

Application Note

与 TAX5XXX 器件的麦克风接口



Peter Djuandi, Anand Subramanian

摘要

TAX5XXX 器件 (TAC5212、TAC5211、TAA5212、TAC5412、TAC5411、TAA5412、TAA5242 和 TAC5242) 的模拟前端模块 (ADC) 采用新架构设计，在交流耦合差分输入配置下具有 118dB 的动态范围性能。该系列器件还提供其他器件型号 (TAC5112、TAC5111、TAC5312、TAC5311 和 TAC5142)，这些器件采用相同的架构，并具有 100dB 的标准动态范围性能。这些动态范围性能均通过 A 加权滤波器测得。

在这种新架构中，众所周知的可编程增益放大器 (PGA) 现已集成到 ADC 模块中。PGA 增益放大功能不再可用，当需要额外的增益时，会通过数字音量 (DVOL) 寄存器以数字方式应用增益。

本应用手册通过比较两种不同的架构解决了以下问题：

1. TAX5XXX 前端能否捕获 ECM 等电容式麦克风的最低信号，而无需额外的外部放大？
2. 在没有 PGA 的新架构中，性能是否会受到影响？

内容

1 引言.....	2
2 ADC 前端方框图.....	2
3 应用示例.....	3
3.1 MIC 1 : POM-2242P-C33-R 麦克风.....	3
3.2 MIC 2 : POM-2730L-HD-R 麦克风.....	10
4 总结.....	17
5 参考资料.....	17

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

TAX5XXX 是 TI 音频器件，采用不带可编程增益放大 (PGA) 的新型模数转换器 (ADC) 架构。这种新的 ADC 架构将 PGA 集成到 ADC 模块中，从而移除了通常用于提供额外放大的 PGA 块。借助这种集成，我们可以像存在 PGA 一样提高信号链的性能。当需要额外的增益或衰减时，该器件具有 DVOL 寄存器，通过该寄存器能够以 0.5dB 的步长提供 -80dB 至 47dB 的增益。在交流耦合差分输入配置和 2V_{rms} 满量程输入条件下，这种新架构提供了 118dB 的动态范围。通常在音频应用中，音频转换器的前端连接是麦克风或线路输入。驻极体电容式麦克风 (ECM) 或 HD 系列麦克风等麦克风的信噪比 (SNR) 在 50dB 至 70dB 范围内，最大输入电平 (AOP) 远低于转换器的满量程输入。因此，我们增加了放大功能来将输入电平放大到转换器满量程电平。在本应用手册中，我们可以看到将这些麦克风连接到这些转换器的一些示例。

2 ADC 前端方框图

这是具有 PGA 的 ADC 前端与没有 PGA 块的 TAX5XXX 前端的简化方框图。不同之处在于 PGA 和 ADC 现已集成并优化到新架构的新反馈 DAC 块中。

在新架构上的 PGA 集成是在 ADC 块的 DAC 路径中实现的。ADC 前端是 B 类 DAC，其行为类似于图 2-1 中 PGA 的 RFB 块。新型 RFB DAC 架构的细节不在本应用手册的讨论范围内。

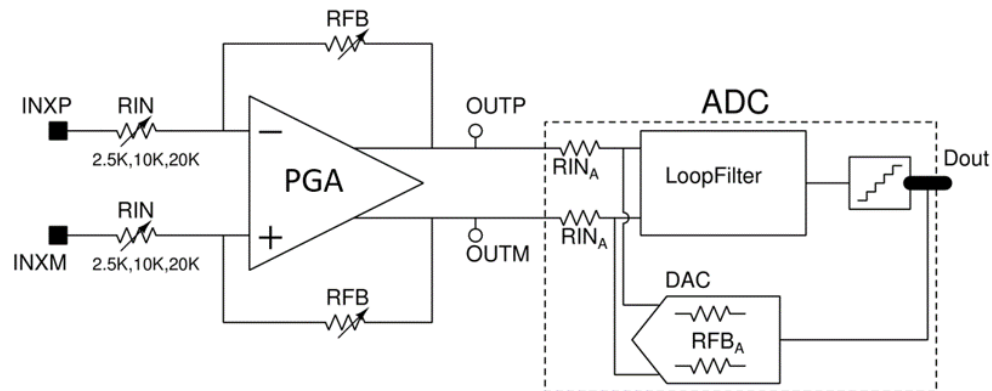


图 2-1. 具有 PGA 的 ADC 前端

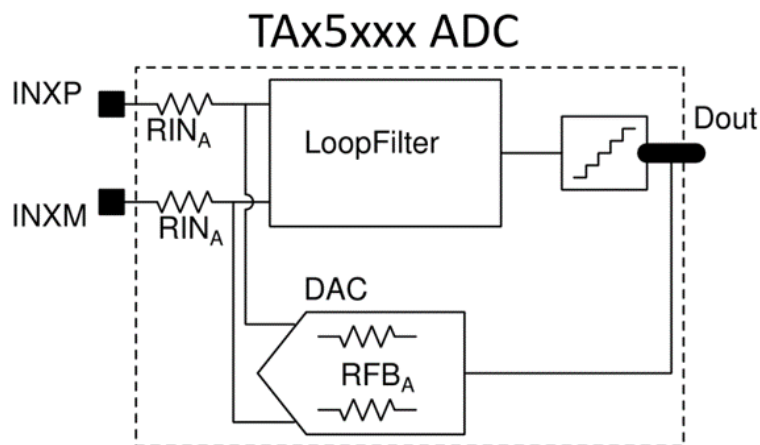


图 2-2. PGA 集成到 ADC 中的 ADC 前端

3 应用示例

此应用示例中使用了以下两种不同的麦克风：**POM-2242P-C33-R** 和 **POM-2730L-HD-R**。根据数据表中的麦克风信息，我们对具有 PGA 的转换器器件和采用新型 ADC 前端架构的 TAX5XXX 转换器运行了测试。

对于每种麦克风，我们运行了以下测试条件：

- 根据麦克风能够捕获的最小输入信号电平，使用 Audio Precision AP555 等仪器生成该电平的音调，并分析转换器的数字信号输出。
- 根据麦克风能够捕获的最大输入信号 (AOP)，使用 Audio Precision AP555 等仪器生成该电平的音调，并分析转换器的数字信号输出。
- 从麦克风的 AOP，在转换器中添加必要的增益，以达到转换器输入满量程电平。根据转换器 THDN 规格，将增益增加到满量程的 -1dB。

我们使用上面的每个测试用例比较了两个转换器器件的性能。

我们使用的器件分别是集成 PGA 的器件 TLV320ADC6120 和 TAA5212；TLV320ADC6120 是一款高性能音频模数转换器 (ADC)，在交流耦合差分输入情况下，启用 DRE 时具有 123dB 的动态范围，禁用 DRE 时具有 113dB 的动态范围；TAA5212 是一款采用新型 ADC 前端架构的低功耗、高性能立体声音频 ADC，具有 118dB 的动态范围。

3.1 MIC 1 : POM-2242P-C33-R 麦克风

图 3-1 展示了该麦克风的数据表以及相应的声音到电气信号电平。

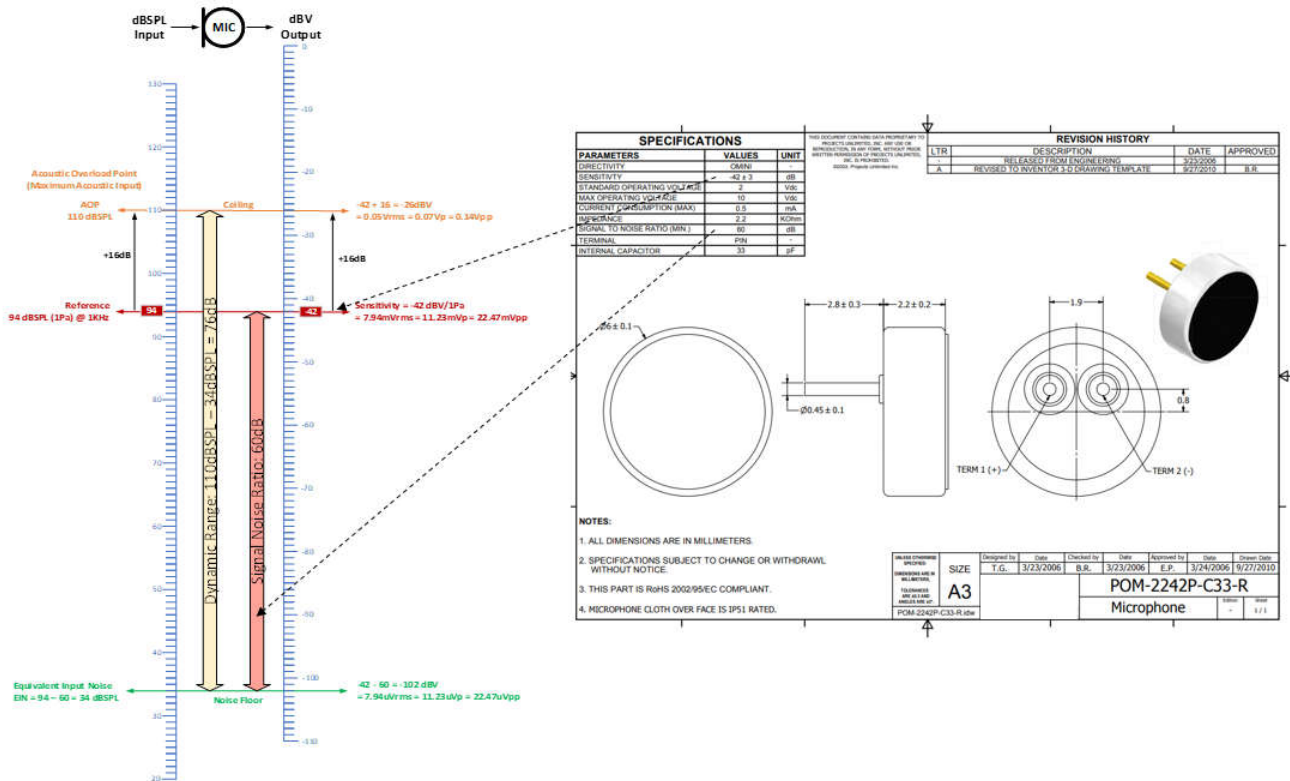


图 3-1. POM-2242P-C33-R 声音到电气信号电平

根据麦克风灵敏度、最大声学输入电平 (AOP 约为声学过载点) 和 SNR，计算出电气 RMS/峰峰值电压。这些电压分别应用于每个测试用例中的仪器输入电平。

3.1.1 测试用例 1：麦克风最小输入电平

当麦克风灵敏度为 -42dBV 且 SNR 为 60dB 时，麦克风可录制的最低或最小输入电平为 -102dBV，相当于 7.94 μVrms 单端输入电压。7.94 μVrms 的 1KHz 音调在增益设置为 0dB 的情况下施加于受测器件 (DUT) 的模拟

交流耦合差分输入，并通过 Audio Precision 捕获数字输出。在 ADC6120 中，我们比较了使用和不使用动态范围增强器 (DRE) 的运行情况。DRE 是一项功能，基本上就是在低电平信号低于 DRE 阈值时使用低噪声 PGA 放大信号。仅具有 PGA 转换器的 ADC 提供该 DRE 功能，采用新架构的 ADC 并不具备该功能。



图 3-2. 使用 TAA5212 捕获最小麦克风输入

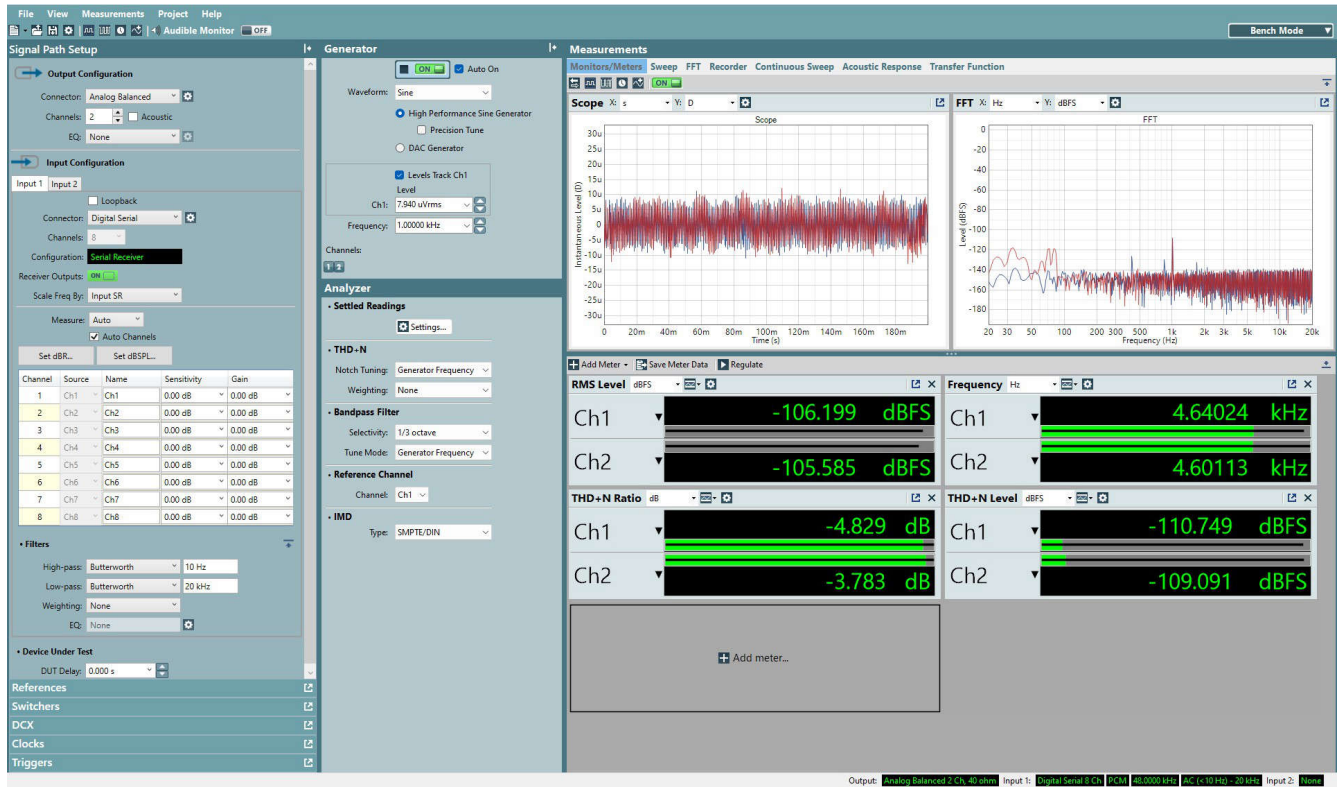


图 3-3. 在禁用 DRE 的情况下使用 ADC6120 捕获最小麦克风输入

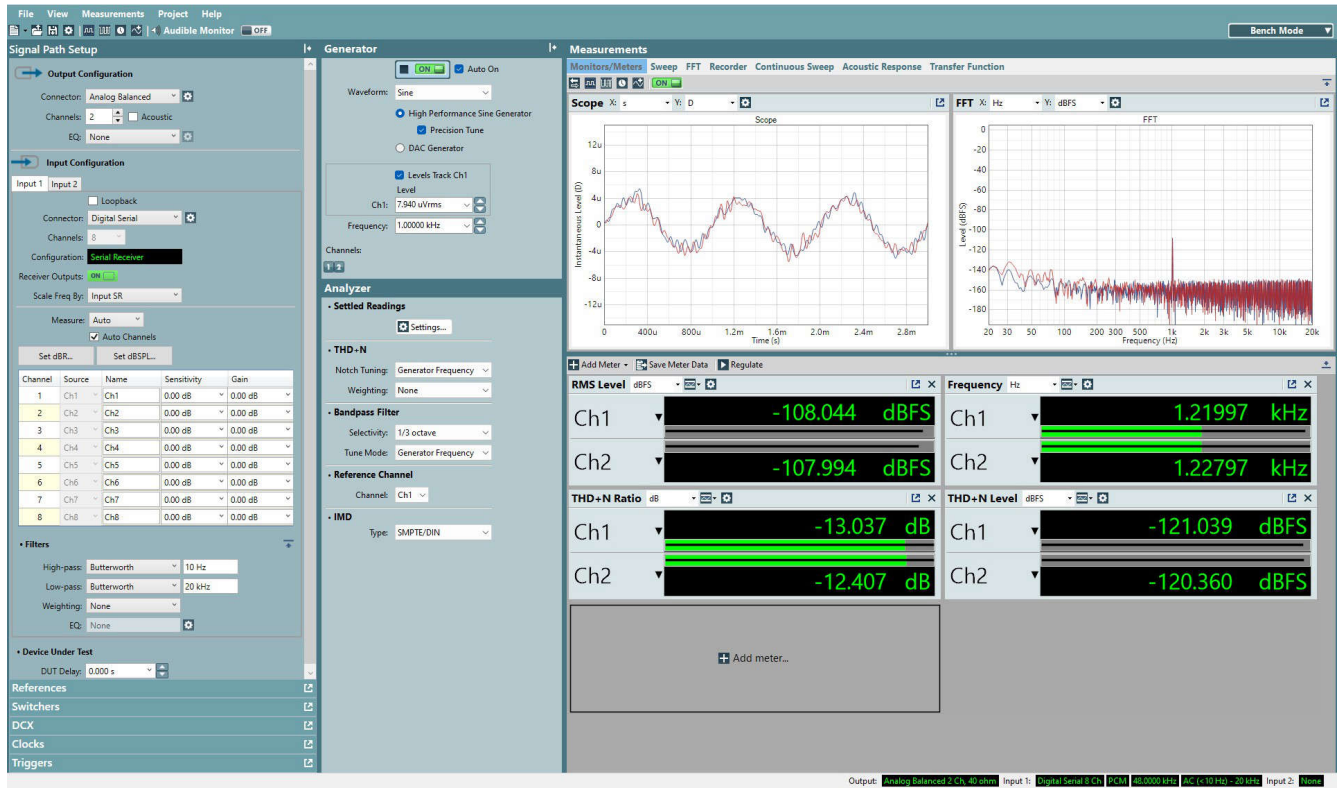


图 3-4. 在启用 DRE 的情况下使用 ADC6120 捕获最小麦克风输入

如之前的结果所示，这两种器件无需进行任何放大，就能够捕获 -108dB_r 的最低麦克风电平。由于采用差分配置设置，转换器的 rms 电平会显示出 6dB 的差值，未加权测试的动态范围与预期的 A 加权设置相差约 2dB。此外，在 ADC6120 中，启用 DRE 功能时此低信号电平下的动态范围要比禁用 DRE 时更高。

表 3-1. MIC 1 最低输入电平

	模拟输入 Vrms [dB _r (2Vrms)]	A 加权动态范围规格 (dB)	测得的未加权动态范围 (dB)
TAx5xxx	7.94μV [-108dB _r]	118	116
ADC6120	7.94μV [-108dB _r]	113	111
ADC6120-DRE	7.94μV [-108dB _r]	123	121

3.1.2 测试用例 2：麦克风最大输入电平

根据制造商给出的 -42dBV 麦克风灵敏度度和 110dB_{SPL} AOP，麦克风可录制的最大输入电平为 -26dBV，相当于 50mVrms 单端输入电平。

AOP 是麦克风在 AOP 开始导致音频信号失真之前可以处理的最大声压级 (SPL)。此 AOP 定义为 SPL，可在 1KHz 频率下导致麦克风输出中产生 10% 的 THD。由于 AOP 值越大，麦克风就能录制更大的声音而不失真，因此需要更大的 AOP。动态麦克风的 AOP 高于电容式麦克风，但敏感度级别较低。在本应用手册中，我们将 AOP 用于最大测试用例。

50mVrms 的 1KHz 音调在增益设置为 0dB 的情况下施加于被测器件 (DUT) 的模拟差分输入，并通过 Audio Precision APx555 捕获数字输出。以下是在这 2 种器件上得出的结果。

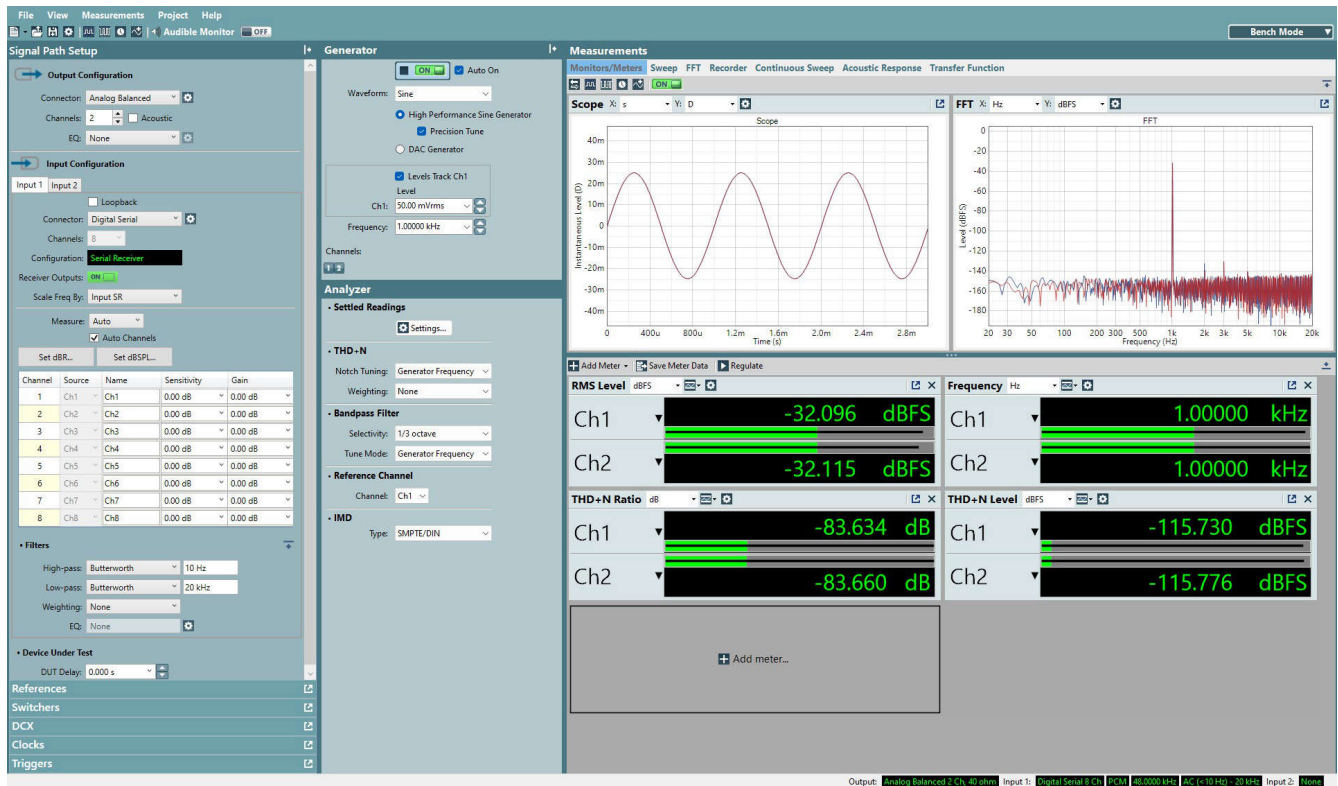

图 3-5. 使用 TAA5212 捕获最大麦克风输入



图 3-6. 在禁用 DRE 的情况下使用 ADC6120 捕获最大麦克风输入

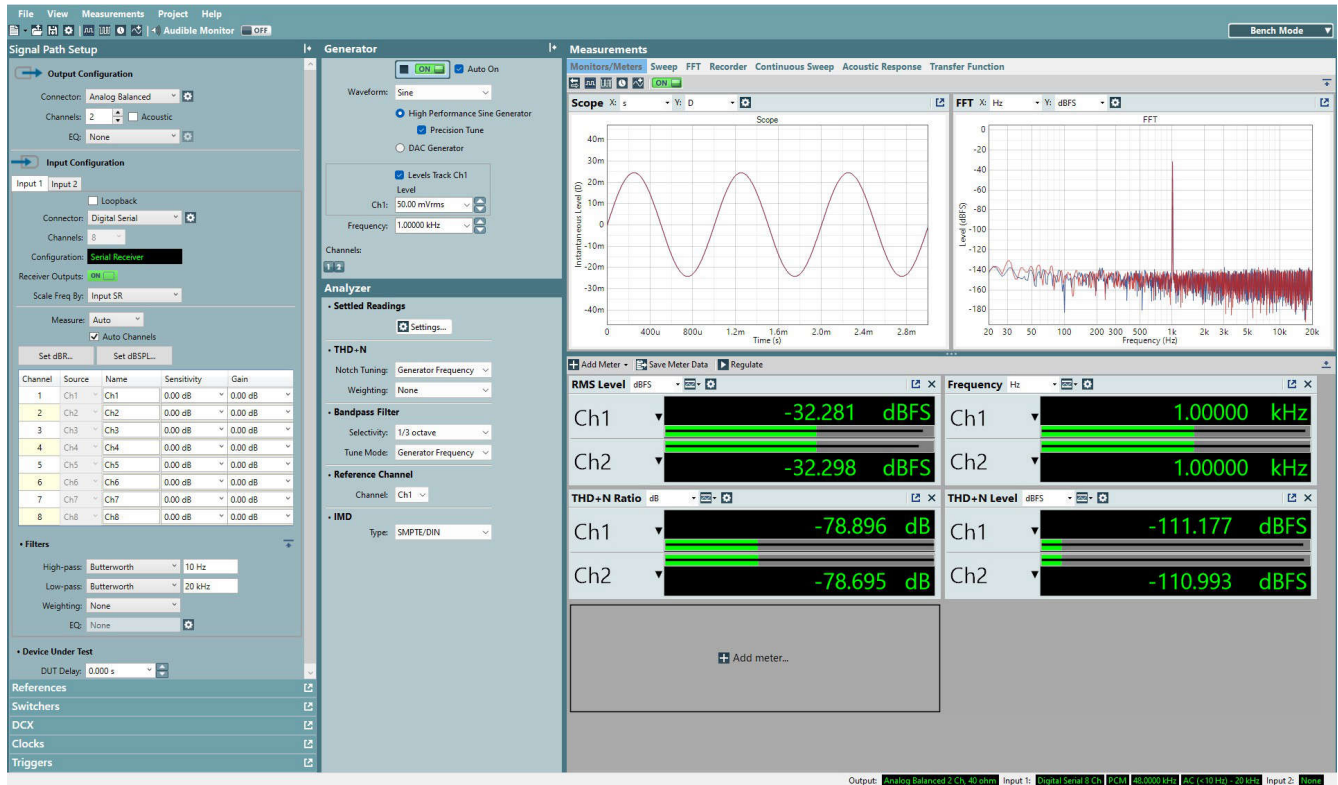


图 3-7. 在启用 DRE 的情况下使用 ADC6120 捕获最大麦克风输入

在这里，我们可以看到，差配置下麦克风最大电平的录制输入电平为相对于转换器满量程的 -32dBFS。根据转换器的未加权动态范围 (DR)，我们通过方程式 1 计算了这些器件的 THDN，并在表 3-2 中进行了总结。

$$THDN \cong \text{Unweighted Dynamic Range (DR)} - \text{Input} \quad (1)$$

表 3-2. MIC 1 最大输入电平

	模拟输入 Vrms [dBr(2Vrms)]	A 加权动态范围规格 (dB)	测得的未加权动态范围 (dB)	计算得出的 THDN 比 (dB)	测得的 THDN 比 (dB)
TAx5xxx	50mV [-32dBr]	118	116	-84	-84
ADC6120	50mV [-32dBr]	113	111	-79	-79
ADC6120-DRE	50mV [-32dBr]	113 ⁽¹⁾	111	-79	-79

(1) 如果高于 DRE 阈值，则使用 DRE 禁用时的动态范围作为电平

3.1.3 测试用例 3：具有增益时的麦克风最大输入电平

在此测试用例中，我们将音频器件的增益增加到器件满量程的 -1dBr，并检查性能。该 -1dBr 输入用于避免因增益误差而导致削波。在 TAX5XXX 器件中，增益通过数字音量 (DVOL) 进行设置，而对于 ADC6120 器件，增益通过 PGA 寄存器进行设置。

根据之前测量的麦克风最大输入电平，我们应用 +31dB 来将录音音频路径电平增加到输入满量程的 -1dBr。

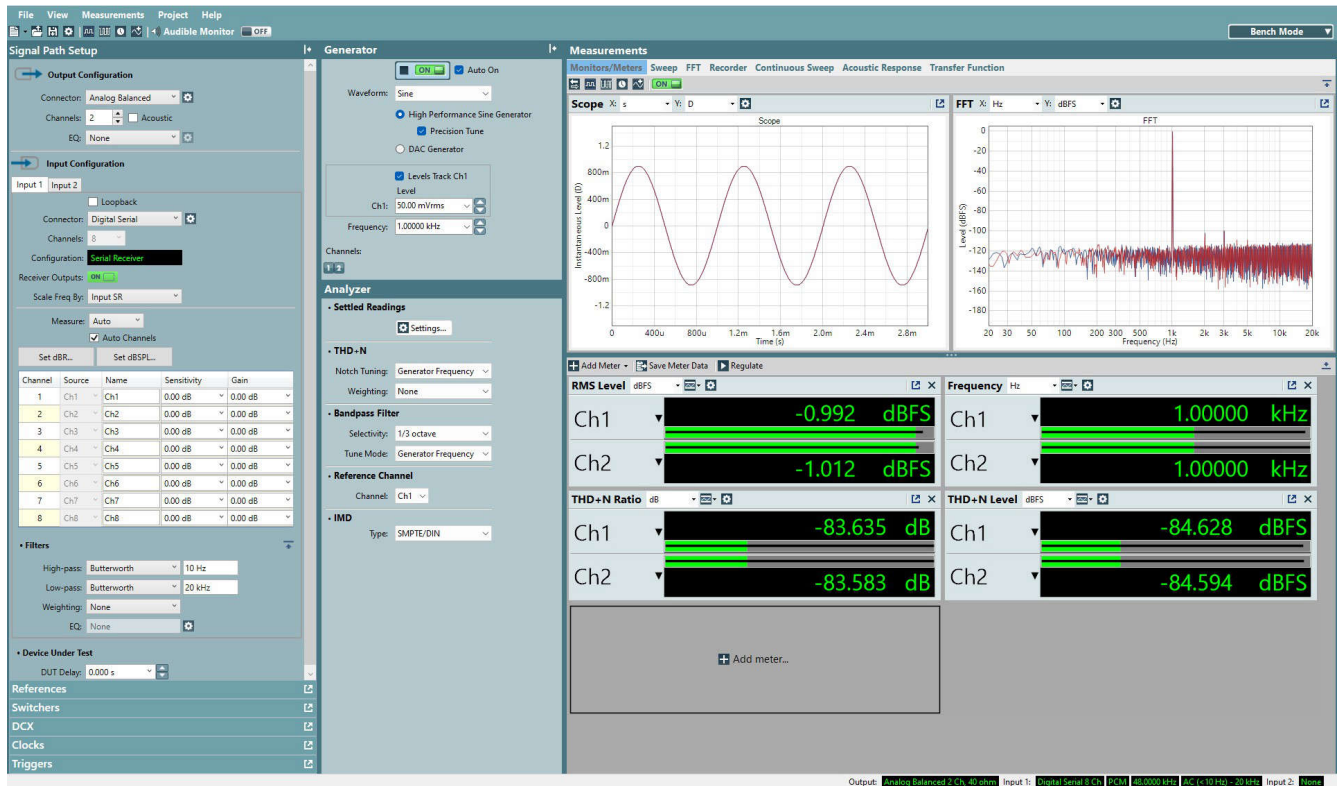


图 3-8. 在 +31dB 增益的情况下使用 TAA5212 捕获最大麦克风输入

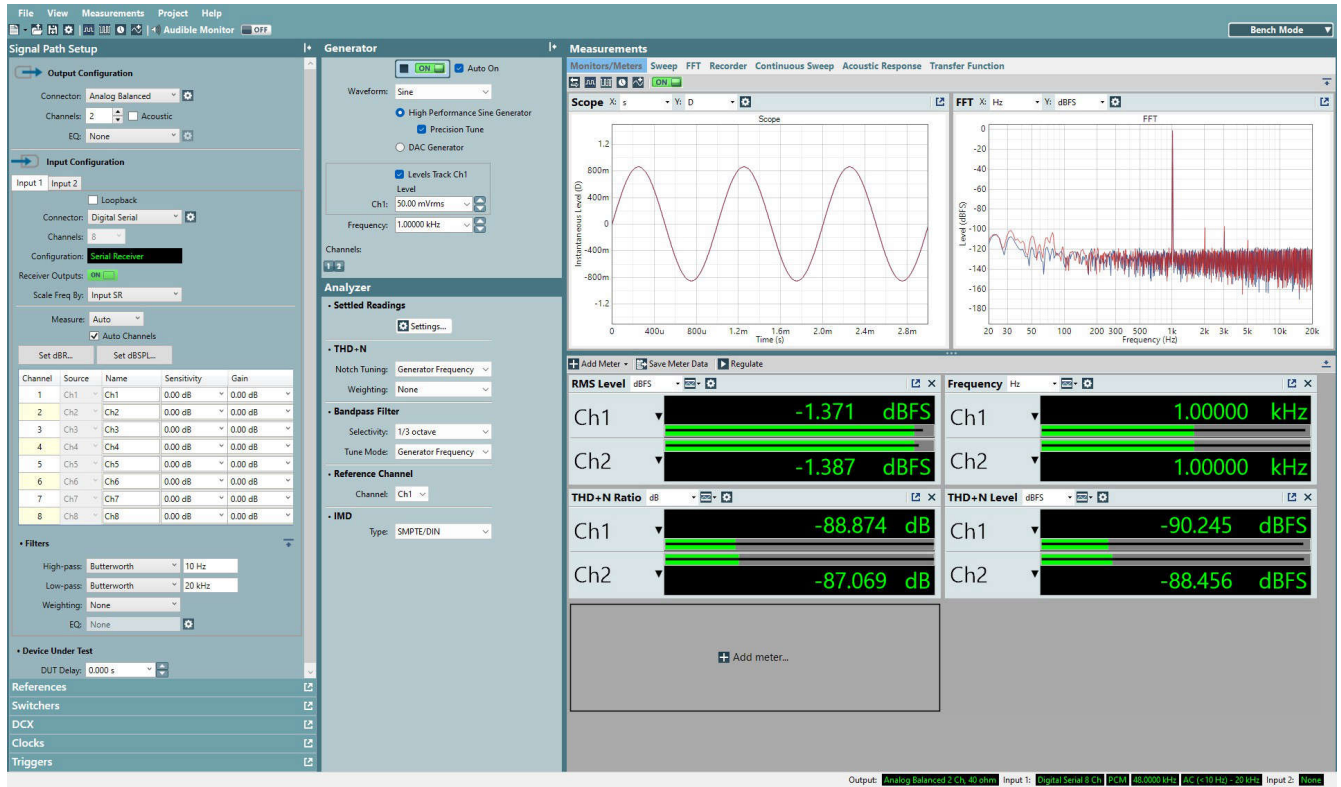


图 3-9. 在 +31dB 增益的情况下使用 ADC6120 捕获最大麦克风输入

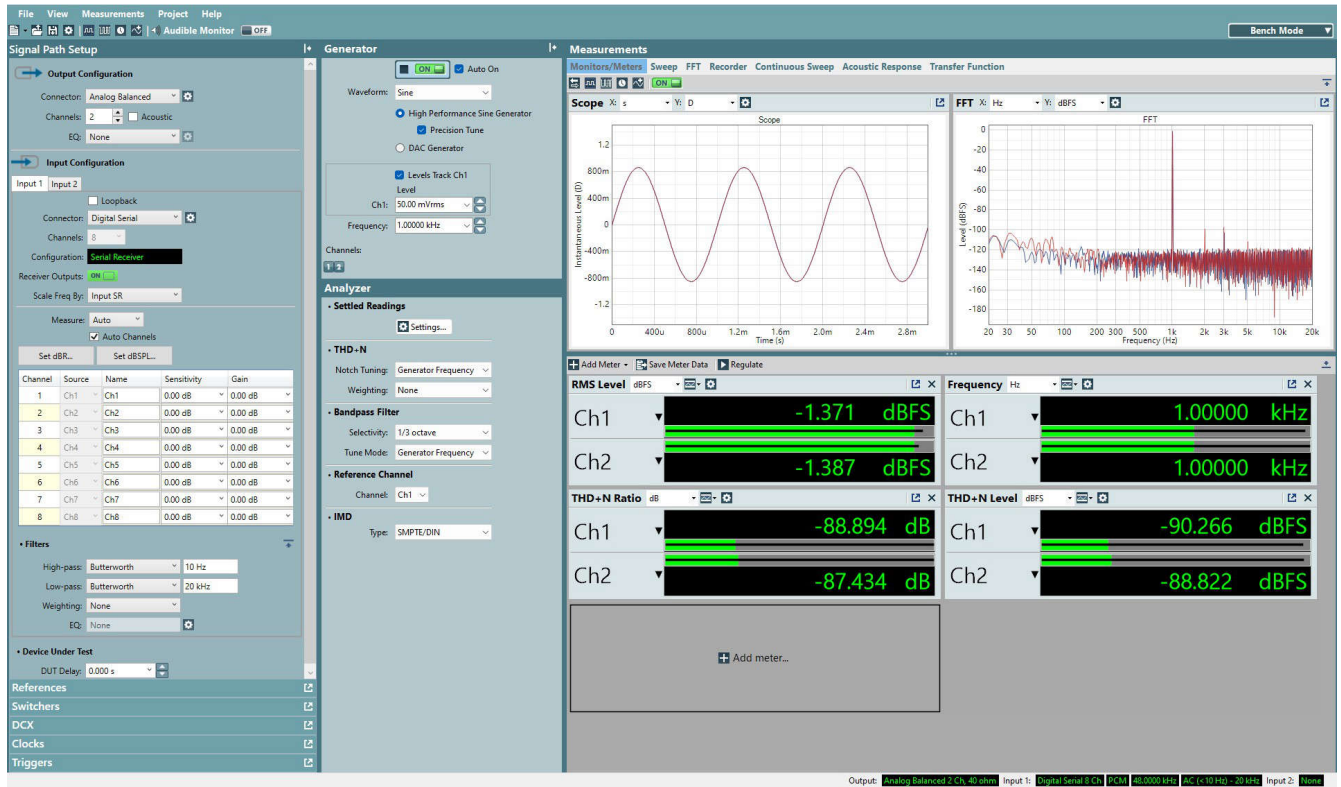


图 3-10. 在 +31dB 增益且启用 DRE 的情况下使用 ADC6120 捕获最大麦克风输入

在 TAX5XXX 中，将 DVOL 增益添加到输入电平不会改变 THDN 电平，但在 ADC6120 器件中，PGA 增益会提高 THDN。之所以能够实现这一改进，是因为 ADC 噪声相对于 PGA 来说不那么显著，因此 THDN 表现更好。

表 3-3. 在 +31dB 增益情况下的 MIC 1 最大输入电平

	模拟输入 Vrms [dBr(2Vrms)]	计算得出的 THDN (dB)	无增益时测得的 THDN 比 (dB)	带增益时测得的 THDN 比 (dB)
Tax5xxx	50mV [-32dBr]	-84	-84	-84
ADC6120	50mV [-32dBr]	-79	-79	-89
ADC6120-DRE	50mV [-32dBr]	-79	-79	-89

3.2 MIC 2 : POM-2730L-HD-R 麦克风

图 3-11 展示了该麦克风的数据表参数以及相应的声音到电气信号电平转换。该麦克风在灵敏度和 SNR 方面优于 ECM，因此也是一个很好的麦克风测试选择。尽管 AOP 与 ECM 麦克风相同，但灵敏度越高，麦克风可产生的电气输出就越大。

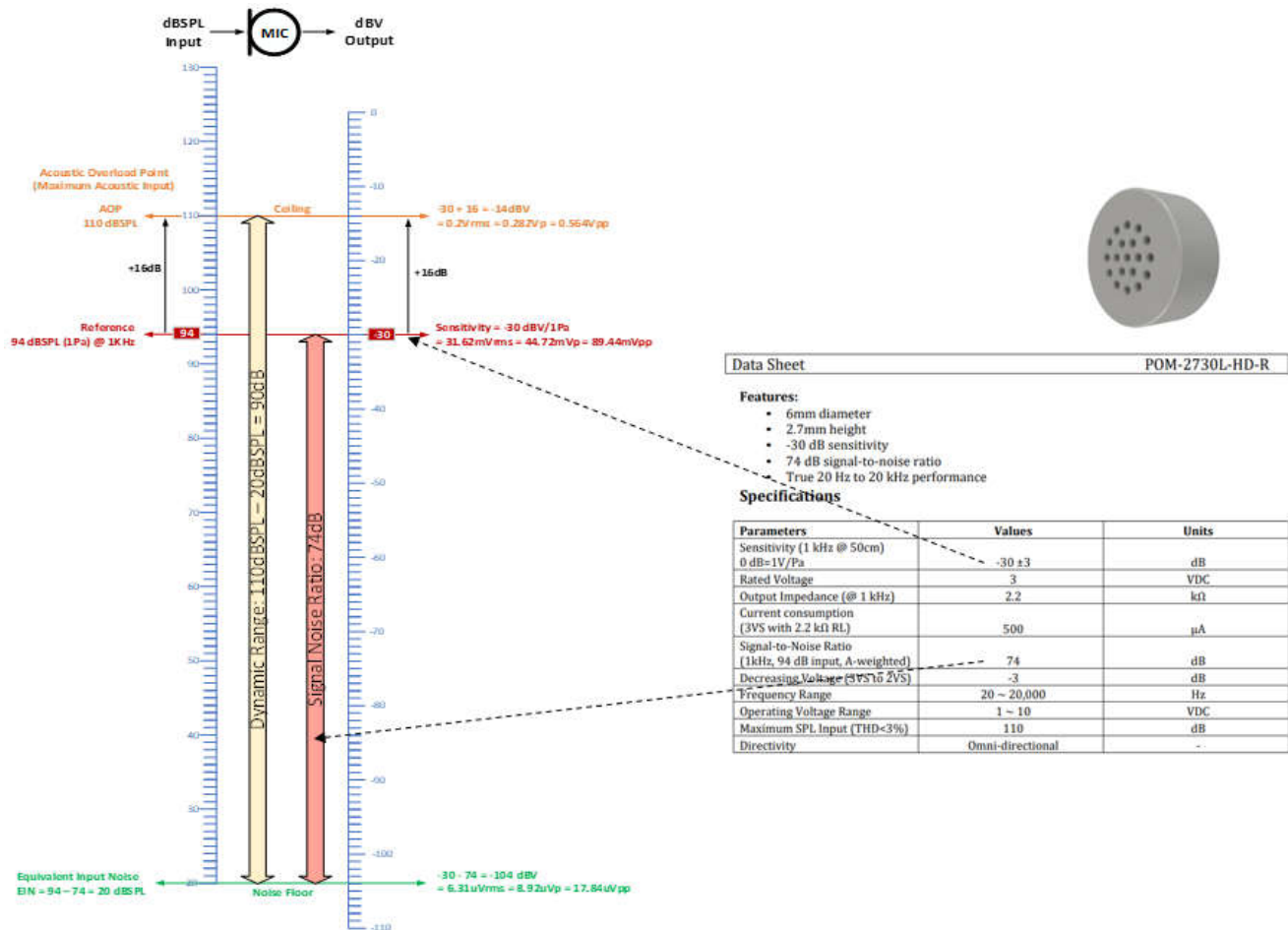


图 3-11. POM-2730L-HD-R 声音到电气信号电平

在转换过程中，这些电压用于并应用在测试用例的仪器输入电平上。

3.2.1 测试用例 1 : 麦克风最小输入电平

当麦克风灵敏度为 -30dBV 且 SNR 为 74dB 时，麦克风可录制的最小输入电平为 -104dBV，相当于 6.31 μ Vrms 单端输入电压。6.31 μ Vrms 的 1KHz 音调在增益设置为 0dB 的情况下施加于受测器件 (DUT) 的模拟差分输入，并通过 Audio Precision APx555 捕获数字输出。以下是在这 2 种器件上得出的结果。

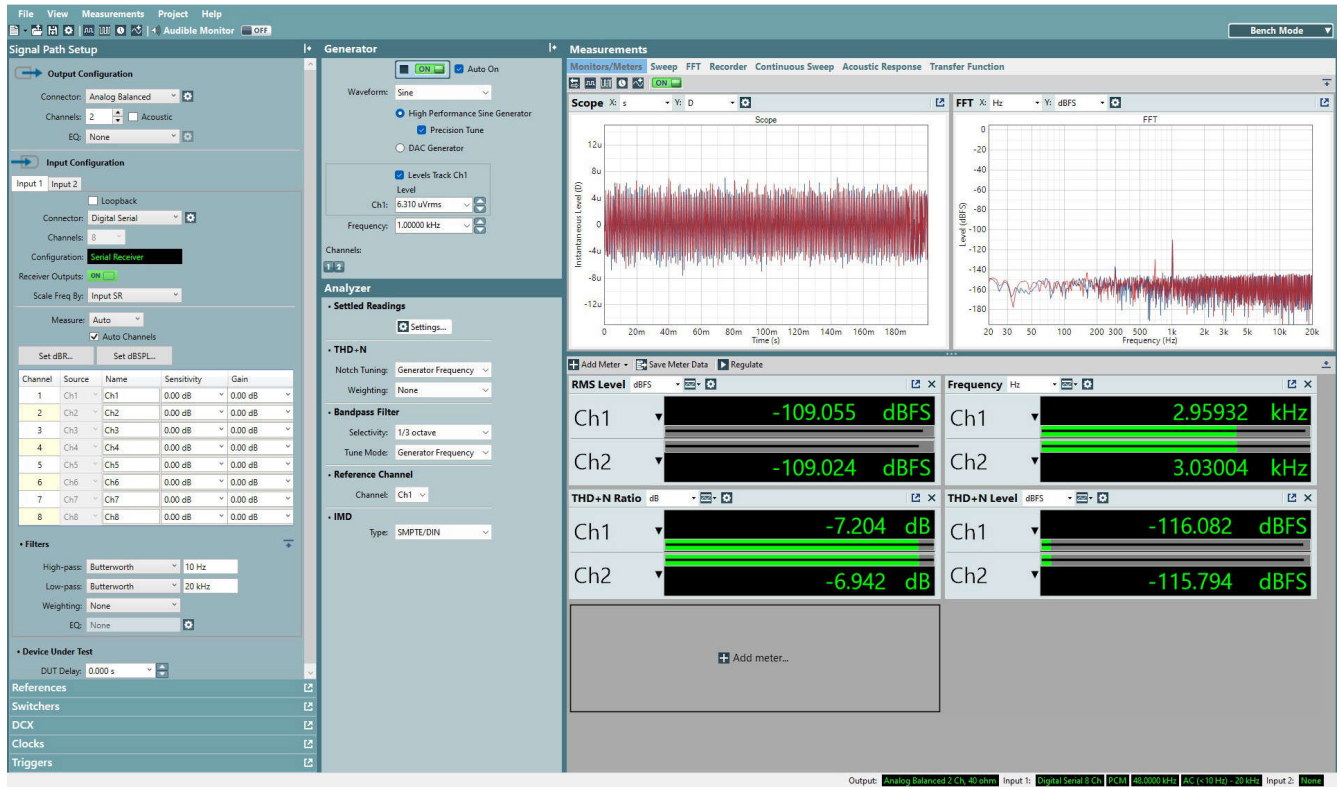


图 3-12. 使用 TAA5212 捕获最小麦克风输入

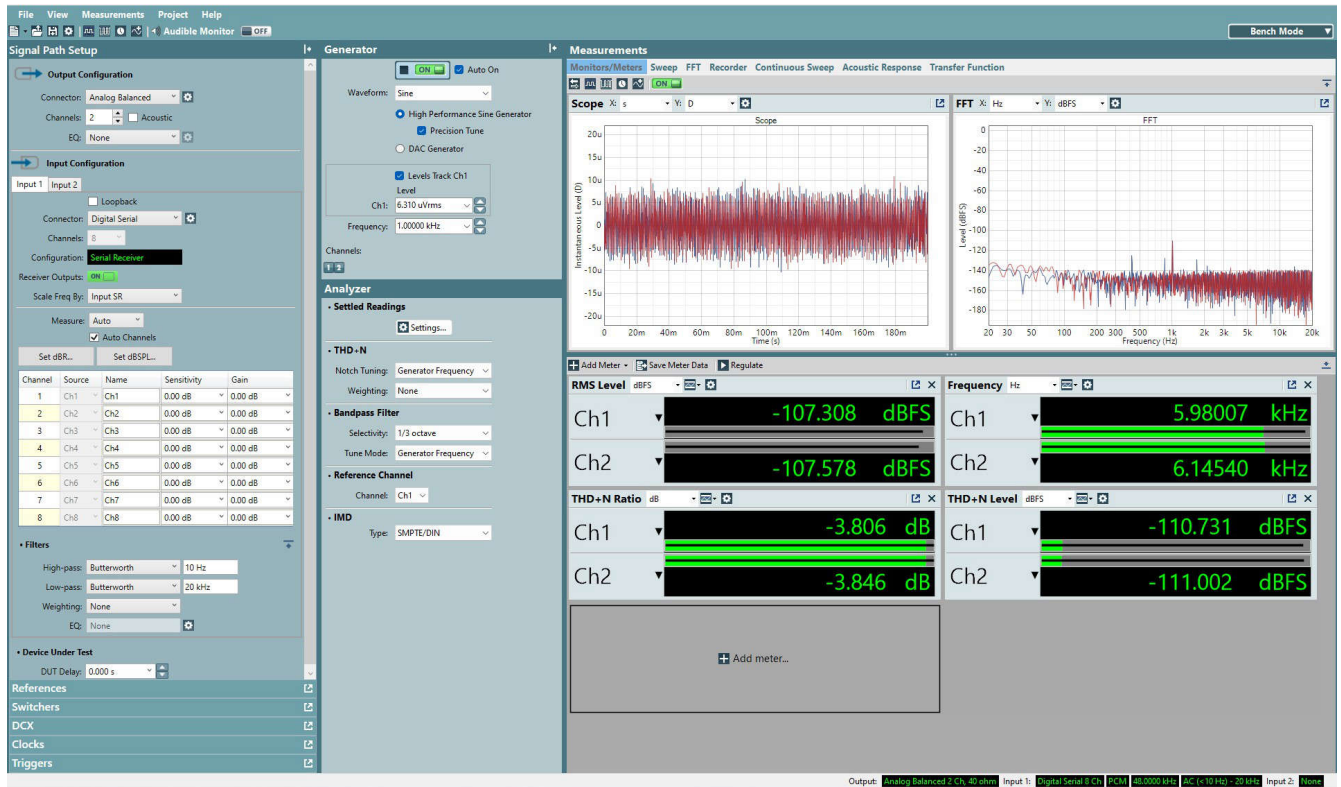


图 3-13. 在禁用 DRE 的情况下使用 ADC6120 捕获最小麦克风输入

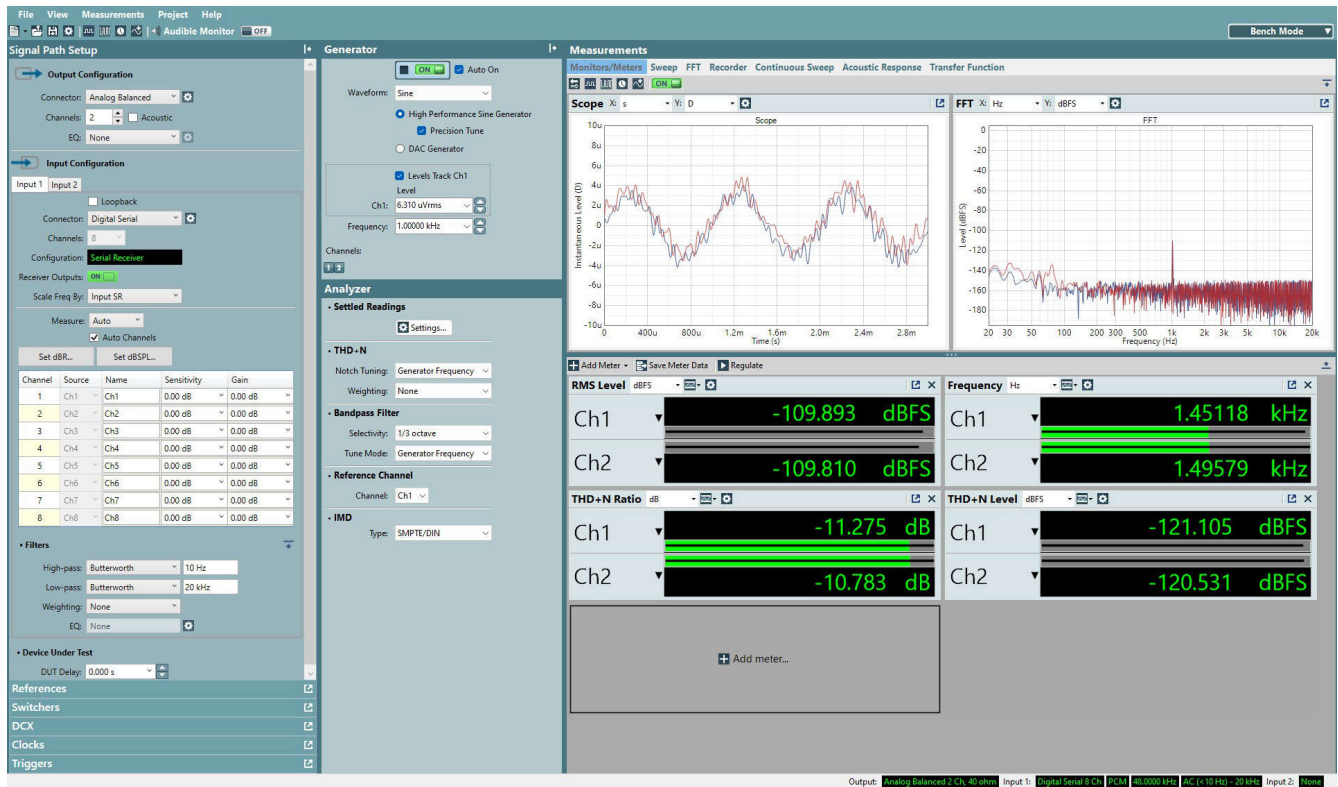


图 3-14. 在启用 DRE 的情况下使用 ADC6120 捕获最小麦克风输入

如图所示，这些器件无需进行任何放大，就能够从该麦克风输入捕获 -110dB 的最低电平。DRE 结果显示在该信号电平下动态范围增加，并且低于 DRE 阈值设置。

表 3-4. MIC 2 最低输入电平

	模拟输入 V_{rms} [dBr(2Vrms)]	A 加权动态范围规格 (dB)	测得的未加权动态范围 (dB)
TAx5xxx	6.31 μ V [-110dBr]	118	116
ADC6120	6.31 μ V [-110dBr]	113	111
ADC6120-DRE	6.31 μ V [-110dBr]	123	121

3.2.2 测试用例 2：麦克风最大输入电平

当麦克风灵敏度为 -30dBV 且 AOP 为 110dB SPL 时，麦克风可录制的最大输入电平为 -14dBV，相当于 199mVrms 单端输入电压。199mVrms 的 1kHz 音调在增益设置为 0dB 的情况下施加于受测器件 (DUT) 的模拟差分输入，并通过 Audio Precision APx555 捕获数字输出。以下是在这 2 种器件上得出的结果。

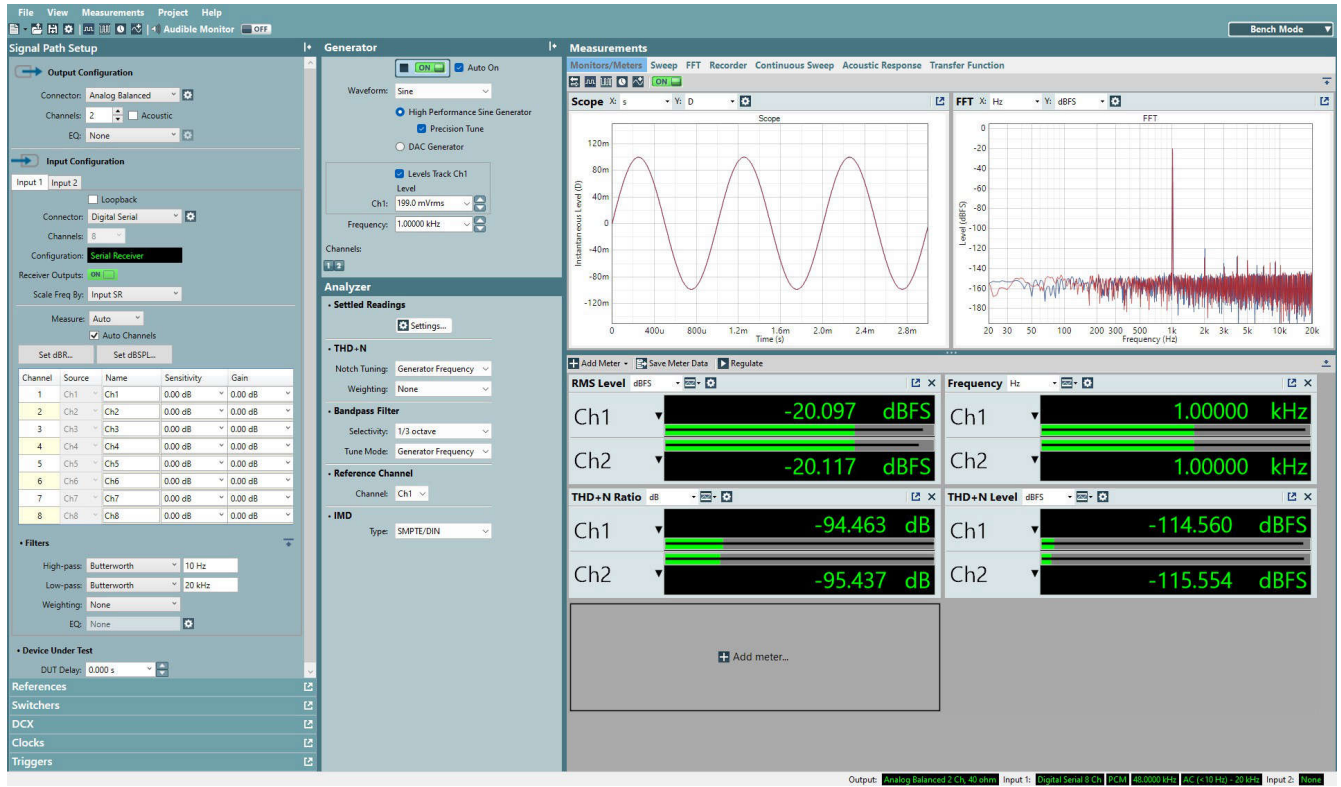


图 3-15. 测试用例 2：麦克风最大输入电平

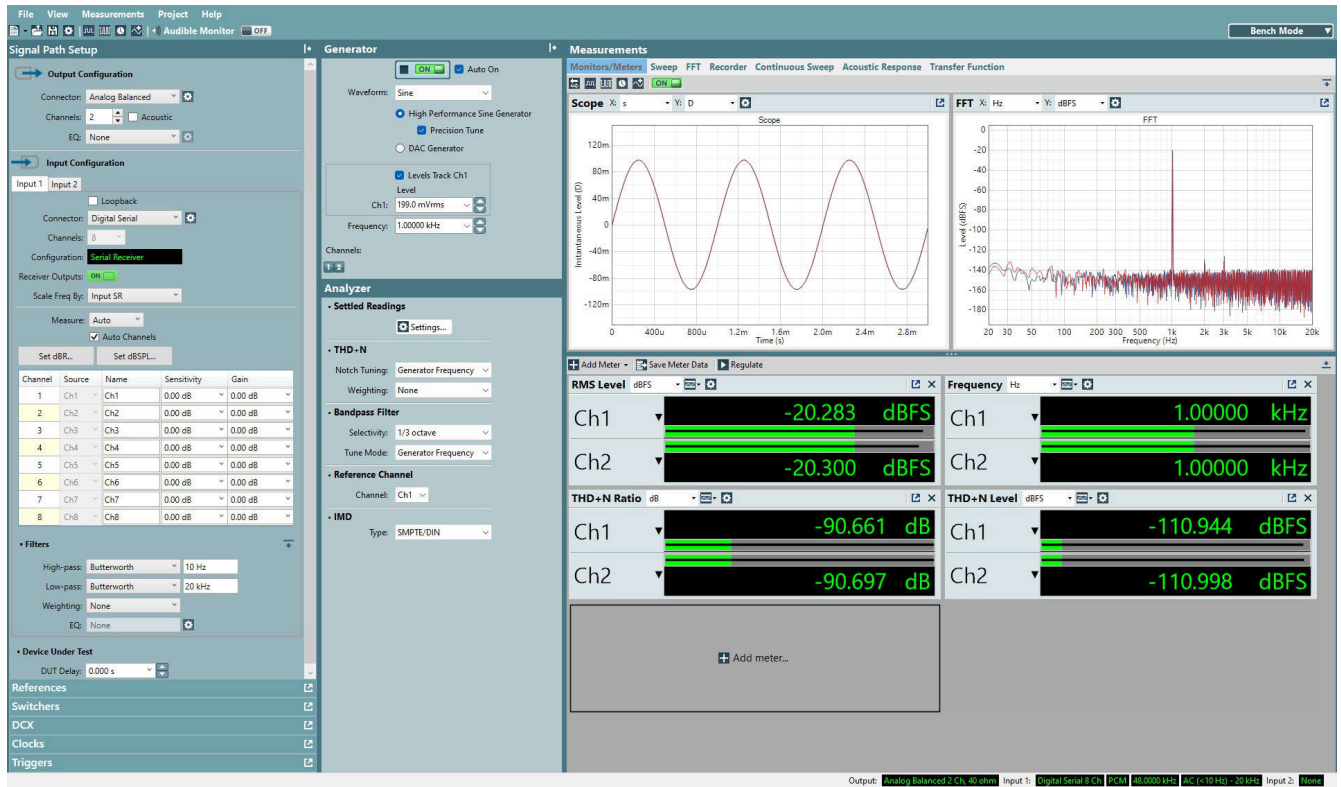


图 3-16. 在禁用 DRE 的情况下使用 ADC6120 捕获最大麦克风输入



图 3-17. 在启用 DRE 的情况下使用 ADC6120 捕获最大麦克风输入

在这里，差配置下麦克风最大电平的数字输出电平为相对于转换器满量程的 -20dBFS。根据转换器的未加权动态范围 (DR)，我们通过方程式 1 计算了这些器件的 THDN，并在表 3-5 中进行了总结。

表 3-5. MIC 2 最大输入电平

	模拟输入 V_{rms} [dBr(2V rms)]	A 加权动态范围规格 (dB)	测得的未加权动态范围 (dB)	计算得出的 THDN 比 (dB)	测得的 THDN 比 (dB)
TAX5xxx	199mV [-20dBr]	118	116	-96	-95
ADC6120	199mV [-20dBr]	113	111	-91	-91
ADC6120-DRE	199mV [-20dBr]	113 ⁽¹⁾	111	-91	-91

(1) 如果高于 DRE 阈值，则使用 DRE 禁用时的动态范围作为电平

3.2.3 测试用例 3：具有增益时的麦克风最大输入电平

在此测试用例中，我们将音频器件的增益增加到器件满量程的 -1dBr。在 TAX5XXX 器件中，增益通过数字音量 (DVOL) 进行设置，而对于 ADC6120 器件，增益通过 PGA 寄存器进行设置。

根据之前测量的麦克风最大输入电平，我们应用 +19dB 增益来将录音音频路径电平增加到满量程的 -1dBr。

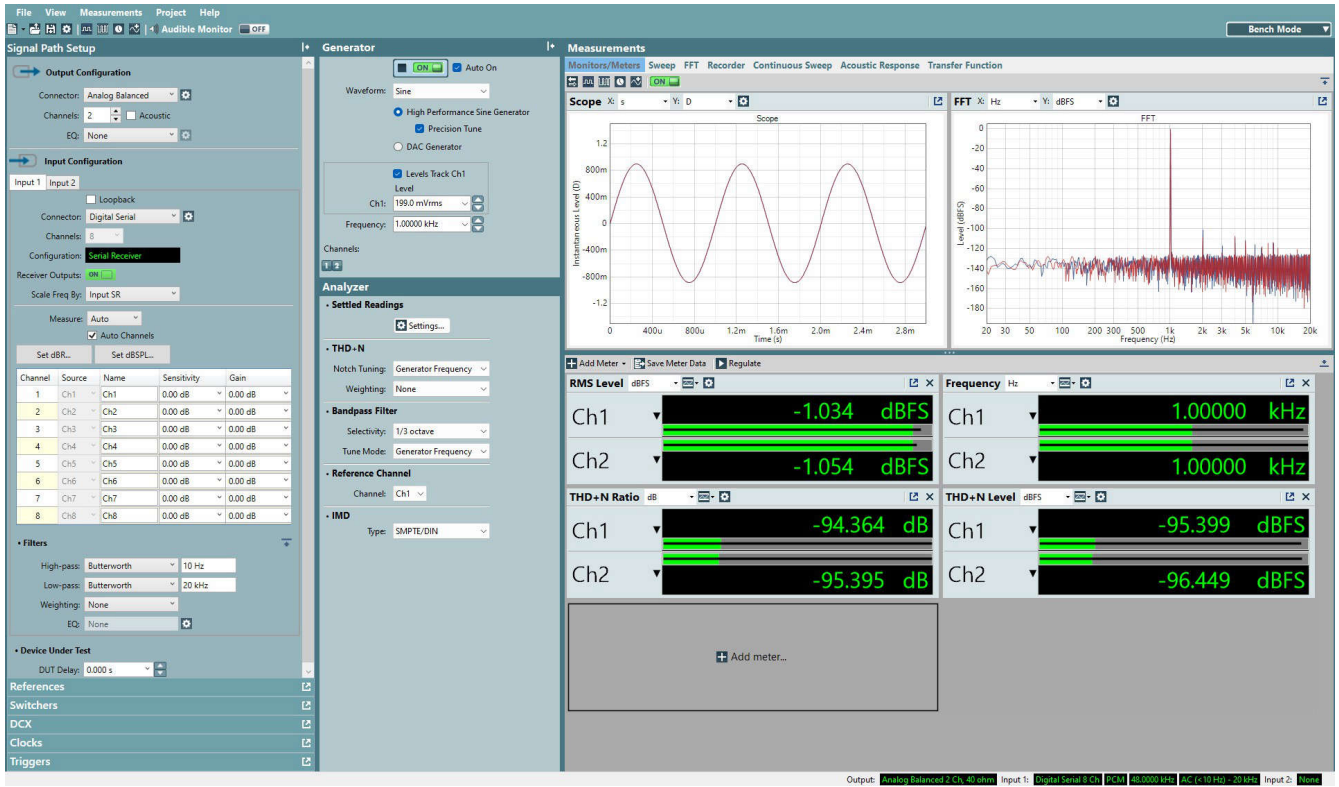


图 3-18. 在 +19dB 增益的情况下使用 TAA5212 捕获最大麦克风输入

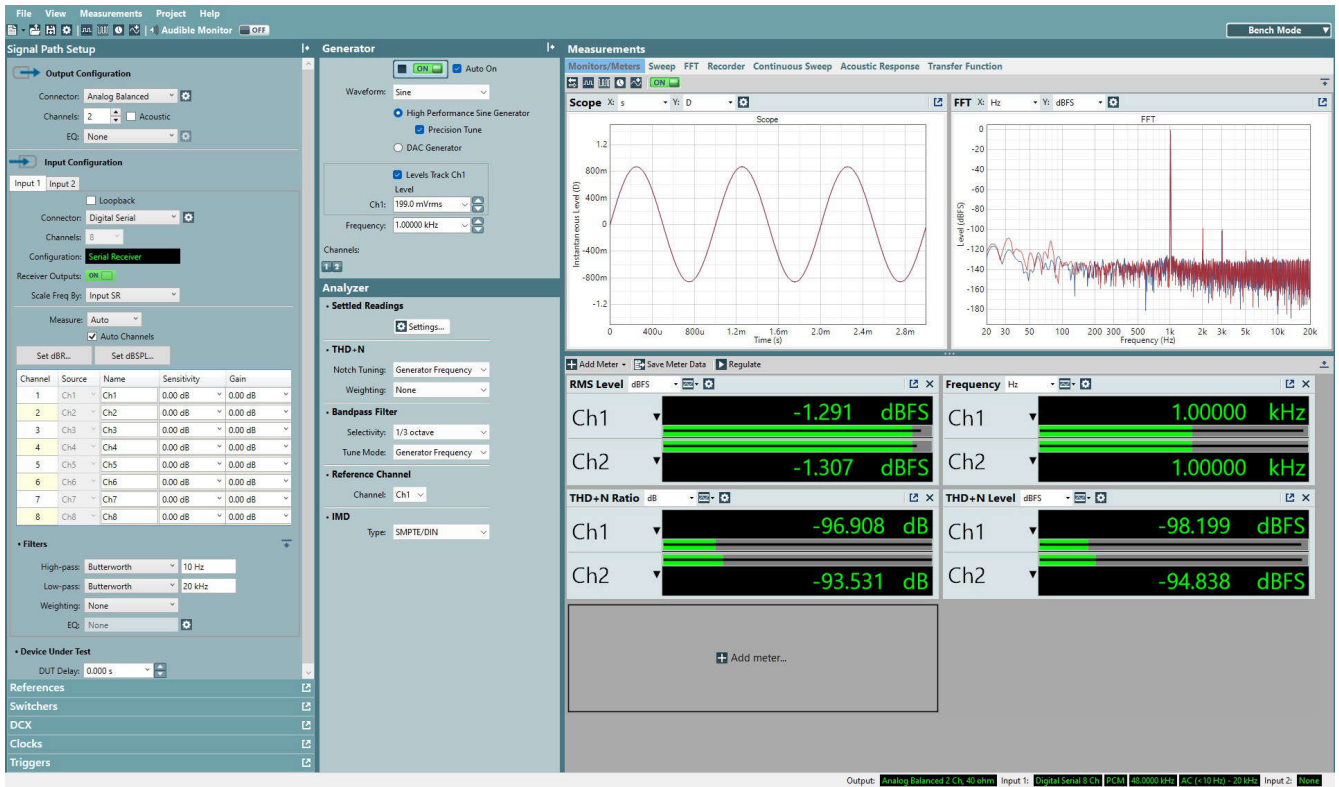


图 3-19. 在 +19dB 增益的情况下使用 ADC6120 捕获最大麦克风输入

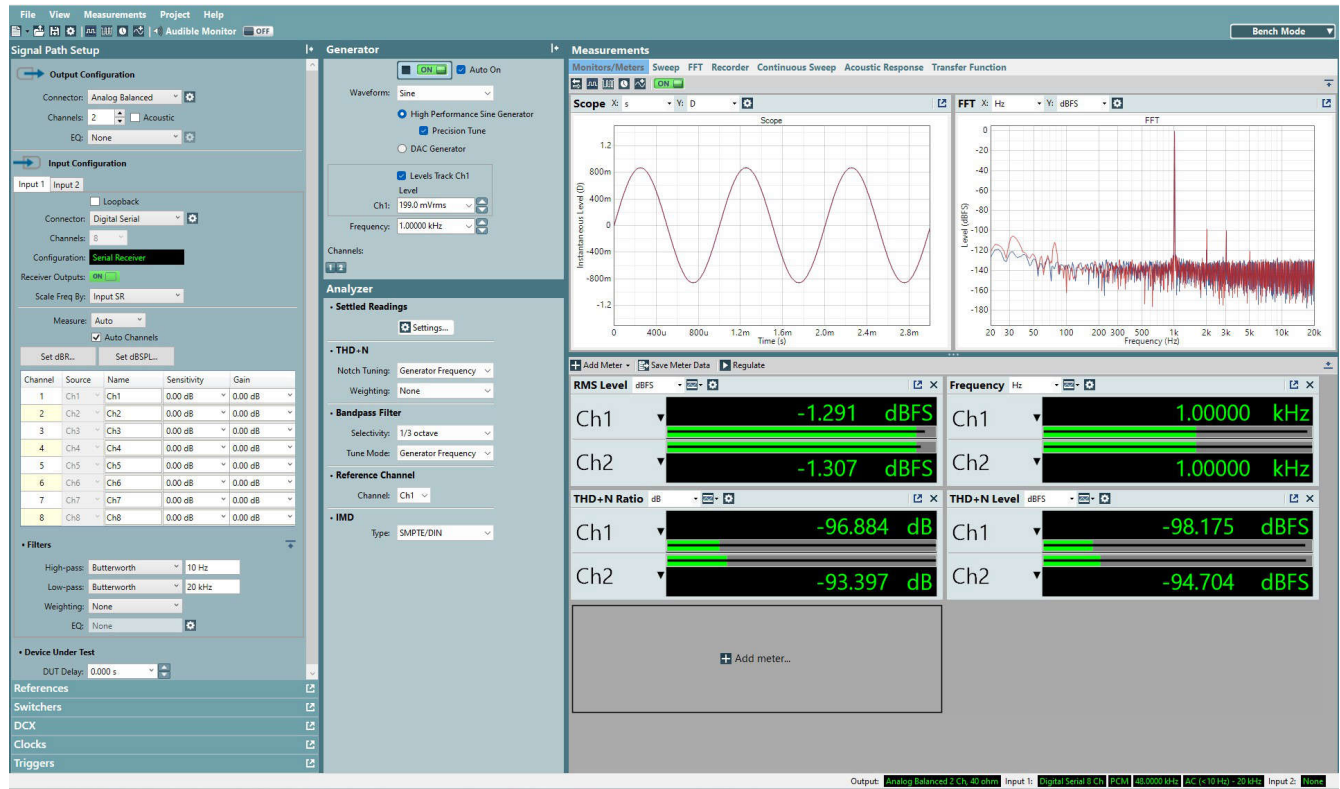


图 3-20. 在 +19dB 增益且启用 DRE 的情况下使用 ADC6120 捕获最大麦克风输入

在 TAX5XXX 中，将 DVOL 增益添加到输入电平不会改变 THDN 电平，但在 ADC6120 器件中，PGA 增益会提高 THDN。之所以能实现这一提升，是因为 ADC 噪声相对于 PGA 来说不那么显著，因此 THDN 表现更好。

表 3-6. 在 +19dB 增益情况下的 MIC 2 最大输入电平

	模拟输入 Vrms [dBr(2Vrms)]	计算得出的 THDN (dB)	无增益时测得的 THDN 比 (dB)	带增益时测得的 THDN 比 (dB)
Tax5xxx	199mV [-20dBr]	-96	-95	-95
ADC6120	199mV [-20dBr]	-91	-91	-97
ADC6120-DRE	199mV [-20dBr]	-91	-91	-97

4 总结

从本应用手册中的测试用例可以看出，不带 PGA 的 TAX5XXX 音频器件具有高动态范围，因此能够录制或采集任何麦克风的声音，而在需要放大功能时，可以通过数字音量 (DVOL) 功能应用数字增益而不会出现性能下降。

5 参考资料

- 德州仪器 (TI)，[TAA5212 具有 115dB 动态范围的低功耗高性能立体声音频 ADC](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI)，[TLV320ADC6120 2 通道、768kHz、Burr-Brown™ 音频 ADC](#) 数据表。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司