参考資料

Application Note

USB Type-C および液体検出機能を内蔵したシングル セル チャージャの構成ガイド

Garrett Kreger *Battery Charging Products*

概要

このアプリケーション ノートでは、狭電圧 DC (NVDC) パワー パス管理を備えた 5A シングル セル スイッチング バッテリ チャージャである BQ25630 および BQ25640 に内蔵された新しい USB Type-C® 関連機能の概要を説明します。このドキュメントでは、シンク (SNK) 専用、ソース (SRC) 専用、およびデュアル ロール ポート (DRP) の各モードでの USB Type-C 検出に加え、液体検出および腐食軽減機能を紹介します。これらの機能は統合型で、追加部品を必要としないため、バッテリ駆動システムの設計を簡素化し、基板面積を節約できます。また、液体検出機能を初めてテストする際に液体をシミュレートするためのハードウェア設定とテスト手順の提案も記載しています。

目次

1 概要.....2
2 USB Type-C アダプタ検出ルーチンの概要.....3
3 液体検出ルーチンの概要.....8
4 液体検出の推奨セットアップ.....11
5 まとめ.....13
6 参考資料.....14

商標

USB Type-C® is a registered trademark 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。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

1 概要

USB Type-C コネクタは、1 本のケーブルで電力とデータの両方を伝送できるため、電子機器の充電における業界標準となっています。USB Type-C コネクタはリバーシブル コネクタであり、広い電力範囲で機能するように定義されています。標準の USB-C ポートは最大 15W を供給でき、USB Power Delivery (PD) ポートは USB PD 3.1 仕様での拡張電力範囲の導入により最大 240W を供給できます。TI は、USB Type-C レセプタクルへの直接接続をサポートするため、チャネル構成ピン機能 (CC1 や CC2 など) をバッテリ チャージャに統合しました。直接接続により、チャージャ IC は追加の部品やシステム ホストに依存することなく、ケーブルの検出、ケーブルの向き、電流容量、および液体の有無を判定できます。USB Type-C コネクタは従来の USB コネクタ タイプよりもピン間隔が狭く、SRC/DRP モードでは液体によってピンが短絡した場合に腐食を引き起こすのに十分な高い電流をポートが通知するため、液体検出機能は USB Type-C コネクタにとって特に重要です。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

2 USB Type-C アダプタ検出ルーチンの概要

BQ25630 および BQ25640 バッテリ チャージャは、USB Type-C レセプタクルに直接接続することを目的とした CC1 および CC2 ピン機能を内蔵しています。図 2-1 に、壁のアダプタなどのソース (SRC) またはダウンワード フェイシング ポート (DFP) と、パワー シンク (SNK) またはアップワード フェイシング ポート (UFP) 間の CC ロジック ハンドシェイクを示します。SRC は CC ラインにプルアップ抵抗 (Rp) を提示し、SNK は CC ラインにプルダウン抵抗 (Rd) を提示することが想定されています。

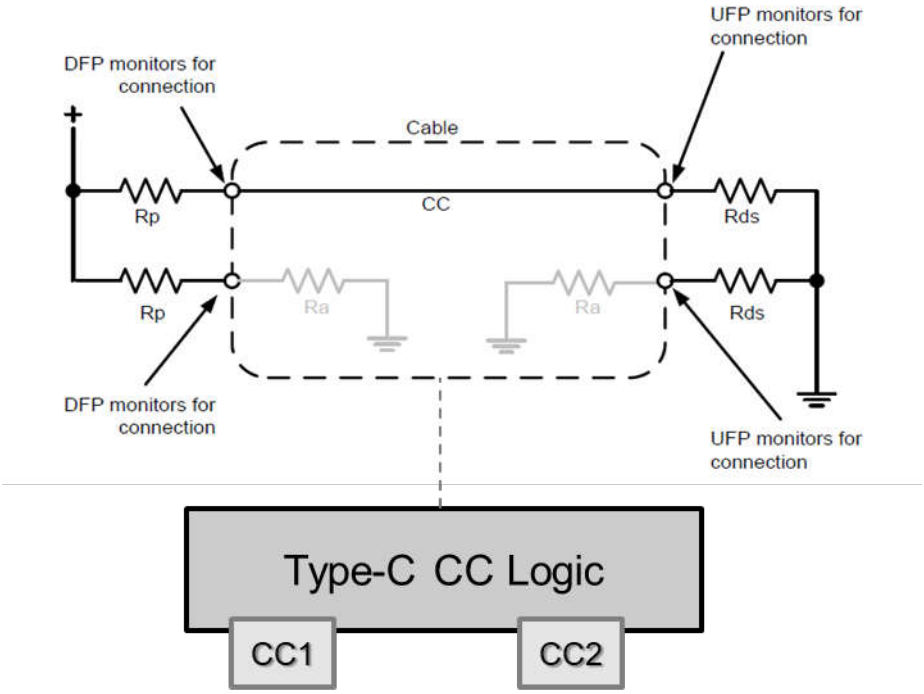


図 2-1. Type-C ロジックのプルアップとプルダウンの図

デフォルトでは、BQ25630/BQ25640 のレジスタ構成は、CC1 ピンと CC2 ピンの両方に GND への 5.1kΩ を備えた UFP として提示されます。これにより、チャージャ IC は USB SRC または DRP とハンドシェイクし、バッテリが完全に放電した状態でも充電を開始できます。BQ25630EVM を使用して取得した 図 2-2 では、定格 5V、3A の USB Type-C 入力が接続され、CC1 ラインでハンドシェイクが行われます。同じ USB-C ケーブルを逆向きに接続すると、代わりに CC2 ラインでハンドシェイクが行われます。SRC と SNK 間のハンドシェイクは一方の CC ラインでのみ行われ、もう一方のラインはチャージャ IC によって Low にプルされたままになります。いずれかの CC ラインで Rp と Rd 間のハンドシェイクが成功した後にのみ、USB ソースからの 5V がオンになります。入力電圧が印加されると、チャージャ IC の入力電流制限 (IINDPM) が USB ソースによって通知された 3A の定格電流に自動的に更新され、その後定電流モード充電が開始されます。

English Document: SDAA549
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

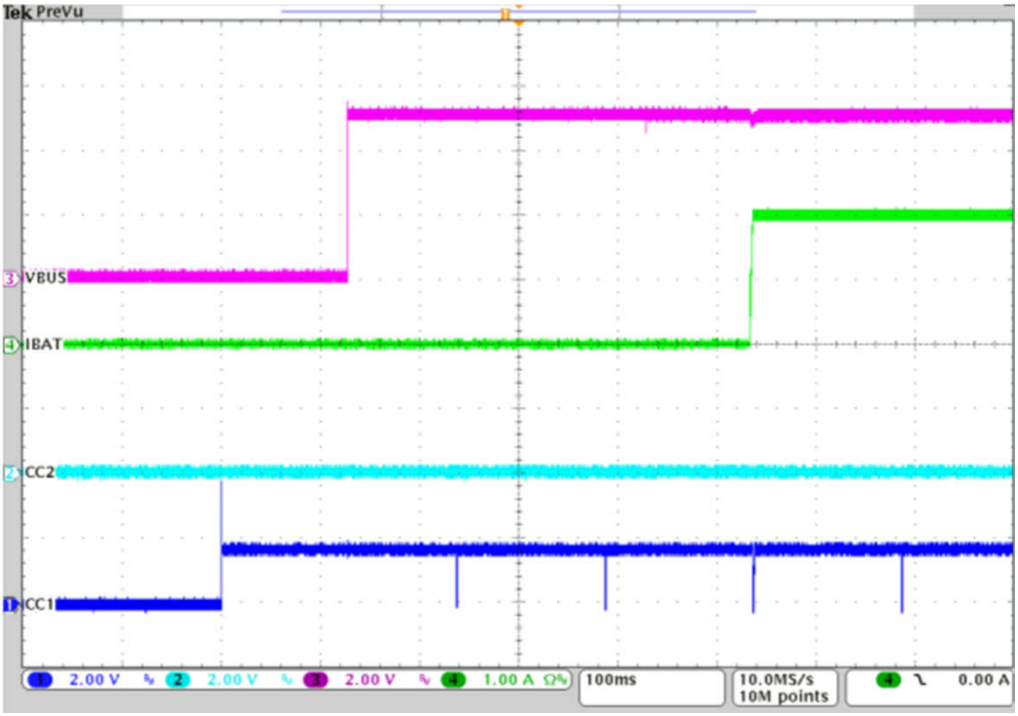


図 2-2. SNK モードでのプラグイン

SNK モード機能に加えて、BQ25630 および BQ25640 は、REG0x44 の CC_MODE レジスタ ビットを介して I2C ホスト コントローラから DRP または DFP (SRC モード) のいずれかに構成できます。特定の状況でバッテリ動作システムを SRC として構成することが理にかなっているアプリケーションの一例として、モバイル バッテリが挙げられます。バッテリが一定の容量以上に充電されている場合、ホストはデバイスを SRC として提示するように構成し、デバイスが常に DFP としてネゴシエーションを行うよう設定できます。

SRC モード構成では、BQ25630/BQ25640 デバイスは内部で CC1 ラインと CC2 ラインの両方を連続的にプルアップして Rp を提示します。Rp 値は I2C を介して構成可能であるため、システムは 3A、1.5A、または 500mA/900mA の SRC として通知できます。SRC モードの最大出力電流を調整するための関連レジスタは、REG0x44 の RP_VALUE ビットです。図 2-3 に、SRC モードのチャージャ IC が SNK 専用デバイスに接続する際のハンドシェイクを示します。CC1 ラインでのハンドシェイクが成功した後、チャージャ IC は OTG 昇圧モードでコンバータをオンにし、バッテリが放電して VBUS に 5V を供給します。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

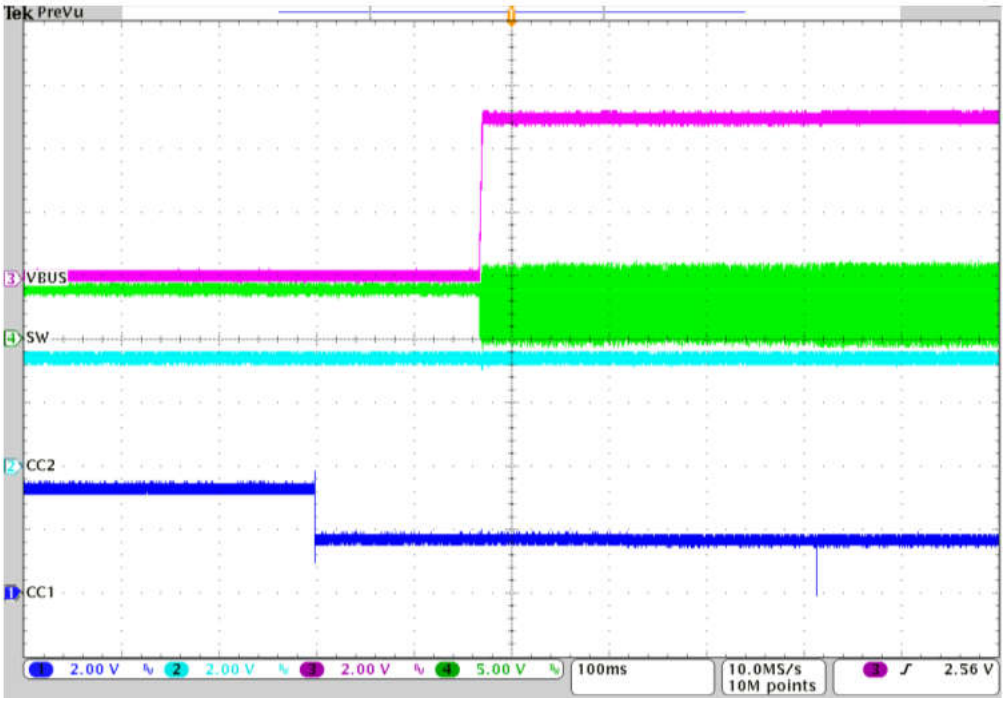


図 2-3. SRC モードでのプラグイン

USB 検出で選択可能な 3 つ目の構成は、デュアル ロール ポートです。DRP として動作する場合、チャージャ IC は両方の CC ラインでシンク状態とソース状態を継続的に切り替え、USB Type-C ケーブルの反対側に何が接続されているかに応じて、SNK モードまたは SRC モードのいずれかにネゴシエーションできます。たとえば、DRP として動作するデバイスは、SRC 専用デバイス (壁のコンセントなど) に接続された場合は電力をシンクし、SNK 専用デバイス (小型携帯電子機器など) に接続された場合は電力をソースします。以下の 図 2-4 と 図 2-5 は、DRP として構成された BQ25630 が SNK と SRC の両方にネゴシエーションする例です。各波形の左側では、両方の CC ラインが Rp プルアップ (SRC モード) の提示と Rd プルダウン (SNK モード) の提示の間で切り替わります。どちらの場合も、ケーブル挿入時のハンドシェイクは CC1 ラインで行われます。USB ケーブルが接続されてハンドシェイクが完了すると、USB レセプタクルからケーブルが取り外されるまで、CC ラインは SRC と SNK 間の切り替えを行わなくなります。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

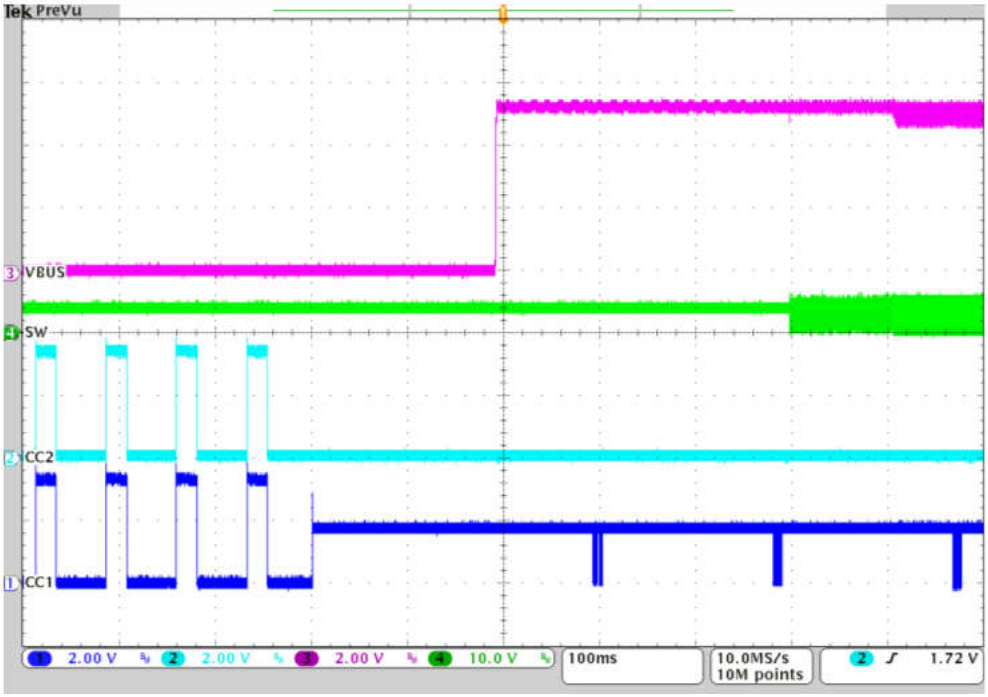


図 2-4. DRP モードでのプラグイン、SNK へのネゴシエーション

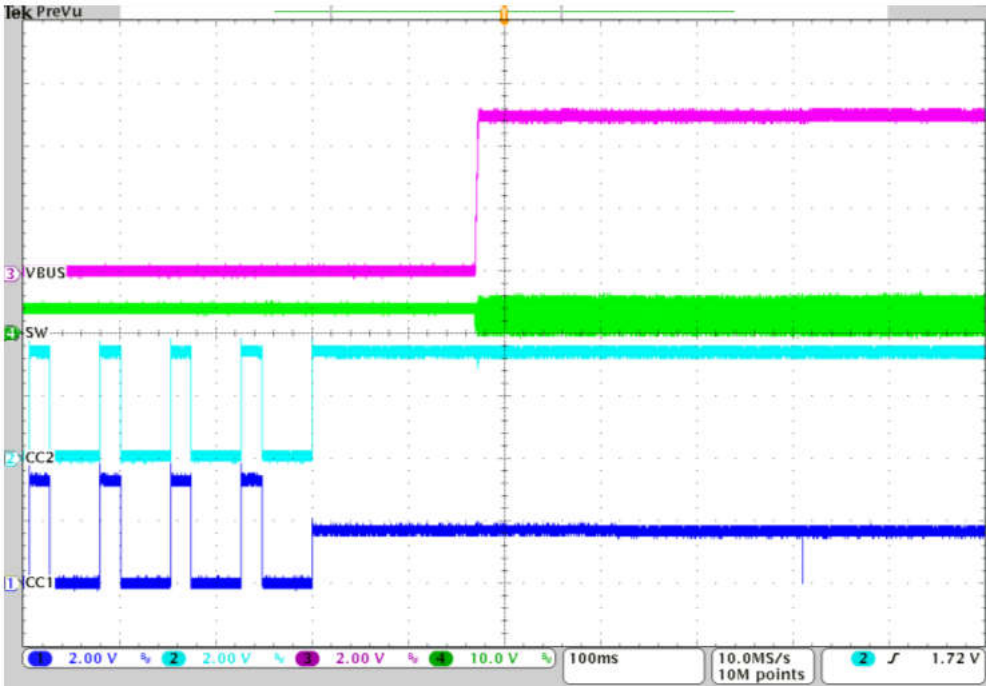


図 2-5. DRP モードでのプラグイン、SRC へのネゴシエーション

DRP モードには、同じく REG0x44 にある DRP_PREF と呼ばれる追加レベルの構成機能があります。このレジスタ設定により、I2C ホストはデバイスを SNK 優先、SRC 優先、または優先なしのいずかに設定できます。2 つの DRP デバイスが接続された場合、各デバイスが担うロールは一般的にランダムになるため、DRP デバイスが別の DRP デバイスに接続する際には優先ロールの選択が重要になります。SNK 優先または SRC 優先を設定することにより、デバイスは最初のハンドシェイク後に再ネゴシエーションを試み、構成された優先設定にロールを切り替えることができます。たとえば、「Try.SNK」構成で動作すると、優先なしまたは SRC 優先に構成された別の DRP に接続された場合、チャージャ IC は SNK モードにネゴシエーションできます。図 2-6 に、DRP、Try.SNK として構成されたチャージャ IC が、SRC としての最

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

初のハンドシェイク後に CC1 と CC2 の両方に Rd を提示することにより、SNK として再ネゴシエーションを試みる様子を示します。ネゴシエーションの相手側デバイスが SNK 専用タイプのデバイスであるため、チャージャ IC は最終的に SRC としてハンドシェイクを完了し、バッテリが放電して VBUS の 5V レールに電力を供給します。

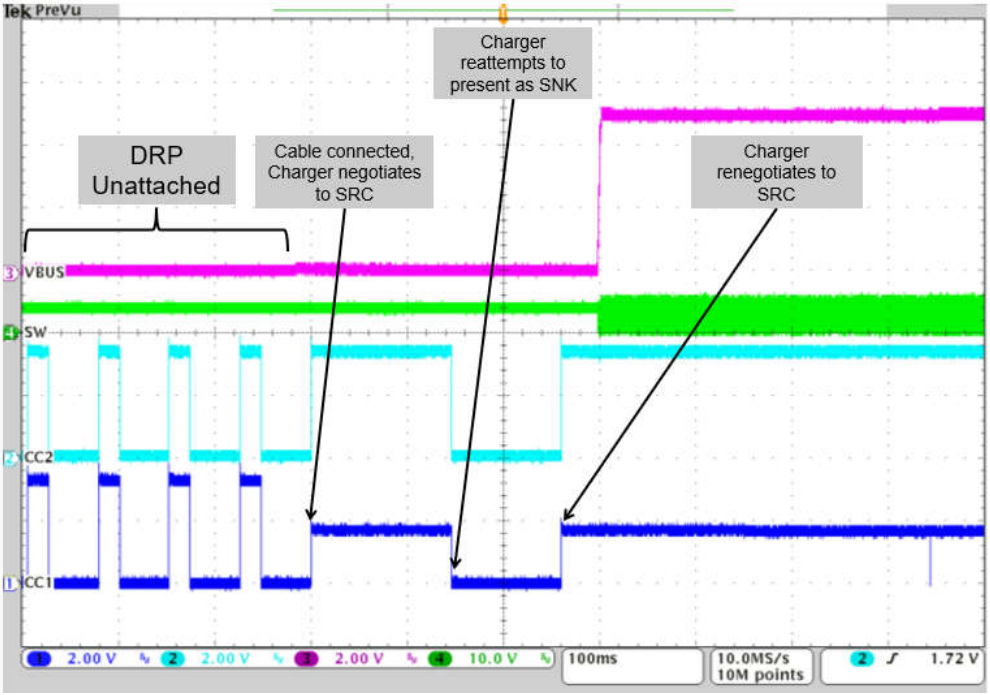


図 2-6. DRP モード、Try.SNK 構成でのプラグイン、SRC へのネゴシエーション

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

3 液体検出ルーチンの概要

USB Type-C レセプタクルが水分や液体にさらされると、液体によって短絡したピン間の電位差によりコネクタが経時的に酸化し、恒久的な損傷を引き起こす腐食が発生する可能性があります。BQ25630 および BQ25640 は、日常的な液体が USB Type-C コネクタに侵入した場合の腐食軽減に役立つ、USB Type-C 仕様 2.3 に準拠した液体検出ルーチンを備えています。液体検出ルーチンは、SNK 専用、SRC 専用、または DRP の各構成で実行できます。液体が検出されると、チャージャ IC は 5V ソースのターンオンを防止し、DRP または SRC 専用モードの場合に Rp (つまり高電圧) の提示を継続する代わりに CC1/CC2 を GND にプルすることにより、USB レセプタクルの腐食を防ぎます。

I2C 構成を通じて、チャージャ IC は FORCE_LQD_DET ビットがセットされるたびに単発の液体検出チェックを実行するか、AUTO_LQD_DET ビットがセットされている場合は同じ液体検出チェックを定期的に自動実行できます。自動液体検出チェックの通常の間隔は 500ms ですが、バッテリ電力を節約したい場合は 10 秒ごとに延長できます。デフォルトのレジスタ構成では、液体検出チェックは CC1 ピンと CC2 ピンで実行されます。あるいは、チャージャ IC には代わりに D+/D- ラインで検出チェックを実行するオプションもあります。以下の 図 3-1 に、乾燥したコネクタに対する液体検出チェックの期待される動作を示します。ケーブルが接続されていない場合、検出ルーチンは最初に CC1 で実行され、続いて CC2 で実行されます。標準的な USB Type-C - Type-C ケーブルが接続されている場合、液体検出チェックは空いている CC ラインでのみ実行されます。

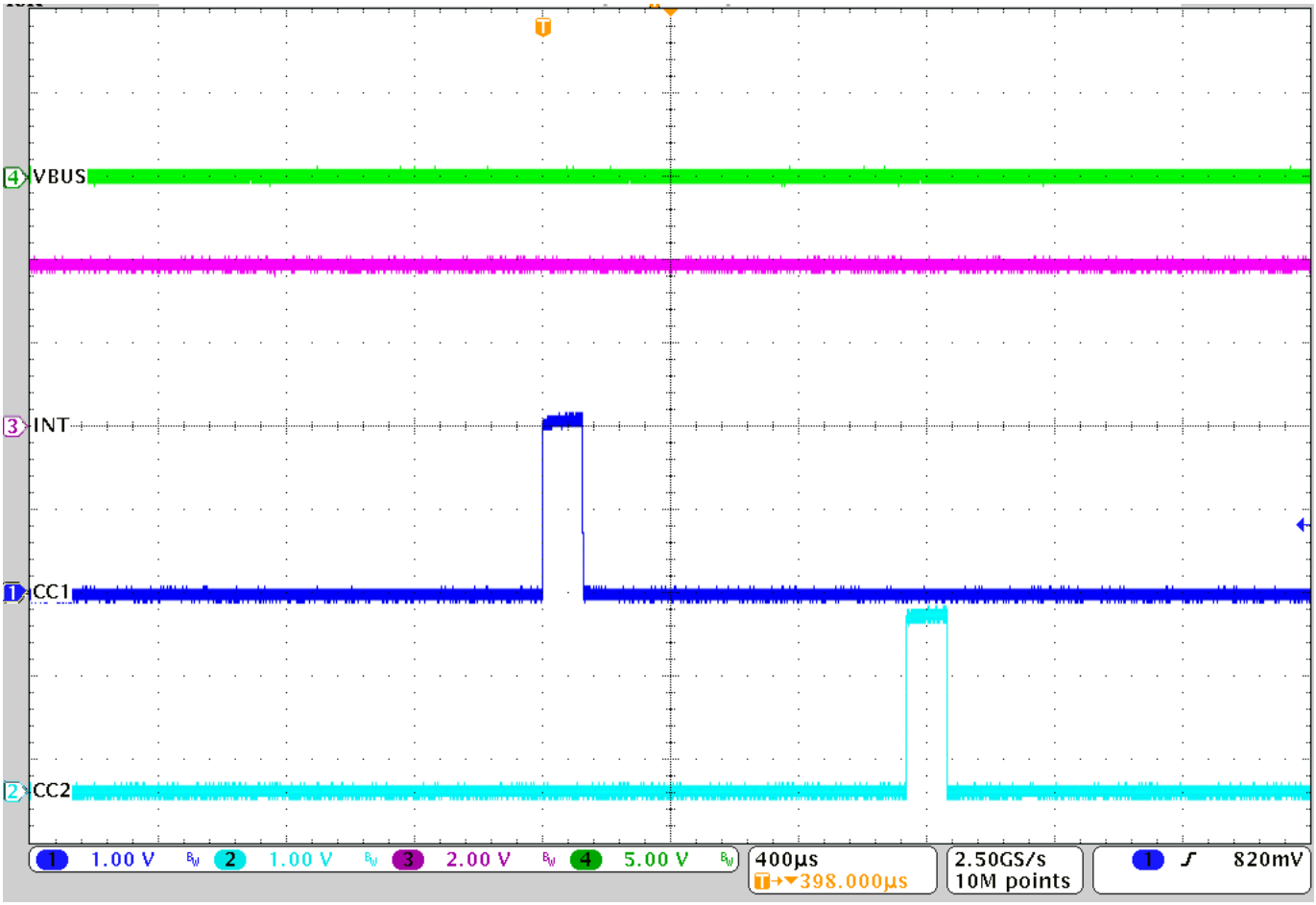


図 3-1. 液体が存在しない場合の液体検出チェック

液体検出ルーチンのテスト方法は、Type-C コネクタ ピンに小さな電流パルス ILQD を供給し、電圧上昇を測定することにより実行されます。液体は一般に、電流の導通特性を捉えるために抵抗性と容量性の要素としてモデル化されます。この原理に基づき、電流パルスが印加された際の電圧上昇は液体の容量特性と抵抗性の影響を受けます。チャージャ IC の液体検出ルーチンでは、検出テスト期間 TLQD 内に CC ピンの電圧が VLQD スレッショルド (デフォルトは 1.6V に設定) に達しない場合、液体が検出されたと判断されます。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

チャージャ IC では、REG0x47 を介して TLQD 期間の短縮や延長、ILQD 電流の増減、VLQD スレッショルドの増減を柔軟に構成できます。TLQD の短縮、ILQD の減少、または VLQD の増加を行うと、ポートが乾燥していると見なされる基準が厳しくなります。TLQD の延長、ILQD の増加、または VLQD の減少を行うと、逆の効果が得られます。TI は、デフォルトのレジスタ構成で機能の評価を開始し、乾燥したポートでは VLQD スレッショルドを超え、水分があるポートでは超えないという最終結果が得られるように必要に応じて調整することを推奨します。

以下の 図 3-2 に、液体が付着した標準 USB Type-C ケーブルが接続された際のコネクタ内の水道水の検出を示します。液体チェックの時間ウィンドウ内に CC ラインの電圧が VLQD スレッショルドを超えて上昇しないため、液体が正常に検出されます。CC ライン上の実際の Ra 接続ではないことを確認するため、TLQD 時間ウィンドウの後に電圧上昇が観測されます。液体が検出されると、デバイスは腐食軽減状態に移行し、それに応じて LQD_STAT レジスタが更新され、ホストへの割り込みが生成されます。腐食軽減状態では、CC1 ラインと CC2 ラインが最初に HIZ 状態に移行してすでに接続されている USB-C デバイスに切断を通知し、その後 GND に強くプルされるため、新しい Type-C ケーブルが挿入されても VBUS はオンになりません。

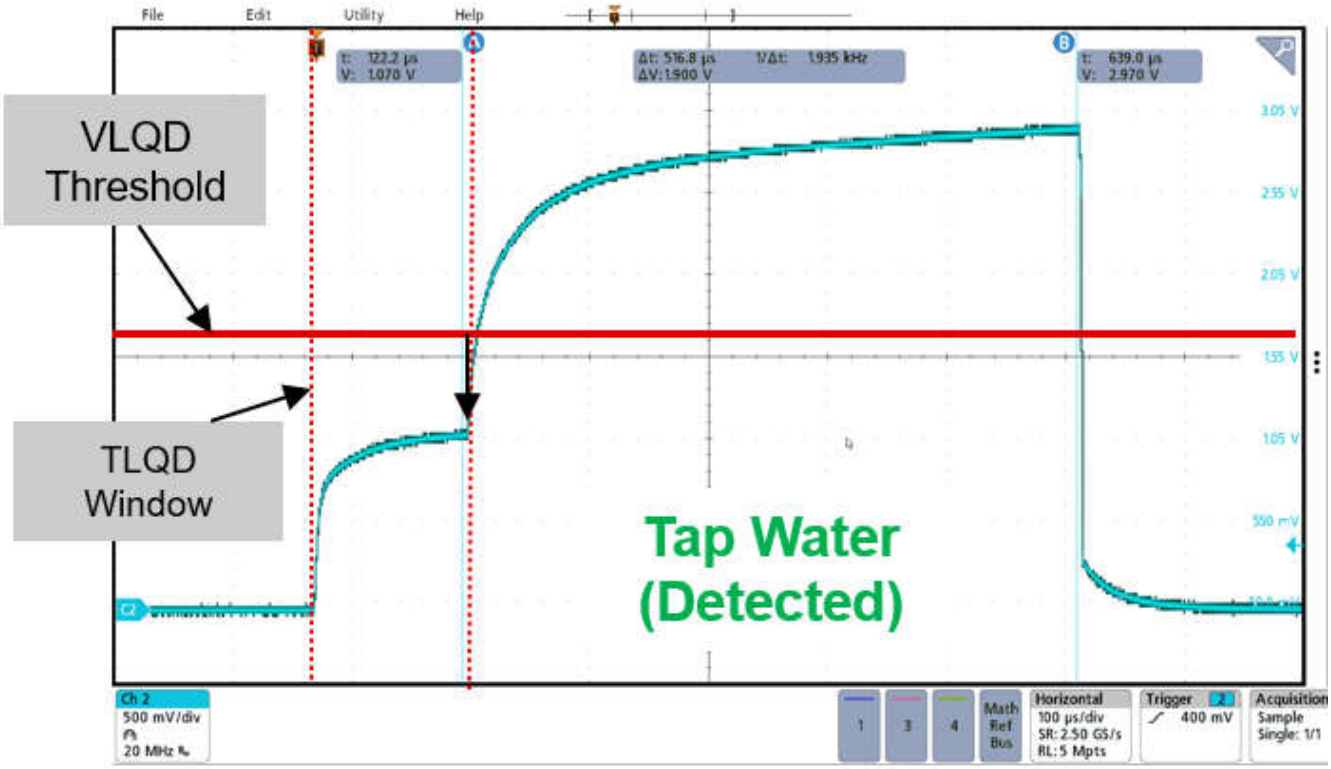


図 3-2. 水道水の液体検出の成功

液体が検出されてチャージャ IC が腐食軽減状態になった後、レセプタクルが乾燥状態に戻ったことを監視するための 2 つのオプションがあります。1 つ目は自動乾燥検出で、AUTO_DRY_DET ビットを 1b に設定することにより構成されます。この設定により、チャージャ IC は自動液体検出と同じ時間間隔で液体検出チェックを実行します。液体が検出され続ける限り、デバイスは腐食軽減状態を維持します。バッテリ電力の節約に役立つもう 1 つのオプションは、自動乾燥検出をディスエーブルにし、代わりに I2C ホストから FORCE_LQD_DET を書き込んでより長い間隔でポートの乾燥をチェックすることです。EN_LQD_DET ビットを 0b に設定して液体検出機能をディスエーブルにすると、液体検出状態のデバイスは液体未検出 (つまり乾燥) 状態に戻ることに注意してください。液体検出機能に関連するすべてのレジスタ設定の詳細については、BQ25630 および BQ25640 データシートの「レジスタ マップ」セクションにある Liquid Control 0 (REG0x46) および Liquid Control 1 (REG0x47) の表を参照してください。

図 3-3 に、簡単のため模擬液体を使用して、自動液体検出のイネーブル化から液体検出、ポートの乾燥検出までの全ワークフローを示します。時点 (1) より前では、チャージャ IC はケーブルが接続されていない SNK 専用モードであるため、CC1 ラインと CC2 ラインはどちらも Low になっています。時点 (1) でホスト コマンドにより自動液体検出がイネーブルに

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

なり、時点 (2) で CC1 ラインに水分が検出されます。割り込みが生成され、想定どおり CC2 のチェックは行われません。次に、時点 (2) と時点 (3) の間、チャージャ IC は腐食軽減状態になり、自動乾燥検出を定期的に実行します。CC1 で液体が検出され続けるため、CC2 ではパルスが観測されません。Ra 接続と区別するため、液体が検出された場合のパルス電圧は大きくなります。最後に、時点 (3) で CC1 ラインと CC2 ラインの両方が乾燥検出に合格すると、ポートが乾燥していると検出されます。再び割り込みが生成され、チャージャ IC は定期的な自動液体検出チェックに戻ります。

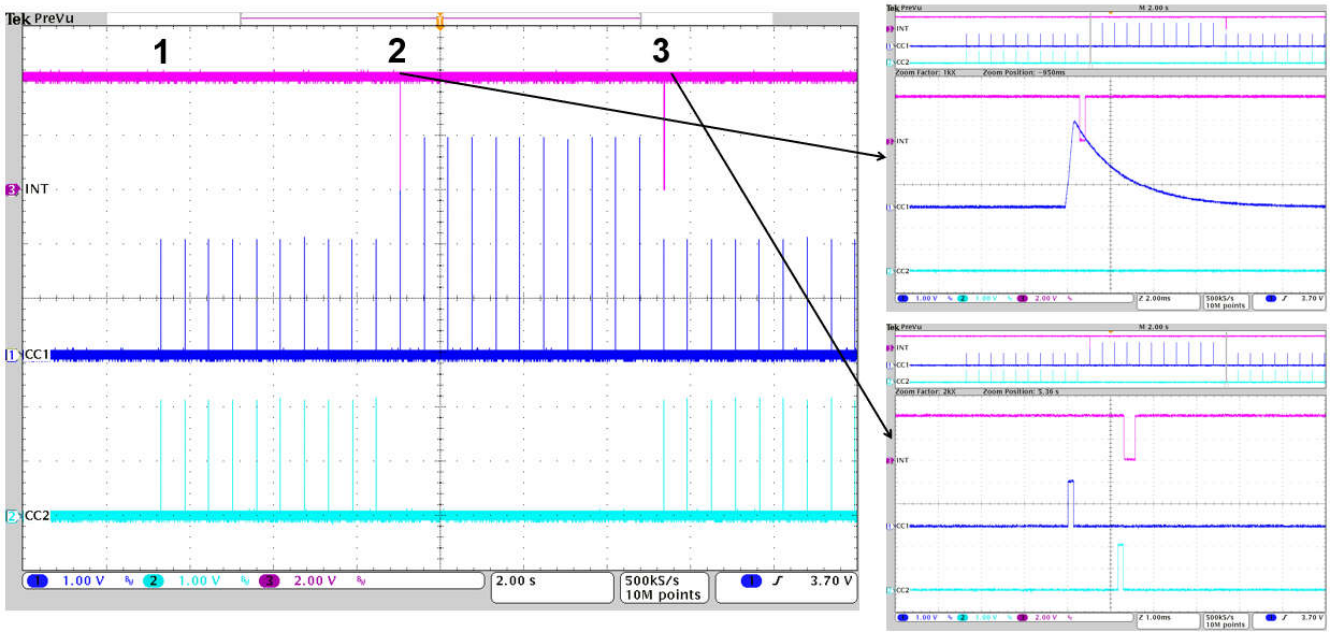


図 3-3. 自動液体検出の全ワークフロー

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

4 液体検出の推奨セットアップ

以降のセクションでは、BQ25630 および BQ25640 の液体検出機能を初めて評価する際の推奨ハードウェア セットアップとレジスタ構成について説明します。BQ25630EVM、BQ25640EVM、またはプロトタイプ ボードで初めて機能を評価する際、USB Type-C ポートに実際の液体を使用してテストすることを避けたい場合があります。このシナリオでは、RC ネットワークを使用して液体をシミュレートすることをお勧めします。USB Type-C ポート内の液体や水分の電気的特性を正確にシミュレートするには、いずれかの CC ピンから GND に抵抗とコンデンサを並列に接続します。評価基板ボードを使用してテストする場合は、並列接続した抵抗とコンデンサを CC1 または CC2 テスト ポイントに接続するだけで済みます。表 4-1 に、一般的な数種類の液体をシミュレートするための抵抗値と静電容量値の概算値を示します。

表 4-1. 模擬液体の推奨値

	抵抗	容量
ろ過した水道水	212kΩ	20nF
コーヒー	106kΩ	50nF
汗	10kΩ	150nF

液体検出機能はデフォルトではイネーブルになっていないため、機能をテストするにはいくつかの簡単なレジスタ構成も必要になります。液体検出をイネーブルにし、自動液体検出または単発の液体検出チェックの強制実行のいずれかを設定するには、「Liquid_Control_0」REG0x46 への I2C 書き込みが必要です。特に自動液体検出を使用する場合は、EN_LQD_DET ビットと AUTO_LQD_DET ビットがイネーブル状態に維持されるように、最初にウォッチドッグ タイマをディスエーブルにすることをお勧めします。

BQ25630 または BQ25640 で自動液体検出を開始するシーケンス:

1. REG0x16[1:0] に 00b を書き込んでウォッチドッグ タイマをディスエーブルにします
2. REG0x46[7:6] に 11b を書き込んで液体検出をイネーブルにし、自動検出をオンにします

代わりに強制液体検出を使用して単発の液体チェックを実行する場合は、最初に EN_LQD_DET=1b (REG0x46[7]=1b) を設定し、次に FORCE_LQD_DET=1b (REG0x46[3]=1b) を設定します。

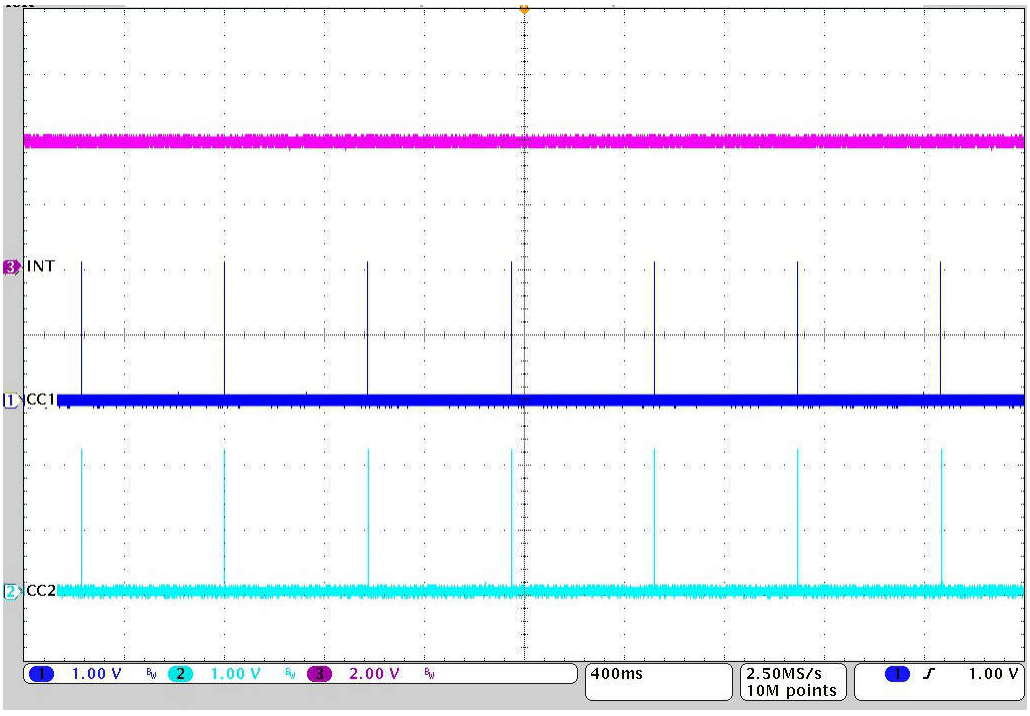


図 4-1. 自動液体検出イネーブル時の期待される動作

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

図 4-1 に、チャージャ IC が SNK モードで自動液体検出がイネーブルになっており、液体が存在しない場合の CC1 ラインと CC2 ラインの期待される動作を示します。デバイスは、各 CC ラインを 500ms おきに無期限にチェックし続けます。図 4-2 に、CC1 ラインに接続された模擬液体の検出を示します。この例では、ろ過した水道水を近似的にシミュレートするため、模擬液体用の部品として R = 200kΩ および C = 15nF を使用しています。CC1 電圧が TLQD 時間ウィンドウ (デフォルト値に設定) 内に 1.6V の VLQD スレッショルドを超えないため、液体が検出されたと判断されます。検出が成功するとシステム ホストへの割り込みが生成され、CC1 での検出により CC2 ラインでは液体チェックが実行されません。LQD_STAT レジスタ ビットが 1b に更新され、液体検出状態を示します。

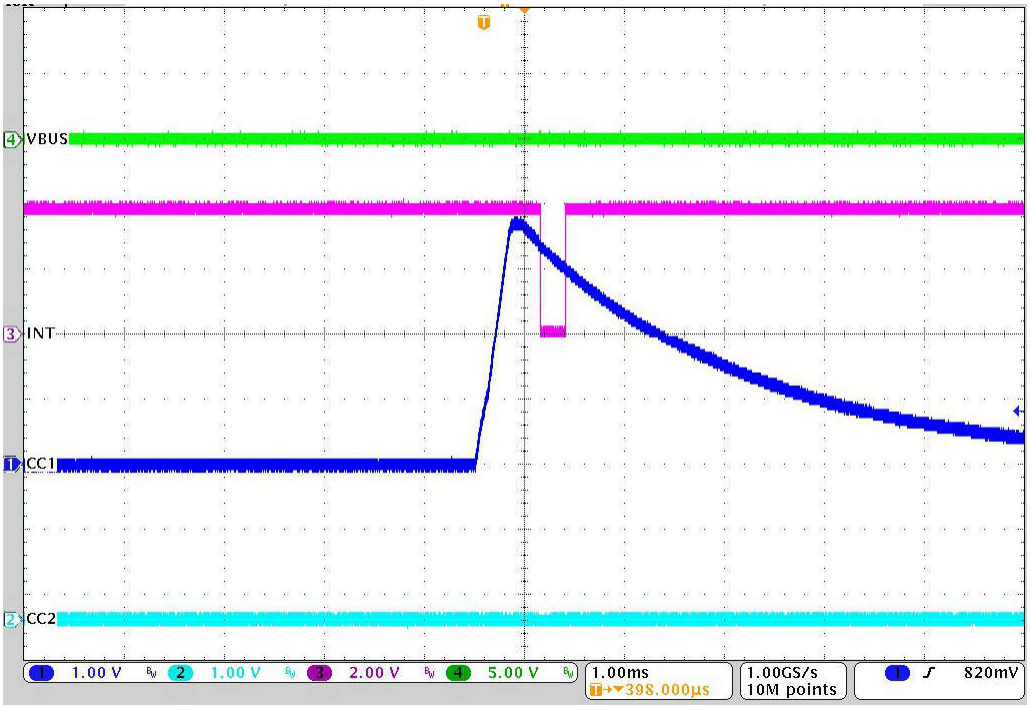


図 4-2. 模擬液体 (R = 200kΩ、C = 15nF) の検出

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

5 まとめ

このアプリケーション ノートでは、BQ25630 および BQ25640 シングル セル バッテリ チャージャ IC で利用可能な新しい内蔵 USB Type-C 検出および液体検出機能について説明しました。内蔵された CC ピンとチャージャ IC を構成する機能により、システムは追加の部品やディスクリート IC なしで SNK、SRC、または DRP として提示できます。デバイスは、ホストの介在なしで構成モードに応じて電力のソースまたはシンクをネゴシエーションできます。3 つの USB Type-C ロールすべてで利用可能な液体検出機能は、水分が存在する状況での USB レセプタクルの腐食防止に役立ちます。最後に、このアプリケーション ノートでは、システム向けにチャージャ IC を初めて評価する際に液体検出機能をテストするためのシンプルな推奨方法の概要を説明しました。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

6 参考資料

1. テキサス・インスツルメンツ、『BQ25630 I2 C 制御シングル セル 5A 降圧充電器 (USB-C 検出対応)』、データシート
2. テキサス・インスツルメンツ、『BQ25640 I2 C 制御シングル セル 5A 降圧充電器 (USB-C 検出対応)』、データシート

Copyright © 2026 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 、 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 © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月