

NUD4001を使用した高電流LEDのドライブ

はじめに

発光ダイオード(LED)の使用は、最近数年の間に大幅に拡大してきました。LEDは、蛍光管に比べて寿命が長いことから、信号機、ブレーキ・ランプ、航空機の旋回計、バックライトなどのアプリケーションでごく一般的に使用されるようになってきました。LEDの出力光を一定に維持するために、デバイスを流れる電流を一定にする必要があります。この目標を達成するために利用できるソリューションは、直列抵抗を追加したリニア・レギュレータからスイッチング電源まで多数存在します。それぞれに独自の利点があります。照明サプライヤーにとっての主要な検討事項の1つはコストです。何よりも、競合相手が蛍光管であることを意識する必要があります。LEDソリューションは寿命の点で優れているとはいえ、初期コストをできるだけ蛍光管のコストに近付ける必要があります。

NUD4001

オン・セミコンダクターのNUD4001は、低コストの多用LEDドライバです。このデバイスでは、ユーザが外付け抵抗を使用して電流を設定することができ、SO8パッケージで最大500 mAの電流を供給する能力があります。もちろん、500 mAの出力電流という特性は、入力電圧と出力電圧、ドライブするLEDの数、およびPCB上で提供されるヒートシンクの量を含むさまざまな要因によって左右されます。

データシートとアプリケーション・ノートAND8156/Dで説明されているように、NUD4001の最大消費電力は約1.13 Wであり、このためNUD4001のドライブ能力は1 WのLEDに制限されています。NUD4001の熱を少しでも減らすために、入力と出力の差が大きい状況で直列抵抗を使用したり、複数のNUD4001を使用して電流を分配するなど、多くの方法があります。これらの手法は、上記の資料や、次のオン・セミコンダクターWebサイトで入手できるデザインガイドで説明されています。

http://www.onsemi.com/pub/Collateral/DESIGN_GUIDE-D.XLS

これらの手法は多くのアプリケーションで非常に役に立ちますが、NUD4001を封入しているSO8パッケージの制限を解消するには至りません。電力レベルがより高い場合はスイッチング電源ソリューションを使用することもできますが、余分な費用がかかり、設計も複雑になりEMIが発生します。

この記事では、制御ICとしてNUD4001を使用して、LED電流の大半を流す外付けパワー・トランジスタをドライブしています。この手法では、NUD4001のすべての利点、つまり容易に選択可能な電流、低コスト、多様性を備えながら3 W LEDに高電流を供給する能力を提供します。



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

APPLICATION NOTE

NUD4001回路の説明

Figure 1に、NUD4001に集積されている電流源の代表的なブロック図を示します。

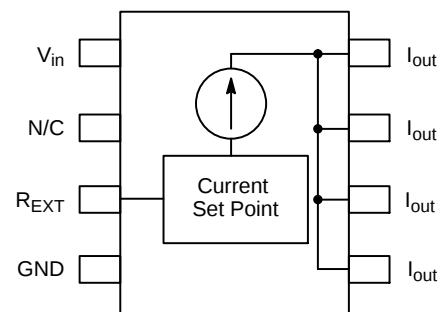


Figure 1.

ピン1とピン3の間に接続された外付け抵抗で出力電流を設定します。これら2つのピンの間には約0.7 Vの電圧降下があるので、出力電流は次のようになります。

$$\frac{0.7 \text{ V}}{R_{\text{EXT}}} = I_{\text{OUT}}$$

最小電圧オーバーヘッドが確保されている限り、NUD4001はこの入力電圧に対する電流の依存関係を維持します。

Figure 2にNUD4001の代表的な回路を示します。

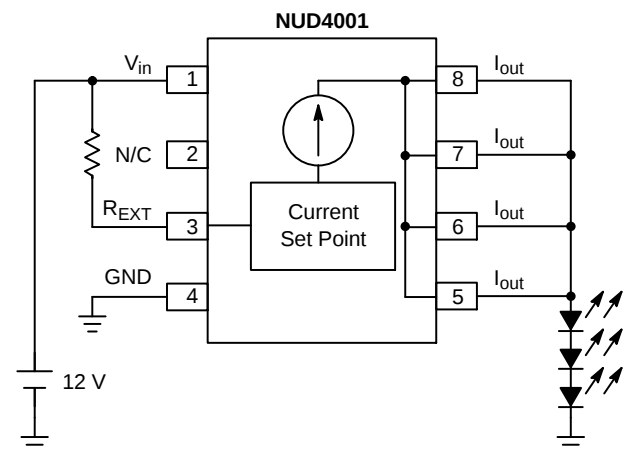


Figure 2.

複数のLEDがいずれも1 Wのデバイス(負荷電流は350 mA)である場合は、NUD4001での消費電力は約0.355 Wです。詳細な計算は、NUD4001データシートに示されています。

LEDが自動車の尾灯アプリケーションで予期される3 W LEDである場合は、消費電力が増大し、発生する余分な熱をNUD4001が単体で対処できない領域に達します。

外付けパワー・トランジスタと組合せたNUD4001の使用

Figure 3に、NUD4001を制御ICとして使用し、外付けのPNPトランジスタ(この例ではMJB45H11)を通じて電流を調整する方法を示します。大半の電流はMJB45H11パワー・トランジスタを通じて流れるので、このトランジスタが大部分の電力を消費し、追加ヒートシンクを必要とします。この例では、PCB上で追加の銅箔を使用しますが、代わりにTO-220パッケージを市販のヒートシンクにねじ止めするか、LEDに使用すると同じヒートシンク材に固定することもできます。

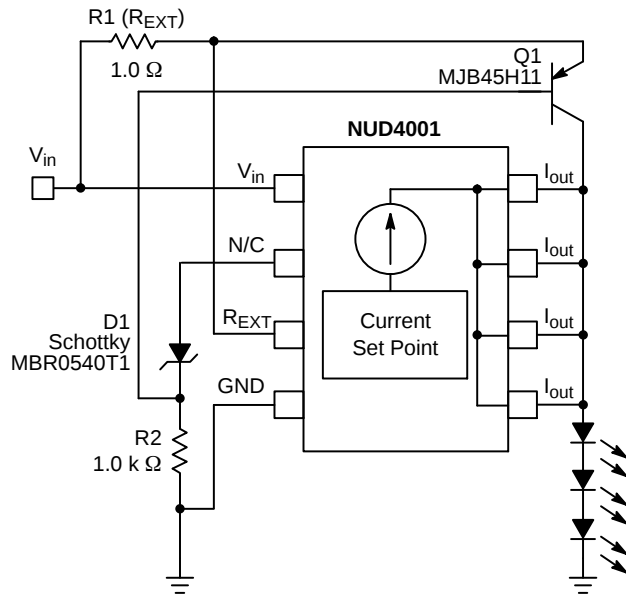


Figure 3.

Figure 1とFigure 2を見て、最初に気付くのはNUD4001のピン2が「N/C」(no connect)になっていることです。通常はこの表示のとおりですが、ピン2を外付けトランジスタのドライブに使用することもできます。

Figure 3に示す回路では、ダイオードD1と外付け抵抗R2を内部回路と組み合わせることにより、両方の素子が外付けパス・トランジスタQ1のベース電流を設定する目的で機能しています。ダイオードD1での追加の電圧降下により、外付けトランジスタQ1をターンオンのに十分な V_{BE} が生じます。この回路図ではショットキー・ダイオードを使用していますが、必要に応じてD1をより安価な信号ダイオードやスイッチング・ダイオードに簡単に置き換えることができます。

Q1は回路内で追加の電圧降下を発生させずに、大部分の出力電流をLEDに供給します。回路に動作の

ための十分なヘッドルームがある場合は、外付けトランジスタが大半の電流を供給します。

次の設計例を使用して、回路の動作を示します。

設計例

入力電圧範囲が12 V～16 Vのときに、3個の3.0 W LEDを駆動する場合は、次のようになります。

$$V_{LED} = 3.5 \text{ V}$$

$$I_{LED} = 700 \text{ mA}$$

$$V_{IN} = 12 \text{ V} \sim 16 \text{ V}$$

$$T_A = -40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$$

1. R_{EXT} を計算します。

$$\frac{0.7 \text{ V}}{I_{OUT}} = R_{EXT} = \frac{0.7 \text{ V}}{0.7 \text{ A}} = 1.0 \Omega$$

2. LEDストリングあたりの V_{LED} を定義します。

$$V_{LED} = 3.5 \times 3 = 10.5 \text{ V}$$

3. NUD4001および関連回路の両端での電圧降下を計算します。

$$V_{DROP} = V_{in} - V_{LED} - V_{SENSE}$$

$$V_{DROP} = 12 \text{ V} - 10.5 \text{ V} - 0.7 \text{ V}$$

$$V_{DROP} = 0.8 \text{ V}$$

ライン電圧が高い場合は、次のようになります。

$$V_{DROP} = 16 \text{ V} - 10.5 \text{ V} - 0.7 \text{ V}$$

$$V_{DROP} = 4.8 \text{ V}$$

4. ライン電圧が高い場合のNUD4001および外付けトランジスタでの消費電力を計算します。

$$P_D = V_{DROP} \times I_{LED} = 4.8 \text{ V} \times 0.7 = 3.36 \text{ W}$$

5. データシートのFigure 4の情報に基づき、NUD4001制御回路の消費電力を計算します。

外付け抵抗R2とショットキー・ダイオードD1のために、NUD4001にある程度の追加電流が流れます。NUD4001の制御セクションでの新しい内部消費電力の適切な推定値は、Figure 5に示す値に1.1を掛けたものです。

以下のグラフを使用すると、 V_{in} が16 Vの場合は消費電力は約0.13 Wなので、NUD4001の制御セクションを流れる追加電流に関連して、次式から P_D を計算できます。

$$P_D(\text{Cont. NUD4001}) = 0.13 \text{ W} \times 1.1 = 0.143 \text{ W}$$

6. NUD4001のドライブ・セクションでの消費電力を計算します。NUD4001を流れる電流を計算するのは困難ですが、電流プローブまたは電流計を使用して測定を行い、さまざまな経路から負荷に流入する電流と比較する方法は容易です。例として、室温で $V_{in} = 13.7 \text{ V}$ を印加したところ、MJB45H11を流れる電流は694 mAと測定されます。全出力電流の測定値も同じ694 mAなので、NUD4001を流れる電流は1 mA未満であることになります。

消費電力は次式で表されます。

$$P_D(\text{NUD4001}) = 0.8 \text{ V} \times I_{\text{OUT}}(\text{NUD4001})$$

$$P_D(\text{NUD4001}) = 0.8 \text{ V} \times 0.001 = 0.0008 \text{ W}$$

7. NUD4001の全消費電力を計算します。

$$P_D(\text{Total NUD4001}) = P_D(\text{Cont. NUD4001}) = P_D(\text{NUD4001})$$

$$P_D(\text{Total NUD4001}) = 0.143 \text{ W} + 0.0008 \text{ W} = 0.144 \text{ W}$$

8. データシートのFigure 11の情報に基づき、NUD4001のヒートシンク要件を計算します。そのグラフを、このアプリケーション・ノートのFigure 5として再掲します。

Figure 4から、ボード面積が最小時の最悪ケースでは、 $R_{\theta JA} = 170^\circ\text{C/W}$ になります。

$$P_D = \frac{T_{J\text{MAX}} - T_A}{R_{\theta JA}} = \frac{150^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}}{170} = 0.382 \text{ W}$$

これは、すでに計算した $P_D = 0.144 \text{ W}$ を大幅に上回るので、このアプリケーションでNUD4001が必要

とするのは、最小パッド・サイズのヒートシンク領域のみです。

9. 外付けパス・トランジスタのヒートシンクを選択します。

手順4で計算したように、ライン電圧が高い場合($V_{in} = 16 \text{ V}$)の消費電力は、3 Wをわずかに上回ります。

残念ながら、MJB45H11データシートには、有用な熱情報はほとんど記載されていないので、他のデータを根拠にする必要があります。 $R_{\theta JA}$ は、 75°C/W と記載されており、おそらく最小パッド・サイズでの値と考えられます。

Figure 6に、代表的なD²PAKに対応する熱抵抗対パッド・サイズのグラフを示します。

3.3 Wを消費するためのパッド・サイズは、30平方mm以上にする必要があります。消費電力がこれより大きい場合は、TO-220パッケージとヒートシンクを使用することを推奨します。

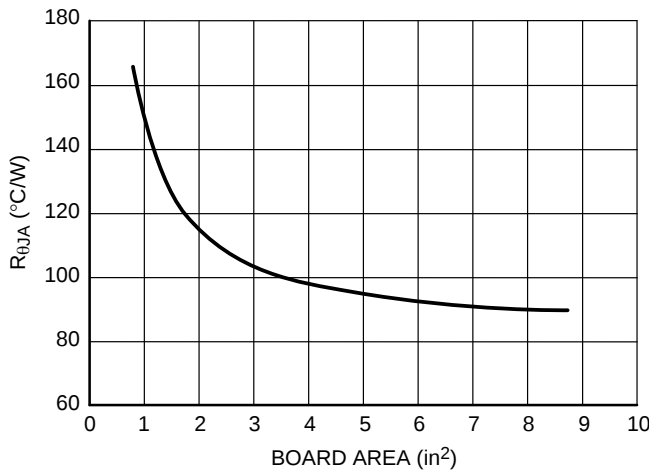


Figure 4. $R_{\theta JA}$ versus Board Area

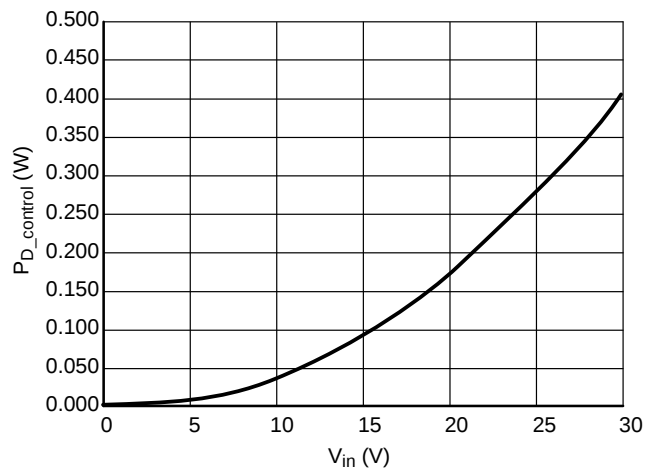


Figure 5. Power Dissipation vs. V_{in} for the NUD4001

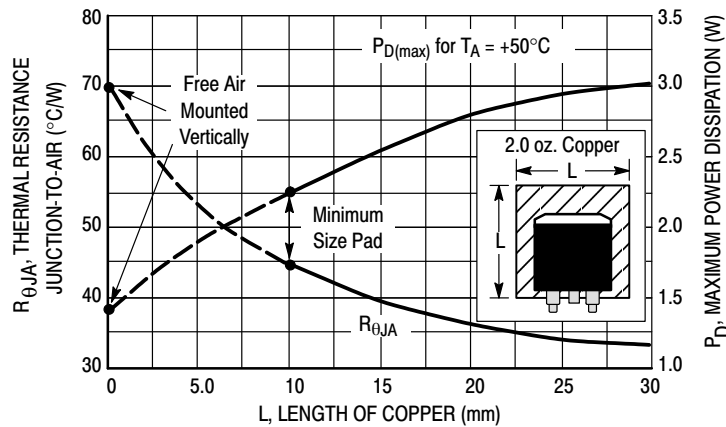


Figure 6. Thermal Resistance vs. Pad Size for a Typical D²PAK

電流の分配

前述のように、適切に動作するための十分なヘッドルームが回路にある場合、外付けトランジスタは大半の電流を供給します。ここに示す回路では、3個のLEDを組み合わせた順方向電圧は、700 mAのときに10.1 Vです。NUD4001では、約1.4 Vのヘッドルームが必要です。入力電圧が約11.5 V以下に降下する場合、外付けトランジスタを完全にターンオンさせる電圧が不足しているため、NUDはより多くの出力電流の供給を開始します。これをFigure 7に示します。

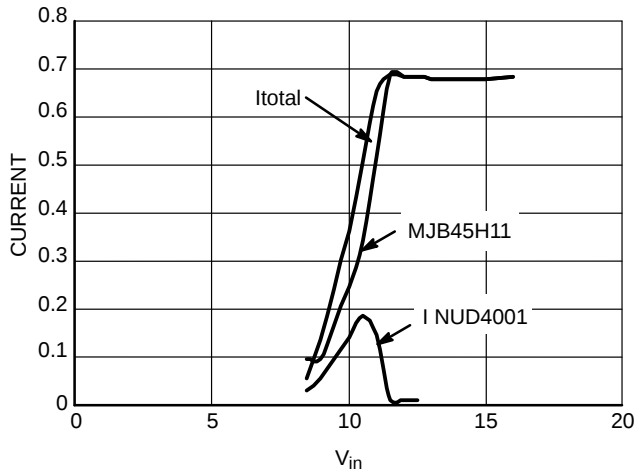


Figure 7. Current Sharing

結論

NUD4001は高電流アプリケーションの制御ICとして良好に動作し、ユーザはDPAK、D²PAK、またはTO-220のようなパワー・パッケージに封入された外付けトランジスタのヒートシンク処理という簡単な作業で対処できるようになりました。この回路は、入力電圧とLEDの順方向電圧の間に大きな差がある、例えば12 Vの供給電圧で1個か2個のLEDをドライブする場合にも適用できます。

参考文献

- [1] [NUD4001/D](#) – ON Semiconductor Data Sheet.
- [2] [AND8156/D](#) – ON Semiconductor Application Note.

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与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