
基于 GSM 技术的冻土区土壤温度监测系统设计方案

将 GSM 技术应用到冻土区土壤温度自动监测中,以满足恶劣气候条件下的无人值守、长时间、多点监测需求。详细阐述了系统结构、施工过程及实验结果分析。结果表明,该系统测量精度高、可靠性好、功耗低,可实现较大范围内的多点测温及超远距离无线监测。

0 引言

高寒冻土区土壤温度的监测,无论是对于冻土区斜坡的失稳机理研究,还是对于现代农业生产、建筑及输油管道等基础设施的防灾御灾,都起着至关重要的作用。在环境恶劣的高寒冻土区对地层土壤温度进行监测时,长期以来都需要人工现场采集数据,劳动强度大、工作环境恶劣、效率低。国内外一些比较先进的监测系统已经利用全球通信系统(Global System for Mobilecommunication, GSM)运营商的短信业务,实现超远距离的无线数据传输与报警[1]。为了实现大面积、无人值守、长时间、多点监测,本文提供了一种基于 GSM 技术的土壤温度自动监测系统,以满足实际需求,并详细介绍了施工过程。通过分析试验点采集的数据,验证了本系统的可靠性和实用性。

1 系统硬件设计

1.1 系统架构

系统主要由单片机主控板、GSM 模块、数据采集模块等构成,如图 1 所示。具有定时采集、数据存储、箱内温度控制、电源管理、超远距离无线数据传输、显示等功能。

单片机控制板的微处理器选用 Atmel 公司 ATmega128L 芯片,GSM 模块选用德国 Siemens 公司的 TC35I,数据采集模块组由 AT89C51 与 TLV2543 ADC 芯片组成。



图1 系统结构图

单片机控制板集成了 DS1302 时钟芯片，DS18B20 数字温度传感器、AT45DB161 FLASH 存储芯片及继电器，控制板预留 LCD1602 的接口，在调试结束后可拔掉显示屏以降低功耗。主控芯片 ATmega128L 是一款基于 RISC 结构的高性能、低功耗 8 位微处理器，自带的看门狗计时器可以有效地防止程序跑飞，具有两个可编程的串行 UART。ATmega128L 通过其中一个串行 UART，以寻址的方式与数据采集模块中的 AT89C51 进行通信，控制多个数据采集模块中的一个进行温度采集。其另一个串行 UART 与 GSM 模块 TC35I 进行通信，将采集的数据以短信形式发送至目标 SIM 卡号。ATmega128L 的外部晶振选用 7.372 8 MHz，以产生精准的 9 600 b/s 波特率。

由于野外无供电条件，电源由 12 V 的蓄电池组及太阳能电池板构成，为系统提供稳定的直流电压。

1.2 温度数据采集电路

采集电路原理图如图 2 所示。温度传感器为 A 级精度的铂热电阻 PT100，测量精度[2]为 $\pm 0.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。用不锈钢钢管进行封装，并灌入氧化镁 MgO 对铂热电阻进行保护，并在屏蔽线与保护套的接口处作防水防腐处理。

铂热电阻 PT100 的可测量范围为 $-200\sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，而土壤的温度范围在 $-50\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间，因此信号调理电路将 $-50\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内的 PT100 电阻值转换成 $4\sim 20\text{ mA}$ 的标准电流进行传输。PT100 选用三线制[3? 4]，以降低导线电阻对测量结果的影响。而三线制测量方法并不能完全消除导线电阻的影响，因此实际应用中，信号调理电路应尽可能靠近 PT100，缩短导线长度。

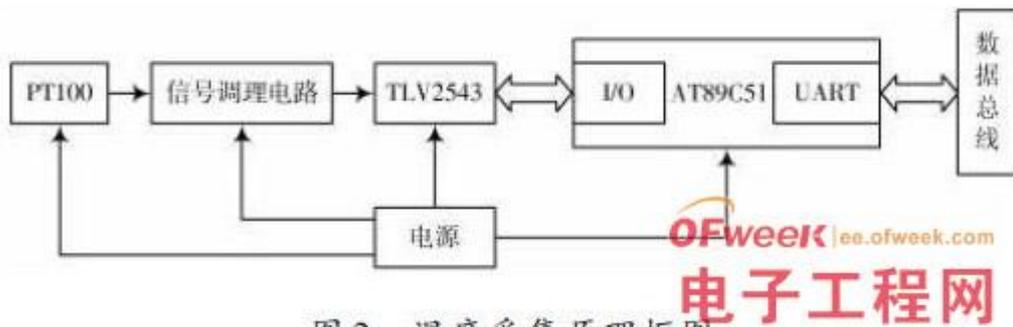


图2 温度采集原理框图

数据采集模块由AT89C51与3片TLV2543 ADC芯片构成，TLV2543是TI公司的一款具有SPI接口的12位11路模拟输入通道模数转换器，具有高速、高精度、低噪声等特点。由于AT89C51没有SPI接口，因此需要用普通I/O口模拟SPI与TLV2543进行通信，并选择TLV2543为高位在前的12位数据输出格式，并对同一个模拟输入端口在进行3次采集后做求均值处理，以提高采集精度。

数据采集模块预留接口为VCC，GND，TX，RX四个管脚，可方便地插接在单片机主控板上。模块内的AT89C51的E2PROM可通过命令写入设备ID，通过串口挂接在数据总线上，ATmega128L以寻址的方式与其进行通信。每个数据采集模块有33个模拟输入通道，在能源允许的情况下，通过在单片机主控板上扩充数据采集模块，可进行大范围土壤温度监测。

1.3 GSM 模块通信接口电路设计

目前市场常用的GSM短信模块有西门子TC35系列、Wavecome的WM02系列、爱立信的DM10/20系列等，这些模块的功能、使用方法差别不大。本系统选用德国西门子TC35I GSM短信模块，其在上述短信模块中的性价比最高，且具备电子设备入网许可。TC35I可工作在900 MHz/1 800 MHz双频段，供电电压为3.3~4.8 V，空闲状态电流为25 mA，发射电流为300 mA，峰值电流为2.5 A。工作在GSM1800频段时的功耗为1 W，自动波特率范围为1.2~115 Kb/s，支持Text和PDU两种格式的短信息，可通过AT指令来实现重启和故障恢复[5.6]。

ATmega128L通过串行UART与TC35I短信模块进行通信，波特率为9 600 b/s，Text短信模式，并通过PC1口输出一个200 ms的低电平来启动模块。连接成功后，仅需4条AT指令即可将所采集的数据编辑成Text短信发送到目标SIM卡号。需要特别注意的是，TC35I对电源电压稳定性要求极高，在供电电压低于3.3 V的时候会自动关机，同时在模块发送短信时，电源电压的压降不能超过0.4 V。具体连接如图3所示。

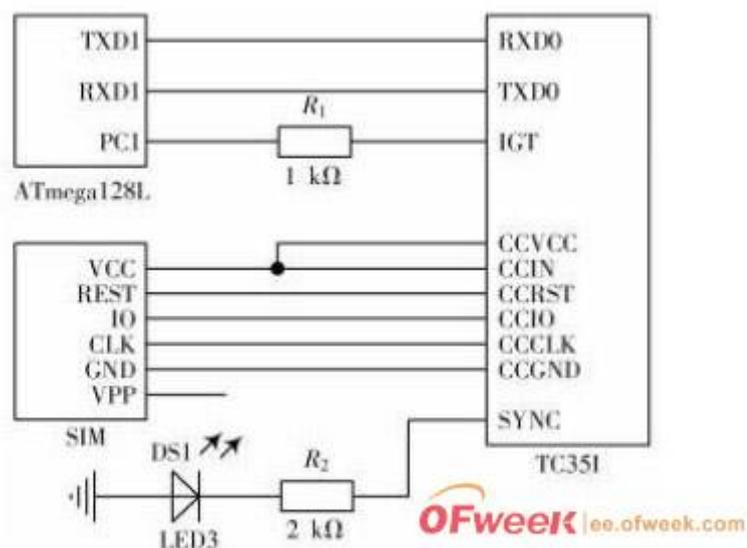


图3 TC35I与ATmega128L及SIM卡接口电路

2 软件设计 2.1 系统主程序结构系统主程序开始后，首先对 DS1302，DS18B20，LCD 串口、端口寄存器进行初始化配置，并读取片内 E2PROM 的时间设定等参数。两个串行 UART 所配置参数均为：9 600 b/s 的波特率，1 位停止位，无奇偶校验。系统通过设置子程序校正当前 DS1302 的时间及设定数据采集时间。系统时间及设定的数据采集时间等信息会通过显示子程序实时显示在 LCD 屏上。

当系统时间到达设定的采集时间后，主程序触发采集子程序，ATmega128L 通过串口 UART0 向数据总线广播一个采集设备的 ID，在接收到设备回应后，向总线上发送采集命令，并接收总线上的数据。采集结束后，将存储与发送标志位置 1，分别调用存储子程序与发送子程序进行数据的存储与发送。系统实时获取板载数字温度传感器 DS18B20 的温度数据，以判断保温箱内的温度，当低于设定温度后，会启动加热装置，以保证系统板各元器件工作在各自的温度范围内。程序使用 ICCAVR 6.31A 软件编写，流程图如图 4 所示。

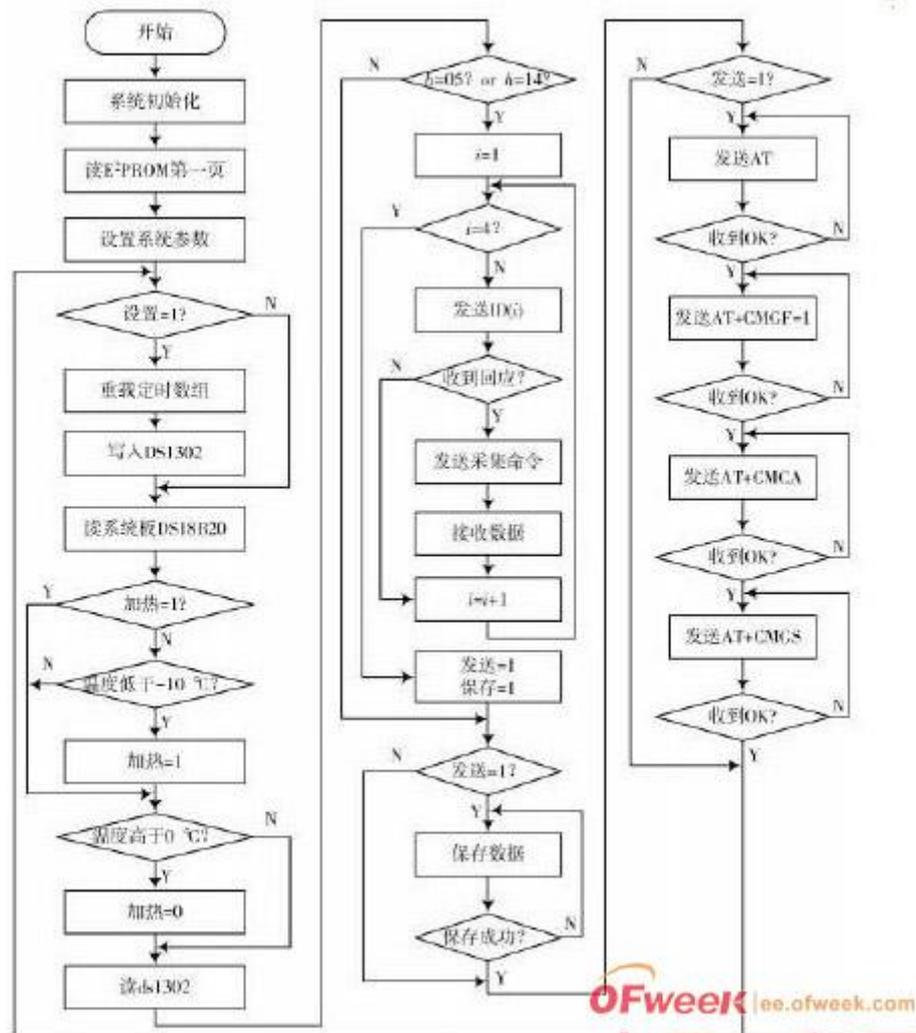


图4 系统主程序流程图

OFweek 电子工程网
ee.ofweek.com

本系统所用的短消息规范为 GSM07.05，发送模式为 Text 模式，发送短信所使用的 AT 命令主要有：AT+回车，判断短信模块是否在线；AT+CMGF=1，设置短信模式为 Text 模式；AT+CSCA=目标 SIM 卡号，设置目标 SIM 卡号；AT+CMGS=短信内容，给短信模块装载短信内容。为了判断短信是否发送成功，程序中在每个 AT 指令环节都监测 TC35I 模块回传的信息，如果收到“OK”字符，则表示成功，否则重复操作。当重复操作大于 20 次时，程序会自动退出本次发送，等待下次发送程序出发时一并发出。

2.2 数据采集设备程序

数据采集设备的微处理器为 AT89C51，程序使用软件 Keil μ Vision 4 编写，其流程图如图 5 所示。

程序开始后，首先对串口进行初始化，并打开串口中断标志位。用户通过串口设置设备 ID 时，系统会调用 ID 设置子程序，并将 ID 存储至片内 E2PROM。

当 ATmega128L 在数据总线上广播的 ID 与设备 ID 匹配时, AT89C51 通过串口向数据总线进行回答, 在接收到采集命令后, 首先将设备中其中一片 TLV2543 的片选拉低, 选择采集通道, 输入转换的数据格式, 并将数据通过串口发送至数据总线。当采集完成后, 向数据总线发送一段字符串标志采集结束, 并等待下一次采集。

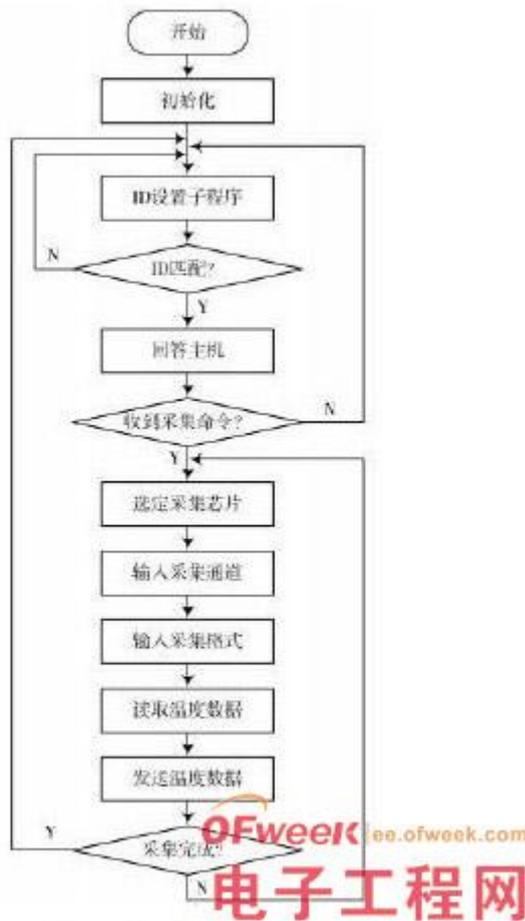


图5 采集程序流程图

2.3 监测系统上位机软件

检测系统上位机软件使用 Visual Basic 6.0 的 MSComm 通信控件, 只需要用户编写少量的代码即可完成与设备的串口通信功能[7 ? 9]. MSComm 控件是由 Microsoft 公司提供的串行通信 Activx 控件, 能够通过串口发送和接收数据。上位机软件定期检查短信模块中是否有新的短信, 并将新短信读入进行处理后, 转换成温度数据以图形化形式显示出来, 如图 6 所示。主界面分为数据显示面板及短信接收面板。操作简单并能够以不同形式实时显示所采集到的温度数据, 方便用户对数据进行分析。



图6 检测系统上位机软件界面

OFweek | ee.ofweek.com
电子工程网

3 现场试验

实验地点选在大兴安岭地区，并进行了 104 个测温点的实验。测试系统单片机主控板上插接 4 个数据采集模块，以预留足够多的采集通道。由于现场地下水位较高，传感器及信号调理电路均使用防水的封装形式。

安装步骤如下：

- (1) 在预定地点钻测温井，测温井间隔 500 cm，直径为 $\Phi 150$ cm，深度为 7 m，每个测温井有 13 个测温点，共 8 个测温井；
- (2) 将尺寸为 $\Phi 100$ mm \times 7 000 mm 的镀锌保护管插入测温井后填埋；
- (3) 在测温井附近开挖尺寸为 2 m \times 1.5 m \times 1.5 m 的工作坑；
- (4) 将尺寸为 $\Phi 700$ mm \times 2 000 mm 的防水玻璃钢桶放入工作坑后填埋；
- (5) 按照顺序将传感器线束放入保护管内，并将管口使用玻璃胶密封好；
- (6) 在防水玻璃钢桶附近安装太阳能电池板；
- (7) 将各条数据线接入系统板后，将各过线孔使用玻璃胶密封；
- (8) 将系统保温桶及电池保温桶放入防水玻璃钢桶内；
- (9) 顺着各条线束挖深度约为 20 cm 的沟槽，将线束埋入地下。

4 数据分析

系统每天在上午 5 点和下午 14 点时进行采集。取距离管道 3 m 处，6#测温井的 2012 年 8 月份数据进行分析。图 7 为地下 2 m 深度范围内的 5 个测温点随时间变化的温度曲线图。图 8 为测温井内 13 个测温点在一个月随深度变化的

曲线图。

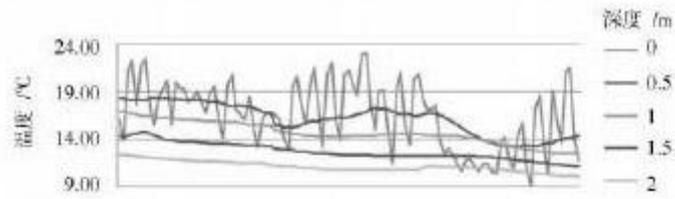


图7 6#测温井0~2 m深度处各点温度-时间曲线图

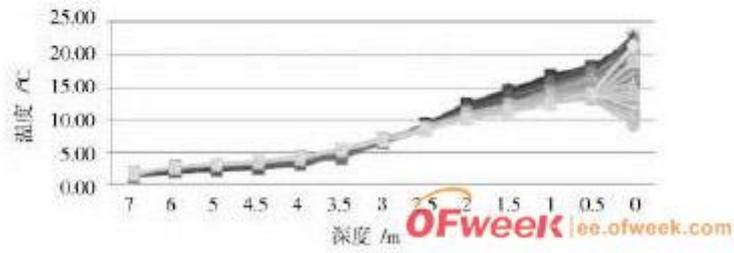


图8 6#测温井8月份温度-深度曲线图