

# EV (電気自動車) バッテリ管理における有線通信とワイヤレス通信の比較



**Taylor Vogt,**  
Applications Engineer,  
Battery Management Systems,  
Texas Instruments



# 電気自動車 (EV) の需要増加に伴い、メーカーは安全かつコスト効率の優れた方法で性能を向上させる手法を探し求めています。

## 概要

このホワイト・ペーパーは、電気自動車 (EV) で採用する有線とワイヤレスのバッテリー管理システムを設計する際の検討事項について考慮します。



1

### EV 内の分散型バッテリー管理システム EV 内の分散型バッテリー管理システム

高電圧 EV バッテリー・パックは、セルの電圧、温度、その他の診断を送るために複雑な通信システムを必要とします。



2

### 有線とワイヤレスの各ソリューションの比較と評価 テキサス・インスツルメンツの有線とワイヤレスそれぞれの BMS プロトコルの比較

高精度のバッテリー・モニタは、有線またはワイヤレスの方式を使用して通信を実施し、関連するセル・パックのデータをホストに送り返すことができます。分散型バッテリー・システムを使用する場合、設計に関するいくつかの検討事項とトレードオフが存在します。



3

### 有線またはワイヤレスの環境でテキサス・インスツルメンツのバッテリー・モニタを活用して開発を推進 EV 内の分散型バッテリー管理システム

テキサス・インスツルメンツ独自のバッテリー管理システム (BMS) プロトコルは、有線とワイヤレス両方の BMS 構成で、高い信頼性、高いスループット、短い待ち時間を達成する通信方式を実現します。

特に関心の高い分野の 1 つが、バッテリー管理システム (BMS) の改善です。EV に搭載している個別のバッテリー・セルの性能をリアルタイム監視するのがその目的です。EV のマイコンは、各バッテリー・セルを効果的に監視することで、すべてのバッテリー・セルが正常に動作していると保証し、負荷共有のバランスを維持することができます。このホワイト・ペーパーは、有線とワイヤレスそれぞれの BMS ソリューションの違いを検討

し、開発中の EV 設計で最適なオプションを選択できるよう解説していきます。

## EV 内の分散型バッテリー管理システム

各種電動化自動車アプリケーションで、内部バッテリー・パックは電圧を 800V またはそれ以上の値まで上昇させることが可能であり、AC モーターの負荷上昇をこの方法でサポートすることができます。この電圧を実現するために、自動車のシャーシ内部で 100 個以上のリチウムイオン・セルを直列接続する可能性があります。このような高電圧パックは、安全、適切な時間枠、信頼性の高い方法でセルの診断結果を報告するために、より洗練されたテクノロジーを必要とすることになります。分散型バッテリー・パック・システムを実装するために使用されている一般的な設計手法の 1 つは、セル数の多いパックをサポートするために、個別のプリント基板 (PCB) に搭載した高精度バッテリー・モニタを多数相互接続する方法です。

有線 BMS ソリューションの場合、ツイストペア・ケーブルを使用してこれらのモニタをデジチェーン接続し、バッテリー・セルに対応する各モジュールから収集したデータを伝搬することになります。有線とワイヤレスそれぞれの BMS ソリューションの間にある違いとは、後者がデジチェーン・ケーブル配線ではなく、ワイヤレス通信を使用することです。図 1 に、400V~800V の EV 向けの典型的な分散型バッテリー・パック・システムを示します。

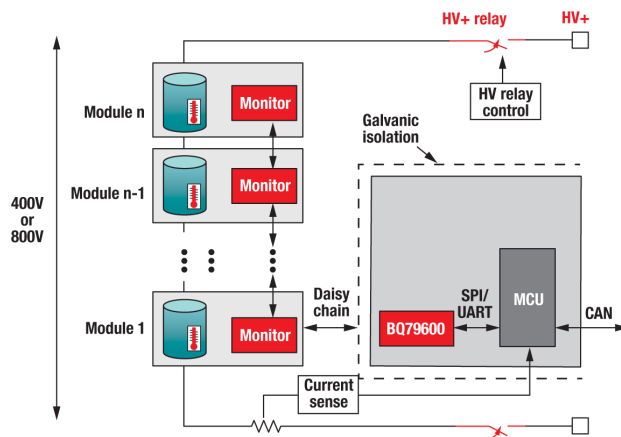


図 1. 分散型 BMS の例。

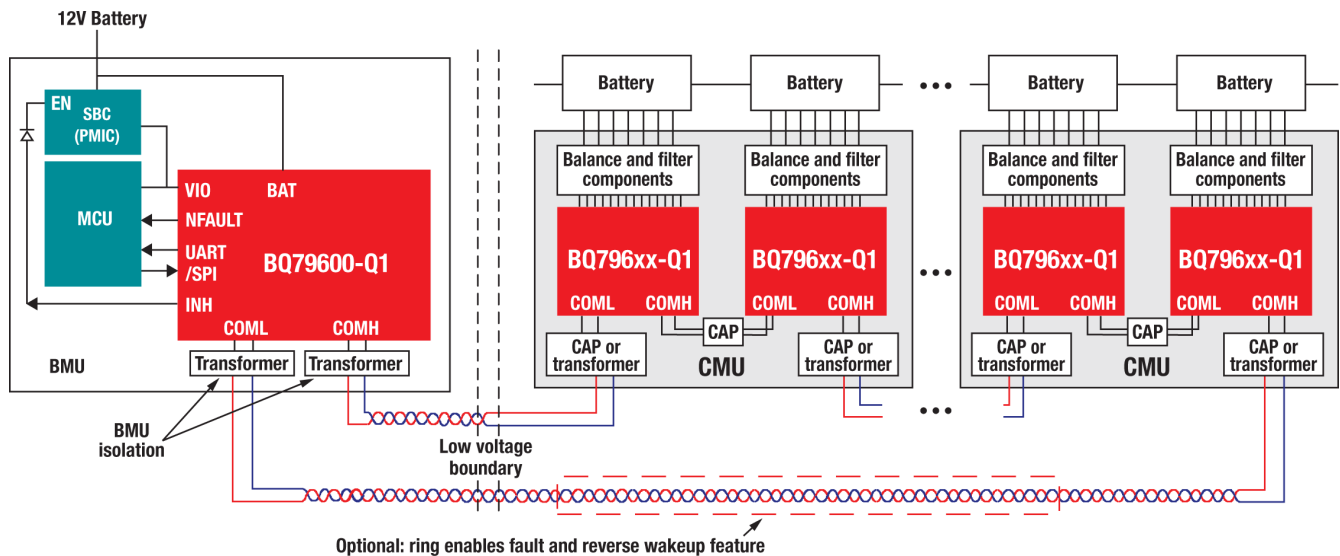


図2. 有線 BMS の例。

図1には、ホスト・マイコン (MCU) を搭載しているサブシステムが1個あります。このサブシステムは、CANバス経由で自動車の制御ユニットとのインターフェイスを確立します。次に、マイコンのプロセッサは複数のバッテリー・モニタ・デバイスを制御しますが、これらのデバイスは接続先のバッテリー・モジュールを通じてバッテリーの電圧と温度をセンスします。バッテリー・モニタがサポートしているチャンネルの数にもよりますが、高電圧パックをサポートするために任意の数のデバイスが存在している可能性があり、それらすべてに関する情報をホスト・マイコンに送り返す必要があります。監視と通信を実施する必要のあるシステムの他の一般的な要素として、高電圧の中継制御機能を挙げることができます。その結果、自動車を使用していないときは高電圧を安全な方法で確実に接続解除することができるほか、電流センシング機能を使用して充電状態とバッテリー・パック自体の状態を計算で求めることができます。

### 有線 BMS とワイヤレス BMS の比較と検討事項

このホワイト・ペーパーが注目するのは、パック内で接続されている各バッテリー・モニタ・デバイスとホスト・マイコンの間の通信インターフェイスです。どちらの例も、BQ796xx モニタ・ファミリを使用します。典型的な有線ソリューションは、複数のバッテリー・モジュールの間をツイストペア・ケーブルで接続し、多数のバッテリー・モニタをデジチェーン方式でケーブル接続します。一方、ここで取り扱うワイヤレス通信方式は、データを送信するためにワイヤレス・マイコンである CC2642R-Q1 を使用します。

図2で提示している有線ソリューションは、バッテリー管理ユニットまたはバッテリー・モニタ・ユニット (BMU) ボードを左側に配置しています。このボードは、ホスト・マイコンと、通信ブリッジ・デバイスである BQ79600-Q1 を搭載しています。この BMU は、このマイコンと、他の BQ796xx モニタ・デバイスの間のインターフェイスとして動作します。これらの BQ796xx は、図の右側にあるセル・モニタ・ユニット (CMU) に搭載済みで、接続先は、複数を組み合わせて使用している実際のバッテリー・セルです。これらの CMU はツイストペア・ケーブルを使用して、各バッテリー・モニタ・デバイスのハイサイドとローサイドの両方をデジチェーン形式で相互接続してあります。また、オプションでリング・ケーブルを取り付けることも可能で、その場合は1箇所のケーブル破損が発生した状況でも、破損が発生していないもう1つの方向から送信を実施する能力を確保できます。この有線ソリューションは、デジチェーン接続ケーブルのどちらかの側で絶縁部品を必要とします。その結果、ノイズの多い環境で信頼性の高い通信を確実に実施し、電磁干渉 (EMI) と電磁適合性 (EMC) に関する自動車分野の厳格な制限に耐えることができます。

もう一方のワイヤレス・ソリューションは、ワイヤレス・インターフェイスを使用し、UART (universal asynchronous receiver-transmitter、汎用非同期トランシーバ) のデータをワイヤレス・トランシーバ・デバイス経由でホスト・マイコン宛に送信します。

図 3 は、CMU を 図 1 より簡略化した形式で提示していますが、ワイヤレス・レシーバ・ノードを追加し、セルのデータをワイヤレス形式でホストに送り返すのに使用できる追加のデバイスを CMU が使用できることを示しています。この結果、図 2 に示した 2 個の CMU を自然な方法で互いに絶縁することができます。

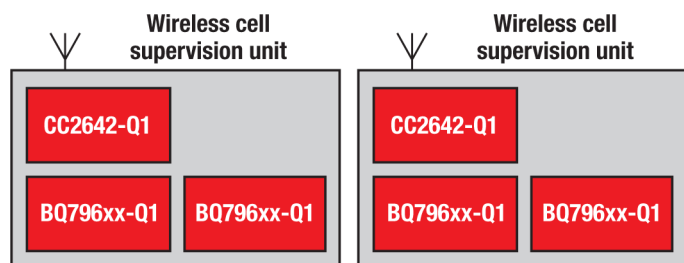


図 3. ワイヤレス BMS の例。

これら両方のソリューションの間での大きな違いは、有線ソリューションのツイストペア・ケーブル配線をワイヤレス・ソリューションが各 BMU に搭載している CC2642R-Q1 デバイスで置き換えたことです。

一見すると、余分なデバイスを追加した結果、ケーブル配線方式に比べて複雑度とコストが上昇する可能性が生じるように思える可能性もありますが、次の点を考慮してください。まず、ケーブル配線にもコストが発生し、重量が増加します。次に、通信の信頼性を確保するために、高性能の絶縁部品をツイストペア・インターフェイスのどちらかの側に配置する必要

が生じます。表 1 に、有線とワイヤレスそれぞれのバッテリー管理ソリューションに関する他の検討事項の概略を掲載しています。

### テキサス・インスツルメンツの有線とワイヤレスそれぞれの BMS プロトコルの比較

両方のソリューションで使用しているテキサス・インスツルメンツのプロトコルをもう少し詳細に観察すると、有線ソリューションは、差動、双方向、半二重のインターフェイスを使用しているので、ハイサイドとローサイド両方の通信インターフェイスでトランスミッタ (TX) とレシーバ (RX) を実装し、デフォルトではローサイドからハイサイドに情報を伝搬します。これらの TX 機能と RX 機能は、デバイスのベースまたはスタックを検出するハードウェアを基盤とする自動的な制御で動作し、各モジュール宛にデータを伝搬するときに、データのリクロック (クロックとの再同期) を実施します。BQ796xx デバイスの RX トポロジーは RS-485 に似ていますが、自動車環境で一般的に見受けられるノイズの多い条件下で発生する高い同相電圧を減衰させるために設計上のメカニズムを追加している点異なります。各バイトを 2MHz (パルスごとに 250ns、または 2 つ 1 組ごとに 500ns) のレートで送信します。図 4 に示すように、各バイト間の時間は、UART のボーレート (通常動作時は 1Mbps) によって異なりますが、バイトごとの時間は常に一定です。

検討事項	有線 BMS	ワイヤレス BMS
重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>標準的な信頼性規格</li> <li>自動車全体の重量と複雑さが増大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動車全体の重量と複雑さが減少</li> </ul>
設計のフレキシビリティと保守性	<ul style="list-style-type: none"> <li>全体のフットプリント大型化に伴うフレキシビリティの低下</li> <li>保守がより困難になる</li> <li>ケーブルを取り外した後はモジュール構造</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フットプリントの小型化により、設計のフレキシビリティが向上し、車両内での配置がよりフレキシブルになる</li> <li>保守がいっそう容易</li> </ul>
測定時	<ul style="list-style-type: none"> <li>電圧と電流の時間同期型の測定は、上下に伝播する必要があり、読み取りの間に遅延が生じる</li> <li>意図的な遅延型測定機能を使用した性能向上が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ワイヤレス・システムの場合、自然に実施可能な時間同期型の測定</li> <li>同期型をいっそう強化したセンシング機能を追加する能力にも対応</li> </ul>
信頼性	<ul style="list-style-type: none"> <li>配線は信頼性が高く、機能安全基準を満たしているが、時間の経過とともに断線する可能性がある</li> <li>リング・アーキテクチャには、双方向の冗長ケーブルが内蔵されている</li> <li>修理の複雑度が増す可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>保守対象の配線が存在しない</li> <li>設計では、過酷な車載用無線周波数の環境や非視線方向の課題を克服する必要がある</li> </ul>

検討事項	有線 BMS	ワイヤレス BMS
セキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>配線内で通信が完結し、全面的に安全なシステム通信</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>セキュリティ・プロトコルが欠けている設計が不十分なシステムは、侵入される可能性がある</li> </ul>

表 1. 有線 BMS とワイヤレス BMS の比較と検討事項。

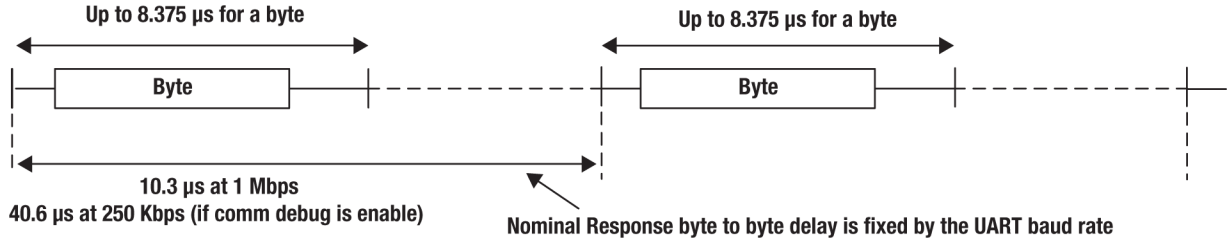


図 4. BQ796xx のバイト・レベルの通信。

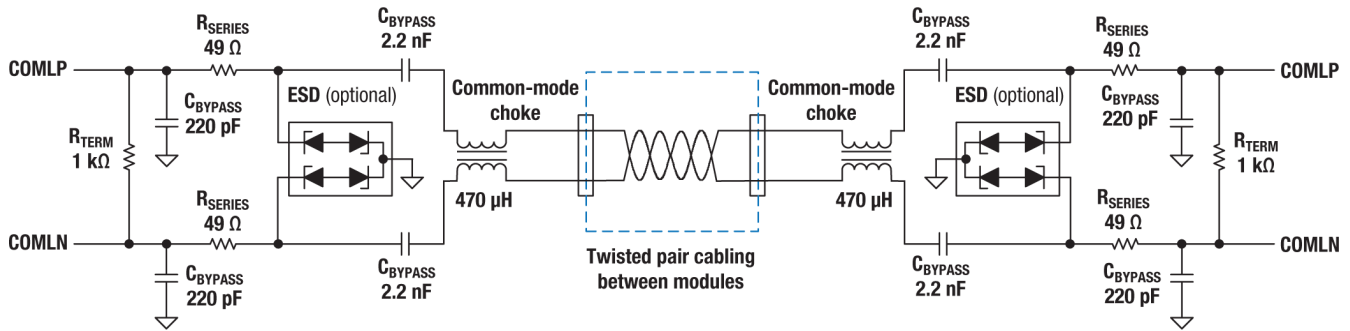


図 5. 有線の絶縁型回路の例。

有線インターフェイスは、EMC/EMI の仕様に関する自動車分野の厳格な制限の中でも信頼性を維持できるように、静電容量性または誘導性の絶縁をサポートする設計を採用しています。図 5 に、複数のコンデンサと複数のチョークを使用する 1 つの例を示します。設計者の皆様は、各バッテリー・モニタの PCB の間に位置する回路を設計することになります。最大 64 台のデバイスすべてが 1 つのスタック内に存在し、可変サイズである自動車のバッテリー・モジュールをサポートすることになります。

次期 EV を開発する際に、ティア 1 メーカーと OEM (自動車メーカー) から課されると思われる要件を満たせるように、テキサス・インスツルメンツは Bluetooth® Low Energy をベースとし、2.4GHz の周波数帯で動作する独自のワイヤレス BMS プロトコルを開発しました。表 2 に、テキサス・インスツルメンツのワイヤレス BMS プロトコルの長所を示します。スター・ネットワーク構成に対応し、集中型ユニットごとに最大 32 個のノードをサポートします。高いスループットと短い待ち時間でデ

ータを送信する能力があります。また、機能安全に関連するプロトコルを使用します。

機能	目標値
安全性重視の応答時間 (遅延時間)	最大 100ms (安全性)
データ・スループット	ワイヤレス・デバイスごとに最大 400 バイト
リンクの信頼性	99.9999%
セキュリティ	セキュリティを確保した暗号化済みメッセージ
スケーラビリティ	最大 32 台以上のワイヤレス・デバイス
マルチクラスタをサポート	あり
機能安全	システム・レベルで ASIL-D / ASIL-C に対応
消費電力	プライマリ・ノードで <1mA (平均)、セカンダリ・ノードで <1mA (平均)
リンク・バジェット	>95dB
ネットワーク形成時間	<600ms

表 2. テキサス・インスツルメンツのワイヤレス BMS システムのターゲット。

これら 2 つのプロトコルの間の主な違いは、デジチェーン接続したツイストペア配線を使用してマイコンからすべての最上位モニタへ、またその逆にデータを伝搬するか、それともワイヤレスのスター・ネットワーク構成を使用し、個別のモジュールが互いに独立した形でホスト・プロセッサとの通信を実施し、データを送り返すか、という点です。どちらのソリューションも、複数の仕様を規定しています。これらの仕様は、車載システムが、関連するバッテリー・パックの大量のデータを迅速、安全、かつ信頼性の高い方法で送受信するうえで重要です。

## まとめ

EV (電気自動車) に搭載する高電圧バッテリー・パック向けに、安全、高信頼性、かつ低コストのソリューションを実装するには、高品質の通信プロトコルが必要です。そのプロトコルは、ノイズの多い環境に耐えると同時に、パック内でのセル・モジュールの多様な配置方法に対応できるように、システムのフレキシビリティを確保できることが求められます。BQ7961x-Q1 製品ファミリは、システムが求める有線またはワイヤレスの通信をサポートするための手段を提供します。

以下の付加的なリソースを参照すると、有線またはワイヤレスの BMS 設計を効率化することができます。

- 『車両電動化のためのバッテリー管理における機能安全に関する検討事項』ホワイト・ペーパー
- 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