

## 自動車アプリケーション： CHMSL照明用のディスクリット 定電流レギュレータ (CCR) の使用



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

### APPLICATION NOTE

LEDは、さまざまな自動車照明アプリケーションで採用例が増加しています。リア中央のハイマウント・ストップ・ランプ(CHMSL)は、LEDを使用する自動車アプリケーションの1つです。LEDが非常に小型で、効率が低いことから、車内照明もLEDが非常に適しているもう1つの分野になっています。低コストの高効率LEDに関する最近の進化により、これらの光源は自動車照明の技術として有力な選択肢になっています。

LEDの輝度は動作電流によって決まるので、最適な輝度を達成するには、自動車の電装システムで発生する可能性のあるバッテリー電圧の広い変動範囲全体で整合性のある光度を維持できる定電流アプローチが必要になることがあります。バッテリー電圧の代表値は13.5 Vですが、充電システムに障害が発生した場合の9 V未満から、ダブル・バッテリーのジャンプ・シナリオでの数分にわたる24 Vまで広い範囲にわたる可能性があります。

採用される可能性のある自動車照明アプリケーションのリストとして、次のものを挙げることができます。

- CHMSLアレイ
- インストルメント・クラスターのバックライト
- スイッチ・クラスターのバックライトと通知 (アイコン照明)
- ドーム・ランプ
- ミラー・ライト
- フォグ・ランプ
- コンビニエンス・ライト
- RGBアンビエント照明
- 緊急フラッシュライト

各アプリケーションでは、光出力と光学設計、LED回路トポロジ、ドライバの電流要件、および熱管理に関する具体的な注意が必要です。この記事の意図は、CHMSLのLED回路要件に注目し、ドライバ回路に適用される熱管理について説明することです。

特許申請中の新しいディスクリット技術(定電流レギュレータ、CCR)を革新的な方法で使用すると、バイアス抵抗を選択してLEDの動作電流を調整する一般的な手法に比べて、LEDの動作電流の制御に関していくつかの明確な利点を達成できます。

Figure 1に、NSI45030T1Gの代表的なI-V曲線を示します。CCRは、低コストで安定性の高い電流源を必要とするLEDや他のアプリケーションを対象にして、優れた安定化能力を発揮する電流レギュレータです。コストのかさむスイッチング・レギュレータとは異なり、CCRはEMIが比較的少なく、スタート回路を必要とせず、電流ソースまたは電流シンクとして動作します。1.8 V以上の範囲をとるアノード-カソード間電圧を対象にして、電流安定化を実行できます。代表値は30 mAですが、この電流値を安定化させるための外付け部品は必要ありません。これらのレギュレータはCCRソースなので、並列配置により、負荷電流のより大きいアプリケーションに対応できます (Figure 7)。

直列接続されたLEDストリングのように敏感な負荷を対象とする場合、CCRは、抵抗バイアス方式の設計に伴う複雑さを緩和します(Figure 4)。単純に  $V_{overhead}$  を上回る電圧を印加すると、安定化された正確な電流が供給されます。

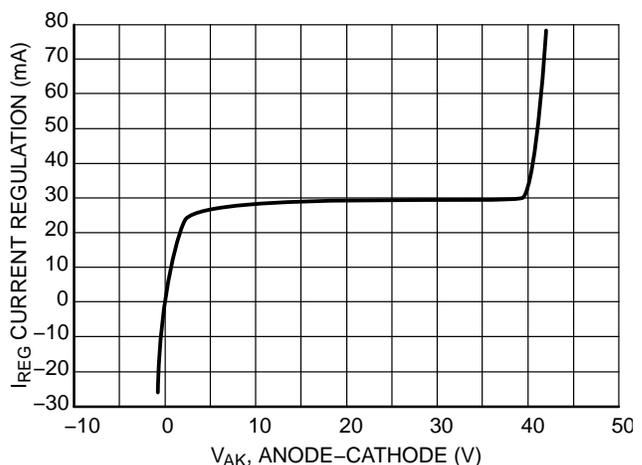


Figure 1. CCR IV Characteristics

CCRは、最小動作電圧を上回っていることを条件として、印加する電圧にかかわらず定電流を供給する優れた電流源です。簡単に表現すると、CCRは電圧によって制御される非線形の抵抗とみなすことができます。

LED内の消費電力( $P_d$ )は、 $P_d = I V$ で表現されます。CCRは電圧制御の抵抗として機能すると同時に、抵抗へのバイアス電圧印加によって抵抗値が修正されるので、可変のバッテリー電圧範囲にわたってLEDの消費電力はほぼ一定の値であることが示されます(Figure 3)。

自動車のCHMSLの場合は、定電流源を使用してLEDを駆動すると、抵抗バイアス方式に比べて、オーバードライブに起因するストレス条件が緩和されます。逆電圧保護ダイオード(Figure 4のMBRS140T3)は、LEDの永続的な損傷を招くおそれのある逆電圧

条件を防止し、逆バイアス・モードでの導通からCCRを保護します(Figure 1)。

3個の赤色LEDを直列に接続した基本的なCHMSL構成を、Figure 4に示します。CCRは、ライン電圧の振幅全体にわたって一様な輝度を実現し、一般的な抵抗バイアス方式に比べてLEDの消費電力を大幅に削減します。バッテリーからの入力電圧が9 Vの場合は、CCRは、標準的な抵抗バイアス方式で供給される値より大きい電流を供給します(Figure 3)。16 Vの場合は、安定化された定電流がCCRから供給されます。

Figure 2に、バッテリー電圧が9 V~16 Vの範囲で変動した場合に観察された、CCR方式と抵抗バイアス方式の電流の比較を示します。抵抗バイアス方式に比べると、CCR方式の方が、LEDの電流、つまり輝度が安定しています。

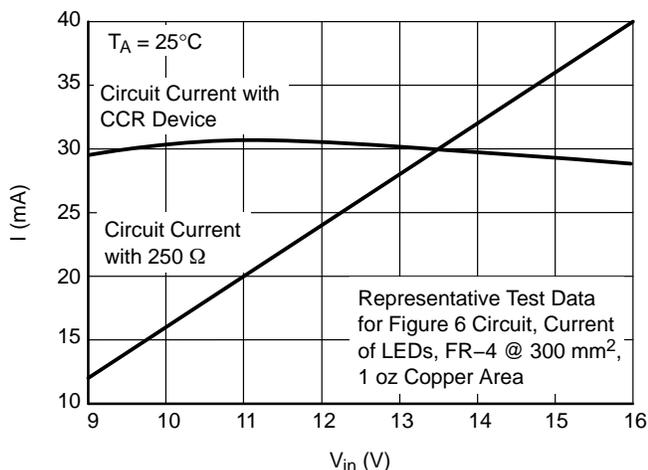


Figure 2. Series Circuit Current

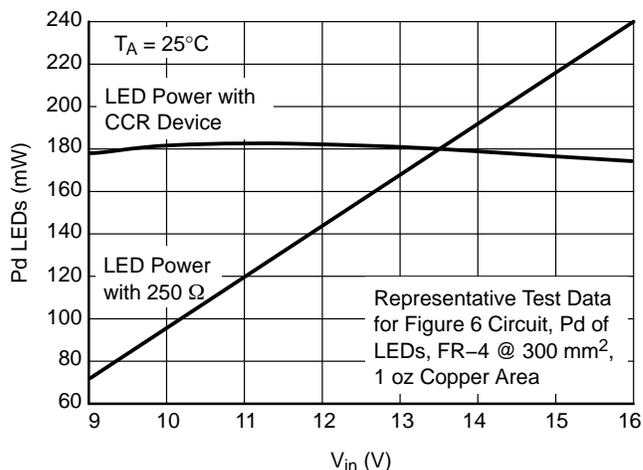


Figure 3. LED Power

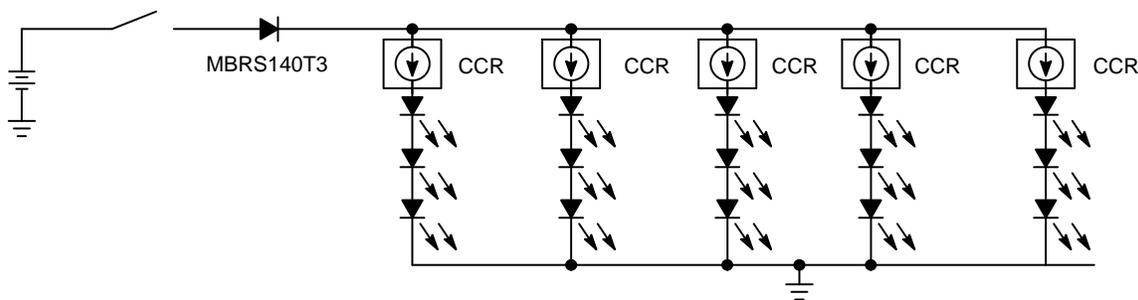


Figure 4.

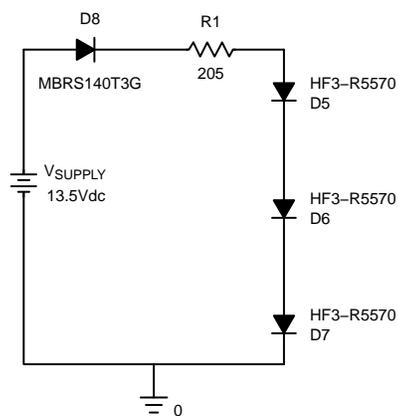


Figure 5.

Figure 5に、単一のCHMSL LEDストリングを駆動する、代表的な抵抗バイアス方式を示します。この方式では、直列接続されたLEDストリング全体にわたる  $V_{fwd}$  を考慮に入れて抵抗値を計算します。13.5 Vのような特定の電圧を使用する場合は、30 mAの駆動電流を供給するために特定の抵抗を選択することができます。

3個の赤色LEDストリングを使用する例：

$$V_{supply} - I_{sw\_bat} \cdot V_{rpd} \cdot (I_{led} \times R_1) \cdot (3 \times V_{fwd}) = 0 \text{ V}$$

$$V_{sw\_bat} = 0 \text{ V}$$

$$V_{supply} = 13.5 \text{ V (代表値)}$$

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

$$V_{fwd} = 2.20 \text{ V}$$

$$I_{led} = 30 \text{ mA}$$

$$R_1 = \frac{13.5 \text{ V} - 0.8 \text{ V} - 3(2.20 \text{ V})}{30 \text{ mA}} \quad (\text{eq. 1})$$

$$= 203 \Omega \text{ or } 205 \Omega \text{ (Standard 1\% Value).}$$

特定の抵抗を使用して電流を設定するこの方式は、よく知られています。LEDのワースト・ケース  $V_{fwd}$  と、要求される照明輝度を把握することによって、特定の範囲内にある抵抗値を選択できます。ただし、電源電圧が9 V~16 Vの範囲で変動するので、LEDを流れる電流は変化し、輝度にも影響を及ぼします。同じ205  $\Omega$ の抵抗を使用し、電源電圧を9 Vに変更して式に修正を加えた上で  $I_{led}$  を計算すると、電流は7.8 mAになります。他のパラメータがすべて同じ値にとどまると想定して電源電圧を16 Vに上昇させると、 $I_{led}$ の値は42 mAと計算されます。この場合も、LEDの輝度が影響を受けます。

オン・セミコンダクターの供給するCCRは、この電源電圧範囲にわたって電流と輝度をほぼ一定に保ちます(Figure 2)。

ここで、オン・セミコンダクターのCCRを使用して駆動できる直列接続LEDの数を計算する方法を紹介します。

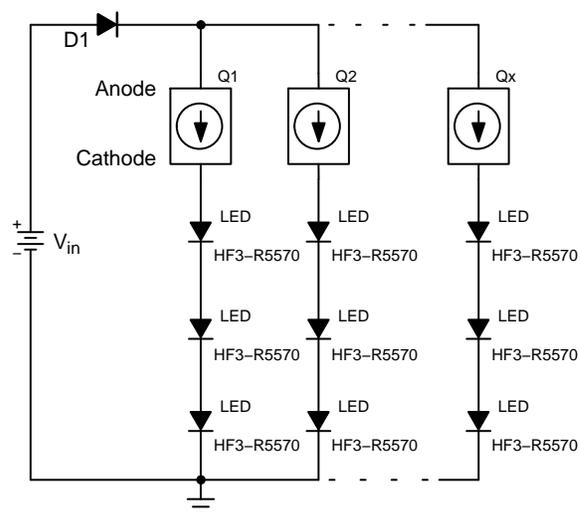


Figure 6. Typical Application Circuit (30 mA each LED String)

Number of LED's that can be connected is determined by:  
**D1 is a reverse battery protection diode**  
 $LED's = (V_{in} - (Q_x V_F + D1 V_F)) / LED V_F$   
**Example:  $V_{in} = 12 \text{ Vdc}$ ,  $Q_x V_F = 3.5 \text{ Vdc}$ ,  $D1 V_F = 0.7 \text{ V}$**   
 $LED V_F = 2.2 \text{ Vdc @ 30 mA}$   
 $(12 \text{ Vdc} - 4.2 \text{ Vdc}) / 2.2 \text{ Vdc} = 3 \text{ LEDs in series.}$

アプリケーションの多様性を高めるために、より多くの駆動電流が要求される場合は、複数のCCRを並列接続し、安定化電流を増やすことができます。

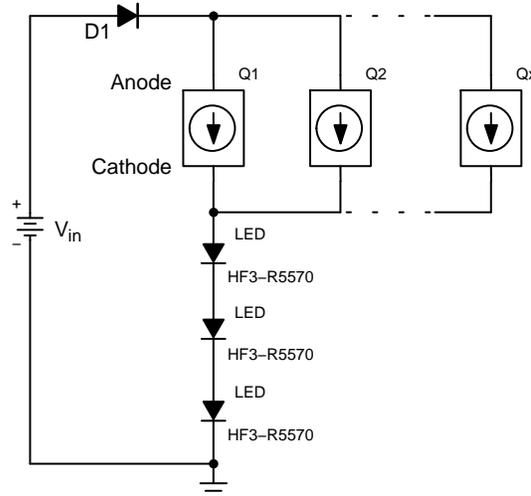


Figure 7. Typical Application Circuit (90 mA each LED String)

Number of LED's that can be connected is determined by:  
**D1 is a reverse battery protection diode**  
**Example:  $V_{in} = 12 \text{ Vdc}$ ,  $Q_x V_F = 3.5 \text{ Vdc}$ ,  $D1 V_F = 0.7 \text{ V}$**   
 $LED V_F = 2.6 \text{ Vdc @ 90 mA}$   
 $(12 \text{ Vdc} - (3.5 + 0.7 \text{ Vdc})) / 2.6 \text{ Vdc} = 3 \text{ LEDs in series.}$   
**Number of Drivers = LED current/30 mA**  
 $90 \text{ mA} / 30 \text{ mA} = 3 \text{ Drivers (Q1, Q2, Q3)}$

# AND8349/D

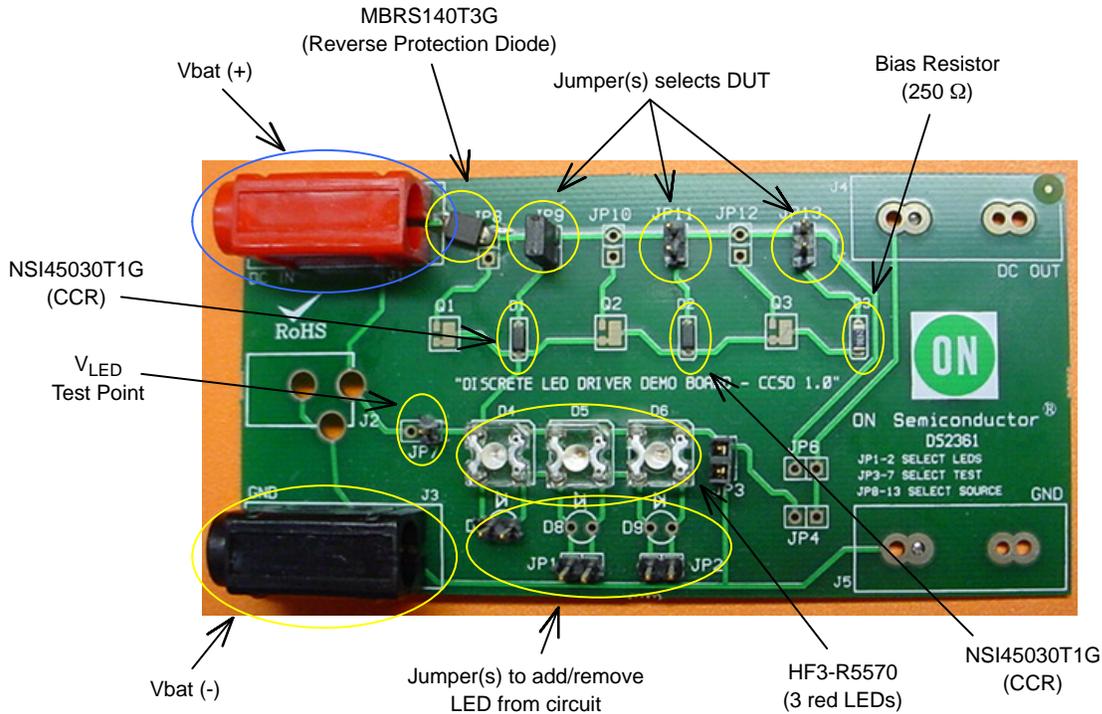


Figure 8.

## CCRデモ・ボード

このデモ・ボード(Figure 8)は、Figure 6に示した回路を採用しています。このボードは複数の波形を生成する目的で使用されるものであり、またCCRの動作を検証する目的でも使用できます。

Figure 9に、バッテリー電圧が9 V～16 Vの範囲で変動した場合に観察された、CCR方式の消費電力と、抵抗バイアス方式の消費電力の比較を示します。動作電圧が高い場合は、CCRの消費電力は抵抗バイアス方式を下回っています。バッテリー電圧が高い場合は、より高い定格の電力消費抵抗が必要になり、回路のコストが高くなります。

Figure 10に、CCRデバイスの代表的な電流/電圧曲線を示します。オン・セミコンダクターのCCRは、

消費電力の増加に伴ってわずかに負の傾向を持つように設計されています。この負の傾向により、抵抗バイアス方式で消費電力が増加する場合でもCCR方式では消費電力が低減され(Figure 9)、熱暴走の防止に役立ちます。一方、電流の減少幅は小さいので、LED輝度の変化は最小限にとどまります。

Figure 11に、設置面積が異なるさまざまなヒートシンクを使用した場合のNSI45030T1Gデバイスに関する熱推定を示します。ヒートシンクの面積が大きくなると、周囲温度の上昇にも対応できます。アプリケーションが使用される熱環境について想定し、デバイスのデータシートに記載されている熱範囲内にデバイスを維持するのは設計者の責任です。

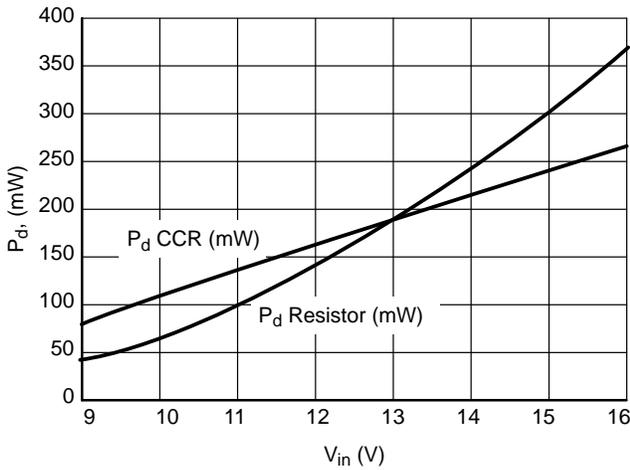


Figure 9. CCR  $P_d$  vs. Resistor  $P_d$

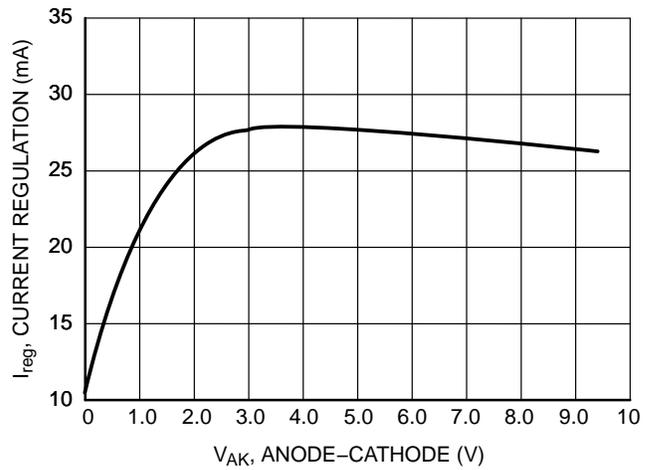


Figure 10. CCR-IV Characteristics @ 25°C

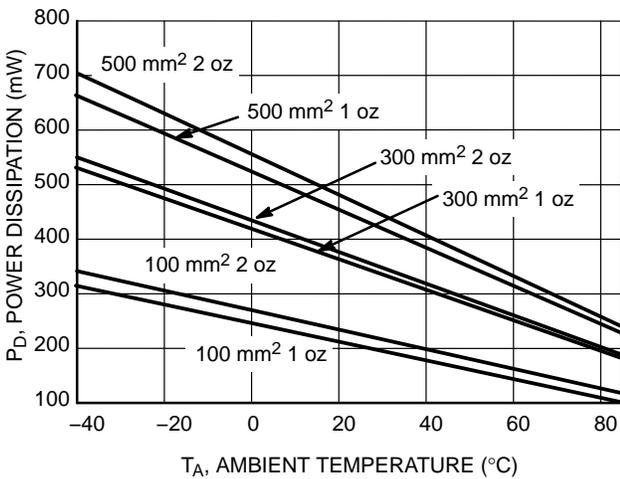


Figure 11. Power Dissipation vs. Ambient Temperature @  $T_j = 150^\circ\text{C}$  for Variable Copper Heat Spreader

**$P_D$  max @ 85°C**

500 mm <sup>2</sup> 2 oz Cu	241 mW
500 mm <sup>2</sup> 1 oz Cu	228 mW
300 mm <sup>2</sup> 2 oz Cu	189 mW
300 mm <sup>2</sup> 1 oz Cu	182 mW
100 mm <sup>2</sup> 2 oz Cu	117 mW
100 mm <sup>2</sup> 1 oz Cu	108 mW

まとめ：

簡潔で、経済性に優れ、堅牢性の高い(Simple、Economical、Robust: SER)半導体CCRを使用すると、設計者はLEDアレイで期待される長寿命を実現できます。

CCRは、CHMSL LEDの効率を向上させ、寿命を延ばします。また、設計時間を最小限に抑え、市場投入までの期間を短縮します。

抵抗バイアス方式では、LEDの $V_{fwd}$ に関する変動を補償するために、広い範囲にわたる抵抗値の中からどれか1つの値を選択する必要があります。CCR方式のLED駆動を採用する最大の利点は、このような選択による妥協を排除できることです。

LEDの輝度は動作電流によって決まるので、自動車の電装システムで発生する可能性のあるバッテリー電圧の広い変動範囲全体で一定の輝度を維持することを目的としたCCR方式を使用すると、最適な輝度を達成できます。

SOT-223パッケージのデバイスは、消費電力を改善する目的でも使用できます。SOD-123とSOT-223の各パッケージに関する熱の総合的な説明については、アプリケーション・ノート [AND8391/D](#) を参照してください。

# AND8349/D

## 付録A

**SOD-123**デバイスは次のとおりです。

NSI45020T1G, Steady State  $I_{reg(SS)} = 20 \text{ mA} \pm 15\%$   
NSI45025T1G, Steady State  $I_{reg(SS)} = 25 \text{ mA} \pm 15\%$   
NSI45030T1G, Steady State  $I_{reg(SS)} = 30 \text{ mA} \pm 15\%$   
NSI45020AT1G, Steady State  $I_{reg(SS)} = 20 \text{ mA} \pm 10\%$   
NSI45025AT1G, Steady State  $I_{reg(SS)} = 25 \text{ mA} \pm 10\%$   
NSI45030AT1G, Steady State  $I_{reg(SS)} = 30 \text{ mA} \pm 10\%$

**SOT-223**デバイスは次のとおりです。

NSI45025ZT1G, Steady State  $I_{reg(SS)} = 25 \text{ mA} \pm 15\%$   
NSI45030ZT1G, Steady State  $I_{reg(SS)} = 30 \text{ mA} \pm 15\%$   
NSI45025AZT1G, Steady State  $I_{reg(SS)} = 25 \text{ mA} \pm 10\%$   
NSI45030AZT1G, Steady State  $I_{reg(SS)} = 30 \text{ mA} \pm 10\%$

## 付録B

アプリケーション・ノート

[AND8391/D](#)

[AND8220/D](#)

[AND8222/D](#)

[AND8223/D](#)

タイトル

Thermal Considerations for the ON Semiconductor Family of Discrete Constant Current Regulators (CCR) for Drivings LEDs

How To Use Thermal Data Found in Data Sheets

Predicting the Effect of Circuit Boards on Semiconductor Package Thermal Performance

Predicting Thermal Runaway

The products described herein (NSI45030T1G) has patents pending.

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](http://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なります。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](mailto: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](http://www.onsemi.com)

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative