

# eGaN® FETを使った超薄型、高効率、マルチレベルのDC-DCコンバータ 設計法



## 動機

過去10年にわたって、データ通信、通信、民生用電子機器といったシステムのDC-DCパワー・モジュールは、スペースと大きさの制限がきつくなり、より大きな電力が必要になってきているので、超薄型で高効率のソリューションが必要になってきています。マルチレベル・コンバータは、磁気部品のサイズを小型化できるので、小型なソリューションで高効率を達成するための他に類を見ない候補です。小型、低損失などのeGaN FETの利点を活用すると、その性能がさらに向上します。eGaN® FETとデジタル制御を採用した48 V入力、20 V出力、250 Wの3レベル・コンバータは、システム全体のピーク効率が97.8%で、全体の厚さ（プリント回路基板を含む）は、わずか5 mmと超薄型です。

## eGaN FETベースの3レベル・コンバータの設計

同期ブートストラップ回路を備えたeGaN FETベースの3レベルのバック（降圧型）・コンバータの概略図が図1です。この回路には、デューティ比が0.5以下で3つの動作モードがあります。すなわち、1) 入力電圧によって、 $Q_1$ と $Q_3$ を介してフライング・コンデンサと負荷のコイルが充電されます。2) 負荷のコイルが $Q_2$ と $Q_4$ を介して充電されると同時に、フライング・コンデンサが放電されます。3) コイルの電流が $Q_3$ と $Q_4$ を介して放電されます（デッドタイム中に、一方の等価ボディ・ダイオードともう一方のチャンネルを介して、または両方のFETのチャンネルを介して）。定常状態の動作は、1→3→2→3のサイクルです。したがって、出力コイルでの実効周波数は、FETのスイッチング周波数の2倍になるため、従来の同期バック・コンバータで必要とされるインダクタンス値よりも、小さい値が使えます。

コンバータのスイッチング周波数は400 kHzに最適化されているため、コイルに現れる実効周波数は800 kHzになり、高さ3.5mm、2.4  $\mu$ Hのコイルを採用できるほど十分高く、スイッチング損失を小さくできるので、全体の効率を高められ、優れた熱特性を維持できます。上側FETへの適切なゲート電圧（4.5 V以上）を確実に印加するカスケード接続した同期ブートストラップ回路が採用されています。

デジタル・コントローラを使う3つの制御ループを備え、それぞれ出力電圧、出力電流、およびフライング・コンデンサ電圧を安定化します。フライング・コンデンサの電圧は、常に入力電圧の半分に保つ必要があります。これは、FETに過剰なストレスが加わらないようにし、正しい回路動作を確実にするためです。

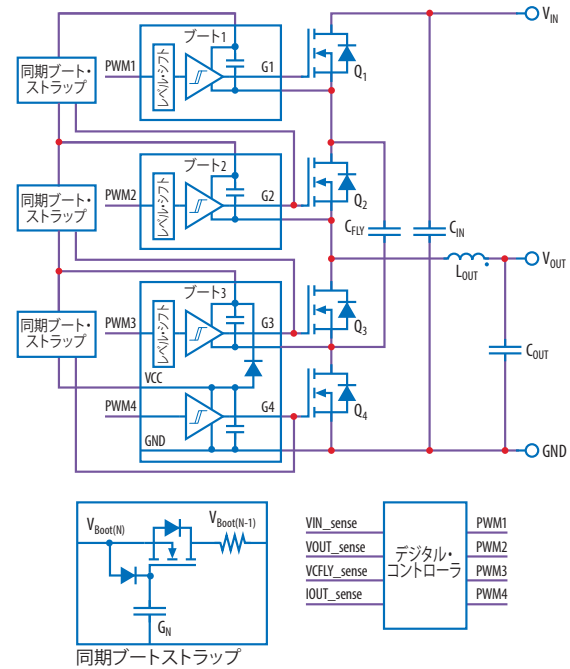


図1: eGaN FETベースの3レベル・コンバータの簡略図

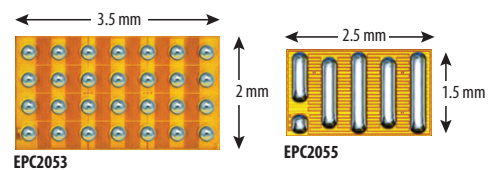


図2: EPC2053 (左) と EPC2055 (右) のバンパ側の写真

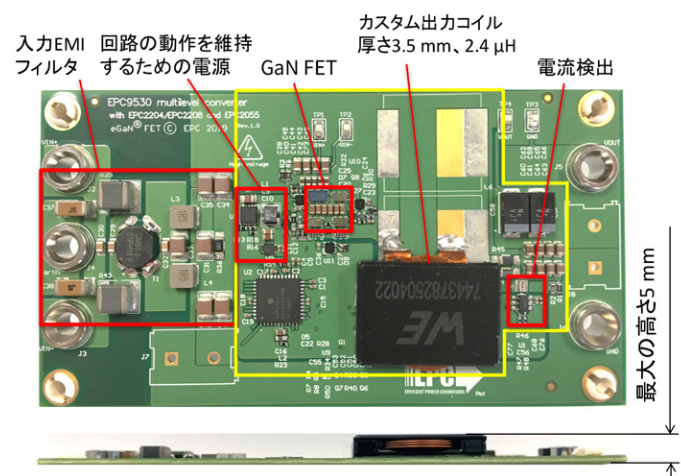


図3: 48 V入力、20 V出力の3レベル・バック・コンバータEPC9148の写真

### 3レベルのバック・コンバータ用高性能eGaN FET

$Q_1$ は、フライング・コンデンサの電圧が確立される前に48 Vの入力電圧を阻止します。 $Q_2 \sim Q_4$ は入力電圧の半分を阻止するだけでよいいため、定格は24 Vで済みます。したがって、図2に示したオン抵抗 $R_{DSon}$ が3.8 m $\Omega$ で定格100 VのEPC2053と $R_{DSon}$ が3.5 m $\Omega$ で定格が40 VのEPC2055を、それぞれ $Q_1$ と $Q_2 \sim Q_4$ に選びました。eGaN FETは両とも超小型で、最大接合部温度150°Cで動作します。

### 実験的検証

設計を検証するために、図3の3レベルのバック・コンバータを作製しました。回路基板を含めた回路全体の厚さは、わずか5 mmです。この回路は、65°Cの温度上昇で最大出力電流12.5 Aにおいて、強制空冷なしでテストしました。出力電流8 Aでのスイッチ・ノード電圧 $V_{SW}$ の波形が図4です。コンデンサの電圧は、充電時と放電時でバランスが取れていることがわかります。

出力20 V、強制空冷800 LFMで動作する3レベルのコンバータの全体的な電力効率を図5に示します。ピーク効率は97.8%です。負荷電流4 A以上で97%以上の効率を維持しています。出力12 V、強制空冷800 LFMでの全体的な電力効率を図6で、ピーク効率は97%です。これはすべて、高さ5 mmの制限内で達成されています。

強制空冷800 LFMで48 V入力、20 V、12.5 A出力で動作するコンバータの熱画像が図7です。このFETは、強制空冷で、より大きな電流を流すことができることがわかります。



図7: 出力電流12.5 A、強制空冷800 LFMの熱定常状態における3レベル・バック・コンバータの熱画像

### 結論

GaN FETベースのマルチレベル・バックの回路構成は、超薄型で高効率のDC-DCコンバータの設計に使うことができます。eGaN FETを使って構成された48 V入力、20 V出力の250 Wの3レベル・バック・コンバータは、ピーク効率97.8%が得られ、全体の厚さは、わずか5 mmでした。マルチレベルの回路構成では、インダクタンス値の小さい薄型コイルを使うことができます。このeGaN FETは、実装面積が非常に小さいので占有面積を小さくできるだけでなく、高速スイッチング能力によって全体的な電力効率も改善できます。

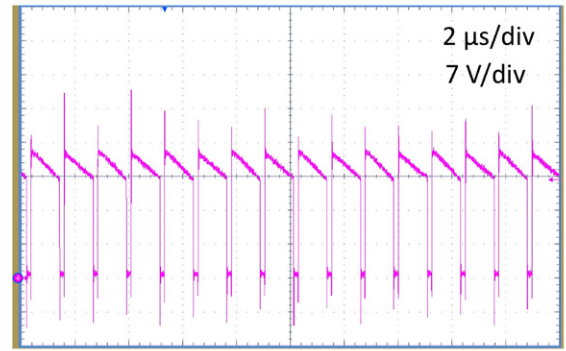


図4: 出力電流8 Aでのスイッチ・ノード電圧 $V_{SW}$ 波形

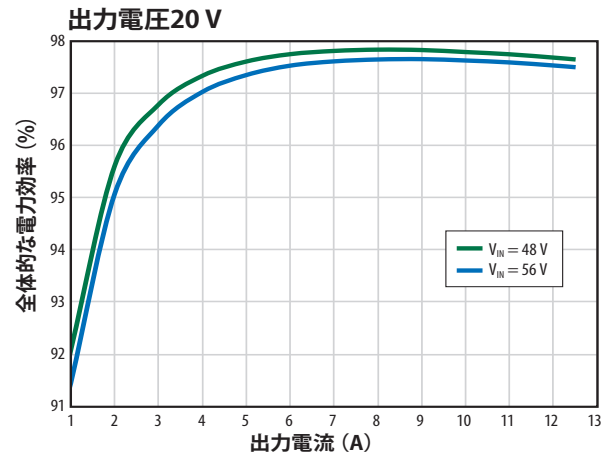


図5: 20 V出力での基板の回路動作を維持する消費電力を含めたシステム全体の効率

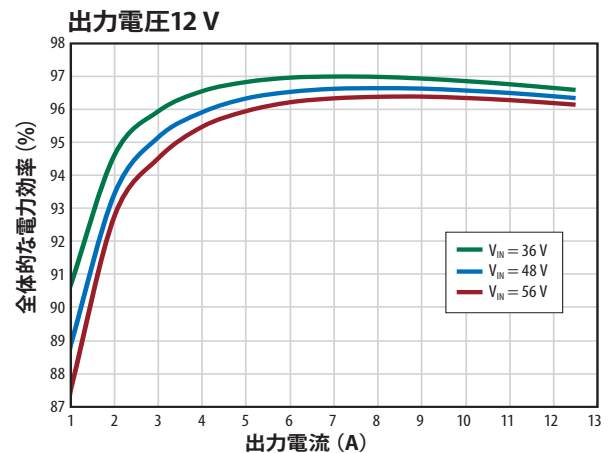


図6: 出力12 Vでの基板の回路動作を維持する消費電力を含めたシステム全体の効率

詳細については、

info@epc-co.comに電子メールで、またはお近くの販売代理店にお尋ねください

EPCのウェブサイト: [epc-co.com/epc/jp/](http://epc-co.com/epc/jp/)

bit.ly/EPCupdates に登録、または22828に「EPC」とキースティングすれば、EPCの最新情報を受信できます



eGaNは、Efficient Power Conversion Corporation, Inc.の登録商標です

