

极限参数 (Ta=25°C)

符号	含义	参数	单位
$V_S \text{ MAX.}$	原边电源电压最高值	+16	V
$I_S \text{ MAX.}$	原边电源电流的最大值	230	mA
$P_{\text{DC/DC}}$	DC/DC 隔离电源输出的总功率	3	W
V_{in}	最高 PWM 输入电平 ($V_{\text{in L}}$; $V_{\text{in O}}$)	$V_S+0.7$	V
V_{IH}	最高逻辑信号输入电压 (外部故障信号)	$V_S+0.7$	V
I_{OC}	最大逻辑信号输出电流 (集电极开路输出)	10	mA
I_{outAV}	每通道输出的平均电流	60	mA
I_{outPEAK}	每通道输出的峰值电流	± 8	A
V_{CES}	IGBT 集电极 - 发射极电压 PSHI 0330 PSHI 0330 Pro	1200 1700	V
$V_{\text{isol IO}}$	输入 - 输出隔离电压 (1 minute.AC) PSHI 0330 PSHI 0330 Pro	5000 8000	V
$V_{\text{isol AB}}$	外侧输出 - 内侧输出间的隔离电压 (1 minute.AC) PSHI 0330 PSHI 0330 Pro	4000 5000	V
$R_{\text{Gon/off min}}$	最小门极开通 / 关断电阻	3	Ω
$Q_{\text{out/pulse}}$	输出电荷	± 8	μC
dv/dt	电压变化率	75	$\text{KV}/\mu\text{s}$
$f_{\text{sw max}}$	最高工作频率	100	kHz
T_{op}	工作温度	-40...+85	$^{\circ}\text{C}$
T_{stg}	储存温度	-45...+85	$^{\circ}\text{C}$

电气参数 (Ta=25°C)

符号	含义	参数				单位
		Min.	Typ.	Max.	推荐值	
V_S	原边电源电压	14.5	15	15.5	15	V
I_S	原边空载电流 $f_{\text{sw}}=0$ $f_{\text{sw}}=20\text{kHz}$ $f_{\text{sw}}=50\text{kHz}$		70 90 100			mA
$V_{\text{IT+}}$	输入高电平门檻: 15V 电平	12				V
$V_{\text{IT-}}$	输入低电平门檻: 15V 电平			4.5		V
R_{in}	输入阻抗		33			$\text{k}\Omega$
$V_{\text{G(on)}}$	门极开通电压		+15			V
$V_{\text{G(off)}}$	门极关断电压		-9			V
$t_{\text{d(on)IO}}$	开通信号输入 - 输出延时		350			ns
$t_{\text{d(off)IO}}$	关断信号输入 - 输出延时		350			ns
$t_{\text{d(err)}}$	故障信号返回延时 V_{CE} 故障发生 - 错误信号输出		110			ns
t_{md}	窄脉冲抑制		100			ns
V_{CEstat}	V_{CE} 监测参考电压 V_{CE} 电压 = 1700V V_{CE} 电压 = 1200V	2		6.8	6.2 5.3	V
V_{Level}	逻辑电平 (外部故障输入; 复位信号; 模式选择)		+8		+15	V
t_{pReset}	V_{in} 输入双低自动复位时间		20			μs
C_{PS}	一二次之间的分布电容		8			pf

驱动器内部的核心芯片组 (ASICs) 及功率输出级器件均为静电敏感的 MOS 工艺器件, 虽然我们在驱动器的各个端口都做了 ESD 保护, 但在使用过程中仍然需要特别注意, 谨防静电危害!



POWER-SEM 3-level IGBT Driver

PSHI 0330 PSHI 0330 Pro

三电平专用 IGBT 驱动器

特点

- 基于 ASIC 芯片组设计的 3 电平 IGBT 驱动器
- 为 600V, 1200V 及 1700V 全系列 IGBT 设计
- 用于驱动上桥臂 (或下桥臂) 双路 IGBT
- 集成控制信号时序管理
- 监测 V_{CEstat} 提供短路及过流保护
- 纳米非晶变压器隔离
- 电源欠压保护 (<12.5V 保护)
- 门极电压监控
- 时序时间外部可调
- 内置驱动用 DC/DC 隔离电源
- 最大 $\pm 8\text{A}$ 峰值电流输出
- IGBT 门极驱动电压 +15V/-9V
- 350ns 信号转换时间
- 110ns 故障信号回馈时间
- 100ns 窄脉冲抑制消除射频干扰
- 最高工作频率 100kHz
- 具备故障连锁功能, 低电平有效
- 原边 - 付边的空气间隙距离 39mm

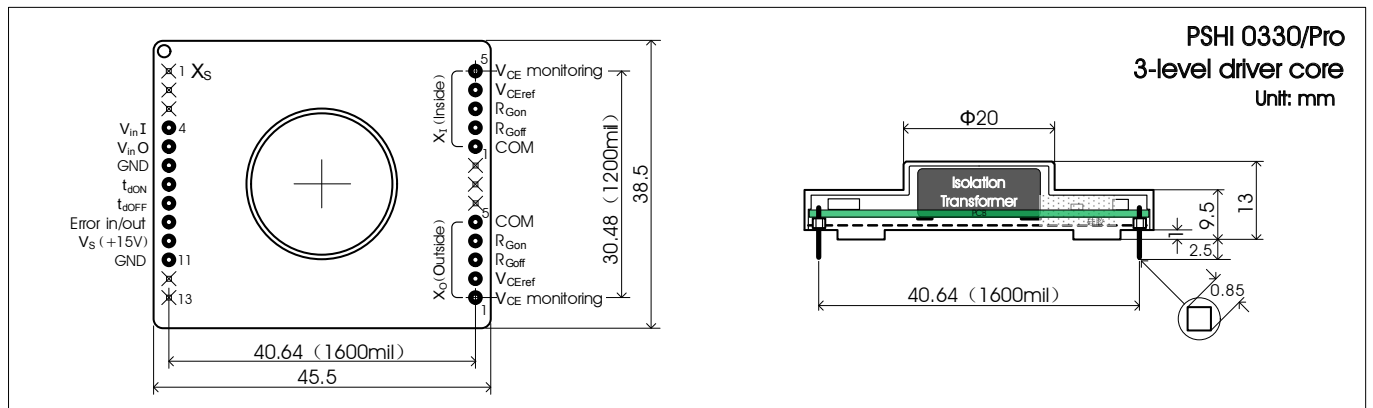
应用

- 二极管钳位型 3 电平拓扑
- 双 PWM 控制 3 电平拓扑
- SVG
- 变频器
- 光伏逆变器
- 大功率 UPS
- 大功率高频开关电源

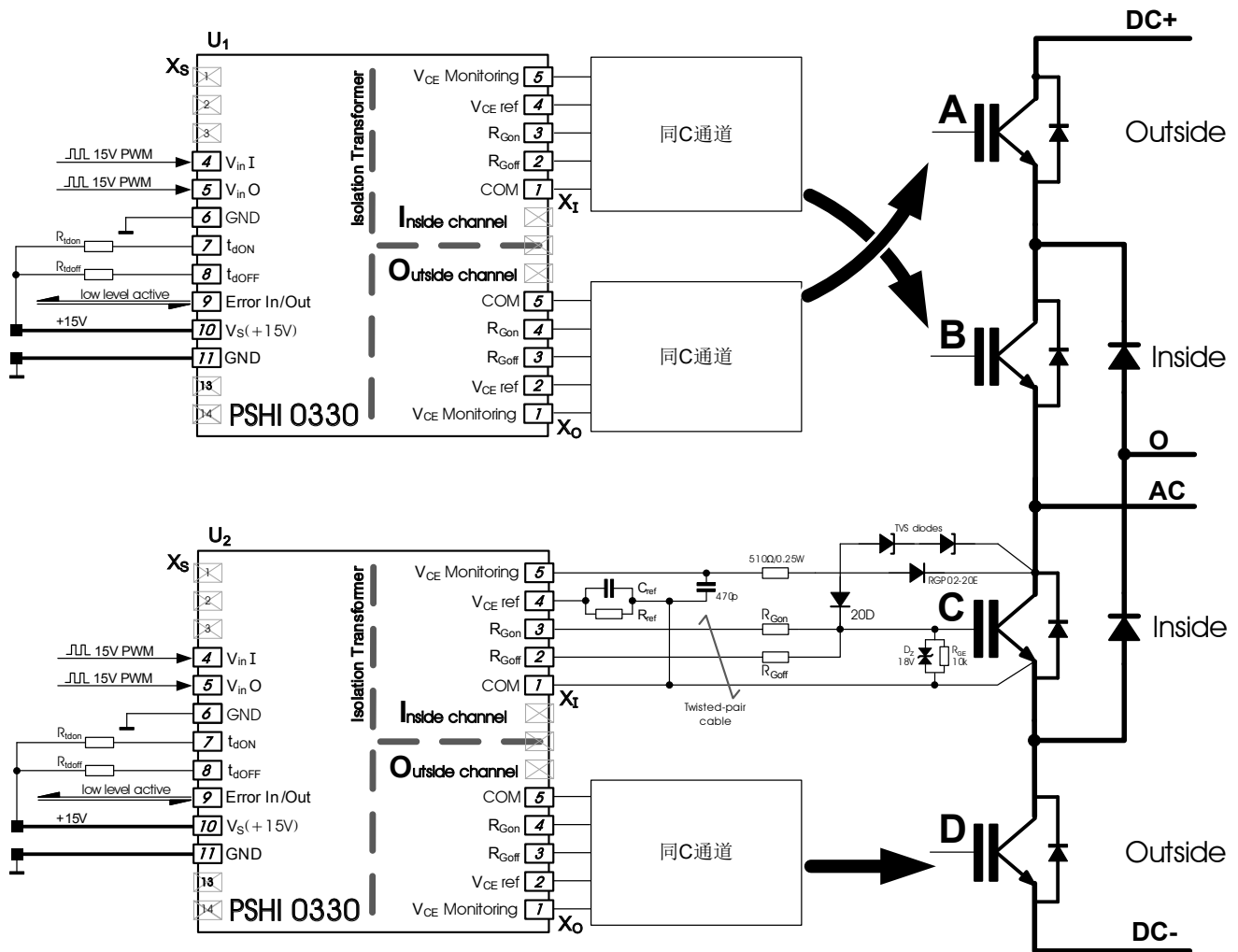
引脚功能与定义

原边			付边		
引脚	符号	功能	引脚	符号	功能
X _S ,1	N.C	空脚（没有引脚）	X _I ,5	V _{CE} Monitoring	内侧通道 V _{CE soft} 监测输入端 通过隔离二极管接 IGBT 集电极 C
X _S ,2			X _I ,4	V _{CE} ref	内侧通道 V _{CE ref} 曲线设置端 通过外接的 R, C 网络设置
X _S ,3			X _I ,3	R _{Goff}	内侧通道 IGBT 门极关断信号输出端 通过门极电阻 R _{Goff} 连接到 IGBT 门极 G
X _S ,4	V _{in} I	内侧 IGBT 控制信号输入端	X _I ,2	R _{Gon}	内侧通道 IGBT 门极开通信号输出端 通过门极电阻 R _{Gon} 连接到 IGBT 门极 G
X _S ,5	V _{in} O	外侧 IGBT 控制信号输入端	X _I ,1	COM	内侧通道模拟地，直接连接到 IGBT 的发射极 E
X _S ,6	GND	电源地及信号地	N.C	N.C	空脚（没有引脚）
X _S ,7	t _{dON}	外侧 IGBT 开通延时时间设置端			
X _S ,8	t _{dOFF}	内侧 IGBT 关断延时时间设置端			
X _S ,9	Error In/Out	错误信号输入/输出端 集电极开路输出，低电平有效	X _O ,5	COM	外侧通道模拟地，直接连接到 IGBT 的发射极 E
X _S ,9	V _S	驱动器供电电源，+15V	X _O ,4	R _{Goff}	外侧通道 IGBT 门极关断信号输出端 通过门极电阻 R _{Goff} 连接到 IGBT 门极 G
X _S ,11	GND	电源地及信号地	X _O ,3	R _{Gon}	外侧通道 IGBT 门极开通信号输出端 通过门极电阻 R _{Gon} 连接到 IGBT 门极 G
X _S ,12	N.C	空脚（没有引脚）	X _O ,2	V _{CE} ref	外侧通道 V _{CE ref} 曲线设置端 通过外接的 R, C 网络设置
X _S ,13			X _O ,1	V _{CE} Monitoring	外侧通道 V _{CE soft} 监测输入端 通过隔离二极管接 IGBT 集电极 C

外形及安装尺寸示意图



引脚排列与典型应用：



PSHI 0330 /Pro 引脚排列与典型应用示意图（输出侧只画出一个通道）

一、产品简介

PSHI 0330 IGBT 驱动器是针对二极管钳位型 3 电平拓扑设计的 V_{CE} 电压为 1200V; 额定电流 150A 以下的智能型通用大功率 IGBT 驱动核; PSHI 0330 Pro IGBT 驱动器是专为二极管钳位型 3 电平拓扑设计的 V_{CE} 电压为 1700V; 以下的智能型通用大功率 IGBT 驱动核;

驱动器核心采用 DMOS 工艺的专用芯片组 (ASICs) 设计, 外围简单, 体积小, 使用灵活, 性价比高。驱动器采用高分子硅胶整体真空灌封, 做到防水、防尘、防震及防盐雾, 适应恶劣环境。驱动器集成控制信号时序管理, 可靠驱动三电平拓扑上桥臂 (或下桥臂) 的二只 IGBT。驱动器具有很强的适应能力, 只需改变外接的几个参数及简单调整 IGBT 门极电阻 R_G 的值即可驱动不同型号的 IGBT。

驱动器以内置的开关时序控制三电平拓扑上桥臂 (或下桥臂) 二只 IGBT 的开通和关断顺序, 避免 IGBT 因控制信号异常 (如程序跑飞) 所可能发生的内侧 IGBT 过电压危害。提升三电平拓扑系统的可靠性同时也使信号控制变得简单, 易实现。为了提供高抗干扰能力, 控制信号采用 +15V 电平, 整个逻辑处理同样用 +15V 电压完成。

驱动器可以简单实现以二电平的控制信号直接驱动三电平拓扑的上桥臂 (下桥臂) 二只 IGBT, 其作用相当于二只 IGBT 直接串联的应用, 由于时序死区的干预使得二电平控制信号的所有状态均为三电平拓扑的有效控制信号, 不必考虑串联应用的信号一致性。

驱动器内部集成的变压器分三个部分: 两个脉冲变压器和双通道的 DC-DC 隔离开关电源。DC/DC 电源原付边之间最高可以承受交流 8kV/1 分钟 (PSHI 0330 Pro) 的高隔离电压, 使得控制侧免受来自付边侧的高电压损害, 确保控制侧的安全。DC-DC 电源的原边 +15V 电源可以直接来自控制系统, 多块驱动器可以共用一个 +15V 电源, 无需隔离 (考虑 IGBT 门极电压的一致性, 建议使用同一个 +15V 电源供电)。开关信号经过编码后通过纳米非晶变压器来传输, dv/dt 高达 75kV/ μ s, 具有很强的抗干扰能力。

二，系统构成与应用

2.1 信号电平

驱动器的控制信号输入 V_{in} 为 15V 电平，输入电平最高值为 $V_s+0.7V$ ；输入阻抗均为 33k Ω 。输入级内置的施密特触发器翻转阈值分别为：

V_{IN}	V_{IT+} (High)	V_{IT-} (Low)
15V input level	12V	4.5V

驱动器为正逻辑控制，即**输入高电平时 IGBT 开通；输入低电平时 IGBT 关断**。

驱动器内置窄脉冲抑制电路，小于 100ns 的窄脉冲将被抑制。

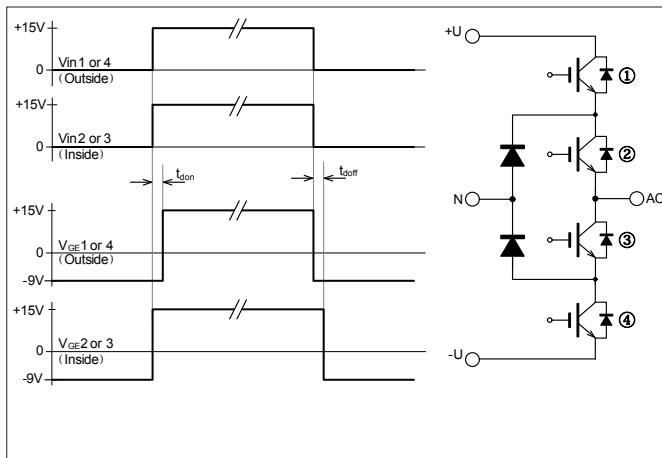
控制器与驱动器之间的连接线要尽可能的短，如果连接线较长建议使用屏蔽电缆连接或外接干扰抑制网络。

2.2 时序管理

驱动器内置控制信号时序管理可确保内侧 IGBT 先开后关。

当开通信号到来时，驱动器先输出内侧 IGBT 的门极开通信号，经过 t_{dON} 开通延时而再输出外侧 IGBT 的门极开通信号，避免内侧 IGBT 过压损坏。

当关断信号到来时，驱动器先输出外侧 IGBT 的门极关断信号，经过 t_{dOFF} 关断延时而再输出内侧 IGBT 的门极关断信号，避免内侧 IGBT 过压损坏。如下图所示



驱动器默认的开通延时 t_{dON} 及关断延时 t_{dOFF} 均为 2.2 μs ，用户可以通过 $X_{s,7}$ 、 $X_{s,8}$ 针脚对 GND ($X_{s,6}$ 针脚) 外接电容 C_{Id} 来增加该值；对 V_s ($X_{s,10}$ 针脚) 外接电阻 R_{Id} 来减小该值。对应关系如表 2.2

C_{Id}	t_d	R_{Id}	t_d
--	2.2 μs	--	2.2 μs
10 pF	2.5 μs	150 k Ω	1.75 μs
22 pF	3.0 μs	100 k Ω	1.5 μs
33 pF	3.5 μs	75 k Ω	1.3 μs
47 pF	4.5 μs	51 k Ω	1.1 μs

表 2.2 开通、关断的延时时间 t_d 与 C_{Id} 及 R_{Id} 的对应关系

2.3 逻辑电平及故障管理

故障电平：

外部故障输入/输出电平的最高值为 $V_s+0.7V$ ，翻转阈值为 8V，低电平有效。利用现有的 +15V 做逻辑信号非常合适。

故障复位：

故障自动复位，故障后驱动器将所有 IGBT 关断并在 20 μs 后自动复位，故障信号的最小脉冲宽度为 20 μs 。

故障管理：

驱动器可以监测到 IGBT 的短路、过流、原边供电电源欠压故障

及付边门极驱动信号的输出电压欠压故障。

如果驱动器通过 V_{CEsat} 监测到过电流故障则驱动器立即通过时序管理顺序关断所有 IGBT，并通过 "Error In/Out" 端口 ($X_{s,9}$ 针脚) 向外部输出一个**低电平故障**信号。“故障记忆”电路封锁所有脉冲输出并在 20 μs 后复位。“Error In/Out”端口 ($X_{s,9}$ 针脚) 的故障输出为集电极开路输出，内置 50k Ω 上拉电阻，最大灌入电流为 10mA，多块驱动器可共用一条故障输出线路，外部无需上拉电阻。

另外，“Error In/Out”端口同时也是外部故障的输入端，阈值为 8V，当 "Error In/Out" 端口 ($X_{s,9}$ 引脚) 接收到外部输入的低电平故障信号时，驱动器立即按时序封锁所有驱动信号输出。外部故障输入不会激活“故障记忆”，当外部故障信号消失后封锁自动解除。多块驱动器的 $X_{s,9}$ 引脚可以连接到一起用来实现故障同步。

注意！当 "Error In/Out" 端口的外部（控制器）上拉电平低于 12V 时（例如 5V），"Error In/Out" 端口到控制器需要外接一只二极管做电平隔离。否则，驱动器 "Error In/Out" 端口的外部故障输入功能被激活并封锁所有驱动信号。如果上拉电平为 15V，则直接连接，无需隔离。如图 2.3a

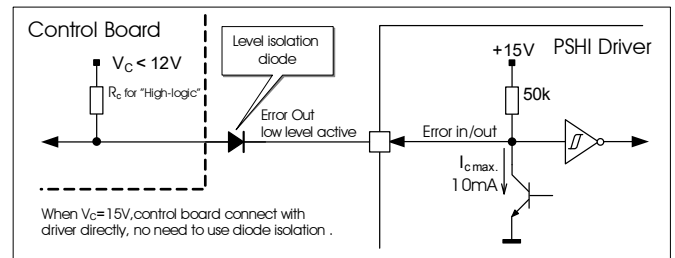


图 2.3a 外部上拉电平低于 8V 时的连接

不论是外部故障输入或驱动器内部故障输出，驱动器都要按时序关断所有 IGBT。

故障时驱动器关断时序如图 2.3b 所示

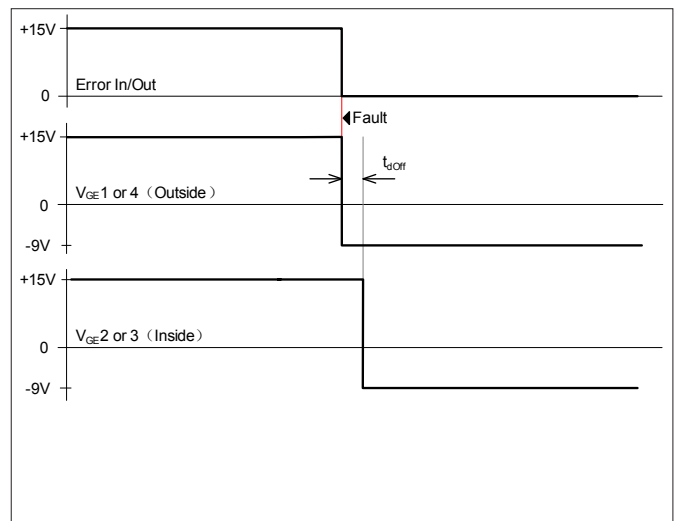


图 2.3b 故障时驱动器关断时序示意图

2.4 电源

PSHI 0330 内部集成了一个双路 DC-DC 隔离电源，可以产生驱动 IGBT 所需要的 +15V/-9V 付边电压。因此驱动器只需要一个 +15V 的供电电源。

PSHI 0330 具备供电电源欠压监测及 IGBT 门极电压监控功能。如果这些电压低于 +12.5V，驱动器将产生一个故障信号按时序关断所有 IGBT，同时通过 "Error In/Out" 端口 ($X_{s,9}$ 引脚) 向外部发出一个低电平的故障信号。

2.5 IGBT 的连接

PSHI 0330 通过内置的时序管理驱动上桥臂（或下桥臂）的二个 IGBT。在计算门极电流时还需要把 IGBT 内部的门极电阻考虑进去，因为许多大功率 IGBT 内部已经集成了一个门极电阻 R_{Gintem} （参考 IGBT 说明），只简单地通过外部门极电阻来计算门极电流是不实际的。

驱动功率和峰值电流的近似值可以由以下公式得出：

$$P_G = f_{sw} \times \Delta V_{GE}^2 \times C_{ies} \times 3$$

$$P = P_G + P_S$$

$$I_{GMAX} = \frac{\Delta V_{GE}}{R_{Gmin}}$$

f_{sw} ：开关频率

C_{ies} ：IGBT 门极输入电容

P_S ：驱动器的功耗

ΔV_{GE} ：门极电压差

$R_{Gmin} = R_{Gextem} + R_{Gintem}$

驱动器的最高开关频率和平均电流的近似值可以由以下公式得出：

$$f_{swmax} = \frac{I_{outAV} (mA)}{Q_G (\mu C)}$$

f_{swmax} ：最高开关频率

I_{outAV} ：驱动器单路的平均电流

Q_G ：门极电压差 ΔV_{GE} 下的 IGBT 门极总电荷

门极的连接：

IGBT 门极通过外部门极电阻 R_{GON} 及 R_{GOFF} 分别连接到驱动器的 $R_{Gon}(X_{1,3}; X_{0,4})$ 及 $R_{Goff}(X_{1,2}; X_{0,3})$ 引脚。IGBT 的辅助发射极与驱动器的模拟地 COM (引脚 $X_{1,1}; X_{0,6}$) 输出直接连接。驱动器门极输出的开通电压 V_{GE} 为 +15V，关断电压为 -9V，外部门极电阻 R_G 要根据所驱动的 IGBT 参数做相应选择（参考 IGBT 厂家所提供的 datasheet）。

除门极电阻 R_G 之外，还要有一个门极 - 发射极电阻 R_{GE} 及门极电压箝位电路。推荐 R_{GE} 电阻值为 10k Ω ，门极箝位由击穿电压为 18V 的齐纳二极管或双向抑制二极管 TVS 实现。这些二极管可以保证 IGBT 门极电压不会因为存在寄生效应（例如米勒效应）而大幅上升。驱动器到 IGBT 门极的连接线推荐使用双绞线连接，并且应尽可能的短（一般不要超过 200mm）。另外建议把门极电阻 R_G 、电压箝位二极管 D_z 及门极 - 发射极的电阻 R_{GE} 放置在一小块 PCB 上，门极 PCB 尽可能紧挨着 IGBT 安装。

一般来说驱动 IGBT 需要二个门极电阻 R_{Gon} 及 R_{Goff} 用来分别控制门极驱动信号的上升沿和下降沿，控制 IGBT 开通和关断的 di/dt 或 dv/dt，如图 2.5a 所示。

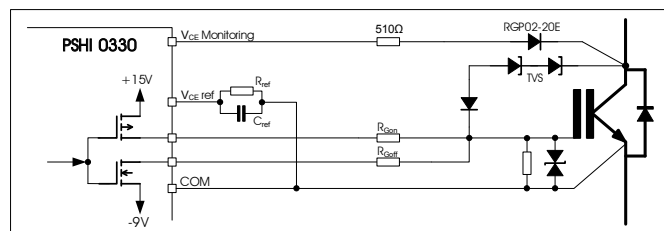


图 2.5a 门极 集电极连接示意图

如果只需要一个门极电阻 R_G ，建议在靠近驱动器侧各接一个内置的 0.5 Ω -1 Ω 的小阻值门极电阻 R_{Gonint} 和 $R_{Goffint}$ ，以降低驱动器内部功率管的开关损耗，如图 2.5b 所示。

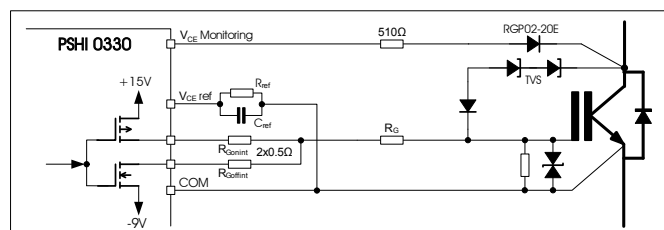


图 2.5b 门极 集电极连接示意图

集电极的连接：

V_{CEsat} 监控

" V_{CEsat} 监控电路" 负责 IGBT 短路（过流）监测，它在 IGBT 处于导通状态时监测 IGBT 的集电极 - 发射极电压 V_{CEsat} ， V_{CEsat} 监控端（引脚 $X_{1,5}; X_{0,1}$ ）通过一个超快速高反向耐压的隔离二极管 (GRPO2-20E) 连接到 IGBT 的集电极 C，直接测量 V_{CEsat} 来实现对短路（过流）故障的监测。当 IGBT 发生短路（过流）时， V_{CEsat} 监控电路立即发送一个故障信号到原边侧的故障记忆电路，并通过“过电压尖峰抑制”电路监控 IGBT 的关断过程。

注意：由于隔离二极管的负极与高电压连接，建议负极用接线鼻子直接压接到 IGBT 的集电极 C 的端子上，并做好二极管（包括引脚）的绝缘处理。如果隔离二极管与门极电阻一起被安装在 IGBT 门极的 PCB 上面，必须注意隔离二极管的正极与负极之间及负极与其它元件之间的布线要有足够的隔离距离，以防爬电。

2.6 IGBT 短路（过流）与尖峰电压有源钳位

“尖峰有源钳位”电路。在短路（过流）情况下，IGBT 的峰值短路电流将增加到 IGBT 额定电流的 6-8 倍 ($V_{GE}=15V$)，由于电源回路总是存在着寄生电感，这时候关断 IGBT 必然会有比正常工作时更高的过电压尖峰出现，“尖峰有源钳位”电路通过外部的 TVS“过电压传感器”获得过电压尖峰信号并反馈到 IGBT 门极，滞缓 IGBT 关断速度，迫使 IGBT“软关断”来抑制电压过冲，以避免过高的电压尖峰给 IGBT 带来损害。

要使“过电压尖峰抑制”电路正常发挥作用，用户必须要根据 IGBT 的 V_{CE} 电压等级选择适当的“过电压传感器”来实现。齐纳二极管由于其反应速度慢一般不建议使用，TVS 的反应时间最快可达 10^{-11} 秒，用作“过电压传感器”比较合适。

击穿电压为 250V \times 2 适合 V_{CE} 电压为 600V 的 IGBT。

击穿电压为 250V \times 4 适合 V_{CE} 电压为 1200V 的 IGBT。

击穿电压为 350V \times 4 适合 V_{CE} 电压为 1700V 的 IGBT。

⚠ 由于 TVS 击穿电压值存在较大的离散性，强烈建议在完成后用晶体管图示仪校准 TVS 串的实际击穿电压值，阈值偏高失去保护意义；阈值偏低则会使 TVS 自身损耗及驱动器内部的软关断电阻功耗急剧增加，过高的温升可能会导致这些元件损坏。

2.7 参考曲线 V_{CEref}

参考电压 V_{CEref} 可以根据 IGBT 开关特性进行动态调整，当 IGBT 关断时该值被复位。 V_{CEref} 不是静态的，而是在 IGBT 导通瞬间开始大约从 15V 依照时间常数 τ (受 C_{ref} 控制) 以指数形式下降到 V_{CEstat} (由 R_{ref} 决定)。(参见图 2.7)

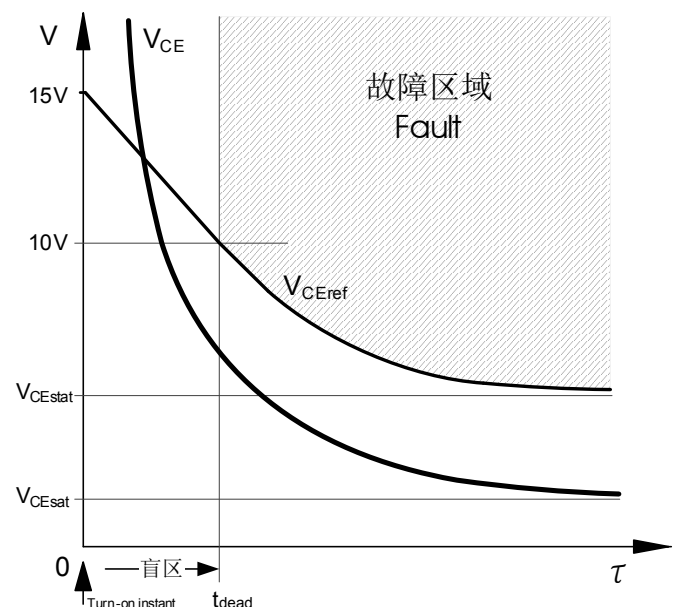


图 2.7 V_{CEstat} 电压监控曲线 V_{CEref} 及 IGBT 导通瞬间的 V_{CE} 电压波形示意图

V_{CEsat} 监测的阈值 V_{CEstat} 是 V_{CEref} 的稳态值，受电阻 R_{ref} 控制，可通过电阻 R_{ref} 来调整到 IGBT 所需要的最大值，正常状态下它的取值应为 $V_{CEstat} > V_{CEsat}$ ，最大不应超过 10V。 V_{CEref} 的延时时间受电容 C_{ref} 及电阻 R_{ref} 控制（见图 2.7），它控制 IGBT 导通后到 V_{CEsat} 监测启动之间的盲区时间 t_{dead} 。为了避免误报故障，在 IGBT 导通瞬间（这时的 $V_{CE} > V_{CEref}$ ）必须要为 V_{CEstat} 下降提供足够的盲区时间 t_{dead} 。因为 V_{CE} 信号监测的内部门槛电压被限定在 10V，当 V_{CEref} 下降到 10V 时（即离开监测盲区 t_{dead} 后）只要 $V_{CEstat} > V_{CEref}$ ，“ V_{CEstat} 监控电路”即被触发并发出故障信号。

调整盲区时间 t_{dead} 可以调整“ V_{CE} 监控电路”的响应灵敏度，通过调整电容 C_{ref} 的值可以延长或缩短监测盲区来实现。

PSHI 0330 驱动器内置的 V_{CEref} 参数（出厂默认值）为 $R_{ref}=33\text{ k}\Omega$ ； $C_{ref}=470\text{ pF}$ ，对应的 $V_{CEstat}=6.8\text{ V}$ ； $t_{dead}=4.8\mu\text{s}$ 。实际使用时可以在 V_{CEref} （引脚 $X_{1,4}$ ； $X_{O,2}$ ）与模拟地 COM（引脚 $X_{1,1}$ ； $X_{O,5}$ ）之间外接相应的 R_{ref} 、 C_{ref} 与内部的电阻及电容并联来获得合适的 V_{CEref} 参数。如图 2.5

驱动 V_{CE} 电压为 600V 的 IGBT，建议安装一个 20k Ω 的 R_{ref} 电阻，对应的 $V_{CEstat} = 4.3\text{ V}$ ； $t_{dead} = 2.5\mu\text{s}$ 。

驱动 V_{CE} 电压为 1200V 的 IGBT，建议安装一个 36k Ω 的 R_{ref} 电阻，对应的 $V_{CEstat} = 5.3\text{ V}$ ； $t_{dead} = 3.3\mu\text{s}$ 。

驱动 V_{CE} 电压为 1700V 的 IGBT，建议安装一个 100k Ω 的 R_{ref} 电阻，对应的 $V_{CEstat} = 6.2\text{ V}$ ； $t_{dead} = 4\mu\text{s}$ 。如表 2.7

R_{ref}	C_{ref}	V_{CEstat}	t_{dead}	推荐值
---	---	6.8 V	4.8 μs	出厂默认值
100 k Ω	---	6.2 V	4.0 μs	1700V IGBT 使用
	47 pF		4.3 μs	
51 k Ω	---	5.7 V	3.5 μs	
	100 pF		4.2 μs	
47 k Ω	---	5.5 V	3.4 μs	
	100 pF		4.1 μs	
36 k Ω	---	5.3 V	3.3 μs	1200V IGBT 使用
	100 pF		3.8 μs	
	220 pF		4.4 μs	
20 k Ω	---	4.3 V	2.5 μs	600V IGBT 使用
	100 pF		2.9 μs	
	220 pF		3.4 μs	
	330 pF		3.8 μs	

表 2.7 外接阻容 R_{ref} ； C_{ref} 与 V_{CEstat} ； t_{dead} 的对应关系表

典型应用实例：F3L200R07PE4 即插即用适配板 (PSPC 630-EP4)



