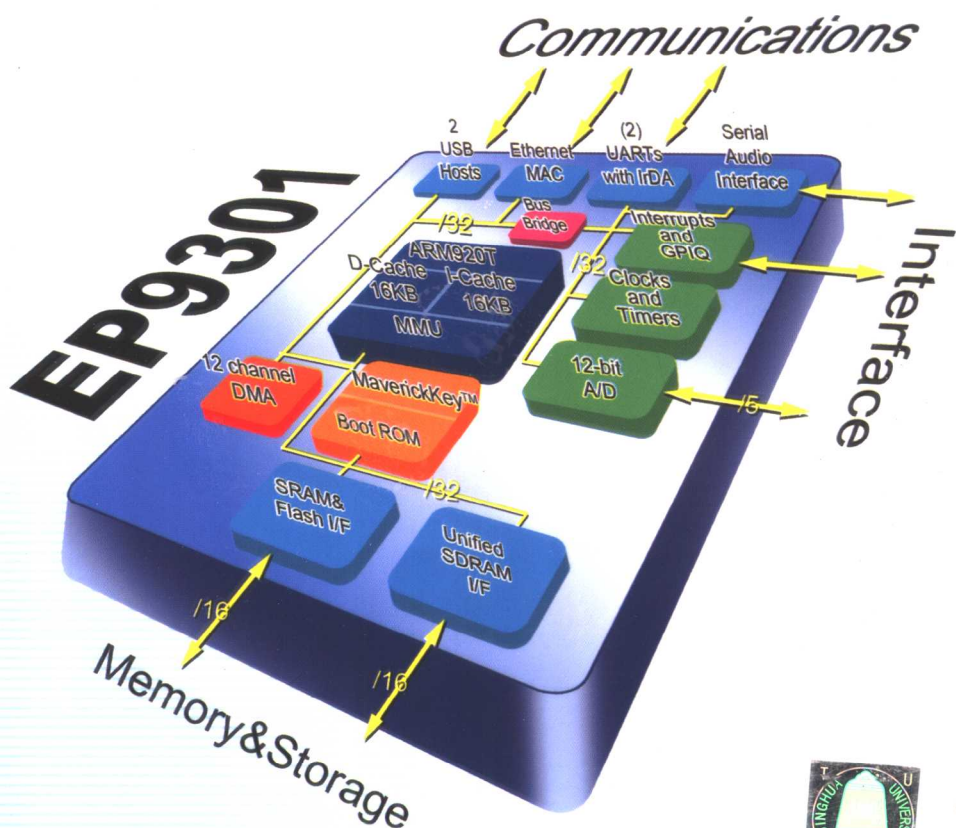


嵌入式 Linux系统开发详解

—基于EP93XX系列ARM

李驹光 郑耿 江泽明 编著



清华大学出版社

嵌入式 Linux 系统开发详解

——基于 EP93XX 系列 ARM

李驹光 郑耿 江泽明 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书全面介绍基于 32 位 ARM 架构嵌入式微处理器的软、硬件系统的高级应用开发, 以 Cirrus Logic 的 EP93XX (ARM920T 核) 系列微处理器为基础, 包含 EP93XX 的体系结构特点、片内资源、软硬件开发平台、嵌入式操作系统移植及应用程序开发等内容, 着重强调了基于 EP93XX 系统微处理器的硬件系统设计、嵌入式实时操作系统 eCos 在 EP93XX 系列微处理器上的移植及应用开发、嵌入式 Linux 操作系统及应用程序开发、设备驱动程序的开发等内容, 最后以一个完整的系统开发说明嵌入式应用系统设计的一般流程。

全书内容以应用为出发点, 内容详尽, 可作为 ARM 应用技术开发人员的参考用书, 也可供高等院校相关专业的师生阅读使用。

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术, 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

嵌入式 Linux 系统开发详解——基于 EP93XX 系列 ARM/李驹光, 郑耿, 江泽明编著.

—北京: 清华大学出版社, 2006.3

ISBN 7-302-12627-5

I. 嵌… II. ①李… ②郑… ③江 III. ①微处理器, AIM—系统设计 ②Linux 操作系统

IV. ①TP332 ②TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 016205 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: 李虎斌

封面设计: 范华明

版式设计: 赵丽娜

印刷者: 北京市清华园胶印厂

装订者: 三河市金元印装有限公司

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185 × 260 印张: 17 字数: 373 千字

版 次: 2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-12627-5/TP · 8073

印 数: 1 ~ 5000

定 价: 28.00 元

前 言

以嵌入式微处理器和嵌入式操作系统为核心的嵌入式技术是近年来一个新的技术发展方向，目前已在一些领域得到了广泛的应用。在所有的 32 位嵌入式微处理器中，以 ARM 公司的 32 位 IP 核为基础的 ARM 嵌入式微处理器，因其高性能、低功耗、低成本、小体积以及完整的产业链支持，取得了巨大的成功，并占据 32 位嵌入式微处理器的绝大部分市场份额。

目前，国内外有众多的半导体生产商设计生产基于 ARM 核的嵌入式微处理器，其中，Cirrus Logic 的 EP93XX 系列（ARM920T 核）高性能嵌入式 ARM 微处理器以其优化的片上性能，格外引人注目，在诸如工业控制、数字媒体服务器、自动音乐点播机、瘦客户机、机顶盒、POS 终端、生物测量与安全系统以及 GPS 装置等各个应用领域，为用户提供了多种性价比选择。

EP93XX 系列主要包括 EP9301、EP9302、EP9307、EP9312 和 EP9315 等，其中，EP9301/EP9302 是极具价格优势的 ARM9 处理器，它的高性能设计是许多消费类和工业电子产品的理想选择；EP9307 是面向复杂应用方案的低成本硬件平台；而 EP9312/EP9315 是目前集成度最高的片上系统处理器，为下一代消费类和工业电子产品的开发提供了新的思路。

本书以 EP93XX 系列微处理器为基础，详细介绍了系统软、硬件高级应用开发。

本书的各章节内容安排如下：

第 1 章 简要介绍目前 ARM 微处理器的类型及主要结构特征，着重介绍了 EP93XX 系列微处理器的特点及应用领域。

第 2 章 介绍 EP93XX 系列微处理器的结构特点、主要性能、片内外围电路以及应用领域。

第 3 章 介绍基于 EP93XX 系列的硬件系统设计与调试方法以及系统的初始化过程。

第 4 章 介绍 eCos 嵌入式实时操作系统的基本结构，以及在 EP93XX 系统微处理器上的移植过程与应用程序的开发方法。

第 5 章 介绍嵌入式 Linux 操作系统在 EP93XX 系列微处理器上的移植与开发过程，包括嵌入式 Linux 开发环境的建立、Linux 内核裁剪与编译、根文件系统的制作以及简单应用程序的开发。

第 6 章 介绍基于 EP93XX 嵌入式 Linux 的深层次开发过程，包括设备驱动程序的开发、网络应用开发、基于 Web 的应用程序开发、图形应用开发以及嵌入式数据库的应用开发等。

第 7 章 介绍一个基于 EP9301 的无线数据终端的应用系统的设计，包括从系统的需求分析到硬件平台的选择与设计、软件系统的移植与应用开发的全过程。

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科技术有限公司（www.hyesco.com）的大力支持，在此谨向他们深表谢意。

感谢凌云逻辑（Cirrus Logic）国际有限公司上海代表处的吴伟斌先生的大力支持，本书是在他的关心与帮助下完成的。

本书在编写过程中，引用了参考文献所列论著的有关部分，在此谨向这些论著的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。

由于编者水平有限，书中不足在所难免，恳请读者批评指正。

E_mail: LJG_express@263.net

编 者

于中国科学院自动化研究所

2005年8月

目 录

第 1 章 EP93XX 系列微处理器概述	1
1.1 EP93XX 系列嵌入式微处理器.....	1
1.2 EP9301 的结构特征与应用领域.....	2
1.2.1 EP9301 的主要特性.....	2
1.2.2 EP9301 的内部结构.....	3
1.2.3 EP9301 的应用领域.....	4
1.2.4 EP9301 概述.....	4
1.3 EP9302 的结构特征与应用领域.....	7
1.3.1 EP9302 的主要特性.....	7
1.3.2 EP9302 的内部结构.....	8
1.3.3 EP9302 的应用领域.....	9
1.3.4 EP9302 概述.....	9
1.4 EP9307 的结构特征与应用领域.....	12
1.4.1 EP9307 的主要特性.....	13
1.4.2 EP9307 的内部结构.....	14
1.4.3 EP9307 的应用领域.....	14
1.4.4 EP9307 概述.....	15
1.5 EP9312 的结构特征与应用领域.....	19
1.5.1 EP9312 的主要特性.....	19
1.5.2 EP9312 的内部结构.....	20
1.5.3 EP9312 的应用领域.....	21
1.5.4 EP9312 概述.....	21
1.6 EP9315 的结构特征与应用领域.....	25
1.6.1 EP9315 的主要特性.....	25
1.6.2 EP9315 的内部结构.....	26
1.6.3 EP9315 的应用领域.....	27
1.6.4 EP9315 概述.....	27
1.7 EP93XX 系列与其他主要 ARM9 微处理器的性能对比.....	31
1.8 本章小结.....	32
第 2 章 EP93XX 系列微处理器的片内资源	33
2.1 EP93XX 系列嵌入式微处理器的片内资源.....	33

2.2	ARM920T 核与先进高速总线	34
2.3	Boot ROM 及系统启动	35
2.3.1	Boot ROM 及地址映射	35
2.3.2	Boot ROM 的功能描述	35
2.3.3	系统的启动配置	37
2.4	MaverickCrunch™ 数学引擎	39
2.5	系统控制器	40
2.5.1	系统复位与启动	40
2.5.2	硬件配置控制	40
2.5.3	时钟控制	41
2.5.4	电源管理	42
2.6	向量中断控制器	43
2.6.1	中断优先级	44
2.6.2	中断源描述	44
2.7	以太网控制器	46
2.8	DMA 控制器	47
2.9	USB 主控制器	47
2.10	静态存储器控制器	48
2.11	SDRAM 控制器	48
2.12	UART 接口	49
2.13	红外接口	49
2.14	定时器	50
2.14.1	16 位和 32 位定时器	50
2.14.2	40 位定时器	51
2.15	看门狗定时器	51
2.16	I ² S 控制器	52
2.17	AC'97 控制器	53
2.18	同步串行接口	53
2.19	脉冲宽度调制器	53
2.20	ADC 接口/触摸屏接口	54
2.21	键盘接口	55
2.22	IDE 接口	55
2.23	Raster/LCD 控制器	55
2.24	图像加速器	57
2.25	PCMCIA 接口	57
2.26	GPIO 接口	57
2.27	安全特性	57
2.28	本章小结	58

第 3 章 基于 EP93XX 系列微处理器的系统设计	59
3.1 嵌入式系统设计的一般原则.....	59
3.2 基于 EP9301/EP9302 的硬件系统设计.....	59
3.2.1 电源电路.....	60
3.2.2 晶振电路.....	62
3.2.3 复位电路.....	62
3.2.4 FLASH 存储器接口电路.....	63
3.2.5 SDRAM 接口电路.....	67
3.2.6 启动配置电路.....	69
3.2.7 RS232 接口电路.....	70
3.2.8 RS485 接口电路.....	71
3.2.9 USB 接口电路.....	73
3.2.10 以太网接口电路.....	73
3.2.11 JTAG 调试接口电路.....	77
3.2.12 音频接口电路.....	78
3.2.13 系统状态指示电路.....	80
3.3 基于 EP9307 的硬件系统设计.....	81
3.3.1 SDRAM 接口电路.....	82
3.3.2 FLASH 存储器接口电路.....	84
3.3.3 红外接口电路.....	85
3.3.4 启动配置电路.....	86
3.3.5 LCD/TS 接口电路.....	87
3.3.6 键盘接口电路.....	87
3.4 基于 EP9312/15 的硬件系统设计.....	89
3.4.1 IDE 接口电路.....	91
3.4.2 PCMCIA 接口电路.....	91
3.5 本章小结.....	95
第 4 章 Redboot 与 eCos	96
4.1 嵌入式系统的 BootLoader.....	96
4.1.1 BootLoader 的一般概念.....	96
4.1.2 BootLoader 的主要任务.....	97
4.2 Redboot 简介及常用命令.....	99
4.2.1 Redboot 简介.....	99
4.2.2 Redboot 命令集.....	99
4.3 在基于 EP93XX 的系统上运行 Redboot 及嵌入式 Linux.....	106
4.3.1 运行 Redboot.....	106

4.3.2	使用 Redboot 加载运行嵌入式 Linux	108
4.4	eCos 概述与特性	110
4.4.1	eCos 概述	110
4.4.2	eCos 特性分析	111
4.5	eCos 开发环境的建立	112
4.5.1	Cygwin 软件的安装	113
4.5.2	eCos 源码的安装	113
4.5.3	相关工具的安装	113
4.5.4	运行 eCos 开发环境	114
4.6	eCos 在特定嵌入式系统的移植	115
4.6.1	eCos 的基本体系结构	115
4.6.2	eCos 的移植方法	117
4.6.3	eCos 在 EP93XX 系列微处理器上的移植	120
4.7	基于 eCos 的简单应用程序开发	121
4.7.1	生成 eCos 的支持库文件	121
4.7.2	应用程序开发与调试	122
4.8	本章小结	124
第 5 章	嵌入式 Linux 开发基础	125
5.1	嵌入式 Linux 概述	125
5.2	嵌入式 Linux 开发环境的建立	127
5.2.1	嵌入式 Linux 开发环境的基本结构	127
5.2.2	在 Linux 服务器上安装交叉编译工具	128
5.2.3	arm-linux-gcc	131
5.3	嵌入式 Linux 内核的配置与编译	132
5.3.1	获取 Linux 内核源代码	132
5.3.2	Linux 内核配置	133
5.3.3	Linux 内核编译	136
5.4	根文件系统及制作	136
5.5	网络文件系统 (NFS) 及配置	138
5.6	嵌入式 Linux 应用程序的开发	141
5.6.1	应用程序的开发流程	141
5.6.2	一个最简单的应用程序	143
5.7	嵌入式 Linux 应用程序的调试方法	145
5.7.1	在 Linux 服务器上使用 GDB 调试程序	146
5.7.2	在嵌入式目标系统上使用 GDB 调试程序	149
5.8	本章小结	152

第 6 章 嵌入式 Linux 的应用开发.....	153
6.1 Linux 设备驱动程序开发.....	153
6.1.1 Linux 设备驱动概述.....	153
6.1.2 字符设备.....	155
6.1.3 块设备.....	157
6.1.4 网络设备.....	157
6.2 Linux 字符设备驱动的开发.....	157
6.2.1 设备驱动程序.....	158
6.2.2 把设备驱动程序编译到 Linux 内核.....	162
6.2.3 通过应用程序访问设备.....	164
6.3 网络应用程序的开发.....	166
6.4 基于串行通信的应用程序开发.....	171
6.4.1 打开串口.....	177
6.4.2 设置串口.....	178
6.4.3 串口通信.....	182
6.4.4 关闭串口.....	182
6.5 基于 Web 的应用程序开发.....	182
6.5.1 嵌入式 Web 服务器移植.....	183
6.5.2 Web 方式应用开发.....	187
6.6 图形应用开发.....	198
6.6.1 嵌入式图形系统概述.....	198
6.6.2 MiniGUI 的移植和应用开发.....	206
6.7 本章小结.....	219
第 7 章 一个完整的应用开发实例.....	220
7.1 系统的需求分析.....	220
7.2 硬件平台的选择与设计.....	222
7.3 软件系统的移植与应用开发.....	224
7.3.1 GPRS 联网.....	224
7.3.2 网络地址转换.....	229
7.3.3 Web 配置应用.....	233
7.3.4 串行设备的网络接入.....	235
7.3.5 其他相关配套程序.....	245
7.4 本章小结.....	256
附录 相关术语.....	258
参考文献.....	259

第 1 章 EP93XX 系列微处理器概述

本章简单介绍 EP93XX 系列（ARM920T 核）嵌入式微处理器的一些基本特性和应用领域，使读者对 EP93XX 系列微处理器有一个比较全面的了解。

本章主要包括：

- EP93XX 系列嵌入式微处理器简介。
- EP9301 的结构特征与应用领域。
- EP9302 的结构特征与应用领域。
- EP9307 的结构特征与应用领域。
- EP9312 的结构特征与应用领域。
- EP9315 的结构特征与应用领域。
- EP93XX 系列与其他常用基于 ARM9 内核处理器的性能对比。

1.1 EP93XX 系列嵌入式微处理器

基于 ARM 架构的 32 位嵌入式微处理器，以其完备的性能和完整的产业链支持，在 32 位嵌入式微处理器应用领域取得了巨大的成功。

采用 32 位 ARM 微处理器进行系统开发，有助于设计者在完成先进系统功能的同时，兼顾对产品体积、上市周期、开发成本和功耗等多项指标的要求，无疑是当前嵌入式微处理器市场的佼佼者。

在 ARM 嵌入式微处理器内核系列中，以 ARM7 和 ARM9 内核为基础的 ARM 微处理器最为常用，生产厂商众多，性价比高，是嵌入式系统设计的理想选择。其中，基于 ARM7 内核的处理器定位于对价格敏感的应用场合，着眼于代换与升级传统 8 位单片机市场，这些处理器片内外围比较简单，应用于相对较简单的系统。而基于 ARM9 内核的嵌入式微处理器则以其较高的性能和丰富的片内资源，非常适合于比较复杂和高端的应用场合。目前，已有多家半导体生产商设计生成的基于 ARM9 核的嵌入式微处理器进入市场，其中，Cirrus Logic 公司以 EP9301、EP9302、EP9307、EP9312 和 EP9315 为代表的 EP93XX 系列微处理器最为引人注目，几乎涵盖了目前主要的工业与商业应用领域。

EP93XX 系列嵌入式微处理器以其最优化的片上性能和极具吸引力的价格定位，正在快速占领日益扩大的消费类、商用和工业产品等嵌入式微处理器市场。

表 1-1 所示为 EP93XX 系列嵌入式微处理器的主要性能对比。

表 1-1 EP93XX 系列嵌入式微处理器的性能对比

处理器 型号	处理速度 (MHz)	以太网 控制器	PCMCIA 接口	IDE 接口	USB 主口	显示 接口	图像 加速器	触摸屏接口 /ADC
EP9301	166	有			2			5 通道 ADC
EP9302	200	有			2			5 通道 ADC
EP9307	200	有			3	有	有	8 线触摸屏接口
EP9312	200	有		2 通道	3	有		8 线触摸屏接口
EP9315	200	有	有	2 通道	3	有	有	8 线触摸屏接口

以下将详细介绍 EP93XX 系列微处理器的结构特征、片内功能模块及相关应用领域。

1.2 EP9301 的结构特征与应用领域

EP9301 被定位为一款入门级的产品，是现有的最具价格优势的 ARM9 处理器之一，其高度集成的结构和先进的性能设计尤其适合各种消费类电子产品和工业控制应用。

1.2.1 EP9301 的主要特性

EP9301 的主要特性描述如下：

- 166MHz 的 ARM920T 处理器：
 - ✓ 16KB 指令 Cache。
 - ✓ 16KB 数据 Cache。
 - ✓ 内嵌 MMU，支持 Linux、Windows CE 等嵌入式操作系统。
 - ✓ 66MHz 的系统总线频率。
- MaverickKey™ 硬件编程 ID，可用于数字版权管理 (DRM) 和设计知识产权的保护：
 - ✓ 32位的唯一 ID。
 - ✓ 128位随机 ID。
- 集成外围接口：
 - ✓ 多达4组的16位 SDRAM 接口。
 - ✓ 16/8位 SRAM/FLASH/ROM 接口。
 - ✓ 串行 EEPROM 接口。
 - ✓ 1/10/100Mbps 以太网控制器。
 - ✓ 2路 UART。
 - ✓ 2路 USB2.0全速 (12Mbps) 主口。
 - ✓ 红外接口，支持慢速、中速和快速模式。
 - ✓ 5通道 ADC 接口。

- ✓ 串行外围接口 (SPI)。
- ✓ 2通道串行音频接口 (I²S)。
- ✓ AC'97接口。
- 其他片内功能:
 - ✓ 12个 DMA 通道。
 - ✓ 可由软件调整的 RTC。
 - ✓ 双 PLL 可控制所有时钟。
 - ✓ 看门狗 (Watchdog) 定时器。
 - ✓ 两个通用16位定时器。
 - ✓ 1个通用32位定时器。
 - ✓ 1个40位调试定时器。
 - ✓ 中断控制器。
 - ✓ 片内 Boot ROM。
 - ✓ 16个带中断功能的增强型 GPIO (EGPIO)。
 - ✓ 8个标准型的 GPIO。
- 芯片封装方式: 208 引脚 LQFP 封装, 可选择无铅封装。
- 工作温度范围:
 - ✓ 商业级: 0°C~+70°C。
 - ✓ 工业级: -40°C~+85°C。

1.2.2 EP9301 的内部结构

EP9301 的内部结构如图 1-1 所示。

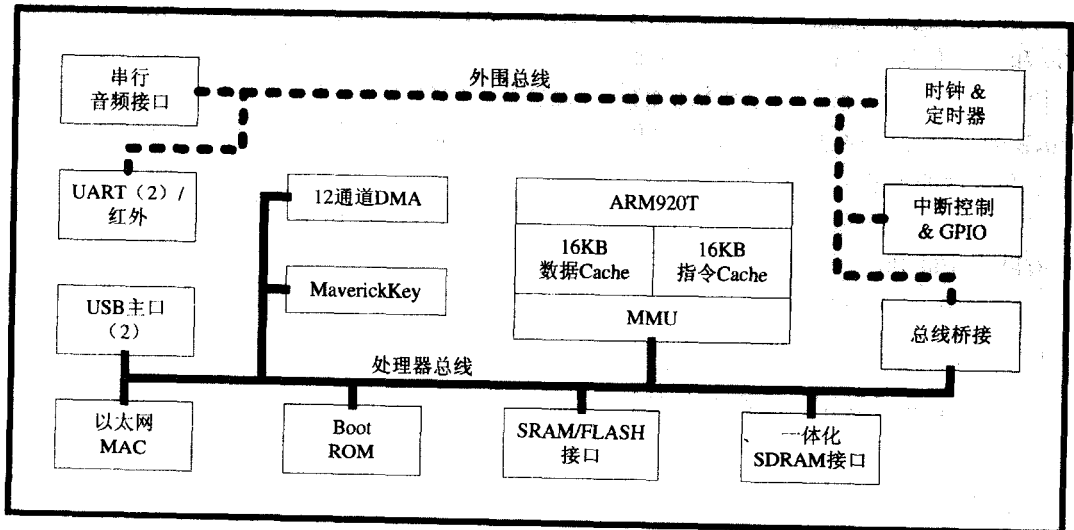


图 1-1 EP9301 的内部结构

1.2.3 EP9301 的应用领域

EP9301 是一款基于 ARM920T 核的片上系统 (SOC)，其丰富的片内外围设计使之适用于如下领域：

- 工业控制。
- 数字媒体服务器。
- 集成家用媒体网关。
- 数字音频自动点唱机。
- 流式音频播放器。
- 机顶盒。
- 瘦客户端设备。
- 生物测量与安全系统。
- GPS 及车船导航管理系统。
- 教育产品。
- 工业计算机。
- 工业手持设备。
- 医疗设备。
- 其他嵌入式应用领域。

1.2.4 EP9301 概述

1. 高性能 ARM920T 微处理器核

EP9301 内嵌先进的运行于 166MHz 的 ARM920T 微处理器核，以及支持 Linux、Windows CE 和其他许多嵌入式操作系统的存储器管理单元 (MMU)。ARM920T 的 32 位微控制器结构具有 5 级流水线，可以以极低的功耗提供优异的性能；同时，16KB 指令高速缓存和 16KB 数据高速缓存可为现有的程序和数据提供零等待时间，或者以锁定的方式确保对关键指令和数据的无延迟存取。

对于一些程序存储器大小有限制的应用场合，ARM920T 所支持的压缩型 Thumb 指令集有助于空间利用率的提高和程序存储器的最大化使用。

EP9301 的 ARM920T 内核工作电压为 1.8V，输入/输出 (I/O) 电压为 3.3V，根据不同的运行速度，功耗从 100mW~675mW 不等。

2. MaverickKey™ 硬件可编程 ID

EP9301 (包括 EP93XX 系列) 内嵌的 MaverickKey™ 独特的硬件可编程 ID 是解决网上内容和电子商务安全问题的一个可行方案。MaverickKey™ 为 OEM 厂商提供了一种新的方法，为硬件赋予特定硬件 ID，比如 SDMI (安全数字音乐计划) 或其他数字版权管理机制使用的 ID。

MaverickKey™ 使用与一个 32 位专用 ID 和一个 128 位的随机 ID 相匹配的方式, 实现网络安全与数字版权保护, 以及电子商务的安全。

3. 通用存储器接口 (SDRAM、SRAM、ROM 和 FLASH)

EP9301 支持统一的存储器寻址模式, 所有的存储设备都可以通过一组公共的地址总线 and 数据总线进行访问, 存储器的访问通过内部高速处理器总线完成。其中, SRAM 存储控制器支持访问 8/16 位存储设备, 可完成 8/16 位的 ROM 和 SRAM 访问; SDRAM 控制器可以支持多达 4 组的 16 位 SDRAM 的访问与控制。

存储器接口的主要特性如下:

- 支持 1~4 组 16 位 SDRAM, 66MHz 总线频率。
- 内部与高速处理器总线相连。
- SDRAM、SRAM、ROM 和 FLASH 共享数据总线与地址总线。
- 支持 NAND FLASH 和 NOR FLASH。

4. 以太网控制器

EP9301 (包括 EP93XX 系列) 内部集成了一个高性能的 1/10/100Mbps 以太网媒体访问控制器 (MAC), 通过与支持 MII 接口的外置 PHY (物理层接口) 简单连接, 系统即可实现高性能、低系统开销的 Internet 访问功能。

以太网控制器的主要特性如下:

- 支持 1/10/100Mbps 的传输速率, 可用于各种网络应用场合。
- 可通过工业标准 MII 接口与片外物理层芯片接口实现网络连接功能。

5. 串行接口 (SPI、I²S 和 AC'97)

EP9301 内嵌的 SPI 接口可配置为主模式或从模式, 支持 National Semiconductor®、Motorola® 和 TI 的传输协议。

AC'97 接口支持一路立体声输入和多通道音频输出的编码解码。I²S 接口支持 24 位立体声音频。

以上端口支持复用功能, I²S 端口可以占用 AC'97 引脚和 SPI 引脚, 方式如下:

- 正常模式: 支持一个 SPI 端口和一个 AC'97 端口。
- 基于 SSP 的 I²S 模式: 支持一个 SPI 端口和一个 I²S 端口。
- 基于 AC'97 的 I²S 模式: 支持一个 AC'97 端口和一个 I²S 端口。

注意, I²S 不能同时作为 AC'97 和 SSP 的输出端口。

6. 12 位 A/D 转换器

EP9301 内嵌一个带多路模拟输入开关的 12 位 A/D 转换器, 可用于完成常用的 A/D 转换功能。该 A/D 转换器可以用于数据采样、控制等多种场合。

7. UART 接口

EP9301 带有两个 UART 接口: UART1 和 UART2。除作为通用 UART 使用以外, UART1

还可支持异步 HDLC 全双工发送与接收协议, UART2 还支持红外发送与接收功能。

8. 2 通道 USB 2.0 全速主口

EP9301 内部集成了 2 通道 USB 2.0 全速主口, 与 OHCI USB 2.0 全速规范 (12Mbps) 完全兼容。USB 主口能够提供与诸如海量存储设备、打印机、USB Hub、音频播放器、数码相机等外置便携式设备的连接与数据通信, 最多可以挂接 127 个 USB 设备。USB 主口同时也支持 USB 2.0 低速标准, 大大扩展了系统的应用领域和设计的灵活性。

9. 支持 EEPROM 的二线接口

EP9301 的二线接口支持与诸如 EEPROM、RTC 等二线接口设备的通信与控制。

10. 支持软件微调的实时时钟 (RTC)

RTC 的软件微调功能可以对 32.768kHz 的晶振进行补偿, 补偿可以精确到 1.24 秒/月。

11. PLL 与系统时钟

EP9301 的处理器核与外围模块的工作时钟由一个 14.7456MHz 的晶振提供, 片内 RTC 的工作时钟由一个 32.768kHz 的晶振提供。

12. 定时器

看门狗定时器用于确保系统处于正常工作状态, 需要定时“喂狗”。

两个 16 位定时器可以作为递减计数器, 或产生固定时间间隔的中断, 时间间隔的范围可以为 0.03ms~4.27s。

一个 32 位的定时器, 可以提供 0.03 μ s~73.3 小时的精确定时。

一个 40 位的调试定时器, 可以提供 1.0 μ s~12.7 天的精确定时。

13. 中断控制器

EP9301 的中断控制器可以支持多达 54 个中断源产生的 IRQ 和 FIQ 请求。IRQ 和 FIQ 均支持硬件优先级编程, 以便以最快的速度响应紧急的中断事件。

EP9301 的 EGPIO 引脚可编程为高电平、低电平、上升沿、下降沿, 以及上升沿和下降沿同时等方式触发中断。

14. 12 通道 DMA 控制器

EP9301 的 DMA 控制器支持 12 个独立的 DMA 通道, 其中 10 个通道可用于外围模块与存储器之间的数据传输, 另外两个通道则专门用于存储器之间的数据传输。

15. 灵活的系统启动方式

EP9301 内嵌 16KB 的 Boot ROM, 可以完成标准的系统配置。Boot ROM 支持从 FLASH 存储器、SPI 串行 ROM 或通过 UART 下载等方式启动系统。灵活的系统启动方式便于设计易于控制、可现场更新的嵌入式应用系统。

16. 双 LED 驱动

EP9301 使用两个专门的引脚, 标识为 GRLED 和 REDLED, 用于外接两个发光二极管, 以指示系统的运行状态。

17. 丰富的 GPIO

EP9301 包含增强型和标准型的 GPIO, 其中, 16 个增强型的 GPIO (EGPIO) 可单独配置为输入、输出和带中断功能的输入引脚; 8 个标准型的 GPIO 可单独配置为输入、输出或漏极开路 (Open-drain) 引脚。

由于一些标准型的 GPIO 引脚可能与片内功能模块复用, 因此 GPIO 的实际可用数量与片内功能模块的使用方式有关。

18. JTAG 硬件调试接口

EP9301 内嵌的 JTAG 调试接口支持 ARM 的 Multi-ICE 及与之兼容的系统调试。

关于 EP9301 各个功能模块更详细的描述, 可以参考以后的章节或相关用户手册。

1.3 EP9302 的结构特征与应用领域

EP9302 是一款高性能的 ARM9 微处理器, 是现有的最具价格优势的 ARM9 处理器之一, 其高度集成的结构和先进的性能设计尤其适合各种消费类电子产品和工业控制应用。

EP9302 的封装方式与引脚定义与 EP9301 完全兼容, 它们可以直接互换使用, EP9302 优于 EP9301 的性能主要体现在 EP9302 具有更高的工作频率 (200MHz)、更高的系统总线频率 (100MHz) 和具有 MaverickCrunch™ 数学引擎。

Cirrus Logic 公司推荐用户使用 EP9302 代替 EP9301。

1.3.1 EP9302 的主要特性

EP9302 的主要特性描述如下:

- 200MHz 的 ARM920T 处理器:
 - ✓ 16KB 指令 Cache。
 - ✓ 16KB 数据 Cache。
 - ✓ 内嵌 MMU, 支持 Linux、Windows CE 等嵌入式操作系统。
 - ✓ 100MHz 的系统总线频率。
- MaverickCrunch™ 数学引擎:
 - ✓ 支持浮点、整型和信号处理指令。
 - ✓ 针对数字音频的压缩与解压算法进行了优化。
 - ✓ 硬件联锁 (Interlocks) 装置允许联机编码。