

2FSC0435+ 产品说明书

概述

2FSC0435+是基于 Firststack 领先的数字技术与强大的硬件设计能力推出的一款“高可靠性，高灵活性以及高智能化的”数字驱动核，是对现有类似驱动产品的一次重大升级，引入了“不会坏的驱动器”和“智能故障管理系统”两大革命性技术，解决了驱动器自身的可靠性问题与恶劣电磁场环境下的适应性问题。同时，在保留“有源钳位”功能的同时（客户可以根据应用场合选择屏蔽该功能），新增了“软关断”，大大拓展了该驱动核的应用领域。

2FSC0435+在尺寸与引脚定义上与英飞凌、PI 同类产品完全兼容，客户可以不做任何修改即可使用。



图 1 产品照片

目录

概述.....	1
系统框架图.....	3
使用步骤及注意事项.....	4
机械尺寸图.....	5
引脚定义.....	6
状态指示灯说明.....	7
驱动参数.....	8
主要功能说明.....	12
不会坏的驱动.....	12
智能故障管理.....	12
短路保护.....	12
欠压保护.....	14
软关断.....	14
有源钳位.....	14
时序关断.....	15
推荐应用电路.....	17
推荐原边应用电路.....	17
原边接口描述.....	17
推荐副边短路保护电阻检测电路.....	19
推荐副边短路保护二极管检测电路.....	20
副边接口描述.....	20
订购信息.....	23
技术支持.....	23
法律免责声明.....	23
联系方式.....	23

系统框架图

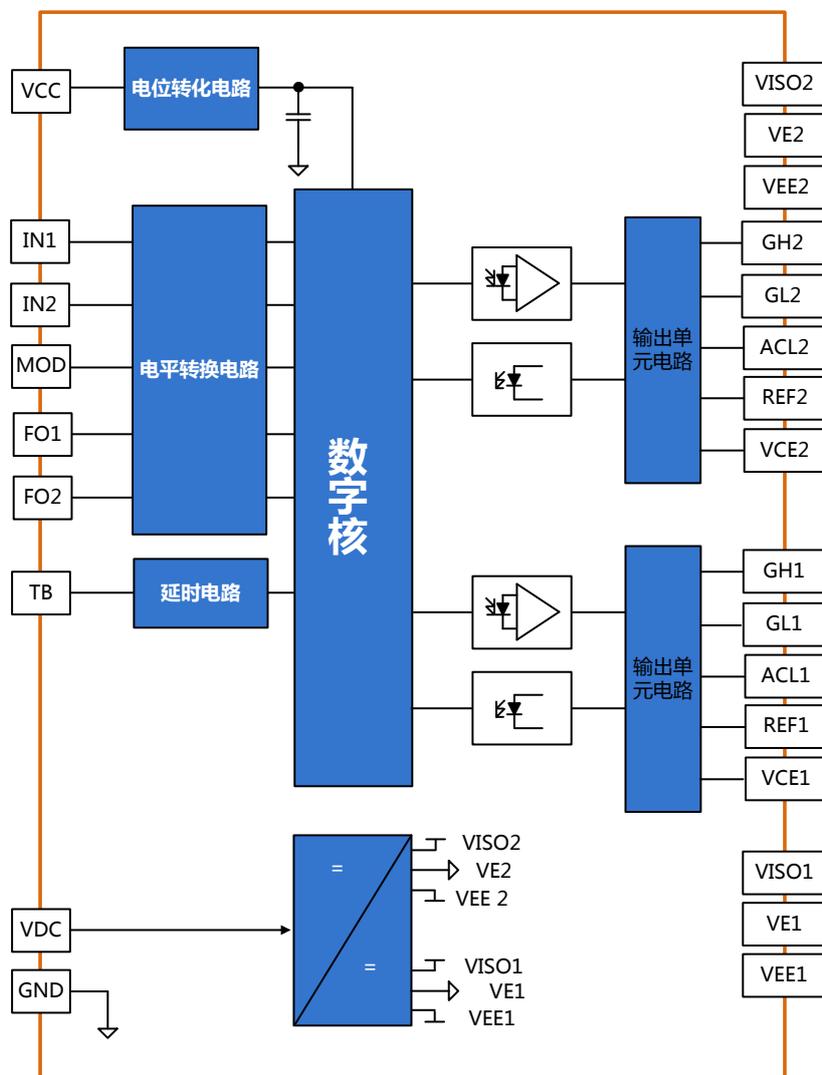


图 2 系统框架图

原边电源输入直流电压 15V，通过 DC/DC 电路供电到副边，保证整个驱动的能量输送；原边 PWM 信号输入通过高压隔离光耦传输至副边，经过相关单元电路的处理得到半导体器件 IGBT 或 MOSFET 的驱动信号。

当门极开通时，若没有发生短路故障，则主功率器件饱和导通，IGBT-CE 两端电压接近于零，退出饱和，IGBT-CE 两端电压接近于母线电压，IGBT-CE 检测被置位，相应的软关断电路被启动来保护主功率器件不被损坏，同时故障信号传输至原边；当原边没有 PWM 信号输入时，门极则一直处于负压关断状态。

使用步骤及注意事项

驱动核简便使用的相关步骤如下：

1. 选择合适的驱动核

根据数据手册上推荐应用电路，搭建好外部应用电路，使用时应注意配置适配 IGBT 模块的门极电阻，有源钳位 TVS 二极管阈值。配置应用不当，可能会导致驱动和模块失效。

2. 将驱动器安装到 IGBT 模块上

对 IGBT 模块或驱动器的任何处理都应遵循国际标准 IEC 60747-1 第IX章或欧洲标准 EN 100015 要求的静电敏感器件保护的一般规范（即工作场所、工具等必须符合这些标准）。

如果忽视这些规范，IGBT 和驱动器都可能会损坏。



3. 将驱动器连接到控制单元

将驱动器接插件（光纤）连接到控制单元，并为驱动器提供合适的供电电压

4. 检查驱动器功能

检查门极电压：对于关断状态，额定门极电压在相应的数据手册中给出，对于导通状态，该电压为 15V。另请分别检查对应有控制信号和无控制信号时驱动器的输入电流。对于 Firststack 的数字驱动器，驱动器提供合适的供电电压后，驱动状态指示灯常亮，具体含义请查询数据手册状态指示灯说明。

这些测试应在安装前进行，因为安装后可能无法接触到门极端子。

5. 设置和测试功率单元

系统启动之前，建议用单脉冲或双脉冲测试方法分别检查每个 IGBT 模块。Firststack 特别建议用户要确保 IGBT 模块即使在最恶劣的条件下也不会超过 SOA 规定的工作范围，因为这强烈依赖于具体的变换器结构。

机械尺寸图

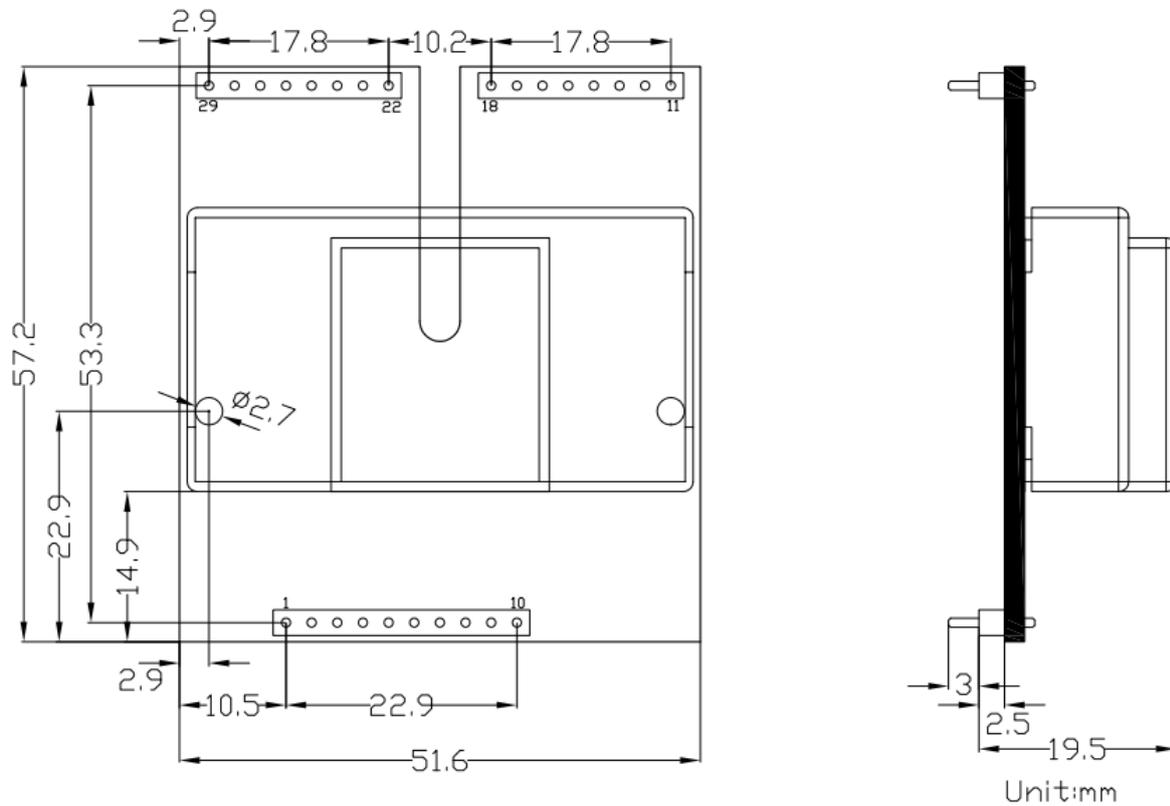


图3 尺寸图

推荐尺寸

序号	推荐接插针焊盘尺寸	推荐通孔尺寸
1	$\Phi=2\text{mm}$	$\Phi=1.02\text{mm}$

引脚定义

引脚	命名	注释	引脚	命名	注释
原边					
1	VDC	驱动电源	6	VCC	控制电源
2	FO1	故障状态输出通道 1	7	GND	接地
3	FO2	故障状态输出通道 2	8	IN1	PWM 信号输入通道 1
4	MOD	连接电阻到地	9	IN2	PWM 信号输入通道 2
5	TB	连接电阻到地	10	GND	接地
副边					
11	ACL1	通道 1 有源钳位	22	ACL2	通道 2 有源钳位
12	VCE1	通道 1 短路检测	23	VCE2	通道 2 短路检测
13	REF1	设置通道 1 检测阈值	24	REF2	设置通道 2 检测阈值
14	VEE1	通道 1 负电源	25	VEE2	通道 2 负电源
15	VE1	通道 1 电源地	26	VE2	通道 2 电源地
16	VISO1	通道 1 正电源	27	VISO2	通道 2 正电源
17	GH1	通道 1 开通信号	28	GH2	通道 2 开通信号
18	GL1	通道 1 关断信号	29	GL2	通道 2 关断信号

注：19-21 为缺省值

状态指示灯说明

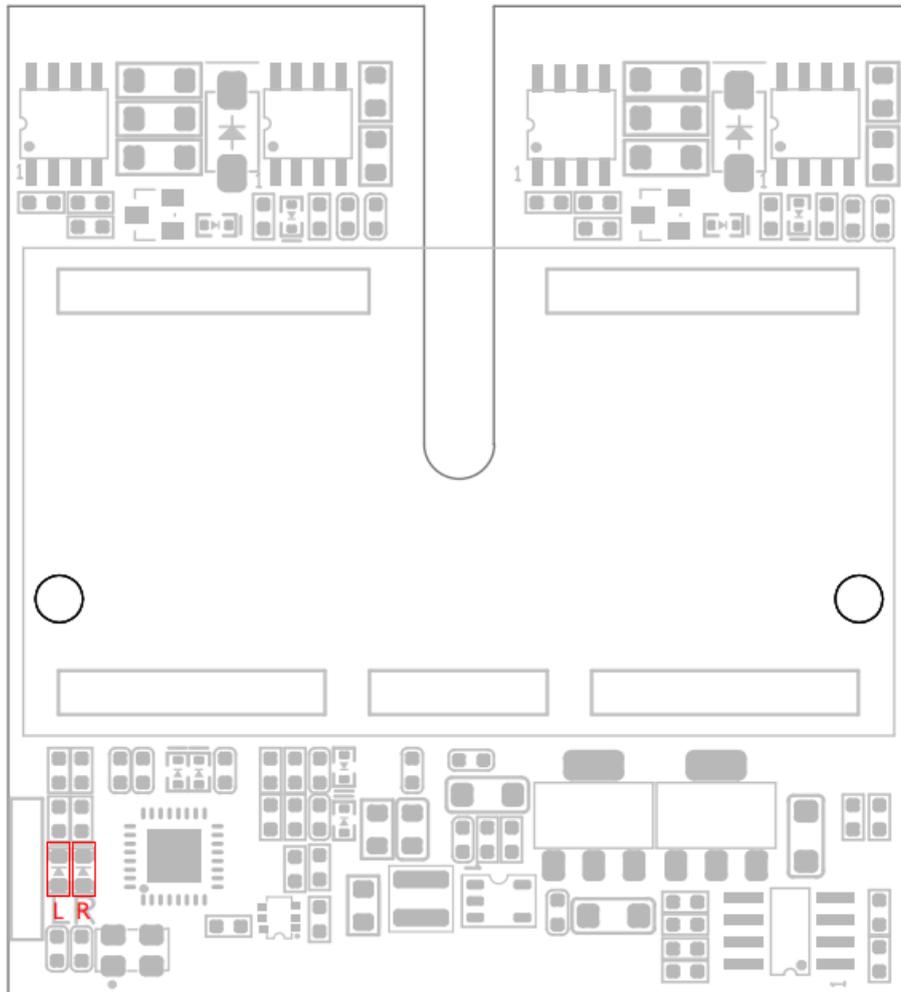


图 4 状态指示灯

为了方便客户使用，Firststack 驱动板上增加了若干状态指示 LED，便于客户了解驱动板及变流器工作状态，具体解释如下：

状态指示灯

序号	位号	丝印	注释
1	-	L	左侧通道状态指示灯，正常时熄灭，故障时点亮并锁住
2	-	R	右侧通道状态指示灯，正常时熄灭，故障时点亮并锁住

驱动参数

绝对最大额定值

参数	备注	最小	最大	单位
V_{IN}	VDC、VCC 对地		16	V
输入输出逻辑电平	对地		16	V
故障输出灌电流能力	故障状态下, 注 1		180	mA
门极最大输出电流	注 2	-50	+50	A
单路输出功率			5.5	W
测试电压(50Hz/1min)	原边对副边		5000	V_{RMS}
	副边对副边		5000	V_{RMS}
工作温度		-40	85	°C
存储温度		-40	100	°C
MOD,TB	仅可连接电阻到地		3.6	V

推荐工作条件

参数	备注	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IN}	VDC,VCC		15		V
IN_x	IN1 , IN2		15		V

电气特性

电源	备注	最小值	典型值	最大值	单位
电源电流	不带载 注 3		0.12		A
耦合电容	原副边		10		pF
电源监测					
阈值			12.3		V
短路保护					
V _{CE} 监测阈值			8.3		V
响应时间	注 4		8		us
阻断时间			90		ms
时间特性					
开通延时	注 5		850		ns
关断延时	注 6		880		ns
上升时间	注 7		15		ns
下降时间	注 8		186		ns
故障保持时间	短路故障		10		ms
	欠压故障		≥20		ms
死区时间	半桥模式下	3.2		4.1	us
输出电压					
开通电压	V _{GHx} , 无负载		15.6		V
关断电压	V _{GLx} , 无负载		-7.8		V

电气绝缘			
测试电压(50Hz/1min)	原边对副边	5000	V _{RMS}
	副边对副边	4000	V _{RMS}
爬电距离	原边对副边	18	mm
	副边对副边	22	mm
电气间隙	原边对副边	18	mm
	副边对副边	8	mm

除非有特殊说明，所有的数据都是基于+25°C环温以及 V_{IN}=15V 下测试

注解说明：

1. **故障输出灌电流能力:**故障开漏输出 (OD), 推荐外接上拉电阻；
2. **门极最大输出电流:**最大输出电流为脉冲峰值电流；
3. **电源电流：**驱动核连接 IGBT , 无 PWM 输入；
4. **响应时间：**从发生故障到开始执行软关断的时间；
5. **开通延时：**不连接 IGBT 的条件下，从驱动输入的 PWM 信号上升沿传输到副边门极驱动上升沿所需的时间；
6. **关断延时：**不连接 IGBT 的条件下，从驱动输入的 PWM 信号下降沿传输到副边门极驱动下降沿所需的时间；
7. **上升时间：**不连接 IGBT 的条件下，从门极关断电压的 10%至门极开通电压的 90%的时间量；
8. **下降时间：**不连接 IGBT 的条件下，从门极开通电压的 90%至门极关断电压的 10%的时间量；

主要功能说明

◆ 不会坏的驱动

驱动器内置的 DC/DC，由于需要尽可能的降低原副边的耦合电容 C_{PS} ，一般都采用开环形式，因此很难集成过流保护等功能，这也导致了驱动内置 DC/DC 的抗过载能力非常差。在统计驱动失效时，几乎所有的驱动失效都与 DC/DC 失效相关。

为了提高驱动的可靠性，Firststack 智能驱动提出了“不会坏的驱动器”的概念，在保持开环的前提下，驱动器可以承受 GE 短路。

当发生过载时，驱动板将封锁 PWM 信号，同时向上位机回报故障信号，当过载切除后，驱动板恢复正常状态。

◆ 智能故障管理

随着新能源大规模并网越来越普遍，对于变流器可靠性的要求也越来越高。现场运行时故障发生的种类和频次的统计，以及严重失效后的原因分析，也变得越来越重要。

传统的驱动设计，在发生故障时，仅仅告知上位机，发生了故障，变得越来越不能满足客户的需求。为了给用户提供更多的故障信息，在原有 0/1 的基础上，我们对故障进行了分类，通过不同的故障时间告知上位机。当故障低电平时间持续 10ms 时，为短路故障；当持续时间大于或等于 20ms 时，为欠压故障。

◆ 短路保护

V_{CE} 电压通过电阻分压来检测。当 V_{CE} 电压超过设定阈值，驱动判定 IGBT 处于短路状态，驱动将启动软关断，将 IGBT 缓慢的关断，同时将故障返回给上位机。

集电极电压通过电阻网络来检测。当 V_{CE} 电压超过设定阈值，驱动判定 IGBT 处于短路状态，同时将故障返回给上位机。

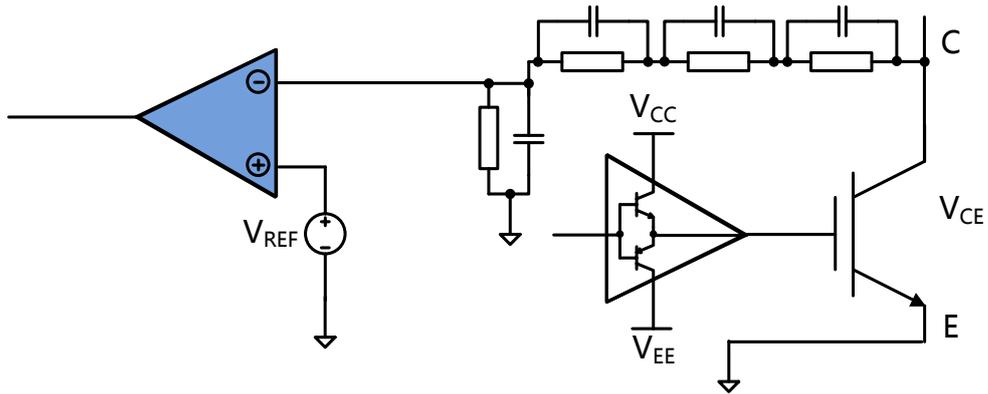


图 5 V_{CE} 退饱和检测电路

集电极电压通过高压二极管来检测。当 V_{CE} 电压超过设定阈值，驱动判定 IGBT 处于短路状态，同时将故障返回给上位机。

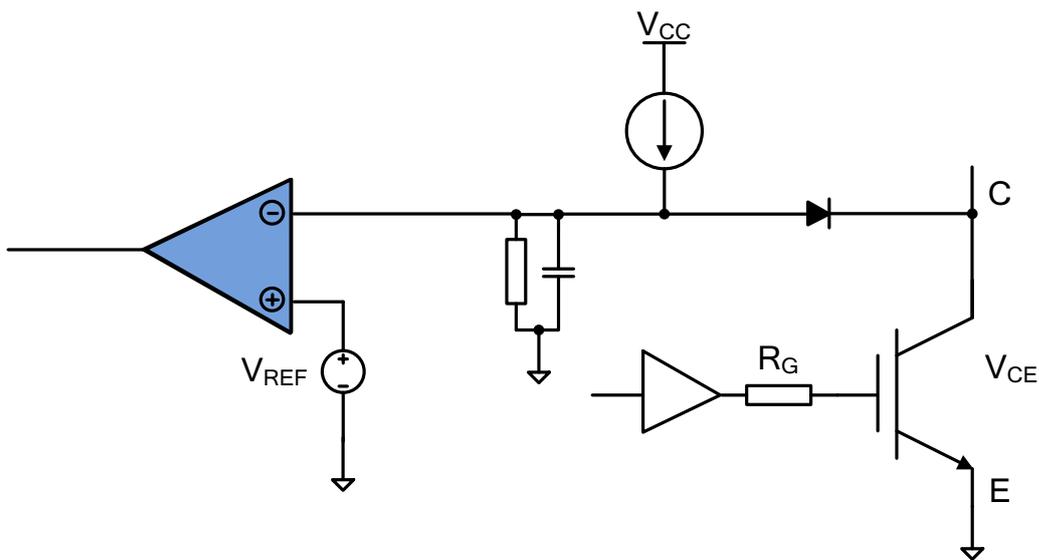


图 6 V_{CE} 退饱和检测电路

◆ 欠压保护

驱动板同时监测副边侧正负电源。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，将反馈一个故障信号给上位机。

模式	故障发生时状态	处理方式
两电平	开通	软关断
	关断	保持关断
三电平	开通	保持开通，等上位机指令
	关断	保持关断，等上位机指令

对于 IGBT 桥臂,Firststack 智能驱动强烈建议不要让桥臂中的任一个 IGBT 工作在欠压状态。由于 C_{CG} 电容的存在，当桥臂中的某个 IGBT 开通时，其带来的高 dv/dt 可通过 C_{GC} 电容耦合到另一个 IGBT，导致另一个 IGBT 微导通。同时，较低的门极电压，将增大 IGBT 的开关损耗。

◆ 软关断

为了解决短路时巨大的关断电压尖峰，驱动核引入了软关断技术。IGBT 发生短路时，在保证短路时间不超过 10us 的前提下，缓慢的降低门极电压 V_{GE} ，既保证了 IGBT 芯片不会因为过温烧毁，也有效降低了 di/dt ，避免了关断时的电压尖峰，保证了 IGBT 的安全。

◆ 有源钳位

在系统出现过载或者负载侧短路时，IGBT 的关断电流会大幅增加。在这些工况下，有源钳位可以保护 IGBT，避免由于关断过压引起的失效。

当 V_{CE} 电压超过 TVS 的阈值后，TVS 被击穿，电流灌入门极，使得 V_{GE} 上升，IGBT 进入线性区，从而将关断电压限制在安全的范围内。

为了提升钳位效果，飞仕得科技引入了数控有源钳位，在门极增加了一个“数控电流源”。同高级有源钳位，当 I_z 大于某个阈值后，关断 N 管，同时启动“数控电流源”。

此时， $I_Z = I_G + I_D$ ，通过数控电流源，将 I_Z 保持在一个低值，TVS 一直处于微弱的击穿状态，直到关断结束。

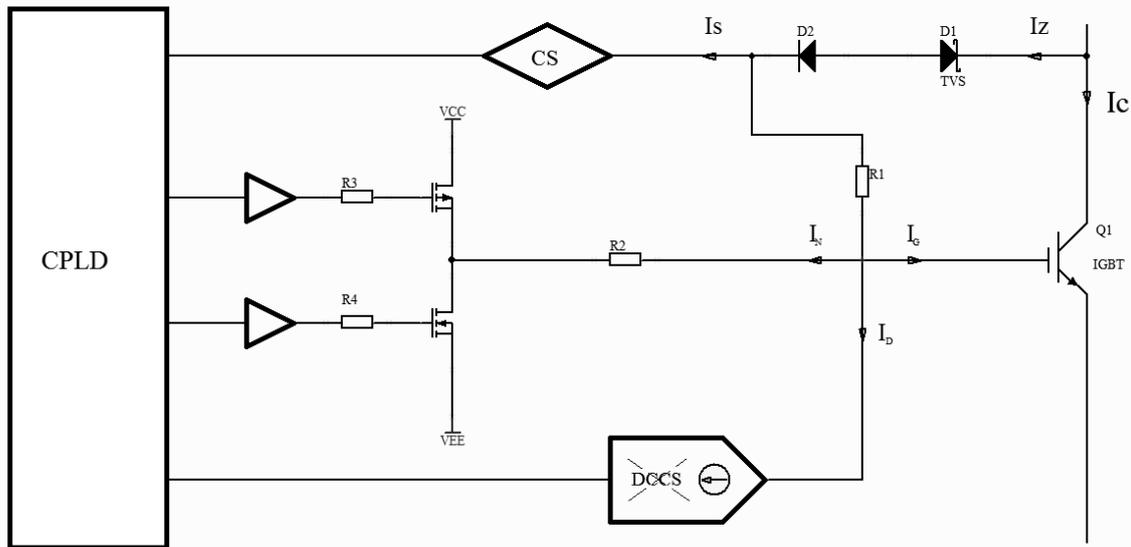


图 7 有源钳位原理示意图

◆ 时序关断

在 NPC I 型三电平中，直流母线电压 V_{DC} 高于任意一个 IGBT 的耐压值，因此不论是正常工作或故障情况下，都必须保证外管 $S_4(S_1)$ 先于内管 $S_3(S_2)$ 关断，否则 $S_3(S_2)$ 将因为独自承受全部的直流母线电压 V_{DC} 而损坏。

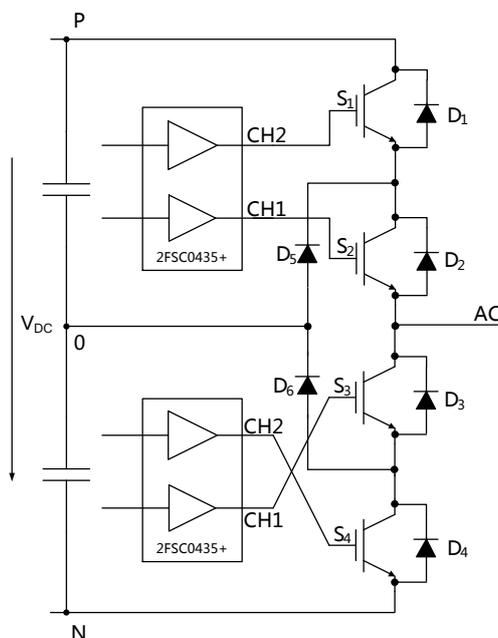


图 8 NPC I 型三电平拓扑与 2FSC0435+ 通道对应关系

在传统的 I 型三电平驱动设计时，一般是通过上位机来保证正确的关断时序，比如当 S_3 发生短路故障时，驱动板先将 S_3 的故障信号告知上位机，再由上位机来统一协调关断时序，由此也就存在如下几个风险：

1、短路保护时间超出 IGBT 最大承受时间： S_3 自身短路检测时间一般在 $8\mu s$ 左右，再加上故障通信时间、上位机滤波时间、以及 S_4 的关断时间（高压大功率模块关断时间普遍较长，在 $4\sim 6\mu s$ ），整个保护时间将超出 $10\mu s$ ，也就超出了 IGBT 的短路安全工作范围

2、保护依赖于上位机：从单点失效分析来看，当上位机失效时，保护无法正常完成，存在安全隐患

另外一个风险是，传统的驱动 IC 乃至绝大部分即插即用驱动器，在发生欠压故障时，往往是直接关断 IGBT，不适用于 NPC I 型三电平方案，造成极大的安全隐患。

基于以上的分析，2FSC0435+ 配备时序关断功能，发生故障时通道 1 (CH1) 先于通道 2 (CH2) 关断 $400ns$ ，可以有效兼容解决 NPC I 型三电平应用存在的上述风险。

推荐应用电路

◆ 推荐原边应用电路

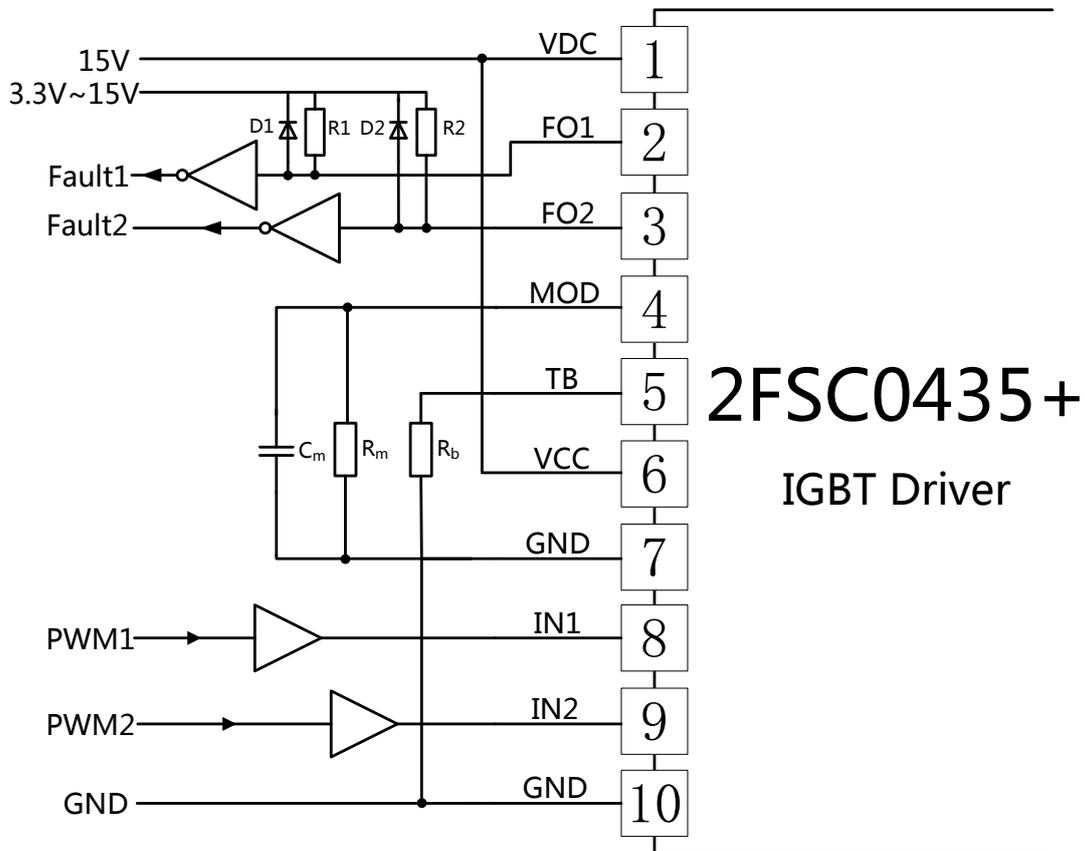


图 9 推荐原边应用电路

为避免驱动信号被耦合干扰,建议 PWM 信号和故障信号和地之间的连接回路面积最小; 2FSC0435+ 内部故障为开漏输出, 故障信号返回上拉电阻 (R1 , R2) 建议根据输出驱动电流大小选择。

◆ 原边接口描述

➤ VDC、VCC 端口

VDC 端口, 为 15V 供电, 内部连接独立于 VCC , 用于 DC/DC 副边电源供电;V_{CC} 用于原边信号控制单元供电, 连接至 15V 电源。

➤ MOD 端口

● 直接模式

MOD 为输入端口, 直接连接到地, 直接模式被选择, 两通道之间相互独立,

内部无关联，输入 IN1 对应输出 CH1 通道，输入 IN2 对应输出 CH2。在半桥拓扑应用中，死区时间大小仅仅被接收到的驱动信号决定。

- 半桥模式

MOD 脚连接电阻($71K < R_m < 181K$)到地, Cm 可缺省,半桥模式被选择 ;IN1 为驱动信号输入端, IN2 为信号输入使能端 ;IN2 为低电平,两通道输出信号被封锁,如果 IN2 由低变为高,两输出通道被使能,输出信号跟随输入信号变化。IN1 由低变为高时,输出通道 2 立刻关断而通道 1 在一个死区时间后开通。

- TB 端口

TB 为输入端口,连接电阻($71K < R_b < 181K$)到地,阻断时间固定设置约为 100ms,若有疑问,请联系 Firststack 工程师技术支持。

- IN1、IN2 端口

IN1 和 IN2 为驱动 PWM 输入端口,可输入 3.3V~15V 逻辑电平的 PWM 信号。高电平为有效开通信号。

- FO1、FO2 端口

2FSC0435+内部有开漏输出的 MOSFET,正常使用时外部需外接上拉电阻,当没有检测到短路或欠压故障时,输出为高阻抗状态;当检测到短路或过流、原边欠压、副边欠压的条件时,相应的高电平状态变为低。D1, D2 推荐选择肖特基二极管,连接电阻到 3.3V~15V 电源,驱动输出的电流不能够超出数据手册中给出的值。2FSC0435+引入故障分类管理功能,故障持续时间为 10ms 时,为短路故障;持续时间大于或等于 20ms 时,为欠压故障。FO1、FO2 能够被连接在一起,逻辑与输出一个故障信号,例如同相的故障。如要更准确的定位故障位置,推荐每一个通道故障单独输出。

◆ 推荐副边短路保护电阻检测电路

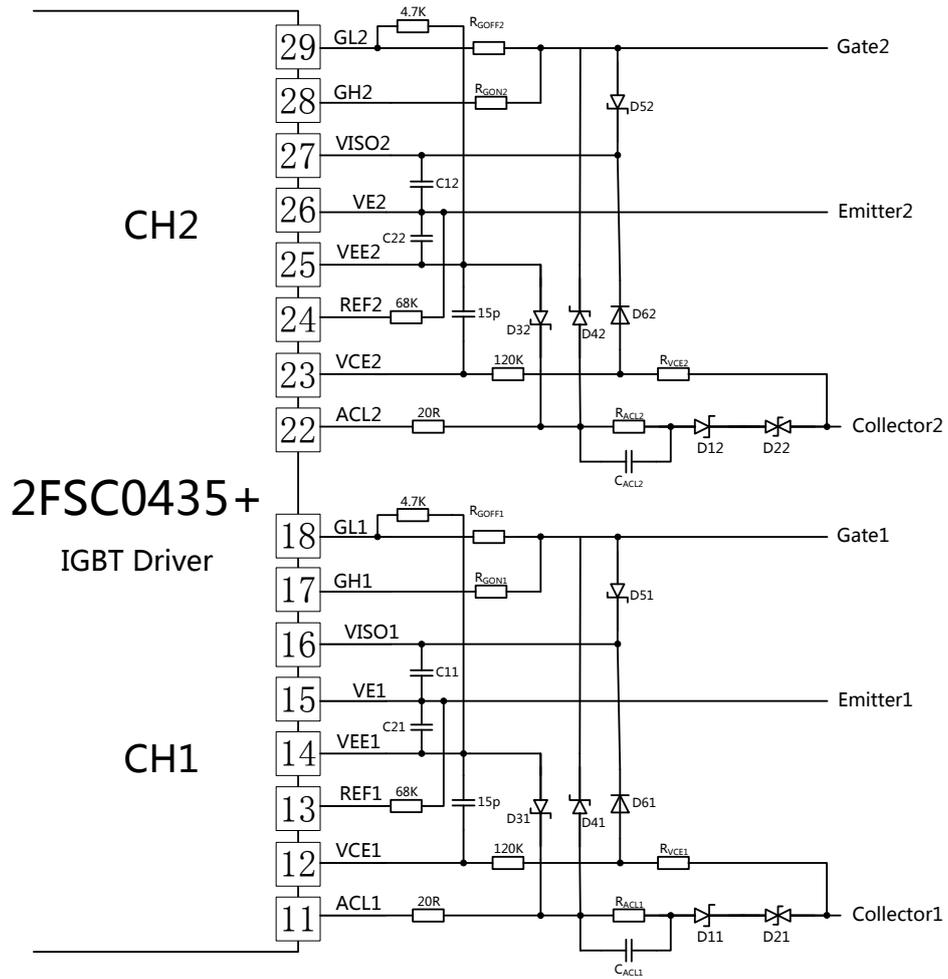


图 10 推荐副边短路保护电阻检测电路

◆ 推荐副边短路保护二极管检测电路

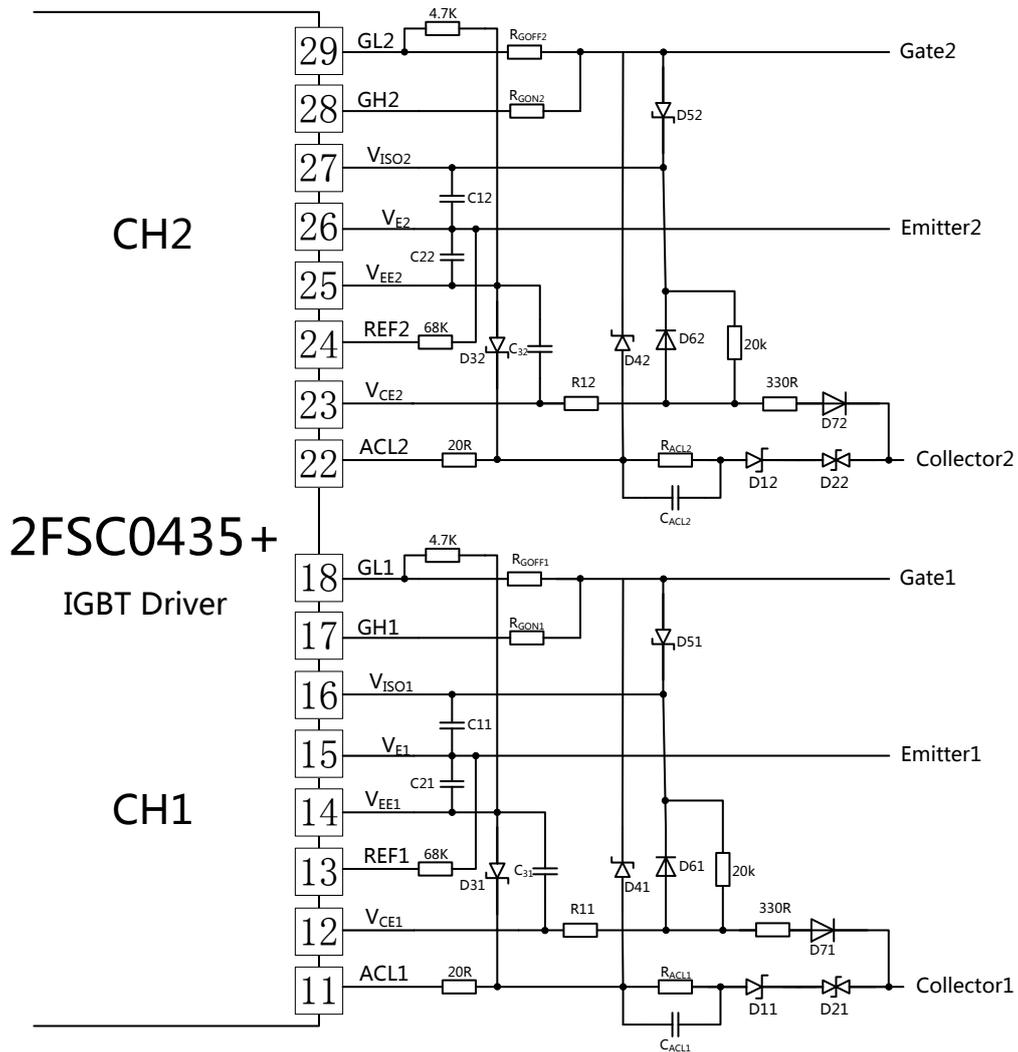


图 11 推荐副边短路保护二极管检测电路

◆ 副边接口描述

➢ GLx、GHx 端口

GLx、GHx (x 代表 1,2 通道, 后文中出现同义) 端口连接电阻至 IGBT 门极, 关断电阻和开通电阻能够独立连接至 IGBT 门极来调节 IGBT 的开通关断的快慢, 降低关断过程中电压尖峰带来的过压风险。

➢ V_{ISOx}、V_{Ex}、V_{EEx} 端口

为保证驱动信号在开关状态下逻辑电平稳定, 在 2FSC0435+外部应用电路中, 推荐在 V_{ISOx} 和 V_{Ex}、V_{Ex} 和 V_{EEx} 之间添加一定的储能电容, 如 C_{x1}、C_{x2}。门极电荷超过 3uC 的应用中, 最小电容容值推荐每增加 1uC 门极电荷增加 4uF。电容应尽量

靠近 VISOx、VEX、VEEx 的 Pin 脚，减小寄生电感量。Cx1、Cx2 推荐使用相同容值耐压值超过 20V 的叠层陶瓷介质电容。

如果储能电容的容值超过 150uF 时，请联系 Firststack 工程师技术支持。另勿仅在 VISOx 和 VEx 或 VEx 和 VEEx 之间长时间施加过重的静态负载，以免损坏器件。

➤ REFx 端口

REFx 端口连接 68K 电阻至 VEx，应尽量靠近驱动核端口，减小寄生电感量。

➤ VCEx 端口

为了有效检测 IGBT 短路和过流，VCEx 端口必须连接至 IGBT 的 Collector (如图 10、图 11 所示)。

- 电阻检测电路 (图 10) ——电阻检测短路和过流时，推荐流过 R_{VCEx} 的电流介于 0.6mA~1mA 之间(如 $1.2M\Omega\sim 1.8M\Omega@V_{DC-Link}=1200V$)，为了安全可靠，流过 R_{VCEx} 电流不能超过 1mA。电阻应串联连接在电路中，同时也应考虑到母线电压大小，以及爬电等安全规范因素。
- 二极管检测电路(图 11) ——二极管检测时应考虑应考虑二极管反向截止电压及漏电流大小因素。

➤ ACLx 端口

有源钳位是只要集电极与发射极间电压超过预设阈值时，就开通 IGBT 的软开关技术，保证系统正常线性运行。

基本有源钳位技术是集电极通过瞬态抑制二极管 (TVS) 单路径反馈到门极。2FSC0435+ 支持高级有源钳位技术，通过 ACLx Pin 脚反馈到驱动核内；当 20Ω 电阻 (图 10、图 11) 右侧电压约超过 1.3V 时，关断 MOS 管进行关断，有效提高有源钳位效率和降低 TVS 的损耗。当 20Ω 电阻右侧的电压接近 20V 时，关断 MOS 将完全关断。

在图 10、图 11 中有源钳位相关适配参数推荐选择如下：

TVS D1x、D2x 推荐使用：

- 在 600V IGBT 模块应用中母线电压最高至 430V 时，可选择 Semikron 的 5 个 80V 单向 TVS (推荐型号 P6SMBJ70A) 和 1 个双向 TVS (推荐 P6SMBJ70CA)，或者 Vishay 的 5 个 80V 单向 TVS (推荐型号 SMBJ70A-E3) 和 1 个双向 TVS (推荐 SMBJ70CA-E3)。
- 在 1200V IGBT 模块应用中母线电压最高至 800V 时，可选择 Vishay 的 5 个 150V 单向 TVS (推荐型号 SMBJ130A-E3) 和 1 个双向 TVS (推荐 SMBJ130CA-E3)，或者 ST 的 5 个 150V 单向 TVS (推荐型号 SMBJ130A-TR) 和 Diotec 的 1 个双向 TVS (推荐型号 SMBJ130CA)。
- 在 1700V IGBT 模块应用中母线电压最高至 1200V 时，可选择 Diotec 的 5 个 220V 单向 TVS (推荐型号 P6SMB220A) 和 1 个双向 TVS (推荐型号 SMB220CA)，或者 Vishay 的 5 个 220V 单向 TVS (推荐型号 SMBJ188A-E3) 和 1 个双向 TVS (推荐型号 BJ188C-E3)。

在应用中每个通道至少需要一个双向 TVS (D2x)，为避免负向电流在 IGBT 反并二极管处于正向恢复的开通状态时有电流流过，这样的电流会导致副边电源出现欠压。

有源钳位 TVS 链中 TVS 的数目可以在钳位阈值不改变的情况下，根据钳位效果作出改变，但钳位的效果高度依赖 TVS 的性能。

R_{ACLx} 和 C_{ACLx} 的参数可更具有源钳位的效果和 TVS 的损耗进行优化。具体应用值以测量为准，典型参考值： $R_{ACLx}=0\sim 150\Omega$ 和 $R_{ACLx}*C_{ACLx}=100ns\sim 500ns$ 。有效改进有源钳位效果推荐 $R_{ACLx}=0\Omega$ 。

D_{3x} 、 D_{4x} 、 D_{5x} 、 D_{6x} 推荐使用反向截止电压大于 35V 的肖特基二极管，若使用高级有源钳位 (AAC) 功能，则不能省略 20Ω 和 D_{3x} 、 D_{4x} 、 D_{5x} ；若不使用 AAC 功能，则可以省略 20Ω 和 D_{3x} 、 D_{4x} 、 D_{5x} 。

订购信息

2FSC0435+可以支持多个厂家不同型号的 IGBT 模块，在选购时，请在驱动型号后面，添加模块型号，以便我们提供最符合您需求的驱动。

技术支持

Firststack 专业的团队会为您提供业务咨询、技术支持、产品选型、价格与交货周期等相关信息，保证在 48 小时内针对您的问题给予答复。

24 小时技术服务热线：4001-577-522

法律免责声明

本说明书对产品做了详细介绍，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。

联系方式

电话：+86-571 8817 2737

传真：+86-571 8817 3973

邮编：310011

网址：www.firststack.com

销售：sales01@firststack.com

地址：杭州市拱墅区北部软件园祥兴路 100 号

