

設計例レポート

タイトル	LYTSwitch™ LYT4313E を使用した 12 W トライアック調光機能付き、高効率 (88% 以上)、力率改善回路搭載極性反転型 LED ドライバ
仕様	入力 90 VAC ~ 132 VAC; 出力 72 V _{TYPICAL} 、170 mA
用途	BR40 ランプ置き換え用
作成者	アプリケーション技術部門
ドキュメント番号	DER-357
日付	2013 年 4 月 9 日
改訂	1.0

概要と機能

- ワンコンバータ型 PFC を搭載、高精度な定電流出力
- 低コスト、少ない部品点数、基板上の実装面積が小さいソリューション
- 高エネルギー効率、120 VAC 入力時で 88% 以上
- 素早い点灯 (250 ms 以下) – 知覚可能な遅延無し
- 保護機能を内蔵し、高い信頼性を持つ
 - 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
 - 入力停止時、起動時共に損傷を受けない
- 120 VAC 入力時の力率が 0.9 以上
- 120 VAC 入力時の %A THD が 25% 以下
- オプションのサーマル出力電流フォールドバックで動作温度を拡大
- 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

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、

Power Integrations

5245 Hellyer Avenue, San Jose, CA 95138 USA.

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

www.powerint.com

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。



Table of Contents

1	はじめに	5
2	電源仕様	6
3	回路図	7
4	回路の説明	8
4.1	入力部	8
4.2	ダンパー部	8
4.3	LYTSwitch デバイスを使用した極性反転型設計	9
4.4	出力フィードバック	9
4.5	負荷オープン時の保護	9
4.6	擬似位相検出アクティブ ダミー負荷	9
4.7	サーマル出力電流フォールドバック	10
5	PCB レイアウト及び概略図	11
6	実装した PCB	12
7	部品表	13
8	インダクタの仕様	15
8.1	回路図	15
8.2	電気仕様	15
8.3	材料	15
8.4	インダクタの構造図	16
8.5	インダクタ構造	16
9	インダクタの設計計算シート	17
10	性能データ	20
10.1	アクティブ モード効率基準	21
10.2	入力レギュレーション	22
10.3	力率	23
10.4	%THD	24
10.5	高調波成分	25
10.6	高調波測定	26
10.7	調光特性	27
10.8	ユニットと調光器の互換性	31
11	熱特性	33
11.1	使用した装置	33
11.2	熱特性測定結果	34
11.3	温度分布スキャン	36
12	波形	39
12.1	通常動作時のドレイン電圧とドレイン電流	39
12.2	ドレイン電圧及び電流起動プロファイル	39
12.3	出力電圧起動プロファイル	40
12.4	入力及び出力電圧ならびに電流プロファイル	40



12.5	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	41
12.6	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	42
12.7	無負荷時の動作.....	42
12.8	AC サイクル	43
12.9	調光サンプル波形	44
12.9.1	入力サージの波形	45
12.9.2	ディファレンシャル モード入力サージ	45
12.9.3	ディファレンシャル モード リング サージ.....	45
13	入力サージ	46
14	伝導 EMI ノイズ	47
14.1	機器.....	47
14.2	EMI 試験のセットアップ	47
14.3	EMI 試験結果.....	48
15	改訂履歴.....	50

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 入力を行う必要があります。



1 はじめに

このドキュメントは、LYTSwitch ファミリーのデバイスから LYT4313E を使用した非絶縁極性反転型 LED ドライバ (電源) に関する技術レポートです。

DER-357 は 12 W のトライアック調光が可能な単出力定電流タイプ電源です。

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エネルギー効率を高めることです。これによりドライバを BR40 サイズのランプに収めることができ、量産用の設計にできるだけ近いものとすることができました。

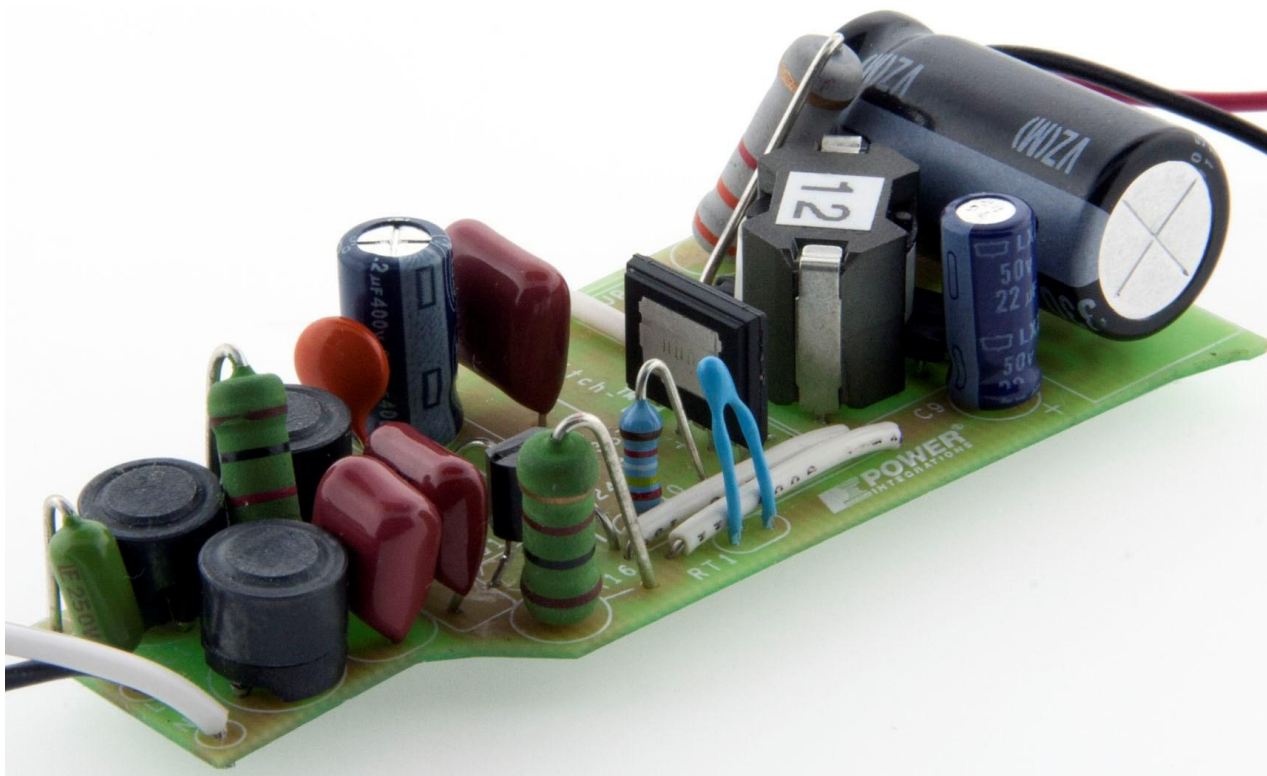


Figure 1 – PCB Assembly.

基板は、低 AC 入力電圧範囲 (90 ~ 132 VAC、47 ~ 63 Hz) で動作するように最適化されています。LYTSwitch IC をベースとした設計により、現行の世界各国の規制要件すべてに適合する高い力率 (0.95 を超える) が実現できます。

基板の形状は、標準的な BR40 LED 置換照明に適合しています。出力は非絶縁型であり、電源と LED 負荷の出力をユーザーから絶縁するための筐体構造を設計する必要があります。

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 電源仕様

次の表は、設計上の許容特性の概要です。実際の性能は、性能データセクションを参照してください。

概要	記号	最小	標準	最大	単位	コメント
入力 電圧 周波数 力率 %ATHD	V_{IN} f_{LINE}	90 47 0.9	120 50/60	132 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}	69 161.5	72 170	75 178.5	V mA W	230 VAC 時
効率 定格	η		88		%	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		V kV	1.2/50 μ 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 Ω 2 Ω 短絡 直列インピーダンス



3 回路図

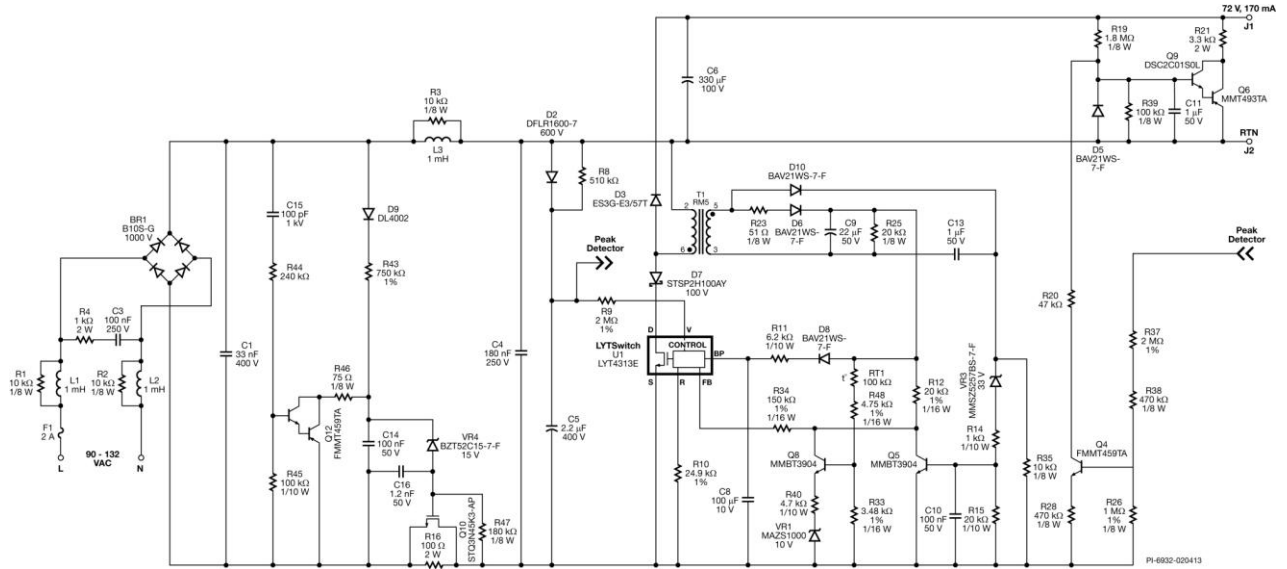


Figure 2 – Schematic for 72 V, 170 mA Replacement Lamp.

注: サーマル フォールドバックを有効にするには R33 を 11 kΩ に変更します。温度に対する対応の詳細は性能データセクションを参照してください。抵抗 R33 を調整して希望のフォールドバック特性にチューニングすることができます。



4 回路の説明

LYTSwitch (U1) ファミリーは LED ドライバ アプリケーションでの使用を目的として、多くの機能を内蔵した電源 IC です。LYTSwitch IC は、標準的な LED ドライバ アプリケーションで想定される様々な出力電圧及び幅広い入力電圧 (90 ~ 132 VAC) 範囲で出力電流を制御しながら、ワンコンバータ型で高効率を実現します。この IC には、これらの機能を提供するすべての制御回路に加え、高耐圧パワー MOSFET が搭載されています。

4.1 入力部

ヒューズ F1 は部品異常から保護します。入力サージ中に誤って切れるのを防止するために、高速の 2 A 定格 (これはかなり高速です) が必要でした。効率が犠牲になりますが、ヒューズをヒューズ抵抗 (2 W、3.3 Ω) で置き換えることによりコストを削減することができます。

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

ディファレンシャル モード チョーク L1 及び L2 はブリッジ整流器のスイッチングを含むノイズを押さえるフロント エンド EMI フィルタです。RC ブリーダー R4 及び C3 は通常動作時にトライアック回路を補助するためブリッジの前に配置しています。コンデンサ C3 及び R4 を L1 及び L2 の前に配置することで調光器の互換性をさらに高めることができます。さらに、磁気歪みによって EMI インダクタから発生する音鳴りを軽減することもできます。抵抗 R1 及び R2 は必要に応じて EMI フィルタの共振を減衰します。システム レベルのアプリケーションにおいて、ラジオ EMI のスペクトルに大きなマージンがある場合は R1 及び R2 を省いてください。

コンデンサ C1、C4 及びディファレンシャル モード チョーク L3 はブリッジの後にある EMI フィルタを形成しています。高い効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 π フィルタ ネットワークと LYTSwitch の周波数ジッタリング機能により、クラス B のエミッション制限への準拠が可能になります。抵抗 R3 は必要に応じて 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が発生するのを防ぎます。コンデンサ C1 の 33 nF という最小容量値は、入力サージ時に BR1 にかかる電圧ストレスを防げるよう最適化されたものです。

4.2 ダンパー部

この設計では高い効率、調光器との優れた互換性、入力サージ保護及び熱管理を実現するため PI 独自のアクティブ ダンパー回路が使用されています。RC カットオフ周波数フィルタ C15 及び R44 は調光時に Q12 にバイアスをかけられるよう 140 Hz 以上で対応するように調整されています。トランジスタ Q12 は、調光器がある場合半入力サイクルごとに C14 の電位を放電します。

トランジスタ Q10 は高効率を保つため、非調光動作時は通常オンになっています。Q10 のゲートには分割回路 R43、VR4、R47 を通してバイアスがかけられ、C14 及び C16 によって適宜フ



フィルタがかけられます。非調光動作時には C14 の電位は放電されないため、Q10 のゲートに継続的にバイアスがかけられます。

調光時には、入力整流コンデンサ及び EMI フィルタによって発生する突入電流を減衰させるため、入力電流の初期スパイクで Q10 はオフになります。その後、Q10 が調光動作中に線形に動作するよう、R47 並びに同じ容量を持つ C14 及び C16 がタイミングを調整します。

ディファレンシャル モード入力サージ及び入力の変動が発生すると Q12 は Q10 をオフにし、サージ中の U1 への部品ストレスを抑えます。

4.3 LYTSwitch デバイスを使用した極性反転型設計

極性反転型のパワー伝送部は、U1 (電源スイッチと制御)、D3 (フリーホイーリング ダイオード)、C6 (出力コンデンサ)、及び T1 (インダクタ) で構成されます。ダイオード D7 は、U1 のドレインソース間、特に入力電圧のゼロクロス付近でマイナス電圧が発生するのを防ぐために使用されています。これにより電流が SOURCE ピンから逆流するのを防ぎます。バイパス コンデンサ C8 は起動時の MOSFET がオフの時にドレインを通して充電され、U1 への内部電源となり、効率を高めます。調光動作では、D6 の整流及び C9 のフィルタリングを通じた放電動作の間インダクタの補助巻線を通して供給します。IC の内部電流制限及びオートリスタート機能が出力過負荷及び短絡からの保護となります。

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 (バイアス巻線とメイン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 R12 及び R34 は、バイアス電圧を電流に変換し、この電流が U1 の FEEDBACK (FB) ピンにフィードされます。U1 内の内部エンジンは、FB ピン電流、VOLTAGE MONITOR (V) ピン電流、及び内部ドレイン電流の情報を組み合わせて、高い入力力率を維持しながら定出力電流特性を提供します。抵抗 R23 は整流中の電圧リングを抑制し、入力及び負荷の制御を支えます。

4.5 負荷オープン時の保護

出力端子に負荷が接続されていない状態で基板に入力があった場合でも出力コンデンサは過電圧から保護されます。生産時の検査ラインでこのような状況はよく生じます。無負荷状態による過電圧が生じると、バイアス巻線の電圧が上昇し VR3 が Q5 をオンにするため、FB ピンの電流がスレッシュホールド点 $I_{FB(AR)}$ 以下に下がります。するとユニットはオートリスタート モードに入り、出力電圧が出力コンデンサの定格電圧よりも高くないよう制限されるため、過電圧による破裂を防ぐことができます。

4.6 擬似位相検出アクティブ ダミー負荷

擬似位相検出アクティブ ダミー負荷を使用して調光特性をマッピングすることにより優れた調光機能と高い調光比を実現することができます。PI 独自の擬似位相アクティブ ダミー負荷回路 (R21、R19、R39、R20、R28、R37、R38、D5、Q9、Q6、Q4) は、効率を高めるため非調光動



作時は非アクティブ (電力の消費無し) になっています。調光中導通角 70° 以下でリニアにアクティブ化し、ピーク検出回路及びスイッチング コンバータの効率的な動作を実現します。トランジスタ Q9 及び Q6 はリニアにバイアスがかけられており、R21 を通して出力電流補正のレベルまでの電力損失を分担しています。Q9 及び Q6 に最大限にまでバイアスがかけられ、R21 の抵抗によって電流が制限されている状態が最大補正となります。

4.7 サーマル出力電流フォールドバック

このデザイン例には、サーマル出力電力フォールドバックを有効化するオプションの回路があります。これにより動作できる周囲温度を拡張し、過熱保護スレッショホールドを超えるのを防ぐことができます。この回路はサーミスタ RT1、R48、R33、R40、Q8、VR1 によって構成されています。Q8 のコレクタは U1 の FB ピンからの電流の一部を吸い込み、LED ドライバの出力電流を削減します。吸い込み電流は LED ドライバの内部周囲温度に比例します。内部温度が上昇するにつれて吸い込み電流も増加するため出力電流が減少します。この電流吸い込み動作は、R33 が $11\text{ k}\Omega$ の場合、U1 が 110°C 前後になると始まります。最終的なシステム設計で必要とされるスレッショホールドレベルに合わせてこの値を変更してください。



6 実装した PCB

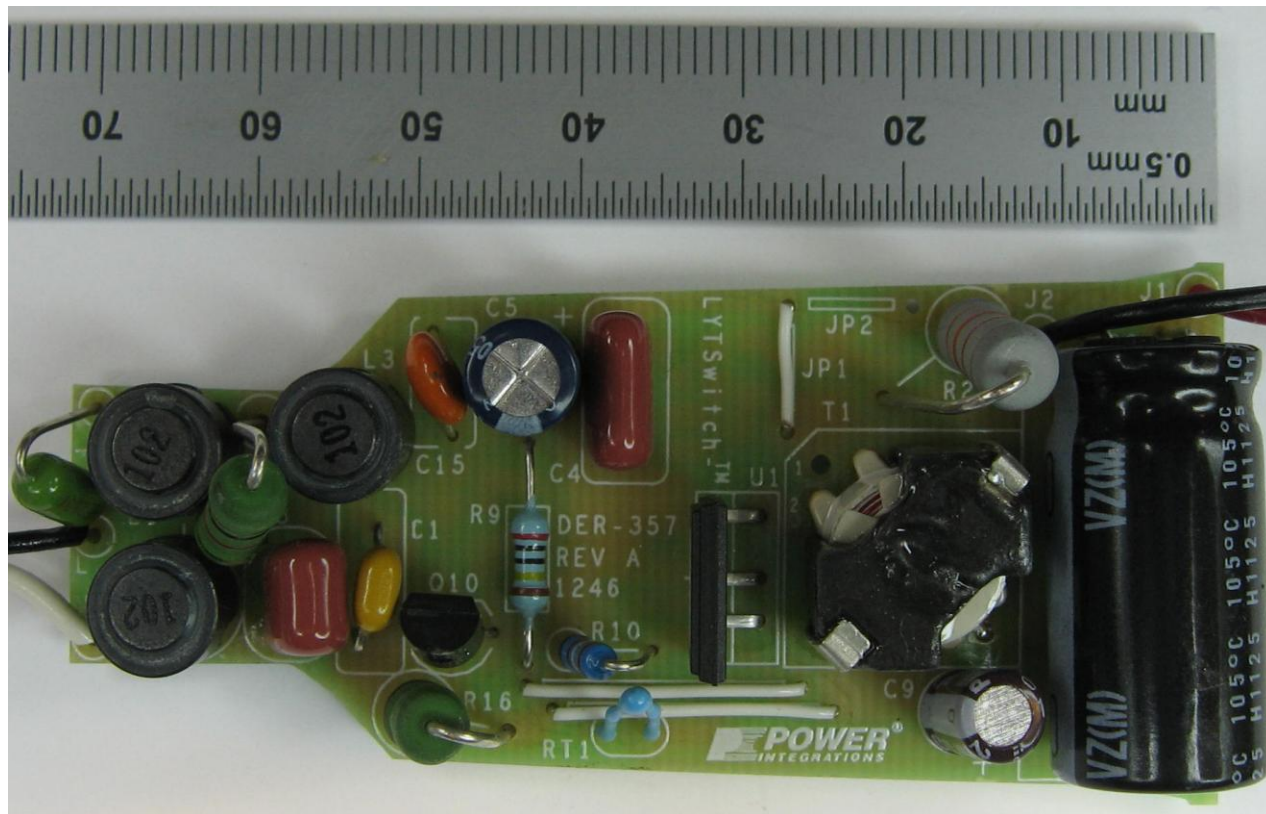


Figure 5 – Populated Circuit Board (Top Side) Board Height: 20 mm.

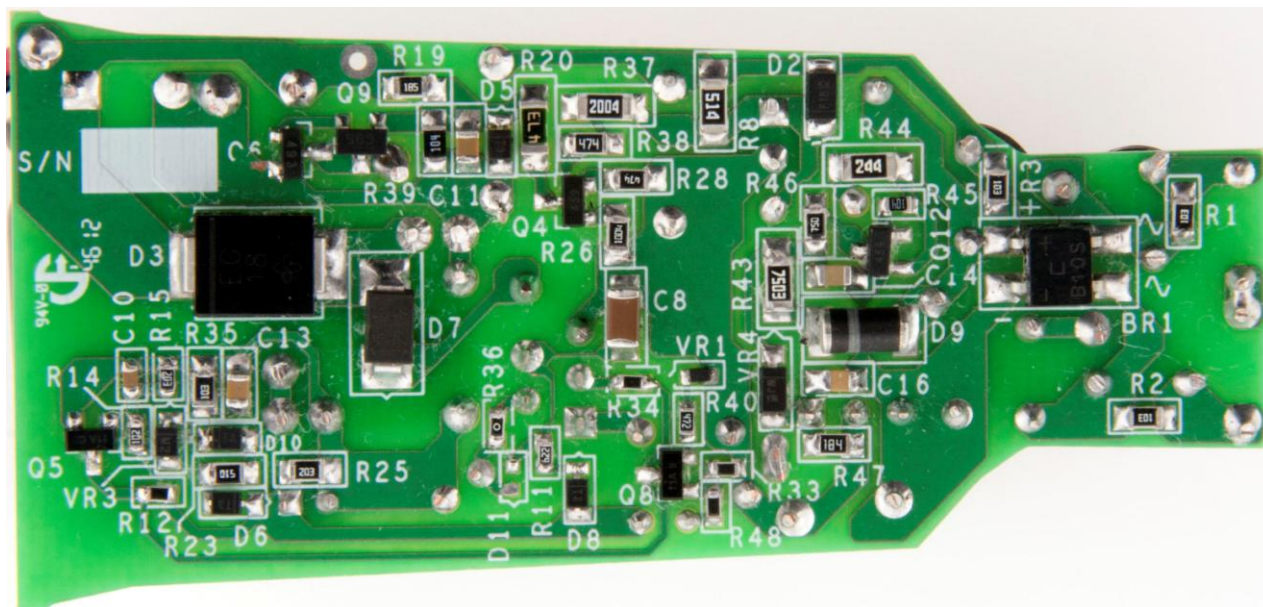


Figure 6 – Populated Circuit Board (Bottom Side).



7 部品表

The table below is the reference design BOM.

Item	Qty	Ref Des	Description	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	33 nF, 400 V, film	ECQ-E4333KF	Panasonic
3	1	C3	100 nF, 250 V, Film	ECQ-E2104KB	Panasonic
4	1	C4	180 nF, 250 V, Film	ECQ-E2184KB	Panasonic
5	1	C5	2.2 μ F, 400 V, Electrolytic, (6.3 x 11)	TAB2GM2R2E110	Ltec
6	1	C6	3300 μ F, 100 V, Electrolytic, (12.5 x 25)	UVZ2A331MHD	Nichicon
7	1	C8	100 μ F, 10 V, Ceramic, X5R, 1206	C3216X5R1A107M	TDK
8	1	C9	22 μ F, 50 V, Electrolytic, (5 x 11)	UPW1H220MDD	Nichicon
9	1	C10	100 nF 50 V, Ceramic, X7R, 0603	C1608X7R1H104K	TDK
10	2	C11 C13	1 μ F, 50 V, Ceramic, X5R, 0805	08055D105KAT2A	AVX
11	1	C14	100 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805	CC0805KRX7R9BB104	Yageo
12	1	C15	100 pF, 1 kV, Disc Ceramic	562R5GAT10	Vishay
13	1	C16	1.2 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805	08055C122KAT2A	AVX
14	1	D2	600 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, POWERDI123	DFLR1600-7	Diodes, Inc.
15	1	D3	DIODE ULTRA FAST 400 V 3 A, DO-214AB	ES3G-E3/57T	Vishay
16	4	D5 D6 D8 D10	250 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323	BAV21WS-7-F	Diodes, Inc.
17	1	D7	100 V, 2 A, Schottky, SMA	STPS2H100AY	ST Micro
18	1	D9	100 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, DO-213AA (MELF)	DL4002-13-F	Diodes Inc
19	1	F1	Fuse, Pico, 2 A, 250V, Fast, Axial	0263002.MXL	Littlefuse Inc.
20	3	L1 L2 L3	1 mH, 0.23 A, Ferrite Core	CTSCH875DF-102K	CT Parts
21	2	Q4 Q12	NPN, Small Signal BJT, 450 V, 0.5 A, 150 MA, SOT-23	FMMT459TA	Diodes, Inc.
22	2	Q5 Q8	NPN, Small Signal BJT, 40 V, 0.2 A, SOT-23	MMBT3904LT1G	On Semi
23	1	Q6	NPN, 100 V, 1000 Ma, SOT23-3	FMMT493TA	Diodes, Inc.
24	1	Q9	NPN, 100 V, 20 Ma, SOT23-3	DSC2C01S0L	Panasonic
25	1	Q10	450 V, 0.6 A, 3.8 Ω , N-Channel, TO-92	STQ3N45K3-AP	ST Micro
26	4	R1 R2 R3 R35	10 k Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ103V	Panasonic
27	1	R4	1.0 k Ω , 5%, 2 W, Metal Oxide	RSMF2JT1K00	Stackpole
28	1	R8	510 k Ω , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ514V	Panasonic
29	1	R9	2.00 M Ω , 1%, 1/4 W, Metal Film	RNF14FTD2M00	Stackpole
30	1	R10	24.9 k Ω , 1%, 1/4 W, Metal Film	MFR-25FBF-24K9	Yageo
31	1	R11	6.2 k Ω , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ622V	Panasonic
32	1	R12	20 k Ω , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF2002V	Panasonic
33	1	R14	1 k Ω , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ102V	Panasonic
34	1	R15	20 k Ω , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ203V	Panasonic
35	1	R16	100 Ω , 5%, 2 W, Metal Oxide	RSMF2JT100R	Stackpole
36	1	R19	1.8 M, 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ185V	Panasonic
37	1	R20	47 k Ω , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ473V	Panasonic
38	1	R21	3.3 k Ω , 5%, 2 W, Metal Oxide	RSF200JB-3K3	Yageo
39	1	R23	51 Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ510V	Panasonic
40	1	R25	20 k Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ203V	Panasonic
41	1	R26	1 M Ω , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF1004V	Panasonic
42	2	R28 R38	470 k Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ474V	Panasonic
43	1	R33	3.48 k Ω , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF3481V	Panasonic



Item	Qty	Ref Des	Description	Mfg Part Number	Manufacturer
44	1	R34	150 k Ω , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF1503V	Panasonic
45	1	R37	2.00 M Ω , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF2004V	Panasonic
46	1	R39	100 k Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ104V	Panasonic
47	1	R40	4.7 k Ω , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ472V	Panasonic
48	1	R43	750 k Ω , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF7503V	Panasonic
49	1	R44	240 k Ω , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ244V	Panasonic
50	1	R45	100 k Ω , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ104V	Panasonic
51	1	R46	75 Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ750V	Panasonic
52	1	R47	180 k Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ184V	Panasonic
53	1	R48	4.75 k Ω , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF4751V	Panasonic
54	1	RT1	NTC Thermistor, 100 k Ohms, 0.00046 A	NTSD0WF104EE1B0	Murata
55	1	T1	Bobbin, RM5, Vertical, 4 pins	Custom made	Custom
56	1	U1	LYTSwitch, eSIP-7C	LYT4313E	Power Integrations
57	1	VR1	10.0 V, 5%, 150 mW, SOD-323	DZ2S100ML	Panasonic
58	1	VR3	33 V, 5%, 200 mW, SOD-323	MMSZ5257BS-7-F	Diodes, Inc.
59	1	VR4	15 V, 5%, 500 mW, SOD-123	BZT52C15-7-F	ON Semi



8 インダクタの仕様

8.1 回路図

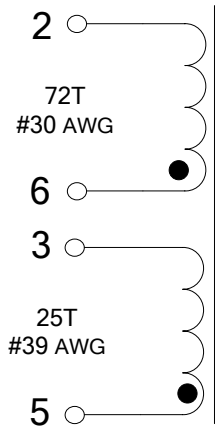


Figure 7 – Transformer Electrical Diagram.

8.2 電気仕様

Primary Inductance	Pins 2-6, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 V _{RMS}	450 μH ±7%
---------------------------	--	------------

8.3 材料

Item	Description
[1]	Core: RM5.
[2]	Bobbin: RM-5; 2/2 Pin Vertical.
[3]	Magnet Wire: #30 AWG.
[4]	Magnet Wire: #39 AWG.
[5]	Transformer Tape 4.8 mm.
[6]	Core Clip.

8.4 インダクタの構造図

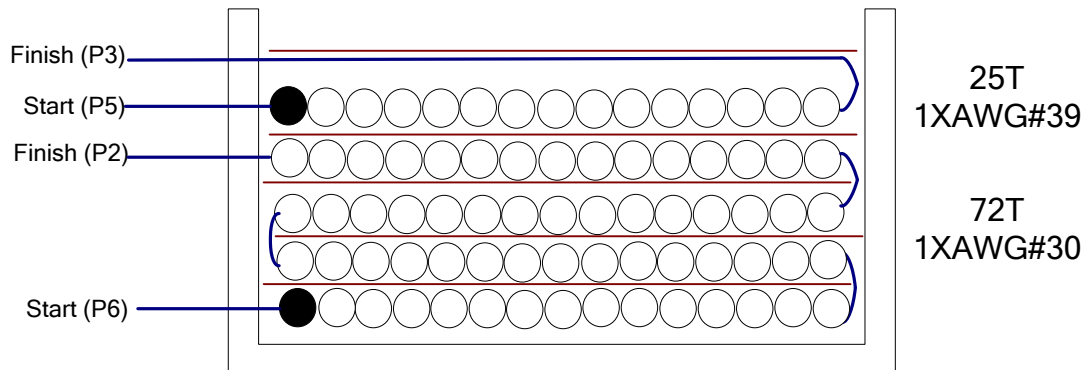


Figure 8 – Transformer Build Diagram.

8.5 インダクタ構造

Bobbin Preparation	For the purpose of these instructions, the bobbin is oriented on a winder such that pin 1 side is on the left. Winding direction is counter-clockwise. For 2/2 bobbin, follow the pin number assignment in the specification.
WDG 1	Start at pin 6. Wind 72 turns of item [3] and terminate at pin 1. Note that there is one turn of transformer tape item [5] per layer.
Insulation	Add 1 layer of tape of item [5].
WDG 2	Start at pin 5. Wind 25 turns of item [4] and terminate at pin 3.
Taping	Add 1 layer of tape to secure the winding.
Final Assembly	Grind the core to get the specified inductance. Secure the core with a clip item [6].



9 インダクタの設計計算シート

ACDC_LYTSwitch_101712; Rev.1.0; Copyright Power Integrations 2012		INPUT	INFO	OUTPUT	UNIT	LYTSwitch_101712: Flyback Transformer Design Spreadsheet
ENTER APPLICATION VARIABLES						
Dimming required	YES	YES		Select 'YES' option if dimming is required. Otherwise select 'NO'.		
VACMIN	90	90	V	Minimum AC Input Voltage		
VACMAX	132	132	V	Maximum AC input voltage		
fL	60	60	Hz	AC Mains Frequency		
VO	72.00	72	V	Typical output voltage of LED string at full load		
VO_MAX		79.20	V	Maximum expected LED string Voltage.		
VO_MIN		64.80	V	Minimum expected LED string Voltage.		
V_OVP		87.12	V	Over-voltage protection setpoint		
IO	0.17	0.17	A	Typical full load LED current		
PO		12.2	W	Output Power		
η	0.85	0.85		Estimated efficiency of operation		
VB		25	V	Bias Voltage		
ENTER LYTSwitch VARIABLES						
LYTSwitch	LYT4313	LYT4313		Selected LYTSwitch		
Current Limit Mode	RED	RED		Select "RED" for reduced Current Limit mode or "FULL" for Full current limit mode		
ILIMITMIN		1.00	A	Minimum current limit		
ILIMITMAX		1.16	A	Maximum current limit		
fS		132000	Hz	Switching Frequency		
fSmin		124000	Hz	Minimum Switching Frequency		
fSmax		140000	Hz	Maximum Switching Frequency		
IV		79.8	uA	V pin current		
RV	2.00	2	M-ohms	Upper V pin resistor		
RV2		1E+012	M-ohms	Lower V pin resistor		
IFB	144.00	144.0	uA	FB pin current (85 uA < IFB < 210 uA)		
RFB1		152.8	k-ohms	FB pin resistor		
VDS		10	V	LYTSwitch on-state Drain to Source Voltage		
VD		0.50	V	Output Winding Diode Forward Voltage Drop (0.5 V for Schottky and 0.8 V for PN diode)		
VDB		0.70	V	Bias Winding Diode Forward Voltage Drop		
Key Design Parameters						
KP	0.95	0.95		Ripple to Peak Current Ratio (For PF > 0.9, 0.4 < KP < 0.9)		
LP		448	uH	Primary Inductance		
VOR	72.00	72	V	Reflected Output Voltage.		
Expected IO (average)		0.16	A	Expected Average Output Current		
KP_VACMAX		1.04		Expected ripple current ratio at VACMAX		
TON_MIN		1.54	us	Minimum on time at maximum AC input voltage		
PCLAMP		0.10	W	Estimated dissipation in primary clamp		
ENTER TRANSFORMER CORE/CONSTRUCTION VARIABLES						
Core Type	RM5	RM5				
Bobbin		RM5S_BOBBIN	P/N:			
AE	0.2400	0.24	cm^2	Core Effective Cross Sectional Area		
LE	2.3200	2.32	cm	Core Effective Path Length		



AL	1700.0	1700	nH/T ²	Ungapped Core Effective Inductance
BW	4.8	4.8	mm	Bobbin Physical Winding Width
M	0.0	0	mm	Safety Margin Width (Half the Primary to Secondary Creepage Distance)
L	4.00	4		Number of Primary Layers
NS	73	73		Number of Secondary Turns
DC INPUT VOLTAGE PARAMETERS				
VMIN		127	V	Peak input voltage at VACMIN
VMAX		187	V	Peak input voltage at VACMAX
CURRENT WAVEFORM SHAPE PARAMETERS				
DMAX		0.38		Minimum duty cycle at peak of VACMIN
Iavg		0.15	A	Average Primary Current
IP		0.92	A	Peak Primary Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
IRMS		0.26	A	Primary RMS Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
TRANSFORMER PRIMARY DESIGN PARAMETERS				
LP		448	uH	Primary Inductance
LP_TOL	10	10		Tolerance of primary inductance
NP		72		Primary Winding Number of Turns
NB		26		Bias Winding Number of Turns
ALG		85	nH/T ²	Gapped Core Effective Inductance
BM		2376	Gauss	Maximum Flux Density at PO, VMIN (BM<3100)
BP		2875	Gauss	Peak Flux Density (BP<3700)
BAC		1129	Gauss	AC Flux Density for Core Loss Curves (0.5 X Peak to Peak)
ur		1308		Relative Permeability of Ungapped Core
LG		0.34	mm	Gap Length (Lg > 0.1 mm)
BWE		19.2	mm	Effective Bobbin Width
OD		0.26	mm	Maximum Primary Wire Diameter including insulation
INS		0.05	mm	Estimated Total Insulation Thickness (= 2 * film thickness)
DIA		0.22	mm	Bare conductor diameter
AWG		32	AWG	Primary Wire Gauge (Rounded to next smaller standard AWG value)
CM		64	Cmils	Bare conductor effective area in circular mils
CMA		248	Cmils/Am p	Primary Winding Current Capacity (200 < CMA < 600)
TRANSFORMER SECONDARY DESIGN PARAMETERS (SINGLE OUTPUT EQUIVALENT)				
Lumped parameters				
ISP		0.92	A	Peak Secondary Current
ISRMS		0.30	A	Secondary RMS Current
IRIPPLE		0.25	A	Output Capacitor RMS Ripple Current
CMS		60	Cmils	Secondary Bare Conductor minimum circular mils
AWGS		32	AWG	Secondary Wire Gauge (Rounded up to next larger standard AWG value)
DIAS		0.20	mm	Secondary Minimum Bare Conductor Diameter
ODS		0.07	mm	Secondary Maximum Outside Diameter for Triple Insulated Wire
VOLTAGE STRESS PARAMETERS				
VDRAIN		341	V	Estimated Maximum Drain Voltage assuming maximum LED string voltage (Includes Effect of Leakage Inductance)
PIVS		275	V	Output Rectifier Maximum Peak Inverse Voltage (calculated at VOVP, excludes leakage inductance spike)
PIVB		97	V	Bias Rectifier Maximum Peak Inverse Voltage (calculated at VOVP, excludes leakage inductance spike)



FINE TUNING (Enter measured values from prototype)			
V pin Resistor Fine Tuning			
RV1	2.00	M-ohms	Upper V Pin Resistor Value
RV2	1E+012	M-ohms	Lower V Pin Resistor Value
VAC1	115.0	V	Test Input Voltage Condition1
VAC2	230.0	V	Test Input Voltage Condition2
IO_VAC1	0.17	A	Measured Output Current at VAC1
IO_VAC2	0.17	A	Measured Output Current at VAC2
RV1 (new)	2.00	M-ohms	New RV1
RV2 (new)	10455.82	M-ohms	New RV2
V_OV	161.1	V	Typical AC input voltage at which OV shutdown will be triggered
V_UV	34.5	V	Typical AC input voltage beyond which power supply can startup
FB pin resistor Fine Tuning			
RFB1	153	k-ohms	Upper FB Pin Resistor Value
RFB2	1E+012	k-ohms	Lower FB Pin Resistor Value
VB1	22.4	V	Test Bias Voltage Condition1
VB2	27.6	V	Test Bias Voltage Condition2
IO1	0.17	A	Measured Output Current at Vb1
IO2	0.17	A	Measured Output Current at Vb2
RFB1 (new)	152.8	k-ohms	New RFB1
RFB2(new)	1.00E+12	k-ohms	New RFB2
Input Current Harmonic Analysis			
Harmonic	Max Current (mA)	Limit (mA)	
1st Harmonic			
3rd Harmonic	22.25	533.12	PASS. 3rd Harmonic current content is lower than the limit
5th Harmonic	20.4	297.92	PASS. 5th Harmonic current content is lower than the limit
7th Harmonic	19.3	156.80	PASS. 7th Harmonic current content is lower than the limit
9th Harmonic	15.18	78.40	PASS. 9th Harmonic current content is lower than the limit
11th Harmonic	9.43	54.88	PASS. 11th Harmonic current content is lower than the limit
13th Harmonic	4.48	46.43	PASS. 13th Harmonic current content is lower than the limit
15th Harmonic	2.75	40.23	PASS. 15th Harmonic current content is lower than the limit
THD	38.3	%	Estimated total Harmonic Distortion (THD)

Table 1 – Sample Spreadsheet Calculation.



10 性能データ

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

Input		Input Measurement					LED Load Measurement			% Reg	Efficiency (%)
VAC (V _{RMS})	Freq (Hz)	V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PF	%ATHD	V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)		
90	60	90.10	150.17	13.262	0.980	19.35	68.88	166.60	11.49	-2.00	86.60
100	60	100.13	135.81	13.268	0.976	21.17	68.90	167.96	11.58	-1.20	87.30
110	60	110.15	124.88	13.330	0.969	23.64	68.94	169.93	11.73	-0.04	87.96
120	60	120.15	115.31	13.371	0.965	24.61	68.97	171.39	11.83	0.82	88.48
132	60	132.17	105.68	13.425	0.961	25.07	69.00	172.58	11.92	1.52	88.77
90	60	90.10	157.34	13.899	0.980	19.28	72.00	166.04	11.97	-2.33	86.09
100	60	100.12	142.06	13.893	0.977	20.77	72.04	167.73	12.09	-1.34	87.04
110	60	110.15	130.66	13.957	0.970	23.49	72.08	169.86	12.25	-0.08	87.79
120	60	120.16	120.71	14.008	0.966	24.56	72.11	171.17	12.35	0.69	88.19
132	60	132.18	110.65	14.075	0.962	24.87	72.15	173.14	12.50	1.85	88.82
90	60	90.10	164.53	14.540	0.981	19.15	75.00	165.93	12.46	-2.39	85.66
100	60	100.12	148.26	14.509	0.977	20.5	75.03	167.29	12.56	-1.59	86.57
110	60	110.15	136.27	14.568	0.971	23.34	75.08	169.47	12.73	-0.31	87.40
120	60	120.16	125.99	14.630	0.966	24.51	75.13	171.56	12.90	0.92	88.16
132	60	132.18	115.53	14.711	0.963	24.73	75.17	173.37	13.04	1.98	88.65

Table 2 – Test Result Summary for this Design.



10.1 アクティブ モード効率基準

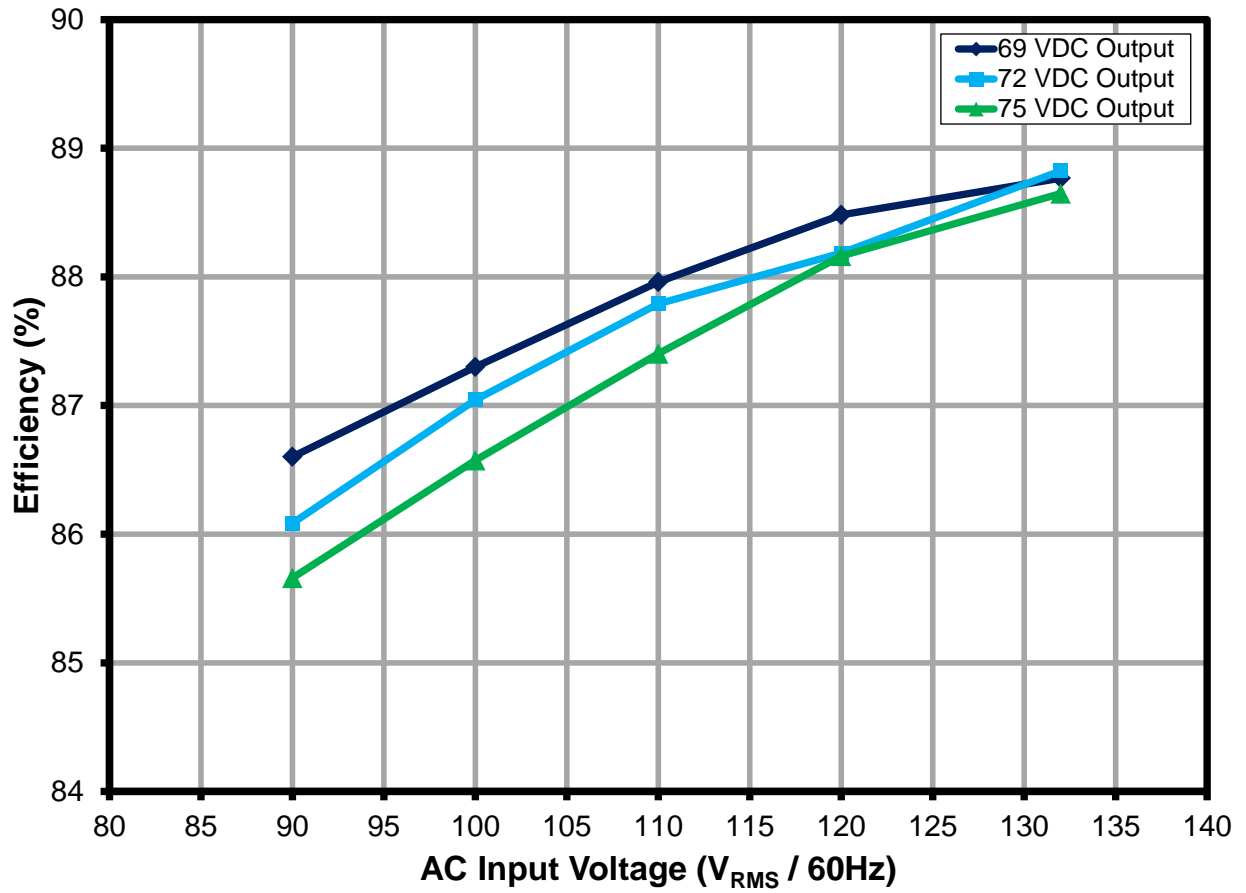


Figure 9 – Efficiency with Respect to AC Input Voltage.



10.2 入力レギュレーション

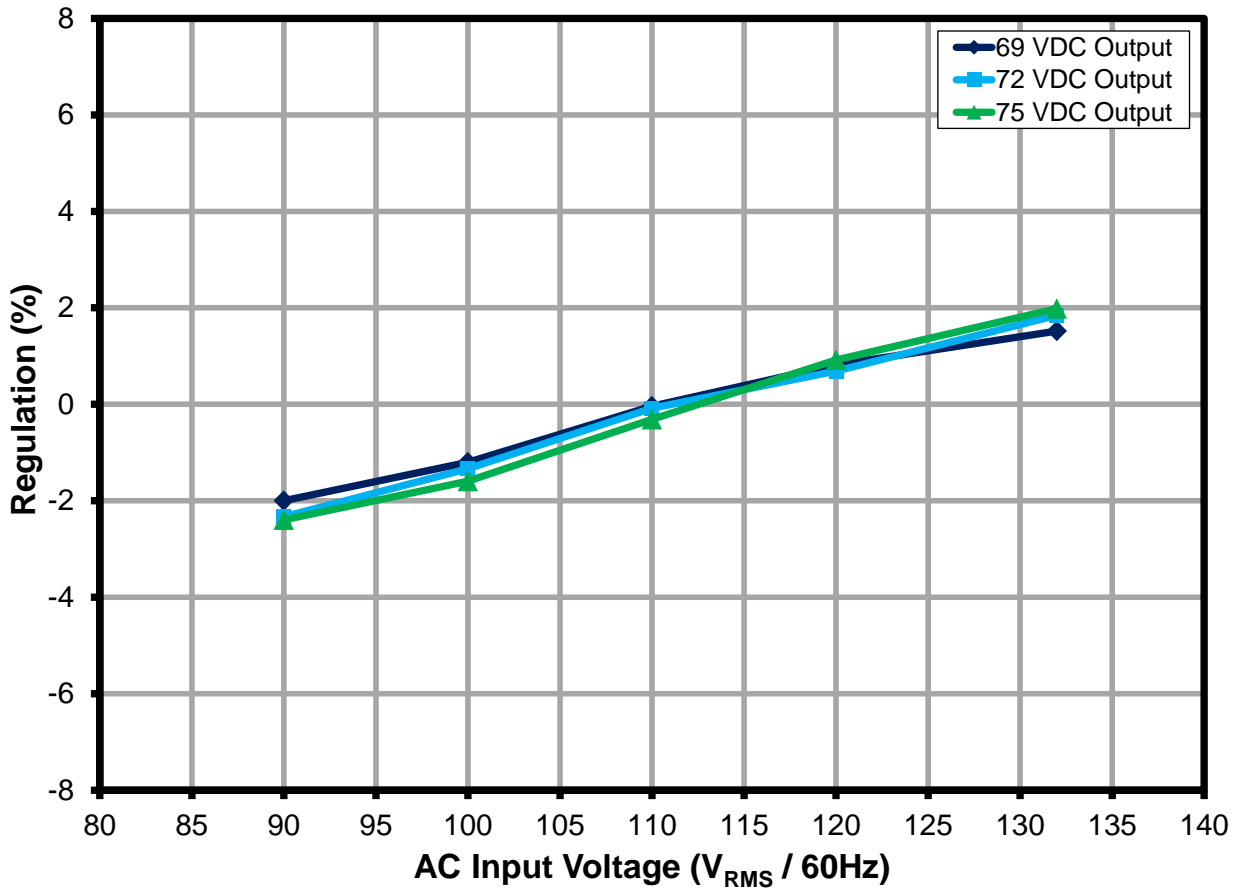


Figure 10 – Line Regulation, Room Temperature.



10.3 力率

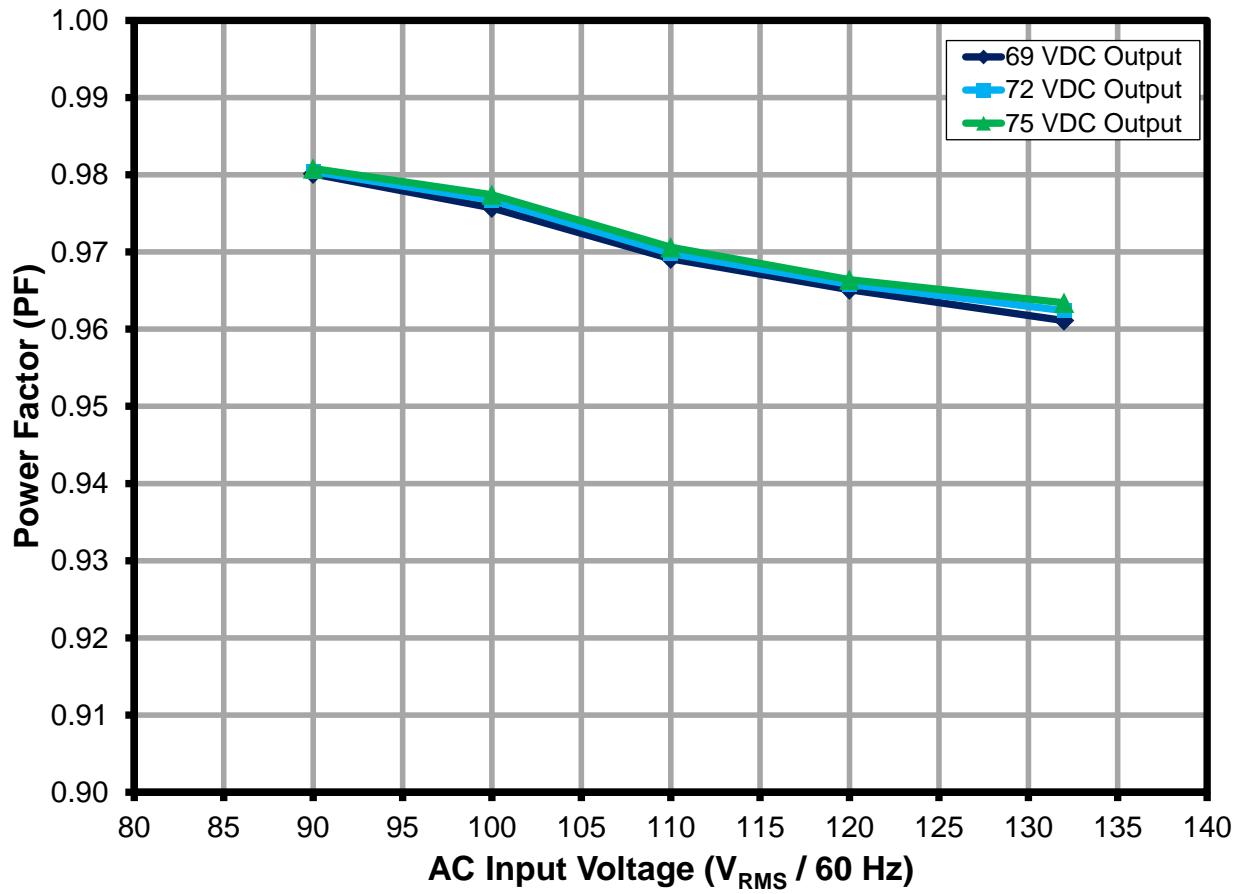


Figure 11 – High Power Factor within the Operating Range.



10.4 %THD

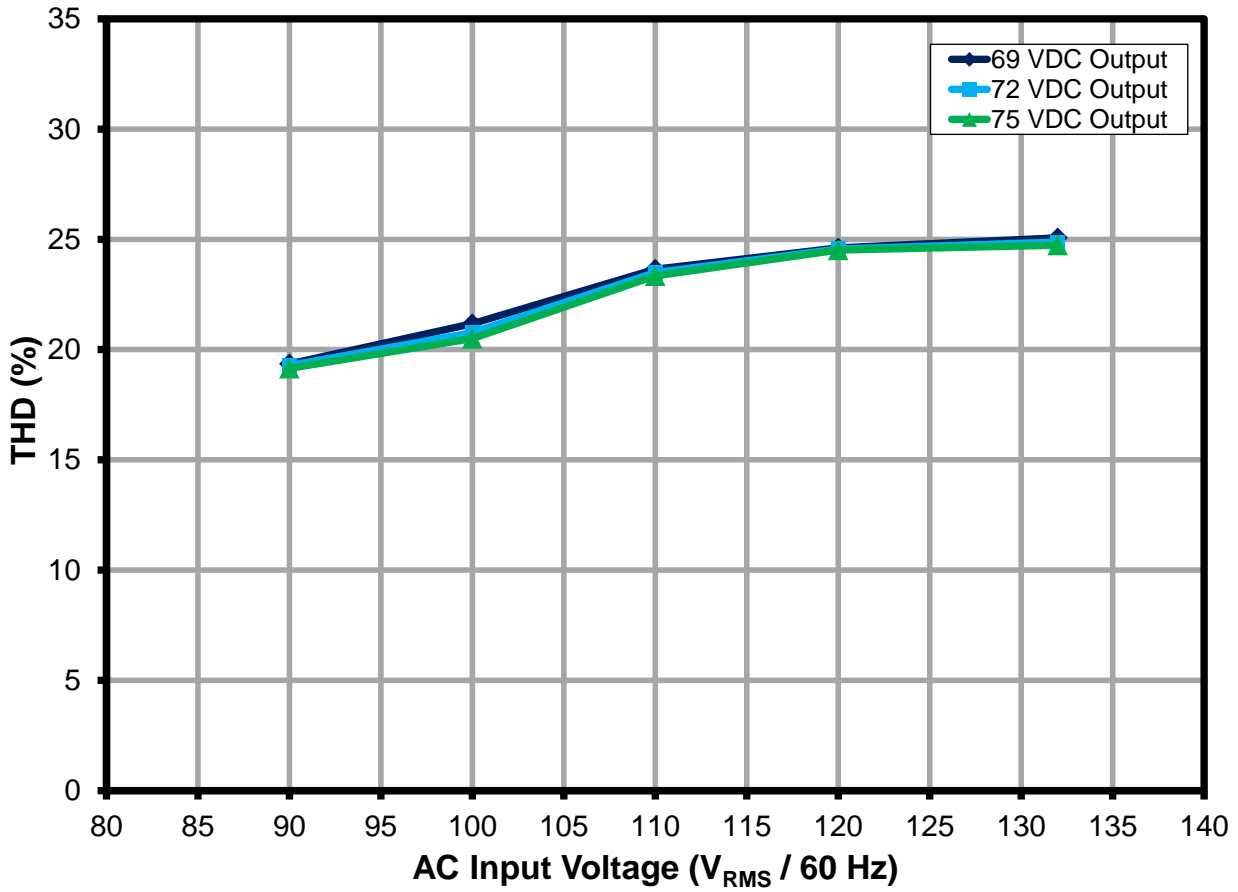


Figure 12 – Very Low %THD at 120 VAC.



10.5 高調波成分

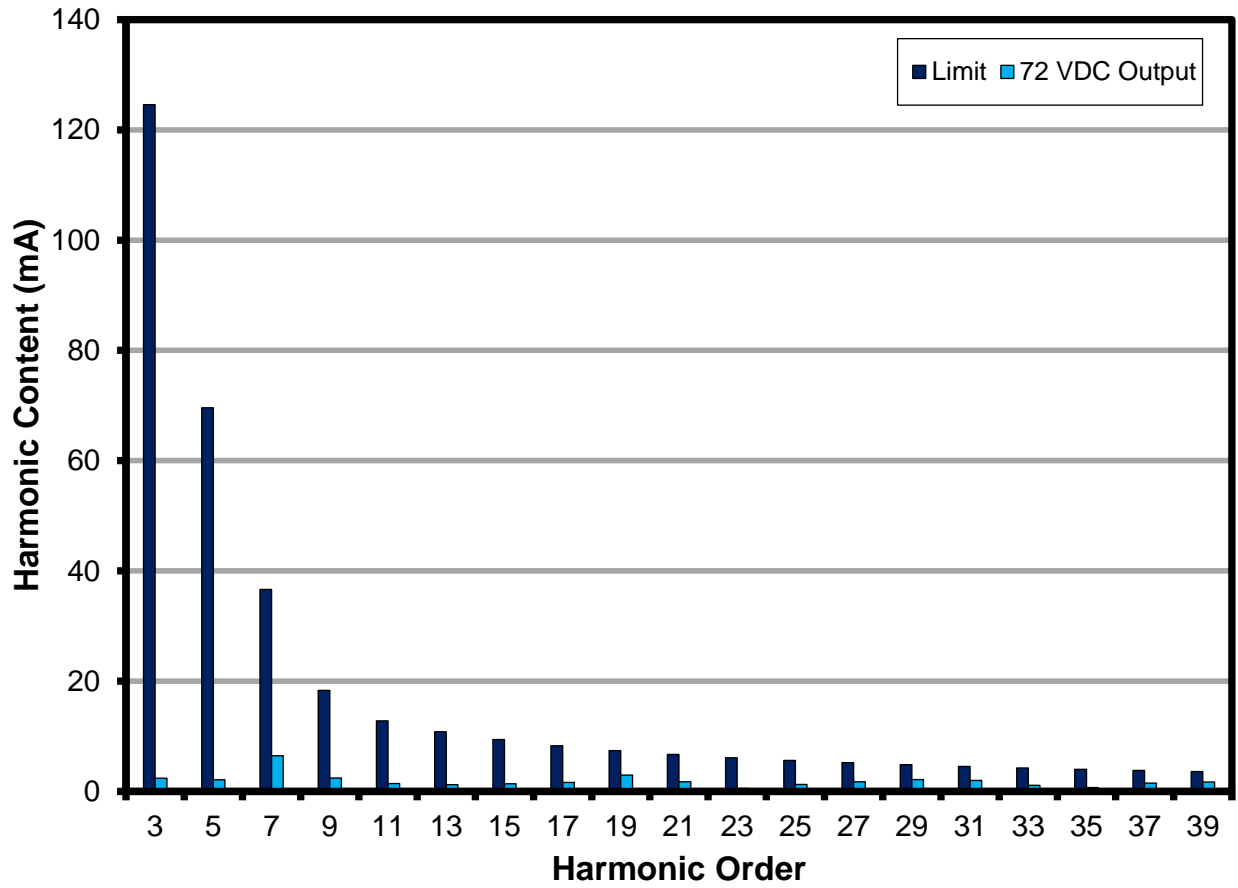


Figure 13 – Meets EN61000-3-2 Harmonics Contents Standards for <25 W Rating for 72 V LED Output.

10.6 高調波測定

VAC (V _{RMS})	Freq (Hz)	I (mA)	P	PF
120	60.00	45.91	9.6660	0.9139
nth Order	mA Content	% Content	Limit (mA) <25 W	Remarks
1	151.10			
2	0.19	0.13%		
3	2.42	1.60%	124.5692	Pass
5	2.14	1.42%	69.6122	Pass
7	6.49	4.30%	36.6380	Pass
9	2.46	1.63%	18.3190	Pass
11	1.43	0.95%	12.8233	Pass
13	1.24	0.82%	10.8505	Pass
15	1.40	0.93%	9.4038	Pass
17	1.65	1.09%	8.2974	Pass
19	2.99	1.98%	7.4240	Pass
21	1.75	1.16%	6.7170	Pass
23	0.57	0.38%	6.1329	Pass
25	1.28	0.85%	5.6423	Pass
27	1.77	1.17%	5.2243	Pass
29	2.17	1.44%	4.8640	Pass
31	2.01	1.33%	4.5502	Pass
33	1.13	0.75%	4.2744	Pass
35	0.71	0.47%	4.0302	Pass
37	1.51	1.00%	3.8123	Pass
39	1.74	1.15%	3.6168	Pass
41	1.61	1.07%		
43	1.15	0.76%		
45	1.07	0.71%		
47	1.43	0.95%		
49	1.24	0.82%		

Table 3 – 120 VAC Input Current Harmonic Measurement for 72 V LED.



10.7 調光特性

Dimming characteristic 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).

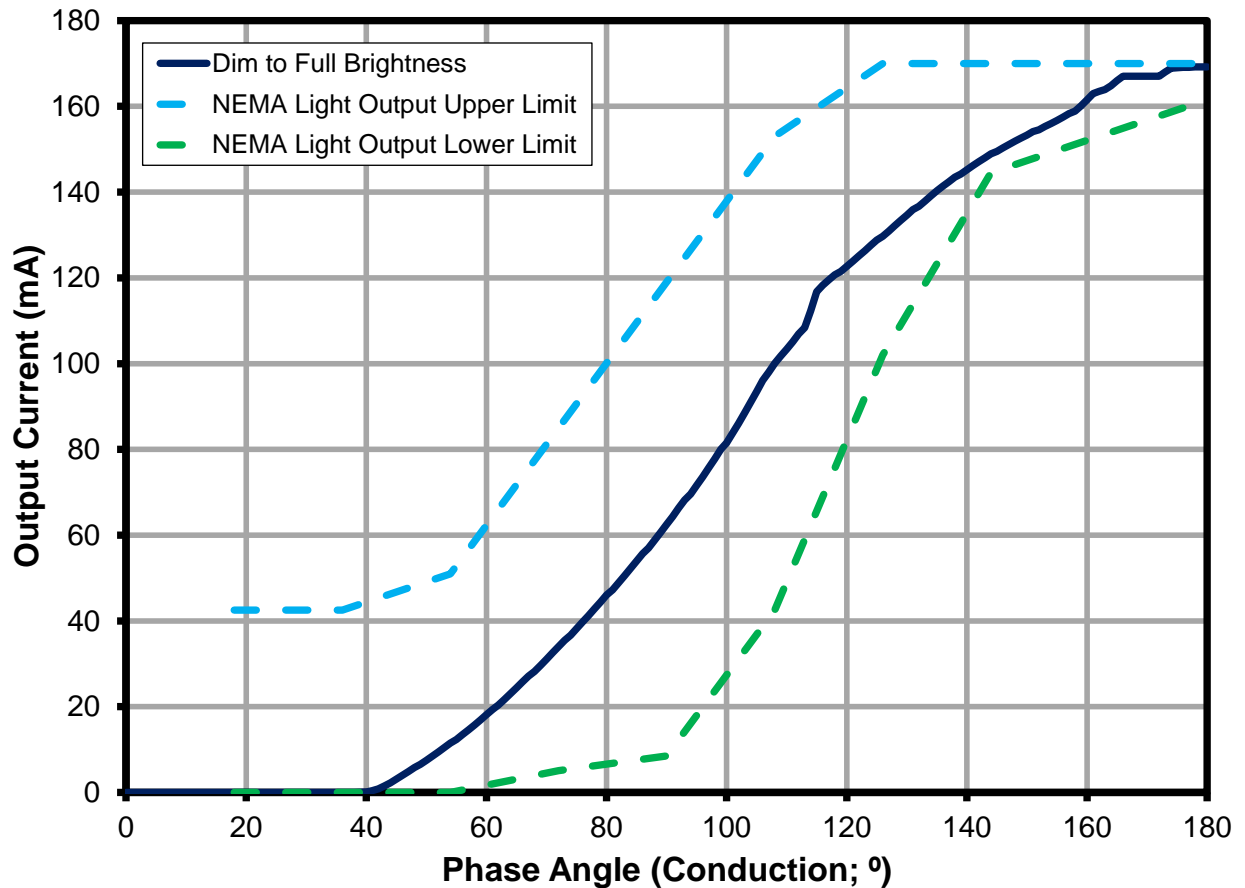


Figure 14 – Dimming Curve Characteristic from Full Dimming to Full Brightness. Meets NEMA SSL 6-2010.

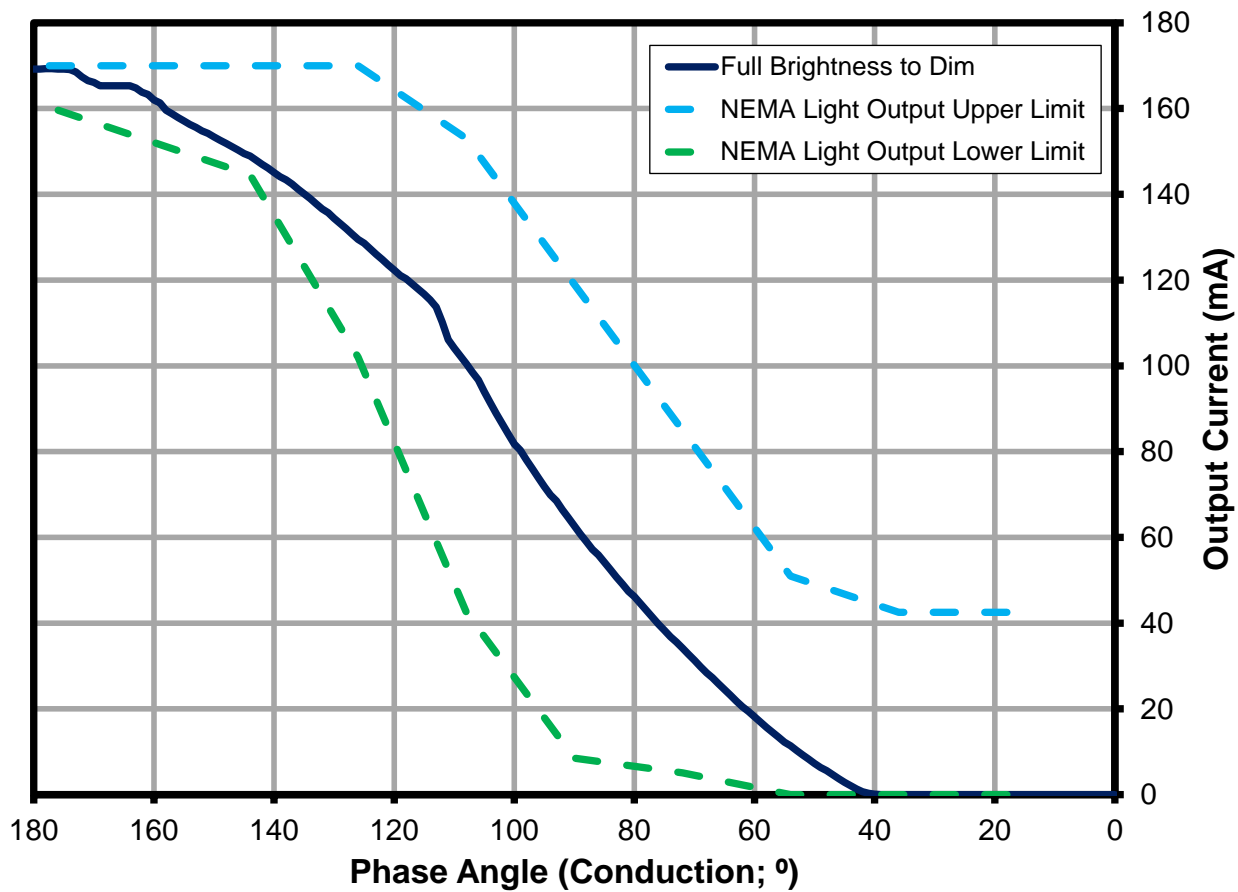


Figure 15 – Dimming Characteristic from Full Brightness to Full Dimming. Meets NEMA SSL 6-2010.



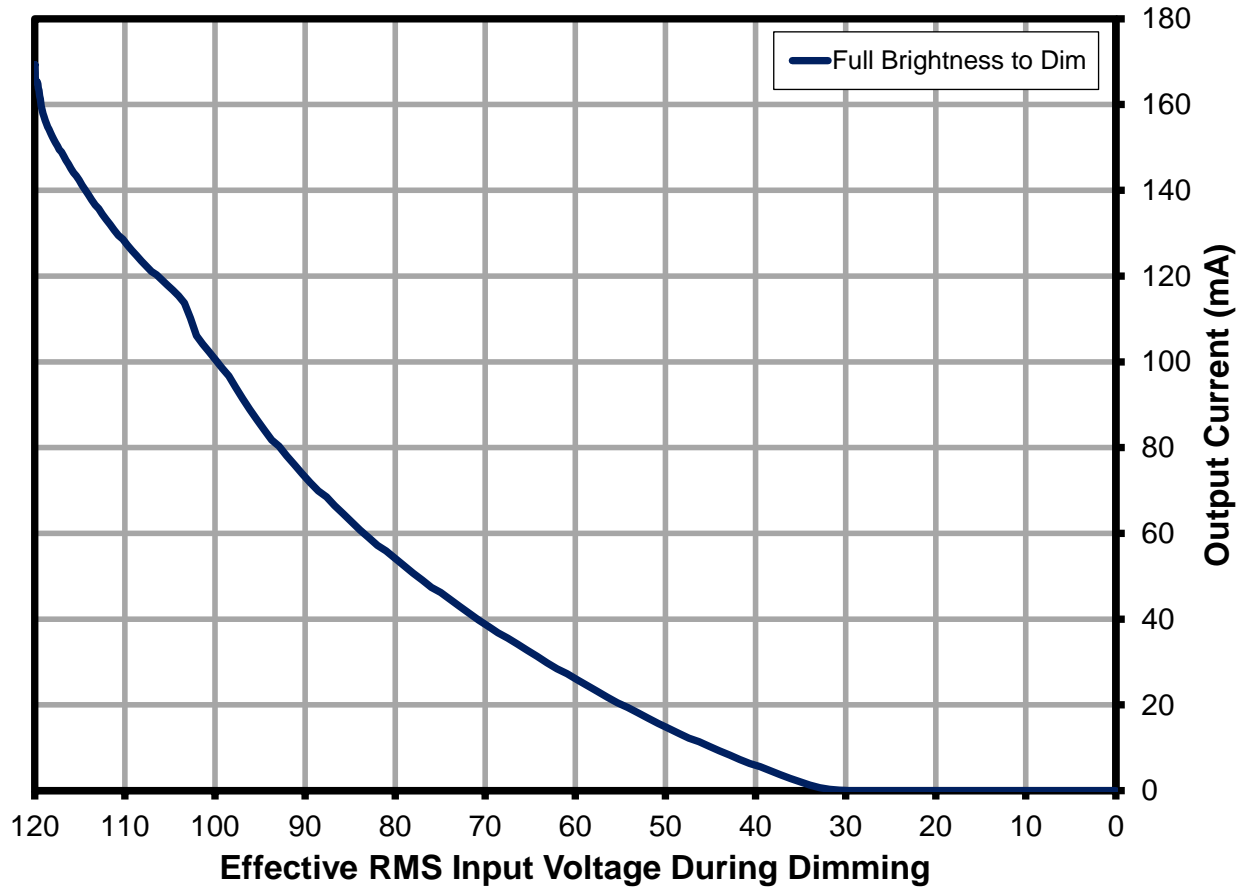


Figure 16 – Dimming Characteristic with Respect to RMS Input Voltage During Dimming.

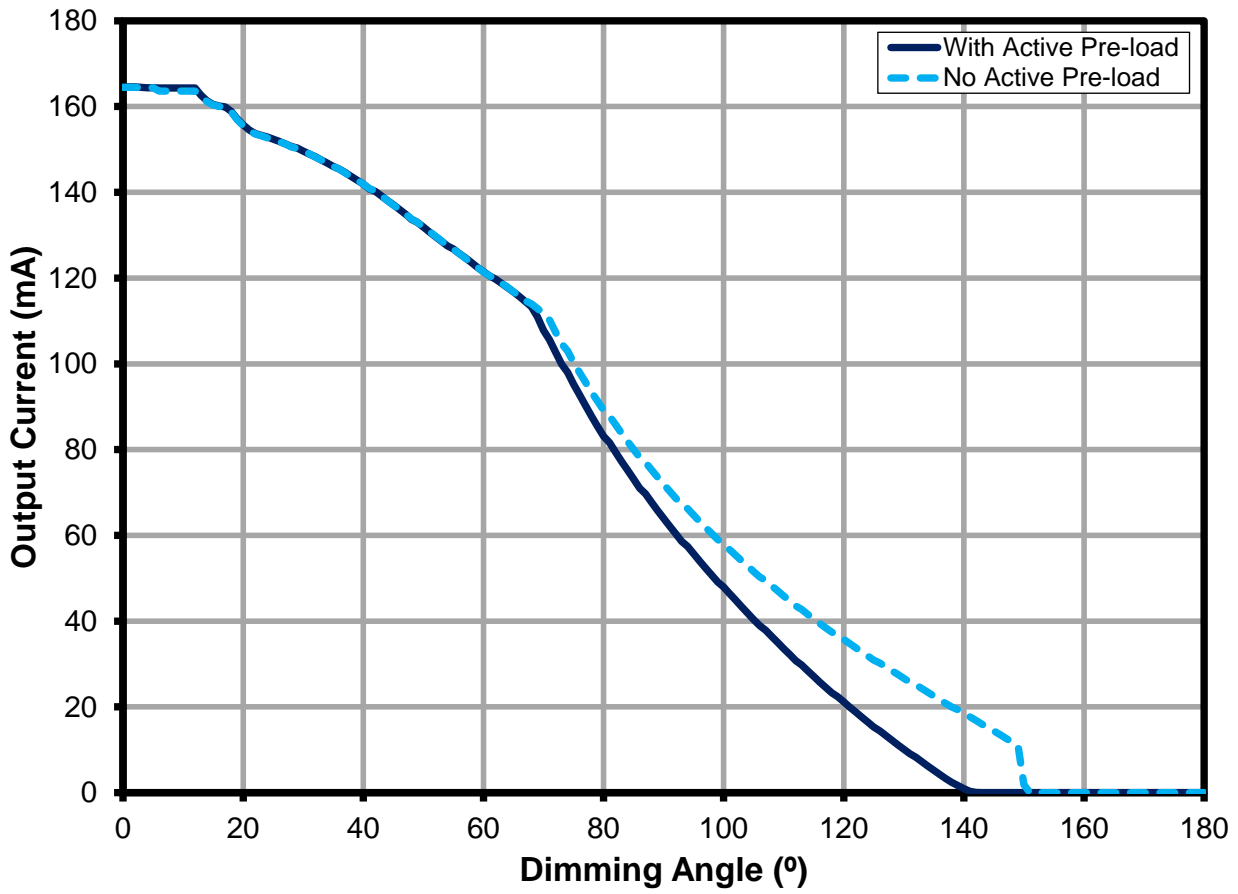


Figure 17 – Dimming Curve Comparison with and without Preload with Respect to Dimming Angle.



10.8 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	Dimmer Brand	Power	Part Number	I _{MIN} (mA)	I _{MAX} (mA)	Dim Ratio
1	LUTRON	600W	LG-600PH-WH	0	145	1450
2	LUTRON	600W	S-603P-WH	0	146	1460
3	LUTRON	600W	SLV600P-WH	0	148	1480
4	LUTRON	600W	S-600-WH	0	157	1570
5	LUTRON	600W	S-600PH-WH	0	146	1460
6	LUTRON	600W	DVWCL-153-PLH-WH	2	141	71
7	LUTRON	600W	DV-603P-WH	0	145	1450
8	LUTRON	600W	DV-600P-WH	0	145	1450
9	LUTRON	600W	TG-600PH-WH	2	150	75
10	LUTRON	600W	Q-600P-WH aka FA-600	0	147	1470
11	LUTRON	600W	AY-600P-WH	3	148	49
12	LUTRON	600W	GL-600P-WH	0	146	1460
13	LEVITON	600W	R62-06633-1LW	0	167	1670
14	LEVITON	600W	R62-06631-1LW	0	152	1520
15	LEVITON	600W	R60-IPI06-1LM	5	163	33
16	LEVITON	500W	R52-06161-00W	0	147	1470
17	LEVITON	600W	R52-RPI06-1LW	0	168	1680
18	LEVITON	600W	R60-06681-0IW	0	150	1500
19	LEVITON	1KVA	TGM10-1LW	0	143	1430
20	LEVITON	600W	R60-06684-1IW	0	167	1670
21	LEVITON	600W	6683	0	168	1680
22	LEVITON	450W	R02-06613-PLW	0	167	1670
23	COOPER		SLC03P-W-K-L	0	150	1500
24	LUTRON	600W	GL-600-WH	0	157	1570
25	LUTRON	200W	DVPDC-203P-WH	32	154	5
26	LUTRON	500W	LX-600PL-wh	0	153	1530
27	LUTRON	600W	D-600P-WH	0	141	1410
28	LUTRON	600W	CTCL-153PDH	0	142	1420
29	LUTRON	600W	S-600P	0	146	1460
30	LUTRON		TGLV-600P	0	151	1510
31	LUTRON	450W	TGLV-600PR	0	148	1480
32	LUTRON	300W	TT-300NLH-WH	0	160	1600
33	LUTRON	300W	TT-300H-WH	0	160	1600
34	LUTRON	800W	NLV-1000-WH	0	150	1500
35	LUTRON		MAELV -600	2	164	82
36	LUTRON		S-600P	0	154	1540
37	LUTRON		S-600P	0	166	1660
38	COOPER		S106P	0	164	1640
39	LUTRON	1000	S-103P-WH	4	156	39
40	LUTRON	1000	S-10P-WH	0	153	1530



Dimmer	Dimmer Brand	Power	Part Number	I _{MIN} (mA)	I _{MAX} (mA)	Dim Ratio
41	LUTRON	600	S-600PNLH-WH	0	157	1570
42	LUTRON	600	S-603PNL-WH	0	157	1570
43	LUTRON	600	SLV-603P-WH	0	156	1560
44	LUTRON	600	S-603PGH-WH	0	130	1300
45	LUTRON	600	AYLV-600P-WH	0	157	1570
46	LUTRON	600	AYLV-603P-WH	0	154	1540
47	LUTRON	1000	AY-103PNL-WH	2	162	81
48	LUTRON	1000	AY-103P-WH	1	163	163
49	LUTRON	1000	AY-10PNL-WH	0	174	1740
50	LUTRON	1000	AY-10P-WH	0	163	1630
51	LUTRON	600	AY-603PNL-WH	0	149	1490
52	LUTRON	600	AY-603PG-WH	1	123	123
53	LUTRON	600	AY-603P-WH	4	153	38
54	LUTRON	600	AY-600PNL-WH	0	156	1560
55	LUTRON	300	DVELV-300P-WH	0	153	1530
56	LUTRON	1000	DVLV-10P-WH	0	144	1440
57	LUTRON	1000	DVLV-103P-WH	0	145	1450
58	LUTRON	600	DVLV-603P-WH	0	146	1460
59	LUTRON	1000	S-1000-WH	0	156	1560
60	LUTRON	300	SELV-300P-WH	0	149	1490
61	LUTRON	600	S-600P-WH	0	145	1450
62	LUTRON	1000	S-103PNL-WH	2	144	72
63	LUTRON		SPSELV-600-WH	1	153	153
64	LUTRON	600	GLV-600-WH	0	156	1560
65	LUTRON		LG-603PGH-WH	0	130	1300
66	LUTRON		DVW-603PGH-WH	0	129	1290
67	LEVITON		VPI06	0	158	1580
68	LUTRON		TG-10PR-WH	8	163	20
69	LUTRON		NT-600	0	166	1660
70	LUTRON		NT-1000	0	167	1670
71	LUTRON		LGCL-153PLH-WH	14	150	11
72	LUTRON		CTCL-153PDH-WH	4	151	38
73	LUTRON		TGCL-153PH-WH	5	148	30
74	LUTRON		DVWCL-153PH-LA	6	152	25
75	LEVITON		81000-W	0	167	1670
76	LUTRON		TTCL-100LH-WH	5	150	30
			Average	1	153	1161



11 熱特性

11.1 使用した装置

Chamber: Tenney Environmental Chamber
Model No: TJR-17 942
AC Source: Chroma Programmable AC Source
Model No: 6415
Wattmeter: Yokogawa Power Meter
Model No: WT2000
Data Logger: Yokogawa
MV2000



Figure 18 – Thermal Chamber Set-up Showing Box Used to Prevent Airflow Over UUT.

11.2 熱特性測定結果

The unit was verified inside an enclosure box to avoid the effect of the circulating air in the chamber (LED load was outside the chamber).

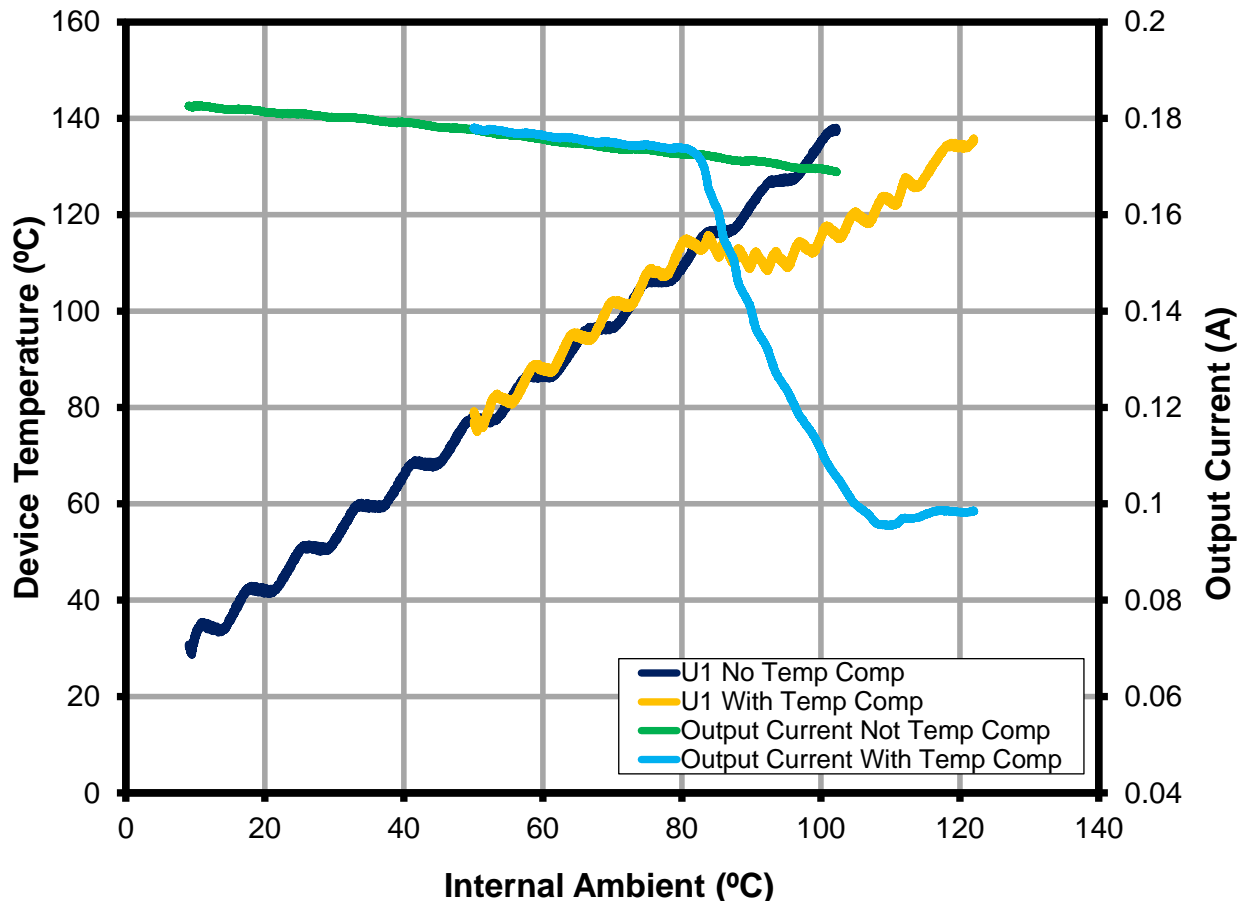


Figure 19 – Temperature Characteristic with and without Temperature Compensation at 90 V / 60 Hz Line Input. LED Driver is Potted.

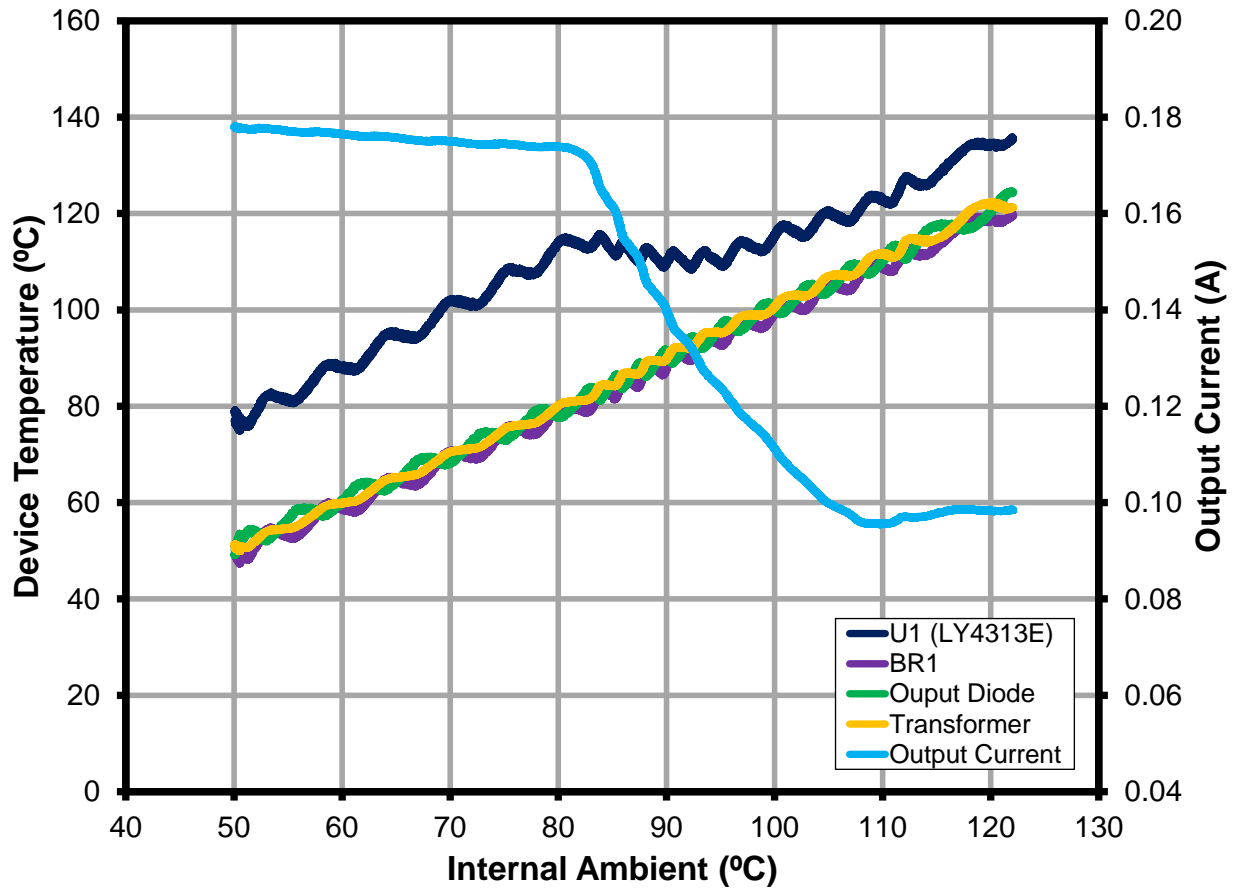


Figure 20 – Temperature characteristic of the LED Driver When Potted and with Thermal Compensation. Unit Can Be Designed to the Desired Characteristic for the Actual System.



11.3 温度分布スキャン

The scan is conducted at ambient temperature of 25 °C open frame, 90 VAC / 60 Hz input.

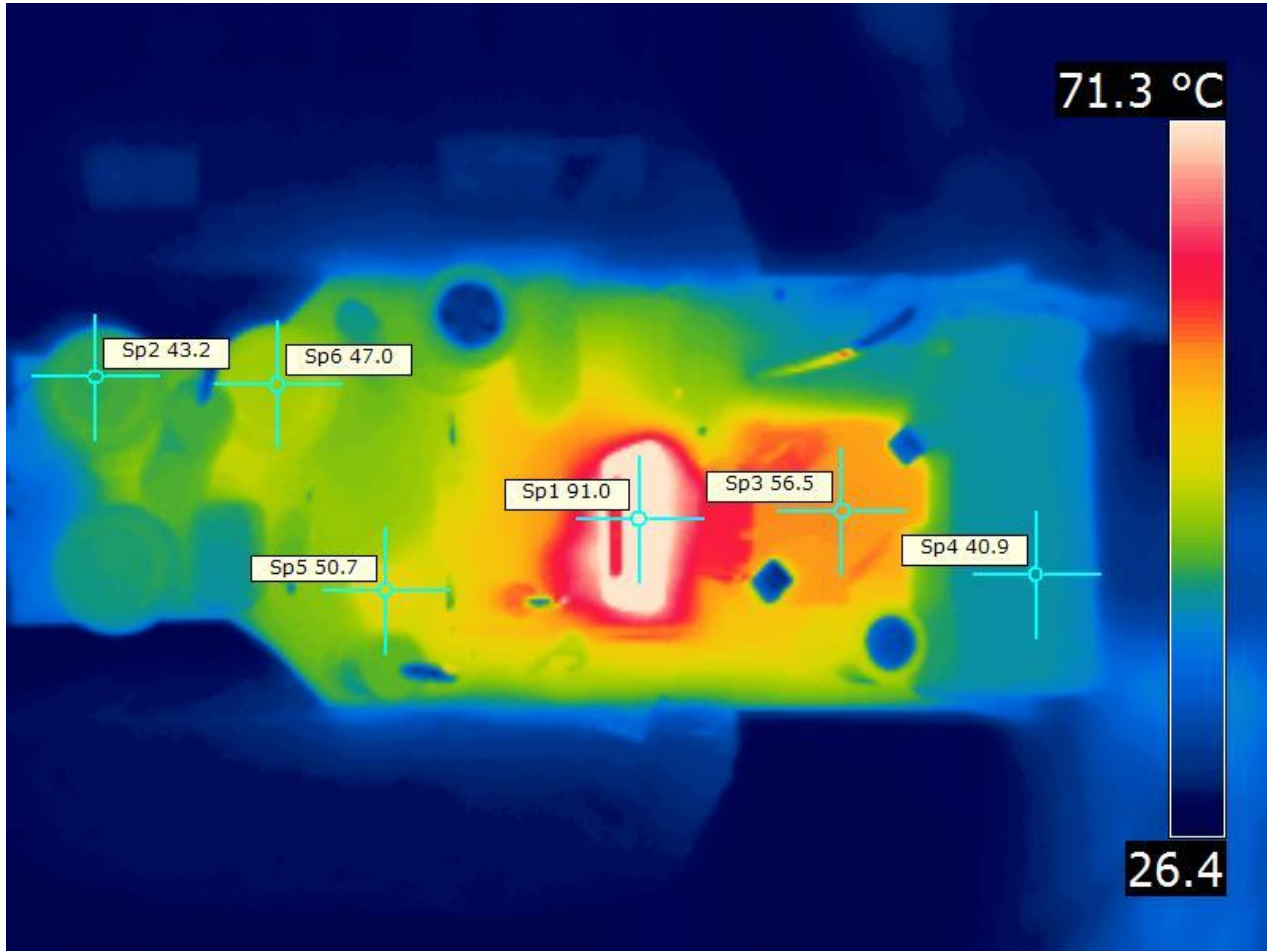


Figure 21 – Open Frame Thermal Scan. U1 without Heat Sink.

Legend:

- Sp1 – LTY4313E U1
- Sp2 – EMI Choke L1
- Sp3 – Power Transformer T1
- Sp4 – Output Capacitor C6
- Sp5 – Damper MOSFET Q10
- Sp6 – EMI Choke L3



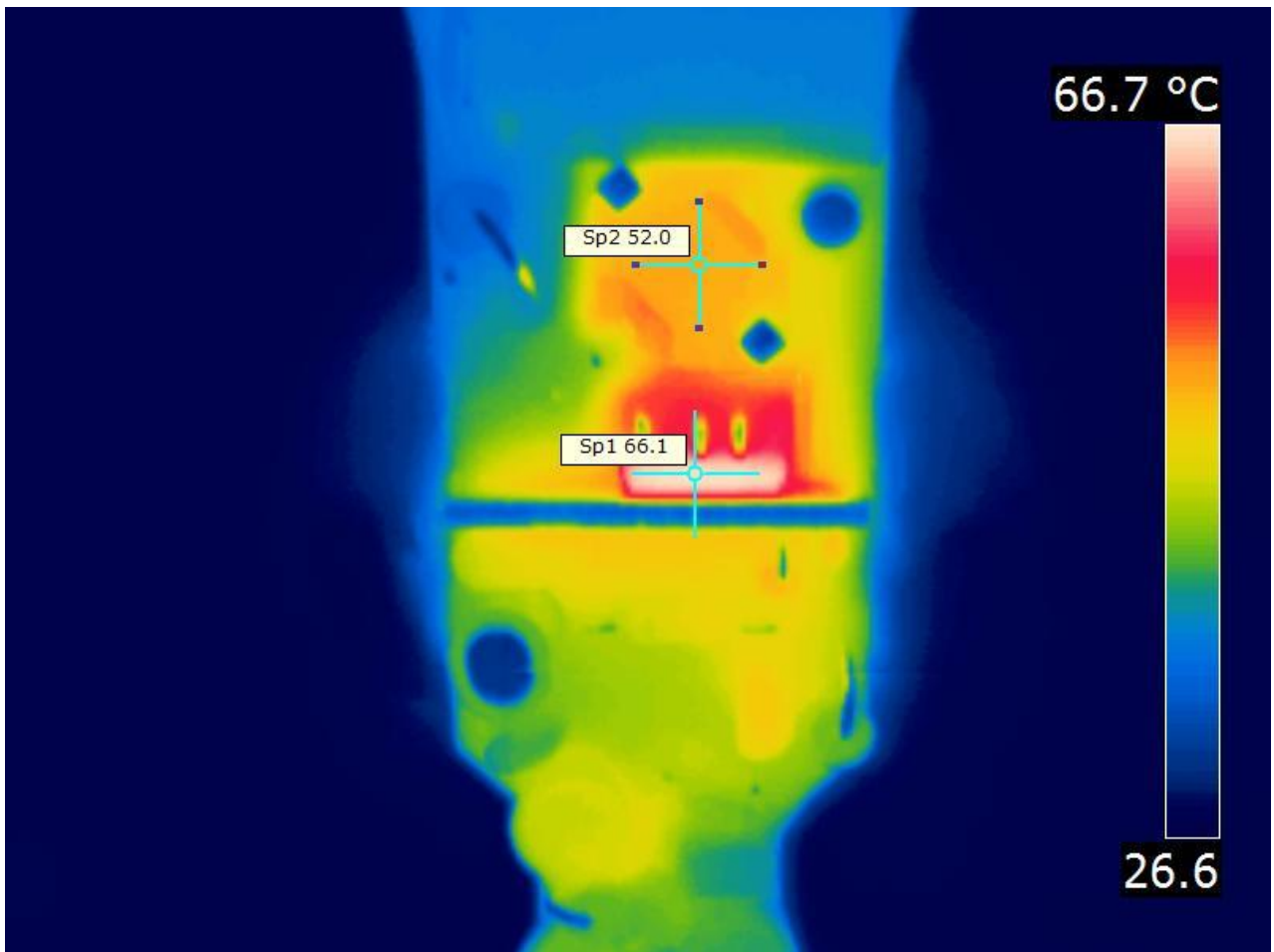


Figure 22 – Device (U1) Temperature Drops to 66 °C Once Attached with 15 mm x 25 mm Aluminum Heat Sink.

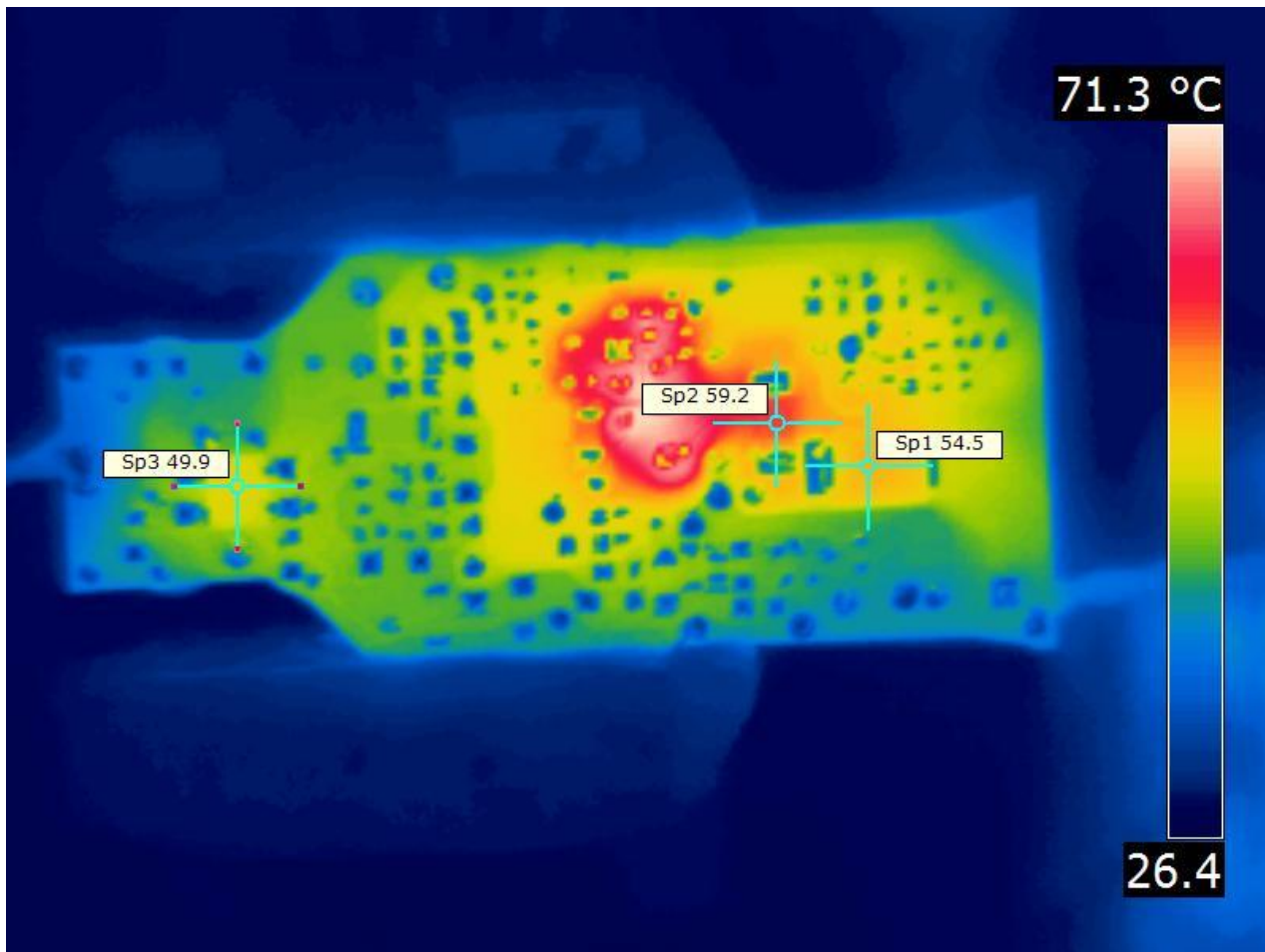


Figure 23 – Bottom Side Board Temperature at Open Frame.

Legend:

- Sp1 – Output Diode D3
- Sp2 – Blocking Diode D7
- Sp3 – Bridge Rectifier BR1



12 波形

12.1 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 guaranteed to work in continuous mode within the operating input voltage.

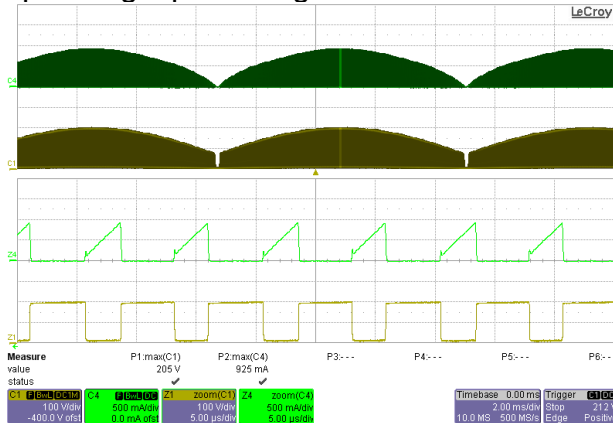


Figure 24 – 90 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div.
 Time Scale: 2 ms / div.
 Zoom Time Scale: 5 μ s / div.

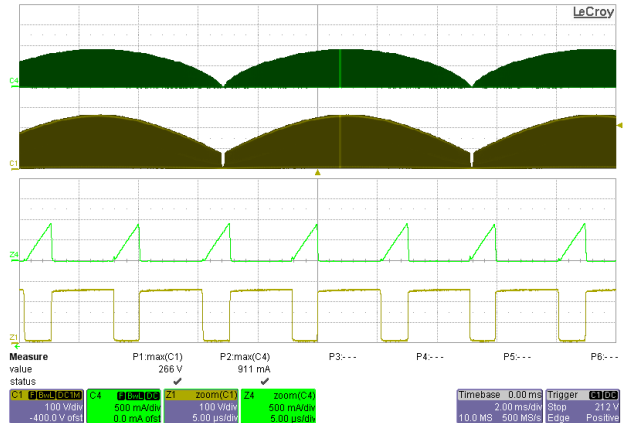


Figure 25 – 132 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div.
 Time Scale: 2 ms / div.
 Zoom Time Scale: 5 μ s / div.

12.2 ドレイン電圧及び電流起動プロファイル

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

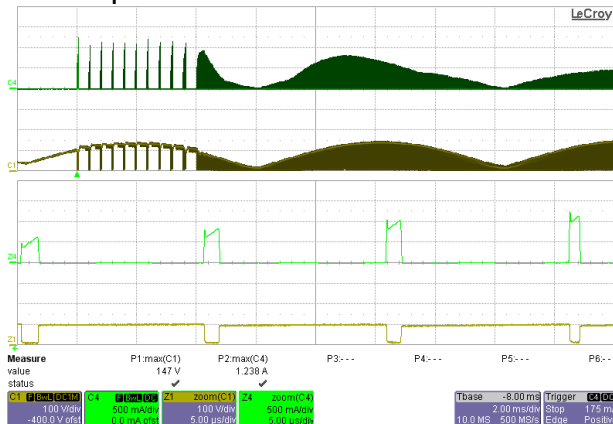


Figure 26 – 90 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div.
 Time Scale: 2 ms / div.
 Zoom Time Scale: 5 μ s / div.

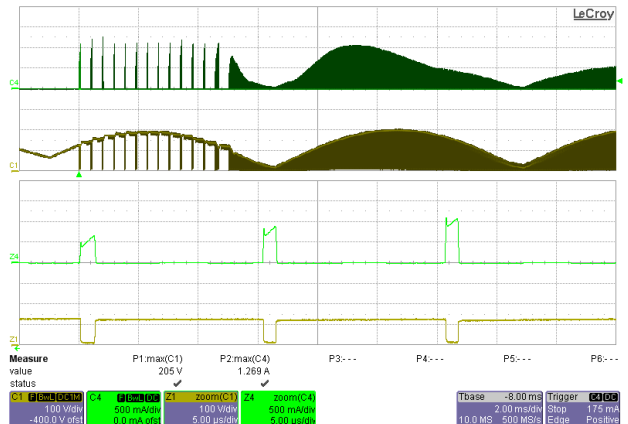


Figure 27 – 132 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div.
 Time Scale: 2 ms / div.
 Zoom Time Scale: 5 μ s / div.



12.3 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.

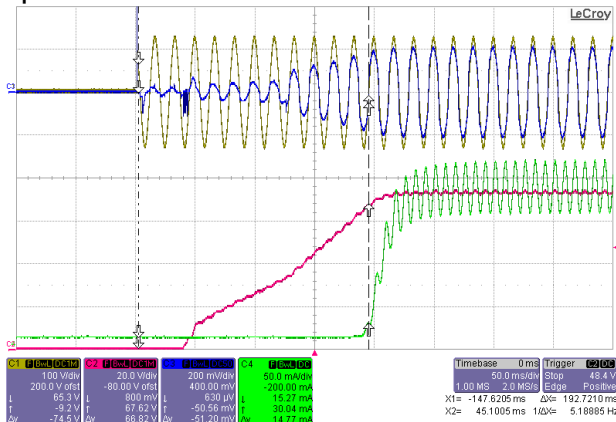


Figure 28 – 90 VAC / 60 Hz, 72 V LED.
 Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{IN} , 20 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div., 50 ms / div.

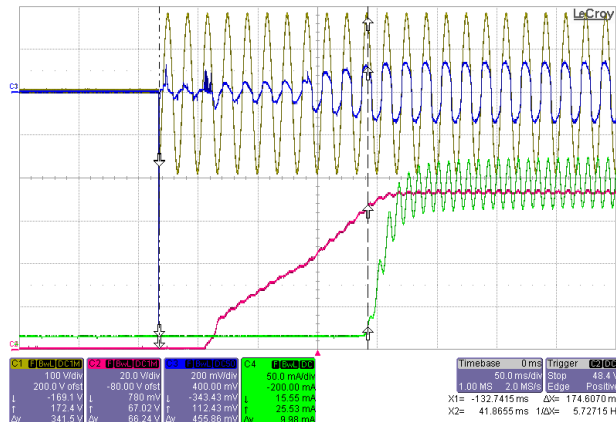


Figure 29 – 132 VAC / 60 Hz, 72 V LED.
 Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{IN} , 20 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div., 50 ms / div.

12.4 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.

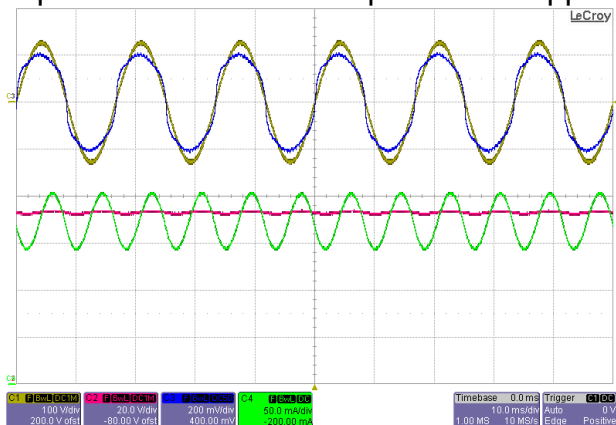


Figure 30 – 90 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.
 $C_{OUT} = 330 \mu F$.
 Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div., 10 ms / div.

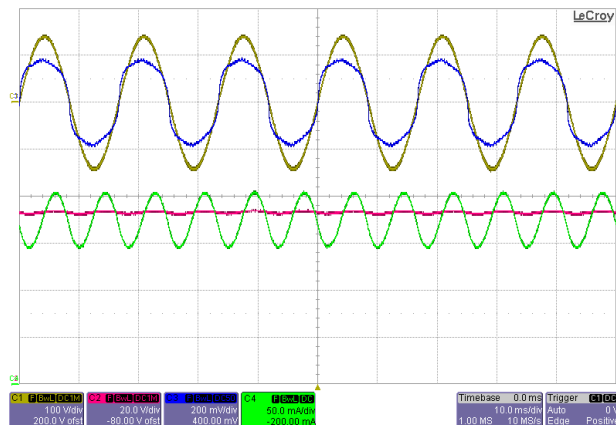


Figure 31 – 100 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.
 $C_{OUT} = 330 \mu F$.
 Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div., 10 ms / div.



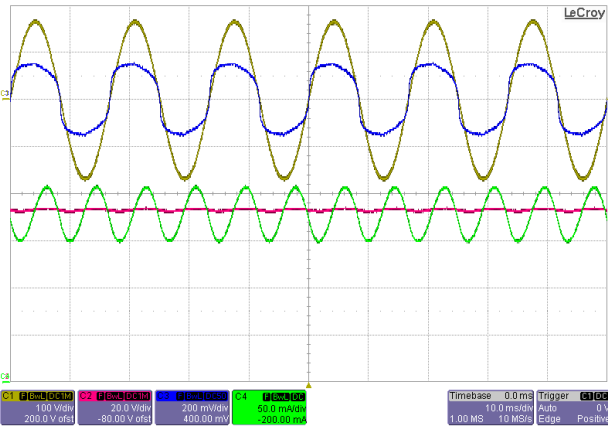


Figure 32 – 115 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

$C_{OUT} = 330 \mu\text{F}$.
 Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div., 10 ms / div.

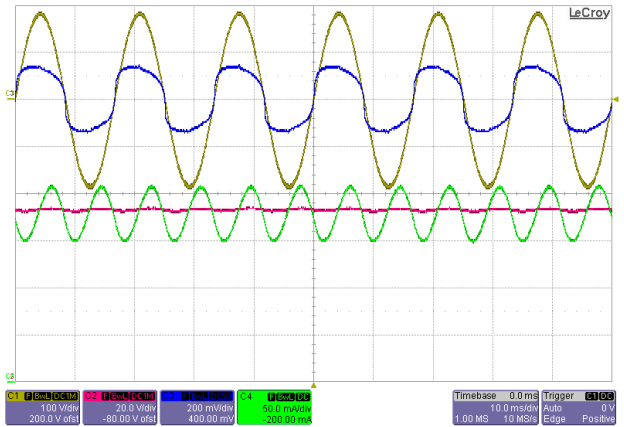


Figure 33 – 132 VAC / 60 Hz, 72 V LED String.

$C_{OUT} = 330 \mu\text{F}$.
 Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div., 10 ms / div..

12.5 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} .

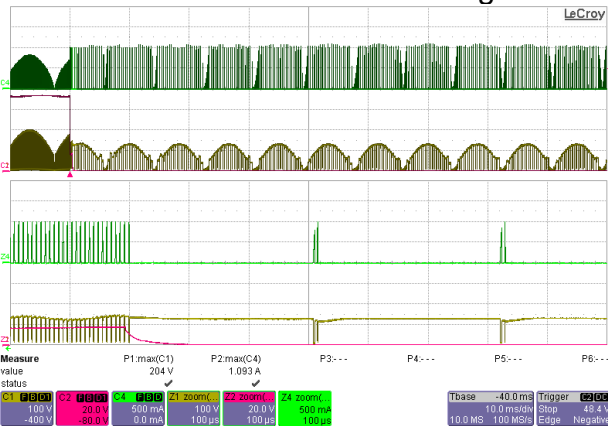


Figure 34 – 90 VAC / 60 Hz, Normal Operation then Output Short.

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div., 10 ms / div.
 Z4: I_{DRAIN} , 0.5A / div., 100 μs / div.

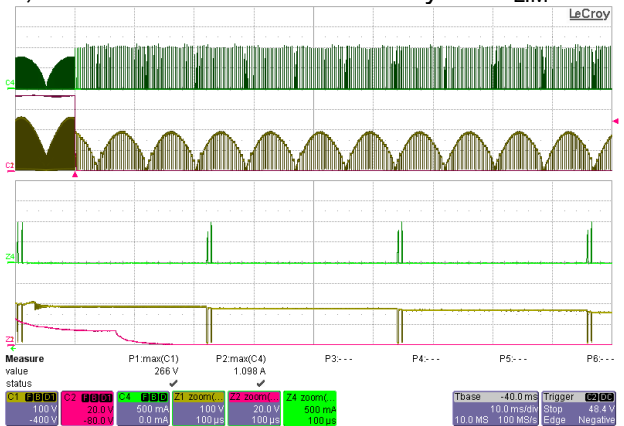


Figure 35 – 132 VAC / 60 Hz, Normal Operation then Output Short.

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div., 10 ms / div.
 Z4: I_{DRAIN} , 0.5A / div., 100 μs / div.



12.6 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.

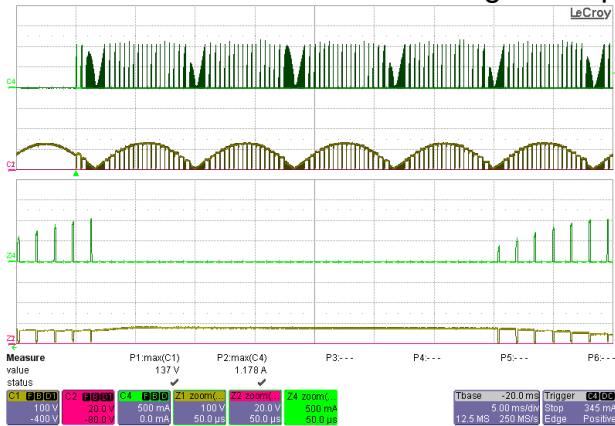


Figure 36 – 90 VAC / 50 Hz, Output Shorted.
 Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div., 5 ms / div.
 Z4: I_{DRAIN} , 0.5A / div., 50 μ s / div.

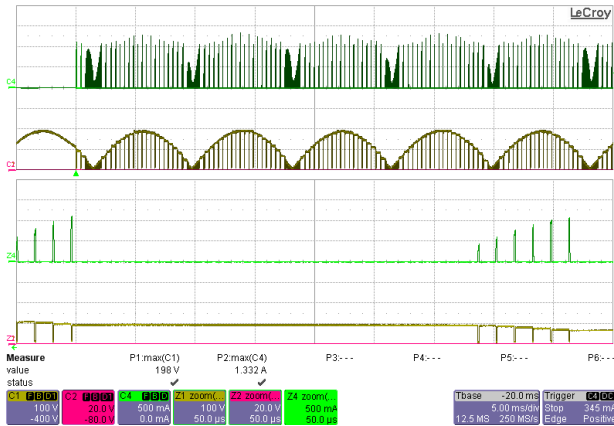


Figure 37 – 132 VAC / 50 Hz, Output Shorted.
 Ch1: V_{DRAIN} , 100 V / div.
 Ch2: V_{OUT} , 20 V / div.
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A / div., 5 ms / div.
 Z4: I_{DRAIN} , 0.5A / div., 50 μ s / div.

12.7 無負荷時の動作

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

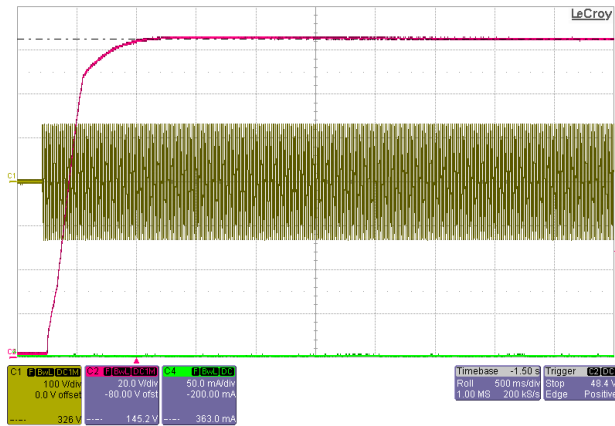


Figure 38 – 90 VAC / 60 Hz, Start-up No-load.
 Ch2: V_{OUT} , 100 V / div.
 Ch1: V_{IN} , 20 V / div.
 Time Scale: 500 ms / div.

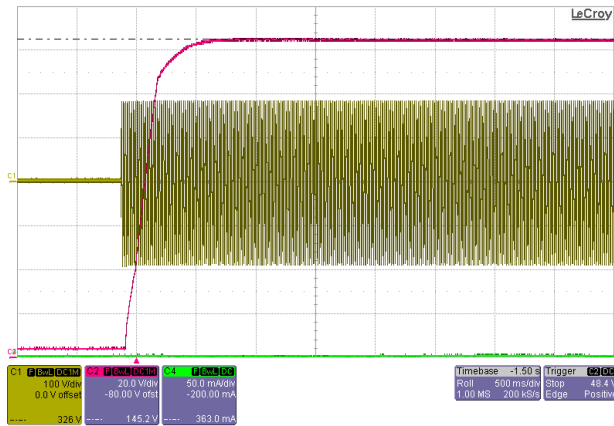


Figure 39 – 132 VAC / 60 Hz, Start-up No-load.
 Ch2: V_{OUT} , 100 V / div.
 Ch1: V_{IN} , 20 V / div.
 Time Scale: 500 ms / div.



12.8 AC サイクル

The reference design has no perceptible delay.

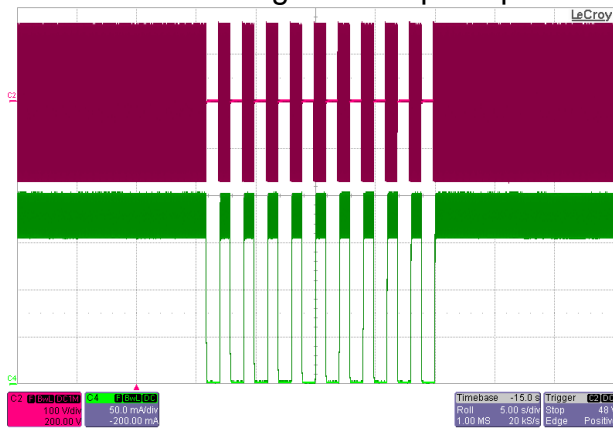


Figure 40 – 120 VAC / 60 Hz,
1 s On – 1 s Off.
Load: 72 V LED String.
Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div.
Time Scale: 5 s / div.

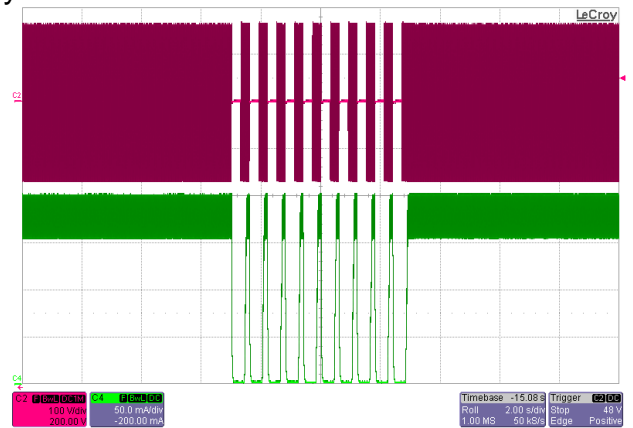


Figure 41 – 120 VAC / 60 Hz,
300 ms On – 300 ms Off.
Load: 72 V LED String.
Ch1: V_{IN} , 100 V / div.
Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div.
Time Scale: 5 s / div.



12.9 調光サンプル波形

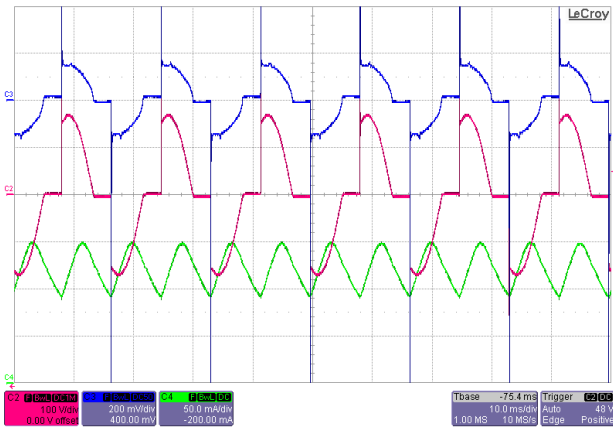


Figure 42 – 120 VAC / 60 Hz, LG-603PGH-Dimmer at Full TRIAC Conduction.
 Load: 72 V LED String.
 Ch2: V_{OUT} , 100 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div.
 Time Scale: 10 ms / div.

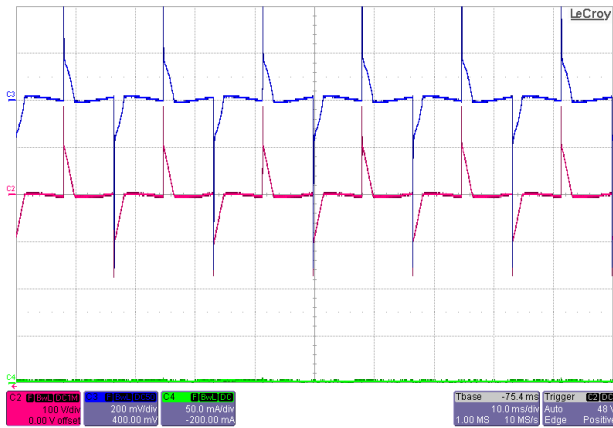


Figure 43 – 120 VAC / 60 Hz, LG-603PGH-Dimmer at Minimum TRIAC Conduction.
 Load: 72 V LED String.
 Ch2: V_{OUT} , 100 V / div.
 Ch3: I_{IN} , 200 mA / div.
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA / div.
 Time Scale: 10 ms / div.

Refer to the unit to dimmer compatibility section for the dimmers evaluated for this LED driver.

12.9.1 入力サージの波形

12.9.2 ディファレンシャル モード入力サージ

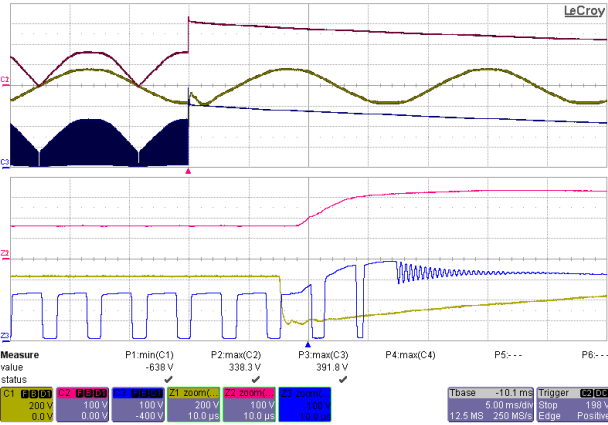


Figure 44 – 120 VAC / 60 Hz, 72 V Load,
 $V_{DS} = 391.8 V_{PK}$.
 (+) 500 V Differential Line Surge at 90°.
 Ch1: V_{IN} , 200 V / div.
 Ch2: V_{BULK} , 100 V / div.
 Ch4: V_{DS} , 100 V / div., 5 ms / div.
 Zoom Time Scale: 10 μ s / div.

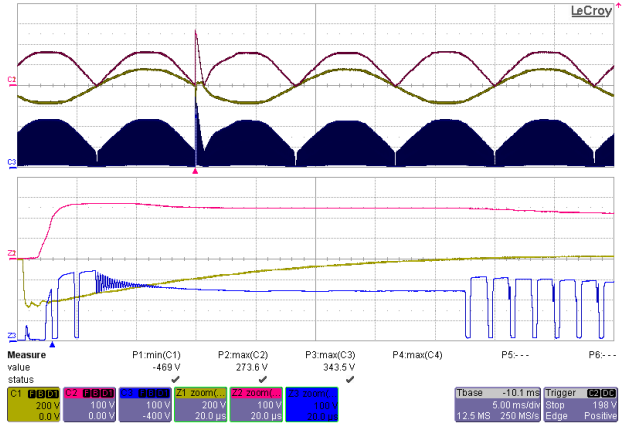


Figure 45 – 120 VAC / 60 Hz, 72 V Load,
 $V_{DS} = 343.5 V_{PK}$.
 (+) 500 V Differential Line Surge at 0°.
 Ch1: V_{IN} , 200 V / div.
 Ch2: V_{BULK} , 100 V / div.
 Ch4: V_{DS} , 100 V / div., 5 ms / div.
 Zoom Time Scale: 20 μ s / div.

12.9.3 ディファレンシャル モード リング サージ

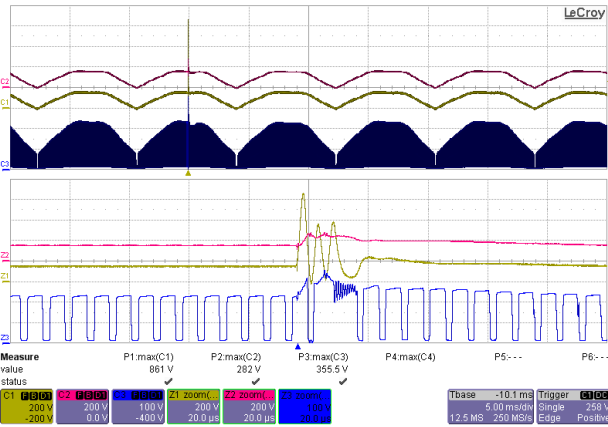


Figure 46 – 120 VAC / 60 Hz, 72 V Load,
 $V_{DS} = 391.8 V_{PK}$.
 (+) 500 V Differential Ring Surge at 90°.
 Ch1: V_{BRIDGE} , 200 V / div.
 Ch2: V_{BULK} , 200 V / div.
 Ch4: V_{DS} , 100 V / div., 5 ms / div.
 Zoom Time Scale: 20 μ s / div.

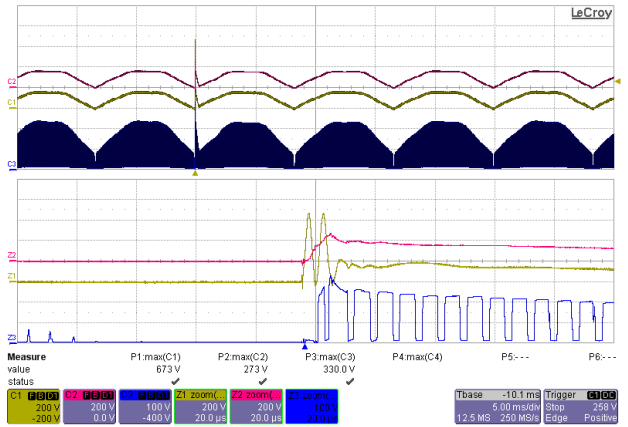


Figure 47 – 120 VAC / 60 Hz, 72 V Load,
 $V_{DS} = 343.5 V_{PK}$.
 (+) 500 V Differential Ring Surge at 0°.
 Ch1: V_{BRIDGE} , 200 V / div.
 Ch2: V_{BULK} , 200 V / div.
 Ch4: V_{DS} , 100 V / div., 5 ms / div.
 Zoom Time Scale: 20 μ s / div.

13 入力サージ

Input voltage was set at 120 VAC / 60 Hz. Output was loaded with a 72 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 μ 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

The unit passes under all test conditions.



14 伝導 EMI ノイズ

14.1 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

14.2 EMI 試験のセットアップ

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



Figure 48 – Conducted Emissions Measurement Set-up.

14.3 EMI 試驗結果

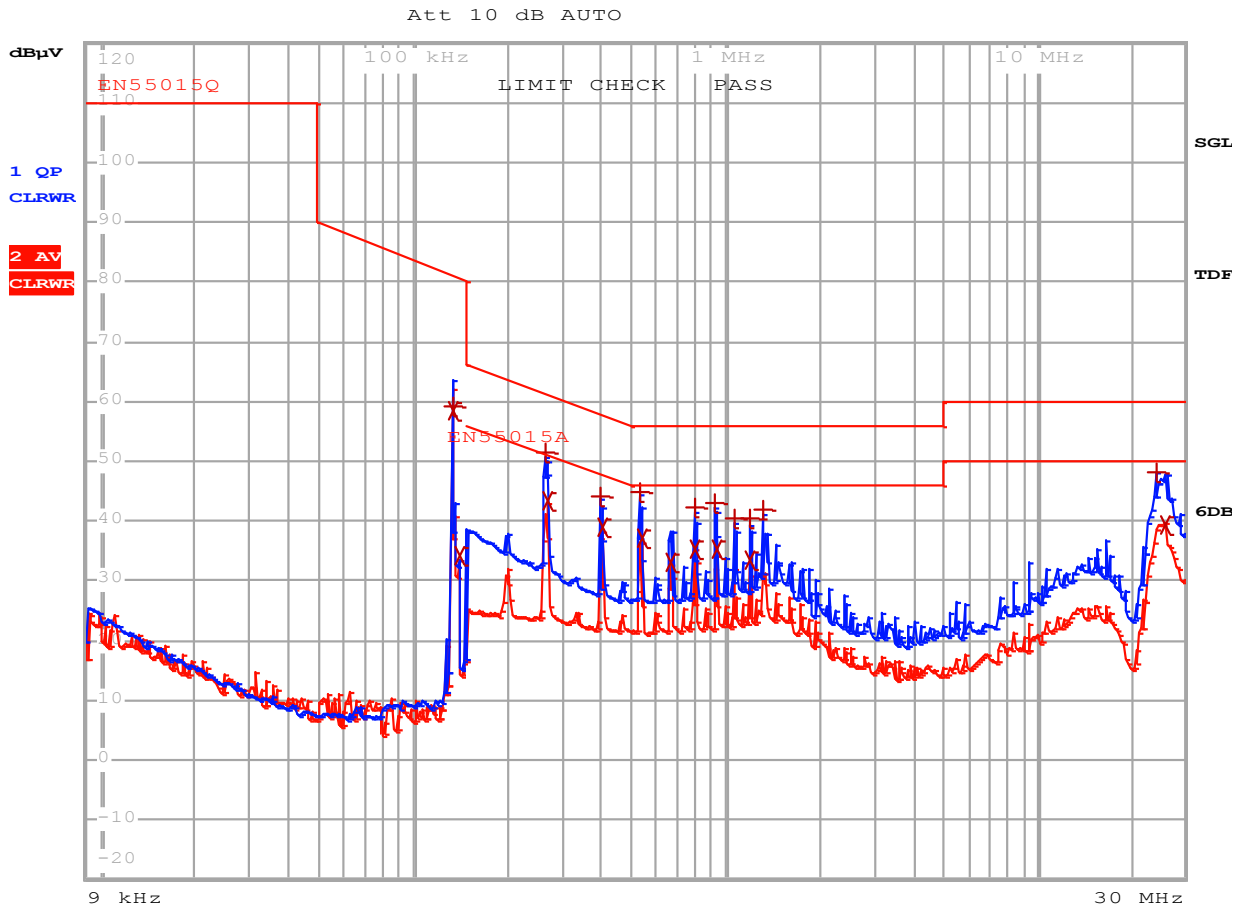


Figure 49 – Conducted EMI, 72 V Output / 170 mA Steady-State Load, 120 VAC, 60 Hz, and EN55015 Limits.



EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)						
Trace1:	EN55015Q					
Trace2:	EN55015A					
Trace3:	---					
	TRACE	FREQUENCY	LEVEL	dB μ V		DELTA LIMIT
1	Quasi Peak	133.454986145 kHz	59.23	N	gnd	-21.83
2	Average	133.454986145 kHz	58.28	L1	gnd	
2	Average	140.262531674 kHz	34.24	L1	gnd	
1	Quasi Peak	264.49018761 kHz	51.33	N	gnd	-9.95
2	Average	267.135089486 kHz	43.45	N	gnd	-7.75
1	Quasi Peak	397.727746704 kHz	44.12	N	gnd	-13.77
2	Average	401.705024172 kHz	39.02	N	gnd	-8.79
1	Quasi Peak	530.769219795 kHz	44.94	N	gnd	-11.05
2	Average	536.076911993 kHz	37.24	N	gnd	-8.75
2	Average	667.263434405 kHz	33.13	N	gnd	-12.86
1	Quasi Peak	798.145472681 kHz	42.15	N	gnd	-13.84
2	Average	798.145472681 kHz	35.34	N	gnd	-10.65
1	Quasi Peak	926.622115652 kHz	43.07	N	gnd	-12.92
2	Average	935.888336808 kHz	35.13	N	gnd	-10.86
1	Quasi Peak	1.06512822736 MHz	40.39	N	gnd	-15.60
1	Quasi Peak	1.20021314689 MHz	40.43	N	gnd	-15.56
2	Average	1.20021314689 MHz	33.33	N	gnd	-12.66
1	Quasi Peak	1.32578199726 MHz	41.85	N	gnd	-14.14
1	Quasi Peak	23.9878811379 MHz	48.01	L1	gnd	-11.98
2	Average	25.4636191981 MHz	39.24	L1	gnd	-10.75

Figure 50 – Conducted EMI, 72 V / 170 mA Steady-State Load Steady-State Load, 120 VAC, 60 Hz, and EN55015 Limits. Line and Neutral Scan Design Margin Measurement.



15 改訂履歷

Date	Author	Revision	Description and Changes	Reviewed
09-Apr-13	JDC	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

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 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

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

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

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

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

インド

#1, 14th 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

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

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

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

イタリア

Via Milanese 20, 3rd 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

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

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

