

## HV1027P 产品说明书

### 概述

HV1027P 系列驱动器是以 Firststack 数字智能型 IGBT 驱动为基础，专门针对 IHV 封装开发的即插即用型驱动，适用于 4500V 及 6500V IGBT 模块，具有功能强大、可靠性高、EMC 特性良好等优点，适用于两电平及多电平变流器，应用覆盖轨道交通、工业传动及智能电网等各个领域。

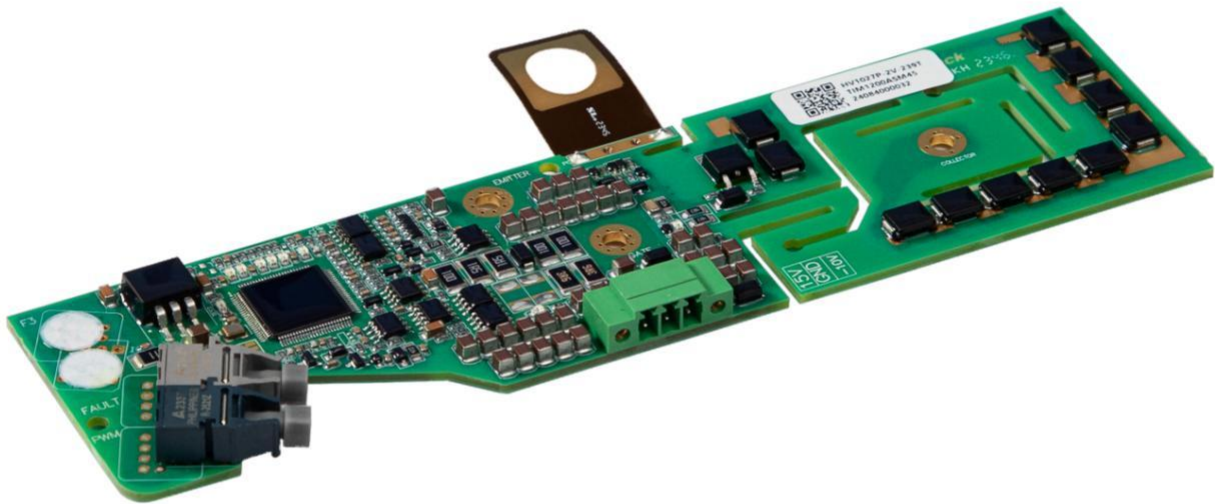


图 1 HV1027P

#### 核心优势：

- ✓ 门极动态可控
- ✓ 智能故障管理系统
- ✓ GE 过载保护
- ✓ 高级数控有源钳位
- ✓ 双重短路保护：didt+Vce 退饱和
- ✓ 电源欠压保护

#### 应用：

- ✓ 柔性交流输电系统
- ✓ 工业驱动
- ✓ 轨道交通
- ✓ 中压变频器
- ✓ 科研

## 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.....	6
驱动参数.....	8
主要功能说明.....	11
◆ 短路保护— <b>didt</b> （预留）.....	11
◆ 短路保护— <b>V<sub>CE</sub></b> 检测.....	11
◆ 欠压保护.....	12
◆ 软关断.....	13
◆ 有源钳位.....	14
◆ 分级开通（预留）.....	15
◆ 分级关断.....	16
◆ 脉冲异常保护（预留）.....	17
◆ 高鲁棒性 <b>DC/DC</b> .....	18
◆ 智能故障管理系统（预留）.....	19
◆ 光纤口告知信号.....	20
◆ 环境过温保护（预留）.....	21
门极电阻位置指示.....	22
驱动选型.....	24
订购信息.....	25
技术支持.....	25
法律免责声明.....	25
联系方式.....	25

系统框架图

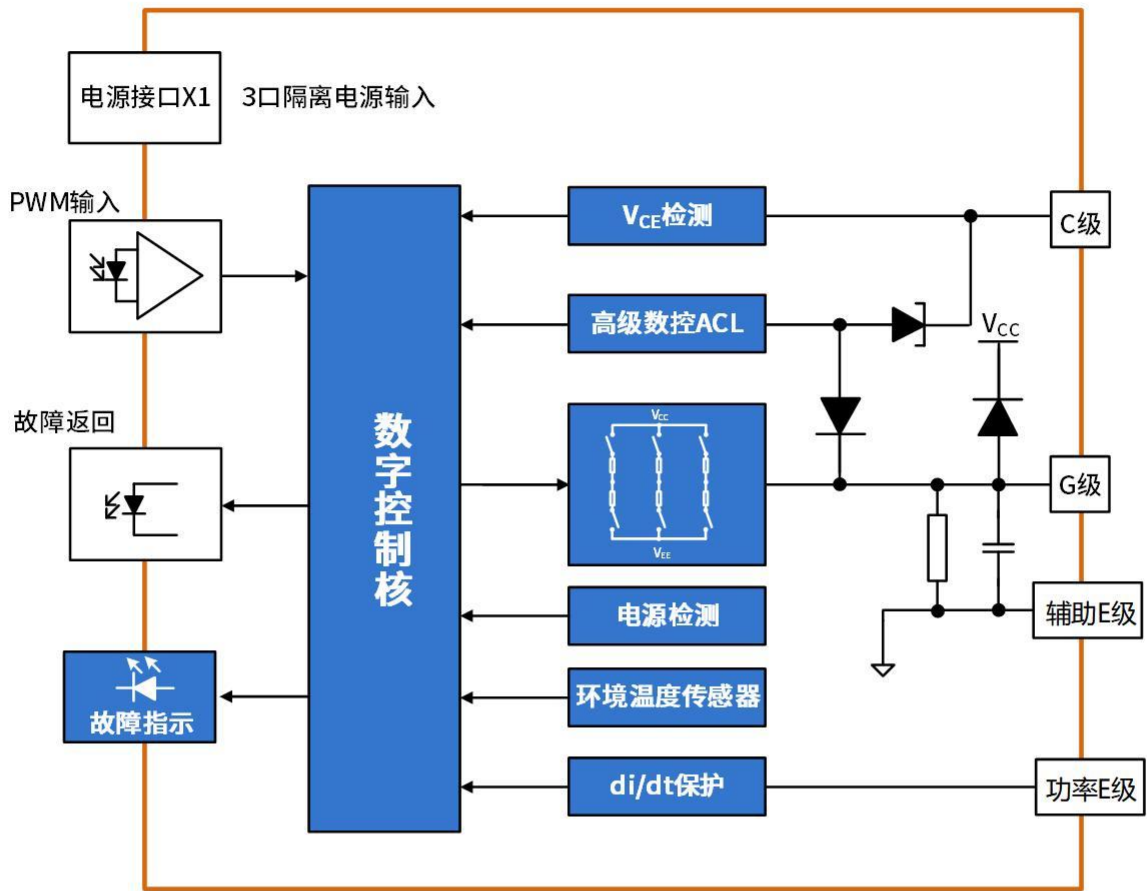


图 2 系统框架图

## 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，驱动器提供合适的供电电压后，驱动状态指示灯 TEST(黄灯)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

IGBT 模块的工作状况，强烈依赖于具体的变换器结构。系统启动之前，建议用单脉冲或双脉冲测试方法检查每个 IGBT 模块。

Firstack 特别提醒：即使在最恶劣的条件下，也要确保 IGBT 模块不会超过 SOA 规定的工作范围。

## 机械尺寸图

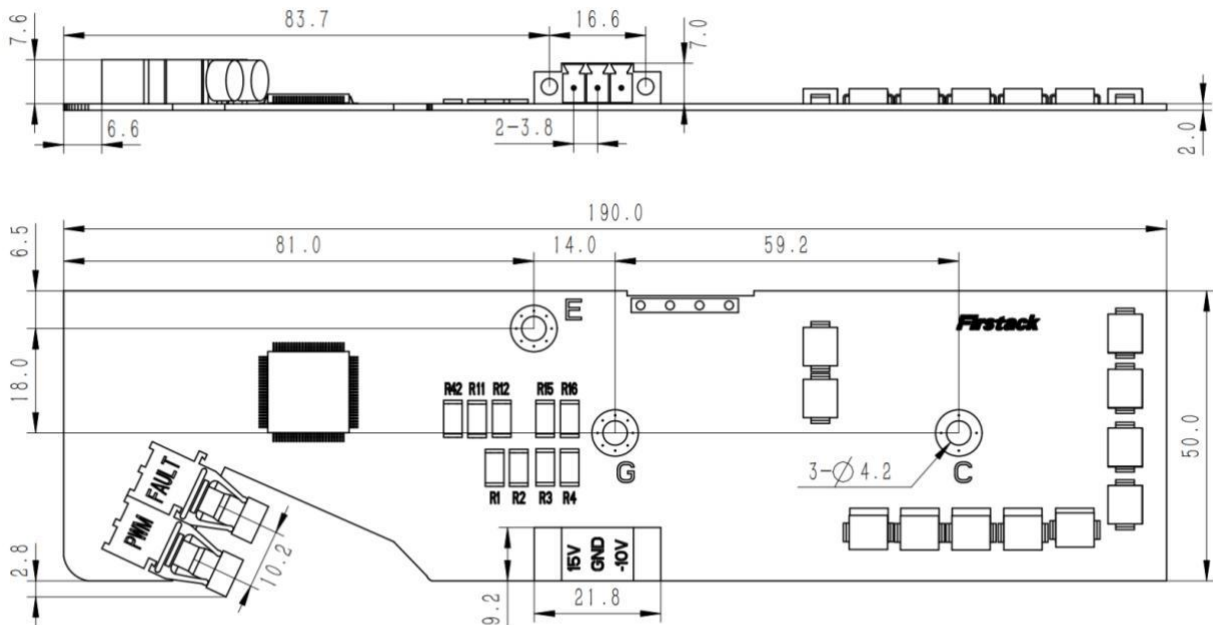


图 3 HV1027P-2V 硬光纤——尺寸图

备注：1.板厚公差±10%；

2.其余尺寸公差参考 GB/T1804-m。

### 接插件厂家及型号

序号	标号	厂家	型号	推荐配套端子
1	#1	伍尔特	691325310003	691364300003
2	PWM, F3	Avago	HFBR-2412TCZ/HFBR-2521	
3	FAULT	Avago	HFBR-1412TMZ/HFBR-1521Z	

备注：接收光纤、发送光纤根据需求为相同类型，即均为软光纤或均为硬光纤

## 引脚定义

P1 引脚定义:

引脚	命名	注释	引脚	命名	注释
1	V <sub>CC</sub>	原边正压输入	2	GND	原边参考地
3	V <sub>EE</sub>	原边负压输入			

## 状态指示灯说明

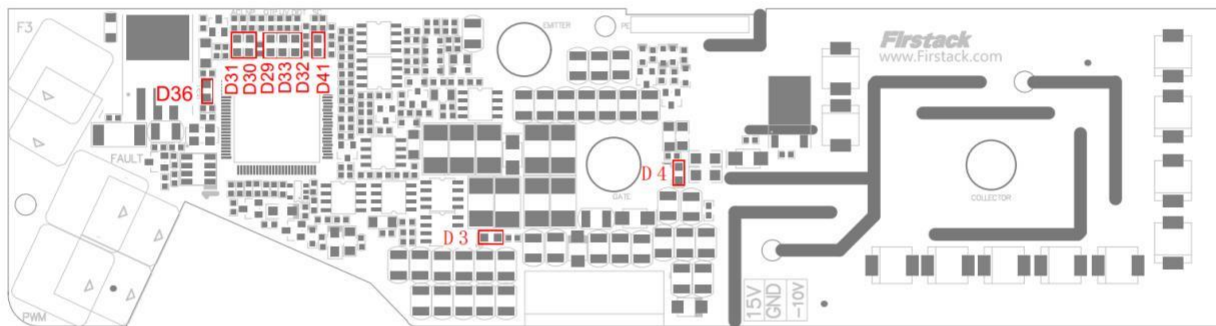


图 4 状态指示灯

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	D31	ACL	一次 ACL 触发即常亮，除非重启
2	D30	NP	一次 NP 触发即常亮，除非重启
3	D29	OTP	一次过温触发即常亮，除非重启
4	D33	UV	一次欠压触发即常亮，除非重启
5	D32	DIDT	一次短路触发即常亮，除非重启

---

6	D41	SC	一次短路触发即常亮，除非重启
7	D36	TEST	无故障时亮，反之则灭
8	D3	Power	上电即常亮，反之则灭
9	D4	GE	GE 信号指示灯，开通时亮，反之则灭

---

## 驱动参数

### 绝对最大额定值

参数	备注	最小	最大	单位
$V_{CC}$	对地	14.5	15.5	V
$V_{EE}$	对地	-9	-10	V
门极最大输出电流		-30	+27	A
单路输出功率	环境温度 85°C	10		W
工作温度		-40	+85	°C
存储温度		-40	+85	°C
开关频率			5	kHz

### 推荐工作条件

参数	备注	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{CC}$		14.5	15	15.5	V
$V_{EE}$		-9	-9.5	-10	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 1		0.11		A
<b>电源监测</b>					
正压欠压保护阈值			12.7		V
负压欠压保护阈值			-6.5		V
欠压保护滞环宽度			0.6		V
<b>短路保护</b>					
$V_{CE}$ 短路保护监测阈值			10.2		V
$V_{CE}$ 短路保护响应时间	注 2		8		us
di/dt 短路保护响应时间	注 2		3		us
阻断时间			90		ms
<b>时间特性</b>					
开通延时	注 3		450		ns
关断延时	注 4		350		ns
上升时间	注 5		15.5		ns
下降时间	注 6		12.5		ns
故障保持时间			30		us

除非有特殊说明，所有的数据都是基于+25°C环温以及  $V_{CC}=15V$  和  $V_{EE}=-9.5V$  下测试。

**注解说明:**

1. **电源电流:** FPS08-15K 电源 15V 输入时, 连接 HV1027P 驱动板后所增加输入电流。驱动板没有输入任何 PWM 信号, 但连接 IGBT 模块;
2. **响应时间:** 短路保护响应时间指从发生故障到开始执行软关断;
3. **开通延时:** 不连接 IGBT 的条件下, 从原边输入的 PWM 信号上升沿传输到副边门极驱动上升沿所需的时间;
4. **关断延时:** 不连接 IGBT 的条件下, 从原边输入的 PWM 信号下降沿传输到副边门极驱动下降沿所需的时间;
5. **上升时间:** 不连接 IGBT 的条件下, 从门极关断电压 (-9.5V) 的 10% 至门极开通电压 (+15V) 的 90% 的时间量;
6. **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 (-9.5V) 的 10% 时间量。

## 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  $I_c$  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。

根据运行模式的不同，两电平模式下，将启动软关断，将 IGBT 缓慢的关断；三电平模式下，将保持 IGBT 处于开通状态，由上位机下达关断指令。

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。

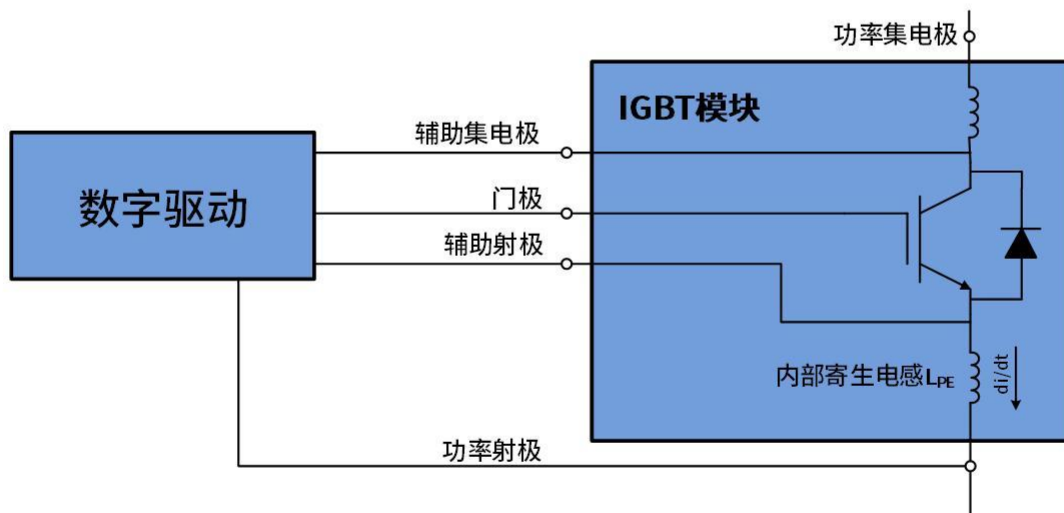


图 5 di/dt 检测电路

### ◆ 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。

根据运行模式的不同，两电平模式下，会启动软关断，将 IGBT 缓慢地关断；三电平模式下，将保持 IGBT 处于开通状态，由上位机下达关断指令。

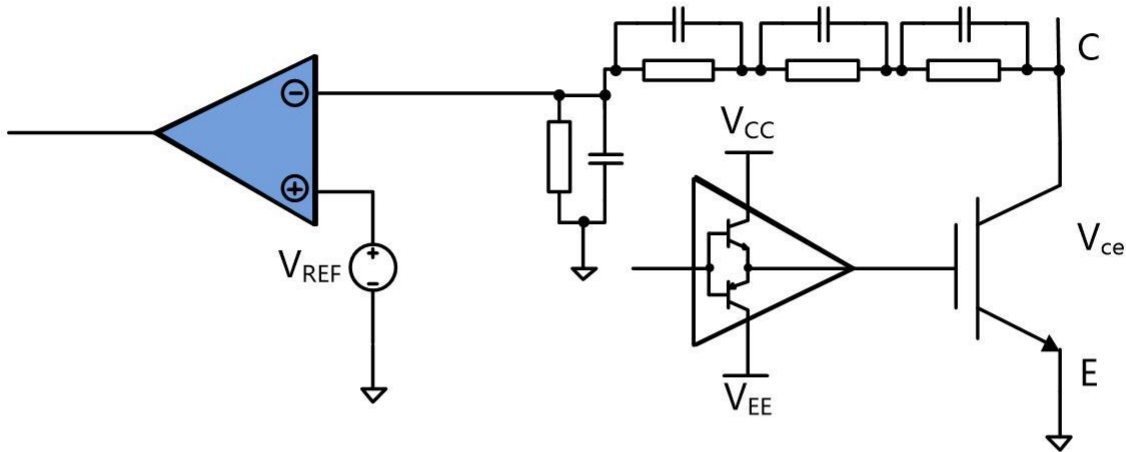


图 6  $V_{CE}$  退饱和检测电路

### ◆ 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。

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

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。

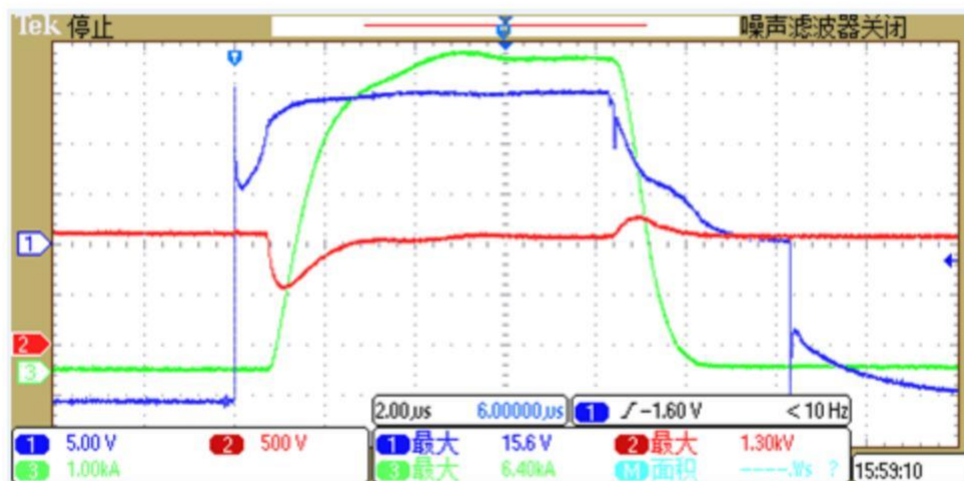


图 7 FF1400R17IP4 在 1100V 下的短路波形

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 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。

### ◆ 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，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。

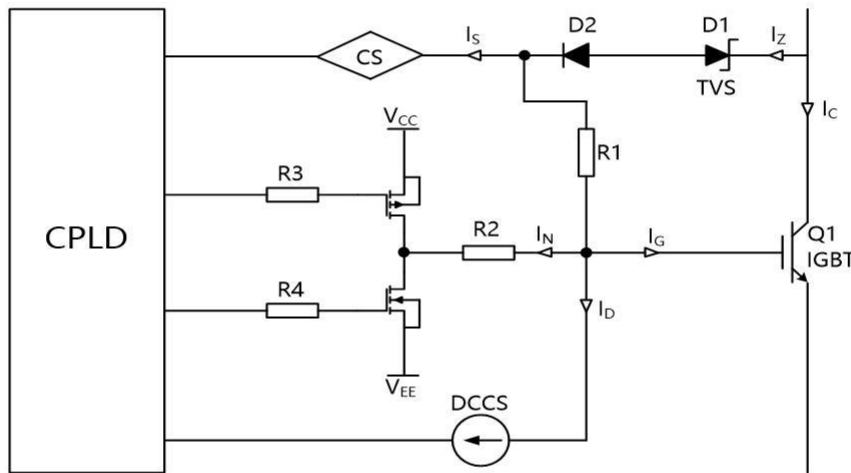


图 8 有源钳位原理示意图

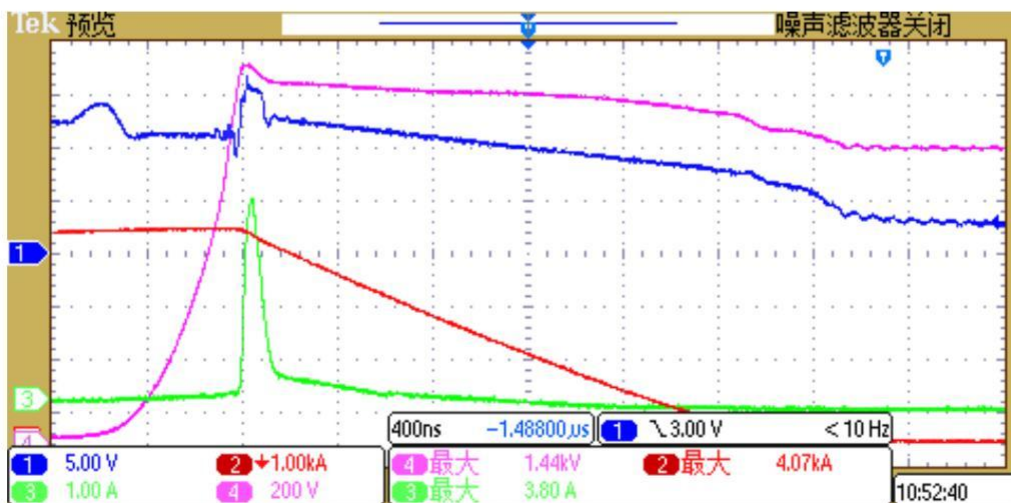


图 9 数控有源钳位波形

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

### ◆ 分级开通（预留）

对于高压大功率的模块，每开关一次的能量都非常大，往往能够到达几焦耳甚至十几焦耳。为了优化开通过程，尤其是减小开关损耗，Firstack 智能驱动引入了“分级开通”功能，通过在开通过程中使用不同的门极电阻，来实现开通过程的优化。

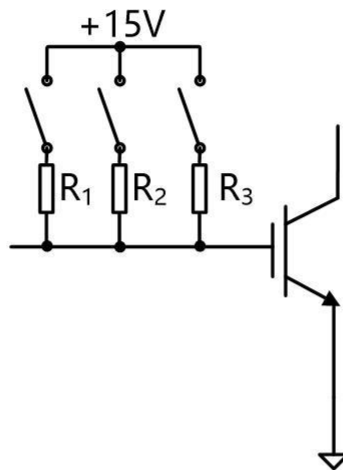


图 10 分级开通原理图

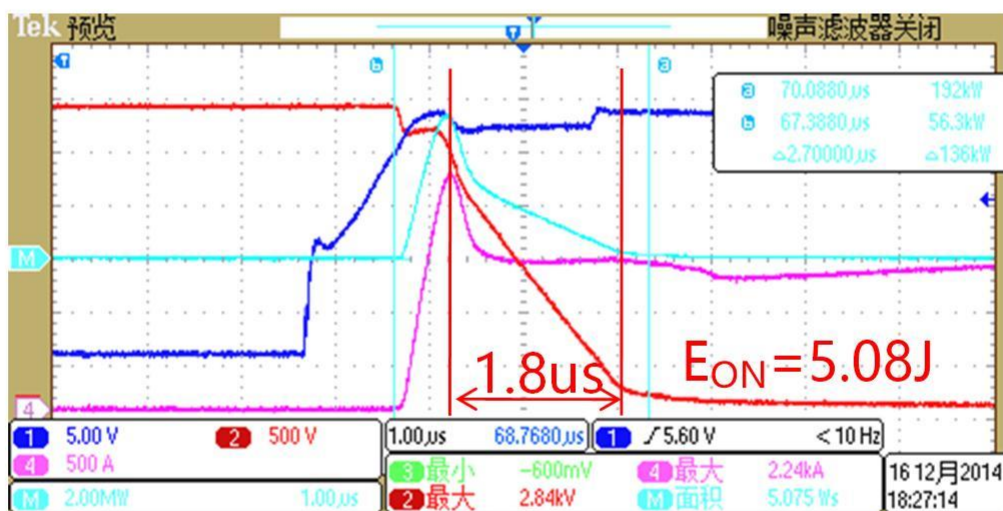


图 11a 不带分级开通

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

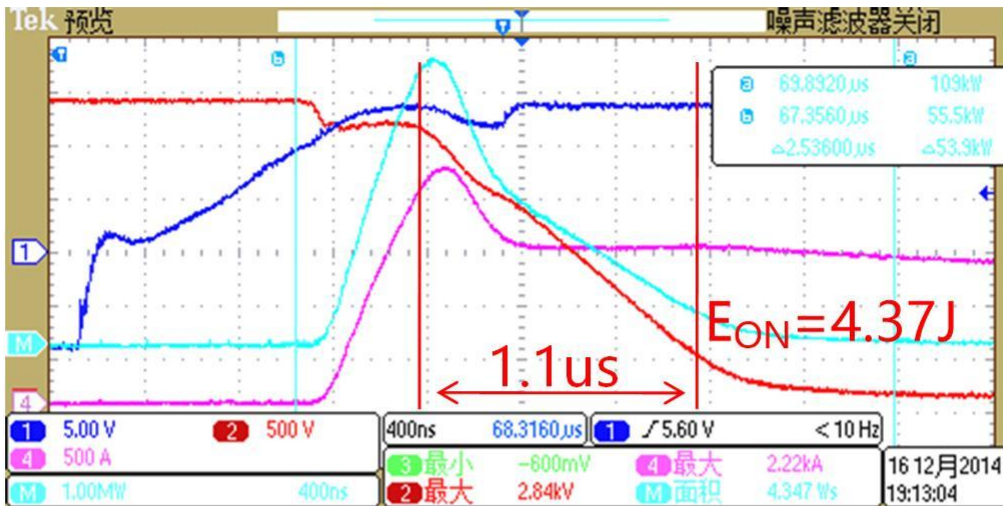


图 11b 带分级开通

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

### ◆ 分级关断

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。

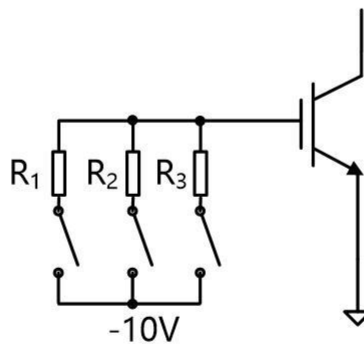


图 12 分级关断原理图



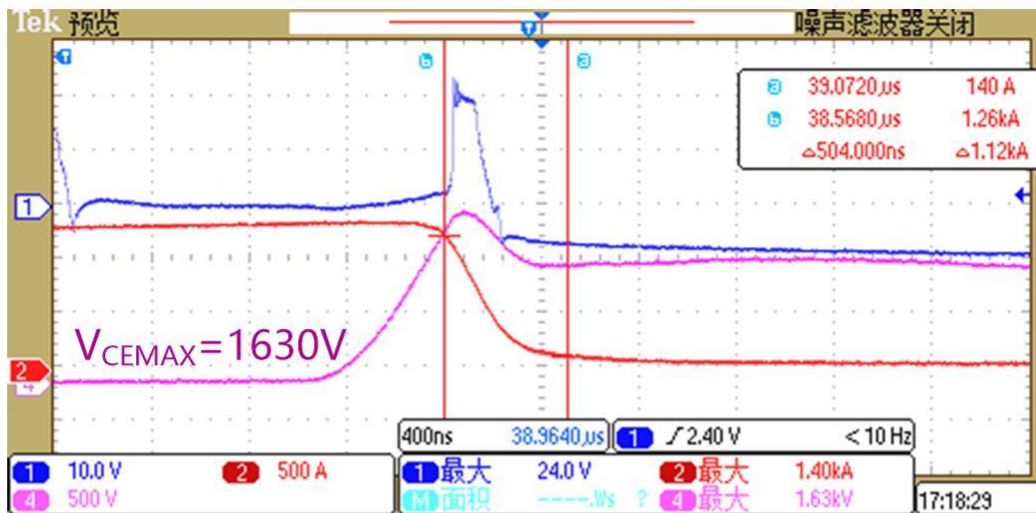


图 13a 不带分级关断

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

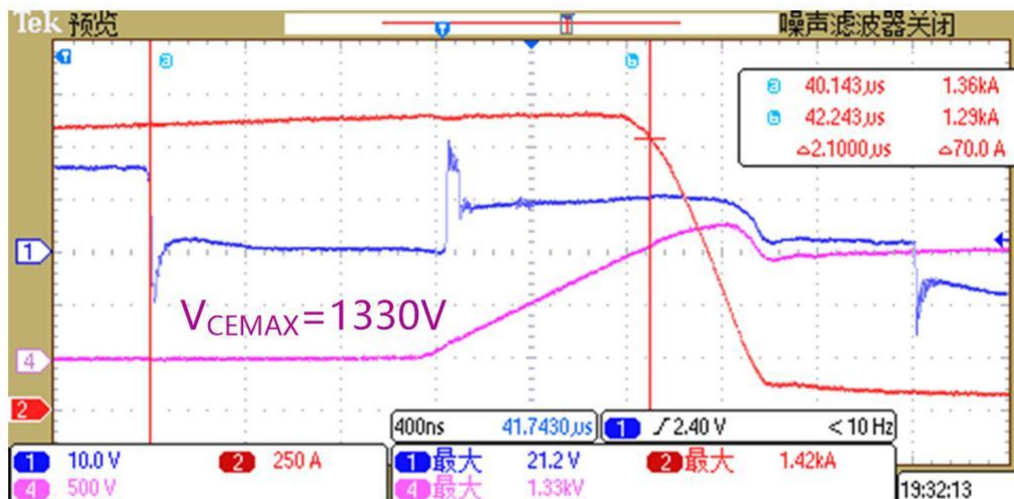


图 13b 带分级关断

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

### ◆ 脉冲异常保护 (预留)

光纤通信具有抗干扰能力强，绝缘等级高等优点。同时，在使用光纤时，也存在光纤卡扣不牢，光纤线转弯半径不够等问题，容易引起漏光、光衰等现象，在光纤头接收端，产生大量杂散、高频的窄脉冲。这些窄脉冲，会引起 IGBT 快速地开通关断，产生极大的损耗，对于高压大功率 IGBT 的危害极大，需要严格防范。

Firststack 智能驱动采取两种方法来防范这些异常脉冲：

- 实时监测 PWM 脉宽,但监测到 PWM 脉宽小于某个预设值时,驱动滤除窄脉冲,不报故障;
- 实时监测 PWM 的频率,但连续若干个上升沿的时间间隔短于某个预设值后,判定为存在脉冲异常,报故障。

### ◆ 高鲁棒性 DC/DC

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。

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

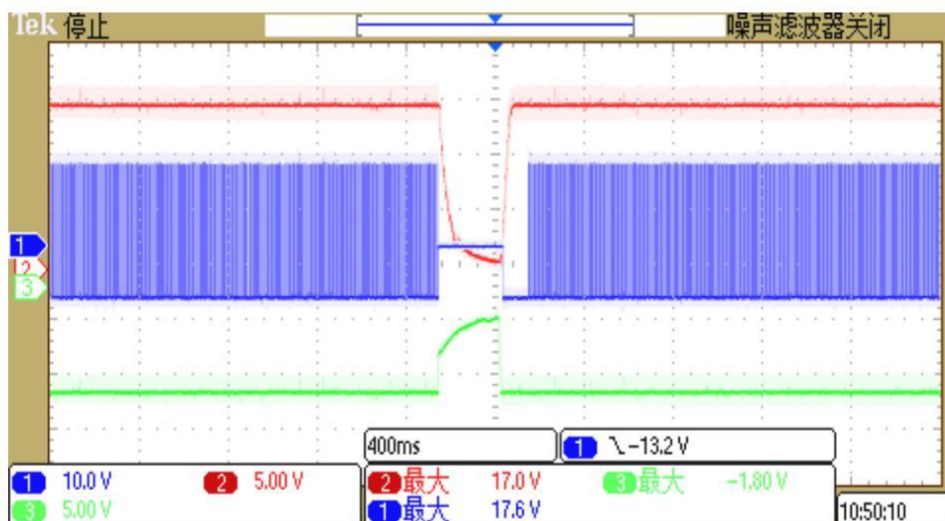


图 14 GE 短路

上图中, CH1 (蓝色) =  $V_{GE}$ , CH2 (红色) = +15V(副边), CH3 (绿色) = -10V(副边)  
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。

**注：门极电阻较小的情况, 或门极电阻过大 (>10Ω) 情况下, 此功能可能不适用。**

### ◆ 智能故障管理系统（预留）

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。

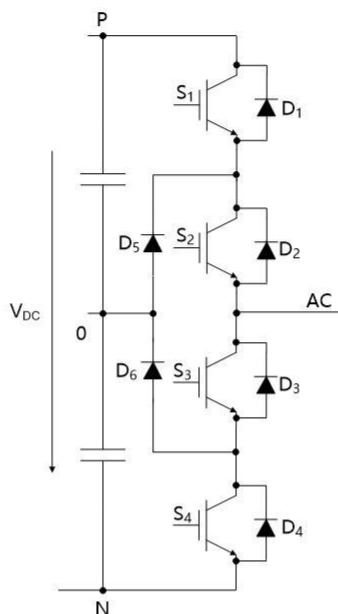


图 15 NPC I 型三电平拓扑

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 8us 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，约 4~6us），整个保护时间将超出 10us，也就超出了 IGBT 的短路安全工作范围。

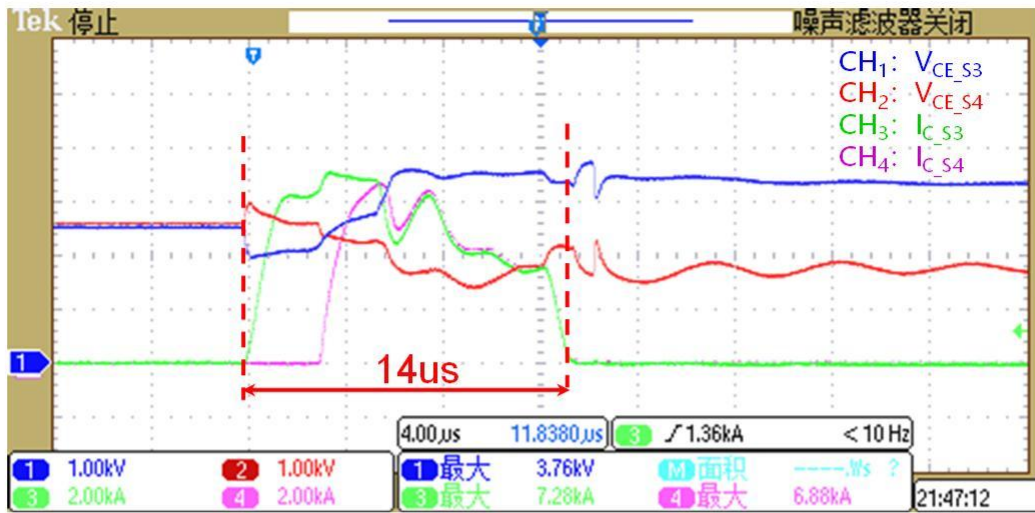


图 16 传统驱动器针对 NPC I 型三电平拓扑短路波形

Firststack 数字驱动通过 di/dt 检测技术，缩短了短路检测时间。驱动监测到故障后告知上位机，由上位机来执行时序保护动作。通过优化短路检测时间及与上位机进行交互能确保 IGBT 在故障时可靠关断。

### ◆ 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，Firststack 智能驱动配置了光纤口应答功能，具体如下：

1、当驱动板正常工作时，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。

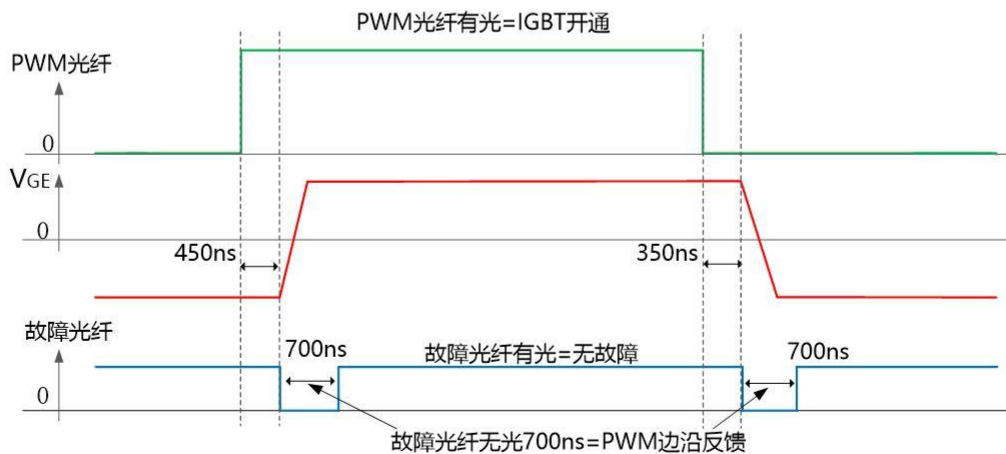


图 17a 正常情况下

2、当驱动板检测到故障后，返回光纤头的灯将熄灭 30us 以上，作为故障信号通知上位机。

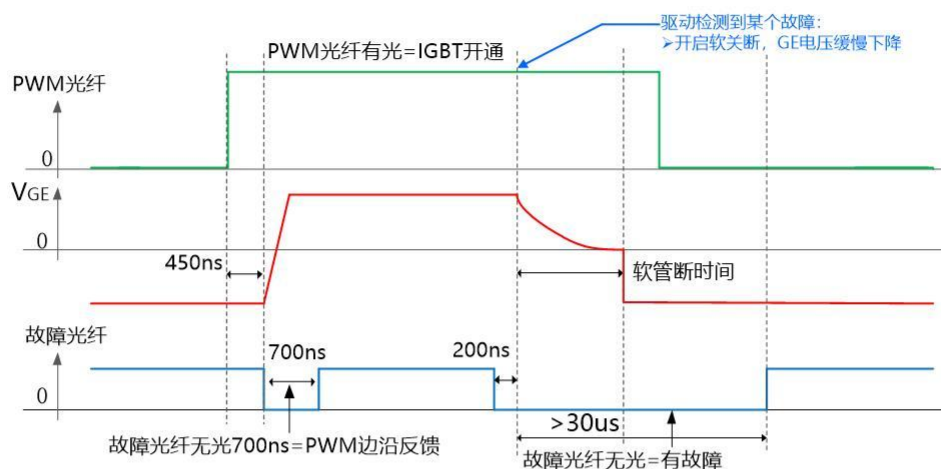


图 17b 故障情况下

通过返回光纤头灭灯时间的长短，上位机可以准确地地区分应答信息与故障信息。

### ◆ 环境过温保护（预留）

变流器在长时间运行时，风扇存在失效的可能性，造成机柜内环境温度大幅上升，对于柜内的温度敏感器件造成很大的危害，驱动板也属于温敏器件。

为了解决环境温度异常的问题，Firststack 智能驱动在驱动板上集成了温度开关，当 PCB 板面的温度超过预设值后，驱动将该过温信号告知上位机，但不会封锁 IGBT。

## 门极电阻位置指示

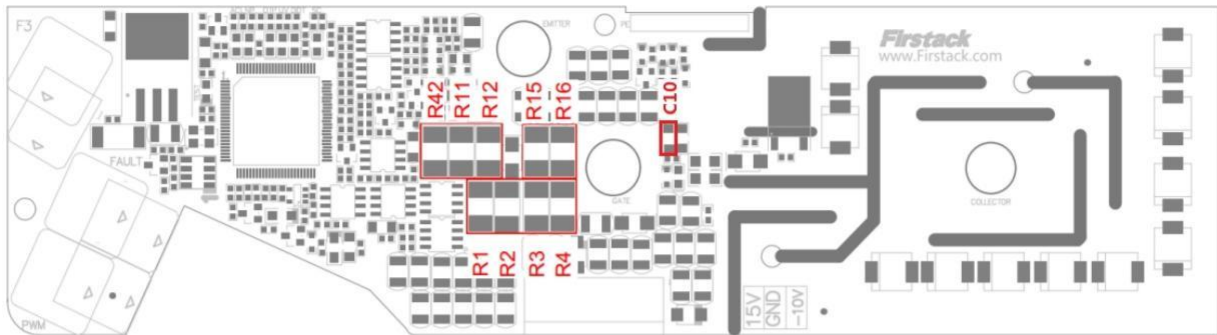


图 18 门极电阻位置指示图

### 门极电阻计算公式

	$R_{GON1}$	$R_{GON2}$	$R_{GOFF1}$	$R_{GOFF2}$	$C_{GE}$
单管	R3//R4	R1//R2	R11//R12	R15//R16	C10

### 常用模块的门极阻值表

IGBT 型号	$R_{GON1}$	$R_{GON2}$	$R_{GOFF1}$	$R_{GOFF2}$	$C_{GE}$
FZ1200R45KL3_B5	3.6//3.6	NC	1.5//1.5	10//10	NC
FZ800R45KL3_B5	3.6//3.6	NC	1.5//1.5	10//10	220nF
5SNA1500G450350	3.6//3.6	NC	1.5//1.5	10//10	220nF
5SNA1200G450300	3.6//3.6	NC	1.5//1.5	10//10	220nF
5SNA0800J450300	3.6//3.6	NC	1.5//1.5	10//10	220nF
5SNA0400J650100	13//13	NC	1.5//1.5	20//20	220nF
TIM1200ASM45	3.6//3.6	NC	1.5//1.5	10//10	220nF
TIM800XSM45	3.6//3.6	NC	1.5//1.5	10//10	220nF
YMIF1200-45	3.6//3.6	NC	1.5//1.5	10//10	220nF

CM800HG-90R	10//10	NC	20	3.6//3.6	NC
CM1200HG-90R	3.6//3.6	NC	1.5//1.5	10//10	220nF
CM750HG-130R	3.6//3.6	NC	1.5//1.5	10//10	NC
MBN800H45E2-H	10//10	NC	1.5//1.5	10//10	NC
MBN1200H45E2-H	10//10	NC	1.5//1.5	10//10	NC
MBN1500FH45F-H	10//10	NC	20	3.6//3.6	NC


**备注:**

- 1、以上门极参数应用需母排杂感小于 200nH;
- 2、正常工作推荐死区 $\geq 8\mu\text{s}$ ;
- 3、针对不同型号 IGBT，驱动板的程序不同，请勿混用;
- 4、4500V 和 6500V 模块有源钳位电压等级不同，请勿混用;
- 5、不同 IGBT 对应驱动板型号以飞仕得技术推荐为准。

## 驱动选型

驱动型号	di/dt 采样	光纤类型
HV1027P-2V	有铜箔, 有 di/dt 功能	2 个硬光纤
HV1027P-2S	有铜箔, 有 di/dt 功能	2 个软光纤



## 订购信息

HV1027P 可以支持多个厂家不同型号的 IHV 模块。如有购买需求，请联系工作人员，我们将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](http://www.firststack.com)

邮箱：[sales01@firststack.com](mailto: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

