

HV1027 产品说明书

概述

HV1027 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，应用覆盖军工、轨道交通、工业传动及智能电网等各个领域。



图 1 产品照片

目录

概述.....	1
系统框架图.....	4
使用步骤及注意事项.....	5
机械尺寸图.....	6
引脚定义.....	8
状态指示灯说明.....	9
驱动参数.....	10
主要功能说明.....	13
◆ 短路保护—didt (预留)	13
◆ 短路保护— V_{CE} 检测.....	13
◆ 欠压保护.....	14
◆ 软关断.....	15
◆ 有源钳位.....	16
◆ 分级开通 (预留)	17
◆ 分级关断.....	18
◆ 脉冲异常保护 (预留)	20
◆ 不会坏的驱动.....	20
◆ 智能故障管理系统 (预留)	21
◆ 光纤口告知信号.....	22
◆ 环境过温保护 (预留)	23
门极电阻位置指示.....	24

订购信息.....	26
技术支持.....	26
法律免责声明.....	26
联系方式.....	26

Preliminary

系统框架图

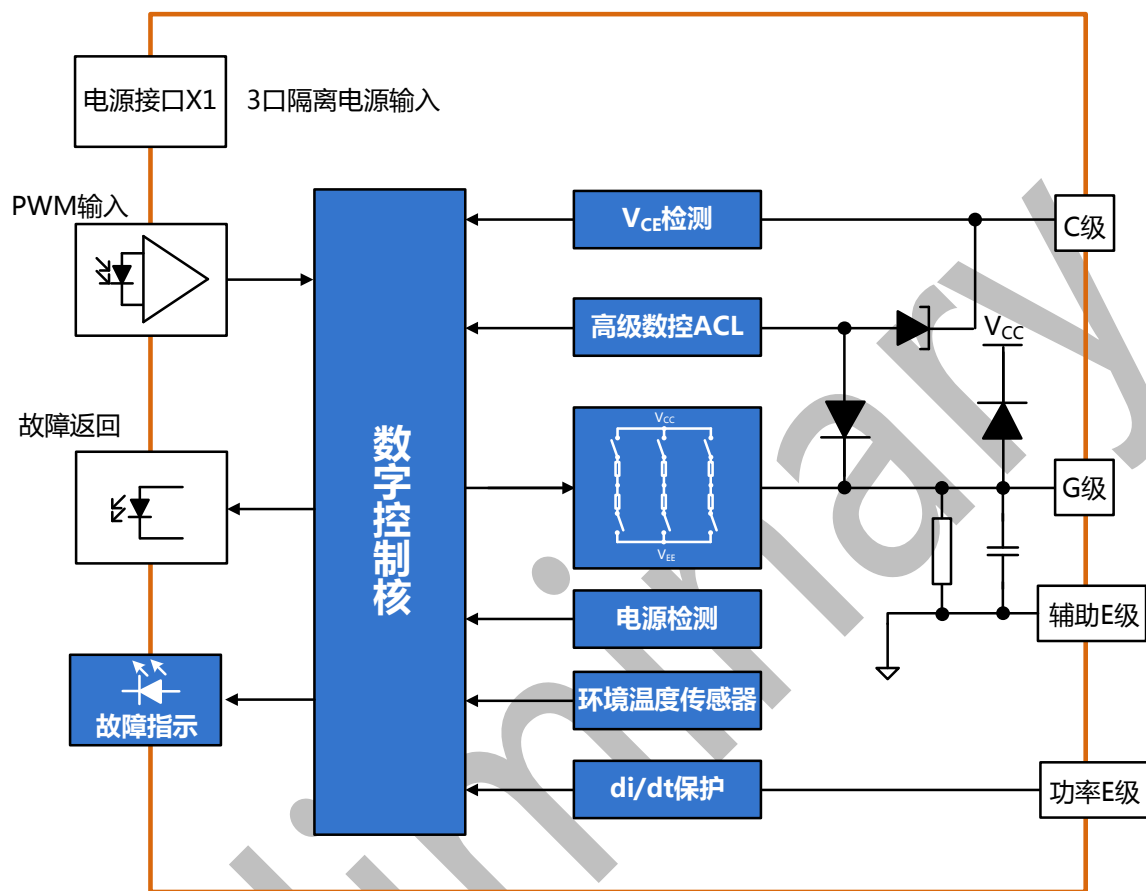


图 2 系统框架图

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 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 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。

Firststack 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

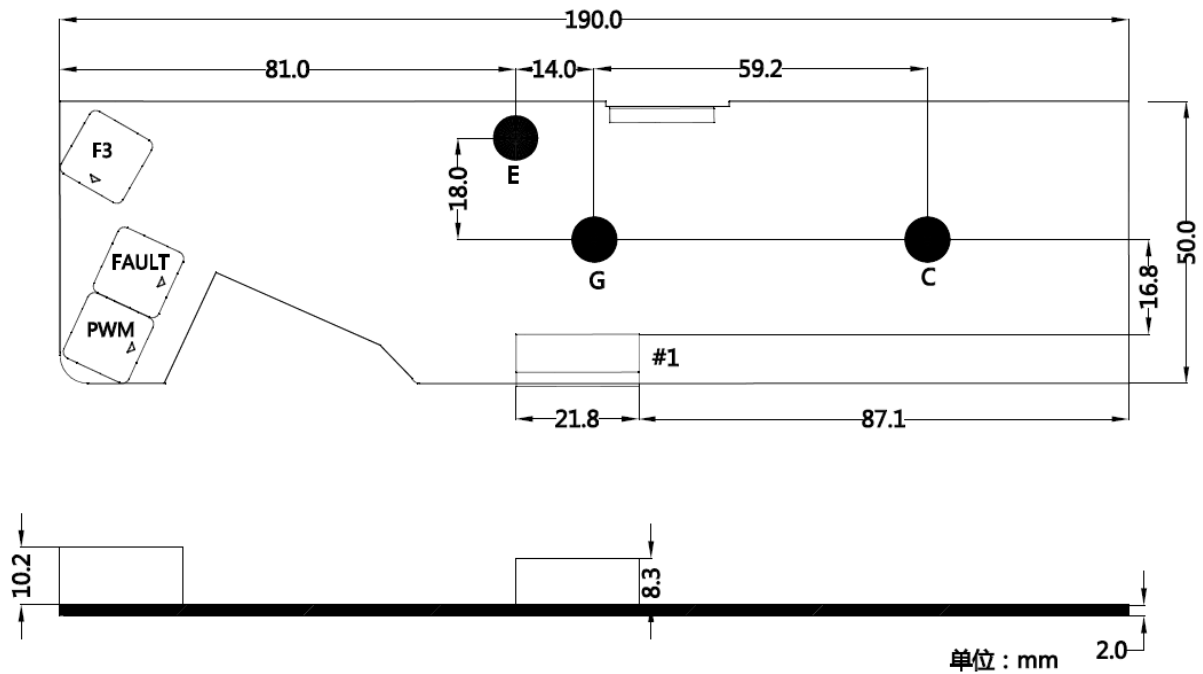


图 3 HV1027-2S 软光纤——尺寸图

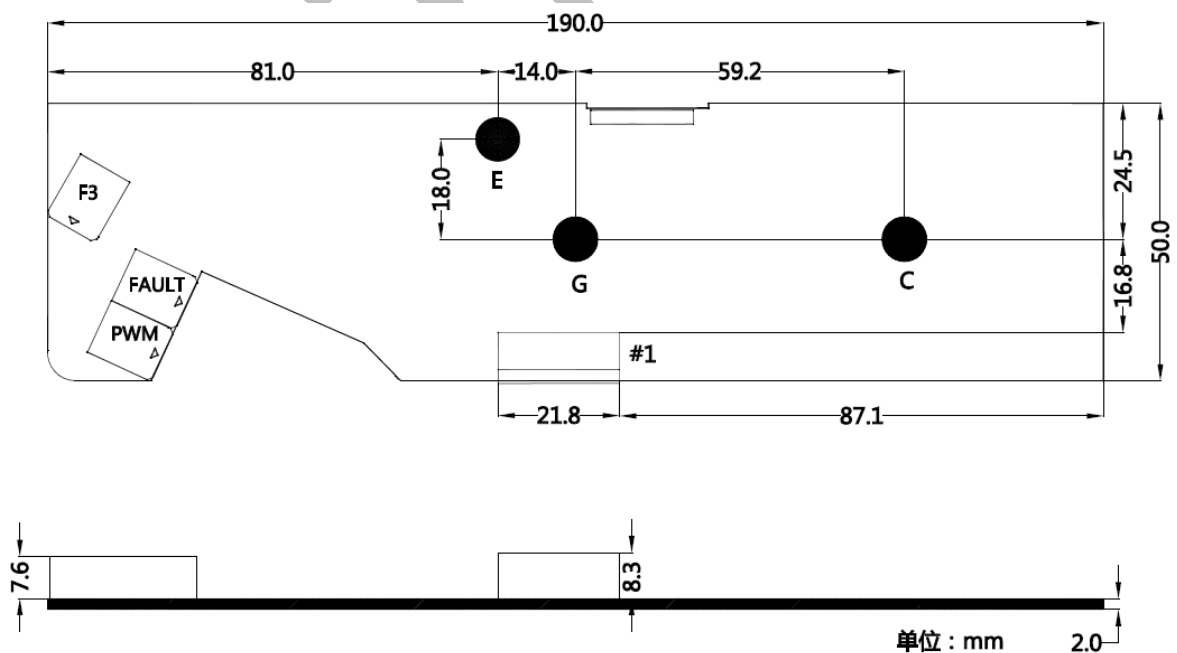


图 4 HV1027-2V 硬光纤——尺寸图

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

#1 引脚定义：

引脚	命名	注释	引脚	命名	注释
1	V _{CC}	原边正压输入	2	GND	原边参考地
3	V _{EE}	原边负压输入			

状态指示灯说明

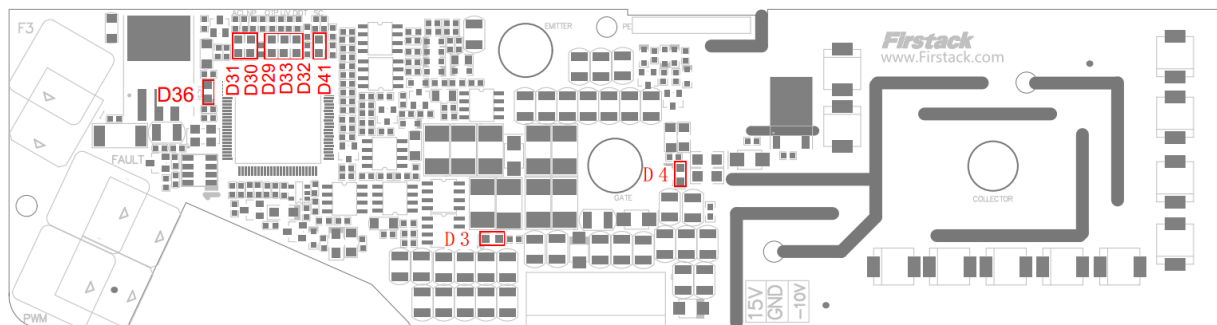


图 5 状态指示灯

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℃	10		W
工作温度		-40	+85	℃
存储温度		-40	+85	℃

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
电源监测					
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
短路保护					
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
时间特性					
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℃环温以及 $V_{CC}=15V$ 和 $V_{EE}=-9.5V$ 下测试。

注解说明：

1. 电源电流：在没有输入任何 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 (预留)

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。

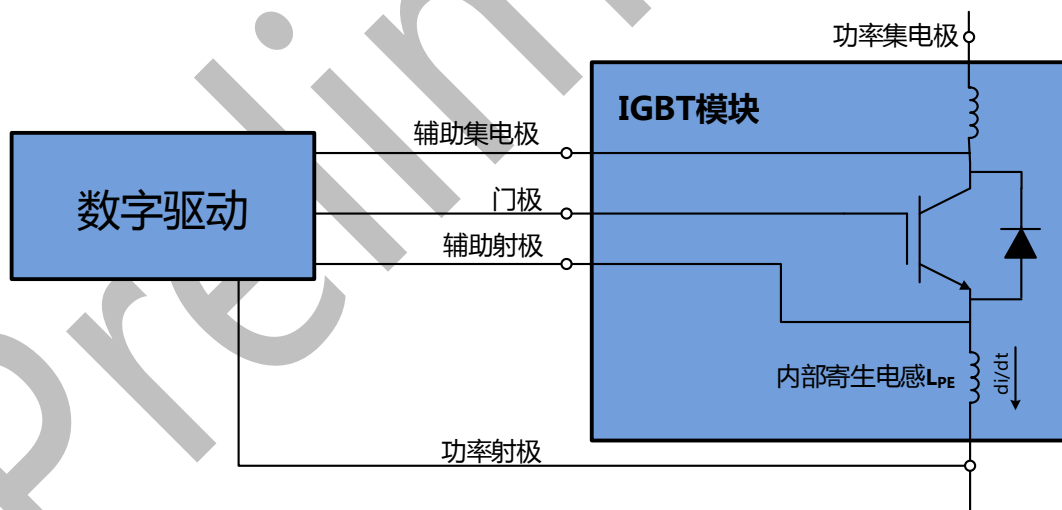


图 6 di/dt 检测电路

◆ 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。

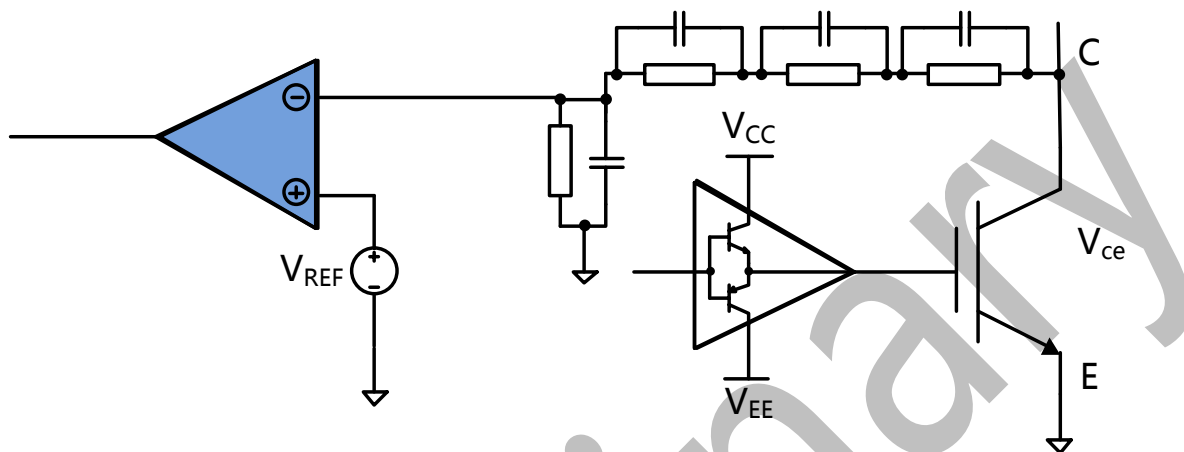


图 7 V_{CE} 退饱和检测电路

◆ 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。

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。

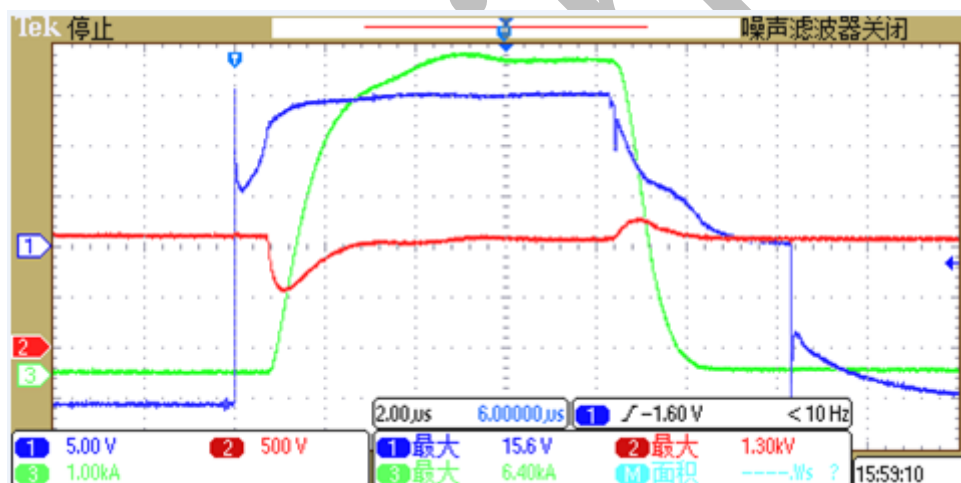


图 8 FF1400R17IP4 在 1100V 下的短路波形

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 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。

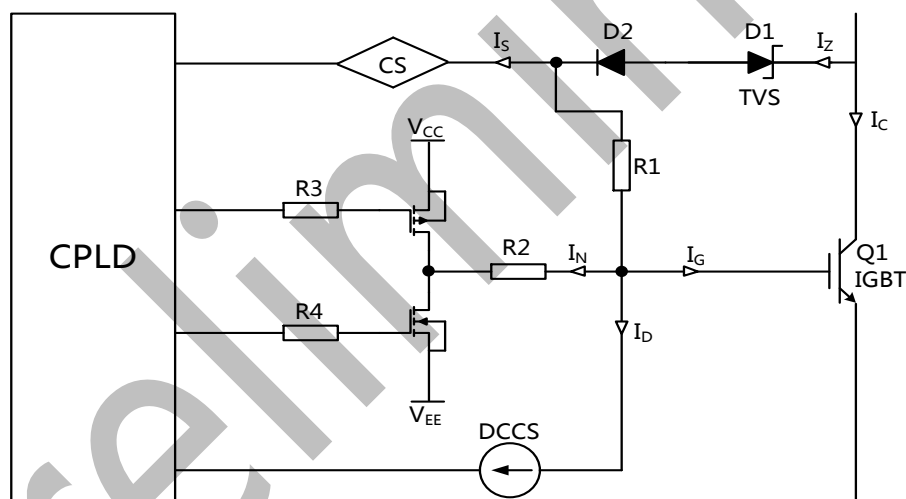


图 9 有源钳位原理示意图

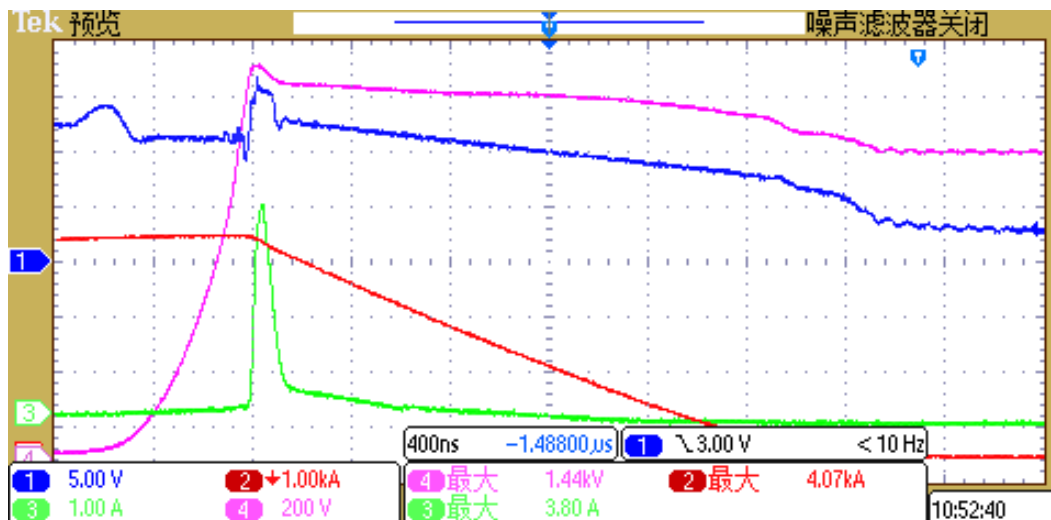


图 10 数控有源钳位波形

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，Firststack 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。

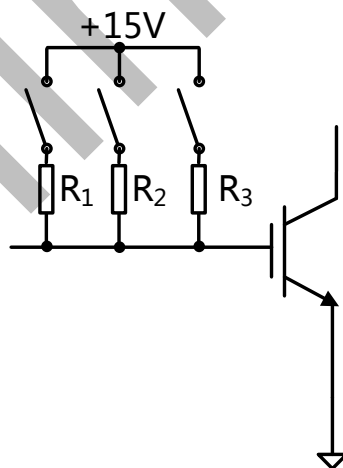


图 11 分级开通原理图

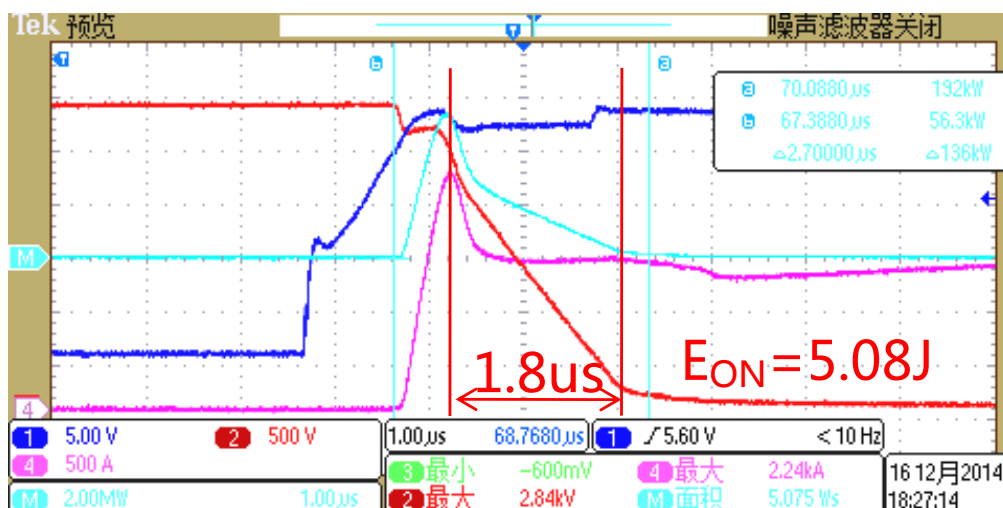


图 12a 不带分级开通

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

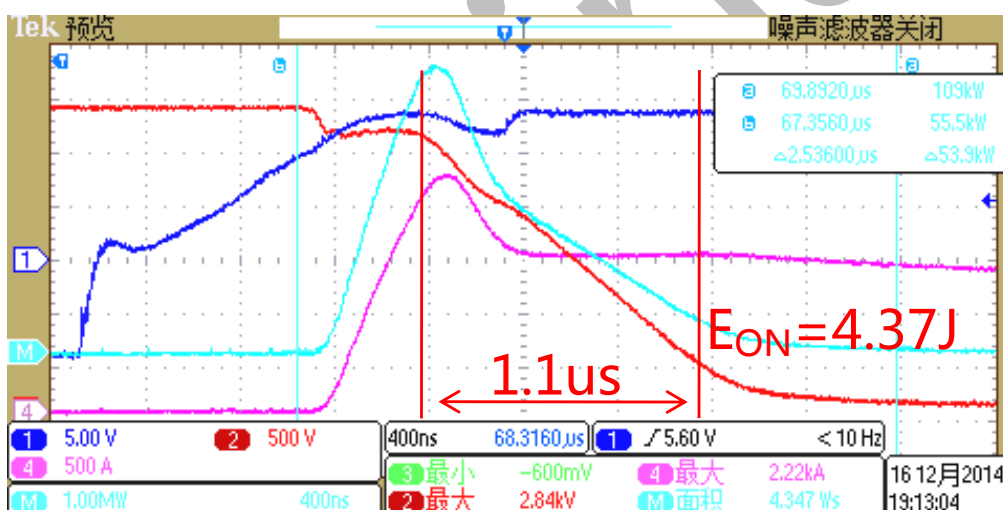


图 12b 带分级开通

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。

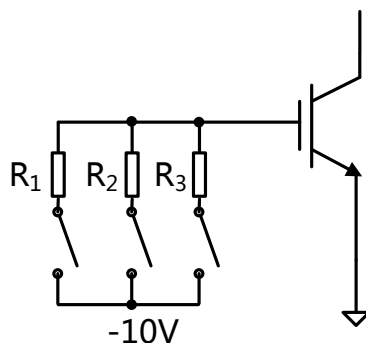


图 13 分级关断原理图

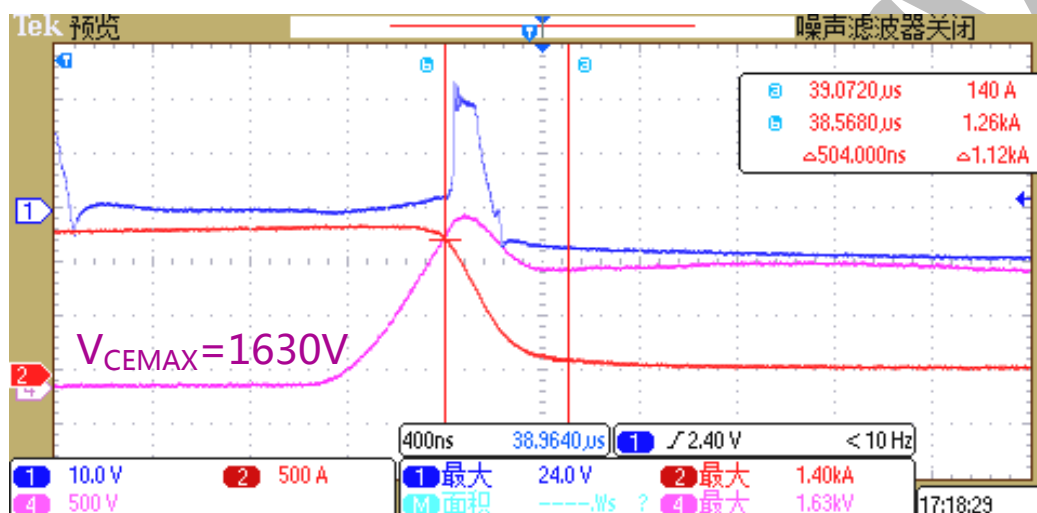


图 14a 不带分级关断

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

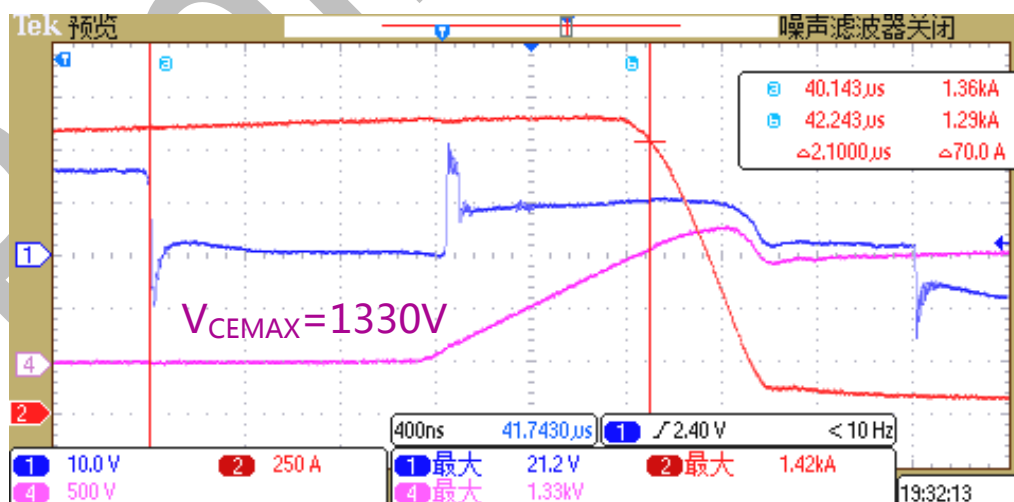


图 14b 带分级关断

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。

Firstack 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。

◆ 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。

为了提高驱动的可靠性，Firstack 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。

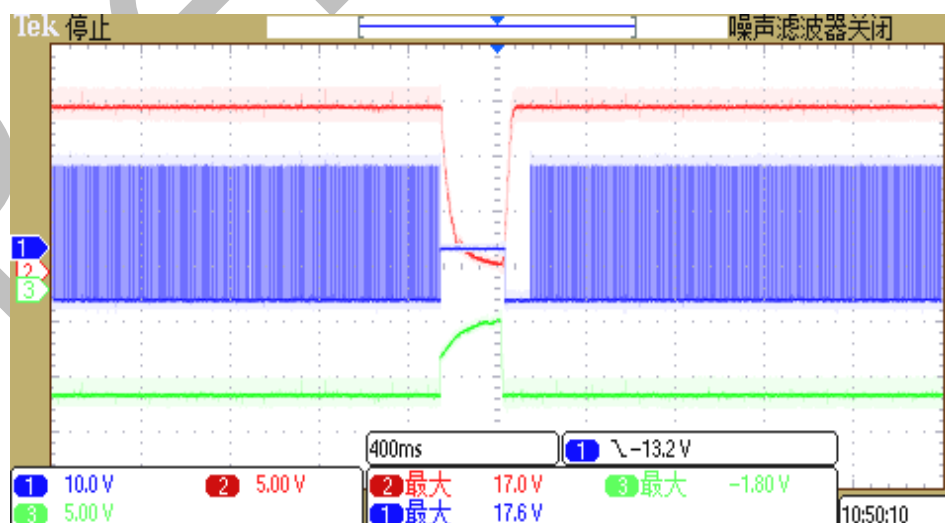


图 15 GE 短路

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 ($>10\Omega$) 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。

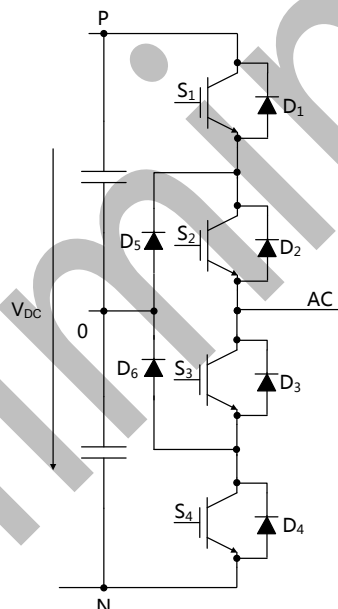


图 16 NPC I 型三电平拓扑

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 $8\mu s$ 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，约 $4\sim 6\mu s$ ），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。

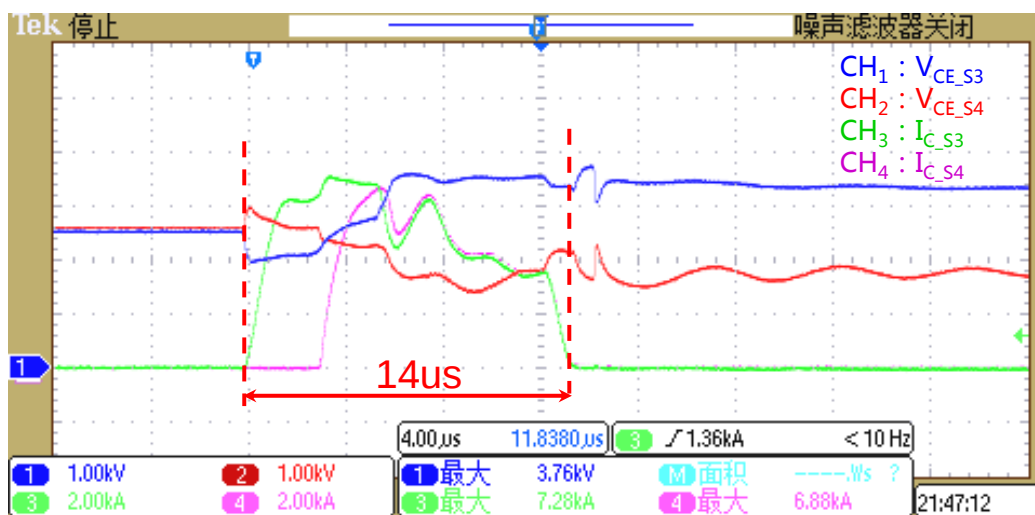


图 17 传统驱动器针对 NPC I 型三电平拓扑短路波形

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。

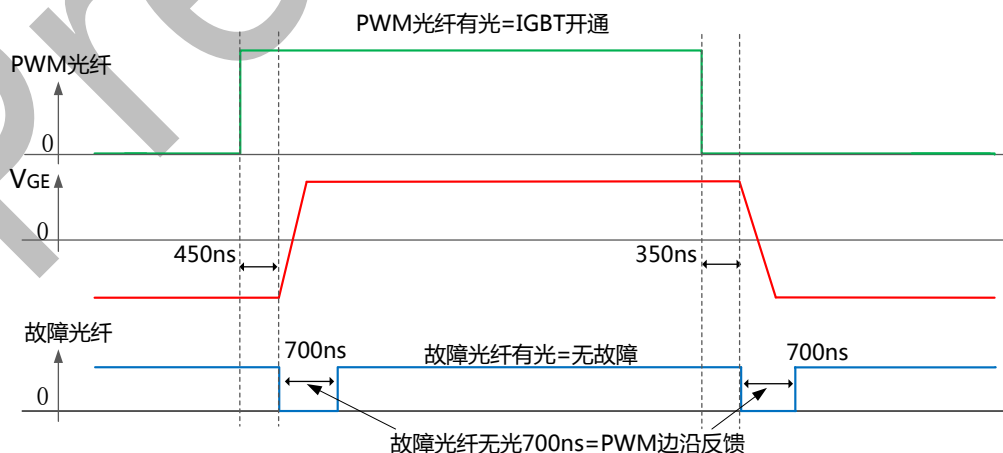


图 18a 正常情况下

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。

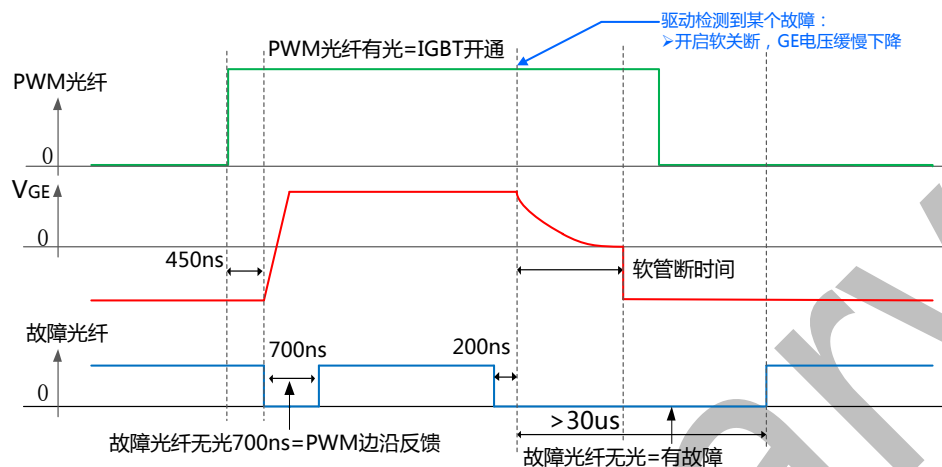


图 18b 故障情况下

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

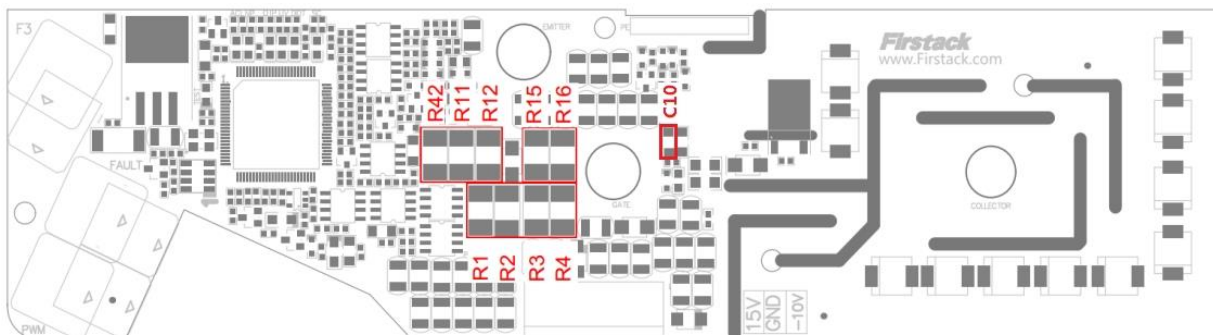


图 19 门极电阻位置指示图

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	3.6Ω//3.6Ω	NC	1.5Ω//1.5Ω	10Ω//10Ω	NC
5SNA 1200G450300	3.6Ω//3.6Ω	NC	1.5Ω//1.5Ω	10Ω//10Ω	220nF
TIM1200ASM45	3.6Ω//3.6Ω	NC	1.5Ω//1.5Ω	10Ω//10Ω	220nF
CM1200HG-90R	3.6Ω//3.6Ω	NC	1.5Ω//1.5Ω	10Ω//10Ω	220nF

备注：针对不同型号 IGBT，驱动板的程序不一样，请勿随意更改门极电阻参数。

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
HV1027-2V	无 di/dt 功能	2 个硬光纤
HV1027-2S	无 di/dt 功能	2 个软光纤

订购信息

HV1027 可以支持多个厂家不同型号的 IHV 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。

选购时，请提供具体的驱动型号，格式如：HV1027P-2V-5SNA1200G450300，表示此驱动板适配硬光纤，带 di/dt 功能，适用于型号为 5SNA1200G450300 的 IGBT 模块。

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

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。

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。

联系方式

电话：+86-571 8817 2737

传真：+86-571 8817 3973

邮编：310011

网址：www.firstack.com

销售：support@firstack.com

地址：杭州市拱墅区祥园路 99 号运河产业大厦 1 号楼 7 楼

