

## Technical Article

# TOLL GaN を採用してソーラー エネルギー システムの限界を押し上げる



Sai Madhav, Poorva Moharil



ソーラー エネルギー システムは、太陽光エネルギーを可能な限り効率的に活用するように設計された技術的革新の中核を担う太陽光発電用インバータの性能とともに、勢いを増しています。

これらの革新の 1 つに窒化ガリウム (GaN) の使用があり、シリコン (Si) および絶縁型ゲートバイポーラトランジスタ (IGBT) システムと急速に置き換わっています。GaN は、効率の向上、放熱の低減、サイズの小型化、設置のしやすさ、全体のシステムコスト低減という点で、ソーラー エネルギー システムの性能向上に貢献しています。

### GaN、SiC、IGBT の比較

GaN は、優れたダイ面積あたりの抵抗 ( $R_{sp}$ )、低い入力および出力容量 ( $C_{iss}$  および  $C_{oss}$ )、ゼロ逆回復電荷という特性により、電力変換システムの性能を向上させます。これらの特性は、スイッチング周波数が高くなった時に、導通損失とスイッチング損失を低く抑えるという観点で非常に重要です。その結果、受動部品のサイズが小さくなり、システムが軽量でコンパクトになります。

研究者は、製造、 $R_{sp}$ 、パッケージの改善を通じて、GaN の潜在能力を最大化するために積極的に取り組んでいます。たとえば、表 1 に示すように、トランジスタアウトラインリードレス (TOLL) 表面実装パッケージは、ダブルデカワットパッケージ (D2PAK) やトランジスタアウトライン (TO)-247 パッケージなどの表面実装パッケージに比べて、放熱性能が向上し寄生容量が小さくなっています。

**表 1. TO-247、D2PAK、TOLL パッケージの GaN デバイスの熱抵抗値**

| パッケージ  | パッケージ サイズ        | RDS(on) | R <sub>θJC</sub> |
|--------|------------------|---------|------------------|
| TO-247 | 21.0mm × 15.8mm  | 50mΩ    | 0.95             |
| D2PAK  | 9.15mm × 10.16mm | 50mΩ    | 1.05             |
| TOLL   | 9.8mm × 11.6mm   | 70mΩ    | 0.73             |

## TOLL パッケージの紹介

リードレス パッケージである TOLL パッケージの寄生インダクタンスは非常に小さいので、スイッチングの高速化(スイッチング損失の低減)、スルーレートの向上、EMI(電磁干渉)の低減が可能です。TOLL パッケージの寸法は 9.9mm × 11.68mm × 2.3mm であり、15.94mm × 20.95mm × 5.02mm の TO-247 に比べてかなり小さく、プリント基板の利用可能面積が 70% 増加します。GaN プロセスが最適化されているため、ドレイン-ソース間オン抵抗(RDS(on))が非常に小さい GaN 電界効果トランジスタ(FET)が可能であり、大電力アプリケーションに適しています。TOLL パッケージはサイズが小さいため、放熱を高速化し、放熱効率を改善できます。

GaN FET をドライバに使用すると、効率とコストをより改善し、ゲートループインダクタンスを低減し、電力段に過電流保護機能と過熱保護機能を組み込むことができます。TOLL パッケージの利点は、統合の際により的確に活用でき、寄生容量の低減やシステムコストの削減に貢献します。TI の [LMG3650](#) などのデバイスは、統合性と放熱効率の優れたパッケージの利点を組み合わせており、特にアクティブ冷却が課題となる場合、放熱性能が主な検討事項である高電圧電力変換システムで使用できます。

## エネルギー インフラ アプリケーションでの TOLL

ソーラーマイクロインバータ、ストリングインバータ、エネルギーストレージシステムには、それぞれ電力変換段があり、それは商用と住宅用の両方の設定で需要があるため、効率、サイズ、コストに配慮が必要です。

ソーラー エネルギー アプリケーションでは、インバータ出力が多くの場合 AC グリッドに接続され、FET は最大 650V の耐電圧が必要です。さらに、これらのインバータは、住宅用または商用システムに柔軟に実装できるように、できるだけ小型化する必要があります。高電圧 GaN FET なら、絶対最大電圧 800V に耐えることができ、スイッチング周波数を高くして受動部品のサイズを縮小できるため、高電圧とサイズの両方のシステム要件を満たすことができます。放熱効率が高いので、TOLL パッケージはシステムの周囲温度が室温よりも高く、熱の効率的な放散が重要なソーラー エネルギー アプリケーションに適しています。

LMG3650 の内蔵電力段は、過熱保護、過電流保護、低電圧誤動作防止などの保護機能を備えているため、外部保護回路が不要になり、設計の複雑さとサイズの両方を低減できます。デッドタイムを最適化し、損失を低減するためにゼロ電圧検出やゼロ交差検出などの高度な機能を搭載しているほか、補助回路を駆動する電流ソース機能に適した 5V 低ドロップアウトレギュレータ出力も搭載しています。これらの機能は、エネルギー変換システムの性能とコストの最適化に貢献します。

[600W、GaN ベースの単相サイクロコンバータのリファレンスデザイン](#)は、サイクロコンバータトポロジを採用しており、高電圧側に LMG3650、低電圧側に LMG2100 を使用しています。このリファレンスデザインは、640W/L の電力密度、96.1% のピーク効率、最大 600kHz のスイッチング周波数で動作する統合型 GaN デバイスの可能性を強調しています。

## TOLL デバイスを使用した設計

設計に適した GaN デバイスを選択することが、スイッチング損失と導通損失を低減してシステム性能を向上させるためには、不可欠です。より小さい RDS(on) のデバイスを使用することは、効率を向上させるためのワンストップソリューションではない可能性があります。より大きい GaN ダイが必要であるため、出力キャパシタンスが増加し、結果としてスイッチング損失とコストが増加します。

ハードスイッチングトポロジでは、RDS(on) が小さく、C<sub>oss</sub> が高いと、導通損失よりもスイッチング損失が大きくなります。一方、ソフトスイッチングトポロジの場合、RDS(on) が低いと効率が向上し、スイッチング損失と導通損失が非常に小さくなります。

設計者にとってもう 1 つの懸念点は、マルチソースの能力です。TI の統合型 TOLL GaN デバイスは、ディスクリート TOLL GaN デバイスとパッケージ互換性があり、お客様にマルチソース対応のオプションを提供できます。図 1 に示すように、回路図とレイアウトを同一に維持して、部品に対するわずかな変更を加えることで、ディスクリートデバイスと同じ基板に TI の TOLL デバイスを配置できます。

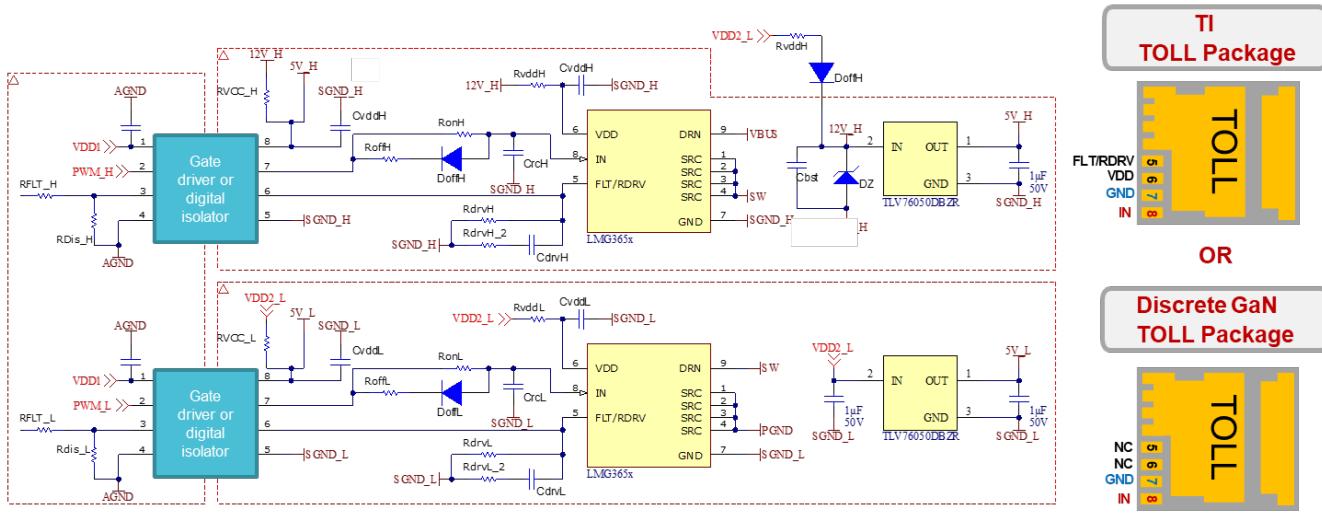


図 1. TI とディスクリート TOLL GaN パッケージの回路図

## まとめ

電力需要の増大に伴い、GaN デバイスを採用すると、電力変換システムの性能、コスト、サイズを改善することができます。TOLL パッケージの GaN デバイスは、業界標準のパッケージで、効率、小型化、放熱性能を必要とするソーラー エネルギー アプリケーションに最適です。GaN 技術の急速な進化は、電源システムの革新につながることが期待されており、GaN 固有の利点を活用して、高効率で堅牢、高信頼性のソリューションを開発することができます。

## その他の資料

- LMG3650 — 統合型ドライバと保護機能内蔵、650V、TOLL パッケージ化 GaN FET、 $25m\Omega$ 、 $35m\Omega$ 、 $70m\Omega$  の 3 種類の RDson オプションが利用可能です
- 『LMG3650R035 評価基板 EVM ユーザー ガイド』をご確認ください
- 詳細については、TI の『GaN テクノロジー』をご参照ください

## 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

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默示保証、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、明示的または默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](#) 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

## 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默示保証、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、明示的または默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、(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](#) 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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月