

### Circuits from the Lab™ Reference Circuits

Circuit from the Lab™实验室电路是经过测试的电路设计，用于解决常见的设计挑战，方便设计人员轻松地实现系统集成。有关更多信息和技术支持，请访问：[www.analog.com/zh/CN0225](http://www.analog.com/zh/CN0225)。

#### 连接/参考器件

AD8295	集成信号处理放大器的精密仪表放大器
AD8275	G = 0.2、电平转换、16位ADC驱动器
AD7687	16位、250 kSPS PuSAR差分ADC
ADR431	超低噪声XFET®基准电压源，具有吸电流和源电流能力

## 针对工业过程控制和自动化的高阻抗、高CMR、 ±10 V模拟前端信号调理

### 评估和设计支持

#### 电路评估板

[CN-0225电路评估板 \(EVAL-CN0225-SDPZ\)](#)

[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所示电路是一个完整的模拟前端，它利用一个16位差分输入PuSAR® ADC对±10 V工业级信号进行数字转换。

该电路仅利用两个模拟器件，来提供一路具有高共模抑制 (CMR) 性能的高阻抗仪表放大器输入、电平转换、衰减和差分转换功能。由于具有高集成度，该电路可节省印刷电路板空间，为常见的工业应用提供高性价比解决方案。

在过程控制和工业自动化系统中，典型的信号电平最高可达±10 V。而来自热电偶和称重传感器等传感器的信号输入则较小，因此常常会遇到大共模电压摆幅，这就需要灵活的模拟输入，它能以高共模抑制性能处理大小差分信号，同时具有高阻抗输入。

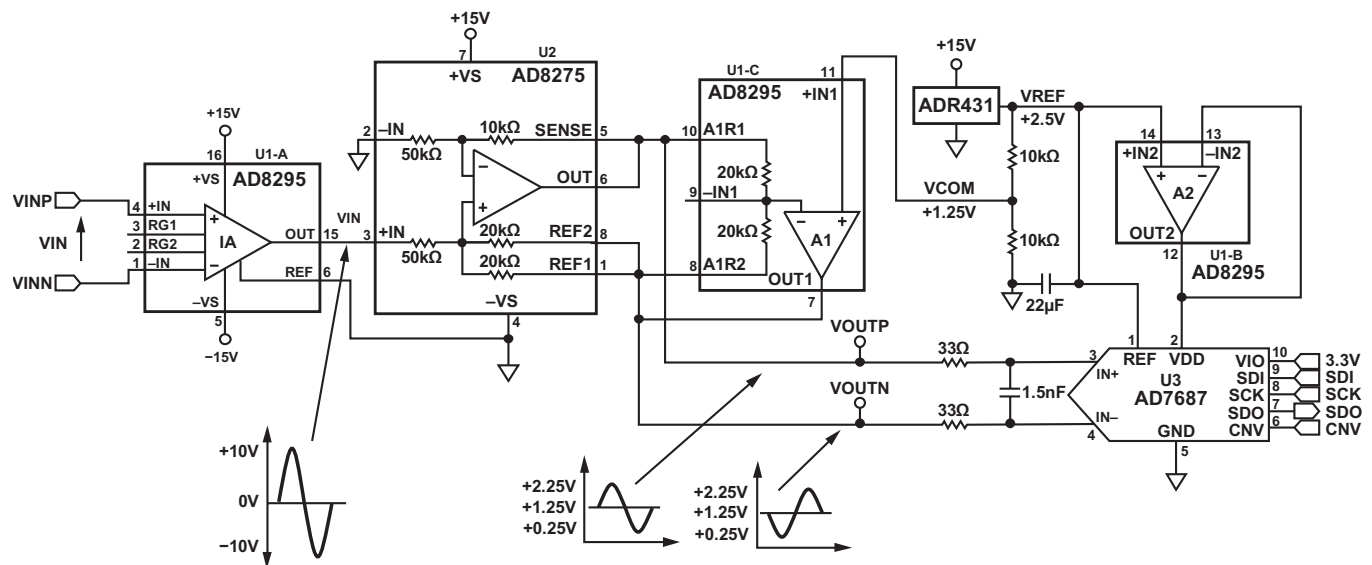


图1. 适合工业过程控制应用的高性能模拟前端 (原理示意图：所有连接和去耦均未显示)

#### Rev.A

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)

用现代低压ADC处理工业级信号时，必须进行衰减和电平转换。此外，全差分输入ADC具有以下优势：良好的共模抑制性能，更少的二阶失真产物，以及简化的直流调整算法。因此，工业信号需要经过进一步调理才能与差分输入ADC正确接口。

图1所示电路是一个完整且具有高集成度的模拟前端工业级信号调理器，仅使用两个有源器件来驱动差分输入16位PulSAR ADC AD7687：精密仪表放大器（片内集成两个辅助运算放大器）AD8295和电平转换器/ADC驱动器AD8275。低噪声2.5V XFET®基准电压源ADR431为ADC提供基准电压。

AD8295是一款精密仪表放大器，片内集成两个非专用信号处理放大器和两个精密匹配的20 kΩ电阻，采用4 mm × 4 mm封装。

AD8275是一款G = 0.2差动放大器，可以用来衰减±10 V工业信号，衰减后的信号可以与单电源低压ADC轻松接口。AD8275在该电路中执行衰减和电平转换功能，可以保持良好的CMR，无需任何外部元件。

AD7687是一款16位逐次逼近型ADC，采用2.3 V至5.5 V的单电源供电。它采用差分输入，具有良好的CMR，并且能够简化SAR ADC的使用。

## 电路描述

该电路由用作模拟前端电路的AD8295和AD8275、ADC AD7687以及基准电压源ADR431组成，只需少量外部元件进行去耦等。

### 仪表放大器（集成于AD8295）

AD8295中集成的仪表放大器（IA）的工作条件设置为1倍的增益。如果应用需要更高的增益，可以增加一个适当的外部增益电阻。AD8295的电源为±15 V，完全支持±10 V工业输入信号电平。仪表放大器的基准电压引脚接地，因此AD8295的输出以地为基准。

### 差动放大器/衰减器 (AD8275)

AD8295仪表放大器输出单端信号，最大幅度为±10 V。必须将该信号衰减并转换到适当的电平，以便驱动AD7687 ADC。如果在AD8295的输出端直接使用一个简单的阻性电平衰减器级，将无法提供差分输出来驱动ADC。AD8275 (G = 0.2) 电

平转换器是一个差动放大器，内置精密激光调整匹配薄膜电阻，可确保低增益误差、低增益漂移（最大1 ppm/°C）和高共模抑制（80 dB）特性。AD8275具有+3.3 V至+15 V的宽电源电压范围，采用+5 V单电源供电时，输入电压范围宽达-12.3 V至+12 V。

### 驱动差分输入ADC

图1所示电路使用一个平衡差动放大器，它由AD8275 (U2) 和AD8295中的一个非专用运放 (U1-C) 组成。此运放 (U1-C) 用于反转AD8275的正输出（从而提供互补的负输出），并且驱动AD8275的REF1和REF2引脚。差分输出的输出共模电压 (VCOM = 1.25 V) 由连接到2.5 V基准电压源的10 kΩ外部电阻分压器产生，并且应用于U1-C的同相输入。描述电路操作的方程式如下：

$$V_{OUTP} + V_{OUTN} = 2 \times V_{COM}$$

$$V_{OUTP} = V_{OUTN} + 0.2 \times V_{IN}$$

$$V_{OUTP} = V_{COM} + 0.1 \times V_{IN}$$

$$V_{OUTN} = V_{COM} - 0.1 \times V_{IN}$$

根据以上方程式，对于±10 V输入电压，ADC的各输入电压（VOPTP和VOUTN）摆幅为0.25 V至2.25 V，彼此180°反相，共模电压为1.25 V。因此，差分信号使用ADC可用差分输入范围5 V中的4 V。

ADR431是2.5 V XFET系列基准电压源，具有低噪声、高精度和低温度漂移性能。ADR431驱动电阻分压器和AD7687 ADC的基准电压输入。ADR431输出由AD8295中的另一个非专用运放 (U1-B) 缓冲，并且驱动AD7687的电源 (VDD)。由两个33 Ω电阻和一个1.5 nF电容组成的一个单极点RC滤波器充当AD7687的3 MHz截止抗混叠和降噪滤波器。

### 布局布线考虑

该电路或任何高速/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、MT-101和“高速印刷电路板布局实用指南”一文。

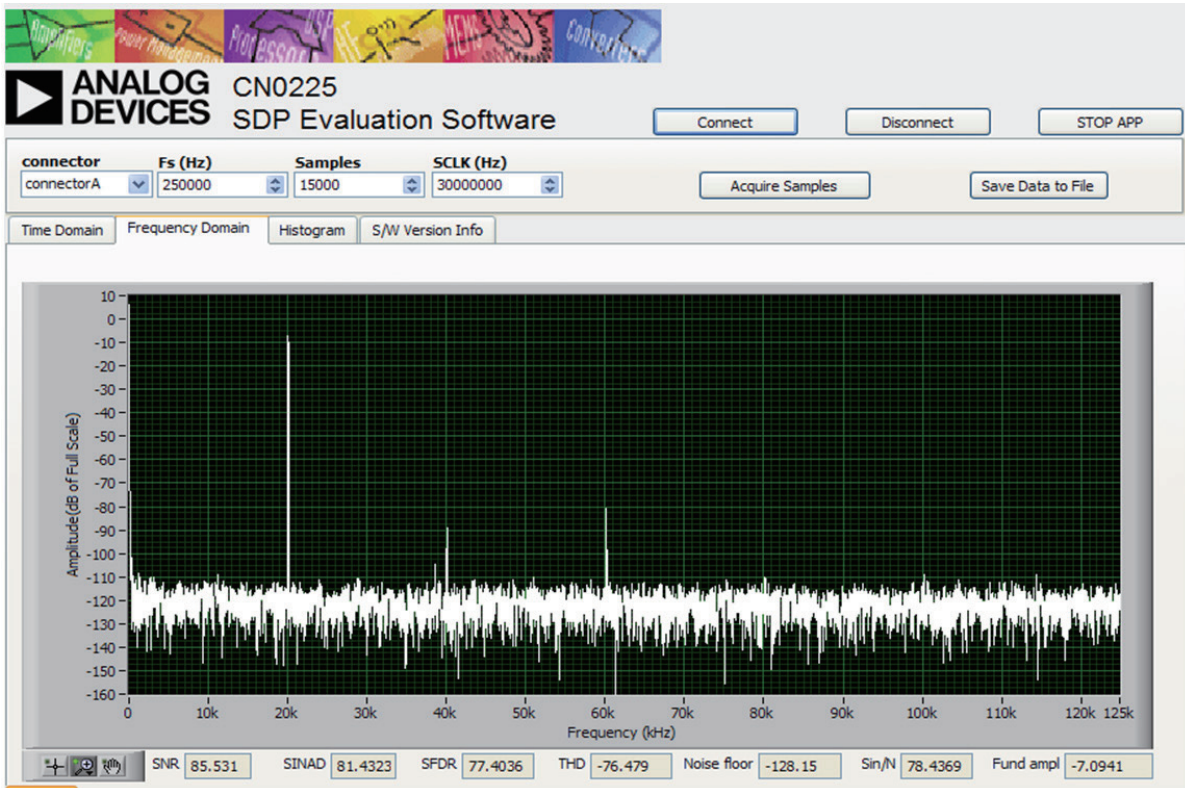


图2. Kaiser窗口 (参数 = 20)、20 kHz输入、250 kSPS采样速率下的FFT

### 系统性能

交流性能在系统级进行测试，AD7687的采样速率为250 kSPS。图2所示为5 V p-p 20 kHz输入时的FFT测试结果。图3所示为10 V DC输入时的ADC输出直方图。

评估软件产生的结果如下：

- SNR = 85.531 dBFS (不含谐波)
- 信纳比 (SINAD) = 81.432 dBFS
- SFDR = 77.403 dBFS.
- THD = -76.479 dBFS

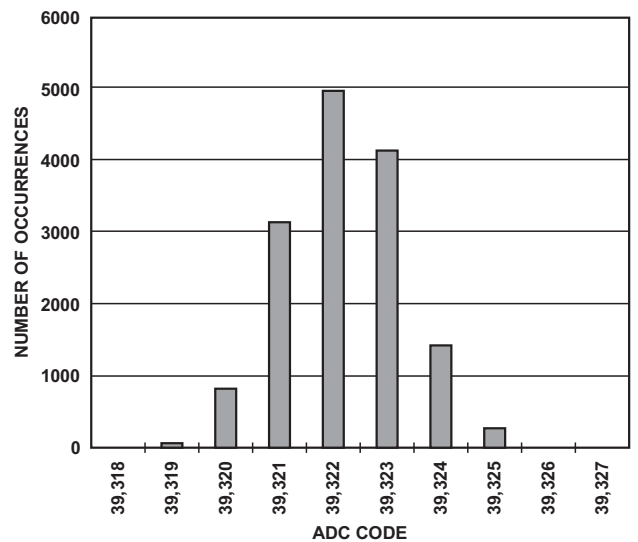


图3. 10 V DC输入时的直方图，15,000个样本

## 常见变化

PulSAR系列的其它引脚兼容差分输入16位ADC提供不同的采样速率：[AD7684](#) (100 kSPS)、[AD7688](#) (500 kSPS)和[AD7693](#) (500 kSPS)。

如果需要18位分辨率，下列器件也是PulSAR系列的引脚兼容产品：[AD7691](#) (250 kSPS)、[AD7690](#) (400 kSPS) 和 [AD7982](#) (1 MSPS)。

ADC的基准电压源可以换用2.048 V [ADR430](#)，它支持使用ADC更大比例的输入范围，不过[AD7687](#)将需要额外的AVDD电源。

## 电路评估与测试

本电路使用EVAL-CN0225-SDPZ电路板和EVAL-SDP-CB1Z系统演示平台 (SDP) 评估板。这两片板具有120引脚的对连接器，可以快速完成设置并评估电路性能。EVAL-CN0225-SDPZ板包含要评估的电路，如本笔记所述。SDP评估板与CN0225评估软件一起使用，可从EVAL-CN0225-SDPZ电路板获取数据。

## 设备要求

- 带USB端口的Windows XP、Windows Vista (32位) 或 Windows 7 (32位) PC
- EVAL-CN0225-SDPZ电路评估板
- EVAL-SDP-CB1Z SDP评估板
- 直流电源：+15 V、-15 V和+6 V
- 低失真单端或差分信号源，如Agilent 81150A或Audio Precision System Two 2322等

## 开始使用

将CN0225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所示为测试设置的功能框图。PDF文件“EVAL-CN0225-SDPZ-SCH”包含CN0225评估板的详细原理图。此文件位于CN0225设计支持包中：[www.analog.com/CN0225-DesignSupport](http://www.analog.com/CN0225-DesignSupport)。

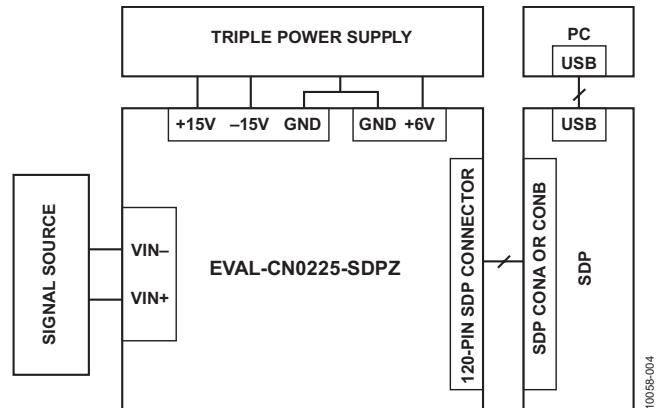


图4. 测试设置功能框图

## 设置

EVAL-CN0225-SDPZ电路板上的120引脚连接器连接到EVAL-SDP-CB1Z (SDP) 评估板上标有“CONA”的连接器。应使用尼龙五金配件，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，将一个+15 V电源连接到标有“+15 VA”的J3引脚，将一个-15 V电源连接到标有“-15 VA”的J3引脚，将“GND”连接到标有“AGND”的J3引脚。以同样方式将+6 V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。注意：接通EVAL-CN0225-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-CN0225-SDPZ电路板后，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板来发送、接收、捕捉来自EVAL-CN0225-SDPZ板的串行数据。

本电路笔记中的数据利用Agilent 81150A差分信号源产生。

有关SDP板的信息，请访问：[www.analog.com/zh/SDP](http://www.analog.com/zh/SDP)。

**进一步阅读**

CN0225 Design Support Package:  
[www.analog.com/CN0225-DesignSupport](http://www.analog.com/CN0225-DesignSupport)  
 SDP User Guide  
 Ardizzone, John. *A Practical Guide to High-Speed Printed-Circuit-Board Layout*, Analog Dialogue 39-09, September 2005.  
 MT-031 Tutorial, *Grounding Data Converters and Solving the Mystery of “AGND” and “DGND”*, Analog Devices.  
 MT-101 Tutorial, *Decoupling Techniques*, Analog Devices.

**数据手册和评估板**

CN-0225 Circuit Evaluation Board (EVAL-CN0225-SDPZ)  
 System Demonstration Platform (EVAL-SDP-CB1Z)  
 AD8295 Data Sheet  
 AD8275 Data Sheet  
 AD7687 Data Sheet  
 AD7687 Evaluation Board

**修订历史**

11/11—Rev. 0 to Rev. A  
 Change to Circuit Evaluation and Test ..... 4  
 10/11—Revision 0: Initial Version

(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" 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.