

高纬度低海拔土壤监测系统研究*

周艳娥¹, 葛海波¹, 林界², 柯奎雄³

- (1.西安邮电大学 电子工程学院, 陕西 西安 710061;
2.西安邮电大学 通信与信息工程学院, 陕西 西安 710061;
3.华为技术有限公司西研所, 陕西 西安 710077)

摘要: 针对高纬度低海拔地区的特殊地理环境, 为了降低冻土对管道的危害, 设计了由监测终端和上位机监控软件组成的低功耗低成本的土壤监测系统。该系统可以监测土壤温度、湿度及位移参数, 测试精度为温度 0.1℃, 湿度 3%RH, 位移 3 mm。监测终端可对自身工作状况进行查询和检测, 方便与计算机连接, 可以现场调试、检测和查询, 具有 U 盘存储功能; 通过 GPRS 模块将监测参数上传到上位机进行远程监控。上位机具备电源管理功能, 尤其是指示剩余电量; 查询结果可以用数据表格及图形表示, 报表可打印; 能够监测记录终端工作的状况, 人机界面友好, 操作简便。

关键词: 低成本; 低功耗; 监测系统; GPRS; 远程监控

中图分类号: TP277

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)07-0010-03

Research of high latitude and low elevation soil monitoring system

Zhou Yan'e¹, Ge Haibo¹, Lin Jie², Ke Kuixiong³

- (1.School of Electronic Engineering, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710061, China;
2.School of Communication and Information Engineering, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710061, China;
3.Software Development Department, Huawei Xi'an Institute, Xi'an 710077, China)

Abstract: In view of the special geographical environment of the high latitude and low altitude, in order to reduce the harm of permafrost on pipeline, the paper designs a low power low cost monitoring system which consists of monitoring terminal and computer monitoring software. It can monitor soil temperature, humidity and displacement parameters. Testing precision respectively is 0.1℃ for temperature, 3%RH for humidity and 3 mm for displacement. Data collection terminal can check its own work situation, which is convenient for computer connection, field debugging, testing and query. Meanwhile, it has U disk storage function. The system uploads the soil information to Upper computer for remote monitoring through the GPRS module. The Upper computer has the function of power management, especially the remaining power. The query result can be shown by data form and picture, and the report can be printed. The system can monitor and record the terminal work status, its man-machine interface is friendly and easy to operate.

Key words: low power; low cost; monitoring system; GPRS; remote monitoring

在 0℃ 或 0℃ 以下的环境中, 含水的松散岩石或土壤胶结了松散的固体颗粒或转变成结晶状态, 通常称为冻土。我国的常年冻土主要分布在帕米尔高原、青藏高原, 祁连山、天山等西部高山地区及长白山、东北的大兴安岭及内蒙古的部分山区。据有关资料^[1]表明, 在新疆地区冬季冻土层最深达 2.53 m, 黑龙江地区冬季冻土层最

深达 2.94 m, 内蒙古满洲里地区冬季冻土层最深达 3.92 m。这种地区冻土现象对长输管道存在明显的影响^[2], 处理不好会产生严重的恶果, 在工程项目施工中应引起高度注意。近几年, 我国长输管道施工项目较多, 管道需穿越不同的地段和地域。本文设计的土壤检测系统适应多年或冬季季节周期较长的寒冷地区的冻土地段。为了更好地了解冻土对管道的影响, 必须了解冻土的温度、湿度和

* 基金项目: 陕西省自然科学基金 (2011JM8038)

冻土在0℃左右融化时的基本信息。

1 土壤监测系统设计

土壤监测系统采用 MSP430 作为监测终端的微控制器 (MCU), PC 作为服务器, 数据传输通过 GPRS 的 SIM 卡借用移动网络。数据传输有两种方案, 一是 SIM^[3-4] 卡通过运营商提供的短信方式传输数据, 另一种是采用运营商的数据业务上网流量方式传输数据。综合考虑到传输数据产生的通信费用, 本设计不采用短信形式, 而采用移动数据计流量的方式传输数据。土壤监测系统框架图 1 所示。



图 1 土壤监测系统框架图

1.1 监测终端设计

监测终端采用 MSP430F2619^[5-6] 微控制器为核心控制芯片。GPRS 模块采用 SIM300, 将信息上传到 Internet, 供管理人员远程实时查询。恒温箱里温度采集采用 18B20, 根据恒温箱里温度实测情况控制加热装置, 以便在恒温箱不能正常工作时, 维持终端设备工作环境的恒定。与 PC 通信采用串口 RS-232/RS-485, 方便现场调试、检测和查询各个监测点的土壤信息。考虑到低温 -40℃ 时 LCD 不能正常显示, 终端显示采用点阵数码管, 通过按键切换显示各个监测点的数据。显示部分只在现场调试中应用, 正常工作状态不带显示, 以降低功耗。温度、湿度和位移各 10 路模拟信号分别通过电子开关 CD4067 在 MCU 的控制下循环送入 MSP430F2619 内置的 12 bit ADC 进行模数转换。同时, 核心控制芯片采集电源基本信息, 包括电压、电流和电池剩余电量。通过 MSP430F2619 进行数据处理, 将各种数据封装好送到 GPRS 模块连入 Internet。监测终端系统方案框图如图 2 所示。

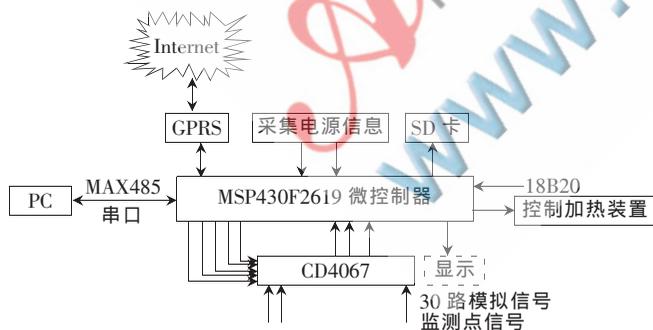


图 2 监测终端系统方案框图

1.2 上位机远程软件设计

上位机远程监控软件采用 C++Bulding^[7] 开发, 需要管道公司在通信运营商申请一个固定 IP 作为服务器的 IP。服务器通过 IP 对各个终端的数据进行 TCP/IP^[8] 解析, 将监测信息显示在屏幕上。根据需求可以将信息数据存入数据库, 本设计采用 Office 自带的 Access 数据

库。网络模型为 C/S^[9] 模型, 考虑到手机上网成为趋势, 随着技术的发展, 该网络结构也可以支持手机访问, 但目前能实现的是 PC 访问。结构框架如图 3 所示。

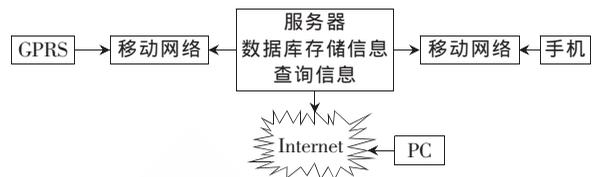


图 3 网络结构模型图

2 监测终端的实现

2.1 传感器及其信号调理

温度、湿度和位移均采用电阻值或电容值成线性变化的传感器, 采用电桥法调理电路采集微弱的电变化信息, 最后线性放大到 MSP430F2619 内置 12 bit A/D 转换器的电压范围之内 (0~3.3 V)。例如, 铂电阻随温度变化的阻值经直流双臂电桥转化为微弱的电压信号, 一路经仪表运放 AD620AN 放大约 20 倍后单端输入到 MCU ADC0 口, 一路直接双端输入到 MCU ADC1 口, 由 MCU 内部自带放大电路放大 20 倍。另外, ADC2 口接内部温度传感器, 为室温测量提供选择。具体电路如图 4 所示。其中, 滑动变阻器用于电桥平衡调节, 电源由 5 V 精确稳压电路提供。

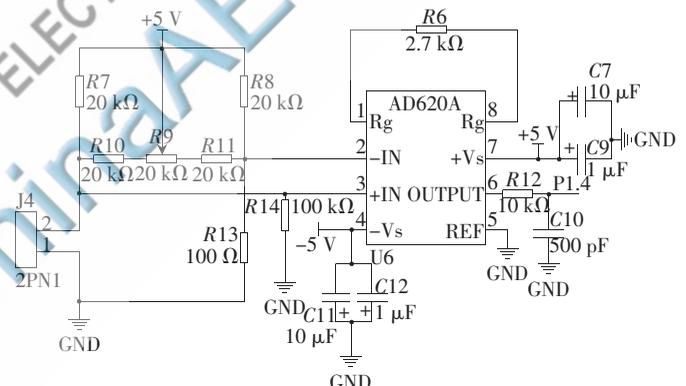


图 4 温度传感器及信号调理电路

运放 AD620AN 放大倍数 $A_v=19.3$, R 为 Pt100 的电阻值, D 为模拟电压经过 MCU 12 bit ADC 转换后采集的数值。经查表可知, Pt100 的电阻值与温度有关, 计算出它们的对应关系为:

$$\left[\left(\frac{5}{20k+R} + \frac{5}{30k+R} \right) \times R - \left(\frac{5}{20k+100} + \frac{5}{30k+100} \right) \times 100 \right] \times 100$$

$$\times A_v = \frac{5}{4096} \times D$$

2.2 通信协议——终端数据封装格式

所有传输数据采用 BCD 码发送和接收数据, 一个字节的 4 bit 和高 4 bit 分别采用 BCD^[10] 的一位十进制数。信息包括 MCU 采集的土壤状态信息 (10 路温度信息, 10 路湿度信息和 10 路位移信息)、电源信息 (剩余

电池量)、恒温箱信息(温度)以及采集信息的时间(年月日时分秒),具体帧格式如图5所示。



图5 终端数据封装格式

每个状态信息采用2B表示,高字节的高4bit为符号位,低4bit表示整数部分,低字节低4bit表示小数。电源剩余电量用百分比表示,同样采用两个无符号字节,高字节的高4bit非零表示100%,其他与土壤的状态信息一样。

2.3 GPRS 模块

数据收发器采用SIMCOM公司的SIM300 GPRS模块。该产品具有标准的AT命令借口,可以提供GSM语音、短消息和GPRS上网等业务。首先,由MSP430控制并启动GPRS模块,启动之后开始寻找信号,LED灯快速闪烁约20s,LED灯闪烁频率降低,表明信号已找到,此时,MSP430通过UATR1串口1向GPRS发送命令,以使GPRS处于接收数据状态。同时,打开上位机远程监控软件,等待GPRS数据的发送。当30路模拟信号经过MSP430 A/D转换后,通过UART2串口2,MSP430将数据发送给GPRS模块,GPRS在接收到数据后,直接发送给上位机远程监控软件。

2.4 监测终端软件设计

MCU一直处于扫描系统时钟的状态,每隔半小时采集一次数据,数据采集完启动GPRS模块,将数据发送给上位机,同时也将数据写入SD卡中。MCU中内置URAT工作在SPI模式下驱动SD卡。由于实际工作中时间间隔过大,在测试土壤检测系统时,时间间隔为1min。具体流程图如图6所示。



图6 监测终端软件流程图

3 上位机远程监控软件的实现

上位机人机交互界面用C++Building 5.0实现,可以检测30个终端,可以设置用户权限,有普通用户和高级用户,普通用户只有查看权,高级用户有修改数据的权利。在上位机上还可以设置各路信息的报警上下限,实现更人性化的管理。监测信息包括土壤信息10个点(每个点包括温度、位移和湿度3路信息),检测终端电路板的工作环境(温度和电池电荷剩余量),实时监测。根据用户需求不同,监测信息可以以表格的形式保存、打印。构建网络C/S模型,外部可以上网的PC可以通过Web

访问和查看监测信息。

4 系统测试数据

对MCU内的12bit ADC进行测试,参考电压3.36V,温、湿度和位移测量曲线图如图7所示。即每个模拟值进行10次测量的平均值对应的理论模拟电压值。

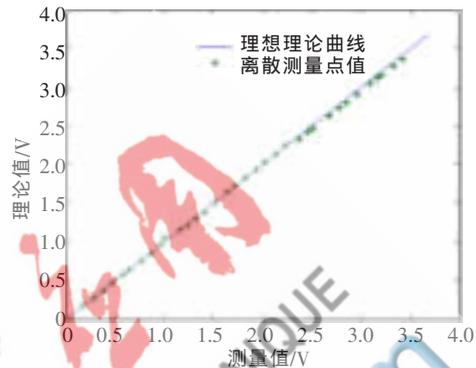


图7 温、湿度和位移测量曲线

经过数据分析可得方差和标准差,结果为:方差 $S^2=$

$$\frac{1}{n} [(x_1-x)^2+(x_2-x)^2+\dots+(x_n-x)^2]=2.103\ 687\ 36,$$

$$\text{标准差 } S=\sqrt{\frac{1}{n} [(x_1-x)^2+(x_2-x)^2+\dots+(x_n-x)^2]}=1.450\ 409\ 37.$$

根据方差和数据分析可知,在高纬度低海拔的环境中,土壤监测系统的稳定性和可靠性可以满足一定用户对监测土壤参数信息的需求。

该系统实现对土壤变化的实时监控,动态地监测数据并反馈到上位机,以便远程查询。经过需求分析,选取合适的传感器同时搭建所需要的硬件电路以满足精度要求。焊接电路之后进行调试,调通GPRS模块后进行上位机和监测终端的融合,完成整个系统的设计。

本设计很好地解决了远程监控温度、湿度、位移及其他线性参数的问题。该设计不仅仅是针对土壤,也可以将其推广到其他方面。近年兴起的智能建筑也是以此为基础,对建筑内的温度或者湿度变化进行实时的监测,对建筑内的能耗系统了如指掌,为人们营造一个更加舒适的居住环境提供了依据。土壤监测系统的设计让人们看到了日趋智能化的生活更加简便。

参考文献

- [1] 董长江,管枫车.土的冻胀与建筑物冻害防治[M].北京:水利水电工业出版社,1985.
- [2] 王洪彬,李军,李燕.浅谈冻土地段对管道敷设的影响及防治措施[J].天然气与石油,2006(5):1-3.
- [3] SIMCOM公司.IM300V1.5开发板使用说明书[Z].
- [4] SIMCOM公司.IM300_HD_V1.06 SIM300硬件说明书[Z].2005.
- [5] 谢兴红,林凡强,吴雄英.MSP430单片机基础与实践[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008.

- [6] 洪利,章扬,李世宝.MSP430 单片机原理与应用实例详解[M].北京:北京航空航天大学出版,2010.
- [7] LIPPMAN S B, LAJOIE J,MOO B E. C++Primer 中文版(第4版)[M].李师贤,蒋爱军,梅晓勇,等,译.北京:人民邮电出版社,2008.
- [8] FOROUZAN B A.世界著名计算机教材精选:TCP/IP 协议族(第4版)[M].王海,张娟,朱晓阳,等,译.北京:清华大学出版社,2011.
- [9] TANENBAUM A S, WETHERALL D J. 世界著名计算机教材精选:计算机网络(第5版)[M].严伟,潘爱民,译.北京:清华大学出版社,2012.
- [10] 冯桂,林其伟,陈东华.信息论与编码技术(第2版)[M].北京:清华大学出版社,2011.
(收稿日期:2012-11-08)

作者简介:

周艳娥,女,1985年生,硕士研究生,主要研究方向:单片、FPGA 扩跳频通信同步。

葛海波,男,1963年生,硕士,教授,主要研究方向:高频电路。

林界,男,1987年生,硕士研究生,主要研究方向:扩跳频通信抗干扰。

