

基于工程实践的电工学课程案例研究

张冠英, 李 华, 赵增辉

(河北工业大学 电气工程学院, 天津 300130)

摘 要: 电工学是高等学校非电类理工专业的必修公共基础课, 其课程内容具有很高的工程实践性, 引入案例教学可以提高学生的工程实践能力。反应釜是化工产业中的重要装置, 案例设计了一种基于单片机的反应釜自动调温调压控制装置, 该装置由单片机、传感器、液晶显示和按键电路组成。通过传感器对釜内温度和压力进行实时监测, 并将数据送入单片机进行处理, 若温度低于阈值时, 加热片进行加热; 若温度和压力高于阈值时, 则发出警报。实验结果表明, 该装置可以较好地实现对反应釜温度和压力的自动控制。

关键词: 案例教学; 反应釜; 单片机; 传感器

中图分类号: TQ050 文献标识码: A doi:10.3969/j.issn.1672-4305.2022.06.015

Case study of electrical course based on engineering practice

ZHANG Guanying, LI Hua, ZHAO Zenghui

(School of Electrical Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

Abstract: Electrical engineering is a compulsory public basic course for non-electrical majors in universities. The course content has high engineering practice, and the introduction of case teaching can improve students' engineering practice ability. The reactor is an important device in chemical industry. An automatic temperature and pressure regulating control device based on SCM is designed, which is composed of SCM, sensor, LCD and keystroke circuit. The temperature and pressure of the reactor are measured by sensors, and the data are sent to SCM for processing. If the temperature is lower than the threshold, the heating sheet will be heated. If the temperature is higher than the threshold, an alarm is issued. The experimental results show that the device can realize the automatic control of the temperature and pressure of the reactor.

Key words: case teaching; reactor; SCM; sensor

反应釜是化工行业生产过程中不可或缺的主要反应器, 广泛应用于石油、化工、医药、食品等行业, 其稳定运行对生产效率、产品质量有重大的影响^[1]。反应釜的稳定运行取决于工艺参数控制, 尤其是受温度和压力的影响较大。若反应釜内温度过低, 会使产品的质量降低; 若反应釜内温度过高, 会导致其压力增大, 很容易发生爆炸的危险^[2]。因

此, 对反应釜内的温度和压力进行自动调控是十分必要的。

传统的温度控制系统主要采用继电器来实现温度控制, 温度升高引起金属片的不均匀膨胀变形, 使继电器触点断开, 从而达到温控的目的, 但这种方法对继电器的质量要求较高, 且适用范围受限。常规的反应釜温度控制系统由简单的 PID 单回路构成。PID 算法控制原理简单、稳定性好、实现方便, 能满足多数工业过程的需要, 但其设计依赖于精确的数学模型。反应釜的反应机理十分复杂, 且多有聚合反应的进行, 参数变化迅速, 不能得到精确的数学模型, PID 的控制方法很难取得满意的控制效果^[3-5]。

本案例设计了一种基于 STC89C52RC 单片机的反应釜自动控制系统, 选用 DS18B20 温度传感器和

收稿日期: 2020-11-18 修改日期: 2021-04-06

作者简介: 张冠英, 博士, 副教授, 主要研究方向为电器可靠性及检测技术。E-mail: susan.zgy@163.com

基金项目: 河北省教育厅教研项目(项目编号: 2019GJJG059); 河北省教育厅项目(项目编号: KCJSZ2022016); 河北工业大学教研项目(项目编号: 202002013)。

BMP180 压力传感器对釜内温度、压强进行测量,并将数据传送至单片机内进行处理^[6]。另外,还设计了屏幕显示系统及按键输入系统,方便且直观地对釜内温度、压力进行控制。

1 系统整体设计

系统整体框架图如图 1 所示,主要包括检测部分、显示部分和输入部分。其核心元件为 STC89C52RC 单片机,系统通过传感器对控制对象(反应釜)进行温度及压力的测量,并通过信号处理电路将测量值输送给单片机进行处理^[7-9],再将处理好的数据发送给屏幕显示;通过按键电路对温度、气压进行输入设定,发送给单片机,再由输出模块反馈给反应釜,以此完成对反应釜内温度及压力的自动控制。

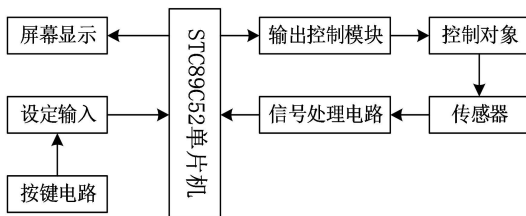


图 1 系统整体框图

2 硬件电路设计

硬件电路包含单片机、传感器模块、显示电路、按键输入电路、加热片及报警电路。

2.1 单片机

STC89C52RC 单片机是一种低功耗、高性能的 CMOS8 位微控制器,在传统的 51 单片机功能的基础上做了很多改进^[10-11]。STC89C52 系列单片机可以使用全双工异步串行口(RXD/TXD)进行 ISP(内部系统编程)。使用串口直接下载程序到单片机,可以避免在每次改变设计方案时需要将单片机连接断开的麻烦,方便程序修改调试且工作电压范围较宽,约为 2.7~6V。故设计中选用 STC89C52RC 单片机作为主控芯片。

2.2 传感器

DS18B20 是一种的高精度、高可靠性的数字温度传感器,接线简单,应用广泛。DS18B20 耐磨,耐冲击,体积小,易于使用,各种包装形式,可以应用在各种狭窄空间设备的数字测量和控制方面。

DS18B20 的测量范围为 $-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$,测量误差为 1°C ,精度是 0.5°C 。测量范围广泛,精度高,误差小,故选用 DS18B20 温度传感器来测量反应釜的温度状况。

2.3 显示电路

LCD1602 液晶显示器是广泛使用的一种字符型液晶显示模块,分为 16 针引脚和 14 针引脚两种,其控制原理一致。LCD1602 液晶屏的接线示意如图 2 所示,引脚 1 接地,引脚 2 连接到 VCC 为液晶屏幕供电,RS(数据/命令选择端)接单片机的 P3.7 口,RW(读/写选择端)接单片机的 P3.6 口,E(使能信号端)接单片机的 P3.5 口,D0~D7 数据接收端连接到单片机的 P2 端口。VEE 口与滑动变阻器 RV 连接,用于调节屏幕显示对比度。

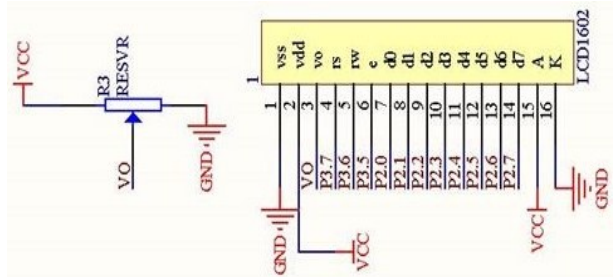


图 2 LCD1602 接线图

2.4 按键输入电路

按键输入电路主要由显示切换按键 K1、阈值设置按键 K2、加号按键 K3 和减号按键 K4 组成。切换按键完成对温度、气压实时值和阈值之间的转换;阈值案件用以进行参数阈值选择;加减号按键可实现对阈值的修改。

2.5 加热片

加热片驱动电路如图 3 所示,该模块由 PTC 加热片、SRD-05VDC-SL-C 继电器组成。其中,SRD-05VDC-SL-C 继电器由线圈和常开常闭开关组成,当单片机 P7.1 口为低电平时开关处于常开状态,加热片不工作;当 P7.1 口为高电平时,常开开关动作闭合,使加热片工作。

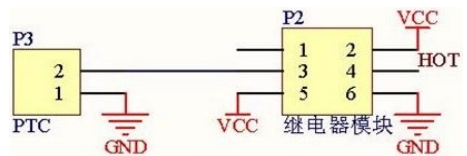


图 3 PTC 加热片连接图

2.6 报警电路

报警电路主要由发光二极管和限流电阻串联构成,正常情况下二极管处于反向截至状态,一旦温度和压强的测量值超出阈值范围,P3.2 和 P3.3 口会输出低电平使二极管导通,则会出现发光报警状态。待温度和压强的测量值恢复到阈值范围内,二极管熄灭,警报解除。

3 系统软件设计

在整个温度控制系统中,除了硬件的选择外,软件的调试也至关重要。选用 keil5 软件进行程序编程,通过 USB 接口连接电脑与单片机^[12-13]。上电后,首先要对系统模块进行初始化,然后调用温度及气压采集程序对反应釜内的温度和压强进行检测,并传送至 LED 显示屏进行显示。将采集到的温度和设定阈值进行比较,若温度低于阈值下限,则执行加热控制函数进行加热;若温度高于阈值上限,则系统发出警报。系统的主程序流程图如图 4 所示。

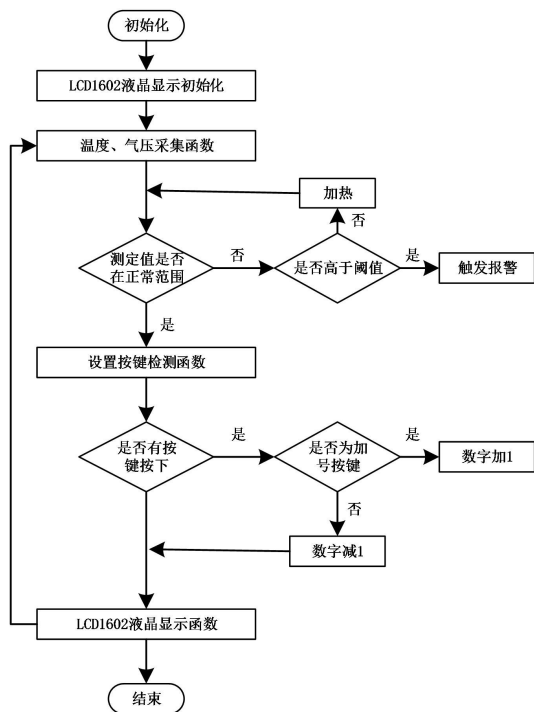


图 4 主程序流程图

4 实验调试结果

将系统的各个模块进行焊接,焊接时应先对每个模块进行检测其功能是否正常,再一一进行焊接。焊接实物图如图 5 所示。

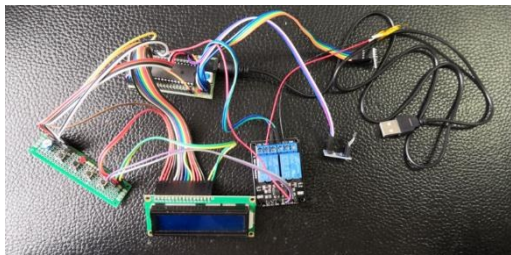


图 5 焊接实物图

通过 keil5 软件进行编程,并将编写好的程序下载到单片机内进行调试,模拟实际情况。图 6 为检测温度低于阈值下限,LED2 灯亮,PTC 加热片正在

加热。

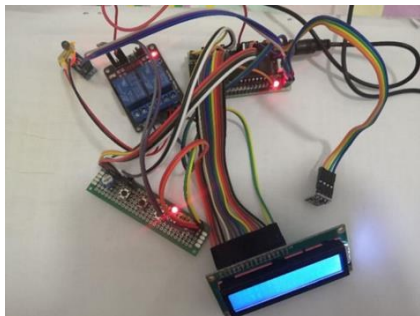


图 6 实验结果图

LCD1602 液晶显示屏的第一屏幕显示了温度和气压的检测值;第二屏幕显示了温度和气压的阈值范围,当切换至第二屏幕时,可通过按键对气压和温度的阈值进行调整。

5 结语

反应釜的稳定运行影响着产品质量的优劣。为将釜内温度控制在适当范围内,设计了一种基于 STC89C52 单片机的反应釜自动调温调压控制装置,经过实验调试得到以下结论:

(1) 采用 DS18B20 和 BMP180 作为温度、气压测量元件,这两种传感器可以直接输出数字变量,不需要添加 AD 转换电路简化了硬件设计,具有较高的精度。

(2) 在测量的温度值和气压值高于设定的阈值时,LED 灯亮向系统发出警报;当温度值低于设定阈值时,加热片进行系统加热。用户可随时改变温度和压力的设定数值,可调性较高,且可通过屏幕进行显示。

(3) 该系统结构简单,体积小且精度较高,灵敏度高,功耗低,适用于对反应釜的温度控制。但因为反应釜在实际应用中存在滞后性。为进一步提高精度,可在此基础上引入 PID 控制,以消除差值。

参考文献 (References):

- [1] 陈欢. 反应釜温度控制系统设计[J]. 化工设计通讯, 2020, 46(1): 53, 55.
- [2] 刘曜遵. 化工生产中反应釜温度控制与维护措施[J]. 化工设计通讯, 2018, 44(1): 101.
- [3] 李国友, 王红帅, 张乐天. 反应釜温度的智能优化模糊 PID 控制器设计[J]. 计算机与应用化学, 2017, 34(6): 424-428.
- [4] 刘家琪, 刘嵩, 韦亚萍, 等. 基于单片机的 PID 温度控制系统设计[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2019, 37(2): 219-222.
- [5] 吴剑威, 孔慧芳, 唐立新. 智能模糊自适应 PID 在化学反应釜温度控制系统中的应用[J]. 计算机与应用化学, 2013, 30(2): 121-124.



体应用情况良好。

3.3.1 “岩石力学”等课程应用

“岩石力学”是工程类专业的重要专业基础课程之一。该课程具有基础性强、时间性要求高等特点,原有实验教学内容多为演示型,实验项目规定刻板、教学方法单一,无法充分发挥学生的主观能动性。虚拟仿真实验平台的开发有效解决这一难题,三维直观的仿真系统达到了丰富学生感性认识、加深实验教学内容理解的目的。

基于计算机网络技术、虚拟仿真技术等的 WEB 岩石力学实验仿真平台实现了网络交互实验教学,改变了现有教学模式和教学方法,使许多原本枯燥的课程和课程设计变得生动有趣,使学生从学习者变成设计者、参与者,有利于培养学生的创新能力。该平台的应用为实验教学和自主学习提供了强大的教学资源,探索了模块化和层次化的虚拟仿真实验教学体系。在完成实验教学任务的同时,开拓了学生视野、培养学生综合实践和创新能力。

3.3.2 大学生创新实践

该平台的研发主要是基于实验教学现状这一背景的,研发团队包括专职教师、课程学生 7 人组成。截止当前,基于国家级大学生科技创新课题“基于 WEB 的岩石力学实验演示系统开发”,形成了“基于 Blender 和 X3DOM 开发的岩石力学在线实验系统”成果,该成果参加第九届全国高校采矿工程专业学生实践作品大赛获得三等奖。

利用该平台,学生可以采用交互方式开展网络实验教学学习。一方面,该平台可以提供新颖的网络教学模式,另一方面,加深了学生对实验课程中相关知识的理解和掌握。未来,将进一步增加功能、完善系统架构,不断更新和在线互动教学、丰富在线教学资源,将前沿科研成果及时引入虚拟和仿真实验教学,增加创新实验项目。同时紧密结合学校发展方向,围绕矿山安全、数字矿山、灾害监测预警等领域探索,并将人工智能、大数据技术等引入到项目之中,实现了多学科交叉、前沿领域融合等创新体验。

4 结语

经过测试验证,该平台系统设计较合理、操作便捷,学生借助网络即可实现网络交互实验教学。通过该系统平台的设计与应用,获得较好的效果。

目前,该系统平台初步计划应用于华北科技学院安全工程学院采矿工程、安全工程、地质工程等专业的实验教学之中。拟通过该系统平台的使用促进资源的有效利用,更好地承担起辅助教学的重担。此外,该系统正在申报相应的软件著作权,参与研发此系统的教师和学生将成为著作权人。未来,将延续完善该系统,并提供更多功能,为华北科技学院实验教学提供服务。

参考文献(References):

- [1] 刘海波,沈晶,王革思,等. 工程教育视域下的虚拟仿真实验教学资源平台建设[J]. 实验技术与管理,2019,36(12):19-22,35.
- [2] 赵延林,王敏. 大学生创新实验对岩石力学教学的促进作用[J]. 当代教育理论与实践,2014,6(1):146-148.
- [3] 徐剑坤,屠世浩,王志军,等. 矿业工程专业实验室改革探索与实践[J]. 实验室科学,2013,16(4):104-107.
- [4] 李雯静,戴子藤,梅丹,等. 面向安全管理全过程的实验室信息系统[J]. 实验室研究与探索,2020,39(5):292-296.
- [5] 王述红,刘婉婷,赵文,等. 基于 BIM 技术的岩石力学实验教学课程改革研究[J]. 高等建筑教育,2016,25(4):137-141.
- [6] 杨永康,张百胜,段东,等. 基于数值试验的地矿类专业岩石力学实验教学改革[J]. 实验技术与管理,2018,35(6):211-214.
- [7] 骆晶晶,叶义成,曹楷,等. 高校实验室安全教育及实训管理系统构建[J]. 实验室研究与探索,2017,36(11):297-301.
- [8] 李苹,李勇,范全润. 高校教学状态数据可视化分析平台的设计与实现[J]. 实验技术与管理,2020,37(5):46-51.
- [9] 遇炳昕,任光辉,吴金栋,等. 基于 ECharts 的高校实验室使用效益评估系统设计[J]. 实验技术与管理,2020,37(5):241-247.
- [10] 李斌,付敬帅,张小娟,等. 三维地层认知虚拟仿真实验系统开发[J]. 实验技术与管理,2020,37(5):120-122,127.
- [11] 张凯. 岩石力学实验教学探索与实践[J]. 新课程研究(中旬刊),2017(11):103-104.
- [12] 刘鑫. MySQL 和 PostgreSQL 的对比选择[J]. 沈阳工程学院学报(自然科学版),2011(2):171-173.

(上接第 57 页)

- [6] 冯倩. 基于单片机的船舶液压系统温度控制[J]. 设备管理与维修,2020(5):38-39.
- [7] 刘晓艺,刘清平,安仕梅. 基于 STC89C52 单片机的温度采集与控制系统设计[J]. 科技广场,2016(6):186-188.
- [8] 杨辉. 反应釜温度控制研究现状与化工自动化发展[J]. 化工设计通讯,2017,43(8):140-141.
- [9] 林芳. 基于单片机的电炉温度控制系统设计与优化分析[J]. 电子测试,2019(24):12-13.
- [10] 石浩志,杨阳蕊. 基于 STC89C52 单片机时钟的设计与实现[J]. 电子制作,2020(Z1):96-98.
- [11] 冀创新. 化工生产中反应釜温度控制系统的设计研究[J]. 化工设计通讯,2016,42(2):85,87.
- [12] 张智. 聚合反应釜自动控制系统设计[J]. 科技信息,2011(23):101,140.
- [13] 程晓芳. 基于 STC89C52 单片机的智能温控报警系统设计[J]. 电子世界,2017(4):152.