

**Circuits
from the Lab®**
Reference Designs

*Circuits from the Lab®*参考设计是经过测试的参考设计，有助于加速设计，同时简化系统集成，帮助并解决当今模拟、混合信号和RF设计挑战。如需更多信息和/或技术支持，请访问 www.analog.com/cn/CN0383。

连接/参考器件

AD7124-4	集成 PGA 和基准电压源的 4 通道、低噪声、低功耗 24 位 Σ - Δ ADC
AD7124-8	集成 PGA 和基准电压源的 8 通道、低噪声、低功耗 24 位 Σ - Δ ADC
ADP150	超低噪声、150 mA CMOS 线性稳压器

采用低功耗、精密、24 位 Σ - Δ ADC 的全集成式 2 线、3 线或 4 线 RTD 测量系统

评估和设计支持

电路评估板

**AD7124-4 评估板(EVAL-AD7124-4SDZ)或 AD7124-8 评估板
(EVAL-AD7124-8SDZ)**

系统演示平台 (**EVAL-SDP-CK1Z** 或 **EVAL-SDP-CB1Z**)

设计和集成文件

原理图、布局文件、物料清单

电路功能与优势

图 1 所示电路是一个集成的 2 线、3 线或 4 线电阻温度检测器(RTD)系统，基于 AD7124-4/AD7124-8 低功耗、低噪声、24 位 Σ - Δ 型模数转换器(ADC)，针对高精度测量应用而优化。本电路笔记使用 B 类 Pt100 RTD 传感器，其在 0°C 时的精度为 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ ，但它可以支持其他精度更高的 RTD 类型，如 A 类、AA 类、1/3 DIN 或 1/10 DIN。此电路还支持低功率应用中使用的 Pt1000 RTD。

AD7124-4/AD7124-8 可以实现高分辨率、低非线性、低噪声性能及 50 Hz/60 Hz 高抑制性能，适合于工业 RTD 系统。在全功率模式、选择 sinc4 滤波器、输出数据速率为 50 SPS 的条件下，系统的典型峰峰值分辨率为 0.0043°C (17.9 位)；在低功耗模式、选择后置滤波器、输出数据速率为 25 SPS 的

条件下，系统的典型峰峰值分辨率为 0.0092°C (16.8 位)。这些设置表明，系统精度明显优于传感器精度。

AD7124-4/AD7124-8 集成了支持 RTD 测量所需的几个重要系统构建模块。包括可编程激励电流源和可编程增益放大器(PGA)在内的多种功能分别用于激励和放大 RTD 信号，从而支持其直接与传感器连接并简化设计，同时降低成本和功耗。

片内数字滤波的多个选项和三种集成功耗模式（其中电流消耗、输出数据速率范围、建立时间和均方根噪声均得到优化）为应用提供了灵活性。低功耗模式下消耗的电流仅为 $255 \mu\text{A}$ ，全功率模式下消耗的电流为 $930 \mu\text{A}$ 。在关断模式下，整个 ADC 及其辅助功能全被关断，此时 AD7124-4/AD7124-8 的典型功耗为 $1 \mu\text{A}$ 。这些功耗选项使得 AD7124-4/AD7124-8 既适合功耗不重要的应用，如输入模块，也适合低功耗应用，如环路供电智能变送器（整个变送器的功耗必须低于 4 mA ）。

AD7124-4/AD7124-8 还集成了丰富的诊断功能，作为其全面特性组合的一部分。此功能可用来检查模拟引脚上的电平是否在额定工作范围以内。这些器件还包括对串行外设接口(SPI)总线的循环冗余校验(CRC)和信号链检查，从而提供更鲁棒的解决方案。这些诊断功能可减少执行诊断功能所需的外部元件，从而减小解决方案尺寸、缩短设计时间并节省成本。

Rev. C

Circuits from the Lab® reference designs from Analog Devices have been designed and built by Analog Devices engineers. Standard engineering practices have been employed in the design and construction of each circuit, and their function and performance have been tested and verified in a lab environment at room temperature. However, you are solely responsible for testing the circuit and determining its suitability and applicability for your use and application. Accordingly, in no event shall Analog Devices be liable for direct, indirect, special, incidental, consequential or punitive damages due to any cause whatsoever connected to the use of any Circuits from the Lab circuits. (Continued on last page)

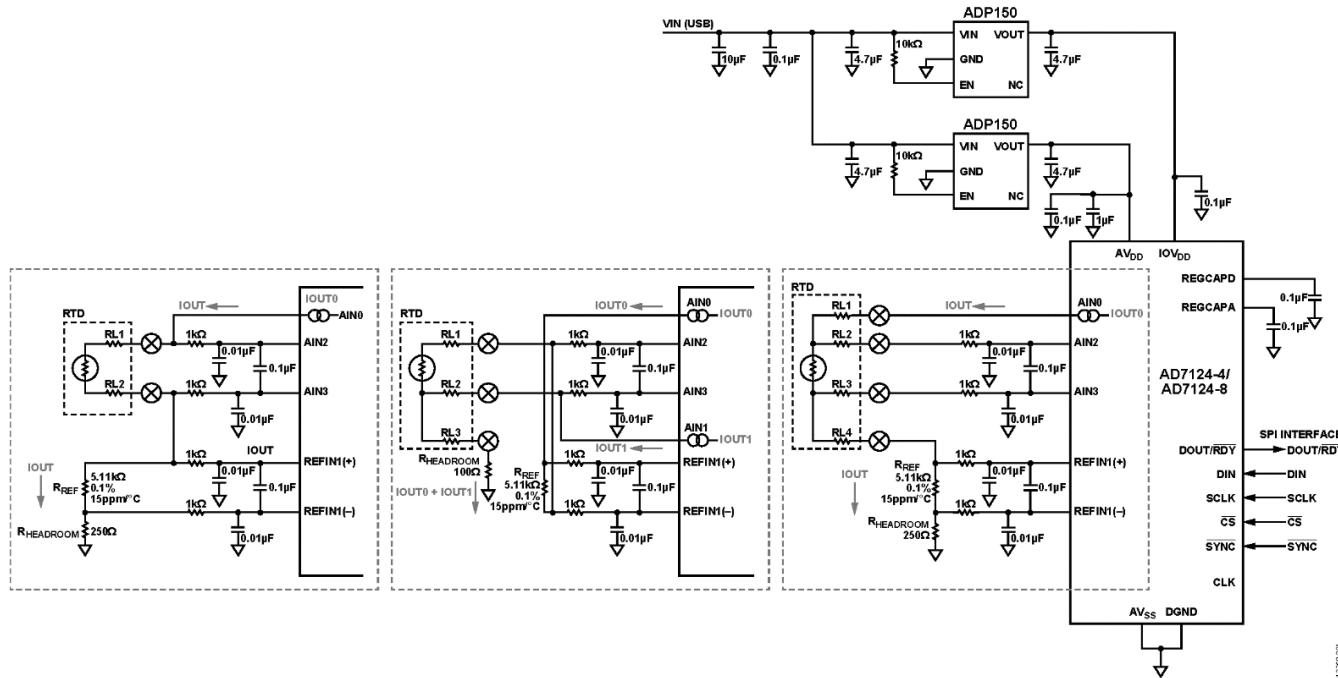


图 1.2 线、3 线或 4 线 RTD 测量配置

电路描述

RTD 简介

RTD 是温度测量常用的传感器。RTD 由纯金属（如铂、镍或铜）制成，其电阻随温度的变化是可预测的，通常可测量最高+850°C 的温度。与其它类型的温度传感器（如热敏电阻、热电偶或半导体(IC)温度传感器）相比，RTD 具有高精度和良好的稳定性。最常用的 RTD 是铂 Pt100 和 Pt1000。这些传感器按其在 0°C 时的标称电阻进行分类。有多个行业标准定义了铂 RTD 传感器的容差和精度限值。

图 1 所示电路使用 B 类 Pt100 RTD 传感器，其温度测量范围为-200°C 至 +600°C。B 类 Pt100 RTD 的电阻在 0°C 时通常为 100 Ω，典型温度系数约为 0.385 Ω/°C（见图 2），在 0°C 时的容差为±0.3°C。在任何高于或低于 RTD 校准温度（0°C）的温度时，它都有更宽的容差带和更低的精度。Pt1000 RTD 也具有类似的范围和容差。但是，Pt1000 RTD 的电阻值比 Pt100 传感器的电阻值高出十倍。

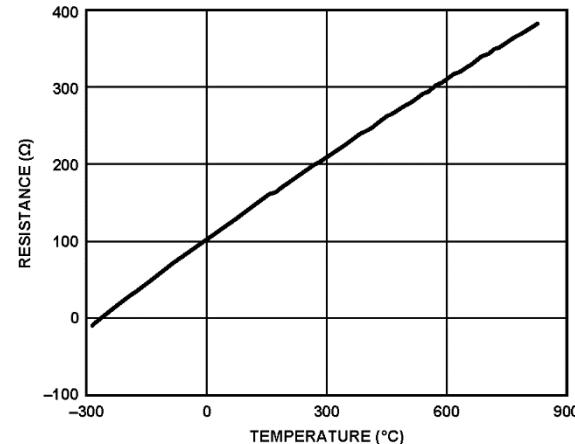


图 2. Pt100 RTD 电阻与温度的关系

RTD 测量应用中常用的三种 RTD 配置类型为 2 线、3 线和 4 线式。2 线配置最简单。但在这种配置中，引线电阻会增加误差，因为此电阻与 RTD 串联，无法进行补偿。因此，2 线 RTD 用在引线很短的时候，以使引线电阻对精度的影响最小。长导线的电阻可利用 3 线连接和两个激励电流来补偿，而使用 4 线连接几乎可以消除长导线的电阻引起的误差。因此，4 线配置可实现最佳性能。

但是，3 线 RTD 仅需要与 RTD 建立三个连接，这在连接器尺寸最小化的设计中很有用（仅需要 3 连接端子，而 4 线 RTD 需要 4 线端子）。

RTD 传递函数

根据 PT100 RTD 的规格, 电阻变化率约为 $0.385 \Omega/^\circ\text{C}$ 。可利用此关系快速获得 RTD 的近似温度。由于 RTD 的温度系数在整个温度范围内略有变化, 因此上述方法不够精确, 但可以利用它来快速检查温度。

使用公式 1 计算近似温度, RTD 电阻在 0°C 时为 100Ω 。

$$\text{温度 } (^\circ\text{C}) = (R_{\text{RTD}} - 100) / 0.385 \quad (1)$$

RTD 转换函数即所谓 Callender-Van Dusen 公式, 可提供更精确的结果。它由两个不同的多项式公式组成。 0°C 以下的温度使用公式 2, 0°C 以上的温度使用公式 3。

温度(T) $\leq 0^\circ\text{C}$ 时, 公式为:

$$R_{\text{RTD}}(T) = R_0(1 + AT + BT^2 + C(T - 100^\circ\text{C})T^3) \quad (2)$$

$T \geq 0^\circ\text{C}$ 时, 公式为:

$$R_{\text{RTD}}(T) = R_0(1 + AT + BT^2) \quad (3)$$

其中:

$R_{\text{RTD}}(T)$ 为 RTD 在温度(T)时的电阻。

R_0 为 RTD 在 0°C 时的电阻 (本例中 $R_0 = 100 \Omega$)。

$A = 3.9083 \times 10^{-3}$ 。

T 为 RTD 温度($^\circ\text{C}$)。

$B = -5.775 \times 10^{-7}$ 。

$C = -4.183 \times 10^{-12}$ 。

结合公式 2 和公式 3 给出的传递函数, 有多种方法可以确定作为 RTD 电阻函数的温度值。本电路笔记选择直接数学方法, 因为其精度高。根据公式 4 可得出以下温度计算公式:

$$T_{\text{RTD}} (^\circ\text{C}) = \frac{-A + \sqrt{A^2 - 4B\left(1 - \frac{r}{R_0}\right)}}{2B} \quad (4)$$

其中 r 为 RTD 电阻, 其他变量的定义如上所述。

此方法能够很好地处理 $\geq 0^\circ\text{C}$ 的温度。计算 0°C 以下的 RTD 温度需要使用最佳拟合多项式表达式。本电路笔记使用的多项式为五阶多项式, 如公式 5 所示。

$$\begin{aligned} T_{\text{RTD}} (^\circ\text{C}) = & -242.02 + 2.2228 \times r + (2.5859 \times 10^{-3})r^2 - \\ & (4.8260 \times 10^{-6})r^3 - (2.8183 \times 10^{-8})r^4 + \\ & (1.5243 \times 10^{-10})r^5 \end{aligned} \quad (5)$$

RTD 测量

为了精确测定 RTD 电阻, 需利用一个恒定激励电流源在 R_{RTD} 上产生一个低电平电压。此低电平电压由 ADC 的片内 PGA 放大, 然后通过 24 位 $\Sigma\Delta$ ADC 转换为精密数字信号。将测量值折合为精密参考电阻(R_{REF})两端的电压 (由同一电流源驱动), 即可轻易消除电流源中的误差, 从而产生比例测量结果。

当 ADC 工作在单极性模式时, 计算 RTD 电阻(R)的通用表达式如下所示:

$$R_{\text{RTD}} = \frac{(\text{CODE} \times R_{\text{REF}})}{G \times 2^N} \quad (6)$$

当 ADC 工作在双极性模式时, 计算 RTD 电阻(R)的通用表达式如下所示:

$$R_{\text{RTD}} = \frac{(\text{CODE} - 2^{N-1}) \times R_{\text{REF}}}{G \times 2^{N-1}} \quad (7)$$

其中:

CODE 为 ADC 码。

R_{REF} 为参考电阻。

N 为 ADC 的分辨率 (本电路为 24)。

G 为所选增益。

例如, 温度设置为 25°C 时, 从配置为双极性模式的 AD7124-4/AD7124-8 读取的数字码为 11270065。利用公式 7 将此数字码转换为电阻, 结果如下:

$$R_{\text{RTD}} = \frac{(11270065 - 2^{23}) \times R_{\text{REF}}}{G \times 2^{23}} = 109.704 \Omega$$

利用公式 4 进行线性化, 得出温度为 24.921°C 。

第二个例子, 温度设置为 -25°C 时, 从配置为双极性模式的 AD7124-4/AD7124-8 读取的数字码为 10757779。

将此数字码转换为电阻, 结果如下:

$$R_{\text{RTD}} = \frac{(10757779 - 2^{23}) \times R_{\text{REF}}}{G \times 2^{23}} = 90.200 \Omega$$

利用公式 5 进行线性化, 得出温度为 -24.982°C 。

RTD 设计考虑

下面几节介绍关于设计电路元件和设置图 1 所示 RTD 测量电路的所需操作的一般指南。

“RTD 接线配置”部分介绍每种接线配置所使用的不同电路技术和连接。针对所示每种电路配置的所有考虑和计算可以参考“RTD 接线配置”部分。

ADC

除 RTD 传感器规格外，系统的精度还取决于 ADC 的性能。

[AD7124-4/AD7124-8](#) 为 RTD 测量提供了集成解决方案。这些器件可以实现高分辨率、低非线性、低噪声性能及 50 Hz/60 Hz 高抑制性能。AD7124-4/AD7124-8 由片内可编程激励电流源、基准电压缓冲器和低噪声 PGA 组成，该 PGA 可放大来自 RTD 的小信号，从而支持与传感器直接连接，最大限度地减少所需的外部电路。

电源

AD7124-4/AD7124-8 具有单独的模拟电源和数字电源。数字电源 IOV_{DD} 独立于模拟电源，可以为 1.65 V 至 3.6 V 范围内的值（以 DGND 为基准）。模拟电源 AV_{DD} 以 AV_{SS} 为基准，范围是 2.7 V 到 3.6 V（中低功率模式）或 2.9 V 到 3.6 V（全功率模式）。图 1 所示电路采用单电源供电。因此， AV_{SS} 和 DGND 连在一起，仅使用一个接地层。 AV_{DD} 和 IOV_{DD} 电压利用 [ADP150](#) 稳压器分别产生。 AV_{DD} 电压设置为 3.3 V， IOV_{DD} 电压设置为 1.8 V，采用 ADP150 稳压器。使用单独的稳压器可确保噪声最低。

功耗模式的选择取决于最终应用的电流预算分配。如果应用需要非常高的输出数据速率和更好的噪声性能，可以将器件设置为全功率模式。便携式应用须使用低功耗器件。对于某些工业应用，整个系统都由 4 mA 到 20 mA 环路供电，因此允许的电流预算最大值为 4 mA。对于此类应用，可以将器件设置为中功率或低功耗模式。

激励电流和输出顺从电压

AD7124-4/AD7124-8 提供两个这样的激励电流源，可通过寄存器编程将其设置为 50 μ A 到 1 mA 的值。激励电流的选择会影响 RTD 输入电压范围、增益选择以及基准电阻和基准电

压缓冲器裕量电阻。应使可用激励电流最大化以获得更好的性能。然而，进行 RTD 测量时，还必须考虑激励电流源的输出顺从电压。本电路选择 500 μ A，其输出顺从电压为 $AV_{DD} - 0.37$ V。本电路的 AV_{DD} 电源电压为 3.3 V。因此，激励电流源的输出顺从电压必须低于 2.93 V。

利用 Callender-Van Dusen 公式，RTD 温度范围为 -200°C 至 $+600^{\circ}\text{C}$ ，使用 500 μ A 激励电流在 RTD 两端产生的电压约为 9.26 mV 至 156.85 mV。

模拟输入和增益选择

来自传感器的信号相当小，必须由低噪声增益级放大。RTD 的输出电平从数十毫伏到数百毫伏不等，取决于所选的 RTD。可以使用内置 PGA 的 ADC，避免使用外部放大器元件。AD7124-4/AD7124-8 片内集成低噪声 PGA，可放大 RTD 的小信号，增益编程范围为 1 到 128，因而可以直接与传感器接口。增益级具有高输入阻抗，输入漏电流在全功率模式下不超过 3.3 nA，在低功耗模式下为 1 nA（典型值）。如果片内激励电流设置为 500 μ A，在最高温度 600°C 时，RTD 上产生的电压约为 156.85 mV。

为确保使用 AD7124-4/AD7124-8 的最大范围，PGA 增益设置为 16。PGA 将 RTD 传感器最大输出电压放大至 2.5096 V。

基准电压源和基准电压缓冲器裕量

对于图 1 所示电路，所用的基准输入为 $REFIN+$ 和 $REFIN1-$ 。流经 RTD 的电流也会流过精密基准电阻，产生基准电压。此精密基准电阻上产生的电压与 RTD 上的电压成比例。因此，激励电流的任何变化都会被消除。

基准电压由开关电容连续采样。在该电路中，基准输入由外部基准电阻驱动。注意，大 RC 值可能导致测量出现增益误差。使能内部基准电压缓冲器可以支持宽范围的电阻值或 EMC 滤波，而不会增加任何误差。由于基准电压缓冲器已使能，务必满足正常工作所需的裕量。

基准电压必须在最小和最大基准电压之内才能正常工作。AD7124-4/AD7124-8 的基准电压范围为 0.5 V 至 $(AV_{DD} - AV_{SS})$ 。基准电压缓冲器需要供电轨上下至少 0.1 V 的裕量。

使用 $500 \mu\text{A}$ 激励电流(I_{EXC})和 ADC 的放大电压($V_{\text{RTD MAX}}$)，基准电阻值为：

$$V_{\text{RTD MAX}}/I_{\text{EXC}} = 2.51 \text{ V}/500 \mu\text{A} = 5020 \Omega$$

因此，选择 $5.11 \text{ k}\Omega$ 电阻，其产生的基准电压(V_{REF})为：

$$V_{\text{REF}} = R_{\text{REF}} \times I_{\text{EXC}} = 5.11 \text{ k}\Omega \times 500 \mu\text{A} = 2.555 \text{ V}$$

0.125 V ($500 \mu\text{A} \times 250 \Omega$) 的裕量由 250Ω 接地电阻提供，如图 1 所示 (参见 2 线和 4 线部分)。如果基准电阻设置在电路的低端，则需要该裕量电阻。如果基准电阻位于高端，如图 1 所示 (参见 3 线部分)，则进行较高 RTD 温度测量 (大于 300°C) 时，基准电压缓冲器的裕量要求得到满足。因此，该测量配置不需要额外的裕量电阻。但是，对于较低 RTD 温度测量 (小于 300°C)， 0.1 V ($500 \mu\text{A} \times 100 \Omega$) 的裕量由 100Ω 接地电阻提供，如图 1 所示 (参见 3 线部分)。

根据先前的讨论，该电路的 AV_{DD} 电源电压为 3.3V 。因此，激励电流源的输出必须小于 2.93 V ，并且基准电压必须在 0 V 至 3.3 V 范围内。

电路满足这一要求，因为 AIN0 (IOUT0) 引脚的最大电压等于精密基准电阻上的电压加上 RTD 上的电压和裕量电阻上的电压：

$$V_{\text{REF}} + V_{\text{RTD}} = 2.555 \text{ V} + 156.85 \text{ mV} = 2.71185 \text{ V}$$

数字和模拟滤波

差分滤波器 (截止频率约为 800 Hz) 和共模滤波器 (截止频率约为 16 kHz) 在模拟输入端和基准输入端实现。为了抑制调制器频率及其倍数处的干扰，必须使用这种滤波。

为了从传感器获得高精度测量结果，必须让传感器噪声和精度控制系统总误差，这也很重要。噪声会影响系统精度，因为它会限制 ADC 能够识别的传感器信号电平的最小可能变化，因此会直接影响系统的分辨率。当执行校准以及需要精确可重复的测量结果时，噪声也会产生影响。因此，ADC 的分辨率和噪声性能必须优于传感器的噪声和分辨率。

[AD7124-4/AD7124-8](#) 在片内数字滤波方面拥有很大的灵活性。有多个滤波器选项可用。所选滤波器选项会影响输出数据速率、建立时间和 $50 \text{ Hz}/60 \text{ Hz}$ 抑制性能。对于此电路笔记，电路实现了 sinc4 滤波器和后置滤波器。之所以使用 sinc4 滤波器，是因为它在整个输出数据速率范围具有出色的噪声性能，另外还有出色的 $50 \text{ Hz}/60 \text{ Hz}$ 抑制性能。后置滤波器用于提供 50 Hz 和 60 Hz 同时抑制，建立时间为 40 ms 。

相应的系统 RMS 噪声值如表 1 所示，表 2 还显示了相同滤波器、增益和输出数据速率设置下 ADC 模拟输入短路时的噪声性能。连接 RTD 后，由于 RTD 有一些噪声，测得的噪声会较高。

表 1. 典型噪声性能，Sinc4 滤波器，全功率模式，50 SPS

RTD 配置	输入条件	RMS 噪声(nV)	无噪声分辨率
2 线	RTD 连接	169.33	0.0029°C (18.09 位)
	短路	102	0.0017°C (18.83 位)
3 线	RTD 连接	199.37	0.0032°C (17.9 位)
	短路	100	0.0018°C (18.7 位)
4 线	RTD 连接	199.37	0.0032°C (17.9 位)
	短路	100	0.0018°C (18.7 位)

表 2. 典型噪声性能，后置滤波器，低功耗模式，25 SPS

RTD 配置	输入条件	RMS 噪声(nV)	无噪声分辨率
2 线	RTD 连接	347	0.0059°C (17.05 位)
	短路	335	0.0057°C (17.1 位)
3 线	RTD 连接	774	0.0070°C (16.8 位)
	短路	360	0.0050°C (17.3 位)
4 线	RTD 连接	774	0.0070°C (16.8 位)
	短路	360	0.005°C (17.3 位)

校准

AD7124-4/AD7124-8 提供不同的校准模式，通过校准可消除失调和增益误差。对于本电路笔记，电路使用了内部零电平校准和内部满量程校准。注意，这些校准只能消除 ADC 增益和失调误差，而不能消除外部电路引起的增益和失调误差。

诊断

AD7124-4/AD7124-8 的片内诊断功能可检查模拟引脚上的电平是否在额定工作范围以内。所有模拟输入引脚(AIN_x)都可以单独检查是否发生过压和欠压，以及 ADC 是否饱和。当模拟输入上的电压超过 AV_{DD} 时，过压标志就会置 1；当模拟输入上的电压低于 AV_{SS} 时，欠压标志就会置 1。该系统的丰富诊断功能还包括 SPI 总线上的 CRC 和信号链检查，从而提供更强大的解决方案。这些诊断功能可减少执行诊断功能所需的外部元件，从而减小解决方案尺寸、缩短设计时间并节省成本。根据 IEC 61508 标准，典型应用的失效模式影响和诊断分析(FMEDA)表明安全失效比率(SFF)大于 90%。

RTD 接线配置

AD7124-4 可配置为 4 个差分或 7 个伪差分输入通道，AD7124-8 可配置为 8 个差分或 15 个伪差分输入通道。它使用灵活的多路复用器，传感器连接得以简化，而且同一块板上可容纳多个 2 线、3 线和 4 线 RTD (参见表 3)。

表 3. 可连接的 RTD 最大数量

产品	接线配置		
	2 线	3 线	4 线
AD7124-4	2	2	2
AD7124-8	5	4	5

下面几节说明图 1 所示的三种 RTD 接线的电路和 ADC 配置。这些章节提供了更深入的解释，并聚焦于每种 RTD 配置设计，考虑了 RTD 连接 ADC 所需的不同技术，以及 ADC 的要求，例如 ADC 配置、传感器连接、输出顺从电压、基准电压源和增益选择，这些内容已在“RTD 设计考虑”部分中进行了讨论。每个部分还讨论了单个 RTD 传感器使用每种配置的结果、经验教训以及要点。

2 线 RTD 配置

2 线 RTD 配置是最简单的配置。AD7124-4/AD7124-8 的三个模拟引脚用于实现 2 线配置：AIN0、AIN2 和 AIN3。AIN2 和 AIN3 配置为全差分输入通道，用于检测 RTD 上的电压。使用的基准输入为 REFIN+ 和 REFIN1-。由于使用了低端基准电阻，因此需要基准裕量电阻。

2 线配置需要一个激励电流源。用于激励 RTD 电阻、基准电阻和裕量电阻的激励电流源由 AV_{DD} 产生，并流向 AIN0 (IOUT0)。相同的电流流经 RTD 和精密基准电阻 (其产生基准电压)，从而确保进行比例式测量。

对于 2 线配置，AIN0 和 AIN2 引脚必须在连接器处短路。AIN3 和 REFIN1(+) 也必须在连接器处短路。图 3 详细显示了模拟引脚及其配置。基准和裕量电阻的选择基于“RTD 设计考虑”部分以及激励、增益和数字滤波。

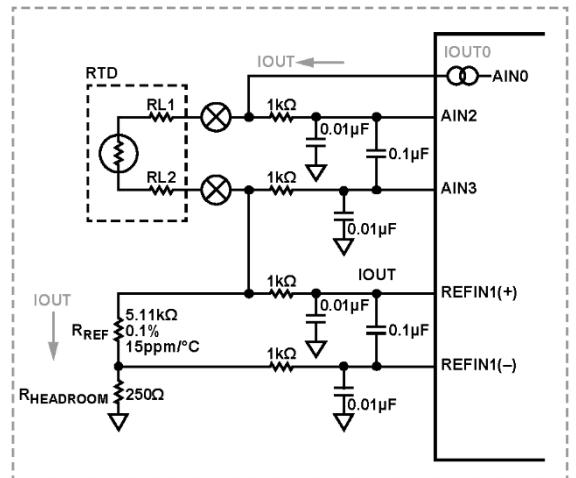


图 3. 2 线 RTD 模拟输入配置测量

针对 2 线 RTD 测量的 AD7124-4/AD7124-8 配置如下：

- 差分输入：正模拟输入(AIN+) = AIN2，负模拟输入(AIN-) = AIN3
- 激励电流：IOUT0 = AIN0 = 500 μA
- 增益 = 16
- 5.11 kΩ 精密基准电阻
- 250 Ω 裕量电阻
- 数字滤波 (sinc4、50 SPS 和后置滤波器、25 SPS)

对于图 3 所示 RTD 电路，我们采集了 AD7124-4/AD7124-8 在不同数字滤波器和功耗模式配置下获得的数据，sinc4 滤波器用于全功率模式，后置滤波器用于低功耗模式，如“数字和模拟滤波”部分所述。

2 线系统的典型无噪声码分辨率为：在选择 sinc4 滤波器的全功率模式下为 18.09 位，在使用后置滤波器的低功耗模式下为 17.05 位，这相当于每个温度测量分别有大约 0.0029°C 和 0.0059°C 的误差变化。图 4 和图 5 显示了连接 2 线 RTD 时的噪声分布。

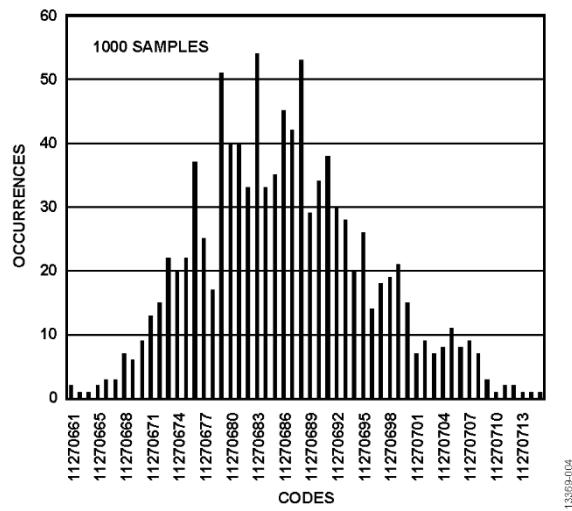


图 4. 室温、Sinc4 滤波器、全功率模式、
50 SPS 时 2 线 RTD 的码直方图

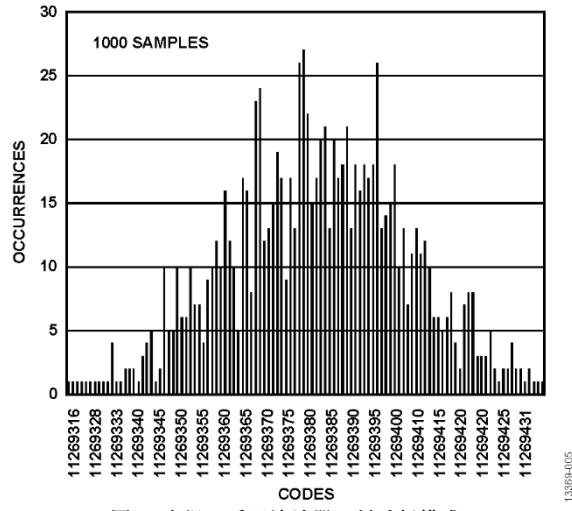


图 5. 室温、后置滤波器、低功耗模式、
25 SPS 时 2 线 RTD 的码直方图

采用两点校准和线性化，在 -50°C 至 $+165^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内，2 线系统的整体精度优于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。对于每个温度，按照上述方法利用 AD7124-4/AD7124-8 测量 RTD 上的相应电压。然后将此电压转换为电阻，按照“RTD 转换函数”部分所述进行线性化并转换为温度。

图 6 和图 7 显示了由此产生的误差(设定温度减去实测温度)。对于每个 RTD 温度设置，AD7124-4/AD7124-8 均保持在 25°C 。如图所示，误差在 0°C 时接近 RTD 包络线，引线电阻增加了误差。高于或低于 0°C 时，测量结果完全在 RTD 规格范围内。图 6 和图 7 还显示了 RTD 误差在 AD7124-4/AD7124-8 不同温度设置下的偏差。对于 AD7124-4/AD7124-8 的每个温度设置，执行内部零电平校准和满量程校准。如图 6 和图 7 所示，对于 2 线测量，总误差在 0°C 时同样接近于 RTD 包络线。在所有其他温度下，对于 AD7124-4/AD7124-8 的所有温度设置，RTD 误差都在 B 类 RTD 的预期误差范围内。

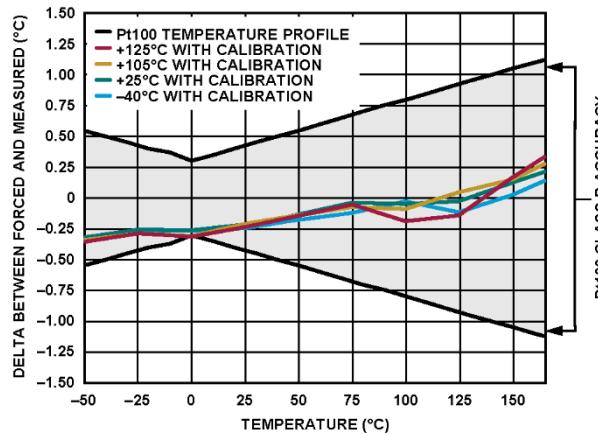


图 6. 2 线 RTD 温度精度测量
(Sinc4 滤波器、全功率模式、50 SPS)

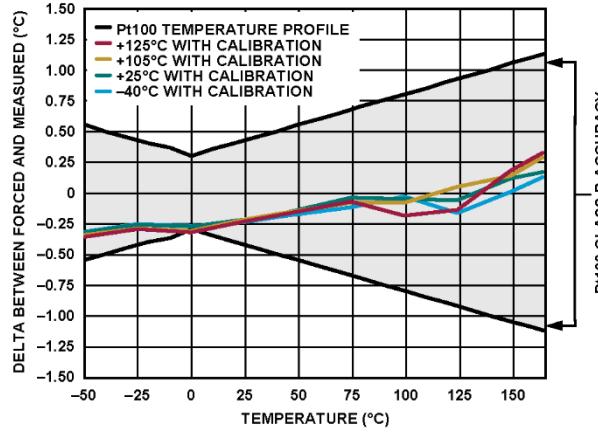


图 7. 2 线 RTD 温度精度测量
(后置滤波器、低功耗模式、25 SPS)

图 8 和图 9 显示了在 25°C 执行一次性内部零电平和满量程校准后的 RTD 实测温度误差。图 8 和图 9 说明，当 AD7124-4/ADA7124-8 处于较高温度时，由于引线电阻误差，25°C 时的一次性校准或 AD7124-4/AD7124-8 各温度下的校准的性能会下降。

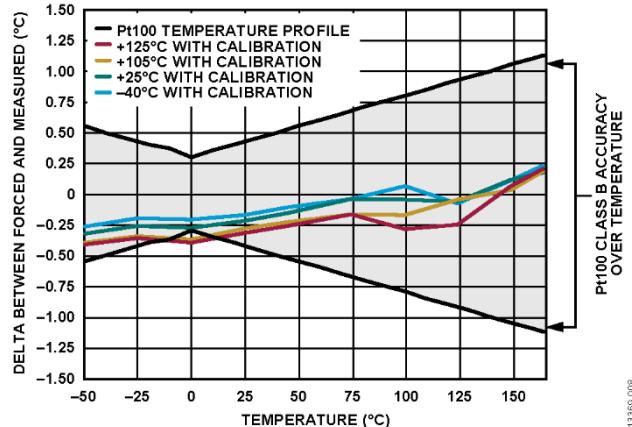


图 8. 2 线 RTD 温度精度测量 (Sinc4 滤波器、全功率模式、50 SPS, 仅执行 25°C 一次性校准)

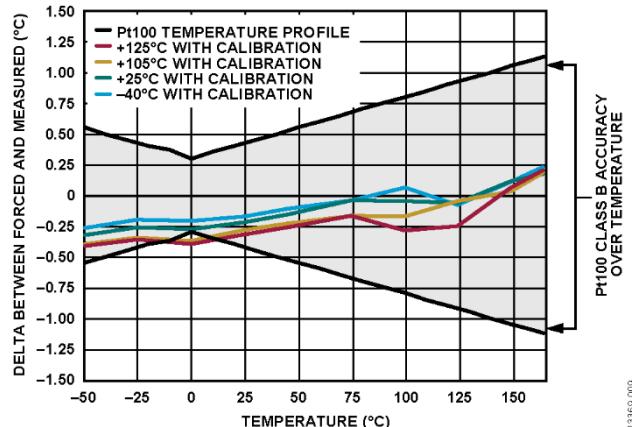


图 9. 2 线 RTD 温度精度测量

(后置滤波器、低功耗模式、25 SPS, 仅执行 25°C 一次性校准)

2 线 RTD 的引线电阻考虑

2 线 RTD 实施产生的误差非常接近误差范围的下限。其背后的原因是由于引线电阻，2 线 RTD 的测量结果总是高于实际测量结果。对于 2 线 RTD 配置，图 3 中的引线电阻 RL1 和 RL2 会增加与 RTD 元件串联的电阻，从而提高 ADC 输入两端的电压测量值，导致实测温度比施加的温度高。

例如，24 AWG 铜线的标称电阻为每英尺 0.026 Ω (每米 0.08 Ω)。如果 RTD 的引线长度为 25 英尺，则其总引线电阻 (RL1 和 RL2) 等于 1.3 Ω。RTD 温度系数约为 0.385 Ω/°C。因此，1.3 Ω 引线电阻产生的误差为 $(1.3/0.385) = 3.38^\circ\text{C}$ 。

补偿此误差的唯一方法是手动校准失调，这只要引线电阻保持恒定便能做到。但是，引线电阻也会随温度而变化。因此，当环境温度改变时，引线电阻也会变化，这会在温度测量中引入一定程度的误差。如果导线很长，此误差源将颇为显著。

因此，2 线 RTD 配置主要用于引线很短的应用或使用高电阻传感器（例如 PT1000）的应用中，这样可以最大程度地减小引线电阻对精度的影响。

3 线 RTD 配置

3 线 RTD 配置是最常用的配置，因为它有三个引脚，相对于其他配置具有精度优势。

图 10 所示电路利用 AD7124-4/AD7124-8 的 4 个模拟引脚实现 3 线测量：AIN0、AIN1、AIN2 和 AIN3。AIN2 和 AIN3 配置为全差分输入通道，用于检测 Pt100 RTD 传感器上的电压。用于激励 RTD 的激励电流源由 AV_{DD} 产生，并流向 AIN0。一个相同的电流流向 AIN1，并流经 RL2 引线电阻，从而产生一个电压，其抵消 RL1 引线电阻上的压降。使用的基准输入为 REFIN1+ 和 REFIN1-。同样使用比率式配置，从而消除激励电流变化引起的误差。

图 10 详细显示了模拟引脚及其配置。

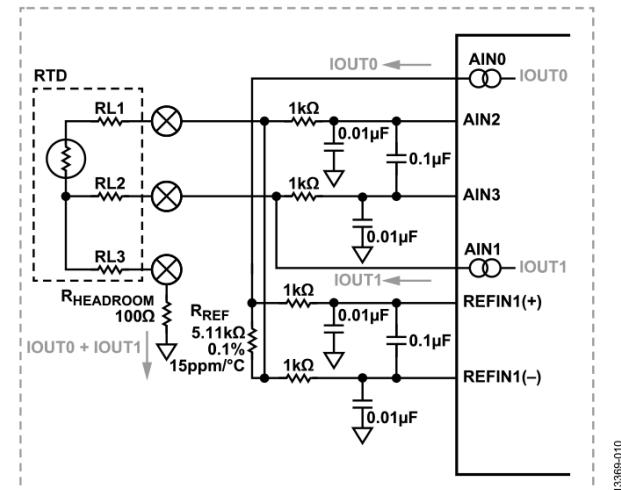


图 10. 3 线 RTD 模拟输入配置测量

针对 3 线 RTD 测量的 AD7124-4/AD7124-8 配置如下：

- 差分输入：AIN₊ = AIN₂ 且 AIN₋ = AIN₃
- 激励电流：I_{OUT0} = AIN₀ = 500 μ A
- 激励电流：I_{OUT1} = AIN₁ = 500 μ A
- 增益 = 16
- 5.11 k Ω 精密基准电阻
- 100 Ω 裕量电阻
- 数字滤波 (sinc4、50 SPS 和后置滤波器、25 SPS)

基准电压源、激励电流、增益和数字滤波的选择均基于“RTD 设计考虑”部分。

PGA 使能时，模拟输入缓冲器自动使能。PGA 允许输入引脚上的电压低至 AV_{SS}。因此，模拟输入引脚不需要裕量电阻。基准电压缓冲器也使能。基准电阻位于高端，进行较高 RTD 温度测量（大于 300°C）时，基准电压缓冲器的裕量要求得到满足。因此，该测量配置不需要额外的裕量电阻。但是，较低 RTD 温度测量（低于 300°C）需要基准裕量电阻。

3 线 RTD 测量需要两个精密激励电流源，以便轻松消除 RL1 和 RL2 产生的引线电阻误差。注意，RL3 引线电阻不会影响测量精度。对于图 10 所示 3 线 RTD 配置，基准电阻放在 RTD 的高端。对于此设置，一个激励电流流经基准电阻和 RTD；另一个电流流经 RL2 引线电阻，其产生的电压抵消 RL1 引线电阻上的压降。由于仅利用一个激励电流来产生基准电压 REFIN1+/REFIN- 和 RTD 上的电压，因此，该电流源的精度、失配和失配漂移对 ADC 转换函数的影响极小。

3 线 RTD 结果

对于图 10 所示 RTD 电路，我们采集了 AD7124-4/AD7124-8 在不同数字滤波器和功耗模式配置下获得的数据，sinc4 滤波器用于全功率模式，后置滤波器用于低功耗模式，如“数字和模拟滤波”部分所述。

3 线系统的典型无噪声码分辨率为：在选择 sinc4 滤波器的全功率模式下为 17.9 位，在使用后置滤波器的低功耗模式下为 16.8 位，这相当于每个温度测量分别有大约 0.0033°C 和 0.0070°C 的误差变化。图 11 和图 12 显示了连接 3 线 RTD 时的噪声分布。

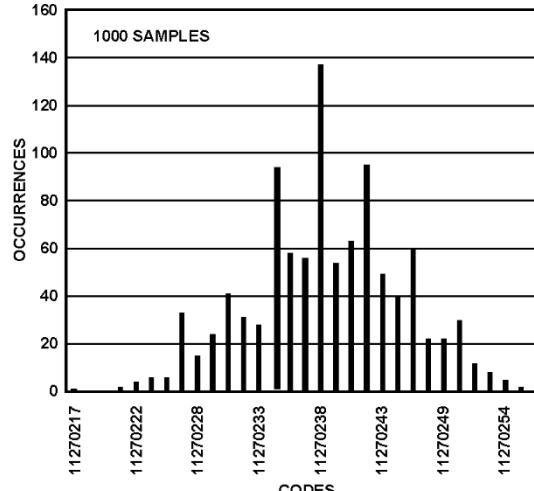


图 11. 室温、Sinc4 滤波器、全功率模式、50 SPS 时 3 线 RTD 的码直方图

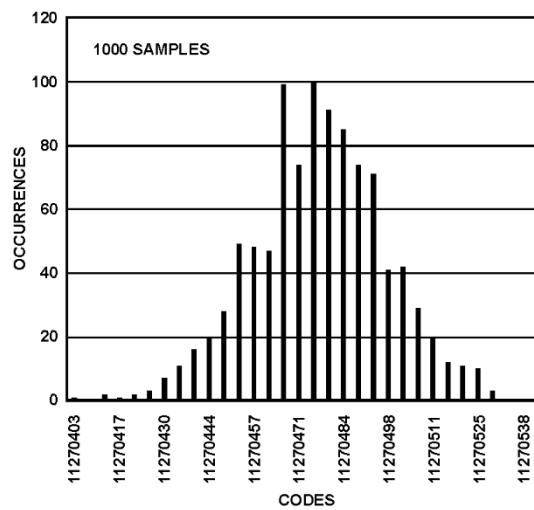


图 12. 室温、后置滤波器、低功耗模式、25 SPS 时 3 线 RTD 的码直方图

采用两点校准和线性化，在-50°C 至+200°C 的温度范围内，3 线系统的整体精度优于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。对于每个温度，按照上述方法利用 AD7124-4/AD7124-8 测量 RTD 上的相应电压。然后将此电压转换为电阻，按照“RTD 转换函数”部分所述进行线性化并转换为温度。

图 13 和图 14 显示了由此产生的误差（设定温度减去实测温度）。对于每个 RTD 温度设置，AD7124-4/AD7124-8 均保持在 25°C，误差完全在 Pt100 B 类的误差范围内。图 13 和图 14 还显示了 RTD 误差在 AD7124-4/AD7124-8 不同温度设置下的偏差。对于 AD7124-4/AD7124-8 的每个温度设置，执行内部零电平校准和满量程校准。如图 13 和图 14 所示，总误差完全在允许的误差预算之内。

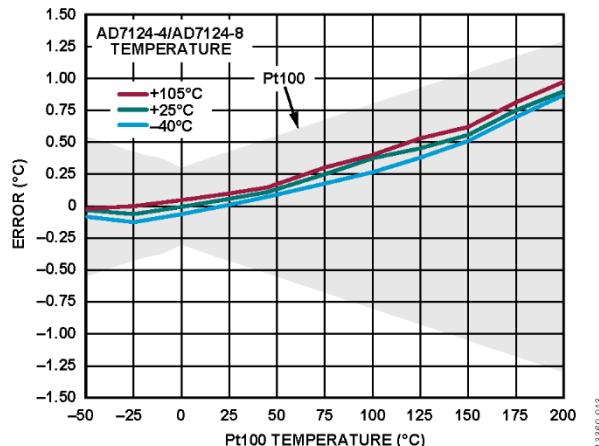


图 13. 3 线 RTD 温度精度测量 (Sinc4 滤波器、全功率模式、50 SPS)

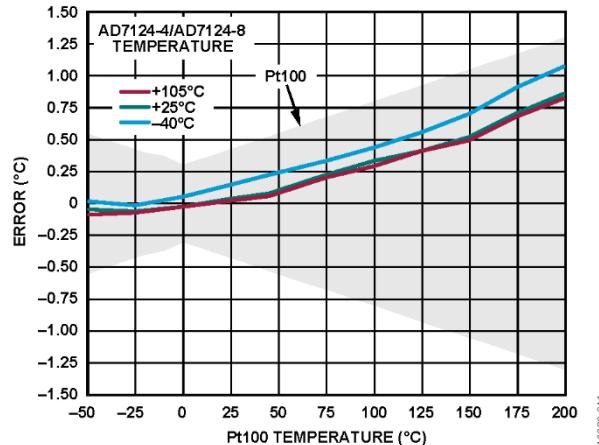


图 14. 3 线 RTD 温度精度测量 (后置滤波器、低功耗模式、25 SPS)

图 15 和图 16 显示了在 25°C 执行一次性内部零电平和满量程校准后的 RTD 实测温度误差。图 15 和图 16 说明，25°C 时的一次性校准与 AD7124-4/AD7124-8 各温度下的校准得到的性能相似。

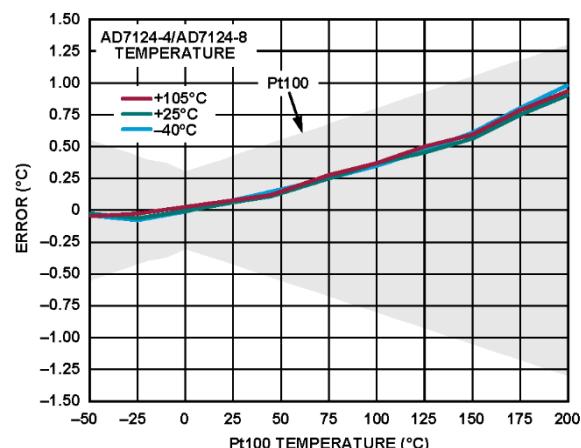


图 15. 3 线 RTD 温度精度测量 (Sinc4 滤波器、全功率模式、50 SPS, 仅执行 25°C 一次性校准)

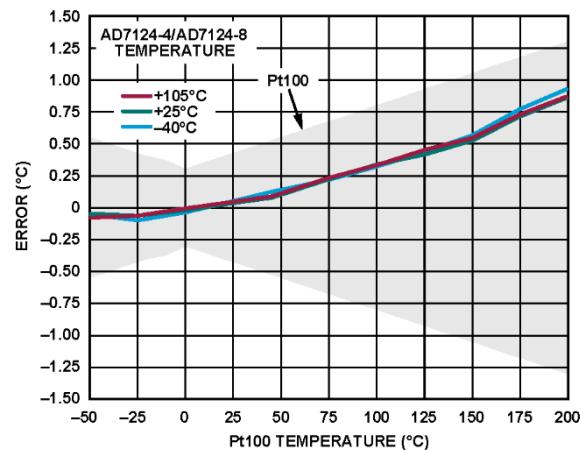


图 16. 3 线 RTD 温度精度测量 (后置滤波器、低功耗模式、25 SPS, 仅执行 25°C 一次性校准)

3 线 RTD 的引线电阻考虑

对于 3 线测量，第二激励电流主动补偿引线电阻。因此，引线电阻随温度的任何变化也不再影响测量。

然而，引线电阻补偿的精度取决于各引线的电阻是否相等 (即 $RL1 = RL2$)。 $RL3$ 两端的压降不会影响 RTD 元件两端测得的电压。因此，对于本电路笔记所述的电路， $RL3$ 不会在测量中引入误差。

同样，50 英尺 24 AWG 铜线的电阻为 1.3Ω 。假设补偿和激励电流完全匹配，10%的引线电阻匹配误差将在 RTD 测量中产生 0.13Ω 误差。RTD 温度系数约为 $0.385\Omega/\text{°C}$ 。因此， 0.13Ω 引线电阻失配测量误差相当于约 $(0.13/0.385) = 0.337\text{°C}$ 误差。故而，对于精密 3 线测量，必须精确知道连接电缆的匹配特性。

假设引线电阻完全匹配, 激励电流 (IOUT0 和 IOUT1) 失配产生的误差与总引线电阻成比例。例如, 0.5%的激励电流失配 (AD7124-4/AD7124-8 的典型规格) 将在 RTD 电阻测量中产生 0.5%误差。Pt100 RTD 电阻标称温度系数为 $0.385 \Omega/\text{C}$, 相当于 $2.6^\circ\text{C}/\Omega$ 的温度变化。0.5%的电阻测量误差产生的 RTD 测量误差为 $(0.005 \times 2.6) = 0.013^\circ\text{C}/\Omega$ 。对于 10Ω 的引线电阻 (约 400 英尺 24 AWG 铜线), 电流失配引起的误差仅为 0.13°C 。

上面的讨论说明, 在大多数实际应用中, 引线电阻失配引起的误差远大于 0.5%的激励电流失配所致误差。

在图 10 所示电路中, 精密基准电阻放置于高端。高端配置非常适合采用单个 RTD 的系统。使用多个 3 线 RTD 时, 将精密电阻放在低端更好, 因为仅需要一个基准电阻。

电流源失配和失配漂移

基准电阻放在低端时, 需要更高的激励电流匹配度 (3 线 RTD)。以下两种技术可使电流失配引起的误差最小化:

- 激励电流斩波
- 通过测量激励电流来校准

激励电流斩波

利用 AD7124-4/AD7124-8 的交叉点多路复用器很容易实现斩波配置。图 17 显示 3 线 RTD 配置的 $5.11 \text{ k}\Omega$ 精密基准电阻连接到 Pt100 RTD 的低端。对于这种配置, 必须考虑所用的电流源和增益。IOUT0 和 IOUT1 均设置为 $250 \mu\text{A}$ 。选择此电流可确保电路符合电流源的输出顺序要求, 以及精密电阻上产生的基准电压要求。为确保利用 ADC 的全部范围, PGA 增益设置为 32。基准电阻低端需要一个电阻, 因为基准电压缓冲器已使能且需要裕量(100 mV)。

为了对电流进行斩波, 当 IOUT0 连接到 AIN0 且 IOUT1 连接到 AIN1 时, 对 RTD 电压进行测量, 如图 17 所示。交换电流后, 即 IOUT1 连接到 AIN0, IOUT0 连接到 AIN1 时, 再次测量 RTD 上的电压。然后利用这两次测量的平均值计算 RTD 电阻, 再利用公式 2 到公式 7 计算温度。斩波方法可大大降低激励电流失配和失配漂移的影响。然而, 由于需要两次测量, 对吞吐速率会有影响。

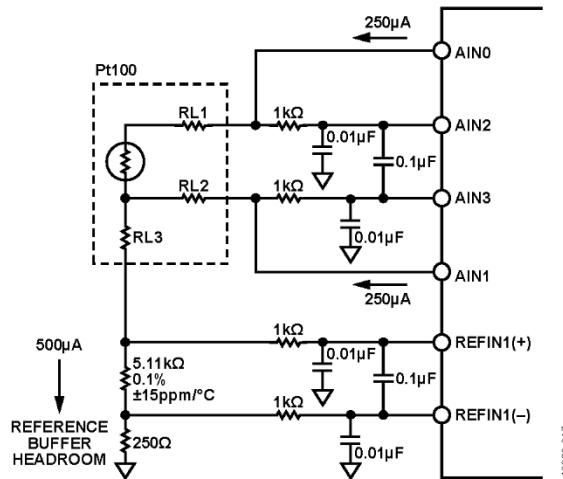


图 17. AD7124-4/AD7124-8 的 3 线 RTD 测量配置,
采用电流斩波测量技术

收集采用激励电流斩波方法测得的数据, 并记录对应的 Pt100 温度误差, 如图 18 所示。在 AD7124-4/AD7124-8 的不同环境温度下, 对于所有测量的 RTD 温度, 温度误差都在 Pt100 RTD 的误差带内。这些结果表明, 激励电流斩波所得到的结果可与高端精密基准电阻配置所获得的数据相比拟。

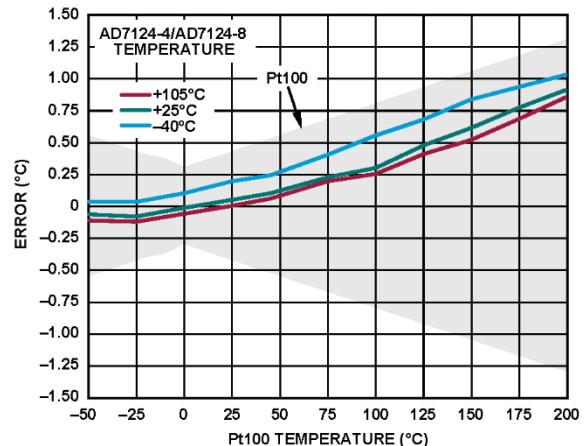


图 18. 斩波配置温度精度测量
(Sinc4 滤波器、全功率模式、各温度下校准)

通过测量激励电流来校准

通过测量激励电流来校准 3 线系统的配置如图 19 所示。对于此配置，精密基准电阻连接到 RTD 的低端。该配置与电流斩波所用的配置相似，两个电流均设为 250 μ A，PGA 增益设为 32，但主要区别在于需要一个附加差分输入通道。该附加输入通道用于测量两个激励电流。测量方法如下：分别使能各激励电流，相对于内部基准电压测量精密基准电阻上的压降。然后根据精密基准电阻值，将测得的电压转换为电流，并计算电流之比，用以校准失配。

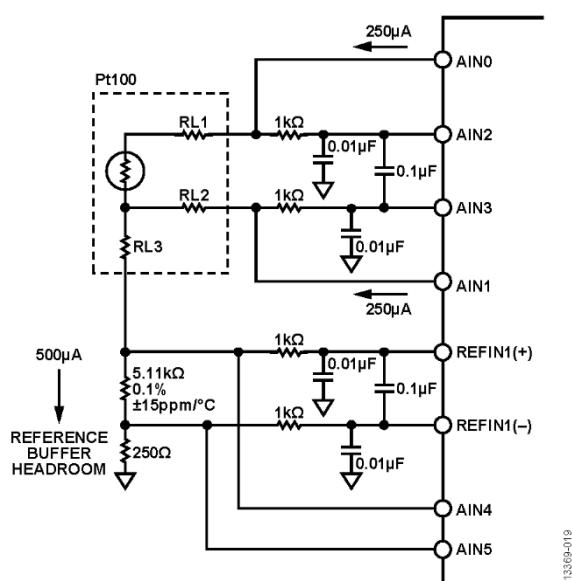


图 19. AD7124-4/AD7124-8 的 3 线 RTD 测量配置，
通过测量激励电流来校准

图 20 显示了 RTD 测量的校准温度误差。结果表明，RTD 误差在 RTD 的预期误差带内，测量误差接近 RTD 本身的误差曲线。为确保结果精确，必须定期校准电流。

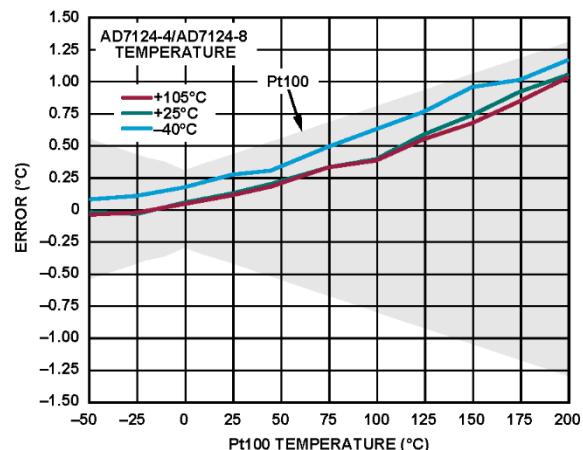


图 20. 用于激励电流校准的温度精度测量
(Sinc4 滤波器、全功率模式、各温度下校准)

多个3线RTD配置

AD7124-4/AD7124-8 可用作多个 3 线 RTD 的测量系统。在多个通道中配置 ADC 时，ADC 将自动遍历各使能通道，在每个通道上执行一次转换。当通道改变时，必须等到滤波器完全建立后才能生成转换结果，这会影响整体吞吐速率。因此，当多个传感器复用时，还必须考虑数字滤波器的延迟时间。激励电流不受序列器控制，这意味着用户必须写入器件以开启或关闭激励电流和/或将这些电流导向特定通道。但是，开启时间取决于连接到 ADC 的外部 RC 值。因此，实际的开启或关闭时间不在 ADI 公司的控制范围之内，进行测量时也必须加以考虑。

要配置单个 3 线 RTD 配置，参见“3 线 RTD 配置”部分。

AD7124-4 可连接 2 个 3 线 RTD，而 AD7124-8 最多可连接 4 个 3 线 RTD。

使用多个 3 线 RTD 时，将精密电阻放在低端更好，因为仅需要一个基准电阻。每个 3 线 RTD 至少需要 AD7124-4/AD7124-8 的四个引脚，两个引脚用于激励电流，两个引脚用于模拟输入。因此，测量 RTD 电压需要的步骤如下：

1. 将外部基准电压设置为 REFIN1+ 和 REFIN1-。
2. 使能输入端连接有 RTD 的模拟输入通道。

图 21 显示了一个例子，4 个 3 线 RTD 连接到 AD7124-8。一个 3 线 RTD 连接在 AIN2 和 AIN3 模拟输入引脚上（通道 0 配置），激励电流来自 AIN0 和 AIN1；第二个 3 线 RTD 连接在 AIN4 和 AIN5 模拟输入引脚上（通道 1 配置），AIN6 和 AIN7 用于提供激励电流，以此类推。表 4 详细列出了所有 RTD 配置。

表 4. 多个 3 线 RTD 的通道配置

传感器	通道	IOUT0	IOUT1	AIN+	AIN-
RTD1	0	AIN0	AIN1	AIN2	AIN3
RTD2	1	AIN6	AIN7	AIN4	AIN5
RTD3	2	AIN10	AIN11	AIN8	AIN9
RTD4	3	AIN14	AIN15	AIN12	AIN13

然后可以按照下述步骤依次对每个 RTD 执行温度测量：

1. 使能要测量的 RTD 的 IOUT0 和 IOUT1 电流。
2. 让 IOUT0 流向 AIN0, IOUT1 流向 AIN1。测量通道 0 (AIN2 和 AIN3) 上的电压。因此，通道 0 必须使能。对于此测量，禁用所有其它通道。
3. 禁用通道 0，使能通道 1，让 IOUT0 和 IOUT1 电流分别流向 AIN6 和 AIN7。然后测量通道 1 (AIN4 和 AIN5) 上的电压。注意，EVAL-AD7124-4SDZ/EVAL-AD7124-8SDZ 的 AIN4 和 AIN5 上有板载热敏电阻。使用 AIN4 和 AIN5 时，应移除此热敏电阻 (R28)。
4. 重复此序列，直至所有 RTD 都得到测量。

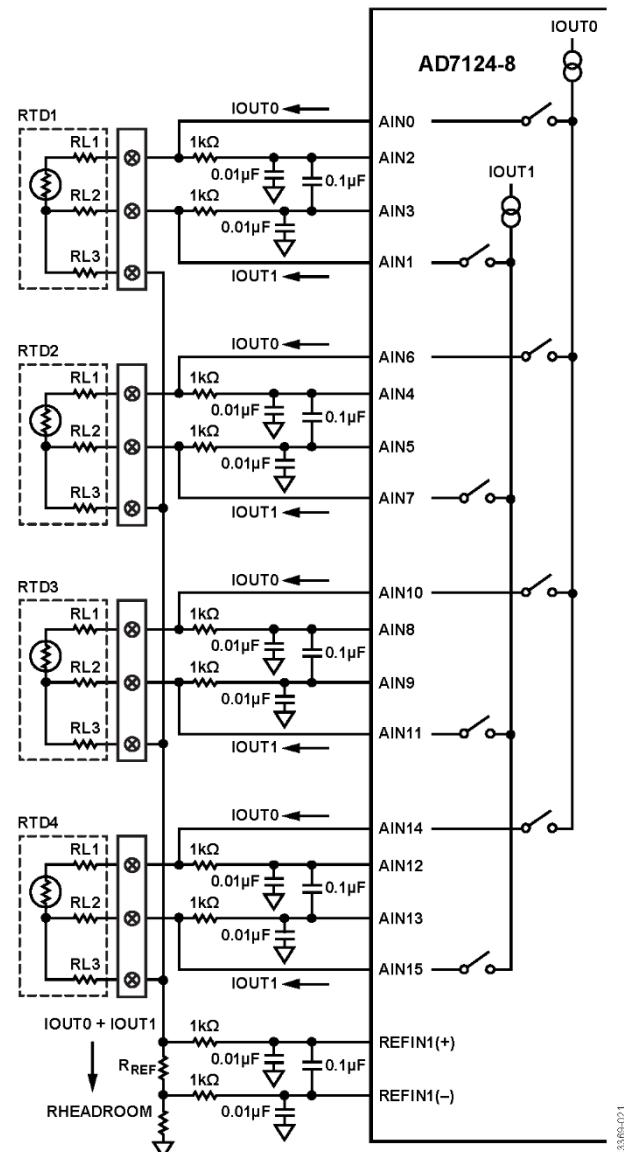


图 21. AD7124-8 的多个 3 线 RTD 配置

13369-021

4线RTD配置

4线RTD配置是最直接、最准确的配置。这种配置的唯一复杂之处在于，4引脚连接器的尺寸相比其他两种配置占据了大部分PCB面积。AD7124-4/AD7124-8上的三个模拟引脚用于实现4线RTD配置：AIN0、AIN2和AIN3。AIN2和AIN3配置为全差分输入通道，用于检测RTD上的电压。使用的基准输入为REFIN1+和REFIN1-。由于使用了低端基准电阻，因此需要基准裕量电阻。

4线RTD配置需要一个激励电流源。用于激励RTD电阻、基准电阻和裕量电阻的激励电流源由AV_{DD}产生，并流向AIN0(IOUT0)。相同的电流流经RTD和精密基准电阻（其产生基准电压），从而确保进行比例式测量。

图22详细显示了模拟引脚及其配置。基准和裕量电阻的选择基于“RTD设计考虑”部分以及激励、增益和数字滤波。

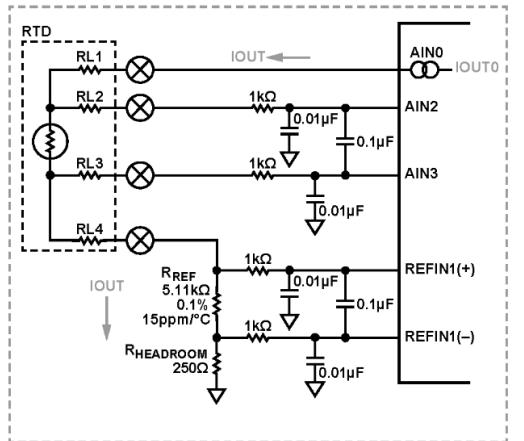


图22. 4线RTD模拟输入配置测量

针对4线RTD测量的AD7124-4/AD7124-8配置如下：

- 差分输入：AIN+ = AIN2 且 AIN- = AIN3
- 激励电流：IOUT0 = AIN0 = 500 μA
- 增益 = 16
- 5.11 kΩ 精密基准电阻
- 250 Ω 裕量电阻
- 数字滤波（sinc4、50 SPS 和后置滤波器、25 SPS）

对于图22所示RTD电路，我们采集了AD7124-4/AD7124-8在不同数字滤波器和功耗模式配置下获得的数据，sinc4滤波器用于全功率模式，后置滤波器用于低功耗模式，如“数字和模拟滤波”部分所述。

4线系统的典型无噪声码分辨率为：在选择sinc4滤波器的全功率模式下为17.9位，在使用后置滤波器的低功耗模式下为16.8位，这相当于每个温度测量分别有大约0.0033°C和0.0070°C的误差变化。图23和图24显示了连接4线RTD时的噪声分布。

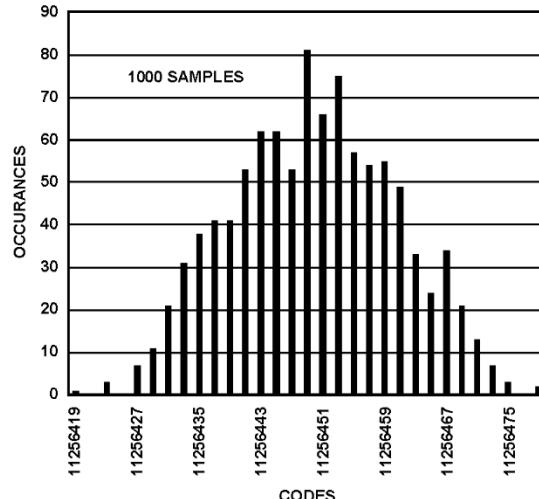


图23. 室温、Sinc4滤波器、全功率模式、
25 SPS 时 4 线 RTD 的码直方图

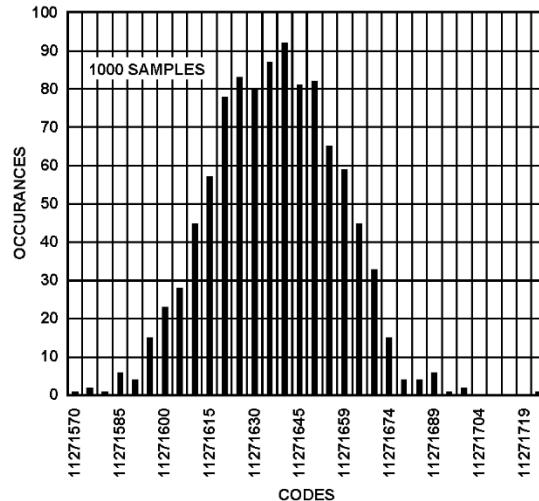


图24. 室温、后置滤波器、低功耗模式、
25 SPS 时 4 线 RTD 的码直方图

采用两点校准和线性化，在-50°C至+200°C的温度范围内，4线系统的整体精度优于±1°C。对于每个温度，按照上述方法利用AD7124-4/AD7124-8测量RTD上的相应电压。然后将此电压转换为电阻，按照“RTD转换函数”部分所述进行线性化并转换为温度。

图 25 和图 26 显示了由此产生的误差（设定温度减去实测温度）。对于每个 RTD 温度设置，AD7124-4/AD7124-8 均保持在 25°C，误差完全在 Pt100 B 类的误差范围内。图 25 和图 26 还显示了 RTD 误差在 AD7124-4/AD7124-8 不同温度设置下的偏差。对于 AD7124-4/AD7124-8 的每个温度设置，执行内部零电平校准和满量程校准。如图 25 和图 26 所示，总误差完全在允许的误差预算之内。

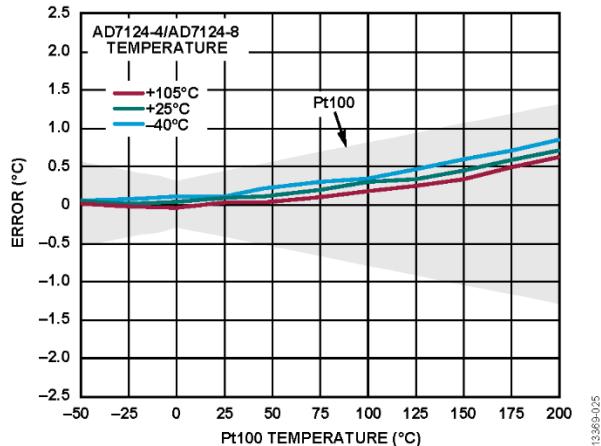


图 25. 4 线 RTD 温度精度测量 (Sinc4 滤波器、全功率模式、50 SPS)

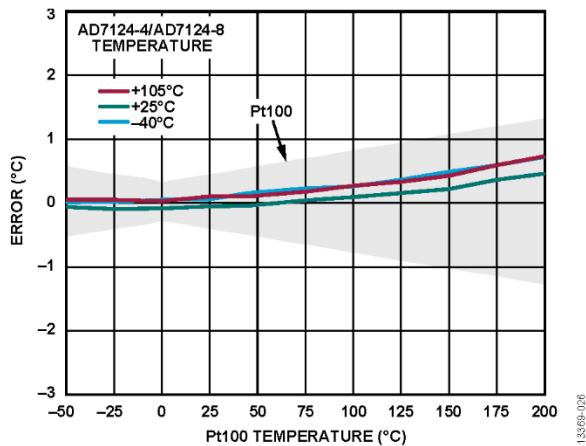


图 26. 4 线 RTD 温度精度测量 (后置滤波器、低功耗模式、25 SPS)

图 27 和图 28 显示了在 25°C 执行一次性内部零电平和满量程校准后的 RTD 实测温度误差。图 27 和图 28 说明，25°C 时的一次性校准与 AD7124-4/AD7124-8 各温度下的校准得到的性能相似。

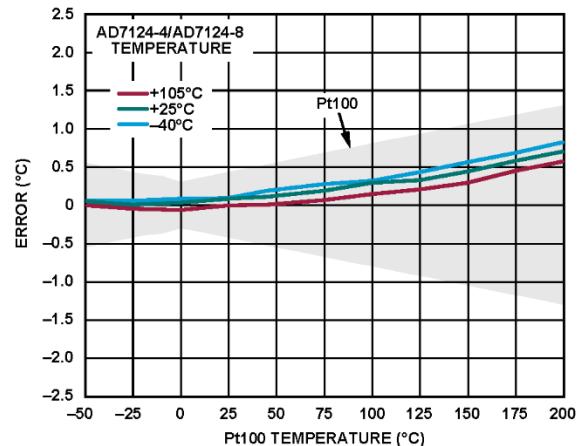


图 27. 4 线温度精度测量 (Sinc4 滤波器、全功率模式、50 SPS, 仅执行 25°C 一次性校准)

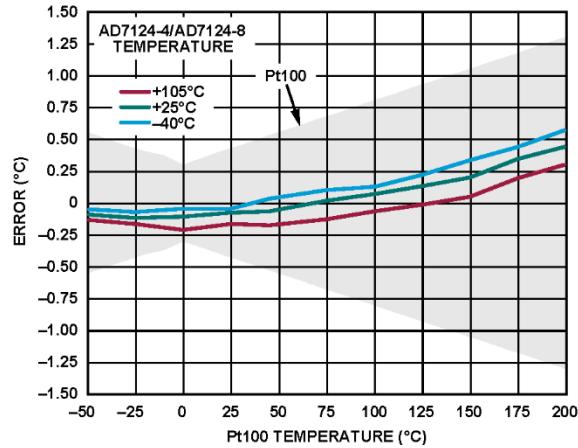


图 28. 4 线 RTD 温度精度测量 (后置滤波器、低功耗模式、25 SPS, 仅执行 25°C 一次性校准)

4线RTD的引线电阻考虑

为了完全补偿引线电阻误差，建议使用 4 线 RTD 配置。这种情况下，两条额外的导线连接到 RTD 的两端，一对传递电流，另一对执行电压测量，这样导线的任何电阻都不会对测量产生任何影响。因此，4 线 RTD 可以提供最准确的测量结果。

多个2线/4线RTD配置

AD7124-4/AD7124-8 可用作多个 2 线/4 线 RTD 的测量系统。在多个通道中配置 ADC 时，ADC 将自动遍历各使能通道，在每个通道上执行一次转换。当通道改变时，必须等到滤波器完全建立后才能生成转换结果，这会影响整体吞吐速率。因此，当多个传感器复用时，还必须考虑数字滤波器的延迟时间。激励电流不受序列器控制，这意味着用户必须写入器件以开启或关闭激励电流和/或将这些电流导向特定通道。但是，开启时间取决于连接到 ADC 的外部 RC 值。因此，实际的开启或关闭时间不在 ADI 公司的控制范围之内，进行测量时也必须加以考虑。

要配置单个 2 线或 4 线 RTD 配置, 请参阅“2 线 RTD 配置”部分或“4 线 RTD 配置”部分。

AD7124-4 可连接 2 个 2 线/4 线 RTD, 而 AD7124-8 最多可连接 5 个 2 线/4 线 RTD。所有 RTD 可使用同一基准输入, 一个电流源可激励所有 RTD。当需要进行 RTD 温度测量时, 电流依次流向各 RTD 的顶端。利用 AD7124-4/AD7124-8 上的交叉多路复用器可单独配置多个通道, 各通道可配置为不同的设置。

测量 RTD 电压需要的步骤如下:

1. 将外部基准电压设置为 $\text{REFIN1}+$ 和 $\text{REFIN1}-$ 。
2. 使能要测量的 RTD 的 IOUT0 电流。
3. 使能输入端连接有 RTD 的模拟输入通道。

图 29 和图 30 显示了一个例子, 5 个 2 线/4 线 RTD 连接到 AD7124-8。一个 2 线/4 线 RTD 连接在 AIN2 和 AIN3 模拟输入引脚上 (通道 0 配置), 激励电流来自 AIN0 ; 第二个 2 线/4 线 RTD 连接在 AIN4 和 AIN5 模拟输入引脚上 (通道 1 配置), AIN1 用于提供激励电流, 以此类推。表 5 详细列出了所有 RTD 配置。

表 5. 多个 2 线/4 线 RTD 的通道配置

传感器	通道	IOUT0	$\text{AIN}+$	$\text{AIN}-$
RTD1	0	AIN0	AIN2	AIN3
RTD2	1	AIN1	AIN4	AIN5
RTD3	2	AIN8	AIN6	AIN7
RTD4	3	AIN11	AIN9	AIN10
RTD5	4	AIN14	AIN12	AIN13

然后按照下述步骤依次对每个 RTD 执行温度测量:

1. 让 IOUT0 流向 AIN0 。测量通道 0 (AIN2 、 AIN3) 上的电压。因此, 通道 0 必须使能。对于此测量, 禁用所有其它通道。
2. 禁用通道 0, 使能通道 1, 将 IOUT0 电流导向 AIN1 。然后测量通道 1 (AIN4 和 AIN5) 上的电压。注意, EVAL-AD7124-4SDZ 或 EVAL-AD7124-8SDZ 的 AIN4 和 AIN5 上有板载热敏电阻。使用 AIN4 和 AIN5 时, 应移除此热敏电阻(R28)。
3. 重复此序列, 直至所有 RTD 都得到测量。

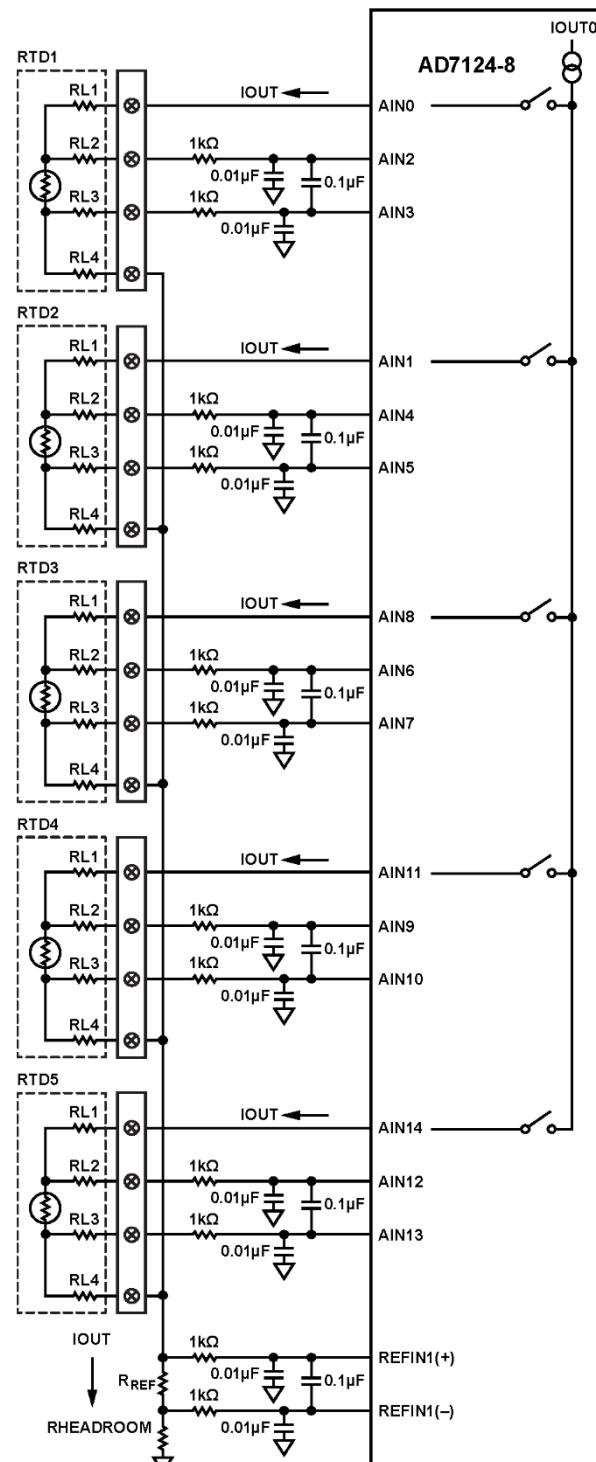


图 29. AD7124-8 的多个 4 线 RTD 配置

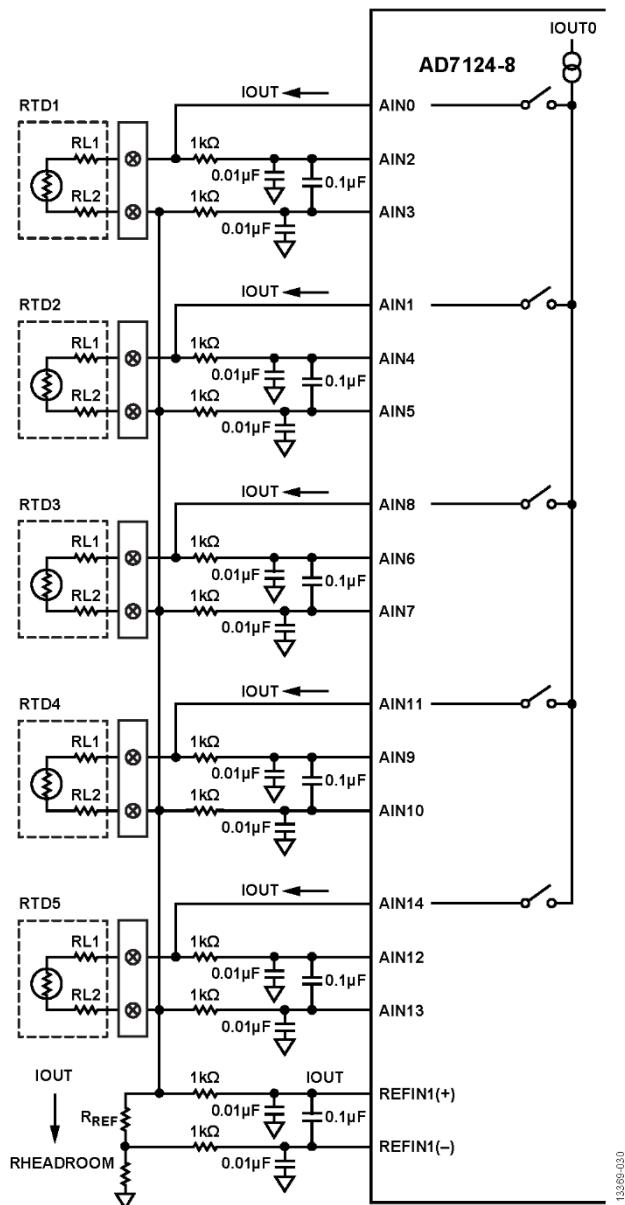


图 30. AD7124-8 的多个 2 线配置

常见变化

使用多个 RTD 时, 将精密电阻放在低端更好, 因为仅需要一个基准电阻。使用更高精度、更高等级的 RTD (0°C 时的容差小于 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$), 可以增强电路的性能。对于 PT1000 传感器, 可使用较低的激励电流, 因而该器件适合于低功耗应用。

当使用单个 2 线或 4 线 RTD 时, 精密电阻也可以放在高端。其性能与基准电阻放在低端时所实现的性能相同。

电路评估与测试

设备要求

2 线、3 线或 4 线 RTD 测量系统需要如下设备:

- EVAL-AD7124-4SDZ 或 EVAL-AD7124-8SDZ 评估板
- EVAL-SDP-CK1Z 或 EVAL-SDP-CB1Z 系统演示平台(SDP)
- AD7124_Eval+ 软件
- USB 供电的电源
- B 类 Pt100、2 线、3 线或 4 线 RTD
- 运行 Windows 且带有 USB 2.0 端口的 PC

软件安装

关于 AD7124-4/AD7124-8 和 EVAL-SDP-CK1Z 或 the EVAL-SDP-CB1Z 的完整用户指南, 请参阅 EVAL-AD7124-4SDZ 或 EVAL-AD7124-8SDZ 用户指南和 SDP 用户指南。

需要该软件来与硬件接口。此软件的下载地址: [ftp://ftp.analog.com/pub/evalcd/AD7124](http://ftp.analog.com/pub/evalcd/AD7124)。如果安装文件未自动运行, 请双击 setup.exe 文件。请先安装评估软件, 再将 EVAL-AD7124-4SDZ 或 EVAL-AD7124-8SDZ 及 EVAL-SDP-CK1Z 或 EVAL-SDP-CB1Z 连接到 PC 的 USB 端口, 确保评估系统连接到 PC 时能被正确识别。

完成评估软件安装后, 将 EVAL-SDP-CK1Z 或 EVAL-SDP-CB1Z 连接到 EVAL-AD7124-4SDZ 或 EVAL-AD7124-8SDZ, 然后利用附送的电缆将 EVAL-SDP-CK1Z 或 EVAL-SDP-CB1Z 连接到 PC 的 USB 端口。检测到评估系统后, 确认出现的所有对话框, 完成安装。

设置与测试

在 EVAL-AD7124-4SDZ 或 EVAL-AD7124-8SDZ 与 EVAL-SDP-CK1Z 或 EVAL-SDP-CB1Z 连接之前, 请勿给硬件接通电源。图 31 所示为 2 线、3 线或 4 线 RTD 配置的测试设置功能框图。

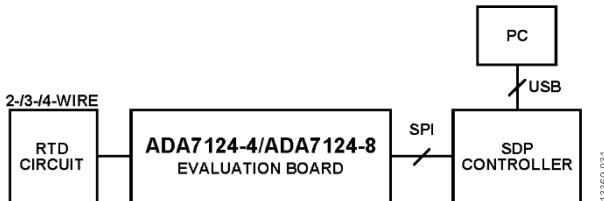


图 31. 测试设置功能框图

测试该电路需要 EVAL-AD7124-4SDZ 或 EVAL-AD7124-8SDZ。此外还需要下列传感器和电阻以确保电路正常工作:

- 2 线、3 线或 4 线 Pt100 RTD, B 类
- 5.11 kΩ 精密基准电阻
- 用于缓冲器裕量的 250 Ω 或 100 Ω 电阻

按照下述步骤配置硬件:

- 将 EVAL-AD7124-4SDZ 或 EVAL-AD7124-8SDZ 上的所有链接设为默认位置, 如 EVAL-AD7124-4SDZ 或 EVAL-AD7124-8SDZ 用户指南所述。
- 利用连接到 J5 的 7 V 或 9 V 电源为 EVAL-AD7124-4SDZ 或 EVAL-AD7124-8SDZ 供电。
- 根据所使用的 RTD 配置 (2 线、3 线或 4 线), 连接 RTD、精密基准电阻和缓冲器裕量电阻。参见 [CN-0383 硬件和软件用户指南](#) 维基百科页面。
- 通过 USB 电缆将 EVAL-SDP-CK1Z 或 EVAL-SDP-CB1Z 连接到 PC。

运行 [AD7124_Eval+软件](#)。此评估软件同时支持 AD7124-4 和 AD7124-8。运行软件时, 选择连接到 PC 的评估板。对于 AD7124-8, 从下拉菜单中选择 EVAL-AD7124-8SDZ(见图 32)。

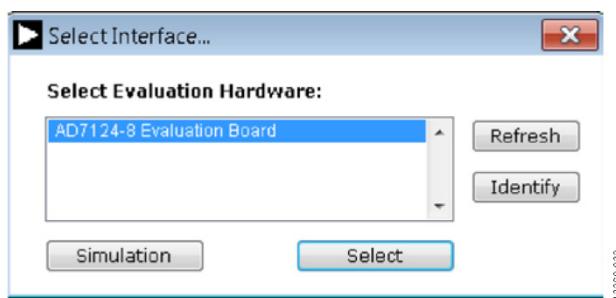


图 32. AD7124-4/AD7124-8 评估板选择

选择评估板后, 出现图 33 所示的窗口。要将 AD7124-4/AD7124-8 配置为 2 线、3 线或 4 线 RTD 测量, 请点击 2-WIRE RTD、3-WIRE RTD 或 4-WIRE RTD Demo Modes 按钮 (参见图 33)。

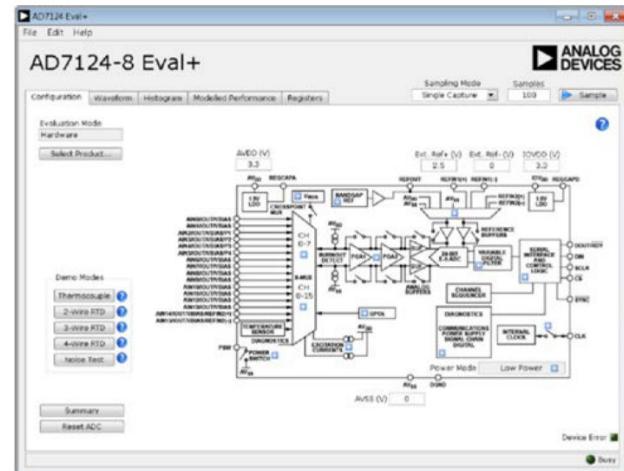


图 33. AD7124_Eval+软件窗口

点击 **Demo Modes** (演示模式) 按钮, 配置每种 RTD 配置的 ADC 软件。为每次 RTD 测量配置 AD7124-4/AD7124-8 之前, 还需要执行一个步骤: AD7124-4/AD7124-8 的内部满量程和零电平校准。此校准可通过 **Registers** (寄存器) 选项卡执行 (参见图 34)。

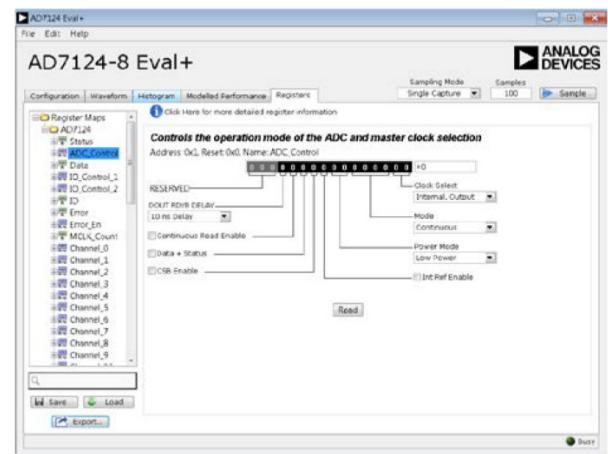


图 34. Registers 选项卡

有关 ADC 寄存器映射设置、校准和测量步骤的更多信息, 参见 [CN-0383 硬件和软件用户指南](#) 维基百科页面。

了解更多

CN-0383 设计支持包:

www.analog.com/CN0383-DesignSupport

SDP 用户指南

EVAL-AD7124-4 用户指南(UG-855)

EVAL-AD7124-8 用户指南(UG-856)

应用笔记 AN-892。温度测量原理及实用技术。ADI 公司。

Kester, Walt。“温度传感器”，传感器信号调理第 7 章。ADI 公司，1999 年。

McCarthy, Mary。应用笔记 AN-615。峰峰值分辨率与有效分辨率。ADI 公司。

指南 MT-031。实现数据转换器的接地并解开 AGND 和 DGND 的谜团。ADI 公司。

指南 MT-101。解耦技术。ADI 公司。

电路笔记 CN-0376。适合 PLC/DCS 应用的通道间隔离 温度输入 (热电偶/RTD)。ADI 公司。

电路笔记 CN-0382。采用低功耗、精密、24 位 $\Sigma-\Delta$ 型 ADC 的隔离式 4 mA 至 20 mA/HART 温度和压力工业变送器。ADI 公司。

电路笔记 CN-0384。采用低功耗、精密、24 位 $\Sigma-\Delta$ 型 ADC 的全集成式热电偶测量系统。ADI 公司。

数据手册和评估板

EVAL-AD7124-4SDZ

EVAL-AD7124-8SDZ

EVAL-SDP-CK1Z 或 EVAL-SDP-CB1Z

AD7124-4 数据手册

AD7124-8 数据手册

ADP150 数据手册

修订历史

2020 年 10 月—修订版 B 至修订版 C

更新格式.....	通用
更改“电路功能与优势”部分	1
更改图 1	2
“RTD 温度测量”部分更改为“RTD 简介”部分	2
更改“RTD 简介”部分	2
删除图 3; 重新排序	3
增加“RTD 转换函数”部分和“RTD 测量”部分	3
移动公式 1 至公式 7	3
增加“RTD 设计考虑”部分、“ADC”部分、“激励电流和输出顺从电压”部分、“模拟输入和增益选择”部分、“基准电压源和基准电压缓冲器裕量”部分	4
更改“电源”部分	4
增加“数字和模拟滤波”部分、表 1 表 2, 重新排序	5
更改“校准”部分	6
增加“诊断”部分、“RTD 接线配置”部分、表 3、“2 线 RTD 配置”部分和图 3	6
增加图 4 至图 7	7
增加图 8、图 9 和“2 线 RTD 的引线电阻考虑”部分	8
更改“3 线 RTD 配置”部分和图 10	8
删除图 16	10
“引线电阻考虑”更改为“3 线 RTD 的引线电阻考虑”部分	10
更改“3 线 RTD 的引线电阻考虑”部分	10
删除图 18	11
更改“电流源失配和失配漂移”部分	11
增加“多个 3 线 RTD 配置”部分	12
增加表 4 和图 21	13
增加“4 线 RTD 配置”部分、图 22 至图 24	14
增加图 25 至图 28、“4 线 RTD 的引线电阻考虑”部分和“多个 2 线/4 线 RTD 配置”部分	15
增加表 5 和图 29	16
增加图 30	17
更改“常见变化”部分	17
更改“设置与测试”部分、图 31 和图 33	18
增加图 34	18

2019 年 10 月—修订版 A 至修订版 B

更改“串行外设接口(SPI)”部分与“模拟输入和基准电压源”部分	3
更改“数字和模拟滤波”部分	4
更改“3 线 RTD 配置”部分	5
更改“设备要求”部分	9
更改图 17 标题	10

2017 年 9 月—修订版 0 至修订版 A

更改“3 线 RTD 配置”部分	5
------------------	---

2015 年 7 月—修订版 0：初始版



(Continued from first page) Circuits from the Lab reference designs are intended only for use with Analog Devices products and are the intellectual property of Analog Devices or its licensors. While you may use the Circuits from the Lab reference designs in the design of your product, no other license is granted by implication or otherwise under any patents or other intellectual property by application or use of the Circuits from the Lab reference designs. Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, Circuits from the Lab reference designs are supplied "as is" and without warranties of any kind, express, implied, or statutory including, but not limited to, any implied warranty of merchantability, noninfringement or fitness for a particular purpose and no responsibility is assumed by Analog Devices for their use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from their use. Analog Devices reserves the right to change any Circuits from the Lab reference designs at any time without notice but is under no obligation to do so.