

Application Note

差動、シングルエンド固定ゲイン、レシオメトリック出力を備えた電圧センシング アプリケーション向け絶縁型アンプ



Alexandra Torres

概要

テキサス・インスツルメンツは、AMC0xxxD/S/R 製品ファミリーを発表しました。これは、差動出力、シングルエンド固定ゲイン出力、シングルエンドレシオメトリック出力のオプションを備えた、絶縁型 AC および DC 電圧センシング アンプの新しい製品ラインアップです。

目次

1 はじめに.....	2
2 差動、シングルエンド固定ゲイン、レシオメトリック出力の概要.....	2
2.1 差動出力を備えた絶縁型アンプ.....	2
2.2 シングルエンド固定ゲイン出力を備えた絶縁型アンプ.....	3
2.3 シングルエンドレシオメトリック出力を備えた絶縁型アンプ.....	5
3 アプリケーションの例.....	8
3.1 製品選択ツリー.....	8
4 まとめ.....	9
5 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

一部の車載システムや産業用システムは過酷な環境で高電圧で動作するため、システムの効率と長期的な信頼性を維持するには、高性能の絶縁型電圧センシング設計が不可欠です。適切な絶縁型アンプを選択するには、デバイスが実装されるシステムの精度、PCB スペース、コストなど、多くの事項を検討する必要があります。設計サイズとコストを低減しながら性能要件を満たすシステムを設計するため、テキサス・インスツルメンツは、AMC0xxxD/S/R 製品ファミリーを発表しました。これは、差動出力、シングルエンド固定ゲイン、レシオメトリック出力のオプションを備えた、絶縁型 AC および DC 電圧センシング アンプの新しい製品ラインアップです。

2 差動、シングルエンド固定ゲイン、レシオメトリック出力の概要

2.1 差動出力を備えた絶縁型アンプ

差動出力アンプは、高精度とノイズ耐性を必要とし、シグナル インテグリティを実現するように設計されているシステムで広く求められています。差動出力アンプには、正と負の 2 つの出力があります。これらは大きさは同じですが、位相は逆になっています。差動出力アンプには、2 つの等しく平衡化された出力信号があり、信号を劣化させずにグラウンド シフトに対応できるため、高精度かつ高性能なアプリケーションに適しています。これらのデバイスは、アンプがグラウンド シフトの影響を受けないため、シグナル インテグリティを維持しながら、出力信号の長距離配線を可能にします。

差動出力アンプを使用する場合、設計上の考慮事項がいくつかあります。これらの考慮事項の 1 つは、PCB レイアウトです。PCB レイアウトが不適切な場合、アンプが高精度の同相出力電圧を維持する能力が低下する可能性があります。差動アンプは反転バスと非反転バスの両方に依存するため、出力誤差を最小限に抑えるには、両方の出力ラインの PCB 配線長を等しくすることで、対称性を維持することが不可欠です。差動出力アンプを A/D コンバータ (ADC) に構成するための設計オプションはいくつかあります。オプション 1 は、[図 2-1](#) に示すように、差動出力アンプを差動入力 ADC に直接接続する構成です。ただし、MSP430 や C2000 などのプロセッサには、シングルエンド入力 ADC が組み込まれています。そのため、ADC と直接接続するために、差動信号をシングルエンド信号に変換する必要があります。シングルエンド入力 ADC の出力には、[図 2-1](#) のオプション 2 に示すように、差動からシングルエンド出力に変換するのが最適な設計です。

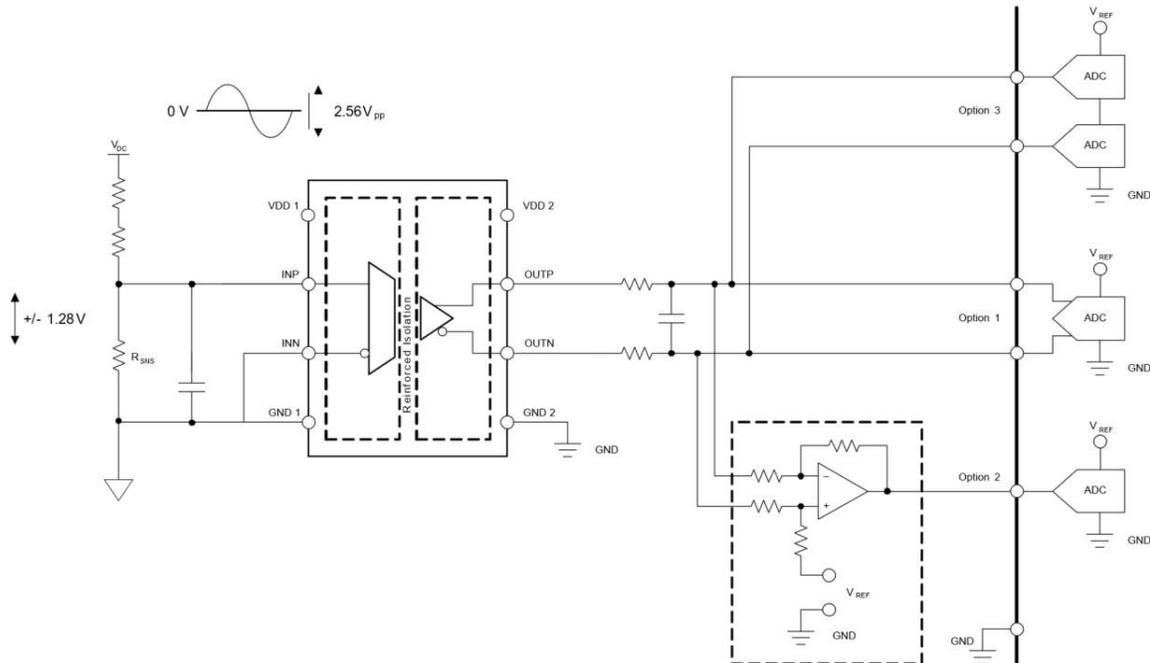


図 2-1. 差動出力構成

この構成では、追加のアンプを使用して、差動信号をシングルエンド信号に変換して ADC に直接出力します。差動からシングルエンド出力段への接続の詳細については、『[±250mV の入力範囲、シングルエンド出力電圧の絶縁電流センシング回路](#)』、アナログ エンジニア向け回路を参照してください。もう 1 つの設計では、[図 2-1](#) のオプション 3 に示すよう

に、2つのシングルエンド入力 ADC を使用して、MCU 内で値を減算します。ただし、オプション 3 には複合誤差が発生するという欠点があり、追加の ADC が必要であるため、あまり魅力的ではありません。

2.2 シングルエンド固定ゲイン出力を備えた絶縁型アンプ

この新製品ファミリーは、差動出力を使用する利点のない小型設計向けに、代替デバイスを提供しています。差動出力アンプとシングルエンド出力アンプの違いは、主にこれらのアンプのノイズ処理、出力信号、設計特性に要約できます。新しいデバイスファミリーには、シングルエンドアンプとして、固定ゲインのシングルエンドアンプと、レシオメトリックゲインのシングルエンドアンプの2つのオプションがあります。

使いやすさとコスト効率の高さから、シングルエンド固定ゲインアンプが広く求められています。シングルエンド固定ゲインアンプは、アンプの入力電圧に比例するシングルエンド信号を出力できます。このデバイスは、シングルエンド入力 ADC と直接接続するよう設計されているため、図 2-1 で示した差動からシングルエンドアンプへの変換段は不要です。したがって、この設計では必要な部品点数を少なくでき、設計サイズの小型化と BOM コストの削減を実現できるため、コンパクトなシステムに適しています。

シングルエンド固定ゲインデバイスを使用する場合、設計上の考慮事項の1つはデバイスがグラウンドノイズの影響を受けやすいことです。グラウンド電位に変動があると、信号にノイズや誤差が発生し、出力信号に歪みが生じる可能性があります。ただし、これは適切なグラウンド接続および部品選択で除去できます。これを考慮しない場合、信号対雑音比が低下し、全体的な性能が低下する可能性があります。設計上のもう1つの考慮事項は、デバイスのリファレンス (REFIN) ピンに印加される電圧です。デバイスのピン配置を図 2-4 に示します。図 2-2 に、AMC0x11S デバイスの入出力間伝達特性を示します。このデバイスは、入力電圧範囲が 0~2.25V のシングルエンド固定ゲイン出力デバイスです。

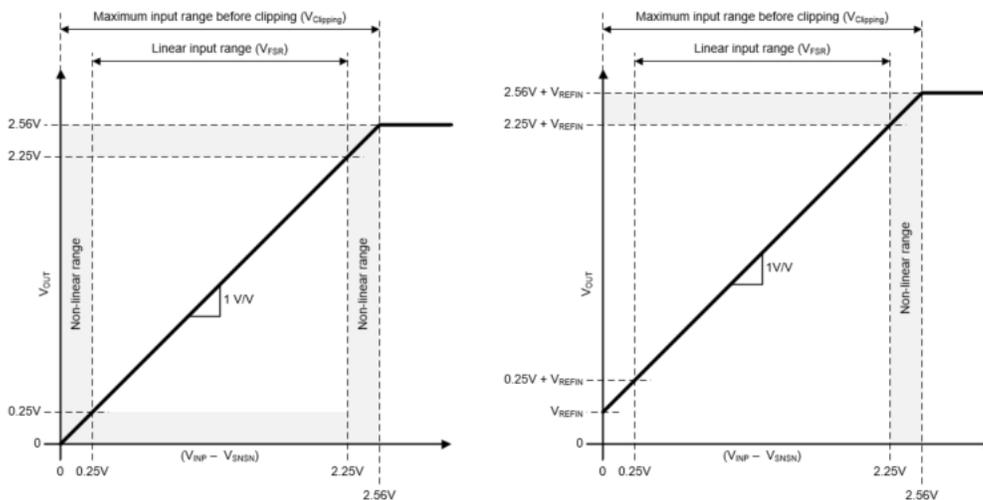


図 2-2. AMC0x11S の入出力間伝達特性

左側の図は、REFIN が GND2 に短絡した場合を示しています。右側の図は、 $V_{REFIN} = 250\text{mV}$ の場合を示しています。REFIN に 250mV 以上の電圧を印加すると、線形入力電圧範囲が 0V に拡張されます。線形動作には、出力バッファには 250mV 以上のヘッドルームが必要です。したがって、REFIN を GND2 に短絡した場合、0V 付近の入力電圧に対するデバイスの動作は非線形になります。AMC0x11S デバイスの出力電圧の式は次のとおりです。

AMC0x11S の出力電圧:

$$V_{OUT} = (V_{INP} - V_{SNSN}) + V_{REFIN} \quad (1)$$

AMC0x30S デバイスは、入力電圧範囲が $\pm 1V$ のシングルエンド固定ゲイン デバイスで、出力は入力電圧 (V_{IN}) に直接比例します。ここで、REFIN は GND2 を基準としています。出力は、次の式で定義されます。

AMC0x30S の出力電圧:

$$V_{OUT} = (V_{INP} - V_{SNSN}) + V_{REFIN} \quad (2)$$

図 2-3 に、AMC0x30S デバイスの入出力間伝達特性を示します。-1V 未満および +1V を超える入力電圧でもデバイスの出力は入力に追従しますが、直線性性能は低下します。

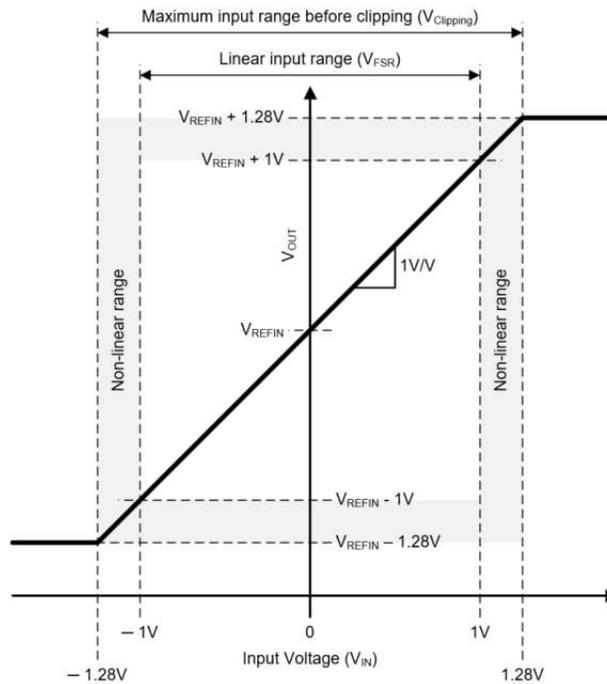


図 2-3. AMC0x30S の入出力間伝達特性

2.3 シングルエンド レシオメトリック出力を備えた絶縁型アンプ

高性能で、コスト効率が高く、システム サイズが小型というニーズに対応する包括的なデバイス製品ラインアップを提供するため、新製品ファミリにはレシオメトリック出力を備えたシングルエンド デバイスのオプションがあります。新製品ファミリのシングルエンド レシオメトリック出力デバイスは、ADC の基準電圧に比例してゲインが調整されるよう設計されています。固定ゲイン出力の欠点の 1 つは、2V の出力シングしか供給できないことです。アナログ IO が 5V のシステムでは、ADC の入力範囲の 50% しか使用できないため、測定の分解能が 1 ビット失われます。レシオメトリック出力では、アンプが ADC のダイナミックレンジを最大限に活用できるため、測定の分解能を最大限に高めることができます。図 2-4 および図 2-5 に、レシオメトリック デバイスの 2 つの異なる構成を示します。

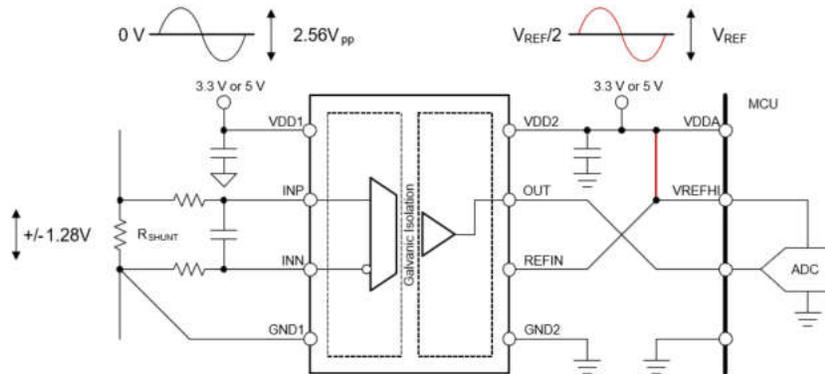


図 2-4. REF を電源から生成

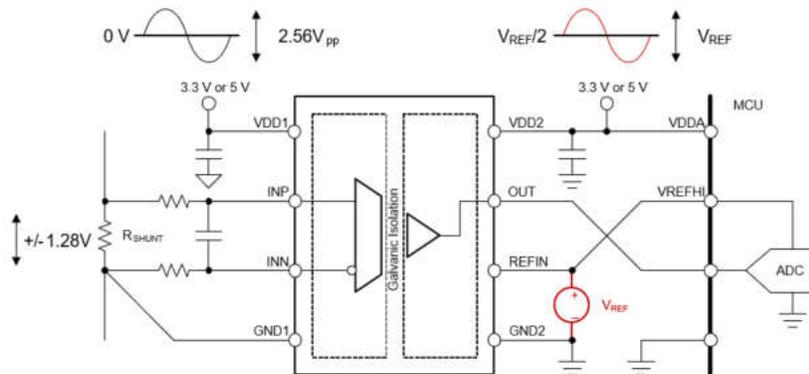


図 2-5. REF を外部基準電圧から供給

基準電圧を電源レールから生成すると、必要な部品数が削減され、コストを削減できます。一方、基準電圧を外部基準から生成すると、ノイズを低減できます。

シングルエンド レシオメトリック出力デバイスの設計は、基準電圧の値の影響を受けにくく、不正確さや AC の外乱に対応できます。レシオメトリック オプションでは、分解能、精度、安定性を向上させることができると同時に、差動からシングルエンドに変換するアンプ段を追加する必要がないため、性能仕様を満たしながら、コストおよび PCB スペースを削減して BOM コストを低減するのに非常に有益です。

シングルエンド レシオメトリック デバイスを使用する場合、設計上の考慮事項の 1 つは ADC の入力電圧範囲です。レシオメトリック デバイスは、2.75~5.5V の基準電圧をサポートできるため、入力電圧範囲が 3.3V および 5V の ADC に最適です。このデバイスを使用する場合のもう 1 つの考慮事項は配線です。ADC とアンプの基準電圧はどちらも比例しているため、ADC の基準電圧をレシオメトリック デバイスに配線する必要があります。

図 2-6 に、AMC0x30R の入出力間伝達特性を示します。このデバイスは、入力電圧範囲が $\pm 1V$ のシングルエンドレシオメトリックゲインデバイスです。アンプが基準電圧の中間点付近でバイアスされているため、バイポーラ入力デバイスは $V_{IN} = 0$ において V_{REF} の 50% を出力できます。

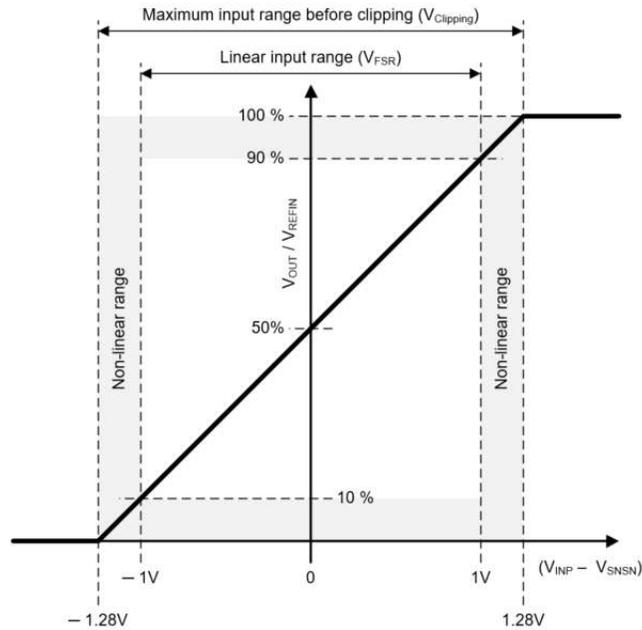


図 2-6. AMC0x30R の入出力伝達特性

指定された線形入力範囲内の任意の入力電圧について、デバイスの出力電圧は次の式で定義できます。

AMC0x30R の出力電圧:

$$V_{OUT} = ((V_{INP} - V_{SNSN}) / V_{Clipping}) \times V_{REFIN} / 2 + V_{REFIN} / 2. \quad (3)$$

-1V 未満および +1V を超える入力電圧でもデバイスの出力は入力に追従しますが、直線性性能は低下します。

AMC0x11R は、入力電圧範囲が 0.13~2.25V のシングルエンドレシオメトリックデバイスであり、出力電圧は次の式で定義されます。

AMC0x11R の出力電圧:

$$V_{OUT} = ((V_{INP} - V_{SNSN}) / V_{Clipping}) \times V_{REFIN}. \quad (4)$$

AMC0x11R デバイスも AMC0x11S と同様、図 2-7 に示すように、入力電圧が 0V 付近で動作が非線形になります。

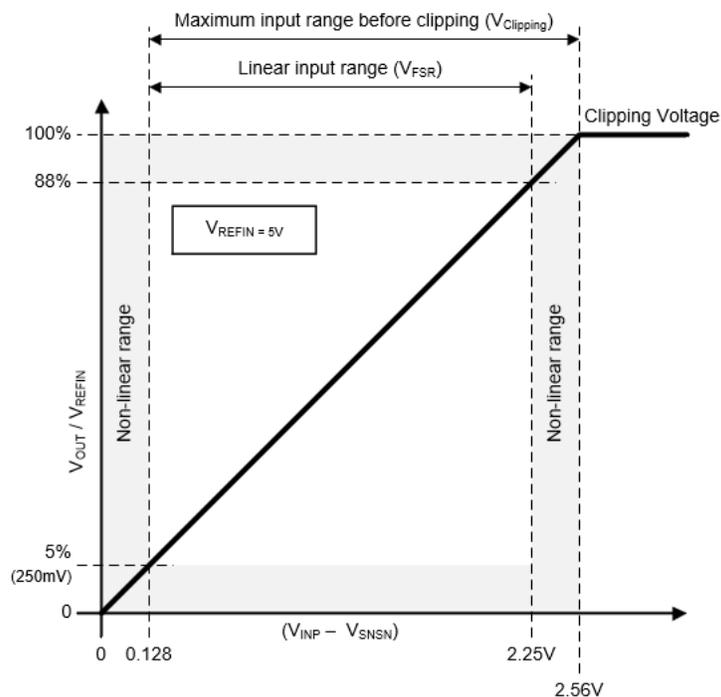


図 2-7. AMC0x11R の入出力伝達特性

$V_{REFIN} = 5V$ では、線形動作の最小入力電圧は 128mV です。出力は基準電圧の 5% (250mV) です。線形動作の最小入力電圧は、次の式で計算できます。

AMC0x11R の線形動作の最小入力電圧:

$$V_{INP, MIN} = (250mV \times V_{Clipping}) / V_{REFIN} \tag{5}$$

3 アプリケーションの例

3.1 製品選択ツリー

Isolated Voltage Sensing Selection Tree: New Device Family

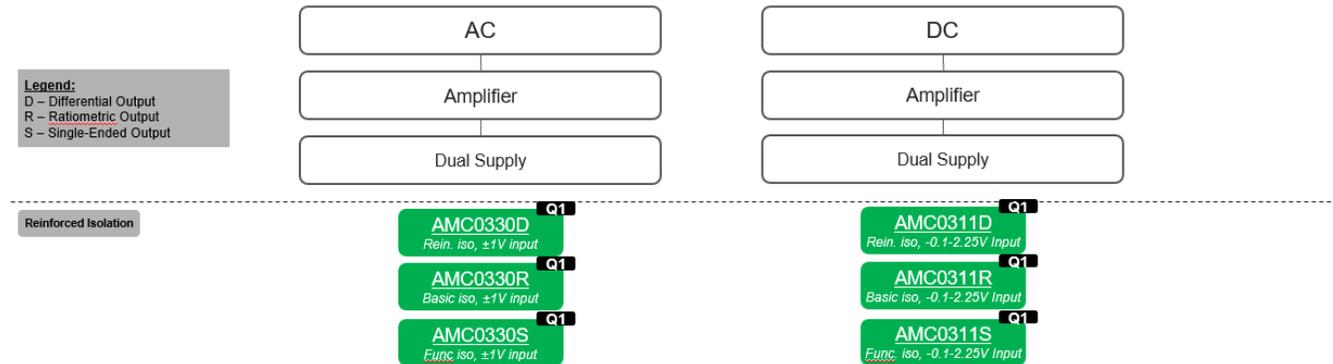


図 3-1. 製品選択ツリー

この新しい製品ファミリのデバイスには 6 つの強化絶縁型電圧センシング アンプ オプションがあり、DC アプリケーションでは 0~2V の入力電圧範囲、AC アプリケーションでは ±1V の入力電圧範囲を実現できます。AMC0311D、AMC0311R、AMC0311S デバイスは、ユニポーラ入力オプションを使用した DC 電圧センシングをサポートしており、AMC0330D、AMC0330R、AMC0330S デバイスはバイポーラ入力オプションを使用した AC 電圧センシングをサポートしています (図 3-1 を参照)。電力変換とモーター制御トポロジにおける AC および DC 電圧センシング アンプの使用事例を含め、特定のアプリケーション事例の詳細については、『絶縁型電圧センシングによる電力変換とモーター制御の効率性の最大化』、マーケティング ホワイト ペーパーを参照してください。

4 まとめ

電圧センシング アプリケーション用に絶縁型アンプを選択するには、考慮すべき決定事項が多数あります。新製品ファミリのデバイスは、設計のサイズとコストを低減しながら精度の向上を実現できるよう設計されており、差動出力アンプとシングルエンド出力アンプの選択肢を提供しています。

5 参考資料

- テキサス・インスツルメンツ、[『DIYAMC-0-EVM ユニバーサル DIY 絶縁型アンプおよび変調器向け評価基板』](#)
- テキサス・インスツルメンツ、[『 \$\pm 250\text{mV}\$ の入力範囲、シングルエンド出力電圧の絶縁型電流センシング回路』](#)、アナログ エンジニア向け回路
- テキサス・インスツルメンツ、[『絶縁型電圧センシングによる電力変換とモータ制御の効率の最大化』](#)、マーケティング ホワイト ペーパー
- テキサス・インスツルメンツ、[『高信頼性と低コストを両立させる絶縁技術により高電圧設計の様々な課題を解決』](#)、ホワイト ペーパー

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黙示保証、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、明示的または黙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](https://www.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 © 2024, 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黙示保証、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、明示的または黙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す。(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、

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](#)、または [ti.com](#) やかかる TI 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。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。

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、TI 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 © 2024, Texas Instruments Incorporated