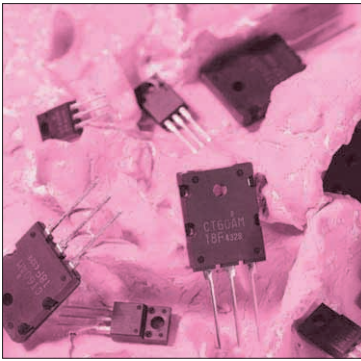




第3章 データシートを読み解き 正しい使い方をマスタしよう！

パワー MOSFET の電気的特性

高川 恭一
Kyoichi Takagawa

パワー MOSFET のキー・パラメータ

図3-1に、パワー MOSFET の等価回路とそのキー・パラメータである特性を示します。これらの特性項目、破壊耐量のすべてにわたり高性能であることが理想ですが、ON 抵抗 $R_{DS(on)}$ と耐圧 V_{DSS} に見られる代表的なトレードオフ関係のように、そのほかの特性にも緊密に関係する特性がたくさんあります。

また、各特性項目には、**温度依存性** (正または負) の有無があります。このような電気的特性の関係をすることは、設計者が応用回路に合ったパワー MOSFET を選定する際にとても重要になってきます。

R_w , L_g , L_s は、パッケージで決まるパラメータです。 R_w は、主にソース・ワイヤの抵抗成分、 L_s はその寄生インダクタンス成分、そして L_g はゲート・ワイヤの寄生インダクタンス成分です。一般的にこれらの項目はデータシートに記載されていません。 R_w は $R_{DS(on)}$ の中に含まれています。

パワー MOSFET の最大定格

表3-1に、パワー MOSFET の最大定格表を示します。各項目の右側に、補足説明を付けました。これらの**定格項目はほかの特性と相互に関連しており、同時に許されるものではないことに注意が必要です**。

最大定格であるドレイン電流 I_D は、表に示す計算式で理論上は規定できますが、超低 ON 抵抗 (数 mΩ オーダ) の製品になると、100 A を越えます。

I_D は、パッケージのワイヤ・ボンディングの溶断電流にも制限されます。ワイヤの溶断電流は定格電流に対して相当余裕があります。

しかし、実際に電流を流したときに発生するドレインやソース・リードの発熱などを考慮すると、TO-220 外形品でせいぜい 75 A 前後が現実的には妥当な定格でしょう。次に、いくつかの項目について説明します。

- 繰り返し動作におけるパルス電流定格 $I_{d(pulse)}$ r
一例として、2SK3418 (ルネサス テクノロジ) で

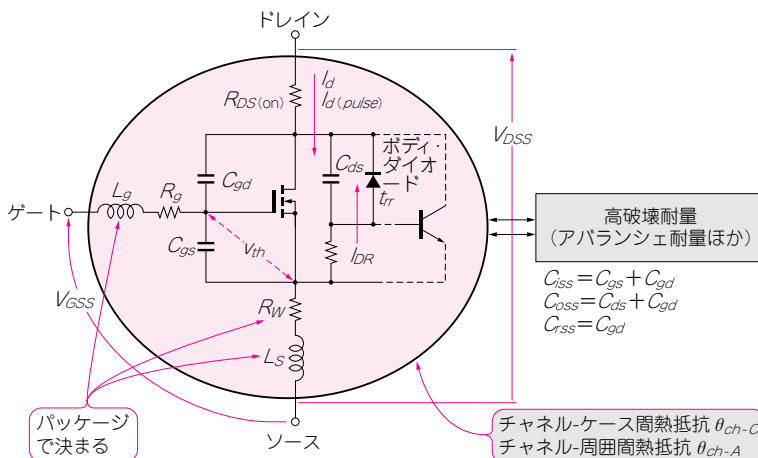


図3-1 パワー MOSFET の等価回路とキー・パラメータ

表3-1 パワー MOSFET の最大定格表 ($T_A = 25^\circ\text{C}$, 2SK3418, ルネサス テクノロジ)

項目	記号	定格値	単位
ドレイン-ソース間電圧	V_{DS}	60	V
ゲート-ソース間電圧	V_{GS}	± 20	V
ドレイン電流	I_D	85	A
パルス・ドレイン電流	$I_D(\text{pulse})$ 注(1)	340	A
逆ドレイン電流	I_{DR}	85	A
アバランシェ電流	I_{AP} 注(2)	60	A
アバランシェ・エネルギー	E_{AR} 注(2)	308	mJ
許容チャネル損失	P_{ch} 注(3)	110	W
許容チャネル温度	T_{ch}	150	$^\circ\text{C}$
過渡熱抵抗	θ_{ch-C}	1.14	$^\circ\text{C}/\text{W}$

注▶ (1) $t_{PW} \leq 10 \mu\text{s}$, デューティ $\leq 1\%$ での許容値
 (2) $T_{ch} = 25^\circ\text{C}$ における許容値, $R_{\theta} \geq 50 \Omega$
 (3) $T_C = 25^\circ\text{C}$ における許容値

V_{DSS} は、ON抵抗との相関あり

低電圧駆動素子ほど低い

ドレイン電流 I_D の理論式は、

$$I_D = \sqrt{\frac{T_{chmax} - T_C}{R_{DS(on)max} \times \alpha \times \theta_{ch-C}}}$$

$I_D(\text{pulse})$ は過渡熱抵抗を使用

$$\left(\text{ただし、} \alpha = \frac{150^\circ\text{C} R_{DS(on)}}{25^\circ\text{C} R_{DS(on)}} \right)$$

ソース-ドレイン間内蔵ダイオードの定格電流

$$E_{AR} = \frac{1}{2} L I_{AP}^2 \frac{V_{(BR)DSS}}{V_{(BR)DSS} - V_{DD}}$$

P_{ch} の温度ディレーティングは、

$$P_{ch}(T_x) = P_{ch}(25^\circ\text{C}) \times \frac{T_{chmax} - T_C}{T_{chmax} - 25}$$

$$\theta_{ch-C} = \frac{T_{chmax} - T_C}{P_{ch}}$$

(パッケージとチップ・サイズで決まる)

$t_{PW} = 150 \mu\text{s}$, 繰り返し周期 $T = 300 \mu\text{s}$ (デューティ 50%, $f \approx 3.3 \text{ kHz}$), ケース温度 $T_C = 90^\circ\text{C}$ の条件で, T_{chmax} のディレーティングをとり, 120°C_{max} とした場合の最大許容値 $I_{D(\text{pulse}) rmax}$ を求めると, 表3-1 の理論式から, $I_{D(\text{pulse}) rmax} = 73.5 A_{max}$ となります。

$$I_{D(\text{pulse}) rmax} = \sqrt{\frac{T_{chmax} - T_C}{\theta_{ch-C} (t_{PW} / T) R_{DS(on)max} \alpha}}$$

$$= \sqrt{\frac{120 - 90}{0.57 \times 0.0055 \times 1.77}} = 73.5 A$$

ただし, $\theta_{ch-C} (t_{PW} / T) = 0.50 \times 1.14 = 0.57^\circ\text{C}/\text{W}$ (2SK3418 の過渡熱抵抗特性である図3-14を引用し算出), $R_{DS(on)max} = 0.0055 \Omega$ (2SK3418 の特性規格表から), 温度係数 $\alpha = 1.77$ ($R_{DS(on)} - T_C$ 特性カーブを引用)。

$\theta_{ch-C} (t_{PW} / T)$: t_{PW} / T 時のチャネル-ケース間過渡熱抵抗

- アバランシェ耐量保証: 電流値 I_{AP} , エネルギー E_{AR}
 基本的にこれらの定格は, アバランシェ動作におけるチャネル温度 $T_{chmax} < 150^\circ\text{C}$ の範囲内が前提となります。詳細は, 第4章を参照してください。

パワー MOSFET の電気的特性

表3-2に, パワー MOSFET の電気的特性を示します。項目ごとに, その温度依存性, 設計上の留意点を解説します。

- ドレイン-ソース間破壊電圧 $V_{(BR)DSS}$

$V_{GS} = 0$ とし, 測定電流 I_D を規定します。この項目は, 定格 V_{DSS} を保証するための一つの手段です。

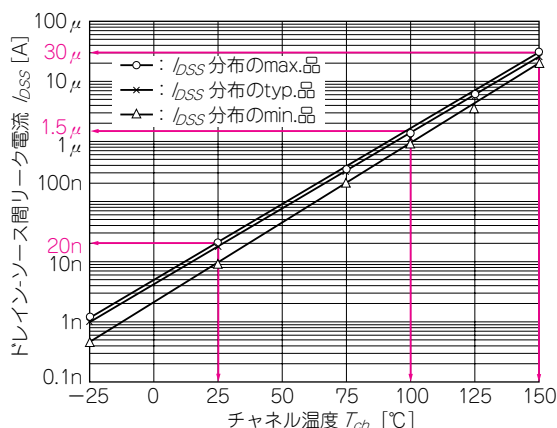


図3-2 ドレイン・ソース間リーク電流 I_{DSS} -チャネル温度 T_{ch} 温度依存性 (HAT2165H/LFPAK, $V_{DSS} = 30 \text{ V}$, $R_{DS(on)} = 2.5 \text{ m}\Omega$)

電流を流してブレイクダウンさせる方法とドレイン-ソース間 V_{DS} に最大定格 V_{DSS} の電圧をかけて, I_{DSS} を規定する方法とがありますが, 一般的には $V_{(BR)DSS}$ を規定しています。

- ゲート-ソース間破壊電圧 $V_{(BR)GSS}$

ゲート-ソース間に保護ダイオード (静電破壊防止用) が挿入されているデバイスについて規定しています。したがって, 保護ダイオードなしのデバイスを, カーブ・トレーサなどで測定してはいけません。ブレイクダウンした点は破壊電圧, すなわちゲート破壊品となります。

このようなものが誤ってセットに組み込まれると動作する場合があります, とてもやっかいな問題となります (詳細は, 第4章を参照)。