

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 18.5mm。



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. S01、S02 状态输出	7
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. 发射极端子 (VEx)	9
4. 参考端子 (REFx)	10
5. 集电极电位检测 (VCEx)	10
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。

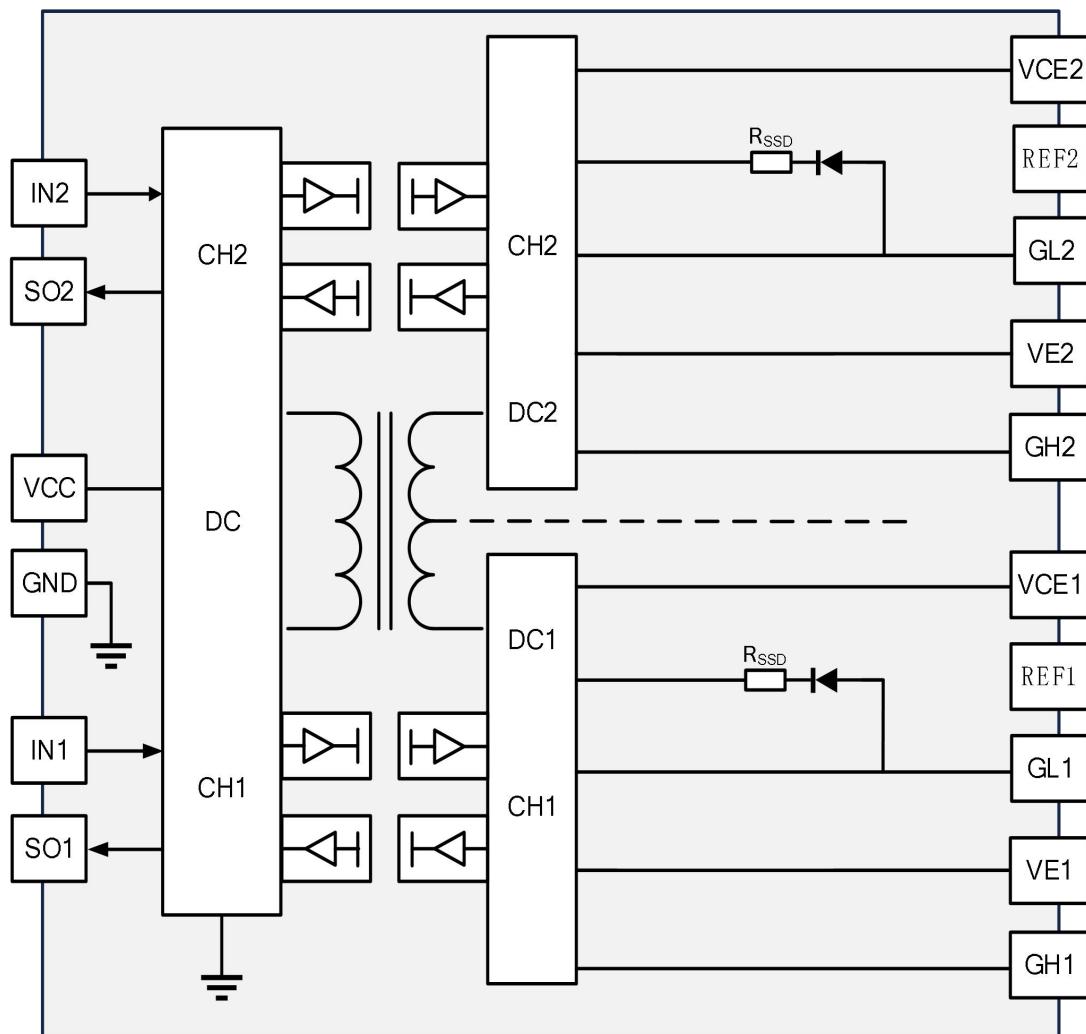


图 2 2FHC0215 驱动器功能框图

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

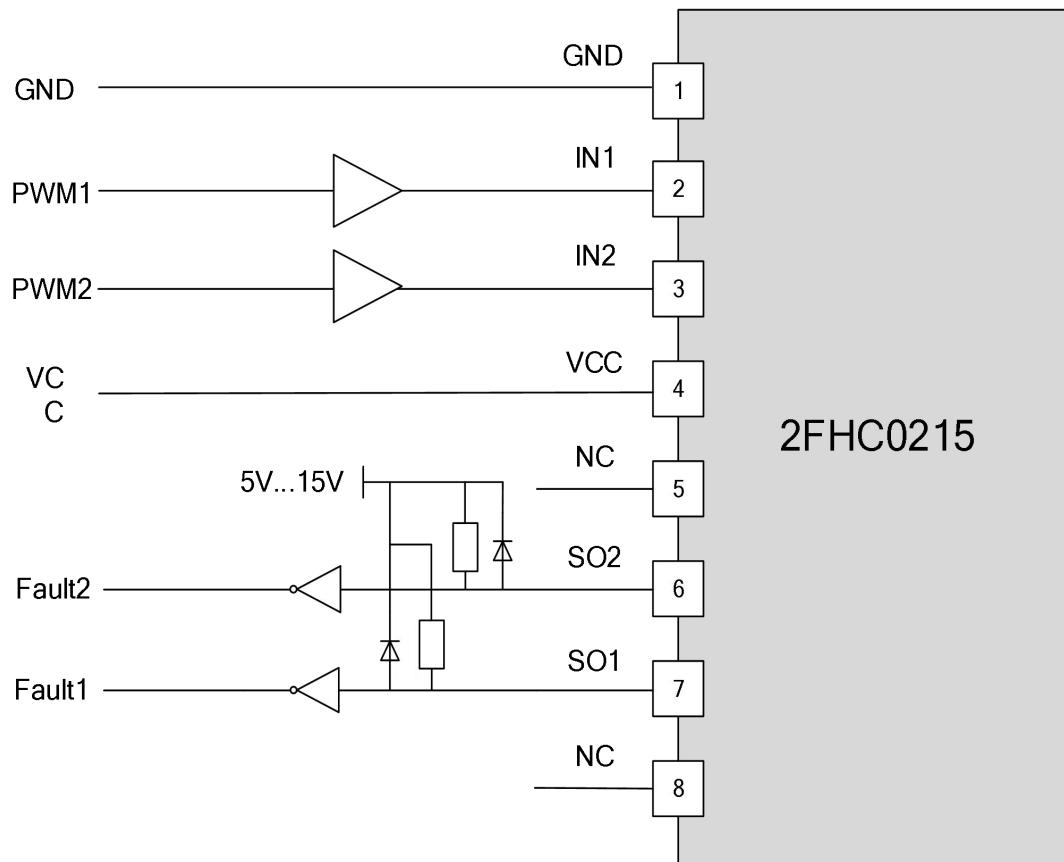


图 3 原边外围接口推荐电路

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 Td 之后，CH1 门极开通。

注意： 2FHC0215 的死区时间 Td 通过软件设定，默认 4 μ 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

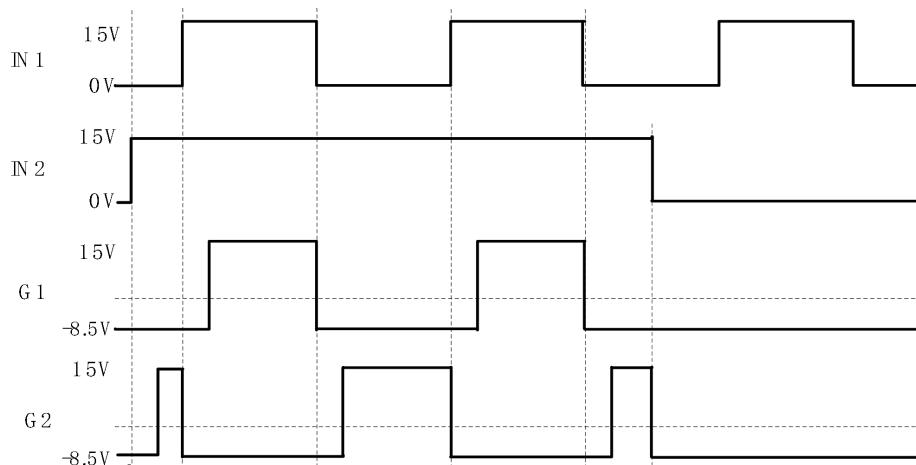


图 4 半桥模式逻辑图

互锁模式：

互锁模式下，IN1 和 IN2 相互独立，均为对应通道的信号输入，但是通道 1 和通道 2 不会同时打开，即 IN1 和 IN2 同时置高时，输出信号都会置低。

互锁模式逻辑如下图所示：

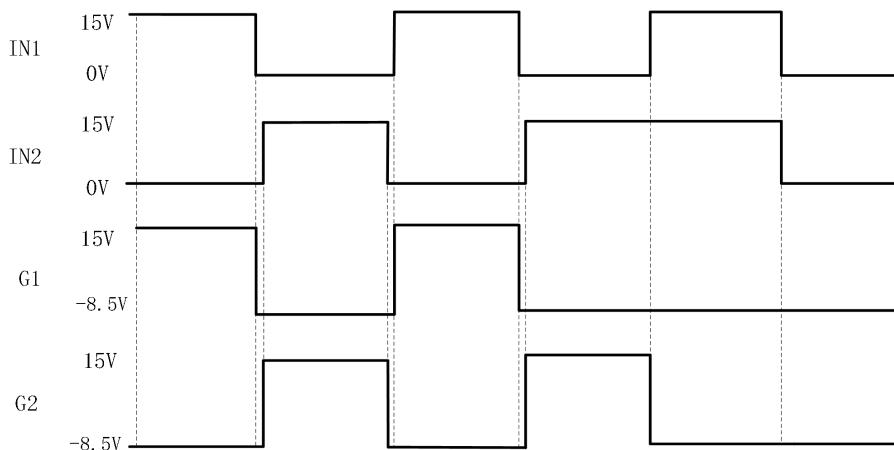


图 5 互锁模式逻辑图

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SOx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SOx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，SOx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SOx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

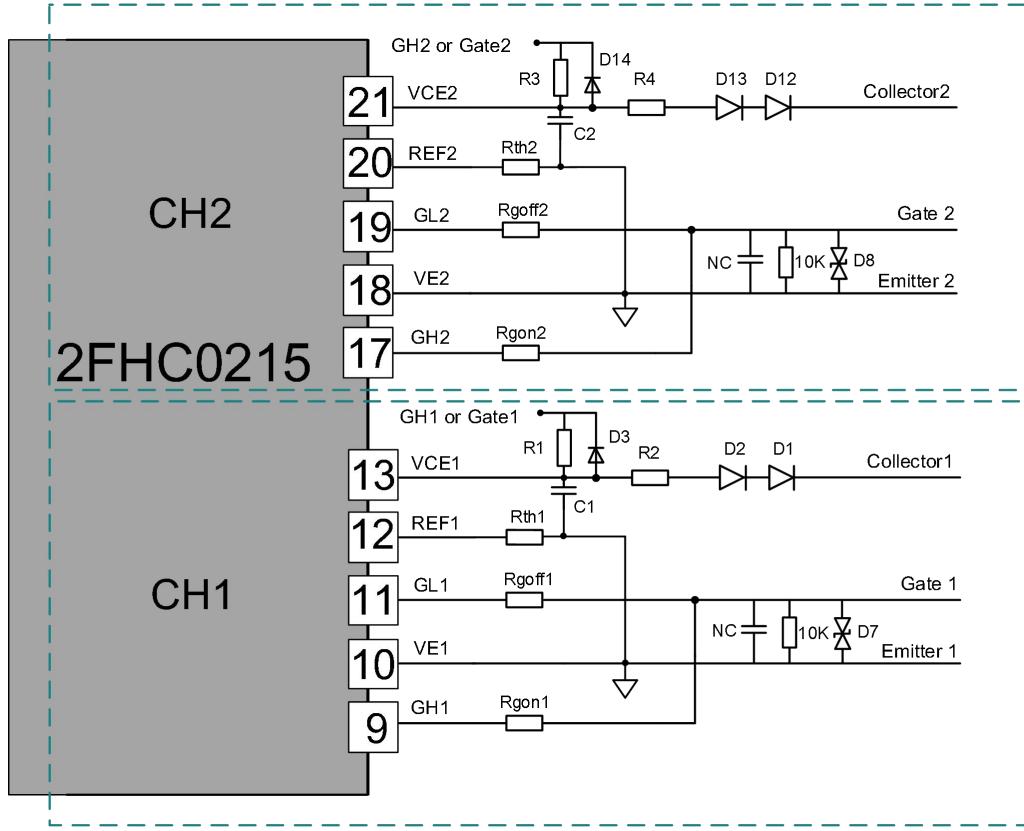


图 6 副边推荐电路

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 6 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：

$$V_{REFx} = V_{ISOx} * \frac{R_{THX}}{33k + R_{THX}}$$

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：

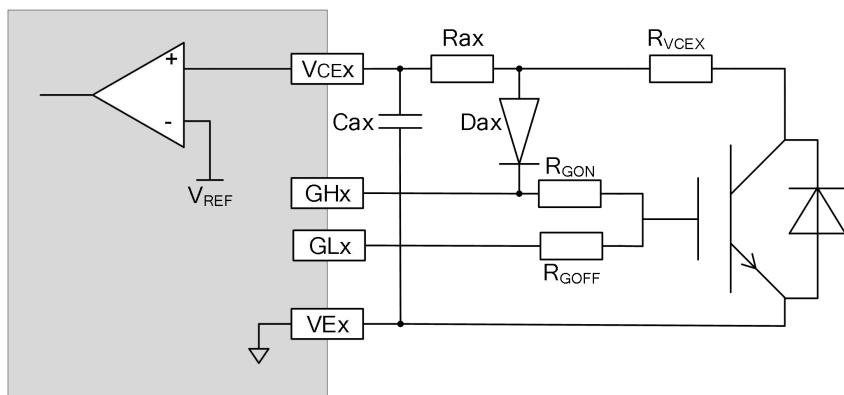


图 7 电阻检测参考电路

IGBT 关断时，驱动器内部会将 V_{CEx} 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 V_{Ex} 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 $I_{RVCEX}=0.6\sim1mA$ ，（例如 1200V 的母线电压，建议阻值在 $(1.2\sim2M\Omega)$ ，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，GHx 开通，GLx 关断，门极电压为+15V，Dax 截止。

随着 VCE 电压降低，Cax 电位从 COMx 被充电至 IGBT 饱和压降。母线电压通过 R_{VCEX} 和 Rax 对 Cax 充电，充电时间由母线电压，Rax 和 Cax 决定。

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

2FHC0215 的响应时间由 SCS 时间（软件消隐时间，约为 $3\mu s$ ）、Cax 充电时间、SC 滤波时间（ $T_{sc_filter\ time}$ ，简称 T_{sc_ft} ，驱动器设置约为 $1\mu s$ ）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。Cax 充电时间是从门极开通到 V_{CE} 电压达到 V_{ce} 监测阈值的时间。SC 滤波时间是 V_{CE} 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 > Cax 充电时间时，响应时间等于 SCS 时间 + SC 滤波时间；SCS 时间 < Cax 充电时间时，响应时间等于 Cax 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 $\approx 4\mu s$ 。

下表列出不同的 Cax 值对应的响应时间 Tax，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 $R_{VCEX}=1.8M\Omega$ ， $R_{ax}=120K\Omega$ 。

Cax (pF)	Rthx(KΩ)	Tax (μs)
0	68	4
15	68	5.9
22	68	7
33	68	8.9
47	68	11.8

当直流母线 $VDC<550V$ 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 Dax 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 Cax，Rax，Dax 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 SOx 输出端。过一个阻断时间 Tb，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 VCE 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 VCEx 引脚电压拉低至 COMx 电位，此时电容 Cax 放电至负电源电压，该电容相对于 VEx 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 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 锯位。

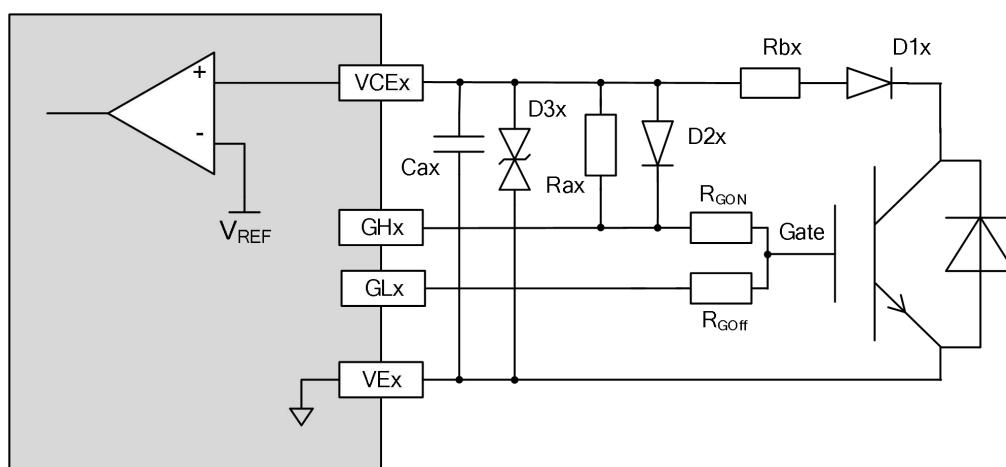


图 8 二极管检测参考电路

如图 8 所示，Cax 两端电压的计算公式如下：

$$VC_{ax} = VC_{Esat} + VF(D1x) + Rbx \cdot \frac{15V - V_{CEsat} - V_{F(D1x)}}{Rax + Rbx}$$

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：

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

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 $T_{ax} \leq 4 \mu s$ 时, $T_{ax}=4 \mu s$ 。

设置的响应时间 $T_{ax} > 4 \mu s$ 时, T_{ax} 为设置值。

注: Rax 和 D2x 需要同时连接到 GH_x 网络或者同时连接到 Gate 网络。

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 (GH_x & GL_x)

驱动器通过门极驱动端子连接电阻到 IGBT 的门极。GH_x 和 GL_x 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 6](#) 进行设计。

建议在 GL_x 和 V_{Ex} 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 V_{GE} 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。

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)

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，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} 有足够的安全裕量。

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。

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 9 所示。

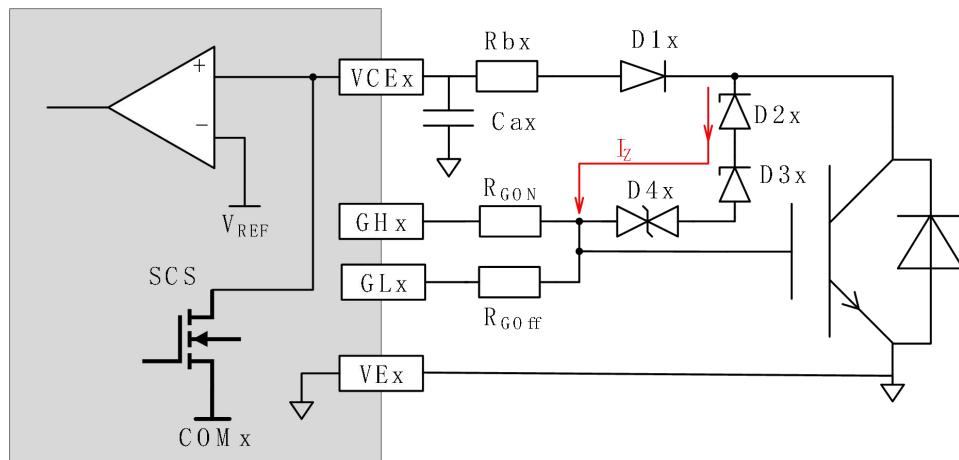


图 9 基本有源钳位

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

TVS D2x, D3x, D4x 推荐规格：

VDC-LINK=800V，建议 TVS 的 VR 之和为 780V，例如：6 个 130V 的 TVS。

VDC-LINK=1200V，建议 TVS 的 VR 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 9 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 RGOFF 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 (Tsox)	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 \(firstack.com\)](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

邮箱：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

