

Design and Implementation of Humidity Sensors Calibration Experiment Platform Based on MCU*

TAO Bairui*, GU Ding, MIAO Fengjuan, ZHANG Dongmei, LIU Wenhui, PENG Lizhi
(College of Communications and Electronics Engineering, Qiqihar University, Qiqihar Heilongjiang 161006, China)

Abstract: A novel calibration experiment platform of humidity sensor has been designed and implemented. STC89C52 microprocessor is chosen as the master control chip in the system, the PTC (positive temperature coefficient ceramics) and semiconductor refrigerator is respectively employed to heat up or cool down, the environment temperature in platform is controlled at 25 °C. And then, the standard humidity environment levels are produced by seven saturated salt solutions. The digital psychrometer constructed by a pair of 18B20 temperature sensors is employed to detect auxiliary the humidity of environment. Finally, a calibration experiment platform prototype of humidity sensor has been fabricated, which consist of hardware circuits, software driver codes, input/output control system and etc. This scheme with properties of high-accuracy, low-cost, and easy-portable, will be a useful instrument for calibrating humidity sensors.

Key words: humidity sensor; calibration experiment platform; saturated salt solutions; microprocessor
EEACC:7230 doi:10.3969/j.issn.1004-1699.2013.03.027

一种基于单片机的湿度传感器校准实验平台设计与实现*

陶佰睿*, 顾丁, 苗凤娟, 张冬梅, 刘文慧, 彭立志
(齐齐哈尔大学通信与电子工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要: 设计了一种湿度传感器校准实验平台。该平台以 STC89C52 单片机为核心控制器, 通过 PTC (正温度系数) 陶瓷加热器和半导体制冷器将密闭试验箱环境温度控制在 25 °C, 利用饱和盐溶液构建标准湿度环境, 以 18B20 温度传感器制作出的数字干湿球温度计对环境湿度进行辅助校准。最终研制出具有硬件电路、软件驱动代码和输入输出控制系统的湿度传感器校准平台。该平台作为湿度传感器校准仪器具有准确度高, 成本低和便于携带等优点。

关键词: 湿度传感器; 校准实验平台; 饱和盐溶液; 单片机

中图分类号: TP212.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-1699(2013)03-0435-04

在社会生活和产品生产过程中, 测量仪表的工作状态都必须定期校验, 以确保其性能稳定。特别是湿度传感器工作中常与空气中的灰尘或化学物质接触, 受工作时间以及环境温度变化和机械振动等因素影响, 会导致湿度传感器产生测量误差^[1-3]。即使是新制作的湿度传感器, 因工艺过程或材料参数等不能完全一致, 为了提高传感器精度, 在封装前也要求对其进行重新标定^[3]。例如 Sun 等利用湿敏元件的电阻值、电容值变化的特性对湿度的测量方法实现了对 HMP45D 温湿度

传感器校准^[4]; Chen 等采用温度对比法和干湿气混合方法研制出便携式温湿度一体校准仪^[5]; Sun 等采用软件通过温度补偿和线性化处理, 能够实现相对湿度传感器 THS110 的校准^[6]。而基于国家规范的湿度传感器校准仪器设备比较昂贵, 且操作过程繁琐。以上湿度传感器校准设备还存在数据处理过程复杂, 使用环境受限等缺点, 其应用受到限制^[7]。因此, 如何设计一种精度高、成本低, 便于携带, 操作简单的湿度传感器校准平台对教学和科研意义重大。

项目来源: 国家自然科学基金青年基金项目(61204127); 黑龙江省青年科学基金项目(QC2011C092); 黑龙江省自然科学基金项目(F201008); 齐齐哈尔大学青年资助重点项目(2010K-Z02, 2011k-Z01); 黑龙江省普通高等学校青年学术骨干支持计划项目(1251G067, 1252G067)

收稿日期: 2012-10-06 修改日期: 2013-02-01

1 湿度检测及湿度传感器校准

1.1 湿度传感器校准实验平台功能设计

湿度传感器校准实验平台主要包括标准湿度环境腔室和控制系统两部分。校准腔室四壁材质为不透明绝热泡沫板,其四壁通过安装导流风扇来强化腔室内空气流动均匀,风速控制在 2.5 ms^{-1} ,同时通过对半导体制冷片和 PTC 陶瓷加热器实时控制来实现腔室内 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 恒温控制,其功能组成如图 1 所示。

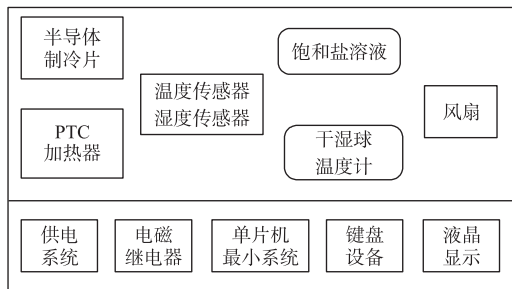


图1 湿度传感器实验平台功能示意图

1.2 饱和盐溶液标准湿度环境构建

校准腔室内不同等级湿度环境通过七种金属盐的饱和溶液实现。 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 1 atm 条件下,不同饱和盐溶液构建腔室内空气标准湿度如表 1 所示^[8-9]。该标准湿度环境通过 Testo 635 型高精度温度计 7 次测量后,相对湿度标准差不超过 4%,表明该金属饱和盐溶液构建的不同等级标准湿度环境切实可行。

表 1 金属盐饱和溶液标准湿度环境 (@ $25 \text{ }^\circ\text{C}$, 1 atm)

饱和盐溶液	相对湿度 (RH)/%	相对标准差/%
氯化锂	11.30	2.1
醋酸钾	22.51	3.6
碳酸钾	43.16	2.4
溴化钠	57.57	2.8
氯化钠	75.29	3.3
氯化钾	84.34	3.4
硫酸铜	97.60	2.7

2 系统硬件电路设计

2.1 系统硬件功能设计

系统硬件电路主要由单片机控制电路、温度控制电路、温度传感器电路、I/O 电路等组成,其功能框图如图 2 所示。

系统采用 STC89C52 单片机为核心控制单元,4×4 矩阵键盘作为输入单元,12864 液晶显示器作为当前腔室环境温度和湿度测量值显示输出单元。一路 DS18B20 数字温度传感器作为腔室环境温度测

量,其测量值实时送单片机处理,通过单片机控制 PTC 陶瓷加热器和半导体制冷器工作,保持环境温度恒温在 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 。挑选性能参数一致的一对 18B20 数字温度传感器组装成干湿球温度计,作为系统相对湿度辅助测量装置,其温度差通过单片机内程序转换为相对湿度值输出^[9-11]。

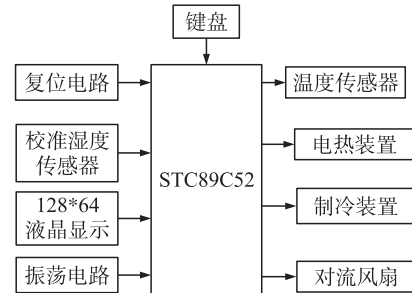


图2 系统硬件功能框图

2.2 温度检测电路设计

通过键盘预置环境温度参数为 $25 \text{ }^\circ\text{C}$,单片机通过中断或查询方式获取 DS18B20 传感器测量值,然后控制继电器启动半导体制冷器或 PTC 陶瓷加热器进行升温 and 降温。DS18B20 温度采集电路连接如图 3 所示。

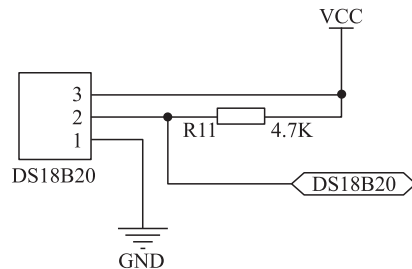


图3 温度采集电路

2.3 恒温控制电路设计

恒温控制模块包括:加热与降温电路、恒温系统电路、气体平衡电路。分别采用半导体制冷片和 PTC 陶瓷加热器来对校准腔室进行降温或升温;通过内壁的导流风扇可以使校准腔内的空气快速达到平衡^[12]。半导体制冷片、PTC 陶瓷加热器和风扇都采用直流 12 V 供电,继电器驱动,其电路连接如图 4 所示。

3 系统软件设计

系统软件工作主要流程包括五个步骤:系统初始化,显示输出,键盘扫描,温湿度检测和恒温控制^[13],主程序流程图如图 5 所示。

3.1 恒温控制程序子程序

恒温控制部分主要用于控制腔内的温度,当温度低于设定值时由 PTC 陶瓷加热器自动加热,使其升温到标准温度 $25 \text{ }^\circ\text{C}$,该程序采用分段模糊控制,

可以通过判断当前环境温度与预置温度差值大小, 采用对 PTC 陶瓷片施加不同电压和工作时间, 使其快速达到平衡温度。当环境温度高于预置温度时, 由制冷片自动制冷, 降低腔内温度。其系统流程图如图 6 所示。

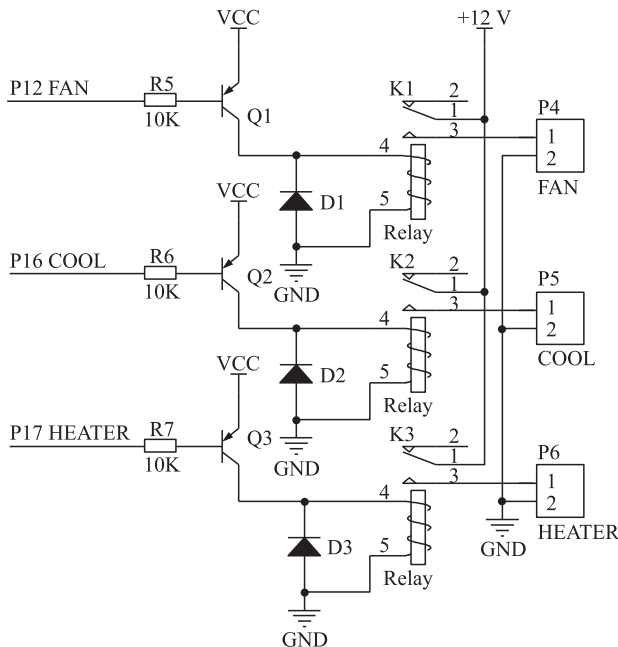


图4 继电器驱动电路

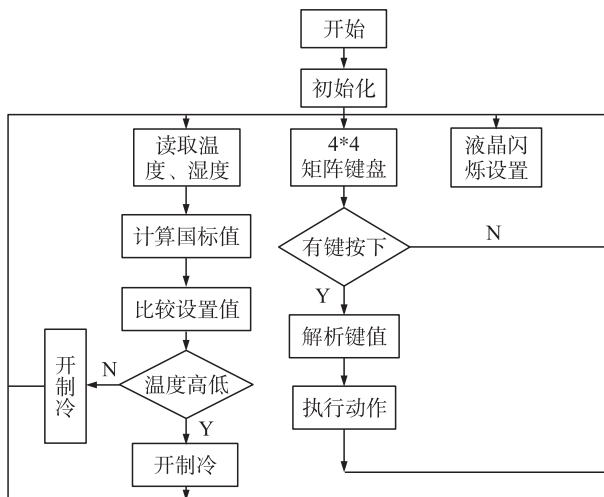


图5 软件设计总流程图

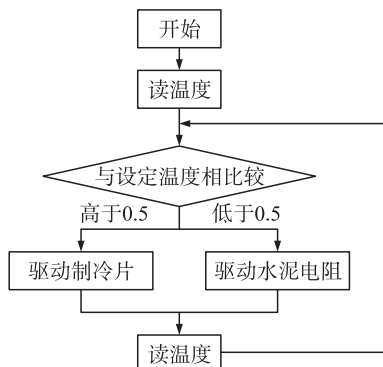


图6 恒温控制程序流程图

3.2 液晶显示子程序

主要用于显示当前温度传感器检测出的腔内温度、设定温度的值、湿度传感器、干湿球湿度计的示值、及在国标下不同温度下的湿度, 最终显示相对误差。

3.3 温度检测子程序

使用 DS18B20 温度传感器进行实时检测温度、采集温度控制恒温装置以保持温度平衡。其系统流程图及其控制程序流程如图 7 所示。

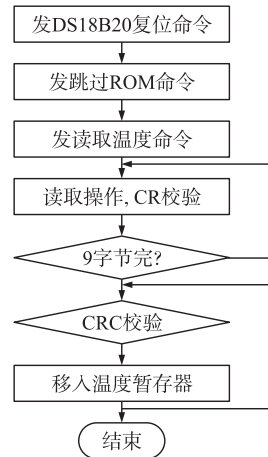


图7 温度检测程序流程图

3.4 湿度检测子程序

使用通过 DS18B20 对管构建的干湿球温度计对腔室内湿度进行检测^[14], 同时通过已知的饱和盐溶液等级作为参考。对拟校准湿度传感器, 通过调理电路: 例如对电容型模拟类湿度传感器通过555 振荡电路^[15], 对电阻型模拟类湿度传感器通过分压电路等转换, 然后通过 AD7705 变换成数字信号进入单片机处理, 最后给出实测值。对于数字型湿度传感器, 可以直接通过标准等级的环境湿度进行校对。湿度检测子程序流程图如图 8 所示。

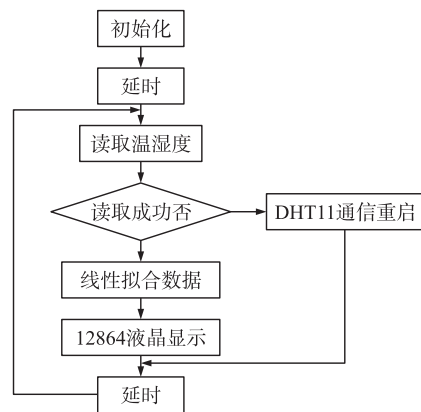


图8 湿度检测子程序流程图

4 系统调试

以市售 DHT11 型数字湿度传感器校准为例, 其调试结果如表 2 所示。

表2 湿度传感器校准(RH%)

饱和盐溶液	国标(RH%)	干湿球实测	DHT11湿度示值	相对误差/%
氯化锂	11.30	11.5	18.4	+6.3
醋酸钾	22.51	22.5	21.8	-3.1
碳酸钾	43.16	43.4	45.6	+5.6
溴化钠	57.57	58.1	61.4	+6.6
氯化钠	75.29	75.8	79.6	+5.7
氯化钾	84.34	84.6	80.1	-5.0
硫酸铜	97.60	97.7	93.2	-4.5

首先调节按键“F”显示在设定温度值一栏,通过键盘输入预设校准腔室温度为25℃,单片机开始控制风扇、PTC加热器或制冷器工作,当校准腔室内温度恒定后,分别放入7种金属盐饱和溶液,每次都等待系统稳定2min后读出系统各参数值,校准时对DHT11温度计分别由低湿向高湿等级分别测量5次,以其平均值与校准腔室国标相对湿度值得相对误差作为校准依据^[16]。

5 结论

上述基于单片机技术的湿度传感器校准试验平台,可以通过金属盐饱和溶液构建相对湿度11.3%~97.6%范围内7种等级标准湿度环境,各等级湿度环境相对标准差小于4%。对DHT11型数字湿度传感器实测后,可根据各等级测量值的相对误差对其进行定点校准。

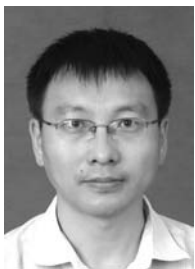
总之,该湿度传感器实验校准装置具有成本低、操作便利、控制灵活、使用可靠和便于携带等优点,具有较强的现实使用价值。

参考文献:

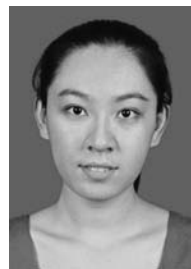
[1] 张广庆,赵成龙,秦明. MEMS电容式湿度传感器后处理工艺

研究[J]. 传感技术学报,2011,24(9):1253-1255.

- [2] 黄慧锋,黄庆安,秦明. 湿度传感器封装的研究进展[J]. 电子器件,2004,27(3):533-536.
- [3] 王海燕,陈红彦,胡青飞,等. 纳米碳化硅/硅纳米孔柱阵列湿敏性能研究[J]. 传感技术学报,2011,24(5):638-641.
- [4] 孙文良,沈秋宇,于文博,等. HMP45D温湿度传感器的检定校准[J]. 气象水文海洋仪器,2009,9(3):124-126.
- [5] 陈家海,尉宁,曹静. 便携式温湿度一体校准仪研制[J]. 计量技术,2008,28(z1):11-13.
- [6] 孙炎增,郑国强. 基于AD μ C812的环境温湿度测量仪设计与校准[J]. 河南科技大学学报,2004,25(3):24-27.
- [7] Bai Zikui, Xie Changsheng, Hu Mulin, et al. Effect of Humidity on the Gas Sensing Property of the Tetrapod-Shaped ZnO Nanopowder Sensor [J]. Materials Science and Engineering B, 2008, 149(1):12-17.
- [8] Tao Bairu, Zhang Jian, Miao Fengjuan, et al. Capacitive Humidity Sensors Based on Ni/SiNWs Nanocomposites [J]. Sensors and Actuators B, 2009, 136(1):144-150.
- [9] Greenspan L. Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions [J]. J Res Nat Bur Stand, 1977, 81:89-96.
- [10] 郭永彩,陈钊,高潮. 全数字化温湿度测量技术及仪器研制[J]. 传感技术学报,2006,19(2):297-300.
- [11] Wang Q, Pan Y Z, Huang S S, et al. Resistive and Capacitive Response of Nitrogen-Doped TiO₂ Nanotubes Film Humidity Sensor [J]. Nanotechnology, 2011, 22(2):025501.
- [12] 刘锋,董蔷薇. HMP45D温湿度传感器的工作原理及维护[J]. 大众科技,2011,8(4):37-37.
- [13] Ji-Hong K, Byung-Moo M, Sung-Min H. Capacitive Humidity Sensors Based on a Newly Designed Interdigitated Electrode Structure [J]. Microsystem Technologies, 2012, 18(1):31-35.
- [14] 邓昌建,王保强. 电动干湿球湿度计的设计[J]. 微型机与应用,2011,30(10):80-89.
- [15] Kouda Souhil, Dibi Zohir, Barra Samir, et al. ANN Modeling of a Smart MEMS-Based Capacitive Humidity Sensor [J]. International Journal of Control, Automation and Systems, 2011, 9(1):197-202.
- [16] 马晓康,丛慧,穆仁,等. ZrO₂:TiO₂复合纳米纤维湿度传感器的直、交流特性研究[J]. 传感技术学报,2011,24(12):1681-1686.



陶佰睿(1972-),男,汉族,吉林洮南人,教授,理学博士,研究方向为微纳传感器和无线传感器网络等, Tbr_sir@163.com;



顾丁(1988-),女,汉族,江苏徐州人,硕士研究生,研究方向为传感器技术和物联网应用等, gldguding@163.com。