

タイトル	HiperLCS™ LCS702HG を使用した 150 W LLC 高電圧 DC-DC 共振コンバータのデザイン例レポート
仕様	380 VDC 入力、24 V、6.25 A 出力
用途	HiperLCS 評価
作成者	アプリケーション技術部門
ドキュメント番号	RDR-239
日付	2011 年 9 月 13 日
改訂	1.0

#### 概要と機能

- 低コストで部品点数が少ない、シンプルな共振 (LLC) コンバータ
  - コントローラ、ハイサイド/ローサイドの MOSFET 及びドライバの組み込みにより、部品点数を削減し、設計を簡略化
- 高い動作周波数 (250 kHz)
  - トランス コア サイズ (EEL25) 及びコンバータのサイズの削減
  - 出力電解コンデンサの代わりにセラミックを実現
- 高効率
  - 最大負荷時効率 95% 以上
  - 負荷が 20%、50%、75%、100% 時の平均効率 95% 以上
- コンデンサ電流センスによる電力消費の削減
- バースト モードにより無負荷時レギュレーションが向上

#### 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。

#### Power Integrations

5245 Hellyer Avenue, San Jose, CA 95138 USA.

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

[www.powerint.com](http://www.powerint.com)

## 目次

1	はじめに	4
1.1	重要な注意点	4
2	電源仕様	9
3	回路図	10
4	回路の説明	11
4.1	一次側	11
4.2	出力整流	13
5	PCB レイアウト	15
6	部品表	17
7	トランスの設計計算シート	19
8	トランスの仕様	26
8.1	回路図	26
8.2	電気仕様	26
8.3	材料	26
8.4	トランスの構造図	27
8.5	トランス構造	27
8.6	巻線の図	28
9	出力インダクタの仕様	31
9.1	回路図	31
9.2	電気仕様	31
9.3	材料リスト	31
10	ヒートシンク アセンブリ	32
10.1	ダイオード ヒートシンク	32
10.1.1	ダイオード ヒートシンクの図面	32
10.1.2	ダイオード ヒートシンク製造アセンブリ図面	33
10.1.3	ダイオード及びヒートシンク アセンブリ図面	34
10.2	HiperLCS ヒートシンク	35
10.2.1	HiperLCS ヒートシンクの図面	35
10.2.2	HiperLCS ヒートシンク製造アセンブリ図面	36
10.2.3	HiperLCS 及びヒートシンク アセンブリ図面	37
11	性能データ	38
11.1	効率曲線 – 100%、50%、20% 及び 10% 負荷時	38
11.2	負荷レギュレーション曲線 – 100%、50%、20%、10% 及び 0 負荷時	39
11.3	データ表	39
12	波形	40
12.1	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	40
12.2	出力電圧起動プロファイル	41
12.3	出力停止	42
12.4	過負荷出力	42



---

12.5	出力ダイオードピーク逆電圧.....	43
12.6	短絡.....	43
12.7	負荷ステップ応答、380 VDC 入力.....	44
12.8	負荷ステップ応答、400 VDC 入力.....	47
12.9	出力リップルの測定.....	50
12.9.1	リップルの測定方法.....	50
12.9.2	出力リップルの測定結果.....	51
13	温度測定.....	52
13.1	条件:380 VDC、最大負荷、1 時間放置.....	52
14	ゲイン位相グラフ.....	55
15	改訂履歴.....	56

**重要なお知らせ:**

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。



## 1 はじめに

このドキュメントは、LLC コンバータ電力回路内蔵の LCS702HG を使用した、24 V、150 W LLC DC-DC コンバータに関する技術レポートです。このレポートと電源は、HiperLCS ファミリーのデバイスの動作と機能を確認するための汎用テスト プラットフォームとしてご利用いただけます。

この設計は 300 V から 420 V DC の入力電圧範囲で動作し、12 V の補助電源が必要です。標準システムでの高電圧 DC 入力が PFC 回路から供給され、システム バイアスまたは待機電源から 12 V が供給されます。

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。

### 1.1 重要な注意点

正常に動作させるには、+380 V の入力と入力リターンの端子間に 10  $\mu$ F 以上の整流コンデンサを接続し、RD-239 を使用する必要があります。

このコンバータを使うほとんどのシステムでは、出力過電圧保護に一次側電圧監視回路、あるいは OV クローバー回路が使用されます。この設計には出力短絡保護はありますが、出力過電圧保護回路は付いていません。TL431 (U3) またはフォトカプラ (U2) を無効にして過電圧テストを実行すると、出力電圧が上昇して、出力ショットキー ダイオード (D2) の電圧定格を超えて故障が発生します。



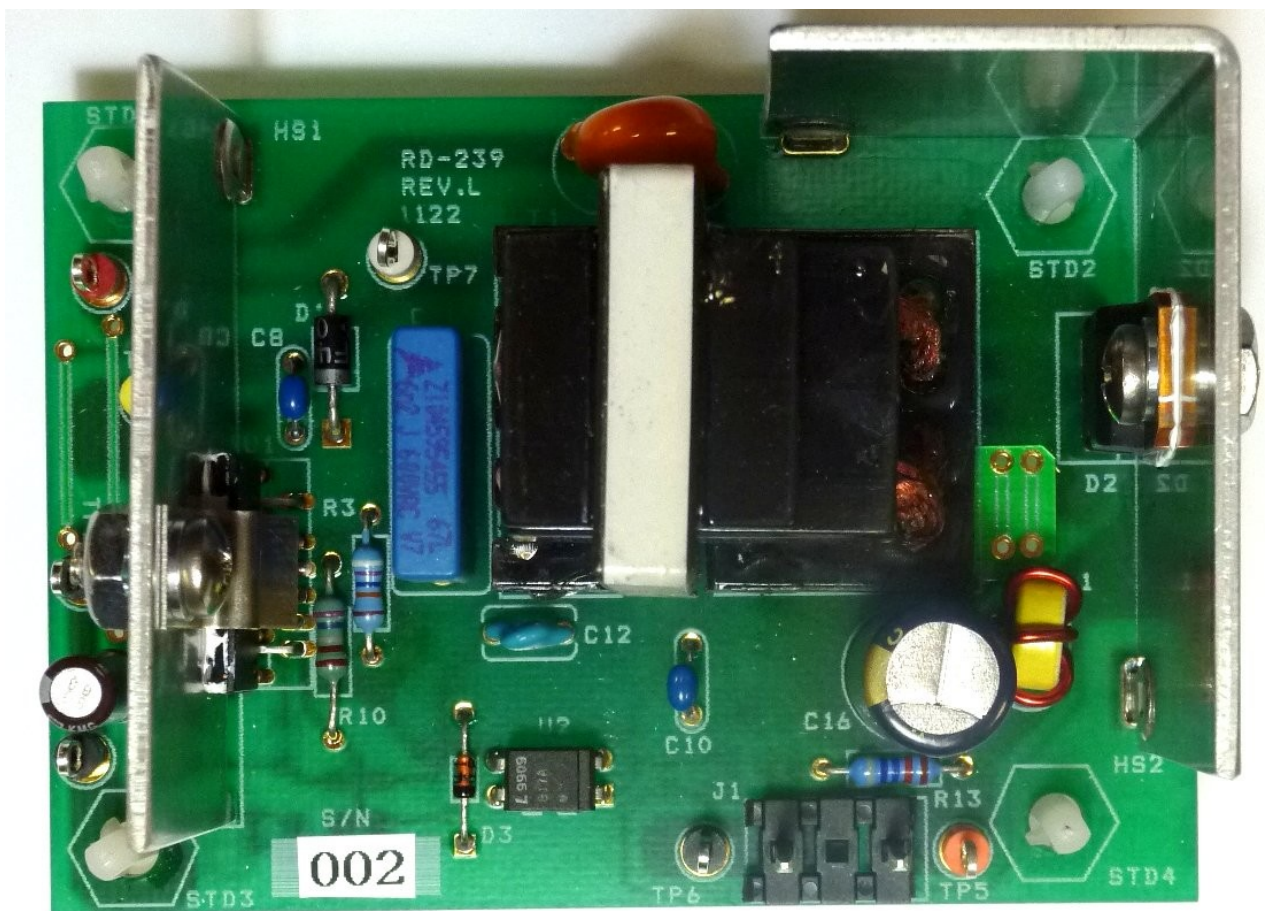


図 1 - 実装基板の写真、上面図



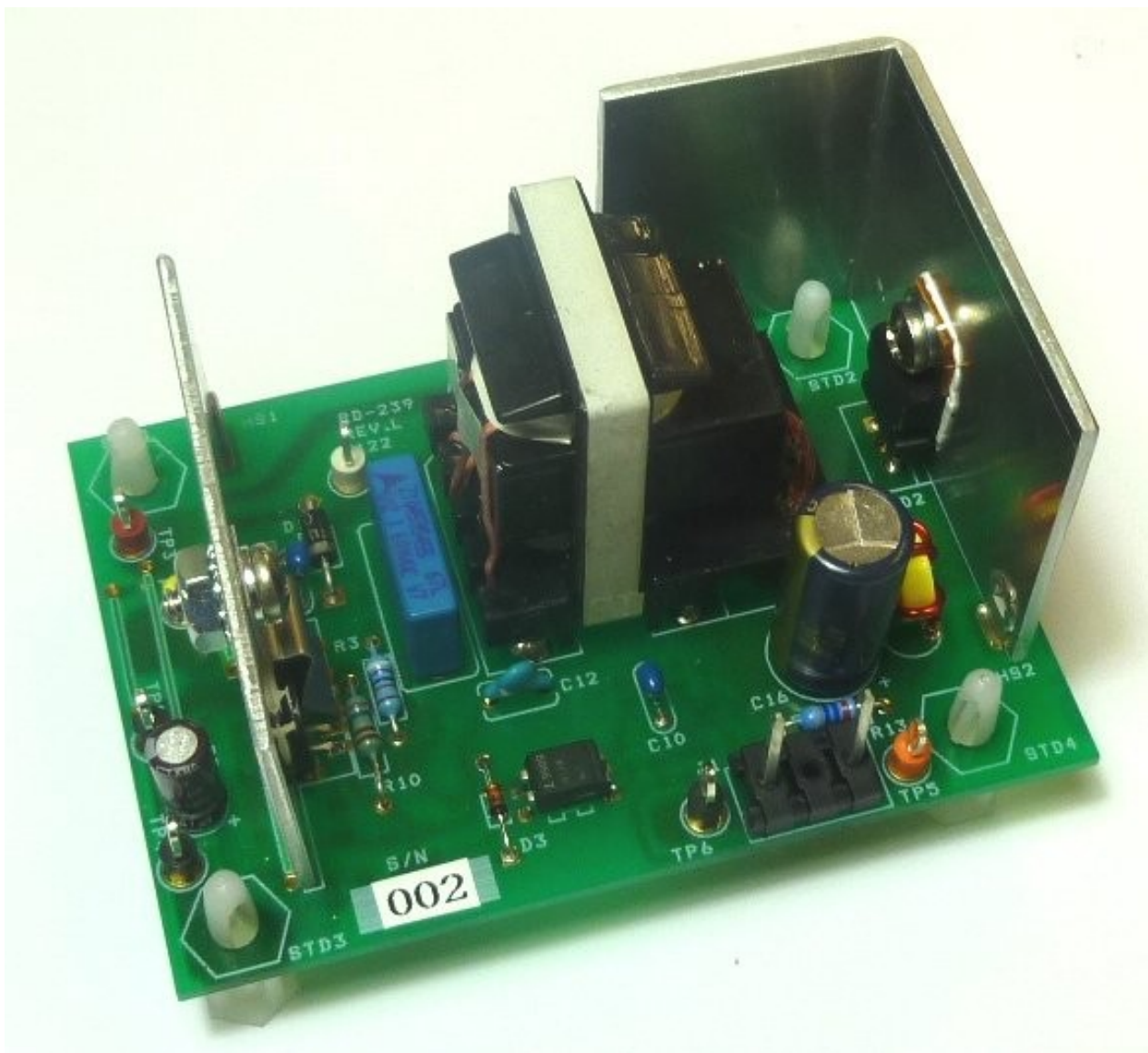


図 2 - 実装基板の写真、側面図 (1)



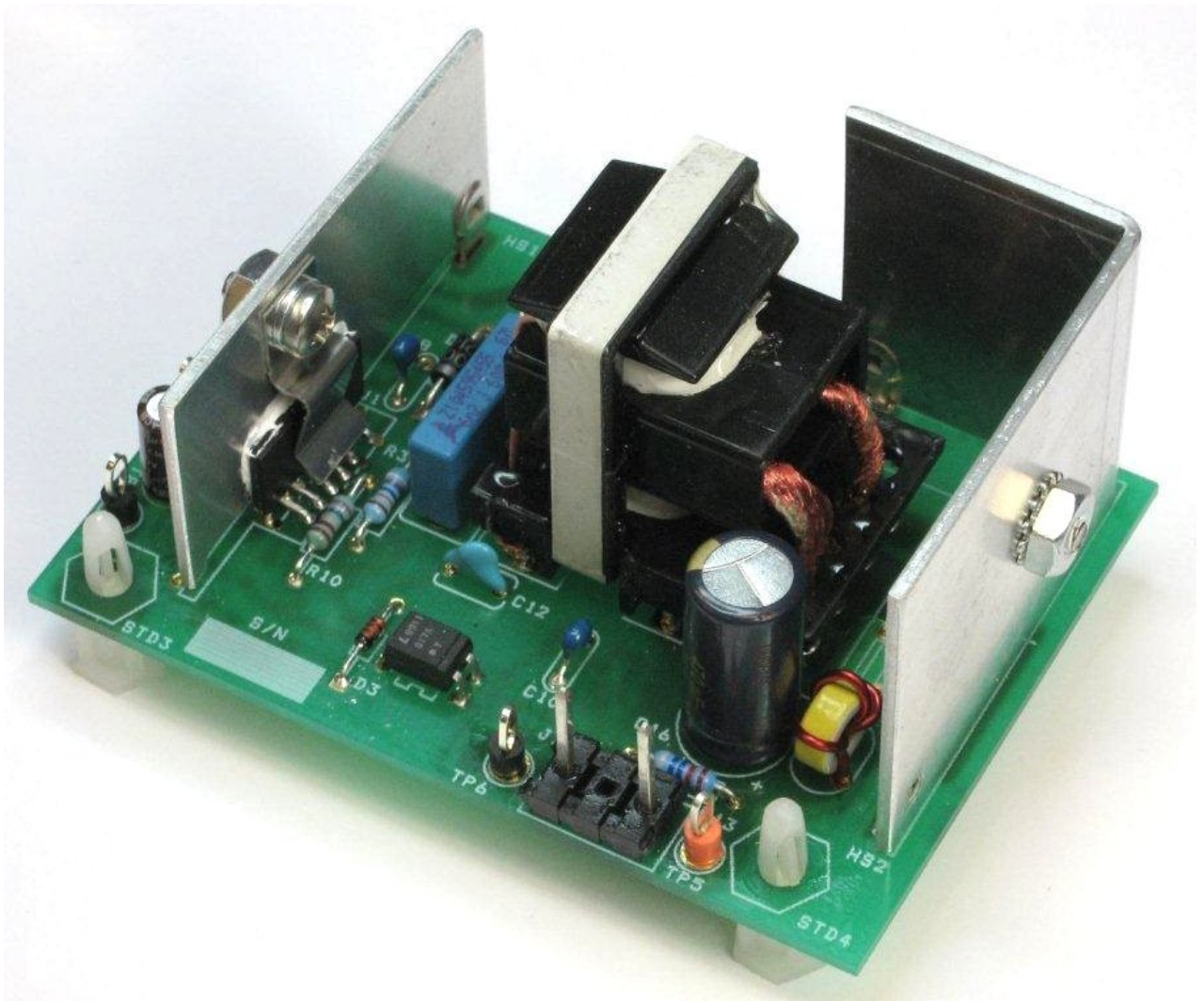


図 3 - 実装基板の写真、側面図 (2)



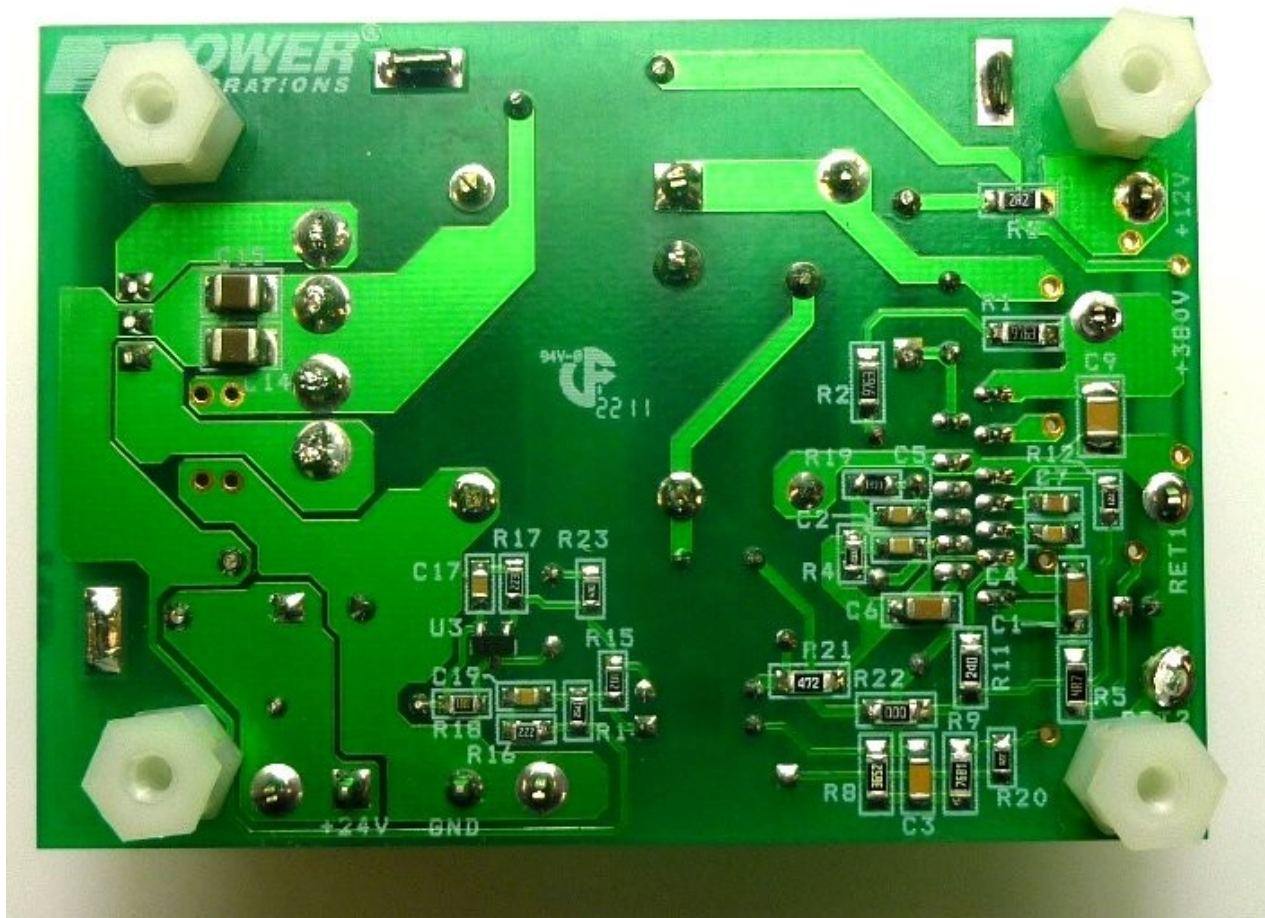


図 4 - 実装基板の写真、底面図





## 2 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
<b>入力</b>						
DC バス電圧	$V_{IN}$	300	380	420	VDC	DC 入力のみ 15 V 以上は U1 を損傷する場合あり
VCC 電圧	$V_{CC}$	11.4		14.5	VDC	
無負荷時入力電力 (380 VDC)			なし		W	
起動時電圧	$V_{START}$		360		VDC	
シャットダウン時電圧	$V_{STOP}$		285		VDC	
<b>出力</b>						
出力電圧	$V_{OUT}$	22.8	24	25.2	V	± 5% 20 MHz バンド幅
出力 P-P リップル電圧	$V_{RIPPLE}$			240	mV	
出力電流	$I_{OUT}$	0	6.25	6.25	A	
<b>出力電力の合計</b>						
連続出力電力	$P_{OUT}$			150	W	
ピーク出力電力	$P_{OUT\_PEAK}$			150	W	
<b>効率</b>						25 °C、380 VDC 入力で測定
負荷 20%	$\eta$	93.0	93.5		%	
負荷 50%	$\eta$	95.0	96		%	
負荷 100%	$\eta$	94.7	95.5		%	
寸法		82.5 x 58.4 x 34.8			mm	長さ x 幅 x 高さ
周囲温度	$t_{AMB}$	0		40	°C	周囲温度が高いときの動作では、IC1 及び出力ダイオードの両方で低い熱抵抗ヒート シンクが必要です



### 3 回路図

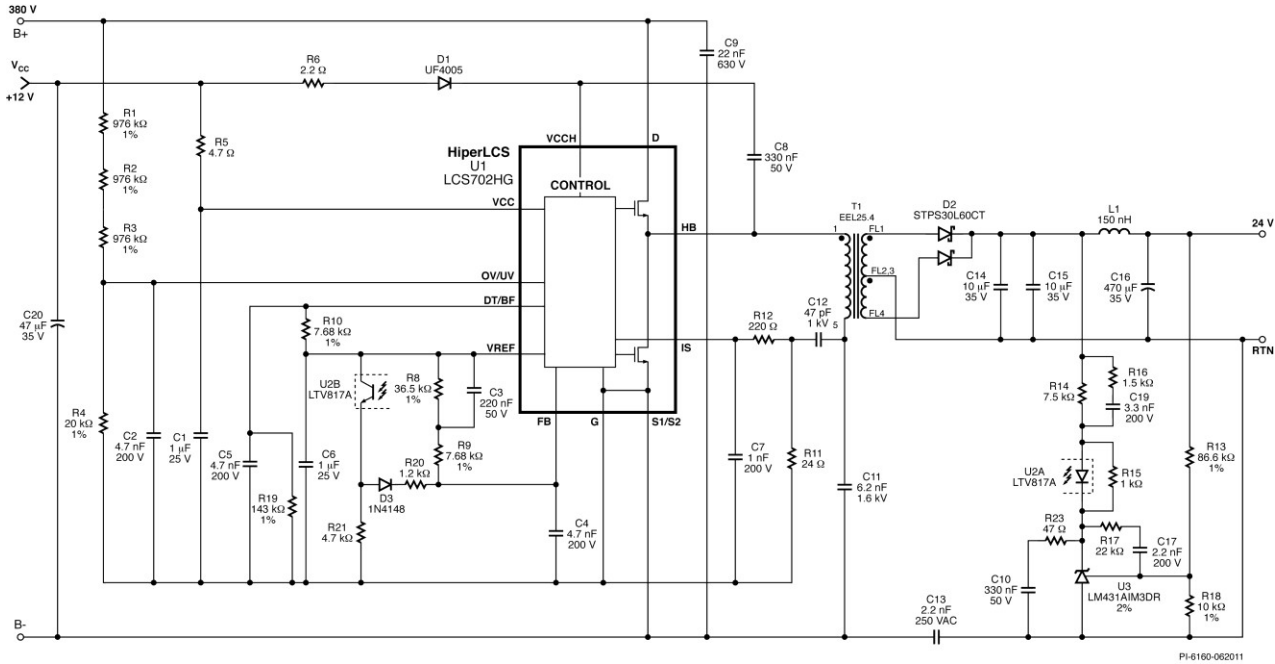


図 5 - 回路図



## 4 回路の説明

図 5 の回路図は、HiperLCS デバイスでの動作を想定し、LCS702HG を使用して実装された 24 V、150 W LLC DC-DC コンバータを示しています。定格 DC 入力電圧 380 V 及び 12 V バイアス回路により動作するように設計されています。

正常に動作させるには、RD-239 の +380 V の入力 (B+) と入力リターン (0 V) のの両端子間に 10  $\mu$ F の整流コンデンサを接続する必要があります。

### 4.1 一次側

集積回路 U1 には、LLC 共振ハーフブリッジ (HB) コンバータに必要な制御回路、ドライバ、出力 MOSFET が集積されています。U1 の HB 出力は、ブロッキング及び共振コンデンサ (C11) 経由で出力トランス T1 を駆動します。このコンデンサは、動作リップル電流に対応しており、異常状態時の高電圧に耐えます。

トランス T1 は漏れインダクタンスを 53  $\mu$ H として設計されました。この値と共振コンデンサ C11 の値から、以下の方程式に基づき一次直列共振周波数が 278 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)、 $C_R$  は、共振コンデンサ (C11) 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。

250 kHz は、トランスのサイズ、セラミック コンデンサの使用を可能にする出力フィルタ コンデンサ、及び効率、すべてのバランスの取れた動作周波数です。

また、二次巻線数は、コア損失と銅損の間で折り合いをつけて選択されました。一次巻線には AWG #42 リッツ線が使用され、二次巻線には AWG #44 リッツ線が使用されました。この組み合わせにより動作周波数 (250 kHz 以下) で高効率が実現されます。それぞれのリッツ巻線ゲージ内のストランド数は、巻線の収まり具合と銅損のバランスをとって選択されました。

選択されたコア材料は NC-2H (Nicera 製) です。この材料は十分使用可能ですが (低損失)、PC95 (TDK 製) など、高周波動作により適した材料を選択すると、コア損失がより軽減され、効率が向上します。

部品 D1、R6、及び C8 はブートストラップ回路を構成して、U1 の内蔵ハイサイドドライバを供給します。



部品 C20、R5、及び C1 は、U1 の  $V_{CC}$  電源である +12 V 入力のフィルタ及びバイパス回路です。注: 15 V 以上の  $V_{CC}$  電圧は U1 を損傷する場合があります。

分圧器 R1 ~ R4 は、U1 の高電圧ターンオン、ターンオフ、及び過電圧スレッシュホールドを設定します。分圧器の値は、入力過電圧ターンオフポイント 473 VDC で、LLC ターンオンポイントが 360 VDC、ターンオフポイントが 285 VDC となるように選択されています。内蔵ヒステリシスは、低入力電圧ターンオフポイントを 280 VDC に設定します。

コンデンサ C9 は +380 V 入力用の高周波バイパスコンデンサで、U1 の D 及び S1/S2 ピン間で短い配線で接続されます。

コンデンサ C12 は、C11 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圧に対応する必要があります。また、C12 には、金属化フィルム、SL セラミック、NPO セラミック、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。RD-239 で使用されているコンデンサは、CCFL チューブのドライバで一般的に使用される、"SL" 温度特性を備えたセラミックディスクです。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 5.5 A に、7 サイクル (低速) のカレントリミットが 3 A に設定されます。

$$I_{CL} = \frac{0.5}{\left(\frac{C12}{C11+C12}\right) \times R11}$$

$I_{CL}$  は、7 サイクルのカレントリミット (単位アンペア) です。R11 は、カレントリミット抵抗 (単位オーム) です。C11 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のフィルタ回路です。抵抗 R12 は、推奨値の 220  $\Omega$  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 IS ピンの近くに配置する必要があります。IS ピンは負電流を許容できるので、電流センスに複雑な整流回路は必要ありません。

抵抗 R10 は、デッドタイムを 330 nS に設定し、U1 の最大動作周波数を 773 kHz に設定します。U1 の  $F_{MAX}$  入力は、C5 によってフィルタされます。また、R10 と R19 の組み合わせにより、U1 に対してバーストモード "1" が選択されます。この結果、下側と上側のバーストスレッシュホールド周波数がそれぞれ 338 kHz と 386 kHz に設定されます。



FEEDBACK ピンには、FEEDBACK ピンに流れる  $1 \mu\text{A}$  あたり 2.6 kHz という近似特性があります。FEEDBACK ピンへの電流は、U1 の動作周波数を増加させるため、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 115 kHz 以下に設定されます。この値は、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ています。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がオープンの際に、最初により大きな電流が FEEDBACK 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 の値がこれより小さいと、入力電圧が印加されたとき、スイッチング開始前にディレーが発生します。

フォトカプラ U2 は、FEEDBACK ピンへの最大フォトカプラ電流を制限する R20 経由で U1 FEEDBACK ピンを駆動します。コンデンサ C4 は、FEEDBACK ピンをフィルタします。抵抗 R21 は、フォトカプラ出力に負荷をかけて比較的高い暗電流で動作させ、ゲインを増やします。抵抗 R20 及び R21 は、大信号ステップ応答とバーストモード出力リップルも改善します。ダイオード D3 は、 $F_{\text{MAX}}$ /ソフトスタート回路から R21 を切り離します。

## 4.2 出力整流

トランス T1 の出力は、D2 及び C14、C15 によって整流及び平滑されます。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のために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 コンデンサは動作しません。出力整流ダイオード D2 は高効率のために選択される 60 V ショットキーダイオードで、トランスの二次側の半分を編み合わせて (セクション 8 のトランス構造の詳細を参照)、2 つの二次側の半分の間の漏れインダクタンスを減少させ、最悪条件の PIV を 57 V に下げて、最終的に高効率の要因となった 60 V ショットキーダイオードを使用できるようにします。追加の出力フィルタは、L1 及び C16 によって行われます。また、コンデンサ C16 は、LLC "仮想" 出力直列 R-L とセラミック出力コンデンサ C14 及び C15 によって生じた 30 kHz 以下の LLC 出力インピーダンスピークを減衰させます。さらに、高速で高振幅の負荷ステップに対する応答を改善します。抵抗 R13 及び R18 は、U3 基準電圧とともに、電源の出力電圧を設定します。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、C19 及び R14、R16、R17、R21 は、電源のゲイン位相特性を決定します。これらの値は、定格及び極端な負荷や入力電圧の組み合わせでも安定動作を実現するように選択されました。フォトカプラ U2 の LED で電流が発生していない場合、抵抗 R15 により、必要な最小動作電流を U3 に流すことができます。部品 C10 と R23 は、ターンオン時の出力のオーバーシュートを解消するソフトスタート回路です。抵抗 R23 は C23 の ESR を上げ、TL431 (U3) の出力インピーダンスがゲイン位相応答時に支配的になります。





**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。



## 5 PCB レイアウト

0.042 DIA. SLOTS x 2

0.050 DIA.x 0.180 LONG SLOTS x 3

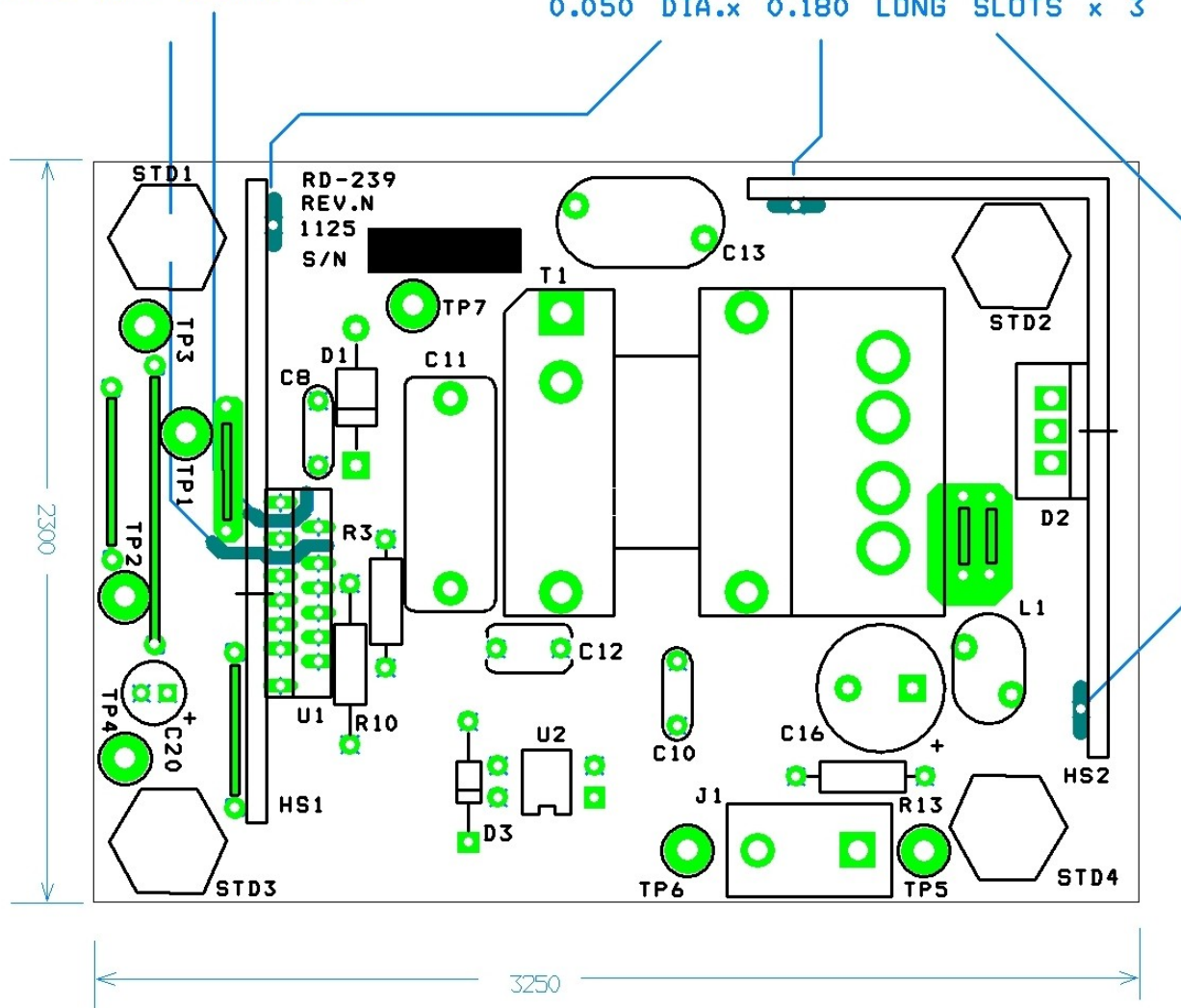


図 6 - 基板レイアウト (上面図)



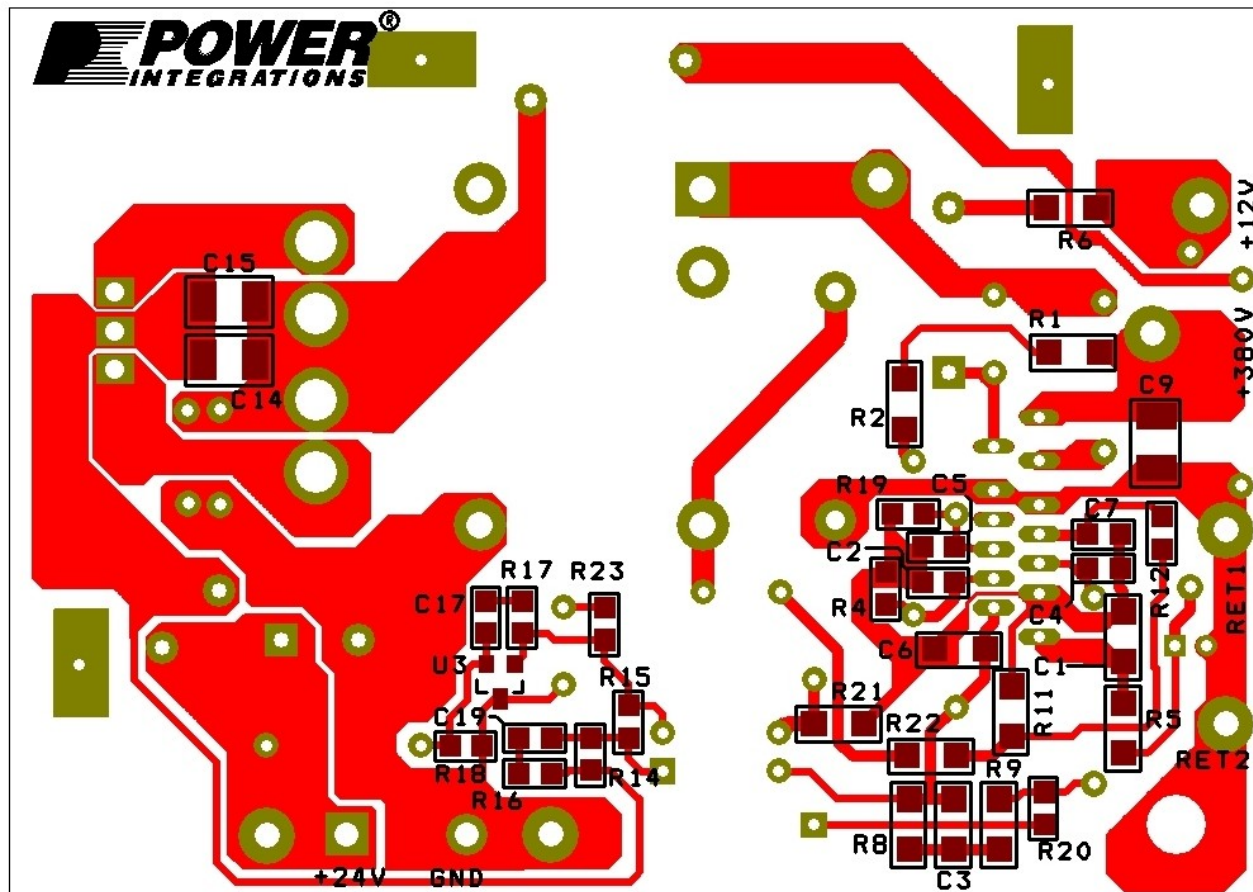


図 7 - 基板レイアウト (底面図)





## 6 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	3	C2 C4 C5	4.7 nF、200 V、セラミック、X7R、0805	08052C472KAT2A	AVX
3	1	C3	220 nF、50 V、セラミック、X7R、1206	ECJ-3YB1H224K	Panasonic
4	1	C7	1 nF、200 V、セラミック、X7R、0805	08052C102KAT2A	AVX
5	2	C8 C10	330 nF、50 V、セラミック、X7R	FK24X7R1H334K	TDK
6	1	C9	22 nF、630 V、セラミック、X7R、1210	GRM32QR72J223KW01L	Murata
7	1	C11	6.2 nF、1,600 V、フィルム	B32672L1622J000	Epcos
8	1	C12	47 pF、1 kV、ディスク セラミック	DEA1X3A470JC1B	Murata
9	1	C13	2.2 nF、セラミック、Y1	440LD22-R	Vishay
10	2	C14 C15	10 $\mu$ F、35 V、セラミック、X5R、1210	GMK325BJ106KN-T	Taiyo Yuden
11	1	C16	470 $\mu$ F、35 V、電解、超低 ESR、23 m $\Omega$ 、(10 x 20)	EKZE350ELL471MJ20S	Nippon Chemi-Con
12	1	C17	2.2 nF、200 V、セラミック、X7R、0805	08052C222KAT2A	AVX
13	1	C19	3.3 nF、200 V、セラミック、X7R、0805	08052C332KAT2A	AVX
14	1	C20	47 $\mu$ F、35 V、電解、汎用、(5 x 11)	ECA-1VHG470	Panasonic
15	1	D1	600 V、1 A、超高速リカバリ、75 ns、DO-41	UF4005-E3	Vishay
16	1	D2	60 V、30 A、デュアル ショットキー、TO-220AB	STPS30L60CT	ST Micro
17	1	D3	75 V、300 mA、高速スイッチング、DO-35	1N4148TR	Vishay
18	1	ESIPCLIP M4 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
19	1	HS1	ヒートシンク、ダイオード、カスタム、アルミニウム 3003、厚さ 0.62		Custom
20	1	HS2	ヒートシンク、ダイオード、カスタム、アルミニウム 3003、厚さ 0.062		Custom
21	1	J1	3 ポジション (1 x 3) ヘッダー、0.156 ピッチ、 垂直、中間ピン除去	26-48-1031	Molex
22	1	L1	カスタム、150 nH、+/- 15%、Micrometals T30-26 トロイダル コア上に構成	SNX R1595	Santronics USA
23	2	NUT1 NUT2	ナット、六角、Kep 6-32、亜鉛プレート	6CKNTZR	Any RoHS Compliant Mfg.
24	2	R1 R2	976 k $\Omega$ 、1%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8ENF9763V	Panasonic
25	1	R3	976 k $\Omega$ 、1%、1/4 W、メタル フィルム	MFR-25FBF-976K	Yageo
26	1	R4	20 k $\Omega$ 、1%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6ENF2002V	Panasonic
27	1	R5	4.7 $\Omega$ 、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEYJ4R7V	Panasonic
28	1	R6	2.2 $\Omega$ 、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEYJ2R2V	Panasonic
29	1	R8	36.5 k $\Omega$ 、1%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8ENF3652V	Panasonic
30	1	R9	7.68 k $\Omega$ 、1%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8ENF7681V	Panasonic
31	1	R10	7.68 k $\Omega$ 、1%、1/4 W、メタル フィルム	MFR-25FBF-7K68	Yageo
32	1	R11	24 $\Omega$ 、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEYJ240V	Panasonic
33	1	R12	220 $\Omega$ 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ221V	Panasonic
34	1	R13	86.6 k $\Omega$ 、1%、1/4 W、メタル フィルム	MFR-25FBF-86K6	Yageo
35	1	R14	7.5 k $\Omega$ 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ752V	Panasonic
36	1	R15	1 k $\Omega$ 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ102V	Panasonic
37	1	R16	1.5 k $\Omega$ 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ152V	Panasonic
38	1	R17	22 k $\Omega$ 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ223V	Panasonic
39	1	R18	10 k $\Omega$ 、1%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6ENF1002V	Panasonic
40	1	R19	143 k $\Omega$ 、1%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6ENF1433V	Panasonic
41	1	R20	1.2 k $\Omega$ 、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ122V	Panasonic
42	1	R21	4.7 k $\Omega$ 、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEYJ472V	Panasonic



43	1	R22	0 Ω、5%、1/4 W、厚膜、1206	ERJ-8GEY0R00V	Panasonic
44	1	R23	47 Ω、5%、1/8 W、厚膜、0805	ERJ-6GEYJ470V	Panasonic
45	2	RTV1 RTV2	熱伝導シリコン グリース	120-SA	Wakefield
46	2	SCREW1 SCREW2	SCREW MACHINE PHIL 6-32 X 5/16 SS	PMSSS 632 0031 PH	Building Fasteners
47	4	STD1 STD2 STD3 STD4	後段、基板、メス、六角、6-32、スナップ、0.375L、 ナイロン	561-0375A	Eagle Hardware
48	1	T1	カスタマイズしたトランス、ボビン、EEL25.4、垂直、 11ピン (2実装ピン)	SNX R1545	Santronics USA
49	1	TP1	試験点、黄、スルーホール実装	5014	Keystone
50	3	TP2 TP4 TP6	試験点、黒、スルーホール実装	5011	Keystone
51	1	TP3	試験点、赤、スルーホール実装	5010	Keystone
52	1	TP5	試験点、オレンジ、スルーホール実装	5013	Keystone
53	1	TP7	試験点、白、スルーホール実装	5012	Keystone
54	1	U1	HiperLCS、ESIP16/13	LCS702HG	Power Integrations
55	1	U2	フォトカプラ、35 V、CTR 80 ~ 160%、4 DIP	LTV-817A	Liteon
56	1	U3	IC、REG ZENER SHUNT ADJ SOT-23	LM431AIM3/NOPB	National Semr
57	2	WASHER1 WASHER2	平ワッシャー #6、SS、亜鉛プレート、0.267 OD x 0.143 ID x 0.032 厚さ	620-6Z	Olander



## 7 トランスの設計計算シート

HiperLCS_041311; Rev.1.0; Copyright Power Integrations 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			103	uF	保持時間要件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す</b>
VO1	24.00		24.0	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	6.25		6.3	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			150	W	第一 LLC 出力からの出力電力
VO2			0.0	V	第二出力電圧
IO2			0.0	A	第二出力電流
VD2			0.70	V	第二出力で使用されるダイオードの順方向電圧
PO2			0.00	W	第二 LLC 出力からの出力電力
P_LLC			150	W	指定された LLC 出力電力
<b>LCS デバイスの選択</b>					
デバイス	<b>LCS702</b>		<b>LCS702</b>		LCS デバイス
RDSON (最大)			1.39	Ω	選択したデバイスの RDSON (最大)
Coss			250	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			1.4	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			9.1	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			102	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			29	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			154	W	ダイオード損失を含む LLC コンバータからの出力
Vo			24.60	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			287	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 (漏れが小さい外付けトランスの場合))



Lpri		340	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	53.00	53.0	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ます
Kratio		5.4		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	6.20	6.2	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		5.098	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		7.50		LLC 等価回路の最適なトランスの巻線比
Npri	49.0	49.0		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	6.0	6.0		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		280	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		278	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		180	kHz	VBULK_MIN、最大負荷でのスイッチング周波数
f_par		110	kHz	並列共振周波数 (Lpar + Lres 及び C で定義)
f_inversion		164	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、ゲイン逆転領域で動作しなくなります
Vinversion		256	V	低周波ゲイン反転する前の LLC パワー伝送の最小入力電圧。最適な値は Vbrownout と等価です
<b>RMS 電流及び電圧</b>				
IRMS_LLC_Primary		0.99	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		4.8	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		2.8	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		0.0	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		0.0	A	二次高電圧側コンデンサ RMS 電流
Cres_Vrms		91	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>				
新規一次巻数		49.0		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
新規二次巻数		6.0		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		340	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		7.6	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		53.0	uH	トライアルトランスの推定 Lres
新規推定 Lpar		287	uH	トライアルトランスの Lpar の推定値



新規推定 Lsec			5.098	uH	二次漏れインダクタンスの推定値
新規 Kratio			5.4		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			7.50		推定実効トランス巻線比
新規 V パワー伝送部逆転			246	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			250	kHz	新規直列共振周波数
f_predicted_trial			252	kHz	新規定格動作周波数
IRMS_LLC_Primary			1.01	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 (二次低電圧側) RMS 電流			5.0	A	半正弦波形状と推定した場合の、出力 1 巻線を通る RMS 電流
二次低電圧側コンデンサ RMS 電流			3.2	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			5.0	A	出力 2 巻線を通る RMS 電流。出力 1 巻線は、出力 2 巻線に重なる AC 積み上げです
二次高電圧側コンデンサ RMS 電流			0.0	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>					
トランス コア	EEL25		EEL25		トランス コア
Ae			0.4	cm <sup>2</sup>	トランス コア断面積を入力します
Ve			3.0	cm <sup>3</sup>	コアの体積を入力します
Aw			107.9	mm <sup>2</sup>	領域
Bw			22.0	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			3.1	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			0.6	W	推定コア損失
Bpkfmin			141	mT	最小周波数での第 1 象限ピーク磁束密度。
BAC			181	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			49.0		一次巻数。LLC 共振セクションで決定されます
一次ゲージ			44	AWG	一次巻線に使用される個別の巻線ゲージ
等価の一次測定基準メトリック巻線径			0.050	mm	メトリック単位による等価の線径
一次リッツ ストランド	125		125		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			47	mm <sup>2</sup>	一次側の巻線領域
占有率			43%	%	一次巻線の占有率 (%) (標準的な占有率は 60%)
Resistivity_25 C_Primary			75.42	mΩ/m	メートルあたりの抵抗率
一次 DCR 25 C			114.42	mΩ	25 C での推定抵抗
一次 DCR 100 C			153.32	mΩ	100 C での推定抵抗 (25 C の場合よりもおよそ 33% 高くなります)
一次 RMS 電流			0.99	A	一次巻線を通る測定された RMS 電流



ACR_Trif_Primary			245.31	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			0.24	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			24.00	V	出力電圧 (AC 積み上げ巻線を想定)
セクション 1 の巻線			6.00		二次巻数 (各位相)
セクション 1 の RMS 電流 (AC + DC の合計)			4.8	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
巻線電流 (DC 部品)			3.13	A	巻線電流の DC 部品
巻線電流 (AC RMS 部品)			3.68	A	巻線電流の AC 部品
セクション 1 の巻線ゲージ			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 のメトリック巻線径			0.060	mm	メトリック単位による等価の線径
セクション 1 のリッツストランド	270		270		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			21.96	mΩ/m	メートルあたりの抵抗率
DCR_25C_Sec1			4.08	mΩ	25 C での位相あたりの推定抵抗 (参照用)
DCR_100C_Sec1			5.47	mΩ	100 C での位相あたりの推定抵抗 (25 C の場合よりもおよそ 33% 高くなります)
DCR_Ploss_Sec1			0.43	W	DC 抵抗による推定電力損失 (両方の二次位相)
ACR_Sec1			8.75	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			0.24	W	推定 AC 銅損 (両方の二次位相)
巻線 1 銅損合計			0.66	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			2.8	A	出力コンデンサ RMS 電流
Co1			4.8	uF	二次側 1 の出力コンデンサ
コンデンサリップル電圧			3.0	%	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 (二次高電圧側)</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			0.00	V	出力電圧 (AC 積み上げ巻線を想定)
セクション 2 の巻線			0.00		二次巻数 (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)			4.8	A	出力 2 巻線を通る RMS 電流。出力 1 巻線は、出力 2 巻線に重なる AC 積み上げです
巻線電流 (DC 部品)			0.0	A	巻線電流の DC 部品
巻線電流 (AC RMS 部品)			0.0	A	巻線電流の AC 部品
セクション 2 の巻線ゲージ			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 のメトリック巻線径			0.060	mm	メトリック単位による等価の線径
セクション 2 のリッツストランド			0	mΩ/m	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			59292.53	mΩ/m	メートルあたりの抵抗率
トランス二次 MLT			3.10	cm	1 巻あたりの平均長



DCR_25C_Sec2			0.00	mΩ	25 C での位相あたりの推定抵抗 (参照用)
DCR_100C_Sec2			0.00	mΩ	100 C での位相あたりの推定抵抗 (25 C の場合よりもおよそ 33% 高くなります)
DCR_Ploss_Sec1			0.00	W	DC 抵抗による推定電力損失 (両方の二次巻線)
ACR_Sec2			0.00	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			0.00	W	推定 AC 銅損 (両方の二次巻線)
巻線 2 銅損合計			0.00	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			0.0	A	出力コンデンサ RMS 電流
Co2			なし	μF	二次側 2 の出力コンデンサ
コンデンサリップル電圧			なし	%	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>トランス損失の計算</b>				<b>ギャップからの漏れ磁束損失は含まない</b>	
一次銅損 (一次セクションから)			0.24	W	85 C での一次巻線合計銅損
二次銅損			0.66	W	二次巻線合計銅損
トランスの合計銅損			0.91	W	トランスの合計銅損 (一次 + 二次)
AW_S			46.59	mm <sup>2</sup>	二次巻線の領域
二次占有率			33%	%	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
<b>信号ピン抵抗値</b>					
デッドタイム	330		330	ns	デッドタイム
バーストモード	1		1		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_max			773	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_burst_start			338	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_burst_stop			386	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			7.62	kΩ	DT/BF ピンから VREF ピン間の抵抗
DT/BF ピン下側分割抵抗			145	kΩ	DT/BF ピンから G ピン間の抵抗
Rstart			7.62	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
起動ディレー			0.0	ms	起動遅延。スイッチング開始前のディレーです。遅延を増やすには、R_START の値を下げます
Rfmin			34.7	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_MIN が決まります
C_softstart	0		0.2	μF	ソフトスタートコンデンサ。推奨値は、0.1 ~ 10 μF です
Ropto			3.9	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
<b>LLC コンデンサの分割電流センス回路</b>					
低速カレントリミット			2.78	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			5.00	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		23.9	$\Omega$	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	$\Omega$	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
<b>損失量</b>				
LCS デバイスの導通損失		1.4	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		3.8	W	推定ダイオード損失
トランスの推定合計銅損		0.91	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		0.6	W	推定コア損失
合計トランス損失		1.5	W	合計トランス損失
合計推定損失		6.6	W	LLC 段の合計損失
推定エネルギー効率		96%	%	推定エネルギー効率
ピン		157	W	LLC 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		24.00	V	目標安定化出力電圧 Vo1。変更してスレープ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		6.00		Vo1 の合計巻線数
V1_Actual		24.00	V	推定出力
V2		0.00	V	目標出力電圧 Vo2
V2d2		0.70	V	Vo2 のダイオード降下電圧
N2		0.00		Vo2 の合計巻線数
V2_Actual		-0.70	V	推定出力電圧
<b>分離直列インダクタ (外付けタイプトランスのみ)</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		53.00	$\mu$ H	分離インダクタの必要なインダクタンス
Ae_Ind		0.53	$\text{cm}^2$	インダクタ コア断面積
インダクタ巻数		10		一次側巻数
BP_fnom		1502	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		2.8	A	推定ピーク一次電流
BP_fmin		2804	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メトリック巻線径		0.050	mm	メトリック単位による等価の線径
インダクタ リッツ ストランド		125.00		リッツ線で使用する巻線本数
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	m $\Omega$ /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		52.8	m $\Omega$	25 C での推定抵抗 (参照用)





---

インダクタ DCR 100 C			70.7	mΩ	100 C での推定抵抗 (25 C の場合よりもおよそ 33% 高くなります)
ACR_Sep_Inductor			113.2	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			0.11	W	85 C での一次巻線合計銅損



## 8 トランスの仕様

### 8.1 回路図

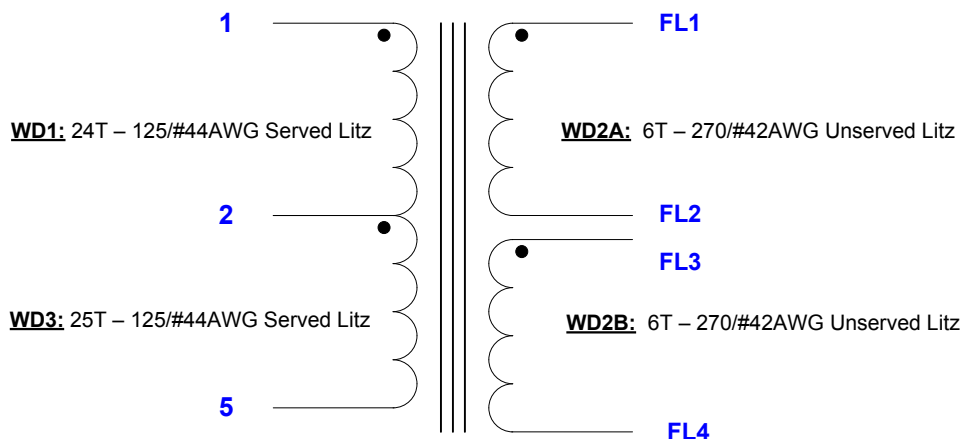


図 8 – トランスの回路図

### 8.2 電気仕様

耐電圧	1 秒間、60 Hz、ピン 1 ~ 5 から FL1、FL2、FL3、FL4 まで	3000 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 1 ~ 5 を 300 kHz、0.4 V <sub>RMS</sub> で測定	350 μH、±10%
共振周波数	ピン 1 ~ 5、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	FL1、FL2、FL3、FL4 をショートした状態で、ピン 1 ~ 5 を 300 kHz、0.4 V <sub>RMS</sub> で測定	53 μH ±7%

### 8.3 材料

項目	概要
[1]	コア: EEL25.4 日本セラミック FEEL25.4-NC-2H、ギャップ無し。
[2]	ボビン: EEL25、垂直、3 セクション、5 ピン。PI P/N 25-00960-05。
[3]	ボビン カバー、PI P/N 25-00961-00。
[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、7.0mm 幅。
[5]	リッツ線: 270/#42 単層コート、裸。
[6]	リッツ線: 125/#44 単層コート、被覆。
[7]	ワニス: Dolph BC-359 またはそれと同等の製品。



## 8.4 トランスの構造図

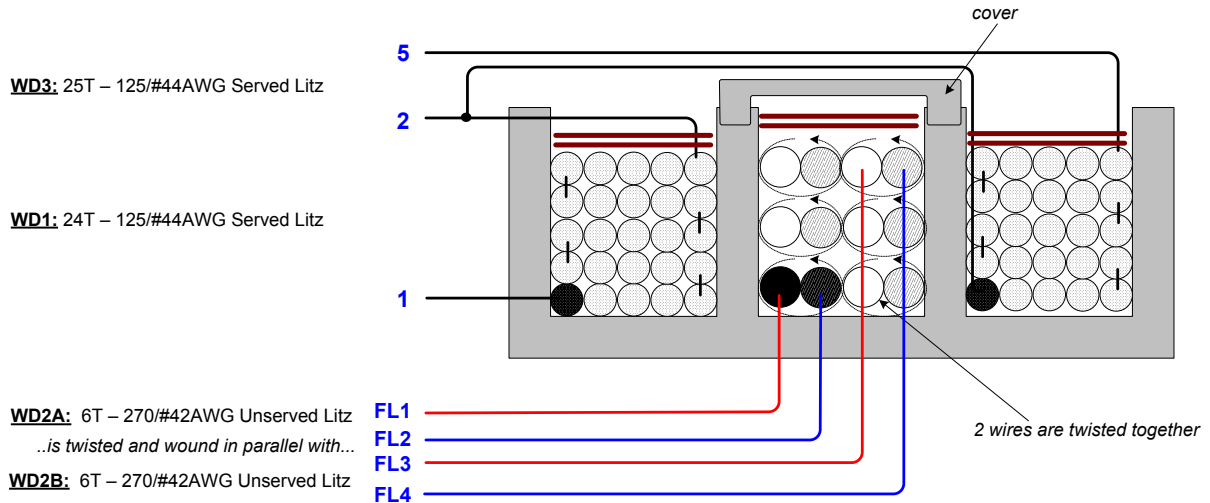


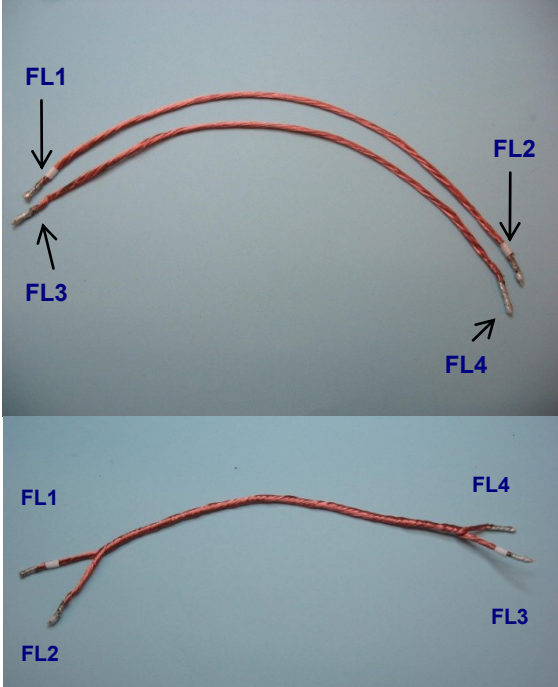
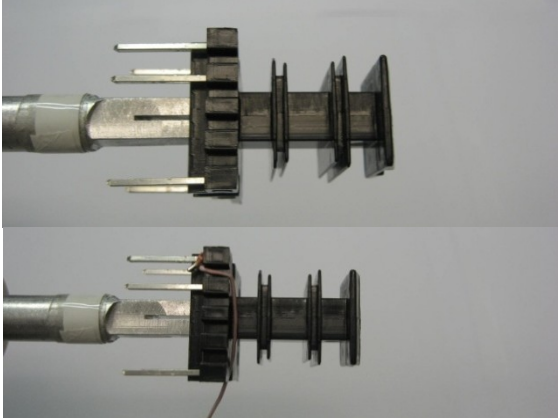
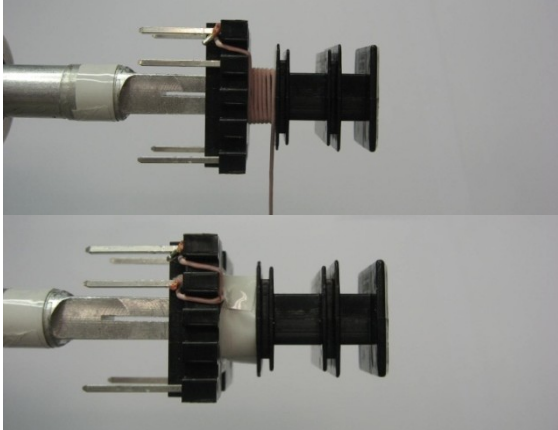
図 9 – トランスの構造図

## 8.5 トランス構造

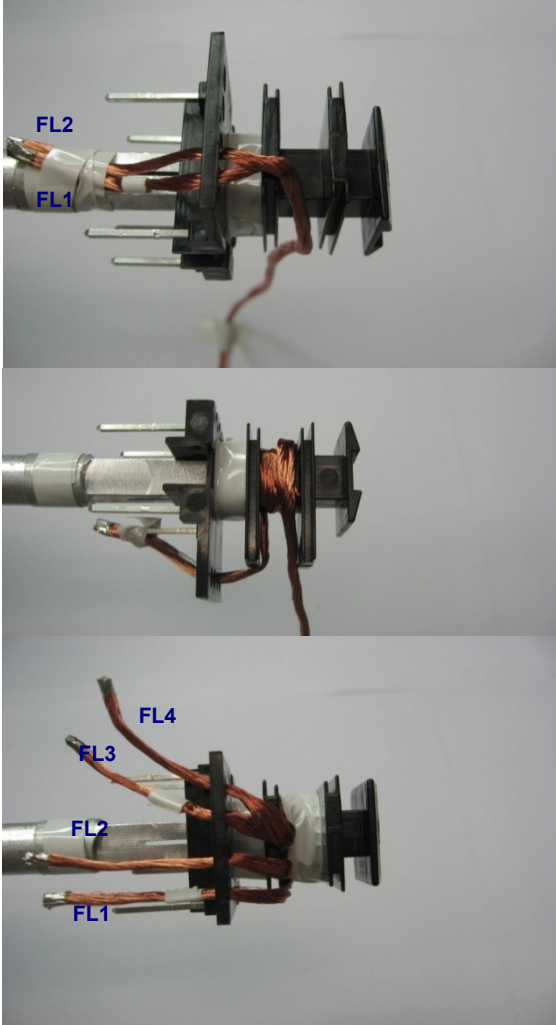
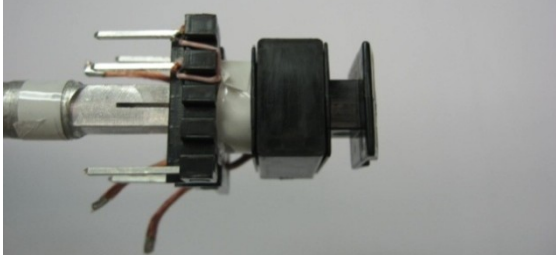
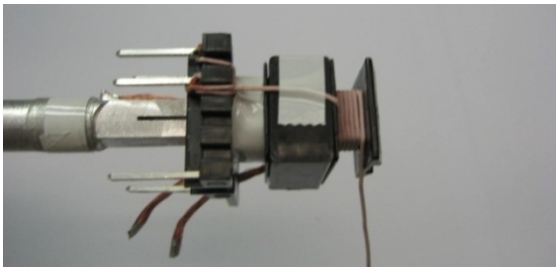
二次巻線の準備	ワイヤ [5] の長さ 13 インチ のストランド線を 2 本準備します。このストランド線の終端を錫メッキし、もう片方と区別するために 1 本のストランド線にラベルを付けて、FL1、FL2 とします。もう片方のストランド線は FL3 及び FL4 とします。各終端に 1 インチの長さを残しながら、2 本のストランド線全体を均等に最大 30 回ツイストして 1 本にします。以下の写真を参照してください。
WD1 (一次側)	ボビン [2] を巻線軸に配置し、ピン側が左側になるようにします。ピン 1 から始めて、被覆リッツ線 [6] を 5 層で 24 回巻き付け、ピン 2 で終了します。テープ [4] を 1 回巻き付けて巻線を固定します。
WD2A 及び WD2B (二次側)	ステップ 1 で準備した裸リッツ組み立てを使用して、ボビン [2] の底面フランジの穴 1 と穴 2 に FL1 と FL3 を挿入して始めます (図を参照)。ボビンの中央セクションで 6 回きつく巻きます。ボビンの底面フランジの穴 3 に FL2 を、穴 4 に FL4 を挿入して終わります。テープ [4] を 1 回巻き付けて巻線を固定します。
ボビンカバー	図のようにカバーの閉じた終端をボビンのピン 1 ~ 5 側に向けて、ボビンカバー [3] をボビンのフランジの溝にスライドさせます。カバーがしっかりと取り付けられているか確認してください。
WD 3 (一次側)	ボビン [2] のピン 2 から始めて、被覆リッツ線 [6] を 25 回巻き、ピン 5 で終了します。テープ [4] を使用して、図のようにリード線の巻き始めを固定して絶縁します。テープ [4] を 1 回巻き付けて固定します。
終了	インダクタンスが $350 \mu\text{H} \pm 10\%$ になるように、コア [1] を研磨します。コアを組み立て、固定します。すべての二次巻線を図のようにボビンの穴から最大 ¼ インチ まで錫メッキして、½ インチに調整します。 [7] に浸漬ワニスを行います。



## 8.6 巻線の図

<p>二次巻線の準備</p>		<p>ワイヤ項目 [5] の長さ 13 インチのケーブルを 2 本作成します。このケーブルの終端を錫メッキし、もう片方と区別するために 1 本のケーブルにラベルを付けて、FL1、FL2 とします。もう片方のケーブルは FL3 及び FL4 とします。各終端に 1 インチの長さを残しながら、2 本のケーブル全体を均等に最大 15 回ツイストして 1 本にします。以下の写真を参照してください。</p>
<p>WD1 (一次側)</p>		<p>ピン項目 [2] を巻線軸に配置し、ピン側が左側になるようにします。</p>
<p>WD1 (一次側) (続き)</p>		<p>ピン 1 から始めて、被覆リッツ線 [6] を 5 層で 24 回巻き付け、ピン 2 で終了します。テープ [4] を 1 回巻き付けて巻線を固定します。</p>



<p>WD2A 及び WD2B (二次側)</p>		<p>ステップ 1 で準備した裸リッツ組み立てを使用して、ボビン [2] の底面フランジの穴 1 と穴 2 に FL1 と FL3 を挿入して始めます (図を参照)。ボビンの中央セクションで 6 回きつく巻きます。ボビンの底面フランジの穴 3 に FL2 を、穴 4 に FL4 を挿入して終わります。テープ [4] を 1 回巻き付けて巻線を固定します。</p>
<p>ボビン カバー</p>		<p>図のようにカバーの閉じた終端をボビンのピン 1 ~ 5 側に向けて、ボビン カバー [3] をボビンのフランジの溝にスライドさせます。カバーがしっかりと取り付けられているか確認してください。</p>
<p>WD 3 (一次側)</p>		<p>ボビン [2] のピン 2 から始めて、被覆リッツ線 [6] を 5 層で 25 回巻き、ピン 5 で終了します。</p> <p>テープ [4] を使用して、図のようにリード線の巻き始めを固定して絶縁します。テープ [4] を 1 回巻き付けて固定します。</p>



		
終了	 <p data-bbox="706 1018 763 1050">前面</p> <p data-bbox="706 1396 763 1428">背面</p>	<p data-bbox="1047 934 1388 1239">インダクタンスが <math>350 \mu\text{H}</math> <math>\pm 10\%</math> になるように、コア [1] を研磨します。コアを組み立て、固定します。すべての二次巻線を図のようにボビンの穴から最大 <math>\frac{1}{4}</math> インチまで錫メッキして、<math>\frac{1}{2}</math> インチに調整します。 [7] に浸漬ワニスをしてします。</p>



## 9 出力インダクタの仕様

### 9.1 回路図

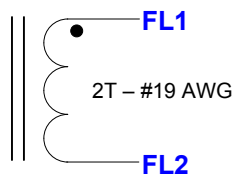


図 10 - インダクタの回路図

### 9.2 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	150 nH、±15%
---------	---	-------------

### 9.3 材料リスト

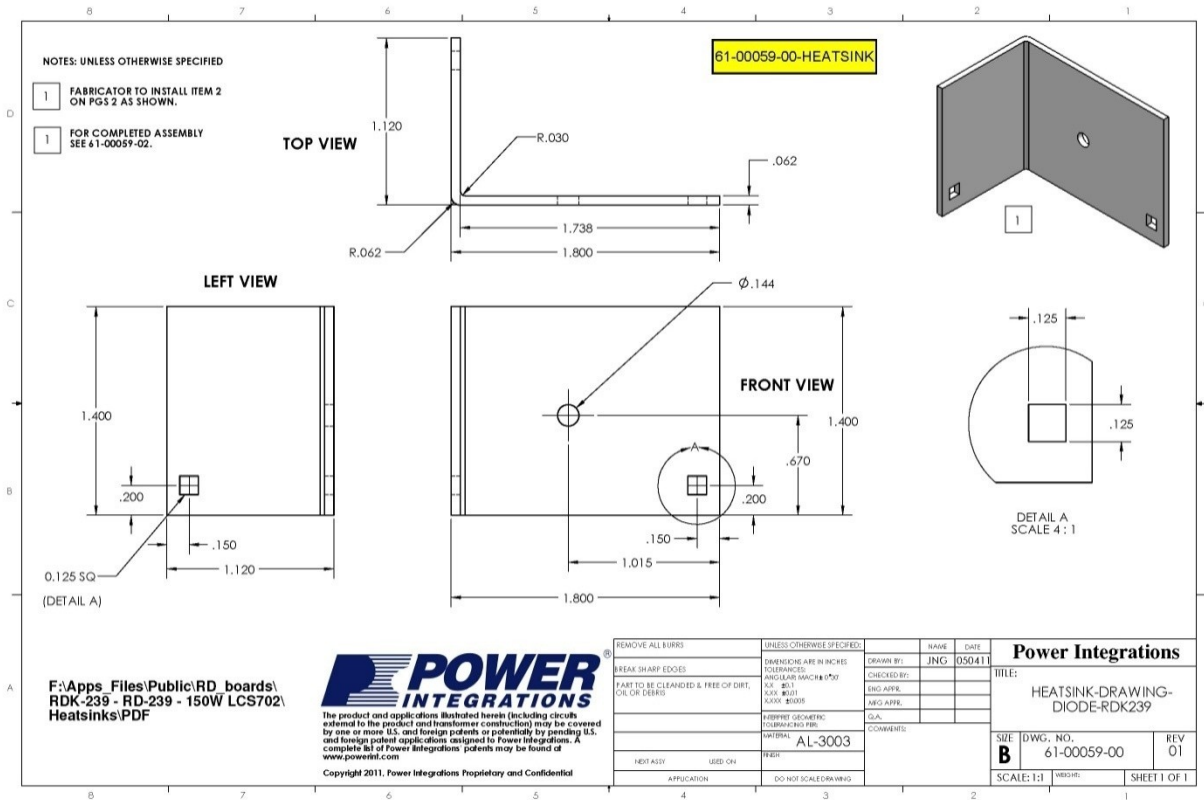
項目	概要
[1]	鉄心トロイダル コア: Micrometals T30-26
[2]	マグネット ワイヤ: #19 AWG はんだ付け可能な 2 層コーティング



# 10 ヒートシンク アセンブリ

## 10.1 ダイオード ヒートシンク

### 10.1.1 ダイオード ヒートシンクの図面





10.1.2 ダイオード ヒートシンク製造アセンブリ図面

**2** FOR COMPLETED ASSEMBLY  
SEE 61-00059-02

**1** FABRICATOR TO INSTALL  
ITEM 2 AS SHOWN.

(FOR FABRICATION REFERENCE  
TO INSTALL ITEM 2.)

F:\Apps\_Files\Public\RD\_boards\  
RDK-239 - RD-239 - 150W LCS702\  
Heatsinks\PDF

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00059-01	HEATSINK, DIODE, CUSTOM AL, 3003, .062 THK	1
2	60-00016-00	TERMINAL, EYELET, ZIERICK PN 190	2

<p><b>POWER INTEGRATIONS</b></p> <p>The product and applications illustrated herein (including circuits external to the product and transformer construction) 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 <a href="http://www.powerint.com">www.powerint.com</a></p> <p>Copyright 2011, Power Integrations Proprietary and Confidential</p>	<p>REMOVE ALL BURRS</p> <p>BREAK SHARP EDGES</p> <p>PART TO BE CLEANED &amp; FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS</p> <p>NEXT ASSY</p> <p>USED ON</p> <p>APPLICATION</p>	<p>UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:</p> <p>DIMENSIONS ARE IN INCHES</p> <p>TOLERANCES:</p> <p>ANGULAR: MACH ± 0°30'</p> <p>X.X ±0.1</p> <p>X.XX ±0.01</p> <p>X.XXX ±0.005</p> <p>ASME Y14.5</p> <p>MATERIAL</p> <p>FINISH</p> <p>DO NOT SCALE DRAWING</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>NAME</td> <td>DATE</td> </tr> <tr> <td>JNG</td> <td>050411</td> </tr> <tr> <td>CHECKED BY:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ENG APPR.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MFG APPR.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Q.A.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>COMMENTS:</td> <td></td> </tr> </table>	NAME	DATE	JNG	050411	CHECKED BY:		ENG APPR.		MFG APPR.		Q.A.		COMMENTS:	
NAME	DATE																
JNG	050411																
CHECKED BY:																	
ENG APPR.																	
MFG APPR.																	
Q.A.																	
COMMENTS:																	
<p><b>Power Integrations</b></p> <p>TITLE:</p> <p>HEATSINK, FAB, DIODE WITH BRKTS, RDK239, PI CUSTOM</p>			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>SIZE</td> <td>DWG. NO.</td> <td>REV</td> </tr> <tr> <td><b>A</b></td> <td>61-00059-01</td> <td>01</td> </tr> <tr> <td>SCALE: 1:1</td> <td>WEIGHT:</td> <td>SHEET 1 OF 1</td> </tr> </table>	SIZE	DWG. NO.	REV	<b>A</b>	61-00059-01	01	SCALE: 1:1	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1					
SIZE	DWG. NO.	REV															
<b>A</b>	61-00059-01	01															
SCALE: 1:1	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1															

10.1.3 ダイオード及びヒートシンク アセンブリ図面

(FOR ASSEMBLY REFERENCE)

F:\Apps\_Files\Public\RD\_boards\  
RDK-239 - RD-239 - 150W LCS702\  
Heatsinks\PDF

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00059-01	HEATSINK, DIODE, CUSTOM AL, 3003, .062 THK	1
3	15-00820-00	60V, 30 A, DUAL SCHOTTKY, TO-220AB	1
4	75-00002-00	SCREW MACHINE PHIL 6-32 X 5/16 SS	1
5	75-00069-00	NUT, HEX, KEP 6-32, ZINC PLATE	1
6	66-00084-00	THERMAL CONDUCTIVE SILICONE GREASE	1
7	75-00167-00	WASHER FLAT #6, SS, ZINC PLATE	1

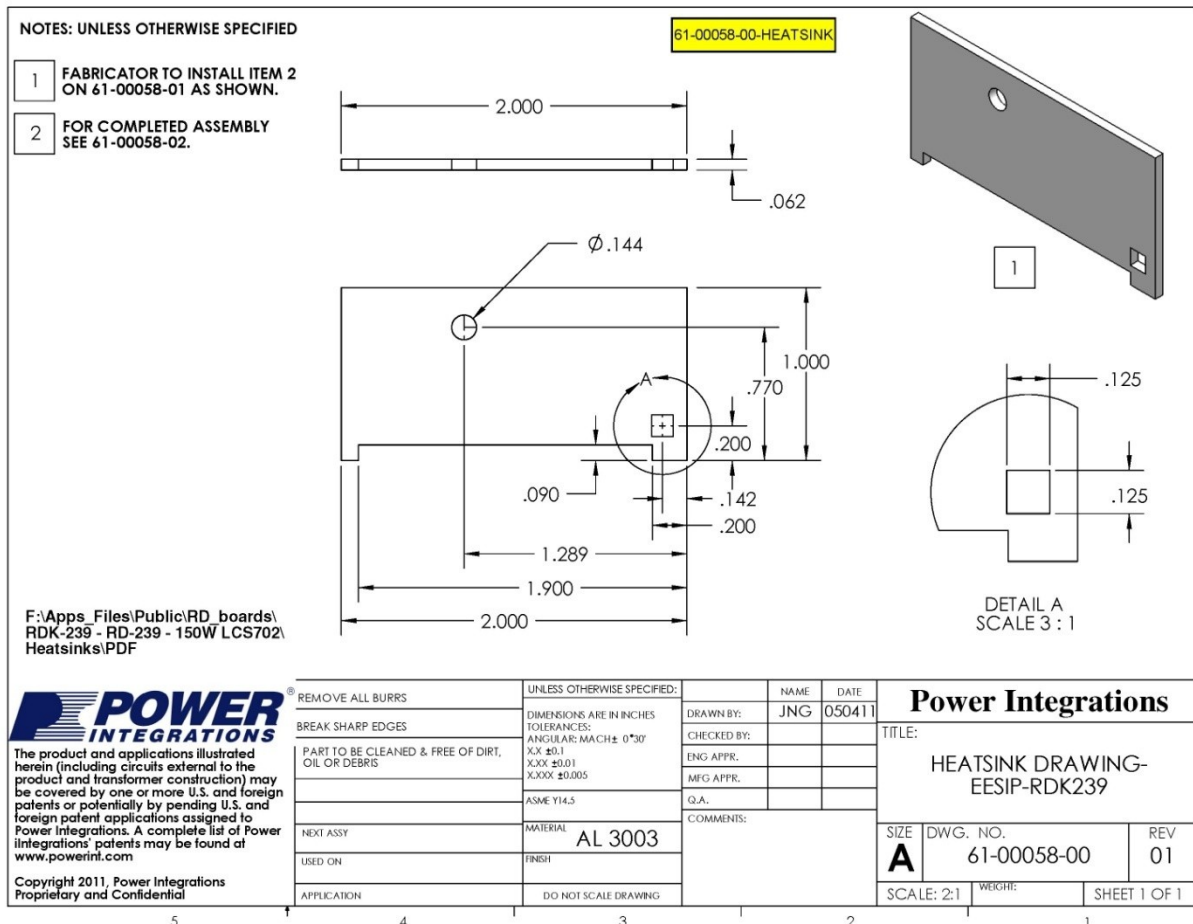
REMOVE ALL BURRS	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE	<b>Power Integrations</b>
BREAK SHARP EDGES	DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: ANGULAR: MACH ± 0°30'	DRAWN BY: JNG	050411	
PART TO BE CLEANED & FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS	X.X .±0.1 X.XX ±0.01 X.XXX ±0.005	CHECKED BY:		TITLE:
	ASME Y14.5	ENG APPR.		HEATSINK, ASSY, DIODE WITH BRKTS, RDK239, PI CUSTOM
NEXT ASSY	MATERIAL	MFG APPR.		SIZE DWG. NO. REV
USED ON	FINISH	Q.A.		A 61-00059-02 01
APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING	COMMENTS:		SCALE: 1:2 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

5 4 3 2 1



## 10.2 HiperLCS ヒートシンク

### 10.2.1 HiperLCS ヒートシンクの図面



10.2.2 HiperLCS ヒートシンク製造アセンブリ図面

**2** FOR COMPLETED ASSEMBLY  
SEE 61-00058-02

FABRICATOR TO INSTALL  
ITEM 2 AS SHOWN.

F:\Apps\_Files\Public\RD boards\  
RDK-239 - RD-239 - 150W LCS702\  
Heatsinks\PDF

BOM Table			
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00058-01	HEATSINK-EESIP-RD239	1
2	60-00016-00	TERMINAL, EYELET, ZIERICK PN 190	1

<p>REMOVE ALL BURRS</p> <p>BREAK SHARP EDGES</p> <p>PART TO BE CLEANED &amp; FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS</p> <p>NEXT ASSY</p> <p>USED ON</p> <p>APPLICATION</p>	<p>UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:</p> <p>DIMENSIONS ARE IN INCHES</p> <p>TOLERANCES:</p> <p>ANGULAR: MACH ± 0°30'</p> <p>XX ±0.1</p> <p>XXX ±0.01</p> <p>XXXX ±0.005</p> <p>ASME Y14.5</p> <p>MATERIAL</p> <p>FINISH</p> <p>DO NOT SCALE DRAWING</p>	<p>NAME: JNG</p> <p>DATE: 050411</p> <p>ENGINEER:</p> <p>MANUFACTURER:</p> <p>Q.A.:</p> <p>COMMENTS:</p>	<p><b>Power Integrations</b></p> <p>TITLE:</p> <p>HEATSINK, FAB, EESIP WITH BRKTS, RDK239, PI CUSTOM</p> <p>SIZE: <b>A</b></p> <p>DWG. NO.: 61-00058-01</p> <p>REV: 01</p> <p>SCALE: 2:1</p> <p>WEIGHT:</p> <p>SHEET 1 OF 1</p>
---	---	--	---



10.2.3 HiperLCS 及びヒートシンク アセンブリ図面

(FOR ASSEMBLY REFERENCE)

F:\Apps\_Files\Public\RD\_boards\  
RDK-239 - RD-239 - 150W LCS702\  
Heatsinks\PDF

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00058-01	HEATSINK-EESIP-RD239	1
3	10-00342-00	LCSwitch, LCS702HG, ESIP16/13	1
4	66-00084-00	THERMALLY CONDUCTIVE SILICONE GREASE	1
5	60-00042-00	EDGE CLIP, 20.76mm L x 8 mm WX 0.015mm THK	1
6	75-00002-00	SCREW MACHINE PHIL 6-32 X 5/16 SS	1
7	75-00069-00	NUT, HEX, KEP 6-32, ZINC PLATE	1
8	75-00167-00	WASHER FLAT #6, SS, 0.267 OD x 0.143 ID x 0.032 Thk	1

REMOVE ALL BURRS	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE	<b>Power Integrations</b>
BREAK SHARP EDGES	DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: ANGULAR: MACH ± 0°30'	DRAWN BY: JNG	050411	
PART TO BE CLEANED & FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS	X.X ±0.1 X.XX ±0.01 X.XXX ±0.005	CHECKED BY:		TITLE:
	ASME Y14.5	ENG APPR.		HEATSINK, ASSY, EESIP WITH BRKTS, RDK239, PI CUSTOM
NEXT ASSY	MATERIAL	MFG APPR.		Q.A.
USED ON	FINISH	COMMENTS:		SIZE DWG. NO. REV
APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING			<b>A</b> 61-00058-02 01
				SCALE: 1:1 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

5 4 3 2 1

## 11 性能データ

### 11.1 効率曲線 — 100%、50%、20% 及び 10% 負荷時

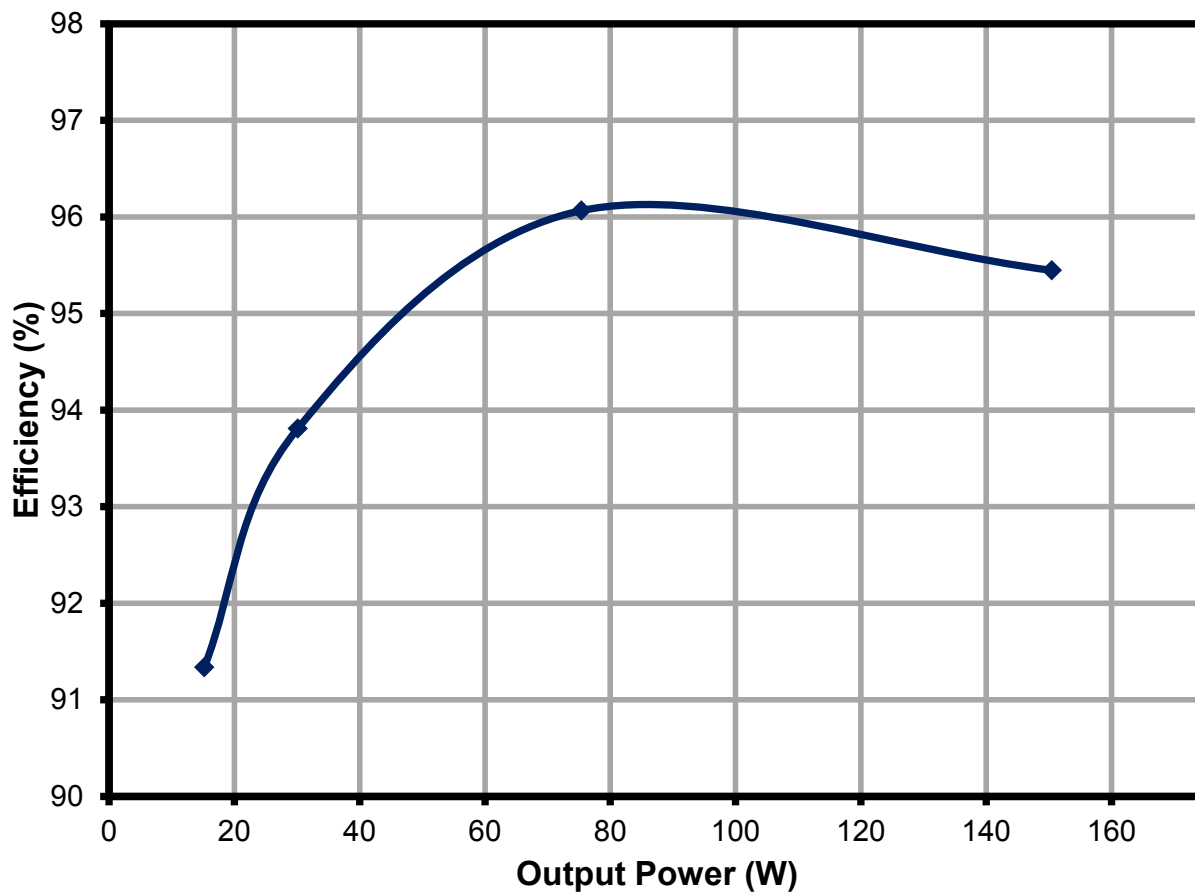


図 11 — 効率データ



## 11.2 負荷レギュレーション曲線 – 100%、50%、20%、10% 及び 0 負荷時

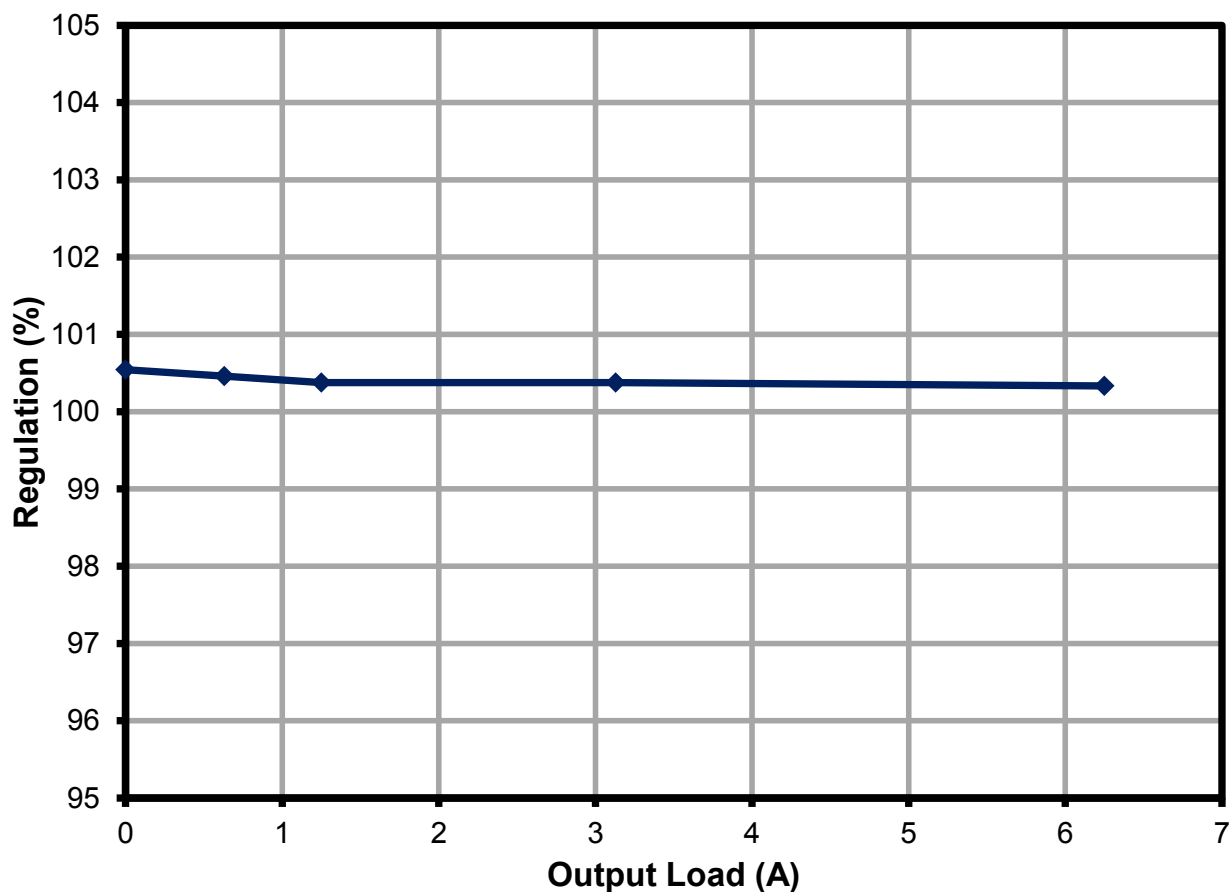


図 12 – 出力負荷レギュレーション

## 11.3 データ表

$V_{IN}$ (V)	$P_{IN}$ (W)	$V_{OUT}$ (V)	$I_{OUT}$ (A)	$f_{OP}$ (kHz)	$P_{OUT}$ (W)	効率 (%)	レギュレーション (%)	$V_{TON}$ (V)	$V_{TOFF}$ (V)
380	157.68	24.08	6.25	245.1	150.500	95.45	100.333	357	283
380	78.49	24.09	3.13	255.1	75.402	96.07	100.375		
380	32.1	24.09	1.25	257.1	30.113	93.81	100.375		
380	16.63	24.11	0.63	260.4	15.189	91.34	100.458		
380	0.42	24.13	0	BM	0.000	0.00	100.542		



## 12 波形

### 12.1 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

380 VDC 入力で測定

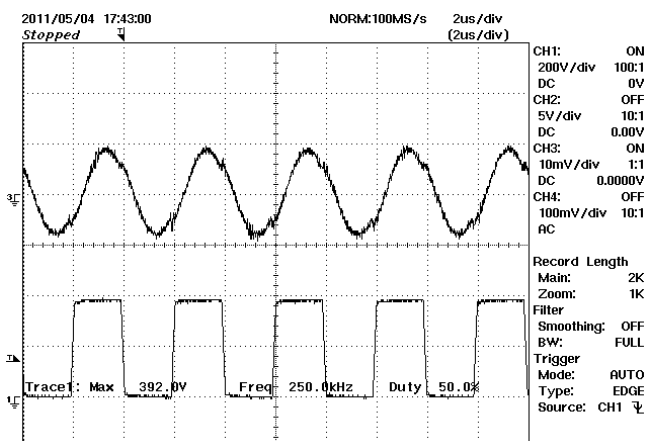


図 13 - 一次側 V-I、半負荷  
上: 一次電流、1 A/div  
下: 一次電圧、100 V、2  $\mu$ s/div

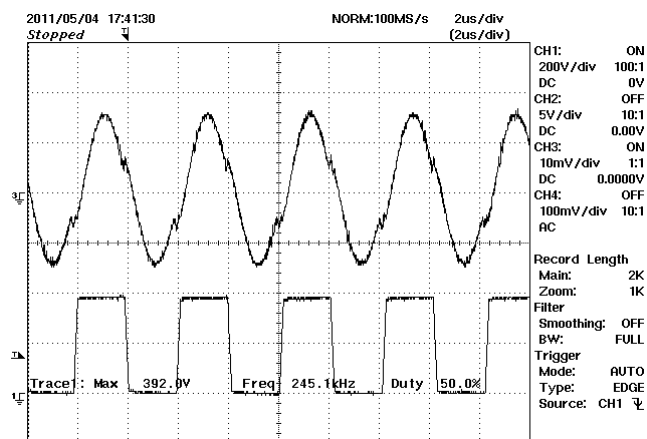


図 14 - 一次側 V-I、最大負荷  
上: 一次電流、1 A/div  
下: 一次電圧、100 V、2  $\mu$ s/div





## 12.2 出力電圧起動プロファイル

図 15 と 16 は、受動抵抗負荷を使用して取得しました。

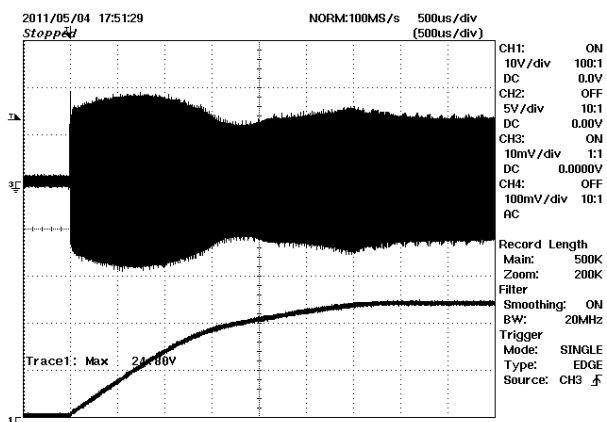


図 15 - 最大負荷での起動、抵抗負荷  
上: 一次電流、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、10 V、500  $\mu$ s/div

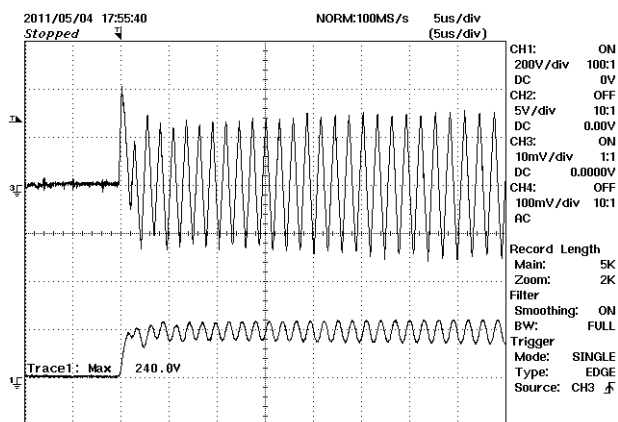


図 16 - 最大負荷での起動、抵抗負荷  
上: 一次電流、2 A/div  
下: 共振コンデンサ (C11) 電圧、200 V、5  $\mu$ s/div

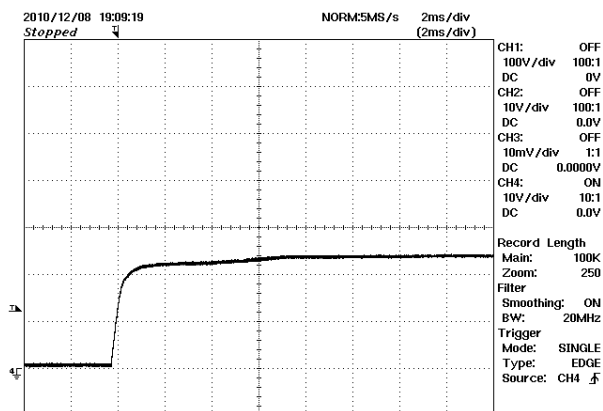


図 17 - 起動時の無負荷時出力電圧、10 V、2 ms/div



### 12.3 出力停止

図 18 と 19 は、入力電圧電源をオフにして、一次電流の立ち上がりでオシロスコープをトリガ。

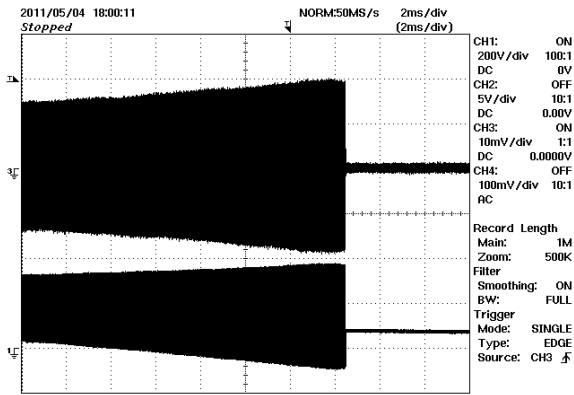


図 18 - 出力停止  
上: 一次電流、2 A/div  
下: 一次電圧、200 V、2 ms / div

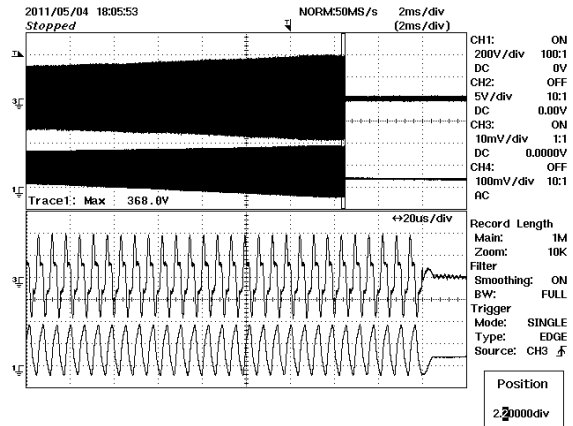


図 19 - 出力停止、拡大図  
上: 一次電流、2 A/div  
下: 共振コンデンサ電圧、200 V、20 μs/div

### 12.4 過負荷出力

図 20 は、一次過電流がトリガされ、電源がオートリスタートに入るまで出力負荷を上げた時の波形。

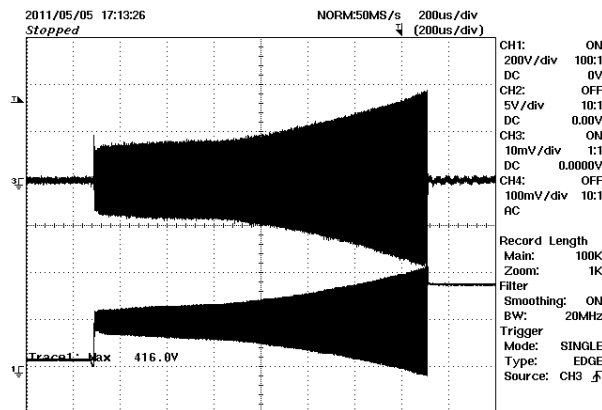


図 20 - 過負荷出力  
上: 一次電流、2 A/div  
下: 共振コンデンサ電圧、  
200 V、200 μs/div



## 12.5 出力ダイオードピーク逆電圧

以下の波形は、最大負荷時及び 380/420 VDC 入力で測定。

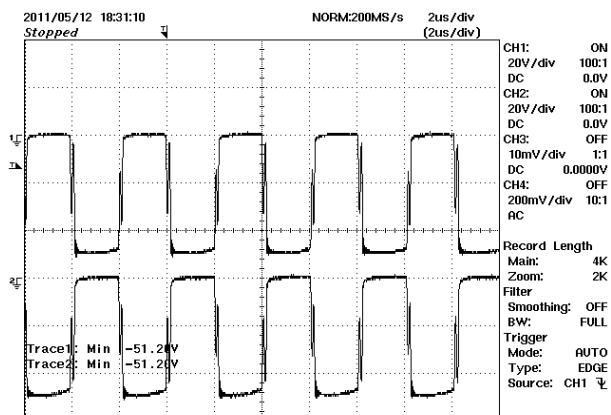


図 21 - 出力ダイオードピーク逆電圧、380 VDC 入力、20 V、2  $\mu$ s/div

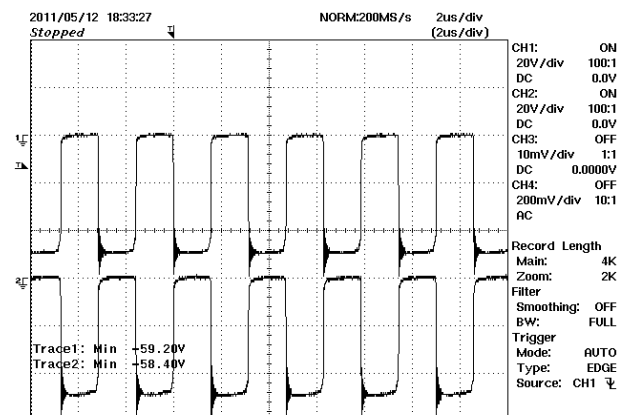


図 22 - 出力ダイオードピーク逆電圧、420 VDC 入力、20 V、2  $\mu$ s/div

## 12.6 短絡

次に示すテストでは、150 W 負荷、380 VDC 入力で、出力電源が水銀置換リレーでショート (接点バウンスなし、非常に低いインピーダンス)。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。

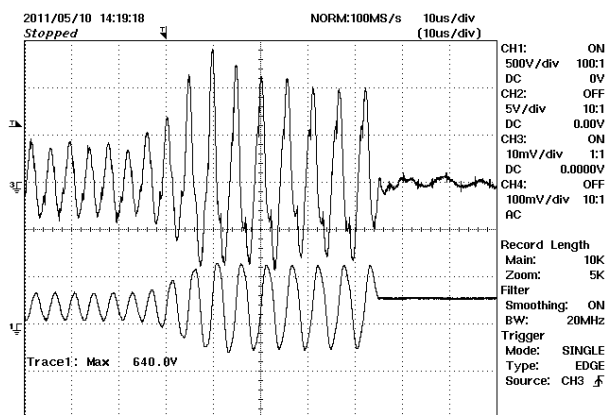


図 23 - 出力短絡時の一次波形  
上: 一次電流、2 A/div  
下: 共振コンデンサ電圧、500 V、10  $\mu$ s/div



### 12.7 負荷ステップ応答、380 VDC 入力

次の図では、負荷電流ステップをトリガーソースとして使用。オシロスコープをトリガ。図 24 では、信号平均化モードを使用して、電源ステップ応答信号を出カリップルから分離しました。

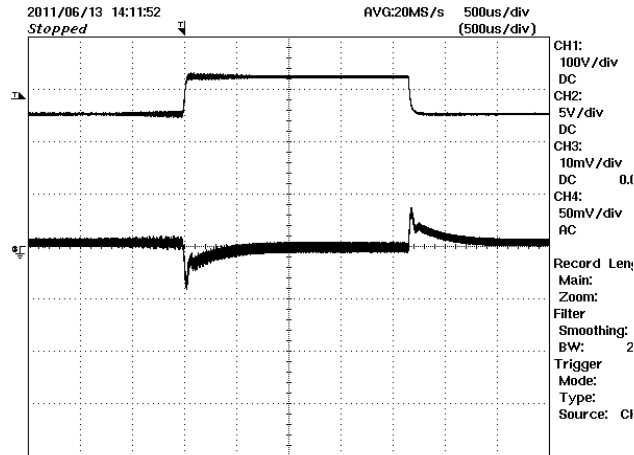


図 24 — 過渡応答、75% ~ 100% ~ 75%  
負荷ステップ  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、50 mV、500  $\mu$ s/div

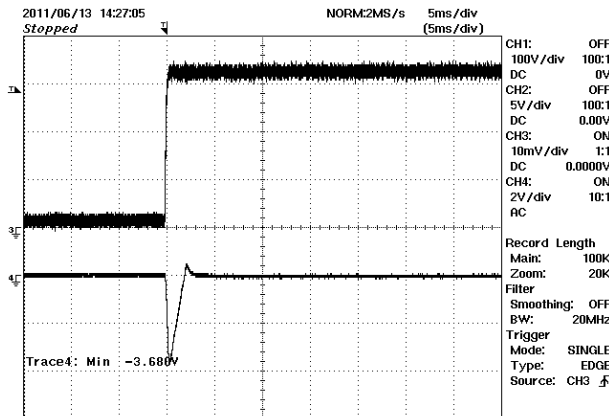


図 25 — 負荷ステップ、0 ~ 100% 負荷、  
380 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、2 V、5 ms/div

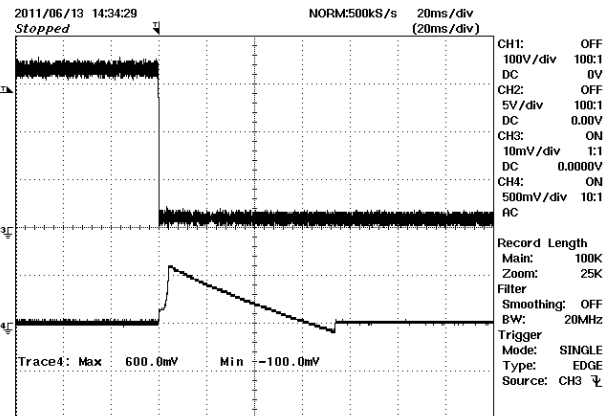


図 26 — 負荷ステップ、100% ~ 0 負荷、  
380 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、500 mV、20 ms/div



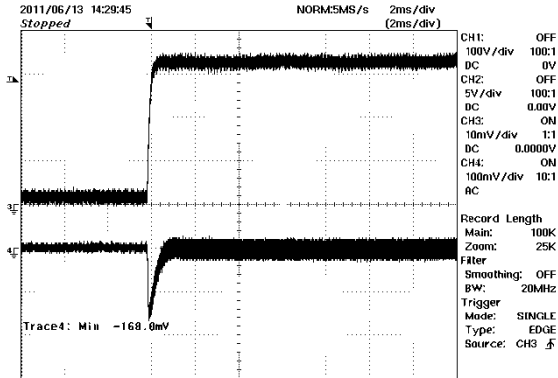


図 27 - 負荷ステップ、20 mA ~ 100% 負荷、  
380 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、2 ms/div

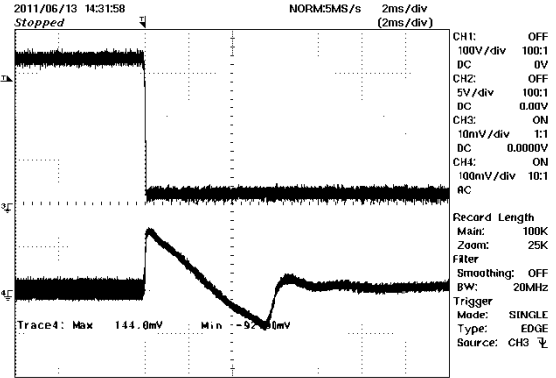


図 28 - 負荷ステップ、20 ~ 100% 負荷、  
380 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、2 ms/div

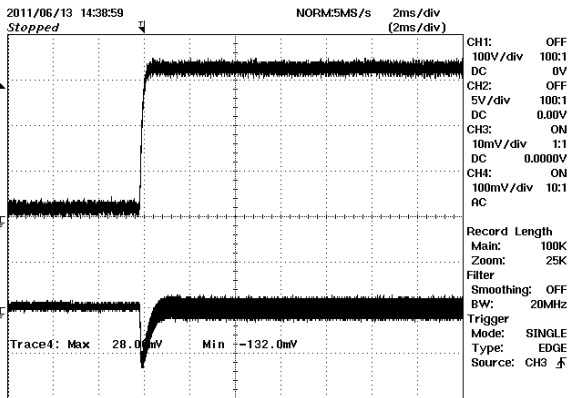


図 29 - 負荷ステップ、1% ~ 100% 負荷、  
380 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、2 ms/div

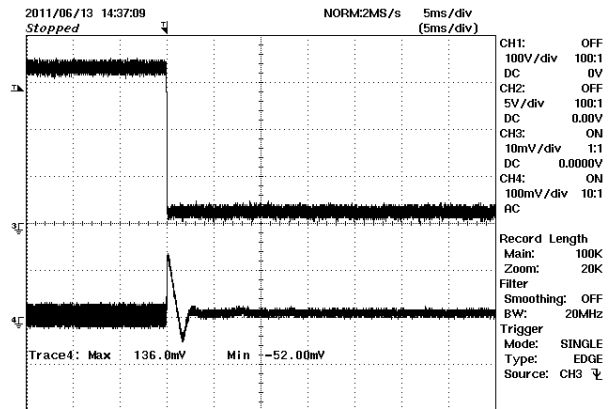


図 30 - 負荷ステップ、1 ~ 100% 負荷、  
380 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、5 ms/div



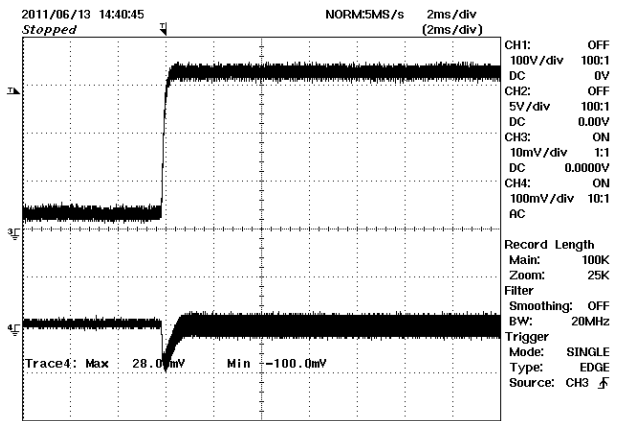


図 31 - 負荷ステップ、5 ~ 100% 負荷、  
380 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、2 ms/div

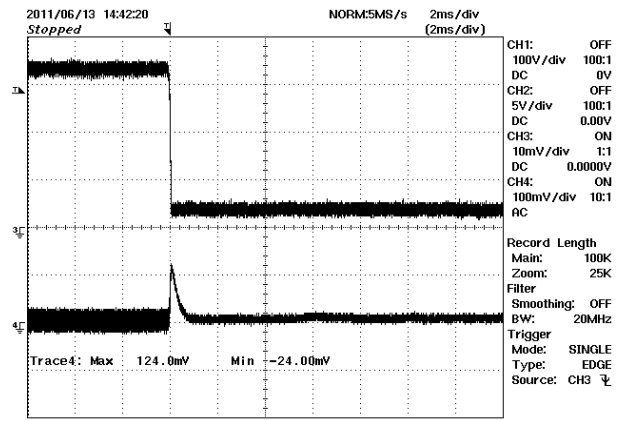


図 32 - 負荷ステップ、100 ~ 5% 負荷、  
380 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、2 ms/div

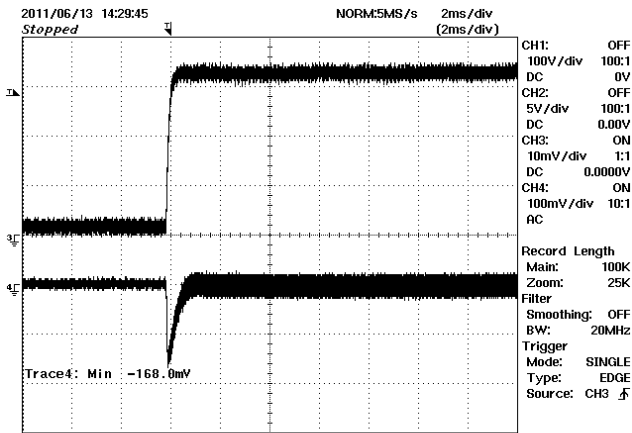


図 33 - 負荷ステップ、10% ~ 100% 負荷、  
380 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、2 ms/div

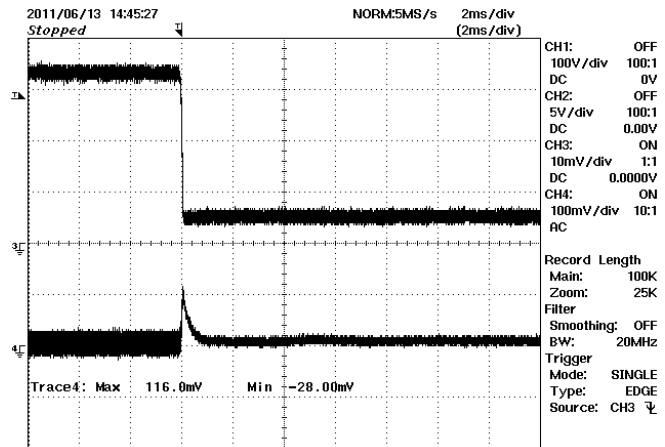


図 34 - 負荷ステップ、100 ~ 10% 負荷、  
380 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、2 ms/div

## 12.8 負荷ステップ応答、400 VDC 入力

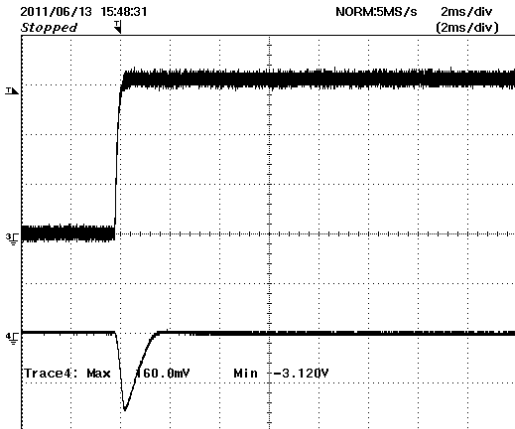


図 35 - 負荷ステップ、0 ~ 100% 負荷、  
400 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、2 V、2 ms/div

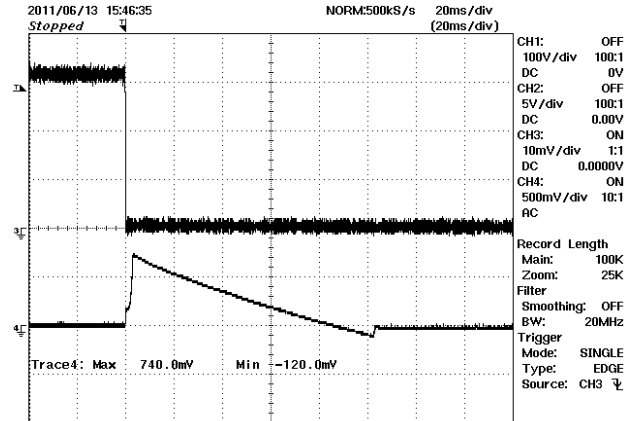


図 36 - 負荷ステップ、100% ~ 0 負荷、  
400 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、500 mV、20 ms/div

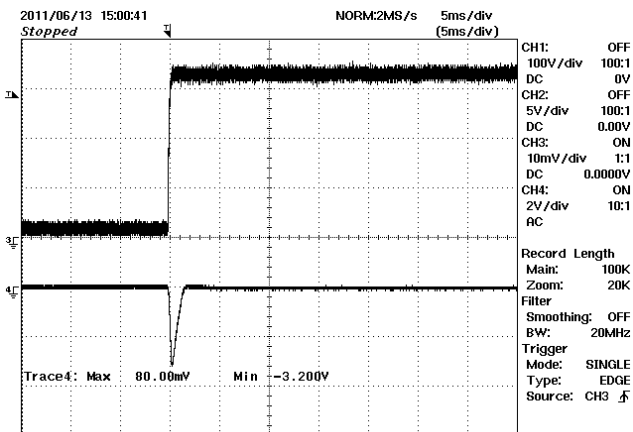


図 37 - 負荷ステップ、20 mA ~ 100% 負荷、  
400 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、2 V、5 ms/div

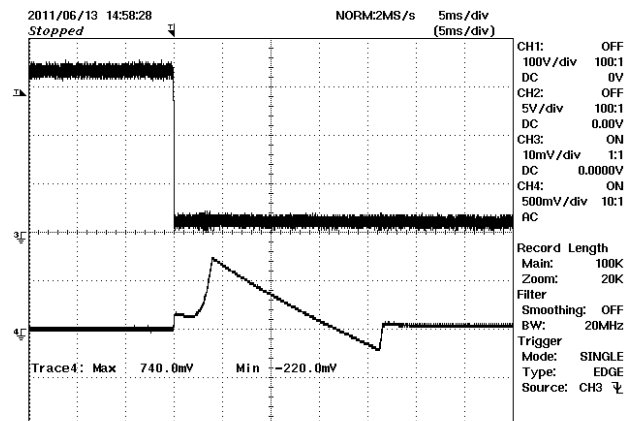


図 38 - 負荷ステップ、20 ~ 100% 負荷、  
400 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、500 mV、5 ms/div



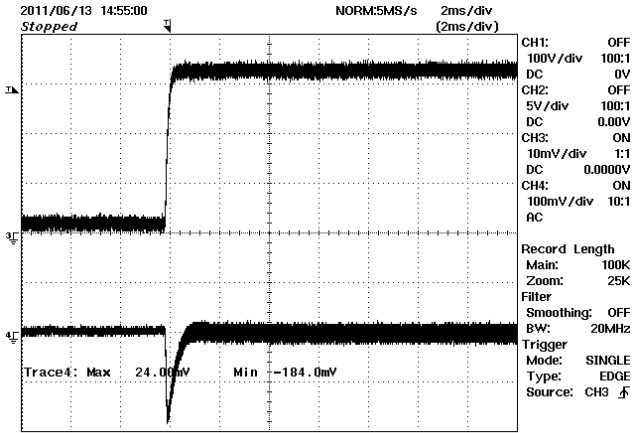


図 39 - 負荷ステップ、1% ~ 100% 負荷、  
400 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、2 ms/div

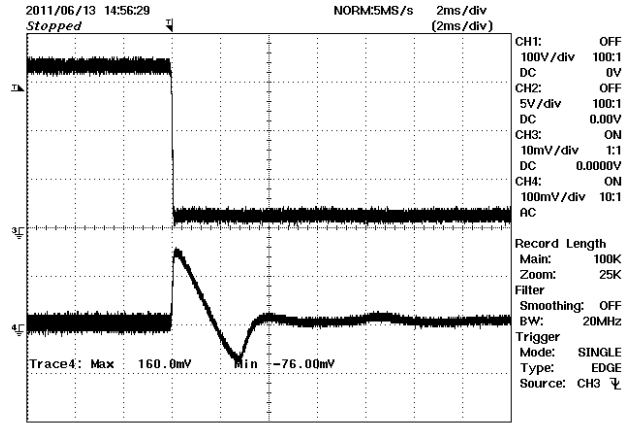


図 40 - 負荷ステップ、1 ~ 100% 負荷、  
400 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、2 ms/div

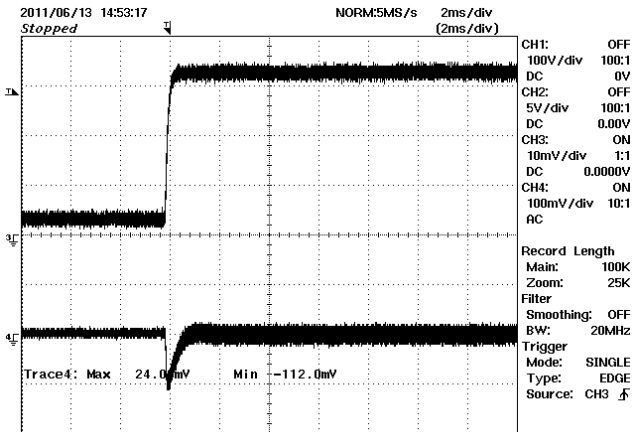


図 41 - 負荷ステップ、5 ~ 100% 負荷、  
400 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、2 ms/div

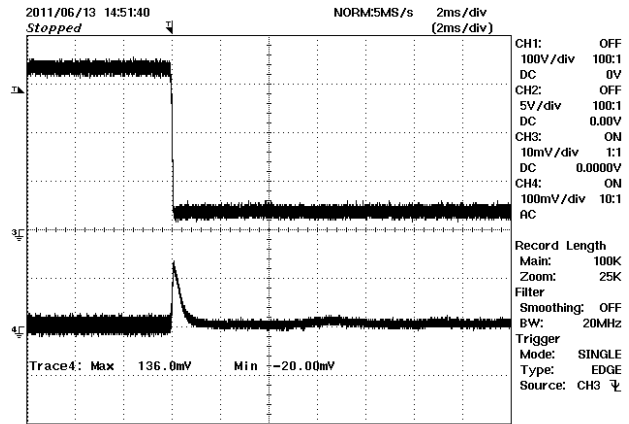


図 42 - 負荷ステップ、100 ~ 5% 負荷、  
400 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、2 ms/div



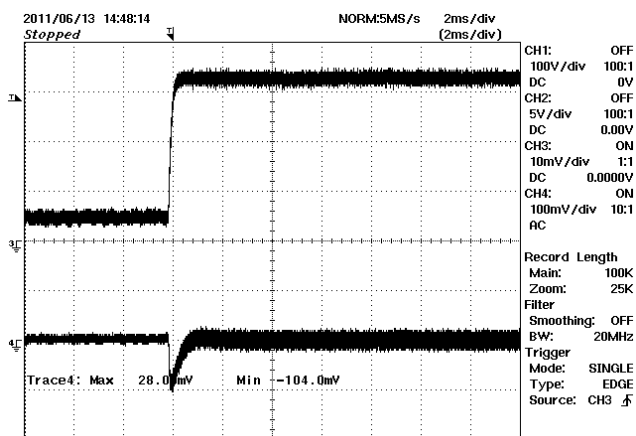


図 43 - 負荷ステップ、10% ~ 100% 負荷、  
400 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、2 ms/div

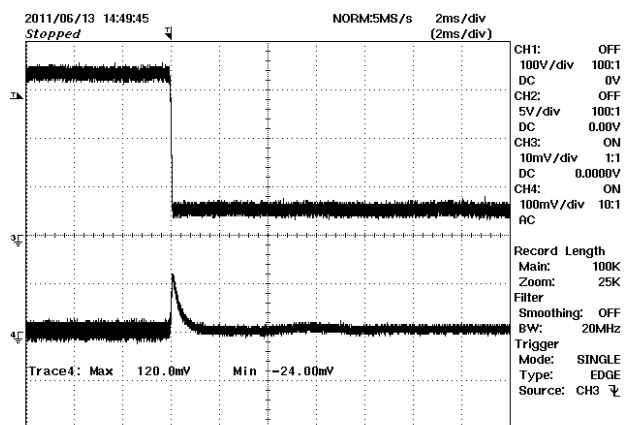


図 44 - 負荷ステップ、10 ~ 100% 負荷、  
400 V 入力  
上:  $I_{OUT}$ 、2 A/div  
下:  $V_{OUT}$ 、100 mV、2 ms/div



## 12.9 出力リップルの測定

### 12.9.1 リップルの測定方法

DC 出力リップル測定で、ノイズ干渉による擬似信号を減らすには、オシロスコープ テストのプローブを変更して使用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  $0.1 \mu\text{F}/50 \text{ V}$  セラミック タイプで、もう一方 (1) が  $1.0 \mu\text{F}/50 \text{ V}$  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)。

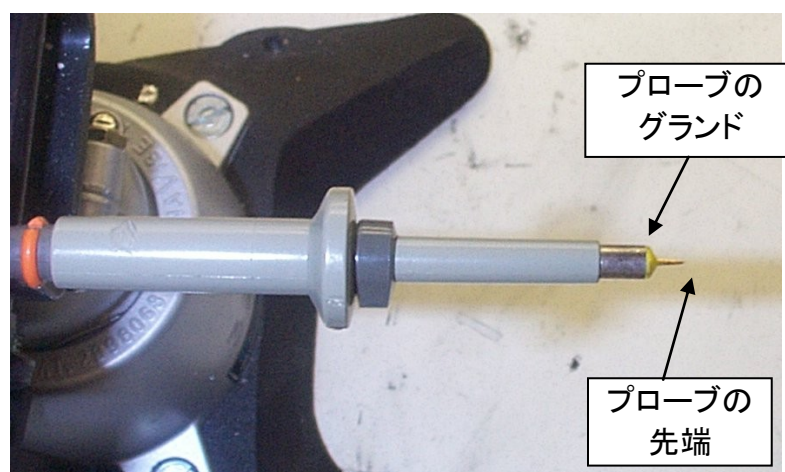


図 45 - リップル測定用に準備されたオシロスコープのプローブ。(端末キャップとアース線を取り外したところ)

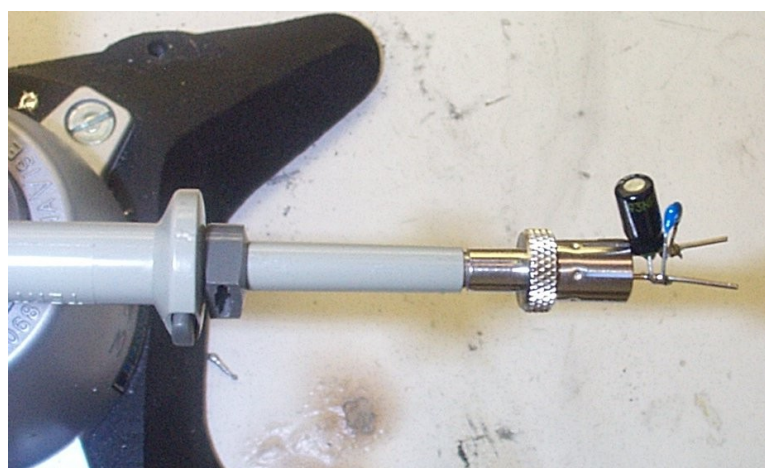


図 46 - オシロスコープのプローブと Probe Master ([www.probemaster.com](http://www.probemaster.com)) 4987A BNC アダプタ。  
(リップル測定用ワイヤが変更され、2 つの並列デカップリング コンデンサが追加された)

## 12.9.2 出力リップルの測定結果

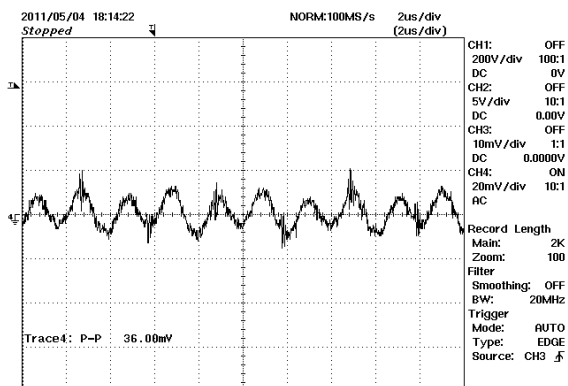


図 47 - リップル、380 V 入力、100% 負荷。  
上: 出力リップル電圧、  
20 mV/div、2  $\mu$ s/div

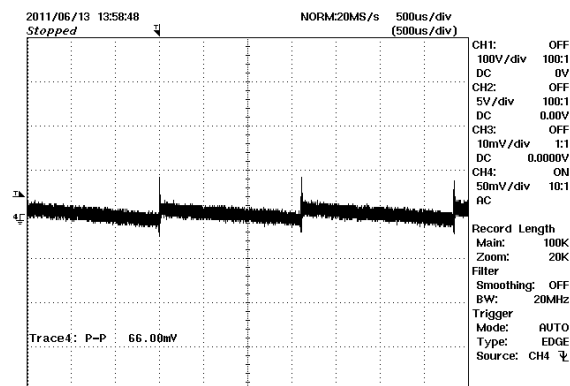


図 48 - リップル、400 V 入力、無負荷  
上: 出力リップル電圧、  
50 mV/div、500  $\mu$ s/div  
電源はバーストモード



## 13 温度測定

### 13.1 条件: 380 VDC、最大負荷、1 時間放置



図 49 - トランスの前面図

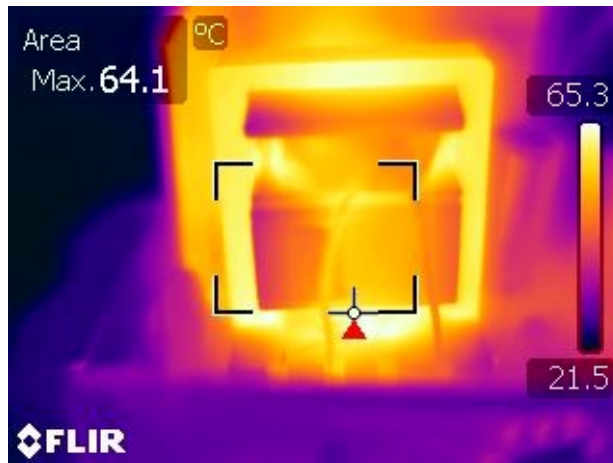


図 50 - 室温での最大負荷トランスの温度 (前面図)

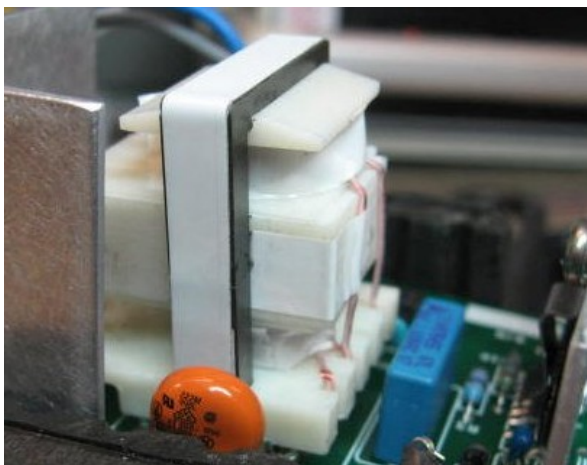


図 51 - トランスの側面図

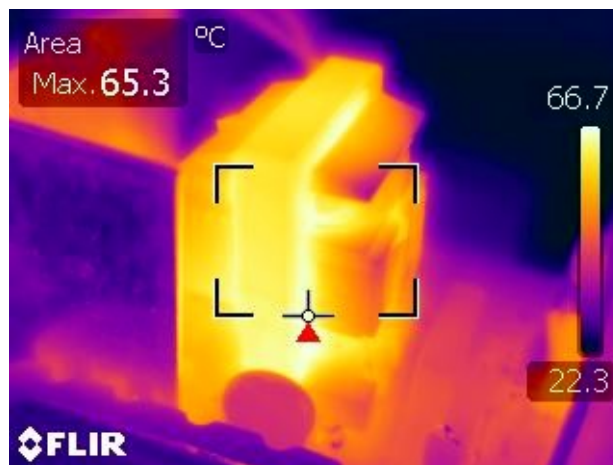


図 52 - 室温での最大負荷トランスの温度 (側面図)

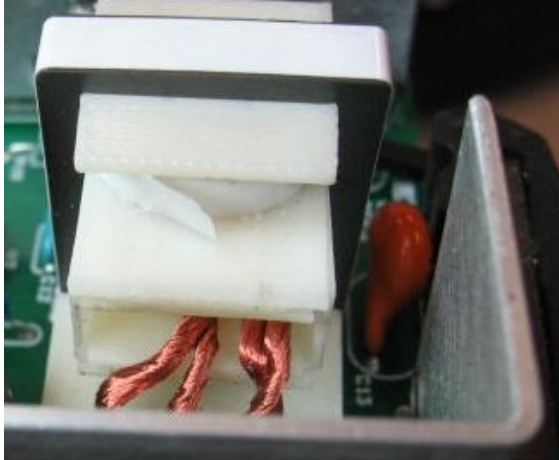


図 53 - トランスの背面図

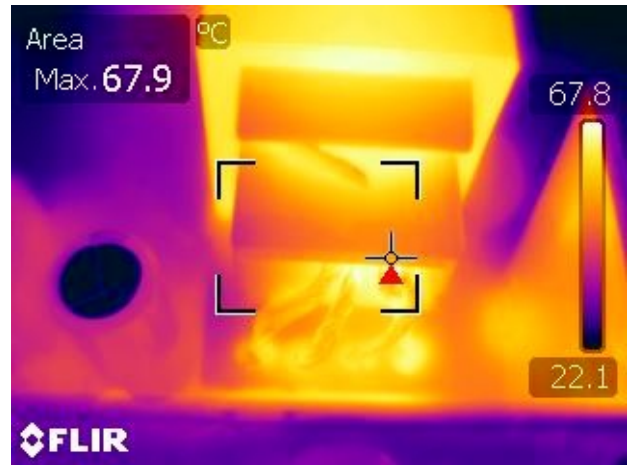


図 54 - 室温での最大負荷トランスの温度 (背面図)

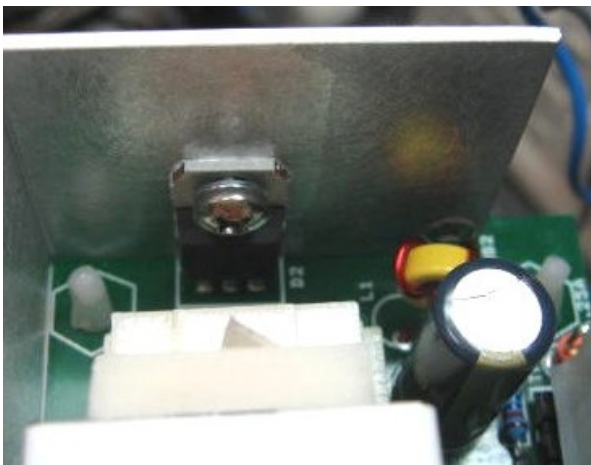


図 55 - 出力整流ダイオードの前面図

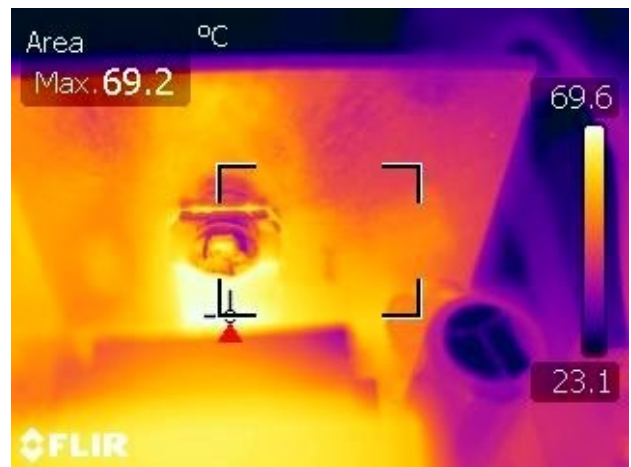


図 56 - 室温での最大負荷出力整流ダイオードの温度表示



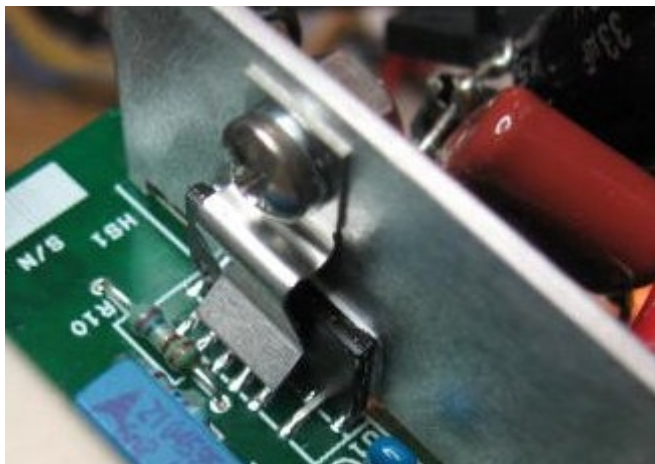


図 57 - HiperLCS の前面図



図 58 - 室温での最大負荷 HiperLCS の温度表示



## 14 ゲイン位相グラフ

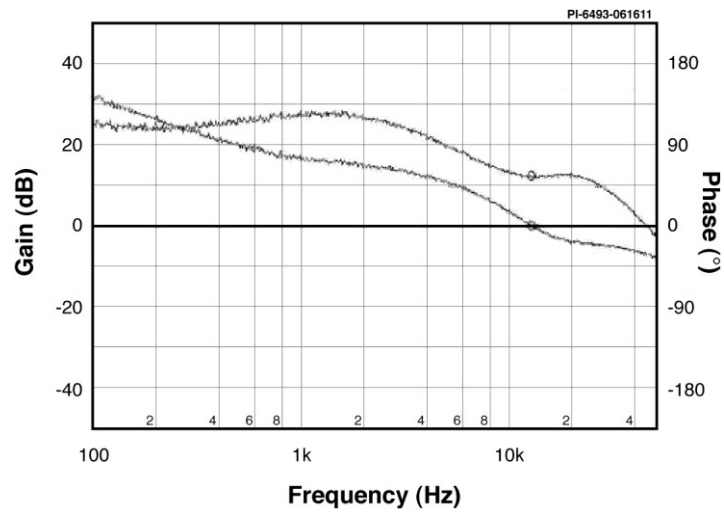


図 59 — ゲイン位相、0.06 V 印加。ゲインのクロスオーバー 12.9 kHz、位相マージン 57 度



**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	RH	1.0	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

