

在远程检测应用中使用AD590温度传感器

作者: Paul Klonowski

简介

AD590是一款两端集成电路温度传感器，其输出与绝对温度成比例。在+4 V至+30 V电源电压范围内，该器件可充当一个供电1 $\mu\text{A}/\text{K}$ 的高阻抗、恒流源。片内薄膜电阻经过激光调整，可用于校准器件，使该器件在298.2K (+25°C)时输出298.2 μA 电流。

AD590的典型应用是远程温度-电流传感器。图1显示测量-55°C至+100°C温度的温度计电路，其输出电压为100 mV/°C。由于AD590测量绝对温度（其额定输出为1 $\mu\text{A}/\text{K}$ ），输出必须偏移273.2 μA ，以便读出摄氏度。AD590的输出电流流经1 k Ω 电阻，产生1 mV/K的电压。AD580 2.5 V基准电压输出被电阻分压以提供273.2 mV偏移，AD524仪表放大器将其从1 k Ω 电阻的电压中减去。该放大器提供100倍的增益，因此，对应于-55°C至+100°C的输出范围为-5.5 V至+10 V (100 mV/°C)。运算放大器可以代替仪表放大器，但由于两个输入端的增益会有所不同，因此必须精心设计运算放大器。

问题

客户在远程温度-电流应用中使用AD590时，经常向ADI应用工程师提出的一个问题是：“我可以做多长的电缆，如何消除电缆接收的所有噪声？”我们使用图1电路和1000英尺初始不接地的屏蔽双绞线（Belden 9461，型号2092）进行了试验，力图为回答这个问题提供一些指导。为了模拟实际情况，试验是在工业环境中进行的。

噪声类型

在数据采集系统中有三种基本的固有噪声。第一种是发射的噪声：与原始信号同时接收的噪声，并与原始信号难以区分。第二种是固有噪声：电路中使用的器件（如电阻、运算放大器等）内产生的噪声。这一类别包括约翰逊噪声、散粒噪声和“爆米花”噪声。第三种是感应噪声：从外界接收到并耦合到电路中的噪声。本应用笔记讨论减少感应噪声的方法，感应噪声是唯一受布线和屏蔽选择影响的噪声形式。

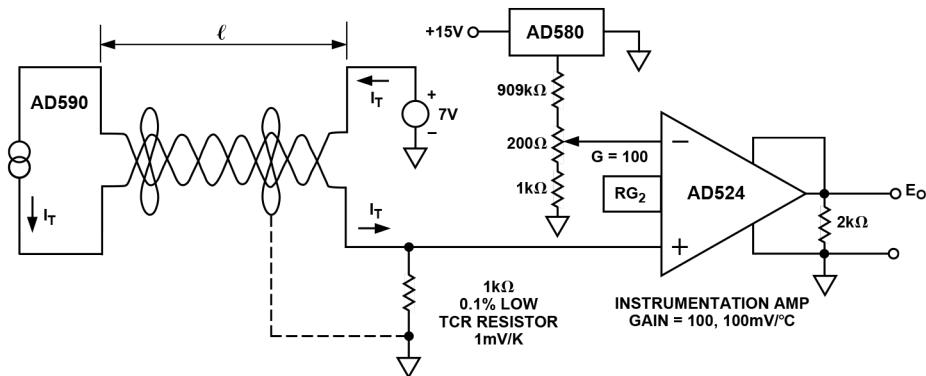


图1. 温度计电路

噪声系数

所有噪声问题都涉及三个要素。第一个要素是噪声源。可能的噪声源包括AM无线电信号、逻辑信号、磁场和电源线瞬变。第二个要素是耦合介质。即噪声源如何进入电路？可能的耦合介质包括公共电路阻抗（图2）、杂散电容（图3）和互感（图4）。以下是各要素的简短说明。

公共阻抗噪声是由数个电路共有的阻抗引起的。如图2所示，这种情况可能发生于脉冲输出源和运算放大器基准端子均连接到同一“接地”点的情况，且该点与电源端子间有明显阻抗。电路1的噪声返回电流将在公共阻抗Z两端产生电压 V_{NOISE} ，该电压对电路2表现为噪声信号。可能解决此问题的解决方案包括正确的配电电路，以及使用隔离变压器和光学隔离器。

电容耦合噪声由杂散电容产生，杂散电容将电压变化噪声源耦合成高阻抗电路，如图3所示。阻抗Z的性质决定响应波形。减少电容耦合噪声的方法包括减少噪声源、正确实施屏蔽体和减少杂散电容。

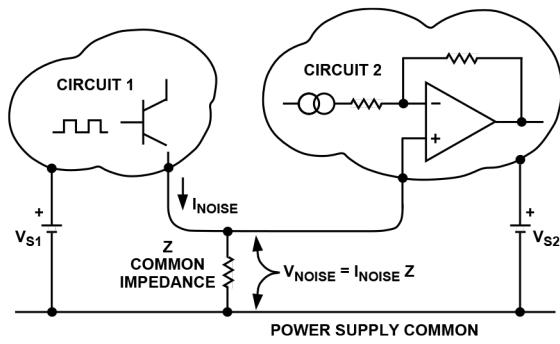


图2. 公共阻抗噪声

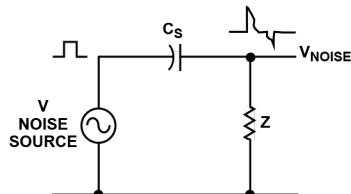


图3. 杂散电容噪声

磁耦合噪声是由互感产生的，例如，可能发生在未正确屏蔽的电缆中，如图4所示。图4是这个未正确屏蔽的电缆的简单模型，其中L_S表示屏蔽体的电感，L_C表示其中一根芯线的电感，L_M表示两者之间的互感。噪声电流I(t)经过L_S并建立一个磁通量；这种时变通量也包围着L_C，并产生与流经L_C的电流I(t)的时间变化率成比例的电压V_{NOISE(t)}。此电压可表示为

$$V_{NOISE(t)} = LM \frac{dI(t)}{dt}$$

任何噪声问题涉及的第三个要素都是接收器，或是易受噪声影响的电路。要解决噪声问题*，务必了解三个要素（噪声源、耦合介质和接收器）各自的作用。本实验确定了噪声源为60 Hz拾取噪声和AM无线电信号，耦合介质为杂散电容，接收器为AD524。

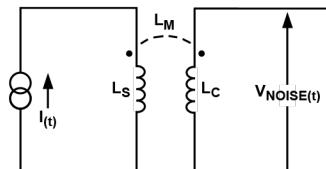
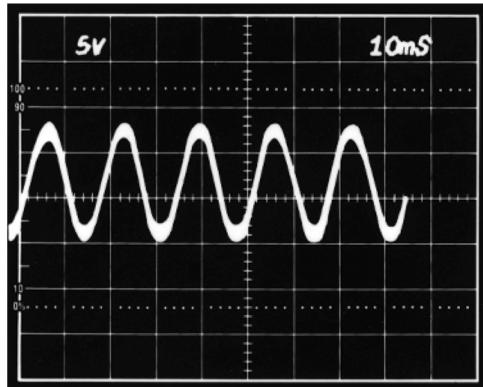


图4. 互感噪声

初始噪声影响

图5中的照片显示了图1中屏蔽体未接地时远程AD590在30°C下的电路的输出。理想情况下，输出应为3 V (100 mV/°C)直流信号。然而，电场产生的60 Hz信号已通过电缆的杂散电容以电容方式耦合到电路中，然后以100倍的增益放大。但是，请注意，这60 Hz信号被直流信号抵消；当用直流电压表测量AD524的输出电压时，读数为3.0 V。这是因为电压表读取AD590的直流信号值和60 Hz正弦波噪声信号的平均值，而正弦波的平均值为零。本质上，尽管有干扰信号，平均值仍是正确的。所有测量值的准确性都通过RTD测量系统验证；测试中的AD590与RTD充分接触。

*Alan Rich写了一篇文章讨论这一主题，“Understanding Interference-Type Noise”，可在Analog Devices Databook的第20节找到。

图5. 屏蔽体未接地时的 E_o (图1)

屏蔽

屏蔽是消除静电噪声的一种有效方法。外部电位所产生的电荷无法存在于封闭导体面之内。屏蔽体实际上是一个封闭导体面，它包围着电缆内的双绞线。

要发挥屏蔽体的作用，应将其连接到所有被屏蔽电路的参考电位上。如果信号接大地，则屏蔽体也应接大地（见图6）。参考电位和屏蔽导体之间不应存在电压。

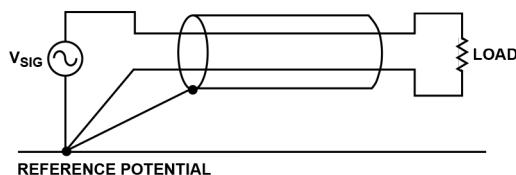


图6. 正确屏蔽的电缆

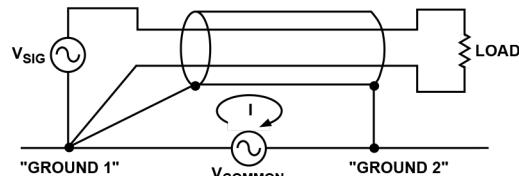
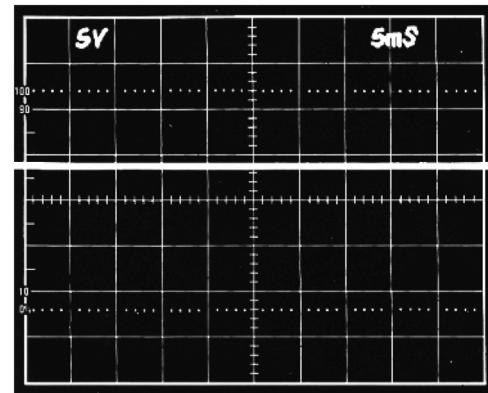


图7. 错误屏蔽的电缆

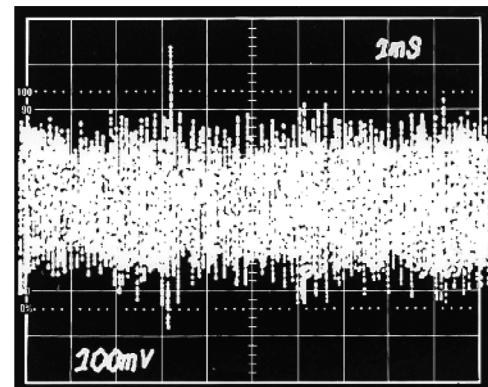
仅应将屏蔽体的一端“接地”。将屏蔽体的两端“接地”将产生一个屏蔽电流，该电流等于两个“接地”的电势之差除以屏蔽体的串联电阻（见图7）。如前所述，屏蔽体和导体之间的互感会将该噪声电流以串联电压 V_{NOISE} 的形式耦合到导体中。

图8. 屏蔽接地时的 E_o

虽然60 Hz的信号噪声已经消除，但在图8中仍然可以看到电压峰值。图9是AD524输出的另一个视图，其中耦合了一定范围内的交流噪声，并增加了信号幅度，该图显示高频噪声仍然被电缆拾取。图10是馈入AD524同相终端的信号的视图，该图显示被拾取的噪声实际上是一个AM无线电信号。

RF噪声

RF噪声是电场和磁场或电磁场的组合。这种电磁场延伸到导体之间的空间之外。也就是说，电磁场和RF能量由导体“操纵”。

图9. E_o 的RF噪声

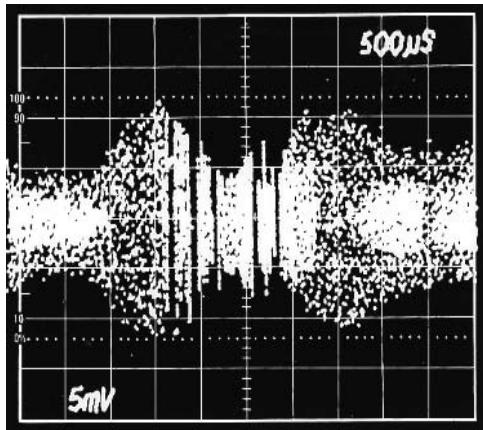


图10. AD524 + 输入端RF噪声

当系统中存在阻抗失配或不连续时，RF能量进入系统，并反映在系统中。这包括信号运行结束时的不连续；在AD590电缆末端和AD524电缆末端。为了消除这些不连续性，需要用RF屏蔽整个电路系统，也许可以使用导管和金属盒屏蔽。然而，在大多数情况下，这是相当不切实际的。

通常，对于大多数系统来说，在相关敏感点使用无源元件提供RF滤波就足够了。需要注意的是，这个滤波器可能不会消除RF能量，而可能只是反射能量并重新导向该影响。稍后将讨论确保外部电路不受RF噪声影响的电路拓扑结构。

旁路电容

旁路电容可用于将一些高频噪声电流引到地面。图11是一个简单的示意图，显示了旁路电容的作用。记住电容 X_C 的电抗 $= 1/2 \pi fC$ ，并假定最小无线电载波频率为550 kHz，使用 $0.33 \mu F$ 电容，噪声电流的阻抗为：

$$X_C = 1/2 \pi (550 \times 10^3)(0.33 \times 10^{-6}) = 0.88 \Omega$$

当然，AD590供应的直流电不会受到旁路电容的影响，将继续流入 $1 k\Omega$ 电阻。只会影响高频噪声电流。图12是AD524同相终端的信号视图，显示在屏蔽体仍然接地的情况下将 $0.33 \mu F$ 电容并联在 $1 k\Omega$ “负载”电阻上的结果。图13是具有 $0.33 \mu F$ 电容并联的AD524的输出信号视图。比较图10和12，图9和13。旁路电容将噪声级降低了5倍以上。

在这种情况下，无线电载波频率是550 kHz。即使外部电路的带宽小于RF噪声的带宽，也务必不要忽略RF噪声。较大的RF组件会使外部电路的输入过载并被检测到，导致该组件的输出信号出现明显的直流偏移。

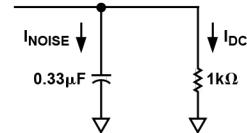


图11. 旁路电容可减少RF噪声影响

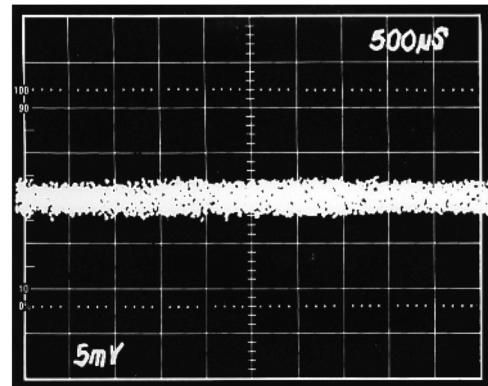


图12. 使用旁路电容后的AD524 + 输入

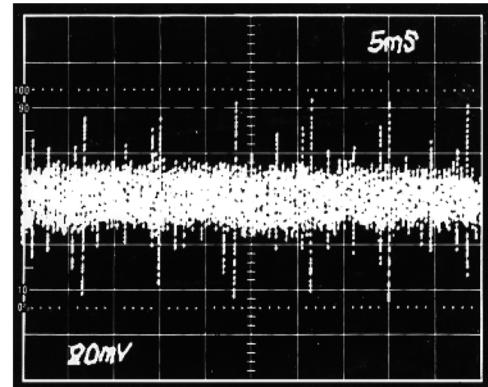


图13. 使用旁路电容时的Eo

串联电阻

虽然有所改进，但图13显示噪声仍然进入了电路。减少运算放大器同相端噪声量的另一种方法是通过与AD590串联1 kΩ电阻限制通过电缆的噪声电流。

这实际上在负载阻抗（1 kΩ电阻和0.33 μF电容）和串联电阻之间构成了一个噪声分压器。图14显示了采用该最终电路配置的AD524的输出。输出噪声的10 mV p-p幅度实际上是 $100 \times$ AD524输入端的噪声幅度100 μV p-p。另请注意，图13中的高频峰值在图14中已经消除。图15是最终电路的原理图，与图1中的电路相比其将噪声降低了2000倍。

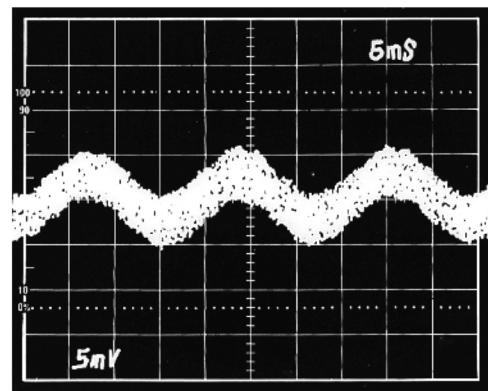


图14. 具有旁路电容和串联电阻的 E_o

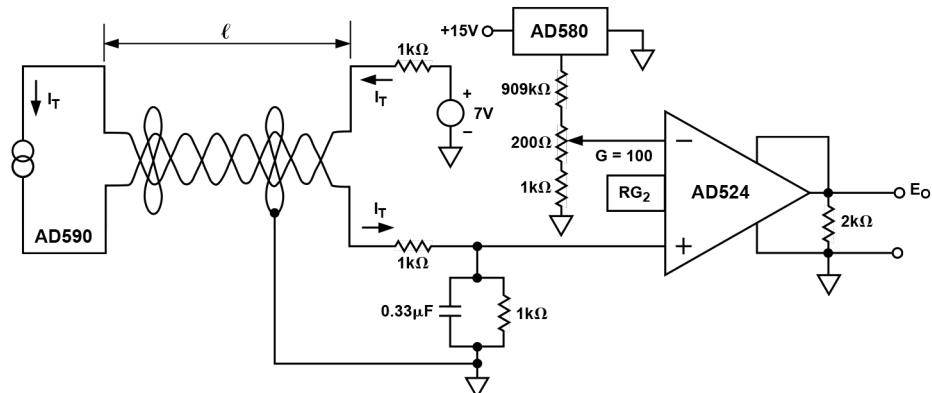


图15.

结论

为了消除RF噪声的影响，建议使用图16的电路。

在图16中，电阻和电容置于电缆的两端。这可确保RF噪声留在电缆内，而不影响外部电路。还需注意，这些电阻可以任意大，只要电压电位足以供应电流($V = IR$)。在AD590上使用旁

路电容和串联电阻将过滤RF信号。理论上，RF信号可以被AD590校正，并提高器件的精度。

利用上述技术，使用屏蔽双绞线、电阻和电容可以有效地消除噪声和干扰。因此，可以通过1000英尺的电缆驱动AD590而不损失测量精度。

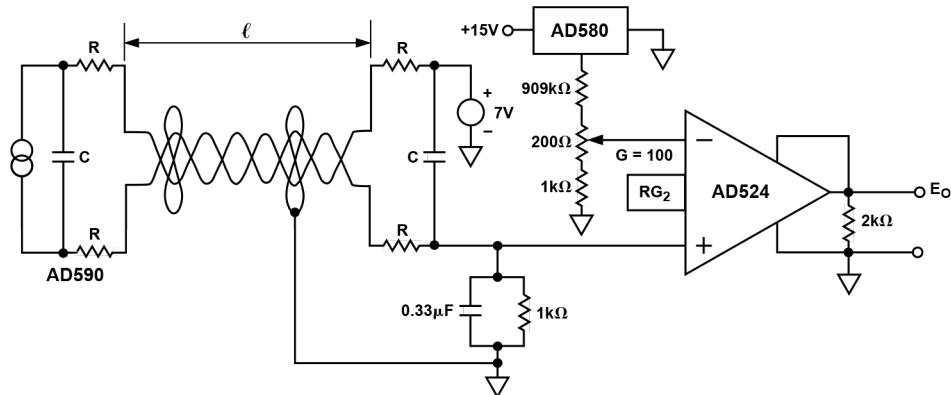


图16.