

[文章编号] 1671—8178(2008)03—0104—03

# NTC热敏电阻的温度测量技术及线性电路

彭俊珍,林凤华

(湖北职业技术学院 机电工程学院,湖北 孝感 432000)

[摘要] 文章从 NTC热敏电阻的性能参数出发,对 NTC热敏电阻温度测量技术、接口电路、输入标定的应用进行了分析。

[关键词] 热敏电阻传感器;性能参数;温度曲线;接口电路;耗散常数;标定

[中图分类号] TP212.9

[文献标识码] A

在工农业生产和日常生活中,很多工艺都要依靠温度来实现,温度是经常需要测试的参数,检测温度的器件是温度传感器,温度传感器是应用系统与现实世界的纽带,其种类最多,应用最广,发展最快。

## 1 热敏电阻传感器

热敏电阻传感器是对温度敏感的电阻器的总称,是半导体测温元件。按温度系数分为负温度系数热敏电阻(NTC)和正温度系数热敏电阻(PTC)两大类。NTC热敏电阻以 MF为其型号,PTC热敏电阻以 MZ为其型号<sup>[1]</sup>。

负温度系数热敏电阻大多是由 Mn(锰)、Ni(镍)、Co(钴)、Fe(铁)、Cu(铜)等金属氧化物经过烧结而成的半导体材料制成,具有很高的灵敏度和良好的性能,被大量作为温度传感器使用。

## 2 NTC负温度系数热敏电阻传感器

### 2.1 性能参数

NTC负温度系数热敏电阻传感器是温度下降时它的电阻值会升高。在所有被动式温度传感器中,热敏电阻的灵敏度(即温度每变化 1 时电阻的变化)最高,但热敏电阻的电阻-温度曲线是非线性的。

表 1.1 中数据是对 Vishay - Dale热敏电阻系列测得的 NTC热敏电阻器性能参数。

表 1.1:

| Temp ( ) | R <sub>T</sub> | R <sub>T</sub> /R <sub>25</sub> |
|----------|----------------|---------------------------------|
| - 20     | 72.8           | 7.28                            |
| - 10     | 44.6k          | 4.46                            |
| 0        | 28.1k          | 2.81                            |
| 10       | 18.2k          | 1.82                            |
| 25       | 10k            | 1                               |
| 30       | 8.276          | 0.8276                          |
| 40       | 6.406k         | 0.6406                          |
| 50       | 5.758k         | 0.5758                          |
| 60       | 4.086k         | 0.4086                          |
| 70       | 2.954k         | 0.2954                          |
| 80       | 2.172          | 0.2172                          |
| 90       | 1.622          | 0.1622                          |
| 100      | 1.229k         | 0.1229                          |

从数据可以看出:25 时阻值为 10K 的电阻,在 0 时电阻为 28.1K,60 时电阻为 4.086K。与此类似,25 时电阻为 5K 的热敏电阻在 0 时电阻则为 14.050K。其中电阻值以一个比率形式给出 (R<sub>T</sub> /R<sub>25</sub>),该比率表示当前温度下的阻值与 25 时的阻值之比,通常同一系列的热敏电阻器具有类似的特性和相同电阻-温度曲线<sup>[2]</sup>。

[收稿日期] 2008 - 08 - 25

[作者简介] 彭俊珍(1965 - ),女,湖北孝感人,湖北职业技术学院机电工程学院副教授,主要研究电子技术应用。

## 2.2 温度曲线

图 1是按表 1.1数据作出的热敏电阻的温度曲线,可以看到电阻 温度曲线是非线性的。虽然这里的热敏电阻数据以 10 为增量,但有些热敏电阻可以以 5 甚至 1 为增量。

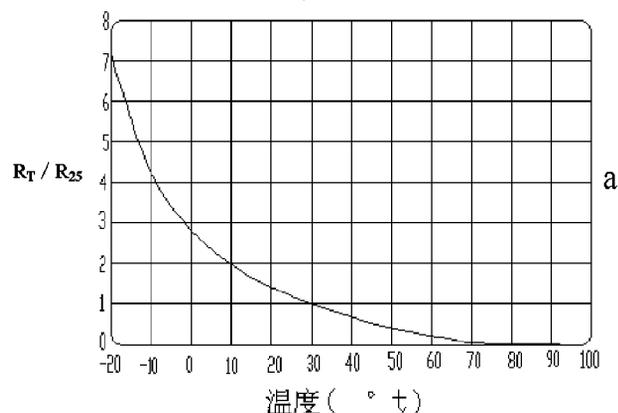


图 1 NTC热敏电阻的温度曲线

如果想要知道两点之间某一温度下的阻值,可以用这个曲线来估计,也可以直接计算出电阻值,计算公式如下:

$$\frac{R_T}{R_{25}} = \exp\left(A + \frac{B}{T} + \frac{C}{T^2} + \frac{D}{T^3}\right) \quad (1)$$

这里 T指开氏绝对温度,A、B、C、D是常数,根据热敏电阻的特性而各有不同,这些参数由热敏电阻的制造商提供<sup>[2]</sup>。

热敏电阻一般有一个误差范围,用来规定样品之间的一致性。根据使用的材料不同,误差值通常在 1%至 10%之间。有些热敏电阻设计成应用时可以互换,用于不能进行现场调节的场合,例如一台仪器,用户或现场工程师只能更换热敏电阻而无法进行校准,这种热敏电阻比普通的精度要高很多,价格也要贵得多。

## 3 利用电阻器对热敏电阻传感器进行线性化的接口电路

具有高增益的运算放大器,加上负反馈构成的线性电路,其闭环增益和传输特性以及它的输入、输出阻抗基本上取决于外部的反馈元件,因此,使用运算放大器进行线性信号的处理是非常方便的。实际中常用运算放大器构成反相放大电路和同相放大电路作为测量温度的接口电路,如图 2为热敏电阻传感器运用同相放大电路进行温度测量的接口电路,该接口电路利用电阻器对热敏电阻传感器进行线性

化,接口电路有电压模式和电阻模式。二者的作用都是实现线性化。图 2用固定电阻器 R<sub>1</sub>就可以实现线性化,称为电压模式<sup>[3]</sup>。

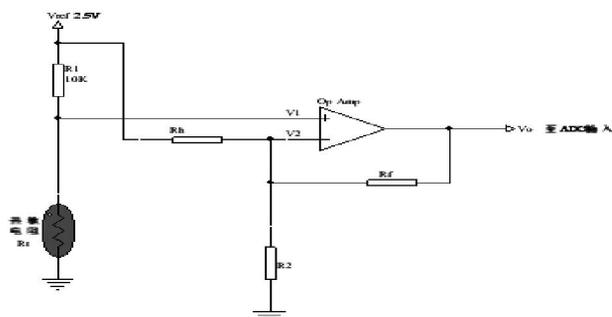


图 2热敏电阻传感器的测温接口电路

电阻 R<sub>1</sub>将热敏电阻的电压拉升到参考电压,一般它与 ADC的参考电压一致,因此如果 ADC的参考电压是 5V,V<sub>ref</sub>也将是 5V。热敏电阻和电阻串联产生分压,其阻值变化使得节点处的电压 V<sub>1</sub>也产生变化,该电路的精度取决于热敏电阻和电阻的误差以及参考电压的精度。

$$V_1 = \frac{R_T}{R_T + R_1} V_{ref} \quad (2)$$

## 4 热敏电阻的输入标定

### 4.1 自热问题

由于热敏电阻是一个电阻,电流流过它时会产生一定的热量,热敏电阻消耗的能量对温度的影响用耗散常数来表示,它指将热敏电阻温度变化 1 所耗散的功率。耗散常数与热敏电阻的结构、形状以及所处介质的种类、状态等有关<sup>[4]</sup>。

因此设计测温接口电路时应确保拉升电阻足够大,拉升电阻的阻值必须进行计算,以限定整个测量温度范围内的自热功耗,防止热敏电阻自热过度导致系统产生测量误差。一般系统所允许的自热量及限流电阻大小由测量精度决定,测量精度为 ±5 的测量系统比精度为 ±1 测量系统可承受的热敏电阻自热要大。给定出电阻值以后,由于热敏电阻阻值变化,耗散功率在不同温度下也有所不同。

拉升电阻 R<sub>1</sub>的值由使用温度和热敏电阻传感器的特性决定,可以用下式计算出来<sup>[3]</sup>,即:

$$R_1 = \frac{2R_{TL} \cdot R_{TH} - R_{TM} (R_{TL} + R_{TH})}{2R_{TM} - (R_{TL} + R_{TH})} \quad (3)$$

式中 R<sub>TL</sub>是热敏电阻传感器在使用温度下限时的电阻值,R<sub>TH</sub>是热敏电阻传感器在使用温度上限时

的电阻值,  $R_{TM}$ 是热敏电阻传感器在使用温度范围的中间值时的电阻值。

#### 4.2 热敏电阻的输入标定

标定的目的不是检测热敏电阻传感器的电阻值,而是知道当时的温度值,因此必须确定热敏电阻的电阻值和检测温度的关系。标定的方法:公式计算确定电阻和温度关系的表格,这样得到的表格在实际使用中效果并不好,原因是热敏电阻的电阻值和温度的关系与理论公式有差异。完全依靠实际标定。利用可调式恒温装置进行实际标定:从低温端到高温端,每隔 1~5 标定 1 个点,从而得到比较完整的温度与电阻关系表格。用这种方法得到的表格在实际使用中精度比较高,因为这个表格完全反映了真实情况。这种方法的缺点是:必须采用可调恒温设备进行标定,对测试设备要求比较高,否则,数据的精度没有保证。实际标定与公式计算相结合<sup>[5]</sup>。

为了获得合适的温度分辨率,我们对热敏电阻的输入采用实验标定,图 2 是一个将 10~40 温度范围扩展到 ADC 整个 0~5V 输入区间的电路<sup>[4]</sup>。其运算放大器输出公式如下:

$$V_0 = V_1 \left( 1 + \frac{R_f}{R_1} + \frac{R_f}{R_h} \right) - \frac{V_f R_f}{R_h} \quad (4)$$

由于热敏电阻的实际特性与理论特性有差异,在测温系统中先测量每一个温度对应的电压值,依据实验数据,进行线性回归处理后,按误差规律修正,再进行实际标定,绘制电压随温度线性变化的图表,图表的精度具体是以 1 为增量还是以 5 为增量,要根据具体应用来定,图表可与热敏电阻随温度作非线性变化曲线的线性段(10~40)对应<sup>[4]</sup>。标定实验对于测试系统是一个不可缺少的重要环

节,有了实验数据我们才能进行热敏电阻的输入标

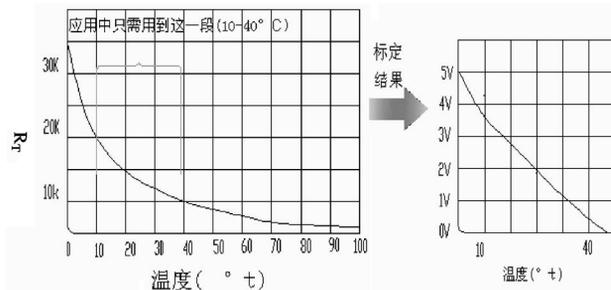


图 3 热敏电阻输入标定

定如图 3。

#### 5 结论

NTC热敏电阻传感器是与被测介质接触测量应用系统温度的一种负温度系数测温传感器,是近年来出现的一种新型半导体测温元件,其温度的测量技术和接口电路的研究对于组建测温系统和实现温度自动控制和保护具有重要意义。

#### [参考文献]

- [1] 张存礼,周乐挺. 传感器原理与应用 [M]. 北京:北京师范大学出版社,2005: 129 - 130.
- [2] Stuart Ball. 常用温度测量技术及其接口电路 [DB/OL]. <http://hi.baidu.com/ouway/blog/item/dc015266538cf326aa184cfd.html> /2008 - 08 - 10.
- [3] (日)松井邦彦著. 梁瑞林译. 传感器应用技巧 141 例 [M]. 北京:科学出版社,2006: 57 - 76.
- [4] 王化祥,张淑英. 传感器原理及应用 [M]. 天津:天津大学出版社,2002: 150 - 159.
- [5] 周航慈,李跃忠. 模拟比较器的应用(四) [DB/OL]. <http://hi.baidu.com/szcgq/blog/item/e6c6a0af17ca2ccf7dd92a6f.html> /2008 - 08 - 10.

(责任编辑:蔡红斌)

## NTC Thermistance Temperature Measurement Technology and Linear Circuit

PENG Jun - zhen L IN Feng - hua

(Mechanical and Electrical Engineering Department, Hubei Polytechnic Institute, Xiaogan, Hubei 432000)

**Abstract:** Based on the performance parameters of the NTC thermistance, the author analyzes the NTC thermistance temperature measurement technology, interface circuit, the application of input calibration

**Key Words:** Thermistance Sensor; Performance Parameters; Temperature Curve; Interface Circuit; Dissipation Constant; Calibration