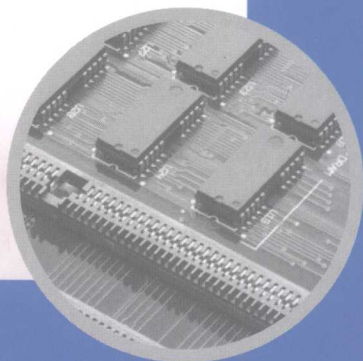


ARM嵌入式 应用开发 完全自学手册

张绮文 王廷广 编著



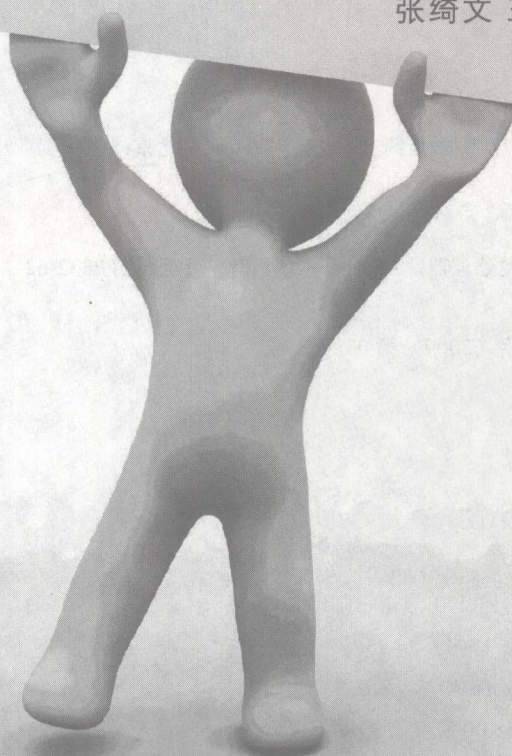
ARM 嵌入式 应用开发

完全自学手册



ARM嵌入式 应用开发 完全自学手册

张绮文 王廷广 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京•BEIJING

内 容 简 介

全书从实用角度出发,通过开发技术与实际工程案例结合的形式,详细介绍了 ARM 嵌入式应用开发的方法、技术与流程。全书共分 12 章,主要内容包括:ARM 处理器内部结构、ARM 指令系统与编程、ARM 开发环境与工具、ARM 的系统调试、ARM $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 移植与应用设计、ARM 嵌入式 Linux 的应用开发、ARM 外围设备的编程开发、ARM 嵌入式系统组成与开发流程,以及远程控制用印系统、无纸化排队叫号系统和 CDMA 车辆报警器 3 个系统实例。

本书语言简洁、层次清晰,内容从零开始、循序渐进,讲解全面深入。应用技术与实际案例紧密结合,实例典型丰富,好学易懂,具有较高的实战和商业参考价值。读者学习后可以举一反三,快速实现从入门到精通的飞跃。

本书配有光盘一张,包含了全书所有实例的硬件原理图和程序源代码,方便读者学习和使用。本书适合计算机、自动化、电子及通信等相关专业的大学生,以及从事 ARM 开发的科研人员使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

ARM 嵌入式应用开发完全自学手册/张绮文,王廷广编著.—北京:电子工业出版社,2009.4

ISBN 978-7-121-08509-3

I. A… II. ①张…②王… III. 微处理器, ARM—系统设计—手册 IV. TP332-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 038408 号

责任编辑:朱沐红

印 刷:北京东光印刷厂

装 订:三河市皇庄路通装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:26.25 字数:636 千字

印 次:2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数:4000 册 定价:55.00 元(含光盘 1 张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

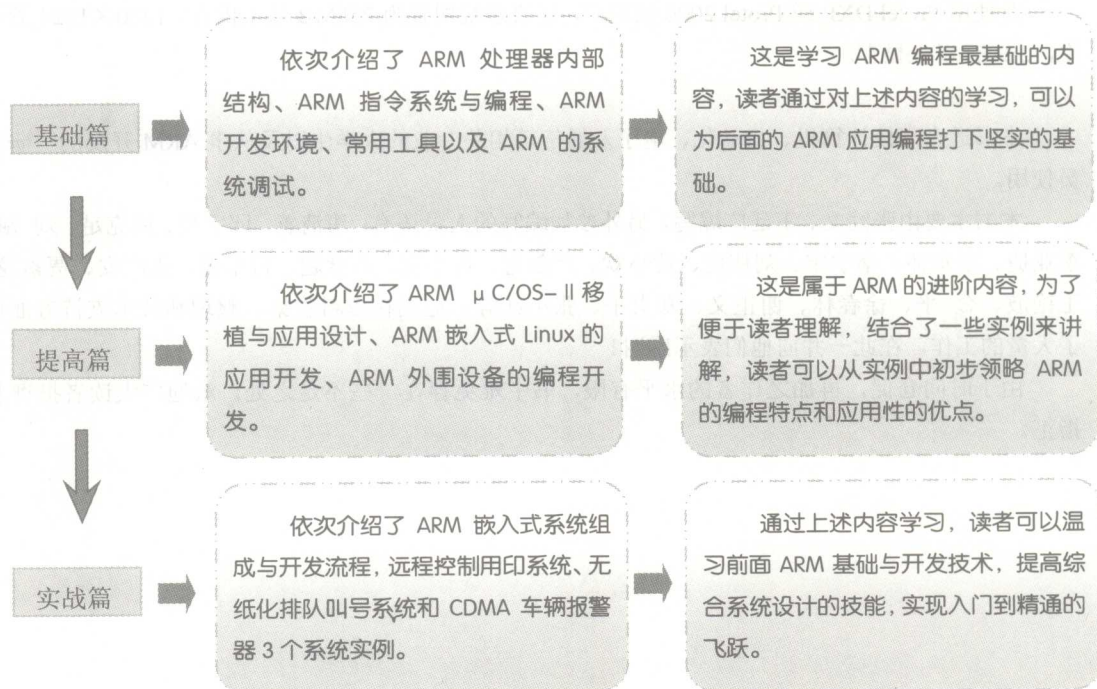
前言

ARM 是目前应用最热门的嵌入式处理器之一,在无线通信、工业控制、数字消费类电子以及家居安全领域得到了广泛深入地应用。由于 ARM 嵌入式开发软硬件相结合的过程技术性较强,因此读者需要了解 ARM 的硬件结构、指令系统,熟悉 C 语言、汇编编程以及 ARM 常用开发工具,学习基于 Linux 和 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 平台的系统移植和开发,并最终掌握 ARM 外围设备的编程与综合系统的设计方法。

但目前市场上关于 ARM 入门学习的书,要么内容不够全面,要么实用性不强,或者就是结构不合理、讲解方式不易学等,本书将重点弥补这些不足,内容全面、系统、实用,技术涉及更加新颖深入,并安排典型的系统开发实例,突出应用性和实用性,方便读者快速入门和提高。

本书内容

全书共分 12 章,主要内容安排如下:



本书特色

与同类书相比，本书具有以下特色：

- ① 内容安排系统全面、由浅入深，讲解方式从零开始、循序渐进，方便初学者快速上手。
- ② 以应用和实践为核心，ARM 开发技术与实际案例紧密结合，边讲边练，实战价值高；同时提供了系统设计的详细思路与流程，对实例程序代码做了详细注释，利于读者理解和巩固知识点。
- ③ 本书配有光盘一张，包含了全书所有实例的硬件原理图和程序源代码，方便读者学习和使用，同时读者只需对其稍加修改，便可应用于自己的工作中或完成自己的课题，物超所值。

光盘说明

1、光盘内容与使用说明

本光盘内容包括实例章节的程序代码和电路图文件。各文件夹以书的章节编号来命名。

- ① 程序代码文件夹：包含本书所有源代码文件。
- ② 电路图文件夹：包含本书各实例原理图文档，请读者使用 protel 99 或者 DXP 软件查看。

2、系统配置要求

该光盘运行只需一般的 PC 机就可以。

对使用 Protel99 操作的用户，建议系统配置为 128MB 以上内存，1024×768 分辨率，8MB 以上显存。

对使用 Protel DXP 或 Protel 2006 的用户，建议系统配置为 256MB 以上内存，1280×1024 分辨率，32MB 以上显存。

本书适合高校计算机、自动化、电子及通信等相关专业的大学生以及从事 ARM 开发的科研人员使用。

本书主要由张绮文、王廷广编写，另外参加编写的人员还有：唐清善、邱宝良、周克足、刘斌、李亚捷、李永怀、李宁宇、刘伟捷、黄小欢、严剑忠、黄小宽、李彦超、付军鹏、张广安、贾素龙、王艳波、金平、徐春林、谢正义、郑贞平、张小红等。他们在资料收集、整理和技术支持方面做了大量的工作，在此一并向他们表示感谢！

由于时间仓促，再加之作者的水平有限，书中难免存在一些不足之处，欢迎广大读者批评和指正。

目 录

基础篇

第 1 章 ARM 处理器概述	1
1.1 ARM 公司简介	1
1.2 ARM 特点与应用领域	2
1.2.1 ARM 特点	2
1.2.2 ARM 应用领域	2
1.3 ARM 处理器系列	3
1.4 ARM 主流芯片介绍	7
1.4.1 ATMELE 公司带 ARM 核的 芯片	7
1.4.2 ADMtek 公司带 ARM 核的 芯片	12
1.4.3 Cirrus Logic 公司带 ARM 核的 芯片	13
1.4.4 Intel 公司带 ARM 核的芯片	14
1.4.5 LinkUp 公司带 ARM 核的 芯片	16
1.4.6 NetSilicon 公司带 ARM 核的 芯片	17
1.4.7 SAMSUNG 公司带 ARM 核的 芯片	21
1.4.8 TI 公司带 ARM 核的芯片	23
1.4.9 Triscend 公司带 ARM 核的 芯片	24
1.5 本章总结	26
第 2 章 ARM 的系统结构	27
2.1 ARM 内核基本结构	27
2.1.1 ARM 内核	27
2.1.2 ARM 扩展功能块	28
2.1.3 ARM 启动方式	30

2.2 ARM 处理器运行模式	31
2.3 ARM 寄存器	31
2.3.1 通用寄存器	32
2.3.2 程序状态寄存器	33
2.3.3 ARM 状态下的寄存器	35
2.3.4 Thumb 状态下的寄存器	36
2.4 ARM 存储系统	37
2.4.1 ARM 存储方法	37
2.4.2 存储空间管理单元 MMU	37
2.5 ARM 流水线与时序	39
2.5.1 ARM 流水线	39
2.5.2 ARM 时序	40
2.6 ARM 中断与异常	41
2.6.1 ARM 异常类型	41
2.6.2 异常的响应及返回	42
2.6.3 异常的描述	42
2.6.4 异常的处理	44
2.7 ARM 的总线接口	45
2.7.1 ARM 的存储器接口	45
2.7.2 ARM 的协处理器接口	55
2.7.3 AMBA 接口	60
2.8 本章总结	64
第 3 章 ARM 指令系统与编程	65
3.1 ARM 32 位指令系统	65
3.1.1 ARM 指令系统概述	65
3.1.2 ARM 定点指令集	68
3.1.3 ARM 浮点指令集	89
3.2 ARM 16 位 Thumb 指令系统	93
3.2.1 Thumb 指令系统概述	93
3.2.2 Thumb 指令集	94
3.3 ARM 汇编语言设计	105

7.3	BOOT LOADER 的安装	217
7.4	Linux 系统移植原理与过程	228
7.4.1	Linux 系统移植原理	228
7.4.2	ARM Linux 的移植过程	230
7.5	Linux 根文件系统的原理与 创建	237
7.5.1	根文件系统原理	237
7.5.2	根文件创建过程	240
7.5.3	相关总结	246
7.6	Linux 下的 GUI 系统配置与 移植	246
7.6.1	GUI 系统原理	246
7.6.2	不同 GUI 平台的移植配置	249
7.6.3	GUI 图形显示的实现	251
7.7	编写嵌入式 Linux 的设备驱 动程序	254
7.8	Linux 应用开发实例: GPIO 设备程序开发	256
7.8.1	实例说明	256
7.8.2	GPIO 设备驱动原理	257
7.8.3	GPIO 设备程序开发	258
7.9	本章小结	259
第 8 章	ARM 外围设备的编程开发	260
8.1	ARM 外围设备编程原理	261
8.1.1	Flash 的工作原理与编程	261
8.1.2	SDRAM 的工作原理与编程	268
8.1.3	串口、以太网口的设计	272
8.1.4	电源模块	273
8.1.5	液晶显示模块 LCD	274
8.1.6	键盘模块	275
8.2	ARM 外围设备设计实例 1—— USB 设备模块设计	276
8.2.1	实例说明	276

8.2.2	设计思路分析	276
8.2.3	硬件电路设计	279
8.2.4	软件设计	282
8.2.5	实例小结	286
8.3	ARM 外围设备设计实例 2—— I ² C 总线接口设计	286
8.3.1	实例说明	286
8.3.2	I ² C 设计原理	286
8.3.3	I ² C 硬件电路设计	287
8.3.4	软件设计	289
8.3.5	实例小结	298
8.4	本章小结	298

实 战 篇

第 9 章	ARM 嵌入式系统组成与开发 流程	299
9.1	ARM 嵌入式系统的组成	299
9.2	ARM 嵌入式系统体系结构	299
9.2.1	硬件体系结构	300
9.2.2	软件体系结构	301
9.3	ARM 嵌入式硬件平台实现 方法	302
9.3.1	硬件电路板设计	302
9.3.2	ARM 硬件设计原则	303
9.4	ARM 嵌入式软件的开发方法	304
9.4.1	软件开发流程	304
9.4.2	软件开发环境构建	306
9.5	本章总结	306
第 10 章	远程控制用印系统设计 (基于 μ C/OS-II 系统)	307
10.1	实例说明	307
10.2	设计思路分析	308
10.2.1	远程用印系统实现方案	308

10.2.2	用印系统的扩展应用实现	
	方案	308
10.3	硬件电路设计	308
10.3.1	总体电路设计	308
10.3.2	步进电机驱动模块	309
10.3.3	LCD 数据显示模块	310
10.4	软件设计	312
10.4.1	步进电机的 S 曲线实现	312
10.4.2	程序代码与注释	313
10.5	实例总结	330
第 11 章	基于 ARM 无线的无纸化	
	排队叫号系统	331
11.1	系统说明	331
11.2	系统实现方案	332
11.3	硬件电路设计	333
11.3.1	CC1100 芯片	333
11.3.2	接口电路	335
11.3.3	SPI 介绍	337
11.3.4	LPC2132 的 SPI 控制寄存器	
	介绍	339
11.4	软件设计	339
11.5	程序代码与注释	345
11.6	实例总结	370
第 12 章	基于 GPSTOne 的 CDMA	
	车辆报警器设计	371
12.1	系统说明	371
12.1.1	系统构成	371
12.1.2	报警器构成	372
12.2	系统方案设计	372
12.2.1	传统设计思路	372
12.2.2	采用 GPSTOne 的设计思路	373
12.3	硬件电路设计	374
12.3.1	DTGS-800 介绍	374
12.3.2	电源电路	375
12.3.3	DTGS-800 接口以及其与	
	LPC2132 通信接口	376
12.3.4	UIM 卡的接口电路	377
12.3.5	工作指示灯、模块忙信号指	
	示灯电路及按键电路	377
12.3.6	模块复位、蜂鸣器和震动传	
	感器电路	378
12.3.7	I ² C 及串行 EEPROM 电路	378
12.3.8	系统总体电路	379
12.4	软件设计	380
12.4.1	DTGS-800 支持的 AT 指令	380
12.4.2	软件工作流程	383
12.5	代码说明与注释	384
12.5.1	系统初始化	384
12.5.2	主函数处理的任务	389
12.5.3	中断处理和数据接收判断	392
12.5.4	源程序附录(主要程序)	394
12.6	实例总结	408

第 1 章

ARM 处理器概述

本章将首先对 ARM 处理器做一概述，具体包括：ARM 处理器特点、应用领域、ARM 处理器系列及常用芯片等。

1.1 ARM 公司简介

ARM 公司于 1990 年 11 月成立于英国剑桥，主要出售芯片设计技术的授权，全称是“Advanced RISC Machines Ltd.”。ARM 的第一个客户是苹果电脑公司，为其新开发的 Newton 掌上电脑提供高速度、低功耗的 RISC（精简指令集算法）处理器。由于 ARM 只拥有技术，而缺乏足够的资金来购买昂贵的芯片制造、封装和测试设备，因此，ARM 授权伙伴公司 VLSI Technology 生产，并提供必要的技术支持，这种合作方式的初步成功也为今后 ARM 的发展模式奠定了基础。

在以后的几年中，ARM 凭借高超的技术和相对低廉的授权方式赢得了不少客户的青睐。目前全球有 112 家厂商在使用 ARM 公司的技术授权，而以微软和 SUN 公司为首的一批知名公司也为 ARM 处理器开发软件。2000 年，全球 ARM 处理器的发货量达到 4 亿；到 2001 年，ARM 处理器就拥有超过 76.8% 的 RISC 处理器的市场份额；2002 年则几乎垄断了全球嵌入式 RISC 处理器市场。在 ARM 的客户名单中全是业界耳熟能详的名字：英特尔、三星、德州仪器、摩托罗拉和美国国家半导体等。

从规模和产值来看，ARM 远远小于英特尔、高通、德州仪器和摩托罗拉四大巨头，但是其影响力并不弱于他们。相反，ARM 凭借 ARM 处理器已经建立起一个庞大的联盟，并通过下游厂商将产品打入电子产品的方方面面。

ARM 公司专门从事基于 RISC 技术芯片设计开发，作为知识产权供应商，它本身不直接从事芯片生产，而依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。而 ARM 技术获得第三方工具、制造、软件的支持，使整个系统成本降低，产品更容易进入市场，同时也提升了市场竞争力。

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 CPU，版本已经从 V3 发展到 V6，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。

说明：32 位是指处理器的外部地址和数据总线是 32 位的，相比 16 位的同频处理器性能更强大。RISC 是一种指令集，也指采用该指令集的处理器，英文缩写为：Reduced Instruction Set Computer，它比 CISC 代码效率更高。

1.2 ARM 特点与应用领域

1.2.1 ARM 特点

ARM 架构是面向低预算市场设计的第一款 RISC 微处理器，是一种可扩展、可移植、可集成的处理器。ARM 内核有 4 个功能模块 T、D、M、I，可供生产厂商根据不同用户的要求来配置生产。采用 RISC 架构的 ARM 微处理器一般具有如表 1-1 所示的特点。

表 1-1 ARM CPU 的特点

序 号	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

1.2.2 ARM 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) 嵌入式控制

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 微控制器以低功耗、高性价比等特点向传统的 8 位/16 位微控制器提出了挑战。

ARM 的嵌入式控制应用包括汽车、电子设备、保安设备、大容量存储器、调制解调器以及打印机等多个方面。一个典型的嵌入式 ARM 工业控制系统的功能模块如图 1-1 所示。

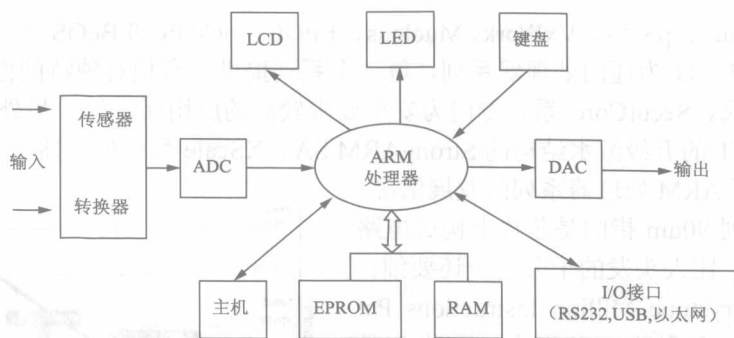


图 1-1 嵌入式 ARM 工业控制系统的功能模块

(2) 无线通信、便携式产品

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。ARM 此方面的应用包括便携式计算机、移动电话和 PDA 等方面。

(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行了优化, 并获得广泛支持, 同时也对 DSP 的应用领域提出了挑战。

(4) 数字消费产品

ARM 技术在目前流行的数字音频播放器、数字机顶盒、游戏机、数码相机、数字式电视机以及 GPS 中得到广泛采用。现在流行的数码相机和打印机中绝大部分采用 ARM 技术, 另外手机中的 32 位 SIM 智能卡也采用了 ARM 技术。

如图 1-2 所示是基于 ARM 技术的数码相机的功能模块。

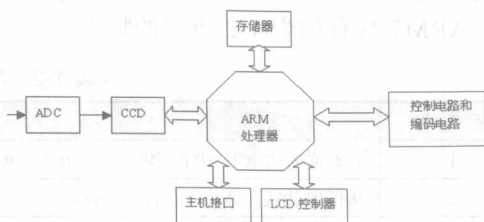


图 1-2 基于 ARM 技术的数码相机的功能模块

在图 1-2 中, 使用 ADC (Analog-to-Digital Converter, 模数转换器) 把来自转换器 (将真实世界的图像转换为模拟信号) 的视频信号转换成数字格式, 此时由 ARM 及其相关的控制电路和编码电路完成信号的处理过程。而其他外围设备包括 CCD (Charge-Coupled Device, 电荷耦合器件) 和接口电路, 则通过主机接口将数字视频信号传输到桌面计算机上。能够拍摄静止画面和动态图像的数码相机是非常高端的嵌入式系统, 它包括自动调焦、自动曝光、自动打开和关闭闪光灯等功能。

1.3 ARM 处理器系列

基于 ARM 体系结构的处理器除具有 ARM 体系结构的共同特点外, 每一个系列的 ARM 微处理器都有各自的特点和应用领域。V5 版本以后, ARM 公司提供 Piccolo DSP 芯核, 用于设计 ARM+DSP 的 SOC (System On Chip, 片上系统) 结构的芯片。此外, ARM 芯片还获得了许多实时操作系统 RTOS (Real Time Operating System) 支持, 比较知名的有:

Windows CE、Linux、pSOS、VxWorks Mucleus、EPOC、uC/OS 和 BeOS 等。

其中, ARM7~11 为通用处理器系列, 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。SecurCore 系列专门为安全要求较高的应用而设计。另外, 还有 Intel 公司采用 ARMv4T 的五级流水结构的 StrongARM SA、XScale 系列处理器。

图 1-3 说明了 ARM 处理器系列的发展情况。

其中, 左纵列 90nm 指的是芯片上构成电路的刻蚀线的间距, 比人头发的千分之一还要细; 性能 DMIPS (Dhrystone Million Instructions Per Second) 是速度, 每秒百万条指令; 右纵列是 ARM 处理器工作的时钟频率。

下面详细介绍 ARM 各种处理器的特点及应用领域。

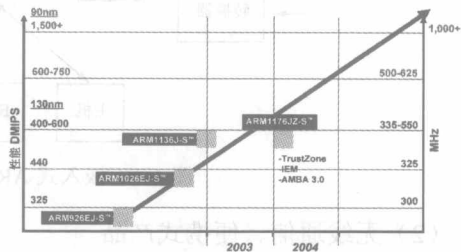


图 1-3 ARM 处理器系列的发展情况

1. ARM7 系列微处理器

ARM7 系列微处理器为低功耗的 32 位 RISC 处理器, 采用 ARMV4T (Newman) 结构, 三级流水, 平均功耗 0.6mW/MHz, 时钟速度 66MHz, 最适合用于对价位和功耗要求较高的消费类应用。

ARM7 具有如表 1-2 所示的特点。

表 1-2 ARM 7 的特点

序 号	特 点
1	具有嵌入式 ICE-RT 逻辑, 调试开发方便
2	极低的功耗, 适合对功耗要求较高的应用, 如便携式产品
3	能够提供 0.9MIPS/MHz 的三级流水线结构
4	代码密度高并兼容 16 位的 Thumb 指令集
5	对操作系统的支持广泛, 包括 Windows CE、Linux 和 Palm OS 等
6	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
7	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 系列微处理器包括如下几种类型的核: ARM7TDMI、ARM7TDMI-S、ARM720T、ARM7EJ, 其中, ARM710、ARM720 和 ARM740 为内带 Cache 的 ARM 核。ARM7 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。

ARM7TDMI 是目前使用最广泛的 32 位嵌入式 RISC 处理器, 具有每瓦产生 690MIPS 的高性能低功耗能力, 它将 ARM7 指令集同 Thumb 扩展组合在一起, 以减少内存容量和系统成本。同时, 它还利用嵌入式 ICE 调试技术来简化系统设计, 并用一个 DSP 增强扩展来改进性能。该产品的典型用途是数字蜂窝电话和硬盘驱动器。

提示: ARM7TDMI 与 ARM720T 的一个重要区别在于后者有存储空间管理单元 (MMU) 和 8KB Cache 片内缓存 (用于提高 CPU 性能), 所以前者不支持实时操作系统 RTOS, 但 uClinux/ARM Linux 等不需要 MMU 支持, 而后者可用于 RTLinux、Windows CE。

ARM7TDMI 的 4 个功能模块 TDMI 的基本含义如表 1-3 所示。

表 1-3 TDMI 的基本含义

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

SAMSUNG 公司的 S3C4510B 及 Cirrus Logic 公司的 EP7312 属于该系列的处理器。以下章节将围绕 ARM720T 核的 EP7312 设计展开。

2. ARM9 系列微处理器

ARM9 系列微处理器采用 ARMV4T (Harvard) 结构, 五级流水, 指令与数据分离的 Cache, 平均功耗 0.7mW/MHz, 时钟为 120~200MHz, 在高性能和低功耗特性方面提供最佳的性能。ARM9 具有如表 1-4 所示的特点。

表 1-4 ARM9 的特点

序 号	特 点
1	5 级整数流水线, 指令执行效率更高
2	支持数据 Cache 和指令 Cache, 具有更高的指令和数据处理能力
3	支持 32 位 ARM 指令集和 16 位 Thumb 指令集, 提供 1.1MIPS/MHz 的哈佛结构
4	支持 32 位的高速 AMBA 总线接口, MPU 支持实时操作系统
5	全性能 MMU, 支持 Windows CE、Linux 及 Palm OS 等多种主流嵌入式操作系统

ARM9 系列微处理器包含 ARM920TDMI、ARM922T 和 ARM940T 三种类型, 以适用于不同的应用场合。在生产工艺相同的情况下, ARM920TDMI 性能可达 ARM7TDMI 的两倍之多。ARM9 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、数码相机和数码摄像机等。

SAMSUNG 公司的 S3C2510 及 Cirrus Logic 公司的 EP9312 等属于该系列的处理器。

3. ARM9E 系列微处理器

ARM9E 系列微处理器为可综合处理器, 其使用单一的处理器的内核提供了微控制器、DSP 及 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 还提供了增强的 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 的主要特点如表 1-5 所示。

表 1-5 ARM9E 的特点

序 号	特 点
1	支持 DSP 指令集, 适合于需要高速数字信号处理的场合
2	5 级整数流水线, 指令执行效率更高; 支持 VFP9 浮点处理协处理器
3	支持 32 位 ARM 和 16 位 Thumb 指令集, 支持 32 位的高速 AMBA 总线接口

续 表

序 号	特 点
4	全性能 MMU，支持 Windows CE、Linux 及 Palm OS 等多种主流嵌入式操作系统
5	支持数据 Cache 和指令 Cache，具有更高的指令和数据处理能力
6	主频最高可达 300MIPS，MPU 支持实时操作系统 RTOS

ARM9E 系列微处理器包含 ARM926EJ-S、ARM946E-S 和 ARM966E-S 三种类型，以适用于不同的应用场合。ARM9E 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。

4. ARM10E 系列微处理器

ARM10E 系列微处理器具有高性能、低功耗的特点，采用 ARMV5T 结构，六级流水处理，时钟速度 300MHz，性能约为 ARM9 的两倍。ARM10E 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 的主要特点如表 1-6 所示。

表 1-6 ARM10E 的特点

序 号	特 点
1	支持 DSP 指令集，适合于需要高速数字信号处理的场合
2	6 级整数流水线，指令执行效率更高
3	支持 32 位 ARM 指令集和 16 位 Thumb 指令集
4	支持 32 位的高速 AMBA 总线接口；支持 VFP10 浮点处理协处理器
5	全性能的 MMU，支持 Windows CE、Linux 及 Palm OS 等多种主流嵌入式操作系统
6	支持数据 Cache 和指令 Cache，具有更高的指令和数据处理能力
7	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 三种类型，以适用于不同的应用场合。

5. SecurCore 系列微处理器

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，如表 1-7 所示。

表 1-7 SecurCore 的特点

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

SecurCore 包含 SecurCore SC100、SecurCore SC110、SecurCore SC200 和 SecurCore SC210 四种类型, 以适用于不同的应用场合。SecurCore 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。

6. ARM 11 系列微处理器

ARM11 系列微处理器内核基于 ARMv6 指令集结构。ARM11 的主要特点如表 1-8 所示。

表 1-8 ARM11 的特点

序 号	特 点
1	工作频率为 533MHz, 运行速率为 600MIPS, 功耗为 200mW
2	实时响应更快, 中断延迟更低, 支持矢量化中断, 中断速度提高 3 倍
3	内核有八级管线、带两个周期的高速闪存访问, 可实现高频工作
4	带可配置指令和数据高速闪存的存储器系统, 外加带专用 DMA 的高速本地存储器加强实时数据的处理能力
5	4 个高速 64 位系统片上互联为数据和指令提供足够的带宽
6	存储器管理单元支持 Microsoft、SymbianOS、WindRiver 和 Linux 操作系统
7	得到 ARM RealView 开发解决方案支持。ARM RealView 开发解决方案由 RealView 编辑工具、RealView 调试工具、RealView ICE 和 RealViewTrace 组成

ARM11 系列微处理器包含 ARM1136J-S 和 ARM1136JF-S 两种类型。ARM11 可广泛用于消费电子、无线和网络应用, 如 STB、数码相机、第 2.5 代和第 3 代移动电话、VoIP 基础设施、宽带调制解调器、家用网关、WLAN 接入设备和安全设备等。

1.4 ARM 主流芯片介绍

ARM 嵌入式处理器是世界上应用较为普遍的微处理器结构。下面简要介绍一些现在市面上比较流行的 ARM 芯片的特点。

1.4.1 ATMEL 公司带 ARM 核的芯片

ATMEL 公司将外围器件和存储器 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。ATMEL 公司的 AT91 微处理器含有真正单周期、完全可编程的 16 位外部总线接口, 该接口增加了存储器的访问速度, 同时降低了整个系统的造价。在存储器和 2 个片上 USART 之间, 外围数据控制器提供 4 个类似 DMA 的通道, 用于没有 CPU 干预的快速数据传送。AT91 微处理器存储器映射和片上外围器件的编程已经被优化, 从而使器件的编程更容易, 同时使外围器件寄存器的位操作更有效。