

测都测不对！

何谈抑制 SiC MOSFET Crosstalk(串扰)？

当 SiC MOSFET 被使用在桥式电路时，电源工程师需要提起十二分精神来面对一个棘手的难题，一旦处理不好就有可能导致炸机，它就是 - Crosstalk (串扰)。

Crosstalk 的基本原理用一句话概括就是：在半桥电路中，动作管开关动作产生的 dV/dt 通过其对管 $C_{r_{ss}}$ (反向电容) 产生位移电流并上拉或下拉原本为关断电平的对管驱动电压。

在图 1 中的半桥电路中，动作管为下管 S_1 ，施加在上管 S_2 的为关断驱动信号，其体二极管处于续流状态。当 S_1 进行开通时，其端电压 V_{DS1} 下降，则 S_2 开始承受反向电压，其两端的电压 V_{DS2} 以 dV/dt 的速度快速上升。那么 dV/dt 就会通过 S_2 的 $C_{r_{ss}}$ 产生位移电流 $I_{r_{ss}}=C_{r_{ss}}*dV/dt$ ， $I_{r_{ss}}$ 会流入 S_2 的驱动回路，对 C_{GS} 充电，并在 R_G 上产生压降。最终导致的结果就是 S_2 的驱动电压被向上拉起，出现一个正向的尖峰，如果超过 S_2 的 V_{th} ，**则会导致误导通，轻则增加损耗，重则桥臂短路发生炸机。**我们将这一过程称为正向 Crosstalk。

在图 2 中， S_1 依旧为动作管，只是这次它进行的是关断。此时整个过程与正向 Crosstalk 原理

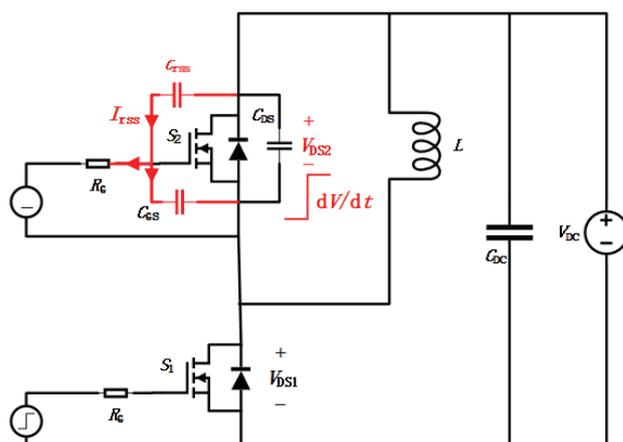


图 1.

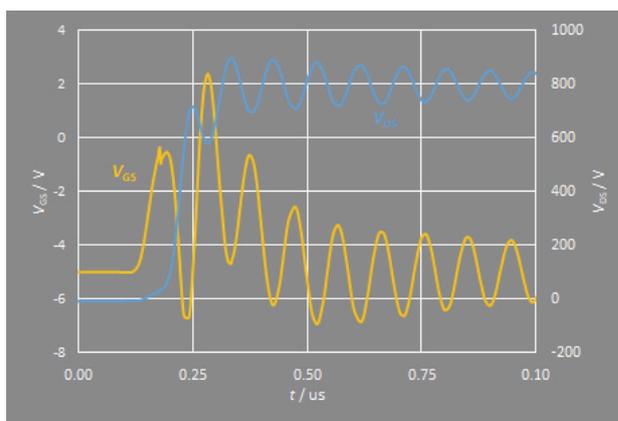


图 2.

测都测不对！何谈抑制 SiC MOSFET Crosstalk(串扰)？

一样，只是电压和电流的变换方向相反，最终 S_2 的驱动电压被向下拽，出现一个反向的尖峰。我们都知道 SiC MOSFET 栅极耐压能力很差，负向的尖峰会对其栅极造成损伤，**影响 SiC MOSFET 的寿命或直接将其栅极击穿**。我们将这一过程称为负向 Crosstalk。

其实无论是 Si MOSFET 还是 IGBT 都存在 Crosstalk 的问题，并不是 SiC MOSFET 特有的。但是 SiC MOSFET 开关速度更快、 V_{th} 偏小（一般在 2.5V-4.5V）、栅极耐压能力较弱，这就使得 Crosstalk 对 SiC MOSFET 而言后果更加严重、处理起来更加困难。

为了抑制 Crosstalk，首先要做到的是测得准确的 Crosstalk 波形。但由于以下两大原因，使得工程师往往获得是错误的波形，**常常导致一通操作猛如虎，实际效果两毛五**。

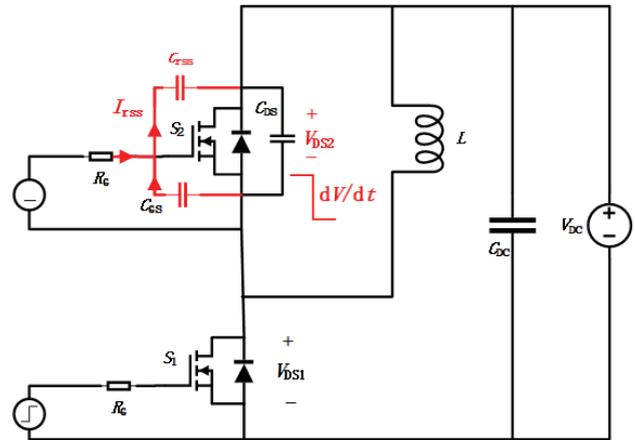


图 3.

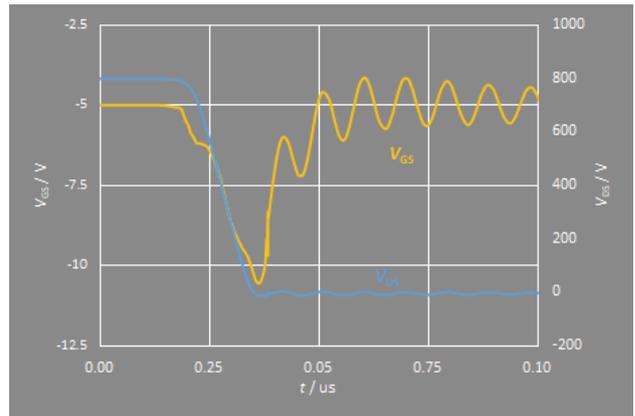


图 4.

测都测不对！何谈抑制 SiC MOSFET Crosstalk(串扰)？

原因一：寄生参数影响

在刚才讲解 Crosstalk 原理的时候，为了表达简洁，图 1 和图 3 中所给出的电路图是进行简化后的。当考虑很多存在的寄生参数后，我们得到图 5 中给出的等效电路。SiC MOSFET 芯片上实际的驱动电压为 V_{GS} ，而我们使用电压探头获得的是 V_{GS-M} 。两者的区别是 V_{GS-M} 不光包含了 V_{GS} ，还包含了 SiC MOSFET 芯片栅极电阻 $R_{G(int)}$ 上的压降 V_{RG} 和寄生电感 L 上的压降 V_L 。导致这种情况发生的原因是电压探头无法直接接在 SiC MOSFET 的芯片上，只能接在器件封装的引脚上，则 $R_{G(int)}$ 和 L 都在测量点之间。

通过仿真结果可以看到，通过电压探头测量得到的 Crosstalk 波形都比实际发生的 Crosstalk 偏低，这就是说，由于寄生参数的影响，Crosstalk 的严重程度被低估了。这就会导致以下两种情况：一是通过测量结果判断 Crosstalk 在可接受范围内，然而实际已经发生误导通；二是工程师费了很大功夫，看似将 Crosstalk 抑制住了，实际还差很远。由于 $R_{G(int)}$ 和 L 无法避免，也就是这种测量误差无法被消除，那么电源工程师在使用 SiC MOSFET 时就需要为 Crosstalk 留出足够的裕量。

同时，测量结果与真实 Crosstalk 之间的差别会随着 $R_{G(int)}$ 和 L 的增大而增大，这就启示我们可以选择 $R_{G(int)}$ 的 SiC MOSFET，同时在进行测量时尽量将探头接在器件引脚的根部，这样就可以尽量缩小误差。

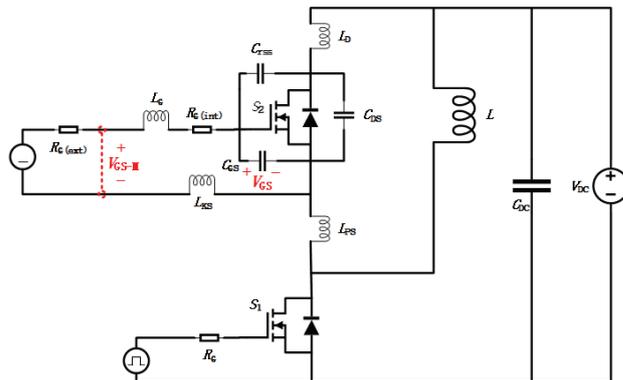


图 5.

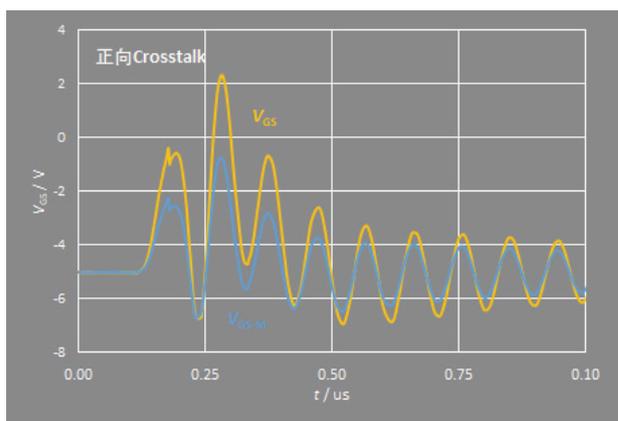


图 6.

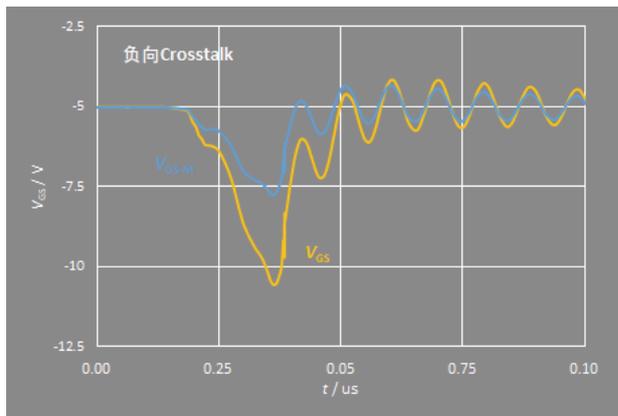


图 7.

测都测不对！何谈抑制 SiC MOSFET Crosstalk(串扰)？

原因二：未使用合适的电压探头

在进行电源调试时，往往使用的是高压差分探头测量电压信号，其测量范围广、差分输入、高阻抗的特点深受电源工程是喜爱。

但在测量 Crosstalk 波形时差分探头就不再适用了。首先 Crosstalk 的幅度范围在 $\pm 10V$ 以内，高压差分探头的衰减倍数大，这就导致测量误差大、噪声大。其次，高压差分探头前端的测量线很长，相当于一个天线，会接收到 SiC MOSFET 开关过程中快速变化的电流产生的干扰信号，从而影响测量结果。最后，高压差分探头前端的测量线可以看做是电感，容易使得测量结果中出现本不存在的震荡。

从下边的实测结果中可以看到，使用高压差分探头测量得到的 Crosstalk 波形显得很粗，同时其震荡幅度很高，正向 Crosstalk 尖峰已经超过 SiC MOSFET 的 V_{th} (3.5V)，然而此时并未发生误导通，说明这样的测试结果是有问题的，同时负向 Crosstalk 尖峰也已经超过了 SiC MOSFET 栅极耐压极限 (-10V)。而当使用光隔离探头得到的 Crosstalk 波形与使用高压差分探头的波形有着明显的区别，波形线条变细了，同时正向和负向 Crosstalk 尖峰都在可接受范围之内。这主要得益于光隔离探头可以选择更小的衰减倍数，同时其探头前段与器件的连接可实现最小环路连接。



图 8. 泰克高压差分探头

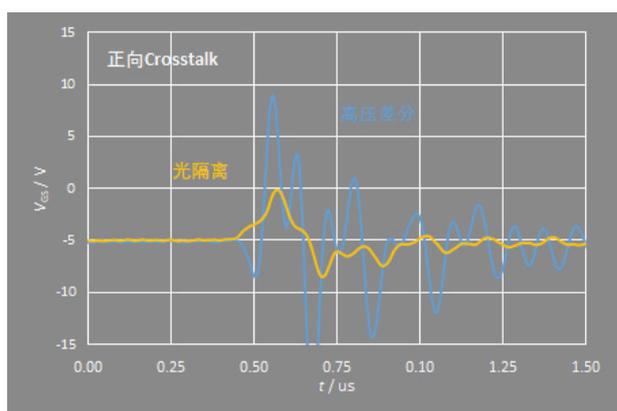


图 9.

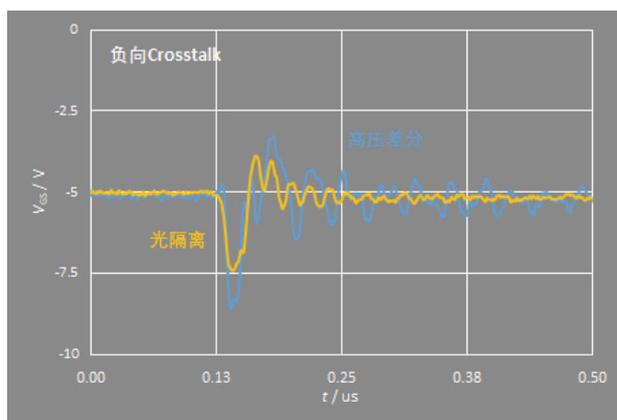


图 10.

测都测不对！何谈抑制 SiC MOSFET Crosstalk(串扰)？

以上是测量下管 Crosstalk 的波形，那么当我们需要测量上管 Crosstalk 的时候，情况又会如何呢。从下边的实测波形可以看出，使用高压差分探头得到的波形更加离谱了，其震荡的幅度超过了正向 10V 反向 20V，而使用光隔离探头测得的波形依然在可接受范围之内，这主要得益于光隔离探头极佳的高频共模抑制比。

由此可见，高压差分探头并不合适用于测量 Crosstalk，得到错误的波形会对电路设计造成误导，浪费工程师的时间和精力。而选择光隔离探头可以获得准确的波形，无论是测量下管还是上管，都有非常优异的表现。

文章来源：

公众号：功率器件显微镜

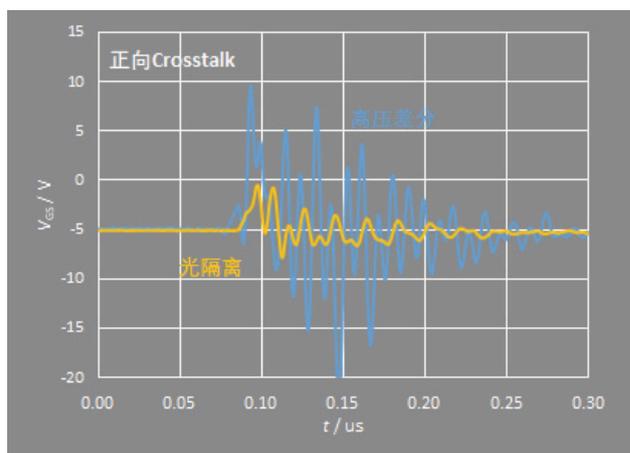


图 11.

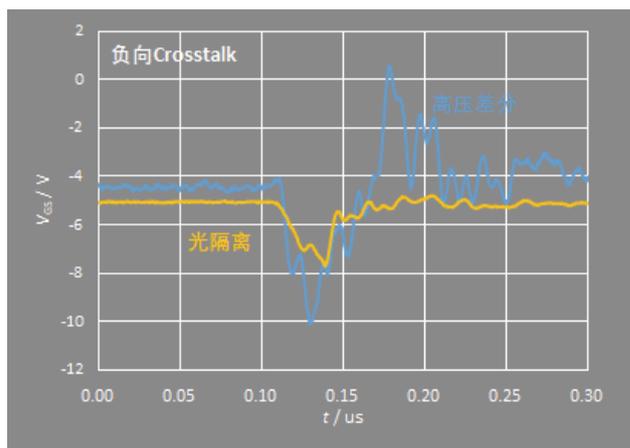


图 12.



图 13. 泰克 ISOVu 新一代光隔离探头



泰克官方微信

如需所有最新配套资料，请立即与泰克本地代表联系！

或登录泰克公司中文网站：www.tek.com.cn

泰克中国客户服务中心全国热线：400-820-5835

服务时间：9:00am - 5:00pm，周一至周五

泰克科技(中国)有限公司
泰克中国客户服务中心
免费热线: 400-820-5835
泰克销售分公司及办事处

泰克科技(中国)有限公司
北京分公司
北京市朝阳区酒仙桥路6号院
电子城·国际电子总部二期
七号楼2层203单元
邮编: 100015
电话: (86 10) 5795 0700
传真: (86 10) 6235 1236
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克上海办事处
上海市长宁区福泉北路518号
9座5楼
邮编: 200335
电话: (86 21) 3397 0800
传真: (86 21) 5031 6910
(86 21) 6289 7267
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克深圳办事处
广东省深圳市深南东路5002号
信兴广场地王商业大厦3001-3002室
邮编: 518008
电话: (86 755) 8246 0909
传真: (86 755) 8246 1539
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克成都办事处
四川省成都市锦江区三色路38号
博瑞创意成都B座1604
邮编: 610063
电话: (86 28) 6530 4900
传真: (86 28) 8527 0053
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克西安办事处
陕西省西安市二环南路西段88号
老三届世纪星大厦26层L座
邮编: 710065
电话: (86 29) 8723 1794
传真: (86 29) 8721 8549
E-mail: china.mktg@tektronix.com

泰克武汉办事处
武汉市洪山区珞喻路726号
华美达大酒店702室
邮编: 430074
电话: (86 27) 8781 2760
E-mail: china.mktg@tektronix.com

如需进一步信息

泰克维护着一套完善的不断扩大的应用指南、技术简介和其它资源，帮助工程师处理尖端技术。请访问www.tek.com.cn



© 2022年泰克公司版权所有，保留所有权利。泰克产品受到美国国外已经签发和正在申请的专利保护。本文中的信息代替以前出版的所有材料中的信息。技术数据和价格如有变更，恕不另行通告。TEKTRONIX和TEK是泰克公司的注册商标。本文提到的所有其它商品均为各自公事的服务标志、商标或注册商标。
2022年6月

Tektronix®