

## 2QD0535T33-C-xx 驱动核



图片仅供参考。

### 特征

- 双通道驱动核
- 运行电压最高 3300V
- 单通道峰值电流  $\pm 35A$ ，驱动功率 5W
- 直接 / 半桥模式选择
- 集成原 / 副边供电欠压保护
- 集成 IGBT 短路保护
- 集成高级有源钳位
- 集成软关断功能

**RoHS**  
COMPLIANT

[第 09 页](#)  
[第 09 页](#)  
[第 10 页](#)  
[第 10 页](#)

### 主要参数

|                  |             |
|------------------|-------------|
| $V_{CC}, V_{DC}$ | 15V         |
| $V_G$            | +15V, -10V  |
| P 最大值            | 5W          |
| $I_G$ 最大值        | $\pm 35A$   |
| $f_s$ 最大值        | 100kHz      |
| $T_A$            | -40°C ~85°C |
| 绝缘耐压             | 9100Vac     |

### 描述

2QD0535T33-C-xx 是一款双通道紧凑型高功率驱动核，基于青铜剑开发的第二代 ASIC 芯片组，用于高可靠性应用。

2QD0535T33-C-xx 适用于 3300V 及以下电压的 IGBT 模块，搭配相应外围电路后可支持多种拓扑。

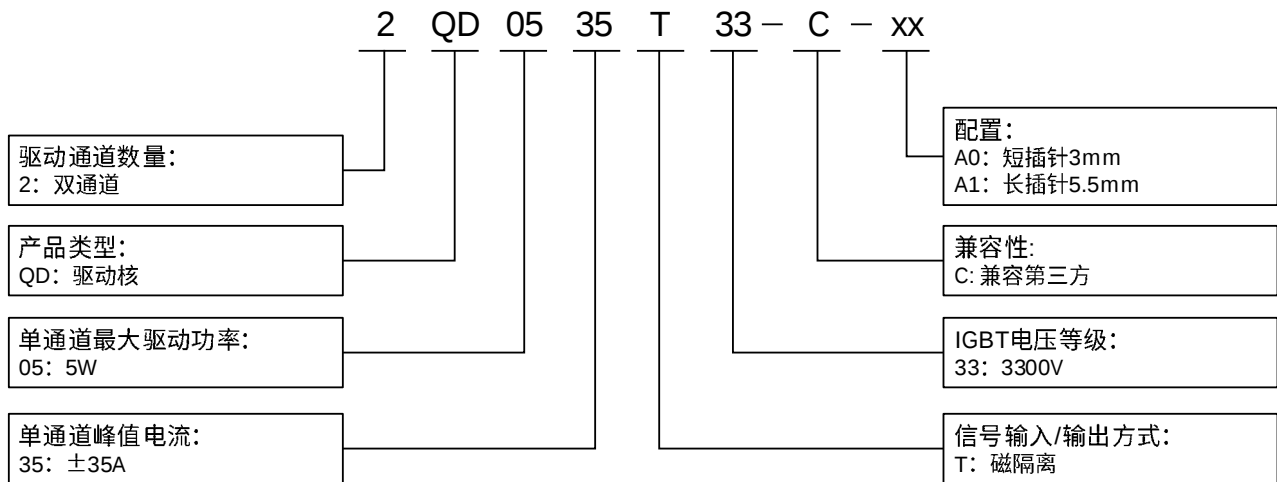
### 典型应用

- 储能变流器
- 风电变流器
- 光伏逆变器
- 中压逆变器

### 机械尺寸

机械尺寸图：参见 [第 12 页](#)

## 型号定义



## 原理框图

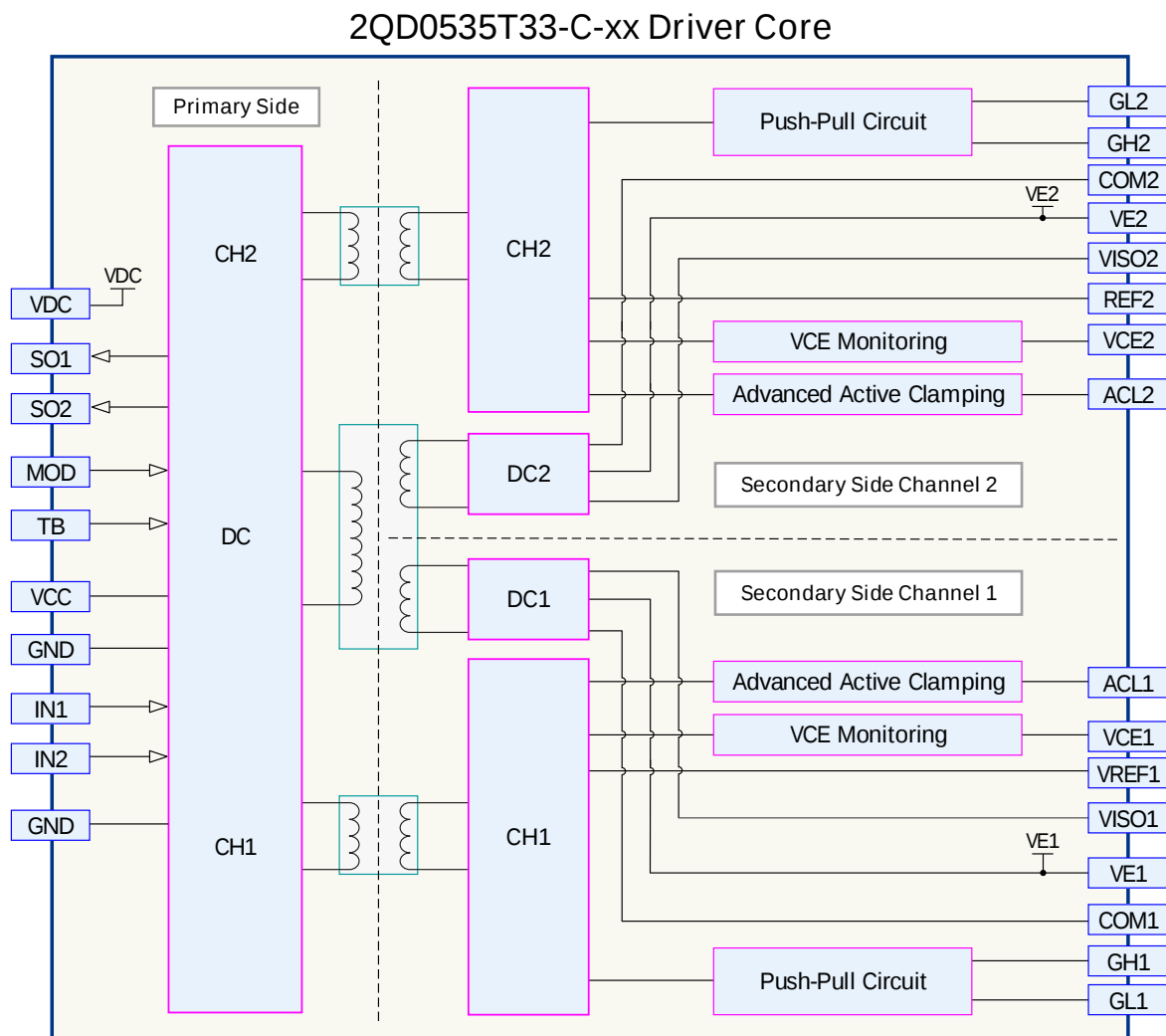


图 1. 2QD0535T33-C-xx 原理框图

## 推荐外部电路

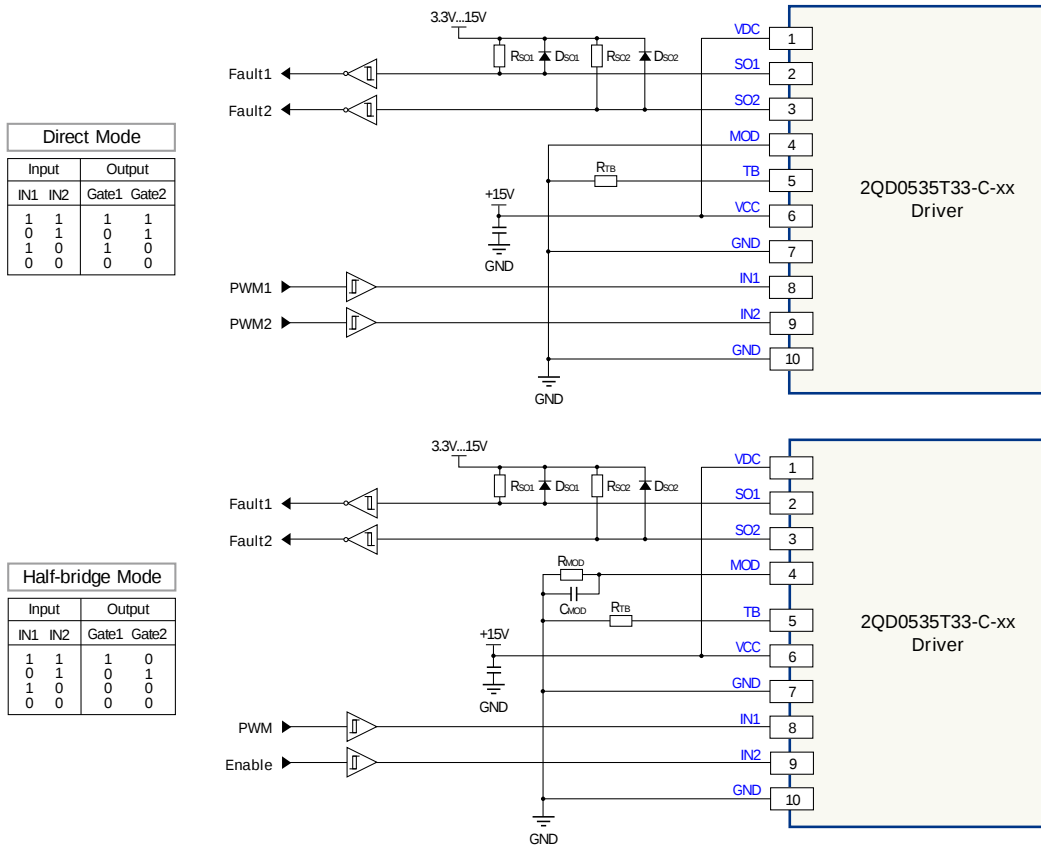


图 2. 2QD0535T33-C-xx 推荐外部电路 (原边)

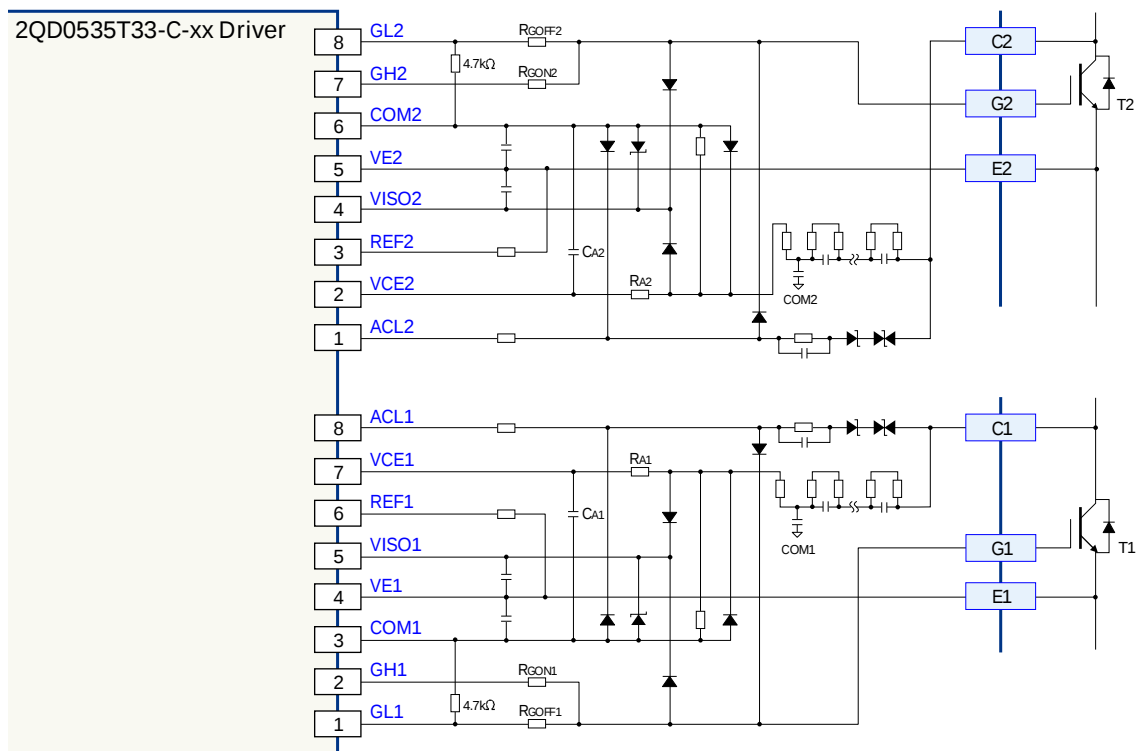


图 3. 2QD0535T33-C-xx 推荐外部电路 (副边)

## 端子定义

### P1 插座

| 序号 | 符号   | 说明                        | 序号 | 符号    | 说明                                   |
|----|------|---------------------------|----|-------|--------------------------------------|
| 1  | GL1  | 通道 1 关断 <sup>8)</sup>     | 5  | VISO1 | 通道 1 副边电源正压 <sup>4)</sup>            |
| 2  | GH1  | 通道 1 开通 <sup>7)</sup>     | 6  | REF1  | 通道 1 $V_{CE}$ 检测阈值电压设置 <sup>3)</sup> |
| 3  | COM1 | 通道 1 副边电源负压 <sup>6)</sup> | 7  | VCE1  | 通道 1 $V_{CE}$ 检测 <sup>2)</sup>       |
| 4  | VE1  | 通道 1 发射极 <sup>5)</sup>    | 8  | ACL1  | 通道 1 高级有源钳位反馈 <sup>1)</sup>          |

### P2 插座

| 序号 | 符号    | 说明                                   | 序号 | 符号   | 说明                        |
|----|-------|--------------------------------------|----|------|---------------------------|
| 1  | ACL2  | 通道 2 高级有源钳位反馈 <sup>1)</sup>          | 5  | VE2  | 通道 2 发射极 <sup>5)</sup>    |
| 2  | VCE2  | 通道 2 $V_{CE}$ 检测 <sup>2)</sup>       | 6  | COM2 | 通道 2 副边电源负压 <sup>6)</sup> |
| 3  | REF2  | 通道 2 $V_{CE}$ 检测阈值电压设置 <sup>3)</sup> | 7  | GH2  | 通道 2 开通 <sup>7)</sup>     |
| 4  | VISO2 | 通道 2 副边电源正压 <sup>4)</sup>            | 8  | GL2  | 通道 2 关断 <sup>8)</sup>     |

- 注：1) 如不使用须悬空，细节请参考章节“有源钳位”。  
 2) 退饱和和检测端子，细节请参考章节“IGBT 短路保护”。  
 3) 退饱和和保护内部比较器阈值设置端子。细节请参考章节“IGBT 短路保护”。  
 4) 驱动器副边正电源，可外接支撑电容。  
 5) 连接到功率器件发射极和支撑电容。  
 6) 驱动器副边负电源，可外接支撑电容。  
 7) 开通端子连接到外部开通电阻  $R_{GONx}$ 。在开通状态上拉至  $VISOx$ ，在关断状态下变为高阻抗。  
 8) 关断端子连接到外部关断电阻  $R_{GOFFx}$ 。在关断状态下拉至  $COMx$ ，在开通状态下变为高阻抗。

### P3 插座

| 序号 | 符号  | 说明                                | 序号 | 符号  | 说明            |
|----|-----|-----------------------------------|----|-----|---------------|
| 1  | VDC | 隔离 DCDC 原边 15V 输入供电 <sup>1)</sup> | 6  | VCC | 原边逻辑电路 15V 供电 |
| 2  | SO1 | 通道 1 状态输出                         | 7  | GND | 接地端           |
| 3  | SO2 | 通道 2 状态输出                         | 8  | IN1 | 通道 1 信号输入     |
| 4  | MOD | 模式选择（直接 / 半桥）                     | 9  | IN2 | 通道 2 信号输入     |
| 5  | TB  | 锁定时间配置                            | 10 | GND | 接地端           |

- 注：1) 15V 直流供电需稳定，确保足够的支撑电容以避免瞬态电压跌落。

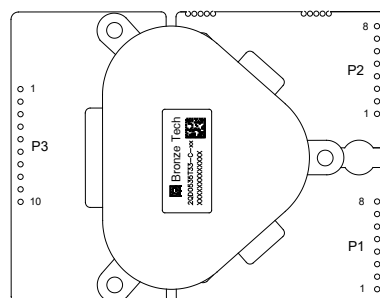


图 4. 2QD0535T33-C-xx 端子位置

## 规格

### 绝对限值

| 参数                    | 备注                             | 最小  | 最大       | 单位                 |
|-----------------------|--------------------------------|-----|----------|--------------------|
| 供电电压 $V_{CC}, V_{DC}$ | $V_{CC}, V_{DC}$ to GND        | 0   | 16       | V                  |
| 逻辑输入及输出电压             | 原边对 GND                        | 0   | $V_{CC}$ |                    |
| SOx 电流                | 故障工况, 下拉电流                     |     | 20       | mA                 |
| 单通道驱动功率               | 运行温度 $\leq 85^{\circ}\text{C}$ |     | 5        | W                  |
| 门极峰值电流 <sup>1)</sup>  |                                | -35 | 35       | A                  |
| 外部门极电阻                | 开通与关断                          | 0.5 |          | $\Omega$           |
| 运行电压                  |                                |     | 3300     | V                  |
| 开关频率                  |                                |     | 100      | kHz                |
| 运行温度 $T_A$            |                                | -40 | 85       | $^{\circ}\text{C}$ |
| 存储温度 $T_S$            |                                | -40 | 85       |                    |

注: 1) 绝对值, 特指短脉冲。

### 电源及监控

运行温度  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC}=V_{DC}=15\text{V}$ , 搭配推荐外部电路测试, 除非另有说明。

| 参数                             |                                               | 测试条件                                        | 最小    | 典型   | 最大   | 单位 |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|-------|------|------|----|
| 供电电压 $V_{CC}, V_{DC}$          |                                               | VCC, VDC 对 GND, 推荐值                         | 14.5  | 15   | 15.5 | V  |
| 供电电流 $I_{CC}$                  |                                               | 空载, $f_{SW}=0\text{Hz}$                     | 11    |      |      | mA |
| 供电电流 $I_{DC}$                  | $R_{GON}=1.1\Omega$ ,<br>$R_{GOFF}=1.1\Omega$ | 空载, $f_{SW}=5\text{kHz}$ , 50% 占空比          | 95    |      |      |    |
|                                |                                               | 空载, $f_{SW}=10\text{kHz}$ , 50% 占空比         | 110   |      |      |    |
|                                |                                               | 电容负载 100nF, $f_{SW}=10\text{kHz}$ , 50% 占空比 | 180   |      |      |    |
| 副边全压 $V_{CCO}$                 |                                               | VISOx 对 COMx, 空载                            | 23    | 25.5 | 26   | V  |
| 副边正压 V+                        |                                               | VISOx 对 VEx, 空载                             | 14.5  | 15   | 15.5 |    |
| 副边负压 V-                        |                                               | COMx 对 VEx, 空载                              | -11.5 | -10  | -8.5 |    |
| 原边供电欠压保护<br>阈值电压 <sup>1)</sup> | 触发故障 $V_{CCUV+}$                              | VCC-GND                                     | 12    | 12.5 | 13   |    |
|                                | 清除故障 $V_{CCUVR+}$                             |                                             | 13    | 13.4 | 13.8 |    |
|                                | 回差                                            |                                             | 0.9   |      |      |    |
| 副边正压欠压保护<br>阈值电压 <sup>1)</sup> | 触发故障 $V_{UV+}$                                | VISOx-VEx                                   | 12    | 12.4 | 12.8 |    |
|                                | 清除故障 $V_{UVR+}$                               |                                             | 12.5  | 12.9 | 13.3 |    |
|                                | 回差                                            |                                             | 0.5   |      |      |    |
| 副边负压欠压保护<br>阈值电压 <sup>1)</sup> | 触发故障 $V_{UV-}$                                | VEx-COMx                                    | 4     | 4.7  | 5.2  |    |
|                                | 清除故障 $V_{UVR-}$                               |                                             | 5     | 5.2  | 5.3  |    |
|                                | 回差                                            |                                             | 0.1   |      |      |    |

注：1) 关于电压保护时序请参考章节“电源及监控”。

## 逻辑输入及输出

运行温度  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC}=V_{DC}=15\text{V}$ , 搭配推荐外部电路测试, 除非另有说明。

| 参数                                |                | 测试条件                                | 最小 | 典型  | 最大  | 单位            |
|-----------------------------------|----------------|-------------------------------------|----|-----|-----|---------------|
| 输入偏置电流 $I_{IN}$                   |                | $V_{IN} > 3\text{V}$                |    | 180 |     | $\mu\text{A}$ |
| IN1, IN2 输入电压 $V_{IN}$            | 开通阈值 $V_{INH}$ |                                     |    | 2.6 |     | V             |
|                                   | 关断阈值 $V_{INL}$ |                                     |    | 1.6 |     |               |
| 模式选择电阻 <sup>1)</sup>              | 直接模式           | MOD 对 GND 短接                        |    | 0   |     | k $\Omega$    |
|                                   | 半桥模式           | MOD 通过电阻连接到 GND                     | 72 | 150 | 182 |               |
| 保护锁定时间配置电阻 $R_{TB}$ <sup>2)</sup> |                |                                     | 75 |     | 185 |               |
| SO 输出电压 $V_{SO}$ <sup>3)</sup>    | 正常状态           | $R_{SOx}=4.7\text{k}\Omega$ 上拉至 VCC |    | 15  |     | V             |
|                                   | 故障状态           | $I_{SOx} < 20\text{mA}$             |    |     | 0.7 |               |

注：1) 模式选择和死区时间配置电阻器。细节请参考章节“传输逻辑和模式选择”。

2) 保护锁定时间配置电阻, 细节请参考章节“保护锁定时间设置”。

3) SOx 端子内置漏极开路开关管, 用户需外接上拉电阻。细节请参考章节“信号输出”。

## 门极驱动输出

运行温度  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC}=V_{DC}=15\text{V}$ , 搭配推荐外部电路测试, 除非另有说明。

| 参数                         |                             | 测试条件                                                                    | 最小  | 典型   | 最大 | 单位            |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|------|----|---------------|
| 驱动输出电压                     | 开通状态, $V_{GHx}$ , GHx 对 VEx | 空载                                                                      |     | 15   |    | V             |
|                            | 关断状态, $V_{GLx}$ , GLx 对 VEx | 空载                                                                      |     | -11  |    |               |
|                            |                             | 输出功率 5W                                                                 |     | -8.5 |    |               |
| 门极峰值电流 $I_{G\text{ peak}}$ | 拉电流                         | $R_{GON}=0.5\Omega$ , $R_{GOFF}=0.5\Omega$ ,<br>负载电容 2.47 $\mu\text{F}$ |     |      | 35 | A             |
|                            | 灌电流                         |                                                                         | -35 |      |    |               |
| 支撑电容 $V+$ <sup>1)</sup>    |                             | VISOx 对 VEx                                                             |     | 9.4  |    | $\mu\text{F}$ |
| 支撑电容 $V-$ <sup>1)</sup>    |                             | COMx 对 VEx                                                              |     | 9.4  |    |               |

注：1) 外部支撑电容不足可能导致驱动器效率降低和热过载。当门极电荷超过 3 $\mu\text{C}$  时, 用户需在 VISOx 对 VEx 之间以及 VEx 对 COMx 之间放置外部支撑电容。建议使用陶瓷电容, 在门极电荷超过 3 $\mu\text{C}$  时, 每 1 $\mu\text{C}$  的外部支撑电容至少为 3 $\mu\text{F}$ 。

## 短路保护

运行温度  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC}=V_{DC}=15\text{V}$ , 搭配推荐外部电路测试, 除非另有说明。

| 参数                         | 测试条件                       | 最小 | 典型  | 最大 | 单位            |
|----------------------------|----------------------------|----|-----|----|---------------|
| REFx 管脚电流 (内置电流源)          | $R_{REF}<70\text{k}\Omega$ |    | 150 |    | $\mu\text{A}$ |
| 保护锁定时间 $t_B$ <sup>1)</sup> | $R_{TB}=150\text{k}\Omega$ |    | 95  |    | ms            |
|                            | TB 对地短接                    |    | 10  |    | $\mu\text{s}$ |

注：1) 如需配置其他数值请参考章节“保护锁定时间设置”。

## 时序特性

运行温度  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC}=V_{DC}=15\text{V}$ , 搭配推荐外部电路测试, 除非另有说明。

| 参数                              |                   | 测试条件                                                              | 最小        | 典型 | 最大 | 单位      |
|---------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------|----|----|---------|
| 传输延时 <sup>1) 3)</sup>           | 开通延迟 $t_{d(on)}$  | MOD 端子对 GND 短接，<br>$R_{GON}=1.1\Omega$ , $R_{GOFF}=1.0\Omega$ ，空载 | 200       |    |    | ns      |
|                                 | 关断延迟 $t_{d(off)}$ |                                                                   | 230       |    |    |         |
| 开通延迟时序抖动                        |                   | $R_{GON}=1.1\Omega$ , $R_{GOFF}=1.0\Omega$ ，空载                    | $\pm 5$   |    |    |         |
| 关断延迟时序抖动                        |                   |                                                                   | $\pm 5$   |    |    |         |
| 驱动输出上升时间 $t_r$ <sup>2) 3)</sup> |                   |                                                                   | 120       |    |    |         |
| 驱动输出下降时间 $t_f$ <sup>2) 3)</sup> |                   |                                                                   | 6         |    |    |         |
| 死区时间 $DT$ <sup>4)</sup>         |                   | 半桥模式， $R_{MOD}=150k\Omega$                                        | 3.0       |    |    | $\mu s$ |
| 死区时间时序抖动                        |                   |                                                                   | $\pm 100$ |    |    | ns      |

注：1) 延迟时间定义为输入信号的 50% 到驱动输出电压摆幅的 10%（90%），在门极电阻靠近驱动 ASIC 一侧量取，因此不受输出负载影响。

2) 驱动输出上升（下降）时间定义为驱动电压摆幅（门极电阻驱动 ASIC 一侧提取）10% 到 90%。  
负载等效电容和门极电阻构成的时间常数会在负载端造成更多延迟。

3) 驱动电压摆幅定义为开通和关断状态下门极电阻靠近驱动 ASIC 一侧开通和关断状态的电压差，以 Ex 为参考。

4) 关于死区时间配置请参考章节“传输逻辑及模式选择”。

## 电气绝缘

运行温度  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 。

| 参数                   |         | 数值   | 单位 |
|----------------------|---------|------|----|
| 绝缘耐压 (50Hz, 1s, 有效值) | 原边 - 副边 | 9100 | V  |
|                      | 副边 - 副边 | 6000 |    |
| 耦合电容                 | 原边 - 副边 | 20   | pF |
| 电气间隙 <sup>1)</sup>   | 原边 - 副边 | 25   | mm |
|                      | 副边 - 副边 | 13   |    |
| 爬电距离 <sup>1)</sup>   | 原边 - 副边 | 44   |    |
|                      | 副边 - 副边 | 25   |    |

注: 1) 电气间隙及爬电距离依据 IEC 61800-5-1 标准设计。

## 电磁兼容

运行温度  $T_A=25^{\circ}\text{C}$ , 搭配推荐外部电路测试, 除非另有说明。

| 参数                                        |      | 数值         | 单位  |
|-------------------------------------------|------|------------|-----|
| 静电防护 (IEC 61000-4-2)                      | 接触放电 | $\pm 4$    | kV  |
|                                           | 空气放电 | $\pm 8$    |     |
| 电快速瞬变脉冲群抗扰度 <sup>1)</sup> (IEC 61000-4-4) |      | $\pm 4$    |     |
| 脉冲磁场抗扰度 (IEC 61000-4-9)                   |      | $\pm 1000$ | A/m |

注: 1) 在驱动电源端口测试。

## 订货信息

| 型号              | IGBT 电压等级 | 插针长度  | 三防漆 |
|-----------------|-----------|-------|-----|
| 2QD0535T33-C-A0 | < 3300V   | 3mm   | 有   |
| 2QD0535T33-C-A1 |           | 5.5mm | 有   |

## 功能描述

### 电源及监控

驱动器配有 DC/DC 为副边供电，同时为原边供电和副边驱动电路提供电气隔离。原边电源输入及副边两通道的电源输出各自配备欠压保护（UVLO）。

注：原边电源供电电压需稳定。

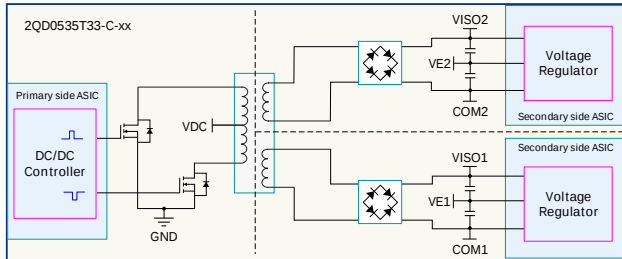


图 5. 供电电路

#### 原边电源监控：

驱动器监测原边电源供电电压  $V_{CC}$  以实施欠压保护。当  $V_{CC}$  跌落至触发阈值  $V_{CCUV+}$ ，欠压保护启动，副边两输出通道闭锁并将 IGBT 保持在关断状态。同时状态输出信号 SO1 和 SO2 置低。

当  $V_{CC}$  恢复至清除阈值  $V_{CCUVR+}$ ，驱动器继续保持输出闭锁状态直到锁定时间  $t_B$  结束，之后恢复驱动输出并解除 SO1 和 SO2 下拉状态。

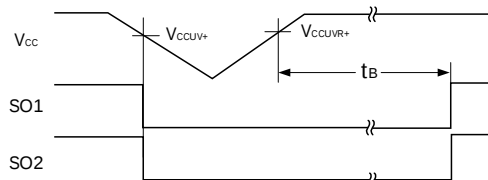


图 6. 原边欠压保护逻辑

#### 副边电源监控：

驱动器同时监测副边电源以确保 IGBT 正常工作。为描述副边欠压保护机理，以原边供电电压  $V_{DC}$  从额定值跌落至 0 的情况为例：

- 1) 驱动器首先将副边正压  $V+$  (VISO 对 VE) 维持在额定值，负压  $V-$  (COM 对 VE) 随  $V_{DC}$  下降并偏离额定值。
- 2)  $V-$  到达 -5V 后维持恒定，如果  $V_{DC}$  继续跌落， $V+$  开始下降。
- 3) 当  $V+$  到达触发阈值  $V_{UV+}$ ，欠压保护启动。驱动器闭锁输出并将 IGBT 保持在关断状态，同时副边向原边传送故障信号并立即置低相应通道的  $SOx$ 。
- 4) 注意副边欠压保护锁定时间  $t_B$  从故障发生开始计时，这一点与原边欠压保护从故障清除开始计时不同。如果在  $t_B$  结束前发生新故障， $t_B$  从新故障时间点重新开始计时。
- 5) 如  $V_{DC}$  开始回升，驱动器首先恢复  $V+$ 。
- 6) 当  $V+$  恢复到额定值，驱动器保持  $V+$  恒定，并继续恢复  $V-$  直至额定值。

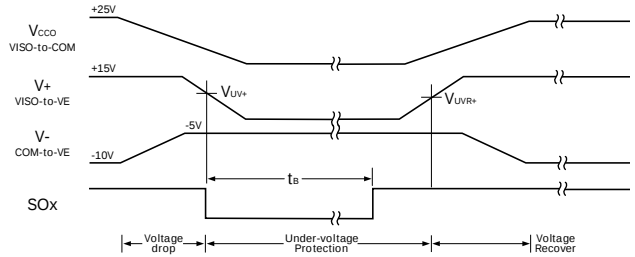


图 7. 副边欠压保护逻辑

### 传输逻辑及模式选择

驱动器可通过 MOD 端子配置为“直接”或“半桥”模式。

#### 直接模式：

将 MOD 端子对 GND 短接以配置直接模式，此时两通道相互独立。IN1 对应输出通道 1，IN2 对应输出通道 2。输入高电平开通相应 IGBT，低电平则关断。

注：直接模式下需确保两通道输入信号间留有足够长的死区时间，以避免桥臂直通。

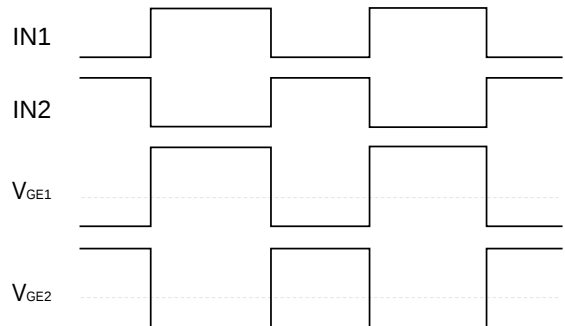


图 8. 直接模式传输逻辑

#### 半桥模式：

将 MOD 端子通过电阻连接到 GND 以配置半桥模式。此时 IN1 接收 PWM 信号，IN2 接收使能信号。

当 IN2 输入低电平，两输出通道锁定在关断状态。当 IN2 输入高电平，两输出通道解除锁定且由 IN1 决定。当 IN1 由低到高，通道 2 立即关断，经过死区 DT 后通道 1 开通。当 IN1 由高到低，通道 1 立即关断，经过死区 DT 后通道 2 开通。

死区时间由连接在 MOD 端和 GND 之间的外部电阻  $R_{MOD}$  设置。 $R_{MOD}$  和死区时间 DT 之间的关系见以下公式：

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

$$(0.5\mu s < DT < 4.1\mu s, 72k\Omega < R_{MOD} < 182k\Omega)$$

当  $R_{MOD} = 150k\Omega$  时，死区时间为  $3.0\mu s$ 。

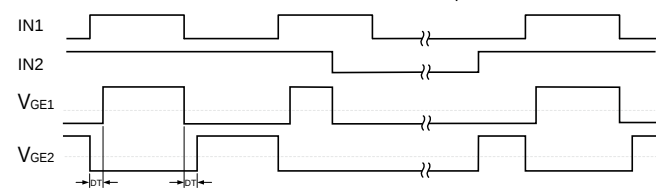


图 9. 半桥模式传输逻辑

## 信号输出

如无故障， $Q_{SOx}$  保持关断， $SOx$  输出高阻。故障状态下相应  $SOx$  端子置低。

推荐在外部电路添加上拉电阻，如图 10 所示。二极管  $D_{SOEx}$  只在使用 3.3V 逻辑电平时需要装配，使用 5V 至 15V 电平时不需要。

注意在故障状态下， $SOx$  管脚流入的电流不得超过 20mA。

可以短接  $SO1$  和  $SO2$  以同时提供两通道的故障信息，但原则上推荐独立处理两路状态信号，以精确快速定位故障来源。

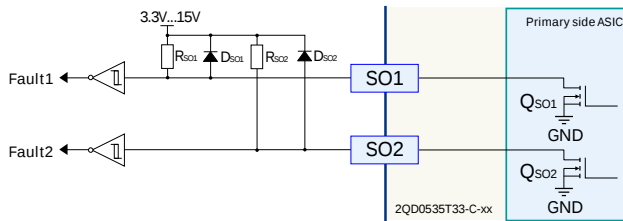


图 10.  $SOx$  外部接口电路

## 保护锁定时间设置

保护锁定时间  $t_B$  可通过  $TB$  端子连接对 GND 电阻  $R_{TB}$  配置，以下公式定义  $t_B$  和  $R_{TB}$  阻值的关系：

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

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

注： $R_{TB}$  不应低于 75k $\Omega$ ，即锁定时间  $t_B$  不得低于 20ms，否则  $t_B$  数值会失稳。如  $TB$  端子对 GND 短接， $t_B$  为 10 $\mu s$ 。

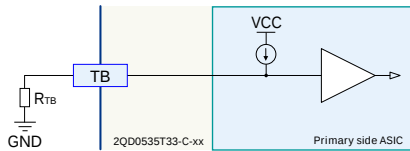


图 11. 锁定时间设置

## IGBT开通关断

开通 IGBT 时，副边芯片内  $Q_{ON}$  开通， $Q_{OFF}$  关断。门极经开通电阻  $R_{GON}$  上拉至副边电源正压，IGBT 开通。

关断 IGBT 时，副边芯片内  $Q_{OFF}$  开通， $Q_{ON}$  关断。门极经关断电阻  $R_{GOFF}$  下拉至副边电源负压，IGBT 关断。

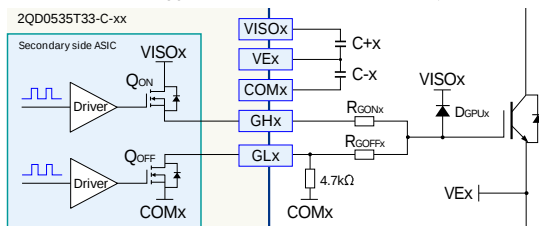


图 12. 门极驱动电路

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 模块门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。二极管  $D_{GPUx}$  也是不可少的，以保护 IGBT 模块门极电压过高。

## 高级有源钳位

快速关断 IGBT 会引起过压尖峰，数值随直流母线电压和负载电流升高而加大。过压尖峰主要由电路杂散电感  $L_S$  和 IGBT 电流变化率  $di/dt$  引起，会损坏 IGBT。虽然通过调整关断电阻  $R_{GOFF}$  减小  $di/dt$  可以缓解电压尖峰，但  $L_S$  的影响不可避免，尤其在短路或过载的高电流下。为此驱动器配备了有源钳位以保护 IGBT。

在 IGBT 集电极与门极之间用瞬态抑制 (TVS) 二极管构成反馈回路，同时连接芯片内部电路。当  $V_{CE}$  超过击穿阈值，TVS 开通，流经 TVS 的电流为 IGBT 门极充电，使 IGBT 部分导通从而抑制过压尖峰。

IGBT 模块的反并联二极管在导通时具有正向恢复效应，为避免负电流流过 TVS，每个通道必须至少使用一个双向 TVS。

表 1. 推荐击穿阈值

| 母线电压  | TVS 串击穿阈值 @25°C | D1x           | D2x            |
|-------|-----------------|---------------|----------------|
| 2200V | 2450V           | 7 X P6SMB300A | 1 X P6SMB350CA |

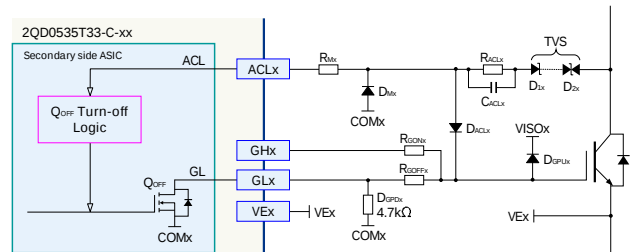


图 13. 有源钳位电路

## IGBT短路保护

$V_{CE}$  监测电路用于 IGBT 短路保护。两通道相互独立，保护动作只在 IGBT 开通时有效。IGBT 关断状态下， $Q_{CEx}$  开通使  $V_{CEx}$  钳位到  $COMx$ ，比较器输出低电平，保护不动作。

比较器阈值由连接到  $REFx$  引脚的外部电阻  $R_{REFx}$  设置。 $REFx$  引脚内置一个 150 $\mu A$  电流源。连接 68k $\Omega$  外部电阻  $R_{REFx}$  可配置 10.2V 的短路检测阈值电压。

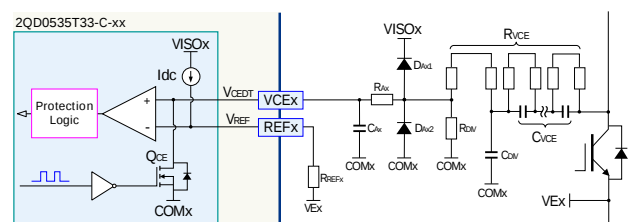


图 14. 短路保护电路

## 正常开通：

当驱动器通过输入信号  $INx$  开通 IGBT 时， $Q_{CE}$  首先关断并释放  $V_{CEx}$  的钳位状态。此瞬间 IGBT 仍处于关断状态且  $V_{CE}$  处于高位。电容  $C_{Ax}$  经电阻  $R_{Ax}$  充电， $V_{CEx}$  上升。之后 IGBT 开通， $V_{CE}$  快速下降至饱和压降  $V_{CE-SAT}$ ，之后  $V_{CEDTx}$  上升至  $V_{CE-SAT}$ 。对于母线电压高达 2200V 的 3300V IGBT 模块，建议采用以下配置：

表 2. 母线电压高达 2200V 的 3300V IGBT 模块的典型配置

| 器件        | 数量 | 配置值           | 技术规格                            |
|-----------|----|---------------|---------------------------------|
| $R_{VCE}$ | 14 | 220k $\Omega$ | 0.5W, 400V <sub>peak</sub> , 1% |
| $R_{DIV}$ | 1  | 1.5M $\Omega$ | 0603, 1%                        |
| $C_{VCE}$ | 7  | 22pF          | C0G, 5%, 630V                   |
| $C_{DIV}$ | 1  | 15pF          | C0G, 5%, 1000V                  |
| $C_{Ax}$  | 1  | 33pF          | C0G, 5%, 50V                    |

IGBT 开通到开始测量集电极电压的时间间隔称为响应时间，在响应时间内，不进行  $V_{CE}$  检测。

确保配置的响应时间短于 IGBT 允许的最大短路持续时间。由于  $V_{CE-SAT}$  明显低于保护阈值  $V_{REF}$ ，比较器不翻转，保护不启动。

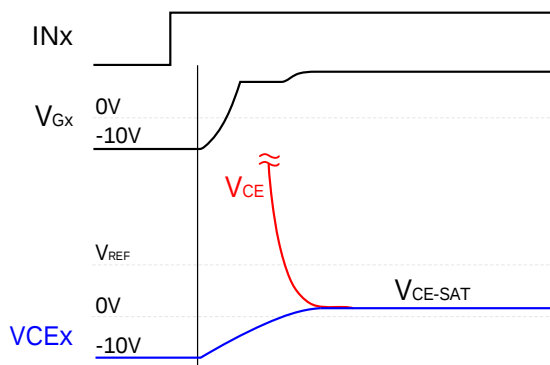


图 15. 正常开通短路监测信号波形

## I 类短路保护：

发生 I 类短路时（例如桥臂直通），短路电流极速上升，IGBT 快速退饱和且  $V_{CE}$  回到高位。电容  $C_{Ax}$  充电， $V_{CEx}$  上升直至钳位在  $V_{ISOx}$ 。在此期间， $V_{CEx}$  超过  $V_{REF}$ ，比较器翻转并触发短路保护。

保护逻辑立即关断 IGBT 以确保安全。同时故障信号从副边传送到原边， $SOx$  输出置低以向外部电路发出警告。驱动输出在锁定时间  $t_b$  结束后恢复正常工作。

两通道的保护电路相互独立，如只有一路通道保护启动，另一通道仍会正常工作。外部电路需要及时检测  $SOx$  信号以在系统层面采取闭锁措施。

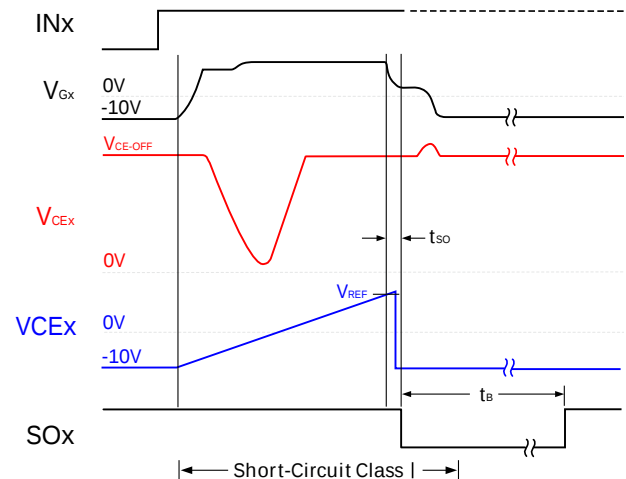


图 16. I 类短路监测信号波形

## II 类短路保护：

发生 II 类短路时（例如相间短路），由于回路阻抗较大，电流上升相较 I 类短路缓慢。IGBT 暂时进入饱和状态，但随后短路电流继续增加， $V_{CE}$  升高直至退饱和，直到  $V_{CEx}$  超过保护阈值，短路保护启动。II 类短路状况下的保护响应时间长于 I 类短路。

如果桥臂直通的 I 类短路在低母线电压情况下发生，短路电流较小，响应时间长，动态与 II 类短路类似。

注：由于 II 类短路发生时回路阻抗数值随机性较大，IGBT 退饱和的时刻不确定性大。因此在  $V_{CEx}$  到达保护阈值前，IGBT 可能已经由于积聚的热量损坏。此情况下驱动器的短路保护功能无法确保 IGBT 免于损坏，系统需要辅以其他手段以确保 IGBT 安全。

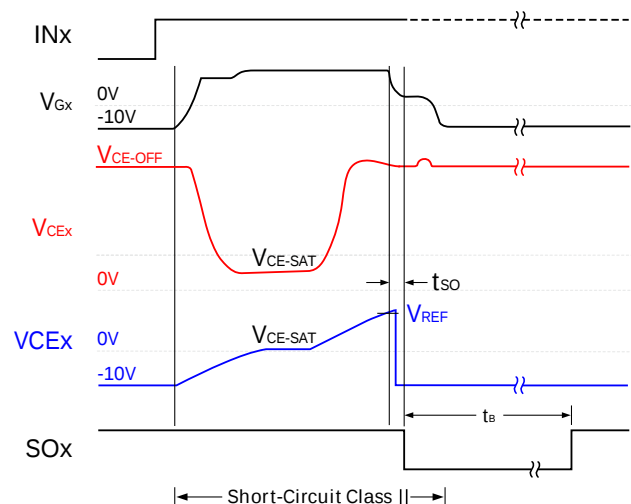
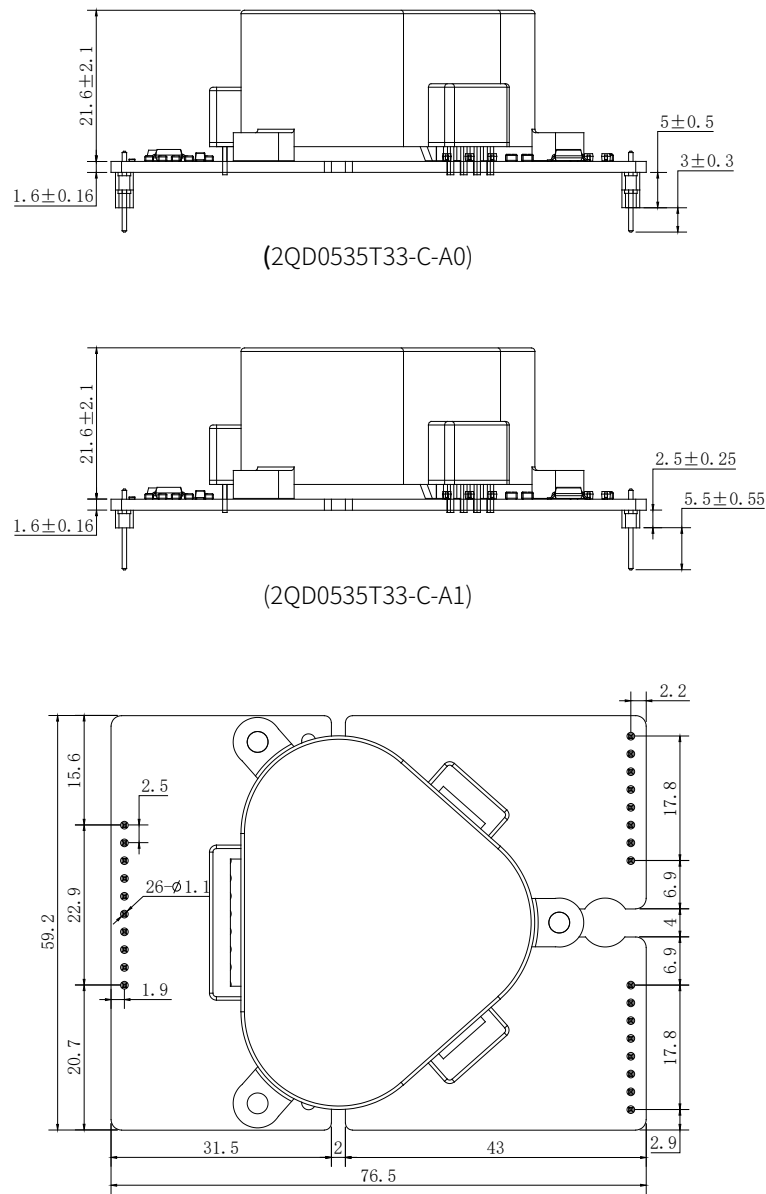


图 17. II 类短路监测信号波形

## 机械尺寸



- 注：1) 单位：mm；  
 2) 板厚公差为 10%；  
 3) 图中其余尺寸公差符合 ISO 2768-1, f 级别。  
 4) 原 / 副边插针间距为 2.54mm，引脚截面为 0.64mmx0.64mm。建议焊盘直径为 2mm，钻孔直径为 1mm。

版本说明

| 版本号  | 变更内容          | 修订日期       |
|------|---------------|------------|
| V1.0 | 新发布           | 2021-02-02 |
| V1.1 | 更新说明书模板，内容标准化 | 2021-04-16 |
| V1.2 | 典型应用图表更新、内容优化 | 2022-09-17 |
| V1.3 | 产品图、数值和订购信息   | 2025-03-04 |

## 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。为保护静电敏感设备，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 模块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：

- (1) 为您的产品选择适当的青铜剑技术产品；
- (2) 设计、验证和测试您的产品；
- (3) 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](http://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，青铜剑技术不承担任何责任，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

官网：[www.qtjtec.com](http://www.qtjtec.com)

技术电话：+86 0755 33379866

技术邮箱：[support@qtjtec.com](mailto:support@qtjtec.com)



微信公众号