

Circuits from the Lab®
Reference Designs

Circuits from the Lab® reference designs are engineered and tested for quick and easy system integration to help solve today's analog, mixed-signal, and RF design challenges. For more information and/or support, visit www.analog.com/CN0364.

关联器件/参考

AD7173-8	低功耗, 8-/16-通道, 31.25 kSPS, 24位、高度集成 Σ - Δ ADC
AD5700-1	具有内部振荡器的低功耗HART调制解调器
ADuM5211	集成直流-直流转换器的双通道数字隔离器
ADuM3151	3.75 kV, 7通道, SPI专用SPI isolator数字隔离器
ADG704	CMOS, 低电压, 4 Ω , 4通道多路复用器
ADP2441	36 V, 1 A、同步、降压调节器

兼容HART的PLC/DCS四通道电压、电流输入

评估和设计支持

电路评估板

[CN-0364评估板\(EVAL-CN0364-SDPZ\)](#)

[系统演示平台\(EVAL-SDP-CB1Z\)](#)

设计和文件

[原理图](#), [布局文件](#), [BOM](#)

电路功能及优势

图1所示电路提供了一个完整的全隔离、高灵活性的四通道模拟输入系统, 适用于需要多电压输入、HART兼容、4 mA至20 mA电流输入等要求的可编程逻辑控制器(PLCs)和分布式控制系统(DCS)。

此模拟输入电路是为分组隔离的工业模拟输入而设计, 可支持的电压和电流输入范围包括 ± 5 V、 ± 10 V、0 V至+5 V、0 V至+10 V、+4 mA至20 mA和0 mA至+20 mA。

该电路由标准的24 V总线供电, 并产生一个隔离的5 V系统供电电压。

电路描述

数据转换由24位 Σ - Δ 模拟至数字转换器(ADC)AD7173-8来完成。AD7173-8可由软件配置, 允许8路全差分或16路单端输入通道, 通过内置交叉多路复用器提供极大的灵活性。AD7173-8采用小型6 mm \times 6 mm LFCSP封装, 是空间尺寸受限场合下的一个理想选择。内部时钟和精密2.5 V电压

基准减少了外部组件, 进一步节省了空间。四个可编程通用输出引脚(GPIO0, GPIO1, GPO2, GPO3)允许控制外部多路复用器, 因此可以控制切换多路HART接口, 从而减少从处理器/控制器的额外连线。AD7173-8具有内部校准寄存器, 可以编程来提供全输入路径上的偏置和增益校准。

AD5700-1是业内最低功率、最小封装、HART兼容的调制解调器, 与电流输入通道一起形成HART兼容的, 4 mA到20 mA接收器解决方案。AD5700-1包括一个内部精密振荡器, 可以额外节省空间, 尤其是在隔离应用中。

ADG704多路复用器提供多路电流输入通道与HART之间的连接。

ADuM5211将两个数据通道(Tx, Rx)隔离, 并且通过集成的isoPower®技术提供了5 V电源隔离。ADuM3151 SPI isolator提供串行外围接口(SPI)隔离, 时钟速率可以高达17 MHz (B级), 同时可隔离三个附加的数据通道。

ADP2441是36 V, 降压调节器, 可接受工业标准24 V电源供电, 具有宽输入电压。ADP2441将输入电压降至5 V, 为所有控制器侧电路供电。该电路还包括标准24 V输入端外围保护。

Rev. 0

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)

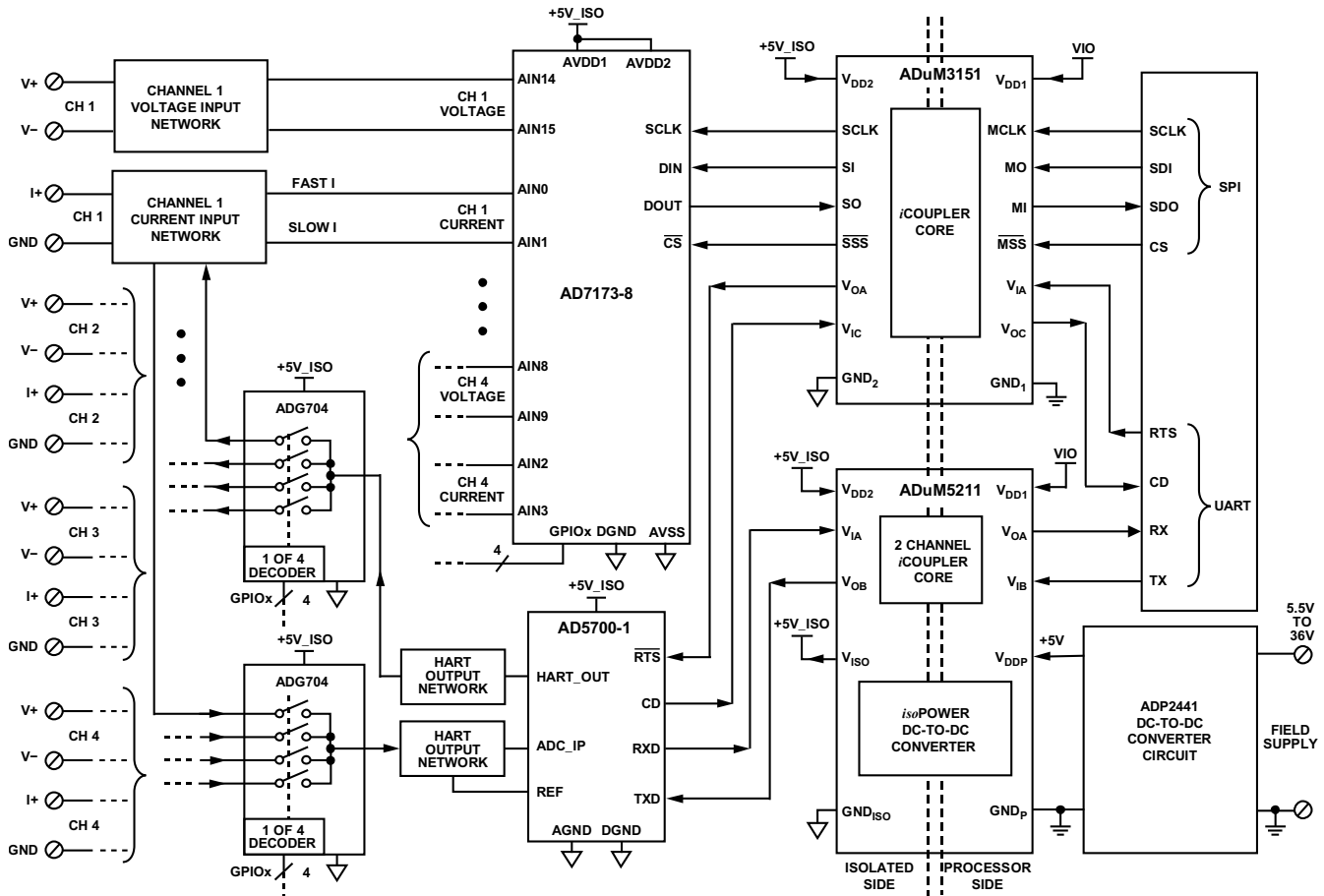


图1. PLC/DCS四通道电压和电流输入前端(简化原理图: 未显示所有连接及去耦电路)

电压输入电路

图2显示通道1的电压输入网络。

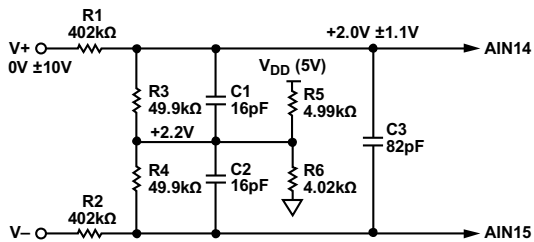


图2. 电压输入等效电路(简化)

该电路为差分输入，支持最高输入范围为±10V，并允许具有±5V的共模电压。输入阻抗约为900kΩ，高值的R1和R2在高电压瞬变期间也可以对输入进行保护。

R1、R2、R3和R4电阻形成差分电阻分压器。这些电阻的匹配对电路的直流精度至关重要。推荐单点校准以消除初

始误差。多点校准可用来消除温漂影响。评估板R1、R2、R3和R4的默认安装为0.1%，25 ppm/°C的电阻。

R5、R6电阻设置ADC的共模电压。AD7173-8具有允许输入0V至3.9V电压范围。+2.2V的偏置电压于输入的分压电阻配合，将±10V输入信号进行偏置和衰减，使得在ADC输入端，信号变为以2V共模电压为中心，幅值为±1.1V的信号。输入共模噪声滤波由R1||R3/C1和R2||R4/C2提供，大约200kHz。差模噪声滤波由R1||R3，R2||R4和C3提供，大约20kHz。

表1总结了四个电压输入通道的参数。

表1. 电压输入电路参数 (基于最坏的情况计算的最大值)

参数	数值	单位	测试条件/注释
输入阻抗	903	k Ω	
分压比	0.11		402 k Ω 和49.9 k Ω 的电阻分压
源于电阻的初始误差	0.18	%FSR max	25°C, 未校正, 假定 0.1%电阻
源于输入漏电流的误差	± 0.01	%FSR	± 10 V范围, AD7173-8, ± 2 nA典型漏电流
源于电阻漂移的误差	18	ppm/ $^{\circ}$ C max	假定10 ppm/ $^{\circ}$ C电阻
		ppm/ $^{\circ}$ C max	假定5 ppm/ $^{\circ}$ C电阻
源于基准电压漂移的误差	10	ppm/ $^{\circ}$ C max	内部基准
共模	± 5	V	
数据速率	31.25	kSPS	1 输入使能(± 10 V, 14.7位无噪声分辨率)
		kSPS	4通道, 每通道完全稳定, sinc5+1滤波(± 10 V, 14.7位无噪声分辨率)
		SPS	4通道, 每通道完全稳定, 50 Hz/60 Hz抑制, (± 10 V, 18.8位无噪声分辨率)
输入滤波	20	kHz	差模
		kHz	共模

电流输入电路

图3显示通道1的电流输入网络。

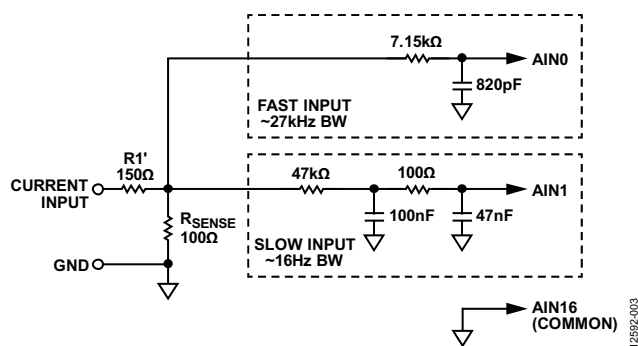


图3. 电流输入等效电路(简化)

该电路具有四个电流输入的通道, 支持最大输入范围0 mA到24 mA。电路输入阻抗是250 Ω , 输入参考为地。使用一个100 Ω 精密电流检测电阻, 因此24 mA输入产生2.4 V, 在

AD7173-8的2.5 V(使用内部的2.5 V电压参考)输入范围之内。评估板默认安装电阻为0.1%, 10 ppm/ $^{\circ}$ C电阻。

ADC输入分为两个输入路径。快速输入路径用于不使用HART的通道, 低速输入路径用于使用HART的通道。

快速输入路径允许 Σ - Δ ADC的信号输入全带宽的信号。也可能使用内部sinc滤波器滤除 1.2 kHz和2.2 kHz的HART频率。然而, 使用sinc滤波器需要在400 SPS数据速率(sinc3滤波器筛选)下运行相关通道, 这将增加所有四个通道所需的转换时间。

慢输入通道包含16 Hz双极点滤波器, 滤掉1.2 kHz和2.2 kHz的HART数字信号频率。使用此输入, Σ - Δ ADC可以仍然运行在快速数据速率下, 同时滤除HART数字信号频率。所有四个通道的转换时间不会增加。如果所有通道的HART不全使能, ADC运行在快速数据率下尤其有用。

表2中总结了电流输入线路参数。

表2. 电流输入线路参数 (基于最坏情况计算的最大值)

参数	数值	单位	测试条件/注释
输入阻抗	250	Ω	接地
源自电阻的误差	N/A ¹	%FSR max	每个R _{SENSE} 电阻规格
源自电阻漂移的误差	N/A ¹	ppm/ $^{\circ}$ C max	每个R _{SENSE} 电阻规格
源自基准漂移的误差	10	ppm/ $^{\circ}$ C max	内部基准
数据速率	31.25	kSPS	使能1输入(14.8位无噪声编码分辨率, 用于0 mA到20 mA)
		kSPS	4个通道, 每通道完全稳定, sinc5+1的滤波(14.8位峰峰值分辨率, 用于0 mA到20 mA)
		SPS	4个通道, 每通道完全稳定, 50 Hz/60 Hz抑制(18.1位峰峰值分辨率, 用于0 mA到20 mA)
输入滤波器	27	kHz	快速输入
	16	Hz	提供HART滤波的低速输入

¹ N/A = 不适用

HART输入和输出电路

图4显示了HART输入和输出电路。

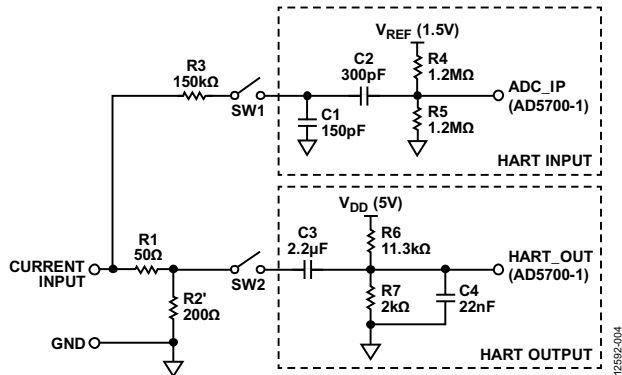


图4. HART输入与输出电路(简化)

HART的功能是在四个电流输入通道间进行复用。通过两个ADG704多路复用器(图4中SW1和SW2),实现HART输入和输出网络在四个通道上共享。

HART输入电路由R3、C1、C2、R4、R5组成的HART带通滤波器组成。AD5700-1的数据手册有此滤波器的描述。每个通道使用一个开关(SW1)来将HART输入线路切换到HART激活通道。每个通道上都有一个150 kΩ的电阻(R3),它是带通滤波器的一部分,同时给开关SW1提供了额外的保护。HART输入直接连接到电流输入端,以确保AD5700-1的ADC_IP引脚可以接收到正确的电压电平。

每个通道使用一个开关SW2来将HART输出线路切换到激活通道。电容C3用来耦合HART信号。需要仔细选择R1、C3、R6、R7的组合,以确保AD5700-1的HART_OUT引脚的电压在25 Hz、4 mA至20 mA的输入信号(对于HART使能器件,代表最快的可允许速率)下不低于GND。

电源电路

评估板由5.5 V至36 V直流电源供电,并使用板上开关稳压器为系统提供5 V电压,如图5所示。在测试设置中,5 V电压为EVAL-SDP-CBIZ系统演示平台(SDP)评估板供电。EVAL-SDP-CBIZ SDP板提供VIO的3.3V电压。

即使使用小尺寸电感,ADP2441的高开关频率也能够提供最小的输出电压纹波。电感尺寸的选择需要在效率和瞬态响应之间权衡。小电感会引起大的电感电流纹波,可提供良好的瞬态响应,但效率会降低。由于ADP2441的高开关频率,建议使用屏蔽的铁氧体磁芯电感,因为此类电感的铁芯损耗和电磁干扰(EMI)都低。

图5电路中,开关频率大约为1 MHz,由88.7 kΩ外部电阻设定。12 μH的电感(线艺LPS6235-123MLC)是按照ADP2441数据手册的表8进行选择的。

该电路通过螺丝端子连接到5.5 V至36 V的供电电源。EARTH端可以与外部的大地连接,不使用外部接地时刻连接至GND端子。

功率电感(DR73-102-R),压敏电阻(V56ZA3P, 56 V),功率二极管(S2A-TP, 50 V)和一个1.1 A的保险丝提供额外的输入电压瞬变保护。

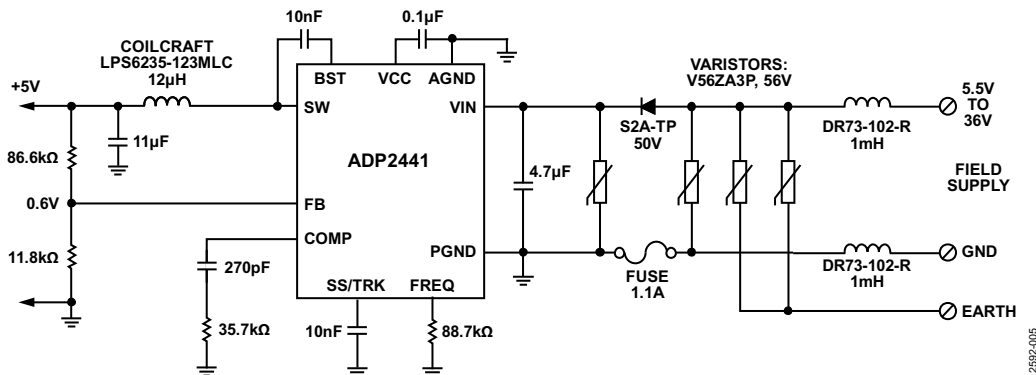


图5. 供电电路(简化原理图: 未显示所有的连接)

噪声测试

短接每个通道的输入端子进行系统噪声的评估，这样会使得每个输入通道的差分电压为零，且每个电流输入通道的输入接地。输入短路时采集数据，从样本数中计算代码的分布和无噪声编码分辨率。

可使用CN-0364评估软件来进行噪声试验。可以得到每个通道代码的分布和无噪声编码分辨率，数据显示在直方图中。图6直方图是由通道1电压输入采集的样本数据。

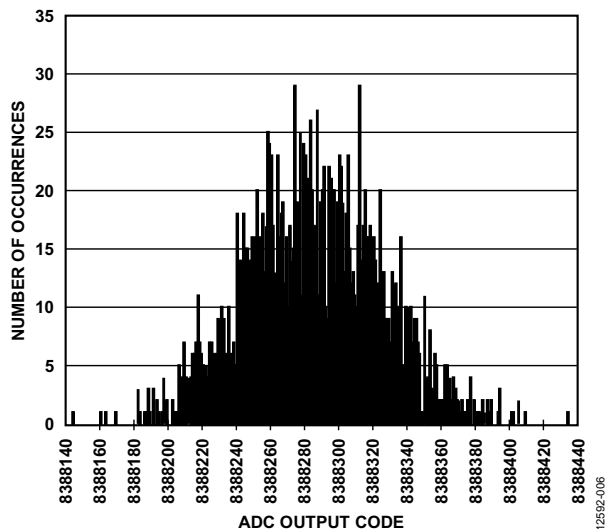


图6. 通道1电压输入、输入短路，偏置到参考电压，31.25 kSPS，Sinc5+1滤波器，2000个采样(15.8位无噪声编码分辨率)

HART测试

HART功能进行测试按照HART物理层测试规范(HCF-试验-2)进行。该电路满足HART物理层的要求。有关HART规格的更多细节可以直接从HART通信基金会获取。

ADC输入对HART 1.2 KHz和2.2 KHz信号的抑制进行了测试。表3显示测试结果。

表3. 1.2KHz和2.2 KHz HART频率的抑制

操作模式	频率(kHz)	抑制(dB)
低速输入路径，31 kSPS Sinc5 + 1滤波	1.2	60.5
	2.2	66.5
快速输入路径，400 SPS Sinc3滤波	1.2	≥74.4
	2.2	66.6

EVAL-CN0364-SDPZ评估板的完整设计支持包，包括原理图、BOM和布局，可以从www.analog.com/CN0364-DesignSupport下载。

常规变化

需要高信道数据速率时，ADC可以使用AD7175-2。AD7175-2支持最高250 kSPS的数据速率，具有最高50 kSPS的信道切

换速率。AD7175-2可以在250 kSPS数据速率下实现17.2无噪声位的分辨率。除了更高的数据率外，AD7175-2的特性与AD7173-8类似。

应用中隔离电源的功率高于150 mW时，可以使用ADuM540x或ADuM347x。ADuM540x采用isoPower技术，可提供高达500 mW的隔离电源。ADuM347x驱动外部分立变压器，高达70%的效率提供高达2W的功率。

电路评估和测试

图1中所示的电路使用EVAL-CN0364-SDPZ评估板和EVAL-SDP-CB1Z SDP控制板。

EVAL-CN0364-SDPZ评估板具有PMOD兼容的端子，可与外部控制器板集成。

CN-0364评估软件与SDP板通讯，并对EVAL-CN0364-SDPZ评估板进行配置并从中获取数据。

所需设备

需要以下设备：

- 带有USB端口的PC机，windows Vista(32位)或Windows7(32位)
- EVAL-CN0364-SDPZ电路评估板
- EVAL-SDP-CB1Z SDP控制板
- CN-0364评估软件
- 精密电压和电流源
- 电源：直流5.5 V至36 V，500mA

启动

安装CN-0364评估软件，软件可在[ftp://ftp.analog.com/pub/cftl/CN0364](http://ftp.analog.com/pub/cftl/CN0364)下载。请按照屏幕上的提示安装和使用本软件。从CN-0364软件用户指南中可获取更多详细信息。

功能框图

图7为测试设置的功能框图。

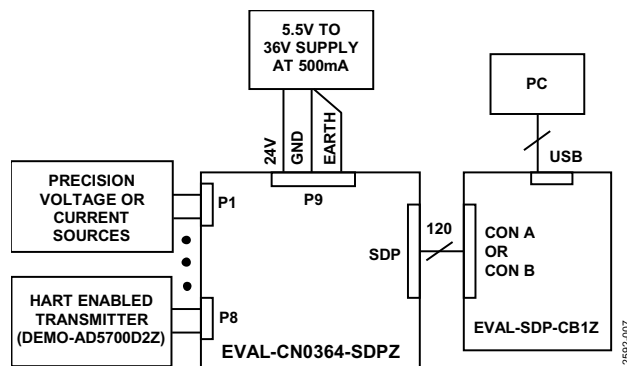


图7. 测试设置功能框图

CN-0364

设置

通过一个120针的匹配连接器连接EVAL-CN0364-SDPZ评估板和EVAL-SDP-CB1Z SDP板。CN-0364评估软件和SDP板允许使用PC机对数据进行分析。

可以连接CN-0267电路(一个完整的带有HART接口, 4 mA至20 mA环路供电电现场仪表), 来方便测试HART物理层功能。CN-0267硬件响应CN-0364评估软件中的HART指令。

外部控制器也可以通过SPI和UART通信的PMOD头来与评估板通信并为其供电。

精密电压和电流源可用作模拟前端的输入来进行系统性能评估。

图8是EVAL-CN0364-SDPZ评估板的照片。

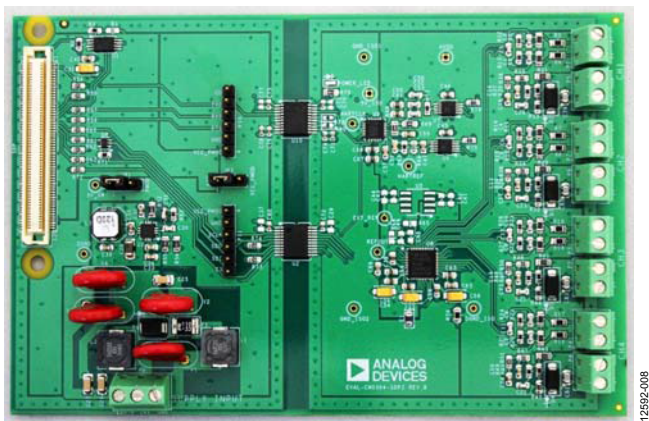


图8. EVAL-CN0364-SDPZ评估板照片

了解更多信息

[CN-0364 Design Support Package.](#)

[SDP-B User Guide.](#)

[CN-0267 Circuit Note, Complete 4 mA to 20 mA Loop Powered Field Instrument with HART Interface, Analog Devices.](#)

[CN-0270 Circuit Note, Complete 4 mA to 20 mA HART Solution, Analog Devices.](#)

[CN-0278 Circuit Note, Complete 4 mA to 20 mA HART Solution with Additional Voltage Output Capability, Analog Devices.](#)

[CN-0321 Circuit Note, Fully Isolated, Single Channel Voltage and 4 mA to 20 mA Output with HART Connectivity, Analog Devices.](#)

[CN-0328 Circuit Note, Completely Isolated 4-Channel Multiplexed HART Analog Output Circuit, Analog Devices.](#)

[Mark Cantrell, Recommendations for Control of Radiated Emissions with isoPower Devices, Application Note AN-0971, Analog Devices.](#)

[HART® Communication Foundation](#)

数据表和评估板

[AD7173-8数据手册](#)

[AD5700-1数据手册](#)

[ADuM3151数据手册](#)

[ADuM5211数据手册](#)

[ADG704数据手册](#)

[ADP2441数据手册](#)

修订历史记录

12/14—修订0: 初始版本

(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.

©2014 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
CN12592sc-0-12/14(0)

