

## 1FSS0560 产品说明书

### 概述

1FSS0560 适用于 3300V/4500V/6500V 的普通 IGBT 模块及压接式模块。5W/60A 的硬件配置使得其可以轻松地支持最大三个大模块并联( $f \leq 2\text{kHz}$  具体根据不同的模块型号而定)，进一步扩大变流器的容量。

1FSS0560 基于 Firstack 领先的数字技术，EMC 特性良好，适用于恶劣的电磁场环境，可在特种装备、轨道交通及智能电网等各个领域广泛使用。

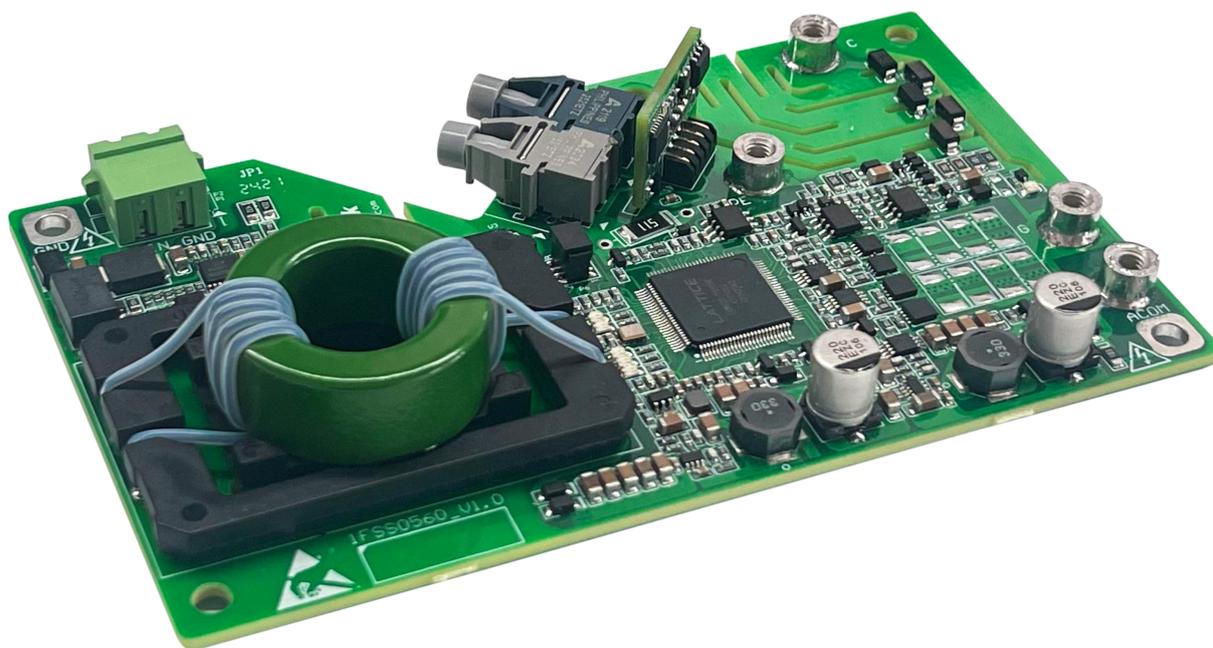


图 1 1FSS0560

## 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 .....	7
光纤型号 .....	7
状态指示灯说明 .....	8
驱动参数 .....	9
主要功能说明 .....	11
◆ 短路保护—di/dt .....	11
◆ 过流保护—OC .....	11
◆ 欠压保护 .....	12
◆ 软关断 .....	12
◆ 有源钳位 .....	13
◆ 脉冲异常保护（预留） .....	13
◆ 故障存储（预留） .....	14
◆ 光纤口告知信号 .....	14
门极电阻位置指示 .....	18
驱动选型 .....	19
适配板方案 1: HMV10126-Adapter-45-V1.0 .....	20
适配板方案 2: A-HMV-33-FZ1200R33HE3 .....	22
适配板方案 3: A-XHPC10126-45-Y0000 .....	24
订购信息 .....	26
技术支持 .....	26
法律免责声明 .....	26
联系方式 .....	26

## 系统框架图

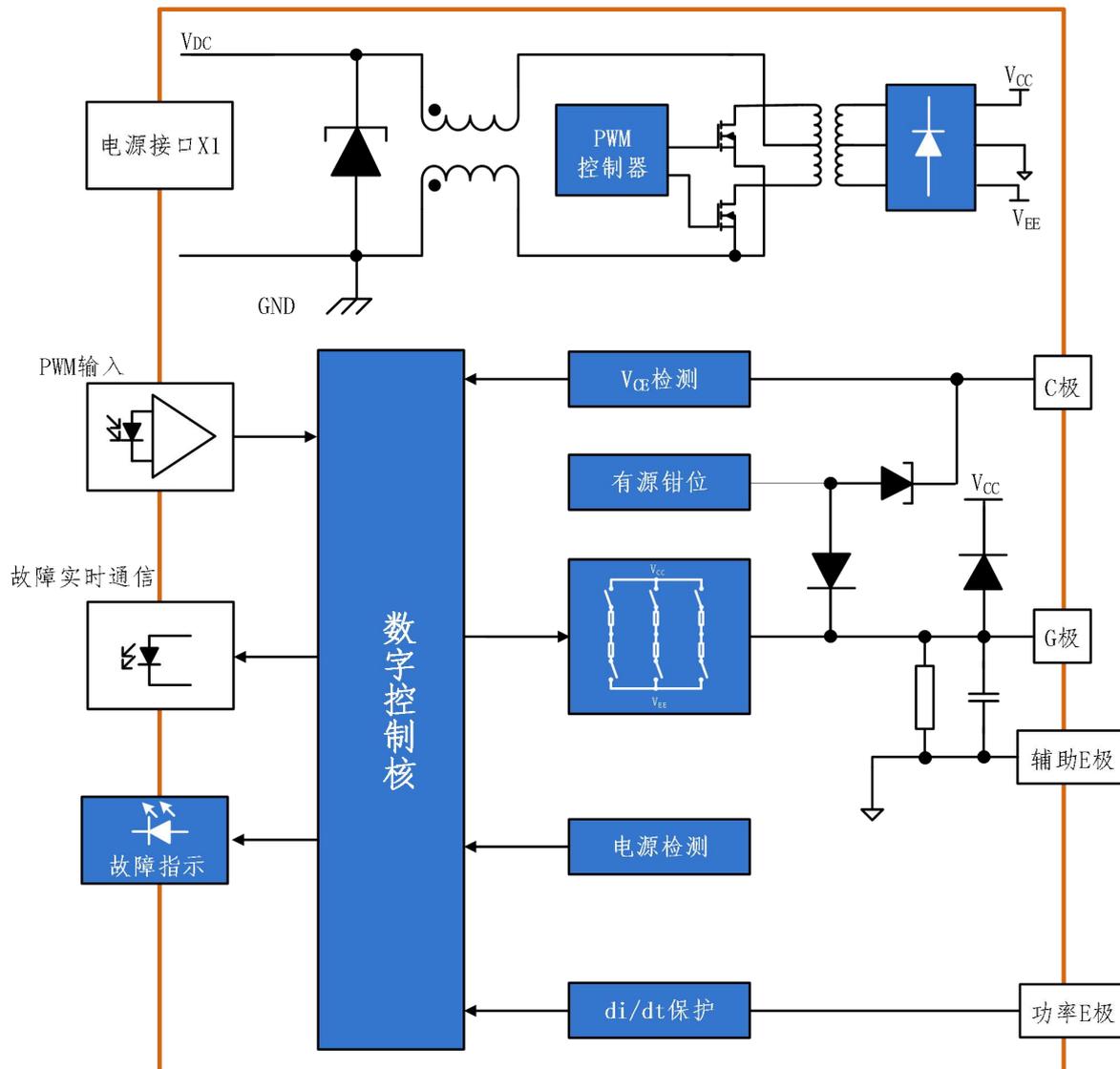


图 2 系统框架图

## 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(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

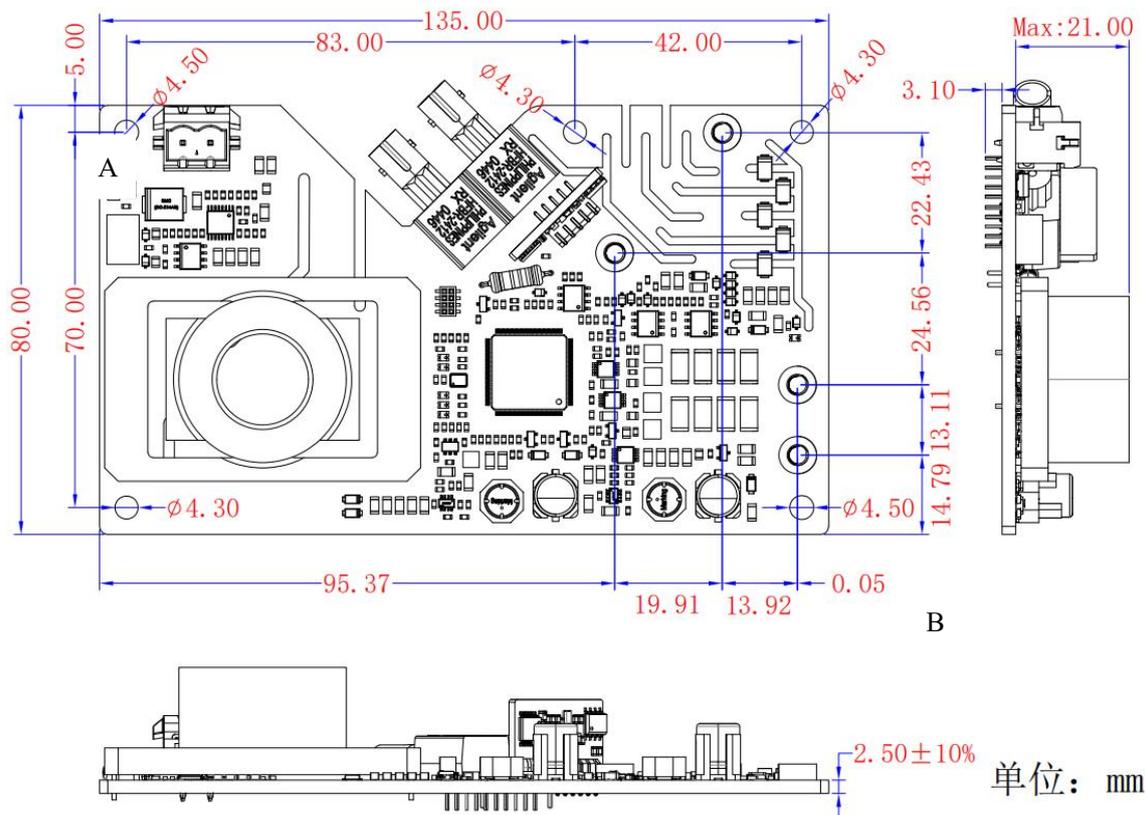


图3 1FSS0560 尺寸图

- 备注：1. 板厚公差 $\pm 10\%$ ；  
 2. 其余尺寸公差参考 GB/T1804-m；  
 3. 图中 A 定位孔与原边输入电源地电气连接；  
     B 定位孔与副边电源的 E 电气连接；  
     其余定位孔均无电气连接

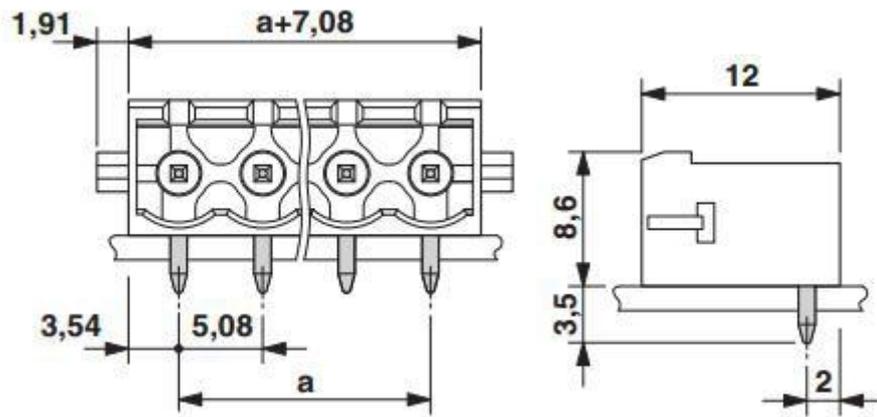


图 4 接插件尺寸图

接插件厂家及型号

序号	标号	厂家	型号	推荐配套端子
1	P1	Phoenix	MSTBA 2, 5/2-G-5, 08-RN - 1926015	FKC 2, 5/2-ST-5, 08-RF-1925692
2	P3, P5, P7, P8	WE		使用 304 不锈钢的 M4 螺丝 扭力: 1.2Nm

备注: 15V 供电

## 引脚定义

P1 引脚定义:

引脚	命名	注释	引脚	命名	注释
1	GND	输入电源地	2	VIN	输入 VIN 电源

## 光纤型号

位号	命名	注释	位号	命名	注释
U1	PWM	HFBR2521Z	U3	FAULT	HFBR1521Z

## 状态指示灯说明

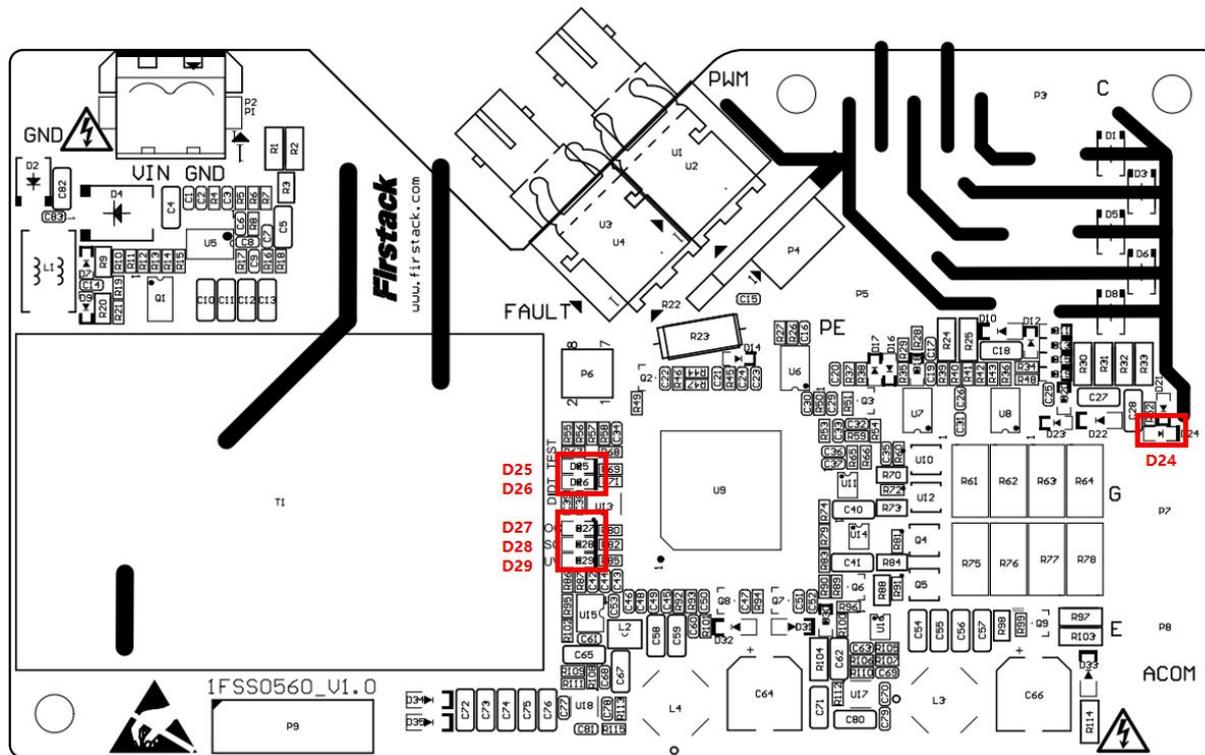


图 5 状态指示灯

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	D25	TEST	供电正常，且无任何故障时亮，否则灭
2	D26	di/dt	一次短路触发即常亮，除非重启
3	D27	OC	一次过流触发即常亮，除非重启
4	D28	SC	一次短路触发即常亮，除非重启
5	D29	UV	一次欠压触发即常亮，除非重启
6	D24	GE	GE 信号指示灯，开通时亮，否则灭

## 驱动参数

### 绝对最大额定值

参数	备注	最小	最大	单位
VDC	对地	14	28	V
门极最大输出电流			60	A
单路输出功率	TA≤85℃		5	W
测试电压 (50Hz/1min)	原边对副边	10500		V <sub>RMS</sub>
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
VDC	15V 输入电压	14.5	15	15.5	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		0.15		A

### 电源监测

正压欠压保护阈值			13		V
负压欠压保护阈值			-7		V

### 短路保护

didt 短路保护响应时间			3.5		μs
阻断时间			90		ms

### 时间特性

开通延时	注 2		840		ns
关断延时	注 3		700		ns
上升时间	注 4		15		ns
下降时间	注 5		15		ns
故障保持时间			32		μs

### 输出特性

门极开通电压		15	V
门极关断电压		-10	V
门极静态阻抗		10	kΩ

### 电气绝缘

爬电距离	原副边, 注 6	45	mm
电气间隙	原副边	42	mm

除非有特殊说明, 所有的数据都是基于+25℃环温以及  $V_{dc}=15V$  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. 开通延时: 在不连接 IGBT 的情况下, 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;
3. 关断延时: 在不连接 IGBT 的情况下, 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;
4. 上升时间: 在不连接 IGBT 的情况下, 从门极关断电压 (-10V) 的 10% 至门极开通电压 (+15V) 的 90% 的时间量;
5. 下降时间: 在不连接 IGBT 的情况下, 从门极开通电压 (+15V) 的 90% 至门极关断电压 (-10V) 的 10% 时间量;
6. 爬电距离: 参照 IEC61800-5-1-2007, 满足海拔 2km 以下, 污染等级 2 的基本绝缘要求。

## 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。

当驱动判定 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。

与基本  $V_{CE}$  的短路保护相比, di/dt 保护响应更快, 性价比更高, 在多电平应用领域, 有更明显的竞争力。

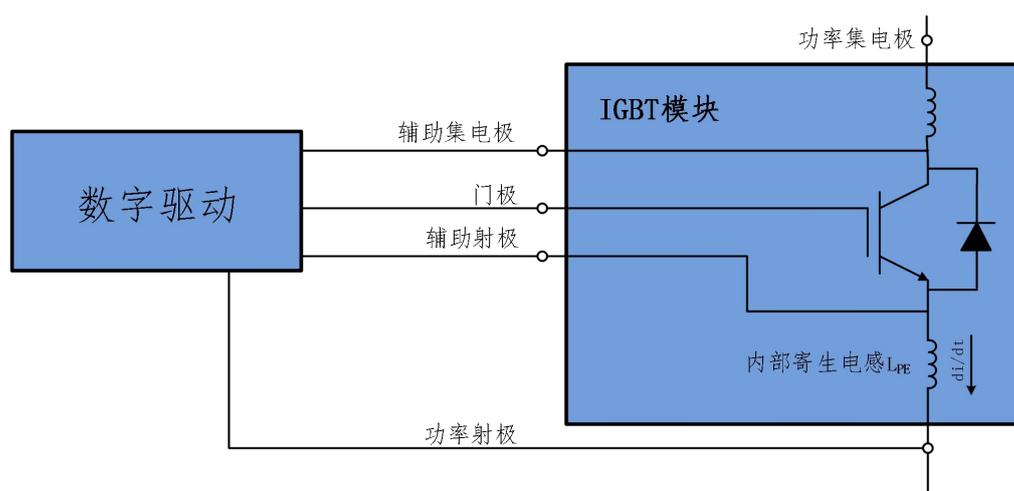


图 6 di/dt 检测电路

### ◆ 过流保护—OC

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。

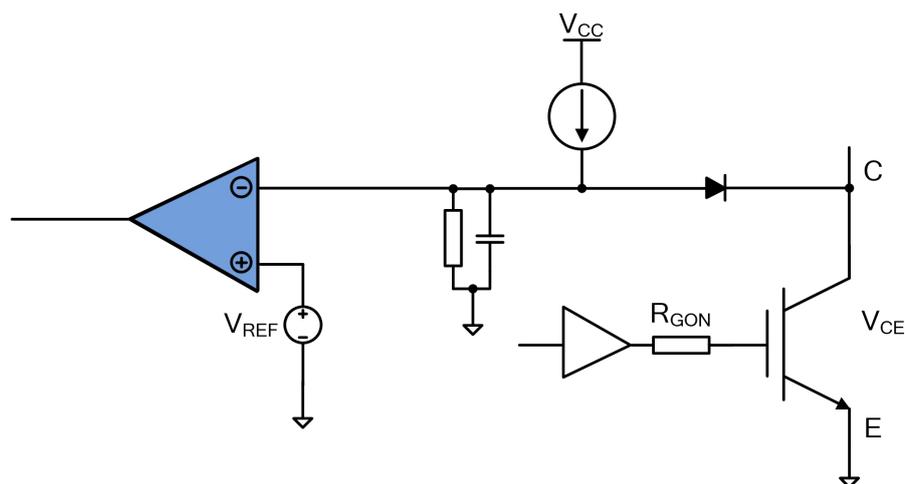


图 7 过流保护检测电路

### ◆ 欠压保护

驱动板同时监测副边正负电源。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，驱动电路将自动封锁 IGBT，同时反馈一个故障信号给上位机。当故障消除后，再经过阻断时间 (block time)，原边的故障口会自动复位。

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  $C_{cc}$  的存在，当桥臂中的某个 IGBT 开通时，其带来的高  $dv/dt$  可通过  $C_{cc}$  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

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。这时，IGBT 所消耗的功率，会瞬时达到兆瓦级。如果不能在很短的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。

为了解决短路时的关断尖峰，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。

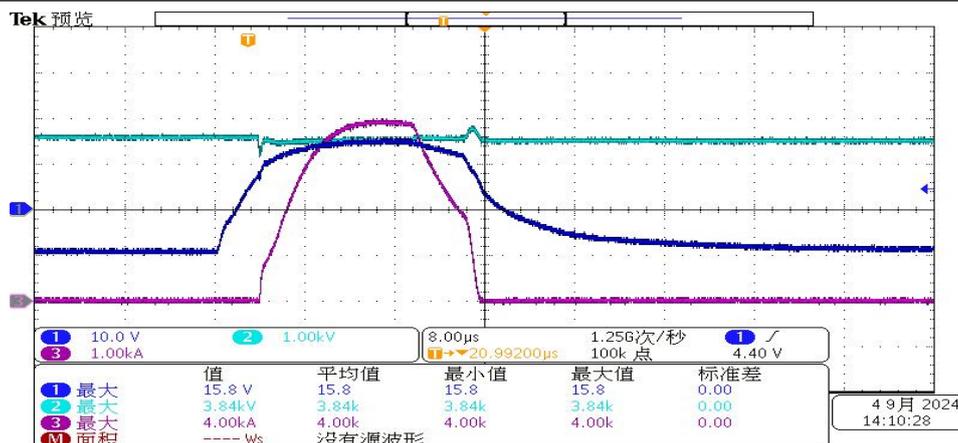


图 8 FZ750R65KE3 在 3600V 下的短路波形

上图中，CH1:VGE（蓝色）；CH2:VCE(青色)；CH3: IC(紫色)

图 8 显示的是由 Firststack IGBT 驱动电路控制的 6500V/750A IGBT (FZ750R65KE3) 在直流母线为 3600V 时的短路波形。短路电流峰值 4280A (5.7 倍于额定电流)，在软关断的作用下， $I_c$  缓慢下降， $V_{ce}$  过冲仅为 280V，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。（TVS 二极管在适配板上）

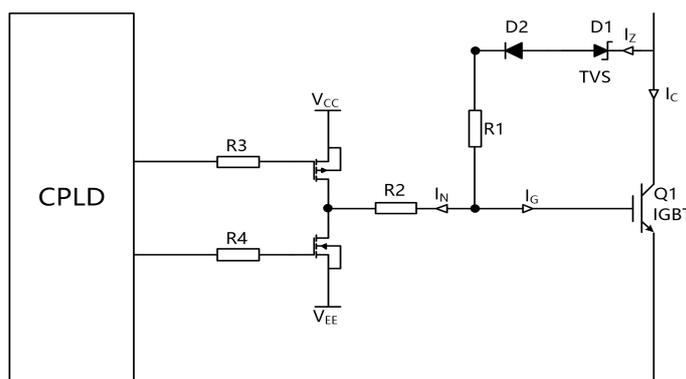


图 9 有源钳位原理示意图

### ◆ 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，会引起管子快速地开通关断，产生极

大的热，对于高压大功率的管子的危害极大，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，若监测到 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。

## ◆ 故障存储（预留）

预留故障类型记录功能。当发生故障后，驱动器自动将首发故障类型（注 1）以故障编码的形式记录在存储卡内，驱动器掉电后不丢失。通过外部软件，可读取故障卡内的信息，最多支持记录 8 种故障类型，分别为 SC、UV、DIDT1、DIDT2、OC1、OC2、OC3、OC4。读取故障时，需配置相关软硬件，详细操作步骤请参考《故障存储功能使用指导手册》。

注解说明：当有多种故障先后发生时，只记录首发故障类型即最先发生的故障类型的信息。

## ◆ 光纤口告知信号

光纤在使用过程中，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，可兼容两种模式，具体如下：

模式一：兼容 Power Integrations 故障协议

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，故障光纤头的灯都会熄灭短暂的 700ns，作为接收到指令的应答。

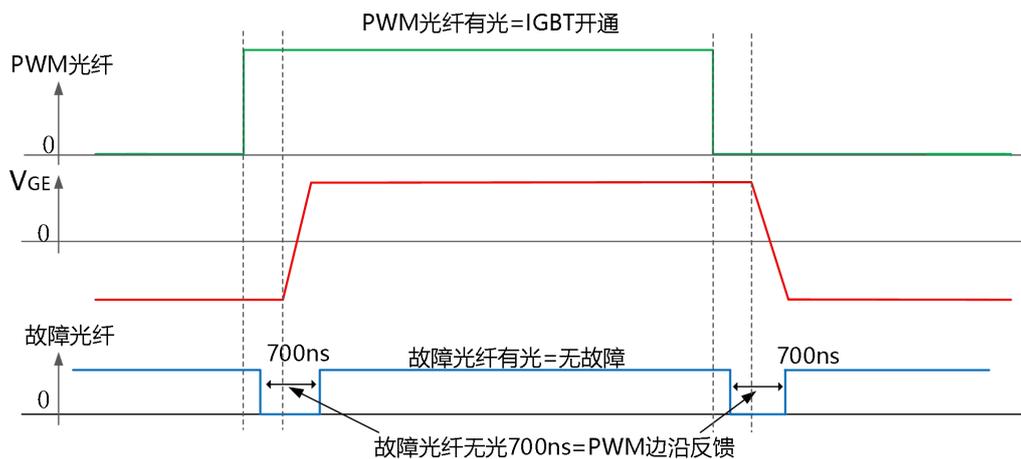


图 10a 正常情况下图示

2、当驱动板检测到故障后，故障光纤头的灯将熄灭 30 $\mu$ s 以上，作为故障信号通知上位机。

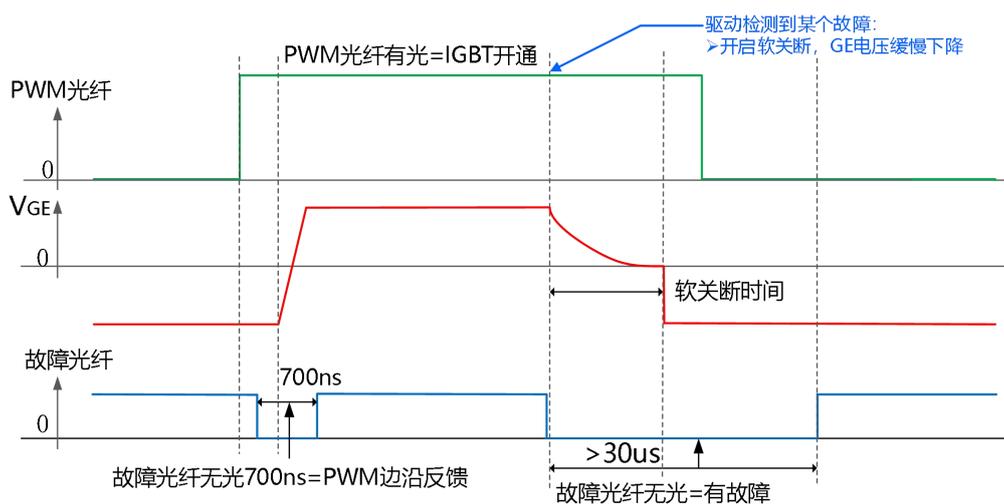


图 10b 故障情况下图示

模式二：兼容 Inpower 故障协议

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，故障光纤头的灯都会熄灭短暂的 1 $\mu$ s，作为接收到指令的应答。

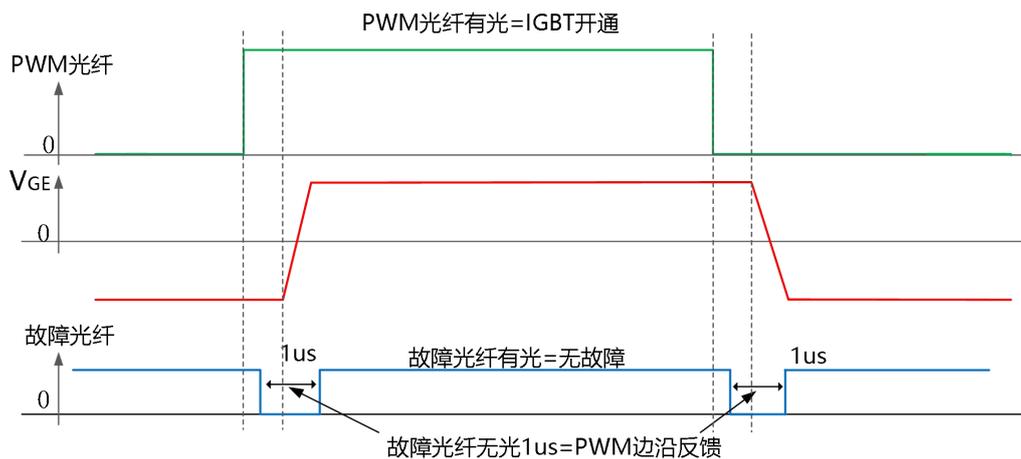


图 10c 正常情况下图示

2、当驱动板检测到 OC1 故障后，故障光纤头将输出  $4.1\ \mu\text{s}$  和 1 个  $0.8\ \mu\text{s}$  的低电平的脉冲，作为故障信号通知上位机。

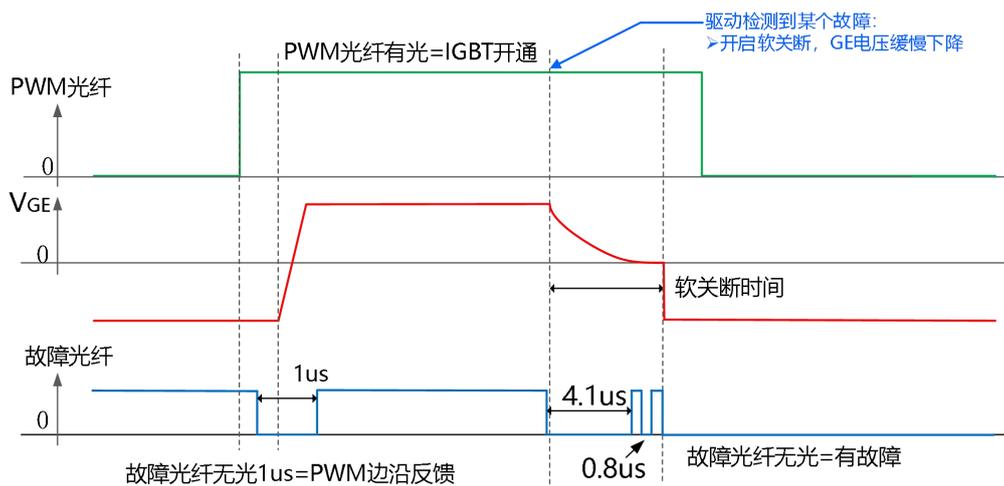


图 10d 触发 OC1 保护图示

3、当驱动板检测到 OC2 故障后，故障光纤头将输出  $4.1\ \mu\text{s}$  和 2 个  $0.8\ \mu\text{s}$  的低电平的脉冲，作为故障信号通知上位机。

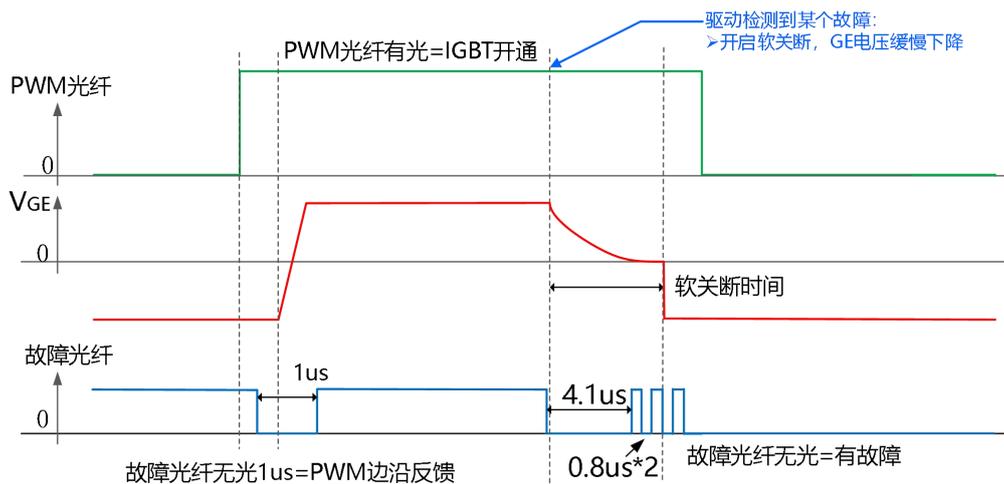


图 10e 触发 OC2 保护图示

4、当驱动板检测到  $di/dt$  故障后，故障光纤头将输出  $4.1\mu s$  的低电平的脉冲，间隔  $0.8\mu s$  后再拉低，作为故障信号通知上位机。

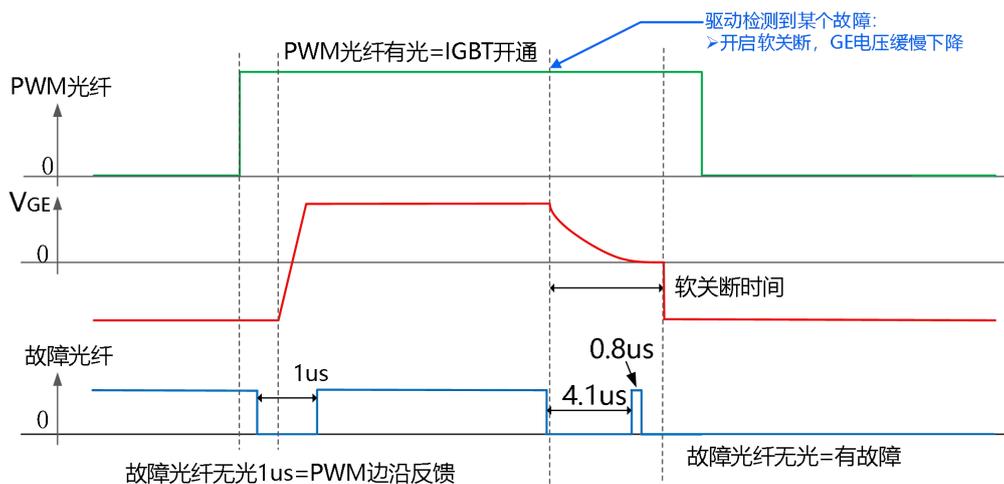


图 10f 触发  $di/dt$  保护图示

门极电阻位置指示

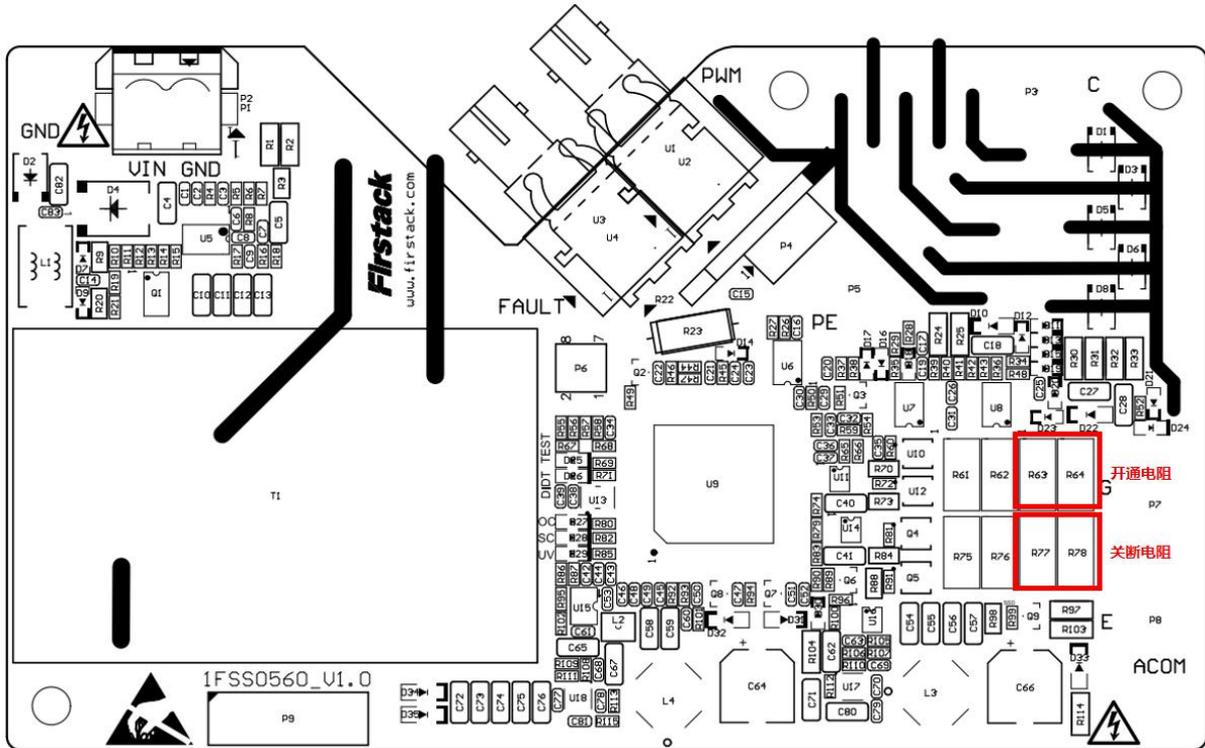


图 11 门极电阻位置指示图

门极参数

$R_{GON}$	$R_{GOFF}$
R63//R64	R77//R78

## 驱动选型

IGBT 型号	型号	存储卡	故障协议	光纤	$R_{GON}$ (核板)	$R_{G OFF}$ (核板)	$C_{GE}$ (适配板)
FZ1200R45HL3	核板: 1FSS0560V45A3C-Y0100	无	Inpower	硬光纤	2.55 $\Omega$	8 $\Omega$	/
	适配板: HMV10126-Adapter-45-V1.0	/	/	/	/	/	100nF
FZ1200R33HE3	核板: 1FSS0560V33E4C-Y02A01	有	特殊协议	硬光纤	1 $\Omega$	$\approx 2* \Omega$ 注 1	/
	适配板: A-HMV-33-FZ1200R33HE3	/	/	/	/	/	220nF
FF450R45T3E4 _B5	核板: 1FSS0560V45A1C-Y0001	无	PI 协议	硬光纤	0 $\Omega$	0 $\Omega$	/
	适配板: A-XHPC10126-45-Y0000	/	/	/	空贴	空贴	空贴

注解说明：“\*”表示等效的开通、关断电阻阻值，推荐的驱动板型号采用了分级关断技术来优化 IGBT 的关断过程，包括延时，损耗，尖峰等等，实际的关断特性需要基于实际的模组和应用条件测试。

## 适配板方案 1: HMV10126-Adapter-45-V1.0

HMV10126-Adapter-45-V1.0 适用于 IHM 等类似封装 IGBT 模块，适配板参数丝印标注如下：

适配板参数	$C_{GE}$ (nF)
HMV10126-Adapter-45-V1.0	100nF

适配板参数位置	$C_{GE}$
HMV10126-Adapter-45-V1.0	C1

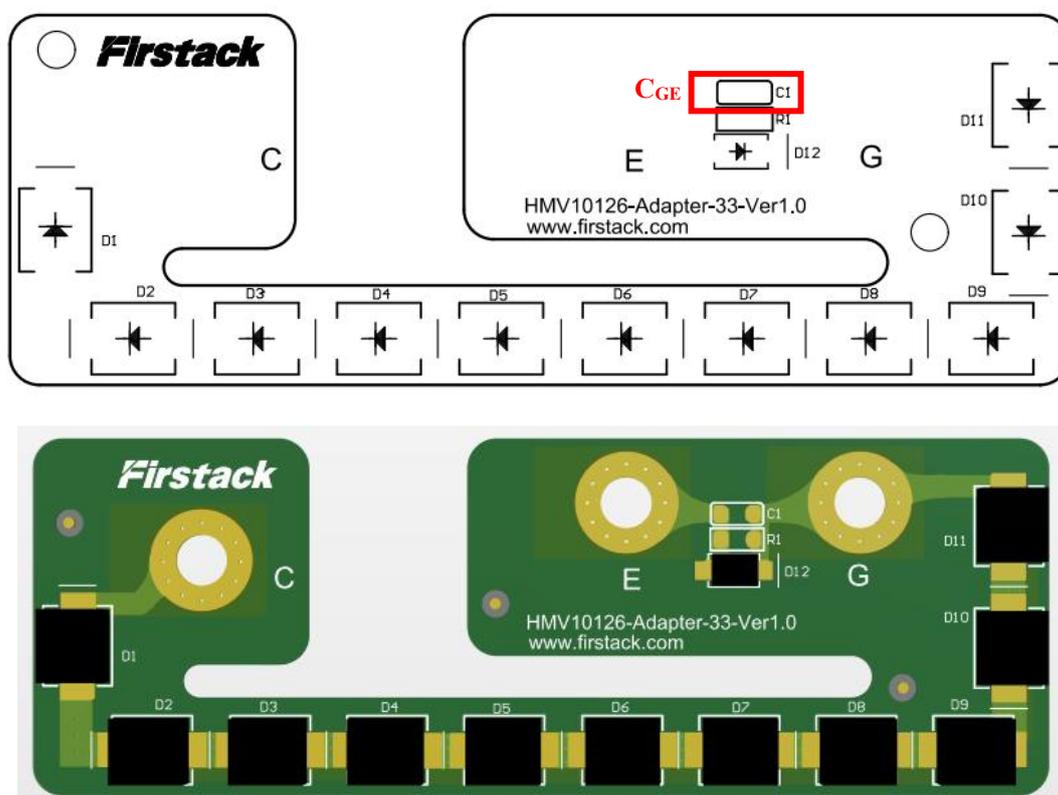


图 12 HMV10126-Adapter-45-V1.0 示意图

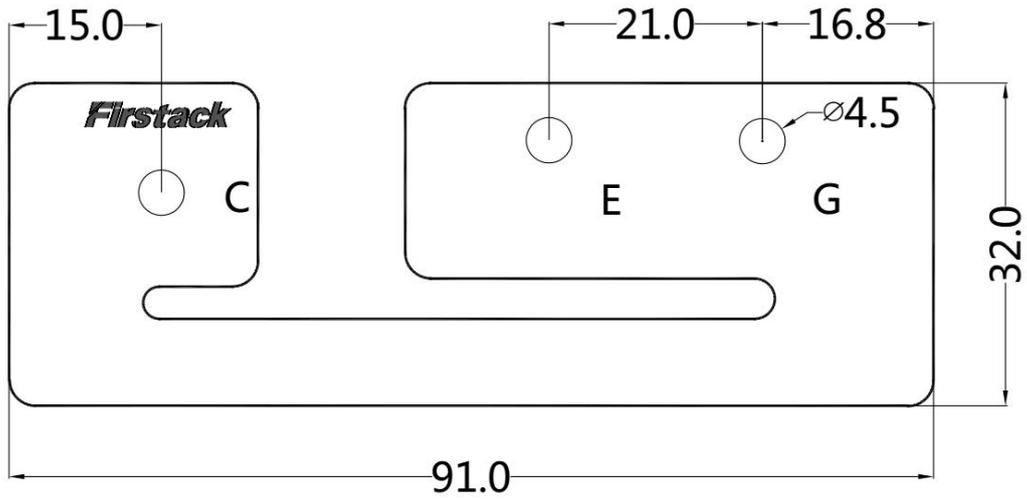


图 13 HMV10126-Adapter-45-V1.0 机械尺寸图 (单位: mm)

## 适配板方案 2: A-HMV-33-FZ1200R33HE3

A-HMV-33-FZ1200R33HE3 适用于 IHM 等类似封装 IGBT 模块，适配板参数丝印标注如下：

适配板参数	$C_{GE}$ (nF)
A-HMV-33-FZ1200R33HE3	220nF

适配板参数位置	$C_{GE}$
A-HMV-33-FZ1200R33HE3	C1

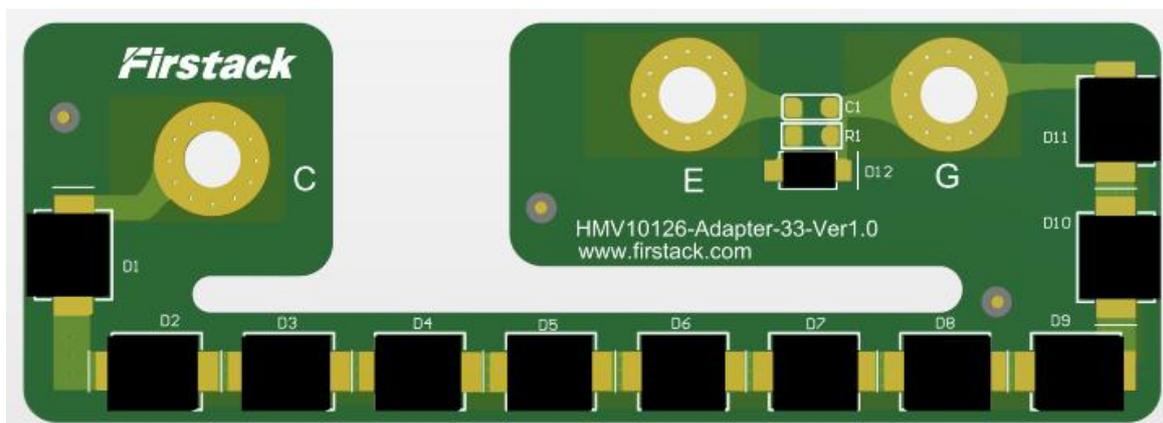
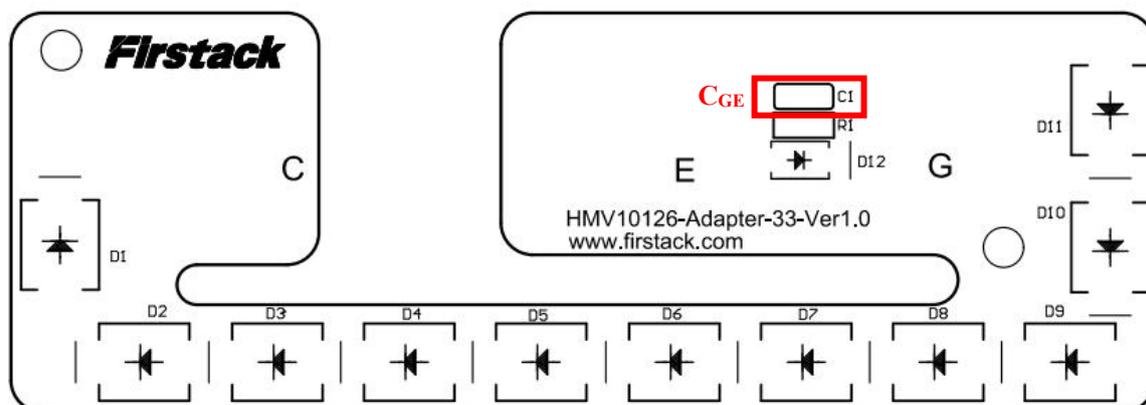


图 14 A-HMV-33-FZ1200R33HE3 示意图

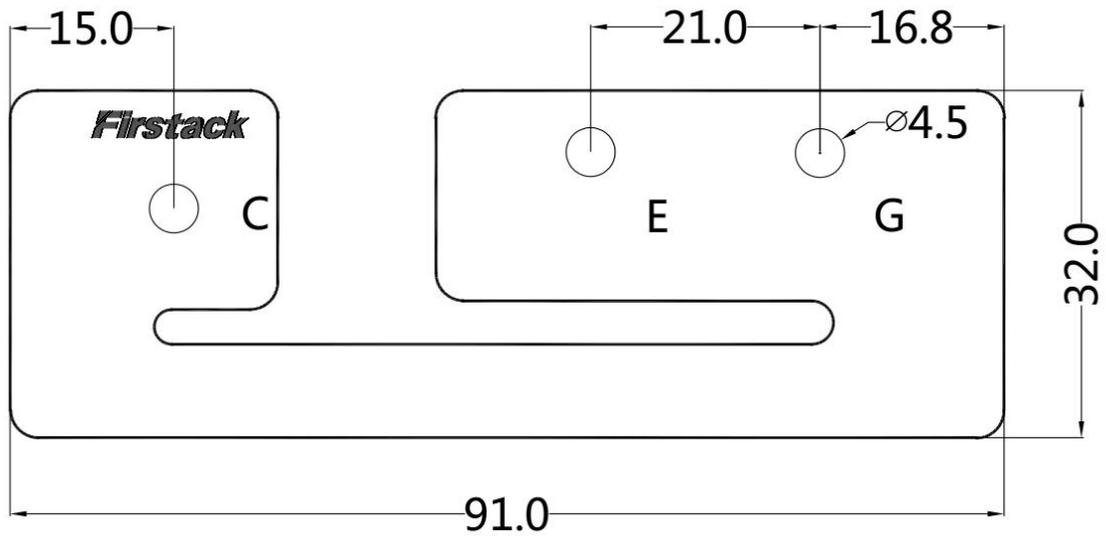


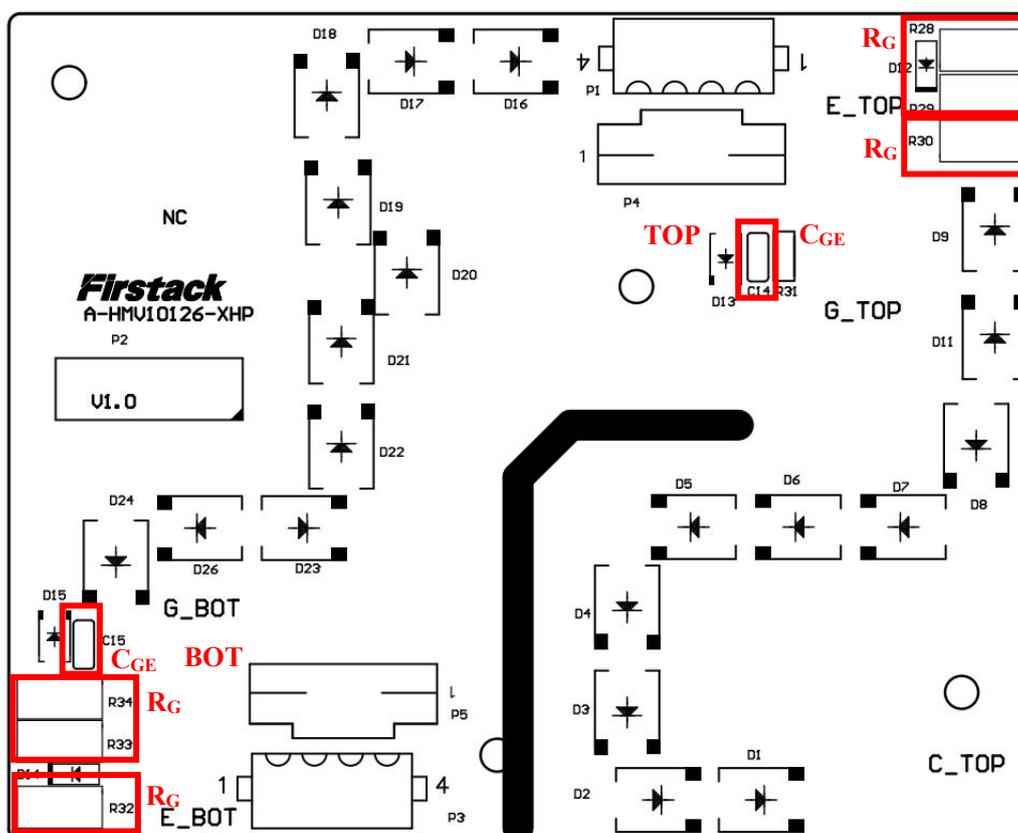
图 15 A-HMV-33-FZ1200R33HE3 机械尺寸图 (单位: mm)

### 适配板方案 3: A-XHPC10126-45-Y0000

A-XHPC10126-45-Y0000 适用于 XHP™3 等类似封装 IGBT 模块, 适配板参数丝印标注如下:

适配板参数	$R_{GON}$ ( $\Omega$ )	$R_{GOFF}$ ( $\Omega$ )	$C_{GE}$ (nF)
A-XHPC10126-45-Y0000	空贴	空贴	空贴

适配板参数位置	$R_{GON}$	$R_{GOFF}$	$C_{GE}$
A-XHPC10126-45-Y0000	TOP: R28//R29//R30 BOT: R32//R33//R34	TOP: R28 BOT: R32	TOP: C14 BOT: C15



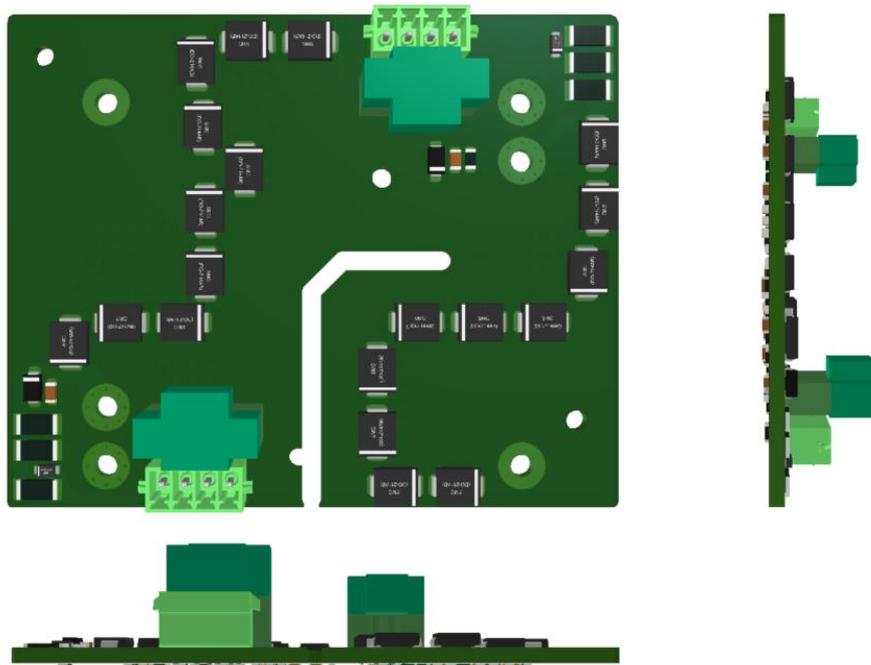


图 14 A-XHPC10126-45-Y0000 示意图

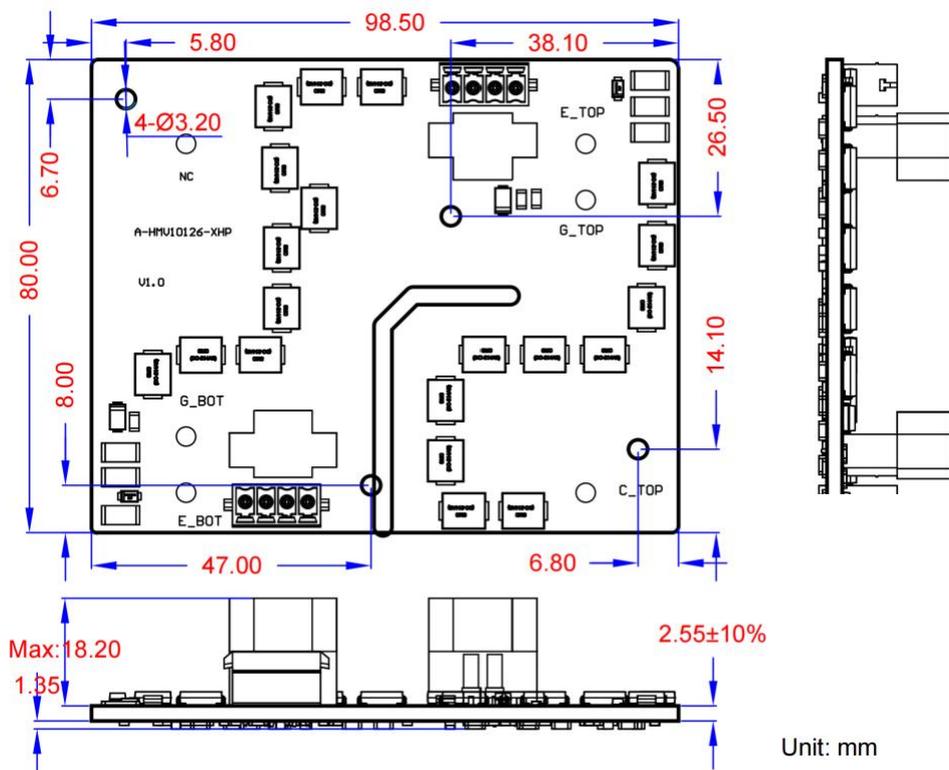


图 15 A-XHPC10126-45-Y0000 机械尺寸图 (单位: mm)

- 备注: 1. 板厚公差±10%;  
2. 其余尺寸公差参考 GB/T1804-m;

## 订购信息

1FSS0560 可以支持多个厂家不同型号的 IHM 及 IHV 封装模块，在选购时，请提供具体的驱动核以及适配板型号，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。

## 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

