

Application Brief

48V 配電における電力と材料の最適化



Samuel Skranak

はじめに

車載用パワーディストリビューションにおいて 48V ベースのアーキテクチャの採用は、着実かつ確実なペースで段階的に進んでいます。48V ドメインでは、より高いレベルの最適化に進むことが期待されており、電力損失をさらに最小限に抑え、材料（ケーブル、コネクタ、PCB 面積）をさらに削減することができます。ただし、OEM とそのサプライヤは、従来の 12V ドメインから負荷を移行するという新たな課題に直面しています。

半導体デバイスがこのミッションに適合するためには、そのデバイスは指定されたタスクを実行することに加えて、電力と材料の最適化に役立つ何かを提供する必要があります。たとえば、パワーディストリビューションスイッチには、パワーマネージメント機能の完全な設備が必要であり、電力と材料のさらなる削減に役立つ何かが必要です。この設計図は、TI 初の 48V 車載スマート eFuse である TPS481HS04-Q1 として実現されています。TPS481HS04-Q1 は、消費電力の管理・低減と材料の低減を実現し、48V 移行による課題の解消を可能にするツールを搭載したスイッチです。

消費電力を低減

成熟した 48V アーキテクチャには、電圧が高くなることで 12V から移行する際に電力損失を低減できるという利点があります。導通損失は負荷電流の大きさに応じて増大するためです。TPS481HS04-Q1 のフレキシブルな低消費電力モードを活用すると、電力損失をさらに低減できます。これは、デバイスがインエーブルに維持されて低電流で電力を供給しながら、静止時消費電流が大幅に低減され、消費電流が最大 2 桁低減されます。

表 1. TPS481HS04-Q1 の低消費電力モード静止電流

仕様			I _Q (μA)
手動	VBB I _Q	小型 FET	10
		大型 FET	15
	VDD I _Q	小型 FET	10
		大型 FET	15
自動	VBB I _Q		15
	VDD I _Q		15
通常動作	VBB I _Q		3300
	VDD I _Q		1650

これらの値は、量産開始前のシリコン製品に基づいており、最終的な量産シリコン製品と異なる場合があります

大型 FET と小型 FET の 2 つのバリエーションがあります。どちらのバリエーションでも終了電流は設定可能なため、負荷の必要に応じて低消費電力モードからアクティブモードへの遷移を調整できます。小型 FET モードでは終了電流が小さいため、静止電流を減らすことができますが、プログラム可能な値の範囲が小さくなるという代償が伴います。大型 FET モードは終了電流が大きくなるため、設定範囲は広がりますが、静止電流が大きくなります。この大型 FET 低消費電力モードでは、自動開始および終了を設定できるため、デバイスは固定スレッシュホールドで LPM に移行および終了する自律的な動作が可能になります。これらのバリエーションの間に、静止電流消費を大幅に低減する経路を示します。表 1 に、使用中の FET に基づく標準的な静止電流消費を示します。

ワイヤハーネス重量の低減

48V 電源ネットワークでは、従来の 12V よりも小さなゲージケーブルが自然に使用されます。TI の 48V eFuse は、複数のノブで構成された完全な I²T 曲線を備えており、過電流プロファイルを正確にカスタマイズできます。この曲線は、溶断

式ヒューズの熱制限を表すプログラム可能なエネルギーしきい値です。溶断式ヒューズプロファイルまたはワイヤ公差プロファイルに、内蔵電流センスにより、より高い精度で整合できます。ワイヤプロファイルと整合させるとワイヤゲージの削減に寄与します。

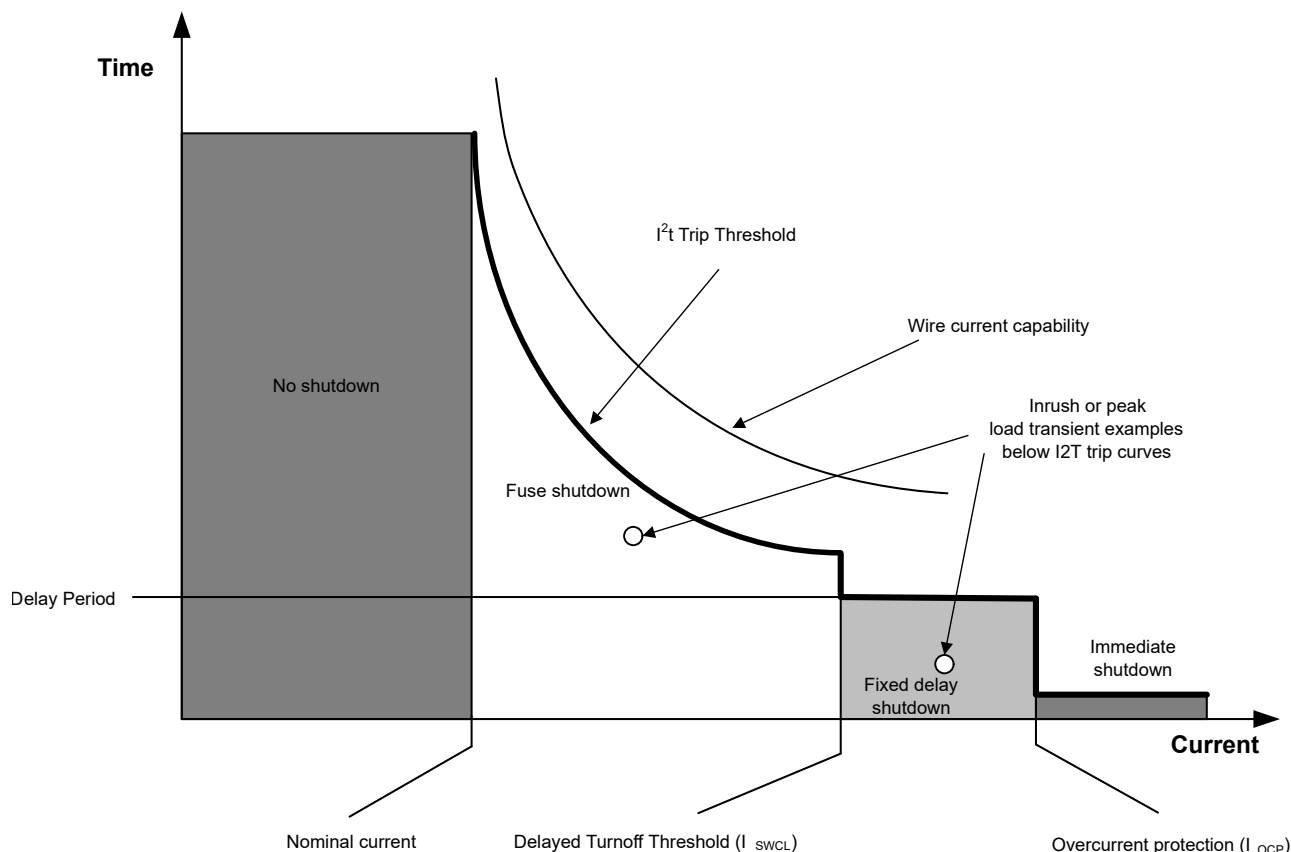


図 1. TPS481HS04-Q1 の構成可能な I^2T 曲線

図 1 に示すように、構成可能な I^2T 曲線には、多変数構造があります。公称領域、累積 (I^2T) 領域、遅延シャットダウン、および即時シャットダウン領域の 4 つの領域があります。これらのそれぞれは、 I^2T 保護メカニズムで異なる役割を果たします。設定可能な公称制限は、 I^2T 累積が開始されるスレッシュホールドです。累積は単純に、プログラムされた I^2T スレッシュホールドに違反したかどうかを判定するための電流の時間に対する並列計算です。これには遅延シャットダウン領域があり、遅延とスレッシュホールドをプログラム可能で、より高速で強力な過渡の許容誤差を定義する別の手段が提供されます。最後に、即時シャットダウン領域により、瞬間的な保護を実現するための設定可能な高速トリップ制限が可能になります。総合すると、これらの構成により、包括的な電力曲線が作成されます。この曲線により、保護層がもう 1 つ追加され、48V システムのケーブル重量をさらに削減できます。

オールインワンパッケージ

48V の主な利点の 1 つは、このドキュメントですでに説明したように、ケーブル、コネクタ、PCB 面積に関して材料を削減することです。したがって、半導体もこの原則に従う必要があります。48V ドメインでは、シリコンは 12V ドメインよりも FET の単位面積あたり多くの電力を供給しますが、統合型 eFuse 部品は市場では入手できません。初期の 48V 設計では、大電力負荷用にゲートドライバと外部 FET を使用していました。これらのシナリオでは、コンポーネントレベルでの材料削減の期待値が満たされていませんでした。TPS481HS04-Q1 を採用すると、PCB 低減の利点を実現できます。

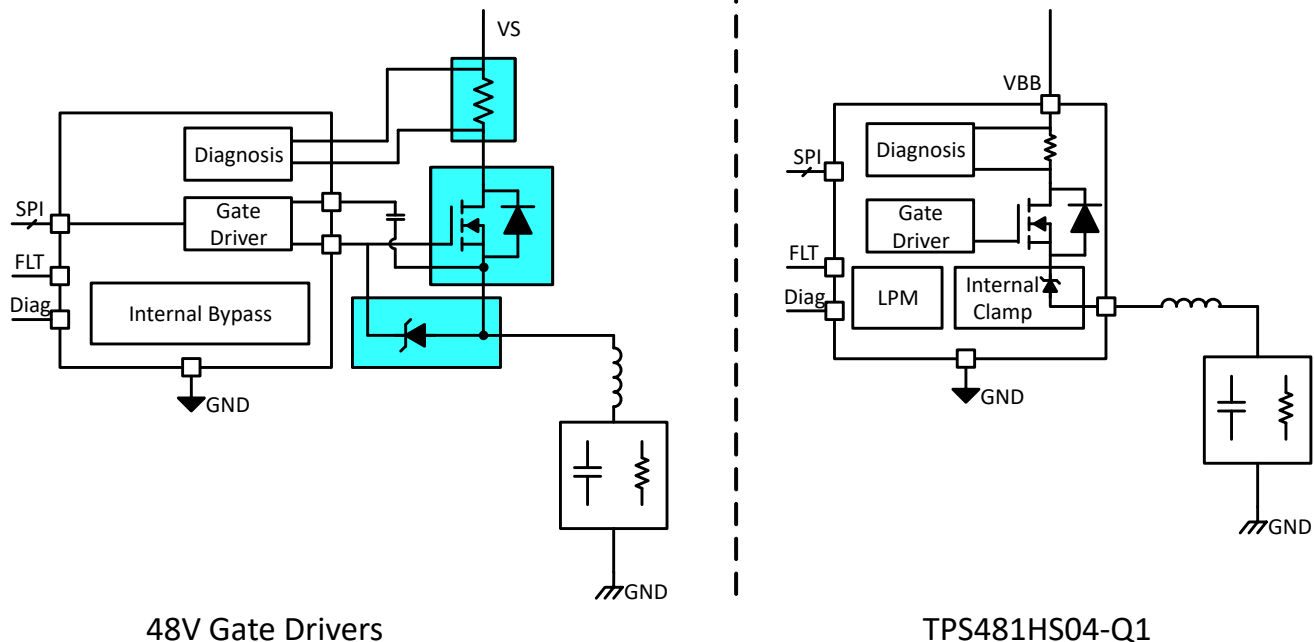


図 2. 統合型設計は、PCB 面積の縮小に貢献します

図 2 と表 2 の表に示すように、統合型設計の利点は明らかです。1kW 未満の電源レールでは、スペース削減が最大 80% に達する可能性があります。

表 2. 面積の比較

サイズ比較 (mm ²)		
特長	48V ゲートドライバ	TPS481HS04-Q1
コントローラ	25	統合
シャント	50	
FET	64	
クランプ	40	
合計	170	32

突入管理の方法

TPS481HS04-Q1 の機能セットを示し、48V の利点をさらに推進できます。並行してこのデバイスは、パワーディストリビューションスイッチの機能にも限界を押し広げます。何らかの形で突入電流を管理することはパワースイッチングの本質的な要素であり、TPS481HS04-Q1 には追加の独創的な方法がいくつかあります。ほとんどの ECU には、制御された方法で充電する必要がある入力バルク容量があるため、パワーディストリビューションではこの機能が重要です。TPS481HS04-Q1 を使用すると、即時シャットダウン方法が利用可能です。デバイスがハード短絡した場合、電流がプログラムされたスレッショルドに違反した後、FET がディセーブルになります。すでに説明したように、 I^2T はより高度なエネルギーと時間ベースの方式として機能します。この場合も、違反が発生したとき、FET は無効になります。これら 2 つに加えて、ケーブル、負荷、システム要件に応じて 3 つの容量性充電方式も使用できます。

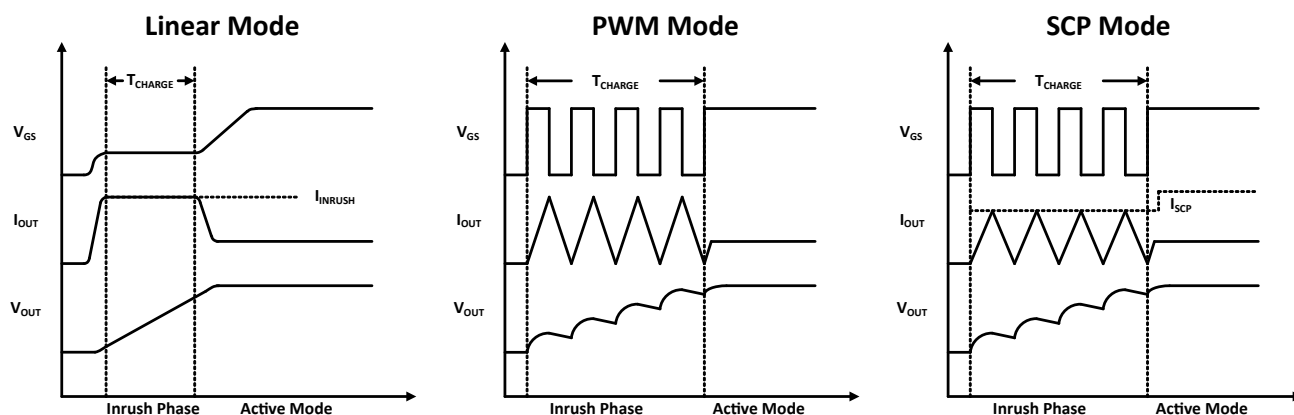


図 3.3 種類の静電容量式充電モードが利用可能です

各モードには、さまざまな構成可能パラメータと、表 3 でキャプチャした利点があります。1 つ目の方法は、リニア容量性充電モードであり、プログラム済みの値に突入電流をクランプし、固定レートで負荷を充電します。充電期間の制限と持続時間の両方が構成可能です。このモードは、EMC に敏感なアプリケーション向けにスイッチングノイズが低く、また構成も簡単です。2 番目のモードは PWM ベースです。このモードでは、デューティサイクルと周波数を設定でき、持続時間も設定できます。このモードにより、リニアモードよりも熱管理が改善され、より高度な構成が可能になります。最後のモードは、短絡ベース (SCP) の自動再試行方式であり、デバイスは連続的に低い電流制限へ再試行し、制限に違反すると強制的にシャットダウンします。持続時間と電流制限は再びノブです。SCP ベースのモードは、ケーブルによって異なるワイヤハーネスインダクタンスを考慮せずに実装できます。これらの充電モードを組み合わせることで、ケーブル、負荷、システム要件に応じて優れた柔軟性が得られます。

表 3. 静電容量式充電方式

静電容量式充電方式		
モード	構成可能なパラメータ	利点
リニア	1. 突入電流制限 2. 充電時間	構成がシンプルで、低スイッチングノイズ
PWM	1. 充電期間 2. デューティ サイクル 3. 周波数	優れた放熱性能、高度な構成が可能
SCP	1. 突入電流制限 2. 充電時間	優れた熱性能、ワイヤハーネスのインダクタンスに関係なく設定可能

まとめ

自動車メーカーが電力と材料で 48V の移行の報酬を享受するには、そのような収穫を可能にするツールが必要です。48V に関する議論の多くは配電部門に宿っており、それゆえイネーブルメントのためにパワースイッチに偏っています。

現在、TI の TPS481HS04-Q1 が市場に投入されているので、上記のツールすべてを 1 つのパッケージで入手できます。このデバイスは、保護およびケーブルゲージ低減のための高度に構成可能な I^2T 曲線、省電力を強化する低消費電力モード、複数の容量性充電方式を備えており、非常に多用途な電力分配デバイスとなっています。

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

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、TI は一切の責任を拒否します。

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](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](https://www.ti.com) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。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。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月