

Design Guide: TIDA-010271

エネルギー・ストレージ・システム向けスタックابل・バッテリー管理ユニットのリファレンス・デザイン



概要

このリファレンス・デザインは、全セル温度検出機能を備え、セル電圧精度が高い、リチウムイオン (Li-ion) / リン酸鉄リチウム (LiFePO4) バッテリー・パック (32s) です。このリファレンス・デザインは、各セルの電圧とセル温度を監視し、バッテリー・パックを保護することで、安全な使用を保証します。このリファレンス・デザインでは、コスト効率の優れたスタック・バス接続を行うため、オンボードおよびオフボードのデージー・チェーン通信インターフェイスを採用しています。このリファレンス・デザインはこれらの機能を通じて、大容量バッテリー・パック・アプリケーションへの適応性を実現しています。

リソース

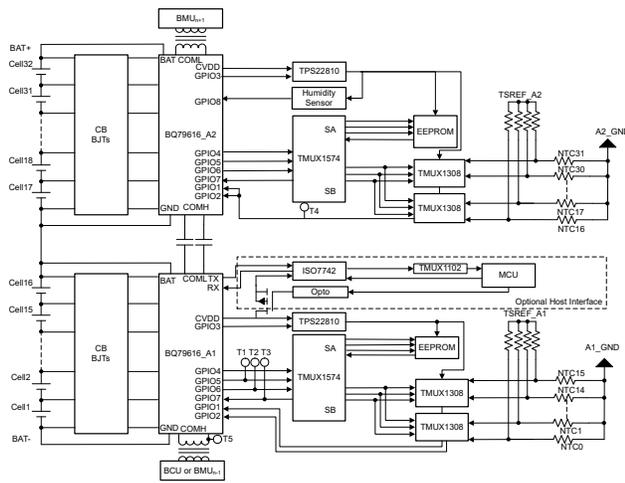
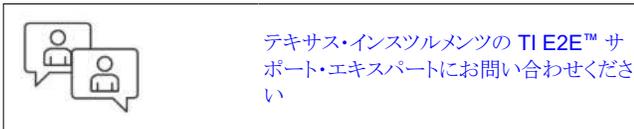
TIDA-010271	デザイン・フォルダ
BQ79616, TPS22810-Q1	プロダクト・フォルダ
TMUX1308, TMUX1574	プロダクト・フォルダ
ISO7742, TMUX1102	プロダクト・フォルダ
TSD05C, ESD441, ESD2CAN24-Q1	プロダクト・フォルダ

特長

- 電圧精度: $\pm 1.5\text{mV}$ (25°C、キャリブレーションなし)
- 最大 100mA の内部セル・バランスング、外部バランスング回路による大容量サポート (オプション)
- マルチプレクサ (MUX) による全セル温度検出
- 堅牢かつプログラム可能なバッテリー・セルおよびパック保護機能
- データ・リクロッキング機能を備えリング・アーキテクチャを採用した堅牢なデージー・チェーン通信
- 15 μA のシャットダウン・モード電流
- マイクロコントローラと CAN (Controller Area Network) 通信のための絶縁型 UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter) インターフェイス (オプション)

アプリケーション

- バッテリー・エネルギー・ストレージ・システム
- その他の産業用バッテリー・パック (10S 以上)



1 システムの説明

現在、バッテリー・エネルギー・ストレージ・システム (BESS) は、住宅、商業および産業、グリッド・エネルギー・ストレージ、管理において重要な役割を果たしています。BESS は、各種の高電圧システム構造を採用しています。商業および産業およびグリッド BESS には、それぞれがスタックされたパックを含む複数のラックが含まれます。住宅用 BESS にはパックのみが含まれます。

パックは、BESS を構成する基本的なモジュールです。パックは、直列および並列接続の複数のバッテリー・セルで構成されます。セル・チャンネル数は 12~64 です。バッテリー・セルには、ライフサイクル全体にわたる適切な動作および保存温度、電圧範囲、電流範囲と安全性とが必要とされるため、設計者はパック・レベルでバッテリー・セルを監視および保護する必要があります。

バッテリー管理ユニット (BMU) は、パック内の各バッテリー・セルの電圧と温度をライフサイクル全体にわたって監視するコントローラです。BMU には、電圧と温度を監視するための高い測定精度が求められます。BMU によって収集された情報は、安全および充電管理のために、ラック・レベル・コントローラのバッテリー制御ユニット (BCU) に送られます。BMU と BCU の間の堅牢かつ高速な通信も求められます。

安全性、規制、コストに関する懸念が、BESS に LiFePO4 バッテリーを採用するという需要を喚起しています。LiFePO4 バッテリーの充電または放電曲線は、約 85%~100% の充電状態 (SOC) の範囲ではかなりの直線性を維持しますが、約 10%~約 85% の SOC の範囲では傾きが急激に変化します。これは、BESS 設計で許容される電圧精度を選択する際に重要となります。ほとんどの条件で、高い SOC 精度と広い放電深度 (DOD) を計算するには 3mV~5mV の精度で測定する必要があります。

通信インターフェイスとして、通信の堅牢性を高めるために CAN (Controller Area Network) が従来から広く使用されています。CAN 構造のコントローラでは、CAN 通信機能を動作させるため、マイクロコントローラ・ユニット (MCU)、デジタル・アイソレータ、絶縁型電源モジュールが必要とされます。

デジジー・チェーンで CAN 設計を置き換えることもできます。CAN インターフェイスの場合と比較して、BMU で求められるものは数個のトランスのみです。したがって、特に大容量バッテリー・パック・アプリケーションでは、デジジー・チェーン設計は CAN よりもコストの点で有利です。多くの BMU ノードと CAN インターフェイス・デバイスで構成される大容量 BESS 内 CAN 構造では、コストが問題となるためです。BMU および BCU 通信インターフェイス間に求められる強化絶縁は、デジタル・アイソレータと絶縁型電源モジュールを必要とするため、絶縁要件もコストを上昇させます。

この設計は、大容量バッテリー・パック・アプリケーションと、住宅、商業および産業、グリッド BESS などに適用できるアプリケーションを想定しています。本設計は、2 つの BQ79616 デバイス (バッテリー・モニタ、バランス、内蔵ハードウェア保護機能) を使用して、32s バッテリー・パックの各セル電圧と温度を監視し、セル過電圧、セル低電圧、過熱などの状況からパックを保護しています。本設計には、最大 32s のセル温度を測定するための 8:1 の GPIO 拡張比を得るのに必要な 4 つの TMUX1308 デバイスと、外付け EEPROM (電氣的に消去可能なプログラマブル読み出し専用メモリ) にパック情報を復元するための SPI (シリアル・ペリフェラル・インターフェイス) の拡張に必要な 1 つの TMUX1574 デバイスが含まれます。本設計は、セル・チャンネルあたり 100mA のバランス電流を得るために内部セル・バランス (CB) を採用しており、将来的により大きなバランス電流に対応できるように、外部 CB 回路にも対応できます。

2 つの BQ79616 デバイス間のオンボード通信には、コンデンサ絶縁型デジジー・チェーンを採用しています。BMU と、BMU または BCU との間のオフボード通信には、トランス絶縁型デジジー・チェーンを採用しています。本設計は、CAN 構造内で使用される可能性があるオフボード MCU との絶縁型 UART インターフェイスにも対応できます。

2 システム概要

本設計は、2 つの BQ79616 デバイスを使用して、32s バッテリー・パックの各セル電圧と温度を監視し、セル過電圧、セル低電圧、過熱を含むすべての異常事態からパックを保護しています。図 2-1 において、上側の BQ79616 デバイスが BQ79616-A2、下側の BQ79616 デバイスが BQ79616-A1 です。順方向のデジター・チェーン通信は、BQ79616-A1 デバイスから BQ79616-A2 デバイスへの方向です。

各 BQ79616 は、温度検出のための 8 本の GPIO ピンと、電圧検出のための 16 本の VC ピンを備えています。より少ない GPIO ピンですべての VC チャンネルの温度を監視するため、2 つの TMUX1308 マルチプレクサを使用します。これらのマルチプレクサは、1 つの BQ79616 の温度検出機能を 8 チャンネルから 16 チャンネルに拡張します。TMUX1574 は、パック情報を復元する外部 SPI EEPROM と接続できるように BQ79616 の GPIO4~GPIO7 を拡張するために使われます。

TMUX1308 の診断を実行するには、TMUX1308 の各チャンネルを一度に 1 つずつ BQ79616 の TSREF 出力ピンに接続します。TSREF は、BCU コマンドに従って、High または Low 電圧レベルに設定されます。次に BCU は MUX チャンネルをポーリングし、TSREF に接続された MUX チャンネルで報告された電圧が TSREF ピン出力と一致しているかどうかを判断します。この診断方法を使うと、MUX が特定のチャンネルで動けなくなっていないかどうか、または誤ったチャンネルに対応する電圧を報告していないかどうかを確認できます。

この設計では、湿度センサ・インターフェイス用に GPIO8 ピンが確保されています。

BQ79616 の CVDD ピンは、TMUX1308、TMUX1574、外部 EEPROM、湿度センサに電力を供給するために使用されます。CVDD は常時オンの電源を提供するため、BQ79616 がシャットダウン・モードにある場合、このピンが外部負荷へのリーク電流の原因となる可能性があります。TPS22810 は BQ79616 の GPIO3 によって有効化されます。この TPS22810 を使って CVDD からの電源出力をオンオフすることで、意図しないリーク電流を防止します。

BQ79616 は、MCU との UART インターフェイスをサポートしています。各デバイスの TX ピンと RX ピンを絶縁するため、BQ79616 と MCU との間に ISO7742 が配置されます。BQ79616 の TX ピンと CVDD ピンは常時オンの電源であるため、シャットダウン・モード時にこれらのピンが ISO7742 へのリーク電流の原因となる可能性があります。このリーク電流を遮断するため、PMOS、TMUX1102、フォトカプラが使われています。UART 通信を開始するには、MCU 側から PMOS と TMUX1102 をオンに切り換えるため、MCU はオプトカプラをターンオンさせる必要があります。

この設計は、外部パッシブ・セル・バランスのための BJT ネットワークも使用します。内部パッシブ・セル・バランス抵抗は最大 100mA のバランス電流をサポートできます。内部パッシブ・セル・バランス抵抗の両端の電圧は、内部パッシブ・セル・バランス用外部 BJT をオンに切り換えるために使われます。

通信を絶縁するため、本設計では、2 つの BQ79616 の間のデジター・チェーン通信のための 2 つの高電圧コンデンサと、BMU または BCU 間のデジター・チェーン通信のための 2 つのトランスを使います。

2.1 ブロック図

図 2-1 に、システム・ブロック図を示します。

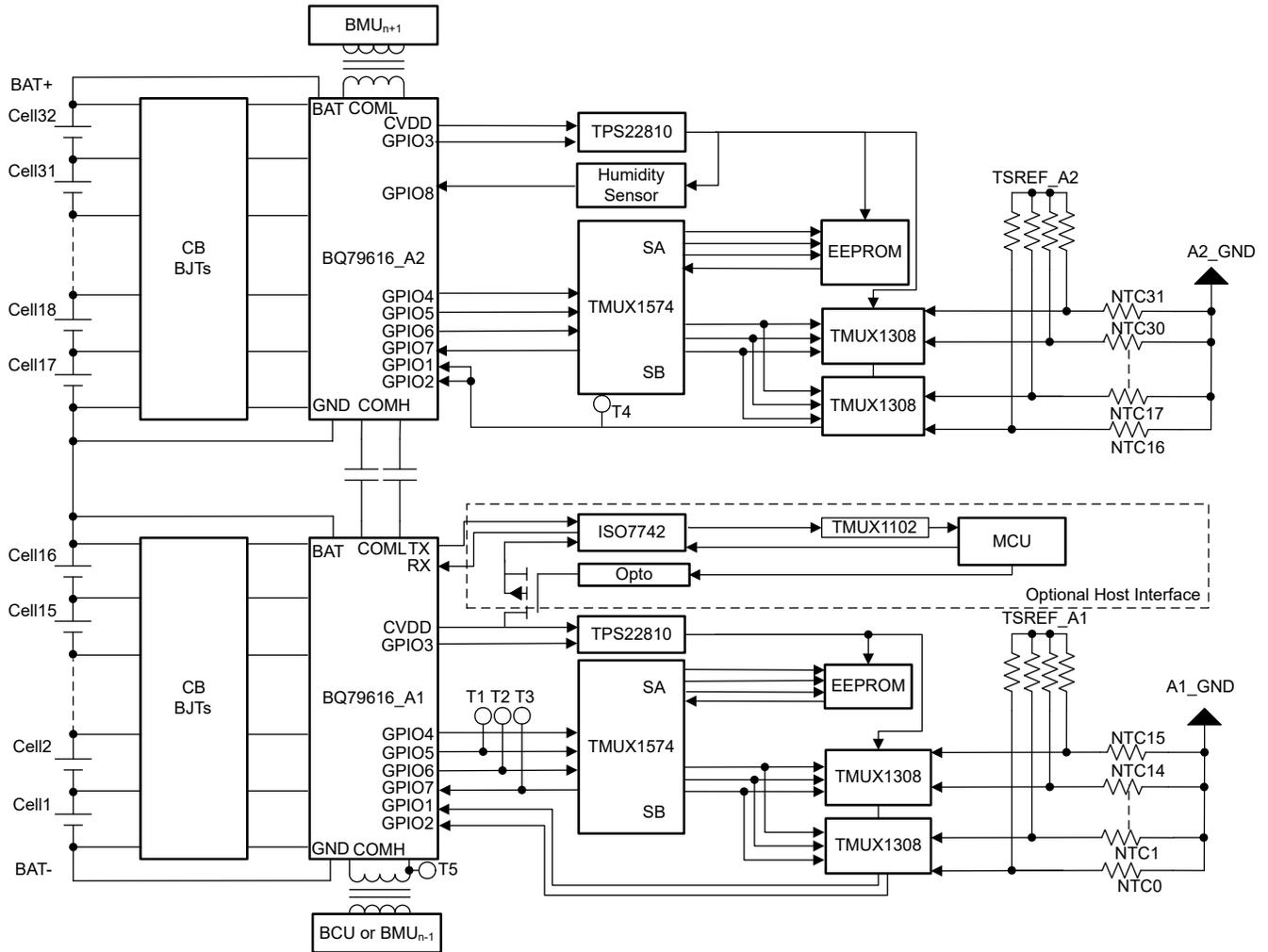


図 2-1. TIDA-010271 のブロック図

2.2 設計上の考慮事項

2.2.1 マルチプレクサ・ネットワークおよび切り換え方法

図 2-2 に、すべてのサーミスタとセル電圧を読み取る方法を示します。16 の NTC (負温度係数) サーミスタを 1 つの BQ79616 に多重化するのに、2 つの TMUX1308 デバイスを使います。BQ79616 は、TMUX1308 の 8 つの NTC サーミスタ・チャンネルをアドレス指定するのに、3 つの GPIO (GPIO5、GPIO6、GPIO7) を使い、2 つの TMUX1308 デバイスの共通出力ピンを読み取るのに、2 つの GPIO (GPIO1、GPIO2) を使います。これは、5 つの GPIO で 16 の NTC サーミスタを切り換えられることを意味します。さらに多くのサーミスタが必要な場合、6 つの GPIO で 24 の NTC サーミスタを切り換えることができます。

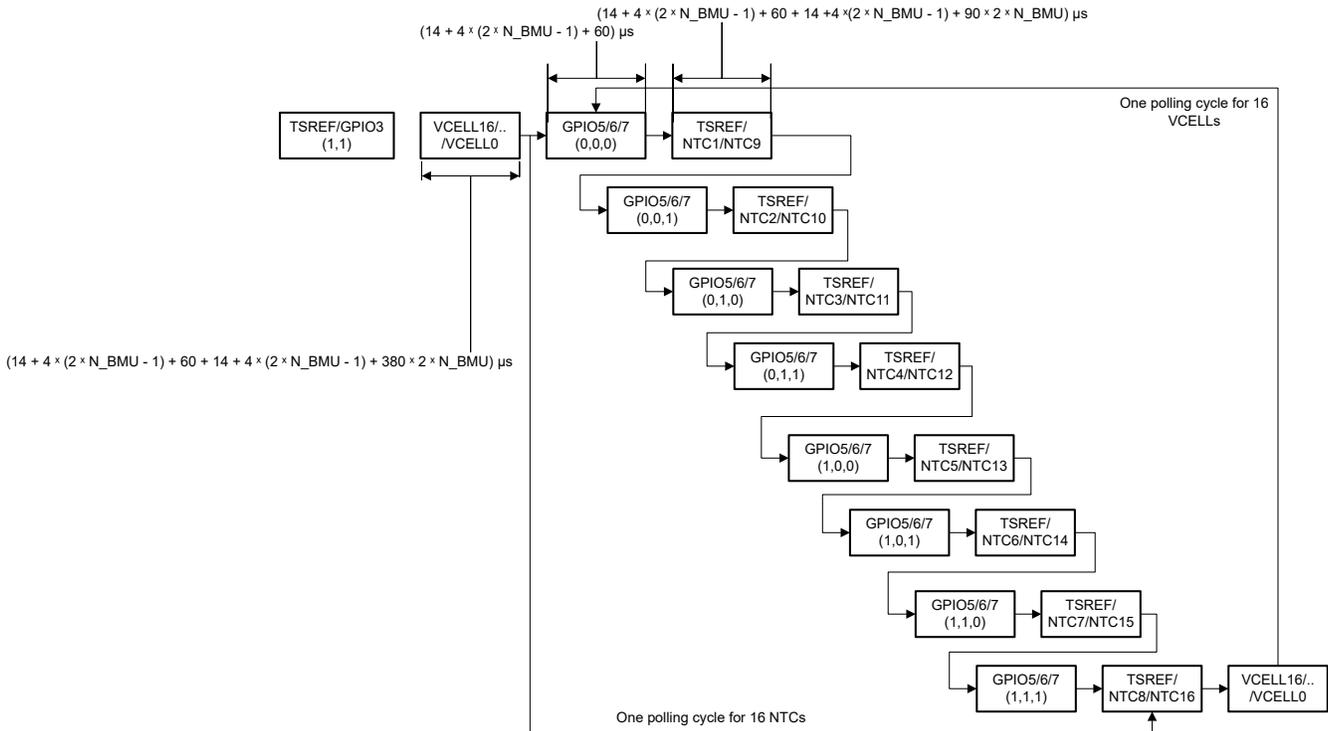


図 2-2. すべてのサーミスタとセル電圧を読み取る方法

TMUX1308 またはその他のマルチプレクサを使用して NTC サーミスタの数を簡単に増やすことができますが、規格によって定義された安全な時間内に 16 の全 NTC サーミスタを接続するための効率的な切り換え方法が、システムには依然として求められます。

NTC サーミスタ・スイッチングのループは、スタックされた BQ79616 の GPIO5~7 ピンへのブロードキャスト書き込みと、TSREF と GPIO1~GPIO2 のブロードキャスト読み出しで構成されます。16 の NTC サーミスタから温度データを読み取るには、8 つのループが必要です。スタックされた BMU の数が N であり、この設計が 1 つの BQ79600 ベース・デバイス (N の内には入りません) を使用していると仮定すると、GPIO5~7 ピンへのブロードキャスト書き込みを 1 つのループがすべてのデバイスで実行するのに $(14 + 4 \times (2 \times N_{\text{BMU}} - 1) + 60) \mu\text{s}$ かかります。TSREF と GPIO1~GPIO2 のブロードキャスト読み出しには $(14 + 4 \times (2 \times N_{\text{BMU}} - 1) + 60 + 14 + 4 \times (2 \times N_{\text{BMU}} - 1) + 90 \times 2 \times N_{\text{BMU}}) \mu\text{s}$ かかります。

BESS ラックの電圧が 1500V であり、直列接続された 470 個のバッテリー・セルで 1 つのラックが構成されている場合、15 の BMU (30 の BQ79616 デバイス) を使ってすべてのバッテリー・セルを監視します。スタックされた BQ79616 デバイスから温度データを読み取るための 1 つのループを実行するのに 4.11ms かかり、その間にスタック内の各 BQ79616 の 16 の NTC サーミスタのうちの 2 つがポーリングされます。スタック内の各 BQ79616 の 16 個すべての NTC サーミスタから温度データを読み取るには 32.880ms かかります。NTC サーミスタのデータの読み取りに続いて、スタックされたすべての BQ79616 デバイスのセル電圧 (VCELL) データを読み取るには 11.706ms が必要です。1500V ラックの温度と VCELL データの収集に要する時間の合計は約 44ms であり、この値は GBT34131-2023 規格 (VCELL の場合は 100ms、NTC サーミスタの場合は 1s) を満たしています。

2.2.2 セル・バランスング

図 2-3 に、セル・バランスング回路を示します。

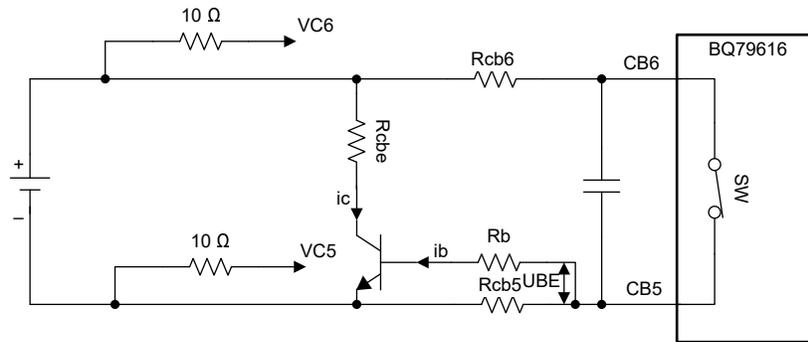


図 2-3. セル・バランスング回路

この設計では、100mA のバランスング電流を実現するため、内部の電界効果トランジスタ (FET) を使います。前提条件：初期 CB 電圧は 3.5V、最終的な CB 電圧は 3.3V。CB 電圧が 3.5V のときに 100mA のバランスング電流を実現するため、 $R_{cb6} = R_{cb5} = 15\Omega$ を使います。

R_{cb5} の両端の電圧は、外部セル・バランスング NPN トランジスタにもバイアス電圧を供給します。 R_{cbe} の値は、CB 電圧と、必要な外部セル・バランスング電流に基づいて決定できます。 R_b は、以下の 2 つの条件を満たす必要があります。

1. 条件 1: 放熱面積が小さい場合、NPN トランジスタは飽和領域で動作します ($i_c < \text{係数} \times h_{fe} \times i_b$ 、ここで h_{fe} は NPN トランジスタの静的 DC 電流伝達率です)。 i_c - h_{fe} 曲線は、NPN トランジスタのデータシートに記載されています。 i_c は目的の外部セル・バランスング電流と等しい一方、対応する全温度範囲の最大の h_{fe} を使うことで、条件 1 を満たすことができます。安全なマージンを持って NPN トランジスタを飽和領域に維持するため、この係数は通常 2 に設定されます。
2. 条件 2: $U_{BE} > U_{BE(on)}$ 。 $U_{BE(on)}$ はベース - エミッタ間ターンオン電圧です。 $U_{BE(on)}$ は、 R_{cb5} の両端の電圧よりも小さい必要があります。かつ、 R_b をより簡単に選択できるように、できるだけ小さい値である必要があります。

この設計では、 R_b として 300Ω を使っており、この値を使うことで、最大 600mA の外部セル・バランスング電流に対応できます。

2.2.3 スタックされた AFE の通信

セル数が非常に多いシステムの場合、バッテリー・セルを監視するために BQ79616 デバイスを直列にスタック接続できます。この設計では、最大 32s のバッテリー・セルを監視するために 2 つ BQ79616 デバイスを使います。下側の BQ79616 は下側の 16s バッテリー・セルを監視し、上側の BQ79616 は上側の 16s バッテリー・セルを監視します。下側の BQ79616 デバイスは BAT- と同じグランドを共有し、上側の BQ79616 は 16s スタックの最も高い電圧をグランド基準としています。上側の BQ79616 デバイスとの通信には絶縁が必要です。この設計では、2 つの BQ79616 デバイスの間のコンデンサ絶縁型デジタイズ・チェーンと、オフボード BMU または BCU との間のトランス絶縁型デジタイズ・チェーンを使っています。BMU は、順逆両方の通信方向をサポートするように設計されています。下側の BQ79616 から上側の BQ79616 への通信方向は、北 (順) です。上側の BQ79616 から下側の BQ79616 への通信方向は、南 (逆) です。図 2-4 に、BMU のリング型通信を示します。

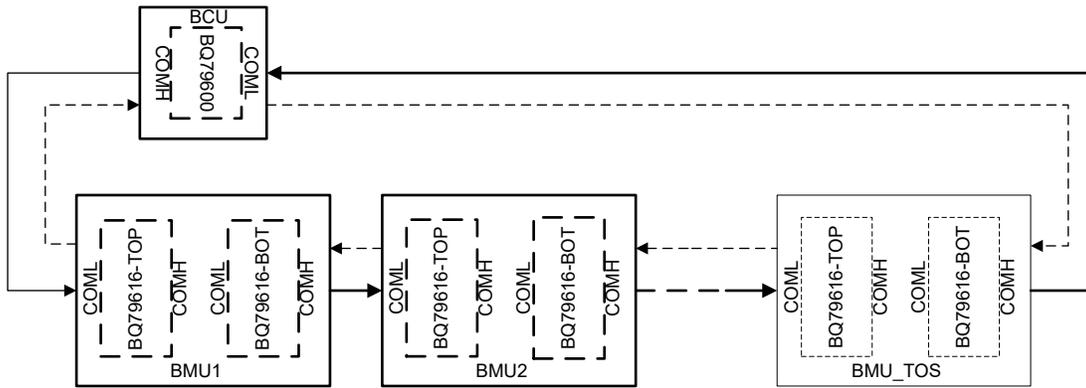


図 2-4. BMU のリング型通信

BCU は SPI を使って BQ79600 に ping を発行します。ping は、復帰やシャットダウンなどの単純な動作のための非通信信号です。コマンドは、データを送信するために使われます。BQ79600 は、スタックされた BQ79616 との間で、1 デューティ・サイクルで北および南にトーンを送受信できます。GBT34131-2023 規格を考慮すると、電圧サイクルは 100ms 未満、温度サイクルは 1 秒未満である必要があります。

2.2.4 MCU との絶縁型 UART インターフェイス

この設計には、CAN 構造用に MCU との絶縁型 UART インターフェイスが用意されています。ISO7742 は、BQ79616 の UART インターフェイスと MCU を接続するために使われます。シャットダウン・モードとアクティブ・モードの両方で、BQ79616 の CVDD ピンと TX ピンは一定の電圧を供給するため、ISO7742 の BQ79616 シャットダウン・モードが BQ79616 に直接接続されている場合、ISO7742 には VCC (CVDD) と入力 (TX) から電力が供給されます。

図 2-5 に、BQ79616 と直接接続した ISO7742 の回路を示します。

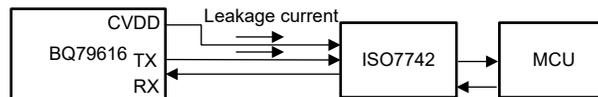


図 2-5. BQ79616 と直接接続した ISO7742 の回路

TMUX1102 は、TX ピンからの電流を遮断するために使われます。TMUX1102 は電源オフ保護機能と、TX 信号の送信パスに適した 300MHz の広い帯域幅とを備えています。BQ79616 から ISO7742 への一方方向の CVDD ピン接続を遮断するため、1 つの PMOS を使います。TMUX1102 と PMOS はどちらも、MCU で制御されたフォトカプラ・プルダウン信号によってターンオンします。

図 2-5 に、TMUX および PMOS と接続した ISO7742 の回路を示します。

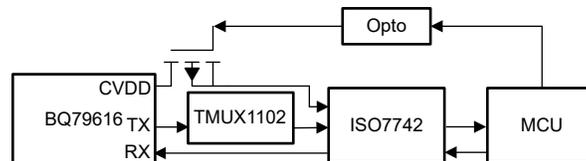


図 2-6. TMUX および PMOS と接続した ISO7742 の回路

2.3 主な使用製品

2.3.1 BQ79616

BQ79616 デバイスは、HEV と EV の高電圧バッテリー管理システムで、16 直列バッテリー・モジュールの高精度セル電圧測定を 200 μ s 未満で実現します。本モニタは、同じパッケージ・タイプでさまざまなチャンネル・オプションを提供し、ピン互換性を実現しているほか、確立されたソフトウェアとハードウェアをあらゆるプラットフォームで再利用できます。内蔵のフロントエンド・フィルタにより、単純な低電圧定格の差動 RC フィルタをシステムのセル入力チャンネルに実装できます。内蔵ポスト ADC ローパス・フィルタにより、フィルタ処理された (DC と同様の) 電圧を測定できるため、充電状態 (SOC) をよりの確

に計算できます。このデバイスは、温度監視機能を備えた自律的な内部セル平衡化をサポートしており、平衡化を自動的に中断および再開することで過熱状態を防止します。

2.3.2 TMUX1308

TMUX1308-Q1 および TMUX1309-Q1 デバイスは汎用の CMOS (相補型金属酸化膜半導体) マルチプレクサ (MUX) です。TMUX1308-Q1 は 8:1、1 チャネル (シングルエンド) MUX、TMUX1309-Q1 は 4:1、2 チャネル (差動) MUX です。このデバイスは、ソース (Sx) およびドレイン (Dx) ピンで、GND から VDD までの範囲の双方向アナログおよびデジタル信号をサポートします。

TMUX13xx-Q1 デバイスは内部インジェクション電流制御機能を備えています。この機能のおかげで、スイッチを保護し入力信号を電源電圧内に維持するために通常使用される外付けのダイオードおよび抵抗ネットワークは不要です。内部インジェクション電流制御回路により、ディスエーブルされた信号パスの信号が電源電圧を上回っても、イネーブルされた信号パスの信号に影響を与えません。また、TMUX13xx-Q1 デバイスには電源ピンへの内部ダイオード・パスがないため、電源ピンに接続された部品が損傷し、または電源レールに意図しない電力が供給される危険性がありません。

すべてのロジック入力のスレッショルドは 1.8V ロジック互換で、有効な電源電圧で動作していれば、TTL (トランジスタ・トランジスタ・ロジック) と CMOS の両方のロジックと互換性が確保されます。フェイルセーフ・ロジック回路により、電源ピンよりも先に制御ピンに電圧が印加されるため、デバイスへの損傷の可能性が避けられます。

2.3.3 TMUX1574

TMUX1574 は CMOS スイッチです。TMUX1574 は 4 チャネルの 2:1 SPDT スイッチ構成を提供します。動作電圧範囲が 1.5V~5.5V と広いので、サーバーや通信機器から産業用途まで、広範なアプリケーションに使用できます。このデバイスは、ソース (SxA, SxB) ピンとドレイン (Dx) ピンでの双方向アナログおよびデジタル信号をサポートしており、電源電圧を超えて、最大で $VDD \times 2$ (最大入出力電圧は 5.5V) の信号を通すことができます。

TMUX1574 の信号経路の最大 3.6V の電源オフ保護機能は、電源電圧が取り除かれたとき ($VDD = 0V$) に絶縁を行います。この保護機能がない場合、内部 ESD (静電放電) ダイオード経路でスイッチから電源レールに電流が逆流し、システムに損傷を引き起こすおそれがあります。

フェイルセーフ・ロジック回路によって、電源ピンよりも前にロジック制御ピンに電圧が印加されるため、潜在的な損傷からデバイスを保護できます。すべての制御入力のスレッショルドは 1.8V ロジック互換で、有効な電源電圧範囲で動作していれば、TTL と CMOS の両方のロジックと互換性が確保されます。ロジック・ピンにはプルダウン抵抗が内蔵されているため、外付け部品を省略でき、システムのサイズとコストを低減できます。

2.3.4 TMUX1102

TMUX1101 および TMUX1102 デバイスは高精度 CMOS 単極単投 (SPST) スイッチです。1.08V~5.5V の広い電源電圧範囲で動作するため、医療機器から産業システムまで、幅広い用途に適しています。このデバイスは、ソース (S) およびドレイン (D) ピンで、GND から VDD までの範囲の双方向アナログおよびデジタル信号をサポートします。

ロジック制御入力 (SEL) には 1.8V ロジック互換のスレッショルドがあり、有効な電源電圧範囲で動作していれば、TTL と CMOS 両方のロジックとの互換性が確保されます。TMUX1101 のスイッチは SEL がロジック 1 のときにオンになり、TMUX1102 のスイッチは SEL がロジック 0 のときにオンになります。フェイルセーフ・ロジック回路により、電源ピンよりも前に SEL ピンに電圧が印加されるため、デバイスの損傷を防ぐことができます。

TMUX110x デバイスは高精度スイッチおよびマルチプレクサ・ファミリの製品です。これらのデバイスは、オンおよびオフ時のリーク電流が非常に小さく、電荷注入も少ないため、高精度の測定アプリケーションに使用できます。消費電流が 3nA と小さく、小型パッケージを採用しています。(データシート = 消費電流が 3nA と低く、小さいパッケージ・オプションが存在するため、携帯型アプリケーションでも使用できます。)

2.3.5 TPS22810

TPS22810 は、立ち上がり時間設定機能と内蔵クイック出力放電 (QOD) 機能を備えたシングル・チャネル負荷スイッチです。さらに、このデバイスには接合部温度の上昇からデバイスを保護するため、サーマル・シャットダウン機能が搭載されています。これらの機能により、デバイスの安全な動作が本質的に確保されています。このデバイスは、2.7V~18V の入力電圧範囲で動作できる N チャネル MOSFET を内蔵しています。SOT23-5 (DBV) パッケージは最大 2A の電流をサポートできます。WSON (DRV) パッケージは最大 3A の電流をサポートできます。このスイッチはオン / オフ入力で制御されるため、低電圧の制御信号と直接接続できます。

デバイスの立ち上がり時間を設定可能なため、大きな負荷容量により発生する突入電流が大幅に減少し、電源ドロップが低減、または生じなくなります。低電圧誤動作防止機能は、 V_{IN} 電圧がスレッシュホールド値よりも低下した場合にデバイスの電源をオフにし、想定よりも低い電圧の供給によって下流の回路が損害を受けることを防止します。QOD ピンは設定可能で、デバイスの立ち下がり時間を制御し、電源オフ時の設計を柔軟に行えるようにします。

TPS22810 は、ハンダ付け結合部を目視で検査できるリード付きの SOT-23 パッケージ (DBV) で供給されるほか、WSO1 パッケージ (DRV) でも供給されます。このデバイスは、 -40°C ~ $+105^{\circ}\text{C}$ の周囲温度範囲で動作するよう規定されています。

2.3.6 ISO7742

ISO774x デバイスは、高性能のクワッド・チャンネル・デジタル・アインソレータであり、UL 1577 準拠で $5000V_{\text{RMS}}$ (DW パッケージ) および $3000V_{\text{RMS}}$ (DBQ パッケージ) の絶縁定格を備えています。このファミリのデバイスは、VDE、CSA、TUV、CQC に従って絶縁定格が強化されています。ISO7741B デバイスは、基本絶縁定格のみを要件とするアプリケーション向けに設計されています。ISO774x デバイスは、CMOS または LVCMOS デジタル I/O を絶縁しながら、低消費電力で高い電磁気耐性と低い放射を実現します。各絶縁チャンネルは、二酸化ケイ素 (SiO_2) の二重の容量性絶縁バリアで分離されたロジック入力および出力バッファを備えています。これらのデバイスにはイネーブル・ピンがあり、対応する出力を高インピーダンスに移行して、マルチマスタ駆動アプリケーションに使用でき、また、消費電力を低減できます。

ISO7740 デバイスは 4 チャンネルすべてが同じ方向であり、ISO7741 デバイスには 3 つの順方向チャンネルと 1 つの逆方向チャンネル、ISO7742 デバイスには 2 つの順方向チャンネルと 2 つの逆方向チャンネルがあります。入力電力または入力信号が失われた場合のデフォルト出力は、接尾辞 F のないデバイスでは High、接尾辞 F のあるデバイスでは Low です。

2.3.7 TSD05C

TSD05C は、ESD やサージなどの有害な過渡電圧をクランプするように設計された双方向 TVS (過渡電圧サプレッサ) 保護ダイオードです。TSD05C は、最大 $\pm 30\text{kV}$ の ESD (接触放電とエア・ギャップ放電) を放散する定格を備えており、IEC 61000-4-2 国際規格 (レベル 4) で規定されている最大レベルもクリアしています。サージの場合、IEC 61000-4-5 規格に準拠して、ピーク・パルス電流が最大 30A の 8~20 μs のサージをクランプできます。

また、このデバイスには 4pF (代表値) の IO 容量があり、高速データ・ラインを保護できます。低い動的抵抗および低いクランピング電圧により、過渡現象に対してシステム・レベルの保護を実現します。

このデバイスの堅牢なクランプ性能と低容量を組み合わせることで TSD05C は、優れた TVS ダイオードとなり、多くの異なるアプリケーションでデータ・ラインと電源ラインの両方を保護します。

TSD05C は、業界標準のリード付き SOD-323 パッケージで供給され、半田付けが容易です。

2.3.8 ESD441

ESD441 は、データ・ラインや他の I/O ポートを保護するための単方向 ESD 保護ダイオードです。ESD441 は、IEC 61000-4-2 国際標準 (レベル 4 以上) に従い、 $\pm 30\text{kV}$ までの ESD 衝撃を放散できることが規定されています。

このデバイスは、1pF (標準値) の IO 容量を備えており、USB 2.0 などのプロトコルに対する高速インターフェイス保護を実現します。非常に低い動的抵抗 (0.1 Ω) とクランプ電圧 (16 TLP で 7.6V) は、過渡事象に対するシステム・レベルの保護のために指定されています。

$\pm 30\text{kV}$ の ESD 定格と 6.2A のサージ耐性を備えており、小型パッケージで堅牢な過渡保護を提供し、ポータブル電子機器やウェアラブルなどスペースに制約のあるアプリケーションで 5.5V の電源レールを保護します。

ESD441 は、業界標準の 0201 (DPL) パッケージで供給されます。

2.3.9 ESD2CAN24-Q1

ESD2CANxx24-Q1 は、CAN (Controller Area Network) インターフェイス保護用の双方向 ESD 保護ダイオードです。ESD2CANxx24-Q1 は、ISO 10605 車載規格に規定されている最大レベルを超える接触 ESD 衝撃 (接触 $\pm 30\text{kV}$ 、エア・ギャップ $\pm 30\text{kV}$) を放散できるように定格が規定されています。低い動的抵抗および低いクランピング電圧により、過渡現象に対してシステム・レベルの保護を実現します。車載用システムでは、安全アプリケーションに対して高レベルの堅牢性と信頼性が求められるので、この保護機能は重要です。

このデバイスはチャンネルごとの IO 容量が低く、ESD とその他の過渡現象に起因する損傷から保護されるように 2 つの車載用 CAN バス・ライン (CANH、CANL) に適合したピン配置を備えています。また、ESD2CANxx24-Q1 の 3pF (標準値) 以下のライン容量は、最大 10Mbps のデータ・レートをサポートできる CAN、CANFD、CAN SiC、CAN-XL アプリケーションに適しています。

ESD2CANxx24-Q1 は、2 種類のリード付きパッケージで供給され、フロースルー配線が容易になっています。

3 ハードウェア、ソフトウェア、テスト要件、テスト結果

TIDA-010271 の主な性能はテキサス・インスツルメンツのラボでテストされました。使用した最終機器とテストのプロセスおよびに結果について、このセクションで説明します。

表 3-1 に、TIDA-010271 ボードのハードウェア接続を示します。

表 3-1. 上側 16s バッテリ・コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J21-3	A2_CELL0	CELL1 の負端子。上側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J21-4	A2_CELL0S	CELL1 の負端子。上側の BQ79616 の VC0 パスの実際のセンス接続。
J21-5	A2_CELL1	CELL1 の正端子。上側の BQ79616 の CELL2 の負端子。
J21-6	A2_CELL2	CELL2 の正端子。上側の BQ79616 の CELL3 の負端子。
J21-7	A2_CELL3	CELL3 の正端子。上側の BQ79616 の CELL4 の負端子。
J21-8	A2_CELL4	CELL4 の正端子。上側の BQ79616 の CELL5 の負端子。
J21-9	A2_CELL5	CELL5 の正端子。上側の BQ79616 の CELL6 の負端子。
J21-10	A2_CELL6	CELL6 の正端子。上側の BQ79616 の CELL7 の負端子。
J21-11	A2_CELL7	CELL7 の正端子。上側の BQ79616 の CELL8 の負端子。
J21-12	A2_CELL8	CELL8 の正端子。上側の BQ79616 の CELL9 の負端子。
J21-13	A2_CELL9	CELL9 の正端子。上側の BQ79616 の CELL10 の負端子。
J21-14	A2_CELL10	CELL10 の正端子。上側の BQ79616 の CELL11 の負端子。
J21-15	A2_CELL11	CELL11 の正端子。上側の BQ79616 の CELL12 の負端子。
J21-16	A2_CELL12	CELL12 の正端子。上側の BQ79616 の CELL13 の負端子。
J21-17	A2_CELL13	CELL13 の正端子。上側の BQ79616 の CELL14 の負端子。
J21-18	A2_CELL14	CELL14 の正端子。上側の BQ79616 の CELL15 の負端子。
J21-19	A2_CELL15	CELL15 の正端子。上側の BQ79616 の CELL16 の負端子。
J21-20	A2_CELL16	CELL16 の正端子。上側の BQ79616 の VC16 パスの実際のセンス接続。
J21-21	A2_CELL_TOP	CELL16 の正端子。上側の BQ79616 の BAT、LDOIN に直接接続。

表 3-2. 上側 16s サーミスタ・コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J9-1	A2_NTC0_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 0 への接続
J9-2	A2_NTC1_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 1 への接続
J9-3	A2_NTC2_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 2 への接続
J9-4	A2_NTC3_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 3 への接続
J9-5	A2_GND	CELL1 の負端子。上側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J9-6	A2_GND	CELL1 の負端子。上側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J9-7	A2_NTC4_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 4 への接続
J9-8	A2_NTC5_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 5 への接続
J9-9	A2_NTC6_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 6 への接続
J9-10	A2_NTC7_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 7 への接続
J9-11	A2_GND	CELL1 の負端子。上側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J9-12	A2_GND	CELL1 の負端子。上側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J9-13	A2_NTC8_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 8 への接続
J9-14	A2_NTC9_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 9 への接続
J9-15	A2_NTC10_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 10 への接続
J9-16	A2_NTC11_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 11 への接続

表 3-2. 上側 16s サーマスタ・コネクタ (続き)

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J9-17	A2_GND	CELL1の負端子。上側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J9-18	A2_GND	CELL1 の負端子。上側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J9-19	A2_NTC12_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 12 への接続
J9-20	A2_NTC13_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 13 への接続
J9-21	A2_NTC14_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 14 への接続
J9-22	A2_NTC15_C	上側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 15 への接続
J9-23	A2_GND	CELL1の負端子。上側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J9-24	A2_GND	CELL1の負端子。上側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。

表 3-3. 上側デジチェーン (COMH) コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J31-3	ISO_A2_COMMH_P	COM ハイサイド正
J31-4	ISO_A2_CO/MMH_N	COM ハイサイド負

表 3-4. 湿度センサ・コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J1-1	A2_CVDD	湿度センサの 5V 電源
J1-2	A2_RHS_T_MUX	湿度センサからの温度のアナログ出力
J1-3	A2_GPIO8	湿度センサからの湿度のアナログ出力
J1-4	A2_GND	湿度センサの GND

表 3-5. 下側 16s バッテリ・コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J10-3	A1_CELL0	CELL1 の負端子。下側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J10-4	A1_CELL0S	CELL1 の負端子。下側の BQ79616 の VC0 パスの実際のセンス接続。
J10-5	A1_CELL1	CELL1 の正端子。下側の BQ79616 の CELL2 の負端子。
J10-6	A1_CELL2	CELL2 の正端子。下側の BQ79616 の CELL3 の負端子。
J10-7	A1_CELL3	CELL3 の正端子。下側の BQ79616 の CELL4 の負端子。
J10-8	A1_CELL4	CELL4 の正端子。下側の BQ79616 の CELL5 の負端子。
J10-9	A1_CELL5	CELL5 の正端子。下側の BQ79616 の CELL6 の負端子。
J10-10	A1_CELL6	CELL6 の正端子。下側の BQ79616 の CELL7 の負端子。
J10-11	A1_CELL7	CELL7 の正端子。下側の BQ79616 の CELL8 の負端子。
J10-12	A1_CELL8	CELL8 の正端子。下側の BQ79616 の CELL9 の負端子。
J10-13	A1_CELL9	CELL9 の正端子。下側の BQ79616 の CELL10 の負端子。
J10-14	A1_CELL10	CELL10 の正端子。下側の BQ79616 の CELL11 の負端子。
J10-15	A1_CELL11	CELL11 の正端子。下側の BQ79616 の CELL12 の負端子。
J10-16	A1_CELL12	CELL12 の正端子。下側の BQ79616 の CELL13 の負端子。
J10-17	A1_CELL13	CELL13 の正端子。下側の BQ79616 の CELL14 の負端子。
J10-18	A1_CELL14	CELL14 の正端子。下側の BQ79616 の CELL15 の負端子。
J10-19	A1_CELL15	CELL15 の正端子。下側の BQ79616 の CELL16 の負端子。
J10-20	A1_CELL16	CELL16 の正端子。下側の BQ79616 の VC16 パスの実際のセンス接続。
J10-21	A1_CELL_TOP	CELL16 の正端子。下側の BQ79616 の BAT、LDOIN に直接接続。

表 3-6. 下側 16s サーマスタ・コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J11-1	A1_NTC0_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 0 への接続
J11-2	A1_NTC1_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 1 への接続
J11-3	A1_NTC2_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 2 への接続
J11-4	A1_NTC3_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 3 への接続
J11-5	A1_GND	CELL1 の負端子。下側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J11-6	A1_GND	CELL1 の負端子。下側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J11-7	A1_NTC4_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 4 への接続
J11-8	A1_NTC5_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 5 への接続
J11-9	A1_NTC6_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 6 への接続
J11-10	A1_NTC7_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 7 への接続
J11-11	A1_GND	CELL1 の負端子。下側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J11-12	A1_GND	CELL1 の負端子。下側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J11-13	A1_NTC8_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 8 への接続
J11-14	A1_NTC9_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 9 への接続
J11-15	A1_NTC10_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 10 への接続
J11-16	A1_NTC11_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 11 への接続
J11-17	A1_GND	CELL1 の負端子。下側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J11-18	A1_GND	CELL1 の負端子。下側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J11-19	A1_NTC12_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 12 への接続
J11-20	A1_NTC13_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 13 への接続
J11-21	A1_NTC14_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 14 への接続
J11-22	A1_NTC15_C	下側の BQ79616 の、10kΩ プルアップとサーミスタ 15 への接続
J11-23	A1_GND	CELL1 の負端子。下側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。
J11-24	A1_GND	CELL1 の負端子。下側の BQ79616 の AVSS GND に直接接続。

表 3-7. 下側デジチェーン (COML) コネクタ

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J30-1	ISO_A1_COMML_N	COM ローサイド負
J30-2	ISO_A1_COMML_P	COM ローサイド正

表 3-8. 下側ホスト・インターフェイス

コネクタとピンの割り当て	機能または回路図のネット	注
J12-1		該当なし
J12-2		該当なし
J12-3	A1_NFAULT_C	
J12-4		該当なし
J12-5	A1_GND_ISO	
J12-6	A1_USB2ANY_3.3V	
J12-7	A1_USB2ANY_TX_3.3	
J12-8	A1_USB2ANY_RX_3.3	
J12-9		該当なし
J12-10		該当なし

3.1 ハードウェア要件

表 3-9 に、テストに使用した機器の概要を示します。

表 3-9. テスト装置の概要

機器	モデルまたは説明
マルチメータ	Agilent 34401A
バッテリー・シミュレータ	TZ1104
USB2ANY	TI HAP655
ロジック・アナライザ	Kingst LA5016

ボードを初めてデバッグする際は、[Battery Management Studio \(bqStudio\)](#) ソフトウェアの使用を推奨します。

3.2 テスト設定

この設計ボードを動作させる前に、以下の手順を使います。本設計は 32s パック構成で作成されました。パック全体をシミュレーションするため、本ボードは 24s バッテリー・シミュレータを使ってテストされました。下側の 16s のセル・チャンネルを下側の BQ79616 デバイスに接続します。cell17 の負端子は A2_CELL0 に接続し、cell24 の正端子は A2_TOP に接続します。

図 3-1 に、BMU テスト設定を示します。

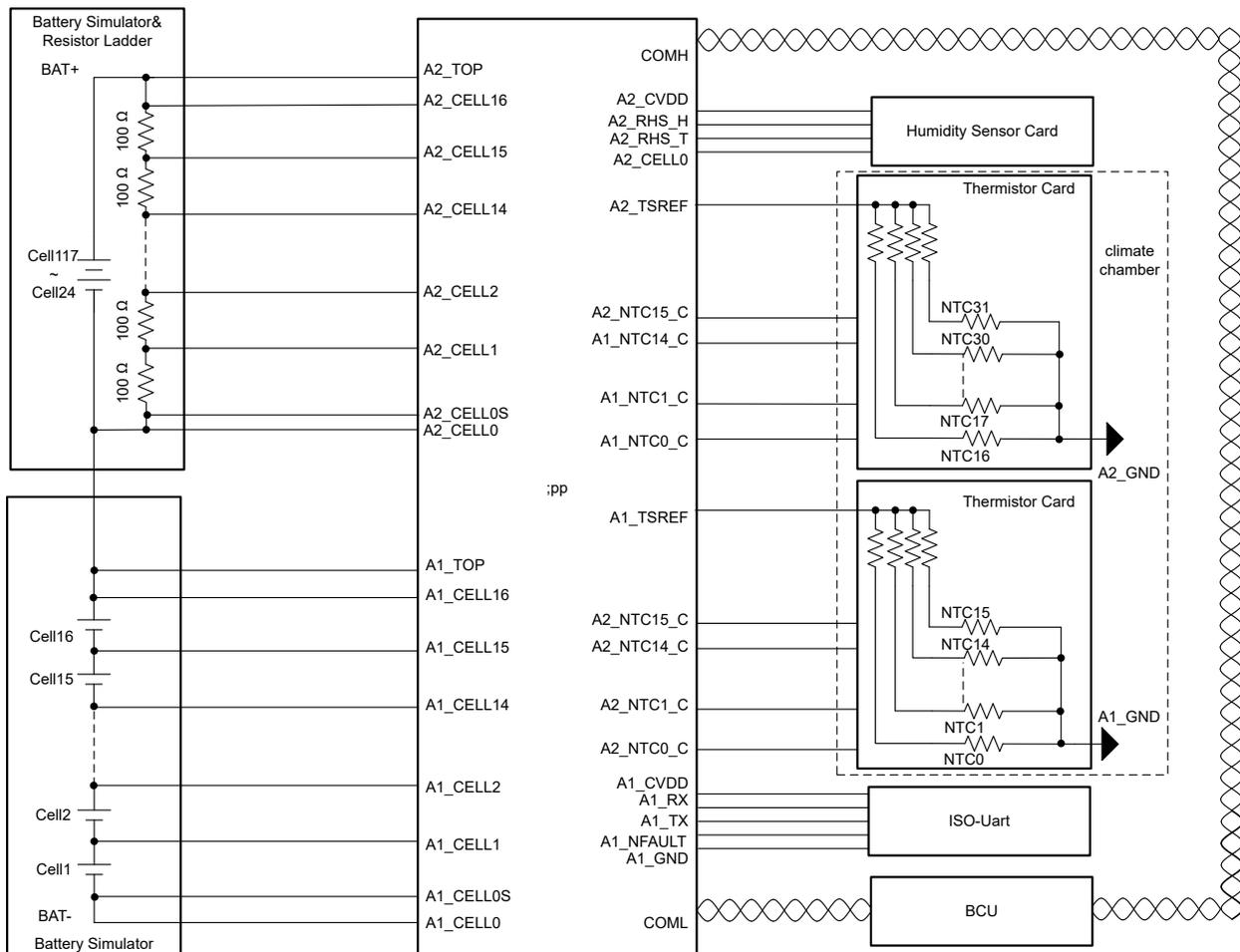


図 3-1. BMU テスト設定

3.3 テスト結果

3.3.1 セル電圧の精度

BQ79616 はすでに $\pm 1.5\text{mV}$ の精度 (25°C時) を達成しているため、セル電圧精度をさらに向上させるための較正は、この設計では行いません。LiFePO4 セルの代表的な電圧範囲は 2.5V (0% SOC)～約 3.65V (100% SOC) であるため、この設計では、2.5V～3.7V のセル電圧を得るため、バッテリー・シミュレータを使って BMU の VCELL 精度を検証しています。

すべてのセル・チャネルの誤差の最大値は 1.3mV です (下側の BMU、室温 27°C時)。

図 3-2 に、セル電圧の精度を示します。

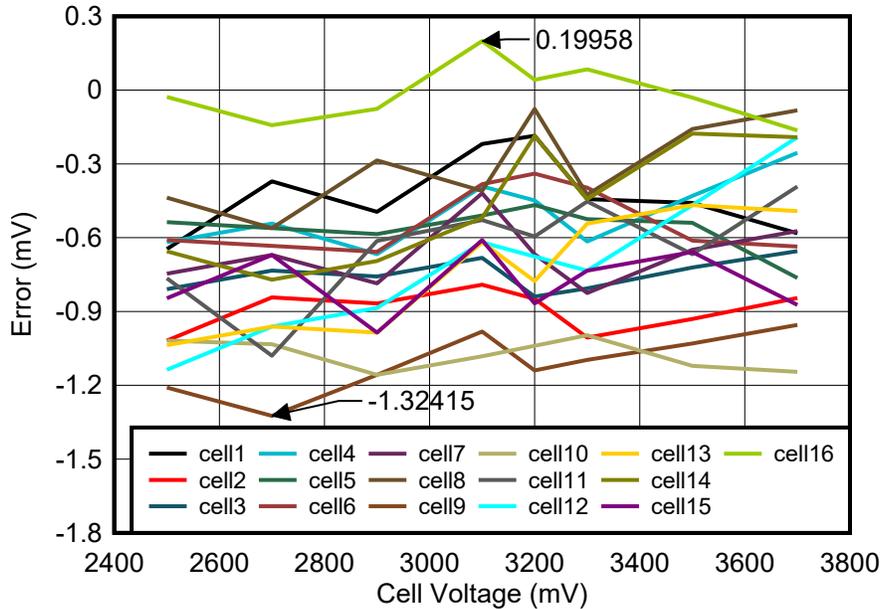


図 3-2. セル電圧の精度

3.3.2 温度検出の精度

サーミスタ・カード・ボードは、人工気候室内の BMU の温度検出精度を検証するために使われます。 $\pm 1^\circ\text{C}$ の精度の熱電対を NTC サーミスタ 6 に接続します。BMU の NTC サーミスタ抵抗 RNTC_0 は、GPIO1 および TSREF 電圧から、VNTC を使って計算できます。このテストでは、温度を計算するのに 2 つの方法を使います。BMU の NTC サーミスタの温度を計算するには、狭い範囲で精度が高い、シンプルな Steinhart-Hart 式 (式 1) が使われます。

$$\text{Equation temperature} = \frac{B_{85}^{25} \times 298.15}{298.15 \times \log \frac{R_{NTC_0}}{R_{NTC}}} + B_{85}^{25} \quad (1)$$

精度を高めるため、サーミスタの R/T 表を参照し、線形回帰を使って温度を計算します。

図 3-3 に、温度検出の精度を示します。温度誤差の最大値は、 -35°C ～ 85°C の場合 1°C です。

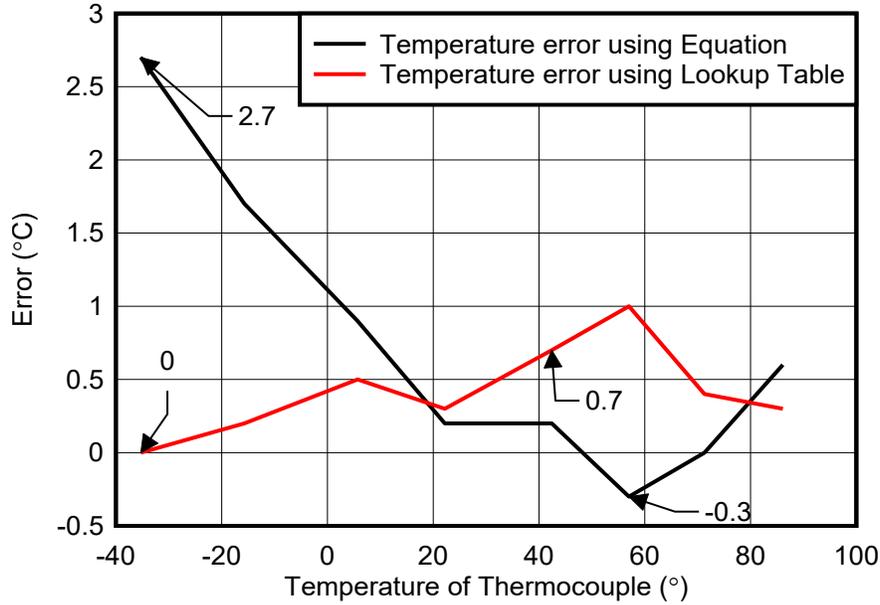


図 3-3. 温度検出の精度

図 3-4 に、サーミスタ電圧の精度を示します。電圧誤差の最大値は、 -35°C ～ 85°C の場合 2mV です。

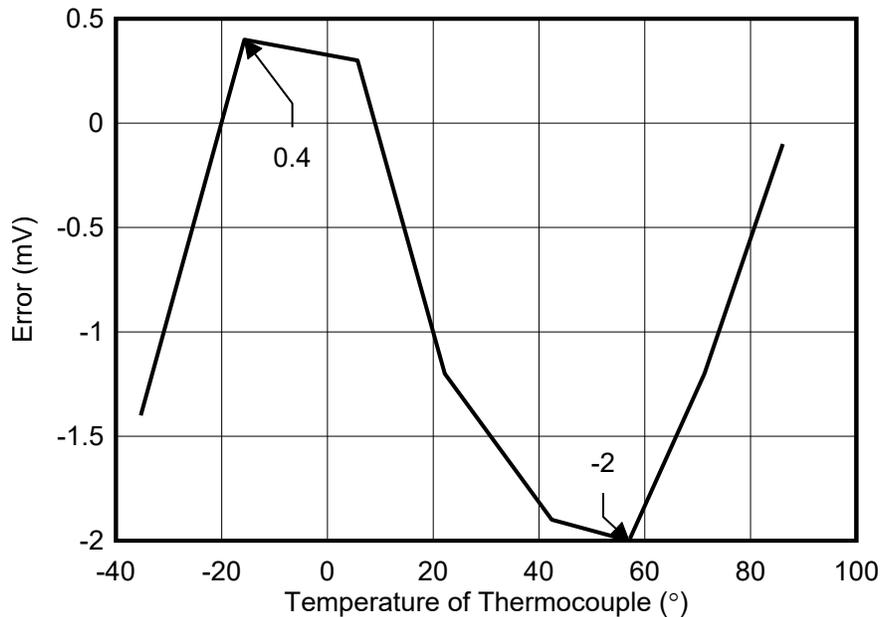


図 3-4. サーミスタ電圧の精度

3.3.3 セルの電圧と温度の検出タイミング

このテストでは、1つの BMU と 1つの BCU を使います。図 2-1 に、テスト・ポイント (下側の BQ79616 デバイスの T1-GPIO5、T2-GPIO6、T3-GPIO5、T4-GPIO2、T5-COML など) を示します。セルの電圧と温度の検出タイミングのテスト・ソフトウェアは、図 2-2 の手順に従います。

図 3-5 に、セルの電圧と温度の検出タイミングを示します。

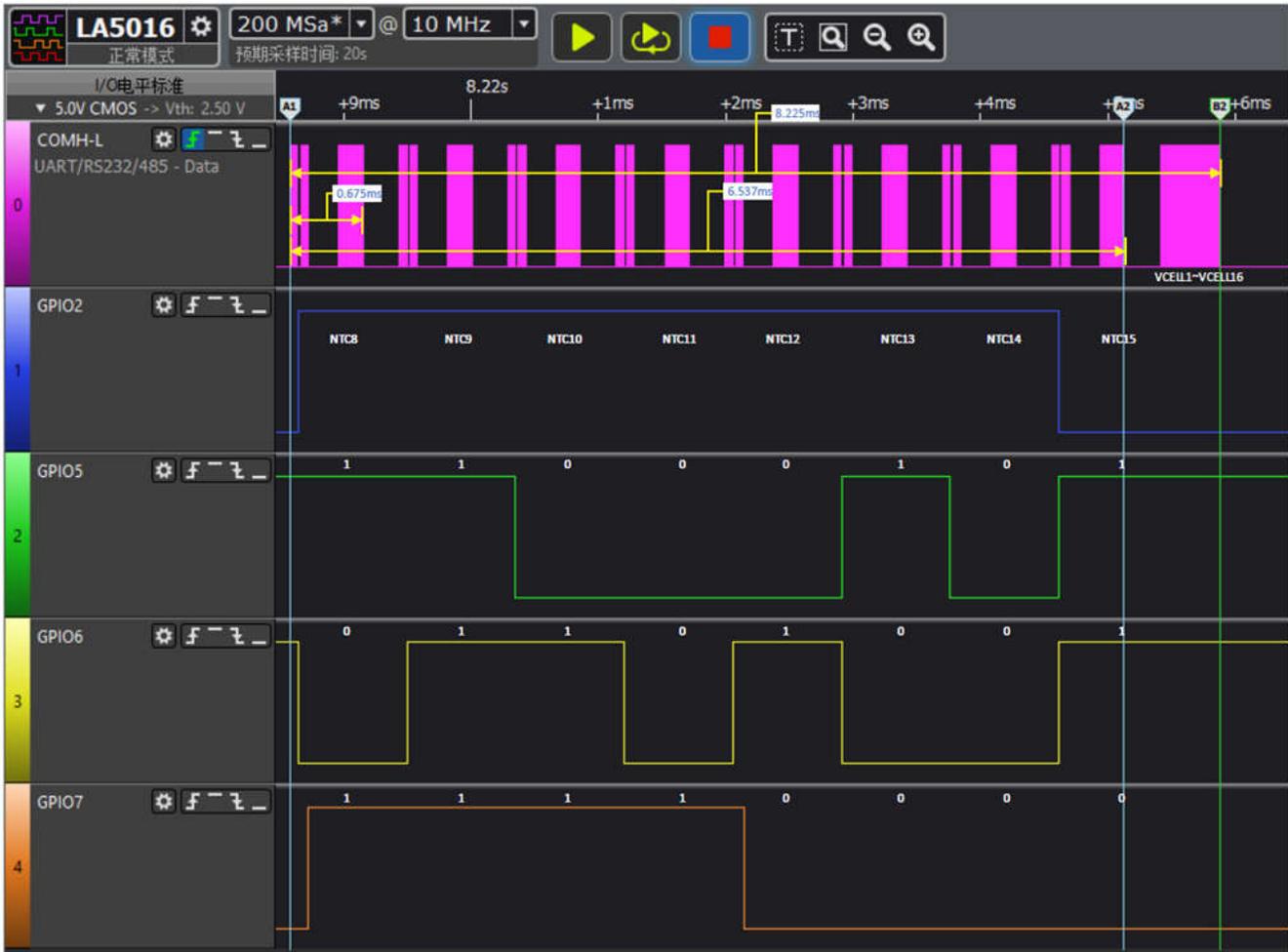


図 3-5. セルの電圧と温度の検出タイミング

このテストでは、すべての NTC サーミスタの電圧を読み取るために 8 つのステップが必要です。各ステップには、TMUX1308 を設定するブロードキャスト書き込みと、スタックされた BMU 内のすべての BQ79616 デバイスからの TSREF と GPIO1~GPIO2 のブロードキャスト読み出しが含まれます。スタック内の各 BQ79616 の 2 つの NTC サーミスタ電圧の読み取りは 1 度に行われ、675 μ s かかります。すべての電圧の読み取りには 8 ステップ (6.637ms) かかります。BQ79616 デバイスのスタック全体のすべての NTC (NTC0~NTC31) 電圧とセル電圧 (VCELL1~VCELL32) を読み取るためのステップの合計には 8.225ms かかります。

GPIO1 および GPIO2 ピンと TMUX1308 の構成が正しいことを簡単に確認できるように、NTC15 は、ロジック・アナライザが信号 0 として認識できる固定の 100 Ω プルダウンとして設定されています。TMUX1308 の 8 つのステータスの移行が正しく機能することがわかります。

3.3.4 セル・バランスングと放熱性能

このテストでは、BMU の下側の BQ79616 デバイスをテストするため、室温 (27°C) と 3.5V のセル電圧の条件下で、バッテリー・シミュレータを使っています。自動バランスング制御を使い、30 分のデューティ・サイクルで、奇数 / 偶数方式によって CB FET をターンオンさせます。30 分間の奇数 / 偶数方式セル・バランスングの後、温度は安定します。

表 3-10 に、バッテリー・シミュレータのセル・バランスング電流を示します。BQ79616 への電源電流は約 15.3mA です。各チャンネルのセル電流は約 109mA です。

表 3-10. バッテリー・シミュレータのセル・バランスング電流

セル	セル電圧 (V)	電流 (A)	セル	セル電圧 (V)	電流 (A)	セル	セル電圧 (V)	電流 (A)
8	3.5000	0.0153	16	3.5000	0.0150	24	3.5003	0.0000
7	3.5000	0.1242	15	3.5001	0.1242	23	3.5002	0.0000
6	3.5003	0.0152	14	3.5001	0.0152	22	3.5001	0.0000
5	3.5000	0.1241	13	3.5000	0.1242	21	3.5001	0.0000
4	3.4996	0.0152	12	3.5000	0.0152	20	3.5000	0.0000
3	3.5005	0.1229	11	3.4998	0.1242	19	3.4998	0.0000
2	3.5000	0.0152	10	3.5002	0.0152	18	3.5005	0.0000
1	3.4999	0.1231	9	3.5002	0.1233	17	3.5000	0.0000

下図に、室温でのセル・バランスングの放熱性能を示します。図 3-6 は表側の熱画像、図 3-7 は裏側の熱画像を示しています。



図 3-6. ボードの表側



図 3-7. ボードの裏側

温度上昇の最大値は 19°C です。

3.3.5 消費電流

図 3-8 に、BMU テスト設定の消費電流のテスト・ポイントを示します。シャットダウン・モードとアクティブ・モードという 2 つの動作モードがテストされます。Cell16 と Cell32 は、BQ79616 の BAT ピンに電源ケーブルが直接接続される場所であるため、電流のテスト・ポイントとして選択されています。どちらのモードでも、バッテリー・シミュレータは 3.2V のセル電圧を設定します。

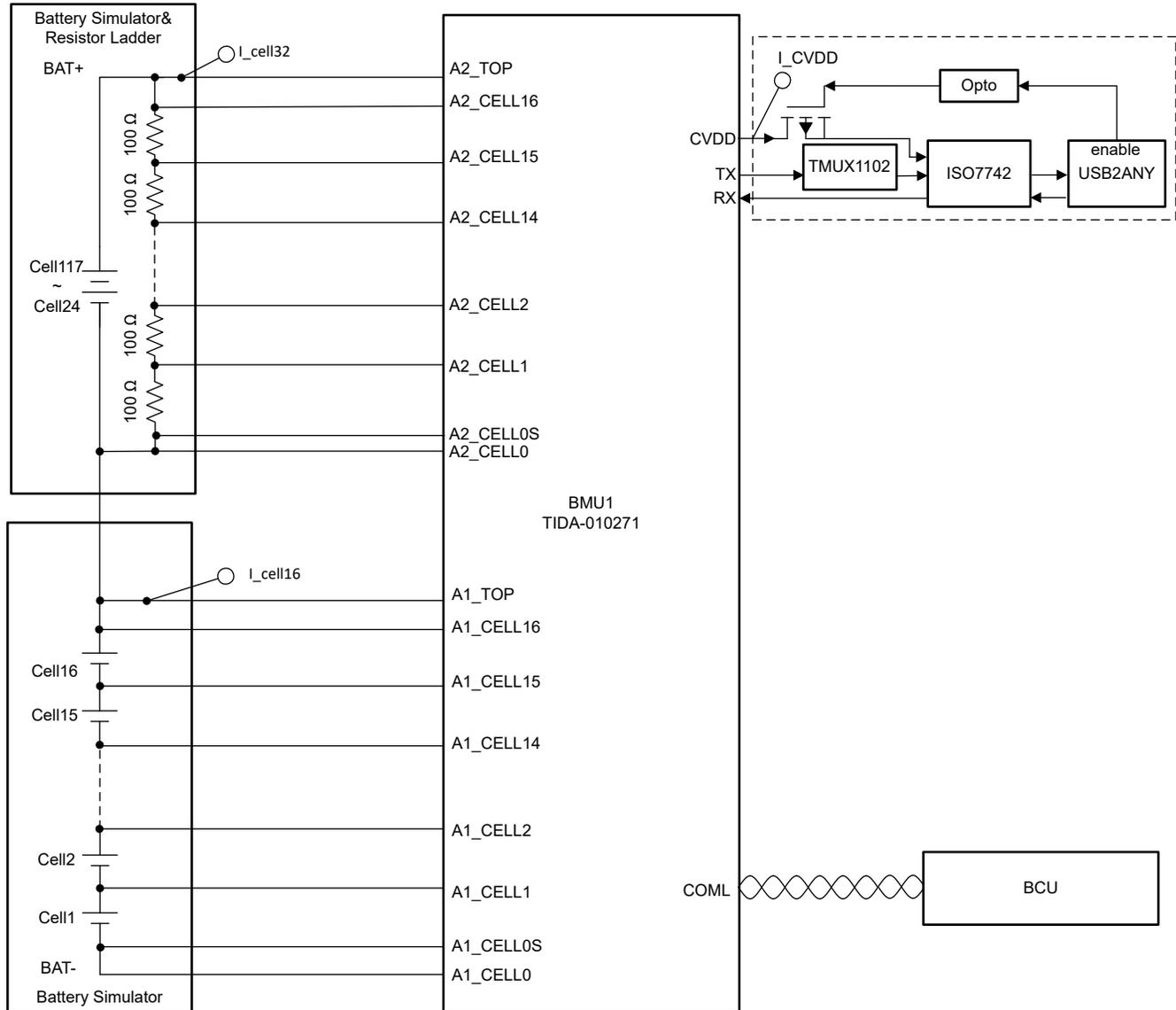


図 3-8. BMU テスト設定での消費電流のテスト・ポイント

アクティブ・モードでは、BCU は 100ms のデューティ・サイクルで図 2-2 のテスト・ループを実行します。シャットダウン・モードでは、BQ79616 の BAT ピンに流れ込むリーク電流は 14.6 μ A と 15.5 μ A です。アクティブ・モードでは、動作電流は 18.39mA と 18.22mA です。表 3-11 に、バッテリーからの BMU 消費電流を示します。

表 3-11. VDD からの BMU 消費電流

説明		Icell16	Icell32
シャットダウン・モード	電流 (μ A)	14.60	15.50
アクティブ・モード	電流 (mA)	18.39	18.22

BCU の代わりに BMU と通信するため、本テストは絶縁型 UART インターフェイスも使っています。フォトカプラをオンさせるために USB2ANY を使います。フォトカプラにイネーブル信号が送られると、BMU はシャットダウン・モードからスタンバイ・モードに移行します。この時点で、BQ79616 の CVDD は ISO7742 に切り換わり、約 5.393mA のリーク電流が ISO7742 に流れます。UART 通信が開始された後、BMU はアクティブ・モードに入り、ISO7742 へのリーク電流は 7.042mA に増加します。表 3-12 に、絶縁型 UART インターフェイスへの BMU 消費電流を示します。

表 3-12. 絶縁型 UART インターフェイスへの BMU 消費電流

説明		I _{CVDD}
シャットダウン・モード	電流 (μA)	0.001
スタンバイ・モード	電流 (mA)	5.393
アクティブ・モード	電流 (mA)	7.042

4 設計とドキュメントのサポート

4.1 設計ファイル

4.1.1 回路図

回路図をダウンロードするには、[TIDA-010271](#) の設計ファイルを参照してください。

4.1.2 BOM

回路図をダウンロードするには、[TIDA-010271](#) のデザイン・ファイルを参照してください。

4.2 ツールとソフトウェア

ツール

[USB2ANY](#) USB2ANY インターフェイス・アダプタ

ソフトウェア

[BQSTUDIO](#) Battery Management Studio (bqStudio) ソフトウェア

[CCSTUDIO](#) Code Composer Studio™ 統合開発環境 (IDE)

4.3 ドキュメントのサポート

1. テキサス・インスツルメンツ、[『LiFePO4 設計の考慮事項』](#)アプリケーション・ノート
2. テキサス・インスツルメンツ、[『BQ79616-Q1 ソフトウェア設計リファレンス』](#)アプリケーション・ノート
3. テキサス・インスツルメンツ、[『多セル産業用アプリケーションのためのバッテリー・モニタのスタック方法』](#)E2E™ フォーラム
4. テキサス・インスツルメンツ、[『バッテリー管理システムにおけるセル監視ユニットの機能拡張』](#)アプリケーション・ブリーフ

4.4 サポート・リソース

テキサス・インスツルメンツ [E2E™ サポート・フォーラム](#)は、エンジニアが検証済みの回答と設計に関するヒントをエキスパートから迅速かつ直接得ることができる場所です。既存の回答を検索したり、独自の質問をしたりすることで、設計に必要な支援を迅速に得ることができます。

リンクされているコンテンツは、各寄稿者により「現状のまま」提供されるものです。これらはテキサス・インスツルメンツの仕様を構成するものではなく、必ずしもテキサス・インスツルメンツの見解を反映したものではありません。テキサス・インスツルメンツの[使用条件](#)を参照してください。

4.5 商標

TI E2E™, E2E™, and テキサス・インスツルメンツ E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

5 著者について

JUNHUA YAN は、テキサス・インスツルメンツの SEM 産業用グリッド・インフラおよび電力供給チームのシステム・エンジニアです。Junhua は、バッテリー・パックおよびエネルギー・ストレージ・システム・アプリケーションを専門としており、産業用バッテリー・パックの設計課題に対応する複数の設計を開発した経験があります。

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、

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](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる TI 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。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。

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、TI 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 © 2023, Texas Instruments Incorporated