

AD4110-1中的过压鲁棒性测试

作者：Dan O'Donnell和Brendan Somers

简介

AD4110-1是一款完整的单通道通用输入模数转换前端，适用于要求灵活性与传感器相当的工业过程控制系统。

可以通过软件针对电流或电压信号配置高压输入，同时允许直接连接所有标准工业模拟信号源，如 ± 20 mA、 ± 4 mA至 ± 20 mA、 ± 10 V和所有热电偶类型。为回路供电的电流输出传感器提供场电源。包括用于电阻温度检测器(RTD)和其他阻性传感器的一系列激励电流源。集成的全差分可编程增益放大器(PGA)提供0.2至24的16种增益设置。

可以将高压输入编程为在电压模式或电流模式下上电。当编程为电流模式时，即使在没有系统电源的情况下，独特的输入电路架构也能提供环路电流通路。有关详情，请参阅AD4110-1数据手册。

在某些应用中，可能发生以下事件：模拟输入模块的输入端由模块电源电平以外的电压驱动，这种情况称为过压条件。当输入引脚超过电源轨达一个二极管压降以上时，输入放大器的内部二极管有可能正向偏置，导致过大的电流流过，结果可能会损坏放大器。这种损坏可能导致电气规格参数的变化超出AD4110-1数据手册中规定的限值，也可能导致输入放大器出现永久性的故障。

AD4110-1基于高压硅工艺设计，通过使用外部电阻-电容(RC)低通滤波器电路，在输入引脚上提供 ± 30 V的直流过压保护。负电源也需要二极管。

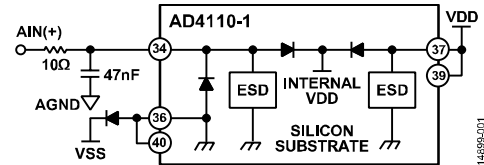


图1. 模拟输入引脚结构

本应用笔记将概述符合数据手册过压保护规格的测试电路配置。我们对AD4110-1的所有可能工作模式进行测试。用一个带插座的评估板作为测试板，如图2所示。有关工作模式的详情，请参阅AD4110-1数据手册。

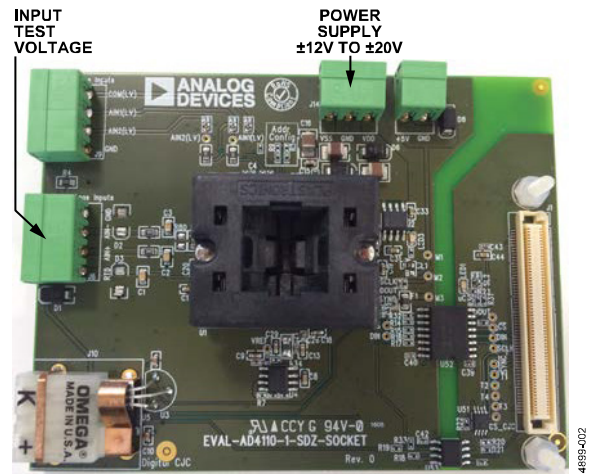


图2. 测试板

目录

简介.....	1	电流模式.....	6
修订历史.....	2	2线RTD模式.....	7
测试系统和方法.....	3	3线RTD模式.....	8
测试系统.....	3	4线RTD模式.....	10
测试方法.....	3	场电源模式.....	12
结果摘要.....	4	无电源模式(NPSM).....	13
测试结果.....	5		
电压模式.....	5		

修订历史

2019年3月—修订版0：初始版

测试系统和方法

测试系统

在所有测试配置中均采用插座版EVAL-AD4110-1SDZ评估板（见图2），作为测试板。除场电源模式(FPSM)以外，所有测试配置均用一个Keysight® N6705B四象限电源分析仪为测试板提供±20 V的电源；场电源模式所用电源为±15 V。全部测试配置均用一个TTi® CPX200D电源（电流限为4 A）向测试板的输入端子施加过压条件。对于每种测试配置，在三个温度点测试了三个器件：-40°C、+25°C和+105°C。

测试方法

我们基于可使用带电系统电缆，模拟输入模块连接着各种工业传感器的情况，根据系统安装期间可能发生的情况设计了测试方法。还测试了由于错误接线条件而将系统电源连接到模块输入端子的可能性。典型情况下，系统电源为+24 V，可以指定±20%的容差，此时其可能过压范围为±19.2 V至±28.8 V。

如图4至图35所示，将过压条件快速连续五次施加到输入端子，并重复正负电压。对于施加电压相对于测试板接地浮动的测试配置，源输出同时连接到输入端子。对于所施加的电压折合到测试板接地电压的测试配置，先连接测试板RTD(-)端子。RTD(-)端子通过100Ω电阻连接到测试板AGND（见图3）。

在测试每个AD4110-1器件之后，运行器件生产测试程序，确保所有数据表规格均未因施加的过压条件发生改变。AD4110-1数据手册模拟输入过压保护规格是在施加2 V裕量的条件下，用所有测试配置下的最差条件测试结果确定的。表1总结了测试结果。

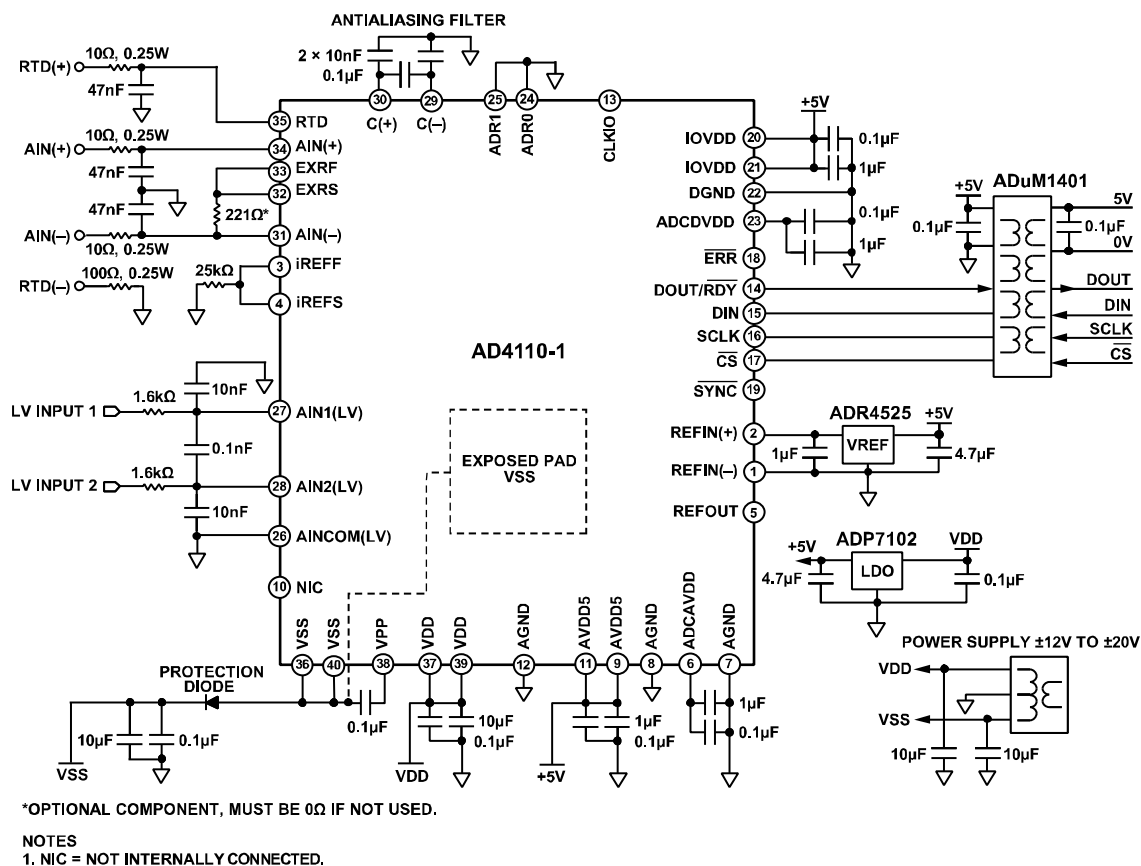


图3. EVAL-AD4110-1SDZ的测试板原理图

结果摘要

AD4110-1数据手册关于AIN(+)和AIN(-)引脚上的模拟输入过压保护规格（额定值为 ± 30 V）是在施加2 V裕量的条件下，用所有测试配置下的最差条件测试结果确定的。表1总结了总体测试结果。施加的输入电压的通过电平是器件在测试后达到数据手册规格要求的最大过压电平。有关测试配置图和测试结果，请参见图4至图35。

在没有偏离AD4110-1规格的情况下，施加的最低过压条件为32 V，配置为场电源模式，如表1所示。请注意，此配置的电源限值为 ± 15 V，因而并非最差条件。

在没有偏离AD4110-1规格的情况下，施加的下一个最低过压条件是-33 V，配置为4线RTD模式。为了验证这一结果，在这种配置下测试了30个其他器件，使得在施加3 V裕量的条件下，数据手册中的过压保护规格可以额定为 ± 30 V。

表1. 结果摘要

测试配置/模式	被施加输入电压(V)的通过电平 ¹			
	RTD(+)	AIN(+)	AIN(-)	RTD(-)
电压	不适用	+40, -35	+40, -40	不适用
电流	不适用	+40, -35	+40, -40	不适用
2线RTD	不适用	+40, -35	+40, -40	不适用
3线RTD	+40, -40	+40, -35	+40, -40	不适用
4线RTD	+40, -40	+40, -33	+40, -40	不适用
场电源模式 ²	不适用	+40, -35	+32	不适用
无电源模式	不适用	40	40	不适用

¹ 施加的输入电压的通过电平是器件在测试后达到数据手册规格要求的最大过压电平。

² 对于此测试配置，VDD或VSS电源电压限值为 $\leq \pm 15$ V。

测试结果

电压模式

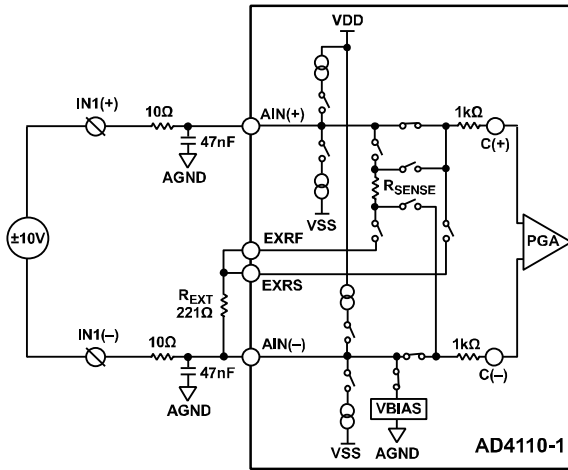


图4. 典型应用图—电压模式

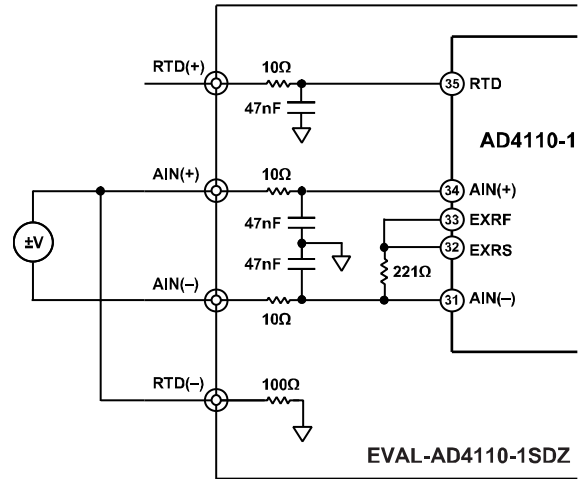


图6. 电压模式，测试3和测试4

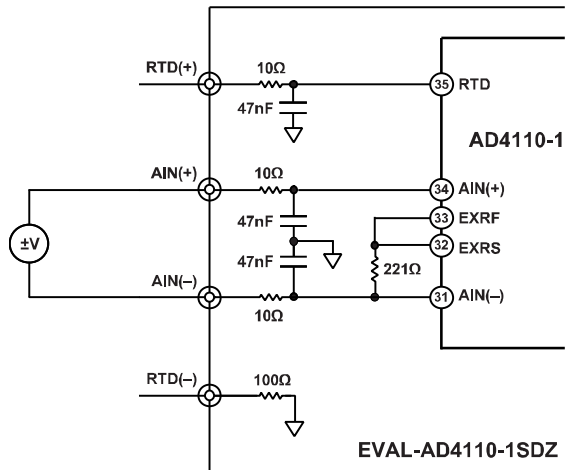


图5. 电压模式，测试1和测试2

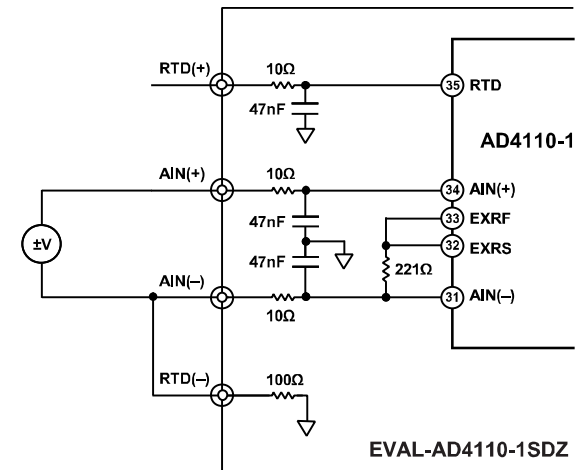


图7. 电压模式，测试5和测试6

表2. 电压模式配置的测试结果

测试编号	测试配置	被施加输入电压(V)的通过电平 ¹			
		RTD(+)	AIN(+)	AIN(-)	RTD(-)
测试1	参见图5	不连接	40	0	不连接
测试2	参见图5	不连接	0	40	不连接
测试3	参见图6	不连接	0	-40	0
测试4	参见图6	不连接	0	40	0
测试5	参见图7	不连接	40	0	0
测试6	参见图7	不连接	-35	0	0

¹ 施加的输入电压的通过电平是器件在测试后达到数据手册规格要求的最大过压电平。

电流模式

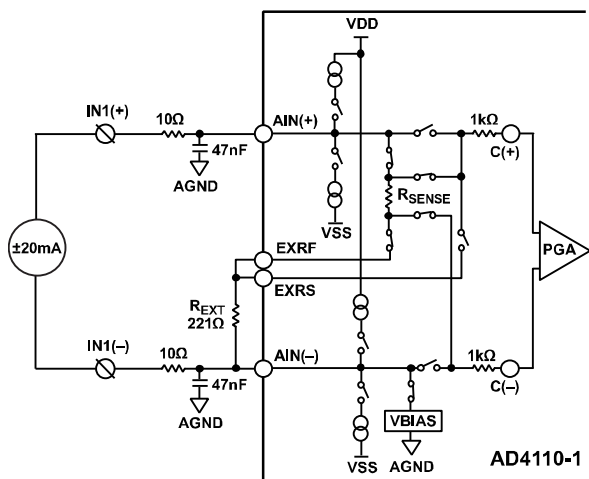


图8. 典型应用图——电流模式

14895-008

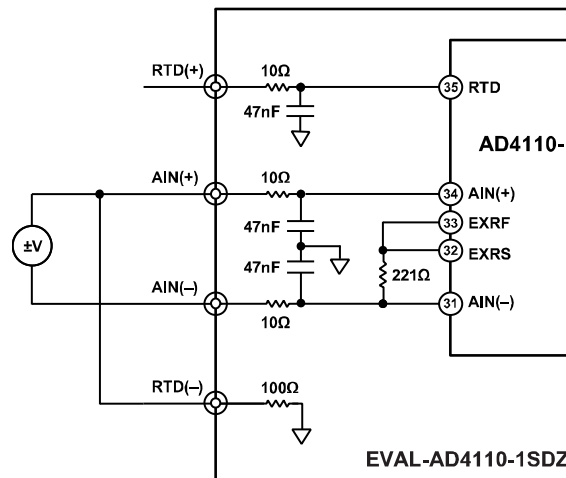


图10. 电流模式，测试3和测试4

14895-010

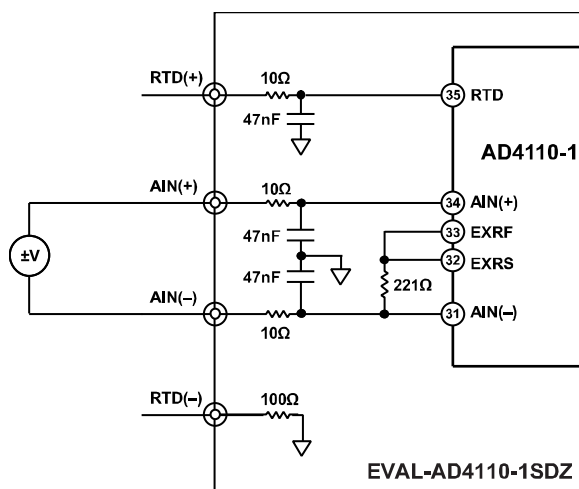


图9. 电流模式，测试1和测试2

14895-009

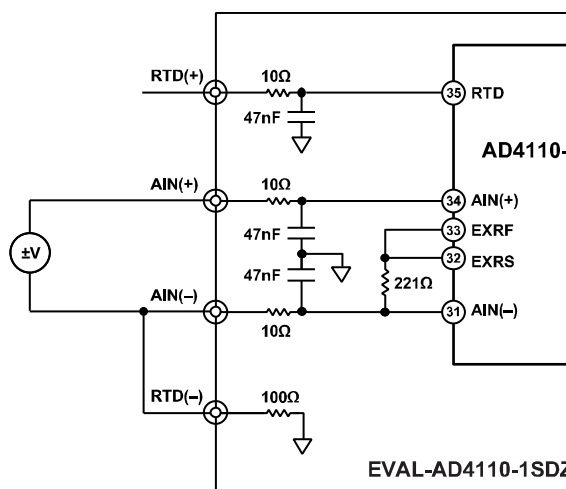


图11. 电流模式，测试5和测试6

14895-011

表3. 电流模式配置的测试结果

测试编号	测试配置	被施加输入电压(V)的通过电平 ¹			
		RTD(+)	AIN(+)	AIN(-)	RTD(-)
测试1	参见图9	不连接	40	0	不连接
测试2	参见图9	不连接	0	40	不连接
测试3	参见图10	不连接	0	-40	0
测试4	参见图10	不连接	0	40	0
测试5	参见图11	不连接	40	0	0
测试6	参见图11	不连接	-35	0	0

¹ 施加的输入电压的通过电平是器件在测试后达到数据手册规格要求的最大过压电平。

2线RTD模式

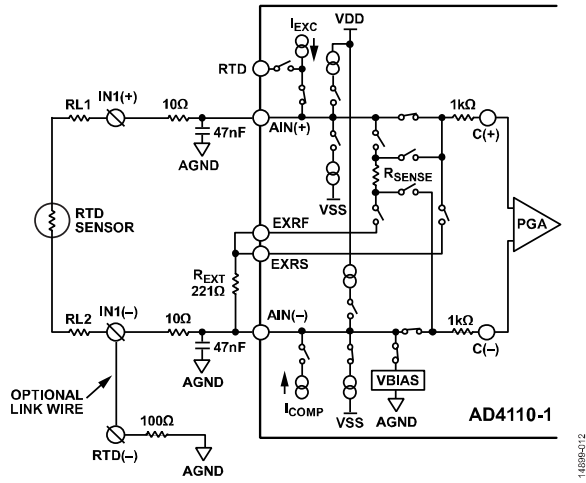


图12. 典型应用图——2线RTD模式

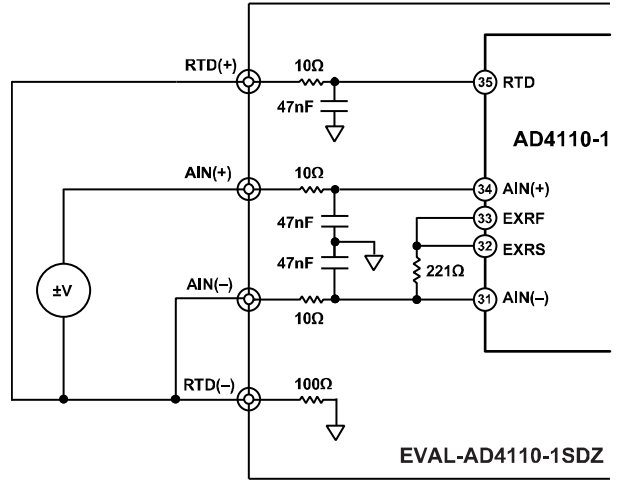


图14. 2线RTD模式，测试3和测试4

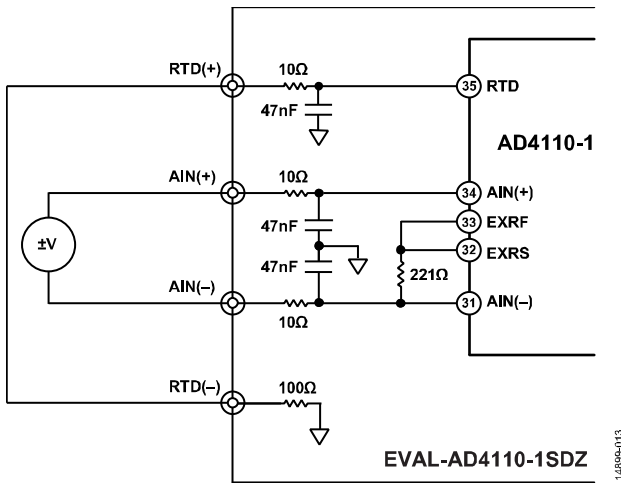


图13. 2线RTD模式，测试1和测试2

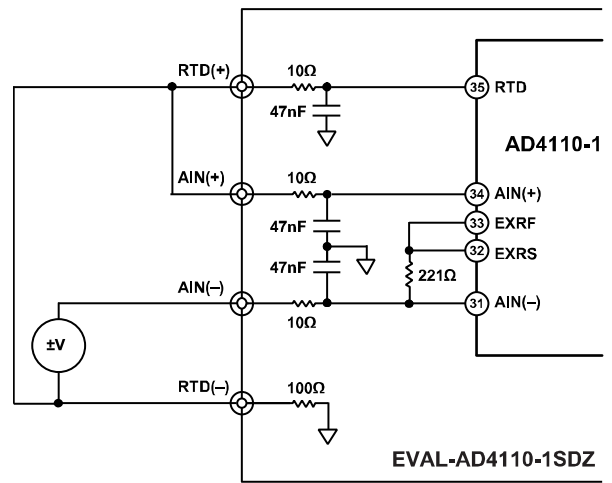


图15. 2线RTD模式，测试5和测试6

表4. 2线RTD配置的测试结果

测试编号	测试配置	被施加输入电压(V)的通过电平 ¹			
		RTD(+)	AIN(+)	AIN(-)	RTD(-)
测试1	参见图13	0	40	0	0
测试2	参见图13	0	0	40	0
测试3	参见图14	0	+40	0	0
测试4	参见图14	0	-35	0	0
测试5	参见图15	0	0	40	0
测试6	参见图15	0	0	-40	0

¹ 施加的输入电压的通过电平是器件在测试后达到数据手册规格要求的最大过压电平。

3线RTD模式

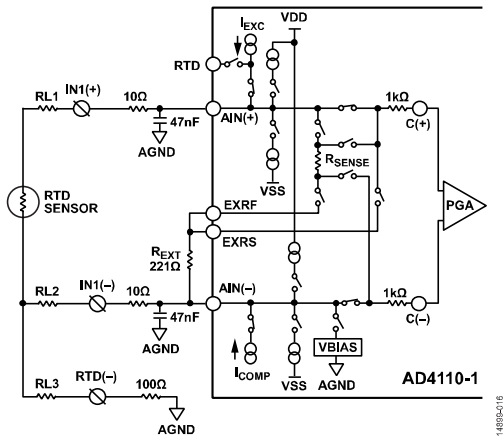


图16. 典型应用图—3线RTD模式

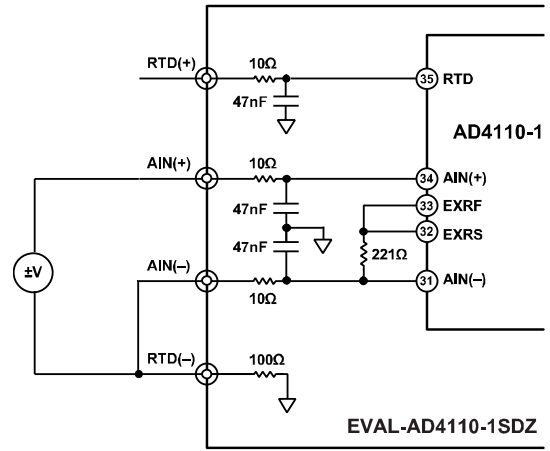


图18. 3线RTD模式，测试3和测试7

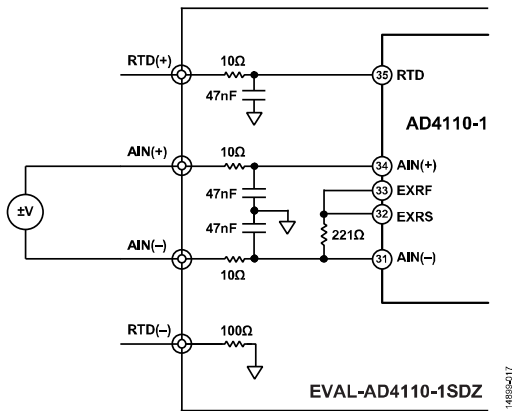


图17. 3线RTD模式，测试1和测试2

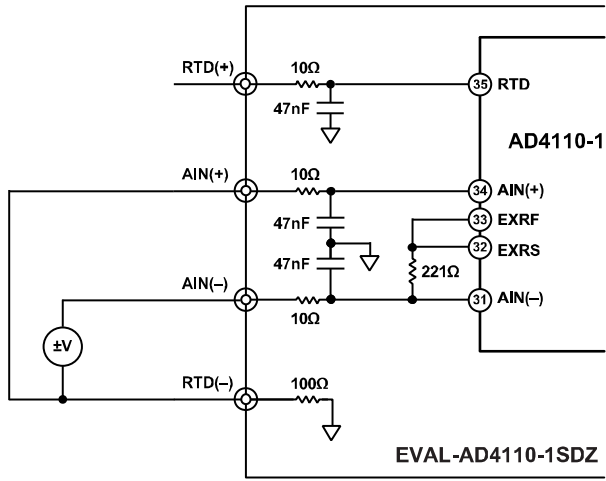


图19. 3线RTD模式，测试5和测试6

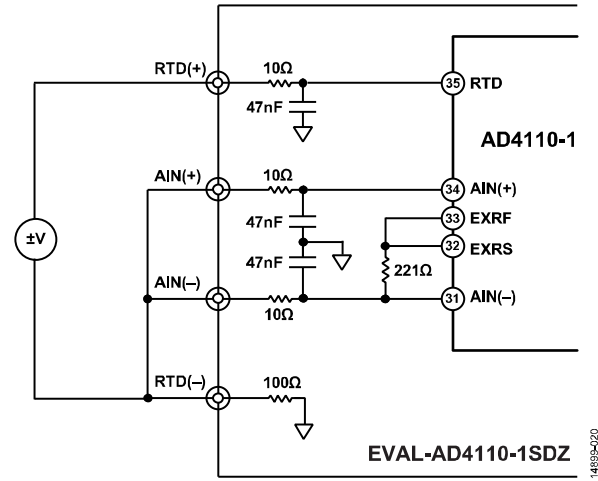


图20. 3线RTD模式，测试4和测试8

表5. 3线RTD配置的测试结果

测试编号	测试配置	被施加输入电压(V)的通过电平 ¹			
		RTD(+)	AIN(+)	AIN(-)	RTD(-)
测试1	参见图17	不连接	40	0	不连接
测试2	参见图17	不连接	0	40	不连接
测试3	参见图18	不连接	40	0	0
测试4	参见图20	不连接	0	40	0
测试5	参见图19	40	0	0	0
测试6	参见图19	-40	0	0	0
测试7	参见图18	不连接	-35	0	0
测试8	参见图20	不连接	0	-40	0

¹ 施加的输入电压的通过电平是器件在测试后达到数据手册规格要求的最大过压电平。

4线RTD模式

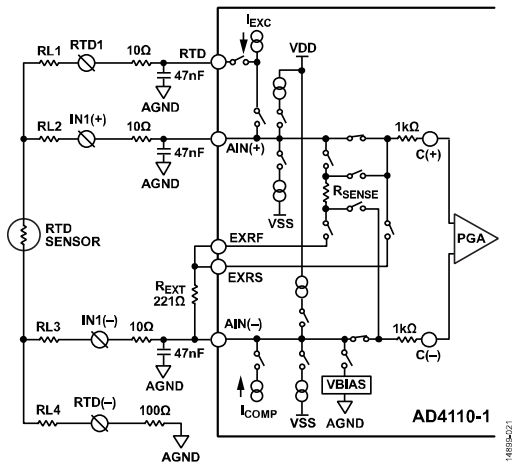


图21. 典型应用图——4线RTD模式

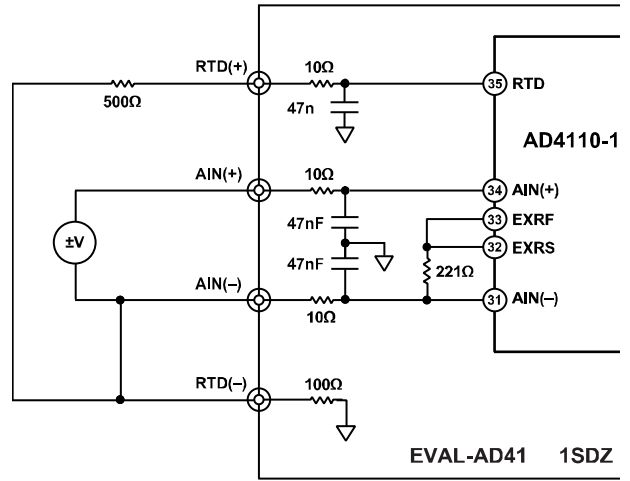


图23. 4线RTD模式，测试3和测试8

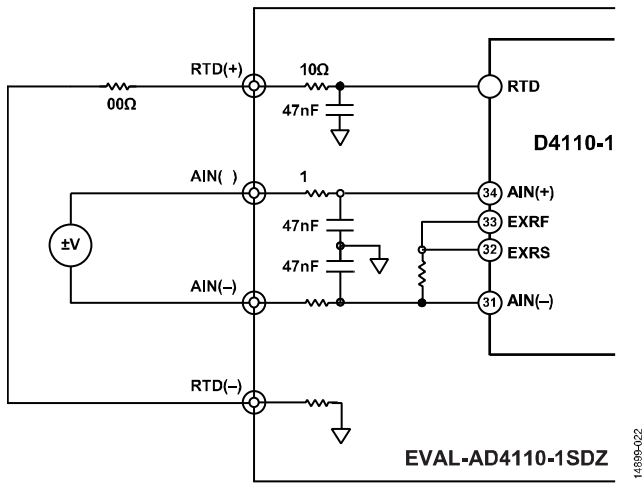


图22. 4线RTD模式，测试1和测试2

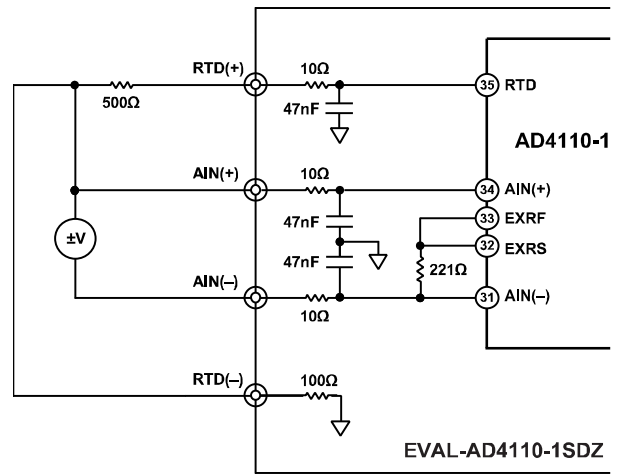


图24. 4线RTD模式，测试4和测试9

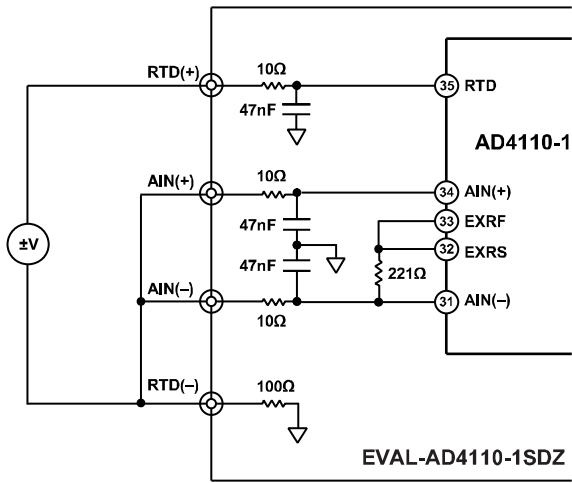


图25. 4线RTD模式，测试5和测试10

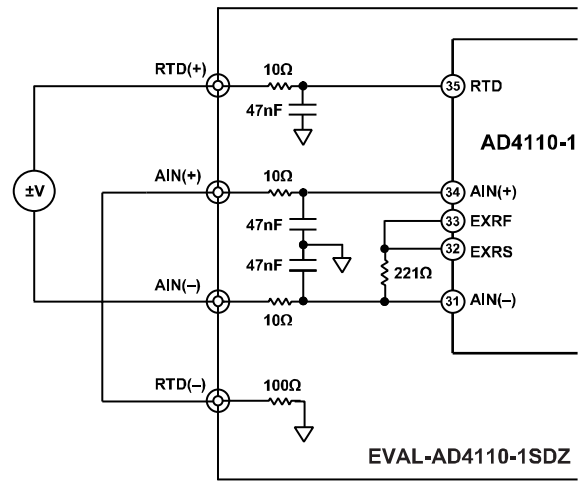


图27. 4线RTD模式，测试7和测试11

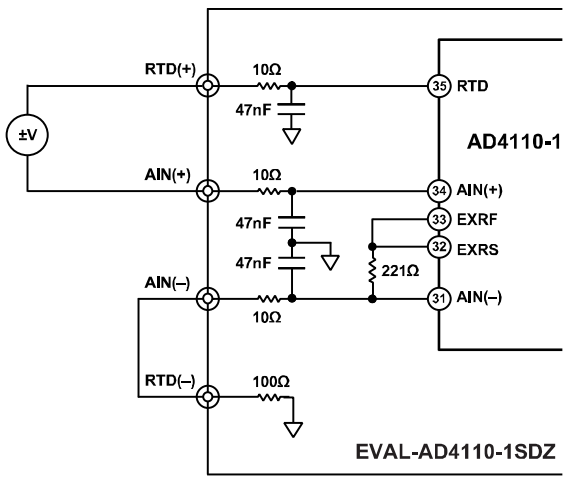


图26. 4线RTD模式，测试6和测试12

表6. 4线RTD配置的测试结果

测试编号	测试配置	被施加输入电压(V)的通过电平 ¹			
		RTD(+)	AIN(+)	AIN(-)	RTD(-)
测试1 ²	参见图22	0	40	0	0
测试2 ²	参见图22	0	0	40	0
测试3 ²	参见图23	0	-33	0	0
测试4 ²	参见图24	0	0	-40	0
测试5	参见图25	-40	0	0	0
测试6	参见图26	40	0	0	0
测试7	参见图27	40	0	0	0
测试8 ²	参见图23	0	40	0	0
测试9 ²	参见图24	0	0	40	0
测试10	参见图25	40	0	0	0
测试11	参见图27	0	0	40	0
测试12	参见图26	0	40	0	0

¹ 施加的输入电压的通过电平是器件在测试后达到数据手册规格要求的最大过压电平。

² RTD激励电流设为600 μA，因此，RTD(+)=0.36 V且RTD(-)=0.06 V。

场电源模式

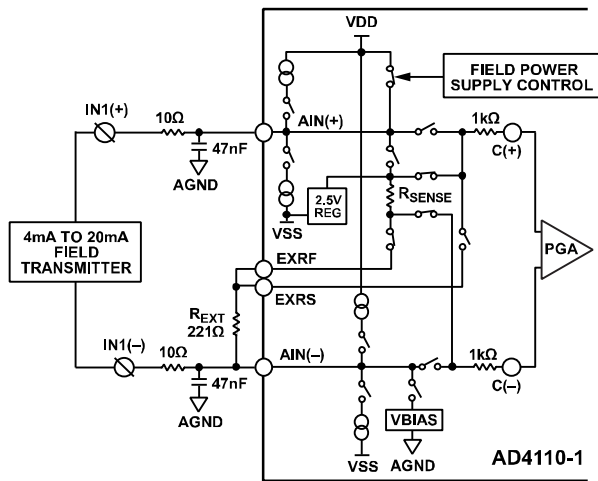


图28. 典型应用图—场电源模式

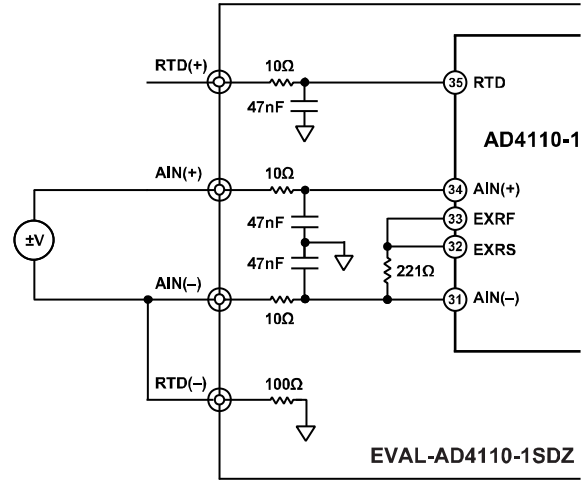


图30. 场电源模式，测试3和测试5

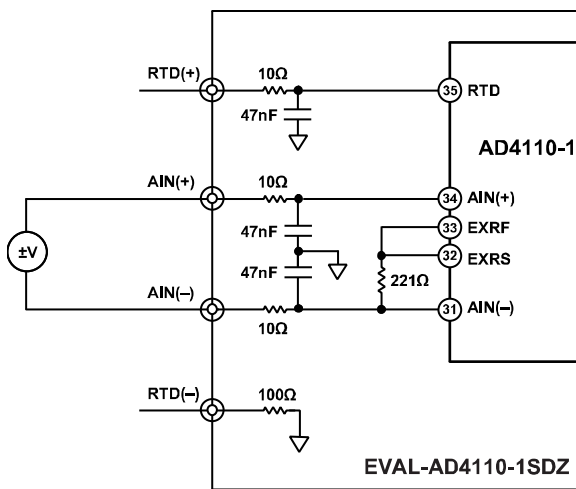


图29. 场电源模式，测试1和测试2

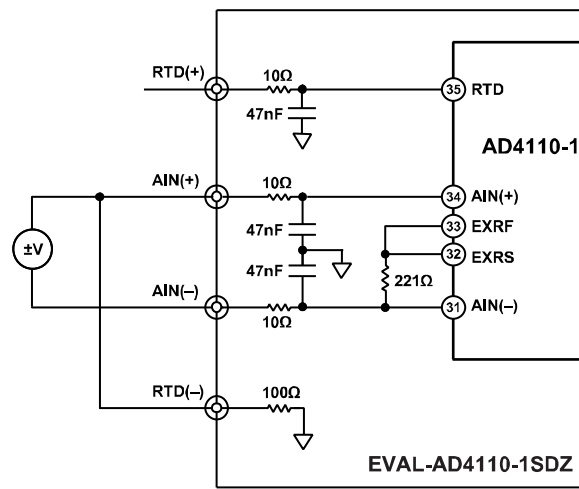


图31. 场电源模式，测试4和测试6

测试结果

对于表7里描述的测试配置，VDD和VSS电源电压限值为 $\leq \pm 15\text{ V}$ 。默认状态为 $\text{AIN}(+) \approx \text{VSS} + 2.5\text{ V} = -12.5\text{ V}$ 。当通过

连接到RTD(-)引脚的100Ω电阻短接到AGND时，AIN(+)和AIN(-)引脚的电流限制为约40 mA。

表7. 场电源模式配置的测试结果

测试编号	测试配置	被施加输入电压(V)的通过电平 ¹			
		RTD(+)	AIN(+)	AIN(-)	RTD(-)
测试1	参见图29	不连接	40	0	不连接
测试2	参见图29	不连接	0	32	不连接
测试3	参见图30	不连接	-35	0	0
测试4	参见图31	不连接	0	40	0
测试5	参见图30	不连接	40	0	0
测试6	参见图31	不连接	0	40	0

¹ 施加的输入电压的通过电平是器件在测试后达到数据手册规格要求的最大过电压水平。

无电源模式(NPSM)

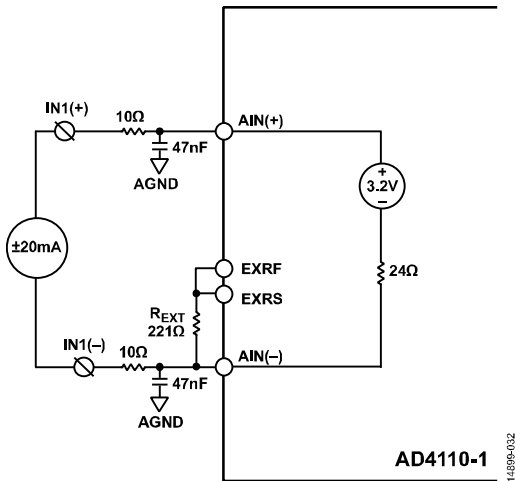


图32. 典型应用图—NPSM电流模式

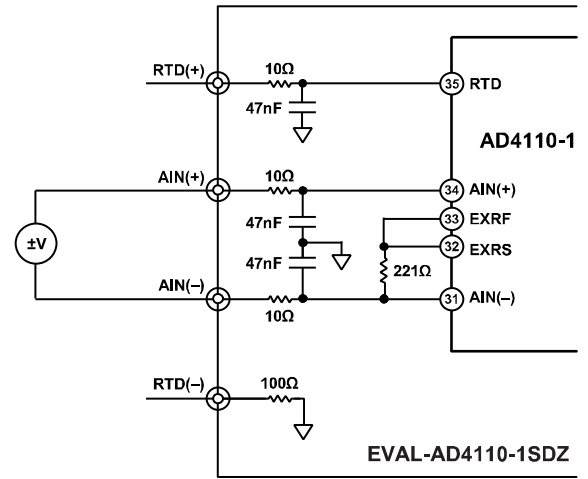


图34. NPSM (电流模式), 测试1和测试2

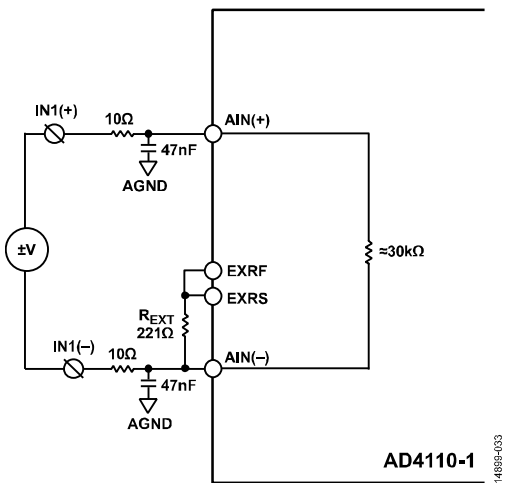


图33. 典型应用图—NPSM电压模式

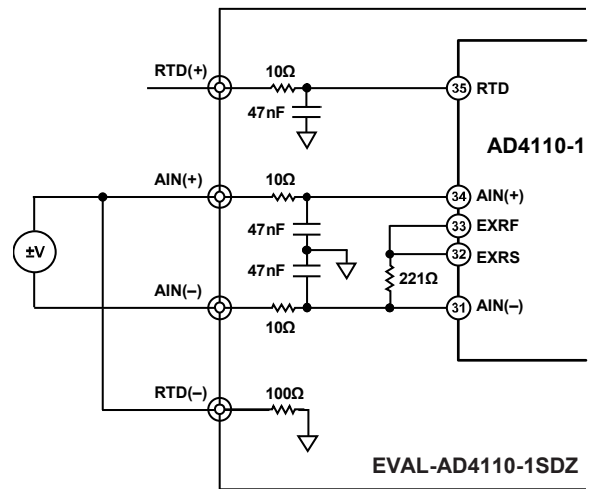


图35. NPSM (电压模式), 测试3和测试4

NPSM测试结果

VDD和VSS电源端子保持开路。

表8. NPSM配置的测试结果

测试编号	测试配置	被施加输入电压(V)的通过电平 ¹			
		RTD(+)	AIN(+)	AIN(-)	RTD(-)
测试1	参见图34	不连接	40	0	不连接
测试2	参见图34	不连接	0	40	不连接
测试3	参见图35	不连接	40	0	不连接
测试4	参见图35	不连接	0	40	不连接

¹ 施加的输入电压的通过电平是器件在测试后达到数据手册规格要求的最大过电压电平。