

ARM应用系统开发详解

李驹光 聂雪媛 江泽明 王兆卫 编著
刘国平 审校

——基于S3C4510B的系统设计



清华大学出版社

—T P332

15



92/96

内容简介

ARM 应用系统开发详解

——基于 S3C4510B 的系统设计

李驹光 聂雪媛 江泽明 王兆卫 编著

刘国平 审校

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

作为一种 16/32 位的高性能、低成本、低功耗的嵌入式 RISC 微处理器, ARM 微处理器目前已经成为应用最为广泛的嵌入式微处理器。

本书在全面介绍 ARM 处理器的体系结构、编程模型、指令系统和开发工具的同时,以 Samsung 公司的一款基于以太网系统的 ARM 处理器——S3C4510B 为核心,详细讲解了系统的设计、调试以及相关的软件设计和嵌入式操作系统的移植过程。通过阅读本书,可以使具备一定的系统设计能力的读者全面掌握开发基于 ARM 微处理器系统的多方面知识,从而具备设计开发基于 ARM 微处理器的特定应用系统的能力。

本书可作为基于 ARM 的软件编程和硬件系统设计的参考手册,也可作为 16/32 位微处理器教学用书,以及嵌入式系统应用设计人员的参考用书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

ARM 应用系统开发详解——基于 S3C4510B 的系统设计/李驹光等编著. —北京:清华大学出版社,2003
ISBN 7-302-07361-9

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 090186 号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:曾 刚

文稿编辑:肖 丽

封面设计:秦 铭

版式设计:杨 洋

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:19 字数:419 千字

版 次:2003 年 12 月第 1 版 2003 年 12 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-07361-9/TP·5341

印 数:1~5000

定 价:24.00 元

前言

嵌入式系统是指以应用为核心、以计算机技术为基础、软硬件可裁剪,以及适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积和功耗严格要求的专用计算机系统。作为嵌入式系统的核心,嵌入式微处理器目前常采用 8 位或 16 位的微处理器。但由于这些微处理器系统的运行速度、寻址能力和功耗等问题,已较难满足相对较复杂的嵌入式应用场合。

ARM 公司自 1990 年正式成立以来,在 32 位 RISC (Reduced Instruction Set Computer) CPU 开发领域不断取得突破,其结构已经从 V3 发展到 V6。由于 ARM 公司自成立以来,一直以 IP (Intelligence Property) 提供者的身份向各大半导体制造商出售知识产权,而自己从不介入芯片的生产销售,加上其设计的芯核具有功耗低、成本低等显著优点,因此获得众多的半导体厂家和整机厂商的大力支持,在 32 位嵌入式应用领域获得了巨大的成功,目前已经占有 75% 以上的 32 位 RISC 嵌入式产品市场。在低功耗、低成本的嵌入式应用领域确立了市场领导地位。现在,设计、生产 ARM 芯片的国际大公司已经超过 50 多家,国内多家大公司也在购买 ARM 公司的芯核用于通信专用芯片的设计。鉴于目前 ARM 微处理器在国内的逐步推广应用,已有部分工科大学开设了基于 ARM 的 32 位微处理器的相关课程。

在所有 ARM 微处理器系列中,ARM7TDMI 微处理器系列应用最广,采用 ARM7TDMI 微处理器作为内核生产芯片的公司最多,同时其性能价格比也最高。因此,本书主要对 ARM7TDMI 微处理器的结构原理进行介绍,并以此为基础详细介绍了应用系统的设计与调试方法。

本书各章节内容安排如下。

第 1 章 简要介绍目前 ARM 微处理器的种类及主要结构特征。通过对本章的阅读,使读者对 ARM 技术、ARM 微处理器及应用有一个总体的认识。

第 2 章 介绍 ARM 编程模型的基本知识,包括寄存器的组织和 ARM 微处理器的工作模式、ARM 体系结构中异常及处理等基本概念。通过对本章的阅读,读者可了解 ARM 编程模型的基本知识,为进一步的开发做准备。

第 3 章 详细介绍 ARM 体系的指令系统和寻址方式,着重介绍 32 位的 ARM 指令集。16 位的 Thumb 指令集为 32 位 ARM 指令集的一个子集,在了解了 ARM 指令集的基础上,就很容易理解 Thumb 指令。本章所介绍的内容适用于所有具有 ARM7TDMI 内核的 ARM 微处理器。

第 4 章 介绍 ARM 汇编语言程序设计的基本知识。通过阅读本章,读者可以掌握 ARM 汇编语言的设计方法。

第 5 章 本章是全书的重点,详细介绍基于 S3C4510B 的系统设计全过程,包括存储

器及外围芯片的选型,各单元电路的设计、调试等。通过对本章的阅读,具有一定系统设计知识的读者可以掌握基于 S3C4510B 的系统设计,同时由于 ARM 体系结构的一致性和系统外围电路的通用性,本章所描述的设计方法同样适合于其他 ARM 芯片。

第 6 章 详细介绍基于 S3C4510B 的系统的各功能模块工作原理与应用编程示例,包括通用 I/O 口、串行接口、定时器、中断控制器、GDMA 控制器、MAC 控制器等的工作原理与编程示例,Flash 存储器的编程与擦除等。通过对本章的阅读,读者可了解 S3C4510B 各功能模块的编程方法,并在自己设计的系统中加以充分利用。

第 7 章 详细介绍嵌入式操作系统的基本概念、操作系统在 S3C4510B 上的编译、运行过程,以及在 uClinux 操作系统上的简单应用程序的设计。通过对本章的阅读,读者可了解 uClinux 操作系统及在 S3C4510B 的运行,并能进行进一步的应用程序的开发。

第 8 章 详细介绍 ADS 集成开发环境的使用方法,这也是进行应用程序开发的基本工具。

在本书的编写过程中,得到了北京微芯力科技有限公司(www.winsilicon.com)的大力支持,在此谨向他们深表谢意。

由于编者的水平有限,同时也由于 ARM 及相关技术进入国内的时间还不太长,可供参考的资料也不多,书中的错误在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2003 年 8 月

于中国科学院自动化研究所

目 录

第 1 章 ARM 微处理器概述	1
1.1 ARM 简介	1
1.2 ARM 微处理器的应用领域及特点	2
1.2.1 ARM 微处理器的应用领域	2
1.2.2 ARM 微处理器的特点	2
1.3 ARM 微处理器系列	2
1.3.1 ARM7 微处理器系列	3
1.3.2 ARM9 微处理器系列	4
1.3.3 ARM9E 微处理器系列	4
1.3.4 ARM10E 微处理器系列	5
1.3.5 SecurCore 微处理器系列	5
1.3.6 StrongARM 微处理器系列	6
1.3.7 Xscale 处理器	6
1.4 ARM 微处理器的结构	6
1.4.1 RISC 体系结构	6
1.4.2 ARM 微处理器的寄存器结构	7
1.4.3 ARM 微处理器的指令结构	7
1.5 ARM 微处理器的应用选型	7
1.6 本章小结	8
第 2 章 ARM 微处理器的编程模型	9
2.1 ARM 微处理器的工作状态	9
2.2 ARM 体系结构的存储器格式	10
2.3 指令长度及数据类型	11
2.4 处理器模式	11
2.5 寄存器组织	12
2.5.1 ARM 状态下的寄存器组织	12
2.5.2 Thumb 状态下的寄存器组织	14
2.5.3 程序状态寄存器	16
2.6 异常	18
2.6.1 ARM 体系结构所支持的异常类型	18

2.6.2	对异常的响应.....	19
2.6.3	从异常返回.....	19
2.6.4	各类异常的具体描述.....	20
2.6.5	异常进入/退出小结.....	21
2.6.6	异常向量.....	22
2.6.7	异常优先级.....	22
2.6.8	应用程序中的异常处理.....	23
2.7	本章小结.....	23
第 3 章	ARM 微处理器的指令系统.....	24
3.1	ARM 微处理器的指令集概述.....	24
3.1.1	ARM 微处理器的指令的分类与格式.....	24
3.1.2	指令的条件域.....	25
3.2	ARM 指令的寻址方式.....	26
3.2.1	立即寻址.....	26
3.2.2	寄存器寻址.....	27
3.2.3	寄存器间接寻址.....	27
3.2.4	基址变址寻址.....	27
3.2.5	多寄存器寻址.....	28
3.2.6	相对寻址.....	28
3.2.7	堆栈寻址.....	28
3.3	ARM 指令集.....	29
3.3.1	跳转指令.....	29
3.3.2	数据处理指令.....	30
3.3.3	乘法指令与乘加指令.....	35
3.3.4	程序状态寄存器访问指令.....	38
3.3.5	加载/存储指令.....	39
3.3.6	批量数据加载/存储指令.....	41
3.3.7	数据交换指令.....	42
3.3.8	移位指令(操作).....	43
3.3.9	协处理器指令.....	44
3.3.10	异常产生指令.....	46
3.4	Thumb 指令及应用.....	47
3.5	本章小结.....	48
第 4 章	ARM 程序设计基础.....	49
4.1	ARM 汇编器所支持的伪指令.....	49
4.1.1	符号定义(Symbol Definition)伪指令.....	49

4.1.2	数据定义 (Data Definition) 伪指令	51
4.1.3	汇编控制 (Assembly Control) 伪指令	54
4.1.4	其他常用的伪指令	56
4.2	汇编语言的语句格式	61
4.2.1	在汇编语言程序中常用的符号	61
4.2.2	汇编语言程序中的表达式和运算符	62
4.3	汇编语言的程序结构	65
4.3.1	汇编语言在程序中的结构	65
4.3.2	汇编语言的子程序调用	66
4.3.3	汇编语言程序示例	67
4.3.4	汇编语言与 C/C++ 的混合编程	69
4.4	本章小结	70
第 5 章	应用系统设计与调试	71
5.1	系统设计概述	71
5.2	S3C4510B 概述	72
5.2.1	S3C4510B 及片内外围简介	72
5.2.2	S3C4510B 的引脚分布及信号描述	76
5.2.3	CPU 内核概述及特殊功能寄存器	81
5.2.4	S3C4510B 的系统管理器	87
5.3	系统的硬件选型与单元电路设计	99
5.3.1	S3C4510B 芯片及引脚分析	99
5.3.2	电源电路	100
5.3.3	晶振电路与复位电路	101
5.3.4	Flash 存储器接口电路	102
5.3.5	SDRAM 接口电路	107
5.3.6	串行接口电路	110
5.3.7	IIC 接口电路	112
5.3.8	JTAG 接口电路	113
5.3.9	10M/100M 以太网接口电路	114
5.3.10	通用 I/O 接口电路	118
5.4	硬件系统的调试	119
5.4.1	电源、晶振及复位电路	119
5.4.2	S3C4510B 及 JTAG 接口电路	119
5.4.3	SDRAM 接口电路的调试	121
5.4.4	Flash 接口电路的调试	123
5.4.5	10M/100M 以太网接口电路	124
5.5	印刷电路板的设计注意事项	124

5.5.1	电源质量与分配.....	125
5.5.2	同类型信号线的分布.....	125
5.6	本章小结.....	126
第 6 章	部件工作原理与编程示例	127
6.1	嵌入式系统的程序设计方法.....	127
6.2	部件工作原理与编程示例.....	128
6.2.1	通用 I/O 口工作原理与编程示例.....	128
6.2.2	串行通信工作原理与编程示例.....	133
6.2.3	中断控制器工作原理与编程示例.....	144
6.2.4	定时器工作原理与编程示例.....	148
6.2.5	GDMA 工作原理与编程示例.....	153
6.2.6	IIC 总线控制器工作原理.....	160
6.2.7	以太网控制器工作原理.....	166
6.2.8	Flash 存储器工作原理与编程示例	195
6.3	BootLoader 简介.....	201
6.4	本章小结.....	201
第 7 章	嵌入式 uClinux 及其应用开发.....	202
7.1	嵌入式 uClinux 系统概况.....	202
7.2	开发工具 GNU 的使用	205
7.2.1	GCC 编译器	205
7.2.2	GNU Make.....	207
7.2.3	使用 GDB 调试程序	214
7.3	建立 uClinux 开发环境.....	219
7.3.1	建立交叉编译器.....	219
7.3.2	uClinux 针对硬件的改动	224
7.3.3	编译 uClinux 内核.....	225
7.3.4	内核的加载运行.....	228
7.4	在 uClinux 下开发应用程序.....	228
7.4.1	串行通信.....	232
7.4.2	Socket 编程.....	238
7.4.3	添加用户应用程序到 uClinux	246
7.4.4	通过网络添加应用程序到目标系统.....	250
7.5	本章小结.....	253
第 8 章	ARM ADS 集成开发环境的使用	255
8.1	ADS 集成开发环境组成介绍.....	255

8.1.1 命令行开发工具.....	255
8.1.2 ARM 运行时库.....	267
8.1.3 GUI 开发环境 (Code Warrior 和 AXD)	269
8.1.4 实用程序.....	271
8.1.5 支持的软件.....	272
8.2 使用 ADS 创建工程.....	272
8.2.1 建立一个工程.....	272
8.2.2 编译和链接工程.....	276
8.2.3 使用命令行工具编译应用程序.....	280
8.3 用 AXD 进行代码调试.....	282
8.4 本章小结.....	286
附录 A 参考文献.....	287
附录 B 相关术语.....	288

1.1 ARM 简介

ARM (Advanced RISC Machines) 既可以认为是一个公司的名字, 也可以认为是对一类微处理器的统称, 还可以认为是一种技术的名字。

1991 年 ARM 公司成立于英国剑桥, 主要出售芯片设计技术的授权。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、工业系统等各类产品市场。基于 ARM 技术的微处理器应用约占到了 32 位 RISC 微处理器 70% 以上的市场份额。ARM 技术已广泛地融入到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, 属于知识产权提供商, 它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。这些合作半导体生产商从 ARM 公司购买其设计的 ARM 微处理器核, 根据各自不同的应用需求, 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使用 ARM 公司的授权, 因此既使得 ARM 技术获得更多第三方工具、经验、软件的支持, 又使整个系统成本降低, 从而使产品更容易进入市场被消费者所接受, 更具有竞争力。

第1章 ARM 微处理器概述

本章简要介绍 ARM 微处理器的一些基本概念、应用领域及特点,以引导读者进入 ARM 技术的殿堂。

本章主要内容有:

- ✦ ARM 及相关技术简介
- ✦ ARM 微处理器的应用领域及特点
- ✦ ARM 微处理器系列
- ✦ ARM 微处理器的结构
- ✦ ARM 微处理器的应用选型

1.1 ARM 简介

ARM (Advanced RISC Machines), 既可以认为是一个公司的名字,也可以认为是对一类微处理器的通称,还可以认为是一种技术的名字。

1991 年 ARM 公司成立于英国剑桥,主要出售芯片设计技术的授权。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 技术正在逐步渗入到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,它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,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使用 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,从而使产品更容易进入市场被消费者所接受,更具有竞争力。

1.2 ARM 微处理器的应用领域及特点

1.2.1 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。

(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 85% 以上的无线通信设备采用了 ARM 技术, ARM 以其高性能和低成本的特点, 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其他领域, 并会在将来取得更加广泛的应用。

1.2.2 ARM 微处理器的特点

采用 RISC 架构的 ARM 微处理器一般具有如下特点。

- (1) 体积小、低功耗、低成本、高性能;
- (2) 支持 Thumb (16 位) /ARM (32 位) 双指令集, 能很好地兼容 8 位/16 位器件;
- (3) 大量使用寄存器, 指令执行速度更快;
- (4) 大多数数据操作都在寄存器中完成;
- (5) 寻址方式灵活简单, 执行效率高;
- (6) 指令长度固定。

1.3 ARM 微处理器系列

下面所列的是 ARM 微处理器的几个系列, 以及其他厂商基于 ARM 体系结构的处理器,

这些处理器除了具有 ARM 体系结构的共同特点以外,每一个系列的 ARM 微处理器都有各自的特点和应用领域。

- ◆ ARM7 系列
- ◆ ARM9 系列
- ◆ ARM9E 系列
- ◆ ARM10E 系列
- ◆ SecurCore 系列
- ◆ Inter 的 Xscale
- ◆ Inter 的 StrongARM

其中,ARM7、ARM9、ARM9E 和 ARM10 为 4 个通用处理器系列,每一个系列提供一套相对独特的性能来满足不同应用领域的需求。如 SecurCore 系列专门为安全要求较高的应用而设计。

下面详细介绍各种处理器的特点及应用领域。

1.3.1 ARM7 微处理器系列

ARM7 系列微处理器为低功耗的 32 位 RISC 处理器,最适合用于对价位和功耗要求较高的消费类应用。ARM7 微处理器系列具有如下特点:

- ◆ 具有嵌入式 ICE—RT 逻辑,调试开发方便。
- ◆ 极低的功耗,适合对功耗要求较高的应用,如便携式产品。
- ◆ 能够提供 0.9MIPS/MHz 的三级流水线结构。
- ◆ 代码密度高并兼容 16 位的 Thumb 指令集。
- ◆ 对操作系统的支持广泛,包括 Windows CE、Linux、Palm OS 等。
- ◆ 指令系统与 ARM9 系列、ARM9E 系列和 ARM10E 系列兼容,便于用户的产品升级换代。
- ◆ 主频最高可达 130MIPS,高速的运算处理能力能胜任绝大多数的复杂应用。

ARM7 系列微处理器的主要应用领域为:工业控制、Internet 设备、网络和调制解调器设备、移动电话等多种多媒体和嵌入式应用。

ARM7 系列微处理器包括如下几种类型的核:ARM7TDMI、ARM7TDMI-S、ARM720T、ARM7EJ。其中,ARM7TMDI 是目前使用最广泛的 32 位嵌入式 RISC 处理器,属低端 ARM 处理器核。TDMI 的基本含义为:

- ◆ T: 支持 16 位压缩指令集 Thumb;
- ◆ D: 支持片上 Debug;
- ◆ M: 内嵌硬件乘法器 (Multiplier);
- ◆ I: 嵌入式 ICE,支持片上断点和调试点。

本书所介绍的 Samsung 公司的 S3C4510B 即属于该系列的处理器。

1.3.2 ARM9 微处理器系列

ARM9 系列微处理器在高性能和低功耗特性方面提供最佳的性能。具有以下特点:

- ◆ 5 级整数流水线, 指令执行效率更高。
- ◆ 提供 1.1MIPS/MHz 的哈佛结构。
- ◆ 支持 32 位 ARM 指令集和 16 位 Thumb 指令集。
- ◆ 支持 32 位的高速 AMBA 总线接口。
- ◆ 全性能的 MMU, 支持 Windows CE、Linux、Palm OS 等多种主流嵌入式操作系统。
- ◆ MPU 支持实时操作系统。
- ◆ 支持数据 Cache 和指令 Cache, 具有更高的指令和数据处理能力。

ARM9 系列微处理器主要应用于无线设备、仪器仪表、安全系统、机顶盒、高端打印机、数字照相机和数字摄像机等。

ARM9 系列微处理器包含 ARM920T、ARM922T 和 ARM940T 三种类型, 以适用于不同的应用场合。

1.3.3 ARM9E 微处理器系列

ARM9E 系列微处理器为可综合处理器, 使用单一的处理器内核提供了微控制器、DSP、Java 应用系统的解决方案, 极大地减少了芯片的面积和系统的复杂程度。ARM9E 系列微处理器提供了增强的 DSP 处理能力, 很适合于那些需要同时使用 DSP 和微控制器的应用场合。

ARM9E 系列微处理器的主要特点如下:

- ◆ 支持 DSP 指令集, 适合于需要高速数字信号处理的场合。
- ◆ 5 级整数流水线, 指令执行效率更高。
- ◆ 支持 32 位 ARM 指令集和 16 位 Thumb 指令集。
- ◆ 支持 32 位的高速 AMBA 总线接口。
- ◆ 支持 VFP9 浮点处理协处理器。
- ◆ 全性能的 MMU, 支持 Windows CE、Linux、Palm OS 等多种主流嵌入式操作系统。
- ◆ MPU 支持实时操作系统。
- ◆ 支持数据 Cache 和指令 Cache, 具有更高的指令和数据处理能力。
- ◆ 主频最高可达 300MIPS。

ARM9 系列微处理器主要应用于下一代无线设备、数字消费品、成像设备、工业控制、存储设备和网络设备等领域。

ARM9E 系列微处理器包含 ARM926EJ-S、ARM946E-S 和 ARM966E-S 3 种类型, 以适用于不同的应用场合。

1.3.4 ARM10E 微处理器系列

ARM10E 系列微处理器具有高性能、低功耗的特点, 由于采用了新的体系结构, 与同等的 ARM9 器件相比较, 在同样的时钟频率下, 性能提高了近 50%, 同时, ARM10E 系列微处理器采用了两种先进的节能方式, 使其功耗极低。

ARM10E 系列微处理器的主要特点如下:

- ◆ 支持 DSP 指令集, 适合于需要高速数字信号处理的场合。
- ◆ 6 级整数流水线, 指令执行效率更高。
- ◆ 支持 32 位 ARM 指令集和 16 位 Thumb 指令集。
- ◆ 支持 32 位的高速 AMBA 总线接口。
- ◆ 支持 VFP10 浮点处理协处理器。
- ◆ 全性能的 MMU, 支持 Windows CE、Linux、Palm OS 等多种主流嵌入式操作系统。
- ◆ 支持数据 Cache 和指令 Cache, 具有更高的指令和数据处理能力。
- ◆ 主频最高可达 400MIPS。
- ◆ 内嵌并行读写操作部件。

ARM10E 系列微处理器主要应用于下一代无线设备、数字消费品、成像设备、工业控制、通信和信息系统等领域。

ARM10E 系列微处理器包含 ARM1020E、ARM1022E 和 ARM1026EJ-S 3 种类型, 以适用于不同的应用场合。

1.3.5 SecurCore 微处理器系列

SecurCore 系列微处理器专为安全需要而设计, 提供了完善的 32 位 RISC 技术的安全解决方案, 因此, SecurCore 系列微处理器除了具有 ARM 体系结构的低功耗、高性能的特点外, 还具有独特的优势, 即提供了对安全解决方案的支持。

SecurCore 系列微处理器除了具有 ARM 体系结构各种主要特点外, 还在系统安全方面具有如下的特点:

- ◆ 带有灵活的保护单元, 以确保操作系统和应用数据的安全。
- ◆ 采用软内核技术, 防止外部对其进行扫描探测。
- ◆ 可集成用户自己的安全特性和其他协处理器。

SecurCore 系列微处理器主要用于一些对安全性要求较高的应用产品及应用系统, 如电子商务、电子政务、电子银行业务、网络和认证系统等领域。

SecurCore 系列微处理器包含 SecurCore SC100、SecurCore SC110、SecurCore SC200 和 SecurCore SC210 4 种类型, 以适用于不同的应用场合。

1.3.6 StrongARM 微处理器系列

Inter StrongARM SA-1100 处理器是采用 ARM 体系结构高度集成的 32 位 RISC 微处理器。它融合了 Inter 公司的设计和处理技术,以及 ARM 体系结构的电源效率,采用在软件上兼容 ARMv4 体系结构、同时采用具有 Intel 技术优点的体系结构。

Intel StrongARM 处理器是便携式通信产品和消费类电子产品的理想选择,已成功应用于多家公司的掌上电脑系列产品。

1.3.7 Xscale 处理器

Xscale 处理器是基于 ARMv5TE 体系结构的解决方案,是一款性能全、性价比高、功耗低的处理器。它支持 16 位的 Thumb 指令和 DSP 指令集,已使用在数字移动电话、个人数字助理和网络产品等场合。

Xscale 处理器是 Inter 目前主要推广的一款 ARM 微处理器。

1.4 ARM 微处理器的结构

1.4.1 RISC 体系结构

传统的 CISC (Complex Instruction Set Computer, 复杂指令集计算机) 结构有其固有的缺点,即随着计算机技术的发展而不断引入新的复杂的指令集,为支持这些新增的指令,计算机的体系结构会越来越复杂,然而,在 CISC 指令集的各种指令中,其使用频率却相差悬殊,大约有 20% 的指令会被反复使用,占整个程序代码的 80%。而其余 80% 的指令却不经常使用,在程序设计中只占 20%,显然,这种结构是不合理的。

基于以上的不合理性,1979 年美国加州大学伯克利分校提出了 RISC (Reduced Instruction Set Computer, 精简指令集计算机) 的概念,RISC 并非只是简单地减少指令,而是把着眼点放在了如何使计算机的结构更加简单合理地提高运算速度上。RISC 结构优先选取使用频率最高的简单指令,避免复杂指令;将指令长度固定,指令格式和寻址方式种类减少;以控制逻辑为主,不用或少用微码控制等措施来达到上述目的。

到目前为止,RISC 体系结构还没有严格的定义,一般认为,RISC 体系结构应具有如下特点:

- ◆ 采用固定长度的指令格式,指令归整、简单、基本寻址方式有 2~3 种。
- ◆ 使用单周期指令,便于流水线操作执行。
- ◆ 大量使用寄存器,数据处理指令只对寄存器进行操作,只有加载/存储指令可以访问存储器,以提高指令的执行效率。

除此以外, ARM 体系结构还采用了一些特别的技术, 在保证高性能的前提下尽量缩小芯片的面积, 并降低功耗:

- ◆ 所有的指令都可根据前面的执行结果决定是否被执行, 从而提高指令的执行效率。
- ◆ 可用加载/存储指令批量传输数据, 以提高数据的传输效率。
- ◆ 可在一条数据处理指令中同时完成逻辑处理和移位处理。
- ◆ 在循环处理中使用地址的自动增减来提高运行效率。

当然, 与 CISC 架构相比较, 虽然 RISC 架构有上述的优点, 但决不能认为 RISC 架构就可以取代 CISC 架构, 事实上, RISC 和 CISC 各有优势, 而且界限并不那么明显。现代的 CPU 往往采用 CISC 的外围, 内部加入了 RISC 的特性, 如超长指令集 CPU 就是融合了 RISC 和 CISC 的优势, 成为未来的 CPU 发展方向之一。

1.4.2 ARM 微处理器的寄存器结构

ARM 处理器共有 37 个寄存器, 分为若干个组 (Bank), 这些寄存器包括:

- ◆ 31 个通用寄存器, 包括程序计数器 (PC 指针), 均为 32 位的寄存器。
- ◆ 6 个状态寄存器, 用以标识 CPU 的工作状态及程序的运行状态, 均为 32 位, 目前只使用了其中的一部分。

同时, ARM 处理器又有 7 种不同的处理器模式, 在每一种处理器模式下均有一组相应的寄存器与之对应。即在任意一种处理器模式下, 可访问的寄存器包括 15 个通用寄存器 (R0~R14)、1~2 个状态寄存器和程序计数器。在所有的寄存器中, 有些是在 7 种处理器模式下共用的同一个物理寄存器, 而有些寄存器则是在不同的处理器模式下有不同的物理寄存器。

关于 ARM 处理器的寄存器结构, 在后面的相关章节将会详细介绍。

1.4.3 ARM 微处理器的指令结构

ARM 微处理器在较新的体系结构中支持两种指令集: ARM 指令集和 Thumb 指令集。其中, ARM 指令为 32 位的长度, Thumb 指令为 16 位长度。Thumb 指令集为 ARM 指令集的功能子集, 与等价的 ARM 代码相比较, 可节省 30%~40% 以上的存储空间, 同时具备 32 位代码的所有优点。

关于 ARM 处理器的指令结构, 在后面的相关章节将会详细讲述。

1.5 ARM 微处理器的应用选型

鉴于 ARM 微处理器的众多优点, 随着国内外嵌入式应用领域的逐步发展, ARM 微处理器必然会获得广泛的重视和应用。但是, 由于 ARM 微处理器有多达几十种的内核结构,