



## 电路设计中如何选择合适的 MOSFET

在电路设计中选择 MOS 管是很重要的一个环节，关于这个环节不同设计和生产厂家都有细微的差别，本文旨在就 MOS 管的选取提出一些初步的判断原则并根据西奈的产品线提出一些选取建议。

### 第一步：选用 N 沟道还是 P 沟道

为设计选择正确器件的第一步是决定采用 N 沟道还是 P 沟道 MOS 管。N 沟道 MOS 管在工作时，电流由漏极 D 流向源极 S，在典型的功率应用中，当一个 MOS 管接地，而负载连接到干线电压上时，该 MOS 管就构成了低压侧开关。在低压侧开关中，应采用 N 沟道 MOS 管，这是出于对关闭或导通器件所需电压的考虑。当 MOS 管连接到总线及负载接地时，就要用高压侧开关。通常会在这个拓扑中采用 P 沟道 MOS 管，这也是出于对电压驱动力的考虑。

但是由于 P 沟道 MOS 的载流子是空穴，而空穴的迁移率比作为 N 沟道 MOS 载流子的电子要低的多，所以 P 沟道的 MOS 内阻要远高于 N 沟道 MOS，所以饱和导通电阻很难做到 N 沟道那么低，这导致了设计工程师越来越倾向于采用 N 沟道的 MOS 管。

### 第二步：确定漏源电压

下一步是确定所需的额定电压，或者器件所能承受的最大电压。额定电压越大，器件的成本就越高。就选择 MOS 管而言，必须确定漏极至源极间可能承受的最大电压，即  $V_{DSS}$ ，这个电压必须高于电路中所能达到的最高限，即交流的峰值电压，由于电路中存在的尖峰，浪涌和开关引起的串扰影响，这个电压还要比已知的交流峰值电压高一些，根据设计人员对于整体电路的判断，可以选取 1.1-1.5 倍的交流峰值电压作为  $V_{DSS}$  选取的经验值。另外，MOS 管的  $V_{DSS}$  会随温度而变化，这点在各家 MOS 厂家的产品规格书中都有规定。设计人员必须考虑在整机的全工作温度范围内保证符合  $V_{DSS}$  要求。

### 第三步：确定额定电流

视电路结构而定，该额定电流应是负载在所有情况下能够承受的最大电流。与电压的情况相似，设计人员必须确保所选的 MOS 管能承受这个额定电流，即使在系统产生尖峰电流时。两个考虑的电流情况是连续模式和脉冲尖峰。在连续导通模式下，MOS 管处于稳态，此时电流连续通过器件。脉冲尖峰是指有大量电涌（或尖峰电流）流过器件。一旦确定了这些条件下的最大电流，只需直接选择能承受这个最大电流的器件便可。必须明确的是，各家公司在定义  $I_b$  时都有明确的限定条件，限定条件的不同会导致同样的  $I_b$  产生不同的设计效果甚至大量失效。如果不确定的话，电路设计人员应咨询 MOS 厂家取得准确的  $I_b$  定义方法。

### 第四步：确定导通损耗

修订：2015 年 6 月 12

文件号：AN150621

我司有权事先未通知而对此文档信息进行变更  
有关本文最新内容，请联系我公司业务代表或  
发送邮件至 [tech@sinai-power.com](mailto:tech@sinai-power.com)



选好额定电流后，还必须计算导通损耗。在实际情况下，MOS管并不是理想的开关器件，在饱和开通时会有电能损耗，这称之为导通损耗。MOS管在“导通”时就像一个可变电阻，由器件的 $R_{DS(ON)}$ 所确定，并随温度而显著变化。器件的功率耗损可由 $I_{DS}^2 \times R_{DS(ON)}$ 计算，由于导通电阻随温度变化，因此功率耗损也会随之按比例变化。对MOS管施加的电压 $V_{GS}$ 越高， $R_{DS(ON)}$ 就会越小；反之 $R_{DS(ON)}$ 就会越高。对电路设计人员来说，这就是取决于系统电压而需要折中权衡的地方。对便携式设计来说，采用较低的电压比较容易（较为普遍），而对于工业设计，可采用较高的电压。注意 $R_{DS(ON)}$ 电阻会随着电流轻微上升。关于 $R_{DS(ON)}$ 电阻的各种电气参数变化可在MOS厂家提供的技术资料表中查到。

从MOS管的电气特性来说，降低 $R_{DS(ON)}$ 往往意味着降低 $V_{DS}$ 。所以，如果打算降低和 $R_{DS(ON)}$ 并保持 $V_{DS}$ ，那么就得增加晶片尺寸，从而增加与之配套的封装尺寸及相关的开发成本。业界现有好几种试图控制晶片尺寸增加的技术，其中最主要的是沟道和电荷平衡技术。例如，西奈半导体开发了称为 $T^2FET$ 的技术，在高压MOS的横向终端耐压结构上引入了电荷平衡技术，在不影响芯片的内部元胞结构和通过能力的前提下，极大的缩短了终端，使得芯片面积缩小。而对于最终用户来说，这意味着可能将更大 $I_D$ 的芯片封装到更小外形尺寸的封装形式中，适应了电子组装短小轻薄的发展趋势。

#### 第五步：决定开关性能

影响开关性能的参数有很多，但最重要的是栅极/漏极、栅极/源极及漏极/源极电容。这些电容会在器件中产生开关损耗，因为在每次开关时都要对它们充电。MOS管的开关速度因此被降低，器件效率也下降。为计算开关过程中器件的总损耗，设计人员必须计算开通过程中的损耗（ $E_{on}$ ）和关闭过程中的损耗（ $E_{off}$ ）。MOSFET开关的总功率可用如下方程表达： $P_{sw} = (E_{on} + E_{off}) \times \text{开关频率}$ 。由于实际的损耗计算涉及内容较多，并且实际设计中往往参考价值不大，所以在此不作过多展开讨论。由于MOS厂家提供的 $C_{iss}$ ,  $C_{oss}$ ,  $C_{rss}$ 和 $Q_g$ ,  $Q_{gd}$ ,  $Q_{gs}$ 等值一般是在固定条件下测试得到，而该条件往往不是实际电路中使用的条件，所以建议设计人员向MOS厂家申请样品以测试实际的开通和关断转换过程中的波形和损耗。

#### 第六步：确定热要求

选择MOS管的下一步是计算系统的散热要求。设计人员必须考虑两种不同的情况，即最坏情况和真实情况。建议采用针对最坏情况的计算结果，因为这个结果提供更大的安全余量，能确保系统不会失效。在MOS管的资料表上还有一些需要注意的测量数据，比如封装器件的半导体结与环境之间的热阻，以及最大的结温。

器件的结温等于最大环境温度加上热阻与功率耗散的乘积：

结温=最大环境温度+（热阻×功率耗散）。

功率耗散=电流 $I_{DS}^2 \times R_{DS(ON)} \times \text{功率系数}$



这里的功率系数不是电源系统中使用的功率因数，而是占空比的线性系数。根据以上方程可根据已确定的参数计算出未知的参数，或者做交叉验证。需要明确指出的时，这种计算往往考虑系统稳定工作状态时 MOS 导通状态的工作模式，这时的热阻选用的是稳态热阻，即 MOS 厂家在规格书表中列出的  $R_{thja}$  和  $R_{thjc}$ 。在考虑实际 MOS 工作的开关模式时热阻应该选用瞬态值，即  $Z_{thja}$  和  $Z_{thjc}$ 。如果涉及到开关损耗和导通损耗都要并重考虑时，则要考虑散热的主要矛盾而做简单化模型处理。对于瞬态热量耗散不好的情况，应该设法加强器件外壳及外壳/环境的热容量以提高瞬态散热能力。

最后需要说明的是雪崩击穿，该指标并非设计时必须考虑的一个步骤，但是往往用来做不同厂家对比的参考。雪崩击穿是指由于实际电路中瞬态的尖峰，浪涌等脉冲的存在，工作在电路中的半导体器件上的反向电压瞬时超过最大值而被电击穿。而该器件抵抗超过其反向耐压的尖峰脉冲的能力经过一定条件的评估，被作为一项指标在 MOS 厂家的产品规格书中规定。一般情况下，半导体公司在产品设计阶段都会对器件进行雪崩能力测试，计算其雪崩电压，或对器件的强壮度进行测试。有些厂家还在出厂时对器件的抗雪崩击穿能力做 100% 的测试以保证在客户端的产品都是可以信赖的。对于设计选用的依据，在同等条件下，选用雪崩击穿能力越大的产品，意味着使用中抗过程电冲击的能力越强。