

# MOSFET与预驱动器的匹配技巧

Bob Fugere

汽车电源产品部首席应用工程师

安森美半导体

汽车应用中电气负载的数量及种类众多，在驱动及控制这些负载方面，没有“万能”的方案。有些负载是大功率，有些是低功率；可能是电阻型、电感型或电容型负载。它们可能需要精确的控制，或是仅需要简单的脉宽调制(PWM)或导通/关闭控制。在所有情况下，都有必要为负载及驱动器提供保护，并为微控制器(MCU)提供诊断信息。

适应宽负载范围的一种方法是使用现有金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)和带必要保护及诊断功能的预驱动器。这种方法可以非常灵活，甚至可以使用已通过合格认证、您的库存中现有的MOSFET，为驱动器需求提供高性价比的方案。要使这一方案发挥最大的作用，MOSFET和预驱动器必须相互匹配。

## 预驱动器基础知识

图1提供了控制、保护及诊断功能的预驱动器基本组件示例。在导通期间，消隐(blanking)定时器启动，同时，门电荷由驱动器电源(V<sub>GG</sub>)通过驱动器输出阻抗(R<sub>G</sub>)提供给MOSFET。在此期间，比较器(CMP)感测MOSFET的漏极-源极电压(V<sub>DS</sub>)，并将其与参考电压(V<sub>REF</sub>)比较。如果在导通消隐时间的末尾时MOSFET的V<sub>DS</sub>大于V<sub>REF</sub>，就检测出可能的负载短路。然后，MOSFET关闭并保护器件本身，同时负载电压源(V<sub>L</sub>)短路诊断状态也被记录下来。

在关闭期间，消隐定时器启动，同时存储的门电荷由MOSFET通过R<sub>G</sub>卸除到地。在此期间，CMP感测MOSFET的V<sub>DS</sub>，并将其与不同的

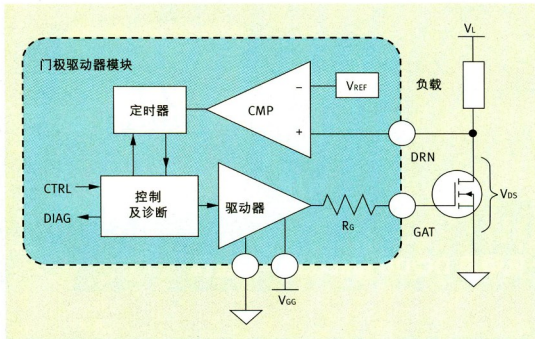


图1：预驱动器框图。

V<sub>REF</sub>比较。如果在关闭消隐时间的末尾时MOSFET的V<sub>DS</sub>小于V<sub>REF</sub>，就检测出可能的对地短路。在这种情况下，负载电流可以继续流动，但对地短路诊断状态被记录下来。

## MOSFET基础知识

MOSFET已经应用多年，有关它们特性的文档也很齐全。但检视它的一些基础属性及数据表信息，可以在关键性能参数方面提供一些指引。我们将使用安森美半导体NTD3055L逻辑电平MOSFET数据表作为示例。

MOSFET数据表中常见的一个典型曲线是传递(transfer)特性曲线，如图2所示(见本文网路版)。这个曲线描绘了扫描V<sub>GS</sub>电压时饱和区域中的漏电流，在这个饱和区域中，V<sub>DS</sub>保持在大于10V的某个恒定电压。该曲线通常在3种温度条件下捕获，图2中所示的3种温度分别是绿色线条代表的-55℃、黑色线条代表的25℃和红色线条代表的100℃。

大多数MOSFET显示出零温度系数(TC)点特性；就NTD3055L而言，

这个点出现于V<sub>GS</sub>≈3.6V。对于给定V<sub>GS</sub>而言，温度高于这个点时，漏电流减小；温度低于这个点时，漏电流增加。在大多数应用中，MOSFET用作开关，工作在欧姆区(Ohmic region)，且高于零TC点，V<sub>GS</sub>=5V。此外，虽然数据表参数表中门阈值电压(V<sub>GSTH</sub>)项目通常给出负温度系数，但检视曲线，探寻额外性能特性也很重要。

另一个典型曲线是导通区域曲线，如图3所示。这个曲线描绘了扫描V<sub>DS</sub>时的漏电流，而V<sub>GS</sub>包含几个阶跃上升的电压值。这曲线通常在25℃时获得，但我们能使用图2来产生更多的曲线。我们采用低温及高温条件下图2中3V及4.5V V<sub>GS</sub>工作点时的漏电流，能够直接将这些曲线转移到图3。图中显示的新曲线中，绿色曲线针对-55℃，黑色曲线针对25℃，而红色曲线针对100℃。这些曲线显示了高于及低于零TC点的工作点条件下不同温度时的漏电流变化。

第三种非常有用的典型曲线是总门电荷曲线，如图4所示(见本文网路版)。该曲线描绘了门电荷传递时

最理想的 $V_{GS}$ 变化。这一曲线通常藉由 $25^{\circ}\text{C}$ 时在门极施加 $1\text{mA}$ 恒定电流,在特殊工作点(图中“A”点)生成。它显示了门极至源极( $Q1$ )、门极至漏极( $Q2$ )及总电荷( $QT$ )传递间隔。开关电荷( $Q_{SW}$ )在阈值电压 $V_{GTH}$ 与峰值电压(plateau voltage) $V_{GSP}$ 之间提供,其中漏电压已降至其初始值的10%,但 $Q1+Q2$ 的组合电荷仍然必须在开关时间间隔期间提供。

虽然通常显示的是给定 $V_{DS}$ 和 $I_D$ 工作点时的电荷传递曲线,我们能够以过观测近似峰值电压 $V_{GSP}$ 在曲线饱和区域产生 $I_D$ 的所施加 $V_{GS}$ 电压,使用图3中的导通区域曲线来生成更多的工作点电荷曲线。图中显示的这些曲线中,绿色曲线针对“B”在 $I_D=8\text{A}$ 的工作点;粉红色曲线针对“C”在 $I_D=4\text{A}$ 的工作点。这样一来,电荷传递量相应沿着 $Q1$ 和 $Q2$ 间隔调节。有趣的是,在给定 $V_{DS}$ 下,传递的总电荷仍然保持相对恒定,且会随着 $V_{DS}$ 下降而下降。如图中蓝色线条所示,出现这种现象的原因是有效门极至漏极(“米勒”)电容会随着电压增益 $dV_{DS}/dV_{GS}$ 而变化。

### 估计开关时间

可以使用总门电荷 $QT$ 和门驱动电流的平均值( $I_{G(AV)}$ )来估计一阶开关时间:

$$t_{SW} \approx \frac{QT}{I_{G(AV)}} \approx \frac{1}{2} \times \frac{QT \times R_G}{V_{GG}} \quad (1)$$

可以使用MOSFET输入电容( $C_{iss}$ )及 $Q2$ 电荷传递间隔来进行更加完善的估计。MOSFET关闭时输入电容约为 $300\text{pF}$ ,而在MOSFET导通时约为 $850\text{pF}$ 。

现在,只要将导通延迟时间( $t_{D(ON)}$ )和上升时间( $t_r$ )分量相加,就能估计导通开关时间( $t_{SW(ON)}$ ):

$$t_{SW(ON)} = t_{D(ON)} + t_r = \left[ R_G \times C_{iss(ON)} \times \ln \left( \frac{V_{GS}}{V_{GS} - V_{GTH}} \right) \right] + \left[ \frac{Q2 \times R_G}{(V_{GS} - V_{GTH})} \right] \quad (2)$$

与之类似,将关闭延迟时间

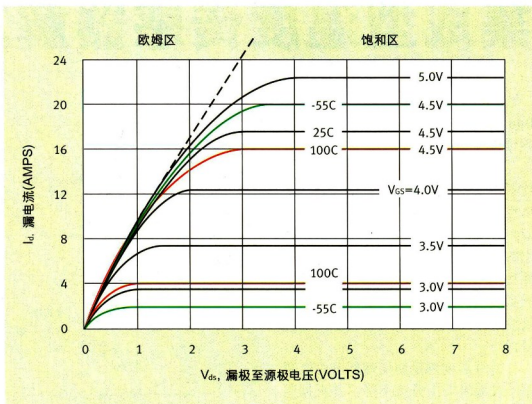


图3: NTD3055L104导通区域特性曲线。

( $t_{D(OFF)}$ )和下降时间( $t_f$ )分量相加,就可估计关闭开关时间( $t_{SW(OFF)}$ ):

$$t_{SW(OFF)} = t_{D(OFF)} + t_f = \left[ R_G \times C_{iss(OFF)} \times \ln \left( \frac{V_{GS}}{V_{GS} - V_{GTH}} \right) \right] + \left[ \frac{Q2 \times R_G}{(V_{GS} - V_{GTH})} \right] \quad (3)$$

要确定适合的匹配,需要的就是这几个等式及一些关键预驱动器及MOSFET特性。

### 是否匹配?

现已介绍了预驱动器和MOSFET的伙伴关系,我们将审视两者是否匹配。我们须以一个预驱动器和MOSFET的组合实例来研究。

安森美半导体的NCV7513和NCV7517六路预驱动器符合预驱动基础知识中论及的要求。这些产品的设计用于驱动N沟道逻辑电平MOSFET,而后的门阈值电压通常较低,而且根据工作点的不同,峰值电压也较低。

$$QT_{AV} = \frac{t_{BL(ON)} \times \frac{1}{2} V_{GG}}{R_G} \quad (4)$$

为了在导通时恰当地工作,在 $t_{BL(ON)}$ 未段之前,MOSFET的 $V_{DS}$ 必须低于 $V_{REF}$ ,否则导通诊断可能会

检测到“错误”故障条件,而关闭MOSFET。等式4中获得的 $QT_{AV}$ 值能通过将其与MOSFET数据表中的 $QT$ 值比较,用于快速检查MOSFET是否能够足够快速的导通。一旦完成这个步骤,等式2和等式3就能用于验证匹配问题。

这两款预驱动器产品都与NTD3055L MOSFET匹配,但最终也需要顾及PWM工作。汽车PWM应用中的开关频率通常不高于 $2\text{kHz}$ 及 $500\mu\text{s}$ 开关周期。为了提供恰当的关闭诊断工作,关闭定时器会限制最大占空比。在开关频率为 $2\text{kHz}$ 的情况下,最大占空比可能会是 $1-120/500$ 或 $76\%$ 。与之类似,为了提供恰当的导通诊断工作,导通时间定时器会限制最小占空比,而NCV7513的最小占空比为 $45/200$ 或 $22.5\%$ ,NCV7512为 $21/500$ 或 $4.2\%$ 。

一旦理解了MOSFET和预驱动器的关键参数,选择匹配而恰当产品的工作就非常简单直接了,同时,也可以提供MOSFET和预驱动器匹配的方案。■

ID号于www.ed-china.com输入本文ID号可阅读全文及相关文章: 20100775