

## 2FSD0410-62C 产品说明书

### 概述

2FSD0410-62C 是基于 Firststack 数字技术推出的一款针对 62mm 封装 SiC-MOSFET 的数字驱动板。驱动峰值电流±10A，单路驱动功率为 4W，具有软关断和米勒钳位功能。

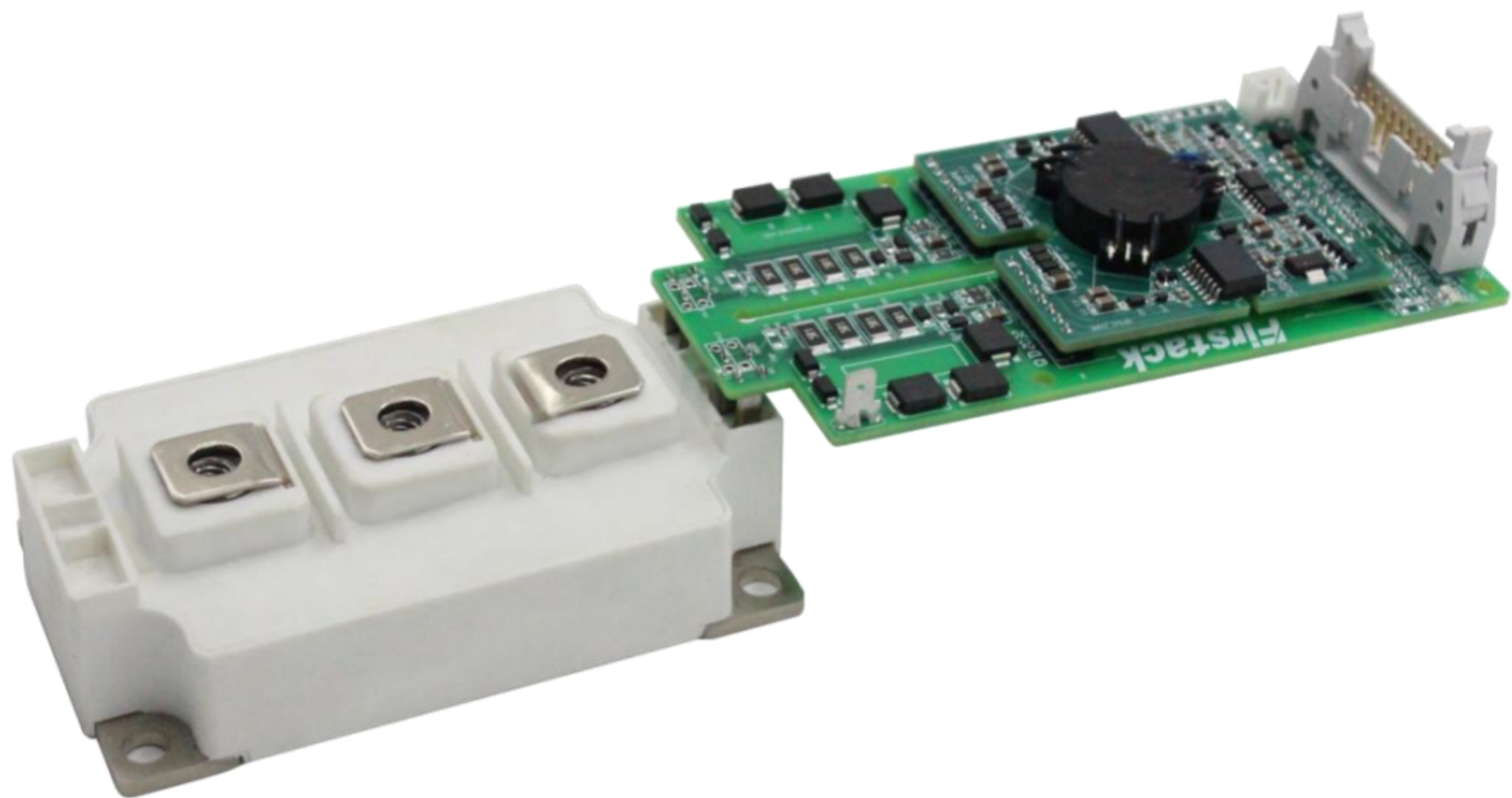


图 1 产品示意图

#### 核心优势：

- ✓ 4W,10A，最大支持 130kHz 的应用
- ✓ 短路保护(软关断)
- ✓ 欠压/过压保护
- ✓ 故障分类

#### 应用：

- ✓ 轨道交通
- ✓ 特种电源
- ✓ 智能电网

## 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
状态指示灯说明 .....	8
驱动参数 .....	9
主要功能说明 .....	14
◆ 温度采集及过温检测 .....	14
◆ 短路保护 .....	14
◆ 欠压保护 .....	16
◆ 软关断 .....	16
◆ 智能故障管理 .....	16
◆ PWM 输入互锁 .....	17
门极电阻位置指示 .....	18
驱动型号参数匹配 .....	19
技术支持 .....	20
法律免责声明 .....	20
联系方式 .....	20

## 系统框架图

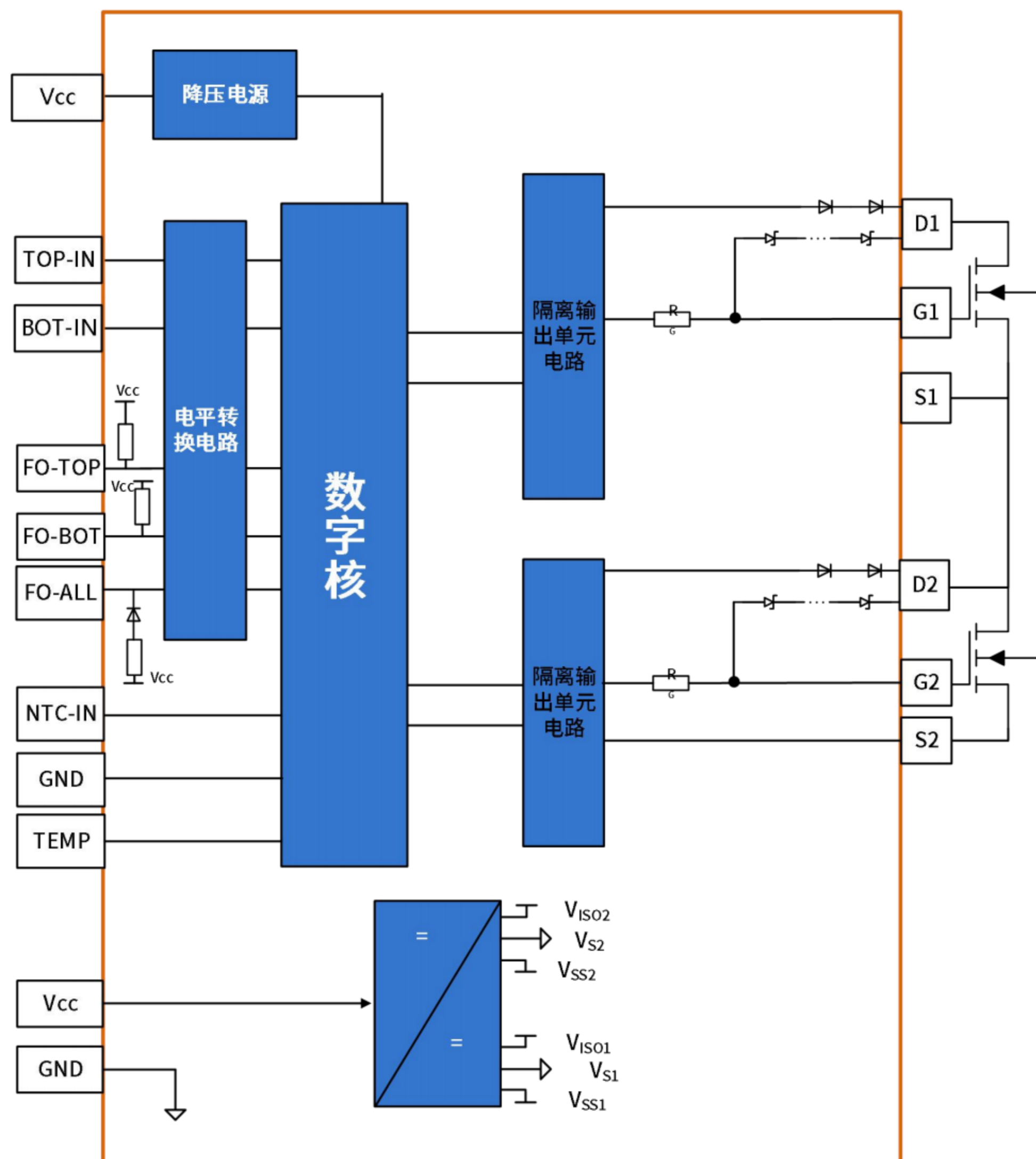


图 2 系统框架图

原边电源输入直流电压  $V_{CC}$ ，通过 DC/DC 电路供电到副边，保证整个驱动的能量输送；原边 PWM 信号输入通过数字核处理后隔离传输至副边，经过相关放大电路得到半导体器件 SiC-MOSFET 或 IGBT 的驱动信号。



## 使用步骤及注意事项

驱动板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 SiC-MOSFET 模块型号。对于非指定 SiC-MOSFET 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 SiC-MOSFET 模块上

对 SiC-MOSFET 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 IEC61340-5-2 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，SiC-MOSFET 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：对于关断和开通状态，额定门极电压在相应的数据手册中给出。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。

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 SiC-MOSFET 模块。Firststack 特别建议用户要确保 SiC-MOSFET 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

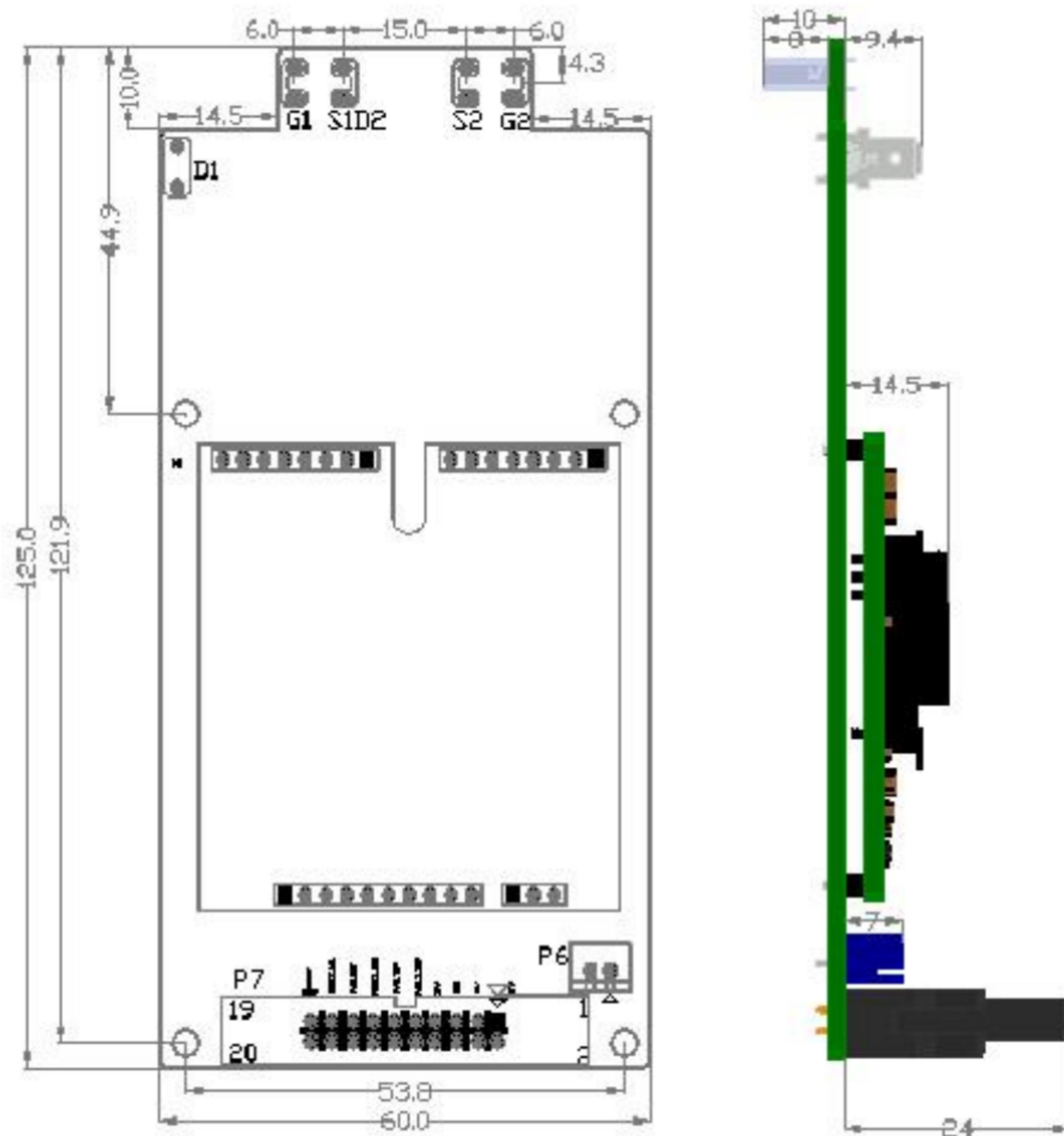


图 3 尺寸图 (单位: mm)

备注: 1.板厚公差 $\pm 10\%$ ;  
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	P7	FCI	71918-220LF	71600-120LF

2	P6	JST	B2B-XH-A	XHP-2
3	D1	Keystone	1285-ST	8291
4	G1, G2, S1D2, S2	Keystone	3534	-



## 引脚定义

### P7 接插件接口定义

管脚	定义	备注	管脚	定义	备注
1	V <sub>CC</sub>	电源+	2	GND	电源地
3	V <sub>CC</sub>	电源+	4	GND	电源地
5	V <sub>CC</sub>	电源+	6	GND	电源地
7	V <sub>CC</sub>	电源+	8	GND	电源地
9	FO-TOP	上管故障输出	10	GND	电源地
11	TOP-IN	上管 PWM 输入	12	GND	电源地
13	FO-BOT	下管故障输出	14	GND	电源地
15	BOT-IN	下管 PWM 输入	16	GND	电源地
17	FO-ALL	故障汇总输出	18	NC	悬空
19	NC	悬空	20	TEMP	温度输出

### P6 接插件接口定义

管脚	定义	备注	管脚	定义	备注
1	NTC-IN1	NTC 输入端子 PIN1	2	NTC-IN2	NTC 输入端子 PIN2

注：NTC 推荐 Littelfuse 的 USUR1000-502G。

## 状态指示灯说明

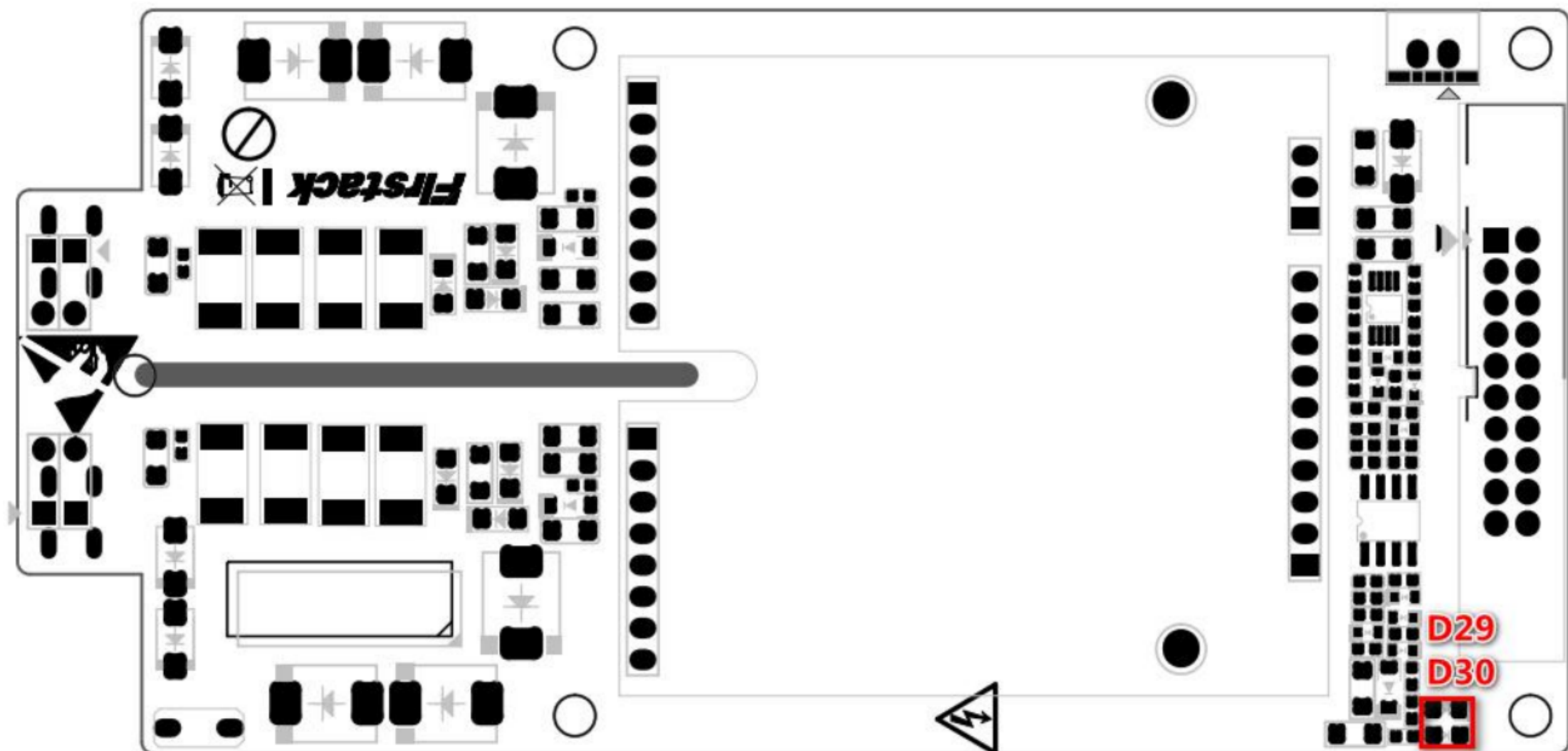


图 4 状态指示灯

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工作状态，具体解释如下：

序号	位号	注释
1	D29	电源指示灯：当电源正常工作，绿灯常亮
2	D30	总故障指示灯：当故障存在会保持红灯常亮，故障消去则灯灭

注：驱动接口的 FO-ALL 信号不推荐电阻分压接入主控板，致使故障灯常亮。



## 驱动参数

### 绝对最大额定值

参数	备注	最小	最大	单位
$V_{CC}$	$V_{CC}$ 对地		16	V
输入输出逻辑电平	对地		16	V
故障输出灌电流能力	故障状态下注 1		100	mA
门极最大输出电流	注 2	-10	+10	A
单路输出功率 $T_a=85^{\circ}\text{C}$	注 3		4	W
测试电压(50Hz/1min)	原边对副边		5000	$V_{RMS}$
开关频率			130	kHz
dv/dt		100		kV/us
工作环境温度		-40	85	$^{\circ}\text{C}$
存储温度		-40	85	$^{\circ}\text{C}$

### 推荐工作条件

参数	备注	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{CC}$	注 4	14.5	15	15.5	V
	注 5	11.5	12	12.5	V
$IN_x$	IN1, IN2		$V_{CC}$		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 6		50		mA
耦合电容	原副边		10		pF
<b>电源监测</b>					
副边欠压阈值			11.8		V
副边欠压恢复			12.9		V
原边欠压阈值	注 4		13.4		V
	注 5		10.4		V
原边欠压恢复	注 4		13.7		V
	注 5		10.9		V
原边过压阈值	注 4		16.5		V
	注 5		13.3		V
原边过压恢复	注 4		16		V
	注 5		12.8		V
<b>输入输出逻辑</b>					
输入阻抗			3.7		kΩ
开通阈值		10			V
关断阈值				2	V
SOx 输出电位			Vcc		V
<b>短路保护</b>					
V <sub>CE</sub> 监测阈值			9		V
响应时间	注 7		1.5		us
软关断电平			-5		V

软关断时间		200	us
软关断电阻		39	Ω
阻断时间		90	ms
时间特性			
开通延时	注 8	250	ns
关断延时	注 9	250	ns
上升时间	注 10	25	ns
下降时间	注 11	15	ns
故障保持时间		90	ms
死区时间	注 12	0.5	us
输出特性			
关断电压		-5	V
开通电压	注 4	15	V
	注 5	20	V
米勒钳位启动电压		-3	V
门极静态阻抗		20	kΩ
NTC 检测			
输出频率	固定频率	31.5	kHz
开通时间	注 13	0.125*（Tntc+40）+2	
检测温度范围	注 14	-40	125
过温温度		125	℃
有源钳位			
阈值	1700V 模块	1450	V
	1200V 模块	1010	V



## 电气绝缘

测试电压(50Hz/1min)	原边对副边	5000	$V_{RMS}$
爬电距离	原边对副边	10.5	mm
	副边对副边	8	mm
电气间隙	原边对副边	8	mm
	副边对副边	6	mm

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

### 注解说明：

- 故障输出灌电流能力:故障 OD 上拉 10k 电阻到  $V_{CC}$ ;
- 门极最大输出电流:最大输出电流为脉冲峰值电流;
- 输出功率需保证核板芯片不超过结温,跟模块型号、开关频率相关;
- 对应核板型号为 2FSDC410-SiC, 副边正负压全压为 25V
- 对应核板型号为 2FSC0410-SiC-20V, 副边正负压全压为 20V
- 电源电流: 驱动核连接 SiC-MOSFET, 无 PWM 输入;
- 响应时间: 从发生故障到开始执行软关断的时间; 可通过适配板并联电容增加响应滤波时间;
- 开通延时: 不连接 SiC-MOSFET 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;
- 关断延时: 不连接 SiC-MOSFET 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;
- 上升时间: 不连接 SiC-MOSFET 的条件下, 从门极关断电压的 10%至门极开通电压的 90%的时间量;
- 下降时间: 不连接 SiC-MOSFET 的条件下, 从门极开通电压的 90%至门极关断电压的 10%的时间量;
- 死区时间: 输入驱动核死区时间 $\leq 0.5\mu s$  则驱动核生成 0.5 $\mu s$  死区, 输入驱动核死区时间 $> 0.5\mu s$  则按照输入死区;

13. NTC 建议使用 Littelfuse 的 USUR1000-502G, Tntc 表示 NTC 电阻的温度 (°C) ;
14. 低于-40°C按照-40°C输出, 高于 125°C按照 125°C输出;

## 主要功能说明

### ◆ 温度采集及过温检测

驱动输出 5V，31.5kHz 方波（周期 31.75us），不同温度对应不同占空比。若用户将数字信号低通滤波转换成模拟量，则建议滤波截止频率 $\leq 2\text{kHz}$ 。NTC 建议使用 Littelfuse 的 USUR1000-502G，温度 Tntc (°C) 和 Temp 输出高电平时间的关系式为： $\text{TEMP\_H} = 0.125 * (\text{Tntc} + 40) + 2\text{us}$ 。

NTC 温度 Tntc (°C)	温度 Temp 输出高电平时间 TEMP_H (us)
<-40	2（下限削顶）
-40	2
0	7
40	12
80	17
120	22
125（OT 点）	22.625
>125	22.625（上限削顶）

NTC 温度 $\geq 125^{\circ}\text{C}$ 触发过温 OT 故障，当温度下降到 $\leq 110^{\circ}\text{C}$ ，OT 故障清除。

### ◆ 短路保护

$V_{\text{DS}}$  电压通过二极管来检测。当  $V_{\text{DS}}$  电压超过设定阈值，驱动判定 SiC-MOSFET 处于短路状态，驱动将启动软关断，将 SiC-MOSFET 缓慢的关断，同时将故障返回给上位机。

集电极电压通过高压二极管来检测。当  $V_{\text{DS}}$  电压超过设定阈值，驱动判定 SiC-MOSFET 处于短路状态， 同时将故障返回给上位机。



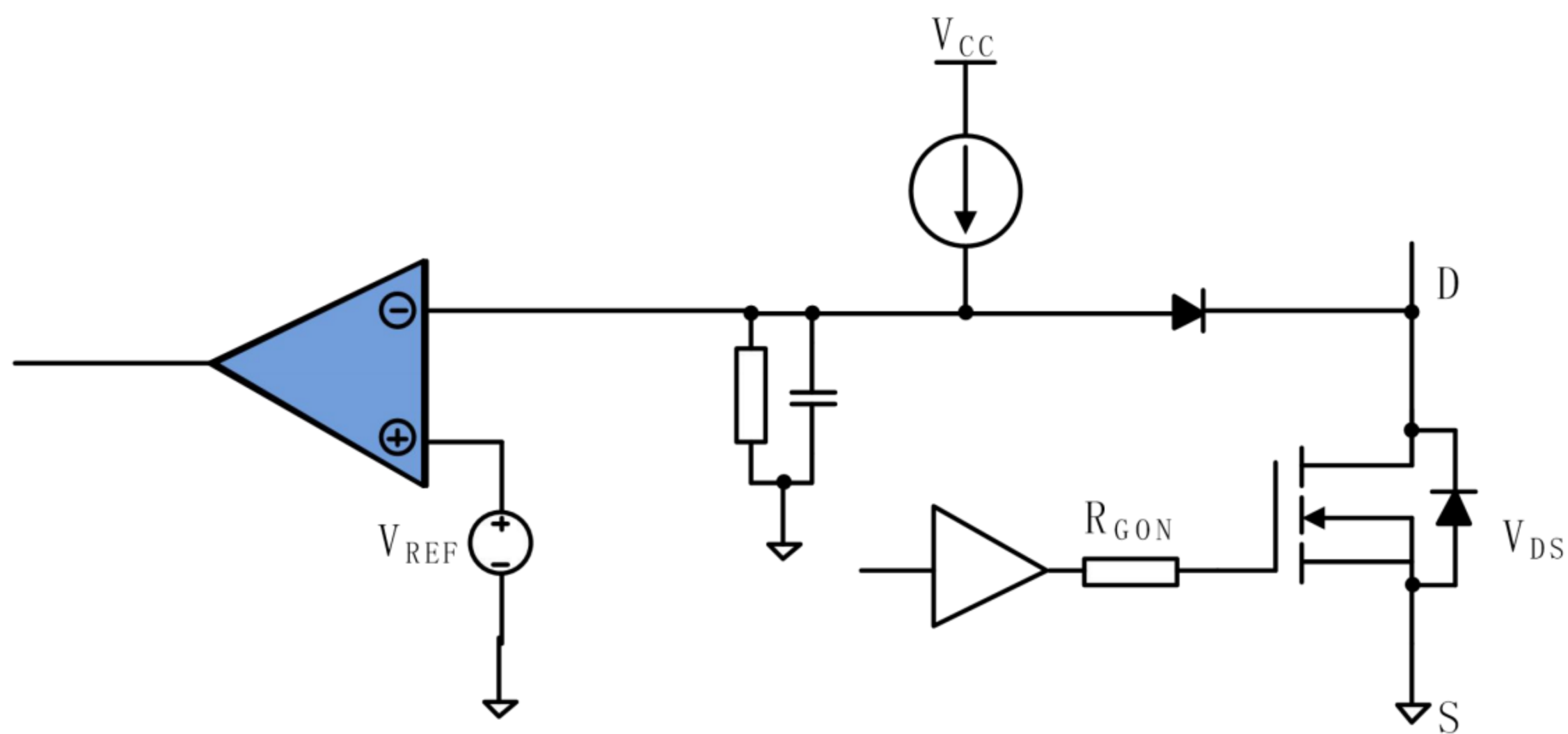


图 5  $V_{DS}$  电压检测电路

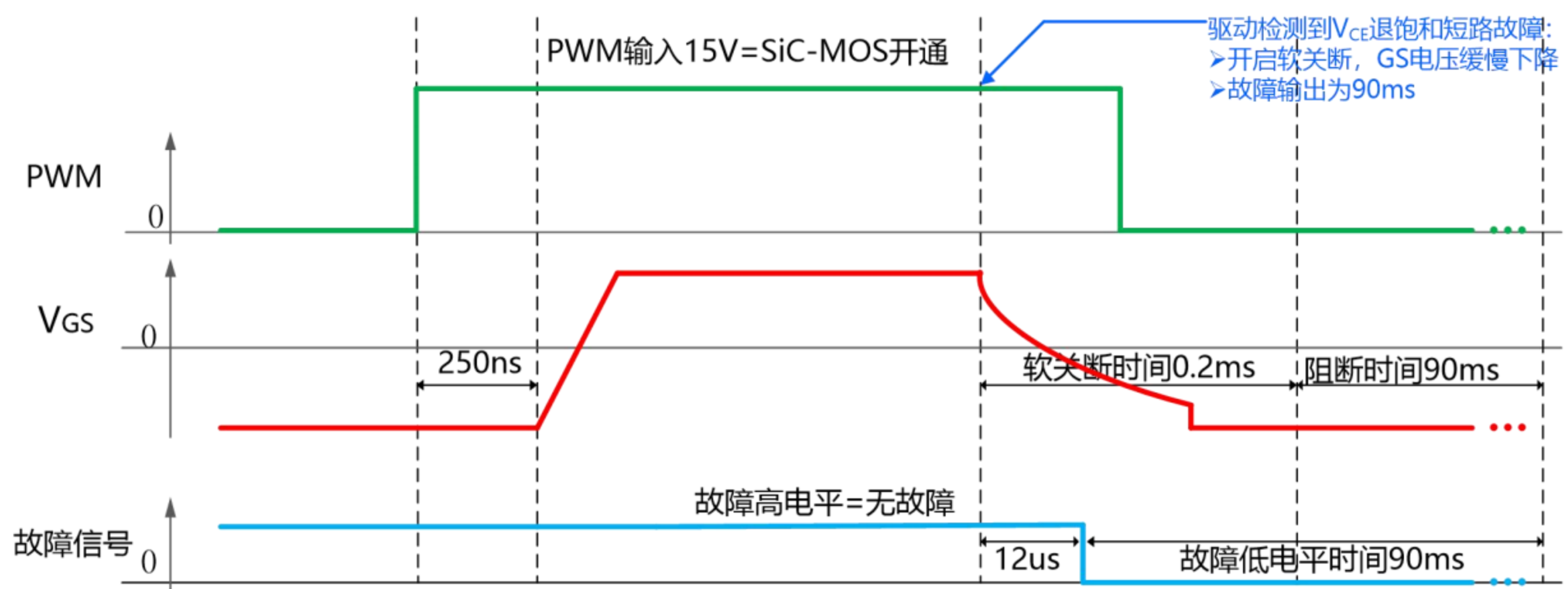


图 6 短路保护逻辑时序图

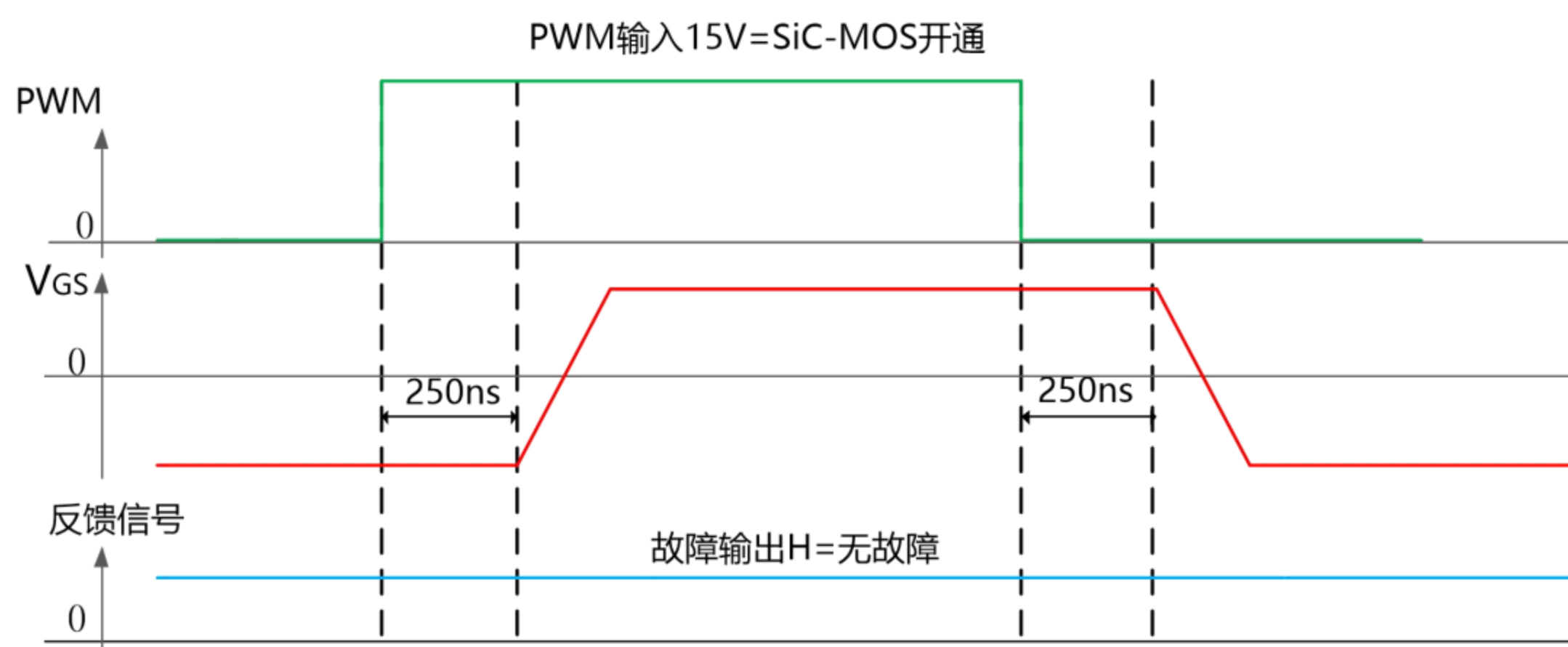


图 7 正常运行逻辑时序图

## ◆ 欠压保护

当原边和副边侧正电压低于阈值电压时，驱动电路将判定发生了欠压故障，驱动会先关断 SiC-MOSFET，再反馈一个故障信号给上位机。

对于 SiC-MOSFET 桥臂，Firststack 智能驱动强烈建议不要让桥臂中的任一个 SiC-MOSFET 工作在欠压状态。由于  $C_{DG}$  电容的存在，当桥臂中的某个 SiC-MOSFET 开通时，其带来的高  $dv/dt$  可通过  $C_{DG}$  电容耦合到另一个 SiC-MOSFET，导致另一个 SiC-MOSFET 微导通。同时，较低的门极电压，将增大 SiC-MOSFET 的开关损耗。

## ◆ 软关断

为了解决短路时巨大的关断尖峰，Firststack 智能驱动电路引入了软关断技术。在 SiC-MOSFET 发生短路直通时，在保证短路时间不超过 3us 的前提下，通过缓慢的降低门极电压  $V_{GS}$ ，既保证了 SiC-MOSFET 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 SiC-MOSFET 的安全。

## ◆ 智能故障管理

驱动核实时检测模块的运行状态，当模块和驱动发生故障时，驱动根据故障状态判断是否做封波处理，并确定上报故障类型。所有故障上报时间均为 90ms。

内容	条件	上下管开关 处理指令	FO-TOP	FO-BOT	FO-ALL
无故障		不处理	H	H	H
SC-TOP UVLO-TOP	$V_{dssat} \geq 9V$ 或者 $V_{VDD\_H}$ 欠压	OFF	L	H	L
SC-BOT UVLO-BOT	$V_{dssat} \geq 9V$ 或者 $V_{VDD\_L} \leq$ 欠压	OFF	H	L	L
UVLO-Vcc	$V_{IN}$ 欠压	OFF	H	H	L
OVLO-Vcc	$V_{IN}$ 过压	OFF	H	H	L
过温 OT	$T_{ntc} \geq 125^{\circ}C$	不处理	H	H	L

图 8 故障分类示意图

## ◆ PWM 输入互锁

在变流器运行时，当上位机工作异常，或者传输线受到干扰时，有可能使得原本互补的上下管的控制指令出现同高的现象。在桥臂结构中，同高的控制指令将同时开通上下管，引起模块退饱和，产生大量的热，严重时将损坏模块。

为了解决这一问题，驱动器集成了 PWM 互锁功能，当发现上下管两路的 PWM 指令同时为高时，驱动将自动忽略高的指令，但不会返回故障信息。

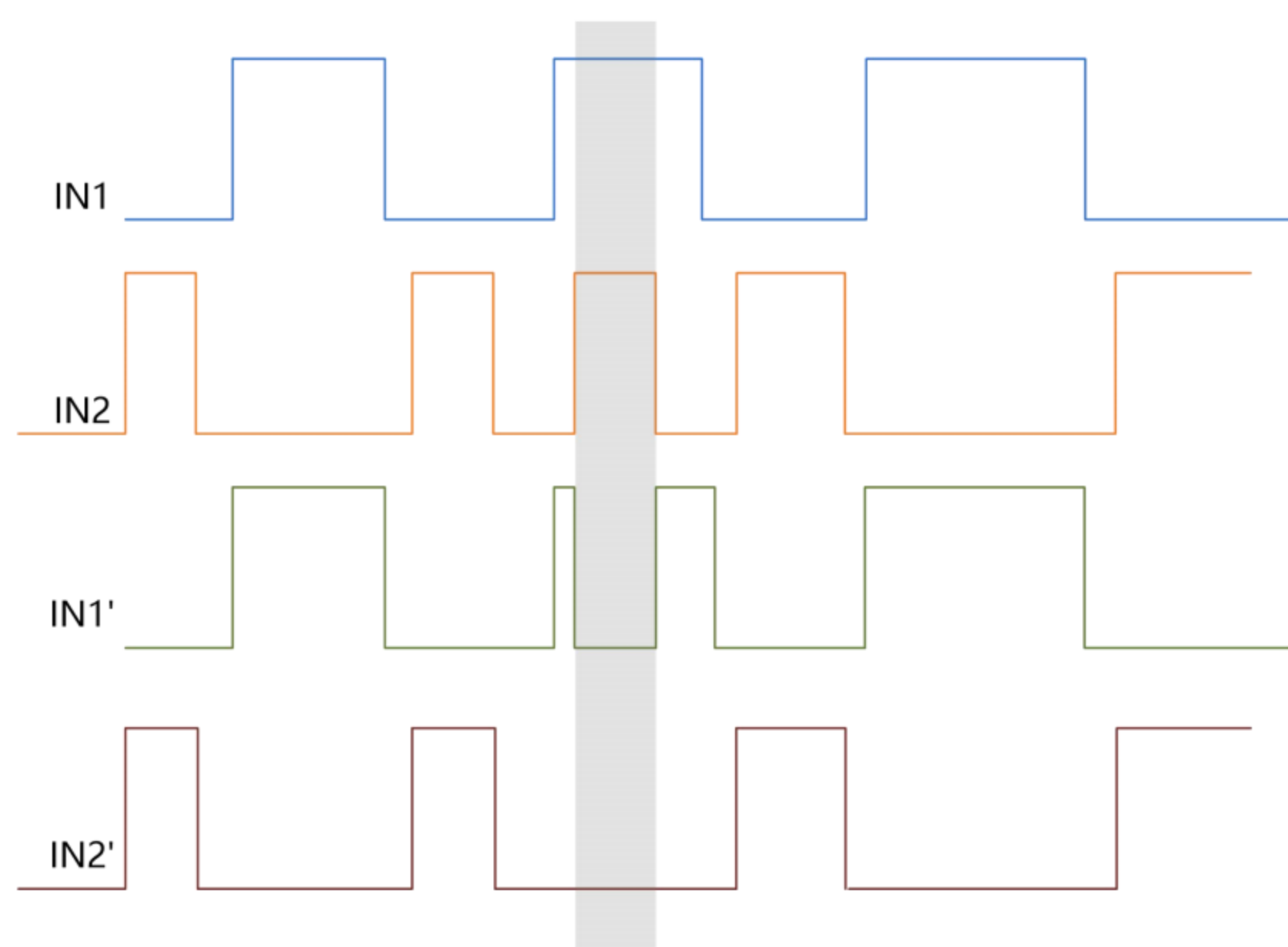


图 9 PWM 互锁时序图



## 门极电阻位置指示

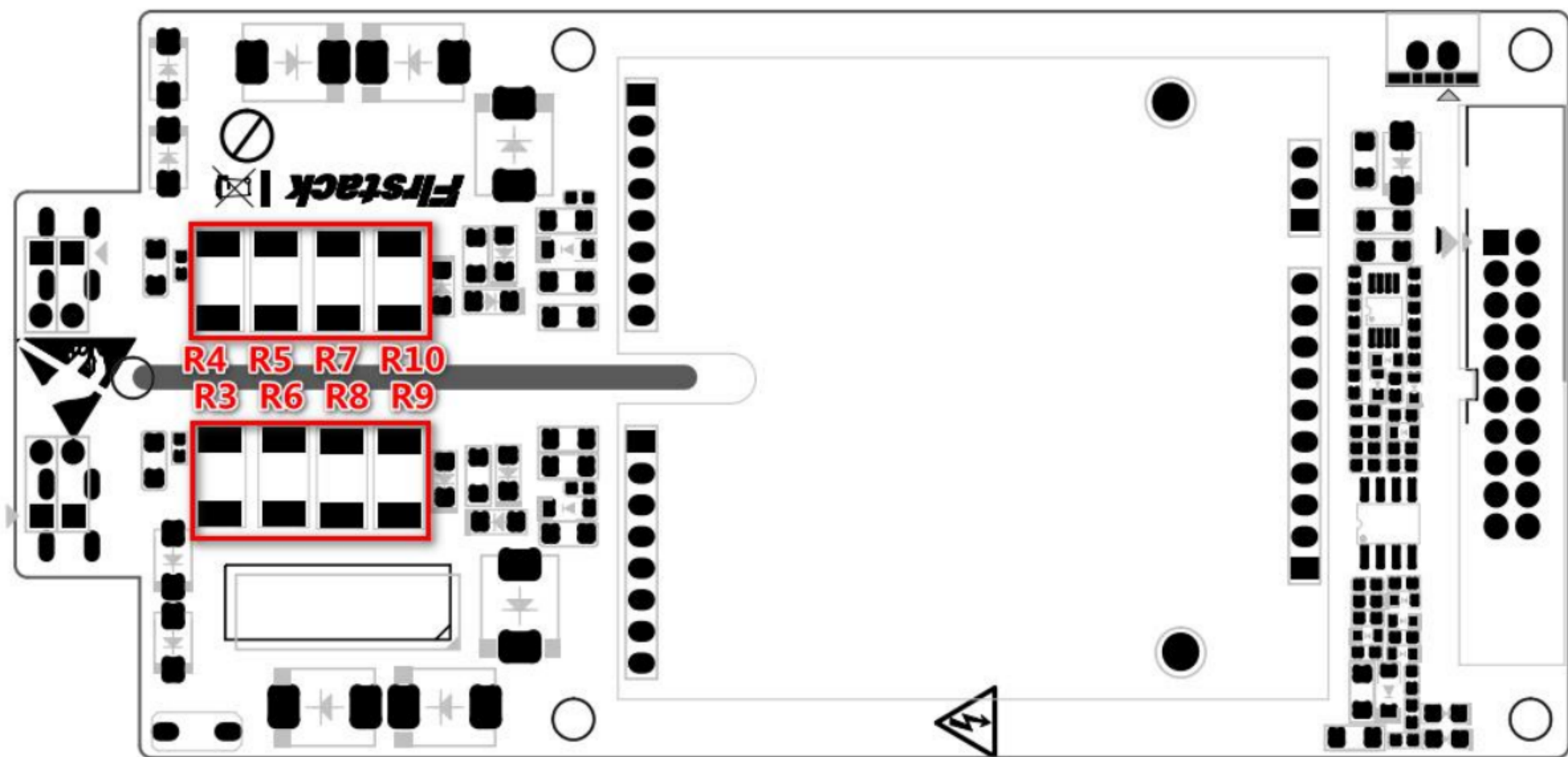


图 10 门极电阻位置指示图

### 门极电阻位置

	$R_{GON}$	$R_{GOFF}$
TOP	R8//R9	R3//R6
BOT	R7//R10	R4//R5

### 常用模块的门极阻值表

驱动型号	$R_{GON}$		$R_{GOFF}$	
	TOP	BOT	TOP	BOT
2FSD0410-62C-CR17	2.55Ω	2.55Ω	2.55Ω	2.55Ω
	2.55Ω	2.55Ω	2.55Ω	2.55Ω
2FSD0410-62C-CR12	2.55Ω	2.55Ω	2.55Ω	2.55Ω
	2.55Ω	2.55Ω	2.55Ω	2.55Ω
2FSD0410-62C-FF12	4.29Ω	4.29Ω	4.29Ω	4.29Ω
	4.29Ω	4.29Ω	4.29Ω	4.29Ω
2FSD0410-62C-WAB12	3.4Ω	3.4Ω	3.4Ω	3.4Ω
	3.4Ω	3.4Ω	3.4Ω	3.4Ω

## 驱动型号参数匹配

产品型号	模块型号	$R_{GON}$	$R_{GOFF}$	有源钳位	$V_{CC}$
2FSD0410-62C- CR12	CAS120M12BM2	2.55Ω	2.55Ω	1010V	15V
	CAS300M12BM2				
2FSD0410-62C- CR17	CAS300M17BM2	2.55Ω	2.55Ω	1450V	15V
2FSD0410-62C- FF12	FF2MR12KM1	4.29Ω	4.29Ω	1010V	12V
	FF2MR12KM1P				
	FF3MR12KM1				
	FF3MR12KM1P				
	FF6MR12KM1				
	FF6MR12KM1P				
2FSD0410-62C-WAB12	WAB300M12BM3	3.4Ω	3.4Ω	1010V	12V
	WAB400M12BM3				

注：订货信息请参考产品型号

## 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

