

实验用恒温箱控制系统设计及其模型建立*

杨 明, 杨 华, 王 洋

(成都理工大学 工程技术学院, 四川 乐山 614000)

摘 要: 文章介绍了基于 STC15F2K60S2 单片机的恒温箱控制系统设计及其模型建立。由温度传感器 DS18B20 采集温度信号, 传送给单片机对信号进行处理, 把数据传送给 LCD1602 显示, 采用 PWM 方式的 PID 控制算法, 调节风扇转速来散热从而达到恒温的目的。实物恒温箱模型主要用于本院学生实验教学。

关键词: 恒温箱; 温度传感器; PID; PWM

中图分类号: TP273

文献标志码: A

文章编号: 2095-2945(2019)34-0037-03

Abstract: This paper introduces the design of the constant temperature box control system based on STC15F2K60S2 microcontroller and its model establishment. Temperature signal is collected by temperature sensor DS18B20 and transmitted to single chip microcomputer to process the signal. The data is transmitted to LCD1602 for display. PID control algorithm in PWM mode is adopted to adjust the fan speed to dissipate heat so as to achieve the purpose of constant temperature. The constant temperature box model is used in the experimental teaching of the students in our college.

Keywords: constant temperature box; temperature sensor; PID; PWM

1 概述

计算机控制技术是我院自动化专业和测控技术与仪器专业的一门专业核心课程, 课程的特点是实践性强、与专业基础课密切相关, 涉及的基础理论和知识面比较广, 包括自动控制技术、计算机技术、网络与通信技术、检测与传感器技术、显示技术、电子技术等^[1-3], 故该课程的学习难度较大。为了提高教学质量, 使学生更好的掌握计算机控制系统的硬件和软件的基础知识及其应用技术, 进行教学改革, 提出了项目式教学方法^[4-5]。故设计此恒温箱控制系统, 并以此为例, 将其分解进行模块化授课, 并建立其数学模型, 以此为基础来验证学生自己编写的控制算法。

2 恒温箱控制系统硬件设计

恒温箱控制系统硬件主要由控制器、温度检测电路、按键电路、显示电路、声光报警电路和加散热模块等组成, 其系统框图如图 1 所示。

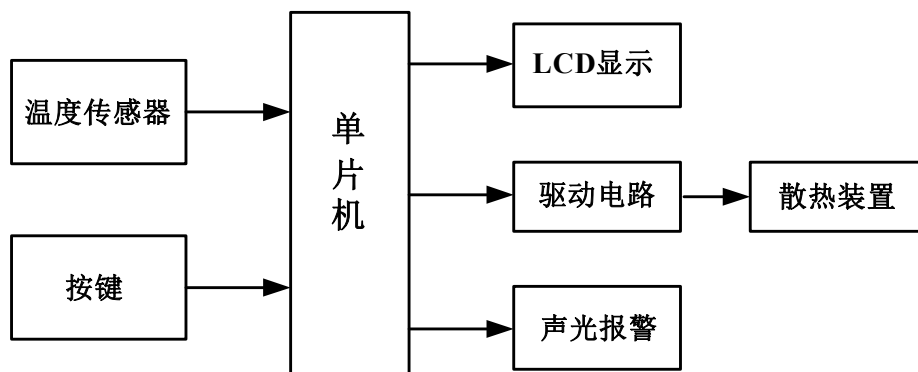


图 1 系统框图

2.1 主控电路设计

核心器件主控制器采用的是中国深圳宏晶 STC15F2K60S2 单片机, 是一种增强型的 8051 单片机, 是新型的 FLASH 单片机, 与传统的 8051 系列单片机兼容, 在片内资源、操作性能和运行速度上做了很大的改进, 同时还具有集成度高, 系统结构简单, 体积小, 可靠性高, 处理能力强, 速度快, 具有超低功耗等特点^[6]。温度采集采用的是数字温度传感器 DS18B20, 采用单总线协议, 即与单片机接口仅需占用一个 I/O 端口, 其内部集成 A/D 转换器, 无需任何外接元件, 可直接将温度转化成串行数字信号供处理器处理, 达到温度采集的目的^[7-9]。按键电路采用 4 个独立按键, 用来设置被控温度给定值和 PID 参数。显示电路采用液晶显示屏 LCD1602, 显示当前温度、设定温度以及 PID 参数和恒温箱开机运行时间等。恒温箱控制系统的主控电路如图 2 所示。

2.2 风扇电机驱动电路设计

加热装置由 4 个白炽灯组成, 分成 2 组分别控制通断, 来实现对恒温箱的恒定加热。散热装置由 4 个风扇组成, 分别装在恒温箱的 4 个箱壁上, 通过 PWM(脉宽调制)技术来调节风扇转速, 达到恒温的目的。IR2104 是一种高性能的半桥驱动芯片, 该芯片内部是采用被动式泵荷升压原理, 其内部自带死区时间设置^[10]。在电路的应用过程中, 利用单片机输出 PWM

* 基金项目: 成都理工大学工程技术学院教改项目(编号: 2018-JYJG-0228)

作者简介: 杨明(1979-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向: 自动化教学及智能控制技术研究。

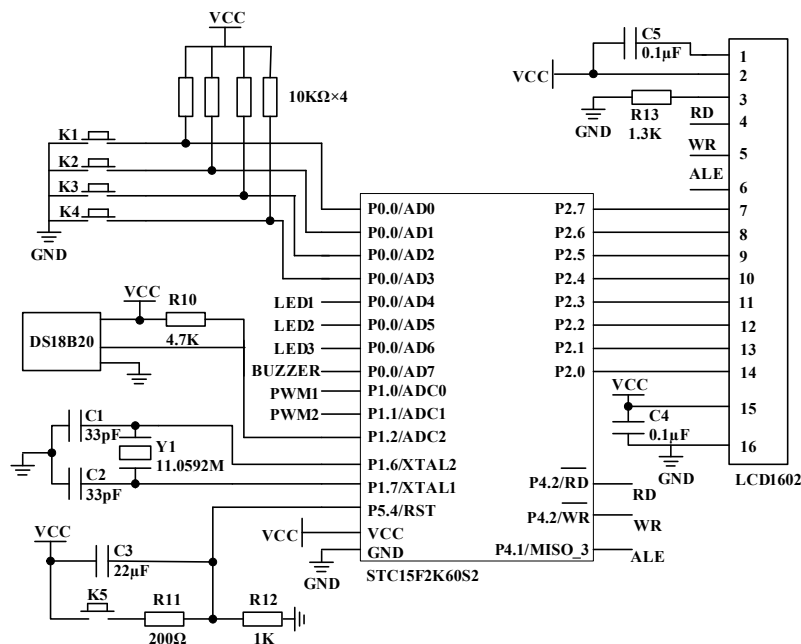


图2 系统电路图

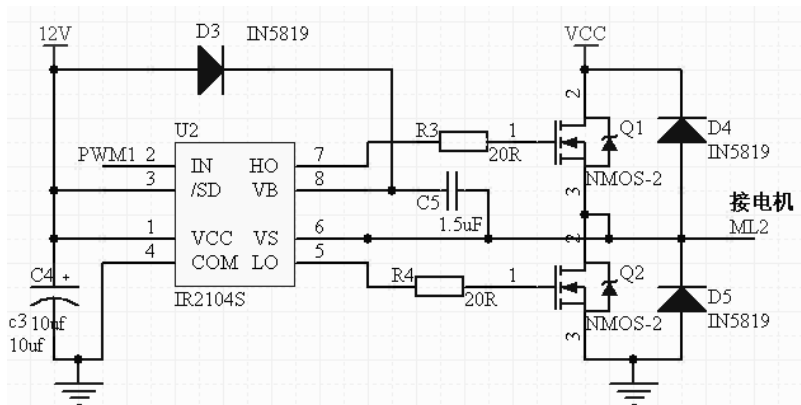


图3 风扇电机驱动电路

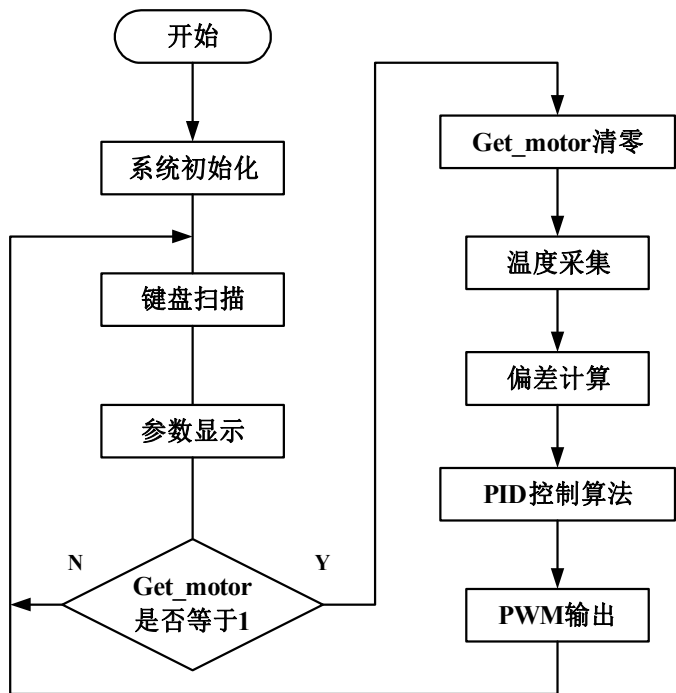


图4 主程序流程图

信号,用于控制上下MOS管的导通与截止,当PWM信号翻转时,芯片输出电平发生翻转,上下MOS轮流导通。其风扇电机驱动电路设计如图3所示。

3 恒温箱控制系统软件设计

恒温箱温度计算机控制系统在完成硬件设计之后,以此为基础开始软件设计,软件设计将主要是对各个模块进行全面的使用与合理的配置,进而保证系统的实效性。系统主程序流程图如图4所示。系统上电后处于待机状态,按开机键后首先进行系统初始化,其包括设置RTC实时时钟、LCD1602显示初始化、按键初始化、PID参数初始化、PWM参数初始化等。此后进行按键扫描和液晶屏显示,采用中断方式来实现每隔1秒对温度的实时采集、偏差计算、PID控制算法计算、PWM输出控制电风扇转速。

4 实物实现

根据设计思想,制作出实物,恒温箱主体及主控制器如图5所示。

使用时当接通电源,显示屏就会显示出设定温度和当前箱内的温度,通过功能键和上升、下降两个按键,可以来设置给定温度和PID控制参数。根据设定温度与当前温度的偏差大小,采用PID控制算法、通过PWM调制,控制电风扇的转速,从而达到恒温的目的。表1列出了恒温箱在工作了15分钟后恒温箱在3分钟内的温度波动情况,10秒钟测量一个数据。可见这3分钟内其温度波动极值为0.3℃,此恒温箱控制系统控制精度可达±0.2℃。

5 数学模型的建立

建立数学模型的方法有解析法和实验辨识法两种。采用解析法建模的首要条件是对被控对象的特性和机理有较深入的理解,能准确地加以数学描述,对于机理复杂,难以完全了解内部变化情况的被控对象的数学模型建立存在困难。故本文采用实验辨识法,先给被控对象施加一个输入信号,然后记录输出的变化量,得到一系列实验数据或响应曲线,最后再根据输入-输出试验数据确定其模型的结构(包括模型形式、阶次与纯滞后时间等)与模型的参数^[11]。对于本恒温箱控制系统加热源采用4个白炽灯加热,可以认为是恒定不变的,先恒定控制器输出值使系统达到稳定,然后改变控制器的输出值并恒定不变,便可得到恒温箱控制系统的阶跃响应。在实验过程中,专门编写一段程序完成阶跃响应的采样记录和数据传送,便可得到阶跃响应的数据并通过通信接口送给PC计算机,把各采样点的时间值和

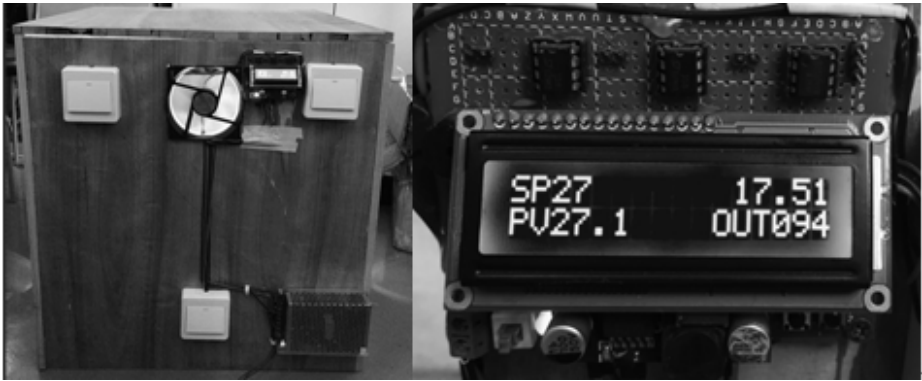


图 5 恒温箱主体及主控制器

表 1 恒温箱控制系统温度波动数据表

时间 (s)	温度 (°C)	时间 (s)	温度 (°C)	时间 (s)	温度 (°C)
15.00	27.0	16.10	27.0	17.20	27.0
15.10	27.0	16.20	27.0	17.30	27.1
15.20	27.1	16.30	27.0	17.40	27.1
15.30	27.1	16.40	26.9	17.50	27.1
15.40	27.1	16.50	27.0	18.00	27.0
15.50	27.2	17.00	27.0	18.10	27.0
16.00	27.1	17.10	27.0	18.20	27.1

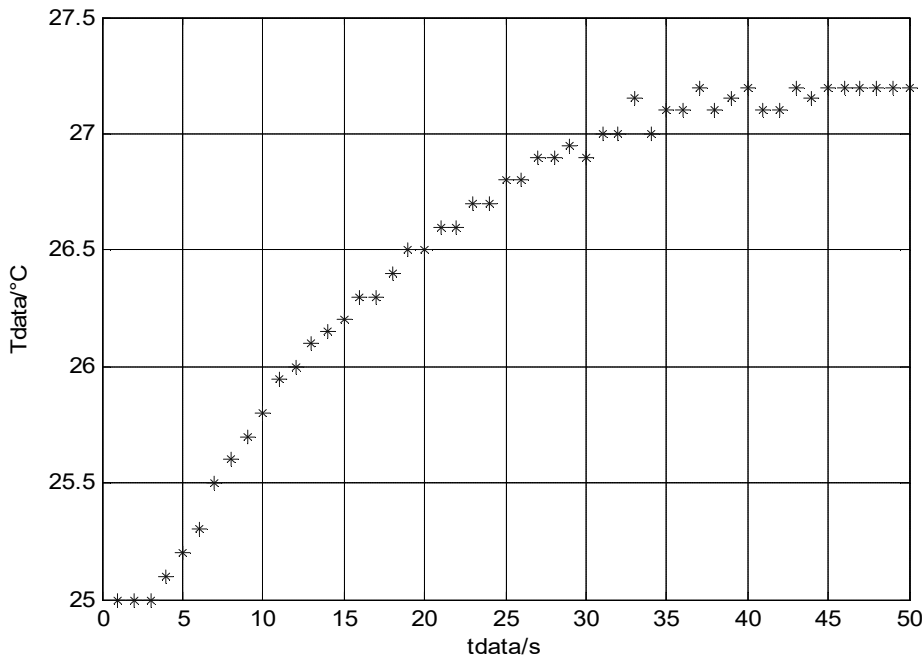


图 6 阶跃响应

幅度值分别以数组名为“tdata”和“Tdata”输入到 MATLAB 工作空间^[12],即可得到恒温箱控制系统的阶跃响应曲线如图 6 所示。

根据阶跃曲线响应法确定增益 K、时间常数 T 和纯滞后时间 τ 便可得到恒温箱控制系统的传递函数模型为:

$$G(S)=\frac{1.1}{26S+1}e^{-4s}$$

6 结束语

本文详细地阐述了恒温箱控制系统的硬件组成和软件设计,恒温箱控制系统主要由主控制器、温度检测电路、显示电路、按键电路、声光报警电路及加热散热等模块组成,软件编程采用 C 语言,并做出了设计的实物,经实验测试此系统控制精度达到 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。采用实验辨识法建立其数学模型,并以此模型为基础,验证学生自己编写的控制程序如 PID 控制、Smith 预估控制、Dahlin 算法等,在教学实践中取得了较好的效果,培养了学生的实际动手能力和创新能力。

参考文献:

[1]于海生,丁军航.微型计算机控制技术(第3版)[M].北京:清华大学出版社,2017.

[2]杨晶显,王凯.《计算机控制技术》课程教学改革探索[J].科技创新导报,2017(34):218-219.

[3]王利娟,崔红梅,闫建国.《计算机控制技术》课程教学改革的探讨[J].内蒙古农业大学学报(社会科学版),2016,18(5):273-275.

[4]王佳庆,王晓刚,王清,等.基于项目教学法的计算机控制技术课程教学改革与探索[J].教育教学论坛,2014(15):273-275.

[5]李江全.计算机控制技术项目教程[M].北京:机械工业出版社,2009.

[6]张毅刚,彭喜元.单片机原理与应用设计[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2008.

[7]张仲明,郭东伟,吕巍,等.基于 DS18B20 温度传感器的温度测量系统设计[J].实验技术与管理,2018,35(5):76-79.

[8]汪铭东,梅广辉.基于单片机与 DS18B20 的机柜温度控制器设计[J].现代电子技术,2014,37(12):8-10.

[9]陈菁,张小溪.基于单片机的小型恒温箱设计[J].现代电子技术,2014,37(22):101-104.

[10]胡子健,钟小倩.基于单片机的双向 DC/DC 变换器的设计与研究[J].萍乡学院学报,2016,33(6):28-31.

[11]潘永湘,杨延西,赵跃,等.过程控制与自动化仪表(第3版)[M].北京:机械工业出版社,2017.

[12]郑剑翔.一阶惯性延时系统的免分析建模法-MATLAB 在大林算法建模仿真中的应用[J].福州大学学报(自然科学版),2007,35(1):64-69.