

1FHD0635 产品说明书

概述

1FHD0635 是 Firststack 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，适用于两电平及多电平变流器，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。

1FHD0635 适用于 140mm*190mm 及 140mm*130mm 封装，支持不同厂商相同封装的 1700V、3300V 的 IGBT 模块，即插即用，无需其他外围电路，即可安全可靠地驱动 IGBT 模块。

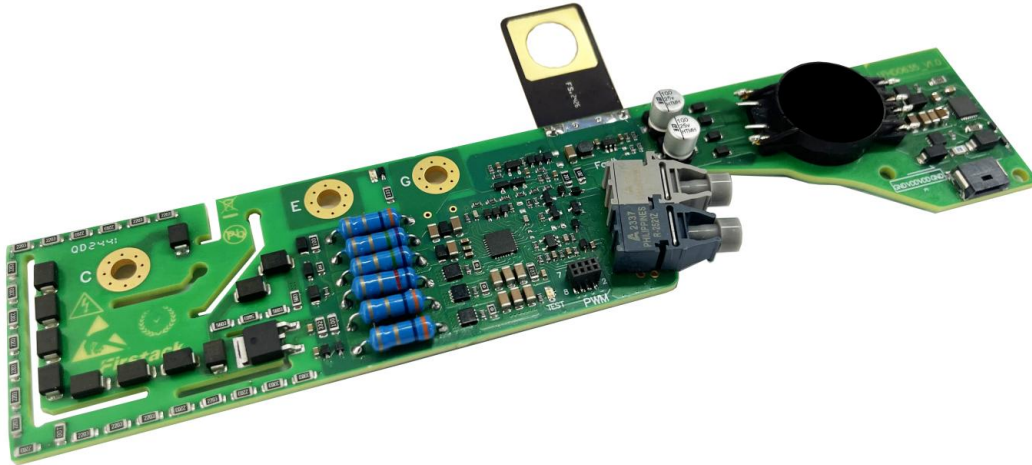


图 1 产品图片（含 di/dt 保护功能所需的簧片）

核心优势：

- ✓ 驱动功率 3W，35A
- ✓ 适用 1700V、3300V 模块
- ✓ 短路保护（软关断）
- ✓ 支持多电平应用

典型应用：

- ✓ 特种设备
- ✓ 变频电源
- ✓ 轨道交通
- ✓ 船舶推进

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	11
◆ 短路保护— V_{CE} 检测	20
◆ 欠压保护	20
◆ 软关断	20
◆ 高级数控有源钳位	20
◆ 分级关断（可选）	20
◆ 故障光纤输出逻辑	20
◆ 三电平故障时序保护（可选）	20
◆ 故障编码返回	20
门极电阻位置指示	20
命名规则	21
订购信息	22
技术支持	22
法律免责声明	22
联系方式	22

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 Firststack 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。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

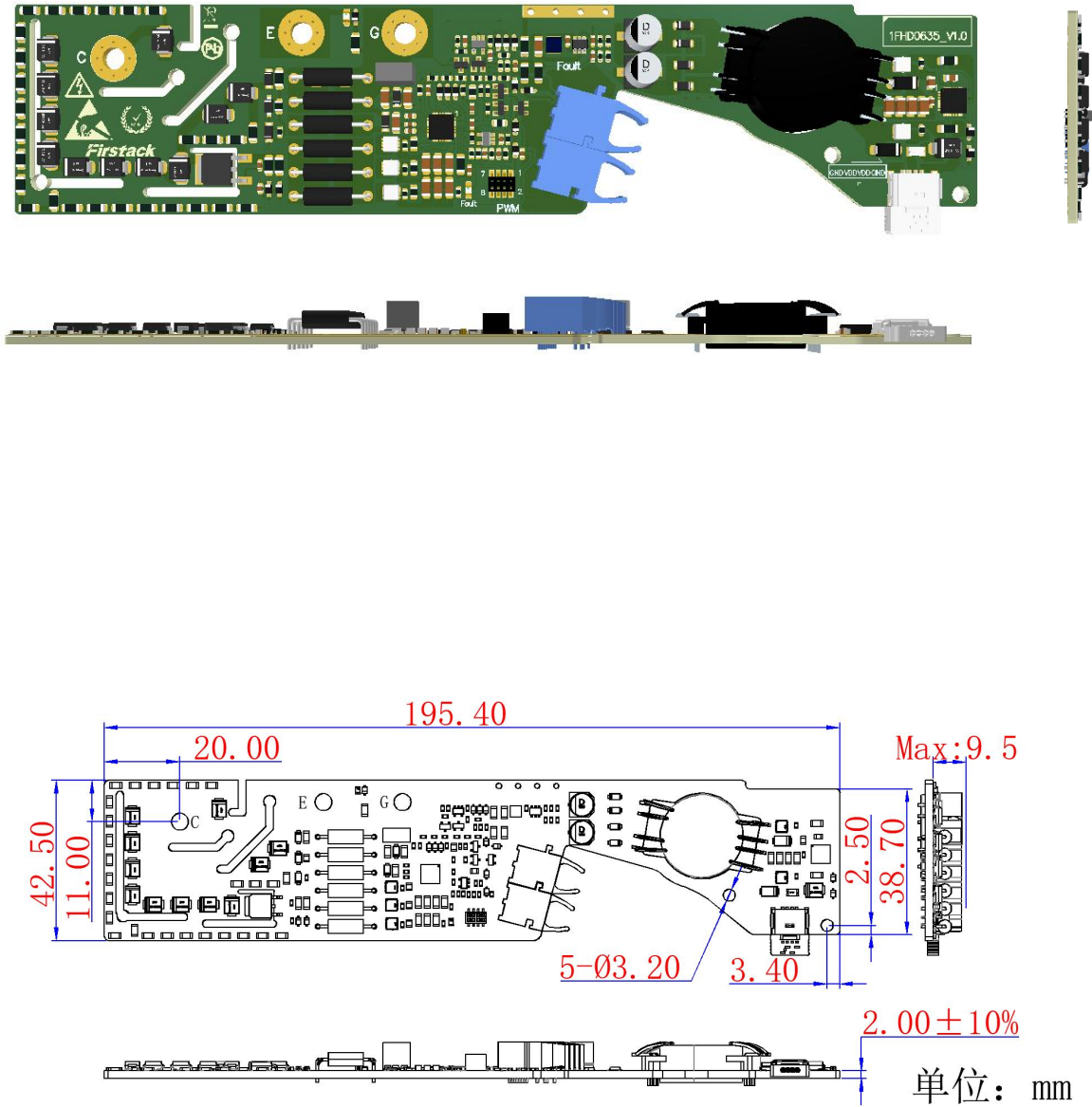


图 3 1FHD0635 驱动板 3D 及机械尺寸图（不含 di/dt 保护功能所需的簧片）

备注：1. 板厚公差±10%

2. 其余尺寸公差参考 GB/T1804-m

引脚定义

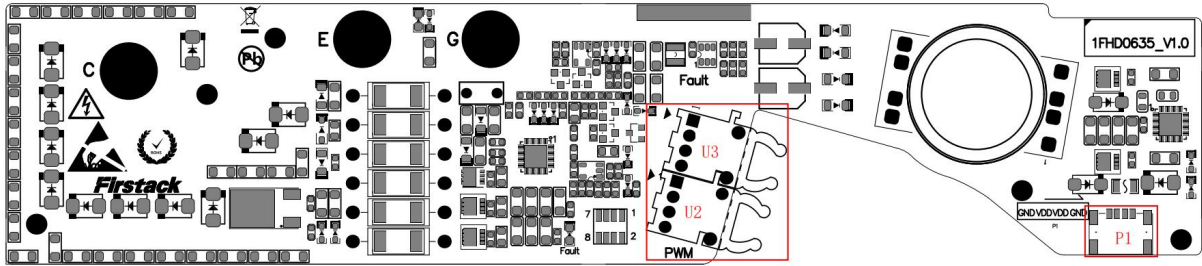


图 4 驱动板 P1 接口图

引脚	丝印	命名	注释
1	GND	GND	驱动供电电源 GND
2	VDD	V _{IN}	驱动供电电源 15V
3	VDD	V _{IN}	驱动供电电源 15V
4	GND	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	P1	ERNI	214012-E	214049-E
2	U3	AVAGO	HFBR-1521Z	HFBR-2521Z
3	U2	AVAGO	HFBR-2521Z	HFBR-1521Z

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 螺丝禁锢, 安装扭矩建议 1.8~2.1Nm;

状态指示灯说明

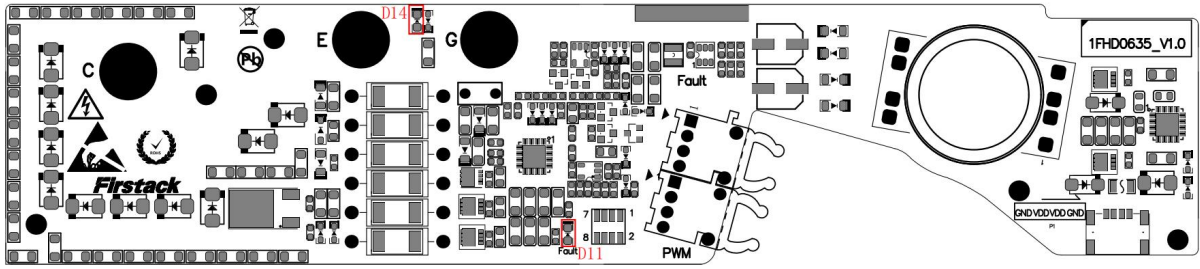


图 5 状态指示灯位置

为了方便客户使用，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：

驱动板状态指示灯

序号	位号	丝印	注释
1	D11	Fault	驱动故障指示灯（绿色），正常常亮，故障则灭
2	D14	——	门极开通状态指示灯（绿色），开通亮，关断灭

驱动参数

绝对最大额定值

参数	备注	最小	最大	单位
供电电源 VIN	对地	0	15.5	V
单路输出功率	T _A =85℃		3	W
门极最大输出电流			35	A
测试电压 (50Hz / 1min)	原边对副边	6000		V _{RMS}
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}		14.5	15	15.5	V

电气特性

参数	备注	最小值	典型值	最大值	单位
耦合电容	原边 VS 副边		7.7		pF
电源电流	不带载, 即静态电流		0.11		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	驱动板带载≤3W		15		V
门极关断电压	驱动板带载≤3W	-9.6		-9.0	V

时间特性

参数	备注	最小值	典型值	最大值	单位
开通延时	注 1	580	600	620	ns
关断延时	注 2	720	740	760	ns
上升时间	注 3		6		ns
下降时间	注 4		30		ns
边沿反馈		500	700	900	ns

保护功能特性

参数	备注	最小值	典型值	最大值	单位
正压欠压阈值	相对于 V_{EE}		12.5		V
负压欠压阈值	相对于 V_{EE}	-4.5	-5	-5.5	V
V_{CE} 监测阈值	相对于 V_{SS}		16.6		V
V_{CE} 保护响应时间 (1700V)	$V_{DC}=1000V$, 注 5		8.8		μs
	$V_{DC}=1200V$, 注 5		8.7		μs
V_{CE} 保护响应时间 (3300V)	$V_{DC}=1600V$, 注 5		9.6		μs
	$V_{DC}=1800V$, 注 5		9.6		μs
动态有源钳位阈值	1700V		1526		V
静态有源钳位阈值			1878		V
动态有源钳位阈值	3300V		2705		V
静态有源钳位阈值			3175		V
软关断时间			10.4		μs
故障持续时间		200		250	μs
脉冲封锁时间		77		80	ms
动态有源钳位时间			15		μs

电气绝缘

参数	备注	最小值	典型值	最大值	单位
爬电距离	原边到副边	23			mm
	副边到副边	22			mm
电气间隙	原边到副边	23			mm
	副边到副边	14.5			mm

注解说明:

1. 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;
2. 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;
3. 上升时间: 不连接 IGBT 的条件下, 从门极关断电压 (-10V) 的 10% 至门极开通电压 (+15V) 的 90% 的时间量;
4. 下降时间: 不连接 IGBT 的条件下, 从门极开通电压 (+15V) 的 90% 至门极关断电压 (-10V) 的 10% 的时间量;
5. 响应时间: 和直流母线电压相关, 会随着母线降低响应时间变大, 具体以实际测试为准;

主要功能说明

◆ 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 是否处于短路状态。

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，将故障返回给上位机。

应当注意，短路保护响应时间取决于直流母线电压，它在最大直流母线电压的大约 50%~100%之间保持恒定，直流母线电压更低时该值会升高。

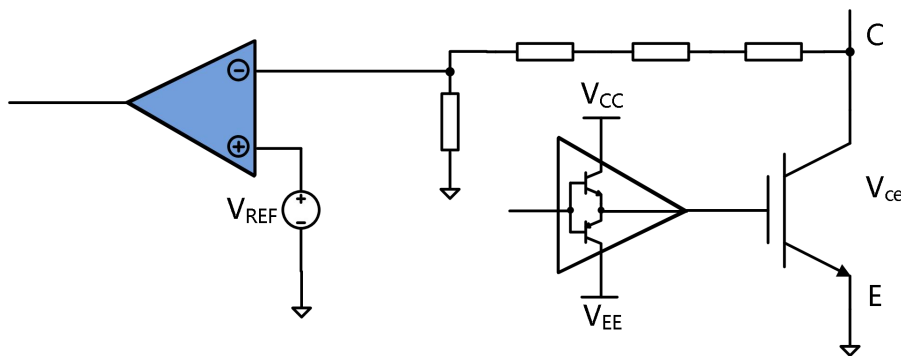


图 6 V_{CE} 退饱和检测电路

◆ 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。

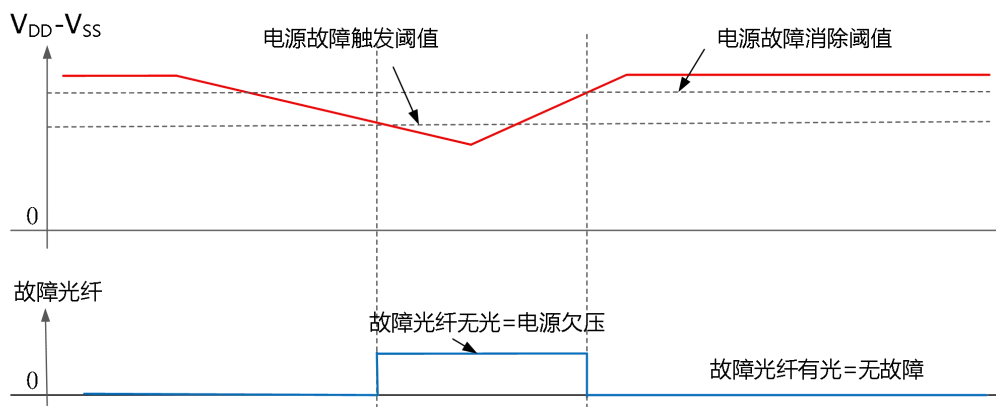


图 7 欠压保护逻辑图

Firststack 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，Firststack 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。

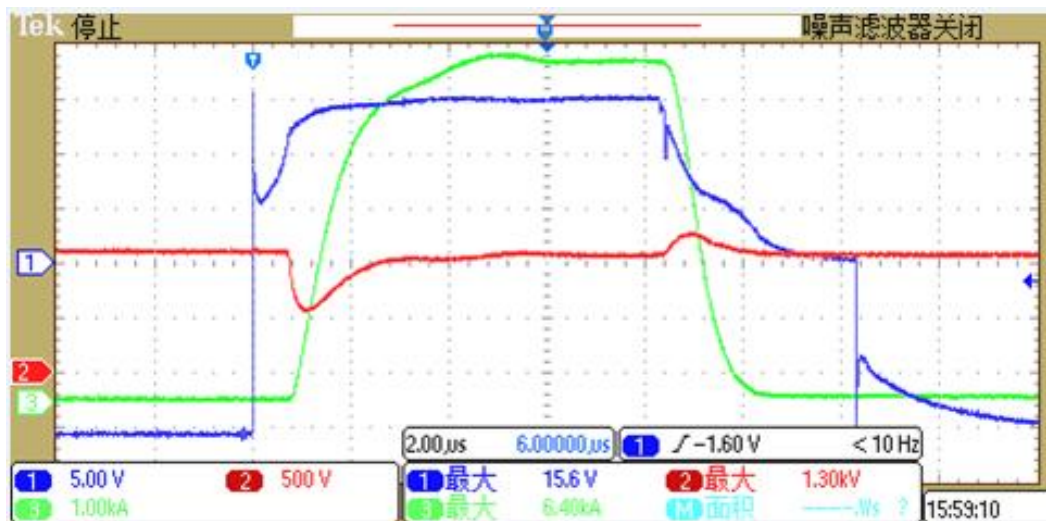


图 8 FF1400R17IP4 在 1100V 下的短路波形

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

图 8 显示的是由 Firststack 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，Firststack 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。

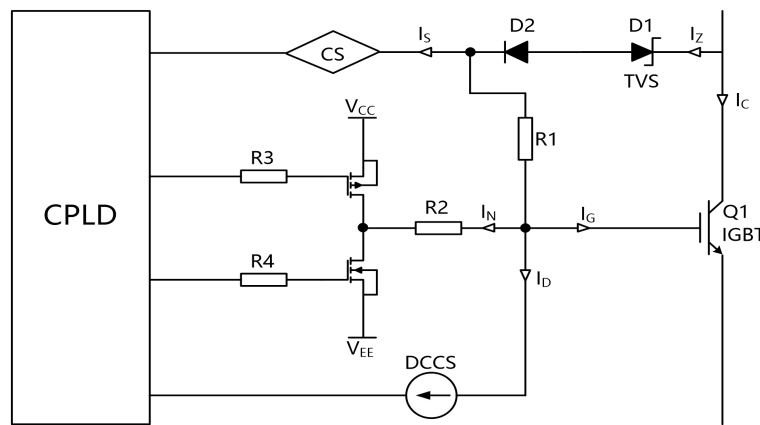


图 9 高级数控有源钳位原理示意图

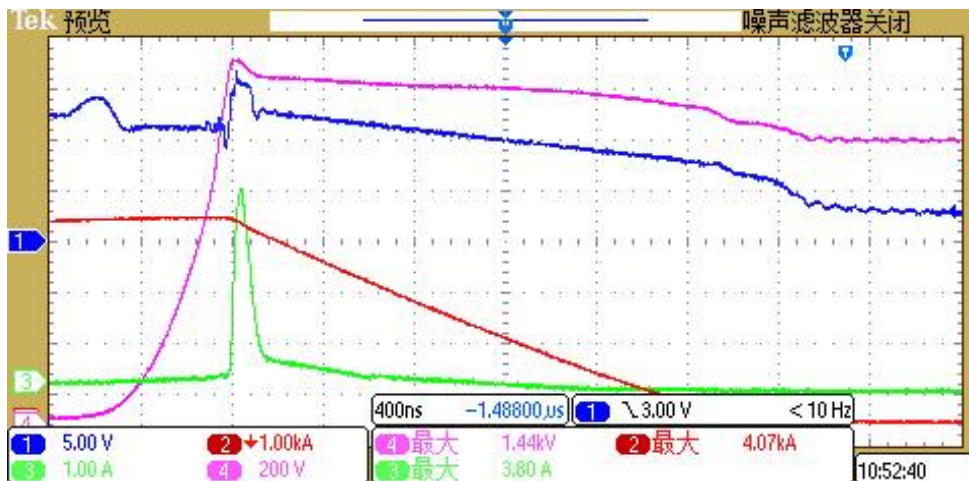


图 10 高级数控有源钳位波形

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

◆ 分级关断（可选）

在一些大杂散电感的应用场合中，比如 NPC-I 型三电平的大换流回路，IGBT 每次关断都会面临关断尖峰过高的风险。由于 TVS 热容的限制，有源钳位技术并不适用于这些场合，分级关断技术具有关键性作用。通过在关断过程中使用不同的关断电阻，来优化整个关断过程，达到抑制关断尖峰的作用。

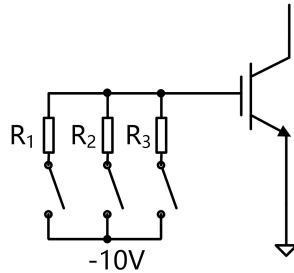


图 11 分级关断原理图

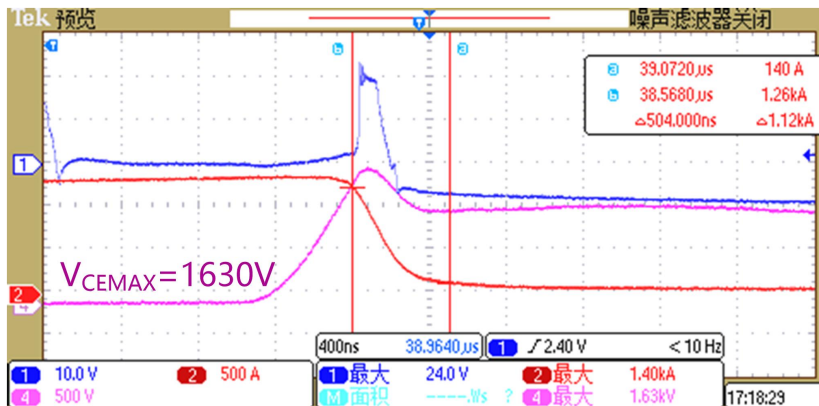


图 12a 不带分级关断

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

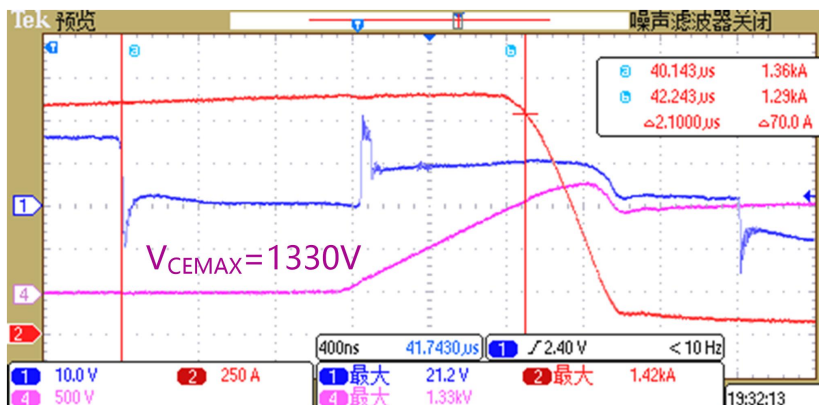


图 12b 带分级关断

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

◆ 故障光纤输出逻辑

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，Firststack 智能驱动配置了光纤口应答功能，具体如下：

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 700ns，作为接收到指令的应答。

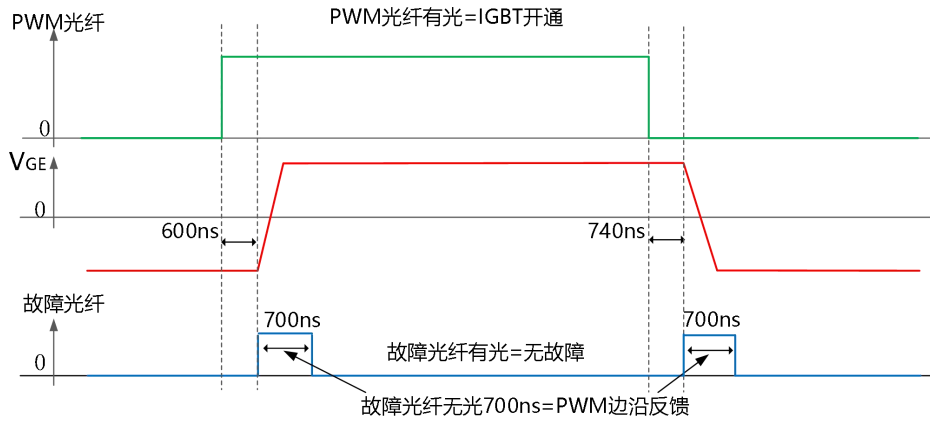


图 13a 正常情况下

当驱动器检测到故障后，故障光纤头的灯将熄灭 200us 以上，作为故障信号通知控制器，200us 以后通过光纤头灭灯时间的长短，将故障信息采用串行故障编码的方式告知上位机，上位机根据对应的协议可以准确地区分应答信息与故障信息，具体参考故障编码返回介绍。

同时驱动器会根据驱动板处于两电或三电平模式，采取不同的故障关断时序。两电平模式下，当驱动器检测到故障后会直接执行软关断，同时将故障信号置位并告知上位机，见图 13b。

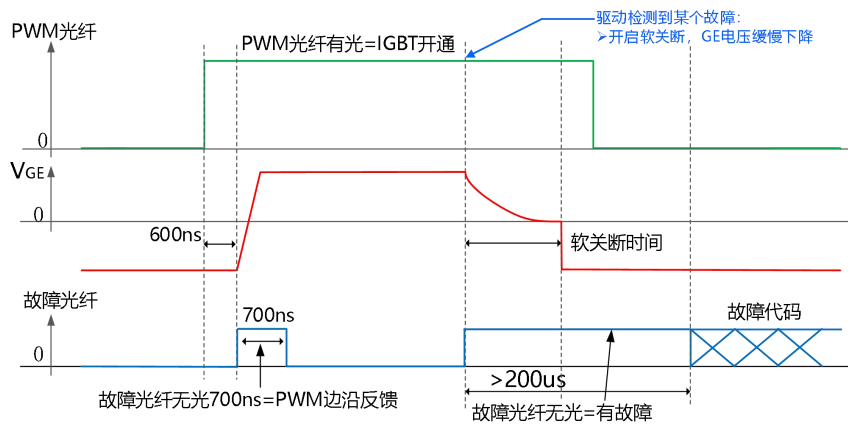


图 13b 故障情况下（两电平模式）

三电平模式下，当驱动器检测到故障后则不会立即关断 IGBT，会将故障信号置位并发送给上位机，上位机可以按照“先外后内”的顺序进行关管，从而保证内管安全关断，见图 13c。

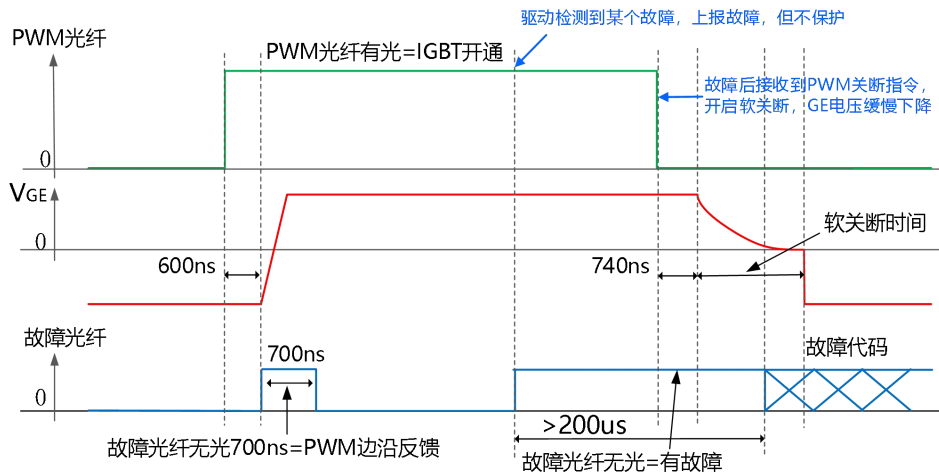


图 13c 故障情况下（三电平模式）

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，如有关断指令执行软关断
	关断	保持关断，等上位机指令

◆ 三电平故障时序保护（可选）

通常两电平应用中，驱动器不配置 di/dt 短路保护功能，实物会直接取消 di/dt 检测簧片。但在三电平应用中由于内外管关断时序问题，驱动器需要快速检测短路故障来保证给上位机预留充足的判断时间来执行“先外后内”的顺序关管，所以三电平应用中驱动器会配置成三电平模式（内容详见故障光纤输出逻辑），同时会保留 di/dt 检测簧片来配置 di/dt 短路保护功能，具体介绍如下：

1) 三电平模式

三电平应用中驱动器的 ASIC 芯片需要配置成三电平模式，具体详见故障光纤输出逻辑功能介绍中的三电平模式介绍。

2) 短路保护—didt

三电平应用中驱动器会配置 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 I_c 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。

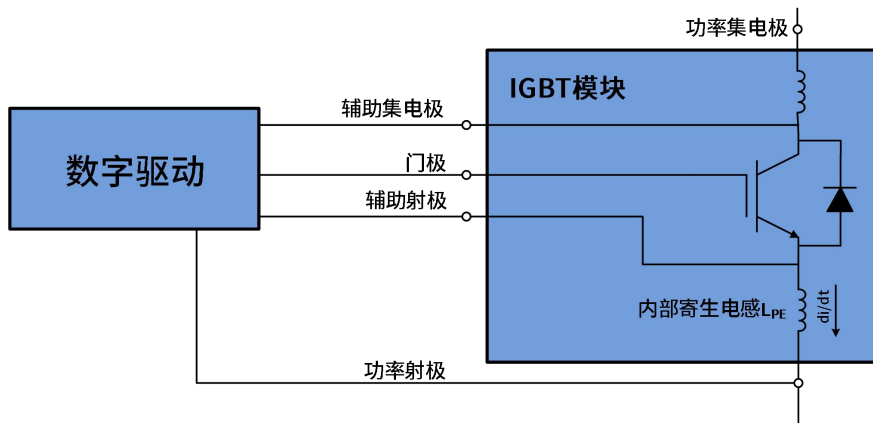


图 14 di/dt 检测电路

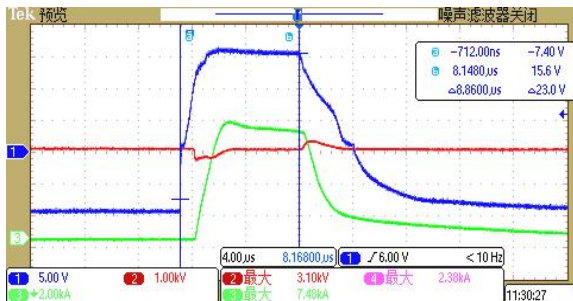


图 15a 基于 V_{CE} 短路检测

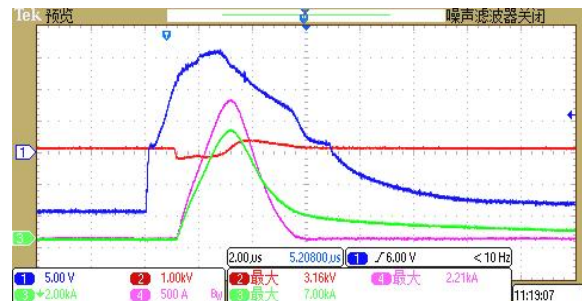


图 15b 基于 di/dt 短路检测

图 15 分别给出了采用 V_{CE} 检测和 di/dt 检测的短路保护过程, 从测试波形上看, 采用 V_{CE} 短路检测的保护时间为 $8.9\mu s$, 采用 di/dt 短路检测的保护时间为 $2.7\mu s$, 降低近 70%。在高压模块 NPC-I 型三电平短路故障保护时序协调中, 内管模块承受短路时间更短, 更安全。

◆ 故障编码返回

驱动器有智能故障管理, 客户可以通过识别故障光纤故障编码来判断驱动器的故障类型, 从而实现故障的快速定位。其串行故障编码协议代码如下图所示:

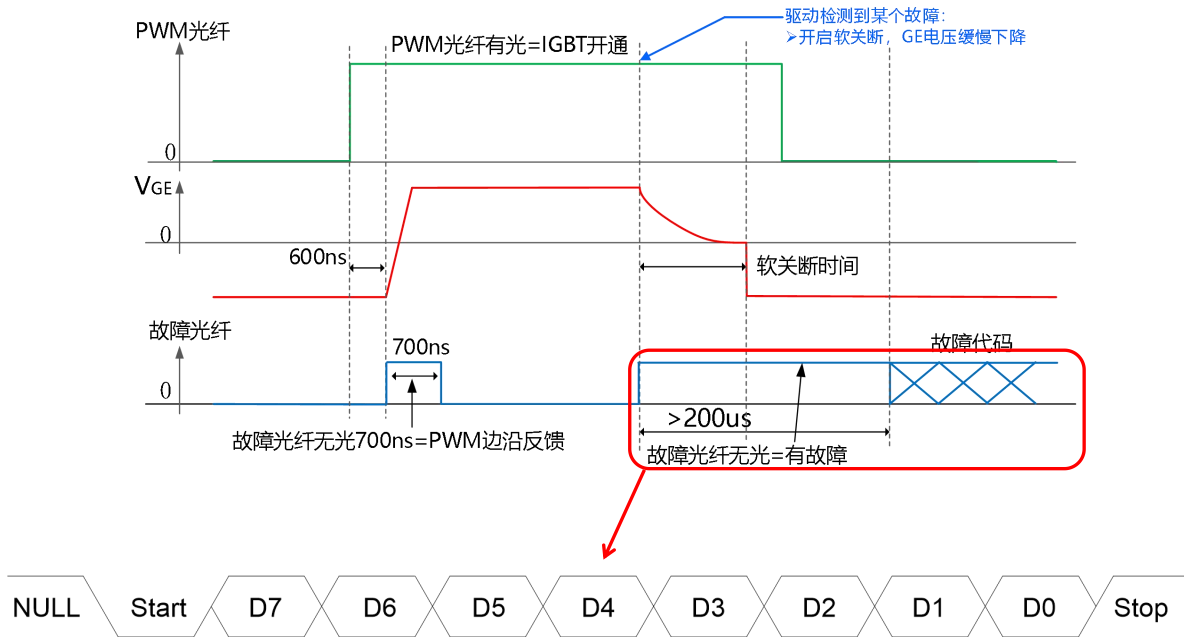


图 16 故障协议代码示意图

故障协议代码包括一个起始位(默认值“0”，故障光纤有光)，8 个数据位和一个停止位(默认值“1”，故障光纤无光)。各故障编码释义如下表所示（“0”=故障光纤有光=无故障）：

Bit	故障类型	备注
Start	起始位	默认“0”，故障光纤有光
D7	内部寄存器故障	“0”=无故障，“1”=有故障
D6	热关机	“0”=无故障，“1”=有故障
D5	外部故障	“0”=无故障，“1”=有故障
D4	门极监测	“0”=无故障，“1”=有故障
D3	基准电压欠压	“0”=无故障，“1”=有故障
D2	负压欠压	“0”=无故障，“1”=有故障
D1	正压欠压	“0”=无故障，“1”=有故障
D0	V _{CE} 短路故障	“0”=无故障，“1”=有故障
Stop	停止位	默认“1”，故障光纤无光

V_{CE} 短路故障波形如下图所示：

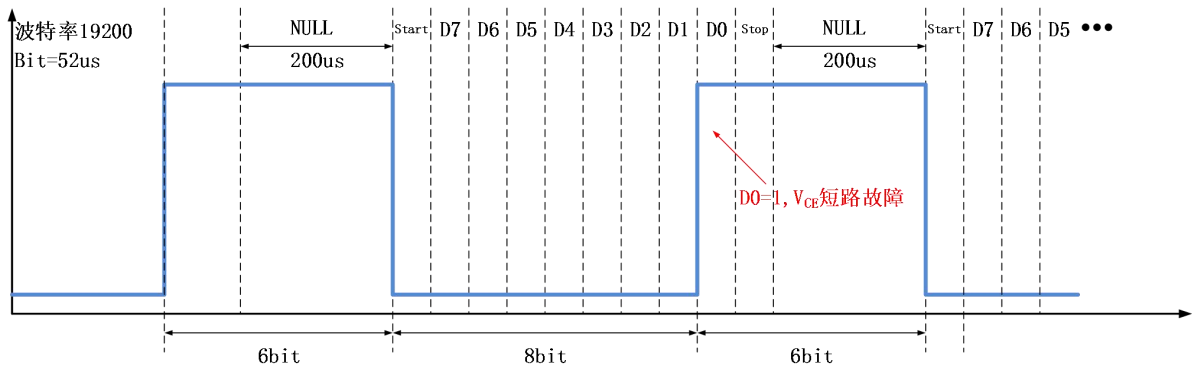


图 17 V_{CE} 短路故障举例（上位机接收光模块的电信号输出）

上图中 $D0=“1”$ ，表示驱动器检测到 V_{CE} 短路故障，需要排查上下管的 PWM 信号是否存在直通问题或者 IGBT 是否已经失效短路。

注：

- 1: “NULL” 为固定 200us，无法修改；
- 2: 驱动器的故障波特率默认 19200，即 1Bit=52us，如对波特率有特殊要求，请联系飞仕得技术人员。
- 3: 因为故障时刻存在驱动器时钟频率切换的情况，为保证正确识别故障类型，建议从第二个故障代码开始识别。

门极电阻位置指示

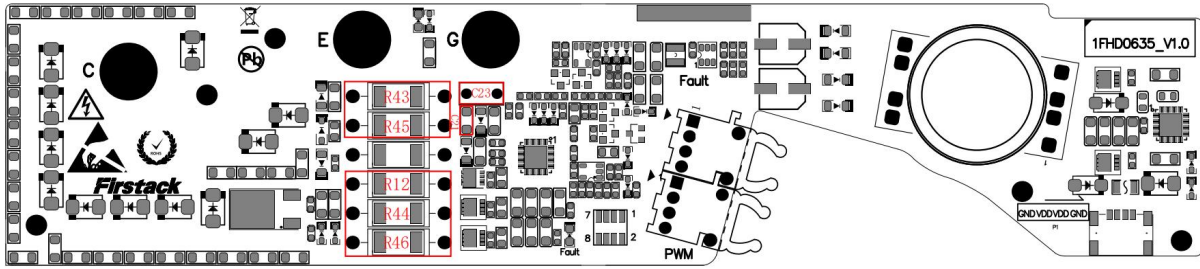


图 18 门极电阻位置指示图

门极电阻计算公式

参数	位号	封装	说明
C_{GE}	C21	1206 (SMT)	门极电容, C21 为 SMT 位号, C23 为 DIP 位号; C21 和 C23 为并联关系; 实际可只焊接 1 个, 建议选用 C21
	C23	DIP	
R_{gon}	R43//R45	2512 (SMT & DIP)	开通电阻, 兼容 SMT & DIP (功率 2W);
R_{goff}	R12//R44//R46	2512 (SMT & DIP)	关断电阻, 兼容 SMT & DIP (功率 2W);

驱动型号	模块电压	电平模式	di/dt	C_{GE} (nF)	R_{gon} (Ω)	R_{goff} (Ω)
1FHD0635V17A1-Y0000	1700V	两电平	无	NC	NC	NC
1FHD0635V17A3-Y0000	1700V	三电平	有	NC	NC	NC
1FHD0635V33A1-Y0000	3300V	两电平	无	NC	NC	NC
1FHD0635V33A3-Y0000	3300V	三电平	有	NC	NC	NC

注:

1: 1FHD0635V17A1-Y0000、1FHD0635V17A3-Y0000、1FHD0635V33A1-Y0000、1FHD0635V33A3-Y0000 四个型号均无分级关断功能。需要特殊功能, 可以联系飞仕得提供技术支持。

2: 1FHD0635V17A1-Y0000、1FHD0635V17A3-Y0000、1FHD0635V33A1-Y0000、1FHD0635V33A3-Y0000 四个型号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, 具体焊接注意事项可以联系飞仕得提供技术支持。

命名规则

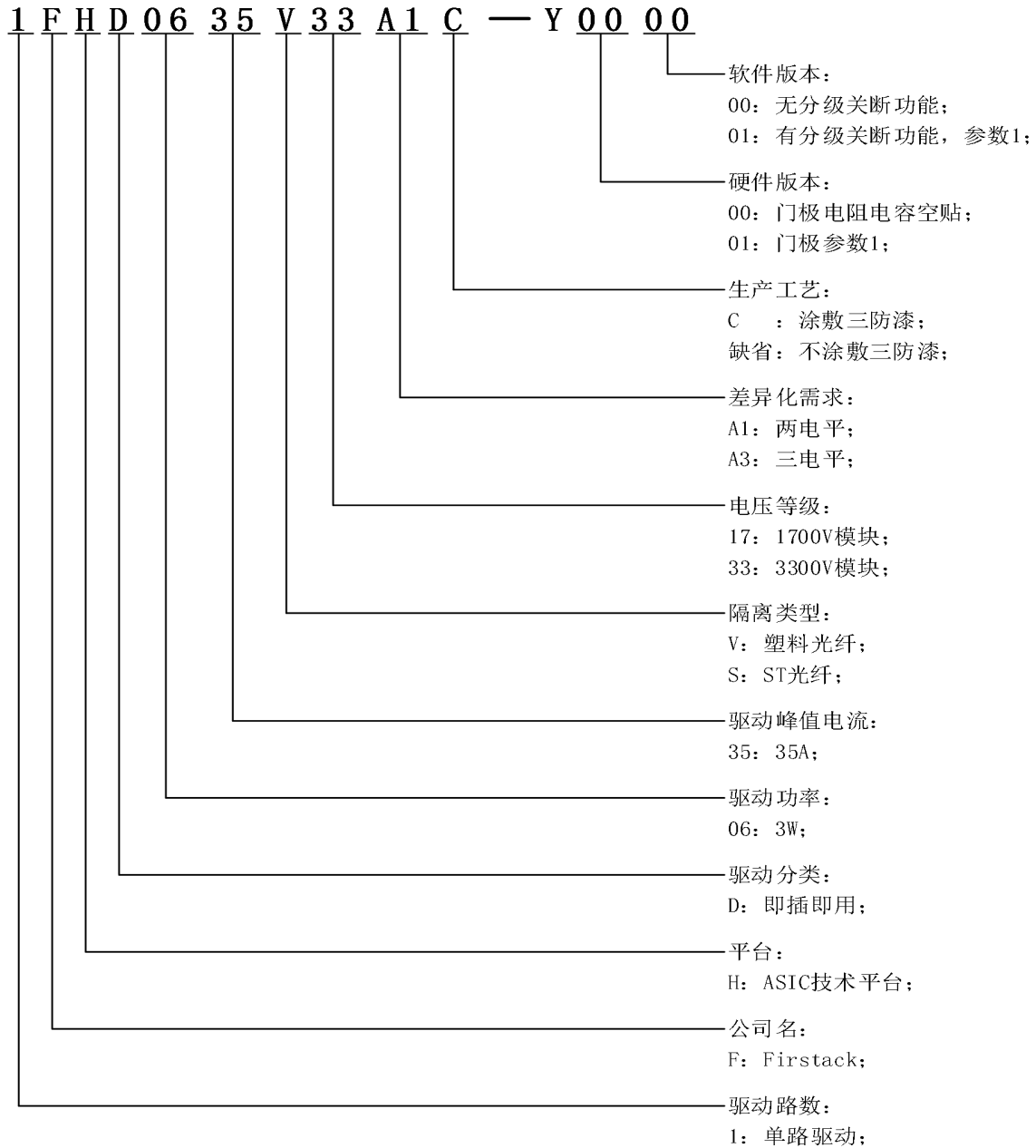


图 19 命名规则示意图

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

1FHD0635 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。

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。

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

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

