

利用嵌入式技术实现传感器数据网络共享

刘文涛, 杨建华, 赵 忠, 赵方鹏

(西北工业大学 自动化学院, 陕西 西安 710072)

摘要: 针对传统传感器, 利用嵌入式平台为其建立一个传感器网络接入模块, 完成传感器数据的采集与网络共享。具体介绍了利用 ARM 微处理器和 Linux 操作系统来实现这个模块的开发过程, 并对其中的关键技术进行了详细的说明。

关键词: 网络化; 传感器; ARM; Linux

中图分类号: TP212 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8829(2007)04-0087-03

Ways of Sharing Sensor Data on the Network

LIU Wen-tao, YANG Jian-hua, ZHAO Zhong, ZHAO Fang-peng

(College of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: A module for the sensor is designed and built, using this module to acquire data and share these data on the Internet. ARM MCU and Linux operating system are used to develop this module, and the important technology of this module is explained particularly.

Key words: network; sensor; ARM; Linux

随着网络技术、工业控制、测控技术的发展, 各种自动化、智能化技术的进步, 将传感器与网络相结合, 可直接利用现有的网络资源实现传感器敏感数据的共享, 以及远程信号监测。网络化传感器已成为传感器发展的一个重要方向。

目前嵌入式技术是实现传感器网络化的一种低成本的有效途径。对已有的传统传感器, 可以为它们设计一个基于嵌入式技术的通用网络接入模块, 实现其网络化。当前, 嵌入式技术发展迅速, 其本身的特点非常符合传感器网络化的一些要求, 体积小, 适合恶劣环境, 功耗低等。

笔者利用目前最流行的 ARM 嵌入式处理器和具有良好的网络功能的嵌入式操作系统 Linux 相结合, 设计实现了一种通用的传感器网络接入模块。文章较详细介绍了该模块的技术实现方案。

1 传感器网络接入模块设计

1.1 硬件平台

通用网络传感器的网络接入模块应当具有低价格和通用性, 所以选择性价比和通用性高的芯片来搭建此模块。网络接入模块主要包括: 1 片嵌入式处理器 S3C2410, 1 片网络芯片 DM9000, 2 片 32 MB 的 16 位 SDRAM 拼成 32 位模式, 1 片 16 MB 的 16 位 Flash 芯片等。嵌入式处理器 S3C2410 具有很高的性价比, 其采用 203 MHz 的 ARM920T 内核, 自带一个 8 通道、采样频率为 500 KS/s、10 位的 ADC, 利用此 ADC 把传感器信号转换为要处理的数字信号。模块结构如图 1 所示。

1.2 嵌入式系统软件平台

软件平台的实现包括嵌入式系统的 Bootloader(引导装载程序)移植和嵌入式操作系统 Linux 的移植。Bootloader 是嵌入式系统软件开发的第一个环节, 是后续软件开发的基础。而 Linux 是一个开源的操作系统, 各个方面得到了很好的发展和支持, 而其固有的良好网络功能, 相对于其他的嵌入式操作系统, 它更适合于本平台。

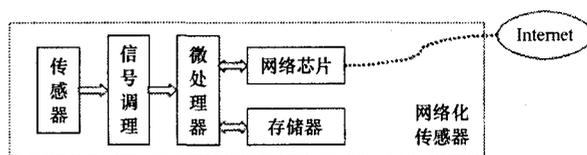


图1 网络化传感器硬件结构示意图

1.2.1 Bootloader 的移植

目前世界上流行的 Bootloader 主要有 U-Boot, Blob, Vivi, Armboot 等。而这其中 U-Boot 功能最为强大, 针对的处理器和平台最多, 所以选择 U-Boot 作为本系统的 Bootloader。从网络下载得到 U-Boot-1.1.4 源码, 选择其中与本平台相似的 smdk2410 作为移植的模板, 修改其中的 flash.c 文件, 以使其对本平台所选 Flash 芯片的支持; 修改头文件 smdk.h, 建立适合于本平台的各种参数, 主要参数包括: Flash 芯片和 SDRAM 芯片的物理起始地址和大小, 网络芯片 DM9000 的基地址及其配置, Linux 内核启动相关的参数设置等。修改其他一些与平台相关的源文件, 通过交叉编译器编译生成 u-boot.bin 文件, 从 JTAG 口烧写入 Flash 中, 并设置好其环境变量, 则完成了 U-Boot 的移植。与 U-Boot 移植最为相关的则是系统内存空间的分布, 系统内存分布如图 2 所示。

1.2.2 Linux 内核的移植

嵌入式 Linux 现在发展最成熟的是 2.4.18 版本, Linux 社区针对各种处理器和各种平台做了很完善的移植工作, 所以选择

收稿日期: 2006-08-28

作者简介: 刘文涛(1982—), 男, 湖北仙桃人, 硕士研究生, 主要研究方向为传感器系统、嵌入式系统。

这个版本的 Linux 作为本平台的操作系统。从网络下载已经针对 ARM 处理器的 Linux2.4.18-rmk7-pxal 内核源码,根据本平台的具体硬件电路对内核中相关代码进行修改,主要是内核起始运行地址(如图2),交叉编译器,物理内存结构 Meminfo,定时器,Cache管理,Ramdisk等。根据自己的实际需要配置 menuconfig 中的相关选项,最后生成内核镜像 zImage,利用 U-Boot 通过网口或者串口从主机上把 zImage 下载至 SDRAM 中,然后再写入 Flash 后,则完成了 Linux 的移植。

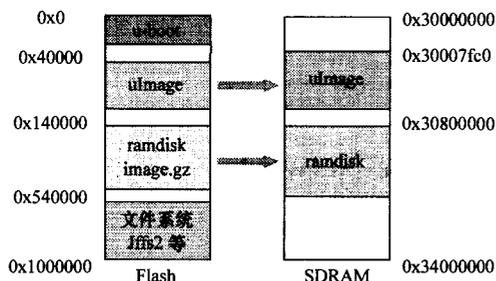


图2 嵌入式系统中 Flash 与 SDRAM 空间分配图

2 ADC 驱动程序开发

作为网络化传感器接入模块,传感器模拟信号的采集功能是必须的,因此该模块下 ADC 驱动的开发是另一件重点工作。S3C2410 的 ADC 主要有 ADCCON, ADCTSC, ADCDLY, ADC-DATO, ADCDATO 5 个寄存器,通过对这些寄存器合理的配置,则可很好地完成 AD 转换工作。有两种编程方式来实现 AD 转换,即中断模式和轮询模式。在多任务操作系统下采用轮询模式则会浪费宝贵的 CPU 时间,所以在驱动开发中采取中断模式。AD 驱动程序开发过程如下:

①为 ADC 设备建立一个便于管理的结构体,其中包括防止并发的互斥体,进程休眠的等待队列,AD 转换的通道,AD 转换的时钟的预分频数值。这样,以后函数调用的时候,将会很方便控制 ADC 设备。

②在 Linux 系统下注册这个 ADC 设备,通过函数 register_chrdev(0, DEVICE_NAME, &s3c2410_fops),则可以动态地在 Linux 系统中获得一个主设备号,而避免采用指定主设备号有可能发生设备号已被占用的冲突。

③在系统中为这个 ADC 设备申请一个中断号,并注册这个中断号,利用函数 request_irq(IRQ_ADC_DONE, adcdone_int_handler, SA_INTERRUPT, DEVICE_NAME, NULL),这其中 IRQ_ADC_DONE,则是系统中为这个 ADC 分配的中断号,adcdone_int_handler 则是中断服务程序入口地址,在产生中断时调用这个函数。SA_INTERRUPT 则表示这个中断函数是个快速中断例程,这样则保证 AD 转换结果的实时性。

④对设备文件操作,也就是 struct file_operations s3c2410_fops 这个结构,主要实现其中的 open, release, read, write 4 个函数就可以对 ADC 设备进行控制。open 函数用于首次打开这个设备时候对其进行初始化,也就是对 ADC 设备的结构体进行初始化,以便后面的函数调用。write 函数的作用就是从应用程序空间利用 copy_from_user 函数把应用程序中对设备操作的参数拷贝到内核空间,并赋值给 ADC 设备的结构体。read 函数是最重要的,调用 read 函数时,首先利用函数 down_interruptible(&adcdev.lock)获得互斥体,以独占这个 ADC 设备,然后利用

宏 START_ADC_AIN 来启动相应通道的 AD 转换,然后利用函数 interruptible_sleep_on(&adcdev.wait)使这个进程进入休眠状态,以等待转换结束产生中断,由中断服务程序利用函数 wake_up(&adcdev.wait)来唤醒这个进程以继续利用 copy_to_user 函数把转换结果拷贝给用户空间。接着释放互斥体,并可以利用函数 udelay(x)来设置微秒级的转换周期。

⑤采用驱动模块动态挂载方式,在卸载这个 ADC 驱动模块时,要利用函数 unregister_chrdev(adcMajor, DEVICE_NAME)和 free_irq(IRQ_ADC_DONE, NULL)释放设备号和中断号,以免资源浪费。在前期调试的过程中采用动态挂载方式,调试好后则应该采用静态挂载方式加入到 Linux 内核中。

驱动程序应该给应用程序提供最灵活方便的功能,以便应用程序能够对设备进行灵活的控制,以实现其最好的策略。在这个 ADC 设备驱动中,笔者很好地实现了这一点,利用结构体给予应用程序多个参数选择余地。采集数据的应用程序结构简单,调用驱动程序中的 open, release, read, write 4 个函数即可实现,采集数据的应用程序作为一个子函数在服务器程序中调用。

3 服务器程序的设计

3.1 设计思路

利用 ADC 采集得到的数据,可以在这个系统下先进行前端处理后再通过网络传输给客户端,并可以利用 B/S 网络模式由客户端直接观测所测对象的情况。也可以把采集的原始数据不进行处理而直接传输给客户端,而由客户端进行后端处理。这样客户则可以得到最原始的数据,利用功能更强大的平台和专业测控软件如 LabView, LabWindows/CVI 等对这些数据进行更全面的处理,而这种方式下采用 C/S 网络模式更好。前者,不仅要进行数据采集还要处理大量数据,这样处理数据会消耗大量的系统资源,而且使这个网络接入模块不能高效率地完成采集和传输。而后者相反,网络接入模块以最快的方式把采集的数据直接传输给客户端。所以在服务器程序设计时应该尽量简洁高效。使服务器程序在最短的时间内把数据发送出去。比较两者,后者更符合本平台设计的要求。

3.2 程序设计

Socket 接口是应用最广泛的 TCP/IP 网络编程的 API 函数, Linux, Unix, Windows 系统都是利用它来实现网络通信的,采用 Socket 接口来完成服务器程序则可以使数据很好地在各种不同的操作系统下共享。服务器程序开发如下:

①调用 socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0)函数建立一个 socket,函数返回一个整型 socket 描述符。其中 SOCK_STREAM 表示采用面向连接的方式来实现 TCP 连接。这样数据的传输可以等到握手确认而不产生丢包现象。

②调用 bind()函数来配置有 socket()返回的 socket 描述符,主要是把本地 IP 地址和端口传递给 socket 描述符。调用 listen()函数来监听这个 socket,当有连接请求时,则把这个请求加入到 socket 的请求队列。

③调用 accept()让服务器接收客户的请求。当 accept 监听的 socket 收到连接后则 socket 执行体将建立一个新的 socket,执行体将这个新 socket 和请求连接进程的地址联系起来,收到服务请求的初始 socket 仍可以继续以前的 socket 上监听,同时可以在新的 socket 描述符上进行数据传输操作。

④客户端应通过 `send()` 函数传递 AD 转换通道、ADC 的预分频数和采样周期,服务器端用 `recv()` 来接收这 3 个参数,同时由服务器程序把 3 个参数传递给调用的数据采集程序完成采集任务。采集完成后通过 `send()` 把采集的数据发送给客户端。在此可以同时设置循环来实现连续采集和连续发送。

⑤采集和发送接收后,则调用 `close()` 函数来接收这个 socket。

以上是服务器程序主要部分的功能实现。主要是采用并发服务器模型,当有客户端请求到达时,则调用 `fork()` 函数为其建立一个子进程,由子进程来完成数据的传输,而父进程继续回到等待状态继续处理其他客户的请求。服务器程序流程如图 3 所示。

4 结束语

利用 ARM 处理器与 Linux 系统结合的方法实现传感器的网络接入模块是一种非常可行的方案,只要一个这样的平台可以供多个传感器同时使用。作者已经将其运用在气体远程测控的检测系统中,实现了气体传感器数据的实时采集和传输。对于采样频率要求更高的系统,则可以在电路中加入更高性能的 ADC 芯片,编写其驱动程序即可。本平台后续研究将对平台的容错性和安全性方面做进一步的努力,并在客户端利用专业测控软件对所得数据进行处理。

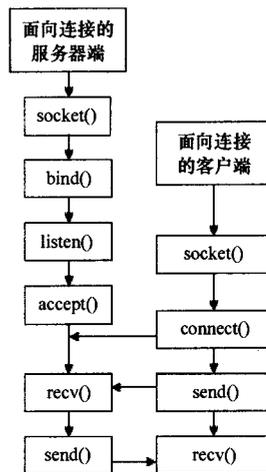


图3 网络传感器服务器程序流程图

参考文献:

- [1] 魏永明,耿岳,钟书毅. Linux 设备驱动程序[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [2] 孙天泽,袁文菊. 嵌入式设计及 Linux 驱动开发指南——基于 ARM9 处理器[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [3] 杜春雷. ARM 体系结构与编程[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [4] 高传善,钱松荣,毛迪林. 数据通信与计算机网络[M]. 北京:高等教育出版社,2003. □

ZTEC 新推 ZT4610 系列数字存储示波器

美国 ZTEC 仪器公司推出 ZT4610 系列数字存储示波器,具有以下特性:①直观的软件接口传递了一种台式示波器的观感和触感;②采集速率实时取样达 4 GS/s,仿真取样达 200 GS/s;③在板内存达 64 MS 记录长度,有为获得纵深波形而设计的持续存储模式和为分析重复信号、统计积聚物和观察历史波形的分割信号模式;④高速数据传输符合所有总线带宽规格;⑤为高精度垂直、水平和频率域测试而配置的内置 64 位信号处理器等。

GE Fanuc 推出隔离继电器输出模块

2007 年 3 月 20 日,通用电气工业系统集团旗下的 GE Fanuc 自动化公司宣布推出 PACSystems RX3i 和 90-30 PLC 系列控制器的新型隔离继电器输出模块。每个电路的最大输出交换能力为 4 A。每个输出点均与其他点隔离开来,而且每个点拥有一个独立的通用电源输出端子。输出装置具备高度的抗扰性,无需添加外部缓冲器。继电器输出装置可以控制各种输出设备,如电机启动器、螺线管和指示器等。PACSystems RX3i 的特点是在一个单一控制引擎和通用编程环境中,可使跨多个硬件平台的应用更为轻便灵活并真正融合了多种控制选择。90-30 PLC 系列是控制器、I/O 系统和专用模块的组合,用来满足客户对各种工业解决方案的需求。适用于高速打包、物料处理、复杂运动控制、水处理、连续排放监控、采矿、食品加工、电梯控制、注塑成型等领域。

艾默生提供哈氏合金 F 系列产品

2007 年 3 月 8 日,艾默生过程管理公司推出哈氏合金 C-22 结构的 F 系列产品,扩大了高准科里奥利流量计的产品范围。该流量计适于工艺介质与不锈钢材质不相容的众多工业和应用环境中。紧凑和自排空型 F 系列哈氏合金产品是在苛刻操作环境中进行精确、可靠流量测量的较好选择。高准 F 系列仪表的质量流量测量精度为 $\pm 0.10\%$,体积流量测量精度为 $\pm 0.15\%$,气体流量测量精度为 $\pm 0.50\%$,密度测量精度为 $\pm 0.001 \text{ g/cc}$ 。F 系列产品为自排空型,减少了测量偏差,提供了优良的固有灵敏度。

吉时利发布新版数据采集、测量与控制手册

2007 年 3 月 21 日,美国吉时利(Keithley)仪器公司发布《掌握最新的数据采集、测量与控制开发手段》一书。主要内容是:①数据采集与测量技术概述,包括插件板和外部数据采集系统介绍;②计算机总线、协议与硬件知识,重点强调计算机对数据采集系统总体性能和可靠性的重要影响;③软件知识以及如何选择合适的数据采集软件;④元件理论基础,以及用于优化测试过程的数据采集系统电子元件类型介绍;⑤模-数与数-模转换、接口、隔离和接地回路技术;⑥温度与应变测量技术,以及利用现有的传感器技术进行测量并确保测量精度的方法;⑦利用数据采集系统监测或控制工业生产过程的实例。