

2FHC0215

应用手册

紧凑型驱动核，支持多电平

2FHC0215 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。

2FHC0215 是一款紧凑型驱动核，尺寸为 45mm*34mm，最大高度 15mm。



图 1 2FHC0215

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. SO1、SO2 状态输出	7
四、副边接口描述	8
1. 副边推荐电路	8
2. 副边接口说明	8
3. 发射极端子 (VEx)	9
4. 参考端子 (REFx)	9
5. 集电极电位检测 (VCEx)	9
6. 门极驱动端子(GHx & GLx)	13
五、工作原理	14
1. 电源及电气隔离	14
2. 电源监控	14
3. 软关断功能 (SSD)	14
4. 有源钳位	15
5. 智能故障管理	16
六、技术支持	17
七、法律免责声明	17
八、厂家信息	17

一、驱动器概述

2FHC0215 是 Firststack 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。

2FHC0215 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，智能故障管理。

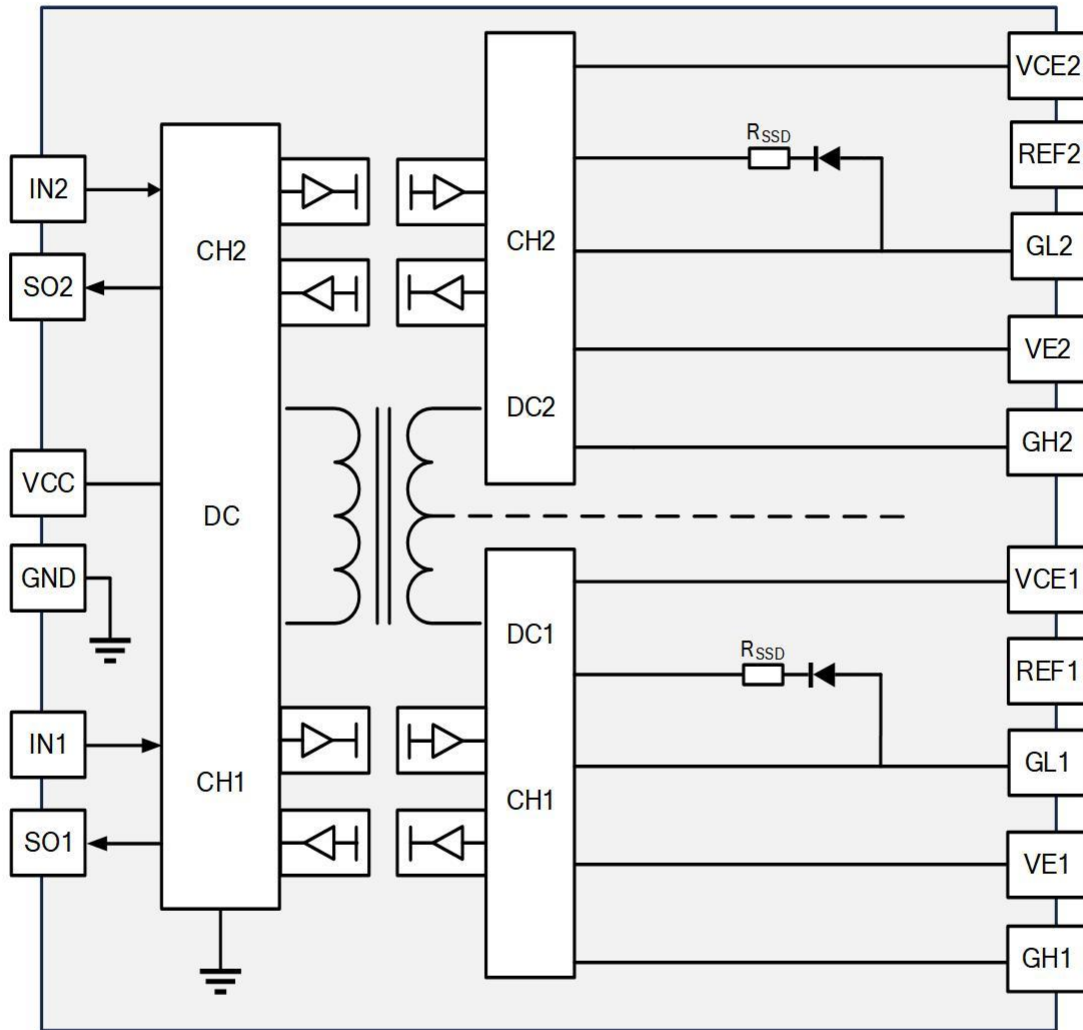


图 2 2FHC0215 驱动器功能框图

二、引脚定义

引脚	定义	功能
原边		
1	GND	电源地
2	IN1	信号输入 1, 半桥模式下为控制信号
3	IN2	信号输入 2, 半桥模式下为使能信号
4	VCC	电源输入端, 原边为 15V 电源
5	NC	悬空
6	S02	故障状态输出通道 2, 正常时为高阻态, 异常时为 0V
7	S01	故障状态输出通道 1, 正常时为高阻态, 异常时为 0V
8	NC	悬空
副边		
9	GH1	通道 1 门极开通管脚
10	VE1	通道 1 发射极 (参考地)
11	GL1	通道 1 门极关断管脚
12	REF1	通道 1 设置 V_{CE} 检测阈值
13	VCE1	通道 1 的 V_{CE} 检测管脚
14	空脚	
15	空脚	
16	空脚	
17	GH2	通道 2 门极开通管脚
18	VE2	通道 2 发射极 (参考地)
19	GL2	通道 2 门极关断管脚
20	REF2	通道 2 设置 V_{CE} 检测阈值
21	VCE2	通道 2 的 V_{CE} 检测管脚

三、原边接口描述

1. 原边推荐电路

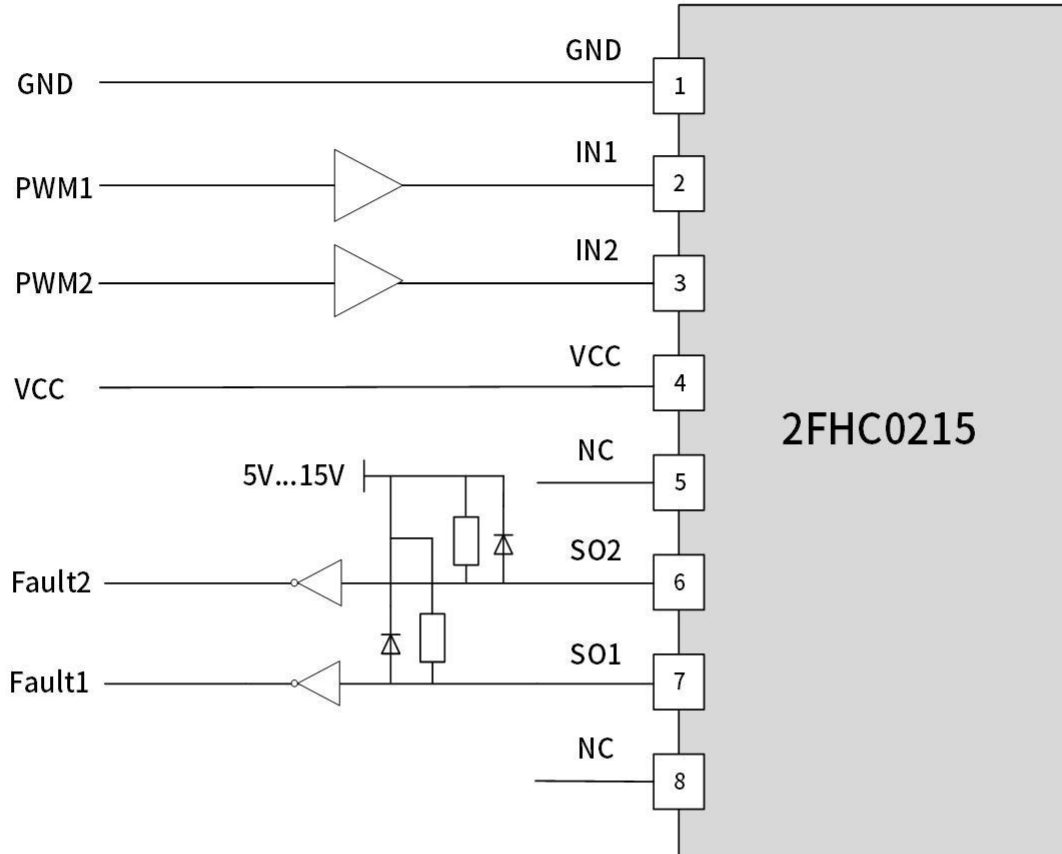


图 3 原边外围接口推荐电路

2. 原边接口说明

驱动核 2FHC0215 的原边接口电路非常简单且易于使用。

原边配有一个 8 针接口端子：

- 1x 电源输入端 （只需一个 15V 电源）
- 2x 驱动信号输入端
- 2x 故障信号输出端
- 1x GND (共地)
- 2x NC (悬空)

3. VCC

2FHC0215 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 5~15V 逻辑电平，设计时注意输入阻抗匹配，建议增加 33K~68K 的下拉电阻。

INx 的功能与驱动器设定的模式有关，通过软件设定驱动的模式，外部硬件不可调整。

直接模式：

IN1 和 IN2 相互独立，互不影响。CH1 和 CH2 可以同时打开。

半桥拓扑：控制电路需设定足够的死区时间，避免 CH1 和 CH2 同时为高，使得上下桥臂同时导通，引起短路直通。

半桥模式：

IN1 为驱动信号输入端（PWM），IN2 为信号输入使能端（EN）；

IN2 为低电平，两输出通道被封锁，输出信号均为低电平。

IN2 为高电平，两输出通道被使能，输出信号跟随输入信号 IN1 变化。

IN2 为高电平时，IN1 由低变高，CH2 门极信号立即封锁，经过一个死区时间 T_d 之后，CH1 门极开通。

注意：2FHC0215 的死区时间 T_d 通过软件设定，默认 $4\mu s$ ，外部不可更改。

IN2 由低电平转至高电平时，需经过一个死区，输出才会跟随 IN1 变化。

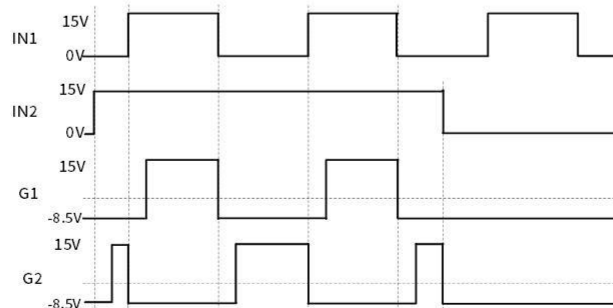


图 4 半桥模式逻辑图

5. S01、S02 状态输出

输出端 S0x 为晶体管漏极开路形式，默认为单独的故障信号以便精准定位问题。也可以将它们连接在一起，以提供公共故障信号。

在故障状态下，流过 S0x 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

通道 'x' 中检测到故障时，状态输出 S0x 端被拉到低电平（连接到 GND）。

S0x 输出逻辑

驱动器原边发生欠压故障时，门极直接负压关断，并维持封波一个阻断时间，同时两个 S0x 均上报一次 40ms 低电平故障后恢复高电平 40ms。

若上述过程结束前，该欠压故障消失，则 S0x 保持高电平；若上述过程结束时，该欠压故障仍然存在，则故障重新拉低直到故障消失后，经过 1 个阻断时间（80ms）再翻转为高电平。

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。

驱动器副边发生欠压故障时，门极先执行软关断，后投入负压持续一定时间之后，保持 0V 关断，并且维持封波，对应的 S0x 信号上报 20ms 低电平故障后恢复高电 100ms。

若上述过程结束前，副边欠压故障消失，则 S0x 保持高电平；若上述过程结束时，副边欠压故障仍然存在，则故障信号重新拉低，直到该故障消失，再经过 80ms，S0x 信号翻转为高电平。

原边封波：副边欠压故障消失之后，经过 60~80ms，阻断结束，原边正常处理 INx 信号。

驱动器副边发生短路故障时，门极先执行软关断功能，后投入负压保持关断状态并且维持封波，对应的 S0x 信号上报故障，拉低 10ms 后自动恢复高电平。

2FHC0215 具备智能故障管理功能， T_{SOX} 详情请参照智能故障管理。

四、副边接口描述

1. 副边推荐电路

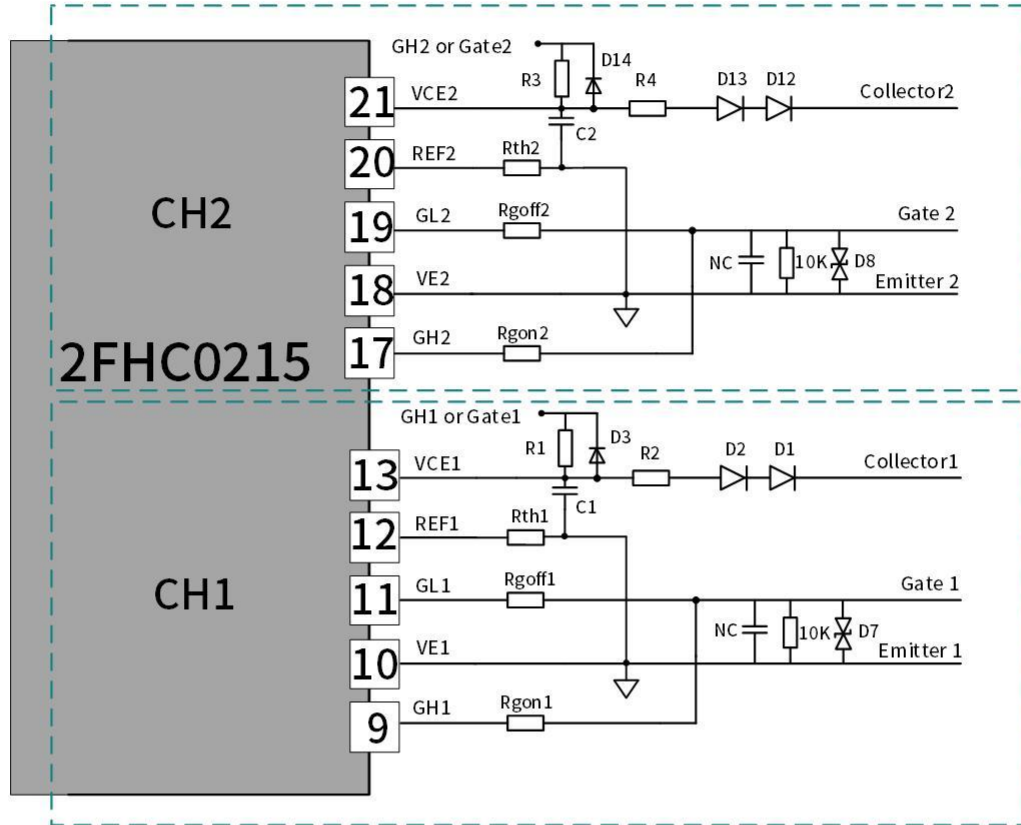


图 5 副边推荐电路

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 5 针接口端子。

- 1 x 发射极端子 VEx
- 1 x 参考端子 REFx (用于短路保护)
- 1 x 集电极电位检测端子 VCEx
- 1 x 开通门极端子 GHx
- 1 x 关断门极端子 GLx

3. 发射极端子 (VEx)

发射极端子必须按图 5 的电路接到 IGBT 的辅助发射极上。

4. 参考端子 (REFx)

驱动器该引脚内部接 33k 电阻上拉至 VISOx, 在 REFx 和 VEx 之间连接一个 Rthx 用于设置短路检测电压阈值。VREFx 电压计算公式:

$$VREFx = VISOx * \frac{Rthx}{33k + Rthx}$$

推荐在 REFx 和 VEx 之间连接一个 68k 电阻, 此时 VREFx 值为 10.1V。此部分电路应尽量靠近驱动器引脚, 减小寄生电感量, 并建议增加 10-47pF 的 Cthx 电容, 增强 VREFx 的抗干扰能力。

5. 集电极电位检测 (VCEx)

2FHC0215 集电极电位检测支持电阻检测和二极管检测两种方式, 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。

1) 电阻检测

电阻检测电路参考电路如下:

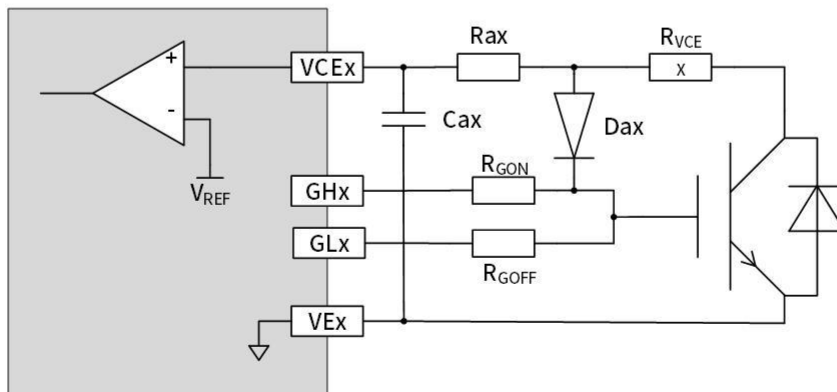


图 6 电阻检测参考电路

IGBT 关断时，驱动器内部会将 VCE_x 电位拉至 COM_x 电位（负电源电压）。此时电容 C_{ax} 放电至负电源电压，该电容相对于 VE_x 的电压约为 -8V。这段时间内，电流通过电阻网络 R_{VCEX} 和二极管 D_{ax} 流入门极 GL_x。电阻网络起到限流作用。上图中 D_{ax} 的位置可以连接 R_{GON} 两端均可，如上图左侧电源无电阻 R_{GON} 的压差。

R_{VCEX} 阻值范围建议，使得流过该电阻的电流 I_{R_{VCEX}} = 0.6~1mA，（例如 1200V 的母线电压，建议阻值在 (1.2~2MΩ)，最大不超过 1mA。可以使用高压电阻或者多个电阻串联。外围电路设计时，必须注意最小爬电距离。

在 IGBT 的开通过程和导通状态下，GH_x 开通，GL_x 关断，门极电压为 +15V，D_{ax} 截止。随着 VCE 电压降低，C_{ax} 电位从 COM_x 被充电至 IGBT 饱和压降。母线电压通过 R_{VCEX} 和 R_{ax} 对 C_{ax} 充电，充电时间由母线电压，R_{ax} 和 C_{ax} 决定。

对于 600V 的 IGBT，建议 R_{ax} = 62KΩ，对于 1200V~1700V 的 IGBT，建议 R_{ax} = 120K。

2FHC0215 的响应时间由 SCS 时间（软件消隐时间，约为 3μs）、C_{ax} 充电时间、SC 滤波时间（Tsc_filter time，简称 Tsc_ft，驱动器设置约为 1μs）三部分组成。

其中 SCS 时间是指从 IGBT 开通后，直至驱动器内部芯片开始检测短路的时间。C_{ax} 充电时间是从门极开通到 VCE_x 电压达到 V_{CE} 监测阈值的时间。SC 滤波时间是 VCE_x 电压超过 V_{CE} 监测阈值到驱动判定短路故障发生的时间。

三者关系如下：SCS 时间 > C_{ax} 充电时间时，响应时间等于 SCS 时间 + SC 滤波时间；SCS 时间 < C_{ax} 充电时间时，响应时间等于 C_{ax} 充电时间 + SC 滤波时间。其中 SCS 时间与 SC 滤波时间均为程序设定，SCS 时间 + SC 滤波时间 ≈ 4μs。

下表列出不同的 C_{ax} 值对应的响应时间 T_{ax}，以便于设置所需的响应时间。

针对母线电压 VDC > 550V 的应用 建议 R_{VCEX} = 1.8MΩ，R_{ax} = 120KΩ。

C _{ax} (pF)	R _{thx} (KΩ)	T _{ax} (μs)
0	68	4
15	68	5.9
22	68	7
33	68	8.9
47	68	11.8

当直流母线 $V_{DC} < 550V$ 时 ($R_{ax} = 120k\Omega$)，响应时间会升高。

由于实际使用中存在寄生电容可能会影响到响应时间,因此建议再最终设计中进行实际测量。定义响应时间时,务必确保该时间小于所使用的功率半导体允许的最大短路持续时间。

二极管 D_{ax} 漏电流必须极低,阻断电压须超过 40V,并且不能使用肖特基二极管。元件 C_{ax} , R_{ax} , D_{ax} 必须尽可能靠近驱动器的位置。避免大的集电极-发射极环路。

当检测到短路/过流故障时,驱动器关闭响应的功率半导体。故障状态立即传输到对应的 $S0x$ 输出端。过一个阻断时间 T_b , 驱动恢复处理输入信号。

2) 二极管检测

二极管检测电路可以适应较低的 V_{CE} 电压,针对 2FHC0215 飞仕得建议是采用二极管检测电路。

在 IGBT 关断时,驱动器内部电路会将 V_{CEx} 引脚电压拉低至 $COMx$ 电位,此时电容 C_{ax} 放电至负电源电压,该电容相对于 V_{Ex} 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,门极电压为 $+15V$, $D2x$ 截止,通过 R_{ax} 给电容 C_{ax} 充电, C_{ax} 电压升高。当 IGBT 的集电极电压降低到某一电位时, C_{ax} 的电压被高压二极管 $D1x$ 钳位。

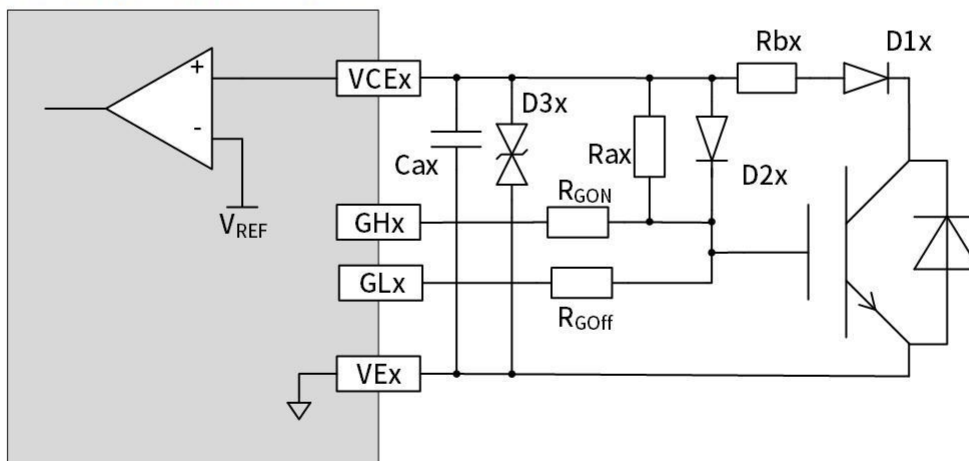


图 7 二极管检测参考电路

如图 7 所示, C_{ax} 两端电压的计算公式如下:

$$V_{Cax} = V_{CEsat} + V_F(D1x) + R_{bx} * \frac{15V - V_{CEsat} - V_F(D1x)}{R_{ax} + R_{bx}}$$

SC 检测阈值电压 VREF 的值必须高于 Vcax，2FHC0215 的 VREF 值默认为 10.1V。

Rax 和 Cax 可以根据下列公式，来设定开通所需的响应时间 Tax：

$$Rax [k\Omega] = \frac{T_{ax}[us] - T_{sc_ft}}{Cax[pF] * \ln\left(\frac{15V + |V_{GLx}|}{15V - V_{refx}}\right)}$$

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: 快速二极管，如 BAS316，要求低漏电流，不能使用肖特基。
- ◆ D3x: 15V 的瞬态电压抑制二极管 TVS，也可省略
- ◆ Rax: 5KΩ~10KΩ，建议两个以上 1206 同等功率电阻并联
- ◆ Rbx: 100Ω~330Ω
- ◆ Cax: 100pF~1000pF

Cax 需考虑抑制二极管 D3x 和 PCB 的寄生电容。

说明：设置的响应时间 Tax≤4μs 时，Tax=4μs。

设置的响应时间 Tax>4μs 时，Tax 为设置值。

3) 屏蔽 V_{CE} 检测

模拟 V_{CE} 检测和屏蔽需要在驱动器不带 IGBT 模块的情况下操作，用于在弱电下测试评估驱动功能。

针对电阻检测电路，如果在未接模块的情况下，给驱动开通信号，驱动门极会自动响应；模拟短路检测功能可以通过短接 D2x 二极管实现，需要注意的是此时弱电下短路响应时间略大于电路设计的实际值（实际值需要在强电测试平台下，对 CE 端施加母线电压测得）。

针对二极管检测电路，如果在未接模块的情况下，给驱动开通信号，驱动会自动检测到短路故障，若短路响应时间不稳定，可以在集电极与发射极之间施加 15V 电压；屏蔽短路检测功能，需要在集电极与发射极之间形成低阻抗，模拟 IGBT 导通状态，也可以短接，但此时不允许给 CE 端供电。

6. 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 5 进行设计。

建议在 GLx 和 VEx 之间连接一个 10K~22K 电阻。在驱动器掉电的情况下，该电阻可以提供一个 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，在门极和发射极之间连接一个瞬态电压抑制器 D7 (D8)。

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），S01 和 S02 均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，同时对应的 S0x 反馈一个故障信号给上位机。

原副边欠压故障消除后，S0x 输出端会自动复位。

Firststack 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）

2FHC0215 驱动器全系列均配置 SSD 功能。

IGBT 发生退饱和时，VCE 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 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，需要根据实际工

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，Firststack 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。

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

4. 有源钳位

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。

2FHC0215 支持基本有源钳位功能。参考电路如图 8 所示。

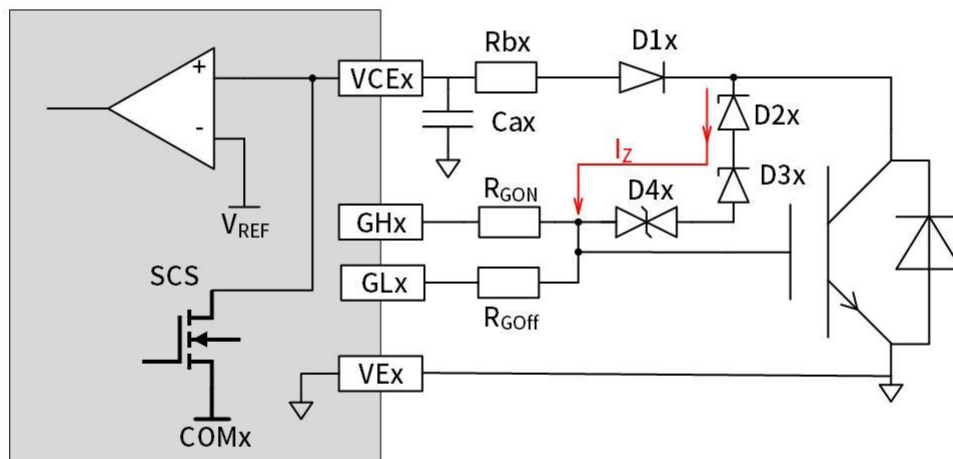


图 8 基本有源钳位

TVS 二极管 D_{2x} , D_{3x} , D_{4x} 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 D_{2x} , D_{3x} , D_{4x} 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 8 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 RG_{OFF} 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. 智能故障管理

驱动器实时检测模块的运行状态，模块发生故障时，将故障状态通过 S0x 输出端上传给上位机，2FHC0215 通过对 S0x 信号拉低时间（故障返回时间）的不同，实现故障区分。

具体信息参见下表区分：

故障类型	短路故障	副边欠压	原边欠压	其他故障
返回时间(T _{sox})	10ms	20ms	40ms	80ms

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 \(firststack.com\)](http://杭州飞仕得科技股份有限公司 (firststack.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。

Firststack 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 Firststack 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.firststack.com

邮箱：sales01@firststack.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

