

数字化智能液体汽化热测量系统研制*

郭 茜

(江苏大学电气信息工程学院 江苏 镇江 212013)

王国余

(江苏大学理学院 江苏 镇江 212013)

邱俊峰

(江苏大学电气信息工程学院 江苏 镇江 212013)

(收稿日期:2016-10-20)

摘 要:针对传统的液体汽化热测量实验过程繁琐、测量误差大的不足,设计和制作了一种基于单片机开发的数字化智能液体汽化热测量实验系统.该测量系统以 K60 单片机为核心,用压力传感器精确测量液体质量,单片机闭环控制可控硅的接入电阻使加热器恒压加热液体,排出的液体蒸气的质量由单片机 A/D 采集的电压变化量并结合均值滤波实时计算得出,对干扰与误差进行去噪与优化处理.

关键词:汽化热测量 单片机 PID 控制 均值滤波

1 引言

汽化热是物质的一种物理性质.物质由液态向气态转化的过程称为汽化.单位质量的液体汽化为同温度的蒸气时所吸收的热量叫做液体的汽化热.汽化热的测量大部分采用电热混合冷凝法.混合冷凝法在实验时将汽化了的水蒸汽通过导管输入冷凝器中,蒸汽在冷凝器中凝结,测出冷凝水的质量和冷凝过程中放出的热量,就可以测出水的汽化热.用这种方法测量水的汽化热不仅设备复杂,操作也不方便,而且测量结果的不确定度也比较大^[1].

随着电子技术,特别是微电子技术的发展,越来越多的嵌入式芯片被应用到传统的实验之中,使原本操作复杂、难于控制、测量精度不足的实验变得简单可靠、易于操作.因此,本文提出一种基于 K60 单

片机的数字处理液体汽化热测量系统,实时电压控制以及实时质量的测量均由数字系统自动完成.操作者既可以根据 OLED 显示屏的读数记录实验数据,计算汽化热,也可以在实验结束时直接读出由单片机计算出的汽化热数值.

2 实验原理

汽化热与汽化时的温度有关,液体的汽化热随着温度的升高而减小.以测定水在沸腾时的汽化热为例介绍本装置的实验原理.

电加热器中装有适量水,接通电源,调节电压为 U_1 ,待水沸腾并稳定后开始计时,同时,读出电子秤的示数 m_1 ,经过时间 t 后,再次读出电子秤的示数 m_2 ,仪器向外界散发的热量为 Q_1 .

根据能量守恒定律,电压源做功

* 江苏大学高等教育教改研究课题,项目编号:2015JGYB043

作者简介:郭茜(1996-),女,在读本科生,主要研究方向为检测技术与自动化装置.

通讯作者:王国余(1968-),男,博士,副教授,主要研究方向为大学物理实验.

$$A_1 = \frac{U_1^2}{R}t = C(m_1 - m_2) + Q_1 \quad (1)$$

调节电压为 U_2 , 重复上面的步骤, 得到数据 m_3, m_4 和 Q_2 . 同样可得

$$A_2 = \frac{U_2^2}{R}t = C(m_3 - m_4) + Q_2 \quad (2)$$

由于两次加热时间相同且外界环境变化不明显时, 可把两次散热近似看作相同, 即

$$Q_1 = Q_2 \quad (3)$$

式(1) - (2) 得到水的汽化热

$$C = \frac{(U_1^2 - U_2^2) \frac{t}{R}}{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)} \quad (4)$$

3 系统设计

本实验装置主要由 3 部分构成: 电压控制模块、质量采集模块以及实时显示模块. 装置的整体设计框图如图 1 所示.

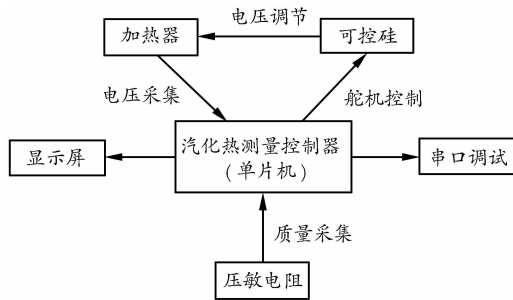


图 1 装置系统框图

为了提高测量精度, 本实验装置在硬件上选择精度较高、反应较为灵敏的传感器, 如 SPT205B 精密电压互感器、高精度 HX711AD 采集模块等; 在软件上采用一系列经典控制算法对干扰与误差进行去噪与优化处理, 如均值滤波算法、PID 闭环控制算法^[2] 等.

3.1 电压控制模块

电压控制模块包括空气开关、可控硅调压装置、舵机、电加热器(塑料水壶和电热丝)、SPT205B 电压互感器、GBJ2510 整流桥和电源插座.

其原理图如图 2 所示, 闭合空气开关, 打开单片机控制电路, 设定需要的电压. 此时, 单片机会不断

采集并联在电加热器两侧经电压互感器等比例缩小后, 再经过整流桥整流后的实时电压值, 然后经过折算得到真实电压值, 将此时的电压真实值与想要达到的目标值进行比较, 运用 PID 算法, 控制舵机的打角, 从而控制可控硅的接入电阻, 最终实现控制电压的目的.

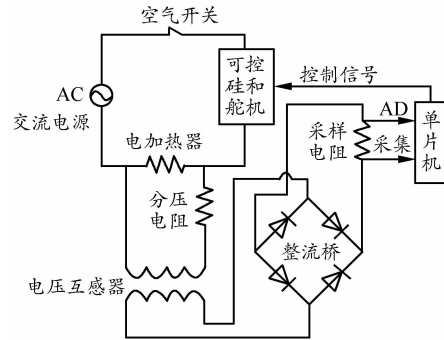


图 2 电压控制模块原理图

电压的控制采用 PID 算法, 此算法对电压变化的时效性要求很高, 在采样电阻两端并联上滤波电容会使交流电压变成直流电压, 此举虽然易于单片机测量, 却会使电压变化的时效性大大降低, 无法满足控制的要求. 因此, 本装置采用均值滤波算法.

交流电的周期为 0.02 s, 整流后周期变为原来的一半, 即 0.01 s. K60 单片机的定时中断 PIT 可以达到 $1 \mu\text{s}$ 的精度, 通过示波器测量, 在 10 ms 内 K60 的 A/D 采集可以达到 40 次. 因此, 本装置利用 PIT 定时中断, 每隔 40 ms 中断一次, 每次中断期间进行 40 次 A/D 采集, 即整流后的一个周期, 然后对采集到的 40 个值取平均, 得到电压的平均值, 最后根据平均值与有效值的换算公式

$$\sqrt{2}U_{\text{有效}} = \frac{\pi}{2}U_{\text{平均}} \quad (5)$$

计算出实时电压值.

通过 Matlab 仿真^[3] 可以验证, 在一个周期内进行 40 次 A/D 采集完全可以满足精度要求. 对于 $U = \sqrt{2}\sin(100\pi t)$ V 的交流电压, 在 $t \in [0, 0.01]$ 的区间内, 其有效值为 1 V, 40 次 A/D 采集测得的值为 0.999 5 V, 误差 δ 为 0.05%, 完全可以忽略不计. 因此, 该控制算法是可行的.

3.2 质量采集模块

质量采集模块由压敏电阻和高精度 HX711AD 采集模块构成。

质量采集模块的原理如图 3 所示,将 5 V 直流电源接在电桥的上端和下端,将电桥的左端和右端接在 HX711AD 采集模块上,打开单片机控制电路。

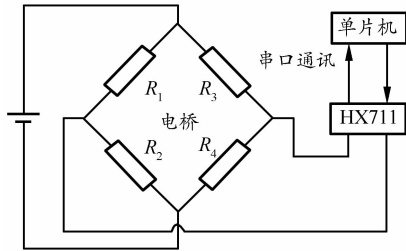


图 3 质量采集模块原理图

单片机向 HX711 发送 A/D 采集指令, HX711

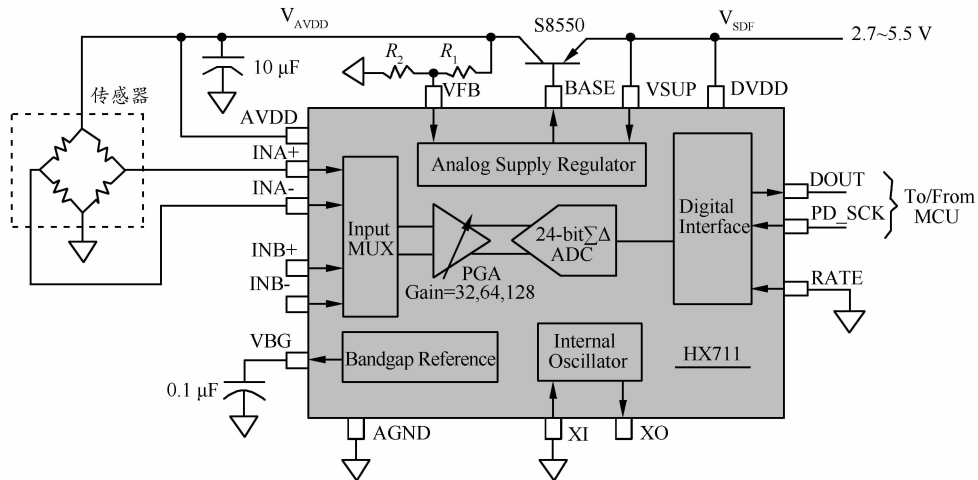


图 4 HX711 内部结构图

由于差分电压很小(毫伏级),非常容易受到外部的干扰,因此,对采集回的数据进行滤波非常重要.经过分析和测试,采用限幅滤波和众数滤波可以较好地解决这一问题.具体方法如图 5 所示.

3.3 实时显示模块

实时显示模块由 OLED 液晶屏构成。

OLED 液晶屏具备自发光、不需背光源、对比度高、厚度薄、视角广、反应速度快等特点,具有许多 LCD 显示屏不可比拟的优势.其工作原理如图 6 所示.

只需将 OLED 液晶屏的引脚与 K60 的对应引脚相连接,调用相关函数便可以实时显示实验数据.

会检测电桥左右两端的差分电压,采集完成后,将数据传输给单片机,单片机会根据差分电压的数值计算出此时物体的质量。

HX711 内部结构如图 4 所示,本装置采用 A 通道 128 增益采集差分电压的数值. DOUT 为数据输出管脚, PD_SCK 为串口时钟管脚. 当 DOUT 为高电平时,表明芯片还未准备好输出数据,此时 PD_SCK 应置为低电平. 当 DOUT 变为低电平时,表明芯片已经准备好输出数据,此时 PD_SCK 应输入 25 个时钟脉冲. 第一个时钟脉冲读出数据的最高位,第二个时钟脉冲读出数据的次高位,直至第 24 个时钟脉冲完成 24 位数据的传输. 第 25 个时钟脉冲用来选择下一次 A/D 转换的输入通道和增益。

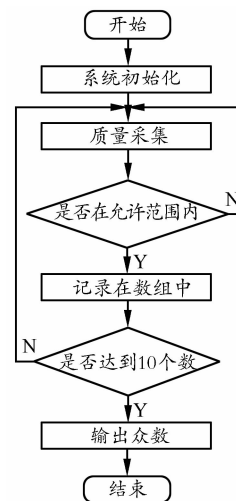


图 5 滤波程序流程图

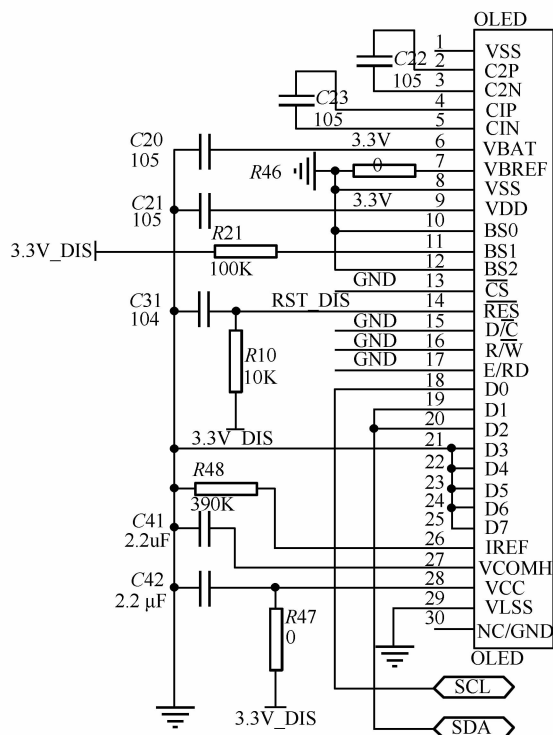


图6 OLED原理图

4 实验结果与分析

装置设计完毕后进行测试实验,验证仪器的可靠性.

以水作为待测液体,注入实验装置.查阅相关资料可知水在 100 °C 时的汽化热为 2 256.69 kJ/kg,由电桥法^[4]测量出电热丝的阻值为 42.3 Ω.

实验数据如表 1 所示.根据式(4)计算出相应的测量值如表 2 所示.其中,序号 1 和 2 是对照实验,仅改变测试时间;1 和 3 也是对对照实验,仅改变测试电压的差值.

实验结果表明:最大误差为 -70.0 J/g,最小误差为 36.7 J/g,平均误差为 -31.6 J/g,误差满足测量精度要求.由对照实验可以看出:在一定范围内,测量精度随着测试时间的增加而提高,随着测试电压差值的减小而降低.

表 1 实验数据

序号	U_1/V	U_2/V	m_1/g	m_2/g	m_3/g	m_4/g	t/s
1	123.5	112.0	2 085.4	2 070.4	1 947.3	1 935.8	120
2	123.5	112.0	1 882.1	1 853.8	1 830.3	1 808.7	240
3	119.0	113.7	1 796.5	1 782.2	1 764.0	1 751.3	120

表 2 实验结果

序号	理论值 /($J \cdot g^{-1}$)	测量值 /($J \cdot g^{-1}$)	绝对误差 /($J \cdot g^{-1}$)	相对误差 /($\%$)
1	2 256.69	2 195.14	-61.6	-2.73
2	2 256.69	2 293.43	36.7	1.63
3	2 256.69	2 186.72	-70.0	-3.10

5 结论

经过不断调试和改进,成功开发出基于 K60 单片机的智能液体汽化热测量系统.测试结果表明:该装置的测量值与理论值之间的相对误差在 5% 以内,说明本装置的精度较高.运用单片机控制实验全程使实验易于操作,除了水,其他无毒液体的汽化热均可由该装置测量,具有很好的应用前景.

参考文献

- 孙现亭,姬鹏飞,万明理.汽化热实验装置的设计.河南教育学院学报,2015,24(2):71~73
- 刘国海,杨年法.自动控制原理.北京:机械工业出版社,2014
- 王正林,龚纯,何倩.精通 MATLAB 科学计算.北京:电子工业出版社,2007
- 许伯强,王纪俊,曹国荣,等.大学物理实验.镇江:江苏大学出版社,2011

(下转第 129 页)

Study on the Numerical Fitting of Magnetization Curve of Liquid Crystal 5CB in Different Phases

He Jingting Qiao Shizhu Duan Xiaoli

(College of Science, Taiyuan Institute of Technology, Taiyuan, Shanxi 030008)

Abstract: This article takes the the liquid crystal 5cb material as the research object, The magnetization of liquid crystal 5CB under different phases (crystalline phase, nematic phase and isotropic phase) is analyzed with the change of external magnetic field. the experimental results show that when the magnetic field intensity changes in the range of 5000 Gs ~ 23000 Gs, -23000 ~ 5000 Gs, LCD 5cb exhibited anti magnetic moments, the experimental data were analyzed by linear fitting using least squares method, shows the relation of liquid crystal 5CB magnetization and magnetic field changes with the linear relation, and when the 5CB under the nematic liquid crystal the phase, the correlation coefficient $r = -0.99$, under isotropic phase, the correlation coefficient of $r = -0.93$, At the same time, it is found that the slope of the linear fitting equation of the magnetization of the liquid crystal 5CB under three different phases is different, the slope of the linear fitting equation of the liquid crystal 5CB in nematic phase is maximum, the slope of the linear fitting equation of liquid crystal 5CB in crystal phase is the smallest. that shows the change of magnetization with the external magnetic field is relatively fast. Therefore, the liquid crystal phase can be determined by the relative size of the slope of the linear equation.

Key words: liquid crystal 5CB; magnetization; linear fitting

(上接第 110 页)

Development on the Digital Intelligent Liquid Vaporization Heat Measurement System

Guo Qian

(School of Electrical and Information Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013)

Wang Guoyu

(Faculty of Science, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013)

Qiu Junfeng

(School of Electrical and Information Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013)

Abstract: The traditional liquid vaporization heat measurement installation have some deficiencies. Firstly, the complicate installation make experiment difficult to do. Secondly, the error it committed is large. Thus, we design and make a digital intelligent liquid vaporization heat measurement system based on SCM, in order to improve the intelligence and controllability. The system based on K60 SCM use the pressure sensor to measure the mass of liquid. K60 controls the access resistance by closed loop control to keep heater working at constant voltage. Furthermore, the mass of vapor can be calculate in real time, calculated through a variation of voltage gathered by A/D and average filter, which can remove the noise and interference.

Key words: liquid vaporization heat measurement; SCM; PID control; average filter