

Mosfet 和 IGBT 驱动对比的简介

编写：陈浩 审阅：Norman Day
hao.chen@powersemi.com Norman.Dai@powersemi.com

简述：

一般中低马力的电动汽车电源主要用较低压（低于 72V）的电池组构成。由于需求的输出电流较高，因此市场上专用型的 Mosfet 模块并不常见，所以部分设计者可能会存在没有合适的 Mosfet 模块使用，而考虑使用功率 IGBT 模块。本文简单的探讨两种模块驱动设计时必须注意的问题供设计者参考。

常见应用条件划分：

选用 IGBT 或 Mosfet 作为功率开关本来就是一个设计工程师最常遇到的问题。如果从系统的电压、电流和切换功率等因数来考虑，IGBT 和 Mosfet 的应用区域可简单的划分如下：

较合适 IGBT 应用的条件（硬开关切换）：

- 1) 切换频率低于 25kHz；
- 2) 电流变化较小的负载；
- 3) 输入电压高于 1000V；
- 4) 高温环境；
- 5) 较大输出功率的负载。

较合适 Mosfet 应用的条件（硬开关切换）：

- 1) 切换频率大于 100kHz；
- 2) 输入电压低于 250V；
- 3) 较小输出功率的负载。

根据上述描述，可以用图一来更清楚的看出两者使用的条件。图中的斜线部分表示 IGBT 和 Mosfet 在该区域的应用都存在着各自的优势和不足，所以该区域两者皆可选用。而“？”部分表示目前的工艺尚无法达到的水平。对于中低马力的电动汽车而言，其工作频率在 20KHz 以下，工作电压在 72V 以下，故 IGBT 和 Mosfet 都可以选择，所以也是探讨比较多的应用。

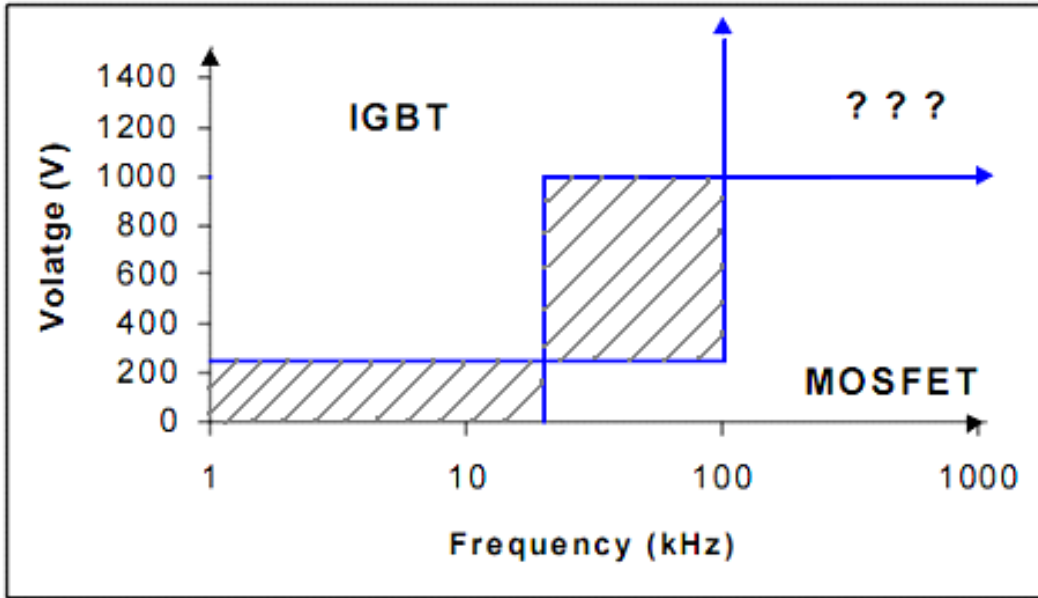
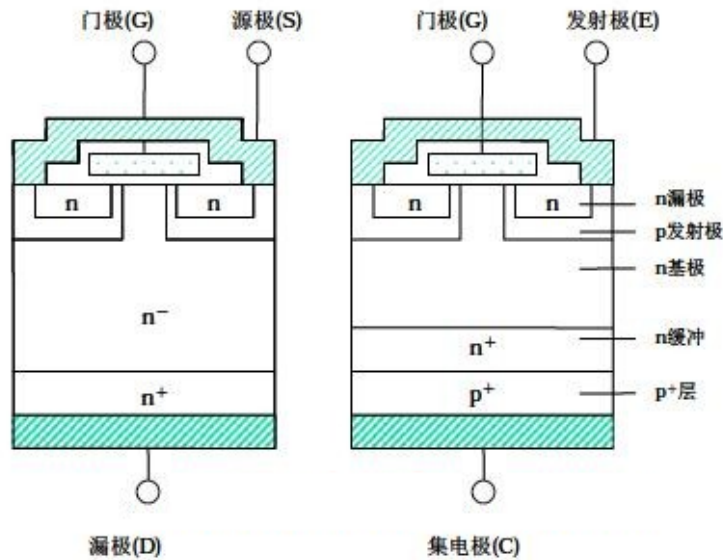


图 1 IGBT 和 Mosfet 常见应用区域图

特性对比:

Mosfet 和 IGBT 在结构上的主要差异来自于高压化的要求，因此也形成了 Mosfet 模块与 IGBT 模块输入特性不同，下面就从结构的角度出发来作一简要说明。Mosfet 和 IGBT 的内部结构如图 2 所示。



Mosfet 基本结构

IGBT 基本结构

图 2 功率 MOSFET 与 IGBT 的构造比较



功率 Mosfet 是通过在门极上外加正电压，使 p 基极层形成沟道，从而进入导通状态的。此时，由于 n 发射极（源极）层和 n 基极层以沟道为媒介而导通，Mosfet 的漏极—源极之间形成了单一的半导体。n 基极层的作用是在关断状态下，维持漏极—源极之间所外加的电压不至于使其击穿。因此需要承受的电压越高，该层就越厚。需求元件的耐压性能越高，漏极—源极之间的电阻也就必须越大，所以大电流的应用则通常必须透过并联才能达到。

为了改善 Mosfet 的限制，IGBT 在 Mosfet 的基础上追加了 p+ 层，所以从漏极方面来看，它与 n 基极层之间构成了 pn 二极管，大大提高了耐压性能。如此结构同时形成一个结型场效应管 JFET 来承受大部分电压，让结构中的 Mosfet 不需承受高压，从而可降低通态电阻的值，能更容易地实现高压大电流。

对于 Mosfet 来说，仅由多子承担的电荷运输没有任何存储效应，因此，很容易实现极短的开关时间。但是，和 Mosfet 有所不同，IGBT 器件中少子也参与了导电。所以 IGB 结构虽然使导通压降降低，但是存储电荷的增强与耗散引发了开关损耗，延迟时间（存储时间），以及在关断时还会引发集电极拖尾电流就限制了 IGBT 的开关频率。

结合上文所述可以看出 Mosfet 开关损耗小，开关速度快，所以适用于高频切换的场合；IGBT 导通压降低，耐压高，所以适用于高压大功率场合。所以从功耗的角度来说，应用时要注意对于驱动开关频率、门极电阻和驱动电压的调节，以符合系统温升的要求，并且对于系统中的做出调整。一般而言，IGBT 的正压驱动在 15V 左右，而 Mosfet 建议在 10—12V 左右；驱动电压负压的作用主要是防止关断中的功率开关管误导通，同时增加关断速度。因为 IGBT 具有拖尾电流的特性，而且输入电容比较大，所以建议在 -5—-15V 之间，而 Mosfet 因为拖尾电流的特性不明显，所以建议加 -2V 左右的负压。

一般应用工程师所参考的等效电路为图 3。从等效电路图中可以看出 Mosfet 电路中存在一个寄生的二极管。可在特性曲线图四中看出，Mosfet 和 IGBT 的最大差异的部分是当漏极—源极之间的电压大于芯片能承受的规定电压时，Mosfet 就会操作在崩溃区，其机制等效为 Mosfet 的反并联二极管是一个齐纳二极管，当能量超过某一值时，就会造成齐纳击穿，但除非无法降低漏极的电感，一般不建议操作在崩溃区。

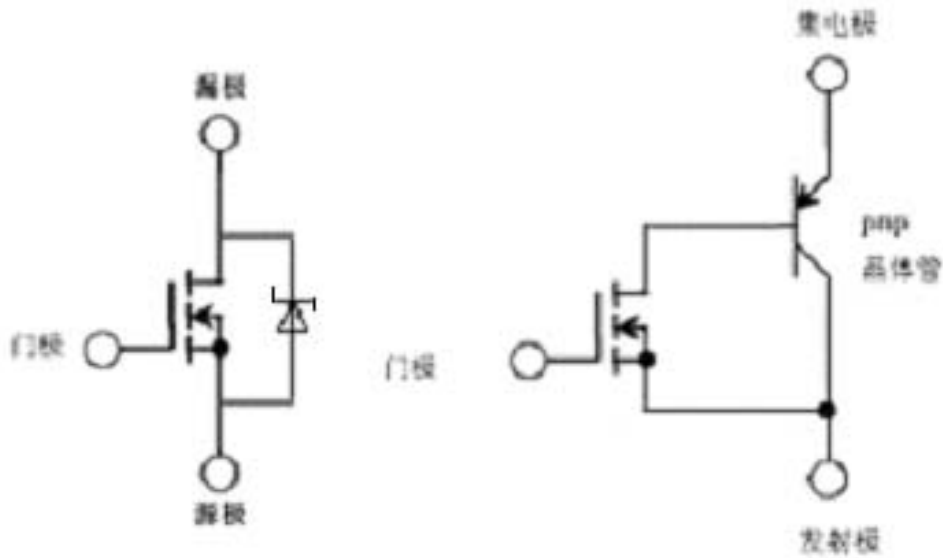


图 3 Mosfet 和 IGBT 简化等效电路图

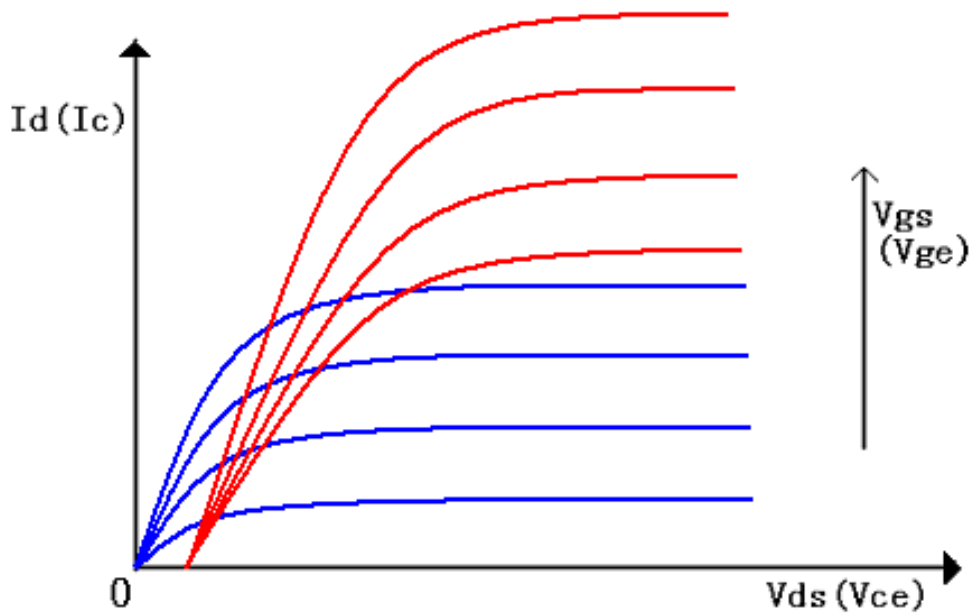


图 4 Mosfet 和 IGBT 输出特性曲线

从图3等效电路图中可以看出，IGBT 和 Mosfet 差异还在于 IGBT 在导通之前，存在二极管的顺偏导通压降，如图 4 所示（蓝色表示 Mosfet 的特性曲线，红色表示 IGBT 的特性曲线）。所以从图4中也可以看出部分差异，当模块在相同小电流条件下正常工作（工作在饱和区）时，IGBT 的导通压降大于 Mosfet，即 IGBT 的导通损耗大于 Mosfet。

综上所述，对于 Mosfet 和 IGBT 的差异已有简单的了解，下文将在此基础上，整理 Mosfet（IGBT）替换 IGBT（Mosfet）时设计的注意事项。



Mosfet (IGBT) 替换 IGBT (Mosfet) 时设计注意事项:

如原系统功率模块使用 IGBT, 现考虑用 Mosfet 功率模块替换, 原系统的驱动设计需注意的事项如下:

- 1.适当减小栅极电阻, 以减小开关损耗, 以维持相近的温升, 同时可进一步降低误导通的可能性;
- 2.检测 Mosfet 的漏极—源极之间的电压, 相应调整吸收电路, 防止崩溃能量过高而击穿;
- 3.对系统中相关的保护电路做出调整, 特别对于过电流保护点等, 必须根据规格书所给条件重新设置;
- 4.对于系统中的驱动电压做出调整。一般建议正压在 10—12V 左右, 负压为-2V 左右。

如原系统功率模块使用 Mosfet, 现考虑用 IGBT 功率模块替换, 原系统的驱动设计需注意的更改事项如下:

- 1.适当增大栅极电阻, 防止过压击穿, 此操作必然会增加切换损耗, 所以必须特别关注模块温升, 防止模块温度过高;
- 2.检测 IGBT 的栅极—发射极之间的电压, 增大关断时的负压值, 防止误导通;
- 3.对系统中相关的保护电路做出调整, 特别对于过电流保护点等, 必须重新设置;
- 4.对于系统中的驱动电压做出调整。一般建议正压在 15 左右, 负压为-5—-15V。

总结:

通过本文对 Mosfet 和 IGBT 应用区域的大致划分的介绍, 再从结构到电路再到特性曲线层层划分和细致的对比描述, 最后提出了一些驱动设计时的注意事项, 希望能对读者在 Mosfet 和 IGBT 的选择和驱动设计上有一定的帮助。