

Vishay Siliconix MOSFET 的额定电流

作者: Spiro Zefferys 和 Dave MacDonald

摘要

Vishay 采用三种方式确定 MOSFET 的连续漏极电流 (I_D) 额定值。这些值记录在数据表第一页的“绝对最大额定值”表中, 作为设计人员的参考以确定该器件的应用是否正确。该值的计算可以采用通用的方法。不过, 由于每个 PCB 版图和设计都不同, 每个 MOSFET 的结构也不同, 因此, 没有通用的流程可用来计算每个应用的最大允许电流。Vishay 提供的数值都是在既定条件下得出的, 设计人员可根据这些值对特定应用中的 MOSFET 的性能进行建模。

请注意, 下述方法是用来计算最大允许连续直流电流。该值不能应用于采用脉冲电流 (具有高峰值电流) 的直流 - 直流转换器。对于这类应用, 必须计算出均方根电流 (I_{RMS}), 然后与数据表 ($I_{RMS} \ll I_D \text{ MAX}$) 中的 I_D 额定值进行比较。 I_{RMS} 的计算公式在大多数的功率电子文章中都可找到。此外, 必须将导通或关断时出现的高瞬时尖峰电流与 SOA 曲线进行比较, 确定这种尖峰电流是否会损坏 MOSFET。

确定 I_D 额定值的公式法

确定 I_D 的第一种方式是采用下述标准电流计算法。在该公式中, T_{JMAX} 是数据表中规定的最大结温 (150 °C 或 175 °C), 而 T_A 是保持 MOSFET 稳态运行时允许的最大环境温度, $r_{DS(on)}$ 是在特定的温度和驱动电压 (如 4.5 V 或 10 V) 条件下的最大导通电阻的额定值, R_{thJA} 是数据表中规定的 MOSFET 的稳态情况下结到外部的热阻。

$$I_D = \sqrt{\frac{T_{JMAX} - T_A}{r_{DS(on)} R_{thJA}}}$$

下例以 Si7884DP 为基础, 其采用 PowerPAK® SO-8 封装的 40V MOSFET。

绝对最大额定值 除非另有说明, 否则 $T_A = 25\text{ °C}$					
参数		符号	10 秒	稳态	单位
漏源电压		V_{DS}	40		V
栅源电压		V_{GS}	± 20		
连续漏极电流 ($T_J = 150\text{ °C}$) ^a	$T_A = 25\text{ °C}$	I_D	20	12	A
	$T_A = 70\text{ °C}$		16	10	
脉冲漏极电流		I_{DM}	50		
雪崩电流	$L = 0.1\text{ mH}$	I_{AS}	30		
连续源极电流 (二极管传导) ^a		I_S	4.7	1.7	W
最大功耗 ^a	$T_A = 25\text{ °C}$	P_D	5.2	1.9	
	$T_A = 70\text{ °C}$		3.3	1.2	
工作结温和存放温度范围		T_J, T_{stg}	- 55 至 150		°C
焊接建议 (峰值温度) ^{b,c}			260		

热阻额定值					
参数		符号	典型值	最大值	单位
最大的结到外部热阻 ^a	$t \leq 10\text{ 秒}$	R_{thJA}	19	24	°C / W
	稳态		52	65	
最大结到管壳 (漏极) 热阻	稳态	R_{thJC}	1.2	1.8	

从“绝对最大额定值”表，我们获得以下值：

参数	值	备注
T_{JMAX}	150 °C	最大结温；请注意某些器件的额定值为 175 °C
T_A	25 °C	环境温度；和 R_{thJA} 一起使用
$R_{thJA MAX}$	65 °C /W	稳态条件下的最大值
10V 时的 $r_{DS(on) MAX}$ (温度条件)	0.0126 Ω	利用 $0.007 \Omega \times 1.8$ 计算出该值；0.007 Ω 来自数据表的“电气特性”部分；1.8 是计算高温条件下导通电阻 $r_{DS(on)}$ 额定值的典型系数；实际曲线可在数据表的“典型性能曲线”部分找到。

$$I_D = \text{SQR ROOT OF } (150-25)/(0.007 \times 1.8) \times 65 = 12 \text{ A}$$

“绝对最大额定值”表规定在 T_A 为 25 °C 条件下， I_D 稳态值为 12A。该公式还可用 R_{thJC} 代替分母 R_{thJA} 。数据表提供的 R_{thJC} 值是最佳热阻值，而 R_{thJA} 值通常更能代表实际电路板版图情况。因此，设计者可计算出一个范围，确定器件工作的界限。Vishay 通常提供 R_{thJA} 值，以 FR4 电路板（用 2 oz 或更多的铜为焊盘）上的 1 英寸 X1 英寸的 PCB 面积为基础，确定最差条件值。由于在当今大多数的电路板设计中，PCB 版图甚至会采用更小的规则，计算出每个可能设计的值是不切实际的，因此，Vishay 采用标准的 1 英寸 X1 英寸条件来计算 R_{thJA} 额定值。

该公式也可写成 $T_J = T_A + I_D^2 \times r_{DS(on)} \times R_{thJA}$ ，得出的结果相同；不过，这种方法便于更加轻松地了解工作时的动态变化情况。

$I_D^2 \times r_{DS(on)}$ 可计算出功耗 (W)。 R_{thJA} 的单位是 °C /W。功率与热阻乘积的单位为 °C，因为瓦特 (W) 被抵消了。将该值加到单位同样为 °C 的 T_A 上，会使结温 (T_J) 升高。只要该值低于最大额定值（例如 150 °C），所设计器件的结温就会位于 MOSFET 安全工作范围之内。通常情况下，设计工程师会采用小于最大结温的值，例如相当于最大结温的 80%，以便设计器件的结温不会接近最大值。这是一种很好的做法，Vishay 建议采用这种方式。

确定 I_D 额定值的封装限制法

确定 MOSFET I_D 额定值的第二种方法是确定封装可耐多大的电流。这是在“绝对最大额定值”表中输入额定值之前采取的下一步。使用标准电流计算法得出电流值后，工程师将确定封装是否能够经受这么高的电流。对导通电阻 $r_{DS(on)}$ 额定值较高的 MOSFET 而言，通常采用公式计算法就足够。不过，对于通态电阻 $r_{DS(on)}$ 额定值超低的 MOSFET 而言，算出的值通常会高于 MOSFET 封装的电流处理能力。

MOSFET 封装最薄弱的部分是将硅晶片与引线框键合在一起的引线。根据引线的材料和引线的数量，可确定引线承载电流的值。如果电流超过该值，引线就会熔化，导致整个器件出现毁灭性的损坏。为强化封装的这部分，利用引线夹代替引线。引线夹通常具备更强的电流承载能力，因为其金属用量更多。不过，可根据硅晶片的尺寸选用不同的引线夹，这意味着电流处理能力也会发生变化。除依据数据表中的最大 I_D 额定值，没有其他参考值。如果额定值低于设计人员计算出的值，封装处理能力应计入额定值。

确定 I_D 额定值的测量法

确定 MOSFET 的最大 I_D 额定值的第三种方法是通过给器件施加最大电流直至击穿，使器件损坏来获得。这种方法通常用于确定脉冲漏极电流值 (I_{DM})，但也可用于确定连续电流额定值。

如果采用这种方法，MOSFET 将达到饱和状态，不会再有更多的电流通过该器件。在典型尺寸样品器件上测量该值后，该额定值将作为数据表中的额定值（带有安全裕度）。该安全裕度可达到 50%。

结论

有三种方法可用于确定 Vishay MOSFET 产品的 I_D 额定值：公式、封装限制和实际测量。数据表提供的数值是基于这三种方法得出的极限值。不同应用的条件可能不尽相同，但可成为设计人员了解器件限制条件的出发点。遵守相关限制要求，将有助于设计师确保 MOSFET 以鲁棒而可靠的工作状态在工作范围内良好的运行。