

关于 MOSFET 的器件选型要考虑方方面面的因素，小到选 N 型还是 P 型、封装类型，大到 MOSFET 的耐压、导通电阻等，不同的应用需求千变万化，下面总结了 MOSFET 器件选型的 10 步法：

1 功率 MOSFET 选型第一步：P 管，还是 N 管？

功率 MOSFET 有两种类型：N 沟道和 P 沟道，在系统设计的过程中选择 N 管还是 P 管，要针对实际的应用具体来选择，N 沟道 MOSFET 选择的型号多，成本低；P 沟道 MOSFET 选择的型号较少，成本高。如果功率 MOSFET 的 S 极连接端的电压不是系统的参考地，N 沟道就需要浮地供电电源驱动、变压器驱动或自举驱动，驱动电路复杂；P 沟道可以直接驱动，驱动简单。需要考虑 N 沟道和 P 沟道的应用主要有：

(1) 笔记本电脑、台式机和服务器等使用的给 CPU 和系统散热的风扇，打印机进纸系统电机驱动，吸尘器、空气净化器、电风扇等白家电的电机控制电路，这些系统使用全桥电路结构，每个桥臂上管可以使用 P 管，也可以使用 N 管。

(2) 通信系统 48V 输入系统的热插拔 MOSFET 放在高端，可以使用 P 管，也可以使用 N 管。

(3) 笔记本电脑输入回路串联的、起防反接和负载开关作用的二个背靠背的功率 MOSFET，使用 N 沟道需要控制芯片内部集成驱动的充电泵，使用 P 沟道可以直接驱动。

2 选取封装类型

功率 MOSFET 的沟道类型确定后，第二步就要确定封装，封装选取原则有：

(1) 温升和热设计是选取封装最基本的要求

不同的封装尺寸具有不同的热阻和耗散功率，除了考虑系统的散热条件和环境温度，如是否有风冷、散热器的形状和大小限制、环境是否封闭等因素，基本原则就是在保证功率 MOSFET 的温升和系统效率的前提下，选取参数和封装更通用的功率 MOSFET。

有时候由于其他条件的限制，需要使用多个 MOSFET 并联的方式来解决散热的问题，如在 PFC 应用、电动汽车电机控制器、通信系统的模块电源次级同步整流等应用中，都会选取多管并联的方式。如果不能采用多管并联，除了选取性能更优异的功率 MOSFET，另外可以采用更大尺寸的封装或新型封装，例如在一些 AC/DC 电源中将 TO220 改成 TO247 封装；在一些通信系统的电源中，采用 DFN8*8 的新型封装。

(2) 系统的尺寸限制

有些电子系统受制于 PCB 的尺寸和内部的高度，如通信系统的模块电源由于高度的限制通常采用 DFN5*6、DFN3*3 的封装；在有些 ACDC 的电源中，使用超薄设计或由于外壳的限制，装配时 TO220 封装的功率 MOSFET 管脚直接插到根部，高度的限制不能使用 TO247 的封装。有些超薄设计直接将器件管脚折弯平放，这种设计生产工序会变复杂。

在大容量的锂电池保护板的设计中，由于尺寸限制极为苛刻，现在大多使用芯片级的 CSP 封装，尽可能的提高散热性能，同时保证最小的尺寸。

(3) 公司的生产工艺

TO220 有二种封装：裸露金属的封装和全塑封装，裸露金属的封装热阻小，散热能力强，但在生产过程中，需要加绝缘坠，生产工艺复杂成本高，而全塑封装热阻大，散热能力弱，但生产工艺简单。

为了减小锁螺丝的人工工序，近几年一些电子系统采用夹子将功率 MOSFET 夹在散热片中，这样就出现了将传统的 TO-220 上部带孔的部分去除的新的封装形式，同时也减小的器件的高度。

(4) 成本控制

早期很多电子系统使用插件封装，这几年由于人工成本增加，很多公司开始改用贴片封装，虽然贴片的焊接成本比插件高，但是贴片焊接的自动化程度高，总体成本仍然可以控制在合理的范围。在台式机主板、板卡等一些对成本极其敏感的应用中，通常采用 DPAK 封装的功率 MOSFET，因为这种封装的成本低。

因此在选择功率 MOSFET 的封装时，要结合自身公司的风格和产品的特点，综合考虑上面因素。

3 选取耐压 BVDSS

在大多数情况下，似乎选取功率 MOSFET 的耐压对于很多工程师来说是最容易的一件事情，因为设计的电子系统输入电压是相对固定的，公司选取特定的供应商的一些料号，产品额定电压也是固定的。例如在笔记本电脑适配器、手机充电器中，输入为 90~265V 的交流，初级通常选用 600V 或 650V 的功率 MOSFET；笔记本电脑主板输入电压 19V，通常选用 30V 的功率 MOSFET，根本不需要任何的考虑。数据表中功率 MOSFET 的击穿电压 BVDSS 有确定的测试条件，在不同的条件下具有不同的值，而且 BVDSS 具有正温度系数，在实际的应用中要结合这些因素综合考虑。

很多资料和文献中经常提到：如果系统中功率 MOSFET 的 VDS 的最高尖峰电压如果大于 BVDSS，即便这个尖峰脉冲电压的持续只有几个或几十个 ns，功率 MOSFET 也会进入雪崩从而发生损坏。

不同于三极管和 IGBT，功率 MOSFET 具有抗雪崩的能力，而且很多大的半导体公司功率 MOSFET 的雪崩能量在生产线上是全检的、100%检测，也就是在数据中这是一个可以保证的测量值，雪崩电压通常发生在 1.2~1.3 倍的 BVDSS，而且持续的时间通常都是 μ s、甚至 ms 级，那么持续只有几个或几十个 ns、远低于雪崩电压的尖峰脉冲电压是不会对功率 MOSFET 产生损坏的。

为什么在实际的设计中，要求在最极端的情况下，功率 MOSFET 的最大 VDS 电压必须低于 BVDSS、同时还要有一定的降额，如 5%，10%，甚至 20% 的降额？

原因在于：保证电子系统的可生产性，以及在大批量生产时候的可靠性。任何电子系统的设计，实际的参数都会有一定的变化范围，有时候很难保证多个极端的情况碰到一起，从而对系统产生问题，特别是在高温的条件下，功率器件以及系统的其他元件温度系数的漂移会产生一些难以想象的问题，降额以及设计的裕量可以尽可能的减小在这些极端条件下发生损坏的问题。

4 由驱动电压选取 V_{TH}

数据表中功率 MOSFET 的阈值电压 V_{TH} 也有确定的测试条件，在不同的条件下具有不同的值，V_{TH} 具有负温度系数。不同的驱动电压 V_{GS} 对应着不同的导通电阻，在实际的应用中要考虑温度的变化，既要保证功率 MOSFET 完全开通，同时又要保证在关断的过程中耦合在 G 极上的尖峰脉冲不会发生误触发产生直通或短路。

5 选取导通电阻 R_{DS(on)}，注意：不是电流

很多时候工程师关心 R_{DS(on)}，是因为 R_{DS(on)} 和导通损耗直接相关，R_{DS(on)} 越小，功率 MOSFET 的

导通损耗越小、效率越高、温升越低。同样的，工程师尽可能沿用以前项目中或物料库中现有的元件，对于R_{DS(on)} 的真正的选取方法并没有太多的考虑。当选用的功率 MOSFET 的温升太低，出于成本的考虑，会 用 R_{DS(on)} 大一些的元件；当功率 MOSFET 的温升太高、系统的效率偏低，就会用 R_{DS(on)} 小一些的元件，或通过优化外部的驱动电路，改进散热的方式来进行调整。

如果是一个全新的项目，没有以前的项目可循，那么如何选取功率 MOSFET 的 R_{DS(on)}？这里介绍一个方法给大家：功耗分配法。

当设计一个电源系统的时候，已知条件有：输入电压范围、输出电压/输出电流、效率、工作频率、驱动电压，当然还有其他的技术指标和功率MOSFET 相关的主要是这些参数。

步骤如下：

(1) 根据输入电压范围、输出电压 /输出电流、效率，计算系统的最大损耗。

(2) 功率回路的杂散损耗，非功率回路元件的静态损耗，IC 的静态损耗以及驱动损耗，做大致的估算，经验值可以占总损耗的 10%~15%。如果功率回路有电流取样电阻，计算电流取样电阻的功耗。总损耗

减去上面的这些损耗，剩下部分就是功率器件、变压器或电感的功率损耗。将剩下的功率损耗按一定的比例分配到功率器件和变压器或电感中，不确定的话，按元件数目平均分配，这样就得到每个 MOSFET 的功率损耗。

(3) 将 MOSFET 的功率损耗，按一定的比例分配给开关损耗和导通损耗，不确定的话，平均分配开关损耗和导通损耗。

(4) 由 MOSFET 导通损耗和流过的有效值电流，计算最大允许的导通电阻，这个电阻是MOSFET 在最高工作结温的 R_{DS(on)}。

数据表中功率 MOSFET 的 R_{DS(on)} 标注有确定的测试条件，在不同的定义条件下具有不同的值，测试的温度为：T_J=25℃，R_{DS(on)} 具有正温度系数，因此根据 MOSFET 最高的工作结温和 R_{DS(on)} 温度系数，由上述 R_{DS(on)} 计算值，得到 25℃温度下对应的 R_{DS(on)}。(5) 由 25℃的 R_{DS(on)} 来选取型号合适的功率 MOSFET，根据 MOSFET 的 R_{DS(on)} 实际参数，向下或向上修整。

通过以上步骤，就初步选定功率 MOSFET 的型号和 R_{DS(on)} 参数。

很多资料和文献中，经常计算系统的最大电流，然后进行降额，由功率MOSFET数据表的电流值来选取器件，这种方法是不对的。

功率 MOSFET 的电流是一个计算值，而且是基于 TC=25℃，也没有考虑开关损耗，因此这种方法和实际的应用差距太大，没有参考价值。在一些有大电流冲击要求有短路保护的应用中，会校核数据表中的最大漏极脉冲电流值及其持续时间，这个和选取 R_{DS(on)} 没有直接的关系。

6 选取开关特性：Cr_{ss}、C_{oss}、C_{iss}；Q_g、Q_{gd}、Q_{oss}

功率 MOSFET 在开关过程中产生开关损耗，开关损耗主要和这些开关特性参数有关。Q_g影响驱动损耗，这一部分损耗并不消耗在功率 MOSFET 中，而且是消耗在驱动 IC 中。Q_g越大，驱动损耗越大。基于 R_{DS(on)} 选取了功率 MOSFET 的型号后，这些开关特性参数都可以在数据表中查到，然后根据这些参数计算开关损耗。

7 热设计及校核

根据选取的功率 MOSFET 的数据表和系统的工作状态，计算其导通损耗和开关损耗，由总的功率损耗和工作的环境温度计算 MOSFET 的最高结温，校核其是否在设计的范围。

所有条件基于最恶劣的条件，然后由计算的结果做相应的调整。

如果总的损耗偏大，大于分配的功率损耗，那么就要重新选取其他型号的功率 MOSFET，可以查看比选取的功率 MOSFET 的 R_{DS(on)} 更大或更小的其他型号，再次校核总的功率损耗，上述过程通常要配合第 5、6 步，经过几次的反复校验，最后确定与设计相匹配的型号，直到满足设计的要求。

有时候由于产品型号的限制找不到参数合适的产品，可以采用以下的方法：

- (1) 使用多管并联的方式，来解决散热和温升的问题。
- (2) 将功率损耗重新分配，变压器或电感、其他的功率元件分配更多的功耗。更改功率分配的时候，也要保证其他元件的温升满足系统设计要求。
- (3) 如果系统允许，改变散热的方式或加大散热器的尺寸。
- (4) 其他因素，调整工作频率、更改电路结构等，如PFC 采用交错结构，采用 LLC 或其他软开关电路。

8 校核二极管特性

在桥式电路中如全桥、半桥、 LLC 以及 BUCK 电路的下管，有内部寄生二极管的反向恢复的问题，最简单的方法就是采用内部带快恢复二极管的功率 MOSFET，如果内部不带快恢复二极管，就要考虑内部寄生二极管的反向恢复特性： I_{rrm} 、 Q_{rr} 、 t_{rr} 、 t_{rr1}/t_{rr2} ，如 t_{rr} 要小于 250ns，这些参数影响着关断的电压尖峰、效率，以及可靠性，如在 LLC 的起动、短路中，系统进入容性模式、若二极管反向恢复性能较差，容易产生上下管直通而损坏的问题。如果控制器具有容性模式保护功能，就不用考虑这个因素。

9 雪崩能量及 UIS、 dv/dt

雪崩能量及测试的条件，除了反激和一些电机驱动的应用，大多结构不会发生这种单纯的电压箝位的雪崩，很多应用情况下，二极管反向恢复过程中 dv/dt 、过温以及大电流的综合作用产生动态雪崩击穿损坏。

10 其他参数

内部 RG 的大小、负载开关和热插拨工作在线性区的问题、SOA 特性，和 EMI 相关的参数等等。