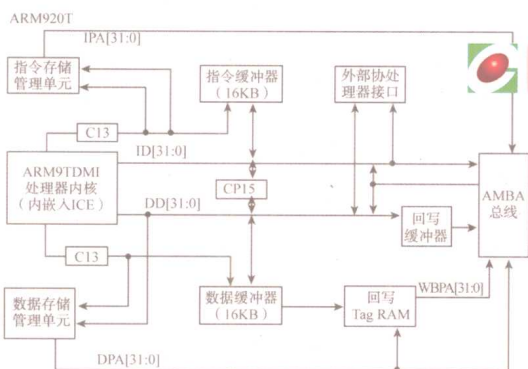
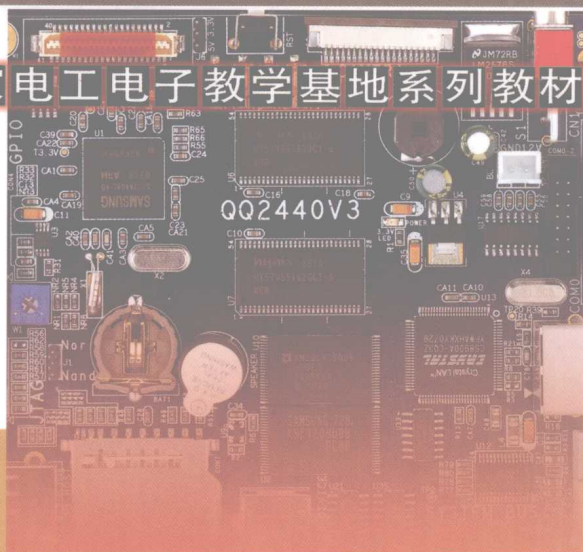




国家电工电子教学基地系列教材



ARM技术

原理与应用

◎ 侯冬晴 李建锋 朱长城 编著



清华大学出版社
http://www.tup.tsinghua.edu.cn



北京交通大学出版社
http://press.bjtu.edu.cn

国家电工电子教学基地系列教材

ARM 技术原理与应用

侯冬晴 李建锋 朱长城 编著

清华大学出版社
北京交通大学出版社
· 北京 ·

内 容 简 介

全书共分成15章,以三星公司的S3C2410A ARM9微处理器为蓝本,从内到外地阐述了ARM微处理器的工作原理和应用。书中主要介绍了ARM技术的基本知识,S3C2410A处理器的特点、内部结构、引脚、专用寄存器,ARM微处理器的工作模式和异常,ARM指令集,THUMB指令集及程序设计,ARM程序设计,存储器控制,NAND闪存,时钟和电源管理,脉宽调制定时器,直接存储器访问DMA,液晶屏控制器和ADC控制器,S3C2410A触摸屏控制,S3C2410A典型硬件平台的设计,ARM ADS集成开发环境的应用等。

本书可作为各类高等学校电子专业、电气专业、电科专业、通信专业、计算机专业的ARM技术的基础教材,也可作为从事ARM技术相关科技人员的参考书。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

ARM技术原理与应用/侯冬晴,李建锋,朱长城编著. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社,2009.2

(国家电工电子教学基地系列教材)

ISBN 978-7-81123-517-3

I. A… II. ①侯… ②李… ③朱… III. 微处理器, ARM-高等学校-教材 IV. TP332

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第023782号

责任编辑:郭东青

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京东光印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印张:19.75 字数:493千字

版 次:2009年3月第1版 2009年3月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-81123-517-3/TP·465

印 数:1~4 000册 定价:33.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

国家电工电子教学基地系列教材

编审委员会成员名单

主 任 谈振辉

副主任 张思东 赵乐沅 孙雨耕

委 员 (以姓氏笔画为序)

王化深 卢先河 刘京南 朱定华 沈嗣昌

何 为 严国萍 杜普选 李金平 李哲英

张有根 张传生 张晓冬 陈后金 邹家驷

郑光信 屈 波 侯建军 贾怀义 徐国治

徐佩霞 廖桂生 薛 质 戴瑜兴

总 序

当今信息科学技术日新月异，以通信技术为代表的电子信息类专业知识更新尤为迅猛。培养具有国际竞争能力的高水平的信息技术人才，促进我国信息产业发展和国家信息化水平的提高，都对电子信息类专业创新人才的培养、课程体系的改革、课程内容的更新提出了富有时代特色的要求。近年来，国家电工电子教学基地对电子信息类专业的技术基础课程群进行了改革与实践，探索了各课程的认知规律，确定了科学的教育思想，理顺了课程体系，更新了课程内容，融合了现代教学方法，取得了良好的效果。为总结和推广这些改革成果，在借鉴国内外同类有影响教材的基础上，决定出版一套以电子信息类专业的技术基础课程为基础的“国家电工电子教学基地系列教材”。

本系列教材具有以下特色：

- 在教育思想上，符合学生的认知规律，使教材不仅是教学内容的载体，也是思维方法和认知过程的载体。
- 在体系上，建立了较完整的课程体系，突出了各课程内在联系及课程群内各课程的相互关系，体现微观与宏观、局部与整体的辩证统一。
- 在内容上，体现现代与经典、数字与模拟、软件与硬件的辩证关系，反映当今信息科学与技术的新概念和新理论，内容阐述深入浅出、详略得当。增加工程性习题、设计性习题和综合性习题，培养学生分析问题和解决问题的素质与能力。
- 在辅助工具上，注重计算机软件工具的运用，使学生从单纯的习题计算转移到基本概念、基本原理和基本方法的理解和应用，提高了学习效率和效果。

本系列教材包括：

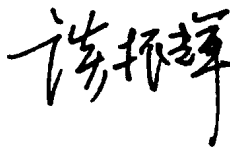
《基础电路分析》、《现代电路分析》、《电路分析学习指导及习题精解》、《模拟集成电路基础》、《信号与系统》、《信号与系统学习指导及习题精解》、《模拟电子技术》、《电子测量技术》、《微机原理与接口技术》、《电路基础实验》、《电子电路实验及仿真》、《数字实验一体化教程》、《数字信息处理综合设计实验》、《电路基本理论》、《现代电子线路》（含上、下册）、《电工技术》、《电磁兼容原理和应用》、《ARM 技术原理与应用》。

本系列教材的编写和出版得到了教育部高等教育司的指导、北京交通大学教务处及电子与信息工程学院的支持，在教育思想、课程体系、教学内容、教学方法等方面获得了国内同行们的帮助，在此表示衷心的感谢。

北京交通大学

“国家电工电子教学基地系列教材”

编审委员会主任

A handwritten signature in black ink, reading '高振辉' (Gao Zhenhui), the name of the chief reviewer.

2009 年 1 月

前 言

ARM 技术已在许多领域得到广泛的应用。如在工业控制领域，作为 32 位的 RISC 架构，基于 ARM 核的微控制器芯片不但占据了高端微控制器市场的大部分市场份额，同时也逐渐向低端微控制器应用领域扩展，ARM 微控制器的低功耗、高性价比，向传统的 8 位/16 位微控制器提出了挑战。在通信产品领域，智能手机绝大部分的处理器采用的都是 ARM 核。在网络应用方面，随着宽带技术的推广，采用 ARM 技术的 ADSL 芯片正逐步获得竞争优势。此外，ARM 在语音及视频处理上进行了优化，并获得广泛支持，也对 DSP 的应用领域提出了挑战。在消费类电子产品领域，ARM 技术在目前流行的数字音频播放器、数字机顶盒和游戏机中得到广泛采用。除此以外，ARM 微处理器及技术还应用到许多不同的领域，并会在将来取得更加广泛的应用。

虽然基于 ARM 的产品已得到广泛的应用，但是 ARM 相关的教材的编写则是相对滞后，市面上也有一些教材，内容往往只是讲解 ARM 技术的一部分，不太适合作为学习 ARM 技术的入门教材。

ARM 技术涉及相关课程很多，涉及的专业课程主要有：模拟电路、数字电路、汇编语言、C 语言、数据结构、嵌入式操作系统、面向对象程序设计、电子线路辅助设计（Protel）等等，所以学习的门槛比较高，而与之相关的专业课程主要在电子专业和计算机专业两个专业中开设，所以学习 ARM 技术对任何专业的学生来说都要学习另外专业的课程。

本书从 ARM 技术的基本知识入手，对 S3C2410A 处理器的特点、内部结构、引脚、专用寄存器，ARM 微处理器的工作模式和异常，ARM 指令集，Thumb 指令集及程序设计，ARM 程序设计，存储器控制，NAND 闪存，时钟和电源管理，脉宽调制定时器，直接存储器访问 DMA，液晶屏控制器和 ADC 控制器，S3C2410A 触摸屏控制，S3C2410A 典型硬件平台的设计，ARM ADS 集成开发环境的应用，ARM 应用实例等内容做了阐述和讨论。便于学生在整体上把握 ARM 技术，为学生以后开发基于 ARM 产品打下坚实的基础。

学生在学习本课程后，再辅以学习操作系统的嵌入，Linux 环境下应用程序的编写，Linux 环境下的驱动程序的编写等知识后，则可以独立开发基于 ARM 的产品。

本书的内容主要来自于本人多年来对 ARM 研究的成果、相关芯片的技术手册、互联网上的资料，以及文中所列的参考书。

本书由吉首大学侯冬晴、李建锋、朱长城编著，该教材也列入吉首大学“十一五”规

划系列教材。

饶志强老师为本书的出版作了大量的工作。本书的编写也得到了深圳优龙公司吴建华先生的大力支持。在本书的编写过程中得到了学院及学校相关部门领导的大力支持，在此非常感谢。非常感谢家人对我工作的支持。

由于时间仓促及个人的水平有限，书中的错误在所难免，希望广大人士提出宝贵意见，本人一定虚心接受，并加以改正。

作 者

2009 年 1 月

目 录

前言	I
第 1 章 ARM 微处理器概述	1
1.1 ARM——Advanced RISC Machines	1
1.2 ARM 微处理器的应用领域	1
1.3 ARM 微处理器系列	2
1.3.1 ARM 核的命名规则	2
1.3.2 体系结构的发展	3
1.3.3 ARM 微处理器系列	3
1.4 ARM 微处理器结构	6
1.5 ARM 处理器的选型	8
习题	12
第 2 章 S3C2410A 处理器	14
2.1 S3C2410A 处理器	14
2.2 S3C2410A 特点	15
2.3 S3C2410A 内部结构	19
2.4 S3C2410A 引脚分布	20
2.5 S3C2410A 的引脚名称及功能	20
2.5.1 引脚名称	20
2.5.2 引脚功能	24
2.6 S3C2410A 的专用寄存器分区表	29
习题	30
第 3 章 处理器工作模式	31
3.1 处理器工作状态、空间	31
3.1.1 处理器工作状态	31
3.1.2 切换状态	31

3.1.3	存储空间的格式	31
3.1.4	数据类型	32
3.2	处理器工作模式	32
3.2.1	寄存器	33
3.2.2	ARM 状态寄存器集	34
3.2.3	Thumb 状态寄存器集	34
3.2.4	程序寄存器状态	37
3.3	ARM 处理器异常	39
3.3.1	异常中断向量	40
3.3.2	异常中断特点	40
3.3.3	中断延迟	43
	习题	45
第4章	ARM 指令集	46
4.1	精简指令集 RISC 和复杂指令集 CISC	46
4.2	ARM 处理器寻址方式	47
4.3	ARM 指令集	51
4.3.1	指令格式	51
4.3.2	ARM 存储器访问指令	53
4.3.3	ARM 数据处理指令	60
4.3.4	乘法指令	65
4.3.5	ARM 跳转指令	66
4.3.6	ARM 协处理器指令	67
4.3.7	ARM 杂项指令	70
4.3.8	ARM 伪指令	73
	习题	76
第5章	Thumb 指令集及程序设计	78
5.1	Thumb 指令集概述	78
5.2	Thumb 指令	79
5.2.1	Thumb 存储器访问指令	79
5.2.2	Thumb 数据处理指令	82
5.2.3	Thumb 跳转指令	91
5.2.4	Thumb 杂项指令	92
5.2.5	Thumb 伪指令	93

5.3	ARM 伪指令	94
5.3.1	符号定义伪指令	94
5.3.2	数据定义伪指令	97
5.3.3	报告伪指令	102
5.3.4	汇编控制伪指令	104
5.3.5	杂项伪指令	107
5.4	ARM 汇编程序设计	114
5.4.1	ARM 汇编的一些规范	114
5.4.2	简单程序设计	118
5.5	C 与汇编混合编程	124
5.5.1	内嵌汇编	124
5.5.2	内嵌汇编的指令用法	126
5.5.3	内嵌汇编器与 armasm 汇编器的差异	127
5.5.4	C 与汇编相互调用	130
5.5.5	C 程序调用汇编程序	131
5.5.6	汇编程序调用 C 程序	132
	习题	133
第 6 章	ARM 程序设计	134
6.1.1	循环程序的结构	134
6.1.2	循环程序设计方法	135
6.1.3	分支程序的设计	136
6.1.4	C 程序中调用汇编程序	137
6.1.5	ARM 状态与 Thumb 状态切换程序	138
6.1.6	SWI 程序的编写	140
	习题	145
第 7 章	存储器控制	146
7.1	S3C2410A 存储控制器	146
7.2	存储控制器的功能描述	149
7.2.1	Bank0 总线宽度	149
7.2.2	S3C2410A 与存储器的连接	149
7.2.3	S3C2410A 的工作时序	152
7.3	同步存储器 K4S561632	154

7.3.1	同步存储器 K4S561632 的特征	155
7.3.2	功能方框图	156
7.3.3	工作频率	156
7.3.4	引脚配置	157
习题.....		158
第 8 章 NAND 闪存芯片		159
8.1	闪存的物理特性	159
8.2	K9F1208U0M NAND 闪存特点	160
8.3	K9F1208U0M 闪存引脚及功能	161
8.4	NAND 闪存的内部组织、数据传送、内部逻辑结构	162
8.5	NAND 闪存的指令设置	164
8.6	K9F120 存储分布	164
8.7	K9F1208 实现原理	165
8.7.1	NAND 闪存的写入操作	165
8.7.2	NAND 闪存的擦除和读操作	167
8.7.3	读器件的 ID 号	169
8.7.4	S3C2410A 的 NAND 闪存控制器	170
8.7.5	NAND 闪存编程实现	171
习题.....		178
第 9 章 时钟与电源管理		179
9.1	时钟与电源管理	179
9.2	时钟的功能描述	179
9.3	时钟锁相环	181
9.4	时钟控制逻辑	182
9.5	电源控制	185
9.6	看门狗定时器	187
习题.....		189
第 10 章 脉宽调制定时器		190
10.1	脉宽调制的基本知识	190
10.2	S3C2410A 脉宽调制定时器	191
10.3	定时器操作步骤	194

10.4	脉宽调制	195
10.5	脉宽调制定时器的应用	197
10.5.1	脉宽调制应用电路图	197
10.5.2	实现程序	198
	习题	200
第 11 章	直接存储器访问	201
11.1	S3C2410A 直接存储器访问控制器概述	201
11.2	基本的 DMA 时序	202
11.3	S3C2410A DMA 控制器的应用实例	205
	习题	209
第 12 章	S3C2410A 液晶控制器和 ADC 控制器	210
12.1	液晶屏的基本知识	210
12.1.1	液晶概述	210
12.1.2	液晶显示器的种类	210
12.1.3	STN 屏和 TFT 屏比较	211
12.1.4	LCD 屏的参数	212
12.2	S3C2410A 液晶 LCD 控制器	212
12.2.1	S3C2410A 支持 STN 和 TFT 显示器	212
12.2.2	支持 STN 和 TFT 显示器的特点	212
12.2.3	S3C2410A 液晶屏控制器的硬件特点	213
12.3	液晶控制器内部结构及外部引脚	213
12.3.1	液晶控制器内部结构	213
12.3.2	外部引脚	214
12.4	S3C2410A 的 STN 型 LCD 控制操作	215
12.4.1	脉冲发生器	215
12.4.2	视频操作	216
12.4.3	抖动和帧频控制	217
12.4.4	LCD 控制器显示扫描类型	218
12.4.5	内存中显示数据格式	219
12.5	时序要求	220
12.6	LCD 应用编程	220
	习题	224

第 13 章 S3C2410A 触摸屏的控制	225
13.1 触摸屏的概述	225
13.2 触摸屏的主要类型	225
13.2.1 电阻式触摸屏	225
13.2.2 红外线触摸屏	227
13.2.3 电容式触摸屏	228
13.2.4 表面声波触摸屏	229
13.3 S3C2410A 的 ADC 和触摸屏接口	231
13.3.1 S3C2410A 触摸屏控制器的概述	231
13.3.2 S3C2410A 触摸屏控制器内部结构	232
13.3.3 S3C2410A 触摸屏接口举例	232
13.3.4 功能描述	233
13.3.5 触摸屏的应用编程	234
13.4 S3C2410A 触摸屏的控制程序	235
习题	237
第 14 章 S3C2410A 硬件平台的设计	238
14.1 ARM9 硬件平台概述	238
14.2 硬件平台的逻辑结构	238
14.3 硬件平台的组件	239
14.4 存储器	242
14.4.1 NOR 闪存	242
14.4.2 NAND 闪存	242
14.4.3 同步存储器 SDRAM	243
14.5 网络控制器 CS8900A	245
14.6 S3C2410A 的硬件平台原理图	245
14.6.1 S3C2410A CPU 模块	245
14.6.2 同步存储器的连接	246
14.6.3 NOR 闪存和 NAND 闪存的连接	246
14.6.4 网络控制器 CS8900A 的连接	251
14.6.5 电源模块	251
14.6.6 LCD 驱动模块及触摸屏控制连接	251
14.6.7 USB、网络接口及红外连接	251
14.6.8 VGA 显示连接	257
14.6.9 按键、LED 灯和复位电路	257

14.6.10 串行口	257
14.6.11 硬件平台模块总图	257
习题.....	257
第 15 章 ARM ADS 集成开发环境的使用	262
15.1 ADS 集成开发环境组成介绍.....	262
15.1.1 命令行开发工具.....	262
15.1.2 ARM 运行时库	268
15.1.3 GUI 开发环境	269
15.1.4 实用程序.....	272
15.1.5 支持的软件.....	272
15.2 使用 ADS 创建工程	273
15.2.1 建立一个工程.....	273
15.2.2 编译和链接工程.....	277
15.2.3 使用命令行工具编译应用程序.....	282
15.3 用 AXD 进行代码调试	284
习题.....	288
附录 A ARM 指令集	289
附录 B Thumb 指令集	292
附录 C 伪指令集.....	295
参考文献.....	299

第1章 ARM 微处理器概述

1.1 ARM——Advanced RISC Machines

ARM (Advanced RISC Machines) 译为高级精简指令集机器,既可以认为是一个公司的名字,或一类微处理器的通称,也可以认为是一种技术的统称。

1991 年 ARM 公司成立于英国剑桥,主要出售芯片设计技术。目前,采用 ARM 技术知识产权(IP)核的微处理器,即我们通常所说的 ARM 微处理器,已遍及工业控制、消费类电子产品、通信系统、网络系统、无线系统等各类产品市场,基于 ARM 技术的微处理器应用约占据了 32 位 RISC 微处理器 75% 以上的市场份额,ARM 技术正在逐步渗入我们生活的各个方面。

ARM 公司是专门从事基于 RISC 技术芯片设计开发的公司,作为知识产权供应商,本身不直接从事芯片生产,靠转让设计许可由合作公司生产各具特色的芯片,世界各大半导体生产商从 ARM 公司购买其设计的 ARM 微处理器核,根据各自不同的应用领域,结合公司自身的技术优势加入适当的外围电路,从而形成自己的 ARM 微处理器芯片进入市场。目前,全世界有几十家大的半导体公司都得到 ARM 公司的授权,因此既使得 ARM 技术获得更多的第三方工具、制造、软件的支持,又使整个系统成本降低,使产品更容易进入市场被消费者所接受,且更具有竞争力。

1.2 ARM 微处理器的应用领域

到目前为止,ARM 微处理器及技术的应用几乎已经深入到各个领域,主要表现在以下几个方面。

(1) 工业控制领域:作为 32 位的 RISC 架构,基于 ARM 核的微控制器芯片不但占据了高端微控制器市场的大部分市场份额,同时也逐渐向低端微控制器应用领域扩展,ARM 微控制器的低功耗、高性价比,向传统的 8 位/16 位微控制器提出了挑战。

(2) 无线通信领域:目前已有超过 85% 的无线通信设备采用了 ARM 技术,ARM 以其高性能和低成本,在该领域的地位日益巩固。

(3) 网络应用:随着宽带技术的推广,采用 ARM 技术的 ADSL 芯片正逐步获得竞争优势。此外,ARM 在语音及视频处理上进行了优化,并获得广泛支持,也对 DSP 的应用领域提出了挑战。

(4) 消费类电子产品:ARM 技术在目前流行的数字音频播放器、数字电视、数字电视



机顶盒和游戏机中得到广泛采用。

(5) 成像和安全产品：现在流行的数码相机和打印机中绝大部分采用 ARM 技术。手机中的 32 位 SIM 智能卡也采用了 ARM 技术。

除此以外，ARM 微处理器及技术还应用到许多不同的领域，并会在将来取得更加广泛的应用。

1.3 ARM 微处理器系列

1.3.1 ARM 核的命名规则

ARM 使用表 1-1 所示的命名规则来描述一个处理器。在“ARM”后的字母和数字表明了一个处理器的功能特性。随着更多特性的增加，将来字母和数字的组合可能会发生改变。

注意 命名规则不包含体系结构的版本信息。

表 1-1 ARM 命名规则

ARM {X} {Y} {Z} {T} {D} {M} {I} {E} {J} {F} {S}
X —— 系列
Y —— 存储管理/保护单元
Z —— Cache 单元
T —— Thumb 16 位译码器
D —— JTAG 调试器
M —— 快速乘法器
I —— 嵌入式跟踪宏单元
E —— 增强指令（基于 TDMI）
J —— Jazelle
F —— 向量浮点单元
S —— 可综合版本

关于 ARM 的命名规则，还有一些附加的要点。

- ARM7TDMI 之后的所有 ARM 核，即使“ARM”标志后没有包含那些字符，也都包括了 TDMI 的功能特性。
- 处理器系列是共享相同硬件特性的一组处理器的具体实现。例如，ARM7TDMI，ARM740T 和 ARM720T 都共享相同的系列特性，都属于 ARM7 系列。
- JTAG 是由 IEEE1149.1 标准测试访问端口和边界扫描结构来描述的。它是 ARM 用来发送和接收处理器内核与测试仪器之间调试信息的一系列协议。
- 嵌入式 ICE 宏单元是建立在处理器内部、用来设置断点和观察点的调试硬件。