

Application Brief

圧倒的な性能 – TI の QFN ハイサイドスイッチがもたらす強力な価値



Samuel Skranak, Swanand Phadke

はじめに

TI 初の QFN パッケージを採用した自動車用ハイサイドスイッチの発売は、TI のハイサイドスイッチ製品群だけでなく、より広く自動車用配電網におけるパワー スイッチング分野にとっても、待望の転換点となります。これらは、チップメーカーやハードウェア エンジニアを長年にわたり悩ませてきた課題、すなわち「より少ないリソースでより多くの成果を上げる」ことへの答えです。本資料では、表 1 に記載されている TI の最新の QFN ハイサイドスイッチが、信頼性を損なうことなく、また設計プロセスを妨げることなく、構造や内部保護メカニズムといったさまざまな側面から「より少ないリソースでより多くの成果を上げる」という課題にどのように応えているかを簡潔に解説します。以下に説明する特長により、これらの QFN ハイサイドスイッチは、スペースに制約のある自動車用アプリケーションにおいて優位性を発揮します。

表 1. TI の QFN パッケージ採用自動車用ハイサイドスイッチ

部品番号	説明
TPS1HC04-Q1	車載対応、4.8mΩ、15A シングル チャネル スマートハイサイドスイッチ
TPS1HC08-Q1	車載対応、9.7mΩ、10A シングル チャネル スマートハイサイドスイッチ
TPS2HC08-Q1	車載対応、9.7mΩ、7.5A デュアル チャネル スマートハイサイドスイッチ
TPS2HC16-Q1	車載対応、18.5mΩ、5A デュアル チャネル スマートハイサイドスイッチ

最適化された構造

TI の QFN ハイサイドスイッチが示す進歩の中で最も顕著なのは、そのフォーム ファクタです。図 1 に示すように、特定のオン抵抗およびチャネル数におけるデバイスの全体サイズは、市場に出回っている他のソリューションと比較して 70% 以上も小型化されています。これは、2 つの新技术の融合によって実現されています。まず、TI のシリコン プロセスが微細化されたことで、所定のオン抵抗において公称電流要件を満たしつつ、より小型の FET を採用できるようになりました。

図 1 には、TI の新しい QFN パッケージと、同社のハイサイドスイッチ用 SOP パッケージ (左) との比較、および TI の QFN パッケージと市場で一般的な SOP パッケージ (右) との比較が示されています。

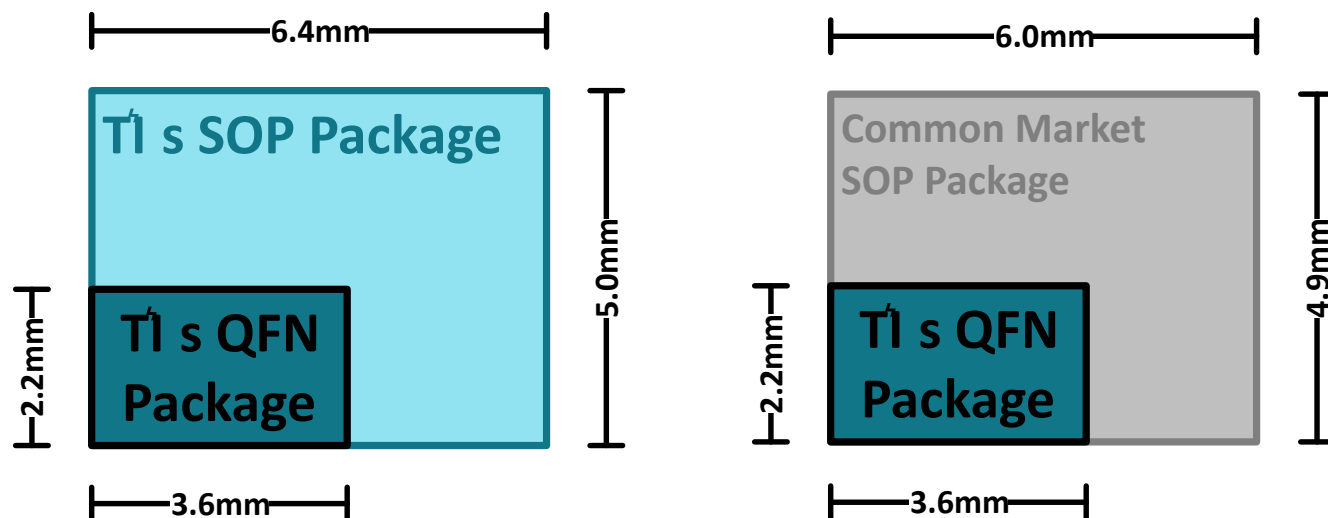


図 1. パッケージの比較

第二に、そしてより重要な点として、デバイスの構造と組み立てが大幅に最適化されました。図 2 に示すハイサイド スイッチの断面図のように、TI はチップをリード フレームの銅ポスト上に直接配置する QFN パッケージを採用しました。これにより、3 つの利点がもたらされます。

1. 銅ポストへの直接配置により放熱性が向上するため、ボンディング ワイヤを介してリード フレームに電氣的に接続された同等のデバイスよりも熱特性が優れています。
2. 銅ポストはボンディング ワイヤよりも寄生インピーダンスが低いため、電氣的特性が向上します。
3. ボンディング ワイヤを排除することで故障箇所が減少するため、信頼性が向上します。

QFN Package Cross Section

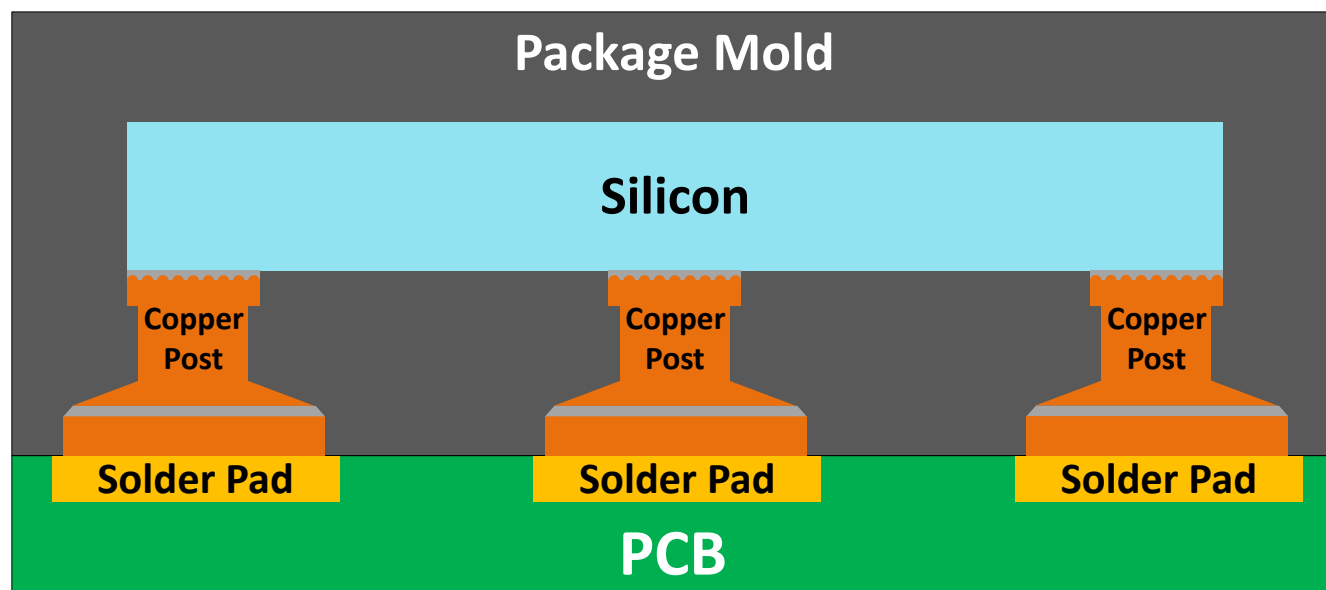


図 2. QFN ハイサイド スイッチの断面図

高度な統合型熱管理メカニズム

市場や用途を問わず、パワー スイッチ デバイスに共通しているのは、何らかの形の電流制限機能です。TI のハイサイド スイッチには、しきい値に達するとデバイスが電流を設定された制限値に維持する「電流制限クランプ」(図 3a 参照) と、設定された電流制限しきい値に達するとスイッチが即座に無効化する「即時シャットダウン応答」の 2 種類があります。どちらの電流制限方式も、それぞれのアプリケーションにおいて利点があります。しかし、QFN パッケージのハイサイド スイッチでは、より高度な電流制限方式が実装されています。

QFN ハイサイド スイッチは、下の図の右側に示されているように、「サーマルレギュレーション」と呼ばれる動的かつ自己調整型の電流クランプ方式を採用しています。デバイス内部の温度モニタを使用し、負荷を駆動する際の温度変動に応じて FET のゲートを能動的に制御します。この方式の主な利点は、容量性負荷を駆動する際に発揮されます。電流を単一レベルにクランプするのみだった従来のハイサイド スイッチでは、負荷の入力容量が完全に充電されるまでに数回の試行を要する場合があります。この新しい方式では、スイッチがディセーブルになることなく、容量性負荷を完全に充電することができます。これにより、デバイスの熱に対する対応能力が高まり、より大きな容量性負荷を充電でき、より長い充電サイクルに耐えることが可能になります。

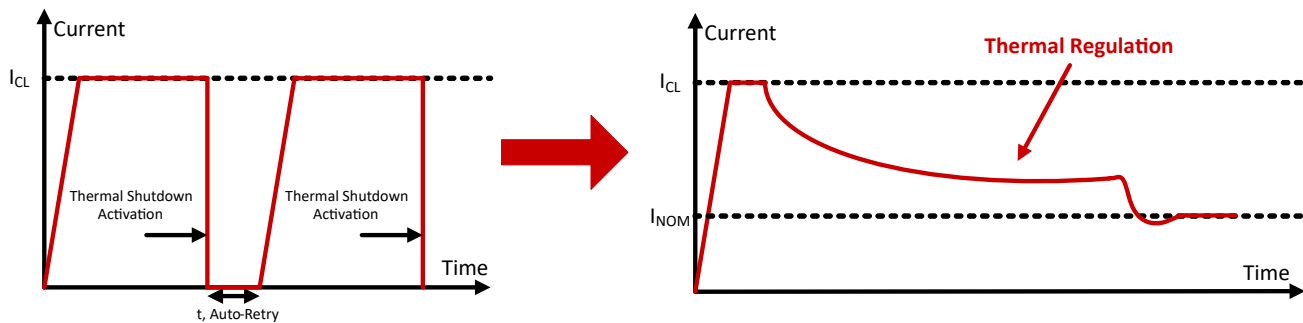


図 3. 電流制限クランプの種類: 静電流クランプ (左) および熱制御クランプ (右)

この QFN ハイサイド スイッチ シリーズで新たに導入された 2 つ目の保護機能は、「電流制限フォールドバック」と呼ばれる電圧監視機能です。内部 FET 両端の電圧が上昇すると、デバイスは自動的にフォールドバックを行い、電流制限値を低減することでデバイスの損傷を防ぎます。デバイスの回路遮断閾値 (I_{CB}) に対する調整可能電流制限 (I_{CL}) の設定に基づき、電圧が上昇すると、以下に説明するシナリオ (図 4 に視覚的に示されている) に従って電流制限がフォールドバックします。

- シナリオ A (青線): 電流制限は、回路遮断閾値 (I_{CB}) の半分より高く設定されています。電圧が上昇すると、この制限値は $I_{CB}/2$ 、続いて $I_{CB}/3$ へと引き下げられます。
- シナリオ B (赤線): 電流制限値が $I_{CB}/2$ から $I_{CB}/3$ の間に設定されています。この制限値は、2 番目の電圧しきい値に達すると引き下げられます。
- シナリオ C (緑線): 電流制限値が $I_{CB}/3$ 未満に設定されています。この電流制限値はフォールドバックされません。

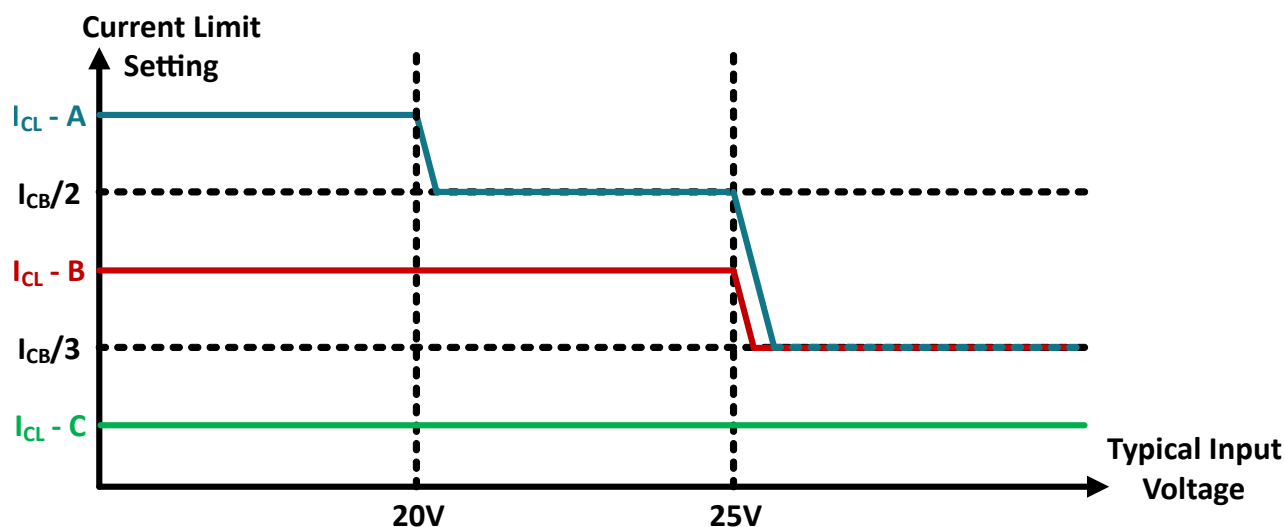


図 4. 電流制限設定に基づく電流制限フォールドバック

熱制御と電流制限フォールドバックを組み合わせることで、電圧および電流制御を通じて、デバイスの内蔵 FET の安全動作領域を最大限に活用します。

外部ストレスに対する実証済みの堅牢性

リード付きパッケージは、熱や機械的力 (特に曲げ、ねじり、振動) といった環境ストレスに対して、一般的により高い堅牢性を備えていることが広く認められています。これは、リードの柔軟性により、はんだ接合部の信頼性が自然に高まるためです。自動車システムは、温度変動、振動、および高加速度の衝撃にさらされることが非常に多いため、このような堅牢性が不可欠です。QFN パッケージのデバイスを自動車用途に採用するには、こうしたストレス要因に対して堅牢であることを実証する必要があります。TI の QFN ハイサイド スイッチの認定の一環として、製品は一般的な環境ストレス要因を模擬したさまざまな試験を受けました。試験に合格するためには、被試験品が各試験条件下で、はんだ接合部の破損や機能不良を起こしてはなりません。各試験の詳細については、[TI の品質、信頼性、およびパッケージングに関するデータダウンロード ページ](#)にアクセスし、各部品ごとの試験情報を表形式でご確認ください。認定概要には、試験の種類、仕様、条件などの情報が含まれています。

製造しやすさ

技術の微細化が進むにつれて、それらを製造するツールの精度もそれに比例して向上させる必要があります。好条件を整えば、小型で新たに導入された技術であっても、精度のギャップを埋める手段を提供することで、その採用を加速させ、ひいては技術の普及を促進することができます。TI の浸漬スズ (Imm Sn) と呼ばれる濡れ性側面技術は、まさにそのような「架け橋」となるものです。

次の図は、TI の浸漬スズ「濡れ性側面」を採用した QFN パッケージ (左) と、ハイサイド スイッチを搭載した 11 ピン QFN パッケージ (右) の断面図を示しています。

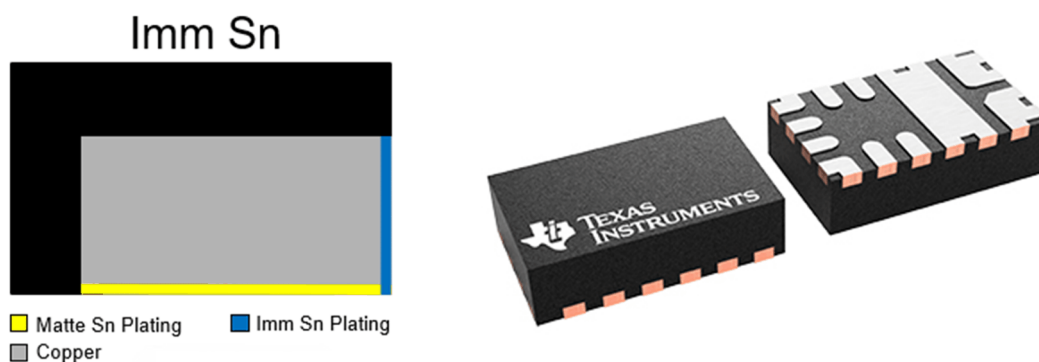


図 5. QFN パッケージ

図 5 に示すように、これらのパッケージは、リードフレームの一部である側面が露出しており、パッケージ側面に半田が密着するための表面積を確保しています。スズメッキ自体は白色であるため、検査時にはんだの被覆状況を視覚的に明確に確認できます。この濡れ処理は、パッケージの電気的特性や信頼性に影響を与えることなく、図 6 に示すように、100 μ m の側面濡れという業界要件を満たしています。

TI の浸漬スズ濡れ性側面技術の利点は明らかです。第一に、浸漬スズ処理された側面が自動光学検査の背景として機能するため、製造が容易になります。第二に、切断を必要とする他の側面処理技術や、ニッケル-パラジウム-金 (NiPdAu) のような高コストのメッキを使用する技術に比べ、より最適化されています。

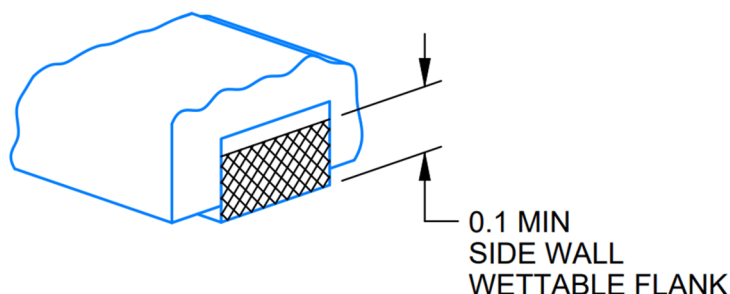


図 6. 0.1mm サイド ウェットインクに関する業界要件

まとめ

本アプリケーション ブリーフでは、TI の最新 QFN パッケージ搭載ハイサイド スイッチ シリーズに集約された技術的進歩について概説しました。これらのデバイスは、ダイの小型化、パッケージ サイズの 70% 以上削減、および相互のピン互換性により、省スペース化を実現しています。また、熱制御機能や電流制限フォールドバック機能を備えており、他のハイサイド スイッチよりも優れた熱管理性能を発揮します。さらに、これらのデバイスは実証済みの信頼性を備え、製造プロセスを支援する構造的長も備えています。要約すると、これらすべての長が相まって、スペースや予算に制約があり、より少ないリソースでより多くの性能が求められるアプリケーションにおいて、これらのデバイスが最適な選択肢となっています。

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みいかなる保証も、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