

**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/CN0292.

连接/参考器件

AD7176-2	24位、250 kSPS、 Σ - Δ 型ADC，建立时间20 μ s	AD8475	精密、可选增益、全差分漏斗放大器
ADR4550	超低噪声、高精度5.0 V基准电压源	ADuM3471	隔离式开关稳压器 (3/1通道方向性)
ADA4096-4	30 V、低功耗、过压保护RRIO四通道运算放大器	ADP7102	20 V、300 mA低噪声CMOS LDO调节器
ADG1204	低电容、低电荷注入、iCMOS®、 ± 15 V/ ± 12 V 4:1多路复用器	ADA4898-1	高电压、低噪声、低失真、单位增益稳定的高速运算放大器
ADP1720	50 mA、高压、低功耗线性稳压器	ADP7182	-28 V、200 mA、低噪声、线性稳压器

用于工业电平信号的完全隔离、鲁棒、4通道、多路复用数据采集系统

评估和设计支持

电路评估板

[CN-0292电路评估板\(EVAL-CN0292-SDZ\)](#)

[系统演示平台SDP-B \(EVAL-SDP-CB1Z\)](#)

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中的电路是一个完全隔离、鲁棒、4通道数据采集系统，提供16位、无噪声代码分辨率和高达42 kSPS的自动通

道开关速率。由于在多路复用信号链上选择了独特的快速建立时间元件，因而42 kSPS开关速率下的通道间串扰低于15 ppm FS(低于-90 dB)。

该电路获取并数字化标准工业信号电平，包括： ± 5 V、 ± 10 V、0 V至10 V和0 mA至20 mA。输入缓冲器还提供过压保护，从而消除了传统肖特基二极管保护电路的相关漏电流误差。

本电路的应用包括过程控制(PLC/DCS模块)、电池测试、科学多通道仪器和色谱仪。

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)

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 www.analog.com
Fax: 781.461.3113 ©2014 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

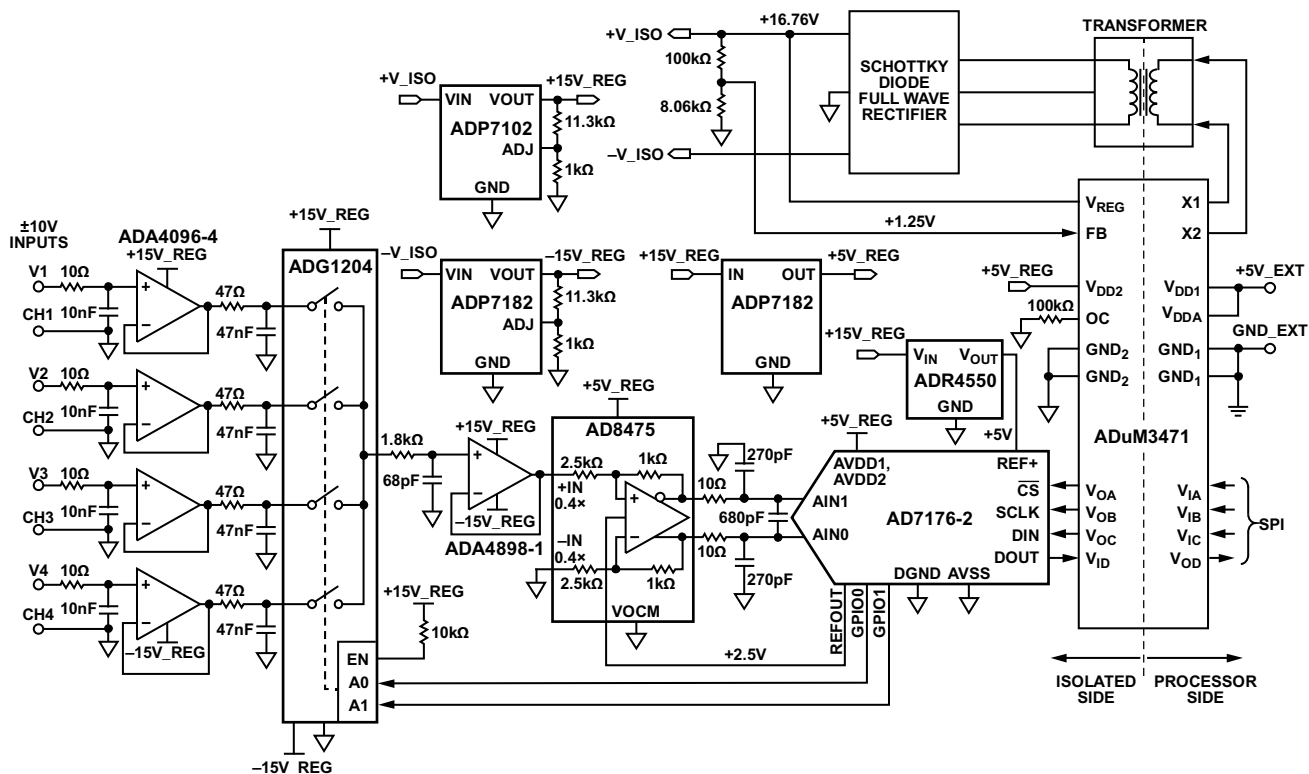


图1. 4通道数据采集系统功能框图(原理示意图：未显示所有连接和去耦)

电路描述

信号路径

采用ADA4096-4缓冲4个输入信号通道；该器件是一款四通道轨到轨输入/输出运算放大器，针对高于或低于 $\pm 15\text{ V}$ 供电轨达32 V的输入，具有防止发生反相或闩锁的过压保护功能，因而无需额外的过压保护电路。

输入针对 $\pm 10\text{ V}$ 典型低频工业信号设计。输入缓冲器为信号源提供高阻抗，并将输入与多路复用器开关瞬态隔离。

缓冲器输入端的RC网络($10\ \Omega/10\text{ nF}$)带宽为1.6 MHz，具有高频噪声滤波功能。

ADA4096-4输出端的RC网络($47\ \Omega/47\text{ nF}$)可将缓冲器与多路复用器开关瞬态隔离。图2显示等效电路。输入电压必须对漏极电容 C_D 充电，才能切换至下一通道。通道间电压可高达20 V，且多路复用器切换至下一通道时可产生瞬态电流。

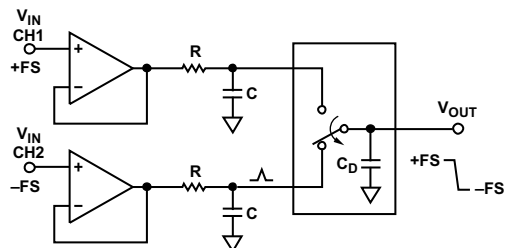


图2. RC反冲隔离电路

ADG1204多路复用器具有低漏极电容($<4\text{ pF}$)，可最大程度减少反冲电荷。

采用ADA4898-1运算放大器缓冲多路复用器输出，以防载入开关导通电阻产生的误差。ADA4898-1是一个单位增益稳定的器件，可在不到85 ns时间内建立至0.1%，输入电压噪声仅为 $0.9\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。缓冲器在最差情况下的输入信号为 $\pm 10\text{ V}$ 、21 kHz方波信号；此时，两个邻道的输入端分别具有满量程正电压和满量程负电压。

ADA4898-1输入端的RC网络($1.8\text{ k}\Omega/68\text{ pF}$)带宽为1.3 MHz，可用作宽带噪声滤波器。该滤波器的时间常数为122 ns，16位建立时间约为 $1.34\ \mu\text{s}$ (约11个时间常数)。

ADA4898-1缓冲器输出驱动AD8475精密差分漏斗放大器；后者可将双极性、单端±10 V信号转化为±4 V差分信号并以2.5 V共模电压为中心。AD8475集成经过调整和匹配的精密电阻，其增益配置为0.4×，可接受±12.5 V输入，并采用5 V单电源供电。共模电压由AD7176-2 ADC的REFOUT引脚(2.5 V)提供。

AD7176-2差分输入范围由ADR4550 5 V基准电压源设为±5 V。

AD7176-2可同时用作ADC和多路复用器控制器。使能MUX_IO位可导致AD7176-2的GPIO引脚与ADC通道序列和转换的同步切换；因此，通道的改变与ADC同步，无需任何外部同步。GPIO引脚能为数字接口节省两条原本控制多路复用器所需的控制线。

通过AD7176-2可配置0 μs至1 ms可编程转换延迟。转换延迟是每次通道发生变化(由GPIO位控制)与转换开始之间的延迟。延迟调节允许多路复用器和调理电路具有额外的建立时间。

信号路径上的所有元件均针对兼容42 kSPS通道开关速率的最小总建立时间而选择。因此，电路具有低于-90 dB满量程信号的通道间低频串扰性能。

通道开关和转换开始之间可插入一个可编程转换延迟，从而在需要进一步优化的场合允许电路以最大建立时间驱动ADC。

数字隔离和isoPower

ADuM3471是一个四通道数字隔离器，集成脉冲宽度调制(PWM)控制器和低阻抗变压器驱动器(X1和X2)。隔离式DC-DC转换器仅需一个变压器(Coilcraft KA4976-AL，1:5匝数比，64 μH初级电感)和一个简单全波肖特基二极管整流器(四个SD103AW-7-F二极管)。采用5 V或3.3 V输入电源时，电源电路最高可提供2 W调节隔离功率，因而不需另外使用隔离式DC-DC转换器。

iCoupler®芯片级变压器技术用于隔离逻辑信号；集成的变压器驱动器带隔离副边控制功能，可以提高隔离式DC-DC转换器的效率。内部振荡器频率可以在200 kHz至1 MHz范围内调节，由连接OC引脚的电阻值决定。当该电阻等于100 kΩ时，开关频率为500 kHz。

ADuM3471调节来自正电源。用于调节的反馈来自分压器网络；该分压器网络根据以下要求选择：当输出电压为16.76 V时，反馈电压为1.25 V。反馈电压与ADuM3471的

1.25 V内部反馈设定点电压相比较。调节通过改变驱动外部变压器PWM信号的占空比来实现。

ADP7102 LDO调节器可将16.76 V输出电压向下调节至15 V。来自变压器的未调节负整流电压约为-21 V。ADP7182负调节器用来提供-15 V调节电压。然后，±15 V调节电压用来为高压元器件供电(ADA4096-4、ADG1204和ADA4898-1)。

性能测量

无噪声码分辨率

通道输入短路至GND时，电路测量的17位无噪声码分辨率如图3所示。

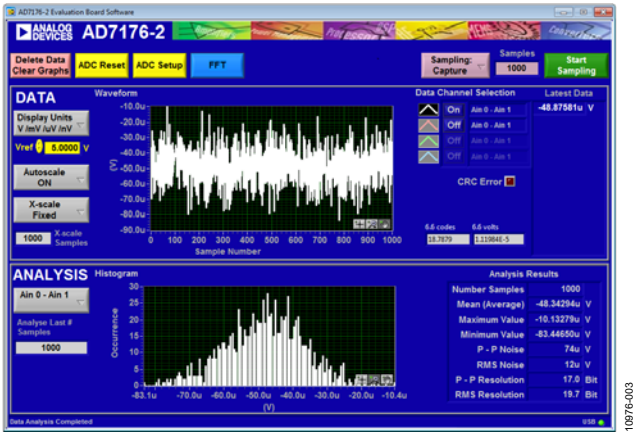


图3. 42 kSPS开关速率下的噪声和分辨率

在通道之间进行多路复用时的建立时间

9.6 V信号源(电池组)连接系统用作通道1和通道3的输入。-9.6 V信号源连接通道2和通道4。

多路复用器可手动设为通道1，方法是将GPIO位设为00；然后便可得到1000个样本的直方图，如图4所示。无噪声码分辨率优于16位。

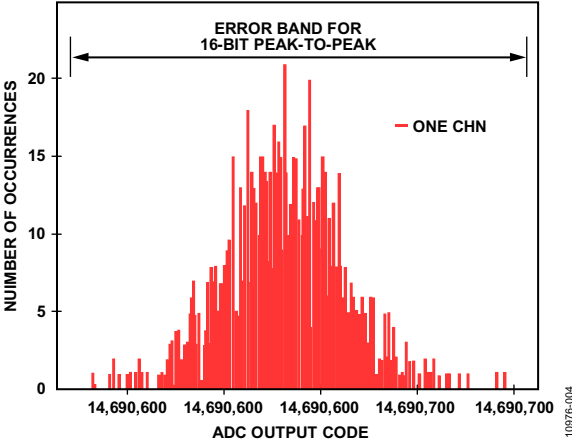


图4. 单通道9.6 V转换直方图

然后，使能多路复用器(42 kSPS，4 μ s延迟)，获取通道1的1000个样本直方图，如图5所示。无噪声码分辨率优于16位。

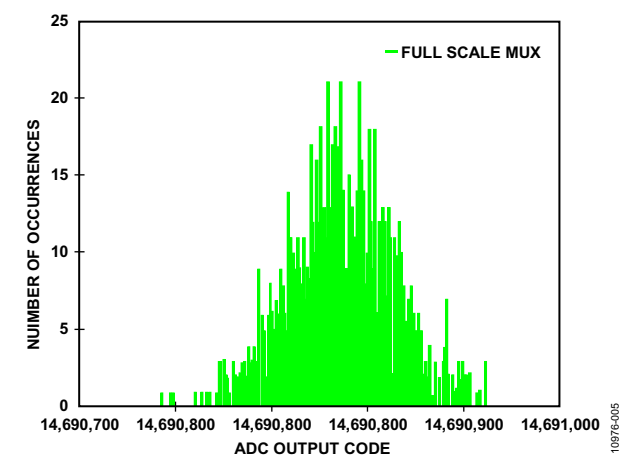


图5. 42 kSPS时多路复用器在+9.6 V和-9.6 V之间切换的通道1转换直方图(4 μ s转换延迟)

每种配置均可获得优于16位的无噪声码分辨率；在通道之间进行多路复用时，失调平均值略有漂移，如图6所示。42 kSPS时漂移约为300 μ V(15 ppm FS，或16位时1 LSB)，并且可通过加入更多转换延迟而降低(在AD7176-2的ADC模式寄存器中配置)，因此允许转换以前具有更多建立时间。

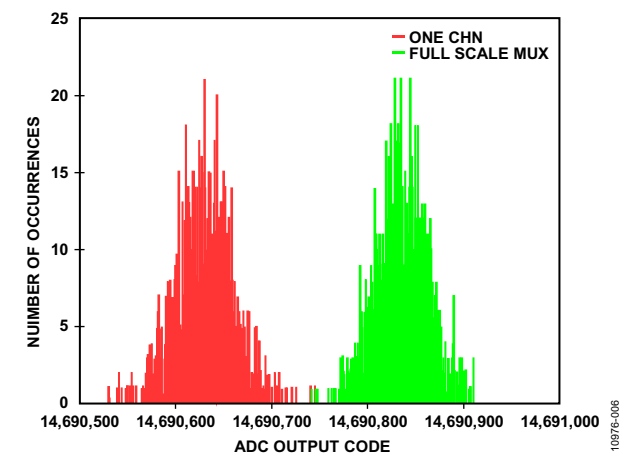


图6. 带与不带多路复用时的通道1转换直方图

积分非线性

使用Fluke 5700多功能校准仪和Agilent 3458万用表，能在-11 V至+11 V范围内对积分非线性(INL)以1 V步进进行测量。

测量结果如图7所示；图中的端点线性度误差校准至零。

AD7176-2的典型INL规格为 ± 3 ppm FS。板上的其他器件同样会产生非线性，但并非所有非线性都在同样的电压下达到峰值；因此，可得到一个U型曲线，如图7所示。

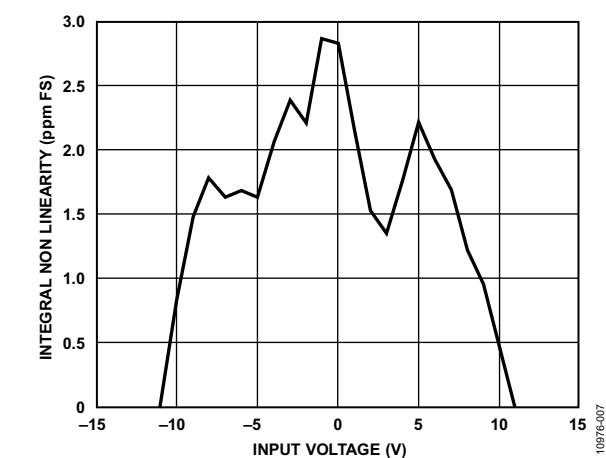


图7. INL(以FSR的ppm表示)与输入电压的关系

若校准寄存器采用默认值，则-11 V至+11 V范围内计算的失调和增益误差分别为318 μ V和0.04% FS(25 $^{\circ}$ C时)。

表1显示每个器件随温度变化而产生的失调和增益漂移贡献。

表1. 失调和增益漂移贡献

产品型号	失调漂移	增益漂移
ADA4096-4	0.4 μ V/ $^{\circ}$ C	不适用
ADA4898-1	0.4 μ V/ $^{\circ}$ C	不适用
AD8475	2.5 μ V/ $^{\circ}$ C	1 ppm/ $^{\circ}$ C
AD7176-2	110 nV/ $^{\circ}$ C	0.5 ppm/ $^{\circ}$ C
ADR4550	不适用	2 ppm/ $^{\circ}$ C(最大值)
RSS值	2.56 μ V/ $^{\circ}$ C	2.29 ppm/ $^{\circ}$ C
最大值	3.41 μ V/ $^{\circ}$ C	3.5 ppm/ $^{\circ}$ C

用于CN-0292的完整设计支持包(包括原理图、布局文件、装配图和物料清单)可参见CN-0292设计支持包。

常见变化

4 mA至20 mA输入配置

通过499 Ω电阻将电压输入接地，电路可用作4通道、0 mA至20 mA单端输入。由于满量程信号约为ADC范围的一半，系统的动态范围降低1位。通过外部适当连接J2连接器，可将输入重新配置为电流输入。

例如，若通道1工作在电压模式下，则电压施加在J2端点1，而端点3接地。若工作在电流模式下，则电流施加在端点1和端点2，而端点3接地。

表2. 用于电压和电流输入选项的J2连接

输入	电压模式输入端点	电流模式输入端点
通道1	1, 3 (GND)	1和2、3 (GND)
通道2	4, 6 (GND)	4和5、6 (GND)
通道3	7, 9 (GND)	7和8、9 (GND)
通道4	10, 12 (GND)	10和11、12 (GND)

±5 V输入配置

在图1电路中，AD8475选择0.4×增益配置。若选择0.8×增益，则满量程范围将从±10 V下降到±5 V，导致灵敏度翻倍。使用4 mA至20 mA输入和250 Ω端接电阻时，0.8×增益选项还可充分利用ADC输入范围。

实现更宽的带宽

改变ADA4000-4的输入缓冲器并降低第二级输入滤波器电容，便可增加输入带宽。同时还可大幅提升交流信号测量的失真性能。

将设计扩展至8通道

由缓冲器、多路复用器和衰减器组成的第二条通道可连接至AD7176-2 ADC的AN2/AN3输入，实现8通道操作。但是，同一时间自动按时序操作的通道数不可超过4个；建议让ADC工作在单次转换模式下，并每经过4次通道转换便重新配置通道映射。

AD7173-8集成4位GPIO，可在外部多路复用器的16条通道之间实现时序操作。AD7173-8速度较慢(6.21 kSPS通道开关速率)，但功耗比AD7176-2更低。

电路评估与测试

设备要求

需要使用以下设备：

- EVAL-CN0292-SDZ评估板
- EVAL-SDP-CB1Z系统演示平台
- CN-0292评估软件
- 5 V/1 A直流电源，或壁式电源适配器
- 精密直流电压源(Fluke 5700)
- 数字万用表(Agilent 3458)
- 低噪声、精密电压源(建议使用电池组)
- 带USB端口的PC，运行Windows® XP (SP2)、Windows Vista或Windows 7(32位或64位)

软件安装

完整的软件用户指南可参见CN-0292用户指南。

CN-0292评估套件要求使用自安装软件，下载地址为：<ftp://ftp.analog.com/pub/cfi/CN0292/>。该软件兼容Windows XP (SP2)、Windows Vista和Windows 7(32位或64位)。如果安装文件未自动运行，请运行setup.exe文件。

请先安装评估软件，再将评估板和SDP板连接到PC的USB端口，确保PC能够正确识别评估系统。

完成评估软件安装后，将EVAL-SDP-CB1Z(通过连接器A或连接器B)连接到EVAL-CN0292-SDZ，然后利用附送的电缆将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

图8显示测试设置的功能框图。

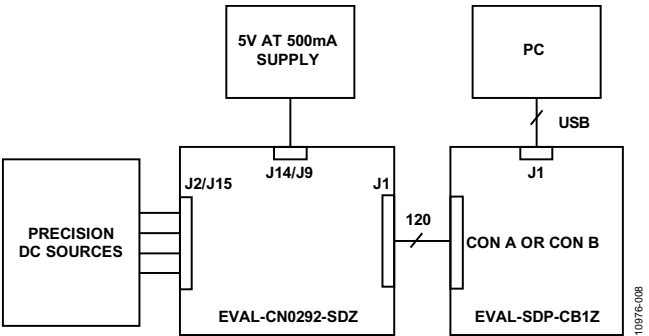


图8. 测试设置功能框图

为测试该电路，需要如下硬件设备：

- 将EVAL-CN0292-SDZ板上的所有链路设为默认的位置A（这样可将板配置为通过isoPower®和LDO并采用±15 V和5 V电源上电）。
- 利用连接J14的5 V/1 A直流电源为板上电(参见图10)。
- 通过J2连接器上的V4将±10 V单端信号连接到V1。

为获得最优性能，建议采用下列ADC软件配置：

1. 使能GPIO Mux(GPIO多路复用器)。
2. 将Delay Conversion(延迟转换)设为4 μ s。
3. 使能Data + Status(数据+状态)。
4. 使能待测通道。
5. 选择外部基准电压源。
6. 保留其他寄存器的复位值。
7. 如需手动选择通道，可禁用GPIO Mux(GPIO多路复用器)，使能GPIO 0 Output(GPIO 0输出)和GPIO 1 Output(GPIO 1输出)，然后设置GPIO 0 Data(GPIO 0数据)和GPIO 1 Data(GPIO 1数据)上的通道数。

至此完成测试设置的配置(参见图9)。将样本数设为1000，然后单击Start Sampling(开始采样)。

收集到样本后，结果显示在主波形图上。注意，电压读数以ADC输入为基准；因此，J2/J15上的10 V输入产生的软件读数约为4 V。

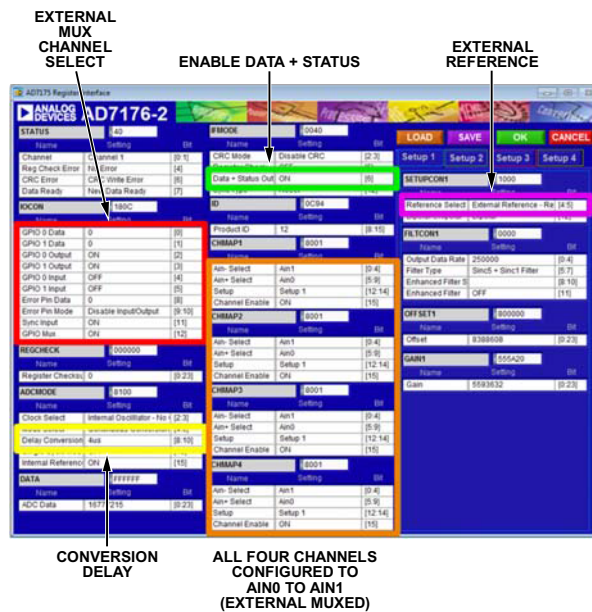


图9.42 kSPS时的4通道多路复用转换ADC配置

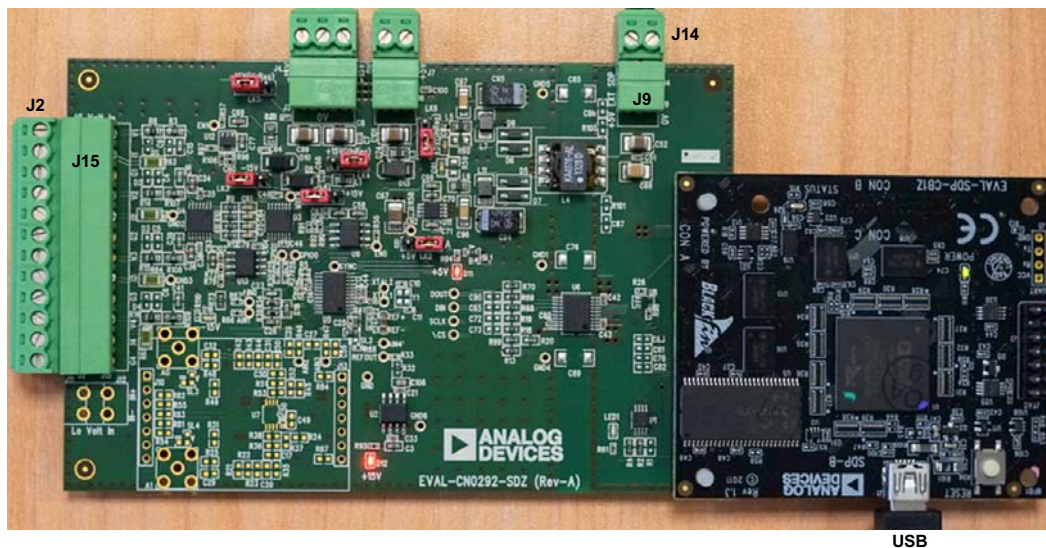


图10. EVAL-CN0292-SDZ评估板连接EVAL-SDP-CB1Z SDP板的照片

了解详情

CN-0292设计支持包

Pachchigar, Maithil。揭开高性能多路复用数据采集系统的神秘面纱。模拟对话48-07, 2014年7月。

Kester, Walt。《数据转换手册》第8-2部分: 多通道数据采集系统。ADI/Elsevier公司, 2005年。

Ardizzoni, John。高速印刷电路板布局实用指南。模拟对话39-09, 2005年9月。

指南MT-004: ADC输入噪声面面观——噪声是利还是弊? ADI公司。

指南MT-022: ADC架构III: Σ - Δ 型ADC基础, ADI公司。

指南MT-023: ADC架构IV: Σ - Δ 型ADC高级概念和应用, 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-074: 精密ADC用差分驱动器, ADI公司。

指南MT-075: 高速ADC用差分驱动器概述, ADI公司。

指南MT-076: 差分驱动器分析, ADI公司。

指南MT-101: 去耦技术, ADI公司。

指南MT-088: 模拟开关和多路复用器基础, ADI公司。

UG-478: 24位、250 kSPS、20 μ s建立时间、 Σ - Δ 型ADC AD7176-2的评估板, ADI公司。

数据手册和评估板

AD7176-2数据手册

ADR4550数据手册

ADA4096-4数据手册

ADG1204数据手册

ADA4898-1数据手册

AD8475数据手册

ADuM3471数据手册

ADP7102数据手册

ADP1720数据手册

ADP7182数据手册

修订历史

2014年11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.

©2014 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
CN10976sc-0-11/14(0)



**ANALOG
DEVICES**

Rev. 0 | Page 7 of 7