

本文主要阐述了在驱动芯片中表征驱动能力的关键参数：驱动电流和驱动时间的关系，并且通过实验解释了如何正确理解这些参数在实际应用中的表现。

内容目录

驱动芯片概述	2
驱动电流和驱动速度	2
测试对比.....	3
测试总结.....	8
参考资料.....	8

驱动芯片概述

功率器件如 MOSFET、IGBT 需要驱动电路的配合从而得以正常的工作。图 1 显示了一个驱动芯片驱动一个功率 MOSFET 的电路。当 M1 开通，M2 关掉的时候，电源 VCC 通过 M1 和 R_g 给 C_{gs} 、 C_{gd} 充电，从而使 MOSFET 开通，其充电简化电路见图 2。当 M1 关断，M2 开通的时候， C_{gs} 通过 R_g 和 M2 放电，从而使 MOSFET 关断，其放电简化电路见图 3。

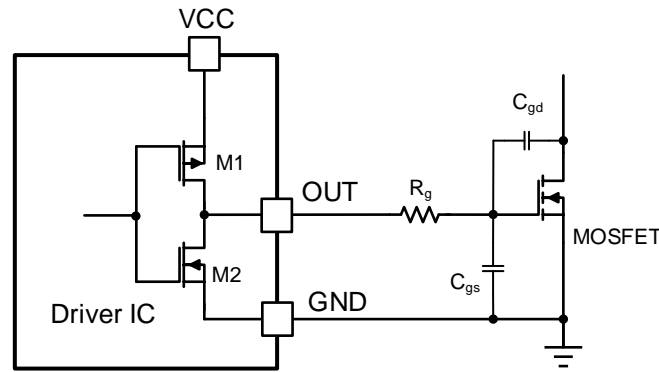


图 1. 功率器件驱动电路

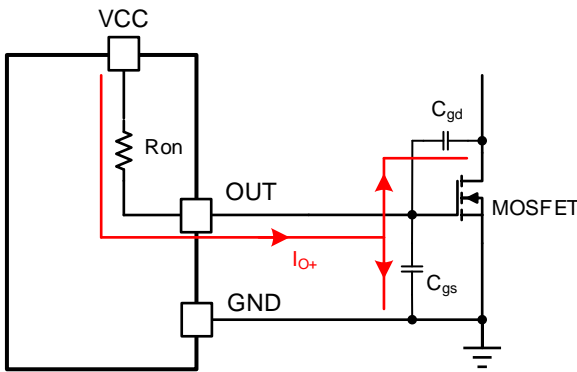


图 2. 开通时的简化电路及充电电流

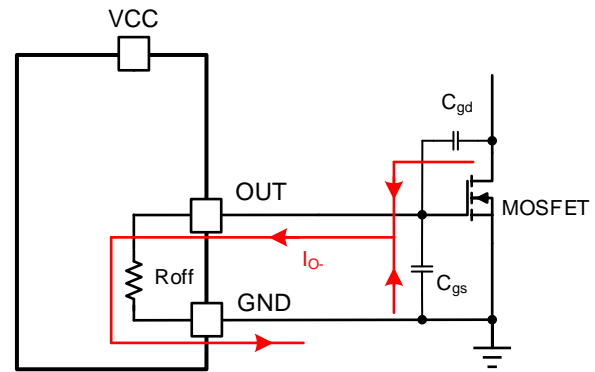


图 3. 关断时的简化电路及放电电流

驱动电路的驱动能力影响功率器件的开关速度，进而影响整个系统的效率、电磁干扰等性能。驱动能力太强会导致器件应力过高、电磁干扰严重等问题；而驱动能力太弱会导致系统效率降低。因此选择一个适当驱动能力的芯片来驱动功率器件就显得至关重要。

驱动电流和驱动速度

衡量一个驱动芯片驱动能力的指标主要有两个：驱动电流和驱动的上升、下降时间。一般驱动芯片规格书中都有标注这两项参数。在实际的应用中，工程师往往只关注驱动电流而忽视上升、下降时间这一参数。但是实际上驱动的上升、下降时间这个指标也同样的重要，有时甚至比驱动电流这个指标还要重要。因为驱动的上升、下降时间直接影响了功率器件的开通、关断速度。

图 4 显示了一个 MOSFET 开通时门极驱动电压和驱动电流的简化时序图。t1 到 t2 这段时间是门极驱动的源电流 (I_{o+}) 从零开始到峰值电流的建立时间。在 t3 时刻，门极电压达到米勒平台，源电流开始给 MOSFET 的米勒电容充电。在 t4 时刻，米勒电容充电完成，源电流继续给 MOSFET 的输入电容充电，门极电压上升直到达到门极驱动电源电压 VCC。同时在 t4 到 t5 这个期间，源电流也从峰值电流降到零。

这里有一个很重要的阶段就是 t1 到 t2 的源电流的建立时间。不同的驱动芯片有不同的电流建立时间，这一建立时间会影响驱动的速度。

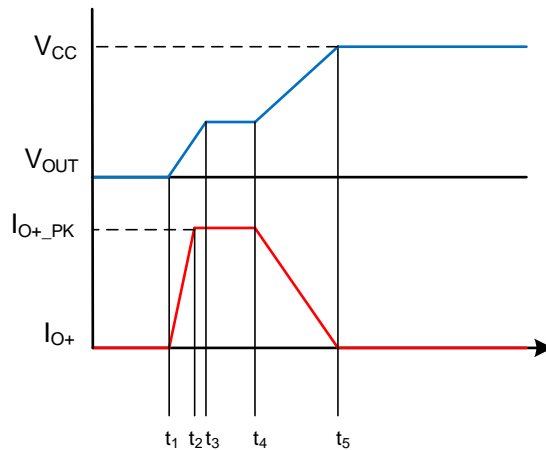


图 4. MOSFET 开通时驱动电压和驱动电流

测试对比

下面通过实测 SLM2184S 和 IR2184S 这两个芯片的性能来说明这驱动电流建立时间对驱动速度的影响。

图 5到图 16是实测 SLM2184S 的驱动电流和驱动时间的波形，而图 17到图 28是实测 IR2184S 的驱动电流和驱动时间的波形。

表格 1对比了 SLM2184S 和 IR2184S 的各项测试。虽然 SLM2184S 的峰值源电流 $[I_{O+}]$ 和峰值灌电流 $[I_{O-}]$ 比 IR2184S 的测试值要小，但是 SLM2184S 的电流建立时间远远比 IR2184S 的建立时间短。因此，在负载电容（比如 MOSFET 的输入电容）比较小的时候，SLM2184S 的驱动速度并不比 IR2184S 的驱动速度慢，比如在 1nF 的负载电容下，两者的驱动速度基本一致。只有当负载电容比较大的时候，比如在 3.3nF 的情况下，SLM2184S 的驱动速度才会比 IR2184S 慢。

表格 1: SLM2184S 和 IR2184S 驱动电流和驱动时间的对比

测试项	SLM2184S	IR2184S
峰值源电流 $[I_{O+}]$	0.456A	1.8A
源电流建立时间	10ns	176ns
峰值灌电流 $[I_{O-}]$	0.975A	2.26A
灌电流建立时间 [ns]	11ns	86ns
开通上升时间, 负载电容 1nF $[tr]$	44ns	44ns
开通上升时间, 负载电容 2.2nF $[tr]$	98ns	72ns
开通上升时间, 负载电容 3.3nF $[tr]$	136ns	93ns
关断下降时间, 负载电容 1nF $[tf]$	15.2ns	18.4ns
关断下降时间, 负载电容 2.2nF $[tf]$	33ns	32ns
关断下降时间, 负载电容 3.3nF $[tf]$	50ns	38ns

SLM2184S 驱动测试波形

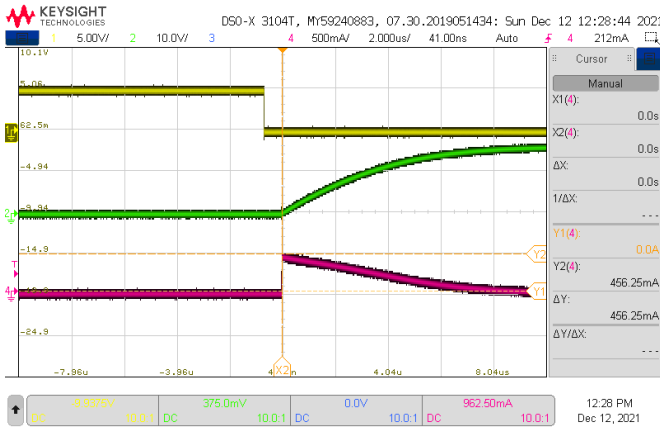


图 5. SLM2184S 的驱动源电流，负载电容 100nF
CH1: 驱动输入; CH2: 驱动输出; CH4: 驱动源电流

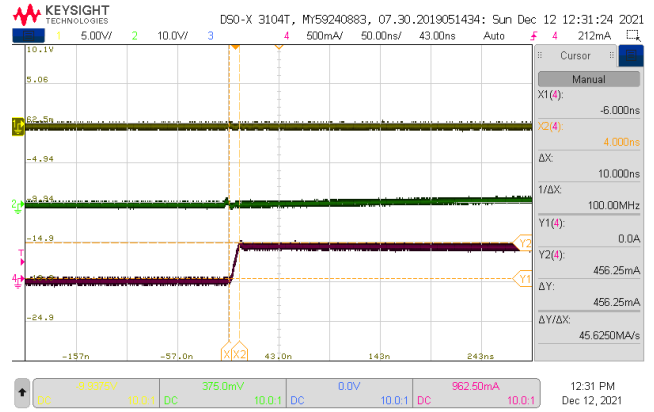


图 6. SLM2184S 的驱动源电流上升速度，负载电容 100nF
CH1: 驱动输入; CH2: 驱动输出; CH4: 驱动源电流

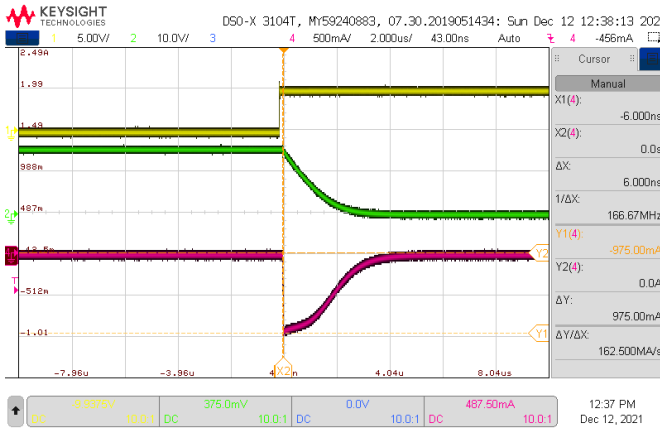


图 7. SLM2184S 的驱动灌电流，负载电容 100nF
CH1: 驱动输入; CH2: 驱动输出; CH4: 驱动灌电流

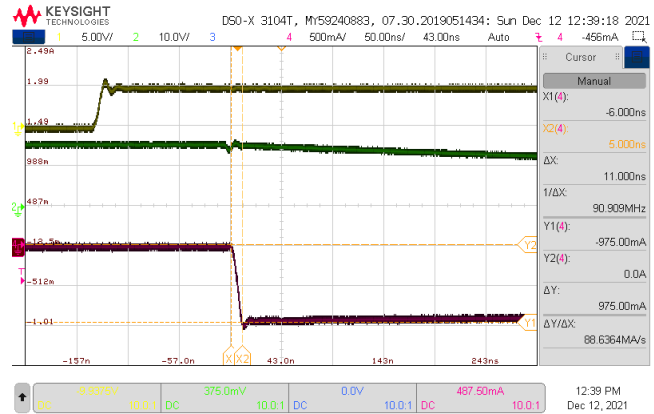


图 8. SLM2184S 的驱动灌电流上升速度，负载电容 100nF
CH1: 驱动输入; CH2: 驱动输出; CH4: 驱动灌电流

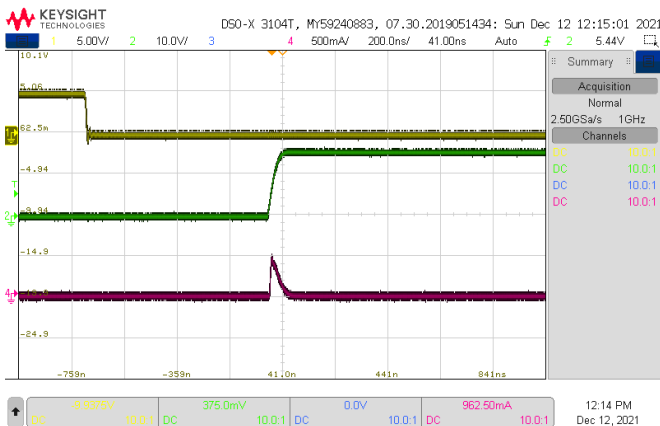


图 9. SLM2184S 的驱动上升速度，负载电容 1nF
CH1: 驱动输入; CH2: 驱动输出; CH4: 驱动源电流

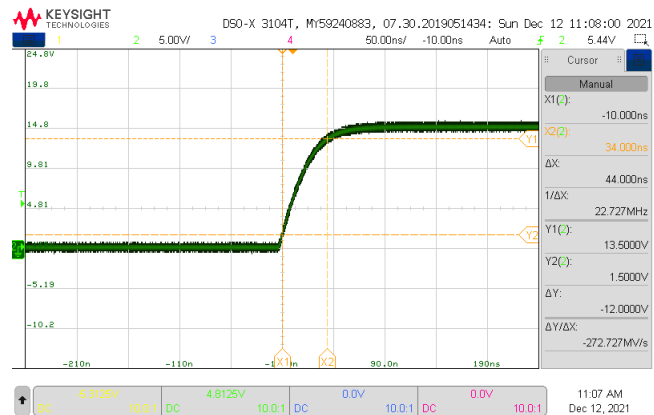


图 10. SLM2184S 的驱动上升速度，负载电容 1nF
CH2: 驱动输出

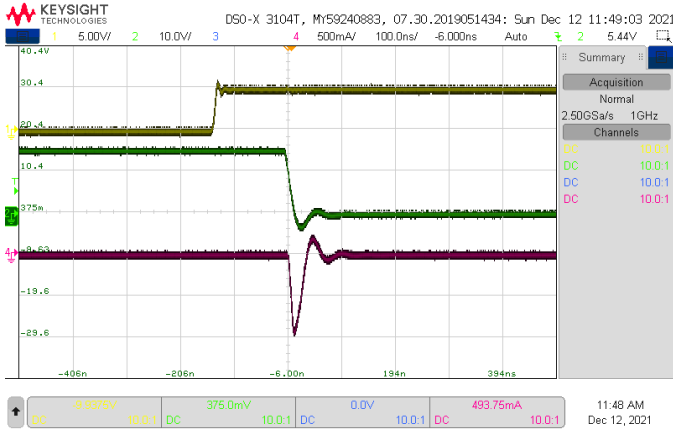


图 11. SLM2184S 的驱动下降速度, 负载电容 1nF
CH1: 驱动输入; CH2: 驱动输出; CH4: 驱动灌电流

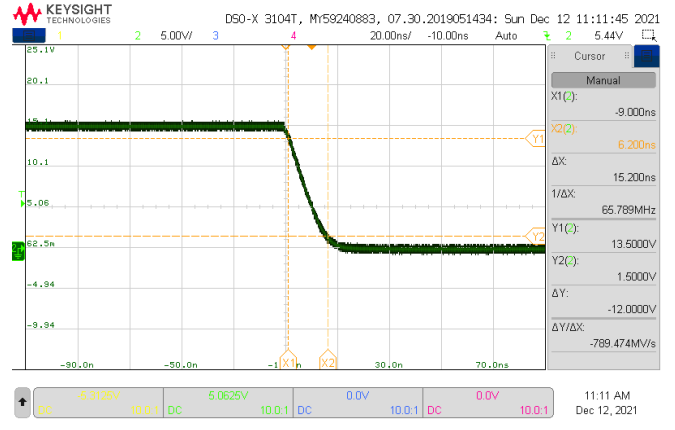


图 12. SLM2184S 的驱动下降速度, 负载电容 1nF
CH2: 驱动输出

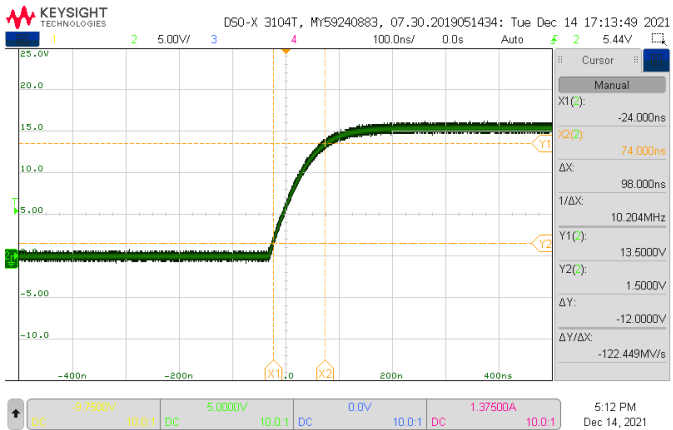


图 13. SLM2184S 的驱动上升速度, 负载电容 2.2nF
CH2: 驱动输出

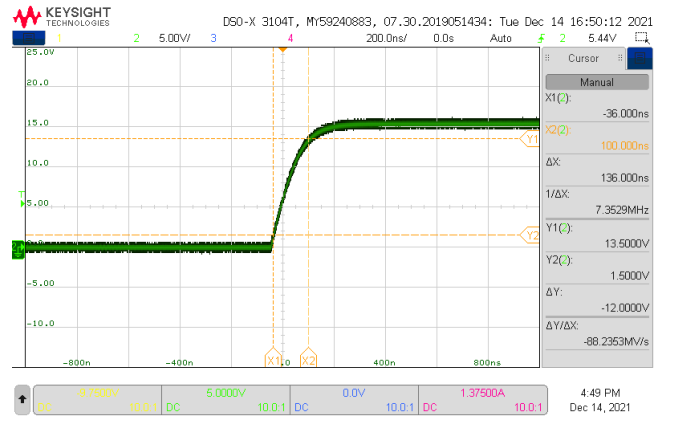


图 14. SLM2184S 的驱动上升速度, 负载电容 3.3nF
CH2: 驱动输出

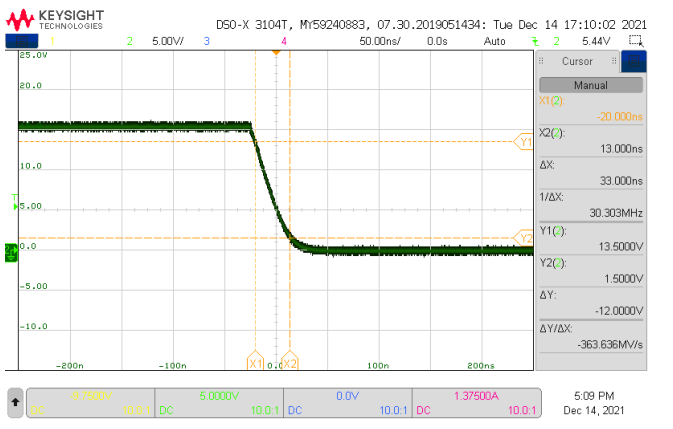


图 15. SLM2184S 的驱动下降速度, 负载电容 2.2nF
CH2: 驱动输出

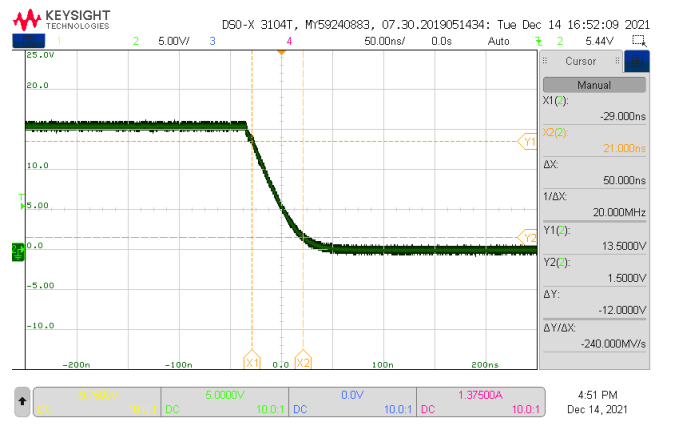


图 16. SLM2184S 的驱动下降速度, 负载电容 3.3nF
CH2: 驱动输出

IR2184S 驱动测试波形

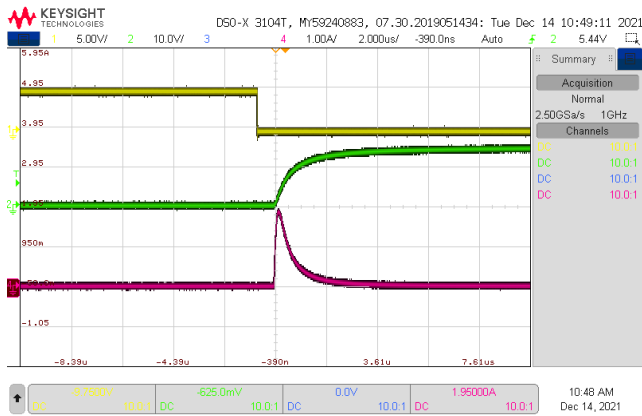


图 17. IR2184S 的驱动源电流, 负载电容 100nF
CH1: 驱动输入; CH2: 驱动输出; CH4: 驱动源电流

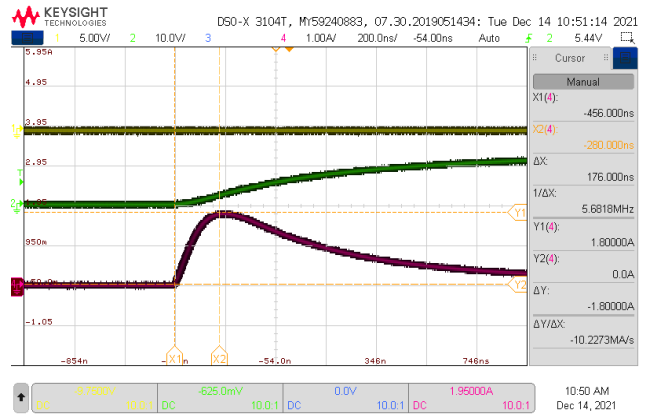


图 18. IR2184S 的驱动源电流上升速度, 负载电容 100nF
CH1: 驱动输入; CH2: 驱动输出; CH4: 驱动源电流

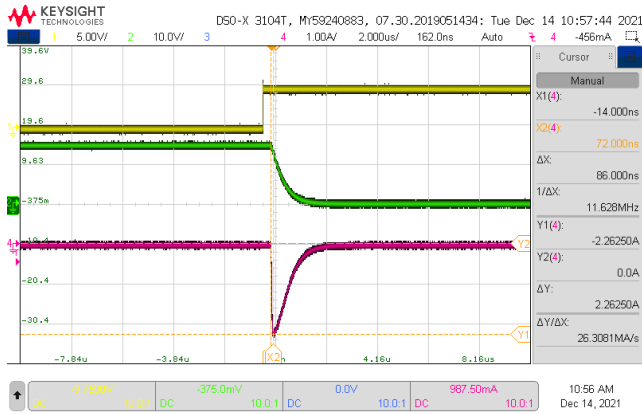


图 19. IR2184S 的驱动灌电流, 负载电容 100nF
CH1: 驱动输入; CH2: 驱动输出; CH4: 驱动灌电流

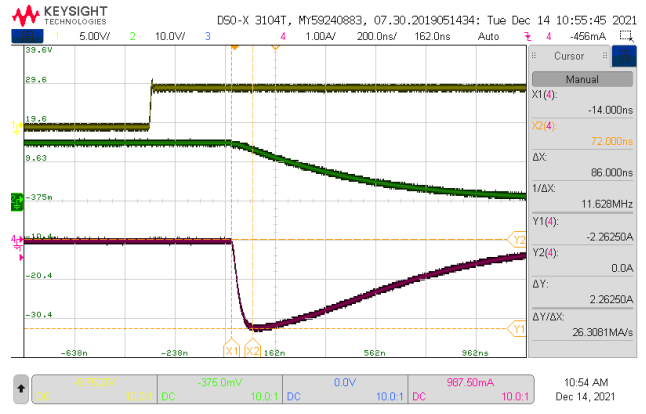


图 20. IR2184S 的驱动灌电流上升速度, 负载电容 100nF
CH1: 驱动输入; CH2: 驱动输出; CH4: 驱动灌电流

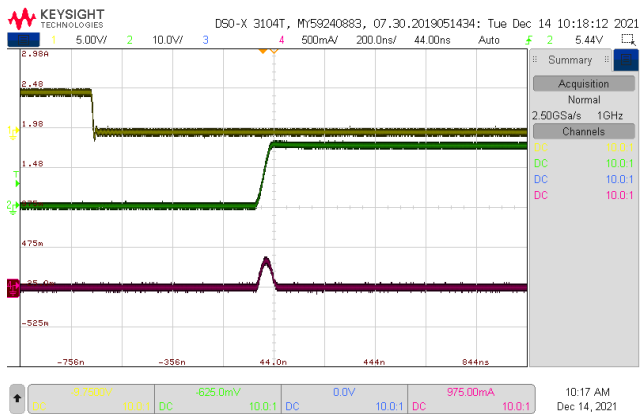


图 21. IR2184S 的驱动上升速度, 负载电容 1nF
CH1: 驱动输入; CH2: 驱动输出; CH4: 驱动源电流

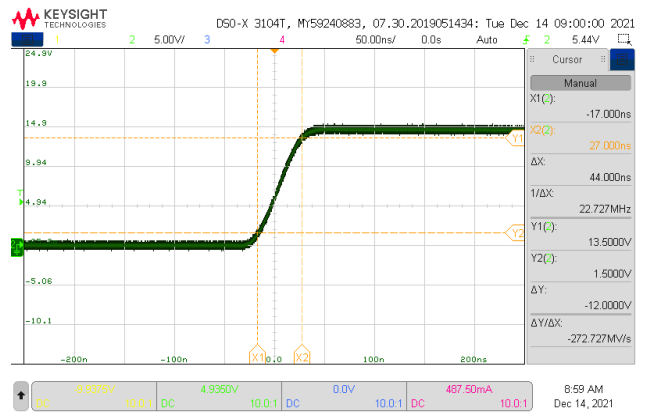


图 22. IR2184S 的驱动上升速度, 负载电容 1nF
CH2: 驱动输出

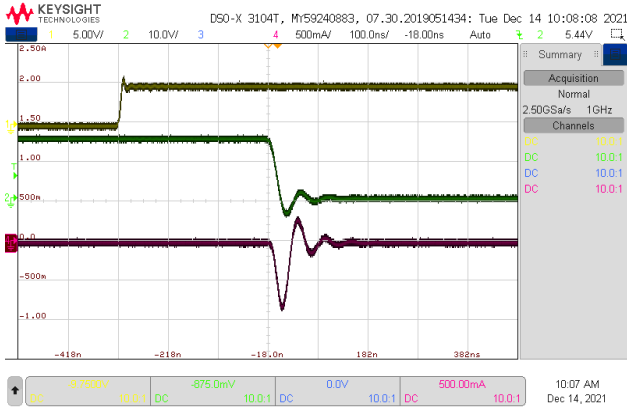


图 23. IR2184S 的驱动下降速度, 负载电容 1nF

CH1: 驱动输入; CH2: 驱动输出; CH4: 驱动灌电流

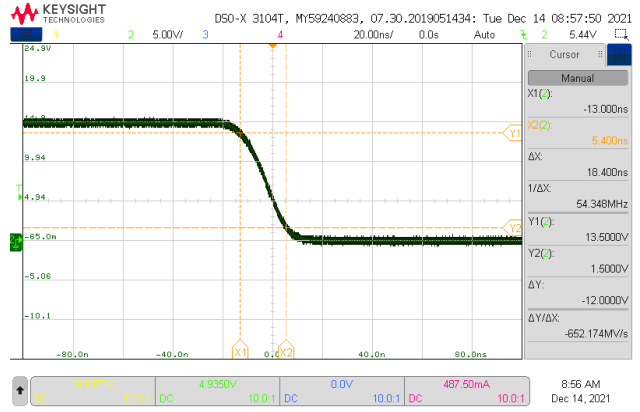


图 24. IR2184S 的驱动下降速度, 负载电容 1nF

CH2: 驱动输出

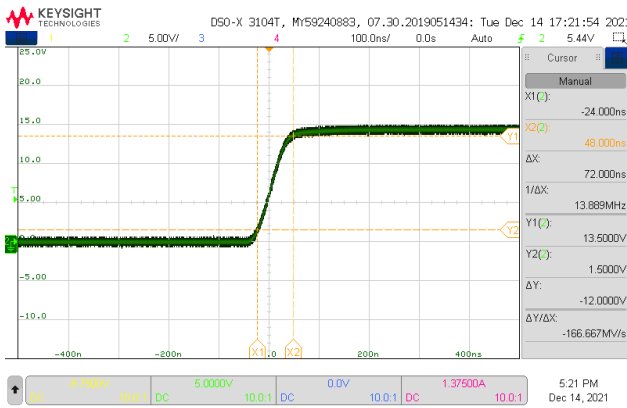


图 25. IR2184S 的驱动上升速度, 负载电容 2.2nF

CH2: 驱动输出

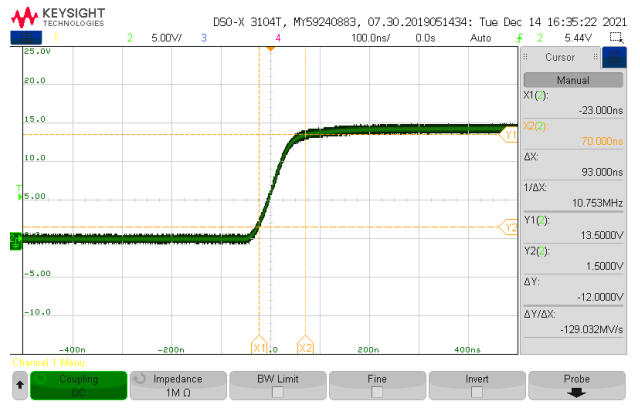


图 26. IR2184S 的驱动上升速度, 负载电容 3.3nF

CH2: 驱动输出

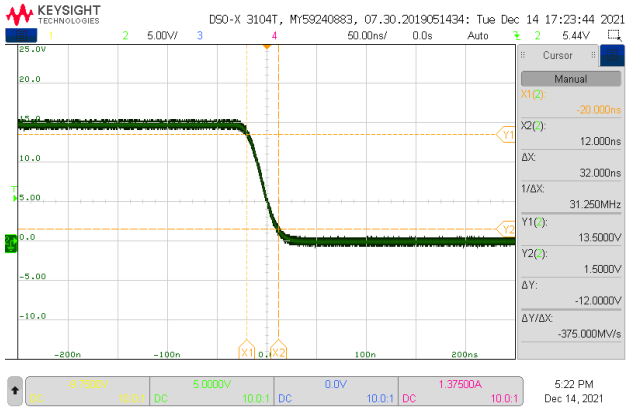


图 27. IR2184S 的驱动下降速度, 负载电容 2.2nF

CH2: 驱动输出

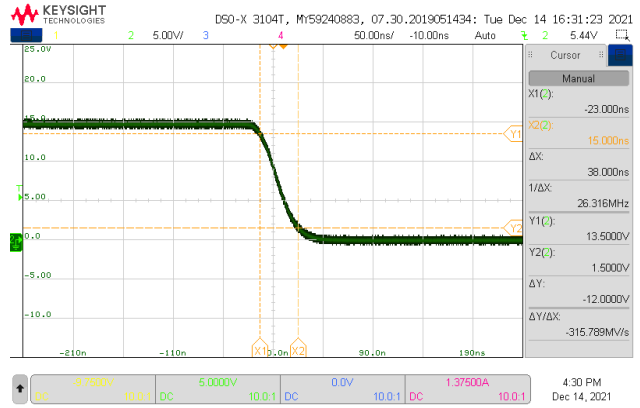


图 28. IR2184S 的驱动下降速度, 负载电容 3.3nF

CH2: 驱动输出

测试总结

从以上的这些实验测试可以看到，驱动芯片的驱动速度不仅仅取决于驱动电流的大小，它还受到诸如驱动电流建立时间、MOSFET 的输入电容等因素的影响。有些驱动芯片的驱动电流虽然比较大，但是由于它的电流上升和下降速度很慢，并没有很好的发挥大驱动电流的作用，甚至在大部分应用场合下驱动速度（ t_r 和 t_f ）还不如驱动电流小的驱动芯片。因此在选择驱动芯片的时候，不仅仅要关注驱动电流的大小，也要关注在一定负载电容下的上升、下降时间。当然最为妥当的办法是根据实际选择的功率管测量驱动端的波形，从而判断是否选择了合适的驱动芯片。

参考资料

1. [数明 HVIC 栅极驱动器应用手册](#)
2. [SLM2184S 规格书: 600V Half-Bridge Driver](#)