

Design of Temperature and Humidity Fuzzy Controller Based on MSP430 MCU*

LI Xin^{1*}, QU Meng-ke¹, RONG Yu²(1. Department of Biomedical Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao Hebei 066004, China;
2. College of Mechanical Engineering, Qinhuangdao Hebei 066004, China)

Abstract: The temperate and humidity are controlled by fuzzy controller to realize their intelligent control. The temperate and humidity fuzzy controller made up of MSP430F449 MCU is designed. The fuzzy control theory, method, hardware structure were expatiated. Simulation studies on the fuzzy controller were carried out. The simulation results show that the fuzzy controller has the features of quick response, small overshoot, accurate action and steady process. The control of temperate and humidity is very well.

Key words: fuzzy control; MSP430; temperature; humidity

EEACC: TP212. 9

基于 MSP430 单片机的模糊温湿度控制器的设计*

李 昕^{1*}, 曲梦可¹, 荣 誉²

(1. 燕山大学 生物医学工程系 河北秦皇岛, 066004; 2. 机械工程学院 河北 秦皇岛, 066004)

摘 要: 为了实现对温湿度的智能控制, 采用模糊控制技术对温湿度进行控制. 设计了一种基于 MSP430F449 单片机的温湿度模糊控制器, 对温湿度进行实时监测和自控控制. 阐述了这种模糊控制的原理方法及硬件电路组成. 对整个控制过程进行了仿真, 证明采用本模糊控制器进行控制, 动态响应好、上升时间快、超调小、控制精度高、对温湿度的控制非常好.

关键词: 模糊控制; MSP430; 温度; 湿度

中图分类号: TP212. 9

文献标识码: A **文章编号:** 1004-1699(2007)04-0805-04

模糊控制是应用模糊集合理论和模糊推理逻辑的一种技术. 它是以人的经验和知识为依据, 模仿人的思维方式和人的控制经验来实现的一种控制. 模糊控制不需要对控制对象进行精确的数学描述, 只需进行粗略的知识描述, 可直接使用专家的经验知识来灵活地控制被控对象^[1].

随着单片微机技术的发展, 单片机性能在不断提高, 可以完成复杂的控制. 在模糊控制中专家的经验知识是一系列含有语言变量的条件语句和规则, 而模糊集合理论又能十分恰当地表达具有模糊性的语言变量和条件语句. 将单片机与模糊集合理论相结合, 用模糊集合理论对语言变量模糊化, 再用模糊推理对系统的输入状态进行处理, 产生相应的控制策略, 以实现对那些难以建立数学模型的系统进行有效控制^[2].

1 变量的模糊化和模糊控制规则

本模糊控制器是一个多输入多输出控制器. 输入变量为温度和湿度; 输出变量为加湿器和除湿器的工作状态、空调的制冷和制热. 模糊控制的核心部分是模糊控制器, 它包括模糊化、模糊推理和解模糊(反模糊化) 3 部分^[3].

1.1 温湿度和温湿度变化率的模糊化

温度偏差记为 E_T , 湿度偏差记为 E_H , 分别指实测温度和湿度的值与其设定值的差. 对于温度控制, 温度偏差在设定值的 $\pm 25^\circ\text{C}$ 以内为模糊控制区, 模糊控制系统按模糊控制规则自动调节温度. 对于湿度控制, 湿度偏差在设定值的 $\pm 25\%$ (相对湿度) 以内为模糊控制区, 模糊控制系统按照模糊控制规则自动调节湿度. 将温度偏差分为 5 个模糊子

状态,分别为: $P_L(T)$ (温度过高), $P_S(T)$ (温度略高), $Z(T)$ (零温度偏差), $N_S(T)$ (温度略低), $N_L(T)$ (温度过低). 同样将湿度偏差也分为5个模糊子状态,分别为: $P_L(H)$ (湿度过高), $P_S(H)$ (湿度略高), $Z(H)$ (零湿度偏差), $N_S(H)$ (湿度略低), $N_L(H)$ (湿度过低). 温度变化率为: $\Delta E_T = dE_T/dt$, 湿度变化率为: $\Delta E_H = dE_H/dt$, 它们反映了现场状态的温度偏差和湿度偏差的变化方向. 将温度变化率和湿度变化率分别分为5个模糊子状态,即 $P_L(\Delta T), P_S(\Delta T), Z(\Delta T), N_S(\Delta T), N_L(\Delta T); P_L(\Delta H), P_S(\Delta H), Z(\Delta H), N_S(\Delta H), N_L(\Delta H)$.

1.2 输出变量的模糊化

将温度控制器输出状态分为5个模糊子输出状态,具体对应如下: $P_Q(T)$ (全功率加热)空调全功率加热; $P_B(T)$ (半功率加热)空调半功率加热; $Z(T)$ (不加热、不降温)空调不工作; $N_B(T)$ (半功率降温)空调半功率降温; $N_Q(T)$ (全功率降温)空调全功率降温. 将湿度控制器输出状态分为5个模糊子输出状态,具体对应如下: $P_Q(H)$ (全功率增湿)加湿器全功率运行; $P_B(H)$ (半功率增湿)加湿器半功率运行; $Z(H)$ (不增湿、不去湿)加湿器和除湿器都不工作; $N_B(H)$ (半功率去湿)除湿器半功率运行; $N_Q(H)$ (全功率去湿)除湿器全功率运行.

1.3 模糊控制规则

当温度偏差 E_T 为 $N_L(T)$ (温度过低)时,温度和设定值相差负的最大,温度下降最低,此时为尽快消除偏差,无论温度变化如何,应使控制量增加较快,所以模糊控制系统取较大的控制量. 当温度偏差 E_T 为 $N_S(T)$ (温度略低)或 $Z(T)$ (零温度偏差)时,主要工作为稳定问题. 为了防止超调,使温度尽快稳定,这时就要根据温度变化的具体情况来确定控制量的变化,选择相应的控制规则. 温度模糊控制规则如表1. 湿度控制模糊规则的制定方法与温度相同,同样根据湿度变化的具体情况来确定控制量的变化,选择相应的控制规则. 根据模糊控制规则计算出各种输入状态的控制输出 C , 最后用最大隶属度法进行模糊决策,使模糊量转化为精确量^[4].

表1 温度模糊规则

E_T	ΔE_T				
	$N_L(\Delta T)$	$N_S(\Delta T)$	$Z(\Delta T)$	$P_S(\Delta T)$	$P_L(\Delta T)$
$N_L(T)$	$P_Q(T)$	$P_Q(T)$	$P_Q(T)$	$P_Q(T)$	$P_Q(T)$
$N_S(T)$	$P_Q(T)$	$P_Q(T)$	$P_B(T)$	$Z(T)$	$N_B(T)$
$Z(T)$	$P_Q(T)$	$P_B(T)$	$Z(T)$	$N_B(T)$	$N_Q(T)$
$P_S(T)$	$P_B(T)$	$Z(T)$	$N_B(T)$	$N_Q(T)$	$N_Q(T)$
$P_L(T)$	$N_Q(T)$	$N_Q(T)$	$N_Q(T)$	$N_Q(T)$	$N_Q(T)$

2 硬件电路设计

模糊温湿度控制器硬件部分主要包括单片机、温度传感器、湿度传感器、显示器、变频空调、两台加湿器和两台除湿器部分,其中微处理器采用单片机 MSP430F449 芯片作为温湿度模糊控制器的核心. 控制器电路如图1.

简单工作过程:湿度传感器和温度传感器输出的信号通过模数转换模块转换成数字信号,由单片机经过相应的软件算法把数字信号转换成湿度值和温度值. 单片机将实测值与其内设温度、湿度值相比较,计算出偏差,再调用模糊控制算法程序,由模糊器输出控制量,从而驱动空调、加湿器和除湿器调节温度和湿度,同时显示温度和湿度.

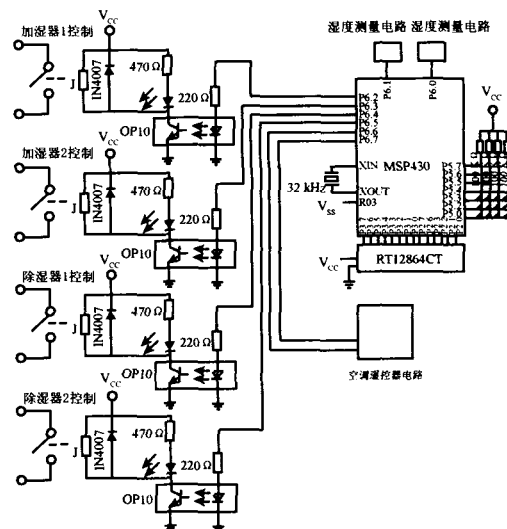


图1 温湿度模糊控制器电路

2.1 单片机的选择

MSP430 微控制器 MCU 是 TI 公司推出的一款具有丰富片上外围的超低功耗 16 位 FLASH 型混合信号处理器. 本系统使用的 MSP430F449 有一个串口通信接口,一个基本定时器,两个 16 位定时器,看门狗,一个模拟电压比较器,模数转换模块, LCD 液晶驱动模块^[5]. 由于 MSP430F449 微处理器有 CPUOff 和 OscOff 两种省电模式,一颗电池可工作 10 年. MSP430 系列单片机以其超低功耗的特点在仪器仪表、工业控制等方面广泛的应用.

2.2 温湿度测量电路设计

温度测量使用温度传感器 TMP37,属于线性电压输出模拟集成温度传感器,输出电压与摄氏温度成正比,电压温度系数 K_V 为 $20 \text{ mV}/^\circ\text{C}$. 低电压供电,电源电压范围是 $+2.7 \sim +5.5 \text{ V}$,低功耗^[6]. 温度测量电路如图2.

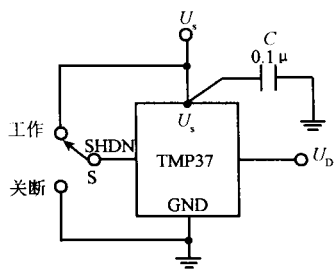


图 2 温度测量电路

在环境温度为 25℃ 时, TMP37 输出电压与温度的关系为:

$$U_{OUT} = K_V t \quad (1)$$

式中: U_{OUT} 为 TMP37 的线性电压输出; K_V 为电压温度系数; t 为温度(℃)。

湿度测量使用湿度传感器 HIH-3610, 属于线性电压输出集成湿度传感器, 输出电压的范围 +0.8 ~ +3.9 V。采用 +4 ~ +5.8 V 电源供电。湿度测量电路如图 3。

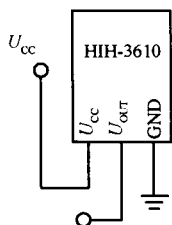


图 3 湿度测量电路

在环境温度为 25℃ 时, HIH-3610 输出电压与湿度的关系为:

$$U_{OUT} = U_{CC}(0.006 2RH + 0.16) \quad (2)$$

式中: U_{OUT} 为 HIH-3610 的线性电压输出; U_{CC} 为 HIH-3610 的电源电压; RH 为相对湿度(%)。

由式(2)可知, 输出电压不仅与相对湿度成线性关系, 而且与电源电压成正比; 若电源电压固定为 5 V, 则其值仅由相对湿度值决定。另外, HIH-3610 测量的湿度值还与环境温度有关, 式(2)是在 25℃ 时传感器输出与湿度的关系, 当环境温度改变时应进行温度补偿, 补偿公式为:

$$RH' = \frac{RH}{(1.054 6 - 0.002 162T)} \quad (3)$$

式中: T 为环境摄氏温度值; RH 为相对湿度测量值; RH' 为实际相对湿度值。

温湿度测量电路把温度和湿度的电压信号送到单片机的模数转换模块, 片上的模数转换模块能实现 12 位精度的模数转换, 通过软件选择输入通道, 选择模数转换模块提供的参考电源 2.5 V。模数转换模块提供单通道单次、序列通道单次、单通道多次、序列通道多次 4 种转换模式, 由于采用中断方式

采集温度和湿度数据, 所以选择序列通道单次转换。这样温度和湿度传感器产生的信号经过采样公式计算转换成温度和湿度值。

2.3 输出驱动电路及显示器接口电路设计

模糊温湿度控制器对温度的控制通过变频空调来实现, 控制器的输出电路同空调遥控器电路的键盘相连接, 这样可以不改变空调主电路的程序控制空调工作。当需要对温度进行全、半功率控制时, 通过空调遥控器调节变频空调全、半功率工作及不工作即可实现对应的 5 种温度控制。控制器对湿度的控制通过两台加湿器和两台除湿器来实现, 如何需要半功率加湿, 单片机的 P6.2 口输出的控制信号驱动继电器, 加湿器 1 开始工作, 当湿度达到要求单片机的 P6.2 口输出低电平, 加湿器 1 停止工作。如果需要全功率加湿, 则加湿器 1 和加湿器 2 同时工作。加湿结束, 加湿器 1 和加湿器 2 均停止工作。除湿的控制过程与加湿相同, 通过 P6.4 和 P6.5 口控制。

显示电路采用 RT12864CT 图形显示器, 它可以实现图形显示, 也可以显示 32 个汉字。模块自带 -10 V 负压, 用于显示器的驱动电压。与 CPU 接口采用 8 位数据总线和 8 位控制总线。温湿度值和模糊温湿度控制器的工作状态都显示到图形显示器。

3 软件设计

为了节省内存空间, 便于编制、阅读、扩充和修改程序, 软件采用了模块化结构, 每个功能模块又由相应的子程序组成, 实现特定功能。程序模块主要包括主程序模块; 键盘、显示模块; 实时时钟模块; 掉电处理模块^[7]。主程序主要功能是循环读出温度和湿度值, 进行处理。主程序流程图如图 4。

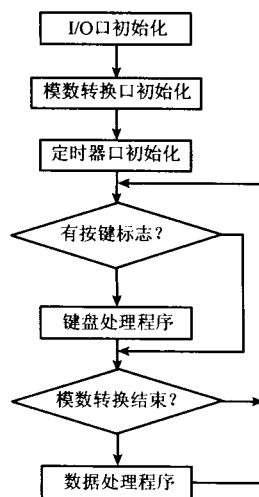


图 4 主程序流程图

4 仿真与实验

对模糊控制进行了计算机仿真^[8],温度和湿度对象采用一阶惯性纯延时环节来近似仿真,其仿真曲线如图5.用单片机开发板等硬件进行了模糊控制实物仿真,给定温度为25℃,相对湿度为90%RH.仿真曲线如图6.

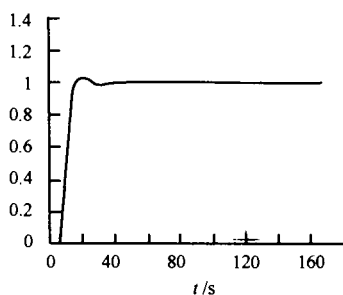


图5 计算机仿真曲线

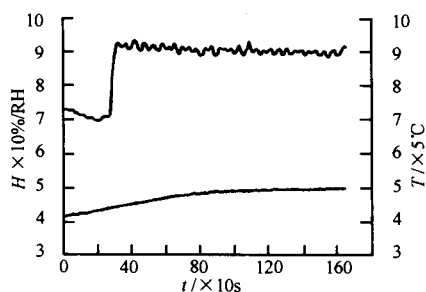


图6 实物仿真曲线

用全部硬件电路在实验室环境进行了实际温湿度控制实验,绘制了实际测量曲线,如图7.从仿真、实际测量曲线可见本文所提出的模块控制算法动态响应好,上升时间快,超调小,控制精度高,对温湿度的控制非常好.

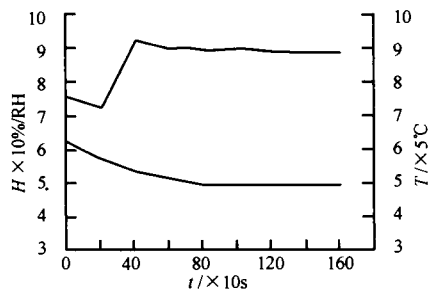


图7 实际测量曲线

5 结束语

本文设计了一个基于模糊变量表达的模糊温湿度控制器,模拟专家的经验,对居室的温度、湿度进行智能控制,取得较好的效果.该控制器可用于所有需要进行温湿度控制的环境.

参考文献:

- [1] 李士勇,模糊控制神经网络控制和智能控制论[M],哈尔滨工业大学出版社,1996,267-269.
- [2] 王学慧,田方成,微机模糊控制理论及其应用[M],电子工业出版社,1987,63-76.
- [3] 洪文学,韩峻峰,周少敏,基于温湿度的模糊传感器舒适度合成法研究[J],电子科技导报,1996,10(2):81-83.
- [4] 韩峻峰;基于温湿度的模糊传感器舒适度合成法研究[J],传感器技术,2002,21(6):19-25.
- [5] 沈建华,杨艳琴,翟晓曙,MSP430系列16位超低功耗单片机原理与应用[M],清华大学出版社,2004:52-280.
- [6] 沙占友,中外集成传感器实用手册[M],电子工业出版社,2005:66-69.
- [7] 胡大可,MSP430系列单片机C语言程序设计与开发[M],北京航空航天大学出版社,2003:20-35.
- [8] 张国良,曾静,柯熙政,邓方林,模糊控制及其MATLAB应用[M],西安交通大学出版社,2002:6-35.

李 昕(1970-),燕山大学电气工程学院副教授,博士生.主要研究方向为信息融合、智能传感器.现主持国家自然科学基金项目:“复杂系统中定性定量信息变换理论与应用研究.” yddylxin@ysu.edu.cn

