ANALOG DEVICES

电路笔记 CN-0251

Circuits from the Lab™
Reference Circuits

Circuits from the Lab™ reference circuits 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/CN0251.

连接/参考器件	
ADG1409	4 Ω R_{ON}、4/8通道、±15 V/+12 V/±5 V iCMOS多路复用器
AD8226	低成本、宽电源电压范围、轨到轨输出仪表放大器
AD8475	精密、可选增益、全差分漏斗放大器
AD7192	4.8 kHz、超低噪声、24位Σ-Δ型ADC，内置PGA
ADP1720-5	50 mA、高压、微功耗线性5 V稳压器
ADR444	超低噪声LDO XFET基准电压源，具有吸电流和源电流能力

适合宽动态范围信号调理的灵活4通道模拟前端

评估和设计支持

电路评估板

CN-0251电路评估板(EVAL-CN0251-SDPZ)

系统演示平台(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所示电路是一种灵活的信号调理电路，用于处理宽动态范围(从几mV p-p到20 V p-p)的信号。该电路利用高分辨率模数转换器(ADC)的内部可编程增益放大器(PGA)来提供必要的调理和电平转换并实现动态范围。

在过程控制和工业自动化应用中，±10 V满量程信号非常常见；然而，有些情况下，信号可能小到只有几mV。用现代低压ADC处理±10 V信号时，必须进行衰减和电平转换。但是，对小信号而言，需要放大才能利用ADC的动态范围。因此，在输入信号的变化范围较大时，需要使用带可编程增益功能的电路。

此外，小信号可能具有较大的共模电压摆幅；因此需要较高的共模抑制(CMR)性能。在某些源阻抗较大的应用中，模拟前端输入电路也需要具有高阻抗。

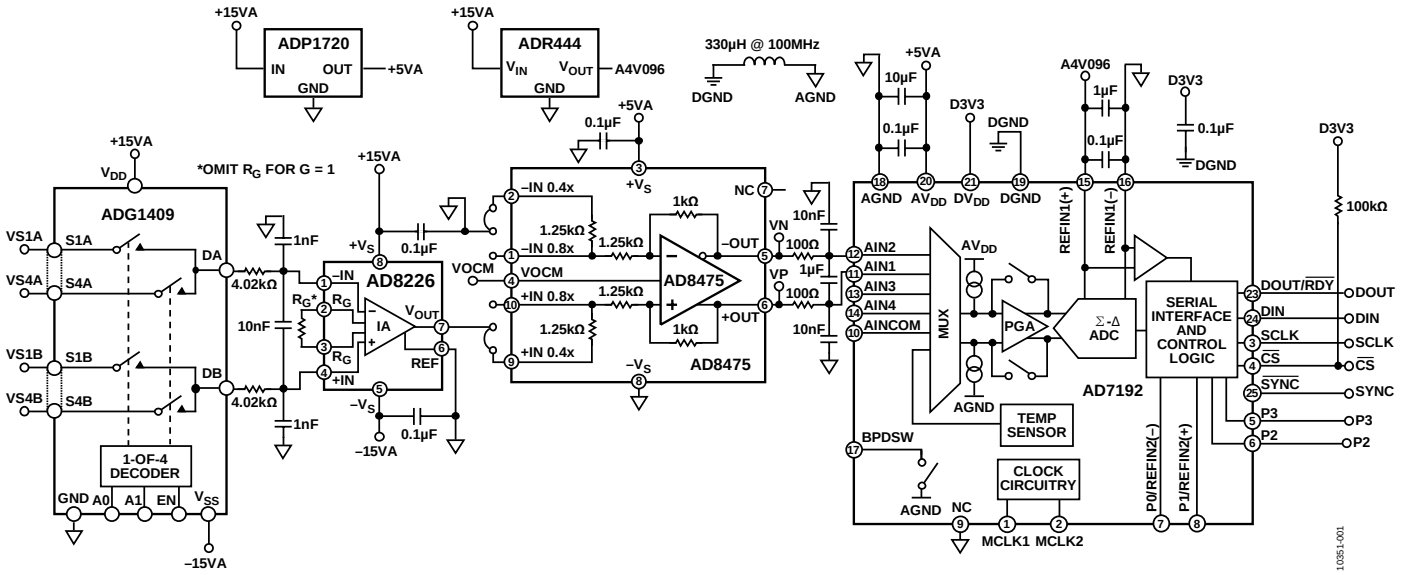

图1. 适合宽工业范围信号调理的灵活模拟前端电路

Rev. 0

Circuits from the Lab™ circuits 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

©2012 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

ADI中文版数据手册是英文版数据手册的译文，敬请谅解翻译中可能存在的语言组织或翻译错误，ADI不对翻译中存在的差异或由此产生的错误负责。如需确认任何词语的准确性，请参考ADI提供的最新英文版数据手册。

图1所示电路解决了所有这些难题，并提供了可编程增益、高CMR和高输入阻抗。输入信号经过4通道ADG1409多路复用器进入AD8226低成本、宽输入范围仪表放大器。AD8226提供高达80 dB的高共模抑制(CMR)和非常高的输入阻抗(差模800 MΩ和共模400 MΩ)。宽输入范围和轨到轨输出使得AD8226可以充分利用供电轨。

AD8475是一款全差分衰减放大器，集成精密增益电阻，可提供精密衰减(G = 0.4或G = 0.8)、共模电平转换及单端差分转换功能。AD8475是一种易于使用、完全集成的精密增益模块，采用单电源供电时，最高可处理±10 V的信号电平。因此，AD8475适用于衰减来自AD8226且最高20 V p-p的信号，同时维持高CMR性能并提供差分输出来驱动差分输入ADC。

AD7192是一款内置PGA的24位Σ-Δ型ADC。片内低噪声增益级(G = 1、8、16、32、64或128)意味着可直接向该ADC输入小信号。

结合上述器件，对幅度会变化的信号而言，该电路可以提供非常好的性能且易于配置。该电路适合工业自动化、过程控制、仪器仪表和医疗设备应用。

电路描述

该电路包含一个ADG1409多路复用器、一个AD8226仪表放大器、一个AD8475差动放大器、一个AD7192 Σ-Δ型ADC(带ADR444基准电压源)以及ADP1720稳压器。只需少量外部元件来提供保护、滤波和去耦，使得该电路具有高集成度，而且所需的电路板(印刷电路板[PCB])面积较小。

稳压器和基准电压源的选择

该电路选择ADP1720-5作为5 V稳压器。它是一款高压、微功耗、低压差线性稳压器，适合工业应用。

该电路选择4.096 V ADR444作为基准电压源。它是一款超低噪声、高精度、低压差器件，特别适合高分辨率、Σ-Δ型ADC和精密数据采集系统。

输入开关和保护

ADG1409多路复用器拥有2位二进制地址线，可用于选择四种可能的输入通道之一。该设计还包括外部保护功能，如标准二极管和瞬态电压抑制器，用以增强电路的鲁棒性。这些在图1中并未显示，但是在CN0251设计支持包的详细原理图及其它文档中有所展示。

ADG1409多路复用器配置为接收四路差分输入信号：(VS1A – VS1B)、(VS2A – VS2B)、(VS3A – VS3B)和(VS4A – VS4B)。多路复用器的输出(DA和DB)施加于AD8226仪表放大器的输入端。

AD8226输入仪表放大器

外部R_G电阻设置AD8226的增益。对于该电路，省略了R_G，且仪表放大器级的增益为1。因此，AD8226的输出为VSxA – VSxB，其中x为输入通道编号。

AD8226的差分输入由两个4.02 kΩ电阻和一个10 nF电容进行滤波，这些电阻和电容构成一个截止频率为2.0 kHz的单极点RC滤波器。两个1 nF电容增加了截止频率为40 kHz的共模滤波。

AD7192 ADC PGA增益配置

AD7192配置为接收差分模拟输入，以匹配来自AD8475的差分输出信号。AD7192的满量程输入范围为$\pm V_{REF}$/增益，其中$\pm V_{REF}$ = REFINx(+) - REFINx(-)。

AD7192中的缓冲器使能时，输入通道会驱动缓冲放大器的高阻抗输入级，此模式下的绝对输入电压范围将限制在AGND + 250 mV至AV_{DD} - 250 mV。增益级使能后，缓冲器输出将施加于PGA的输入端，模拟输入范围必须限制在±(AV_{DD} - 1.25 V)/增益以内，因为PGA需要额外的裕量。因此，采用4.096 V基准电压源和5 V电源时，为了最充分地利用ADC的动态范围，可按表1所示对信号进行衰减或放大。

表1. AD8475和AD7192内置PGA的各种输入范围增益配置

输入范围(VSxA – VSxB)	AD8475增益	AD7192增益	PGA输出范围，双极性模式(V)
±10 V	0.4	1	±4
±5 V	0.8	1	±4
±1 V	0.4	8	±3.2
±500 mV	0.8	8	±3.2
±250 mV	0.8	16	±3.2
± 125 mV	0.8	32	±3.2
±62.5 mV	0.8	64	±3.2
±31.25 mV	0.8	128	±3.2

差分衰减放大器

为了驱动低压ADC，±10 V或±5 V信号需要进行衰减和电平转换。若将差动放大器配置与精密电阻配合使用，势必会因电阻之间出现失配而导致CMR性能下降。AD8475电平转换器/衰减器集成精密激光调整匹配电阻，可确保低增益误差、低增益漂移(最大3 ppm/°C)和高CMR特性。

AD8475提供两个引脚可选的增益选项，即0.4和0.8。VOCM引脚用于调整精密电平转换的输出共模电压，以便匹配ADC的输入范围，并使动态范围最大化。此引脚可保持悬空，并利用一个精密分压器进行内部偏置，该分压器由电源与地之间的两个200 MΩ电阻组成，从而在该引脚上提供中间电源电压。

由两个100 Ω电阻和一个1 μF电容组成的一个单极点差分RC滤波器充当AD7192的抗混叠和降噪滤波器，其截止频率为800 Hz。两个10 nF电容提供截止频率为160 kHz的共模滤波。

滤波器、输出数据速率和建立时间

AD7192 Σ-Δ型ADC由调制器和数字滤波器组成。输出数据速率(f_{ADC})和建立时间(t_{SETTLE})与滤波器配置及斩波配置有关。表2显示了不同配置情况下的输出数据速率和建立时间计算情况。

表2. 不同配置的输出数据速率和建立时间

斩波滤波器选项	SINC3	SINC4
禁用	$f_{ADC} = f_{CLK}/(1024 \times FS[9:0])$ $t_{SETTLE} = 3/f_{ADC}$	$f_{ADC} = f_{CLK}/(1024 \times FS[9:0])$ $t_{SETTLE} = 4/f_{ADC}$
使能	$f_{ADC} = f_{CLK}/(3 \times 1024 \times FS[9:0])$ $t_{SETTLE} = 2/f_{ADC}$	$f_{ADC} = f_{CLK}/(4 \times 1024 \times FS[9:0])$ $t_{SETTLE} = 2/f_{ADC}$

布局考虑

该电路或其它任何高速/高分辨率电路的性能都高度依赖于适当的PCB布局，包括但不限于电源旁路、信号路由以及适当的电源层和接地层。有关PCB布局的详情，请参见指南MT-031和MT-101以及“高速印刷电路板布局实用指南”一文。

系统性能

24位AD7192 Σ-Δ型ADC可在该电路中提供非常好的性能。有关Σ-Δ型ADC的更多详情，请参见指南MT-022和MT-023。

在配置设为斩波禁用、输出数据速率为4.7 Hz、增益为1且采用一个SINC4滤波器的情况下，噪声性能如图2所示，500个样本的噪声分布直方图则如图3所示。该电路中测得的峰峰值噪声约为3.9 μV(见图2)，均方根噪声为860 nV。这相当于峰峰值(无噪声码)分辨率为20位，均方根分辨率为23位。表3显示了斩波禁用且采用一个SINC4滤波器时一些数据速率和增益设置条件下的AD7192均方根噪声。

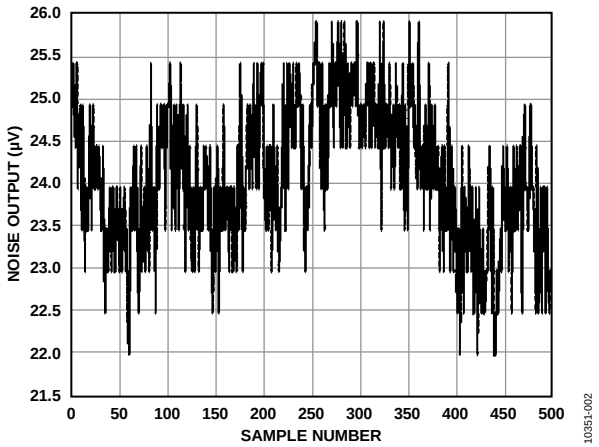

图2. 噪声输出(V_{REF} = 4.096 V，AV_{DD} = 5 V，输出数据速率 = 4.7 Hz)

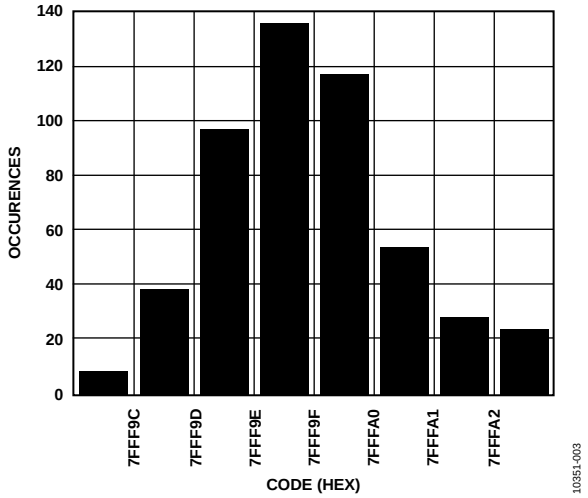

图3. 噪声直方图(V_{REF} = 4.096 V，AV_{DD} =5 V，输出数据速率 = 4.7Hz，增益 = 1，斩波禁用，SINC4滤波器)

表3. 斩波禁用且采用一个SINC4滤波器时不同输出数据速率和增益设置条件下的AD7192系统均方根分辨率(减去2.7位以获取峰峰值或无噪声码分辨率)

滤波器字(十进制)	输出数据速率(Hz)	建立时间(ms)	增益1	增益8	增益16	增益32	增益64	增益128
1023	4.7	852.5	23.0	21.8	20.4	19.7	18.8	17.4
640	7.5	533	22.5	21.5	20.0	19.5	18.5	17.2
96	50	80	22.3	20.9	19.8	19.3	18.2	17.0
16	300	13.3	21.8	20.2	19.3	18.6	17.6	16.8
5	960	4.17	20.9	19.8	18.9	18.0	17.2	16.2
1	4800	0.83	19.2	19.0	18.4	17.6	16.6	15.8

常见变化

可使用其它集成PGA的24位或较低分辨率的Σ-Δ型ADC，例如AD7190、AD7193、AD7797和AD7799。如果无需对输入信号进行衰减，则可使用功耗低于AD8475的AD8476。

在无需衰减和高输入阻抗的应用中，可将AD7192直接连接到传感器，以避免模拟前端调理电路引入的噪声。例如，满量程输出电压较小的称重传感器无需衰减，因此可以直接连接到AD7192差分输入端(参见CN-0102、CN-0107、CN-0108、CN-0118、CN-0119和CN-0155)

电路评估与测试

该电路测试设置使用EVAL-CN0251-SDPZ电路评估板和系统演示平台(SDP)评估板(EVAL-SDP-CB1Z)。这两片板具有120引脚的对接连接器，可以快速完成设置并评估电路性能。EVAL-CN0251-SDPZ板包含要评估的电路，如本电路笔记所述；SDP评估板与CN-0251评估软件一起使用，可从EVAL-CN0251-SDPZ中获取数据。SDP也用于控制AD7792 ADC中的多路复用器输入和各种功能。

设备要求

需要以下设备：

- 带USB端口的Windows XP、Windows Vista(32位)或Windows 7(32位)PC
- EVAL-CN0251-SDPZ电路评估板
- EVAL- SDP-CB1Z SDP评估板
- 直流电源：+15 V、-15 V和+6 V。
- CN-0251评估软件

入门指南

将CN-0251评估软件光盘放进PC的光盘驱动器，加载评估软件。找到包含评估软件光盘的驱动器，打开**Readme**文件。按照**Readme**文件中的说明安装和使用评估软件。

功能框图

图4为测试设置功能框图。**EVAL-CN0251-SDPZ-SCH.pdf**文件包含EVAL-CN0251-SDPZ的详细原理图。此文件位于CN-0251设计支持包中：
www.analog.com/CN0251-DesignSupport。

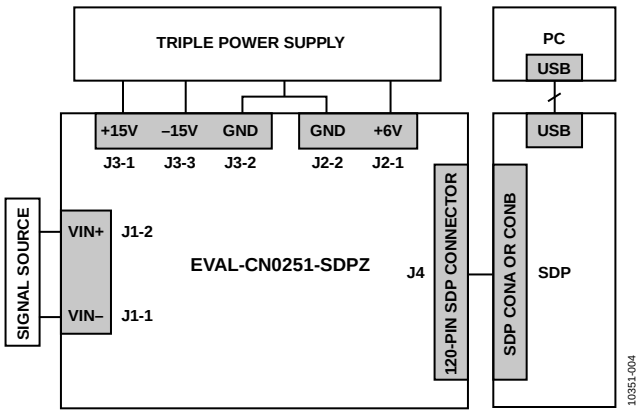

图4. 测试设置功能框图

设置

将EVAL-CN0251-SDPZ上的120引脚连接器连接到EVAL-SDP-CB1Z (SDP)上的**CONA**连接器。使用尼龙五金配件，通过120引脚连接器两端的孔牢牢固定这两片板。将直流输出电源成功设置为+15 V、-15 V和+6 V输出后，关闭电源。

在断电情况下，将+15 V电源连接到J3的+15VA引脚，将-15 V电源连接到J3的-15VA引脚，将GND连接到J3的AGND引脚。此外，在断电情况下，将6 V电源连接到J2。接通电源，然后将SDP板附带的USB电缆连接到PC上的USB端口。接通EVAL-CN0251-SDPZ的直流电源之前，请勿将该USB电缆连接到SDP板上的微型USB连接器。

测试

设置好电源并将它连接到EVAL-CN0251-SDPZ后，启动评估软件，并通过USB电缆将PC连接到SDP板上的微型USB连接器。如果**设备管理器**中列出了Analog Devices System Development Platform驱动器，软件将能与SDP板通信。

一旦USB通信建立，就可以使用SDP来发送、接收和捕捉来自EVAL-CN0251-SDPZ的串行数据。然后，连接信号源以便进行测量。

有关SDP的信息，请访问www.analog.com/SDP。

了解详情

MT-031 Tutorial, *Grounding Data Converters and Solving the Mystery of "AGND" and "DGND"*, Analog Devices.

MT-073 Tutorial, *High Speed Variable Gain Amplifiers (VGAs)*, Analog Devices.

MT-101 Tutorial, *Decoupling Techniques*, Analog Devices.

MT-022 Tutorial, ADC Architectures III: Sigma-Delta ADC Basics, Analog Devices.

MT-023 Tutorial, *ADC Architectures IV: Sigma-Delta ADC Advanced Concepts and Applications*, Analog Devices.

数据手册和评估板

CN-0251 Circuit Evaluation Board (EVAL-CN0251-SDPZ)

System Demonstration Platform (EVAL-SDP-CB1Z)

AD8226 Data Sheet

AD8475 Data Sheet

AD7192 Data Sheet

ADG1409 Data Sheet

ADR444 Data Sheet

ADP1720 Data Sheet

修订历史

2012年6月—修订版0：初始版

(Continued from first page) Circuits from the Lab circuits 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 circuits 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 circuits. Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, Circuits from the Lab circuits 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 circuits at any time without notice but is under no obligation to do so.

©2012 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.
CN10351sc-0-6/12(0)