

基于 ARM11 的箱变监测系统

洪玲,邵平凡

(武汉科技大学 计算机科学与技术学院,湖北 武汉 430065)

摘要: 针对箱式变压器监控系统实现采集周围环境温度、湿度、局部放电量以及噪声的目标,将 ARM11 与温湿度采集模块 AM2301 相结合,通过对基于 ARM11 嵌入式开发板驱动程序的编写与加载,实现温、湿度的采集。将温度数据作为无线测温模块的定标数据,通过开发板的串口与无线测温、局部放电和噪声采集设备的通信来实现对输电电线的温度、变压器局部放电量和噪声的实时采集,最后通过网络将实时采集的数据发送给监控中心。

关键词: 变压器;AM2301;嵌入式;环境参数监测;网络传输

中图分类号: TP368

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)24-0091-03

Monitoring system based on ARM11 box

Hong Ling, Shao Pingfan

(School of Computer Science and Technology, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430065, China)

Abstract: In view of box-type transformer monitoring system to achieve the goal of collecting the temperature, humidity, partial discharge and noise in the surrounding environment, the ARM11 is combined with temperature and humidity acquisition module AM2301. Based on ARM11 embedded development board preparation and load of the driver, realize the collection of temperature and humidity, the temperature data as wireless temperature measurement module calibration data. Through the serial port development board and wireless temperature measurement, partial discharge and noise acquisition device communication, to achieve real-time acquisition of temperature distribution wire, local discharge and noise. Finally, the collected real-time data will be send to the monitoring center.

Key words: transformer; AM2301; embedded; monitoring environmental parameters; network transmission

城市各居民区的箱式变电站是所辖区用户安全用电的基本设施。随着我国电网建设的发展,对供电系统的要求也越来越高。对箱式变电站环境和设备的监测,是保障变电站设备安全可靠运行的必要手段。传统的远程监测依靠串行总线来完成上位机与数字设备之间的通信,由上位机直接对数字设备进行控制。但这已经越来越显示出它的局限性:成本较高、不易扩展等。嵌入式设备性能的提高及因特网的飞速发展,为这些问题提出了新的解决方案,文中设计了以嵌入式计算机、通信设备、测控单元和传输网络为基本构成的监测系统,为配电系统建立实时数据采集和数据传输,用监测结果作为对电力系统进行监控的依据,在电力监控系统中发挥了重要作用。

1 嵌入式箱变监测系统方案设计

根据箱变监测环境指标的要求,该箱变监测系统应

具有以下基本功能:

- (1) 稳定可靠地采集各个环境指标数据;
- (2) 对各环境指标数据的采集相对独立,相互之间无干扰;
- (3) 与监控中心实现可靠的网络数据传输;
- (4) 当系统出现故障时能够自动重启,确保系统长期可靠运行。

根据箱变环境的监测需要,本系统采用体积小、功能强大的嵌入式开发板作为主要的硬件环境,与温湿度检测模块、局部放电数据采集模块和噪声采集模块相结合,并通过网络与监控中心远程通信来实现整个系统的功能,硬件总体结构如图 1 所示。

2 开发板硬件介绍

本系统选用 Friendly ARM 研制的 Tiny6410 开发板,其中核心板所用处理器是基于 ARM11 的 S3C6410,板载

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 97

应用奇葩

Example of Application

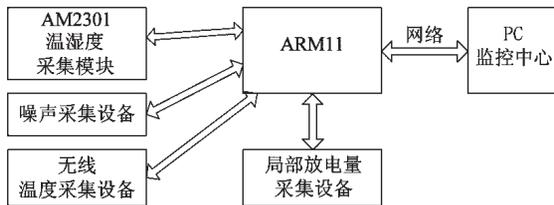


图1 系统结构框图

资源有 256 MB DDR RAM, 2 GB SLC Nand Flash 存储器, 底板还提供了 LCD 触摸屏、USB 接口、SD 卡、3 个通用异步串行口、网络接口等功能支持。

3 软件平台

嵌入式操作系统采用功能强大、多任务而且性能稳定的 Linux 操作系统, 保障了良好的可裁剪和移植性, 同时也便于对新增设备驱动程序进行移植开发。内核版本是 Linux2.6.38, 经实际检测, 该系统可在 S3C6410 硬件平台上可靠运行。

对硬件平台上运行的程序进行编译, 需要在 PC 上建立交叉编译环境, 本次设计的交叉编译环境建立在 Linux Fedora 15 操作系统上, 使用 arm-linux-gcc-v6 作为交叉编译器。交叉编译产生的可执行文件和驱动程序模块通过 U 盘存入嵌入式系统的闪存里。先通过 insmod 命令加载驱动程序模块到操作系统内核中, 再运行数据采集应用程序。

4 系统软件设计

本系统采用 C 语言编程, 以多线程和模块化的设计方法, 可以使数据采集、控制输出和系统通信同时进行^[1], 其主要流程如图 2 所示。其中采集输电线路温度、噪声和局部放电主要通过串口与设备通信来获得数据。读取环境温、湿度则是应用程序通过 Linux 文件系统设备节点, 驱动 AM2301 读取温湿度测量数据, 最后将采集到的数据经过加工处理后, 通过网络传送给监测中心。



图2 整体设计流程图

4.1 看门狗设计

看门狗程序模块直接调用内核中已经存在的看门狗驱动程序, 在应用程序中通过“/dev/watchdog”文件设备节点来进行访问。使用 ioctl() 来设定看门狗定时器的时间, 并及时进行喂狗操作。当因采集或传输等模块发生故障而不能及时进行喂狗操作时, 就会在达到设定时间后自动重启开发板, 开发板重启后自动运行系统程序, 达到长期自动运行的目的。

4.2 网络传输设计

网络传送数据根据实时性需要选择了基于 UDP 协议的网络传输。本系统采用单播——客户机/服务器模型。为了提高系统的安全性, 与监控中心商定了加解密

文格式, 只有当收到正确命令后才将采集的数据与加密内容发送给监控中心, 提高了安全性。在网络传输过程中, 当创建套接字并绑定端口后, 会一直处于监听状态, 当接收到数据后, 判断是否为监控端发送来的数据, 若是则发送采集的数据, 回到监听状态, 等下一次命令到来。

4.3 AM2301 驱动设计

AM2301 数字温湿度传感器采用简化的单总线通信协议, 温度的量程范围为: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+80\text{ }^{\circ}\text{C}$, 湿度的量程范围为: $0\%\sim100\%\text{RH}^{[2]}$ 。3 个引脚的功能如表 1 所示。本系统将 DATA 引脚接到 S3C6410 的 GPE3, 并通过 5.1 k Ω 上拉电阻与 V_{DD} 连接后一起接到 +5 V 电源, 将 GND 引脚接地即完成线路连接。

表 1 AM2301 引脚功能

引脚	颜色	名称	描述
1	红色	V_{DD}	电源 (3.3~5.5 V)
2	黄色	DATA	串行数据, 单总线
3	黑色	GND	接地

本系统将 AM2301 作为一个字符设备进行驱动。在 Linux 中, 字符设备驱动是以文件的形式进行管理, 其驱动需要完成打开、读写等类似针对文件的功能操作, 而且可以通过在 /dev 目录下的文件系统设备节点进行访问^[3]。字符设备驱动程序主要由字符设备加载与卸载函数和字符设备驱动 file_operation 结构体中的成员函数组成并通常至少要实现 open、write、read 和 close 系统调用^[4]。

设计移植 AM2301 驱动程序时, 根据其底层具体硬件特性和单总线通信协议, 驱动程序主要由函数 am2301_init (设备注册)、am2301_exit (设备注销)、file_operation、ReadByte (读一个字节)、am2301_read (读取完整的温、湿度测量数据) 构成。由于内核空间与用户空间的内存是不能直接互访的, 应用程序可以通过 fd=open() 打开文件设备的方式来访问驱动程序, 并通过 read(fd, &buffer, size) 来读取采集到的数据。驱动采集温、湿度的流程图如图 3 所示。

读取温、湿度数据采用单总线数据格式, 一次传输数据为 40 bit。传感器中读出的温、湿度值是实际温、湿度值的 10 倍。具体格式如下:

40 bit 数据 = 16 bit 湿度数据 + 16 bit 温度数据 + 8 bit 校验和, 例如接收到 40 bit 数据为:

0000 0010 1000 1101 0000 0001 0010 0001 1011 0001, 若前 4 个字节的累加和与最后 1 个字节相等, 如: 0000 0010+1000 1101+0000 0001+0010 0001=1011 0001 (校验位), 则接收数据正确。由前 32 位的数据计算可得:

湿度: 0000 0010 1000 1101=653 =>65.3%RH

温度: 0000 0001 0010 0001=289 =>28.9 $^{\circ}\text{C}$

在驱动程序的编写中, 因需要直接访问开发板引脚, 故需掌握基于 S3C6410 的 GPIO 操作。如配置 GPIO 方向 (gpio_direction_output())、读取 GPIO 的值 (gpio_get_value())、释放 GPIO (gpio_free()) 等。

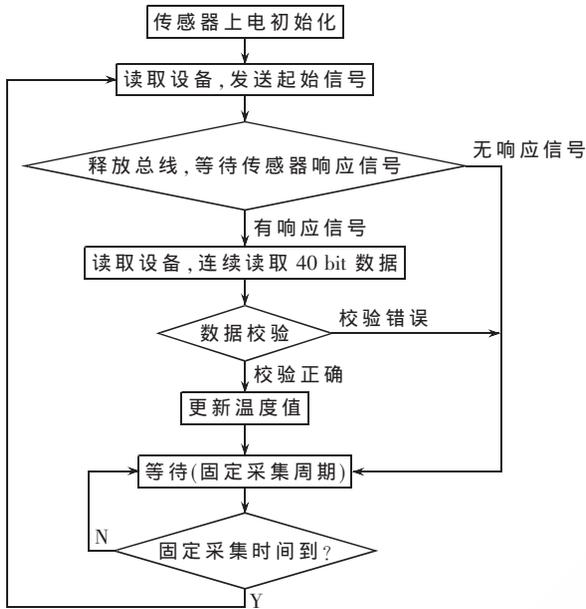


图3 AM2301 驱动程序流程图

用 GPIO 操作方法来完成数据采集操作,整个过程中信号的时序很重要,否则无法完成正确的数据读取。内核提供的延时函数精确、易用,主要有 ns 精度 `ndelay()`、 μ s 精度 `udelay()`和 ms 精度 `mdelay()`函数^[5]。其时序信号如图 4 所示。其中位数据“0”和“1”用高电平时间差别来区分。



图4 AM2301 通信时序图

通过 AM2301 采集环境的温湿度,其中温度数据作为无线测温设备的定标数据,通过无线测温模块与 ARM11 的串口通信来采集输配电线的温度。

将驱动模块和交叉编译生成的可执行文件放在开发板“/etc/init.d”目录下的“rcS”脚本文件下运行,这样完成了开发板启动后自动运行系统程序的功能。配合看门狗技术的运用,使系统在异常情况下能自动恢复,提高了系统的可靠性和自维护性。

4.4 数据通信

网络监听传送数据与采集温湿度、局部放电、噪声等模块在不同线程中独立并行运行。其中采集输配电线温度、局部放电与噪声通过开发板的串口通信实现,根据采集设备的通信协议设置其串口。在 Linux 中,串口文件位于“/dev”下,直接通过 `open()`打开串口,设置串口可通过设置 `struct termios` 结构体的各成员来实现。

串口程序设计的基本步骤:(1)打开设备文件 `open()`; (2)获取当前设备方式 `tcgetattr()`; (3)设置 `termios` 成员 `c_lflag`、`c_oflag`、`c_cflag` 等;(4)使用 `cfsetispeed` 和 `cfsetospeed`

通信设置波特率;(5)使用 `tcsetattr` 设置设备工作方式。当串口设置好后,直接通过 `read()` 和 `write()` 即可与采集设备通信,通过发送命令获得采集数据。

4.5 多线程控制

为了使各模块之间独立运行并提高采集的效率和监控的实时性,本系统采用多个线程并行通信的方式来实现控制。不同的线程间可以直接访问其他线程的数据^[6],简化了控制的难度,其中采集环境温度湿度 `ThreadTH()`、输配电线温度 `Threadtem()`、噪声 `Threadnoise()`、局部放电 `threadJF()` 分别由 4 个线程进行控制,另外再创建一个线程 `Threadcontrl()` 来控制采集的 4 个线程。当 4 个线程中任何一个采集模块出现故障时,控制线程将结束该线程并重新创建新的线程来进行采集。其线程控制结构图如图 5 所示。控制方法为:各采集模块每完成一次采集就获得一次系统时间,控制模块也实时获得系统时间,将控制模块中获得的时间与采集模块中的时间间隔相比较,超过一定设定值后,则认为该采集模块出现故障,控制线程会结束该线程,延时片刻重新创建新线程进行采集。

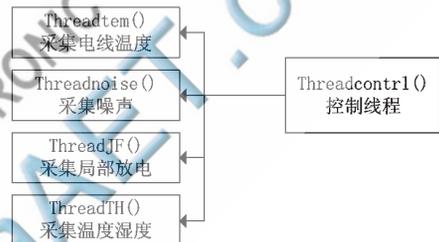


图5 线程控制结构图

5 系统测试

将编译好的驱动程序模块和采集终端应用程序加载在 ARM 上运行后,在 PC 监测端输入 IP 地址,与 ARM 端网络连接后就能动态接收和显示 ARM 采集的数据,图 6 为某时刻系统测试图。

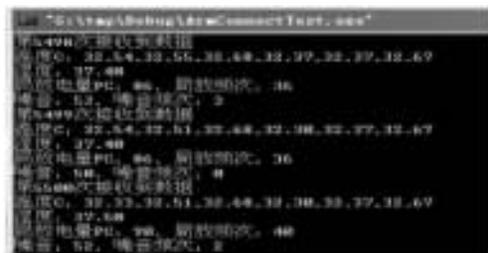


图6 监控数据显示片段

本系统选择采用基于 S3C6410 为主处理器的开发平台和开源的 Linux 作为嵌入式操作系统,并完成交叉工具链的生成、驱动程序的加载等。完成了 AM2301 驱动程序的设计与开发,将驱动程序移植到嵌入式开发板中,实现温、湿度数据实时采集功能。将采集温/湿度、局部放电与采集噪声各模块相结合,完成了实时采集箱变环境参数的监测系统,并通过线程实时控制方法和一系

列措施确保系统能够长期稳定运行,并具有良好的扩展性和通用性。

参考文献

- [1] 王彬,程雪.一种基于 ARM 的温室数据采集系统的设计[J].安徽农业科学,2011,39(12):7466-7467.
- [2] 何燕阳.基于 AM2301 的消毒熏箱温湿度控制系统设计[J].智能计算机与应用,2012,2(4):2095-2163.
- [3] 黄驰.基于 ARM11 和 Linux 的 DS18B20 温度测量系统设计及实现[J].软件导航,2012,11(6):1672-7800.
- [4] 刘继忠,邱于兵,黄翔.基于 ARM 的远程温湿度监控系统

的设计[J].仪表技术与传感器,2012(8):1002-1841.

- [5] 宋宝华.Linux 设备开发详解[M].北京:人民邮电出版社,2007.
- [6] 吴宇佳,浦伟,周妍,等.Linux 下多线程数据采集研究与实现[J].通信技术,2012(7):1009-8054.

(收稿日期:2013-09-17)

作者简介:

洪玲,女,1989 年生,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式。

邵平凡,男,1956 年生,硕士研究生导师,教授,主要研究方向:嵌入式系统。

