

热敏电阻温度传感器的设计与调试

在生产、实验、生活中，我们常需要进行温度测量。在众多的测温仪器中，由热敏电阻为测温元件构成的测温仪器具有体积小、灵敏度高、测温范围广、稳定性好、过载大等优点。因此得到广泛使用。

热敏电阻的构成材料一般有半导体、金属、合金三类，其中半导体材料根据其阻值与温度的关系，可分为正电阻温度系数材料和负电阻温度系数材料。顾名思义，正电阻温度系数材料的阻值会随着温度的升高而升高，负电阻温度系数材料则反之。

本实验中，我们将用负温度系数的半导体热敏电阻组装电路，通过计算、设置电路参数，使电路达到工作状态，并进行实际测温。

实验目的：

- 1、测定负温度系数热敏电阻的“电阻~温度”特性，并利用直线拟合的数据处理方法求热敏电阻的材料常数。
- 2、了解以热敏电阻为测温元件的温度传感器的电路结构。
- 3、了解电路参数的设计原则，并具体设计温度传感器的电路参数。
- 4、学习运用电子线路知识分析温度传感器“电压~温度”特性的基本方法。

实验原理：

本实验中采用的负温度系数热敏电阻，其阻值~温度的关系可用下面的公式表达：

$$R_t = R_{25} \exp[B_n \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right)]$$

其中 R_{25} 和 R_t 分别表示环境温度为25°C和t°C时热敏电阻的阻值； $T=273+t$ ； B_n 为热敏电阻的材料常数，其大小随制做热敏电阻时选用的材料而异，但对于某一确定的热敏电阻而言，其材料常数 B_n 是确定的，它可根据实验中测得的“电阻~温度”曲线的实验数据用最小二乘法求得。

本实验中采用的测温电路结构如下图：

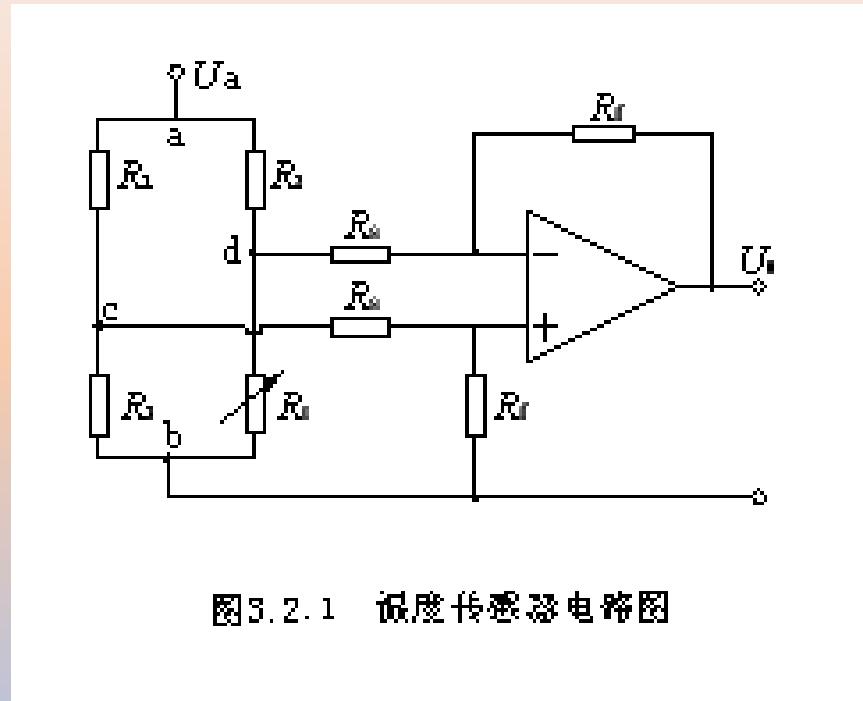


图3.2.1 温度传感器电路图

该电路可分为两部分：左侧电路由 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_t 构成一个单臂电桥，实验中负责测温，并将阻值~温度关系转换为电压~温度关系；右侧电路由 R_s 、 R_f 和差分运算放大器组成，负责对电压~温度曲线进行线性优化。

本实验中，我们将测温范围选定为25°C~65°C。据此把R₁、R₂和R₃的阻值均设置为R₂₅，当R_t也处于25 °C时，单臂电桥处于平衡状态，c、d两端点间电压降为零；对于右侧电路，此时无输入电压，输出电压U₀自然为零。

当R_t在25°C~65°C内发生变化时，单臂电桥平衡被打破，c、d两端点间电压降不为零；右侧电路有输入电压，输出电压U₀(t)由下式表示：

$$U_0(t) = \frac{R_f}{R_s + R_{s1}(t)} \left[\frac{R_{s1}(t) + R_s + R_f}{R_{s2} + R_s + R_f} E_{s2} - E_{s1}(t) \right]$$

利用迭代法合理选取R_s和R_f的数值，对U₀(t)~温度关系进行优化，最终得到线性表达：

$$U_0(t) = (t - 25) * 50 \text{ (mV)}$$

实验操作：

1、测定热敏电阻的“电阻~温度”特性：

用加热搅拌器将水加热至60°C左右，用降温法测量阻值~温度的数据，阻值由万用表测量，温度由温度计读出。温度要求为整数，按黑板表格填写完毕后，用计算机程序求出 B_n 、 R_{25} 、 R_{45} 、 R_{25} 的理论值。

继续利用程序求出 R_s 、 R_f 的理论值。

2、电路参数设置：

关闭电源、所有开关断路的状态下，设定 R_1 、 R_2 、 R_3 为 R_{25} 理论值，设置 R_s 、 R_f 为计算出的理论值；

打开电源、所有开关闭合后，设置 U_a 为3V。

3、仪器调试：

(1) 零点校准：电阻箱设为 R_{25} 的理论值，接入 R_t 的位置。电路通路时， U_0 应为零，若不为零说明电桥的初始状态不平衡，调节 R_3 使 U_0 归零。

(2) 量程校准：电阻箱设为 R_{65} 的理论值，接入 R_t 的位置。电路通路时， $U_0(t)$ 应为2V，若不为2V，调节 U_a 、使 $U_0(t)$ 达到满量程。

4、温度测量：

将热敏电阻接入 R_t ，在 $25^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$ 区间内，用降温法测量至少3组电压~温度的数据。电压 $U_0(t)$ 由万用表读取，温度由温度计获得。用 $U_0(t)$ 计算出温度和与温度计得到的温度进行比较。