

# 基于单片机的温度控制系统的设计

陈勇, 许亮, 于海阔, 黄小青

(浙江工业大学 机械工程学院, 杭州 310014)

**摘要:** 针对单片机温度控制系统采用传统控制方法容易出现响应速度慢、振荡剧烈、控制精度低等问题, 对单片机温度控制系统的硬件电路、控制精度、控制算法等方面进行了设计研究; 基于以 AT89C51 单片机为核心运用 DS18B20 温度传感器的温度控制系统, 提出了变论域模糊 PID 控制算法, 将变论域模糊控制和 PID 控制相结合, 结合生猪猪舍温度控制系统对传统 PID 控制算法以及变论域模糊 PID 控制进行对比分析; 实验结果表明, 设计的温度控制系统采用了变论域模糊 PID 控制算法, 提高了控制精度, 加快了系统的响应速度, 从而增强了温度控制系统的实用性, 产生了重要的实际工程意义。

**关键词:** 单片机; DS18B20 温度传感器; 变论域模糊 PID; 温度控制系统

## Design of Temperature Control System Based on Single Chip Microcomputer

Chen Yong, Xu Liang, Yu Haikuo, Huang Xiaoqing

(College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

**Abstract:** Aiming at the problem of temperature control system based on single chip microcomputer. Traditional control method is prone to slow response, shaking violently and bad control effect. The hardware circuit, precision temperature control and control algorithms of control system get design and research. The control system base AT89C51 as core and apply DS18B20 sensor. The variable universe fuzzy PID control was introduced in the control system. The variable universe fuzzy control and PID control combine to form a variable universe fuzzy PID controller. Compared with the traditional PID and variable universe fuzzy PID in piggery. The experimental results indicated that the system uses variable universe fuzzy PID improves the control precision, accelerate the respond speed. Thereby enhancing the usefulness of temperature control system. It had important practical engineering significance.

**Keywords:** microcontrollers; DS18B20 sensor; variable universe fuzzy PID; temperature control system

## 0 引言

温度是工业生产中常见的被控参数, 对典型的温度控制系统进行研究有着广泛意义。现代生猪猪舍能够主动精准设定猪舍内的温度环境, 为生猪提供最佳的生长环境, 有利于提高生猪猪肉产量, 从而带来经济效益<sup>[1]</sup>。以单片机为核心运用 DS18B20 温度传感器的温度控制系统, 当环境温度高于设定值时, 通过降温电路对环境进行降温, 以达到要求的温度, 温度低于要求时通过加热电路进行升温。温度控制的方法以 PID 控制较为常见, PID 控制具有稳定可靠、原理简单、鲁棒性强等优点。但在实际应用中, 由于常规的 PID 控制器是线性的, 对非线性的控制系统存在着超调量大、稳态精度差等问题。本文在常规 PID 控制方法的基础上, 建立了猪舍温度控制对象模型引入了一种变论域模糊 PID 控制器, 并借助 Simulink 分别对其和常规 PID 以及模糊 PID 进行仿真比较分析<sup>[2-3]</sup>。

## 1 生猪猪舍温度控制器设计

### 1.1 系统硬件电路组成

本系统以单片机为核心, 采用 DS18B20 单总线数字温度传感器组成了一个集温度采集、处理、温度控制的闭环系统。工作时, 由键盘输入设定温度值, 采用变论域模糊 PID 算法

进行运算, 通过单片机来控制继电器的通断, 以调节温度至设定值。系统硬件电路原理如图 1 所示<sup>[4]</sup>。

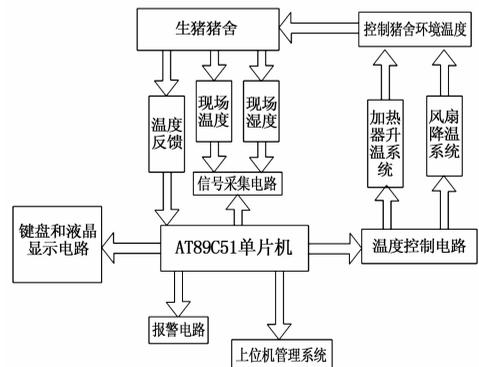


图 1 生猪猪舍环境的系统组成框图

### 1.2 温度检测电路

温度检测部分采用单总线数字温度传感器 DS18B20, 采用单口接线方式传输, 与微处理器连接时只需一条口线就可实现微处理器与 DS18B20 的通信。不需要外围电路, 不需要 A/D 转换模块, 从而大大简化了电路的复杂程度。DS18B20 外接 3.0~5.5 V 电源, 测温范围从 -55~+125 °C, 在 -10~+85 °C 固有分辨率为 0.5 °C, 测量结果以 9 位到 12 位数字量方式直接输出数字温度信号, 以单总线串行送给 CPU, 同时可传送 CRC 校验码, 具有较强纠错抗干扰能力<sup>[5]</sup>。

收稿日期:2015-08-10; 修回日期:2015-09-11。

作者简介:陈勇(1990-),男,安徽安庆人,硕士研究生,主要从事物流装备设计、环境温度控制方向的研究。

DS18B20 由只读存储器、随机存储器、温度传感器、温度数字转换电路和串行 I/O 口等几部分组成。通过读取 DS18B20 内部温度数字计数器并进行有关计数换算，在其内部有一个 64 bit 的标识码固化在 ROM 中，每个 DS18B20 标识码都是唯一的，使用其标识码，通过单片机可以实现对温度传感器的读、写等操作。将传感器 DQ 端接在单片机 P1.7 口，并接上 4.7 K 上拉电阻和 5 V 电源，如图 2 所示。

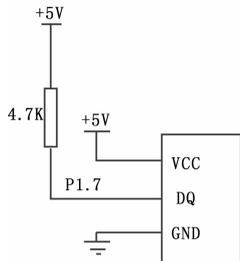


图 2 DS18B20 温度传感器接线图

### 1.3 显示电路

在单片机应用系统运用 LCD1602 液晶来构成显示电路，1602 液晶是能够显示字母、数字、符号的点阵型液晶模块，显示的内容为 16 \* 2，即可以显示两行，每行 16 个字符。在 DB0~DB7 每个接口都接上 10 K 上拉电阻，液晶显示模块的接线如图 3 所示。

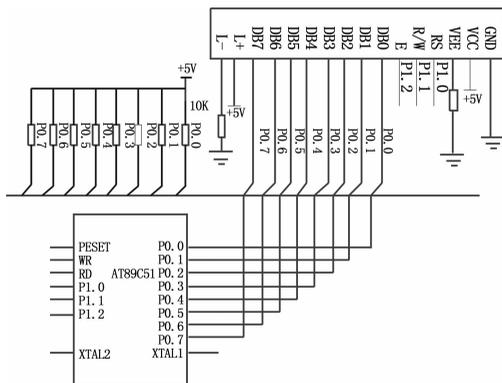


图 3 显示电路接线示意图

### 1.4 温度控制电路

温度控制电路分为升温控制电路和降温控制电路，当温度高于设定温度时，单片机 P1.3 口输出低电平，导通继电器线圈，吸合继电器开关从而接通降温电路，降温风扇工作达到降温目的。当温度低于设定温度时，单片机 P1.4 口输出低电平，导通继电器线圈，吸合继电器开关从而接通升温电路，加热器工作以达到加热目的。

将单片机的 P1.3 口连接三极管的基极，同时接到继电器一端，通过三极管将信号放大，传输给继电器，用继电器的开关闭合来控制降温电路，升温电路接到单片机 P1.4 口，单片机输出低电平通过三极管放大信号给继电器来控制升温电路，控制加热器来工作。设定的上限温度和下限温度都可以通过按键重新设定，并当温度低于下限温度或当温度高于上限温度时，温度报警电路会通过蜂鸣器提醒报警。温度控制电路结构如图 4 所示。

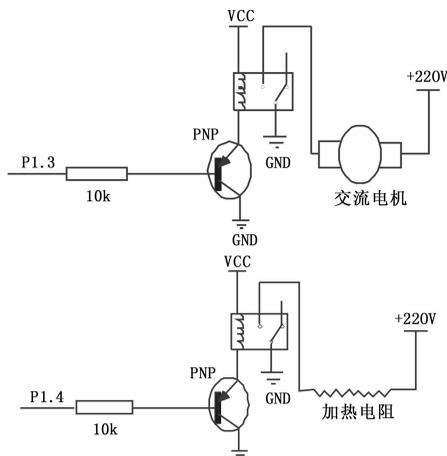


图 4 升温降温控制电路接线原理图

系统的控制算法通过编程来实现，将温度实时监测得到的信号  $y$  与设定的温度信号  $x$  进行比较，得到误差信号  $e$  以及误差变化率  $ec$  由变论域模糊控制器进行处理，输出控制量  $u$ ，通过控制继电器的接通时间来控制系统的升温 and 降温过程<sup>[6-7]</sup>。

### 1.5 变论域模糊控制思想

变论域实际上是将输入和输出的基本论域按照一定的规则进行论域伸缩变化，从而更好满足控制要求。即在传统模糊控制的基础上变论域模糊控制对输入量和输出量的论域分别加上一个伸缩因子以达到论域收缩的目的。图 5 为变论域模糊控制原理图<sup>[8]</sup>。

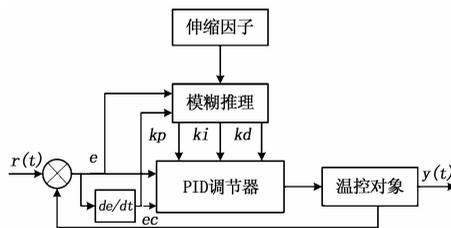


图 5 变论域模糊控制原理图

假设系统输入变量  $X_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$  的论域为  $X_i = [-E, E] (i = 1, 2, 3, \dots, n)$ ，输出变量  $y$  的论域为  $Y = [-U, U]$ ， $X_i$  的模糊划分为  $\{A_{ij} | (1 \leq j \leq m)$  模糊推理规则为：

IF  $x_1$  is  $A_{1j}$  and  $x_2$  is  $A_{2j}$  and ... and  $x_n$  is  $A_{nj}$  Then  $y$  is  $B_j$ ,  $j = 1, \dots, m$   
 $x_1$  是  $A_{1j}$  的峰点,  $y_j$  是  $B_j$  的峰点。则输出表示为：

$$Y \equiv \sum_{j=1}^m \prod_{i=1}^n A_{ij}(x_i) y_j \quad (1)$$

经过论域伸缩变换以后，论域的形式为：

$$X_i(x_i) = [-a_i(x_i)E_i, a_i(x_i)E_i] \quad (2)$$

$$Y(y_i) = [-\beta_i(y_i)u_i, \beta_i(y_i)u_i]$$

其中： $a_i(x_i)$ ， $\beta_i(y_i)$  为论域的伸缩因子。选取伸缩因子<sup>[9]</sup>：

$$\alpha(x) = 1 - \lambda \exp(-kx^2) \quad (3)$$

其中： $\lambda \in (0, 1)$ ， $k > 0$ ；

$$\beta(t) = K_I \sum_{i=1}^n p_i \int_0^t e_i(\tau) dt + \beta(0) \quad (4)$$

$K_I$  为比例常数,  $\beta(0)$  为初始设计参数, 根据实际情况调整, 通常取  $\beta(0) = 1$ 。

单输入单输出变论域模糊控制输出表示为:

$$y(x(t)) = \beta(x)U \sum_{i=1}^m \prod_{j=1}^n A_{ij} \left( \frac{x_i(t)}{\alpha_i(x_i(t))} \right) y_j \quad (5)$$

同理双输入引入误差  $e$  和误差变化  $ec$  作为输入, 其变论域模糊控制可表示为:

$$u(t) = \beta(x)U \sum_{i=1}^m \prod_{j=1}^n A_i \left( \frac{e}{\alpha_1(e)} \right) B_j \left( \frac{ec}{\alpha_2(ec)} \right) z_{ij} \quad (6)$$

### 1.6 模糊控制规则的建立

模糊控制规则是对工程技术人员的操作进行总结, 得到模糊条件语句。确定模糊规则的原则是从系统的稳定性、响应速度、超调量和稳态精度等方面来考虑, 当误差较小时, 主要是防止超调量为主, 以保持系统稳定性为出发点, 当误差较大时主要以消除误差为主。选取生猪猪舍环境温度的偏差  $e$  和偏差变化率  $ec$  作为输入量, 模糊控制器输出量为 PID 三个参数的修正值, 分别为  $\Delta k_p$ 、 $\Delta k_i$ 、 $\Delta k_d$ , 因此所设计模糊控制系统为两输入量 ( $e$ ,  $ec$ ) 和三输出 ( $\Delta k_p$ ,  $\Delta k_i$ ,  $\Delta k_d$ ) 的模糊控制系统。

## 2 温度控制系统性能实验分析

### 2.1 Matlab/Simulink 仿真及分析

生猪生长对环境温度要求比较高, 适宜生猪生长的环境温度约为  $20\text{ }^\circ\text{C}$  左右。猪舍温度控制对象的数学模型: 在 Matlab/simulink 环境下选取同样的数学模型对 PID、模糊 PID、变论域模糊 PID 进行对比分析, 结果如图 6 所示<sup>[10-11]</sup>。

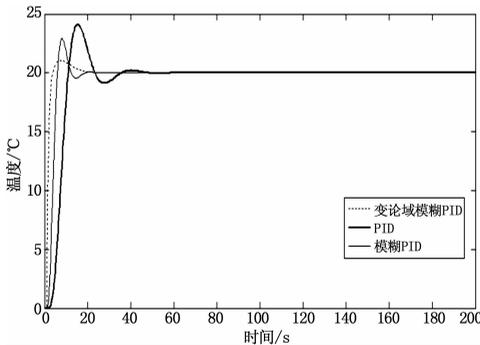


图 6 传统 PID、模糊 PID 和变论域模糊 PID 仿真曲线

图 6 是 3 种控制器在温度设定为  $20\text{ }^\circ\text{C}$  时的动态响应曲线。仿真结果表明, 常规控制器超调量大约为 22%, 温度波动较大, 调节时间很长, 约为 60 s; 模糊 PID 控制较常规控制器超调量小, 约为 12.5%, 调节时间短。变论域模糊 PID 控制上升时间最快, 调节时间最快约为 30 s, 具有更小的超调量和更快的调节速度, 整体控制性更好。

### 2.2 温度控制试验与分析

对猪舍内的环境温度进行精确控制是试验的主要目标, 在模拟的猪舍环境中放置温度传感器 DS18B20, 设置上位机每 30 s 更新一次采集数据, 并以 1602 液晶显示实时温度, 从上位机数据库得到从开始控制到 10 min 结束的温度数据, 如表 1 所示。

表 1 系统检测到猪舍的温度值

时间/s	温度/ $^\circ\text{C}$	时间/s	温度/ $^\circ\text{C}$
0	23.2	330	19.9
30	22.9	360	19.8
60	22.7	390	20.2
90	22.2	420	20.1
120	21.8	450	19.9
150	21.5	480	19.7
180	21.1	510	20.1
210	21.0	540	20.2
240	20.5	570	19.9
270	20.3	600	20.2
300	20.4		

从数据中得到, 从开始控制到 5 min 已得到接近设定的温度, 以  $20\text{ }^\circ\text{C}$  为基准温度, 进入稳定阶段最大偏差为  $-0.3\text{ }^\circ\text{C}$ , 具有较高的精度, 满足猪舍温度控制要求。

## 3 结语

本系统介绍了基于单片机的温度控制系统的工作原理, 并以生猪猪舍环境为例来验证其可行性, 实验证明, 所设计的温度控制系统有较高的精度, 有较强的可行性。为了提高精度, 将变论域模糊控制的思想引入到对猪舍环境温度控制当中。并从仿真结果可以看出, 变论域模糊 PID 控制比传统控制有调节速度更快, 超调量更小, 稳态误差更小的优点, 从根本上提高了温度控制系统的稳态精度。因此, 本文所设计的温度控制方法为生猪猪舍环境温度控制提供了更好的思路, 具有较好的实际应用前景。

### 参考文献:

- [1] 吴兆胜, 罗细芽, 万伟红, 等. 猪舍夏季环境温度控制应用现状及发展趋势 [J]. 中国农机化, 2012, 06: 191-195.
- [2] K S Tang, Kim F M. An optimal fuzzy PID controller [J]. IEEE Trans on Industrial Electronics, 2001, 48 (4): 757-765.
- [3] 古 超. 基于变论域模糊控制的温控器的研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2008.
- [4] 吕俊亚. 一种基于单片机的温度控制系统设计与实现 [J]. 计算机仿真, 2012 (7): 230-233.
- [5] 余 瑾, 姚 燕. 基于 DS18B20 测温的单片机温度控制系统 [J]. 微计算机信息, 2009 (8): 105-106, 112.
- [6] 王海宁. 基于单片机的温度控制系统的研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2008.
- [7] 赵 君. 基于 8051 单片机的温度控制系统 [D]. 长春: 吉林大学, 2012.
- [8] 刘 向, 周新志. 变论域模糊控制在高温马弗炉中的应用 [J]. 计算机与现代化, 2011 (3): 102-104, 107.
- [9] 邵 诚, 董希文, 王晓芳. 变论域模糊控制器伸缩因子的选择方法 [J]. 信息与控制, 2010 (5): 536-541.
- [10] Trabelsi A, Lafont F, Kamoun M, et al. Fuzzy identification of a greenhouse [J]. Applied Soft Computing, 2007, 7 (3): 1092-1101.
- [11] 杨 晶, 王铁滨, 孙珊珊, 等. 模糊控制在温室大棚温度控制系统中的应用 [J]. 软件工程师, 2013 (7): 30-32.