

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 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} 过流保护、 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，与上位机一起协同，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。

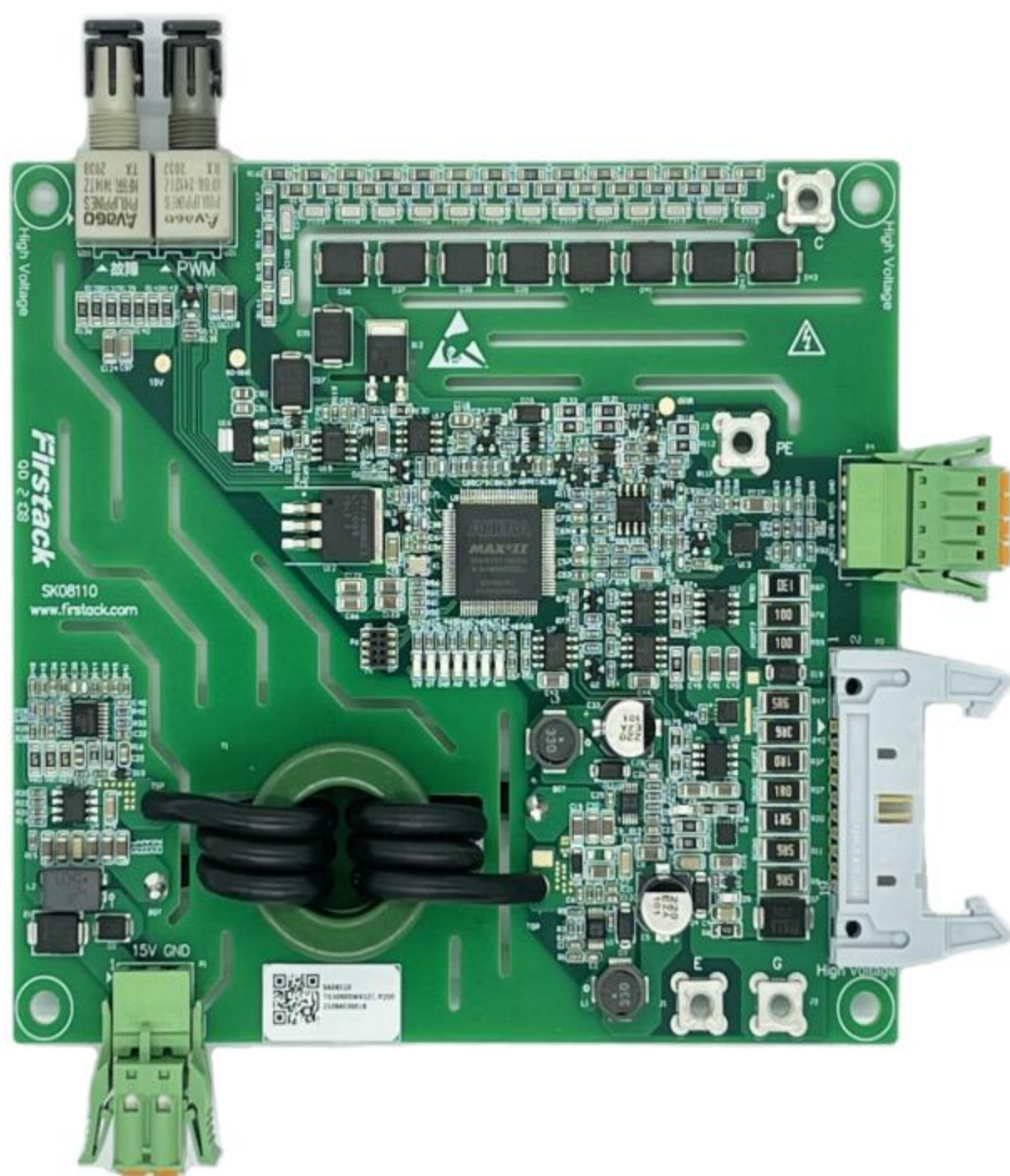


图 1 产品照片 (SK08110)

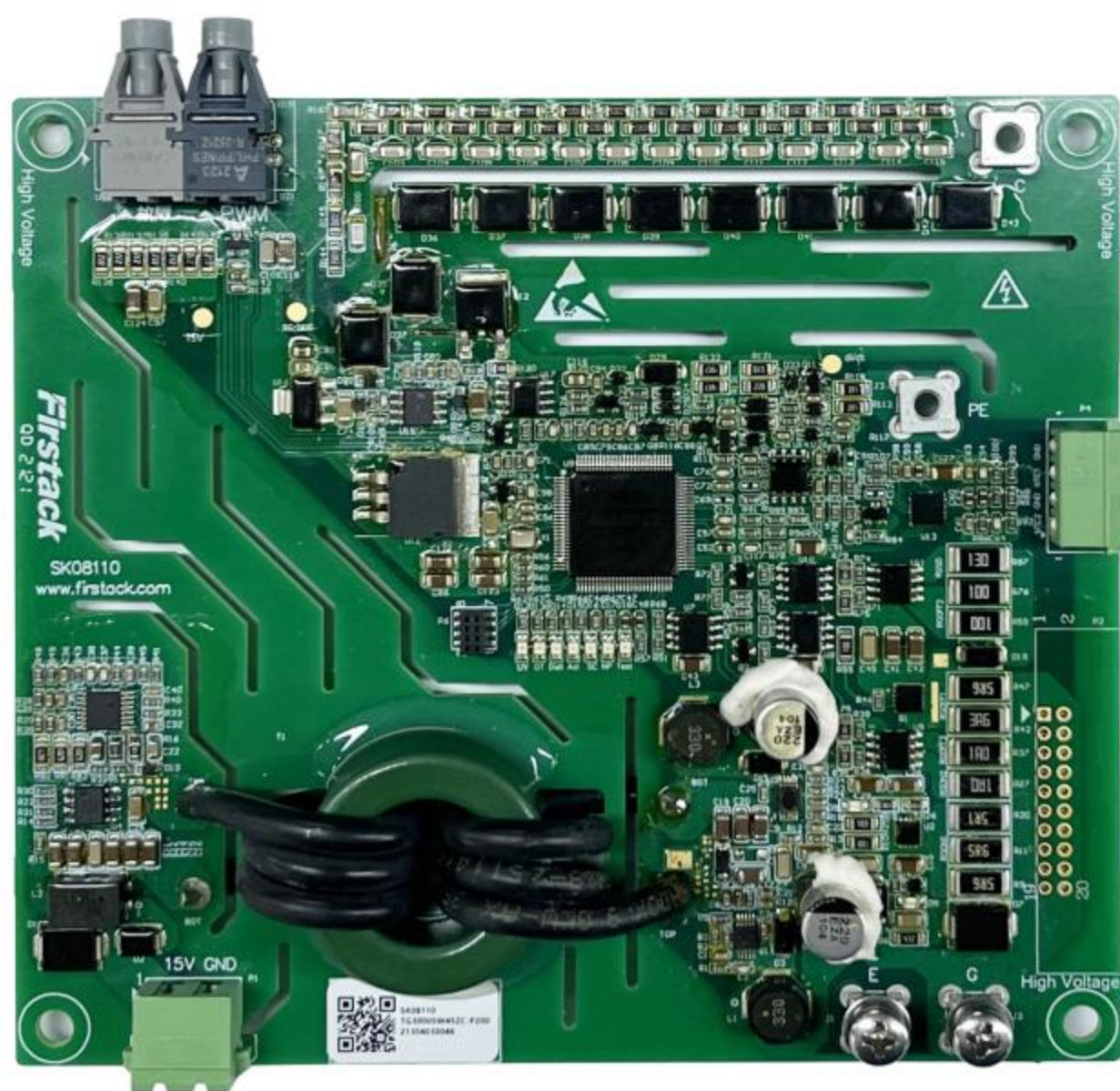


图 2 产品照片 (SK08110V)

目录

概述	1
目录	2
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
接插件位置示意图	10
状态指示灯说明	11
驱动参数	13
电源监测	14
短路保护	14
时间特性	14
输出特性	14
主要功能说明	16
◆ 短路保护——didt	16
◆ 短路保护——电阻	17
◆ 欠压保护	17
◆ 软关断	18
◆ 数控高级有源钳位	19
◆ 分级开通	19
◆ 分级关断	21

◆ 窄脉冲异常（预留）	22
◆ 高鲁棒性 DC/DC	22
◆ 光纤口告知信号（预留——温度传输没有该功能）	23
◆ 模块温度采样（预留）	24
门极电阻位置指示	26
订购信息	27
变更记录	27
技术支持	27
法律免责声明	27
联系方式	27

系统框架图

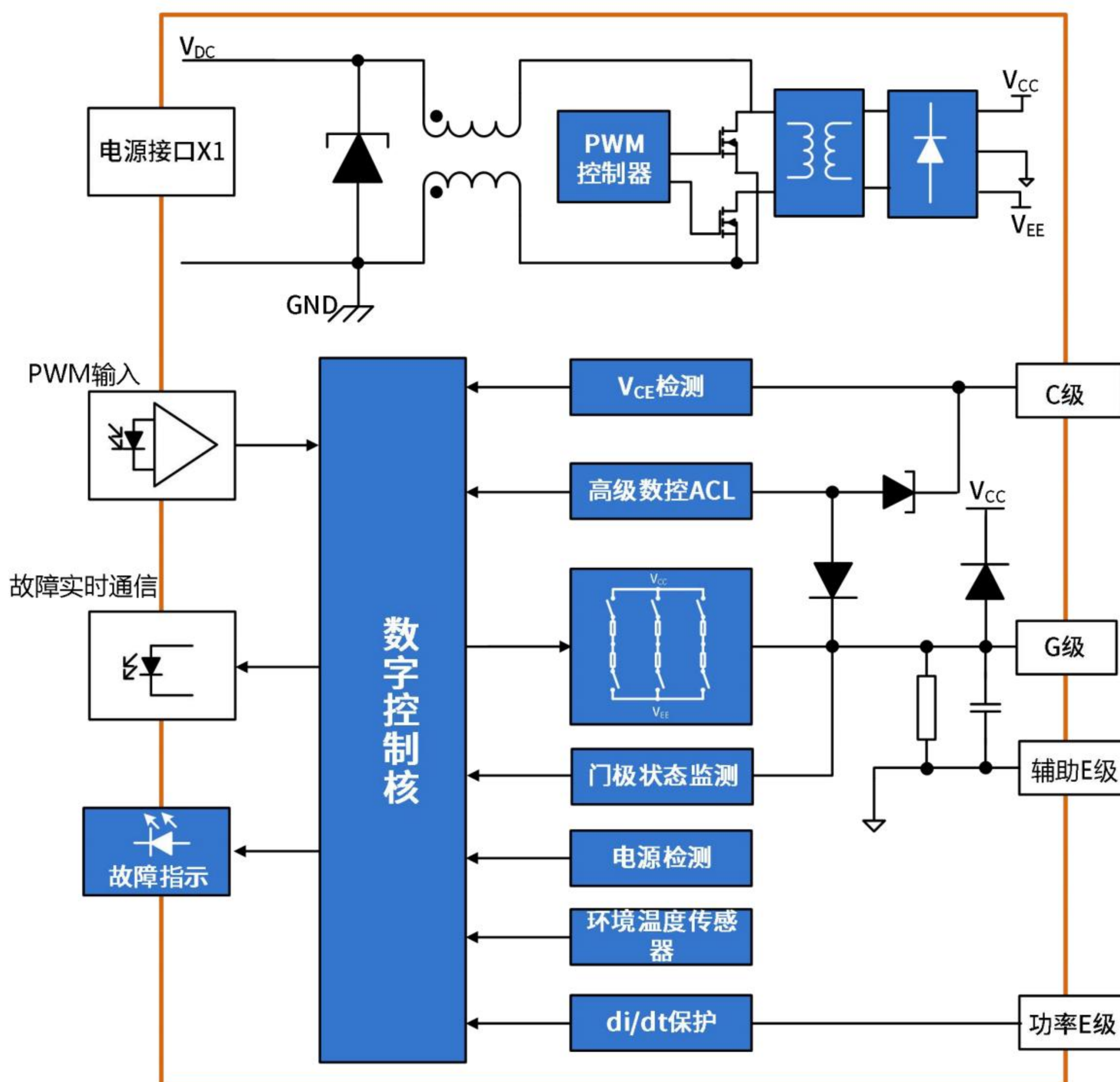


图 3 系统框架图

原边提供 12V~18V 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上位机；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 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)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。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

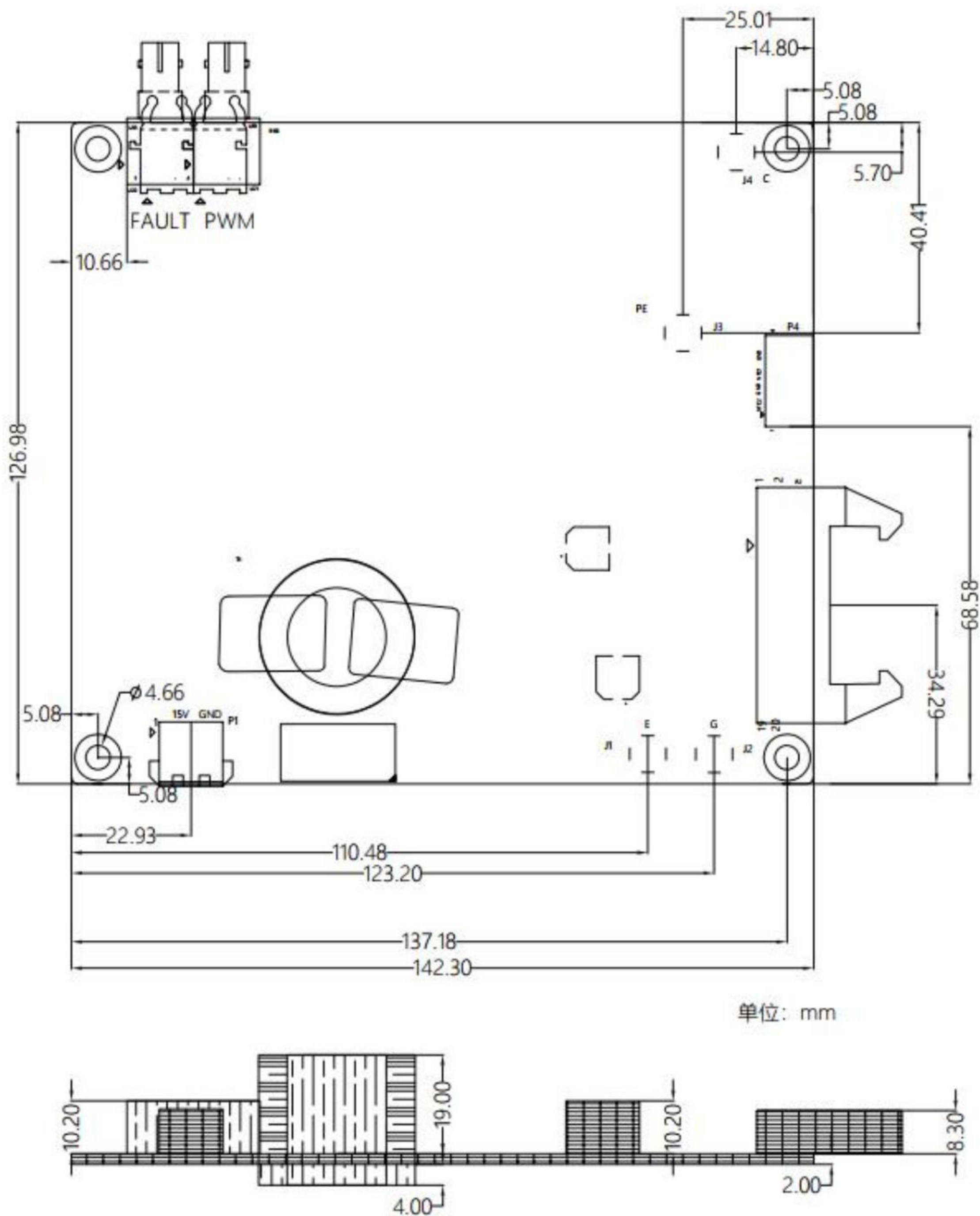


图 4 尺寸图

注：1.板厚公差±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	J1、J2、 J3、J4	WE		使用 304 碳钢的 M4 螺丝 扭力要求 1.2Nm
3	U18	AVAGO	HFBR-1521Z	硬光线故障信号发送光纤
4	U20	AVAGO	HFBR-1414TZ	软光线故障信号发送光纤
5	U19	AVAGO	HFBR-2521	硬光线 PWM 信号接收光纤
6	U21	AVAGO	HFBR-2412TZ	软光线 PWM 信号接收光纤
7	P2	正凌精工		20PIN2.54 间距牛角插座
8	P4	PHOENIX	MC-1.5-4-G-3.5-RN (1731691)	FMC-1.5-4-ST-3.5-RF (1952047)

注：1：U20/U21（软光纤）一起使用或 U18/U19（硬光纤）一起使用；

2：建议将驱动板安装在绝缘板上，同时固定螺丝采用绝缘材料。

引脚定义

P1 引脚定义:

引脚	命名	注释	引脚	命名	注释
1	VDC	驱动 15V 供电	2	GND	驱动参考地

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

注：P2 端子针对的是 ABB 的压接模块的金手指门极设计的

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 (可以不连接)	J4	C	IGBT 模块功率 C 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 GND
3	NTC2	NTC 输入端	4	GND	驱动副边 GND

注：1.兼容 2 两并联 2 路 NTC 采集，传输温度最大一路的温度数据

2.在使用单管时 两路 NTC 接任意一路即可

3.推荐 NTC 电阻型号为 MF53-502F-3470-100LM4 螺丝规格书

4.NTC 型号要求：B25/50=3740K $\pm$ 1%；R25=5K Ω $\pm$ 1%

接插件位置示意图

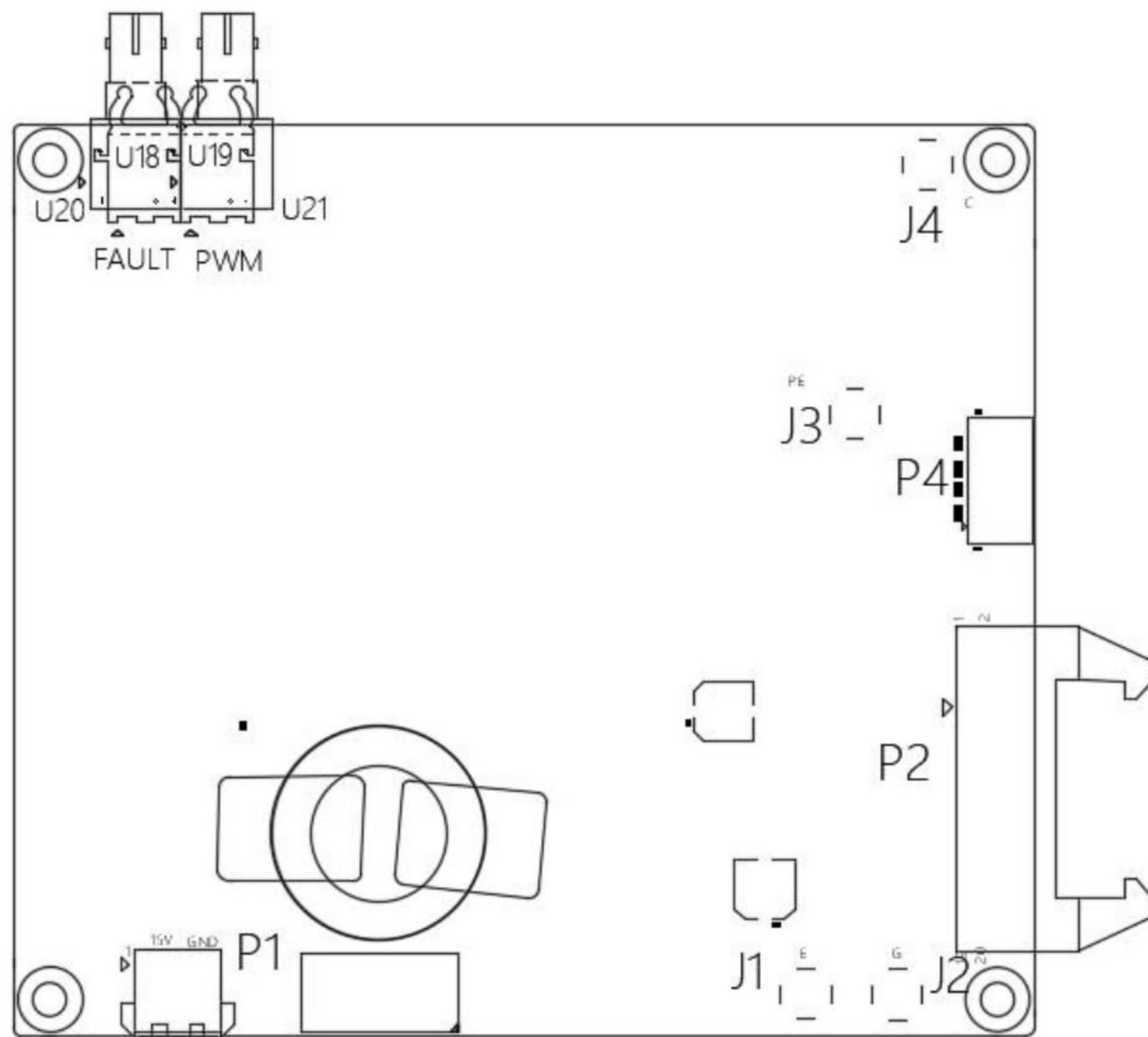


图 5 接插件位置指示图

状态指示灯说明

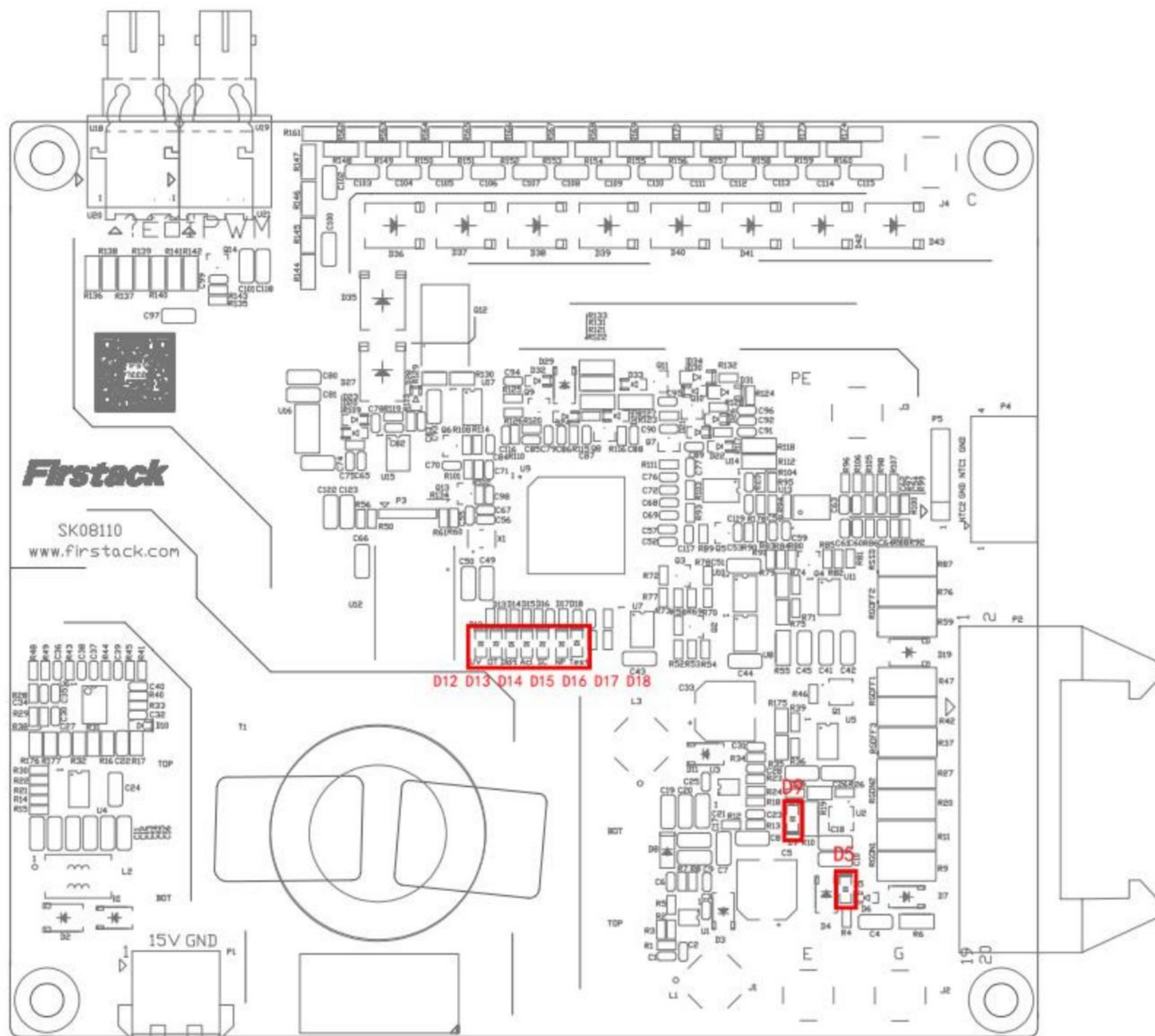


图 6 状态指示灯（待确认）

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	D9		电源信号指示灯，上电常亮，绿色
2	D18	TEST	无故障时亮，反之则灭，绿色
3	D12	UV	一次欠压触发即常亮，除非重启，红色
4	D14	Didt	一次 didt 短路保护触发即常亮，除非重启，红色
6	D16	SC	一次 VCE 短路保护触发即常亮，除非重启，红色
7	D15	Acl	一次 ACL 触发即常亮，除非重启，红色
8	D17	NP	一次门极窄脉冲触发即常亮，除非重启，红色
9	D13	OT	一次过温触发即常亮，除非重启，红色
10	D5		门极开通指示灯，门极正常开通时亮，门级关断时灭，绿色

驱动参数

绝对最大额定值

参数	备注	最小	最大	单位
VDC	对地	12	18	V
门极最大输出电流			110	A
单路输出功率	50℃以下		8	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
VDC		12.7	15	18	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				12.5	V
短路保护					
VCE 监测阈值			10.2		V
响应时间	注 1		9.1		us
阻断时间	注 2		85		ms
时间特性					
开通延时	注 3		608		ns
关断延时	注 4		504		ns
上升时间	注 5		19		ns
下降时间	注 6		24		ns
故障保持时间	注 7		7.5		ms
输出特性					
门极开通电压			15		V
门极关断电压			-10		V

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

电气绝缘

测试电压(50Hz/1min)	原边对副边	10500	V_{RMS}
	副边 C 对副边	8000	V_{RMS}
爬电距离	原边对副边	66	mm
	副边对副边	32	mm
电气间隙	原边对副边	32	mm
	副边对副边	18	mm

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. 阻断时间: 故障发生后, 封锁门极信号的时间;
3. 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;
4. 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;
5. 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;
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 (-10V) 的 10% 的时间量;
7. 故障保持时间: 故障发生后, 故障信号保持的时间。

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 VPA 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 VCE 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 VCE 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。

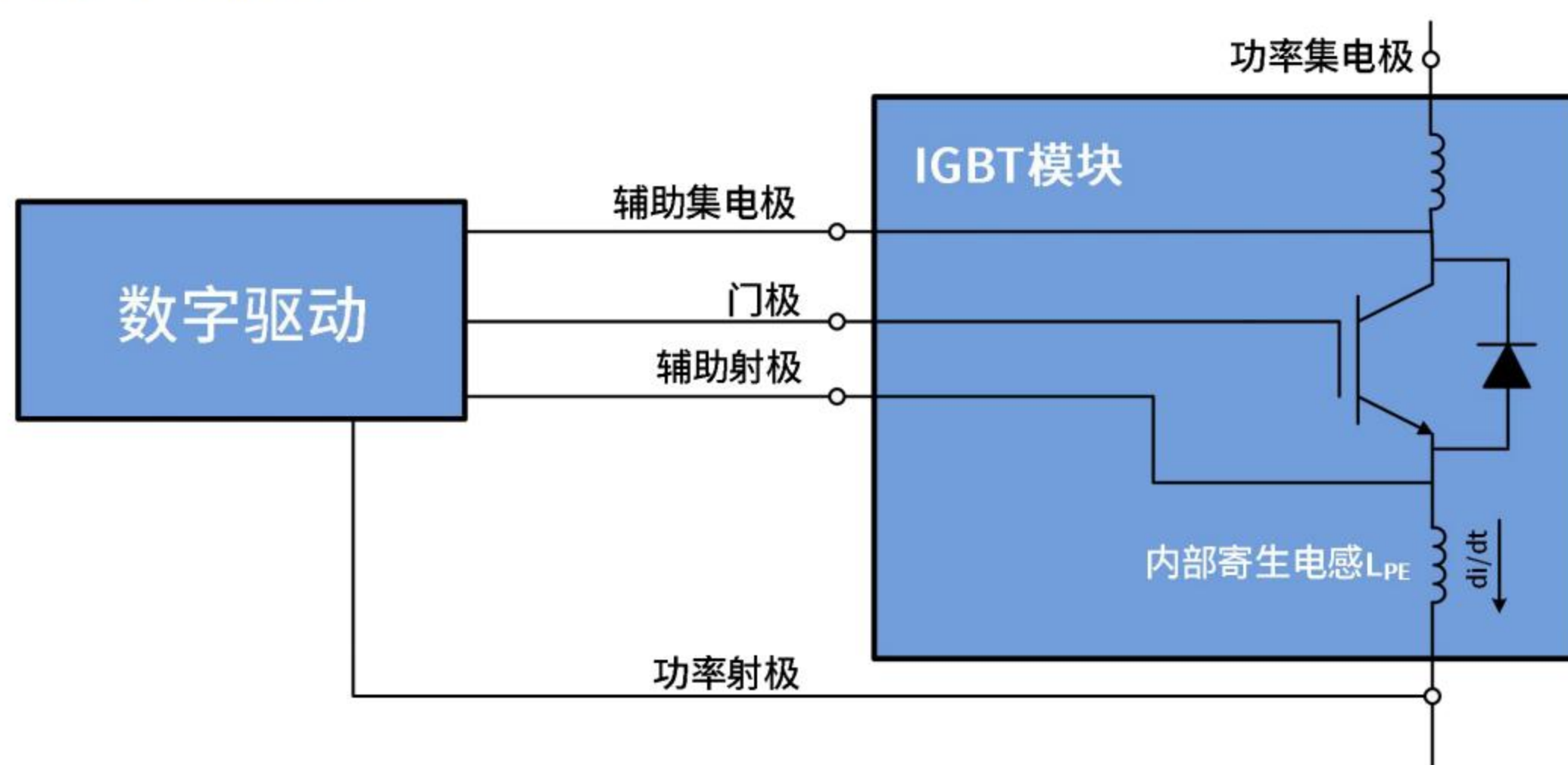


图 7 di/dt 检测电路

◆ 短路保护——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。

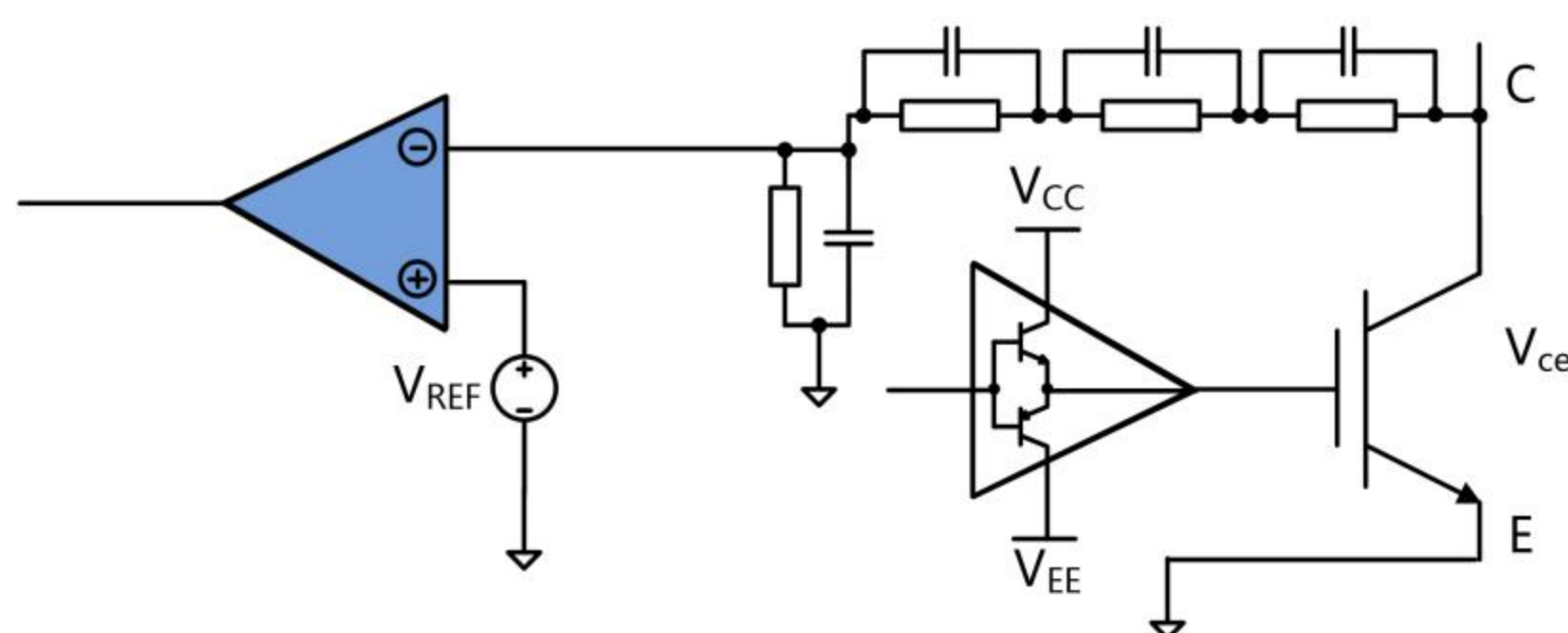


图 8 V_{CE} 退饱和和检测电路

◆ 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，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 CGC 的存在，当桥臂中的某个 IGBT 开通时，其带来的高 dv/dt 可通过 CGC 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 VCE 会达到直流母线电压；而流过 IGBT 的电流 IC，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，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 VGE，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。

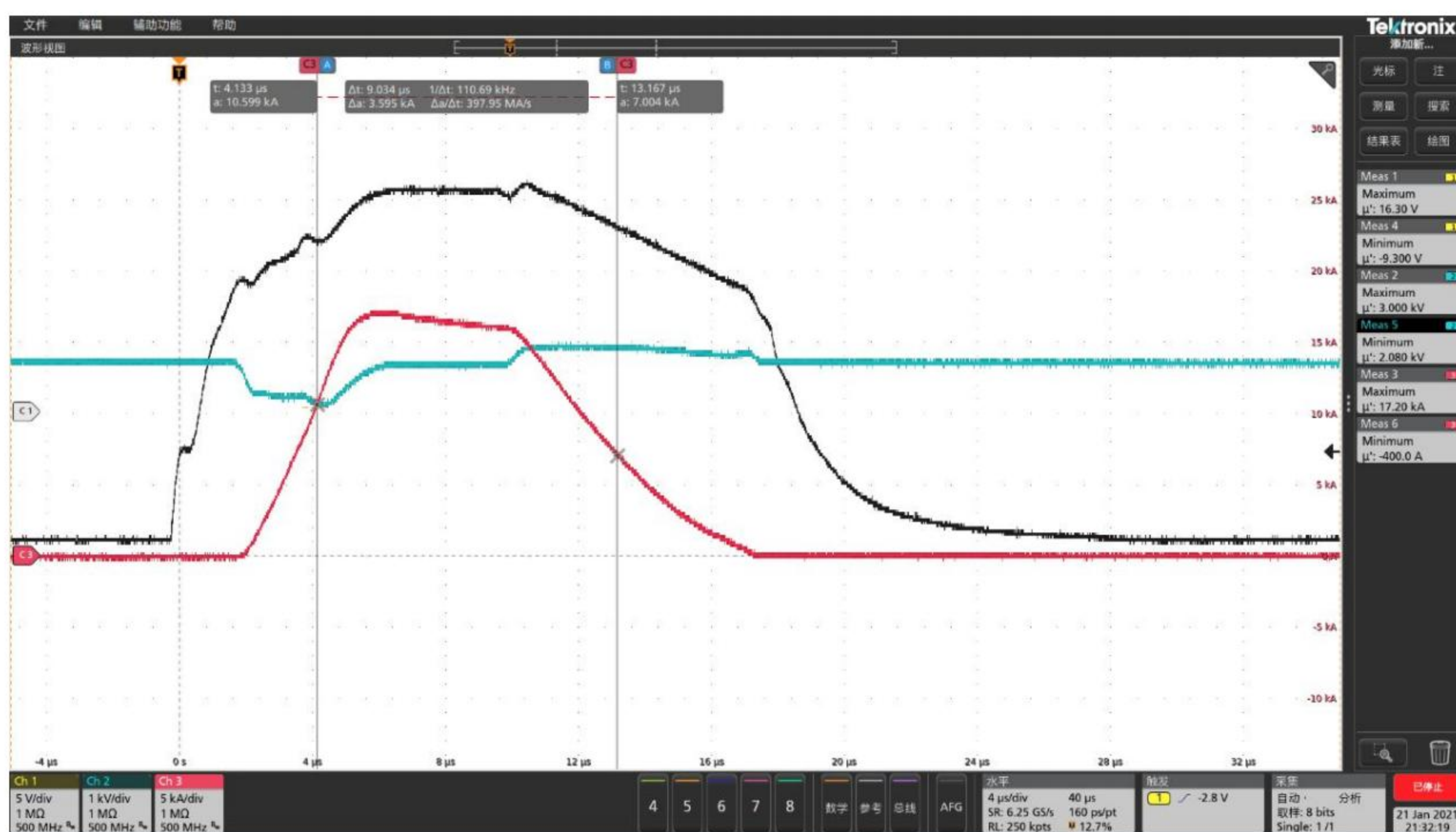


图 9 TG3000SW45ZC-P200 在 2800V 下的短路波形
上图中，CH1: VGE（黑色）；CH2: VCE(蓝色)；CH3: IC (红色)

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，IC 缓慢下降，VCE 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 VCE 电压超过 TVS 的阈值后，TVS 被击穿，电流灌入门极，使得 VGE 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。

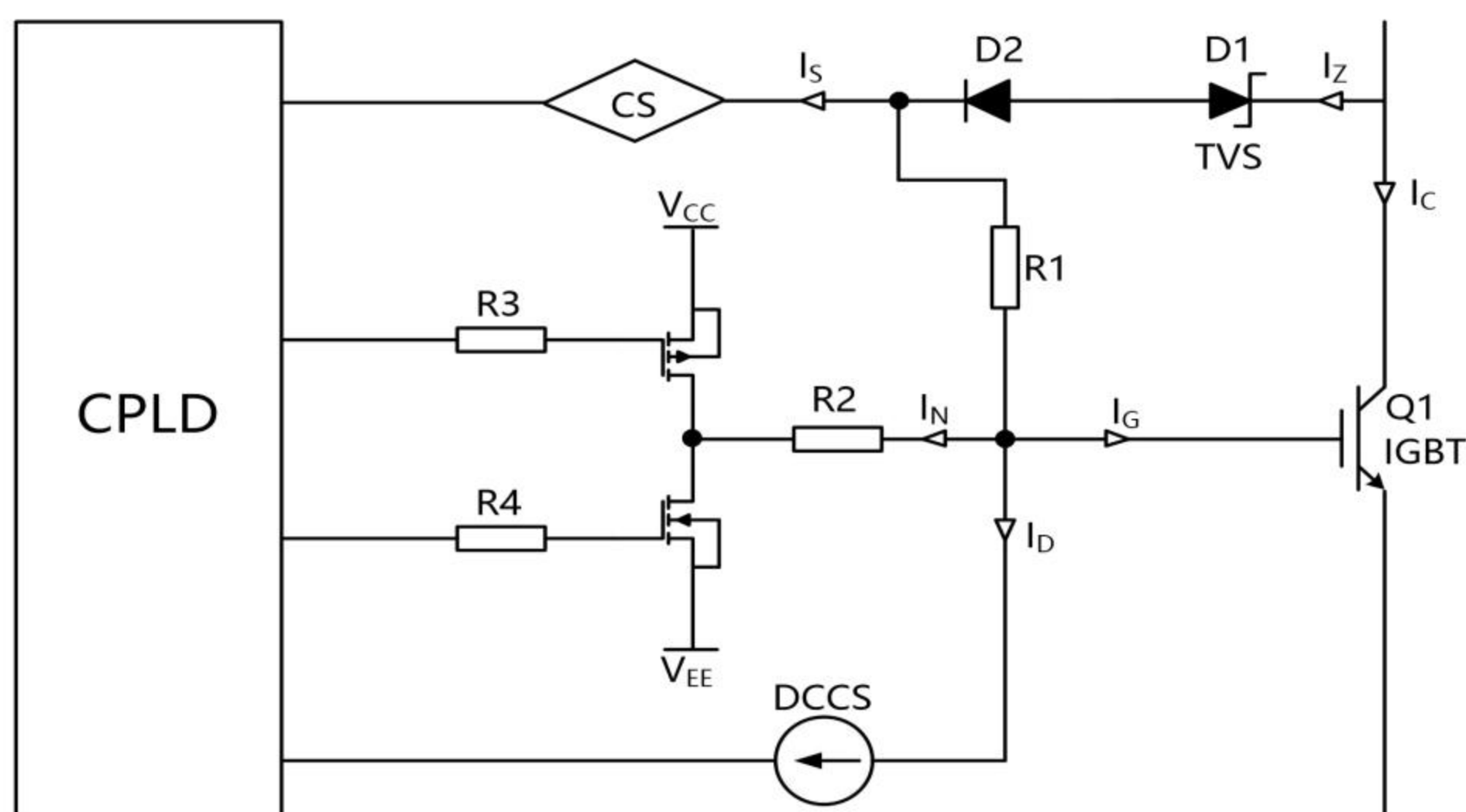


图 10 数控有源钳位原理示意图

◆ 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，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。

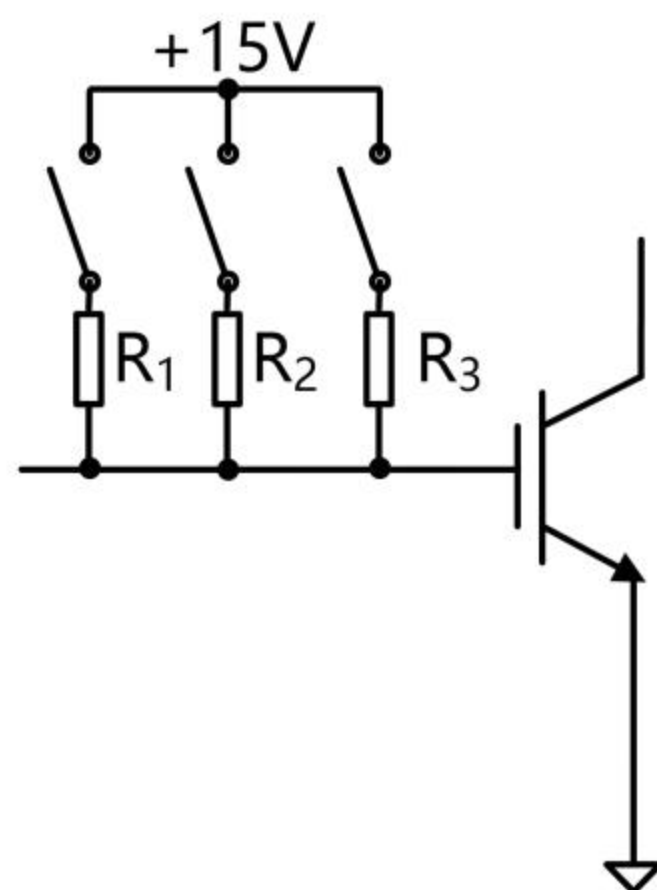


图 11 分级开通原理图

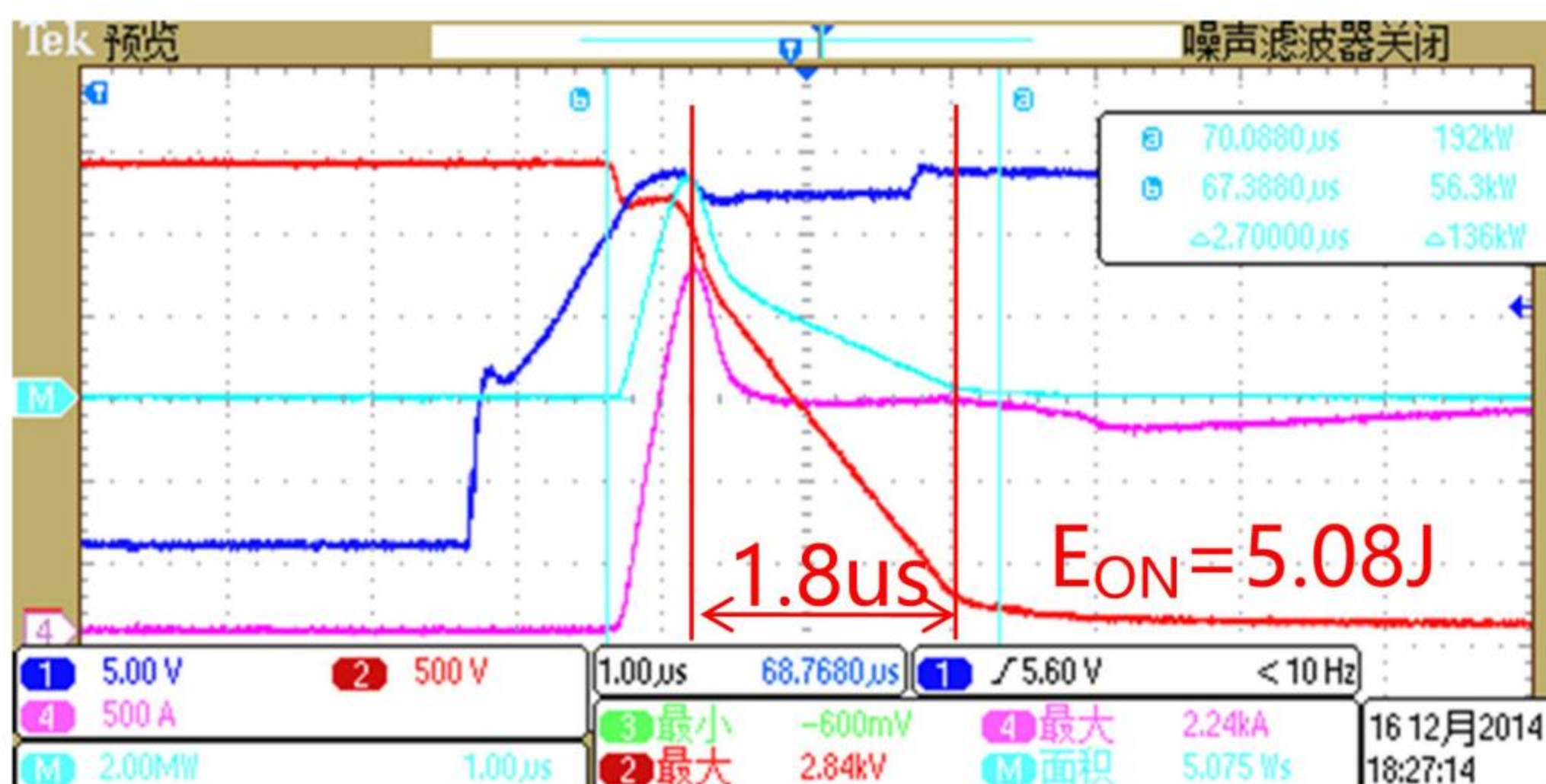


图 12a 不带分级开通

上图中，CH1: VGE (蓝色)；CH2: VCE(红色)；CH4: IC (粉红色)

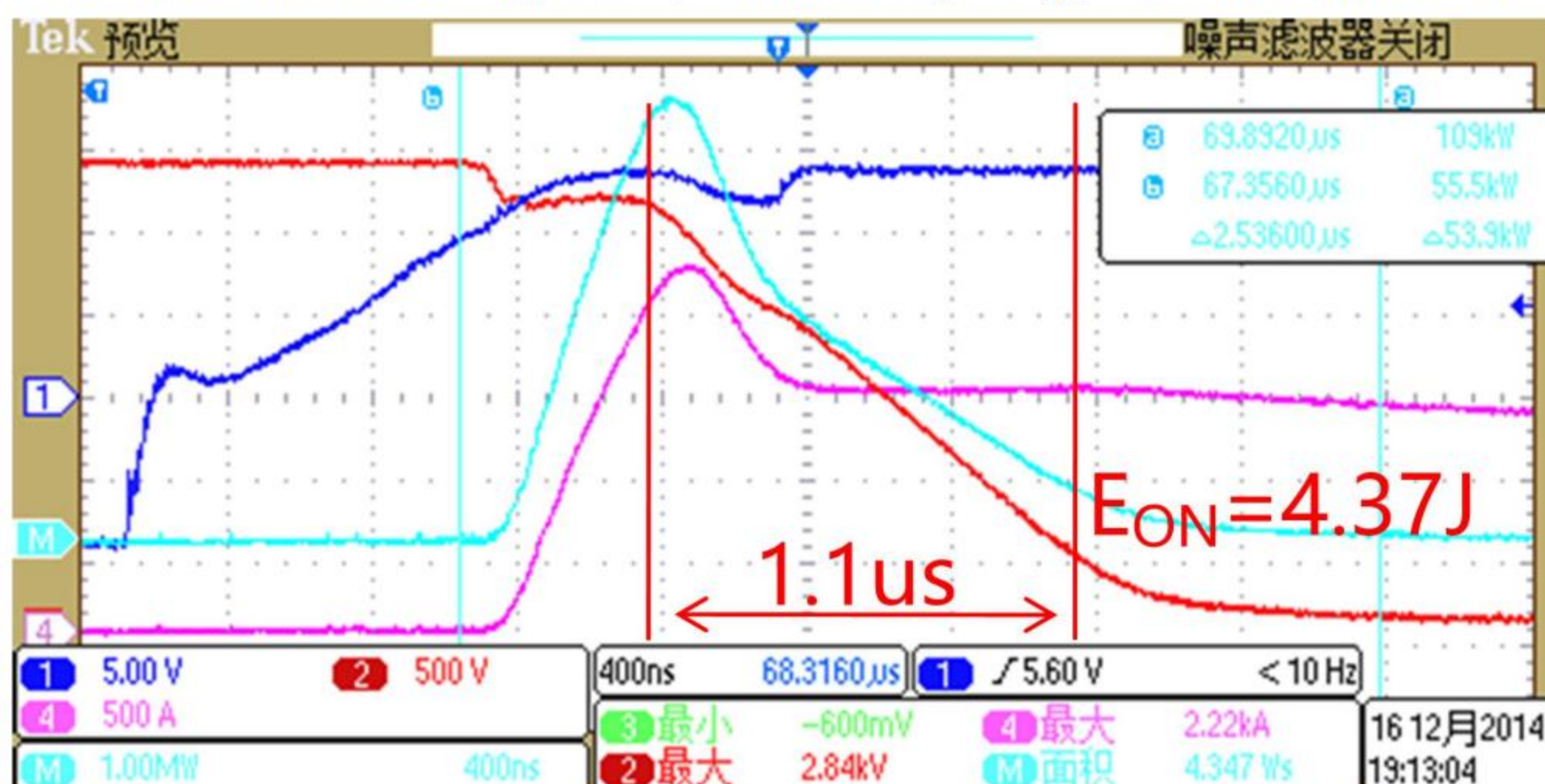


图 12b 带分级开通

上图中，CH1: VGE (蓝色)；CH2: VCE(红色)；CH4: IC (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，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。

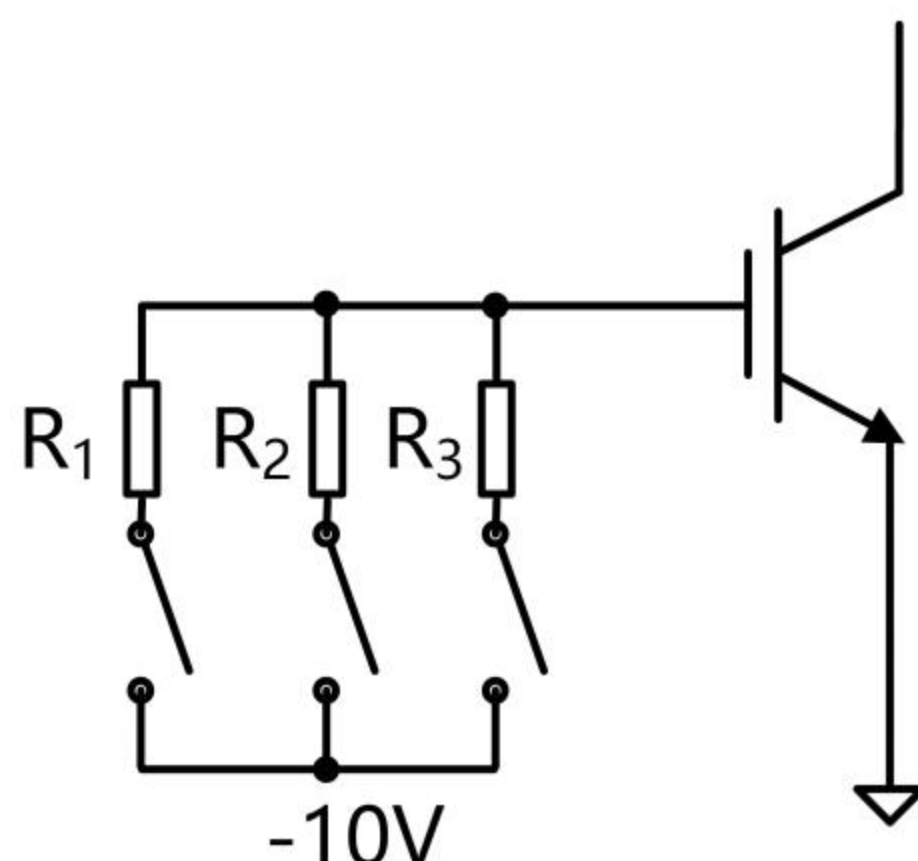


图 13 分级关断原理图

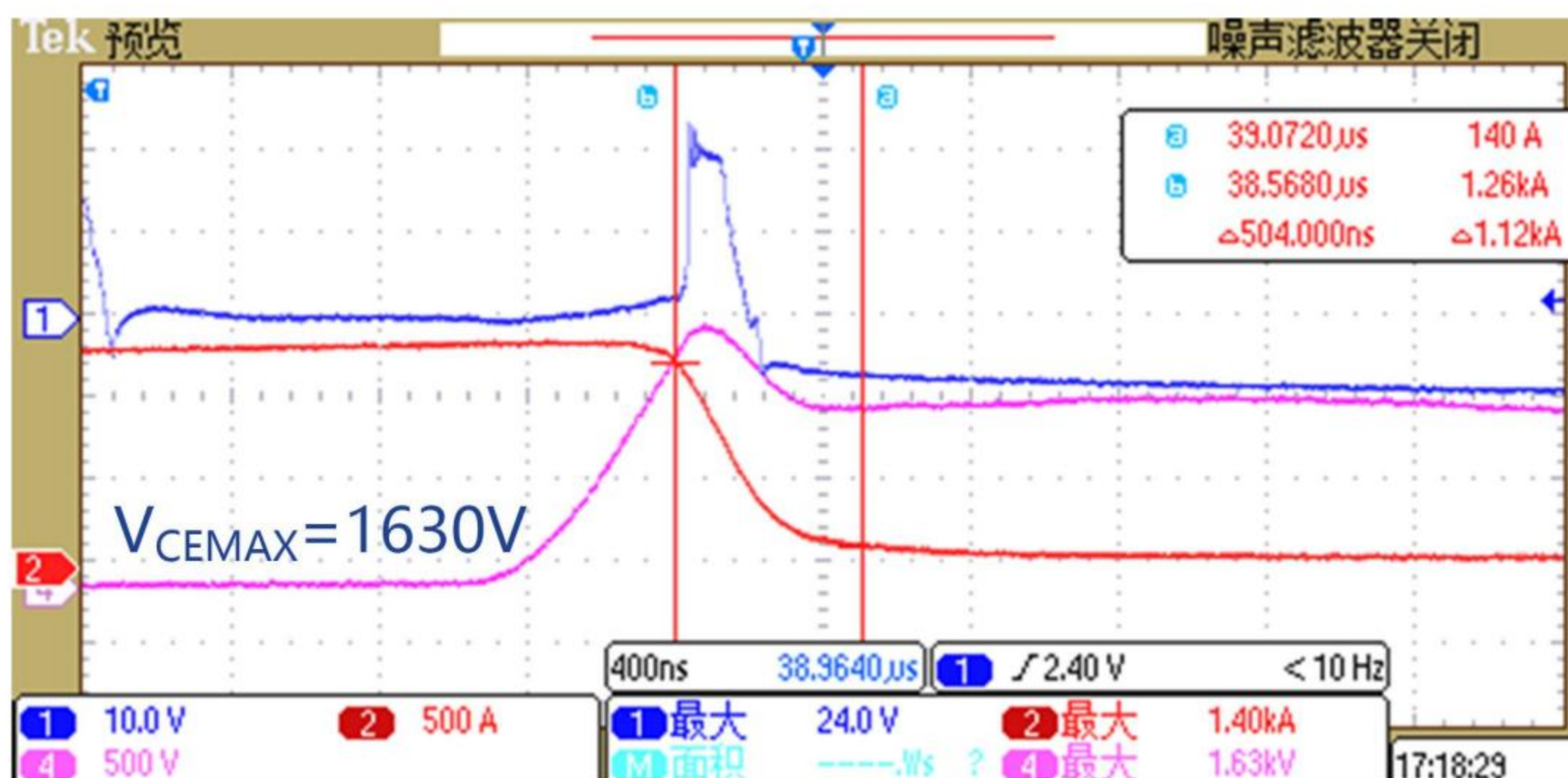


图 14a 不带分级关断

上图中，CH1: VGE (蓝色) ; CH2: IC (红色); CH4: VCE (粉红色)

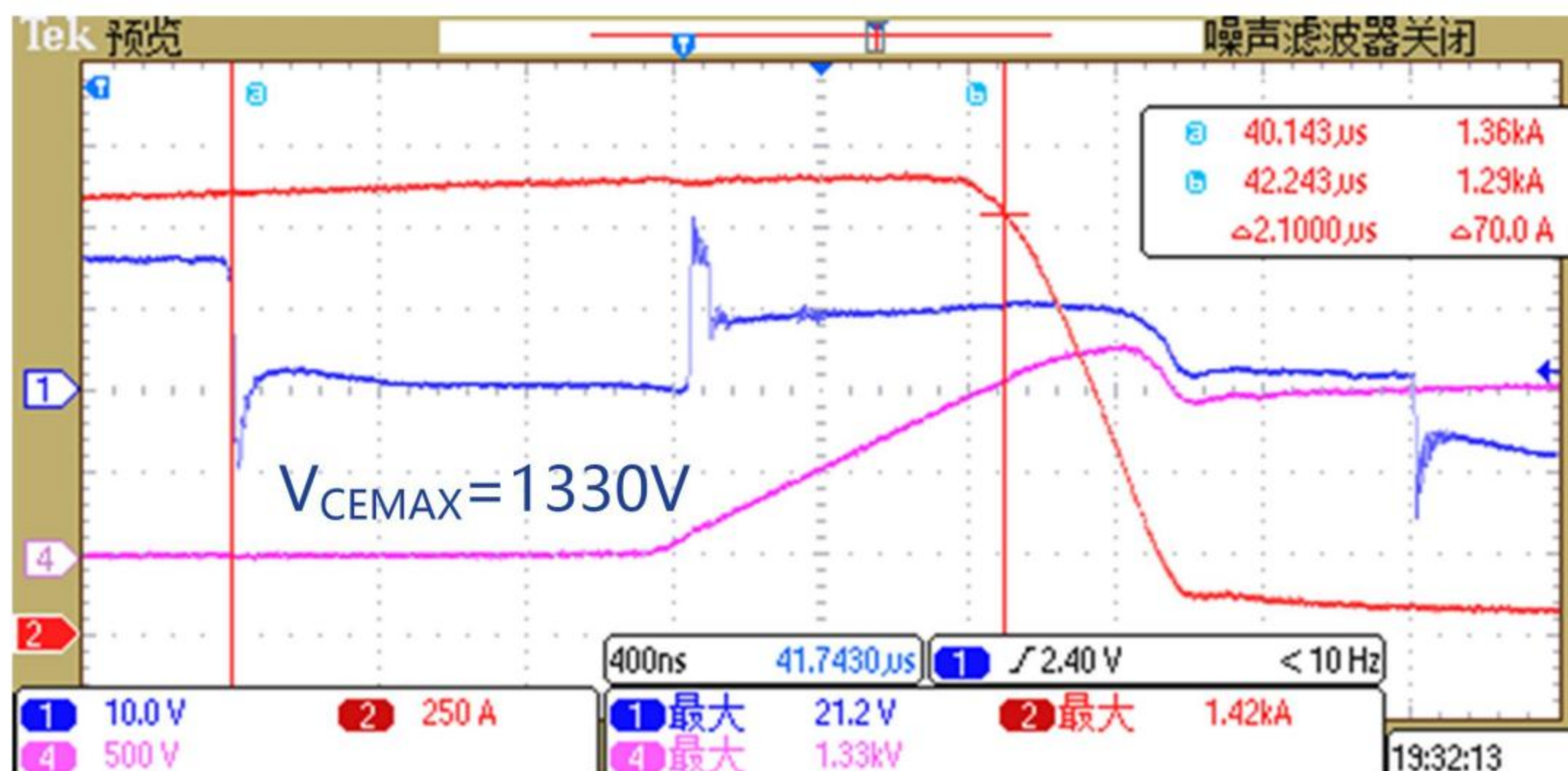


图 14b 带分级关断

上图中，CH1: VGE（蓝色）；CH2: IC(红色)；CH4: VCE（粉红色）

◆ 窄脉冲异常（预留）

光纤通信具有抗干扰能力强，绝缘等级高等优点。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。

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。

◆ 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 CPS，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，Firststack 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。

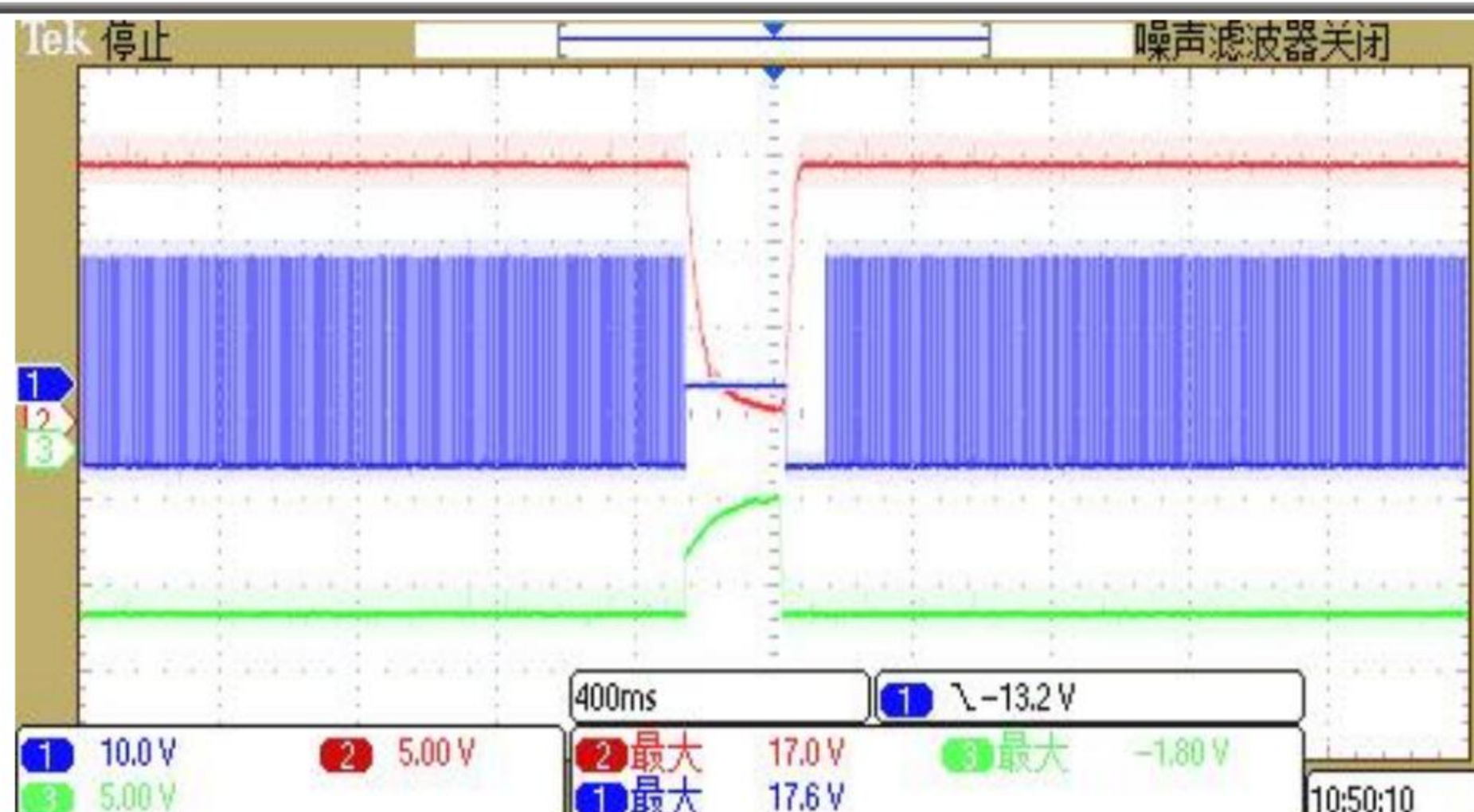


图 15 GE 短路

上图中，CH1: VGE（蓝色）；CH2: 副边 15V(红色)；CH3: 副边-10V（绿色）

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，或门极电阻过大如 10Ω 情况下，此功能可能不适用。

◆ 光纤口告知信号（预留——温度传输没有该功能）

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。

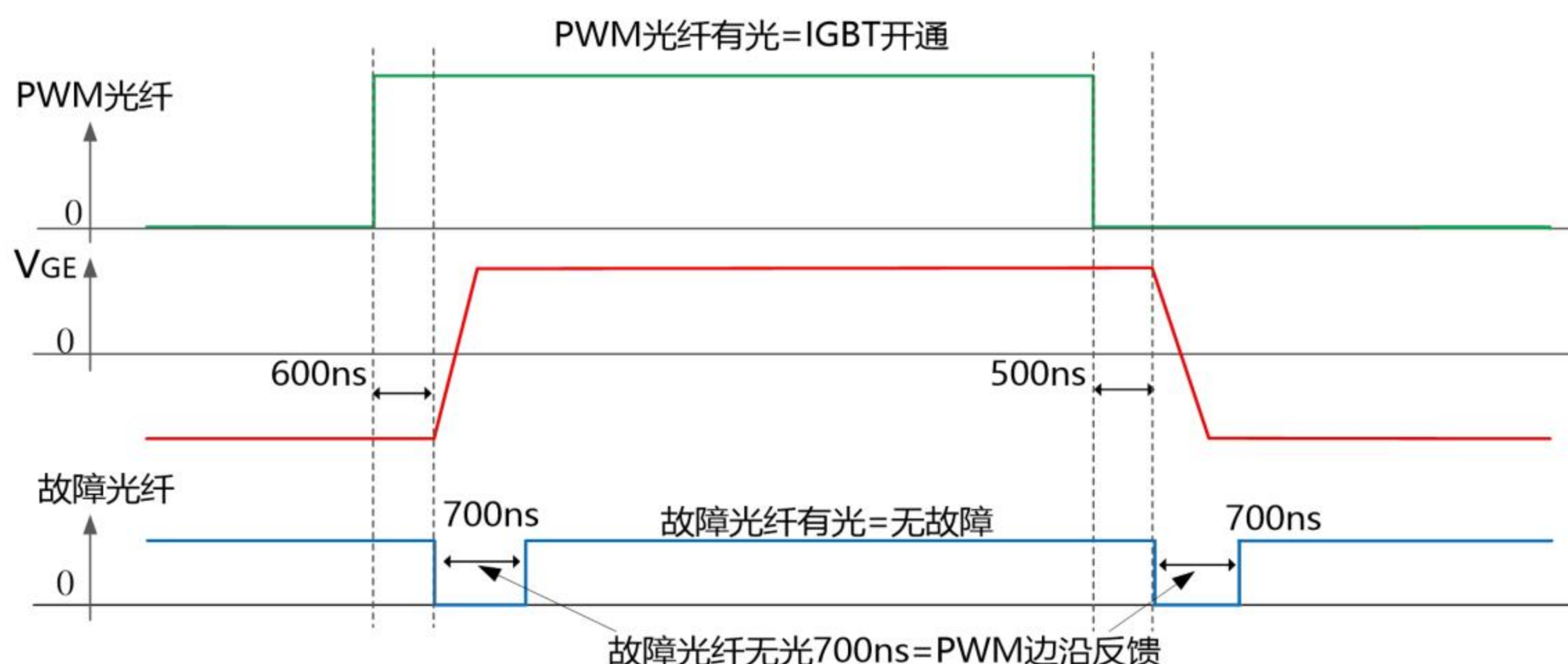


图 16a 正常情况下图

2、当驱动板检测到故障后，返回光纤头的灯将熄灭 30us 以上，作为故障信号通

知上位机。

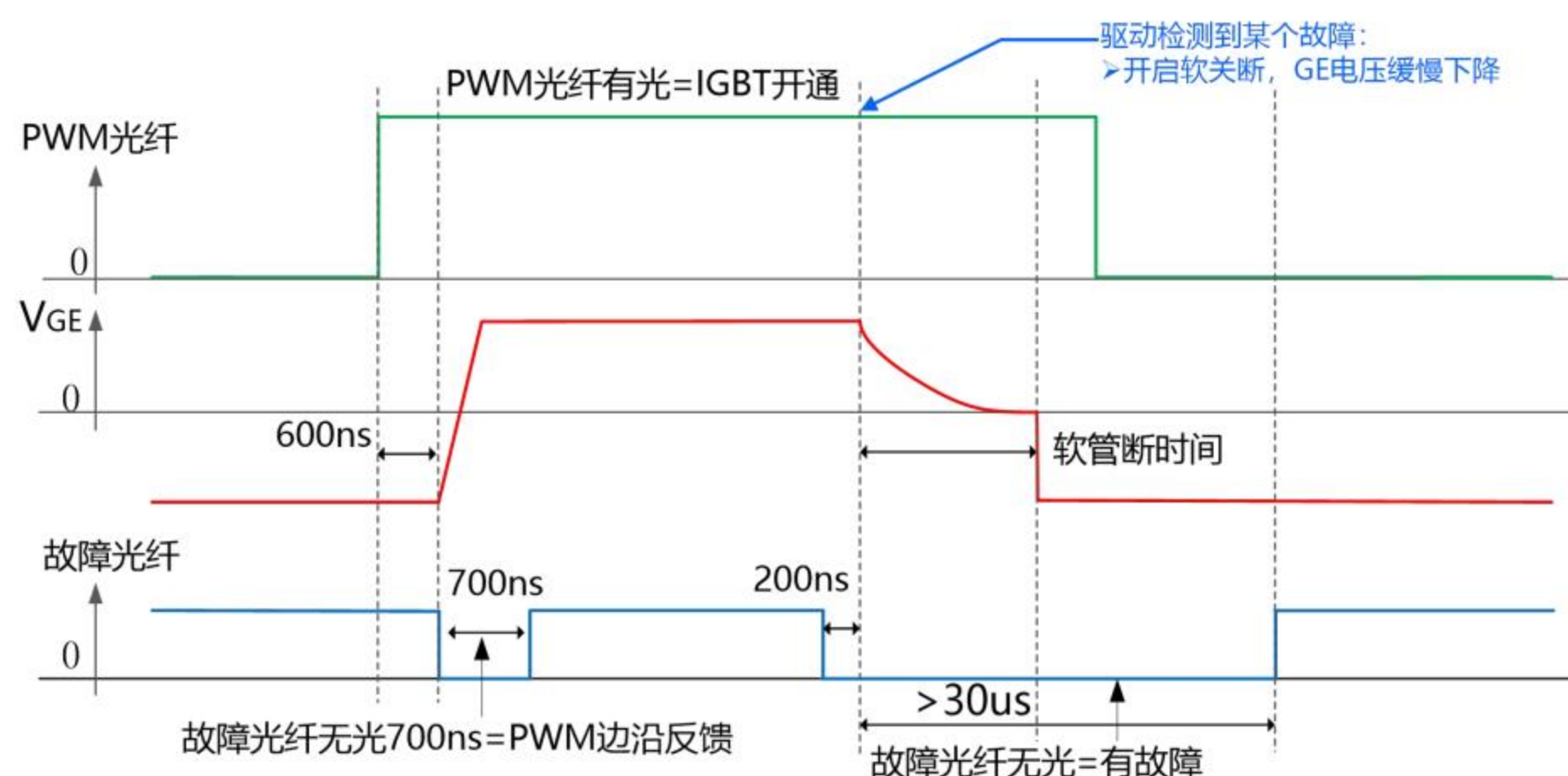


图 16b 故障情况下图

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。

◆ 模块温度采样（预留）

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，采集散热器温度并时时回传给控制系统。

1、采样原理

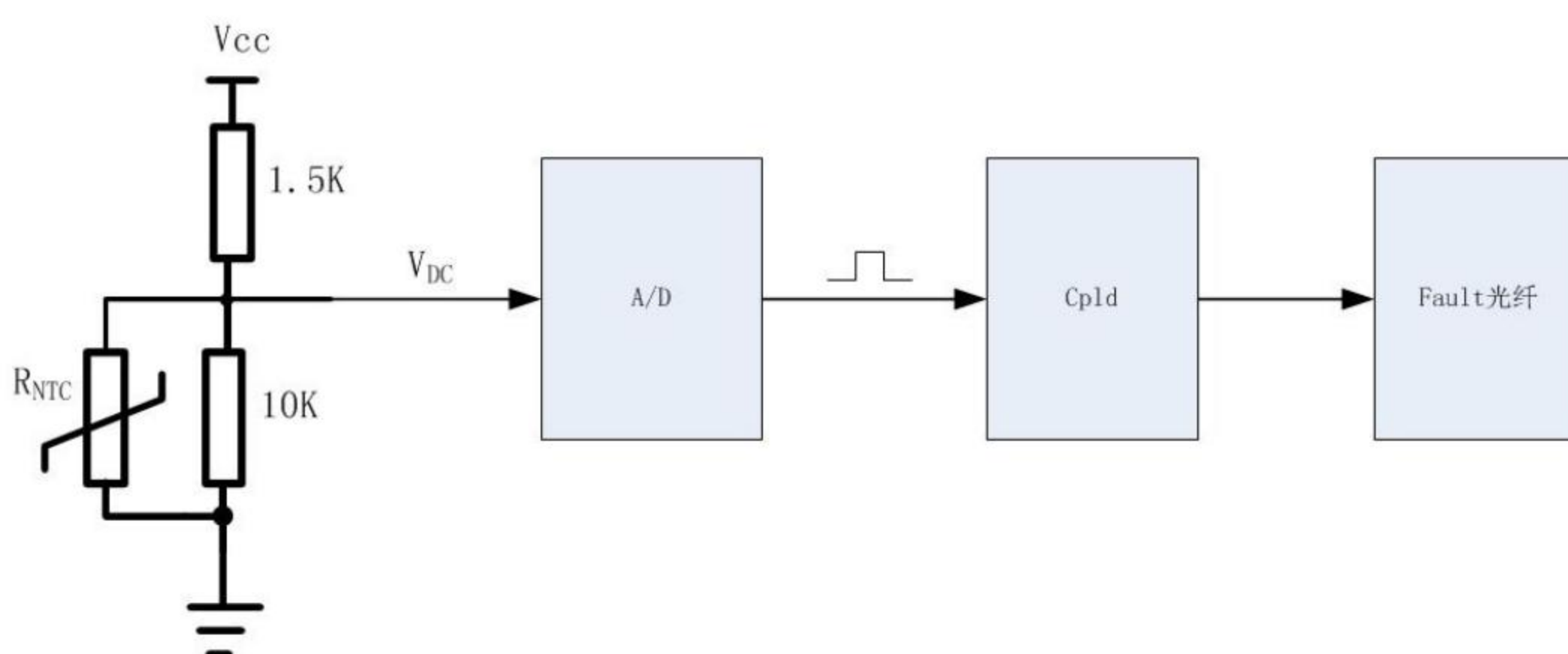


图 17 采样原理概述

2、故障传输方式

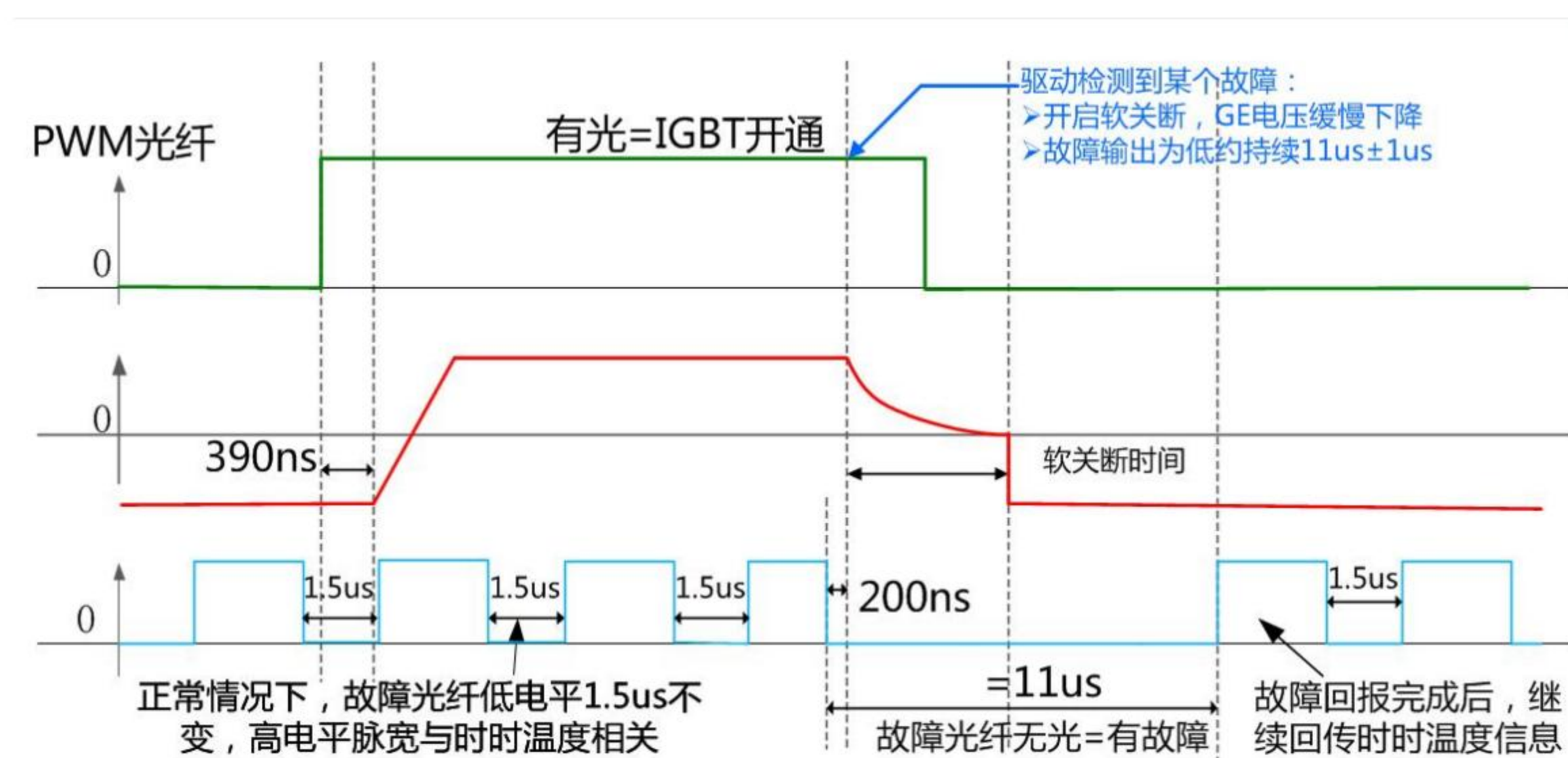


图 18 故障传输方式

门极电阻位置指示

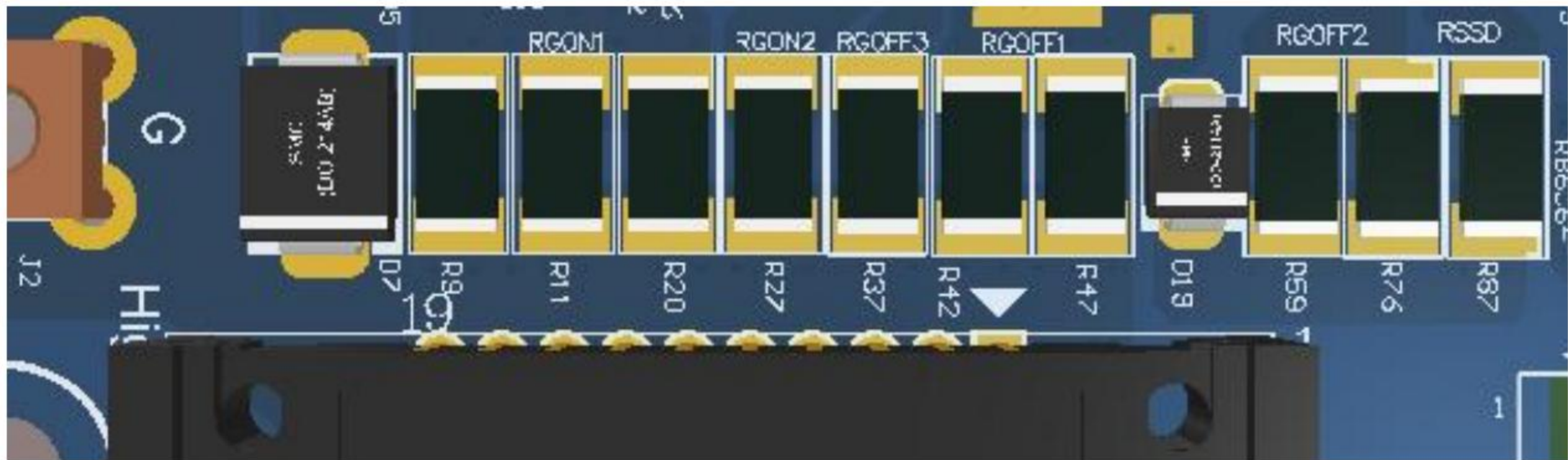


图 19 门极电阻位置指示图

门极电阻计算公式

	RGON1	RGON2	RGOFF1	RGOFF2	RGOFF3	CGE
单管	$R9//R11//20$	R27	$R42//R47$	$R59//R76$	R37	C4

常用模块的门极阻值表

IGBT 型号	RGON1	RGON2	RGOFF1	RGOFF2	RGOFF3	CGE
ST1500GXH24	5.7	1	2.2	5	1	220
5SNA3000K452300	1.8	1	2.2	5	1	220
TG3000SW45ZC-P2 00	1.8	1	2.2	5	1	330

驱动选型

驱动型号	光纤类别
SK08110	软光纤
SK08110V	硬光纤

订购信息

SK08110 可以支持中车、ABB 及东芝不同型号的压接模块。如有购买需求，请联系工作人员，我们将提供最符合您需求的驱动。

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

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

邮箱：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

