

场效应管的选型及应用概览

场效应管广泛使用在模拟电路与数字电路中，和我们的生活密不可分。场效应管的优势在于：首先驱动电路比较简单。场效应管需要的驱动电流比 BJT 则小得多，而且通常可以直接由 CMOS 或者集电极开路 TTL 驱动电路驱动；其次场效应管的开关速度比较迅速，能够以较高的速度工作，因为没有电荷存储效应；另外场效应管没有二次击穿失效机理，它在温度越高时往往耐力越强，而且发生热击穿的可能性越低，还可以在较宽的温度范围内提供较好的性能。场效应管已经得到了大量应用，在消费电子、工业产品、机电设备、智能手机以及其他便携式数码电子产品中随处可见。

近年来，随着汽车、通信、能源、消费、绿色工业等大量应用场效应管产品的行业在近几年来得到了快速的发展，功率场效应管更是备受关注。据预测，2010-2015 年中国功率 MOSFET 市场的总体复合年度增长率将达到 13.7%。虽然市场研究公司 iSuppli 表示由于宏观的投资和经济政策和日本地震带来的晶圆与原材料供应问题，今年的功率场效应管市场会放缓，但消费电子和数据处理的需求依然旺盛，因此长期来看，功率场效应管的增长还是会持续一段相当长的时间。

技术一直在进步，功率场效应管市场逐渐受到了新技术的挑战。例如，业内有不少公司已经开始研发 GaN 功率器件，并且断言硅功率场效应管的性能可提升的空间已经非常有限。不过，GaN 对功率场效应管市场的挑战还处于非常初期的阶段，场效应管在技术成熟度、供应量等方面仍然占据明显的优势，经过三十多年的发展，场效应管市场也不会轻易被新技术迅速替代。

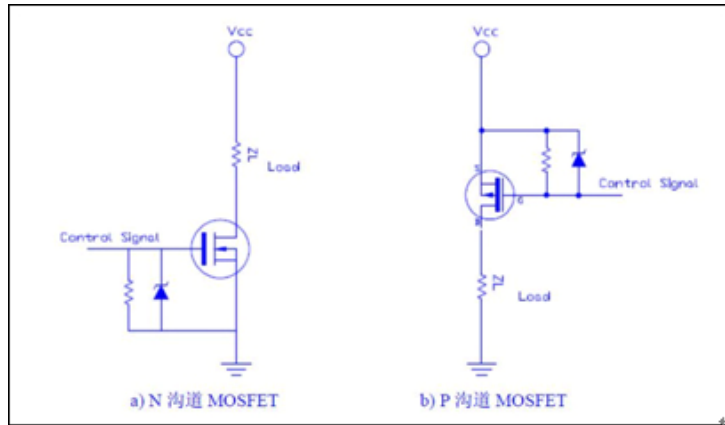
五年甚至更长的时间内，场效应管仍会占据主导的位置。场效应管也仍将是众多刚入行的工程师都会接触到的器件，本期内容将会从基础开始，探讨场效应管的一些基础知识，包括选型、关键参数的介绍、系统和散热的考虑等为大家做一些介绍。

一. 场效应管的基础选型

场效应管有两大类型：N 沟道和 P 沟道。在功率系统中，场效应管可被看成电气开关。当在 N 沟道场效应管的栅极和源极间加上正电压时，其开关导通。导通时，电流可经开关从漏极流向源极。漏极和源极之间存在一个内阻，称为导通电阻 $R_{DS(ON)}$ 。必须清楚场效应管的栅极是个高阻抗端，因此，总是要在栅极加上一个电压。如果栅极为悬空，器件将不能按设计意图工作，并可能在不恰当的时刻导通或关闭，导致系统产生潜在的功率损耗。当源极和栅极间的电压为零时，开关关闭，而电流停止通过器件。虽然这时器件已经关闭，但仍然有微小电流存在，这称之为漏电流，即 I_{DSS} 。

作为电气系统中的基本部件，工程师如何根据参数做出正确选择呢？本文将讨论如何通过四步来选择正确的场效应管。

1) 沟道的选择。为设计选择正确器件的第一步是决定采用 N 沟道还是 P 沟道场效应管。在典型的功率应用中，当一个场效应管接地，而负载连接到干线电压上时，该场效应管就构成了低压侧开关。在低压侧开关中，应采用 N 沟道场效应管，这是出于对关闭或导通器件所需电压的考虑。当场效应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 沟道场效应管，这也是出于对电压驱动力的考虑。



2) 电压和电流的选择。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，使场效应管不会失效。就选择场效应管而言，必须确定漏极至源极间可能承受的最大电压，即最大 V_{DS} 。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。

在连续导通模式下，场效应管处于稳态，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。

3) 计算导通损耗。场效应管器件的功率耗损可由 $I_{load} \times R_{DS(ON)}$ 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。

需要提醒设计人员，一般来说 MOS 管规格书标注的 I_d 电流是 MOS 管芯片的最大常态电流，实际使用时的最大常态电流还要受封装的最大电流限制。因此客户设计产品时的最大使用电流设定要考虑封装的最大电流限制。建议客户设计产品时的最大使用电流设定更重要的是要考虑 MOS 管的内阻参数。

4) 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。在场效应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。

开关损耗其实也是一个很重要的指标。从下图可以看到，导通瞬间的电压电流乘积相当大。一定程度上决定了器件的开关性能。不过，如果系统对开关性能要求比较高，可以选择栅极电荷 Q_G 比较小的功率 MOSFET。

