

# 2FHC0215xV

## 应用手册

紧凑型驱动核，支持多电平

---

2FHC0215xV 是一款带有电气接口的双通道驱动器，该款驱动器带有 ASIC 数字控制，可以安全可靠的驱动 IGBT。该驱动器适用于 900A /1700V 以内常见的所有 IGBT，支持多电平拓扑。

2FHC0215xV 是一款立插驱动核，尺寸为 71mm\*35mm，最大高度 16mm。

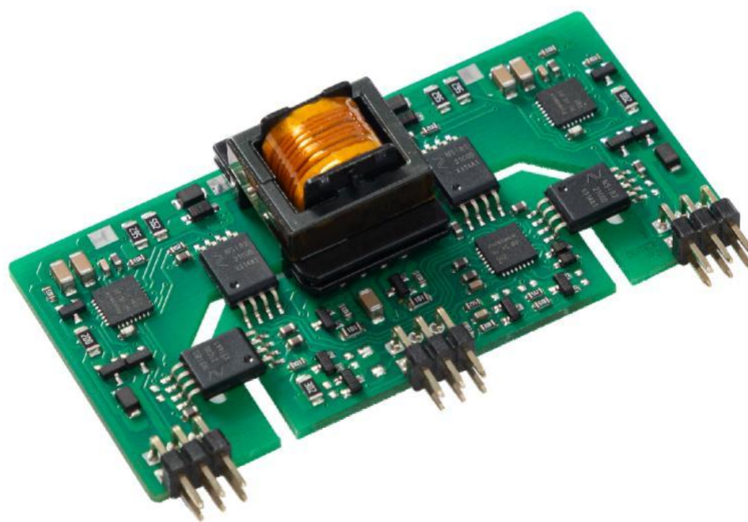


图 1 2FHC0215xV

# 目录

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 一、 驱动器概述 .....                             | 3  |
| 二、 引脚定义 .....                              | 4  |
| 三、 原边接口描述 .....                            | 5  |
| 1. 原边推荐电路 .....                            | 5  |
| 2. 原边接口说明 .....                            | 5  |
| 3. VCC .....                               | 6  |
| 4. INx .....                               | 6  |
| 5. FAULT 状态输出 .....                        | 6  |
| 四、 副边接口描述 .....                            | 9  |
| 1. 副边推荐电路 .....                            | 9  |
| 2. 副边接口说明 .....                            | 9  |
| 3. 正负电源端子 (VDDx 和 VSSx) 及发射极端子 VEEEx ..... | 10 |
| 4. 集电极电位检测端子 (VCEEx) .....                 | 10 |
| 5. 门极驱动端子 (GHx & GLx) .....                | 11 |
| 五、 工作原理 .....                              | 13 |
| 1. 电源及电气隔离 .....                           | 13 |
| 2. 电源监控 .....                              | 13 |
| 3. 软关断功能 (SSD) .....                       | 13 |
| 4. 有源钳位 .....                              | 14 |
| 5. 三电平时序管理 .....                           | 15 |
| 六、 技术支持 .....                              | 16 |
| 七、 法律免责声明 .....                            | 16 |
| 八、 厂家信息 .....                              | 16 |

## 一、驱动器概述

2FHC0215xV 是 Firstack 基于数字控制开发的紧凑型驱动核，目标市场是中低功率，双通道的 IGBT 应用，例如通用变频，UPS，电能质量等应用。

2FHC0215xV 包含完整的双通道 IGBT 驱动核，具备隔离的 DC/DC 变换器，短路保护和电源电压监控功能，具有 SSD。

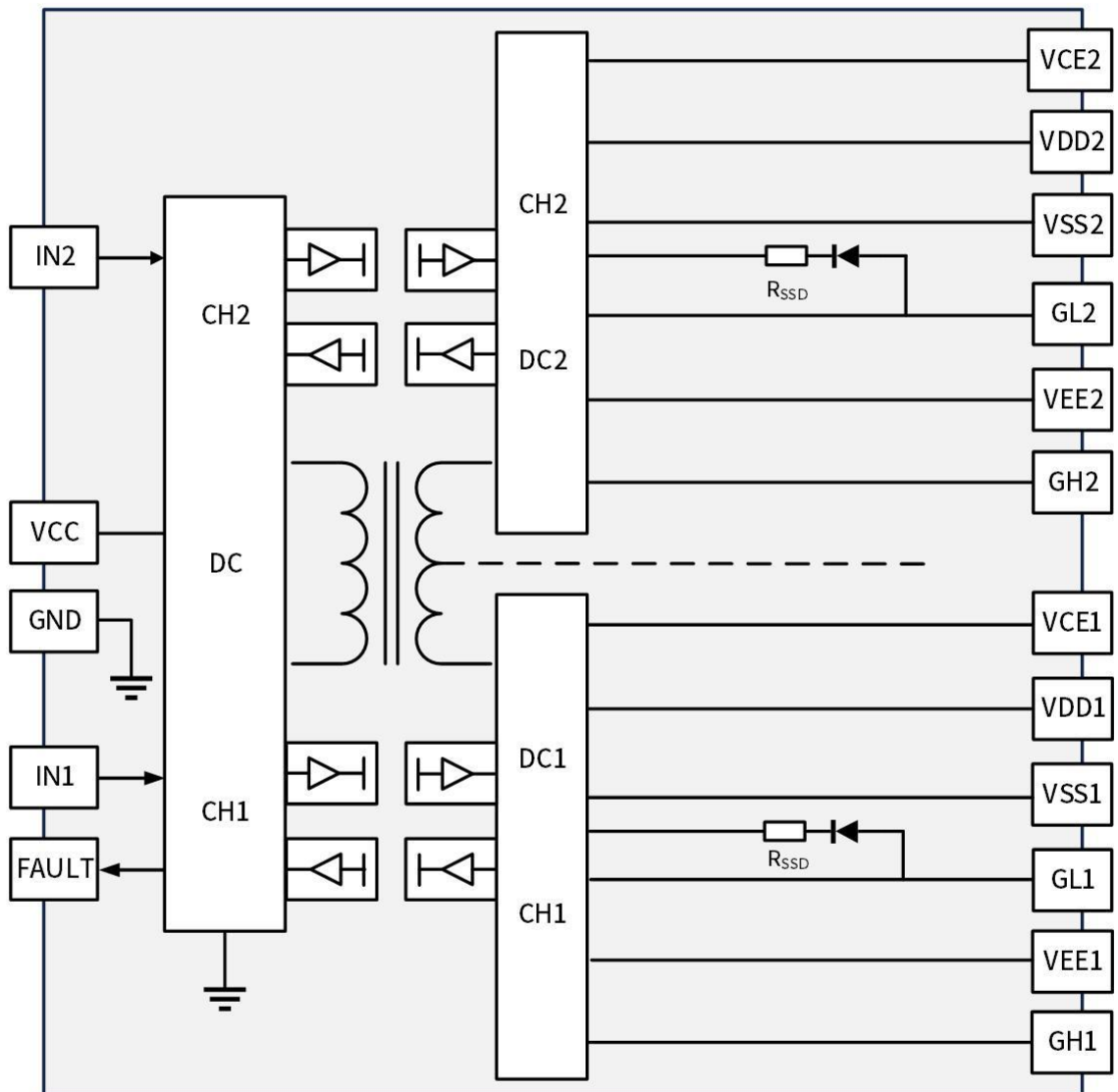


图 2 2FHC0215xV 驱动器功能框图

## 二、引脚定义

| 引脚 | 定义 | 功能 |
|----|----|----|
|----|----|----|

原边-P2

|   |       |                          |
|---|-------|--------------------------|
| 1 | FAULT | 故障状态输出通道，正常时为高阻态，异常时为 0V |
| 2 | IN1   | 信号输入，通道 1                |
| 3 | NC    | 悬空                       |
| 4 | IN2   | 信号输入，通道 2                |
| 5 | GND   | 参考地                      |
| 6 | VCC   | 电源输入端，原边为 15V 电源         |

副边-P1

|   |      |                      |
|---|------|----------------------|
| 1 | VDD2 | 通道 2 正电源             |
| 2 | VSS2 | 通道 2 负电源             |
| 3 | GL2  | 通道 2 门极关断管脚          |
| 4 | VCE2 | 通道 2 的 $V_{CE}$ 检测管脚 |
| 5 | GH2  | 通道 2 门极开通管脚          |
| 6 | VEE2 | 通道 2 发射极（参考地）        |

副边-P3

|   |      |                      |
|---|------|----------------------|
| 1 | VDD1 | 通道 1 正电源             |
| 2 | VSS1 | 通道 1 负电源             |
| 3 | GL1  | 通道 1 门极关断管脚          |
| 4 | VCE1 | 通道 1 的 $V_{CE}$ 检测管脚 |
| 5 | GH1  | 通道 1 门极开通管脚          |
| 6 | VEE1 | 通道 1 发射极（参考地）        |

### 三、原边接口描述

#### 1. 原边推荐电路

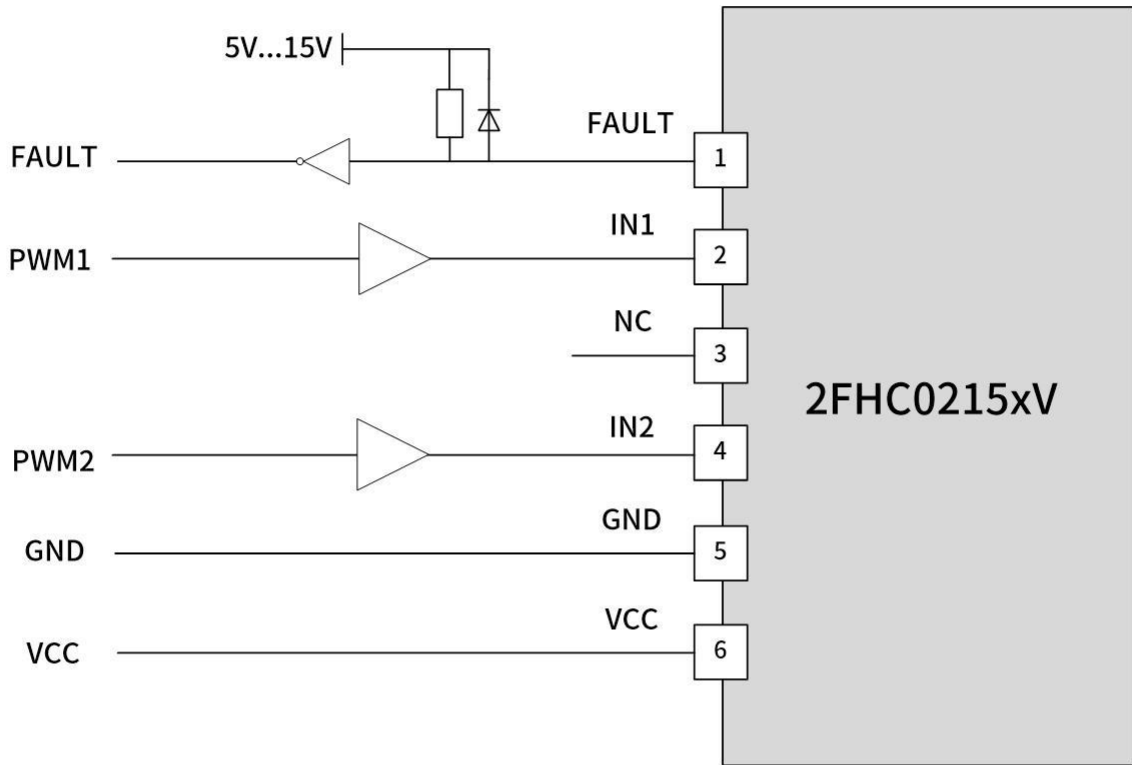


图3 原边外围接口推荐电路

#### 2. 原边接口说明

驱动核 2FHC0215xV 的原边接口电路非常简单且易于使用。

原边配有一个 6 针接口端子：

- 1x 电源输入端
- 2x 驱动信号输入端
- 1x 故障信号输出端
- 1x GND(共地)
- 1x NC(悬空)

### 3. VCC

2FHC0215xV 配置 1 个 VCC 电源端子，用于给原边电路和隔离 DC/DC 变换器供电，以向副边提供正负电电压。驱动器所需最大供电电流为 450mA。

### 4. INx

驱动器输入信号引脚，支持 4.5~15V 逻辑电平，设计时注意输入阻抗匹配，IN1 和 IN2 相互独立，互不影响。CH1 和 CH2 可以同时打开。

### 5. FAULT 状态输出

输出端 FAULT 为晶体管漏极开路形式，仅有一个端子提供公共故障信号。

在故障状态下，流过 FAULT 的电流值不能超过数据手册中规定的 10mA 最大值。

未检测到故障时，输出为高阻态，需在主控板安装上拉电阻，上拉电压范围建议 5~15V，阻值建议：5V---3.3k~4.7k，15V---10k~15k。

#### 5.1 输出逻辑--原边故障

驱动器原边发生欠压故障时，栅极直接负压关断。

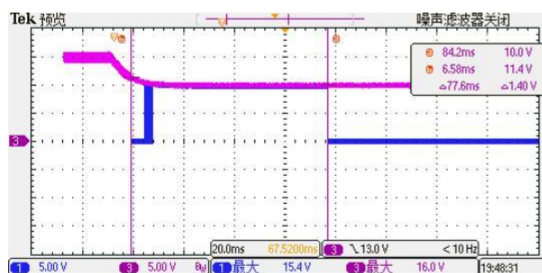


图 4 故障发生逻辑

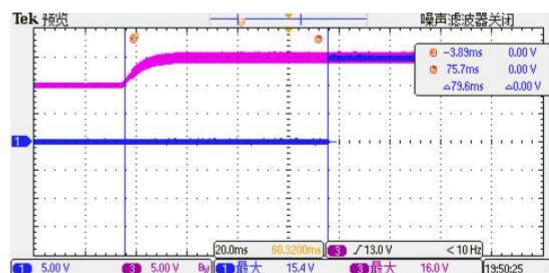


图 5 故障消失逻辑

原边欠压故障可分为三个时间段：1、故障发生，2、故障持续 3、故障消失

1、故障发生：FAULT 引脚拉至低电平持续 5ms，随后输出故障编码时间持续 3ms，恢复高电平 72ms；如图 4

2、故障持续：原边欠压故障持续，则 FAULT 一直为低电平；如图 4

3、故障消失：原边欠压消失后，再过 80ms，FAULT 信号恢复高电平。如图 5

原边封波：原边欠压故障消失之后，再过 80ms，阻断结束，原边正常处理 INx 信号。

## 5.2 输出逻辑-副边故障

驱动器副边发生欠压故障时，栅极先执行软关断，后投入负压持续一定时间之后，保持 0V 关断，并且维持封波。副边欠压故障消失之后，再过一个阻断时间（80ms），阻断结束，原边正常处理 INx 信号。

由于通信会形成故障编码，所以 FAULT 输出中存在故障编码传输。

ASIC 芯片检测到故障时，会先拉低 5ms，再接着输出 3ms 的故障编码，总共 8ms 的故障输出，后文为描述方便，将这 5ms+3ms 的故障输出信号，统称为一次“故障信号”。

实际解码时只需检测 5ms 的低电平即可，3ms 的故障编码仅用于驱动器内部通信，对实际应用无影响，可以忽略无需进行处理。

### 副边欠压故障：

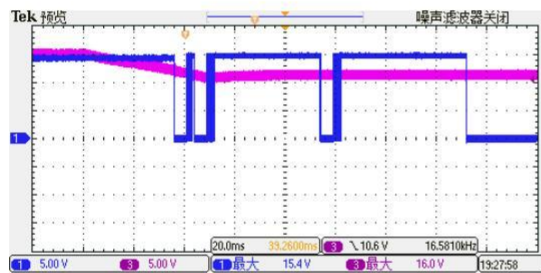


图 6 故障发生

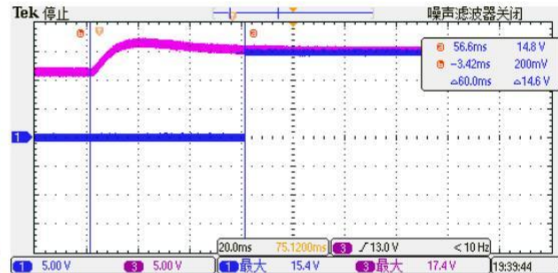


图 7 故障消失

1、欠压发生：FAULT 引脚连续输出两个“故障信号”，再置高 44ms；再输出一次“故障信号”，再置高 52ms。如图 6

2、欠压持续：副边欠压持续，则 FAULT 一直置低；如图 6

3、欠压消失：副边欠压消失后，继续置低最多 60ms，恢复高电平；如图 7

### 短路故障：

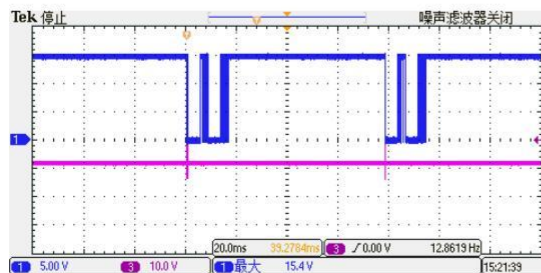


图 8 短路发生

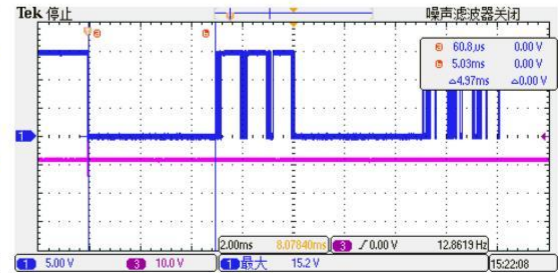


图 9 故障信号

任一通道短路发生：FAULT 输出 2 次“故障信号”，之后故障一直置高，如图 8

故障信号的细节如图 9

## 四、副边接口描述

### 1. 副边推荐电路

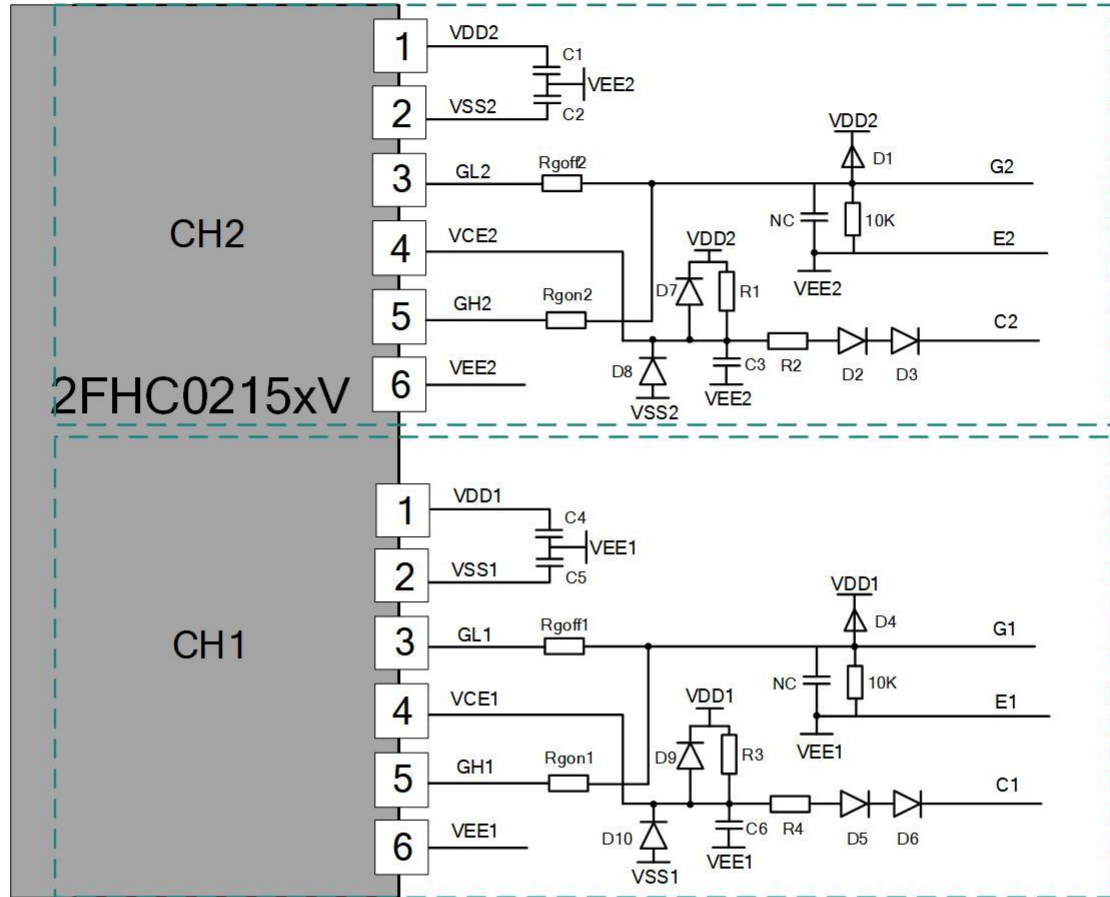


图 10 副边推荐电路

### 2. 副边接口说明

驱动器的副边有两个通道 CH1 和 CH2，各配有一个 6 针接口端子：

- 1x 正电源端子 VDDx
- 1x 负电源端子 VSSx
- 1x 发射极端子 VEEx
- 1x 集电极电位检测端子 VCEx
- 1x 开通门极端子 GHx
- 1x 关断门极端子 GLx

### 3. 正负电源端子 (VDDx 和 VSSx) 及发射极端子 VEEEx

驱动器为扩展性设计，将正电源端子 VDDx，负电源端子 VSSx，发射极端子 VEEEx 引出。

门极电荷  $3\mu\text{C}$  以内的 IGBT，副边无需额外添加支撑电容即可驱动。对于门极电荷超出  $3\mu\text{C}$  的 IGBT，每增加  $1\mu\text{C}$ ，外部支撑电容需增加  $3\mu\text{F}$ 。在 VDDx-VEEEx 以及 VEEEx-VSSx 之间均需放置。这两个支撑电容必须尽可能靠近驱动器端子附近，以减少回路电感。建议采用耐压 25V 以上的陶瓷电容，容值建议一样。

发射极端子必须按图 10 的电路接到 IGBT 的辅助发射极上

### 4. 集电极电位检测端子 (VCEEx)

2FHC0215xV 集电极电位检测支持二极管检测，需按照对应的推荐电路连接到 IGBT 的集电极，以检测 IGBT 的短路。

在 IGBT 关断时，GHx 关断，GLx 开通，栅极电压为 VSSx 电位，芯片内部将 VCEEx 引脚设置为 VSSx 电位，此时电容 Cax 放电至负电源电压，该电容相对于 VEEEx 的电压约为 -8V。

在 IGBT 的开通过程和导通状态下，GHx 开通，GLx 关断，栅极电压为 +15V，通过 Rax 给电容 Cax 充电，Cax 电压升高。当 IGBT 的集电极电压降低到某一电位时，Cax 的电压被高压二极管 D1x 钳位。

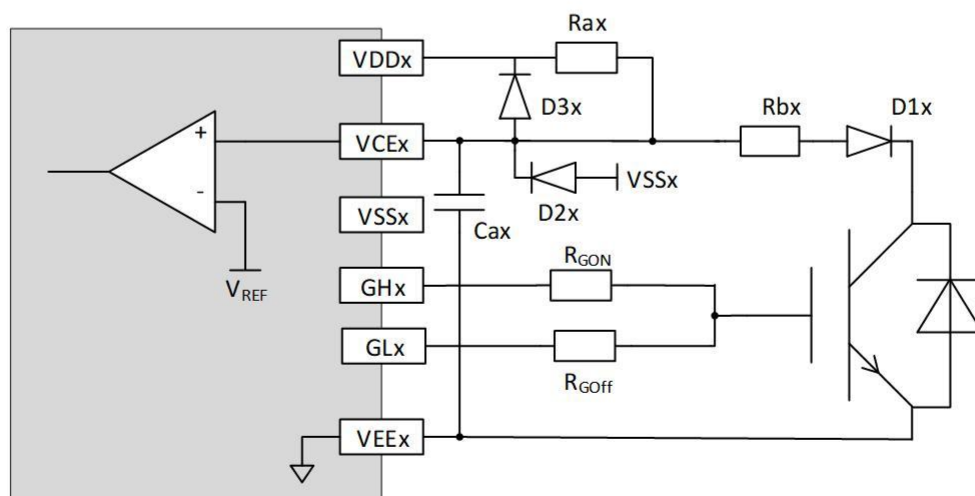


图 11 二极管检测参考电路

2FHC0215xV 的  $V_{REF}$  值默认为 10V。

推荐电路元器件参数如下：

- ▼ D1x: 2 个 US1M, 用于 1200V 的 IGBT  
2~3 个 US1M, 用于 1700V 的 IGBT
- ▼ D2x, D3x: 快速二极管, 如 BAS316, 要求低漏电流, 不能使用肖特基
- ▼ Rax: 5K $\Omega$ , 建议两个以上 1206 同等功率电阻并联
- ▼ Rbx: 100 $\Omega$ ~330 $\Omega$
- ▼ Cax: 0-10pF

#### Cax 需考虑抑制二极管 D2x 和 PCB 的寄生电容

说明：调节 Cax 可以调整短路保护的响应时间。

Cax  $\uparrow$   TSC  $\uparrow$

推荐参数：Cax=10pF, Rax=5k $\Omega$

$T_{SC\_CH1}=6.7\mu s$   $T_{SC\_CH2}=8.5\mu s$

## 屏蔽 Vce 检测

使用二极管检测电路的驱动设计，如果在未接模块的情况下，给驱动开通信号，驱动会上报短路故障，此时可以将 Cx 和 Ex 短接，实现屏蔽  $V_{CE}$  检测的功能（参考图 10 的副边推荐电路）。

## 5. 门极驱动端子(GHx & GLx)

驱动器通过门极驱动端子连接电阻到 IGBT 的门极。GHx 和 GLx 管脚分别控制 IGBT 的开通和关断，可以根据需要分别设置开通和关断电阻。可以参考图 10 进行设计。

建议在 Gx 和 VEx 之间连接一个 10k~22k 电阻。在驱动器掉电的情况下，该电阻可以提供 IGBT 门极与发射极之间的低阻抗回路。避免浮空电压导致 IGBT 误开通。

在 IGBT 短路条件下，如果 VGE 电压过高，导致短路电流过大，在门极和 VDD 之间连接一个普通二极管钳位（D1/D4），不可使用肖特基二极管，具体电路参见图 10。

请注意，在半桥电路中，建议不要在驱动器供电电压较低的情况下，发波对 IGBT 进行开关动作，否则过高的  $V_{CE}$  变化率有可能导致 IGBT 出现部分导通。

## 五、工作原理

### 1. 电源及电气隔离

该款驱动实现隔离的电源和信号。电源隔离通过变压器实现，信号隔离通过容耦实现。变压器符合 EN50178 的安全隔离标准，原副边满足 2 级防护等级。

请注意驱动器的供电需要稳定的电源电压及电流。

### 2. 电源监控

驱动器的原边以及两个副边电源，均有本地电源检测电路，以及相应的欠压保护。

原边电源发生欠压时，两个 IGBT 都在负门极电压的驱动下保持关断状态（两个通道均阻断），FAULT 反馈故障状态信号给上位机。

当副边侧正电压或者负电压低于阈值电压时，驱动电路将判定发生了欠压故障，驱动电路将自动封锁 IGBT，同时 FAULT 反馈故障信号给上位机。

原副边欠压故障消除后，SOx 输出端会自动复位。

**Firstack 建议不要让桥臂中的任一个 IGBT 工作在欠压状态**

由于  $C_{CG}$  的存在，当桥臂中的某个 IGBT 开通时，其带来的高  $dv/dt$  可通过  $C_{CG}$  耦合到另一个 IGBT，导致另一个 IGBT 微导通。

### 3. 软关断功能 (SSD)

2FHC0215xV 驱动器全系列均配置 SSD 功能。

IGBT 发生退饱和时， $V_{CE}$  会达到母线电压。同时 IC 会达到额定电流的 4 倍甚至更多，关断时刻  $di/dt$  会在寄生电感上形成很高的电压尖峰，容易损坏 IGBT。

在触发 IGBT 退饱和时，数字核会检测触发软关断对 IGBT 进行关断，在  $10\mu s$  之内，通过缓慢的降低门极电压  $V_{ge}$  逐步关断 IGBT，有效降低  $di/dt$ ，进而降低关断时刻电压尖峰。从而实现对 IGBT 的短路保护。

在正常工作状态下（例如额定电流或者过流情况下）则不启用。因此，需要根据实际情况，适配合适的关断电阻，或者采取适当措施，以避免正常工作时过大的关断尖峰。

SSD 功能对于关断尖峰的抑制也有其限制，过大的直流母线杂散电感仍然会在短路情况下导致较大的关断尖峰。因此，有必要分析 IGBT 在各类极限工况的短路行为，Firstack 建议最好是模拟实际工况进行短路测试，以保证 IGBT 在短路情况下， $V_{CE}$  有足够安全裕量。

## 4. 有源钳位

如果  $V_{CE}$  峰值电压过高，且其他方式无法降低，Firstack 推荐使用基本有源钳位功能。

有源钳位的功能，在集电极-发射极电压超过预设的阈值时，触发有源钳位动作，将功率管部分地打开，从而抑制功率管的集电极-发射极电压，此时功率管工作在线性区。

基本有源钳位电路是通过瞬态抑制二极管 (TVS)，连接 IGBT 的集电极和门极。

2FHC0215xV 支持基本有源钳位功能。参考电路如图 12 所示。

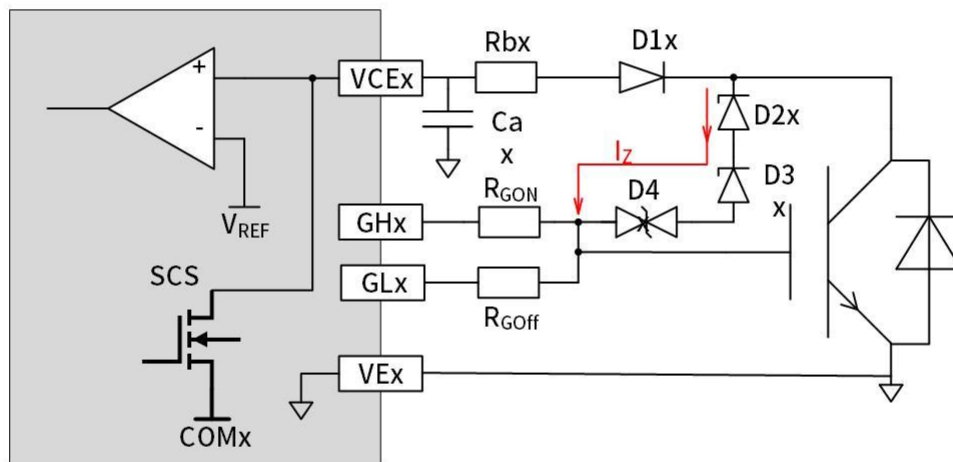


图 12 基本有源钳位

TVS 二极管 D2x, D3x, D4x 串联成有源钳位网络，图中仅为示意，串联的数量和规格跟据实际工况选择，建议 3~6 个。

TVS D2x, D3x, D4x 推荐规格：

$V_{DC-LINK}=800V$ ，建议 TVS 的  $V_R$  之和为 780V，例如：6 个 130V 的 TVS

$V_{DC-LINK}=1200V$ ，建议 TVS 的  $V_R$  之和为 1200V，例如：6 个 200V 的 TVS

其中至少有一个以上必须为双向 TVS（例如图 12 中的 D4x），避免在开通状态下，TVS 网络在 IGBT 开通时的正向导通。不同品牌之间的 TVS 击穿电压和电流会有区别，建议根

据实际应用进行调试匹配。

请注意，设置 TVS 阈值时，需避免正常工作时 TVS 频繁触发。有源钳位的效率与 TVS 类型（制造商）高度相关，更换 TVS 时，建议重新评估测试，以免造成应用风险。

可以通过增加门极电阻  $R_{GOFF}$  的阻值来改善有源钳位的性能。

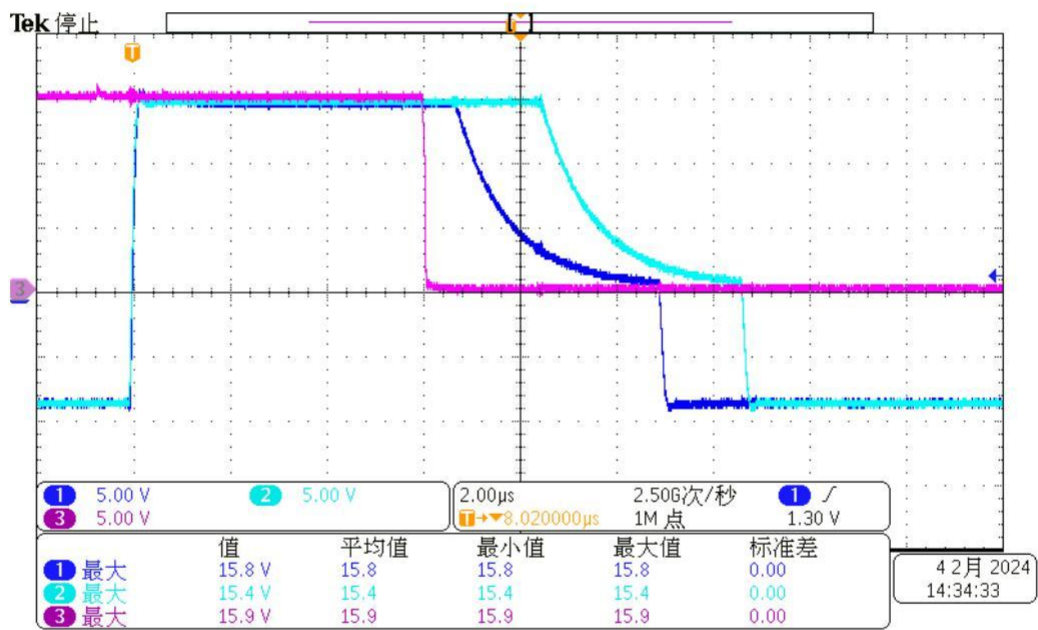
有源钳位功能为外部可配置功能，如果不适用，省略 D2x，D3x，D4x 即可。

5. 三电平时序管理

三电平应用下，故障时刻的内外管时序关断能够有效的保护 IGBT 安全关断。

此时必须配置 CH1 为外管，CH2 为内管。

通过数字 ASIC 芯片设计，可以实现副边通信自处理，以实现故障时序关断。



内管 (CH2)发生故障时，向外管 (CH1)通信，CH1 和 CH2 均执行时序软关断。

外管 (CH1)发生故障时，向内管 (CH2)通信，CH1 和 CH2 均执行时序软关断。

## 六、技术支持

飞仕得提供专业的技术服务，有任何技术问题可以联系飞仕得技术支持。

详情请登录官网：[杭州飞仕得科技股份有限公司 \(firstack.com\)](http://firstack.com)

## 七、法律免责声明

本说明书对产品应用做了详细介绍，但不能承诺提供具体的参数对于产品的交付、性能或适用性。本文不提供任何明示或暗示的担保或保证。

Firstack 保留随时修改技术数据及产品规格，且不提前通知的权利。适用 Firstack 的一般交付条款和条件。

## 八、厂家信息

电话：+86-571 8817 2737

传真：+86-571 8817 3973

邮编：310011

网址：[www.firstack.com](http://www.firstack.com)

邮箱：[sales01@firstack.com](mailto:sales01@firstack.com)

地址：杭州市上城区同协路 1279 号西子智慧产业园 5 号楼 4-5 楼

