

Application Brief

估算功率 MOSFET 的漏电流



John Wallace

摘要

许多电子系统利用功率 MOSFET 在闲置时时关闭子系统以降低功耗。电池供电系统中通常采用负载开关来更大幅度地延长电池运行时间。估算 MOSFET 的漏电流是在低功耗或待机运行模式下降低电池总放电电流的关键。

简介

漏电流在 MOSFET 端子之间流动，并在 FET 数据表中给出了具体数值。栅极到源极漏电流 I_{GSS} 在栅极和源极之间流动。漏源漏电流 I_{DSS} 在漏极和源极之间流动。如表 1 所示，TI 在 FET 中指定了 I_{GSS} 在 V_{GS} 和 $V_{DS} = 0V$ 绝对最大值下的最大值以及 I_{DSS} 在漏源击穿电压 80%、 BV_{DSS} 和 $V_{GS} = 0V$ 时的最大值。在 $T_A = 25^{\circ}C$ 的环境温度下指定这两个参数。请务必查阅 MOSFET 的数据表，因为其他 FET 供应商对漏电流的条件规定可能与 TI 不同。

表 1. 数据表中电气特性表的漏电流规格

($T_A = 25^{\circ}C$ 时测得，除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
静态特性						
BV_{DSS}	漏源极电压	$V_{GS} = 0V, I_D = 250 \mu A$	30			V
I_{DSS}	漏源漏电流	$V_{GS} = 0V, V_{DS} = 24V$			1	μA
I_{GSS}	栅源漏电流	$V_{DS} = 0V, V_{GS} = 20V$			100	nA
$V_{GS(th)}$	栅源阈值电压	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250 \mu A$	1.1	1.4	1.8	V
$R_{DS(on)}$	漏源导通电阻	$V_{GS} = 4.5V, I_D = 25A$		2.4	2.9	$m\Omega$
		$V_{GS} = 10V, I_D = 25A$		1.7	2.0	$m\Omega$
g_{fs}	跨导	$V_{DS} = 3V, I_D = 25A$		120		S

电压和温度影响

两篇早期的技术文章，[功率 MOSFET 数据表中未包含的内容，第 1 部分：温度相关性](#)和[功率 MOSFET 数据表中未包含的内容第 2 部分：在与电压相关的漏电流](#)中详细说明了 FET 漏电流随温度和电压的变化规律。 I_{GSS} 和 I_{DSS} 具有正温度系数和正电压系数。本文档介绍了如何使用之前文章中的归一化图来估算数据表中未包含的条件下的漏电流。图 1 和图 2 是不带栅极 ESD 保护的 30V TI FET 的归一化 I_{DSS} 和 I_{GSS} 与温度间的关系图。

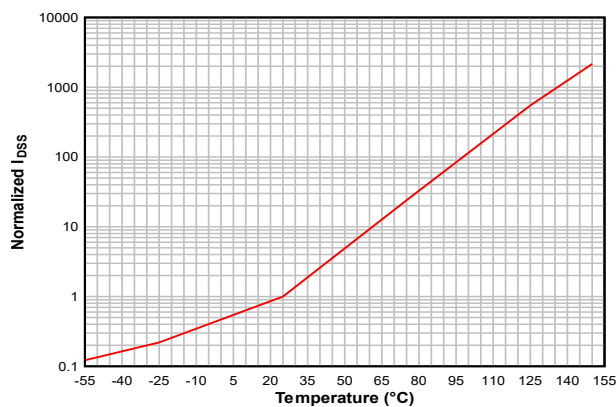


图 1. 归一化 I_{DSS} 与温度间的关系

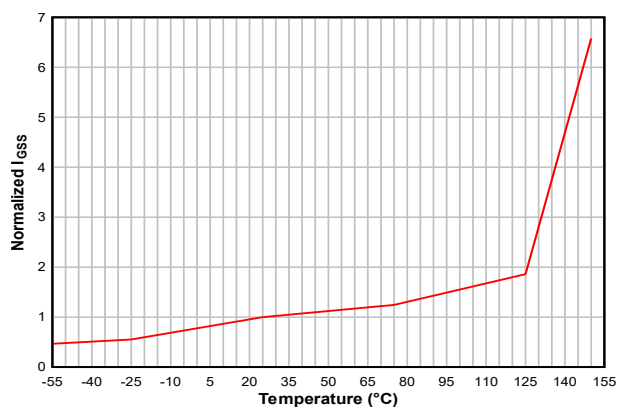


图 2. 归一化 I_{GSS} 与温度间的关系

图 3 和 图 4 分别是不带栅极 ESD 保护的 30V TI FET 的归一化 I_{DSS} 和 I_{GSS} 与 V_{DS} 和 V_{GS} 之间的关系图。

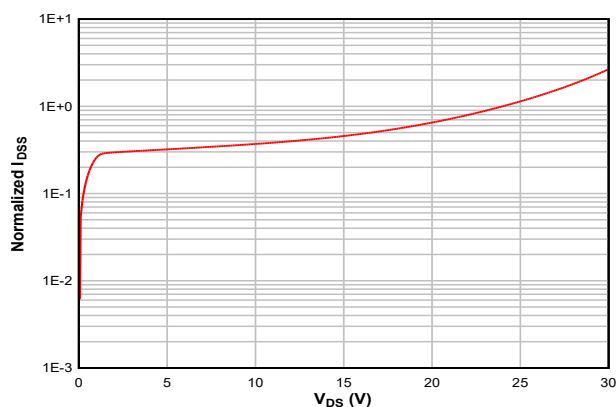


图 3. 归一化 I_{DSS} 与电压间的关系

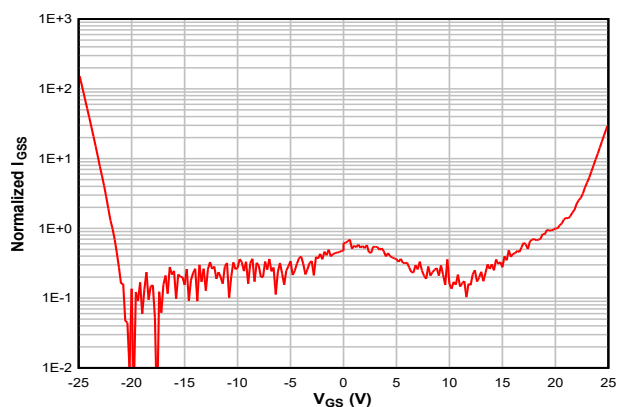


图 4. 归一化 I_{GSS} 与电压间的关系

使用归一化图来估算 I_{GSS}

以下示例演示了如何使用这些图来估算数据表中未包含的条件下的漏电流。

示例 1 在 $V_{GS} = 5V$ 且 $T = 75^\circ C$ 时不带栅极 ESD 保护的 30V TI N 通道 FET 的最大 I_{GSS} 是多少？

估算 使用 I_{GSS} 与温度间关系图 (图 5)：

说明

1. 从 X 轴上的 $75^\circ C$ 处绘制一条垂直线，延伸至与曲线相交的位置。
2. 从 X 轴与曲线相交的位置绘制一条水平线，直至 Y 轴截距处。

这是 I_{GSS} 在 $75^\circ C$ 时的归一化温度系数 $F_T = 1.25$ 。采用相同方法分析 I_{GSS} 与 V_{GS} 间关系图，可得出 $V_{GS} = 5V$ 时 I_{GSS} 的归一化系数为 $F_V = 0.35$ 。图 5 和图 6 显示了这一情况。

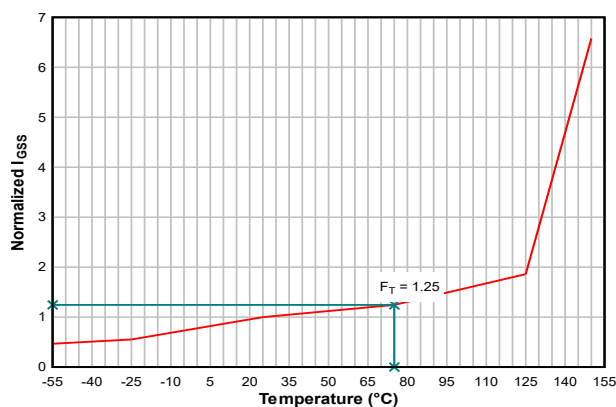


图 5. 归一化 I_{GSS} 与温度间的关系

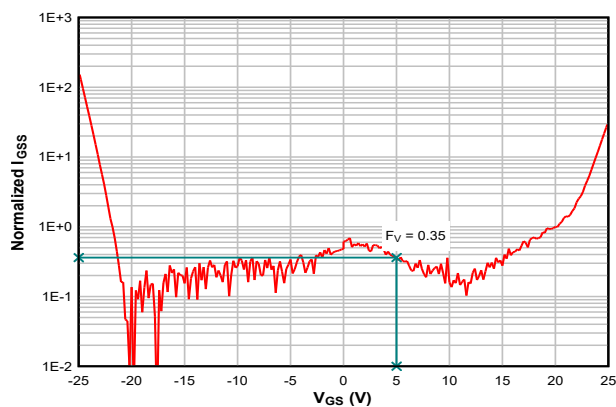


图 6. 归一化 I_{GSS} 与电压间的关系

在 $V_{GS} = 5V$ 和 $T = 75^{\circ}C$ 时计算经估计的最大 I_{GSS} ，如 [方程式 1](#) 和 [方程式 2](#) 所示：

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

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

使用归一化图来估算 I_{DSS}

以下示例演示了如何使用这些图来估算数据表中未包含的条件下的漏电流。

示例 2 在 $V_{DS} = 12V$ 且 $T = 125^{\circ}C$ 时， I_{DSS} 是多少？

估算 使用归一化的 I_{DSS} 与温度间关系图 (图 7)：

说明

1. 从 X 轴上的 $125^{\circ}C$ 处绘制一条垂直线，延伸至与曲线相交的位置。
2. 从 X 轴与曲线相交的位置绘制一条水平线，直至 Y 轴截距处。

可以使用相同的方法来确定温度和电压因数，如 [图 7](#) 和 [图 8](#) 所示。

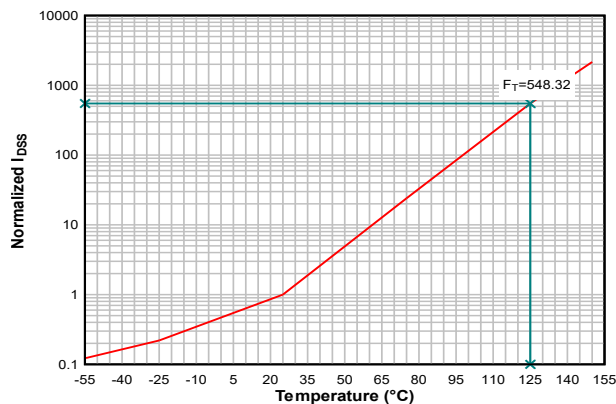


图 7. 归一化 I_{DSS} 与温度间的关系

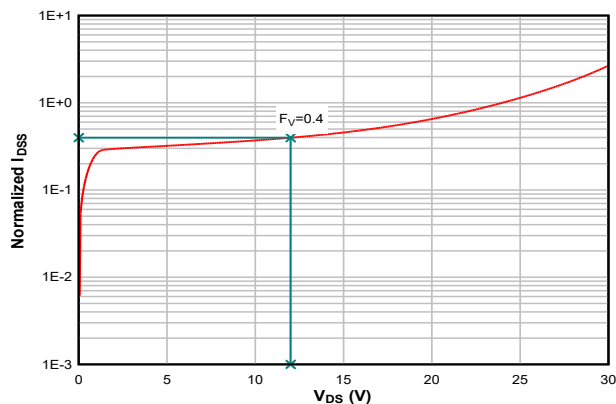


图 8. 归一化 I_{DSS} 与电压间的关系

根据 [图 7](#) 可知， $F_T = 548$ 且根据 [图 8](#) 可知， $F_V = 0.4$ 。然后按如下方式计算经估算的最大 I_{DSS} ：

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

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

总结

当 FET 在数据表中未包含的条件下运行时，估算功率 MOSFET 的漏电流具有重要意义。本文通过使用归一化的 I_{GSS} 和 I_{DSS} 间关系图演示了一种估算此类电流的方法。该领域未来的工作包括开发并发布一款新型 FET 选型工具，以简化设计师的工作流程。

参考资料

1. 德州仪器 (TI)，[MOSFET 支持和培训工具](#)，应用手册。
2. 德州仪器 (TI)，[功率 MOSFET 数据表中未包含的内容，第 1 部分：温度相关性](#)，技术文章。
3. 德州仪器 (TI)，[功率 MOSFET 数据表中未包含的内容第 2 部分：与电压相关的漏电流](#)，技术文章。

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月