

SK08110 产品说明书

概述

SK08110 是一款在 HVDC、STATCOM、轨道交通等高可靠性领域开发的针对压接式模块的高端驱动器。通过 Firststack 独有的“数控有源钳位技术”及“分级关断技术”相互协同，可以让模块在 200+nH 杂散电感的换流回路下以任意大电流安全关断。

智能故障管理系统提供 V_{CE} 短路保护、 di/dt 短路保护，PWM 脉冲异常保护等全方位保护措施；数字驱动通过开放保护权限，与控制器一起协同，根据故障危害程度采用不同的保护策略，保证系统安全并且连续平稳地运行。

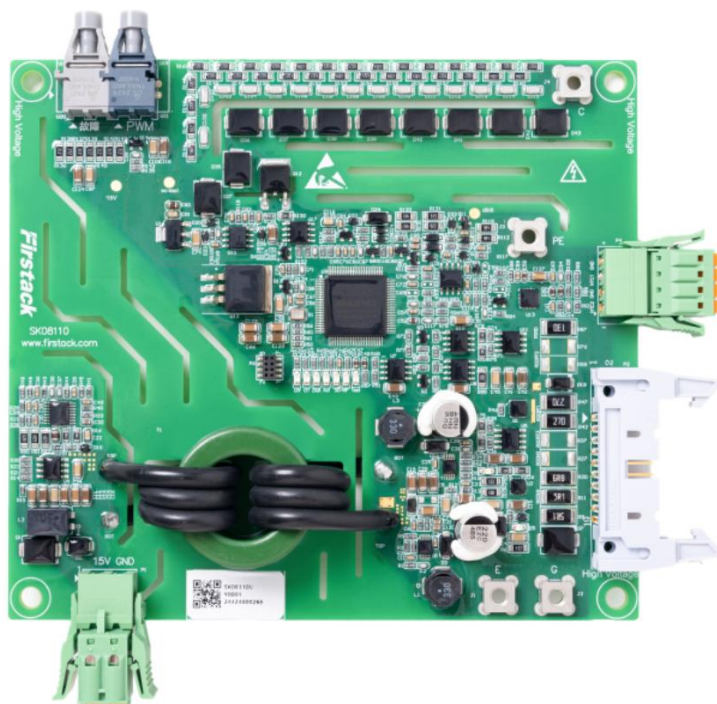


图 1 产品照片 (SK08110V)

核心优势：

- ✓ 驱动功率 8W，门极最大输出电流 80A
- ✓ 适用 4500V、6500V 压接 IGBT/IEGT 模块
- ✓ 通用或 ST 光纤接口
- ✓ 数控高级有源钳位

典型应用：

- ✓ 轨道交通
- ✓ HVDC
- ✓ STATCOM
- ✓ 中压变频器

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.....	7
状态指示灯说明.....	9
驱动参数.....	10
主要功能说明.....	12
◆ 短路保护——didt.....	12
◆ 短路保护—— V_{CE}	12
◆ 欠压保护.....	13
◆ 软关断.....	13
◆ 数控高级有源钳位.....	14
◆ 分级开通.....	14
◆ 分级关断.....	15
◆ 高鲁棒性 DC/DC.....	16
◆ 光纤口告知信号.....	17
◆ 模块温度采样.....	18
门极电阻位置指示.....	21
三防漆.....	23
订购信息.....	23
变更记录.....	24
技术支持.....	24
法律免责声明.....	24
联系方式.....	24

系统框架图

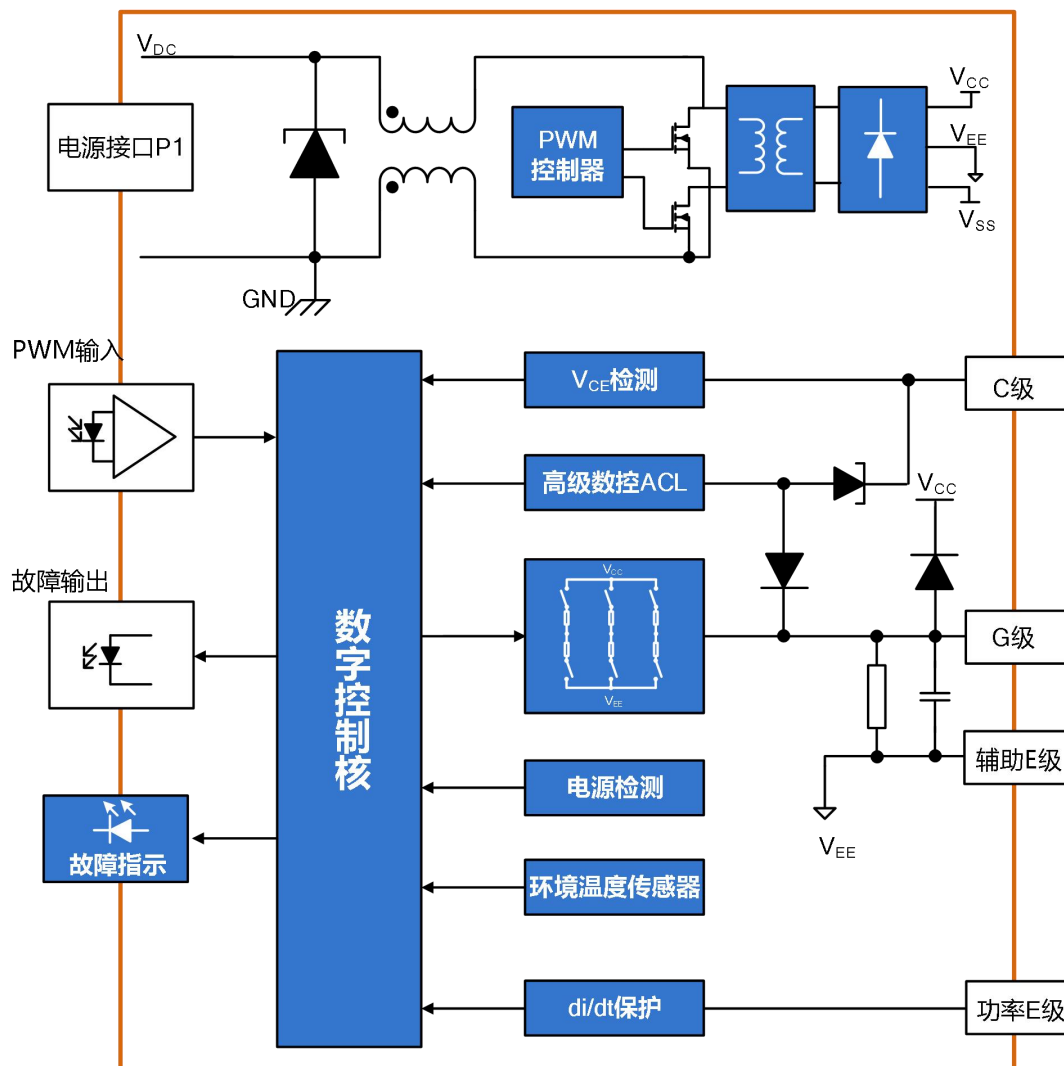


图2 系统框架图

原边提供 15V 直流电压，通过隔离电源得到系统所需的供电电压；PWM 信号通过光纤传输至副边，经过 CPLD 处理得到 IGBT 的驱动信号。

当门极开通时，若没有发生短路故障，则 IGBT 饱和导通，IGBT-CE 两端电压接近零伏，IGBT-CE 检测被复位，软关断电路不启动；若发生短路故障，门极开通的过程中，主功率器件退出饱和区，IGBT-CE 两端电压接近于母线电压，IGBT-CE 检测被置位，驱动启动软关断电路来保护主功率器件，同时故障信号通过光纤传输至控制器；当没有 PWM 信号输入时，门极则一直处于负压关断状态。

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(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

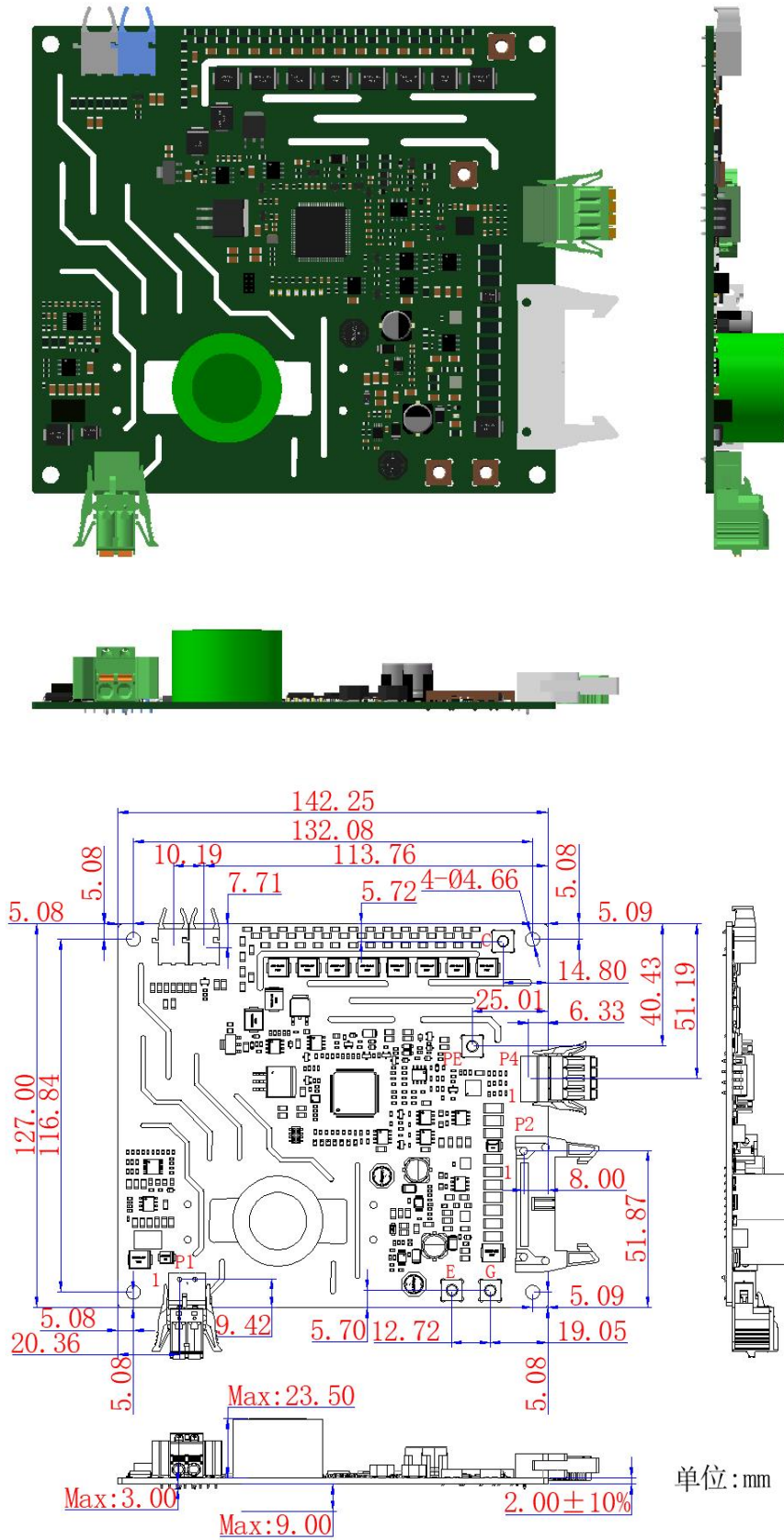


图3 SK08110V 的 3D 及机械尺寸图

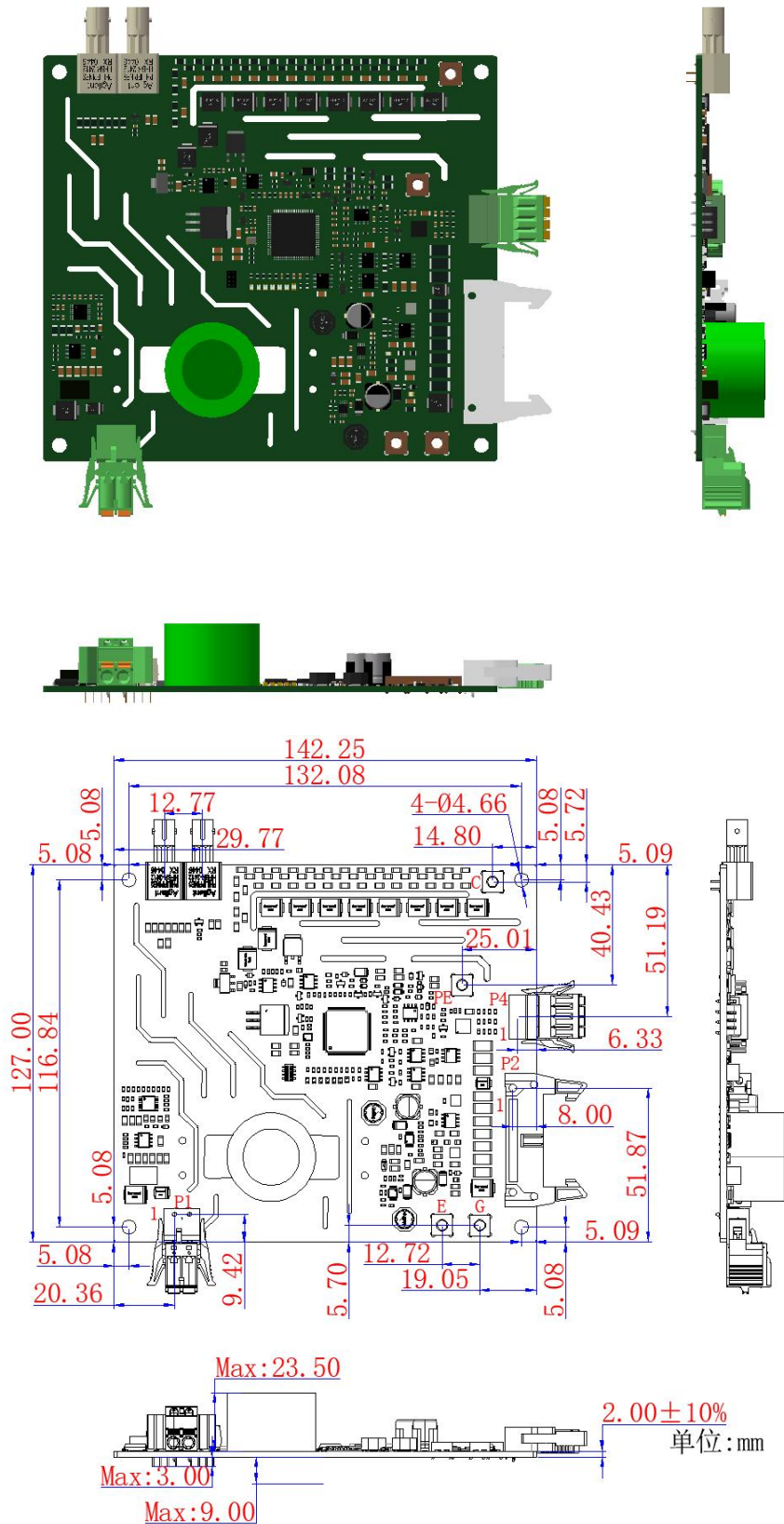


图 4 SK08110 的 3D 及机械尺寸图

注:

1. 板厚公差±10%;
2. PCB 外形尺寸≤400mm, 公差为±0.5mm; PCB 外形尺寸>400, 公差为±0.8mm; 其余尺寸公差参考 GB/T1804-m。
3. 其四个角的固定孔采用 M4 塑料绝缘螺丝固定, 且需要固定在绝缘板上, 否则会有安规问题。

引脚定义

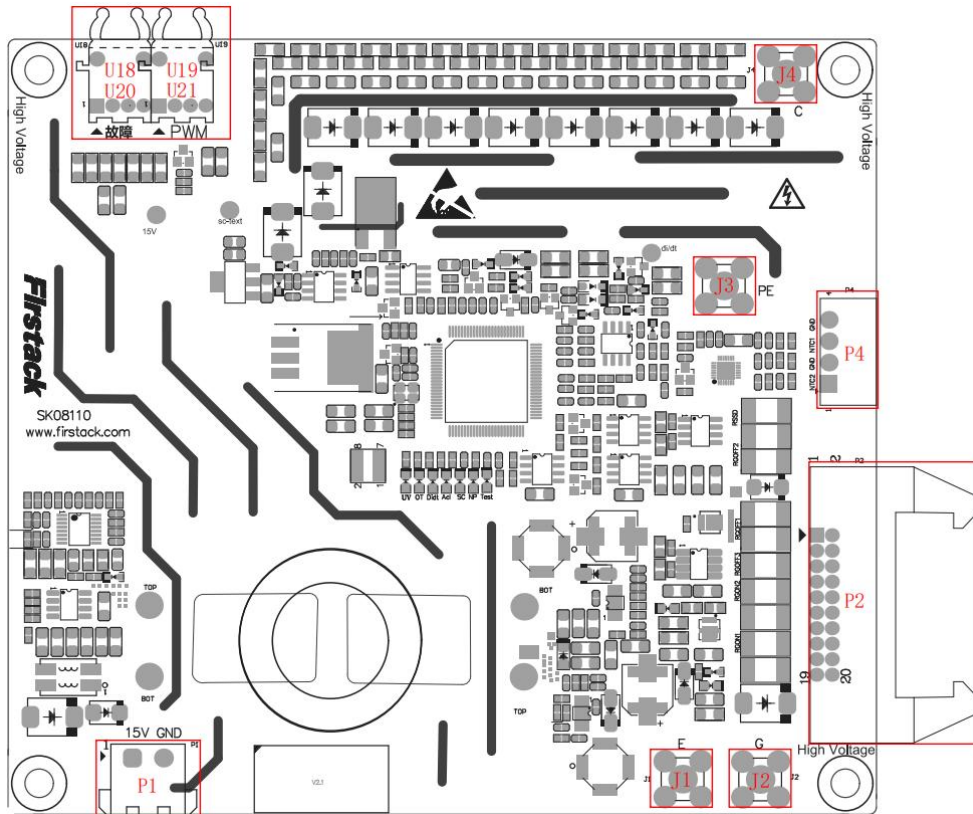


图 5 SK08110 驱动器接口图

P1 引脚定义:

引脚	命名	注释	引脚	命名	注释
1	V _{DC}	驱动 15V 供电电源	2	GND	驱动供电电源地

P2 引脚定义:

引脚	命名	注释	引脚	命名	注释
1	E	门极信号 E 极	2	G	门极信号 G 极
3	E	门极信号 E 极	4	G	门极信号 G 极
5	E	门极信号 E 极	6	G	门极信号 G 极
7	E	门极信号 E 极	8	G	门极信号 G 极
9	E	门极信号 E 极	10	G	门极信号 G 极
11	E	门极信号 E 极	12	G	门极信号 G 极
13	E	门极信号 E 极	14	G	门极信号 G 极
15	E	门极信号 E 极	16	G	门极信号 G 极
17	E	门极信号 E 极	18	G	门极信号 G 极
19	E	门极信号 E 极	20	G	门极信号 G 极

P4 引脚定义：

引脚	命名	注释	引脚	命名	注释
1	NTC1	NTC 输入端	2	GND	驱动副边参考地 V_{EE}
3	NTC2	NTC 输入端	4	GND	驱动副边参考地 V_{EE}

J1、J2、J3、J4 引脚定义：

引脚	命名	注释	引脚	命名	注释
J1	E	驱动门极 E 极	J2	G	驱动门极 G 极
J3	PE	IGBT 模块功率 E 极	J4	C	IGBT 模块功率 C 极

注：

1. P2 端子是针对 ABB 压接模块的金手指门极设计的。
2. 支持两路 NTC 采集，只输出一路最高温度数据。
3. 在使用单管时 两路 NTC 接任意一路即可。
4. 推荐 NTC 电阻型号为 MF53-502F-3470-100LM4；NTC 电阻要求： $B25/50=3740K\pm 1\%$ ； $R25=5K\Omega\pm 1\%$ 。

接插件厂家及型号

序号	标号	厂家	型号	推荐配套端子或备注
1	P1	PHOENIX	MSTBA 2,5/2-G-5,08-RN-1926015	FKC 2,5/2-ST-5,08-RF- 1925692
2	P2	正凌精工	20PIN2.54 间距牛角插座	20PIN2.54 间距牛角母头
3	P4	PHOENIX	MC-1.5-4-G-3.5-RN (1731691)	FMC-1.5-4-ST-3.5-RF (1952047)
2	J1、J2、 J3、J4	WE	M4 螺丝座	使用 304 碳钢的 M4 螺丝 推荐扭矩：1.2Nm
3	U18	AVAGO	HFBR-1521Z	通用光模块，故障信号发送
4	U20	AVAGO	HFBR-1414TZ	ST 光模块，故障信号发送
5	U19	AVAGO	HFBR-2521Z	通用光模块，PWM 信号接收
6	U21	AVAGO	HFBR-2412TZ	ST 光模块，PWM 信号接收

注：

1. U20/U21（ST 光模块）一起使用或 U18/U19（通用光模块）一起使用。
2. 建议将驱动器安装在绝缘板上，同时固定螺丝采用绝缘材料，否则会有安规问题。
3. 驱动器供电以及输出门极控制信号线缆请分别做好与周边器件的绝缘处理。
4. PWM 逻辑：“有光”=IGBT 开通；“无光”=IGBT 关断。
5. 故障逻辑：“有光”=驱动器正常；“无光”=驱动器故障。

状态指示灯说明

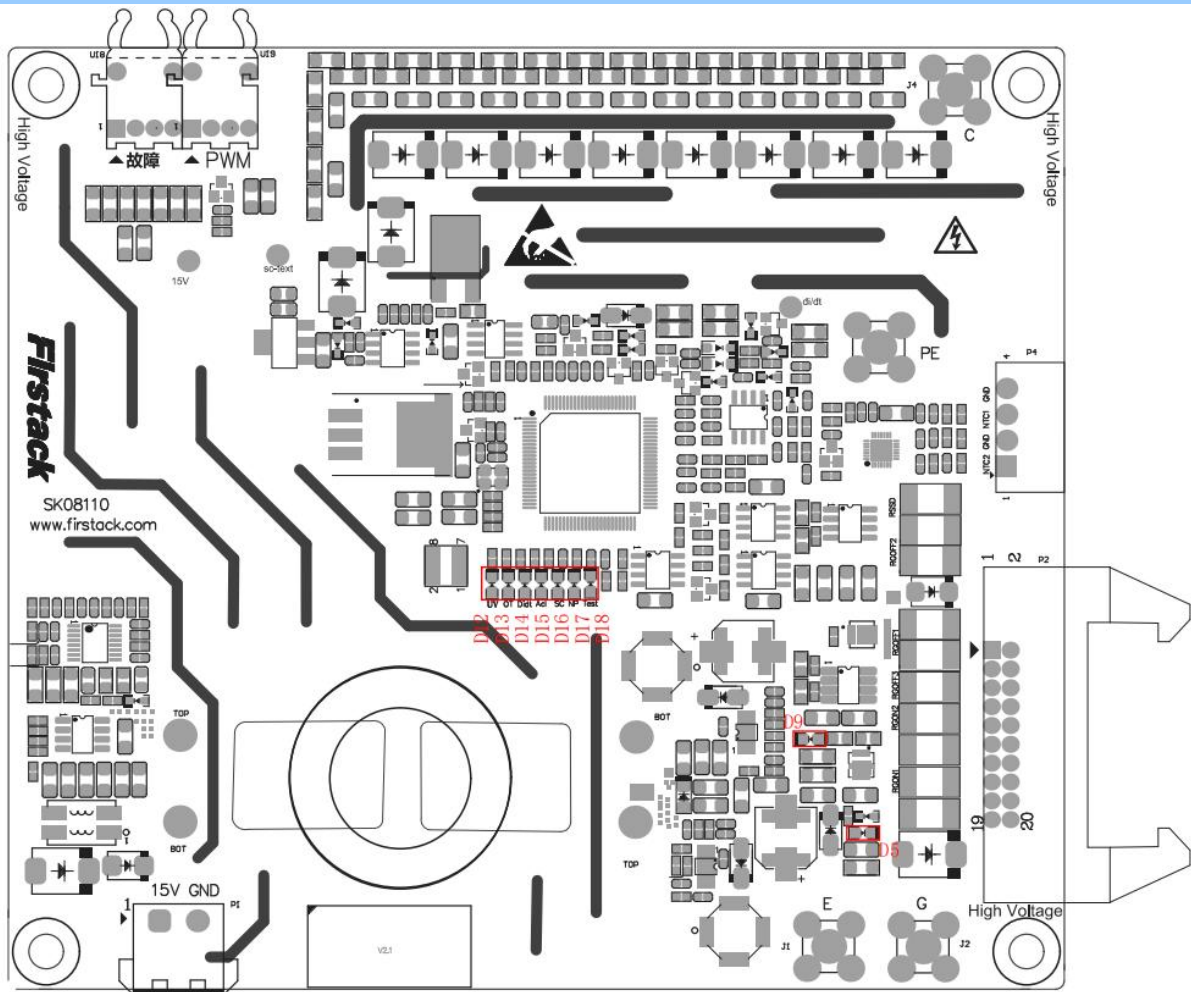


图 6 状态指示灯

为了方便客户使用，Firstack 驱动器上增加了若干状态指示 LED，便于客户了解驱动器及变流器工作状态，具体解释如下：

状态指示灯

序号	位号	丝印	颜色	注释
1	D5		绿色	门极开通指示灯，门极正常开通时亮，门级关断时灭
2	D9		绿色	电源信号指示灯，上电常亮
3	D12	UV	红色	一次欠压触发即常亮，除非重启
4	D13	OT	红色	一次过温触发即常亮，除非重启
5	D14	Didt	红色	一次 didt 短路保护触发即常亮，除非重启
6	D15	Acl	红色	一次 ACL 触发即常亮，除非重启
7	D16	SC	红色	一次 VCE 短路保护触发即常亮，除非重启
8	D17	NP	红色	一次门极窄脉冲触发即常亮，除非重启
9	D18	TEST	绿色	无故障时亮，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_{DC}	对地	0	18	V
门极最大输出电流			80	A
单路输出功率	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$		8	W
	$T_A \leq 85^\circ\text{C}$		3	W
测试电压(50Hz/1min)	原边对副边	10.5		kV _{RMS}
工作温度		-40	+85	$^\circ\text{C}$
存储温度		-40	+85	$^\circ\text{C}$

以下数据在环境温度 $\leq 25^\circ\text{C}$ 以及 $V_{DC}=15\text{V}$ 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
V_{DC}		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
电源电流	不带载		0.25		A
耦合电容	原副边			5	pF

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			15		V
门极关断电压			-10		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		600		ns
关断延时	注 2		600		ns
上升时间	注 3		10		ns
下降时间	注 4		40		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
输入电源欠压阈值	原边		13.3		V
正压欠压阈值	副边		12.6		V
负压欠压阈值	副边		-6.1		V
V _{CE} 监测阈值	比较器阈值		10.2		V
V _{CE} 保护响应时间	注 5		9.1		us
di/dt 保护响应时间			4		us
故障保持时间	注 6		11		us
故障阻断时间	注 7		96		ms

电气绝缘

参数	备注	最小值	典型值	最大值	单位
爬电距离	原边对副边	66			mm
	副边对副边	36			mm
电气间隙	原边对副边	31			mm
	副边对副边	20			mm

注：

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. V_{CE} 保护响应时间：已发生桥臂 IGBT 短路，正常 IGBT 门极开通到开始执行软关断的时间。
6. 故障保持时间：故障发生后，故障信号保持的时间。
7. 故障阻断时间：故障发生后，封锁门极信号的时间。

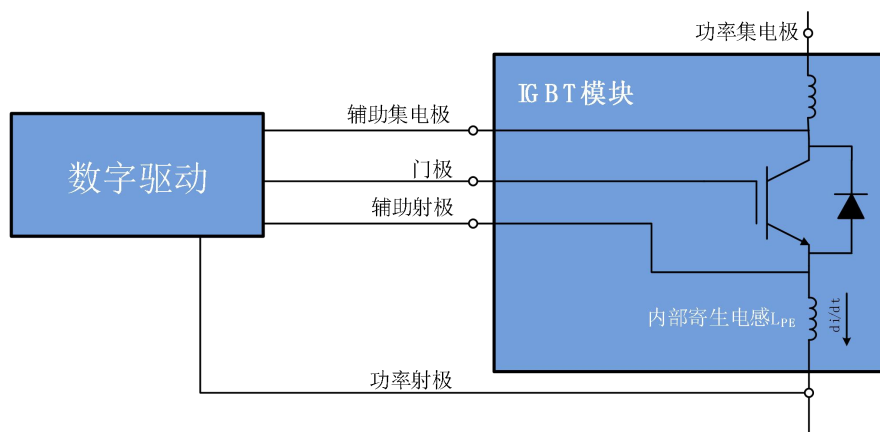
主要功能说明

◆ 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。

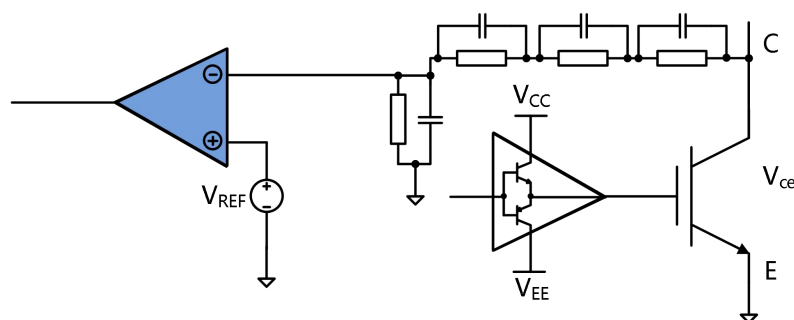
正常工作时， di/dt 一般在几十安培每微秒，而当 IGBT 发生短路时， di/dt 会达到上千安培每微秒，相差上百倍。由于 di/dt 保护直接监测电流的变化率，不需要像 V_{CE} 监测那样需要一段空白时间（Blank time），因此， di/dt 响应更快。

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，有更明显的竞争力。

图 7 di/dt 检测电路◆ 短路保护—— V_{CE}

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，驱动将启动软关断，将 IGBT 缓慢地关断，同时将故障返回给控制器。

图 8 V_{CE} 退饱和和检测电路

◆ 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，驱动电路将判定发生了欠压故障，将反馈一个故障信号给控制器。

Firstack 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_{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。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。

为了解决短路时的关断尖峰，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 10 μ s 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。

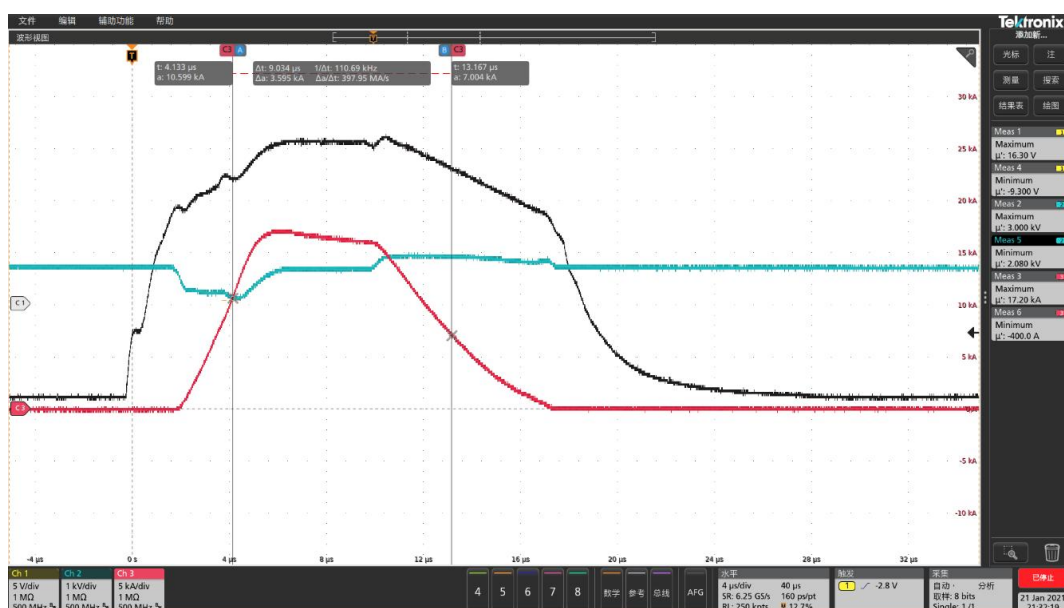


图9 TG3000SW45ZC-P200 在 2800V 下的短路波形
上图中，CH1: V_{GE} ；CH2: V_{CE} ；CH3: I_c

图 9 显示的是由 Firststack IGBT 驱动电路控制的 4500V/3000A IGBT (TG3000SW45ZC-P200) 在直流母线为 2800V 时的短路波形。短路电流峰值 17200A (5.7 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。

◆ 数控高级有源钳位

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，飞仕得科技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 管的电流 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。

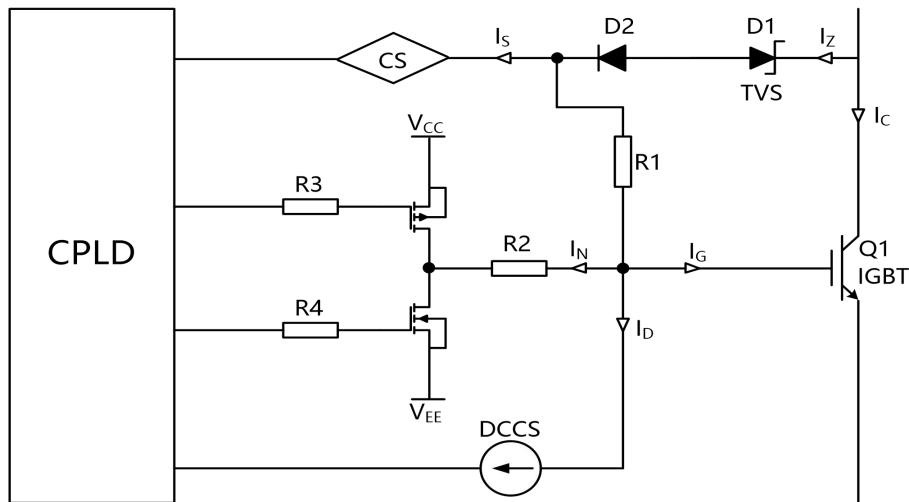


图 10 数控有源钳位原理示意图

◆ 分级开通

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，通过在开关过程中使用不同的门极电阻，来实现开通过程的优化。

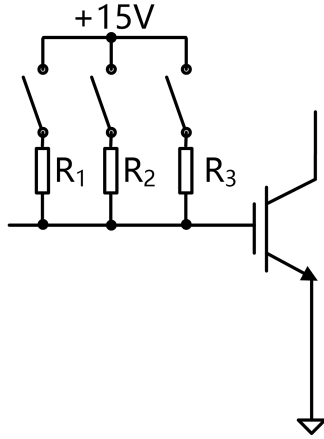


图 11 分级开通原理图

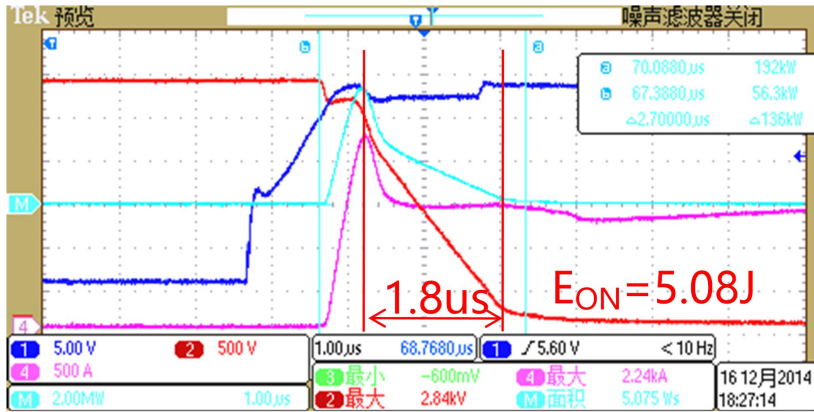


图 12a 不带分级开通

上图中, CH1: V_{GE} ; CH2: V_{CE} ; CH4: I_C

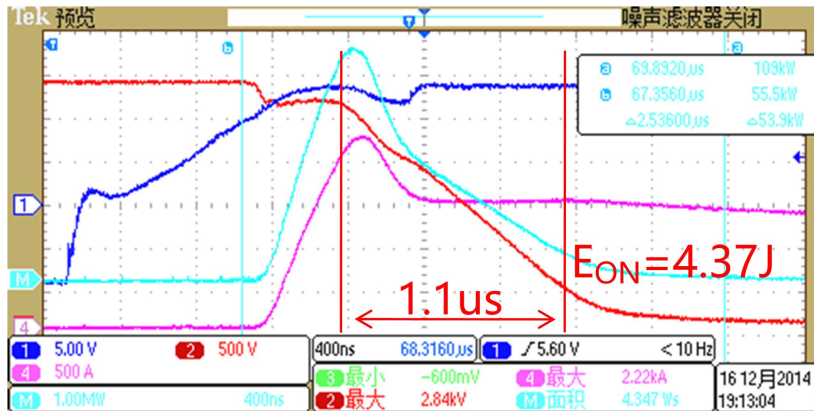


图 12b 带分级开通

上图中, CH1: V_{GE} ; CH2: V_{CE} ; CH4: I_C

◆ 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, 这时分级关断技术就能起到很大的作用。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。

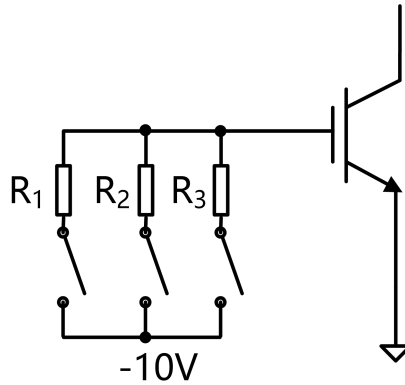


图 13 分级关断原理图

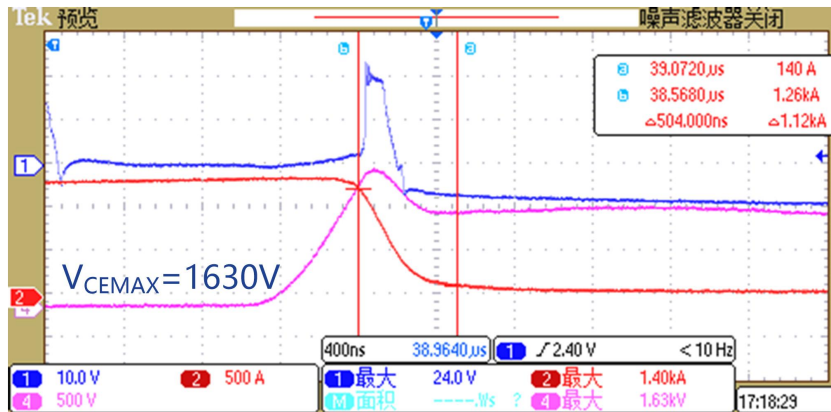


图 14a 不带分级关断

上图中，CH1: V_{GE} ; CH2: I_C ; CH4: V_{CE}

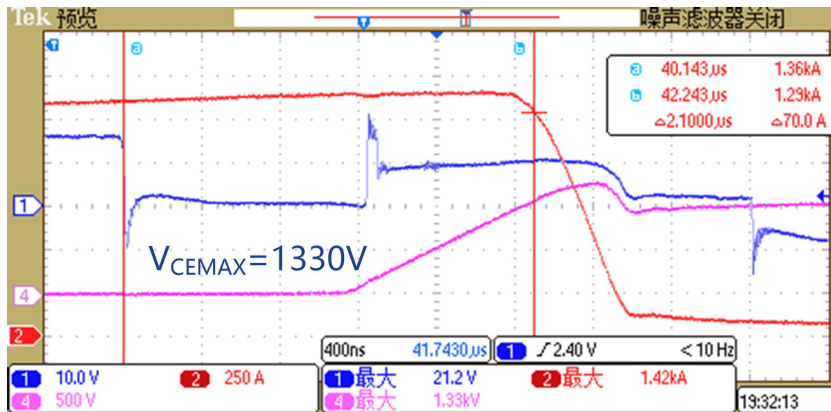


图 14b 带分级关断

上图中，CH1: V_{GE} ; CH2: I_C ; CH4: V_{CE}

◆ 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，Firstack 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。

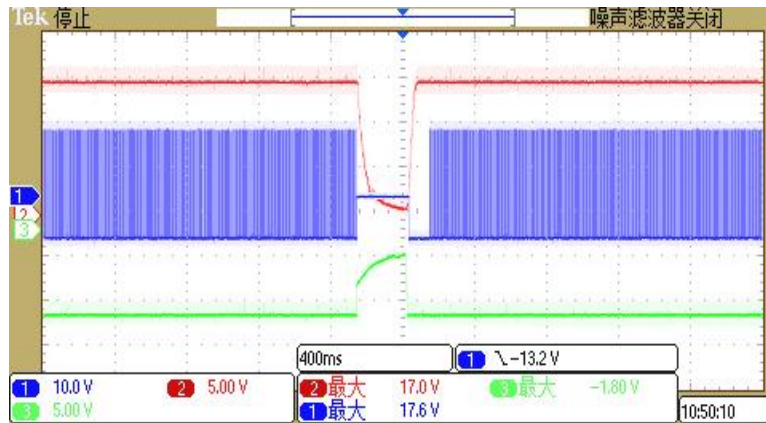


图 15 GE 短路

上图中，CH1: V_{GE} ；CH2: 副边 15V；CH3: 副边-10V

当发生过载时，驱动板将封锁 PWM 信号，同时向控制器回报故障信号，当过载切除后，驱动器恢复正常状态。

注：门极电阻较小或门极电阻过大如 10Ω 情况下，此功能可能不适用。

◆ 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信，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。

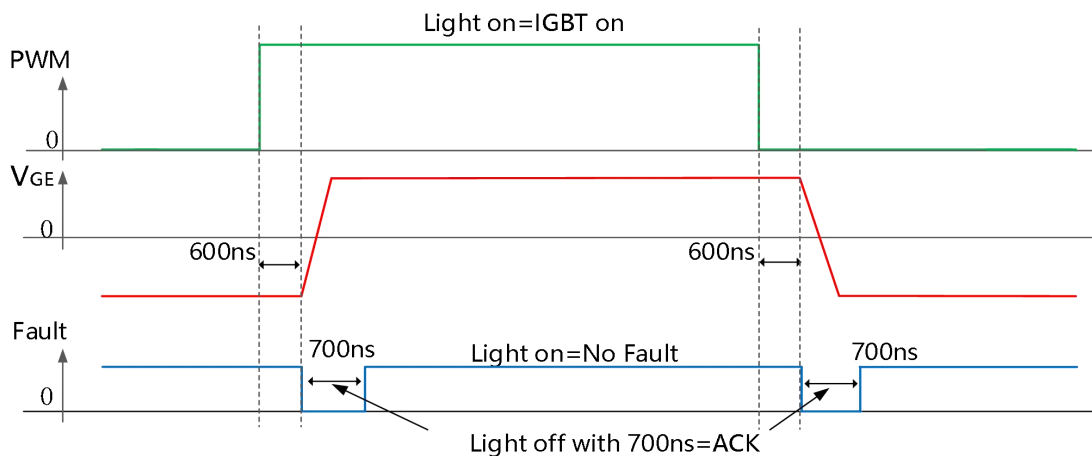


图 16a 正常情况下图

2、当驱动板检测到故障后，返回光模块的灯将熄灭 11us 左右，作为故障信号通知

控制器。

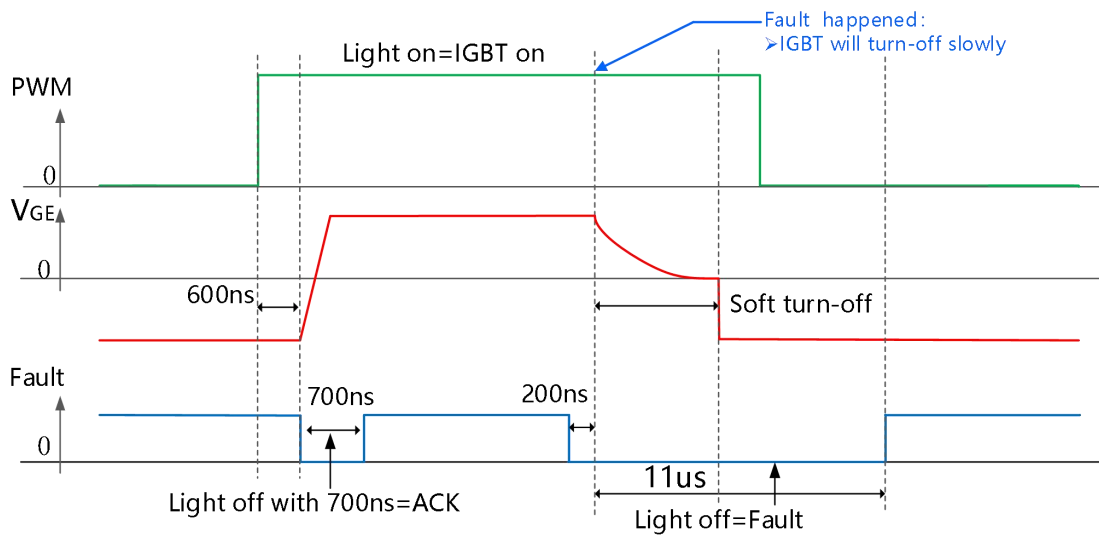


图 16b 故障情况下图

通过返回光纤头灭灯时间的长短，控制器可以准确的区分应答信息与故障信息。

◆ 模块温度采样

IHM 模块、IHV 模块以及 IEGT 等压接模块均没有内置 NTC 电阻，Firststack 基于 Econodual 和 PrimePack 模块的内置 NTC 电阻设计进而开发设计用外置 NTC 电阻，采集散热器温度并实时回传给控制器。如启用了模块温度采样功能，驱动器将不再具有 PWM 上升沿及下降沿的应答功能，请根据实际系统做好功能选择。

1、采样原理

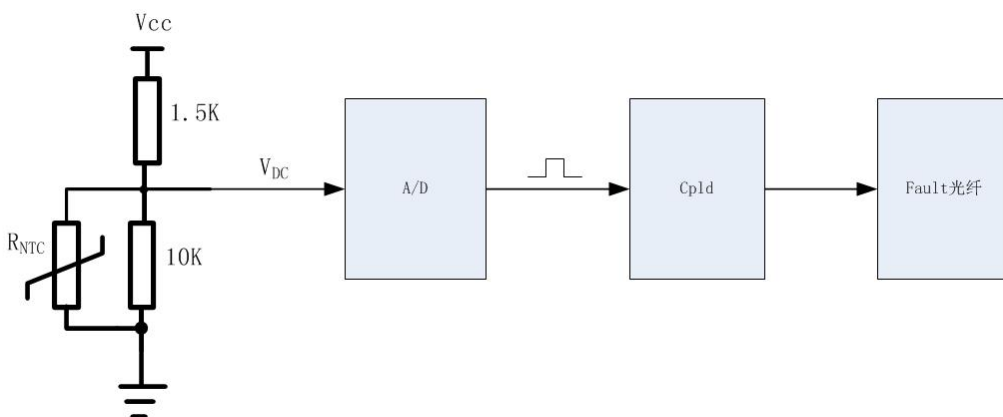


图 17 采样原理概述

具有 NTC 采样功能的驱动器，通过故障光模块并采用频率方式将实时温度信息传输给控制器，频率信息以 F_{OUT} 表示，其计算方法如下所示：

$$F_{OUT}=[0.1+0.8*(V_{DC}/V_{REF})]*32.768\text{kHz}$$

其中:

$$V_{DC}=V_{CC}*R2/(R2+1.5\text{k});$$

$$R2=R_{NTC}/10\text{k}, \text{ 单位为 } \Omega;$$

$$V_{CC}=5\text{V}, V_{REF}=5\text{V};$$

温度及输出频率数据表

温度 (°C)	NTC (kΩ)	FOUT (kHz)
-40	99.090	9.756
-30	57.540	10.256
-20	34.600	10.811
-10	21.480	11.429
0	13.720	12.121
10	9.001	12.903

温度 (°C)	NTC (kΩ)	FOUT (kHz)
20	6.048	13.793
25	5.000	14.286
30	4.156	14.815
40	2.914	16.000
50	2.083	17.391
60	1.515	19.048
70	1.120	21.052
80	0.840	23.529
90	0.640	26.667
100	0.493	30.769
110	0.385	36.364
120	0.304	44.444
125	0.271	50.000

2、故障传输方式

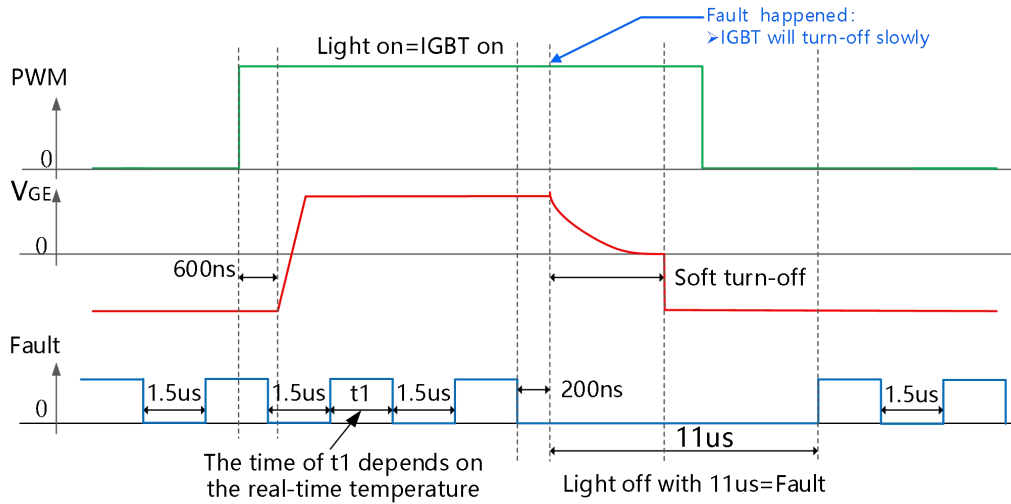


图 18 故障传输方式

图中的温度信号频率为 F_{OUT} ，但其低电平时间为固定 1.5us，则 $t_1=1/F_{OUT}-1.5us$ 。

注：

1. 支持两路 NTC 采集，只输出一路最高温度数据；在使用单管时 两路 NTC 接任意一路即可。
2. 推荐 NTC 电阻型号为 MF53-502F-3470-100LM4；NTC 电阻要求：B25/50=3740K±1%；R25=5KΩ±1%。

门极电阻位置指示

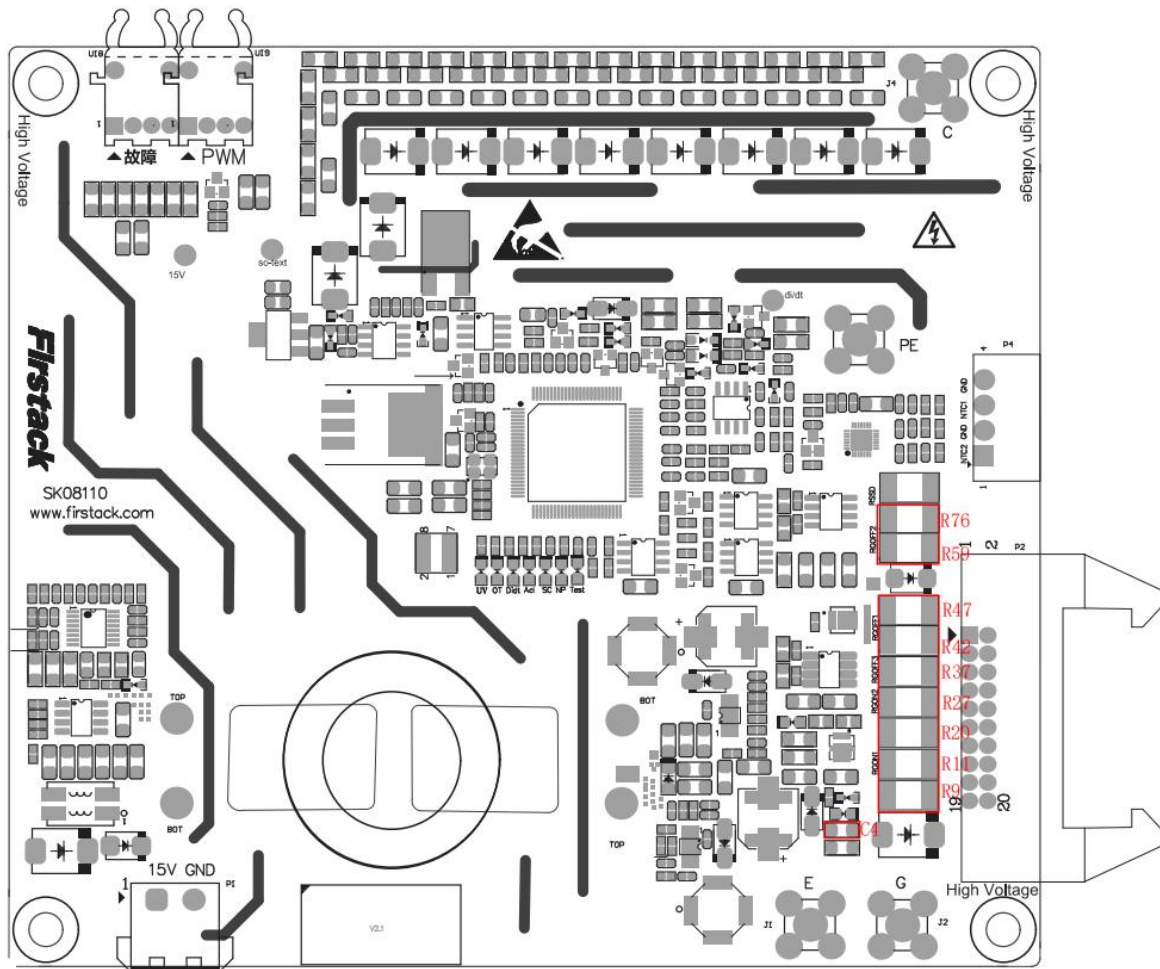


图 19 门极电阻位置指示图

门极参数

位置	丝印	封装
R _{GON1}	R9//R11//20	2512
R _{GON2}	R27	2512
R _{GOFF1}	R42//R47	2512
R _{GOFF2}	R59//R76	2512
R _{GOFF3}	R37	2512
C _{GE}	C4	1206

常用模块门极阻值表

IGBT 模块	品牌	$C_{GE}(nF)$	$R_{GON}(\Omega)$	$R_{GOFF}(\Omega)$
ST1500GXH24	Toshiba	220	6.7	16.5
TG3000SW45ZC-P200	CRRC	330	1.6	10
5SNA2000K452300	ABB	330	1.9	13.5
5SNA3000K452300	ABB	330	1.9	10

注:

1. 其他 IGBT 模块请参考器件规格书进行适配。

1. 空贴版本无分级开通和分级关断功能，开通电阻焊接 R_{GON1} ，关断电阻焊接 R_{GOFF1} 即可。

2. 门极电阻以及电容焊接，请参考飞仕得《IGBT 驱动器通用型贴片门极电阻焊接指导手册》。

三防漆

三防漆型号：易力高，UVCL-FCH。

除了必要的对外接口，飞仕得将对驱动器的所有电路线路进行三防漆喷涂保护，以保证驱动器能够长期可靠地稳定运行。

订购信息

SK08110 可以支持 CRRC、ABB 及 Toshiba 不同型号的压接模块。在选购时，请提供 IGBT 模块型号以及系统电气拓扑，以便我们提供最符合您需求的驱动。

驱动选型表

IGBT 模块	电压等级	光模块	$C_{GE}(nF)$	$R_{GON}(\Omega)$	$R_{GOFF}(\Omega)$
SK08110-A1	4500V	ST 光模块	NC	NC	NC
SK08110V-A1	4500V	通用光模块	NC	NC	NC

注：

1. 驱动型号中带“-S”表示 ST 光模块，即采用 HFBR-1414TZ 和 HFBR-2412TZ；“空缺”表示采用通用光模块，即采用 HFBR-1521Z 和 HFBR-2521Z。
2. 上述驱动型号因为门极空贴，需要客户进行器件焊接，所以不会喷涂三防漆。
3. 上述驱动型号无分级开通和分级关断功能，飞仕得只会在极端工况下启用该功能，且需要技术人员协助配置。
4. 驱动器安装请详见飞仕得《IGBT 驱动器安装指导手册》。

变更记录

2021-06-04 更新 NTC 温度采样备注信息及 NTC 电阻选型要求。

2021-07-19 更新公司地址。

2026-03-31 更新全部内容。

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

邮箱：sales01@firstack.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

