

ARM

嵌入式系统开发 典型模块

孙秋野 孙凯 冯健 编著

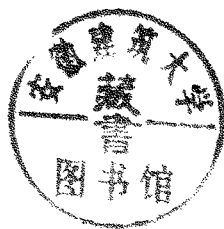
华清远见嵌入式培训中心 审校

ARM

嵌入式系统开发 典型模块

孙秋野 孙凯 冯健 编著

华清远见嵌入式培训中心 审校



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

ARM 嵌入式系统开发典型模块 / 孙秋野, 孙凯, 冯健编著. —北京: 人民邮电出版社, 2007.1

ISBN 978-7-115-15431-6

I. A... II. ①孙...②孙...③冯... III. 微处理器, ARM—系统设计 IV. TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 126080 号

内 容 提 要

本书介绍了 ARM 嵌入式系统开发的硬件典型模块、软件典型模块和系统扩展模块, 详细讲解了 Flash 存储器、SDRAM、JTAG 接口、串行口、LCD 接口、I²C 接口、AD/DA 转换等硬件模块, 介绍了 ARM 开发软件环境 ADS、SDT 的使用方法, 并讲解了 ARM 开发经常涉及的扩展芯片及其应用。阅读完本书后, 读者可以根据实际应用需要开发、设计嵌入式系统的软硬件平台。

本书内容丰富、实用性强, 可供从事 ARM 嵌入式系统开发的工程技术人员参考, 也可作为高等院校相关专业学生学习嵌入式系统开发的参考书。

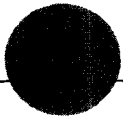
ARM 嵌入式系统开发典型模块

-
- ◆ 编 著 孙秋野 孙 凯 冯 健
审 校 华清远见嵌入式培训中心
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>
北京艺辉印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 26.25
字数: 638 千字 2007 年 1 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-15431-6/TP • 5784

定价: 42.00 元

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



前言

从 51 单片机到 ARM 处理器,嵌入式微控制领域不断更替交叠,伴随而来的是技术的不断发展和生产力水平的不断提高。ARM 处理器从其诞生之日起就注定担负着推动技术进步和改写历史的重任,因为 ARM 处理器是一个“集大成者”。ARM 处理器的功能之所以强大在于它的集成和高速。集成则全面而节省开发成本,高速是绝大部分工控机的追求方向之一。当前,ARM 公司的 32 位 RISC 处理器,以其内核耗电少、成本低、功能强、特有 16/32 位双指令集,已成为移动通信、手持计算、多媒体数字消费等嵌入式解决方案的 RISC 标准,市场占有率超过了 75%。多家公司都推出了自己基于 ARM 内核的处理器产品,越来越多的开发人员开始了基于 ARM 平台的开发。

本书系统地介绍了 ARM 嵌入式系统开发的典型技术模块,包括硬件典型模块、软件典型模块和系统扩展模块。这 3 个方面基本上涵盖了 ARM 开发的主要技术内容,从基本的功能模块到完成特殊功能所需的扩展模块(如 DSP、GPS 等),知识系统而全面。掌握了这些知识,读者也可以设计出自己 ARM 系统,完成一些比较复杂的工程项目。

本书的章节安排如下。

第 1 章 介绍 ARM 最小系统的概念以及最小系统中各个功能模块的设计、选型、产品简介等相关知识。本书第 1 章安排最小系统这一综合性的例子,其目的之一就是给读者一个全面的印象,清楚地告诉读者完整设计和开发一套 ARM 系统的步骤和基本方法;目的之二就是揭去 ARM 处理器及 ARM 系统设计神秘的面纱,去除读者的疑惑心理。

第 2 章 介绍 Flash 存储器模块的设计原理,包括硬件连接及软件编程。本章还介绍一个很实用的技术,就是用 16 位的 Flash 构成 32 位的存储系统。从成本角度考虑,这项技术很有价值。

第 3 章 介绍 SDRAM 的设计,对各种 SDRAM 的特点作了比较性的介绍,以便正确的选型,并介绍用 16 位 SDRAM 芯片构成

32 位存储系统。

第4章 介绍 JTAG 调试接口的结构、操作和实际应用。本章最后一节介绍了在 Windows 2000 下使用 JTAG 的方法, 希望可以解决读者在项目开发过程中遇到的问题和困扰。

第5章 介绍串行口模块的分类、制式等, 较详细地介绍 RS232 串行接口协议及其应用, 并以程序实例来说明串行口程序设计方法。

第6章 介绍 LCD 模块的原理和设计方法。LCD 模块是 ARM 系统设计中的常用模块, 特别是在与多媒体、便携式设备有关的 ARM 技术应用中更为常见。书中用程序实例来介绍 LCD 的程序设计方法。

第7章 介绍 I²C 模块概念、原理及其接口电路的设计等知识。对 I²C 的数据传输格式进行了特别说明。

第8章 介绍数模转换、模数转换的原理及在 ARM 系统中的设计方法。AD/DA 操作在现代工业控制领域的地位十分重要, 它为控制系统的控制决策提供了最原始的数据。本章介绍常用的 DA 转换器及其编程方法。

第9章 本章是第一部分硬件典型模块的总结性章节, 介绍了大屏幕 LED 显示系统的原理、结构、电路设计, 及其外围电路的选型和设计方法。本章将介绍了硬件调试的相关知识。

第10章 本章属于软件典型模块。介绍 ARM 开发常用的嵌入式操作系统 μ C/OS-II 及基于 μ C/OS-II 的系统设计, 包括系统移植的相关知识。

第11章 介绍 ARM 开发的软件环境 ADS 1.2 及基于 ADS 1.2 的程序开发详细步骤, 并应用屏幕截图, 形象地介绍开发步骤及参数的设置。

第12章 介绍 ARM 开发的软件环境 SDT 2.5 及程序调试步骤、设计思路等。

第13章 本章属于系统扩展模块, 介绍 GPS 在 ARM 系统中的应用及 GPS 的相关知识。GPS 具有定位和正确校时的功能, 因此在对时间同步性要求较高的系统中应用较为广泛。

第14章 本章介绍 ARM 处理器与 DSP 芯片联合的系统设计, DSP 芯片在数字信号处理方面的优势加之 ARM 处理器的控制功能使这种方法成为与多媒体有关的系统中常用的设计方法。本章还将介绍 TMS32C32 DSP 芯片的相关知识。

本书内容来自北京华清远见科技信息有限公司 (<http://www.farsight.com.cn>) 的培训课程资料, 本书的相关源代码和嵌入式 Linux 更多的资料, 请参见 <http://www.farsight.com.cn/download>。

由于时间仓促, 加之编者水平有限, 书中的不足之处在所难免, 恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 11 月

目 录

第 1 部分 硬件典型模块

第 1 章 基于 ARM 的最小系统模块	3
1.1 嵌入式系统简介	3
1.1.1 嵌入式系统的概念	3
1.1.2 嵌入式系统的结构	3
1.1.3 嵌入式系统的特点	5
1.1.4 嵌入式系统的发展趋势	6
1.2 最小系统结构及框图	7
1.3 最小系统的电源设计	8
1.4 最小系统的时钟系统设计	14
1.5 最小系统的复位系统设计	17
1.6 最小系统的存储器系统设计	20
1.7 最小系统的软件设计	24
1.7.1 ARM 嵌入式操作系统简介及选择	24
1.7.2 基于 μ CLinux 操作系统的设计	27
1.7.3 BootLoader	33
第 2 章 Flash 存储器模块	59
2.1 Flash 模块功能简介	59
2.2 Flash 器件的分类	60
2.3 Flash 存储器的硬件设计	62
2.3.1 常见 Flash 存储器简介	62
2.3.2 Flash 存储器接口电路	66
2.4 Flash 存储器的操作	67
2.4.1 Flash 器件的编程操作	67
2.4.2 Flash 器件的擦除操作	68
2.4.3 Flash 存储器的操作检测	69
2.4.4 Flash 存储器的编程方法	70

2.5	用 16 位 Flash 芯片构成 32 位存储系统	71
2.6	应用程序设计	72
第 3 章	SDRAM 模块	77
3.1	SDRAM 模块功能简介	77
3.2	SDRAM 的结构特点	78
3.2.1	DRAM 器件的结构特点	78
3.2.2	SDRAM 器件的构成原理和应用特点	79
3.3	SDRAM 的内部操作	80
3.4	常见的 SDRAM 器件简介	84
3.5	SDRAM 的硬件设计	85
3.5.1	SDRAM 的接口电路	85
3.5.2	用 16 位 SDRAM 芯片构成 32 位存储系统	86
3.6	SDRAM 存储器软件设置	88
3.6.1	地址分配	88
3.6.2	寄存器设置	89
3.7	应用程序设计	92
第 4 章	JTAG 调试接口模块	95
4.1	JTAG 调试接口简介	95
4.2	JTAG 接口的结构	95
4.2.1	JTAG 接口的主要结构	95
4.2.2	JTAG 引脚定义	97
4.3	JTAG 接口的内部操作	98
4.3.1	边界扫描	98
4.3.2	TAP 控制器	99
4.3.3	指令寄存器、数据寄存器和公共指令	107
4.4	JTAG 接口的定义	108
4.5	JTAG 接口的应用	109
4.6	在 Windows 2000 下使用 JTAG	110
第 5 章	串行口模块	113
5.1	串行口模块简介	113
5.1.1	串行通信概述	113
5.1.2	串行通信分类	113
5.1.3	串行通信制式	115
5.2	RS-232C 接口	116
5.2.1	RS-232C 电气特性	116

5.2.2 电平转换	117
5.2.3 连接器的机械特性	117
5.2.4 RS-232C 信息标准格式	118
5.2.5 RS-232C 接口信号	119
5.3 ARM 串行通信	120
5.4 UART 寄存器	123
5.5 应用程序设计	126
第 6 章 LCD 接口模块	145
6.1 LCD 功能模块简介	145
6.2 LCD 的基本原理	145
6.3 LCD 的分类和性能对比	146
6.3.1 TN-LCD 与 STN-LCD	147
6.3.2 TFT-LCD	147
6.4 LCD 的驱动原理	148
6.4.1 直接驱动法	148
6.4.2 有源驱动法	150
6.5 S3C44B0X 的内部 LCD 控制器	150
6.5.1 LCD 控制器的信号	151
6.5.2 LCD 控制器的寄存器	152
6.5.3 内置 LCD 控制器的应用	154
6.6 应用程序设计	155
第 7 章 I²C 接口模块	187
7.1 I ² C 总线简介	187
7.1.1 I ² C 总线简介	187
7.1.2 I ² C 总线概念	188
7.2 I ² C 总线的基本原理	189
7.2.1 I ² C 总线的接口电路	189
7.2.2 I ² C 总线的构成及信号类型	190
7.2.3 I ² C 总线的特点	190
7.2.4 I ² C 总线上的数据传输格式	191
7.2.5 I ² C 总线的寻址约定	193
7.3 I ² C 总线控制器工作原理	195
7.3.1 功能描述	195
7.3.2 I ² C 总线寻址	196
7.3.3 I ² C 总线特殊功能寄存器	197
7.4 应用程序设计	199

第 8 章 AD/DA 转换模块	219
8.1 A/D 转换模块功能简介	219
8.1.1 A/D 转换基础	219
8.1.2 A/D 转换的技术指标	219
8.2 A/D 转换器类型	221
8.2.1 积分型 A/D 转换器	221
8.2.2 逐次逼近型 A/D	222
8.2.3 并行比较/串行比较型 A/D	223
8.2.4 电容阵列逐次比较型	225
8.2.5 压频变换型	225
8.3 ARM 的外接 A/D 转换器	225
8.3.1 ADC0809 简介	225
8.3.2 ADC0809 与 ARM 的连接方法	226
8.4 ARM 自带 A/D 转换器	227
8.4.1 ARM 自带 A/D 转换器简介	227
8.4.2 ARM 自带 ADC 的转换时间	228
8.4.3 ARM 自带 ADC 的分辨率计算	228
8.4.4 ARM 自带 ADC 的相关寄存器	228
8.4.5 ARM 自带 A/D 编程	229
8.5 D/A 转换功能简介	230
8.5.1 D/A 转换基础	230
8.5.2 D/A 转换基本原理	231
8.5.3 T 型电阻网络型 D/A 转换器	231
8.5.4 权电阻网络型 D/A 转换器	232
8.5.5 D/A 转换的技术指标	233
8.6 ARM 连接 D/A 转换器	234
8.6.1 常用 D/A 转换器 DAC0832 简介	234
8.6.2 ARM 与 DAC0832 连接方法	235
8.7 应用程序设计	235
第 9 章 大屏幕 LED 系统硬件模块	239
9.1 LED 大屏幕概述	239
9.1.1 LED 大屏幕的应用	239
9.1.2 LED 大屏幕的发展现状及趋势	239
9.1.3 LED 大屏幕显示原理	240
9.2 系统总体设计	241
9.2.1 系统总体结构图	241

9.2.2	LED 异步显示系统的构成	242
9.2.3	LED 显示驱动	242
9.2.4	74HC595 的编程	244
9.3	系统的硬件设计	245
9.3.1	系统硬件的组成	245
9.3.2	基于 ARM 的嵌入式微控制器	245
9.3.3	系统的复位设计	250
9.3.4	系统电源电路	251
9.3.5	系统晶振电路	251
9.3.6	系统 Flash 存储器接口电路	252
9.3.7	系统 SDRAM 电路	254
9.3.8	系统网络接口设计	256
9.4	硬件调试	257
9.4.1	硬件调试概述	257
9.4.2	电源、晶振、复位电路的调试	258
9.4.3	Flash 接口电路调试	258
9.4.4	SDRAM 接口电路调试	258
9.5	应用程序设计	258

第 2 部分 软件典型模块

第 10 章	基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的系统设计	273
10.1	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的移植	273
10.1.1	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 简介	273
10.1.2	ARM 体系结构简介	274
10.1.3	移植工作的简单介绍	276
10.2	$\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 程序设计基础	279
10.2.1	嵌入式应用系统中的存储映射	280
10.2.2	系统初始化	280
10.2.3	C/C++ 以及汇编语言的混合编程基础	281
10.2.4	基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 扩展 RTOS 的体系结构	285
10.3	基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的程序设计实例	290
10.3.1	设计思路	290
10.3.2	源代码	291
10.4	技术要点	297
第 11 章	ARM 开发环境 ADS 1.2	299

11.1	ADS 1.2 简介	299
11.1.1	命令行开发工具	299
11.1.2	ARM 运行时库	302
11.1.3	GUI 开发环境 (Code Warrior 和 AXD)	304
11.1.4	实用程序	305
11.1.5	支持的软件	306
11.2	使用 ADS 1.2 的系统开发实例	306
11.2.1	建立一个工程	306
11.2.2	编译和链接工程	310
11.2.3	使用命令行工具编译应用程序	314
11.3	ADS 1.2 的程序调试	315
11.3.1	在 AXD 中打开调试文件	315
11.3.2	查看存储器内容	316
11.3.3	设置断点	316
11.3.4	查看变量值	317
11.4	本章小结	318
第 12 章	ARM 开发环境 SDT 2.5	319
12.1	SDT 2.5 简介	319
12.1.1	ARM 仿真器的流程简介	319
12.1.2	相关重要概念	320
12.1.3	APM 开发工具	321
12.2	SDT 2.5 的程序调试	326
12.2.1	环境简介	326
12.2.2	工具配置和调试	327
12.3	使用 SDT 2.5 的系统开发实例	330
12.3.1	设计思路	330
12.3.2	源代码	331
12.4	本章小结	335
第 3 部分 系统扩展模块		
第 13 章	GPS 接收系统扩展	339
13.1	GPS 全球定位系统简介	339
13.1.1	GPS 全球定位系统	339
13.1.2	GPS 卫星信号的构成	342
13.1.3	GPS 系统的定位原理	343
13.2	GPS 接收系统硬件设计	344

13.2.1	系统原理图	344
13.2.2	射频前端 GP2015	346
13.2.3	相关通道与 ARM7TDMI 的结合 GP4020	347
13.2.4	GP2015 与 GP4020 接口电路设计	351
13.2.5	存储及接口设计	351
13.2.6	部分外围接口电路设计	352
13.3	GPS 接收系统软件设计	357
13.3.1	软件结构框架	357
13.3.2	BootLoader	359
13.3.3	TCP/UDP 套接字服务程序设计	362
13.4	系统集成与调试	366
13.4.1	高频通道的测试	366
13.4.2	软件的调试	367
13.5	项目开发经验交流	368
第 14 章	DSP 芯片扩展	369
14.1	DSP 简介	369
14.1.1	什么是 DSP	369
14.1.2	DSP 的发展与现状	370
14.1.3	DSP 的结构	371
14.1.4	TMS320C32 芯片	372
14.1.5	TMS320C32 软件特点	373
14.1.6	TMS320C6414 的结构及特点	373
14.1.7	DSP+ARM 的嵌入式图像处理系统	374
14.2	系统总体设计	374
14.2.1	系统总体功能框图	374
14.2.2	DSP 图像处理模块主要功能	375
14.2.3	ARM 实时控制及传输模块主要功能	375
14.2.4	FPGA 协同处理模块的主要功能	375
14.3	DSP 图像采集处理模块设计	375
14.3.1	模块功能简介	375
14.3.2	DSP 时钟频率及启动配置方案	377
14.3.3	DSP 与存储器的接口	377
14.3.4	ARM 实时控制及传输模块设计	378
14.4	DSP 与 ARM 的协同接口设计	382
14.4.1	模块主要功能及基本构架	382
14.4.2	协同接口模块接口设计	383
14.5	其余器件设计	384

14.5.1 存储器设计	384
14.5.2 FPGA 设计	385
14.5.3 网络控制模块	387
14.6 应用程序设计	390



第 1 部分 硬件典型模块

- 第 1 章 基于 ARM 的最小系统模块
- 第 2 章 Flash 存储器模块
- 第 3 章 SDRAM 模块
- 第 4 章 JTAG 调试接口模块
- 第 5 章 串行口模块
- 第 6 章 LCD 接口模块
- 第 7 章 I²C 接口模块
- 第 8 章 AD/DA 转换模块
- 第 9 章 大屏幕 LED 系统硬件模块

第1章 基于ARM的最小系统模块

1.1 嵌入式系统简介

1.1.1 嵌入式系统的概念

嵌入式系统是不同于常见计算机系统的一种计算机系统，它不以独立设备的物理形态出现，即它没有一个统一的外观，它的部件根据主体设备以及应用的需要嵌入在设备的内部，发挥着运算、处理、存储以及控制的作用。从体系结构上看，嵌入式系统主要由嵌入式处理器、支撑硬件和嵌入式软件组成。其中嵌入式处理器通常是单片机或微控制器；支撑硬件主要包括存储介质、通信部件和显示部件等；嵌入式软件则包括支撑硬件的驱动程序、操作系统、支撑软件以及应用中间件等。

1.1.2 嵌入式系统的结构

一般说来，嵌入式系统由图 1.1 所示的 3 个部分组成。

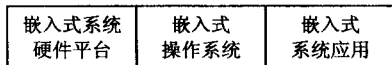


图 1.1 嵌入式系统组成示意图

如图 1.1 所示，嵌入式系统一般由 3 个部分组成：嵌入式系统硬件平台、嵌入式操作系统和嵌入式系统应用。其中嵌入式系统硬件平台为各种嵌入式器件、设备（如 ARM、51 单片机等），嵌入式操作系统是指在嵌入式硬件平台上运行的操作系统，目前比较主流的嵌入式操作系统有嵌入式 Linux、 μ CLinux、 μ C/OS-II 等。具体应用哪种嵌入式操作系统应视具体情况而定。嵌入式 Linux 提供了完善的网络技术支持； μ CLinux 是专门为没有 MMU 的 ARM

芯片开发的, $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统也成为实时操作系统或 RTOS, 使用它作为开发工具将使得实时应用程序变得相对容易 (这一部分内容将在 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统的移植一章中详细讲述)。这 3 种操作系统的特点这里只是简单的介绍, 具体参见相关技术手册。

1. 嵌入式系统硬件平台

嵌入式系统硬件平台是整个嵌入式操作系统和应用程序运行的硬件平台, 不同的应用通常有不同的硬件环境。在嵌入式系统中硬件平台具有多样性的特点。嵌入式系统的核心部件是各种类型的嵌入式处理器, 目前据不完全统计, 全世界嵌入式处理器的品种总量已经超过 1 000 种, 流行体系结构有三十几个系列, 数据总线宽度从 8~32 位, 处理速度从 0.1~2000MIPS。按功能和内部结构等因素可以分成下面几类。

(1) 嵌入式 RISC 微处理器

RISC (Reduced Instruction Set Computer) 是精简指令集计算机, RISC 把着眼点放在如何使计算机的结构更加简单和如何使计算机的处理速度更加快速上。RISC 选取了使用频率最高的简单指令, 抛弃复杂指令, 固定指令长度, 减少指令格式和寻址方式, 不用或少用微码控制。这些特点使得 RISC 非常适合嵌入式处理器。嵌入式微控制器将整个计算机系统或者一部分集成到一块芯片中。嵌入式微控制器一般以某一种微处理器内核为核心, 比如以 MIPS 或 ARM 核为核心, 在芯片内部集成 ROM、RAM、内部总线、定时/计数器、WatchDog、I/O 端口、串行口等各种必要的功能和外设。和嵌入式微处理器相比, 嵌入式微控制器的最大特点是单片化, 实现同样功能时系统的体积大大减小。嵌入式微控制器的品种和数量较多, 比较有代表性的通用系列包括 Atmel 公司 AT91 系列、三星公司 S3C 系列, Intel 公司 PXA25x 系列等。

(2) 嵌入式 CISC 处理器

嵌入式微处理器的基础是通用计算机中的 CPU 在不同应用中将微处理器装配在专门设计的电路板上, 只保留和嵌入式应用有关的功能, 这样可以大幅度减小系统体积和功耗。嵌入式微处理器目前主要有 Intel 公司 x86 系列、Motorola 公司 68000 系列等。

2. 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统完成系统初始化以及嵌入式应用的任务调度和控制等核心功能。具有内核较精简、可配置、与高层应用紧密关联等特点。嵌入式操作系统具有相对不变性。嵌入式操作系统具有以下特点。

(1) 体积小

嵌入式系统有别于一般的计算机处理系统, 它不具备像硬盘那样大容量的存储介质, 而大多使用闪存 (Flash Memory) 作为存储介质。这就要求嵌入式操作系统只能运行在有限的内存中, 不能使用虚拟内存, 中断的使用也受到限制。因此, 嵌入式操作系统必须结构紧凑, 体积微小。

(2) 实时性

大多数嵌入式系统都是实时系统, 而且多是强实时多任务系统, 要求相应的嵌入式操作系统也必须是实时操作系统 (RTOS)。实时操作系统作为操作系统的一个重要分支已成为研究的一个热点, 主要探讨实时多任务调度算法和可调度性、死锁解除等问题。