

## 設計例レポート

|          |  |
|----------|--|
| タイトル     | HiperLCS™ LCS700HG を使用した 100 W、<br>低背型 (11 mm)、LLC DC-DC コンバータ |
| 仕様       | 380 VDC 入力; 24 V、3 A; 12 V、2.32 A 出力                           |
| 用途       | LCD TV   |
| 作成者      | アプリケーション技術部門   |
| ドキュメント番号 | DER-282  |
| 日付       | 2011 年 9 月 13 日  |
| 改訂       | 1.2  |

### 概要と機能

- 極めて少ない部品点数
  - 部品点数が少なく小型で高集積化されたソリューション
  - 低コストの SMD (D-PAK) 出力ダイオードにより、ヒートシンク及び実装のコストを削減
- 高い動作周波数 (270 kHz) による、小型化及び低コスト化
  - セラミック出力コンデンサの使用が可能
  - トランスのサイズを削減し、低背型 EFD30 トランスを使用
  - バースト モードにより無負荷時レギュレーションを改善
- 高効率
  - 負荷 100% 時の効率 94% 以上、負荷 50% 時の効率 93% 以上
  - コンデンサによる低消費電力電流センス

### 特許情報

ここで提示した製品及びアプリケーション (製品の外付け周辺回路及びトランス構造も含む) 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場合があります。Power Integrations の持つ特許の全リストは、[www.powerint.com](http://www.powerint.com) に掲載されます。Power Integrations は、<http://www.powerint.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。

## 目次

|        |                                      |    |
|--------|--------------------------------------|----|
| 1      | 重要な注意点                               | 4  |
| 2      | はじめに                                 | 5  |
| 3      | 電源仕様                                 | 7  |
| 4      | 回路図                                  | 8  |
| 5      | 回路の説明                                | 9  |
| 5.1    | 一次側                                  | 9  |
| 5.2    | 出力整流                                 | 11 |
| 6      | PCB レイアウト                            | 12 |
| 7      | 部品表                                  | 13 |
| 8      | トランスの仕様                              | 15 |
| 8.1    | 回路図                                  | 15 |
| 8.2    | 電気仕様                                 | 15 |
| 8.3    | 材料                                   | 15 |
| 8.4    | トランスの構造図                             | 16 |
| 8.5    | ボビン - ピン番号                           | 16 |
| 8.6    | トランス構造                               | 17 |
| 8.7    | 巻線の図                                 | 18 |
| 9      | 出力インダクタの仕様                           | 23 |
| 9.1    | 電気仕様                                 | 23 |
| 9.2    | 材料リスト                                | 23 |
| 10     | LLC 共振コンバータ設計計算シート                   | 24 |
| 11     | ヒートシンク アセンブリ                         | 30 |
| 12     | 性能データ                                | 31 |
| 12.1   | 効率性 - 100%、50%、20%、及び 10% の負荷        | 31 |
| 12.1.1 | 効率データ                                | 31 |
| 12.2   | 出力クロスレギュレーション                        | 31 |
| 12.2.1 | クロスレギュレーションデータ                       | 31 |
| 12.3   | 起動時及びシャットダウン時の整流電圧                   | 31 |
| 13     | 波形                                   | 32 |
| 13.1   | 通常動作時のハーフブリッジ電圧とハーフブリッジ電流            | 32 |
| 13.1.1 | 380 VDC 入力で測定                        | 32 |
| 13.2   | 出力電圧起動プロファイル                         | 33 |
| 13.3   | 負荷過渡応答 (380 VDC 入力時に 5% から 100% の負荷) | 34 |
| 13.4   | 出力停止                                 | 36 |
| 13.5   | 出力ダイオードピーク逆電圧                        | 37 |
| 13.6   | 短絡                                   | 37 |
| 13.7   | 出力リップルの測定                            | 38 |
| 13.7.1 | リップルの測定方法                            | 38 |
| 13.7.2 | 出力リップルの測定結果                          | 39 |



---

|      |                               |    |
|------|-------------------------------|----|
| 14   | 温度測定 .....                    | 40 |
| 14.1 | 条件: 380 VDC、最大負荷、1 時間動作 ..... | 40 |
| 15   | 改訂履歴 .....                    | 42 |

**重要な注意点:**

この基板は絶縁に関する安全要件を満たすよう設計されていますが、評価プロトタイプは機関の承認を得られていません。また、トランスには一次側からコア、及び二次側へのスペースまでを満たす適切なシュラウドが必要です。



## 1 重要な注意点

このボードを正常に動作させるには、+380 V の入力と入力リターンの両端子間に、10  $\mu$ F 以上の整流コンデンサを接続する必要があります。

このボードには 12 V のバイアス電源を外部接続して動作させる必要があります。15 V を超える電圧を印加しないでください。IC が損傷します。

この電源には、短絡保護はありますが、出力過電圧保護は実装されていません。TL431 (U3) またはフォトカプラ (U2) を停止させて過電圧テストを行うと、出力電圧が大きく上昇して、出力ショットキー ダイオード (D2-D3) がブレイクダウンし、破損します。このため、このテストは過電圧保護回路を追加せずに実行しないでください。

バースト モード機能では、通常、軽負荷条件及び高入力電圧条件で、出力にわずかに高いリップル電圧が生じる場合があります。この設計には、LCS700HG の バースト モード -2<sup>1</sup> が選択されています。

ソフトスタートの性能は、該当する仕様に応じてコンデンサ C3 の適切な値を選択することにより最適化できます。

この設計では、表面実装ショットキー ダイオード整流器を使用します。この設計を引用するためには、電圧のデレーティング条件を慎重に評価する必要があります。デレーティング条件次第では、より高い定格を持つ部品に置き換えることも必要です。

---

<sup>1</sup> バースト モードの動作の詳細については、HiperLCS のデータシートを参照してください。



## 2 はじめに

このドキュメントは、LLC 制御/電力部を内蔵した LCS700HG を使用した、12 V / 24 V、100 W LLC DC-DC 共振コンバータに関する技術レポートです。この電源は、LED バックライトを備えた LCD TV で使用されることを想定しています。このボードにも +12 VDC 及び +380 VDC 入力が必要です。

このドキュメントには、電源仕様書、回路図、部品表、トランス資料、基板レイアウト、及び性能データが記載されています。

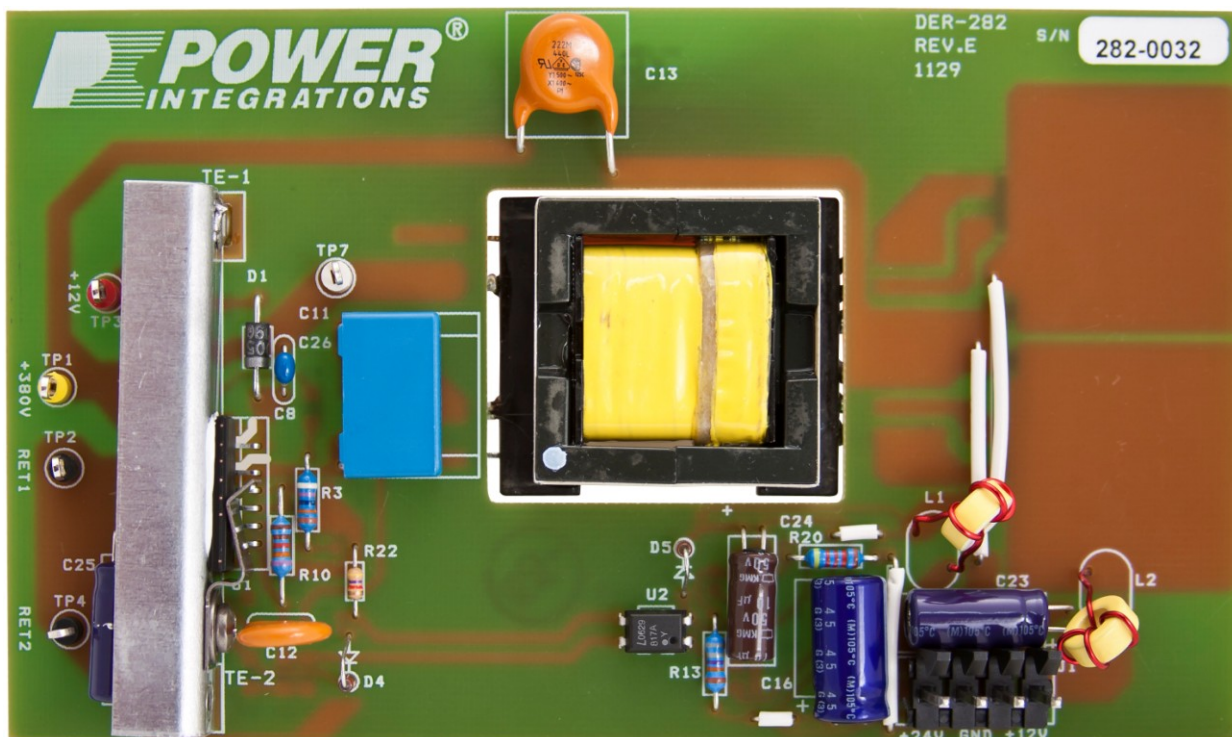


図 1 - 実装基板の写真、上面図 (長さ: 136.27 mm x 幅: 79.88 mm)



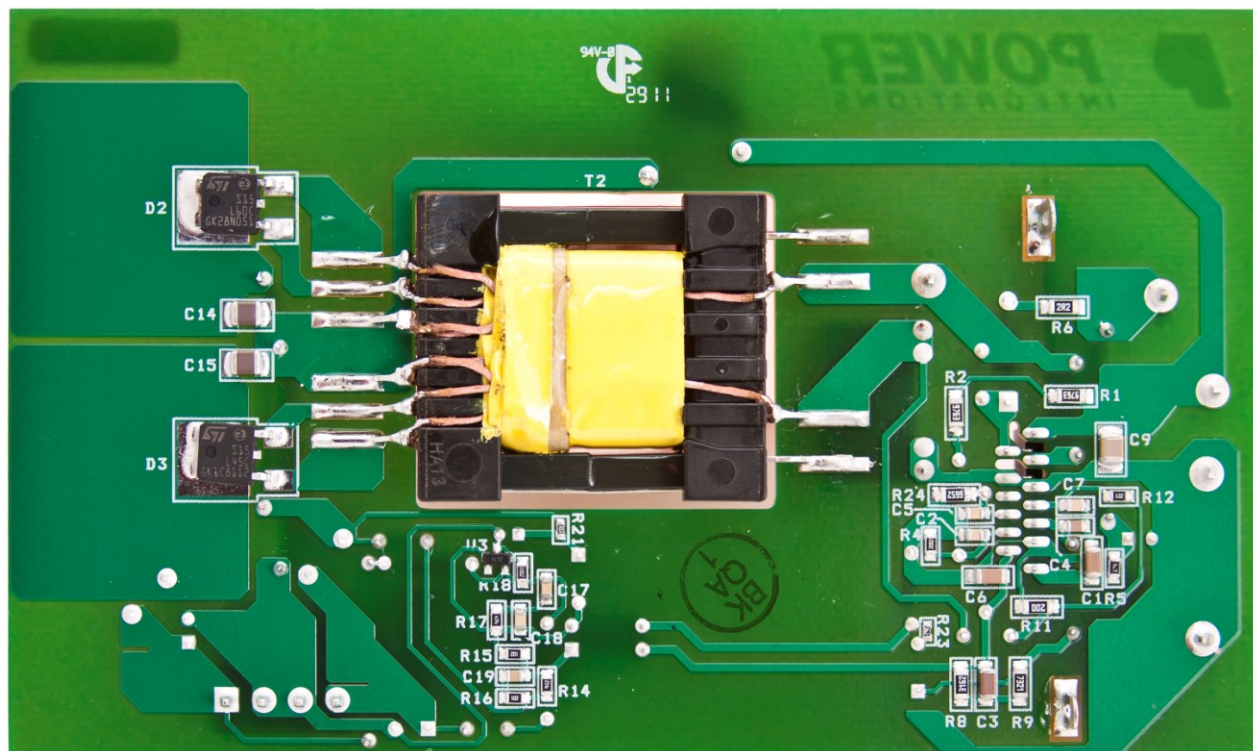


図 2 - 実装基板の写真、底面図

### 3 電源仕様

次の表は、設計上の最小許容性能を示しています。実際の性能は、性能データ セクションを参照してください。

| 概要                | 記号              | 最小   | 標準   | 最大   | 単位  | コメント                                    |
|-------------------|-----------------|------|------|------|-----|---|
| 入力<br>電圧          | $V_{IN}$        | 300  | 380  | 420  | VDC | DC 入力のみ                                 |
| 出力<br>出力電圧 1      | $V_{OUT1}$      | 11.4 | 12   | 12.6 | V   | ±5%                                     |
| 出力 P-P リップル電圧 1   | $V_{RIPPLE1}$   |      |      | 120  | mV  | 20 MHz バンド幅                             |
| 出力電流 1            | $I_{OUT1}$      | 0.01 | 2.33 | 3.00 | A   | 両方の出力の合計負荷 100 W 以下                     |
| 出力電圧 2            | $V_{OUT2}$      | 22.8 | 24   | 25.2 | V   | ±5%                                     |
| 出力 P-P リップル電圧 2   | $V_{RIPPLE2}$   |      |      | 240  | mV  | 20 MHz バンド幅                             |
| 出力電流 2            | $I_{OUT2}$      | 0.01 | 3.00 | 3.00 | A   | 両方の出力の合計負荷 100 W 以下                     |
| 出力電力の合計<br>連続出力電力 | $P_{OUT}$       |      |      | 100  | W   |   |
| ピーク出力電力           | $P_{OUT\_PEAK}$ |      |      | 100  | W   |   |
| 効率<br>負荷 20%      | $\eta$          | 89.5 | 90   |      | %   | DC-DC コンバータ目標効率、<br>25 °C、380 VDC 入力で測定 |
| 負荷 50%            | $\eta$          | 93.3 | 94   |      | %   | DC-DC コンバータ目標効率、<br>25 °C、380 VDC 入力で測定 |
| 負荷 100%           | $\eta$          | 94   | 94.5 |      | %   | DC-DC コンバータ目標効率、<br>25 °C、380 VDC 入力で測定 |



### 4 回路図

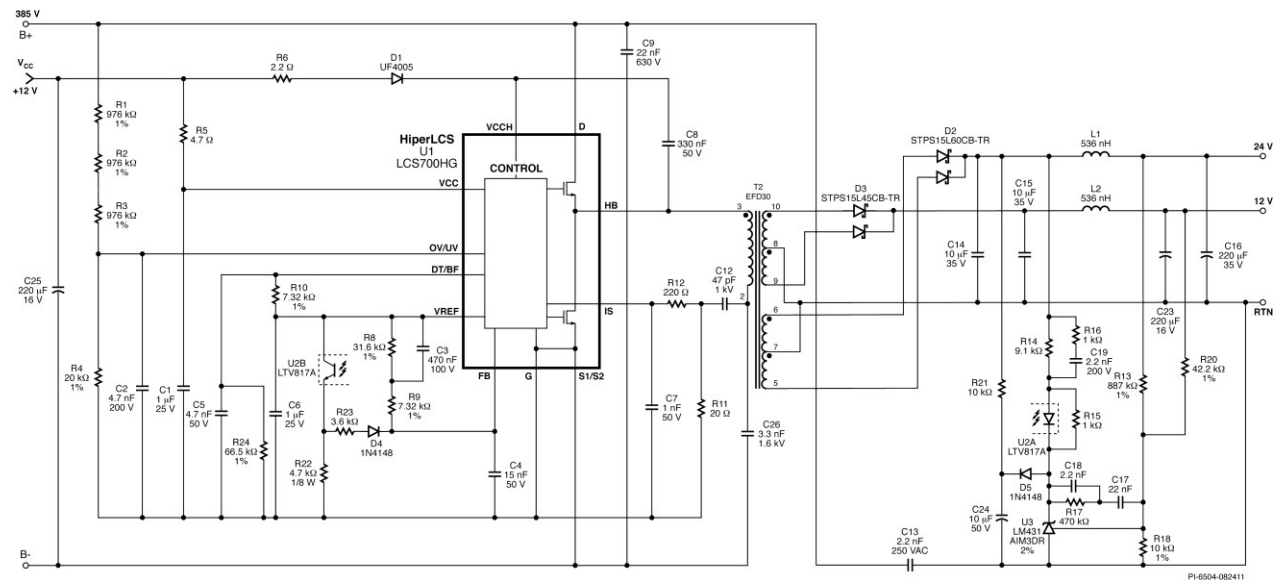


図 3 - 回路図





## 5 回路の説明

図 3 の回路図は、LCD TV アプリケーションでの使用を想定し、LCS700HG デバイスを実装した 12 V / 24 V、100 W LLC DC-DC コンバータを示しています。この回路が動作するには、+12 V 及び +380 V の入力電源が必要です。

正常に動作させるには、+380 V の入力と入力ターンの両端子間に、10  $\mu$ F 以上の整流コンデンサを直接配置した基板を使用する必要があります。

12 V 入力に 15 V を超える電圧を印加しないでください。IC が損傷します。

### 5.1 一次側

集積回路 U1 には、LLC 共振ハーフブリッジ コンバータに必要な制御回路、ドライバ、出力デバイスが内蔵されています。U1 の HB 出力ピンはブロッキング/共振コンデンサ (C26) 経由で出力トランス T2 を駆動します。このコンデンサの定格は、動作リップル電流に対応し、電圧定格は、異常状態時の電圧に耐えるように選択する必要があります。コンデンサ C26 はこれらすべての要件を満たします。

トランス T2 は漏れインダクタンスを 100  $\mu$ H として設計されました。この値と共振コンデンサ C26 の値から、以下の方程式に基づき一次直列共振周波数が 280 kHz 以下に設定されます。

$$f_R = \frac{1}{6.28\sqrt{L_L \times C_R}}$$

この方程式の  $f_R$  は直列共振周波数 (単位ヘルツ) です。 $L_L$  はトランスの漏れインダクタンス (単位ヘンリー) です。そして、 $C_R$  は、共振コンデンサ (C26) の値 (単位ファラッド) です。

トランスの巻線比は、最大負荷時の定格入力電圧の動作周波数が前述の共振周波数をわずかに下回るように一次巻線を調整することによって設定されました。また、二次巻線は、コア損失と銅損のバランスを考慮して選択されました。一次巻線及び二次巻線には AWG #42 リッツ線が使用されました。この巻線ゲージにより 270 kHz 以下での効率が向上します。それぞれの巻線本数 (ストランド数) は、巻線棒と銅損のバランスをとって選択されました。コア材料は Ferroxcube 3F3 で、これは高周波動作に最適です。TDK PC95 も適切に動作します。270 kHz の動作周波数は、トランスのサイズ、出力フィルタ コンデンサ、及び効率の最もバランスのとれた値です。

部品 D1、R6、及び C8 は、ブートストラップ回路を構成して、U1 のトップ サイドドライバを供給します。部品 R5 及び C1 は、+12 V 入力をフィルタ及びバイパスします。分圧器 R1 ~ R4 は U1 の高電圧ターンオンと過電圧スレッシュホールドを設定します。分圧器の値は、定格入力過電圧 473 VDC で、LLC ターンオン スレッシュホールドが 360 VDC、ターンオフ スレッシュホールドが 285 VDC となるように選択されています。



コンデンサ C9 は、+380 V 入力の高周波バイパス コンデンサです。

コンデンサ C12 は、C26 とともに電流分割器を形成します。C12 は、一次電流の一部をサンプリングするのに使用されます。抵抗 R11 がこの電流を検出します。結果として生じた信号は、R12 と C7 によってフィルタされます。コンデンサ C12 の定格は、異常状態時のピーク電流に対応する必要があります。また、C12 には、フィルム、NPO/COG セラミックなどの安定した低損失誘電体を使用する必要があります。選択された値に基づいて、以下の方程式から 1 サイクル (高速) のカレントリミットが 3.2 A 以下に、8 サイクル (低速) のカレントリミットが 1.8 A 以下に設定されます。

$$I_{CL} = \frac{0.5}{\left(\frac{C12}{C26 + C12}\right)}(R11)$$

$I_{CL}$  は、8 サイクルのカレントリミット (単位アンペア) です。R11 は、単位がオームです。C26 と C12 は、それぞれ共振コンデンサと電流サンプリング コンデンサの値 (単位ナノファラッド) です。1 サイクルのカレントリミットについては、上記の方程式の分子で 0.5 V の代わりに 0.9 V を使用します。

抵抗 R12 とコンデンサ C7 は、IS ピンへの一次電流信号をフィルタします。抵抗 R12 の最大許容抵抗は、220 Ω に設定されています。C7 の値は、ノイズによる誤動作を防ぐために 1 nF に設定されています。ただし、この値は、前述の計算によるカレントリミット設定値に大きく影響するほど高くはありません。これらの部品は、最大の効果が得られるように直接 IS ピンに接続する必要があります。

抵抗 R10 は、デッドタイムを 320 ns に設定します。FEEDBACK (FB) ピンには、この FB ピンに流れる μA あたり 2.6 kHz という近似特性があります。FB ピンへの電流は、U1 の動作周波数を増加させ、出力電圧を軽減します。R8 と R9 の直列接続により、U1 の最小動作周波数が設定されます。一般に、この値は、出力での最大負荷かつ最小整流コンデンサ電圧でのレギュレーションに必要な周波数より少し低く設定されます。抵抗 R8 は C3 によってバイパスされます。これは、フィードバック ループのオープン時に、最初により大きな電流が FB ピンに流れるようにすることによって、起動時の出力ソフトスタートを実現するためです。この結果、スイッチング周波数が高い周波数から始まり、その後、出力電圧がレギュレーションになるまで小さくなります。抵抗 R9 は通常、ソフトスタート時の初期周波数が R10 で設定される最大スイッチング周波数と等しくなるように、R10 と同じ値に設定されます。R9 の値が R10 の値を下回ると、スイッチングの開始の前にディレーが発生します。

フォトカプラ U2 は、IC U1 の FEEDBACK ピンを駆動します。コンデンサ C4 は FB ピンをフィルタします。C4 には 15 nF のコンデンサを使用しています。これは FB ピンでのノイズ カップリングで一次デューティ サイクルの対称性が損なわれるのを回避するためです。通常、C4 の値を非常に高くすると不安定になります。



抵抗 R22 によってフォトカプラに負荷がかかり、バーストモード時に大信号過渡応答が高速化されます。推奨される値は 4.7 k $\Omega$  までです。フォトカプラのカットオフが発生した場合、ダイオード D4 によって R22 が R8 に負荷をかけるのを防ぎます。抵抗 R23 によって PSU の ESD 及びサージの耐性が改善されます。また、バーストモード出力リップル電圧も改善されます。フォトカプラが飽和し、FB ピンが 2.0 V である場合、最大値は FB ピン電流が DT/BF ピン電流に等しくなるようにする必要があります (PIXIs HiperLCS 計算シートを参照)。これは、フィードバックループでスイッチング周波数が  $F_{STOP}$  を下回ることができなかつたために HiperLCS が起動モードを終了しない場合、 $F_{MAX}$  でバーストして軽負荷で制御できるようにするためです。

バーストモード時にパワー伝送部で ZVS の部分的消失 (不完全な ZVS) が発生することがあります。大半のスイッチングパルスで ZVS が失われると、効率性が犠牲になります。入力及び負荷の範囲によっては、効率が著しく低下する場合があります。これは、バーストデューティサイクルが高く (15 ~ 30%)、パルスの大部分で ZVS の損失が著しい場合に発生し、高い入力電圧に対し負荷が軽くなった時 (たとえば 420 VDC で負荷が 1%) に悪化する傾向があります。ZVS の損失が、デバイスの加熱、シャットダウン、損傷につながる場合があります。デッドタイムを低下 ( $F_{MAX}$  を上昇) させたり、 $F_{START}$  を上昇させたりすると状況が悪化します。これは、さらに高い動作周波数によってトランス励磁電流が低下し、MOSFET 出力容量 ( $C_{OSS}$ ) を充電及び放電するトランスに蓄積されるエネルギーが少なくなるためです。現実の設計では PFC 出力電圧が際限なく異常に高い値にとどまることはありませんが、負荷変動の場合は短時間で定格値に戻ります。これは、バーストモードでの ZVS 損失を確認する際に考慮すべきは最大定格 PFC 出力電圧のみであることを示しています。

## 5.2 出力整流

トランス T2 の出力は、ダイオード D2 と D3、そしてコンデンサ C14 と C15 で整流及びフィルタされます。これらのコンデンサは X5R 誘電体であり、出力リップル電流定格規格値があり、慎重に選ばれています。このアプリケーションでは、標準 Z5U 誘導体コンデンサの使用は困難です。追加の出力フィルタは、L1、L2、C16、C23 によって行われます。抵抗 R13、R20、R18 は、U3 基準電圧とともに、電源の出力電圧を設定します。12 V 出力がレギュレーション全体を支配するように電圧センス抵抗が設定されます。エラーアンプ U3 は、R14 経由でフィードバックフォトカプラ U2 を駆動します。部品 C17-19 及び R14-17 は、コンバータのゲイン位相特性を決定します。



### その他の情報

スマートフォンと [www.neoreader.com](http://www.neoreader.com) の無料ソフトウェア (またはお使いのスマートフォンのアプリケーションストアにあるその他の無料 QR コードリーダー) を使用して、当社 Web サイトの関連コンテンツに接続してください。



## 6 PCB レイアウト

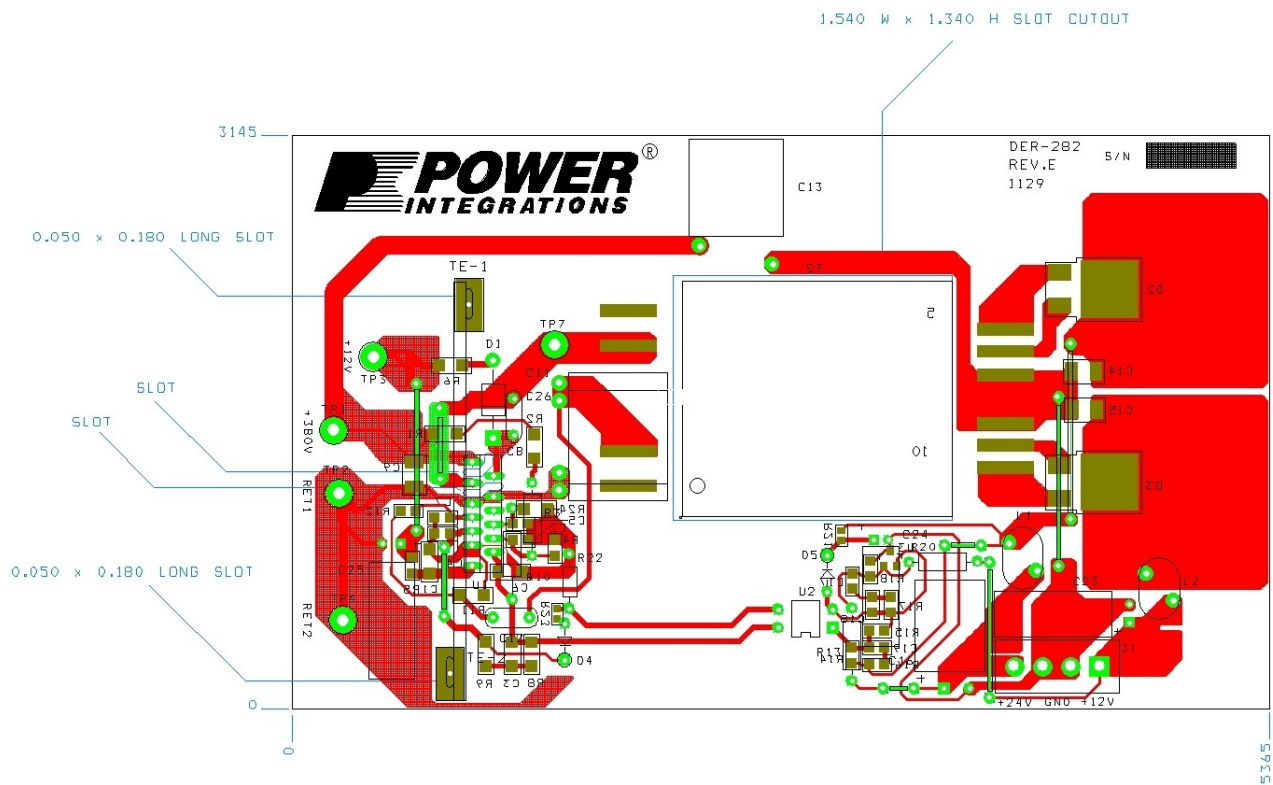


図 4 - 基板レイアウト



## 7 部品表

| 項目 | 数量 | 参照略号                     | 概要  | 製造部品番号             | 製造                  |
|----|----|--------------------------|---|--------------------|---------------------|
| 1  | 2  | C1 C6                    | 1 $\mu$ F、25 V、セラミック、X7R、1206                             | C3216X7R1E105K     | TDK                 |
| 2  | 1  | C2                       | 4.7 nF、200 V、セラミック、X7R、0805                               | 08052C472KAT2A     | AVX                 |
| 3  | 1  | C3                       | 470 nF、100 V、セラミック、X7R、1206                               | C3216X7R2A474K     | TDK                 |
| 4  | 1  | C4                       | 15 nF、50 V、セラミック、X7R、0805                                 | ECJ-2VB1H153K      | Panasonic           |
| 5  | 1  | C5                       | 4.7 nF、50 V、セラミック、X7R、0805                                | ECJ-2VB1H472K      | Panasonic           |
| 6  | 1  | C7                       | 1 nF、50 V、セラミック、X7R、0805                                  | ECJ-2VB1H102K      | Panasonic           |
| 7  | 1  | C8                       | 330 nF、50 V、セラミック、X7R                                     | B37984M5334K000    | Epcos               |
| 8  | 1  | C9                       | 22 nF、630 V、セラミック、X7R、1210                                | GRM32QR72J223KW01L | Murata              |
| 9  | 1  | C12                      | 47 pF、1,000 V、ディスク セラミック                                  | 561R10TCCQ47       | Vishay              |
| 10 | 1  | C13                      | 2.2 nF、セラミック、Y1   | 440LD22-R          | Vishay              |
| 11 | 2  | C14 C15                  | 10 $\mu$ F、35 V、セラミック、X5R、1210                            | GMK325BJ106KN-T    | Taiyo Yuden         |
| 12 | 1  | C16                      | 220 $\mu$ F、35 V、電解、低 ESR、90 m $\Omega$ 、(8 x 15)         | ELXZ350ELL221MH15D | Nippon Chemi-Con    |
| 13 | 1  | C17                      | 22 nF、200 V、セラミック、X7R、0805                                | 08052C223KAT2A     | AVX                 |
| 14 | 1  | C18                      | 2.2 nF、200 V、セラミック、X7R、0805                               | 08052C222KAT2A     | AVX                 |
| 15 | 1  | C19                      | 2.2 nF、50 V、セラミック、X7R、0805                                | ECJ-2VB1H222K      | Panasonic           |
| 16 | 2  | C23 C25                  | 220 $\mu$ F、16 V、電解、低 ESR、180 m $\Omega$ 、(6.3 x 15)      | ELXZ160ELL221MF15D | Nippon Chemi-Con    |
| 17 | 1  | C24                      | 10 $\mu$ F、50 V、電解、汎用、(5 x 11)                            | EKMG500ELL100ME11D | Nippon Chemi-Con    |
| 18 | 1  | C26                      | 3.3 nF、1,600 V、フィルム                                       | B32652J1332J       | Epcos               |
| 19 | 1  | D1                       | 600 V、1 A、超高速リカバリー、75 ns、DO-41                            | UF4005-E3          | Vishay              |
| 20 | 1  | D2                       | 60 V、7.5 A、ショットキー、SMD、DPAK                                | STPS15L60CB-TR     | ST                  |
| 21 | 1  | D3                       | 45 V、7.5 A、デュアル ショットキー、TO-252AA (D-PAK)                   | STPS15L45CB-TR     | ST                  |
| 22 | 2  | D4 D5                    | 75 V、300 mA、高速スイッチング、DO-35                                | 1N4148TR           | Vishay              |
| 23 | 1  | ESIPCLIP<br>M4<br>METAL1 | ヒートシンク ハードウェア、エッジ クリップ、長さ 20.76 mm x 幅 8 mm x 厚さ 0.015 mm | NP975864           | Aavid Thermalloy    |
| 24 | 1  | GREASE1                  | サーマル グリース、シリコン、5 オンス チューブ                                 | CT40-5             | ITW Chemtronics     |
| 25 | 1  | HS1                      | ヒートシンク、カスタム、アルミニウム、3003、厚さ 0.62                           |                    | Custom              |
| 26 | 1  | J1                       | 4 ポジション (1 x 4) ヘッダー、0.156 ピッチ、垂直                         | 26-48-1045         | Molex               |
| 27 | 4  | JP1 JP2<br>JP3 JP4       | ジャンパー線、[テフロンなど高熱] 絶縁、#22 AWG、1 インチ                        | 2855/1 WH005       | AlphaWire           |
| 28 | 2  | JP5 JP6                  | ジャンパー線、[テフロンなど高熱] 絶縁、#22 AWG、0.5 インチ                      | 2855/1 WH005       | AlphaWire           |
| 29 | 2  | JP7 JP8                  | ジャンパー線、[テフロンなど高熱] 絶縁、#22 AWG、0.25 インチ                     | 2855/1 WH005       | AlphaWire           |
| 30 | 2  | L1 L2                    | 536 nH、電力用 T 型巻鉄心、2 ピン、出力                                 |                    |                     |
| 31 | 1  | NUT1                     | ナット、六角、Kep 4-40、S ZN Cr3 メッキ RoHS                         | 4CKNTZR            | 任意の RoHS 指令<br>適合製造 |
| 32 | 2  | R1 R2                    | 976 k $\Omega$ 、1%、1/4 W、厚膜、1206                          | ERJ-8ENF9763V      | Panasonic           |
| 33 | 1  | R3                       | 976 k $\Omega$ 、1%、1/4 W、メタル フィルム                         | MFR-25FBF-976K     | Yageo               |
| 34 | 1  | R4                       | 20 k $\Omega$ 、1%、1/8 W、厚膜、0805                           | ERJ-6ENF2002V      | Panasonic           |
| 35 | 1  | R5                       | 4.7 $\Omega$ 、5%、1/8 W、厚膜、0805                            | ERJ-6GEYJ4R7V      | Panasonic           |
| 36 | 1  | R6                       | 2.2 $\Omega$ 、5%、1/4 W、厚膜、1206                            | ERJ-8GEYJ2R2V      | Panasonic           |
| 37 | 1  | R8                       | 31.6 k $\Omega$ 、1%、1/4 W、厚膜、1206                         | ERJ-8ENF3162V      | Panasonic           |
| 38 | 1  | R9                       | 7.32 k $\Omega$ 、1%、1/4 W、厚膜、1206                         | ERJ-8ENF7321V      | Panasonic           |
| 39 | 1  | R10                      | 7.32 k $\Omega$ 、1%、1/4 W、メタル フィルム                        | MFR-25FBF-7K32     | Yageo               |
| 40 | 1  | R11                      | 20 $\Omega$ 、5%、1/4 W、厚膜、1206                             | ERJ-8GEYJ200V      | Panasonic           |



|    |   |         |   |                   |                    |
|----|---|---------|---|-------------------|--------------------|
| 41 | 1 | R12     | 220 Ω、5%、1/8 W、厚膜、0805                    | ERJ-6GEYJ221V     | Panasonic          |
| 42 | 1 | R13     | 887 kΩ、1%、1/4 W、メタル フィルム                  | MFR-25FBF-887K    | Yageo              |
| 43 | 1 | R14     | 9.1 kΩ、5%、1/8 W、厚膜、0805                   | ERJ-6GEYJ912V     | Panasonic          |
| 44 | 2 | R15 R16 | 1 kΩ、5%、1/8 W、厚膜、0805                     | ERJ-6GEYJ102V     | Panasonic          |
| 45 | 1 | R17     | 470 kΩ、5%、1/8 W、厚膜、0805                   | ERJ-6GEYJ474V     | Panasonic          |
| 46 | 1 | R18     | 10 kΩ、1%、1/8 W、厚膜、0805                    | ERJ-6ENF1002V     | Panasonic          |
| 47 | 1 | R20     | 42.2 kΩ、1%、1/4 W、メタル フィルム                 | MFR-25FBF-42K2    | Yageo              |
| 48 | 1 | R21     | 10 kΩ、5%、1/10 W、厚膜、0603                   | ERJ-3GEYJ103V     | Panasonic          |
| 49 | 1 | R22     | 4.7 kΩ、5%、1/8 W、カーボン フィルム                 | CFR-12JB-4K7      | Yageo              |
| 50 | 1 | R23     | 3.6 kΩ、5%、1/10 W、厚膜、0603                  | ERJ-3GEYJ362V     | Panasonic          |
| 51 | 1 | R24     | 66.5 kΩ、1%、1/4 W、厚膜、1206                  | ERJ-8ENF6652V     | Panasonic          |
| 52 | 1 | SCREW1  | SCREW MACHINE PHIL 4-40 X 1/4 SS          | PMSSS 440 0025 PH | Building Fasteners |
| 53 | 1 | T2      | カスタム トランス、EFD30、Horz、10ピン (1次側 4 x 2次側 6) |                   | Power Integrations |
| 54 | 1 | TE1 TE2 | 丸形板端子、錫プレート黄銅、Zierick PN 190              | 190               | Zierick            |
| 55 | 1 | TP1     | 試験点、黄、スルーホール実装                            | 5014              | Keystone           |
| 56 | 2 | TP2 TP4 | 試験点、黒、スルーホール実装                            | 5011              | Keystone           |
| 57 | 1 | TP3     | 試験点、赤、スルーホール実装                            | 5010              | Keystone           |
| 58 | 1 | TP7     | 試験点、白、スルーホール実装                            | 5012              | Keystone           |
| 59 | 1 | U1      | HiperLCS、ESIP16/13                        | LCS700HG          | Power Integrations |
| 60 | 1 | U2      | フォトカプラ、35 V、CTR 80 ~ 160%、4 DIP           | LTV-817A          | Liteon             |
| 61 | 1 | U3      | IC、REG ZENER SHUNT ADJ SOT-23             | LM431AIM3/NOPB    | National Semi      |
| 62 | 1 | WASHER1 | 平ワッシャー #4 SS                              | FWSS 004          | Building Fasteners |



## 8 トランスの仕様

### 8.1 回路図

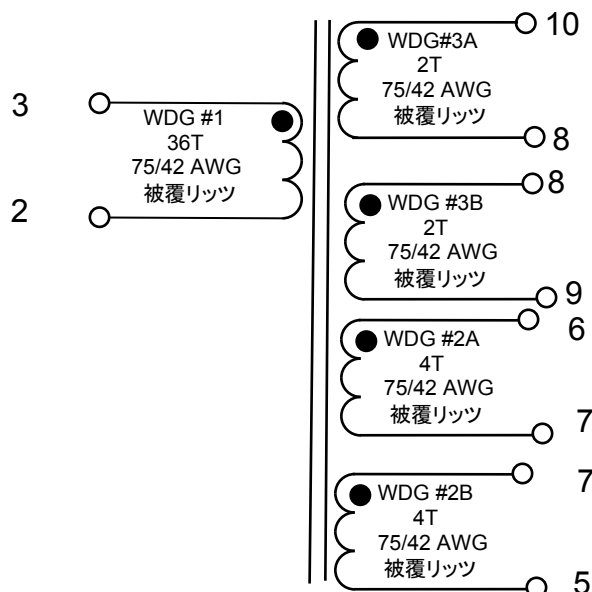


図 5 – トランスの回路図

### 8.2 電気仕様

|             |   |               |
|-------------|---|---------------|
| 耐電圧         | 1 秒間、60 Hz、3 ~ 2 から 6 ~ 10 まで   | 500 VAC       |
| 一次インダクタンス   | 他の巻線をすべてオープンした状態でピン 3 ~ 2 を<br>100 kHz、0.4 V <sub>RMS</sub> で測定           | 440 μH ±5%    |
| 共振周波数       | ピン 3 ~ 2、他の巻線をすべてオープンした状態   | 1400 kHz (最小) |
| 一次漏れインダクタンス | ピン 5、6、7、8、9、10 をショートした状態で、ピン 3 ~ 2 を<br>100 kHz、0.4 V <sub>RMS</sub> で測定 | 100 μH        |

### 8.3 材料

| 項目  | 概要  |
|-----|---|
| [1] | コア: EFD30 Ferroxcube 3F3 材料またはそれと同等の製品。             |
| [2] | ボビン: EFD30 垂直、10 ピン、(1 次側 4 x 2 次側 6) カスタム SMT ボビン。 |
| [3] | テープ: ポリエステル ウェブ: 3M #44 またはそれと同等の製品、3.0 mm 幅。       |
| [4] | テープ: ポリエステル フィルム 3M 1350F-1 またはそれと同等の製品、12.2 mm 幅。  |
| [5] | テープ: ポリエステル フィルム 3M 1350F-1 またはそれと同等の製品、5 mm 幅。     |
| [6] | マグネット ワイヤ: 75/#42 単層コート被覆リッツ線。                      |
| [7] | トランスのワニス Dolph BC-359 またはそれと同等の製品。                  |

注: 安全要件に適合するよう、一部のアプリケーションではトランスを再設計する必要がある場合があります。



### 8.4 トランスの構造図

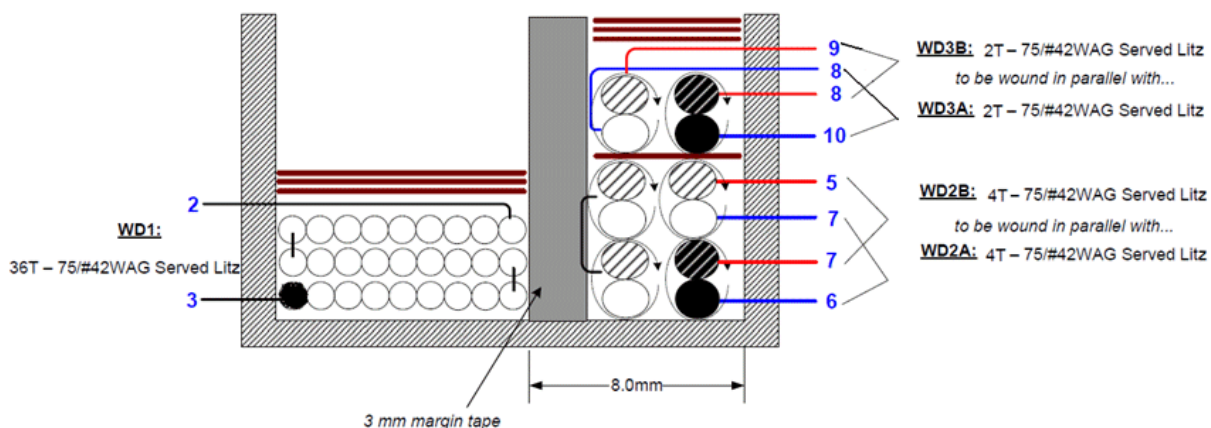


図 6 - トランスの構造図

### 8.5 ボビン - ピン番号

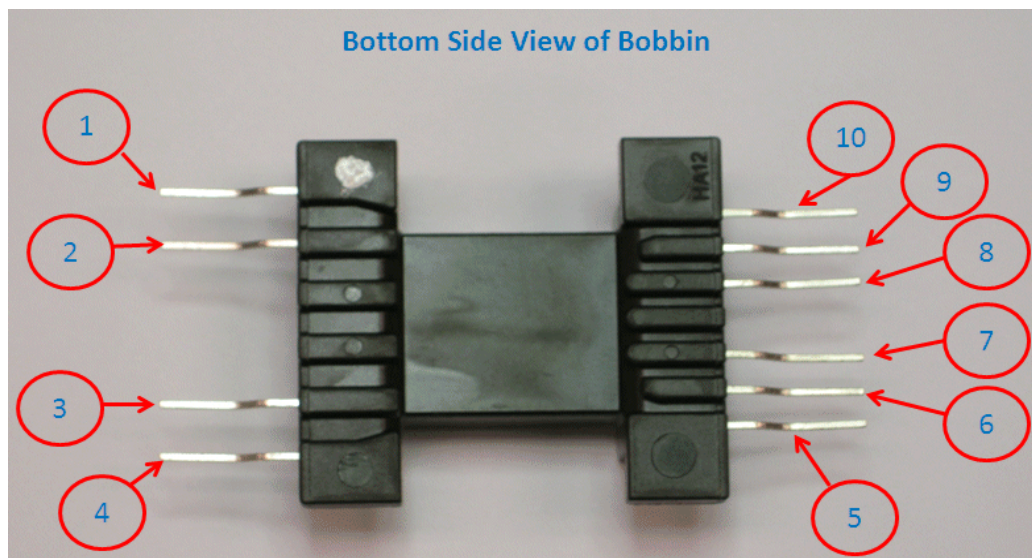


図 7 - ボビンのピン番号



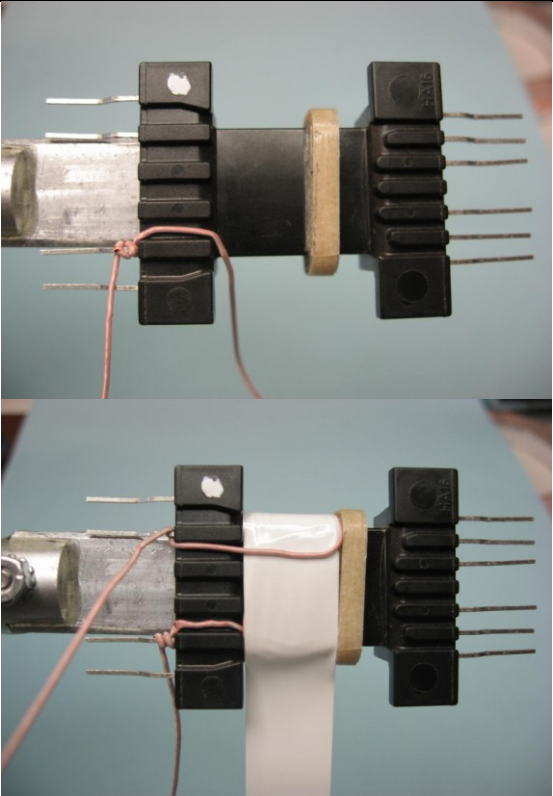
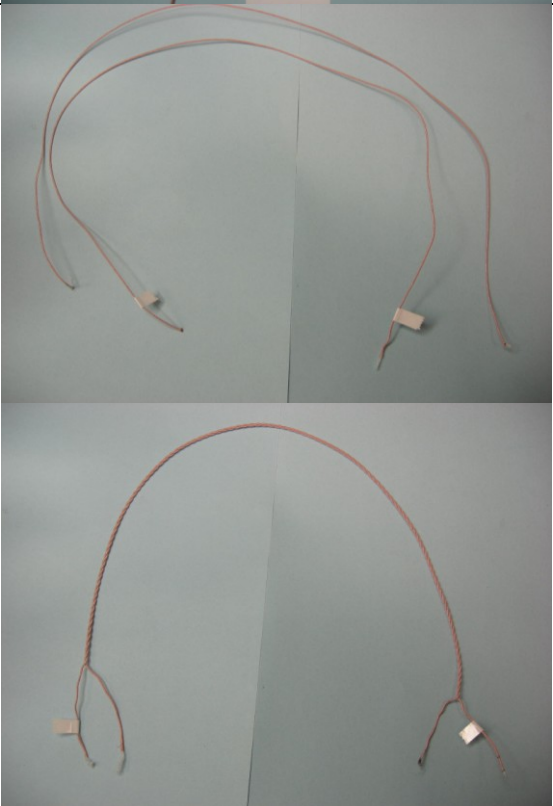
## 8.6 トランス構造

|                         |   |
|-------------------------|---|
| 巻線の準備                   | コアを適切に装着するには、細いコース ファイルを使用し、約 0.5 mm のボビン材料を一次側及び二次側にある短いフランジから削除します。図のようにボビンの右側にマージン テープ [3] を貼ります。ボビンの右側からテープの左側の 8 mm になるところに貼り付けてください。          |
| WD1<br>(一次側)            | 図に示されている位置から始めて、リッツ線 [6] をボビン左側に 36 回、3 層巻き付けます。テープ [4] 1 層で巻線を固定します。   |
| 二次巻線の準備                 | リッツ線項目 [6] の長さ 15 インチのストランドを 2 本準備します。このストランドの終端を錫メッキし、各終端に 1 インチの長さを残しながら、2 本のストランド全体を均等に最大 65 回ツイストして 1 本にします。このケーブルは一方が 6 及び 7、他方が 7 及び 5 となります。 |
| WDG2A 及び WDG2B<br>(二次側) | 図のように 6 と 7 から始め、マージン テープとボビン右側の間のセクションで 4 回巻き付け、図のように 7 と 5 で終了します。  |
| 絶縁                      | テープ [5] を 1 回巻き付けて固定します。  |
| 二次巻線の準備                 | リッツ線 [6] の長さ 7.5 インチのストランドを 2 本準備し、このストランドの終端を錫メッキします。各終端に 1 インチの長さを残しながら、ストランド全体を均等に最大 30 回ツイストして 1 本にします。このケーブルは一方が 10 及び 8、他方が 8 及び 9 となります。     |
| WDG3A 及び WDG3B<br>(二次側) | 図のように 10 と 8 から始め、マージン テープとボビン右側の間のセクションで 2 回巻き付け、図のように 8 と 9 で終了します。   |
| 絶縁                      | テープ項目 [5] を 1 層貼り、巻線を固定します。   |
| 終了                      | ピン 2 と 3 の間で $440 \mu\text{H} \pm 5\%$ のインダクタンスを実現するために、一方のコアのセンター レッグを研磨します。センター レッグが研磨されたコアを使い、ボビンの一次側でコアの両半分を組み立てます。(項目 [7]) に浸漬ワニスをしめます。        |

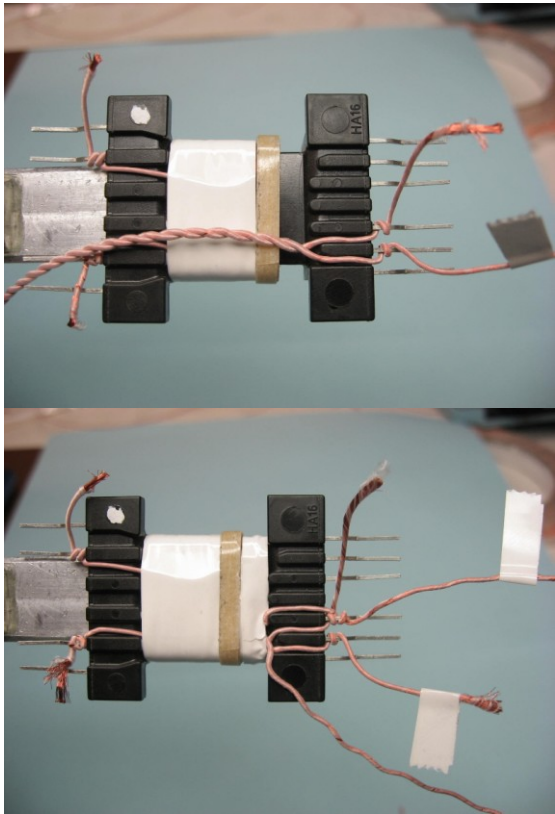
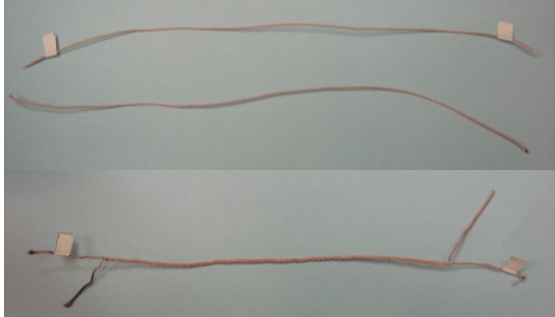


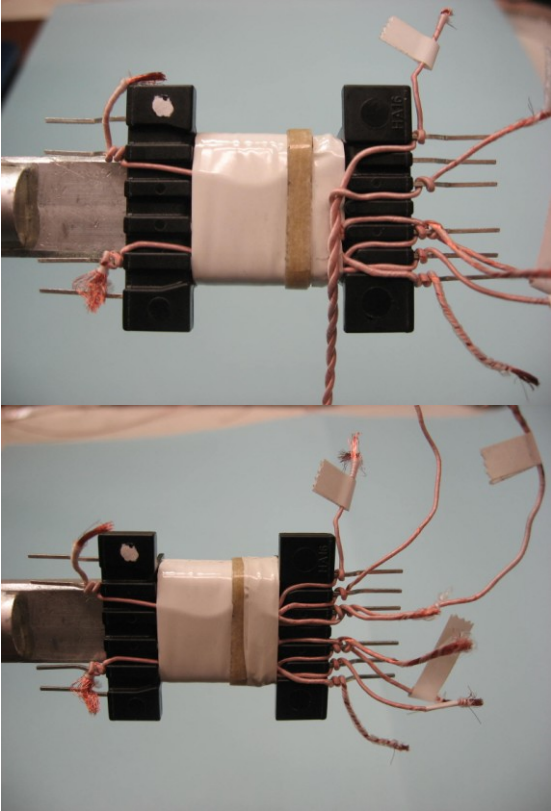
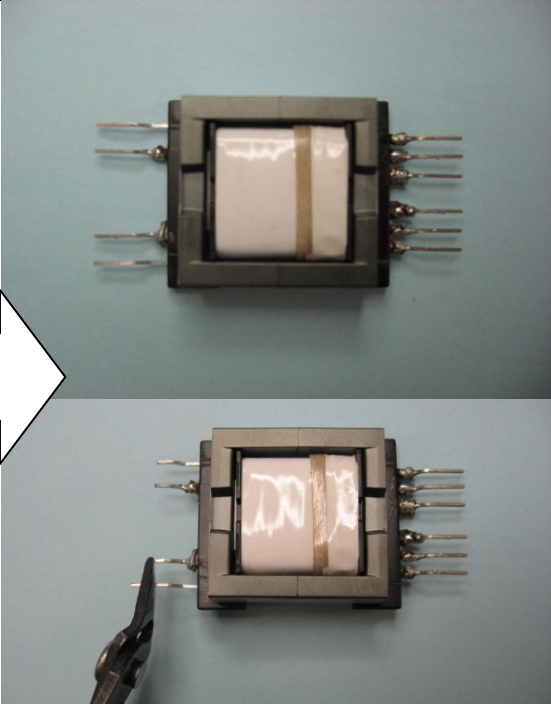
## 8.7 巻線の図

|                |  |  |
|----------------|--|--|
| <p>ボビンの準備</p>  |   | <p>コアの両半分を適切に装着するには、細いコース ファイルを使用し、約 0.5 mm のボビン材料を一次側及び二次側にある短いフランジから削除します。</p>   |
| <p>バリア テープ</p> |  | <p>ボビン項目 [2] を巻線軸に配置し、ピン 1 が左側になるようにします。</p> <p>二次側フランジから 8 mm の位置に、3 mm のバリア テープ [3] を 20 回巻き付けます。テープの高さは、ボビン フランジの高さと同一である必要があります。</p> |

|                             |   |   |
|-----------------------------|---|---|
| <p><b>WD1</b><br/>(一次側)</p> |   | <p>ピン 3 から始めて、被覆リッツ線 [6] を 3 層で 36 回巻き付け、ピン 2 で終了します。テープ [4] を 3 回巻き付けて巻線を固定します。</p>  |
| <p><b>WD2 の準備</b></p>       |  | <p>被覆リッツ線 [6] のストランド 2 本を、それぞれ 15 インチの長さに切断します。リッツ線の 1 本のストランドを、テープや他の種類のマーキング材料でマークします。最大 65 回ツイストして 2 本のストランドを 1 本にします。各終端に約 1 インチ残します。</p> |

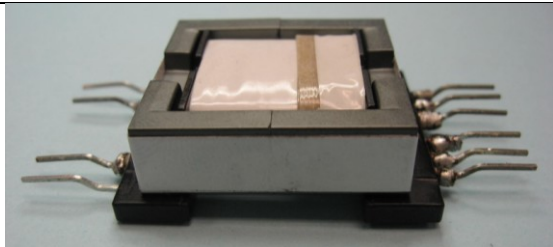


|                                      |  |  |
|--------------------------------------|--|--|
| <p><b>WD2A 及び WD2B<br/>(二次側)</b></p> |   | <p>前のステップで準備した被覆リッツ組み立てを使用して、ピン 6 でマークされている端とピン 7 でマークされていない端から始め、4 回巻き付けます。ピン 7 でマークされている端とピン 5 でマークされていない端で終了します。テープ [5] を 1 回巻き付けて巻線を固定します。</p> |
| <p><b>WD3 の準備</b></p>                |  | <p>被覆リッツ線 [6] のストランド 2 本を、それぞれ 7 インチの長さに切断します。リッツ線の 1 本のストランドを、テープや他の種類のマーキング材料でマークします。最大 30 回ツイストして 2 本のストランドを 1 本にします。各終端に約 1 インチ残します。</p>       |

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p>WD3A 及び WD3B<br/>(二次側)</p>                  |    | <p>前のステップで準備した被覆リッツ組み立てを使用して、ピン 10 でマークされている端とピン 8 でマークされていない端から始め、2 回巻き付けます。ピン 8 でマークされている端とピン 9 でマークされていない端で終了します。テープ [5] を 3 回巻き付けて巻線を固定します。</p>   |
| <p>終了</p> <p>センターレグが研磨されたコアを、ボビンの左側に挿入します。</p> |  | <p>線の終端をすべてはんだ付けします。</p> <p>ピン 2 と 3 の間で <math>440 \mu\text{H} \pm 5\%</math> のインダクタンスを実現するために、コアの一方 [1] のセンターレグを研磨します。センターレグが研磨されたコアと研磨されていないコアを使い、固定します。</p> <p>各ボビンピンから 3.5 mm 切り取ります。</p> |



終了 (続き)



[7] に浸漬ワニスをします。



## 9 出力インダクタの仕様

インダクタ L1 及び L2 はそれぞれ、Micrometals T30-26 鉄心トロイダル コアで #22 AWG マグネット ワイヤを 4 回巻き付けたものです。

### 9.1 電気仕様

|         |   |             |
|---------|---|-------------|
| インダクタンス | 他の巻線をすべてオープンした状態で、ピン FL1 ~ FL2 を 100 kHz、0.4 V <sub>RMS</sub> で測定 | 536 nH、±15% |
|---------|---|-------------|

### 9.2 材料リスト

| 項目  | 概要                                    |
|-----|---------------------------------------|
| [1] | 鉄心トロイダル コア: Micrometals T30-26        |
| [2] | マグネット ワイヤ: #22 AWG はんだ付け可能な 2 層コーティング |



## 10 LLC 共振コンバータ設計計算シート

| HiperLCS_041311;<br>Rev.1.0; Copyright<br>Power Integrations<br>2011 | 入力     | 情報 | 出力     | 単位      | HiperLCS_041311_Rev1-0.xls、HiperLCS ハーフブリッジ、連続モード LLC 共振コンバータ設計計算シート   |
|--|--------|----|--------|---------|--|
| <b>入力パラメータの入力</b>  |        |    |        |         |  |
| VBULK_NOM  |        |    | 380    | V       | 定格 LLC 入力電圧  |
| Vbrownout  |        |    | 280    | V       | 停止スレッシュホールド電圧。電圧がこの値を下回ると、HiperLCS がシャットダウンします。許容値は VBULK_NOM の 65 ~ 76% です。保持時間に対しては 65% に設定します                       |
| Vbrownin   |        |    | 353    | V       | 整流コンデンサの起動スレッシュホールド  |
| VOV_shut   |        |    | 465    | V       | 整流電圧の OV 保護  |
| VOV_restart  |        |    | 448    | V       | OV 保護の後のリスタート電圧  |
| CBULK  |        |    | 69     | uF      | 保持時間要求に合わせた整流コンデンサの最小値。保持時間と Vbulkmin を調整して、整流コンデンサの値を変更します  |
| tHOLDUP  |        |    | 21.8   | ms      | 整流コンデンサ保持時間  |
| <b>LLC (二次) 出力の入力</b>  |        |    |        |         | <b>計算シートでは、二次側の AC 積み上げと想定されません</b>  |
| VO1  | 12.00  |    | 12.0   | V       | メイン出力電圧。計算シートでは、安定化出力と想定されます   |
| IO1  | 2.32   |    | 2.3    | A       | メイン出力最大電流  |
| VD1  | 0.60   |    | 0.60   | V       | メイン出力のダイオードの順方向電圧  |
| PO1  |        |    | 28     | W       | メイン LLC 出力からの出力電力  |
| VO2  | 24.00  |    | 24.0   | V       | 第二出力電圧   |
| IO2  | 3.00   |    | 3.0    | A       | 第二出力電流   |
| VD2  | 0.60   |    | 0.60   | V       | 第二出力で使用されるダイオードの順方向電圧  |
| PO2  |        |    | 72.00  | W       | 第二 LLC 出力からの出力電力   |
| P_LL   |        |    | 100    | W       | 指定された総 LLC 出力電力  |
| <b>LCS デバイスの選択</b>   |        |    |        |         |  |
| デバイス   | 自動     |    | LCS700 |         | LCS デバイス   |
| RDSON (最大)   |        |    | 2.78   | Ω       | 選択したデバイスの RDSON (最大)   |
| Coss   |        |    | 125    | pF      | 選択したデバイスの等価 Coss   |
| Cpri   |        |    | 40     | pF      | トランスの一次側の浮遊容量  |
| PCOND_LOSS   |        |    | 1.3    | W       | 公称電圧及び最大負荷での導通損失   |
| TMAX_HS  |        |    | 90     | deg C   | 最大ヒートシンク温度   |
| Theta J-HS   |        |    | 10.1   | deg C/W | ヒートシンクへの熱抵抗ジャンクション (グリース使用、絶縁体なし)  |
| 推定ジャンクション温度  |        |    | 103    | deg C   | 推定ジャンクション温度  |
| Ta 最大  |        |    | 50     | deg C   | 推定最大周囲温度   |
| Theta HS-A   |        |    | 31     | deg C/W | 周囲に対する必要な熱抵抗ヒートシンク   |
| <b>LLC 共振パラメータとトランスの計算 (赤色の曲線を生成)</b>                                |        |    |        |         |  |
| Po   |        |    | 103    | W       | ダイオード損失を含む LLC コンバータからの出力  |
| Vo   |        |    | 12.60  | V       | トランス巻線のメイン出力 (ダイオード降下を含む)  |
| f_target   |        |    | 250    | kHz     | PFC 及び LLC に必要な最大負荷時スイッチング周波数。66 ~ 300 kHz、250 kHz を推奨   |
| Lpar   |        |    | 340    | uH      | 並列インダクタンス。(Lpar = Lopen - Lres (一体型トランスの場合)、Lpar = Lmag (漏れが小さい非一体型トランスの場合))   |
| Lpri   | 440.00 |    | 440    | uH      | 一体型トランスの一次オープン回路インダクタンス。漏れの小さいトランスの場合は、一次インダクタンスと直列インダクタの和になります。空白のままにした場合、自動計算によって、80% の Vnom における ZVS の損失に必要な値が示されます |





|                                |        |       |     |   |
|--------------------------------|--------|-------|-----|---|
| Lres                           | 100.00 | 100.0 | uH  | 一体型トランスの直列インダクタンスまたは一次漏れインダクタンス。空白にした場合、K=4 の自動計算が行われず                                |
| Kratio                         |        | 3.4   |     | Lpar と Lres の比率。2.1 < K < 11 になるように K の値を維持します。推奨される Lres は、K < 7 のようになります            |
| Cres                           | 3.30   | 3.3   | nF  | 直列共振コンデンサ。背景が赤のセルは、赤のグラフで表されます。Lpar、Lres、Cres、及び n_RATIO_red_graph が空白の場合は、自動計算が行われます |
| Lsec                           |        | 1.358 | uH  | メイン出力の 1 つの位相の二次側インダクタンス。測定して値を入力するか、測定された値と一致するように f_predicted を調整します                |
| m                              |        | 50    | %   | 漏れ分布係数 (一次と二次)。99% は、漏れの多くが一次側にあることを示します  |
| n_eq                           |        | 15.82 |     | LLC 等価回路の最適なトランスの巻線比  |
| Npri                           | 36.0   | 36.0  |     | 一次巻数。入力しない場合、デフォルト値が自動計算されて、f_predicted = f_target となります                              |
| Nsec                           | 2.0    | 2.0   |     | 二次巻数 (メイン出力の各位相)。デフォルト値は BAC ≤ 2000 ガウスを維持するための推定値です。                                 |
| f_predicted                    |        | 247   | kHz | 定格入力電圧と最大負荷での推定周波数。n_Ratio 及び一次巻線に大きく影響されます   |
| f_res                          |        | 277   | kHz | 直列共振周波数 (直列インダクタンス Lres 及び C で定義)   |
| f_brownout                     |        | 192   | kHz | VBULK_MIN、最大負荷でのスイッチング周波数   |
| f_par                          |        | 132   | kHz | 並列共振周波数 (Lpar + Lres 及び C で定義)  |
| f_inversion                    |        | 179   | kHz | Vbrownout 及び最大負荷での最小周波数。HiperLCS の最小周波数をこの値に設定します。この周波数を下回る動作は、ゲイン反転領域で動作しなくなります      |
| Vinversion                     |        | 252   | V   | 低周波ゲインが反転する前の LLC コンバータの最小入力電圧。最適な値は Vbrownout と等価です                                  |
| <b>RMS 電流及び電圧</b>              |        |       |     |   |
| IRMS_LLC_Primary               |        | 0.68  | A   | 最大負荷及び定格入力電圧 (Vbulk) と fnominal_actual での一次巻線 RMS 電流                                  |
| 巻線 1 (二次低電圧側) RMS 電流           |        | 4.1   | A   | 巻線 1 (二次低電圧側) RMS 電流  |
| 二次低電圧側コンデンサ RMS 電流             |        | 1.1   | A   | 二次低電圧側コンデンサ RMS 電流  |
| 巻線 2 (二次高電圧側) RMS 電流           |        | 2.3   | A   | 巻線 2 (二次高電圧側) RMS 電流  |
| 二次高電圧側コンデンサ RMS 電流             |        | 1.4   | A   | 二次高電圧側コンデンサ RMS 電流  |
| Cres_Vrms                      |        | 133   | V   | 最大負荷及び定格入力電圧での共振コンデンサ AC RMS 電圧   |
| <b>仮想トランスライアル - (青色の曲線を生成)</b> |        |       |     |   |
| 新規一次巻線                         |        | 36.0  |     | トライアルトランス一次巻線。デフォルト値は共振セクションの値です  |
| 新規二次巻線                         |        | 2.0   |     | トライアルトランス二次巻線。デフォルト値は共振セクションの値です  |
| 新規 Lpri                        |        | 440   | uH  | トライアルトランスオープン回路インダクタンス。デフォルト値は共振セクションの値です   |
| 新規 Cres                        | 3.30   | 3.3   | nF  | 直列コンデンサのトライアル値 (空白にした場合、f_res = f_target となるように計算値が選択されます)                            |
| 新規推定 Lres                      |        | 100.0 | uH  | トライアルトランスの推定 Lres   |
| 新規推定 Lpar                      |        | 340   | uH  | トライアルトランスの Lpar の推定値  |
| 新規推定 Lsec                      |        | 1.358 | uH  | 二次漏れインダクタンスの推定値   |
| 新規 Kratio                      |        | 3.4   |     | Lpar と Lres のトライアルトランスの比率   |



|   |           |  |              |                    |  |
|---|-----------|--|--------------|--------------------|--|
| 新規等価回路トランス巻線比                           |           |  | 15.82        |                    | 推定実効トランス巻線比  |
| 新規 V パワー伝送部逆転                           |           |  | 252          | V                  | 整流コンデンサの電圧。この値を下回ると、ZVS が損失します                               |
| f_res_trial                             |           |  | 277          | kHz                | 新規直列共振周波数  |
| f_predicted_trial                       |           |  | 247          | kHz                | 新規定格動作周波数  |
| IRMS_LLC_Primary                        |           |  | 0.68         | A                  | 最大負荷及び定格入力電圧 (Vbulk) と f_predicted_trial での一次巻線 RMS 電流       |
| 巻線 1 (低二次電圧) RMS 電流                     |           |  | 4.1          | A                  | 半正弦波形と推定した場合の、出力 1 巻線を通る RMS 電流。出力 2 巻線は、出力 1 巻線への AC 積み上げ   |
| 低二次電圧コンデンサ RMS 電流                       |           |  | 1.1          | A                  | 二次低電圧側コンデンサ RMS 電流   |
| 巻線 2 (高二次電圧) RMS 電流                     |           |  | 2.3          | A                  | 出力 2 巻線を通る RMS 電流  |
| 高二次電圧コンデンサ RMS 電流                       |           |  | 1.4          | A                  | 二次高電圧側コンデンサ RMS 電流   |
| <b>トランス コアの計算 (共振パラメータ セクションからの計算)</b>  |           |  |              |                    |  |
| <b>トランス コア</b>                          | <b>自動</b> |  | <b>EFD30</b> |                    | <b>トランス コア</b>   |
| Ae                                      |           |  | 0.7          | cm <sup>2</sup>    | トランス コア断面積を入力します   |
| Ve                                      |           |  | 4.7          | cm <sup>3</sup>    | コアの体積を入力します  |
| Aw                                      |           |  | 52.3         | mm <sup>2</sup>    | 巻線領域   |
| Bw                                      |           |  | 20.1         | mm                 | 合計ボビン幅   |
| 損失密度                                    |           |  | 200.0        | mW/cm <sup>3</sup> | スイッチング周波数及び BAC での単位体積あたりの損失を入力します (kW/m <sup>3</sup> と同じ単位) |
| MLT                                     |           |  | 3.7          | cm                 | 1 巻あたりの平均長   |
| N_CHAMBERS                              |           |  | 2.0          |                    | ボビン セクションの数  |
| W_SEP                                   |           |  | 3.0          | mm                 | 巻線仕切り距離 (巻線領域が失われます)   |
| 電力ロス                                    |           |  | 0.9          | W                  | 推定コア損失   |
| Bpkfmin                                 |           |  | 119          | mT                 | 最小周波数での第 1 象限ピーク磁束密度。  |
| BAC                                     |           |  | 185          | mT                 | AC ピークツーピーク磁束密度 (f_predicted、及び最大負荷の Vbulk で計算)              |
| <b>一次巻線</b>                             |           |  |              |                    |  |
| Npri                                    |           |  | 36.0         |                    | 一次巻線数。LLC 共振セクションで決定されます                                     |
| 一次ゲージ                                   | 42        |  | 42           | AWG                | 一次巻線に使用される個別の巻線ゲージ   |
| 等価の一次測定基準巻線ゲージ                          |           |  | 0.060        | mm                 | メトリック単位系による等価の線径   |
| 一次リッツ ストランド                             | 75        |  | 75           |                    | リッツ線のストランド数。リッツ線以外の一次巻線の場合は 1 に設定します                         |
| 一次巻線分配係数                                |           |  | 50           | %                  | 一次領域の分配係数 (一次側に割り当てられた巻線スペースの割合)                             |
| AW_P                                    |           |  | 22           | mm <sup>2</sup>    | 一次側の巻線領域   |
| 占有率                                     |           |  | 57%          | %                  | 一次巻線の占有率 (%) (標準的な占有率は 60%)                                  |
| Resistivity_25 C_Primary                |           |  | 79.06        | mΩ/m               | メートルあたりの抵抗率  |
| 一次 DCR 25 C                             |           |  | 105.25       | mΩ                 | 25 C での抵抗の推定値  |
| 一次 DCR 100 C                            |           |  | 141.03       | mΩ                 | 100 C での抵抗の推定値 (25 C の場合よりもおよそ 33% 高くなります)                   |
| 一次 RMS 電流                               |           |  | 0.68         | A                  | 一次巻線を通る測定された RMS 電流  |
| ACR_Trif_Primary                        |           |  | 225.65       | mΩ                 | 測定された AC 抵抗 (100 kHz、室温) で、1.33 を掛けると、100 C での巻線の温度に近似します    |
| 一次銅損                                    |           |  | 0.11         | W                  | 85 C での一次巻線合計銅損  |
| <b>二次巻線 1 (二次低電圧側または単出力)</b>            |           |  |              |                    |  |
| <b>注 - 電力損失の計算は、二次側の各巻線の半分に対して行われます</b> |           |  |              |                    |  |
| 出力電圧                                    |           |  | 12.00        | V                  | 出力電圧 (AC 積み上げ巻線を想定)  |
| セクション 1 の巻線                             |           |  | 2.00         |                    | 二次巻数 (各位相)   |
| セクション 1 の RMS 電流 (AC + DC の合計)          |           |  | 4.1          | A                  | 半正弦波形と推定した場合の、出力 1 巻線を通る RMS 電流。出力 2 巻線は、出力 1 巻線への AC 積み上げ   |



|                                |       |       |      |  |
|--------------------------------|-------|-------|------|--|
| 巻線電流 (DC 部品)                   |       | 2.66  | A    | 巻線電流の DC 部品  |
| 巻線電流 (AC RMS 部品)               |       | 3.17  | A    | 巻線電流の AC 部品  |
| セクション 1 の巻線ゲージ                 | 42    | 42    | AWG  | 二次巻線に使用される個別の巻線ゲージ   |
| 等価の二次側 1 の測定基準巻線ゲージ            |       | 0.060 | mm   | メトリック単位系による等価の線径   |
| セクション 1 のリッツストランド              | 75    | 75    |      | リッツ線に使用されるストランド数。リッツ線以外の非一体型トランスの場合は 1 に設定します  |
| Resistivity_25 C_sec1          |       | 79.06 | mΩ/m | メートルあたりの抵抗率  |
| DCR_25C_Sec1                   |       | 5.85  | mΩ   | 25 C での位相あたりの抵抗の推定値 (参照用)  |
| DCR_100C_Sec1                  |       | 7.84  | mΩ   | 100 C での位相あたりの抵抗の推定値 (25 C の場合よりもおよそ 33% 高くなります)   |
| DCR_Ploss_Sec1                 |       | 0.44  | W    | DC 抵抗による推定電力損失 (両方の二次位相)   |
| ACR_Sec1                       |       | 12.54 | mΩ   | 測定された位相あたりの AC 抵抗 (100 kHz、室温) で、1.33 を掛けると、100 C での巻線の温度に近似します。ACR のデフォルト値は、100 C での DCR 値の 2 倍です |
| ACR_Ploss_Sec1                 |       | 0.25  | W    | 推定 AC 銅損 (両方の二次位相)   |
| 巻線 1 銅損合計                      |       | 0.70  | W    | 両方の二次位相の合計 (AC + DC) 巻線銅損  |
| コンデンサ RMS 電流                   |       | 1.1   | A    | 出力コンデンサ RMS 電流   |
| Co1                            | 10.00 | 10.0  | uF   | 二次側 1 の出力コンデンサ   |
| コンデンサリップル電圧                    |       | 1.2   | %    | 二次側 1 の出力コンデンサのピークツーピークリップル電圧  |
| <b>二次巻線 2 (高二次電圧)</b>          |       |       |      | <b>注 - 電力損失の計算は、二次側の各巻線の半分に対して行われます</b>  |
| 出力電圧                           |       | 24.00 | V    | 出力電圧 (AC 積み上げ巻線を想定)  |
| セクション 2 の巻線                    |       | 2.00  |      | 二次巻線数 (各位相)。二次巻線 1 に重なる AC 積み上げ  |
| セクション 2 の RMS 電流 (AC + DC の合計) |       | 2.3   | A    | 出力 2 巻線を通る RMS 電流  |
| 巻線電流 (DC 部品)                   |       | 1.5   | A    | 巻線電流の DC 部品  |
| 巻線電流 (AC RMS 部品)               |       | 1.8   | A    | 巻線電流の AC 部品  |
| セクション 2 の巻線ゲージ                 | 42    | 42    | AWG  | 二次巻線に使用される個別の巻線ゲージ   |
| 等価の二次側 2 の測定基準巻線ゲージ            |       | 0.060 | mm   | メトリック単位系による等価線径  |
| セクション 2 のリッツストランド              | 75    | 75    |      | リッツ線に使用されるストランド数。リッツ線以外の非一体型トランスの場合は 1 に設定します  |
| Resistivity_25 C_sec2          |       | 79.06 | mΩ/m | メートルあたりの抵抗率  |
| トランス二次 MLT                     |       | 3.70  | cm   | 1 巻あたりの平均長   |
| DCR_25C_Sec2                   |       | 5.85  | mΩ   | 25 C での位相あたりの抵抗の推定値 (参照用)  |
| DCR_100C_Sec2                  |       | 7.84  | mΩ   | 100 C での位相あたりの抵抗の推定値 (25 C の場合よりもおよそ 33% 高くなります)   |
| DCR_Ploss_Sec1                 |       | 0.14  | W    | DC 抵抗による推定電力損失 (両方の二次巻線)   |
| ACR_Sec2                       |       | 12.54 | mΩ   | 測定された位相あたりの AC 抵抗 (100 kHz、室温) で、1.33 を掛けると、100 C での巻線の温度に近似します。ACR のデフォルト値は、100 C での DCR 値の 2 倍です |
| ACR_Ploss_Sec2                 |       | 0.08  | W    | 推定 AC 銅損 (両方の二次巻線)   |
| 巻線 2 銅損合計                      |       | 0.22  | W    | 両方の二次巻線の合計 (AC + DC) 巻線銅損  |
| コンデンサ RMS 電流                   |       | 1.4   | A    | 出力コンデンサ RMS 電流   |
| Co2                            | 10.00 | 10.0  | uF   | 二次側 2 の出力コンデンサ   |
| コンデンサリップル電圧                    |       | 0.8   | %    | 二次側 1 の出力コンデンサのピークツーピークリップル電圧  |



| トランス損失の計算                |       |  |       |                 | ギャップからのフリンジング磁束損失は含まない   |
|--------------------------|-------|--|-------|-----------------|--|
| 一次銅損 (一次セクションから)         |       |  | 0.11  | W               | 85 C での一次巻線合計銅損  |
| 二次銅損                     |       |  | 0.92  | W               | 二次巻線合計銅損   |
| トランスの合計銅損                |       |  | 1.02  | W               | トランスの合計銅損 (一次 + 二次)  |
| AW <sub>S</sub>          |       |  | 22.25 | mm <sup>2</sup> | 二次巻線の領域  |
| 二次占有率                    |       |  | 13%   | %               | 二次巻線の占有率 (%). 標準的な最大占有率は、被覆リッツ線で 60%、裸リッツ線で 75% です                           |
| 信号ピン抵抗値                  |       |  |       |                 |  |
| デッドタイム                   |       |  | 320   | ns              | デッドタイム   |
| バーストモード                  | 自動    |  | 2     |                 | バーストモードとして、1、2、及び 3 を選択します。これらにはヒステリシスがあり、周波数スレッシュホールドが異なります                 |
| f <sub>max</sub>         |       |  | 797   | kHz             | デッドタイム設定に応じた最大内部クロック周波数  |
| f <sub>burst_start</sub> |       |  | 299   | kHz             | バーストモードの下側スレッシュホールド周波数で、ヒステリシスを設定します。これは、バーストオフ期間後の再起動時のスイッチング周波数です          |
| f <sub>burst_stop</sub>  |       |  | 349   | kHz             | バーストモードの上側スレッシュホールド周波数。これは、バーストオフ期間が停止した時点のスイッチング周波数です                       |
| DT/BF ピン上側分割抵抗           |       |  | 7.21  | kΩ              | DT/BF ピンから VREF ピン間の抵抗   |
| DT/BF ピン下側分割抵抗           |       |  | 65    | kΩ              | DT/BF ピンから G ピン間の抵抗  |
| Rstart                   | 7.32  |  | 7.32  | kΩ              | 起動抵抗 - ソフトスタートコンデンサと直列接続される抵抗。起動時の FB から VRFF ピン間の抵抗値と等価                     |
| 起動デレイ                    |       |  | 0.0   | ms              | 起動デレイ。スイッチング開始前の遅延です。遅延を増やすには、R <sub>START</sub> の値を下げます                     |
| Rfmin                    |       |  | 31.8  | kΩ              | VREF ピンから FB ピン間の抵抗で、最小動作周波数を設定します。この抵抗と Rstart によって f <sub>MIN</sub> が決まります |
| C <sub>softstart</sub>   | 1     |  | 1.0   | uF              | ソフトスタートコンデンサ。推奨値は、0.1 ~ 10 uF です   |
| Ropto                    |       |  | 3.8   | kΩ              | フォトカプラエミッタと直列接続される抵抗   |
| OV/UV ピン下側抵抗             | 20.00 |  | 20.0  | kΩ              | OV/UV ピン分割回路の下側抵抗  |
| OV/UV ピン上側抵抗             |       |  | 2.92  | MΩ              | OV/UV ピン分割回路の上側抵抗  |
| LLC コンデンサの分割電流センス回路      |       |  |       |                 |  |
| 低速カレントリミット               |       |  | 1.91  | A               | 8 サイクルカレントリミット - 停止及び起動中の正のハーフサイクルをチェックします                                   |
| 高速カレントリミット               |       |  | 3.44  | A               | 1 サイクルカレントリミット - 起動中の正のハーフサイクルをチェックします                                       |
| LLC センスコンデンサ             |       |  | 47    | pF              | HV センスコンデンサ。メインの共振コンデンサと共に電流分割器を形成します  |
| RLLC センス抵抗               | 20    |  | 18.6  | Ω               | LLC 電流センス抵抗。センスコンデンサの電流を検出します  |
| IS ピンカレントリミット抵抗          |       |  | 220   | Ω               | センス R の電圧が -0.5 V 未満の場合のセンス抵抗から IS ピンへの電流を制限します                              |
| IS ピンノイズフィルタコンデンサ        |       |  | 1.0   | nF              | IS ピンバイパスコンデンサ。IS ピンのカレントリミットコンデンサと共に極を形成します                                 |
| IS ピンノイズフィルタポール周波数       |       |  | 724   | kHz             | このポールは IS ピン信号を減衰します   |
| 損失量                      |       |  |       |                 |  |
| LCS デバイスの導通損失            |       |  | 1.3   | W               | 公称電圧及び最大負荷での導通損失   |
| 出力ダイオード損失                |       |  | 1.4   | W               | 推定ダイオード損失  |
| トランスの推定合計銅損              |       |  | 1.02  | W               | トランスの合計銅損 (一次 + 二次)  |

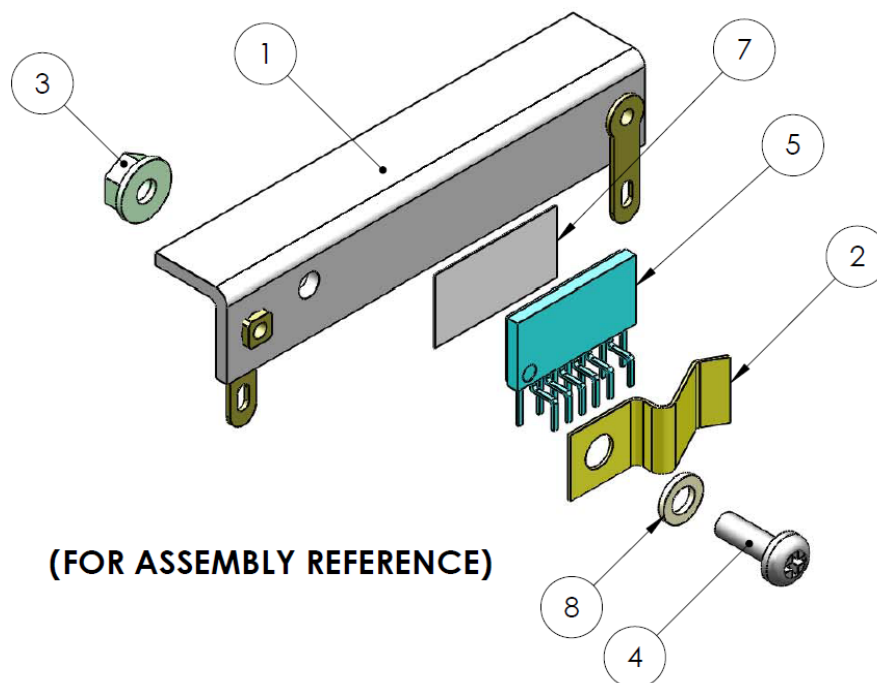


|                                |  |        |                 |   |
|--------------------------------|--|--------|-----------------|---|
| トランスの推定合計コア損失                  |  | 0.9    | W               | 推定コア損失  |
| 合計トランス損失                       |  | 2.0    | W               | 合計トランス損失  |
| 合計推定損失                         |  | 4.7    | W               | LLC 段の合計損失  |
| 推定効率                           |  | 96%    | %               | 推定効率  |
| ピン                             |  | 104    | W               | LLC 総入力電力   |
| <b>二次巻線と電圧センタリング計算機</b>        |  |        |                 | <b>これは、二次巻線を選択する場合に役に立ちます。出力は計算シートの他のどの部分にも接続されていません</b>  |
| V1                             |  | 12.00  | V               | 目標安定化出力電圧 Vo1。変更してスレブ出力への影響を確認します                         |
| V1d1                           |  | 0.60   | V               | Vo1 のダイオード降下電圧  |
| N1                             |  | 2.00   |                 | Vo1 の合計巻線数  |
| V1_Actual                      |  | 12.00  | V               | 推定出力  |
| V2                             |  | 24.00  | V               | 目標出力電圧 Vo2  |
| V2d2                           |  | 0.60   | V               | Vo2 のダイオード降下電圧  |
| N2                             |  | 4.00   |                 | Vo2 の合計巻線数  |
| V2_Actual                      |  | 24.60  | V               | 推定出力電圧  |
| <b>外付け直列インダクタ (非一体型トランスのみ)</b> |  |        |                 | <b>一体型磁性部品を使用している場合は適用されません。計算シートの他のどの部分にも接続されていません</b>   |
| Lsep                           |  | 100.00 | uH              | 外付けインダクタの必要なインダクタンス                                       |
| Ae_Ind                         |  | 0.53   | cm <sup>2</sup> | インダクタ コア断面積   |
| インダクタ巻数                        |  | 13     |                 | 一次側巻数   |
| BP_fnom                        |  | 1501   | ガウス             | コア損失計算の AC 磁束 (f_predicted 及び最大負荷の場合)                     |
| 推定ピーク一次電流                      |  | 1.9    | A               | 推定ピーク一次電流   |
| BP_fmin                        |  | 2802   | ガウス             | 最小周波数 fmin で計算されたピーク磁束密度                                  |
| インダクタ ゲージ                      |  | 44     | AWG             | 一次巻線に使用される個別の巻線ゲージ  |
| 等価のインダクタ測定基準巻線ゲージ              |  | 0.050  | mm              | メトリック単位系による等価の線径  |
| インダクタ リッツ ストランド                |  | 125.00 |                 | リッツ線で使用されるストランド数  |
| インダクタ並列巻線                      |  | 1      |                 | リッツ線を構成するための個別の並列巻線数                                      |
| Resistivity_25 C_Sep_Ind       |  | 75.4   | mΩ/m            | メートルあたりの抵抗率   |
| インダクタ MLT                      |  | 7.00   | cm              | 1 巻あたりの平均長  |
| インダクタ DCR 25 C                 |  | 68.6   | mΩ              | 25 C での抵抗の推定値 (参照用)                                       |
| インダクタ DCR 100 C                |  | 92.0   | mΩ              | 100 C での抵抗の推定値 (25 C の場合よりもおよそ 33% 高くなります)                |
| ACR_Sep_Inductor               |  | 147.1  | mΩ              | 測定された AC 抵抗 (100 kHz、室温) で、1.33 を掛けると、100 C での巻線の温度に近似します |
| インダクタ銅損                        |  | 0.07   | W               | 85 C での一次巻線合計銅損   |

注: 二次巻線の計算シートの計算では、出力巻線の AC 積み上げを想定しています。この設計のトランス構造では、AC 積み上げが使用されていませんでした。



## 11 ヒートシンク アセンブリ



| 項目# | 項目の概要       |
|-----|-------------|
| 1   | ヒートシンク      |
| 2   | メタル クリップ    |
| 3   | 六角形ナット      |
| 4   | ネジ          |
| 5   | HiperLCS IC |
| 6   | なし          |
| 7   | サーマル グリース   |
| 8   | 平ワッシャー      |

図 8 - 組み立て前

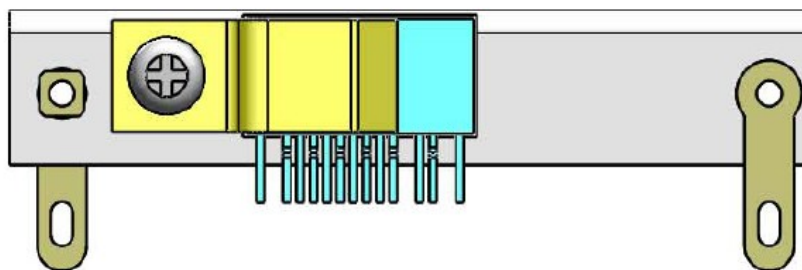


図 9 - 組み立て後

## 12 性能データ

### 12.1 効率性 – 100%、50%、20%、及び 10% の負荷

#### 12.1.1 効率データ

| $P_{IN}$ | $V_{OUT}$<br>(24 V) | $I_{OUT}$<br>(24 V) | $V_{OUT}$<br>(12 V) | $I_{OUT}$<br>(12 V) | $P_{OUT}$ | 効率<br>(%) |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------|-----------|
| 107.05   | 24.27               | 2.999               | 11.99               | 2.327               | 100.686   | 94.06     |
| 53.97    | 24.24               | 1.503               | 11.99               | 1.164               | 50.389    | 93.36     |
| 22.365   | 24.22               | 0.6027              | 11.99               | 0.4608              | 20.122    | 89.97     |
| 11.985   | 24.22               | 0.3027              | 11.99               | 0.2266              | 10.048    | 83.84     |

### 12.2 出カクロスレギュレーション

下の図のデータ取得のため、1つの出力は最大負荷 (3 A) に固定され、他の出力は合計出力電力が一貫して 100 W となるように調整しました。

#### 12.2.1 クロスレギュレーション データ

| 3 A 時に 12 V でのクロスレギュレーション |                     |                     |                     | 3 A 時に 24 V でのクロスレギュレーション |                     |                     |                 |
|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| $V_{OUT}$<br>(24 V)       | $I_{OUT}$<br>(24 V) | $V_{OUT}$<br>(12 V) | $I_{OUT}$<br>(12 V) | $V_{OUT}$<br>(24 V)       | $I_{OUT}$<br>(24 V) | $V_{OUT}$<br>(12 V) | $I_o$<br>(12 V) |
| 25.31                     | 0.0105              | 11.94               | 3                   | 22.84                     | 3                   | 12.07               | 0.012           |
| 25.25                     | 0.0206              | 11.94               | 3                   | 23.21                     | 3                   | 12.05               | 0.02            |
| 25.21                     | 0.0318              | 11.94               | 3                   | 23.28                     | 3                   | 12.05               | 0.0314          |
| 25.16                     | 0.0514              | 11.95               | 3                   | 23.35                     | 3                   | 12.04               | 0.0507          |
| 25.08                     | 0.1024              | 11.95               | 3                   | 23.46                     | 3                   | 12.04               | 0.1008          |
| 24.98                     | 0.2506              | 11.95               | 3                   | 23.64                     | 3                   | 12.03               | 0.251           |
| 24.9                      | 0.5014              | 11.96               | 3                   | 23.79                     | 3                   | 12.02               | 0.4997          |
| 24.78                     | 0.9992              | 11.96               | 3                   | 23.96                     | 3                   | 12.01               | 1.0016          |
| 24.6                      | 2                   | 11.97               | 3                   | 24.21                     | 3                   | 11.99               | 2.001           |
| 24.49                     | 2.645               | 11.98               | 3                   | 24.29                     | 3                   | 11.99               | 2.324           |

### 12.3 起動時及びシャットダウン時の整流電圧

VCC 入力に +12 VDC が適用され、出力起動電圧は 357.4 VDC、出力シャットダウンは 283.9 VDC で行われました。



## 13 波形

### 13.1 通常動作時のハーフブリッジ電圧とハーフブリッジ電流

#### 13.1.1 380 VDC 入力で測定

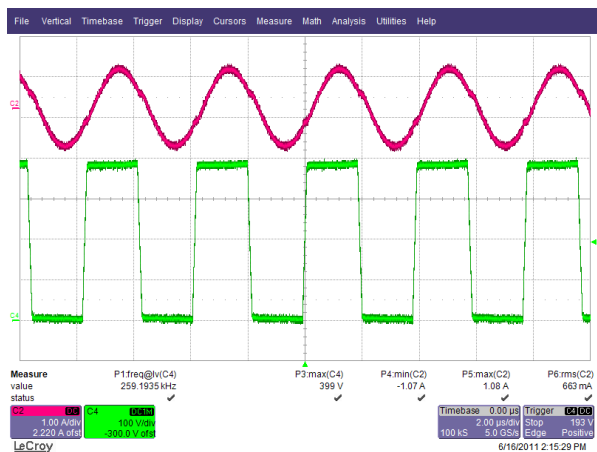


図 10 – 一次側 V-I、最大負荷  
 上: 一次電流、1 A/div  
 下: HB から 1 次側グラウンド電圧へ、  
 100 V、2 μs/div

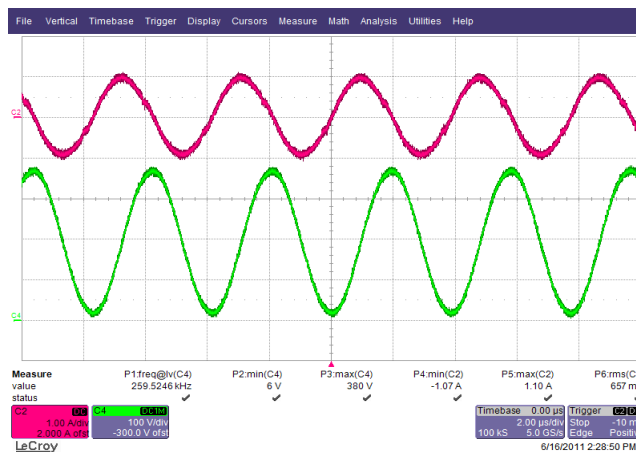


図 11 – 一次側 V-I、最大負荷  
 上: 一次電流、1 A/div  
 下: 共振コンデンサ (C11) 電圧、  
 100 V、2 μs/div



## 13.2 出力電圧起動プロファイル

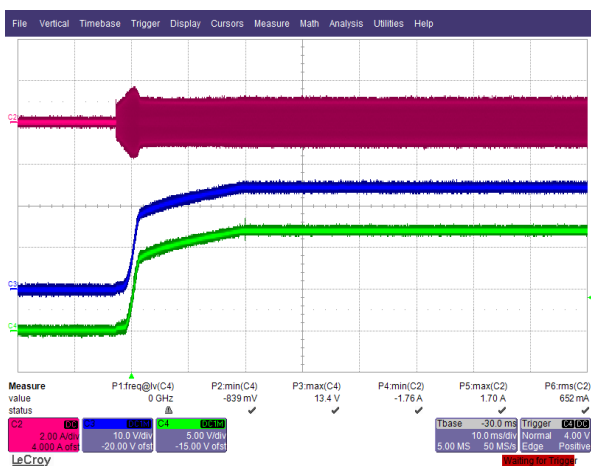


図 12 - 最大負荷での起動

上: 一次電流、1 A/div

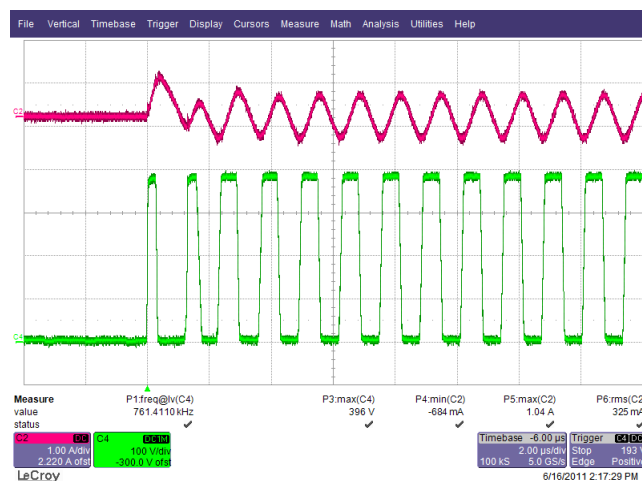
中: 24 V<sub>OUT</sub>、10 V/div下: 12 V<sub>OUT</sub>、5 V、10 ms/div

図 13 - 最大負荷での起動

上: 一次電流、1 A/div

下: HB から 1 次側グラウンド電圧へ、100 V、2 μs/div

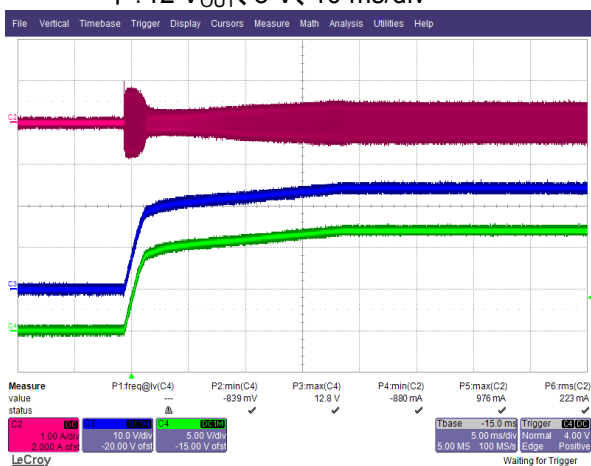


図 14 - 起動時の最大電圧、無負荷時

上: 一次電流、1 A/div

中: 24 V<sub>OUT</sub>、10 V/div下: 12 V<sub>OUT</sub>、5 V、5 ms/div

### 13.3 負荷過渡応答 (380 VDC 入力時に 5% から 100% の負荷)

次の図では、信号平均化を使用して、負荷過渡応答波形を見やすくしました。トリガ ソースとして負荷電流ステップを使用して、オシロスコープをトリガしました。出力スイッチングと入力周波数は基本的に負荷過渡応答に関してランダムに発生するので、これらのソースからの出力リップルに対する影響は平均化し、負荷ステップ応答からの影響のみが残ります。

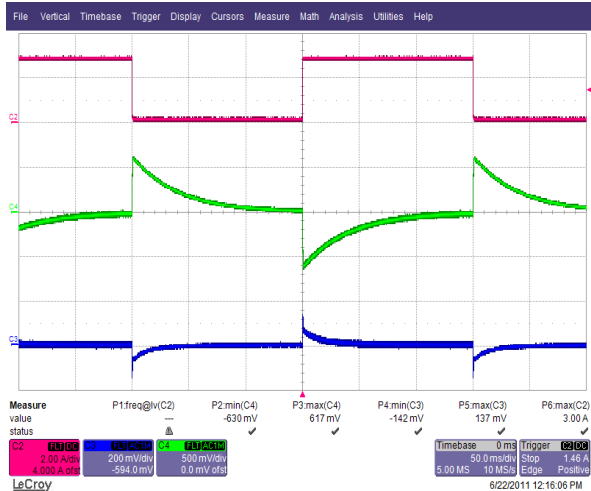


図 15 - 24 V<sub>OUT</sub> で 5% ~ 100% の負荷過渡応答、12 V<sub>OUT</sub> で 10% の負荷。  
 上: 24 V<sub>OUT</sub> 負荷電流、2 A/div  
 中: 24 V<sub>OUT</sub> AC 結合、500 mV/div  
 下: 12 V<sub>OUT</sub> AC 結合、200 mV/div、50 mS/div

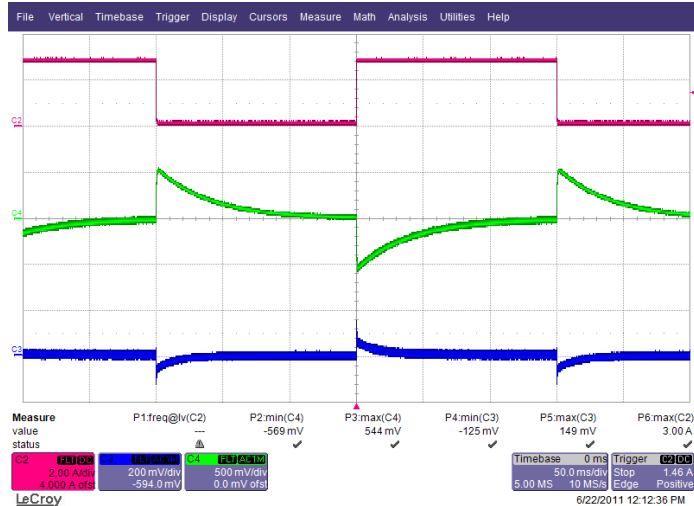


図 16 - 24 V<sub>OUT</sub> で 5% ~ 100% の負荷過渡応答、12 V<sub>OUT</sub> で 100% の負荷。  
 上: 24 V<sub>OUT</sub> 負荷電流、2 A/div  
 中: 24 V<sub>OUT</sub> AC 結合、500 mV/div  
 下: 12 V<sub>OUT</sub> AC 結合、200 mV/div、50 mS/div

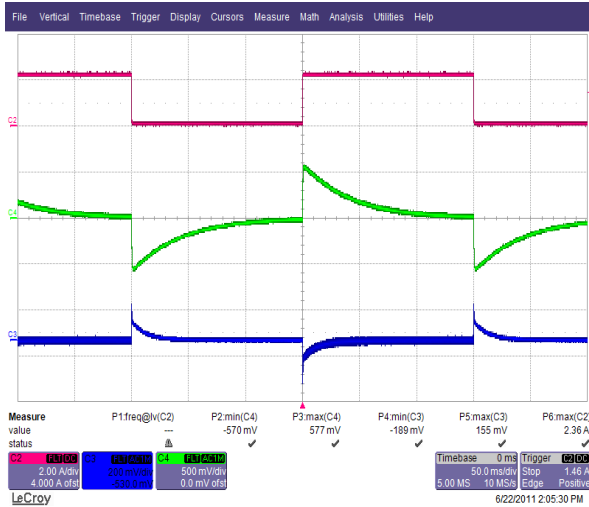


図 17 - 12 V<sub>OUT</sub> で 5% ~ 100% の負荷過渡  
応答、24 V<sub>OUT</sub> で 10% の負荷。  
上: 12 V<sub>OUT</sub> 負荷電流、2 A/div  
中: 24 V<sub>OUT</sub> AC 結合、500 mV/div  
下: 12 V<sub>OUT</sub> AC 結合、200 mV/div、  
50 mS/div

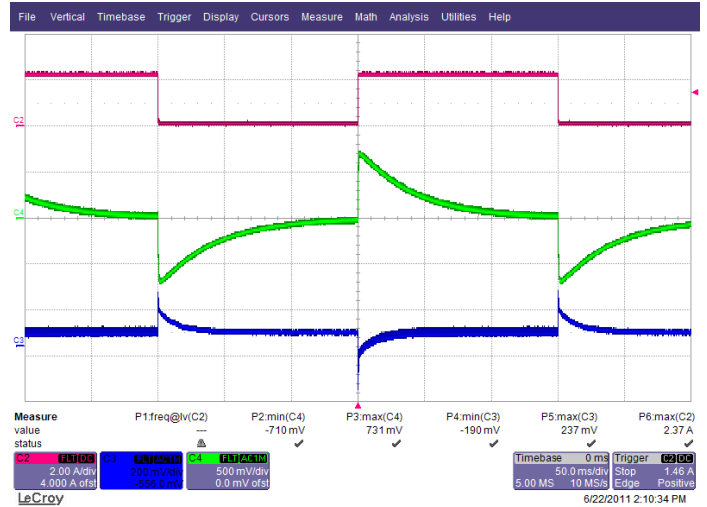


図 18 - 12 V<sub>OUT</sub> で 5% ~ 100% の負荷過渡  
応答、24 V<sub>OUT</sub> で 100% の負荷。  
上: 12 V<sub>OUT</sub> 負荷電流、2 A/div  
中: 24 V<sub>OUT</sub> AC 結合、500 mV/div  
下: 12 V<sub>OUT</sub> AC 結合、200 mV/div、  
50 mS/div



### 13.4 出力停止

図 12 と 13 は、入力電圧電源をオフにして、24 V 出力の立ち下がリエッジでオシロスコープをトリガ。

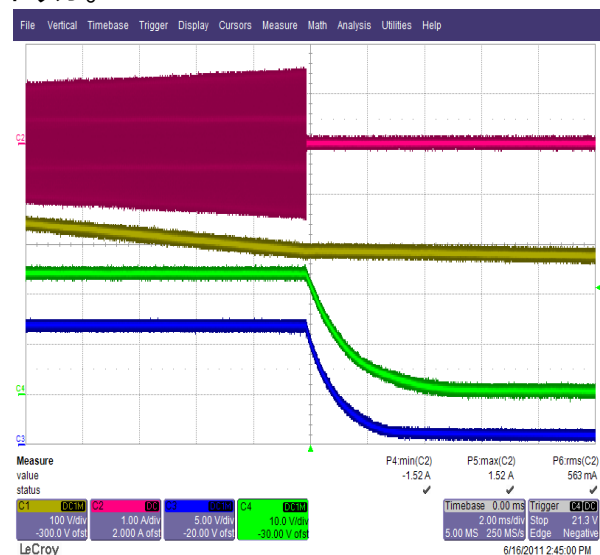


図 19 - 出力停止

- 上: 一次電流、1 A/div
- 2 番目のトレース: 一次側バス電圧、100 V/div
- 3 番目のトレース: 24 V<sub>OUT</sub>、10 V/div
- 4 番目のトレース: 12 V<sub>OUT</sub>、5 V、2 ms/div

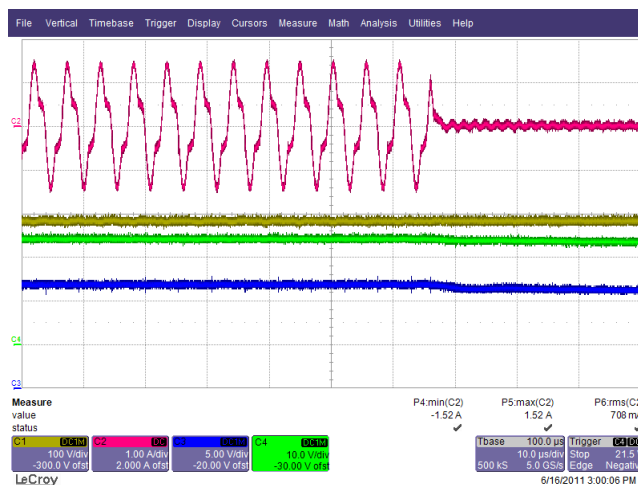


図 20 - 出力停止

- 上: 一次電流、1 A/div
- 2 番目のトレース: 一次側バス電圧、100 V/div
- 3 番目のトレース: 24 V<sub>OUT</sub>、10 V/div
- 4 番目のトレース: 12 V<sub>OUT</sub>、5 V、10 μs/div

### 13.5 出力ダイオードピーク逆電圧

最大負荷時及び 380 VDC 入力で測定。

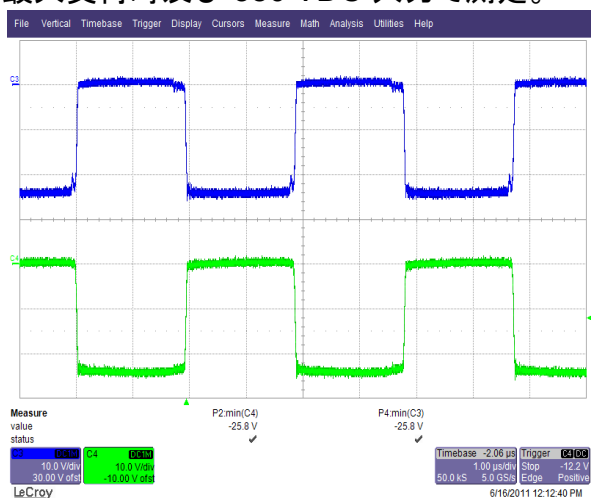


図 21 - 12 V 出力ダイオード (D3 デュアルパッケージ共通カソード)、380 VDC 入力、10 V、1  $\mu$ s/div

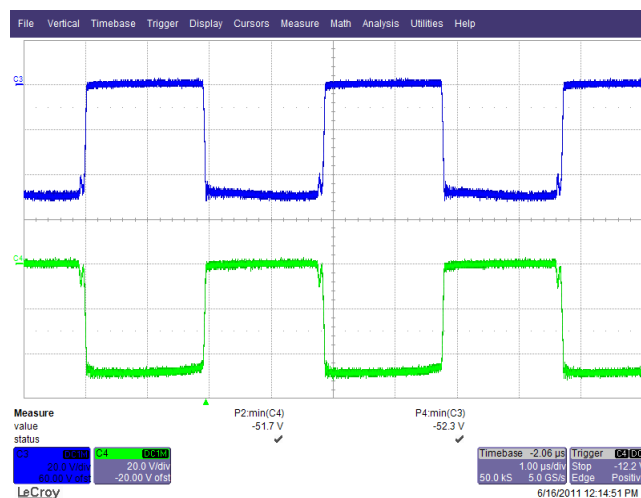


図 22 - 24 V 出力ダイオード (D2 デュアルパッケージ共通カソード)、380 VDC 入力、20 V、1  $\mu$ s/div

### 13.6 短絡

次に示すテストでは、100 W 負荷、380 VDC 入力で、出力端子を水銀リレーでショートしました。オシロスコープは、電流の立ち上がりでトリガするように設定。

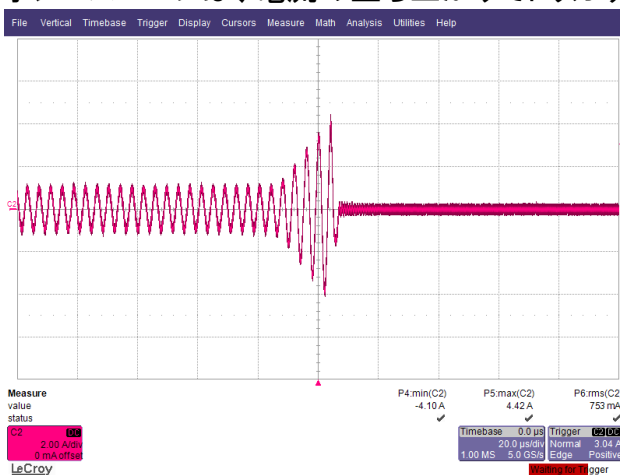


図 23 - 12 V の出力短絡時の一次電流波形、2 A、20  $\mu$ s/div

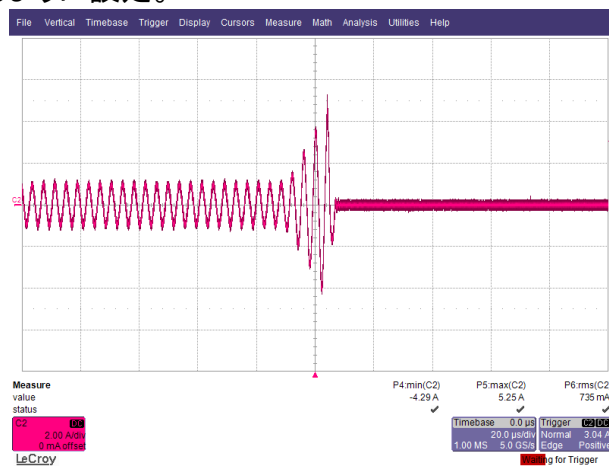


図 24 - 24 V の出力短絡時の一次電流波形、2 A、20  $\mu$ s/div



## 13.7 出力リップルの測定

### 13.7.1 リップルの測定方法

DC 出力リップル測定で、干渉による信号の影響を減らすには、オシロスコープ テストのプローブを修正する必要があります。プローブ修正の詳細を下の図に示します。

4987BA プローブ アダプタにはコンデンサが 2 つ付いており、プローブの先端に並列で接続されます。このコンデンサは、一方 (1) が 0.1  $\mu\text{F}$ /50 V セラミック タイプで、もう一方 (1) が 1.0  $\mu\text{F}$ /50 V アルミニウム電解コンデンサです。アルミニウム電解コンデンサは有極です。したがって、DC 出力に対して正しい極性を維持する必要があります (下の写真を参照)。

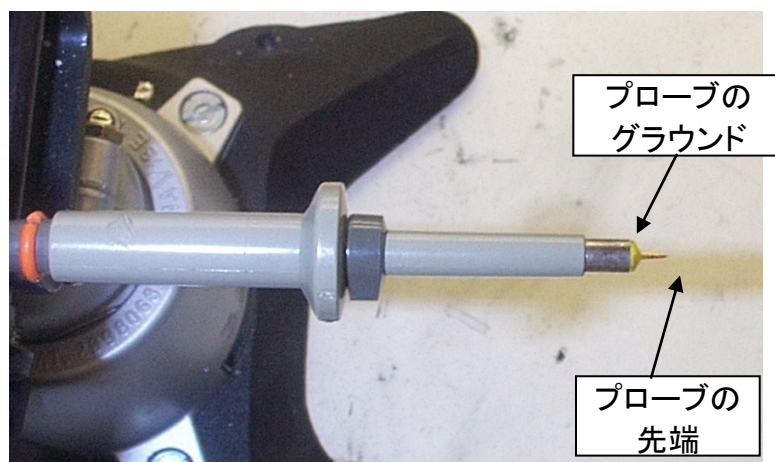


図 25 – リップル測定用に準備されたオシロスコープのプローブ。(端末キャップとアース線を取り外したところ)

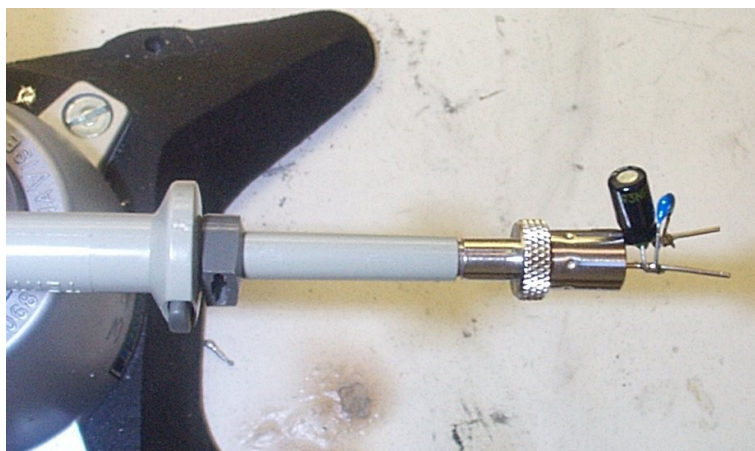


図 26 – オシロスコープのプローブと Probe Master ([www.probemaster.com](http://www.probemaster.com)) 4987A BNC アダプタ。(リップル測定用ワイヤが変更され、2 つの並列デカップリング コンデンサが追加された)

## 13.7.2 出力リップルの測定結果

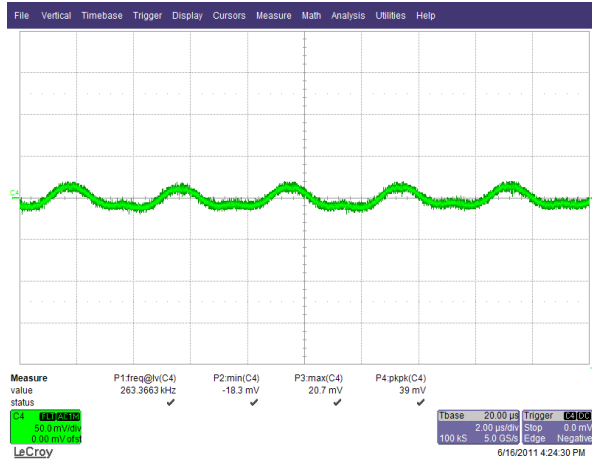


図 27 - 12 V<sub>RIPPLE</sub>、380 VDC、最大負荷  
50 mV、2 μs / div

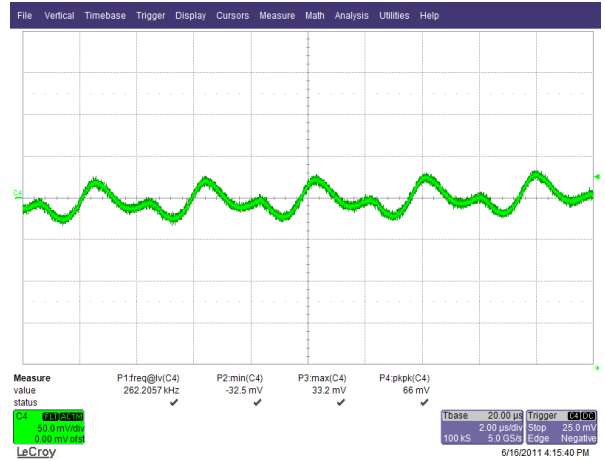


図 28 - 24 V<sub>RIPPLE</sub>、380 VDC、最大負荷  
50 mV、2 μs/div

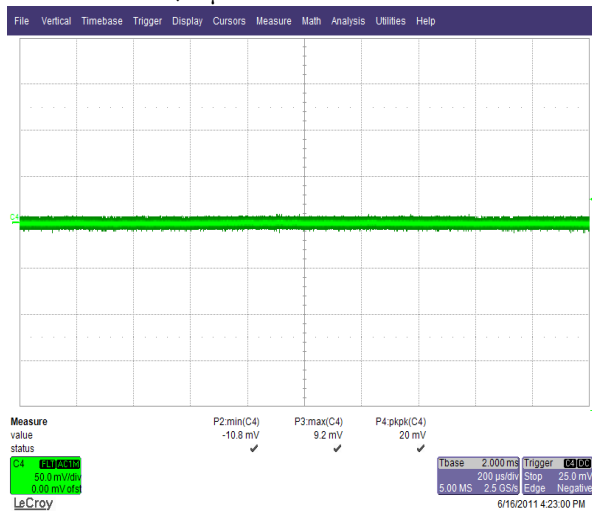


図 29 - 12 V<sub>RIPPLE</sub>、380 VDC、無負荷  
50 mV、200 μs/div  
(電源はバーストモードではありません。)

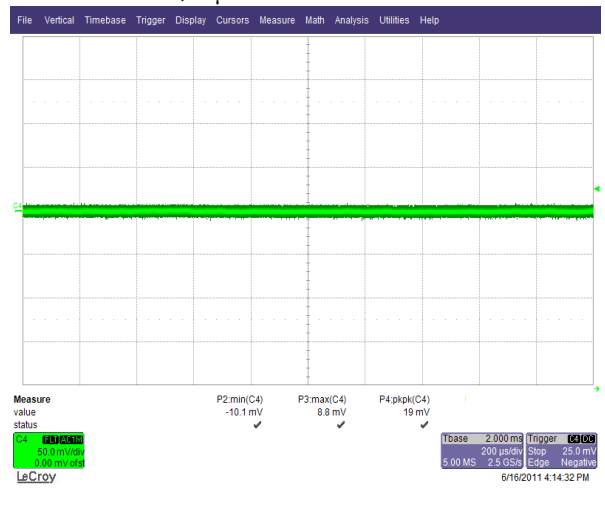


図 30 - 24 V<sub>RIPPLE</sub>、380 VDC、無負荷  
50 mV/div 200 μs/div  
(電源はバーストモードではありません。)



## 14 温度測定

### 14.1 条件: 380 VDC、最大負荷、1 時間動作

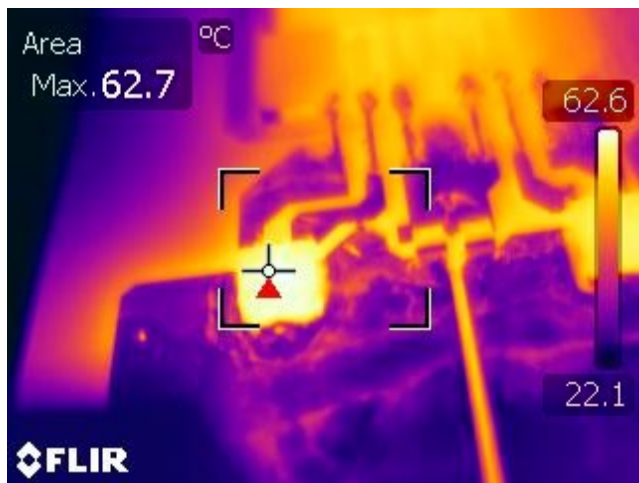


図 31 - 室温での最大負荷 24 V 整流 (D2) 温度の上面表示

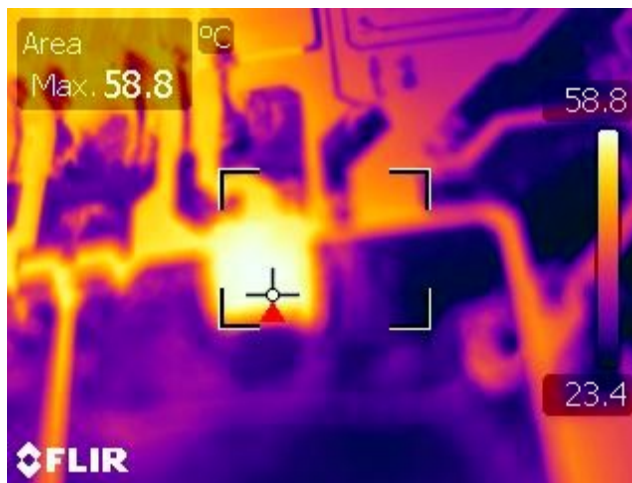


図 32 - 室温での最大負荷 12 V 整流 (D3) 温度の上面表示



図 33 - 室温での最大負荷トランス (T1) の温度表示

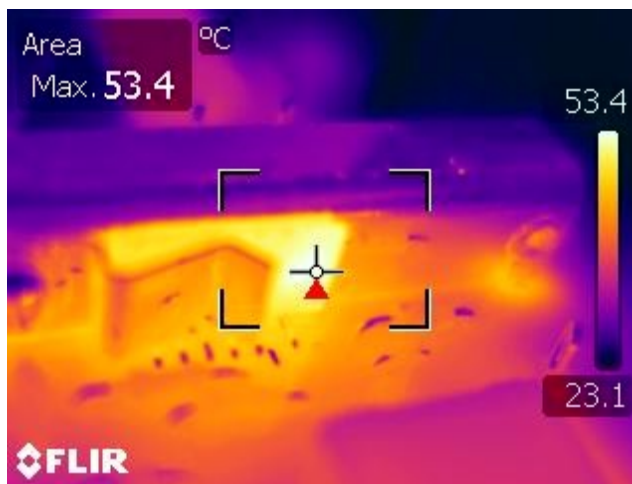


図 34 - 室温での最大負荷 HiperLCS (U1) 温度表示





図 35 - ボードの上面



図 36 - ボードの底面



## 15 改訂履歴

| 日付              | 作成者 | 改訂  | 説明と変更点 | 校閲者                  |
|-----------------|-----|-----|--------|----------------------|
| 2011 年 9 月 13 日 | SS  | 1.2 | 初回リリース | アプリケーション担当とマーケティング担当 |
|                 |     |     |        |                      |
|                 |     |     |        |                      |
|                 |     |     |        |                      |
|                 |     |     |        |                      |



**For the latest updates, visit our website: [www.powerint.com](http://www.powerint.com)**

Power Integrations reserves the right to make changes to its products at any time to improve reliability or manufacturability. Power Integrations does not assume any liability arising from the use of any device or circuit described herein. POWER INTEGRATIONS MAKES NO WARRANTY HEREIN AND SPECIFICALLY DISCLAIMS ALL WARRANTIES INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY RIGHTS.

**PATENT INFORMATION**

The products and applications illustrated herein (including transformer construction and circuits' external to the products) may be covered by one or more U.S. and foreign patents, or potentially by pending U.S. and foreign patent applications assigned to Power Integrations. A complete list of Power Integrations' patents may be found at [www.powerint.com](http://www.powerint.com). Power Integrations grants its customers a license under certain patent rights as set forth at <http://www.powerint.com/ip.htm>.

The PI Logo, TOPSwitch, TinySwitch, LinkSwitch, DPA-Switch, PeakSwitch, CAPZero, SENZero, LinkZero, HiperPFS, HiperTFS, HiperLCS, Qspeed, EcoSmart, Clampless, E-Shield, Filterfuse, StackFET, PI Expert and PI FACTS are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. ©Copyright 2011 Power Integrations, Inc.

**Power Integrations Worldwide Sales Support Locations****WORLD HEADQUARTERS**

5245 Hellyer Avenue  
San Jose, CA 95138, USA.  
Main: +1-408-414-9200  
Customer Service:  
Phone: +1-408-414-9665  
Fax: +1-408-414-9765  
*e-mail:*  
[usasales@powerint.com](mailto:usasales@powerint.com)

**GERMANY**

Rueckertstrasse 3  
D-80336, Munich  
Germany  
Phone: +49-89-5527-3911  
Fax: +49-89-5527-3920  
*e-mail:*  
[eurosales@powerint.com](mailto:eurosales@powerint.com)

**JAPAN**

Kosei Dai-3 Building  
2-12-11, Shin-Yokohama,  
Kohoku-ku, Yokohama-shi,  
Kanagawa 222-0033  
Japan  
Phone: +81-45-471-1021  
Fax: +81-45-471-3717  
*e-mail:* [japansales@powerint.com](mailto:japansales@powerint.com)

**TAIWAN**

5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec. 1  
Nei Hu District  
Taipei 114, Taiwan R.O.C.  
Phone: +886-2-2659-4570  
Fax: +886-2-2659-4550  
*e-mail:*  
[taiwansales@powerint.com](mailto:taiwansales@powerint.com)

**CHINA (SHANGHAI)**

Rm 1601/1610, Tower 1  
Kerry Everbright City  
No. 218 Tianmu Road West  
Shanghai, P.R.C. 200070  
Phone: +86-021-6354-6323  
Fax: +86-021-6354-6325  
*e-mail:*  
[chinasales@powerint.com](mailto:chinasales@powerint.com)

**INDIA**

#1, 14<sup>th</sup> Main Road  
Vasanthanagar  
Bangalore-560052  
India  
Phone: +91-80-4113-8020  
Fax: +91-80-4113-8023  
*e-mail:*  
[indiasales@powerint.com](mailto:indiasales@powerint.com)

**KOREA**

RM 602, 6FL  
Korea City Air Terminal B/D, 159-6  
Samsung-Dong, Kangnam-Gu,  
Seoul, 135-728  
Korea  
Phone: +82-2-2016-6610  
Fax: +82-2-2016-6630  
*e-mail:* [koreasales@powerint.com](mailto:koreasales@powerint.com)

**EUROPE HQ**

1st Floor, St. James's House  
East Street, Farnham  
Surrey GU9 7TJ  
United Kingdom  
Phone: +44 (0) 1252-730-141  
Fax: +44 (0) 1252-727-689  
*e-mail:*  
[eurosales@powerint.com](mailto:eurosales@powerint.com)

**CHINA (SHENZHEN)**

Rm A, B & C 4<sup>th</sup> Floor, Block C,  
Electronics Science and  
Technology Building  
2070 Shennan Zhong Road  
Shenzhen, Guangdong,  
P.R.C. 518031  
Phone: +86-755-8379-3243  
Fax: +86-755-8379-5828  
*e-mail:*  
[chinasales@powerint.com](mailto:chinasales@powerint.com)

**ITALY**

Via De Amicis 2  
20091 Bresso MI  
Italy  
Phone: +39-028-928-6000  
Fax: +39-028-928-6009  
*e-mail:*  
[eurosales@powerint.com](mailto:eurosales@powerint.com)

**SINGAPORE**

51 Newton Road,  
#19-01/05 Goldhill Plaza  
Singapore, 308900  
Phone: +65-6358-2160  
Fax: +65-6358-2015  
*e-mail:*  
[singaporesales@powerint.com](mailto:singaporesales@powerint.com)

**APPLICATIONS HOTLINE**

World Wide +1-408-414-9660

**APPLICATIONS FAX**

World Wide +1-408-414-9760

