

Application Brief

パワー MOSFET のリーク電流の推定



John Wallace

概要

多くの電子システムでは、非使用時の電力消費を抑制するために、サブシステムを遮断する目的でパワー MOSFET が使用されます。バッテリ駆動システムでは、バッテリ駆動時間を最大化するために、負荷スイッチングが一般的に使用されます。低消費電力またはスタンバイ モードで時でのバッテリ総放電電流を低減するには、MOSFET のリーク電流を推定することが重要です。

はじめに

MOSFET 端子間を流れるリーク電流は、FET のデータシートに記載されています。ゲート・ソース間リーク電流 I_{GSS} (ゲートとソースの間を流れる)、ドレイン・ソース間リーク電流 I_{DSS} (ドレインとソースの間を流れる)。表 1 に示すように、TI の FET データシートでは、 V_{GS} の絶対最大定格および $V_{DS} = 0V$ における I_{GSS} の最大値と、ドレイン・ソース間ブレークダウン電圧 BV_{DSS} の 80% および $V_{GS} = 0V$ における I_{DSS} の最大値を規定しています。両パラメータは、周囲温度 $T_A = 25^\circ\text{C}$ において規定されます。TI 以外のベンダーでは異なる条件でリーク電流を定義している場合があるため、必ず MOSFET のデータシートを確認してください。

表 1. データシートの「電気的特性」表に記載されたリーク電流仕様(特に記述のない限り $T_A = 25^\circ\text{C}$)

パラメータ	テスト条件	最小値	標準値	最大値	単位
スタティック特性					
BV_{DSS}	ドレイン - ソース間電圧 $V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu\text{A}$	30			V
I_{DSS}	ドレイン ソース間リーク電流 $V_{GS} = 0V, V_{DS} = 24V$		1		μA
I_{GSS}	ゲート - ソース間リーク電流 $V_{DS} = 0V, V_{GS} = 20V$		100		nA
$V_{GS(th)}$	ゲート - ソース間スレッショルド電圧 $V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu\text{A}$	1.1	1.4	1.8	V
$R_{DS(on)}$	ドレイン - ソース間オン抵抗 $V_{GS} = 4.5V, I_D = 25\text{A}$		2.4	2.9	$\text{m}\Omega$
	$V_{GS} = 10V, I_D = 25\text{A}$		1.7	2.0	$\text{m}\Omega$
g_{fs}	相互コンダクタンス $V_{DS} = 3V, I_D = 25\text{A}$	120			S

電圧と温度の影響

以前の 2 つの技術資料、『パワー MOSFET データシートに記載されていないこと』の第 1 部「温度依存性」、および『パワー MOSFET データシートに記載されていないこと』の第 2 部「電圧に依存するリーク電流』では、温度と電圧によって FET のリーク電流がどのように変化するかを詳しく解説しています。 I_{GSS} と I_{DSS} は、正の温度係数および電圧係数を示します。このドキュメントでは、前の記事の正規化グラフを使用して、データシートに含まれていない条件下でのリーク電流を推定する方法を示します。図 1 および 図 2 は、ゲート ESD 保護機能を持たない 30V の TI FET における、正規化された I_{DSS} および I_{GSS} と温度との関係を示すプロットです。

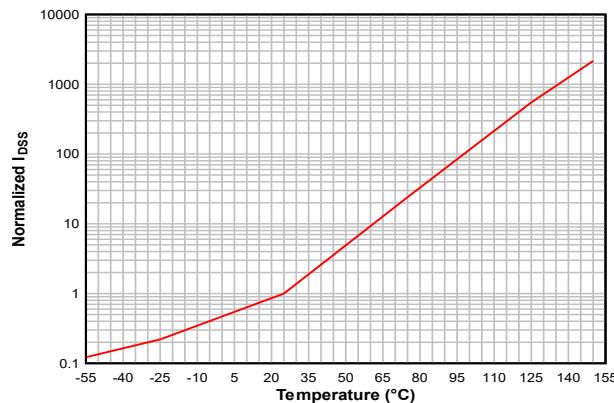


図 1. 正規化された I_{DSS} の温度特性

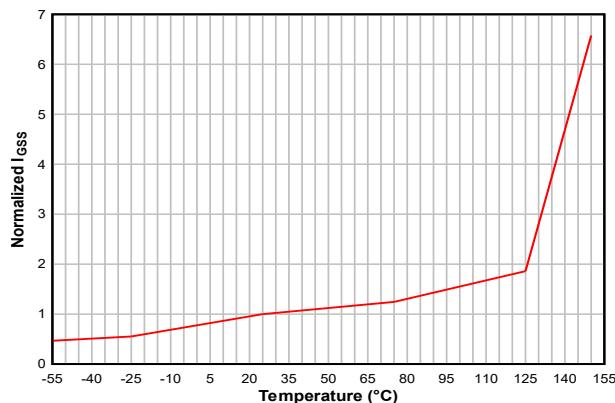


図 2. 正規化された I_{GSS} の温度特性

図 3 および 図 4 は、それぞれゲート ESD 保護機能を持たない 30V の TI FET における、正規化された I_{DSS} および I_{GSS} と V_{DS} および V_{GS} との関係を示すプロットです。

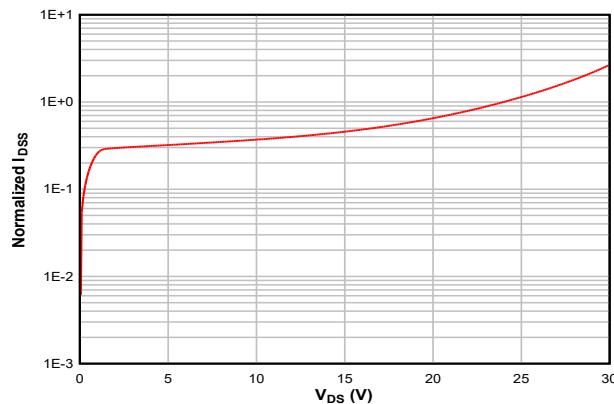


図 3. 正規化された I_{DSS} の電圧特性

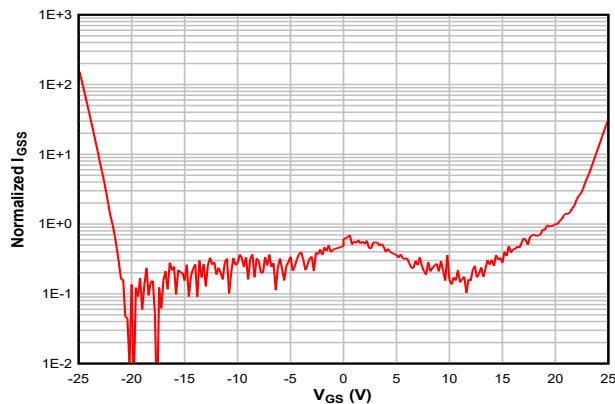


図 4. 正規化された I_{GSS} の電圧特性

正規化プロットを使用した I_{GSS} の推定

次の例は、データシートに記載されていない条件に対するリーク電流の推定に、これらのプロットを使用する方法を示しています。

事例 1

$V_{GS} = 5V$ 、 $T = 75^{\circ}\text{C}$ における、テキサス・インスツルメンツ製のゲート ESD 保護機能なし 30V TI N チャネル FET の I_{GSS} の最大値はいくらですか？

推定手順

- I_{GSS} と温度の関係を示すプロット(図 5)を使用して、次の手順を行います。
1. X 軸上の 75°C の位置から、曲線との交点まで垂直線を描きます。
 2. X 軸と曲線との交点から Y 軸切片までの水平線を描きます。

これは、 75°C における I_{GSS} の正規化温度係数 $F_T = 1.25$ です。同じ手法を I_{GSS} と V_{GS} のグラフに適用すると、 $V_{GS} = 5V$ における I_{GSS} の正規化係数は $F_V = 0.35$ となります。これを 図 5 と 図 6 に示します。

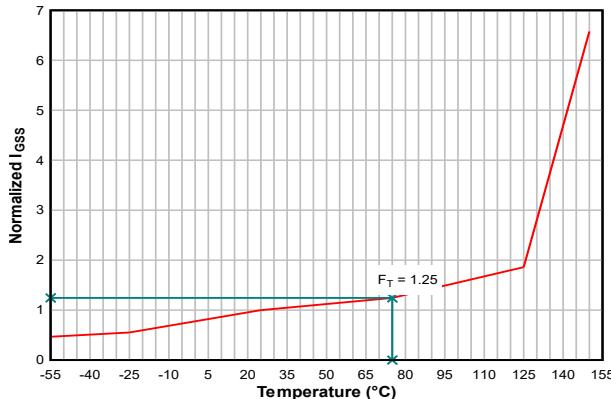


図 5. 正規化された I_{GSS} の温度特性

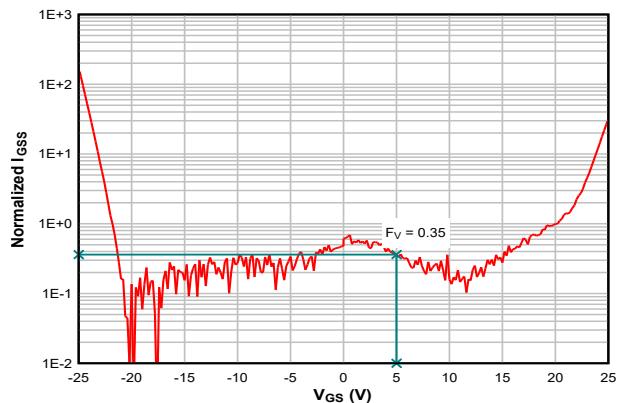


図 6. 正規化された I_{GSS} の電圧特性

次に、式 1 と 式 2 に示すように、 $V_{GS} = 5V$ および $T = 75^{\circ}\text{C}$ のときの I_{GSS} の推定最大値を計算します。

$$\text{Max}I_{GSS}(5V, 75^{\circ}\text{C}) = I_{GSS(\max)} \times F_V \times F_T \quad (1)$$

$$\text{Max}I_{GSS}(5V, 75^{\circ}\text{C}) = 100\text{nA} \times 0.35 \times 1.25 = 44\text{nA} \quad (2)$$

正規化プロットを使用した I_{DSS} の推定

次の例は、データシートに記載されていない条件に対するリーク電流の推定に、これらのプロットを使用する方法を示しています。

事例 2

$V_{DS} = 12V$ 、 $T = 125^{\circ}\text{C}$ における I_{DSS} はいくらですか？

正規化された I_{DSS} と温度の関係を示すプロット（図 7）を使用して、次の手順を行ないます。

1. X 軸上の 125°C の位置から、曲線との交点まで垂直線を描きます。

2. X 軸と曲線との交点から Y 軸切片までの水平線を描きます。

図 7 および 図 8 に示すように、同じ手法を用いて温度係数と電圧係数を求めることができます。

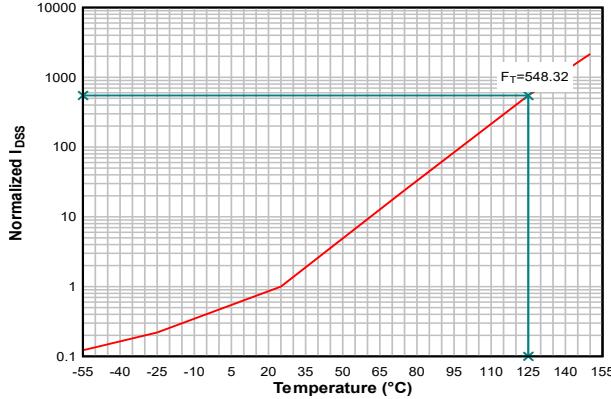


図 7. 正規化された I_{DSS} の温度特性

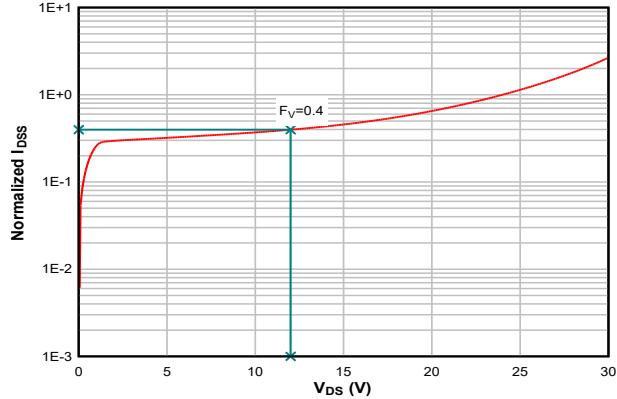


図 8. 正規化された I_{DSS} の電圧特性

図 7 より $F_T = 548$ 、図 8 より $F_V = 0.4$ となります。したがって、 I_{DSS} の推定最大値が次のように計算されます。

$$\text{Max}I_{DSS}(12V, 125^{\circ}\text{C}) = I_{DSS(\max)} \times F_V \times F_T \quad (3)$$

$$\text{Max}I_{DSS}(12V, 125^{\circ}\text{C}) = 1\mu\text{A} \times 0.4 \times 548 = 219\mu\text{A} \quad (4)$$

まとめ

パワー MOSFET のリーク電流の推定は、データシートに記載されていない条件で FET が動作している場合に有用です。この記事では、 I_{GSS} と I_{DSS} の正規化グラフを使用して、これらの電流を推定する方法を示しました。今後のこの分野における取り組みとしては、この設計プロセスを容易にする新しい FET 選定ツールの開発とリリースが挙げられます。

参考資料

1. テキサス・インスツルメンツ、『*MOSFET Support and Training Tools (MOSFET サポートおよびトレーニングツール)*』、アプリケーションノート。
2. テキサス・インスツルメンツ、『*パワー MOSFET データシートに記載されていないこと』第1部「温度依存性」、技術記事。*
3. テキサス・インスツルメンツ、『*パワー MOSFET データシートに記載されていないこと』第2部「電圧依存リーク電流」、技術記事。*

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

重要なお知らせと免責事項

TIは、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の默示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または默示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したもので、(1)お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2)お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3)お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月