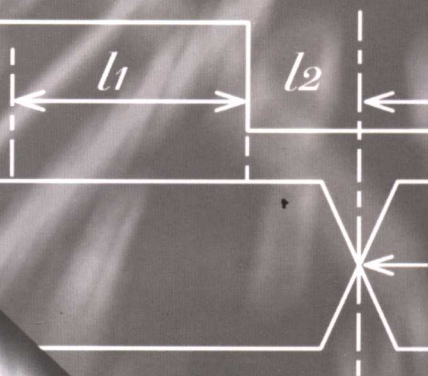




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
电子信息科学与工程类专业

嵌入式系统—— 基于SEP3203微处 理器的应用开发

● 时龙兴 凌 明 王学香 编著

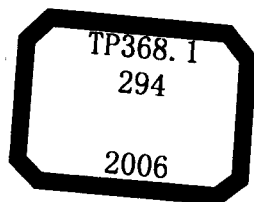


电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
电子信息科学与工程类专业



嵌入式系统

——基于 SEP3203 微处理器的应用开发

时龙兴 凌 明 王学香 钟 锐 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，全书分为三个部分：基础篇、应用篇和提高篇。基础篇以 SEP3203 为例介绍嵌入式微处理器的原理和开发，应用篇以 GE01 开发板为例介绍基于嵌入式微处理器的硬件开发，以 ASIX OS 操作系统为例介绍基于嵌入式操作系统的嵌入式软件开发，最后在提高篇中介绍了 μ Clinux 和 μ C/OS 嵌入式操作系统在 GE01 开发板上的移植。本书配有相应的免费课件。

本书可作为高等学校电子信息类高年级本科生和研究生教材，也可作为从事嵌入式系统研究开发的工程技术人员参考书。

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

嵌入式系统：基于 SEP3203 微处理器的应用开发 / 时龙兴，凌明，王学香编著. —北京：电子工业出版社，2006.10

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 7-121-03307-0

I. 嵌… II. ①时… ②凌… ③王… III. 微型计算机—系统开发—高等学校—教材 IV. TP360.21 中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 123423 号

责任编辑：姚晓竞

印 刷：北京季蜂印刷有限公司

装 订：三河市万和装订厂

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：21.5 字数：550.4 千字

印 次：2006 年 10 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：29.00 元

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，联系电话：(010) 68279077；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

关于本书

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,详细介绍嵌入式系统的开发过程,基本的理论知识,技巧,以及实际动手操作的能力。其中的嵌入式微处理器以东南大学国家 ASIC 中心自主研发的 SEP3203 嵌入式微处理器为例,基于 SEP3203 的开发平台以南京博芯电子有限公司基于 SEP3203 嵌入式微处理器设计的 GE01 开发板为例。SEP3203 移动终端应用处理器是 16/32 位 RISC 微控制器,采用 ARM7TDMI 内核,面向低成本手持设备和其他通用嵌入式设备,为用户提供了面向移动终端应用的丰富外设、低功耗管理和低成本的外存配置。本书着重介绍基于 SEP3203 微处理器的软硬件开发。由于 ARM 已经占据了嵌入式系统的大部分市场份额,所以本书所介绍的嵌入式系统的开发具有普遍意义。

第一部分 基础篇

- 第 1 章简要介绍嵌入式系统的概念及开发过程。
- 第 2 章介绍 ARM 处理器的体系结构、编程模型和指令集。
- 第 3 章介绍 ARM 中异常的处理、C 语言与汇编语言的混合编程、ARM 编程技巧等。

以后的章节都是以国家专用集成电路与系统工程中心自主研发基于 ARM7TDMI 核的 SEP3203 微处理器为例介绍嵌入式系统的开发。

- 第 4 章介绍 SEP3203 微处理器的设计目标、理念及 SEP3203 的各个设计模块和 SEP3203 微处理器的特性。
- 第 5 章主要介绍嵌入式系统的调试原理,以及基于 SEP3203 微处理器的调试。
- 第 6 章介绍了嵌入式操作系统的基本原理。

第二部分 应用篇

- 第 7 章结合 GE01 开发板设计,考虑如何基于 SEP3203 嵌入式微处理器设计外围硬件电路。
- 第 8 章介绍国家专用集成电路与系统工程技术研究中心自主研发的 ASIX OS 操作系统,文件系统及图形用户界面。

第三部分 提高篇

- 第 9 章介绍 GE01 开发板中 MP3 子系统的设计、FPGA 的设计等。FPGA 的设计涉及 Cyclone FPGA 硬件设计、FPGA Verilog 代码实现(PS2 接口、扩展串口、扩展 IO、扩展中断、并口、IC 卡接口等)、FPGA 的烧录、软件接口等。
- 第 10 章介绍 μ Clinux 操作系统和 μ C/OS 嵌入式操作系统在 GE01 开发板上的移植。

相应的课程安排

本书从嵌入式微处理器开始,自下而上、从硬件到软件,介绍嵌入式系统的开发过程:嵌入式微处理器的设计、嵌入式硬件电路的设计、嵌入式操作系统、嵌入式应用程序的设计等。

本书可以作为电子信息类高年级本科生和研究生教材。它理论与实践并重，总课时 48 学时。实验课程需要结合 GE01 开发板配套的实验指导书。课程学时安排如下：

第 1 章 嵌入式系统开发概述 3 学时

ADS 开发环境及 GE01 实验平台实验 3 学时

第 2 章 ARM 编程模型与指令集 3 学时

第 3 章 ARM 异常处理与编程技巧 3 学时

第 4 章 SEP3203 嵌入式微处理器 3 学时

第 5 章 调试原理 3 学时

第 6 章 嵌入式操作系统 3 学时

第 7 章 硬件设计 3 学时

GE01 实验平台的系统初始化实验 3 学时

GE01 实验平台的 LCD 驱动实验、触摸屏驱动实验 3 学时

GE01 实验平台的实时时钟与定时器实验、Flash 驱动实验 3 学时

GE01 实验平台的 DMA 驱动实验、UART 实验 3 学时

第 8 章 软件设计 3 学时

第 9 章 高级应用 3 学时

第 10 章 μ Clinux 和 μ C/OS 嵌入式操作系统在 GE01 开发板上的移植 3 学时

GE01 实验平台的 μ Clinux 嵌入式操作系统移植实验 3 学时

支持资料

本书的电子课件可以无偿地从互联网上得到，但不得用于商业目的。使用它们的唯一限制是，使用这些资料的任何课程都应将本书作为推荐教材。这些信息和其他支持资料可以从以下网页得到：<http://www.huaxin.edu.cn>。

我们已做了很大的努力来校验本书内容，即便如此，也仍然可能会存在某些错误。欢迎读者对本书的内容和形式，以及发现的任何错误提出反馈意见。如果读者发现有任何错误，或有需要完善的地方，请与我们联系。请将邮件发至 support@prochip.com.cn。

致谢

国家专用集成电路系统工程研究中心的老师孙育才、刘昊，博士研究生陈海进、张宇、肖建，硕士研究生邹志烽、张艳丽、卓越等参与了本书的编写工作，吴义勇参与了本书的勘误工作。在此表示感谢。

编著者

于南京·东南大学

目 录

第一部分 基础篇

第 1 章 嵌入式系统简介	3
1.1 嵌入式系统简介及应用	3
1.2 ARM 嵌入式微处理器	5
1.3 SEP3203 嵌入式微处理器	10
1.4 嵌入式系统的开发流程	12
1.5 实时操作系统 (RTOS) 简介	13
第 2 章 ARM 编程模型与指令集	15
2.1 ARM 编程模型	15
2.1.1 ARM 的特点	15
2.1.2 ARM7TDMI 的组成	17
2.1.3 ARM7TDMI 的三级流水线	18
2.1.4 ARM 的 7 种工作模式	18
2.1.5 ARM 的寄存器	19
2.1.6 ARM 的异常处理	22
2.1.7 ARM 的堆栈	23
2.1.8 存储系统	24
2.1.9 Thumb 工作状态	25
2.2 ARM 处理器的指令系统	26
2.2.1 ARM 指令集概述	26
2.2.2 ARM 指令集	29
2.2.3 Thumb 指令及应用	45
2.3 ARM 汇编语言编程	46
2.3.1 ARM 汇编器所支持的伪指令	46
2.3.2 汇编语言的程序结构	56
第 3 章 ARM 异常处理与编程技巧	60
3.1 ARM 异常处理	60
3.1.1 ARM 异常处理概述	60
3.1.2 进入和退出异常的过程	64
3.1.3 异常处理程序的设计	69
3.2 ARM 编程技巧	77
3.2.1 ATPCS (ARM-Thumb Procedure Call Standard) 介绍	77
3.2.2 C 与汇编的混合编程	80
3.2.3 ARM/Thumb 的交互工作	82
3.2.4 为 ARM 编写高效的 C 程序	85

第 4 章 SEP3203 嵌入式微处理器	89
4.1 概述	89
4.1.1 目标应用和设计理念	89
4.1.2 芯片设计挑战	89
4.1.3 芯片定义	89
4.2 SEP3203 芯片简介	91
4.2.1 SEP3203 芯片主要特性	91
4.2.2 SEP3203 芯片信号说明	97
4.2.3 SEP3203 芯片地址映射表	97
4.3 模块介绍	99
4.3.1 EMI 外部存储器接口	99
4.3.2 时钟与功耗管理模块 PMC	102
4.3.3 INTC 中断控制器	106
4.3.4 Timer 通用定时器	109
4.3.5 PWM 脉冲调制器	111
4.3.6 RTC 实时时钟控制器	113
4.3.7 UART 通用异步收发器	115
4.3.8 LCD 控制器	120
4.3.9 AC97 控制器	125
4.3.10 SPI 串行外设接口	130
4.3.11 MMA 多媒体加速器	131
4.3.12 多媒体卡控制器 MMC	135
4.3.13 USB Device 设备接口	138
4.3.14 DMA 控制器	140
4.3.15 通用 GPIO 模块	145
4.4 封装与芯片的开发应用	145
第 5 章 调试原理	149
5.1 简介	149
5.2 调试方式	150
5.2.1 PC 软件调试	151
5.2.2 基于模拟器的调试方法	151
5.2.3 驻留监控软件调试方式	155
5.2.4 传统的在线仿真调试 (ICE)	157
5.2.5 片上在线仿真调试 (On Chip ICE)	158
5.3 嵌入式系统的一般开发流程	164
5.4 开发基于 ARM 的嵌入式应用程序	167
5.4.1 基于 ARM 的 ADS 集成开发环境	167
5.4.2 ADS SemiHost (半主机) 功能	168
5.4.3 内存映射	169

第 6 章 嵌入式操作系统概述	173
6.1 嵌入式操作系统简介	173
6.2 嵌入式操作系统的基本原理	174
6.2.1 堆栈	174
6.2.2 嵌入式操作系统的基本概念	178
6.2.3 嵌入式操作系统内核	181
6.2.4 嵌入式操作系统的主要技术指标	190

第二部分 应 用 篇

第 7 章 硬件设计	193
7.1 嵌入式系统方案设计	193
7.2 存储系统的设计	195
7.2.1 存储器概述	195
7.2.2 GE01 开发板中存储子系统的设计	198
7.2.3 存储系统驱动	202
7.2.4 系统从 Nor Flash 或 Nand Flash 启动的过程	204
7.3 键盘	211
7.3.1 键盘的工作原理	211
7.3.2 键盘驱动	213
7.4 LCD 与触摸屏	214
7.4.1 液晶显示器介绍	214
7.4.2 GE01 开发板中 LCD 的设计	215
7.4.3 LCD 的基本驱动	216
7.4.4 触摸屏的基本原理	218
7.4.5 GE01 开发板中触摸屏的设计	218
7.4.6 触摸屏驱动	222
7.5 音频电路的设计	226
7.5.1 AC97 标准简介	226
7.5.2 GE01 开发板中音频电路的设计	228
7.5.3 AC97 模块的基本驱动	230
7.6 接口	233
7.6.1 UART 模块的基本原理与驱动	233
7.6.2 MMC 卡的基本原理与驱动	236
7.6.3 USB 基本原理与驱动	239
7.7 电源系统与其他外围电路的设计	243
7.7.1 电源系统	243
7.7.2 复位电路	247
7.7.3 JTAG 电路	248
第 8 章 软件设计	252
8.1 ASIX OS Kernel 简介	253
8.2 ASIX OS 的任务管理	254

8.2.1	任务管理简介	254
8.2.2	任务管理的系统调用	256
8.2.3	任务状态和状态变迁	256
8.2.4	任务调度	257
8.2.5	任务间的通信与同步	264
8.3	ASIX OS 的非任务管理	268
8.4	Flash 芯片数据存储	273
8.4.1	Nor Flash 驱动	273
8.4.2	嵌入式文件系统	276
8.4.3	基于 ASIX OS 文件系统的 Flash 中的数据存放组织	279
8.4.4	ASIX OS 文件系统和 Flash 驱动的接口	281
8.5	图形用户界面	283
8.5.1	图形用户界面简介	283
8.5.2	典型的嵌入式系统 GUI 的实现	284
8.5.3	ASIX Windows 图形用户界面简介	286
8.6	嵌入式系统软件设计小结	287

第三部分 提 高 篇

第 9 章	高级应用	291
9.1	多媒体应用——MP3 子系统	291
9.1.1	底层硬件系统	292
9.1.2	上层软件系统概述	294
9.1.3	上层软件系统——MP3 核心解码算法	294
9.1.4	上层软件系统——PCM 码的 DMA 传输机制	302
9.1.5	上层软件系统——MP3 源数据读取机制	302
9.2	系统功能扩展: FPGA 接口及应用	304
9.2.1	FPGA 基本概念	304
9.2.2	FPGA 设计流程概述	308
9.2.3	多路 PWM 的设计实现	311
9.2.4	FPGA 器件编程	313
第 10 章	μ Clinux 和 μ C/OS 在 GE01 开发板上的移植	315
10.1	μ C/OS 和 μ Clinux 简介	315
10.2	μ C/OS 的移植	315
10.2.1	μ C/OS 操作系统的原理	315
10.2.2	μ C/OS 在 SEP3203 平台上的移植	319
10.3	μ Clinux 的移植	322
10.3.1	μ Clinux 操作系统的原理	322
10.3.2	μ Clinux 在 GE01 开发板上的移植	325
附录 A		330
参考文献		335

第一部分 基础篇

-  第 1 章 简要介绍嵌入式系统的概念及开发过程。
-  第 2 章 介绍 ARM 处理器的体系结构、编程模型和指令集。
-  第 3 章 介绍 ARM 中异常的处理、C 语言与汇编语言的混合编程、ARM 编程技巧等。
-  第 4 章 介绍 SEP3203 微处理器的设计目标、理念及 SEP3203 的各个设计模块和 SEP3203 微处理器的特性。
-  第 5 章 主要介绍嵌入式系统的调试原理，以及基于 SEP3203 微处理器的调试。
-  第 6 章 介绍了嵌入式操作系统的基本原理。

第 1 章 嵌入式系统简介

1.1 嵌入式系统简介及应用

1. 嵌入式系统简介

嵌入式系统的定义是：嵌入式系统是以应用为中心，软件硬件可裁剪，适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等综合性严格要求的专用计算机系统。嵌入式系统主要由嵌入式处理器、相关支撑硬件、嵌入式操作系统及应用软件系统等组成，它是集软硬件于一体的可独立工作的“器件”。

嵌入式系统很明显的特点是：第一，以应用为中心，以计算机技术为基础，软件、硬件可裁剪，适合应用于系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统；第二，技术密集、资金密集、高度分散不可垄断、面向应用不断创新的知识集成系统（CSEA）。在 PC 时代，Intel 和微软几乎占据垄断的地位，而在嵌入式系统领域，生产芯片的厂家有超过 150 多家，比较有名的开发嵌入式软件的商用计算机公司有二十多家，在嵌入式系统领域基本上不存在非常严重的垄断。原因可能有两个：第一，嵌入式系统的应用非常广泛；第二，嵌入式系统领域不断出现新的想法，新的思路，这些新的想法和思路总会催生新的商业应用，所以不可能由一个公司来垄断。

为什么要使用嵌入式操作系统？早期的嵌入式系统开发一般都是由一个工程师完成的，软件开发工作只占全部工作的 5%~10%；随着科技的发展，20 世纪 80 年代软件开发工作已经占到全部工作的 50%；近几年，随着硬件复杂性、多样性和应用复杂性的增加，软件开发工作急剧增长，经常达到全部工作的 70%~80%。传统的开发模式已经不能适应系统复杂性的增长，而嵌入式操作系统的引入，极大地方便了嵌入式软件的开发和维护。

嵌入式系统按表现形式（硬件范畴）可以分为三类：芯片级嵌入（含程序或算法的处理器）、模块级嵌入（系统中的某个核心模块）、系统级嵌入。按实时性要求（软件范畴）可以分为三类：非实时系统（PDA）、软实时系统（消费类产品）、硬实时系统（工业和军工系统）。软实时系统并不要求限定某一任务必须在一定的时间内完成，只要求各任务运行得越快越好；硬实时系统对系统响应时间有严格要求，一旦系统响应时间不能满足，就可能会引起系统崩溃或致命的错误，一般在工业控制中应用较多。

嵌入式系统的基本要素分为嵌入式处理器系统和嵌入式软件系统。嵌入式处理器系统包括嵌入式处理器、各种类型的存储器、模拟电路及电源、接口控制器及接插件。嵌入式软件系统包括有实时操作系统（RTOS）、板级支持包（BSP）、设备驱动（Device Driver）、协议栈（Protocol Stack）、图形用户界面（GUI）、文件系统、应用程序（Application）等。

嵌入式系统是计算机软件与硬件的综合体，可涵盖机械或其他附属装置。整个综合体设计的目的在于满足某种特殊功能。嵌入式系统的架构可以分为硬件和软件部分，其中硬件的设计包括单芯片控制电路的设计、网络功能设计、无线通信设计及应用接口等，软件为信息、通信网络或消费类电子等产品系统中的必备软件，用于硬件产品的驱动、控制处理或基本接口功能，以提升硬件产品的价值，为该硬件产品不可或缺的重要部分，它常以控制器或

驱动程序等方式出现。嵌入式系统在于结合微处理器或微控制器的系统电路及其专用的软件,来达到系统运作效率成本的最优化。现今嵌入式系统大多数的产品仍然以低端的8位处理器配合少量的内存与电路来控制,不过高端的嵌入式系统产品已逐渐增加,本书将以高端的嵌入式系统产品为主来介绍。

2. 嵌入式系统的应用

嵌入式系统的应用前景是非常广泛的。实际上嵌入式系统已经广泛地渗透到科学研究、工程设计、军事技术、各类产业和商业文化艺术及人们的日常生活等。随着国内外各种嵌入式产品的进一步开发和推广,嵌入式技术和人们的生活越来越紧密结合,人们将会无时无刻不接触到嵌入式产品。从家里的洗衣机、电冰箱,到作为交通工具的自行车、小汽车,到办公室里的远程会议系统等。特别是以蓝牙(BlueTooth)为代表的小范围无线接入协议的出现,使嵌入式无线电的概念悄然兴起。当嵌入式无线电芯片的价格可被接受时,它的应用可能会无所不在。在家中、办公室、公共场所,人们可能会使用数十片甚至更多这样的嵌入式无线电芯片,将一些电子信息设备甚至电气设备构成无线网络。在一款最新的奔驰轿车里面,使用了多达64个微处理器,这64个微处理器分别控制刹车系统、安全系统、胎压检测、雨刷、车门、汽车娱乐等所有的设备;在车上、旅途中,人们利用这样的嵌入式无线电芯片可以实现远程办公、远程遥控,真正实现把网络随身携带。今天,移动电话、手表、电子游戏机、PDA、电视、冰箱等产品与家用电子、电动机车、电动自行车乃至电车等电动交通工具的控制核心,无不与嵌入式系统息息相关。而在后PC时代,家电、玩具、汽车、新一代手机、数码相机、先进的医疗仪器乃至即将到来的智能型房屋、智能型办公室及其他跟电相关的器材设备更是缺少不了嵌入式系统这个核心技术。

下面介绍几种具体的应用。

① 嵌入式移动数据库:所谓的移动数据库是支持移动计算的数据库,有两层含义。一是用户在移动的过程中可以联机访问数据库资源。二是用户可以带着数据库移动。典型的应用场合是在开着的救护车上查询最近的医院,该系统由前台移动终端、后台同步服务器组成,移动终端上有嵌入式实时操作系统和嵌入式数据库。

② 智能家居网络:智能家居网络(E-Home)指在一个家居中建立一个通信网络,为家庭信息提供必要的通路;在家庭网络操作系统的控制下,通过相应的硬件和执行机构,实现对所有家庭网络上家电和设备的控制和监测。其网络结构的组成中必然有家庭网关。家庭网关主要实现控制网络和信息网络的信号综合并与外界接口,以便进行远程控制和信息交换。不论是网关还是各种家电上的控制模块,都需要有嵌入式操作系统。这些操作系统必须具有内嵌式、实时性好、多用户的特点。

③ 嵌入式语音芯片:嵌入式语音芯片采用语音识别和语音合成、语音学层次结构体系和文本处理模型等技术。它可以应用在手持设备、智能家电等多个领域,赋予这些设备人性化的交互方式和便利的使用方法;也可应用于玩具中,实现声控玩具、仿真宠物、与人对话的玩具等;还能应用于车载通信设备实现人机交流。同时,该芯片还应用在移动通信设备中,例如,手机上短消息来时,我们不必费力地去看,而是可以听到短信提示声。

④ 基于小范围无线通信协议的嵌入式产品:以蓝牙为代表的小范围无线接入协议与嵌入式系统的结合,必将推动嵌入式系统的广泛应用。近来,基于这些协议的嵌入式产品层出不穷,包括各种电话系统、无线公文包、各类数字电子设备。这些产品以其微型化和低成本

的特点为它们在家庭和办公室自动化、电子商务、工业控制、智能化建筑物和各种特殊场合的应用开辟了广阔的前景。

⑤ 个人数字助理：个人数字助理（PDA）是近年来应用广泛的消费类电子产品。例如东南大学国家专用集成电路/系统工程技术研究中心利用自主研发的 SEP3203 微处理器设计出了具有四合一功能的 PDA，即集 U 盘、MP3 播放器、录音笔、英语学习机四种功能为一体。

1.2 ARM 嵌入式微处理器

目前比较流行的嵌入式处理器有：Intel 和 AMD 公司的 x86 系列、FreeScale 公司的 PowerPC 系列、Motorola 公司的 68000 系列，FreeScale 和 ARM 公司的 ARM 系列微处理器。ARM 系列微处理器有超过 150 个供应商，包括 Intel，FreeScale，Philips，TI 等。国家专用集成电路与系统工程技术研究中心自主研发的 SEP3203 就是一种采用 ARM 内核的嵌入式处理器（其内核是 ARM7TDMI）。下面首先介绍 ARM 嵌入式微处理器。

1. ARM 发展历史

位于英国剑桥区的 ARM（Advanced RISC Machines）公司，是从一家英国公司 Acron Computers 分出来的。在 1987 年 Acron Computers 生产了一款类似于 Apple II 的个人电脑，称之为 BBC Micro，当时在英国大为畅销。BBC Micro 与 Apple II 一样采用 6502 为 CPU，但紧接着 Acron Computers 着手研发其专用 32 位微处理器以应用于下一代的个人电脑当中，而这专用的 32 位微处理器便被取名为 Acorn RISC Machine，简称为 ARM，这款微处理器便是目前 ARM 嵌入式微处理器内核的前身。

紧接着在 1990 年 11 月由 Acorn、VLSI Technology、Apple 等厂商与创业者 Nippon Investment & Finance 合资成立 Advanced RISC Machine 这家公司，专门从事微处理器研发与市场推广，但不涉足微处理器制造，其公司定位与 MIPS Technology 相当类似。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 ARM 微处理器内核，根据各自不同的应用领域，加入适当的外围电路，从而形成自己的微处理器芯片进入市场。目前，全球 150 多家半导体公司都购买了 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，使产品更容易进入市场被消费者所接受，更具有竞争力。

到目前为止，ARM 已授权许多公司使用其 ARM 内核应用在不同领域，其中较有名的合作伙伴如表 1-1 所示。

表 1-1 ARM 主要合作伙伴

IP 供应商	硅芯片被授权方	原设备制造商	产 品
ARM	英特尔 Strong ARM Xscale	华为 惠普 联想	网络产品 IPAQ XP100
ARM	德州仪器 Baseband OMAP	诺基亚 联想	全球 80% 的 GSM/3G 手机

续表

IP 供应商	硅芯片被授权方	原设备制造商	产 品
ARM	高通 CDMA	中兴 海尔 大唐	全球 99% 的 CDMA 手机
ARM	摩托罗拉 Dragonball MX1,MX21	Palm	Palm 及其他 PDA
ARM	Atmel AT91 微控制器	众多 OEM	嵌入式产品
ARM	其他的合作伙伴主要有 AKM、Cirrus Logic、GEC Plessey、Sharp 等		

AKM 公司把 ARM 内核应用在其电信产品中，而 Cirrus Logic 公司则利用其在芯片组的经验来生产内含 ARM 微处理器的逻辑元件与周边装置。GEC Plessey 则把 ARM 微处理器芯片应用于电信与无线数据市场。Sharp 类似于 AKM，主要是把 ARM 应用在自家的产品中，而 VLSI Technology 和 TI 则双双扮演 ASICs 设计服务的角色，当部分厂商需要使用 ARM 时，便可向其提出服务需求，由 VLSI Technology 或 TI 来协助产品设计。

Apple Computer 选择 ARM 架构来设计其个人数字助理（PDA, Personal Digital Assistant）产品，继 Newton Message Pad 100 型与 110 型之后，ARM 微处理器便声名鹊起，在市场上占有一席之地。在 Newton Message Pad 100 与 110 这两款应用中，Apple Computer 使用 ARM610 与 Apple 自行研发的 ASIC 共同担当核心处理器，虽然 Newton 系列在市场上并未大放异彩，仅销售约 20 万台左右，但已对 PDA 市场做出了很好的示范，并且为 ARM 微处理器的应用提供了极佳的信誉。

另一个应用 ARM 的例子是美国的游戏制造公司 3DO，其在 ARM 微处理器的应用范例中也是十分突出的。这家公司的高性能游戏平台，称之为 Panasonic REAL Multiplayer 已被授权给 Sanyo、Goldstar 与 Matsushita，且至少销售 50 万台以上。虽然 3DO 在其新一代的游戏机中改用 Power PC 当作 CPU，但仍然采用 ARM 微处理器来控制其系统的兼容性。

在 1995 年 2 月，ARM 公司宣称与 Digital Semiconductor 公司合作发展新一代高性能微处理器，称为 Strong ARM。最初 Strong ARM 的生产是在 Hudson 的代工厂，采用 0.35 μm ，3 层 metal 制作。同年 ARM 亦宣称将发展一种具有创新性的微处理器架构，称为 Thumb，这种技术可降低程序代码的大小。因为在嵌入式系统的应用中，程序长短通常意味着系统所需存储体的大小。因此降低程序代码长度便意味着降低嵌入式系统产品的成本，Thumb 便是应这种需求而发展起来的技术，更明确地说，Thumb 是 ARM 指令压缩形式的子集，可被包含在用户指定的 ASIC 中或视为标准 ARM 微处理器的一部分。必须注意的是 Thumb 只兼容于 ARM7 及 ARM7 之后的 ARM 微处理器架构。

在 Thumb 技术推出 18 个月之后，ARM 于 1996 年底宣称 Piccolo 技术已发展成功。Piccolo 的出现大大加强了 ARM 架构下的数字信号处理能力，增加了许多 DSP 特性，有助于 ARM 系列在无线便携式产品（如移动电话与高档传呼机等）中的应用广度。

自 2002 年 7 月 ARM 中国公司成立，中国越来越多的 IC 设计单位开始采用 ARM 系列内核作为微处理器内核，以此来满足各自的设计目标。表 1-2 列举了 ARM 的部分中国合作伙伴。

表 1-2 ARM 的中国合作伙伴

大学及政府机构	东南大学、北京工业大学、上海集成电路设计产业化基地、沈阳自动化研究所均获得 ARM7TDMI 授权 上海交通大学获得 ARM946E TM 授权
中国无晶圆厂半导体公司	中兴集成获得 ARM922T TM CPU 授权，用于网络系统芯片 上海华虹集成电路购买 ARM SC100 TM CPU 授权，用于 Java 智能卡 大唐购买 ARM946E TM CPU 授权，用于 SCDMA 基带芯片
晶圆代工厂	中芯国际
ARM RealView TM 开发工具中国分销商	香港科汇宏盛分部 北京旋极
支持 ARM 结构的中国原设备制造商	GSM, CDMA 手机制造商（采用 ARM 工具） PDA, POS, E-book, GPS 等
RTOS 公司	普天慧信、科银京成、中科红旗等
培训机构	英蓓特、微芯力
应用	上海汉峰等

2. ARM 微处理器特点

采用 RISC 架构的 ARM 微处理器一般具有如下特点：

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

除此之外，ARM 体系采用了一些特别的技术，在保证高性能的同时尽量减小芯片面积降低芯片的功耗。这些技术包括：

- 在同一条数据处理指令中包含算术逻辑处理和移位处理。
- 使用地址自动增加（减少）来优化程序中的循环处理。
- Load/Store 指令可以批量传输数据，从而提高数据传输的效率。
- 所有指令都可以根据前面指令执行结果决定是否执行，以提高指令执行的效率。

3. ARM 微处理器应用领域

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 内核的微处理器芯片不但占据了高端微处理器市场的大部分市场份额，同时也逐渐向低端微处理器应用领域扩展，ARM 微处理器的低功耗、高性价比，向传统的 8 位/16 位微处理器提出了挑战。

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 微处理器，在 PDA 一类的无线设备中，ARM 针对视频流进行了优化，并获得广泛的支持，ARM 以其高性能和低成本，在该领域的地位日益巩固。

③ 蓝牙技术：ARM 已经为蓝牙的推广做好了准备，有 20 多家公司的元器件产品采用

了 ARM 技术，如爱立信、英特尔、科胜讯、朗讯、阿尔卡特、飞利浦和德州仪器等。

④ 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。

⑤ 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。

⑥ 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。GSM 和 3G 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不同的领域，并会在将来取得更加广泛的应用。

4. ARM 微处理器系列

伴随着 ARM 系列微处理器的不断发展，ARM 体系结构也由过去的 V4T 发展到了 V5TE、V5TEJ、V6，图 1-1 简单的描述了它的发展轨迹。ARM 体系结构与 ARM 内核之间的对应关系如表 1-3 所示。

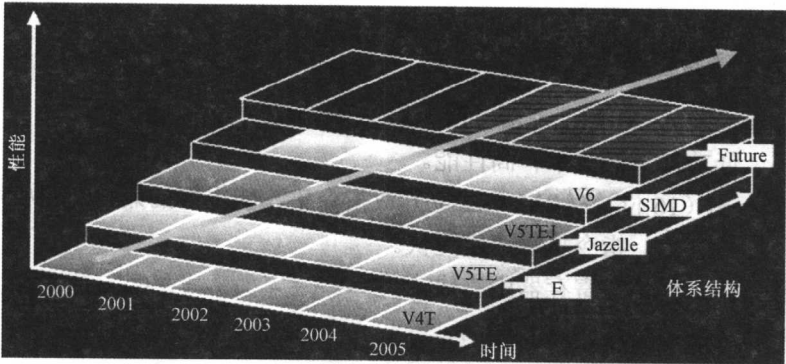


图 1-1 ARM 体系结构的发展轨迹

表 1-3 列出了 ARM 体系结构版本与 ARM 内核之间的对应关系

ARM 体系结构版本	特 点	对应的 ARM 内核
V4		SA-110、SA-1110 (StrongARM)
V4T	支持 Thumb 指令集	ARM7TDMI、ARM720T、ARM9TDMI、ARM920T
V5TE	支持 ARM/Thumb 的交互工作、饱和和路径 DSP 乘加指令	ARM1020E、Xscale、ARM9E-S、ARM966E-S
V5TEJ	支持 Java 加速器 Jazelle	ARM9EJ-S、ARM926EJ-S、ARM7EJ-S、ARM1026EJ-S
V6		ARM1136EJ-S

ARM 体系结构目前被公认为是业界领先的 32 位嵌入式 RISC 微处理器结构，所有 ARM 处理器共享这一体系结构，因而确保了开发者转向更高性能的 ARM 处理器时在软件开发上具有很好的兼容性。