

Application Note

レシオメトリック出力絶縁型アンプのシステム上の利点



Jiri Panacek

概要

このアプリケーション レポートでは、シングルエンド出力を備えた最新世代の絶縁アンプ、特にリファレンス電圧に合わせてゲインを自動的に調整するレシオメトリック構成 (AMC0330R) を使用する利点について説明します。この機能を活用することで、システムは信号の整合性を高め、A/D 変換チェーンを最適化できます。

目次

1はじめに.....	2
2 ADC を搭載したペアレシオメトリック出力絶縁アンプ.....	3
2.1 テスト設定.....	3
2.2 REFIN 電圧トラッキング.....	4
2.3 レシオメトリック構成のノイズ除去.....	4
2.4 スプリアス フリー ダイナミックレンジ.....	6
2.5 REFIN から VOUT への過渡応答.....	7
2.6 REFIN から VOUT への伝達関数.....	8
3まとめ.....	9
4参考資料.....	9

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

絶縁アンプは、回路の 2 つの部分を電気的に絶縁する必要があるシステムに不可欠な構成要素です。絶縁型アンプを使用すると、絶縁バリアを越えてアナログ信号を転送できます。原則として、絶縁アンプは、デジタルアイソレータと 1 つのパッケージに組み込んだハイエンドの高精度 A/D (ADC) コンバータと D/A (DAC) コンバータです。1 次側 (入力) では、デルタシグマ変調器が入力信号をデジタルデータに変換します。その後、静電容量性絶縁により、このデータが絶縁バリアを越えて転送されます。2 次側 (出力) の回路では、デジタルデータをアナログ電圧に戻します。

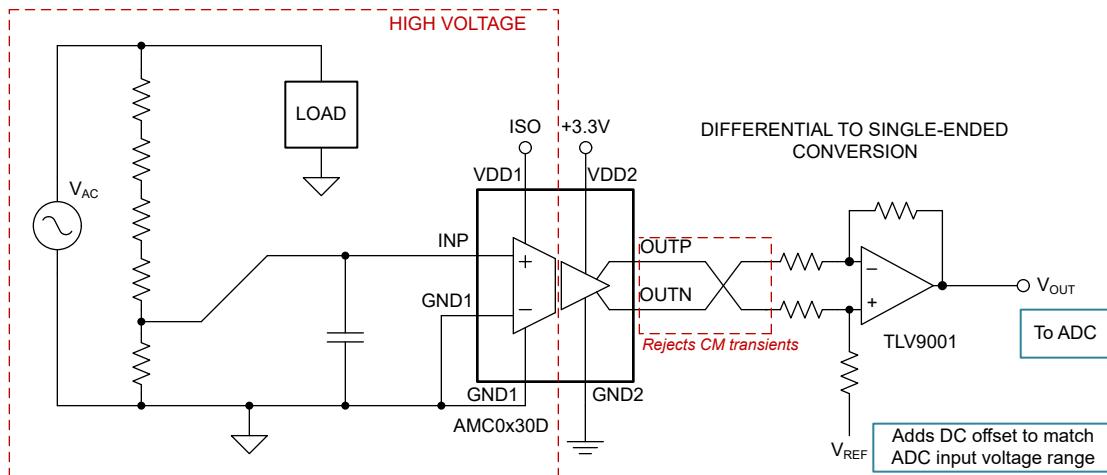


図 1-1. 差動出力のシステムの例

絶縁アンプの最も一般的なバージョンは、図 1-1 に示すように、完全差動出力を備えています。この構成は、同相モード (CM) ノイズがアンプと A/D コンバータ間の信号チェーンに干渉する可能性があるシステムで有益です。ただし、CM ノイズが問題にならないシステムでは、シングルエンド出力絶縁アンプ (図 1-2) により、差動出力で通常必要とされる差動アンプが不要になります。その良い例としては、両方の出力タイプを提供する電圧センシング デバイスの AMC0330 ファミリーが挙げられます。

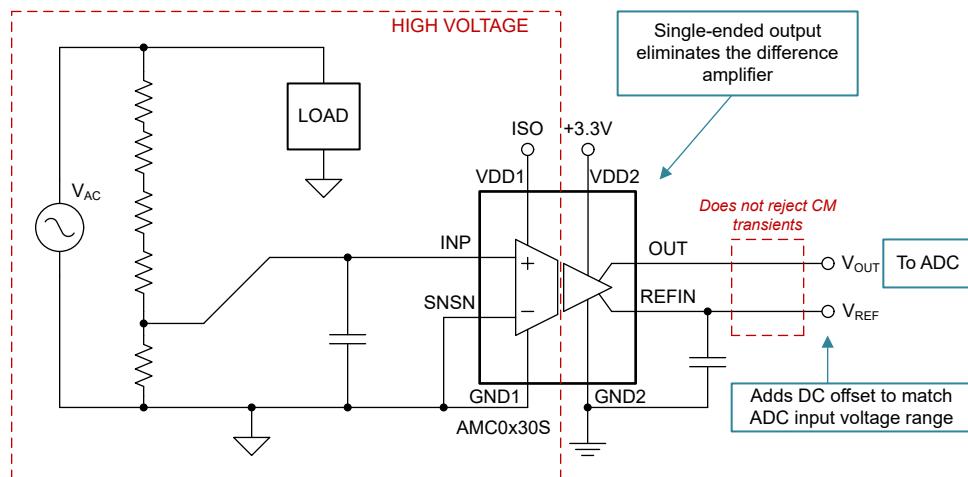


図 1-2. シングルエンド出力のシステムの例

2 ADC を搭載したペアレシオメトリック出力絶縁アンプ

絶縁型アンプは通常、シングルエンド ADC とのインターフェイスします。ADC の入力範囲は、内部または外部で生成されるリファレンス電圧 (V_{REF}) に対応します。

レシオメトリック出力デバイスの場合、 $REFIN$ と V_{REF} が同じ電圧を共有すると、両端でゲインが自動的に調整され、互いに追跡されるため、絶対電圧は重要ではありません。これにより、高精度な電圧リファレンスが不要になり、長期ドリフトと低周波リップルが自動的に補償されます。もちろん、その影響は特定の電圧および周波数範囲に限定されます。それでもこの構成では、低周波数リップルとリファレンス電圧の偏差は効果的に抑制されます。次の章では、16 ビット逐次比較型 (SAR) ADC を備えた TMS320F28P650 マイコンと組み合わせた AMC0330R を搭載した信号チェーンのシステム内除去性能について説明します。

2.1 テスト設定

図 2-1 および図 2-2 に、測定に使用したテスト構成を示します。任意波形ジェネレータ (AWG) はリファレンス電圧を供給し、リファレンス電圧 V_{REF} を動的に変化させることができます。

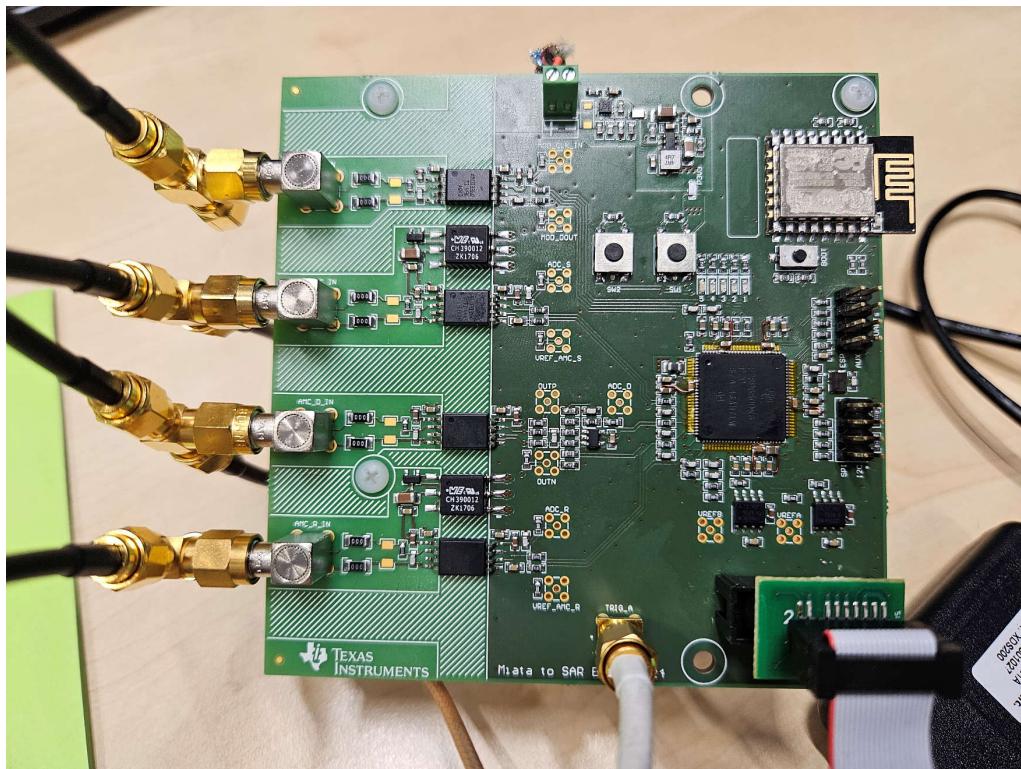


図 2-1. 実験テスト設定

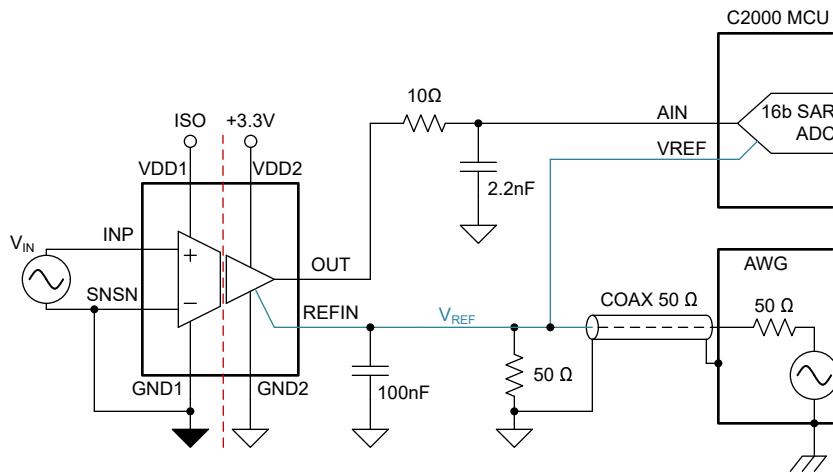


図 2-2. 測定に使用された AMC0330R と逐次比較型(SAR) ADC のテスト構成

2.2 REFIN 電圧トラッキング

図 2-3 は、AMC0330R デバイスの出力が REFIN 電圧にどのように追従するかを示します。入力信号は、1V の振幅で 10kHz の正弦波です。REFIN ピンに印加されるリファレンス電圧は、3V DC オフセットと 300mV ピークツーピークのリップル (DC オフセットの 10% に相当) を持つ 1kHz の三角波です。

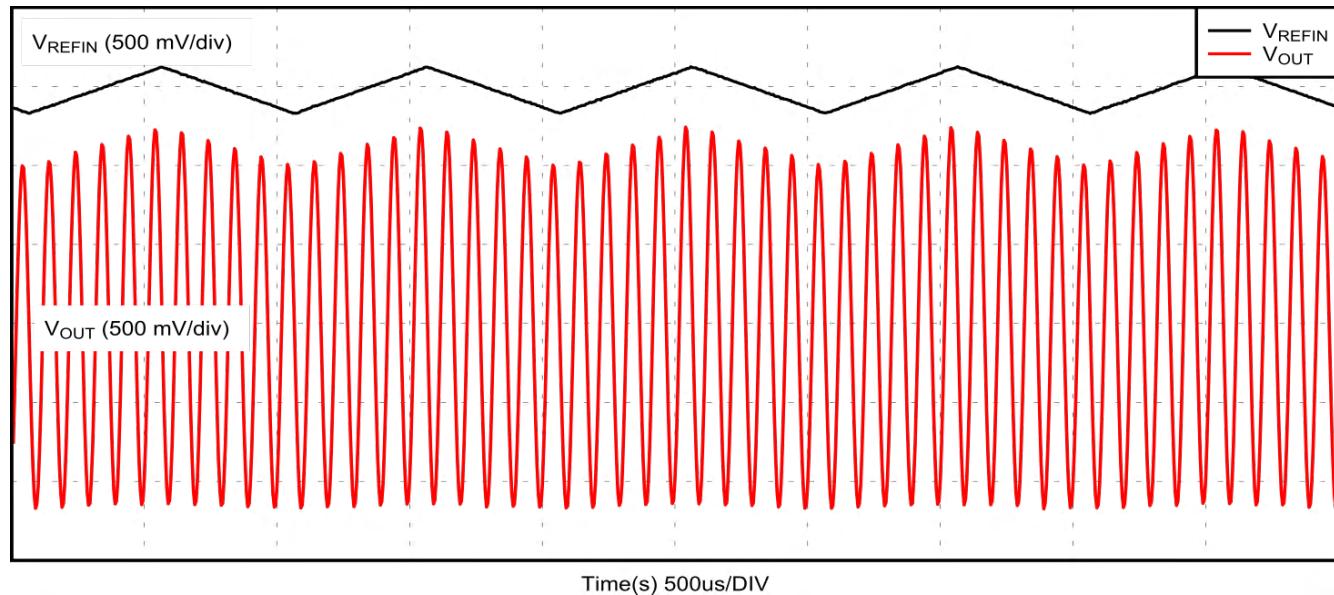


図 2-3. レシオメトリック出力電圧トラッキング REFIN

2.3 レシオメトリック構成のノイズ除去

ノイズ除去のベンチマーク測定において、このテストで以下の構成を使用します。

- VREF は、図 2-2 に示すように、TMS320F28P650 MCU および AMC0330R デバイスの 16 ビット SAR ADC と共有されます。
- AWG は、 $V_{REF}(NOM) = 3V$ 、 $V_{REF}(INJ) = 300mVpp$ (正弦波) の変調されたリファレンス電圧を注入します (図 2-4)。
- 入力電圧はゼロ ($V_{IN} = 0V$) です。

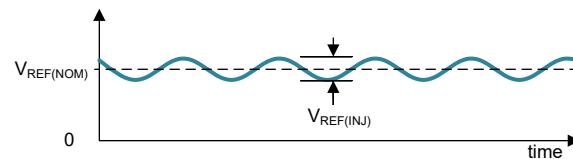


図 2-4. 除去テスト用に V_{REF} に適用された波形

手順は以下の通りです。

- AWG は V_{REF} を 500Hz から 100kHz まで複数のステップでスイープします。
- 各ステップで、MCU は 8192 ADC サンプルを格納します
- 各ステップで、パーソナルコンピュータ (PC) のソフトウェアは ADC サンプルに高速フーリエ変換 (FFT) を適用し、ステップと AWG 出力に対応する周波数でピーク値を読み取ります。
- ソフトウェアは FFT ピーク値からピーク振幅 $V_{ADC(OUT)}$ を計算します。
- システムは減衰を計算します。

$$\text{Attenuation}[\text{dB}] = 20 \times \log_{10} \frac{V_{ADC(OUT)}}{V_{REF(INJ)}} \quad (1)$$

図 2-5 に、500Hz ~ 100Hz の範囲のすべてのステップのプロットを示します。

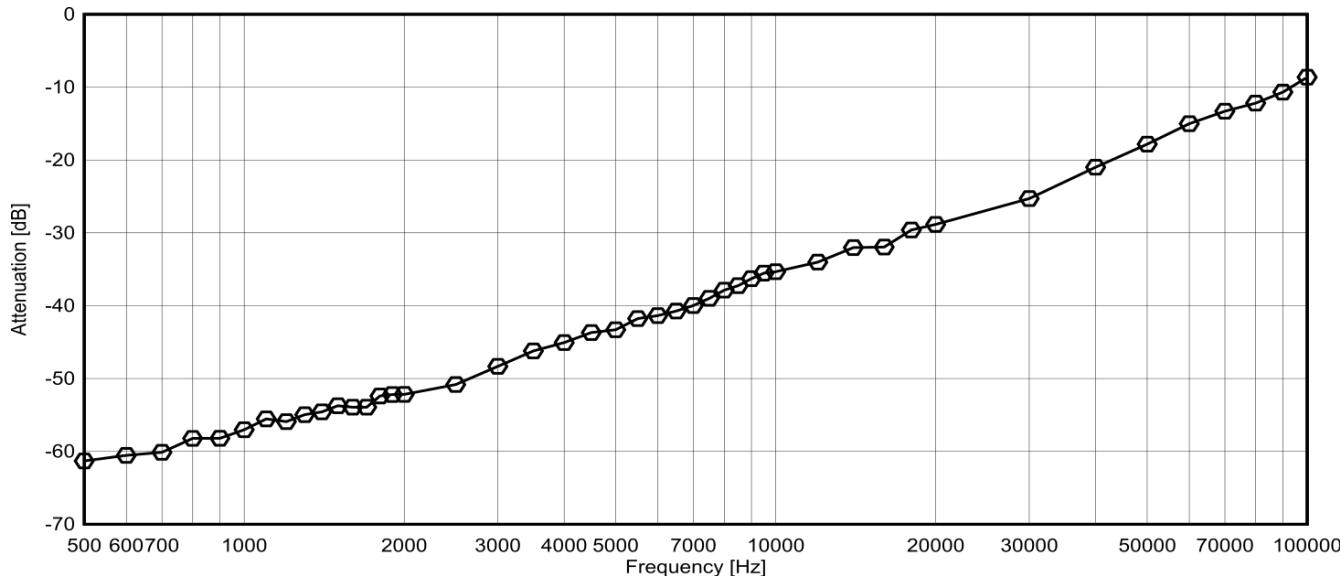


図 2-5. レシオメトリック構成の V_{REF} ノイズ除去

2.4 スピアス フリー ダイナミック レンジ

スピアス フリー ダイナミック レンジ (SFDR) は通信業界でより関連性の高いパラメータですが、これは周波数ドメインで明確に確認できる実用的な指標でもあります (図 2-6)。このパラメータは、注入されたノイズが対象の信号と比較してどの程度重要であるかを理解するのに役立ちます。

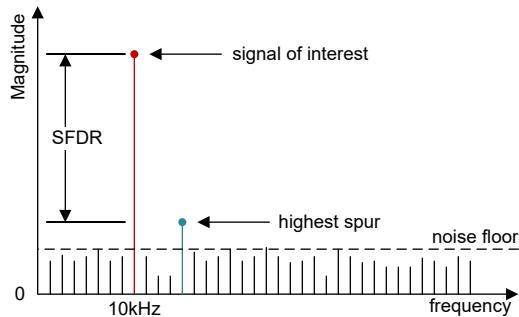


図 2-6. スピアス フリー ダイナミック レンジ

テスト手順と構成は、前の例の手順と似ていますが、同じではありません。入力電圧 V_{IN} は、振幅が $2V_{PP}$ の 10kHz 正弦波です。この信号は、対象の信号を表します。前の例に示したように、AWG は変調された V_{REF} を注入します。

図 2-7 に、非レシオメトリック構成と比較したレシオメトリック構成の SFDR 性能を示します。注入されたノイズと対象信号の比によって決まるデフォルトの非レシオメトリック構成のダイナミック レンジは、実質的に一定のままでです。

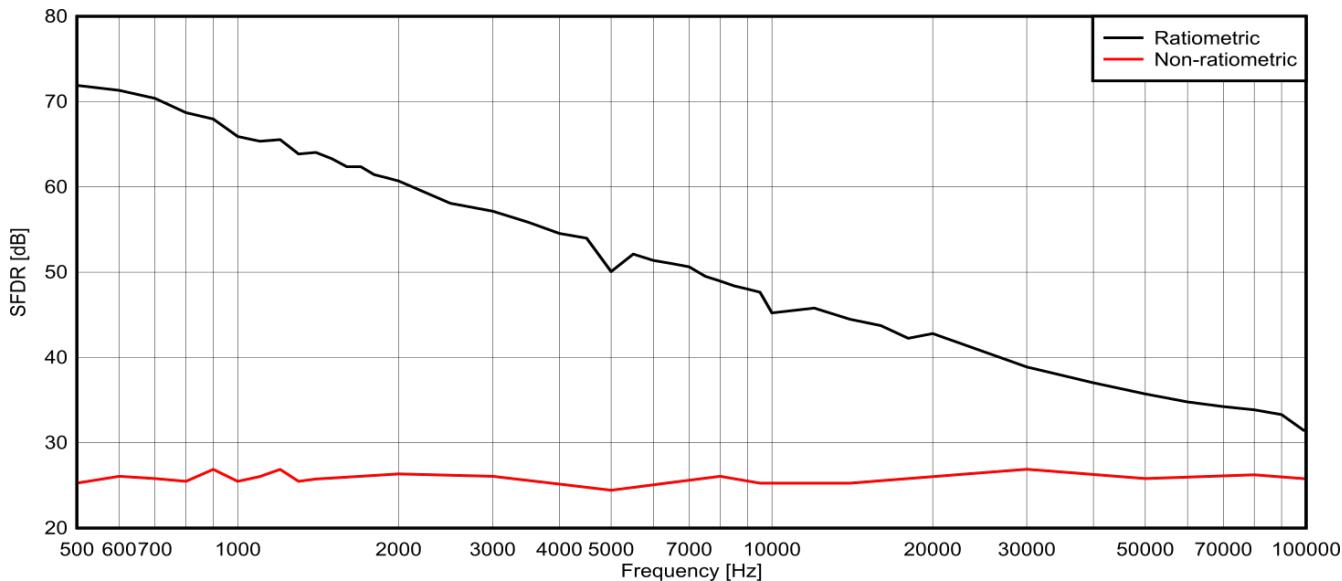


図 2-7. 固定ゲインとレシオメトリック構成のスピアス フリー ダイナミック レンジの比較

2.5 REFIN から VOUT への過渡応答

入力電圧 V_{IN} が 0V の場合、AMC0330R デバイスの出力電圧は $V_{OUT} = V_{REFIN}/2$ になります。このテストでは、出力電圧が V_{OUT} がリファレンス電圧 V_{REFIN} の変化にどれだけ速く応答するかを調べます。図 2-8 にテスト設定を示します。駆動インピーダンスは 25Ω です。図 2-9 は、 C_{REFIN} を取り外した場合の過渡応答を示します。図 2-10 は、コンデンサ $C_{REFIN} = 68nF$ をアセンブルした場合の過渡応答を示します。どちらの場合も、 V_{OUT} セトリングタイムは約 $8\mu s$ です。コンデンサを使用した構成では、わずかなオーバーシュートしか発生しません。

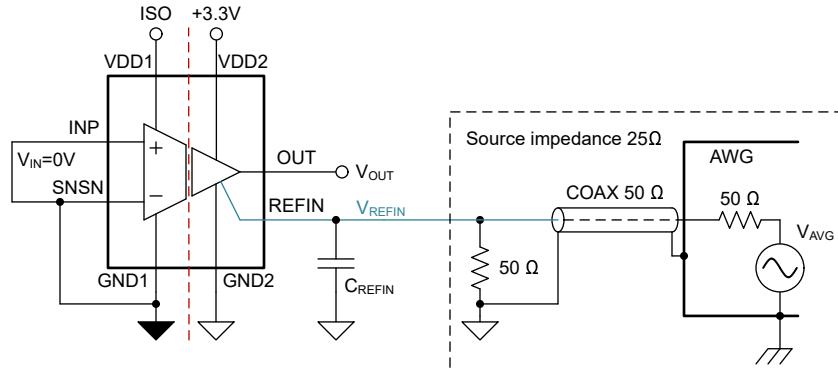


図 2-8. 過渡および周波数応答テスト設定

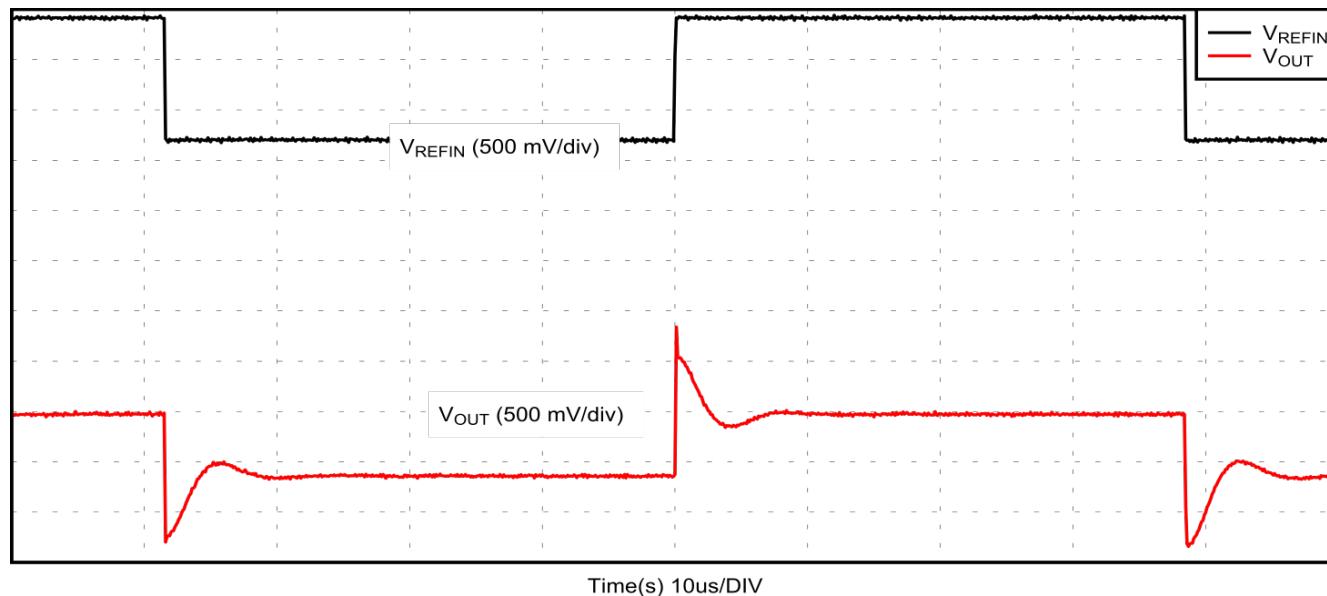


図 2-9. REFIN から OUT への過渡応答 (C_{REFIN} はアセンブルされていない)

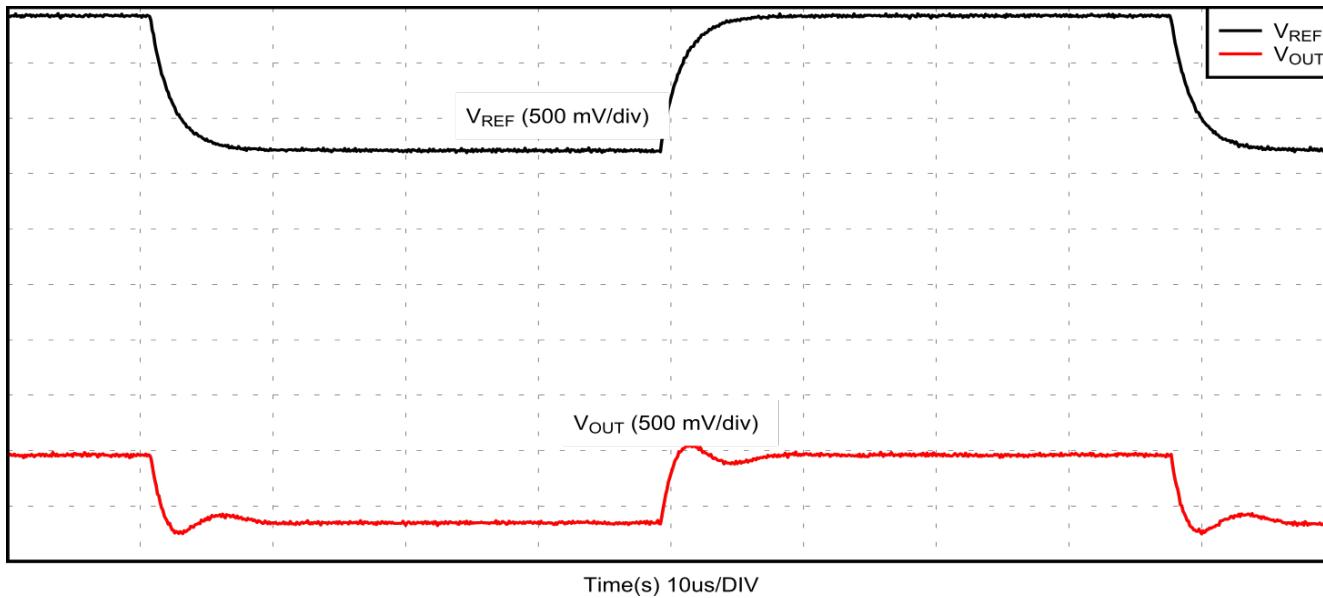


図 2-10. REFIN から OUT への過渡応答 ($C_{REFIN} = 68\text{nF}$)

2.6 REFIN から VOUT への伝達関数

図 2-11 は、REFIN 信号から VOUT 信号への伝達関数を示しています。測定では、セクション 2.5 に記載されているのと同じ構成を使用します。出力電圧 V_{OUT} がリファレンス電圧 V_{REFIN} の半分であるため、プロットは -6dB ポイントから始まります。

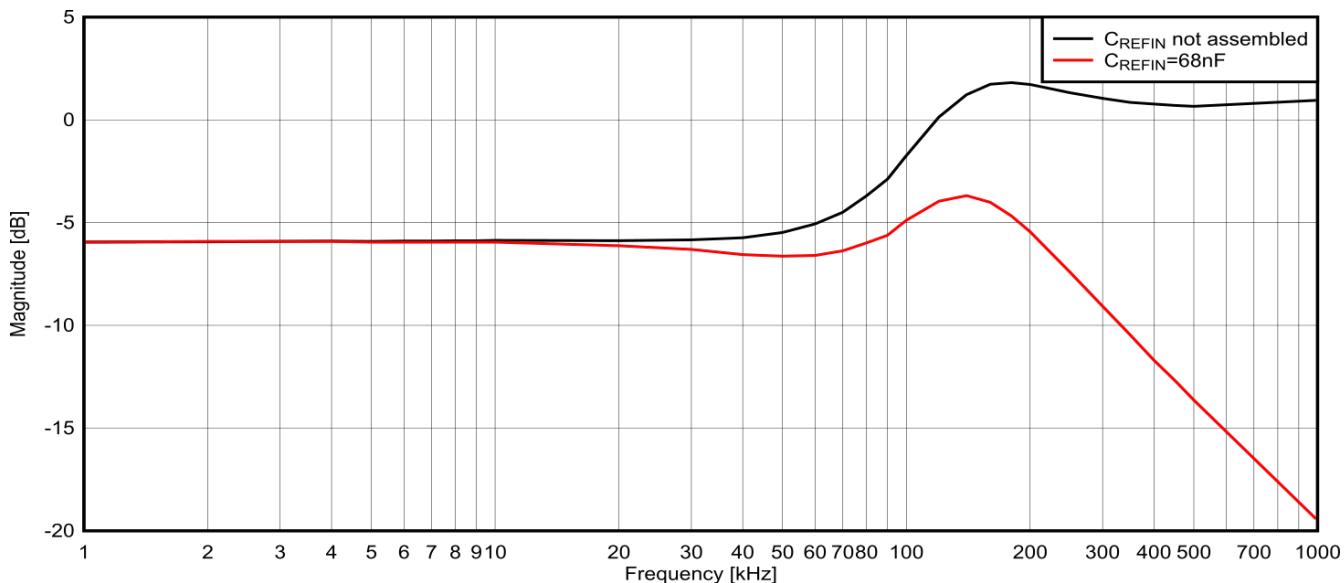


図 2-11. REFIN から OUT への伝達関数

3 まとめ

このアプリケーション レポートでは、レシオメトリック出力絶縁アンプのシステム性能を示し、低周波リファレンス電圧の変動を除去する能力に焦点を当てています。多くのシナリオでは、設計者は ADC の高精度電圧リファレンスを完全に削除し、代わりに統合電圧リファレンスまたはマイコンに電力を供給するデジタル電源レールを使用することができます。レシオメトリック構成は低周波数では利点がありますが、フィルタ段での遅延と位相シフトにより出力信号 V_{OUT} がリファレンス電圧 V_{REF} をタイムリーに追跡できなくなるため、高周波数ではその有効性が制限されます。ただし、高周波ノイズが $REFIN$ ピンに結合するのを効果的に防ぐため、すべてのケースで C_{REFIN} コンデンサを組み立てることをお勧めします。

4 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、[AMC0x30R-Q1 車載用、高精度、±1V 入力、シングルエンド、レシオメトリック出力を備えた基本および強化絶縁アンプ](#)、データシート。

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、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かわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ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す。(1) お客様のアプリケーションに適したテキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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、その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テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または ti.com やかかるテキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツ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。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

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、その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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025年10月