

# 基于 PT100 铂热电阻的高精度温度实时监测系统

魏浩迪

(洛阳市第一高级中学高三(2)班 洛阳 471000)

**摘要:**研究如何实现温度的高精度实时测试与监控至关重要。设计实现了一种基于 PT100 铂热电阻的四线制高精度温度测试与监控系统,采用 OP484 集成运放和基准源 TL431 设计恒流源为热电阻提供激励,热电阻产生的输出电压经信号调理放大电路进行放大,再送入 AD 变换器 TLC2574 进行模数转换,同时采用微控制器 ATmega128 通过 RS232 接口芯片 MAX232 接收 PC 上位机发送的控制命令,可以实现温度采集启动与停止、采集周期、精度等的命令控制。该系统消除了热电阻连接导线带来的测量误差,具有采集精度高、人机交互能力强等优点,同时系统电路设计简单实用,性能稳定可靠。

**关键词:**PT100 铂热电阻;测试与监控;信号调理与放大

**中图分类号:** TN79+2 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.4010

## High precision temperature measuring and monitoring system based on PT100

Wei Haodi

(Class 2 Grade 3 in No. 1 Senior Middle School of Luoyang, Luoyang 471000, China)

**Abstract:** How to measure temperature realtime in high precision and monitor temperature has important significance. A four-wire high precision temperature measuring and monitoring system using PT100 was designed. After excited by a constant current source using integrated components OP484 and TL431, the thermal resistor output a voltage signal. After amplification by a signal modulation and amplifying circuit, the signal was converted to digital signal using TLC2574 AD converter. Microcontroller ATmega 128 accepted and interpreted commands from PC through an integrated RS232 interface circuit MAX232, as to control start and stop operation, sampling time, precision of the data acquisition and so on. The system eliminates the measuring error due to connecting wires of the thermal resistor, and has the characteristics of high precision and strong ability of human-computer interaction. The circuit system design is simple, practical, stable and reliable.

**Keywords:** PT100 heat-resistance; measuring and monitoring; signal modulation and amplifying

### 1 引言

温度是表征物体冷热程度的物理量,是工业生产和科学实验中一个非常重要的物理参数,因此研究如何实现温度的高精度实时监测至关重要<sup>[1-5]</sup>。PT100 铂热电阻温度传感器具有精度高、稳定性好的优点,应用温度范围广,是中低温区  $-200\sim 650^{\circ}\text{C}$  最常用的一种温度检测器,广泛应用于电力、化工、军工装备等温度监控系统中<sup>[6-8]</sup>。

目前市面上的大多数温度测试系统大多存在温度测试精度不高、人机交互能力不足、设计成本高等缺点。基于此,本文设计一种基于 PT100 铂热电阻的温度监测系统,可以实现温度的高精度实时测量。

### 2 PT100 铂热电阻

PT100 铂热电阻的阻值随着温度的变化而变化,它的温度可测范围为  $-200\sim 650^{\circ}\text{C}$ ,相应的阻值变化范围为  $15\sim 335\ \Omega$ 。PT100 电阻与温度的函数关系为<sup>[3]</sup>:

$$R_t = \begin{cases} R_0(1 + At + Bt^2 + C(t-100)t^3) & -200 \leq t \leq 0 \\ R_0(1 + At + Bt^2) & 0 < t \leq 850 \end{cases} \quad (1)$$

式中:  $R_t$  为 PT100 在  $t^{\circ}\text{C}$  时电阻值,  $R_0 = 138.5\ \Omega$ , 为 PT100 电阻在  $0^{\circ}\text{C}$  时电阻值,  $A = 3.908\ 3 \times 10^{-3}$ ,  $B = -5.775 \times 10^{-7}$ ,  $C = -4.183 \times 10^{-12}$ 。

由于  $B$ 、 $C$  参数很小,电阻  $R_t$  与温度  $t$  的函数关系可近似为如下线性函数:

$$R_t = R_0(1 + At) \quad (2)$$

根据上式,通过测试 PT100 的电阻  $R_t$ , 就可以求得  $t$ 。

测量电阻的方法就是将电阻接入电源,测试电阻中的电流或电阻端电压,然后采用欧姆定律计算出电阻值。PT100 铂热电阻的阻值测量方式有两线制、三线制和四线制。其中以四线制测量精度最高,该测量方式有两根电源线,两根信号线,电源和信号分开工作,四线制测量可以消除在热电阻连接导线的线阻产生的压降,因此可以达到很高的测量精度<sup>[6,9-10]</sup>。采用四线制测量热电阻需要引入恒流源。四线制测热电阻原理,如图 1 所示

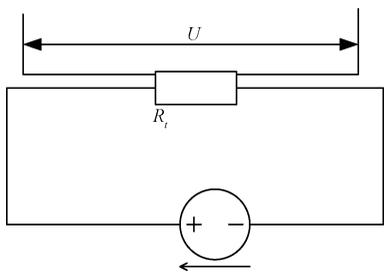


图 1 四线制测热电阻原理

### 3 系统工作原理

温度监控系统的原理框图如图 2 所示。微控制器通过 MAX232 接口芯片接收 PC 上位机发送的控制命令,可以实现温度采集启动与停止、采集周期、精度等的命令控制。由恒流源电路产生 1mA 恒定电路激励 PT100 热电阻,产生的电压经信号调理放大电路进行放大,然后送入 AD 变换器进行模数转换,微控制器接收 AD 变换器的数字输出,并利用式(2)计算出温度值,并将之上传至 PC 上位机。这里微控制器选择 Atmel 公司的高性能 AVR 单片机 Atmega128, AD 变换器选择 TI 公司的 SPI 12 bit 模数变换器 TLC2574。

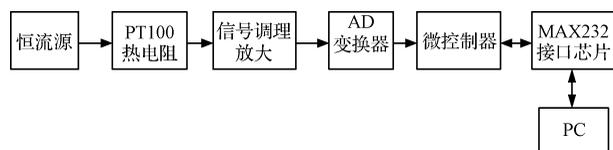


图 2 温度监控系统的原理

### 4 系统设计

下面将详细介绍温度测控系统的硬件设计,主要包括恒电流电路、信号调理放大电路、AD 变换器电路、上位机接口电路。

#### 4.1 恒流源电路

恒流源电路包括基准电压源电路和电压-电流转换电路。基准电压源电路采用 TI 公司的精密可调基准源 TL431,其输出电压基准为 2.5 V,通过  $R_3$ 、 $R_2$  分压网络可获得 +4 V 电压基准,其中  $R_2$ 、 $R_3$  阻值分别为 12 k $\Omega$ 、20 k $\Omega$ ,精度等级为 0.1%。电压-电流转换器选用集成低噪声运放 OP484,该运放具有轨到轨输入与输出特性,单

电源电压范围为 +3~+36 V,双电源电压范围  $\pm 1.5$  V 或  $\pm 18$  V。PT100 热电阻作为运放 OP484 的反馈元件,OP484 反相端的接地电阻  $R_1$  阻值为 4.02 k $\Omega$ ,利用运放的虚断特性,可以得到恒流源,恒定电流值为  $I = \frac{4}{4.04k} = 0.995 \times 10^{-3}$  A,这样,PT100 电阻的端电压为:

$$U = (UM+) - (UM-) = 0.995 \times 10^{-3} R_t \quad (3)$$

由 TL431 构成的基准电压源电路如图 3 所示,由 OP484 构成的电压-电流转换电路如图 4 所示。

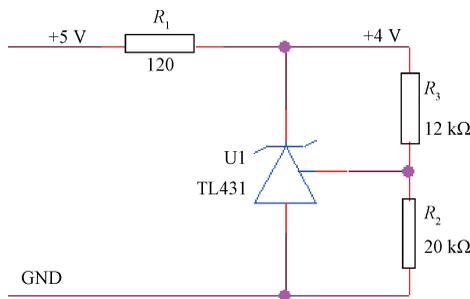


图 3 基准电压源电路

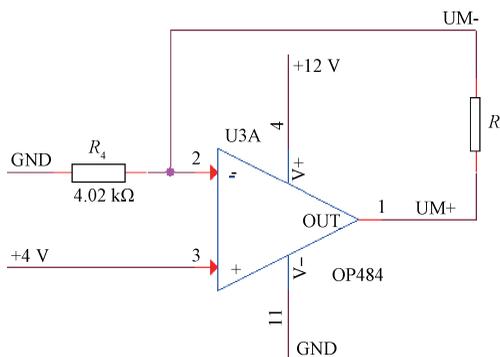


图 4 电压-电流转换电路

#### 4.2 信号调理放大电路

通过式(3),可以得到 PT100 热电阻端电压的最大值约为 0.33 V,而 AD 变换器的输入信号量程为 -10~+10 V,为提高采集温度值的分辨率,因此需要对热电阻的电压信号进行调理放大,才能进行 AD 转换。放大电路仍旧采用集成运放 OP484,电路的放大倍数为 31.125。信号调理放大电路的原理如图 5 所示。

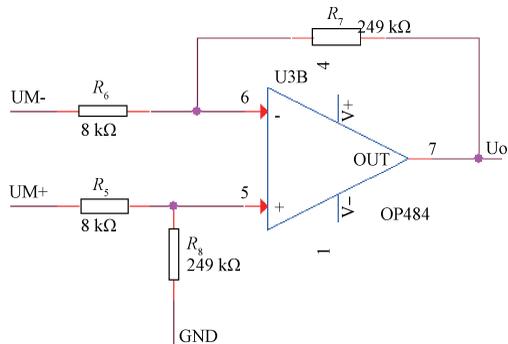


图 5 信号调理放大电路

PT100 电阻端电压经过运放放大后的电压值为：  

$$U_o = 31.125 \times 0.995 \times 10^{-3} R_t = 0.031 R_t \quad (4)$$

### 4.3 AD 变换器电路

AD 变换电路用于将模拟信号转换数字信号，从而便于微控制器进行运算处理。TLC2574 是 TI 公司可编程的 4 通道 12 位 AD 转换器，模拟输入信号量程为  $-10 \sim +10$  V，采样率达 200 kHz，具有与外部控制器高速通信的 SPI 口；其模拟供电为 5 V，数字供电则可选 5 V，与 Atmega128 信号电平兼容，不需外加电平转换电路。微控制器 Atmega 128 与 AD 变换器的接口电路如图 6 所示。

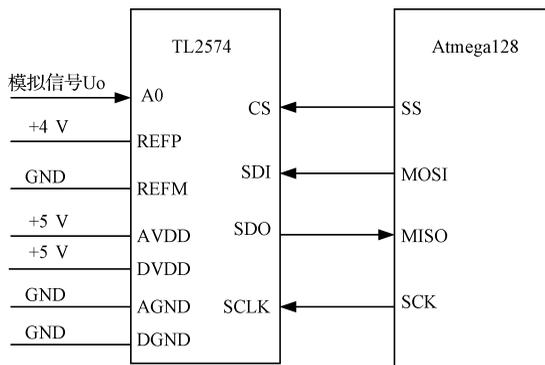


图 6 AD 变换器电路

### 4.4 上位机接口电路

微控制器通过上位机接口电路接收 PC 上位机发送的控制命令，同时将采集到的温度数值上传至 PC 机。上位机接口电路选用 MAX232 接口芯片，MAX232 芯片是 MAXIM 公司专门为 RS232 标准串口设计的电平转换芯片，使用单电源 +5 V 供电，内部包含两组驱动器和接收器，MAX232 对外输出端接 9 针串口。PC 机与微控制器的通信波特率为 19 200 bit/s。上位机接口电路如图 7 所示。

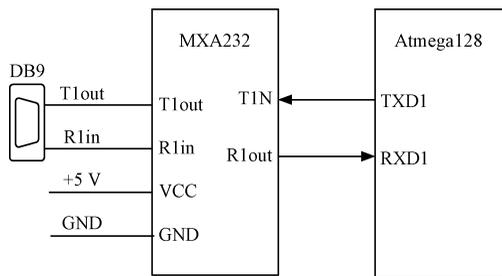


图 7 上位机接口电路

## 5 系统软件

系统软件包括系统初始化程序、定时中断程序，在定时器中断中执行控制命令接收子程序、AD 变换器采集和运算子程序、温度值上传子程序。系统软件程序的执行流程如图 8 所示。

PC 上位机发送给控制器的命令字包含 3 个字节，当

命令字 23~16 bit 为“AA”时，开始进行温度采集；命令字的 15~12 bit 控制 AD 采集的精度，数值可以为 8、9、10、11、12；命令字的 11~0 bit 控制温度值上传的时间，经过多少个定时周期进行温度数据上传；当命令字为“55xxxx”，温度采集动作停止，不再对命令字剩余的字节进行判读。

在 AD 变换器采集和运算子程序中，将采集到的 AD 变换器值按照下面的式子计算温度值：

$$t = \frac{1}{A} \left( \frac{N - 2048}{10 \times 0.031 \times R_0} - 1 \right) \quad (5)$$

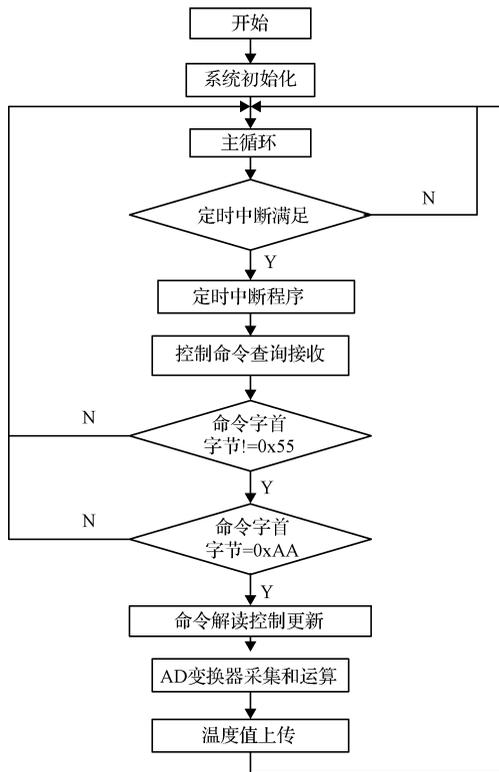


图 8 系统程序软件执行流程

## 6 结论

本文介绍了采用四线制 PT100 高精度温度测试系统，并完成相应系统采集与控制软件的设计。该设计方案与市面上的温度测试系统相比，消除了热电阻连接导线带来的测量误差，系统控制灵活，可实现温度的高精度采集和实时监控，同时可以根据指令实现温度采集启动与停止、采集周期、精度等的命令控制。另外，系统电路设计简单实用，具有设计成本低、性能稳定可靠等优点。

### 参考文献

- [1] 王超, 唐浩, 黄林. 基于 PT100 型铂热电阻的温度测量和控制系统[J]. 仪表技术, 2013(2): 28-34.
- [2] 谭林. 基于单片机的温度监控系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2009, 28(4): 50-52. (下转第 73 页)