

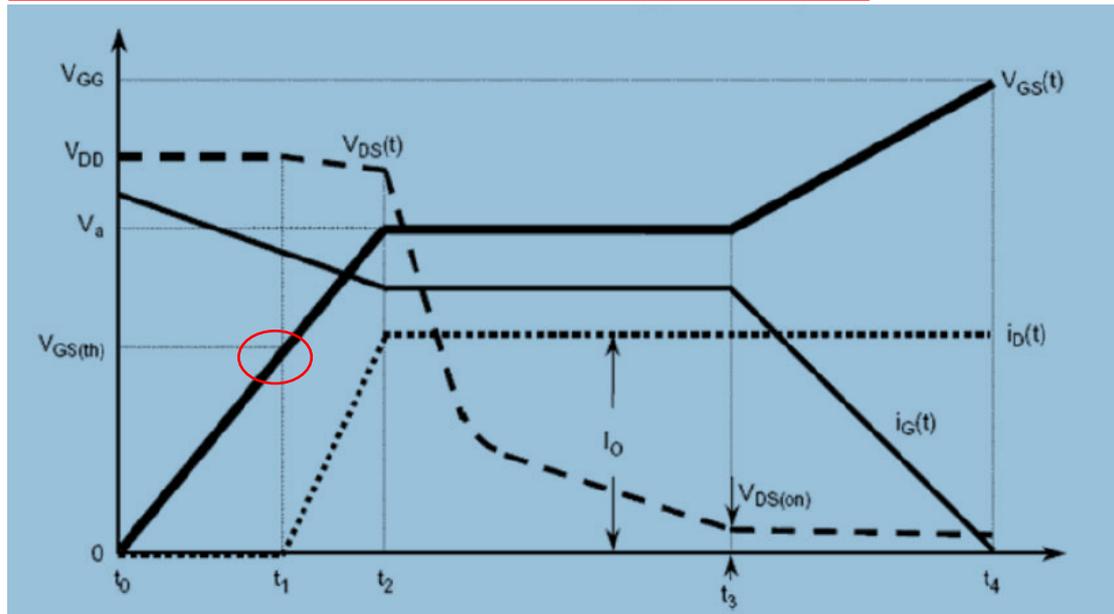
密勒效应 (Miller effect) 是在电子学中, 反相放大电路中, 输入与输出之间的分布电容或寄生电容由于放大器的放大作用, 其等效到输入端的电容值会扩大 $1+K$ 倍, 其中 K 是该级放大电路电压放大倍数。虽然一般密勒效应指的是电容的放大, 但是任何输入与其它高放大节之间的阻抗也能够通过密勒效应改变放大器的输入阻抗。对于 MOSFET: 在共源组态中, 栅极与漏极之间的覆盖电容 C_{dg} 是密勒电容, C_{dg} 正好跨接在输入端 (栅极) 与输出端 (漏极) 之间, 故密勒效应使得等效输入电容增大, 导致频率特性降低。

$$I_d = \beta V_{gs}$$

米勒效应的影响:

MOSFET 的栅极驱动过程, 可以简单的理解为驱动源对 MOSFET 的输入电容 (主要是栅源极电容 C_{gs}) 的充放电过程; 当 C_{gs} 达到阈值电压之后, MOSFET 就会进入开通状态; 当 MOSFET 开通后, V_{ds} 开始下降, I_d 开始上升, 此时 MOSFET 进入饱和区; 但由于米勒效应, V_{gs} 会持续一段时间不再上升, 此时 I_d 已经达到最大, 而 V_{ds} 还在继续下降, 直到米勒电容充满电, V_{gs} 又上升到驱动电压的值, 此时 MOSFET 进入电阻区, 此时 V_{ds} 彻底降下来, 开通结束。

由于米勒电容阻止了 V_{gs} 的上升, 从而也就阻止了 V_{ds} 的下降, 这样就会使损耗的时间加长。(V_{gs} 上升, 则导通电阻下降, 从而 V_{ds} 下降)



米勒效应在 MOS 驱动中臭名昭著, 他是由 MOS 管的米勒电容引发的米勒效应, 在 MOS 管开通过程中, GS 电压上升到某一电压值后 GS 电压有一段稳定值, 过后 GS 电压又开始上升直至完全导通。为什么会有稳定值这段呢? 因为, **在 MOS 开通前, D 极电压大于 G 极电压, MOS 寄生电容 C_{gd} 储存的电量需要在其导通时注入 G 极与其中的电荷中和, 因 MOS 完全导通后 G 极电压大于 D 极电压。** 米勒效应会严重增加 MOS 的开通损耗。(MOS 管不能很快得进入开关状态)

所以就出现了所谓的图腾驱动!! 选择 MOS 时, C_{gd} 越小开通损耗就越小。 米勒效应不可能完全消失。

MOSFET 中的米勒平台实际上就是 MOSFET 处于“放大区”的典型标志

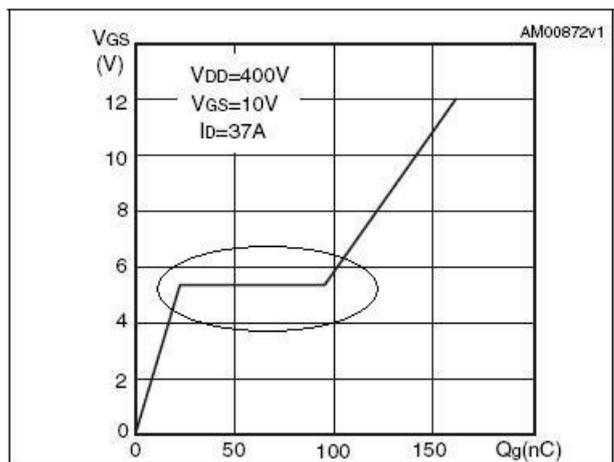
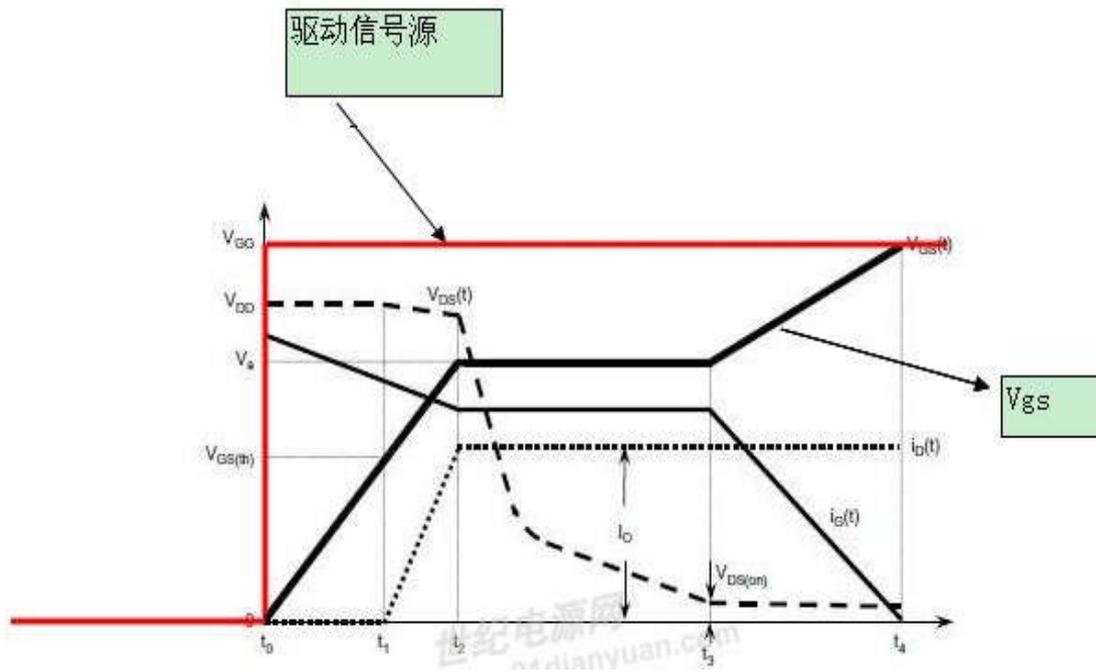
用示波器测量 GS 电压, 可以看到在电压上升过程中有一个平台或凹坑, 这就是米勒平台

MOS管导通不需要电流, 只要GS电压高于一定的值, 就可以了。但是, 我们还需要速度。在MOS管的结构中可以看到, 在GS, GD之间存在寄生电容, 而MOS管的驱动, 实际上就是对电容的充放电。对电容的充电需要一个电流, 因为对电容充电瞬间可以把电容看成短路, 所以瞬间电流会比较大。选择/设计MOS管驱动时第一要注意的是可提供瞬间短路电流的大小

米勒效应指在 MOS 管开通过程会产生米勒平台, 原理如下。

理论上驱动电路在 G 级和 S 级之间加足够大的电容可以消除米勒效应。但此时开关时间会拖的很长。一般推荐值加 $0.1C_{iess}$ 的电容值是有帮助的。

下图中粗黑线中那个平缓部分就是米勒平台。



米勒系数的这张图 在第一个转折点处： V_{ds} 开始导通。 V_{ds} 的变化通过 C_{gd} 和驱动源的内阻形成一个微分。因为 V_{ds} 近似线性下降，线性的微分是个常数，从而在 V_{gs} 处产生一个平台。

米勒平台是由于 mos 的 gd 两端的电容引起的,即 mos datasheet 里的 C_{rss} 。这个过程是给 C_{gd} 充电, 所以 V_{gs} 变化很小, 当 C_{gd} 充到 V_{gs} 水平的时候, V_{gs} 才开始继续上升。
 C_{gd} 在 mos 刚开通的时候, 通过 mos 快速放电, 然后被驱动电压反向充电, 分担了驱动电流, 使得 C_{gs} 上的电压上升变缓, 出现平台

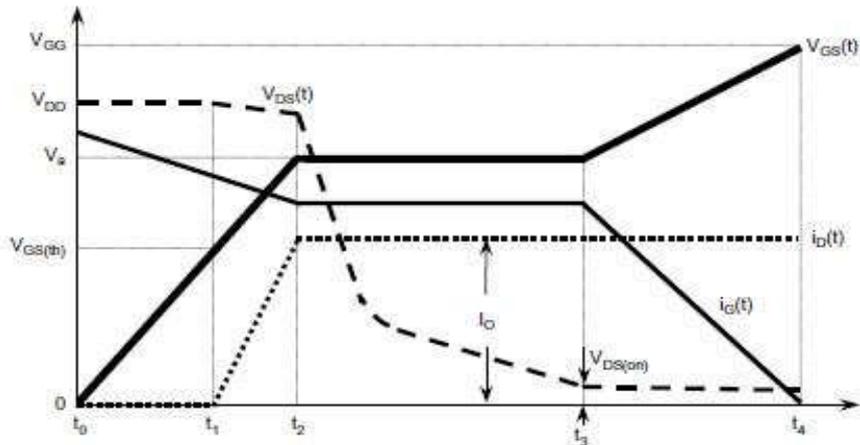


Fig. 12. The graph of $V_{GS}(t)$, $i_G(t)$, $V_{DS}(t)$, $I_D(t)$ when turn on

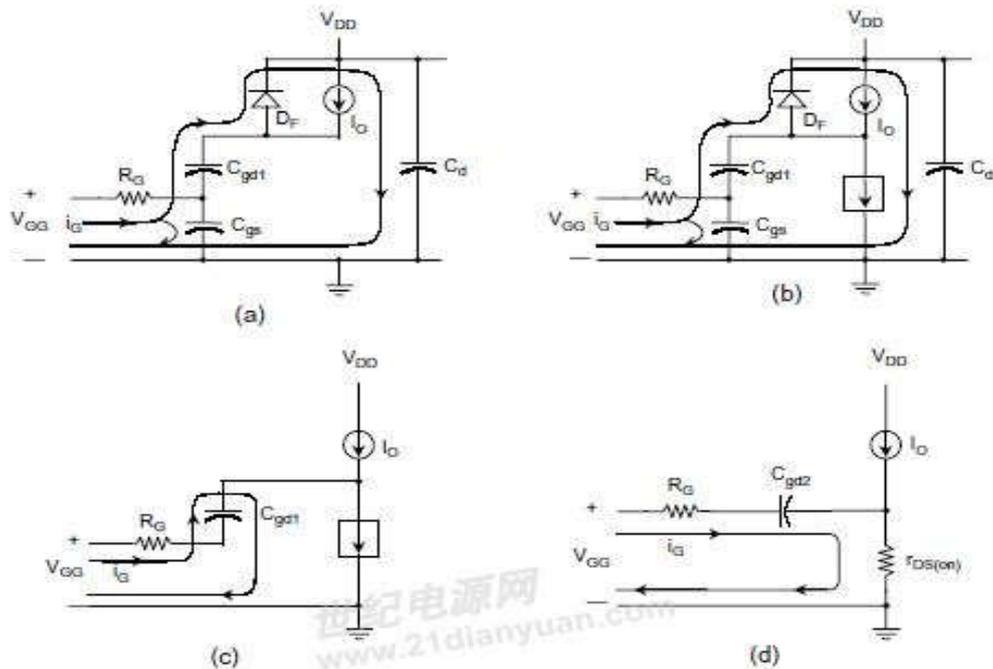
$t_0 \sim t_1$: V_{GS} from 0 to V_{th} . Mosfet 没通. 电流由寄生二极管 D_f .

$t_1 \sim t_2$: V_{GS} from V_{th} to V_a . I_D

$t_2 \sim t_3$: V_{DS} 下降. 引起 电流继续通过 C_{gd} . V_{DD} 越高越需要的时间越长 时间愈长
 I_G 为驱动电流.

开始降的较快. 当 V_{DG} 接近为零时, C_{gd} 增加. 直到 V_{DG} 变负, C_{gd} 增加到最大.
 下降变慢.

$t_3 \sim t_4$: Mosfet 完全导通, 运行在电阻区. V_{GS} 继续上升到 V_{GG} .



平台后期, V_{GS} 继续增大, I_{DS} 是变化很小, 那是因为 MOS 饱和了。。。但是, 从楼主的图中, 这个平台还是有一段长度的。

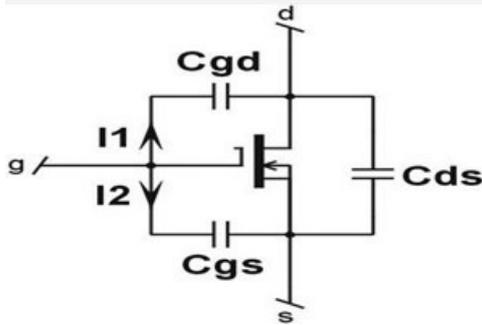
这个平台期间, 可以认为是 MOS 正处在放大期。

前一个拐点前：MOS 截止期，此时 C_{gs} 充电， V_{gs} 向 V_{th} 逼近。
 前一个拐点处：MOS 正式进入放大期
 后一个拐点处：MOS 正式退出放大期，开始进入饱和期。

当斜率为 dt 的电压 V 施加到电容 C 上时(如驱动器的输出电压)，将会增大电容内的电流：

$$I=C \times dV/dt \quad (1)$$

因此，向 MOSFET 施加电压时，将产生输入电流 $I_{gate} = I_1 + I_2$ ，如下图所示。



在右侧电压节点上利用式(1)，可得到：

$$I_1=C_{gd} \times d(V_{gs}-V_{ds})/dt=C_{gd} \times (dV_{gs}/dt-dV_{ds}/dt) \quad (2)$$

$$I_2=C_{gs} \times d(V_{gs}/dt) \quad (3)$$

如果在 MOSFET 上施加栅-源电压 V_{gs} ，其漏-源电压 V_{ds} 就会下降(即使是呈非线性下降)。因此，可以将连接这两个电压的负增益定义为：

$$A_v=-V_{ds}/V_{gs} \quad (4)$$

将式(4)代入式(2)中，可得：

$$I_1=C_{gd} \times (1+A_v) dV_{gs}/dt \quad (5)$$

在转换(导通或关断)过程中，栅-源极的总等效电容 C_{eq} 为：

$$I_{gate}=I_1+I_2=(C_{gd} \times (1+A_v)+C_{gs}) \times dV_{gs}/dt=C_{eq} \times dV_{gs}/dt \quad (6)$$

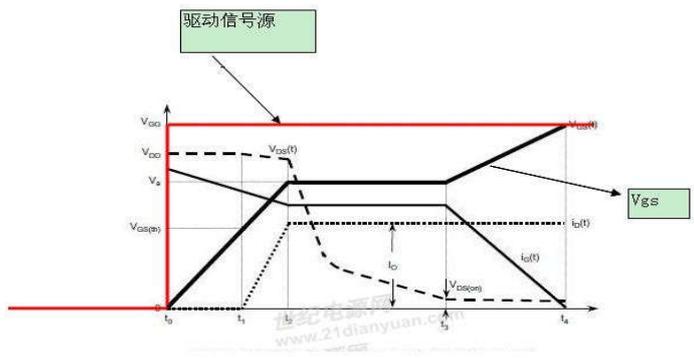
式中 $(1+A_v)$ 这一项被称作米勒效应，它描述了电子器件中输出和输入之间的电容反馈。当栅-漏电压接近于零时，将会产生米勒效应。

C_{ds} 分流最厉害的阶段是在放大区。为啥？因为这个阶段 V_d 变化最剧烈。平台恰恰是在这个阶段形成。你可认为：门电流 I_{gate} 完全被 C_{ds} 吸走，而没有电流流向 C_{gs} 。

当 C_{gd} 通过 mos 放电结束后(即在平台区 C_{gd} 先放电然后 V_{gs} 给它充电)，MOS 进入了饱和阶段， V_d 变化缓慢。虽然 V_{gs} 的增长也能够让部分电流流想 C_{ds} ，但主要的门电流是流向 C_{gs} 。门电流的分流比： $I_1: I_2 = C_{ds}: C_{gs}$ ，看看电流谁分的多？呵呵。

当 mos 放电结束后，近似地认为门电流全部流过 C_{gs} ，因此： V_{gs} 重新开始增长

$V_{gd} = V_{gs} - V_{ds}$ (各个电压不相乘)



在手册中， $C_{iss}=C_{gs}+C_{gd}$
 $C_{oss}=C_{ds}+C_{gd}$
 $C_{rss}=C_{gd}$