

Application Note

UCG2882x デバイスファミリーを使用した固定出力電圧フライバック の設計



Bing Lu

概要

UCG2882x は、AC から DC への電力変換用に 750V GaN 高電子移動度トランジスタ (HEMT) を内蔵した高周波の準共振型フライバック コンバータです。UCG2882x は、携帯電話の高速充電器やノートパソコンのアダプタなどの高電力密度用途に最適です。このデバイスの主な特徴は、補助巻線の必要性をなくし、USB-PD アダプタの設計を簡素化して効率を高める自己バイアスおよび補助なしのセンシング方式です。このデバイスは、固定出力電圧用途にも使用できます。このアプリケーションノートでは、UCG2882x ファミリーを使用した固定出力電圧フライバックの設計手順についてご説明します。

目次

1 はじめに.....	2
2 USB-PD と非 USB-PD の比較.....	2
3 補助なしセンシング技術.....	4
4 設計の例.....	7
5 まとめ.....	8
6 参考資料.....	8

図の一覧

図 2-1. USB-C ポートの電圧と電力定格.....	2
図 2-2. USB-PD 実装向けの簡略回路図.....	3
図 2-3. 非 USB-PD フライバックの実装.....	3
図 3-1. 補助なしセンシング技術.....	4
図 3-2. OVP の機能ブロック.....	6

表の一覧

表 2-1. USB-PD 標準進化版.....	2
表 3-1. 巻線比の設定抵抗値.....	4
表 3-2. 出力 OVP の TR ピン抵抗設定.....	5

商標

USB-C® and USB Type-C® are registered trademarks of USB Implementers Forum.

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

UCG2882x は、GaN HEMT を統合した高周波、疑似共振フライバック コンバータです。UCG2882x は、自己バイアスセンシングや補助なしセンシングなどの高度な技術により、USB-PD アダプタの設計を大幅に簡略化し、高効率、電力密度、低スタンバイ電力を実現します。

UCG2882x は、USB-PD アダプタ設計のための重要な機能をすべて統合しており、外付け部品点数を最小化しています。ただし、このデバイス機能は USB-PD 用途を対象として設計されているため、USB-PD 以外の用途で使用する場合は、設計を動作させるためにいくつかの設計上のコツが必要です。

2 USB-PD と非 USB-PD の比較

USB-PD は、USB ポートが負荷にさらに多くの電力を供給し、充電速度を高速化し、より多くの最終機器に電力を供給できるようにする充電プロトコルです。USB-PD により、USB-C® ポートでは出力電圧を 5V 以外に変更できます。より高い電圧では、より大きな電力を供給できます。

表 2-1 に、USB-PD 規格の進化を示します。USB-PD 3.1/3.2 を使用すると、出力電圧は最大 48V まで対応し、出力電流は最大 5A まで対応しています。最大 240W の電力処理能力を備えた USB-C ポートは、より高速に負荷を充電できます。

表 2-1. USB-PD 標準進化版

仕様	最大電圧	最大電流	最大電力
USB BC 1.2	5V	1.5A	7.5W
USB Type-C® 1.2	5V	3A	15W
USB PD3.0	20V	5A	100W
USB PD 3.1 および USB PD 3.2	48V	5A	240W

USB-PD は負荷要件に基づいて動作します。電話機などの機器を電源アダプタ USB-C ポートに接続すると、ネゴシエーションプロセスが発生します。電源アダプタ (ソース) と携帯電話 (シンク) は、ソースが供給でき、シンクが受け取ることができる電圧と電流のレベルをネゴシエーションします。その後、ソースは USB-C ポートの出力電圧を対応するレベルに変更します。その後、充電が発生します。このプロセスで、USB-C ポートの出力電圧は 5V から最大電圧までの範囲で変動する可能性があります。図 2-1 によれば、65W USB-PD アダプタの場合、サポートされる最大電圧は 20V です。

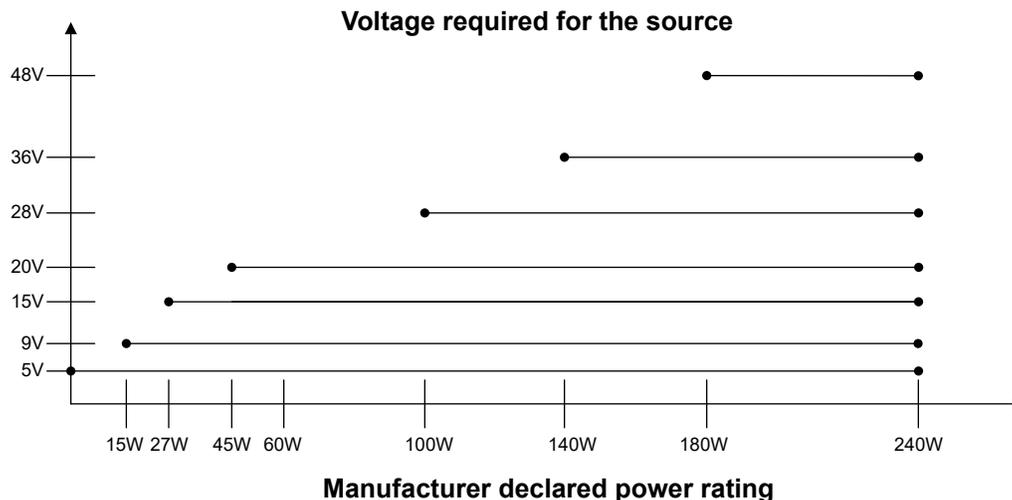


図 2-1. USB-C ポートの電圧と電力定格

USB-PD 用途向けに設計された場合、UCG2882x はオプ्टカプラを介してフィードバック信号を受信します。フィードバック信号は、2 次側の USB-PD コントローラによって生成され、出力電圧レベルを制御します。図 2-2 に示すように、USB-C ポートに接続された USB-PD コントローラは、内蔵制御ループを通じて帰還信号を生成します。

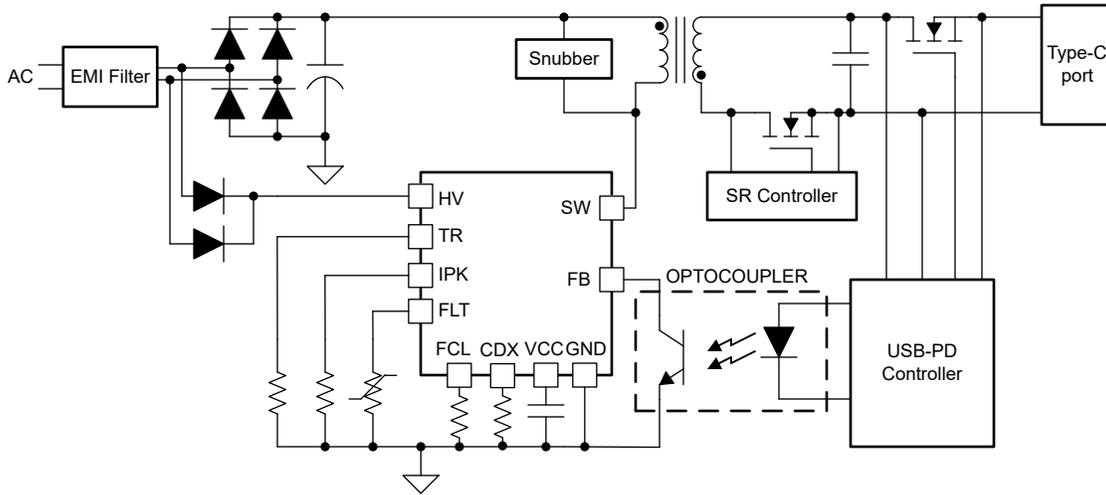


図 2-2. USB-PD 実装向けの簡略回路図

非 USB-PD 用途で設計された場合、出力電圧は固定されます。出力電圧調整ループを閉じるために TL431 がよく使用されます。TL431 はフィードバック信号を生成し、オプトカプラ経由で信号を UCG2882x に送り返します。この実装を、[図 2-3](#) に示します。

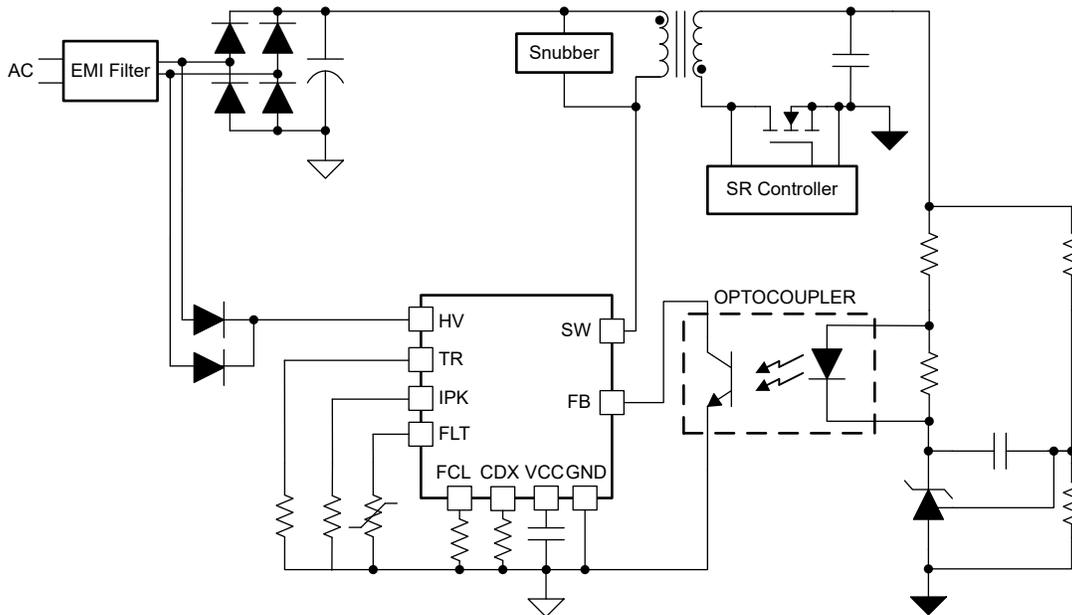


図 2-3. 非 USB-PD フライバックの実装

3 補助なしセンシング技術

従来、フライバックコンバータはフライバックトランスに補助巻線を使用して、コントローラのバイアス電圧を供給していました。出力電圧は可変であるため、出力電圧に応じて、コントローラのバイアス電圧も変化します。バイアスの電圧範囲が広い場合、電力損失が増大し、バイアス電圧を調整するために、より多くの外付け部品が必要になります。UCG2882x は自己バイアス技術を使用しており、電力段からエネルギーを直接収集して、USB-PD の可変出力電圧に付随する設計上の課題を解決しています。

また、UCG2882x は、補助なしセンシング技術により、トランスの補助巻線を不要にしています。図 3-1 に示すように、内蔵分圧器では、スイッチ ノード電圧が検知されます。信号後処理により、感知されたスイッチノード電圧から入力電圧と反射出力電圧を導き出すことができます。

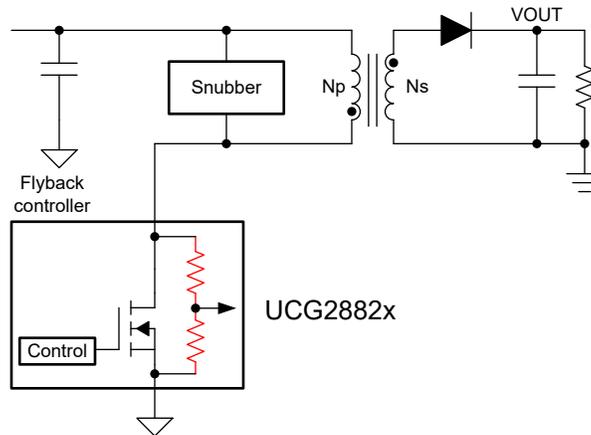


図 3-1. 補助なしセンシング技術

2 次側の帰還ループによって出力電圧調整が行われるため、1 次側で検知される出力電圧は保護の目的でのみ必要となるだけです。1 次側で検知した場合、補助なしセンシング技術により、出力電圧の絶対値ではなく、トランス経由で反射出力電圧のみを検知します。したがって、出力電圧の絶対値を計算するには、トランスの 1 次側と 2 次側の巻線比が必要です。

UCG2882x では、トランスの巻線比はプログラミングピン TR によって設定されます。表 3-1 に、TR ピンの設定をまとめています。この設計でユニバーサル AC 入力 (85V ~ 264V) を使用する USB-PD 用途の場合、トランスの巻線比は通常この範囲内にあり、設計者はトランスの巻線比に一致するよう対応する設定を選択できます。巻線比設定を使用すると、出力過電圧保護スレッショルドは 25V に設定され、USB-PD 用途での 20V 出力に適しています。

表 3-1. 巻線比の設定抵抗値

TR ピン抵抗 (kΩ)	巻数比
0	7.875
5.23	6
6.34	6.125
7.68	6.25
9.31	6.375
11.3	6.5
13.7	6.625
16.9	6.75
20.5	6.875
25.5	7
31.6	7.125
39.2	7.25
51.1	7.375
66.5	7.5

表 3-1. 巻線比の設定抵抗値 (続き)

TR ピン抵抗 (kΩ)	巻数比
84.5	7.625
113	7.75
174	7.875

ただし、USB-PD 以外の用途の場合や、出力電圧が 20V ではない場合、トランスの巻線比がこの範囲外になる可能性があります。場合によっては、設計に合わせて巻線比を設定できる場合でも、25V の OVP が不適切になることがあり、いくつかの設定を変更する必要があります。

すでにご説明したように、UCG2882x はプログラムされたトランスの巻線比とともに反射出力電圧を検知し、出力電圧 OVP を 25V に設定できます。UCG2882x では、反射電圧をトランスの巻線比で除算して出力電圧を計算するのではなく、TR ピンの設定を使用して 1 次側 OVP スレッシュホールドを変更するため、巻線比設定が異なる場合でも同じ出力 OVP レベルを同等に実現できます。この原理に従い、3 番目の列を追加し、表 3-1 が表 3-2 に変わりますが、これは UCG2882x データシートの表 7-1 と同じです。TR ピンは、実際には出力 OVP 設定ピンです。出力 OVP レベルの絶対値を設定する代わりに、TR ピンは反射出力電圧に基づいて出力 OVP レベルを設定します。

表 3-2. 出力 OVP の TR ピン抵抗設定

TR ピン抵抗 (kΩ)	巻数比	V _{OUT} OVP スレッシュホールド (V、1 次側に反映)
0	7.875	196.9
5.23	6	150
6.34	6.125	153.1
7.68	6.25	156.2
9.31	6.375	159.4
11.3	6.5	162.5
13.7	6.625	165.6
16.9	6.75	168.7
20.5	6.875	171.9
25.5	7	175
31.6	7.125	178.1
39.2	7.25	181.2
51.1	7.375	184.4
66.5	7.5	187.5
84.5	7.625	190.6
113	7.75	193.7
174	7.875	196.9

図 3-2 に、補助なしセンシングを使用した 1 次側 OVP の原理を示します。

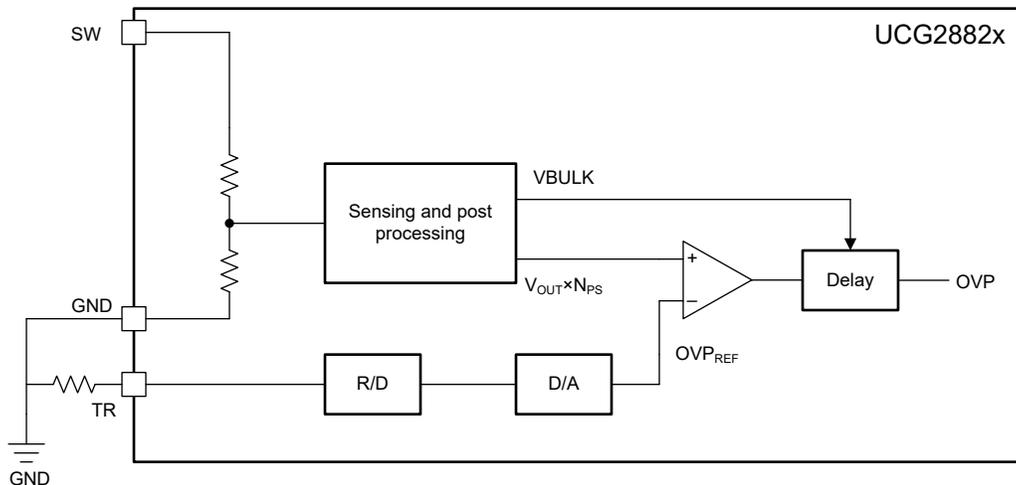


図 3-2. OVP の機能ブロック

4 設計の例

非 USB-PD 用途向けに設計する場合、または出力電圧が 20V でない場合、TR ピンはデフォルトの 20V 出力とは異なる方法で設定し、適切な出力 OVP (過電圧保護) レベルを設定する必要があります。

ユニバーサル入力、12V 出力のデザイン、および 24V 出力のデザインを使用して、設計プロセスを実証します。トランスは、電力段の性能を最適化する目的で最初に設計されています。その後、RT ピンは、トランスの設計に従ってプログラムできます。

ユニバーサル入力での 12V 出力設計の場合、トランスの巻線比は通常は約 10:1 であり、これは、出力電圧が 12V で安定化しているときに 120V を 1 次側に反映します。これにより、統合型 GaN HEMT 電圧ストレスに対して十分なマージンが得られます。また、10:1 の巻線比は、データシートのトランスの巻線比の設定値を上回っています。

12V 出力の場合、目的の OVP レベルは通常、調整レベルよりも 20% 高くなります。出力 OVP は、次のように計算されます

$$V_{OVP} = 12V \times 1.2 = 14.4V \quad (1)$$

14.4V の OVP レベルでは、1 次側に反映される出力電圧が次のようになります

$$V_{reflect} = V_{OVP} \times N_{PS} = 14.4V \times 10 = 144V \quad (2)$$

表 3-2 の第 3 の列によると、TR ピンの設定は 5.23kΩ であり、150V の反射出力電圧での OVP 設定が与えられます。実際の OVP は、次のように計算できます

$$V_{OVP} = \frac{V_{reflect}}{N_{PS}} = \frac{150V}{10} = 15V \quad (3)$$

この例から、TR ピンが 5.23kΩ に設定されている場合となります。表 3-1 によれば、巻線比設定は実際の巻線比 10 ではなく 6 です。

ユニバーサル入力での 24V 出力設計の場合、トランスの巻線比は通常は約 5.5:1 であり、この値は 1 次側に対して 132V を反映します。5.5:1 の巻線比も、データシートでのトランス巻線比設定の範囲外にあります。

24V 出力の場合、OVP を調整レベルより 30% 上に設定できます。出力 OVP は、次のように計算されます。

$$V_{OVP} = 24V \times 1.3 = 31.2V \quad (4)$$

31.2V の OVP レベルでは、1 次側に反映される出力電圧が次のようになります。

$$V_{reflect} = V_{OVP} \times N_{PS} = 31.2V \times 5.5 = 171.6V \quad (5)$$

表 3-2 の第 3 の列によると、TR ピンの設定は 20.5kΩ であり、171.9V の反射出力電圧での OVP 設定が与えられます。実際の OVP は、次のように計算できます。

$$V_{OVP} = \frac{V_{reflect}}{N_{PS}} = \frac{171.9V}{5.5} = 31.25V \quad (6)$$

この例から、TR ピンが 20.5kΩ に設定されている場合となります。表 3-1 によれば、巻線比設定は実際の巻線比 5.5 ではなく 6.875 です。

これらの例から、出力電圧が 20V でない場合、TR ピンによって設定されるトランスの巻線比は、トランスに実装されている巻線比と完全に異なる可能性があります。TR ピンは、トランスの巻線比の実装に基づいて、出力 OVP の必要性に基づいて設定する必要があります。

5 まとめ

UCG2882x は、USB-PD アダプタの設計を最適化するように開発されています。非 USB-PD 用途で使用する場合、TR ピンの設定方法を変更する必要があります。非 USB-PD 用途向けに設計されている場合、TR ピンを使用してトランスの巻線比を設定するのではなく、必要な OVP スレッショルドに基づいて反射出力電圧レベルが設定されるように TR ピンをプログラムしています。

6 参考資料

1. テキサス・インスツルメンツ、[UCG2882x GaN 内蔵、自己バイアス型高周波数 QR フライバック コンバータ](#)
2. テキサス・インスツルメンツ、[UCG28826EVM-093 65W USB-C PD 高密度 GaN 統合疑似共振フライバック コンバータの使用法、EVM ユーザーガイド](#)
3. テキサス・インスツルメンツ、[PMP41145 - GaN 参照設計を統合したフライバック ユニバーサル AC 入力、65W、20V 3.25A フライバック](#)

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