

自動車電動化に関連する バッテリー管理分野での 機能安全に関する検討事項



David Tatman
システム・エンジニア
バッテリー管理システム
テキサス・インスツルメンツ

TI POWER

The TI POWER logo consists of the text 'TI POWER' in a bold, sans-serif font, with four red dots positioned below the 'I' and 'P'.

電気自動車 (EV) に搭載するリチウムイオン・バッテリーは、最高の性能と最も安全な動作を実現するには、限定的な温度範囲と動作電圧範囲内で動作させる必要があります。

概要

このペーパーは、電気自動車で機能安全の各種規格を満たすためのバッテリー・モニタの検討事項について考えます。



1 バッテリー管理システムに関連する EV の要件

変化を続ける市場条件は、安全性要件に関する規格の高度化を推進する材料です。



2 監視: バッテリー・セルの電圧と温度

高精度のバッテリー・モニタは、機能安全に関する最も厳格な各種規格を満たすのに役立ちます。



3 冗長性を考慮した設計

冗長型通信プロトコルは、障害耐性を実現し、バッテリー・パックの状態と安全性の取得および確保を確実にします。

バッテリー管理システムに関連する EV の要件

現在、世界中で輸送に関する大幅な変革が進んでいます。この20年のうちにリチウムイオン・バッテリー・テクノロジーが進歩した結果、電力をバッテリー・パック内に蓄積し、自動車、二輪車、トラック、バスに電力を供給するという将来像を想定できるようになりました。

また、世界の多くの地域では、エネルギー経済の分野で脱炭素の優先順位が高くなっています。自動車のエネルギー生成を、個別の自動車レベルではなく電力グリッドの発電レベルでまかなうと、排出物の低減がかなり容易になります。脱炭素の目標を達成するには、輸送システムの多くを電動化する必要があ

ります。計画されている EV の台数は、増加を続けています。電気自動車 (EV) の開発と製造に要するコストを、これらの台数で割って 1 台当たりのコストを削減すると、EV の価格は急速に低下し、石油燃料を燃焼させるエンジンを使用する、従来型の内燃機関 (internal combustion engine、ICE) 自動車の価格に近づくことになります。

乗用自動車 (乗用車) に搭載するバッテリー・システムの安全性に関する検討事項には、多くの側面があります。製造労働者、所有者、整備や修理担当のメカニック、自動車のリサイクル業者を、高電圧との接触や感電から保護し、安全な状態を維持するために、電気的安全性に関する重要な検討事項が従来からいくつか存在しています。バッテリー・セルをパンクや衝撃による損傷から保護するため、またセルから液体や気体が外部へ漏れ出ることを防止するための物理的な検討事項もいくつか存在しています。バッテリー・パックの設計時に、温度面での安全性に関する検討事項も該当します。リチウムイオン・バッテリーは、ICE (エンジン) 自動車の中で発生する温度範囲より、制限を加えた温度範囲の方が、より安全、また最大の効率で動作するからです。電気系に関する機能安全の検討事項もいくつか存在します。これらは、自動車の使用中または充電中に、バッテリーを安全な動作範囲内で維持する目的です。

バッテリー・セルの電圧と温度の監視

リチウムイオン・バッテリー (図 1 に示す) は、最高の性能と最も安全な動作を実現するには、限定的な温度範囲と動作電圧範囲内で動作させる必要があります。この範囲は、リチウムイオン・バッテリーのケミストリー (化学薬品) の種類ごとに異なります。この範囲外の場合、バッテリー内部で望ましくない副反応が発生する可能性があり、過度の自己発熱や、長期的な観点では内部の電氣的短絡につながる可能性があります。過度の自己発熱と内部の短絡は、連鎖的な熱暴走や最終的には安全面での危険性に至る最初のステップになる可能性もあります。バッテリー・パックを安全な動作範囲内に維持するために、バッテリー監視 ASIC (特定用途向け集積回路) は、電圧、電流、電流に関する情報を測定し、バッテリー制御ユニットに送信します。

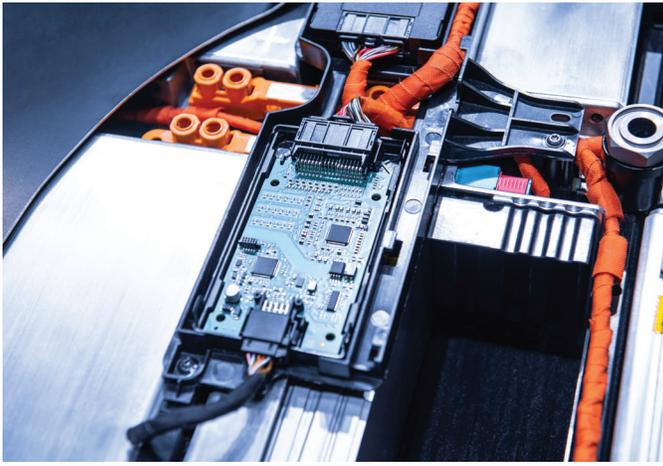


図 1.EV 内のバッテリー・パック。

車種などにもよりますが、電気乗用車は、測定対象になるバッテリー・パックを 16 個、96 個、128 個、またはそれ以上搭載していることがあります。バスやトラックのような商用車の場合、合計セルはこれらの数量の 2 倍に達することもあります。このような大規模なシステムは、多くのプリント基板 (PCB) との接続を実施しており、バッテリーと監視 ASIC の間、または複数の ASIC 相互間での通信接続経路で障害が発生する可能性があります。ほかに、センサ入力が開路になるか、通信が失われる可能性もあります。必要な測定や通信を確保できない場合、バッテリー制御システムは「何も見えない」状態になり、パック内にあるバッテリーの状態を何も管理できなくなる可能性もあります。

危険な事態を防止するために、通信障害や、バッテリー・セルとセンサの間の接続障害のような異常を検出し、対処することは、機能安全の一部です。

機能安全は、各種電子システムの異常動作に起因する潜在的な危険な事態の防止または軽減に関連する、包括的な安全性確保の一部です。自動車業界で、国際標準化機構 (ISO) 26262 の一連の規格は自動車の機能安全向けであり、乗用車、トラック、バス、二輪車の安全関連システムの開発を対象とする、最新の規格と、機能安全のベスト・プラクティスを定義しています。

自動車の一部のシステムは、機能が失われた場合でも危険に直結しません。そのようなシステム内で異常が発生した場合、そのシステムの安全状態とは、単純にエレクトロニクススイッチをオフにし、ダッシュボード内のライトまたは他のインジケータを使用して、ドライバーにアラートを伝えることです。一方、自動車の他のシステムは、異常動作が発生した場合や機能が失われた場合、危険な事態につながる可能性があります。単純にスイッチをオフにするだけの対策を許容できないシステムの場合、安全性の目標の 1 つとして、「安全性関連の可用性」という要件を規定することがあります。その場合、危険な事態を防止するために、システム内で発生した特定の種類の障害を、ある程度の期間にわたって許容することが必須になる可能性があります。

この文脈で、「安全性関連の可用性」とは、定義済みの障害条件が存在している状況であっても、規定したある程度の期間にわたって、システムが機能安全を引き続き実現できる能力を意味します。言い換えると、1 つの障害が発生した場合でも、一定の期間にわたって安全性システムはその障害を許容し、引き続き安全性を維持する必要があります (相互に通信する 2 台のコンピュータの間で 2 つ 1 組の冗長型通信経路を用意し、どちらかの経路が故障した場合でも、冗長性なしで通信を継続できるのに似た状況)。この障害耐性により、システムは許容可能な安全性レベルで、より長い期間にわたって機能を継続することができます。ISO 26262 の Part 10, Section 12 (第 10 編、第 12 節) は、安全性関連の可用性という要件に関し、システム・デベロッパーの皆様向けのガイダンスを掲載しています。

バッテリー監視サブシステムに話を戻すと、バッテリー・セルの電圧と温度をセンスする機能を複数の場所に配置し、バッテリー監視 ASIC に接続します。制御プロセッサは測定情報を頻繁に読み取り、バッテリーの現在の状態を計算で求め、動作が安全な範囲内にとどまるようにします。高電圧バッテリー・パックの場合、複数の監視 ASIC をスタック構成で配置し、各 ASIC が複数のセルを並行して測定するように構成します。図 2 に示すように、絶縁型通信インターフェイスを使用して、ASIC と ASIC の間でコマンドとデータをストリーム送信します。

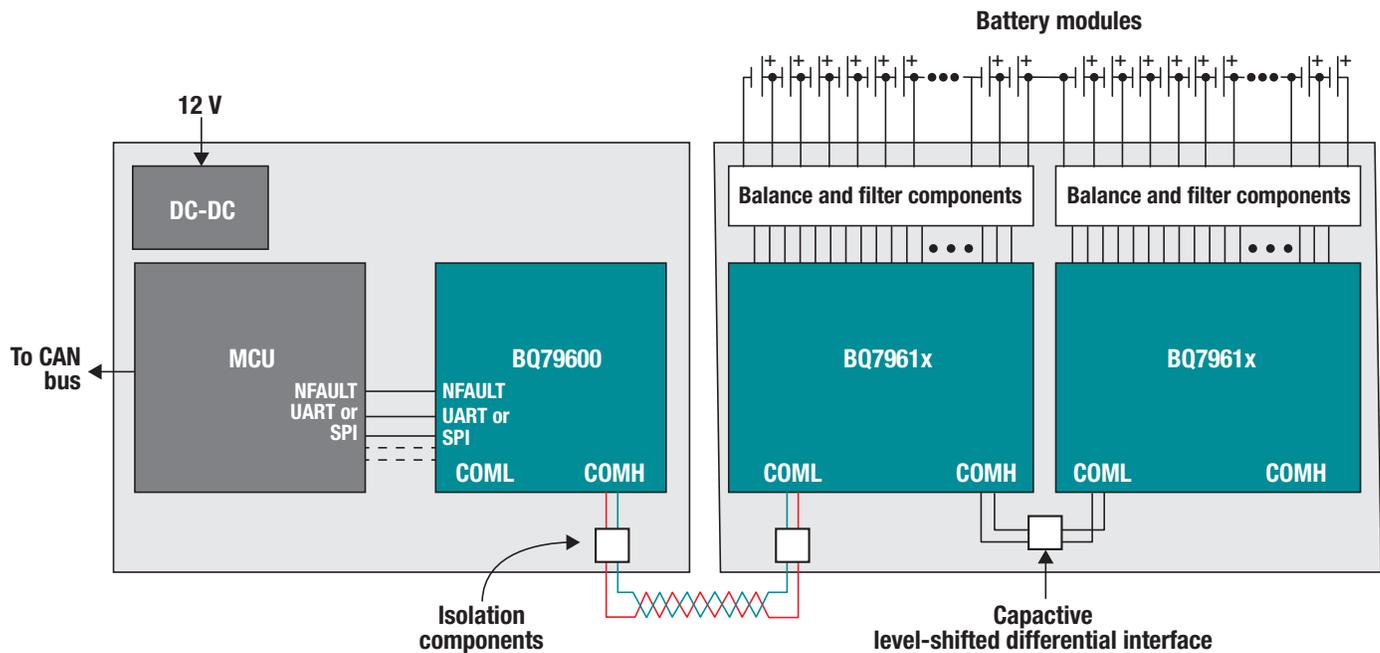


図 2. バッテリー監視と通信の構成。

冗長性を考慮した設計

駆動中にバッテリー・セルの入力ピンと PCB の間で開路が発生した場合、バッテリー監視システムの機能が失われる可能性があります。その場合、危険な事態につながる可能性があります。TI (テキサス・インスツルメンツ) の [BQ79606A-Q1](#) と [BQ79616-Q1](#) というバッテリー監視 ASIC ファミリーは、リング通信に対応する機能に加え、バッテリー電圧測定の冗長パスを搭載し

ており、この種の障害に対する障害耐性を実現できます。その結果、システムはバッテリー・パックの状態と安全性の監視を継続できます。

図 3 に、双方向のリング構成を使用した BQ79616-Q1 の接続を示します。この構成で、2 個のバッテリー監視 ASIC の間で障害、開路、短絡のいずれかが発生した場合、メッセージングを相互に交換する方向を切り替える方法で、すべてのバッテリー監

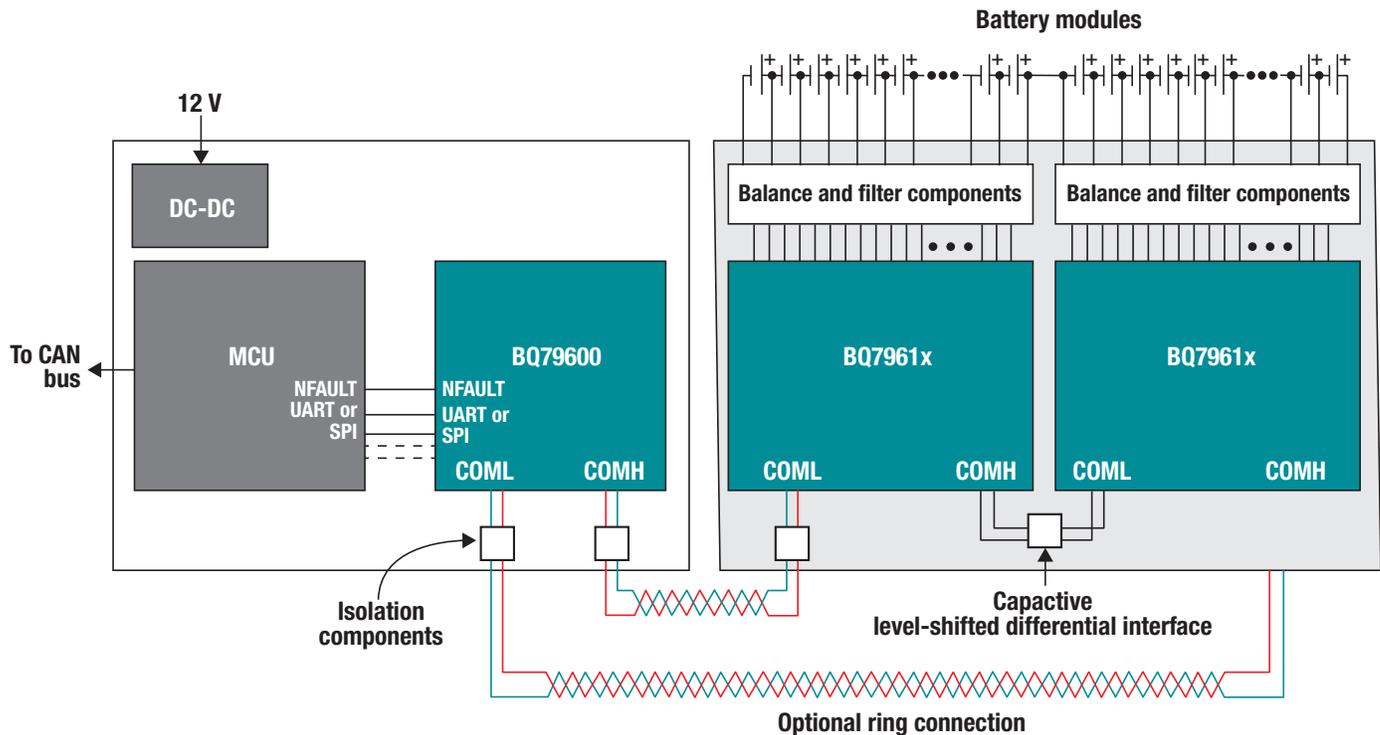


図 3. BQ79616 を使用した双方向のリング構成。

視 ASIC との通信を継続します。通常の通信で障害が発生している間も、このシステムはリング通信機能の障害耐性を使用して、冗長性を維持することができます。バッテリー・モジュールから到着した電圧と温度の情報が失われることはありません。

TI の BQ79606-Q1 と BQ79616-Q1 の別の機能は、バッテリー・セルに接続した複数のバッテリー入力ピンを使用する、A/D コンバータ (ADC) の冗長測定パスです。図 4 に、バッテリー・セルから VC と CB の各入力ピンへの接続を示します。通常、複数セルの電圧のバランスを維持するために、CB ピンを使用してセルの DC 電流負荷を有効にします。通常の測定動作を実施している間、メイン・パスである VC ADC と冗長パスである CB ADC パスの両方をバッテリー・セルに接続し、バッテリー・セルの電圧を測定することができます。この機能が存在していると、VC ピンと PCB の接続の開路または RVC 抵抗の開路のような 1 つの障害が発生した場合でも、CB ADC パスがバッテリー・セルの電圧測定を継続することができます。通常の電圧測定で障害が発生している間も、このシステムは ADC 冗長パス機能の障害耐性を使用して、冗長性を維持することができます。バッテリー・モジュールから到着した電圧と温度の情報が失われることはありません。

これらのリング通信と冗長パス機能と、EV のバッテリー・セルの電圧と温度のセンシングを実施している間に通信と接続の障害を検出するための多様な診断安全性メカニズムの組み合わせを、TI BQ79606-Q1 と BQ79616-Q1 両方のデバイスで構成されたファミリは搭載しており、ASIL (Automotive Safety Integrity Level、車載セーフティ・インテグリティ・レベル) D までに対応できるシステム・レベルの安全性能を実現できます。

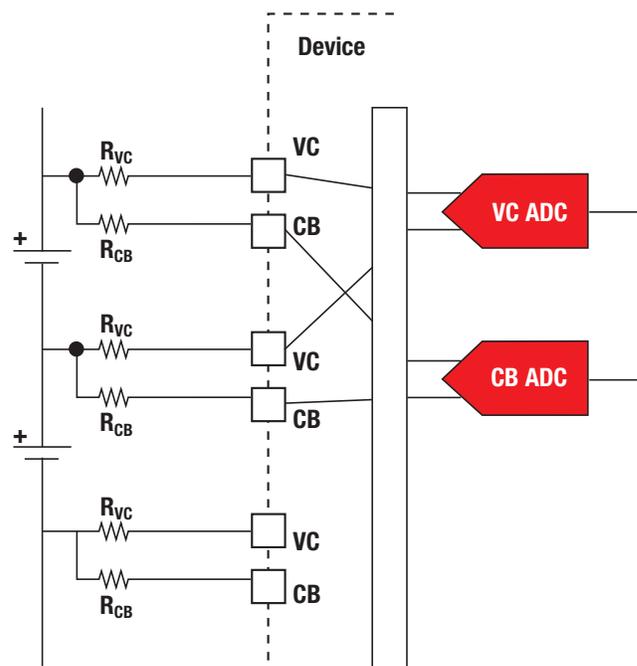


図 4. バッテリー・セルから VC と CB の各入力への接続。

まとめ

20 世紀初頭に、動物がけん引する馬車からモーターへの移行が始まったときと同様、現在は社会により多くの便益をもたらすために自動車の多様なソリューションの開発が進んでいます。電動化輸送システムにとって、安全性の要件は不可欠です。

その他のリソース:

- [TI の機能安全テクノロジーのページ](#)
- [BQ79606A-Q1 Daisy Chain Communication Timing \(英語\)](#)
- [BQ7961x-Q1 データシート](#)

重要なお知らせ:ここに記載されているテキサス・インスツルメンツ社および子会社の製品およびサービスの購入には、TI の販売に関する標準の使用許諾契約への同意が必要です。お客様には、ご注文の前に、TI 製品とサービスに関する完全な最新情報のご入手をお勧め致します。TI は、アプリケーションに対する援助、お客様のアプリケーションまたは製品の設計、ソフトウェアのパフォーマンス、または特許の侵害に対して一切責任を負いません。ここに記載されている他の会社の製品またはサービスに関する情報は、TI による同意、保証、または承認を意図するものではありません。

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

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が適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、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 (www.tij.co.jp/ja-jp/legal/termsofsale.html)、または 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。

Copyright © 2020, Texas Instruments Incorporated

日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社