

文章编号:1671-6906(2008)05-0045-04

基于 MSP430 的水泥养护箱温湿度控制系统

裴素萍¹, 吴必瑞¹, 刘禹²

(1. 中原工学院; 2. 河南省建筑材料研究院, 郑州 450007)

摘要: 针对水泥养护箱温湿度控制不准确、控制误差大等一系列问题, 介绍了一种基于单片机 MSP430F449 的水泥养护箱温湿度控制系统, 并给出了系统硬件和软件的实现方案. 可根据 SHT11 数字温湿度传感器测量值, 控制继电器装置, 使整个系统的温湿度达到预期的指标.

关键词: 水泥养护箱; MSP430; 温湿度传感器; 串行通信

中图分类号: TP237 **文献标识码:** B

水泥养护箱是水泥企业必备的试验设施, 其性能的优劣直接影响水泥的检验结果的准确性. 水泥物理性能试验, 从标准稠度用水量、凝结时间的测定以及胶砂强度的成型和养护对环境温、湿度的要求都非常严格^[1]. 新标准规定, 在 0~35℃ 的环境下, 养护空间的温度能自动控制在 (20±1)℃, 相对湿度≥90%, 但目前很多中小型水泥企业达不到上述养护条件, 特别是北方地区, 由于气候干燥, 仅靠养护箱内水的自然蒸发, 相对湿度要达到 90% 是相当困难^[2-3]. 本文采用 MSP430F449 作为控制系统的核心, 实现水泥养护箱的温湿度检测和控制. 并根据 SHT11 数字温湿度传感器测量值, 求出其输出控制量, 控制系统的温湿度, 使水泥养护箱的温度测量误差为 0.1℃, 湿度测量误差为 0.3% RH.

1 系统结构与工作原理

本温湿度控制系统以 MSP430F449 为主控制器件, 它是 TI 公司最近推出的具有极高性价比的 16 位 MCU, 具有功耗低、存储容量大、集成度高、在线支持性强等特点. MSP430F449 单片机运用起来非常灵活, 具有 2 K 字节的 RAM, 60 K 字节的 FLASH, 48 个 I/O 口, 3 个 16 位定时器, 1 个看门狗定时器, 2 个串行通信口, 1 个集成 LCD 驱动模块, 1 个模数转换模块

(ADC), 1 个 16 位的硬件乘法器. MSP430F449 除了正常的工作模式外, 还具有 5 种低功耗模式^[4].

该温湿度控制系统由 MSP430F449 单片机、SHT11 数字温湿度传感器、智能控制装置、加热装置和喷雾装置以及串口通信等几部分组成. 其系统结构图如图 1 所示.

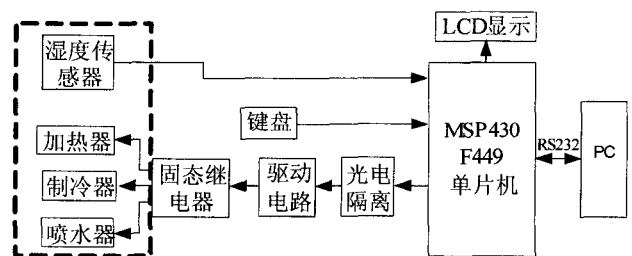


图 1 系统结构设计框图

MSP430F449 对检测的温湿度信号与键盘设定值进行比较, 控制量经过光电隔离输出. 当测量温度低于设定值的下限时, 控制器通过电加热器向养护箱内加热; 当加热至设定值的上限时加热停止. 湿度控制与温度控制原理类似, 当相对湿度低于设定值的下限时, 喷雾装置向养护箱内喷雾; 当相对湿度增加至设定的相对湿度值时停止喷雾^[5].

2 湿度传感器 SHT11 的工作原理

2.1 SHT11 的内部结构

SHT11 是瑞士 Sensirion 公司推出的一款数字温湿度传感器芯片. 它将温湿度传感器、信号放大器、A/D 转换、三线串行接口全部集成于芯片内, 体积小, 其内部结构框图如图 2 所示. SHT11 传感器默认的测量温度和相对湿度的分辨率分别为 14 位、12 位, 通过状态寄存器可降至 12 位、8 位. 湿度测量范围是 0%~100% RH, 对于 12 位的分辨率为 0.03% RH, 测温范围为 -40~123.8℃, 对于 14 位的分辨率为 0.01℃. 每个传感器芯片都在极为精确的湿度室中进行标定, 校准系数以程序形式储存在 OTP 内存中, 在测量过程中可对相对湿度自动校准, 使 SHT11 具有 100% 的互换性. 其测量原理是利用传感器分别产生的相对湿度、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 MSP430 F449 单片机.

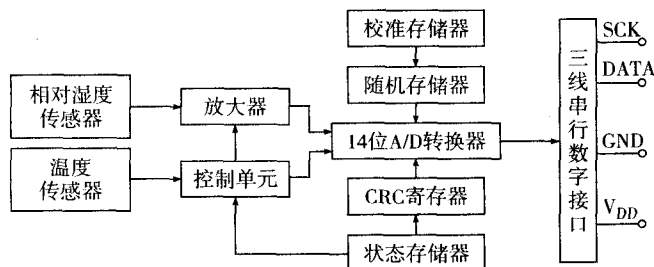


图 2 SHT11 传感器内部结构框图

2.2 SHT11 的输出特性

2.2.1 湿度值输出

SHT11 可通过 I²C 总线直接输出数字量湿度值, SHT11 的输出特性呈一定的非线性, 因此要补偿湿度传感器的非线性以获取准确数据, 应按如下公式修正湿度值:

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 S_{ORH} + c_3 S_{ORH}^2$$

式中: S_{ORH} 为传感器相对湿度测量值, 对于 12 位的 S_{ORH} , 相关取值为 $C_1 = -4, C_2 = 0.0405, C_3 = 2.8 \times 10^{-6}$; 对于 8 位的 S_{ORH} , 相关取值为 $C_1 = -4, C_2 = 0.648, C_3 = -7.2 \times 10^{-4}$.

2.2.2 温度值输出

由于 SHT11 中的温度传感器的线性非常好, 故可用下式将温度数字输出直接转换成实际的温度值:

$$T = d_1 + d_2 S_{OT}$$

当电源电压为 5 V, 且温度传感器的分辨率为 14 位时, d_1 可取 -40, d_2 可取 0.01; 而当温度传感器的分辨率为 12 位时, d_1 应取 -40, d_2 可取 0.04.

2.2.3 露点计算

空气的露点值可根据相对湿度和温度值由下面的公式计算出来:

$$\log EW = 0.66077 + 7.5 \times T / (237.3 + T + \log 10 (S_{ORH}) - 2)$$

$$D_p = (0.66077 - \log EW) \times 237.3 (\log EW - 8.16077)$$

式中: T 为当前温度值, S_{ORH} 为相对湿度值, D_p 为露点.

3 硬件电路设计

3.1 SHT11 的接口电路

由于 MSP430F449 没有专门的 I²C 总线接口, 本系统将 SHT11 的 I²C 口与普通的 I/O 口连接. 数据线 DATA 接单片机的 P1.2 口, 时钟线 SCK 接 P1.3 口. 在 DATA 端接入了一只 4.7 kΩ 的上位电阻, 同时还接入了一只 0.1 μF 的滤波电容^[6]. 硬件电路如图 3 所示.

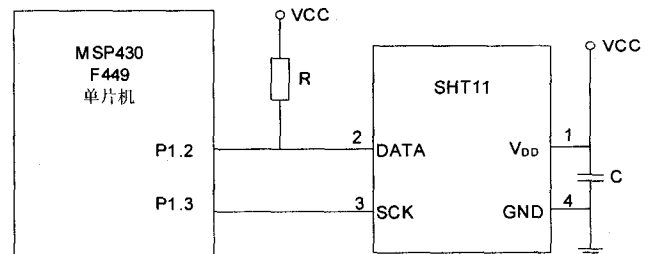


图 3 SHT11 与单片机的接口电路

3.2 线性光电耦合电路设计

由于单片机为弱电系统, 为保证安全需要, 采用线性光电耦合器与强电侧隔离, 防止强电侧的电压回流而烧坏单片机. 系统设计中采用 LOC110 线性光电耦合器, LOC110 包含 1 个红外线发光二极管与 2 个光电三极管形成光电耦合, 能耦合模拟和数字信号, 增益稳定性高, 带宽大于 200 kHz, 低功耗, 线性度可达 0.01%. 光电耦合的接口电路如图 4 所示, 其中 V_{in} 接单片机的控制信号, V_{out} 是耦合电路的输出电压.

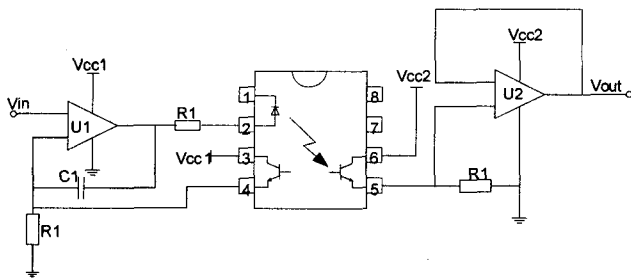


图 4 线性光电耦合电路

3.3 键盘和显示电路

通过键盘设定温湿度的上下限值,若超限,则通过继电器驱动蜂鸣器报警,同时调用智能控制系统。MSP430F449 内部集成有 1 个 LCD 驱动模块,驱动方式有静态、2MCU、3MCU、4MCU 4 种。在 4MCU 方式下所有的显示缓存器位都用于段驱动,这时可以达到 160 段显示。这里只需将 LCD 的引脚与 MSP430F449 的 LCD 驱动引脚直接相连,电路设计十分简单。

3.4 RS-232 通信接口电路

RS-232 使用的是串行通信方式,采用 MAX3221 芯片把从 USART0 过来的信号进行电平转换后输出到计算机终端,把计算机或者终端发来的数据发送给 USART0。为了减小输入端受到的干扰,在电源的输入端加 0.1 μ F 的电容来实现滤波。USART0 的 TXD 脚与 MAX3221 的 11 管脚(DIN)相连,USART0 的 RXD 脚与 MAX3221 的 9 管脚(ROUT)脚相连。

4 系统软件设计

MSP430 系列是一种具有集成度高、功能丰富、功耗低等特点的 16 位单片机,它可用 C 语言来完成程序设计,大大提高了开发调试的工作效率;同时用 C 语言所产生的文档资料也容易理解,便于移植。系统采用 SHT11 数字温湿度传感器进行温湿度检测,当系统温湿度不满足规定时,经过算法求出控制量,控制继电器,达到温湿度控制目的。在系统软件设计中,采用模块化设计方法,使得程序结构清晰,便于进一步扩展系统功能。整个程序包括主程序、温湿度测量模块、控制继电器模块等几个部分,软件流程如图 5 所示。

(1) 温湿度测量模块。SHT11 的 I²C 口与 MSP430F449 单片机普通的 I/O 口连接。在该系统测控系统中,温湿度测量程序放在定时器的中断服务程

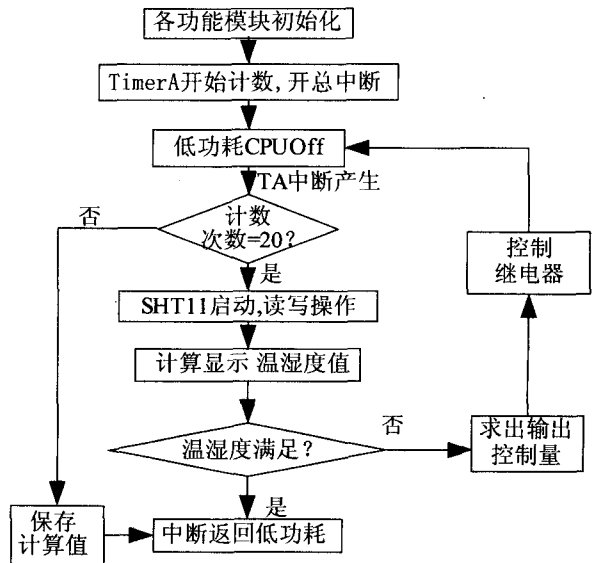


图 5 软件流程图

序里,定时器每次定时周期为 50 ms,软件计数 20 次,温湿度采样周期为 1 s。中断服务程序包含以下基本程序:“写”命令子程序、“读”数据子程序、数值计算子程序和显示子程序,最后将实际温湿度值存储于 2 个固定存储单元中,温、湿度各占 1 个单元。

(2) 上位机及通信模块。PC 机作为上位机, MSP430F449 单片机为下位机,上位机与下位机通过串口进行通信。运行上位机的监控软件后,选择通信按钮与下位机建立了通信,可以对下位机的状态进行监控。由于利用了 PC 机自身带有的标准 RS-232 通讯接口,用 MAX3221 可以直接通信。上位机利用 VB6.0 编程,VB6.0 的 MSComm 通信控件提供了标准的事件处理函数、事件和方法,用户不必了解通信过程中的底层操作和 API 函数,从而比较容易、高效地实现串口通信。通过添加 MSComm 控件完成对串口通信的设置,首先对串口初始化,之后要对串口进行捕获操作,确定是否有信号从串口通过,是否对这些信号进行处理,若需要对串口进行读写操作,就要通过设置成一定的波特率将数据送出或读入,最终完成串口通信。VB 的特点是事件驱动,定时器控件会定时触发相应事件的驱动程序。软件采用定时器控件来实现,在数据信息送出 30 s 后,PC 机仍未收到任何回执信息时,程序自动跳出系统。主要功能包括与 MSP430 F449 实时通信、数据库建立、显示养护箱内的温湿度值和温湿度曲线、历史数据的存储与查询、打印温湿度统计报表等^[7]。

5 结 语

本文采用 MSP430F449 为核心器件进行温湿度测量和控制,具有成本低、低功耗、抗干扰能力强等特点.系统软件程序采用 C 语言来完成,大大提高了开

发调试的工作效率.理论和实践证明水泥养护箱温湿度控制系统具有高可靠性、高性价比、控制简单方便等优点,大大提高了控制的精度.系统的温度测量误差小于 0.1°C ,相对湿度测量误差小于 $0.3\% \text{ RH}$.本文的控制原理也适用其他类似的温湿度控制系统.

参考文献:

- [1] 谢建军,吴晓.水泥标准养护箱(室)中的湿度误差与分析[J].大众科技,2006,8(12):104-105.
- [2] 秦金立,赵斌,阮臣良.系列新型双级注水泥器的设计与应用[J].石油钻探技术,2007,35(6):79-81.
- [3] 宋立春,肖忠明,张大同.水泥胶砂试体养护箱行业标准制定情况的介绍[J].水泥,2006,34(5):47-48.
- [4] 胡大可.MSP430系列FLASH型超低功耗16位单片机[M].北京:北京航空航天大学出版社,2001.
- [5] 牛建清.水泥试体养护微机控制系统[J].自动控制,2002,26(3):26-28.
- [6] 冯显英,葛荣雨.基于数字温湿度传感器SHT11的温湿度控系统[J].自动化仪表,2006,27(1):59-61.
- [7] 刘绿山,刘建群.基于AT89S52单片机的温度控制系统[J].微计算机信息,2007,23(6):98-100.

Temperature and Humidity Control System of Cement Maintainer Based on MSP430

PEI Su-ping¹, WU Bi-rui¹, LIU Yu²

(1. Zhongyuan University of Technology;

2. Henan Building Material Research Institute, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: In order to solve the problem in humidity control out of truth and a series of large control error, this paper introduces an intellectual and humidity sensor temperature control system as well as the scheme of hardware and software based on MSP430. The MSP430 operates with a measurement value of SHT11, the measured temperature and humidity Sensor, then a realy control is carried to realize the predicted indexes of the whole system.

Key words: cement maintainer; MSP430; temperature and humidity sensor; serial communication