

## MOS 管正确选择的步骤

正确选择 **MOS 管** 是很重要的一个环节，MOS 管选择不好有可能影响到整个电路的效率和成本，了解不同的 MOS 管部件的细微差别及不同开关电路中的应力能够帮助工程师避免诸多问题，下面我们来学习下 MOS 管的正确的选择方法。

### 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。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。

要选择适合应用的器件，必须确定驱动器件所需的电压，以及在设计中最简易执行的方法。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。根据实践经验，额定电压应当大于干线电压或总线电压。这样才能提供足够的保护，使 MOS 管不会失效。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，即最大  $V_{DS}$ 。知道 MOS 管能承受的最大电压会随温度而变化这点十分重要。设计人员必须在整个工作温度范围内测试电压的变化范围。额定电压必须有足够的余量覆盖这个变化范围，确保电路不会失效。设计工程师需要考虑的其他安全因素包括由开关电子设备(如电机或变压器)诱发的电压瞬变。不同应用的额定电压也有所不同；通常，便携式设备为 20V、FPGA 电源为 20~30V、85~220VAC 应用为 450~600V。

### 第二步：确定额定电流

第二步是选择 MOS 管的额定电流。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。

选好额定电流后，还必须计算导通损耗。在实际情况下，MOS 管并不是理想的器件，因为在导电过程中会有电能损耗，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  $I_{load}^2 \times R_{DS(ON)}$  计算，由于导通电阻随温度变化，因此功

率损耗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。对系统设计人员来说, 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制造商提供的技术资料表中查到。

技术对器件的特性有着重大影响, 因为有些技术在提高最大  $V_{DS}$  时往往会使  $R_{DS(ON)}$  增大。对于这样的技术, 如果打算降低  $V_{DS}$  和  $R_{DS(ON)}$ , 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。

在沟道技术中, 晶片中嵌入了一个深沟, 通常是低电压预留的, 用于降低导通电阻  $R_{DS(ON)}$ 。为了减少最大  $V_{DS}$  对  $R_{DS(ON)}$  的影响, 开发过程中采用了外延生长柱/蚀刻柱工艺。例如, 飞兆半导体开发了称为 SuperFET 的技术, 针对  $R_{DS(ON)}$  的降低而增加了额外的制造步骤。这种对  $R_{DS(ON)}$  的关注十分重要, 因为当标准 MOSFET 的击穿电压升高时,  $R_{DS(ON)}$  会随之呈指数级增加, 并且导致晶片尺寸增大。SuperFET 工艺将  $R_{DS(ON)}$  与晶片尺寸间的指数关系变成了线性关系。这样, SuperFET 器件便可在小晶片尺寸, 甚至在击穿电压达到 600V 的情况下, 实现理想的低  $R_{DS(ON)}$ 。结果是晶片尺寸可减小达 35%。而对于最终用户来说, 这意味着封装尺寸的大幅减小。

### 第三步: 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])。根据这个方程可解出系统的最大功率耗散, 即按定义相等于  $I_2 \times R_{DS(ON)}$ 。由于设计人员已确定将要通过器件的最大电流, 因此可以计算出不同温度下的  $R_{DS(ON)}$ 。值得注意的是, 在处理简单热模型时, 设计人员还必须考虑半导体结/器件外壳及外壳/环境的热容量; 即要求印刷电路板和封装不会立即升温。

雪崩击穿是指半导体器件上的反向电压超过最大值, 并形成强电场使器件内电流增加。该电流将耗散功率, 使器件的温度升高, 而且有可能损坏器件。半导体公司都会对器件进行雪崩测试, 计算其雪崩电压, 或对器件的稳健性进行测试。计算额定雪崩电压有两种方法; 一是统计法, 另一是热计算。而热计算因为较为实用而得到广泛采用。除计算外, 技术对雪崩效应也有很大影响。例如, 晶片尺寸的增加会提高抗雪崩能力, 最终提高器件的稳健性。对最终用户而言, 这意味着要在系统中采用更大的封装件。

#### 第四步：决定开关性能

选择 MOS 管的最后一步是决定 MOS 管的开关性能。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： $P_{sw}=(E_{on}+E_{off})\times$ 开关频率。而栅极电荷( $Q_{gd}$ )对开关性能的影响最大。