

Application Note

ゲートドライバの単一入力、デッドタイム、内蔵ダイオード機能の利点



Walter Zollinger

概要

このアプリケーション ノートでは、単一入力、イネーブル、調整可能なデッドタイム、ブートストラップ ダイオードの機能と、家電製品やモーター ドライブなどの関連アプリケーションに対応するテキサス インストルメンツ (TI) のハーフ ブリッジ ゲートドライバを取り上げています。単一入力または調整可能なデッド タイム機能を備えたゲートドライバは、必要なマイコンリソースが少なく済み、設計の複雑さを簡素化するのに役立ちます。これらのデバイスは、外部部品点数の低減を通じて、ゲートドライバのコスト効率の向上にも役立ちます。表 4-1 このアプリケーション ノートで説明したデバイスの機能間の要約の比較を、に示します。

目次

1 はじめに.....	2
2 主な特長.....	2
2.1 単一入力能力.....	2
2.2 イネーブルおよびシャットダウン入力.....	3
2.3 デッド タイムとインターロック.....	4
2.4 ブートストラップ ダイオードを内蔵.....	5
3 アプリケーションに関する考慮事項.....	6
4 まとめ.....	8
4.1 デバイス サマリー.....	8
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

ゲートドライバ デバイスには多くの主な機能があり、最終アプリケーションの性能と設計を向上させることができます。これらの機能のうち 4 つは、単一入力機能、イネーブルまたはシャットダウン入力、デッド タイムとインターロック、内蔵ブートストラップ ダイオードです。

2 主な特長

2.1 単一入力能力

独立した入力を持つハーフ ブリッジ ゲートドライバでは、ローサイド入力によってローサイドトランジスタの出力のみが制御され、ハイサイド入力によってハイサイドトランジスタの出力のみが制御されます。シングル入力ゲートドライバは、パルス幅変調 (PWM) 信号で駆動される 1 つのピンで 2 つの出力を制御します。PWM 入力信号が Low のとき、ローサイド出力は High に駆動され、ハイサイド出力は Low に駆動されます。PWM 入力信号が High のとき、ハイサイド出力は High に駆動され、ローサイド出力は Low に駆動されます。これは、図 2-1 に示すとおりです。

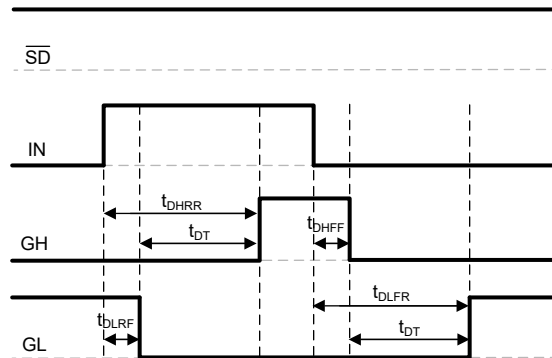


図 2-1. LM2104 シングル入力ハーフブリッジ ゲートドライバのタイミング図

利用可能な PWM または汎用入出力 (GPIO) ピンの数が限られているマイコンを使用するアプリケーションでは、単一の PWM 入力機能を持つゲートドライバにより、必要なコントローラ出力の数が半分に低減されます。これにより、単一入力ドライバはマルチフェーズアプリケーションで特に有用です。たとえば、3 つのシングル入力ハーフブリッジドライバで駆動される 3 相ブラシレス DC モーター (BLDC) システムでは、3 つのマイコン PWM 出力ピンのみを使用しますが、これらは独立した入力を備えた 3 つのゲートドライバを制御するために必要な 6 本の出力ピンではありません。

PWM 出力数の少ないマイコンを使用すると、コストと基板面積を節約できます。また、シングル入力ゲートドライバは、ハイサイドとローサイドの両方の入力にフィルタを必要とする独立した入力デバイスに比べて、必要な場合は 1 つの入力フィルタを使用するだけで入力ノイズをフィルタリングすることができるため、コストと基板面積を削減できます。

LM2104 シングル入力ピンおよび独立シャットダウン ピンには、単一 PWM 入力ピン付きの LM2104 が示されています。ゲートドライバに独立したハイサイド入力と反転ローサイド入力がある場合、LM2103 を使用して、図 2-2 に示すように、2 つの入力を互いにブリッジ接続して単一の PWM 入力として使用できます。

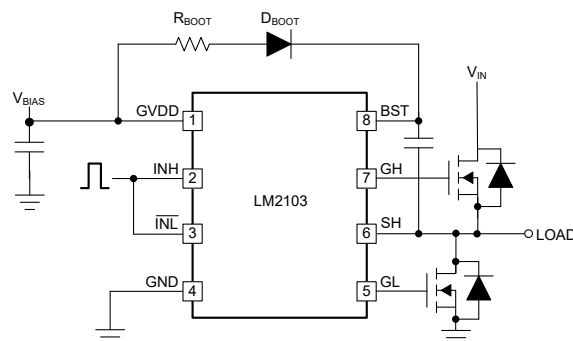


図 2-2. 反転入力と非反転入力を単一入力として使用する方法

2.2 イネーブルおよびシャットダウン入力

イネーブルまたはシャットダウン ピンを備えたゲートドライバを使用すると、入力信号に関係なくシングル ピンでハーフブリッジドライバの両方の出力をオフにできる柔軟性が得られます。この機能は、障害に対する迅速な応答を優先事項とするシステムで役立ちます。イネーブルまたはシャットダウン ピンを使用して、ゲートドライバの出力を迅速にローに切り替え、障害が検出された場合は **PWM** 入力をディセーブルして、システムを定常状態に移行できます。イネーブルまたはシャットダウン ピンなしにオフ状態 (**HO** と **LO** の両方 **OFF**) を生成したり、デバイスをパワーダウンしたりすることができないため、この機能は、単一の **PWM** 入力を備えたハーフブリッジドライバにも重要です。シャットダウン ピンまたはイネーブルピンは、デバイスに応じて反転または通常のロジックを持つことができます。

多相パワー コンバータではこの機能を使うと、負荷条件に応じて未使用の位相をオンまたはオフに切り替えることもできます。軽負荷時にスイッチング損失が大きい場合は追加位相をシェディングし、重負荷時の各相での導通損失を減らすために位相を追加することで、効率が向上します。また、イネーブルまたはシャットダウン ピンを使用して、スイッチングが必要ないときにゲートドライバをシャットダウンすることで、スタンバイ消費電流を低減することもできます。

図 2-3 に、単一の **PWM** 入力と反転シャットダウン ピンに対応したゲートドライバの例として **LM2104** を示します。

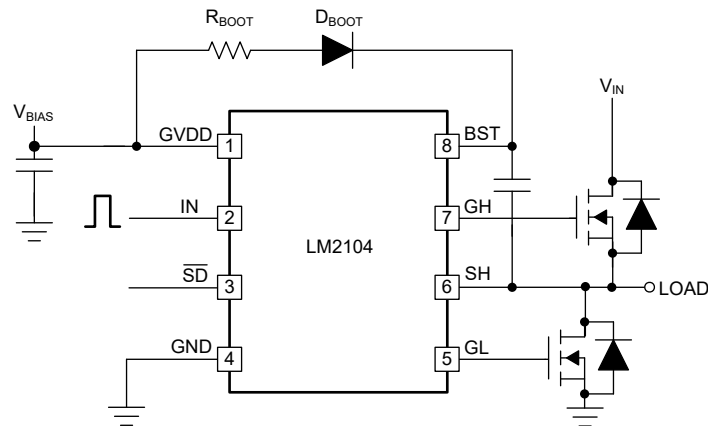


図 2-3. LM2104 単一入力ピンおよび独立シャットダウン ピン

2.3 デッド タイムとインターロック

独立したハイサイドとローサイドの入力制御を持つゲートドライバを使用するアプリケーションでは、通常、ドライバの入力信号にデッドタイムを追加して、出力トランジスタ間のクロス導通（貫通）を防止します。貫通電流が原因で過剰な電流が流れたり、出力トランジスタや PCB が損傷したりする可能性があるため、このクロス導通保護は重要です。

入力インターロックは、**LM5108** などのゲートドライバ機能であり、2 つの入力信号が同時に High の場合、ハイサイドおよびローサイド出力をオフにします。この機能は、入力の貫通電流条件（ノイズなど）をフィルタ処理します。入力インターロックは入力のオーバーラップのみを制御し、出力ピンの立ち上がり時間と立ち下がり時間を考慮できないため、出力スイッチング速度を補償するために入力信号にデッドタイムを追加する必要があります。たとえば、ハイサイドとローサイドの入力信号がデッドタイムなしで互いに正確に反対している場合、出力の立ち上がり時間と立ち下がり時間中に貫通電流条件が発生する可能性があります。例外として、**LM5104** であり、適応型遅延システムを出力に使用し、適応型の出力デッドタイムを挿入することで、立ち上がりおよび立ち下がり時間の間に出力がオーバーラップすることを防止しています。

固定の内部デッドタイムを持つゲートドライバは、一方の出力の立ち下がりエッジと他方の出力の立ち上がりエッジの間に短い固定時間を挿入します。これにより、外付け設定抵抗を追加することなく基本的な貫通電流保護が実現されます。**LM2103** および **LM2104** は、**475ns**（標準値）の固定デッドタイムを提供します。

調整可能またはプログラム可能なデッドタイムは、一部のゲートドライバ機能であり、通常は専用のデッドタイム調整ピンに抵抗を接続することで設定します。固定のデッドタイムに比べると、調整可能なタイミングではデッドタイムを最小化する柔軟性が高く、効率を最適化すると同時に、貫通電流を防止できます。モータドライブアプリケーションでは、プログラム可能なデッドタイムによって、パワーデバイス間のスイッチング遷移の制御を強化することができるため、スイッチング損失の低減、出力過渡の改善、各種モータや動作条件への適応機能などの利点が得られます。**LM5104** のデッドタイムは、**10kΩ** と **100kΩ** の間の抵抗値によって設定できるため、[図 2-4](#) に示すように、設定抵抗に比例した実効デッドタイムを **90ns** ～ **200ns** の範囲内で得られます。**LM5105** および **LM5106** のデッドタイムは、**10kΩ** ～ **100kΩ** の抵抗値で設定でき、**10kΩ** ～ **150kΩ** のタイミング範囲を示す [図 2-5](#) に示すように、**86ns** ～ **510ns** 遅延を設定することもできます。

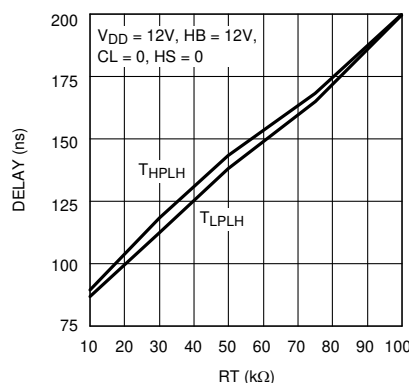


図 2-4. LM5104 デッドタイムと RT 抵抗値との関係

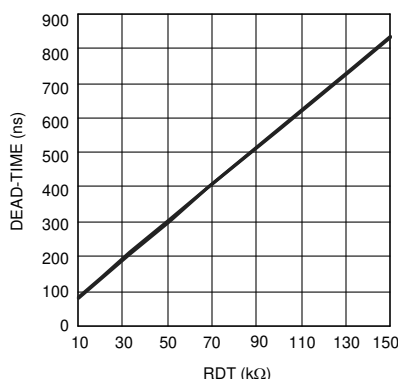


図 2-5. LM5105 および LM5106 デッドタイムと RT 抵抗値との関係

デッド タイムが調整可能または固定であり、インターロック制御機能を搭載したゲートドライバを使用すると、複数の PWM 出力信号間で安全なデッド タイムを維持するためにマイコンが不要になり、マイコンのタイミング ロジックを効率化できます。調整可能なデッド タイム機能により、マイコンのプログラミングを変更する必要がなく、デッド タイム設定抵抗を変更するだけでタイミングを簡単に変更できます。

2.4 ブートストラップ ダイオードを内蔵

ハーフ ブリッジドライバの場合、ハイスайдトランジスタをオンにするには、スイッチ ノードを基準とするフローティング バイアス電源が必要です。このバイアス電源は通常、抵抗、ダイオード、コンデンサを使用してブートストラップ回路を使って生成されます。ブートストラップ回路と部品の選択ガイドの詳細については、「[ハーフ ブリッジ構成のブートストラップ回路の選択](#)」を参照してください。ブートストラップ ダイオードを内蔵したゲートドライバにより、外部ブート ストラップ ダイオードおよび抵抗部品が不要になるため、ドライバ設計の簡素化と、コストと基板面積の削減が可能になります。図 2-6 に、ブートストラップ ダイオードを内蔵した LM2105 ゲートドライバの例を示します。

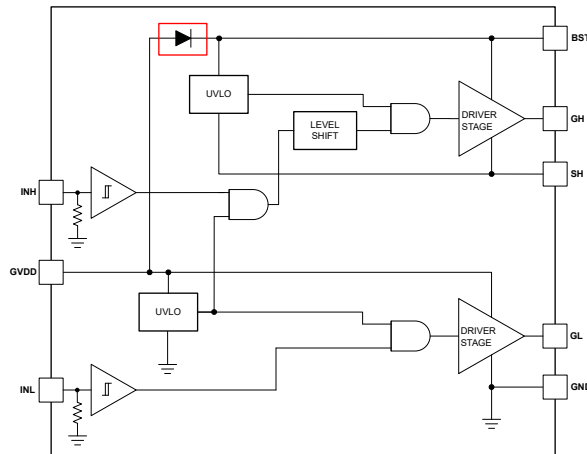


図 2-6. LM2105 ブートストラップ ダイオードを内蔵したブロック図

3 アプリケーションに関する考慮事項

コードレス電動工具や、モータードライブを搭載した他の家電製品などの家電製品では、設計上の重要な検討事項としてコスト、全体的な設計サイズ、使いやすさを挙げることができます。デバイス仕様に関する考慮事項には、最大ブートストラップ電源電圧、負電圧の過渡処理、ゲートドライバの VDD 電源電圧、低電圧誤動作防止、駆動電流を含めることができます。単一入力機能、イネーブルまたはシャットダウンピン、固定または調整可能なデッドタイム、インターロック、ブートストラップダイオード機能内蔵の各種ゲートドライバを比較するには、表 4-1 を参照してください。図 3-1 は、コードレス掃除機などのアプリケーションの複数の BLDC、永久磁石同期モータ (PMSM)、またはブラシ付き DC (BDC) モータの制御にゲートドライバを使用できる場所を示しています。

LM5106 または LM2105 などの 100V ハーフブリッジドライバは、小型の家電製品モータードライブアプリケーション向けの設計を採用しています。LM5106 は、118V の高い絶対最大ブートストラップ電源電圧を実装しており、12V ~ 48V のモータ駆動電源を使用する 12V VDD システムで 100% のスイッチング電圧過渡マージンを実現できます。1.2A のソース電流と 1.8A のシンク電流は DC モーター駆動スイッチング周波数用に設計されたもので、LM5106 は単一の PWM 入力、イネーブル入力、調整可能なデッドタイムを備えており、小型の 4x4mm WSON または 3x3mm VSSOP パッケージに収められています。

設計全体のサイズが主要な懸念事項である場合、LM2105 は小型の 2x2mm WSON パッケージで、ブートストラップダイオードを内蔵します。リード付きパッケージが必要な場合は、5x4mm の SOIC パッケージが利用可能で、外付けのブートストラップダイオードおよび抵抗が不要なため、全体のフットプリントを低減できます。また、LM2105 は、標準的な 12V~48V のモータ駆動システムに対して十分な最大 HS ピン電圧マージンを提供し、大きな負の過渡に対応するための高 -19.5V の負電圧にも対応できます。

Cordless vacuum cleaner

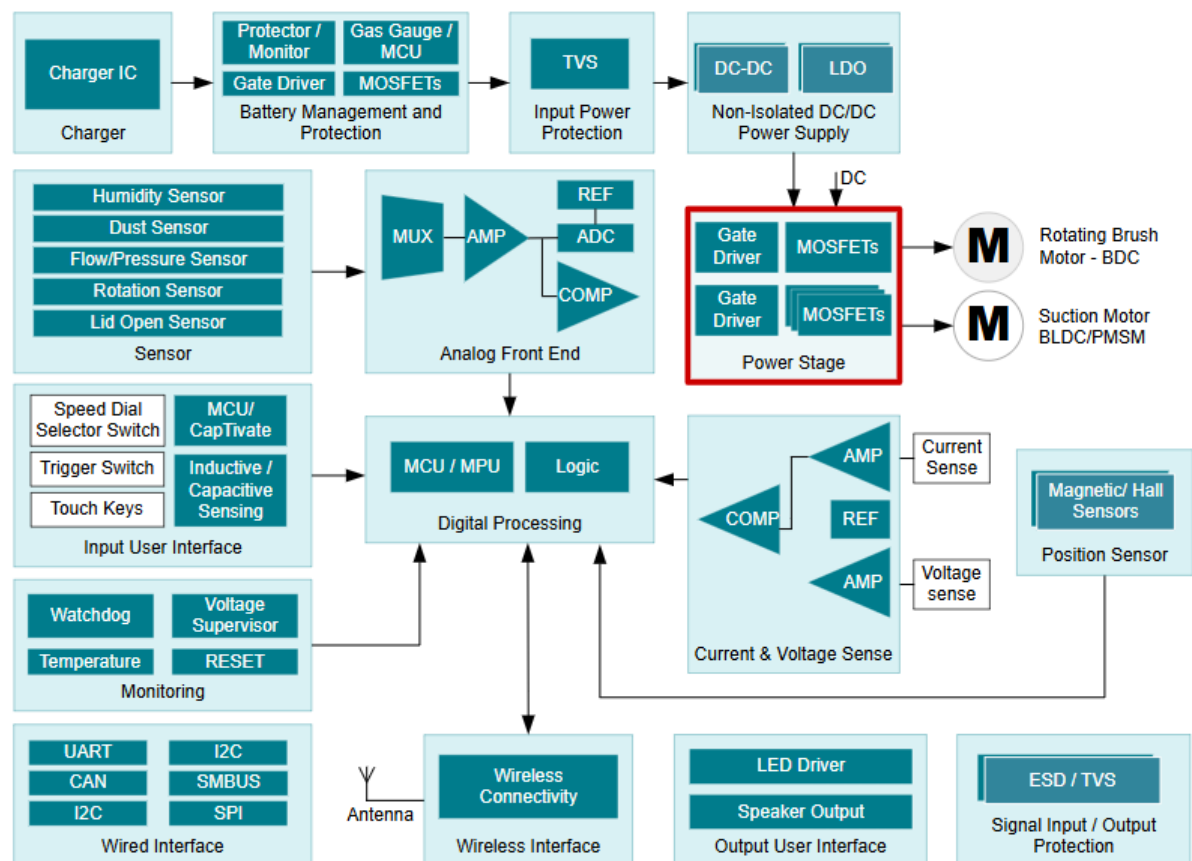


図 3-1. コードレス掃除機家電のブロック図

モータードライブ アプリケーションの詳細については、「[DC モーター ドライブ用のゲートドライバを選択する方法](#)」をご覧ください。

4 まとめ

表 4-1 このアプリケーション ノートで説明したように、アプリケーションに適したドライバを選定する際に一般的に検討する、ゲートドライバの仕様と機能を掲載しています。各ドライバの仕様と特長の詳細については、デバイスのデータシートを参照してください。

4.1 デバイス サマリー

表 4-1. ゲートドライバ機能の比較表

特長	LM5104	LM5105	LM5106	LM5108	LM2005	LM2103	LM2104	LM2105
絶対最大ブ ーストラップ電 源電圧	118V	118V	118V	110V	107V	107V	107V	107V
絶対最大最 小 HS 過渡 電圧	-1V	-5V (1)	(1)	-7V (2)	-19.5V (2)	-19.5V (2)	-19.5V (2)	-19.5V (2)
入力タイプ	シングル入力	シングル入力	シングル入力	デュアル入力	デュアル独立 入力	反転入力、非 反転入力	シングル入力	デュアル独立 入力
デッド タイム またはインタ ーロック保護 機能	可変デッド タイ ム (90ns ~ 200ns)、適応 型遅延	可変デッド タイ ム (80ns ~ 570ns)	可変デッド タイ ム (86ns ~ 510ns)	インターロック	いいえ	デッド タイム (475ns)	デッド タイム (475ns)	いいえ
ブートストラッ プ ダイオード を内蔵	あり	あり	いいえ	あり	あり	いいえ	いいえ	あり
パッケージ	5 × 4mm SOIC 4 × 4mm WSON	4 × 4mm WSON	4 × 4mm WSON 3 × 3mm VSSOP	3 × 3mm SON	5 × 4mm SOIC 2 × 2mm WSON	5 × 4mm SOIC	5 × 4mm SOIC	5 × 4mm SOIC 2 × 2mm WSON
ソース/シンク 電流	1.6A/1.8A	1.8A/1.6A	1.2A/1.8A	1.6A/2.6A	0.5A/0.8A (2)	0.5A/0.8A (2)	0.5A/0.8A (2)	0.5A/0.8A (2)
UVLO	6.9V	6.9V	6.9V	5V	8.15V	8.15V	8.15V	4.6V
絶対最大 VDD 電圧	18V	18V	18V	20V	19.5V	19.5V	19.5V	19.5V
イネーブルま たはシャットダ ウン入力	いいえ	イネーブル入 力	イネーブル入 力	イネーブル入 力	いいえ	いいえ	シャットダウン 入力	いいえ

1. HS で負の過渡が発生する場合、HS 電圧を VDD - 15V より負にすることはできません。たとえば、VDD = 10V の場合、HS での負の過渡は -5V を超えないようにする必要があります。
2. 値は特性評価によって検証されたものであり、出荷時のテストは行っていません。

5 参考資料

- テキサス インスツルメンツ、「[DC モータードライブ用のゲートドライバの選択方法](#)」アプリケーションノート。
- テキサス インスツルメンツ、「[UCC28063 に対する外部位相制御回路の適用](#)」、アプリケーションノート。
- テキサス インスツルメンツ、「[MOSFET の電力損失と、それらの損失が電源効率に与える影響](#)」、アナログ アプリケーション ジャーナル。
- テキサス インスツルメンツ、「[ハーフ ブリッジ構成用のブートストラップ回路の選択](#)」、アプリケーション ノート。

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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

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 © 2025, Texas Instruments Incorporated