

オン・セミコンダクターのLED駆動用ディスクリット定電流レギュレータ (CCR) ファミリの熱的考察



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

APPLICATION NOTE

はじめに

オン・セミコンダクターの定電流レギュレータ (CCR) ファミリのデバイスは、LEDや、バッテリー充電回路のような他の電流ベースの負荷に対して、優れた安定化能力を発揮します。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。負荷電流のより大きいアプリケーションでは、CCRを並列接続することもできます。2端子のCCRでは、指定された電流での安定化を行うための外付け部品は必要ありません。これらのデバイスは、電圧が変動する条件下で輝度を維持するのに定電流が必要な場合に使用できます。

回路の基本的な考慮事項については、アプリケーション・ノート [AND8349/D](#) を参照してください。

この資料の目的は、20 mA～30 mAの標準電流で動作するアプリケーションで、SOD-123およびSOT-223のパッケージに封入されたデバイスの温度および電力の境界を探索することです。SOD-123デバイスは、20 mA、25 mA、30 mAの定格で供給されています。SOT-223デバイスは、25 mAおよび30 mAの定格で供給されています。デバイス一覧については、付録Aを参照してください。

データシートの参照

データシートでは、デバイスについて説明し、このノート全体で使用する次の項目について定義しています。

V_{AK} = ダイオードのアノードとカソードの間に印加される電圧

$V_{overhead} = V_{IN} - V_{LEDs}$

$I_{reg(SS)}$ = 安定状態の動作条件下で、デバイスを通じてLEDに供給される電流(デバイスのオン時間 ≥ 10 秒)

$I_{reg(P)}$ = パルス・テストの条件下で、デバイスを通じてLEDに供給される電流($\leq 300 \mu\text{sec}$)

V_R = 逆電圧

P_D = デバイスの消費電力、通常はmW単位

T_A = 周囲温度、°C単位

T_J = デバイスの接合部温度、°C単位

SOD-123およびSOT-223のデータシートで、熱特性の表には、ヒート・スプレッド領域と厚さに関する各デバイスの熱性能が一覧表示されています。これらのデータシートの表および曲線では、熱仕様、150°C動作時のデバイスの接合部温度(T_J)に関する制限、最大許容連続接合部温度が示されています。

長期の信頼性に関連して、 T_{Jmax} での連続動作は推奨されません。

Figure 1に、SOD-123パッケージを対象にした周囲温度に対する消費電力の変化を示します。Figure 2に、Cuの面積と厚さをさまざまに変化させたときの θ_{JA} (°C/W)と P_D (W)を示します。これらの表とグラフは、Cuの面積と厚さ、および周囲温度(T_A)を-40°C～85°Cの範囲で変化させたときの効果を示しています。この温度範囲は、LEDの動作にとって関心のある領域を網羅しています。LEDのデータシートでは、85°C T_A を上回ったときにLEDの輝度が大幅に低下することを示しています。

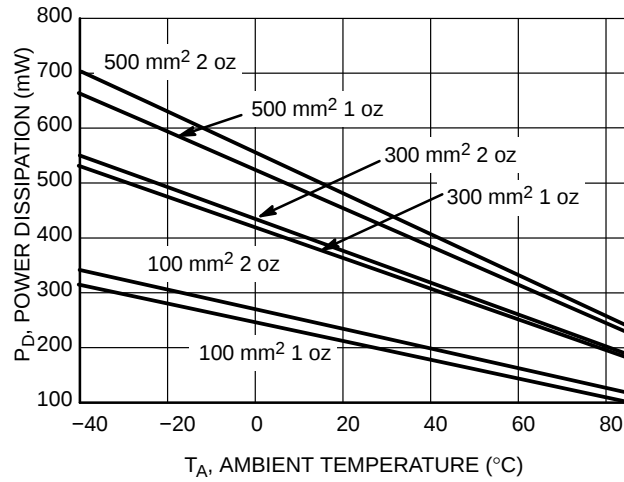


Figure 1. Power Dissipation vs. Ambient Temperature (SOD-123) @ $T_J = 150^\circ\text{C}$ for Variable Copper Heat Spreader

P_D max @ 85°C

500 mm ² 2 oz Cu	241 mW
500 mm ² 1 oz Cu	228 mW
300 mm ² 2 oz Cu	189 mW
300 mm ² 1 oz Cu	182 mW
100 mm ² 2 oz Cu	117 mW
100 mm ² 1 oz Cu	108 mW

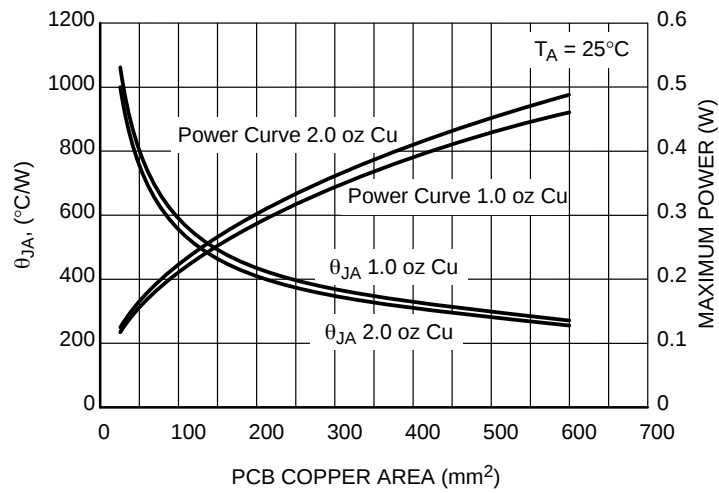


Figure 2. SOD-123 NSI14030T1G θ_{JA} and P_D vs. Cu Area

Figure 3に、SOT-223パッケージを対象にした周囲温度に対する消費電力の変化を示します。Figure 4に、Cuの面積と厚さをさまざまに変化させたときの θ_{JA} (°C/W)と P_D (W)を示します。これらの表とグラフは、Cuの面積と厚さ、および周囲温度(T_A)を-40°C~85°Cの範囲で変化させたときの効果を示し

ています。この温度範囲は、LEDの動作にとって関心のある領域を網羅しています。

注: 300 mm²のCu面積で2オンス(57g)の重量を使用する方が、500 mm²の面積で1オンス(28g)の重量を使用する場合より、このパッケージでは熱性能が良好になります。

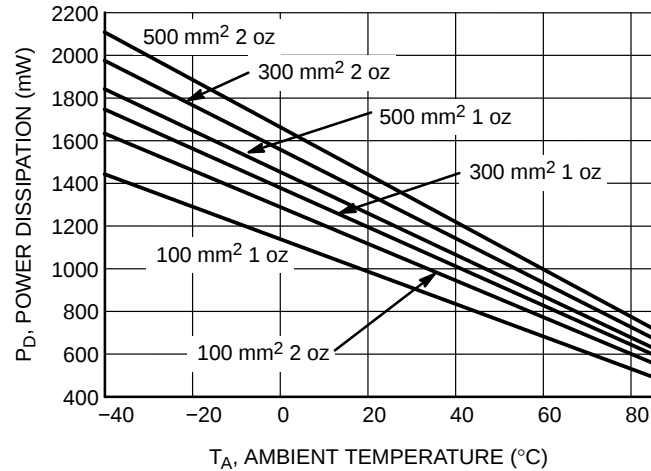


Figure 3. Power Dissipation vs. Ambient Temperature (SOT-223) @ $T_J = 150^\circ\text{C}$

P_D max @ 85°C

500 mm ² 2 oz Cu	722 mW
300 mm ² 2 oz Cu	676 mW
500 mm ² 1 oz Cu	631 mW
300 mm ² 1 oz Cu	598 mW
100 mm ² 2 oz Cu	559 mW
100 mm ² 1 oz Cu	494 mW

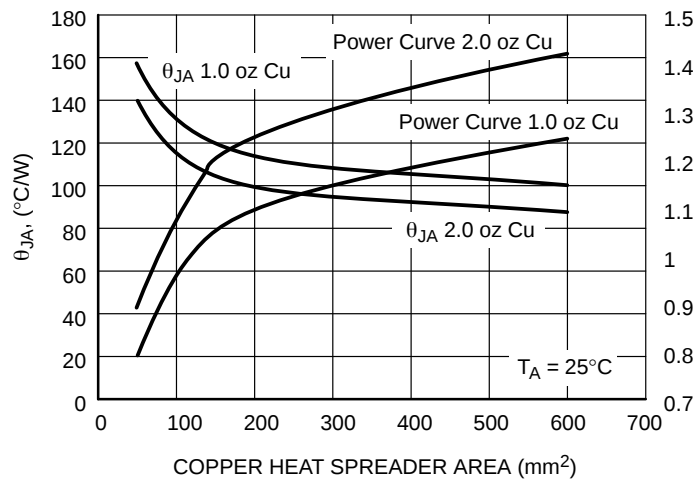


Figure 4. SOT-223 θ_{JA} and P_D vs. Cu Area

プリント基板の設計と多層基板材の使用は、熱性能に影響を与えます。詳細については、オン・セミコンダクターのアプリケーション・ノート [AND8220/D](#) および [AND8222/D](#) を参照してください。

動作周囲温度(T_A)とデバイスの推定電力は、使用するパッケージの決定に役立ちます。

Figure 2とFigure 4を使用して、アプリケーションに適した候補になるパッケージとヒートシンクを短時間で決定することができます。

電流安定化：パルス・モードと安定状態

注：すべての曲線は代表的な30 mA CCRデバイスに基づくものです。

電流安定化を測定する方法は2つあります。パルス・モード($I_{reg(P)}$)のテストは、CCRの工場検査と受入検査に適用でき、テスト時間は最短($t \leq 300 \mu s$)です。DC安定状態($I_{reg(SS)}$)のテストは、アプリケー

ションの検証に適用でき、CCRを数秒、数分、または数時間にわたって動作させます。オン・セミコンダクターは、規定した基板の材質、サイズ、銅の面積、銅の厚さについて、 $I_{reg(P)}$ と $I_{reg(SS)}$ の差異の相関関係を明示しました。 $I_{reg(P)}$ は常に $I_{reg(SS)}$ より大きくなります。 $I_{reg(SS)}$ が流れている間、ダイ温度が上昇することが原因です。動作電流、電圧、基板の温度(T_A)、および使用するパッケージを考慮して、回路設計時に基板の材質、金属トレースの太さと重量を適切に選択すると、この温度上昇を最小限に抑えることができます。(データシートの熱特性の表を参照してください)。

SOD-123パッケージに対応するFigure 5の曲線と、SOT-223パッケージに対応するFigure 6の曲線は、時間と I_{reg} の関係を示しています。ダイで消費される電力の効果により、時間の経過に伴って I_{reg} が減少しています。

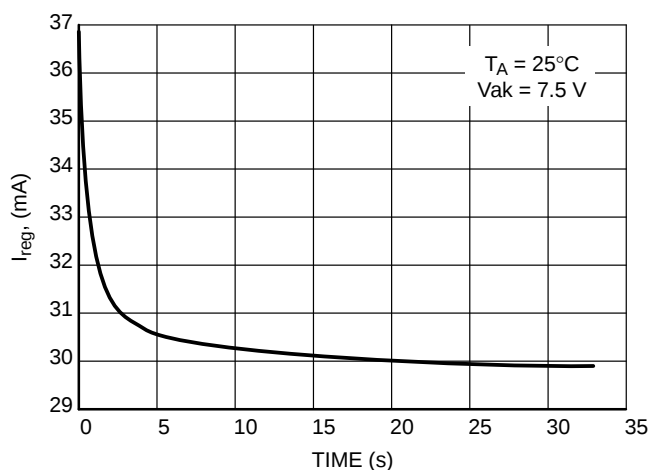


Figure 5. Typical SOD-123 30 mA, 300 mm², 1 oz Cu, In Still Air

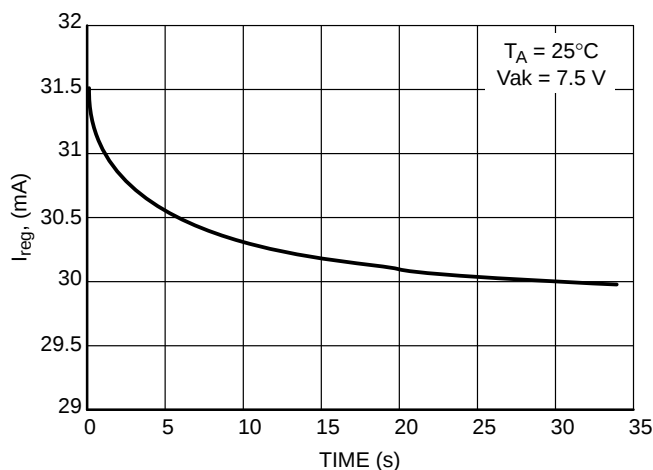


Figure 6. Typical SOT-223 30 mA, 300 mm², 2 oz Cu, In Still Air

相関関係の研究では、各パッケージを対象とする安定状態の I_{reg} ごとに、それに対応するパルス・モードの I_{reg} の値が存在することが判明しています。これらの2端子デバイスでは、SOT-223の $I_{reg(P)}$ の方がSOD-123の $I_{reg(P)}$ より値が小さくなっています。その結果、 $I_{reg(SS)}$ が30 mAになります。SOT-223の方が

$R_{\theta JA}$ が良好であることがその原因です。Figure 7とFigure 8を参照してください。Figure 7とFigure 8で使ったフットプリントに比べて実際のフットプリントと基板の熱特性が異なる場合は、これらの図とは傾きが変わる結果になります。

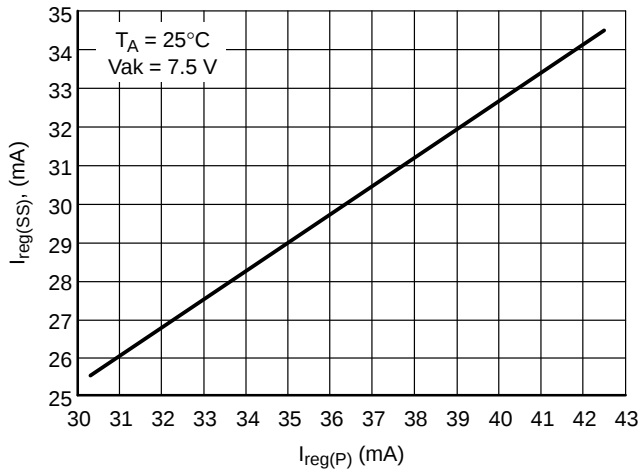


Figure 7. $I_{reg(SS)}$ vs. $I_{reg(P)}$ Testing SOD-123, 300 mm², 1 oz Cu, In Still Air

SOD-123のCCRには負の温度係数の傾向があり、熱暴走を防止する利点を備えています。Figure 9の曲線には、興味深い2つの領域があります。最初は、特定の T_A が与えられたときに、各曲線は V_{AK} の増加に伴って $I_{reg(SS)}$ が減少すること、したがって、 P_D が増加することを示しています。また、 V_{AK} が固定されている条件下では、周囲温度も I_{reg} に影響を与えます。SOD-123 (Figure 9)とSOT-223 (Figure 10)の両方は、 T_A の上昇に伴って $I_{reg(SS)}$ が減少することを示しています。

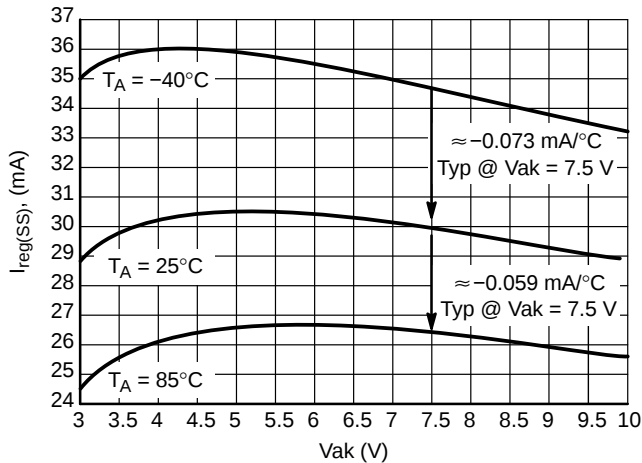


Figure 9. Typical SOD-123 30 mA, 300 mm², 1 oz Cu, In Still Air

次の設計例では、シンプルな回路に必要なデバイス・パッケージおよび必要なCu量の決定方法を示します。

回路の設計

例1:

直列回路(Figure 11)の場合、CCRの消費電力は次の式で決まります。

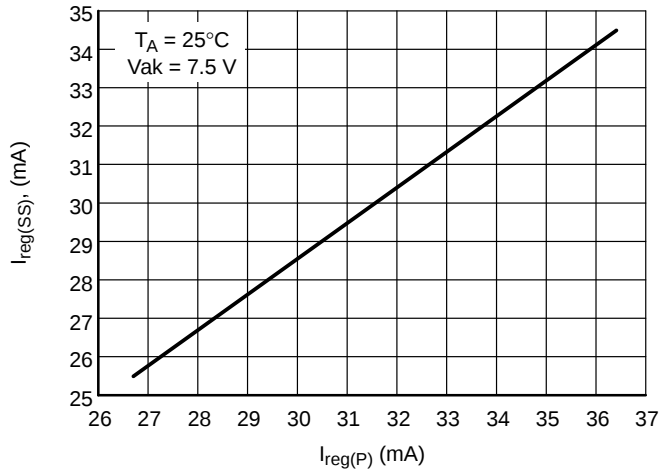


Figure 8. $I_{reg(SS)}$ vs. $I_{reg(P)}$ Testing SOT-223, 300 mm², 2 oz Cu, In Still Air

詳細については、オン・セミコンダクターのアプリケーション・ノート[AND8223/D](#)を参照してください。

Figure 10に示すSOT-223デバイスに比べて、Figure 9に示すようにSOD-123デバイスはより顕著な負の温度係数を示します。これは、パッケージの $R_{\theta JA}$ の差に起因するものです。SOD-123パッケージは、SOT-223パッケージに比べて、より少ない電力が供給された状況で熱飽和に達します。

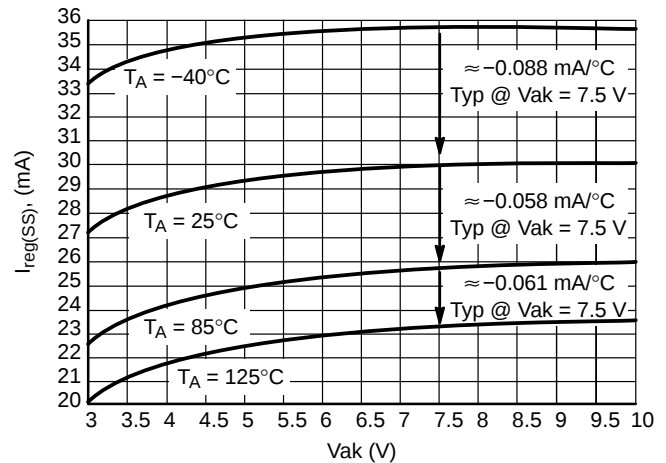


Figure 10. Typical SOT-223 30 mA, 300 mm², 2 oz Cu, In Still Air

$(V_{source} \cdot (V_{LEDS} + V_{RPD})) \times I_{reg}$ ワースト・ケースのシナリオを使用します。つまり、 V_{source} が最大、LEDの V_F が最小、およびターゲットの I_{reg} が最大の場合です。16 Vのソース(自動型電圧レギュレータ、大出力)で、 V_F が4.2 Vの白色LEDを2個駆動し、 V_F が0.2 Vの逆電圧保護ダイオード(RPD)を使用し、 I_{reg} が30 mAの場合は、次のようになります。(16 V - (2 × 4.2 V + 0.2 V)) × 0.030 A = 7.4 V × 0.03 A = 222 mW

周囲温度が85°Cの場合、Figure 1とFigure 3の P_D 曲線から、SOD-123パッケージで、面積が500 mm²、重量が1オンス(28g)のCuで十分です。SOT-223パッケージで、面積が100 mm²、重量が1オンスのCuも同様に機能します。

例2：

それぞれが $V_F = 2.0 \text{ Vdc}@30 \text{ mA}$ の3個の赤色LEDを使用します。DC電圧は16 Vdcです。周囲温度は最大85°Cです。このデバイスで使用可能なヒートシンクの面積は300 mm²、重量は1オンス(28g)のCuです。

デバイスの $P_D = (16 \text{ Vdc} \cdot (3 \times 2.0 \text{ Vdc}) + 0.2 \text{ Vdc}) \times 30 \text{ mA} = 294 \text{ mW}$

SOD-123 $P_D \text{ max @ } 85^\circ\text{C}$, 1 oz Cu 300 mm² = 182 mW

SOT-223 $P_D \text{ max @ } 85^\circ\text{C}$, 1 oz Cu 300 mm² = 598 mW

このアプリケーションでは、SOT-223を使用すると、安全マージンを確保できます。

または、294 mWの電力を消費する必要があることが分かっている場合は、SOT-223デバイスを選択し、面積が100 mm²で重量が1オンスのCuを使用することもできます。

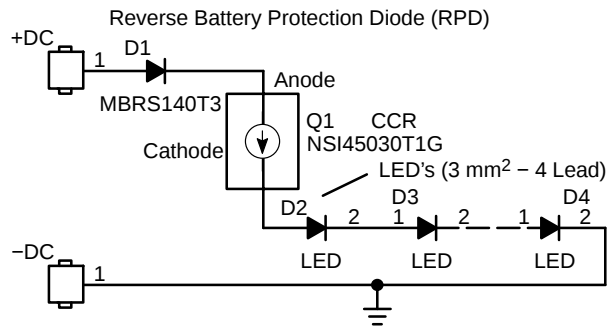


Figure 11.

次のグラフは、規定されたCuの面積と厚さを使用し、静止空気中でのSOD-123とSOT-223の両方に対する $I_{reg(SS)}$ と T_A の関係を示しています。また、直線の傾きも示されており、これを使用して特定の T_A における T_J を推定することができます。

T_J を推定するための式は、次のとおりです。 $T_J = (P_D \times R_{\theta JA}) + T_A$ ($R_{\theta JA}$ の値はデータシートから取得)
SOD-123 @ 25°Cの場合は、 $T_J = (225 \text{ mW} \times 360^\circ\text{C/W}) + 25^\circ\text{C} = 106^\circ\text{C}$ になります(グラフに示すとおり)。

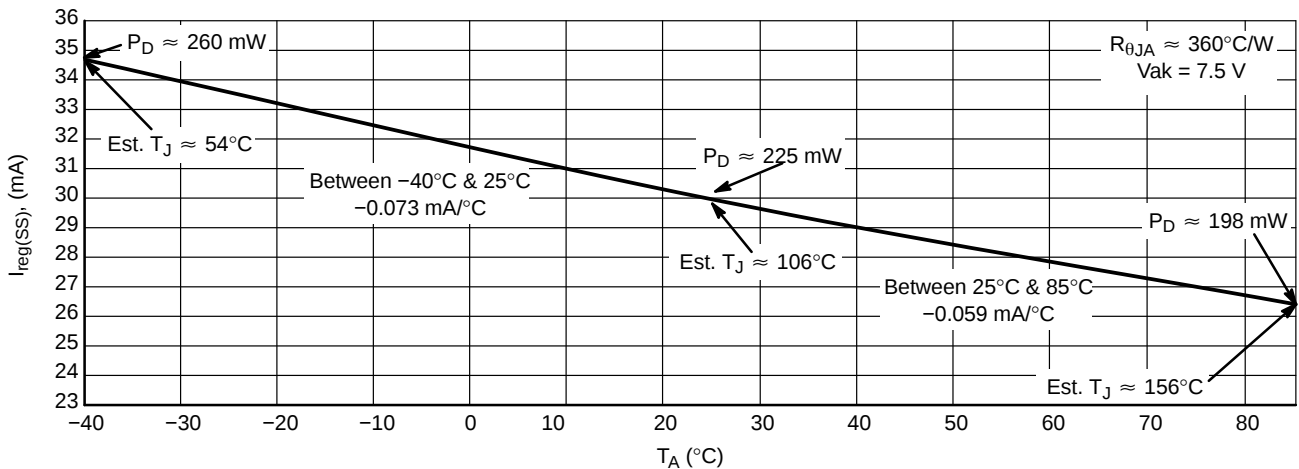


Figure 12. Typical SOD-123 30 mA, 300 mm², 1 oz Cu, In Still Air

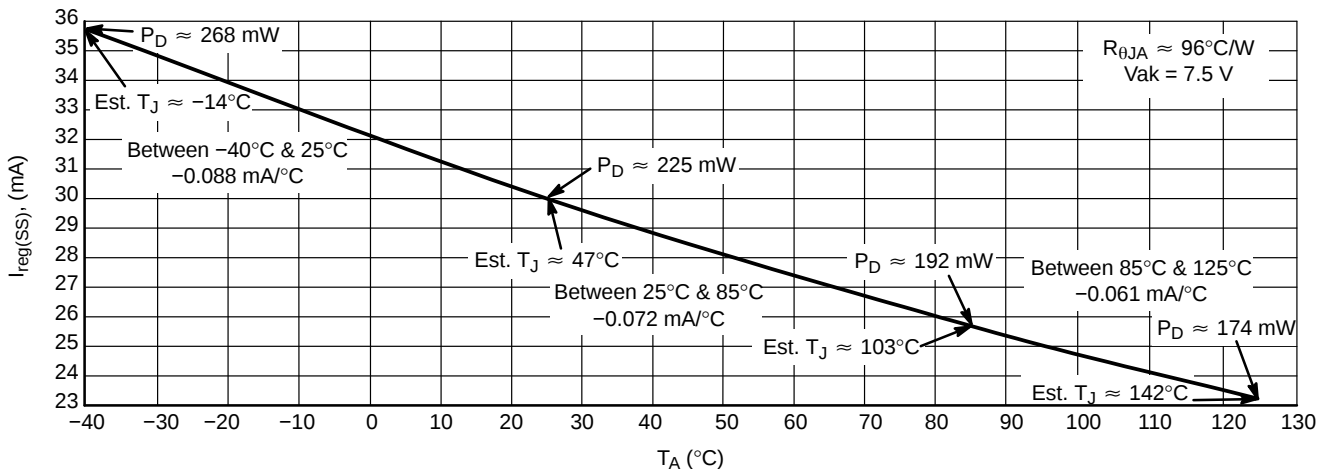


Figure 13. Typical SOT-223 30 mA, 300 mm², 2 oz Cu, In Still Air

PWM電流制御

Figure 14のようなパルス幅変調(PWM)制御回路を使用して、CCRの消費電力を削減することができます。DC平均電流は、 $I_{reg(SS)} \times \text{デューティ・サイクル\%}$ になります。20%デューティ・サイクル時の代表的な30 mA CCRの場合、 T_A が25°CのときにLEDを流れる平均電流は6.0 mAになります。

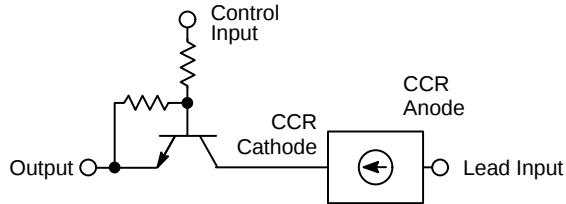


Figure 14.

100%デューティ・サイクルを考慮に入れて、ワースト・ケース条件でのデバイスとヒートシンクを解析する必要があります。

Figure 15とFigure 16は、電力パルスに起因する温度上昇を判定するのに役立ちます。

例：制御入力が500 Hzで、20%デューティ・サイクルのPWMがFigure 11の3個の赤色LEDに対して印加される場合は、SOD-123を対象とし、面積が300 mm²、重量が1オンスのCuに対応するR(t)は、Figure 15から $\approx 90^\circ\text{C/W}$ になります。したがって、 $216 \text{ mW} \times 90^\circ\text{C/W} = 19.4^\circ\text{C}$ の温度上昇です。

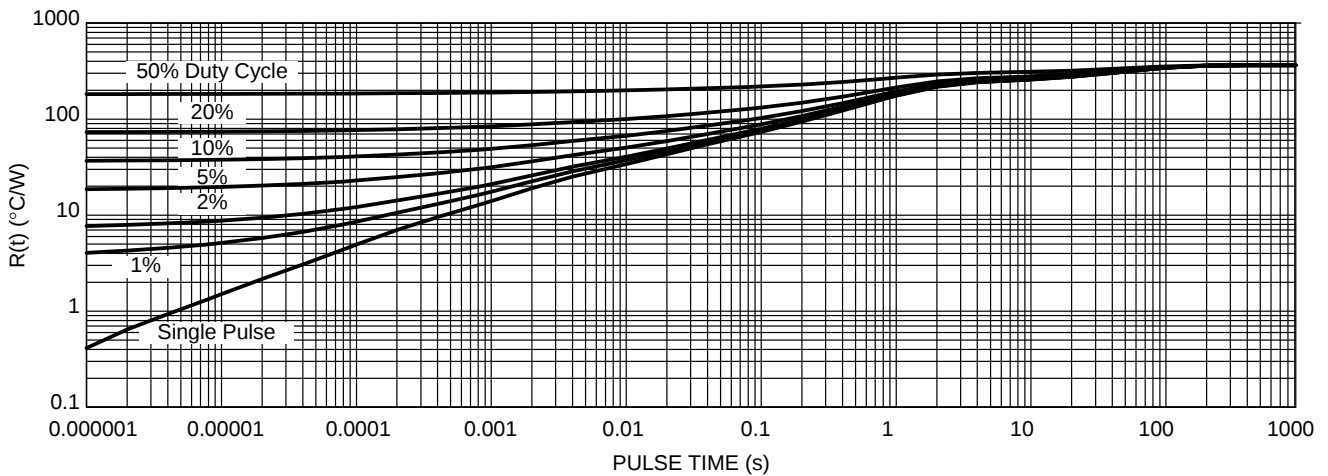


Figure 15. SOD-123 NSI45030T1G PCB Cu Area 300 mm² PCB Cu thk 1.0 oz

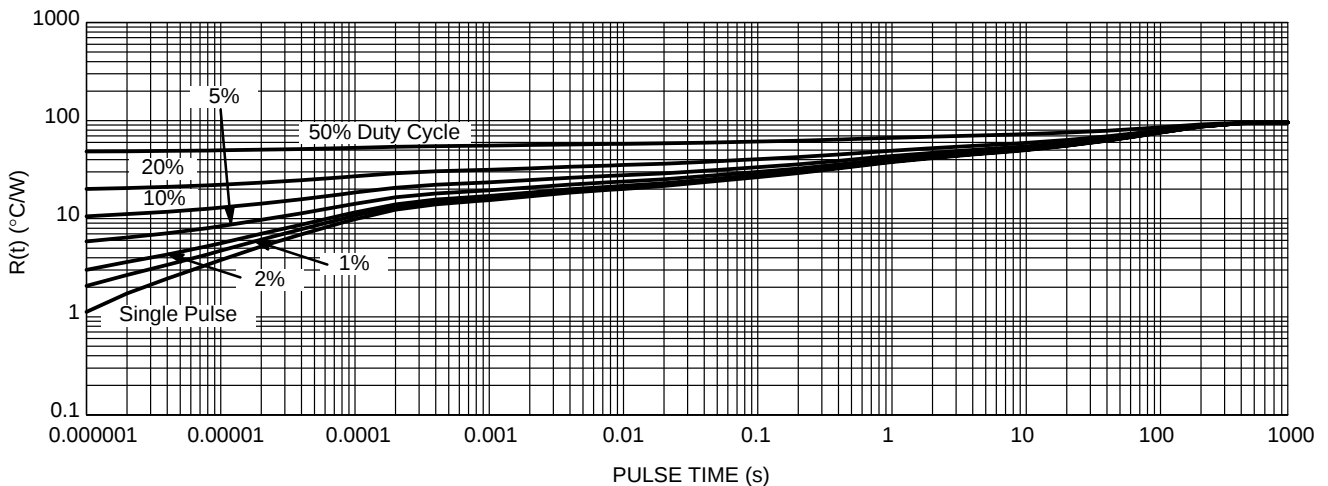


Figure 16. CCR SOT-223 NSI45030ZT1G PCB Cu Area 300 mm² PCB Cu thk 2.0 oz

AND8391/D

まとめ：

CCRの熱動作は、次の行列のように一般化されます。

	$T_A \uparrow$	Heatsink Area $\uparrow$	$V_{AK} \uparrow$
$I_{reg(SS)}$	$\downarrow$	$\uparrow$	NC*
T_J	$\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$

*In general SOD-123 for $3\text{ V} < V_{AK} < 10\text{ V}$, all other variables constant: $I_{reg(SS)}$ changes $< 2\text{ mA}$ (less @ $T_A > 25^\circ\text{C}$).
In general SOT-223 for $3\text{ V} < V_{AK} < 10\text{ V}$, all other variables constant: $I_{reg(SS)}$ changes $< 3\text{ mA}$.

Figure 17.

AND8391/D

付録A

SOD-123デバイスは次のとおりです。

NSI45020T1G、安定状態の $I_{reg(SS)} = 20\text{ mA} \pm 15\%$
NSI45025T1G、安定状態の $I_{reg(SS)} = 25\text{ mA} \pm 15\%$
NSI45030T1G、安定状態の $I_{reg(SS)} = 30\text{ mA} \pm 15\%$
NSI45020AT1G、安定状態の $I_{reg(SS)} = 20\text{ mA} \pm 10\%$
NSI45025AT1G、安定状態の $I_{reg(SS)} = 25\text{ mA} \pm 10\%$
NSI45030AT1G、安定状態の $I_{reg(SS)} = 30\text{ mA} \pm 10\%$

SOT-223デバイスは次のとおりです。

NSI45025ZT1G、安定状態の $I_{reg(SS)} = 25\text{ mA} \pm 15\%$
NSI45030ZT1G、安定状態の $I_{reg(SS)} = 30\text{ mA} \pm 15\%$
NSI45025AZT1G、安定状態の $I_{reg(SS)} = 25\text{ mA} \pm 10\%$
NSI45030AZT1G、安定状態の $I_{reg(SS)} = 30\text{ mA} \pm 10\%$

付録B

アプリケーション・ノート

AND8349/D
AND8220/D
AND8222/D
AND8223/D

タイトル

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
データシートに掲載されている熱データの使用方法
プリント基板が半導体パッケージの熱性能に与える影響の予測
熱暴走の予測

The products described herein (NSI45020T1G, NSI45025T1G, NSI45030T1G, NSI45020AT1G, NSI45025A51G, NSI45030AT1G, NSI45025ZT1G, NSI45030ZT1G, NSI45025AZT1G, NSI45030AZT1G) have 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。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こ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