

· 研究简报 ·

复合测温传感器非线性校正技术讨论

夏桂娟 林乃坦

(天津大学分校, 天津, 300193)

复合测温传感器是利用接触和非接触复合测温技术研制成功的一种新型测温传感器, 它兼有接触式测温的直接、准确的特点, 又有非接触式测温的耐腐蚀和耐高温、高压的优点, 可延长传感器的使用寿命, 降低消耗、降低成本。

但该传感器的输出特性曲线, 呈非线性关系, 见图1. 因此必须对电信号进行线性校正, 以提高测量精度。

1 工作原理

根据接触非接触复合测温传感器的特点, 我们采用了用单片机实现非线性校正的方法。

线性化电路原理框图如图2所示。传感器输出的毫伏信号, 经过模拟开关 CD4052 切换到运算放大器 OP07DP, 进行放大。其放大倍数由模拟开关 CD4052 决定, 而模拟开关的动作则由 89C51 单片计算机控制。单片计算机决定当前的放大倍数和输入信号的测量与自动校零信号的测量。由运算放大器输出信号经

MC14433 模数转换后, 由单片计算机取得相应的数字量。当单片计算机取得传感器输出信号的数字量和自动校零信号的数字量后, 经过自动稳零的计算, 再根据运算放大器已知的放大倍数, 单片计算机就可以准确计算出传感器输出的毫伏信号。根据这个信号, 再由计算机计算出相应的温度值, 经线性校正后由 LED 数码管显示。考虑到线性化后的信号要进一步传送给调节器、记录仪或计算机系统, 设计了输入/输出光电隔离的 0~10 mA 或 4~20 mA 的标准信号输出。

由于接触非接触复合测温传感器在低温段(700~900℃)输出的毫伏数特别小, 如果选用单一的放大倍数, 则低温段的 A/D 变换的数字量也很小, 这样经单片计算机计算出

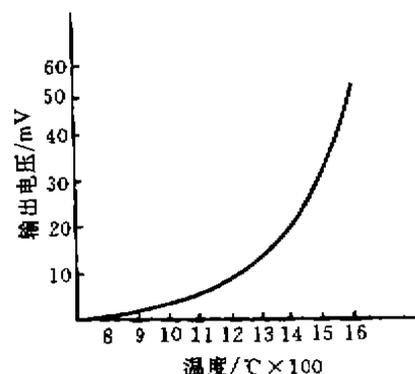


图1 输出电压-温度特性曲线

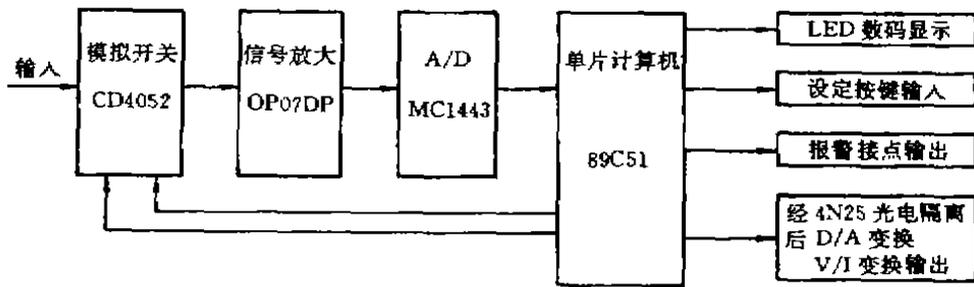


图2 原理框图

来的温度跳变间隔就很大,有时会超过设计要求,所以我们设计了根据传感器输出毫伏数的大小,自动切换运算放大器的放大倍数,以提高仪表的测量精度。

2 非线性校正技术

单片计算机采用 89C51,其内部有 4K 的 E²PROM,128 字节 RAM,32 根 I/O,根据工业生产的实际需要,我们选用了 3 位半的 A/D 转换器 MC14433,它是双积分方式,有很强的抗干扰能力。

从电路原理图可以看出,当 CD4052 的 BA=00 状态时,运算放大器 OP07DP 的输出信号的放大倍数为 K_1 ,输入信号为 0 mV 的电压值,用于放大倍数为 K_1 的自动调零计算。当 CD4052 的 BA=01 状态时,运算放大器 OP07DP 的输出信号放大倍数为 K_1 ,输入信号为传感器的信号的电压值。当 CD4052 的 BA=10 时,运算放大器 OP07DP 的输出信号放大倍数则为 K_2 ($K_2 > K_1$),输入信号为 0 mV 的电压值,用于放大倍数为 K_2 的自动调零计算。当 CD4052 的 BA=11 时,运算放大器 OP07DP 的输出信号放大倍数 K_2 ($K_2 > K_1$,用于 700~900℃ 的低温段),输入信号为传感器的信号的电压值。

至于 CD4052 的 BA 控制信号为何值?是由 89C51 单片机根据程序流程来确定的。从而满足接触非接触复合测温传感器非线性校正的电路要求。

程序框图如图 3 所示,采用 MCS-51 单片机汇编语言编制。

由于接触非接触复合测温传感器是国家非标准传感器,我们用实验的方法,每隔一段温度测试一个传感器的输出毫伏信号值。在大量实验的基础上,我们采用基于最小二乘法的多项式拟合法,得到 $E=f(T)$,如图 1 所示。为简化单片机计算并提高仪表显示精度,所以采用对图 1 这条曲线进行分段线性化,同时考虑到工业自动化仪表对测量精度的要求,我们确定传感器的指示相对误差

$$\Delta E\% = \left| \frac{f(T) - E_x}{E_x} \right| \times 100\%$$

按 $\Delta E\% < \epsilon$ 作为我们的设计条件, ϵ 要根据仪表显示精度和 $f(T)$ 曲线的拟合精度综合考虑,一般要至少高于仪表显示精度一个等级。

分段原则,第一步,先确定 (E_1, T_1) , (E_2, T_2) , 求出两点的直线方程,得

$$E_{x1} = E_1 + \frac{E_2 - E_1}{t_2 - t_1} (T_{x1} - T_1) \quad (1)$$

式中: T_1, T_2 为已知被测温度 (C); E_1, E_2 为 T_1, T_2 所对应毫伏值 (mV); T_{x1} 为 T_1, T_2 之间任一温度 (C); E_{x1} —— T_{x1} 所对应毫伏值 (mV).

根据误差 $\Delta E\% < \varepsilon$ 的原则, 将曲线分成若干段, 首先以 (E_1, T_1) 为起点, 即曲线的起始点, 选择适当的 T_2 , 就可查出 E_2 , 这样在 E_1 和 E_2 之间取得第一条直线方程

$$T_{x1} = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{E_2 - E_1} (E_{x1} - E_1) \quad (2)$$

第二步, 以 (E_2, T_2) 为起点, 选择适当的 T_3 , 查出 E_3 , 则可取得第二条直线方程. 以此类推, 可得出任意点的温度所对应的毫伏数值的直线方程. 如图 4 所示.

$$T_{x1} = T_i + \frac{T_{i+1} - T_i}{E_{i+1} - E_i} (E_{x1} - E_i) \quad (3)$$

这样就可以取得若干条直线方程. 设:

$$R_i = \frac{T_{i+1} - T_i}{E_{i+1} - E_i}, \quad b_i = T_i - \frac{T_{i+1} - T_i}{E_{i+1} - E_i} E_i$$

则式(3)可简化为

$$T_{x1} = R_i E_{x1} + b_i \quad (4)$$

由上式可以看出, R_i 和 b_i 都是预先确定的值, 可先储存于单片机的程序存储器 EPROM 内. 对单片机而言, 根据 MC14433 的 A/D 转换的数字量, 求取对应的毫伏数 E_{x1} . 毫伏数 E_{x1} 与 A/D 转换的关系为

$$E_{x1} = \frac{A/D \text{ 转换的数字量}}{2000} \times V_{ref} / (K \times 1000) \quad (\text{mV})$$

式中: V_{ref} 为 MC14433 A/D 转换器的基准电压 (V); K 为信号放大器的放大倍数.

由 E_{x1} 的大小, 查表确定当前运算的直线方程, 最后计算出实际的温度值.

3 结论

- (1) 按此方法设计的仪表, 通过测试, 线性化的精度完全满足要求;
- (2) 这种非线性校正法的电路结构简单, 精度高, 可靠性好, 仪表功能完善;
- (3) 这一方法比较理想, 可广泛应用于各种非线性传感器的线性化处理.

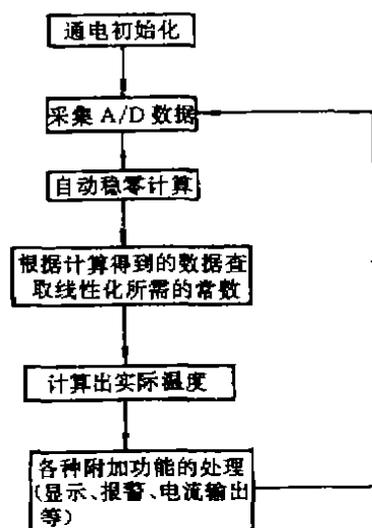


图 3 程序框图

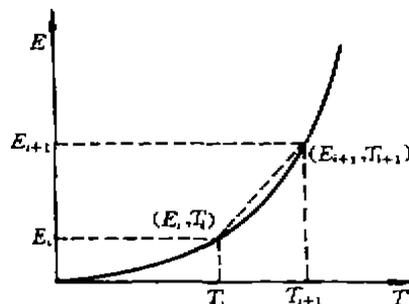


图 4 线性化分段的曲线

参考文献

- 1 田社平. 仪表技术, 1993; (2): 22~24
- 2 冯玉出. 仪表技术, 1995; (6): 12~14
- 3 方捷. 用 EPROM 实现湿敏传感器的湿度线性化和温度补偿. 电子世界合订本, 1993; 88~89
- 4 涂时亮等. 单片微机软件设计技术. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1988; 223~254