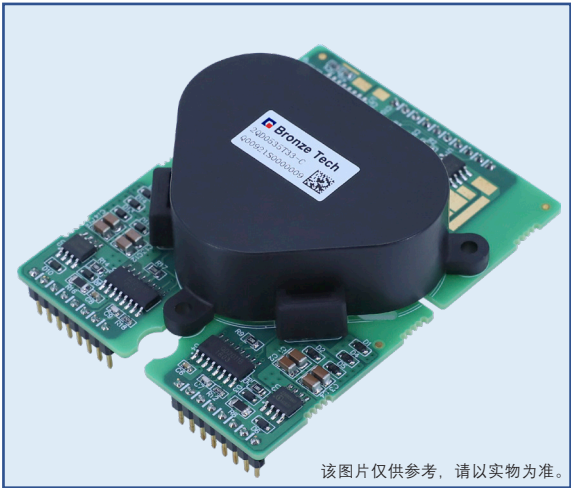


2QD0535T33-C IGBT 驱动器



该图片仅供参考，请以实物为准。

特征

- 核心器件自主研发
- 双通道 IGBT 驱动
- 单通道驱动功率 5W，峰值电流为 $\pm 35A$
- 集成隔离 DC/DC 电源
- 门极驱动电压 +15V/-10V
- 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
- 耐压高达 10000Vac

RoHS
COMPLIANT

主要参数

V_{CC}	15V
V_G	+15V, -10V
P, MAX	5W
I_G , MAX	$\pm 35A$
f_s , MAX	100kHz
T_A	-40°C ~85°C
绝缘耐压	10000Vac

描述

2QD0535T33-C 是基于青铜剑自主开发的 ASIC 芯片组设计而成的双通道、大功率、高耐压驱动器。专门为高压大功率的应用领域而设计。2QD0535T33-C 可以驱动目前市面上可以见到的大部分 3300V 包含及以内的 IGBT 模块。内嵌的并联功能使得它可以支持多个驱动器的并联，同时还支持多电平拓扑应用。

2QD0535T33-C 是目前工业应用中同等功率等级中非常紧凑的驱动内核，适用于客户的各种结构设计。

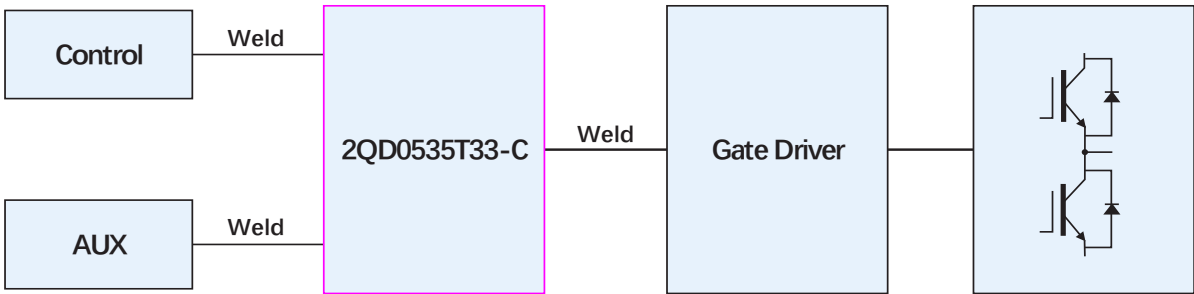
典型应用

- 风电变流器
- 光伏逆变器
- 储能变流器
- 中压变频器

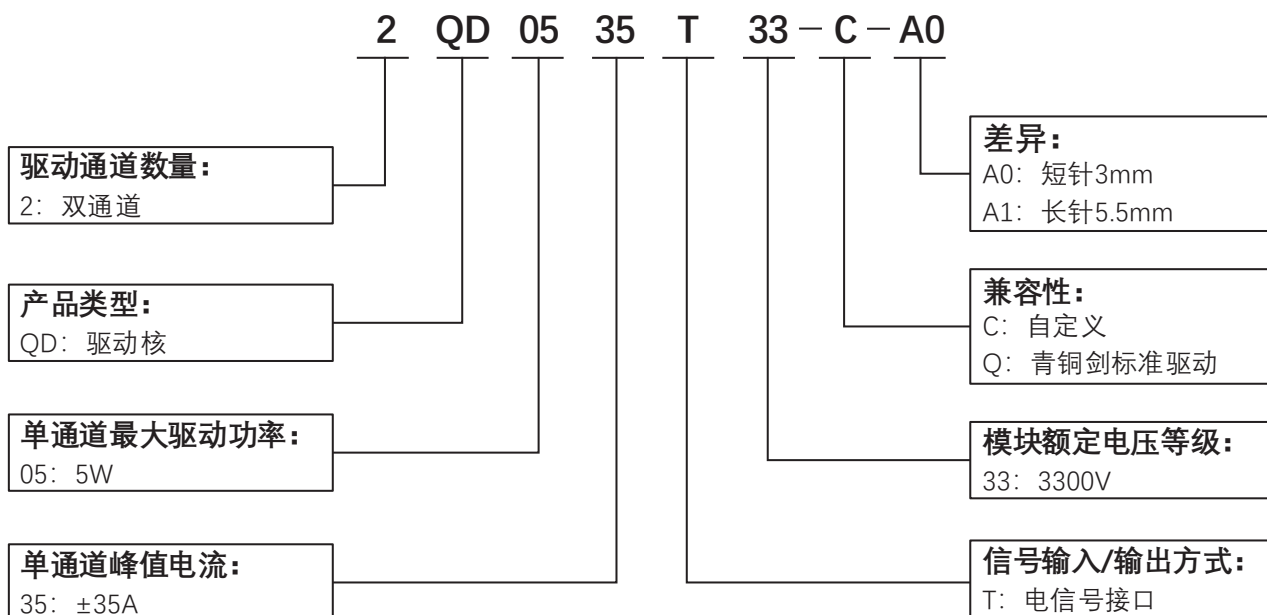
机械尺寸

机械尺寸图：参见第 14 页

连接图

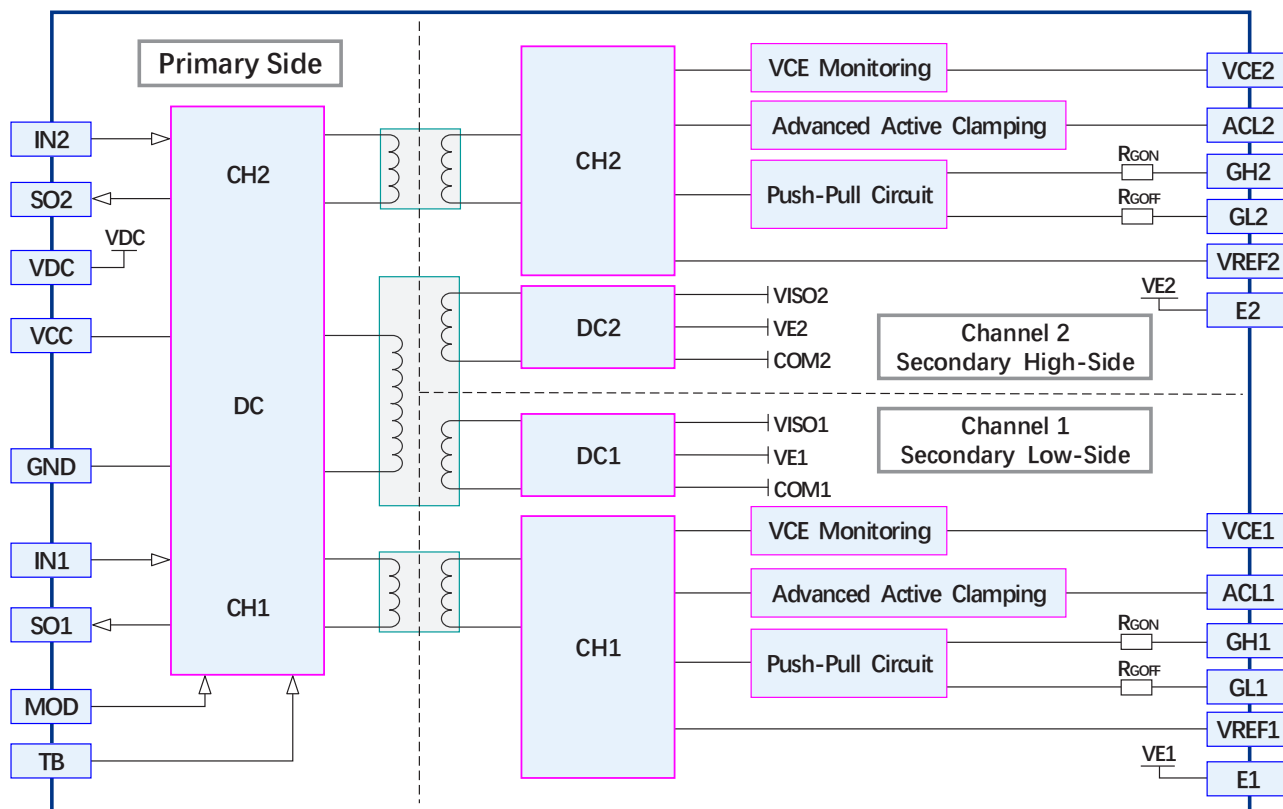


型号定义

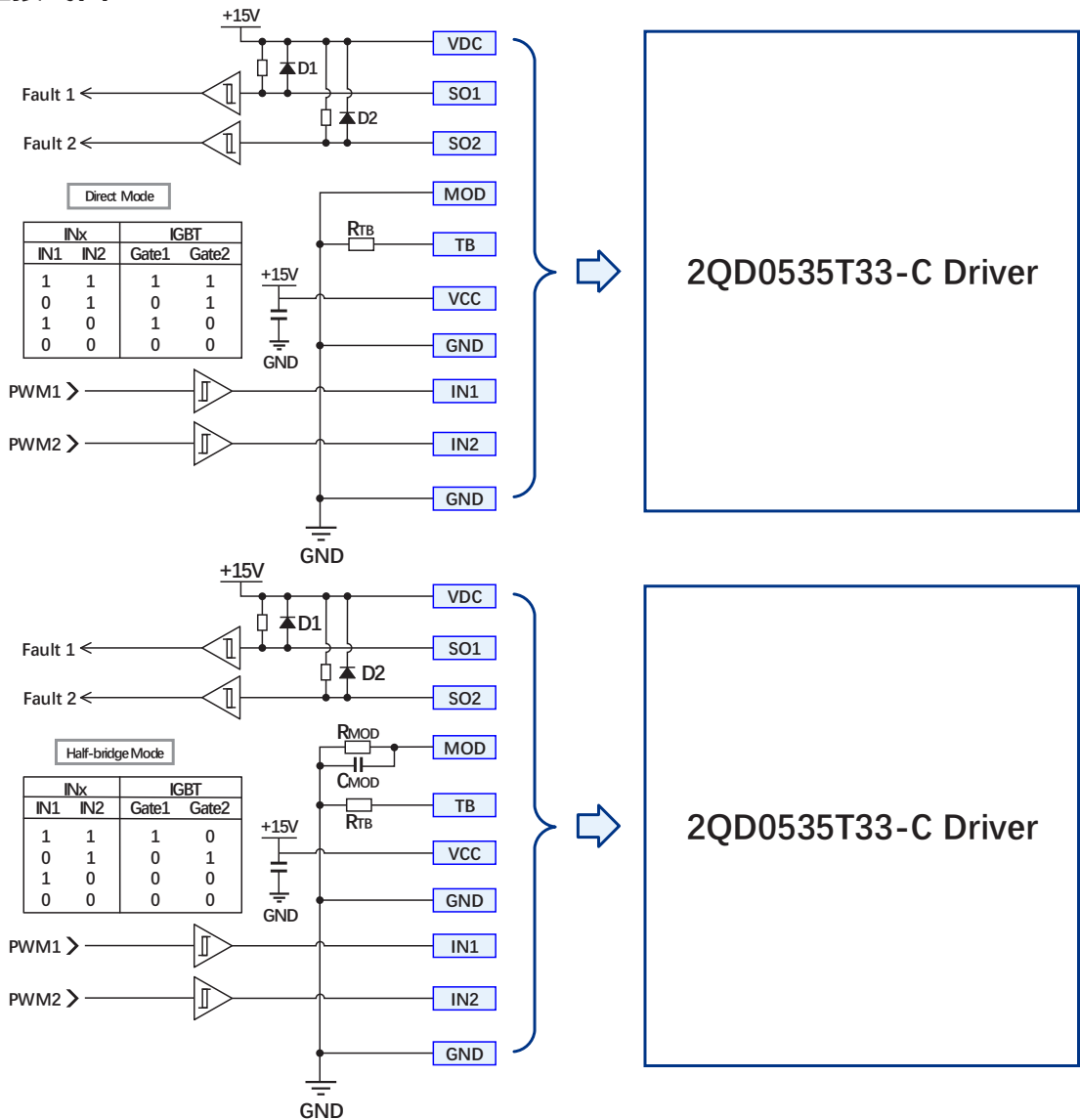


原理框图

2QD0535T33-C Driver



原边典型接线图

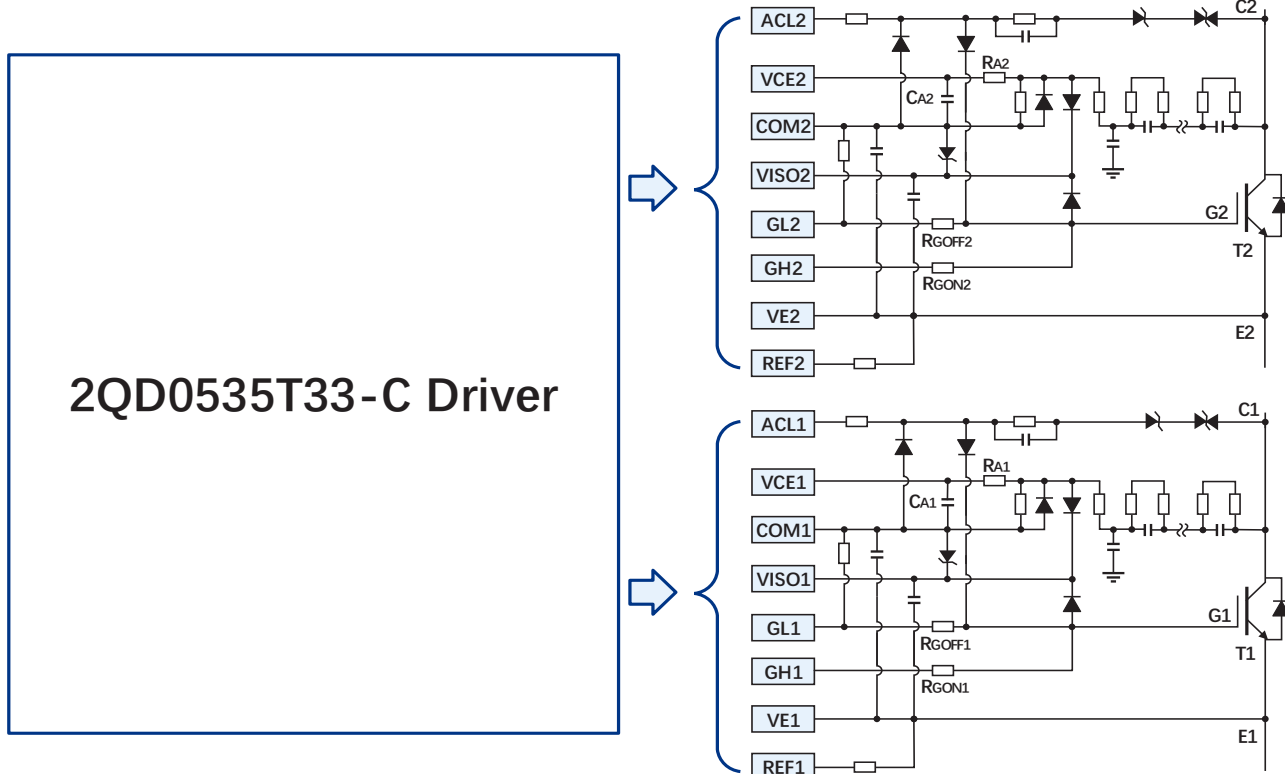


J1 端子接口定义

管脚	符号	说明	管脚	符号	说明
1	VDC	驱动器隔离 DC/DC 电源 ¹⁾	6	VCC	逻辑电源 ⁵⁾
2	SO1	1 通道状态输出, 漏极开路输出 ²⁾	7	GND	信号 / 功率地
3	SO2	2 通道状态输出, 漏极开路输出	8	IN1	PWM 信号输入, 对应通道 ⁶⁾
4	MOD	模式选择, 直接模式或半桥模式 ³⁾	9	IN2	PWM 信号输入, 对应通道 ⁷⁾
5	TB	保护闭锁时间设置 ⁴⁾	10	GND	信号 / 功率地

注: 1) 功率电源, 驱动器内部的隔离 DC/DC 电源, 建议采用 15W 以上的 15V 直流电源, 请务必保证足够的支撑电容, 以免电压掉落。
2) 状态输出信号为晶体管开路输出, 未内置上拉电阻。推荐 3.3V 上拉电阻用 1kΩ; 5V 上拉电阻用 1.5kΩ; 15V 上拉电阻用 4.7kΩ。
3) 模式选择管脚用于选择驱动器的运行模式。该管脚接 GND 时为直接模式; 当该管脚通过电阻接到 GND 时为半桥模式。
4) 该管脚设置保护闭锁时间。在该 TB 管脚与 GND 间连接一个电阻 $75\text{ K}\Omega < R_{TB} < 185\text{ K}\Omega$, 进行保护闭锁时间的设置。
5) 驱动器原边逻辑芯片的电源, 所需功率约 1W, 建议与功率电源共用。
6) IN1 信号在直接模式时, 为 1 通道触发信号, 高电平开通; 在半桥模式时为唯一触发信号, 高电平 1 通道开通、2 通道关断。
7) IN2 信号在直接模式时, 为 2 通道触发信号, 高电平开通; 在半桥模式时为使能信号, 高电平两通道使能, 低电平两通道均关断。

副边典型接线图



J2 端子接口定义

管脚	符号	说明	管脚	符号	说明
11	GL1	1 通道门极关断输出端 ¹⁾	25	ACL2	2 通道高级有源钳位反馈端
12	GH1	1 通道门极开通输出端 ²⁾	26	VCE2	2 通道 VCE 检测端
13	COM1	1 通道驱动电源地 ³⁾	27	REF2	2 通道 VCE 保护门槛电压设置端
14	VE1	1 通道驱动电源参考电位端 ⁴⁾	28	VISO2	2 通道驱动电源输出端
15	VISO1	1 通道驱动电源输出端 ⁵⁾	29	VE2	2 通道驱动电源参考电位端
16	REF1	1 通道 VCE 保护门槛电压设置端 ⁶⁾	30	COM2	2 通道驱动电源地
17	VCE1	1 通道 VCE 检测端 ⁷⁾	31	GH2	2 通道门极开通输出端
18	ACL1	1 通道高级有源钳位反馈端 ⁸⁾	32	GL2	2 通道门极关断输出端

注 1) 驱动器门极关断输出端，外接门极关断电阻 $R_{G\text{OFF}}$ ，关断时拉到 COM 电位，开通时高阻态。

2) 驱动器门极开通输出端，外接门极开通电阻 $R_{G\text{ON}}$ ，开通时拉到 VISO 电位，关断时高阻态。

3) 驱动器驱动电源输出端；外接支撑电容。

4) 驱动器参考电位；外接支撑电容和 IGBT 模块发射极。

5) 驱动器驱动电源地；外接支撑电容。

6) 驱动器退饱和检测内部比较器门槛电压设置引脚，详见"IGBT 短路保护"。

7) 驱动器退饱和检测引脚，详见"IGBT 短路保护"。

8) 如果不使用，则悬空，详细配置方法见"有源钳位"。

参数

绝对限值

参数	MIN	MAX	UNIT
VCC to GND		15.5	V
IN1, IN2, SO1, SO2 to GND	0	VCC	V
门极驱动功率 ¹⁾		5	W
2QD0535T33-C 母线电压 ²⁾	300	2300	V
供电电源平均电流 ³⁾		833	mA
最大开关频率		100	kHz
运行温度 T _A	-40	85	°C
存储温度 T _S	-40	85	°C
注：1) 在 T _A 允许温度范围内，单通道最大输出功率。 2) 2QD0535T33-C 默认参数下允许的最大母线电压。 3) 驱动板额定工况的最大值。			

供电电源

环境温度 T_A=25°C，配合 2AB0535T33-C 底座板进行测试，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
供电电流	V _{CC} =15V, 空载, f _{SW} =0kHz		100		mA
	V _{CC} =15V, 空载, f _{SW} =10kHz, 50% 占空比		150		mA
	V _{CC} =15V, 100nF 负载, f _{SW} =10kHz, 50% 占空比		250		mA
副边全压 V _{CCO} ¹⁾	VISO to COM	23	25	26.5	V
副边正压 V ₊	VISO to VE	14.5	15	15.5	V
副边负压 V ₋ ²⁾	COM to VE	-8.5	-10	-11	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 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ，配合 2AB0535T33-C 底座板进行测试，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	$V_{CC}=15\text{V}$, $R_{11}=R_{15}=N.C$	0		15	V
	开通阈值 V_{INH}	$V_{CC}=15\text{V}$, $R_{11}=R_{15}=N.C$	2.4	2.6	2.8	V
	关断阈值 V_{INL}	$V_{CC}=15\text{V}$, $R_{11}=R_{15}=N.C$	0.9	1.1	1.3	V
MOD 模式选择 $^{2)}$	直接模式	$V_{CC}=15\text{V}$, MOD 端接 GND		0		k Ω
	半桥模式	$V_{CC}=15\text{V}$, MOD 端接电阻到 GND	72		182	k Ω
t_B 保护延时电阻 $^{3)}$	外部电阻 R_{TB}	$V_{CC}=15\text{V}$	75		185	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 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ，配合 2AB0535T33-C 底座板进行测试，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		V_+		V
	关断 OFF-State	$V_{CC}=15\text{V}$, 空载		V_-		V
门极电流 I_G	开通 ON-State	$V_{CC}=15\text{V}$, $R_{GON}=0.5\Omega$			35	A
	关断 OFF-State	$V_{CC}=15\text{V}$, $R_{GOFF}=0.5\Omega$	-35			A
SO 输出电压 $V_{SO}^{1)}$	正常状态	$V_{CC}=15\text{V}$, $R_{PULLUP}=4.7\text{k}\Omega$		15		V
	保护状态 $^{2)}$	$V_{CC}=15\text{V}$, $R_{PULLUP}=4.7\text{k}\Omega$			0.7	V
SO 端电流 $I_{SO}^{3)}$		$V_{CC}=15\text{V}$, 保护状态		10	20	mA
注：1) 输出端 SO 为晶体管开路输出，驱动器内部没有内置上拉电阻，用户在使用时需要自行添加。该参数是在外部加 $4.7\text{k}\Omega$ 电阻上拉至 V_{CC} 的条件下测量的（详见功能描述“保护输出信号 SOx 的输出”）。 2) 保护状态下开集极电路导通接地，此时开集极电路的导通压降。 3) 保护状态下开集极电路流过电流的典型值。						

保护

环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ，配合 2AB0535T33-C 底座板进行测试，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+}	$V_{CC}=15\text{V}$, $V_{CC}-\text{GND}$		12.5		V
	恢复 V_{CCUVR+}	$V_{CC}=15\text{V}$, $V_{CC}-\text{GND}$		13.5		V
副边正压欠压保护阈值电压	触发 V_{UV+}	$V_{CC}=15\text{V}$, $\text{VISO}-\text{VE}$	12	12.4	12.8	V
	恢复 V_{UVR+}	$V_{CC}=15\text{V}$, $\text{VISO}-\text{VE}$	12.5	12.9	13.3	V
副边负压欠压保护阈值电压	触发 V_{UV-}	$V_{CC}=15\text{V}$, $\text{VE}-\text{COM}$	4.4	4.7	5.2	V
	恢复 V_{UVR-}	$V_{CC}=15\text{V}$, $\text{VE}-\text{COM}$	5	5.15	5.3	V
短路保护阈值电压 V_{REF}		$V_{CC}=15\text{V}$, $R_{REF}=68\text{k}\Omega$		10.2		V
短路保护响应时间 $t_{sc}^{2)}$		$U_{DC}>800\text{V}$, $R_{REF}=68\text{k}\Omega$, $C_A=33\text{pF}$		8.5		us
软关断时间 t_{SOFT}		Vgon connecting to VE, 100nF 负载		2		us
保护锁定时间 t_B		$R_{TB}=150\text{k}\Omega$		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		540		ns

注：1) 欠压保护时序图参见图 6。

2) 采用串电阻检测方式，参见短路保护检测原理框图 13。

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 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ，配合 2AB0535T33-C 底座板进行测试，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}	$V_{CC}=15\text{V}$, $R_{MOD}=0\Omega$, $R_{GON}=R_{GOFF}=1.5\Omega$, $C_{GE}=100\text{nF}$, $f_s=1\text{kHz}$		250		ns
	关断延时 t_{OFF}			270		ns
开通延时抖动 t_{ON}		输入信号上升沿 10% 到门极信号上升沿 10%		± 5		ns
关断延时抖动 t_{OFF}		输入信号下降沿 10% 到门极信号下降沿 10%		± 5		ns
输出信号上升时间 t_r		$R_{GON}=0.5\Omega$, $C_{GE}=100\text{nF}$		200		ns
输出信号下降时间 t_f		$R_{GON}=0.5\Omega$, $C_{GE}=100\text{nF}$		900		ns
死区时间 $DT^{2)}$		$R_{MOD}=150\text{k}\Omega$	2.8	3	3.2	us
死区时间抖动 DT		$R_{MOD}=150\text{k}\Omega$		± 100		ns

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 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ，除非另有说明。

参数		数值	UNIT
绝缘耐压 ¹⁾		10000	V
原边 - 副边 ²⁾	隔离等效电容	20	pF
	电气间隙	26.5	mm
	爬电距离	44	mm
副边 - 副边	隔离等效电容	30	pF
	电气间隙	12.5	mm
	爬电距离	25	mm
注：1) 测试条件为 10000V, AC, 1min。			
2) 电气间隙和爬电距离，按照 IEC 60077-1 标准设计。			

特性曲线

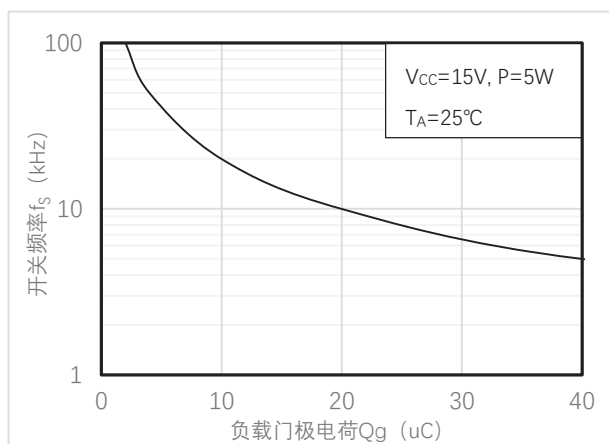


图 1 负载门极电荷 vs 开关频率

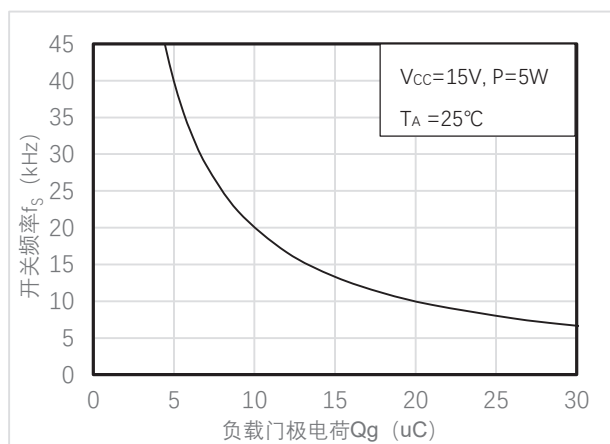


图 2 负载门极电荷 vs 开关频率

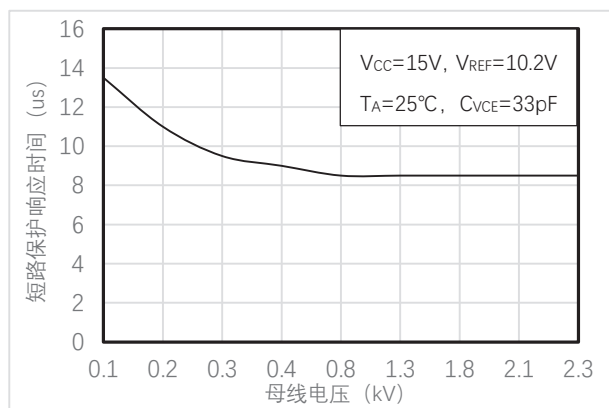


图 3 短路保护响应时间 vs 母线电压

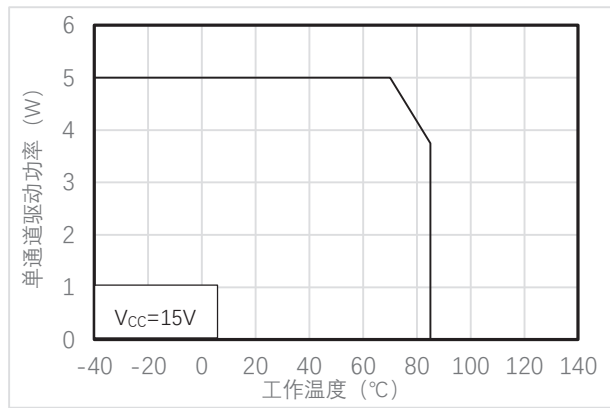


图 4 驱动功率 vs 工作温度

功能描述

电源及电源监控

这款驱动器配有隔离 DC/DC 电源，可实现电源和门极驱动电路的电气隔离（如图 5 所示）。

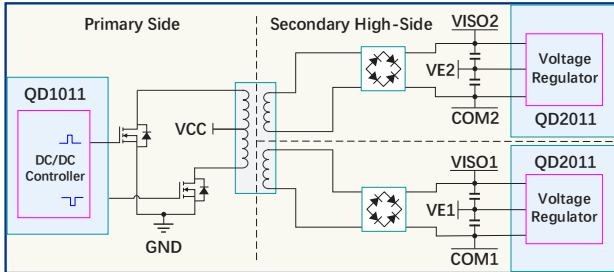


图 5 电源原理框图

驱动器已在内部 VISOx、VEx、COMx 之间配有支撑电容，但建议用户在 VISOx 和 VEx 之间增加 10uF 的外部电容，对于门极电荷超过 4.7uC 的 IGBT 模块，每增加 1uC，VISOx 和 VEx 之间增加 4.7uF 的外部电容。每增加 1uC，COMx 和 VEx 之间增加 2uF 的外部电容。支撑电容必须尽可能靠近驱动器管脚处，以使电感最小。

VISOx 与 VEx 或 COMx 与 VEx 之间不能加静态负载，如有必要可在 VISOx 与 COMx 之间施加。

驱动器的原边及两个通道的副边都分别配有电源监控电路，并实施欠压保护。

原边电源监控

在原边对电源电压 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（如图 6 所示）。

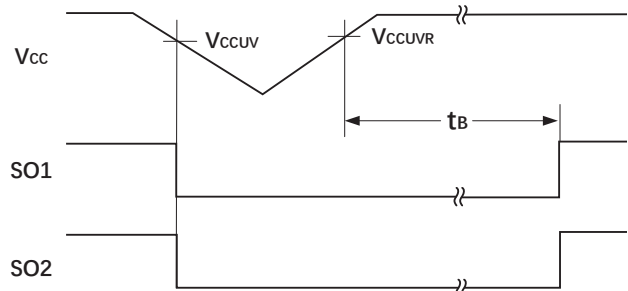


图 6 原边欠压保护逻辑图

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。

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_{CCUV} ，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（如图 7 所示）。

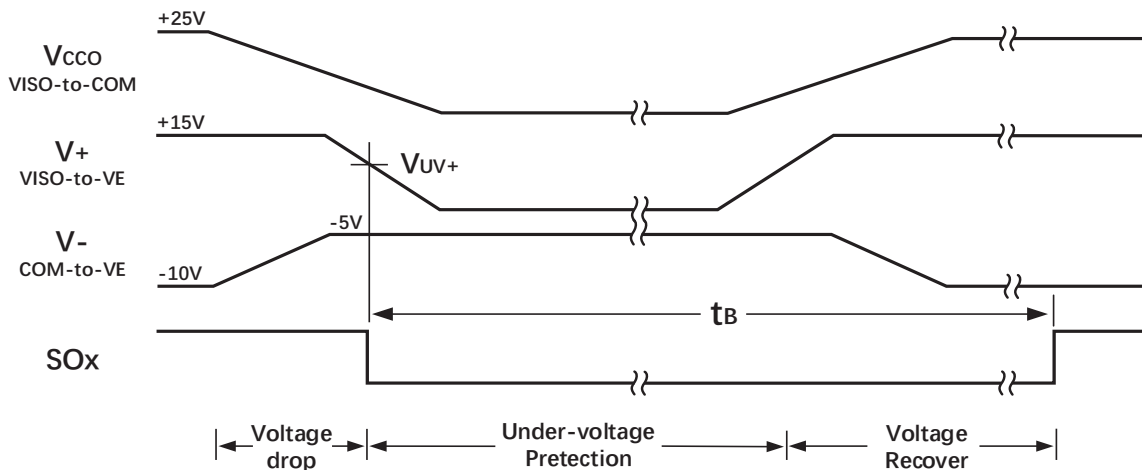


图 7 副边欠压保护逻辑图

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 $R10/R13=470\Omega$ ， $R11/R15$ 未焊接。

需要改变输入信号电平时，可通过焊接不同的 $R11$ 和 $R15$ 电阻来改变输入信号开通阈值 V_{INH} 、关断阈值 V_{INL} 。用户可咨询我们技术支持来进行设置。

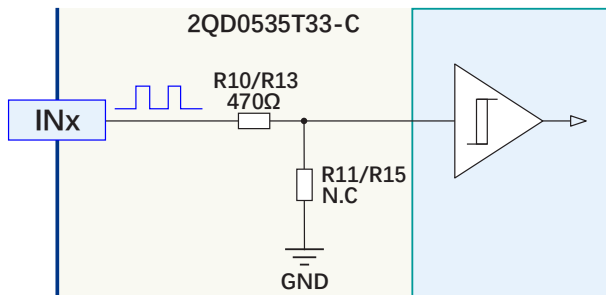


图 8 INx 输入电路图

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 引脚端子连接到 GND，则选择了直接模式，传输逻辑（如图 9 所示）。直接模式时，两个通道各自独立，互不影响。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。

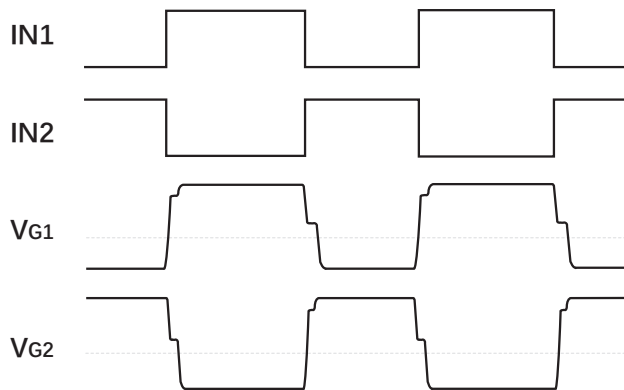


图 9 直接模式传输逻辑图

半桥模式

如果 MOD 引脚端子如果通过一个电阻 R_{MOD} 将 MOD 引脚接到 GND，且电阻阻值范围是： $72k\Omega \leq R_{MOD} \leq 182k\Omega$ ，驱动器就选择了半桥模式，传输逻辑（如图 10 所示）。在这种模式下，IN1 为驱动信号输入，而 IN2 为使能信号。

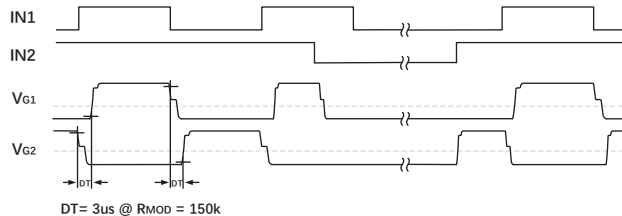


图 10 半桥模式传输逻辑图

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

死区时间 DT 由接在 MOD 管脚上的电阻 R_{MOD} 决定，根据以下公式（典型值）：

$$R_{MOD} [k\Omega] = 31.5 \cdot DT [\mu s] + 52.7$$

$$(0.6\mu s \leq DT \leq 4.1\mu s \quad 72k\Omega \leq R_{MOD} \leq 182k\Omega)$$

IGBT 的开通和关断

驱动器的 IGBT 门极驱动电路（如图 11 所示）。驱动器 GHx 和 GLx 管脚采用独立分离的设计，支持开通电阻和关断电阻分别设置。

当需要开通 IGBT 时，驱动器内部的 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。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。

驱动器允许独立设置开通电阻和关断电阻。为了在驱动器没有供电的情况下提供一个从 IGBT 模块栅极到发射极的低阻抗路径，需要在 GLx 和 $COMx$ 之间跨接一个 $4.7k\Omega$ 的电阻（其他电阻值也可以）。二极管 $D5x$ 也是不可少的，它能起到钳位作用，防止门极电压过高，保护 IGBT 模块。

用户可自行设计外部驱动电路及保护电路。选择合适的门极电阻和支撑电容对 IGBT 安全可靠的开通关断控制至关重要。门极电阻 R_{GON} 和 R_{GOFF} 的选择以及驱动电源支撑电容阵列，用户可咨询我们技术支持来进行设置。

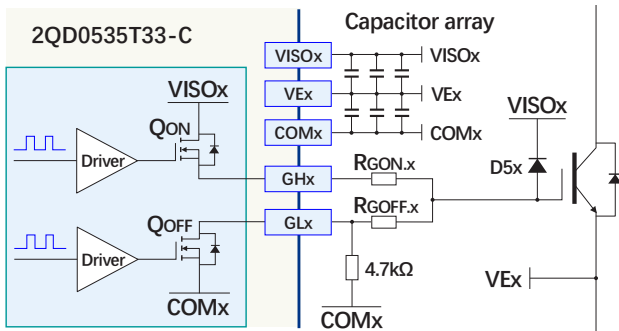


图 11 门极驱动电路图

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，可以有效的防止 IGBT 的过压损坏。

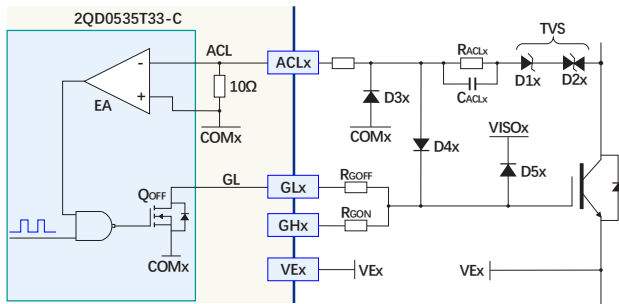


图 12 有源钳位电路原理框图

有源钳位电路的原理（如图 12 所示）。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。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} 电压得到抑制。

对驱动器的应用电路击穿阈值推荐如表 1。

表 1 有源钳位阈值表 ($T_A=25^{\circ}C$)

驱动型号	模块电压等级	击穿阈值
2QD0535T33-C	800V	960V
2QD0535T33-C	1200V	1320V
2QD0535T33-C	2300V	2800V

动态有源钳位

有源钳位动作同时也反馈给驱动器的二次侧 $ACLx$ 管脚：为了提高有源钳位的效果和减少 TVS 的损耗，只要电阻 (R_{ACLx}) 上的电压超过约 1.3V, 驱动器内部会使 Q_{OFF} 逐步切换到截止状态。当电阻 (R_{ACLx}) 的电压接近 20V(相对于 $COMx$) 时, Q_{OFF} 达到完全截止。由于 $ACLx$ 管脚与 $COMx$ 网络有一个低阻抗回路，所有有一个与 TVS 串反向的二极管 $D2x$ 是必须的。

建议使用图 13 所示的电路。以下参数如果适合用户的应用，建议使用：

1、对于 1200V IGBT 模块，800V 直流母线电压的应用，建议采用 3 个单向 100V 的 TVS（如型号：P6SMBJ100A）、2 个单向 220V 的 TVS（如型号：P6SMBJ220A）和 1 个双向 220V 的 TVS（如型号：P6SMBJ220CA）。

2、对于 1700V IGBT 模块，1200V 直流母线电压的应用，建议采用 5 个单向 220V 的 TVS（如型号：P6SMBJ220A）和 1 个双向 220V 的 TVS（如型号：P6SMBJ220CA）。

3、对于 3300V IGBT 模块，2300V 直流母线电压的应用，建议采用 6 个单向 400V 的 TVS（如型号：P6SMBJ400A）和 1 个双向 400V 的 TVS（如型号：P6SMBJ400CA）。

为了避免 IGBT 模块的反并行二极管的前向恢复特性在接通时通过 TVS 链的负电流，每个通道必须至少使用一个双向 TVS ($D2x$)。根据应用的不同，这样的电流可能会导致驱动二次电压 $VISOx$ 到 VEx (15V) 的欠压。

注意，TVS 建议采用肖特基二极管。在相同总钳位阈值下，使用更多 TVS 的数量可以提高主动钳位效率。

此外，如果用户不需要使用高级有源钳位，电阻器 R_{ACL} 、 20Ω 和二极管 $D3x$ 、 $D4x$ 可以省略。

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 13），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 $COMx$ （相对 VEx 为 -10V 左右），比较器不动作。

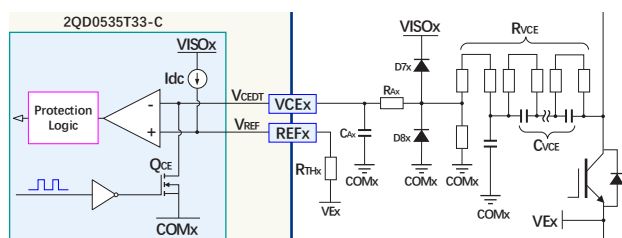


图 13 短路保护检测原理框图

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 QCE 关断，释放 VCEDT 钳位状态。此时 IGBT 的 VCE 仍处于高水平，将通过 RVCE 电阻串和 RA 电阻对 CA 电容进行充电，使得 VCEDT 电平逐渐抬升。随后 IGBT 开通，VCE 迅速下降至 VCE-SAT，VCEDT 也随之充电至 VCE-SAT（参见图 14）。由于 VCE-SAT 远低于保护触发值 VREF，比较器不动作，保护不启动。

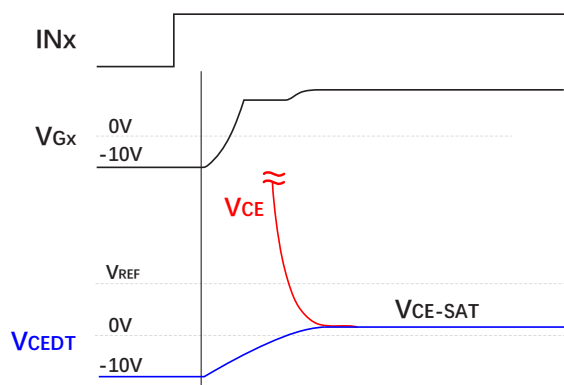


图 14 正常开通时 VCEDT 信号波形

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，VCE 很快回到高位。因此 CA 将会一直充电，使得 VCEDT 一直增长直到钳位至 VISOx（相对 VEx 为 +15V）。在此过程中，VCEDT 会越过 VREF（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 SOx 管脚拉低，以表达出保护状态。保护状态将会锁定一个 tB 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。

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 15）。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 tDT 也会加长。

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，此种状态下驱动区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。

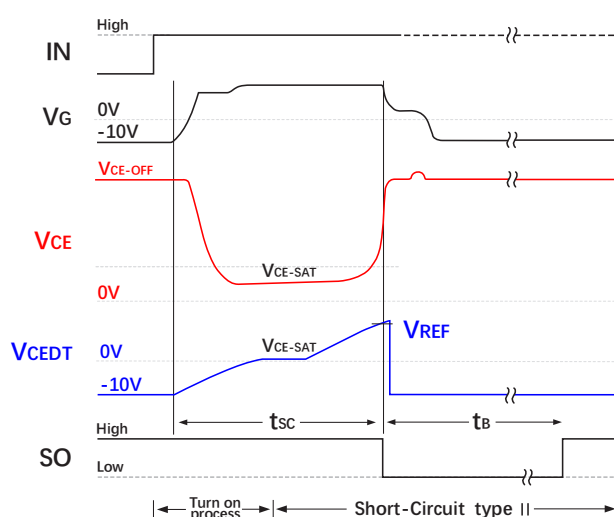


图 15 二类短路保护逻辑

保护输出信号 SOx 的输出

保护信号输出端 SOx 内部为漏极开路形式。正常情况下，SOx 输出端为高阻抗。当检测到故障时（原边欠压、副边欠压或者 IGBT 短路），对应保护信号 SOx 被拉到低电平（连接到 GND）。

在故障状态下，流过 SOx 的电流不能超过 20mA。

SO1 和 SO2 可以连接在一起，用以表达整个驱动的保护信息，但是分开表达可以实现快速且准确的诊断。

保护锁定时间 t_B 的设置

驱动器出现故障保护的时候，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（如图 16 所示）。

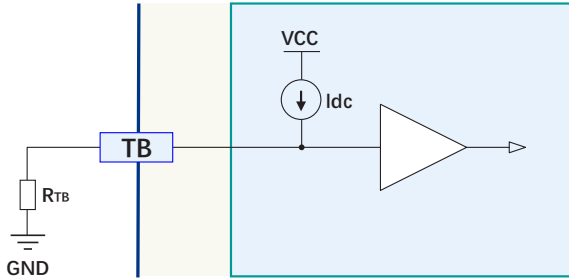


图 16 TB 管脚连接图

需要注意的是 TB 引脚到 GND 设置的电阻需要在有效范围内，否则时间 t_B 将不符合公式。 t_B 和 R_{TB} 的关系由以下公式给出（典型值）：

$$R_{TB} [k\Omega] = 1.0 \cdot t_B [ms] + 55$$

$$(20ms \leq t_B \leq 130ms \quad 75k\Omega \leq R_{TB} \leq 185k\Omega)$$

TB 管脚有一个 150uA 的恒流源，管脚不可以悬空，不使用时需要直接接到 GND。

软关断功能

驱动器内置软关断功能，当出现故障时，通过对门极进行电压控制，实现 IGBT 软关断，保护 IGBT，实现原理（如图 17 所示）。

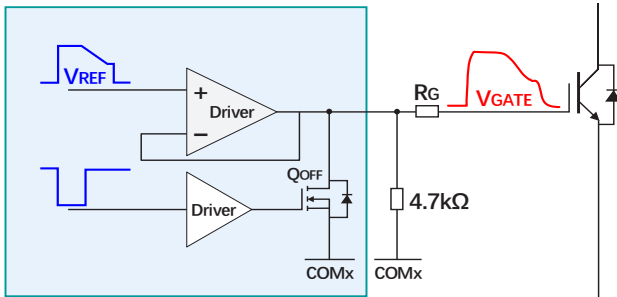


图 17 软关断示意图

软关断功能

驱动器内置软关断功能，当出现故障时，通过对门极进行电压控制，实现 IGBT 软关断，保护 IGBT，实现原理（如图 17 所示）：

驱动器内部一旦检测到故障信号（短路故障或者欠压故障），驱动器会瞬速关闭开通 MOS，同时保持关断 MOS 关闭状态，门极依靠下拉电阻缓慢放电，此时门极电压变化速率与门极电荷量相关。驱动器内部软关断控制逻辑控制门极逐步下降，直到门极电压降到 0V，门极切换到硬关断，完全关断 IGBT。整个软关断过程持续约 2us（如图 18 所示）。

State1 关断状态：IGBT 处于正常关断状态，软关断控制单元不工作。

State2 开通状态：IGBT 处于正常开通状态，软关断控制单元不工作。

State3 软关断阶段：当发生故障时，软关断控制单元控制 IGBT 门极电压缓慢下降，实现软关断。

State4 软硬缓冲阶段：门极电压下降到 0V 后，会保持一段时间不变，这段时间为软关断和硬关断之间的缓冲阶段。

State5 硬关断阶段：State4 以后，控制单元就认为 IGBT 已完成软关断过程，完全打开关断 MOS。

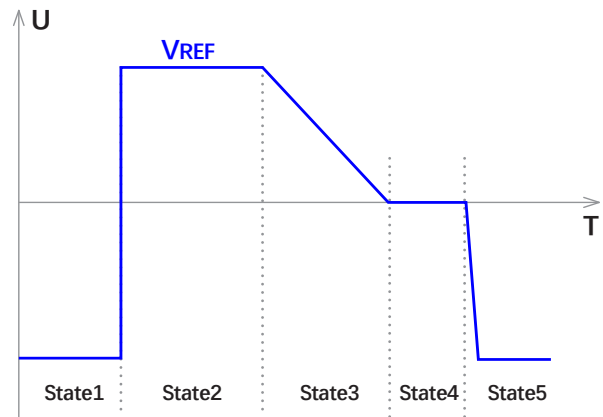
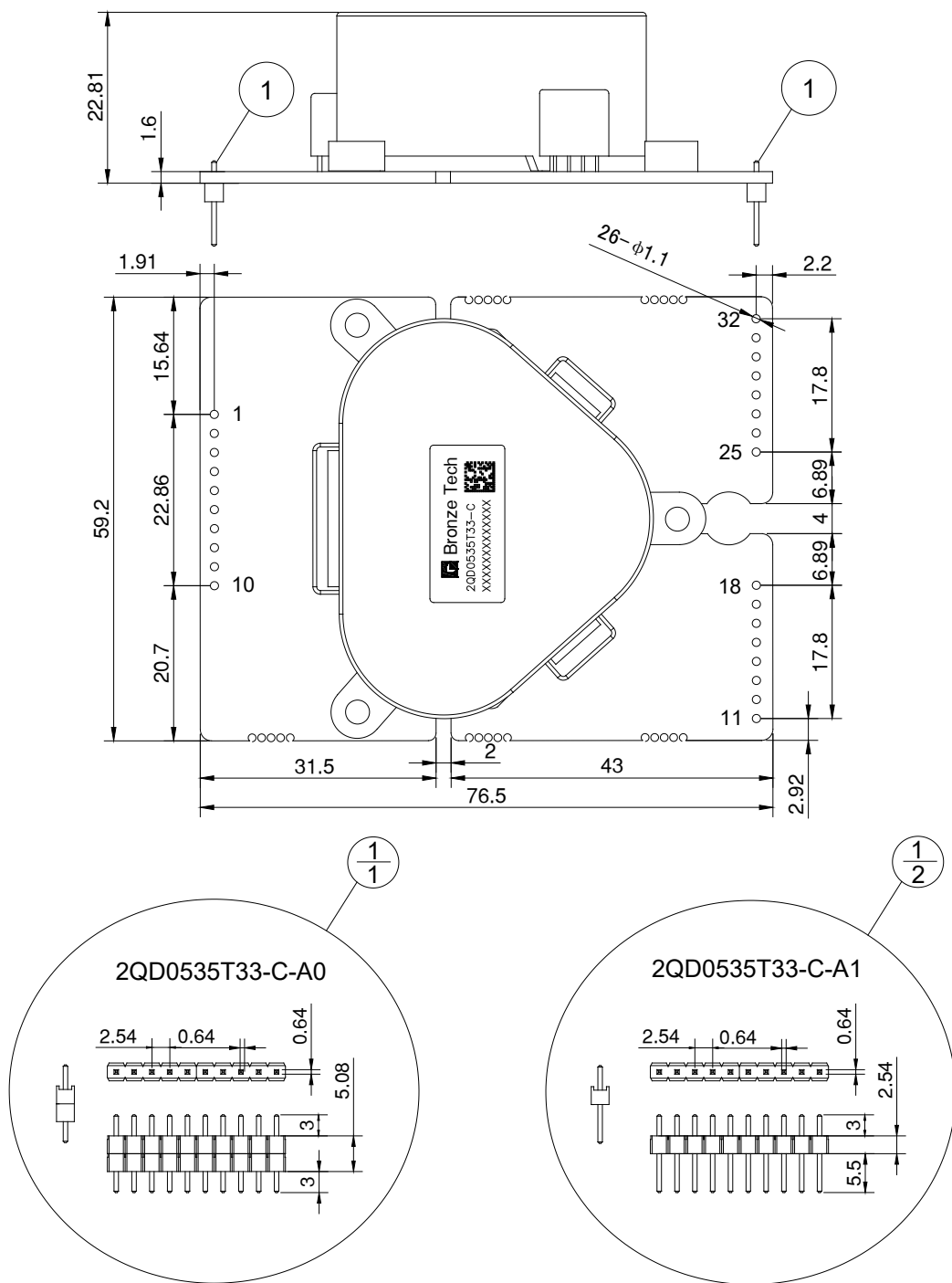


图 18 软关断步骤

机械结构图



注: 1) 图示单位为 mm;

2) 图中公差符合 ISO 2768-1。

原边及副边的管脚间距是 2.54mm (100mil)，管脚的横截面尺寸为 0.64mm x 0.64mm，推荐焊孔直径 $\Phi 1.0\text{mm}$ ，焊盘直径 $\Phi 2.0\text{mm}$ 。产品外形尺寸 59.2mm x 76.5mm，从管脚到底端到产品最高顶端的高度有两种配置：

2QD0535T33-C-A0：高度为 27.9mm，针脚长度（裸露部分）3.0mm。

2QD0535T33-C-A1：高度为 25.4mm，针脚长度（裸露部分）5.5mm。

注意：机械固定点放置在电气间隙和爬电路径上，因此必须使用绝缘固定材料以免缩小这些路径。

版本说明

版本号	变更内容	修订日期
V1.0	新发布	02-Feb-2021
V1.1	说明书模板更新、内容规范化	16-Aug-2021

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.qjtjtec.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。



青铜剑科技集团 | 深圳青铜剑技术有限公司

地址：中国广东省 深圳市 南山区 留学生创业大厦二期 22 楼

官网：www.qjtjtec.com

技术电话：+86 0755 33379866

技术邮箱：support@qjtjtec.com



微信公众号