

窒化ガリウムベースの一次側電源スイッチによる INNOSWITCH3 IC ファミリーの電力領域の拡大

2019年7月、Power Integrations はオフライン CV/CC フライバックスイッチング電源用 IC の InnoSwitch™3 ファミリーの新製品を発表しました。この新しい IC では、全負荷範囲で最大 95% の効率、そして密閉型アダプタの実装において最大 100 W をヒートシンクなしで実現します。この画期的な性能の向上は、同社の開発した高耐圧 GaN スイッチ技術 (PoviGaN™) によるものです。

ホワイトペーパー



GaN の必要性

フライバック型電力変換 IC の非常に優れた InnoSwitch3、InnoSwitch3-Pro、及び LYTSwitch™-6 ファミリーは、効率が非常に高く、これによって充電器、アダプタ、LED バラスト、及びエアフローがほとんど期待できないその他の小型または密閉型システムなどの小型電源アプリケーションでヒートシンクが不要になります。InnoSwitch デバイスは PI の独自の FluxLink™ フィードバック システムを利用して、高いレギュレーション精度、高速な過渡応答、入力と負荷に対する優れた保護機能及び自己保護機能を提供します。USB PD 及び PPS 高速充電アダプタ、消費者向け製品、家電用アプリケーション、産業用アプリケーションなど、高効率や高信頼性、耐久性、さらに、少ない部品点数、コンパクトなレイアウトが必須条件になるアプリケーションに InnoSwitch3 は最適です。

これらのデバイスには、高性能の低背型 InSOP-24C パッケージを使用し、独自のシリコン MOSFET 技術を使用して、入力電圧範囲と電源の形状に応じてヒートシンクなしで 30 W から 60 W を供給します。

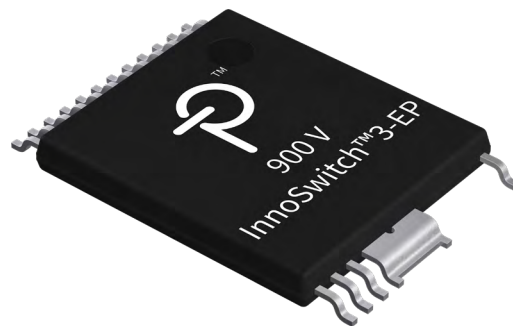


図 1 Power Integrations InnoSwitch3、InnoSwitch3-Pro 及び LYTSwitch-6 電力変換製品ファミリーで使用される InSOP-24C 独自の表面実装電源用パッケージ

より高電力の高速充電、IOT 接続の家電製品、LED 照明及び産業用アプリケーションに必要な電力を供給し、コンバータをさらに小型化するには、単位面積ごとの $R_{DS(ON)}$ が低く、効率が低い一次側電源スイッチが必要です。バンドギャップが広い半導体は、特定の $R_{DS(ON)}$ (単位面積当たりの ON 抵抗) が低くなり、スイッチング損失も軽減するため、成長の見込まれる市場のニーズに最適です。

GaN の性能は半導体素材のバンドギャップから

窒化ガリウム (GaN) はワイドバンドギャップ半導体素材で、シリコンに比べターンオン及びターンオフのスイッチング損失が非常に少ないスイッチの製造を可能にします。実際、シリコン MOSFET とは異なり、GaN スイッチには本質的にターンオフ損失がほとんどありません。GaN スイッチのターンオン損失のほぼすべては、シリコン MOSFET

に比べて非常に小さなノード容量によるものです。これは、GaN でのターンオンとターンオフがほぼ瞬時的であり、シリコンと同等の $R_{DS(on)}$ GaN デバイスではダイのサイズがシリコンと比べて非常に小さいためです。

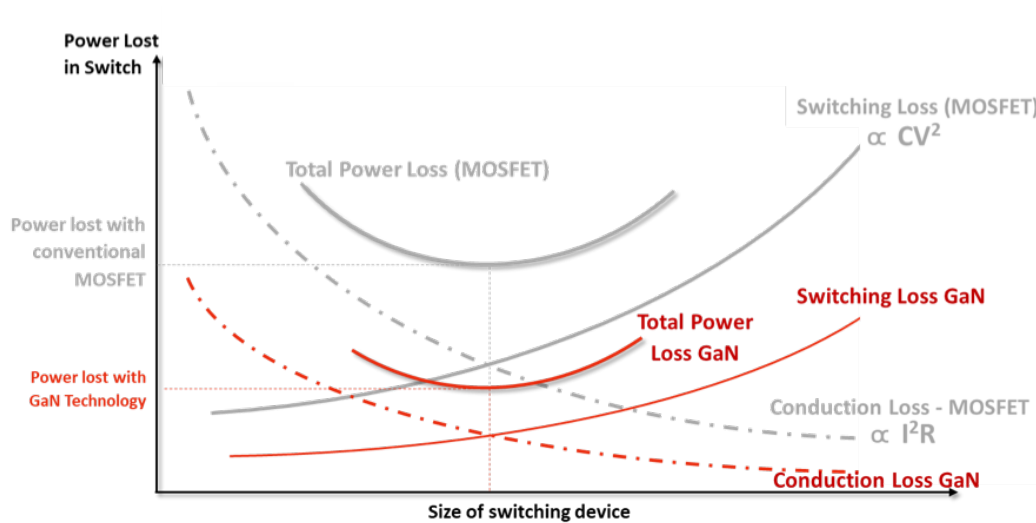


図2 導通損失 (チャンネル抵抗) とスイッチング損失の比較 (シリコン デバイスに比べて GaN デバイスはダイ サイズに対する損失が少ない)

PowiGaN の性能のメリット

Power Integrations では、高度な GaN スイッチ技術 (PowiGaN) を開発し、当社の集積化電力ソリューションで使用できるようデバイスを最適化しました。PowiGaN デバイスにより、InSOP-24C パッケージでより高い電力をヒートシンクなしで供給し、同時に電源全体の効率を劇的に向上させることもできます。

ディスクリート GaN ソリューションの主要な課題は、トランジスタを駆動することと、それらを保護することが難しい点です。GaN はシリコンと比べて非常に高速であるため、ディスクリート GaN パッケージを PCB に実装する際に生じるわずかなインダクタンス及び容量によって駆動が非常に難しくなります。設計者が直面している共通の課題は、スイッチング時の高い dv/dt 及び高周波発振で、それにより、EMI が発生し、効率を低下させ、場合によってはデバイスが破損する可能性があります。高速のスイッチングによって、障害発生時にトランジスタの保護も非常に難しくなります。高速の GaN スイッチにより、保護回路がデバイスを安全にターンオフする前に、スイッチ電流が破壊レベルに到達する可能性があるためです。

この問題は、PowiGaN を Power Integrations の多機能型スイッチング電源用 IC に組み込むことで、完全に解決されています。集積することにより寄生インダクタンスと容量を大幅に減らし、発振を簡単に防止することができます。PowiGaN ベースの製品には、特定の PowiGaN デバイスに合ったドライバが組み込まれ、これによってス

スイッチング速度を最適化し、EMI の最小化、効率の最大化、及び発振の効果的な防止を実現します。保護回路では、危険な電流を迅速に検出し、障害の発生時にはデバイスを安全にシャットダウンできます。Power Integrations のスイッチング コンバータ IC には、外付けバイアス回路が不要になる起動回路が含まれています。PowiGaN デバイスには損失ゼロの電流センス技術も採用され、これによって GaN スイッチ自体の抵抗を頻繁に超えるディスクリット実装の外付けセンス抵抗を完全になくすことができます。こうしたメリットにより、電源開発者は GaN 技術を安心して活用することが可能になり、顧客の電力供給、形状、熱の要件を満たすことに集中できるようになります。

PowiGaN ベース InnoSwitch3 の動作は、同じファミリーの従来の (シリコン ベース) デバイスと全く同じです。シリコン デバイスと同様、スイッチング周波数、トランス設計、EMI フィルタ、バイアス、及び同期整流回、PowiGaN デバイスにとっても最適です。違いは、PowiGaN ベース設計ではより高い電力に対応することだけです。PI Expert™ 自動電源設計ソフトウェアスイートでは、MOSFET ベースと PowiGaN ベースのデバイスがサポートされ、最適な部品の選択、基本的なパラメトリック入力からの全回路図、磁気部品、及び BOM の生成を可能にすることにより、設計プロセスを加速します。

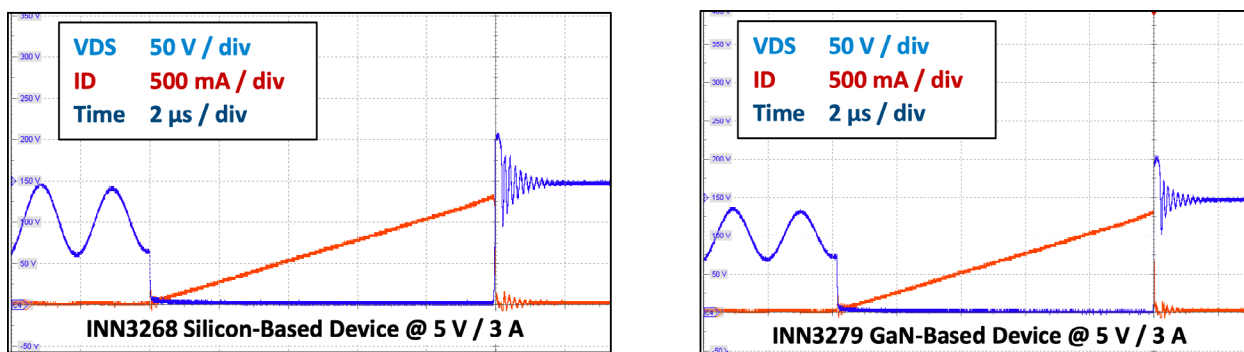


Figure 3(a) Low Line DCM Turn-On V_{IN} : 100 VDC

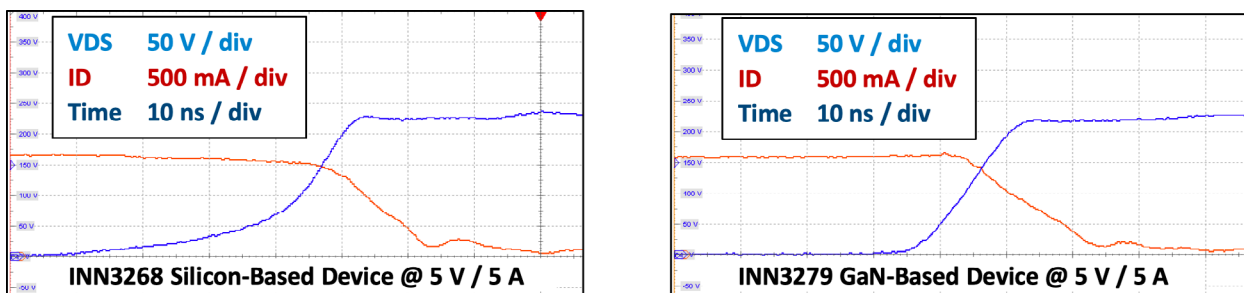


Figure 3(b) Low Line CCM Turn-Off V_{IN} : 100 VDC

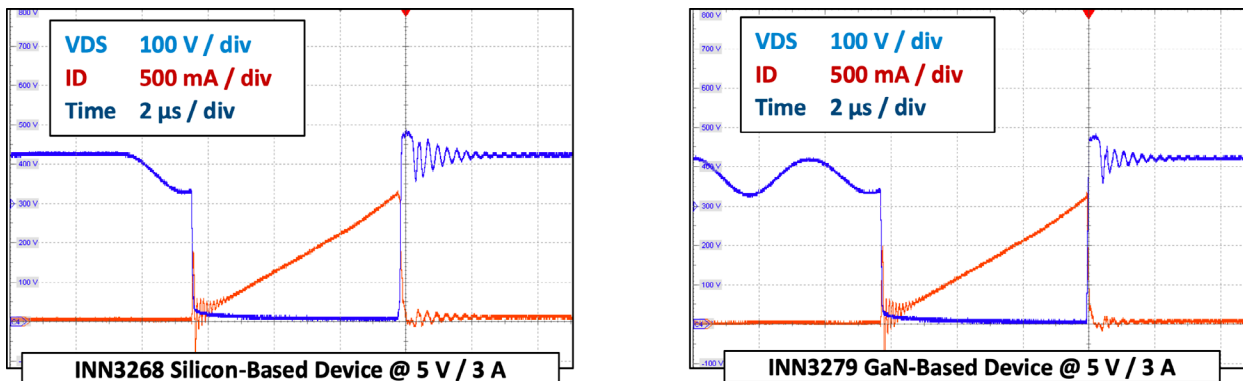


Figure 3(c) High Line DCM Turn-on V_{IN} : 370 VDC

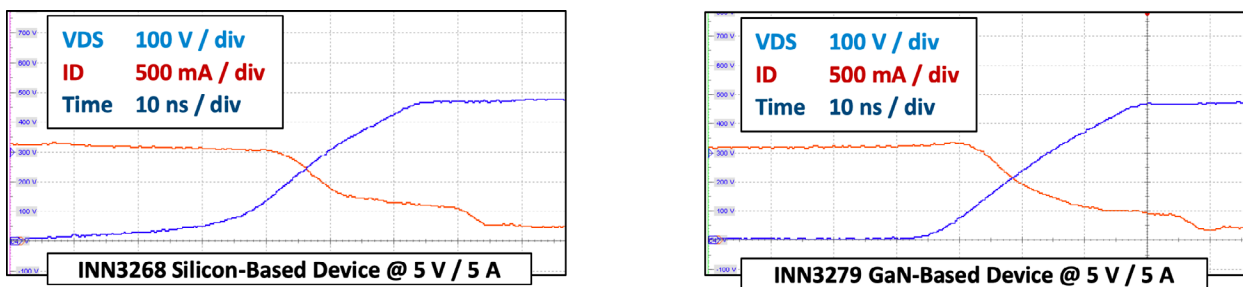


Figure 3(d) High Line CCM Turn-off V_{IN} : 370 VDC

図 3 PowiGaN 及びシリコン InnoSwitch3 デバイスに対するスイッチング時のドレイン - ソース間電圧波形の比較によって示される、GaN デバイスとシリコン デバイス間のシームレスな移行。波形は実質的には同じであることに注意。同じ回路をシリコン ベースのデバイスと PowiGaN ベースのデバイスに使用できる。

PowiGaN スwitchのより高速なターンオン特性については、図 3(c) に示されていますが、波形の傾きは同じで、同等の EMI 特性が見られます。

$R_{DS(on)(MAX)}$ とスイッチング損失の低下により、従来のシリコン ベース技術と比べて効率が向上します。その他の InnoSwitch3 デバイスと同様に、PowiGaN ベース設計はあらゆる入力、出力範囲で一定です。このため、高い平均効率と調整可能な出力電圧設計 (USB PD と PPS) を要求するアプリケーションに最適です。

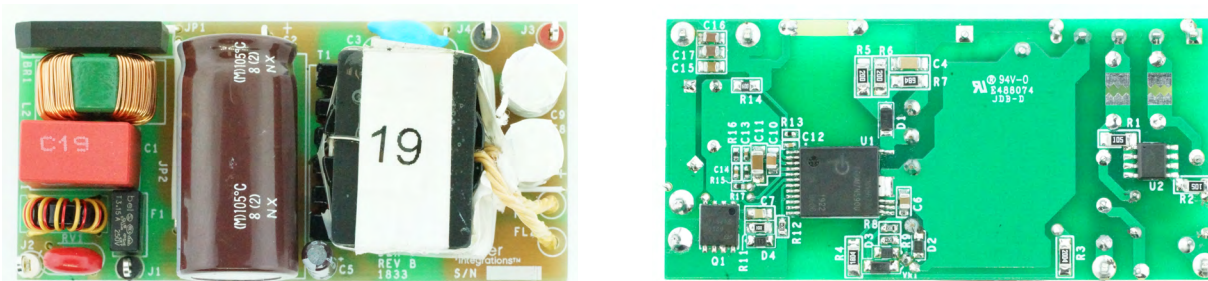
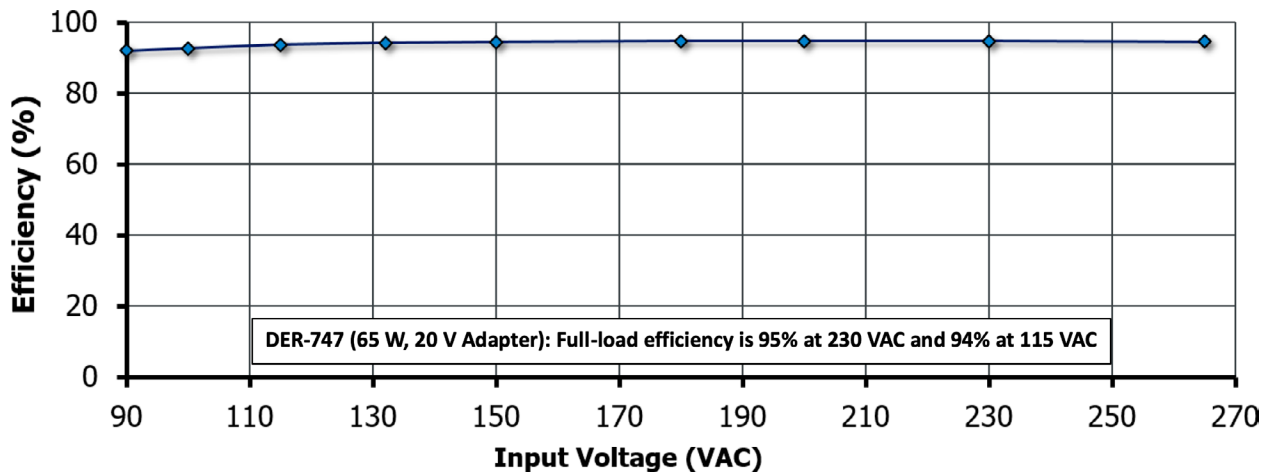


図 4 入力電圧範囲における最大負荷時の高い効率により、InnoSwitch3 設計において、ヒートシンクを使用せずに、コンバータをこれまでより小型化することができます。表示されている例は DER-747 で、InnoSwitch3-EP INN3679C を使用した 65 W アダプタです。

USB PD Type アプリケーションでは複数の出力電圧オプションに対応する必要があるため、トランスの最適化が制限され、効率が低下します。これに関わらず、PowiGaN スイッチを使用した InnoSwitch3 デバイスは負荷全体で高い効率を実現し、急速充電設計のためのヒートシンクが不要になります。

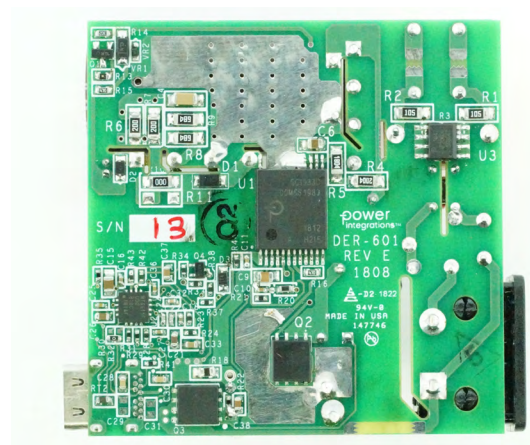
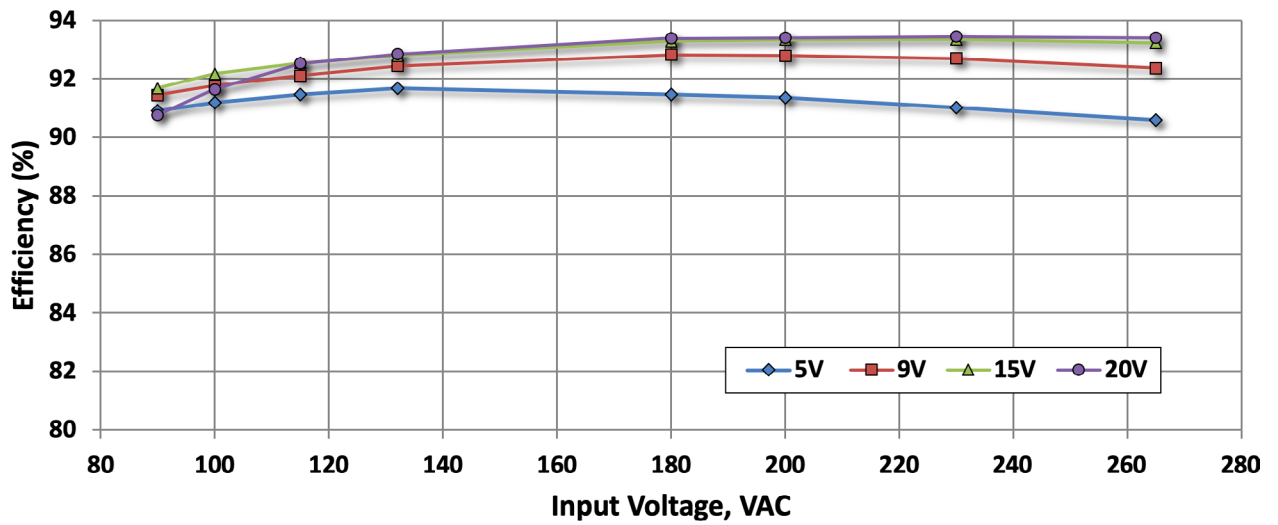


図5 DER-601 - 全負荷範囲で高効率を示す 60 W ワイドレンジの USB PD 充電器 (5 V - 20 V 出力)。InnoSwitch3-CP INN3279C-H215。60 W アダプタ設計—ヒートシンク不要。



図6 DER-805 - ヒートシンクが不要な 100 W ワイドレンジの USB PD + PPS 充電器 (5 V - 20 V 出力)。InnoSwitch3-Pro INN3370C-H302。

PowiGaN スイッチを使用した PI 製品ファミリー

Power Integrations では、デバイス ファミリー内の部品を説明するためにスマートナンバー システムを使用しています。部品番号の末尾が 9 または 0 のファミリー部品には、PowiGaN ベースのスイッチが採用されています。部品番号の末尾が 78 のデバイスにも PowiGaN スイッチが採用されています。末尾が 68 のデバイスは 650 V $V_{DS(MAX)}$ 定格のシリコンデバイスです。

製品ファミリー	アプリケーション	代表的な応用例
InnoSwitch3-CP INN3278C-HXXX INN3279C-HXXX INN3270C-HXXX	定電力と CV/CC	充電器/アダプタ、IoT、 USB PD 充電器
InnoSwitch3-EP INN3678-HXXX INN3679C-H60X INN3670C-H60X	オープン フレームとアダプタ CV/CC	家電製品、産業用、モーター、スマート メーター、汎用アダプタ
InnoSwitch3-Pro INN3678C-HXXX INN3379C-H302 INN3370C-H302	デジタルにプログラム可能な CV/CC	USB PD 充電器、プログラミング可能電源
LYTSwitch-6 LYT6078C LYT6079C LYT6070C	CC/CV 照明	安定器と LED ドライバ

テーブル 1 GaN 部品が使用されている製品ファミリー。サイズ 8 のデバイスは 2019 年第 4 四半期に利用可能。詳細情報とサンプルについては、PI 販売代理店にお問い合わせください。

PowiGaN デバイス – 堅牢で高信頼性

PowiGaN デバイスは、特にフライバック電力変換に求められる電圧レベルで動作するように設計されています。これらのデバイスは、Power Integrations の従来のシリコン製品と同じ製造工場で作成されており、電力変換回路での信頼性の高い動作を確保するための広範囲な認定試験を行っています。以下の認定試験に加え、Power Integrations のスイッチング電源用 IC では、実際の電源設計で広範囲な長期試験が実行され、その結果、当社の全製品でのフィールド障害率は 0.2 PPM 未満となりました。

	試験の説明	記号	試験方法	InnoSwitch3	InnoSwitch3 (GaN)
製造工場のプロセス	前処理と耐湿性レベル	PC	JESD22-A113	MSL3	MSL3
			JEDEC J-STD-020		
	温湿度バイアス	THB	複数のユニット、 複数の製品	複数のユニット、 複数の製品	複数のユニット、 複数の製品
	温度サイクル	TC			
	高温 ストレージ寿命	HTSL			
動的動作寿命	DOPL				
高加速寿命試験	HALT				
製造工場と パッケージ	高温 逆バイアス	HTRB			
包装プロセス	前処理	PC			
	耐湿性レベル	PC			
	温湿度バイアス	THB			
	温度サイクル	TC			
	高温 ストレージ寿命	HTSL			

テーブル 2 InnoSwitch3 GaN 部品の厳密な認定試験により信頼性の高い電源動作を保証

PowiGaN ベース製品の認定には、すべての PI デバイスに採用される標準認定試験だけでなく、最悪 (現実の) 条件におけるこれらのデバイスのより高い耐久性を確認するための追加の DOPL 及び HALT 試験が含まれます。PowiGaN 開発プロセスの一環として、他に類を見ない独自のウェハー レベル、ダイ レベル、及び最終試験レベルの GaN 固有のスクリーニング試験がデバイスの継続性と信頼性を保証するために実施されるようになりました



図 7 PowiGaN InnoSwitch3 デバイスの認定試験に使用される DOPL ストレストテスト ボード

PI のスイッチング電源用デバイスは、世界有数のオフライン電力変換アプリケーションで想定される主電圧レベルの極めて変化しやすい範囲で動作します。フライバック電源の一次側スイッチでの電圧ストレスは、整流入力電圧 (V_{BUS})、出力跳ね返り電圧 (VOR) – 電力トランスの巻数比にわたって跳ね返る出力電圧及び、トランスの一次巻線の漏れインダクタンスによって引き起こされる電圧 (V_{LE}) の組み合わせです。通常のフライバック設計では、定常動作中の最悪の電圧ストレスは、最大入力電圧 (ヨーロッパのシステムの場合は 264 VAC) で発生します。図 8 に、PowiGaN 一次側スイッチの電圧定格と比較したさまざまな部品のおおよその大きさを示します。

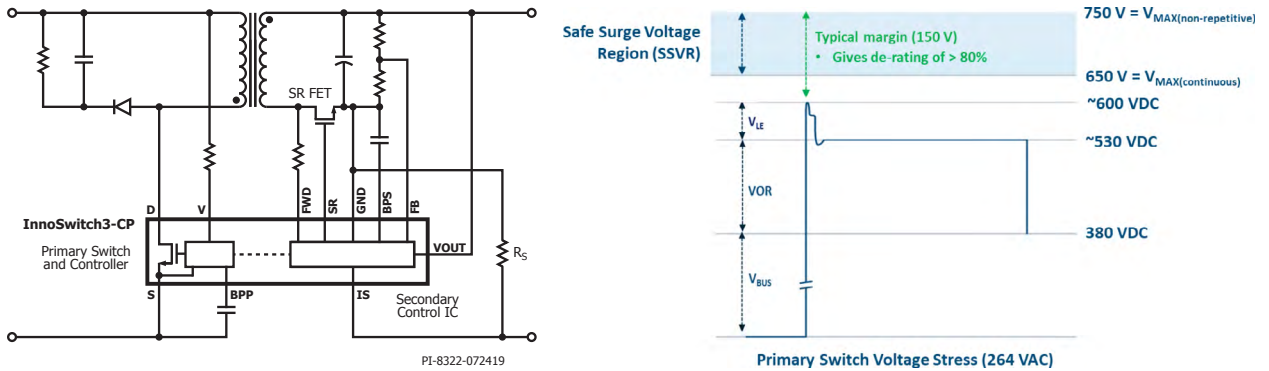


図 8 264 VAC で動作するオフライン フライバック電源の一次側スイッチの電圧ストレス。VOR は、出力電圧 (V_S) とトランス設計によって異なります (詳細については適切なデータシートを参照し、PI Expert 設計ソフトウェアサイトで説明されているガイドラインに従ってください)。すべての InnoSwitch3 ファミリーと LYTSwitch-6 デバイスは、BUS 電圧を V ピン経由でモニタし、入力サージが印可されると、VOR 及び V_{LE} による電圧ストレスが加わらないようにスイッチングを停止します。

主電源に接続されている電源でも入力サージと電圧上昇が発生することがあります。これに対処するために、PowerGaN スイッチには 2 つの定格電圧が設定されています。これによって電源の設計者は実質的なアプリケーションに向けて電源設計を最適化することができます。 $V_{MAX(NON\ REPETITIVE)}$ 定格 (750 V) は、過渡、電圧上昇、及びサージの条件下の最大電圧耐性を示します。PowiGaN ベースの部品は、動作の信頼性を保証するために $V_{MAX(NON\ REPETITIVE)}$ 制限を超える電圧での試験に 100% 対応しています。このパラメータは、従来の MOSFET の "絶対最大" BVDss 定格が使用されるのと同様に、ディレーティングのために用いられます。連続最大電圧 ($V_{MAX(CONTINUOUS)}$) パラメータは、連続して GaN スイッチに適用されるストレスを示しています。PowiGaN デバイスの場合、この数値は 650 V です。この制限を超える動作はデバイスに損傷を与えませんが、さらに高い電圧の状態を繰り返すと、 $R_{DS(ON)}$ がデータシートに記載されている制限を一時的に超えることがあります。InnoSwitch 製品には、高速入力過電圧保護機能が搭載されています。これらの製品は、入力電圧がユーザー定義されている制限を超えると、スイッチングを停止して自己保護を行います。これにより、すべての最大電圧定格 750 V が過渡時に利用可能になります。

PowrGaN ベース InnoSwitch3、InnoSwitch3-Pro 及び LYTSwitch-6 は高効率で信頼性が高く、使いやすくなっています。パワー半導体の材料として、GaN は現在のシリコンよりも「理想的なスイッチ」に近い動作をするデバイスを実現します。PowrGaN ベースのデバイスの優れた性能により、その技術が前進を続ける PI のデバイスファミリーに今後ますます利用されることになるでしょう。

このレポートは定期的に更新されており、最新の更新については、PI のウェブサイト (www.power.com/GaN) で確認することをお勧めします。

世界各国の販売サポート担当

世界本社

5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138, USA

電話 +1 408 414 9200
ファックス +1 408 414 9201

カスタマー サービス

電話 +1 408 414 9520
電子メール usasales@power.com

アメリカ - 東部

7360 McGinnis Ferry Road, Suite 225
Suwanee, GA 30024 USA

電話 +1 678 957 0724
電子メール usasales@power.com

アメリカ - 中部

3100 Dundee Road, Suite 204
Northbrook, IL 60062 USA

電話 +1 847 721 6293
電子メール usasales@power.com

中国 (上海)

Room 1601-1603, Charity Plaza
No. 88 North Caoxi Road
Shanghai, China 200030

電話 +86 021 6354 6323
電子メール chinasales@power.com

中国 (深圳)

17/F, Hivac Building, #2
Keji South 8th Road, Nanshan District
Shenzhen, China 518057

電話 +86 755 8672 8689
電子メール chinasales@power.com

ドイツ (AC-DC/LED 販売)

Einsteinring 24
85609 Dornach / Aschheim
Germany

電話 +49 89 5527 39100
電子メール eurossales@power.com

ドイツ (GATE ドライバ販売)

HellwegForum 1
59469 Ense
Germany

電話 +49 29 3864 39990
電子メール gate-drivers.sales@power.com

インド (バンガロール)

Bangalore 560052 India

電話 1 +91 80 4113 8020
電話 2 +91 80 4113 8028
電子メール indiasales@power.com

インド (ムンバイ)

Unit 106-107, Sagar Tech Plaza-B
Sakinaka, Andheri Kurla Road
Mumbai-400072, Maharashtra, India

電話 1 +91 22 4003 3700
電話 2 +91 22 4003 3600
電子メール indiasales@power.com

インド (ニューデリー)

#45, Top Floor
Okhla Industrial Area, Phase-III
New Delhi, India
Pin-110020

電話 1 +91 11 4055 2351
電話 2 +91 11 4055 2353
電子メール indiasales@power.com

イタリア

Via Milanese 40
20099 Sesto San Giovanni (MI)
イタリア

電話 +39 02 4550 8708
電子メール eurossales@power.com

日本

〒222-0033
神奈川県横浜市港北区新横浜 1-7-9
友泉新横浜一丁目ビル

電話 +81 45 471 1021
電子メール japansales@power.com

韓国

Room 602, 6th Floor, #22
Teheran-ro 87-gil, Gangnam-gu
Seoul 06164, Korea

電話 +82 2 2016 6610
電子メール koreasales@power.com

シンガポール

51 Newton Road
#20-01/03 Goldhill Plaza
Singapore 308900

電話 +65 6358 2160

カスタマー サービス

電話 +65 6356 4480
電子メール singaporesales@power.com

スイス

Johann-Renfer-Strasse 15
2504 Biel/Bienne, Switzerland

電話 +41 32 344 47 47
電子メール gate-drivers.sales@power.com

台湾

5F, #318, NeiHu Road, Section 1
Neihu District
Taipei, Taiwan 114, ROC

電話 +886 2 26594570
電子メール taiwansales@power.com

英国

Building 5, Suite 21
The Westbrook Centre
Milton Road, Cambridge CB4 1YG

電話 +44 7823 557484
電子メール eurossales@power.com



Power Integrations, Power Integrations ロゴ、BridgeSwitch、CAPZero、ChiPhy、CHY、DPA-Switch、EcoSmart、E-Shield、eSIP、eSOP、FluxLink、HiperPLC、HiperPFS、HiperTFS、Inno Mux、InnoSwitch、Innovation in Power Conversion、InSOP、LinkSwitch、LinkZero、LYTSwitch、SENZero、TinySwitch、TOPSwitch、PI、PI Expert、SCALE、SCALE-1、SCALE-2、SCALE-3、SCALE-iDriver、及び SCALE-iFlex は Power Integrations, Inc. の商標です。その他の商標は、各社の所有物です。

©2019, Power Integrations, Inc.