

Application Brief

高電圧 BMS を活用して安全性とバッテリー寿命を向上させる方法



バッテリーエネルギー貯蔵システム(BESS)は、住宅、商業、産業、グリッドエネルギー貯蔵の管理において重要な役割を果たします。最新の BESS では、バッテリー管理システム(BMS)はバッテリーパックの中心として機能し、電圧、電流、温度などの各種パラメータを監視し、充電状態(利用可能な残りエネルギーの評価)や健全性状態(バッテリーセルの全体的な状態と経年劣化を評価)の詳細情報を提供します。BMS はバッテリーモニターの精度を確実に向上させ、システム・レベルの安全性を高めることで、効率的なエネルギー使用量を維持し、バッテリーの早期劣化を遅らせ、BESS の寿命を延長するのに役立ちます。

バッテリーモニター監視の精度の確保

バッテリーパックモニターは、セル電圧測定精度を向上させることに加え、充電状態の推定と過電圧保護の向上にも役立ちます。充電状態アルゴリズムやその他の高電圧システム診断に機能も、パックの電圧と電流を正確にレポートする必要があります。

リン酸鉄リチウム(LiFePO₄)バッテリーでは、BESS の信頼性と妥当なコストが理由で一般的に使用されているバッテリータイプであり、高精度の測定は、信頼性の高い運転に連結します直接関係しています。LiFePO₄ バッテリーの電圧プロファイルは、その有用な容量の大部分において、ほぼ平坦な充放電曲線によって特徴づけられ、その結果、電圧レベルが急速に低下する充電終了に達する前に、より安定した動作電圧となります。充放電曲線の平坦領域におけるわずかな電圧変動を検出しないと、充電状態の推定に誤差が生じるリストが高まる可能性があります。

システム・レベルの安全性向上

過充電と過放電、高温、低温、高充電電流など、さまざまな要因がバッテリーの劣化に直接影響する可能性があります。BMS に監視/保護スイートが内蔵されているため、このような条件の発生率を低減することができます。たとえば、統合型のセル・バランスなどの機能により、セルのバランスが厳密に保たれ、弱い「アンバランス」セルがパック全体に負担をかけるのを防ぐことで、セル全体の寿命を大幅に向上させることができます。正確なバランスと高精度のセル測定により、セルの動作とコンディショニングにおける非効率性を軽減し、検出することができます。

セル間のばらつきは、バッテリーパックの寿命全体にわたって継続的に増加しています。ESS 内ではパッシブ・バランスでは十分ではないため、アクティブ・セル・バランスとアクティブ・パック・バランスは、ESS の寿命を延ばし、セル容量が増加し続けるにつれて手動メンテナンスの減少に役立ちます。

双方向の絶縁型 DC/DC を使用してエネルギー転送を実現するパック間バランスのためのアクティブ・バランス設計アプローチは、システム全体の利用率の向上に役立ちます。

長い寿命を実現

蓄電池のサイクル寿命は、世代が進むごとに 10,000 回から 12,000 回、さらには 15,000 回へと伸びていきます。このような増加は、製品寿命が将来的に 20 年から 25 年に達する可能性があります。BESS の開発において、バッテリー寿命の延長は重要な検討事項であり、設計者が競争力と効率性の高い製品を供給できるようにします。

アプリケーションの基礎

図 1 に、BESS のアーキテクチャを示します。このシステムは、高電圧 (1,500V) リチウムイオン/ LiFePO4 ベースのバッテリーシステムを想定しており、複数のリファレンスデザインを採用して包括的なシステムアプローチを実現します。

エネルギー貯蔵システム向け、最大 1,500V スタックابلバッテリー管理ユニットのリファレンスデザインは、スタック方式で BQ78706 バッテリモニタを活用する複数のバッテリー管理ユニットを組み合わせ、冗長データ測定機能によりバッテリーの故障を検出します。

次に、エネルギー貯蔵システム向けの 1,500V 高電圧ラックモニタユニットのリファレンスデザインでは、BQ79731-Q1 パックモニタを使用してバス電圧と電流の検出と測定をサポートするとともに、冗長データ測定機能も統合した 1 つの高電圧監視ユニット (HMU) を示しています。バッテリー制御ユニット (BCU) は、システムスイッチを確実に駆動し、システムの安全性を維持します。

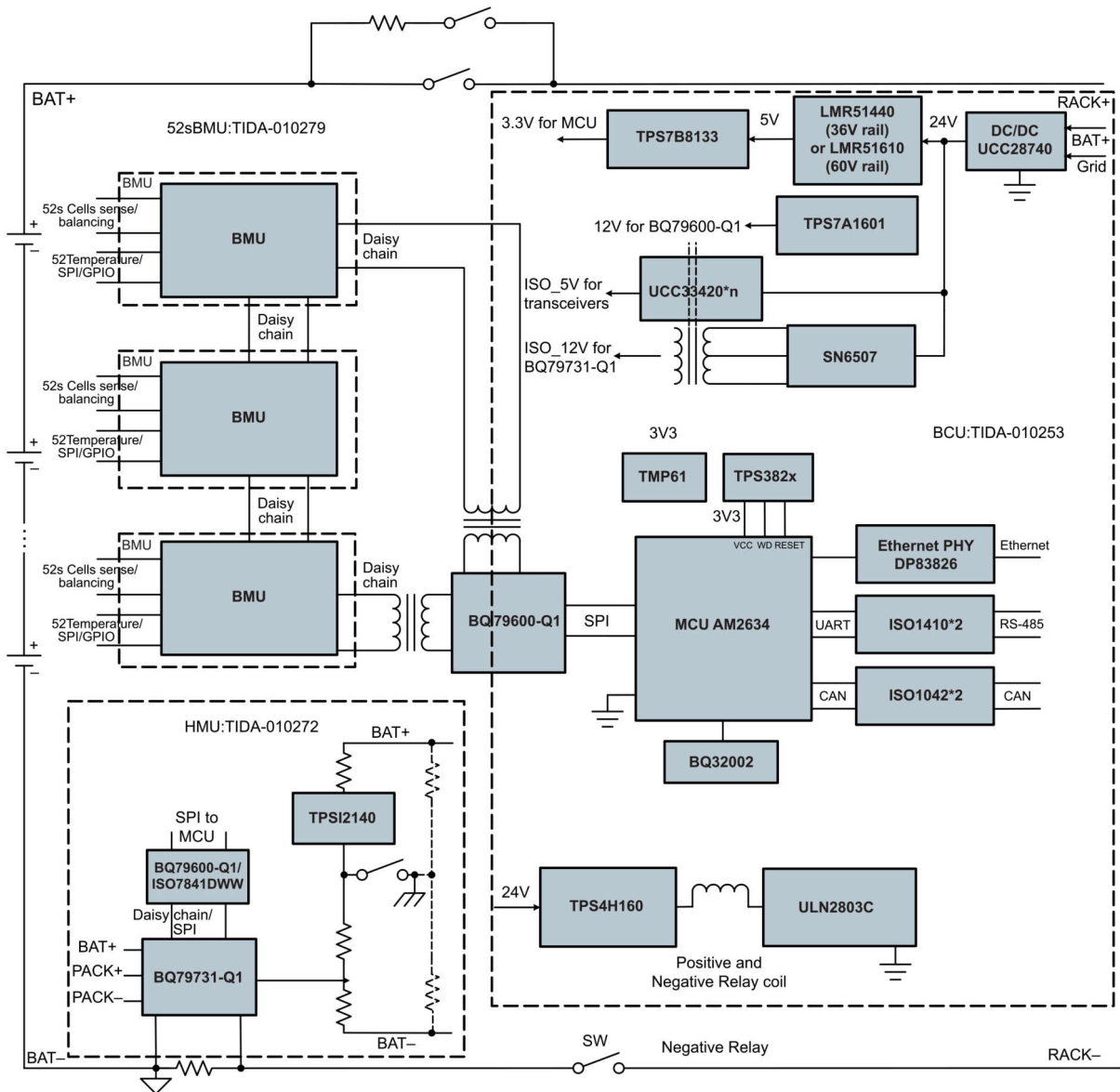


図 1. BESS アーキテクチャのブロック図

高精度セル・センシングと信頼性の高いシステム・アーキテクチャを実現

図 1 に、BCU と HMU の組み合わせによって、信頼性の高いシステム・レベルの安全性を実現する方法を示します。HMU の BQ79731-Q1 により、最大精度 $\pm 3.16\text{m}$ の高精度のバス電圧測定を実現します。このレベルの精度は、絶縁インピーダンス測定と接触溶接検出のためのキャリブレーションの信頼性や簡潔性を向上させます。また、BQ79731-Q1 は低ゲイン誤差 ($\pm 0.065\%$) と低オフセット ($-2.5\mu\text{V} \sim 7.5\mu\text{V}$) を備えた連続サンプリング A/D コンバータも組み合わせています。電圧および電流の測定診断は、BQ79731-Q1 がサポートする安全性メカニズム (TI 機能安全・自動車安全度水準 [ASIL] D に準拠) を使用して実行できるため、信頼性の高い測定結果でシステム・レベルの安全性を確保できます。

図 2 TI のエネルギー貯蔵システム向けバッテリー制御ユニットのリファレンスデザインを示しています。このリファレンスデザインは、バッテリーモニタ BQ78706 を使用して、 40°C から 125°C まで $\pm 2.4\text{mV}$ のセル電圧誤差を実現します。このデザインは、TMUX 拡張機能と TMP61 の高精度 ($-25^\circ\text{C} \sim 65^\circ\text{C}$ で $\pm 1^\circ\text{C}$) サーミスタセンサにより、個々のセルチャネルの温度を測定します。BMU と同様、セル電圧と温度の診断は、BQ78706 の統合型安全メカニズム (ASIL B に準拠する TI の機能安全) を使用して実行し、信頼性の高い結果を取得します。MSPM0G3519 をベースとするソフトウェア開発キットはデザインプロセスの簡素化と開発期間の短縮に貢献します。

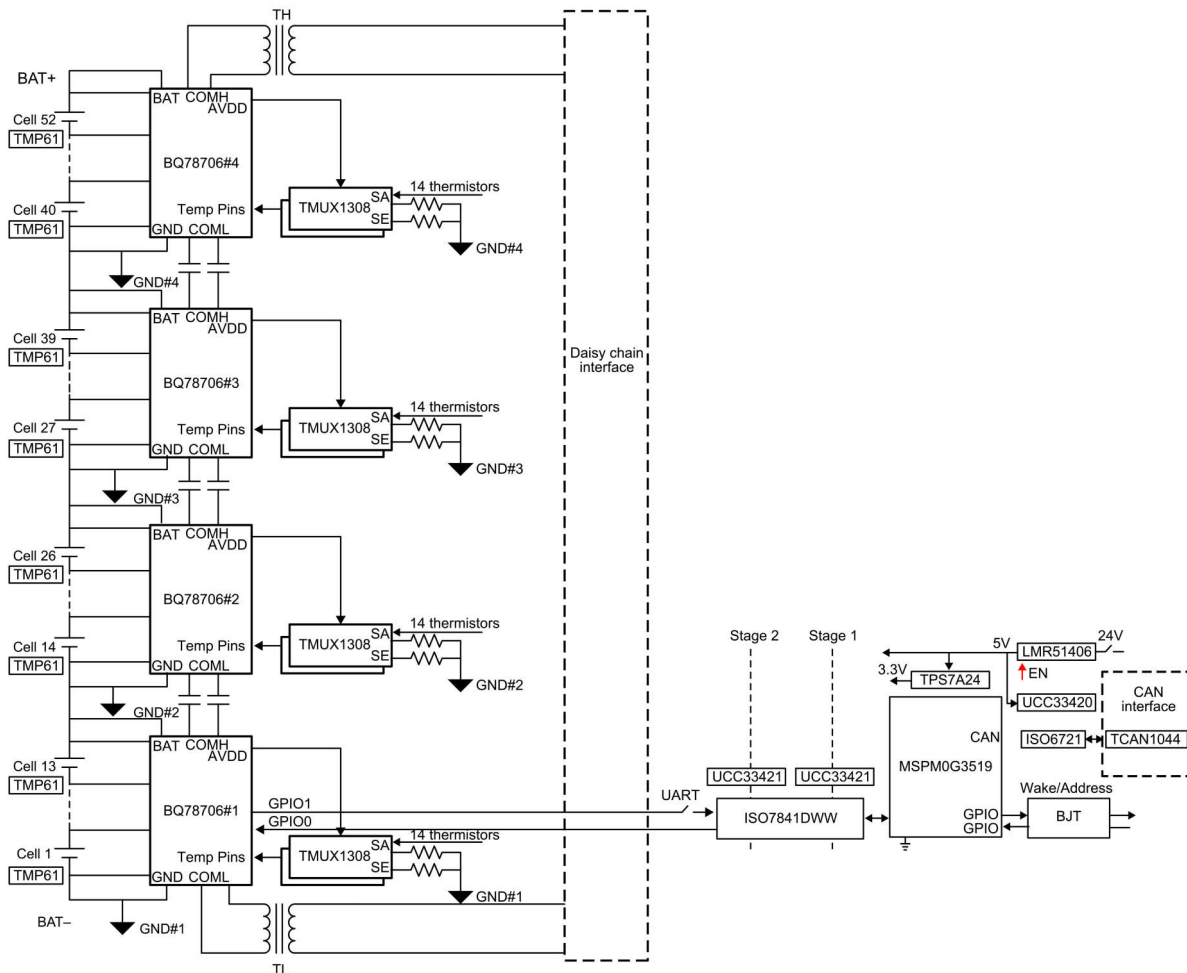


図 2. スタックابل BMU アーキテクチャを示した、エネルギー貯蔵システム向けバッテリー制御ユニットのリファレンスデザインの図

BMUとHMUを採用したこのデザインは、国際電気標準会議 62477-2とUL (Underwriters Laboratories) 1973 に準拠しており、最大 1,500V の強化絶縁要件に適合しています。このデザインは ISO7841 や UCC33421 などの強化絶縁型アイソレータと組み合わせて使用することも、超ワイド沿面距離トランスとデイジーチェーン接続して十分なシステム・レベルの安全性を確保することもできます。

まとめ

安全で信頼性の高い BMS は、特にリチウムイオンから LiFePO4 化学物質へのトレンドやそれ以降に関連して、ESS の寿命、効率、そして最も重要な安全性を進歩させるうえで重要な役割を果たします。正確なデータ検知を行い、ESS のすべてのモードのバックレベルおよびセルレベルのバランスをとることができる BMS デザインアプローチにより、太陽光発電や風力などの再生可能エネルギーからのエネルギー利用が最大化され、需要が高い期間に電力網を安定化したり、停電時にバックアップ電源として使用したりできるようになります。

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

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