

# 基于 STM32 和单神经元 PID 的烤箱控制系统设计

## Design of Oven Control System Based on STM32 and Single Neuron PID

吴小桃 顾金鑫 王小伟 (上海大学机电工程与自动化学院,上海 200072)

**摘要:**设计了一种基于 STM32 的单神经元 PID 烤箱控制系统。系统的硬件部分以 STM32F103 微控制器为核心,选用 K 型热电偶和用作 AD 转换的 ADS1120 来采集烤箱实时温度,经由单神经元 PID 算法得出温度和电机控制信号。采用交流型固态继电器 SSR 控制电阻式烤箱的工作状态,同时在 LCD 显示屏上实时显示温度和控制数据。

**关键词:**STM32,单神经元,PID,温控系统

**Abstract:**This paper proposes a single neuron PID oven control system based on STM32.The hardware of the system takes the STM32F103 microcontroller as the core,selects the K-type thermocouple and the ADS1120 used as AD conversion to collect the real-time temperature of the oven.The temperature and the motor control signal are output through the single neuron PID algorithm.SSR is used to control the working status of the resistive oven,and display the temperature and control data in real time on the LCD display.

**Keywords:**STM32,single neuron,PID,temperature control system

在烤箱控制系统中,温度控制的精度和稳定性一直是重中之重。传统的烤箱温控系统中,由于电阻烤箱本身具有大惯性、大滞后、非线性以及难以建立确切数学模型等特点,选用常规 PID 进行控制时,其参数恒定的特性无法适应烤箱这种时变性、大惯性的温控系统,以至于控温效果不理想。为了克服这一不足,本文提出了一套基于 STM32 和单神经元的 PID 烤箱温控系统,利用单神经元 PID 算法的权值实时调节特性以达到提高控制精度和稳定性的目的,同时电机转速的易调节特性使得烤箱适应多种对象。

### 1 系统架构和工作原理

本文所设计的烤箱温控系统主要由以下几个模块组成:温度测量模块、控制器、电机控制模块、LCD 显示屏。温度测量模块主要负责采集、转换烤箱实时温度并将数据传入控制器,控制器控制最终温度并将显示数据传入 LCD 显示屏。与此同时,电机控制模块启动电机,烤箱链条转动。系统组成及各部分功能如下:

1)温度测量模块:通过 K 型热电偶测量烤箱实时温度,由 ADS1120 完成温度信息的转换和传递;

2)控制器(STM32F103V8T6):设定烤箱温度,控制加热管工作和电机启动,完成相应命令的传递、处理以及信息的存储;

3)LCD 显示屏(TFT):完成烤箱温度和电机转速信息的实时显示;

4)电机控制模块:接收电机控制信号,启动电机,控制烤箱链条转动。

系统工作原理:烤箱上电之后,控制器通过按键设定最终需求温度和转速,按键启动加热管和风扇的运行的同时,将转速和电机启动信号传递给电机控制模块,使得烤箱链条转动;此时 LCD 显示屏持续显示烤箱内实时温度和电机转速;而温度测量模块通过 K 型热电偶采集电压数据,比对分度表之后得出实时烤箱温度,同时将温度信号传入控制器;控制器接收烤箱温度后,通过单神经元 PID 算法控制加热管加热脉冲(PWM)的占空比,以精确控制烤箱温度;温度达到设定值之后,占空比为 0,停止加热,此时风扇依旧打开,待烤箱内部温度降至保护温度 80℃时,关闭风扇,烤箱停止工作。系统整体架构如图 1 所示。

万方数据



图 1 系统整体架构示意图

### 2 单神经元 PID 算法

单神经元 PID 控制器主要利用单神经元的自学习和自适应特性,来实时控制 PID 权值的变化,其结构如图 2 所示。

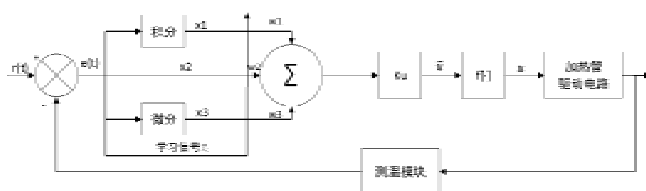


图 2 单神经元 PID 控制结构图

控制器的学习规则采用反馈原理,同时将 Hebb 规则和  $\delta$  规则结合起来,即学习信号取为:

$$\gamma_i(k) = \delta(k) u(k) x_i(k) \quad (1)$$

权值的修正规则为:

$$w_i(k+1) = w_i(k) + \eta \gamma_i(k) = w_i(k) + \eta \delta(k) u(k) x_i(k) \quad (2)$$

增量式 PID 控制器可表示如下:

$$u(k) = u(k-1) + K_p \sum_{i=1}^3 w_i(k) x_i(k) \quad (3)$$

$$u(k) = f[u] \quad (4)$$

$$w_i(k+1) = w_i(k) + \eta \delta(k) u(k) x_i(k) \quad (5)$$

$$x_1(k) = \delta(k) \quad (6)$$

$$x_2(k) = \delta(k) - \delta(k-1) \quad (7)$$

$$x_3(k) = \delta(k) - 2\delta(k-1) + \delta(k-2) \quad (8)$$

上式中  $\eta_i$  和  $w_i(k)$  为比例、积分、微分对应参数和权值,  $K_0$  为神经元比例系数, 为简单起见, 取  $[u] = u$ 。

与常规 PID 控制相比, 本文设计的控制系统采用的单神经元 PID 算法可以充分利用神经网络的自学习功能, 通过学习算法来在线实时调整 PID 的权值。权值的学习是为了确保系统的跟踪误差收敛于 0, 只要跟踪误差存在, 学习过程就会使权值变化, 从而使误差快速趋于 0, 提高系统控制精度和稳定性。另外, 由于神经元具有自组织和自学习的特性, 使得控制系统抗干扰能力得到增强, 对参数变化不甚敏感。

3 系统主要组成

3.1 控制器

控制器采用 STM32F103V8T6 作为主控芯片, 其主要功能是接收并处理热电偶传入的实时烤箱温度数据, 经过 PID 算法调整之后输出相应占空比的 PWM 信号以控制加热管工作, 以达到控温的效果。同时控制器还输出 PWM 信号控制电机运转, 并根据显示屏传输协议输出相应命令控制显示屏的显示。控制器的程序流程图如图 3 所示。

系统初始化包括 MCU 初始化配置, 显示屏初始化以及 EEPROM 的初始化, 其中 EEPROM 初始化主要作用是由控制器从中读取前一次设置并存储的设定温度和转速, 若不需要调整, 则跳过按键设定, 直接开始工作。控制器通过定时器中断产生 PWM 波, 其中 PWM 占空比由 PID 算法计算得到, 并由 PWM\_OUT() 输出加热管加热信号。

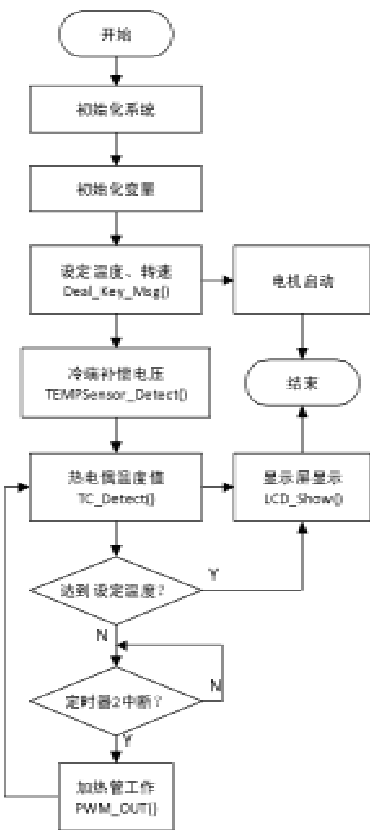


图 3 程序流程图

3.2 显示屏通信协议

本系统所采用的显示屏是 TFT 液晶屏, 数据通过串口传输, 控制器和显示屏之间的数据传输以指令帧形式进行, 如表 1 所示:

表 1 数据说明

数据块序号	数据 (16 进制数)	说明
1	AA	帧头, 1 字节, 固定值
2	(Command/Code)	指令代码, 1 字节
3	(Parameter or data)	参数或数据
4	CC 33 C3 3C	帧尾 (帧结束符), 4 字节

本系统只采用了数据显示部分, 其数据格式中指令代码为

3D, 数据块 3 包含了显示屏的目标传送地址 address 和相应数据 data, 所有发送数据均以固定帧尾 (CC 33 C3 3C) 结束。

4 系统测试

测试实验主要调整 PID 参数以满足精度和稳定性要求, 实验采用的整定方法为 ZN 临界比例度法, 这是一种非常著名的 PID 控制器参数整定方法, 其主要原理是在只留比例作用的情况下, 使得闭环系统做临界等幅周期振荡, 记录此时的临界增益  $K_0$  和临界振荡周期  $T_0$ , 再由经验公式求出 PID 参数整定值。系统中显示屏主要显示温度和电机转速, 测试时还显示 PID 参数和 PWM 占空比。人机界面如图 4 所示, 系统核心硬件如图 5 所示。



图 4 显示屏调试界面

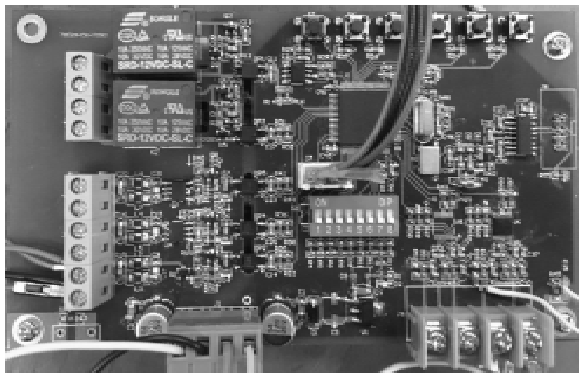


图 5 STM32F103 系统板

5 结束语

经过验证及测试, 各模块均能正常运行, 和传统控制相比, 该系统可以通过改变 PID 权系数来实现无静差和快速响应的控制效果, 且抗干扰能力得到增强, 稳定性和可靠性更好。

参考文献

[1] 邢伟. 电阻炉智能模糊控制系统的研制[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2008

[2] 李迪阳, 周明顺, 何文雪. 一种基于单神经元的模糊自整定 PID 控制器[J]. 青岛大学学报(工程技术版), 2006, 21(1): 54-58

[3] 温茹涵. 基于 STM32 的模糊 PID 温度控制系统[D]. 青岛: 青岛大学, 2015

[4] 何芝强. PID 控制器参数整定方法及其应用研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2005

[5] 徐宏宇, 沈煌飞. 基于 STM32 的多点温度检测系统设计[J]. 电子技术, 2016, 29(5): 158-161

[收稿日期: 2017.11.30]

(上接第 135 页)

参考文献

[1] 贺石中. 全新的润滑理念及油液监测技术[J]. 润滑油, 2006(3): 1-6

[2] 雷建华. 极板间距对平行板电容边缘效应的影响研究[J]. 电脑与电信, 2013(7): 57-58

[3] 德国 ACAM 公司. PICOCAP 数据手册 DB\_PCap01-0301-eVO.4[OL]. <http://www.acam.de>, 2011-5-13

万方数据

[4] Alexander A Trusov, Andrei M Shkel. A Novel Capacitive Detection Scheme With Inherent Self-Calibration[J]. Journal of Microelectromechanical Systems, 2007, 16(6): 1324-1333

[5] 李志, 宋豫晓. 网络型机房环境监控系统的设计与实现[J]. 电子制作, 2015(2): 52-54

[收稿日期: 2017.12.15]