

オクタール・ハイサイド・ドライバ の負荷制限



ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

APPLICATION NOTE

はじめに

AMIS-39100とAMIS-39101は、8個のハイサイド・ドライバを集積した汎用ICです。このデバイスは、電界効果トランジスタ(FET)のゲート、リレー、LEDなど事実上あらゆる種類の負荷を制御できるように設計されており、自動車の12 V環境(AMIS-39100)または工業用の24 V環境(AMIS-39101)に対応しています。

制御可能な負荷は、主にICの熱および信頼性の観点で規定されている制限を満たす必要があります。このアプリケーション・ノートの目的は、これらの制限について説明し、具体的な例とドライバ負荷の評価方法を示すことにあります。

負荷制限

AMIS-39100/39101で駆動できる電流は、この後の段落で説明するいくつかの要素による制限を受けます。

- ドライバ内の短絡保護
- ボンディングと金属膜化部分の信頼性
- ドライバのオン抵抗が0でないことに起因する定常的な消費電力
- フライバック動作時の発熱ピーク
- フライバック動作時の接合部温度の一時的な上昇

短絡保護

AMIS-39100/39101内の各ハイサイド・ドライバは、出力がグランドに短絡した場合にドライバの電流を制限する短絡保護機能を採用しています。この電流制限は、各ドライバで個別に**650 mA**を上回る時点で機能することが保証されています。その結果、650 mAを上回る定常電流を必要とする負荷を想定することはできません。

この制限はあらゆる種類の負荷に適用されます。

ボンディングと金属膜化部分の信頼性

出力側の電流は、シリコンの金属配線およびボンディング・ワイヤに関する信頼性の観点でも制限を受けます。これらの制限はデータシートの以下のパラメータによって表現されます。

C. RESISTIVE LOAD AND T_{AMBIANT} UP TO 85°C

Symbol			Unit
I _{OUT_ON_max}	Maximum output per HS driver, all eight drivers might be active simultaneously	350	mA
	Maximum output per one HS driver, only one can be active	650	mA
	Maximum output per HS driver, only two HS drivers from a different pair can be active simultaneously	500	mA
	Maximum output per one HS driver pair	830	mA

上記の最大値は、どの種類の負荷でも順守する必要があります。いずれかの負荷で電流が350 mA (誘導性負荷では50 mHのような値でもこれに該当する可能性がある)を上回った直後に、ハードウェア接続またはソフトウェア・アルゴリズムにより、同時に駆動されている複数の負荷に対しても制限を適用する必要があります。

定常消費電力:

ドライバがオン状態になっている間、負荷電流はオン抵抗が0でない駆動トランジスタを流れます。結果として生じる消費電力により、ICの接合部温度が上昇します。あらゆる状況で、接合部温度は保証されたサーマル・シャットダウン・スレッショルドである**130°C**以下にとどまる必要があります。

この上限への到達の有無を評価するために、すべてのドライバでの全消費電力を、熱抵抗に影響を与えるアプリケーションPCB (プリント基板)と組み合わせて考慮する必要があります。消費電力を定量化するために、閉回路になっているハイサイド・ドライバを1本の**1.48 Ω**抵抗でモデル化することができます。これは、スイッチング・トランジスタのオン抵抗に相当します。この値はこのドライバに関して規定されるオン抵抗値とは異なります。オン抵抗値には、金属膜化部分、ボンディング、パッケージのリード線に相当する抵抗値は含まれていないからです。この制限はあらゆる種類の負荷に適用されます。

フライバック動作時のピーク温度

AMIS-39100/39101には、誘導性負荷がオフになったときに有効になるフライバック・クランプ回路が内蔵されています。クランプの規定値を上回る電圧は、35～60 Vの範囲で変動します。フライバック・ダイオードと比較すると、オフ切り替え遷移の方が高速ですが、オフ切り替え遷移が開始される時点で、重要な消費電力ピークが発生します。例えば、インダクタに流れる100 mAの電流をオフに切り替える場合は、フライバック・ダイオードで100 mW前後の消費電力が発生します(1Vの電圧降下を想定)。一方、同じ負荷でも60 Vのフライバック・クランプでは6 Wという初期の消費電力ピークが発生します。

この大きいピーク消費電力により、駆動トランジスタの内部で大きな温度上昇が発生します。この発熱ピークは時間の点ではごく短時間ですが、繰り返して過剰な温度に達する場合は信頼性低下につながります。

発熱ピークの値は、誘導性負荷でオフに切り替えられる電流に大きく依存しますが、インダクタンスの値自体にはほとんど依存しません。さらに、この現象はシリコン上の複数のドライバ間での熱伝播遅延より高速であるため、発熱ピーク値は同時に切り替えられるドライバ数には実質上無関係です。

ガイドラインとして、様々なインダクタンスを流れる最大電流を次の図に示します。

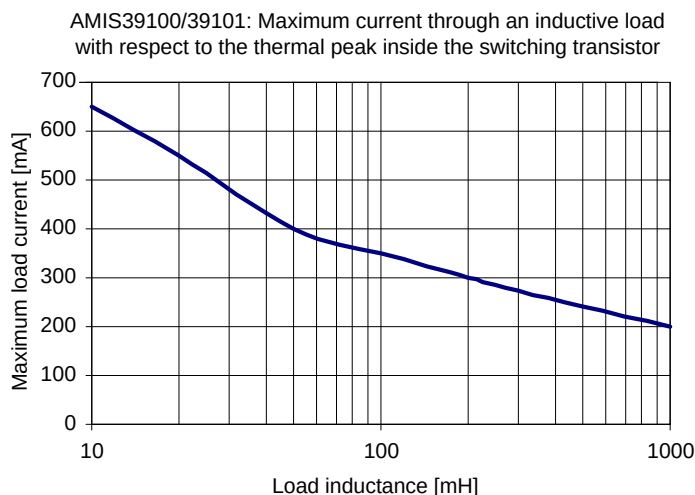


Figure 1. Maximum Load Current in Function of Load Inductance as Limited by the Thermal Peaking Inside the Switching Transistors

この制限は、誘導性負荷(約10 mH以上)のみ、また外部フライバック・ダイオードを使用していない(インダクタのエネルギーが外部フライバック素子によって消費される)場合にのみ適用されます。

フライバックに起因する接合部温度の上昇

ここまでで説明した、スイッチング・トランジスタ内部の発熱ピーク以外に、フライバック・クランプ内でのインダクタ・エネルギー消費のために、IC全体で一時的に温度が上昇し、サーマル・シャットダウンが発生する可能性があります。したがって、定常的な接合部温度は、保証されたサーマル・シャットダウン・レベルから見て十分なマージンを確保した値にする必要があります。その結果、一時的な温度上昇に対応することができます。ガイドラインとし

て、次の式を使用して接合部温度に対するフライバックの影響を推定することができます。

$$dT_{TSD} = 75k \cdot E_{LOAD}$$

ここで、 dT_{TSD} はサーマル・シャットダウン・ブロックの配置先である接合部での温度上昇、 E_{LOAD} はフライバック動作時に消費される全エネルギー(全負荷の合計)です。温度上昇は、パッケージとPCBの熱抵抗に依存しないことに注意してください。この温度上昇は上記と同様に動的な熱効果(温度が安定するまでのセtring時間はms単位)であるためです。

この制限は、誘導性負荷(約10 mH以上)のみ、また外部フライバック・ダイオードを使用していない(インダクタのエネルギーが外部フライバック素子によって消費される)場合にのみ適用されます。

例

例1：誘導性負荷の切り替え

アプリケーション：インダクタンス100 mH、それぞれの電流が250 mAである複数の誘導性負荷の切り替え。 $R_{thja} = 53 \text{ K/W}$ であるPCBを使用します。

上限の検証：

- ドライバ内の短絡保護：電流要件が650 mA
以下 → OK
- 1つの負荷あたりの電流が350 mA以下なので、信頼性に関連する上限は関係しません(「ボンディングと金属膜化部分の信頼性」のセクションを参照)
- 定常的な消費電力：ワーストケース(8個のドライバすべてがオン)の消費電力は次のとおりです。

$$P_{\text{dissip}} = 8 \cdot 1.48 \Omega (0.25 \text{ A})^2 = 0.74 \text{ W}$$

結果として発生する接合部温度の上昇は次のとおりです。

$$dT_{\text{dissip}} = P_{\text{dissip}} \times R_{thja} = 39^\circ\text{C}$$

- データシートに記載されているように、100 mH負荷での最大推奨電流は350 mAであり、この例で考慮している値を上回っています → OK
- (すべてのドライバがオン状態で) 8つの負荷すべてに蓄積されているエネルギーは次のとおりです。

$$E_{\text{LOAD}} = 8 \times \frac{1}{2} \times 100 \text{ mH} \times (250 \text{ mA})^2 = 25 \text{ mJ}$$

フライバック・クランプでこのエネルギーが同時に消費される場合、接合部温度は次のように一時的に上昇します(「ボンディングと金属膜化部分の信頼性」のセクションを参照)。

$$dT_{\text{TSD}} = 75 \text{ k} \times E_{\text{LOAD}} \approx 2^\circ\text{C}$$

結論：保証されたサーマル・シャットダウン・レベル(130°C)に適合するために、周囲温度を約89°C(= 130 - 39 - 2)以下に制限する必要があります。

例2：電流が350 mA以下の抵抗性負荷の切り替え

アプリケーション：300 mAの抵抗性負荷の切り替え。 $R_{thja} = 24 \text{ K/W}$ であるPCBを使用します。

上限の検証：

- ドライバ内の短絡保護：電流要件が650 mA
以下 → OK
- 1つの負荷あたりの電流が350 mA以下なので、信頼性に関連する上限は無関係です(「フライバック動作時のピーク温度」と「ボンディングと金属膜化部分の信頼性」の各セクションを参照)
- 定常的な消費電力：ワーストケース(8個のドライバすべてがオン)の消費電力は次のとおりです。

$$P_{\text{dissip}} = 8 \times 1.48 \Omega (0.3 \text{ A})^2 = 1.07 \text{ W}$$

結果として発生する接合部温度の上昇は次のとおりです。

$$dT_{\text{dissip}} = P_{\text{dissip}} \times R_{thja} = 25^\circ\text{C}$$

- 負荷は抵抗性特性を備えているので、フライバックに起因する熱の考慮事項 (最初の例の説明を参照)は適用できません。

結論：保証されたサーマル・シャットダウン・レベル(130°C)に適合させるために、周囲温度を約105°C(= 130 - 25 - 2)以下に制限する必要があります。

例3：電流値が異なる複数の抵抗性負荷の切り替え

アプリケーション：500 mA (OUT1～OUT4に接続されている4つの負荷)と350 mA (OUT5～OUT8に接続されている4つの負荷)の2つの抵抗性負荷の切り替え。 $R_{thja} = 40 \text{ K/W}$ であるPCBを使用します。

上限の検証：

- ドライバ内の短絡保護：電流要件が650 mA
以下 → OK
- 1つの負荷あたりの電流が(一部の負荷では)350 mAを上回っているため、「ボンディングと金属膜化部分の信頼性」のセクションで説明した、信頼性に関連する上限を考慮する必要があります。ソフトウェアでは、同じドライバ・ペアによって駆動される2つの500 mA負荷をアクティブにできないことを保証する必要があります。例えば、OUT1とOUT2、またはOUT3とOUT4を同時に切り替えることは許容されません。許容される組み合わせは、OUT1とOUT3、またはOUT2とOUT4です。一方、OUT5～OUT8に接続されている350 mAの負荷は、制限なく切り替えることができます。
- 定常的な消費電力：ワーストケースの消費電力は、4つの350 mA負荷と2つの500 mA負荷がオンになっている場合です(これ以上の負荷は、すでに説明したように信頼性の理由で許容されません)。

$$P_{\text{dissip}} = 4 \times 1.48 \Omega (0.35 \text{ A})^2 + 2 \times 1.48 \Omega (0.5 \text{ A})^2 = 1.47 \text{ W}$$

結果として発生する接合部温度の上昇は次のとおりです。

$$dT_{\text{dissip}} = P_{\text{dissip}} \times R_{thja} = 59^\circ\text{C}$$

- 負荷は抵抗性特性を備えているので、フライバックに起因する熱の考慮事項 (最初の例の説明を参照)は適用できません。

結論：保証されたサーマル・シャットダウン・レベル(130°C)に適合するために、周囲温度を約71°C(= 130 - 59)以下に制限する必要があります。

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC) 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における登録商標です。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、たとえば、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