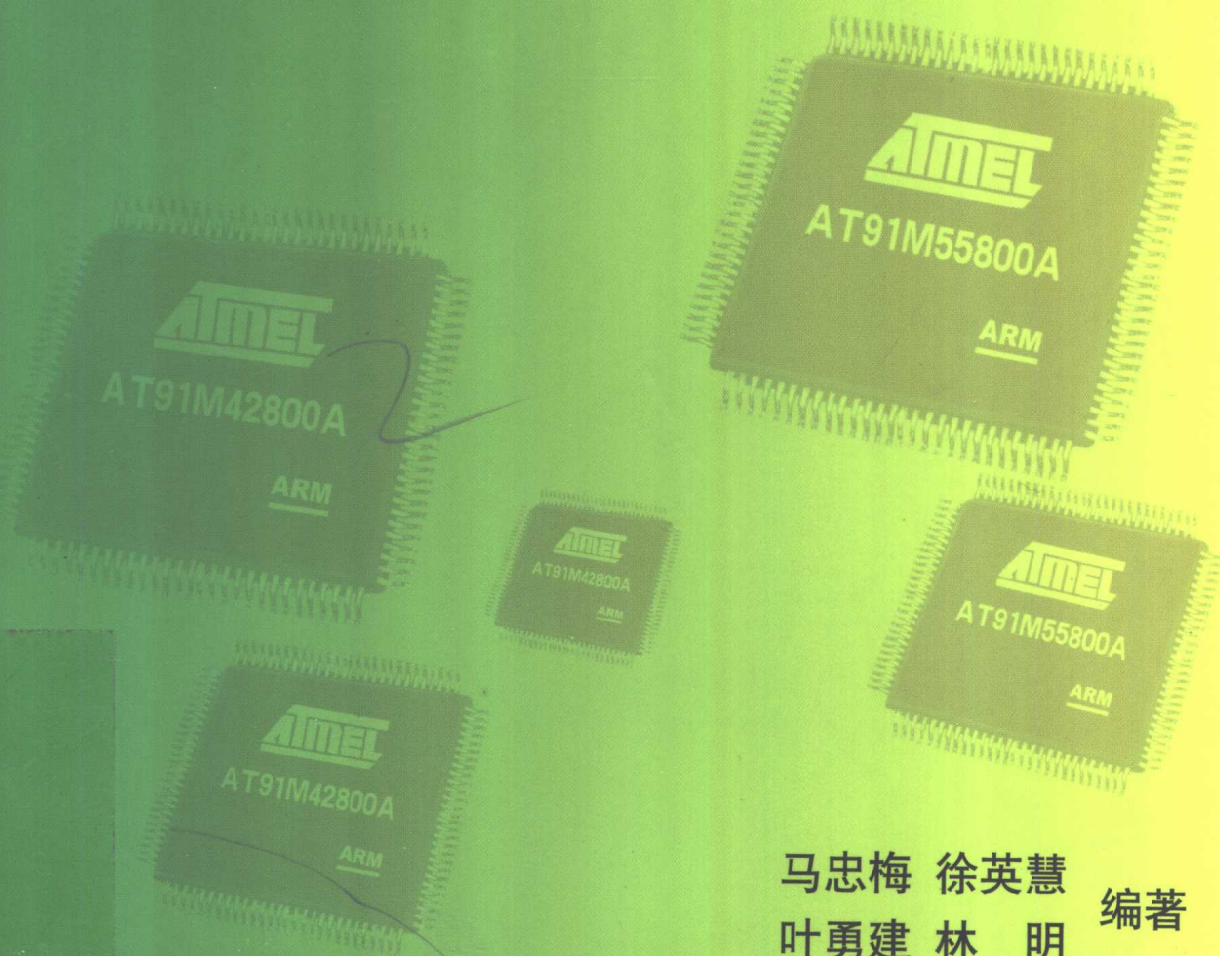




AT91系列

ARM核微控制器 结构与开发



马忠梅 徐英慧 编著
叶勇建 林 明



北京航空航天大学出版社

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

AT91 系列 ARM 核微控制器 结构与开发

马忠梅 徐英慧 编著
叶勇建 林 明

北京航空航天大学出版社

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

内 容 简 介

本书针对 ATMEL 公司基于 ARM 核的 AT91 系列微控制器,介绍其器件的特点、内部结构、内部资源以及开发方法。全书共 10 章,包括 AT91 系列微控制器芯片结构原理、AT91 评估板和集成函数库、ARM 编程模型和指令集、内部资源的程序设计、硬件的开发平台和 uClinux 操作系统软件平台以及各种 ARM 开发工具等。AT91 微控制器是 ATMEL 公司继 AT89,AT90(AVR)系列单片机后,推出的基于国际领先 32 位 RISC 处理器核 ARM 的高端嵌入式系统芯片。它的特色是具有大容量 Flash 存储器的芯片,并提供 C 语言源码的丰富的 AT91 库函数。它是国内主流的 ARM 核芯片。

本书内容比较全面,编程举例详细,可作为嵌入式系统应用技术人员的参考手册和嵌入式系统课程的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

AT91 系列 ARM 核微控制器结构与开发/马忠梅等编著.
北京:北京航空航天大学出版社,2003.1
ISBN 7-81077-253-8

I. A… II. 马… III. 微处理器,ARM
IV. TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 090947 号

AT91 系列 ARM 核微控制器结构与开发

马忠梅 徐英慧 编著
叶勇建 林 明
责任编辑 刘晓明

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

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

E-mail: bhpess@263.net

河北省涿州市新华印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:33 字数:845 千字

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-253-8 定价:49.50 元

致读者

美国爱特梅尔(ATMEL)公司是一家大型的、跨国的,集工艺设计、产品设计、产品生产、产品销售及服务为一体的专业半导体公司。

ATMEL 公司利用其在世界领先的生产工艺、设计技术及多年积累的各种专利、单元库和 IP 核,为用户设计生产各种专用数字、模拟及混合集成电路(ASIC),广泛应用于航天、军事、工业和民用等领域。

除提供各种专用集成电路外,ATMEL 公司还设计生产许多通用电路,为通信、家电、仪器仪表、IT 行业、智能卡及各种应用系统提供性价比高的产品。通用产品主要包括:多种存储器、可编程逻辑器件、汽车电子产品、多媒体产品和几十种接触式及非接触式智能卡芯片等。

ATMEL 公司的微控制器(单片机)产品在通用电路市场上一直扮演着重要的角色。在各位朋友的厚爱及支持下,AT89 系列产品进入中国近十年来已获得巨大的成功;AVR AT90 系列在短短的四年里也赢得了广大用户的喜爱。

本书所介绍的 ARM 32 位 AT91 系列是 ATMEL 公司推出的又一新产品。我们除了可以为用户设计含 ARM 核的专用 ASIC 产品之外,还率先推出了功能强大的单片通用产品。

尊敬的读者朋友,谢谢并欢迎您阅读此书,愿您早日成为 ATMEL ARM 的用户,并为您带来效益。希望本书能为您了解和使用 ARM 提供方便,也希望得到您的建议和帮助。

向为本书出版做出巨大贡献的北京理工大学的马忠梅教授、徐英慧小姐,向北京航空航天大学出版社的何立民教授、马广云博士,以及其他许多为此书付出辛勤劳动的朋友,致以深深的谢意!

美国爱特梅尔(ATMEL)公司

2002 年 10 月 24 日

爱特梅尔北京代表处:

北京市海淀区学院南路 70 号 710 室 (邮编:100081)

010-62186224,62186225,62180478,62186227(F)

爱特梅尔上海代表处:

上海市长宁区番禺路 586 号东方商务大楼 4 楼 A 座 (邮编:200052)

021-62809234,62809241,62808604,62807592(F)

前 言

随着 Internet 的普及,我们已进入了网络时代,进入了后 PC 时代。不仅用 PC 机能上网,而且用各种各样的嵌入式设备都可以上网。后 PC 时代出现了信息电器,如掌上电脑、个人数字助理(PDA)、可视电话、移动电话、TV 机顶盒、电视会议机和数码相机等嵌入式设备。能上网的嵌入式设备需要加上 TCP/IP 网络协议。由于 8/16 位单片机的速度不够快以及内存不够大,较难满足嵌入式设备的上网要求,因此 ATMEL 公司推出高端嵌入式系统用的 32 位微控制器 AT91 系列。AT91 系列微控制器是继 ATMEL 公司成功推出 AT89 系列 Flash 单片机和 AT90 系列 AVR 单片机后的又一通用微控制器系列,即 32 位单片机。本书采用国际通用的称呼——微控制器。AT91 系列微控制器采用 ARM 公司的 ARM7TDMI 处理器核。

ARM 公司在 32 位 RISC 处理器市场占有率超过了 75 %。ARM 公司的成功之处在于它是知识产权供应商,是设计公司。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 商业模式的强大之处在于其价格合理,在全世界范围的合作伙伴超过 100 个,其中包括半导体工业的著名公司。ARM 公司专注于设计,其内核耗电少、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。

ATMEL 公司是率先在 32 位微控制器中使用 ARM 核的公司。它的 AT91 系列产品继承了 AT89 和 AT90 系列的结构特点,片内具有我们熟悉的 Flash 存储器、定时器/计数器、并行口、串行口和中断控制器等。ATMEL 公司还提供 AT91 集成函数库,用 C 语言和汇编语言设计并提供源代码,非常便于芯片的编程。本书力求使读者对 AT91 系列微控制器有一全面的了解,内容选材尽量丰富、完整,并介绍其开发工具和开发平台。全书共 10 章,各章节内容安排如下:

第一章简要介绍 ATMEL 微控制器系列,包括 AT89 系列、AT90 系列和 AT91 系列的最主要的特性。

第二章介绍 ARM 公司和 ARM 处理器结构。从体系结构的角度介绍 ARM 的编程模型,即它的寄存器组织和工作模式;介绍 ARM 指令集所采用的基本寻址方式。

第三章分类介绍 ARM 指令集和 Thumb 指令集。每类指令都尽量完整地介绍其句法,并给出指令的例子;还特别对 ARM 独特的每条指令的条件执行进行说明。

第四章全面介绍 AT91 系列微控制器的所有器件,给出其特点、总体结构及

引脚配置等。

第五章为 AT91 系列微控制器各种内部资源的描述、寄存器说明和用户接口,把第四章介绍的器件的相同外围部件提出来进行分类说明。

第六章全面介绍 ATMEL 公司提供的开发环境,包括各器件的评估板、集成函数库和 ATMEL 工程师使用库函数编写的内部资源测试程序。

第七章介绍各种开发工具和具体的开发流程,还给出 Angel 调试监控程序和最重要的启动代码部分。

第八章给出两种 AT91 系列微控制器开发平台,由 MICETEK 公司和 BMR 公司提供。平台上移植了开放源代码的 uClinux 和 uC/OS 嵌入式操作系统。

第九章介绍 uClinux 嵌入式操作系统开发平台。

第十章为几种 ATMEL 公司的专用标准产品的介绍,包括 Internet 电器、无线数据通信和数码相机等。

附录中包含 ATMEL 公司带 ARM 核的芯片以及指令集速查表。

过去大量的 8/16 位单片机的应用,这只是嵌入式系统的初级阶段。伴随着网络时代的来临,出现了机顶盒、路由器和调制解调器等 Internet 设备。总之,Internet 的基础设施都是嵌入式系统,而且在高端嵌入式应用中,32 位微控制器现在已是很常见的了。国内的 IT 产品的开发应该更新理念,即:逐步采用 32 位高性能的 CPU;采用 C 等高级语言编程;采用 RTOS 及其平台进行开发;采用模块化方式从事项目开发应用。32 位微控制器可以满足 IT 产品的开发要求,缩短产品的上市时间,为加强运算的嵌入式应用提供了高度的灵活性和高性能价格比的解决方案。

ATEML 公司非常注重单片机的应用推广工作。AT91 系列微控制器是国内最早打出广告的 ARM 核产品,是国内主流的 ARM 核芯片。本书是受 ATMEL 公司施膺先生之邀,在 ATMEL 北京办事处和上海办事处的工程师叶勇建、林明先生大力支持和帮助下完成的。ARM 中国公司谭军博士及 MICETEK 上海祥佑数码有限公司桑桐梁、严永红和 BMR 北京麦克泰软件公司曹旭华先生提供了宝贵资料。北京航空航天大学出版社何立民教授和马广云博士对本书编写极为关心,并提出宝贵建议。在此谨向他们深表谢意。

本书是把《ARM 嵌入式处理器结构与应用基础》(北京航空航天大学出版社出版)一书的 ARM 核落实到具体芯片,希望能让大家了解和使用 ARM 核芯片。愿本书能对 32 位微控制器在国内应用推广工作起到一定促进作用。因目前国内可参考的中文资料少,词汇使用上难免不确切,望国内同行指正。

作者

2002 年 10 月

目 录

第一章 ATMEL 微控制器系列

1.1	ATMEL 微控制器简介	1
1.2	AT91 系列微控制器特点	3
1.3	AT91 系列微控制器结构	4

第二章 ARM 嵌入式处理器体系结构

2.1	ARM 处理器结构	6
2.1.1	ARM 介绍	6
2.1.2	ARM7TDMI 处理器核	7
2.1.3	ARM 体系结构	9
2.1.4	框图、内核和功能图	10
2.1.5	ARMTDMI 输入/输出信号	12
2.2	ARM 编程模型	17
2.2.1	数据类型	17
2.2.2	处理器模式	17
2.2.3	处理器工作状态	18
2.2.4	寄存器组织	19
2.2.5	异 常	24
2.2.6	存储器和存储器映射 I/O	28
2.2.7	中断延迟	31
2.2.8	复 位	31
2.3	ARM 基本寻址方式	32
2.3.1	寄存器寻址	32
2.3.2	立即寻址	32
2.3.3	寄存器移位寻址	32
2.3.4	寄存器间接寻址	33
2.3.5	变址寻址	33
2.3.6	多寄存器寻址	34
2.3.7	堆栈寻址	34
2.3.8	块拷贝寻址	35
2.3.9	相对寻址	36

第三章 ARM 指令集和汇编程序设计

3.1	ARM 指令集	37
3.1.1	指令集编码	37
3.1.2	条件执行	38
3.1.3	指令分类说明	39
3.2	Thumb 指令集	58
3.2.1	Thumb 指令集与 ARM 指令集的区别	58
3.2.2	指令集编码	58
3.2.3	指令分类说明	59
3.3	汇编语言程序设计	73
3.3.1	预定义变量	73
3.3.2	伪指令和指示符	75
3.3.3	ARM 汇编程序规范	77
3.3.4	ARM 汇编程序设计	79
3.3.5	宏定义和使用	87
3.3.6	混合编程	87

第四章 AT91 系列微控制器概览

4.1	AT91X40 系列微控制器基本型	94
4.1.1	特 点	94
4.1.2	总体结构	95
4.1.3	引脚配置	97
4.1.4	产品纵览	99
4.1.5	片内外围	105
4.2	带 Flash 的 AT91X40 系列器件	106
4.2.1	AT91FR40162	106
4.2.2	AT91FR4042	111
4.2.3	AT91FR4081	114
4.2.4	AT91F40816	118
4.3	AT91M42800A	120
4.3.1	特 点	120
4.3.2	总体结构	121
4.3.3	引脚配置	124
4.3.4	产品纵览	128
4.3.5	片内外围	135
4.3.6	内部资源的用户接口	137
4.4	AT91M43300	146
4.4.1	特 点	146

4.4.2	总体结构	147
4.4.3	引脚配置	150
4.5	AT91M63200	152
4.5.1	特 点	152
4.5.2	总体结构	153
4.5.3	引脚配置	154
4.5.4	产品纵览	157
4.5.5	内部资源的用户接口	161
4.6	AT91M55800A	166
4.6.1	特 点	166
4.6.2	总体结构	168
4.6.3	引脚配置	170
4.6.4	产品纵览	175
4.6.5	片内外围	180
4.6.6	内部资源的用户接口	182

第五章 AT91 系列微控制器的内部资源

5.1	外部总线接口	187
5.2	中断控制器	209
5.3	并行口和串行口	220
5.3.1	并行口	220
5.3.2	串行口	230
5.3.3	串行外围接口 SPI	247
5.3.4	多处理器接口 MPI	263
5.4	定时器	267
5.4.1	定时器/计数器	267
5.4.2	看门狗定时器	286
5.4.3	实时时钟 RTC	290
5.4.4	系统定时器 ST	301
5.5	A/D 和 D/A 转换器	307
5.5.1	A/D 转换器	307
5.5.2	D/A 转换器	314
5.6	电源管理	320
5.6.1	电源管理控制器 PMC	320
5.6.2	先进电源管理控制器 APMC	330
5.6.3	省电模块 PS	343
5.7	特殊功能寄存器 SF	347

第六章 ATMEL 的 ARM 开发环境

6.1	AT91 评估板	351
6.1.1	概 述	351
6.1.2	评估板设置	352
6.1.3	评估板上软件	353
6.1.4	评估板上元器件	355
6.2	AT91 集成函数库	356
6.2.1	AT91 库的定义规则	356
6.2.2	AT91 库的层次结构	358
6.2.3	AT91 库的使用	360
6.3	AT91 内部资源的库函数编程	365
6.3.1	并行口编程	365
6.3.2	串行口编程	368
6.3.3	定时器/计数器编程	372
6.3.4	A/D 转换器编程	376
6.3.5	D/A 转换器编程	379
6.3.6	先进中断控制器编程	383
6.3.7	实时时钟计数器编程	385
6.4	AT91 函数库	390
6.4.1	省电模块	390
6.4.2	SPI 接口	393
6.4.3	EBI 接口	394
6.4.4	I ² C 接口	394

第七章 ARM 开发工具和开发流程

7.1	ARM 开发工具	397
7.1.1	ARM 开发工具综述	397
7.1.2	ARM SDT	398
7.1.3	ARM ADS	400
7.1.4	MULTI 2000	403
7.1.5	Nucleus UDB	407
7.1.6	visionCLICK/visionXD	407
7.1.7	Hitool for ARM	408
7.1.8	Embest IDE	409
7.1.9	BDI 1000/BDI 2000	410
7.1.10	Multi - ICE	411
7.1.11	JEENI 仿真器	411
7.1.12	TRACE32 - ICD	412

7.1.13	visionPROBE/visionICE II	412
7.2	Hitool for ARM 开发系统	413
7.2.1	ARM 的开发方案	413
7.2.2	Hitool for ARM 软件产品特征	414
7.2.3	Hitool for ARM 功能及使用	415
7.3	嵌入式系统开发流程	428
7.4	Angel 调试监控程序	432
7.4.1	Angel 概述	432
7.4.2	Angel 系统的组成	435
7.4.3	Angel 系统的资源需求	436
7.4.4	Angel 操作	437
7.4.5	Angel 接口	438
7.4.6	Angel 的通信结构	439
7.4.7	Angel 调试协议	439
7.5	启动代码	441
 第八章 AT91 微控制器开发平台		
8.1	MICETEK 的 AT91 微控制器开发平台	448
8.1.1	EV40 评估板的组成	448
8.1.2	评估板的各模块功能介绍	449
8.1.3	片选信号设置及外围地址空间分配	452
8.1.4	以太网接口程序设计	453
8.2	BMR 的 AT91 微控制器开发平台	455
8.2.1	NetCARM7 的结构	455
8.2.2	开发套件特点	456
8.2.3	NetCARM7 开发板硬件资源	456
8.2.4	系统软件的移植	458
 第九章 uClinux 嵌入式操作系统开发平台		
9.1	uClinux 简介	460
9.2	uClinux 源代码结构	465
9.3	Hitool for uClinux 开发套件	465
 第十章 ATMEL 基于 ARM 的专用标准产品		
10.1	Internet 电器	480
10.2	无线数据通信	481
10.3	数码相机	482
10.4	高速无线通信	484

附录 A ATME1 公司带 ARM 核的芯片

附录 B AT91 库函数说明

B.1 并行 I/O 接口	487
B.2 串行口 USART	488
B.3 定时器/计数器	490
B.4 A/D 转换器	492
B.5 D/A 转换器	494
B.6 先进中断控制器	495
B.7 实时时钟计数器	496
B.8 省电模块	501
B.9 SPI 接口	502
B.10 EBI 接口	503
B.11 I ² C 接口	503

附录 C ARM 指令集、ARM 寻址方式和 Thumb 指令集速查表

参考文献

第一章 ATMEI 微控制器系列

1.1 ATMEI 微控制器简介

美国 ATMEI 公司(www.atmel.com)是世界著名的高性能、低功耗、非易失性存储器和数字集成电路的一流半导体制造公司。ATMEI 公司最引人注目的是它的 EEPROM 电可擦除技术、Flash 存储器技术,以及高质量、高可靠性的生产技术。在 CMOS 器件生产领域中,ATMEI 的先进设计水平、优秀的生产工艺及封装技术,一直处于世界领先地位。这些技术用于单片机生产,使单片机也具有优秀的品质,在结构、性能等方面都有明显优势。

20 世纪 90 年代初,ATMEI 公司率先把 MCS-51 内核与其擅长的 Flash 存储技术相结合,推出轰动业界的 AT89 系列单片机。至今,ATMEI 公司在 MCS-51 兼容机市场上仍占据主要份额,受到了众多用户的喜爱。继 AT89 系列之后,1997 年 ATMEI 公司挪威设计中心的 A 先生和 R 先生出于市场需求考虑,充分发挥其 Flash 技术优势,推出全新配置的精简指令集(RISC)AT90 系列单片机。1997 年底,ATMEI 公司采用业界流行的 ARM7TDMI 内核,推出了更强的 32 位 AT91 系列微控制器。为了与低端 8 位产品相区别,本书使用国际通用的微控制器称呼。微控制器在国内俗称单片机。

1. AT89 系列单片机

AT89 系列单片机是用 80C31 构成的。1994 年 ATMEI 公司以 EEPROM 技术和 Intel 公司的 80C31 单片机核心技术进行交换,从而取得了 80C31 核的使用权。AT89 系列单片机的优点是:内部含 Flash 存储器;和 80C51 插座兼容;采用静态时钟方式;错误编程亦无废品产生以及可反复进行系统试验。

AT89 系列单片机可分成标准型号、低档型号和高档型号 3 类。标准单片机有 AT89C51, AT89LV51, AT89C52 和 AT89LV52 这 4 种型号。低档型的单片机有 AT89C1051 和 AT89C2051 两种型号,它们的引脚只有 20 条,比标准型的 40 条引脚少得多。高档型只有一种型号 AT89S8252。它是在标准型的基础上增加了一些功能形成的。所增加的功能主要有:8 KB Flash 存储器,可下载程序;2KB 的 EEPROM;9 个中断响应;SPI 接口;Watchdog 定时器;双数据指针以及从电源下降的中断恢复。

2. AT90 系列单片机

AT90 系列单片机是增强型 RISC 结构,内置 Flash 的单片机,通常简称为 AVR 单片机。

AT90 系列单片机是基于新的精简指令 RISC 结构,综合了半导体集成技术和软件性能的新型单片机。这种结构使得 AVR 单片机,在 8 位单片机市场上具有很高的 MIPS/mW 能力。

为了缩短进入市场的时间和简化维护的支持,对于单片机来说,用高级语言编程是一种标准编程方法。AVR 单片机的开发目的就在于能采用 C 语言编程,从而能高效地开发出目标产品。为了对目标代码大小、性能及功耗进行优化,AVR 单片机采用了大型快速存取寄存器堆和快速单周期指令。

快速存取 RISC 寄存器堆由 32 个通用工作寄存器组成。传统的基于累加器的结构需要大量的程序代码,以实现累加器和存储器之间的数据传送。在 AVR 单片机中,用 32 个通用工作寄存器代替累加器,从而避免了传统的累加器和存储器之间的数据传送造成的瓶颈现象。

在 AVR 单片机中,在前一条指令执行的时候就取出现行的指令,然后以一个周期执行指令。在其他的 CISC 以及类似的 RISC 结构中,外部振荡器的时钟被分频降低到传统的内部执行周期,这种分频最大为 12。AVR 单片机是用一个时钟周期执行一条指令的,在 8 位单片机中,它是第一种真正的 RISC 单片机。

AVR 单片机有良好的性能价格比。这个系列有引脚少的器件,也有含较大容量存储器和引脚较多的器件。由于 AVR 单片机是采用哈佛结构的,故它们的程序存储器和数据存储器是分开的。AVR 单片机可直接访问 8 MB 程序存储器和 8 MB 数据存储器,寄存器堆被双向映射,并能访问片内允许快速上下文切换的那部分 SRAM 存储器。

AVR 单片机采用低功率、非易失的 CMOS 工艺制造。通过 SPI 口和一般的编程器,可以对 AVR 单片机的 Flash 存储器进行编程。

3. AT91 系列微控制器

AT91 系列微控制器是基于 ARM7TDMI 嵌入式微处理器的 16/32 位微控制器。ARM7TDMI 微处理器用高密度的 16 位指令集实现了高效的 32 位 RISC 结构,且功耗很低。此外,它内部的工作寄存器很多,使其非常适于实时控制应用。AT91 系列微控制器使用 ATMEL 公司的高密度 CMOS 技术,通过在一个单片上集成了 ARM7TDMI 和大量的 Flash 程序存储器、片内 RAM 以及各种外围功能模块,使其成为强有力的微控制器,为许多需要加强运算的嵌入式应用提供了高度的灵活性和高性能价格比的解决方案。

AT91 系列微控制器使用了基于先进微控制器总线结构 AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture) 的模块化设计方法,具有综合、快速和高性能价格比的特点。

表 1-1 列出了 ATMEL 公司带 ARM 核的芯片系列。表中芯片的详细性能参见附录 A。

表 1-1 ATMEL 公司带 ARM 核的芯片系列

型 号	ARM 内核	应用领域	备 注
AT91FR40162	ARM7TDMI	通用	16 Mbit Flash 和 2 Mbit SRAM
AT91FR4042	ARM7TDMI	通用	4 Mbit Flash 和 2 Mbit SRAM
AT91M40800	ARM7TDMI	通用	低成本
AT91M40807	ARM7TDMI	通用	128 KB 掩膜 ROM 为 32 位,低功耗
AT91M43300	ARM7TDMI	通用	
AT91M42800A	ARM7TDMI	通用	RTC, OSC 和 PLL
AT91M55800A	ARM7TDMI	通用	极低功耗;8 通道 10 位 ADC;2 通道 10 位 DAC, RTC, OSC 和 PLL
AT91M63200	ARM7TDMI	多处理器	具有对处理器接口 MPI
AT91R40807	ARM7TDMI	通用	SRAM 为 32 位,单周期访问
AT91R40008	ARM7TDMI	通用	SRAM 为 32 位,单周期访问
AT91F40816	ARM7TDMI	通用	8 Mbit Flash
AT91FR4081	ARM7TDMI	通用	8 Mbit Flash, 1 Mbit SRAM
AT9175C310	ARM7TDMI	Internet 处理器	
AT9175C220	ARM7TDMI	Internet 设备	

1.2 AT91 系列微控制器特点

AT91 系列微控制器可分为 AT91X40, AT91X63, AT91X43, AT91X42 和 AT91X55 共 5 个子系列。

1. AT91X40 子系列

(1) M40800

AT91M40800 是 AT91 系列微控制器中价格最低的成员。它基于 ARM7TDMI 核, 包含 8 KB SRAM、外部总线接口 EBI 和一些外围部件。外围部件包括定时器、USART 和中断控制器。AT91M40800 是用于系统主控制器的理想通用微控制器。其内核 ARM7TDMI 处理器的性能使得可由软件实现 DMA, SPI 和 ISO7816 接口等附加的外围功能。

(2) R40807

AT91R40807 共含有 136 KB 的片内 32 位宽 SRAM。片内 SRAM 可用于影像应用软件, 使得在最低系统功耗下获得最高性能。为了使功耗最小, 用户可在加载内部 SRAM 以后, 禁止外部非易失性存储器。这个器件与 AT91M40800 引脚兼容。

(3) M40807

AT91M40807 是带片内 ROM 的 ARM Thumb 微控制器。片内 ROM 是 32 位宽的, 处理器可在单时钟周期访问它。AT91M40807 在 40 MHz 下提供 36 MIPS 的最高性能。对于小规模应用, 整个应用软件可以放入片内 ROM。若放不下整个软件, 可把性能关键的那部分应用或操作系统存在片内 ROM 中。对于功耗敏感的应用, 片内 ROM 显著减少了系统功耗。

(4) R40008

AT91R40008 含有 256 KB 的片内 32 位宽 SRAM, 在 66 MHz 下运行。片内 SRAM 可用于影像应用软件或存储数据, 在最小系统功耗下得到最高性能。为了使功耗最小, 用户可在加载内部 SRAM 以后禁止外部非易失性存储器。这个器件与 AT91M40800 引脚兼容, 带内核供电 ($1.8 \pm 10\%$) V 异常并且设有 5 V 容限 I/O。

(5) F40816

AT91F40816 在外型尺寸只有 11 mm×17 mm 的非常小的 120-ball BGA 封装中, 嵌入了 AT91M40800 和 AT49BV16x4 16 Mbit Flash 存储器。AT91F40816 减少了电路板的空间, 与两个芯片的解决方案相比(AT91M40800+AT49BV16x4), 没有增加成本, 却增加了可靠性。

(6) FR4042

AT91FR4042 在一个紧凑的 121-ball BGA 封装内, 集成了 2 Mbit RAM 和 4 Mbit Flash 存储器。片内存储器使性能高达 63 MIPS, 比用外部 SRAM 实现显著降低了功耗。Flash 存储器可以通过 JTAG/ICE 接口或厂家编程的 Flash Uploader 程序, 使用单一器件供电进行编程。AT91FR4042 适用于在系统可编程应用。

(7) FR4081

AT91FR4081 是嵌入 1 Mbit SRAM 和 8 Mbit Flash 的 ARM Thumb 微控制器。它的外型尺寸只有 11 mm×17 mm, 是非常小的 120-ball BGA 封装, 与 AT91F40816 引脚兼容。AT91FR4081 减少了电路板的空间, 与两个芯片的解决方案(AT91R40807+AT49BV8011A)

相比,没有增加成本,却增加了可靠性。

(8) FR40162

AT91FR40162 在一个紧凑的 121 - ball BGA 封装内,集成了 2 Mbit RAM 和 16 Mbit Flash 存储器。片内存储器使性能高达 63 MIPS,比用外部 SRAM 实现显著降低了功耗。Flash 存储器可以通过 JTAG/ICE 接口或厂家编程的 Flash Uploader 程序,使用单一器件供电进行编程。AT91FR40162 适用于在系统可编程应用。

2. AT91X63 子系列

AT91M63200 的特色是有称做 MPI(Multi Processor Interface)的第二并行接口。它提供与外部协处理器,诸如 AT91 微控制器或 DSP 的高性能接口。移动通信市场是 M63200 很适用的应用场合。DSP 负责信号处理(语音压缩、通道编码和加密等),MCU 专用于系统功能(键盘、显示用户接口和协议栈等)。

3. AT91X43 子系列

AT91M43300 除未集成 MPI 外,与 AT91M63200 完全兼容。AT91M43300 是 BGA 144 - ball 封装。这种封装的外型尺寸仅有 13 mm×13 mm,对于有空间限制的应用场合,非常理想,如用于手持设备和传感器等。

4. AT91X42 子系列

AT91M42800A 具有出色的性能价格比。与 AT91M40800 相比,仅以少的附加成本集成了附加的 SRAM、定时器、SPI、JTAG 边界扫描、振荡器和 PLL、中止管理以及电源管理。

5. AT91X55 子系列

AT91M55800A 设计用于超低功耗应用。它有除 MPI 外的 M63200 的大部分功能,还包含 RTC(Real Time Clock)、8 通道 10 位 ADC、2 通道 10 位 DAC 和先进的电源管理。

AT91 系列微控制器中最典型的结构是 AT91X40 子系列。其中 M40800, R40807, M40807 和 R40008 结构相同。其他几种内嵌 Flash 存储器,共享 M40800/R40807/M40807/R40008 结构。

1.3 AT91 系列微控制器结构

ATMEL 公司将外围部件和存储器与 ARM Thumb 处理器集成起来,以满足用户对 16/32 位微处理器的需求。图 1-1 为 ATMEL 公司带 ARM 核的 AT91 系列微控制器总体结构方框图。

ATMEL 公司 AT91 系列微控制器内核为 ARM 公司的 ARM7TDMI 嵌入式微处理器核。AT91 微控制器含有真正单周期、完全可编程的 16 位外部总线接口。该接口提高了存储器访问速度,同时降低了整个系统造价。在存储器和 2 个片上 USART 之间,外围数据控制器提供了 4 个类似 DMA 的通道,用于没有 CPU 干预的快速数据传送。

存储器映射和片内外围部件的编程已经被优化,以使器件的编程更容易,使外围部件寄存器的位操作更有效。

AT91 系列微控制器集成了 ARM7TDMI 核、嵌入式 ICE 接口、存储器以及外围部件。系列结构有两条主要总线:先进系统总线 ASB (Advanced System Bus)和先进外围总线 APB (Advanced Peripheral Bus)。ARM7TDMI 通过 ASB 接口实现与片内 32 位存储器、外部总线

接口 EBI 以及 AMBA 桥的互连。AMBA 桥用来驱动 APB; APB 用于访问片内外围,优化系统功耗。

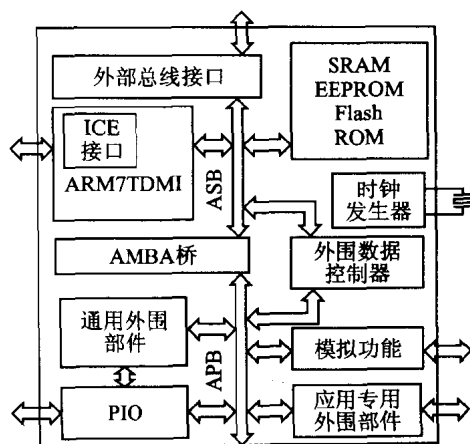


图 1-1 AT91 方框图

系列产品具有外部总线接口 EBI。通过它,ARM 核可以与外部存储器及专用外设相连接。EBI 支持 8 位和 16 位器件,并可以用两个 8 位器件来仿真一个 16 位的器件。EBI 还实现了早读协议(early read protocol),使用户可以获得比标准读协议(standard read protocol)更快的存储器访问速度。

AT91 系列产品集成有片内外围部件,分为通用外围部件和专用外围部件。ARM 核可以通过 AMBA 桥以 32 位的总线宽度访问,用最少的指令编程所有的片内外围。外围寄存器集包括控制寄存器、模式寄存器、数据寄存器、状态寄存器以及使能/禁止/状态寄存器。

通用外围部件包括外部总线接口、先进中断控制器、并行 I/O 控制器、通用同步/异步收发器、定时器/计数器和看门狗定时器等。专用外围部件包括先进电源管理控制器、实时时钟、串行外围接口和多处理器接口等。模拟功能包括 A/D 转换器和 D/A 转换器。

片内外围数据控制器(PDC)用来在片内外围和片内/外存储器之间传送数据而无须处理器的干预。最重要的是,PDC 省去了处理器中断处理的开销,使得系统无须重新编程起始地址就可以连续传送多达 64 KB 的数据,从而提高了微控制器的性能,降低了功耗。

AT91 系列微控制器采用 ARM7TDMI 微处理器核,在本书第二章和第三章中将介绍 ARM 嵌入式处理器体系结构和指令集。

AT91 系列微控制器的各种产品的特点、内部结构和引脚配置等在第四章中给出,其各种外围部件即内部资源在第五章中描述。