

ClampZero ファミリー

オフラインスイッチング電源用 IC の InnoSwitch4 ファミリーと組み合わせる高耐圧スイッチ内蔵のアクティブクランプ IC

製品ハイライト

高集積化、実装スペースの小型化

- InnoSwitch4 内蔵の一次側スイッチのスイッチング損失を削減
- 漏れインダクタンスのエネルギーを取り込み、リサイクルする
- 電源効率が劇的に改善する
- InnoSwitch4 とのシームレスなインターフェイス
- InnoSwitch4 BYPASS ピンから直接給電
- 自己バイアスによる起動が可能
- DCM モードと CCM モードの両方で動作
- 堅牢な 750 V PowiGaN スイッチ (CPZ1075M / CPZ1076M)

優れた保護/安全性

- 温度検出機能及びオートリスタートタイプの過熱保護機能内蔵

グリーン パッケージ

- ハロゲン化合物不使用、RoHS 指令適合

用途

- 最大 220 W までの高密度フライバック設計

概要

ClampZero™ IC を、InnoSwitch™4 ファミリーの IC と組み合わせることで、クランプ及び一次側スイッチのスイッチング損失に起因するエネルギー消費が削減されます。これにより、フライバックアーキテクチャの柔軟性と部品点数の少なさはそのまま、電源効率が劇的に向上し、容易に 95% 以上を実現します。

ClampZero IC はアクティブクランプ回路で、これまで無駄に消費されていた漏れインダクタンスのエネルギーをリサイクルします。ClampZero は、ハイサイドパワースイッチとレベルシフトした自己バイアスで駆動するコントローラで構成され、InnoSwitch4 一次側コントローラに接続されたローサイドトランシーバからの通信を受信して動作します。

ClampZero と InnoSwitch4 を組み合わせることで、全ての入力及び負荷条件で CCM 及び DCM 動作モードの両方でゼロ電圧スイッチングを行うことができるようになり、柔軟性の高いアクティブクランプフライバックソリューションを実現します。InnoSwitch4 IC と組み合わせた一般的な用途では、スイッチング損失が少ないため、高いスイッチング周波数での動作が可能になり、トランスのサイズが物理的に最小化され、結果として基板実装面積が非常に小さくなります。

ゼロ電圧スイッチングは、ClampZero のターンオフと InnoSwitch4 パワースイッチのターンオン間の正確なタイミングによって実現されます。これにより、ターンオンの損失が完全に取り除かれます。InnoSwitch4 PowiGaN スイッチのターンオフ損失をゼロにするこの同期スイッチングの総合的な効果によって、一次側クランプでの損失ゼロ、パワースイッチのスイッチング損失ゼロのフライバックコンバータを実現することができ、220W までの高密度・ヒートシンクレスの設計を可能とします。

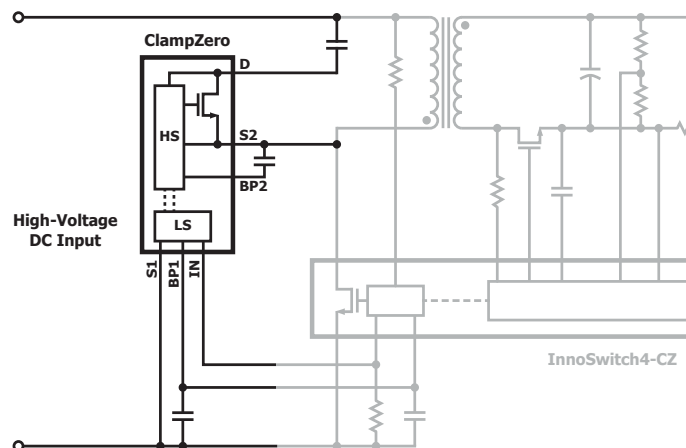


図 1. 標準的なアプリケーション回路図

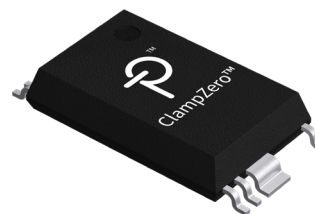


図 2. ハイサイドドライバ用の沿面距離がある MinSOP-16A パッケージ

ClampZero + InnoSwitch4 出力電力テーブル

製品 ^{3,4}	アダプタ ¹	オープンフレーム ²
CPZ1061M	70 W	75 W
CPZ1062M	90 W	100 W
CPZ1075M	135 W	145 W
CPZ1076M	200 W	220 W

テーブル 1. 出力電力テーブル

注:

1. 周囲温度 40 °C、標準的な換気なしの密閉型標準サイズアダプタでの最小連続電力。最大出力電力は設計によって異なります。パッケージ温度が <125 °C であることが条件です。
2. 最小のピーク電力容量。
3. パッケージ: MinSOP-16A。
4. CPZ1061M / CPZ1062M – 650 V MOSFET。
CPZ1075M / CPZ1076M – 750 V PowiGaN スイッチ。

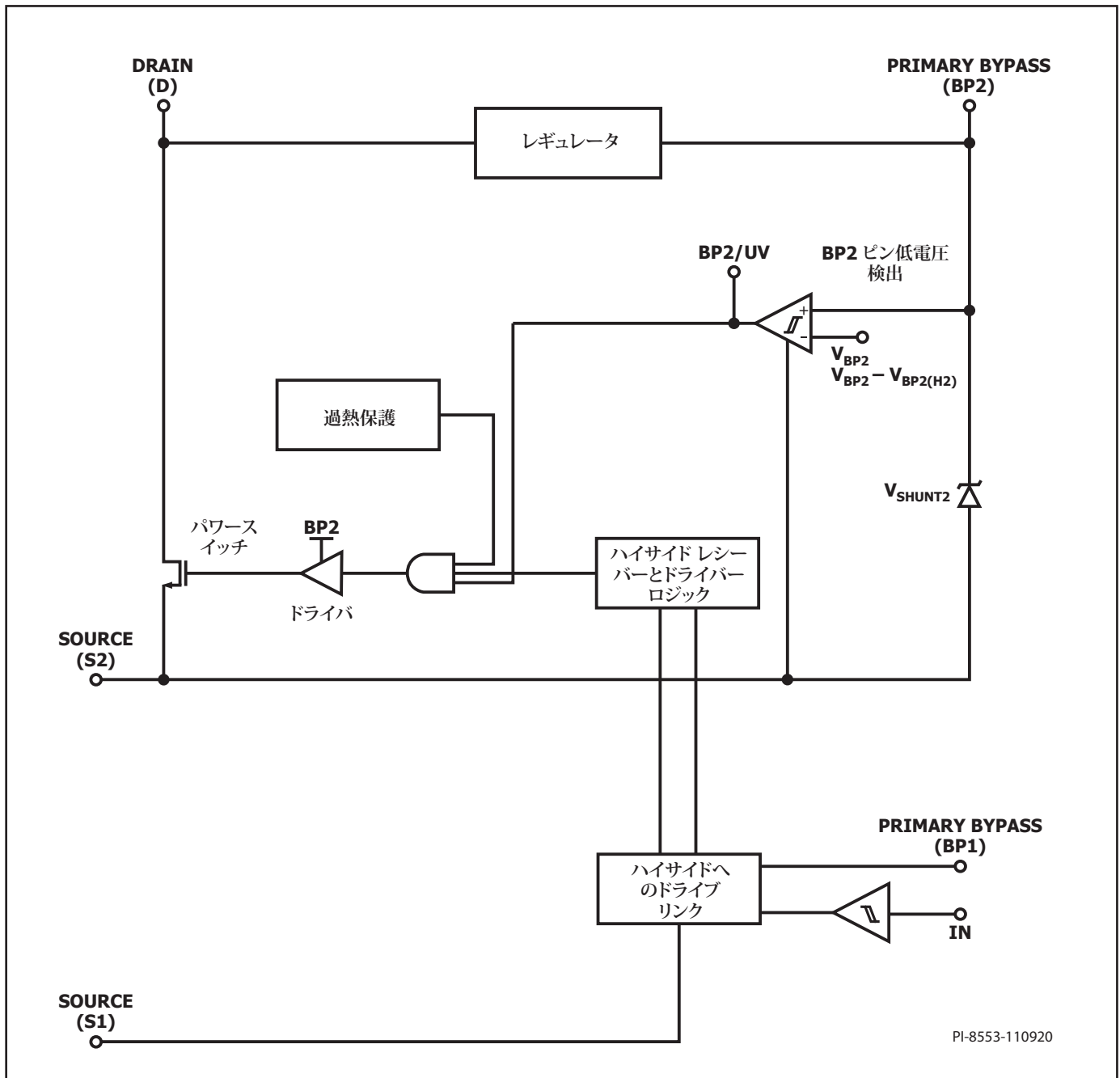


図 3. ブロック図

ピン機能の説明

NOT CONNECTED (NC) ピン (ピン 1, 2, 4, 5)

これらのピンは、電気的に接続されていません。ピン 5 は、S1 ピンに接続する必要があります。

LOW-SIDE SOURCE (S1) ピン (ピン 3 及び 6)

ローサイドコントローラのソース接続。

LOW-SIDE RECEIVER (IN) ピン (ピン 7)

Clamp Zero トリガ用のレシーバーで、InnoSwitch4 の HSD ピンに接続します。

LOW-SIDE BYPASS (BP1) ピン (ピン 8)

ローサイドコントローラに電圧を供給します。補助巻線から電力を引き込むために、InnoSwitch4 一次側の BPP に接続する必要があります。

HIGH-SIDE BYPASS (BP2) ピン (ピン 9)

ハイサイドコントローラに電圧を供給します。

HIGH-SIDE SOURCE (S2) ピン (ピン 10 - 12)

ハイサイドスイッチのソース接続です。

DRAIN (D) ピン (ピン 16)

ハイサイドスイッチのドレインです。

ClampZero の機能の概要

ClampZero は、ローサイドとハイサイドのコントローラ及びゲートドライバを備えたハイサイドパワースイッチを統合します。

ClampZero は、InnoSwitch4 と組み合わせて使用する IC で、ゼロ電圧スイッチング (ZVS) 機能を、フライバック電源コンバータのメインパワースイッチに提供します。ClampZero IC は、連続導通モード (CCM) と不連続導通モード (DCM) の両方で動作するフライバック電源のアクティブクランプ回路として動作します。ClampZero は、ハイサイドパワースイッチと自己バイアスコントローラで構成されており、過熱保護機能、ローサイドからハイサイドへの通信、及びクランプターンオン信号を InnoSwitch4 一次側コントローラから受信するためのローサイドトランシーバーを内蔵しています。

図 3 に、最も重要な機能に焦点をあてた、コントローラの機能ブロック図を示します。

LOW-SIDE BYPASS ピン

ローサイドコントローラは、InnoSwitch4 BPP ピンから BP1 のバイアスを受信します。BP1 電圧が $V_{BP1(RESET)1}$ 以上の場合、ローサイドコントローラは機能しており、HSD パルスを InnoSwitch4 から受信し、ハイサイドドライブステージに駆動指示を送ることができます。

LOW-SIDE RECEIVER ピン

ClampZero ローサイドコントローラは、InnoSwitch4 HSD ピンから信号を受信します。ローサイドコントローラは、信号の立ち上がりエッジにおいて HSD 信号が $V_{IN(R)}$ を上回るとハイサイドスイッチをオンにする駆動指示を送ります。信号の立ち下がりエッジにおいて HSD 信号が $V_{IN(F)}$ を下回るとハイサイドスイッチをオフにする駆動指示を送ります。

HIGH-SIDE BYPASS ピンレギュレータ

ハイサイド BYPASSピンは、パワースイッチがオフの時に DRAIN ピンから電流を引き込むことによって BP2 を V_{BP2} まで充電する内部レギュレータに接続されています。BP2 で利用可能な充電電流の量は、InnoSwitch4 の初回スイッチングから高速起動するために重要です。したがって、BP2 コン

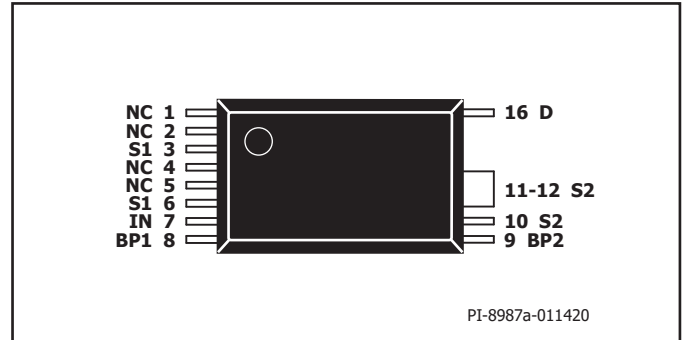


図 4. ピン配置図

デンサ値は 150 nF (最小 100 nF/最大 220 nF) に制限されています。それよりも高い値の BP2 コンデンサは、望ましくありません。起動時に遅延し過ぎて、一次側クランプ電圧のオーバーシュートを引き起こす可能性があります。

HIGH-SIDE BYPASS ピン低電圧スレッシュホールド

BP2 ピン低電圧回路は、定常動作中に BP2 ピンの電圧が約 4.4 V ($V_{BP2} - V_{BP2(HZ)}$) を下回った場合にパワースイッチを停止させます。BP2 ピン電圧がこのスレッシュホールドを下回ると、パワースイッチのターンオンを再度有効にするためには、この電圧を V_{BP2} まで上昇させる必要があります。

さらに、外部バイアス巻線またはブートストラップ回路を介して電流が BP2 ピンに供給される場合、シャントレギュレータが BP2 ピン電圧を V_{SHUNT2} にクランプします。これにより、定常動作中のドレインから BP2 への流入によって発生する過剰な消費が取り除かれます。

過熱保護

過熱保護回路はダイの温度を検知します。ダイの温度がこのスレッシュホールドを上回ると、パワースイッチは停止します。また、ダイの温度が $T_{SD(H)}$ に下がると、スイッチングが再開されます。この大きなヒステリシスにより、異常状態が継続することによる基板の過熱を回避できます。

ゼロ電圧スイッチング (ZVS)

InnoSwitch4 は、外付けのハイサイドスイッチとして機能する ClampZero と組み合わせることで、CCM と DCM の両方の動作で ZVS 動作を実現できます。コンバータの動作は、以下のとおりです。

- Flux Link パルスを受信した後、InnoSwitch4 が直ちに一次側スイッチをオンにすることはありません。
- InnoSwitch4 一次側コントローラは、まず、HSD ピンで固定期間のパルスを生成します。このパルスは、ClampZero 内部のパワースイッチを制御します。そして、HSD パルスが High になったときに、スイッチがオンになります。ClampZero は、クランプコンデンサのエネルギーをリサイクルして出力し、またトランス磁気インダクタンスと漏れインダクタンスにエネルギーを蓄え始めます。これらのエネルギーは、後で ZVS に使用されます。
- InnoSwitch4 が HSD パルスを停止した後、InnoSwitch4 により設定可能な遅延時間の後に、一次側スイッチをオンします。この遅延中に、磁気インダクタンスと漏れインダクタンスに蓄えられるエネルギーが、InnoSwitch4 の一次側スイッチの C_{oss} を放電して ZVSを実現します。

応用例

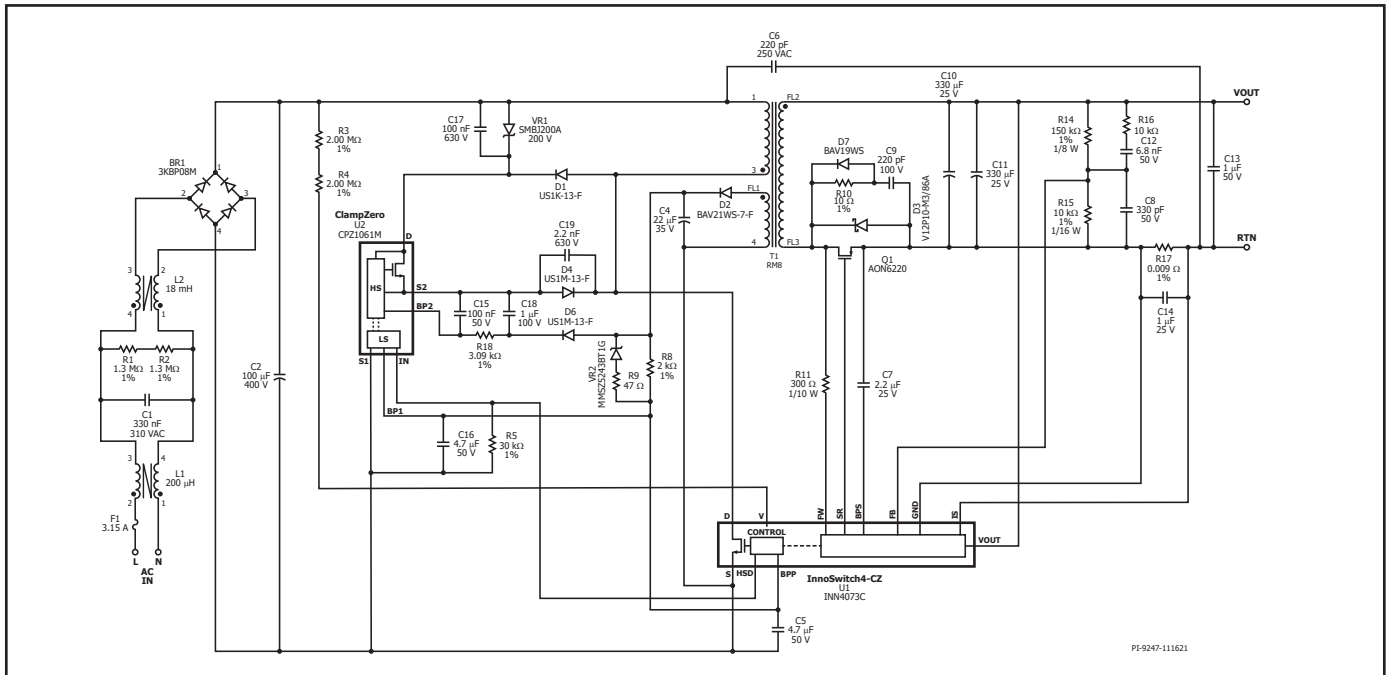


図 5. 20 V / 3.25 A のノートブックアダプタ電源の回路図

図 5 に示す回路は、INN4073C 及び CPZ1061M を使用した、20 V、3.25 A の単出力電源です。この単出力設計は、DOE レベル 6 及び EC CoC v5 に準拠しています。

入力ヒューズ F1 は、回路を絶縁し、部品異常から保護します。また、コモンモードチョーク L1 及び L2 とコンデンサ C1 は、EMI を低減します。ブリッジダイオード BR1 は、AC 入力電圧を整流します。また、フィルタコンデンサ C2 で全波整流 DC を生成します。電源の出力と入力に接続されている Y コンデンサ C6 は、コモンモード EMI の低減に役立ちます。

電源が AC 主電源から切断されると、抵抗 R1 と R2 はコンデンサ C1 を放電します。

トランスの一次側の一端は整流 DC バスに接続され、もう一端は InnoSwitch4 IC (U1) の内蔵スイッチのドレイン端子に接続されます。抵抗 R3 と R4 は、入力電圧センス抵抗で、これらの抵抗を介して低電圧及び過電圧保護を行います。

ダイオード D1 及びコンデンサ C17 で形成される一次側クランプは、U1 に内蔵されるスイッチがターンオフした瞬間に U1 のドレイン端子のピーク電圧を制限します。トランス T1 の漏れインダクタンスに蓄えられているエネルギーは、コンデンサ C17 に転送されます。磁気エネルギーの一部も静電容量に応じて C17 に転送されます。VR1 は、電源に異常がある場合に、InnoSwitch4 を過剰なドレイン電圧から保護するために使用されます。

FluxLink™ 信号が二次側から受信されると、InnoSwitch4 は HSD 信号を生成して ClampZero デバイスをオンにします。ClampZero IC (U2) オンすると、InnoSwitch4 一次側スイッチのソフトスイッチングを実現するために、クランプコンデンサ C17 は、CCM 動作の場合はトランスの漏れインダクタンスの充電を開始し、DCM 動作の場合はトランスの漏れインダクタンスと磁気インダクタンスの両方の充電を開始します。超高速ダイオード D1 及び D4 は、ClampZero のハイサイドスイッチのボディダイオードからのトランス電流を迂回して、逆回復エネルギーを最小限に抑えるために使用されます。CPZ107xM の場合、これらのダイオード (D1 及び D4) 及びコンデンサ C19 は必要ありません。一次側スイッチでゼロボルトスイッチングを実現するために、ハイサイドスイッチがターンオフした瞬間から、わずかな

遅延があります。この遅延は、R5 の抵抗値を変えることで設定することができます。コンデンサ C19 は、ClampZero IC (U2) の電圧を下げたソフトターンオンを行うのに役立ちます。

コンデンサ C16 は、BP1 ピンのデカップリングを行います。コンデンサ C15 は、BP2 ピンのデカップリングを行います。ダイオード D6 とコンデンサ C18 はブートストラップ回路を形成し、ハイサイド BP2 ピンにバイアス供給します。抵抗 R18 は、BP2 ピンに流入する電流を制限します。

InnoSwitch4 IC は、最初に AC 印加された時に内部の高電圧電流源により PRIMARY BYPASS ピンコンデンサ (C5) を充電することでセルフスタートします。通常動作時、一次側ブロックには、トランス T1 の補助巻線から電源が供給されます。補助巻線 (またはバイアス巻線) の出力は、ダイオード D2 を経由して整流され、コンデンサ C4 によりフィルタされます。抵抗 R8 は、InnoSwitch4 IC (U1) の PRIMARY BYPASS ピンに供給される電流を制限します。

出力レギュレーションは変調制御によって行われ、スイッチングサイクルの周波数と ILIM は出力負荷に基づいて調整されます。高負荷時には、ほとんどのスイッチングサイクルが設定された ILIM 範囲のうち高い ILIM の値で有効となります。軽負荷時または無負荷時には、多くのサイクルが無効となり、有効なサイクルでは、設定された ILIM 範囲において低い ILIM 値でのスイッチングサイクルとなります。サイクルが有効になると、一次電流が特定の動作状態に対応するデバイスのカレントリミットまで上昇するまで、スイッチはオンのままになります。

一次側過電圧保護のラッチオフ/オートリスタートは、電流制限抵抗 R9 とツェナーダイオード VR2 を使用して実現します。フライバックコンバータでは、補助巻線の出力はコンバータの出力電圧に応じて変わります。コンバータの出力に過電圧が発生した場合、補助巻線電圧が上昇し、VR2 がブレークダウンします。これにより、InnoSwitch4 IC (U1) の BPP ピンに電流が流入します。BPP ピンに流入する電流が増加して I_{SD} スレッショールドを超えると、U1 コントローラはラッチオフして、それ以上の出力電圧の上昇を防止します。

InnoSwitch4 IC の二次側コントローラは、出力電圧検出、出力電流検出、及び同期整流用 MOSFET のドライブを行います。トランスの二次側巻線は、SR FET Q1/D3 によって整流され、コンデンサ C10 及び C11 によってフィルタされます。コンデンサ C13 は、高周波出力電圧リップルを低減させるために使用します。放射 EMI を発生するスイッチング時の高周波リングは、RCD スナバ (R10、C9 及び D7) によって低減します。ダイオード D7 は、抵抗 R10 での電力損失を最小限に抑制します。

二次側コントローラは、抵抗 R11 を介して検出され IC の FWD ピンに入力される巻線電圧に基づいて Q1 のゲートをオンします。

連続動作モード時、SR MOSFET は、二次側が一次側に新しいスイッチングサイクルを要求する直前に、オフします。不連続モード動作時は、MOSFET の電圧降下がスレッシュホールドの $V_{SR(TH)}$ mV を下回ると、パワー MOSFET がオフします。

IC U1 の二次側は、二次側巻線の順方向電圧または出力電圧によって自己給電されます。IC U1 の BPS ピンに接続されているコンデンサ C7 は、内部回路のためのデカップリングです。

CC スレッシュホールドを下回る場合、デバイスは定電圧モードで動作します。定電圧モード動作時、抵抗 R14 及び R15 を介して出力電圧を検出し、FEEDBACK ピンで 1.265 V の電圧が得られるように制御することで出力電圧レギュレーションを実現します。コンデンサ C8 は、FEEDBACK ピン信号のノイズフィルタです。

CC 動作時に出力電圧が降下すると、デバイスは二次巻線から直接自己給電します。一次側パワー スwitch のオン期間中、二次側巻線から R11 を介して FWD ピンに入力される電圧は内部レギュレータを介してデカップリングコンデンサ C7 を充電するために使用されます。これにより、出力電圧が約 3.4 V まで定電流レギュレーションが可能です。出力電流は IS と GROUND ピン間の抵抗 R17 によって検出され、損失軽減のためスレッシュホールドは約 35 mV です。C14 は、IS ピンを外部ノイズからフィルタリングします。電流検出スレッシュホールドを超えると、デバイスはスイッチングパルスの数を制御して、一定の出力電流を維持します。

レイアウトの例

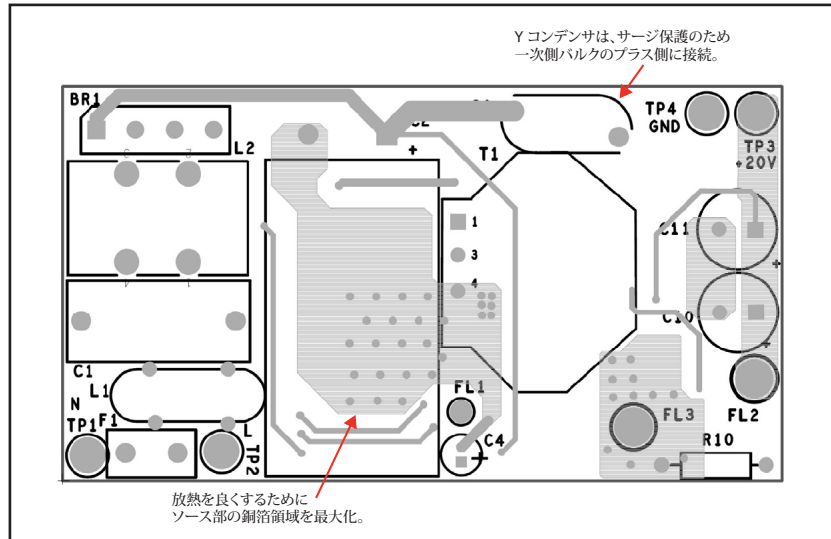


図 6. PCB レイアウトの部品面

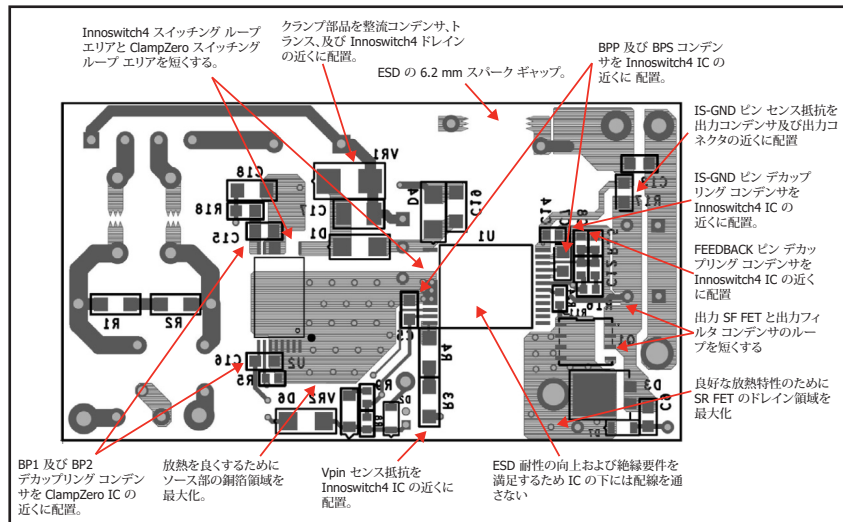


図 7. PCB レイアウトのはんだ面

応用例 2

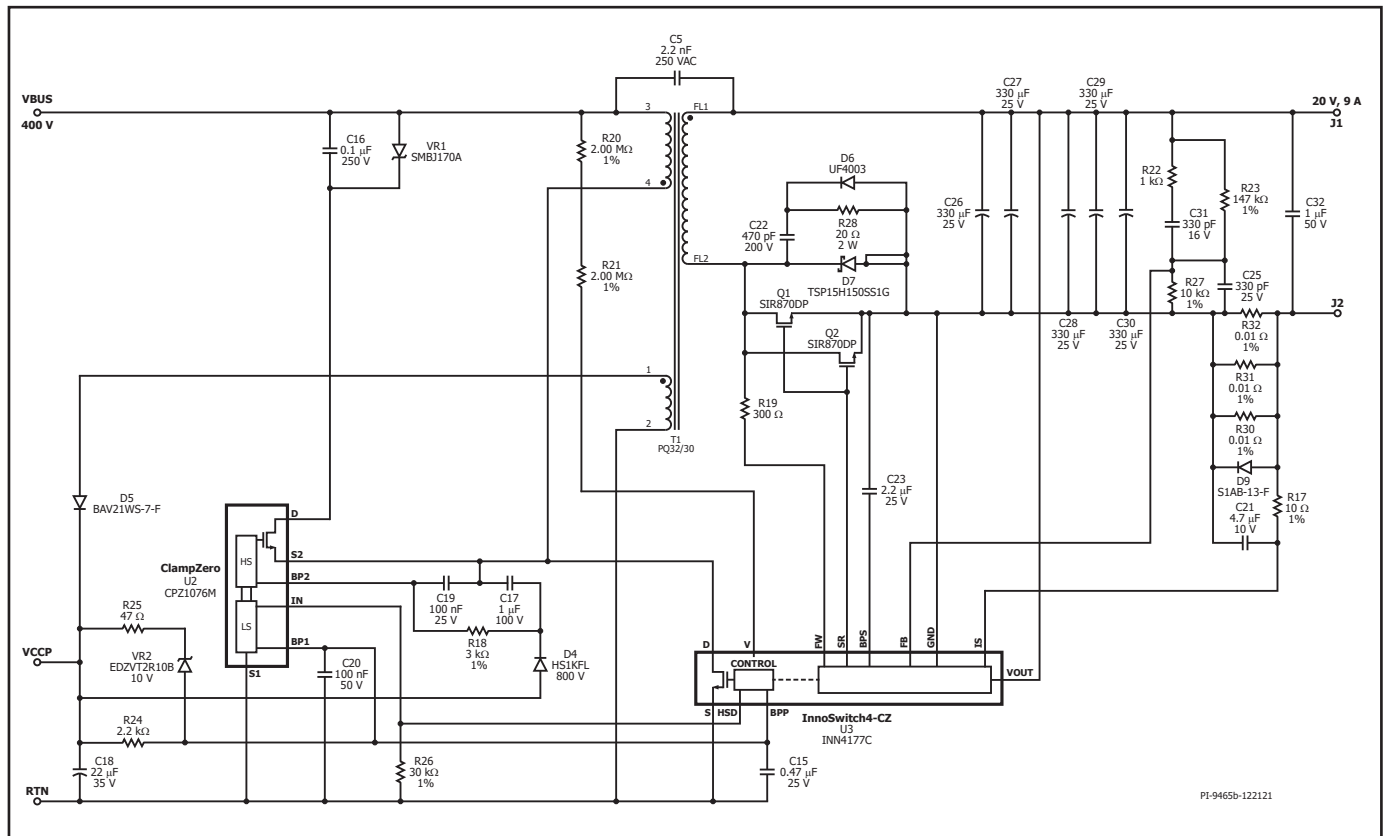


図 8. 20 V / 9 A 電源の回路図

図 8 に示す回路は、INN4177C 及び CPZ1076M を使用した、20 V、9 A の DC/DC ステージ単出力電源です。この単出力設計は、DOE レベル 6 及び EC CoC v5 準拠の要件を超えています。

電源の出力と入力に間に接続されている Y コンデンサ C5 は、コモンモード EMI を低減します。

トランスの一次側の一端は整流 DC バスに接続され、もう一端は InnoSwitch4 IC (U3) の内蔵スイッチのドレイン端子に接続されます。抵抗 R20 と R21 は、入力電圧センス抵抗で、これらの抵抗を介して低電圧及び過電圧保護を行います。

U2 のスイッチとコンデンサ C16 によって形成される一次側クランプは、U3 に内蔵されるスイッチがターンオフした瞬間に、U3 のピークドレイン電圧を制限します。トランス T1 の漏れインダクタンスに蓄えられているエネルギーは、コンデンサ C16 に転送されます。磁気エネルギーの一部も静電容量に応じて C16 に転送されます。VR1 は、電源に異常がある場合に、InnoSwitch4 を過剰なドレイン電圧から保護するために使用されます。

二次側から FluxLink 信号が受信されると、InnoSwitch-4 は、HSD 信号を生成して ClampZero デバイスをオンにします。ClampZero IC (U2) がオンすると、InnoSwitch4 一次側スイッチのソフトスイッチングを実現するために、クランプコンデンサ C16 は、CCM 動作の場合はトランスの漏れインダクタンスの充電を開始し、DCM 動作の場合はトランスの漏れインダクタンスと磁気インダクタンスの両方の充電を開始します。一次側スイッチでゼロ電圧スイッチングを実現するために、ハイサイドスイッチがターンオフした瞬間から、わずかな遅延があります。この遅延は、R26 の抵抗値を変えることで設定することができます。

コンデンサ C20 は、BP1 ピンのローカルデカップリングを行います。コンデンサ C19 は、BP2 ピンのデカップリングを行います。ダイオード D4 とコンデンサ C17 はブートストラップ回路を形成し、ハイサイド BP2 ピンにバイアス供給します。抵抗 R18 は、BP2 ピンに流入する電流を制限します。

InnoSwitch-4 IC は、最初に入力 AC が印加された時に内部の高電圧電流源により PRIMARY BYPASS ピンコンデンサ (C15) を充電することでセルフスタートします。通常動作時、一次側ブロックには、トランス T1 の補助巻線から電源が供給されます。補助巻線 (またはバイアス巻線) の出力は、ダイオード D5 を経由して整流され、コンデンサ C18 によりフィルタされます。抵抗 R24 は、InnoSwitch4 IC (U3) の PRIMARY BYPASS ピンに供給される電流を制限します。

出力レギュレーションは変調制御によって行われ、スイッチングサイクルの周波数と ILIM は出力負荷に基づいて調整されます。高負荷時には、ほとんどのスイッチングサイクルが設定された ILIM 範囲のうち高い ILIM の値で有効となります。軽負荷時または無負荷時には、多くのサイクルが無効となり、有効なサイクルでは、設定された ILIM 範囲において低い ILIM 値でのスイッチングサイクルとなります。サイクルが有効になると、一次電流が特定の動作状態に対応するデバイスのカレントリミットまで上昇するまで、スイッチはオンのままになります。

一次側過電圧保護のラッチオフ/オートリスタートは、電流制限抵抗 R25 とツェナーダイオード VR2 を使用して実現します。フライバックコンバータでは、補助巻線の出力はコンバータの出力電圧に応じて変わります。コンバータの出力に過電圧が発生した場合、補助巻線電圧が上昇し、VR2 がブレイクダウンします。これにより、InnoSwitch4 IC (U3) の BPP ピンに電流が流入します。BPP ピンに流入する電流が増加して ISD スレッシュホル

ドを超えると、U3 コントローラはラッチオフして、それ以上の出力電圧の上昇を防止します。

InnoSwitch4 IC の二次側コントローラは、出力電圧検出、出力電流検出、及び同期整流用 MOSFET のドライブを行います。トランスの二次側巻線は、SR FET の Q1、Q2、ダイオード D7 によって整流され、コンデンサ C26 ~ C30 によってフィルタされます。コンデンサ C32 は、高周波出力電圧リップルを低減させるために使用します。放射 EMI を発生するスイッチング時の高周波リングは、RCD スナバ R28、C22 及び D6 によって低減します。ダイオード D6 は、抵抗 R28 での電力損失を最小限に抑制します。

二次側コントローラは、抵抗 R19 を介して検出され IC の FWD ピンに入力される巻線電圧に基づいて Q1 および Q2 のゲートをオンします。

連続動作モード時、SR MOSFET は、二次側が一次側に新しいスイッチングサイクルを要求する直前に、オフします。不連続モード動作時は、MOSFET の電圧降下がスレッシュホールドの $V_{SR(TH)}$ mV を下回ると、パワー MOSFET がオフします。

IC U3 の二次側は、二次側巻線の順方向電圧または出力電圧によって自己給電されます。IC U3 の BPS ピンに接続されているコンデンサ C23 は、内部回路のためのデカップリングです。

CC スレッシュホールドを下回る場合、デバイスは定電圧モードで動作します。定電圧モード動作時、抵抗 R23 及び R27 を介して出力電圧を検出し、FB ピンで 1.265 V の電圧が得られるように制御することで出力電圧レギュレーションを実現します。コンデンサ C25 は、FB ピン信号のノイズフィルタです。抵抗 R22 と C31 はフィードフォワード回路を形成し、出力リップルを低減します。

CC 動作時に出力電圧が降下すると、デバイスは二次巻線から直接自己給電します。一次側パワー スイッチのオン期間中、二次側巻線から R19 を介して FWD ピンに入力される電圧は内部レギュレータを介してデカップリングコンデンサ C23 を充電するために使用されます。これにより、出力電流レギュレーションを、トリム構成に応じて約 3.4 V に低く維持できます。出力電流は、IS と SECONDARY GROUND ピン間の抵抗 R30 ~ R32 によって検出され、損失軽減のためスレッシュホールドは約 35 mV です。抵抗 R17 及びコンデンサ C21 は、IS ピンを外部ノイズからフィルタリングします。電流検出スレッシュホールドを超えると、デバイスはスイッチングパルスの数を制御して、一定の出力電流を維持します。

応用時の重要検討項目

無負荷時待機電力

ClampZero デバイスは、BP1 ピン デカップリング コンデンサからエネルギーを引き込みます。これは、InnoSwitch4 の内部タップによって供給されます。InnoSwitch4 IC は、内部電流源を介して充電した BYPASS ピン コンデンサから自己給電モードで起動します。ただし、InnoSwitch4 IC がスイッチングを開始した後は、PRIMARY BYPASS ピンへの電流供給にバイアス巻線が必要です。トランスに備えた補助（バイアス）巻線を使用します。電源がスイッチングを開始すると、ClampZero デバイスのハイサイド BP2 ピンのデカップリング コンデンサに内部タップからエネルギーが供給されます。無負荷時待機電力を最小限に抑えるために、ブートストラップ ダイオード D6 を推奨します。図 5 の抵抗 R8 及び R18 は、無負荷時入力電力が最小になるように調整する必要があります。ClampZero は通常、無負荷時に BP1 ピンから約 35 μA を消費し、BP2 ピンから約 50 μA を消費し、システム全体の損失に数 mW のみを追加します。

主要部品の選択

BP2 ピン デカップリング コンデンサ

ハイサイド BYPASS ピンには、パワースイッチがオフの時に DRAIN ピンから電流を引き込むことによって BP2 を VBP2 まで充電する内部レギュレータがあります。BP2 で利用可能な充電電流の量は、InnoSwitch4 の初回スイッチングから高速起動するために重要です。そのため、BP2 コンデンサ値は 150 nF に設定します。それよりも高い値の BP2 コンデンサは、望ましくありません。起動時に遅延する時間が長くなり過ぎ、一次側クランプ電圧のオーバーシュートを引き起こす可能性があるからです。100 nF ~ 220 nF のコンデンサを使用できます。容量の最小要件を満たすために、少なくとも 10 V、0603 またはそれより大きい定格の X5R または X7R 誘電体コンデンサを推奨します。X7R または X5R などのセラミック コンデンサ タイプの名称は、メーカーや製品ファミリーが異なると、電圧係数も同じとは限りません。コンデンサのデータシートを確認して、5V 印加時のコンデンサ容量が 20% を超えて低下しないものを選択することを推奨します。Y5U または Z5U/0402 定格の MLCC を使用しないでください。このタイプの SMD セラミックコンデンサの電圧及び温度係数は非常に低いからです。

バイアス巻線と外部バイアス回路

InnoSwitch4 の DRAIN ピンから一次側コントローラの PRIMARY BYPASS ピンに接続された内部レギュレータによって、InnoSwitch4 の BPP ピン及び ClampZero BP1 ピンに接続されているコンデンサが充電され、起動が可能になります。トランスにはバイアス巻線を設けて、適切なダイオードとフィルタコンデンサを用いて BPP ピン及び BP1 ピンに電流を供給することが出来るバイアス回路を作成します。バイアス巻線については、最小定格出力電圧時に最小の負荷条件で、バイアス巻線電圧が最低約 8 V になるように巻数比を選択します。この電圧値を下回ると、無負荷時入力電力が大きくなります。

230 VAC の入力電源を動作させる場合 ($V_{BPP} > 5 \text{ V}$)、無負荷時消費電力を最小限に抑えるには、外部回路からのバイアス電流を $I_{SI(\text{MAX})}$ に設定する必要があります。コンデンサには、最大印加電圧の 1.2 倍の電圧定格が得られて、少なくとも 22 μF のアルミニウム コンデンサを推奨します。このコンデンサには、最大定格出力電圧及び定格負荷で最小の AC 入力電圧が供給された場合に、最高電圧がかかります。

クランプ コンデンサ

クランプ コンデンサの値は、 C_{CLAMP} と L_{LKG} の共振期間の約 0.25 倍が HSD パルス幅に等しくなるようにクランプ コンデンサの値を選択することを推奨します。設計に応じて、10 nF ~ 100 nF の範囲の容量を使用できます。少なくとも 200 V、1206 またはそれより大きいサイズ定格の X7R 誘電体コンデンサを推奨します。

$$\text{HSD Pulse Width} \sim \frac{\pi}{2} \sqrt{L_{\text{LKG}} C_{\text{CLAMP}}}$$

レイアウトに関する考慮事項

以下のレイアウトの考慮事項は、ClampZero 固有の部品に関するものです。InnoSwitch4 固有の部品及び電力部品の配置とレイアウトについては、InnoSwitch4 のデータシートをご覧ください。

1. ClampZero BP1 ピンは、InnoSwitch4 内部 BPP レギュレータによって供給及び制御されます。別のデカップリング コンデンサを、ClampZero デバイスの BP1 ピンにできるだけ近づけて配置する必要があります。
2. ハイサイド BP2 ピンは、外部バイアスが外部ブートストラップ回路から利用可能になるまで、内部ドレイン タップによって供給されます。デカップリング コンデンサは、ClampZero IC の BP2 ピンにできるだけ近づけて配置する必要があります。
3. ClampZero は短時間のみ導通であり電力損失量は少ないですが、温度上昇を最小限に抑えるために、放熱を目的として ClampZero デバイスのソースピンと一定面積の PCB を接続することが必要です。
4. 回路の他の部分へのノイズのカップリングを最小限に抑えるために、ブートストラップ部品は、ClampZero デバイスの BP2 ピン及び SOURCE ピンの近くに配置することを推奨します。
5. クランプ ループ エリアをできるだけ小さくするために、ClampZero IC は、クランプ コンデンサ及びトランスのできるだけ近くに配置します。

ClampZero を使用した図 5 の回路図に対して、上記の推奨事項に従って設計した基板レイアウトを図 6 と 7 に示します。

設計のクイック チェックリスト

InnoSwitch4 IC の機能の検証だけでなく、ClampZero IC の適切な動作も確認する必要があります。少なくとも以下の検証試験を実施する必要があります。

1. 最大ドレイン電圧 – 通常動作時と起動時に最大入力電圧及びピーク（過負荷）出力電力で ClampZero の VDS がブレイクダウン電圧の 90% を超えないことを検証します。
2. 最大ドレイン電流 – すべての条件において、ClampZero パワースイッチの最大ドレイン電流は仕様の絶対最大定格を下回っていることが必要です。
3. 放熱チェック – 入力範囲全体における最大負荷動作で、ClampZero IC が OTP 保護に入らないことを確認します。ClampZero デバイスの BP2 ピンには十分なバイアス電流を供給する必要があります。そうしないと、内部タップを使用した動作による ClampZero デバイスの消費が多くなり、最終的に極端な過熱状態に達します。ClampZero デバイスの OTP のトリガは、ゼロ電圧スイッチングが動作しない状態を招くため、クランプコンデンサの両端に接続される TVS と InnoSwitch4 に熱的なストレスを付加する要因となる可能性があります。また、これにより、InnoSwitch4 及び ClampZero デバイスの DRAIN ピンで電圧ストレスが増加する可能性があります。

絶対最大定格^{1,2}

DRAIN - S2 ピン電圧:	CPZ1061M & CPZ1062M .....-1.8 V ⁸ ~ 650 V	注:	1. すべての電圧はローサイドまたはハイサイドのソースを基準とし、T _A = 25 °C です。
	CPZ1075M & CPZ1076M .....-4.2 V ⁸ ~ 750 V ⁶		2. 仕様の最大定格は、一度に 1 回のみであれば製品に回復不能な損傷を与えることなく印加できます。絶対最大定格の状態を長時間続けると、製品の信頼性に悪影響を与えるおそれがあります。
DRAIN ピンのピーク電流:	CPZ1061M ±3.26 A ³		3. 最大許容電圧と電流の組み合わせについては、図 9 を参照してください。
	CPZ1062M ±3.87 A ³		4. 通常は内部回路によって制限されます。
	CPZ1075M ±3.2 A ⁷		5. ケースから 1/16 インチの点で 5 秒間。
	CPZ1076M ±6.5 A ⁷		6. 最大ドレイン電圧 (非繰り返しパルス) 750 V、最大連続電圧 650 V。
BP1 - S1 ピン電圧	..... -0.3 V ~ 6 V		7. 最大電圧と電流の組み合わせについては、図 17 を参照してください。
IN - S1 ピン電圧	..... -0.3 V ~ 6 V		8. 最小ドレイン電圧 (非 DC)。
BP2 - S2 ピン電圧	..... -0.3 V ~ 6 V		
S2 - S1 ピン電圧	..... -0.3 V ~ 650 V		
保存温度	..... -65 ~ 150 °C		
動作ジャンクション温度 ⁴	..... -40 ~ 150 °C		
周囲温度	..... -40 ~ 105 °C		
リード温度 ⁵	..... 260 °C		

熱抵抗

熱抵抗:	CPZ106xM	注:	1. パッケージ本体の上部中央で測定したケース温度。
	(θ _{JA}) 82 °C/W ² , 76 °C/W ³		2. 0.36 平方インチ (232 mm ²), 2 オンス (610 g/m ²) の銅箔部にはんだ付け。
	(θ _{JC}) 19 °C/W ¹		3. 1 平方インチ (645 mm ²), 2 オンス (610 g/m ²) の銅箔部にはんだ付け。
	CPZ107xM		
	(θ _{JA}) 126 °C/W ² , 115 °C/W ³		
	(θ _{JC}) 36 °C/W ¹		

パラメータ	記号	条件			最小	標準	最大	単位
		SOURCE = 0 V T _J = -40 °C ~ 125 °C (特に指定がない場合)						
制御機能								
BP2 供給電流	I _{S1(2)}	VBP2 = VBP2 + 0.1 V (スイッチのスイッチング無し) T _J = 25 °C			35	47	55	μA
	I _{S2(2)}	VBP2 = VBP2 + 0.1 V (スイッチ f _{OSC} = 180 kHz でスイッチング) T _J = 25 °C	CPZ1061M	400	580	800	μA	
			CPZ1062M	600	760	950		
	CPZ107xM		1490	1700				
BP2 ピン充電電流	I _{CH1(2)}	VBP2 = 0 V T _J = 25 °C			4.2	5.2	6.2	mA
	I _{CH2(2)}	VBP2 = 4 V T _J = 25 °C			4.2	5.2	6.2	
BP2 ピン電圧	V _{BP2}				4.8	5	5.2	V
BP2 ピン電圧ヒステリシス	V _{BP2(HZ)}				0.38	0.6	0.8	V
BP2 シャント電圧	V _{SHUNT2}	IBP2 = 2 mA			5.2	5.45	5.7	V
BP2 起動リセット スレッシュ ホールド電圧	V _{BP2(RESET)2}	T _J = 25 °C	CPZ1061M CPZ1062M	3	3.23	3.45	V	
			CPZ1075M CPZ1076M		3.1	3.45		

パラメータ	記号	条件 SOURCE = 0 V T _j = -40 °C ~ 125 °C (特に指定がない場合)	最小	標準	最大	単位
制御機能 (続き)						
BP1 起動リセット スレッシュ ホールド電圧	V _{BP1(RESET)2}	T _j = 25 °C	3.4	3.8	4.2	V
BP1 供給電流 (負荷)	I _{S1(1)}	スイッチング無し、VBP1 = 5.1 V IN: 0 V T _j = 25 °C	20	30	50	μA
	I _{S2(1)}	スイッチング有り: 500 ns Pulse at 180 kHz V _{BP1} = 5.1 V T _j = 25 °C	60	80	100	μA
IN ピン電圧上昇スレッシュ ホールド	V _{IN(R)}		2.75	2.93	3.25	V
IN ピン電圧下降スレッシュ ホールド	V _{IN(F)}		1.6	1.82	2.1	V
HSD High から ClampZero ON までの遅延	D _{HSD(ON)}	CPZ1061M; CPZ1062M	30	57	100	ns
		CPZ1075M; CPZ1076M		54	100	
HSD Low から ClampZero OFF までの遅延	D _{HSD(OFF)}	CPZ1061M	35	55	80	ns
		CPZ1062M	42	62	90	
		CPZ1075M		67	100	
		CPZ1076M		72	100	
回路保護						
過熱シャットダウン	T _{SD}		135	142	150	°C
過熱シャットダウン ヒステリシス	T _{SD(H)}			70		°C

パラメータ	記号	条件 SOURCE = 0 V $T_J = -40\text{ °C} \sim 125\text{ °C}$ (特に指定がない場合)	最小	標準	最大	単位	
電気的特性							
オフ時ドレイン漏れ電流	I_{DSS1}	$V_{BP2} = V_{BP2} + 0.1\text{ V}$ $V_{DS} = 80\%$ ピークドレイン電圧 $T_J = 125\text{ °C}$			200	μA	
	I_{DSS2}	$V_{BP2} = V_{BP2} + 0.1\text{ V}$ $V_{DS} = 325\text{ V}$ $T_J = 25\text{ °C}$		15		μA	
オン抵抗	$R_{DS(ON)}$	CPZ1061M	$I_D = 300\text{ mA}$ $T_J = 25\text{ °C}$		3.20	3.68	Ω
			$I_D = 300\text{ mA}$ $T_J = 100\text{ °C}$		4.96	5.70	
		CPZ1062M	$I_D = 300\text{ mA}$ $T_J = 25\text{ °C}$		1.95	2.24	
			$I_D = 300\text{ mA}$ $T_J = 100\text{ °C}$		3.02	3.47	
		CPZ1075M	$I_D = 2\text{ A}$ $T_J = 25\text{ °C}$		0.85	1.20	
			$I_D = 2\text{ A}$ $T_J = 100\text{ °C}$		1.35	1.80	
		CPZ1076M	$I_D = 4\text{ A}$ $T_J = 25\text{ °C}$		0.52	0.78	
			$I_D = 4\text{ A}$ $T_J = 100\text{ °C}$		0.78	1.17	

標準性能曲線

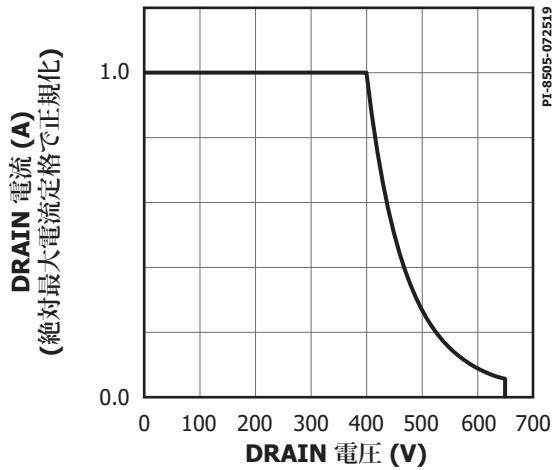


図 9. 最大許容 DRAIN 電流 - DRAIN 電圧

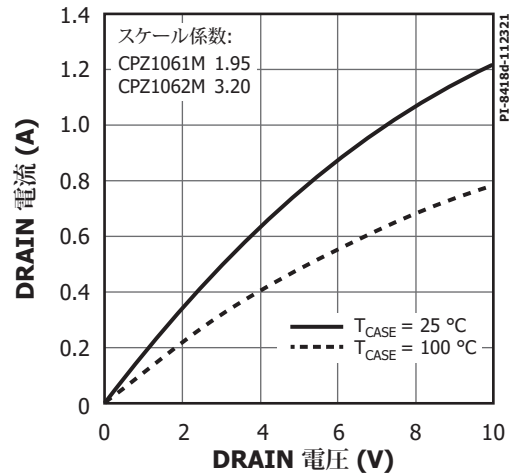


図 10. 出力特性

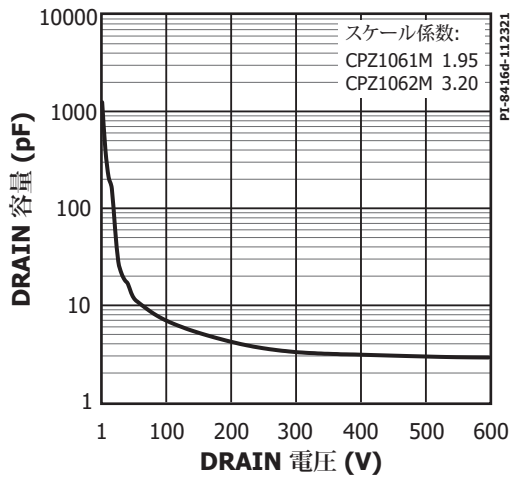


図 11. C_{oss} - Drain 電圧

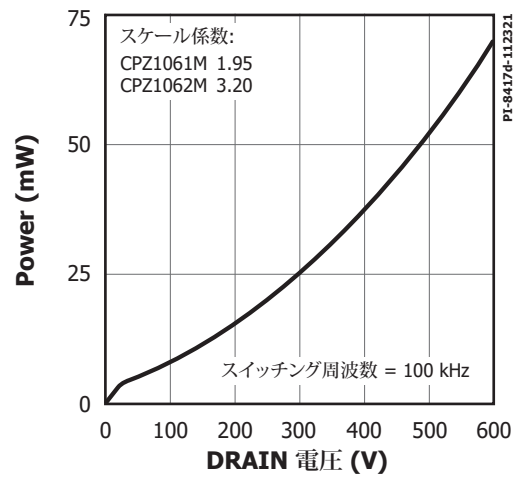


図 12. DRAIN 容量電力

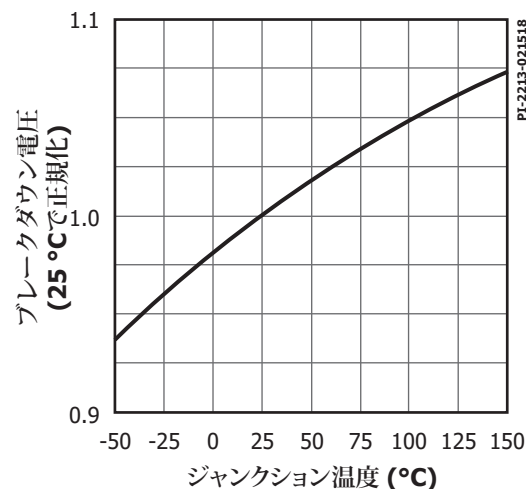


図 13. ブレイクダウン電圧 - ジャンクション温度

標準性能曲線

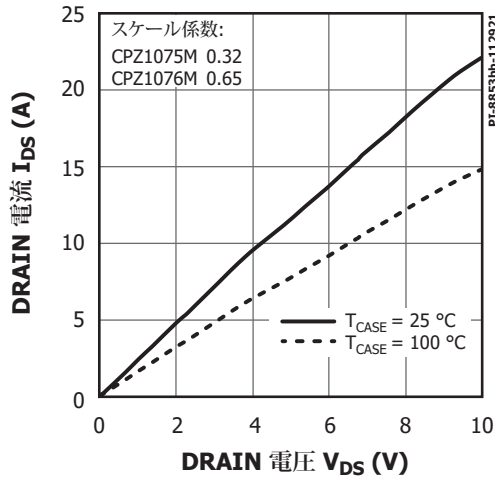


図 14. オプションの特性

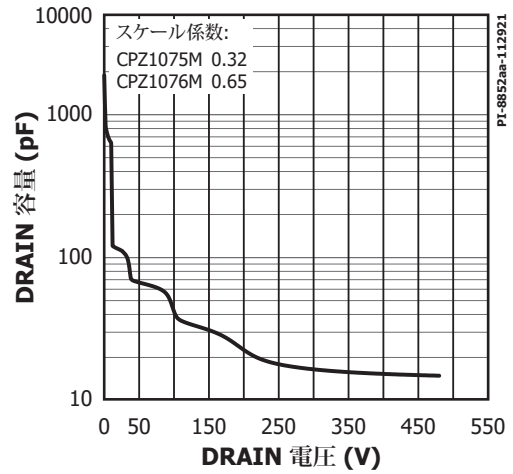


図 15. C_{OSS} - Drain電圧

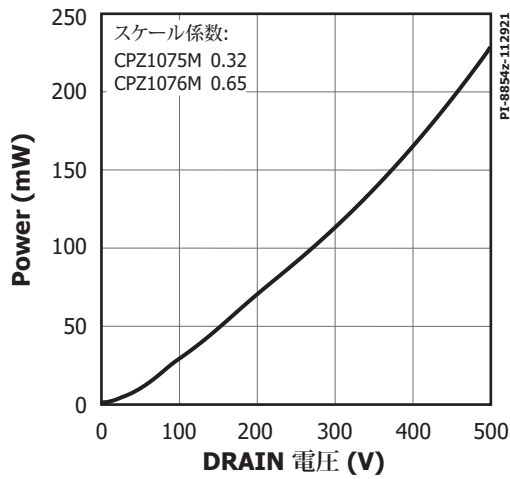


図 16. DRAIN 容量電力

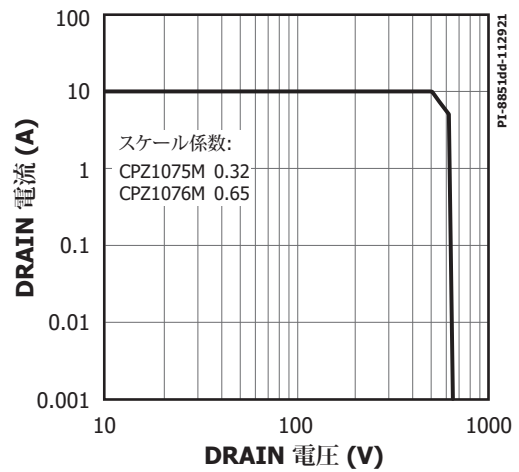
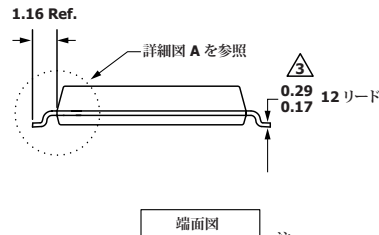
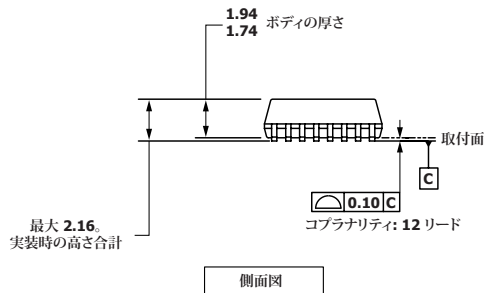
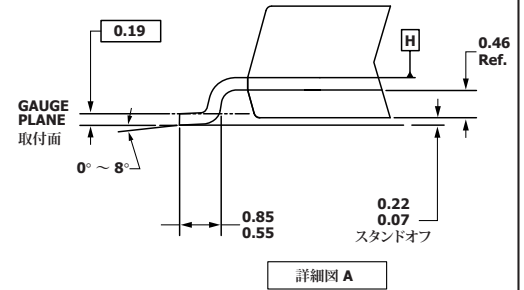
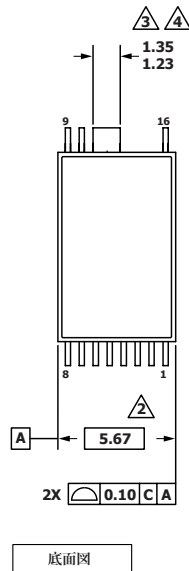
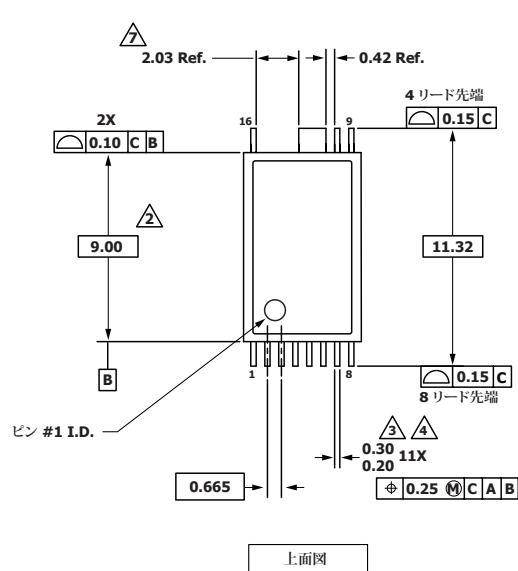


図 17. 最大許容 DRAIN 電流 - DRAIN 電圧

MinSOP-16A (M パッケージ)

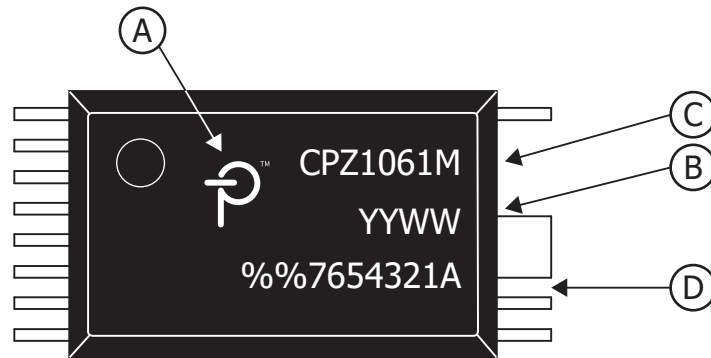


- 注:
1. 寸法と許容差は ASME Y14.5M-1994 に準拠します。
 2. 図示した寸法は、プラスチック製本体の最外部で判断しています。これには、モールド、フラッシュ、タイバーバリ、ゲートのバリ、及びリード間バリは含まれません。プラスチック製本体の上部及び下部の間のずれを含みます。最大金型突起は、側面ごとに 0.18 です。
 3. 図示した寸法は、メッキ厚を含みます。
 4. リード間の錆バリまたは突起を含みません。
 5. 寸法の単位は mm 表示。
 6. A, B の基準面は、H の値により決定します。
 7. この寸法は、リード先端間の公称寸法です。メッキ厚は含みません。突起も含みません。金属から金属の距離 (沿面距離) は、最小 1.85 mm です。

POD_MinSOP-16A_E_042922
PI-8833-051622

パッケージのマーキング

MinSOP-16A



- A. Power Integrations のロゴ
- B. アセンブリのデートコード(年の下 2 桁、その後に 2 桁の週表示)
- C. 製品 ID (部品番号/パッケージ タイプ)
- D. ロット ID コード

PI-9220a-111720

品番コード体系表



MSL テーブル

部品番号	MSL 定格
CPZ1061M	3
CPZ1062M	3
CPZ1075M	3
CPZ1076M	3

品番コード体系表



改訂	注	日付
C	製造リリース。	2020年11月
D	部品番号 CPZ1075M、CPZ1076M の導入。	2022年1月
E	PowiGaN デバイスの製造リリース。D _{HSD(ON)} 、D _{HSD(OFF)} 、及び R _{DS(ON)} の更新。	2022年3月
F	MinSOP-16A (M パッケージ) の図面を更新しました。	2022年5月
G	絶対最大定格テーブルの DRAIN ピンの電圧とピーク電流の値を更新しました。	2022年7月

最新の情報については、弊社 **Web サイト www.power.com** をご覧ください。

Power Integrations は、信頼性や生産性を向上するために、いつでも製品を変更する権利を保有します。Power Integrations は、ここに記載した機器または回路を使用したことから生じる事柄について責任を一切負いません。Power Integrations は、ここでは何らの保証もせず、商品性、特定目的に対する適合性、及び第三者の権利の非侵害性の黙示の保証などが含まれますがこれに限定されず、すべての保証を明確に否認します。

特許情報

ここで例示した製品及びアプリケーション (製品の外付けトランス構造と回路も含む) は、米国及び他国の特許の対象である場合があります。また、Power Integrations に譲渡された米国及び他国の出願中特許の対象である可能性があります。Power Integrations が保有する特許の全リストは、www.power.com に掲載されています。Power Integrations は、www.power.com/ip.htm に定めるところに従って、特定の特許権に基づくライセンスを顧客に許諾します。

生命維持に関する方針

Power Integrations の社長の書面による明示的な承認なく、Power Integrations の製品を生命維持装置またはシステムの重要な構成要素として使用することは認められていません。ここで使用した用語は次の意味を持つものとします。

- 「生命維持装置またはシステム」とは、(i) 外科手術による肉体への埋め込みを目的としているか、または (ii) 生命活動を支援または維持するものであり、かつ (iii) 指示に従って適切に使用した時に動作しないと、利用者に深刻な障害または死をもたらすと合理的に予想されるものです。
- 「重要な構成要素」とは、生命維持装置またはシステムの構成要素のうち、動作しないと生命維持装置またはシステムの故障を引き起こすか、あるいは安全性または効果に影響を及ぼすと合理的に予想される構成要素です。

Power Integrations、Power Integrations ロゴ、CAPZero、ChiPhy、CHY、DPA-Switch、EcoSmart、E-Shield、eSIP、eSOP、HiperLCS、HiperPLC、HiperPFS、HiperTFS、InnoSwitch、Innovation in Power Conversion、InSOP、LinkSwitch、LinkZero、LYTSwitch、SENZero、TinySwitch、TOPSwitch、PI、PI Expert、PowiGaN、SCALE、SCALE-1、SCALE-2、SCALE-3、及び SCALE-iDriver は Power Integrations, Inc. の商標です。その他の商標は、各社の所有物です。
©2022, Power Integrations, Inc.

Power Integrations の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 代表: +1-408-414-9200 カスタマー サービス: 上記以外の国: +1-65-635-64480 南北アメリカ: +1-408-414-9621 電子メール: usasales@power.com	ドイツ (AC-DC/LED/モーター制御の販売) Einsteinring 24 85609 Dornach/Aschheim Germany 電話: +49-89-5527-39100 電子メール: eurosales@power.com	イタリア Via Milanese 20, 3rd.Fl. 20099 Sesto San Giovanni (MI) Italy 電話: +39-024-550-8701 電子メール: eurosales@power.com	シンガポール 51 Newton Road #19-01/05 Goldhill Plaza Singapore, 308900 電話: +65-6358-2160 電子メール: singaporesales@power.com
中国 (上海) Rm 2410, Charity Plaza, No. 88 North Caoxi Road Shanghai, PRC 200030 電話: +86-21-6354-6323 電子メール: chinasales@power.com	ドイツ (ゲートドライブ販売) HellwegForum 3 59469 Ense Germany 電話: +49-2938-64-39990 電子メール: igbt-driver.sales@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	台湾 5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec.1 Nei Hu Dist. Taipei 11493, Taiwan R.O.C. 電話: +886-2-2659-4570 電子メール: taiwansales@power.com
中国 (深圳) 17/F, Hivac Building, No. 2, Keji Nan 8th Road, Nanshan District, Shenzhen, China, 518057 電話: +86-755-8672-8689 電子メール: chinasales@power.com	インド #1, 14th Main Road Vasanthanagar Bangalore-560052 India 電話: +91-80-4113-8020 電子メール: indiasales@power.com	韓国 RM 602, 6FL Korea City Air Terminal B/D, 159-6 Samsung-Dong, Kangnam-Gu, Seoul, 135-728, Korea 電話: +82-2-2016-6610 電子メール: koreasales@power.com	英国 Building 5, Suite 21 The Westbrook Centre Milton Road Cambridge CB4 1YG 電話: +44 (0) 7823-557484 電子メール: eurosales@power.com