

2QP0225Txx-C 驱动器



该图片仅供参考，请以实物为准。

特征

- 双通道 IGBT 驱动器
- 功率器件最高电压 1700V
- 单通道驱动功率 2W，峰值电流 ±25A
- 适配 EconoDual 封装 1700V IGBT 模块
- 集成隔离 DC/DC 电源
- 20PIN 牛角接口输入 / 输出
- 直接 / 半桥模式选择
- 集成原边 / 副边电源欠压保护
- 集成有源钳位
- 集成 VCE 短路保护
- 集成软关断
- 集成过温保护
- 兼容多种输入电平

RoHS

COMPLIANT

主要参数

V_{CC}	15V
V_G	+15V, -10V
P, MAX	2W
I_G , MAX	±25A
f_S , MAX	200kHz
T_A	-40°C ~85°C
绝缘耐压	5000Vac

描述

2QP0225Txx-C 是一款基于青铜剑自主开发的第二代 ASIC 芯片设计而成的 2 通道、紧凑型驱动器，针对中功率、中压、高可靠性领域设计而成。

2QP0225Txx-C 驱动器适用于 1700V 及以下电压的 EconoDual 封装 IGBT 模块搭建的两电平拓扑，即插即用的功能使驱动板可直接焊接在 IGBT 模块上使用，无需转接处理。

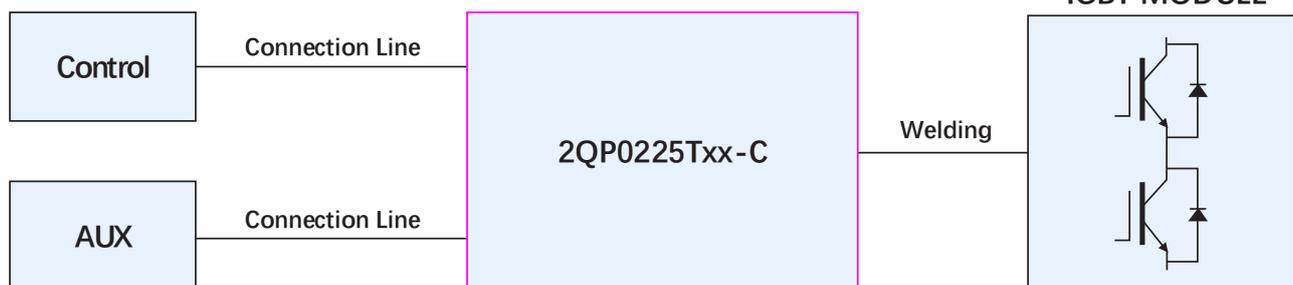
典型应用

- 光伏逆变器
- 风电变流器
- 储能变流器

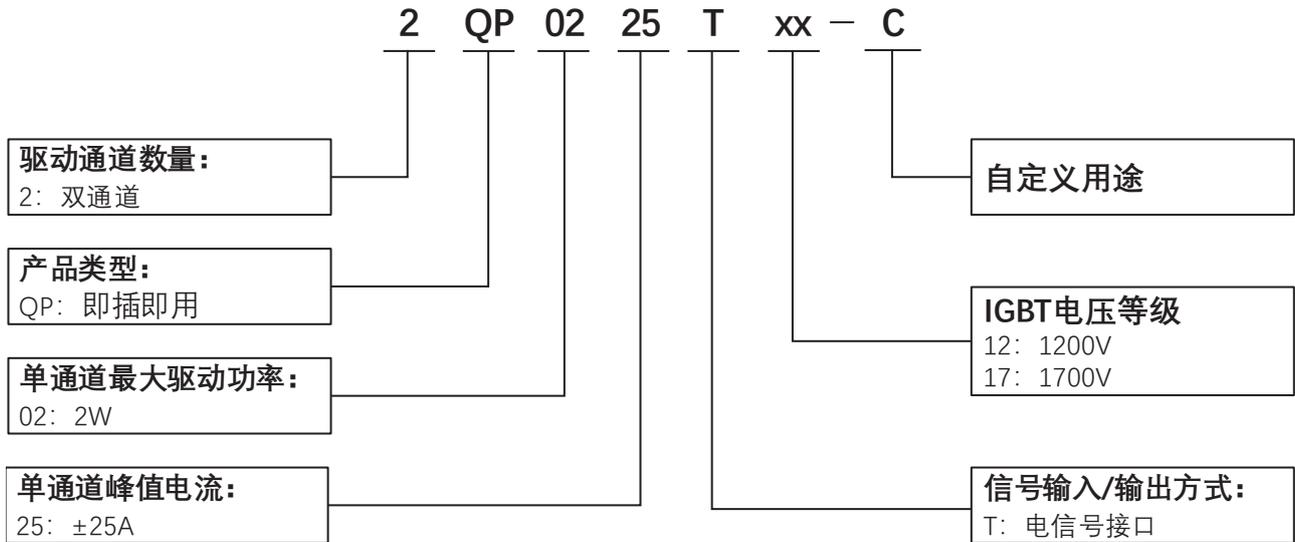
机械尺寸

机械尺寸图：参见第 14 页

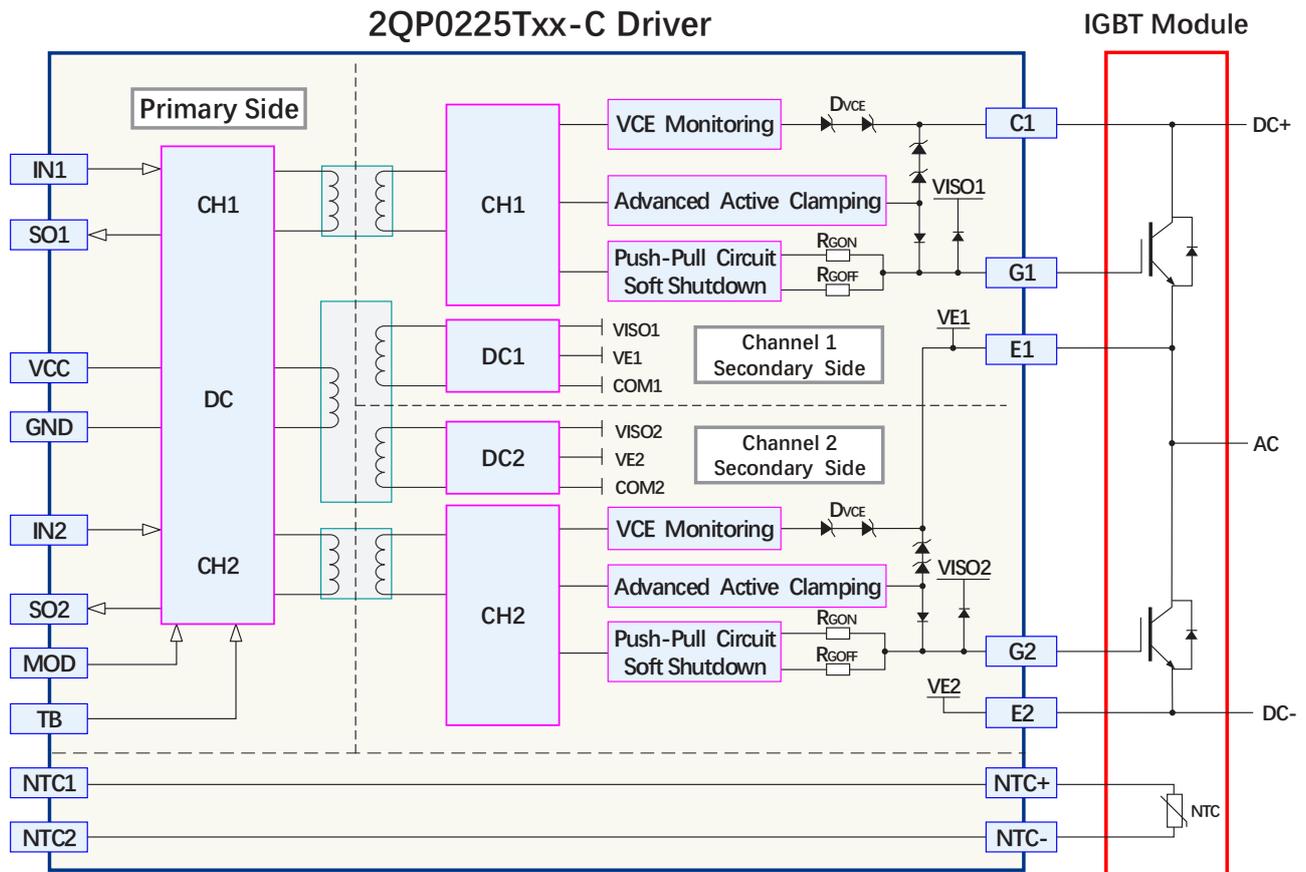
连接图



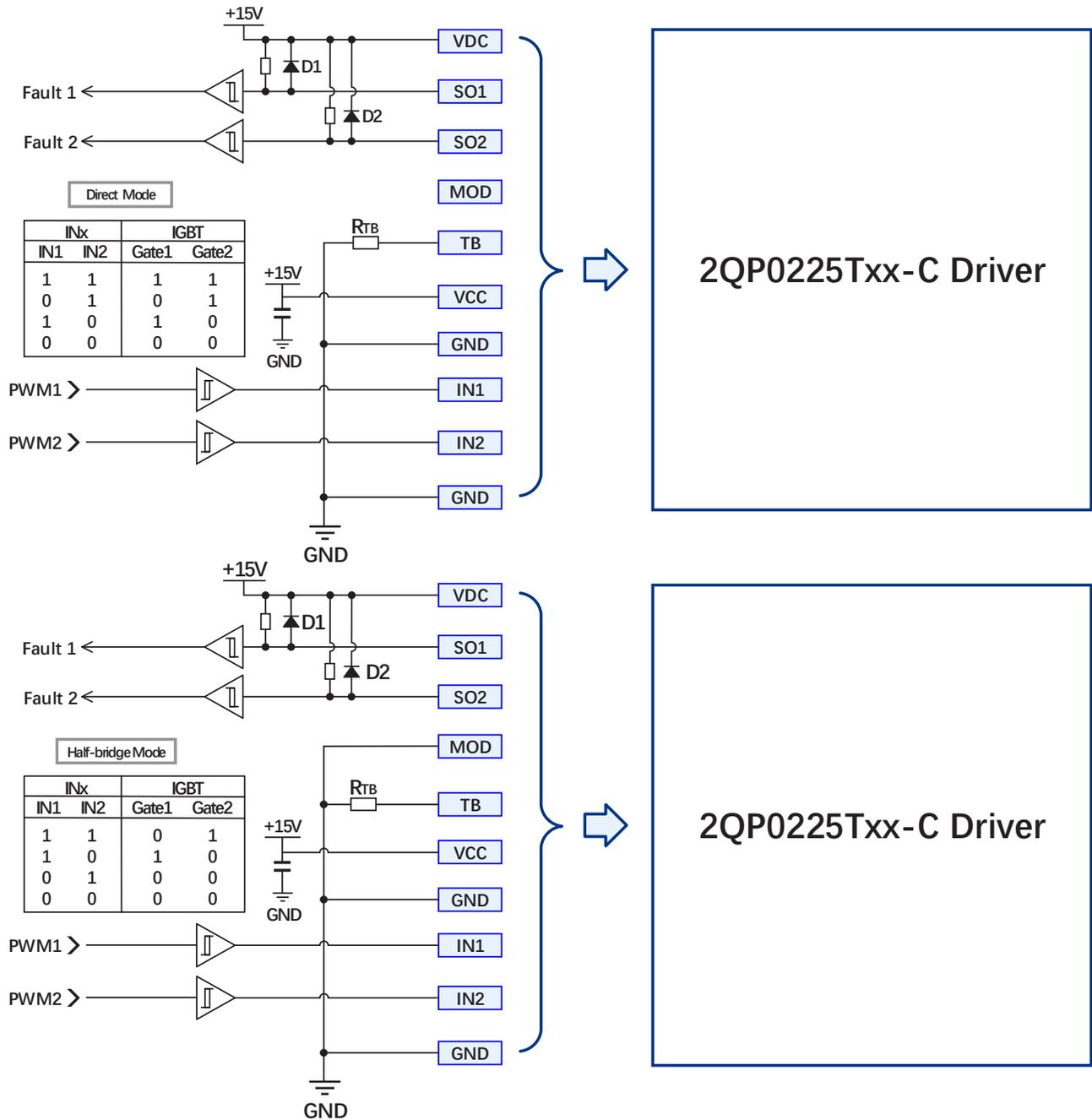
型号定义



原理框图



典型接线图



接口定义

P1 端子接口定义

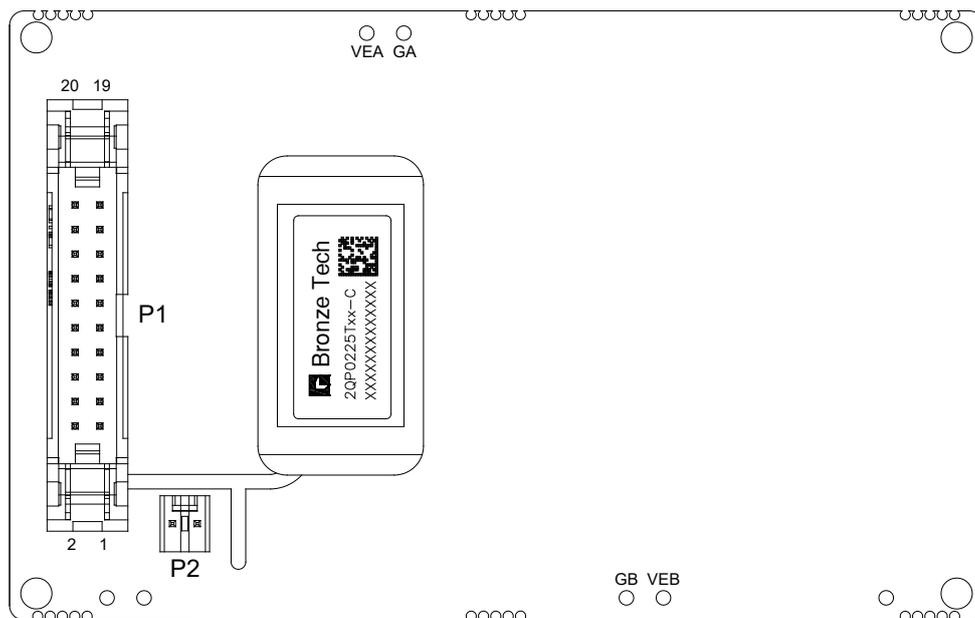
管脚	符号	说明	管脚	符号	说明
1	N.C	不使用	11	IN1	PWM 信号输入, 对应通道 1 (上管)
2	GND	信号 / 功率地	12	GND	信号 / 功率地
3	N.C	不使用	13	SO2	2 通道 (下管) 故障信号输出
4	GND	信号 / 功率地	14	GND	信号 / 功率地
5	VCC	供电电源输入 +	15	IN2	PWM 信号输入, 对应通道 2 (下管)
6	GND	信号 / 功率地	16	GND	信号 / 功率地
7	VCC	供电电源输入 +	17	MOD	模式选择, 直接模式或半桥模式
8	GND	信号 / 功率地	18	GND	信号 / 功率地
9	SO1	1 通道 (上管) 故障状态输出	19	TB	保护闭锁时间设置
10	GND	信号 / 功率地	20	GND	信号 / 功率地

注: 1) 默认配置接口 20 pin 牛角接头, 型号为: 230-010-820-209, 品牌: 正凌。

P2 端子接口定义

管脚	符号	说明
1	NTC1	模块 NTC 电阻 1 脚
2	NTC2	模块 NTC 电阻 2 脚

注: 1) 型号为: 22-27-2021_Molex。



2QP0225Tx-C 接口示意图

参数

绝对限值

参数		MIN	MAX	UNIT
VCC to GND			16	V
IN1, IN2, SO1, SO2 to GND			VCC+0.5	V
端口最高承受电压			250	V
门极驱动功率 ¹⁾			2	W
门极驱动电流			25	A
母线电压 ²⁾	2QP0225T12-C		800	V
	2QP0225T17-C		1200	V
供电电源最大电流 ³⁾			400	mA
最大开关频率 ⁴⁾			200	kHz
原 / 副边绝缘电压			5000	V
副 / 副边绝缘电压			3000	V
运行温度 T _A		-40	85	°C
存储温度 T _S		-40	85	°C
湿度 ⁵⁾		5	95	%
海拔高度 ⁶⁾			3000	m
<p>注：1) 在 T_A 允许温度范围内，单通道最大输出功率。 2) 默认有源钳位参数下允许的最大母线电压。 3) 驱动板额定工况的最大值。 4) 开关频率的参考需计算功率值，满足驱动器单通道 2W 以内的功率要求。 5) 不允许出现凝露现象 6) 超过最大海拔高度应用请咨询深圳青铜剑技术公司。</p>				

供电电源

环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $C_{GE}=10\text{nF}$ ，除非另有说明。

参数	测试条件	MIN	TYP	MAX	UNIT
供电电压 V_{CC}	VCC to GND	14.5	15	15.5	V
转换效率	$V_{CC}=15\text{V}$		80		%
静态电流 I_{DDQ}	$V_{CC}=15\text{V}$ ，空载	39	43	47	mA
供电电流	$V_{CC}=15\text{V}$ ，空载， $f_{SW}=5\text{kHz}$	53	59	65	mA
	$V_{CC}=15\text{V}$ ，空载， $f_{SW}=15\text{kHz}$ ，50% 占空比	65	72	79	mA
	$V_{CC}=15\text{V}$ ，200nF 负载， $f_{SW}=15\text{kHz}$ ，50% 占空比	320	355	390	mA
副边全压 $V_{CCO}^{1)}$	VISO to COM	23	25	27	V
副边正压 V^+	VISO to VE	14	15	16	V
副边负压 $V^{-2)}$	COM to VE	-11	-10	-9	V
注：1) 副边全压典型值为空载测试值。					
2) 副边负压典型值为空载测试值。					

输入

环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $C_{GE}=10\text{nF}$ ，除非另有说明。

参数	测试条件	MIN	TYP	MAX	UNIT
IN1, IN2 输入电压 $V_{IN}^{1)}$	电压限值	$V_{CC}=15\text{V}$ ， $R_{11}=R_{12}=\text{N.C}$	0	15.5	V
	开通阈值 V_{INH}	$V_{CC}=15\text{V}$ ， $R_{11}=R_{12}=\text{N.C}$	2.6		V
	关断阈值 V_{INL}	$V_{CC}=15\text{V}$ ， $R_{11}=R_{12}=\text{N.C}$		1.6	V
t_B 保护延时电阻 ³⁾	外部电阻 R_{TB}	$V_{CC}=15\text{V}$	150		k Ω
注：1) 输入端需考虑电阻分压，详见功能描述“触发信号 INx 输入”。					
2) 驱动器模式选择及死区时间配置电阻，详见功能描述“传输逻辑和模式选择”。					
3) 驱动器保护锁定时间配置电阻，详见功能描述“保护锁定时间 t_B 的设置”					

输出

环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$, $C_{GE}=10\text{nF}$, 除非另有说明。

参数		测试条件	MIN	TYP	MAX	UNIT
门极输出电压 V_G	开通 ON-State	$V_{CC}=15\text{V}$, 空载	14.5	15	15.5	V
	关断 OFF-State	$V_{CC}=15\text{V}$, 空载	-10.5	-10	-9.5	V
门极电流 I_G	开通 ON-State	$V_{CC}=15\text{V}$			25	A
	关断 OFF-State	$V_{CC}=15\text{V}$	-25			A
SO 输出电压 $V_{SO}^{1)}$	正常状态	$V_{CC}=15\text{V}$, $R_{SO}=10\text{k}\Omega$	14.5	15	15.5	V
	保护状态 $^{2)}$	$V_{CC}=15\text{V}$, $R_{SO}=10\text{k}\Omega$	0.5		0.9	V
SO 端电流 I_{SO}		$V_{CC}=15\text{V}$, $R_{SO}=10\text{k}\Omega$	0		1.5	mA
NTC 电阻			由 IGBT 模块决定			
注: 1) R_{SO} 为保护输出端 SO 上拉电阻, 默认为 15V 上拉, 可根据客户需求调整。						
2) NTC 只是由端子 P2 引出, 未作任何电路处理。						

保护

环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$, $C_{GE}=10\text{nF}$, 除非另有说明。

参数		测试条件	MIN	TYP	MAX	UNIT
原边欠压保护 阈值电压 $^{1)}$	触发 V_{CCUV+}	$V_{CC}=15\text{V}$, $V_{CC}-\text{GND}$		13.3		V
	恢复 V_{CCUVR+}	$V_{CC}=15\text{V}$, $V_{CC}-\text{GND}$		14.1		V
副边正压欠压 保护阈值电压 $^{1)}$	触发 V_{UV+}	$V_{CC}=15\text{V}$, $\text{VISO}-\text{VE}$		12		V
	恢复 V_{UVR+}	$V_{CC}=15\text{V}$, $\text{VISO}-\text{VE}$		12.4		V
副边负压欠压 保护阈值电压 $^{1)}$	触发 V_{UV-}	$V_{CC}=15\text{V}$, $\text{VE}-\text{COM}$		4.4		V
	恢复 V_{UDVR-}	$V_{CC}=15\text{V}$, $\text{VE}-\text{COM}$		5		V
短路保护阈值电压 V_{REF}		$V_{CC}=15\text{V}$		10.2		V
短路保护响应时间 $t_{SC}^{2)}$		$U_{BUS}>100\text{V}$, $R_A=10\text{k}\Omega$, $C_A=330\text{pF}$		7.9		us
软关断时间 t_{SOFT}		Vgon connecting to VE, 200nF 负载		2.1		us
短路保护电流 I_{REF}		$V_{CC}=15\text{V}$		2.5		mA
保护锁定时间 t_B		R_{TB} 悬空, 驱动内部有 150k Ω 电阻		95		ms
短路保护传输延时时间 $t_{SO}^{3)}$		$V_{CC}=15\text{V}$, 副边短路保护动作到输出故障		530		ns
注: 1) 欠压保护时序图参见图 6。						
2) 采用二极管检测方式, 处于一类短路的情况。						
3) 副边保护动作开始 (8Pin 信号电平拉低) 到原边 SO 翻转的传输延迟时间。						

时序

环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$, $C_{GE}=10\text{nF}$, 除非另有说明。

参数		测试条件	MIN	TYP	MAX	UNIT
传输延时 ¹⁾	开通延时 t_{ON}	$V_{CC}=15\text{V}$, $R_{MOD}=0\Omega$, $R_{GON}=R_{GOFF}=5\Omega$, $C_{GE}=10\text{nF}$, $f_s=15\text{kHz}$, 200nF 负载	180			ns
	关断延时 t_{OFF}		240			ns
开关延时抖动 t_{JITTER}		输入信号上升沿 10% 到门极信号上升沿 10%	20			ns
输出信号上升时间 t_r		$R_{GON}=5\Omega$, $C_{GE}=10\text{nF}$, 200nF 负载	2400			ns
输出信号下降时间 t_f		$R_{GOFF}=5\Omega$, $C_{GE}=10\text{nF}$, 200nF 负载	2500			ns
死区时间 DT ²⁾		半桥模式, MOD 端接地	3.2			us
注: 1) 开通传输延时为输入信号上升沿 10% 到门极信号上升沿 10%, 关断传输延时为输入信号下降沿 10% 到门极信号下降沿 10%。						
2) 客户端可使用直接模式, 并在控制端进行死区时间设置。						

安全和抗干扰

环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$, $C_{GE}=10\text{nF}$, 除非另有说明。

参数		数值	UNIT
绝缘耐压 ¹⁾		5000	V
原边 - 副边 ²⁾	隔离等效电容	28	pF
	电气间隙	12	mm
	爬电距离	13.2	mm
副边 - 副边	隔离等效电容	68	pF
	电气间隙	8.8	mm
	爬电距离	8.8	mm
ESD 静电防护 ³⁾	接触放电	4	kV
	空气放电	8	kV
电快速瞬变脉冲群抗扰度		4	kV
高频噪声抗扰度		2	kV
注: 1) 测试条件为 5000V, 50Hz 交流电压, 1min。			
2) 电气间隙和爬电距离, 按照 IEC 60077-1 标准设计。			
3) EMC 测试安装 GB/T 17626 规范执行。			

特性和曲线

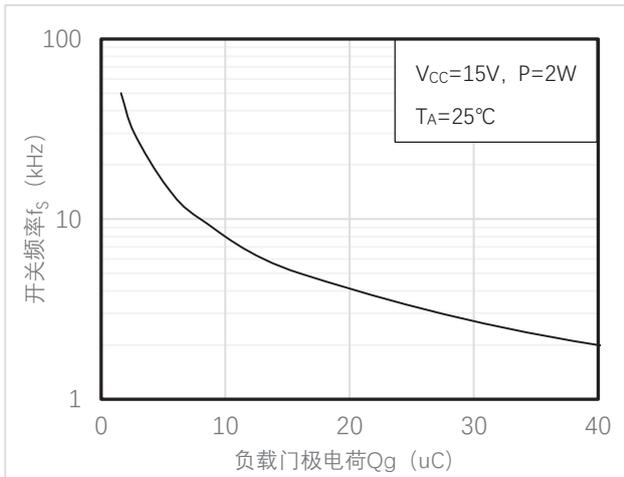


图 1 负载门极电荷 vs 开关频率

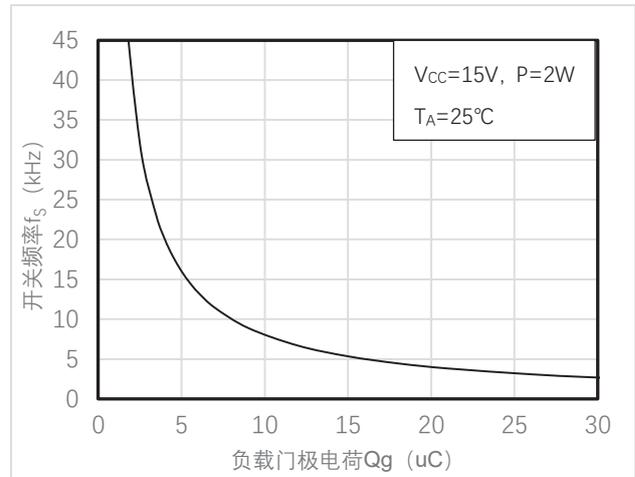


图 2 负载门极电荷 vs 开关频率

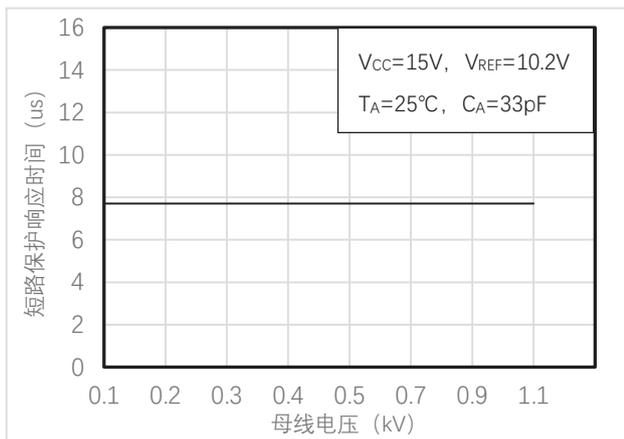


图 3 短路保护响应时间 vs 母线电压

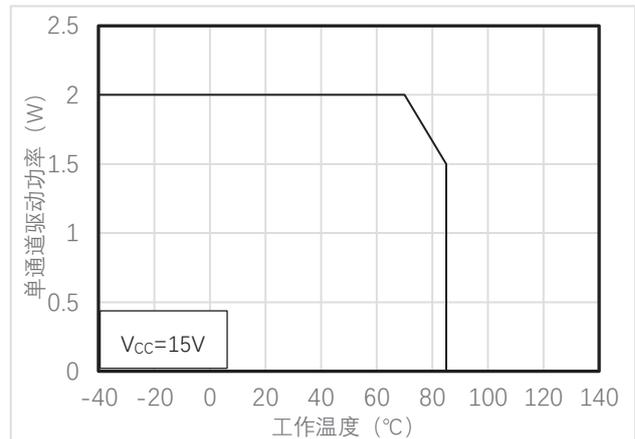


图 4 驱动功率 vs 工作温度

功能描述

电源及电源监控

驱动器配有 DC/DC 电源，可实现电源和门极驱动电路的电气隔离。基本原理框图（参见图 5）。

驱动器的原边及两个通道的副边都分别配备有电源监控电路，并实施欠压保护。

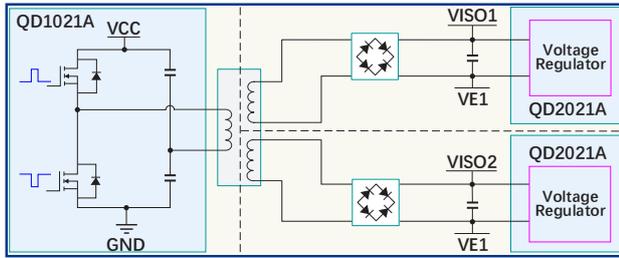


图 5 电源原理框图

原边电源监控

原边对电源电压 V_{CC} 进行监控并实施欠压保护动作。当 V_{CC} 逐渐降低至欠压保护触发电压 V_{CCUV} 时，将触发欠压保护。两个副边驱动电路将锁定在关断状态，使 IGBT 保持在关断；同时输出保护信号 $SO1$ 和 $SO2$ （参见图 6）。

当 V_{CC} 恢复到欠压恢复值 V_{CCUVR} ，驱动器将继续保持保护状态一个锁定时间 t_B ，再释放驱动电路关断锁定状态，并恢复保护信号 $SO1$ 和 $SO2$ 。

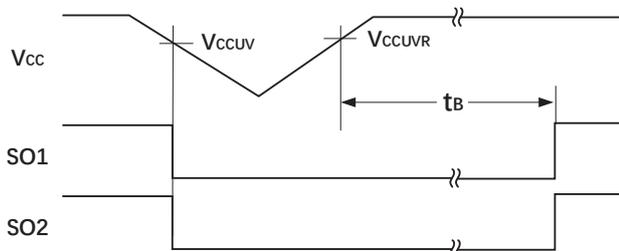


图 6 原边欠压保护逻辑图

副边电源监控

副边电压在供电电压降低或负载超载情况下，会发生电压下降。当副边电压全压 V_{CCO} （VISO 至 COM 下同）下降时，驱动器会优先稳住正压 $V+$ （VISO 至 VE 下同）为 +15V，负压 $V-$ （COM 至 VE 下同）逐渐抬升。当 $V-$ 抬升到 -5V 后，开始稳住负压，正压 $V+$ 开始跟随全压 V_{CCO} （VISO 至 COM，下同）下降。当 $V+$ 下降至欠压保护阈值 V_{UV+} ，将启动副边欠压保护。

副边欠压保护首先会将本通道驱动锁定在关断状态，确保对应 IGBT 关断。同时向原边发送信号，使得原边输出对应通道的保护信号 SOx 。此时，另

一通道不会受影响，仍能正常开关，其对应的 SO 信号为正常状态。

当故障情况解除， V_{CCO} 恢复后，驱动器会先恢复正压，再恢复负压。保护闭锁状态和 SO 信号将会等待一个闭锁时间 t_B ，再恢复正常。

副边电压调节和欠压保护逻辑（参见图 7）。

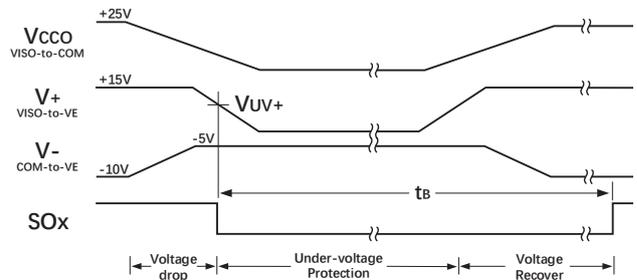


图 7 副边欠压保护逻辑图

触发信号 INx 输入

触发信号由 INx 端口输入（参见图 8），默认状态 $R13/R14=4.7k\Omega$ ， $R6/R9=1k\Omega$ ， $R11/R12$ 未焊接， $C2/C3$ 未焊接。

需要改变输入信号电平时，可通过焊接不同的 $R11$ 和 $R12$ 电阻来改变输入信号开通阈值 V_{INH} 、关断阈值 V_{INL} 。

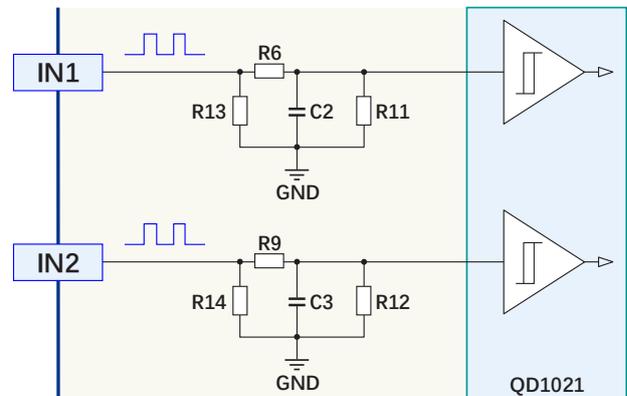


图 8 INx 输入电路图

传输逻辑和模式选择

驱动器可工作在直接模式或者半桥模式。可通过调整 MOD 端子的不同连接方式，选择驱动器的工作模式。

直接模式

如果 MOD 端子未连接（悬空）或连接到 V_{CC} ，则选择了直接模式，传输逻辑（参见图 9）。直接模式时，两个通道各自独立，没有联系。输入 $IN1$ 对应 1 通道，而输入 $IN2$ 对应 2 通道；高电平

将对应的 IGBT 开通，低电平将对应的 IGBT 关断。

注意：此时，触发信号间的死区时间由前端控制系统产生，请确保死区时间合适以避免发生上下管直通短路。

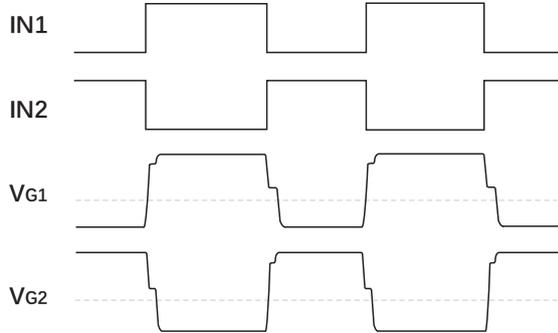


图 9 直接模式传输逻辑图

半桥模式

如果 MOD 输入端子处在低电平（接地），驱动器就选择了半桥模式，传输逻辑（参见图 10）。在这种模式下，IN1 为使能信号，而 IN2 为驱动信号输入。

当 IN1 为低电平时，两个通道都锁定在关断状态；如果 IN1 为高电平，则两个通道都被使能，且两个通道的门极输出由 IN2 来决定。当 IN2 信号由低变高，1 通道的门极信号会马上关断，经过一个死区时间 DT 后，2 通道的门极会开通；当 IN2 信号由高变低时，则是 2 通道门极信号马上关断，经过死区时间 DT 后 1 通道再开通。

死区时间 DT 为 3.2us。

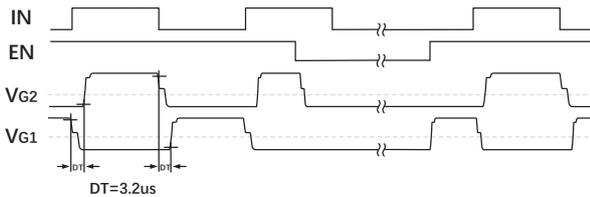


图 10 半桥模式传输逻辑图

保护锁定时间的设置

驱动器出现保护的时候，在启动保护并输出 SO 信号后都会闭锁一个 t_B 保护锁定时间。此 t_B 可通过在 TB 管脚和 GND 之间接一个外加电阻 R_{TB} 进行设置（参见图 11）。

需要注意的是 2QP0225Txx-C 驱动器内部已经在 TB 端到 GND 设置了一个 150kΩ 电阻。 t_B 和 R_B 的关系由以下公式给出（典型值）：

$$t_B[\text{ms}] = \frac{150 \cdot R_{TB}[\text{k}\Omega]}{150 + R_{TB}[\text{k}\Omega]} - 55$$

$(R_{TB} \geq 150\text{k}\Omega, 20\text{ms} \leq t_B \leq 130\text{ms})$

当 R_{TB} 为 150kΩ 时，保护锁定时间 t_B 约为 20ms。TB 管脚可以悬空，TB 管脚悬空时，保护锁定时间 t_B 约为 95ms。

注意： R_{TB} 电阻不能小于 150kΩ，即保护锁定时间 t_B 不能小于 20ms。如 R_{TB} 小于 150kΩ，保护锁定时间 t_B 将出现不准确和不稳定。但 TB 管脚可以接地，此时保护锁定时间 t_B 固定为 10us。

推荐将 TB 管脚悬空，此时保护锁定时间 t_B 约为 95ms。

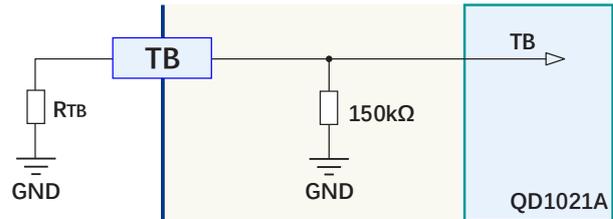


图 11 TB 管脚连接图

保护信号输出

保护信号输出端 SOx 内部为漏极开路形式，（参见图 12）。正常情况下， Q_{SO} 截止，SOx 输出端为高电平。当驱动器的某个通道出现保护时，对应通道的 Q_{SO} 将导通，SOx 变为低电平（接地）。默认状态 $R_2/R_3=10\text{k}\Omega$ ， $R_7/R_5=33\Omega$

SO1 和 SO2 可连接在一起，以表达整个驱动的保护信息，但分开表达可实现快速且准确的诊断。

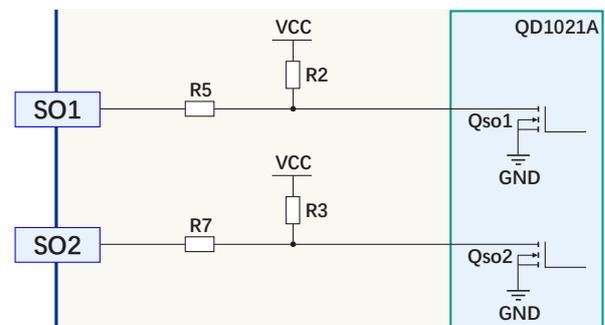


图 12 保护信号输出逻辑图

IGBT 的开通和关断

Q_{ON} 管打开， Q_{OFF} 管关闭，通过开通门极电阻 R_{GON} 对 IGBT 的门极进行充电，使 IGBT 开通。驱动器在内置芯片外部还扩展了一个开通 MOSFET，以拓展开通驱动电流到 15A。

当需要关断 IGBT 时，驱动器内部芯片内的 Q_{OFF} 管打开， Q_{ON} 管关闭，通过关断门极电阻 R_{GOFF} 对 IGBT 的门极进行放电，使 IGBT 关断。

门极电阻 R_{GON} 和 R_{GOFF} 的选择，用户可咨询我们技术支持来进行设置，并进行出厂预配置。在

安装到对应的 IGBT 模块上时，请确保已经安装上合适的门极电阻。

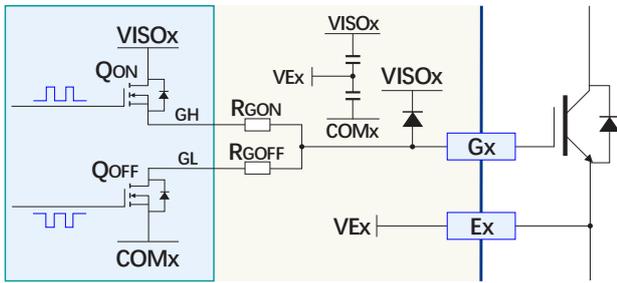


图 13 门极驱动电路图

高级有源钳位

快速的关断 IGBT 可能导致电压尖峰，电压尖峰会随母线电压和负载电流升高而增加，过高的电压尖峰会对 IGBT 的安全造成威胁。关断电压尖峰主要与系统杂散电抗 L_s 和 IGBT 关断电流变化率 di/dt 有关，通过调整关断门极电阻 R_{GOFF} 可适当减少 di/dt ，从而适当减少尖峰电压；但 L_s 的影响不可避免，特别是在短路和过流等大电流工况下，情况尤其恶劣。故此，驱动器配备了有源钳位电路，以抑制过电压尖峰，可以有效防止 IGBT 的过压损坏。

有源钳位电路的原理（参见图 14）。在 IGBT 的集电极和门极之间用瞬态抑制二极管（TVS）建立一个反馈通道，同时连接内部芯片的控制电路。

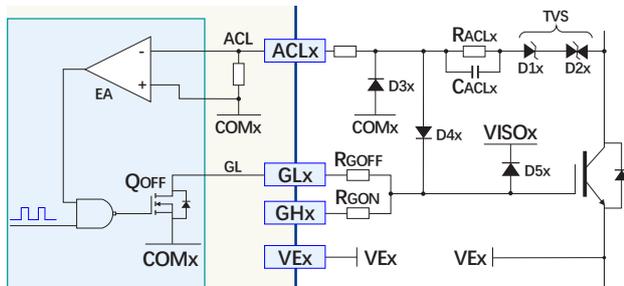


图 14 有源钳位电路原理框图

当 IGBT 的 V_{CE} 尖峰电压超过一个击穿阈值时，TVS 串将打通，芯片内部控制电路启动使得关断驱动管 Q_{OFF} 关断；同时 TVS 串流过的电流将会注入 IGBT 门极，使得 IGBT 仍保持部分导通，从而令 IGBT 的 V_{CE} 得到抑制。

驱动器的预设击穿阈值如表 1 所示。

表 1 有源钳位阈值表 ($T_A=25^\circ\text{C}$)

驱动型号	母线电压等级	击穿阈值
2QP0225T12-C	800V	1020V
2QP0225T17-C	1200V	1320V

IGBT 短路保护

驱动器的 IGBT 短路保护使用 V_{CE} 检测电路（参见图 15），两个通道各自独立。短路保护功能只在 IGBT 开通的时候有效；在 IGBT 关断状态，触发信号会将 Q_{CE} 打开，使得 V_{CEDT} 钳位在 COM_x （相对 V_{Ex} 为 -10V 左右），比较器不动作。

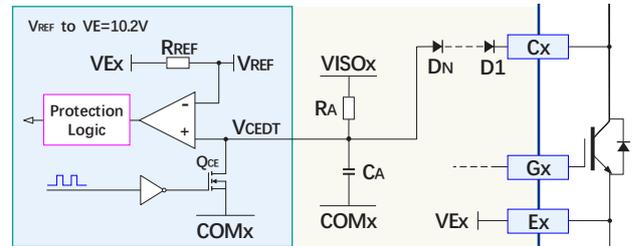


图 15 短路保护检测原理框图

正常开通时的表现

当驱动器执行 IGBT 开通动作时，传输到副边的触发信号会将 Q_{CE} 关断，释放 V_{CEDT} 钳位状态。此时 IGBT 的 V_{CE} 仍处于高水平，将通过 R_A 电阻对 C_A 电容进行充电，使得 V_{CEDT} 电平逐渐抬升。随后 IGBT 开通， V_{CE} 迅速下降至 V_{CE-SAT} ， V_{CEDT} 也随之通过二极管放电至 V_{CE-SAT} （参见图 16）。由于 V_{CE-SAT} 远低于保护触发值 V_{REF} ，比较器不动作，保护不启动。

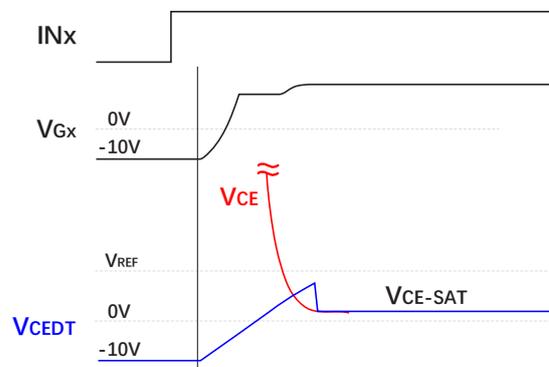


图 16 正常开通时 V_{CEDT} 信号波形图

一类短路保护

当 IGBT 发生一类短路（即直通）时，由于直通电流增长很快，IGBT 将迅速退饱和， V_{CE} 很快回到高位。因此 C_A 将会一直充电，使得 V_{CEDT} 一直增长直到钳位至 $VISO_x$ （相对 V_{Ex} 为 $+15\text{V}$ ）。在此过程中， V_{CEDT} 会越过 V_{REF} (10.2V)，使得比较器翻转，从而启动短路保护逻辑。

短路保护逻辑会先把 IGBT 迅速关断，保障 IGBT 的安全。同时向原边发出信息，使得 SO_x 管脚

拉低，以表达出保护状态。保护状态将会锁定一个 t_B 时间，然后自动恢复到正常状态。

两个通道的保护电路是相互独立的，所以在在一个通道发生短路保护的情况下，另一通道仍然能够工作在正常状态。控制系统需要及时检测 SO 信号，并根据策略发出系统闭锁命令（参见图 17）。

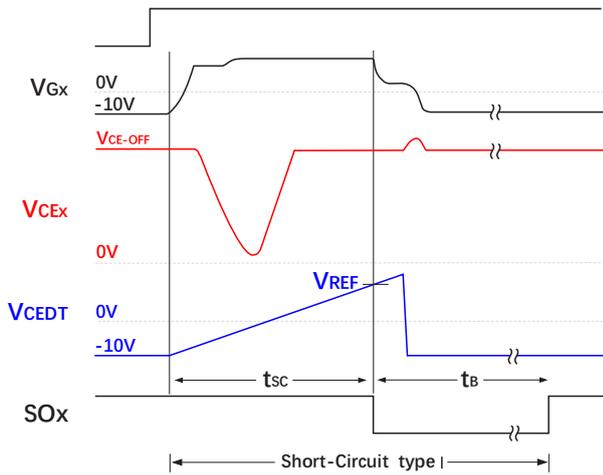


图 17 一类短路保护逻辑图

二类短路保护

当 IGBT 发生二类短路（相间短路）时，由于短路回路阻抗较大，电流增长较缓慢。IGBT 仍能正常进入饱和状态，然后随着短路电流的增加，VCE 逐渐增加直至退饱和（参见图 18）。驱动器只有在 IGBT 退饱和时才能检测出短路状态，启动短路保护。因此，二类短路保护的响应时间会比一类短路保护响应时间要更长。

当 IGBT 在低母线电压下发生直通短路时，由于母线电压低导致直通电流较小，IGBT 也会呈现与二类短路保护相同的特征，相应的保护响应时间也会加长。

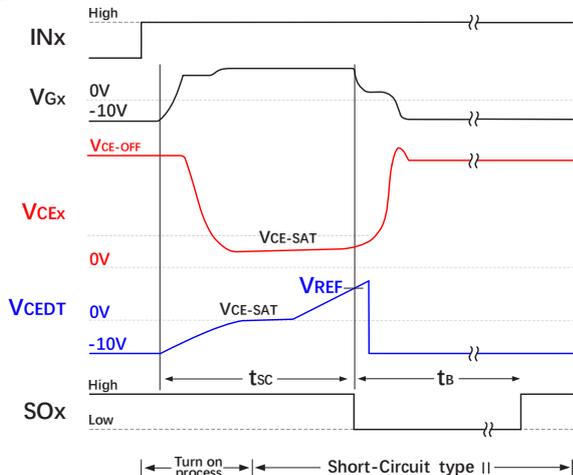


图 18 二类短路保护逻辑图

注意：二类短路时，由于短路回路阻抗随机性较大，使得 IGBT 退饱和时刻不确定性较大。因此在 IGBT 保护动作前，有可能已产生较大的热量损耗而导致 IGBT 损坏。即，此种状态下驱动器短路保护并不能保证 IGBT 不损坏，系统需辅以过流保护等其他手段，以保障 IGBT 的安全。

软关断功能

由于连接 IGBT 模块的母线存在杂散电感，在 IGBT 短路保护关断时会产生较大的尖峰电压，为抑制该尖峰电压，并不影响正常关断速度，就需要加入软关断功能。

副边芯片 QD2021A 内置软关断功能，当出现故障时，通过对门极电压的控制，实现 IGBT 软关断，保护 IGBT。主要实现方式如下：

1、芯片内部一旦检测到故障信号（短路故障或者欠压故障），芯片迅速关闭开通 MOS，同时保持关断 MOS 关闭状态，此时 IGBT 门极电压不变；

2、芯片内部 V_{REF} 按照固定的斜率下降，而 IGBT 门极电压没有变，GH 与 V_{REF} 就存在差值，比较放大模块对输入的 GH 和 V_{REF} 电压差值进行比较放大，产生一个控制电压；

3、控制模块对输入的控制电压做出响应，产生关断电压，使得门极电压缓慢下降，GH 也随着门极电压下降，当 GH 下降得较大时，GH 比 V_{REF} 小，控制模块就会关闭关断 MOS，控制门极电压的下降，不断的重复这个过程；

4、最终门极电压始终保持和内部 V_{REF} 电压同样的趋势下降，达到软关断的目的。下降时间为 2.1us，门极电压降到 0V 时，门极直接硬关（参见图 19）。

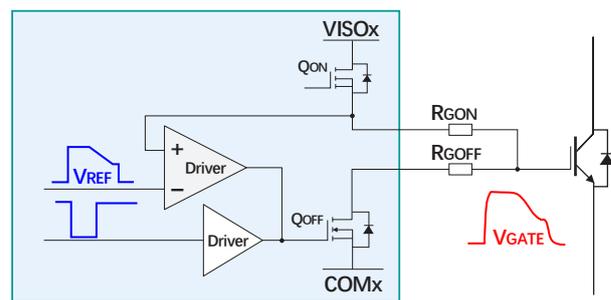


图 19 软关断示意图

温度采样和保护

驱动器将模块 NTC 引脚直接接出，不做任何处理。

版本说明

版本号	变更内容	修订日期
V1.0	新发布	07-Apr-2022
V1.1	内容优化	17-Jun-2022

注意事项

- IGBT 模块和驱动器的任何操作，均需符合静电敏感设备保护的通用要求，请参考国际标准 IEC 60747-1/IX 或欧洲标准 EN100015。为保护静电感应设备，要按照规范处理 IGBT 模块和驱动器（工作场所、工具等都必须符合这些标准）。



如果忽略了静电保护要求，IGBT 和驱动器可能都会损坏！

- 驱动器上电前，请确认驱动器和控制板连接可靠，无空接、虚接、虚焊现象。
- 驱动器安装后，其表面对大地电压可能会超过安全电压，请勿徒手接触！



使用中，可能危及生命，务必遵守相关的安全规程！

免责声明

青铜剑技术提供的技术和可靠性数据（包括数据手册等）、设计资源（包括 3D 模型、结构图、AD 模型）、应用指南、应用程序或其他设计建议、工具、安全信息和资源等，不包含所有明示和暗示的保证，包括对交付、功能、特定用途、适用性保证和不侵犯第三方知识产权的保证。

这些资源旨在为使用青铜剑技术产品进行开发的熟练工程师提供。为您全权负责：

- 为您的产品选择适当的青铜剑技术产品；
- 设计、验证和测试您的产品；
- 确保您的产品符合适用的要求。

青铜剑技术保留随时修改数据、文本和资料的权力，恕不另行通知。请随时访问青铜剑技术网站 www.qjttec.com 或微信公众号，以获取最新的资料。

青铜剑技术授权您仅在应用青铜剑技术产品的开发过程，使用相应的资源；禁止以其他方式复制和展示这些资源。青铜剑技术没有通过这些资源，授予任何青铜剑技术的知识产权或第三方知识产权许可。

对于因您使用这些资源而引起的任何索赔、损害、损失和成本，青铜剑科技不承担任何责任，并且有权追偿因侵犯知识产权而造成的损失。

