

本应用笔记主要阐述了 DESAT 保护电路工作原理以及在设计 DESAT 外围电路时需要考虑的一些因素。

## 内容目录

DESAT 保护的工作原理.....	2
DESAT 保护外围器件的设计.....	2
消隐时间 (Blank Time) .....	3
DESAT 电压阈值 .....	5
其他考虑.....	6
总结.....	6
参考资料.....	6

## DESAT 保护的工作原理

IGBT、SiC 等功率器件被广泛的应用于工业、汽车和能源行业，如变频器、光伏逆变器、车载充电器、牵引逆变器等。为了让系统更加可靠，这些功率器件需要有快速可靠的短路保护机制，而 DESAT 退饱和保护是一种常用的短路保护措施。

图 1 是在功率管正常工作时，DESAT 电流的流向。在功率器正常开通工作的时候，驱动芯片内部的电流源  $I_{CHG}$  从 DESAT 脚流出，流过  $R_{DST}$ 、 $D_{DST}$  和功率管。此时由于外部功率管 CE 两端的电压 ( $V_{CE}$ ) 比较低，所以 DESAT 管脚的电压 ( $V_{DESAT}$ ) 会被  $V_{CE}$  电压钳位住，不会被充到 DESAT 阈值电压 ( $V_{DSTH}$ )。

当功率管如 IGBT 发生短路的时候，由于 IGBT 退出饱和区， $V_{CE}$  电压会迅速的抬升，反向二极管  $D_{DST}$  被阻断， $I_{CHG}$  给电容  $C_{BLANK}$  充电。当  $C_{BLANK}$  两端的电压  $V_{DESAT}$  超过  $V_{DSTH}$  的时候，驱动芯片就检测到有短路发生而将驱动输出拉低从而关断外部的功率器件。图 2 显示了在短路发生时，DESAT 电流的流向。

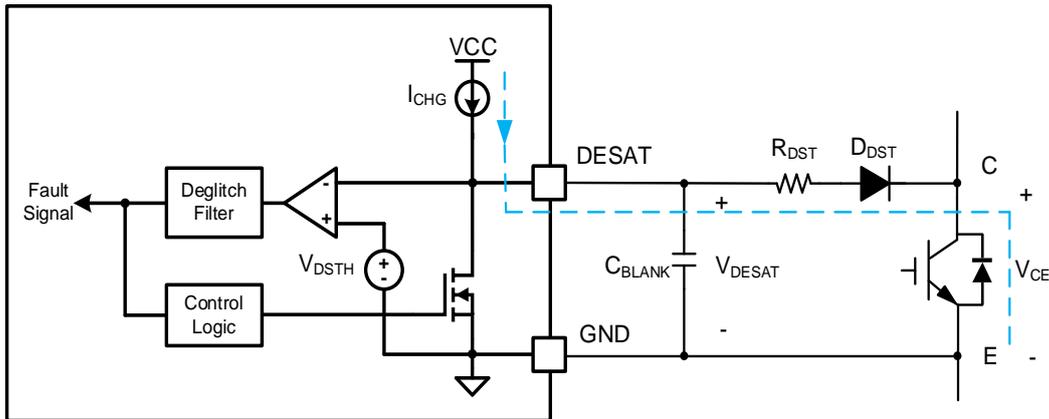


图 1. 功率器正常工作时 DESAT 电流的流向

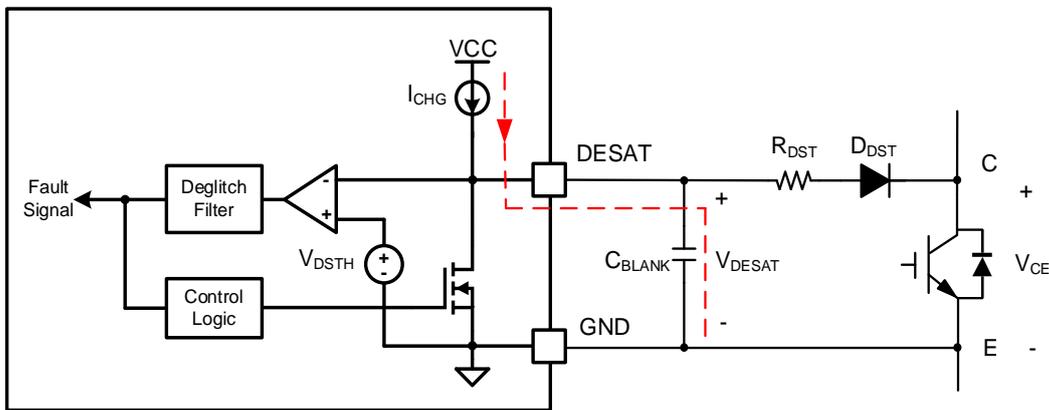


图 2. 功率器件短路时 DESAT 电流的流向

## DESAT 保护外围器件的设计

要用好 DESAT 保护功能，外围器件的设计非常重要，这里主要涉及到消隐时间和 DESAT 电压阈值。本文以 SiLM5992SHO 为例来说明具体的设计考量和计算。图 3 是 SiLM5992SH 的 DESAT 保护时序图。

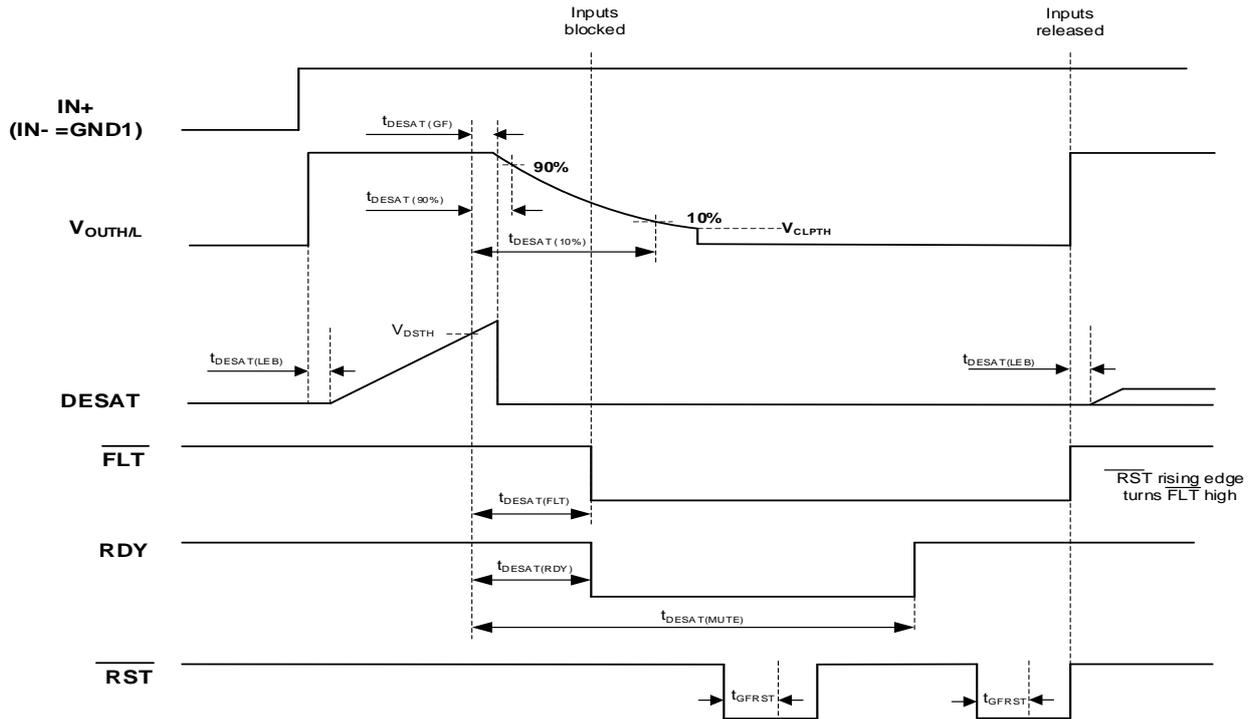


图 3. SiLM5992SH 的 DESAT 保护时序图

### 消隐时间 (Blank Time)

根据图 2 中的电路所示，消隐时间  $t_{BLANK}$  可以由以下公式得到

$$t_{BLANK} = \frac{C_{BLANK} \times V_{DSTH}}{I_{CHG}} \quad \text{公式 (1)}$$

其中  $t_{BLANK}$ : 消隐时间;  $C_{BLANK}$ : 接在 DESAT 和地之间的电容;  $V_{DSTH}$ : DESAT 阈值电压;  $I_{CHG}$ : DESAT 充电电流  
表 1 给出了以 SiLM5992SH 为例，在图 1 中不同  $C_{BLANK}$  下的消隐时间，其中  $V_{DSTH}=9V$ ,  $I_{CHG}=480\mu A$ 。

表 1. 图 1 在不同  $C_{BLANK}$  下的消隐时间

$C_{BLANK}$	56pF	100pF	220pF	270pF	470pF	560pF
$t_{BLANK}$	1.1 $\mu s$	1.9 $\mu s$	4.1 $\mu s$	5.1 $\mu s$	8.8 $\mu s$	10.5 $\mu s$

图 4 是在  $C_{BLANK}=270pF$  时，实测的 DESAT 脚上的波形，消隐时间  $t_{BLANK}=5.7\mu s$ ，跟计算值基本一致（考虑到寄生电容以及误差）。



图 4.  $C_{BLANK}=270\text{pF}$  时 DESAT 脚上的波形,  $t_{BLANK}=5.7\mu\text{s}$

不同功率管的短路耐受时间是不同的。一般来说，IGBT 的短路耐受时间在  $10\mu\text{s}$  以内，而 SiC 的短路耐受时间要控制在  $3\mu\text{s}$  以内。

从表 1 可以看到，如果消隐时间要短，所用的  $C_{BLANK}$  的电容量就要小。如果  $C_{BLANK}$  太小，DESAT 脚就容易受噪声的影响而导致误触发。

为了得到短的消隐时间，同时又能用比较大的  $C_{BLANK}$  电容提高抗噪能力，可以采用图 5 这样的应用电路。通过在 DESAT 脚上拉一个电阻  $R_{CHG}$  到电源  $V_{CC}$  来增大对  $C_{BLANK}$  的充电电流，从而在  $C_{BLANK}$  电容比较大的情况下得到较小的消隐时间。具体的消隐时间  $t_{BLANK}$  均可以由下面的公式 (2) 得到。

$$t_{BLANK} = -C_{BLANK} \times R_{CHG} \times \ln\left(1 - \frac{V_{DSTH}}{V_{CC} + I_{CHG} \times R_{CHG}}\right) \quad \text{公式 (2)}$$

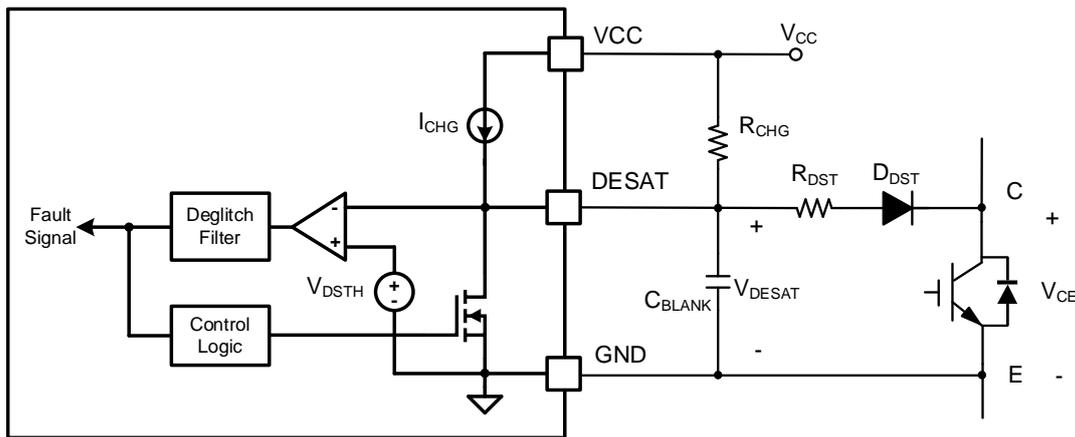


图 5. 用辅助电阻  $R_{CHG}$  的 DESAT 保护电路

表 2. 图 5 在  $V_{CC}=15\text{V}$  和  $R_{CHG}=9.1\text{k}\Omega$  时不同  $C_{BLANK}$  下的消隐时间

$C_{BLANK}$	220pF	270pF	470pF	560pF	1000pF	1200pF
$t_{BLANK}$	1.3 $\mu\text{s}$	1.5 $\mu\text{s}$	2.7 $\mu\text{s}$	3.2 $\mu\text{s}$	5.7 $\mu\text{s}$	6.8 $\mu\text{s}$

图 6 是  $V_{CC}=15V$ ,  $R_{CHG}=9.1k\Omega$ ,  $C_{BLANK}=270pF$  时 DESAT 脚上的波形，实测消隐时间  $t_{BLANK}=1.68\mu s$ ，跟计算值基本一致（考虑到寄生电容以及误差）。

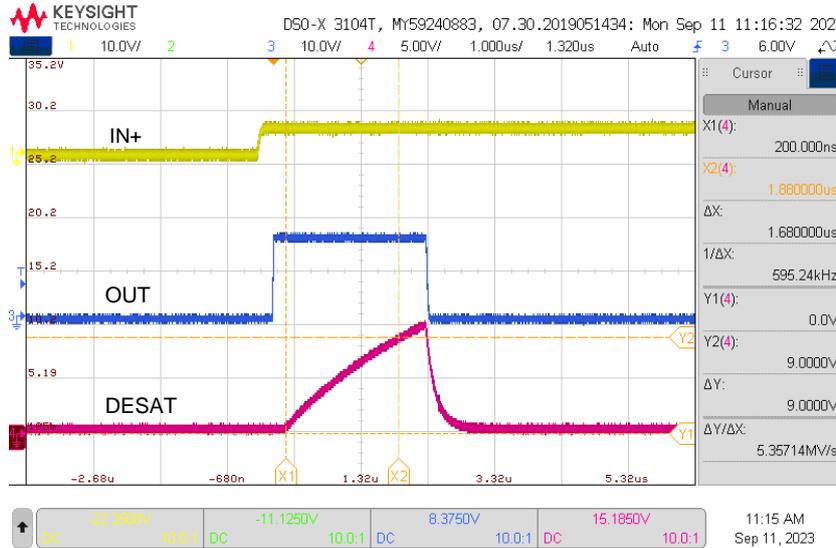


图 6.  $V_{CC}=15V$ ,  $R_{CHG}=9.1k\Omega$ ,  $C_{BLANK}=270pF$  时 DESAT 脚上的波形， $t_{BLANK}=1.68\mu s$

实际的 DESAT 短路响应时间还要考虑驱动芯片本身内部在 DESAT 脚上做的抗噪消隐时间  $t_{DESAT(LEB)}$  和  $t_{DESAT(GF)}$ 。功率器件短路保护总的响应时间为： $t_{DESAT\_TOT} = t_{BLANK} + t_{DESAT(LEB)} + t_{DESAT(GF)}$

$t_{DESAT(LEB)}$ :  $V_{OUT}$  的上升沿到 DESAT 开始充电的时间

$t_{DESAT(GF)}$ : DESAT 阈值的防抖时间

在 SiLM5992SH 中， $t_{DESAT(LEB)}=250ns$ ， $t_{DESAT(GF)}=150ns$ 。

所以在上面的例子中，实际的短路保护时间  $t_{DESAT\_TOT} = 1.68\mu s + 250ns + 150ns = 2.08\mu s$

## DESAT 电压阈值

退饱和和电压阈值要根据所选的功率管来选定，功率管选定后再来选择相应驱动器的退饱和和阈值电压。比如在 SiLM5992SH 中的退饱和阈值是 9V。当然也可用通过外围的器件来调整实际工作的退饱和和电压阈值。

实际在功率管 CE 两端的退饱和电压  $V_{CE\_DESAT} = V_{DSTH} + I_{CHG} \times R_{DST} + V_{F\_DST}$  公式 (3)

其中， $V_{F\_DST}$  是二极管  $D_{DST}$  的前向电压。可以通过串接多个二极管的方式来调整  $V_{CE\_DESAT}$  的值。如图 7 中就是串联两个二极管来改变退饱和的阈值。需要注意的是，这里的反向二极管  $D_{DST}$  是需要快恢复的高压二极管，其耐压至少要比在功率管 CE 间的电压大。

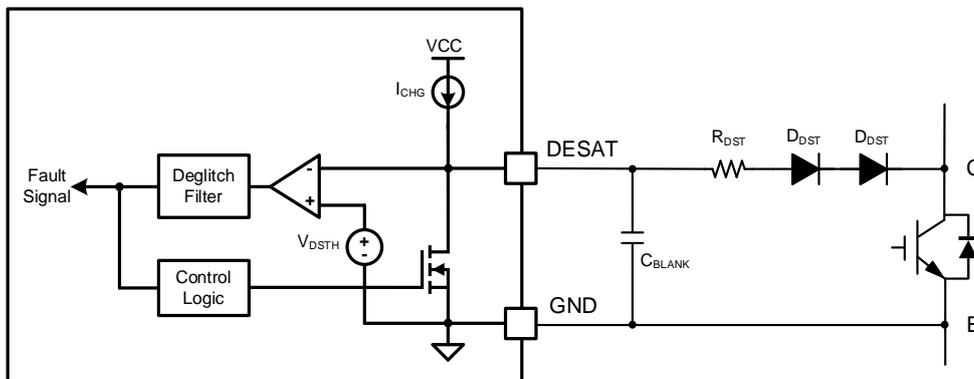


图 7. 串接二极管来改变退饱和和电压阈值

从公式（3）中可以看出， $I_{CHG}$  流过  $R_{DST}$  的电压也会影响实际的退饱和阈值电压，所以在选择  $R_{DST}$  的时候也要考虑它对退饱和电压阈值的影响。

串联  $R_{DST}$  的一个主要目的是用  $R_{DST}$  来限制流经 DESAT 的电流，防止在 CE 间有大的震荡，特别是有负压出现时对 DESAT 脚损坏。 $R_{DST}$  的值一般在  $100\Omega$  到  $1k\Omega$ 。

### 其他考虑

在发生短路的时候，功率管两端的电压有可能会发生振幅比较大的震荡，这时 DESAT 管脚处的电压可能会被干扰，其电压可能会出现比较低的负电压或者正电压超过  $V_{CC}$  的供电电压。在这种情况下，可以在 DESAT 管脚处对 GND 和  $V_{CC}$  分别加肖特基二极管来做钳位以保护 DESAT 管脚，具体如图 8。

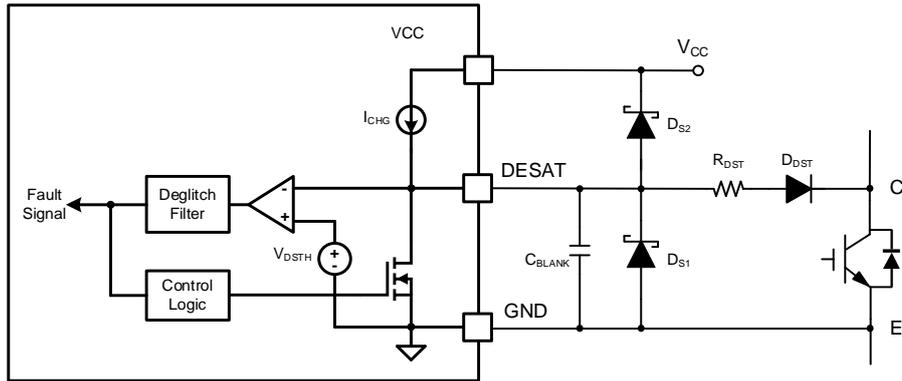


图 8. DESAT 脚用二极管做钳位保护

## 总结

驱动芯片的退饱和和保护功能提供了一种功率器件短路保护的方法。为了能够有效的保护功率器件，需要对 DESAT 的外围电路进行有效的的设计，满足不同功率器件的短路耐受时间和退饱和阈值电压。同时为了预防在短路情况下的恶劣工况，必要时需要对 DESAT 脚做好钳位保护。

## 参考资料

1. [SiLM5992SH 数据手册](#)