

基于 MSP430 单片机的太阳能热水器 无线监测系统设计

赵伟光, 刘 勇*

(黑龙江大学 电子工程学院, 哈尔滨 150080)

摘 要: 用更简单便捷的方法测量太阳能热水器实时的水温与水位, 并在用户端显示, 以实现家居现代化。监测系统分数据采集端与数据接收处理端两部分。数据采集端通过温度传感器 DS18B20 测量水温, 通过超声波测距模块 HC-SR04 测量水位, 将所测数据通过无线收发模块发送至接收端。接收端接收到数据后, 先进行 CRC 算法校验再还原出水温和水位值, 并将获得的水位值与按键所设的水位值比较实现高水位报警。通过硬件仿真后已实现所有功能, 可在用户端直接获得此时太阳能热水器的水温和水位值, 该系统在水位测量以及数据稳定性方面具有一定的优越性。

关键词: MSP430; 太阳能热水器; 温度测量; 水位测量; 无线监测系统

中图分类号: TP274 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-008X(2017)03-0076-06

Solar energy water heater wireless monitoring system based on MSP430 single chip microcomputer

ZHAO Wei-Guang, LIU Yong*

(School of Electronic Engineering, Heilongjiang University, Harbin 150080, China)

Abstract: An easy and convenient method is used to measure the real-time water temperature and water level of the solar water heater, and displays at the user side with the aim of realizing home modernization. The test system contains two parts: data acquisition terminal and data receiving processing terminal. The data acquisition terminal measures water temperature by using temperature sensor DS18B20, measures water level by using ultrasonic distance measuring module HC-SR04, and sends the data to receiving terminal through wireless transceiver module. After receiving the data, the data receiving terminal will recover the water temperature and the water level by median filtering and will display the data on the Liquid Crystal Display Screen. Besides, it will compare received water level and set water level by push button in order to realize the target of high water level. The system now has all of the functions mentioned after hardware simulation, it can make sure that the user terminal is able to acquire the real-time water temperature and water level of the solar energy water heater. In addition, the system has a certain advantage in terms of water level measuring and stability of data.

Key words: MSP430; solar energy water heater; temperature measurement; water level measurement; wireless monitoring system

收稿日期: 2017-05-04; 修订日期: 2017-07-02

基金项目: 国家级大学生创业实践项目(2015102121010)

作者简介: 赵伟光(1996-), 男, 江苏宿迁人, 本科, 研究方向: 物联网, E-mail: 827332093@qq.com; * 通讯作者: 刘 勇(1970-), 男, 黑龙江双鸭山人, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 物联网, E-mail: 503560490@qq.com。

目前,太阳能热水器被普遍用于居民生活,但一般都采用最老式的控制系统。如水位测量:采用的水位测量传感器基本都是依赖 RC 充放电的方法,需要将传感器放置于水箱之中,随着水位的上升传感器中并联的电阻变多,从而导致电容两端电压发生变化,微处理器通过采集电容两端电压来确定水箱内水位。该方法硬件较为复杂且测量范围不全面。除此之外,现生产的太阳能热水器在温度测量、安全高度警示等方面也存在很大的改善空间。

国内外制造商、开发商和学术界都十分重视太阳能热水器水位检测技术,研制了电极式、浮球式和电容式等多种结构的水位传感器,但受水垢、成本和安装复杂度等因素影响均未得到广泛应用^[1]。在其基础上添加的无线系统也较为复杂,工业产品价格高,2011 推出的改进型 ZigBee 无线传输设备适用距离短,很难满足现代智能家居的要求。本文设计的太阳能热水器无线控制系统以 MSP430f149 单片机为控制核心,借助 24L01 无线传输模块,将采集的温度及水位数据传送至用户所在的接收端,操作简单、成本低,并且在无线穿墙能力以及传输距离方面远优于 ZigBee 系统。用户可在接收端观察当前太阳能热水器内的温度和水位,并可借助按键实现自主设置报警水位的功能。

1 数据采集原理

1.1 温度采集

本系统采用 DS18B20 作为温度采集器,它是由 DALLAS 半导体公司研制的一款数字温度传感器,能将采集到的温度以串行数字信号的形式通过信号线返回给微处理器^[2]。与传统的热敏电阻相比,它通过对微处理器编写程序,连接相应的接口实现大于 8 位的数字值读数方式。DS18B20 的可测温度为 $-55 \sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$,已涵盖太阳能热水器水箱内水温变化范围,其测温精度为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,具有较好的准确性^[3]。测量时将 DS18B20 放入水箱内即可采集水温,见图 1,微处理器以单总线的方式进行对 DS18B20 的数据读写^[4-5]。其中 CPU 对 DS18B20 的温度转换后数值读取函数如下:

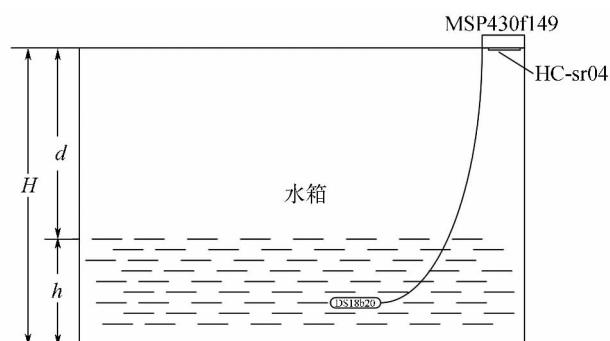


图 1 数据采集示意图

Fig. 1 Schematic diagram of data acquisition

```
void Ds18b20Convert( void)
{
    ds18b20_ reset( );           //DS18B20 复位
    ds18b20_ write( 0xCC);       //写跳跃 ROM 指令
    ds18b20_ write( 0x44);       //写温度转换指令
    delay_ ms( 5);               //延时 5 ms
    ds18b20_ reset( );           //DS18B20 复位
    ds18b20_ write( 0xCC);       //写跳跃 ROM 指令
    ds18b20_ write( 0xBE);       //读取 RAM 指令
    temp_ data[0] = ds18b20_ read( ); //保存转换后低 4 位数值
    temp_ data[1] = ds18b20_ read( ); //保存转换后高 4 位数值
}
```

1.2 水位采集

由于在实际生产中, 太阳能热水器水箱的高度是固定的, 所以可采用高度差计算的方法来解决水位问题。水箱内水的高度 h 等于水箱高度 H 减去水箱顶部到水面的距离 d , 水箱高度由厂家给出通过程序进行一次赋值, 水箱顶部到水面距离通过反射式超声波测距模块 HC-SR04 进行数据测量见图 1。将 MSP430f149 单片机的 P4.1 口连接 HC-04 的 Trig 端口见图 2, 单片机通过 P4.1 口输出给 Trig 口 $20\ \mu\text{s}$ 的高电平, 随后立即拉低即可启动 HC-SR04 发射超声波。单片机开启定时器输入捕获模式以连接 Echo 口的 P4.0 为捕获源, 设置为上升沿捕获, 8 分频, 在中断内进行水位计算。系统预先设置为 8 MHz 晶振, 则捕获的高电平时间为计数器值乘以分频数除以晶振: $\text{time} = (\text{TBCCR0} * 8) / 8\text{M}$ (单位: s)^[6-7], 则水箱顶部到水面的距离为: $d = 34\ 000 * \text{time} / 2$ (单位: cm), 可推算出此刻太阳能热水器水位为: $h = H - d = H - 140 * \text{time}$ 。通过硬件仿真后发现在水中传播的超声波远远小于反射回的超声波, 该部分对水位测量几乎没有影响, 可忽略不计。中断函数如下:

```
#pragma vector = TIMERB0_ VECTOR
__interrupt void TimerB0( void)
{
    _NOP(); //关闭中断
    TBCTL = TBCLR; //定时器清零,
    while( ( P4IN & BIT0) == BIT0); //等待高电平结束
    time = TBCCR0 * 8 / 8M; //计算高电平时间
    d = H - 17 000 * time; //计算水位
    _EINT(); //允许产生中断
}
```

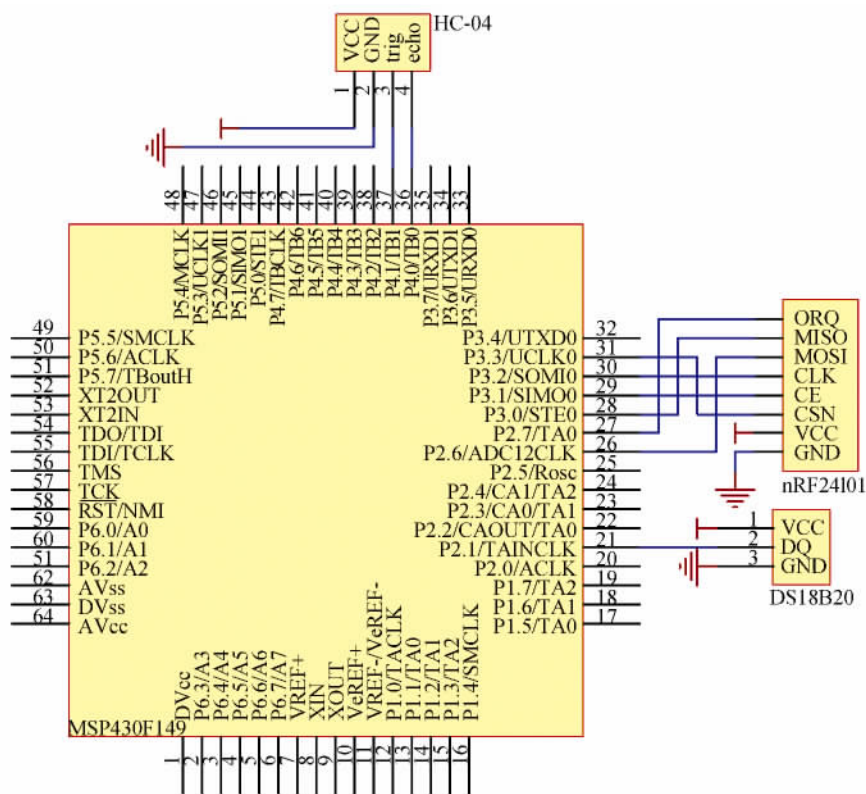


图 2 数据采集发送电路

Fig. 2 Data acquisition and sending circuit

2 数据发送与接收

系统采集数据的发送与接收均是通过无线发送与接收模块 nRF24L01 来实现。nRF24L01 是由 Nordic 公司生产的内置硬件链路层协议的无线收发器件,其内置 SPI 接口,速率为 0 ~ 8 Mb/s,单片机可通过 SPI 接口对其进行控制^[3 8]。nRF24L01 工作于 2.4 GHz,全球开放 ISM 频段,具有多种低功率工作模式^[9]。

2.1 数据发送

在数据的发送端即数据采集端对 MSP430 单片机进行初始化,设置系统晶振为 8 MHz,SMCLK 子系统时钟,紧接着对 nRF24L01 无线收发模块进行初始化设置:发送模式,只允许通道 0 应答,32 字节数据发送,发送速率为 1 MHz。nRF24L01 与 MSP430f149 的连接电路见图 2。等待 DS18B20 测温完毕以及 HC-SR04 测距完毕,发送端将所采集的数据分别存入两组中值滤波数组,并对两组滤波数组进行中值滤波,滤波后的结果存入 nRF24L01 发送缓存器等待发送。当所有数据发送完毕后,清除状态寄存器,开始准备下一次的数据采集以及发送,其流程见图 3。

2.2 数据接收

数据接收端在上电或复位之后执行系统初始化,及将系统设置为 8 MHz 晶振,SMCLK 子系统时钟,接着完成 nRF24L01 的初始化,这些过程与发送端基本相同,唯一不同点在于将 nRF24L01 无线收发模块设置为接收模式。单片机通过读取状态寄存器的值来判断是否接收到数据,若接收到数据则进入接收中断,将所接收的数据存入接收缓存区 RX_BUF 中。待 32 字节的数据存储完毕后,暂停接收,将数据取出以供使用,单片机完成相应功能后,再进行下一次的数据接收,周而复始。

2.3 CRC 数据校验

为减少 nRF24L01 发送与接收的丢包数,在系统的发送端开启 nRF24L01 数据重发功能,经多组数据检测发现每传输 100 组数据会丢失 2 ~ 3 个数据,为了提高数据的稳定性,在数据传输时添加 CRC 校验。

CRC 又称循环冗余校验码,是数据通信领域中最常用的一种查错校验码^[10]。其基本编码形式是在 K 位信息码后再拼接 R 位的校验码,使整个编码长度为 K + N 位。因为本系统使用 16 位 MCU,且采集数据仅需 8 位即可覆盖量程,所以可采用 8 位信息码拼接 8 位校验码的方案。取 $G(x) = x^8 + x^5 + x^4 + 1$,其二进制比特数串为 0x100110001。发送端将采集到的 8 位二进制数即信息码左移 8 位与 $G(x)$ 的二进制数进行“模二除法”运算,所得 8 位余数为 CRC 校验码。左移后的信息码与 CRC 校验码进行加法运算,所形成的 16 位二进制数被发送至接收端。接收端在接收到数据后先取出低 8 位二进制数即 CRC 校验码进行校验,若 $G(x)$ 的二进制比特串对其进行“模二除法”后的余数为 0,则该数据正确,发送端取出该数据的高 8 位作为合理的数据使用;若余数不为 0,则该数据错误,发送端忽视该组数据并准备接收下一组数据。

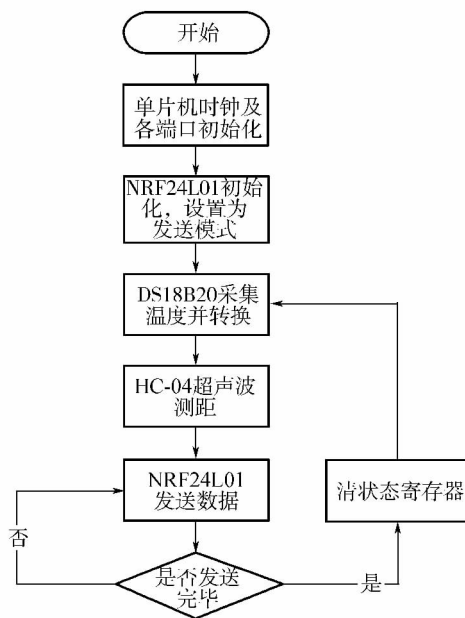


图3 数据采集发送流程图

Fig. 3 Data collection send flow chart

3 数据处理与功能实现

太阳能热水器的监控端即数据接收端, 设置有 3 个按键用于设置水位警戒线高度, 通过按键扫描可进入设置状态, 并将警戒线高度数值存入 MSP430 单片机的 Flash, 用于掉电保存。接收端在接收到发送端发送的数据后, 借助 CRC 算法进行数据校验, 来提高数据的可靠性与系统的稳定性, 并根据所得数据还原出太阳能热水器此时的温度与水位, 并与警戒线水位比较, 超过则蜂鸣器报警。其流程图见图 4。

3.1 按键与 Flash 读写操作

监控端设置的 3 个按键一端接高电平另一端分别接 MSP430 单片机的 P1.0, P1.2, P1.3 口见图 5, 再接入 10 K 的电阻接地以稳定这 3 个端口的状态。当 3 个按键均未按下时 3 个端口成低电平状态, 当第一个按键按下时, 端口 P1.0 成高电平, 单片机扫描到后进入警戒线设置状态, 第二个按键与第三个按键分别为警戒线十位与个位设置按键, 数值从当前警戒值开始增加, 按键每按下一次相应位加 1, 至 9 归 0。再次按下第一个按键时, 退出警戒线设置并将所设置的值存入 MSP430 单片机的 Flash 中。

MSP430f149 其内部存储器类型为 Flash 型, 其存储模块分为 Seg_ A 和 Seg_ B 两段, 在对 Flash 进行操作时, 读和写的操作单位最小为字节, 擦除的单位最小为段^[11]。本系统的接收端将警戒线数值存储于 Seg_ B 段的 1 090 字节地址中, 每次按键退出警戒线设置时将值写入, 每次上电或复位时读出该值。

3.2 液晶显示及报警设置

监控端将所接收的数据还原成水温和水位值, 通过 LCD1602 液晶屏显示, 并显示出当前所设置的警戒线高度值, 精度为 cm。其与 MSP430 单片机的接线电路见图 5。

蜂鸣器一端接开关接单片机的 P6.4 口, 另一端接地见图 5, 当需要打开报警功能时闭合开关。通过比较当前水位值与 Flash 中的警戒线高度值来控制 P6.4 口的电平输出, 当水位值大于警戒线高度值时, P6.4 口输出 3.3 V 的高电平, 反之则输出低电平。

4 结 论

本文设计的系统分为数据发送端和接收监控端两部分, 能够实时对太阳能热水器进行水温与水位监测, 采用的水位测量方法相比传统测量方法更加简单便捷, 提高了测量精度。利用水位监测和水位报警功能, 可添加水阀控制, 从而实现太阳能热水器的定量入水与出水。在工业制造与智能家居设计方向具有较好的前景。

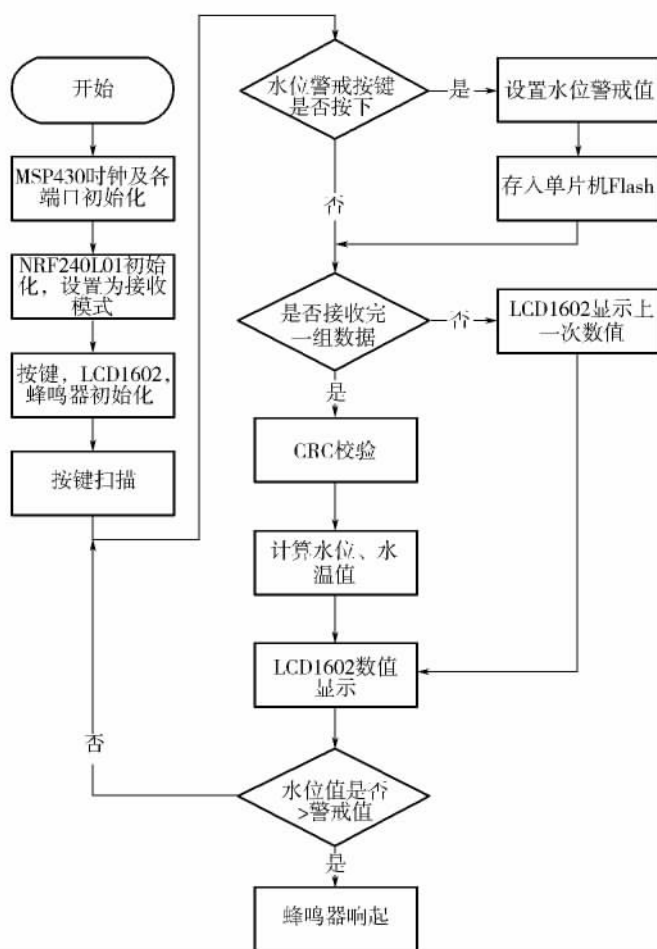


图 4 数据接收及处理流程图

Fig. 4 Data receiving and processing flow chart

