

## SIC MOSFET 驱动电路设计概述

### 一、SIC MOSFET的特性

- 1、导通电阻随温度变化率较小，高温情况下导通阻抗很低，能在恶劣的环境下很好的工作。
- 2、随着门极电压的升高，导通电阻越小，表现更接近于压控电阻。
- 3、开通需要门极电荷较小，总体驱动功率较低，其体二极管 $V_f$ 较高，但反向恢复性很好，可以降低开通损耗。
- 4、具有更小的结电容，关断速度较快，关断损耗更小。
- 5、开关损耗小，可以进行高频开关动作，使得滤波器等无源器件小型化，提高功率密度。
- 6、开通电压高于SI器件，推荐使用 $V_{gs}$ 为18V或者20V，虽然开启电压只有2.7V，但只有驱动电压达到18V~20V时才能完全开通。
- 7、误触发耐性稍差，需要有源钳位电路或者施加负电压防止其误触发。

## 2 Electrical characteristics

( $T_{CASE} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  unless otherwise specified).

**Table 3. On/off states**

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source breakdown voltage	$V_{GS} = 0\text{ V}, I_D = 1\text{ mA}$	650			V
$I_{DSS}$	Zero gate voltage drain current	$V_{DS} = 650\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}$			10	$\mu\text{A}$
		$V_{DS} = 650\text{ V}, V_{GS} = 0\text{ V}, T_J = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$		10		
$I_{GSS}$	Gate-body leakage current	$V_{DS} = 0\text{ V}, V_{GS} = -10\text{ to }22\text{ V}$			$\pm 100$	nA
$V_{GS(th)}$	Gate threshold voltage	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\text{ }\mu\text{A}$	1.9	3.2	5	V
$R_{DS(on)}$	Static drain-source on-resistance	$V_{GS} = 18\text{ V}, I_D = 50\text{ A}$		18	24	m $\Omega$
		$V_{GS} = 18\text{ V}, I_D = 50\text{ A}, T_J = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$		30		

**Table 4. Dynamic**

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$C_{iss}$	Input capacitance	$V_{DS} = 400\text{ V}, f = 1\text{ MHz}, V_{GS} = 0\text{ V}$	-	3500	-	pF
$C_{oss}$	Output capacitance		-	350	-	pF
$C_{rss}$	Reverse transfer capacitance		-	53	-	pF
$Q_g$	Total gate charge	$V_{DD} = 400\text{ V}, I_D = 50\text{ A}, V_{GS} = 0\text{ V to }20\text{ V}$	-	160	-	nC
$Q_{gs}$	Gate-source charge		-	37	-	nC
$Q_{gd}$	Gate-drain charge		-	47	-	nC
$R_g$	Gate input resistance	$f = 1\text{ MHz}, I_D = 0\text{ A}$	-	1	-	$\Omega$

**Table 5. Switching energy (inductive load)**

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$E_{on}$	Turn-on switching energy	$V_{GS} = -5\text{ to }18\text{ V}, V_{DD} = 400\text{ V}, I_D = 50\text{ A}, R_G = 2.2\text{ }\Omega$	-	180	-	$\mu\text{J}$
$E_{off}$	Turn-off switching energy		-	200	-	
$E_{on}$	Turn-on switching energy	$V_{DD} = 400\text{ V}, I_D = 50\text{ A}, R_G = 2.2\text{ }\Omega, V_{GS} = -5\text{ to }18\text{ V}, T_J = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	-	150	-	
$E_{off}$	Turn-off switching energy		-	180	-	

图1 ST公司SIC MOSFET参数

## 2 Electrical characteristics

$T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise specified

Table 4: Static characteristics

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{(BR)CES}$	Collector-emitter breakdown voltage	$V_{GE} = 0\text{ V}$ , $I_C = 250\text{ }\mu\text{A}$	650			V
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter saturation voltage	$V_{GE} = 15\text{ V}$ , $I_C = 120\text{ A}$		1.65	2.15	V
		$V_{GE} = 15\text{ V}$ , $I_C = 120\text{ A}$ , $T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$		1.95		
		$V_{GE} = 15\text{ V}$ , $I_C = 120\text{ A}$ , $T_J = 175\text{ }^\circ\text{C}$		2.1		
$V_F$	Forward on-voltage	$I_F = 120\text{ A}$		1.9	2.6	V
		$I_F = 120\text{ A}$ , $T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$		1.7		
		$I_F = 120\text{ A}$ , $T_J = 175\text{ }^\circ\text{C}$		1.6		
$V_{GE(th)}$	Gate threshold voltage	$V_{CE} = V_{GE}$ , $I_C = 2\text{ mA}$	5	6	7	V
$I_{CES}$	Collector cut-off current	$V_{GE} = 0\text{ V}$ , $V_{CE} = 650\text{ V}$			100	$\mu\text{A}$
$I_{GES}$	Gate-emitter leakage current	$V_{CE} = 0\text{ V}$ , $V_{GE} = \pm 20\text{ V}$			$\pm 250$	$\mu\text{A}$

Table 5: Dynamic characteristics

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$C_{ies}$	Input capacitance	$V_{CE} = 25\text{ V}$ , $f = 1\text{ MHz}$ , $V_{GE} = 0\text{ V}$	-	11	-	nF
$C_{oes}$	Output capacitance		-	0.61	-	
$C_{res}$	Reverse transfer capacitance		-	0.25	-	
$Q_g$	Total gate charge	$V_{CC} = 520\text{ V}$ , $I_C = 120\text{ A}$ , $V_{GE} = 0\text{ to }15\text{ V}$ (see Figure 30: "Gate charge test circuit")	-	420	-	nC
$Q_{ge}$	Gate-emitter charge		-	90	-	
$Q_{gc}$	Gate-collector charge		-	160	-	

图2 ST公司IGBT参数

### 二、SIC MOSFET对驱动的要求

- 1、触发脉冲有比较快的上升速度和下降速度，脉冲前沿和后沿要陡。
- 2、驱动回路的阻抗不能太大，开通时快速对栅极电容充电，关断时栅极电容能够快速放电。
- 3、驱动电路能够提供足够大的驱动电流
- 4、驱动电路能够提供足够大的驱动电压，减小SIC MOSFET的导通损耗。
- 5、驱动电路采用负压关断，防止误导通，增强其抗干扰能力。

6、驱动电路整个驱动回路寄生电感要小，驱动电路尽量靠近功率管。

7、驱动电路峰值电流 $I_{max}$ 要更大，减小米勒平台的持续时间，提高开关速度。

### 三、SIC MOSFET驱动电路设计

对于有IGBT驱动电路设计经验的工程师来说，SIC MOSFET驱动电路的设计与IGBT驱动电路的设计类似，可以在原来的驱动电路上进行修改参数进行设计。

#### 驱动电源的设计

SIC MOSFET电源的设计，根据其特性，需要有负压关断和相比SI MOSFET较高的驱动电压，一般设计电源为  $-6V \sim +22V$ ，根据不同厂家的不同Datasheet大家选择合适的电源正负电压的设计，这里只给出一个笼统的设计范围。可以将IGBT模块驱动电源进行稍微修改使用在这里，比如，特斯拉在分立IGBT和SIC IGBT上都是用反激电源，具体电路参考历史文章中对特斯拉Model S与Model 3的硬件对比分析中，也可以使用电源模块，比如国内做的比较好的金升阳的电源模块，可以降低设计难度，但成本也会相应的升高。

#### 驱动电路的设计

驱动芯片，英飞凌和ST都有相应的驱动芯片，并且原来英飞凌用于IGBT驱动的1ED系列和2ED系列都可以用在SIC MOSFET的驱动电路，如下图所示，英飞凌对SIC MOSFET驱动IC的介绍，具体的参数朋友们可以参考英飞凌的Datasheet（注：不是在为谁打广告，因为经常用英飞凌的产品，比较熟悉就拿出来对比）。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/140018.html>