

John Wallace

## 摘要

器件功率 MOSFET 在漏极和源极端子之间包含一个固有体二极管。当 MOSFET 处于关断状态时，体二极管会阻止反向电流流动，并在二极管正向偏置时传导电流。

## MOSFET 漏源电压限制

MOSFET 击穿电压  $BV_{DSS}$  是在不将器件驱动为雪崩的情况下从漏源安全施加的最大电压，也是最大体二极管反向偏置电压。数据表中指定的体二极管正向电压  $V_{SD}$  是在定义电流下从源极到漏极的压降，通常在 0.8V 到 1.0V 之间。

## 体二极管电流能力

工程师通常会问，体二极管是否支持 MOSFET 数据表中指定的最大漏极电流。理论上可以使用体二极管，因为体二极管是流经器件的同一电流路径。不过，限制因素会变成功率耗散。当 MOSFET 开启时，导通损耗为  $I_D^2 \times R_{DS(on)}$ 。当 FET 关断且体二极管导通时，导通损耗为  $I_{SD} \times V_{SD}$ 。如 [了解 MOSFET 数据表，第 3 部分 - 持续电流额定值](#) 博客中所述，FET 数据表中指定的最大功率耗散的计算公式如下：

$$\text{Max } P_{DISS} = \frac{\text{Max } T_J - T_X}{R_{\theta JX}} = I_D^2 \times R_{DS(on)} \quad (1)$$

其中  $R_{\theta JX}$  是结至外壳热阻、 $R_{\theta JC}$  或结至环境热阻  $R_{\theta JA}$ ， $T_X$  是外壳温度、 $T_C$  或环境温度  $T_A$ 。求解  $I_D$ ，即当 FET 导通时，在  $T_X = 25^\circ\text{C}$  时数据表中指定的最大漏极电流：

$$\text{Max } I_D(T_X=25^\circ\text{C}) = \sqrt{\frac{\left(\frac{\text{Max } T_J - 25^\circ\text{C}}{R_{\theta JX}}\right)}{R_{DS(on) \text{ at Max } T_J}}} \quad (2)$$

该公式可扩展为计算  $25^\circ\text{C}$  电流条件下体二极管的最大连续电流：

$$\text{Max } P_{DISS} = \frac{\text{Max } T_J - 25^\circ\text{C}}{R_{\theta JX}} = I_{SD} \times V_{SD} \quad (3)$$

求解  $I_{SD}$ ，当 FET 关闭时的体二极管最大电流：

$$\text{Max } I_{SD}(T_X = 25^\circ\text{C}) = \frac{\left(\frac{\text{Max } T_J - 25^\circ\text{C}}{R_{\theta JX}}\right)}{V_{SD}} \quad (4)$$

## 最大持续电流计算示例

[CSD19532Q5B](#)，以 100V N 沟道 MOSFET 为例。首先，快速回顾一下数据表第一页中的最大额定值。请注意，FET 数据表中未指定体二极管最大电流。此外，如前面引用的 [博客](#) 中所述，最大漏极电流有多种规格。对于本示例，使用典型  $R_{\theta JA} = 40^\circ\text{C/W}$ 、在环境温度  $T_A = 25^\circ\text{C}$  时计算体二极管最大电流，如下所示：

$$\text{Max } P_{\text{DISS}}(T_A=25^\circ\text{C}) = \frac{\text{Max } T_J - 25^\circ\text{C}}{R_{\theta\text{JA}}} = \frac{150^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}}{40^\circ\text{C}/\text{W}} = 3.1 \text{ W} \quad (5)$$

**CSD19532Q5B** 最大持续漏极电流：

$$\text{Max } I_D(T_A=25^\circ\text{C}) = \sqrt{\frac{\text{Max } P_{\text{DISS}}}{R_{\text{DS(on)}} \text{ at Max } T_J}} \quad (6)$$

$T_J = 150^\circ\text{C}$  时的最大  $R_{\text{DS(on)}}$  可按以下方式计算得出：使用  $V_{\text{GS}} = 10\text{V}$  时的最大额定  $R_{\text{DS(on)}} = 4.9\text{m}\Omega$ ，并将其乘以器件数据表图 8 中所示的标准化因数。

$$\text{Max } R_{\text{DS(on)}} \text{ at Max } T_J = 4.9 \text{ m}\Omega \times 2.1 = 10.3 \text{ m}\Omega \quad (7)$$

$$\text{Max } I_D(T_A=25^\circ\text{C}) = \sqrt{\frac{3.1 \text{ W}}{10.3 \text{ m}\Omega}} = 17 \text{ A} \quad (8)$$

要计算二极管最大电流，请使用数据表中指定的最大正向电压，如下所示：

$$\text{Max } I_{\text{SD}}(T_A=25^\circ\text{C}) = \frac{\text{Max } P_{\text{DISS}}}{V_{\text{SD}}} = \frac{3.1 \text{ W}}{1.0 \text{ V}} = 3.1 \text{ A} \quad (9)$$

同样， $T_C = 25^\circ\text{C}$  时，受器件限制的最大连续体二极管电流可使用结至外壳热阻抗  $R_{\theta\text{JC}} = 0.8^\circ\text{C}/\text{W}$  计算得出，如下公式所示。

$$\text{Max } P_{\text{DISS}}(T_C=25^\circ\text{C}) = \frac{\text{Max } T_J - 25^\circ\text{C}}{R_{\theta\text{JC}}} = \frac{150^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}}{0.8^\circ\text{C}/\text{W}} = 156 \text{ W} \quad (10)$$

$$\text{Max } I_{\text{SD}}(T_C=25^\circ\text{C}) = \frac{\text{Max } P_{\text{DISS}}}{V_{\text{SD}}} = \frac{156 \text{ W}}{1.0 \text{ V}} = 156 \text{ A} \quad (11)$$

请注意，此计算假设使用理想的散热器将外壳温度保持在  $25^\circ\text{C}$ 。在采用  $5\text{mm} \times 6\text{mm}$  封装并具有实际散热器和  $156\text{W}$  功率耗散的实际应用中，无法应对这种情况。

## 温度降额

温度升高时，这些计算会产生更低的电流。例如，将  $T_A = 75^\circ\text{C}$  代入之前的计算公式会得到更低的功率耗散和更低的体电流能力，并提供以下计算结果：

$$\text{Max } P_{\text{DISS}}(T_A=75^\circ\text{C}) = \frac{\text{Max } T_J - 75^\circ\text{C}}{R_{\theta\text{JA}}} = \frac{150^\circ\text{C} - 75^\circ\text{C}}{40^\circ\text{C}/\text{W}} = 1.9 \text{ W} \quad (12)$$

$$\text{Max } I_{\text{SD}}(T_A=75^\circ\text{C}) = \frac{\text{Max } P_{\text{DISS}}}{V_{\text{SD}}} = \frac{1.9 \text{ W}}{1.0 \text{ V}} = 1.9 \text{ A} \quad (13)$$

## 总结

MOSFET 数据表中指定了最大漏极电流。一个常见的问题是，固有体二极管能否承载相同大小的电流？如本应用简报所示，体二极管的载流能力可计算得出，受功率耗散限制，通常小于数据表中指定的最大漏极电流。

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司