

测量固体表面温湿度的多路监测系统设计

王玉荣, 闫松涛, 宋术伟

(北京科技大学 国家材料服役安全科学中心, 北京 100083)

摘要: 在工业生产、科学研究以及日常生活等领域, 固体表面温湿度的直接监测与分析成为必要考虑因素。故设计出一款以 STM32 芯片为核心处理器的采集系统, 采用高精度的温湿度传感器 SHT35 测量环境中的温湿度, 铂电阻 Pt1000 运用四线制测量固体表面温度, 通过以上三组数据计算得出固体表面湿度, 运用 C 语言开发多路温湿度数据采集系统, 数据通过 RS422 实时同步传输, 上位机显示存储并跟踪、分析, 解决了感湿元件在有结露水的表面不能正常工作的情况, 有助于实验技术人员和科研人员合理评价与分析固体表面腐蚀现象, 预防潮湿敏感性危害的发生。

关键词: 温湿度传感器;实验技术;腐蚀;采集系统

Design of multi - channel monitoring system for measuring temperature and humidity of solid surface

Wang Yurong, Yan Songtao, Song Shuwei

(National Service Safety Science Center for Materials, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract : In industrial production, scientific research, daily life and other fields, the direct monitoring and analysis of temperature and humidity on solid surface has become a necessary consideration. Therefore, an acquisition system based on STM32 chip is designed, which uses high-precision temperature and humidity sensor SHT35 to measure the temperature and humidity in the environment, platinum resistor Pt1000 uses four-wire system to measure the solid surface temperature, and the solid surface humidity is calculated by the above three groups of data. A multi-channel temperature and humidity data acquisition system is developed by using C language, and the data is transmitted synchronously in real time through RS422, displayed, stored, tracked and analyzed by the upper computer. It solves the problem that humidity sensitive elements can't work normally on the surface with dew condensation, which is helpful for experimental

technicians and scientific researchers to reasonably evaluate and analyze the corrosion phenomenon of solid surface and prevent the occurrence of humidity sensitive hazards.

Keywords: Temperature and humidity sensor; Experimental techniques; Corrosion; Acquisition system

1 引言

在很多情况下，我们需要实时监测固体表面的湿度变化，但目前市场上的湿度传感器难以做到小型化，在测量过程中距离物体表面较远，不能反映固体表面湿度的真实情况，给腐蚀评价分析带来了诸多不便。本文设计了一款温湿度传感器，突破现有传感器体积限制和不适合结露环境使用的局限性，精准的测量了固体表面温湿度。

在科学研究以及实验过程中通常需要多处、多次的循环试验才能准确合理的表征由于环境影响导致的腐蚀情况，故本文同时设计出了对应温湿度传感器的多路数据采集系统，采集系统可同时外挂 32 路温湿度传感器，实时、同步采集固体表面温湿度，精准分析，为科学研究提供了便捷性^[1]。

2 传感器监测系统硬件设计

监测系统以传感电路、采集电路和传输电路为核心，采用屏蔽线缆连接减少信号衰减，有效避免了模数信号同时传输带来的干扰，与 PC 端通过 RS422 接口传输和无线传输。

2.1 温湿度传感器电路

温湿度传感器模块主要由 SHT35 温湿度传感器和 Pt1000 铂电阻组成，SHT35 输出数字信号与数据采集模块之间 I2C 通讯^[2]。Pt1000 铂电阻采用四线制与 LTC2983 互连，测量精度高。传感器电路集成在一个小板上，采集模块负责供电。电路图如图 1 所示：

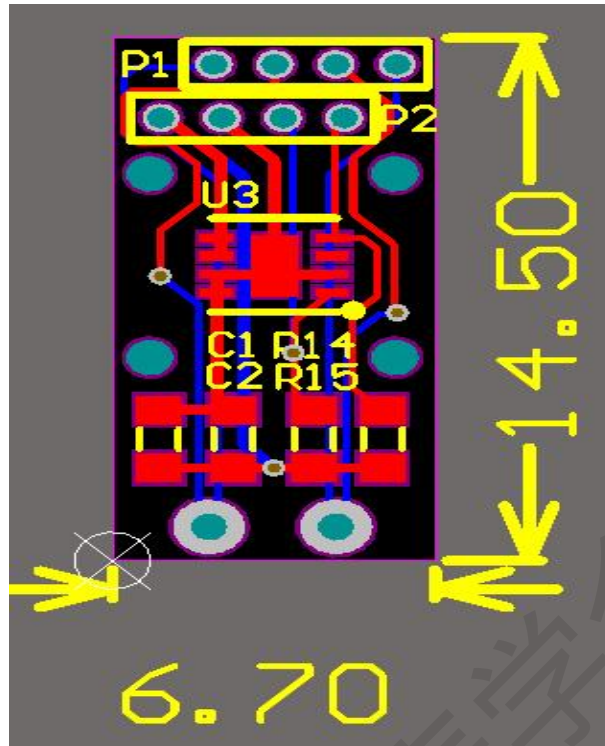


图 1 SHT35 电路图

SHT35 传感器测量范围为:

温度测量范围: -40°C ~ $+125^{\circ}\text{C}$, 精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$;

湿度测量范围: $0\sim 100\% \text{RH}$, $\pm 1.5\% \text{RH}$ (湿敏元件表面带水显示 $100\% \text{RH}$, 当水消失时显示实际值), 芯片上贴有一层保护膜, 能够有效的防水防层。并且每一个传感器都经过校准和测试。

温湿一体的传感器与 RTD 铂电阻之间的间距小于 1.5cm , 有效的避免了附近风速场对温湿度变化的影响。

2.2 MCU 核心电路设计

核心处理电路选用 STM32F429 作为总控制器, 该芯片采用 Cortex-M4 内核, CPU 最高速度达 180MHz , 具有 256KB SRAM、多种控制外设, 是一种高性能、低功耗、低电压、高集成度、易开发的芯片, 是基于工业标准的处理器^[3]。

如图 2 所示, STM32F429 芯片通过连接晶振和复位电路, 实现最小系统的电路搭建, 通过 I2C 外设, 连接 SHT35 温湿度传感器, 进行传感器的参数配置与温湿度数据读取, 与 LTC2983 之间通过 SPI 总线连接, 将读取的数据配对、处理, 存储到 24C02 中。应用 RS-422 方式和无线传输方式实现采集系统和上位机的通信功能。

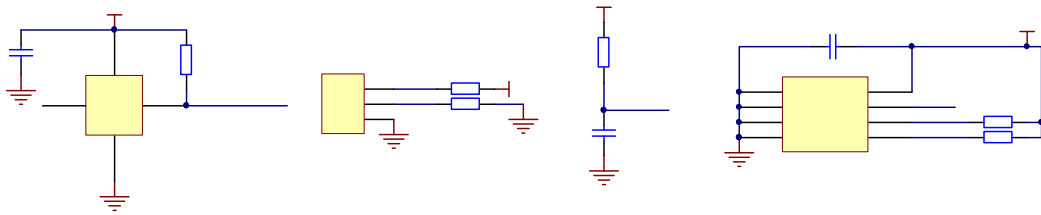


图 2 微处理器部分电路图

2.3 模数转换芯片电路设计

利用 RTD 铂电阻 Pt1000 和 LTC2983 模数转换芯片搭建了固体表面温度测量系统。铂电阻 Pt1000 为温度传感器,选用四线制比值法消除引线电阻干扰,使用高精度的模数转换芯片 LTC2983 以 0.1°C 的准确度和 0.001°C 的分辨率直接实现传感器温度数据的读取^[4]。

如图 3 所示,设计中采用轮换激励电流源,通过自动轮换可以自动地消除寄生热电偶效应,检测电阻器和 RTD 共用一个接头,电阻器的用户可编程阻值为 1K, 32 位二进制数据直接配置到数据存储单元,电阻阻值精确到千分之一,有效增加了测量精度值。

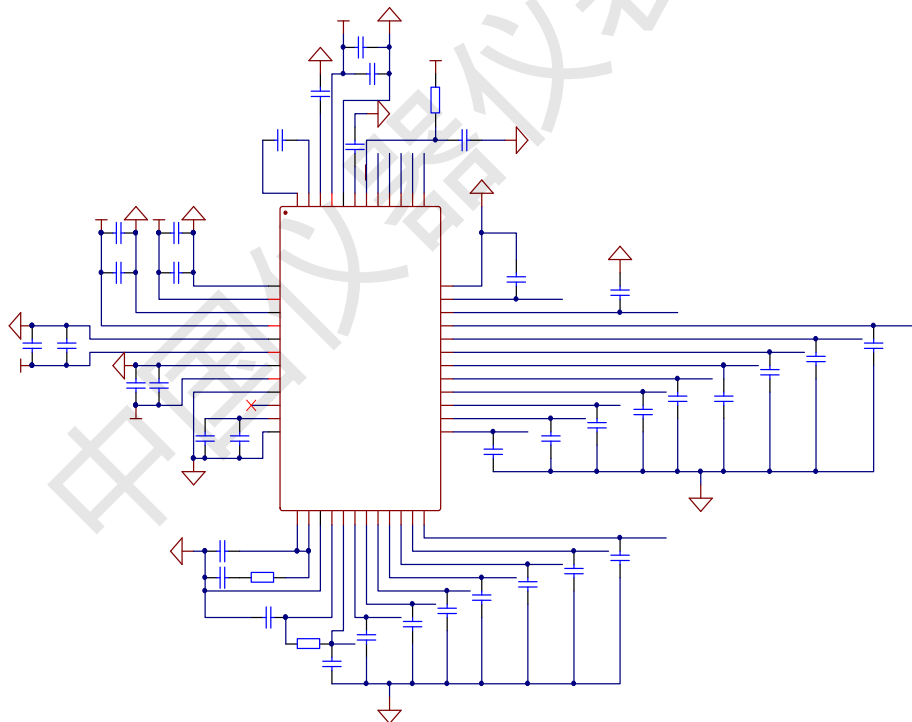


图 3 模数转换芯片电路图

2.4 无线传输模块电路设计

该设计采用 ZigBee 无线传输技术,通过 SPI 接口和相关指令访问 CC2630 的主要操作参数实现读写状态存储器等功能。模块超低功耗 2.4GHz,具有极低的有源射频和 MCU 电

流以及低功耗模式流耗，可确保卓越的电池使用寿命。包含 32 位 ARM® Cortex® -M3 内核，并且具有丰富的外设功能集，其中包括一个独特的超低功耗传感器控制器，与单片机串口通信，实现数据无线传输，其中模块作为 Router（从节点），和上位机连接的另一设备作为 Coordinator（主节点），实时有效的上传数据^[5]。无线传输电路如图 4 所示：

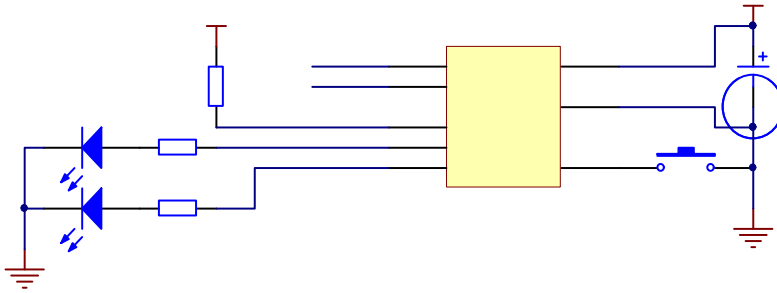


图 4 无线传输电路图

2.5 串口收发电路设计

单片机采集到的数据通过串口发送,RS422 与上位机进行数据交互。文中利用 ADM2582E 设计了 RS422 通信接口和磁耦隔离电路,实现 RS422 电平转换^[6]。ADM2582E 是将线路驱动器、线路接收器、振荡器、整流器、稳压器和变压器集成到单个芯片中的收发器，采用 10mm×13mm 微型表面贴封装，具备很强的隔离性能，可同时隔离数据线路和电源线路。串口收发电路如图 5 所示：

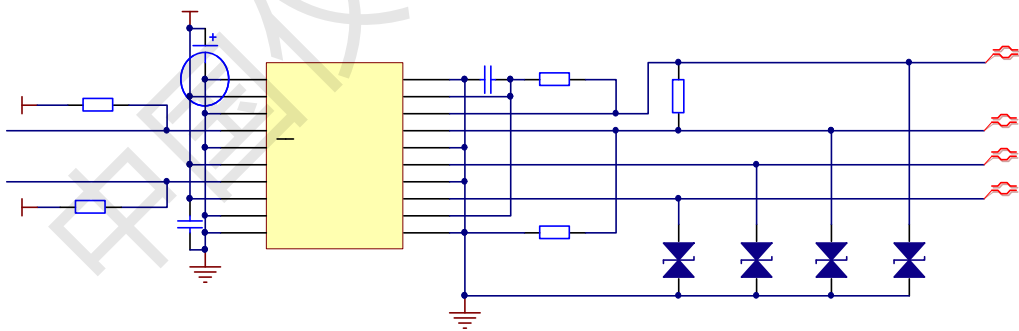


图 5 串口收发电路图

3 系统软件设计

系统软件主要包括初始化子程序、自检子程序、采集子程序、Zigbee 无线收发子程序、定时器中断子程序、串口中断子程序。

系统上电后，采集模块首先自检读取初始化值，然后再进入主程序。串口采集当前环境中实时温湿度值并通过计算得出表面湿度值。主程序循环扫描，按照判定条件来分别调用子

程序。

主程序流程图如图 6 所示：

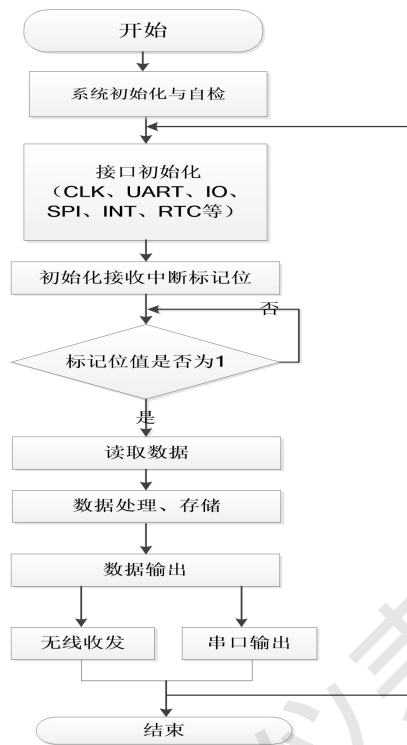


图 6 软件设计主流程图

STM32 单片机程序使用 C 语言开发，在 Keil 平台编写。MCU 通过 IIC 读取 SHT35 的温湿度值，进行数据监控、质量控制，存储输出。LTC2983 通过轮询的方式读取 Pt1000 的温度值^[7]。

传输方式有两种：Zigbee 网络方式和串口传输方式。网络方式中 CC2630 通过 SPI 接口实现读/写功能，首先对 CC2630 进行复位，然后配置 Coordinator（主节点）和 Router（从节点）波特率、寄存器（包含基本的收发确认设置、频段设置、地址设置等）；最后在指定的功率进行数据发送^[8]。串口配置 IO 口、时钟、波特率，串口发送、串口接收中断，通过 RX 和 TX 与 MCU 通信。

上位机显示 32 路温湿度值，并存储；做下拉选框（1S,5S,10S,20S），可以选择采集周期；软件添加时间戳，准确记录当前采集时间；具有自动写入功能，点击开始，数据写入 txt。

32 路上位机界面如下图 7 所示：

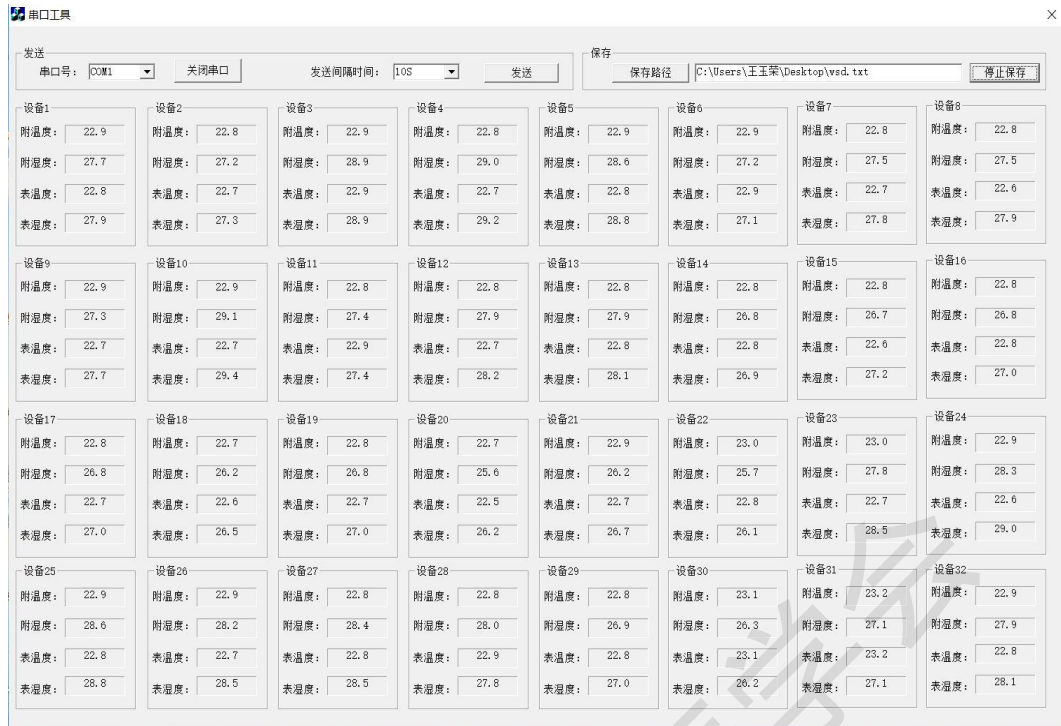


图 7 上位机界面图

打开串口，修改发送间隔，选择保存路径，点击开始保存，可以将数据完整的保存到 txt 中。

经多次循环试验，同一环境条件下，传感器采集到的数据一致性好，数据精度高，空气中的温湿度传感器和表面温度传感器之间距离为 9.5mm, 小于 1.5cm 有效避免了表面风速的影响，因此计算出的湿度可以很好的表征固体表面湿度。

4 计算方式

固体表面湿度主要是根据所处环境附近的温度、湿度以及固体表面温度计算得到，其中应用到了实际的空气水气压强和同温度下饱和水气压强值^[9]。计算公式见下文代码所示：

```
float jisuan(float t_biao,float t_fu,float RH1)
{
    float T_B=0,T_F=0;
    float X1_biao=0,X1_fu=0;
    float X2_biao=0,X2_fu=0;
    float X3=0.0001;
    float X4_biao=0,X4_fu=0;
    float X5_biao=0,X5_fu=0;
```

```

float Y1_biao=0,Y1_fu=0;

float Y2_biao=0,Y2_fu=0;

float Z_biao=0,Z_fu=0;

float P2_biao=0,P2_fu=0;

float shidu=0;

T_B=t_biao+273.15;

T_F=t_fu + 273.15;

X1_biao =10.75947*(1-(273.16/T_B));

X1_fu   =10.75947*(1-(273.16/T_F));

X2_biao =(log(273.16))/T_B;

X2_fu   =(log(273.16))/T_F;

Y1_biao =-8.2969*((T_B/273.16)-1);

Y1_fu   =-8.2969*((T_F/273.16)-1);

X4_biao =pow(10,Y1_biao);

X4_fu   =pow(10,Y1_fu);

Y2_biao =4.69455*(1-(T_B/273.16));

Y2_fu   =4.69455*(1-(T_F/273.16));

X5_biao =pow(10,Y2_biao);

X5_fu   =pow(10,Y2_fu);

Z_biao  =X1_biao - (5.02800*X2_biao) + (1.50475*(X3*(1-X4_biao))) +
(4.2873*(X3*(X5_biao-1))) + 0.78614;

Z_fu   =X1_fu - (5.02800*X2_fu) + (1.50475*(X3*(1-X4_fu))) + (4.2873*(X3*(X5_fu-1))) +
0.78614;

P2_biao =pow(10,Z_biao);

P2_fu   =pow(10,Z_fu);

shidu   =RH1*(P2_fu/P2_biao);

if(shidu>100.0) shidu=100.0;

return  shidu;

}

```


上述代码中 t_{biao} 表示表温度, t_{fu} 表示附温度, RH1 表示附湿度, 返回的湿度值即为计算所得固体表面的湿度值, 在上文上位机显示界面表湿度中显示。经分析, 如果附温度和表温度相差较大, 那么表湿度会有较大波动^[10]。

5 结论

模块外挂 32 路温湿度传感器, 采集板实现了多路同时采集。做故障判断, 在一个周期内各通道独立采集。

SHT35 温湿一体的传感器采集范围广, 采集精度高, 灵敏度高能实时快速的采集当前环境中的温湿度值。经多次试验, 性能、功能稳定, 数据完整度高, 一致性好。

测量固体表面温湿度的多路采集系统是一种低成本, 小体积, 便携式环境监测设备, 是实验技术和科研领域数据监测的新方式, 在腐蚀评价、温湿度多点监测领域具有较好的应用前景。

参考文献:

- [1] 刘希林,梁振清,李强.实验室温湿度跟踪与分析系统的设计与应用[J].气象研究与应用,2021,42(04).
- [2] 鲍爱达,张庆志,郭涛,唐贵.基于FPGA和SHT21传感器的温湿度测量系统的设计[J].计算机测量与控制,2021,20(11):2885-2887.
- [3] 程元国,邓霄,李灵傲,顾惠南,潘丽鹏,崔丽琴,张丽.基于温度残差补偿法的NTC热敏电阻温度检测及应用[J].半导体光电,2019,40(2):240-243.
- [4] 李志博.基于ZigBee技术的公共实验室远程监控系统[J].微型电脑应用,2022,38(04).
- [5] 严宁,彭富伦,赵青林,陈洪彩,李松,曹越.基于STM32F103控制电路的一种芯片替代优化设计方案[J].电子元器件与信息技术,2022,6(3):26-28.
- [6] 钱晓鹏,朱浩然.实验室环境温湿度监测系统[J].科技创新导报,2017,14(15).
- [7] 韩立杰.基于Internet的数据监控系统的设计与实现[J].科技创新导报,2010,(2).
- [8] 聂灵风.基于ZigBee技术的温室智能监控系统[D].西安:陕西科技大学,2018.
- [9] 杨明霞.高精度铂电阻测温系统设计[D].天津:天津工业大学,2019.
- [10] 金莹,文磊,曹宗宝,任学冲.一种测量固体表面温湿度的装置及方法: CN102778258.A[P].2012-11-14.