

应用篇一

应用线路举例

MPX2000 系列传感器具有芯片内温度补偿网络,且体积小、价格低,可广泛用于对多种过程进行控制。例如,自来水厂利用 MPX 系列压力传感器制作的水头损失测量仪可准确测量过滤池中滤前混水与滤后清水的水位差值;利用 MPX 系列压力传感器制作的压力变送器精度高,稳定性好,可测量较小的压力,下面介绍几个具体应用线路供参考,实际元件的选择需根据具体要求决定。

1. 液压传感线路

反相输出液压传感线路(图 1-1)。当压力为零时,输出 4V;满量程压力时输出 0V。此线路为任何类型液位监控的理想线路。

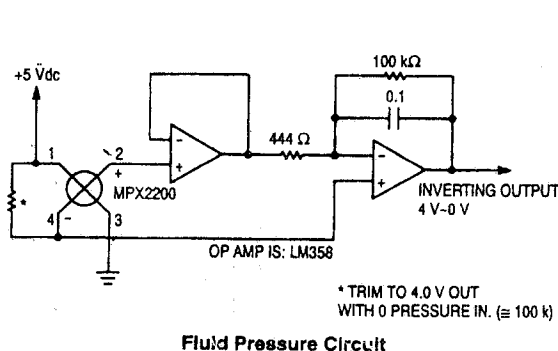


图 1-1 液压传感线路

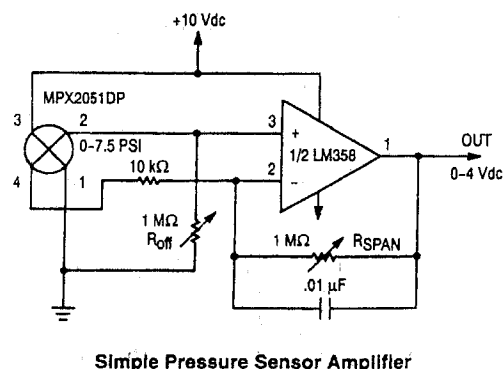


图 1-2 简单压力传感器调理器

2. 简单压力传感器调理器(图 1-2)

采用单运放线路,满量程压力下输出 4V。线路输出与电源电压成正比。当电源为 5V 时,满量程输出为 2V。在精度要求为 $\pm 3\%$ 时,此线路是很好的低成本通用线路。在 $0 \sim 85^\circ\text{C}$ 范围内,精度也修整到 $\pm 1.5\%$ 。建议 R_{off} 和 R_{span} 用多圈电位器。

3. 便携式压力计(图 1-3)

线路利用数字电压表(DVM)为显示装置,可制做便携式气压计和液压计。如使用高级放大器,并用精密稳压器替代齐纳二极管,可提高线路精度。

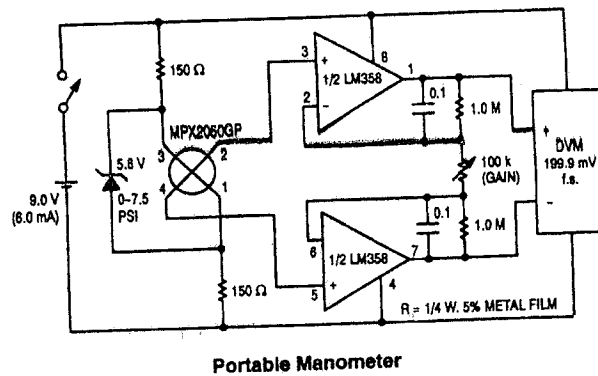


图 1-3 便携式压力计

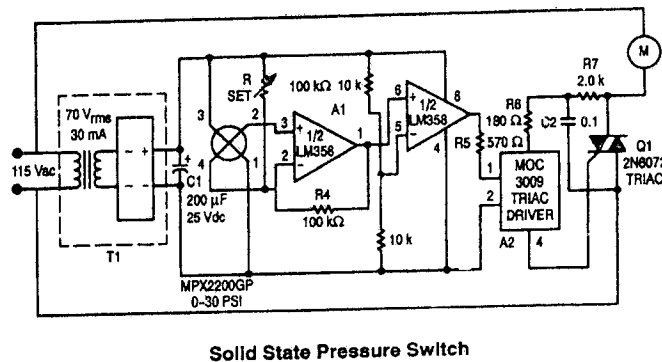


图 1-4 固态压力开关

4. 固态压力开关(图 1-4)

低成本定点压力开关,用于电动机控制。此线路可用于控制压缩机,水泵电动机。进行液位控制时,可用于控制加热器。

5. 微处理机接口电路(图 1-5)

线路采用 5V 直流电源,精度适中,最大输出对地为 4.5V,可用于对 A/D 转换器输入。用金属膜电阻和 LM318 运放可善线路的温度特性。

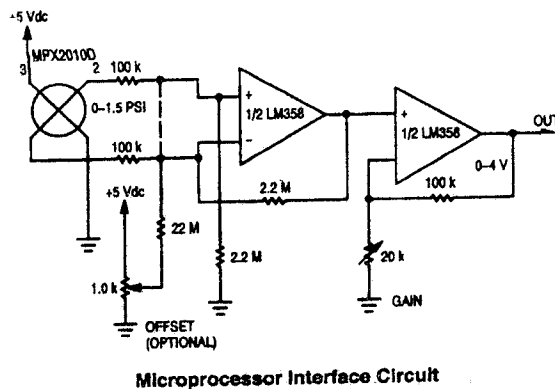


图 1-5 微处理机接口电路

应用篇二

摩托罗拉压力传感器的补偿

对摩托罗拉压力传感器实施正确的温度补偿和非线性补偿,对提高系统的性能具有重要意义。本章将分别介绍 X-ducer 型压力传感器的温度补偿方法和 MPX10 系列压力传感器的非线性补偿方法。

9.1 摩托罗拉 X-ducer 型压力传感器件 的温度补偿方法(AN840)

2.1 引言

X-ducer 型压力传感器是一种半导体器件,其输出电压与所受压力成正比。这种器件应用独特的横向电压分布半导体应变材料,对作用于硅膜片上的压力非常敏感。

由于这种应变材料的是硅膜片上的一个完整的整体,所以它是虽与硅有不同的热力学膨胀系数,但并不会产生影响压力测试结果的温度效应,因此它在粘结型应变材料压力传感器中极为常见。但是应变材料本身都是与温度有关的,如果要使传感器适用于很宽的温度范围,就需要对其进行温度补偿。本节就温度补偿问题一些简单的讨论,并介绍一些常用的补偿方法。

需要说明的是:这里讨论的温度补偿方法并不是 X-ducer 型压力传感器唯一的补偿方法,它们只是相对简便易行罢了,如精度的要求是百分之几的话,这些方法也已足够了。而这些方法适用于所有 X-ducer 型压力传感器系列,而不必再对照说明书一点点分析这些同系列传感器补偿方法间的不同。

2.2 温度特性

图 2-1 所示为 MPX100D 的典型工作曲线。其他压力范围的这种产品也有相似的特性曲线。从图中可见,器件的输出电压与应用的环境温度有关,正是这种因温度不同而产生特性差异的原因,才提出了温度补偿的要求。

温度变化对传感器造成影响的主要方面有:① 满量程输出,即指在传感器承受零压力到承受最大压力输出电压的变化量;② 零点偏移,即指传感器在不受压力时的输出量(差压还是绝压决定于传感器的类型)。

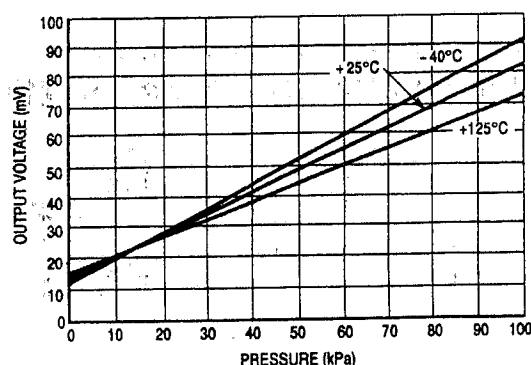


图 2-1 MPX100D 输出电压与所受压力
之关系(3.0V 电源供电)

温度对这种特性的影响可由两个温度系数描述；其一方满量程输出温度系数，其数值定义为： $[(+125^{\circ}\text{C}$ 时的满量程输出值) - $(-40^{\circ}\text{C}$ 时的满量程输出值)]/ 25°C 时的满量程输出值，或表述为：连接 -40°C 和 $+125^{\circ}\text{C}$ 满量程输出值，并被 25°C 满量程输出值归一化所成直线的斜率；其二为零点偏差温度系数，其数值定义为： $[(+125^{\circ}\text{C}$ 时的零点偏差值) - $(-40^{\circ}\text{C}$ 时的零点偏差值)]/ 25°C 时的零点偏差值，也可再表述为：连接 -40°C 和 $+125^{\circ}\text{C}$ 零点差值所直线的斜率。为了对传感器进行全面正确的温度补偿，则必须对满量程输出和零点偏差两方面均实施补偿。

2.3 满量程输出的温度补偿

由图 2-1 可见，X-ducer 压力传感器输出电压的幅度随温度升高而降低，其典型的温度系数为 $-0.19\%/^{\circ}\text{C}$ 。这种温度依赖性所应用的分布应变材料性质有关。影响温度系数的主要因素是片电阻和分布应变材料的连接深度。

由于在任意固定压力下，X-ducer 压力传感器的输出电压与所加的激励电压成比例，故最常用的满量程输出补偿方法就是随温度的升高而增大励电压。用这种方法恰好能补偿因温度升高而导致输出电压降低的问题。图 2-2 所示为 MPX100D 压力传感器在 $-40 \sim +100^{\circ}\text{C}$ 温度范围满量程输出所需温度补偿的典型激励电压实测曲线，可见其线性度是相当好的。因此，由图可知，用升高激励电压从而补偿满量程输出使其温度系数为 $+2102\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 。对于大多数用户来说，其关心的并不是传感器的精度能达到小数点后的多少位，而是所使用的传感器所补指定的温度系数的应用范围有多宽。

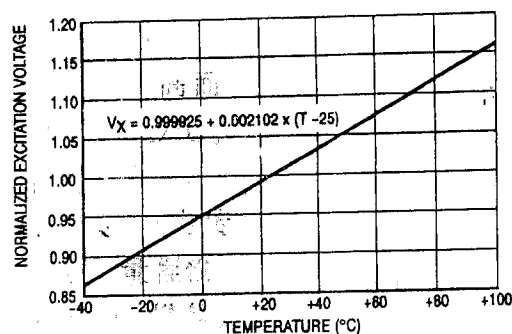


图 2-2 归一化的激励电压与温度的关系
(固定的满量程输出)

满量程输出补偿时产生与温度有关的激励电压的方法有多种。其中最为简单和直接的方法是

利用应变材料自身的热敏电阻特性。图 2-3 所示为 $-40 \sim +100^{\circ}\text{C}$ 用于图 2-2 中传感输入电阻的变化情况。由图中可见： $R_x = 1.001750 + 0.002405 \times (T - 25) + 0.000006 \times (T - 25)^2$ ，即传感器输入电阻的温度系数 (TCR) 随温度的升高而增大，电阻温度系数 (TCR) 在 25°C 为 $2405\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ ，这与 TCR 规定的典型值 $0.24\%/^{\circ}\text{C}$ 相符。

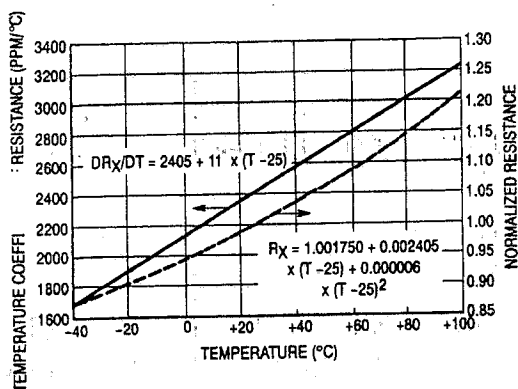


图 2-3 归一化电阻和电阻温度系数与温度的关系

为了理解 X-ducer 压力传感器器件中电阻的温度变化如何用于器件满量程输出的温度补偿，我们可以考虑这样一种假设，前提是：①输入电阻与温度成线性关系；② TCR(输入电阻的温度系数) 等于 $2102\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 。在这种特定的条件下，若用一恒流源为激励，那么在应变材料上出现的激励电压 V_x 将恰好与图 2-2 中给出的满量程输出补偿电压相符。这种满量程输出温度补

偿方法称为“温度自补偿”。在温度自补偿方法的具体实现中会遇到一些问题,且有一点是显而易见的,即输入电阻的温度系数(TCR)与满量程输出温度系数必须大小相同,符号相反。在实际应用中,这种理想状况是很难达到的。

鉴于这种原因,X-ducer 压力传感器被有意识地设计成:器件的电阻温度系数(TCR)的绝对值大于满量程范围温度系数的绝对值。在这种情况下,传感器的电阻温度系数可以通过外加与 X-ducer 传感器并串联的无源电阻元件予以校正。这些无源电阻元件的作用是减包括自己在内的 X-ducer 型压力传感器网络的电阻温度系数。如果 X-ducer 传感的电阻温度系数(TCR)大于最佳温度自补偿所需的值,则实际的电阻温度系数将补降低到能实现温度自补偿的水平上。这里描述的满量程输出温度补偿方法均用到这种近似,心以获得温度自补偿。

2.4 温度自补偿

正如上一部分所述的那样,为了使 X-ducer 型压力传感器实现温度自补偿,必须在 X-ducer 所在的网络中附加无源电阻以使器件的电阻温度系数等于温度自补所要求的值。这样的网络有多形式,其中最简单的是:①电阻元件与 X-ducer 并联;②电阻元与 X-ducer 串联。这里,我们只考虑这样两种简单情况。如将要看到的一样,这两种网络都可以提供极佳的温度补偿效果。

对于理想的满量输出温度补偿来说,激励电压 $V_x(T)$ 必须满足图 2-2 中所示的 V_x-T 曲线关系,因此,激励电压的形式须为

$$V_x(T) = V_{xh}(T) \quad (2-1)$$

这里

$$h(T) = 0.999925 + 0.002102 \times (T - 25) \quad (2-2)$$

为了达到这一目的,我们应将一无源电阻元件与 X-ducer 压力传感器并联或串联。X-ducer 压力传感器的电阻表达式 $R(T)$ 为:

$$R(T) = R_g(T)$$

这里 $g(T)$ 是一个特定义的温度函数。具体定义需根据电阻元件是以并联形式还是以串联形式与 X-ducer 相连,激励电压的温度变化也必须与(2-1)式相等。

我们知道,X-ducer 的阻抗可用下式表达:

$$R_x(T) = R_{xr}(T)$$

这里

$$f(T) = 1.001750 - 0.002405 \times (T - 25) + 0.00006 \times (T - 25)^2 \quad (2-5)$$

这样,对串联的电阻元件,函数 $g(T)$ 可表示为:

$$g(T) = (R_x/R)f(T)[(1 + R/R_x)/h(T) - 1] \quad (2-6)$$

同样,对并联的电阻元件,函数 $g(T)$ 可表示为

$$g(T) = h(t)f(T)/[(1 + R/R_x)f(T) - (R/R_x)/h(T)] \quad (2-7)$$

图 2-4 和图 2-5 所示为 $-40 \sim +100^\circ\text{C}$ 时,串联补偿和并联补偿的函数曲线 $g(T)$ 。 R/R_x 为用于补偿的电阻元件与 X-ducer 传感器输入电阻之比。由于不同的技术被用于得到其所需的温度补偿效果, $g(T)$,我们将分别讨论并联补偿和串联补偿特性曲线的意义。

2.5 满量程输出的并联电阻补偿

满量程输出的并联电阻补偿要求其激励源为恒流源。若激励源为恒压源的话,则并联的电

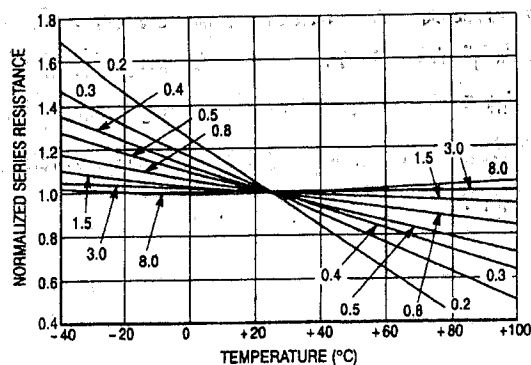


图 2-1 理想温度补偿的归一化串联电阻与温度的关系(不同的 R/R_x 比值)

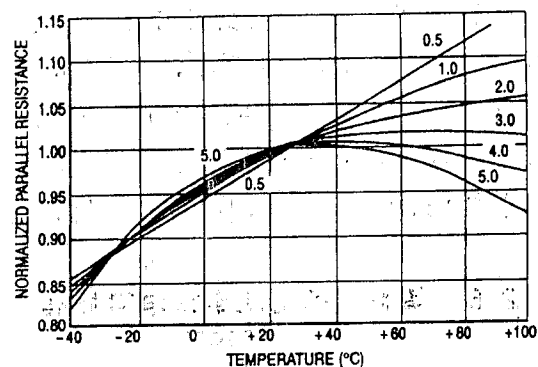


图 2-5 理想温度补偿的归一化并联电阻与温度的关系(不同的 R/R_x 比值)

阻不再具有温度补偿的功能。若用恒流源供电,并联补偿应用很简单的电路就能达到很好的效果。由图 2-5 可见,对所有 $R = R_x$ 的情况,并联电阻需有较大的正温度系数(TCR)。在任何 R/R_x 比值的 TCR。图 2-6 所示为满量程输出理想补偿时并联电阻的 TCR 与 R/R_x 的示的 TCR 即为并联电阻所要求的 TCR 值,为了同时满足并联电阻阻值和 TCR 值,有时还要再并联上一个零 TCR 值的线性化电阻,需注意的这样线性化电阻会进一步减小整个并联网络的 TCR 值,故要注意它的限度。

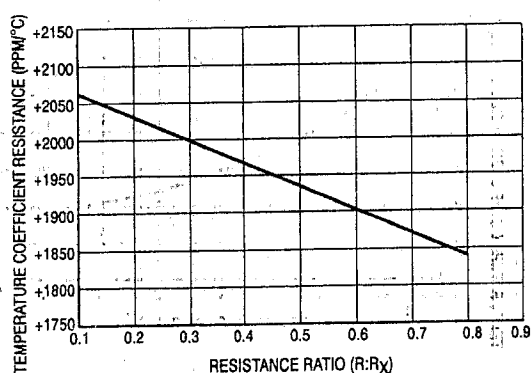


图 2-5 理想温度补偿并联电阻的温度系数与电阻比值(R/R_x)的关系

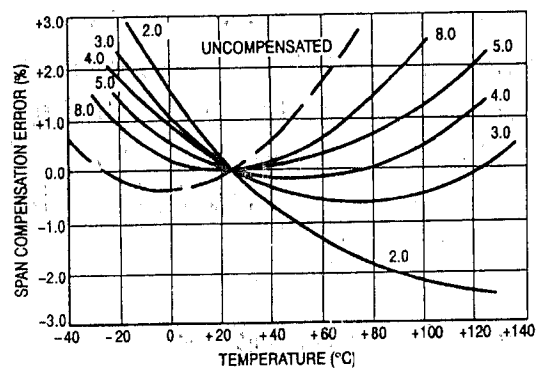


图 2-7 满量程输出补偿误差与温度的关系(不同的 R/R_x 比值。采用零 TCR 补偿电阻)

图 2-5 所示,在室温条件下, R/R_x 为 3~4 左右时,并联补偿电阻可用一零 TCR 电阻代替,这是一种既实用又简单有效的方法。图 2-7 为应用零 TCR 电阻为补偿电阻时的补偿偏差曲线(补偏差由实际激励电压与图 2-2 中理想补偿激励电压偏差的百分比决定)。从图中可看出。 R/R_x 在

3.0~4.0 之间, 0~120℃时, 零 TCR 并联补偿电阻的补偿偏差小于 1.0%, 但其低温段补偿偏差较大, 因此这种补偿方法适用于对低温段补偿偏差要求不严的情况。由图 2-7 还可看出, 对于未加补偿的 X-ducer 传感器, 其在低温段有很好的温度自补偿。它与并联电阻补偿相同, 也需恒流源供电。

并联电阻补偿方法, 线路简单, 效果良好, 但也有其局限。X-ducer 的输入阻抗很低 (400~500Ω 之间), 其低输入阻抗虽有利于减小噪声干扰, 但为了达到 3.0V 或更高激励电压, 需引入很大电流才行。另外, 如果所提供的电压最大值有限的话 (如 5V), 当 X-ducer 的阻抗随温度升高时, 会发生电流源产生的电流不足以产生所需激励电压的现象。故在电流输出或电压输出有限的电源作为激励时, 尤其在高温下, 并联电阻补偿法是不值得提倡的。

2.6 满量程输出的串联电阻补偿

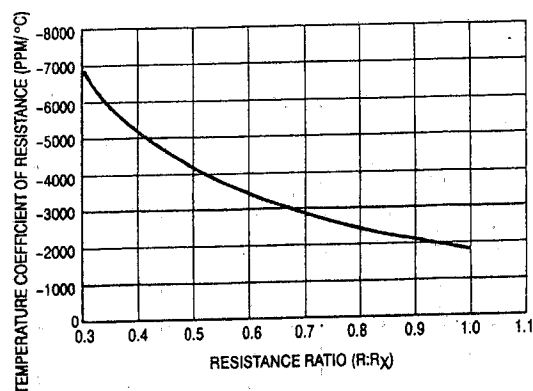
假设串联电阻补偿使用电压源供电。若其传感器的激励电压为 $V_x(T)$, 则传感器与串联补偿电路便构成了分压网络, 尽管这种串联补偿技术比并联补偿复杂, 但它可提供更高的精度和更宽的温度范围。其所以复杂的主要原因是, 对于大多数 R/R_x 值, 串联电阻的 TCR 值必须为负, 如力 2-4 所示。

串联电阻补偿有一个最简单的情况, 在室温下, $R/R_x \approx 3$ 时, 应用零 TCR 串联电阻就可实现很好的补偿。事实上, 采用零 TCR 电阻串联补偿, 其产生的补偿误差与图 2-7 所示的用零 TCR 电阻并联补偿所产生的补偿误差类似。然而, 串联电阻补偿时, 激励电压会因串联电阻的分压作用而变小, 因此需要足够大的电源激励以补偿电阻的分压。

为了减小由补偿而使用串联电阻与 X-ducer 传感器电阻之比值 R/R_x 尽可能的小。然而, 正如图 2-4 所示的那样, 随着电阻比值 R/R_x 的不断减小, 串联电阻的电阻温度系数 TCR 将会负向增长, 当 R/R_x 小于等于 0.8 时, 串联电阻所需的电阻温度系数 TCR 近似为一常数, 这是因为如力 2-4 所示的曲线簇中, 当 $R/R_x \leq 0.1$ 的特性曲线经最小均方线性回归分析后得到的。

2.7 零位偏差电压的温度补偿

X-ducer 采用横向电压压阻应变材料的主要原因之一是它具有一个可提供电信号的单向散布的阻性元件, 而不象传统压敏传感器以惠斯登 (Wheatstone) 电桥作为敏感元件。横向电压压阻应变材料可以与分布的电阻有不同的阻抗或电阻温度系数。因此零位偏差电压和零压力温度系数只与传感器在制造的光刻分辨率有关, 而这种光刻技术现今的半导体工业水平可做到很高的精确度。



电阻比值 (R/R_x)

图 2-8 理想温度补偿串联电阻的温度系数与电阻比值 (R/R_x) 的关系

实际上, X - ducer 的零位偏差电压和零压力温度系数是很好控制的。在激励电压为 3.0V 时, 典型的零位偏差电压为 0 ~ 20mV, 零压力温度系数的范围大致为 $\pm 15\text{mV}/^\circ\text{C}$ 。其两者都是变化的。所以, 在温度范围要求较宽, 并且补偿精度也要求较高的情况下, 必须考虑对零位偏差和满量程输出均实施温度补偿。

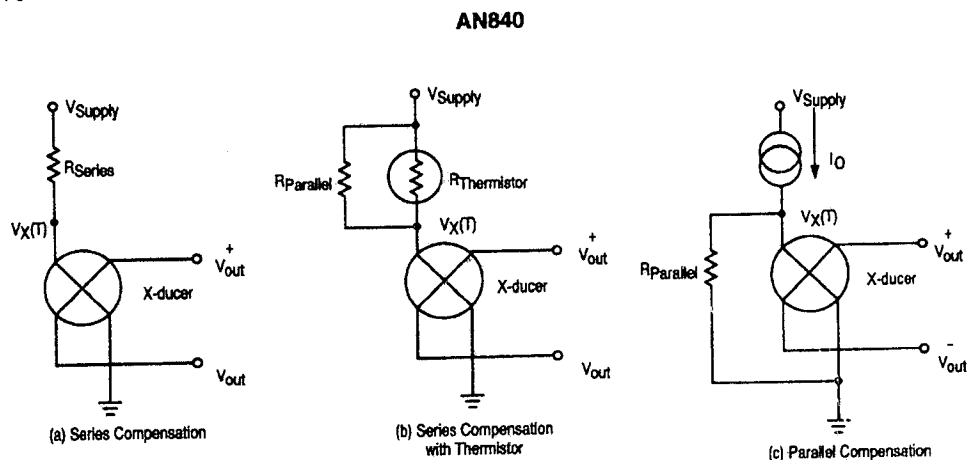


Figure 16. Schematic for Span Temperature Compensation Methods

(a) 串联补偿

(b) 热敏电阻的串联补偿

(c) 并联补偿

图 2-9 采用满量程输出温度补偿方法的电路图

即使在零压力温度系数的值很小以致能够接受的情况下, 由于其他原因进行零压力温度补偿也是必要的。下面让我们来看一下图 2-9 所示电路用上面介绍过的满量程输出温度补偿方法是如何实施补偿的。

图 2-9 所示的方法其原理是一致的: 即引入一随温度升高而增大的激励电压 $V_X(T)$, 用以补偿 X - ducer 因温度各项高而减小的满量程输出。而且, 零位偏差电压与 X - ducer 的激励电压成比例(也象满量程输出的情况)。这样, 满量程输出温度补偿过程实际上是引入一个温度与偏差电压有关的正温度系数元件。

采用把满量程输出补偿网络变为如图 2-10 所示的平衡情况可使这个问题得以简化。在这个便子中, X - ducer 的补偿网络分为上、下两部分, 这样使得 X - ducer 输出的共模电压在整个温度范围内为一常数。但是, 由于 X - ducer 的输出电压较小, 往往需要后级放大, 而放大的同时又引入相关电路的温度系数, 如放大器的偏差电压的温度系数。出于这点考虑, X - ducer 的零位偏差电压补偿应从整个电路系统考虑, 而不单单是 X - ducer 本身。

对系统的偏差电压产施补偿, 其量简单的方法还是利用激励电压 $V_X(T)$ 。图 2-11 为通常用于对满量程输出和零位偏差电压同时实施温度补偿的电路图。所补偿的零位偏差电压温度系数是正还是负取决于 OA_2 的 $V_X(T)$ 输入端是接 $+T_c$ 还是接 $-T_{co}$ 本电路十分简单, OA_1 为缓冲放大器,

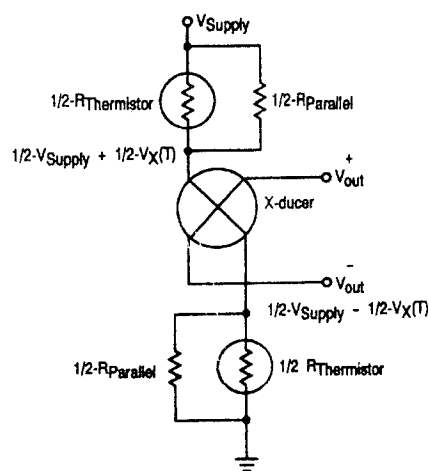


Figure 17. Balanced Series Span Compensation Using Two Thermistor:Resistor Parallel Networks

2-10 采用两个热敏电阻
与电阻并联的平衡式
满量程输出补偿

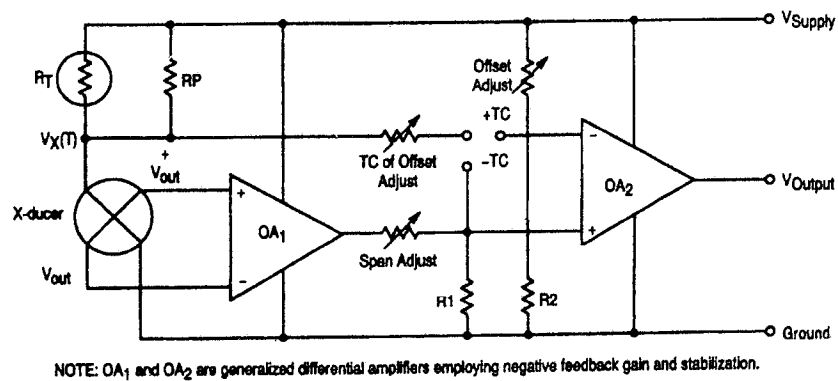


图 2 - 11 一般 X - ducer 传感器的满量程输出和零点偏差温度补偿电路

起放大 X - ducer 输出电压和减小输出负载的作用（这点对输出阻抗为 $1.0k\Omega$ 数量级的 X - ducer 很重要）OA₂ 为求和放大器，通过它可调节满量程输出电和零点偏差电压，从而实现零点偏差电压的补偿。通常，信号的放大主要由 OA₁ 完成。在信号放大的同时，偏差电压也被同时放大，故这个偏差电压需在 OA₂ 处于以校正。OA₂ 仅提供足够的增益以使其满量程输出及零点偏差通过适当调整以满足要求。由于放大器将自身的偏差电压的温度系数以及其他高次干扰电压同时放大了，故这些问题是不能被线性温度电压 $V_x(T)$ 所补偿的。

欢迎索取免费详细资料、设计选型指南和光盘、样品；产品繁多未能尽录，欢迎来电查询。

中国传感器科技信息网：[HTTP://WWW.SENSOR-IC.COM/](http://WWW.SENSOR-IC.COM/)

工控安防网：[HTTP://WWW.PC-PS.NET/](http://WWW.PC-PS.NET/)

消费电子专用电路网：[HTTP://WWW.SUNSTARE.COM/](http://WWW.SUNSTARE.COM/)

E-MAIL：xjr5@163.com szss20@163.com

MSN：suns8888@hotmail.com

QQ: 195847376

地址：深圳市福田区福华路福庆街鸿图大厦 1602 室

电话：0755-83376549 83376489 83387030 83387016

传真：0755-83376182 83338339 邮编：518033 手机：(0)13902971329

深圳展销部：深圳华强北路赛格电子市场 2583 号 TEL/FAX：
0755-83665529 25059422

北京分公司：北京海淀区知春路 132 号中发电子大厦 3097 号

TEL：010-81159046 82615020 13501189838 FAX：010-82613476

上海分公司：上海市北京东路 668 号上海赛格电子市场 2B35 号

TEL：021-28311762 56703037 13701955389 FAX：021-56703037

西安分公司：西安高新开发区 20 所(中国电子科技集团导航技术研究所)
西安劳动南路 88 号电子商城二楼 D23 号

TEL：029-81022619 13072977981 FAX:029-88789382

成都：TEL:(0)13717066236

技术支持：0755-83394033 13501568376