

# Analog Engineer's Circuit

## 広い同相差動入力電圧範囲を $\pm 10V$ の ADC 入力電圧範囲に変換する回路



Aaron Estrada

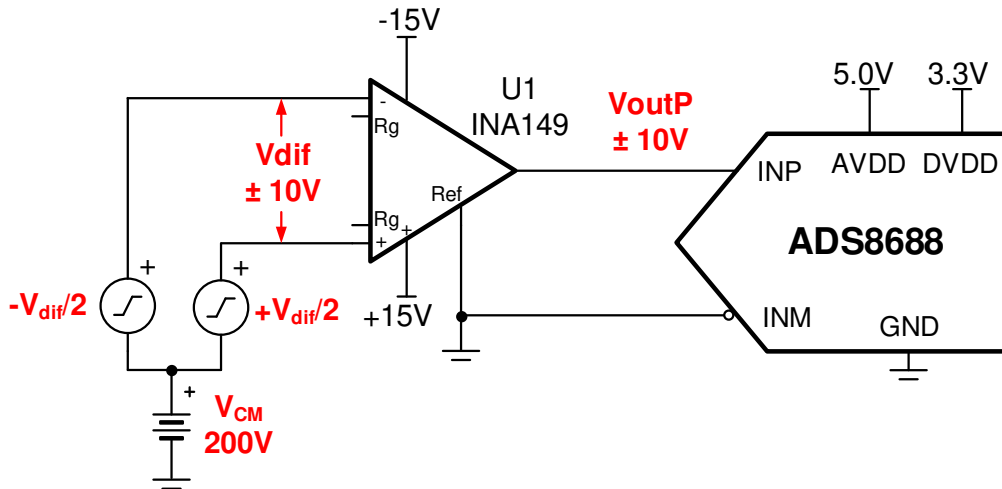
入力	ADC 入力	デジタル出力 ADS8688
VinDiffMin = -10.24V	CH_x = -10.24V	0000 <sub>H</sub>
VinDiffMax = +10.24V	CH_x = +10.24V	FFFF <sub>H</sub>

### 電源

AVDD	DVDD	AGND	DGND
5.0 V	3.3 V	GND	GND

### 設計の説明

本書の目的は、差動アンプまたは計装アンプを使用して高い同相電圧 ( $V_{cm}$ ) の信号を ADS86XX ファミリに入力できるレベルに変換することの利点と欠点を説明することです。ADS86XX ファミリは高い  $V_{cm}$  をサポートできないため、差動アンプまたは計装アンプを使用して ADC を駆動することでこの問題を解決します。INA828 は入力インピーダンスが極めて高く (100G $\Omega$ )、DC 精度に優れ、ノイズが小さい計装アンプです。INA828 は、その電源電圧 ( $\pm 15V$ ) 範囲内の同相信号に対応できます。INA149 は、入力同相電圧範囲が最大  $\pm 275V$  と広いユニティゲイン差動アンプですが、入力インピーダンスは INA828 より低く、差動 = 800k $\Omega$ 、同相 = 200k $\Omega$  です。ADS86XX ファミリの ADC はアナログフロントエンド (AFE) とマルチプレクサを内蔵しているため、PLC (アナログ入力モジュール)、保護リレー、グリッドオートメーション、その他の各種産業用アプリケーションに理想的です。



## 仕様

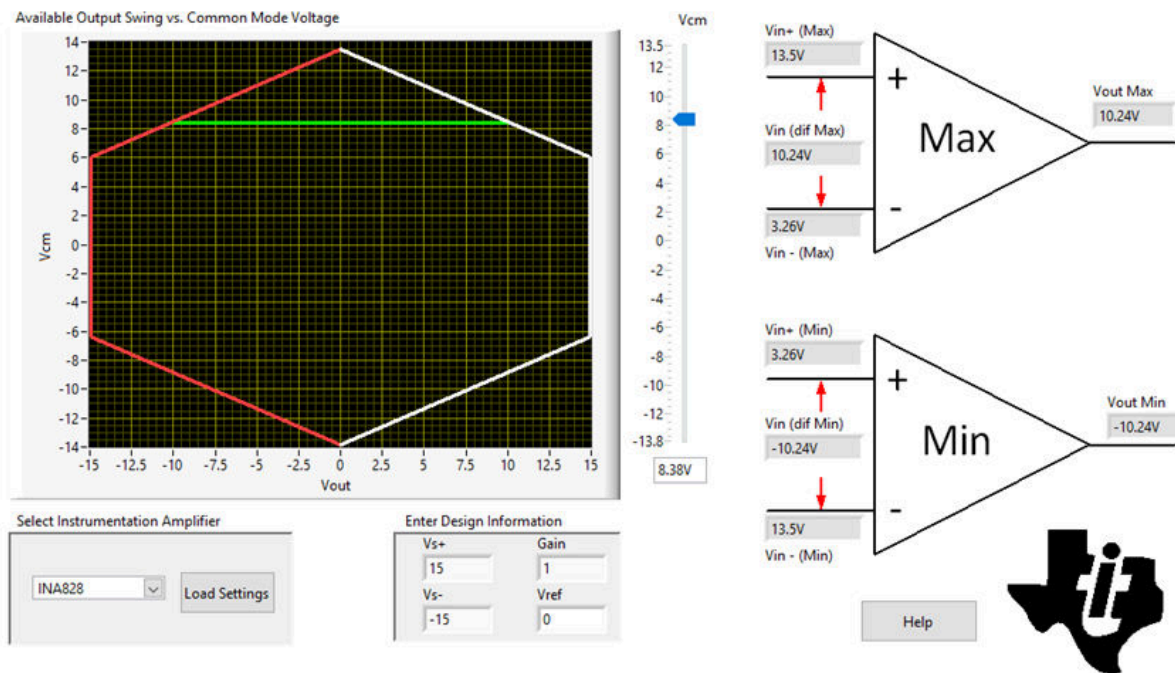
仕様	計算結果	シミュレーション結果	測定結果
INA149 同相電圧 (VCM)	275 V	275 V	275 V
INA828 同相電圧 (VCM)	8.38 V	8.38 V	7.5 V
INA149 総ノイズ	487 $\mu$ V	487.3 $\mu$ V	488 $\mu$ V
INA828 総ノイズ	150 $\mu$ V	150 $\mu$ V	154 $\mu$ V

## デザイン ノート

- アナログ フロント エンドとマルチプレクサを内蔵しているという理由で **ADS86XX** ファミリの HV SAR ADC を選択しました。AFE を内蔵しているため、追加部品を使わないで ADC を駆動できます。
- 非常に大きな同相電圧 ( $V_{cm} = \pm 275V$ ) を実現するため、**INA149** を選択しました。
- INA828** と **INA149** を比較すると、**INA828** の入力インピーダンスは高く (100G $\Omega$ )、**INA149** の入力インピーダンスはそれより低い値 (差動 = 800k $\Omega$ 、同相 = 200k $\Omega$ ) です。また、**INA149** の同相範囲は非常に広い ( $V_{cm} = \pm 275V$ ) ですが、**INA828** の同相範囲は電源電圧範囲 ( $\pm 15V$  など) に制限されます。高い入力インピーダンスが必要な場合、**INA828** を使用できませんが、同相範囲を逸脱しないように注意する必要があります。センサの出カインピーダンスが高い場合、分圧効果が生じて誤差につながるため、高い入力インピーダンスが重要であることに注意します。
- この例では、入力信号は  $\pm 10.24V$  です。したがって、**INA828** の場合、ゲイン = 1 を設定するのに抵抗  $R_g$  は不要です。入力信号がこれより小さい場合、適切な抵抗値を用いてリファレンスピンに適切な基準電圧を印加することでゲインを設定し、ADC の入力範囲と一致する入力振幅を実現します。
- 「計装アンプの同相入力電圧範囲を計算」ソフトウェア ツールを使用して、計装アンプの同相電圧範囲を確認します。
- ゲインが必要な場合は、ゲイン精度を最大限に高めてゲインドリフトを小さくするために、ゲイン設定抵抗 ( $R_g$ ) に 0.1% 20ppm/ $^{\circ}C$  以下の薄膜抵抗を使用します。

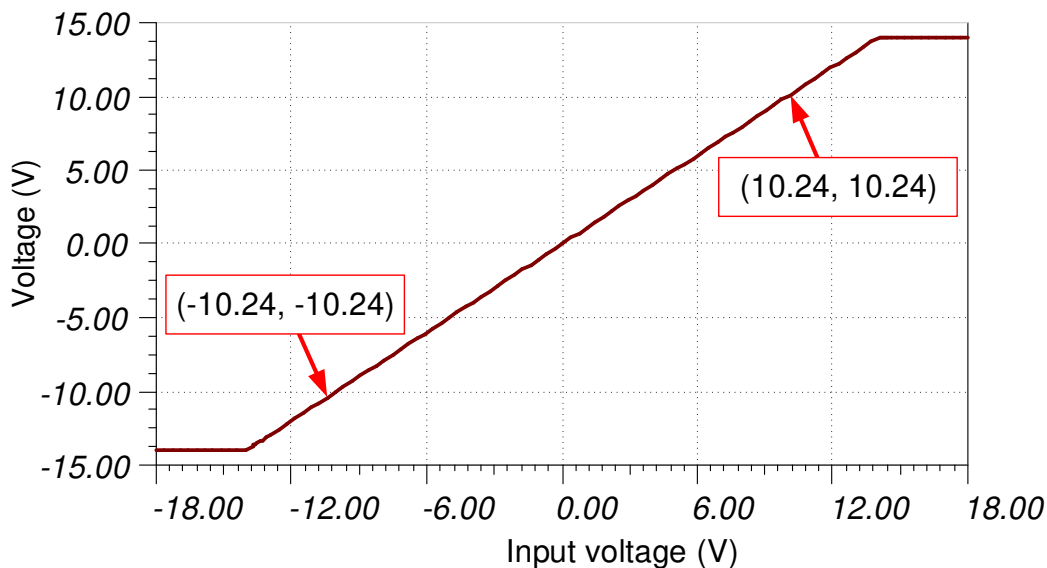
## 部品選定

- ADS86XX** は  $\pm 10.24V$  のシングルエンド入力信号に対応します。この例では、入力信号が  $\pm 10.24V$  であるため、**INA828** の場合、外部ゲイン抵抗は不要です。**INA149** はユニティゲイン差動アンプであるため、追加部品は不要です。
- INA828** の基準電圧入力を使用して入力電圧をシフトし、ADC の入力電圧範囲と一致させます。この例では、ADC の入力電圧範囲は対称であるため、リファレンスピンは接地します。
- 「計測アンプの入力同相範囲を計算」を使用して、**INA828** が同相入力電圧範囲を逸脱していないかどうかを判定します。この例では、**INA828** は  $\pm 15V$  電源、ゲイン = 1、 $V_{ref} = 0V$  で最大 **VCM 8.38V** を達成できることが示されています。



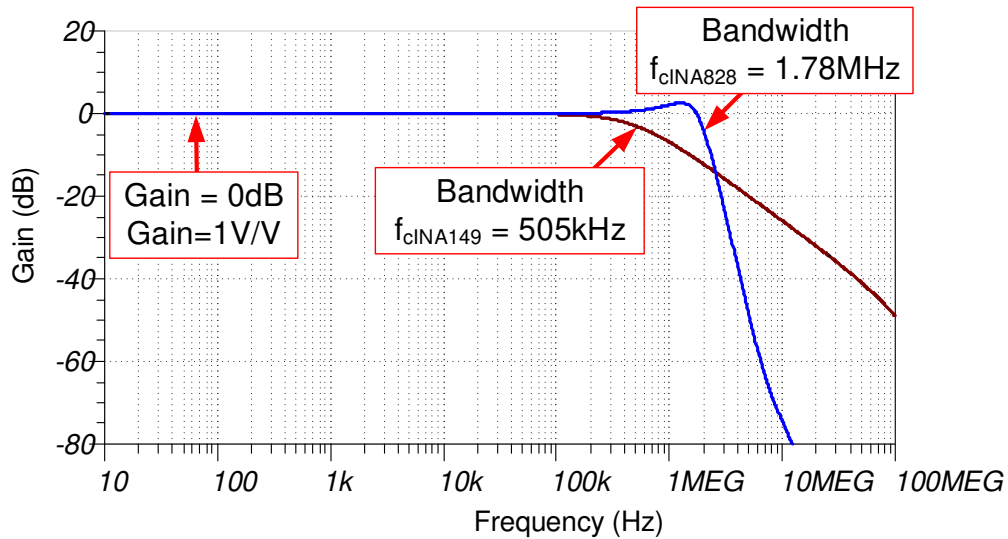
## DC 伝達特性

以下のグラフに、INA149 の出力の線形応答を示します。ADC の入力電圧範囲は  $\pm 10.24\text{V}$  であるため、アンプは ADC が要求する範囲を優に超えて直線性を維持しています。この件の詳しい理論については、『計測アンプ使用時の逐次比較型 (SAR) ADC の線形範囲の決定』を参照してください。



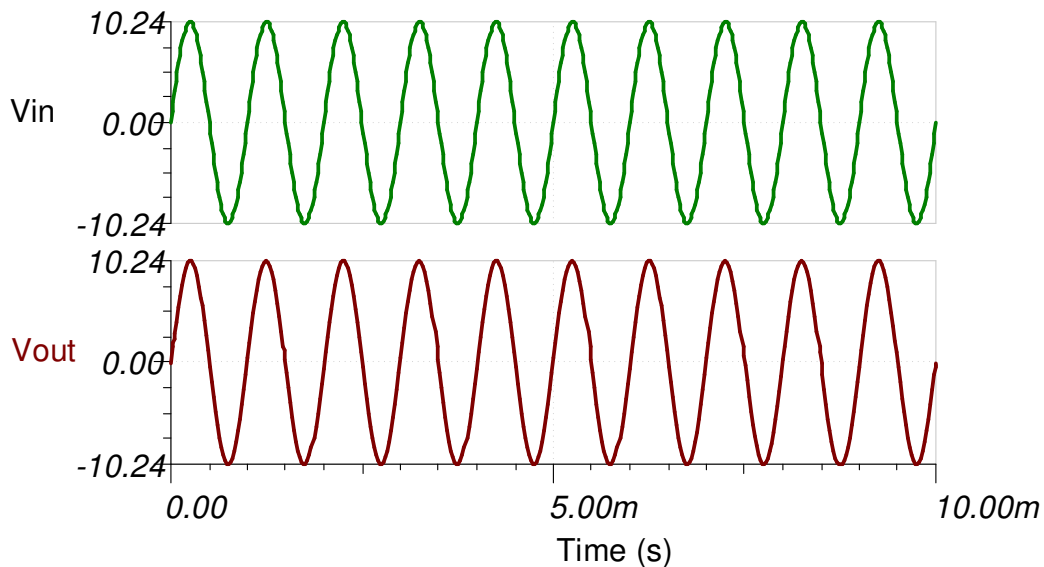
## AC 伝達特性

INA149 での帯域幅のシミュレーション結果はゲイン =  $1\text{V/V}$  (0dB) で 505kHz です。INA828 の帯域幅シミュレーション結果はゲイン 0dB で 1.78MHz です。どちらの帯域幅シミュレーション結果も、それぞれのデータシートとよく一致しています。この件の詳細については、[アンプの帯域幅ビデオ シリーズ](#)を参照してください。

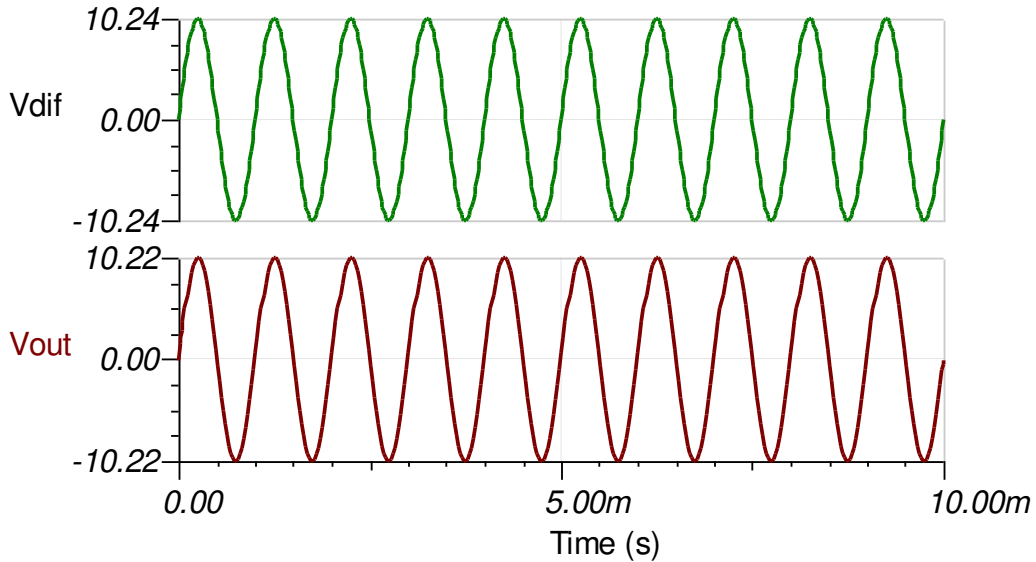


### ADC 過渡入力電圧セトリング シミュレーション

差動入力電圧範囲  $\pm 10.24\text{V}$ 、同相電圧  $275\text{V}$  で INA149 をシミュレーションしました。以下の TINA シミュレーションは、INA149 での差動入力とシングルエンド出力を示しています。本デバイスは同相電圧  $200\text{V}$  で問題なく動作します。



差動入力電圧範囲  $\pm 10.24\text{V}$ 、同相電圧  $7.75\text{V}$  で INA828 をシミュレーションしました。以下の TINA シミュレーションは、INA828 での差動入力とシングルエンド出力を示しています。



### ノイズ シミュレーション

このセクションでは、INA149 と INA828 の簡易なノイズ計算を示します。シミュレーション結果は計算結果とよく一致しています。アンプのノイズ計算の詳しい理論については『Op Amps: Noise 4』を、データコンバータのノイズについては『Calculating the Total Noise for ADC Systems』を参照してください。

INA149 integrated noise :

$$E_{n\text{INA149}} = e_{ni} \sqrt{f_c \cdot K_n} = (550\text{nV} / \sqrt{\text{Hz}}) \sqrt{505\text{kHz} \cdot 1.57} = 489\mu\text{V}_{\text{RMS}}$$

INA828 integrated noise :

$$E_{n\text{INA828}} = \text{Gain} \sqrt{e_{ni}^2 + e_{no}^2} \sqrt{f_c \cdot K_n} = (1) \sqrt{(7\text{nV} / \sqrt{\text{Hz}})^2 + (90\text{nV} / \sqrt{\text{Hz}})^2} \sqrt{1.78\text{MHz} \cdot 1.57} = 151\mu\text{V}_{\text{RMS}}$$

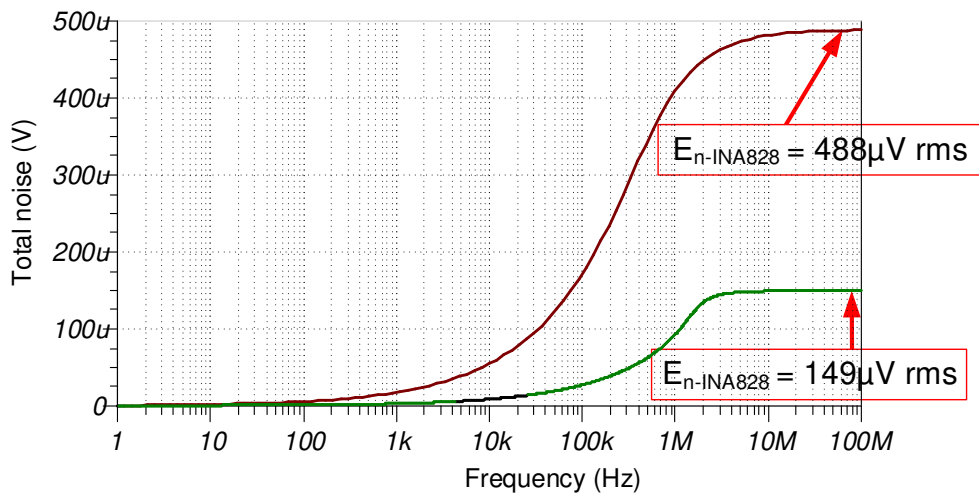
ADS8688 には 15kHz の 2 次 LPF が内蔵されています。このフィルタは、計装アンプのノイズを大幅に低減します。

INA149 integrated noise :

$$E_{n\text{INA149}} = e_{ni} \sqrt{f_c \cdot K_n} = (550\text{nV} / \sqrt{\text{Hz}}) \sqrt{15\text{kHz} \cdot 1.22} = 74.4\mu\text{V}_{\text{RMS}}$$

INA828 integrated noise :

$$E_{n\text{INA828}} = \text{Gain} \sqrt{e_{ni}^2 + e_{no}^2} \sqrt{f_c \cdot K_n} = (1) \sqrt{(7\text{nV} / \sqrt{\text{Hz}})^2 + (90\text{nV} / \sqrt{\text{Hz}})^2} \sqrt{15\text{kHz} \cdot 1.22} = 12.2\mu\text{V}_{\text{RMS}}$$



## 使用デバイス

デバイス	主な特長	リンク	他の使用可能デバイス
ADS86XX	分解能 16 ビット、4/8 チャンネル MUX、SPI、サンプルレート 500ksps、オンチップ 4.096V リファレンス	バイポーラ入力範囲に対応、16 ビット、500kSPS、8 チャンネル、単一電源電圧、SAR ADC	A/D コンバータ (ADC)
INA149	BW 500kHz、極めて広い VCM、優れた非直線性	同相電圧が高い差動アンプ	完全差動アンプ
INA828	BW 2MHz、低消費電力、ノイズ 12nV/√Hz	50μV オフセット、7nV/√Hz ノイズ、低消費電力、高精度計測アンプ	計測アンプ

## 主要なファイルへのリンク

テキサス・インスツルメンツ、[SBAC224 ソース ファイル](#)、ソフトウェア サポート

## 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](#)、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