

内容目录

驱动电路中的误导通	2
避免驱动误导通的方法	2
门极电阻、电容法	2
米勒钳位法	3
负压驱动法	4
总结	6
参考资料	6

驱动电路中的误导通

功率器件如 MOSFET、IGBT 可以看作是一个受门极电压控制的开关。当门极电压大于开通阈值时，功率器件就会被开通，而当门极电压低于开通阈值时就会被关断。但是在实际的应用中，由于器件及外围线路寄生参数的影响，会导致原本关断的功率器件会被误开通。

图 1 显示了米勒效应带来的误开通。当 MOSFET 关断而对管导通时， V_{ds} 电压快速的上升产生高的 dv/dt ，从而在电容 C_{gd} 中产生位移电流 (i_{gd})。这个位移电流流经 R_g 、 $M2$ 后就会在 V_g 上产生一个电压尖峰 (V_{spk})。如果这个电压尖峰超过了 MOSFET 的开通阈值，MOSFET 就会被开通，从而导致电路直通甚至损坏。

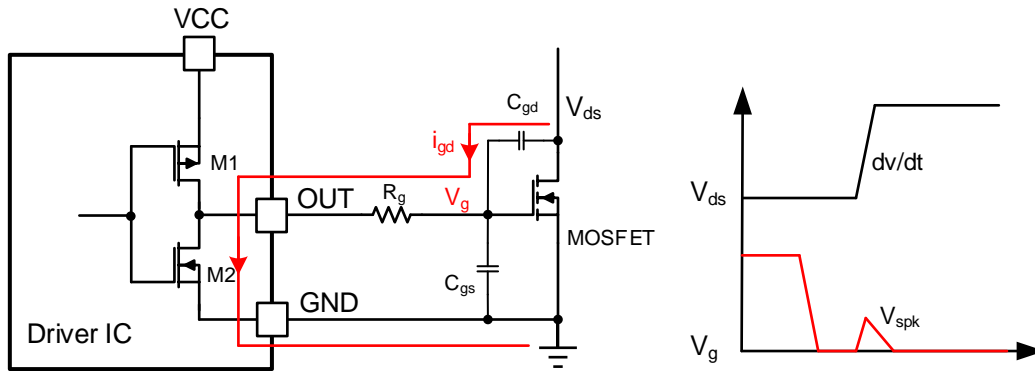


图 1. 米勒效应引起的误导通

还有一种误导通是由于线路上的寄生电感引起的，如图 2 所示。 L_s 是 MOSFET 源极上的寄生电感。当 MOSFET 快速关断时，电流 (i_{ds}) 迅速的减小产生较高的 di/dt ，从而在 L_s 的两端产生一个负电压 (V_{LS})。这个 V_{LS} 电压如果超过了 MOSFET 的门极阈值，MOSFET 就会被误导通。

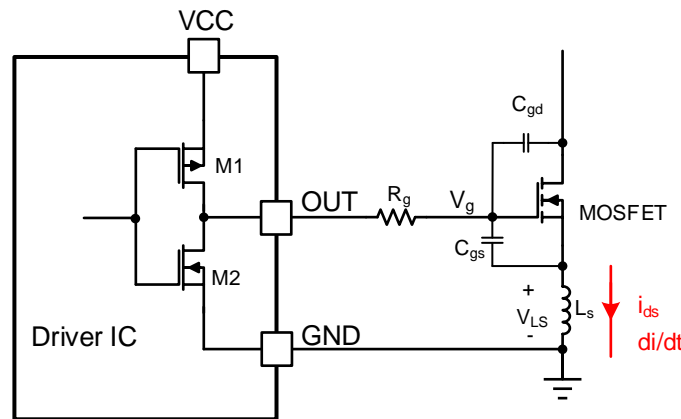


图 2. 寄生电感引起的误导通

避免驱动误导通的方法

门极电阻、电容法

为了避免功率管的误导通，常用的方法是通过调整门极驱动的电阻和电容，如图 3 所示。

通过调节 R_{ON}/R_{OFF} 的大小可以来调整 MOSFET 的开通/关断速度：增大 R_{ON}/R_{OFF} 来减慢 MOSFET 开通/关断的速度，减小 dv/dt (di/dt) 从而减小门极电压尖峰。但是另一个方面，增大 R_{OFF} 会使得门极驱动线路上的电阻变大， C_{gd} 上产生的位移电流流经 R_{OFF} 后的电压也会相应的变高，实际应用中有时增大 R_{OFF} 并不能让电压尖峰有效的降低。另外由于增大 R_{OFF} 会使 MOSFET 的关断速度变慢，从而使 MOSFET 的功耗增大。

在 MOSFET 的门极和源极之间并联一个外部电容 C_{GS_E} 也可以降低门极电压尖峰，但是它跟增大 R_{ON}/R_{OFF} 一样，会使 MOSFET 的整个开、关速度都变慢，从而导致整 MOSFET 的功耗增大。

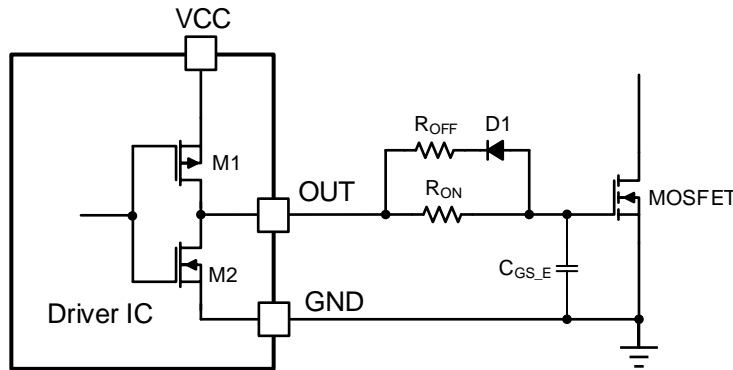


图 3. 调整门极驱动电阻和电容

米勒钳位法

为了有效的抑制由于米勒效应带来的门极误导通，可以在靠近功率管的门极处放一个三极管来防止在关断期间的误导通，如图 4。在关断期间，由于 V_{ds} 较高的 dv/dt 使 V_g 电压升高，此时 Q1 会导通，从而将 V_g 电压拉低防止误开通 MOSFET。在实际的应用中要注意 PCB 布线的影响，Q1 要尽量靠近功率 MOSFET 以减小 Q1、MOSFET 门极和源极之间的环路，从而降低整个环路路上的阻抗。

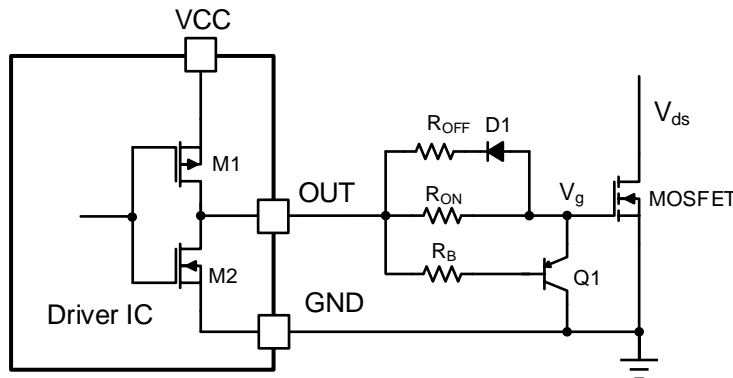


图 4. 外部三极管米勒钳位

数明半导体提供的一些驱动芯片集成了米勒钳位的功能，比如 SLMi33x 系列，SiLM5350M/F/P 等驱动芯片都有米勒钳位功能。通过将米勒钳位引脚连接到靠近功率管门极处就能有效的抑制米勒尖峰的问题。

图 5 显示了 SLMi334 中的米勒钳位功能。SLMi334 通过 V_{CLAMP} 脚监控 MOSFET 门极电压，当门极电压大于米勒钳位阈值(典型 2V)时，内部的米勒钳位电路就会把 M3 开通，提供额外的一路下拉电流将门极电压下拉。在实际的应用中，从 V_{CLAMP} 脚到 MOSFET 的门极这条 PCB 布线一定要短且粗，以减小 PCB 布线带来的阻抗影响。

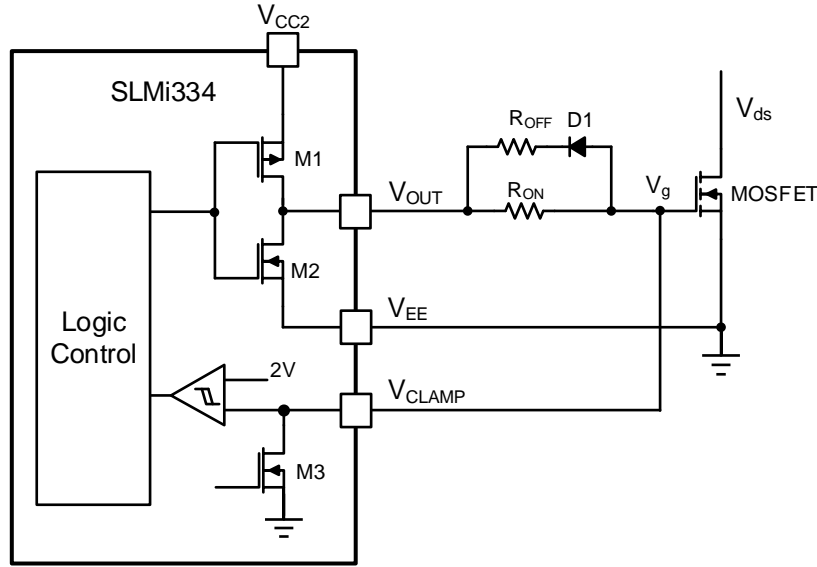


图 5. SLMi334 中的米勒钳位功能

负压驱动法

米勒钳位电路能够有效的抑制由于米勒效应引起的门极电压尖峰，但是对于由于寄生电感引起的误导通，米勒钳位电路有时就不是非常的有效，此时给驱动提供负电压是一个比较好的解决办法。图 6 显示了 SLMi334 用双电源驱动时的线路连接。VCC2 接正电源，比如 15V，而 VEE 接负电源，比如负 8V。这样在在功率管关断的时候，即使有米勒尖峰或由于线路寄生电感引起的电压尖峰，功率管也能可靠的工作。

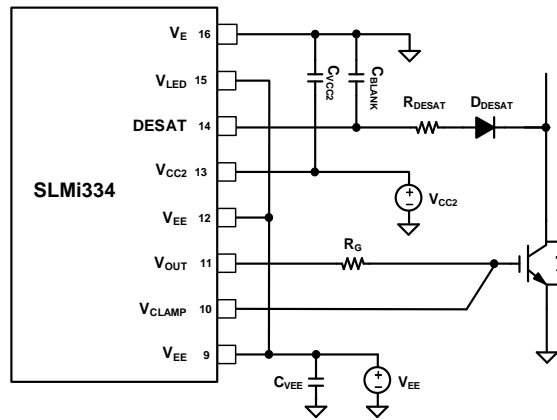


图 6. SLMi334 双电源驱动

对于负电压驱动这种方法，它需要系统提供一个负电压。一般情况下是由系统的辅助电源来提供这一路负电源的。但是有些系统出于成本和别的原因，没有这样的负电压可用，那么可以考虑下面的这两种方法。

图 7 是利用稳压管 D_z 、电阻 R_z 和电容 C_z 在 D_z 两端产生稳定的电压 V_z 。当 OUT 输出是高的时候，加在功率管门极的驱动电压是 $V_{CC} - V_z$ 。而当 OUT 输出为低的时候，加在功率管门极的驱动电压是 $-V_z$ 。这里要注意的是驱动电流需要流经 C_z 这个电容，为了保持 V_z 电压的稳定， C_z 的容值不能太小。

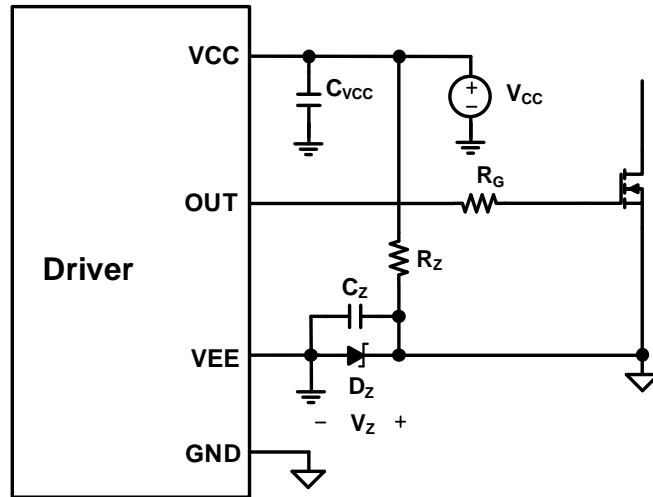


图 7. 利用稳压管产生负电压

图 8 是利用隔直电容 C_B 来产生一个电压 V_{CB} ，从而在功率管的门极提供负的 V_{CB} 驱动电压。在输出为高的时候，加在功率管两端的门极电压为 $V_{CC} - V_{CB}$ 。 V_{CB} 这个电压跟驱动信号的占空比 (Duty) 相关， $V_{CB} = V_{CC} \times \text{Duty}$ ，所以这个电路比较适合用于占空比较稳定的电路中。这个电路中的稳压管 D_Z 主要是用于钳位 V_{CB} 电压，防止在大占空比下 V_{CB} 电压过高。

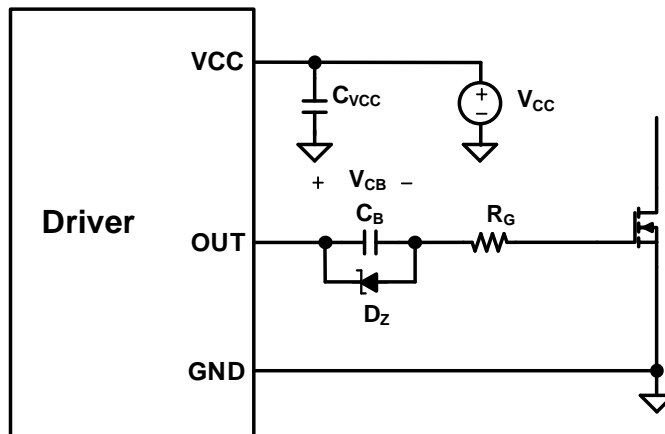


图 8. 利用隔直电容产生负压

总结

对于驱动电路中的误导通，需要根据实际的情况进行分析并加以解决。调整功率器件的开关速度能减小电压尖峰，但是它或降低整个系统的效率。米勒钳位电路对于因米勒效应引起的门极尖峰有很好的抑制作用。PCB 走线对于门极电压的尖峰有很大的影响，要尽量减小 PCB 走线带来的寄生参数。负压驱动能很好的解决门极电压尖峰问题，但是它的代价是需要额外的负电压或额外的辅助器件。

参考资料

1. [SLMi334 规格书: 4A Output Current Opto-Compatible Single Channel Isolated IGBT Gate Driver with Active Protection Features](#)