



Literature Number: JAJA409

POWER | designer

Expert tips, tricks, and techniques for powerful designs

No. 116

特集記事1-7

高輝度1W/3W
LED用ドライバ2

60Vローサイド
MOSFETコントローラ4

スイッチト・キャパシタ型
フラッシュLEDドライバ6

電源回路設計ツール8

LEDの駆動: コンデンサの使い方とコンデンサを使わない方法

— Chris Richardson, Applications Engineer

はじめに

今や高輝度LEDは先行製品に比べて100倍以上の順方向電流を持つようになりました。これらの新しいデバイスは高輝度、高消費電力です。現在ではシングル・ダイで5W、マルチ・ダイ・モジュールでは25Wを超えるパワーを持った製品が入手可能です。新世代の高輝度ハイパワーLED向けのスイッチング電源は高効率、低消費電流でなくてはならないため、電圧レギュレータや電流制限抵抗はもはや適しません。高輝度ハイパワーLEDの向上し続ける高い発光効率と鮮明でピュアなカラーをフルに活かすには定電流源が必要です。この新タイプのスイッチング定電流源のトポロジーにふさわしいのは基本的な降圧型コンバータです。最大の理由は、このシンプルなDC/DCコンバータは定電流源への活用が容易だからです。本稿では、高輝度LEDの定電流ドライブのための降圧型レギュレータを設計する場合の出力コンデンサの選び方あるいは出力コンデンサを使わない方法について説明します。

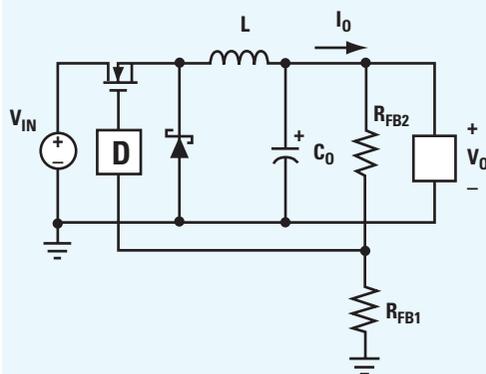


Figure1a. 従来型の降圧型電圧レギュレータ

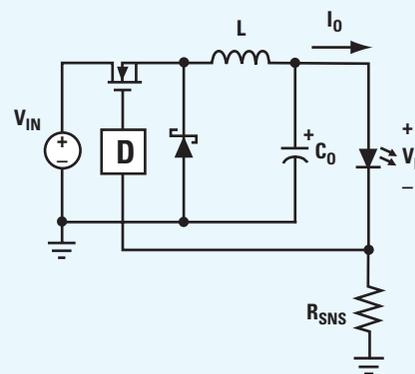


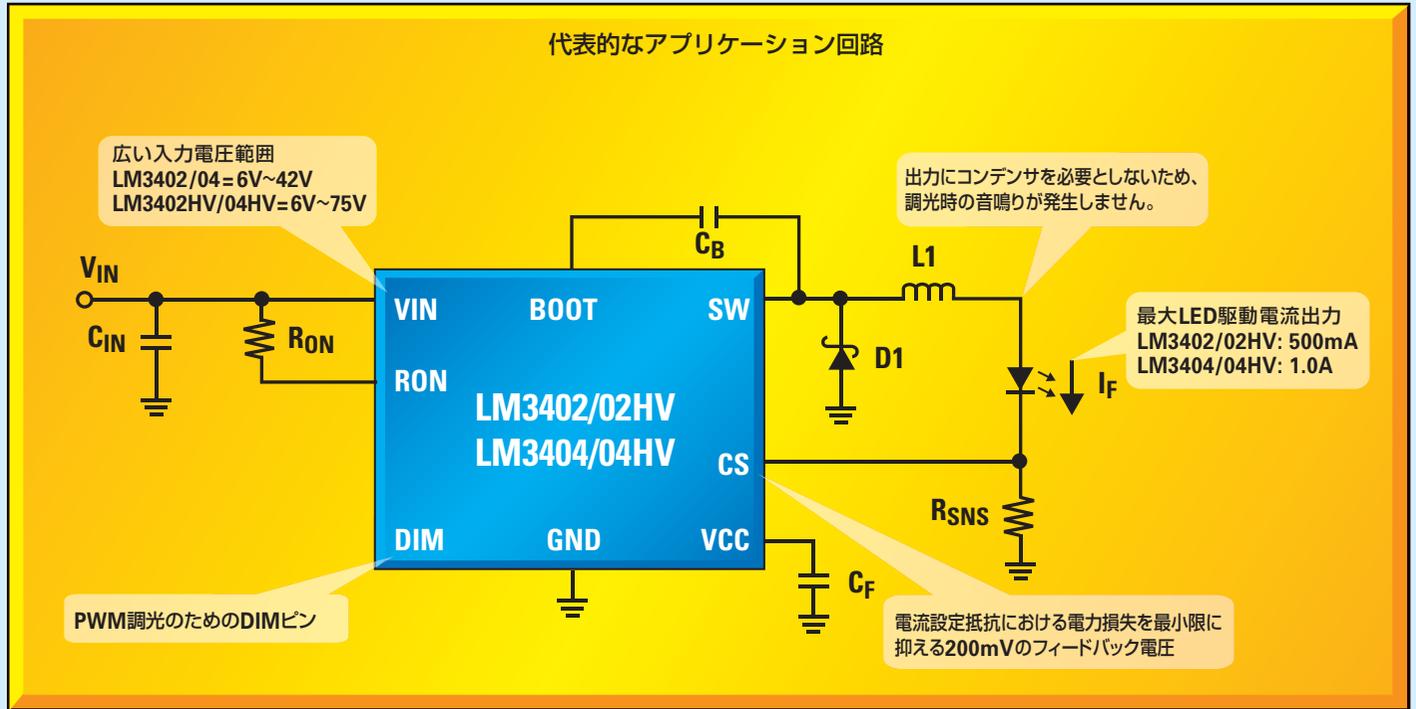
Figure1b. 降圧型電流レギュレータ

次号予告

降圧型レギュレータ・
アプリケーションの設計課題

高輝度LED (1W/3W) 向け、超高効率降圧型LEDドライバ

ナショナルセミコンダクター独自のコンスタント・オンタイム制御方式を採用した高性能LEDドライバLM3402/04は最少の外付け部品で理想的なLED駆動ソリューションを提供します。



LM3402/04の特長

- 高効率DC/DCコンバータと200mVの超低電圧フィードバックにより
不要な消費電力を最小化
- 最大42V (通常品)、75V (HV品) の広い入力電圧範囲を持ち、
多数LED*の同時駆動が可能
*一般的な白色LED ($V_f=3.8V$) の場合、通常品、HV品でそれぞれ最大10灯、18灯程度を直列接続で駆動可能
- 専用のPWM調光端子とコンデンサ不要の出力による音鳴りを
発生しない輝度制御

製品名	入力電圧範囲	最大出力電流	パッケージ
LM3402	6V ~ 42V	0.5A	MSOP-8
LM3402HV	6V ~ 75V	0.5A	MSOP-8
LM3404	6V ~ 42V	1.0A	SO-8
LM3404HV	6V ~ 75V	1.0A	SO-8

アミューズメント用照明、工業用光源、ゲーム機/自動販売機、一般照明、および建築用照明などのアプリケーションに最適です。

LM3402/04の製品サンプル、データシートはナショナルのサイトから入手できます。

www.national.com/JPN/led

LEDの駆動: コンデンサの使い方とコンデンサを使わない方法

電流を制御

降圧型レギュレータは出力インダクタが負荷に直列に接続されているため、定電流ドライバに非常に適しています。降圧型レギュレータを電圧源、電流源のどちらに使うにせよ、インダクタの選択はシステム設計での重要なポイントです。インダクタが出力に直列に接続されているので平均インダクタ電流は常に平均出力電流と等しく、降圧型コンバータは自然にAC電流リップルを制御します。本質的にLEDドライブは定負荷システムです。このため負荷が過渡状態の時に V_O を維持するための大きい出力容量は不要です。

出力コンデンサを使用しないことで 高出力インピーダンスを実現

理論上、理想電流源は無限の出力インピーダンスを持ち、定電流を維持するため無限大の速度で電圧のスルー動作を行うことができます。電圧レギュレータに専念してきたスイッチングレギュレータの設計者は、この方式に対して一瞬戸惑いを感じるかもしれません。降圧型レギュレータから出力コンデンサを完全に除去すると、出力インピーダンスはインダクタに依存することになります。 V_O の変動に抗するコンデンサ容量がなければ、出力電流(順方向電流または I_F のこと)のスルーレートはインダクタンス、入力電圧および出力電圧に完全に依存することになります(V_O は直列に接続された各LEDの順方向電圧 V_F の合計値です)。

通常LEDメーカーはDC順方向電流の電流リップル ΔI_F の比率として $\pm 5\% \sim \pm 20\%$ を推奨しています。スイッチングレギュレータの一般的な周波数範囲である50kHz \sim 2MHzでは、このリップル自体は人間の目に感じられません。この制限値は、リップル電流が増えると熱損失が大きくなること(LED半導体のPN接合自体が持つ特性)と用いられるインダクタンスの実用的限界を基にしてい

ます。この比率は、降圧型電圧レギュレータの電流リップル比の推奨値に似ています。このため、固定周波数の電流レギュレータのインダクタを選ぶ場合は電圧レギュレータの時と同じ次の式が適用されます。

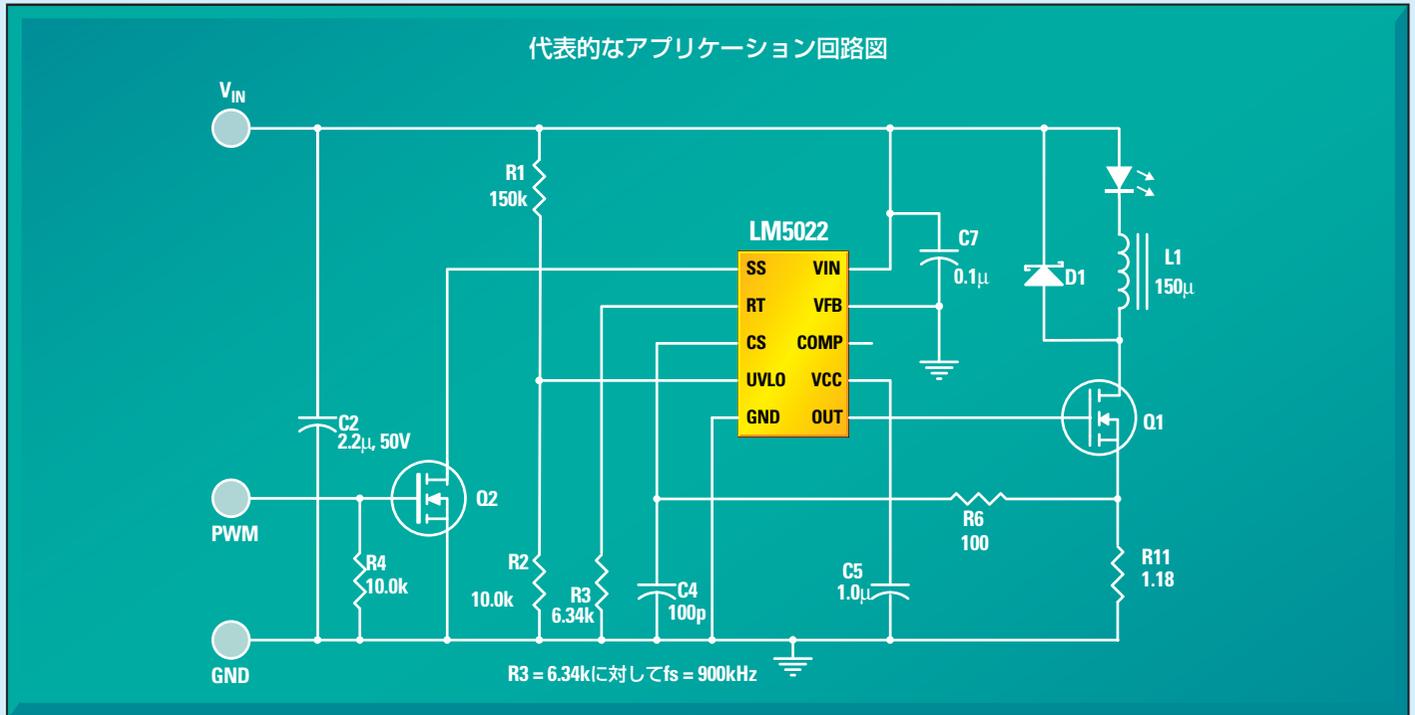
$$L = \frac{V_{IN}}{V_F} \times \frac{V_{IN} - V_F}{\Delta i_L \times f_{SW}}$$

ただ1つ違う点は、出力コンデンサを使わない電流レギュレータではインダクタンスが大きくなる傾向にあることです。ちなみに新しい規格では、1W、3W、5Wの高輝度LEDの駆動電流値はそれぞれ350mA、700mA、1Aと規定されています。最新の降圧型電圧レギュレータは、飽和電流5A \sim 50A、インダクタ0.1 μ H \sim 10 μ Hを必要とする傾向にあります。同様なスイッチング周波数を持つ電流ドライバでは、飽和電流は0.5A \sim 5A、インダクタは10 μ H \sim 1000 μ Hを必要とする傾向にあります。

出力インピーダンスを大きくする主な目的は、LEDの輝度制御に好んで用いられているPWM調光信号に対して応答可能なシステムを実現することにあります。調光信号をレギュレータのイネーブル・ピンに入力すると、出力電流を C_O の充放電による遅延なしにゼロから目標値へ、さらに目標値からゼロへとスルー動作させることができます。より高速で高解像度の調光を得るには、シャント型スイッチ(通常はMOSFET)をLEDアレイに対して並列に接続して、電流が常に連続的に流れるようにします。スルーレートを低下させる出力コンデンサを使用しないことでPWM調光周波数は数十kHzにすることができます。これは、フラット・パネル・ディスプレイ(FPD)のバックライトやRGBアレイを使った白色光作りなどのアプリケーションでは必須の要件です。

超広入力電圧範囲の高耐圧 電流モード・コントローラ

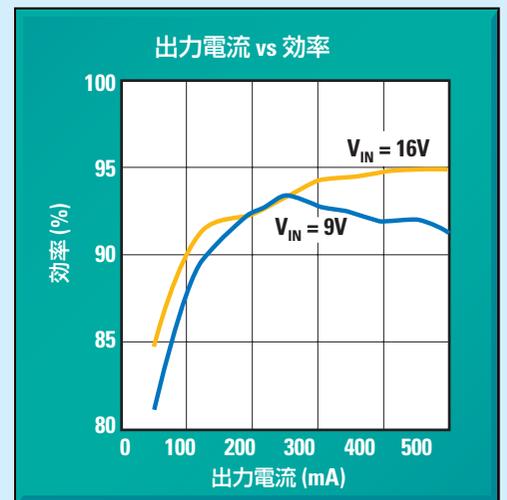
LM5022は6V ~ 60Vの入力電圧範囲を持ち、外付けMOSFETを制御してLEDに大電流を供給することができます。



LM5022の特長

- 60Vスタートアップ・レギュレータ
- ピーク電流1AのNチャンネルMOSFETゲート・ドライバ
- 6V ~ 60Vの入力電圧範囲
- 90%を超えるデューティ・サイクル制限
- ヒステリシス内蔵プログラマブルUVLO
- サイクル・バイ・サイクル電流制限
- 1個の抵抗で発振器周波数を設定
- スロープ補償
- 可変ソフトスタート
- MSOP-10パッケージ

自動車や産業用アプリケーションおよびフォワード型、フライバック型などのグラウンド基準アプリケーションに使用される昇圧型コンバータやSEPICコンバータなどに最適です。



LM5022の製品サンプル、データシートはナショナルのサイトから入手できます。

www.national.com/pf/LM/LM5022.html

LEDの駆動: コンデンサの使い方とコンデンサを使わない方法

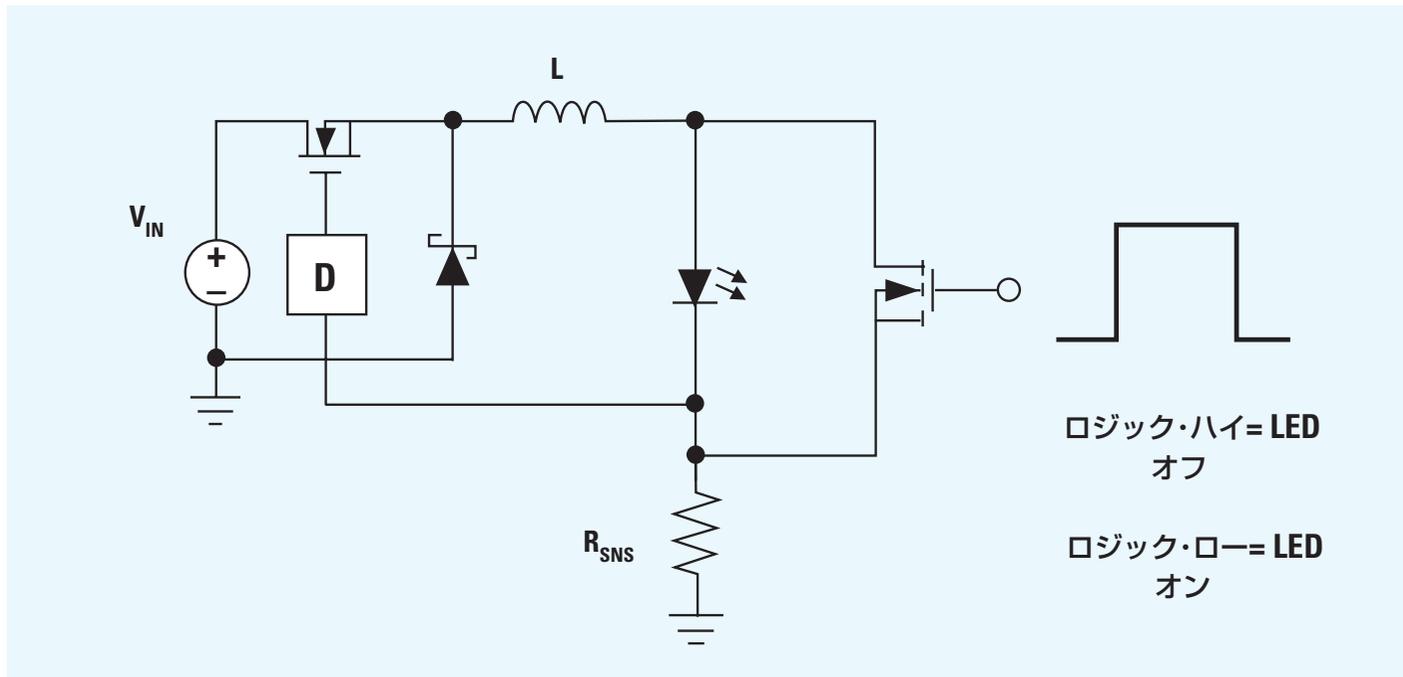


Figure 2. 並列NFETによる調光

出力コンデンサを使ってサイズとコストを低減

ある程度の大きさの出力容量はAC電流フィルタとして役立ちます。白熱電球やハロゲン灯をLEDに取り替えるようなアプリケーションでは、電球が占めていた狭いスペース内にLEDとドライバを配置する必要がしばしばあります。インダクタは常に、LEDに次いで最も大きくて高価な部品です。効率の面から（窮屈な所では特にそうですが）、設計者は多くの場合ソリューション（大抵はインダクタ）に適した最小のスイッチング周波数を選択します。インダクタ内での大きなリップル電流を許容して、LED電流をフィルタ処理すると、より小型で低コストのソリューションが可能になります。例えば、1個の白色LED ($V_F \approx 3.5V$) を12V (500kHz時) の入力の下でリップル電流 Δi_F を $\pm 5\%$ 含む1Aの電流で駆動するには、電流定格が1.1Aの50 μ Hインダクタが必要になります。このアプリケーションに適した代表的なフェライト・コア・デバイスのサイズは表面積10mm²、高さ4.5mmです。これに対して、インダクタのリップル電流を $\pm 30\%$ まで許容すると（低電流電圧レギュレータでは一般的）、必要なインダクタンスは10 μ Hを下回り、インダクタのサイズは表面積6.0mm²、高さはわずか

2.8mmに抑えられます。必要な出力容量は、そのスイッチング周波数におけるLEDの動作抵抗 r_D 、センス抵抗 R_{SNS} およびコンデンサのインピーダンスを基に、次の式で計算されます。

$$C_o = \frac{1}{2\pi \times f_{sw} \times (ESR + Z_c)}, Z_c = \frac{\Delta i_F}{\Delta i_L - \Delta i_F} \times r_D$$

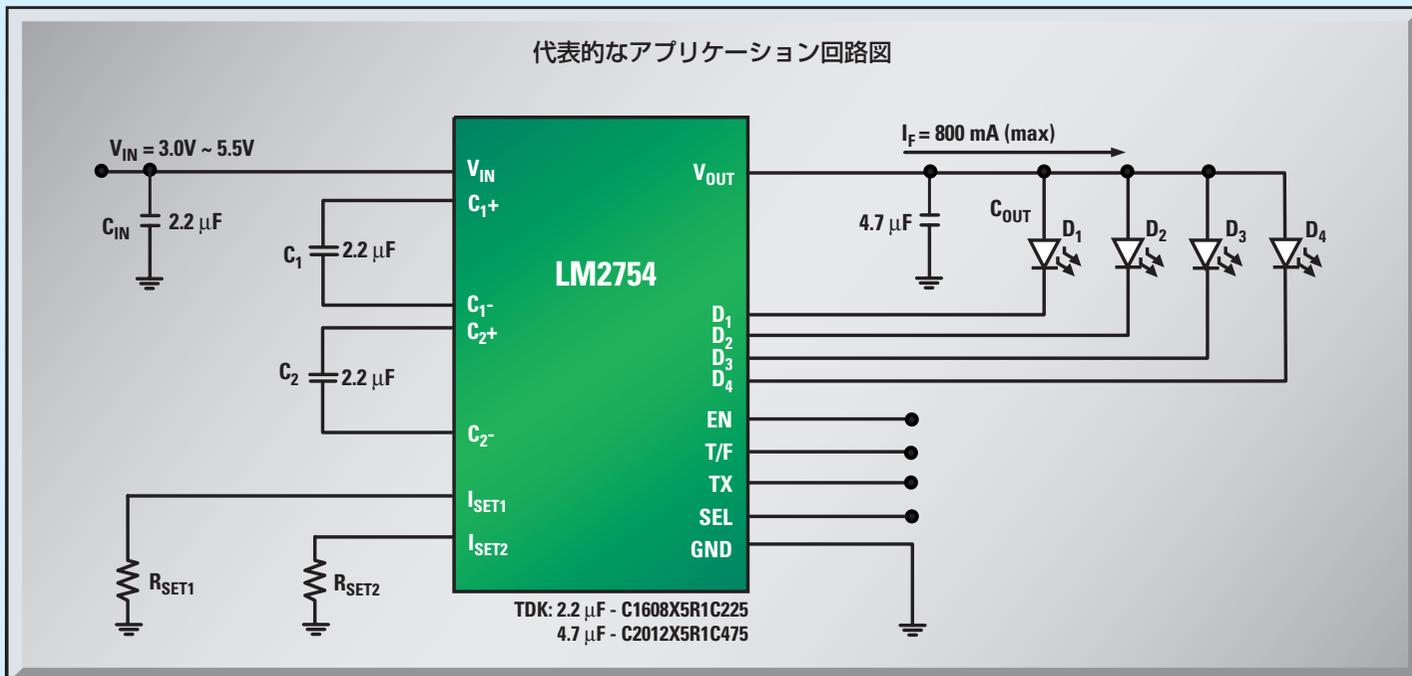
出力コンデンサの通常値は0.1 μ Fから10 μ Fで、これはセラミック・コンデンサに完全にあてはまります。出力コンデンサを追加すると、多くのアプリケーションでソリューション全体のサイズとコストを低減できます。

出力コンデンサの配置

電圧モード (VM) や電流モード (CM) のようなPWM制御方式の降圧型レギュレータでは、一般の降圧型レギュレータと同様、出力コンデンサはレギュレータ出力とシステム・グラウンドの間に接

業界最小、完全集積型フラッシュLEDドライバ

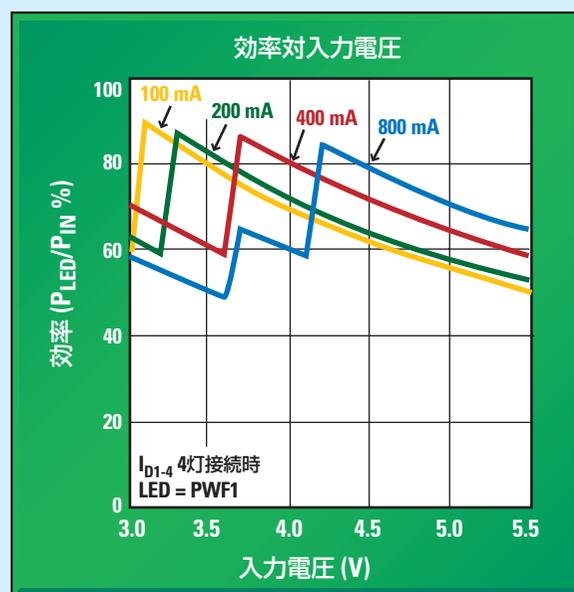
携帯アプリケーションのシングル・ダイおよびマルチ・ダイのフラッシュLEDに最適なハイパワーLEDドライバです。



LM2754の特長

- LEDを除いたソリューション全体のサイズ < 28 mm²
- フラッシュの点灯保持時間を1秒に制限してLEDの過熱を防止するタイムアウト回路
- インダクタ不要
- 真のシャットダウン出力ディスコネクト機能
- シャットダウン電流 < 1 μ A
- TX入力がRFパワーアンプ・パルスとの同期を確保
- SELピンを使って1つの電流シンクをディスエーブルする機能によりLED 3灯構成のフラッシュ・モジュールへ対応
- インラッシュ電流を制限する内部ソフトスタート回路
- LLP-24 (4 mm × 4 mm × 0.8 mm) パッケージ

携帯電話やデジタルスチルカメラなどのカメラ用フラッシュに最適です。



LM2754の製品サンプル、データシートはナショナルのサイトから入手できます。

www.national.com/pf/LM/LM2754.html

LEDの駆動: コンデンサの使い方とコンデンサを使わない方法

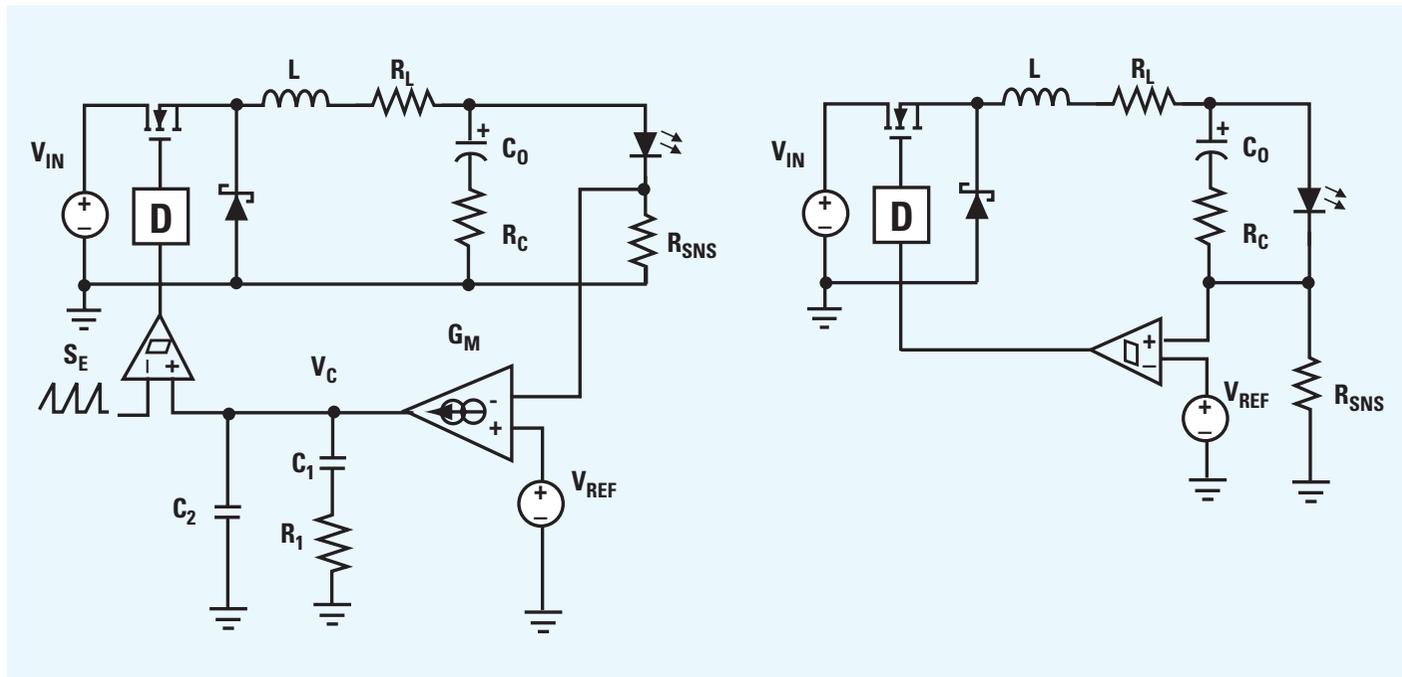


Figure 3a: PWMレギュレータ

Figure 3b: コンパレータ内蔵型のレギュレータ

続する必要があります (Figure 3a)。ここで電圧レギュレータの設計に使われる同じ式を用いて、制御から出力までのシステムの伝達関数を解析できます。ヒステリシス内蔵やコンスタント・オンタイム (COT) のようなコンパレータ内蔵型の制御を用いる場合は、出力コンデンサをLEDアレイに対して並列に配置する必要があります (Figure 3b)。ヒステリシス内蔵電圧レギュレータ回路では、帰還ノードで同相電圧リップル比を高めるためにこの方法がよく使われます。電流レギュレータでは、 C_0 を流れるリップル電流とLEDを流れる順方向電流がスイッチング・コンパレータへの入力時に加算されます。従って R_{SNS} での電圧波形はスイッチング・ノードの波形と同相になり、ノイズ除去比の高い予測可能な動作が得られます。小さい出力容量と大きいインダクタ電流リップルの組み合わせによって、ヒステリシス内蔵やCOT方式の電流レギュレータは電圧レギュレータに比べて実際に信頼性が向上し、設計しやすくなります。

結論

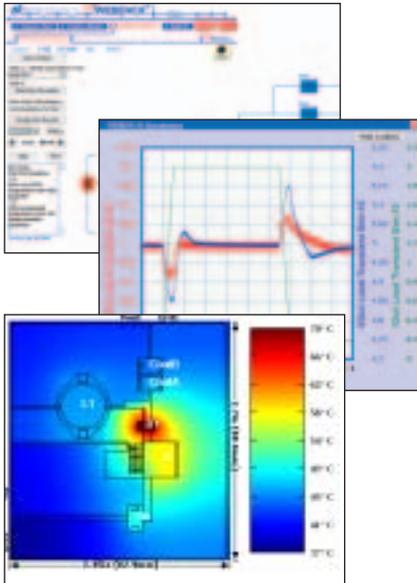
高輝度のハイパワーLEDは、照明設計の分野で蛍光灯登場以来の大きな変革をもたらしています。LEDの採用によって、照明システムに使用されるエレクトロニクスの複雑さは根本から変わります。現在、LED照明設計の大半を占めるのは白熱電球、ハロゲン灯および蛍光灯設備の取り替えです。このようなシステムに高度な調光制御を採用するのはまれで、主眼は専ら小型化にあります。これらのアプリケーションには、出力コンデンサをドライバ回路に追加するのがよいでしょう。

一般照明向けLEDのコスト高は、近い将来、輝度、色調およびカラーの新しいレベルの制御によって埋め合わされるでしょう。高速のPWM調光が必要になる家庭用やビジネス用の照明では、出力容量を最小化または除去した電流ドライバが必要になります。このようなシステムでは、最良の応答時間を確保するべくすでに出力コンデンサを除去した現在の高速調光アプリケーションでの経験が生かされるはずです。■

電源回路設計ツール

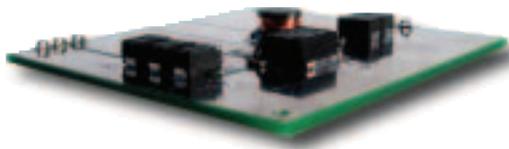
WEBENCH®オンライン設計支援ツール

回路設計からプロトタイプ入手までがオンラインで完了。
設計時間を大幅に短縮できます。



1. 選ぶ
2. 設計する
3. 電源回路を分析する
 - －電気特性シミュレーション
 - －熱特性シミュレーション
4. 製作する
 - －カスタム・プロトタイプを注文

webench.national.com/jpn



リファレンス・デザイン

ナショナルの電源設計専用のリファレンス・デザイン・ライブラリは、システム設計を迅速化し、製品の市場投入までの期間を短縮する実用的なリファレンス・デザインの総合的なライブラリを提供します。

www.national.com/JPN/Reference_Designs



ナショナルの
パワー製品サイト:
power.national.com/jpn

お問い合わせ:
JPN.Feedback@nsc.com

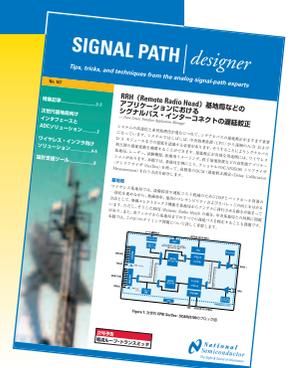
どの号もお見逃しなく！

Power Designerのバックナンバーは
ナショナルのサイトでご覧いただけます。

power.national.com/jpndesigner

Signal Path Designerもオンラインで
提供しています。ぜひお読みください。

signalpath.national.com/jpndesigner



ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社
〒135-0042 東京都江東区木場2-17-16
TEL 03-5639-7300 (大代表) www.national.com/jpn/

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えたり、保証もしくは是認するということを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
 - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
 4. 機械的衝撃
 - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
 5. 熱衝撃
 - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
 6. 汚染
 - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
 - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上