1FHD0440 产品说明书

概述

1FHD0440 是 Firstack 基于自研 ASIC 芯片技术开发的新一代高集成度数字 IGBT 驱动器，适用于两电平变流器，同时集成了 V_{CE} 短路保护，di/dt 短路保护、高级动态有源钳位、电源检测以及“智能故障管理”等多种功能于一体，为 IGBT 提供最优化的保护，其良好的 EMC 特性，保证在恶劣的电磁场环境下亦可有效保护 IGBT 的开通关断。

1FHD0440 适用于 140mm*190mm 的 IHM-B 封装，支持不同厂商相同封装的 4500V 的 IGBT 模块，即插即用，工作导通电压 V_{GE} 为 15~30V 可调。由于驱动器本身无隔离电源，需要配合外部的高压隔离电源模块 FPS08-15K 或 FPS08-35K 一起使用，才能正常工作。

图 1　产品图片

核心优势：

- √ 门极动态可调：15V~30V
- √ 门极最大输出电流 40A
- √ 通用光纤接口
- √ 适用 4500V 的 IHM-B 封装模块

典型应用：

- √ STATCOM
- √ VSC-HVDC
- √ SSCB

目录

概述 1
目录 2
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 10
- 短路保护—di/dt 10
- 短路保护—V_{CE} 检测 10
- 欠压保护 11
- 软关断 11
- 高级数控有源钳位 12
- 光纤口告知信号 13

门极电阻位置指示 15
命名规则 16
订购信息 17
技术支持 17
法律免责声明 17
联系方式 17

系统框架图

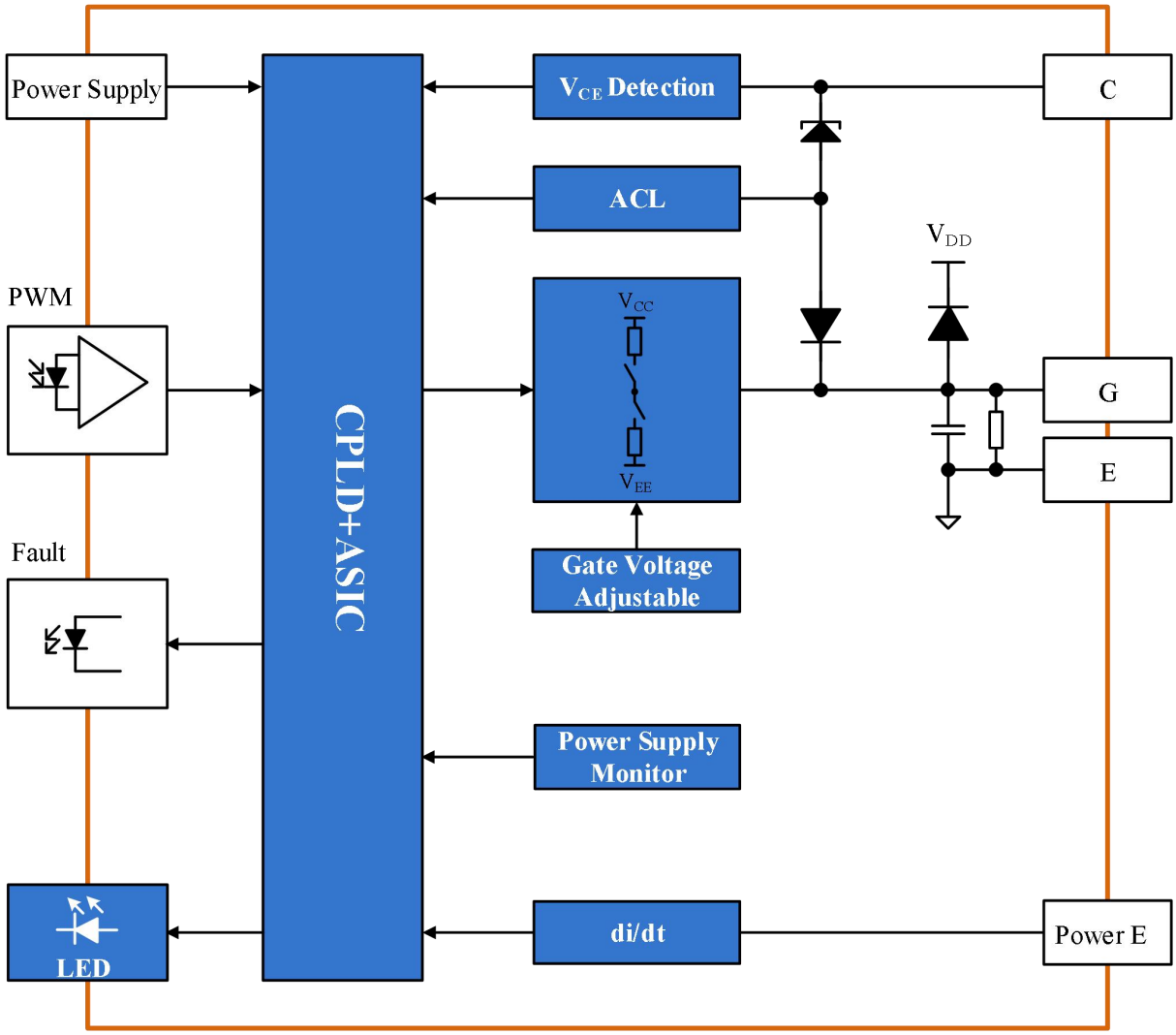

图 2　系统框架图

电源模块提供驱动器所需的电源，保证系统的能量来源。PWM 信号通过接收光纤传输直接到副边，经过放大得到半导体器件 IGBT 的驱动信号。

正常工况下，当门极开通时，IGBT 饱和导通，IGBT 的 CE 极电压接近于零伏；若发生短路故障，IGBT 退出饱和区，其 CE 极电压接近母线电压，此时 V_{CE} 短路保护启动软关断来保护 IGBT 可靠关断，同时故障信号经光纤传到上位机；当没有 PWM 信号输入时，驱动器门极则一直处于负压关断状态。

使用步骤及注意事项

驱动器简便使用的相关步骤如下：

1．选择合适的驱动器

使用驱动器时，应注意该驱动器适配的 IGBT 模块型号。对于非指定 IGBT 模块无效，使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 IEC60340-5-2 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 Firstack 的数字驱动器，给驱动器提供合适的供电电压后，驱动故障指示灯 Fault（绿色）常亮。

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。Firstack 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

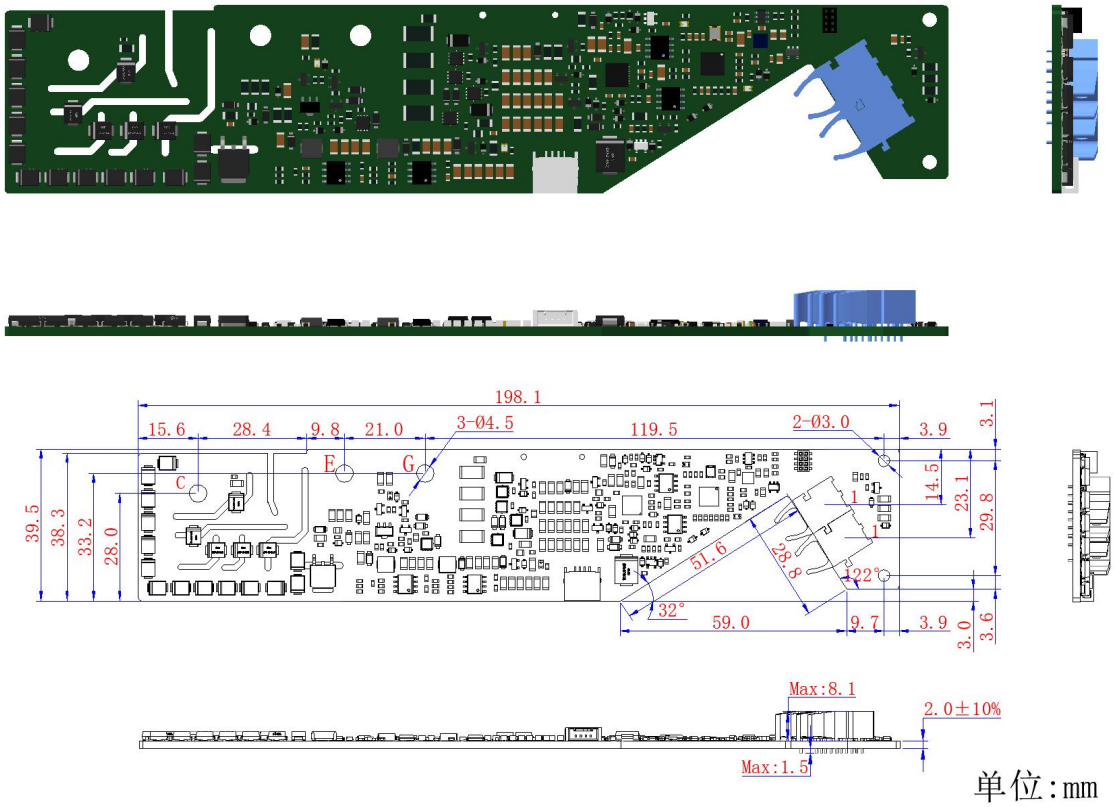

图 3　1FHD0440 驱动板 3D 及机械尺寸图（不含 di/dt 保护功能所需的簧片）

注:

1.板厚公差±10%;

2.PCB 外形尺寸≤400mm，公差为±0.5mm；PCB 外形尺寸>400，公差为±0.8mm；其余尺寸公差参考 GB/T1804-m

引脚定义

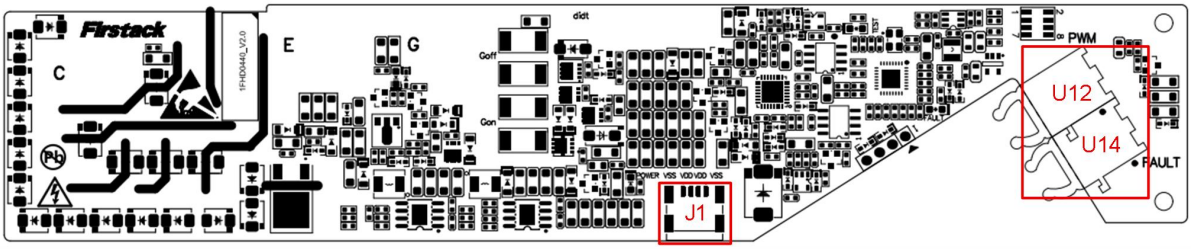

图 4　驱动板 J1 接口图

引脚	丝印	命名	注释
1	VSS	GND	驱动供电电源 GND
2	VDD	V_{IN}	驱动供电电源 25V
3	VDD	V_{IN}	驱动供电电源 25V
4	VSS	GND	驱动供电电源 GND

驱动板接插件厂家及型号

序号	标号	厂家	型号	推荐配套端子
1	J1	ERNI	504255-E	\
2	U12	AVAGO	HFBR-2521Z	HFBR-1521Z
3	U14	AVAGO	HFBR-1521Z	HFBR-2521Z

注：

1：PWM 逻辑：“有光”=IGBT 开通；“无光”=IGBT 关断；

2：故障逻辑：“有光”=驱动正常；“无光”=驱动故障；

3：扭矩要求：C、G、E 固定孔采用 M4 螺丝锁付，安装扭矩建议 1.8~2.1Nm；

状态指示灯说明

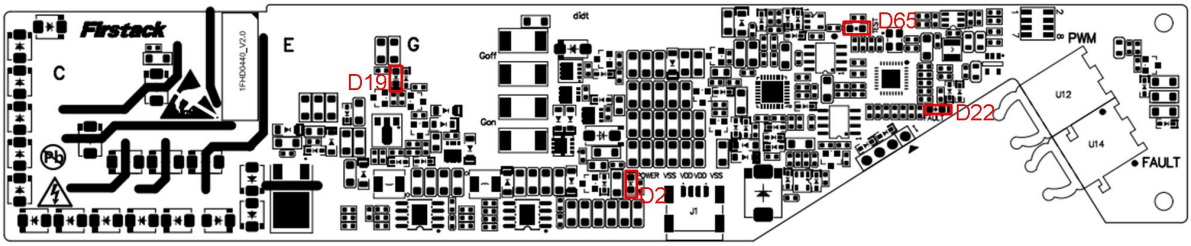

图 5　状态指示灯位置

为了方便客户使用，Firstack 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：

驱动板状态指示灯

序号	位号	丝印	信号灯	注释
1	D2	POWER	绿色	电源指示灯，上电常亮，掉电熄灭
2	D19	GE	绿色	门极开通状态指示灯，开通亮，关断灭
3	D22	FAULT	红色	故障指示灯，发生短路时，常亮
4	D65	TEST	绿色	CPLD 运行指示灯，上电常亮

驱动参数

绝对最大额定值 [1]

参数	备注	最小	最大	单位
供电电压	对地	0	28	V
门极输出功率 P_{GMAX}	≤85℃, f_{SW}=500Hz		1	W
门极最大输出电流			40	A
工作电压	V_{CE}		4500	V
储存温度		-40	85	℃
工作温度		-40	85	℃

以下数据在环境温度≤25℃下测试所得：

推荐工作条件

参数	备注	最小值	典型值	最大值	单位
供电电源 V_{IN}		24	25	26	V

电气特性

参数	备注	最小值	典型值	最大值	单位
电源电流	不带载，即静态电流		0.04		A
	P_G=P_{GMAX} f_{SW}=500Hz		0.08		A

输出特性

参数	备注	最小值	典型值	最大值	单位
门极开通电压 V_{GEON}	开通后		15		V
	稳态		24.2		
门极关断电压 V_{GEOFF}	稳态		-10		V

时间特性

参数	备注	最小值	典型值	最大值	单位
开通延时 $t_{P(LH)}$[2]			310		ns
门极电压抬升 25V 延时 $t_{P(25)}$			40		us
关断延时 $t_{P(HL)}$[3]			320		ns
故障边沿反馈 t_{ACK}		500	783	900	ns

边沿反馈延时 $t_{D(ACK)}$	220	ns
di/dt 软件滤波时间	1	us
故障的状态传播延迟 $t_{D(Fault)}$	140	ns

保护功能特性

参数	备注		最小值	典型值	最大值	单位
输入电压欠压阈值 V_{DC_UVLO}				19		V
正压欠压阈值	相对于 V_{EE}	故障触发	12	12.2	12.4	V
	相对于 V_{EE}	故障清除	12.8	13	13.2	V
负压欠压阈值	相对于 V_{EE}	故障触发		-5.7		V
	相对于 V_{EE}	故障清除		-5.8		V
di/dt 触发后 V_{GE} 提升至 25V 延迟时间 $t_{GE(LH)25V}$				38		us
di/dt 解除后门极抬升延时				33		us
di/dt 触发后门极电压钳位最大时长				88		us
门极导通后 di/dt 屏蔽时间				27		us
V_{CE} 监测阈值	相对于 V_{EE}			50		V
动态有源钳位阀值	4500V			3050		V
静态有源钳位阈值				3450		V
软关断时间 t_{SSD}				8.32		μs
短路响应时间 t_{SC}				9		us
故障持续时间 t_{Fault}			100	200	300	μs
脉冲封锁时间 t_{blk}				80		ms

注解说明：

1. 超过绝对最大额定值所列的范围的应力可能会对驱动造成永久性损失
2. 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；
3. 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；

主要功能说明

◆ 短路保护—di/dt

驱动电路具有 di/dt 保护功能。di/dt 保护基于对功率射极端（Power Emitter，PE）和辅助射极端（Auxiliary Emitter，AE）的电压测量。辅助射极和功率射极之间的电压 V_{PA}，与集电极电流 Ic 的变化率 di/dt 成正比。

正常工作时，di/dt 一般在几十安培每微秒，而当 IGBT 发生短路时，di/dt 会达到上千安培每微秒，相差上百倍。由于 di/dt 保护直接监测电流的变化率，不需要像 V_{CE} 监测那样需要一段空白时间（Blank time），因此，di/dt 响应更快。

与基于 V_{CE} 的短路保护相比，di/dt 保护响应更快，信噪比更高，在多电平应用领域，有明显的竞争力。

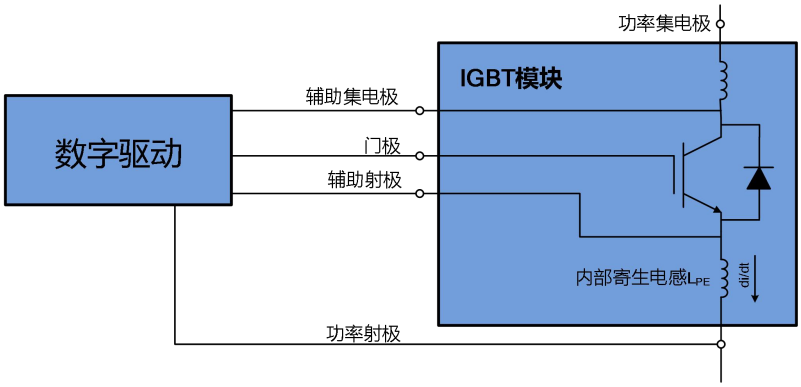

图 6 di/dt 检测电路

◆ 短路保护—V_{CE} 检测

驱动电路通过检测 IGBT 开通时的集电极电压 V_{CE} 来判断 IGBT 是否处于过流状态。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 处于过流状态，同时将故障返回给上位机。

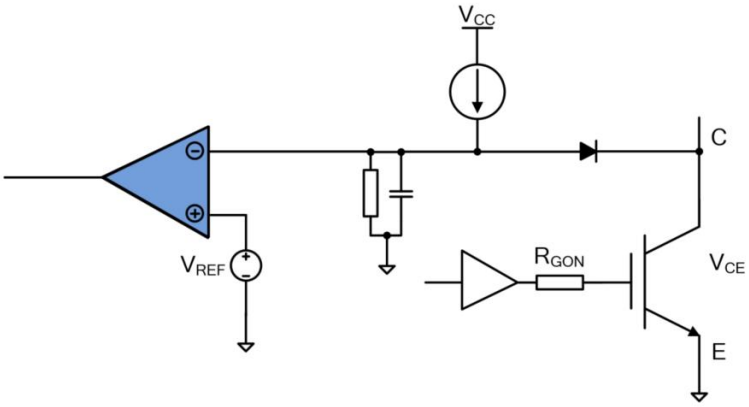

图 7　V_{CE} 退饱和检测电路

◆ 欠压保护

驱动板同时监测副边正负电源， 当副边正电压或者负电压的绝对值低于阈值电压时，驱动电路判定发生了欠压故障，将反馈一个故障信号给上位机。

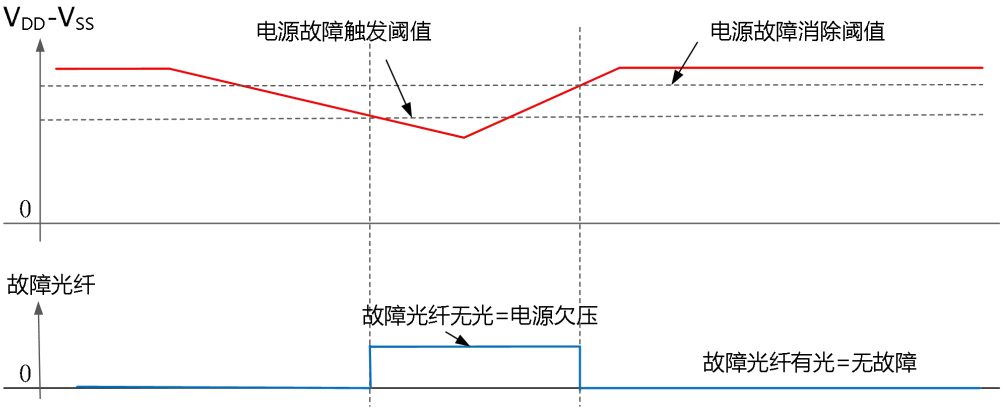

图 8　欠压保护逻辑图

Firstack 智能驱动强烈建议：不要让 IGBT 桥臂中的任一个 IGBT 工作在欠压状态。由于 C_{GC} 的存在，当桥臂中某个 IGBT 开通时，其带来的高 dv/dt，可通过 C_{GC} 耦合到另一个 IGBT，导致该 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

当发生直通短路时，IGBT 会迅速退饱和，其两端的电压 V_{CE} 会达到直流母线电压；而流过 IGBT 的电流 I_C，会达到额定电流的 4 倍甚至更多（取决于 IGBT 的类型及门极电压）。此时，IGBT 所消耗的功率，会瞬时达到兆瓦级。如果不能在短时间内减小短路电流，IGBT 会因为芯片过热而烧毁。然而，如果短路时的关断速度像正常关断一样快，会产生很大的 di/dt，由于寄生电感的存在，该 di/dt 会在 IGBT 两端带来很大的电压尖峰， 使得 IGBT 过压击穿。

为了抑制短路时的关断尖峰问题，Firstack 智能驱动电路引入了软关断技术。在 IGBT 发生直通短路时，在保证短路时间不超过 10us 的前提下，通过缓慢地降低门极电压 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。

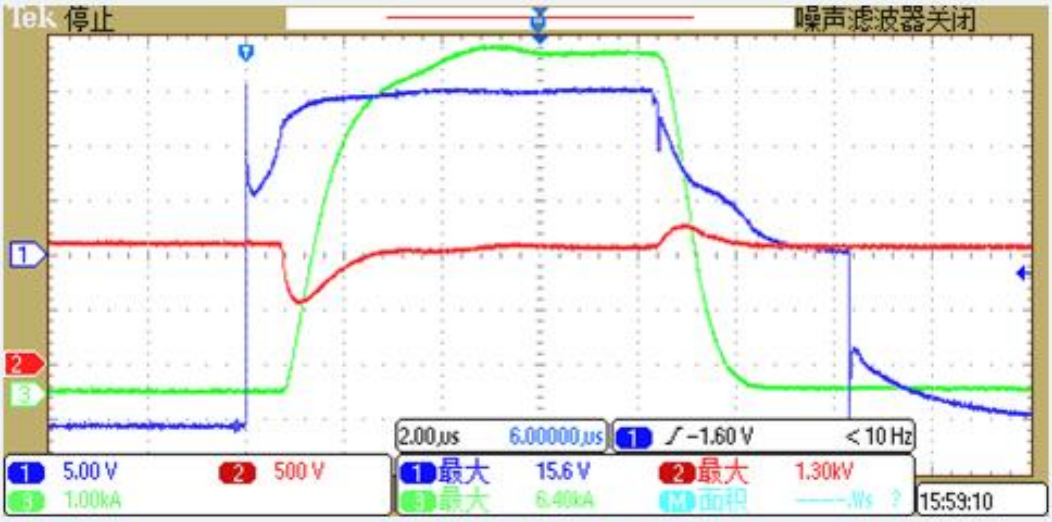

图 9　FF1400R17IP4 在 1100V 下的短路波形

上图中，CH1:V_{GE}(蓝色)；CH2:V_{CE}(红色)；CH3:I_C(绿色)

图 9 显示的是由 Firstack IGBT 驱动电路控制的 1700V/1400A IGBT（FF1400R17IP4）在直流母线为 1100V 时的短路波形。短路电流峰值 6400A（4.5 倍于额定电流），在软关断的作用下，I_C 缓慢下降，V_{CE} 几乎没有任何的过冲，安全地关断了 IGBT。

◆ 高级数控有源钳位

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，高级数控有源钳位可以保护 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，Firstack 引入了数控有源钳位，在门极增加了一个“数控电流源”。当流过 TVS 的电流 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。

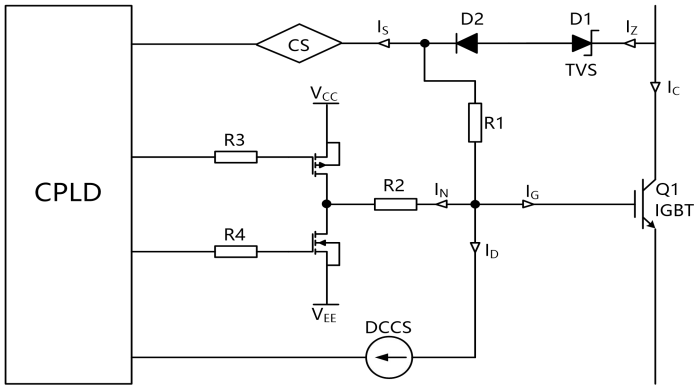

图 10　高级数控有源钳位原理示意图

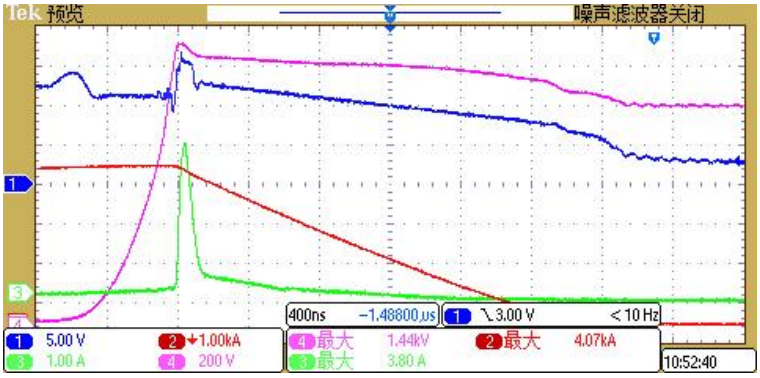

图 11 高级数控有源钳位波形

上图中，CH1: V_{GE} (蓝色)；CH2: I_C (红色)；CH3: I_{TVS} (绿色)；CH4:V_{CE}(粉红色)

◆ 光纤口告知信号

光纤在使用中过程中，存在光纤口卡扣不牢/脱落，光纤线转弯半径不够等现象。为了确保光纤正常通讯，Firstack 智能驱动配置了光纤口应答功能，具体如下：

1. 当驱动器正常工作时，每收到一个 PWM 指令，在 PWM 指令的上升沿和下降沿，返回光纤头的灯都会熄灭短暂的 t_{ACK}，作为接收到指令的应答。

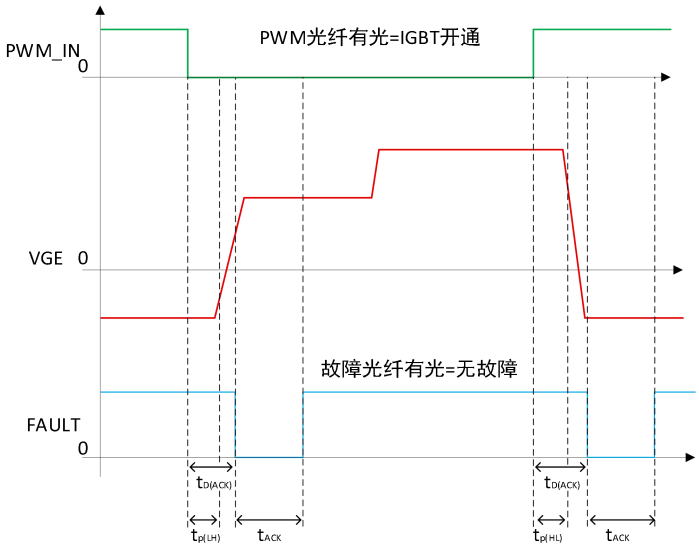

图 12a　正常工作的情况下

2. 当驱动器检测到 di/dt 故障后，驱动器将针对退饱和的状态进行检测，在 di/dt 触发后 V_{CE} 提升至 25V 延迟时间内，若驱动器未检测到 IGBT 退饱和，如图 12b，驱动器经过一段延迟后将 V_{CE} 再次抬升至 25V。

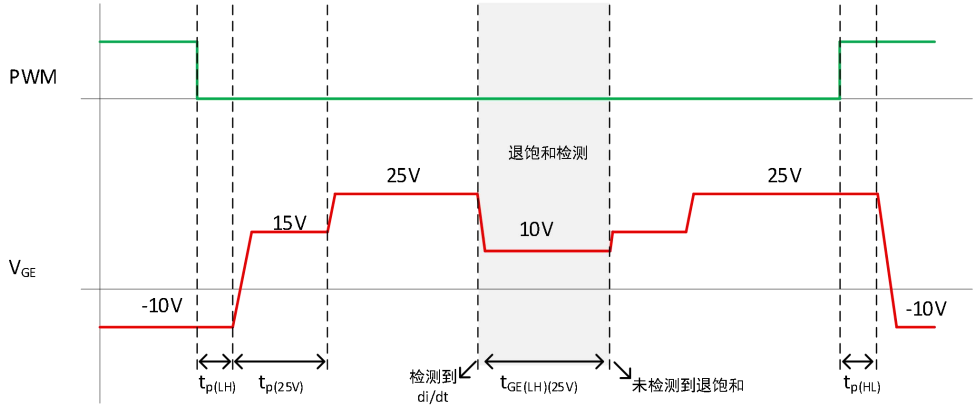

图 12b　di/dt 故障情况下未发生退饱和

3. 当驱动器检测到 di/dt 故障后，驱动器将针对退饱和的状态进行检测，在 di/dt 触发后 V_{CE} 提升至 25V 延迟时间内，若驱动器检测到 IGBT 退饱和，如图 12c，驱动器经过门极 10V 钳位时间后，从开始检测退饱和到将进行软关断维持至负压所需时间为 t_{SSD}。

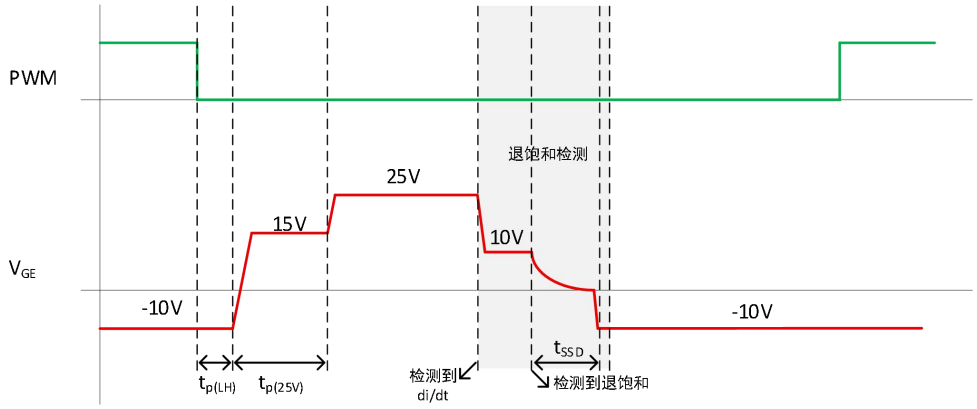

图 12c　di/dt 故障情况下发生退饱和

门极电阻位置指示

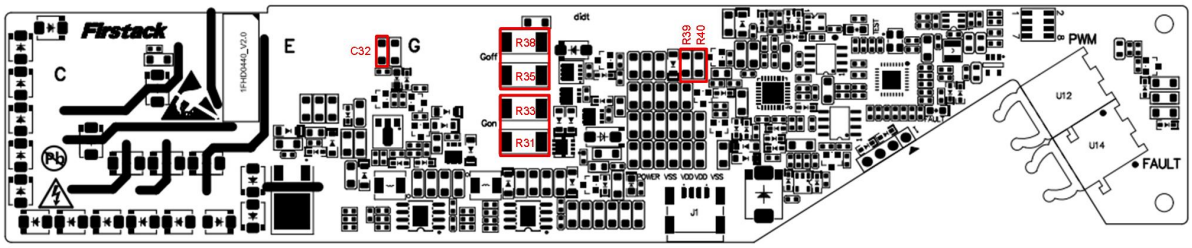

图 13　门极电阻位置指示图

门极电阻计算公式

参数	位号	封装	说明
C_{GE}	C32	1206	门极电容
R_{GON}	R31//R33	2512	开通电阻
R_{GOFF}	R35//R38	2512	关断电阻
R_{SSD}	R39//R40	1206	默认 20Ω//20Ω，已焊接

驱动型号	模块电压	di/dt	C_{GE}(nF)	R_{gon}(Ω)	R_{goff}(Ω)
1FHD0440V45A1-Y0000	4500V	有	NC	NC	NC

注：

1. 1FHD0440V45A1-Y0000 为门极电阻空贴版本，不喷漆，客户可以根据自己的需求焊接对应门极电阻。
2. 门极电阻以及电容焊接，请参考飞仕得《IGBT 驱动器通用型贴片门极电阻焊接指导手册》
3. 1FHD0440 与 DCDC FPS08-15K_V3.1 连接以及安装，请参考飞仕得《1FHD0440 安装说明书》

命名规则

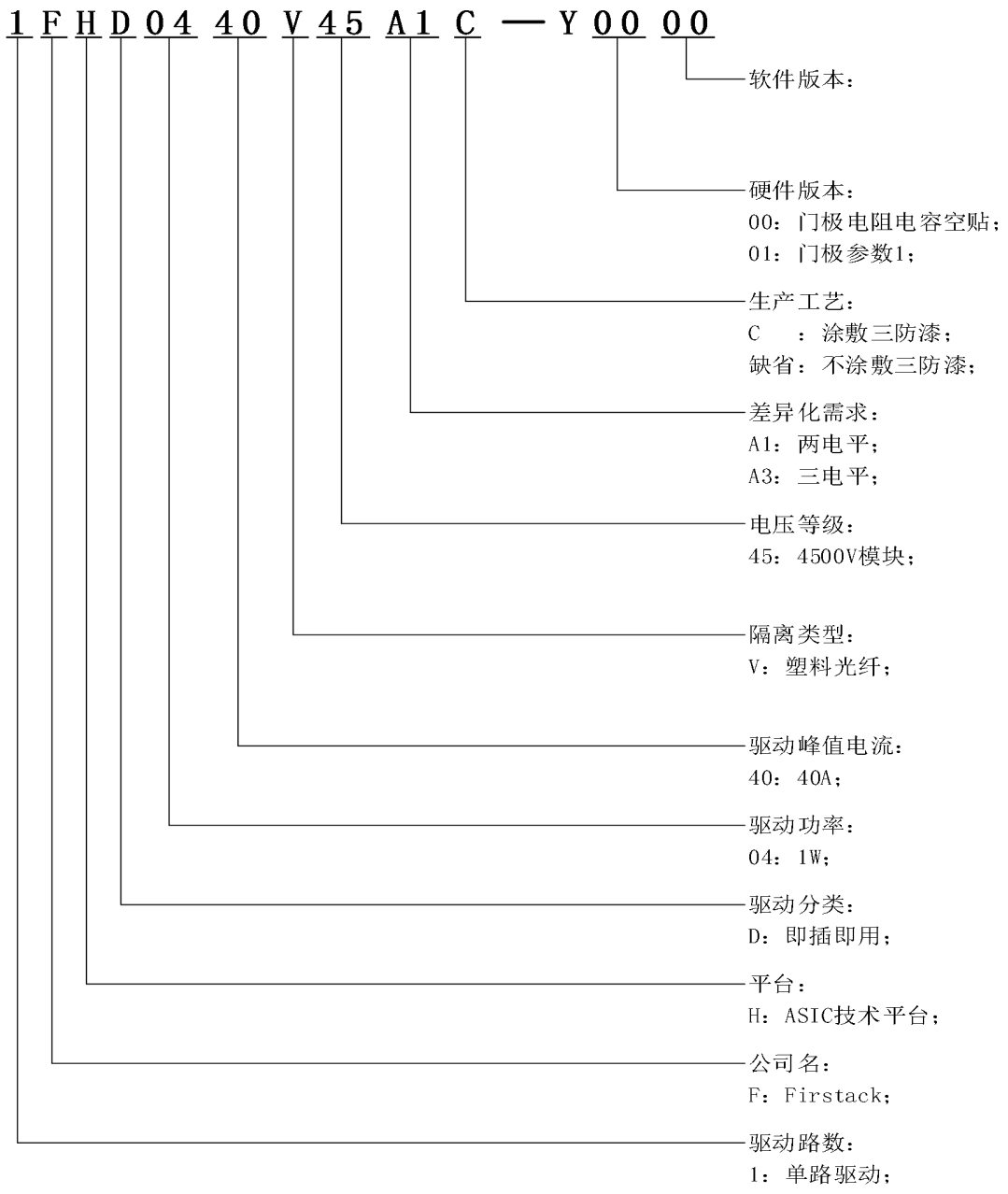

图 14 命名规则示意图

注：

1：如需特殊功能，可以联系飞仕得提供技术支持。

订购信息

1FHD0440 可支持搭载不同厂家不同型号但同种尺寸封装的多种 IGBT 模块，可在选购时，提供您使用的 IGBT 型号规格书，以便我们提供最符合您需求的驱动。

变更记录

2026-06-02 初版规格书

2026-10-19 修正 Vce 检测阈值典型

技术支持

Firstack 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。

法律免责声明

1.本规格书所列参数均基于特定实验室条件测得，仅供参考。因安装条件、使用环境差异，产品实际表现可能与标称值存在偏差，建议用户根据自身使用条件进行独立验证。

2.本规格书反映文件发布之日基于现状及我司所知的产品特性，不保证已穷尽所有使用条件下的全部性能表现。

3.我司保留为产品改进而修改规格书及技术参数的权利，无需另行通知。已售产品以双方买卖合同及交付时有效的规格书为准。

4.本规格书为技术说明文件，其约束力以买卖合同为限，不创设合同之外的独立保证义务。

联系方式

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