



ARM9

嵌入式系统 开发与实践

王黎明 陈双桥 闫晓玲 史毓达 葛德宏 编著



北京航空航天大学出版社



本书主要讲述以SAMSHING公司23C310为代表的ARM9微处理器的片上外设,包括:嵌入式系统的结构,硬件开发平台,接口设计,接口时序,接口信号等。本书共分两大部分,第一部分介绍ARM9微处理器的片上外设,第二部分介绍ARM9微处理器的片上外设。

ARM9 嵌入式系统开发与实践

王黎明 陈双桥 闫晓玲 史毓达 葛德宏 编著

图书在版编目(CIP)数据

ARM9 嵌入式系统开发与实践 / 王黎明等编著. — 北京:

北京航空航天大学出版社, 2008.10

ISBN 978-7-302-17527-7

I. A... II. 王... III. 微处

理—A—V. 王... IV. TP372

中国版本图书馆CIP数据

中国版本图书馆

数据: 2008.10. 北京航空航天大学出版社

©

未经许可, 不得复制或传播。

未

© 2008. 北京航空航天大学出版社

未经许可, 不得复制或传播。

光

未经许可, 不得复制或传播。

未经许可, 不得复制或传播。

图

未经许可, 不得复制或传播。

A

制 图 王

北京航空航天大学出版社出版

北京市昌平区学院路55号(100191) 发行部电话: 010-82317031 传真: 010-82317032

http://www.buaapress.com.cn E-mail: bhp@buaapress.com.cn

邮购部电话: 010-82317031 邮购部地址: 北京市昌平区学院路55号

北京航空航天大学出版社

ISBN 978-7-302-17527-7 定价: 48.00元(含邮费)

内 容 简 介

本书主要讲述了以 SAMSUNG 公司的 S3C2410 为代表的 ARM9 微处理器的开发流程,内容涵盖了嵌入式系统的软、硬件开发两个方面:一是微处理器的接口电路设计、接口时序、电气特性等内容的分析;二是对应的软件的实现方法和 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 、Linux、WinCE 及 Qt 在 ARM9 上的移植方法。

本书的特点是在分析以 S3C2410 为代表的 ARM9 微处理器的开发过程中,首先为开发者搭建一个可以运行的最小系统;然后分析在最小系统下可以方便扩展的外设功能部件,对每个扩展的外设功能部件进行分析,包括原理、接口电路设计、基本操作及详细的实例分析;最后开发者可以按照自身的需要选取不同的外设部件,完成应用系统的开发。本书分析了 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 、Linux、WinCE 及 Qt 在 S3C2410 处理器上的移植,特别是在国内,WinCE 及 Qt 应用方面的著作很少,本书是对这一领域的补充。每一章都为读者留有思考与练习题,帮助读者更好地掌握本书的内容。随书附光盘 1 张,含书中原代码,供读者参考。

本书可作为机电控制、信息家电、工业控制、手持仪器、医疗器械、机器人技术等方面嵌入式系统开发与应用参考书,也可以作为高等院校有关嵌入式系统教学的本科生或研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

ARM9 嵌入式系统开发与实践/王黎明等编著. —北京:
北京航空航天大学出版社, 2008. 10

ISBN 978-7-81124-239-3

I. A… II. 王… III. 微处理器, ARM—系统设计 IV.
TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 134845 号

© 2009, 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本书及其所附光盘内容。

侵权必究。

ARM9 嵌入式系统开发与实践

王黎明 陈双桥 闫晓玲 史毓达 葛德宏 编著

责任编辑 卫晓娜 王 艳

*

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(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

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

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:40.25 字数:1 030 千字

2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-81124-239-3 定价:69.00 元(含光盘 1 张)

前言

嵌入式系统已经进入 32 位时代,在当前数字信息技术和网络技术高速发展的后 PC 时代,嵌入式系统已经广泛地渗透到消费电子、航空航天、汽车电子、医疗保健、网络通信、工业控制等各个领域。“嵌入式系统”这个名词已经被各行业的人所熟悉,正在以不同的形式悄悄地改变着人们的生产、生活方式。毋庸置疑,嵌入式系统已经成为当今计算机领域的一个亮点。

从技术角度来讲,嵌入式系统是软件和硬件的有机结合体。一名合格的嵌入式系统设计人员往往要求同时具备软件和硬件两个方面的知识。因此,做系统底层设计的软件工程师很希望学习到相关的硬件设计知识,以便写出效率更高、可移植性更强、接口更简单的软件模块;硬件设计者则希望学到针对硬件的驱动开发程序,从而更好地考虑什么样的硬件设计更容易编写驱动程序;嵌入式系统的总体设计者则需要综合考虑软硬件的设计。因此,本书在软件和硬件两个方面做了很好的兼顾,让不同需求的读者都能从本书中找到自身开发的灵感和解决问题的方法。

本书以频率高达 200 MHz 的 ARM9 处理器为对象平台,介绍了基于 ARM9 内核处理器嵌入式系统开发的各个主要环节。本书没有过多的讲述原理,而是从功能需求出发,以分析的角度来学习嵌入式系统开发的各种技术,内容涵盖了软件和硬件的两个层面。每一章都独立为一个主题,较全面地向读者展现了嵌入式系统开发的全过程。

本书的组织结构

第 1 章为基础部分。首先介绍了嵌入式系统的概念、嵌入式系统的组成,包括嵌入式平台的硬件构架、板级支持包和嵌入式系统上的应用程序;然后介绍了嵌入式系统的开发流程,ARM 处理器的分类、结构和选型;最后简述了市面上流行的嵌入式操作系统的种类以及选型规则。本章主要是让读者对嵌入式系统有一个整体的印象,从而引导读者进入嵌入式系统开发的大门。

第 2 章为嵌入式开发的工具介绍。首先介绍了 ADS 集成开发环境的组成及使用方法,ADS 创建、编译、连接实际工程的步骤方法,使用 AXD 进行代码调试的方法;然后介绍了 ARM-JTAG 调试器的制作、驱动安装和使用方法。本章为后面章节程序的开发提供了必要的软件开发环境和调试工具。

第 3 章为 S3C2410 处理器的体系结构与外设以及最小系统的设计方法。首先讲述了 S3C2410 处理器的内部结构、引脚功能、硬件资源;然后分析了基于 S3C2410 处理器建立最小系统的硬件结构设计和相应的启动代码。通过学习本章,读者可以深入了解 ARM9 内核典型处理器 S3C2410 的模块结构及最小系统的软硬件开发,从而为后面章节介绍的 S3C2410 功能的扩展提供一个基础的软硬件平台。

第 4 章基于 S3C2410 的最小系统扩展集成功能模块,包括 ADC、DMA、IIC、LCD、Nand Flash、Nor Flash、PWM、RTC、SD 卡、UART、USB、触摸屏、WatchDog、音频接口及定时器中断

等,对每个功能模块都进行了详细的描述,包括简单的原理、相关的寄存器、硬件设计原理图、驱动程序的开发、测试方法等。通过学习本章,读者可以更深入地了解 S3C2410 处理器集成的接口控制器,可以针对不同的功能需求进行不同模块的扩展。

第 5 章基于 S3C2410 处理器进行功能模块的扩展,包括 8×8 点阵、CAN、CF 卡、GPRS、GPS、IDE、RS-485、TFTP、VGA、步进电动机控制、行列式键盘等。本章是在读者对 S3C2410 处理器有了深入理解的基础上的功能扩展,包括每个模块的原理、硬件设计原理图、驱动程序的开发、测试方法等。通过本章的介绍,使读者能够根据功能需求,对 S3C2410 处理器进行功能模块的扩展开发。

第 6 章介绍 S3C2410 开发平台的 Bootloader。首先介绍了 Bootloader 的概念,分析了 vivi 和 U-Boot 两种 Bootloader;然后给出了作者自行开发的简单的 Bootloader。通过本章的介绍,使读者掌握如何编写 Bootloader,建议读者在阅读本章之前,先熟悉一下 ARM 的汇编语言。

第 7 章为嵌入式实时多任务操作系统 $\mu\text{c}/\text{OS-II}$ 在 S3C2410 处理器上的移植。首先概括地介绍了 $\mu\text{c}/\text{OS-II}$ 操作系统的特点和操作系统移植过程中需要修改的代码文件;然后介绍了 $\mu\text{c}/\text{OS-II}$ 操作系统的任务之间的通信和同步方法;最后给出了一个多任务操作系统的例程分析。通过本章的介绍,使读者掌握 $\mu\text{c}/\text{OS-II}$ 操作系统的移植方法。

第 8 章为 WinCE 嵌入式操作系统在 ARM9 S3C2410 上的移植,包括 WinCE 的开发环境 PB 的安装、构建开发平台、新平台的配置编译以及 WinCE 映像文件的运行。通过本章的介绍,使读者掌握 WinCE 嵌入式操作系统的移植和应用程序开发方法。

第 9 章为 Linux 操作系统在 ARM9 内核处理器上的移植方法。首先介绍了嵌入式 Linux 操作系统的内核结构、编译环境的建立、编译工具的安装以及内核编译的步骤;然后讲述了根文件系统制作的方法以及设备驱动程序的开发方法;最后详细分析了几种设备驱动程序的开发方法。通过本章的介绍,使读者掌握嵌入式 Linux 操作系统移植和驱动程序开发的方法。

第 10 章为基于 ARM9 内核的 S3C2410 平台图形系统的开发。首先介绍了嵌入式系统下的 Microwindows 的实现;然后讲述了嵌入式系统下 MiniGUI 的实现;最后详细介绍了 Qt/Embedded 图形系统的开发,包括工具包、开发环境、应用开发等。通过本章的学习,读者可以掌握基于嵌入式图形系统开发的方法。

第 11 章是全书知识的总结与应用。主要在前 10 章的基础上引导读者开发一套自己的基于 ARM9 内核的嵌入式开发系统。首先介绍了系统的硬件设计包括电源设计、存储器设计、复位时钟电路设计以及 LCD 设计等;接着介绍了硬件 PCB 设计应注意的问题;最后介绍了软件的开发与调试。

相关说明

本书花费了大量篇幅讲述一些驱动程序代码的分析。讲述代码是一个很令人头痛的问题,要想把程序的来龙去脉讲清楚,就不得不贴上一些源码上来。怎么贴?贴多少?太长的源码印在纸上,即使有详细的注释,也实在不容易前后对照地看清楚。因此,本书很多地方仅仅列出了一些关键性的代码,帮助读者分析,次要的部分用省略号带过。同时书中的全部代码都可以在所附光盘中找到。

书中经常会省略很多基础知识和原理的讨论,请读者参考相关的文档。因为嵌入式系统涉及的范围太广了,读者的确需要相当多的参考资料,而不仅仅指望一本书。本书的目的在于结合

作者实际工作中的一些经验,给读者一个思路和解决问题的办法,让读者能够举一反三。

在科技术语方面,书中尽量采用中英文结合的方式。多数缩写和英文都在附录给出了对应的中文。书中尽量采用中文术语进行描述,但是有些术语实在找不到对应的确切中文,则直接使用英文。

读者对象

本书是一本介绍嵌入式系统开发的书籍,同时也介绍了一些关于嵌入式操作系统驱动程序开发的知识,适合下列人员阅读:

- 想学习或刚刚进入嵌入式系统领域的开发人员。
- 想学习 ARM9 处理器的开发人员。
- 对嵌入式操作系统的移植感兴趣的人员。
- 使用 S3C2410 进行快速开发产品的开发人员。
- 想快速上手学习 ARM9 系统软硬件的人员。

尽管本书面向初级嵌入式系统开发人员,但读者需要熟悉相关的硬件知识以及 C 语言和汇编语言,至少能读懂书中提到的代码。特别还要熟悉一些 Linux 的基本指令。如果以前没有接触过 Linux,那么最好先阅读一些 Linux 入门的书。

相关软件

本书提到的很多软件是 GNU 软件,可以从互联网免费获得,比如 binutils、GCC、Glibc、gdb 等。Linux 内核可以从 www.kernel.org 下载。其他代码包含在所附光盘中。相关的硬件芯片手册可以从芯片提供商网站获得。

致 谢

本书的编写过程得到了很多人的支持和热心关注。首先感谢我的爱人,是她在一直默默地支持我将这本书顺利完成。还有我的父母,是他们培养我对新技术的兴趣和学习能力,是他们影响了我的人生观和待人处事的态度。感谢我的博士生导师王明哲教授多年来对我的指导和信任。感谢海军工程大学电气与信息学院的夏立、卜乐平、邵英、宋立忠教授多年来对我的关心与鼓励。感谢好友刘平、焦少光、单勇、杨忠林、马赛、徐裘、侯新国、黄海、周卫平、尹阳、王征、魏建华、冯源、毛海涛、黄楠、钱美、欧阳华、尹为民、王仲东、周云超、杨宣访、江汉红、吴汉松、易曙光等在生活中真诚的帮助。

其次感谢深圳优龙科技有限公司,他们为本书的完成提供了非常完美的测试环境,提供了 FS2410XP 实验平台和 ST2410 开发板两个硬件测试平台,同时第 4、5、10 章的部分内容是由该公司提供的。

因为本人水平和编写书稿时间的限制,书中难免有遗漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。联系方式为 icesoar@163.com。对书中内容有兴趣或对代码还有其他任何需求的读者,也可以到我的网站(<http://www.ee521.com>)一起讨论问题,交流信息及心得体会,以便共同提高。

王黎明

2008 年 8 月于武汉

目 录

第 1 章 嵌入式系统体系结构概述	1
1.1 嵌入式系统的概念	1
1.2 嵌入式系统的组成	2
1.2.1 嵌入式平台的硬件结构	2
1.2.2 板级支持包和嵌入式系统	2
1.2.3 嵌入式系统上的应用程序	2
1.3 嵌入式系统的开发流程和优势	3
1.4 ARM 微处理器概述	4
1.4.1 ARM 简介	4
1.4.2 ARM 微处理器的应用领域及特点	4
1.4.3 ARM 微处理器系列	5
1.4.4 ARM 微处理器结构	7
1.4.5 ARM 微处理器的应用选型	8
1.5 典型的嵌入式操作系统	9
1.5.1 Linux	9
1.5.2 WinCE	10
1.5.3 VxWorks	10
1.5.4 μ C/OS-II	11
1.5.5 Palm OS	11
1.5.6 QNX	12
1.5.7 LynxOS	13
1.5.8 OS-9	13
1.5.9 Windows XP Embedded	13
1.5.10 eCos	13
1.5.11 Nucleus PLUS	14
1.6 嵌入式操作系统类型的选择	15
1.6.1 嵌入式操作系统的选择分类	15
1.6.2 嵌入式操作系统的选择标准	16
1.7 小结	16
思考与练习	16

第2章 ADS 集成开发环境及简易 JTAG 仿真器的使用

2.1 ADS 集成开发环境组成	17
2.1.1 应用程序到调试目标	17
2.1.2 根据目标硬件定制存储器映射	21
2.1.3 GUI 开发环境	27
2.2 使用 ADS 创建工程	31
2.2.1 建立一个工程	31
2.2.2 编译和链接工程	33
2.2.3 ASM 的参考代码	37
2.3 用 AXD 进行代码调试	38
2.3.1 安装并运行 ARM-JTAG 调试代理 ARM9	38
2.3.2 为 ARM-JTAG 调试代理配置 AXD Debugger	39
2.3.3 使用 ARM-JTAG 在 ADS1.20 环境下进行仿真调试	40
2.3.4 ARM-JTAG 设计电路图	40
2.4 小结	41
思考与练习	41
第3章 S3C2410 体系结构与外设及最小系统设计	
3.1 S3C2410 处理器介绍	43
3.1.1 S3C2410 处理器概述	43
3.1.2 S3C2410 处理器引脚描述	44
3.1.3 S3C2410 的内核结构	49
3.2 S3C2410 特性介绍	50
3.3 S3C2410 最小系统设计	53
3.3.1 最小系统框图	53
3.3.2 时钟与电源管理	54
3.3.3 系统时钟控制	55
3.3.4 电源管理	58
3.3.5 时钟与电源管理相关寄存器描述	60
3.3.6 存储器控制概述	62
3.3.7 Boot ROM 设计	62
3.3.8 EEPROM/SRAM Bank 设计	65
3.3.9 Nand Boot 设计	66
3.3.10 SDRAM 接口设计	67
3.3.11 存储器相关寄存器	68
3.3.12 S3C2410 两种启动方式	74
3.3.13 nGCS 片选存储器时序操作	75
3.3.14 S3C2410 最小系统硬件电路设计	76
3.3.15 最小系统的程序代码分析	82
3.3.16 最小系统程序的 Flash 编程	109

3.4 利用最小系统调试或烧写程序	124
3.4.1 用 MDS 通过串口来全速运行和调试应用程序	124
3.4.2 用 MDS 通过串口烧写应用程序到 Flash 里	124
3.5 小结	124
思考与练习	125
第 4 章 S3C2410 主要外设及功能部件详解	
4.1 ARM 指令	126
4.1.1 常用 ARM 指令的功能介绍	126
4.1.2 实验电路分析	129
4.1.3 ARM 汇编程序编程实例	129
4.1.4 实验测试方法及步骤分析	130
4.2 汇编与 C 语言混合编程	132
4.2.1 ARM 过程调用 ATPCS	132
4.2.2 汇编与 C 语言的相互调用	133
4.2.3 汇编与 C 语言混合编程应用程序	134
4.2.4 实验测试方法与步骤	135
4.3 通用 I/O 端口控制	135
4.3.1 通用 I/O 口概述	135
4.3.2 通用 I/O 口相关寄存器描述	136
4.3.3 通用 I/O 口两种应用电路	137
4.3.4 使用示例及注意事项	138
4.3.5 通用 I/O 控制单 LED 实例分析	139
4.3.6 实验检测方法及步骤	142
4.4 UART 异步串口通信	142
4.4.1 UART 异步串口概述	142
4.4.2 S3C2410 的 UART 控制器	143
4.4.3 UART 异步串行口的相关寄存器	146
4.4.4 异步串口应用电路	150
4.4.5 使用示例及注意事项	150
4.4.6 UART 串行通信应用编程实例	152
4.5 A/D 转换	153
4.5.1 A/D 转换的原理	153
4.5.2 A/D 转换器概述	154
4.5.3 A/D 转换相关寄存器描述	155
4.5.4 A/D 转换应用电路	157
4.5.5 A/D 转换基本操作和使用示例	158
4.5.6 单通道 A/D 转换实例分析	159
4.5.7 ADC 实验测试方法及步骤	161
4.6 DMA 访问	161

4.6.1	DMA 访问的原理	161
4.6.2	DMA 传送的方式	162
4.6.3	DMA 访问相关寄存器描述	162
4.6.4	DMA 的操作及注意事项	167
4.6.5	DMA 应用程序编程实例	169
4.6.6	DMA 实验测试方法及步骤	173
4.7	Nand Flash 控制器	173
4.7.1	Nand Flash 简介	174
4.7.2	典型的 Nand Flash 引脚定义和内部结构框图	174
4.7.3	Nand Flash 寻址方式	175
4.7.4	Nand Flash 的指令与时序	176
4.7.5	S3C2410 的 Nand Flash 控制器	176
4.7.6	Nand Flash 相关寄存器	179
4.7.7	Nand Flash 寄存器设置举例	181
4.7.8	如何从 Nand Flash 中读出数据	182
4.7.9	Nand Flash 接口电路应用模块	182
4.7.10	Nand Flash 应用程序编程实例	183
4.7.11	实验测试方法及步骤	189
4.8	Nor Flash 访问	189
4.8.1	Nor Flash 简介	189
4.8.2	典型 Nor Flash 引脚及内部结构	190
4.8.3	Nor Flash 读写时序	191
4.8.4	Nor Flash 接口应用电路	191
4.8.5	Nor Flash 应用程序实例	194
4.8.6	实验测试方法及步骤	197
4.9	PWM 控制蜂鸣器和直流电动机	198
4.9.1	PWM 简介	198
4.9.2	S3C2410 的 PWM 控制器	198
4.9.3	PWM 相关寄存器描述	201
4.9.4	PWM 控制器的基本操作	204
4.9.5	PWM 应用接口电路图	204
4.9.6	PWM 控制蜂鸣器相关函数和功能	205
4.9.7	实验测试方法及步骤	207
4.9.8	PWM 控制直流电动机应用电路	207
4.9.9	PWM 控制直流电动机相关函数和功能	208
4.9.10	PWM 控制直流电动机实验测试方法及步骤	210
4.10	RTC 实时时钟	210
4.10.1	实时时钟在嵌入式系统中的作用	210
4.10.2	S3C2410 的实时时钟单元	211

4.10.3	RTC 实时时钟的结构	211
4.10.4	实时时钟(RTC)相关寄存器	212
4.10.5	RTC 实时时钟接口应用电路	215
4.10.6	RTC 实时时钟基本操作及注意事项	215
4.10.7	RTC 应用程序编程实例	216
4.10.8	实验测试方法及步骤	217
4.11	IIC 总线串行通信	218
4.11.1	IIC 总线介绍	218
4.11.2	IIC 双向传输的接口特性	219
4.11.3	IIC 总线数据传送格式和传送过程	220
4.11.4	S3C2410 的 IIC 总线控制器	221
4.11.5	IIC 总线相关寄存器描述	221
4.11.6	IIC 应用电路图分析	224
4.11.7	IIC 总线的基本操作及注意事项	224
4.11.8	IIC 应用编程实例	225
4.11.9	IIC 总线实验测试方法及步骤	229
4.12	定时器中断	230
4.12.1	ARM 相关寄存器	230
4.12.2	ARM 的异常中断类型	236
4.12.3	异常中断响应过程和返回过程	237
4.12.4	异常中断程序的安装	238
4.12.5	S3C2410 的中断控制器	238
4.12.6	异常中断相关寄存器描述	239
4.12.7	定时器中断例程分析及注意事项	244
4.12.8	使用中断的步骤	245
4.12.9	定时器中断应用编程	246
4.12.10	定时器中断实验方法及步骤	248
4.13	WatchDog 看门狗定时器	249
4.13.1	看门狗功能简述	249
4.13.2	看门狗的工作原理	250
4.13.3	看门狗控制器的结构	250
4.13.4	看门狗定时器相关寄存器	250
4.13.5	看门狗基本操作和使用示例	252
4.13.6	看门狗应用编程实例	252
4.13.7	实验步骤	254
4.14	USB Device	254
4.14.1	USB 总线协议及工作原理	254
4.14.2	USB 通信	255
4.14.3	USB Device 控制器	256

4.14.4	USB Device 应用电路	258
4.14.5	USB Device 应用程序编程实例	258
4.14.6	实验测试方法及步骤	261
4.15	LCD 显示控制	261
4.15.1	LCD 显示原理简介	261
4.15.2	S3C2410 的内部 LCD 控制器	262
4.15.3	LCD 控制器接口信号	263
4.15.4	LCD 控制器操作	263
4.15.5	LCD 相关寄存器描述	267
4.15.6	LCD 电路接口设计	273
4.15.7	LCD 编程方法及注意事项	274
4.15.8	LCD 显示应用编程实例	275
4.15.9	实验测试方法及步骤	279
4.16	LCD 触摸屏控制	279
4.16.1	触摸屏简介	279
4.16.2	触摸屏的坐标	281
4.16.3	触摸屏控制器的接口模式	281
4.16.4	触摸屏接口信号	282
4.16.5	触摸屏相关寄存器描述	283
4.16.6	触摸屏应用程序编程实例	285
4.16.7	实验检测方法步骤	289
4.17	IIS 串行音频接口	289
4.17.1	IIS 总线规范及工作原理	290
4.17.2	S3C2410 的 IIS 控制器模块	290
4.17.3	IIS 相关寄存器描述	293
4.17.4	IIS 接口电路设计	295
4.17.5	WAV 声音格式	296
4.17.6	音频应用程序编程实例	297
4.17.7	实验测试方法与步骤	302
4.18	USB Host 通信	302
4.18.1	USB 总线协议及工作原理	302
4.18.2	驱动程序的移植	304
4.18.3	USB Host 实验操作	304
4.19	SD 卡接口	304
4.19.1	SD 卡总线协议及工作原理	305
4.19.2	S3C2410 的 SD 卡控制寄存器	309
4.19.3	SDI 编程操作和 SDIO 编程操作	311
4.19.4	S3C2410 的 SD 卡硬件接口设计	313
4.19.5	SD 卡应用程序编程实例	314

4.19.6	实验方法及步骤	316
4.20	小 结	316
5	思考与练习	316
第 5 章 S3C2410 外部功能扩展		
5.1	步进电动机控制	318
5.1.1	步进电动机介绍	318
5.1.2	步进电动机参数和指标	319
5.1.3	步进电动机控制系统	319
5.1.4	接口应用电路	319
5.1.5	步进电动机应用程序编程	320
5.1.6	实验测试方法及步骤	323
5.2	8×8 点阵驱动	323
5.2.1	LED 相关知识	323
5.2.2	8×8 LED 点阵的接口原理图	324
5.2.3	8×8 点阵基本操作及注意事项	325
5.2.4	8×8 LED 点阵应用程序编程实例	325
5.2.5	实验检测方法及步骤	327
5.3	16 行列式按键扫描	327
5.3.1	键盘原理介绍	328
5.3.2	行列式键盘原理	328
5.3.3	S3C2410xP 的键盘硬件电路	329
5.3.4	行列式键盘按键程序流程	330
5.3.5	按键应用程序编程实例	330
5.3.6	实验测试方法及步骤	333
5.4	TFTP 以太网通信	334
5.4.1	以太网协议	334
5.4.2	IP、UDP 和 TFTP 协议介绍	335
5.4.3	以太网接口应用电路	336
5.4.4	应用程序编程实例	339
5.4.5	实验检测方法及步骤	342
5.5	VGA 显示	342
5.5.1	VGA 接口介绍	342
5.5.2	VGA 接口扫描方式	343
5.5.3	TFT 接口到 VGA 接口的转换	343
5.5.4	VGA 显示应用程序编程	344
5.5.5	实验检测方法及步骤	346
5.6	CAN 总线通信	347
5.6.1	CAN 总线简介	347
5.6.2	CAN 的分层结构及通信协议	347

5.6.3	CAN 总线接口应用电路	349
5.6.4	MPC2510 局域网络控制器	350
5.6.5	CAN 总线通信应用编程	357
5.6.6	实验测试方法及步骤	369
5.7	CF 卡接口扩展	369
5.7.1	CF 卡简介	370
5.7.2	CF 卡工作原理	370
5.7.3	CF 卡协议	371
5.7.4	CF 卡接口应用电路	372
5.7.5	CF 卡基本操作及使用示例	373
5.7.6	CF 应用程序编程实例	374
5.8	IDE 硬盘挂载	377
5.8.1	IDE 接口介绍	377
5.8.2	IDE 硬盘读/写操作	378
5.8.3	IDE 硬盘接口应用电路	379
5.8.4	IDE 接口应用编程	380
5.8.5	在 Linux 下挂载硬盘的流程	384
5.9	RS-485 通信	384
5.9.1	RS-422 与 RS-485 串行接口标准	384
5.9.2	RS-485 串行接口应用电路	385
5.9.3	RS-485 通信应用编程	386
5.9.4	程序测试方法及步骤	388
5.10	GPS 全球定位	389
5.10.1	GPS 简介	389
5.10.2	GPS 原理	389
5.10.3	GPS 定位信息的提取	390
5.10.4	GPS 接口应用电路	391
5.10.5	GPS 应用程序编程实例	391
5.10.6	实验方法与步骤	396
5.11	GPRS/GSM 无线通信	396
5.11.1	GPRS 简介	396
5.11.2	GSM 工作原理	396
5.11.3	AT 命令语法	397
5.11.4	SMS 短消息发送和接收模式	397
5.11.5	GPRS 硬件电路设计	400
5.11.6	GPRS/GSM 发短消息应用编程实例	401
5.11.7	实验测试方法与步骤	405
5.12	小 结	405
	思考与练习	405

第 6 章 S3C2410 开发平台 Bootloader 详解	407
6.1 Bootloader 的介绍	407
6.2 Bootloader 操作模式	407
6.3 Bootloader 的启动流程	408
6.4 Bootloader 的 vivi	409
6.4.1 vivi 简介	409
6.4.2 vivi 的配置与编译	410
6.4.3 vivi 代码第一阶段	410
6.4.4 vivi 代码第二阶段	418
6.5 Bootloader 之 U-Boot	437
6.5.1 U-Boot 简介	437
6.5.2 U-Boot 主要目录结构	438
6.5.3 U-Boot 支持的主要功能	438
6.5.4 U-Boot 在 S3C2410 上的移植	438
6.6 自行开发 S3C2410 的 Bootloader	448
6.6.1 Bootloader 的功能说明和结构框架	449
6.6.2 Bootloader 的应用编程	449
6.6.3 测试方法及步骤	452
6.7 小 结	453
思考与练习	453
第 7 章 μC/OS-II 在 ARM9 上的移植	454
7.1 μ C/OS-II 介绍	454
7.2 μ C/OS-II 移植	454
7.2.1 OS_CPU.H	455
7.2.2 OS_CPU_C.C 文件	457
7.2.3 处理器相关汇编部分 OS_CPU_A.S 实现	460
7.3 μ C/OS-II 任务之间的通信与同步方式	464
7.3.1 信号量	464
7.3.2 邮 箱	464
7.3.3 消息队列	465
7.4 简单多任务程序编程	465
7.4.1 多任务主程序	465
7.4.2 任务 1 void Task1(void * Id)	466
7.4.3 任务 2 void Task2(void * Id)	466
7.4.4 主测试函数 Main	467
7.5 小 结	467
思考与练习	468
第 8 章 WinCE 系统在 ARM9 上的移植	469
8.1 WinCE 的安装	469

8.1.1 安装开发环境	469
8.1.2 安装目录	470
8.1.3 构建新的平台	471
8.1.4 新平台的配置、编译	475
8.2 WinCE 的 image 的运行	477
8.2.1 通过 USB 口下载运行 WinCE 映像	477
8.2.2 通过以太网烧写 WinCE 映像文件	479
8.3 在 WinCE 和桌面系统之间建立通信连接	484
8.4 WinCE 结构与开发	488
8.4.1 WinCE 开发流程	488
8.4.2 用户开发 WinCE 控件驱动程序的流程	488
8.4.3 用户硬件平台和 WinCE 内核的接口程序的开发步骤	490
8.4.4 执行中断相关函数	496
8.4.5 执行实时时钟和定时器功能	499
8.4.6 配置寄存器	501
8.4.7 使能电源管理	501
8.5 小结	501
思考与练习	501
第 9 章 Linux 系统在 ARM9 平台的移植	502
9.1 移植的概念	502
9.2 Linux 内核结构与移植	502
9.2.1 内核结构	503
9.2.2 Linux 操作系统移植	504
9.3 阅读 ARM Linux 内核源码	510
9.3.1 编译环境的建立	510
9.3.2 安装编译工具	512
9.3.3 编译 Linux 内核	512
9.4 CRAMFS 根文件系统的制作	515
9.5 Linux 设备驱动程序概述	516
9.5.1 设备驱动和文件系统的关系	516
9.5.2 Linux 设备驱动程序接口	517
9.5.3 程序的设备号和入口点	518
9.5.4 Linux 驱动程序的加载	519
9.6 Linux 下字符设备驱动的添加	519
9.6.1 字符设备的驱动源程序	519
9.6.2 该驱动程序的 Makefile 文件	523
9.6.3 该驱动相应的测试程序	523
9.6.4 测试过程	524
9.6.5 将应用程序添加到根文件系统	525

9.7	Linux 下添加音频设备驱动	525
9.8	Linux 下添加 IIC 总线驱动	528
9.8.1	Linux 下 IIC 总线驱动程序体系结构	528
9.8.2	S3C2410 上的 IIC 总线驱动程序分析	528
9.8.3	IIC 总线驱动测试程序	532
9.9	Linux 终端与控制台体系	534
9.9.1	Linux 终端概述	534
9.9.2	Linux 控制台的初始化过程	535
9.9.3	Linux 启动命令行与控制台定义	537
9.9.4	控制台与 printk 输出	539
9.9.5	Linux 串口驱动程序与分析	540
9.9.6	Linux 串口的应用	545
9.9.7	通过 Linux 串口实现 GPRS 拨号上网	547
9.10	Linux 下如何挂载 U 盘	549
9.11	小 结	552
	思考与练习	552
第 10 章	基于 S3C2410 平台图形系统开发	
10.1	嵌入式系统下 Microwindows 的实现	553
10.1.1	两种 API: Win32 和 Nano - X	554
10.1.2	创建一个简单的 Nano - X 应用程序	556
10.1.3	Expose event 机制	557
10.2	嵌入式系统下 MiniGUI 的实现	559
10.2.1	图形用户界面 MiniGUI 简介	559
10.2.2	MiniGUI 在 S3C2410 处理器上的移植过程	559
10.3	认识 Qt/Embedded 嵌入式工具开发包	561
10.3.1	Qt 介绍	562
10.3.2	Qt/Embedded 系统要求	563
10.3.3	Qt 架构	564
10.4	Qt/Embedded 嵌入式图形开发基础	565
10.4.1	Qt/Embedded 开发环境的安装	565
10.4.2	Qt/Embedded 开发环境	567
10.4.3	窗 体	570
10.4.4	Qt 图形设计器对话框	576
10.4.5	Qt 桌面外形与感觉	581
10.4.6	Qt/Embedded 国际化	582
10.5	Qt/Embedded 实战应用开发	583
10.5.1	嵌入式硬件开发平台的选择	584
10.5.2	安装 Qt/Embedded 工具开发包	585
10.5.3	交叉编译 Qt/Embedded 的库	585