

# LNK454/456-458/460 LinkSwitch-PL ファミリー



トライアック調光機能、ワンコンバータ型 PFC、及び定電流制御を搭載した非絶縁型アプリケーション用 LED ドライバ IC

## 製品ハイライト

### オフライン LED ドライバを劇的に簡素化

- フリッカの無い位相制御機能付きトライアック調光機能
- ワンコンバータ型 PFC の搭載と高精度な定電流 (CC) 出力
- 電解コンデンサを使用せず、少ない部品点数で小型の既存照明置換えを実現
- 小型の SO8, eSOP, eDIP パッケージ
- すべての位相補正回路が不要

### 優れた動作特性

- 非絶縁型フライバック設計に最適
- 周波数ジッタリングにより EMI フィルタのサイズとコストを大幅に削減
- 電力消費が少ない LED 電流ダイレクトセンス方式

### 優れた保護機能及び安全特性

- 低出力電力のような異常検知時、サイクルスキップ動作により出力電流をクランプ
- 725 V のワンチップ パワー MOSFET を使用し、整流コンデンサ容量を小さくでき、電力容量の最大化が可能
- 短絡、過負荷、オープン フィードバック、及び出力過電圧保護
- 自動復帰タイプ過熱保護機能
- 基板上及び IC パッケージ上の双方において、DRAIN ピンとそれ以外のピン間の高電圧沿面距離に適合

### EcoSmart™ - 高エネルギー効率

- 高いカ率を持ち、システムの入力 VA あたりのルーメンを最適化
- 全入力及び負荷範囲において、スイッチング損失と導通損失のバランスをとった制御アルゴリズムで最適なエネルギー効率を保持

## 概要

LinkSwitch-PL ファミリーにより、超小型で低コストなワンコンバータ型 PFC を搭載した半導体照明用定電流ドライバが実現します。LinkSwitch-PL は、LED 電流ダイレクトセンス方式に最適化されており、幅広い入力電圧範囲で動作して、最大 16 W の出力電力を供給します。LinkSwitch-PL の制御アルゴリズムにより、外付けの部品点数を最小限に抑えつつ、フリッカの無いトライアック調光機能を実現できます。

各デバイスとも、定格 725 V のパワー MOSFET を搭載、不連続モードで動作し、周波数と ON 時間が可変の新型コントローラを導入、更に周波数ジッター、サイクル・バイ・サイクル・カレントリミット、自動復帰タイプ過熱保護回路などをすべてワンチップ上に集積しました。パッケージとしては 4 ピンの SO-8C、eSOP-12、eDIP-12 を用意しています。

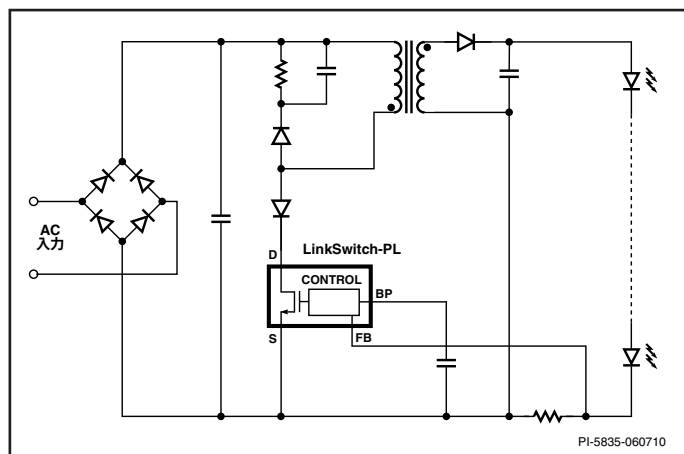


図 1. 基本的なアプリケーション回路図

## 出力電力表

製品 <sup>2</sup>	85-265 VAC	
	最小出力電力	最大出力電力 <sup>1</sup>
LNK454D	1.5 W	3 W
LNK456D	3 W	6 W
LNK457D/K/V	4 W	8 W
LNK458K/V	6 W	11.5 W
LNK460K/V	8 W	16 W

表 1. 出力電力テーブル

注:

- 周囲温度 +50 °C、適切なヒートシンクを使用したオープン フレーム設計での実質的な最大連続電力 (詳細については、「応用時の重要検討項目」を参照してください)。
- パッケージ: D: SO-8C, K: eSOP-12, V: eDIP-12。

直列接続 LED の数	出力電流			
	350 mA	500 mA	700 mA	1,000 mA
1	LNK454	LNK454	LNK454	LNK456
2	LNK454	LNK456	LNK456	LNK457
3	LNK456	LNK456	LNK457	LNK458
4	LNK456	LNK457	LNK458	LNK460
5	LNK457	LNK458	LNK460	
6	LNK457	LNK458	LNK460	
7	LNK458	LNK460		
8	LNK458	LNK460		
9	LNK458	LNK460		
10	LNK460			
11	LNK460			
12	LNK460			

表 2. 出力 LED の直列接続の数と電流に基づくデバイス選択 (一般的な値として LED あたり 3.5 V の電圧降下を仮定しています)

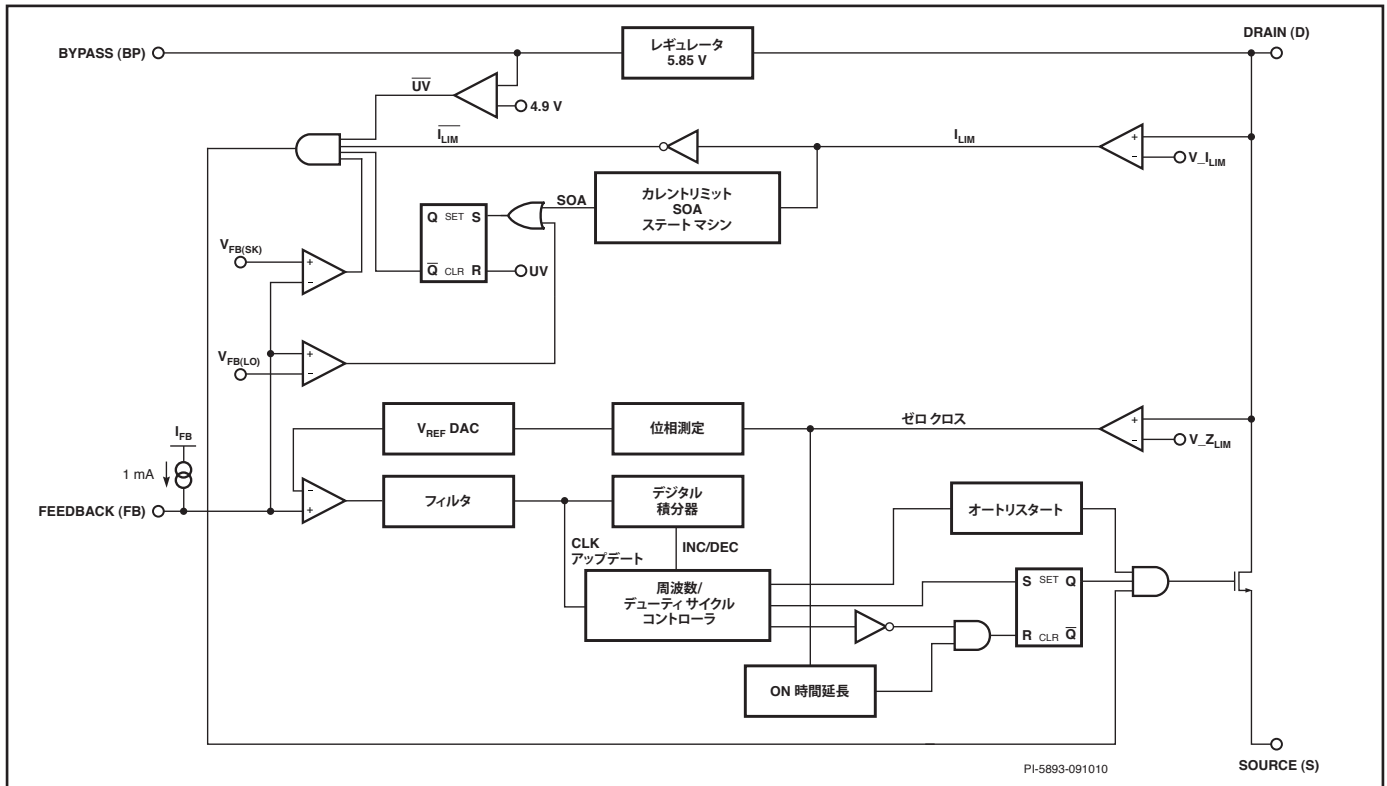


図 2. 機能ブロック図

**ピン機能の説明**

**DRAIN (D) ピン :**

高耐圧パワー MOSFET のドレインに接続。内部起動バイアス電流は、高電圧定電流回路を介してこのピンから供給されます。ドレイン電流センス及び関連するコントローラ機能も、このピンを使用して実行されます。

**SOURCE (S) ピン :**

パワー MOSFET のソースに接続。BYPASS 及び FEEDBACK の各端子に対するグラウンド電位を提供。

**BYPASS (BP) ピン :**

内部で生成される 5.85 V 電源用の外付けバイパス コンデンサの接続ポイント。

**FEEDBACK (FB) ピン :**

LED 電流センス ピン。通常動作時は、290 mV のスレッシュホールドにより、負荷センス抵抗を介して流れる電流の平均値が決まります。

第 2 のスレッシュホールドにより、過剰な出力電流リップルがクランプされます。

これより高い第 3 のスレッシュホールドは、出力短絡や過電圧保護に使用されます (図 5 を参照)。

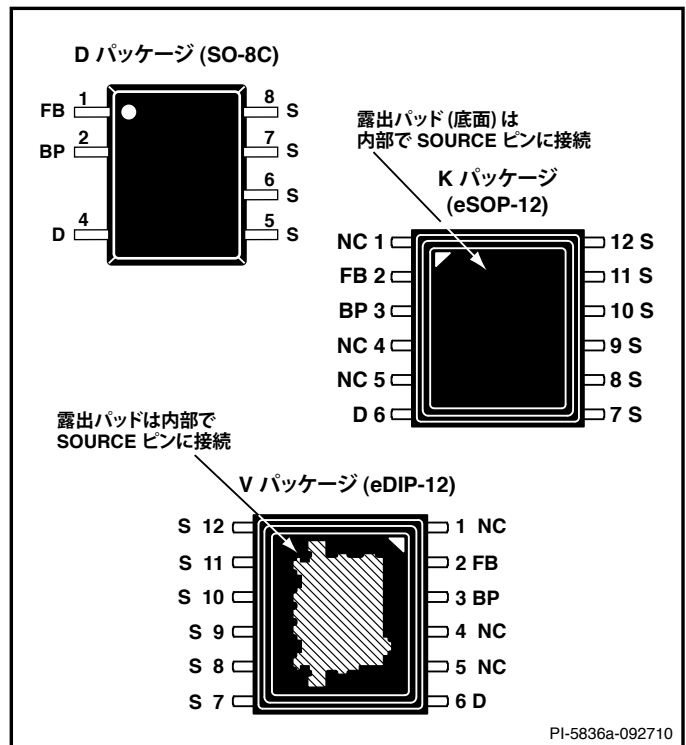


図 3. ピン配置図 (上面図)

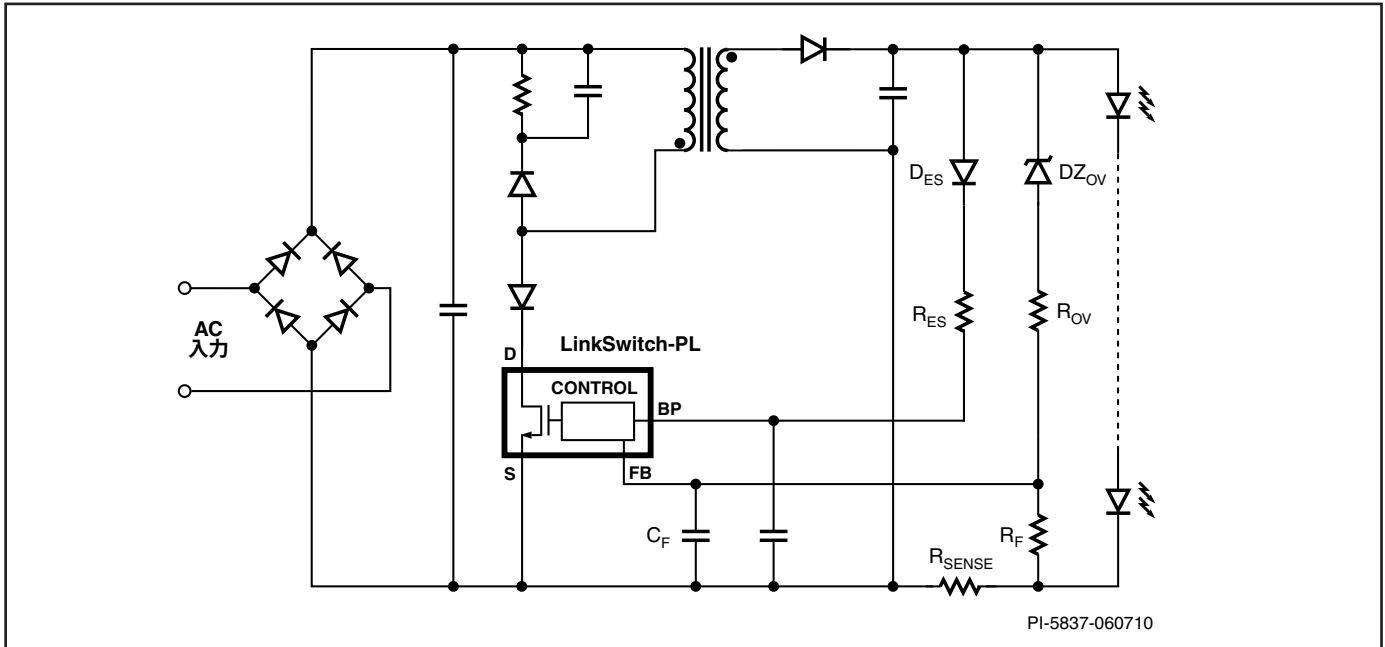


図 4. 標準的なアプリケーション回路図

### 機能の説明

LinkSwitch-PL には、1 つのデバイスに高耐圧パワー MOSFET スイッチと電源コントローラが組み込まれています。この IC は、ワンコンバータ型の PFC の機能と LED の電流制御を提供します。LinkSwitch-PL コントローラは、発振器、フィードバック (検出及びロジック) 回路、5.85 V レギュレータ、自動復帰タイプ過熱保護、周波数ジッタリング機能、サイクル・バイ・サイクル・カレントリミット、位相補正回路、オートリスタート、スイッチング ON 時間延長、力率改善、及び定電流制御で構成されます。

LED 電流ダイレクト センス構成であるため、FEEDBACK ピンの平均電圧は LED 電流になり、センス抵抗 (図 4 の  $R_{SENSE}$ ) によってセンシングされます。小型のローパス フィルタ (図 4 の  $R_F$  と  $C_F$ ) により、FEEDBACK ピンの高周波ノイズが低減されます。

図 5 は、FEEDBACK ピン電圧の動作領域を示しています。LinkSwitch-PL の動作点は、定常動作時の FEEDBACK ピンの平均電圧が 290 mV になるように設定されます。このスレッショールドは、センス抵抗による消費電力を最小限に抑えるために、低く設定されています。内部 MOSFET スwitching 周波数と ON 時間は、出力電流を制御し高い力率を保つために、入力 AC ハーフサイクルごとに更新されます。

FEEDBACK ピンのピーク電圧が 520 mV を超えると、サイクル スキップ モードになり、ワンチップ パワー MOSFET で処理される電力はサイクルごとにクランプされます。スイッチング周波数は、出力 LED の熱ストレスを減らすため、入力電圧ハーフサイクル中に変化する場合があります。

オートリスタート保護は、FEEDBACK ピンの電圧が 2 V を超えるとトリガされます。この機能を使用すると、出力過電圧保護を (図 4 の  $DZ_{OV}$  と  $R_{OV}$  を介して) 提供することができ、これによって IC はオートリスタート モードになります。

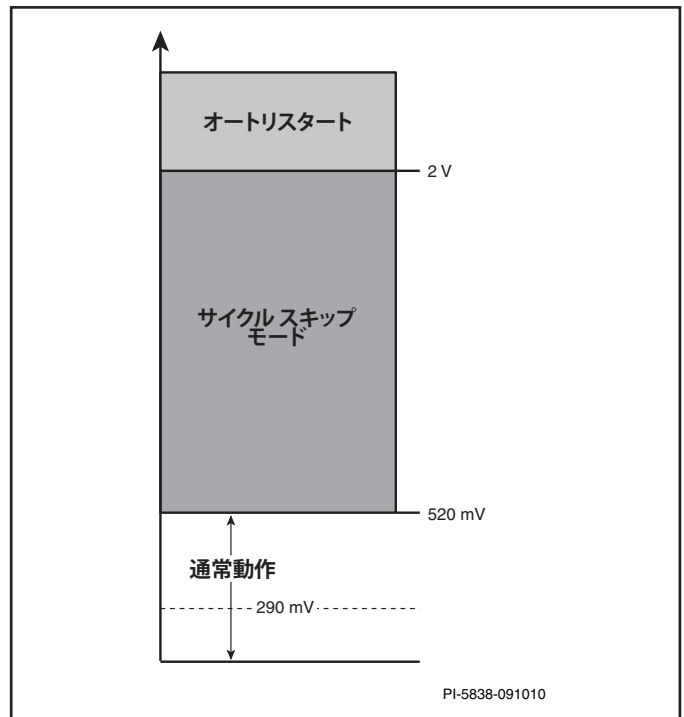


図 5. FEEDBACK ピンの動作電圧のスレッショールド

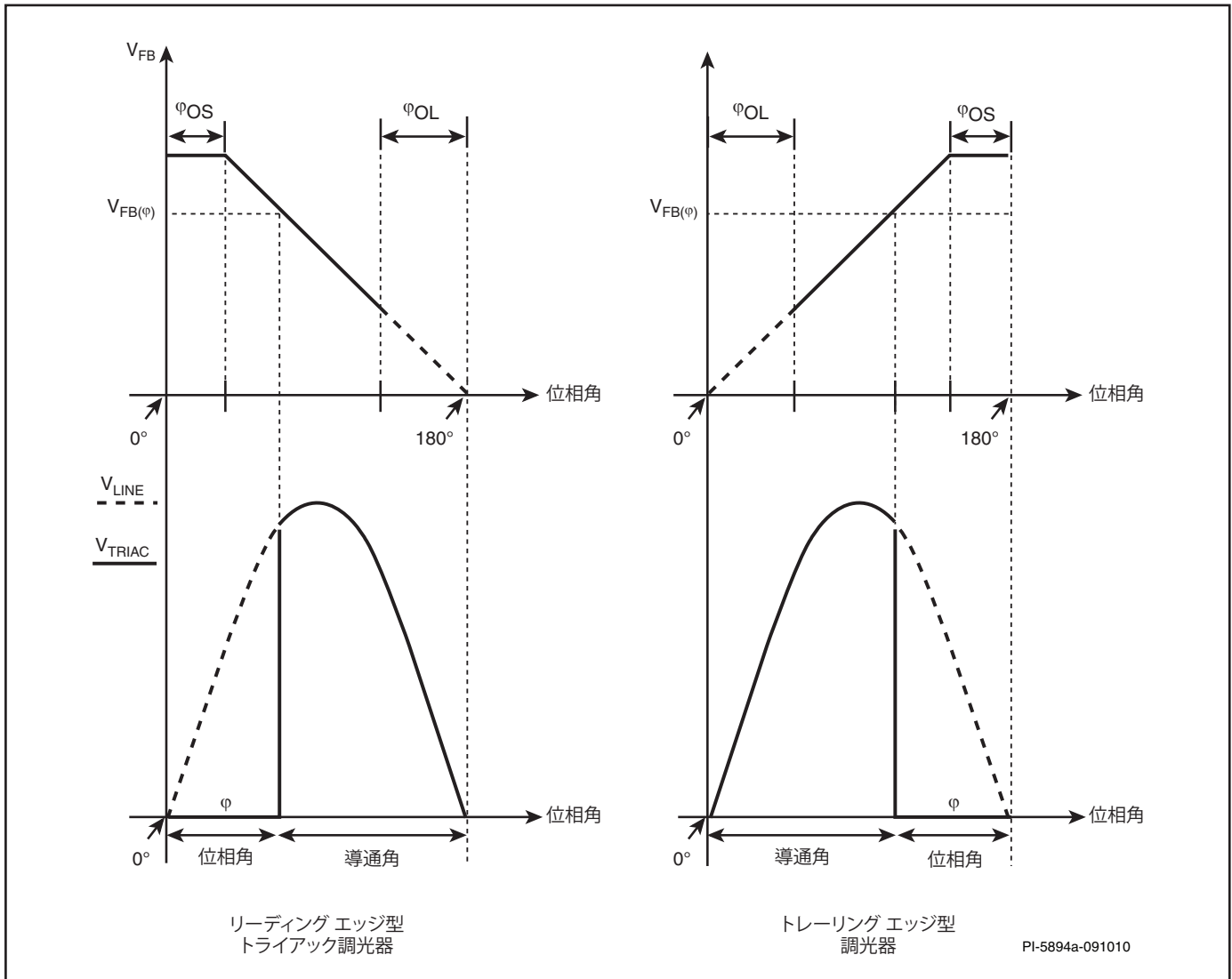


図 6. フィードバック電圧と位相調光特性

### トライアック (位相制御付き) 調光機能

LinkSwitch-PL には、位相制御機能付きトライアック調光器の使用時に、複雑な外部回路を使用せずに調光範囲を改善する複数の機能が内蔵されています。出力 LED 電流は、トライアック調光器の導通角に比例して変化する FEEDBACK ピン電圧によって制御されます。導通角が小さくなると、FEEDBACK ピンの電圧が下がり、平均 LED 電流が減少します。

FEEDBACK ピンの基準電圧の制御は、AC 入力ハーフサイクル期間の約 25% で開始されます。この ( $\phi_{OS}$ ) スレッシュホールドを超えると、位相角の第 2 のスレッシュホールドに達するまで、 $V_{FB}$  と出力 LED 電流が削減されます。

この第 2 のスレッシュホールドでは、トライアックの導通角が非常に制限されており、IC は一定の周波数及びデューティ サイクルでオープン ループ制御となります。 $\phi_{OL}$  領域内部 MOSFET も電力低減し、ほとんど切り取られた入力電圧により、LED 出力は大幅に調光されます。

520 mV のクランプ フィードバック スレッシュホールドも、LED 電流のリプルを制御するため、調光中にこれに比例して削減されます。

## IC 電源及び BYPASS ピン

内部の 5.85 V レギュレータは、パワー MOSFET がオフのときに DRAIN ピンから電流が流れることによって、BYPASS ピンに接続されたバイパス コンデンサを 5.85 V まで充電します。BYPASS ピンは、内部電源電圧ノードです。パワー MOSFET がオンするとき、デバイスはバイパス コンデンサに蓄えられている電力で動作します。内部回路の電力消費が極めて小さいため、LinkSwitch-PL は、DRAIN ピンから供給される電流で連続的に動作することが可能です。バイパス コンデンサの値が 1  $\mu$ F であれば、高周波デカップリングにも電源供給にも十分対応できます。調光アプリケーションでは、これより高いバイパス コンデンサの値が必要な場合もあります。

導通角が小さい場合の位相調光中は、AC 入力電圧は短時間のみ存在します。その場合、IC は内蔵の高電圧電流源に依存せず、代わりに、外部バイパス回路を使用して、その出力 (図 4 の  $D_{ES}$  と  $R_{ES}$ ) から IC に電源を供給する必要があります。出力電圧が 7 V 未満の場合は、外部バイパス回路の実装が必要です。このためには、補助巻線をトランスに追加し、ダイオード (超高速) とコンデンサを介してこれを整流及びフィルタします。巻線の電圧は、IC の最大消費電力を最低動作出力電流でサポートできるように選択する必要があります。

## 起動、スイッチング周波数、及び ON 時間の範囲

起動時に、コントローラは初期スイッチング周波数  $f_{MIN}$  と最小 ON 時間  $t_{ON(MIN)}$  で動作を開始します。出力コンデンサの充電と出力 LED へのエネルギー供給により、AC 入力電圧のハーフサイクルごとに、MOSFET スwitching 周波数と ON 時間がのステップ・バイ・ステップで増加します。

定常状態のスイッチング周波数と ON 時間は、入力電圧、LED の電圧降下、及びコンバータ効率によって決まります。

デバイスが最小周波数  $f_{MIN}$  と ON 時間  $t_{ON(MIN)}$  に達する軽負荷時に、コントローラはサイクルをスキップすることによりレギュレーションを行います。この動作モードでは、入力電流の力率は改善されず、平均出力電流が通常の範囲に収まることは保証されません。FEEDBACK ピンのサイクル スキップのスレッシュホールドは、通常のレギュレーション レベルの約 2 倍から、このような条件で出力電力供給を制限するのに必要なレベルをわずかに上回るレベルにまで下げられます。適切に設計された電源は、通常の負荷条件では、このモードで動作しません。適切に設計された電源は、通常の負荷に接続されている場合、スイッチング周波数範囲 [ $f_{MIN}$  ~  $f_{MAX}$ ] 内で動作し、ON 時間は  $t_{ON(MIN)}$  と  $t_{ON(MAX)}$  の間で変動します。

## 過負荷保護

過負荷の場合、動作周波数と ON 時間は、最大周波数と最大 ON 時間に達するまで、AC ハーフサイクルごとに増加します。この状態に達すると、コントローラはオートリスタート保護モードに入るため、パワー MOSFET のゲートが、メイン入力周波数が 50 Hz の場合は約 1.28 秒間、60 Hz の場合は 1.02 秒間停止されます。このオートリスタート OFF 時間が切れると、パワー MOSFET は再度動作し、通常の起動が開始されます。つまり、 $f_{MIN}$  及び  $t_{ON(MIN)}$  から、再びレギュレーション範囲に達するまで増大します。過負荷状態が永續する場合、オートリスタートのデューティ サイクル  $DC_{AR}$  は 33% 以下になります。

トライアックの導通デューティ サイクルが 60% 未満の場合、位相調光中、過負荷保護は動作しません。

## 出力過電圧保護

電源の出力が無負荷状態の場合、出力過電圧ツェナー (図 4 の  $DZ_{OV}$ ) のスレッシュホールドに達すると、このツェナーが導通します。 $V_{FB(AR)} = 2 V$  を超える電圧  $V_{OV}$  が FEEDBACK ピンに印加され、IC はオートリスタートに入ります。

## 出力短絡

電源の出力 (すなわち LED 負荷) が短絡状態の場合、大量のエネルギーがセンス抵抗に供給され、FEEDBACK ピンに高電圧が発生します。この状態が FEEDBACK ピンで 2 V を超えると、IC はこれを出力短絡と解釈し、オートリスタートに入ります。

## 安全動作領域 (SOA) 保護

リーディング エッジ ブランキング時間後にパワー MOSFET の電流が電流制限を超えたことが原因でパワー MOSFET が 3 サイクル連続で途中で終了すると、SOA 保護モードに入り、IC はオートリスタートに入ります。

## 自動復帰タイプ過熱保護機能

過熱保護回路はダイのジャンクション温度を検知します。過熱保護のスレッシュホールドは通常 142 °C に設定され、ヒステリシスは 75 °C です。ダイの温度がこのスレッシュホールド (142 °C) を上回ると、パワー MOSFET は停止します。ダイの温度が 75 °C 下がると、パワー MOSFET は再び動作を開始します。



## LinkSwitch-PL アプリケーション例

図 7 に示す回路は、15 V の直列 LED 電圧を持つ、350 mA の単一の定電流出力です。この出力電流は、AC 主電源の汎用トライアック調光器により、LED の負荷に不安定な状態やフリッカを発生させることなく、1% (3 mA) にまで減少します。基板は、低コストのリーディング エッジ型と、これより高度なトレーリング エッジ型の両方の調光器に対応しています。

基板は、ユニバーサル AC 入力電圧範囲 (85 ~ 265 VAC、47 ~ 63 Hz) で動作するように最適化されていますが、0 ~ 300 VAC の入力範囲でも損傷は受けません。このため、入力サグ及び入力サージが発生した場合の信頼性と寿命が増大します。LinkSwitch-PL に基づく設計では、高い力率 (115 VAC/230 VAC で 0.9 以上) と低い THD (230 VAC で 15% 未満、115 VAC で 10% 未満) が実現するため、現行のあらゆる国際的な基準に適合でき、一種類の設計で世界中どこでも使用できます。

基板の形状は、標準的な洋ナシ形 (A19) LED 置換照明の要件を満たすように選択されました。出力は非絶縁型であり、電源と LED 負荷の両方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。

## PI 部品選択

エネルギー効率を高めてデバイスの温度上昇を低減するため、必要なものよりも 1 サイズ上のデバイスが選択されました。これにより、一般的にはエネルギー効率が最も高くなります。デバイスサイズを更に大きくしても、パワー MOSFET が大きくなって、それによるスイッチング損失が増大するために、エネルギー効率は同じ、あるいは低くなります。

## AC 入力のトライアック調光器のインターフェイス回路

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が機能する場合、設計上のさまざまなトレードオフが伴います。

LED 照明による電力消費は白熱照明と比べて極めて低いので、ランプに流れ込む電流は、トライアック調光器の保持電流を下回ります。これにより、調光範囲の制限やフリッカなどの好ましくない動作が発生します。トライアックがオンのときに入力容量を充電するために流れる突入電流により、電流のリングングが発生します。これもまた、同様の好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、AC サイクルの残りの期間にオフになることや、急速なオンとオフが行われ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、設計にはパッシブダンパー、アクティブダンパー、ブリーダーの 3 つの回路ブロックが含まれています。これらのブロックの欠点は、消費電力が増大し、その結果、電源の効率が低下することです。この設計では、選択されている値により、単一の電球を単一の調光器に高い入力電圧で接続し、フリッカの無い動作を実現できます。複数の電球を並列で、または低い入力電圧 (100/115 VAC) のみで使用してフリッカの無い動作を実現する場合、これらの値を最適化すると消費電力の削減や効率の向上が可能な場合があります。

これらのブロックは調光アプリケーションにのみ必要であるため、非調光アプリケーションの設計では、これらの部品を単に省略し、R7、R8、及び R20 の代わりにジャンパーを使用できます。

## アクティブダンパー回路及びパッシブダンパー回路

抵抗 R20 により、ハーフサイクルごとのトライアックの始動時に、アクティブダンパーと連携してピーク突入電流を制限するパッシブダンパーが形成されます。これは、ブリッジダイオードの障害などの一点故障の発生時に安全に機能を停止するように、難燃性タイプである必要があります。

アクティブダンパー回路は、各 AC ハーフサイクルの期間中に直列抵抗 (R7 及び R8) を入力部の整流器に接続し、この抵抗は、AC サイクルの残りの期間は並列 SCR (Q3) によってバイパスされます。抵抗 R3、R4、及び C3 により、Q3 がオンになる前のディレーが決定され、その後、Q3 はダンパー抵抗 R7 及び R8 を短絡します。

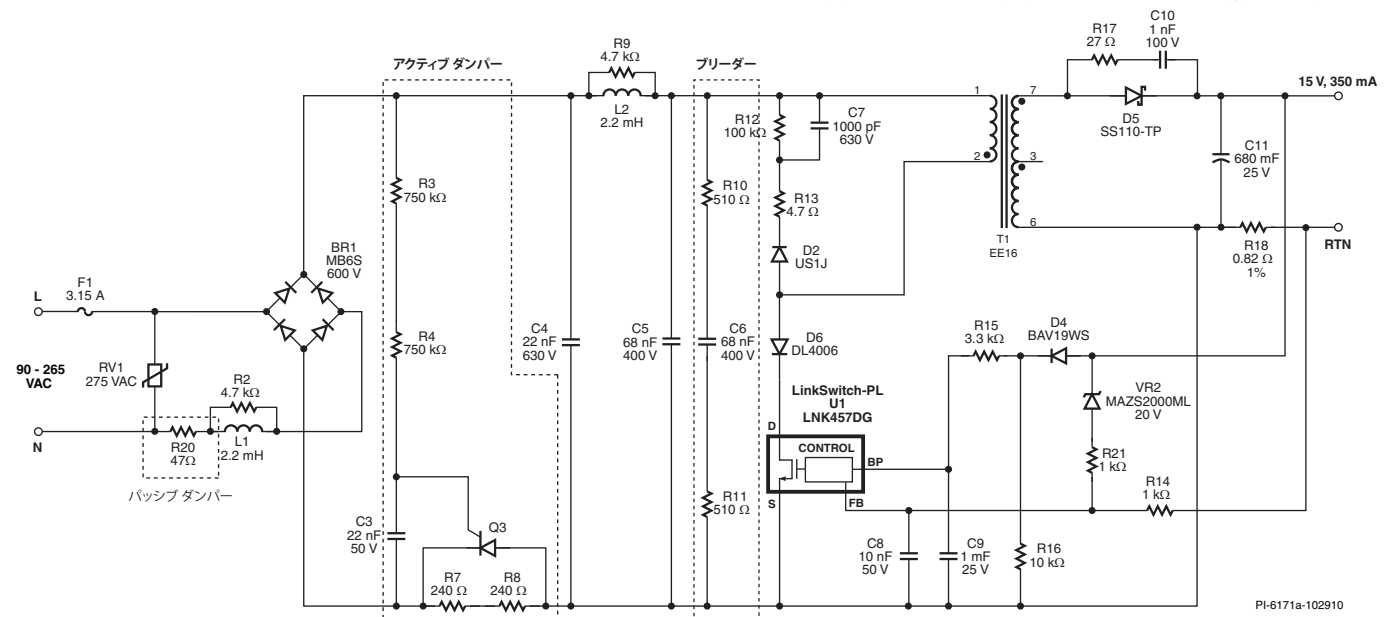


図 7. A19 白熱灯交換用 5W、15V LED ドライバの回路図

### ブリーダー回路

抵抗 R10、R11、及び C6 は、初期入力電流をトライアックの保持電流まで増大させるブリーダー回路を形成します (特に、導通角が小さい場合)。非調光アプリケーションでは、R10、R11、及び C6 は省略できます。

### 入力部の整流器及び EMI フィルタ

EMI フィルタは、L1 と、C4、L2、C5 で形成されるパイ (π) フィルタにより実装されています。抵抗 R2 と R9 により、フィルタ部の自己共振が減衰され、伝導 EMI スペクトルで生じるピークが抑制されます。図からわかるように、この設計は 20 dB 以上のマージンで EN55015 の伝導ノイズ規格を満たしています。

入力 AC は、BR1 によって整流され、C4 及び C5 によってフィルタされます。合計実効入力容量 (C4 と C5 の合計) は、LinkSwitch-PL デバイスで AC 入力のゼロ交差を正しく検出できるように選択されました。これは、適正な調光動作のために必要です。

### 一次側の部品

LNK457DG デバイス (U1) には、電源スイッチ、発振器、CC 制御エンジン、起動、及び保護機能が組み込まれています。725 V のワンチップ パワー MOSFET では、設計マージンが拡張されているため、入力サージ発生時に、高入力アプリケーションでも信頼性を向上できます。このデバイスの電源は、デカップリング コンデンサ C9 経由で BYPASS ピンから供給されます。起動時に、C9 は DRAIN ピン経由で内蔵電流源から U1 により充電され、通常動作時は、R15 及び D4 経由の出力によって電源が供給されます。非調光設計では、D4 と R15 は省略できます。

整流及びフィルタを通過した入力電圧は、T1 の一次巻線の一端に印加されます。トランスの一次巻線のもう一端は、U1 内のワンチップ パワー MOSFET によって駆動されます。漏れインダクタンスによるドレイン電圧のスパイクは、D2、R13、R12、C7 で形成される RCD-R クランプによって制限されます。

ダイオード D6 は、パワー MOSFET がオフで、入力電圧が跳ね返り出力電圧 ( $V_{on}$ ) より低い期間に、IC をマイナス リンギング (ドレイン電圧がソース電圧より低い状態) から保護するために使用されます。

### 出力整流

トランスの二次側は、D5 (効率を上げるためにショットキー バリア タイプを使用) によって整流され、C11 によって平滑されます。抵抗 R17 及び C10 により、高周波リンギングが減衰され、伝導及び放射 EMI が軽減されます。

### 出力フィードバック

CC モードの設定点は、R18 に印加される電圧で規定され、U1 の FEEDBACK ピンに供給されます。出力過電圧保護は、VR2 と R21 によって動作します。

### 応用時の重要検討項目

#### 入力コンデンサの選択

適正な調光動作を行うために、LinkSwitch-PL デバイスは入力電圧のゼロ交差を検出する必要があります。これは、DC バスの電圧が 19 V 未満に低下した時点で、ドレイン ノードで検出されます。DC バスがハーフサイクルごとにこのレベルに達するため、入力ブリッジ整流器の DC 側の最大容量が制限されます。通常、力率を維持するために最大容量が規定されますが、更に 19 V の制約にも適合します。開発段階に、これをオシロスコープで検証する必要があります。

容量の削減が必要であり、この結果として伝導 EMI が増加する場合は、入力部の整流器の前に容量を追加できます。これにより、実質的にはバス容量から絶縁されます。

リーディング エッジ型トライアック調光器で使用するアプリケーションには、フィルム コンデンサが推奨されます。これは、セラミック コンデンサでは一般的に音鳴りが発生するためです。

#### 出力コンデンサの選択

出力容量は、出力負荷 (LED) のリップル電流に直接影響を与えます。容量が大きいほど、リップル電流は少なくなります。容量が過剰な場合、オートリスタート時間内に出力がレギュレーション規格に達しないため、起動できないことや、立ち上がるまでに数回の起動動作 (ヒックアップ) が必要ことがあります。容量が小さすぎる場合は、FEEDBACK ピンの電圧がサイクル スキップ モードのスレッシュホールドを超え、力率が低下して調光中に出力フリッカが発生することがあります。

このため、出力容量の値は、出力電流センス抵抗 (図 7 の R18) に印加されて FEEDBACK ピンに供給されるリップル電圧が、目標値が 290 mVp-p の場合に  $100 \text{ mVp-p} \leq V_{\text{FEEDBACK}} \leq 400 \text{ mVp-p}$  の範囲内になるように選択する必要があります。

出力コンデンサのタイプは重要ではありません。電解タイプ以外のコンデンサは寿命の点で優れています (セラミック タイプと固体誘電体タイプは、時間の経過にともなう電解液の蒸発はありません)。しかし、電解タイプは、体積対コスト比が最も優れています。積層のセラミックを選択する場合は、容量と印加電圧の曲線、及び温度係数のデータシートを確認してください。標準的な容量の値は、全温度範囲や定格電圧に近い電圧で見た場合、50% 程度になることがあります。すべてのコンデンサ タイプで、選択したコンデンサが出力リップル電流に対応していることを確認してください。電解タイプの場合、確認するには低 ESR タイプを選択する必要があります。長寿命のためには、105 °C 以上の温度定格が推奨されます。標準的な設計では、出力コンデンサにはわずかな自己発熱があるため、寿命は内部の周囲温度によって決まり、アレニウスの式にほぼ従います。すなわち、動作温度が 10 °C 下がると、寿命は倍になります。たとえば、定格寿命が 105 °C で 5,000 時間のコンデンサを選択すると、75 °C では寿命は 40,000 時間になると想定されます。寿命は、電解コンデンサの場合、一般に ESR が 2 倍、容量は 20% 低下、と定義されます。これは通常、エンド ユーザーが認識する特性にはほとんど影響を与えず、目的に適合した期間にまで寿命を延長します。

#### FEEDBACK ピン信号

通常非調光 (最大電力) 動作では、FEEDBACK ピンのスレッシュホールド電圧 (電流センス抵抗にかかる電圧) は 290 mV です。出力電流を最適に制限するには、100 ~ 400 mVp-p の電圧リップルが推奨されます。これは、出力容量の適切な値と電流センス抵抗の値を選択することで実現できます。リップル電圧のピークが 520 mV を超える場合、デバイスはサイクル スキップ モードになり、PFC 特性が低下します (PF が低下して THD が増加します)。

## リーディング エッジ型トライアック調光器を使用する場合のトランスについての検討事項

トライアックがオンのときの磁束の突然の変化が原因で、トランスに音鳴りが発生する場合があります。これは、物理的な共振周波数が高いコアを選択することで、最小限に抑えることができます。細長い足を持つコアは避けてください (EEL タイプなど)。RM や他のポット コア タイプを選択することを推奨します。これらのタイプでは、同じ磁束密度で発生する音鳴りは EE コアよりも少なくなります。コアの磁束密度 (BM) を減らすことによっても音鳴りの発生は減少します。1,500 ガウス未満の値では、通常、音鳴りは発生しませんが、所定のコア サイズの電力容量は小さくなります。

## トライアック調光器の使用

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場合、設計上のさまざまなトレードオフが伴います。

適正な動作のため、白熱灯の位相角調光器には通常、最小負荷が指定されています (一般に、定格が 230 VAC の装置では 40 W 程度)。これは、内部トライアックを通る電流がその規定された保持電流スレッシュホールドを上回るようにするためです。

LED 照明による電力消費は極めて低いので、ランプに流れ込む入力電流は、調光器内のトライアックの保持電流を下回ります。ドライバの入力容量により、トライアックの始動時に大きな突入電流が流れる場合があります。この結果、入力部で入力電流のリンギングが発生し、入力インダクタンスも発生します。これによって、電流がトライアックの保持電流を下回ることがあります。この両方のメカニズムにより、調光範囲の制限やフリッカなどの好ましくない動作が発生します。

これらの問題を克服するために、調光アプリケーションには、ダンパーとブリーダーの 2 つの回路ブロック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、その結果電源の効率が低下することです。

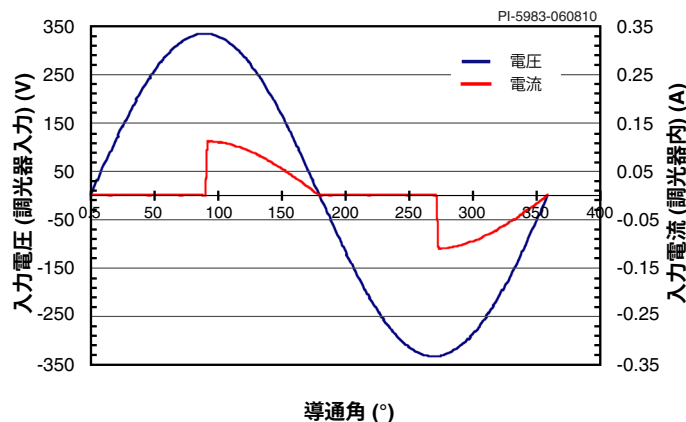


図 8. リーディング エッジ型トライアック調光器の導通角 90° での理想的な入力電圧及び電流の波形

図 8 に、リーディング エッジ型トライアック調光器の入力部の入力電圧及び電流を示します。この例では、トライアックは 90 度で導通します。

図 9 に、望ましい整流バス電圧及び電流を示します。

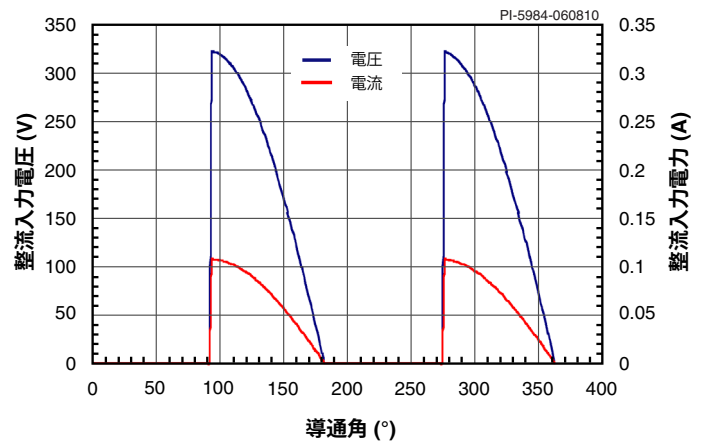


図 9. トライアック調光器出力の整流による波形

図 10 に、トライアックを途中でオフにして再起動した場合の、望ましくない整流バス電圧及び電流を示します。最初のハーフ サイクルでは、この原因は、トライアックの保持電流を下回る入力電流のリンギングです (初期突入電流に起因)。第 2 のハーフ サイクルも、導通角の限界に近づくにつれて電流が保持電流を下回るためにトライアックがオフになることを示しています。この 2 つのハーフ サイクルにおける動作の違いは、2 つの動作象限間のトライアックの保持電流の違いが原因で頻繁に発生します。

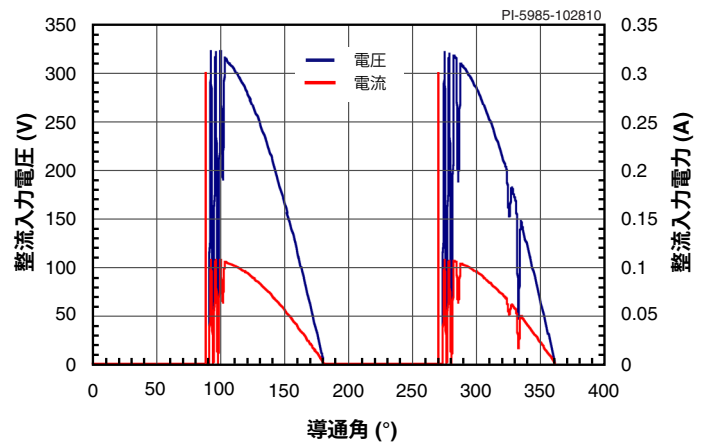


図 10. 不規則な始動を示す位相角調光器の例

ハーフ サイクルが終了する前にトライアックがオフになる場合、または急速なオンとオフが行われる場合は、ブリーダー及びダンパー回路が必要です。

一般に、ブリーダー及びダンパー回路で消費される電力が増えると、調光器の互換性も向上します。

まず、整流された電力バス (図 7 の R10、R11、C6) に、初期値が 0.1  $\mu\text{F}$ 、全抵抗値が 1 k $\Omega$ 、定格電力が 2 W のブリーダー回路を組み込みます。



容量の値を減らし、最小許容値を求めます。容量の値を減らすと、消費電力が削減され、したがって効率が向上します。ブリーダー回路がトライアックで導通を維持しない場合は、ダンパーを追加します。ダンパーの目的は、トライアックがオンのときに発生する突入電流（入力容量の充電による）と、それに関連するリンギングを制限することです。

まず、パッシブダンパーを追加します。これは、AC入力で直列の単純な抵抗です（図7のR20）。許容される消費電力/温度上昇及び効率の低下によって上限が制限される場合、10～100Ωの範囲内の値が標準的です。10Ω未満の値も使用される場合がありますが、効率は低下します（特に、AC入力が高い設計の場合）。

パッシブダンパーではトライアックの誤動作を防止できない場合は、アクティブダンパーを追加できます。これは、高入力アプリケーションで標準的です（トライアックがオンの時に流れる突入電流ははるかに大きい）。図7のR3、R4、C3、Q3、R7、R8により、低コストのアクティブダンパー回路が形成されます。抵抗R7及びR8は突入電流を制限し、パッシブの場合よりもはるかに高い値にすることができます（ラインサイクルのごく一部でのみ回路内に電流が流れるため）。シリコン制御整流器（SCR）Q3は、R3、R4、C3で定義されるディレーの後、R7とR8を短絡します。この遅延は、抵抗の消費電力を最小限に抑えるために、十分な調光器の性能が得られる最短時間となるように調整されています。SCRは、TO-92パッケージに用意されている低電流、低コストのデバイスであり、ゲート電流値が非常に低くなっています。選択したSCRのゲートドライブ要件と、最小指定入力電圧により、R7とR8の最大値が決まります。

調光器は、製造業者及び電力定格に応じて異なる動作を示すのが一般的です。たとえば、300Wの調光器では、600Wまたは1,000Wの調光器に比べて、ダンピングが少なく済み、ブリーダーでの電力損失も少なくなります。これは、電流定格が低いトライアック（一般に保持電流が低いトライアック）を使用しているからです。入力インピーダンスの違いも動作のバラツキの原因となる場合があるため、開発段階では、一貫性を保つためにACソースの使用が推奨されますが、通常AC電源を使用したテストも実施してください。

### トレーリングエッジ型電子調光器

図11に、トレーリングエッジ型電子調光器における電源の入力部での入力電圧及び電流を示します。この例では、調光器は90度で導通します。このタイプの調光器は通常、パワーMOSFETまたはIGBTを使用してスイッチング機能を提供するため、保持電流は不要です。また、導通がゼロ交差で始まるため、高電流サージ及び入力リンギングの問題になりません。通常、これらのタイプの調光器を使用すると、ダンパー回路とブリーダー回路は不要になります。

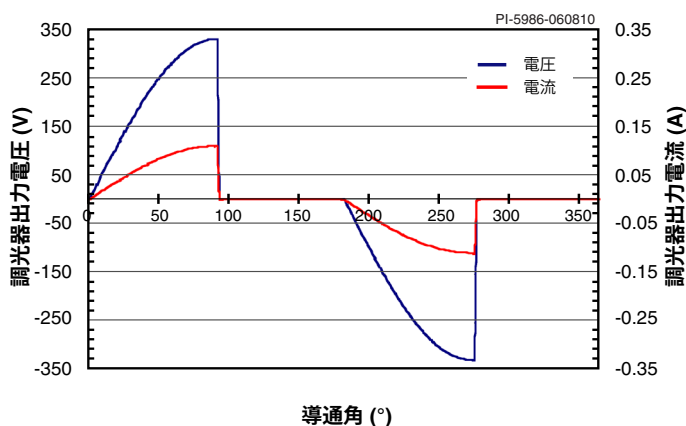


図11. トレーリングエッジ型調光器の導通角90°での理想的な調光器出力電圧及び電流の波形

### 温度に関する注意事項

照明アプリケーションは、固有の熱の問題を電源の設計にもたらします。多くの場合、LED負荷とこれに関連するヒートシンクにより、電源の周囲温度が決まります。このため、熱を適切に放熱し、全デバイスの動作温度を確認することが重要です。LinkSwitch-PLデバイスの場合、機器間のバラツキを考慮すると、SOURCEピン（Dパッケージ）または露出パッド（KまたはVパッケージ）の温度を115℃未満にすることを推奨します。最悪条件は、一般に、最大出力電力、最高周囲温度、かつ最小または最大入力電圧です。

### レイアウトに関する考慮事項

#### 一次側接続

BYPASSピンコンデンサは、BYPASSピンのできるだけ近くに配置し、SOURCEのできるだけ近くで接続されている必要があります。SOURCEピンの配線は、メインのパワーMOSFETスイッチング電流と共有しないようにします。SOURCEピンに接続するすべてのFEEDBACKピンの部品は、BYPASSピンコンデンサと同じガイドラインに従っている必要があります。

メインのパワーMOSFETスイッチング電流が、できるだけ短い経路で整流コンデンサに戻ることが重要です。経路が長く高電流の場合は、多くの伝導ノイズ及び放射ノイズが発生します。

#### 二次側接続

出力ダイオードと出力フィルタコンデンサは、できるだけ近くに位置している必要があります。トランスの出力リターンピンから、出力フィルタコンデンサのリターン側への配線は短くなっている必要があります。これらの電流は、一次側のソースピン電流を流れないようにします。一次側のソースピンと二次側のリターンは、短い配線で接続する必要があります。

## 設計のクイック チェックリスト

## 最大ドレイン電圧

起動及び障害の状態を含むすべての動作状態下で、ピーク  $V_{DS}$  が 700 V を超えないことを確認します。

## 最大ドレイン電流

起動及び異常の状態を含むすべての動作状態下で、ピーク ドレイン電流を測定します。トランスの飽和の兆候を確認します (通常は高周周温度で発生します)。ピーク電流が絶対最大定格に示されている値よりも低いことを確認します。

## 温度特性の確認

最大出力電力、最小及び最大の入力電圧及び最大周囲温度で、LinkSwitch-PL、トランス、出力ダイオード、出力コンデンサ、及びドレイン クランプの部品について温度仕様を超えていないことを確認します。

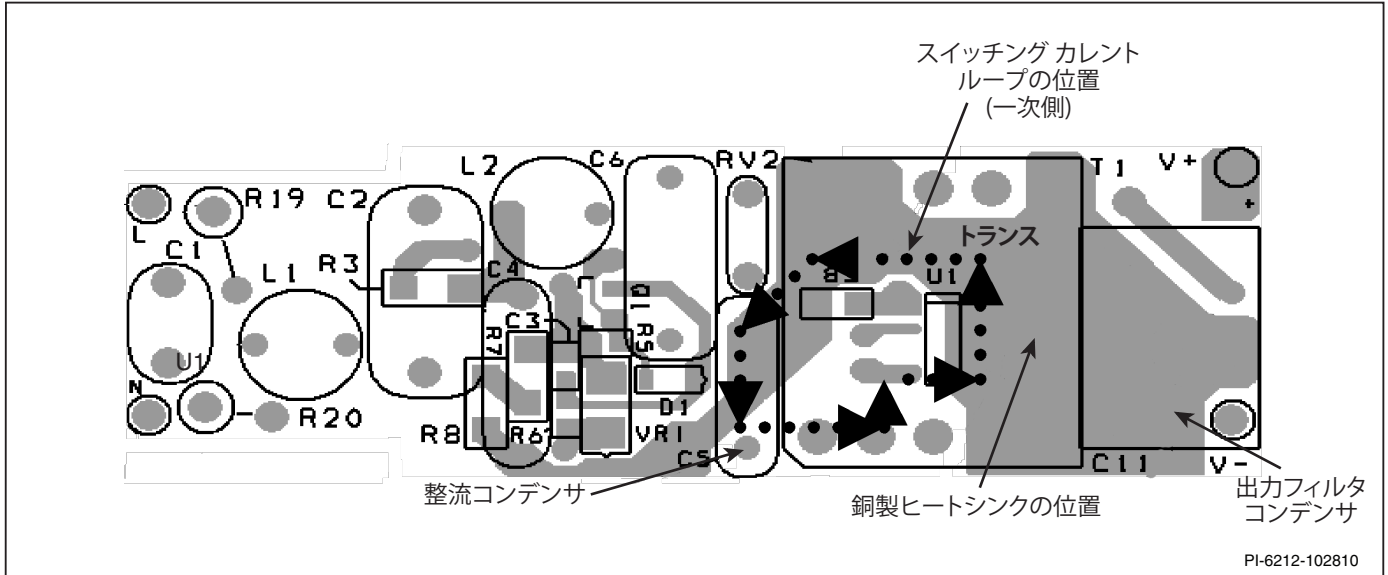


図 12. RD-251 基板の上面図

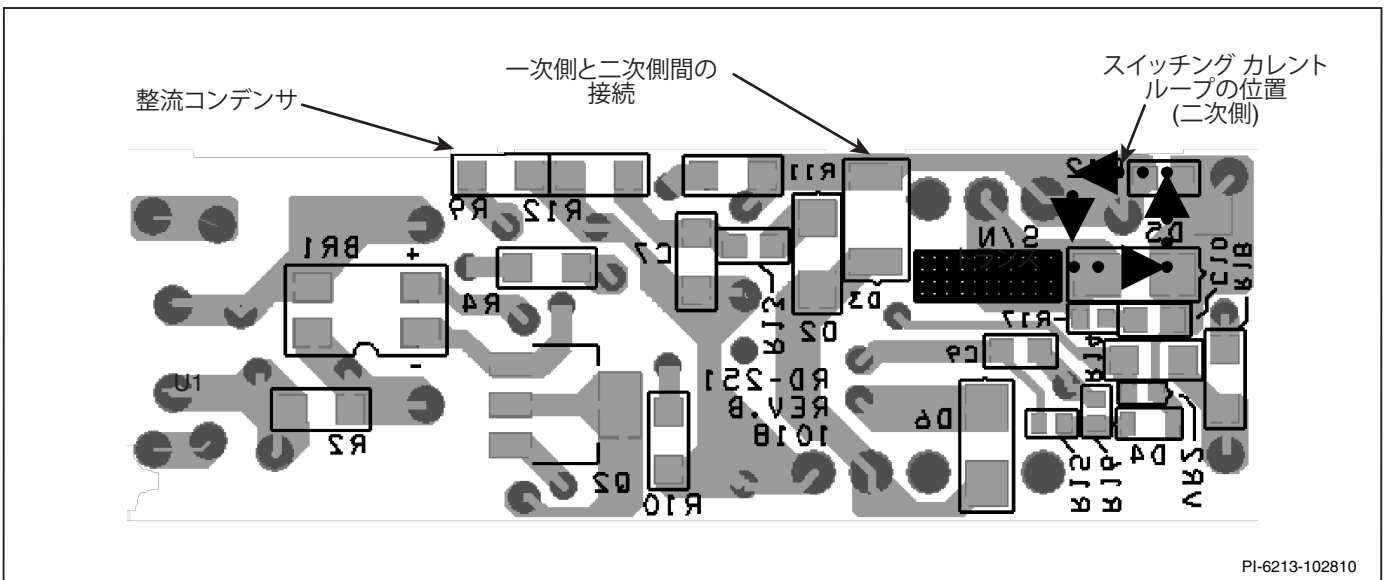


図 13. RD-251 基板の底面図

**絶対最大定格<sup>(1,4)</sup>**

DRAIN ピン ピーク電流<sup>(6)</sup>: LNK454 ..... 400 mA (750 mA)  
 LNK456 ..... 850 mA (1,450 mA)  
 LNK457 ..... 1,350 mA (2,000 mA)  
 LNK458 ..... 1,750 mA (2,650 mA)  
 LNK460 ..... 2,700 mA (5,100 mA)

DRAIN ピン電圧 ..... -0.3 V ~ 725 V  
 FEEDBACK ピン電圧 ..... -0.3 ~ 9 V  
 BYPASS ピン電圧 ..... -0.3 ~ 9 V  
 リード温度<sup>(3)</sup> ..... 260 °C  
 保存温度 ..... -65 ~ 150 °C  
 動作ジャンクション温度<sup>(2)</sup> ..... -40 ~ 150 °C

- 注:
1. 電圧はすべて、 $T_A = 25\text{ °C}$  での SOURCE に対する電圧です。
  2. 通常は内部回路によって制限されます。
  3. ケースから 1/16 インチで 5 秒間。
  4. 仕様の絶対最大定格は、製品に回復不能な損傷を与えることなく 1 つずつ適用できます。絶対最大定格の状態を長時間続けると、製品の信頼性に悪影響を与えるおそれがあります。
  5. 括弧内のピーク DRAIN 電流は、DRAIN 電圧が同時に 400 V 未満である時に適用されます。

**熱抵抗**

熱抵抗: D (SO-8C) パッケージ:

$(\theta_{JA})$  ..... 100 °C/W<sup>(1)</sup>, 80 °C/W<sup>(2)</sup>  
 $(\theta_{JC})$  ..... 30 °C/W<sup>(3)</sup>  
 K (eSOP) パッケージ:  
 $(\theta_{JA})$  ..... 69 °C/W<sup>(1)</sup>, 49 °C/W<sup>(2)</sup>  
 $(\theta_{JC})$  ..... 2 °C/W<sup>(4)</sup>  
 V (eDIP) パッケージ:  
 $(\theta_{JA})$  ..... 76 °C/W<sup>(1)</sup>, 64 °C/W<sup>(2)</sup>  
 $(\theta_{JC})$  ..... 2 °C/W<sup>(4)</sup>

- 注:
1. 0.36 平方インチ (232 mm<sup>2</sup>)、2 オンス (610 g/m<sup>2</sup>) の銅箔部に半田付け、外付けヒートシンク未使用時。
  2. 1 平方インチ (645 mm<sup>2</sup>)、2 オンス (610 g/m<sup>2</sup>) の銅箔部に半田付け、外付けヒートシンク未使用時。
  3. プラスチック 部に近い SOURCE ピンで測定。
  4. 露出パッドの表面で測定。

パラメータ	記号	条件		最小	標準	最大	単位
		SOURCE = 0 V, $T_J = -40 \sim +125\text{ °C}$ (特に指定がない場合)					
<b>制御機能</b>							
最大出力周波数	$f_{MAX}$	$T_J = 25\text{ °C}$	平均	110	122	134	kHz
			ピーク-ピーク ジッター		6		%
最小出力周波数	$f_{MIN}$	$T_J = 25\text{ °C}$	平均	25.8	28.7	31.6	kHz
			ピーク-ピーク ジッター		6		%
スイッチの最大 ON 時間	$t_{ON(MAX)}$	$T_J = 25\text{ °C}$			5.74		μs
スイッチの最小 ON 時間	$t_{ON(MIN)}$	$T_J = 25\text{ °C}$			1.2		μs
最大デューティ サイクル	$DC_{MAX}$				70		%
FEEDBACK ピン電圧	$V_{FB}$	$T_J = 25\text{ °C}$ 非調光 (最大電力) 動作時		280	290	300	mV
サイクル スキップ モードをトリガする FEEDBACK ピン電圧	$V_{FB(SK)}$	非調光 (最大電力) 動作時			520		mV
IC をオートリスタートする FEEDBACK ピン電圧	$V_{FB(AR)}$				2		V
フィードバック プルアップ電流	$I_{FB}$			-1.3	-1.0	-0.7	μA

パラメータ	記号	条件 SOURCE = 0 V、 $T_J = -40 \sim +125 \text{ }^\circ\text{C}$ (特に指定がない場合)		最小	標準	最大	単位
<b>制御機能 (続き)</b>							
ドレイン供給電流	$I_{S1}$	$V_{FB} > V_{FB(SK)}$ (MOSFET スイッチングなし)			450		$\mu\text{A}$
	$I_{S2}$	$V_{FB} = 0 \text{ V}$ (MOSFET $f_{MAX}$ で スイッチング)	LNK454		530		$\mu\text{A}$
			LNK456		585		
			LNK457		650		
			LNK458		730		
LNK460		1050					
BYPASS ピン充電電流	$I_{CH1}$	$V_{BP} = 0 \text{ V}$ 、 $T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	LNK454	-5.9	-4.2	-2.5	mA
			LNK456/457/458	-8.3	-5.9	-3.5	
			LNK460	-11.9	-8.5	-5.1	
	$I_{CH2}$	$V_{BP} = 4 \text{ V}$ 、 $T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	LNK454	-3.4	-2.4	-1.4	mA
			LNK456/457/458	-5.2	-3.7	-2.2	
LNK460		-8.0	-5.7	-3.4			
BYPASS ピン電圧	$V_{BP}$		5.60	5.85	6.15	V	
BYPASS ピンシャント電圧	$V_{SHUNT}$	$I_{BP} = 2 \text{ mA}$		5.9	6.2	6.6	V
<b>回路保護</b>							
カレントリミット	$I_{LIMIT}$	$di/dt = 160 \text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	LNK454	255	290	325	mA
		$di/dt = 325 \text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	LNK456	510	580	650	
		$di/dt = 490 \text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	LNK457	800	910	1020	
		$di/dt = 650 \text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	LNK458	1012	1150	1288	
		$di/dt = 980 \text{ mA}/\mu\text{s}$ $T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	LNK460	1637	1860	2083	
リーディング エッジ ブランキング時間	$t_{LEB}$	$T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$		160	200		ns
カレントリミット遅延	$t_{ILD}$	$T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$			150		ns
過熱保護温度	$T_{SD}$		135	142	150		$^\circ\text{C}$
過熱保護ヒステリシス	$T_{SD(H)}$			75			$^\circ\text{C}$
BYPASS ピン起動リセット スレッショールド電圧	$V_{BP(RESET)}$			4.9			V



パラメータ	記号	条件		最小	標準	最大	単位			
		SOURCE = 0 V、 $T_J = -40 \sim +125 \text{ }^\circ\text{C}$ (特に指定がない場合)								
<b>出力部</b>										
オン状態抵抗	$R_{DS(ON)}$	LNK454 $I_D = 26 \text{ mA}$	$T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$		23.1	26.6	$\Omega$			
			$T_J = 100 \text{ }^\circ\text{C}$		34.4	39.8				
		LNK456 $I_D = 53 \text{ mA}$	$T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$		11.7	13.5				
			$T_J = 100 \text{ }^\circ\text{C}$		17.5	20.2				
		LNK457 $I_D = 85 \text{ mA}$	$T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$		6.9	7.9				
			$T_J = 100 \text{ }^\circ\text{C}$		10.4	11.9				
		LNK458 $I_D = 110 \text{ mA}$	$T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$		4.4	5.1				
			$T_J = 100 \text{ }^\circ\text{C}$		6.7	7.6				
		LNK460 $I_D = 170 \text{ mA}$	$T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$		2.2	2.6				
			$T_J = 100 \text{ }^\circ\text{C}$		3.3	3.9				
		オフ時漏れ電流	$I_{DSS1}$	$V_{BP} = 6.2 \text{ V}$ 、 $V_{FB} > V_{FB(SK)}$ 、 $V_{DS} = 580 \text{ V}$ 、 $T_J = 125 \text{ }^\circ\text{C}$					50	$\mu\text{A}$
		ブレイクダウン電圧	$BV_{DSS}$	$V_{BP} = 6.2 \text{ V}$ 、 $V_{FB} > V_{FB(SK)}$ 、 $T_J = 25 \text{ }^\circ\text{C}$		725				V
ドレイン供給電圧				50			V			
オートリスタート OFF 時間	$t_{AR(OFF)}$	$f_{MAIN} = 50 \text{ Hz}$			1.28		s			
		$f_{MAIN} = 60 \text{ Hz}$			1.02					
オートリスタート デューティ サイクル	$DC_{AR}$				33		%			

標準パフォーマンス特性

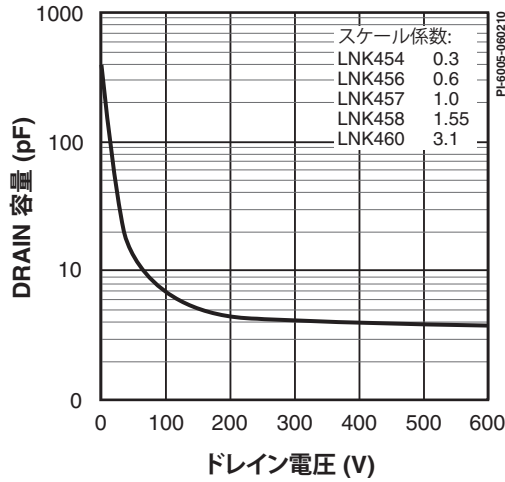


図 7. ドレイン容量とドレイン電圧

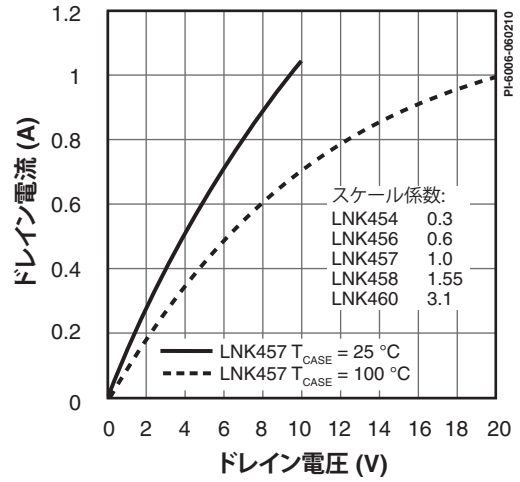


図 8. ドレイン電流とドレイン電圧

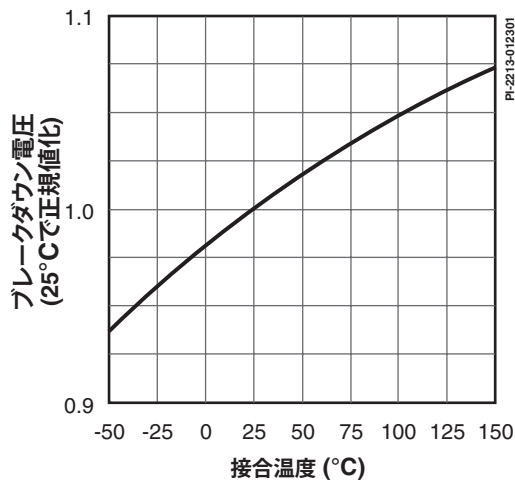


図 9. ブレークダウンと温度

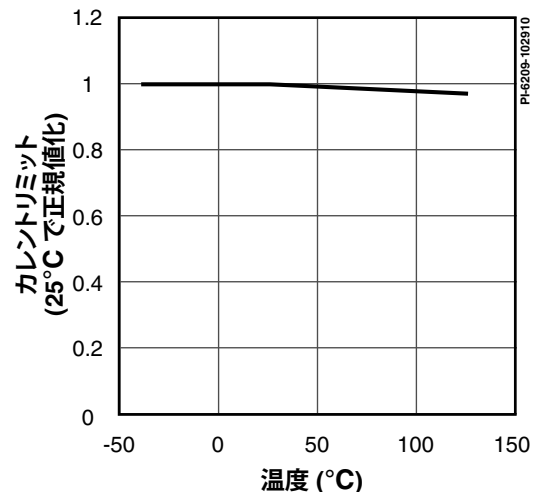
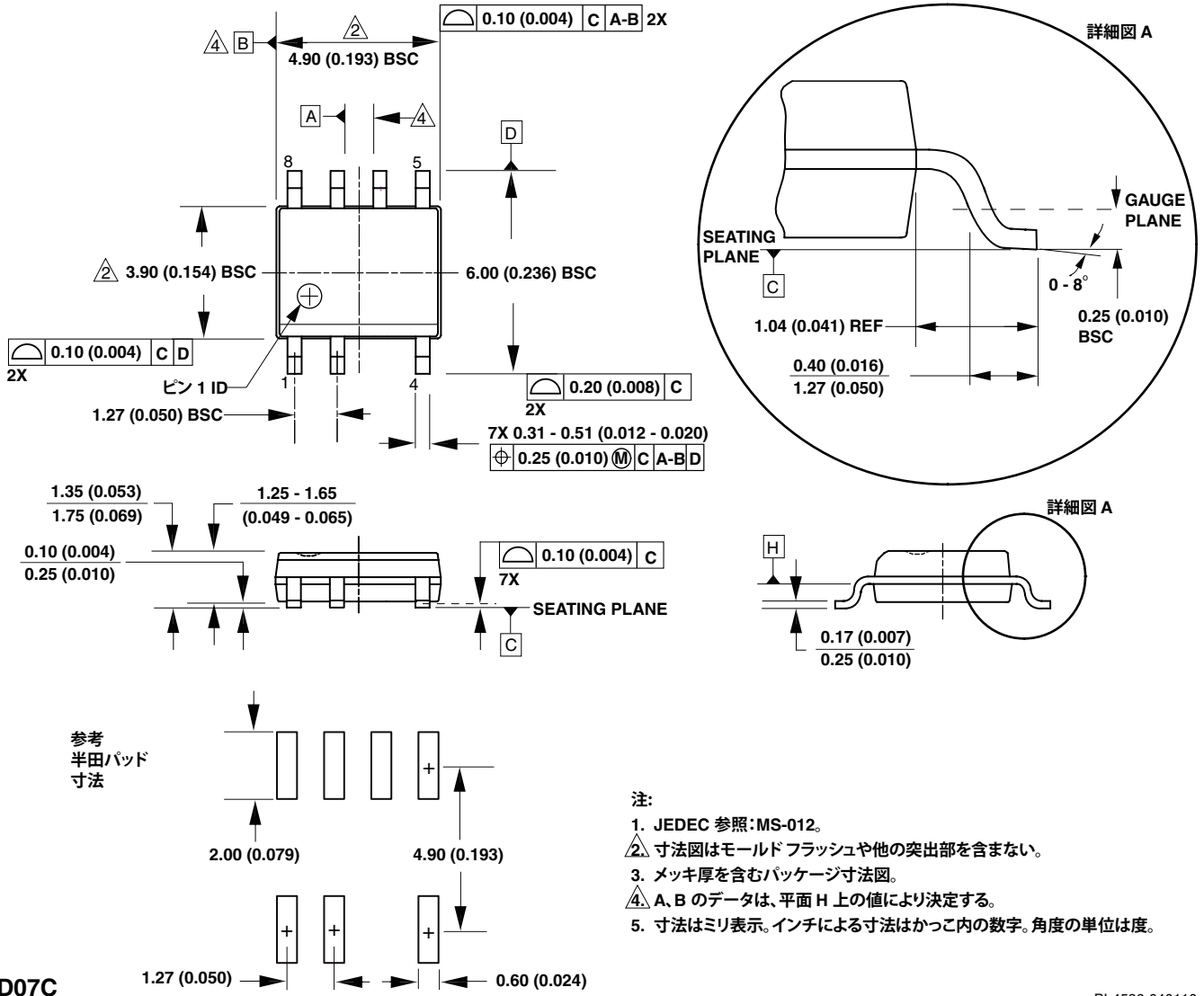


図 10. 標準カレントリミットと温度

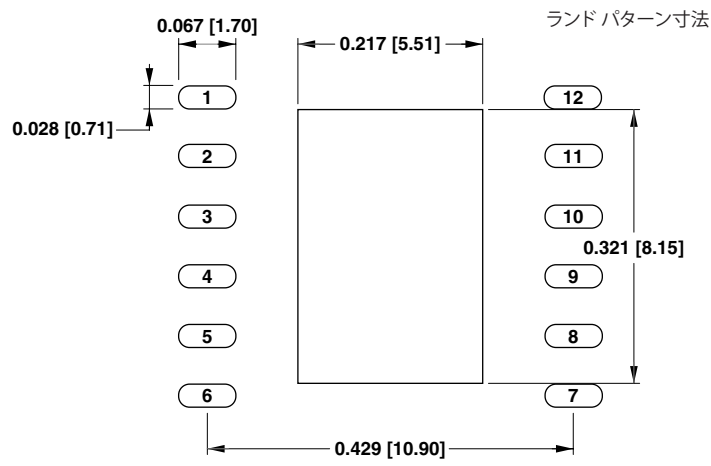
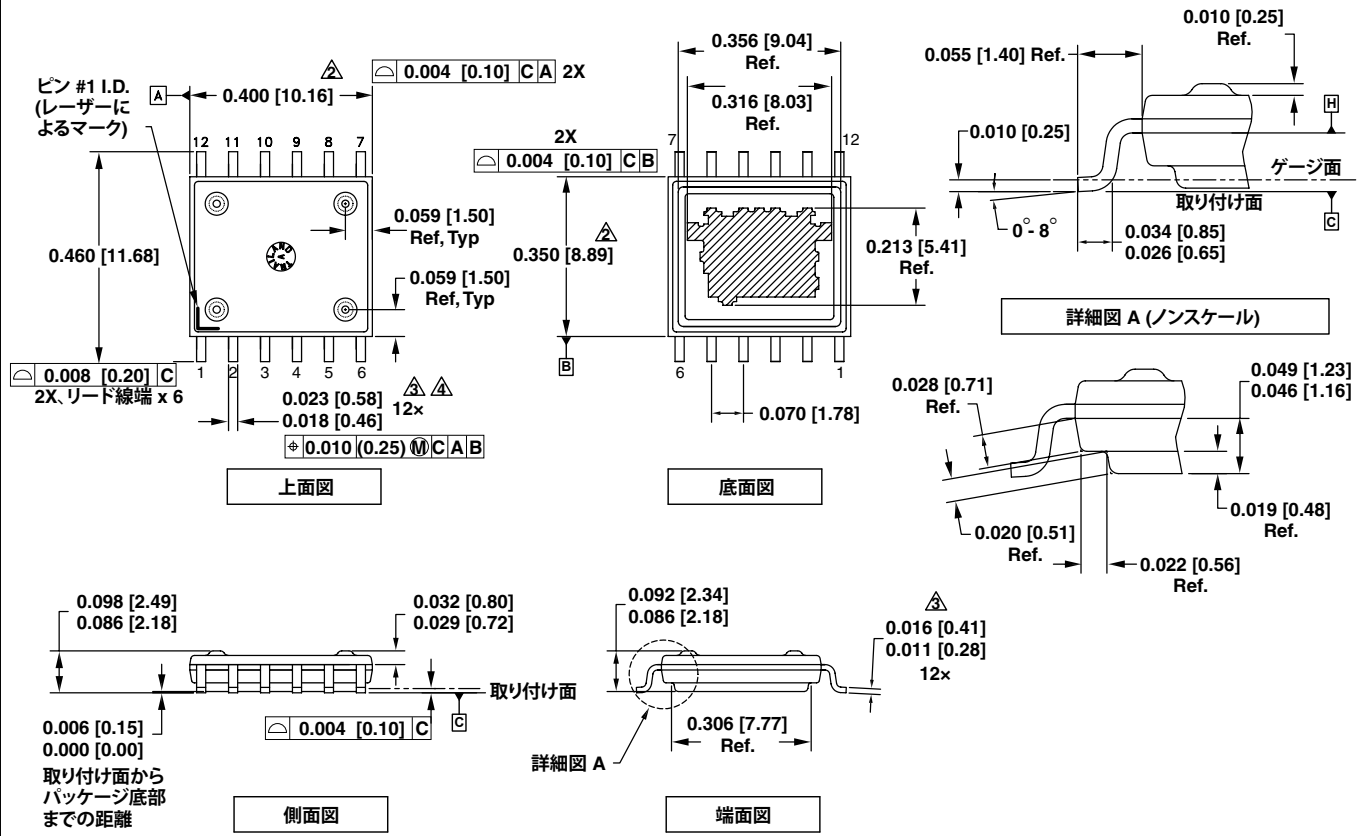
SO-8C (D パッケージ)



D07C

PI-4526-040110

eSOP-12 (K パッケージ)

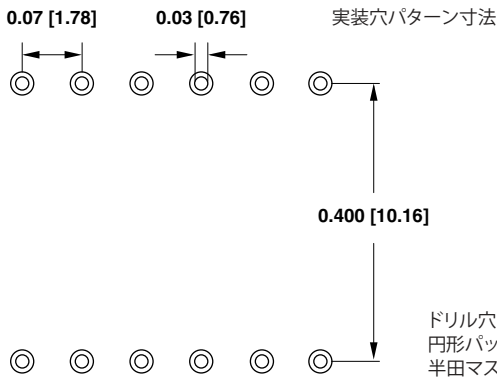
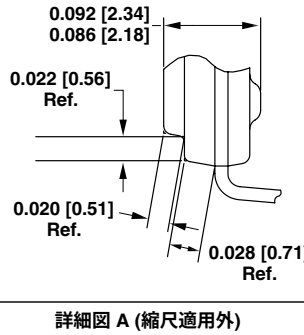
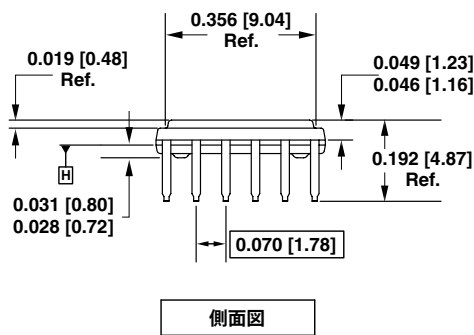
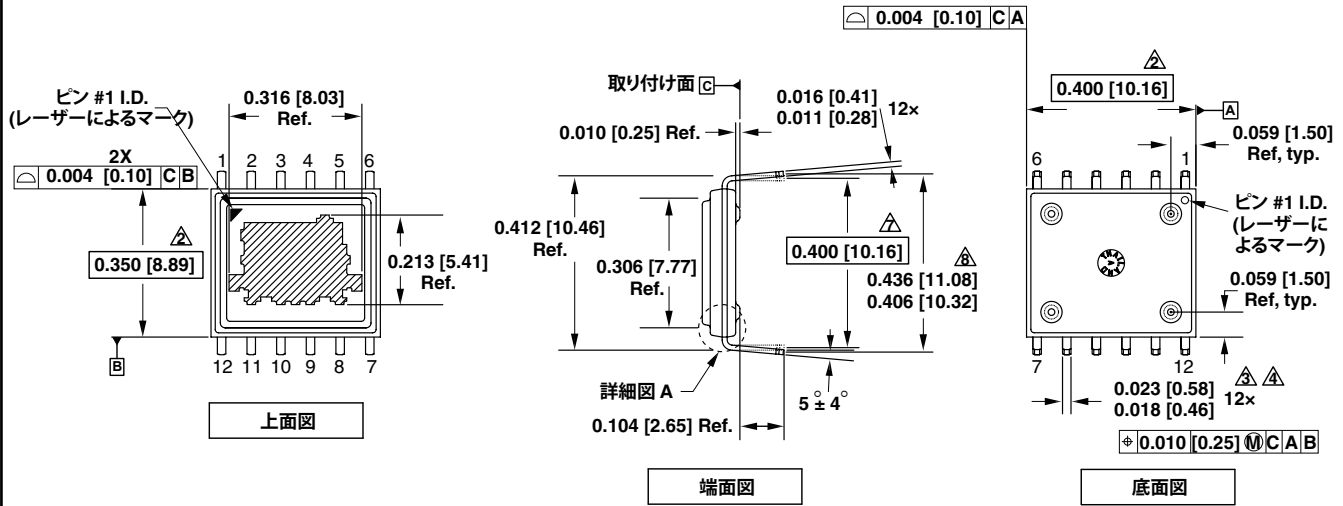


- 注:
1. 寸法と許容差は ASME Y14.5M -1994 に準拠します。
  2. 図示した寸法は、プラスチック製本体の最外部で判断しています。これには、モールドフラッシュ、タイバーバリ、ゲートのバリ、及びリード間フラッシュは含まれませんが、プラスチック製本体の上部及び下部の間のずれを含みます。最大金型突起は、側面ごとに 0.007 [0.18] です。
  3. 図示した寸法は、メッキ厚を含みます。
  4. インターリードの錆バリまたは突起を含みません。
  5. 寸法の単位はインチ (mm) です。
  6. A、B の基準面は、H により規定されます。

PI-5748-082510



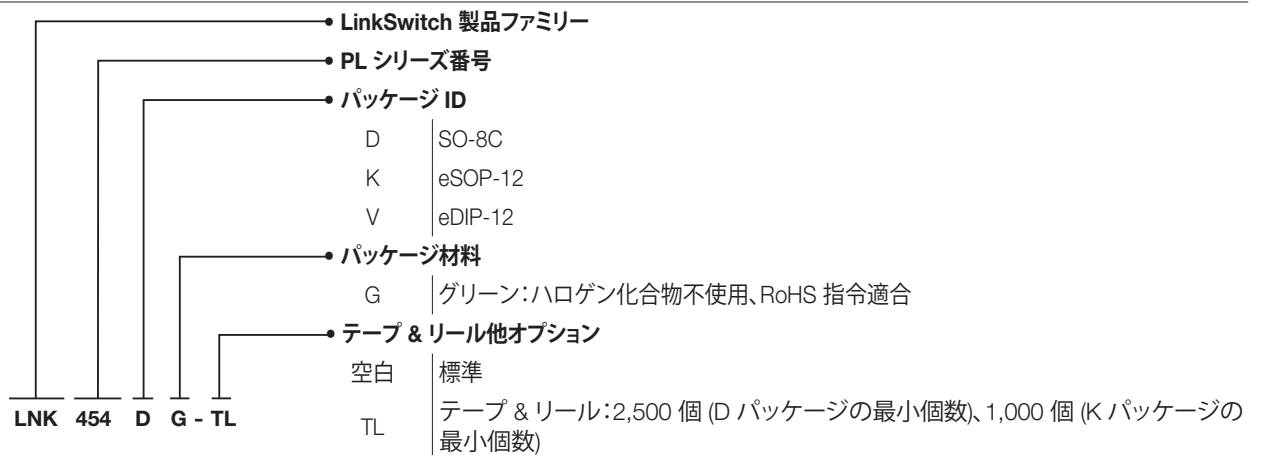
eDIP-12 (V パッケージ)



- 注:  
 1. 寸法及び許容差は、ASME Y14.5M-1994 に準拠。  
 2. 図示した寸法は、プラスチック製本体の最外部で判断しています。これには、モールドフラッシュ、タイバーバリ、ゲートのバリ、及びリード間フラッシュは含まれませんが、プラスチック製本体の上部及び下部の間のずれを含みます。最大金型突起は、側面ごとに 0.007 [0.18] です。  
 3. 図示した寸法は、メッキ厚を含みます。  
 4. リード間フラッシュや突起は含みません。  
 5. 寸法の単位はインチ (mm) です。  
 6. A、B の基準面は、H の値により決定します。  
 7. リード線を C の基準面に垂直に制限して測定。  
 8. リード線を制限せずに測定。  
 9. JEDEC SPP-012 に準拠したリード番号。

PI-5556-110210

品番コード体系表





改訂	注	日付
A	初回リリース	11/01/10

## 最新情報は、弊社ウェブサイトをご覧ください (www.powerint.com)

Power Integrations は、信頼性または製造性を向上させるために、いつでも製品を変更する権利を留保します。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 の持つ特許の完全なリストは、www.powerint.com に掲載される予定です。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。

## 生命維持に関する方針

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

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

PI ロゴ、TOPSwitch、TinySwitch、LinkSwitch、DPA-Switch、PeakSwitch、CAPZero、SENZero、EcoSmart、Clampless、E-Shield、Filterfuse、StakFET、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。

© 2010, Power Integrations, Inc.

## Power Integrations の世界各国の販売サポート担当

### 世界本社

5245 Hellyer Avenue  
San Jose, CA 95138, USA.  
代表: +1-408-414-9200  
カスタマー サービス:  
電話: +1-408-414-9665  
ファクシミリ: +1-408-414-9765  
電子メール:  
usasales@powerint.com

### 中国 (上海)

Room 1601/1610, Tower 1  
Kerry Everbright City  
No. 218 Tianmu Road West  
Shanghai, P.R.C. 200070  
電話: +86-21-6354-6323  
ファクシミリ: +86-21-6354-6325  
電子メール:  
chinasales@powerint.com

### 中国 (深圳)

Rm A, B & C 4th Floor, Block C,  
Electronics Science and  
Technology Bldg., 2070  
Shennan Zhong Rd,  
Shenzhen, Guangdong,  
China, 518031  
電話: +86-755-8379-3243  
ファクシミリ: +86-755-8379-5828  
電子メール:  
chinasales@powerint.com

### ドイツ

Rüeckertstrasse 3  
D-80336, Munich  
Germany  
電話: +49-89-5527-3910  
ファクシミリ: +49-89-5527-3920  
電子メール:  
eurosales@powerint.com

### インド

#1, 14th Main Road  
Vasanthanagar  
Bangalore-560052 India  
電話: +91-80-4113-8020  
ファクシミリ: +91-80-4113-8023  
電子メール:  
indiasales@powerint.com

### イタリア

Via De Amicis 2  
20091 Bresso MI  
Italy  
電話: +39-028-928-6000  
ファクシミリ: +39-028-928-6009  
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  
ファクシミリ: +81-45-471-3717  
電子メール:  
japansales@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  
ファクシミリ: +82-2-2016-6630  
電子メール:  
koreasales@powerint.com

### シンガポール

51 Newton Road  
#19-01/05 Goldhill Plaza  
Singapore, 308900  
電話: +65-6358-2160  
ファクシミリ: +65-6358-2015  
電子メール:  
singaporesales@powerint.com

### 台湾

5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec. 1  
Nei Hu Dist.  
Taipei, Taiwan 114, R.O.C.  
電話: +886-2-2659-4570  
ファクシミリ: +886-2-2659-4550  
電子メール:  
taiwansales@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  
ファクシミリ: +44 (0) 1252-727-689  
電子メール:  
eurosales@powerint.com

### アプリケーション ホットライン

世界共通 +1-408-414-9660

### アプリケーション ファックス

世界共通 +1-408-414-9760