

说明

此参考设计演示了使用 [ADS1282EVM-PDK](#) 的完全航天级比例式温度检测电路。此电路可在多达 10 个不同位置测量温度，无需使用任何缓冲器。大多数航天应用需要在多个子系统中进行温度测量，这些子系统将受益于此多位置电路。

资源

[TIDA-060042](#)

设计文件夹

[ADS1282-SP](#)

产品文件夹

[LMP7704-SP](#)

产品文件夹

[TPS7A4501-SP](#)

产品文件夹

特性

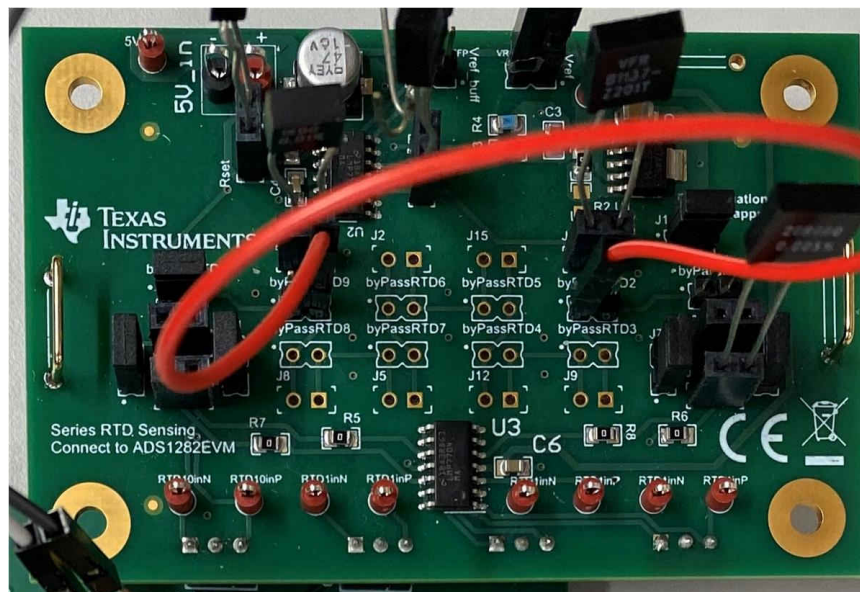
- 测量多达 10 个不同位置的温度
- 比例式温度检测
- 99.93% 的精度
- 不使用缓冲器
- 尺寸小、成本低

应用

- [卫星电力系统 \(EPS\)](#)
- [雷达成像有效载荷](#)
- [通信负载](#)
- [命令和数据处理 \(C&DH\)](#)



请咨询我司 TI E2E™ 支持专家



1 系统说明

此参考设计展示了一个温度检测系统，可以测量 10 个不同位置的温度。该系统由 [TIDA-060042](#) 和 [ADS1282EVM-PDK](#) 组成。[TIDA-060042](#) 是一个 **电阻温度检测器 (RTD)** 板，串联连接 10 个 RTD。如图 2-1 中所示，每个 RTD 输出与其电阻成比例的差分信号，并由 [ADS1282EVM-PDK](#) 用于温度计算。由于 [ADS1282-SP](#) 的输入阻抗较大，在不进行校准或不使用任何缓冲器的情况下，测量精度大于 99.93%。与传统的空间温度测量电路相比，该电路不仅更加灵活和准确，并且由于减少了缓冲器的使用，而体积更小，成本更低。

2 系统概述

表 2-1 详细介绍了 RTD 电路板 [TIDA-060042](#)，此款电路板用于连接 [ADS1282EVM-PDK](#) 以测量温度。

表 2-1. TIDA-060042 系统规格

	网名称	说明	值	单位	误差 [%]
电源	5V_in	RTD 电路板电源	5	V	N/A
输入	Rref	设置 ADS1282EVM 的 Vref	4.76, $I_{RTD}^1 \approx 0.5\text{mA}$	kOhm	0.05%
			$I_{RTD} \approx 1\text{mA}$ 时为 2.18		
			$I_{RTD} \approx 1.5\text{mA}$ 时为 1.1		
	Rset	设置所有 RTD 和 Rref 的电流	$I_{RTD} \approx 0.5\text{mA}$ 时为 1.5k $I_{RTD} \approx 1\text{mA}$ 时为 750 $I_{RTD} \approx 1.5\text{mA}$ 时为 500	Ω	0.05%
	RTD1 至 RTD10	位于不同位置的 10 个 RTD	0 至 135	Ω	0.05%
输出	ADCin1	RTD1 两端的电压	0 至 $V_{ref}^2 / (2^* \text{增益}^3)$	V	0.1%
	ADCin2	RTD2 两端的电压	0 至 $V_{ref} / (2^* \text{增益})$	V	0.1%

2.1 方框图

此参考设计在 PCB 上使用等效的商用器件，而不是全航天级 IC，进行电气性能评估。与航天级 IC 相比，商用器件具有相似的电气特性，但不具有耐辐射能力。此外，[ADS1282-SP](#) 不会放置在 [TIDA-060042](#) 上。相反，[TIDA-060042](#) 用于连接到 [ADS1282EVM-PDK](#) 进行温度测量。图 2-1 演示了推荐的综合方框图，图 2-2 演示了 RTD 板 [TIDA-060042](#) 如何连接到 [ADS1282EVM-PDK](#) 进行温度测量。

¹ 所有 RTD、Rset 和 Rref 的电流，如图 2-1 中所示

² Vref 是图 2-1 中 Rref 两端的电压

³ [ADS1282-SP](#) 可编程增益放大器 (PGA) 增益，可以设置为 1、2、4、8、16、32 和 64

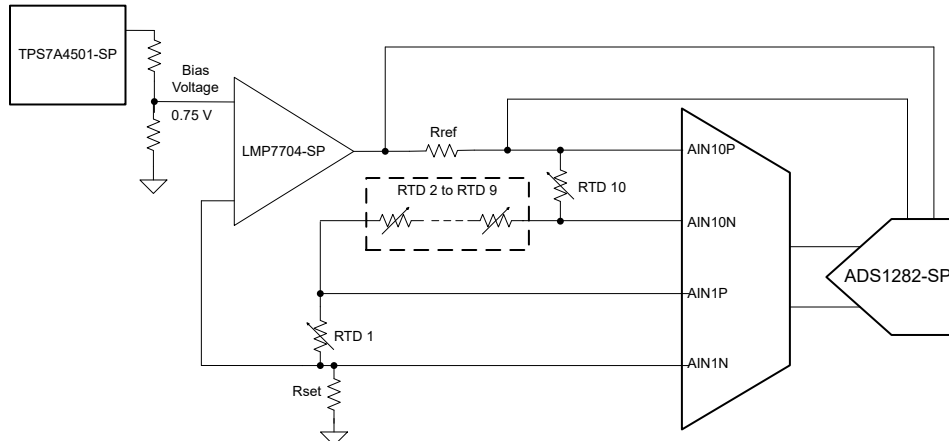


图 2-1. 温度传感应用方框图

LMP7704-SP 是一款轨到轨输入和输出运算放大器，可为每个 RTD 以及 Rset 和 Rref 提供固定电流。Rset 的值将设置串联电阻所吸收的电流，因此要调整电流，需要修改 Rset。偏置电压设置为 0.75V。Rref 两端的电压是用于设置 ADC 满量程 (FSR) 的 ADS1282-SP 基准电压。与图 2-1 相比，图 2-2 删除了多路复用器。仅 RTD1 和 RTD10 连接到 ADS1282EVM-PDK，用于评估共模电压 (Vcm) 对测量结果的影响。

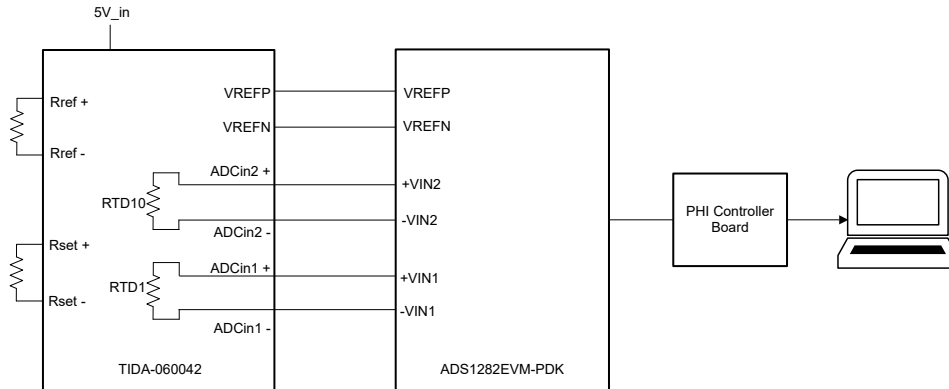


图 2-2. TIDA-060042 和 ADS1282EVM-PDK 之间的连接

2.2 设计注意事项

如图 2-2 所示，TIDA-060042 用于连接到 ADS1282EVM-PDK，以监测 RTD1 和 RTD10 两端的电压。TIDA-060042 可以通过两种不同的方式测量 RTD 电压：使用或不使用缓冲器。缓冲器作为选件提供，但本参考设计的主要关注点是在不使用任何缓冲器的情况下评估 ADS1282-SP。以下各节介绍了计算 Rset、Rref 和内部 ADC 增益的公式，以及显示在 TIDA-060042 和 ADS1282EVM-PDK 之间连接模拟多路复用器的影响的仿真。

2.2.1 Rset、Rref 和增益计算

ADS1282-SP 输入范围为 AVSS 以上 0.7V，AVDD 以下 1.25V。AVDD 设置为 5V 时，ADS1282EVM-PDK 接受 0.7V 至 3.75V 的输入。在 TIDA-060042 中，图 2-1 中的偏置电压设置为 0.75V。根据所需的 RTD 电流 (I_{RTD})，使用方程式 1 计算 Rset。

$$R_{set} = \frac{0.75 \text{ V}}{I_{RTD}} \quad (1)$$

使用最大 RTD 电阻 (在本设计中为 135 Ω) 时，Rref 和 Gain 通过两个公式 (方程式 2 和方程式 3) 计算。

$$R_{ref} > 135 \Omega \times 2 \times \text{Gain} \quad (2)$$

$$R_{ref} < \frac{5 \text{ V}}{I_{RTD}} - R_{set} - 135 \Omega \times 10 \quad (3)$$

确认 Rset、Rref 和增益后，每个 RTD 使用的正 ADC FSR 的百分比将通过 [方程式 4](#) 计算。为了获得更高性能，Rref 最好尽可能小，以充分利用正 FSR。

$$\% \text{ positive FSR used} = \frac{135 \Omega \times 2 \times \text{Gain}}{R_{\text{ref}}} \times 100\% \quad (4)$$

2.2.2 模拟多路复用器效果

模拟多路复用器 (Mux) 不在设计硬件中实现，但通过仿真考虑了多路复用器。

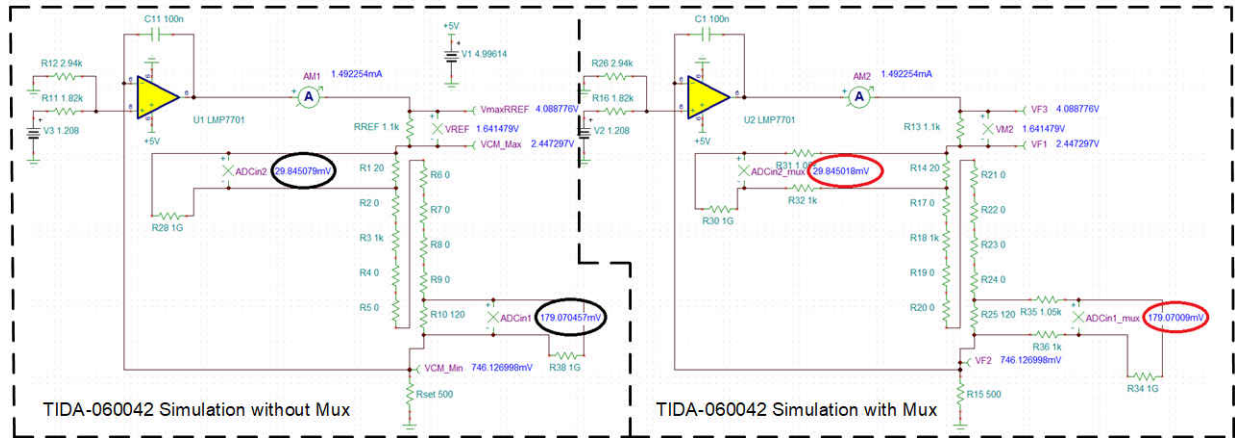


图 2-3. 模拟多路复用器效果仿真

表 2-2. 模拟多路复用器效果仿真结果

	不带多路复用器	带多路复用器	差异百分比
ADCin1 [mV]	179.070457	179.07009	0.0002%
ADCin2 [mV]	29.845079	29.845018	0.0002%

如图 2-3 和表 2-2 中所示，RTD 电路板是使用和不使用多路复用器进行仿真的，其原理图显示在图的左右两侧，并以红色和黑色圈出仿真结果。为了模拟多路复用器，添加了一个表示 MUX 导通电阻的电阻器，并将其设置为 1kΩ，从而允许每个通道之间存在 50Ω 的差异。由于 ADS1282-SP 在启用 PGA 斩波的情况下具有 1GΩ 差分输入阻抗，因此，两个电路输出之间只有约 0.0002% 的差异。将此误差与 RTD 本身引起的误差进行比较，多路复用器产生的误差可以忽略不计，不会影响整体性能。

2.3 重点产品

以下部分描述了本设计中使用的重点产品。

2.3.1 ADS1282-SP

ADS1282-SP 是一款性能极高的单芯片模数转换器 (ADC)，配备集成式低噪声可编程增益放大器 (PGA) 和双通道输入多路复用器 (MUX)。**ADS1282-SP** 适用于能源勘探和地震监测等要求苛刻的环境。

2.3.2 LMP7704-SP

LMP7704-SP 是一款精密放大器，具有低输入偏置、低失调电压、2.5 MHz 增益带宽积和宽电源电压。该器件经过耐辐射处理，可在 -55°C 至 $+125^{\circ}\text{C}$ 的军用级温度范围内工作。该放大器的高直流精度，特别是 $\pm 60\mu\text{V}$ 的低失调电压和 $\pm 500\text{fA}$ 的超低输入偏置，使该器件成为连接具有高输出阻抗的精密传感器的理想选择。可以针对换能器/传感器、电桥、应变仪和跨阻放大配置该放大器。

2.3.3 TPS7A4501-SP

TPS7A4501-SP 是一款针对快速瞬态响应进行了优化的低压降 (LDO) 稳压器。**5962-1222402VHA** 在压降为 300mV 时可提供 750mA 的输出电流。**5962R1222403VXC** 在压降为 320mV 时可提供 1.5A 的输出电流。静态电流受到很好的控制；与很多其他稳压器一同工作时一样，它在压降时不上升。除了快速瞬态响应，**TPS7A4501-SP** 稳压器还具有极低的输出噪声，这使它更加适合灵敏射频电源应用。

表 2-3 中列出的所有 TI 器件的辐射报告都可以在其 TI.com 产品文件夹中找到。

表 2-3. 辐射鉴定

器件型号	总电离剂量 (kRAD)	单粒子闩锁效应抑制 (MeV-cm ² /mg)
ADS1282-SP	50	125°C 时为 50, 80°C 时为 60
LMP7704-SP	100	85
TPS7A4501-SP	100	86

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 硬件要求

评估系列 RTD 温度检测系统的精度需要以下三个硬件：

- TIDA-060042：将 10 个 RTD 串联并输出差分 RTD 电压以及参考电压的 RTD 电路板。图 3-1 展示了 TIDA-060042 的原理图。

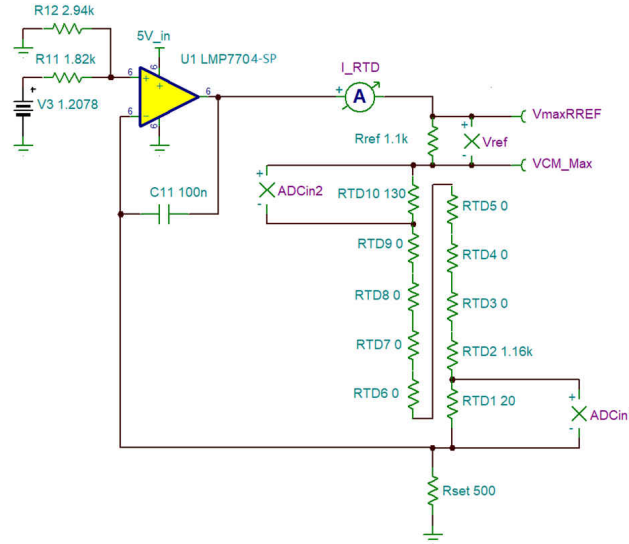


图 3-1. TIDA-060042 原理图

- ADS1282EVM-PDK：ADS1282-SP 评估模块。需要对评估模块进行修改，以使模拟前端 (AFE) 旁路，并且 Vref 由 TIDA-060042 直接提供。
- PHI 控制器板：此板带有 ADS1282EVM-PDK。该板通过 USB 2.0 (或更高版本) 为 ADS1282EVM-PDK 提供方便的通信接口，以实现电力输送以及数字输入和输出

图 3-2 展示了连接了所有三个硬件的图像。

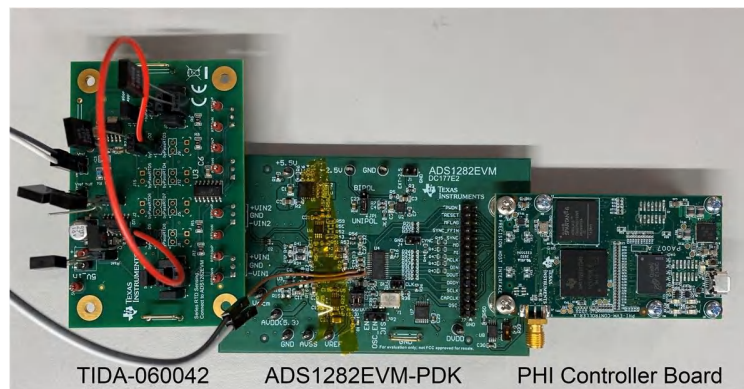


图 3-2. 硬件设置

3.2 软件要求

评估 TIDA-060042 需要 ADS1282EVM-PDK 图形用户界面 (GUI)。此 GUI 软件包括用于数据采集、直方图分析、频谱分析和线性分析的图形工具。此 GUI 还具有将数据导出至文本文件以进行后处理的配置。请参阅 ADS1282EVM-PDK 用户指南以了解更多信息。

3.3 测试设置

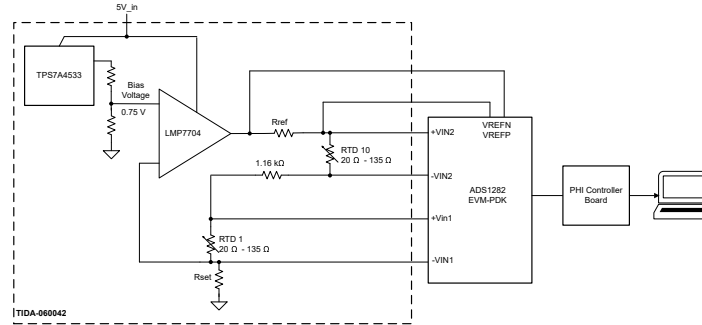


图 3-3. 模拟温度测量的实验室设置

图 3-3 展示了用于模拟温度测量的实验室设置的方框图。此设置的目的是记录 RTD1 和 RTD10 的差分电压。这两个 RTD 分别具有最高（高 Vcm）和最低（低 Vcm）共模电压。所有 RTD 都串联连接，电流由 Rset 偏置。在数据收集期间，Rset 设置为三个不同的值，因此收集了三组数据。

按照第 2.2.2 节中的公式，将 I_{RTD} 设置为 0.497mA、0.995mA 和 1.49mA，表 3-1 中计算并展示了 Rset、Rref、增益和正 FSR %。

表 3-1. 不同 I_{RTD} 的测试设置

	设置 1	设置 2	设置 3
I _{RTD} [mA]	0.497	0.995	1.49
Rset [Ω]	4.5k	750	500
Rref [Ω]	4.76k	2.18k	1.1k
增益	16	8	4
使用的正 FSR 百分比	90.8%	99.1%	98.2%

图 3-4 说明了如何（用红色圈出）修改 PGA 增益，配置多路复用器，以及读取 GUI 上返回的代码。

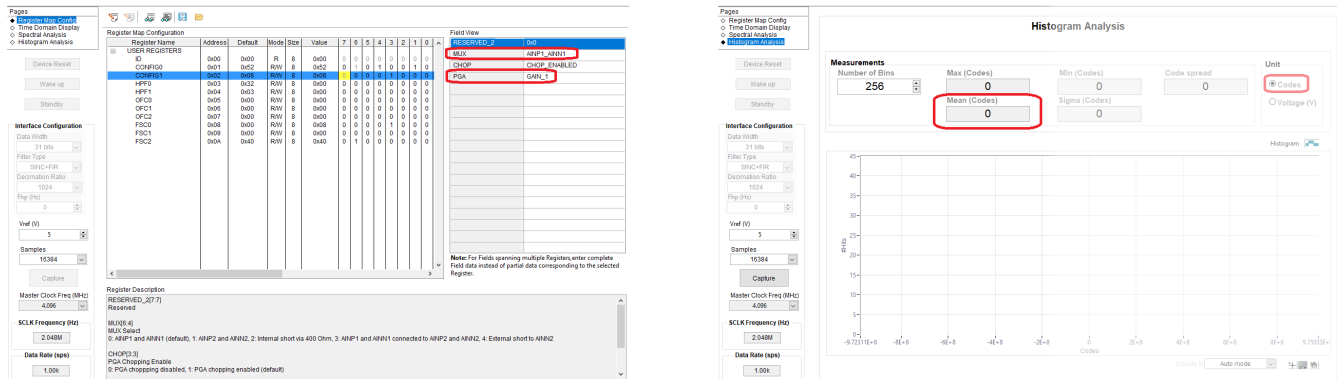


图 3-4. ADS1282EVM-PDK GUI 设置

ADS1282EVM-PDK GUI 返回具有 2 种格式、代码和电压的值。代码为 31 位数据，用于通过以下公式计算 RTD 电阻，并将计算值与实际电阻值进行比较以进行误差分析。

$$RTD \text{ Resistance} = \frac{\text{Codes}}{\text{Gain} \times 2^{31}} \times Rref \quad (5)$$

3.4 测试结果

图 3-5 至图 3-7 展示了 RTD 电阻测量百分比误差。根据所有三组采集的数据，共模电压 (Vcm) 对结果的影响很小。图 3-7 中显示的所有捕获数据的百分比误差均小于 0.07%。因此，建议将 RTD 电流偏置在 1.5mA 左右以获得卓越性能。

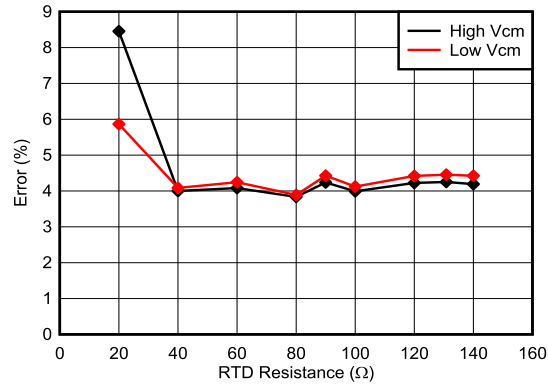


图 3-5. $I_{RTD} = 0.5mA$ 时的温度测量精度

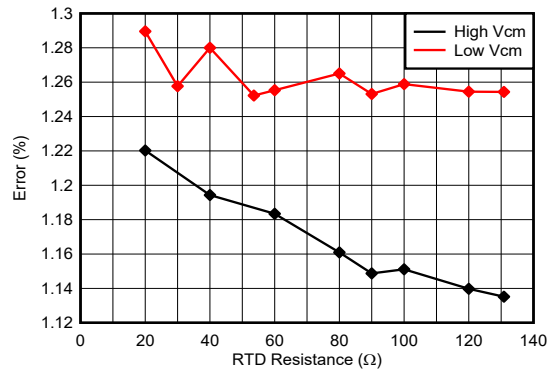


图 3-6. $I_{RTD} = 1mA$ 时的温度测量精度

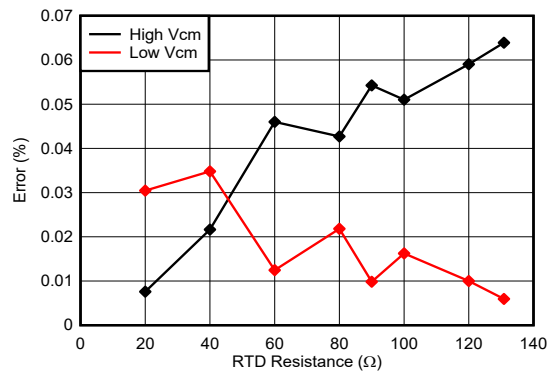


图 3-7. $I_{RTD} = 1.5mA$ 时的温度测量精度

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-060042](#) 中的设计文件。

4.1.2 物料清单

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-060042](#) 的设计文件。

4.2 文档支持

1. 德州仪器 (TI)，[ADS1282-SP 高分辨率模数转换器 \(ADC\) 数据表](#)
2. 德州仪器 (TI)，[ADS1282EVM-PDK ADS1282 性能演示套件 数据表](#)

4.3 支持资源

[TI E2E™ 支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题可获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [《使用条款》](#)。

4.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

5 作者简介

Jiajun Guan (音译：关家军) 是德州仪器 (TI) 的系统工程师，负责为航空航天和国防部门开发系统设计。家军自 2021 年以来一直在 TI 工作。家军在加州理工大学获得了电气工程学士和硕士学位。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司