

嵌入式系统设计

与

开发实例详解

—— 基于ARM的应用

胥 静 主编



北京航空航天大学出版社

CD-ROM INCLUDED

嵌入式系统 设计与开发实例详解

——基于 ARM 的应用

胥 静 主编

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是一本讲述如何基于 ARM7 内核处理器进行嵌入式系统设计和开发的实用书籍。本书提供的实例全面涉及各种底层硬件驱动(如 Flash ROM、SDRAM、Nand-flash 存储器、通用 I/O、UART、定时器、LCD、I²C 接口、A/D 转换器、触摸屏及 USB 等)、 μ C/OS-II 嵌入式操作系统、图形用户界面系统、文件系统和 TCP/IP 协议栈等嵌入式系统体系结构中的组成部件。书中通过 28 个实例对相关知识进行了有针对性的深入分析和详细解说,并为读者提供了可遵循的实践步骤,使读者能够在实际应用中深入掌握和实现这些技术和技巧。

本书内容丰富,深入浅出,实用性强,不仅适合作为高等学校嵌入式系统相关专业的实验、培训教材或教师参考用书,也适合从事嵌入式系统设计和开发工作的专业技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统设计与开发实例详解——基于 ARM 的应用/胥静主编. —北京:北京航空航天大学出版社, 2005. 1

ISBN 7-81077-558-8

I. 嵌… II. 胥… III. ①微型计算机—系统设计
②微型计算机—系统开发 IV. TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 111731 号

嵌入式系统设计与开发实例详解 ——基于 ARM 的应用

胥 静 主 编

责任编辑 宋淑娟

*

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: bhp@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:25.5 字数:653 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-558-8 定价:43.00 元(含光盘)

前 言

随着计算机技术逐渐渗透到各类电子产品当中,一种实用、高效的计算机系统——嵌入式系统不断展现出它独特的魅力。与桌面计算机不同,嵌入式计算机系统专门服务于特定需求,一般要求低成本、低耗费、轻型、高性能、高可靠性及可配置性。嵌入式系统日益广泛的应用也让人们看到了这项技术所蕴涵的巨大的市场潜力。市场的需求带动了对技术人才的需求,今天,大批的技术人员和学者的目光都被吸引到嵌入式系统的设计与开发这门技术上。

但是,嵌入式系统的设计与开发作为一项实践性很强的专业技术,光有理论知识是无法真正深刻理解和掌握的。而今,市场上一些有关嵌入式系统的书籍,多是理论的堆积和外文资料的翻译,这对于希望获得快速而有效的知识技能的嵌入式系统技术人员来说,无法通过对这些书籍的阅读,获得更有效的资讯,从而难以尽快地进入角色、建立起设计思路。

本书则试图打破这种状况,为读者提供直观、易懂且深入浅出的形式和内容。书中采用了列举实例的方式,深入浅出地揭示嵌入式系统技术在一些具体项目中的应用。这些实例都是可供实践和快速掌握的。

每个实例相当于一个小型项目。“实例内容和目标”类似于实际应用开发中的“功能需求”或“技术指标”,它首先为实例明确了一个具体的实现目标;之后,依据应用开发中的步骤,面对设计要求进行“实例分析”——采用什么样的设计思路,主要的知识有哪些,要进行哪几项工作等等;最后在“实现方法和步骤”中,则进行具体的工作——电路设计和编程。本书是由在嵌入式系统领域中工作多年的工程师依据自身经验编写而成,因此,在跟随本书实践的过程中,读者将感到有如亲身参与了实际的设计与开发。

书中不仅详细说明了如何验证各个实例,附带光盘中还包含了完整的可运行的实例源代码。通过对实例的运行,读者可以清楚地看到运行的现象或结果,从而留下直观和深刻的印象。

书中的实例以业界表现出色的 ARM 处理器(采用 ARM7TDMI 内核的、三星公司推出的 S3C44B0X)及其外围电路为硬件基础,以简明内核式的 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 作为嵌入式操作系统进行介绍,同时对嵌入式系统开发中常用的 GUI 系统、文件系统、TCP/IP 协议栈等都进行了全面的揭示,尽可能完整地讲述嵌入式系统设计与开发中运用到的知识和技术。

(1) 书中提供了哪些实例

本书提供了 28 个实例,这些实例涉及面较广,遵循着先总体、后具体,先硬

件、后软件,先模块、后系统的思路编写。这样,方便了初学者从前往后顺序阅读,依次对每个实例进行学习和实践,循序渐进地掌握嵌入式系统开发技术。同时,本书的每一个实例又是相对独立的,建议具备一定专业技术和经验的读者,可以首先通过阅读实例 2 了解目标系统的构架,然后挑选自己感兴趣的实例进行研读。

实例 1 是一个概括性的实例,提出在进行一个典型嵌入式系统产品的开发中所涉及的基本组成元素和应采用的设计思路,建议读者首先阅读该实例,从而对嵌入式系统的设计与开发形成一个总体和直观的认识。

实例 2 对常用开发工具及书中实例所依托的目标系统进行了详细的介绍。通过阅读该实例,读者能够了解到如何开始进行与 ARM 处理器相关的嵌入式系统的开发,如何构建或运用目标系统平台。由于每个实例都是在一定的目标系统上运行的,因此建议读者仔细阅读本实例的相关部分,了解目标系统的基本硬件配置。该例还通过 Hello World 程序实例,引导初学者开始嵌入式系统探索的第一步。

从实例 3 开始,以三星公司的 S3C44B0X 处理器为例,介绍处理器内部功能部件的应用、基本外围电路设计与应用以及常用通讯接口的设计和应用。由于嵌入式系统产品都是紧密依托于硬件系统的,因此,对硬件系统有一个深刻的了解十分有助于产品的设计和开发。

从实例 13 开始,详细分析了扩展触摸屏、USB 接口和以太网接口等外围部件及其接口的设计方法,其中以太网接口是作为后面 TCP/IP 协议栈应用实践的基础,触摸屏的驱动知识也与后面的 GUI 系统相关。

实例 16 到 19 深入探讨了 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 在 ARM 处理器系统中的应用,主要围绕 3 个内容进行应用举例:操作系统移植、多任务管理和通讯以及中断处理程序设计。

实例 20 到 24 围绕 GUI(图形用户界面)进行应用举例,内容包括移植、图形文字显示、汉字显示、视窗控件和动画显示等。

实例 25 讲述如何将文件系统加入到系统中,并运用文件系统 API 函数对数据进行文件管理操作。

实例 26 到 28,以以太网接口作为硬件基础,依次是 TCP/IP 协议栈中的 ARP 地址解析应用实例、IP 和 ICMP 网络诊断应用实例及 UDP 数据传输应用实例。

(2) 如何调试和运行这些实例

本书中的 28 个实例都经过了严格验证,它们是在一款 ARM7 处理器开发平台——“ARMSys”上通过测试的[关于 ARMSys 开发平台的详细信息,可以从杭州立宇泰(原名立泰)电子有限公司的网站 www.HZLitai.com.cn 上获得]。经过适当的修改,这些实例也能够其他典型的 ARM7 开发板上运行(以 S3C44B0X

为处理器)。建议读者拥有一个自己的开发平台,这样就可以对书中的实例进行实践了。

本书的实例 2 中详细介绍了 ARMSys 的体系结构,在对实例电路的讲述中也会采用 ARMSys 的电路结构。为了更好地学习本书的内容,建议读者通过这套开发平台,或通过自行设计和制作开发板来验证实例,作者在本书的附带光盘中提供了 S3C44B0X 开发板的原理图实例(光盘目录\SCH\)

除了目标板,还需要一套 ARM 处理器专用的开发软件,例如 ARM 公司提供的 ARM Software Development Toolkit 2.5(简称 SDT2.5),就是一个集成开发环境。

每一个实例的源代码都放在本书附带光盘中的 Source\目录下,包括可以在 SDT2.5 下打开的工程文件和可进行程序固化的 *.bin 文件。在 SDT2.5 下,利用一个简易的并口转 JTAG 口电路模块就可以实现代码的下载与调试,这种方式的速度较慢,但是简易而且价格低。同样可以在光盘的 SCH\目录下找到 JTAG 板的电路原理图。

关于具体的开发环境的组建和开发步骤,在本书的实例 2 中将有详细的指导说明。

(3) 光盘资料介绍

Tools\目录下包括 ARM 处理器开发工具软件包,内容有:

IDE Trial\	集成开发环境软件试用版
JTAG\	JTAG 协议转换程序
USB\	USB 程序下载器安装程序
Programmer\	烧录工具

Source\目录下包括 28 个实例的工程文件、源程序文件、库文件和工程模板:

ADCTest	S3C44B0X 内置 A/D 转换器应用实例
ARPscan	ARP 地址解析应用实例
ColorLCDtest	彩色 LCD 驱动实例
EINTtest	S3C44B0X 外部中断实例
Ethernet	以太网底层函数编写实例
FAT16test	FAT16 文件系统应用实例
Flashtest	Flash ROM 读写实例
guiHelloWorld	GUI 软件包 Hello World 应用实例
guiHZK	GUI 与汉字库的应用实例
guiMemDev	GUI 动画显示应用实例
guiScale	GUI 绘制图形应用实例
guiWM	GUI 窗口控件应用实例
HelloWorld	Hello World 程序

IICtest	I ² C 接口应用实例
IOtest	I/O 应用实例——矩阵式键盘扫描
Nandflashtest	非线性 Flash ROM 读写应用实例
PDAtest	模拟 PDA 应用实例
Pingtest	PING 诊断工具应用实例
RTCtest	S3C44B0X 内置 RTC 应用实例
SDRAMtest	SDRAM 接口应用实例
Timertest	定时器应用实例
Touchtest	触摸屏应用实例
UARTtest	UART 串行口应用实例
ucos_ex1	μC/OS-II 应用之一——多任务
ucos_ex2	μC/OS-II 应用之二——任务间通讯
ucos_ex3	μC/OS-II 应用之三——中断服务程序
UDPtest	UDP 数据传输应用实例
USBN9603demo	USBN9603 控制器的固件程序编写范例
USBtest	USB 接口固件编程实例
template.apj	SDT 工程模板

PCSoftware\目录下包括上述实例中使用到的 PC 机软件或驱动程序:

GUI Trial\	GUI 库文件和字体转换工具
TCPLean\	运行在主机上的 TCP/IP 服务程序可执行文件(配合实例 26~28)
USB\	运行在主机上的 USB 文本文件下载器(配合实例 15)

SCH\目录下包括 S3C44B0X 处理器系统参考电路图(PDF 格式)。

(4) 适合什么样的读者

本书的主要目的是向社会推广与嵌入式系统有关的知识和技术,内容编排是由浅入深的,适合不同程度的读者。入门的读者可以很快地掌握一些常用的技术并积累开发经验,专业读者则可从对某个专题实例的阅读和练习中,掌握相应的开发技术和技巧。

对本书有任何意见和建议,欢迎来信与作者联系:xujinggg120@263.net。

(5) 感谢

参加本书编写和审阅的还有周德兴、饶大立、路邀、丁立伟、郭炳予等,在此对他们热情支持表示衷心感谢!对杭州立宇泰电子有限公司提供的优秀硬件平台支持表示感谢!

编著者

2004年8月

目 录

实例 1 嵌入式系统开发实例—— 模拟 PDA 的实现	
1.1 概 述	1
1.2 实例内容和目标	1
1.3 实例分析	2
1.3.1 系统构成的元素	2
1.3.2 硬件部分	3
1.3.3 软件部分	5
1.4 实现方法与步骤	10
1.4.1 连接硬件电路	11
1.4.2 程序目录和内容说明	11
1.4.3 下载并运行程序	12
实例 2 ARMSys 平台开发环境及 工具详解	
2.1 概 述	13
2.2 实例内容和目标	13
2.3 实例分析	14
2.3.1 ARMSys 的组成结构	14
2.3.2 ARMSys 的启动程序和地址空间分配	16
2.3.3 ARMSys 提供的开发环境	18
2.3.4 应用开发步骤	19
2.3.5 SDT2.5 的介绍	19
2.4 实现方法与步骤	20
2.4.1 编写或修改源程序代码	21
2.4.2 使用 APM 对工程进行编译	22
2.4.3 使用 ADW 进行仿真调试	30
2.4.4 在 Windows 2000 / XP 下使用 JTAG.exe	37
2.4.5 USB 口下载工具	39
2.4.6 代码固化	40
实例 3 Flash ROM 器件应用	
3.1 概 述	42
3.2 实例内容和目标	42
3.3 实例分析	43
3.3.1 读操作	44
3.3.2 字写入操作	45
3.3.3 扇区 / 块 / 整片擦除操作	47
3.3.4 内部操作状态检测	49
3.4 实现方法与步骤	49
3.4.1 接口电路	49
3.4.2 硬件上的设置	50
3.4.3 寄存器的说明	51
3.4.4 SST39VF160 的擦除	53
3.4.5 SST39VF160 的写入	53
3.5 运行结果	54
实例 4 SDRAM 器件应用	
4.1 概 述	55
4.2 实例内容和目标	55
4.3 实例分析	55
4.3.1 SRAM 器件的结构特点	55
4.3.2 DRAM 器件的结构特点	56
4.3.3 SDRAM 器件的构成原理和应用特点	57
4.3.4 SDRAM 器件 IS42S16400 简介	57
4.4 实现方法与步骤	59
4.4.1 地址分配	59
4.4.2 电路连接	61
4.4.3 寄存器设置	61
4.4.4 对 IS42S16400 的编程	65
4.5 运行结果	65

实例 5 Nand - flash 存储器器件应用

5.1 概述	66
5.2 实例内容和目标	66
5.3 实例分析	66
5.3.1 Nand - flash 存储器的应用特点	66
5.3.2 Nand - flash 存储器器件 K9F5608U0B 简介	67
5.4 实现方法与步骤	78
5.4.1 K9F5608U0B 与 S3C44B0X 的接口设计	78
5.4.2 写入指令、地址和读 / 写数据的条件	79
5.4.3 读器件的 ID 码子程序	80
5.4.4 块擦除子程序	80
5.4.5 页写入子程序	81
5.4.6 页读出子程序	82
5.5 运行结果	83

**实例 6 通用 I/O 口的应用——
矩阵式键盘**

6.1 概述	84
6.2 实例内容和目标	84
6.3 实例分析	84
6.3.1 S3C44B0X 的多功能 I/O 口	84
6.3.2 端口选择	88
6.3.3 端口控制寄存器	88
6.3.4 键盘的循环扫描检测法	90
6.4 实现方法与步骤	90
6.4.1 寄存器设置	91
6.4.2 编写键盘扫描程序	91
6.5 运行结果	93

实例 7 外部中断处理程序设计

7.1 概述	94
7.2 实例内容和目标	94
7.3 实例分析	94

7.3.1 概述	94
7.3.2 中断控制器	94
7.3.3 中断源	95
7.3.4 中断优先级产生模块	96
7.3.5 中断优先级	97
7.3.6 中断矢量地址表	97
7.3.7 控制中断的寄存器	98
7.4 实现方法与步骤	106
7.4.1 I/O 口设置	106
7.4.2 外部中断触发模式设置	107
7.4.3 中断寄存器设置	107
7.4.4 主程序编写	107
7.4.5 中断处理程序编写	109
7.5 运行结果	109

实例 8 UART 异步串行接口应用

8.1 概述	110
8.2 实例内容和目标	110
8.3 实例分析	110
8.3.1 UART 操作	111
8.3.2 UART 寄存器	114
8.4 实现方法与步骤	120
8.4.1 电路接口和 I/O 口设置	120
8.4.2 UART 初始化	121
8.4.3 myUart_Send 函数主体	121
8.4.4 字符发送程序 myUart_SendByte	122
8.5 运行结果	123

实例 9 定时器应用

9.1 概述	124
9.2 实例内容和目标	124
9.3 实例分析	124
9.3.1 PWM 定时器操作	124
9.3.2 PWM 定时器寄存器	130
9.4 实现方法与步骤	133
9.4.1 I/O 口设置	133
9.4.2 定时器时钟源频率设置	133

9.4.3 设置输出波形频率	133	12.3 实例分析	156
9.4.4 设置占空比	133	12.3.1 I ² C 总线的基本知识	156
9.4.5 设置定时器控制寄存器并启动定时器	133	12.3.2 I ² C 总线通用传输格式	156
9.4.6 定时器中断主程序	134	12.3.3 I ² C 串行 EEPROM 的相关知识	158
9.4.7 定时中断服务程序	134	12.3.4 S3C44B0X 的 I ² C 接口	160
9.5 运行结果	134	12.4 实现方法与步骤	165
实例 10 实时日历时钟 (RTC) 应用		12.4.1 I/O 端口 I ² C 功能设置	165
10.1 概 述	136	12.4.2 I ² C 中断使能	165
10.2 实例内容和目标	136	12.4.3 初始化 I ² C 接口	165
10.3 实例分析	136	12.4.4 向 24LC04B 中写入数据子程序	165
10.3.1 实时时钟特性	136	12.4.5 从 24LC04B 中读出数据子程序	166
10.3.2 实时时钟寄存器	137	12.4.6 I ² C 中断处理子程序	166
10.4 实现方法与步骤	139	12.5 运行结果	168
10.4.1 实时时钟初始化	139	实例 13 A/D 转换器应用	
10.4.2 显示当前时间	140	13.1 概 述	169
10.5 运行结果	140	13.2 实例内容和目标	169
实例 11 LCD 接口应用		13.3 实例分析	169
11.1 概 述	142	13.3.1 关于 A/D 转换的基础知识	169
11.2 实例内容和目标	142	13.3.2 S3C44B0X 具备的 ADC	169
11.3 实例分析	142	13.4 实现方法与步骤	172
11.3.1 STN 型彩色 LCD 模块介绍	142	13.4.1 模拟信号的产生	172
11.3.2 S3C44B0X 的内部 LCD 控制器介绍	144	13.4.2 ADC 控制寄存器的初始化	172
11.4 实现方法与步骤	150	13.4.3 读取 A/D 转换数值子程序	173
11.4.1 I/O 口 LCD 功能设置	150	13.5 运行结果	173
11.4.2 LCD 初始化程序	151	实例 14 触摸屏应用	
11.4.3 图像数据	153	14.1 概 述	174
11.4.4 全屏显示参考程序	153	14.2 实例内容和目标	174
11.4.5 正方形的绘制	154	14.3 实例分析	174
11.5 运行结果	154	14.3.1 触摸屏的基本原理	174
实例 12 I²C 接口应用		14.3.2 触摸屏的控制实现	175
12.1 概 述	156	14.3.3 ADS7843 引脚配置	175
12.2 实例内容和目标	156	14.3.4 ADS7843 的典型电路	176
		14.3.5 ADS7843 的控制字	177
		14.3.6 ADS7843 的工作过程	178
		14.4 实现方法与步骤	179

14.4.1 接口电路的连接和 I/O 口设置	179	17.3 实例分析	207
14.4.2 读取触摸点坐标程序设计	179	17.3.1 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 操作系统的移植条件	207
14.5 运行结果	180	17.3.2 移植工作的内容	208
实例 15 USB 设备接口应用		17.4 实现方法与步骤	214
15.1 概述	182	17.4.1 实验准备	214
15.2 实例内容和目标	182	17.4.2 多任务应用程序的编写	214
15.3 实例分析	183	17.5 运行结果	217
15.3.1 USB 接口工作原理概述	183	实例 18 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的多任务管理和任务间通讯	
15.3.2 USB 设备开发过程	184	18.1 概述	218
15.3.3 USB 接口控制器 USBN9603	184	18.2 实例内容和目标	218
15.3.4 USB 接口电路	185	18.3 实例分析	219
15.3.5 固件程序的开发	185	18.3.1 任务管理函数	219
15.4 实现方法与步骤	187	18.3.2 任务间的通讯与同步	224
15.4.1 安装 USB 驱动程序及进行文件下载	187	18.4 实现方法与步骤	230
15.4.2 修改固件程序	187	18.4.1 连接电路	230
15.5 运行结果	189	18.4.2 主任务处理程序	230
实例 16 以太网控制器接口应用		18.4.3 键盘检测任务处理程序	232
16.1 概述	191	18.4.4 电压检测任务处理程序	233
16.2 实例内容和目标	191	18.5 运行结果	233
16.3 实例分析	191	实例 19 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 中断处理程序设计	
16.3.1 以太网基础知识	191	19.1 概述	235
16.3.2 关于以太网控制器 RTL8019	194	19.2 实例内容和目标	236
16.4 实现方法与步骤	199	19.3 实例分析	236
16.4.1 连接以太网模块与处理器的接口	199	19.3.1 中断服务子程序	236
16.4.2 寄存器地址映射	199	19.3.2 中断延迟	237
16.4.3 热复位函数	200	19.3.3 中断响应	237
16.4.4 初始化函数	201	19.3.4 中断恢复时间	237
16.4.5 接收/发送函数	202	19.3.5 中断延迟、响应和恢复	238
16.5 运行结果	205	19.4 实现方法与步骤	238
实例 17 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的移植与应用		19.4.1 中断处理汇编程序的编写	238
17.1 概述	206	19.4.2 中断处理 C 程序的编写	240
17.2 实例内容和目标	207	19.4.3 中断处理任务程序的编写	240

19.5 运行结果	241	22.3.5 字体库文件结构	262
实例 20 GUI 系统的移植与应用		22.4 实现方法与步骤	264
20.1 概 述	242	22.4.1 得到符合 emWin 要求的汉字库	264
20.2 实例内容和目标	242	22.4.2 实例准备	268
20.3 实例分析	243	22.4.3 显示汉字的示例代码	268
20.3.1 emWin 的介绍	243	22.5 运行结果	268
20.3.2 emWin 对目标系统的要求	244	实例 23 GUI 视窗和控件的应用	
20.3.3 屏幕和坐标	244	23.1 概 述	269
20.3.4 应用 emWin 的步骤	245	23.2 实例内容和目标	269
20.3.5 emWin 的移植	245	23.3 实例分析	269
20.4 实现方法与步骤	247	23.3.1 视窗管理器(WM)	269
20.4.1 实例准备	247	23.3.2 视窗控件(Widgets)	275
20.4.2 定义宏	247	23.3.3 对话框(Dialog)	287
20.4.3 编写 Hello World 程序	247	23.4 实现方法与步骤	294
20.5 运行结果	248	23.4.1 实例准备	294
实例 21 图形文字显示的基本应用		23.4.2 编写主程序	294
21.1 概 述	249	23.5 运行结果	294
21.2 实例内容和目标	249	实例 24 GUI 中的动画显示应用	
21.3 实例分析	249	24.1 概 述	296
21.3.1 文字显示	249	24.2 实例内容和目标	296
21.3.2 图形显示	253	24.3 实例分析	296
21.4 实现方法与步骤	256	24.3.1 使用存储器设备驱动说明	296
21.4.1 实例准备	256	24.3.2 存储器设备驱动的绘图步骤	297
21.4.2 绘制表盘的示例代码	256	24.3.3 起用存储器设备驱动	297
21.5 运行结果	257	24.3.4 与存储器设备驱动相关的 API 函数	298
实例 22 汉字显示的应用		24.4 实现方法与步骤	304
22.1 概 述	258	24.4.1 回调函数的参数	305
22.2 实例内容和目标	258	24.4.2 回调函数的编写	305
22.3 实例分析	258	24.4.3 主程序编写	306
22.3.1 emWin 字体库的应用	258	24.5 运行结果	307
22.3.2 字体库 API	259	实例 25 基于 Nand - flash 的文件系统	
22.3.3 emWin 已经提供的字符集	260	25.1 概 述	308
22.3.4 字体转换器	261		

25.2 实例内容和目标	308
25.3 实例分析	309
25.3.1 FAT16 文件系统的结构	309
25.3.2 关于 Nand - flash	314
25.4 实现方法与步骤	315
25.4.1 FAT16 的移植	315
25.4.2 格式化文件系统	316
25.4.3 文件系统初始化	318
25.4.4 文件系统验证程序	319
25.5 运行结果	320

实例 26 ARP 网络寻址

26.1 概述	321
26.2 实例内容和目标	321
26.3 实例分析	323
26.3.1 IP 地址	323
26.3.2 IP 地址解析	323
26.3.3 ARP 数据包	324
26.3.4 ARP 扫描器	325
26.4 实现方法与步骤	326
26.4.1 主程序处理	326
26.4.2 ARP 数据包的检测和创建	329
26.4.3 连接电路并调试运行	330
26.5 运行结果	330

实例 27 IP 与 ICMP 应用

27.1 概述	332
27.2 实例内容和目标	332
27.3 实例分析	334
27.3.1 IP 数据报	334
27.3.2 ICMP 消息	336
27.3.3 PING 工具的工作步骤	337
27.4 实现方法与步骤	338
27.4.1 主程序处理	338
27.4.2 报文发送	340
27.4.3 报文接收	341
27.4.4 ICMP 消息函数	343

27.4.5 IP 数据报函数	344
27.4.6 连接电路并调试运行	346
27.5 运行结果	346

实例 28 UDP 数据报传输应用

28.1 概述	348
28.2 实例内容和目标	348
28.3 实例分析	349
28.3.1 UDP 数据报	349
28.3.2 端口和套接字	350
28.3.3 UDP 数据报格式	351
28.4 实现方法与步骤	351
28.4.1 主程序处理	352
28.4.2 接收处理	353
28.4.3 创建和发送 UDP 数据报	356
28.4.4 连接电路并调试运行	357
28.5 运行结果	357

附录 A S3C44BOX 概述

A.1 简介	359
A.2 特性	360
A.3 内部结构图	362
A.4 芯片引脚定义	363

附录 B ARM 处理器工作模式

B.1 处理器工作状态	368
B.2 状态切换	368
B.2.1 进入 THUMB 状态	368
B.2.2 进入 ARM 状态	368
B.3 存储空间格式	368
B.3.1 大端格式	368
B.3.2 小端格式	369
B.4 指令长度	369
B.4.1 数据类型	369
B.4.2 操作模式	369
B.5 寄存器	369

B.5.1	ARM 状态寄存器集	369		
B.5.2	THUMB 状态寄存器集	370		
B.5.3	ARM 状态寄存器与 THUMB 状态寄存器之间的关系	371		
B.5.4	在 THUMB 状态下操作寄存器高位	372		
B.6	程序状态寄存器 PSR	372		
B.6.1	条件码标志	372		
B.6.2	控制位	373		
B.6.3	保留位	374		
B.7	异常	374		
B.7.1	进入异常处理时的行为	374		
B.7.2	离开异常处理时的行为	375		
B.7.3	异常进入 / 退出概要	375		
B.7.4	FIQ(快速中断请求)	375		
B.7.5	IRQ(中断请求)	376		
B.7.6	Abort(异常中断)	376		
B.7.7	SWI(软件中断)	376		
B.7.8	未定义指令	377		
B.7.9	异常中断向量	377		
B.7.10	异常中断优先级	377		
B.7.11	复位	378		
	附录 C 44binit.s 初始化程序研究			
C.1	定义入口地址	379		
C.2	建立异常中断处理向量	379		
C.2.1	向量中断模式(只针对 IRQ)	380		
C.2.2	非向量中断模式	382		
C.3	初始化外部存储器	385		
C.4	初始化堆栈指针	386		
C.5	初始化 I/O 设备	387		
C.6	初始化中断系统所需要的 RAM 变量	387		
C.7	初始化 C 程序所要求的存储空间	388		
C.7.1	关于映像文件及区域	388		
C.7.2	与区域相关的符号	388		
C.7.3	加载时的映像文件	389		
C.7.4	执行时的映像文件	389		
C.7.5	初始化范例程序	390		
C.8	进入 C 语言程序的运行	391		
	参考文献	392		

实例 1 嵌入式系统开发实例 ——模拟 PDA 的实现

1.1 概 述

首先来看一个典型的嵌入式系统的应用——模拟 PDA 的实现。

PDA 即掌上电脑,是一个非常典型的嵌入式系统产品,它具备了一个嵌入式系统产品的要素:以处理器为核心,具有输入输出设备,具有人机界面,具有网络通讯功能和文件系统等。图 1-1 展示了一种 PDA 的外观图。

市场上常见的 PDA 具有各种各样的功能,如通讯录、记事本和游戏,甚至可以用来浏览网页和收发电子邮件等。这里就从它的一些基础功能开始,在 ARM 处理器系统上展示如何实现一个简易型的 PDA,并从这个实例出发,来对嵌入式系统产品的组成要素和开发过程等建立一个总体和直观的认识。



图 1-1 一种 PDA 的外观

1.2 实例内容和目标

现在来实现下面这样一个简易 PDA。

- ① 显示设备采用 320×240 像素的灰度液晶模块或 256 色 STN 型彩色液晶模块。
- ② 输入设备采用触摸屏。
- ③ 采用固态硬盘(Nand-flash)作为保存文件的设备。
- ④ 采用以太网接口与远程计算机通讯。
- ⑤ 具有友好的图形用户界面,如图 1-2 所示。界面显示一个键盘(包括 26 个字母,10 个数字,空格,逗号,句号,大小写切换键等,主要用于输入文本),一个可容纳 80 个字符的编辑框,6 个独立键,包括 SEND,SAVE,CLR,L1,L2 和 L3。
- ⑥ 主要功能有
 - 通过键盘可以在编辑框中输入一条 80 个字符以内的信息。
 - 按 SAVE 键将编辑框中的文本信息保存为文件。共可以保存 3 个不同的文件。
 - 通过键盘上的 L1, L2 和 L3 键可以将保存的对应文件载入到编辑框中,显示文本内容。
 - 按下 SEND 键将编辑框中当前的信息采用 UDP 协议数据包发送给远程 PC 机。
 - 随时可接收来自远程 PC 机的 UDP 数据包,如果成功接收到数据包,SEND 功能的键变成了 RECEIVE 功能的键,按下该键将接收到的内容显示在编辑框中。
 - 在编辑框中显示异常或错误的提示。



图 1-2 模拟 PDA 界面图

1.3 实例分析

1.3.1 系统构成的元素

上述功能要求是容易理解的。但是根据上述要求,如何来构建这个嵌入式系统呢?

从硬件上看,以下部件是必需的:处理器及其外围电路,符合要求的 LCD,触摸屏, Nand-flash 器件,以太网接口模块。这些硬件设备是满足功能要求的基础部件。

从软件上看,为了实现友好的界面,需要一个嵌入式 GUI(图形用户界面)软件包的支持,它使得能够在界面上显示类似 Windows 系统控件的按钮及编辑框等控件,并利用回调函数刷新这些控件。除此之外可能还需要一些字库的支持,用于实现支持特殊字符,这主要依据于 GUI 自身带有的字库。一些 GUI 不带有汉字库,因此必须给它加上一个汉字库。

对于文件的存取数据操作,则需要有文件系统的支持,这是通过调用文件系统的 API 函数来实现的。

为了实现网络通讯功能,则需要一个可以实现 UDP 协议传输的 TCP/IP 协议栈的支持,同样通过调用它提供的 API 来实现 UDP 数据包的收发。

对于上述这些功能,可以从头到尾自行编写所有的代码,但这无疑要投入大量的精力和时间。如果具备了一些现成的库,需要做的仅仅是按照规则对软件包中与硬件相关的部分进行修改,使它能够在目标板上运行。这不仅可以节省大量的开发时间,还能够使程序结构层次化、模块化,易于扩展和维护。

这里还必须要提到的是嵌入式操作系统。有了它会发现,让这些互无关联的功能模块有序地工作起来是一件容易的事情;否则就必须自己编写一个实现多个模块之间调度、切换的复杂管理程序。这个程序即使完成了,要确保它的稳定性及可靠性还需要经过大量的测试;而一些已经被广为认可的嵌入式操作系统却能够保证这一点。操作系统将不同的事务作为任务(或称进程)进行管理,根据一定的调度机制,例如优先级或时间片,来调度、切换任务。人们需要做的仅仅是理解它的机制,将它移植到目标板上,然后建立多个任务来分别实现每块的功

能。尤其是对于那些复杂的嵌入式系统,采用操作系统进行管理能够达到事半功倍的效果。

在目前的系统中,实现一个这样的 PDA 至少需要建立两个任务:图形界面任务和网络通讯任务。因为通讯任务是“实时”的,它需要随时接收来自远程计算机的 UDP 数据包;而图形界面任务也是“实时”的,它需要随时接收来自触摸屏的输入,并要及时响应接收数据的要求。文件的存取可以通过设立一个单独任务来处理,也可以通过放在图形界面任务中处理。在此实例中采用了后者。

综合上述分析,整个系统中各个部件之间的相互关系可以用图 1-3 来表示。

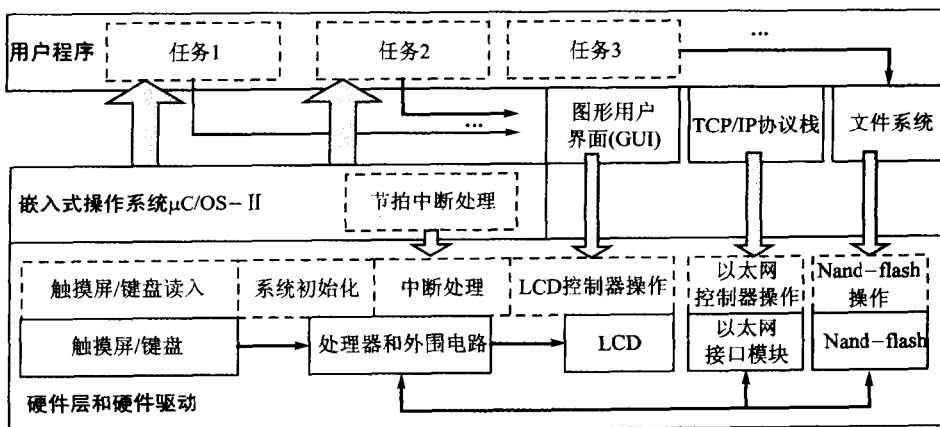


图 1-3 部件关系与系统组成

图 1-3 中的灰色箭头表示了模块之间的调用关系。

下面对图 1-3 进行一些说明。

硬件层和硬件驱动是整个系统的底层和基础,它上层的图形用户界面(GUI)系统与 LCD 控制器密切相关,GUI 通过调用对 LCD 控制器操作的底层函数来实现最终在 LCD 上绘制图形;TCP/IP 协议栈则调用对以太网控制器进行操作的底层函数,以实现网络的传输;文件系统则调用 Nand-flash 的操作函数来实现数据的读和写。

操作系统位于硬件层之上,与处理器的类型密切相关,一般情况下需要经过对配置参数和中断处理上下文切换函数进行修改,最终使它能够在目标板上运行,这个过程称为“移植”。操作系统作为整个系统的管理者,调用用户编写的每个任务处理程序,并在一定的时间内分配给每个任务所需要的资源,包括 CPU 时间、存储控件或只能互斥访问的 I/O 设备等,并在某个事件发生或者任务自动挂起后,对任务进行切换调度,让当前任务停止,另一个任务开始运行。

用户编写的任务处理程序通过调用 GUI、协议栈和文件系统所提供的 API 函数来实现各种具体事务的处理。

在理解了整个系统的工作机制后,下面就来对各个硬件部件和软件部件的具体要求和选型做一个详细的分析。

1.3.2 硬件部分

现在的目标是在一个开发平台上实现这个 PDA。这个开发平台将在实例 2 中进行详细介绍。开发平台采用三星公司的 S3C44B0X 为核心处理器。S3C44B0X 处理器以