

ARM

系列处理器 应用技术完全手册

华清远见嵌入式培训中心 李佳 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

ARM 系列处理器应用技术完全手册 / 李佳编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006.12

ISBN 7-115-15330-2

I. A... II. 李... III. 微处理器, ARM—技术手册 IV. TP332-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 115074 号

内 容 提 要

本书全面介绍了 ARM 处理器体系结构和开发方法, 重点讲解 ARM 编程模型、ARM 指令寻址方式、ARM 处理器指令系统、ARM 汇编语言程序设计方法、Thumb 指令集、嵌入式软件设计方法、ARM 存储器系统结构等, 内容丰富, 实用易懂。

本书可作为高等院校电子类、电器类、控制类专业高年级本科生、研究生学习 ARM 嵌入式系统的参考用书, 也可作为嵌入式系统开发与应用人员的技术参考手册。

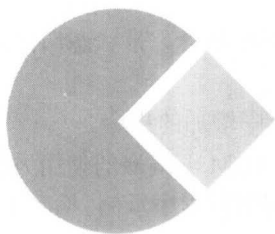
ARM 系列处理器应用技术完全手册

- ◆ 编 著 华清远见嵌入式培训中心 李 佳
责任编辑 屈艳莲
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 37.5
字数: 911 千字 2006 年 12 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2006 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-15330-2/TP · 5725

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223



前 言

ARM (Advanced RISC Machines) 嵌入式处理器是一种高性能、低功耗的 RISC 芯片。随着网络和通信技术的发展,以 ARM 为基础的嵌入式系统进入了一个新的历史发展阶段。如今,嵌入式系统开发人员和片上系统设计人员越来越多地选择 ARM 内核和配套工具来快速开发基于 ARM 微处理器的新产品。

本书的写作目的

作者结合几年来的 ARM 产品开发经验,参考了大量的 ARM 相关书籍和文档,编写了本书,旨在为准备使用或正在使用 ARM 处理器进行嵌入式开发的读者提供一本全面、权威的参考手册。

本书从一名产品开发者的角度来描述 ARM 内核的操作,书中包含了一系列 ARM 软件范例,内容全面而实用,可作为 ARM 芯片选型、软件编程和硬件设计的参考手册,32 位嵌入式处理器选修课和培训班用书,以及嵌入式系统应用技术人员的参考用书。

本书的主要内容

本书全面、系统介绍了 ARM 处理器的体系结构和开发方法,并涉及嵌入式开发的很多基础知识,包括 C 语言程序设计与汇编语言程序设计、编译原理等知识。

第 1 章简要介绍了 ARM 公司的情况以及基于 ARM 的嵌入式系统应用情况。重点介绍了当前 ARM 体系结构的主要版本及其应用情况。通过本章学习,读者可对基于 ARM 的嵌入式系统有一个总体认识。

第 2 章进一步深入到硬件,介绍 ARM 处理器核及其流水线、存储器结构。

第 3 章介绍了 ARM 编程模型的基本知识。主要包括 ARM 中的数据类型、寄存器的使用方法,体系结构中异常中断处理的基本概念,对其开发工具和使用方法也进行了说明。通过这一章的介绍,读者可以初步了解 ARM 编程模型,为基于 ARM 的嵌入式开发打好基础。

第 4 章全面介绍了 ARM 指令寻址方式并给出了相应的示例代码,对 ARM 汇编程序的开发有很高的指导价值。

第 5 章详细介绍了 ARM 处理器的数据传送指令,其中包括单/多寄存器数据传送指令、单数据交换指令及程序状态寄存器数据传送指令等。

第6章详细介绍了ARM处理器的数据处理指令,其中包括加/减法指令、比较指令及逻辑运算指令等。

第7章详细介绍了ARM处理器的乘法指令,其中包括乘指令、乘累加指令、无符号长乘指令及无符号长乘累加指令等。

第8章详细介绍了ARM处理器的跳转指令,其中包括直接跳转指令、带状态切换的跳转指令及带连接的跳转指令等。

第9章详细介绍了协处理器指令和其他一些在新的ARM结构中增加的指令。

第10章详细介绍了ARM汇编语言程序设计的基本方法以及ARM汇编器的使用方法,包括ARM汇编语言中的伪操作、伪指令、汇编语言格式和一些汇编语言程序示例。编写ARM汇编程序,需要全面掌握本章内容。

第11章引入了Thumb指令集。本章从Thumb指令集和ARM指令集的区别入手,介绍了Thumb指令集及其使用方法。

第12章介绍了ARM汇编程序与C/C++程序之间相互调用的技术。其中给出了大量的示例代码,供开发者参考。

第13章介绍了基于ARM的嵌入式软件设计的基本知识。其中以ARM公司的集成开发环境Realview为工具,结合示例代码,详细讲述了如何循序渐进地开发ARM应用程序。本章所提及的开发注意事项,可使读者在开发过程中节省开发时间,少走弯路。

第14章讲述了在ARM体系结构上编写可以被高效编译的C代码的技巧和规范,这些技巧和规范已得到了ARM公司的证实,读者在自主开发应用程序时,可以放心使用。

第15章重点讲解了ARM的存储器系统的结构和使用方法。该章节涵盖了在ARM体系结构中使用Cache、内存保护单元MPU和结构复杂的存储器管理单元MMU的关键技术和方法。

第16章回顾了ARM体系结构的发展过程,展望了ARM体系结构的未来。重点放在了ARMv6的新技术上。

另外,本书的附录中提供了详细的ARM/Thumb指令集、AAPCS、汇编伪操作和向量浮点编程的参考,希望能为读者开发带来方便。

本书之外的内容

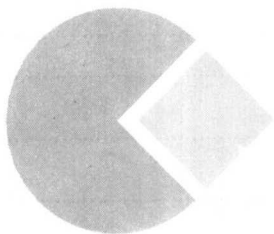
本书的编写得到了嵌入式培训专业机构——北京华清远见科技信息有限公司(<http://www.farsight.com.cn>)的大力支持,在此深表谢意。有关本书的相关资料及嵌入式系统开发更多的资料、公开课视频,请参见<http://www.farsight.com.cn/download/>。

本书由李佳执笔,由孙天泽老师审定写作提纲并在编写过程中给予大力帮助。在本书的写作过程中人民邮电出版社的责任编辑屈艳莲做了大量的工作,使得本书得以顺利完成,在此表示衷心感谢。

由于时间仓促,加之水平有限,书中的不足之处在所难免,敬请读者批评指正。本书责任编辑的联系方法是 quyanlian@ptpress.com.cn, 欢迎来信交流。

编 者

2006年9月



目 录

第 1 章 ARM 系列微处理器简介	1
1.1 什么是 ARM	1
1.1.1 ARM 公司历史	1
1.1.2 ARM 的商业模式	2
1.2 ARM 体系结构的命名规则	2
1.3 初识 ARM 系列处理器	3
1.3.1 ARM7 系列	4
1.3.2 ARM9 系列	5
1.3.3 ARM9E 系列	5
1.3.4 ARM10 系列	5
1.3.5 ARM11 系列	5
1.3.6 SecurCore 系列	6
1.3.7 其他系列处理器	6
1.3.8 Cortex - M3 和 MPCore	6
1.4 ARM 系列处理器的应用领域	6
1.4.1 ARM7 系列	6
1.4.2 ARM9 系列	7
1.4.3 ARM9E 系列	7
1.4.4 ARM10E 系列	7
1.4.5 SecureCore 系列	7
1.5 ARM 芯片的特点与选型	7
1.5.1 不同系列处理器间的比较	7
1.5.2 ARM 芯片的选型	8
1.6 ARM 开发工具	13
第 2 章 ARM 体系结构	16
2.1 ARM 体系结构的特点	16
2.2 流水线	18

2.2.1	流水线的概念与原理	18
2.2.2	流水线的分类	18
2.2.3	影响流水线性能的因素	25
2.3	ARM 存储器	25
2.4	I/O 管理	26
2.5	ARM 开发调试方法	27
第 3 章	ARM 微处理器的编程模型	29
3.1	数据类型	29
3.1.1	ARM 的基本数据类型	29
3.1.2	浮点数据类型	30
3.1.3	存储器大/小端	30
3.2	处理器工作模式	31
3.3	ARM 寄存器组织	32
3.3.1	通用寄存器	33
3.3.2	程序计数器 r15	35
3.3.3	程序状态寄存器	36
3.4	异常中断处理	39
3.4.1	异常种类	39
3.4.2	异常优先级	44
3.4.3	处理器模式和异常	44
3.4.4	异常响应流程	45
3.4.5	从异常处理程序中返回	46
3.4.6	在应用程序中安装异常处理程序	48
3.4.7	FIQ 和 IRQ 中断处理函数的设计	50
3.4.8	SWI 异常处理函数的设计	54
第 4 章	ARM 指令寻址方式	61
4.1	数据处理指令的寻址方式	61
4.1.1	数据处理指令的寻址方式概要	61
4.1.2	指令解码	62
4.1.3	移位操作	62
4.1.4	寻址方式分类详解	63
4.2	内存访问指令寻址	72
4.2.1	字及无符号字节的 Load/Store 指令的寻址方式	73
4.2.2	杂类 Load/Store 指令的寻址方式	83
4.2.3	批量 Load/Store 指令寻址方式	88
4.2.4	堆栈操作寻址方式	92
4.2.5	协处理器 Load/Store 寻址方式	93

第 5 章 数据传送指令	98
5.1 MOV 指令	98
5.2 MVN 指令	100
5.3 单寄存器的 Load/Store 指令	101
5.3.1 字数据传送指令	102
5.3.2 字节数据传送指令 (LDRB/STRB)	105
5.3.3 半字数据传送指令 (LDRH/STRH)	107
5.3.4 用户模式字数据传送指令 (LDRT/STRT)	108
5.3.5 用户模式字节数据传送指令 (LDRBT/STRBT)	110
5.3.6 有符号的字节/半字数据传送指令 (LDRBT/STRBT)	112
5.4 多寄存器 Load/Store 内存访问指令	113
5.4.1 多寄存器内存字数据传送指令	114
5.4.2 用户模式多寄存器内存字数据传送指令	116
5.4.3 带状态寄存器的多寄存器内存字数据装载指令 (LDM (3))	118
5.4.4 数据传送指令应用	120
5.5 单数据交换指令	122
5.5.1 字交换指令 SWP	123
5.5.2 字节交换指令 SWPB	124
5.5.3 交换指令 SWP 应用	125
5.6 程序状态寄存器指令	125
5.6.1 MRS	126
5.6.2 MSR	126
5.6.3 程序状态寄存器指令应用	128
第 6 章 数据处理指令	130
6.1 AND 逻辑与指令	131
6.2 EOR 逻辑异或指令	133
6.3 SUB 减操作指令	135
6.4 RSB 减翻转指令	136
6.5 ADD 加操作指令	138
6.6 ADC 带进位的加法指令	139
6.7 SBC 带进位的减法指令	140
6.8 RSC 带进位的翻转减指令	142
6.9 TST 测试指令	143
6.10 TEQ 测试相等指令	144
6.11 CMP 比较指令	145
6.12 CMN 负数比较指令	147
6.13 ORR 逻辑或指令	148

6.14 BIC 位清零指令	149
第 7 章 乘法指令	152
7.1 MUL 乘法指令	153
7.2 MLA 乘-累加指令	154
7.3 UMULL 无符号数长乘指令	155
7.4 UMLAL 无符号长乘-累加操作指令	156
7.5 SMULL 无符号长乘-累加操作指令	158
7.6 SMLAL 有符号长乘-累加操作指令	159
第 8 章 跳转指令	161
8.1 跳转指令 B 及带连接的跳转指令 BL	162
8.2 带状态切换的跳转指令 BX	164
8.3 带状态切换的连接跳转指令 BLX (1)	165
8.4 带状态切换的连接跳转指令 BLX (2)	167
第 9 章 协处理器及其他指令	169
9.1 协处理器指令	169
9.1.1 协处理器数据操作指令 CDP	170
9.1.2 协处理器数据读取指令 LDC	171
9.1.3 协处理器数据写入指令 STC	173
9.1.4 ARM 寄存器到协处理器寄存器的数据传送指令 MCR	174
9.1.5 协处理器寄存器到 ARM 寄存器的数据传送指令 MRC	176
9.2 状态寄存器访问指令	178
9.2.1 程序状态字内容送通用寄存器指令 MRS	178
9.2.2 写状态寄存器指令 MSR	180
9.3 零计数指令 CLZ	182
9.4 交换指令	183
9.4.1 寄存器和存储器字数据交换指令 SWP	184
9.4.2 寄存器和存储器字节数据交换指令 SWPB	185
9.5 异常产生指令	186
9.5.1 软中断指令 SWI	186
9.5.2 断点中断指令 BKPT	189
第 10 章 ARM 汇编程序设计	191
10.1 ARM 汇编器所支持的伪操作	191
10.1.1 符号定义 (Symbol Definition) 伪操作	192
10.1.2 数据定义 (Data Definition) 伪操作	197
10.1.3 汇编控制 (Assembly Control) 伪操作	206

10.1.4	信息报告 (Reporting) 伪操作	211
10.1.5	指令集选择 (Instruction Set Selection) 伪操作	215
10.1.6	杂项 (Miscellaneous) 伪操作	217
10.1.7	结构描述伪操作	228
10.2	ARM 汇编器所支持的伪指令	235
10.2.1	ADR 伪指令	235
10.2.2	ADRL 伪指令	236
10.2.3	MOV32 伪指令	237
10.2.4	LDR 伪指令	237
10.3	汇编语言文件格式	238
10.3.1	ARM 汇编语言语句格式	238
10.3.2	ARM 汇编语言中的符号	239
10.3.3	汇编语言程序中的表达式和运算符	242
10.3.4	汇编语言预定义寄存器和协处理器	248
10.3.5	汇编语言内置变量	249
10.3.6	汇编语言的程序结构	250
10.3.7	汇编语言子程序调用	250
10.4	ARM 汇编编译器的使用	251
10.4.1	选项说明列表	253
10.4.2	过程调用标准 AAPCS	253
10.4.3	浮点模式选项	254
10.4.4	为 CPU 命名选项	254
10.4.5	为 FPU 命名选项	254
10.5	ARM 汇编程序设计举例	254
10.5.1	条件跳转及循环	254
10.5.2	传送指令程序设计	257
10.5.3	宏的使用	267
10.5.4	使用 MAP 和 FIELD 命令描述数据结构	269
第 11 章	Thumb 指令集	273
11.1	Thumb 指令的特点及实现	273
11.2	Thumb 编程模型	275
11.3	Thumb 跳转指令	276
11.3.1	跳转指令 B	276
11.3.2	带返回的无条件跳转指令 BL	278
11.3.3	带返回链接的无条件跳转指令 BLX (1)	279
11.3.4	带状态切换的跳转指令 BX	281
11.3.5	带返回链接的无条件跳转指令 BLX (2)	281
11.3.6	Thumb 指令集中跳转指令举例	282

11.4 Thumb 数据处理指令	282
11.4.1 ADC 指令	284
11.4.2 小立即数加法指令 ADD (1)	285
11.4.3 大立即数加法指令 ADD (2)	285
11.4.4 寄存器加法指令 ADD (3)	286
11.4.5 寄存器加法指令 ADD (4)	287
11.4.6 PC 相关加法指令 ADD (5)	287
11.4.7 SP 相关加法指令 ADD (6)	288
11.4.8 SP 相关加法指令 ADD (7)	288
11.4.9 逻辑与指令 AND	289
11.4.10 算术右移指令 ASR (1)	290
11.4.11 算术右移指令 ASR (2)	291
11.4.12 位清零指令 BIC	291
11.4.13 比较指令 CMN	292
11.4.14 比较指令 CMP (1)	293
11.4.15 比较指令 CMP (2)	294
11.4.16 比较指令 CMP (3)	294
11.4.17 异或指令 EOR	295
11.4.18 逻辑左移指令 LSL (1)	296
11.4.19 逻辑左移指令 LSL (2)	296
11.4.20 逻辑右移指令 LSR (1)	297
11.4.21 逻辑右移指令 LSR (2)	298
11.4.22 移位指令 MOV (1)	299
11.4.23 移位指令 MOV (2)	300
11.4.24 移位指令 MOV (3)	301
11.4.25 乘法指令 MUL	301
11.4.26 传送指令 MVN	302
11.4.27 取反指令 NEG	303
11.4.28 逻辑或指令 ORR	303
11.4.29 循环右移指令 ROR	304
11.4.30 带进位的减指令 SBC	305
11.4.31 减法指令 SUB (1)	306
11.4.32 减法指令 SUB (2)	306
11.4.33 减法指令 SUB (3)	307
11.4.34 减法指令 SUB (4)	308
11.4.35 位测试指令 TST	309
11.4.36 Thumb 指令集中数据操作指令举例	309
11.5 单寄存器数据传送指令	310
11.5.1 寄存器装载指令 LDR (1)	310

11.5.2	寄存器装载指令 LDR (2)	311
11.5.3	寄存器装载指令 LDR (3)	312
11.5.4	寄存器装载指令 LDR (4)	313
11.5.5	字节加载指令 LDRB (1)	313
11.5.6	字节加载指令 LDRB (2)	314
11.5.7	半字加载指令 LDRH (1)	315
11.5.8	半字数据加载指令 LDRH (2)	315
11.5.9	有符号字节数据加载指令 LDRSB	316
11.5.10	有符号半字数据加载指令 LDRSH	317
11.5.11	寄存器存储指令 STR (1)	318
11.5.12	寄存器存储指令 STR (2)	318
11.5.13	寄存器存储指令 STR (3)	319
11.5.14	字节存储指令 STRB (1)	320
11.5.15	寄存器存储指令 STRB (2)	320
11.5.16	半字存储指令 STRH (1)	321
11.5.17	寄存器存储指令 STRH (2)	322
11.5.18	数据传送指令举例	323
11.6	多寄存器数据传送指令	323
11.6.1	多寄存器数据加载指令 LDMIA	323
11.6.2	多寄存器数据存储指令 STMIA	324
11.6.3	多寄存器压栈指令 PUSH	325
11.6.4	多寄存器出栈指令 POP	326
11.6.5	多寄存器数据传送指令举例	327
11.7	异常中断产生指令 (断点指令)	328
11.7.1	软中断指令 SWI	328
11.7.2	断点中断指令 BKPT	329
11.8	未定义的指令空间	330
11.9	Thumb 指令应用	330
11.9.1	Thumb 的实现	330
11.9.2	Thumb 的特点	332
11.10	ARM 和 Thumb 的混合编程	333
11.10.1	互交工作基础	333
11.10.2	互交子程序	335
第 12 章	混合使用 C、C++ 和汇编语言	345
12.1	内联汇编和嵌入型汇编的使用	345
12.1.1	内联汇编	345
12.1.2	嵌入式汇编	356
12.1.3	内联汇编中使用 SP、LR 和 PC 寄存器的遗留问题	362

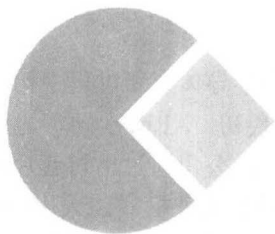
12.1.4 内联汇编代码与嵌入式汇编代码之间的差异	363
12.2 从汇编代码访问 C 全局变量	364
12.3 在 C++ 中使用 C 头文件	364
12.3.1 在 C++ 中使用系统 C 头文件	365
12.3.2 在 C++ 中使用自定义的 C 头文件	365
12.4 C、C++ 和 ARM 汇编语言之间的调用	366
12.4.1 相互调用的一般规则	366
12.4.2 C++ 的特定信息	367
12.4.3 混合编程调用举例	367
第 13 章 嵌入式软件开发	374
13.1 基于 ARM 处理器的嵌入式系统设计	374
13.1.1 未对齐的数据指针	374
13.1.2 结构体中未对齐字段	375
13.1.3 用于半字存取的非对齐 LDR 指令	377
13.1.4 移植代码并检测非对齐内存访问	377
13.2 编译器的缺省行为	378
13.2.1 Semihosting	379
13.2.2 C 库结构	381
13.2.3 默认存储器映射	382
13.2.4 链接程序放置规则	382
13.2.5 应用程序启动	383
13.3 调整 C 库使其适应目标硬件	384
13.3.1 C 库函数重定向	384
13.3.2 从最终代码映像中去掉 Semihosting	385
13.4 映像文件存储器映射调整	385
13.4.1 关于分散加载	385
13.4.2 Scatter 文件语法	389
13.4.3 Scatter 文件典型用法	396
13.4.4 等效的简单映像分散载入描述	401
13.5 复位和初始化	405
13.5.1 初始化序列	405
13.5.2 向量表	406
13.5.3 ROM/RAM 重映射	406
13.5.3 局部存储器设置有关的考虑事项	409
13.5.4 栈指针初始化	409
13.5.5 硬件初始化	411
13.6 进一步存储器映射考虑事项	411
13.6.1 在 Scatter 文件中定位目标外设	412

13.6.2 在 Scatter 文件中放置堆和栈	412
第 14 章 高效的 C 编程	416
14.1 C 编译器及其优化	416
14.1.1 为编译器选择处理器结构	416
14.1.2 调试选项	417
14.1.3 优化选项	417
14.1.4 AAPCS 选项	418
14.1.5 编译选项对代码生成影响示例	418
14.2 除法运算	422
14.2.1 合并除法和求余运算	422
14.2.2 使用 2 的整数次幂做除数	423
14.2.3 求余运算	423
14.2.4 除数是常数的除法	424
14.3 条件执行	424
14.4 布尔表达式	425
14.4.1 范围检测	425
14.4.2 和零的比较操作	426
14.5 C 循环结构	427
14.5.1 循环中止	428
14.5.2 循环展开	429
14.6 Switch 语句	430
14.7 寄存器分配	432
14.7.1 变量寄存器分配	432
14.7.2 指针别名	433
14.8 变量类型	438
14.8.1 局部变量	438
14.8.2 有符号数和无符号数	439
14.8.3 全局变量	439
14.9 函数调用	443
14.9.1 减少函数调用开销	443
14.9.2 使用 __value_in_regs 返回结构体	445
14.9.3 叶子函数	446
14.9.4 嵌套优化	447
14.9.5 单纯子函数	448
14.9.6 内嵌函数	449
14.9.7 函数定义	450
14.10 浮点运算	451
14.11 移植问题	452

第 15 章 ARM 存储器	453
15.1 协处理器 CP15	454
15.1.1 CP15 寄存器访问指令	455
15.1.2 CP15 中的寄存器	457
15.1.3 寄存器 c0	458
15.1.4 寄存器 c1	462
15.2 片上存储器	465
15.3 高速缓冲存储器 Cache	465
15.3.1 Cache 的分类	466
15.3.2 Cache 性能的衡量	466
15.3.3 Cache 工作原理	467
15.3.4 Cache 与主存的关系	468
15.3.5 Cache 的写策略	470
15.3.6 Cache 的替换策略	471
15.3.7 与 Cache 相关的编程接口	472
15.3.8 内存一致性	476
15.3.9 Cache 初始化子程序示例	478
15.4 存储保护单元 MPU	480
15.4.1 保护域 (Protection Regions)	481
15.4.2 内存访问顺序	482
15.4.3 使能 MPU	482
15.4.4 重叠域	483
15.4.5 与 MPU 相关的 CP15 寄存器	483
15.5 存储管理单元 MMU	487
15.5.1 MMU 概述	487
15.5.2 MMU 与 MPU	488
15.5.3 内存访问过程	488
15.5.4 MMU 的使能与禁止	489
15.5.5 虚拟地址到物理地址的转换	490
15.5.6 域 (domain) 和存储器访问权限	500
15.5.7 与 TLB 相关的操作	500
15.5.8 存储访问失效	502
15.5.9 快速上下文切换扩展 (FCSE, Fast Context Switch Extension)	506
第 16 章 ARM 体系结构的发展	510
16.1 ARM 体系结构的发展过程	510
16.2 ARMv6 增加的系统支持	511
16.2.1 存储管理	511

16.2.2 多处理单元支持	513
16.2.3 异常处理和中断	513
16.2.4 混和大小端支持	513
16.2.5 对媒体处理的支持	513
附录 A ARM 体系结构过程调用标准 (AAPCS)	515
A.1 数据类型	515
A.1.1 基本数据类型	515
A.1.2 字节顺序	515
A.1.3 混和数据类型	516
A.2 基本过程调用标准	516
A.2.1 寄存器	516
A.2.2 进程、内存和栈	519
A.2.3 子程序调用标准	521
A.2.4 结果返回	521
A.2.5 参数传递	521
A.2.6 互交代码	522
A.3 C/C++语言数据类型	523
A.3.1 基本数据类型	523
A.3.2 结构、联合、枚举和位字段	525
A.4 浮点操作编译选项	527
附录 B ARM 指令速查 (按字母顺序)	529
附录 C Thumb 指令速查 (按字母顺序)	538
附录 D ARM 汇编伪操作速查手册 (按字母顺序)	548
附录 E 向量浮点编程	558
E.1 向量浮点协处理器	558
E.2 浮点寄存器	558
E.2.1 寄存器组	558
E.2.2 向量	559
E.3 向量和标量运算	560
E.4 VFP 和条件码	560
E.5 VFP 系统寄存器	561
E.5.1 浮点状态和控制寄存器 FPSCR	561
E.5.2 浮点异常寄存器 FPEXC	563
E.5.3 浮点系统标识寄存器 FPSID	563

E.6 清零模式 (Flush-to-Zero)	563
E.6.1 清零模式的适用范围	564
E.6.2 使用清零模式的影响	564
E.7 VFP 指令	564
E.7.1 FABS、FCPY 和 FNEG	564
E.7.2 FADD 和 FSUB	565
E.7.3 FCMP	566
E.7.4 FCVTDS	567
E.7.5 FCVTSD	567
E.7.6 FDIV	568
E.7.7 FLD 和 FST	568
E.7.8 FLDM 和 FSTM	569
E.7.9 FMAC、FNMAC、FMSC 和 FNMSC	570
E.7.10 FMDRR 和 FMRRD	571
E.7.11 FMDHR、FMDLR、FMRDH 和 FMRDL	572
E.7.12 FMRS 和 FMSR	573
E.7.13 FMRRS 和 FMSRR	573
E.7.14 FMRX、FMXR 和 FMSTAT	574
E.7.15 FMUL 和 FNMUL	575
E.7.16 FSITO 和 FUITO	575
E.7.17 FSQRT	576
E.7.18 FTOSI 和 FTOUI	577
E.8 浮点操作伪指令 (pseudo-instruction)	577
E.9 浮点运算伪操作和向量记号	578
E.9.1 VFPASSERT SCALAR	578
E.9.2 VFPASSERT VECTOR	579
E.10 浮点运算指令一览表	580
参考文献	582



第1章 ARM 系列微处理器简介

1.1 什么是 ARM

ARM (Advanced RISC Machines) 有三种含义, 它是一个公司的名称, 是一类微处理器的通称, 还是一种技术的名称。

ARM 公司是微处理器行业的一家知名企业, 设计了大量高性能、廉价、低耗能的 RISC (Reduced Instruction Set Computing, 精简指令集计算机处理器) 芯片, 并开发了相关技术和软件。ARM 处理器具有性能高、成本低和能耗低的特点, 适用于嵌入式控制、消费/教育类多媒体、DSP 和移动式应用等领域。

ARM 公司本身不生产芯片, 靠转让设计许可, 由合作伙伴公司来生产各具特色的芯片。ARM 这种商业模式的强大之处在于其价格合理, 它在全世界范围的合作伙伴超过 100 个, 其中包括许多著名的半导体公司。ARM 公司专注于设计, 设计的芯片内核耗电少, 成本低, 功能强, 特有 16/32 位双指令集。ARM 已成为移动通信、手持计算和多媒体数字消费等嵌入式解决方案的 RISC 实际标准。

1.1.1 ARM 公司历史

1990 年 11 月 ARM 公司成立于英国, 原名 Advanced RISC Machine 有限公司, 是苹果电脑、Acorn 电脑集团和 VLSI Technology 的合资企业。Acorn 曾推出世界首个商用单芯片 RISC 处理器, 而苹果电脑当时希望将 RISC 技术应用于自身系统, ARM 微处理器新标准因此应运而生。ARM 公司成功地研制了首个低成本 RISC 架构, 迅速在市场上崭露头角。与此同时, RISC 结构的竞争对手都着眼于提高性能, 发展适合高端工作站处理器的 RISC 结构。

1991 年 ARM 公司推出首个嵌入式 RISC 核心——ARM6™系列处理器后不久, VLSI 率先获得授权, 一年后夏普和 GEC Plessey 也成为授权用户。1993 年德州仪器和 Cirrus Logic 也签署了授权协议。从此 ARM 公司的知识产权产品和授权用户都急剧增多。1993 年 Nippon Investment and Finance (NIF) 成为 ARM 公司股东后, ARM 公司开始向全球拓展, 分别在亚洲、北美洲和欧洲设立了办事处。1998 年 4 月 ARM 公司在伦敦证券交易所和纳斯达克交易所上市。