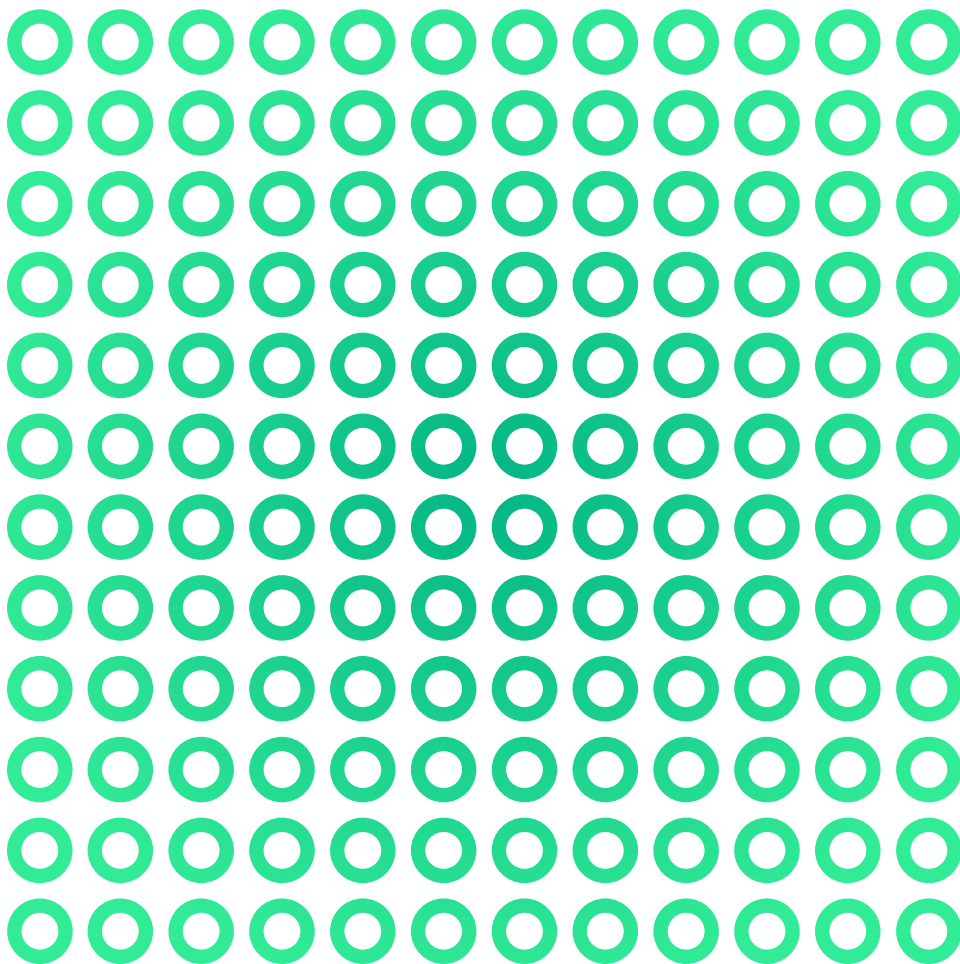




用NI数据转换器参考架构 设置模数转换器测量





目录

03 转换器

03 硬件设置

04 评估板卡

电源

数字

模拟源连接

数字万用表连接

满量程误差

测量设置

线性度

测量设置

直方图

DNL

INL

交流测量

测量设置

增益和偏移

测量设置

15 NI在数据转换器测试领域的优势



本应用指南介绍如何使用NI数据转换器参考架构设置模数转换器测量，该架构配备PXIe-4468信号发生器和Data Converter Validation模块软件。

转换器

待测设备(DUT)是AD7606B，它是亚德诺半导体(Analog Devices)的一款8通道、16位模数转换器，支持所有通道以800 kS/s的吞吐率进行采样。设备输入范围基于硬件选择并配置为 ± 5 V。该设备还配置为使用内部2.5 V基准电压，硬件配置为16位并行输出。并行数据输出由RD和CS控制，而转换由CONVST启动。

硬件设置

数据转换器验证参考架构包含以下NI硬件：

- PXIe-4468模拟源
- PXIe-40x1数字万用表
- PXIe-657x数字捕捉/DUT控制/时钟
- PXIe-109x机箱
- PXIe-888x控制器

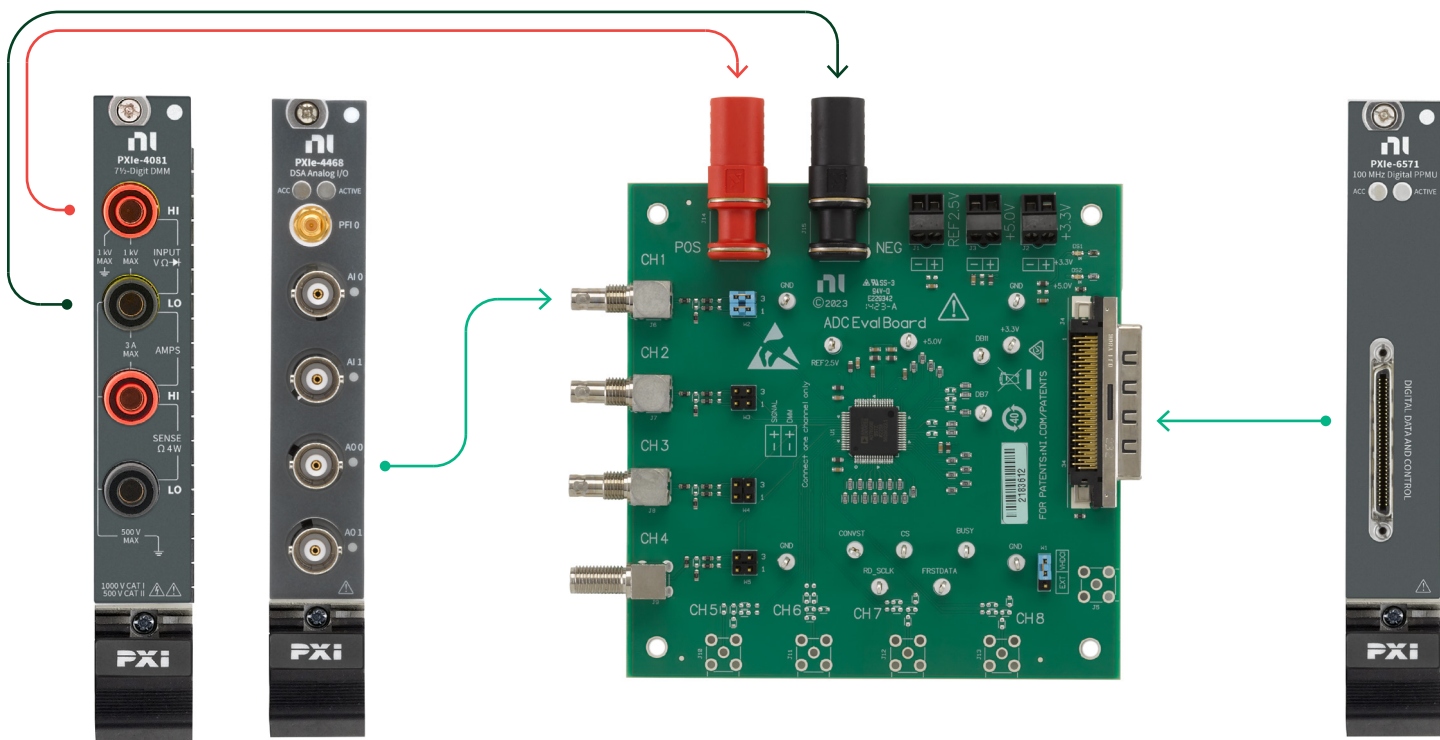


图01

该测试系统使用PXIe-4081数字万用表、PXIe-6570数字码型仪器、PXIe-1095机箱和PXIe-8840控制器。

评估板卡

AD7606B评估板卡由NI设计, 可与Data Converter Validation模块配合使用, 简化与NI仪表的连接。

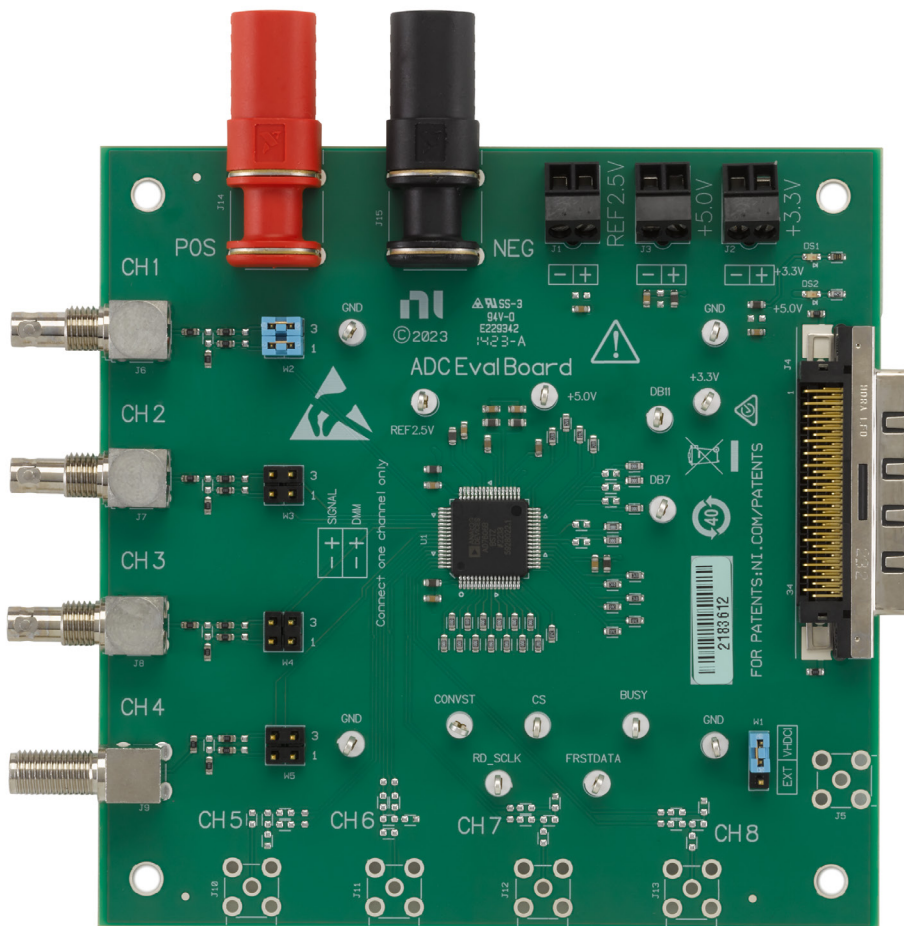


图02
AD7606B评估板卡

电源

评估板卡为DUT提供+3.3 V和+5 V电源。2.5 V基准电压为可选项。

数字

模数转换器的数字线路连接至板卡右侧的VHDCI连接器。这是为了实现通过VHDCI-VHDCI线缆直接连接到PXI-657x设备。信号至PXI-657x的映射如下：

View Connections for: All Pins and Relays

Pin	Site	Instrument	Channel
DB0	0	PXI2Slot7	0
DB1	0	PXI2Slot7	1
DB2	0	PXI2Slot7	2
DB3	0	PXI2Slot7	3
DB4	0	PXI2Slot7	4
DB5	0	PXI2Slot7	5
DB6	0	PXI2Slot7	6
DB7	0	PXI2Slot7	7
DB8	0	PXI2Slot7	8
DB9	0	PXI2Slot7	9
DB10	0	PXI2Slot7	10
DB11	0	PXI2Slot7	11
DB12	0	PXI2Slot7	12
DB13	0	PXI2Slot7	13
DB14	0	PXI2Slot7	14
DB15	0	PXI2Slot7	15
CONVST	0	PXI2Slot7	16
OS0	0	PXI2Slot7	17
OS1	0	PXI2Slot7	18
OS2	0	PXI2Slot7	19
SCLK	0	PXI2Slot7	20
CS	0	PXI2Slot7	21
BUSY	0	PXI2Slot7	22
FRSTDATA	0	PXI2Slot7	23
SDI	0	PXI2Slot7	24
DOUTA	0	PXI2Slot7	25
DOUTB	0	PXI2Slot7	26
DOUTC	0	PXI2Slot7	27
DOUTD	0	PXI2Slot7	28
RESET	0	PXI2Slot7	29

图03
将信号映射至PXI-657x

模拟源连接

评估板卡包括前四个通道的连接器。通道1-3为HD-BNC连接器，可连接动态信号发生器PXIe-4468。通道4为SMA连接器，可连接任意波形发生器，如PXIe-54x3。

数字万用表连接

对于依赖于精确直流测量的测试（如增益和偏移以及代码转换[满量程误差]），应使用数字万用表来提供计算所必需的直流精度。板卡顶部的香蕉插头可用于通过跳线将数字万用表连接至其中一个模拟通道(1-4)输入路径。

满量程误差

满量程误差测量用于计算三个代码转换及其与理想位置的偏差。代码转换如下：

双极零代码：代码从全1变为全0的中量程转换

正向满量程代码：最后一次代码转换

负向满量程代码：第一次代码转换

误差是实测代码转换与理想代码转换之间的差值，通常以LSB为单位。

为了找到实际的代码转换，动态信号发生器(PXIe-446x)将在用户定义的范围和步长内生成直流电压。每次电压阶跃，数字万用表(PXIe-40x1)测量模数转换器的输入电压，模数转换器采集多个样本。必须进行多次采样才能降低模数转换器的输入参考噪声对代码转换测量的影响。在测试完成每次直流电压阶跃后，会在实际代码转换所在的位置插入算法。

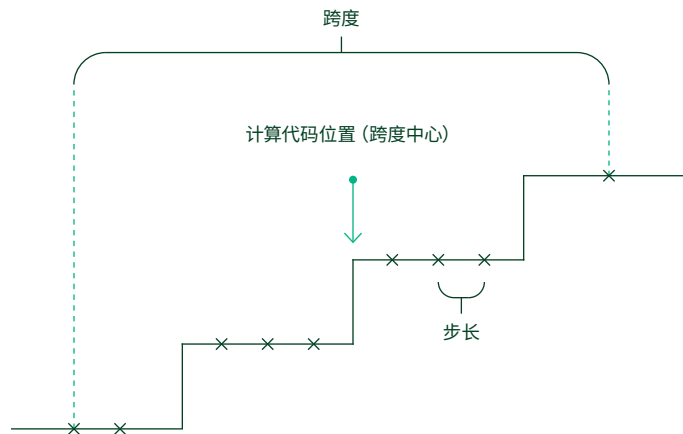


图04
找到代码转换

测量设置

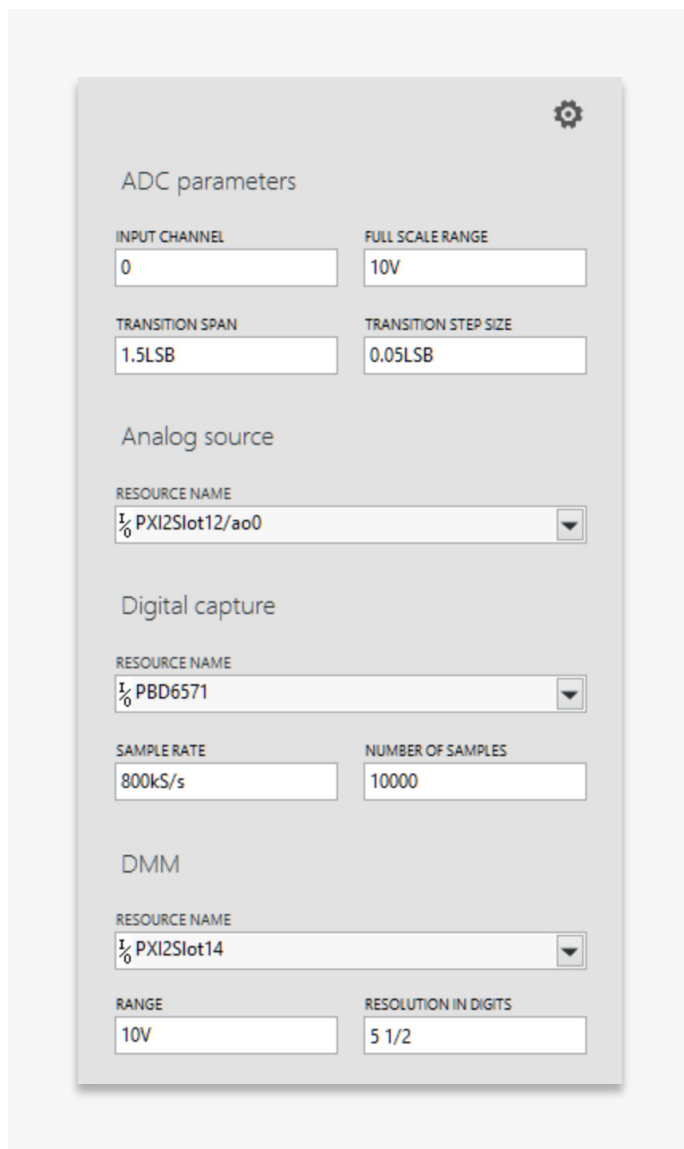


图05
测量设置

可通过测量设置自定义满量程误差测量。应配置模数转换器参数，以便指定要测试的DUT通道以及设备的满量程设置。可以通过调整转换跨度和步长来改变测试时间和测量精度。在测量仪表未捕捉到转换的情况下（见图6），增加跨度可提高转换可见性。

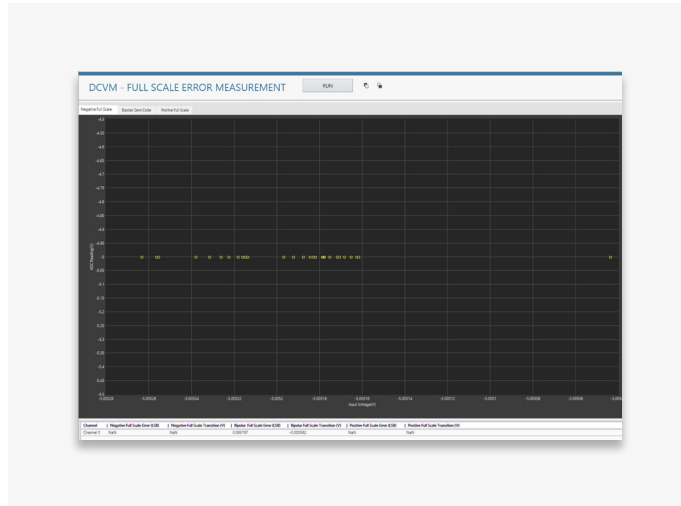


图06 DCVM满量程误差测量场景，其中测量仪表未捕捉到转换。

对于我们的特定测试，DUT的通道0为测试通道。DUT的采样率为800 kS/s，硬件配置为10 V满量程。PXIe-4081是一款7.5位数字万用表，但为了缩短测试时间，我们将其配置为5.5位。

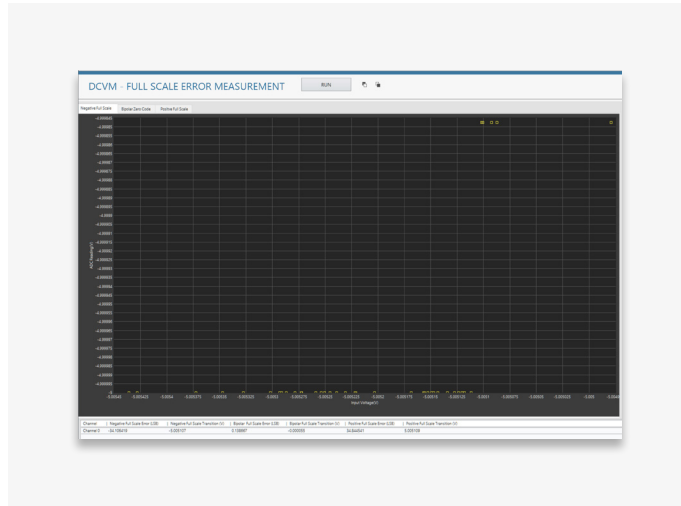


图07 DCVM满量程误差测量场景，显示负向满量程误差测量的原始数据子集。

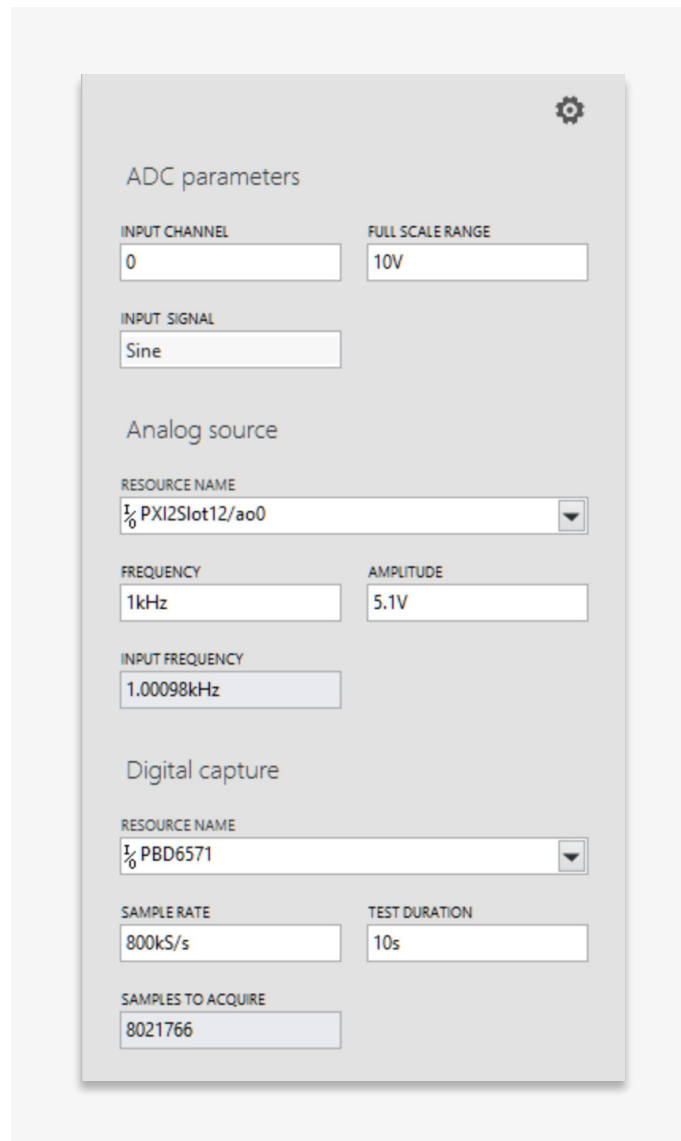
图7以图形方式显示了负向满量程误差测量的原始数据的代表性子集。当测量设置为收集10,000个样本时，每个样本都不会显示。第一个代码的转换可以直观地近似得出，插值算法的计算数据可以从图形下方的表格中读取。计算并显示转换电压和以LSB为单位的满量程误差。

线性度

在数据转换器中，传递函数的线性度有两种测量方法：积分非线性（INL，即相对精度）和微分非线性（DNL）。在模数转换器（如我们的DUT）中，INL是理想输入阈值与某个输出代码的实测阈值电平之间的偏差。DNL是对应于相邻输入数字值的两个模拟值之间的偏差。它是实际步宽与1 LSB理想值之间的差值。

Data Converter Validation模块使用直方图测试或代码密度测试来确定INL和DNL等非线性参数。该方法在数据转换器的幅域中执行。将具有浴盆分布的重复动态信号（例如正弦波信号）施加到模数转换器，在转换器的输出端生成相应的数字代码分布。与相应输出代码分布的任何偏差都会导致各种误差（包括INL和DNL误差），这些误差可通过直方图方法进行估计。

测量设置



The image shows a software configuration window for an ADC measurement. It is divided into three main sections:

- ADC parameters:**
 - INPUT CHANNEL: 0
 - FULL SCALE RANGE: 10V
 - INPUT SIGNAL: Sine
- Analog source:**
 - RESOURCE NAME: PXI2Slot12/ao0
 - FREQUENCY: 1kHz
 - AMPLITUDE: 5.1V
 - INPUT FREQUENCY: 1.00098kHz
- Digital capture:**
 - RESOURCE NAME: PBD6571
 - SAMPLE RATE: 800kS/s
 - TEST DURATION: 10s
 - SAMPLES TO ACQUIRE: 8021766

图8
测量设置

可通过测量设置自定义线性度测量。应配置模数转换器参数，以便指定要测试的DUT通道以及设备的满量程设置。输入信号可配置为正弦波、三角波或非重复斜坡波。此外，还可以配置模拟源的频率和幅值。要触发所有模数转换器代码，建议正弦波幅值比模数转换器输入范围大10%。用户还可以配置模数转换器采样率和测试持续时间。正弦波频率将强制转换为与采样率互质的值，该值根据IEEE 1241标准由以下公式定义：

$$f_i = \left(\frac{J}{M} \right) f_s$$

其中

f 是与 M 互质的整数

f_s 表示采样频率

M 表示记录长度

测试持续时间将强制转换为最接近的值，从而采集整数个正弦波周期。信号发生器输出正弦波，模数转换器采集时域数据。信号发生器和模数转换器之间未实现硬件同步。计算时域数据的直方图，并使用实测直方图与理想直方图之间的差值来计算微分和积分非线性。

直方图

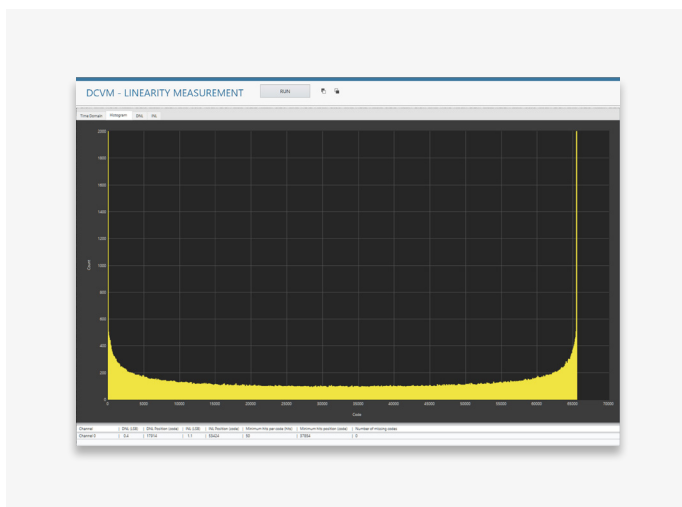


图09
直方图

DNL

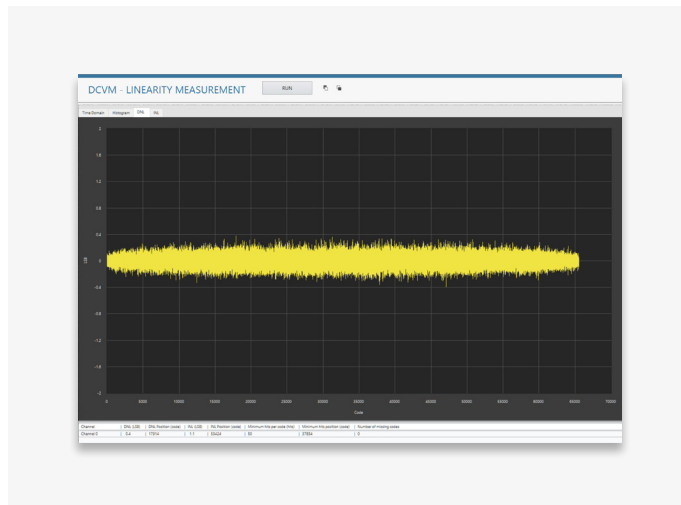


图10
微分非线性

INL

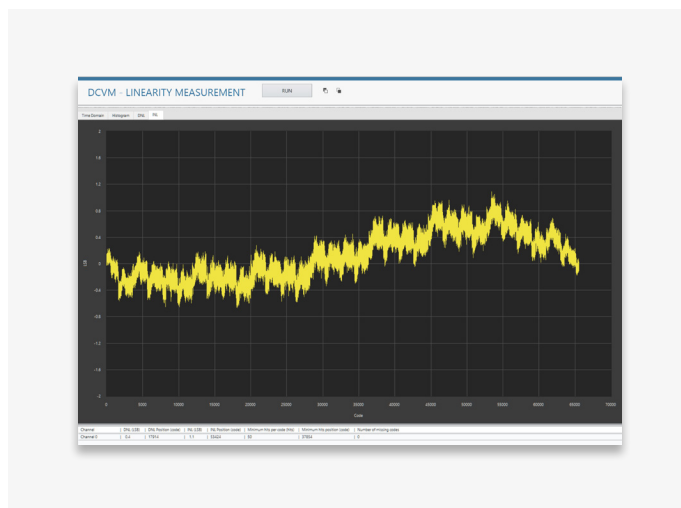


图11
积分非线性

交流测量

交流测量包括SNR、SINAD、THD、SFDR和ENOB。信噪比(SNR)是一个计算值, 表示输入信号的均方根电平与均方根噪声的比值。信纳比(SINAD)同样是输入信号的均方根电平与FFT分析中所有噪声和失真分量(不包括直流分量)的平方和根的均方根值之比。在模数转换器中, 无杂波动态范围(SFDR)是指载波频率的均方根幅值(最大信号分量)与第二大噪声或谐波失真分量的均方根值之比。有效位数(ENOB)使用理想N位模数转换器的理论SNR关系基于SINAD计算得出。公式如下:

$$ENOB = \frac{SINAD - 1.76}{6.02}$$

在此公式中，SINAD是以dB为单位的功率比，6.02是将分贝转换为位的除数，1.76是理想模数转换器中量化误差产生的项。此外，虽然总谐波失真加噪声(THD+N)并不包括在测量范围内，但其值相当于SINAD的倒数，因为它是测试音（不包括测试音本身）在一定带宽内所有频谱分量的总和。

测量设置

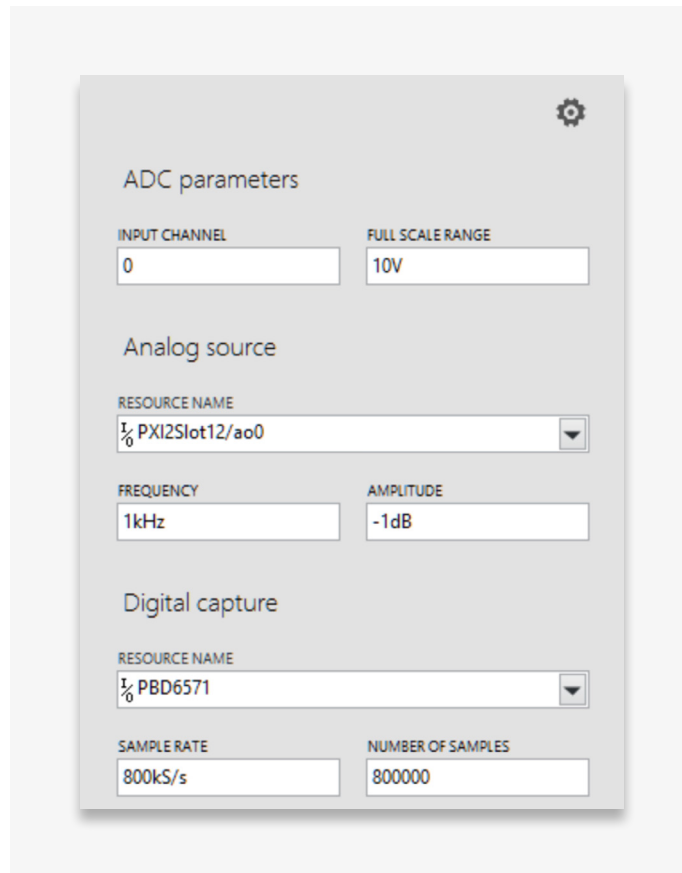


图12
测量设置

可通过测量设置自定义交流测量。应配置模数转换器参数，以便指定要测试的DUT通道以及设备的满量程设置。信号发生器输出用户指定频率和幅值的正弦波。用户还可指定模数转换器采集的采样数和采样率。信号发生器和模数转换器之间未实现硬件同步。在计算THD和SFDR等动态测量值之前，对从模数转换器采集的时域数据应用7阶Blackman-Harris窗。IEEE 1241第8.8.1.2节介绍了这一方法。

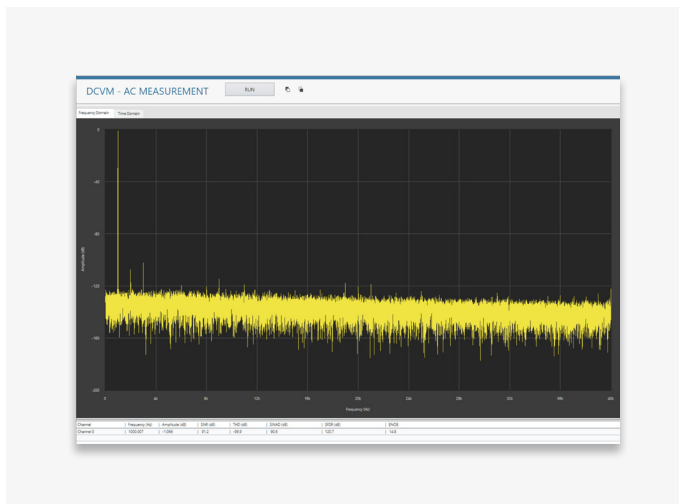


图13
自定义交流测量

增益和偏移

偏移误差定义为第一个实际代码转换与第一个理想代码转换之间的偏差，应为0.5 LSB。偏移误差可正可负，它限制了模数转换器的可用范围。

增益误差定义为理想模数转换器最后一步的中点与实际模数转换器最后一步的中点之间的偏差，用于补偿偏移误差。它用于测量实际模数转换器传输特性与理想传输特性的斜率偏差。

测量设置

The screenshot displays a configuration window for an ADC measurement. It is organized into four sections: ADC parameters, Analog source, Digital capture, and DMM. Each section contains specific input fields and dropdown menus for configuring the measurement.

Section	Parameter	Value
ADC parameters	INPUT CHANNEL	0
	FULL SCALE RANGE	10V
Analog source	RESOURCE NAME	1 PXI2Slot12/ao0
	SAMPLE RATE	1kHz
	RAMP SAMPLES	10
	RAMP STOP	4.9V
Digital capture	RESOURCE NAME	1 PBD6571
	SAMPLE RATE	800kS/s
	NUMBER OF SAMPLES	10000
	RAMP START	-4.9V
DMM	RESOURCE NAME	1 PXI2Slot14
	RANGE	10V
	RESOLUTION IN DIGITS	7 1/2

图14
测量设置

用户可配置测量的电压范围和阶跃数。每次阶跃，信号发生器都会输出一个直流电压。直流电压通过数字万用表和模数转换器测量。每个测量值都被存储起来，然后重复这一过程，直到最后一个电压。增益和偏移通过使用数字万用表和模数转换器电压测量值进行最小二乘法拟合来确定。

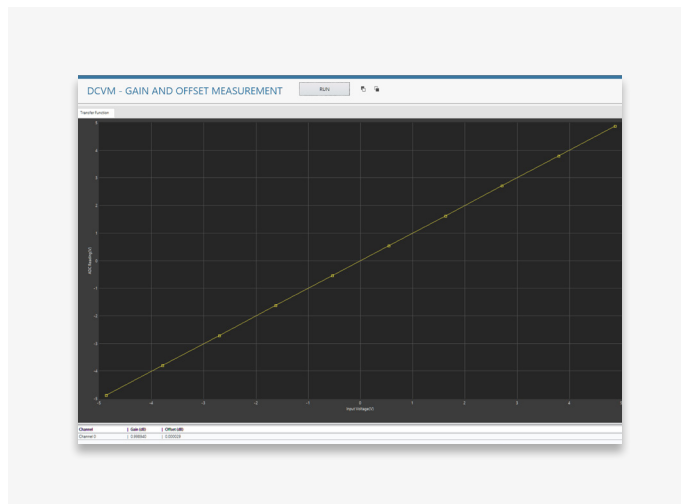


图15

Data Converter Validation模块

NI在数据转换器测试领域的优势

NI的数据转换器测试解决方案包括在单个PXI机箱内配有多个模块。借助PXI平台，NI可采用模块化方法进行自动化测试。各种PXI模块均可添加至测试系统并进行相应编程。这意味着用户不必局限于一套特定的设备，因为这些设备可能会过时，需要购买全新的测试系统。同样，随着测试需求和测试量的变化，可以相应地重新调整模块的用途。由于仪表位于同一个PXI机箱中，因此这些模块可以无缝通信和同步。

在市场上现有的1,500多种PXI产品中，有600多种是由NI设计的。其中，PXIe-4468模拟源以PXI外形实现了台式质量的噪声和失真性能。NI利用其PXI模块化仪器在更高效的3U空间内不断突破性能极限。

Data Converter Validation模块提供了一个简单易用的软件解决方案，可在InstrumentStudio™软件和TestStand™中快速启动可立即运行的测量。除了促进从交互式台式测量到自动化验证的无缝过渡之外，该软件还能实现在自动化测试期间进行交互式调试监控。