

Application Brief

差動 ADC 向けのアクティブ フィルタ設計



Rachel Scheller

はじめに

このアプリケーション ノートは、従来型のオペアンプのためのマルチフィードバック (MFB) フィルタを、完全差動アンプ (FDA) と組み合わせて使用するのに適した差動フィルタへ変換するプロセスの改善を目的としています。FDA をアクティブ フィルタとして使用する場合、ほとんどのオンラインフィルタのデザイナーやツールでは解析に完全差動アンプが含まれていません。これらの ADC の入力を駆動するために完全差動アンプを利用することには、DC 結合によりシングルエンド信号を差動に変換できること、一段でゲインとアクティブ フィルタを追加すること、独立した出力同相モード制御、2 次高調波性能の改善など、大きな利点が複数あります。

フィルタ タイプ各種 (バターワース、ベッセルなど)、伝達関数、サポート式などのより包括的な分析を行うには、この記事の末尾に記載されている参考資料を評価することをご検討ください。

MFB オペアンプの実装

最も単純な方法として、従来のオペアンプ向けに MFB フィルタを設計して、シンプルに負の端子に反転またはミラー化し、帰還回路の両側に複製することができます。変換のためにオペアンプ MFB モデルを生成するには、[テキサス インスツルメンツのフィルタ設計ツール](#)を使用します。図 1 にこの原理を、次のコア 5 の基本コンポーネントで示します。

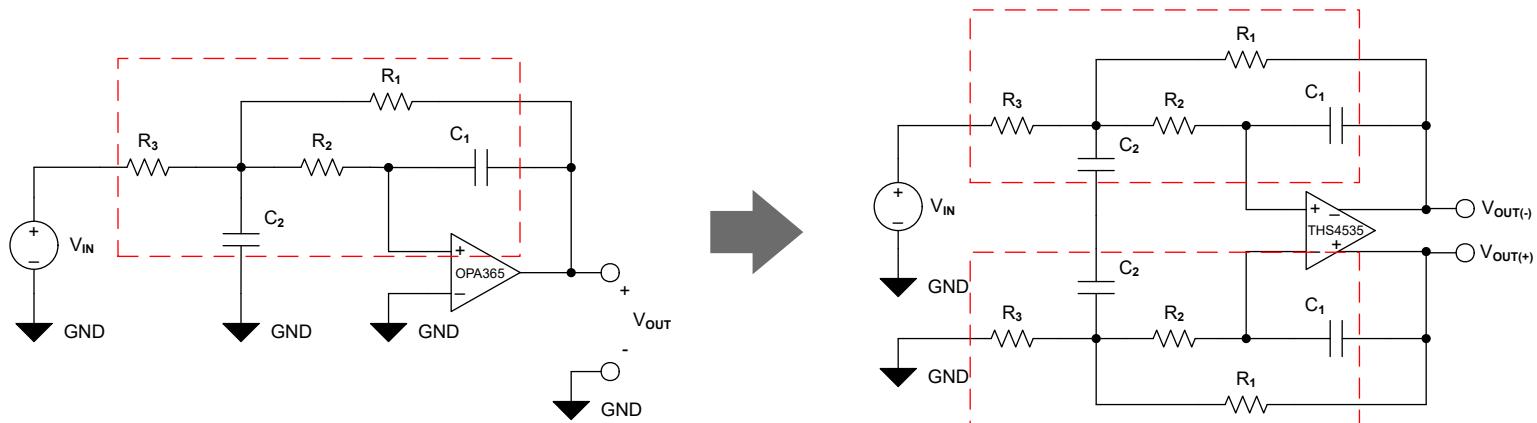


図 1. オペアンプから差動アンプへの MFB フィルタ

注

開発する設計にソース インピーダンスがある場合、または終端抵抗が必要な場合は、非反転入力のインピーダンスに一致するよう、FDA の反転入力に抵抗を追加するのを忘れないでください。このトピックの詳細については、この記事の最後にある参考資料を参照してください。

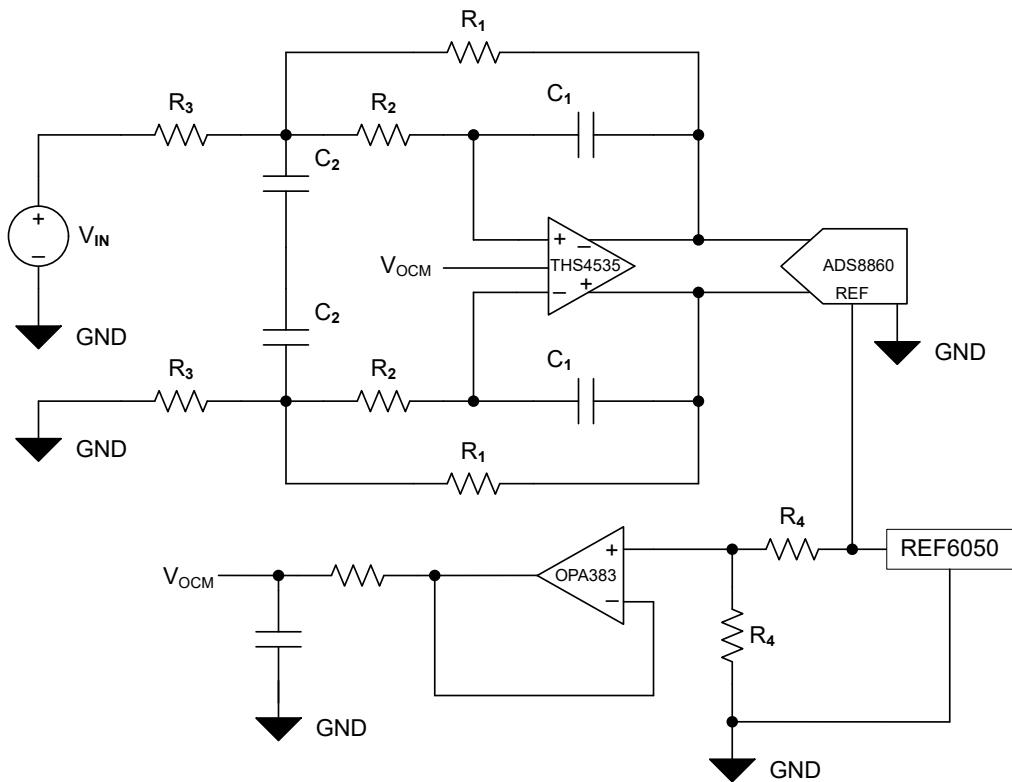


図 2. ADC を駆動する差動アンプ MFB フィルタ

C2 とラベル付けされた両方のコンデンサは、式 (1) と 図 6 に示すように、直列に結合して 1 つの受動部品にすることができます。

$$C_{total} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{2}C_2 \quad (1)$$

シミュレーション実装と結果

表 1 に、最も一般的なフィルタ アプリケーションの 1 つ、1MSPS の SAR ADC を駆動するアンチ エイリアシング フィルタの設計要件の例を示します。パッシブ値を生成するには、[テキサスインスツルメンツのフィルタ設計ツール](#)を使用して FDA フィルタに変換できるオペアンプ フィルタを生成してください。

表 1. 設計要件

パラメータ	目標値
フィルタ タイプ	2 次ローパス バターワース (Q = 0.707)
カットオフ周波数	500kHz
目標ゲイン	1 V/V
FDA	THS4535
ADC サンプリング レート	1MSPS
ターゲット ADC	ADS8860

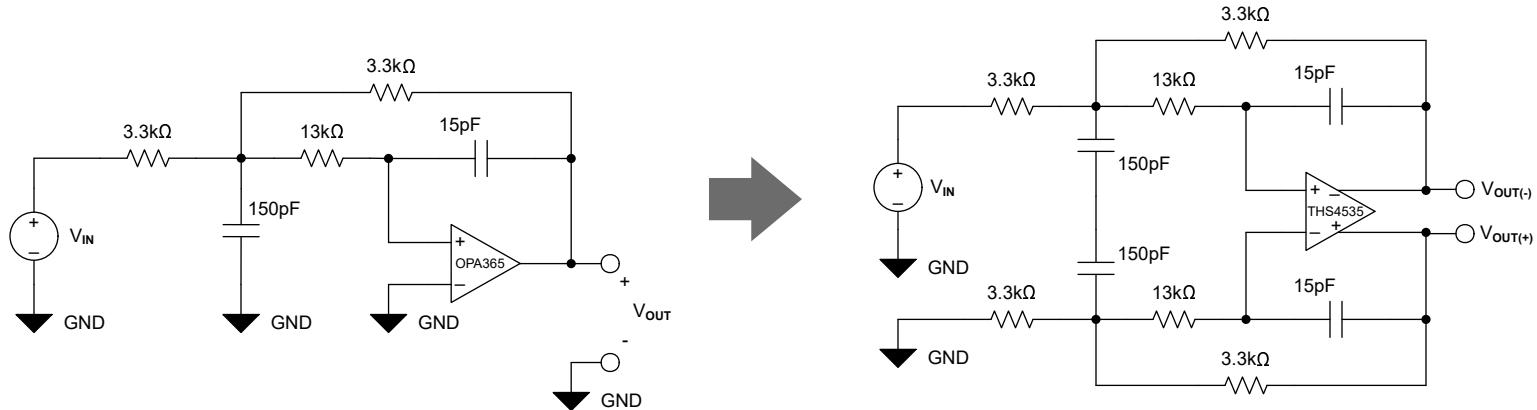


図 3. 500kHz、ゲイン = 1V/V、ローパス フィルタの回路図

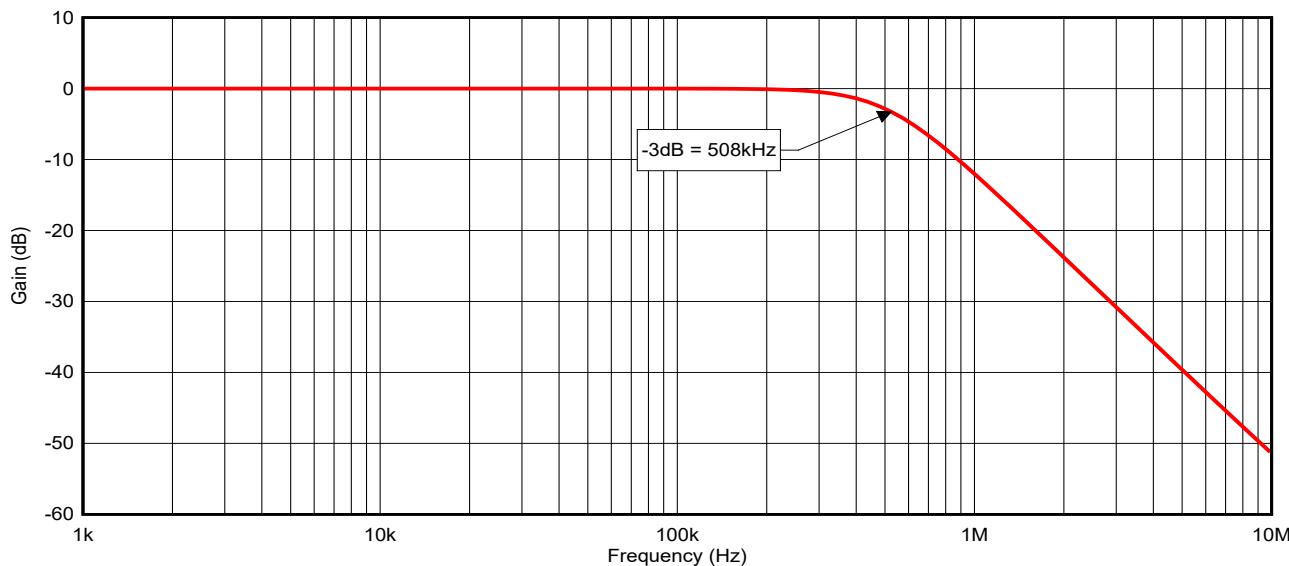


図 4. 500kHz、ゲイン = 1V/V、ローパス フィルタ OPA365 オペアンプ周波数応答

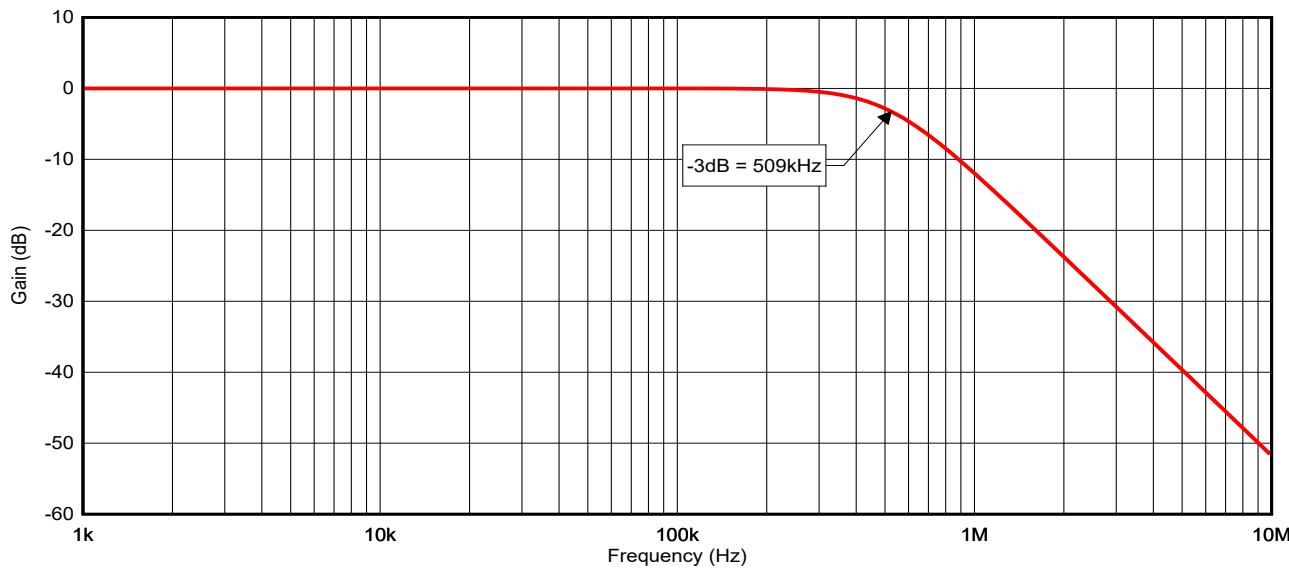


図 5. 500kHz、ゲイン = 1V/V、ローパス フィルタ THS4535 FDA 周波数応答

表2に、2V/Vのゲインによる追加の設計例を示し、1つのアクティブ部品だけを使用して、シングルから差動への変換、ゲインの追加、およびアクティブ フィルタをすべて実現する方法を説明します。

表2. 設計要件

パラメータ	目標値
フィルタ タイプ	2次ローパス バターワース ($Q = 0.707$)
カットオフ周波数	500kHz
目標ゲイン	2 V/V
FDA	THS4535
ADC サンプリング レート	1MSPS
ターゲット ADC	ADS8860

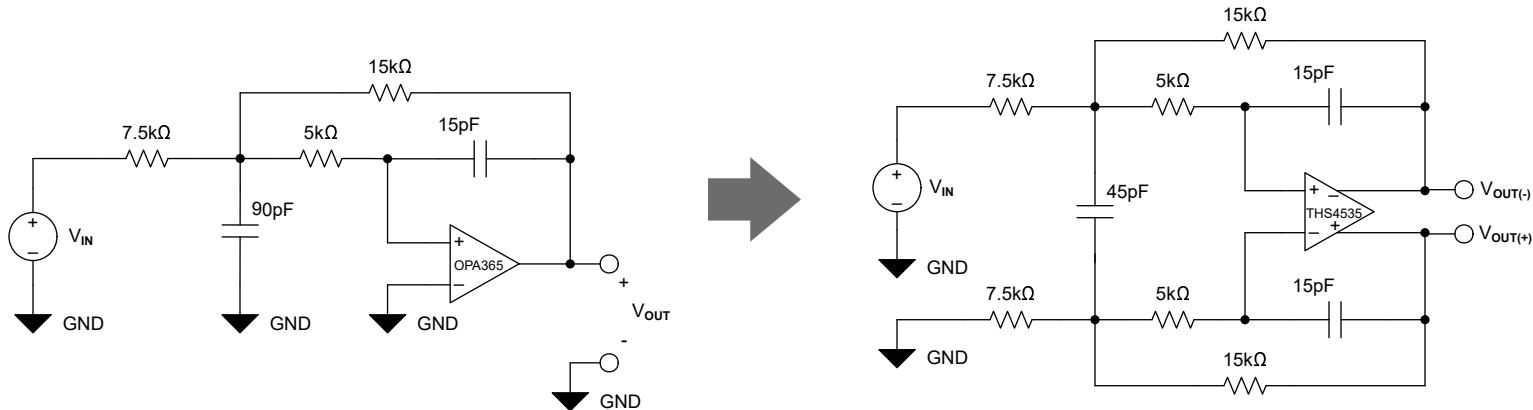


図6. 500kHz、ゲイン = 2V/V、ローパス フィルタの回路図

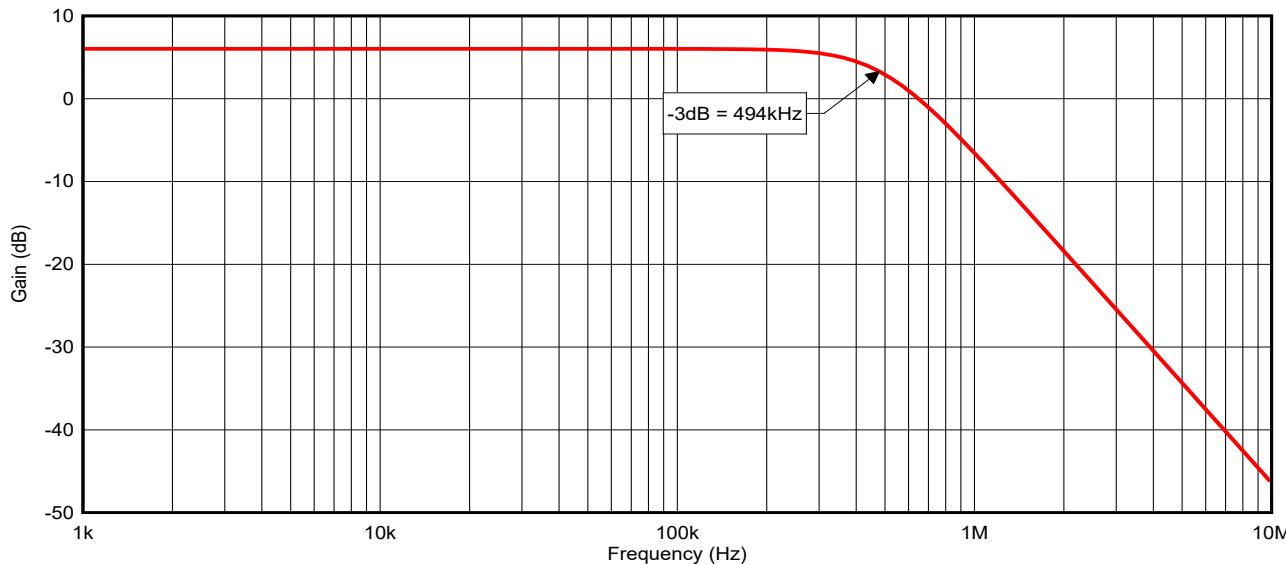


図7. 500kHz、ゲイン = 2V/V、ローパス フィルタ OPA365 オペアンプ周波数応答

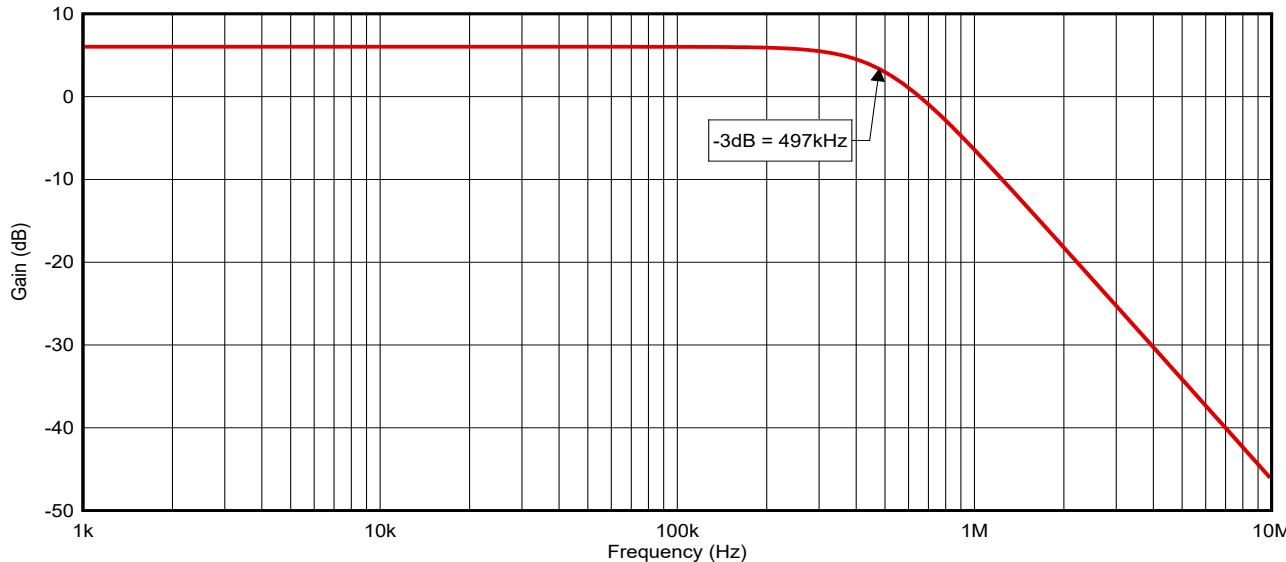


図 8. 500kHz、ゲイン = 2V/V、ローパス フィルタ THS4535 FDA 周波数応答

システムのフィルタ一致性和同相信号除去比性能をさらに向上させるには、テキサス インスツルメンツの高精度マッチング抵抗 [RES11A](#) の活用をご検討ください。

サレンキーの実装

サレンキー型フィルタは通常、完全差動アンプでは使用されず、従来型のオペアンプの反転端子と非反転端子の両方へのフィードバックパスへの依存性があるため、本書では考慮しません。この構成では、各端子のインピーダンスが一致していません。これを FDA に複製すると、インピーダンスの不整合により大きな歪みや他の回路の異常が発生します。このため、一般的にはこれまでの完全差動アンプで説明した MFB フィルタトポロジを利用することが推奨されます。

参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、[テキサス インスツルメンツのフィルタ設計ツール](#)
2. テキサス インスツルメンツ、[完全差動アクティブ フィルタにおける無限ゲイン、MFB フィルタトポロジの使用](#)、アナログ アプリケーション ジャーナル
3. テキサス インスツルメンツ、[差動 ADC を駆動するフロントエンドの設計](#)、ビデオ
4. テキサス インスツルメンツ、[アクティブ ローパス フィルタ設計](#)、アプリケーション ノート。
5. テキサス インスツルメンツ、[AN-1393 で高速差動アンプを使用し、A/D コンバータを駆動する方法](#)、アプリケーション ノート。
6. テキサス インスツルメンツ、[完全差動アンプを使用したシングルエンド入力差動出力回路](#)、アナログ エンジニア向け 回路
7. テキサス インスツルメンツ、[THS4551 低ノイズ、高精度、150MHz、完全差動アンプ](#)、データシート

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

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、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