

数字系统设计

---恒温控制加热系统

BY 61009117 叶方伟

LOGO

项目规划

◆项目功能

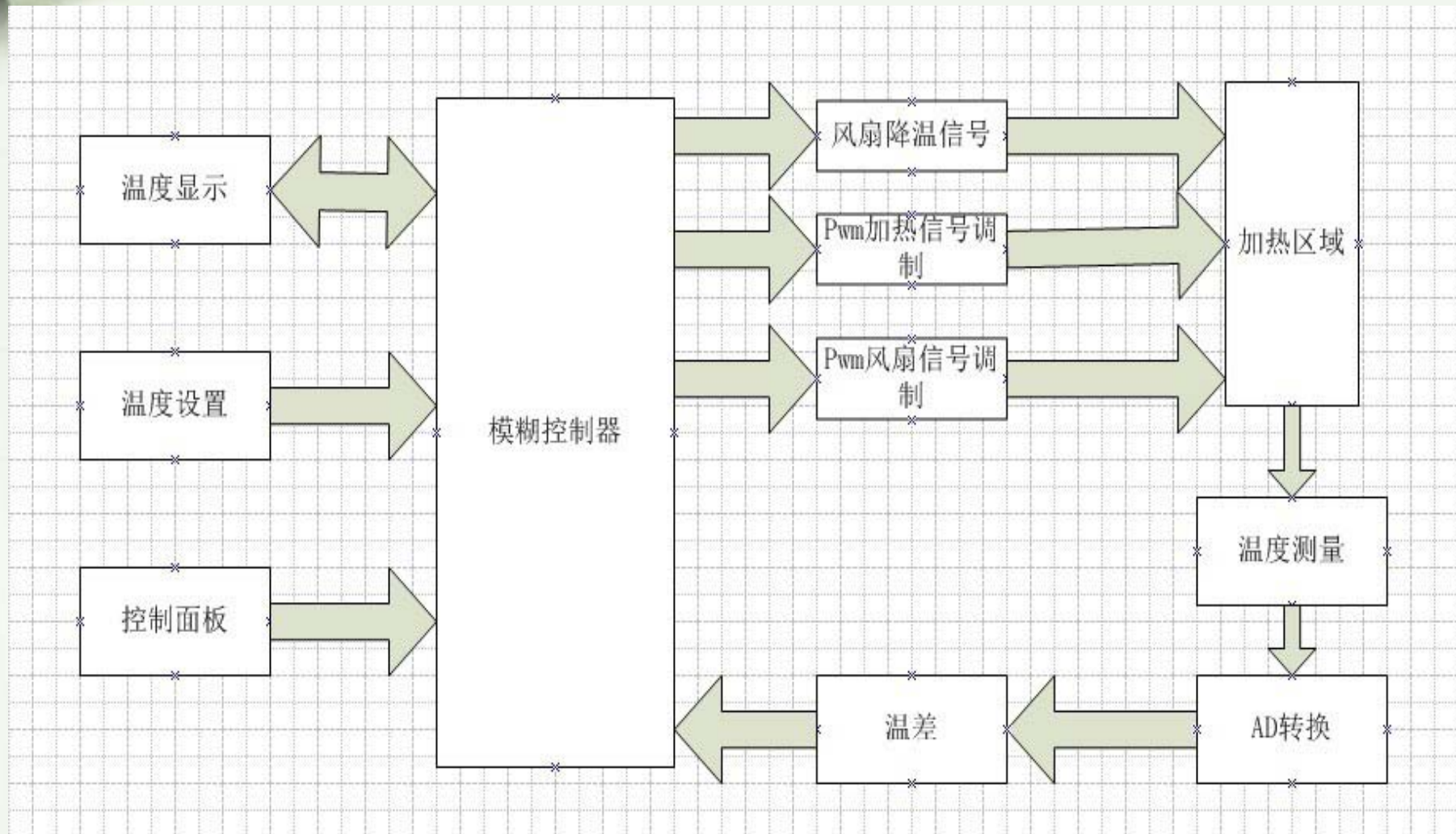
- 恒温加热系统能够实现通过拨码开关及脉冲输入设定温度，温度传感器测量及时温度输入FPGA控制器产生控制信号产生占空比可调的pwm波形通过开关通断的方式控制加热管给传感器加热，从而根据温差改变占空比改变加热功率达到散热平衡，维持温度恒定，并引入了pwm控制的风扇降温维持温度稳定。将设定温度和当时温度通过数码管显示。

项目规划

◆项目指标

- 由于温度传感器的测量精度和温度电压模拟量关系的难以测量以及加热管输入信号的频率不能太高的原因，造成了温度显示的译码困难，温度误差最终设定在正负 5°C ，加热温度范围为 40°C - 75°C 。加热pwm信号的占空比从0%到40%，控制风扇的pwm信号占空比同样为0%到40%，为了防止温度变化过快，两者存在死区。

系统结构

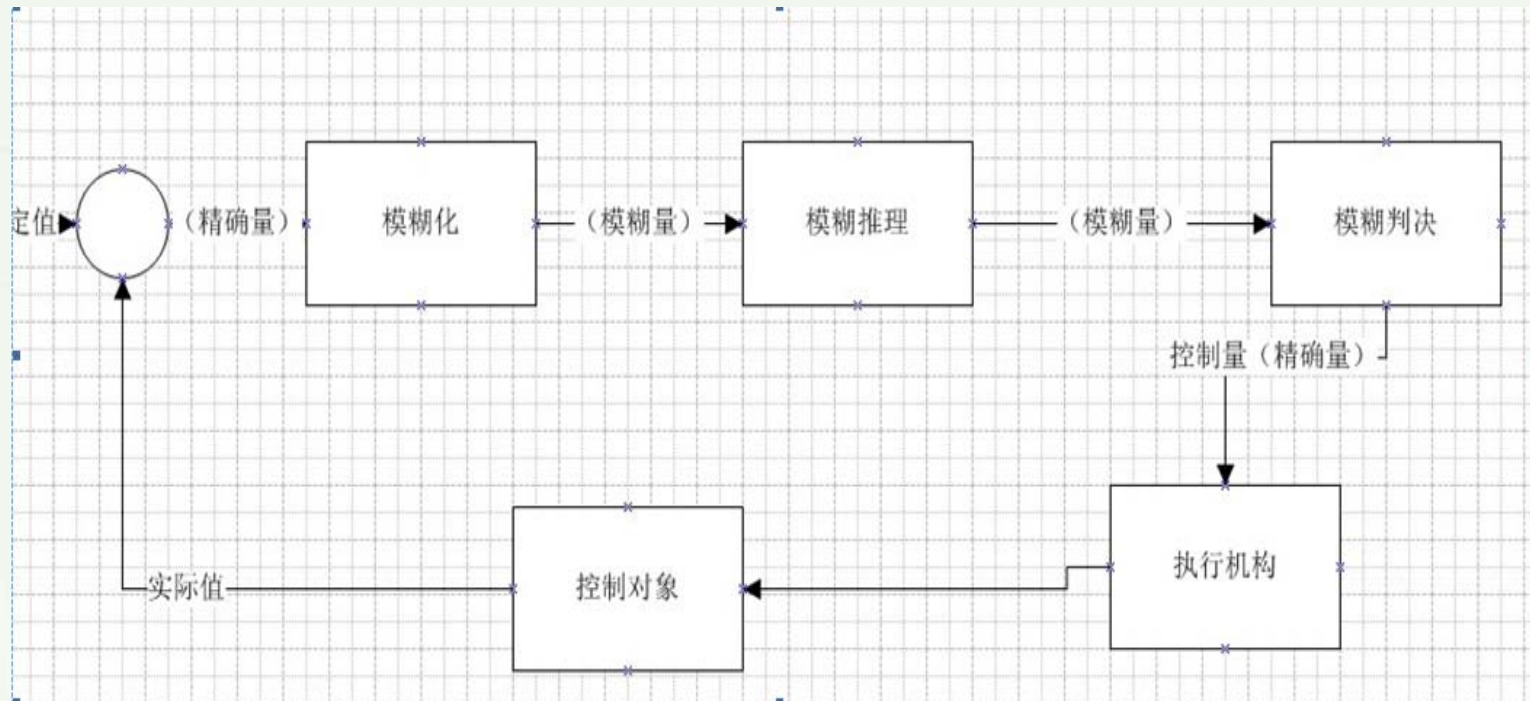


模块功能介绍

- ◆ 温度检测模块
- ◆ AD转换模块
- ◆ 模糊器控制模块
- ◆ PWM产生模块
- ◆ 温度加热模块
- ◆ 温度设置模块
- ◆ 温度显示模块

模块功能介绍

◆ 模糊器控制模块



模块功能介绍

◆ 一维模糊控制器

一维模糊控制器为单输入单输出的模糊控制器，以实时温度和设定温度之间的温差 $error$ 为输入，占空比控制数 $radio$ 为输出。将 E 分为7个模糊子集如下：

模糊语言变量 E	N	0	P0	P1	P2	P3	P4
$error$ 的值	$error < 0$	$error = 0$	$0 < error < 2$	$2 < error < 4$	$4 < error < 6$	$6 < error < 8$	$8 < error$

模块功能介绍

◆ 一维模糊控制器

将R分为6个模糊子集如下：

模糊语言变量R	0	P0	P1	P2	P3	P4
占空比值	0%	5%	10%	20%	30%	40%

其中，N，0，P0，P1，P2，P3，P4分别代表负，零，正小，正中，正较大和正大。

直接利用温差error的数字化特征就可以进行模糊推理，省去了模糊化地步骤。R的取值可以为 [0000,0001,0010,0100,0110,1000]。

模块功能介绍

◆二维模糊控制器

二维模糊控制器为双输入单输出的二维模糊控制器，以温差error和温差变化率rate为输入信号，占空比控制数radio为输出。

error 的值	error<0	error=0	0<error<1	1<error<2	2<error<3
模糊语言变量E	N	0	P0	P1	P2
error的值	3<error<4	4<error<5	5<error<6	6<error<7	error>7
模糊语言变量E	P3	P4	P5	P6	P7

模块功能介绍

◆ 二维模糊控制器

rate的值	$rate < -2$	$-2 < rate < -1$	$-1 < rate < 0$	$rate = 0$
模糊语言 变量RT	NL	N	NS	0
rate的值	$0 < rate < 1$	$1 < rate < 2$	$Rate > 2$	
模糊语言 变量RT	PS	P	PL	

模糊规则通过ROM存储。

同一维控制器一样，error通过“lpm_add_sub”模块得到。温差变化率rate通过一个并行10位的同步寄存器lpm_dff()实现，其同步信号clock为1Hz，clock上升沿lpm_dff()将error(t)存入，记作error(t-1)，再 $rate = error(t) - error(t-1)$ 得到。

核心问题及解决方案

◆核心问题

维持温度在设定温度值得稳定性和精确度，主要考虑因素为：

- 温度的检测及编码准确度
- 温度的实时监控准确度
- 加热功率的控制

核心问题及解决方案

◆ 解决方案1

由于测控板不易查找特定温度传感器及加热管参数，所以先单独校零条件以满度条件下传感器模拟量**AD**转换后的码值以及同样测试了常温，空调制冷后，电脑散热口温度加热后几种知道具体温度的码值，参考使用手册上的单位灵敏度编码。为避免编码的误差值，选择了较窄温度区间**40°C**到**75°C**的区间编码测试。

核心问题及解决方案

◆ 解决方案2

通过时钟间隔的合理选择，**AD**转换控制的周期控制，尽量简短温度测试传输的时间，使系统能尽量测试到的是当时温度用以调节加热波形的占空比。通过一定的软件程序辅助提高测温精度。

核心问题及解决方案

◆ 解决方案3

通过相应算法的建立控制加热波形的占空比。由于温度的不确定因素比较多，因此建立精确的数学模型相对困难，可以通过模糊控制控制波形占空比为输出量。采用一维或者二维模糊器实现精度（二维模糊器精度较高）。为避免温度变化的过快，采用双路pwm输出，一路作为加热控制信号，一路作为风扇控制信号，两者交替工作维持温度的缓慢变化（单独测试过加热功率作用比风扇功率要明显，因此交替工作不会达不到设定温度）。并在温度超过设定值一定区间后启动一直工作的降温风扇降温。

待解决问题

◆ 温度维持精度问题

- 系统的预期目标与当前实现功能的差异主要在温度精度的问题。预期目标能实现 1°C 范围内的恒温控制，现在可视化误差在正负 5°C 左右

待解决问题

◆ 问题原因

- 这部分误差的主要来源不是控制器模块的不精确产生的误差，而主要是外设温度传感器的标定与编码译码之间的误差。由于温度传感器嵌在测控模块内，接口直接输出的是一个经过处理过后的模拟电压值，而相应温度与电压值的关系标定比较困难，而且与测控模块使用说明中的线性变化及相应参数差别非常大，而且由于没有外加加热管这类加热工具，其他的外置高精度温度传感器无法使用，直接导致经AD0809转换之后的二进制数与BCD码得译码也误差很大，输出经数码管显示后可视化误差就相对比较大，一点温度小抖动经编码和译码之后BCD码输到数码管上看到的实际温度可能就相差很远。

可改进方面

◆减小温度显示的可视化误差

- 不使用提供的测控模块改用其他温度传感器和加热源代替测控模块
- 用测温计给测控模块详细标定相应温度与电压输出之间关系重新编码译码

◆搭试完整可应用实体系统

心得体会

做系统设计前一定要
先检测硬件条件情况
以及器材好坏，不用
全神贯注于程序编
写！！！！！！



谢谢！

Company Logo