

# 基于模糊PID算法的水温控制系统设计

扶志国,张玲

(益阳师范高等专科学校,湖南益阳 413000)

**【摘要】**文章利用模糊智能控制与PID算法结合而成的模糊PID算法实现对水温控制效果的优化,采用STM32F103RCT6单片机作为主控芯片完成算法机器化,DS18B20温度传感器实现对温度的实时检测,光耦继电器作为控制媒介完成对水温的控制。结果表明利用模糊PID算法进行水温控制可以明显提升控制对象的稳定性,较好地解决传统水温控制过程中存在的超调问题,并且抗干扰性有显著提升。该设计还可推广至其它控制领域,对模糊控制实践化有一定的价值。

**【关键词】**模糊PID算法;水温控制;温度检测;单片机

**【doi:10.3969/j.issn.2095-7661.2023.01.006】**

**【中图分类号】**TP273

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**2095-7661(2023)01-0025-04

## Design of Water Temperature Control System Based on Fuzzy PID Algorithm

FU Zhi-guo, ZHANG Ling

(Yiyang Normal College, Yiyang, Hunan, China 413000)

**Abstract:**In this paper, fuzzy PID algorithm combining fuzzy intelligent control and PID algorithm is used to optimize the control effect of water temperature. STM32F103RCT6 MCU is used as the main control chip to complete the algorithm of automatization, DS18B20 temperature sensor to achieve real-time temperature detection, photocoupling relay as the control medium to complete the control of water temperature. The results show that using fuzzy PID algorithm to control water temperature can obviously improve the stability of the control object, better solve the problem of overshoot in the process of traditional water temperature control, and significantly improve the anti-interference. This design can also be extended to other control fields, and has certain value for fuzzy control practice.

**Keywords:**fuzzy PID algorithm; water temperature control; temperature detection; single chip microcomputer

近几年中国家电市场竞争激烈,内销需求释放不足,储水式电热水器(以下简称电热水器)市场表现低迷。电热水器品牌逐渐从打经济实惠的“价格战”演变成高端化竞争的“价值战”,电热水器的性能优化刻不容缓,其最核心的部分就是水温控制系统。传统的水温控制系统大多采用常规PID算法,这种方法对于具有时变性、滞后性的水温控制效果不太理想<sup>[1]</sup>。针对这一问题,本设计提出一种模糊智能控制与传统PID算法相结合的模糊PID温度控制方法,这种方法可以很好地提升温度控制系统的精度与准确性,并智能化PID参数调

节的过程,此种方法还适用于很多其它的温度控制场合,具有较好的应用前景。

### 1 系统总体方案设计

本设计中,用户通过按键调节将需要设定的水温值传输到微控制器,读取到设定水温之后,微控制器将从温度传感器读取到的水温当前值与设定值相比较,利用模糊PID控制算法对温度控制模块输出控制信号,进而做到对水温的精准控制<sup>[2]</sup>。除此以外,系统还需要将当前水温与当前时间实时显示到液晶屏上,完成对当前水温的实时监控并根据当前时间对水温调节作参考,并且系统还

**【收稿日期】**2022-12-29

**【作者简介】**扶志国(1996—),男,江西九江人,助教,本科,研究方向:智能控制、智慧教育。

**【基金项目】**2022年湖南省教育厅科学研究优秀青年项目“集中器G3&Lora主从模块远程升级方案的设计与实现”(项目编号:2020YH02)。

应该具有警报功能,当出现水温过高时,报警装置就会发出警报,提高系统的安全性。系统整体框架如图1所示。

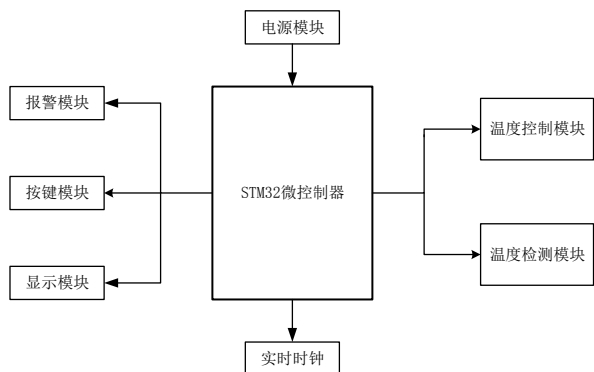


图1 系统整体框架图

## 2 模糊PID控制器设计

模糊PID控制是将模糊控制与PID控制有机结合的一种控制方法。本设计将用户设定的期望温度值与温度检测模块检测到的当前温度值之差E作为系统的一个输入,将当前温度偏差与上一时刻采样到的温度偏差之差EC作为系统的另一个输入;将两个输入量经过模糊化、模糊推理、解模糊过后得到的 $\Delta K_p$ 、 $\Delta K_i$ 、 $\Delta K_d$ 作为模糊控制的三个输出,并以常规PID控制温度的 $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$ 参数为基准,将其分别相加得到一个更加准确的 $K_p$ 、 $K_i$ 、 $K_d$ 作为PID参数去作用到PID控制器上,从而完成对被控对象更好的控制效果<sup>[3]</sup>。结构如图2所示。

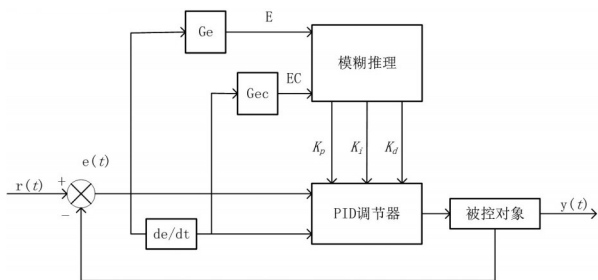


图2 模糊PID控制器结构图

## 3 系统硬件设计

本次硬件电路设计主要为DS18B20温度检测电路与温度控制电路,STM32微控制器将温度传感器检测到的温度与用户设定的温度值进行对比,根据模糊PID算法输出控制光耦继电器通断的高低电平,进而控制加热设备的通电与否,并通过串口屏实时显示温度与时间。

### 3.1 温度检测电路

本设计中的温度采集模块采用DALLAS公司生产的“一线总线”式接口的数字化温度传感器DS18B20。该传感器直接以数字量形式输出测量到的水温,可直接通过主控芯片采集数据,不需要进

行复杂的信号调理与A/D转化,其范围在 $-55^{\circ}\text{C}$ ~ $125^{\circ}\text{C}$ ,精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,并且其“一线总线”式的数据传输方式,只需要一个I/O口,时钟与数据双向传输,极大地提高了系统的抗干扰能力。在VCC与DQ端接入4.7 K的可以提高电路稳定性的上拉电阻,并在VCC与GND之间接入滤波电容防止外界干扰<sup>[4]</sup>。

### 3.2 温度控制电路

由于微控制器端口的驱动能力较弱,本设计中的水温控制模块是基于继电器的通断来控制加热器,并通过光耦进行隔离,提升系统稳定性。本次设计采用的是JDQ-DC5型的继电器,该继电器由触点开关、衔铁、弹簧、电磁铁组成,主要依靠电磁铁磁性的有无来控制作用力的有无,进而控制加热器开关。电路如图3所示,通过主控芯片控制I/O口电流,当有电流通过时,电磁铁就产生了磁性,磁性吸住磁铁,进而控制电路的导通。须注意的是,在电路中加入三极管来放大输出电流。

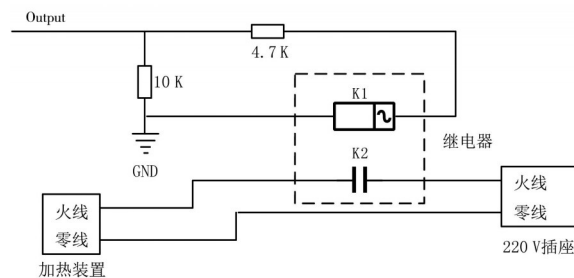


图3 温度控制电路图

## 4 系统软件设计

### 4.1 整体开发流程

为了提高本次设计软件的拓展性与易读性,将软件设计进行模块化处理,将系统每一模块功能单独写入一个C文件中,最后在主函数中分别进行调用,这样做不仅可以大大提升代码的可读性,同时还能很好地提升代码使用效率,模块化后的代码也更加便于后期系统调试代码的改进与优化,整体代码框架如图4所示。

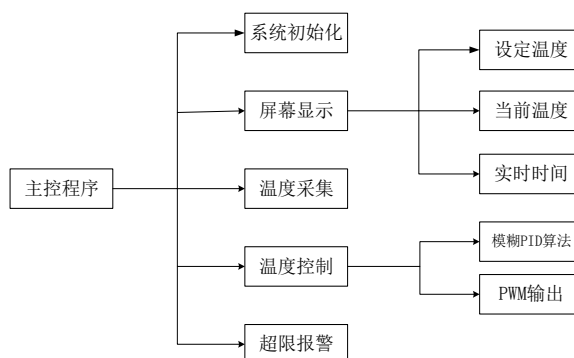


图4 代码框架图

### 4.2 主程序设计

主程序为整个程序设计的核心,对各个功能模块代码进行调度。本次主程序设计,主要包含对按键、DS18B20温度传感器、模糊PID算法等模块进行初始化,以及按键、温度数据采集、模糊PID运算等模块的调用。代码设计流程如图5所示。

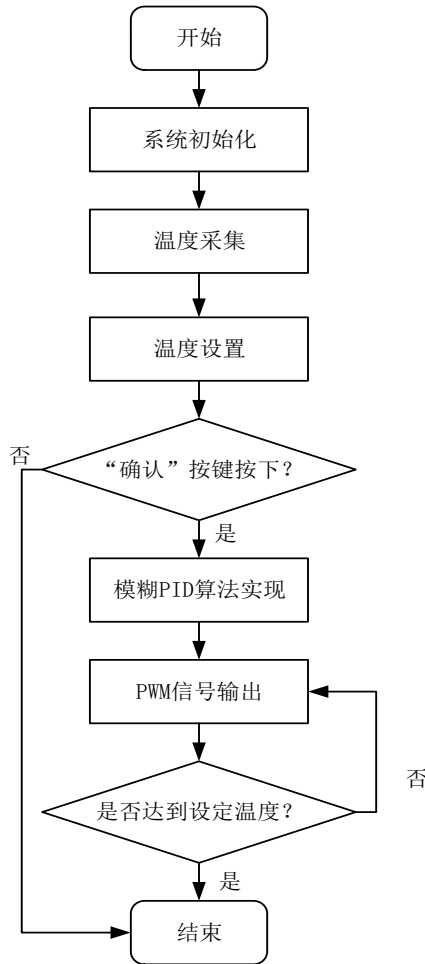


图5 主程序流程图

### 4.3 温度检测程序设计

由于 DS18B20 的数据传输是以“单总线”方式,所以 DS18B20 温度检测程序的编写必须采用严格的信号序列,DS18B20 与主机之间数据传送共有 6 种信号类型,分别为:复位脉冲信号、应答脉冲信号、写“L”电平、读“L”电平、写“H”电平与读“H”电平,无论主机是发送还是接收数据都是以低位字节优先传输的方式。在编写程序时主要需要注意的问题是需要考虑检测到的温度有正负值两种情况,故在编写程序时需要做好条件判断,再进行数据换算。

### 4.4 模糊PID控制程序设计

模糊 PID 控制程序包括模糊 PID 算法的代码实现以及 PWM 控制电平的输出。首先根据

DS18B20 温度传感器采集到的当前温度,确定当前的温度偏差 E 以及温度偏差率 EC,将 E 与 EC 这两个输入量经过模糊化、模糊推理、解模糊后得到 PID 调节参数,然后将调节参数与 PID 基准参数相加,对控制对象进行 PID 运算得到一个 PWM 的电平控制量,进而对加热装置的开关进行通断<sup>[5]</sup>。以  $\Delta K_p$  的模糊实现为例,代码设计流程如图 6 所示。

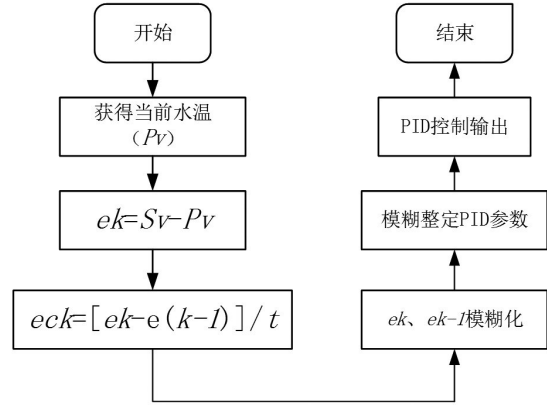


图6  $\Delta K_p$  的模糊实现程序流程图

### 4.5 RTC实时时钟程序设计

STM32 的 RTC 实时时钟是芯片自带的独立定时器,通过修改定时器中计数器的值可以修改当前时间。在对时间进行调整前必须先将后备区域(BKP)的意外写保护取消,否则时间修改无效。

### 4.6 人机交互程序设计

本设计的人机交互部分分为按键与串口屏显示这两个模块,按键控制采用较为常用的按键扫描程序设计,KEY0、KEY1、WK\_UP 分别代表温度“+”“-”“确认”这三个功能;串口屏采用的是淘晶驰公司的 TJC3224T024\_011 型号的屏幕,该屏幕可通过公司 HMI 软件界面化设置屏幕显示的背景、样式等。

## 5 实验结果与数据分析

为了验证实验的科学性,在如下环境与条件下进行测试。

1)测试环境。检测现场环境在  $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ,尽量减少环境中空调、风扇等外部因素的影响,同时尽可能消除任何外界热源的干扰。

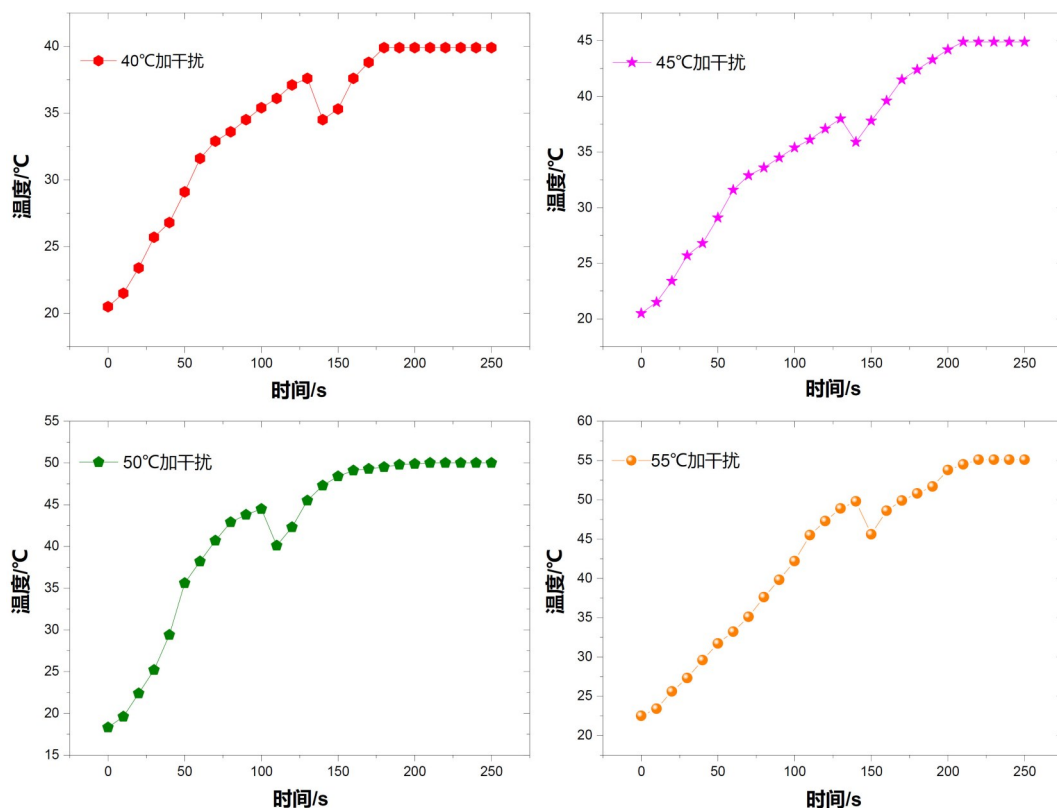
2)检测条件。系统电源电压的波动范围不超过额定电压值的  $\pm 1\%$ ,加热装置所需的 220 V 家用电压不超过额定电压值的  $\pm 1\%$ ,加热前的水温为日常自来水的温度。

为了验证整体系统的实用性与测试系统的控制精度,在室温环境下分别将期望温度值设置为  $40^{\circ}\text{C}$ 、 $45^{\circ}\text{C}$ 、 $50^{\circ}\text{C}$ 、 $55^{\circ}\text{C}$ 、 $60^{\circ}\text{C}$ ,依次进行实验验证,检测结果如表 1 所示。

表1 检测结果表

实验次数	一	二	三	四	五
期望水温/ $^{\circ}\text{C}$	40	45	50	55	60
加热后水温/ $^{\circ}\text{C}$	39.9	44.8	50.3	55.1	59.8
误差/ $^{\circ}\text{C}$	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2

从实验结果可以看出此次控制效果较好,误差在 $0.3^{\circ}\text{C}$ 以内。同时为了检测系统的稳定性,在水温分别达到用户设定温度 $40^{\circ}\text{C}$ 、 $45^{\circ}\text{C}$ 、 $50^{\circ}\text{C}$ 、 $55^{\circ}\text{C}$ 之前,加入一定量的冷水作为外部环境干扰,实验结果如图7所示。

图7  $40^{\circ}\text{C}$ 、 $45^{\circ}\text{C}$ 、 $50^{\circ}\text{C}$ 、 $55^{\circ}\text{C}$ 干扰试验结果图

由实验结果可以看出,在控制过程中,水温没有出现超调现象与静态误差,并且在外界条件的干扰下能及时恢复正常工作,表明模糊PID温度控制有着良好的控制效果与抗干扰性能<sup>[6]</sup>。

## 6 总结

利用模糊PID算法进行温度控制与传统的PID控制方法相比可以明显提升控制对象的稳定性,在控制过程中没有出现传统控制方法的超调问题,并且抗干扰性有显著提升。

## 【参考文献】

- [1]李曾婷.形态、技术两手抓,电热水器行业打响“价值战”[J].电器,2022(10):16-18.
- [2]梁季彝,罗彬豪,郑冬真.基于远程IO的禽蛋孵化器研发[J].湖南邮电职业技术学院学报,2021(4):7-10.
- [3]王耀南,孙炜.智能控制理论及应用[M].北京:机械工业出版社,2008.
- [4]胡新新.模糊PID控制算法在电锅炉温度控制系统中的应用[J].信息技术与信息化,2019(8):118-120.
- [5]韦宏利,周建波,王晴悦,等.基于模糊PID的温度控制系统设计[J].国外电子测量技术,2021(9):111-116.
- [6]张翠.基于模糊PID的鸡舍智能温度控制系统设计[J].现代农业研究,2020(2):70-73.