

*Application Brief*

## 调制器中过采样率的利弊权衡



Simon Nielebock

## 简介

$\Delta-\Sigma$  调制器允许调整过采样率 (OSR)，从而在信号保真（分辨率）、延迟和信号链带宽之间进行权衡。

高 OSR 可降低噪声水平，从而导致更高的信噪比 (SNR) 和更高的有效位数 (ENOB)。但是，高 OSR 意味着更多的比特流数据，从而导致更高的延迟和更低的有效采样频率，并且因此会降低带宽。

TMS320F28P650 C2000™ 微控制器 (MCU) 的测试设置旨在研究不同 OSR 对 AMC0336  $\Delta-\Sigma$  调制器的 SNR、ENOB、带宽和延迟的影响。输入通过  $50\Omega$  端接电阻器短接。短接输入将在调制器输入端的输入电压范围的中间验证一个定义的低噪声电压电平。TMS320F28P650 微控制器可与  $\Sigma-\Delta$  滤波器模块 (SDFM) 结合使用并生成 10MHz 的时钟信号。SDFM 模块使用具有可调 OSR 的 sinc3 滤波器。MCU 将 8192 个 SDFM 输出样本存储到内部存储器中。测试设置获取各种 OSR 32、64、128 和 256 的数据。MATLAB™ 脚本处理数据缓冲区并显示直方图。直方图展示了噪声随着 OSR 的增加而降低。

表 1. 使用 sinc3 滤波器时不同 OSR 下的有效采样率和带宽

过采样率 (OSR)	产生的有效采样率 (以 kHz 为单位)	得到的有效奈奎斯特带宽 (以 kHz 为单位)	产生的延迟 (以 $\mu s$ 为单位)
32	312.500	156.250	9.6
64	156.250	78.125	19.2
128	78.125	39.063	38.4
256	39.063	19.532	76.8

因此，较高的 OSR 会显著限制信号链带宽，从而在需要高频信号处理的应用中提供可用性。通常，设计人员必须根据应用要求选择合适的 OSR。

图 1 展示了 AMC0336 调制器在不同 OSR 设置下且输入短路时的直方图，如上文所述。

表 2 汇总了测量结果。

假设噪声遵循高斯分布，以最低有效位 (LSB) 表示的均方根噪声 (RMSnoise) 等于数据集的标准偏差。方程式 1 计算以伏特为单位的 RMSnoise：

$$\text{RMSnoise} = \sigma \times \text{LSB} \quad (1)$$

其中 LSB 是最低有效位所表示的电压。

方程式 2 计算 SNR (以分贝为单位)：

$$\text{SNR} = 20 \times \log\left(\frac{V_{IN}}{\text{RMSnoise}}\right) \text{dB} \quad (2)$$

其中  $V_{IN}$  是 AMC0336Q 器件的线性输入电压范围 ( $\pm 1V$ )。

方程式 3 计算 ENOB (以位为单位)：

$$\text{ENOB} = \frac{\text{SNR} - 1.76}{6.02} \quad (3)$$

Analog inputs connected via 50Ω termination, using AMC0336

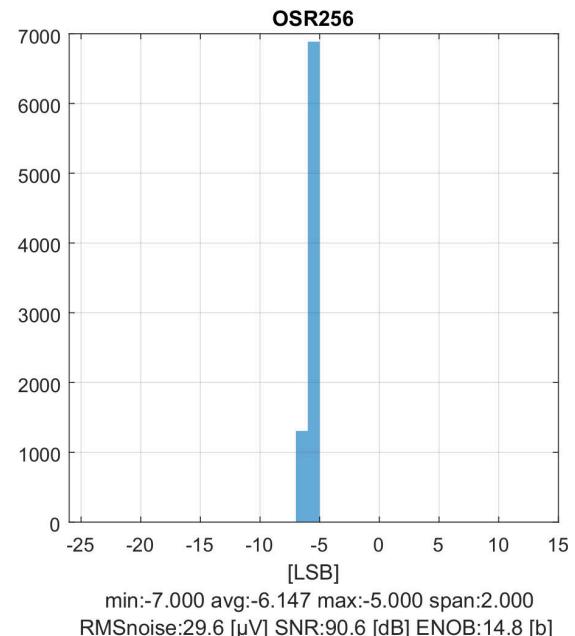
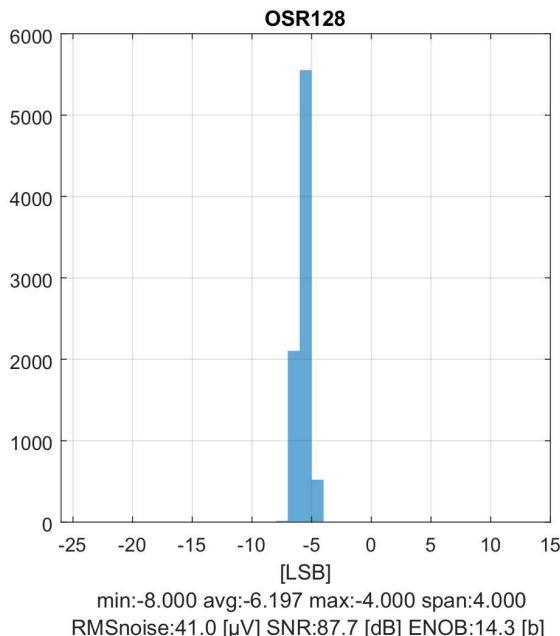
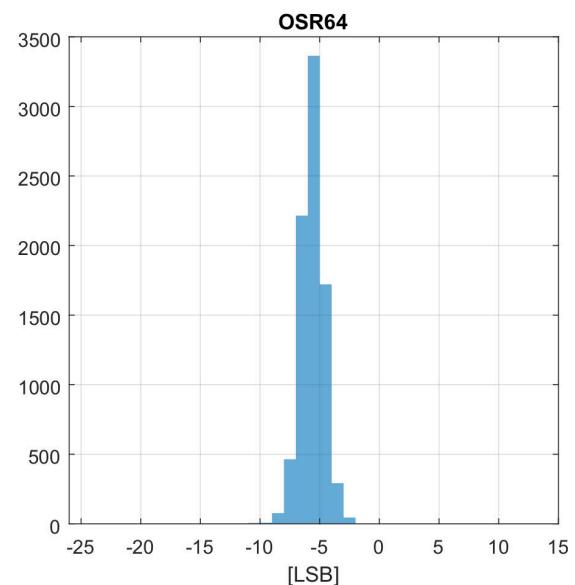
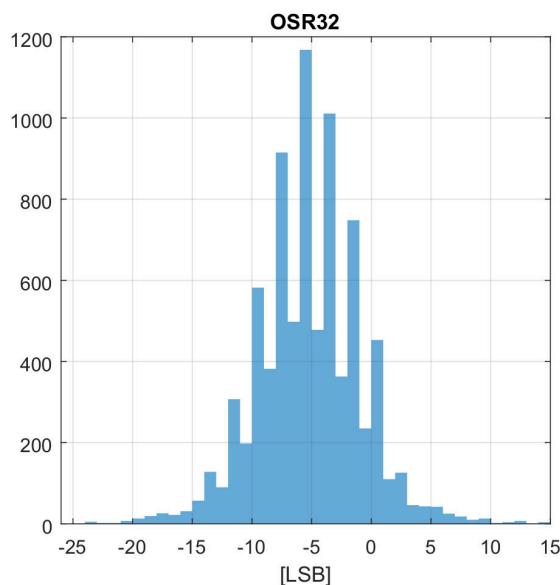


图 1. AMC0336Q 在不同 OSR 下的 50Ω 端接输入的噪声

表 2. 使用 sinc3 滤波器时不同 OSR 的测量结果

过采样率 (OSR)	SNR (dB)	ENOB (位)	奈奎斯特带宽 (kHz)	延迟 (μs)
32	69.6	11.3	156.250	9.6
64	82.3	13.4	78.125	19.2
128	87.7	14.3	39.063	38.4
256	90.6	14.8	19.532	76.8

总之，当延迟和带宽不起作用时，较高的 OSR 最适合需要高分辨率输出的应用。较低的 OSR 最适合需要低延迟和高带宽测量的应用。

## 商标

所有商标均为其各自所有者所有。

## 重要通知和免责声明

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出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#))、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026 , 德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期 : 2025 年 10 月