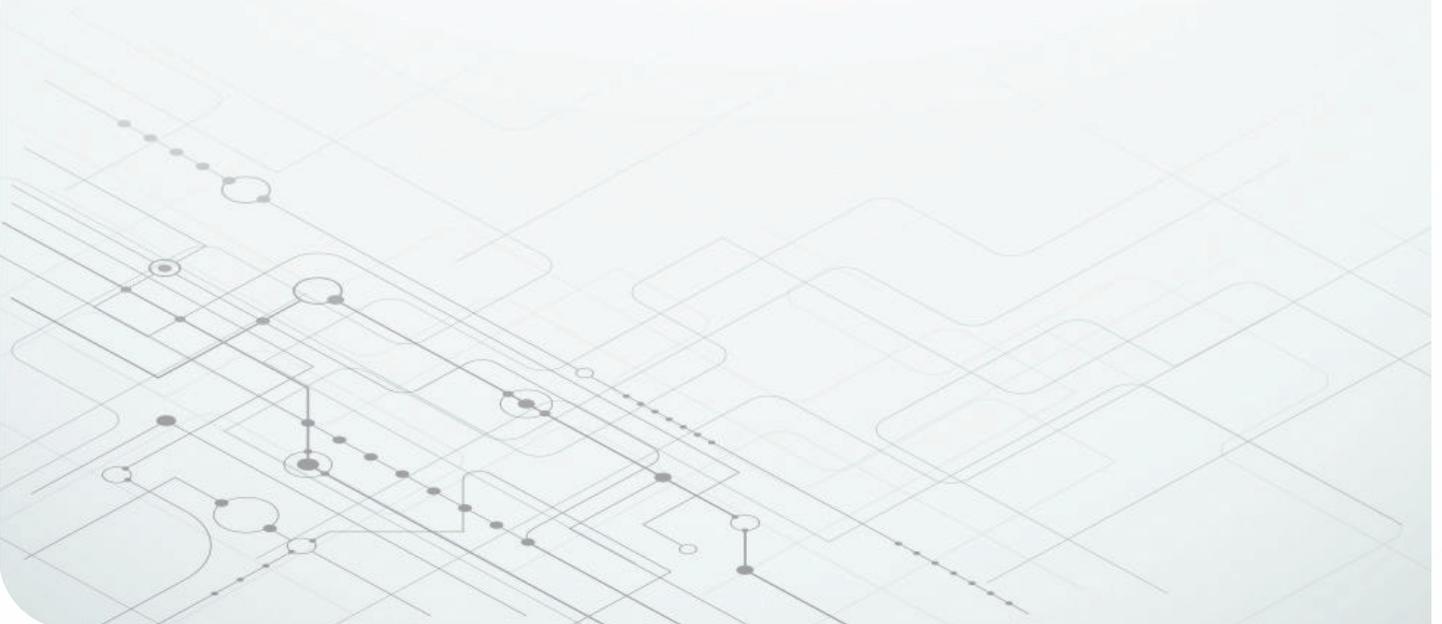


# 48V 車載システム:なぜ今なのか？

---



**Madison Eaker**  
Systems Manager  
Body Electronics and Lighting



# このホワイト ペーパーでは、電気自動車やハイブリッド車向けの48V 低電圧レール システムへの関心が高まっていることと、エンジニアがこれらを使用してワイヤ ハーネスのサイズとコストを低減すると同時に、新機能を実現する方法について説明します。

## 概要



### MHEV と BEV の比較における 48V

MHEV と BEV の 48V システムの進化について学習してください。

1



### ワイヤハーネスの低減

ゾーンアーキテクチャを搭載した 48V システムを活用してワイヤハーネスの複雑さとコストを低減する方法を読んでください。

2



### 48V アーキテクチャ

ワイヤ ハーネスの設計とコストを最適化するためのさまざまな 48V システム設計アプローチを見つけ出してください。

3



### 48V 設計の課題

過渡電圧、浴面距離と空間距離の要件、EMC 規格、IC(集積回路)コストなど、48V システムを採用する際の設計上の主な課題を探求してください。

4

48V システムに対する新たな関心は、バッテリー式電気自動車 (BEV) とハイブリッド自動車 (HEV) の両方の人気の高まりに関連している可能性があります。高電圧バッテリーで 48V を生成する電気自動車またはハイブリッド自動車は、48V システムの重要な利点を実現します。48V の低電圧レールを追加することで、自動車全体に電力を供給するワイヤハーネスのゲージを低減し、パワースイッチやモータードライバなどの下流の半導体部品の負荷電流要件を低減できます。したがって、48V システムは 12V のシステムより多くの電力を供給でき、AI(人工知能)や小型冷蔵庫のような機能の追加機会が開かれます。

BEV OEM(相手先ブランド製造業者)は、BEV のコスト、重量、航続距離を最適化することを検討しています。電氣的な観点では、TI のホワイト ペーパー『[How a Zone Architecture paves the way to a Fully Software-defined vehicle\(どのようにゾーンアーキテクチャが完全ソフトウェア定義型自動車への道を拓くか\)](#)』において論説されているように、[ゾーンアーキテクチャ](#)を通じてワイヤ ハーネスを低減することによって、あるいは電源分配用に 48V 低電圧レールを使用することによって3つすべての課題に取り組むことが可能です。1900 年代初期には、自動車業界は電力を供給するために 6V レールを使用していましたが、電気/電子 (E/E) システムの電力需要が増加したため、市場は 12V への移行を余儀なくされました。機能の豊富な現在の自動車は、12V レールの限界を押し上げています。12V から 48V への移行には課題がありますが、OEM が 48V の低電圧レールの採用に動けばチャンスもあります。

## はじめに

初出: [Electronic Products 誌](#)

自動車メーカーとの最近の話し合いでは、48V の低電圧レールが頻繁に登場しています。でもなぜ今? 48V システムは目新しいものではありません。これらの製品は、マイルド ハイブリッド電気自動車 (MHEV) の効率と性能の向上に長年にわたって貢献してきました。

## MHEV と BEV の比較における 48V

1990 年代後半には、42V E/E システムの開発が進められた。しかし、OEM 各社は高効率モーターがないことを考慮してこの取り組みを放棄し、高電圧スタータージェネレータを使用する MHEV への市場シフトがありました。そのため、MHEV は「最初の」48V システムでしたが、48V バッテリーと小型電動モーターのみを使用して内燃機関を支援していました。これにより、燃費を削減し、効率を向上させます。

MHEV 内にある E/E(電気/電子) システムに電力を供給するメインの低電圧レールは 12V で維持され、48V レールと 12V レールの間で大きい双方向コンバータが必要になるので、コスト負担が大きくなります。これに対して、フルハイブリッド(HEV)、プラグインハイブリッド(PHEV)、バッテリー式(BEV)では高電圧バッテリーを使用して 48V の低電圧レールを生成し、E/E システム全体に電力を供給します。

トリムラインとプラットフォームが限られているため、将来の BEV プラットフォームは、OEM が 48V 車載システムを実装するための主要なターゲットでした。電気自動車への移行は、HEV と PHEV への投資も増加しています。図 1 に、車両タイプ間の違いの概要を示します。

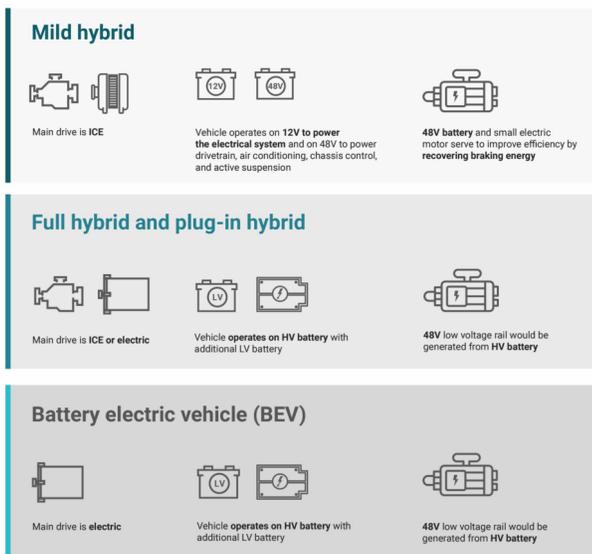


図 1. 車両のパワートレインタイプの概要

## ワイヤハーネスの低減

ワイヤハーネスを低減しようとした最初の主な試みは、ゾーンアーキテクチャの導入でした。ゾーンアーキテクチャは、図 2

に示すように、機能によるのではなく場所に基づいて、電力分配、通信、負荷作動をグループ化することで、車両内の配線を最適化します。ゾーンアーキテクチャを採用すると、従来の溶断ヒューズを置き換えるために、電力分配用にスマート半導体のヒューズを使用し、集中型コンピュータからセンサ、アクチュエータ、電子制御ユニット(ECU)への通信ゲートウェイとして機能することで、自動車の配線を節減できます。

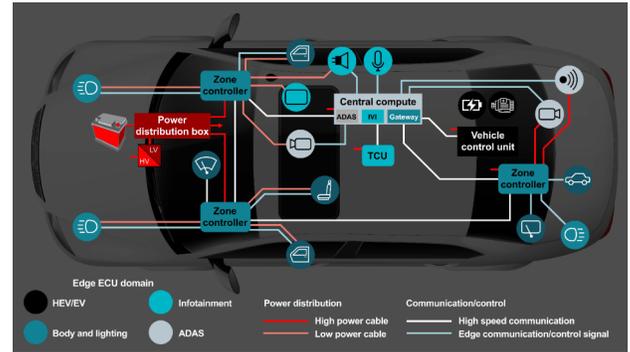


図 2. 第 1 世代のゾーンアーキテクチャ。

次世代ゾーンアーキテクチャに 48V の低電圧レールを採用すると、ワイヤハーネスの重量とコストをさらに削減できます。48V レールを採用すると、ワイヤゲージを縮小でき、ワイヤハーネスでの電力損失を低減できるほか、同じ電力量を供給するための電流の減少(例えば、12V での 100%と対比して 25%)を考慮すると、プリント基板(PCB)のサイズを節減できる可能性があります。図 3 に、12V から 48V に移行する利点を示します。

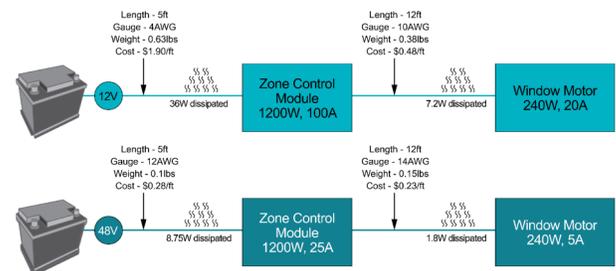


図 3. 12V から 48V へのワイヤハーネスの削減。

図3では、ゾーンコントロールモジュールは12Vで1,200Wを供給するために100Aを必要とします。これに対して、48Vレールは、1,200Wの電力を供給するのにわずか25Aしか必要としない。電圧を4倍にし、電流を1/4に低減すると、ワイヤハーネスのコストと重量を85%低減できます。ウィンドウモーターの場合、12Vでの20Aは48Vでの5Aになります。その結果、60%コストを削減し、ワイヤの重量を52%削減することができます。負荷電流の要件が減少すると、48Vに移行することでワイヤハーネスの利点も減少します。

48Vに移行する主な利点はワイヤゲージを削減することですが、ワイヤコストが唯一の理由ではありません。今日では、AWG（米国ワイヤゲージ規格）サイズ4のような厚いワイヤゲージを車両に取り付ける作業が非常に多くなっています。48Vシステムのワイヤゲージを削減することで、ワイヤハーネス取り付けの自動製造プロセスを使用できるようになり、コストが大幅に削減されます。

### 48Vアーキテクチャ

48Vアーキテクチャのワイヤハーネスを最適化する場合、OEMはさまざまなアーキテクチャを評価する必要があります。図4からまでに48V低電圧レールを実装する場合の3つのオプションを示します：48Vの一次配電と12Vのローカル配電、48Vの配電と12Vの配電、または12Vの配電と48Vの大電流負荷のみ。

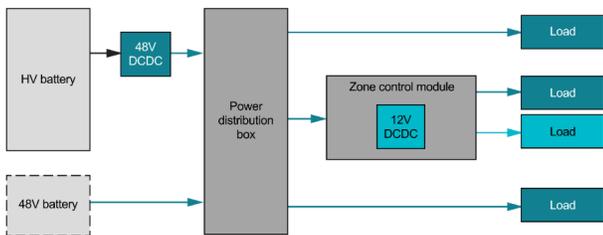


図4. 48Vアーキテクチャ(48Vの1次配電、12Vのローカル配電)。

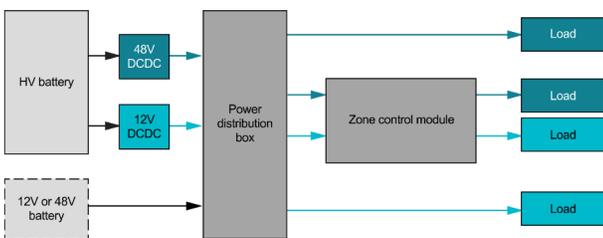


図5. 48Vと12Vの配電 - ZCM 48Vと12V。

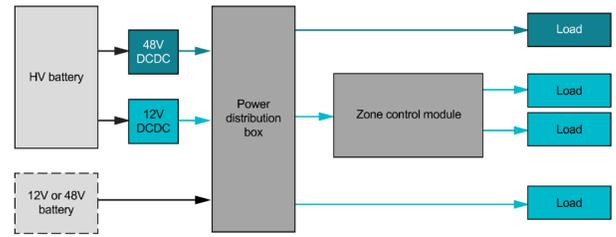


図6. 12Vの一次配電、48Vの大電流負荷。

48V設計への悪影響が少ないアプローチは、48Vレールを使用して大電流負荷に電力を供給し、他の要素はすべて12Vに維持することです。48Vと12Vは、ゾーン制御モジュールや他のECUに分配できます。ただし、このアプローチにはいくつかの課題があります。2つの異なる電圧を分配する際、ワイヤハーネスの配線が重要になります。12Vと48Vの両方を同じワイヤハーネス内で配線すると、12Vから48Vへの短絡が発生する可能性があるからです。機能安全に関する検討事項も、コストの増大につながります。12Vと48Vの冗長電源が必要になる可能性があるからです。

設計の大幅な変更は、48V電源分配アーキテクチャに直接移行し、必要に応じて12Vレールをローカルに作成することです。ローカル12Vによる48Vの分配は、48Vへの移行の利点を最大限に実現する最適なアーキテクチャです。ワイヤハーネスのサイズとコストを大幅に削減できるからです。

12Vローカルを伴う48V分配では、ECUでローカルの12Vレールを作成するか、異なる電圧(25V、16V、5V、3.3V)を選択するためのさまざまなオプションがあります。図7は48Vシステム向けに、分散型と集中型の12Vという2つの可能な電源アーキテクチャを提供します。

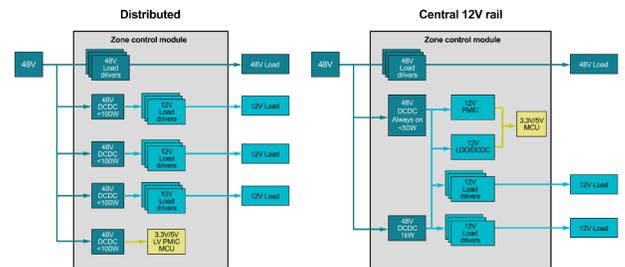


図7. ECU側での48Vからの電圧変換。

分散型アーキテクチャでは、低電力要件の複数のDC/DCコンバータを使用して、異なる負荷グループに対して12Vレールを作成できます。このアプローチでは、電圧(48Vから3.3V

など)の自由な選択、および PCB 全体での熱拡散の向上とともに、金属酸化膜半導体電界効果トランジスタを内蔵した DC/DC コンバータの使用が可能になります。OEM が既存の 12V 設計を再利用することを希望する場合は、集中型の 12V レールを使用する方が容易なアプローチです。このアーキテクチャでは、常時オンの DC/DC コンバータが機能安全が重要となる負荷に電力を供給する一方、高い電力を必要とする DC/DC コンバータが他の 12V システムに電力を供給します。別のオプションとして、双方向の 48V から 12V への DC/DC コンバータを使用して、モーターからの逆起電力や 12V レールからの正の過渡電圧エネルギーを 48V レールに送り返す方法があります。

## 48V 設計の課題

48V 低電圧レールを採用するときの設計上の課題として、過渡電圧、沿面距離と空間距離の要件、電磁適合性(EMC)の規格、集積回路(IC)コストを挙げることができます。

48V システムでは過渡電圧が話題になります。現在、12V システムはよく知られており、ISO(国際標準化機構)16750-2 のような規格では、ロード・ダンプなど最悪の事象の場合に電圧過渡曲線を規定しています。48V システムの場合、最大 70V の過電圧点を必要とする MHEV 向けに現在利用可能な規格(ISO 21780 および Liefer Vorschrift [LV]148 規格)が作成されました。ただし、スイッチングトランジエントやコンポーネント マージンを考慮に入れると、コンポーネントレーティングが 70V をはるかに上回る結果になります。

MHEV の規格は、出発点として有用ですが、高出力スタータ/ジェネレータシステムを使用せずに高電圧バッテリーから 48V を生成する電気システムまたはハイブリッドシステムには必ずしも有効ではありません。BEV 48V 低電圧ネットワークに関する正確な規格は現在もまだ定義されていますが、OEM は 70V 未満のライントランジエントを含めるように独自の規格の定義を開始する可能性があります。図 8 は、潜在的な BEV 規格を既存の ISO 21780 規格と比較したものです。

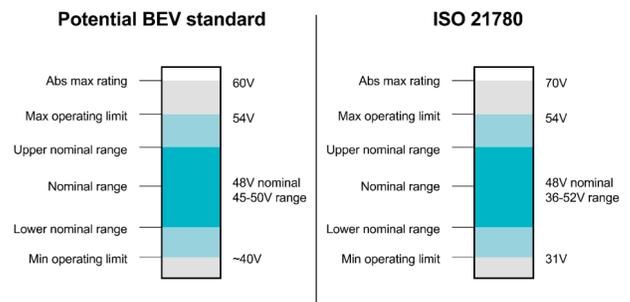


図 8. 潜在的な BEV 規格と ISO 21780 過渡電圧の比較。

60V と 70V の差は小さいように思えますが、より高い電圧に対応できる IC のコストは必ずしも直線的にスケールアップされるとは限りません。また、電源電圧範囲を含めることが可能であるとしても、ハーネス故障モード事象の可能性を考慮することが重要です。ハーネス故障モード事象の可能性については、ISO 7637-2 のような現在の規格は対処しています。

沿面距離と空間距離の要件は、PCB 上のすべての導電性部品間の最短距離の業界標準測定値です。これらは、2 点間の電圧が絶縁破壊電圧を超えた場合に発生する、アーク放電を防止するための重要な設計パラメータです。沿面距離と空間距離には多くの異なる規格(国際電気標準会議(IEC) 60664-1 と米国電子回路協会(IPC) 2221A)が存在しており、OEM 各社は独自の内部ガイダンスを所有していることもあります。12V から 48V に移行すると、沿面距離と空間距離の要件が高まり、IC パッケージ、PCB レイアウト、ワイヤハーネスコネクタなどに直接影響を及ぼします。

48V システムには、導通損失の低減に貢献すると同時に、スイッチング損失が増加するという微妙な影響があります。DC/DC コンバータやモータードライブなどのスイッチングパワーコンバータに関する EMC テストでは、このことが関係します。電圧( $V_{DS}$ )を 12V から 48V に高くすると、電流( $I_{DS}$ )が小さくなります。ただし、48V システムのスルーレート( $t_R + t_F$ )が 12V システムと同じままの場合、電力スイッチング損失( $P_{sw}$ )は 4 倍になります。

スイッチング損失に影響を及ぼす要因は他にもありますが、図 9 はスルーレートが 48V システムのスイッチング損失にどのような影響を及ぼすかを示します。DC/DC の伝導性エミッションを低減する方法の詳細については、アプリケーション

ノート『48V 車載アプリケーション用降圧コンバータにおける伝導性 EMI の低減』をご覧ください。

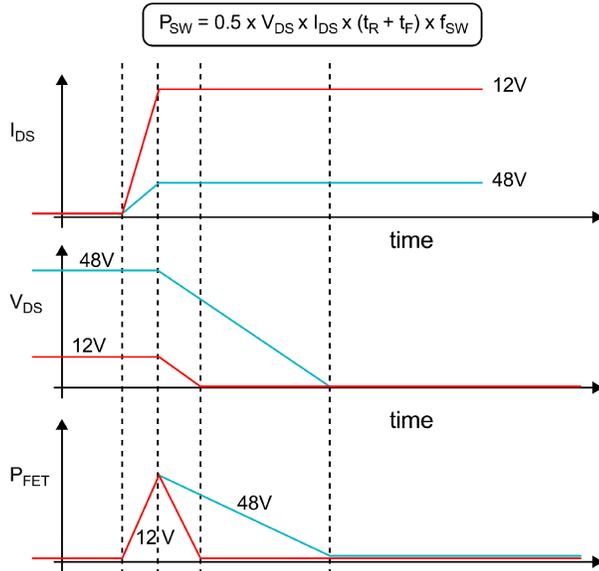


図9. スイッチング損失が EMC に及ぼす影響。

## まとめ

48V システムでは、ワイヤハーネスの重量やゲージを削減できるため、ワイヤの実際の銅線や製造におけるコストを節約できますが、会話はコストに戻ってきます。48V の採用には、IC レベルまたはシステム レベルのいずれであっても、何らかの方法でコストに影響を及ぼす多くの利点と課題があります。OEM 各社は、利点の最大化とコスト削減を実現するために、48V システムをいつどのように組み込むかを決定します。市場や半導体サプライヤには、自動車の最近の革新からも明らかのように、48V のシステムに対応する準備ができています。

**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

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