

NCL30002 LEDドライバの調光



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

APPLICATION NOTE

原理上、LEDの調光とは、単に駆動電流の減少に関する問題です。アーク放電照明の調光に見られるような注目すべき特殊な条件はありません。連続調光(DC電流を減少)とPWM調光(一定の電流から零電流へLEDのオン-オフ切り替え)の両手法は、LEDで非常にうまく動作します。DC電流を減少させると、動作電流によりLEDの効率が変動してわずかに非線形性が生じますが、PWM調光の線形性はきわめて高いものです。

一般的な照明界では、これら2つの手法はLED照明を使用した新しい設備や改良した設備で採用され始めています。調光を採用する大半の設備では、優れ

た位相制御調光器を使用しています。位相制御調光器は、およそ50年間蛍光灯照明に広く使用されてきました。これらはPWM調光型と呼ぶことができます。オン時間は、負荷(一般に蛍光灯照明)に印加される平均電圧を変化させるAC入力半サイクルにわたって変動します。一連のスイッチング・デバイスの作動を遅らせることで、導通時間が変動します。スイッチング・デバイスは通常、SCRまたはTRIACです。両デバイスは、それぞれのゲートへの電流パルスによってトリガされ、電流がデバイスの保持電流を下回るとターンオフします。代表的な出力波形をFigure 1に示します。

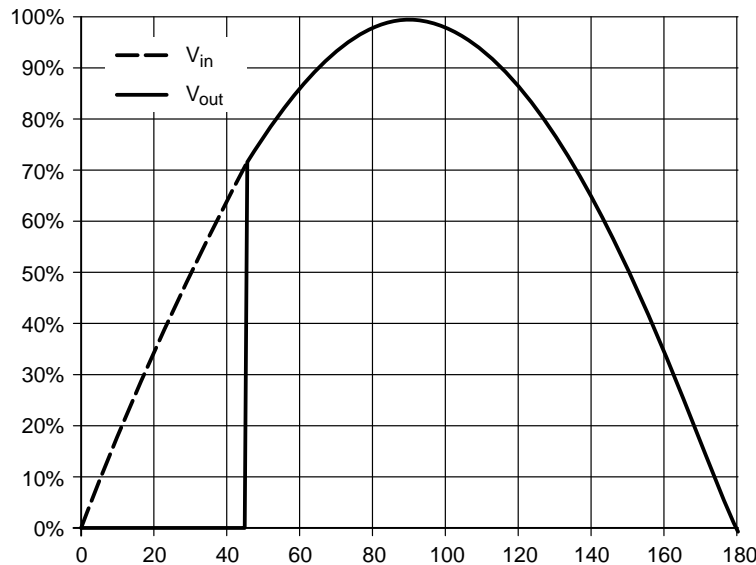


Figure 1. Typical Voltage versus Conduction Angle

作動するまでの立ち上がりが遅れる時間は、調整変数です。半サイクルごとに電流はゼロに低下するため、スイッチング・デバイスは必然的に整流します。

この調光制御手法は、負荷が主に抵抗器ではない場合にはさらに複雑になります。残念なことに、これは、蛍光灯照明や抵抗性発熱体でないほぼすべての負荷に該当します(電気コンロで使用するタイプのコントローラもこれに該当します)。プラス面とし

て、位相制御手法は単純で効率的かつ低コストな点が挙げられます。マイナス面としては、これらの手法は高効率の最新型の照明にすぐに対応できるわけではなく、配電インフラに損害をもたらす大きなライン高調波を引き起こします。米国は、世界の大半の国々とは異なり、かなり頑強なインフラを備えているため、高調波による損害は、たとえばヨーロッパほど大きな懸案事項にはなりません。

現代の照明に後方互換性をもたせることには、さまざまな理由があります。

1. 規制 – ENERGY STAR®要件は、LED電球が調光可能かどうかを製造者が提示する必要があると認めています。
2. 市場への受け入れ–新製品に後方互換性をもたせることで受け入れの障壁を低くします。

位相制御調光器に関する問題

この文書では、立ち上がりエッジ位相制御調光器(圧倒的な最大セグメント)について述べます。一部の立ち下がりエッジ位相制御調光器は、ライン・サイクルの途中で切れます。そしてこのような調光器には従来型のSCRやTRIACとは違うタイプのスイッチがあります。立ち下がりエッジ調光器は非抵抗性負荷への適合性に優れていますが、複雑で高価なため一般には使用されていません。

以下の3つの主な課題に対処する必要があります：

1. 早期整流
2. 最小保持電流
3. リーク電流

設計例の仕様

詳解のため、以下の設計仕様のNCL30002に基づくLEDドライバについて検討します。

EMI – CISPR22 Class B

入力電圧 – 交流100 V~交流132 V

出力電圧 – 直流22 V~直流26 V

出力電流 – 直流750 mA

効率 – 85%

EMI – CISPR22 クラスB

早期整流

蛍光灯照明を除くすべての照明には、電源に接続するための一種の調整回路が必要です。今日このようなインタフェース回路は、サイズ縮小や効率向上のために高周波スイッチング・レギュレータを使用します。そのため、伝導電磁妨害を抑えるEMIフィルタがすべてに備わっています。EMIフィルタはインダクタとコンデンサで構成されます。Figure 1に示すように、電圧はライン・サイクルの途中で急速に上昇します。この段階の電圧は、EMIフィルタ構成要素のリングングを引き起こします。電流は急激に上昇し、負に振動する傾向があります。これをFigure 2に示します。

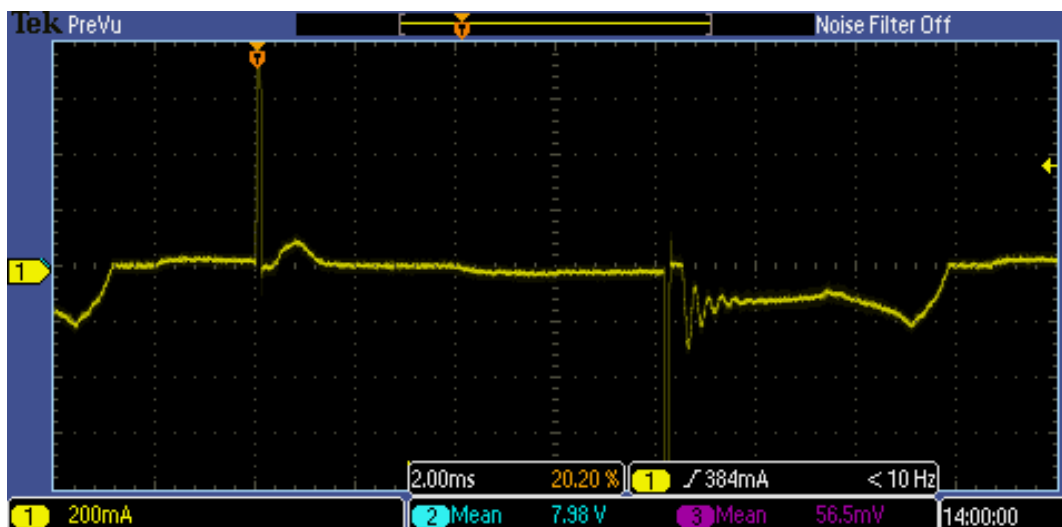


Figure 2. Typical Input Phase Dimming Current to an Electronic LED Driver Without Preconditioning

正の半サイクルでは、リング・バックがTRIACを整流し調光器を完全に止めます。負の半サイクルでは、リング・バックがはっきりと見られますがTRIACは整流しません。このことはTRIACの非対称

性を示します。この非対称性は、フリッカとしてライン・レートに現れることがあります。Figure 3は、TRIACが1サイクルあたり複数回起動を試みて失敗した場合を示します。

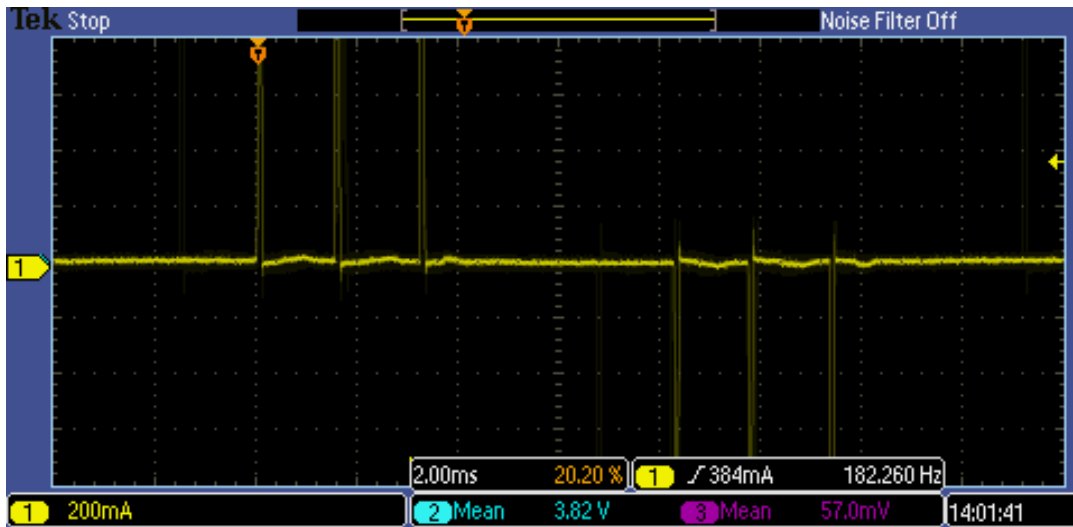


Figure 3. Typical Input Phase Dimming Current to an Electronic LED Driver Without Preconditioning

整流の問題を解く鍵は、調光器が導通を開始するときに電流を反対の極性に振動させないようにすることです。高い起動電流は実際にTRIACの正常な起動を行うのに適していますが、電流が同一極性で継続しなければなりません。場合によっては、EMIフィルタ部品を適切に選択すればこれが可能です。一般に、インダクタを大きくしコンデンサを小さくす

る必要があります。NCL30002ドライバの開ループ・アーキテクチャでは、部分的な負インピーダンス特性のため、このアプローチは困難です。これについては、『アプリケーション・ノートAND9094/D』で述べます。Figure 4に示すアクティブ突入電流制限回路は、この目的を達成します。

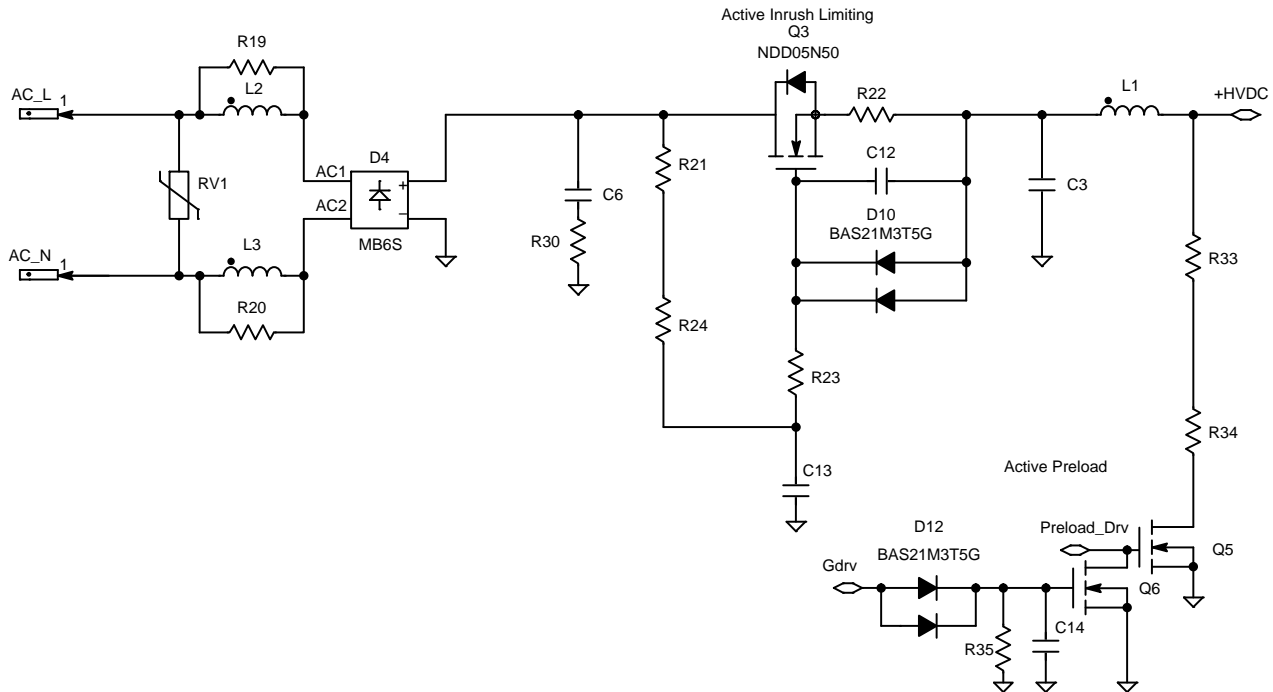


Figure 4. Active Inrush Limiter

これはEMIフィルタに加えられるdV/dTを制限するソース・フォロワです。R21、R24、およびC13は電圧の立ち上がり速度の時定数を設定します。R22は

安定のためのフォロウ・ゲインを低下させ最大電流限界を提供します。結果をFigure 5に示します。

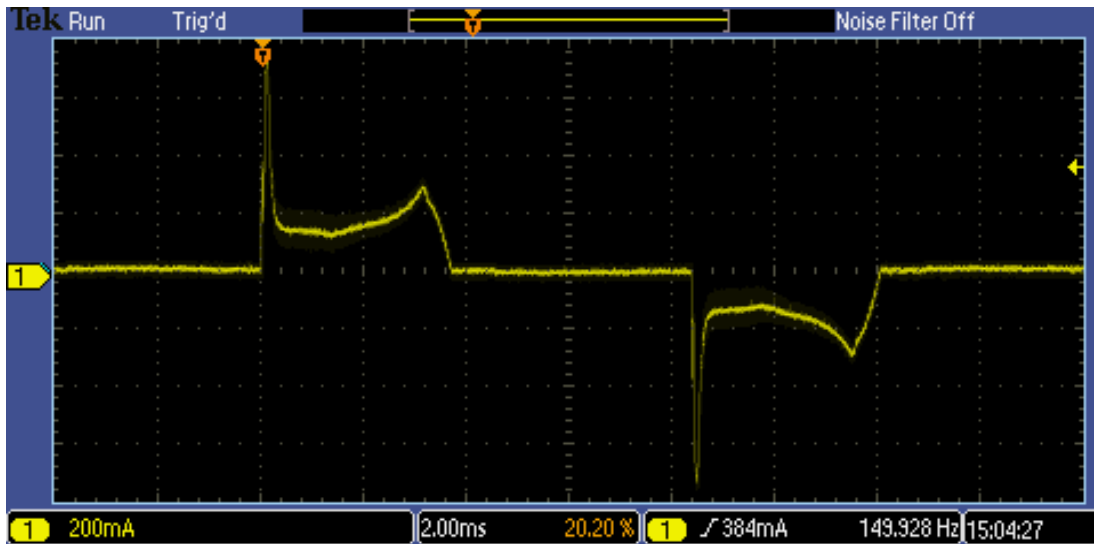


Figure 5. Input Current with Active Inrush Limiter

リング・バックは完全になくなり、調光器の TRIAC は正常に導通します。LED ドライバへのピーク電流を制限することで、TRIAC 調光器のストレスを低減し、かつ調光器で見られるピーク負荷を軽減することで、より多くの LED ランプ負荷を 1 つの調光器で駆動できます。

保持電流

調光器内部のスイッチング・デバイスには最小保持電流が流れます。保持電流に達しないと、デバイスがオン状態を保つ保証はありません。残念ながら、ドライバ設計者がこれを解決するためにできることは何もあります。調光器製造者が適切な動作のための最小ワット数を指定することは珍しくありません。最小値を満たすため、1 つの調光器に複数の負荷を並列にできます。これは設備によくある例です。また、1 つの調光器に複数のデバイスを混在させることもできます。1 つの調光器に LED と白熱負荷を持たせることが可能です。

オフ状態の通過電流

TRIAC 調光器は能動デバイスで、電球がもはや点灯していないオフ状態またはロー状態のときでも一定量の電流を必要とします。通過電流は製造業者や調光器のタイプによって大きく異なります。調光器には暗闇でもスイッチの場所が分かるように常夜灯を備えているものがあります。また、「デジタル調光器」は内蔵型マイクロコントローラを備えており調光設定を保存し、常時ラインから電流の一部を取り出して、動作を維持します。通過電流の制限を規定する規格はなく、AC パルスや DC パルスが問題をさらに複雑にする可能性があります。

さらに、調光器が実際にオフ状態のときでも、調光範囲の最もロー・エンドにおいて、および照明時やスマート調光器では動作電流も流れます。一部のポイントでは、ドライバを作動させる電圧が不十分になります。ドライバはこの時点でドロップ・アウトすることになります。したがって、調光器が非常に低い状態かまたはオフ状態のとき、電流が継続的に流れ、調光器は入力容量を充電し、その時点の駆動回路の電流と寄生損失の大きさに応じて、ドライバは再起動を試みることができます。電圧が不十分な場合、ドライバは再びドロップアウトします。このオン・オフの切り替えは、ドライバがいくらかのヒステリシスを設ける動作電流用の経路を提供できるようになるまで、無限に続きます。このような調光器の動作電流用の経路を提供するためにアクティブな前負荷が追加されます。この前負荷はドライバがスイッチングを開始するまでオンです。NCL30002 からのゲート・ドライブは、RC ネットワークを FET(Q6) まで最大充電し、FET(Q6) が負荷をオフにするため効率は低下しません。この周期回路の第二の利点は、調光器のポップ・オン性能が向上することです。

調光曲線の整合

白熱灯は現行の技術のため、調光器に取り付けるときは白熱灯の調光性能に適合させなければなりません。米国では、電機製造者協会 (NEMA) が、Figure 6 に示すように白熱灯のプロファイルの模倣を意図した推奨調光カーブ・マスクを開発しました。

AND9096/D

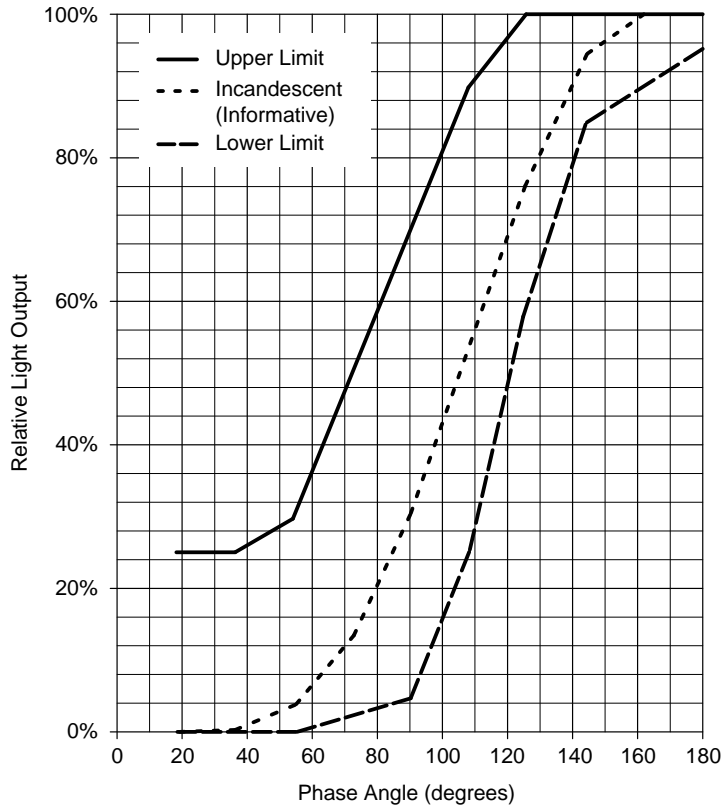


Figure 6. NEMA SSL-6 Phase Control Dimming Curve

白熱灯は位相角に対しそれほど直線的には反応しません。調光時にLEDドライバが白熱のように振る舞うようにするために、曲線近似が必要になります。

す。調光曲線の下部に何らかの加速がない場合、出力はFigure 7に示すようになりに直線性を帯びます。

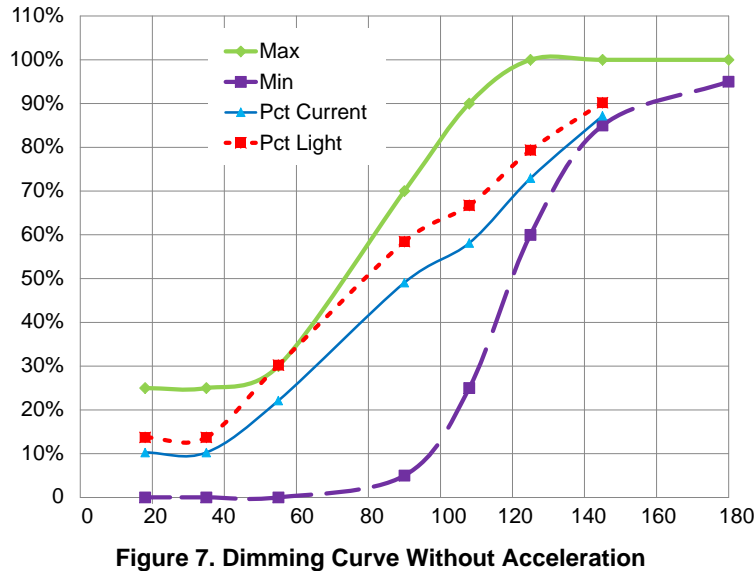


Figure 7. Dimming Curve Without Acceleration

AND9096/D

NCL30002には2つの回路があり、出力電流に対して相反する効果があります。調光アクセラレータは平均入力電圧に基づき、入力電圧の低減と同じ効果があります。しかし、フィード・フォワード制御が

ライン・レギュレーションの補正を試みます。Figure 8に示す加速回路は、Figure 9のようなきれいな曲線を示します。

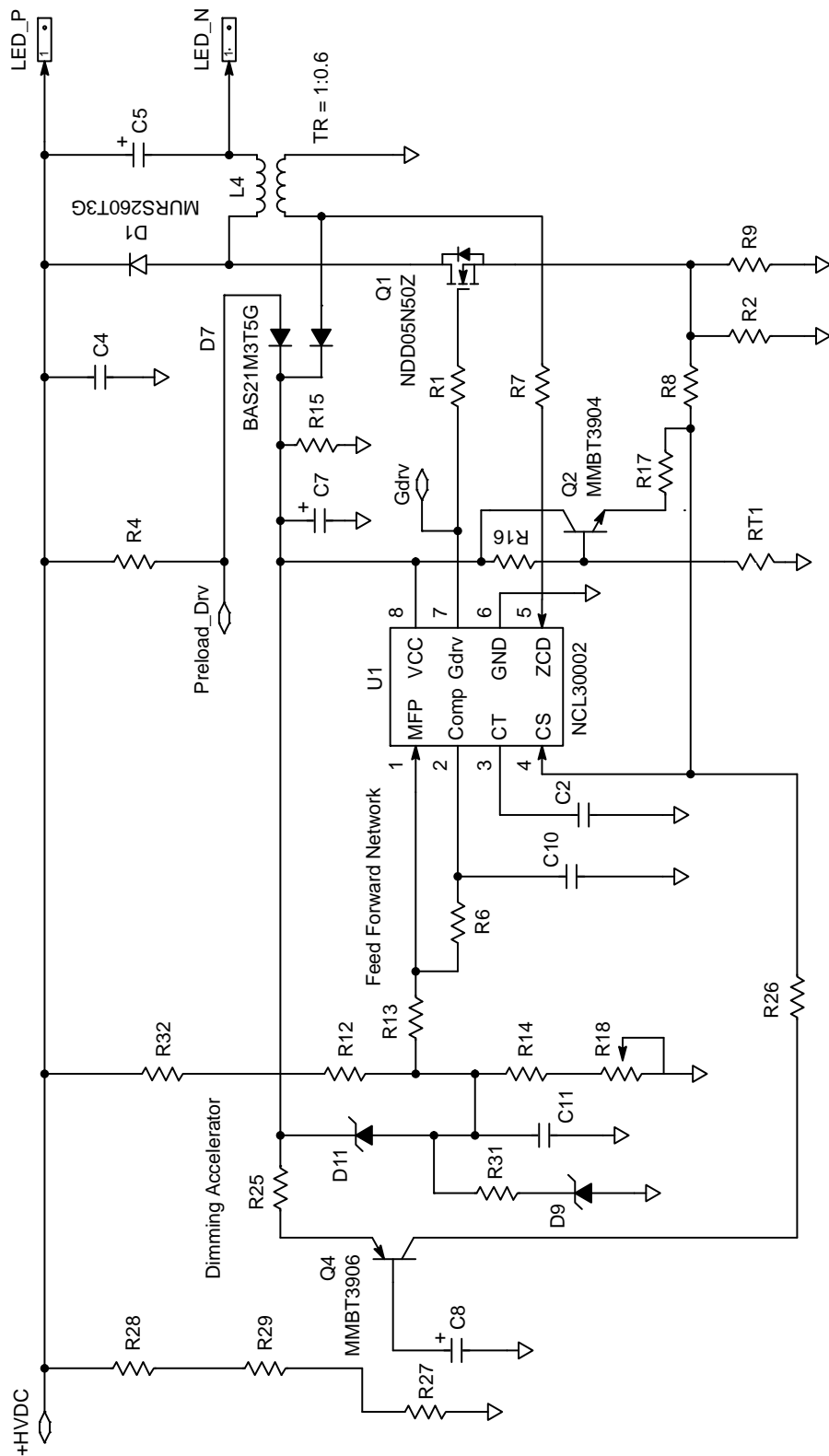


Figure 8. Dimming Acceleration Schematic

AND9096/D

回路は分かりやすいように、いくつかのパーツを取り除いて簡略化してあります。加速はQ4でもたらされます。ベース電圧は分割され、R28、R29、R27、C8でフィルタされます。加速ゲインはR25対R8の比率で設定されます。加速を開始する設定点は、

R28/R29とR27の比率で設定されます。通常、Q4のベースの電圧は低ライン仕様ではV_{CC}をわずかに超えて設定されます。低ライン仕様と調光曲線形状の間にはトレードオフが存在します。

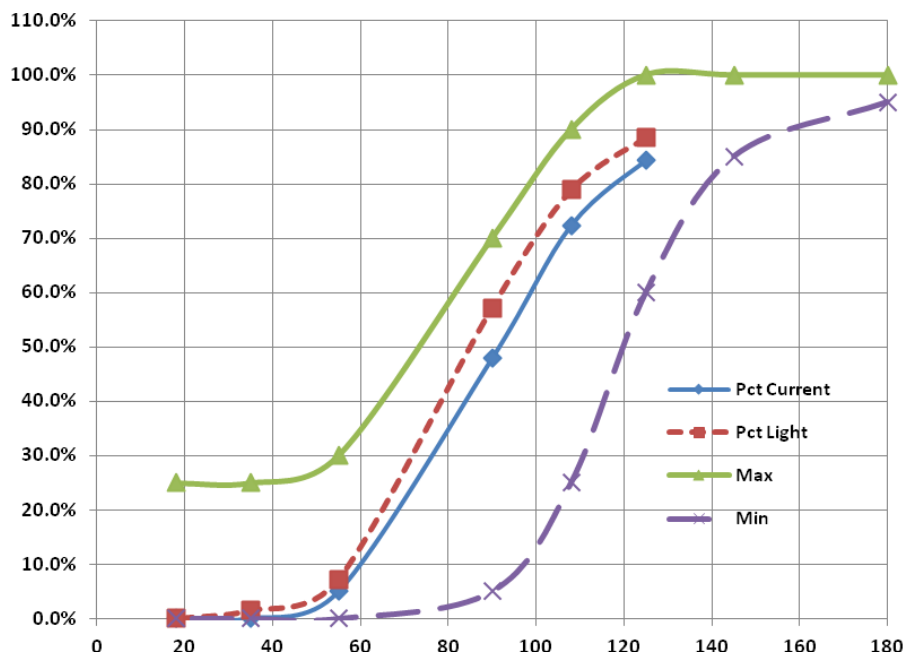


Figure 9. Dimming Curve with Acceleration

光出力と電流は、この例では直流750 mAの100%出力で規準化されています。またこの場合に注意すべきは、電流が100%に達しない理由が、最大調光導通角が約125度だったことです。LEDは、これよりも低い電流レベルでより効果的です。曲線の形状は適切に見えますが、明らかに最大曲線の方に偏っています。曲線を白熱曲線に近づけるには、この例では100 Vacである低ライン仕様について妥協せざるを得ません。

他の検討事項

調光性能が非常に良好である一方で、その代価が存在します。もちろん部品や追加のPCBエリアのコストがあります。効率も低下します。ベースライン効率はプレコンディショニング回路なしで、ちょうど90%でした。プレコンディショニング回路の追加により効率は85%まで低下しました。

ENERGY STAR and the ENERGY STAR mark are registered U.S. marks.

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC)の登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起り得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:
Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com
Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>
For additional information, please contact your local Sales Representative