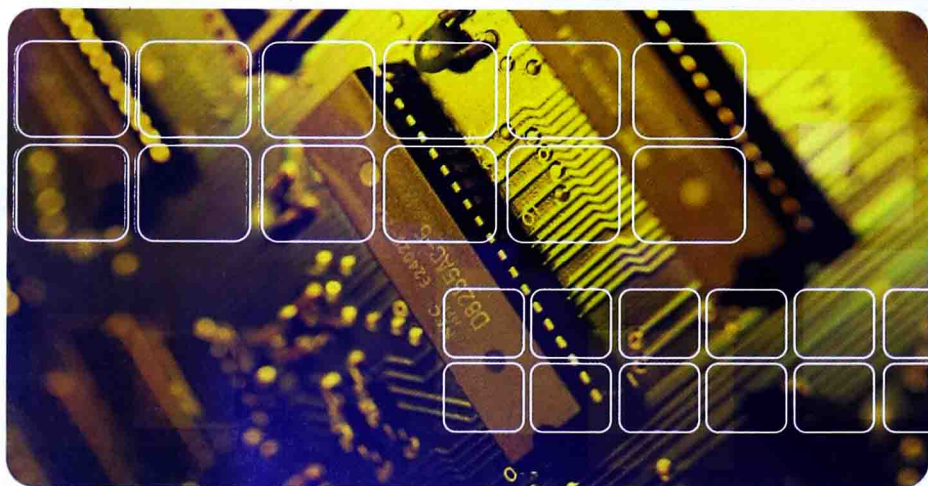


嵌入式ARM

系统工程师实训教程



庄严 周建明 廖炜 编著

1 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，使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，对嵌入式开发实战经验丰富。
- 本书光盘中含有电子课件、案例源代码。
- 丛书面向各种嵌入式培训学校，并可作为非计算机专业学生或从事嵌入式相关开发人员的自学教材。



附赠 DVD-ROM



清华大学出版社

嵌入式系统工程师实训系列

嵌入式 ARM 系统工程师实训教程

庄 严 周建明 廖 炜 编 著



清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

基于 ARM 处理器的嵌入式系统是当前最流行的嵌入式系统。本书最大的特色是实践性强,所有的案例都是完整的、可以得到验证的。本书分为 6 篇:嵌入式 ARM 基础、硬件系统设计、ARM 体系结构与编程、硬件接口及驱动程序设计、嵌入式系统启动应用分析与设计、综合项目。

本书是作者长期从事嵌入式领域实践及培训积累的结果。读者可以根据需要,对各章节按顺序或者有选择地进行阅读和实践。

本书结构清晰,内容深入浅出、循序渐进,逐步引领读者进入嵌入式编程领域。本书可作为高校嵌入式系统的教材和嵌入式系统培训的实践教材或课程设计辅导读物,也可以作为广大嵌入式系统爱好者、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 ARM 系统工程师实训教程/庄严,周建明,廖炜编著.——北京:清华大学出版社,2015
(嵌入式系统工程师实训系列)

ISBN 978-7-302-38078-8

I. ①嵌… II. ①庄… ②周… ③廖… III. ①微处理器—系统设计—教材 IV. ①TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 221105 号

责任编辑:杨作梅

封面设计:杨玉兰

责任校对:李玉萍

责任印制:王静怡

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:清华大学印刷厂

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:32.25 字 数:786 千字
(附 DVD1 张)

版 次:2015 年 1 月第 1 版

印 次:2015 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:68.00 元

丛 书 序

一直以来,很多跨国公司和国内 IT 巨头急需嵌入式软件人才。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。然而国内 3G 核心嵌入式人才目前不足万人。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针对嵌入式系统的。

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。

嵌入式领域人才稀缺的根本原因是大多数人无法接触真实的实践环境,因为这需要拥有相应的嵌入式开发板和相关的系统软件。而目前嵌入式培训图书大多集中在中高端,理论较强、实践较弱,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。

本丛书具有下列鲜明的特点。

(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配图来展示，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论坛 www.wikore.net，可以在线与读者交流问题。

前 言

目前很多跨国公司和国内 IT 业巨头嵌入式软件人才匮乏。如 Intel、TI、Sony、三星、TCL、华为、中兴、联想和康佳等,都面临着嵌入式人才严重短缺的挑战。尤其是随着嵌入式技术成为当前 IT 领域的最大热门,缺口更是达到了每年 50 万人左右的量级。有需求就有市场,目前国内 3G 核心嵌入式人才不足 10000 人,高薪的诱惑使很多 IT 专业的大学生在没有毕业之前就纷纷来到相关的公司提前进行实践,以了解工作中可能遇到的实际问题,以及可能涉及的其他学科的知识,以便及时充电。

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的入门门槛较高,不仅要懂较底层的软件(例如操作系统级、驱动程序级软件),对软件专业水平要求较高(嵌入式系统对软件设计的时间和空间效率要求较高),而且必须懂得硬件的工作原理,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,目前发展太快,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、嵌入式操作系统、MPEG 技术、无线通信协议等),掌握这些新技术的人当然很难找。嵌入式领域人才稀缺,身价自然就高,越有经验身价就越高。其实嵌入式领域人才稀缺的根本原因是大多数人无法接触真实的实践环境,因为这需要拥有相应的嵌入式开发板和相关的系统软件。另外,需要有经验的人来指导开发流程。

就目前嵌入式培训图书市场来看,大多集中在中高端图书,而且大都理论性较强、实践性较弱,而少部分面向低端的图书,通常又功能有限,不适合开发者使用。对于初学者或进阶学习的已从事嵌入式行业软硬件开发的人员,没有一种对工作、学习有明确指导意义的图书。大多数人只能自己通过网络的途径拼凑资料,不能给出整体思路,使学习嵌入式知识的过程迂回曲折,往往不得甚解。作为嵌入式系统工程师,应了解 ARM 处理器架构,熟悉常见的嵌入式 Linux、Windows CE、VxWorks、Android、iPhone 等操作系统架构,掌握驱动程序的编写,会进行内核的移植。而市场上并没有这类针对开发人员或初学者的合适的教材。针对巨大的人才缺口,以及国内繁荣发展的嵌入式领域,甚至针对 3G、4G 的兴起,急需能够填补市场空缺的图书。

本书循序渐进,可以使初学者明确学习思路,能真正地从零基础达到嵌入式系统工程师的要求,也可以帮助开发者重建自己的知识体系。

ARM 架构是一个 32 位精简指令集(RISC)处理器架构,广泛地使用在许多嵌入式系统设计中。由于节能的特点,ARM 处理器非常适用于移动通信领域,符合其主要设计目标为低成本、高性能、低功耗的特性。至 2009 年为止,ARM 架构处理器占了市面上所有 32 位嵌入式 RISC 处理器 90%的比例,成为全世界最多数的 32 位架构之一。ARM 处理器可以在很多消费性电子产品上看到,从可携式设备(PDA、移动电话、多媒体播放器、掌上型电子游



戏和笔记本电脑)到电脑外设(硬盘、桌面型路由器),甚至在导弹的弹载计算机等军用设施中都有其存在。在此还有一些基于 ARM 设计的派生产品,重要产品还包括 Marvell 的 XScale 架构和美国得州仪器(TI)的 OMAP 系列。

2011 年,ARM 的客户报告了 79 亿 ARM 处理器出货量,应用于 95% 的智能手机,90% 的硬盘驱动器,40% 的数字电视和机顶盒,15% 的单片机,以及 20% 的移动电脑。在 2012 年,微软与 ARM 科技生产了新型的 Surface 平板电脑,此外,AMD 宣布它将于 2014 年开始生产基于 ARM 核心的 64 位服务器芯片。

为了适应当前嵌入式系统市场的发展,本书课程内容突出各章节重点,明确各个知识要点,方便学员阅读。本书不仅可供学习,还是一种常备的、不可多得的学习参考资料。本书注重对嵌入式行业内领先技术的讲解和对实际动手能力的培养,注重理论与实际工程相联系,特别强调实际项目的实战训练,同时加入适量的职业素质培养内容,为学员在以后的实际工作打下良好的基础。

本书分为 6 篇:嵌入式 ARM 基础、硬件系统设计、ARM 体系结构与编程、硬件接口及驱动程序设计、嵌入式系统启动应用分析与设计、综合项目,共 23 章。本书取材于作者在做嵌入式系统实践和培训过程中积累的部分书稿,读者可以从头到尾按顺序进行学习;实际阅读或培训过程中,也可以将应用开发提到系统开发之前来进行学习。

参与本书编写工作的有庄严、周建明、廖炜、杨海峰、崔新星、奚云飞等,全书由庄严统稿、审定。具体章节由廖伟、庄严、周建明、杨海峰、崔新星等编写。

本书编写过程中得到上海交通大学 IT 培训中心、清华大学出版社张瑜老师的大力支持,本书编写思路得到上海漕河泾开发区职业培训中心王骁总监的大力协助,本书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科技嵌入式技术论坛:<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。

编 者

目 录

第一篇 嵌入式 ARM 基础

第 1 章 基础知识	3	2.2.3 armcc 用法详解	18
1.1 嵌入式系统	4	2.2.4 armlink 用法详解	20
1.1.1 概念	4	2.2.5 ARM 运行时库	26
1.1.2 构成	5	2.2.6 库路径的结构	27
1.1.3 特点	5	2.2.7 CodeWarrior	27
1.2 知识结构	7	2.2.8 ADS 调试器	29
1.2.1 嵌入式基础	7	2.2.9 实用程序	30
1.2.2 微处理器与接口	8	2.2.10 支持的软件	30
1.2.3 嵌入式操作系统	8	2.3 ADS 开发流程	30
1.2.4 嵌入式程序设计	9	2.3.1 创建工程	30
1.2.5 开发与维护	9	2.3.2 编译与连接	34
1.2.6 嵌入式系统设计	9	2.3.3 代码调试	39
1.3 项目流程	10	2.4 RealView 集成开发环境	42
1.4 本章小结	10	2.4.1 使用介绍	42
1.5 本章习题	11	2.4.2 实例分析	46
第 2 章 开发环境	13	2.5 嵌入式 HelloARM 实例入门	50
2.1 硬件实验环境	14	2.5.1 实验目的	50
2.1.1 ARM 参考板	14	2.5.2 实验设备	50
2.1.2 硬件仿真器	14	2.5.3 实验原理	50
2.2 ADS 集成开发环境	16	2.5.4 实验步骤	55
2.2.1 ADS 介绍	16	2.6 本章小结	59
2.2.2 命令行开发工具	17	2.7 本章习题	59

第二篇 硬件系统设计

第 3 章 硬件设计基础	63	3.1.6 S3C6410 概述	71
3.1 常用 ARM 处理器概述	64	3.1.7 S5PV210 概述	71
3.1.1 ARM 应用系统设计概述	64	3.1.8 Exynos 4212 概述	72
3.1.2 S3C2410A 功能简介	65	3.1.9 性能对比	73
3.1.3 S3C2410A CPU 内核概述	69	3.2 硬件电路设计基础	73
3.1.4 S3C2410A 特殊功能寄存器	70	3.2.1 需求分析	73
3.1.5 S3C2440 概述	70	3.2.2 方案确定	75

6.1.2 指令的条件域.....	122	7.2.2 汇编语言的子程序调用.....	168
6.2 ARM 指令的寻址方式.....	123	7.2.3 汇编语言程序示例.....	169
6.2.1 立即寻址.....	123	7.3 本章小结.....	172
6.2.2 寄存器寻址.....	124	7.4 本章习题.....	172
6.2.3 寄存器间接寻址.....	124	第 8 章 混合编程.....	175
6.2.4 基址变址寻址.....	124	8.1 ATPCS 介绍.....	176
6.2.5 多寄存器寻址.....	125	8.1.1 寄存器的使用规则.....	176
6.2.6 相对寻址.....	125	8.1.2 数据栈的使用规则.....	177
6.2.7 堆栈寻址.....	125	8.1.3 参数的传递规则.....	178
6.3 ARM 指令实验指导.....	126	8.1.4 子程序结果返回规则.....	179
6.3.1 汇编基本框架.....	126	8.1.5 其他特定规则.....	179
6.3.2 编译链接调试.....	127	8.1.6 AAPCS 扩展.....	181
6.3.3 编译工程.....	129	8.2 内嵌汇编器的使用.....	182
6.3.4 调试程序.....	130	8.2.1 内嵌的汇编指令用法.....	182
6.4 ARM 指令集.....	131	8.2.2 内嵌的汇编器和 armasm 的 区别.....	183
6.4.1 跳转指令.....	132	8.2.3 在 C/C++ 程序中使用内嵌的 汇编指令.....	184
6.4.2 数据处理指令.....	134	8.2.4 内嵌汇编指令的应用举例.....	186
6.4.3 乘法指令与乘加指令.....	139	8.2.5 从汇编程序中访问 C 变量.....	188
6.4.4 程序状态寄存器访问指令.....	142	8.3 在汇编程序中调用 C/C++ 程序.....	189
6.4.5 加载/存储指令.....	143	8.3.1 在汇编程序中调用 C 程序.....	189
6.4.6 批量数据加载/存储指令.....	145	8.3.2 在汇编程序中调用 C++ 程序.....	189
6.4.7 数据交换指令.....	146	8.3.3 汇编程序完成初始化功能.....	190
6.4.8 移位指令.....	146	8.3.4 在 C/C++ 程序中调用汇编 程序.....	191
6.4.9 协处理器指令.....	148	8.4 本章小结.....	192
6.4.10 异常产生指令.....	150	8.5 本章习题.....	192
6.5 Thumb 指令及应用.....	151	第 9 章 异常处理.....	193
6.6 本章小结.....	152	9.1 ARM 异常处理概述.....	194
6.7 本章习题.....	152	9.1.1 ARM 体系中的异常种类.....	194
第 7 章 程序设计基础.....	155	9.1.2 中断向量与异常优先级.....	195
7.1 程序设计概述.....	156	9.1.3 各种异常状态下使用的 寄存器.....	195
7.1.1 符号定义(Symbol Definition) 伪指令.....	156	9.2 进入和退出异常的过程.....	196
7.1.2 数据定义(Data Definition) 伪指令.....	158	9.2.1 ARM 处理器对异常的响应 过程.....	196
7.1.3 汇编控制(Assembly Control) 伪指令.....	161		
7.2 汇编语言的程序结构.....	167		
7.2.1 汇编语言程序的基本结构.....	167		



9.2.2	在应用程序中安装异常处理程序	197
9.2.3	在系统复位时安装异常处理程序	197
9.2.4	在 C 程序中安装异常处理程序	198
9.3	各类异常的具体描述	200
9.3.1	FIQ 和 IRQ 中断	200
9.3.2	复位异常	205
9.3.3	未定义指令异常	205
9.3.4	指令预取中止异常	205
9.3.5	数据访问中止异常	206
9.3.6	SWI 异常	206
9.4	本章小结	206
9.5	本章习题	207

第 10 章 基本的 APCS 规则及其实践

10.1	寄存器的使用规则	210
10.2	数据栈的使用规则	210

10.3	参数传递的规则	211
10.4	子程序结果返回规则	211
10.5	ARM 汇编指令编程实验	211
10.5.1	实验目的	211
10.5.2	实验设备	212
10.5.3	实验原理	212
10.5.4	实验步骤	214
10.6	C 语言调用汇编语言编程	217
10.6.1	实验目的	217
10.6.2	实验设备	217
10.6.3	实验原理	217
10.6.4	实验步骤	218
10.6.5	实验思考	221
10.7	汇编语言调用 C 语言编程	221
10.7.1	实验目的	221
10.7.2	实验设备	221
10.7.3	实验原理	221
10.7.4	实验步骤	221
10.7.5	实验思考	224

第四篇 硬件接口及驱动系统设计

第 11 章 嵌入式软件编程基础

11.1	学习目标	228
11.2	本章要点	228
11.3	整体设计	228
11.3.1	开发背景	228
11.3.2	整体设计	228
11.3.3	硬件平台	228
11.3.4	交叉环境	229
11.3.5	硬件驱动	229
11.3.6	任务管理	229
11.3.7	面向对象	230
11.4	内存管理	230
11.4.1	数据指针	230
11.4.2	函数指针	231
11.4.3	内存申请	231
11.4.4	关键字 const	231

11.4.5	关键字 volatile	233
11.4.6	字长与位宽	233
11.4.7	字节对齐	233
11.4.8	字节顺序	236
11.5	人机界面	238
11.5.1	LED	238
11.5.2	按键	238
11.5.3	LCD	238
11.5.4	通信接口	238
11.6	性能优化	238
11.6.1	死循环	238
11.6.2	延时	239
11.6.3	使用宏	239
11.6.4	关键字 register	240
11.6.5	内嵌汇编	240
11.6.6	位操作	240

11.6.7	define/typedef.....	241	12.7	实时时钟的工作原理与编程示例.....	282
11.7	实践: LED 驱动系统	242	12.7.1	实时时钟的工作原理.....	282
11.7.1	需求分析.....	242	12.7.2	S3C2410A 实时时钟寄存器 介绍	283
11.7.2	详细设计.....	242	12.7.3	实时时钟计数器	283
11.7.3	编码设计.....	244	12.7.4	告警控制寄存器	284
11.7.4	调试与测试.....	245	12.7.5	告警时间寄存器	285
11.7.5	部署.....	245	12.8	RTC 循环复位寄存器.....	285
11.8	本章小结.....	245	12.8.1	实时时钟寄存器	285
11.9	本章习题.....	245	12.8.2	S3C2410A 实时时钟编程 举例	286
第 12 章	嵌入式系统的常用接口	247	12.9	看门狗的工作原理与编程示例.....	288
12.1	学习目标.....	248	12.9.1	看门狗的工作原理.....	288
12.2	本章要点.....	248	12.9.2	S3C2410A 的看门狗定时器 寄存器	289
12.3	嵌入式系统常用接口概述	248	12.9.3	看门狗编程举例	290
12.3.1	嵌入式系统的程序设计 方法.....	248	12.10	I ² C 工作原理与编程示例	292
12.3.2	嵌入式测试测量	249	12.10.1	I ² C 工作原理	292
12.3.3	通用 I/O 口的工作原理与 编程示例.....	250	12.10.2	I ² C 总线的基本结构	292
12.4	串口工作原理与编程示例	256	12.10.3	双向传输的接口特性.....	292
12.4.1	异步串行通信及其协议	256	12.10.4	I ² C 总线上的时钟信号	293
12.4.2	串行通信的物理层标准	257	12.10.5	数据的传送	293
12.4.3	S3C2410 内置的 UART 控制器.....	258	12.10.6	总线竞争的仲裁.....	294
12.4.4	UART 编程举例	260	12.10.7	I ² C 总线的一次典型工作 流程	295
12.5	中断控制器工作原理与编程示例	267	12.10.8	S3C2410A 的 I ² C 寄存器	295
12.5.1	中断源状态寄存器	267	12.10.9	I ² C 总线控制寄存器	296
12.5.2	中断模式寄存器	267	12.10.10	I ² C 总线控制/状态 寄存器	296
12.5.3	中断屏蔽寄存器	268	12.10.11	I ² C 总线地址寄存器	297
12.5.4	优先级寄存器.....	268	12.10.12	移位数据寄存器.....	297
12.5.5	中断状态寄存器.....	268	12.10.13	I ² C 编程举例	298
12.5.6	中断偏移寄存器	268	12.11	本章小结	302
12.6	DMA 的工作原理与编程示例	272	12.12	本章习题	302
12.6.1	DMA 的工作原理.....	272	第 13 章	通用 I/O 口的应用: 跑马灯 实验	303
12.6.2	I/O 接口到存储器.....	274	13.1	实验目的	304
12.6.3	存储器到 I/O 接口.....	274	13.2	实验设备	304
12.6.4	存储器到存储器	274			
12.6.5	S3C2410A 的 DMA 控制器.....	274			
12.6.6	编程举例.....	276			



13.3 实验原理.....	304	15.3.2 定时器操作	327
13.3.1 S3C2440A 的多功能 I/O 口	304	15.3.3 定时器寄存器	331
13.3.2 端口选择.....	309	15.4 实验步骤	331
13.3.3 端口控制寄存器	309	15.4.1 打开定时器中断	331
13.4 实验步骤.....	311	15.4.2 设置定时器中断服务程序的入口地址	332
13.4.1 设置寄存器.....	311	15.4.3 设置定时器寄存器并启动定时器	332
13.4.2 跑马灯的实现.....	311	15.4.4 定时器中断服务子程序.....	332
13.4.3 编译工程.....	312	15.4.5 判断定时器中断情况.....	333
13.4.4 建立实验环境.....	312	15.4.6 编译工程	334
13.4.5 下载程序运行.....	312	15.4.7 建立实验环境	334
13.5 实验思考.....	313	15.4.8 下载程序并运行	334
第 14 章 中断处理程序设计	315	15.5 实验思考	335
14.1 实验目的.....	316	第 16 章 ADC 接口的应用	337
14.2 实验设备.....	316	16.1 实验目的	338
14.3 实验原理.....	316	16.2 实验设备	338
14.3.1 概述.....	316	16.3 实验原理	338
14.3.2 中断模式.....	316	16.3.1 概述	338
14.3.3 PSR 的 F 位和 I 位	316	16.3.2 S3C2440A 具备的 ADC	338
14.3.4 Pending 寄存器.....	317	16.3.3 ADC 转换时间的计算	339
14.3.5 INTMSK 中断屏蔽寄存器.....	317	16.3.4 ADC 分辨率的计算	339
14.3.6 中断源.....	317	16.3.5 采样保持器	339
14.3.7 中断优先级产生模块.....	319	16.3.6 ADC 的相关寄存器	340
14.3.8 控制中断的寄存器	319	16.4 实验步骤	340
14.4 实验步骤.....	320	16.4.1 硬件连接	340
14.4.1 设置 I/O 口	320	16.4.2 得到预分频值	340
14.4.2 中断寄存器设置.....	321	16.4.3 读取 A/D 转换数值子程序	340
14.4.3 中断服务程序的编写	321	16.4.4 编译工程	341
14.4.4 编译工程.....	322	16.4.5 建立实验环境	341
14.4.5 建立实验环境.....	323	16.4.6 下载程序并运行	342
14.4.6 下载程序运行.....	323	16.5 实验思考	342
14.5 实验思考.....	323	第 17 章 LCD 接口的编程.....	343
第 15 章 定时器的应用.....	325	17.1 实验目的	344
15.1 实验目的.....	326	17.2 实验设备	344
15.2 实验设备.....	326	17.3 实验原理	344
15.3 实验原理.....	326	17.3.1 概述	344
15.3.1 概述.....	326		

17.3.2 S3C2440A 的内部 LCD 控制器介绍	344	19.4.1 硬件连接	371
17.3.3 LCD 控制器的外部接口 信号	345	19.4.2 I/O 端口 I ² C 功能设置	372
17.3.4 LCD 控制器的操作	346	19.4.3 中断使能	372
17.3.5 LCD 控制器专用寄存器	348	19.4.4 初始化 I ² C 接口	372
17.4 实验步骤	352	19.4.5 写入数据子程序	372
17.4.1 I/O 口 LCD 功能设置	352	19.4.6 读出数据子程序	373
17.4.2 LCD 初始化程序	352	19.4.7 中断处理子程序	374
17.4.3 LCD 测试程序	353	19.4.8 编译工程	375
17.4.4 编译工程	354	19.4.9 建立实验环境	375
17.4.5 建立实验环境	355	19.4.10 下载程序运行	375
17.4.6 下载程序并运行	355	19.5 实验思考	376
17.5 实验思考	355		
第 18 章 触摸屏的应用	357	第 20 章 UART 异步串行接口的 应用	377
18.1 实验目的	358	20.1 实验目的	378
18.2 实验设备	358	20.2 实验设备	378
18.3 实验原理	358	20.3 实验原理	378
18.3.1 概述	358	20.3.1 概述	378
18.3.2 触摸屏的基本原理	358	20.3.2 UART 操作	379
18.3.3 触摸屏的相关寄存器	359	20.3.3 UART 寄存器	382
18.4 实验步骤	361	20.4 实验步骤	383
18.4.1 硬件连接	361	20.4.1 电路连接和 I/O 口设置	383
18.4.2 寄存器的设置	362	20.4.2 UART 的初始化	384
18.4.3 触摸屏中断服务程序	362	20.4.3 串口 0 发送中断测试	385
18.4.4 编译工程	363	20.4.4 串口 0 接收中断测试	385
18.4.5 建立实验环境	363	20.4.5 编译工程	386
18.4.6 下载程序并运行	364	20.4.6 建立实验环境	386
18.5 实验思考	364	20.4.7 下载程序运行	386
第 19 章 I²C 接口的编程	365	20.5 实验思考	387
19.1 实验目的	366	第 21 章 CAN 总线通信实验	389
19.2 实验设备	366	21.1 实验目的	390
19.3 实验原理	366	21.2 实验设备	390
19.3.1 概述	366	21.3 实验原理	390
19.3.2 I ² C 总线通用传输格式	366	21.3.1 概述	390
19.3.3 S3C2440A 的 I ² C 接口	368	21.3.2 CAN 总线的技术特点	390
19.4 实验步骤	371	21.3.3 CAN 的分层结构	391
		21.4 实验步骤	392
		21.4.1 电路连接	392

21.4.2 初始化函数.....	392	21.4.6 CAN 通信主体函数	394
21.4.3 MCP2510 写函数	393	21.4.7 编译工程	395
21.4.4 MCP2510 读函数	393	21.4.8 建立实验环境	395
21.4.5 指定地址寄存器修改 函数.....	394	21.4.9 下载程序并运行	395
		21.5 实验思考	396

第五篇 嵌入式系统启动应用分析与设计

第 22 章 ARM 系统启动应用分析与设计

22.1 Cortex-M3-STM32 启动代码 分析.....	400
22.1.1 STM32 概述.....	400
22.1.2 启动代码分析	400
22.2 ARM9-S3C2440-U-Boot 移植 开发.....	408
22.2.1 U-Boot 工程简介	408
22.2.2 目录结构.....	409
22.2.3 Makefile 分析	410
22.2.4 流程分析.....	410
22.2.5 配置编译.....	411
22.2.6 移植开发.....	414
22.2.7 调试测试.....	418
22.2.8 常用命令.....	418
22.2.9 环境变量.....	420
22.3 ARM-Cortex-A8-S5PV210-uboot 分析.....	421
22.3.1 源码目录结构.....	421

22.3.2 启动代码 start.s 分析	423
22.3.3 启动代码 lowlevel.s 分析	439
22.3.4 启动代码汇编部分总结.....	453
22.3.5 硬件启动过程	454
22.3.6 内存分配	455
22.4 ARM-Cortex-A9-多核介绍.....	456
22.4.1 Samsung Exynos 4412	456
22.4.2 Nvidia Tegra 2 介绍	457
22.4.3 ARM-Cortex-A9 多核启动 流程	457
22.4.4 Linux Kernel 对多核心的 支持	457
22.4.5 软件识别目前所在的 处理器	458
22.4.6 多核心的开机	458
22.4.7 Boot Rom.....	458
22.4.8 多核 U-Boot	459
22.5 本章小结	471
22.6 本章习题	471

第六篇 综合项目篇

第 23 章 基于 ARM 的嵌入式工业 控制系统设计

23.1 总体需求.....	476
23.1.1 部署结构.....	476
23.1.2 主机业务需求	477
23.1.3 终端业务需求.....	478
23.2 主机设计	479
23.2.1 主机工作流程.....	480

23.2.2 设置终端模块	480
23.2.3 打开端口模块	481
23.2.4 相关业务模块	482
23.2.5 主机相关任务描述.....	483
23.2.6 相关定时器举例	486
23.3 通信协议分层	486
23.3.1 物理层	486
23.3.2 数据链路层	486

23.3.3 应用层.....	488	23.4.8 终端返回设置后的结果.....	494
23.4 PDU 集.....	490	23.4.9 确认网络状态	494
23.4.1 主机召唤终端状态	491	23.4.10 确认网络状态返回.....	495
23.4.2 终端返回本机状态	491	23.5 应用层异常控制	495
23.4.3 主机设置终端状态	492	23.6 大小端控制	495
23.4.4 终端返回设置后的结果	492	23.7 数据字典	496
23.4.5 终端发送自身状态	492	23.8 项目总结	496
23.4.6 主机确认收到终端返回	493	23.9 本章小结	497
23.4.7 主机获得终端的设置值	493	23.10 本章习题	497

第一篇

嵌入式 ARM 基础

本篇导读

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