SK08110 产品说明书

概述

SK08110 是针对压接式模块在 HVDC、海上风电等高可靠性领域开发的一款高端驱动器。通过 Firstack 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} 过流保护、di/dt 短路保护，门极状态监测，环境温度监测、PWM 脉冲异常保护等全方位保护措施；故障信息分类通信让上位机能够实时了解功率模组的状况，数字驱动通过开放保护权限，与上位机一起协同，根据故障危害程度采样不同的保护策略，保证系统安全并且连续平稳的运行。



图 1　产品照片

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 **10**
主要功能说明 **13**
短路保护——didt 13
短路保护——电阻 14
欠压保护 14
软关断 15
数控动态有源钳位 16
分级开通 16
分级关断 18
脉冲异常 19
不会坏的驱动 19
智能故障管理系统 20
故障编码返回 24
光纤口告知信号 24
环境过温保护 26
门极电阻位置指示 **27**
订购信息 **28**
技术支持 **28**
法律免责声明 **28**
联系方式 **28**

系统框架图

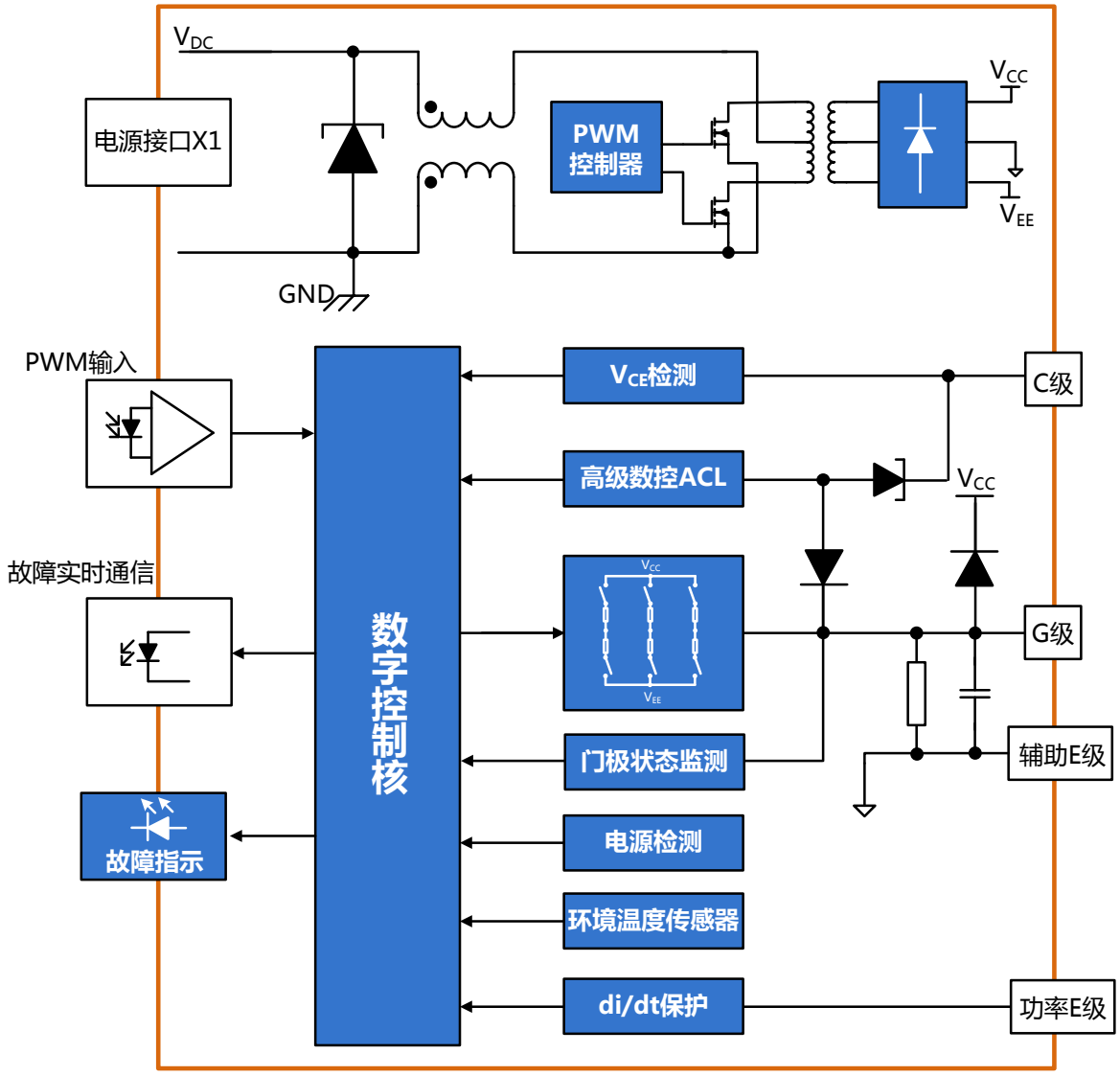

图 2　系统框架图

原边提供 12V~28V 直流电压 ,通过相关电路得到系统所需的供电电压 ;原边 PWM 信号通过光耦传输至副边，经过相关单元电路处理得到 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，IGBT-CE 检测被复位，相应的软关断电路不启动；若发生短路故障，门极开通的过程中，IGBT 发生退饱和，IGBT-CE 两端电压接近母线电压，IGBT-CE 检测被置位，相应的软关断电路被启动来保护 IGBT 不被损坏，同时故障信号传输至原边；当原边没有 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章或欧洲标准 EN 100015 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(绿色)长亮。

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。Firstack 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

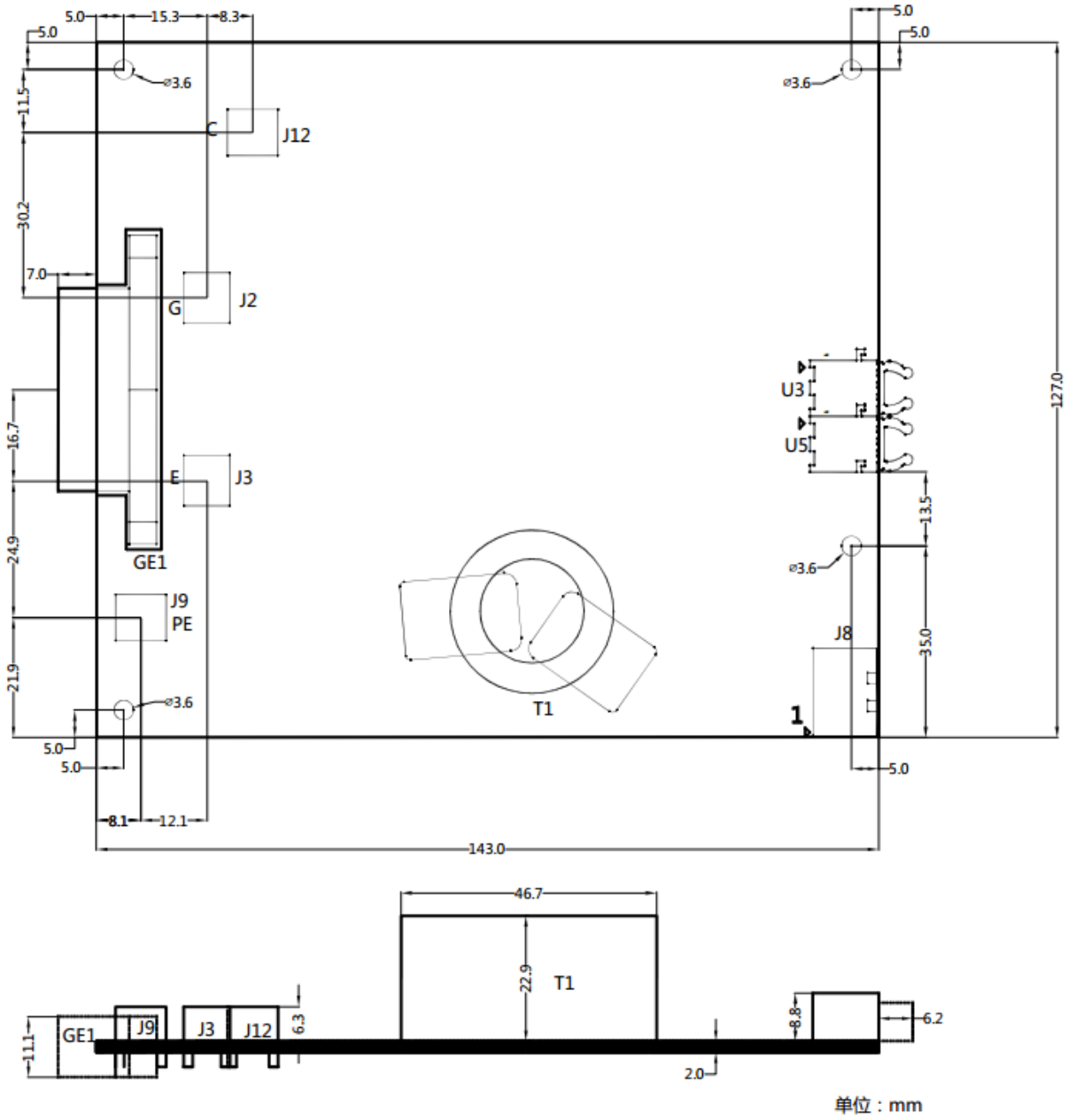
5.0
15.3
8.3
5.0
ø3.6
11.5
C
J12
30.2
7.0
G
J2
16.7
E
J3
24.9
GE1
J9
PE
21.9
ø3.6
5.0
5.0
8.1
12.1
143.0
T1
5.0
5.0
ø3.6
U3
U5
127.0
13.5
ø3.6
J8
35.0
1
5.0
46.7
22.9
T1
GE1
J9
J3
J12
6.3
11.1
2.0
8.8
6.2
单位：mm

图 3　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	J8	PHOENIX	MSTBA 2,5/ 3-G-5,08-R-1926028	MSTBC 2,5/ 3-STZ-5,08-R-1809051
2	U2	AVAGO	HFBR-1412TMZ	
3	U3	AVAGO	HFBR-1521Z	
4	U4	AVAGO	HFBR-2412TCZ	
5	U5	AVAGO	HFBR-2521	

注：U2/U4（软光纤）同时使用或 U3/U5（硬光纤）同时使用

引脚定义

J8 引脚定义：

引脚	命名	注释	引脚	命名	注释
1	V_{CC}	驱动 15V 供电	2	GND	驱动参考地
3	NC	悬空			

状态指示灯说明

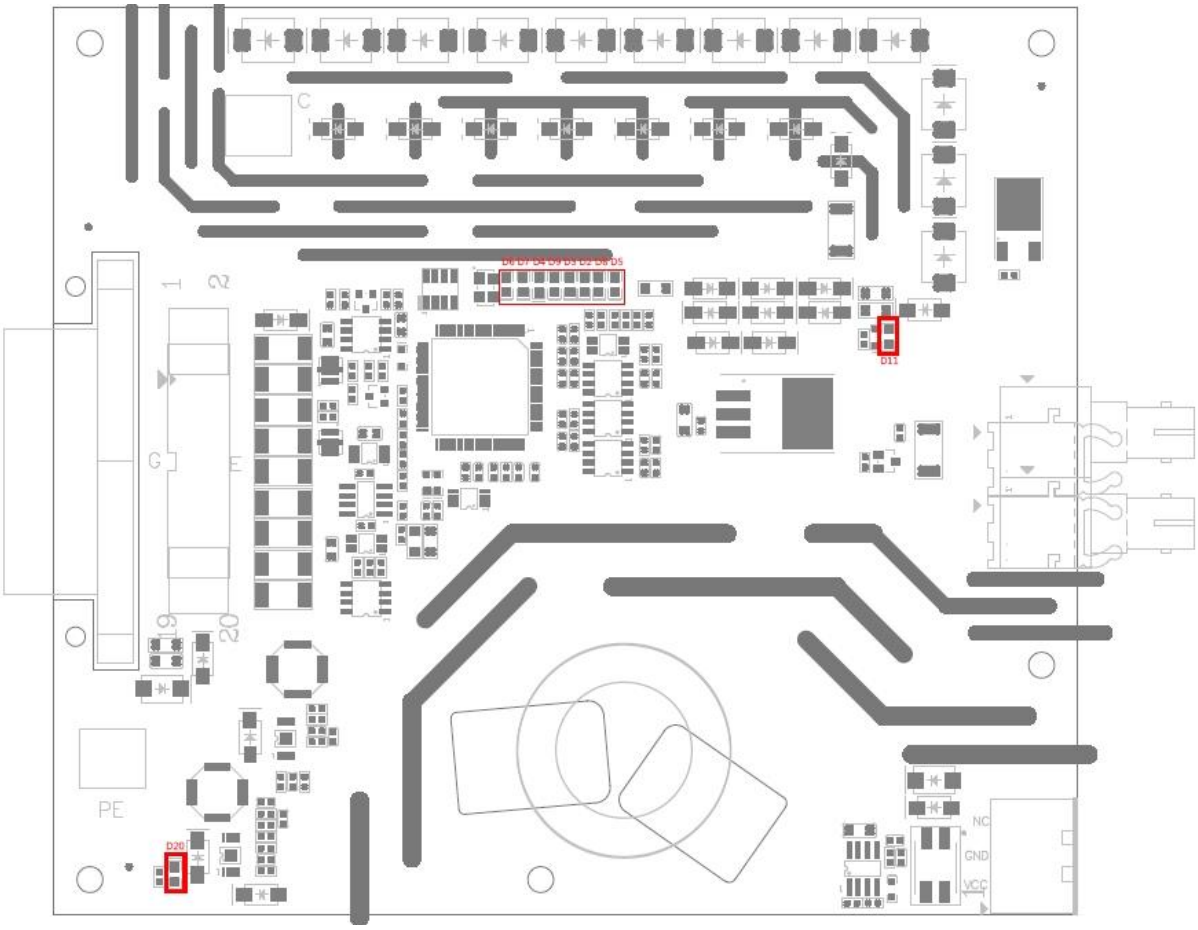

图 4　状态指示灯

为了方便客户使用，Firstack 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	D20		电源信号指示灯，上电常亮，绿色
2	D2	TEST	无故障时亮，反之则灭，绿色
3	D6	UV	一次欠压触发即常亮，除非重启，红色
4	D7	Didt	一次短路触发即常亮，除非重启，红色
5	D4	OC	一次过流触发即常亮，除非重启，红色
6	D9	SC	一次短路触发即常亮，除非重启，红色
7	D3	Acl	一次 ACL 触发即常亮，除非重启，红色
8	D8	G_UV	一次门极异常触发即常亮，除非重启，红色
9	D5	OT	一次过温触发即常亮，除非重启，红色
10	D11		GE 信号指示灯，开通时亮，否则灭，绿色

驱动参数

绝对最大额定值

参数	备注	最小	最大	单位
V_{IN}	对地	12	28	V
门极最大输出电流			110	A
单路输出功率	环境温度 85℃		10	W
测试电压(50Hz/1min)	原边对副边	10500		VRMS
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_{IN}		12	15	28	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		0.23		A
耦合电容	原副边			9.5	pF
电源监测					
阈值				12	V
短路保护					
V_{CE} 监测阈值			10.2		V
响应时间	注 1		9.1		us
阻断时间	故障发生后，封锁门极信号时间		85		ms
时间特性					
开通延时	注 2		608		ns
关断延时	注 3		504		ns
上升时间	注 4		19		ns
下降时间	注 5		24		ns
故障保持时间	故障发生后，封锁门极信号时间		7.5		ms

除非有特殊说明，所有的数据都是基于+25℃环温以及 VIN=15V 下测试

注解说明：

1. **响应时间：从发生故障到开始执行软关断的时间；**
2. **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；**
3. **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；**
4. **上升时间： 不连接 IGBT 的条件下，从门极关断电压（-15V）的 10%至门极开通电压（+15V）的 90%的时间量；**
5. **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（-15V）的 10%的时间量；**

主要功能说明

◆ 短路保护——didt

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 Ic 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。

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 ,驱动要么将启动软关断 ,将 IGBT 缓慢的关断(两电平模式 ）; 要么保持 IGBT 处于开通状态 ,（ 三电平模式 ），由上位机来统一关断。

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。

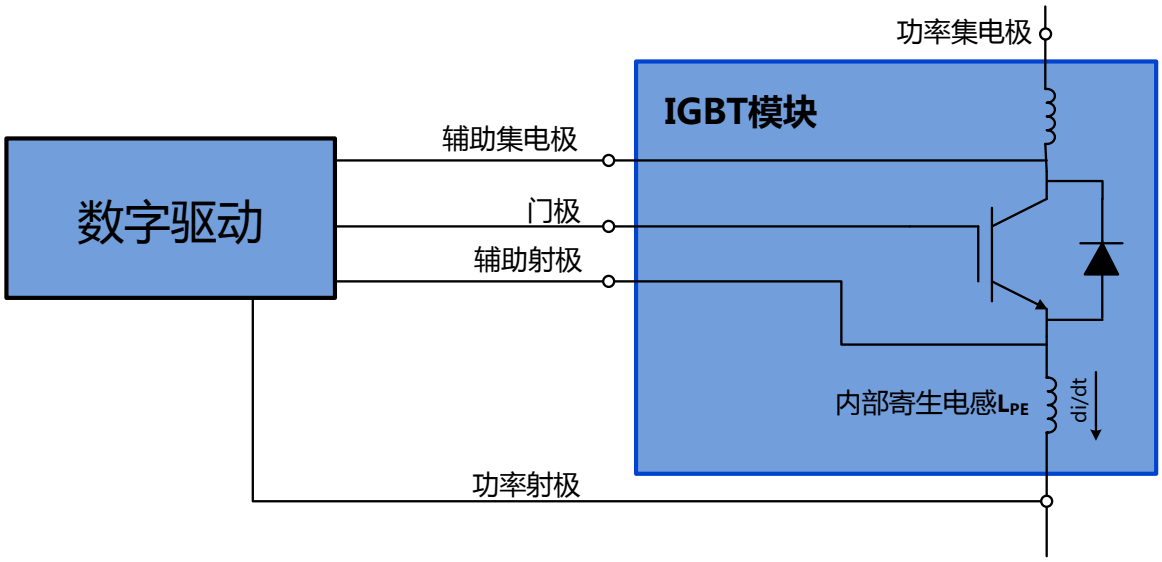

图 5　di/dt 检测电路

◆ 短路保护——电阻

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 缓慢的关断，同时将故障返回给上位机。

根据运行模式的不同，驱动要么将启动软关断，将 IGBT 缓慢的关断（两电平模式）；要么保持 IGBT 处于开通状态，（三电平模式），由上位机来统一关断。

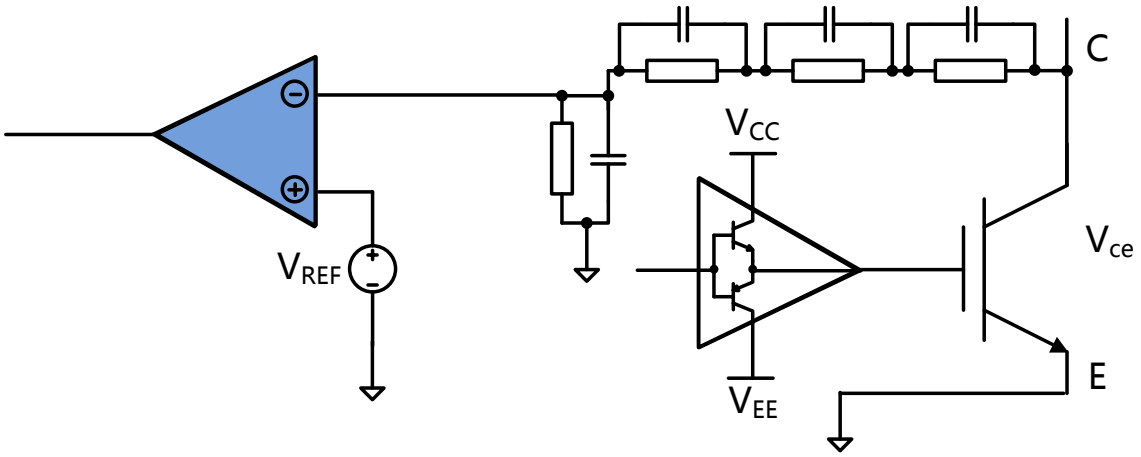

图 6　V_{CE} 退饱和检测电路

◆ 欠压保护

驱动板同时监测副边侧正负电源。 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，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

对于 IGBT 桥臂 ,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_{CG} 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_{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

当发生短路直通时，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。

为了解决短路时巨大的关断尖峰，Firstack 智能驱动电路引入了软关断技术。在 IGBT 发生短路直通时，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。

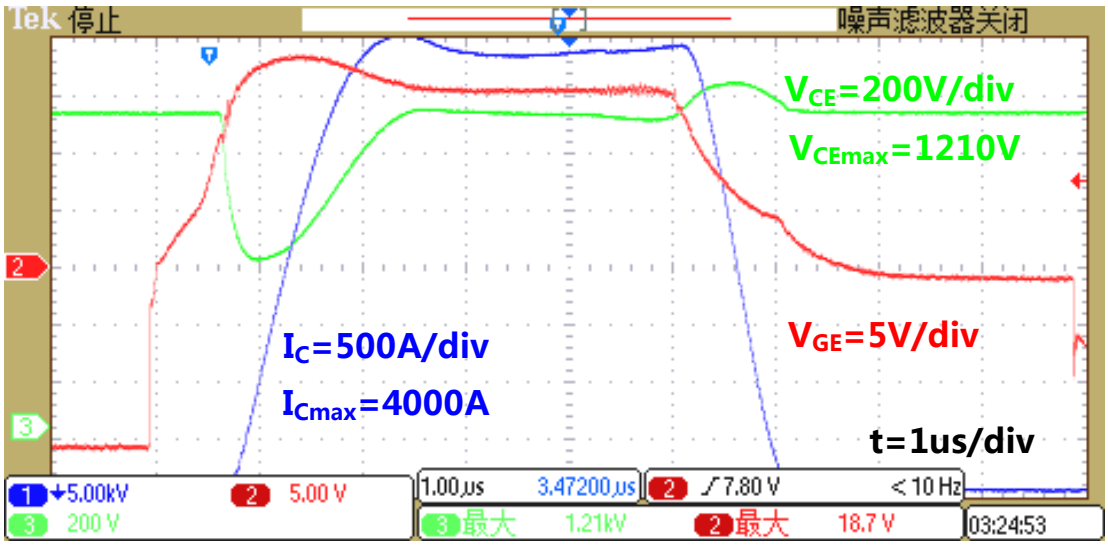

图 7　FF1000R17IE4 在 1100V 下的短路波形

图 7 显示的是由 Firstack IGBT 驱动电路控制的 1700V/1000A IGBT（FF1000R17IE4）在直流母线为 1100V 时的短路波形。短路电流峰值 4000A（4 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，有效安全的关闭了 IGBT。

◆ 数控动态有源钳位

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”。同高级有源钳位，当 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。

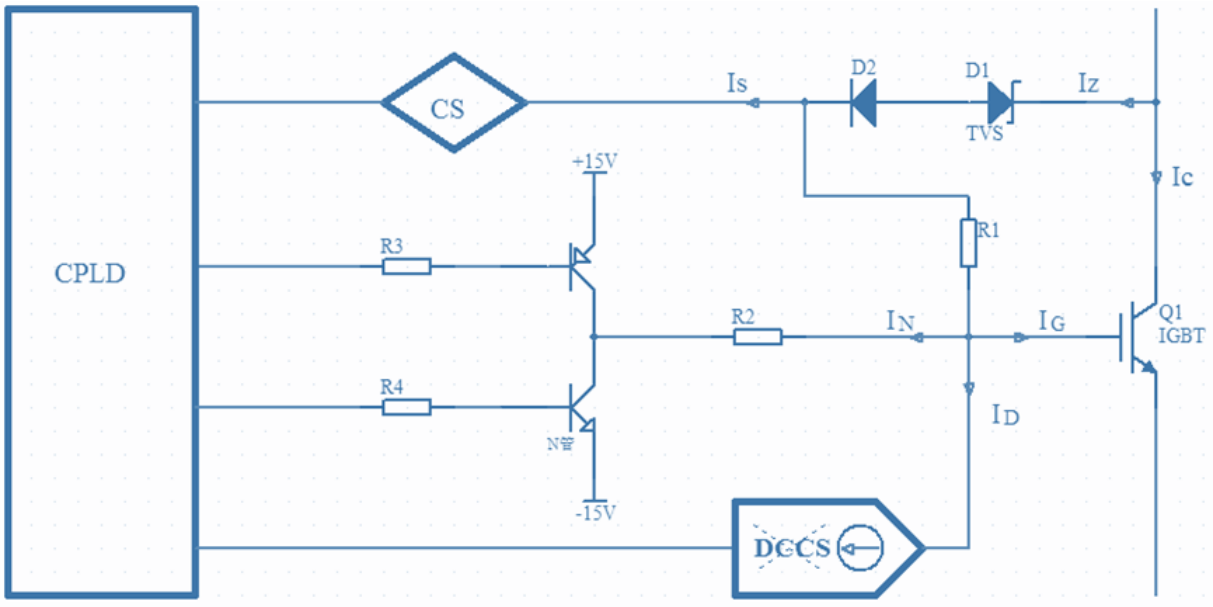

图 8　有源钳位原理示意图

◆ 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，Firstack 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。

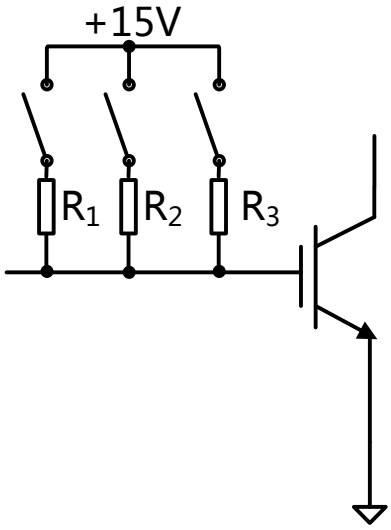

图 9　分级开通原理图

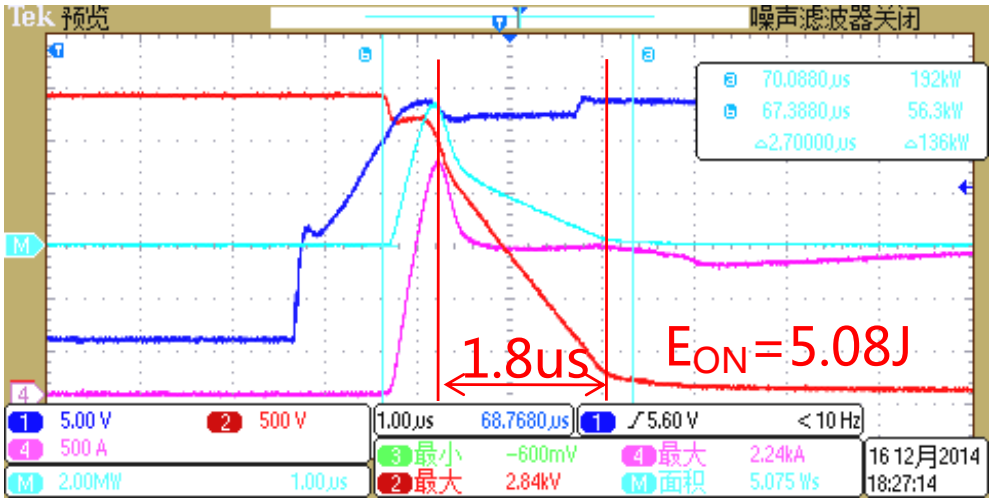

图 10　a 不带分级开通

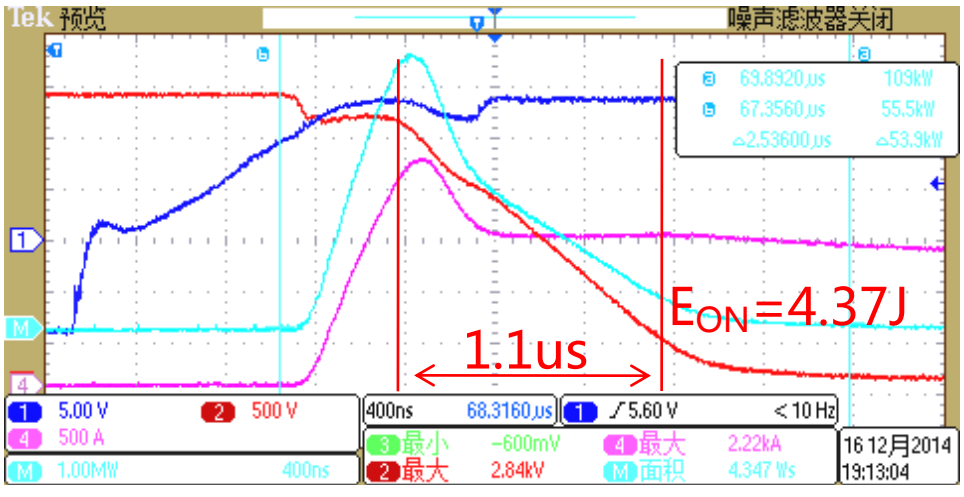

图 10　b 带分级开通

◆ 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。

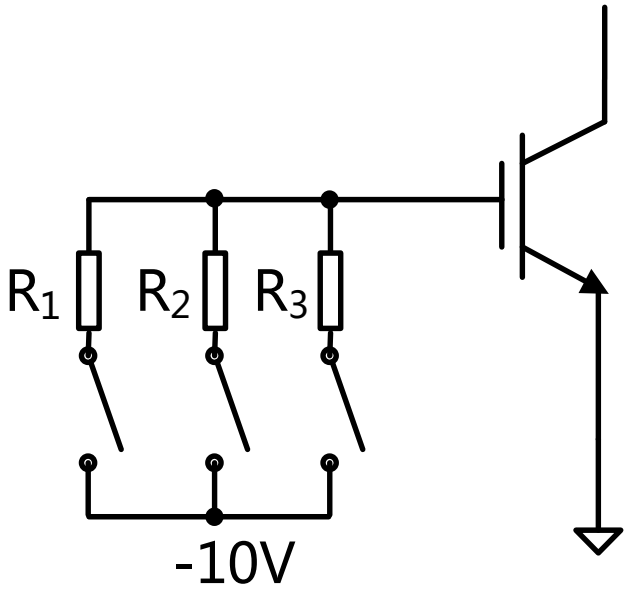

图 11　分级关断原理图

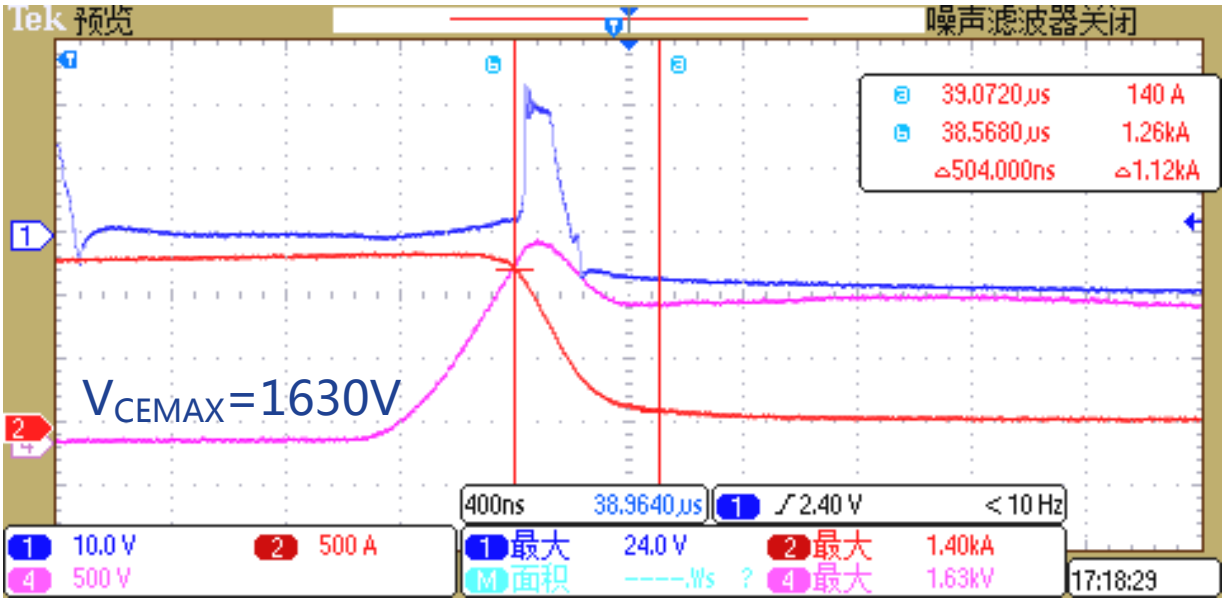

图 12　a 不带分级开通关断

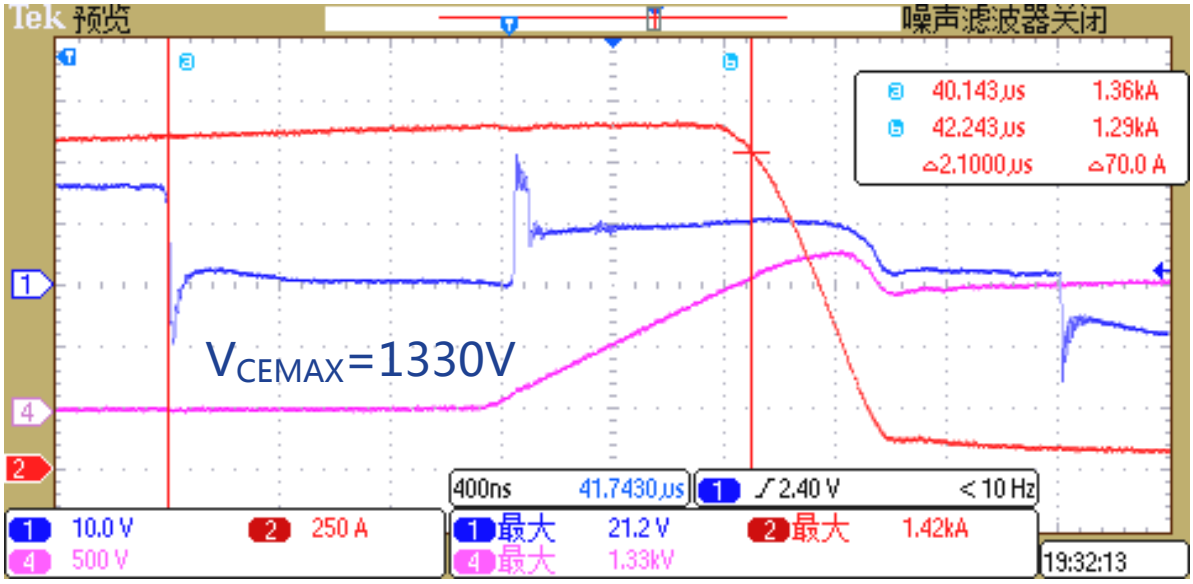

图 12　b 带分级开通关断

◆ 脉冲异常（预留）

光纤通信具有抗干扰能力强，绝缘等级高等优点，在高压领域具有绝对的优势。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，会引起管子快速的开通关断，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。

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，但连续若干次监测到 PWM 脉宽小于某个预设值时，判定为存在脉冲异常，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。在统计驱动失效时，几乎所有的驱动失效都与 DC/DC 失效相关。

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。

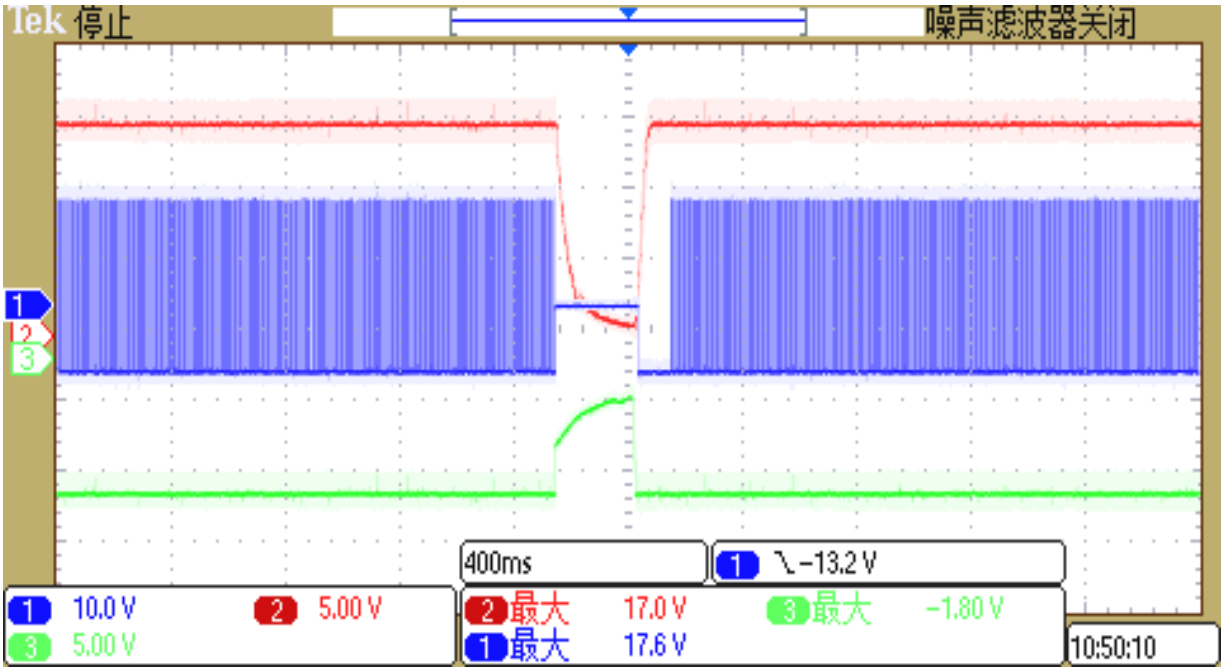

图 13　GE 短路

上图中，CH1（蓝色）=VGE, 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，驱动板回复正常状态。

◆ 智能故障管理系统

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。

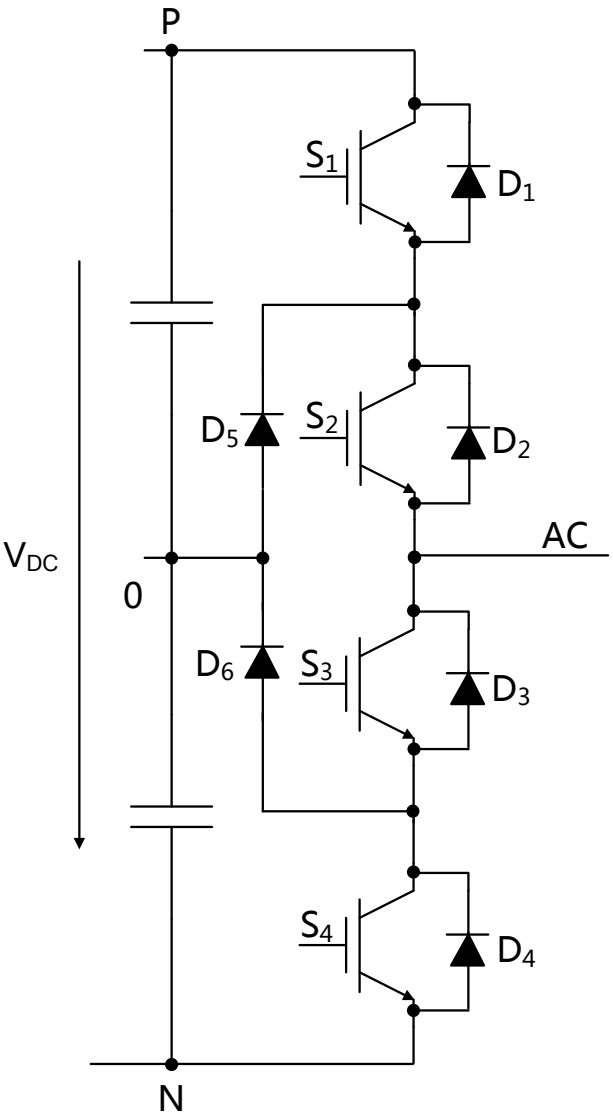

图 14　NPC I 型三电平拓扑

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 S3 发生短路故障时，驱动板先将 S3 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：S3 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 S4 的关断时间（高压大功率模块关断时间普遍较长，在 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

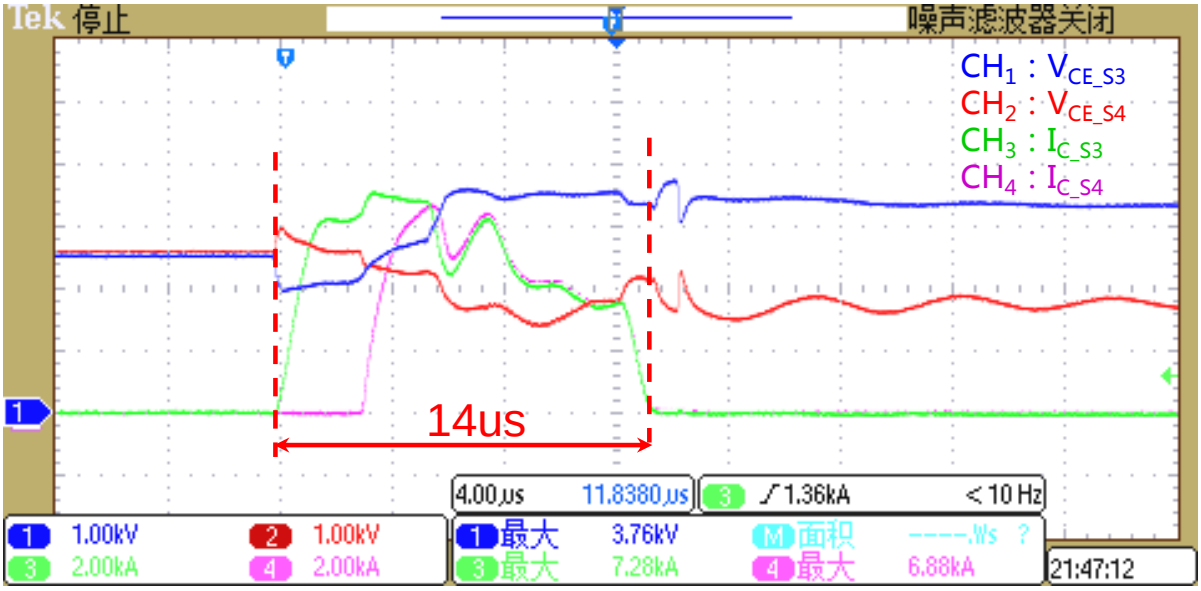

图 15　传统驱动器针对 NPC I 型三电平拓扑短路波形

2、保护依赖于上位机：从单点失效分析来看，当上位机失效时，保护无法正常完成，存在安全隐患。

另外一个风险是，传统的驱动 IC 乃至绝大部分即插即用驱动器，在发生欠压故障时，往往是直接关断 IGBT，不适用于 NPC I 型三电平方案，造成极大的安全隐患。

基于以上的分析，Firstack 推出了专门针对 NPC I 型三电平的驱动解决方案：通过在原边集成 Firstack 特有的“智能故障管理系统”，可以确保任何工况下的正确关断时序。

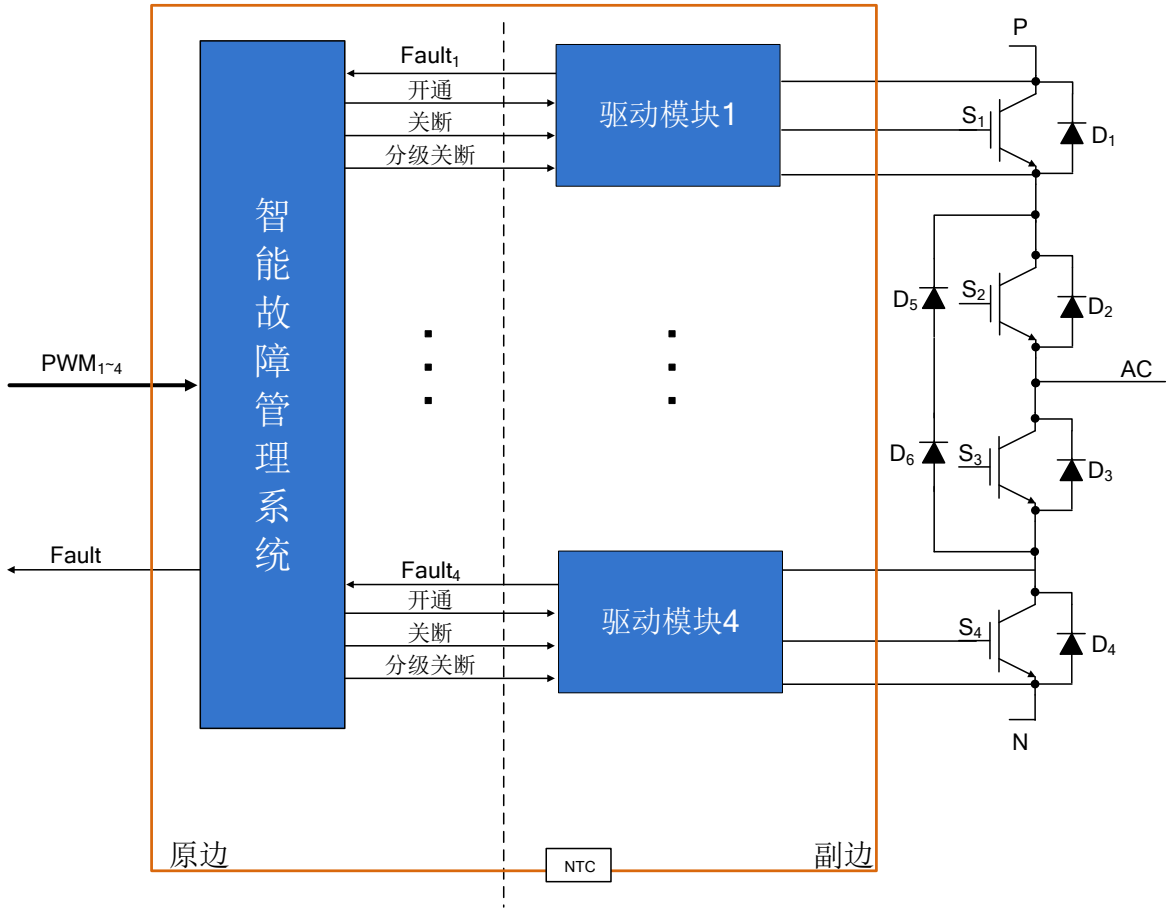

图 16　智能故障管理系统

智能故障管理系统将实时监测所有四路 PWM 信号与所有四路 IGBT 状态，再通过 Firstack 独有的控制算法，给出最优的操作指令。当整机在连续运行中，发生如下故障时，可以确保安全：

- PWM 指令故障：当上位机受到干扰发出错误指令，或 PWM 传输路径受到干扰，在驱动侧出现错误指令
- 接插件脱落：在整机运行中，接插件由于振动等因素，出现脱落，造成 PWM 指令状态不受控
- 驱动供电异常：在整机运行中，因为供电端出现故障，引起驱动供电异常
- 短路/欠压故障

◆ 故障编码返回（预留）

随着新能源大规模并网越来越普遍，对于变流器可靠性的要求也越来越高。现场运行时故障发生的种类和频次的统计，以及严重失效后的原因分析，也变得越来越重要。

传统的驱动设计，在发生故障时，仅仅告知上位机，发生了故障，变得越来越不能满足客户的需求。为了给用户提供更多的故障信息，在原有 0/1 的基础上，我们增加了故障通信功能，将故障类别以及故障发生的时序，通过编码的方式，告知上位机。

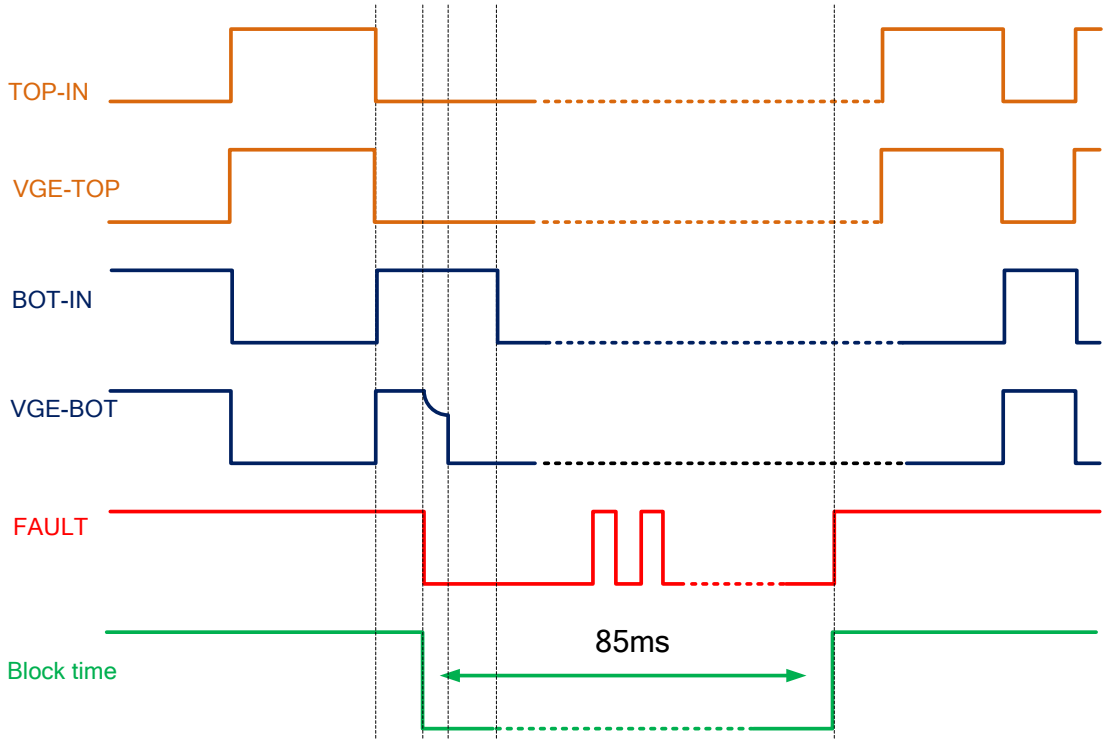

图 17　故障通信原理图

◆ 光纤口告知信号（预留）

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行，Firstack 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

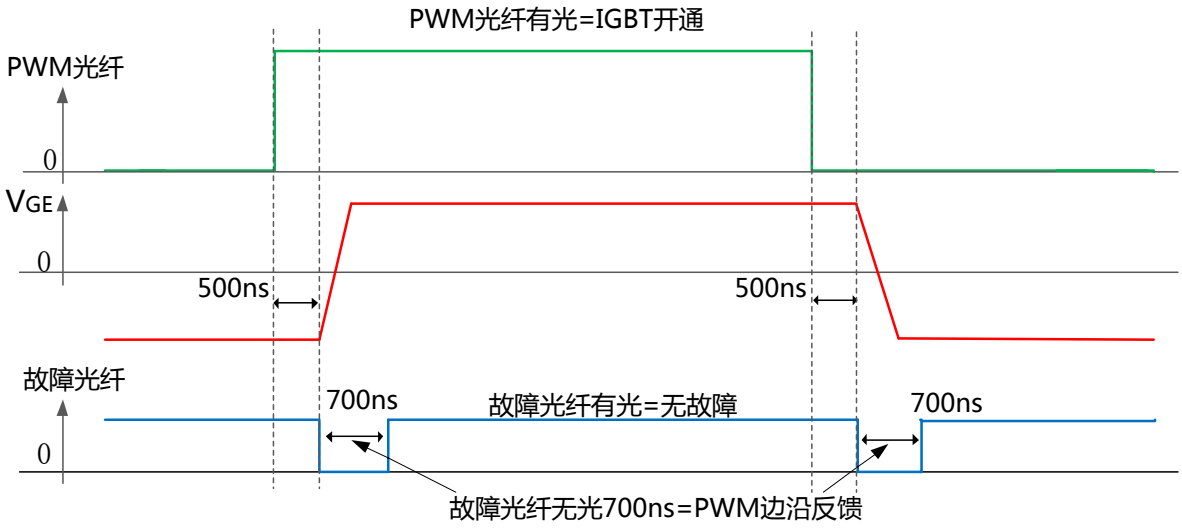

图 18　正常情况下图

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

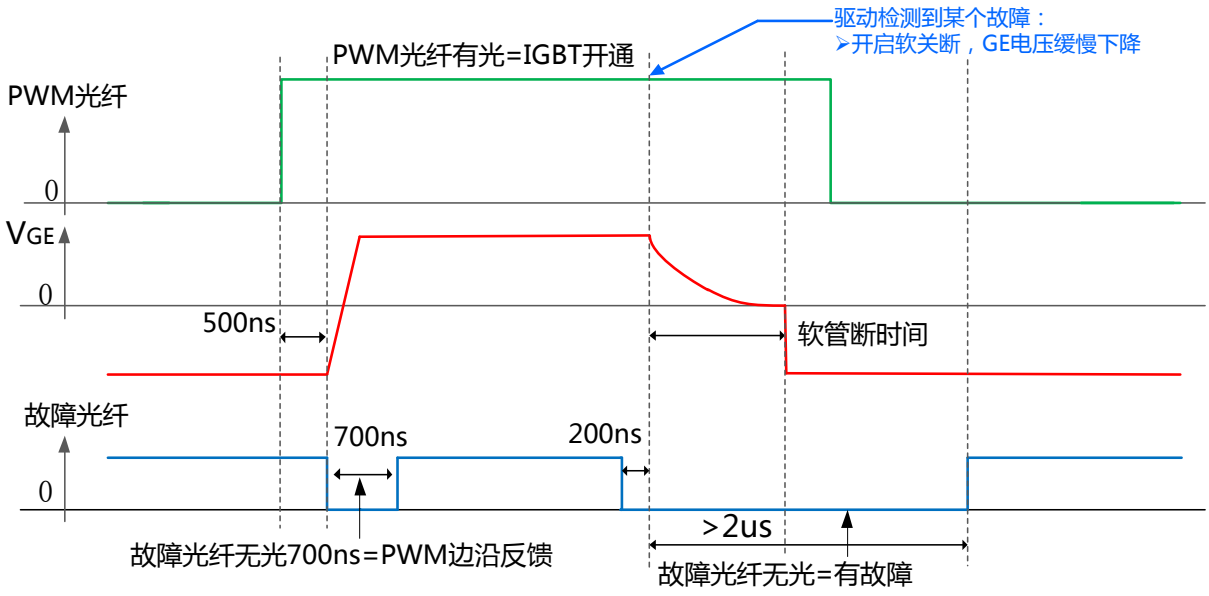

图 19　故障情况下图

通过返回光纤头灭灯时间的长短，上位机可以准确的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，驱动板也是其中的温敏器件之一。

为了解决环境温度异常的问题，Firstack 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

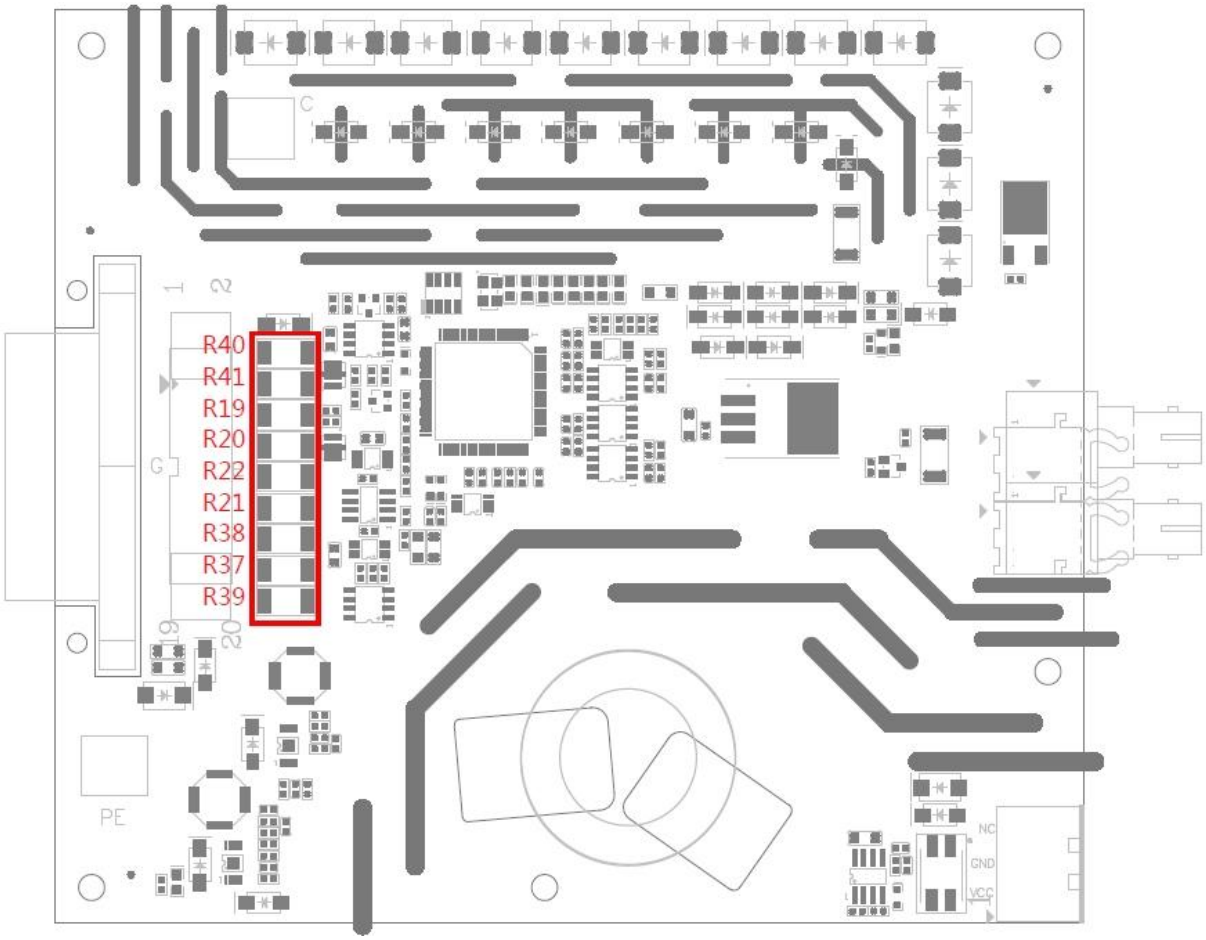

图 20　门极电阻位置指示图

门极电阻计算公式

	R_{GON}	R_{GOFF}
上管	R19//R20	R40//R41

常用模块的门极阻值表

IGBT 型号	R_{GON}	R_{GOFF}
5SNA3000K452300	1.8Ω	6.5Ω

订购信息

SK08110 可以支持 ABB 及东芝不同型号的压接模块，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，格式如下：SK08110-xxx，xxx 表示具体的模块型号，如 SK08110-5SNA3000K452300。

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。

24 小时技术服务热线：4001-577-522

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：sales01@firstack.com

地址：杭州市拱墅区北部软件园祥兴路 100 号