

粮仓无线温湿度监控系统^①

卢 超

(陕西理工学院 物理系, 汉中 723000)

摘 要: 设计了一个粮仓温度湿度监测系统, 从机采用温湿度传感器 SHT11 对温度、湿度进行采集后通过无线模块 PTR2000 发送, 主机接收后计算出温度、湿度值显示在液晶屏上, 无线通讯对发送数据进行 CRC 校验提高了数据传输的可靠性。系统发射部分以 AT89C2051 为核心, 包括采集模块, 无线发射模块; 接收部分以 AT89S52 为核心, 将无线接收, 液晶显示等模块结合起来, 该系统可广泛应用到粮仓等场合中。

关键词: 温度; 湿度; PTR2000; nRF401; SHT11; 单片机

Wireless Granary Temperature and Humidity Monitoring System

LU Chao

(Department of Physics, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723000, China)

Abstract: The design of a wireless temperature, humidity collecting device, the device through the integration of temperature and humidity sensors SHT11 granary and other places on the temperature and humidity for the collection, and then the data will be collected in accordance with a certain degree of agreement sent through the wireless module, the receiving party to receive unpack the data to calculate the temperature, humidity and the value displayed on the LCD screen. AT89C2051 launch system for the core parts, including temperature, humidity collection, wireless transmitters. AT89S52 for receiving a portion of the core of the wireless receiver, combined with liquid crystal display, through appropriate software and hardware to deal with anti-jamming design of practical, small-scale collection of wireless temperature and humidity system.

Key words: temperature; humidity; PTR2000; nRF401; SHT11; MCU

对粮库粮食安全储藏的主要参数是粮库的温度和湿度。粮食在正常储藏过程中, 含水量一般在 12% 以下是安全状态, 不会产生温度突变, 一旦粮库进水、结露等使粮食的含水量达到 20% 以上时, 由于粮粒受潮, 胚芽萌发, 新陈代谢加快而产生呼吸热, 使局部粮食温度突然升高, 必然引起粮食“发烧”和霉变, 并可能形成连锁反应, 从而造成不可挽回的损失^[1]。

1 系统设计方案

系统分为发射部分和接收部分, 发射部分采集温湿度信息, 通过无线设备将数据信息传到(接收部分)手持终端。操作者可以在手持终端选择测试点, 也可按测试点的序号连续采集。接收到的温湿度数据经过

处理在手持终端的显示屏上显示, 也可传入 PC 机进行更进一步的分析处理。采用 51 系列单片机, 及由 nRF401 无线收发芯片构成的无线模块, nRF401 芯片集成了高频发射、高频接收、PLL 合成、FSK 调制、FSK 解调、多频道切换等功能, 具有性能优异、功耗低、使用方便等特点。采用内部温湿度一体传感器 SHT10/11, 采用独特的 CMOSens™ 技术, 具有数字式输出、免调试、免标定、免外围电路及全互换的特点。内部有自动补偿功能, 测得的温湿度相互影响较小。系统的发射部分通过传感器将温、湿度信息采集到单片机内, 然后在单片机内按照一定的协议和检错机制构成帧, 通过无线模块发射出去。系统的接收部分以中断方式接收每帧信息, 然后对接收的帧信息进

① 基金项目:陕西省教育厅自然科学基金(2010JK468)

收稿时间:2011-01-02;收到修改稿时间:2011-01-29

行错误检测, 判断是否有误码信息。如果没有误码, 提取出数据位, 计算出温、湿度值, 并显示在液晶显示屏上。当温度或湿度超过设定值时报警^[2-4]。

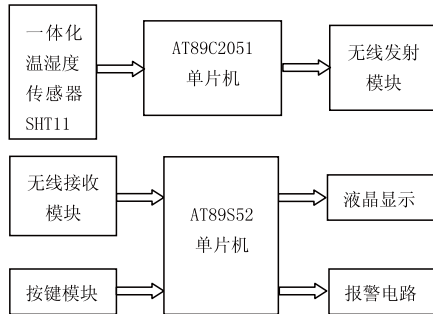


图 1 系统设计框图

2 温湿度采集系统硬件设计

2.1 无线收发模块

系统选用超小型、超低功耗的 PTR2000 作为无线收发模块, PTR2000 是基于 NRF401 芯片开发, 工作在 433MHz 国际通用的 ISM 频段, FSK 调制和解调, 抗干扰能力强; 采用 PLL 频率合成技术, 频率稳定性好, 灵敏度高达 -105dBm, 最大发射功率达到 +10dBm, 数据速率可达 20Kbit/s^[5]。NRF401 具有两个信号通道, 适合需要多信道工作的特殊场合, 可直接与微控制器接口, 仅需外接一个晶体和几个阻容、电感元件, 即可构成一个完整的射频收发器, 电路模块尺寸为 30x22x6mm。NRF401 芯片能和串口直接相连, 控制无线收发无线通信系统设计简便。根据 PTR2000 引脚说明, 在从机中 AT89C2051 通过 PTR2000 无线模块将数据发射出去, 使用了三个普通 I/O 口和串口, 如图 2 所示。

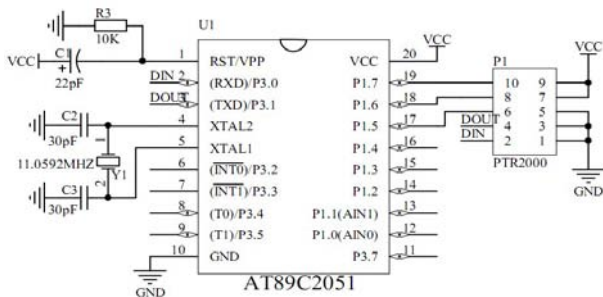


图 2 从机无线收发电路图

主机部分 AT89S52 与 PTR2000 相接与从机基本一致, 为了容易布线期间, 调整了 I/O 口, PTR2000 的

DOUT、DIN 分别和 P3.0 和 P3.1 连接。

2.2 温湿度传感器电路设计

系统采用 SHT11 单片智能化温湿度传感器, 其测量原理是首先利用两只传感器分别产生相对湿度、温度的信号, 然后经过放大, 分别送至 A/D 转换器进行模数转换、校准和纠错, 最后通过二线串行接口将相对湿度及温度的数据送至单片机, 再利用单片机完成非线性补偿和温度补偿。SHT11 采用表面安装式 LCC-8 封装, 在 0.8mm 厚的基座上有一个用液晶聚合物(LCP)制成的帽, 上面开着传感器窗口, 以便与空气接触。DATA 为串行数据输入/输出端 (I/O), SCK 为串行时钟输入端, 当 $VDD > +4.5V$ 时, 最高时钟频率 $f_{max} = 10MHz$; 当 $VDD < +4.5V$ 时, $f_{max} = 1MHz$ ^[6]。

从机系统通过 AT89C2051 单片机与 SHT11 连接测量温湿度值, 连接时需要两条口线即可实现微处理器 SHT11 的双向通讯, 被测温度通过编程可实现 9~12 位的数字方式串行输出。当使用总线寄生供电时, 供电端必须接地, 同时总线口在空闲时候必须保持高电平, 以便对传感器充电。二者通过串行总线进行通信。R 为上拉电阻, C 为电源退藕电容。相对湿度测量范围是 0~100%, 测量精度为 $\pm 2\%RH$, 分辨率为 0.01% RH; 温度测量范围是 $-40^{\circ}C \sim +123.8^{\circ}C$, 测量精度为 $\pm 1^{\circ}C$, 分辨率为 $\pm 0.01^{\circ}C$; 露点测量精度 $< \pm 1^{\circ}C$, 分辨率也是 $\pm 0.01^{\circ}C$ ^[6-8]。电路如如图 3 所示。

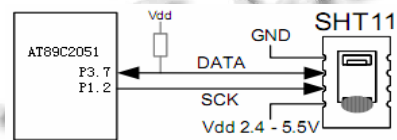


图 3 从机部分温湿度采集电路

2.3 显示模块

系统使用的液晶模块是 LCM-1602 字符型液晶模块, 具有体积小、功耗低、显示内容丰富等特点。该部分电路功能主要将主机处理后的数据显示出来, 该模块与单片机连接简单, 只需一个 8 位 I/O 口与液晶模块的 8 位数据端相连, 再用三位控制口分别与液晶模块的 RS、R/W、E 相接。系统中, 为了布线简单及驱动能力更强, 采用 P0 口接 8 位数据, 用 P2.7、P2.6、P2.5 分别接 LCM-1602 模块的 RS、R/W、E, 由于 P0 内无上拉电阻, 故在 P0 口与液晶模块直接加了 1k Ω 的排阻, 如图 4 所示。

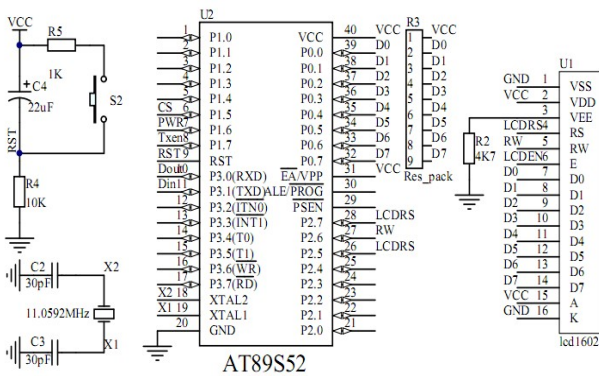


图 4 单片机与液晶模块电路

2.4 报警电路和按键电路设计

系统设有状态报警，以便提醒操作人员注意或采取紧急措施。如果高于上限值（或低于下限值）则进行报警，否则就作为采样的正常值。系统采用蜂鸣音报警电路，通过 AT89S52 的 1 根口线经驱动器驱动蜂鸣音发声，压电式蜂鸣器约需 10mA 的驱动电流，使用晶体管三极管驱动。P2.3 接晶体管基极输入端。当 P2.3 输出高电平“1”时，晶体管截止，压电蜂鸣器两端获得约+5V 电压而鸣叫；当 P2.3 输出低电平“0”时，三极管导通，蜂鸣器停止发声^[9]。设有三个按键，软件消除抖动，用来设置报警温度、湿度值的上、下限，直接和 AT89S52 的 P3.1、P3.2、P3.3 连接，如图 5 示。

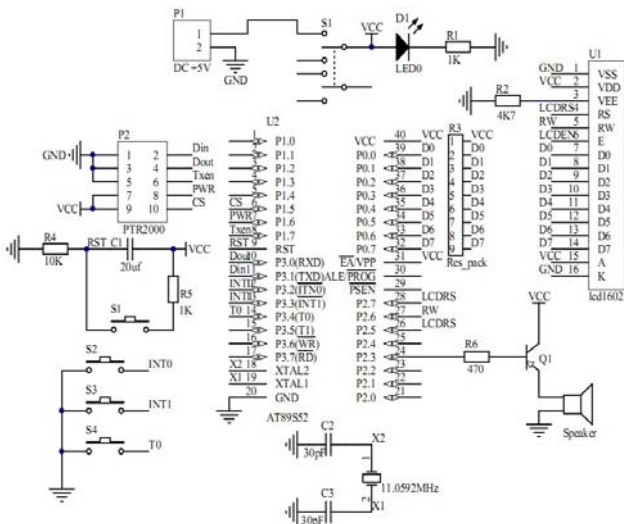


图 5 报警电路和按键电路

3 系统软件设计

软件部分包括温度数据采集、无线数据发送、无线数据接收和接收结果处理显示以及软件校验等。采

用 C 语言编写，模块化程序设计。从机部分程序包括主程序和温湿度采集子程序流程图如下图 6、7 所示。主机主程序流程图如图 8 所示。

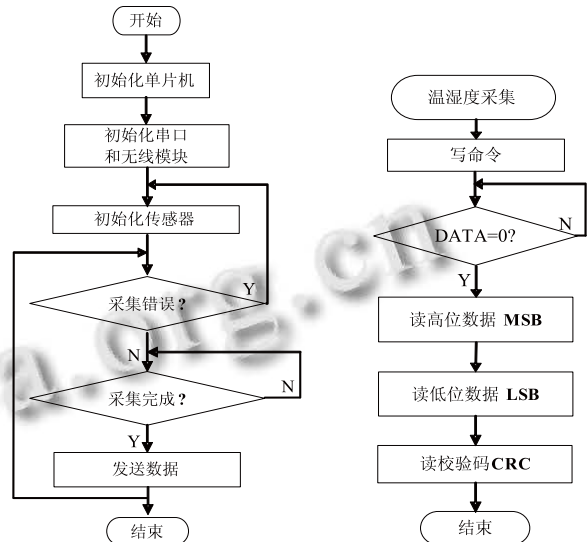


图 6 从机主程序

图 7 从机数据采集子程序

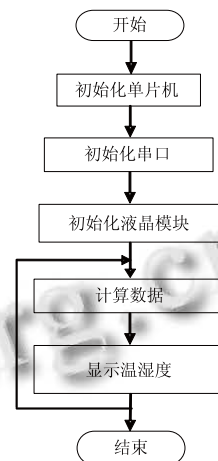


图 8 主机主程序

3.1 无线通信软件设计

在温湿度数据通信系统中，单片机之间的数据通信采用一对多的主从模式，利用 ISM 频段（433MHz）无线通信。主机负责发送从机地址、控制命令及调度，从机则负责收集现场信息，进行一定的数据处理，根据主机的要求返回数据，并执行主机发出的命令。由于发送和接收共用同一物理信道，因此在任意时刻只允许一台从机处于发送状态。只有被主机呼叫的从机才能占用总线，对主机作出应答。每台从机均分配有一个唯一的从机地址。主机与从机通信时，主机先呼

叫某从机地址, 唤醒被叫从机后, 主、从两机之间进行数据交换, 而未被呼叫的从机则继续处于等待状态。主机发送的信息可以传到多个从机或指定的从机, 各从机发送的信息只能被主机接收。为了完成上述功能需通过设置单片机的串口控制寄存器 SCON 来实现, 在此将单片机设置在工作方式 1, 即 SM0=0, SM1=1。通信的数据格式为每帧 10 位, 包括 1 位起始位、8 位数据位、和 1 位停止位。片内定时器 T1 作为波特率发生器, 选择传送的波特率为 9600bps, 则定时器 T1 的初值应设置为 TL1=TH1=0XFD, 另外应禁止定时器 T1 中断, 以免因定时器 T1 溢出而产生不必要的中断错误。当主机发送一帧地址信息时, 应保持这帧数据的第 9 位 TB8 为“1”; 发送一帧数据信息时, 应保持这帧数据的第 9 位 TB8 为“0”; 所有从机最初均处于接收状态, 即 SM2 =1 状态, 当接收帧数据的第 9 位为 1 时, 所有从机均产生中断, 接收这一帧地址数据并与各自的从机地址进行比较, 以判断主机是否要与本机通信。当某一从机接收到的地址数据与该从机地址相等, 则该从机为被呼叫从机, 该从机将串行口控制寄存器 SCON 中的控制位 SM2 清零, 去接收主机发来的数据帧(数据帧的第 9 位为 0), 此时不管接收到的第 9 位数据是否为 1, 都要产生串口中断, 从而保证了主机与被叫从机间的正常数据通信。通信结束后, 该从机又重新将串行口控制寄存器 SCON 中的控制位 SM2 置为 1, 为下一次与主机进行通信做好准备。其它从机则一直在 SM2=1 下继续等待, 不会受到其它从机与主机通信的干扰。采用了一种按字节查表快速计算 CRC-8 的方法生成温湿度传感器内 CRC 发生器产生的校验码, 设计中具有良好的效果^[10]。

3.2 温湿度传感器软件设计

数据采集软件主要实现单片机 AT89C2051 对温湿度传感器 SHT11 的初始化、发送测量命令及数值的读取, 还有实验调试时的显示等辅助程序。温湿度测量时先调用 SHT11 初始化子程序进行初始化, 它包括复位、传输启动命令。当 DATA 保持高电平时, 触发 SCK 时钟 9 次或更多。在下次指令前, 发送一个“传输启动”时序。这些时序只复位串口, 状态寄存器内容仍然保留。接着发送测量命令, 主函数将测量后数据读取保存地址 *p_value 和测量模式(温度/湿度)变量 mode 传给测量子程序, 当软件检测到数据线 DATA 变为低时, 说明传感器完成测量可以传出数据, 此时

发送读命令, 将测量的值, 高位 MSB 放入 *p_value 中, 低位 LSB 放入 *(p_value+1), 校验位放入 *(p_value+2), 以便后续发送。当发送命令返回有错误时, 传感器 SHT11 重新初始化、测量。这些操作中最基本的还是读、写命令, 读完一个字节后, 拉低 DATA 一个时钟, 表示后面还要读数据, 当读到最后一个字节时, 即校验后, 给 DATA 高电平。下面是 SHT11 读命令、写命令的子程序。

```

****SHT11 读一个字节命令****/
uchar s_read_byte(uchar ack)
{ unsigned char i, val=0;
  DATA=1; //release DATA-line
  for (i=0x80; i>0; i/=2) //shift bit for masking
  { SCK=1; //clk for SENSI-BUS
    if (DATA) val=(val | i); //read bit
    SCK=0; }
  DATA=!ack;
  SCK=1; //clk for ack
  _nop();_nop();_nop();
  SCK=0;
  DATA=1;
  return val; }
****SHT11 写一个字节命令****/
uchar s_write_byte(uchar value)
{ unsigned char i, error=0;
  for (i=0x80; i>0; i/=2) //shift bit for masking
  { if (i & value) DATA=1;
    else DATA=0;
    SCK=1; //clk for SENSI-BUS
    _nop();_nop();_nop();
    SCK=0; }
  DATA=1; //release DATA-line
  SCK=1; //clk #9 for ack
  error=DATA; //check ack
  SCK=0;
  return error; } //error=1 in case of no acknowledge

```

4 结语

设计的无线温湿度采集系统发射部分采集温湿度信息, 通过无线设备将数据信息传到(接收部分)手

(下转第 89 页)

器的服务质量, 扩充空间, 高峰访问期放宽下载上传速度限制, 以尽可能满足校园网用户需求。

为了进一步抽取用户感兴趣的潜在有用模式与信息, 采用精确分析层的路径优化算法对行为路径进行优化, 结果如图 2 所示:

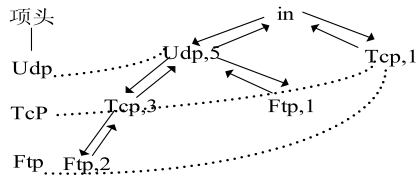


图 2 路径优化结果

从图 2 可以看出, 路径优化算法得到的频繁行为组合模式为: {Udp,Tcp,Ftp|2}, 由频繁组合模式可知校内各个网段的用户在上网的时候都使用聊天软件(如 QQ), 其中学生区网段至少三分之二用户访问学校影视服务器, 而教职工网段用户几乎全部访问了校图书馆。

4 结论

本文对网络服务器监测到的流数据进行采集, 提出一种将双层结构聚类算法应用于流数据的聚类分析, 该算法能够满足处理速度快, 准确率高的优点,

进而分析得到校园网用户网络行为的特征, 这将对优化网络拓扑结构、改善负载均衡, 进行网络应用方面的调整做准备, 是有效的改善学校网络拥塞状况的前提。

参考文献

- 1 马力, 焦李成, 董富强. 一种 Internet 的网络用户行为分析方法的研究. 微电子学与计算机, 2005, 22(7).
- 2 李冠强, 陈雅, 李强. 中国互联网用户网络使用行为分析. 中国图书馆学报, 2004, 23(5).
- 3 蒋盛益, 李庆华, 李新. 数据流挖掘算法研究综述. 计算机工程与设计, 2005, 26(5).
- 4 Guha S, Mishra N, Motwani R, et al. Clustering data streams. Proc. of IEEE Symposium Foundations of Computer Science(FOCS00). 2000, 71-80.
- 5 Guha S, Meyerson A, Mishra N, et al. Clustering data streams: Theory and practice. Knowledge and Data Engineering. IEEE Transactions, 2003, 15(3).
- 6 Aggarwal C, Han J, Wang J, et al. A framework for clustering evolving data streams. Berlin, Germany: Proc of Int Conf on Very Large Data Bases (VLDB03), 2003.
- 7 Ramakrishnan R. Database management systems (2nd ed). 北京: 清华大学出版社, 2001. 726-729.

(上接第 164 页)

持终端, 操作者可以在手持终端选择测试点, 也可按测试点的序号连续采集, 接收到的温湿度数据经过处理在手持终端的显示屏上显示。经过模块化的电路测试、软件调试和系统组装, 测温精度可达到 $\pm 1^\circ\text{C}$, 测湿精度为 $\pm 2\%\text{RH}$, 通信距离可达 300 米, 可广泛应用于温室和大坝粮仓等领域的温度、湿度监测中。

参考文献

- 1 项新建. 基于多传感器数据融合的粮食仓库温度监测系统. 仪器仪表学报, 2003, 24(5): 525-527.
- 2 Dorf RC. Modern control system. Beijing: Science Publishing House, 2002. 20-160.
- 3 李朝青. 单片机原理及接口技术. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009. 180-182.
- 4 王松武, 于鑫. 电子创新设计与实践. 北京: 国防工业出版社, 2005. 212-214.
- 5 张志伟. 基于 PTR2000 的电力无线手持抄表系统. 电测与仪表, 2004, 41(7): 56-58.
- 6 Sensirion Company. Application Note SHTxx Humidity & Temperature Sensor, Shenzhen: SUNSTAR, 2008. 1-10.
- 7 冯显英, 葛荣雨. 基于数字温湿度传感器 SHT11 的温湿度测控系统. 自动化仪表, 2006, 21(1): 59-61.
- 8 贺桂芳. 基于 SHT11 的温湿度无线测控系统设计. 微计算机信息, 2007, 23(8): 307-309.
- 9 卢超. 基于 PC 机与单片机分布式温度采集系统的设计. 仪表技术与传感器, 2007, (6): 38-40.
- 10 薛瑞. 适用于 51 单片机的 CRC 算法研究. 北华航天工业学院学报, 2007, 17(1): 12-14.