

## デザイン例レポート

タイトル	<b>LYTSwitch<sup>TM</sup> -4 LYT4324E</b> を使用した 20 W 高効率 (86% 以上) トライアック調光機能付き 力率改善回路搭載 絶縁型フライバック LED ドライバ
仕様	入力 185 VAC ~ 265 VAC; 出力 36 V <sub>TYPICAL</sub> 、550 mA
アプリケーション	PAR38 ランプ置き換え
作成者	アプリケーション技術部門
ドキュメント番号	DER-396
日付	2013 年 9 月 25 日
改訂	1.0

### 概要と機能

- ワンコンバータ型 PFC を搭載、高精度な定電流 (CC) 出力 ( $\pm 5\%$ )
- 230 VAC 入力時の力率が 0.9 以上
- 230 VAC 入力時の %A THD が 20% 以下
- 製造バラつきを含め、動作温度範囲全体で安定した調光特性
- 低コスト、少ない部品点数、基板上の実装面積が小さい設計
- 高効率、230 VAC 入力時で 86 % 以上
- 素早い点灯 (250 ms 未満) – 知覚可能な遅延無し
- 美しく、ムラの無い点灯 – チラツキの無い出力
- 内蔵保護機能と高い信頼性
  - 無負荷時の保護/確かな短絡保護
  - ヒステリシスを十分確保した自動復帰タイプ過熱保護機能により部品と基板を保護
  - 入力停止状態でも損傷を受けない
- リング ウェーブ (IEC 2.5 kV)、ディファレンシャル モード入力サージ (500 V)、及び伝導 EMI EN55015 に適合

### Power Integrations

5245 Hellyer Avenue, San Jose, CA 95138 USA.

Tel: +1 408 414 9200 Fax: +1 408 414 9201

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

**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	はじめに .....	5
2	評価ボード写真 .....	6
3	電源仕様 .....	8
3.1	Schematic .....	9
4	回路の説明 .....	10
4.1	入力部 .....	10
4.2	ダンパー部 .....	10
4.3	LYTSwitch-4 一次側 .....	11
4.4	出力フィードバック .....	12
4.5	負荷オープン時の保護 .....	12
4.6	過負荷及び短絡保護 .....	12
5	PCB レイアウト及び概略図 .....	13
6	部品表 .....	14
7	トランス (T1) の仕様 .....	16
7.1	回路図 .....	16
7.2	電気仕様 .....	16
7.3	材料 .....	16
7.4	構造図 .....	17
7.5	構造 .....	17
8	ディファレンシャル インダクタ (L1) の仕様 .....	19
8.1	回路図 .....	19
8.2	電気仕様 .....	19
8.3	材料 .....	19
8.4	構造図 .....	20
8.5	構造 .....	20
9	U1 ヒートシンク .....	21
9.1	U1 ヒートシンク製造図面 .....	21
9.2	U1 用ヒートシンク組み立て図 .....	22
9.3	ヒートシンク及び U1 の組み立て図 .....	23
10	トランスの設計計算シート .....	24
11	性能データ .....	27
11.1	アクティブモード効率 .....	28
11.2	入力レギュレーション .....	29
11.3	力率 .....	30
11.4	%THD .....	31
11.5	高調波成分 .....	32
11.6	高調波測定 .....	33
11.7	調光特性 .....	34
11.8	ユニットと調光器の互換性 .....	37



12	熱特性 .....	38
13	波形 .....	40
13.1	通常動作時のドレイン電圧とドレイン電流 .....	40
13.2	ドレイン電圧及び電流起動プロファイル .....	40
13.3	出力電圧起動プロファイル .....	41
13.4	入力及び出力電圧ならびに電流プロファイル .....	41
13.5	ドレイン電圧及び電流プロファイル:通常動作から出力短絡 .....	42
13.6	ドレイン電圧及び電流プロファイル:出力短絡状態での起動 .....	43
13.7	無負荷時の動作 .....	43
13.8	AC サイクル .....	44
13.9	調光時の波形 .....	45
13.10	入力サージの波形 .....	57
13.10.1	ディファレンシャル モード入力サージ .....	57
13.10.2	ディファレンシャル モード リング サージ .....	57
14	入力サージ .....	58
15	伝導 EMI .....	59
15.1	機器 .....	59
15.2	EMI 試験のセットアップ .....	59
15.3	EMI 試験結果 .....	60
16	改訂履歴 .....	62

### 重要なお知らせ:

この電源は非絶縁型 LED ドライバの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認証機関の承認を得られていません。従って、すべての試験は、プロトタイプ電源に絶縁トランスを使用して、AC 入力を供給する必要があります。



## 1 はじめに

このドキュメントは、LYTSwitch-4 高入力電圧ファミリー デバイスの LYT4324E を使用した、絶縁型力率改善回路搭載調光機能付き LED ドライバ (電源) に関する技術レポートです。

DER-396 は入力電圧範囲 185 ~ 265 VAC の調光対応、単出力の 20 W (36 V<sub>TYPICAL</sub>) 550 mA 定電流電源です。

本設計における主な目標は、発光性能の向上と小型化を図るために効率を高めることです。これによりドライバを PAR38 サイズのランプに収めることができ、量産可能な設計にできるだけ近いものとすることができました。

LYTSwitch-4 IC は力率及び高調波の規制に共に適合する低コストで部品点数の少ない LED ドライバを実現します。LYTSwitch-4 ドライバ IC には PFC 機能と 2 次出力定電流制御回路がワンコンバータに組み込まれています。

使用するトポロジは、連続モードの絶縁型フライバック方式です。出力電流の制御は完全に一次側によって行われ、二次フィードバック部品は不要です。制御は IC 内部で行われるため、一次側には外部電流センスは必要なく、部品コストの削減と効率の向上に繋がります。内部コントローラは、高効率、低高調波電流に対応した正弦波の入力電流を維持するため、パワー MOSFET のデューティ サイクルを制御します。

LYT4324E は、オープン制御ループや出力短絡時のオートリスタートなど、一連の高度な保護機能も備えています。入力過電圧保護機能は入力異常及びサージ耐量を拡大し、出力過電圧保護機能は負荷が分離された場合に電源を保護し、高精度な自動復帰タイプ過熱保護機能はあらゆる条件下で平均 PCB 温度を安全に保ちます。

どんな LED 照明でも、起動時間、調光特性、ユニットごとの一貫性などエンド ユーザーが体験するパフォーマンス特性の多くはドライバによって決まります。この設計は様々な調光器に対し幅広い調光範囲で動作するように最適化されています。

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、設計計算シート及び性能データが記載されています。



## 2 評価ボード写真

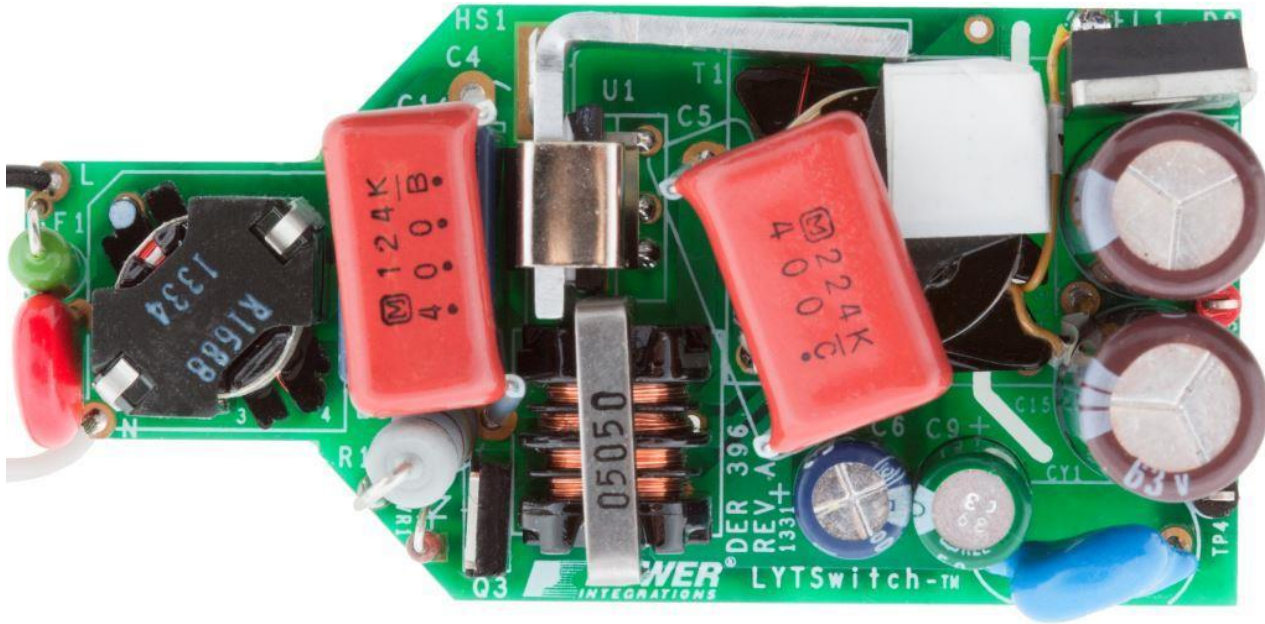


Figure 1 – Populated Circuit Board (Top Side).

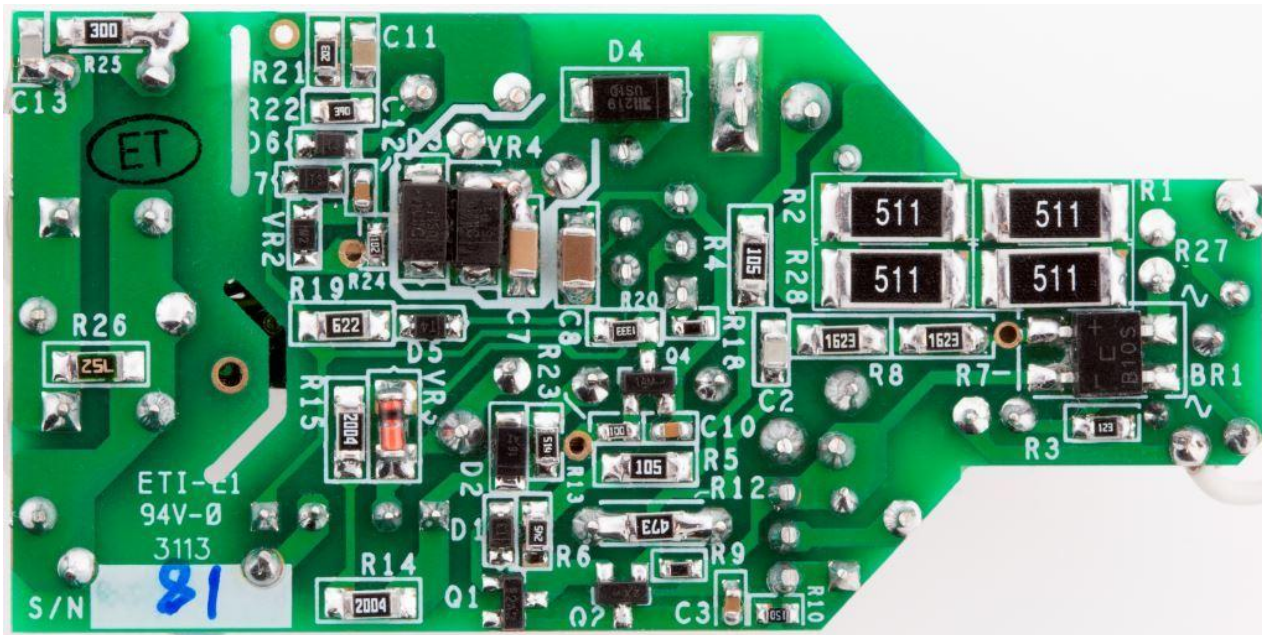
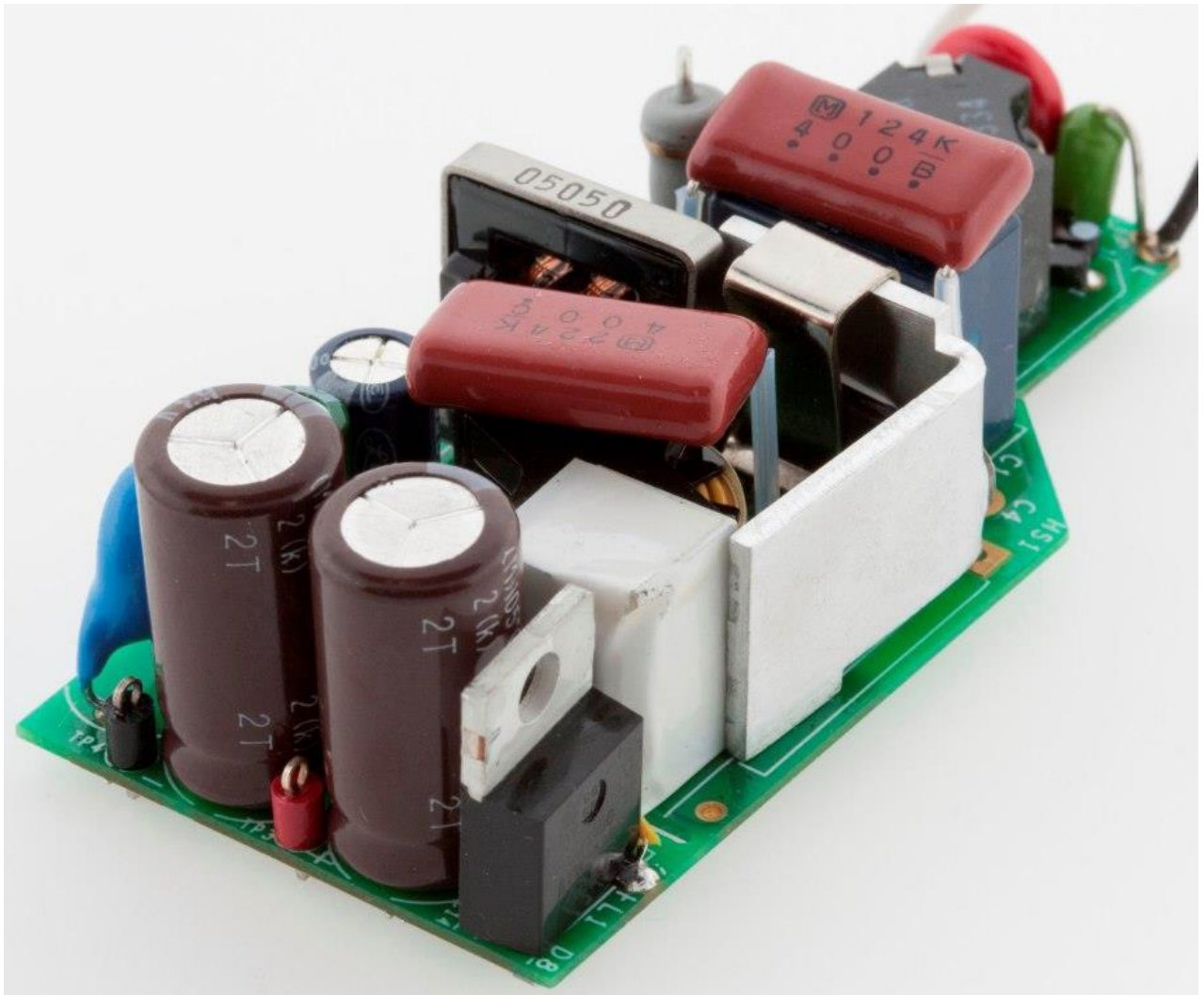


Figure 2 – Populated Circuit Board (Bottom Side).





**Figure 3 – Populated Circuit Board.**

Dimensions: 2.68 in [68.1 mm] L x 1.32 in [33.6 mm] W x 1 in [25.4 mm] H.



### 3 電源仕様

次の表は、特性の概要です。実際の性能は、「性能データ」の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 電圧 周波数 力率 %ATHD	$V_{IN}$ $f_{LINE}$	185 47	230 50/60 0.9	265 63	VAC Hz	2 ワイヤ - P.E. 無し  230 VAC 時
出力 出力電圧 出力電流 出力電力の合計 連続出力電力	$V_{OUT}$ $I_{OUT}$ $P_{OUT}$	33 522	36 550 20	39 577	V mA W	230 VAC 時
効率 定格	$\eta$		86		%	$P_{OUT}$ 25 °C、 230 VAC で測定
環境 伝導 EMI 入力サージ ディファレンシャル モード (L1- L2) リング ウェーブ (100 kHz) ディファレンシャル モード (L1- L2)			CISPR22B/EN55015 に適合  500  2.5		V  kV	1.2/50 $\mu$ s サージ、IEC 1000-4-5、直 列インピーダンス: ディファレンシャル モード: 2 $\Omega$  2 $\Omega$ 短絡 直列インピーダンス







## 4 回路の説明

LYTSwitch-4 (U1) ファミリーは LED ドライバ アプリケーションに対応し、多くの機能を内蔵した電源 IC です。LYTSwitch-4 は、標準的な LED ドライバ アプリケーションで要求される様々な出力電圧及び幅広い入力電圧 (185 ~ 265 VAC) 範囲で出力電流を制御し、ワンコンバータ型で高力率に対応した電源に使用されます。

### 4.1 入力部

ヒューズ F1 は部品異常から保護します。入力サージに対する誤動作を防止するために、高速の 5 A 定格を使用しました。バリスタ RV1 で、ディファレンシャル モード入力サージの最大電圧を制限するクランプを設定できます。指定された最大動作電圧 (265 VAC) よりも少し上の 275 VAC 定格部品を選択しました。LYTSwitch-4 の高速入力過電圧検出機能と D2 及び C6 ピーク検出コンデンサを組み合わせることで、IC のパワー MOSFET の最大電圧ストレスを抑えるクランプを設定できます。さらに、ディファレンシャル モードの入力サージ発生時、RC ハイパスフィルタ R7、R8 及び C2 に高い di/dt、が検出されると、Q2 は Q3 をターンオフし、ダンパー抵抗の両端において、入力電流に比例した電圧が発生し、その電圧が入力電圧から差し引かれます。これにより U1 の DRAIN で発生する電圧ストレスが制限されます。抵抗 R9 は C2 からの電流が流れ、通常動作時に Q2 がオフになるようにします。

ディファレンシャル チョーク L1 はノイズを抑制するためのフロント エンド EMI フィルタです。抵抗 R3 は必要な帯域に対し EMI フィルタの共振を減衰します。

AC 入力は、十分な力率と低い THD を達成するために、BR1 によって全波整流されます。

コンデンサ C4、C5 及びコモン モード チョーク L2 はブリッジの後にある EMI フィルタを形成しています。高い力率を維持するためフィルタの容量は制限されています。この入力  $\pi$  フィルタ ネットワークと LYTSwitch-4 の周波数ジッタリング機能により、クラス B のエミッション規格への準拠が可能になります。抵抗 R12 は必要な帯域に対し EMI フィルタの共振を減衰します。これによりシステム (ドライバと筐体) 内において EMI スペクトルを計測した際にピーク波形が発生するのを防ぎます。

### 4.2 ダンパー部

低コストでトライアックベースのリーディング エッジ型位相調光器によって出力調光を行うには、設計上のさまざまなトレードオフが伴います。LED ベースの照明による電力消費は極めて低いので (従来の白熱電球と比べて)、ランプに流れ込む電流は、調光器内のトライアックの保持電流を下回ります。これにより、調光範囲の制限や、トライアックが不安定な動作によるフリッカなどの望ましくない動作が発生することがあります。LED ランプが入力に与える比較的大きなインピーダンスにより、膨大なリングングが発生します。これは、トライアックがオンのときに突入電流が入力コンデンサを充電するためです。これもまた、同様の望ましくない動作を発生させることがあります。リングングによってトライアック電流がゼロに低下し、トライアックをオフさせる可能性があるからです。これらの問題を克服するために、アクティブ ダンパーとパッシブ ブリーダ



一の 2 つの回路が組み込まれています。これらの回路の欠点は、電力消費が増大し、従って電源の効率が低下することです。非調光アプリケーションでは、これらの部品を省略できます。

アクティブダンパーは R4、R5、R6、R10、D1、Q1、C3、VR1、Q3 及び R11 で構成されます。この回路により、C3 を充電する電流を制限し、トライアックがターンオンした直後の 1 ms の間は R11 に電流を流します。約 1 ms 後、Q3 がオンになって R11 を短絡します。これにより、R11 での電力消費が低く保たれ、電流制限抵抗に大きな値を使用できるようになります。抵抗 R4、R5、R6 及び C3 は、トライアック導通後に 1 ms のデレーを設定します。トランジスタ Q1 はトライアックが導通していない時に C3 を放電します。VR1 は Q3 のゲート電圧を 15 V にクランプし、R10 は MOSFET の発振を防ぎます。トライアックが接続されていない時は Q3 はオンのままなので、R11 がバイパスされ効率が高まります。

パッシブ RC ブリーダー (C1、R1、R2、R27 及び R28) はヒューズのすぐ後に配置されており、EMI インダクタを通る突入電流を最小限に抑え、音鳴りを最小限にします。特に調光器が 90° の導通角になっている時の電力損失を分割し、コンパクトな形状を実現するため 4 つのブリーダー抵抗が使用されています。この回路は、各導通角期間の起動時にトライアックのオン・オフ発振を防止して、各 AC ハーフ サイクル中に、ドライバに対応する入力電流を上昇させつつ入力電流をトライアック保持電流よりも高く維持します。

### 4.3 LYTSwitch-4 一次側

トランス (T1) の一端を DC バスに接続し、もう一端を LYTSwitch-4 IC の DRAIN (D) ピンに接続します。パワー MOSFET の ON 時間中、一次側の電流が上昇してエネルギーが蓄えられ、パワー MOSFET の OFF 時間中、出力に供給されます。基板実装面積が小さいことから、RM7 コア サイズを選択しました。230 VAC 動作に必要な 6.2 mm の安全な沿面距離をボビンが満たしていなかったため、プリント基板への二次巻線接続にはフライング リードを使用しました。

ピーク入力電圧情報を U1 に提供するために、整流された入力 AC ピークが D2 を通じて C6 に充電されます。その後、R14 及び R15 を経由した電流が、U1 の VOLTAGE MONITOR (V) ピンにフィードされます。ユニットごとの抵抗公差により V ピン電流のバラつきが生まれます。このバラつきを抑えるために 1% の抵抗タイプが選択されています。V ピン電流は、IC 内部の入力過電圧のスレッシュホールドの設定機能にも使用されます。抵抗 R13 は、整流された AC のものよりもはるかに長い時定数により C6 の放電パスとなり、V ピン電流が入力周波数で変動することを防ぎます。

V ピン電流と FEEDBACK (FB) ピン電流は、平均出力 LED 電流を制御するために内部で使用されます。24.9 k の抵抗を R ピン (R18) に、4 M (R14+R15) を V ピンに接続して、入力電圧と出力電流の間のリニアな関係を実現し、調光範囲を広げます。

パワー MOSFET の ON 時間中、ダイオード D4 は、C5 にかかる電圧が出力跳ね返り電圧 (V OR ) を下回る場合に、逆電流が U1 内を流れるのを防ぐために必要です。過渡動作中、



VRCD スナバ ダイオードの D3、VR4 及び C7 は、漏れインダクタンスの影響によるドレイン電圧上昇を安全なレベルにクランプします。

ダイオード D6、C9、C11、R21 及び R22 は、トランスの補助巻線からの一次バイアス回路を形成します。コンデンサ C8 は、内部コントローラの供給ピンである U1 の BYPASS (BP) ピンのローカル デカップリング コンデンサです。起動時に、C8 は DRAIN ピンに接続された内部の高電圧電流ソースから 6 V まで充電されます。これにより、スイッチングを開始することが可能となり、その時点で動作供給電流がバイアス回路から R19 を介して提供されます。ダイオード D5 は、C9 と C11 の充電により起動時間が長くなならないように C8 から BP ピンを切り離します。

デバイスの消費電力を最小限に抑え、効率を最大限に高め、優れた調光特性を実現するため、外部バイアス回路の使用 (D5 及び R19 経由) を推奨します。

コンデンサ C8 は、出力電力モードも選択します。デバイスの消費電力を最小限に抑えてヒートシンクを小さくできるように、低電力モードの 100  $\mu$ F が選択されました。47  $\mu$ F が推奨される最少のバイパス コンデンサの値ですが、SMD セラミック タイプのコンデンサを使用する場合は公差に対応するため 68  $\mu$ F ~ 100  $\mu$ F / X5R の使用が推奨されます。

#### 4.4 出力フィードバック

バイアス巻線電圧は、二次側フィードバック部品無しで出力電圧を間接的に検出するために使用されます。バイアス巻線の電圧は、出力電圧 (バイアス巻線と二次巻線の巻線比率によって設定されます) に比例します。

抵抗 R20 は、バイアス電圧を電流に変換し、この電流が U1 の FB ピンにフィードされます。U1 の内部エンジンは、FB ピン電流、V ピン電流、及び内部ドレイン電流の情報を組み合わせ、高い力率を維持しながら一定の出力電流に制御します。

#### 4.5 負荷オープン時の保護

このデザイン例は生産時などにおける意図しない LED 負荷オープンに対しても保護機能を持っています。トランスの補助巻線、D7 の整流及び C12 のピーク フィルタリングからの跳ね返り電圧に基づいてコントローラはオートリスタート モードで動作し、出力電圧を制限して基板上的出力コンデンサの損傷を防ぎます。Q4 がオンになり FB ピンから電流が引かれ、ツェナー ダイオード VR2 が過電圧保護動作となる時、ユニットはオートリスタートに入ります。

#### 4.6 過負荷及び短絡保護

この電源は、一次側カレント リミットによって過負荷及び短絡に対して保護されます。短絡時には、一次側電流がカレント リミットに達するまで上昇します。詳しくは、短絡の波形を参照してください。



### 5 PCB レイアウト及び概略図

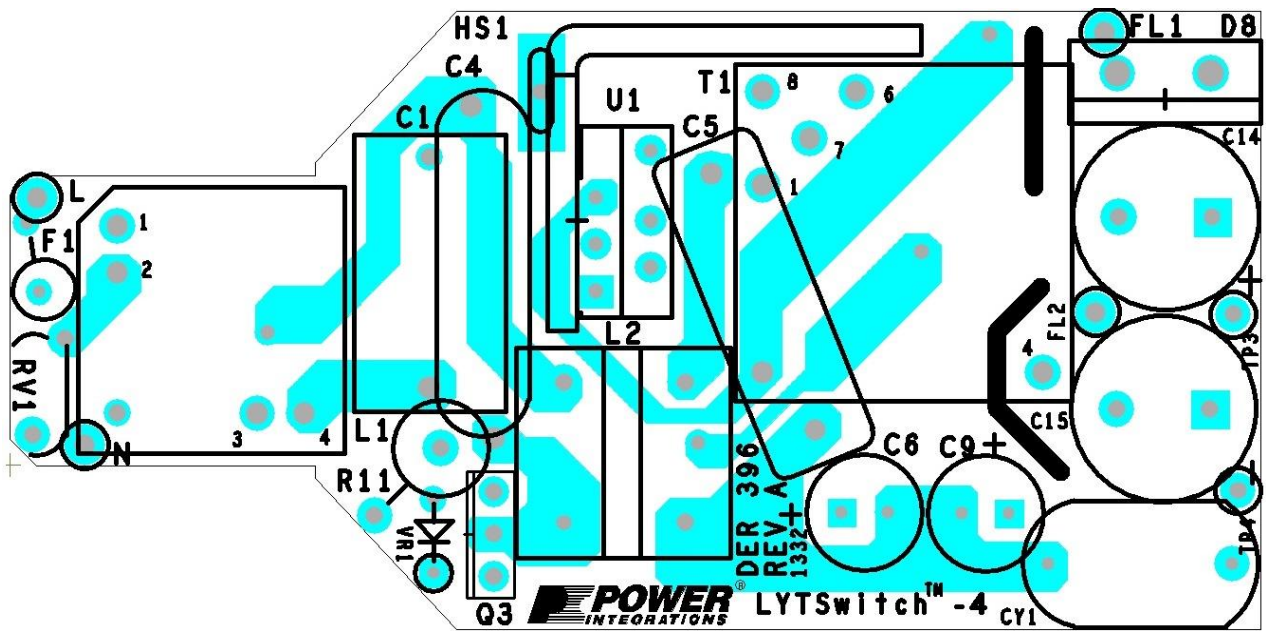


Figure 5 – Top Printed Circuit Layout.

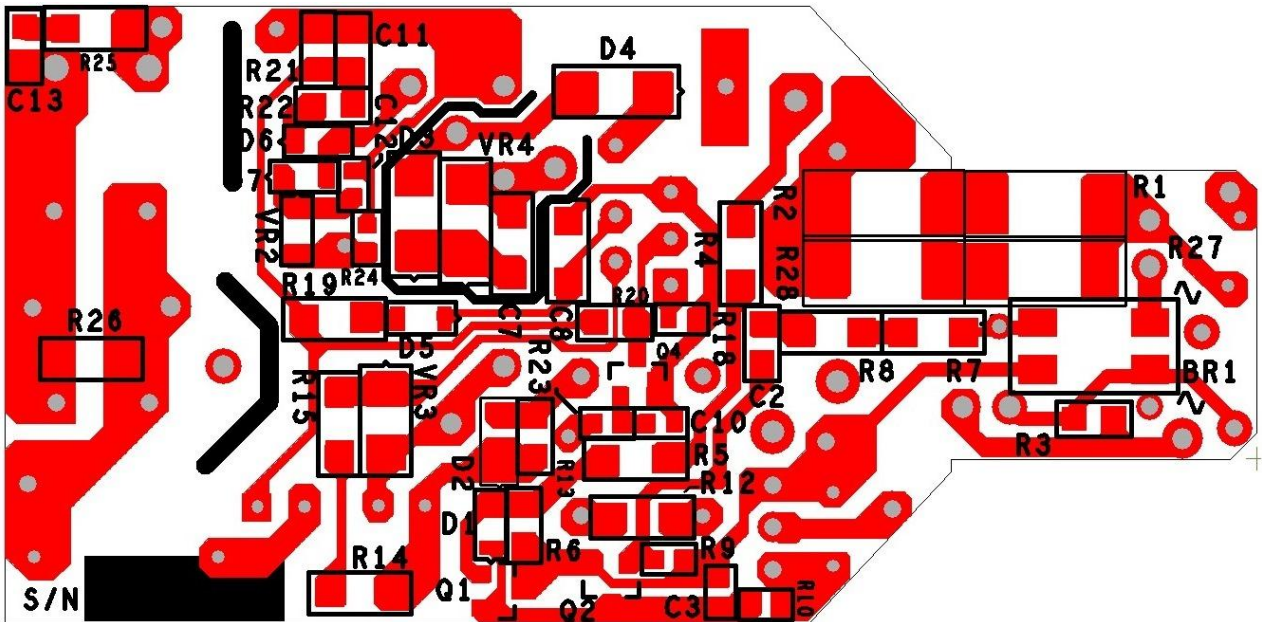


Figure 6 – Bottom Printed Circuit Layout.



## 6 部品表

The table below is the reference design BOM.

Item	Qty	Ref Des	概要	Mfg Part Number	Manufacturer
1	1	BR1	1000 V, 0.8 A, Bridge Rectifier, SMD, MBS-1, 4-SOIC	B10S-G	Comchip
2	1	C1	220 nF, 275 VAC, Film, X2	LE224-M	OKAYA
3	1	C2	47 pF, 1000 V, Ceramic, NPO, 0805	VJ0805A470JXGAT5Z	Vishay
3	1	C3	22 nF 50 V, Ceramic, X7R, 0603	C1608X7R1H223K	TDK
4	1	C4	120 nF, 400 V, Film	ECQ-E4124KF	Panasonic
5	1	C5	220 nF, 400 V, Film	ECQ-E4224KF	Panasonic
6	1	C6	2.2 $\mu$ F, 400 V, Electrolytic, (6.3 x 11)	TAB2GM2R2E110	Ltec
7	1	C7	2.2 nF, 630 V, Ceramic, X7R, 1206	C3216X7R2J222K	TDK
8	1	C8	100 $\mu$ F, 16 V, X5R, 1206	3216X5R1C105M	TDK
9	1	C9	56 $\mu$ F, 50 V, Electrolytic, Very Low ESR, 140 m $\Omega$ , (6.3 x 11)	EKZE500ELL560MF11D	Nippon Chemi-Con
10	1	C10	10 nF 50 V, Ceramic, X7R, 0603	C0603C103K5RACTU	Kemet
11	1	C11	100 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805	CC0805KRX7R9BB104	Yageo
12	1	C12	100 nF 50 V, Ceramic, X7R, 0603	C1608X7R1H104K	TDK
13	1	C13	100 pF, 200 V, Ceramic, COG, 0805	08052A101JAT2A	AVX
14	2	C14 C15	330 $\mu$ F, 63 V, Electrolytic, (10 x 20)	EKMG630ELL331MJ20S	United Chemi-con
15	1	CY1	470 pF, 250 VAC, Film, X1Y1	CD95-B2GA471KYNS	TDK
16	3	D1 D6 D7	250 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323	BAV21WS-7-F	Diodes, Inc.
17	1	D2	400 V, 1 A, DIODE SUP FAST 1A PWRDI 123	DFLU1400-7	Diodes, Inc.
18	1	D3	DIODE ULTRA FAST, SW 600 V, 1 A, SMA	US1J-13-F	Diodes, Inc.
19	1	D4	DIODE ULTRA FAST, SW, 200 V, 1 A, SMA	US1D-13-F	Diodes, Inc.
20	1	D5	75 V, 0.15 A, Switching, SOD-323	BAV16WS-7-F	Diodes, Inc.
21	1	D8	200 V, 8 A, Ultrafast Recovery, 25 ns, TO-220AC	BYW29-200G	On Semi
22	1	F1	5 A, 250 V, Fast, Microfuse, Axial	0263005.MXL	Littlefuse
23	1	L1	Custom, RM5, Vertical, 6 pins	SNX-R1688	Santronics USA
24	1	L2	5 mH, 0.5 A, Common Mode Choke Vertical	SU9VF-05050	Tokin
25	1	Q1	PNP, Small Signal BJT, 40 V, 0.2 A, SOT-23	MMBT3906LT1G	On Semi
36	1	Q2	NPN, Small Signal BJT, GP SS, 40 V, 0.6 A, SOT-23	MMBT4401LT1G	Diodes, Inc.
26	1	Q3	400 V, 3.1 A, N-Channel, TO-251AA	IRFU320PBF	Vishay
27	1	Q4	NPN, Small Signal BJT, 40 V, 0.2 A, SOT-23	MMBT3904LT1G	On Semi
28	4	R1 R2 R27 R28	510 $\Omega$ , 5%, 1 W, Thick Film, 2512	ERJ-1TYJ511U	Panasonic
29	1	R3	12 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ123V	Panasonic
30	2	R4 R5	1 M $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ105V	Panasonic
31	1	R6	2.4 M $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ245V	Panasonic
32	1	R7	162 k, 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF1623V	Panasonic
33	1	R8	162 k, 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF1623V	Panasonic
34	1	R9	30.1 k, 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF3012V	Panasonic
35	1	R10	15 $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ150V	Panasonic
36	1	R11	240 $\Omega$ , 5%, 2 W, Metal Oxide	RSF200JB-240R	Yageo
37	1	R12	47 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ473V	Panasonic
38	1	R13	510 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ514V	Panasonic
39	2	R14 R15	2.0 M $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF2004V	Panasonic
40	1	R17	200 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ204V	Panasonic
41	1	R18	24.9 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF2492V	Panasonic



Item	Qty	Ref Des	概要	Mfg Part Number	Manufacturer
42	1	R19	6.2 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ622V	Panasonic
43	1	R20	133 k $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF1333V	Panasonic
44	1	R21	20 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ203V	Panasonic
45	1	R22	39 $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ390V	Panasonic
46	1	R23	10 $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ100V	Panasonic
47	1	R24	1 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ102V	Panasonic
48	1	R25	30 $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ300V	Panasonic
49	1	R26	7.5 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ752V	Panasonic
50	1	RV1	250 V, 21 J, 7 mm, RADIAL LA	V130LA20AP	Littlefuse
51	1	T1	Custom, RM7/l, Vertical, 8 pins with mtg clip CLI/P-RM7	SNX-R1689	Santronics USA
52	1	U1	LYTSwitch-4, eSIP-7C	LYT4324E	Power Integrations
53	1	VR1	15 V, 5%, 500 mW, DO-35	1N5245B-T	Diodes, Inc.
54	1	VR2	33 V, 5%, 200 mW, SOD-323	MMSZ5257BS-7-F	Diodes, Inc.
55	1	VR4	200 V, 400 W, SMA	SMAJ200A-13-F	Diodes, Inc.
<b>Mechanical BOM</b>					
1	1	HS1	Heat sink, Custom, Al, 3003, 0.062" Thk	Custom	Custom
2	1	POWER CLIP1	Heat sink Hardware, Edge Clip 21N (4.7 lbs) 10 mm L x 7 mm W x 0.5 mm H	CLP212SG	Aavid Thermalloy
3	6	Insulation Tubing	15 mm; PTFE AWG #20 TW Tubing	TFT20-NT	Custom Cut



## 7 トランス (T1) の仕様

### 7.1 回路図

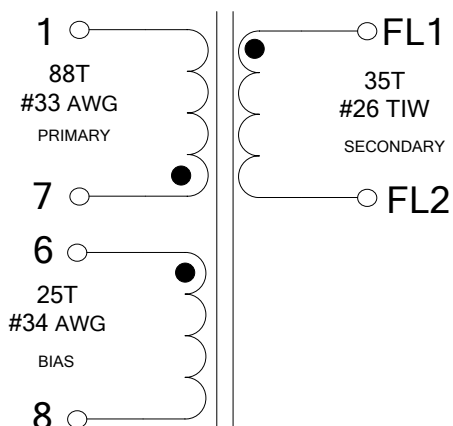


Figure 7 – Transformer Electrical Diagram.

### 7.2 電気仕様

<b>Primary Inductance</b>	Pins 1-7, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 V <sub>RMS</sub> .	1 mH ±7%
<b>Resonant Frequency</b>	Pins 1-7, all other windings open.	1000 kHz (Min.)

### 7.3 材料

Item	Description
[1]	Core:RM7; 3F3.
[2]	Bobbin:Rm-7; 4/4 pin vertical.
[3]	Clip:EPCOS, KlammerRM7, Manufacture P/N:B65820B2001X.
[4]	Magnet Wire:#33 AWG, double coated.
[5]	Magnet Wire:#26 TIW, triple insulated.
[6]	Magnet Wire:#34 AWG, double coated.
[7]	Tape:3M 1298 Polyester Film, 7.0.mm wide, 2.0 mil thick or equivalent.
[8]	Tape:3M 1298 Polyester Film, 18.0.mm x 30.0.mm, 2.0.mil thick or equivalent.
[9]	Varnish:Dolph BC-359, or equivalent.





## 7.4 構造図

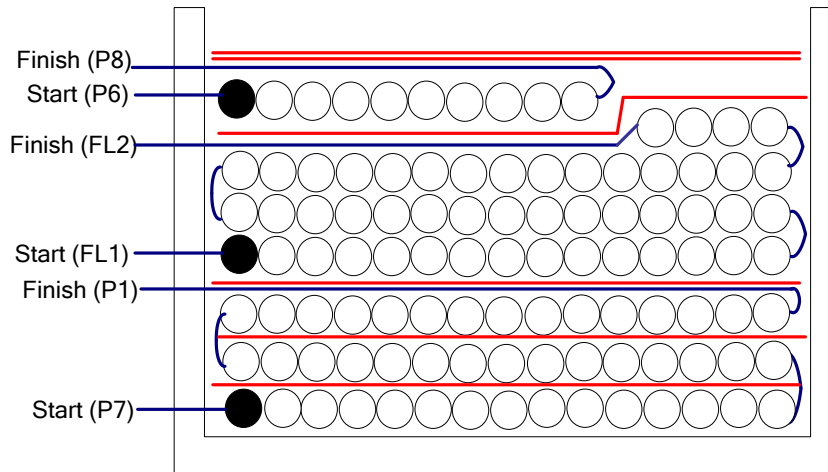
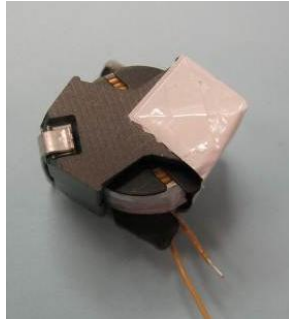


Figure 8 – Transformer Build Diagram.

## 7.5 構造

<b>Winding Preparation</b>	<u>Note:</u> pin-out of bobbin is designated as in picture below. Place the bobbin item [1] on the mandrel with the pin side is on the left. Winding direction is clockwise direction.
<b>Winding 1</b>	Start at pin 7, wind 31 turns of wire item [4] from left to right for the 1 <sup>st</sup> layer and place 1 layer of tape item [6]. Continue winding another 31 turns for the 2 <sup>nd</sup> layer, from right to left and also place 1 layer of tape item [7]. Then wind 26 turns for the 3 <sup>rd</sup> layer from left to right, at the last turn bring the wire back to the left and terminate at pin 1.
<b>Insulation</b>	Place 1 layer of tape item [7].
<b>Winding 2</b>	Use wire item [5], leave ~ 25 mm floating and place a piece of small tape to mark it as start lead FL1. Wind 32 turns of wire in 3 layers and 3 turns on the 4 <sup>th</sup> layer on the right side of bobbin, at the last turn bring the wire back to the left and also leave ~ 25 mm floating as end lead FL2.
<b>Insulation</b>	Place 1 layer of tape item [7].
<b>Winding 3</b>	Now wind 25 turns of wire item [6] on the left section of 4 <sup>th</sup> layer from winding 2, start at pin 6 and end with pin 8.
<b>Insulation</b>	Place 2 layers of tape item [7] to secure windings.
<b>Final Assembly</b>	Grind core halves item [2] to get 1 mH and secure with clips item [3] Cut short FL1 to 24 mm and FL2 to 12 mm. Cut ground lead of clip item [3] on the left side of core halves, see picture below. Prepare tape item [8]. Wrap 2 layers of tape item [8] on the left side of core halves for insulation. Varnish with item [9]. Cut pin number 2, 3 and 5.



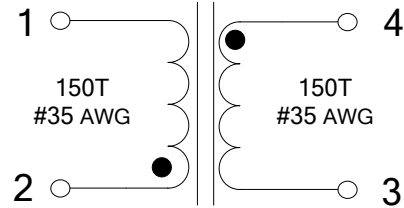


**Figure 9** – Transformer Assembly Illustration.



## 8 ディファレンシャル インダクタ (L1) の仕様

### 8.1 回路図



Follow the transformer pin according to its data sheet

Figure 10 – Inductor Electrical Diagram.

### 8.2 電気仕様

<b>Primary Inductance</b>	Pins 1-2, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 V <sub>RMS</sub> .	240 μH ±10%
---------------------------	--	-------------

### 8.3 材料

Item	Description
[1]	Core:RM5 (3/3); N87.
[2]	Bobbin:RM-5; 3/3 pin vertical.
[3]	Magnet Wire:#35 AWG.
[4]	Tape:3M 1298 Polyester Film, 4.8 mm wide, 2.0 mil thick or equivalent.
[5]	Varnish:Dolph BC-359, or equivalent.

8.4 構造図

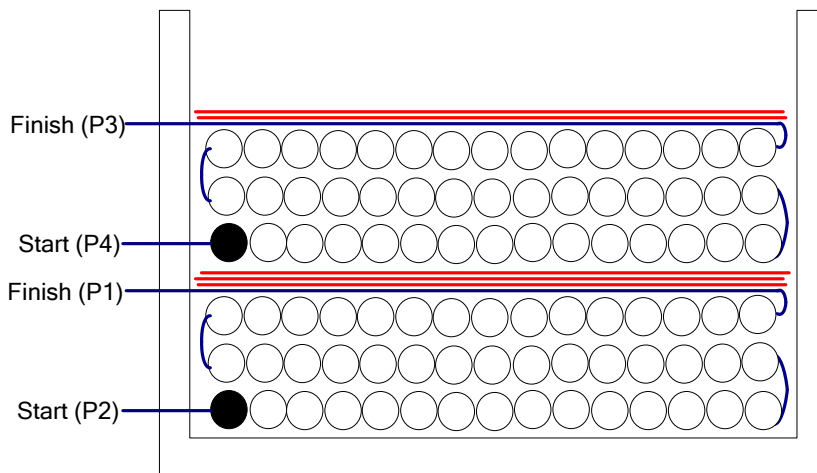


Figure 11 – Inductor Build Diagram.

8.5 構造

<b>Winding Preparation</b>	Note: pin-out of bobbin is designated as in picture below. Place the bobbin item [1] on the mandrel with the pin side is on the left. Winding direction is clockwise direction.
<b>Winding 1</b>	Start at pin 2, wind 150 turns of wire item [3] continuously then terminate at pin 1.
<b>Insulation</b>	Place 3 layer of tape item [4].
<b>Winding 2</b>	Start at pin 4, wind 150 turns of wire item [3] continuously then terminate at pin 3.
<b>Insulation</b>	Place 2 layers of tape item [4] to secure windings.
<b>Final Assembly</b>	Grind core halves item [2] to get 1 mH and secure with clips. Varnish with item [5]. Cut pin 5 and 6.



## 9 U1 ヒートシンク

### 9.1 U1 ヒートシンク製造図面

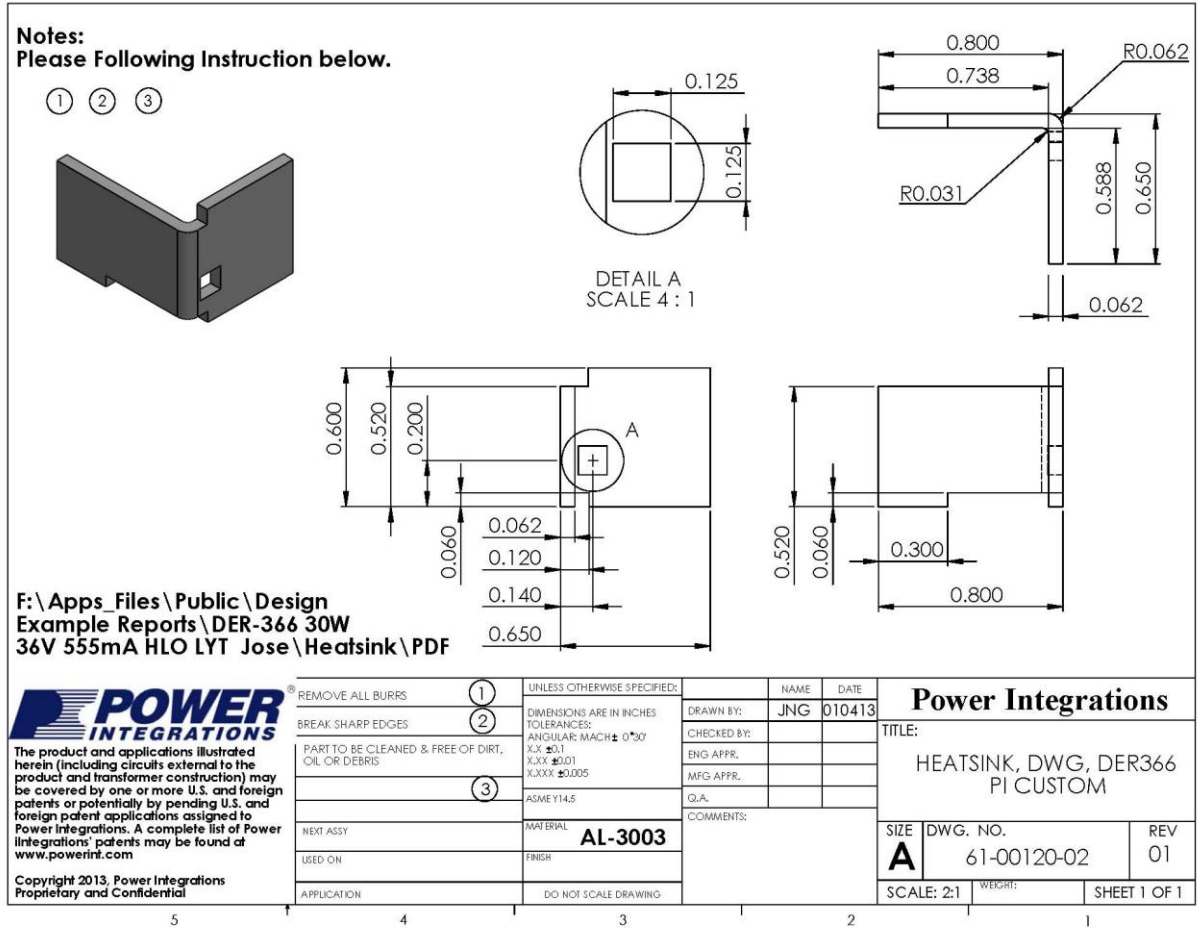


Figure 12 – U1 Heat Sink Fabrication Drawing.

9.2 U1 用ヒートシンク組み立て図

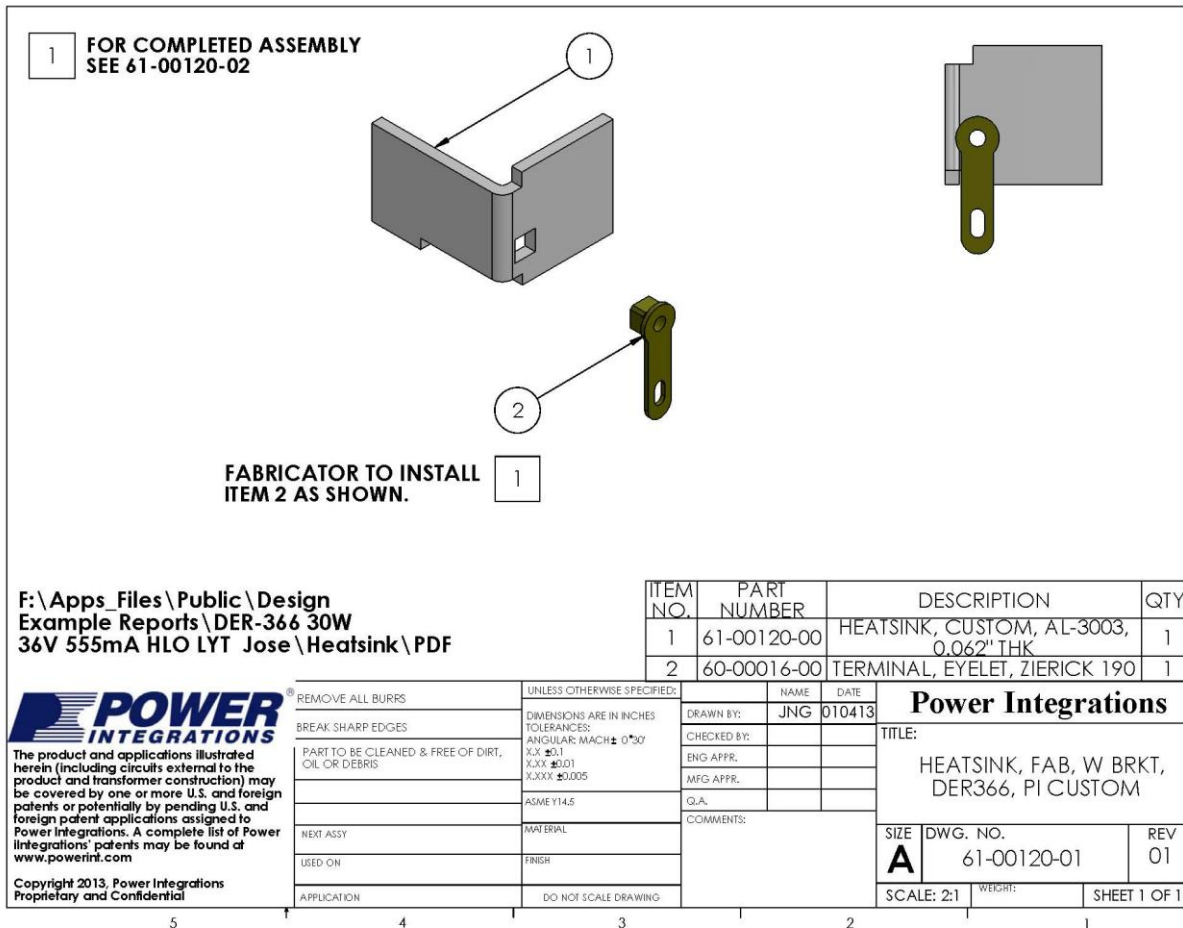


Figure 13 – U1 Heat Sink Assembly Drawing.



9.3 ヒートシンク及び U1 の組み立て図

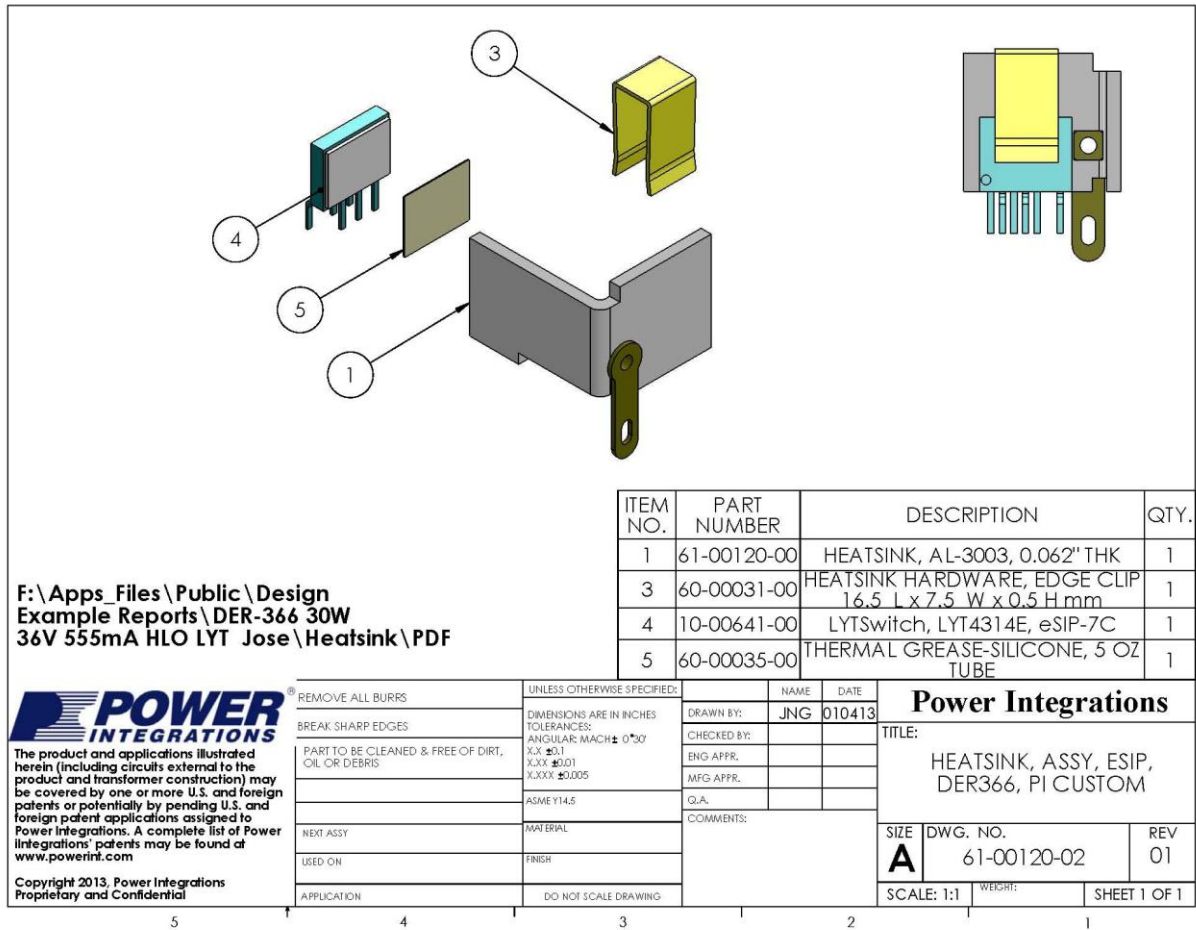


Figure 14 – Heat Sink and U1 Assembly Drawing.



## 10 トランスの設計計算シート

ACDC_LYTSwitch-4_HL_062013; Rev.1.0; Copyright Power Integrations 2013	INPUT	INFO	OUTPUT	UNIT	LYTSwitch-4_HL_062013:Flyback Transformer Design Spreadsheet
<b>ENTER APPLICATION VARIABLES</b>					<b>DER-396</b>
Dimming required	YES		YES		Select 'YES' option if dimming is required. Otherwise select 'NO'.
VACMIN	185		185	V	Minimum AC Input Voltage
VACMAX			265	V	Maximum AC input voltage
fL			50	Hz	AC Mains Frequency
VO	36		36	V	Typical output voltage of LED string at full load
VO_MAX			39.6	V	Maximum expected LED string Voltage.
VO_MIN			32.4	V	Minimum expected LED string Voltage.
V_OVP			42.47	V	Over-voltage protection setpoint
IO	0.55		0.55	A	Typical full load LED current
PO			19.8	W	Output Power
n			0.8		Estimated efficiency of operation
VB			25	V	Bias Voltage
<b>ENTER LYTSwitch VARIABLES</b>					
LYTSwitch	Auto		LYT4324		Selected LYTSwitch
Current Limit Mode	RED		RED		Select "RED" for reduced Current Limit mode or "FULL" for Full current limit mode
ILIMITMIN			0.95	A	Minimum current limit
ILIMITMAX			1.11	A	Maximum current limit
fS			132000	Hz	Switching Frequency
fSmin			124000	Hz	Minimum Switching Frequency
fSmax			140000	Hz	Maximum Switching Frequency
IV			80.56727984	uA	V pin current
RV			4	M-ohms	Upper V pin resistor
RV2			1E+12	M-ohms	Lower V pin resistor
IFB	178		178	uA	FB pin current (85 uA < IFB < 210 uA)
RFB1			123.5955056	k-ohms	FB pin resistor
VDS			10	V	LYTSwitch on-state Drain to Source Voltage
VD			0.5	V	Output Winding Diode Forward Voltage Drop (0.5 V for Schottky and 0.8 V for PN diode)
VDB			0.7	V	Bias Winding Diode Forward Voltage Drop
<b>Key Design Parameters</b>					
KP	0.7		0.7		Ripple to Peak Current Ratio (For PF > 0.9, 0.4 < KP < 0.9)
LP			998.2376383	uH	Primary Inductance
VOR	92		92	V	Reflected Output Voltage.
Expected IO (average)			0.547777905	A	Expected Average Output Current
KP_VNOM			0.666138709		Expected ripple current ratio at VACNOM
TON_MIN			1.493186757	us	Minimum on time at maximum AC input voltage
PCLAMP			0.159394306	W	Estimated dissipation in primary clamp
<b>ENTER TRANSFORMER CORE/CONSTRUCTION VARIABLES</b>					
Core Type	RM7		RM7		Select Core Size
Custom Core	RM7				Enter Custom core part number (if applicable)
AE	0.45		0.45	cm^2	Core Effective Cross Sectional Area
LE	3		3	cm	Core Effective Path Length
AL	2500		2500	nH/T^2	Ungapped Core Effective Inductance
BW	6.9		6.9	mm	Bobbin Physical Winding Width
M			0	mm	Safety Margin Width (Half the Primary to Secondary Creepage Distance)





L	4		4		Number of Primary Layers
NS	35		35		Number of Secondary Turns
<b>DC INPUT VOLTAGE PARAMETERS</b>					
VMIN			261.629509	V	Peak input voltage at VACMIN
VMAX			374.766594	V	Peak input voltage at VACMAX
<b>CURRENT WAVEFORM SHAPE PARAMETERS</b>					
DMAX			0.267730208		Minimum duty cycle at peak of VACMIN
IAVG			0.119116476	A	Average Primary Current
IP			0.826177997	A	Peak Primary Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
IRMS			0.231970815	A	Primary RMS Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
<b>TRANSFORMER PRIMARY DESIGN PARAMETERS</b>					
LP			998.2376383	uH	Primary Inductance
LP_TOL	10		10		Tolerance of primary inductance
NP			88.21917808		Primary Winding Number of Turns
NB			24.64383562		Bias Winding Number of Turns
ALG			128.2649294	nH/T <sup>2</sup>	Gapped Core Effective Inductance
BM			2077.457006	Gauss	Maximum Flux Density at PO, VMIN (BM<3100)
BP			2791.138572	Gauss	Peak Flux Density (BP<3700)
BAC			727.109952	Gauss	AC Flux Density for Core Loss Curves (0.5 X Peak to Peak)
ur			1326.288091		Relative Permeability of Ungapped Core
LG			0.418255474	mm	Gap Length (Lg > 0.1 mm)
BWE			27.6	mm	Effective Bobbin Width
OD			0.312857143	mm	Maximum Primary Wire Diameter including insulation
INS			0.053423557	mm	Estimated Total Insulation Thickness (= 2 * film thickness)
DIA			0.259433586	mm	Bare conductor diameter
AWG			30	AWG	Primary Wire Gauge (Rounded to next smaller standard AWG value)
CM			101.5936673	Cmils	Bare conductor effective area in circular mils
CMA			437.9588334	Cmils/Amp	Primary Winding Current Capacity (200 < CMA < 600)
<b>TRANSFORMER SECONDARY DESIGN PARAMETERS (SINGLE OUTPUT EQUIVALENT)</b>					
<b>Lumped parameters</b>					
ISP			2.082421254	A	Peak Secondary Current
ISRMS			0.884132667	A	Secondary RMS Current
IRIPPLE			0.692235923	A	Output Capacitor RMS Ripple Current
CMS			176.8265334	Cmils	Secondary Bare Conductor minimum circular mils
AWGS			27	AWG	Secondary Wire Gauge (Rounded up to next larger standard AWG value)
DIAS			0.362522298	mm	Secondary Minimum Bare Conductor Diameter
ODS			0.197142857	mm	Secondary Maximum Outside Diameter for Triple Insulated Wire
<b>VOLTAGE STRESS PARAMETERS</b>					
VDRAIN			566.5923475	V	Estimated Maximum Drain Voltage assuming maximum LED string voltage (Includes Effect of Leakage Inductance)
PIVS			191.1564827	V	Output Rectifier Maximum Peak Inverse Voltage (calculated at VOVP, excludes leakage inductance spike)
PIVB			134.1846154	V	Bias Rectifier Maximum Peak Inverse Voltage (calculated at VOVP, excludes leakage inductance spike)
<b>FINE TUNING (Enter measured values from prototype)</b>					
<b>V pin Resistor Fine Tuning</b>					
RV1			4	M-ohms	Upper V Pin Resistor Value



RV2			1E+12	M-ohms	Lower V Pin Resistor Value
VAC1			115	V	Test Input Voltage Condition1
VAC2			230	V	Test Input Voltage Condition2
IO_VAC1			0.55	A	Measured Output Current at VAC1
IO_VAC2			0.55	A	Measured Output Current at VAC2
RV1 (new)			4.000604137	M-ohms	New RV1
RV2 (new)			20911.63067	M-ohms	New RV2
V_OV			319.5673531	V	Typical AC input voltage at which OV shutdown will be triggered
V_UV			66.34665276	V	Typical AC input voltage beyond which power supply can startup
<b>FB pin resistor Fine Tuning</b>					
RFB1	133		133	k-ohms	Upper FB Pin Resistor Value
RFB2			1E+12	k-ohms	Lower FB Pin Resistor Value
VB1			22.46520548	V	Test Bias Voltage Condition1
VB2			27.53479452	V	Test Bias Voltage Condition2
IO1			0.55	A	Measured Output Current at Vb1
IO2			0.55	A	Measured Output Current at Vb2
RFB1 (new)			133	k-ohms	New RFB1
RFB2(new)			1E+12	k-ohms	New RFB2
<b>Input Current Harmonic Analysis</b>					
Harmonic			Max Current (mA)	Limit (mA)	
1st Harmonic					
3rd Harmonic			20.69736113	1666.17	PASS.3rd Harmonic current content is lower than the limit
5th Harmonic			9.233940611	931.095	PASS.5th Harmonic current content is lower than the limit
7th Harmonic			5.592928806	490.05	PASS.7th Harmonic current content is lower than the limit
9th Harmonic			3.956638292	245.025	PASS.9th Harmonic current content is lower than the limit
11th Harmonic			2.979917621	171.5175	PASS.11th Harmonic current content is lower than the limit
13th Harmonic			2.264929473	145.103805	PASS.13th Harmonic current content is lower than the limit
15th Harmonic			1.69769565	125.74683	PASS.15th Harmonic current content is lower than the limit
THD			23.53869833	%	Estimated total Harmonic Distortion (THD)

Table 1 – Sample Spreadsheet Calculation.



## 11 性能データ

All measurements performed at 25 °C room temperature, 60 Hz input frequency unless otherwise specified.

入力		Input Measurement					LED Load Measurement			Efficiency (%)
VAC (V <sub>RMS</sub> )	Freq (Hz)	V <sub>IN</sub> (V <sub>RMS</sub> )	I <sub>IN</sub> (mA <sub>RMS</sub> )	P <sub>IN</sub> (W)	PF	%ATHD	V <sub>OUT</sub> (V <sub>DC</sub> )	I <sub>OUT</sub> (mA <sub>DC</sub> )	P <sub>OUT</sub> (W)	
185	50	184.85	140.39	24.969	0.962	15.62	39.1500	547.700	21.540	86.27
200	50	199.85	131.37	24.997	0.952	16.49	39.1100	549.800	21.610	86.45
220	50	219.90	121.59	25.016	0.936	17.59	39.0800	551.000	21.620	86.42
230	50	229.85	117.51	25.020	0.926	17.91	39.0500	551.000	21.610	86.37
240	50	239.88	113.83	25.028	0.917	18.01	39.0300	551.000	21.590	86.26
265	50	264.92	106.00	24.935	0.888	18.04	38.9900	547.000	21.410	85.86
185	50	184.84	130.63	23.130	0.958	15.76	35.9000	552.000	19.910	86.08
200	50	199.85	122.72	23.227	0.947	16.46	35.8900	555.000	20.030	86.24
220	50	219.91	114.31	23.363	0.929	17.27	35.8900	558.000	20.150	86.25
230	50	229.85	110.76	23.412	0.920	17.44	35.8900	559.000	20.170	86.15
240	50	239.88	107.35	23.399	0.909	17.55	35.8800	558.000	20.130	86.03
265	50	264.92	100.60	23.399	0.878	17.49	35.8600	556.000	20.030	85.60
185	50	184.85	122.49	21.580	0.953	16.09	33.2300	555.000	18.570	86.05
200	50	199.86	115.48	21.724	0.941	16.6	33.2100	560.000	18.720	86.17
220	50	219.91	107.91	21.887	0.922	17.17	33.1900	564.000	18.850	86.12
230	50	229.85	104.54	21.898	0.911	17.31	33.1700	564.000	18.840	86.04
240	50	239.89	101.58	21.922	0.900	17.27	33.1400	565.000	18.830	85.90
265	50	264.93	95.77	21.991	0.867	17.11	33.1200	564.000	18.790	85.44

Table 2 – Test Result Summary for this Design.



### 11.1 アクティブモード効率

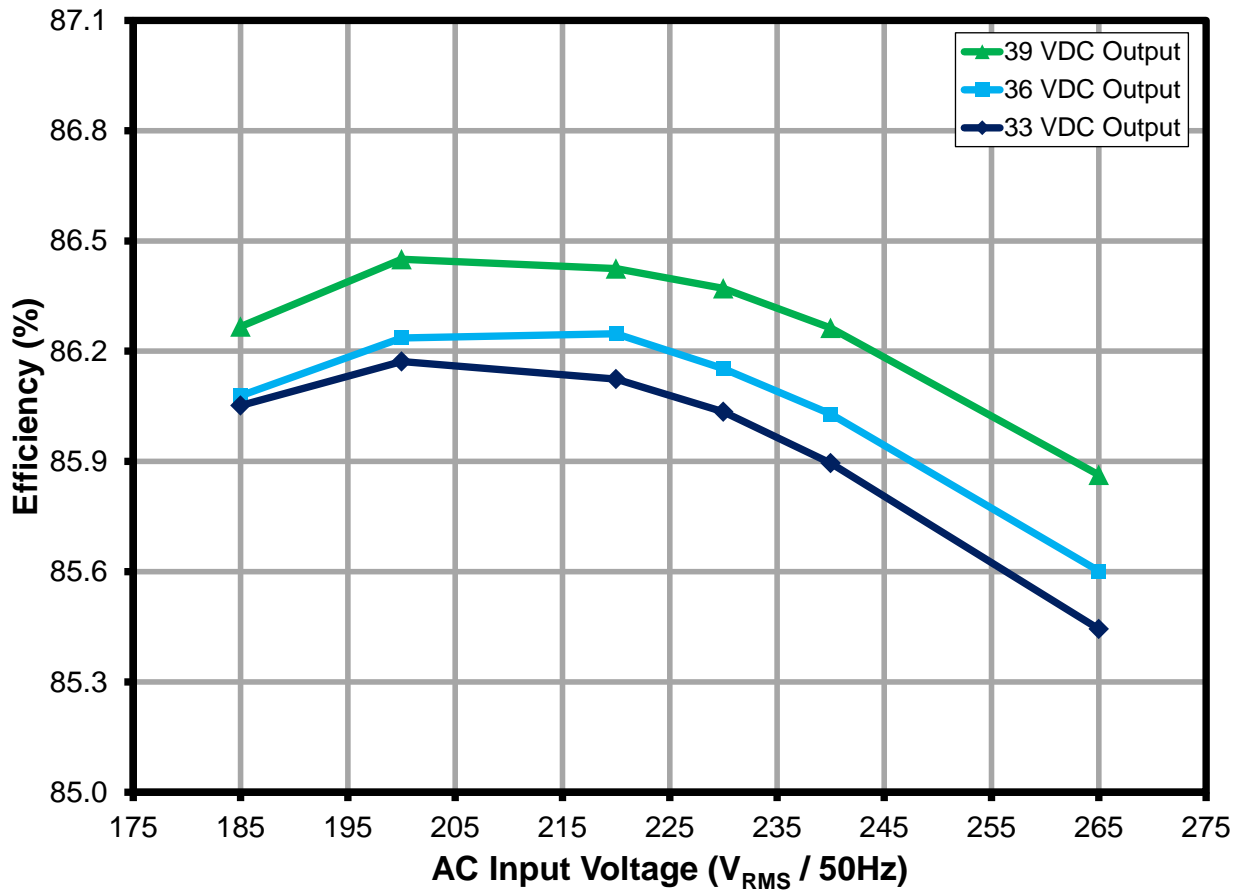


Figure 15 – Efficiency with Respect to AC Input Voltage.



## 11.2 入力レギュレーション

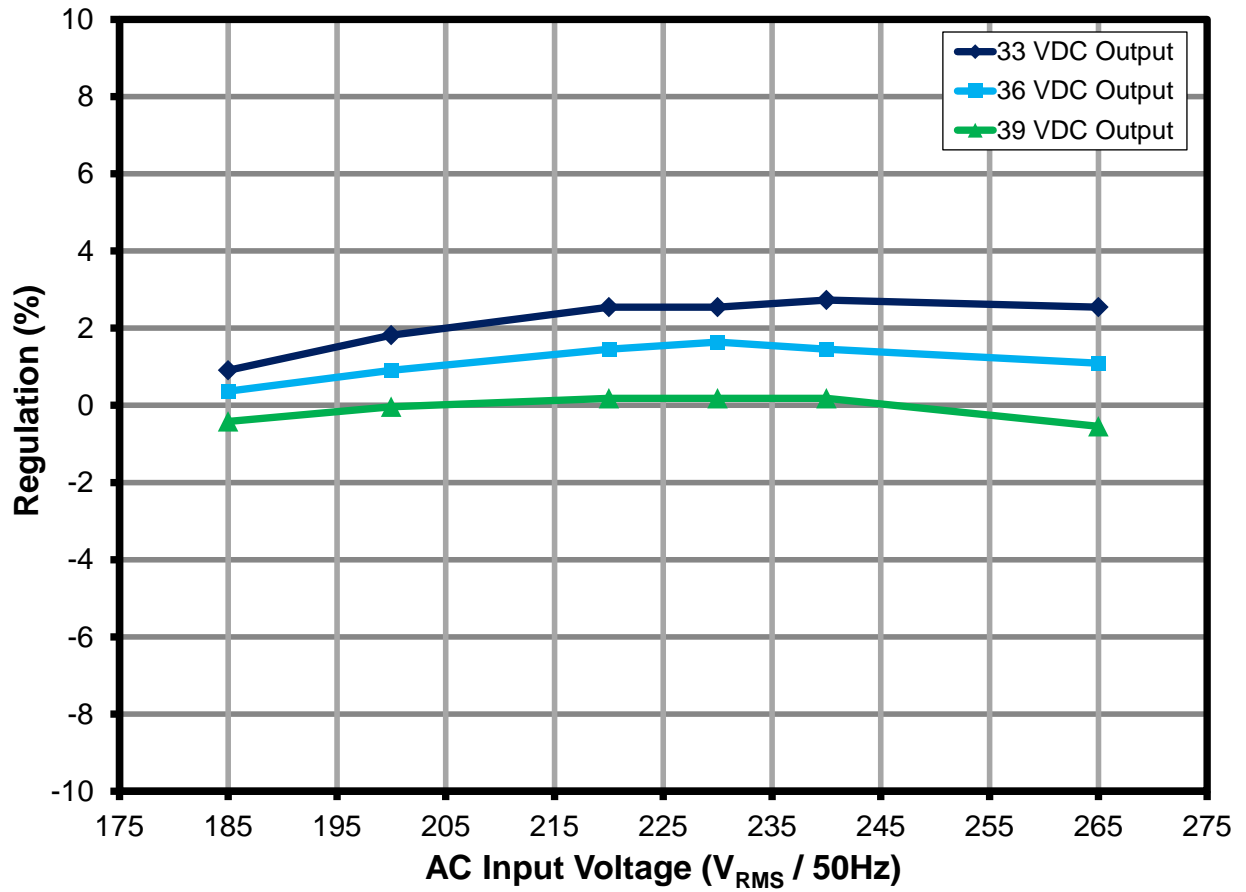


Figure 16 – Line Regulation, Room Temperature.



### 11.3 力率

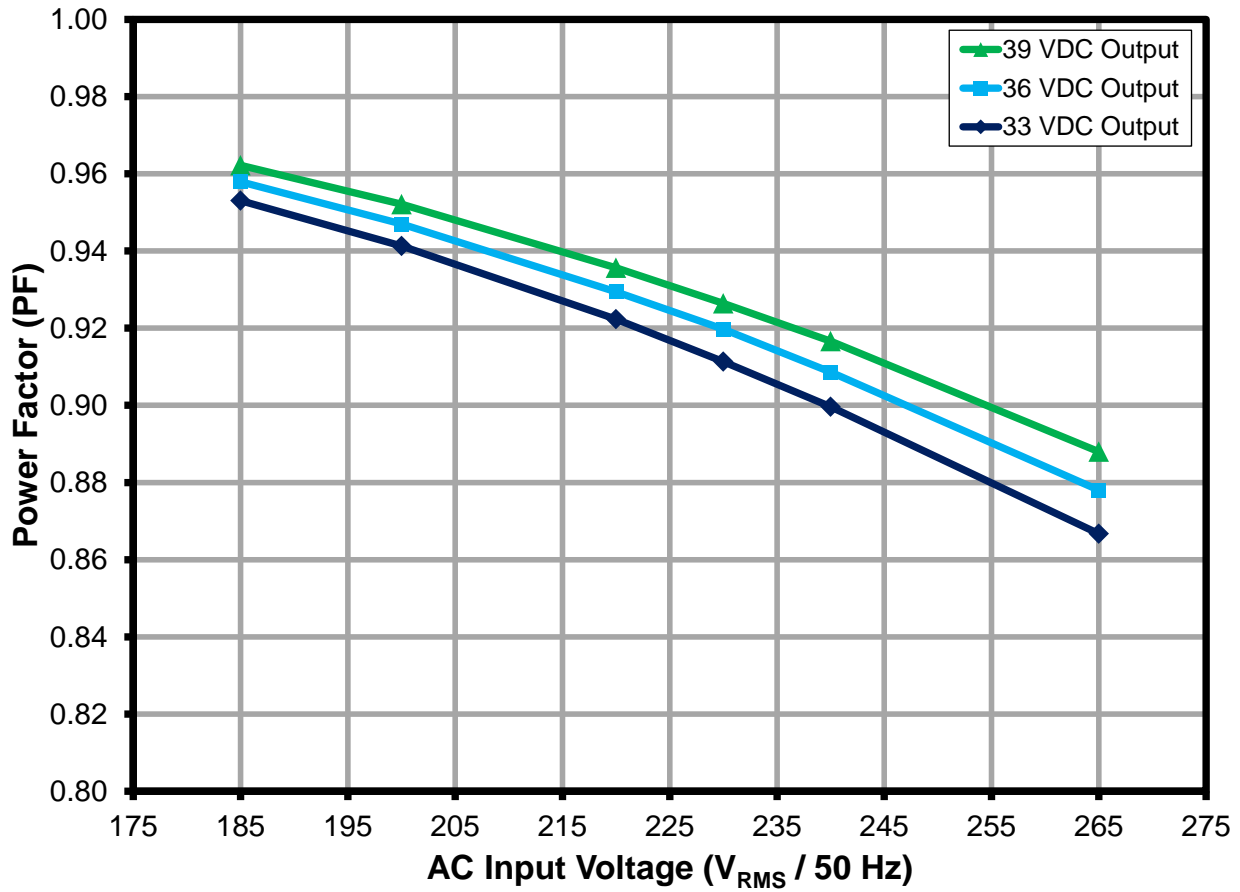


Figure 17 – High Power Factor within the Operating Range.



11.4 %THD

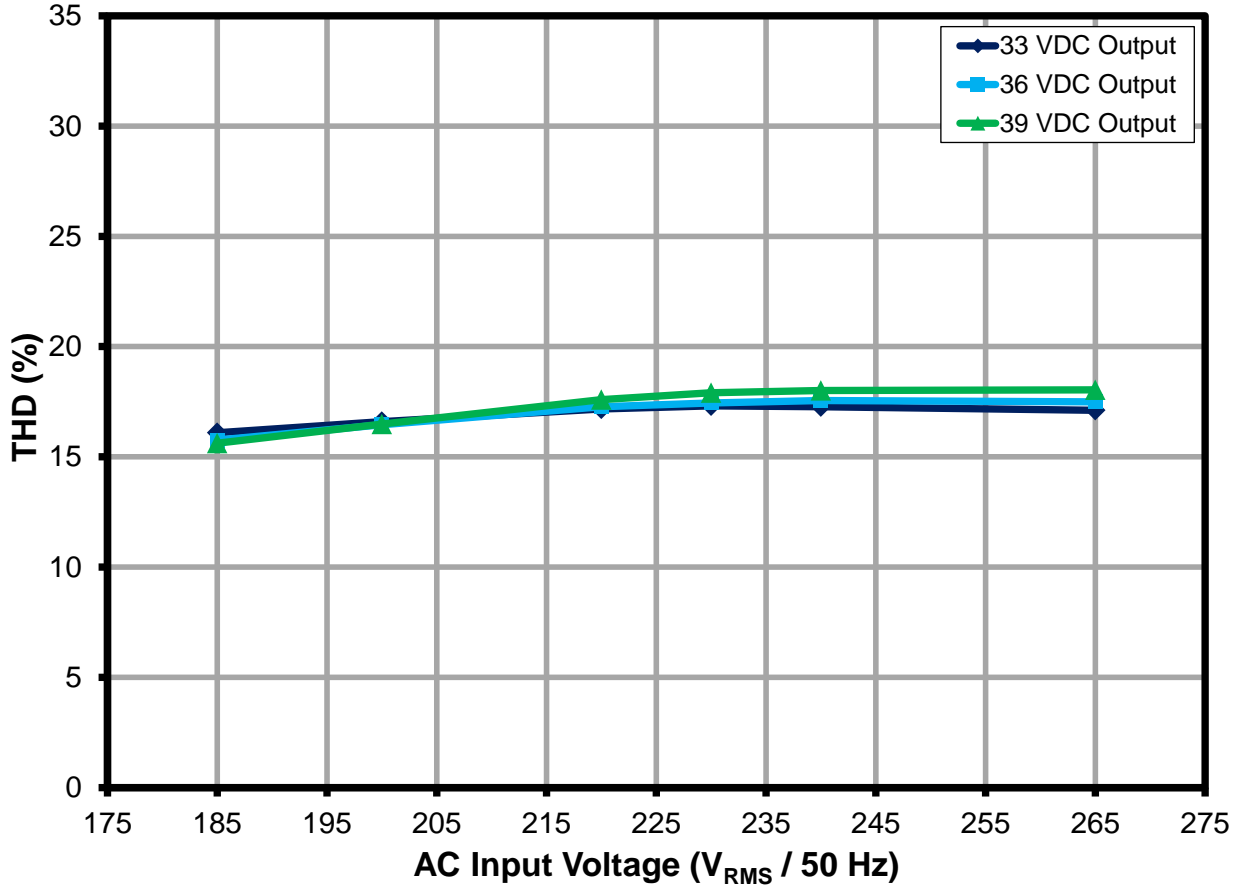


Figure 18 – Very Low %ATHD.

### 11.5 高調波成分

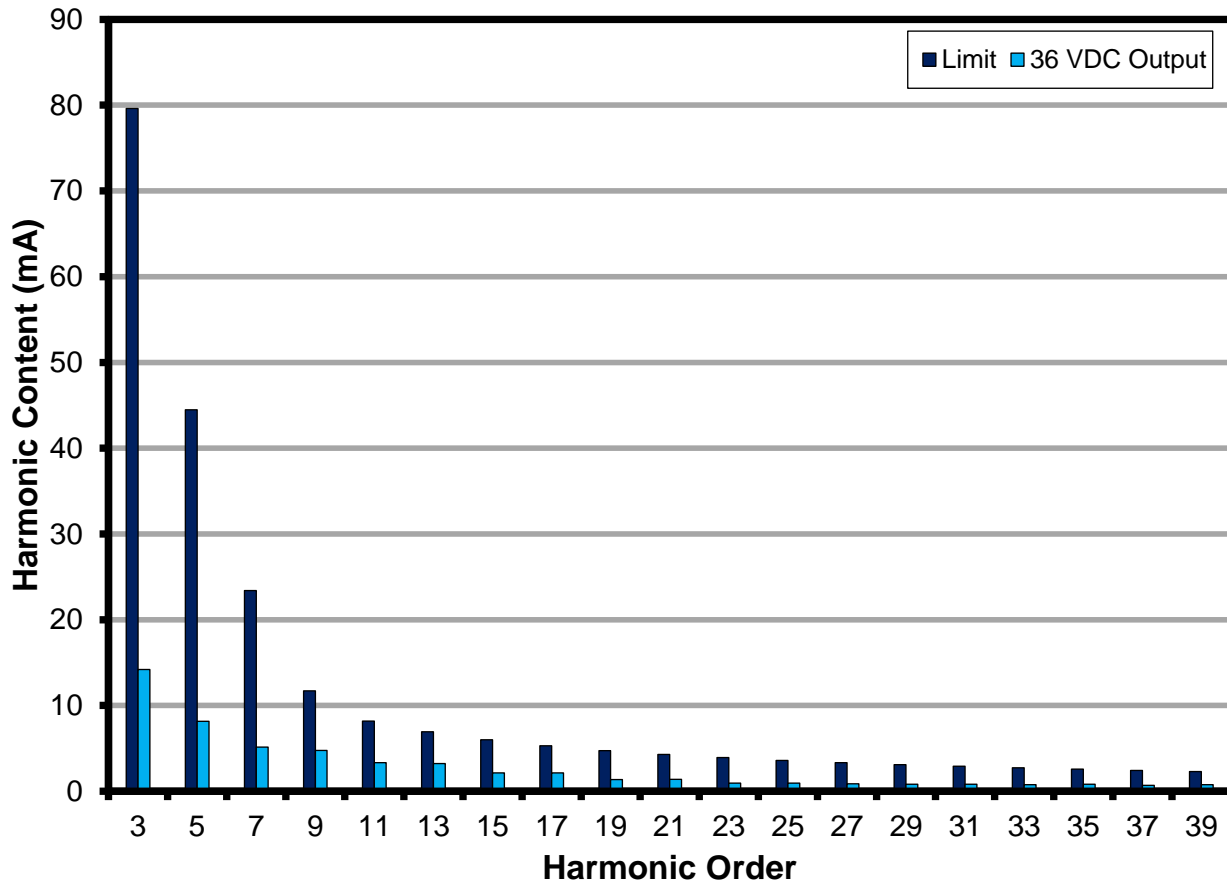


Figure 19 – Meets EN61000-3-2 Harmonics Contents Standards for <25 W Rating for 36 V LED Output.





## 11.6 高調波測定

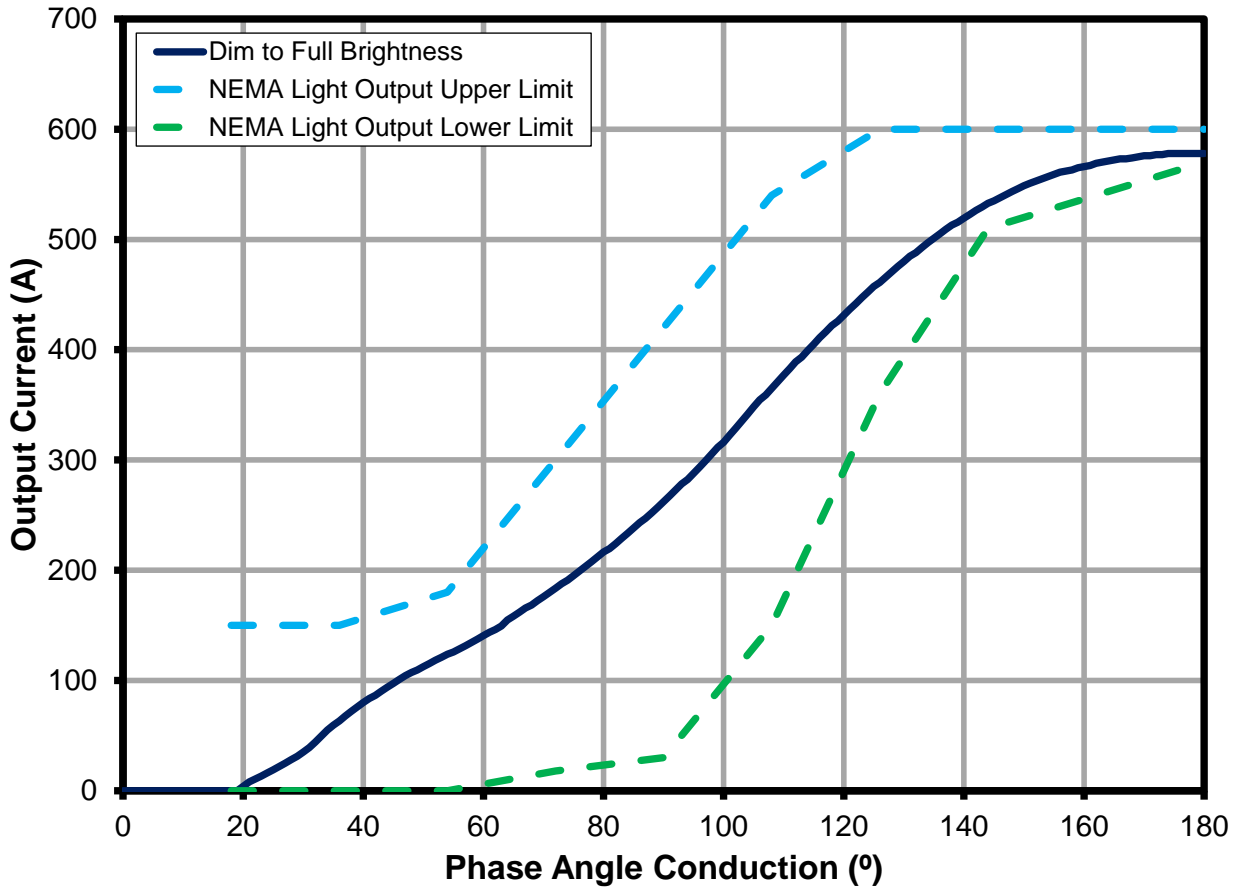
VAC (V <sub>RMS</sub> )	Freq (Hz)	I (mA)	P	PF
230	50.00	110.76	23.4120	0.9197
nth Order	mA Content	% Content	Limit (mA) <25 W	Remarks
1	109.04			
2	0.02	0.02%		
3	14.21	13.03%	79.6008	27.59%
5	8.15	7.47%	44.4828	10.00%
7	5.16	4.73%	23.4120	7.00%
9	4.75	4.36%	11.7060	5.00%
11	3.34	3.06%	8.1942	3.00%
13	3.24	2.97%	6.9336	3.00%
15	2.14	1.96%	6.0091	3.00%
17	2.15	1.97%	5.3021	3.00%
19	1.36	1.25%	4.7440	3.00%
21	1.39	1.27%	4.2922	3.00%
23	0.96	0.88%	3.9190	3.00%
25	0.96	0.88%	3.6054	3.00%
27	0.87	0.80%	3.3384	3.00%
29	0.81	0.74%	3.1081	3.00%
31	0.83	0.76%	2.9076	3.00%
33	0.76	0.70%	2.7314	3.00%
35	0.83	0.76%	2.5753	3.00%
37	0.70	0.64%	2.4361	3.00%
39	0.78	0.72%	2.3112	3.00%
41	0.59	0.54%		
43	0.68	0.62%		
45	0.50	0.46%		
47	0.64	0.59%		
49	0.44	0.40%		

Table 3 – 230 VAC Input Current Harmonic Measurement for 36 V LED.



### 11.7 調光特性

The dimming characteristic was taken from a controlled AC supply to emulate the TRIAC conduction pattern. The reference design meets the dimming requirement as set by National Electrical Manufacturers Association (NEMA) Standards Publication SSL 1-2010 (Electronic Drivers for LED Devices, Arrays or Systems) and SSL 6-2010 (Solid Light Lighting for Incandescent Replacement-Dimming).



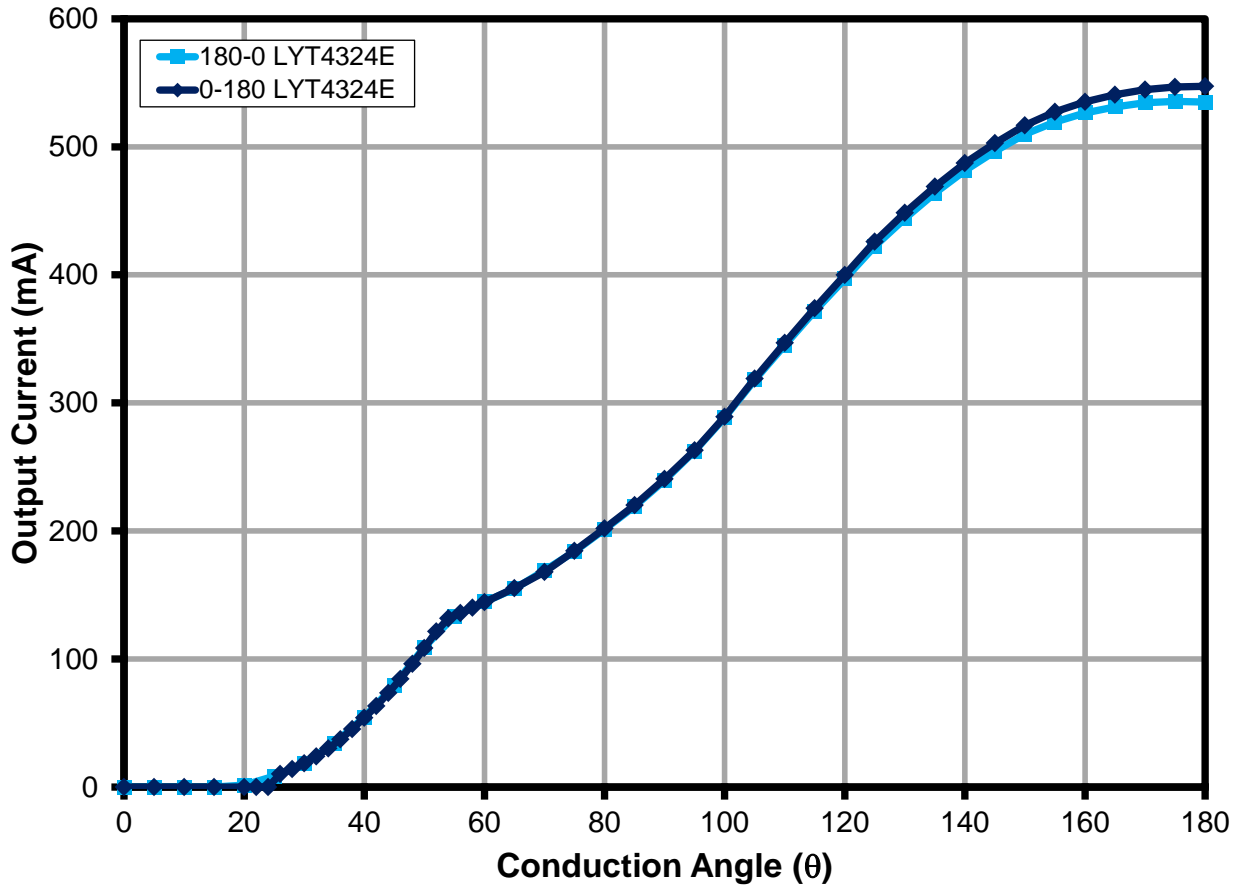


Figure 20 – Dimming Curve Characteristic From Full Dim to Full Brightness.Meets NEMA SSL 6-2010.

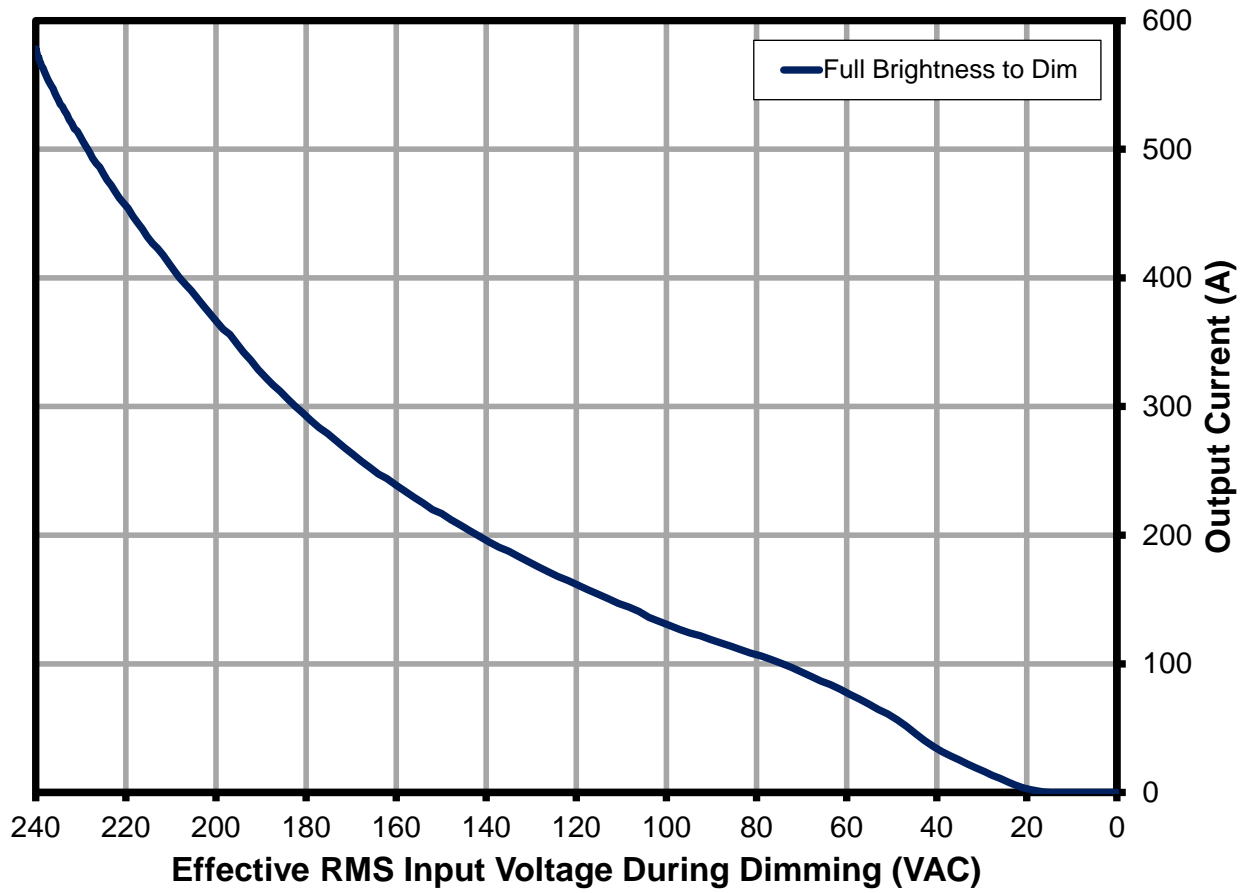


Figure 21 – Dimming Characteristic with Respect to RMS Input Voltage During Dimming.



### 11.8 ユニットと調光器の互換性

These are the list of dimmers verified for this reference design. Users are not limited on the following list. Make sure to test the dimmers according to its recommended operating line input frequency to avoid flicker.

Dimmer Origin	Part Number	I <sub>MIN</sub> (mA)	I <sub>MAX</sub> (mA)	Dim Ratio
China	TCL 630 W	147.4	556.0	4
China	Sen Bo Lang	189.4	555.0	3
China	Eba Huang	35.9	556.0	15
China	SB elect 600 W	1.3	545.5	420
China	Myongbo	191.4	558.0	3
China	KBE 650 W	0.6	555.5	926
China	Clipmei	147.2	556.0	4
China	Mank 200 W	202.8	557.0	3
Korea	Anam 500 W	191.0	551.0	3
Korea	Shin Sung	177.6	552.0	3
Korea	Fantasia 500 W	185.0	549.4	3
Korea	Shin Sung 2	158.2	552.0	3
Germany	Rev 300 W	0.1	537.6	5376
Germany	Busch 2250 600 W	107.1	542.4	5
Germany	PEHA 400 W	1.5	505.2	337
Germany	Merten 572499 400 W	77.5	550.0	7
Germany	Busch 6513 420 W	109.7	546.5	5
Germany	Berker 2875 600 W	123.5	532.9	4
Germany	Ove	113.4	503.9	4
Germany	Busch 691 U-101	106.4	529.2	5
Germany	Busch 6513 U-102	107.8	546.0	5
Germany	Peha 433AB	174.1	534.5	3



## 12 熱特性

The scan is conducted at ambient temperature of 25 °C open frame, 185 VAC / 50 Hz input.

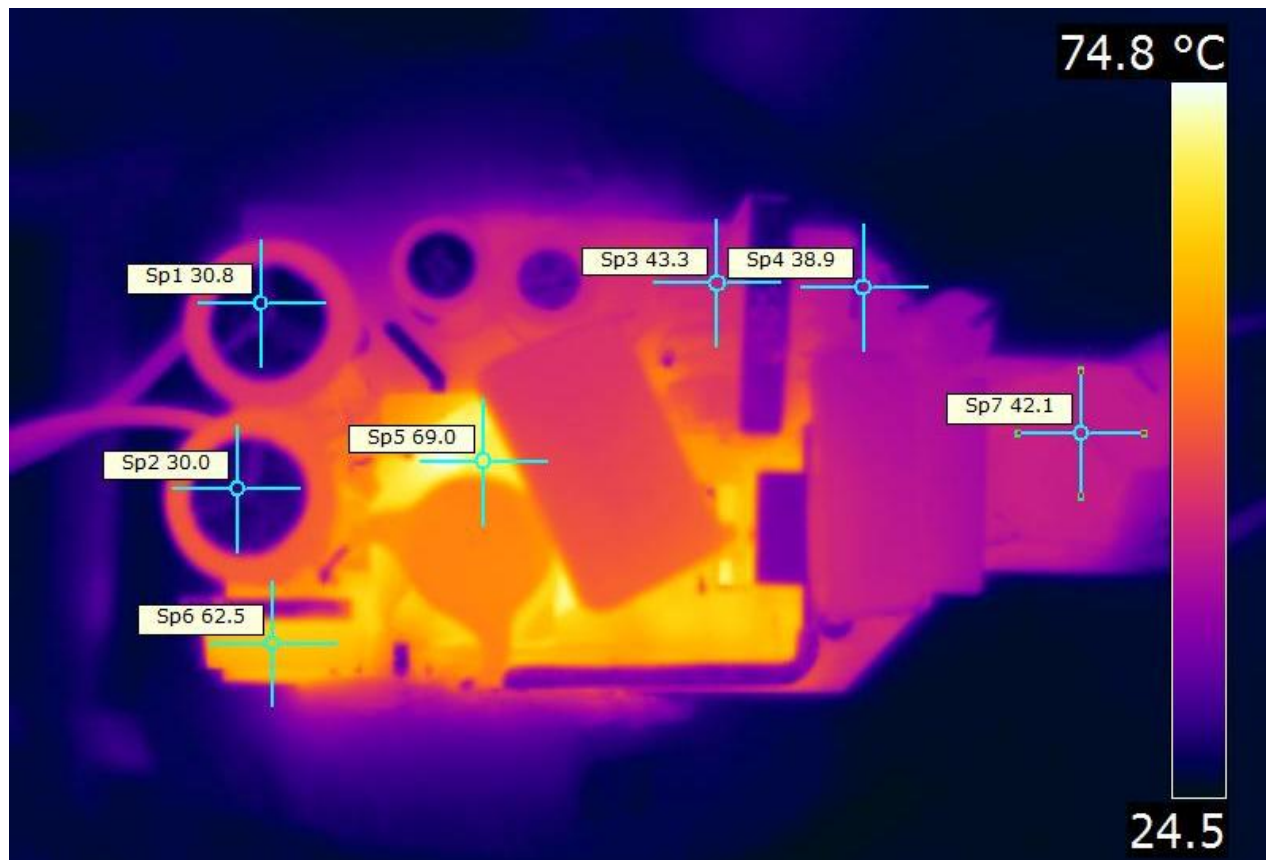


Figure 22 – Open Frame Thermal Scan

Legend:

- Sp1 – Output Capacitor C14
- Sp2 – Output Capacitor C15
- Sp3 – Common Mode Inductor L2
- Sp4 – Damper MOSFET Q3
- Sp5 – Transformer T1.
- Sp6 – Output Diode D8
- Sp7 – Differential Inductor L1



Figure 23 – U1 LNK4314E Device Temperature.



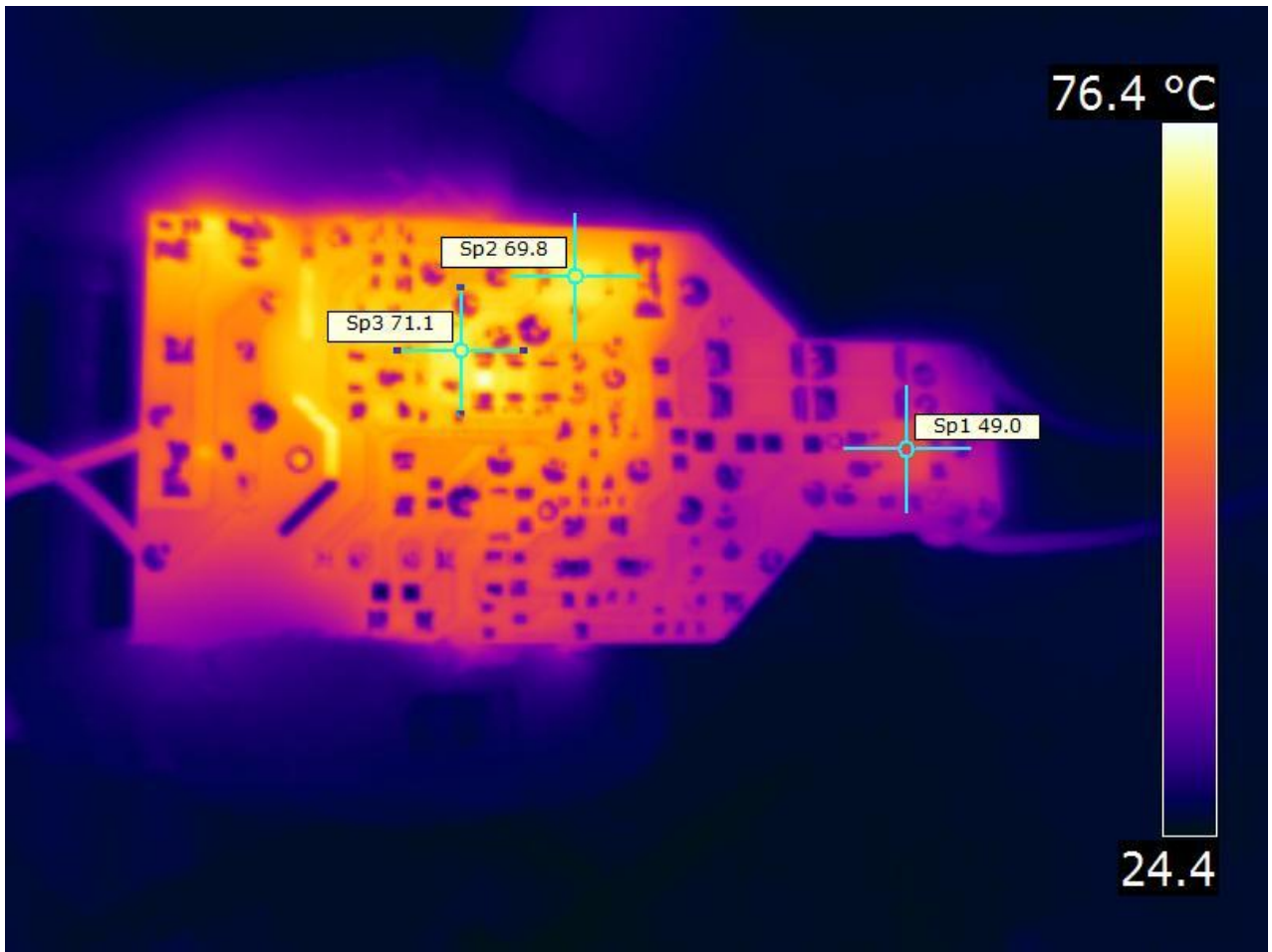


Figure 24 – Bottom Side Board Temperature at Open Frame.

Legend:

- Sp1 – Bridge Rectifier BR1
- Sp2 – Blocking Diode D4
- Sp3 – Snubber Diode D3

### 13 波形

#### 13.1 通常動作時のドレイン電圧とドレイン電流

No saturation in the inductor and designed guaranteed to work in continuous mode within the operating input voltage.

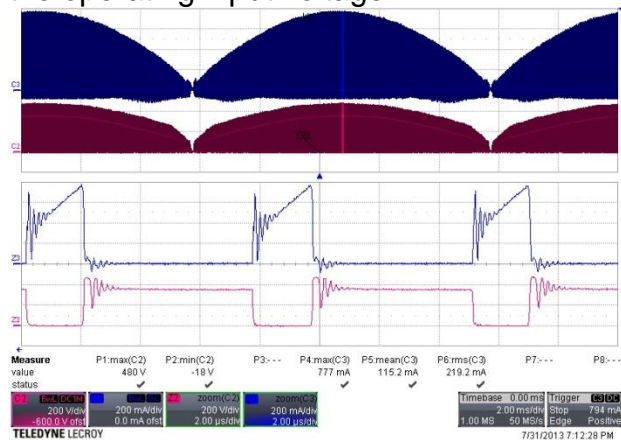


Figure 25 – 185 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.

Ch2:V<sub>DRAIN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>DRAIN</sub>, 0.2 A / div.  
 Time Scale:2 ms / div.  
 Zoom Time Scale:2 μs / div.

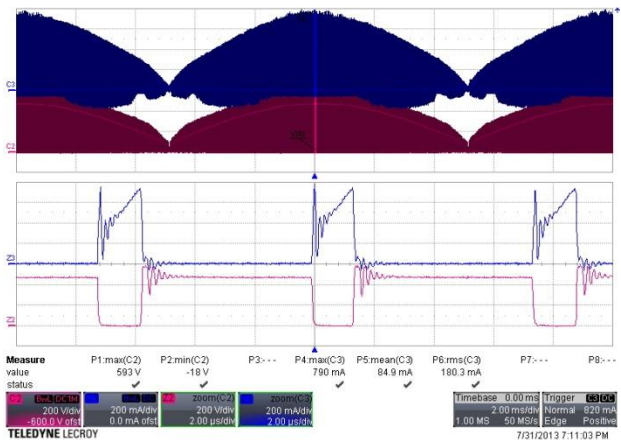


Figure 26 – 265 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.

Ch2:V<sub>DRAIN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>DRAIN</sub>, 0.2 A / div.  
 Time Scale:2 ms / div.  
 Zoom Time Scale:2 μs / div.

#### 13.2 ドレイン電圧及び電流起動プロファイル

Device has a built in soft start thereby reducing the stress in the device, transformer and output diode .

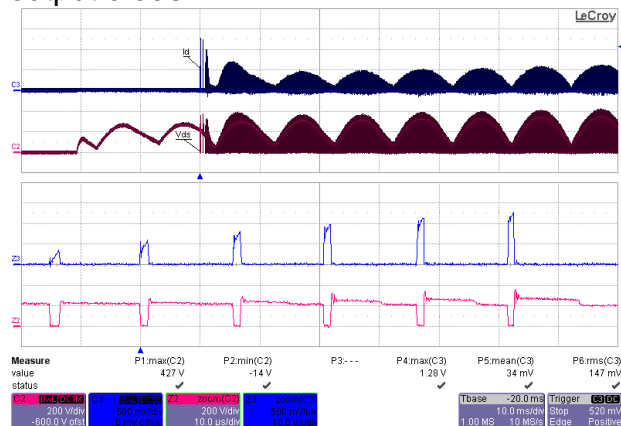


Figure 27 – 185 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.

Ch2:V<sub>DRAIN</sub>, 200 V / div.  
 Ch4:I<sub>DRAIN</sub>, 0.2 A / div.  
 Time Scale:10 ms / div.  
 Zoom Time Scale:10 μs / div.

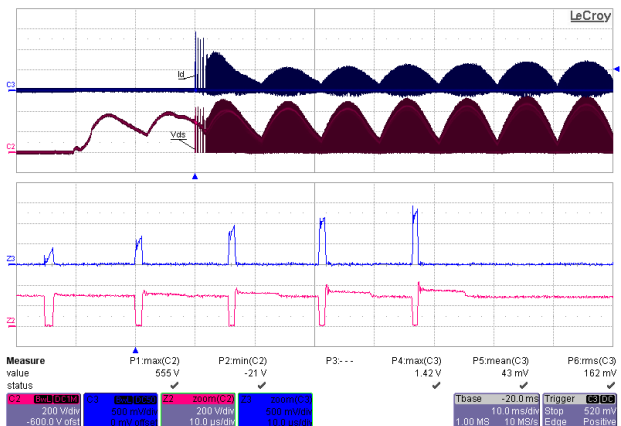


Figure 28 – 265 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.

Ch2:V<sub>DRAIN</sub>, 200 V / div.  
 Ch4:I<sub>DRAIN</sub>, 0.2 A / div.  
 Time Scale:10 ms / div.  
 Zoom Time Scale:10 μs / div.





### 13.3 出力電圧起動プロフィール

Start-up time <250 ms; the reference design will emit light within 250 ms at non-dimming operation.

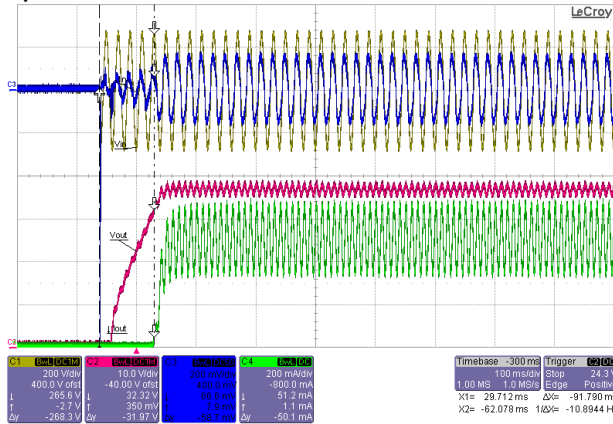


Figure 29 – 185 VAC / 50 Hz, 36 V LED

Ch1:VIN, 200 V / div.  
 Ch2:VOUT, 10 V / div.  
 Ch3:IIN, 200 mA / div.  
 Ch4:IOUT, 200 mA / div., 100 ms / div.

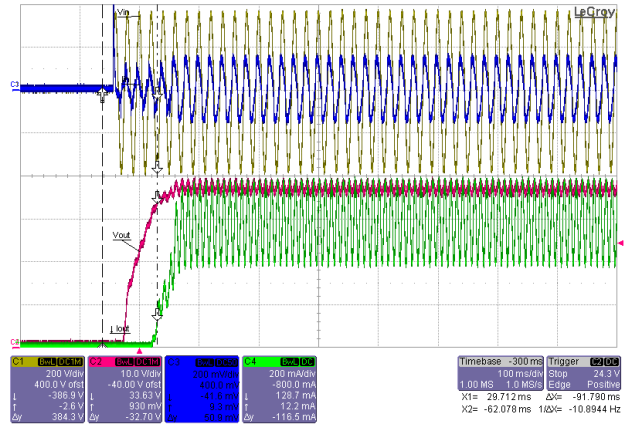


Figure 30 – 265 VAC / 50 Hz, 36 V LED

Ch1:VIN, 200 V / div.  
 Ch2:VOUT, 10 V / div.  
 Ch3:IIN, 200 mA / div.  
 Ch4:IOUT, 200 mA / div., 100 ms / div.

### 13.4 入力及び出力電圧ならびに電流プロフィール

Output current ripple is inversely proportional to the impedance of the LED. Verify the actual current ripple on the actual LED to be used in the system. Increase output capacitance for lesser output current ripple is intended.

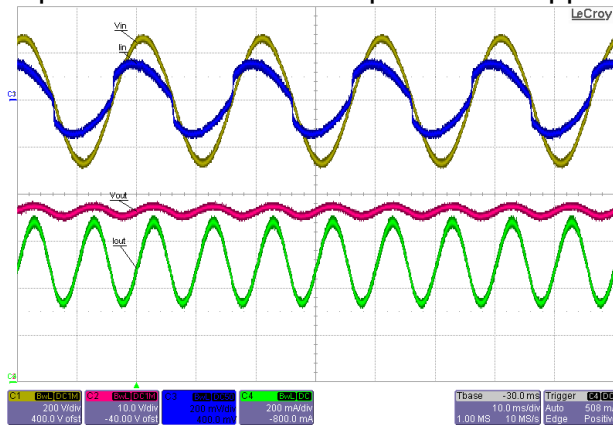


Figure 31 – 185 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.

Ch1:VIN, 200 V / div.  
 Ch2:VOUT, 10 V / div.  
 Ch3:IIN, 200 mA / div.  
 Ch4:IOUT, 200 mA / div., 10 ms / div.

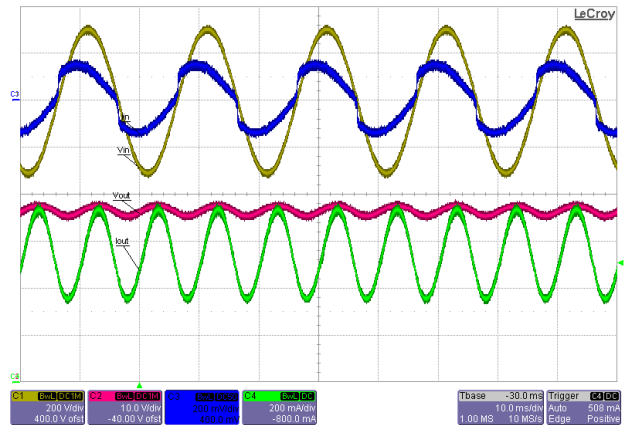
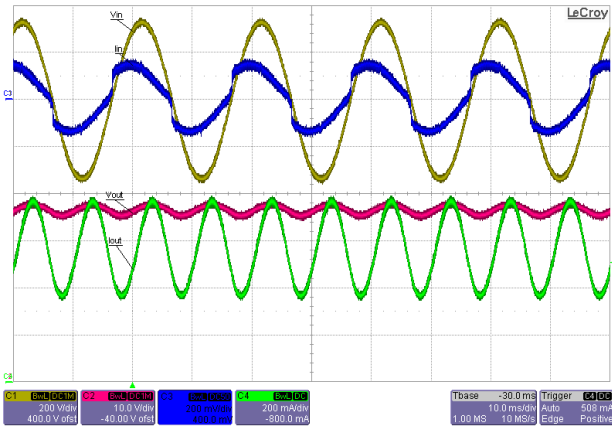


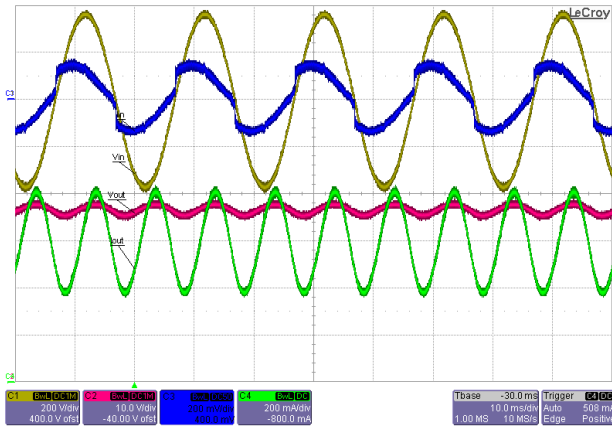
Figure 32 – 220 VAC / 50 Hz, 36 V LED

String. Ch1:VIN, 200 V / div.  
 Ch2:VOUT, 10 V / div.  
 Ch3:IIN, 200 mA / div.  
 Ch4:IOUT, 200 mA / div., 10 ms / div.





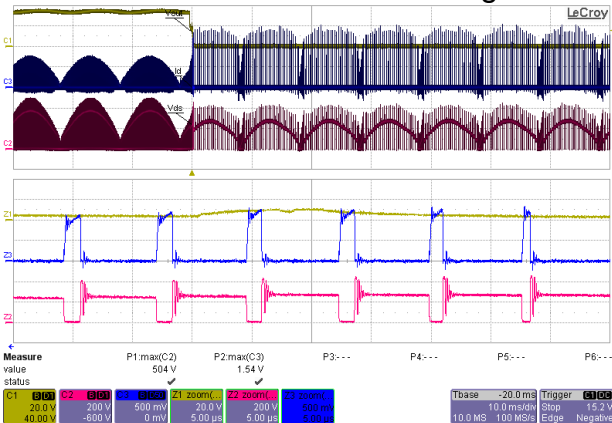
**Figure 33** – 240 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.  
 Ch1:VIN, 200 V / div.  
 Ch2:VOUT, 10 V / div.  
 Ch3:IIN, 200 mA / div.  
 Ch4:IOUT, 200 mA / div., 10 ms / div.



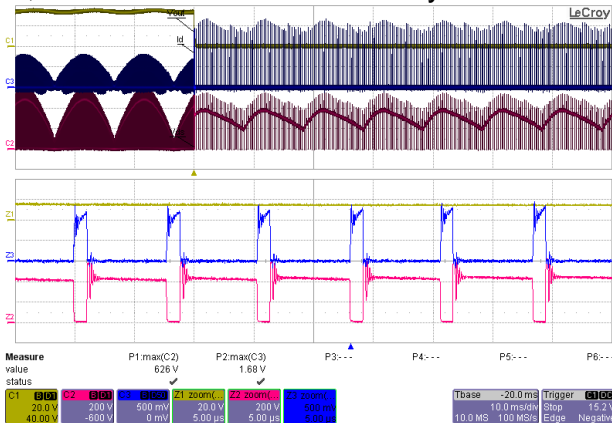
**Figure 34** – 265 VAC / 50 Hz, 36 V LED String.  
 Ch1:VIN, 200 V / div.  
 Ch2:VOUT, 10 V / div.  
 Ch3:IIN, 200 mA / div.  
 Ch4:IOUT, 200 mA / div., 10 ms / div.

**13.5 ドレイン電圧及び電流プロファイル:通常動作から出力短絡**

No saturation in the inductor during short-circuit, inductor current is limited by the  $I_{LIM}$ .



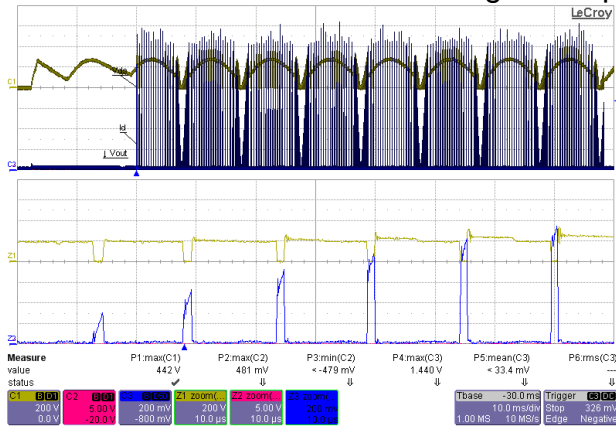
**Figure 35** – 185 VAC / 50 Hz, Normal Operation then Output Short.  
 Ch1:VOUT, 20 V / div.  
 Ch2:VDS, 200 V / div.  
 Ch4:IDRAIN, 0.5 A / div., 10 ms / div.  
 Z3:IDRAIN, 0.2 A / div., 5  $\mu$ s / div.



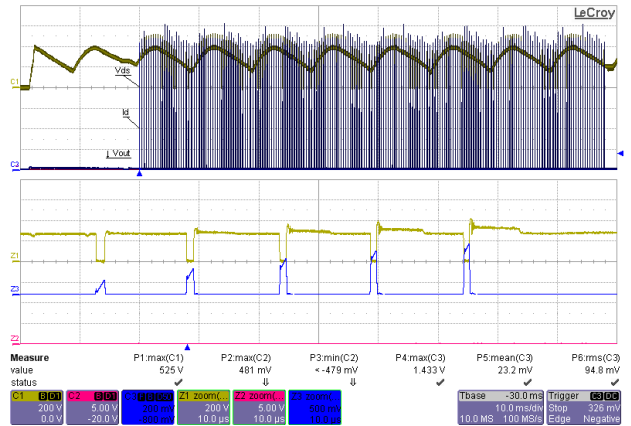
**Figure 36** – 265 VAC / 50 Hz, Normal Operation then Output Short.  
 Ch1:VOUT, 20 V / div.  
 Ch2:VDS, 200 V / div.  
 Ch4:IDRAIN, 0.5 A / div., 10 ms / div.  
 Z3:IDRAIN, 0.2 A / div., 5  $\mu$ s / div.

### 13.6 ドレイン電圧及び電流プロファイル:出力短絡状態での起動

No saturation in the inductor during start-up short-circuit due to the built-in soft-start.



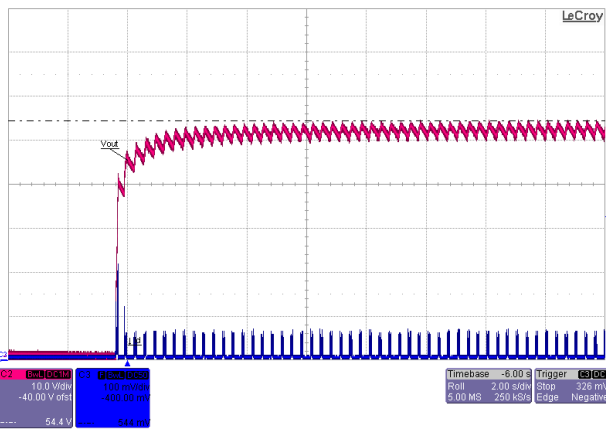
**Figure 37** – 185 VAC / 50 Hz, Output Shorted.  
 Ch1:V<sub>DS</sub>, 20 V / div.  
 Ch3:I<sub>DRAIN</sub>, 0.2 A / div., 10 ms / div.  
 Z3:I<sub>DRAIN</sub>, 0.2 A / div., 10 μs / div.



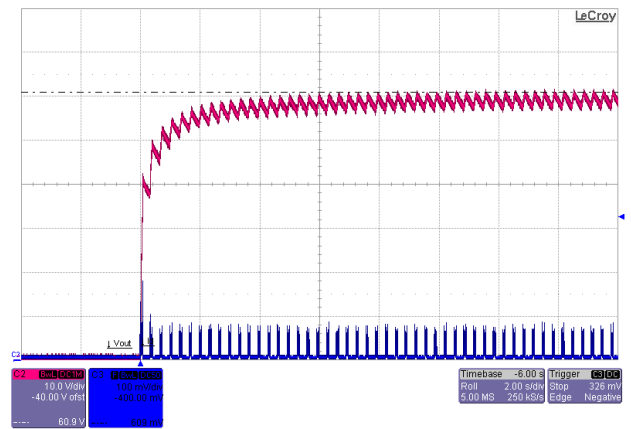
**Figure 38** – 265 VAC / 50 Hz, Output Shorted.  
 Ch1:V<sub>DS</sub>, 20 V / div.  
 Ch3:I<sub>DRAIN</sub>, 0.2 A / div., 10 ms / div.  
 Z3:I<sub>DRAIN</sub>, 0.2 A / div., 10 μs / div..

### 13.7 無負荷時の動作

The driver is protected during no-load operation, U1 operating is cycle skipping mode.



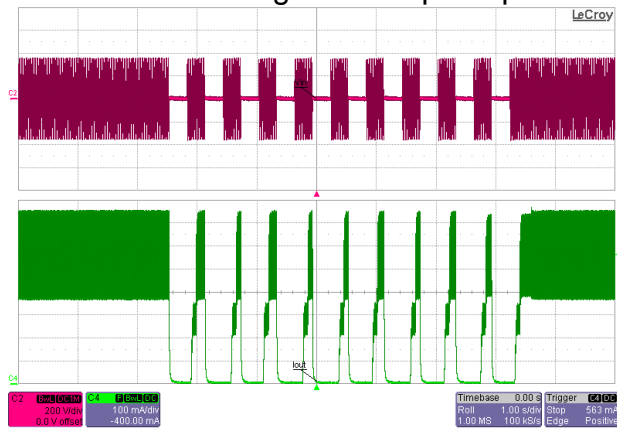
**Figure 39** – 185 VAC / 50 Hz, Start-up No-load.  
 Ch2:V<sub>OUT</sub>, 10 V / div.  
 Ch3:I<sub>DS</sub>, 0.1 A / div.  
 Time Scale:2 s / div.



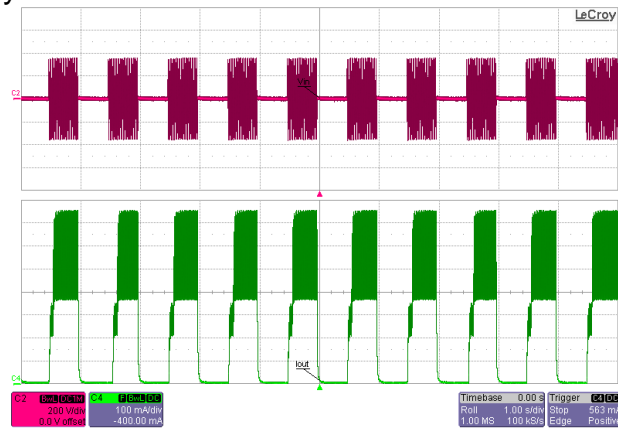
**Figure 40** – 265 VAC / 50 Hz, Start-up No-load.  
 Ch2:V<sub>OUT</sub>, 10 V / div.  
 Ch3:I<sub>DS</sub>, 0.1 A / div.  
 Time Scale:2 s / div.

### 13.8 AC サイクル

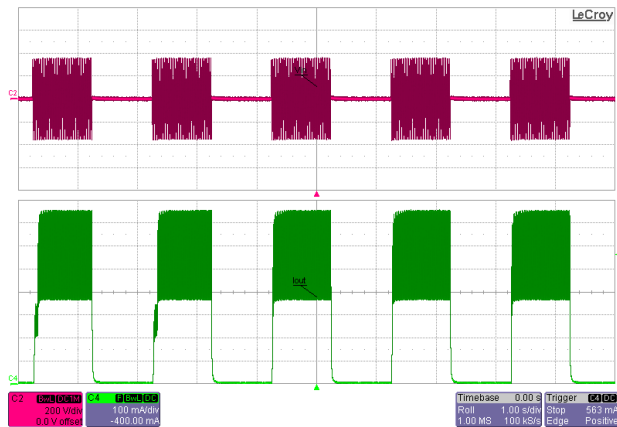
The reference design has no perceptible delay.



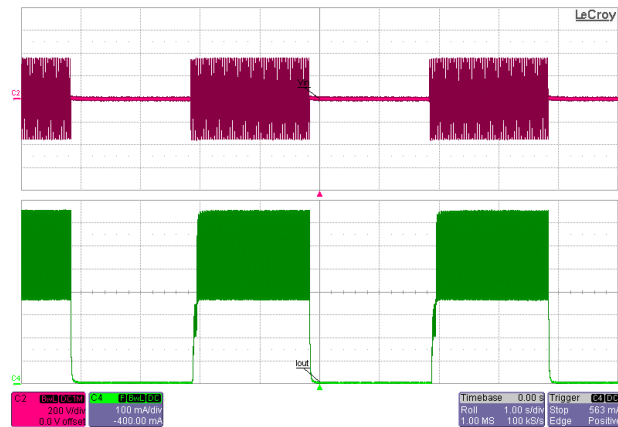
**Figure 41** – 240 VAC / 50 Hz,  
300 ms On – 300 ms Off.  
Load:36 V LED String.  
Ch1:VIN, 200 V / div.  
Ch4:IOUT, 100 mA / div.  
Time Scale:1 s / div.



**Figure 42** – 240 VAC / 50 Hz,  
500 ms On – 500 ms Off.  
Load:36 V LED String.  
Ch1:VIN, 200 V / div.  
Ch4:IOUT, 100 mA / div.  
Time Scale:1 s / div.



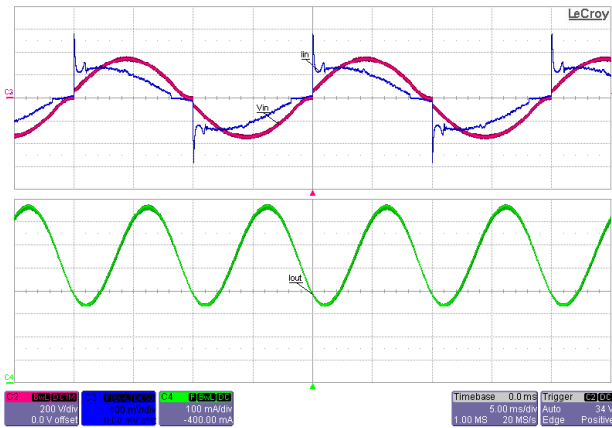
**Figure 43** – 240 VAC / 50 Hz,  
1s On – 1s Off.  
Load:36 V LED String.  
Ch1:VIN, 200 V / div.  
Ch4:IOUT, 100 mA / div.  
Time Scale:1 s / div.



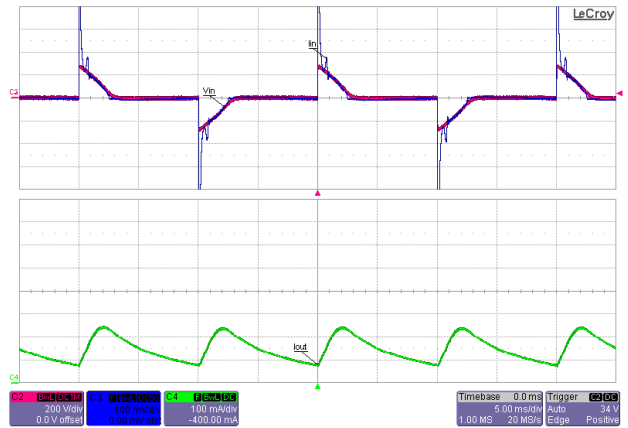
**Figure 44** – 240 VAC / 50 Hz,  
2s On – 2s Off.  
Load:36 V LED String.  
Ch1:VIN, 200 V / div.  
Ch4:IOUT, 100 mA / div.  
Time Scale:1 s / div.



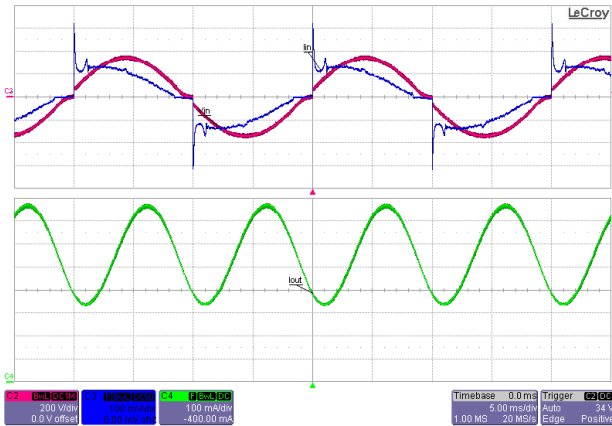
13.9 調光時の波形



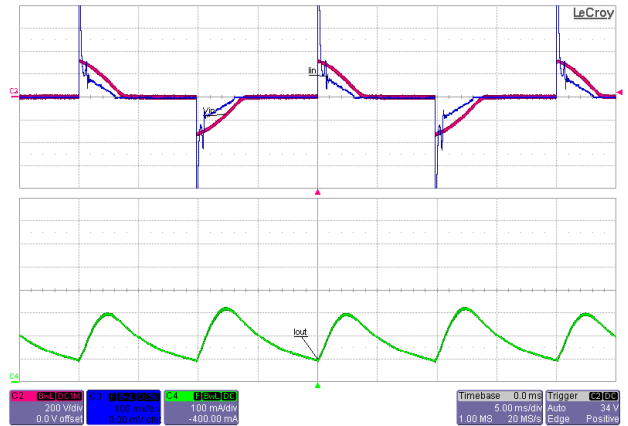
**Figure 45** – 240 VAC / 50 Hz, (China) TCL 630 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



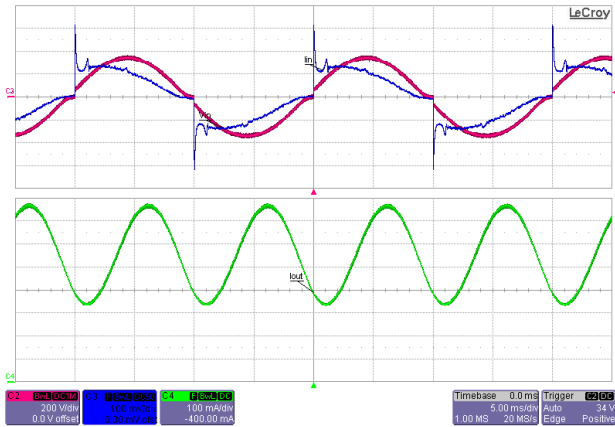
**Figure 46** – 240 VAC / 50 Hz, (China) TCL 630 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



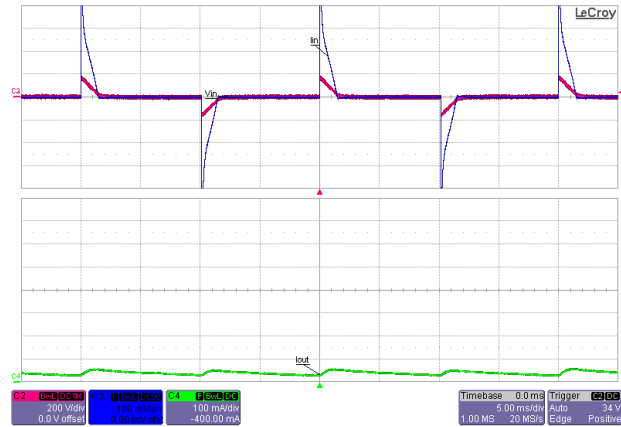
**Figure 47** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Sen Bo Lang 300 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



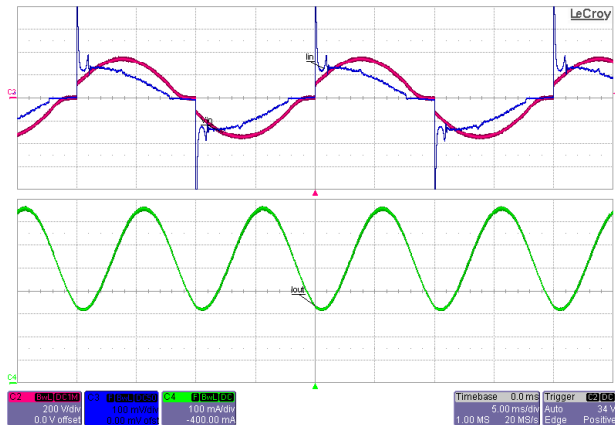
**Figure 48** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Sen Bo Lang 300 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



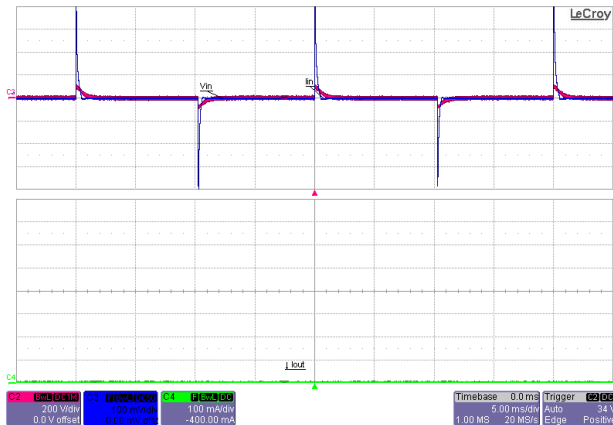
**Figure 49** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Eba Huang Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



**Figure 50** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Eba Huang Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.

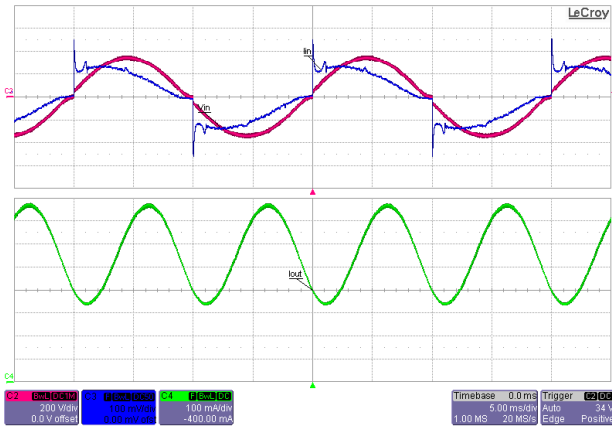


**Figure 51** – 240 VAC / 50 Hz, (China) SB elect 600 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.

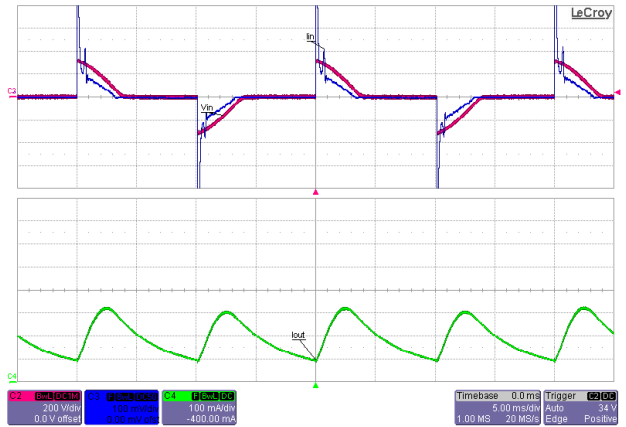


**Figure 52** – 240 VAC / 50 Hz, (China) SB elect 600 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.

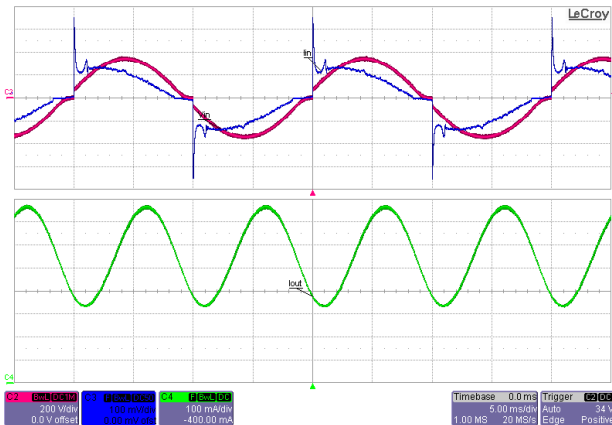




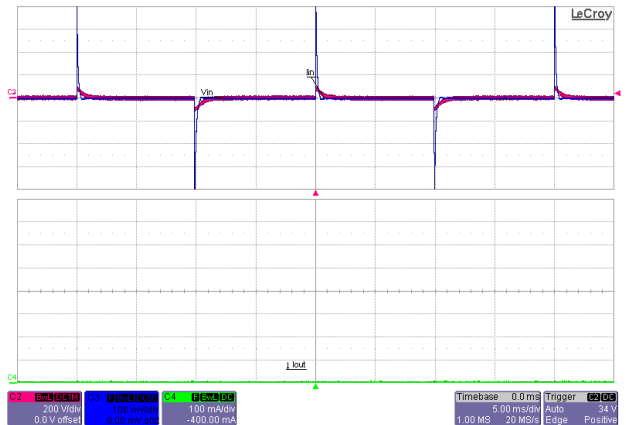
**Figure 53** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Myongbo Dimmer at Full TRIAC conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



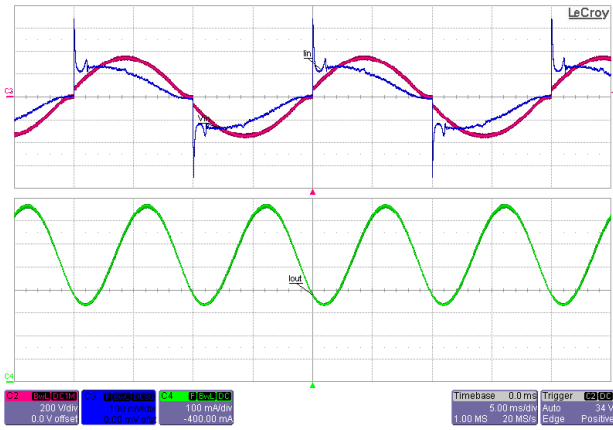
**Figure 54** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Myongbo Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



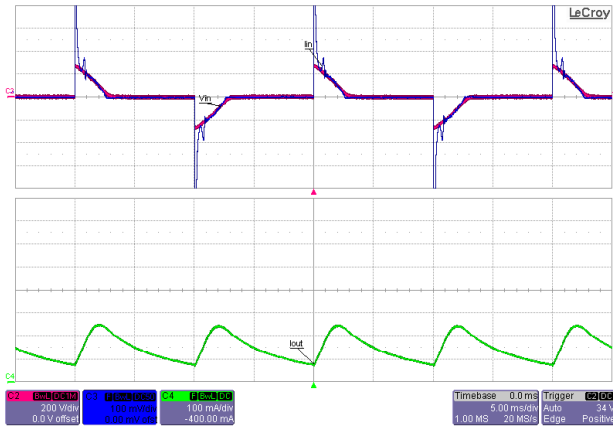
**Figure 55** – 240 VAC / 50 Hz, (China) KBE, 650 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



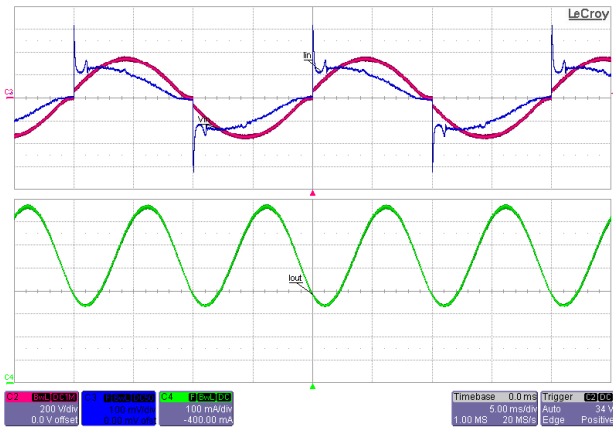
**Figure 56** – 240 VAC / 50 Hz, (China) KBE, 650 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



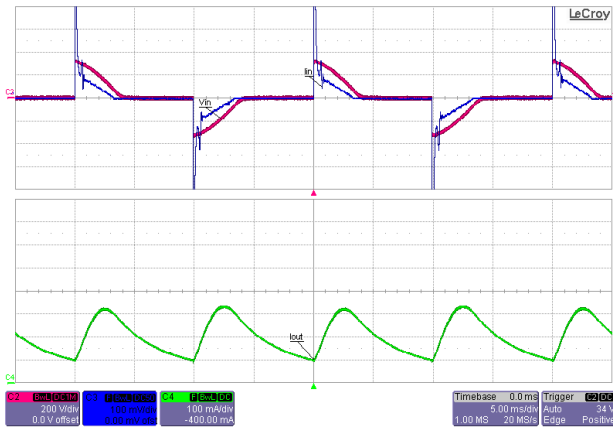
**Figure 57** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Clipmei Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



**Figure 58** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Clipmei Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.

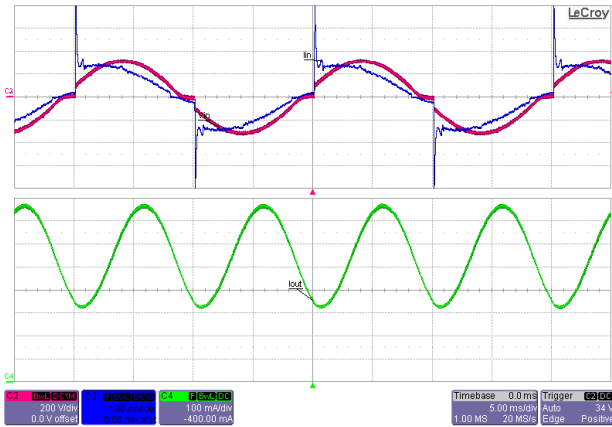


**Figure 59** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Mank 200 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.

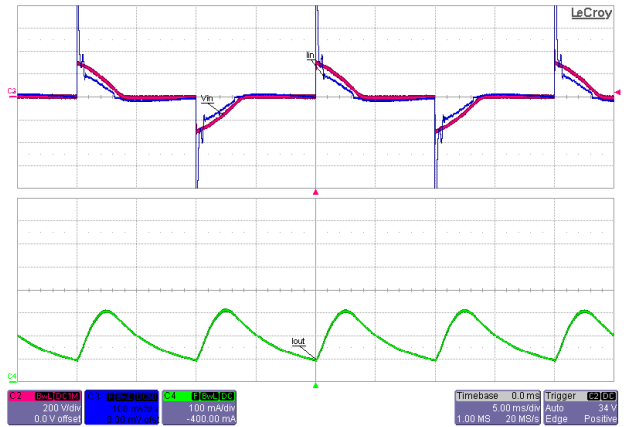


**Figure 60** – 240 VAC / 50 Hz, (China) Mank 200 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.

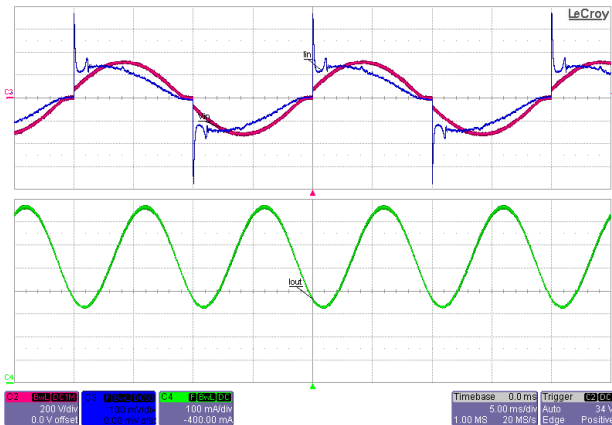




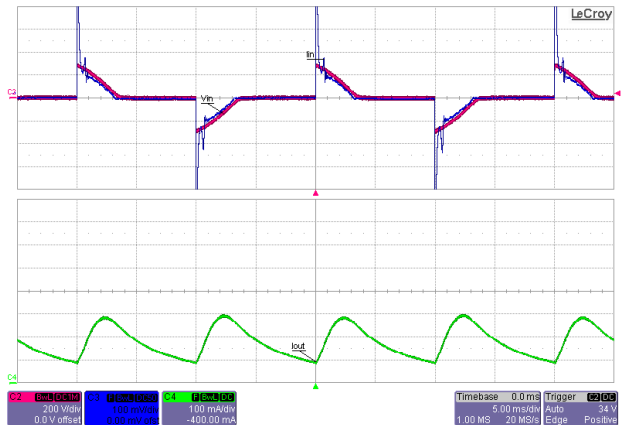
**Figure 61** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Anam, 500 W Dimmer at full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



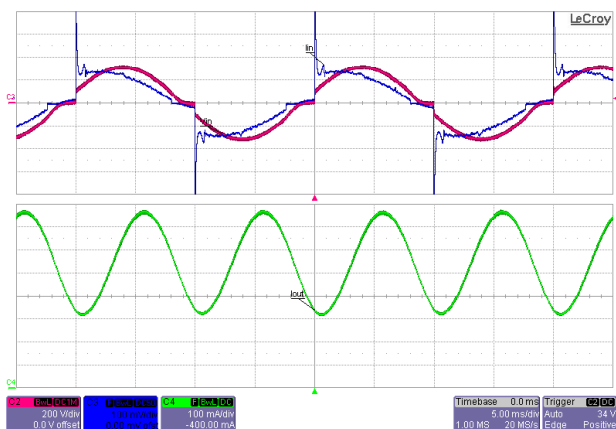
**Figure 62** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Anam, 500 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



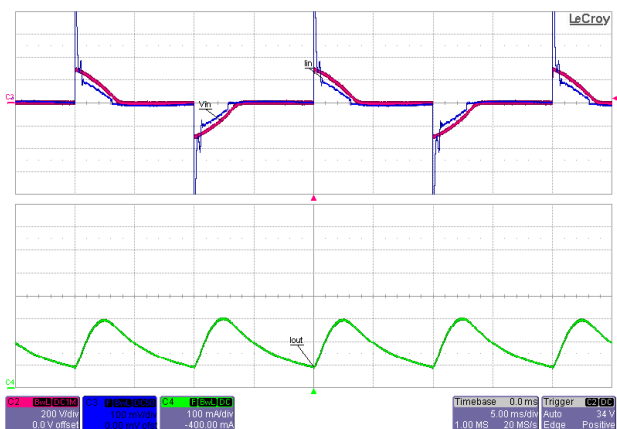
**Figure 63** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Shin Sung Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



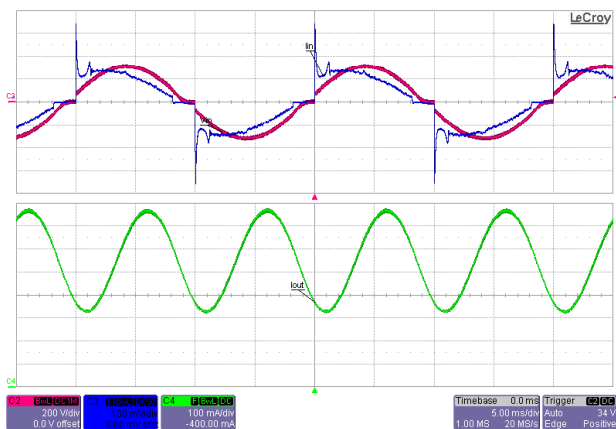
**Figure 64** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Shin Sung Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



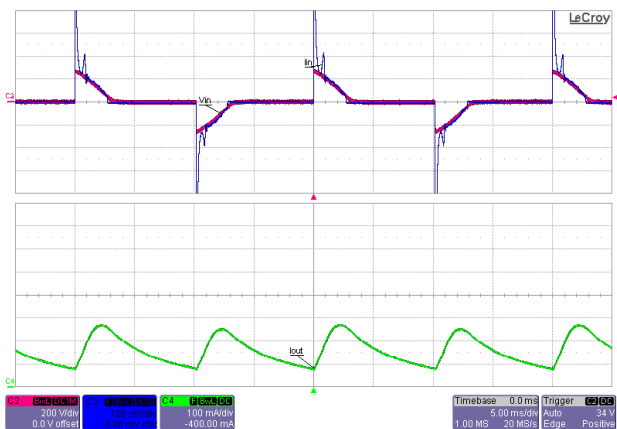
**Figure 65** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Fantasia 500 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



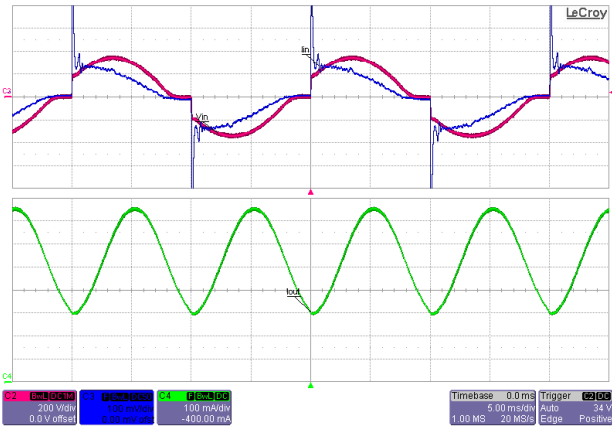
**Figure 66** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Fantasia 500 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



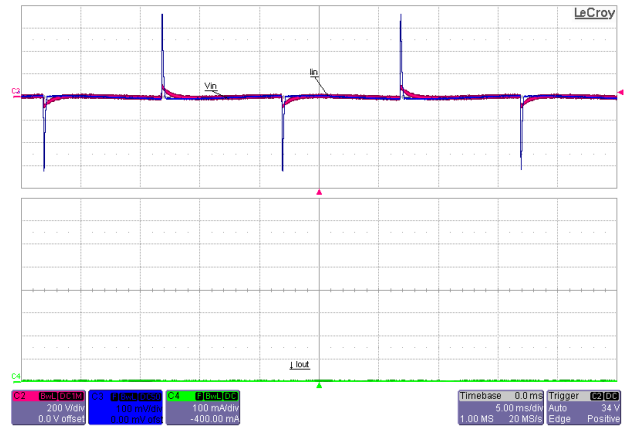
**Figure 67** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Shin Sung 2 Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



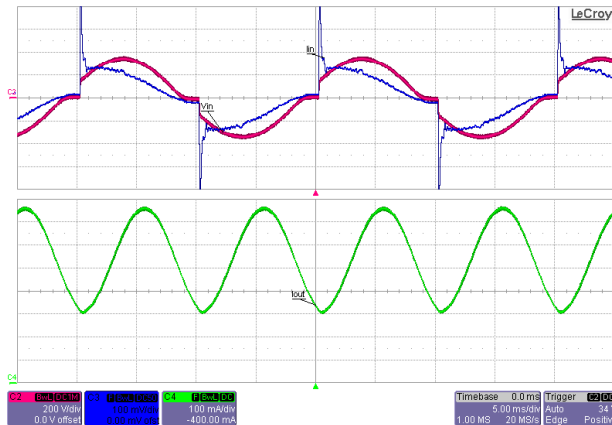
**Figure 68** – 240 VAC / 50 Hz, (Korea) Shin Sung 2 Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



**Figure 69** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Rev 300 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



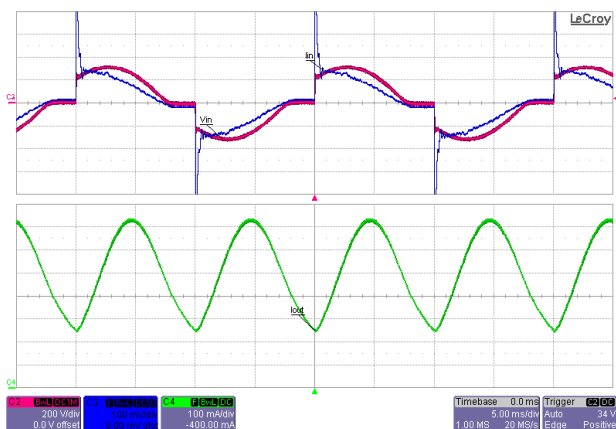
**Figure 70** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Rev 300 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



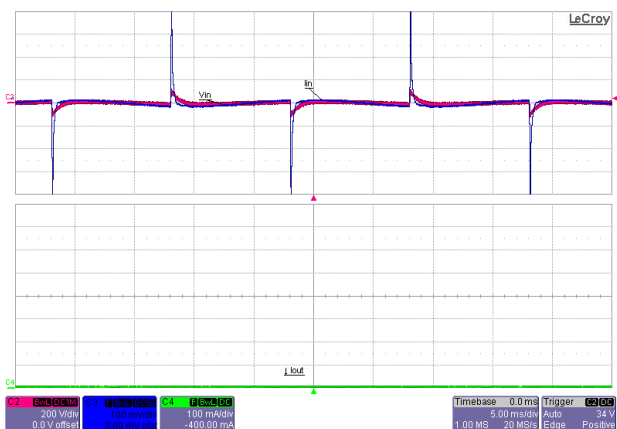
**Figure 71** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 2250 600 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



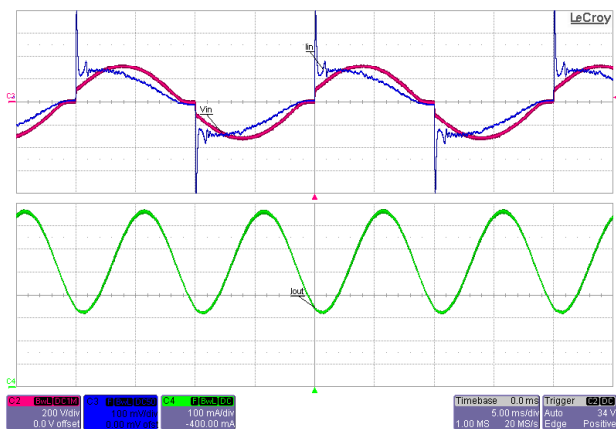
**Figure 72** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 2250 600 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



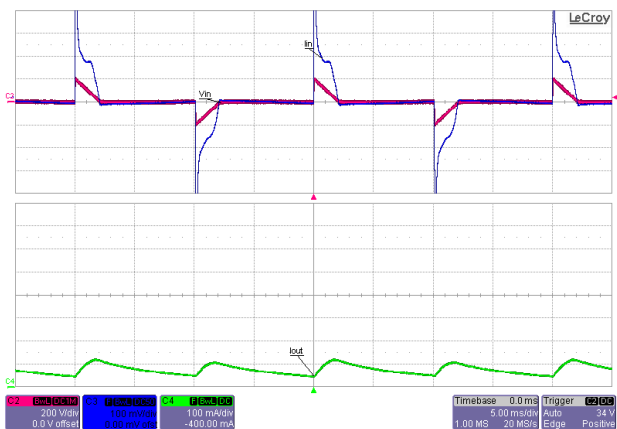
**Figure 73** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) PEHA 400 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



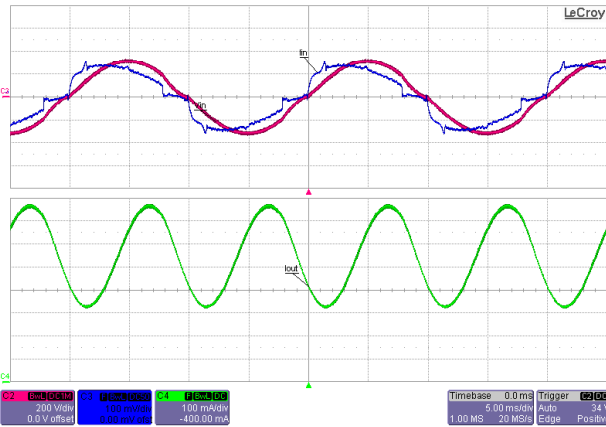
**Figure 74** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) PEHA 400 W Dimmer at Minimum TRIAC conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



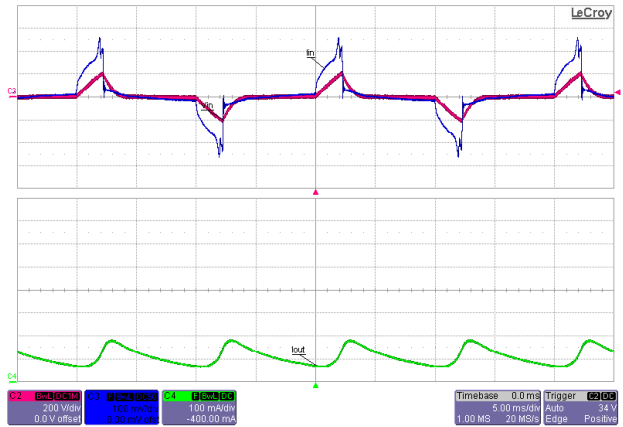
**Figure 75** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Merten 572499, 400 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



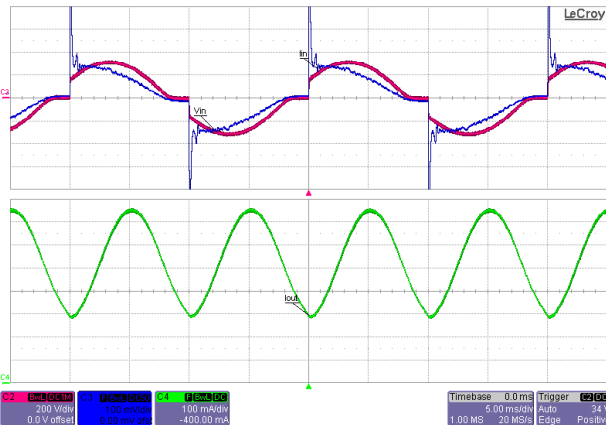
**Figure 76** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Merten 572499, 400 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



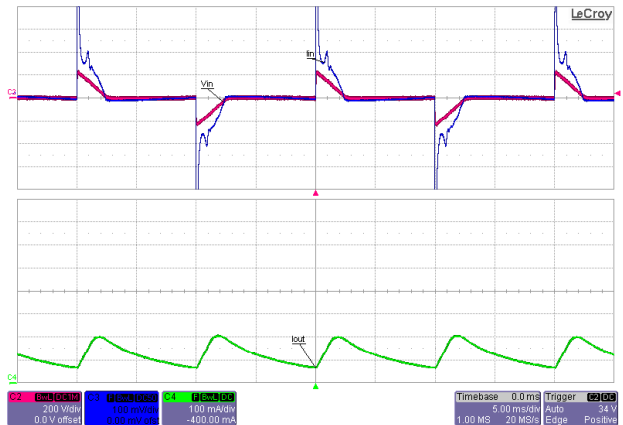
**Figure 77** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 6513, 420 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



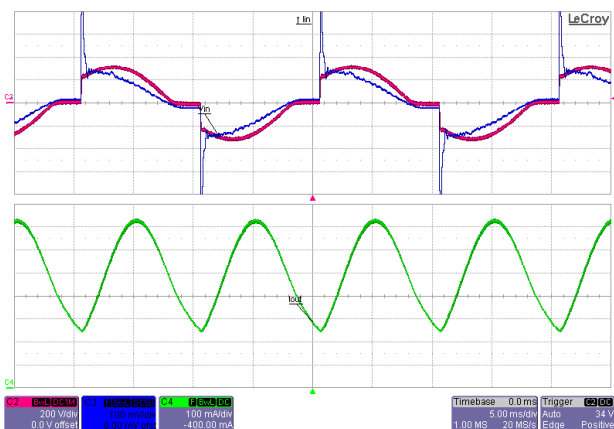
**Figure 78** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 6513, 420 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



**Figure 79** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Berker 2875, 600 W Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



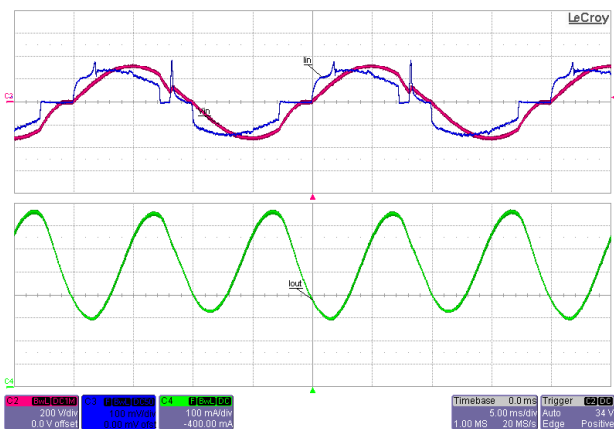
**Figure 80** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Berker 2875, 600 W Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



**Figure 81** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Ove Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



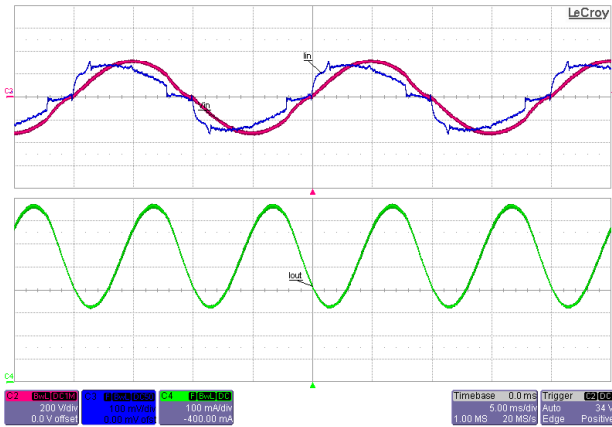
**Figure 82** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Ove Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



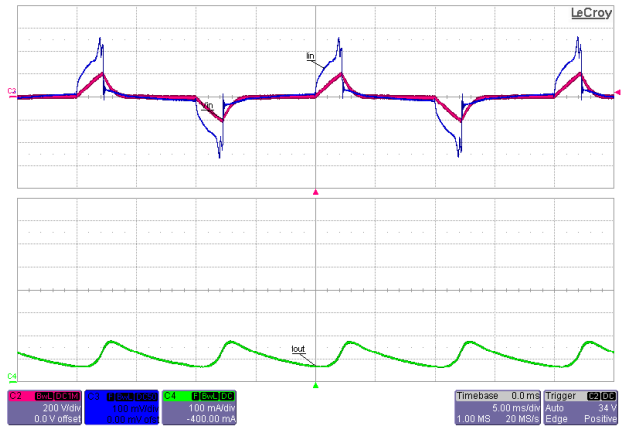
**Figure 83** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 691 U-101 Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



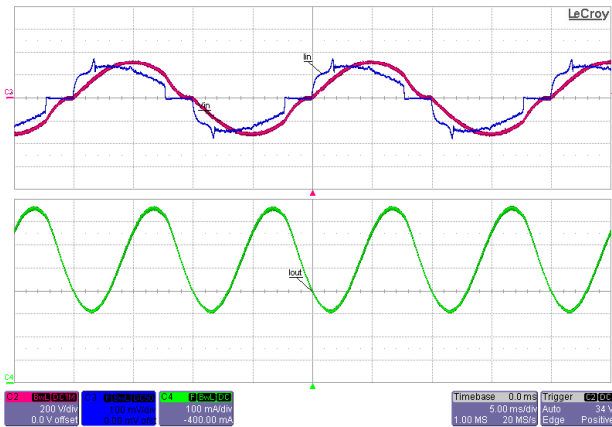
**Figure 84** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 691 U-101 Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



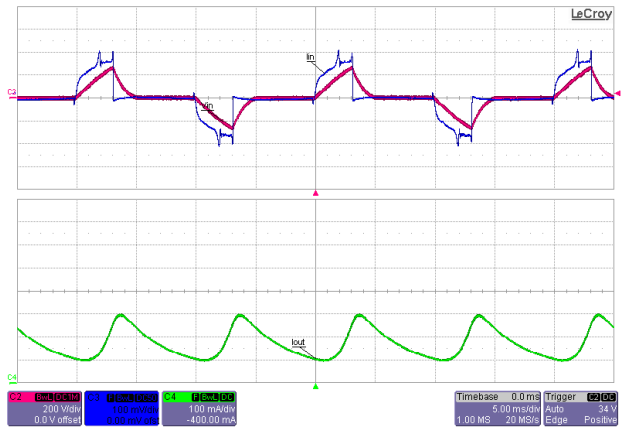
**Figure 85** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 6513 U102 Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



**Figure 86** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) Busch 6513 U102 Dimmer at minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.

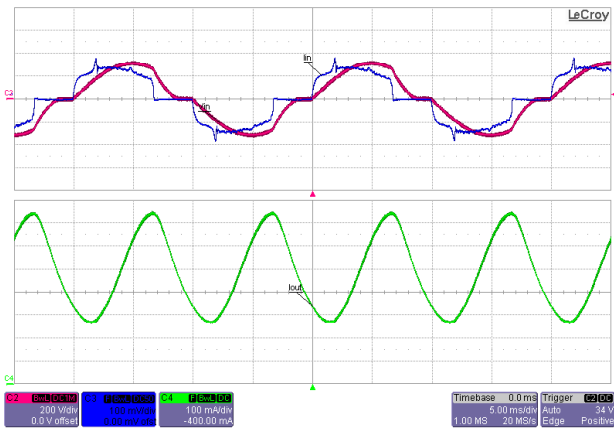


**Figure 87** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) PEHA 433AB Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.

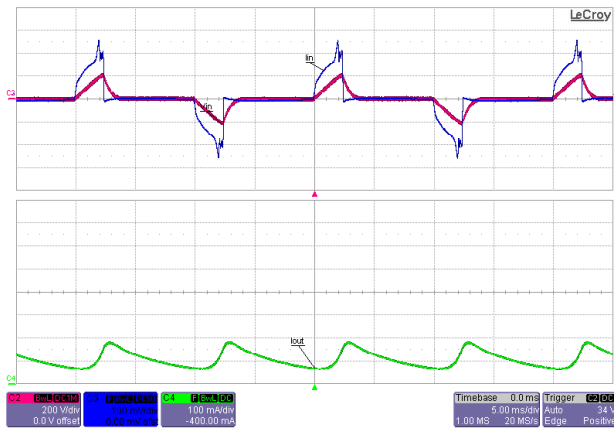


**Figure 88** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) PEHA 433AB Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.





**Figure 89** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) PEHA 433AB oA Dimmer at Full TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.



**Figure 90** – 240 VAC / 50 Hz, (Germany) PEHA 433AB oA Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.  
 Load:36 V LED String.  
 Ch2:V<sub>IN</sub>, 200 V / div.  
 Ch3:I<sub>IN</sub>, 100 mA / div.  
 Ch4:I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Time Scale:5 ms / div.

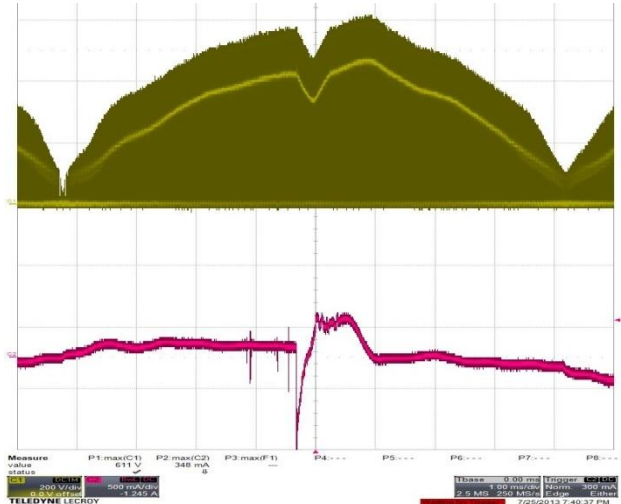


### 13.10 入力サージの波形

#### 13.10.1 ディファレンシャル モード入力サージ

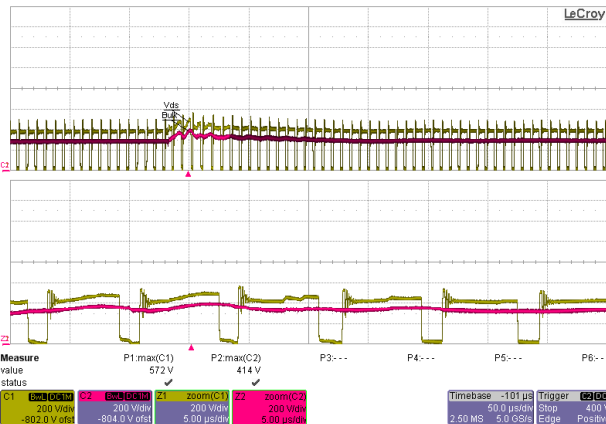


**Figure 91** –265 VAC / 60 Hz, 36 V Load,  
 $V_{DS} = 591 V_{PK}$   
 (+) 500 V Diff. Line Surge at 90°.  
 Ch1:  $V_{DS}$ , 200 V / div.  
 Ch2:  $I_{IN}$ , 500 mA / div.  
 Time Scale: 1  $\mu$ s / div.

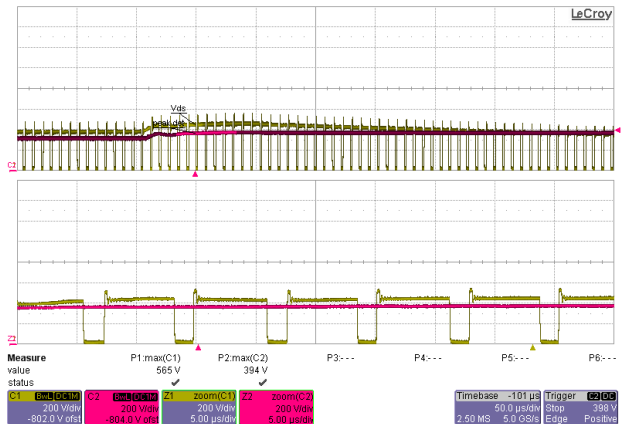


**Figure 92** – 265 VAC / 50 Hz, 36 V Load,  
 $V_{DS} = 611 V_{PK}$   
 (+) 500 V Diff. Line Surge at 270°.  
 Ch1:  $V_{BULK}$ , 100 V / div.  
 Ch2:  $V_{DS}$ , 200 V / div.  
 Time Scale: 200  $\mu$ s / div.  
 Zoom Time Scale: 20  $\mu$ s / div.

#### 13.10.2 ディファレンシャル モード リング サージ



**Figure 93** –230 VAC / 60 Hz, 36 V Load,  
 $V_{DS} = 572 V_{PK}$   
 (+) 500 V Differential Ring Surge at 90°.  
 Ch1:  $V_{DS}$ , 200 V / div.  
 Ch2:  $V_{BULK}$ , 200 V / div.  
 Zoom Time Scale: 5  $\mu$ s / div.



**Figure 94** – 230 VAC / 60 Hz, 36 V Load,  
 $V_{DS} = 565 V_{PK}$   
 (+) 500 V Differential Ring Surge at 0°.  
 Ch1:  $V_{DS}$ , 200 V / div.  
 Ch2:  $V_{BULK}$ , 200 V / div.  
 Zoom Time Scale: 5  $\mu$ s / div.

## 14 入力サージ

Input voltage was set at 230 VAC / 60 Hz. Output was loaded with 36 V LED string and operation was verified following each surge event. Two units were verified in the following conditions.

Differential input line 1.2 / 50  $\mu$ s surge testing was completed on one test unit to IEC61000-4-5.

Surge Level (V)	Input Voltage (VAC)	Injection Location	Injection Phase (°)	Test Result (Pass/Fail)
+500	120	L to N	0	Pass
-500	120	L to N	270	Pass
+500	120	L to N	90	Pass
-500	120	L to N	180	Pass

Differential input line ring surge testing was completed on one test unit to IEC61000-4-5.

Surge Level (V)	Input Voltage (VAC)	Injection Location	Injection Phase (°)	Test Result (Pass/Fail)
+2500	120	L to N	0	Pass
-2500	120	L to N	270	Pass
+2500	120	L to N	90	Pass
-2500	120	L to N	180	Pass

Unit passes under all test conditions.



## 15 伝導 EMI

### 15.1 機器

Receiver:

Rohde & Schwartz  
ESPI - Test Receiver (9 kHz – 3 GHz)  
Model No:ESPI3

LISN:

Rohde & Schwartz  
Two-Line-V-Network  
Model No:ENV216

### 15.2 EMI 試験のセットアップ

Usually LED driver is placed in a conical metal housing (for self-ballasted lamps; CISPR15 Edition 7.2) but since lamp housing is not available during the UUT was tested then it was evaluated as shown in the figure below.

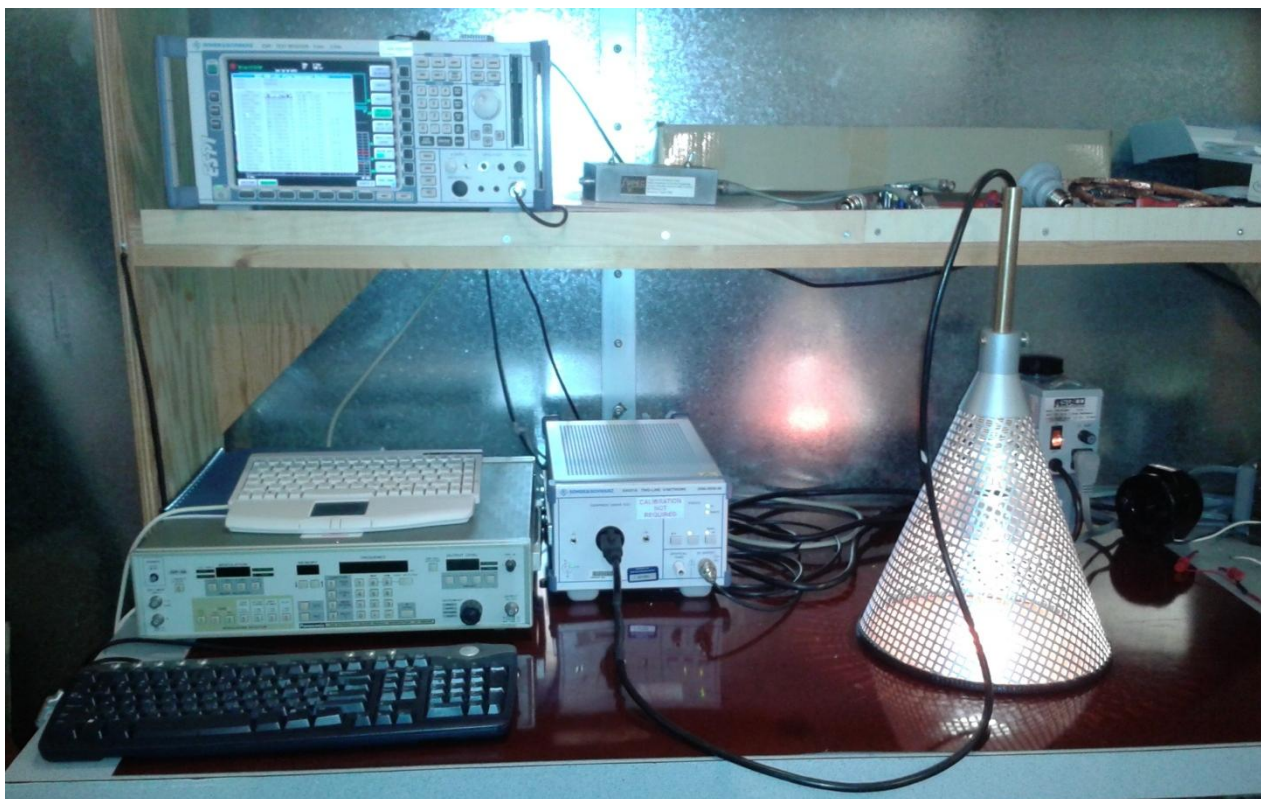


Figure 95 – Conducted Emissions Measurement Set-up.

### 15.3 EMI 試驗結果

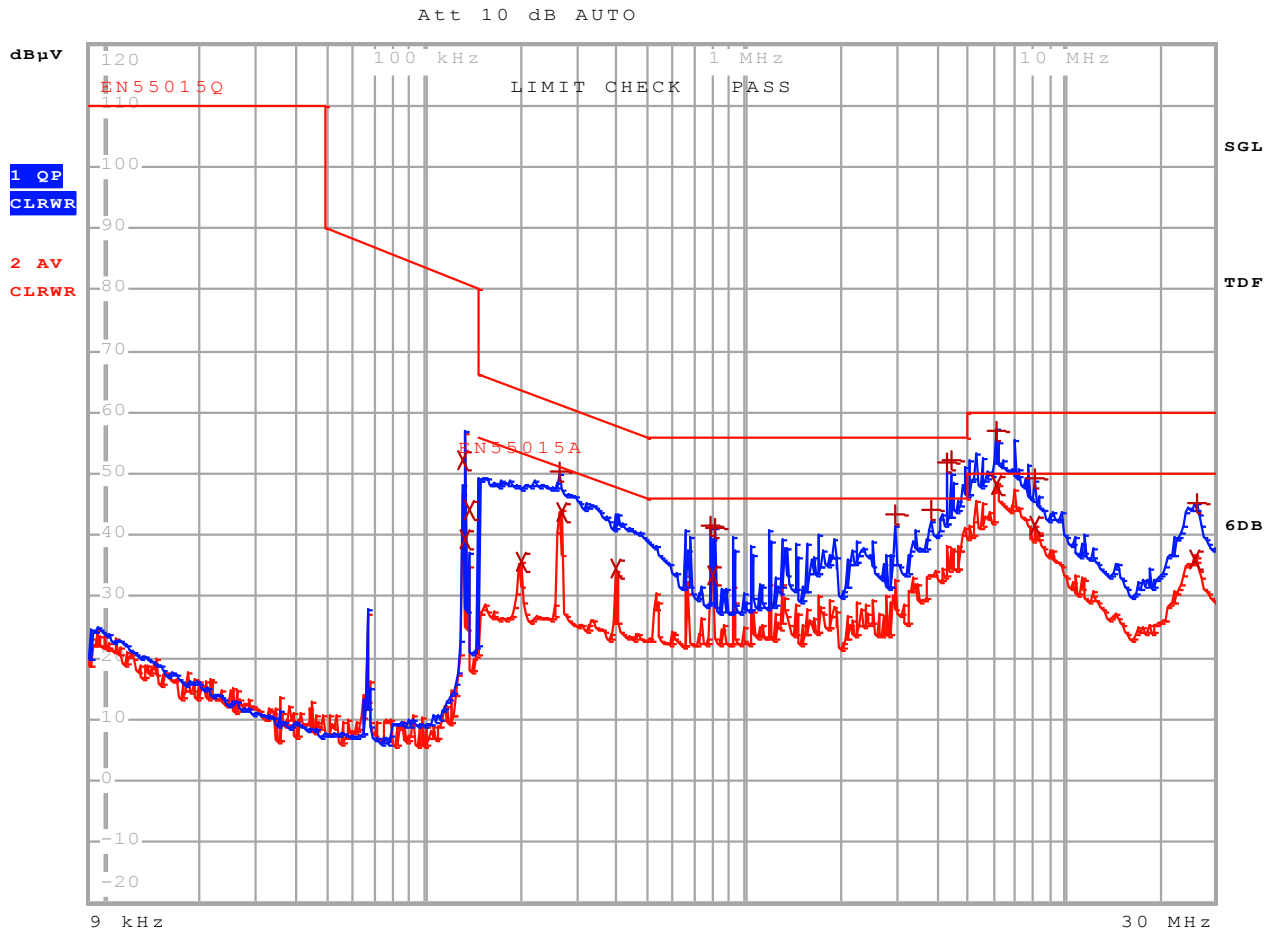


Figure 96 – Conducted EMI, 36 V output / 550 mA Steady-State Load, 230 VAC, 60 Hz, and EN55015 Limits.



EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)						
Trace1:	EN55015Q					
Trace2:	EN55015A					
Trace3:	---					
TRACE		FREQUENCY	LEVEL	dB $\mu$ V		DELTA LIMIT
						dB
2	Average	130.825395691 kHz	38.20	L1	gnd	
1	Quasi Peak	133.454986145 kHz	64.55	L1	gnd	-16.50
2	Average	133.454986145 kHz	64.29	N	gnd	
2	Average	136.137431366 kHz	24.88	L1	gnd	
1	Quasi Peak	174.145343305 kHz	52.73	L1	gnd	-12.02
2	Average	200.175581485 kHz	35.00	N	gnd	-18.60
1	Quasi Peak	208.303512797 kHz	50.42	L1	gnd	-12.85
1	Quasi Peak	227.818484195 kHz	50.65	N	gnd	-11.87
1	Quasi Peak	246.694773277 kHz	50.50	L1	gnd	-11.36
1	Quasi Peak	254.169871602 kHz	51.18	N	gnd	-10.43
2	Average	267.135089486 kHz	44.12	N	gnd	-7.07
2	Average	401.705024172 kHz	36.36	N	gnd	-11.45
1	Quasi Peak	434.988979109 kHz	45.29	L1	gnd	-11.86
2	Average	667.263434405 kHz	34.06	N	gnd	-11.93
2	Average	798.145472681 kHz	35.73	N	gnd	-10.26
1	Quasi Peak	3.76891518811 MHz	42.16	L1	gnd	-13.83
2	Average	3.76891518811 MHz	33.46	L1	gnd	-12.53
1	Quasi Peak	4.16322710559 MHz	45.25	L1	gnd	-10.74
2	Average	5.28619370567 MHz	41.89	N	gnd	-8.10
1	Quasi Peak	5.55584271143 MHz	46.93	N	gnd	-13.06

**Figure 97** – Conducted EMI, 36 V / 550 mA Steady-State Load Steady-State Load, 230 VAC, 60 Hz, and EN55015 Limits / Line and Neutral Scan Design Margin Measurement.



**16 改訂履歷**

Date	Author	Revision	Description and Changes	Reviewed
25-Sep-13	ME	1.0	Initial Release	Apps & Mktg



## 最新の情報については、弊社ウェブサイト [www.powerint.com](http://www.powerint.com)

Power Integrations は、信頼性または生産性を向上させるために、いつでも製品を変更する権利を保持します。Power Integrations は、ここに記載した機器または回路を使用したことから生じる事柄について責任を一切負いません。Power Integrations は、ここでは何らの保証もせず、商品性、特定目的に対する適合性、及び第三者の権利の非侵害の黙示保証なども含めて、すべての保証を明確に否認します。

### 特許情報

ここで例示した製品及びアプリケーション（製品の外付けトランス構造と回路も含む）は、米国及び他国の特許の対象である場合があります。また、潜在的に、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。

PI ロゴ、TOPSwitch、TinySwitch、LinkSwitch、LYTSwitch、DPA-Switch、PeakSwitch、CAPZero、SENZero、LinkZero、HiperPFS、HiperTFS、HiperLCS、Qspeed、EcoSmart、Clampless、E-Shield、Filterfuse、StackFET、PI Expert 及び PI FACTS は Power Integrations, Inc. の商標です。その他の商標は、各社の所有物です。  
©Copyright 2013 Power Integrations, Inc.

## Power Integrations の世界各国の販売サポート担当

### 世界本社

5245 Hellyer Avenue  
San Jose, CA 95138, USA.  
代表電話: +1-408-414-9200  
カスタマー サービス:  
電話: +1-408-414-9665  
ファックス: +1-408-414-9765  
電子メール:  
[usasales@powerint.com](mailto:usasales@powerint.com)

### ドイツ

Lindwurmstrasse 114  
80337, Munich  
Germany  
電話: +49-895-527-39110  
ファックス: +49-895-527-39200  
電子メール:  
[eurosales@powerint.com](mailto:eurosales@powerint.com)

### 日本

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-12-11 光正第 3 ビル  
電話: +81-45-471-1021  
ファックス: +81-45-471-3717  
電子メール:  
[japansales@powerint.com](mailto:japansales@powerint.com)

### 台湾

5F, No. 318, Nei Hu Rd.,  
Sec. 1  
Nei Hu District  
Taipei 11493, Taiwan R.O.C.  
電話: +886-2-2659-4570  
ファックス: +886-2-2659-4550  
電子メール:  
[taiwansales@powerint.com](mailto:taiwansales@powerint.com)

### 中国 (上海)

Rm 1601/1610, Tower 1,  
Kerry Everbright City  
No. 218 Tianmu Road West,  
Shanghai, P.R.C. 200070  
電話: +86-21-6354-6323  
ファックス: +86-21-6354-6325  
電子メール:  
[chinasales@powerint.com](mailto:chinasales@powerint.com)

### インド

#1, 14<sup>th</sup> Main Road  
Vasanthanagar  
Bangalore-560052  
India  
電話: +91-80-4113-8020  
ファックス: +91-80-4113-8023  
電子メール:  
[indiasales@powerint.com](mailto:indiasales@powerint.com)

### 韓国

RM 602, 6FL  
Korea City Air Terminal B/D,  
159-6  
Samsung-Dong, Kangnam-Gu,  
Seoul, 135-728 Korea  
電話: +82-2-2016-6610  
ファックス: +82-2-2016-6630  
電子メール:  
[koreasales@powerint.com](mailto:koreasales@powerint.com)

### ヨーロッパ本社

1st Floor, St. James's House  
East Street, Farnham  
Surrey GU9 7TJ  
United Kingdom  
電話: +44 (0) 1252-730-141  
ファックス: +44 (0) 1252-727-689  
電子メール:  
[eurosales@powerint.com](mailto:eurosales@powerint.com)

### 中国 (深圳)

3rd Floor, Block A,  
Zhongtuo International Business  
Center, No. 1061, Xiang Mei Rd,  
FuTian District, ShenZhen,  
China, 518040  
電話: +86-755-8379-3243  
ファックス: +86-755-8379-5828  
電子メール:  
[chinasales@powerint.com](mailto:chinasales@powerint.com)

### イタリア

Via Milanese 20, 3<sup>rd</sup>.Fl.  
20099 Sesto San Giovanni  
(MI) Italy  
電話: +39-024-550-8701  
ファックス: +39-028-928-6009  
電子メール:  
[eurosales@powerint.com](mailto:eurosales@powerint.com)

### シンガポール

51 Newton Road,  
#19-01/05 Goldhill Plaza  
Singapore, 308900  
電話: +65-6358-2160  
ファックス: +65-6358-2015  
電子メール:  
[singaporesales@powerint.com](mailto:singaporesales@powerint.com)

### アプリケーション ホットライン

World Wide +1-408-414-9660

### アプリケーション ファクシミリ

World Wide +1-408-414-9760

