

Application Note

軽量電気自動車 (LEV) での非絶縁型ゲートドライバの波に乗る



Jeremiah Vo

概要

燃料が高価な地域や道路が非常に混み合っている地域では、自転車、オートバイ、スクーターがよく利用されています。セダンやトラックなどの一般的な車両で進んでいる電動化は、2 輪車や 3 輪車にも広がっています。電動自転車や電動スクーター、その他の電動 2〜3 輪車は、軽量電動車 (LEV) と呼ばれます。このような最終製品では非絶縁ゲートドライバが一般的であり、このアプリケーション ノートでは、バッテリー パック、DC / DC コンバータ、モーター ドライブ、車載または外部充電器を対象とできる、テキサス インスツルメンツの非絶縁ゲートドライバの概要を紹介します。

目次

1 はじめに.....	2
2 LEV におけるゲートドライバ.....	2
3 軽量電気自動車システムの概要.....	3
4 主力製品.....	7
5 まとめ.....	9
6 参考資料.....	9

図の一覧

図 3-1. オフボード充電器向けのインターリーブ方式ブースト PFC の例.....	3
図 3-2. 代表的なバッテリー パックトポロジ.....	4
図 3-3. 代表的な 96V〜12V の DC/DC コンバータトポロジ.....	5
図 3-4. 代表的な 48V ~ 12V の DC/DC トポロジ.....	5
図 3-5. 代表的なモーター ドライブ段トポロジ.....	6

表の一覧

表 4-1. LEV サブシステムの主力製品.....	7
-----------------------------	---

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

通りの混雑が進み、電動化が一般的になるにつれて、消費者の間では軽量の電気自動車 (LEV) が人気になりました。新しい LEV を購入する場合、LEV には次のような特性があります：

- **電力密度:** LEV は小型のフォーム ファクタを持っているため、狭い道や混雑した道路でも走行できます。自動車が小型化すると、PCB はスペースを最適化する必要があります。TI には、小型パッケージで高い駆動電流を使用するゲートドライバがあり、限られたスペースでも高効率かつ高性能を実現できます。
- **堅牢性:** 大雨の中でも強い日差しの下でも、変化する環境に耐えられる LEV であることが求められます。TI には、高い VDD オプションや負電圧への耐性を備えた幅広いゲートドライバがあり、堅牢性と信頼性の向上に貢献します。これらはすべて充実したカスタマー サポートによって支えられており、TI のゲートドライバを安心して設計に組み込むための信頼感につながります。
- **低コスト化:** LEV の普及が進んでいる大きな要因の一つは、従来の自動車と比べてコストが低いことです。TI には、コスト最適化されたデバイスで高い性能を発揮し、さらに部品表 (BoM) のコストやサイズを削減できる便利な機能を備えたゲートドライバがあります。TI には競争力のあるウェブ価格もあり、エンジニアが高品質なデバイスを手頃な価格で購入することができます。

## 2 LEV におけるゲートドライバ

LEV の設計には、複数の成分が含まれています。性能は、DC / DC コンバータ システム、バッテリー パック、または LEV のモーター駆動ステージにおける設計上の選択によって左右されます。これらのサブシステムはそれぞれ、ゲートドライバが駆動するのに役立つパワー スイッチを備えています。スイッチは実際のスイッチングを行う部品で、電力伝達の大部分を処理します。MOSFET、IGBT、SiCFET、GaNFET のいずれの場合もあります。最後に、ゲートドライバはコントローラとスイッチの間に位置する役割を持ち、ゲートドライバの駆動力によってスイッチのオンとオフの速さが決まり、スイッチング損失を減らしてシステムの効率を高めることができます。

ローサイドドライバは、パワー スイッチがグランドを基準としている場合に使用されます。TI はシングル チャネルまたはデュアル チャネルのローサイドドライバを提供しており、これはゲートドライバが 1 つまたは 2 つのグランド基準のスイッチを動作させられるかどうかを示しています。ハーフブリッジドライバは、1 つのスイッチはグランドを基準として動作し、もう 1 つはフローティング電圧を持つスイッチ ノードを基準として動作します。最適なゲートドライバを選択するかどうかは、LEV バッテリーの電圧、システム要件、その他の設計要素によって決まります。

TI のゲートドライバには、非絶縁型と絶縁型のバリエーションがあります。絶縁型ドライバは、高電圧差動機器での使用に対するバリアを提供し、部品と人の両方を保護します。非絶縁ゲートドライバは、そのような電位差がない場合、またはシステム最適化のために外付けアイソレータと併用する場合に使用されます。システム内で電力スイッチがどこに配置されているか(グランドに接続されているのか、浮遊電圧を基準にしているのか) によって、これらの FET に対応する TI のゲートドライバの種類が変わります。

LEV のバッテリー電圧は必要となるハーフブリッジのバス電圧を決定します。多くのメーカーは電源電圧に余裕を持たせることを好むためです。12V または 48V のバッテリーの場合、多くの設計エンジニアは、LM2105 や UCC27301A-Q1 などの VHB 定格 107V または 120V のハーフブリッジドライバを求めています。96V バッテリーでは、UCC27834-Q1 などの 230V VHB のハーフブリッジドライバが必要です。UVLO や過電流保護などの機能は、偶発的な損傷からスイッチを保護し、システム効率を向上させ、システムの信頼性を向上させるのに役立ちます。システムに最適なゲートドライバを選ぶことで、各部品の性能を最大限に引き出し、高性能を手頃なコストで維持することができます。

### 3 軽量電気自動車システムの概要

LEV にはいくつかの種類があり、電動自転車 (e-bike)、電動スクーター (e-scooter)、電動オートバイ (e-motorcycle) などがあります。E-bike は最も電力が低く、航続距離も短いですが、よりコンパクトな設計になっています。その次に位置するのが e-scooter で、航続距離と出力は中程度ですが、設計はやや大きくなっています。さらにその後が続くのが e-motorcycle で、航続距離と出力が最も大きい一方、最もかさばる設計になっています。

LEV システムは複数のステージで構成されています: DC/DC コンバータ、モーター駆動ステージ、バッテリーパック、そして車載または外部の充電器があります。非絶縁ゲートドライバは、統合型モータードライバよりも高い駆動電流が必要な場合、すべてのステージに配置されます。非絶縁ゲートドライバは、スマートモータードライバよりもディスクリート実装が望まれる場合に、FET を駆動するための代替手段として検討することができます。

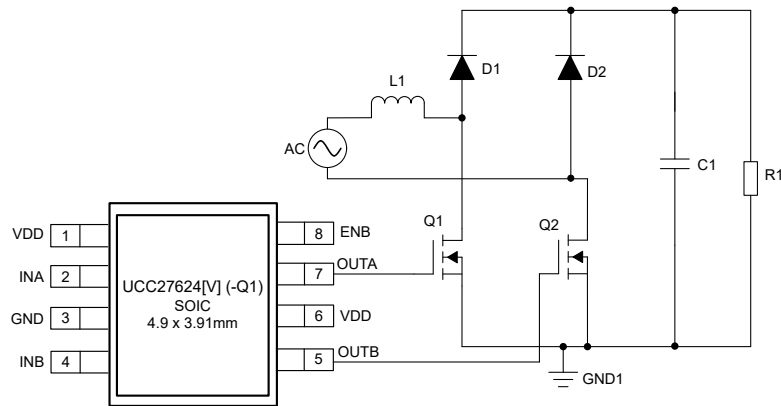


図 3-1. オフボード充電器向けのインターリーブ方式ブースト PFC の例

オフボード充電では、LEV は外部の電力変換用ウォールボックスやモジュールと組み合わせて使用されます。オフボードチャージャの場合は、電力レベルが高くなり、時には 1kW を上回ることがあります。LEV の急速充電器は、家庭用のガレージ壁面充電器や公共の充電ラック / 急速充電器などから、電力網の AC 電圧を受け取り、充電器内で AC 電圧を DC 電圧へ変換して、LEV のバッテリーを充電します。この電圧は一定の値に調整し、維持され、パワーファクタ補正が行われることで、性能と効率が向上します。高効率で駆動する目的で、UCC27624 などの非絶縁型ゲートドライバを使用できます。LEV 用バッテリー充電器では、産業用グレードの代わりに自動車用グレードの部品が使用されることもあります。TI には、産業用グレードと自動車用グレードの両方で多数のデバイスをそろえた、非絶縁ゲートドライバのラインアップがあります。

車載充電器 (OBC) は、より低いバッテリー電圧や低出力のシステムで一般的に使用されます。通常、これらの OBC は PFC 段と DC/DC 変換段を LEV 上に構築します。詳細については、[高性能の非絶縁型ゲートドライバを使用した次世代の xEV オンボードチャージャと DC/DC コンバータの駆動](#)を参照してください。

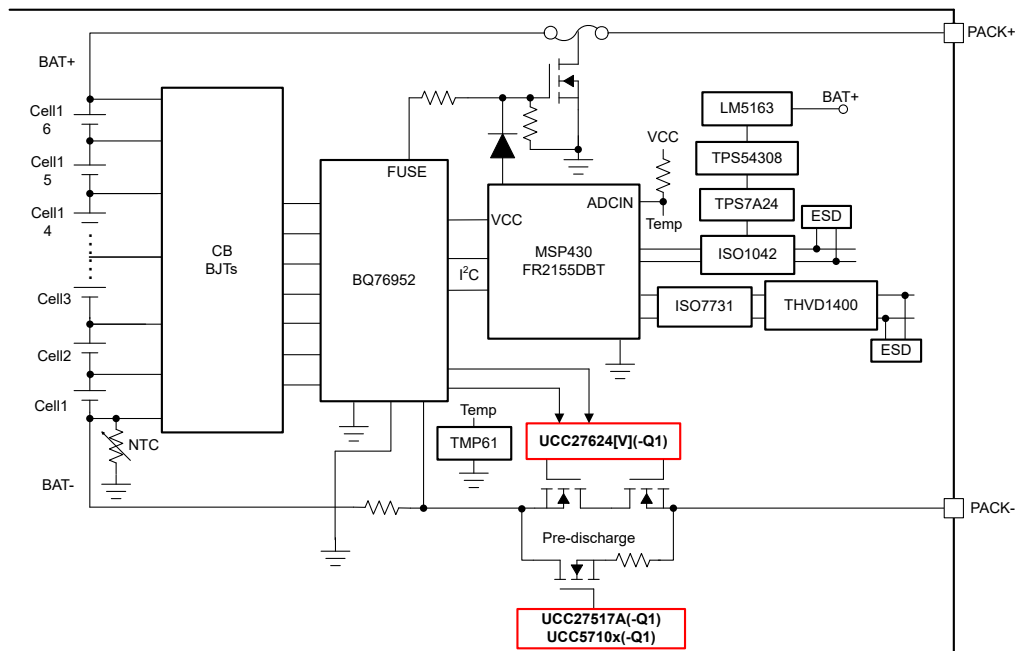


図 3-2. 代表的なバッテリー パックトポロジ

LEV のバッテリー パックは、DC/DC コンバータを使用してモーターに電力を供給するのに役立ちます。これらのバッテリー パックは、加速時にモーターへ十分に高い電圧を供給できる必要がありますが、長時間の使用や周囲温度が高い環境でも過熱しないようにしなければなりません。さらに、バッテリーは航続距離を伸ばすために大容量である必要がありますが、その一方でバッテリーの重量も考慮する必要があります。そのため、高効率で電力密度の高いバッテリーが不可欠であり、非絶縁ゲートドライバがその実現に役立ちます。UCC27624-Q1 のようなデュアル チャネル ローサイドドライバを使用して、大きなバッテリーで複数の FET を駆動できます。UCC27517A-Q1 のような小型のローサイドドライバは、バッテリー放電 FET を迅速にスイッチングすることで、短絡や過電流応答時間を最小限に抑えるのに役立ちます。詳細については、TI の [16s バッテリーパックのリファレンス デザインをご覧ください](#)。大容量アプリ向けのローサイド MOSFET 制御を備えたリファレンス デザインでは、UCC27524 が示されていますが、現在は UCC27624、UCC27624V、UCC27624-Q1、UCC27624V-Q1 とピン互換になっています。図 3-2 また、E2E フォーラムの投稿もご覧ください：[\[FAQ\] 非絶縁型ゲートドライバを使用すべきバッテリー アプリケーションとは？](#)

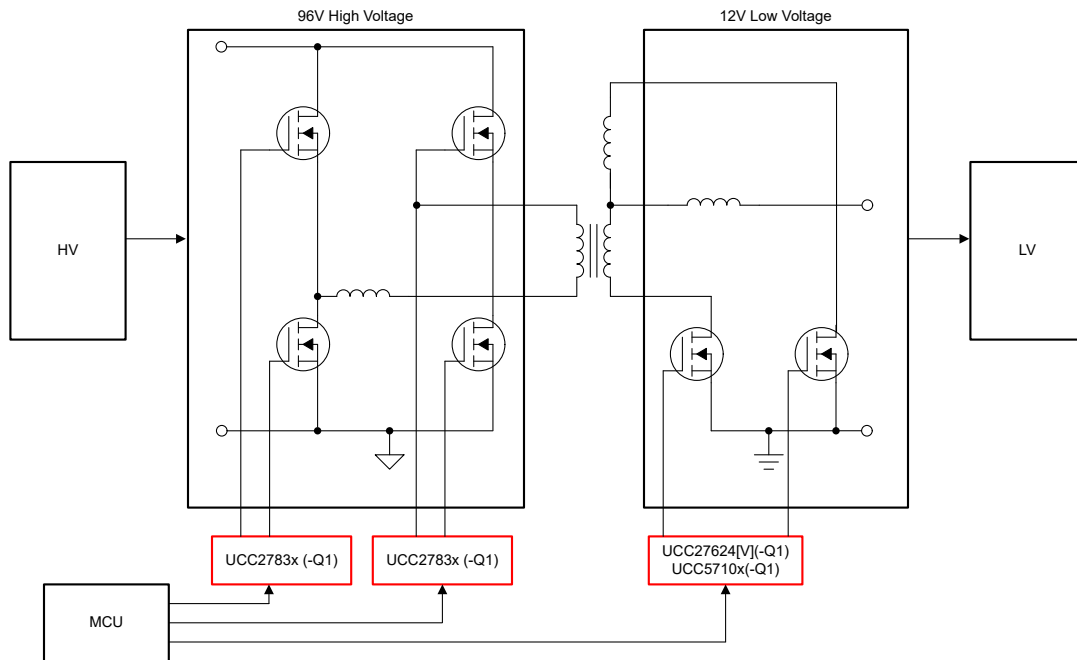


図 3-3. 代表的な 96V～12V の DC/DC コンバータトポロジ

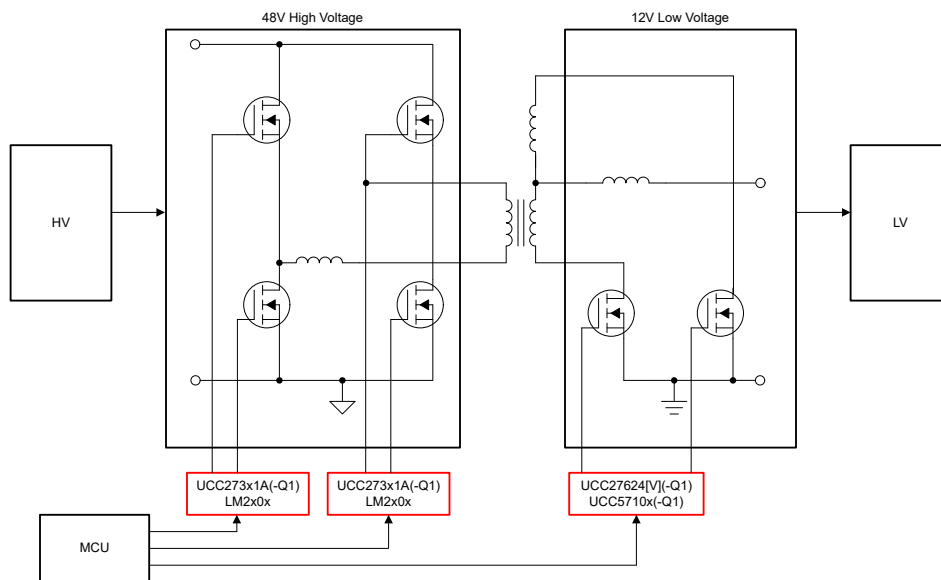


図 3-4. 代表的な 48V ～ 12V の DC/DC トポロジ

DC-DC サブシステムには、高電圧から低電圧への DC-DC 変換が含まれており、通常は 96V、72V、48V といった高電圧バッテリーを 12V に降圧して、ライト、ホーン、その他の小さな電装部品に電力を供給します。この段では、選択する部品にとって、高い電力密度、信頼性、効率が重要な要素になります。もう一つの考慮点は、ハーフブリッジゲートドライバのハイサイドにあるブートストラップ供給ピンの電圧です。これは十分な電圧マージンを確保する必要があり、通常はバッテリー電圧のおよそ 2 倍が必要になります。適切なバッテリーレベルで FET を迅速にスイッチングすることは、ゲートドライバにとって重要です。TI の [UCC27834-Q1](#) は、96V および 72V システム用の 230V VHB を、UCC27301A-Q1 または LM2105 は 48V バッテリーシステム用にそれぞれ 120V VHB と 107V VHB を供給します。

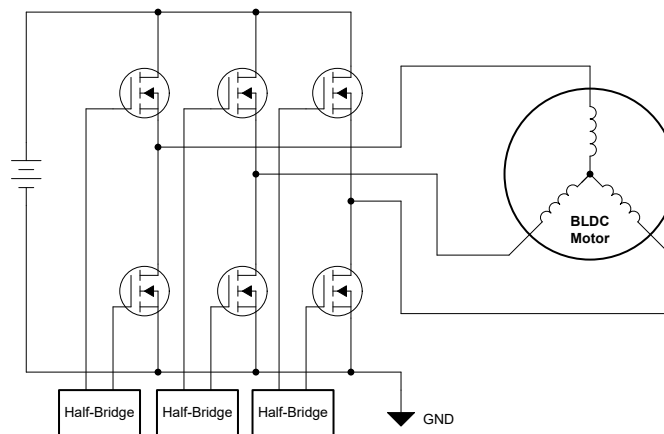


図 3-5. 代表的なモータードライブ段トポロジ

LEV のモータードライブ段は、モーターのバッテリーパックから電気エネルギーを受け取り、このバッテリーは LEV のホイールを回転させます。LEV で一般的に使用されるトポロジの 1 つは、BLDC モーターです。このトポロジでは、ゲート ドライバは各相の 2 つの FET を駆動し、3 相ブラシレス モーターの各相をグランドまたは電源電圧へと切り替えます。LM2105 や UCC27301A-Q1 などの 3 つのハーフブリッジドライバを使用すると、ドライバを FET のできるだけ近くに配置してノイズを最小限に抑えることができます。また、LM2105 の 2×2mm パッケージなどの小型パッケージは PCB サイズを縮小するため、設計を最適化できます。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 主力製品

表 4-1. LEV サブシステムの主力製品

サブシステム	構成	スイッチ タイプ	ジェネリック型番	説明
バッテリー パック	ローサイド 2 チャンネル	MOSFET	<a href="#">UCC27624-Q1</a>	4V UVLO 搭載、30V、5A/5A、デュアル チャンネル、ローサイドドライバ
		IGBT	<a href="#">UCC27624V-Q1</a>	8V UVLO 搭載、30V、5A/5A、デュアル チャンネル、ローサイドドライバ
		MOSFET	<a href="#">UCC27444-Q1</a>	4V UVLO 搭載、20V、4A/4A、デュアル チャンネル、ローサイドドライバ
	ローサイド 1 チャンネル	MOSFET	<a href="#">UCC27517A-Q1</a>	5V UVLO 搭載、20V、4A/4A、シングル チャンネル、ローサイド
		SiC	<a href="#">UCC57102-Q1</a>	30V 3A/3A 12V UVLO と DESAT 保護機能を搭載したローサイドゲートドライバ
DC/DC コンバータのステージ	ローサイド 2 チャンネル	MOSFET	<a href="#">UCC27624-Q1</a>	4V UVLO 搭載、30V、5A/5A、デュアル チャンネル、ローサイドドライバ
		IGBT	<a href="#">UCC27624V-Q1</a>	8V UVLO 搭載、30V、5A/5A、デュアル チャンネル、ローサイドドライバ
	ローサイド 1 チャンネル	MOSFET	<a href="#">UCC27614-Q1</a>	30V、10A/10A のシングル チャンネル、ローサイドドライバ (4V UVLO 搭載)
	ハーフ ブリッジ	IGBT	<a href="#">UCC273x1A-Q1</a>	120V、3.7A/4.5A のハーフブリッジで、インターロック機能、内蔵ブートストラップ ダイオード、8V UVLO を搭載
			<a href="#">LM2005</a>	8V UVLO 搭載、ブートストラップ ダイオード内蔵、107V、0.5A/0.8A ハーフブリッジゲートドライバ
			<a href="#">UCC278x4-Q1</a>	230V、3.5A/4A のハーフブリッジゲートドライバで、100V/ns のノイズ耐性を搭載
		MOSFET	<a href="#">LM2105</a>	5V UVLO 搭載、ブートストラップ ダイオード内蔵、107V、0.5A/0.8A ハーフブリッジゲートドライバ

表 4-1. LEV サブシステムの主力製品 (続き)

サブシステム	構成	スイッチ タイプ	ジェネリック型番	説明
モーター ドライブ	ローサイド 1 チャンネル	SiC	<a href="#">UCC57102-Q1</a>	30V 3A/3A 12V UVLO を備えたローサ イド ゲートドライバ DESAT 保護
	ハーフ ブリッジ	MOSFET	<a href="#">LM2105</a>	5V UVLO 搭載、ブートストラ ップ ダイオード内蔵、 107V、0.5A/0.8A ハーフブ リッジ ゲートドライバ
		MOSFET	<a href="#">UCC27302-Q1</a>	120V、3.7A/4.5A のハーフ ブリッジで、インターロック機 能、内蔵ブートストラップ ダ イオード、5V UVLO を搭載
		IGBT	<a href="#">UCC273x1A-Q1</a>	120V、3.7A/4.5A のハーフ ブリッジで、インターロック機 能、内蔵ブートストラップ ダ イオード、8V UVLO を搭載
			<a href="#">UCC278x4-Q1</a>	230V、3.5A/4A のハーフブ リッジ ゲートドライバで、 100V/ns のノイズ耐性を搭 載
オンボード チャージャ / オフ ボード チャージャ	ローサイド 2 チャンネル	MOSFET	<a href="#">UCC27624-Q1</a>	4V UVLO 搭載、30V、 5A/5A、デュアル チャンネル、 ローサイドドライバ
	ローサイド 1 チャンネル	SiC	<a href="#">UCC57102-Q1</a>	12V UVLO と DESAT 保護 機能搭載、30V、3A/3A、ロ ーサイド ゲートドライバ
	ハーフ ブリッジ	IGBT	<a href="#">UCC273x1A-Q1</a>	120V、3.7A/4.5A のハーフ ブリッジで、インターロック機 能、内蔵ブートストラップ ダ イオード、8V UVLO を搭載
			<a href="#">UCC2773x-Q1</a>	3.5A/4A のドライブ強度と最 大 200V/ns のノイズ耐性を 備えた 700V ハーフブリッジ



## 5 まとめ

非絶縁型ゲートドライバは、多くの LEV 設計で一般的に使用されています。したがって、特定の設計に対して最適なパッケージ、電圧範囲、駆動電流、機能を備えたゲートドライバを選ぶことが重要になります。テキサス インスツルメンツには、LEV の主要な最終製品を対象とできる、幅広い非絶縁ゲートドライバのラインアップがあります。

## 6 参考資料

- テキサス インスツルメンツ、[電気自動車のオンボード チャージャ向けの力率補正設計](#)、アプリケーション ノート。
- テキサス インスツルメンツ、[ゲートドライブトランスを使用する理由](#)、アプリケーションノート。
- テキサス インスツルメンツ、[双方向 DC/DC コンバータのハーフブリッジ ゲートドライバの課題とソリューション](#)、アプリケーション ノート。
- テキサス インスツルメンツ、[レイアウトによる DC/DC 変換の効率の向上](#)、アプリケーションノート。
- テキサス インスツルメンツ、[各種力率補正 \(PFC\) トポロジのゲートドライバのニーズに関するレビュー](#)、アプリケーション ノート。
- テキサス インスツルメンツ、[TIDM-BIDIR-400-12](#)、リファレンス デザイン ページ。
- テキサス インスツルメンツ、[TIDA-00779](#)、リファレンス デザイン ページ。
- テキサス インスツルメンツ、[UCC27624-Q1](#)、製品ページ。
- テキサス インスツルメンツ、[UCC27614-Q1](#)、製品ページ。
- テキサス インスツルメンツ、[UCC27311A-Q1](#)、製品ページ。
- テキサス インスツルメンツ、[UCC27301A-Q1](#)、製品ページ。
- テキサス インスツルメンツ、[UCC27712-Q1](#)、製品ページ。
- テキサス インスツルメンツ、[UCC27734-Q1](#)、製品ページ。
- テキサス インスツルメンツ、[UCC27834-Q1](#)、製品ページ。
- テキサス インスツルメンツ、[UCC57102-Q1](#)、製品ページ。

## 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、TI は一切の責任を拒否します。

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