明	227
本章小结		227
第 11 章 块设备驱动程序初步		
11.1	几个概念	228
11.1.1	关于主设备号和从设备号	228
11.1.2	关于设备节点、节点文件和设备文件	228
11.2	最简单的块设备驱动程序	229
11.2.1	驱动程序代码	229
11.2.2	注册初始化函数和清除函数	231
11.2.3	驱动程序的初始化函数	232



11.2.4	驱动程序的清除函数	232
11.2.5	保存设备信息的结构体	233
11.2.6	一些宏定义	238
11.2.7	关于头文件	238
11.2.8	其他说明	239
11.3	使用块设备	239
11.3.1	建立设备文件	239
11.3.2	加载驱动程序	239
11.3.3	把块设备(的某个分区)映射到指定的目录	240
11.3.4	取消目录映射	240
11.3.5	卸载驱动程序	240
	本章小结	240
第 12 章 简单的块设备编写范例		
12.1	使用范例	241
12.1.1	范例简介	241
12.1.2	编译驱动程序	241
12.1.3	使用驱动程序	242
12.2	范例程序源码分析	244
12.2.1	关于主设备号	244
12.2.2	几个数据结构	246
12.2.3	驱动程序的初始化函数	246
12.2.4	驱动程序的清除函数	247
12.2.5	open()方法	248
12.2.6	release()方法	250
12.2.7	ioctl()方法	251
12.2.8	check_media_change()方法	253
12.2.9	revalidate()方法	253
12.2.10	关于数据传输	254
12.2.11	其他说明	260
	本章小结	260
第 13 章 基于 ZLG/FS 驱动程序的通用块设备驱动程序		
13.1	背景知识	261
13.1.1	驱动程序简介	261
13.1.2	ZLG/FS 简介	261





13.2	ZLG/FS V1.10 驱动程序使用指南	263
13.2.1	接口函数	263
13.2.2	参 数	263
13.3	使用范例	266
13.3.1	编译驱动程序	266
13.3.2	使用驱动程序	267
13.4	范例程序源码分析	269
13.4.1	块设备信息结构体	270
13.4.2	注册 ZLG/FS V1.10 驱动程序	271
13.4.3	注销 ZLG/FS V1.10 驱动程序	271
13.4.4	关于分区设备	272
13.4.5	检测分区	273
13.4.6	驱动程序的初始化函数	276
13.4.7	驱动程序的清除函数	277
13.4.8	open()方法	278
13.4.9	release()方法	280
13.4.10	ioctl()方法	282
13.4.11	check_media_change()方法	284
13.4.12	revalidate()方法	285
13.4.13	数据传输	286
13.4.14	其他说明	290
	本章小结	290

第 14 章 转换 ZLG/FS V1.10 驱动为 μ Clinux 驱动

14.1	转换步骤	291
14.2	转换实例之 CF 卡驱动	295
14.3	转换实例之 SD 卡驱动	297
14.4	转换实例之 ZLG/FFS 驱动	299
14.5	模板源码分析	302
14.5.1	驱动程序的初始化函数	302
14.5.2	驱动程序的清除函数	303
14.5.3	open()方法	303
14.5.4	release()方法	304
14.5.5	get_info()方法	304
14.5.6	其他说明	306

