

Application Brief

変調器におけるオーバーサンプリングレートのトレードオフ



Simon Nielebock

はじめに

デルタシグマ変調器を使用すると、オーバーサンプリングレート(OSR)を調整して、シグナルチェーンの信号の信頼度(分解能)、レイテンシ、帯域幅の間のトレードオフを設定できます。

OSRが高いためノイズレベルが低下して、信号対雑音比(SNR)が向上し、有効ビット数(ENOB)が増加します。ただし、OSRが高いためビットストリームデータが増加して、レイテンシが長くなり、実効サンプリング周波数が低下し、帯域幅が狭くなります。

TMS320F28P650 C2000™マイコン(MCU)を使用したテスト設定は、さまざまなOSRがAMC0336デルタシグマ変調器のSNR、ENOB、帯域幅、レイテンシに及ぼす影響を調べるために製作されました。入力は50Ωの終端抵抗で短絡されます。入力を短絡すると、変調器の入力電圧範囲の中央で定義された低ノイズ電圧レベルを検証できます。TMS320F28P650マイコンはシグマデルタフィルタモジュール(SDFM)と連動して10MHzのクロック信号を生成します。SDFMモジュールは調整可能なOSRを備えたsinc3フィルタを使用します。マイコンは8192 SDFM出力サンプルを内部メモリに格納します。このテスト設定では、各種OSR 32、64、128、256のデータを取得します。MATLAB™スクリプトはデータバッファを処理してヒストグラムを表示します。ヒストグラムはOSRが増加するとノイズが低下することを示しています。

表1. Sinc3 フィルタを使用したさまざまな OSR での実効サンプリングレートと帯域幅

オーバーサンプリングレート(OSR)	実効サンプリングレートの結果(kHz単位)	実効ナイキスト帯域幅の結果(kHz単位)	レイテンシーの結果(μs単位)
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

結果として、OSRが高いほどシグナルチェーン帯域幅が大幅に制限されるため、高周波信号処理が必要なアプリケーションにおけるユーザビリティが制限されます。一般的に、設計者はアプリケーション要件に適したOSRを選択する必要があります。

図1は、前述のように入力を短絡したさまざまなOSR設定のAMC0336変調器のヒストグラムを示しています。

表2は測定結果の概要です。

ノイズがガウス分布に従うと仮定すると、最下位ビット LSB の二乗平均平方根ノイズ(RMSnoise)はデータセットの標準偏差と等しくなります。式1では RMSnoise をボルト単位で計算します：

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

ここで、LSBは最下位ビットが表す電圧です。

式2 SNR(単位dB)を計算：

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

ここで V_{IN} は、AMC0336Q の線形入力電圧範囲です ($\pm 1V$)。

式 3 ENOB (単位ビット) を計算

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

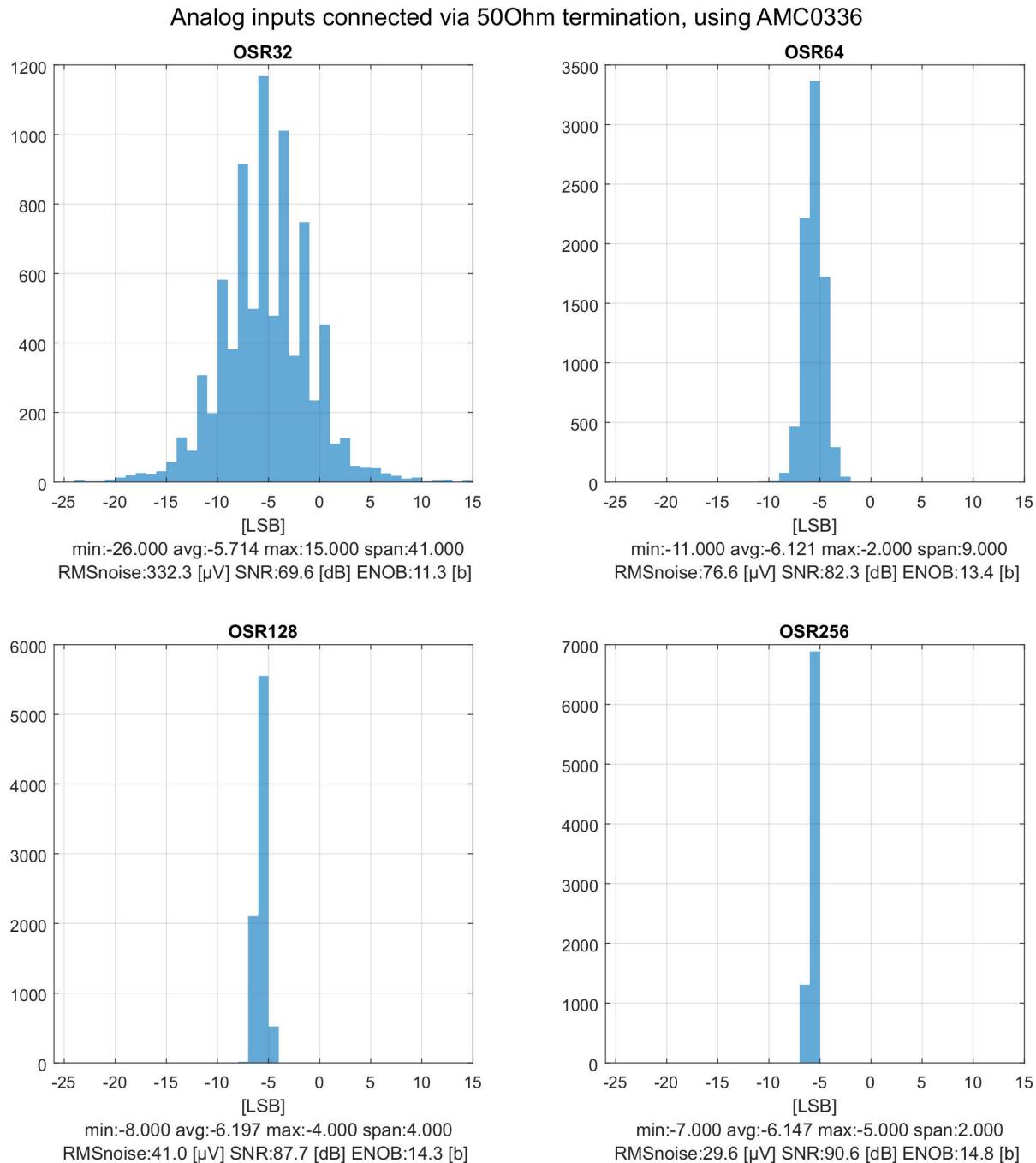


図 1. さまざまな OSR での AMC0336Q の 50Ω 終端入力のノイズ

表 2. Sinc3 フィルタを使用する各種 OSR の測定結果

オーバーサンプリングレート (OSR)	SNR (dB 単位)	ENOB (ビット単位)	ナイキスト帯域幅 (kHz 単位)	レイテンシ (μs 単位)
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

結論として、レイテンシと帯域幅が役割を果たさないときに高分解能出力が必要なアプリケーションでは、より高い OSR を使用するのが最適です。より低い OSR は、低レイテンシおよび広い帯域幅の測定が必要なアプリケーションで最適です。

商標

すべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。

重要なお知らせと免責事項

TIは、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Webツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の默示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または默示的にかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したもので、(1)お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2)お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3)お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月