

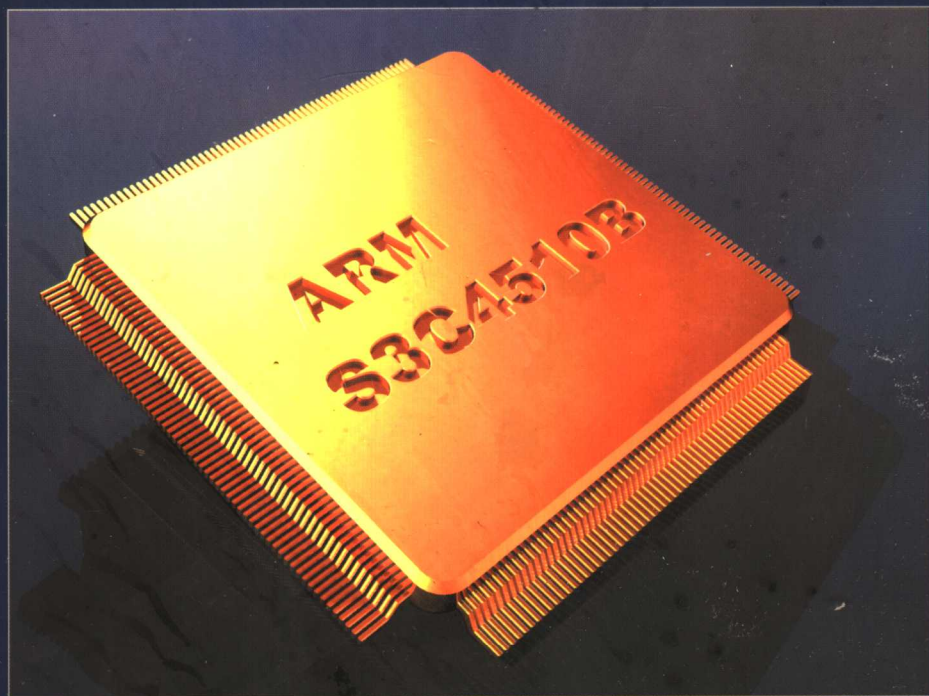
第二版

ARM

应用系统开发详解

——基于S3C4510B的系统设计

李驹光 编著



清华大学出版社

ARM 应用系统开发详解

——基于 S3C4510B 的系统设计
(第 2 版)

李驹光 编著

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 微处理器的体系结构、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 微处理器——S3C4510B 为核心,详细讲解系统的设计、调试,以及相关的软件设计和嵌入式操作系统的移植、应用程序的开发、设备驱动程序的开发过程。

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。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

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。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

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/李驹光编著. —2 版. —北京:清华大学出版社, 2004. 12

ISBN 7-302-09522-1

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(2004)第 094417 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn 邮 编: 100084
社 总 机: 010-62770175 客 户 服 务: 010-62776969

组稿编辑: 曾 刚

文稿编辑: 钟志芳

封面设计: 姜凌娜

版式设计: 郑轶文

印 刷 者: 北京季蜂印刷有限公司

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印 张: 20.25 字 数: 447 千字

版 次: 2004 年 12 月第 2 版 2004 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-09522-1/TP·6624

印 数: 1~5000

定 价: 29.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770175-3103 或 (010)62795704

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,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积和功耗等方面的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、寻址能力和功耗等方面的不足,已较难满足很多相对较复杂的嵌入式应用的需要。

ARM 公司自成立以来,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高性能、低功耗、低成本、小体积等显著优点,在移动计算和普适计算领域具有无可比拟的优势,因此得到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 嵌入式产品市场份额,确立了市场领导地位。现在设计、生产 ARM 芯片的半导体生产商已经超过 50 家,国内多家大公司也已经购买 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,已有部分工科院校开设了基于 ARM 架构的 32 位微处理器的相关课程。

在 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,其性价比也是最高的。因此,本书主要介绍 ARM7TDMI 微处理器的结构原理,并以此为基础详细介绍应用系统的软、硬件设计与调试方法。

本书的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,可使读者对 ARM 技术、ARM 微处理器及其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。通过本章的阅读,可使读者了解 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 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 的系统的设计全过程,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应该可以掌握基于 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也同样适合于其他 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。通过本章的阅读,可使读者了解 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、设备驱动程序的设计等。通过本章的阅读,可使读者了解 uClinux 操作系统及在 S3C4510B 的运行,并能进一步地进行应用程序及设备驱动程序的开发。

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,得到了中国科学院自动化研究所博士生导师刘国平、郁文生老师的指导和帮助,同时得到了北京恒颐高技术有限公司(www.hyesco.com)的大力支持,在此谨向他们深表谢意。

本书在编写过程中,引用了参考文献所列论著的有关部分,在此谨向论著作者表示由衷的谢意,同时还参考了一些期刊和网站的最新内容,不能一一列出,也在此向相关作者表示感谢。

本书在第一版的基础上,修正了一些不太妥当的地方,同时增加了部分新的内容,如 ARM 微处理器与常见外设的接口设计方法、BootLoader 的编写等,这也是广大读者在系统设计中比较关心的问题。

由于编者的水平有限,书中的错误在所难免,恳请读者批评指正,E-mail: LJG_express@263.net。

李驹光

于中国科学院自动化研究所

2004 年 6 月

目 录

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及特点	1
1.2.1 ARM 微处理器的应用领域	1
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	3
1.3.3 ARM9E 微处理器系列	4
1.3.4 ARM10E 微处理器系列	4
1.3.5 ARM11 微处理器系列	5
1.3.6 SecurCore 微处理器系列	5
1.3.7 StrongARM、Xscale 微处理器系列	5
1.4 ARM 微处理器结构	6
1.4.1 RISC 体系结构	6
1.4.2 ARM 微处理器的寄存器结构	6
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 指令长度及数据宽度	11
2.4 处理器模式	11
2.5 寄存器组织	11
2.5.1 ARM 状态下的寄存器组织	11
2.5.2 Thumb 状态下的寄存器组织	14
2.5.3 程序状态寄存器	15
2.6 异常	17
2.6.1 ARM 体系结构所支持的异常类型	17
2.6.2 对异常的响应	18
2.6.3 从异常返回	19

2.6.4	各类异常的具体描述	19
2.6.5	异常进入/退出	20
2.6.6	异常向量	21
2.6.7	异常优先级	21
2.6.8	应用程序中的异常处理	21
2.7	本章小结	22
第 3 章	ARM 微处理器的指令系统	23
3.1	ARM 微处理器的指令集概述	23
3.1.1	ARM 微处理器的指令的分类与格式	23
3.1.2	指令的条件域	24
3.2	ARM 指令的寻址方式	25
3.2.1	立即寻址	25
3.2.2	寄存器寻址	25
3.2.3	寄存器间接寻址	25
3.2.4	基址变址寻址	26
3.2.5	多寄存器寻址	26
3.2.6	相对寻址	27
3.2.7	堆栈寻址	27
3.3	ARM 指令集	27
3.3.1	跳转指令	27
3.3.2	数据处理指令	29
3.3.3	乘法指令与乘加指令	34
3.3.4	程序状态寄存器访问指令	36
3.3.5	加载/存储指令	37
3.3.6	批量数据加载/存储指令	39
3.3.7	数据交换指令	40
3.3.8	移位指令(操作)	40
3.3.9	协处理器指令	42
3.3.10	异常产生指令	44
3.4	Thumb 指令及应用	44
3.5	本章小结	45
第 4 章	ARM 程序设计基础	46
4.1	ARM 汇编器所支持的伪指令	46
4.1.1	符号定义伪指令	46
4.1.2	数据定义伪指令	48
4.1.3	汇编控制伪指令	51
4.1.4	其他常用的伪指令	52

4.2	汇编语言的语句格式	57
4.2.1	在汇编语言程序中常用的符号	58
4.2.2	汇编语言程序中的表达式和运算符	59
4.3	汇编语言的程序结构	61
4.3.1	汇编语言的程序结构	61
4.3.2	汇编语言的子程序调用	62
4.3.3	汇编语言程序示例	63
4.3.4	汇编语言与 C/C++ 的混合编程	65
4.4	系统的初始化过程	66
4.4.1	定义程序入口点	67
4.4.2	设置异常向量	67
4.4.3	初始化存储器系统	68
4.4.4	初始化堆栈指针寄存器	69
4.4.5	初始化临界 I/O 设备	70
4.4.6	初始化 C 代码的运行环境	70
4.4.7	改变处理器的运行模式和状态	70
4.4.8	使能中断	71
4.4.9	进入 C 代码运行	71
4.5	本章小结	71
第 5 章	应用系统设计与调试	72
5.1	系统设计概述	72
5.2	S3C4510B 概述	74
5.2.1	S3C4510B 及片内外围简介	74
5.2.2	S3C4510B 的引脚分布及信号描述	77
5.2.3	CPU 内核概述及特殊功能寄存器(Special Function Registers)	83
5.2.4	S3C4510B 的系统管理器	89
5.3	系统的硬件选型与单元电路设计	101
5.3.1	S3C4510B 芯片及引脚分析	101
5.3.2	电源电路	102
5.3.3	晶振电路与复位电路	103
5.3.4	Flash 存储器接口电路	104
5.3.5	SDRAM 接口电路	109
5.3.6	串行接口电路	112
5.3.7	IIC 接口电路	114
5.3.8	JTAG 接口电路	115
5.3.9	10 Mbps/100 Mbps 以太网接口电路	117
5.3.10	实时时钟接口电路	121

5.3.11	总线驱动电路	122
5.3.12	译码电路	124
5.3.13	LED 数码显示接口电路	125
5.3.14	LCD 显示接口电路	125
5.3.15	ADC 接口电路	127
5.3.16	DAC 接口电路	127
5.3.17	键盘接口电路	128
5.3.18	通用 I/O 接口电路	129
5.4	硬件系统的调试	129
5.4.1	电源、晶振及复位电路	130
5.4.2	S3C4510B 及 JTAG 接口电路	130
5.4.3	SDRAM 接口电路的调试	132
5.4.4	Flash 接口电路的调试	134
5.4.5	外设接口电路的调试	135
5.4.6	10 Mbps/100 Mbps 以太网接口电路	136
5.5	印刷电路板的设计注意事项	136
5.5.1	电源质量与分配	136
5.5.2	同类型信号线的分布	137
5.6	本章小结	137
第 6 章	部件工作原理与编程示例	138
6.1	嵌入式系统的程序设计方法	138
6.2	部件工作原理与编程示例	139
6.2.1	通用 I/O 口工作原理与编程示例	139
6.2.2	串行通信工作原理与编程示例	144
6.2.3	中断控制器工作原理与编程示例	154
6.2.4	定时器工作原理与编程示例	157
6.2.5	GDMA 工作原理与编程示例	162
6.2.6	IIC 总线控制器工作原理	169
6.2.7	以太网控制器工作原理	179
6.2.8	Flash 存储器工作原理与编程示例	208
6.3	BootLoader 简介	213
6.4	本章小结	217
第 7 章	嵌入式 uClinux 及其应用开发	218
7.1	嵌入式 uClinux 系统概况	218
7.2	开发工具 GNU 的使用	221
7.2.1	GCC 编译器	221
7.2.2	GNU Make	223

7.2.3 使用 gdb 调试程序	229
7.3 建立 uClinux 开发环境	234
7.3.1 建立交叉编译器	234
7.3.2 uClinux 针对硬件的改动	239
7.3.3 编译 uClinux 内核	240
7.3.4 内核的加载运行	243
7.4 在 uClinux 下开发应用程序	243
7.4.1 串行通信	246
7.4.2 socket 编程	252
7.4.3 添加用户应用程序到 uClinux	261
7.4.4 通过网络添加应用程序到目标系统	264
7.5 在 uClinux 下开发设备驱动程序	267
7.5.1 设备驱动程序框架	268
7.5.2 设备驱动程序作为可加载的模块	268
7.5.3 设备驱动程序编译到内核	273
7.5.4 通过用户应用程序访问设备驱动程序	275
7.6 本章小结	277
第 8 章 ARM ADS 集成开发环境的使用	278
8.1 ADS 集成开发环境组成介绍	278
8.1.1 命令行开发工具	278
8.1.2 ARM 运行时库	289
8.1.3 GUI 开发环境(Code Warrior 和 AXD)	291
8.1.4 实用程序	293
8.1.5 支持的软件	293
8.2 使用 ADS 创建工程	293
8.2.1 建立一个工程	294
8.2.2 编译和链接工程	297
8.2.3 使用命令行工具编译应用程序	302
8.3 用 AXD 进行代码调试	304
8.4 本章小结	307
附录 相关术语	308
参考文献	310

第 1 章 ARM 微处理器概述

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

本章主要内容:

- 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 微处理器的体系结构;
- ARM 微处理器的应用选型原则。

1.1 ARM——Advanced RISC Machines

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。

1990 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人们生活的各个方面。

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,加入适当的外围电路,从而形成自己的 ARM 微处理器芯片来进入市场。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,因此不仅使得 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,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、数字机顶盒和游戏机中得到广泛应用。

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其他许多不同的领域,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;
- (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

ARM 微处理器及其他厂商基于 ARM 体系结构的处理器目前包括下面几个系列:

- ARM7 系列;
- ARM9 系列;
- ARM9E 系列;
- ARM10E 系列;
- ARM11 系列;
- SecurCore 系列;
- Inter 的 StrongARM、Xscale。

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。其中,ARM7、ARM9、ARM9E 和 ARM10E 为 4 个通用处理器系列,每一个系列提供了一套相对独特的性能来满足不同应用领域的需求。SecurCore 系列专门为安全

性要求较高的应用而设计。

以下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 3 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,ARM7TDMI 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方面提供最佳的性能,具有以下特点:

- 5 级流水线,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 3 种类型,可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,可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 64 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,可适

用于不同的应用场合。

1.3.5 ARM11 微处理器系列

ARM 公司在 2003 年 4 月 29 日宣布了其下一代 ARM 架构的 CPU——ARM11(又名 Jaguar), 基于 ARM11 的微处理器具有更强的性能, 尤其是多媒体处理能力。

ARM11 微处理器采用 $0.13\mu\text{m}$ 工艺, 低端产品运行在 $350\text{MHz}\sim 500\text{MHz}$, 高端产品运行在 $533\text{MHz}\sim 750\text{MHz}$ 。如果将加工工艺减小到 $0.10\mu\text{m}$, 那么芯片运行速度将达 1GHz , 而目前的 ARM7 和 ARM9 内核的芯片最大速度只能到 400MHz 。目前最快的嵌入式处理器为 Intel 的 Xscale, 最高主频为 500MHz 。

1.3.6 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, 还具有其独特的优势, 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 系列微处理器主要应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, 可适用于不同的应用场合。

1.3.7 StrongARM、Xscale 微处理器系列

Intel 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 Intel 公司的设计和处理技术及 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。目前 StrongARM 处理器已停止生产。

Xscale 处理器是基于 ARMv5TE 体系结构的解决方案, 是一款全性能、高性价比、低功耗的处理器。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 Intel 目前主要推广的一款 ARM 微处理器。

1.4 ARM 微处理器结构

1.4.1 RISC 体系结构

传统的复杂指令集计算机(Complex Instruction Set Computer, CISC)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%,而余下的 80% 的指令却不经常使用,在程序设计中只占 20%。显然,这种结构是不太合理的。

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精简指令集计算机(Reduced Instruction Set Computer, RISC)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并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 体系结构也还没有严格的定义,一般认为, RISC 体系结构应具有如下特点:

- 在进行指令系统设计时,只选择使用频率很高的指令,在此基础上增加少量能有效支持操作系统和高级语言实现以及其他功能的指令,使指令条数大大减少。
- 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。
- 为提高指令执行速度,大部分指令直接采用硬件电路实现,少量采用微码实现。

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,尽管 RISC 架构有上述的优点,但绝不能认为 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。现在的 CPU 往往采用 CISC 的外围,而内部加入 RISC 的特性,如超长指令集 CPU 就是融合了 RISC 和 CISC 的优势,这已成为未来 CPU 的发展方向之一。

1.4.2 ARM 微处理器的寄存器结构

ARM 微处理器共有 37 个 32 位的寄存器,这些寄存器是:

- 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 微处理器又有 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 微处理器的寄存器结构,在后面的相关章节将会详细描述。

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 位长度,Thumb 指令为 16 位长度。Thumb 指令集为 ARM 指令集的功能子集,但与等价的 ARM 代码相比较,可节省 30%~40% 甚至更多的存储空间,同时具备 32 位代码的所有优点。

关于 ARM 微处理器的指令结构,在后面的相关章节将会详细描述。

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,几十个芯片生产厂家,以及千变万化的内部功能配置组合,给开发人员在选择方案时带来了一定的困难,所以,对 ARM 芯片做一些对比研究是十分必要的。

以下从应用的角度出发,对在选择 ARM 微处理器时所应考虑的主要问题作一些简要的探讨。

1. ARM 微处理器内核的选择

从前面所介绍的内容可知,ARM 微处理器包含一系列的内核结构,以适应不同的应用领域。用户如果希望使用 Windows CE 或标准 Linux 等操作系统以减少软件开发时间,就需要选择 ARM720T 以上带有 MMU (Memory Management Unit) 功能的 ARM 芯片,ARM720T、ARM920T、ARM922T、ARM946T、Xscale 都带有 MMU 功能。而 ARM7TDMI 则没有 MMU,不支持 Windows CE 和标准 Linux,但目前有 uCLinux、RTLinux、uC/OSII 等不需要 MMU 支持的操作系统也可运行于 ARM7TDMI 硬件平台之上。事实上,这些操作系统已经成功移植到多种不带 MMU 的微处理器平台上,并在稳定性和其他方面都有上佳表现。

本书所讨论的 S3C4510B 即为一款不带 MMU 的 ARM 微处理器,可在其上运行 uCLinux、RTLinux、uC/OSII 等不需要 MMU 支持的操作系统。

2. 系统的工作频率

系统的工作频率在很大程度上决定了 ARM 微处理器的处理能力。ARM7 系列微处理器的典型处理速度为 0.9 MIPS/MHz,常见的 ARM7 芯片系统主时钟为 20 MHz~