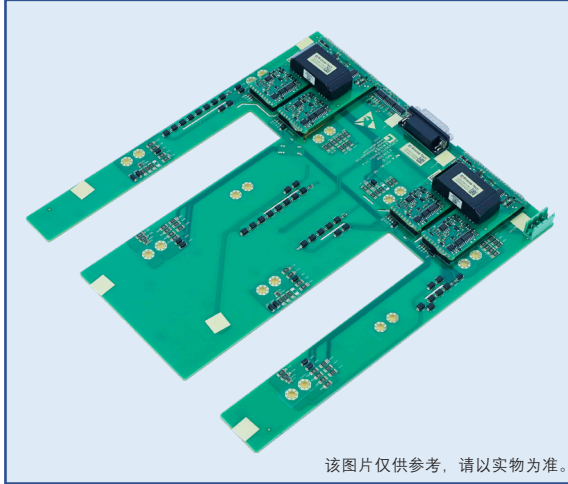


4QP0430T12-Danfoss 驱动器



特征

- 四通道 IGBT 驱动器
- 功率器件最高电压 1200V
- 单通道驱动功率 4W，峰值电流 $\pm 30A$
- 电源电压输入 +15V
- 适配 PrimePack™3 封装 IGBT 模块
- 适配 T 型三电平
- 集成隔离 DC/DC 电源
- 集成原边 / 副边电源欠压保护
- 集成 PWM 互锁功能
- 集成有源钳位
- 集成 VCE 短路保护
- 集成软关断
- 集成 NTC 检测

RoHS
COMPLIANT

主要参数

V_{CC}	15V
V_G	+15V, -15V
P, MAX	4W
I_G , MAX	$\pm 30A$
f_s , MAX	10kHz
T_A	-40°C ~85°C
绝缘耐压	4000Vac

描述

4QP0430T12-Danfoss 是一款基于青铜剑自主开发的驱动核 2QD30A17K-I 设计而成的四通道、中功率、高绝缘电压、紧凑型、高可靠性驱动器，针对中功率、大功率、中压、高可靠性领域设计而成。

4QP0430T12-Danfoss 驱动器是专门针对 Danfoss 公司的 DP900N1200TU104204 模块设计的并联驱动方案，其中两个 IGBT 的间距为 73mm。即插即用的功能使驱动底座板通过螺丝固定在 IGBT 模块上使用，无需转接处理。

典型应用

- 风电变流器
- 储能变流器

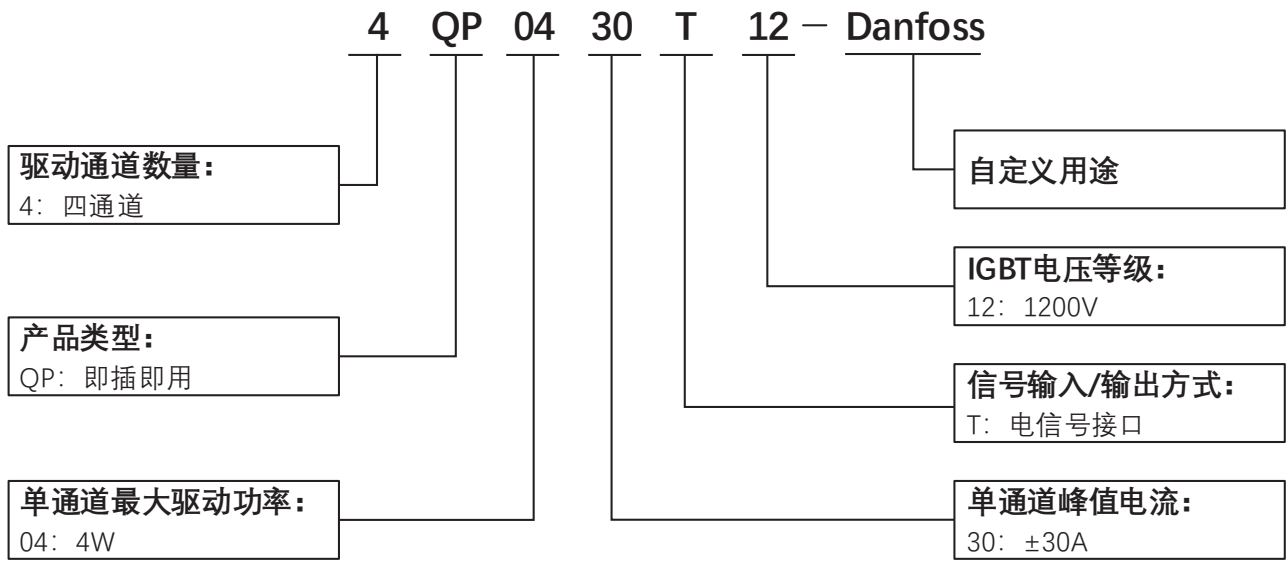
机械尺寸

机械尺寸图：参见第 12 页

连接图

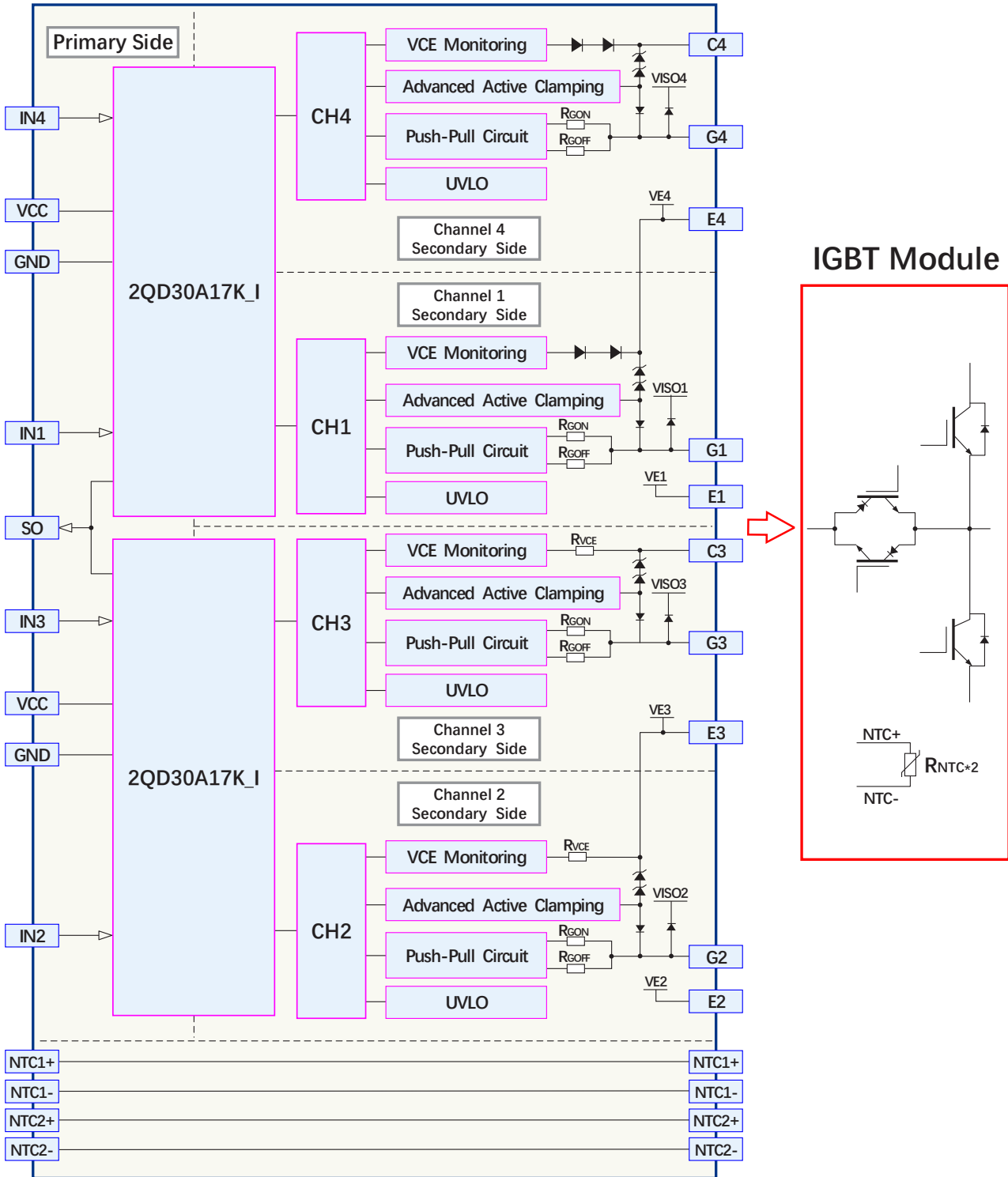


型号定义



原理框图

4QP0430T12-Danfoss



接口定义

P1 端子接口定义

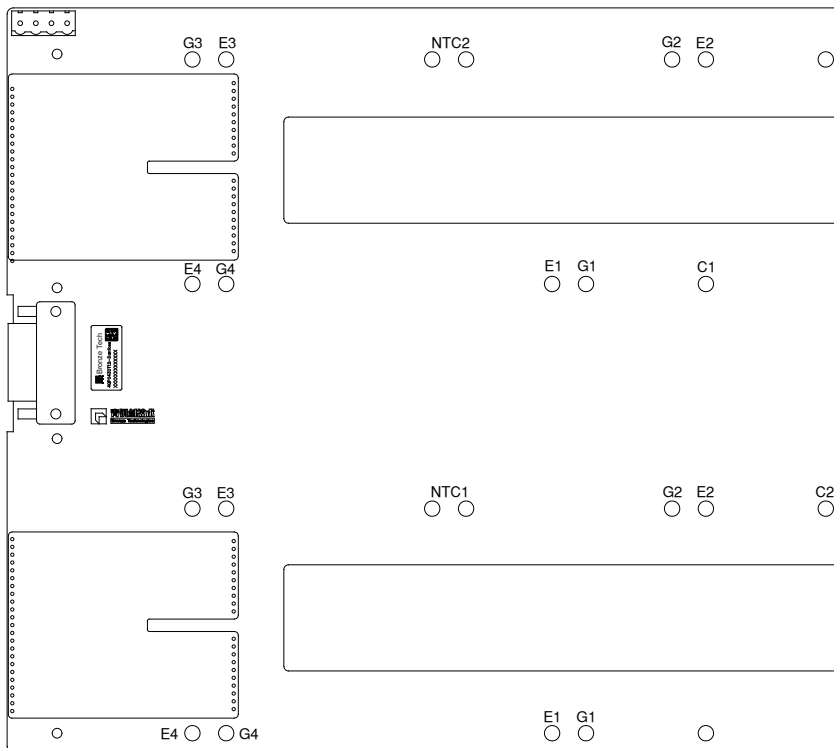
管脚	符号	说明	管脚	符号	说明
1	VCC	供电电源输入 +	9	GND	信号 / 功率地
2	VCC	供电电源输入 +	10	GND	信号 / 功率地
3	IN1	1 通道 (T1 管) 触发信号输入	11	GND	信号 / 功率地
4	IN2	2 通道 (T2 管) 触发信号输入	12	GND	信号 / 功率地
5	SO	故障信号输出	13	GND	信号 / 功率地
6	IN3	3 通道 (T3 管) 触发信号输入	14	GND	信号 / 功率地
7	IN4	4 通道 (T4 管) 触发信号输入	15	GND	信号 / 功率地
8	VCC	供电电源输入 +			

注: 1) 默认配置接口 DB15 公头, 型号为: CP15-023138-GZ, 品牌: 东莞跃展。

门极参数配置

主板型号	适配 IGBT 型号	管	参数配置
4QP0430T12-Danfoss	DP900N1200TU104204	T1/T4	$R_{GON}=1.57\Omega$, $R_{GOFF}=2.07\Omega$, $RE=0.25\Omega$, $C_{GE}=10nF$
		T2/T3	$R_{GON}=4.05\Omega$, $R_{GOFF}=4.05\Omega$, $RE=0.25\Omega$, $C_{GE}=10nF$

注: 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。



4QP0430T12-Danfoss 接口示意图

参数

绝对限值

参数	MIN	MAX	UNIT
VCC to GND	14.5	15.5	V
IN1~IN4, SO to GND		15	V
供电电源		15	V
门极驱动功率 ¹⁾		4	W
门极驱动电流	-30	30	A
最大开关频率	0	10	kHz
原 / 副边绝缘电压		4000	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 ³⁾		95	%
海拔高度 ⁴⁾		2500	m

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) 不允许出现凝露现象。
 4) 超过最大海拔高度应用请咨询深圳青铜剑技术公司。

供电电源

环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ，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		15		V
转换效率	$V_{CC}=15\text{V}$		80		%
静态电流 I_{DDQ}	$V_{CC}=15\text{V}$, 空载		240		mA
供电电流	$V_{CC}=15\text{V}$, 100nF, $f_{sw}=10\text{kHz}$, 50% 占空比		670		mA
副边全压 $V_{CCO}^{1)}$	VISO to COM		30		V
副边正压 V^+	VISO to VE		15		V
副边负压 $V^{-2)}$	COM to VE		-15		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 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ，除非另有说明。

参数		测试条件	MIN	TYP	MAX	UNIT
IN1~IN4 输入电压 $V_{IN}^{1)}$	电压限值	$V_{CC}=15\text{V}$		15		V
	开通阈值 V_{INH}	$V_{CC}=15\text{V}$		7.9		V
	关断阈值 V_{INL}	$V_{CC}=15\text{V}$		5.8		V
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”。						

输出

环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ，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		15		V
	关断 OFF-State	$V_{CC}=15\text{V}$ ，空载		-15		V
门极电流 I_G	开通 ON-State	$V_{CC}=15\text{V}$		30		A
	关断 OFF-State	$V_{CC}=15\text{V}$		-30		A
SO 输出电压 $V_{SO}^{1)}$	正常状态	$V_{CC}=15\text{V}$ ， $R_{SO}=1\text{k}\Omega$		15		V
	保护状态 ²⁾	$V_{CC}=15\text{V}$ ， $R_{SO}=1\text{k}\Omega$		0		V
NTC 电阻 ²⁾			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 CON1 引出，未作任何电路处理。						

保护

环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ，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+}	$V_{CC}=15\text{V}$ ， $V_{CC}-\text{GND}$		11.5		V
短路保护阈值电压 V_{REF}		$V_{CC}=15\text{V}$ ， $R_{REF}=22\text{k}\Omega$ ， $C_{REF}=560\text{pF}$		7.3		V
短路保护响应时间 $t_{SC}^{2)}$		$U_{BUS}>300\text{V}$ ， $R_{A1}=3.3\text{k}\Omega$ ， $C_{A1}=100\text{pF}$		6.0		us
软关断时间 t_{SOFT}		Vgon connecting to 0V，100nF 负载		3.8		us
故障重启时间 t_{TD}		$V_{CC}=15\text{V}$ ，各 INx 不输入信号	40	45		ms
注：1) 欠压保护时序图参见图 2。 2) 详见短路保护。						

时序

环境温度 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ，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}	$V_{CC}=15\text{V}$, $f_s=10\text{kHz}$, 负载 100nF	850			ns
	关断延时 t_{OFF}		850			ns
外管输出信号上升时间 t_{r1}		$R_{GON}=1.57\Omega$, $C_{GE}=10\text{nF}$	140			ns
内管输出信号上升时间 t_{r1}		$R_{GON}=4.05\Omega$, $C_{GE}=10\text{nF}$	160			ns
外管输出信号下降时间 t_{r2}		$R_{GOFF}=2.07\Omega$, $C_{GE}=10\text{nF}$	125			ns
内管输出信号下降时间 t_{r2}		$R_{GOFF}=4.05\Omega$, $C_{GE}=10\text{nF}$	150			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%，关断传输延时为下降输入信号沿 10% 到门极信号下降沿 10%。						

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⁾		4000	V
原边 - 副边 ²⁾	电气间隙	16	mm
	爬电距离	16	mm
副边 - 副边	电气间隙	5.5	mm
	爬电距离	12	mm
ESD 静电防护	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
注：1) 测试条件为 4000V, 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。			

功能描述

电源及电源监控

这款驱动器配有 DC/DC 电源，可实现电源和门极驱动电路的电气隔离。DC/DC 电源在 2QD30A17K_I 驱动核上，基本原理框图（参见图 1）。

驱动器的原边及四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。

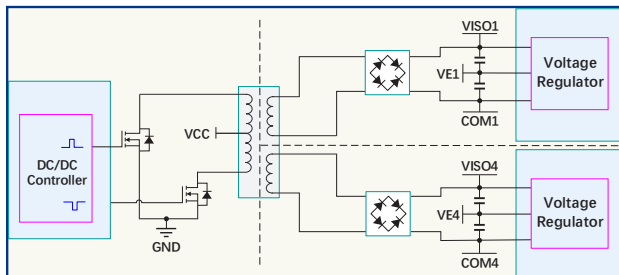


图 1 电源原理框图

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。四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 SO 。

当 V_{CC} 恢复到原值时，驱动器仍保持锁定状态，如需重新开启驱动器，需重新启动驱动器或令输入信号 $IN1-4$ 同时保持低电平状态 50ms，启动自动复位功能。

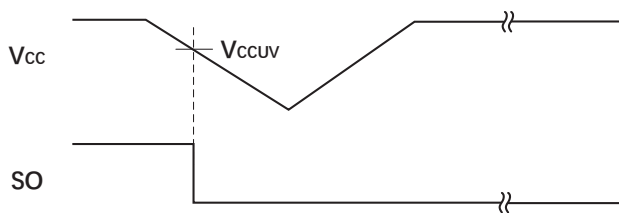


图 2 原边欠压保护逻辑图

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，驱动器正压 $V+$ （VISO 至 VE 下同）下降，同时，负压 $V-$ （COM 至 VE 下同）也相应抬升。当副边电压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，使得原边输出保护信号 SO 。

当故障情况解除， V_{CCO} 恢复后，但驱动器不会恢复正常工作，仍处于锁定状态。如需重新开启驱动器，需重新启动驱动器或令输入信号 $IN1-4$ 同时保持低电平状态 50ms，启动自动复位功能后方可重新启动驱动器。

副边电压调节和欠压保护逻辑（参见图 3）。

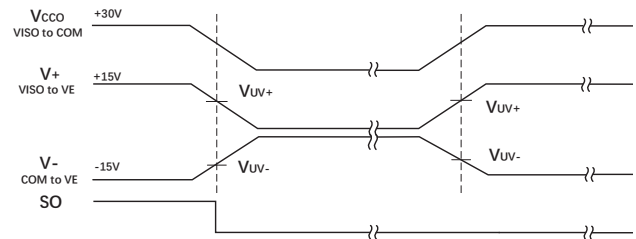


图 3 副边欠压保护逻辑图

触发信号 INx 输入

触发信号由 INx 端口输入（参见图 4），默认状态 $R1/R2/R3/R4=10k\Omega$ ， $R14/R7/R9/R5=1.5k\Omega$ ， $C67/C23/C79/C21=100pF$ 。

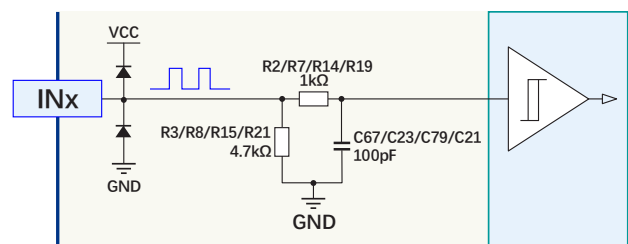


图 4 INx 输入电路图

传输逻辑

驱动器工作在直接模式，直接模式时，通道之间各自独立，没有联系。输入 $IN1$ 对应 $T1$ 通道，输入 $IN2$ 对应 $T2$ 通道，输入 $IN3$ 对应 $T3$ 通道，输入 $IN4$ 对应 $T4$ 通道；高电平将对应的 IGBT 开通，低电平将对应的 IGBT 关断。

驱动器设置了逻辑互锁功能， $T1$ 和 $T3$ 管的 PWM 信号逻辑互锁， $T2$ 和 $T4$ 管的 PWM 信号逻辑互锁，当 $T1$ 和 $T3$ 管对应的 PWM 控制信号输入同时为高时，将会锁住 $T1$ 、 $T3$ 管的 PWM 输入信号，使 $T1$ 、 $T3$ 管 PWM 信号输出为低电平，IGBT 关闭；同理 $T2$ 和 $T4$ 一样。

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。

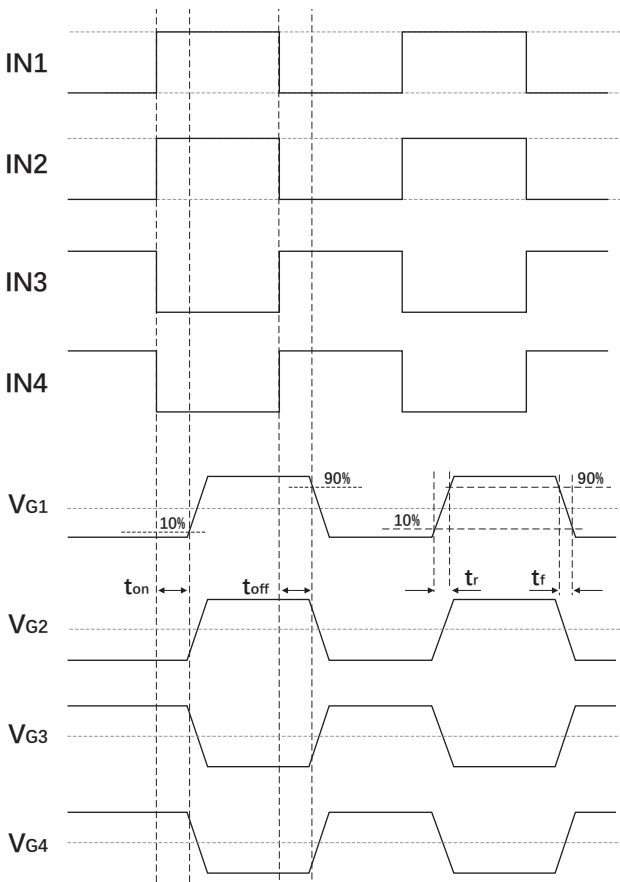


图 5 正常传输逻辑

保护信号输出

保护信号输出端 SO 内部为发射极开路形式，（参见图 6）。正常情况下， Q_{SO} 截止，SO 无输出信号。当驱动器的某个通道出现保护时，对应通道的 Q_{SO} 将导通，SO 变为低电平（接地）。默认状态 $R_{F1}/R_{F2}=4.7k\Omega$ ， Q_{SO} 管的过电流能力为 100mA。

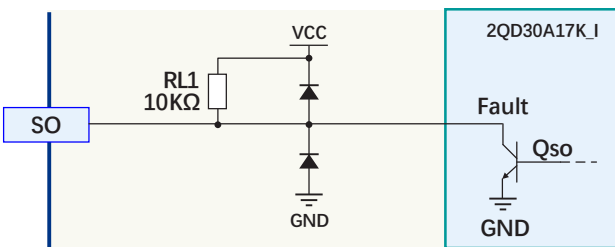


图 6 保护信号输出逻辑图

IGBT 的开通和关断

当需要开通 IGBT 时，驱动器内部芯片内的 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。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 30A。

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 $R_{GOFF}+R_{GON}$ 对 IGBT 的门极进行放电，使 IGBT 关断。驱动器在内置芯片外部还扩展了一个关断 MOSFET，以拓展开通驱动电流到 -30A。

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。

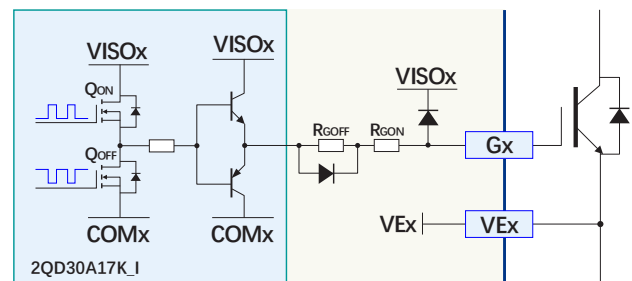


图 7 门极驱动电路图

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，可以有效的防止 IGBT 的过压损坏。

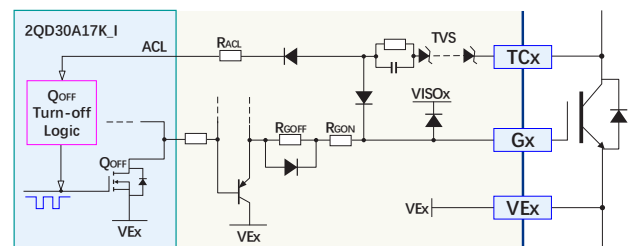


图 8 有源钳位电路原理框图

有源钳位电路的原理（参见图 8）。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，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	模块电压等级	击穿阈值
4QP0430T12-Danfoss	1200V	1130V

IGBT 短路保护

驱动器的 IGBT 短路保护使用 V_{CE} 检测电路（二极管检测），各个通道各自独立。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 ，远低于保护触发值 V_{REF} ，比较器不动作。

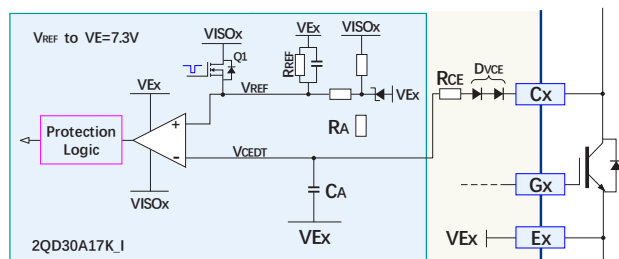


图 4 门极驱动电路图

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_1 关断，参考电压 V_{REF} 为 7.3V，其中 $R=22\text{K}$ ， $C=560\text{pF}$ ，释放 V_{CEDT} 钳位状态。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} ，此时 $V_{CEDT} < 7.3\text{V}$ 。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。

当驱动器执行 IGBT 关断动作时，传输到副边的触发信号会将 Q_1 关断，参考电压 V_{REF} 为 15V，此时 V_{CEDT} 处于钳位状态，为 10V。由于 V_{CEDT} 远低于保护触发值 V_{REF} ，比较器不动作，保护不启动。

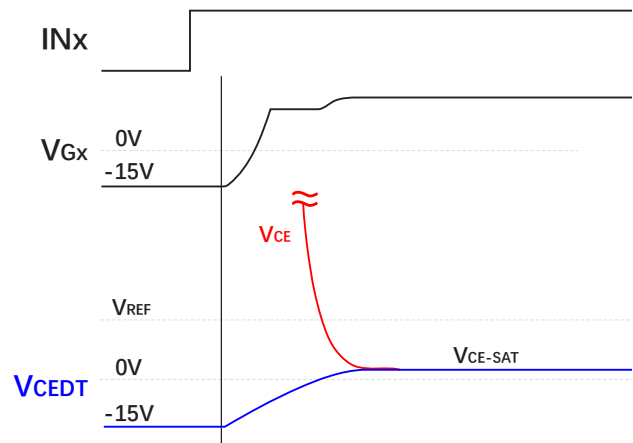


图 10 正常开通时 V_{CEDT} 信号波形图

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 V_{ISOx} （相对 V_{Ex} 为 +15V）。在此过程中， V_{CEDT} 会越过 V_{REF} ，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 管脚拉低，以表达出保护状态。

驱动核两通道之间的保护电路是相互反馈的，所以在一个通道发生短路输出保护信号的情况下，另一通道也收到反馈使门极关断。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。

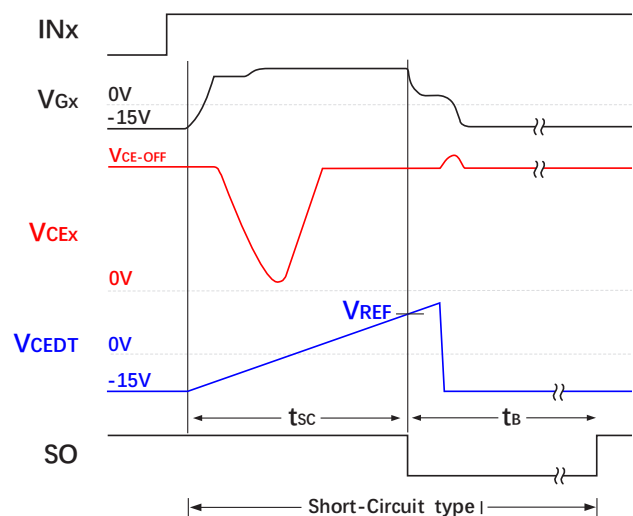


图 11 一类短路保护逻辑图

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 12）。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。

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。

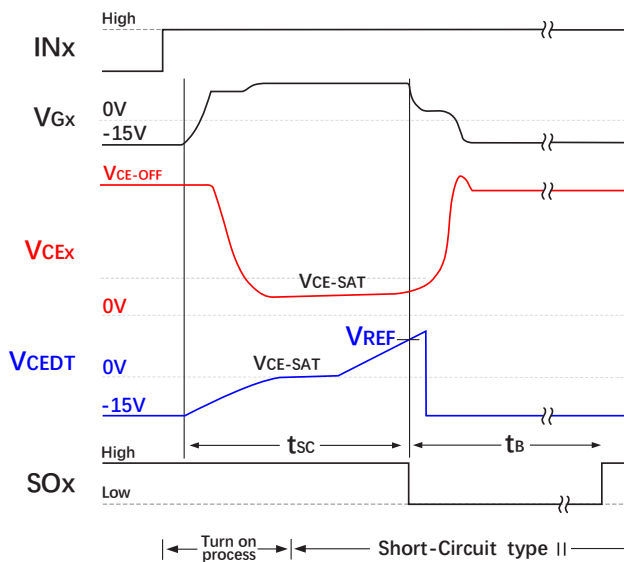


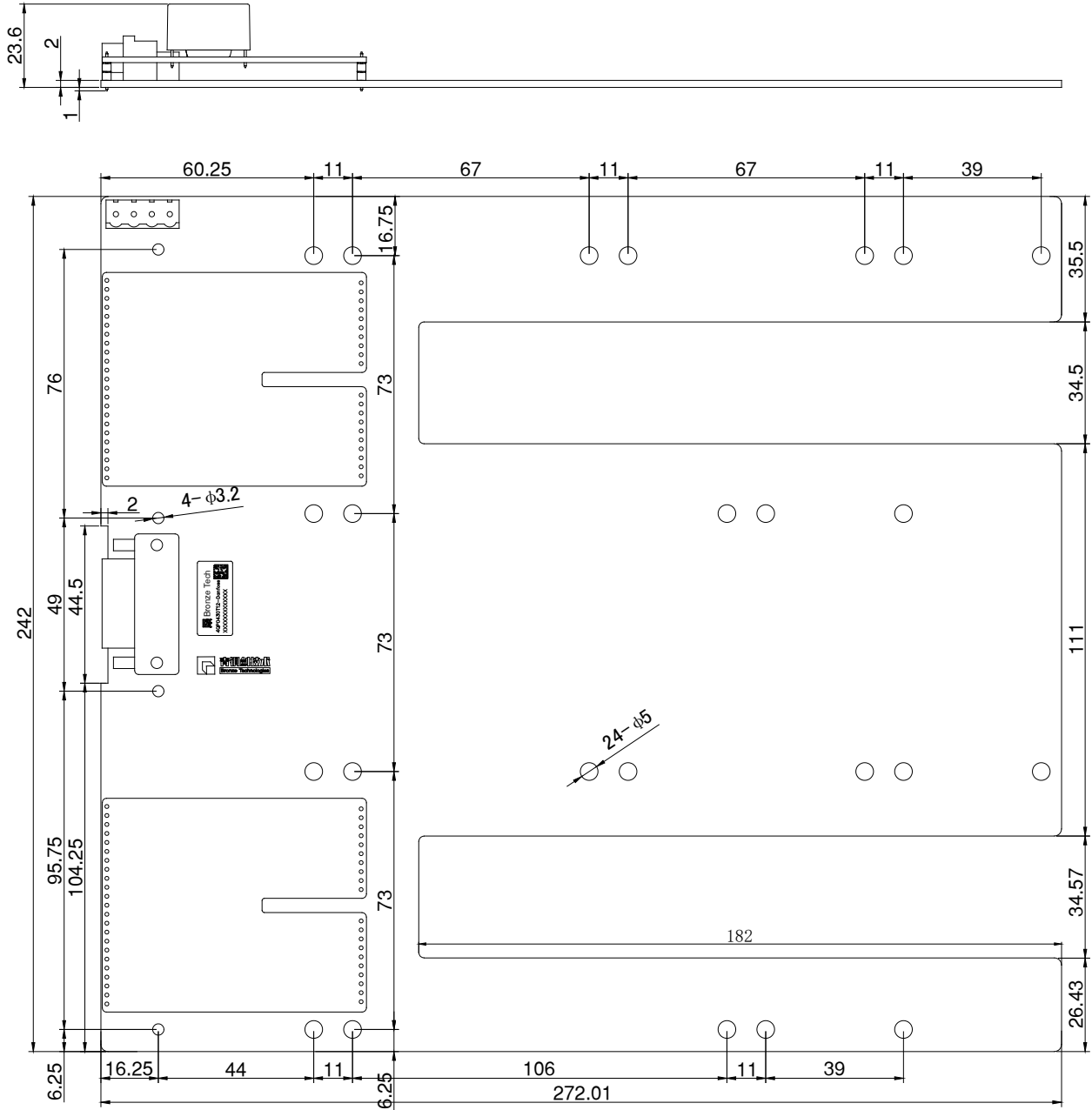
图 12 二类短路保护逻辑图

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。

该功能在发生 IGBT 短路保护时，先将驱动门极输出置为高阻状态，依靠门极对地电阻进行放电，门极电压缓慢下降。待门极电压下降到设定阈值后，驱动门极输出对 COM 短路，快速关断 IGBT。

机械结构图



- 注：1) 图示单位为 mm；
2) 图中公差符合 ISO 2768-1。

版本说明

版本号	变更内容	修订日期
V1.0	新发布	28-Jul-2016
V1.1	内容优化	05-Aug-2016
V1.2	新版本产品图替换、增加参数、增加机械图	22-Oct-2016
V1.3	对四路输入逻辑信号加钳位二极管进行保护功能	22-Nov-2016
V1.4	调整 T1、T2、T3、T4 的有源钳位保护值	16-Feb-2017
V1.5	说明书模板更新、内容规范化	08-Jan-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.qtjtec.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。

