

Application Note

BQ25822 を用いたスタンドアロン高出力スーパーキャパシタ バックアップ設計の実装方法

Christian Moyer

概要

このアプリケーション ノートでは、BQ25822 チャージャ IC を使用した高出力スーパーキャパシタ バックアップ システムの設計について概要を説明します。システム負荷の管理、充電電流の制御、コンバータの効率などの主要な考慮事項について取り上げ、信頼性が高く効率的な動作を検証します。試験結果により、BQ25822 が高出力スーパーキャパシタ ベースのバックアップ用途に最適な設計であることが確認されました。

目次

1 はじめに.....	2
2 BQ25822 の概要.....	2
3 BQ25822 を使用した高出力スーパーキャパシタ バックアップ設計の実装.....	3
4 BQ25822 評価.....	5
4.1 エネルギー ハーベスト.....	5
4.2 BQ25822 EVM のセットアップ.....	6
4.3 評価と結果.....	7
5 まとめ.....	8
6 参考資料.....	8

図の一覧

図 3-1. BQ25822 スーパーキャパシタ バックアップの設計.....	3
図 4-1. 順方向モードから逆方向モードへの遷移回復.....	7
図 4-2. 順方向モードから逆方向モードへの遷移回復.....	7
図 4-3. 順方向モードから逆方向モードへの遷移時間.....	7
図 4-4. 順方向モードから逆方向モードへの遷移回復.....	7
図 4-5. 順方向モード電流制御.....	7
図 4-6. 逆方向モード電流制御.....	7
図 4-7. 順方向モード効率 (9s バッテリ構成).....	8
図 4-8. 逆方向モード効率 (9s バッテリ構成).....	8

表の一覧

表 3-1. 推奨部品:.....	4
-------------------	---

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

高出力システムでは、高速な過渡負荷条件が発生すると、主電源の動的応答能力を超えるほどの瞬間的かつ大電流の需要が生じることがあります。多くの場合、電源はピーク時の全出力を供給するようには設計されておらず、また過渡的な要求に十分な速さで応答することもできません。そのため、負荷条件を変化させても、比較的一定の入力プロファイルを維持することが不可欠です。

BQ25822 は、スーパーキャパシタなどの局所的な蓄電素子と組み合わせて使用することで、これらの課題に対する効果的な設計手段を提供します。この方式により、主電源への負荷を軽減しつつ、迅速な過渡応答と信頼性の高いピーク電力供給が可能になります。これは、ピーク電力が要求されるときに局所エネルギー蓄積素子を放電し、軽負荷時に充電し、負荷が中程度のときには充電電流を動的に調整することで、全体の効率を最大化することによって実現されます。

2 BQ25822 の概要

BQ25822 は、4.2V ~ 70V の広い入力動作範囲を持つ多用途バッテリー化学対応の降圧型充電コントローラであり、リチウムイオン / リチウムポリマ電池、LiFePO₄電池、およびスーパーキャパシタの充電アプリケーションをサポートするよう設計されています。充電器には、充電電流 (ICHG)、充電制御電圧 (VCHG)、入力電流制限 (ILIM_HIZ)、および過電圧 / 低電圧保護 (ACUV/ACOV) のハードウェア設定可能な制限値が備わっています。順方向および逆方向の電流は、ILIM_HIZ ピンまたは ICHG ピンを介して直接制御でき、ホスト制御システムでもスタンドアロン システムでも動作します。

BQ25822 の主な利点の一つは、充電モードと放電モードの間をシームレスに切り替えられる高速な遷移時間を備えた双方向電力供給機能です。このデバイスは、順方向モードの充電と逆方向モードの放電の間を、約 150μs で切り替えます。この短い遷移時間により遅延が最小限に抑えられ、システムは負荷変動にすばやく応答し、動的な条件下でも安定した動作を維持できます。

BQ25822 にはダイナミックなパワー マネジメント (DPM) 機能も統合されており、入力電流と電圧を常時監視し、入力電源に過負荷をかけることなく充電動作を安定的に維持できるよう、充電電力を動的に増減させます。さらに、BQ25822 は ±3% の充電電流制御精度を備え、最大 40A の充電電流に対応しており、充電プロファイルを高精度に制御できます。この精度により、バッテリーやスーパーキャパシタを安全かつ効率的に充電でき、セルへの負荷を最小限に抑えてシステム全体の寿命を延ばすことができます。高出力アプリケーション向けでは、BQ25822 を複数台並列に接続することができ、各デバイスを協調動作させることで、単一フェーズで供給できる以上のシステム能力を拡張できます。

3 BQ25822 を使用した高出力スーパーキャパシタ バックアップ設計の実装

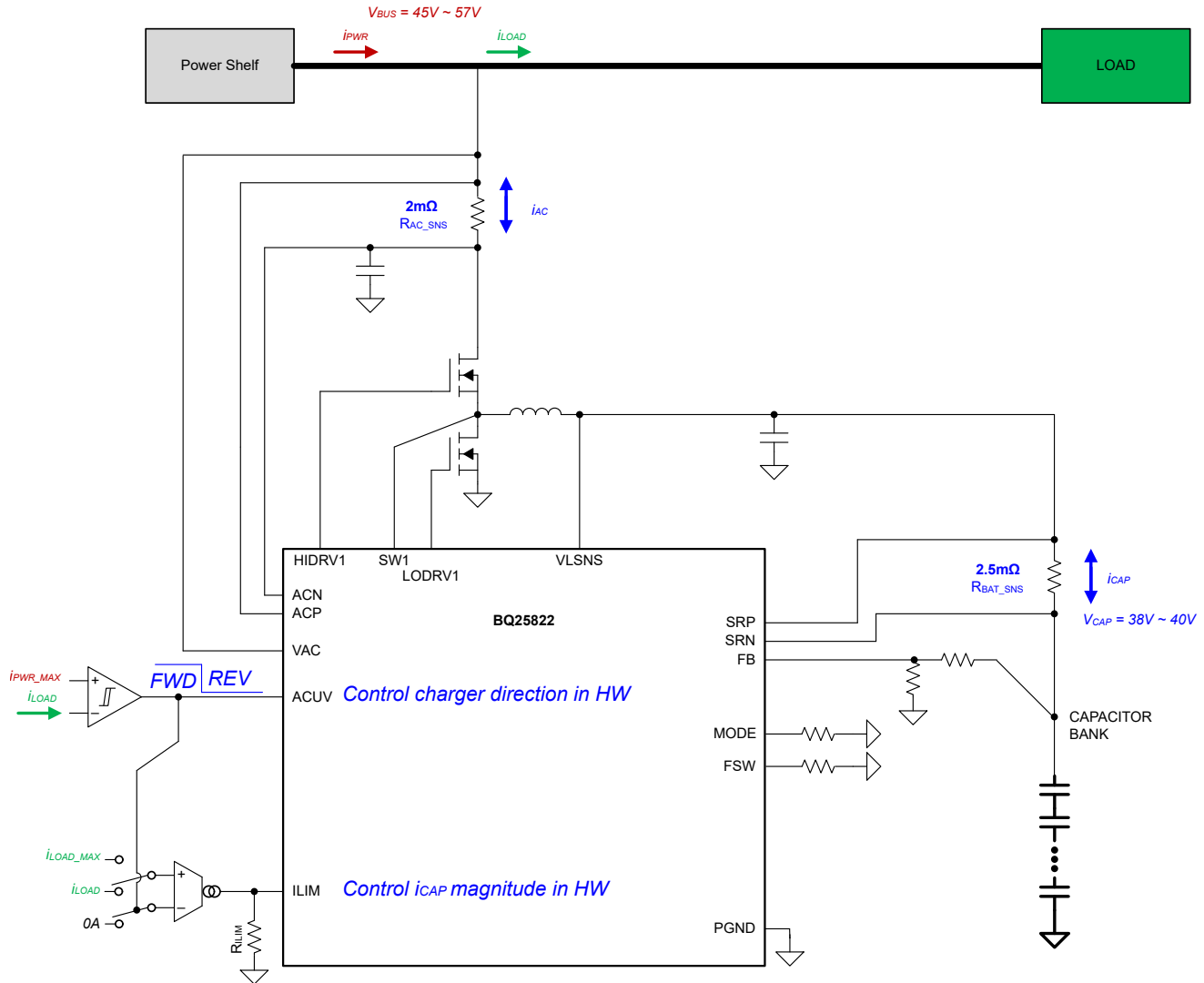


図 3-1. BQ25822 スーパーキャパシタ バックアップの設計

スーパーキャパシタ バックアップ用途で BQ25822 を実装するには、電流の方向と大きさの両方を制御するために、簡略化された制御アーキテクチャを使用できます。方向制御は、負荷電流を主電源から供給可能な最大電流と比較するコンパレータによって行われ、補助電流が必要な場合にのみ供給されるように確認します。システム負荷電流 (i_{LOAD}) が利用可能な最大電力 (i_{PWR_MAX}) を下回ると、ACUV ピンは High になり、BQ25822 は順方向充電モードで動作します。 i_{LOAD} が i_{PWR_MAX} を超えると、ACUV ピンが Low に引き下げられ、BQ25822 は直ちに g 逆方向モードへ移行して補助電流を供給します。電流の大きさの制御は、ILIM_HIZ ピンに基準電流を注入することで実現されます。これにより、動作トランスコンダクタンス アンプ (OTA) が有効になり、システム負荷電流 i_{LOAD} に応じて、順方向または逆方向の補助電流をリアルタイムで調整します。

BQ25822 を使用してスーパーキャパシタ バックアップ電源を設計する場合、信頼性の高い動作を確認するために、いくつかの重要なパラメータを考慮する必要があります。次の例は、20kW アプリケーションにおけるこのプロセスを示しています。このプロセスは、定格バス電圧、最大システム負荷、および主電源から供給可能な最大電力を特定することから始まります

$$V_{BUS_nom} = 54V \quad (1)$$

$$I_{PWR_max} = 370A \quad (2)$$

$$I_{Load_max} = 740A \quad (3)$$

次に、過渡的な負荷時に必要となる補助電力とあわせて、スーパーキャパシタ バンクの充放電限界を定義します。

$$V_{Cap_chg} = 46V \quad (4)$$

$$V_{Cap_dschg} = 39V \quad (5)$$

$$P_{Cap_Supplement} = (V_{BUS_nom} \times I_{Load_max}) - (V_{BUS_nom} \times I_{PWR_max}) = 20kW \quad (6)$$

$$I_{Cap_Supplement} = \frac{P_{Cap_Supplement}}{V_{Cap_dschg}} = 515A \quad (7)$$

これらの値に基づき、指定されたホールドアップ時間 $T_{Supplement}$ に対して、過渡負荷時に十分なバックアップ能力を確保できるよう、必要な蓄積エネルギーと最小容量が算出されます：

$$T_{Supplement} = 0.25s \quad (8)$$

$$E_{req'd} = P_{Cap_Supplement} \times T_{Supplement} = 5,000J \quad (9)$$

$$C_{req'd} = \frac{2 \times E_{req'd}}{(V_{Cap_chg})^2 - (V_{Cap_dschg})^2} = 20F \quad (10)$$

最後に、並列接続する **BQ25822** デバイスの数を、1 フェーズあたりの電流制限である **40A** に基づいて決定し、電流の適切な分担と高出力設計への拡張性を確認します。

$$n_{Phase} = \frac{I_{Cap_Supplement}}{40} = 15 \quad (11)$$

注

高出力アプリケーション向けに **BQ25822** を用いて設計する際には、部品の選定と **PCB** レイアウトが、高効率、熱的信頼性、安全な動作を確保するうえで極めて重要な役割を果たします。スイッチング **MOSFET** とインダクタは、高電流およびスイッチング損失に耐えられる十分な電気定格と熱マージンを持つものを選定する必要があります。また、充電器を **PCB** の銅箔面積だけで完全に冷却することは常に可能ではないため、外部冷却 (エアフローやヒートシンクなど) が必要になる場合があります。

表 3-1. 推奨部品：

部品	値	推奨型番
スイッチング MOSFET	80V, 2.9mΩ	IAUT165N08S5N029
インダクタ	4.7μH, 4.5mΩ	VCM1177T-4R7MN5

4 BQ25822 評価

BQ25822 のスーパーキャパシタ バックアップ動作を実証するために、2 枚の BQ25822 評価基板 (EVM) を並列接続し、バックアップ電源の充放電に利用できる電力を増加させました。この構成では、ACUV ピンに接続されたメカニカル スイッチで電流の方向を制御し、ILIM_HIZ ピンに入力された PWM 信号で電流の大きさを制御します

注

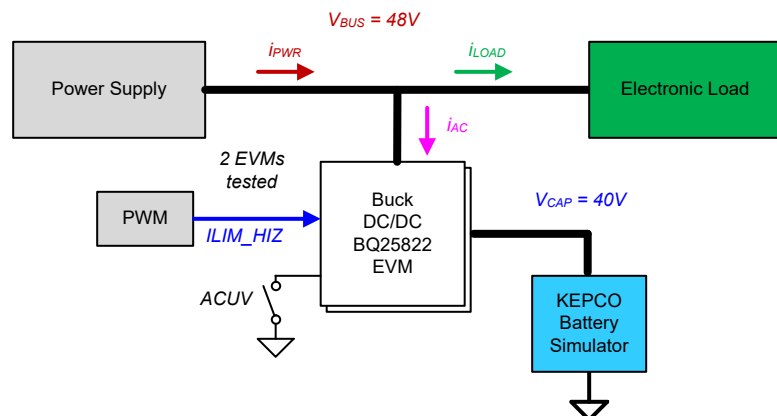
機器の制約により、順方向モードは 20A の充電電流で評価し、逆方向モードは 10A の放電電流で評価しました。

4.1 エネルギー ハーベスト

BQ25822 スーパーキャパシタ バックアップ電源の動作を検証するには、次の機器が必要です:

1. **TI の EVM:**
 - a. 2 個の BQ25822 EVM
2. **電源**
 - a. 48V、40A を供給できる電源装置。Chroma 62012P-100-50、またはそれと同等の電源装置
3. **ローカライズされたストレージ要素:**
 - a. 20A で 40V を供給可能な 4 象限または 2 象限電源装置。Kepco: BOP 50-20 MG または同等品を推奨
 - b. 実際のバッテリーを使用せずに試験を行う場合は、2 象限または 4 象限電源装置の入力端子間に 2000 μ F のコンデンサを接続します。
4. **負荷:**
 - a. 定電流モードでの電子負荷。Kikusui PLZ164WA または同等品を推奨
5. **ACUV ピン コントローラ**
 - a. ACUV 信号を切り替えるために、メカニカル スイッチ、ファンクション ジェネレータ、またはそれに相当する装置を使用することが推奨されます。これにより、順方向モードと逆方向モードの間の遷移を有効にできます。
6. **ファンクション ジェネレータ**
 - a. ILIM_HIZ ピンに PWM 信号を供給し、OTA の性能をエミュレートし、順方向と逆方向の電流振幅を制御するためのファンクション ジェネレータ。

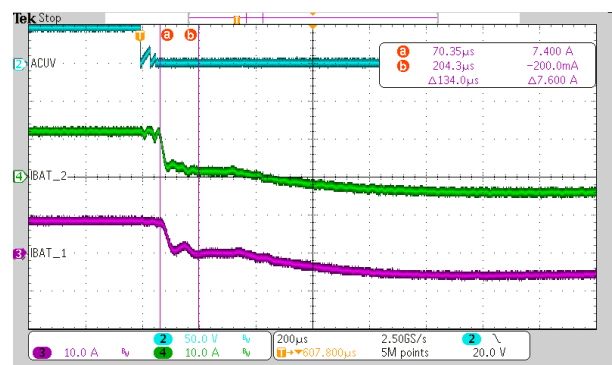
4.2 BQ25822 EVM のセットアップ



次の手順に従って、BQ25822 スーパーキャパシタ バックアップ電源の機能を評価します

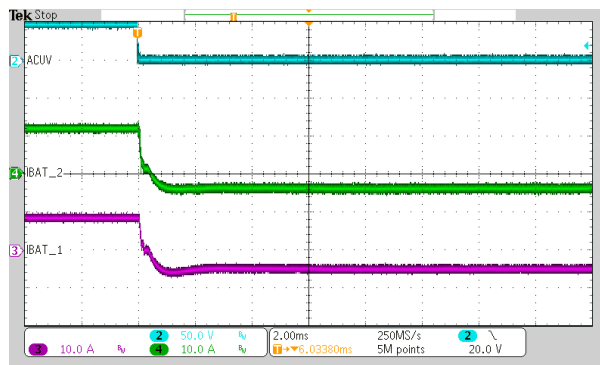
1. 48V 電源を両方の EVM の入力端子 (J1) に接続します。
2. 電子負荷を電源と並列に接続します。
3. 40V のローカル ストレージ素子を両方の EVM (J3) の出力に接続します。
4. 両方の EVM の ACUV ピンを接続し、さらにメカニカルスイッチなどのデバイスを接続して、順方向モードと逆方向モードを切り替えられるようにします。ACUV を Low にプルすると逆方向モードに移行し、High にすると、順方向モードに移行します
5. 両方の EVM の ILIM_HIZ ピンを接続し、PWM 信号を ILIM_HIZ ピンに入力して、電流制限を動的に調整します

4.3 評価と結果



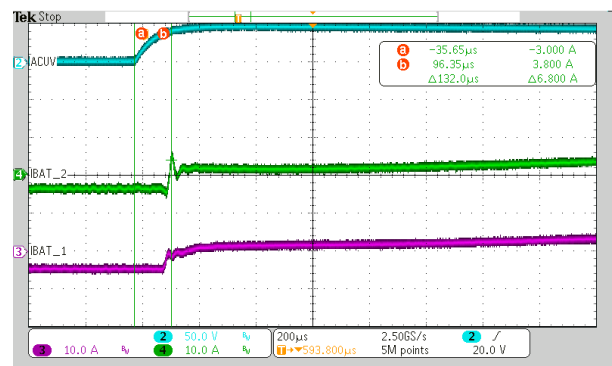
ACUV が low にプルされると、BQ25822 は 150µs 内の逆方向補完モードに移行します

図 4-1. 順方向モードから逆方向モードへの遷移回復



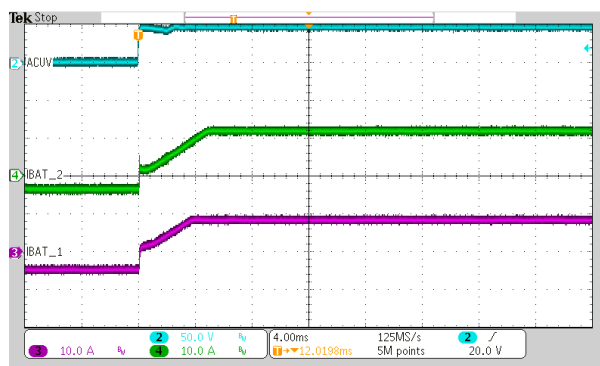
BQ25822 は、最大 20A の充電電流 (EVM あたり 10A) を供給し、その後、10A の補助電流 (EVM あたり 5A) に移行します。

図 4-2. 順方向モードから逆方向モードへの遷移回復



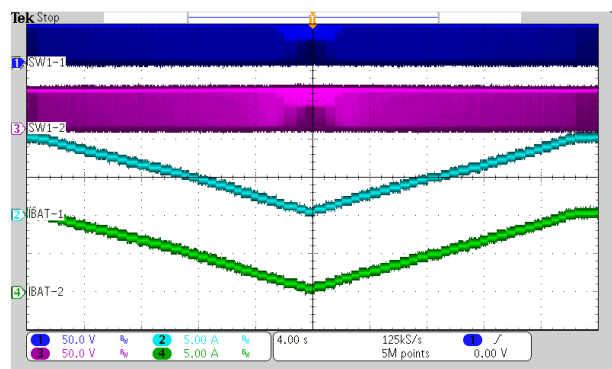
ACUV が high にプルされると、BQ25822 は 150µs 以内に順方向充電モードへ移行します

図 4-3. 順方向モードから逆方向モードへの遷移時間



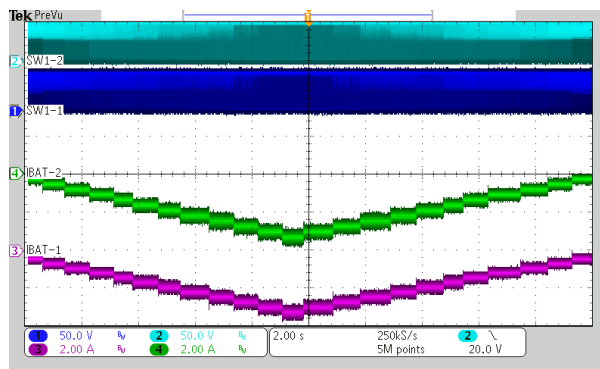
BQ25822 は、10A の補助電流 (EVM あたり 5A) を供給した後、20A の充電電流 (EVM あたり 10A) へ移行します。

図 4-4. 順方向モードから逆方向モードへの遷移回復



ILIM_HIZ ピンの PWM 信号を調整することで、BQ25822 は順方向モードで充電電流を昇圧または降圧できます。

図 4-5. 順方向モード電流制御



ILIM_HIZ ピンで PWM 信号を調整することで、BQ25822 は逆方向モードで補完電流を昇圧または降圧できます。

図 4-6. 逆方向モード電流制御

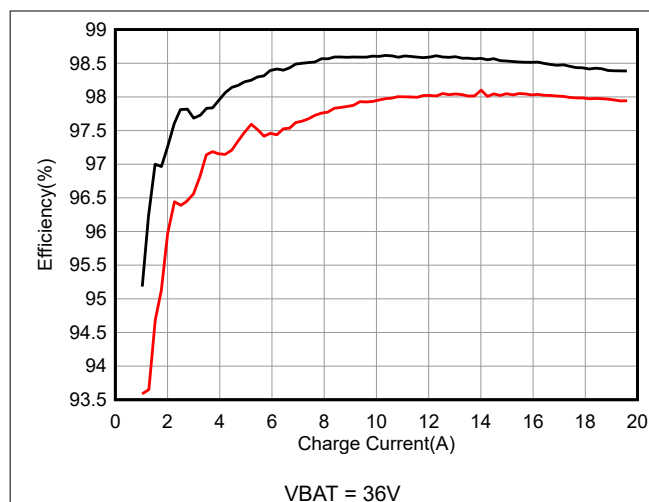


図 4-7. 順方向モード効率 (9s バッテリー構成)

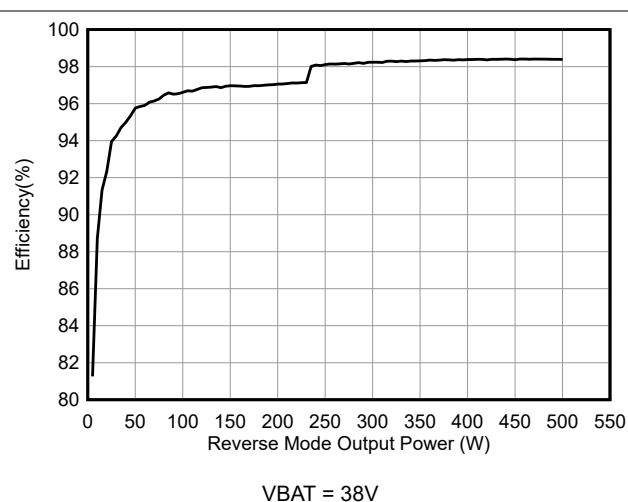


図 4-8. 逆方向モード効率 (9s バッテリー構成)

5 まとめ

このアプリケーション ノートでは、BQ25822 を高出力スーパーキャパシタ バックアップ電源システムに実装するための実践的な方法について説明します。実際のシステムへの適用例として 20 kW 設計例を示し、高出力動作を行うための主要な設計手順を概説します。

試験の結果、BQ25822 は負荷が急変する状況でも安定して動作することが確認されました。このような条件は、バックアップ回路にとってしばしば課題となります。これにより、主電源が十分に速く応答できない、または十分な電力を供給できない短時間のピーク時にも、電力供給を維持することが可能になります。その結果、BQ25822 を安定した電流レギュレーションと高速な遷移応答が必要な大電力設計で効果的に使用できることが確認されています。

6 参考資料

- テキサス・インスツルメンツ、『BQ25822: [スタンドアロン、昇降圧バックアップ電源コントローラ](#)、データシート。

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

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