

文章编号: 1007- 2985(2009) 03- 0071- 03

# 基于铂电阻 Pt100 的高精度温度测控系统设计\*

王 龙<sup>1,2</sup>

(1. 湖南大学物理与微电子科学学院, 湖南 长沙 410082; 2. 湘南学院物电系, 湖南 郴州 423000)

**摘 要:** 工业生产在一定的温度条件下才会按照预定的方向进行, 所以温度控制是保证生产过程正常的必需条件. 介绍了一种基于铂电阻 Pt100 的高精度温度测控系统设计方案, 系统以 Pt100 铂电阻作为测温传感器, 采用中值平均滤波消除采样值偏差, 用逐次逼近法来消除温控系统的非线性, PID 算法通过 PWM 控制执行机构, 从而保证了在 - 200~ 601 °C 范围内 0.1 °C 的测量分辨率, ±0.5 °C 的控制精度.

**关键词:** Pt100; 中值平均滤波; 逐次逼近法; PWM

中图分类号: TP273+.1

文献标识码: A

目前, 由于国内仍有相当部分工业企业所用的有关温度生产线存在着控制精度不高, 温度均匀性差等问题, 达不到工艺要求, 造成装备运行成本费用高, 产品的品质低下, 严重影响企业经济效益, 其主要原因是温度控制具有工况复杂, 参数多变, 运行惯性大, 控制滞后等特点. 所以在实际控制中, 温度的准确性和精度很难控制. 由此可以看出, 准确地测量和控制温度, 对于新材料的研究与生产, 获得正确的科研数据和保证产品质量都是十分重要的.

本系统由 Pt100 铂电阻检测, 经温度信号放大和数字处理变成统一的标准信号后送给显示仪表, 且将显示值记录下来, 送到控制单元, 在此与温度设定值进行比较, 并进行比例(P), 积分(I)以及微分(D)运算后, 其输出经放大器放大, 推动执行机构, 以脉宽的形式控制执行机构电压的平均值, 从而达到自动控制温度的目的.

## 1 温度控制系统设计

### 1.1 PT 100 输入调整电路

Pt100 输入调整电路如图 1 所示, 其中  $R_7 = R_8 = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_5 = 18.52 \Omega$ . 其电路分析如下: 由于 Pt100 对温度的跟随性具有较大的变化范围(- 200~ 660 °C)和较好的线性, 在这里采用的桥式采样电路, 采样范围设定在 - 200~ 601 °C 之间, 根据 PT100 的资料, 在这个范围内, 它的电阻变化范围在(18.52~ 314.03)  $\Omega$ . 因此, 设计  $R_5$  为 18.52  $\Omega$ ,  $R_6, R_7$  为 2 k $\Omega$ , 使  $V_1 - V_2$  控制在(0~ 0.5) V 之间, 经过运算放大器将信号放大 20 倍, 使得输出在 0~ 10 V 之间变化, 能够满足后级 A/D 采样模拟输入为(0~ 10)V 的处理, 则

$$V_{cc} [ Pt100_{max} / ( Pt100_{max} + R_7 ) - R_5 / ( R_5 + R_6 ) ] = 0.5,$$

代入具体数字得

$$V_{cc} [ 314.03 / ( 314.03 + 2000 ) - 18.52 / ( 18.52 + 2000 ) ] = 0.5,$$

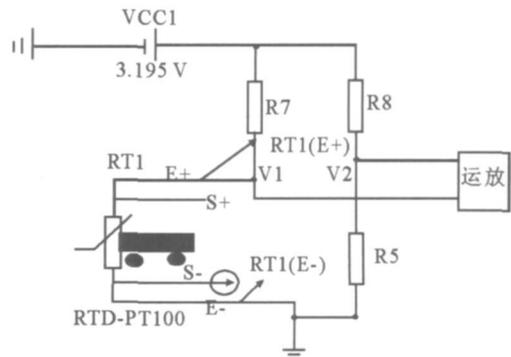


图 1 Pt100 输入调整电路

\* 收稿日期: 2009- 03- 10

作者简介: 王 龙(1976- ), 男, 湖南长沙人, 湘南学院物电系教师, 湖南大学硕士研究生, 主要从事电子系统与专用集成电路研究.

解得  $V_{cc}$  为 3.195 V.

## 1.2 系统整体原理

系统整体设计原理图如图 2, 流程图如图 3. 由传感器感知温度, 通过 A/D 转换器转换为数字信号, 发送至单片机进行数据处理, 控制可控开头闭合或者断开, 从而给加热棒上电或者掉电, 再由传感器感知温度, 重复上述过程, 使温度值保持在用户设定值上下.

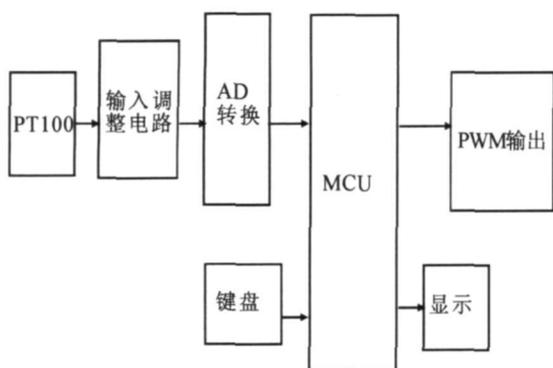


图 2 系统整体原理图

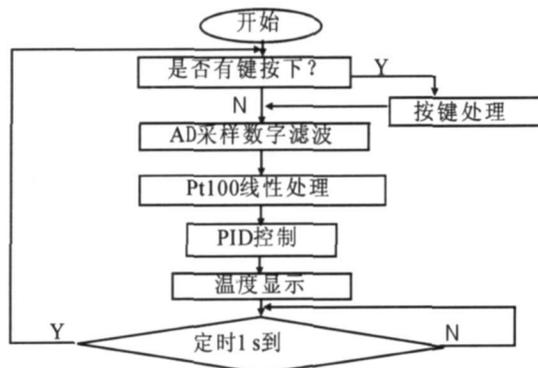


图 3 系统整体流程图

## 1.3 数字滤波模块设计

本系统采用中值平均滤波法, 即“中值滤波法”+“算术平均滤波法”, 连续采样  $N$  个数据, 去掉一个最大值和一个最小值, 然后计算  $N-2$  个数据的算术平均值<sup>[1]</sup>. 其中  $N=18$ , 这样融合了 2 种滤波法的优点, 对于偶然出现的脉冲性干扰, 可消除由于脉冲干扰所引起的采样值偏差. 但测量速度较慢, 比较浪费 RAM. 程序如下:

```
float rubo()
{
    unsigned int k, max, min, temp, temp1;
    // unsigned char temp, temp1
    float d;
    max= 0;
    min= 8191;
    for(k= 0; k< 18; k+ + )
    {
        while(sts);
        temp1= P1;
        temp1= (temp1>>4)&0x0f;
        temp= P3;
        temp= temp<<4;
        temp= temp1temp1;
        max= max>temp?max:temp;
        min= temp>min?min:temp;
        d+= temp;
    }
    return(((d-max-min)/8);
    //return(d);
}
```

在中值滤波中, 将 12 位的 A/D 采样值通过累加 18 次, 去除中间的最大值, 去除中间的最小值, 然后除以 8, 从而提高了 A/D 采样值精度<sup>[2]</sup>.

## 1.4 数据处理模块设计

(1) A/D 采样值-电阻值的转换. 根据电路参数设计要求, 由  $V_{cc} [R_{t1}/(R_d + R_7) - R_5/(R_5 + R_6)] = A/D$  采样值/8191, 可求得  $R_{t1} = (0.006179828377 \times A/D$  采样值 + 18.35) / (0.990825 - (3.089914188 × 10<sup>-6</sup>) × A/D 采样值), 即可得到相应电压所对应的电阻值.

(2) 铂电阻的非线性特性. 利用软件实现铂电阻的非线性校正, 既方便又可以保证很高的精度. 程序如下:

```
float Linearization( float j)//线性化处理
{
    unsigned int g;
    float rt, rt1, t, n, k;
    j= (0.006179828377* j+ 18.35)/(0.990825-
    (3.089914188e- 6)* j);
    rt= j;
    t= (rt- 100)/0.36;
    do{
        rt= j;
        if(rt< 100)
        {
            rt1= 100+ t* (0.390802- 0.0000580195* t-
            0.00000000427351* (t- 100)* t* t);
        }
        else
        {
            rt1= 100+ t* (0.390802- 0.0000580195* t);
        }
    }
}
```

```

}
k= rt1;
rt= j;
n= (rt- rt1)/0.36;
t= t+ n;
rt1= k;
rt= j;
} while((rt- rt1)> 0.005)|| (rt1- rt)> 0.005);
g= t* 10;
return(g);
}
    
```

在线性化过程中笔者采用的是逐次逼近的方法即试凑法, 先算出电阻

$$r_i = (0.006179828377 \times j + 18.35) / (0.990825 - (3.089914188 \times 10^{-6}) \times j),$$

再将其代入 Pt100 的线性与温度的公式:

$$r_{t1} = 100 + t \times (0.390802 - 0.0000580195 \times t - 0.00000000427351 \times (t - 100) \times t)^{[3]},$$

$$r_{t1} = 100 + t \times (0.390802 - 0.0000580195 \times t)^{[1]}.$$

然后求出它的温度偏差  $r_i - r_{t1}$ , 再经过  $t = t + (r_i - r_{t1}) / 0.36$ , 如此累加不断的使温度接近测量值, 直到它的误差小于 0.005, 这样就比较好的实现了 Pt100 的线性化.

### 1.5 PWM 输出模块设计

PWM 输出模块如图 4 所示. PWM 输出模块的作用是产生 0~ 100% 占空比可调的 PWM 波, 用定时器中断实现 0.01 s 的定时, 中断 100 次实现定时 1 s, PID 控制量  $u(k)$  经比例运算后控制在 1 s 中内输出比例不等(0~ 100)宽度的方波, 从而实现自动控制的目的.

## 2 结语

由于采用 Pt100 铂电阻作为测温传感器来获得温度, 采用中值平均滤波, 逐次逼近法使得测量在环境复杂的条件下能获得最佳的精度. 本系统可应用于温度变化较快, 温度精度要求较高, 温度动态范围较宽的情况.

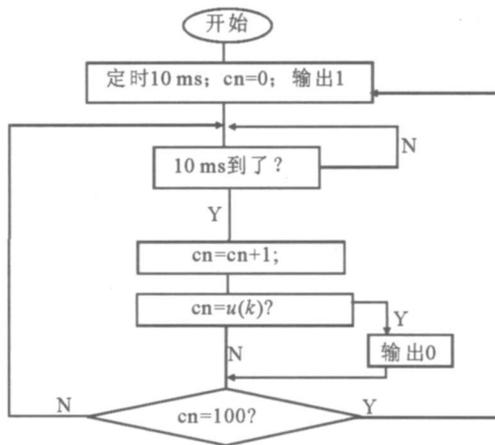


图 4 PWM 输出流程图

### 参考文献:

[1] 施 仁, 刘文江. 自动化仪表与过程控制 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.  
 [2] 卢 木, 魏华胜. 检测与控制工程基础 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.  
 [3] 姜忠良 陈秀云. 温度的测量与控制 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.

# Development of High-Precision Temperature Measurement and Control System Based on Pt100 Platinum Resistance

WANG Long<sup>1,2</sup>

(1. School of Physics and Microelectronics Science, Hunan University, Changsha 410082, China; 2. Department of Physics and Electronic Information Engineering, Xiangnan University, Chenzhou 423000, Hunan China)

**Abstract:** Industrial production at certain temperature conditions will proceed in accordance with the predetermined direction, so temperature control is to ensure normal production process. The author introduces a high precision temperature measurement and control system based on Pt100 platinum Resistance. Pt100 platinum resistance is used as temperature sensor in the system, median value average filtering is used to eliminate the sampling value of the deviation, successive approximation method to eliminate the non-linear of temperature control system, and PID algorithm to control executing agency through the implementation of PWM. Thus, in - 200 ~ 601 °C, 0.1 measurement resolution and ± 0.5 °C control precision are ensured.

**Key words:** PT 100; medium value of the average filter; successive approximation method; PWM

(责任编辑 陈炳权)