

ディスクリート電流検出アンプによるLEDライティングでの高精度の輝度および色制御

電流センシング製品、Arjun Prakash



発光ダイオード(LED)ライティングは、住居および産業用途で飛躍的に成長してきました。ENERGY STARによれば、LEDライティングによる運用コストの削減は75%で、従来の白熱電球ライティングよりも35~50倍の寿命があります。エネルギー消費を低減するための政府規制もLEDの成長を後押し、加速しています。LEDは現在、自動車のヘッドランプ、航空業界、街灯、非常灯などいくつかの異なる用途に使用されています。

LEDは特殊なp-n接合ダイオードで、電気信号によりアクティブ化されると発光します。正確に制御された電流がLEDに印加されると、電子と「正孔」との再結合により、デバイスは光子を放出します。光子の放出は、人間の目に光として変換されます。LEDの両端で電流を比例的に制御すると、色と輝度を正確に制御できます。電流を正確に制御する一般的な技法として、RGY LEDを使用して色のコントラストを作り出すことがあります。

LEDドライバの制御システム

LEDを制御する技法のうち最も一般的なものは、LEDの両端の電流を一定にすることです。LEDへの電流を制御することで、輝度と調光を正確に制御できます。LEDドライバのシステム実装を、簡略化して図1に示します。産業用ライティング・システムでは、110V/220V ACの電圧を、整流器とスイッチング・レギュレータを使用してDC電圧に変換します。DC電圧は48V、60Vから、400Vに及ぶこともあります。DC電圧はLEDドライバに直接接続します。

次のような用途では、電流検出アンプをDCバス電圧バスに接続します。

- 複数の並列システムのある環境で、LEDシステムのオープン/短絡を検出する。
- 長期間にわたり照明器具のルーメン出力を一定に維持する。
- 輝度制御のため正確な電流を測定する。
- 正確な線形または対数的調光制御を実装する。
- 固定ルーメン出力(CLO)機能をサポートするため、LED照明器具の正確な電流測定が必要である。

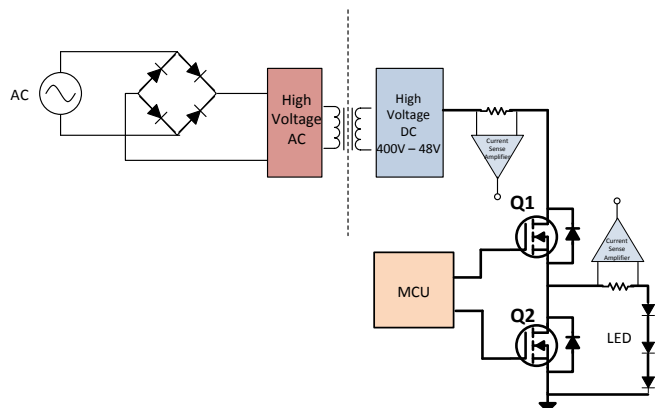


図 1. LEDドライバのシステム制御

パルス幅変調(PWM)調光

LEDライティングにおいて、光出力の維持と保護のために重要な仕様の1つが最大電流定格です。電流出力の正確な制御により、LEDライティングの調光の精度が決まります。PWM調光は、固定時間におけるLEDへの電流を、可変のデューティ・サイクルに応じてオン/オフすることで得られます。PWMのデューティ・サイクルの変化により、LEDへのピーク電流が制御されます。デューティ・サイクルの制御により、オン時はピーク電流、オフ時は事実上無電流になり、LEDへの平均出力電流が決定されます。この技法は最も簡単に実装できますが、いくつかの欠点があります。LEDは通電により温度が上昇し、インピーダンス特性も変化します。インピーダンス特性に追従しないと、調光による輝度が一貫なくなり、色や輝度が変化する可能性があります。この問題は、図2に示すようにLEDドライバの出力に電流センシング・アンプを追加すると簡単に解決できます。フィードバック制御付きの電流センシング・アンプは、デューティ・サイクルを正確に変化させ、LEDの特性変化にかかわらず光出力を一定に維持できます。しかし、さらにEMI、フリッカー効果、突入電流の課題を、高いスイッチング周波数での動作や出力へのフェライト・ビーズ追加により解決する必要があります。

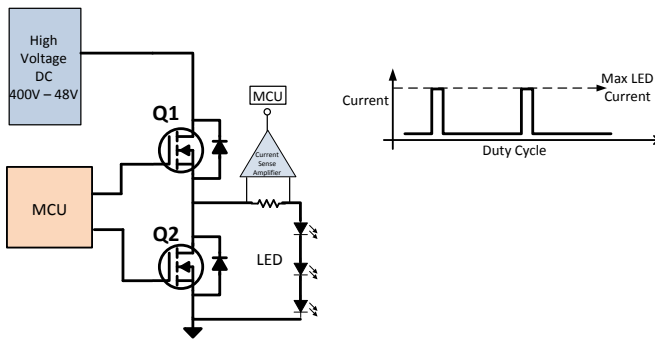


図 2. 電流検出アンプによるPWM調光

アナログ調光と定電流制御との比較

アナログ調光では、平均電流が一定に維持されます。LEDライティングを流れる電流は、光出力と直接関連します。ULクラス2認定が要求されるアプリケーションでは、アナログ調光がPWM調光よりも推奨されます。ULクラス2認定には、電源がPWM周波数を10Hz~200Hzの範囲に制限する必要があります。このような低い周波数では、LED出力により、人間の目にとって望ましくないフリッカー効果が発生します。

アナログ調光は色制御の用途でも非常に広く使用されています。LEDの色温度は、特定の電流出力レベルで規定されています。たとえば、LEDの色温度が1300mAで2800Kとすると、1500mAでは5000Kに上昇する可能性があります。正確な電流制御システムにより、目的の色温度を維持できます。アナログ調光が使用される主な用途に、色のコントラストの作成があります。車載用インフォテインメントではLEDライトを使用して、魅力的に見せ、可能な限り色を忠実に再現する背景色が生成されます。図3で説明されているように、LEDライティング、LEDドライバ、高精度の電流検出アンプとアナログ調光の組み合わせにより、忠実な背景色を再現できます。また、EMIの制限が非常に厳格な用途でも、アナログ調光が好まれます。ただし、アナログ調光の欠点の1つは、色温度が変化する性質です。調光により輝度を落としながら色温度を維持する必要があるアプリケーションには、アナログ調光はこの点が不十分です。

INA240電流検出アンプは、-4V~80Vの範囲のコモンモード電圧で動作します。オフセットが低く(25μV)、電圧オフセットのドリフト係数も低い(0.25μV/°C)ことに加えて、ゲイン誤差(0.2%)やゲイン・ドリフト係数(2.5ppm/°C)も低いため、システムの温度にかかわらず正確な測定を行えます。オフ

セットが25μVと低いため、アプリケーションで低い値のシャunt抵抗を使用でき、電流測定の総合的なダイナミック・レンジも広がります。電流検出アンプのダイナミック・レンジは、調光に利用可能なダイナミック・レンジと直接関連します。高性能のDC仕様に加えて、INA240はdv/dt過渡電圧を除去するよう設計されているため、インラインの測定場所でリアルタイムのLED電流を測定できます。

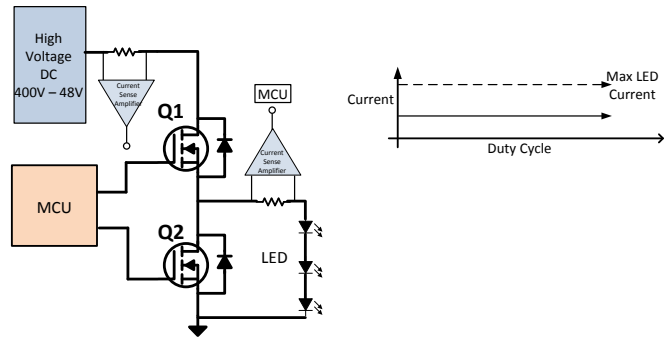


図 3. 電流検出アンプによるアナログ調光

その他の推奨デバイス

LMP8646は高精度の電流リミッタで、レギュレータのフィードバック・ノードに直結可能な任意のスイッチングまたはリア・レギュレータの電流制限精度を向上するため使用されます。LMP8646は-2V~76Vのコモンモード電圧範囲をサポートし、48V/60Vのシステムに理想的です。LMP8646の帯域幅とゲインは、それぞれ外付けのコンデンサと抵抗により設定可能です。LMP8646の出力段は電流源のみであるため、スイッチング・レギュレータのフィードバック・ノードへ接続するため理想的です。

表 1. その他の推奨デバイス

Device	Optimized Parameter	Performance Trade-Off
INA168	帯域幅: 800kHz、パッケージ: SOT-23	ゲイン調整可能、外付け部品
LMP8601	V _{CM} : -22V~60V	オフセット電圧: 1mV、帯域幅: 60kHz
INA282	DC CMRR: 140dB	帯域幅: 10kHz

表 2. 関連するTI Tech Note

SBOA174	H-ブリッジでの電流センシング
SBOA176	スイッチング電源の電流測定
SBOA166	PWMリジェクション機能付きのハイサイド駆動、ハイサイド・ソレノイド電流モニタ

TIの設計情報およびリソースに関する重要な注意事項

Texas Instruments Incorporated ("TI")の技術、アプリケーションその他設計に関する助言、サービスまたは情報は、TI製品を組み込んだアプリケーションを開発する設計者に役立つことを目的として提供するものです。これにはリファレンス設計や、評価モジュールに関する資料が含まれますが、これらに限られません。以下、これらを総称して「TIリソース」と呼びます。いかなる方法であっても、TIリソースのいずれかをダウンロード、アクセス、または使用した場合、お客様(個人、または会社を代表している場合にはお客様の会社)は、これらのリソースをここに記載された目的にのみ使用し、この注意事項の条項に従うことに合意したものとします。

TIによるTIリソースの提供は、TI製品に対する該当の発行済み保証事項または免責事項を拡張またはいかなる形でも変更するものではなく、これらのTIリソースを提供することによって、TIにはいかなる追加義務も責任も発生しないものとします。TIは、自社のTIリソースに訂正、拡張、改良、およびその他の変更を加える権利を留保します。

お客様は、自らのアプリケーションの設計において、ご自身が独自に分析、評価、判断を行う責任がお客様にあり、お客様のアプリケーション(および、お客様のアプリケーションに使用されるすべてのTI製品)の安全性、および該当するすべての規制、法、その他適用される要件への遵守を保証するすべての責任をお客様のみが負うことを理解し、合意するものとします。お客様は、自身のアプリケーションに関して、(1) 故障による危険な結果を予測し、(2) 障害とその結果を監視し、および、(3) 損害を引き起こす障害の可能性を減らし、適切な対策を行う目的で、安全策を開発し実装するために必要な、すべての技術を保持していることを表明するものとします。お客様は、TI製品を含むアプリケーションを使用または配布する前に、それらのアプリケーション、およびアプリケーションに使用されているTI製品の機能性を完全にテストすることに合意するものとします。TIは、特定のTIリソース用に発行されたドキュメントで明示的に記載されているもの以外のテストを実行していません。

お客様は、個別のTIリソースにつき、当該TIリソースに記載されているTI製品を含むアプリケーションの開発に関連する目的でのみ、使用、コピー、変更することが許可されています。明示的または黙示的を問わず、禁反言の法理その他どのような理由でも、他のTIの知的所有権に対するその他のライセンスは付与されません。また、TIまたは他のいかなる第三者のテクノロジーまたは知的所有権についても、いかなるライセンスも付与されるものではありません。付与されないものには、TI製品またはサービスが使用される組み合わせ、機械、プロセスに関連する特許権、著作権、回路配置利用権、その他の知的所有権が含まれますが、これらに限られません。第三者の製品やサービスに関する、またはそれらを参照する情報は、そのような製品またはサービスを利用するライセンスを構成するものではなく、それらに対する保証または推奨を意味するものでもありません。TIリソースを使用するため、第三者の特許または他の知的所有権に基づく第三者からのライセンス、あるいはTIの特許または他の知的所有権に基づくTIからのライセンスが必要な場合があります。

TIのリソースは、それに含まれるあらゆる欠陥も含めて、「現状のまま」提供されます。TIは、TIリソースまたはその仕様に関して、明示的か暗黙的にかかわらず、他のいかなる保証または表明も行いません。これには、正確性または完全性、権原、続発性の障害に関する保証、および商品性、特定目的への適合性、第三者の知的所有権の非侵害に対する黙示的保証が含まれますが、これらに限られません。

TIは、いかなる苦情に対しても、お客様への弁済または補償を行う義務はなく、行わないものとします。これには、任意の製品の組み合わせに関連する、またはそれらに基づく侵害の請求も含まれますが、これらに限られず、またその事実についてTIリソースまたは他の場所に記載されているか否かを問わないものとします。いかなる場合も、TIリソースまたはその使用に関連して、またはそれらにより発生した、実際の、直接的、特別、付随的、間接的、懲罰的、偶発的、または、結果的な損害について、そのような損害の可能性についてTIが知らされていたかどうかにかかわらず、TIは責任を負わないものとします。

お客様は、この注意事項の条件および条項に従わなかったために発生した、いかなる損害、コスト、損失、責任からも、TIおよびその代表者を完全に免責するものとします。

この注意事項はTIリソースに適用されます。特定の種類の資料、TI製品、およびサービスの使用および購入については、追加条項が適用されます。これには、半導体製品(<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、評価モジュール、およびサンプル(<http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm>)についてのTIの標準条項が含まれますが、これらに限られません。