

HV1027P 产品说明书

概述

HV1027P 系列驱动器是以 Firststack 数字智能型 IGBT 驱动为基础，专门针对 IHV 封装开发的即插即用型驱动，适用于 4500V 及 6500V IGBT 模块，具有功能强大、可靠性高、EMC 特性良好等优点，适用于两电平及多电平变流器，应用覆盖军工、轨道交通、工业传动及智能电网等各个领域。



图 1 产品照片

核心优势：

- ✓ 门极动态可控
- ✓ 智能故障管理系统
- ✓ GE 过载保护
- ✓ 高级数控有源钳位
- ✓ 双重短路保护：didt+Vce 退饱和
- ✓ 电源欠压保护

应用：

- ✓ 柔性交流输电系统
- ✓ 工业驱动
- ✓ 轨道交通
- ✓ 中压变频器
- ✓ 科研

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..... | 6 |
| 状态指示灯说明..... | 6 |
| 驱动参数..... | 8 |
| 主要功能说明..... | 11 |
| ◆ 短路保护— didt （预留）..... | 11 |
| ◆ 短路保护— V_{CE} 检测..... | 11 |
| ◆ 欠压保护..... | 12 |
| ◆ 软关断..... | 13 |
| ◆ 有源钳位..... | 14 |
| ◆ 分级开通（预留）..... | 15 |
| ◆ 分级关断..... | 16 |
| ◆ 脉冲异常保护（预留）..... | 17 |
| ◆ 高鲁棒性 DC/DC | 18 |
| ◆ 智能故障管理系统（预留）..... | 19 |
| ◆ 光纤口告知信号..... | 20 |
| ◆ 环境过温保护（预留）..... | 21 |
| 门极电阻位置指示..... | 22 |
| 驱动选型..... | 24 |
| 订购信息..... | 25 |
| 技术支持..... | 25 |
| 法律免责声明..... | 25 |
| 联系方式..... | 25 |

系统框架图

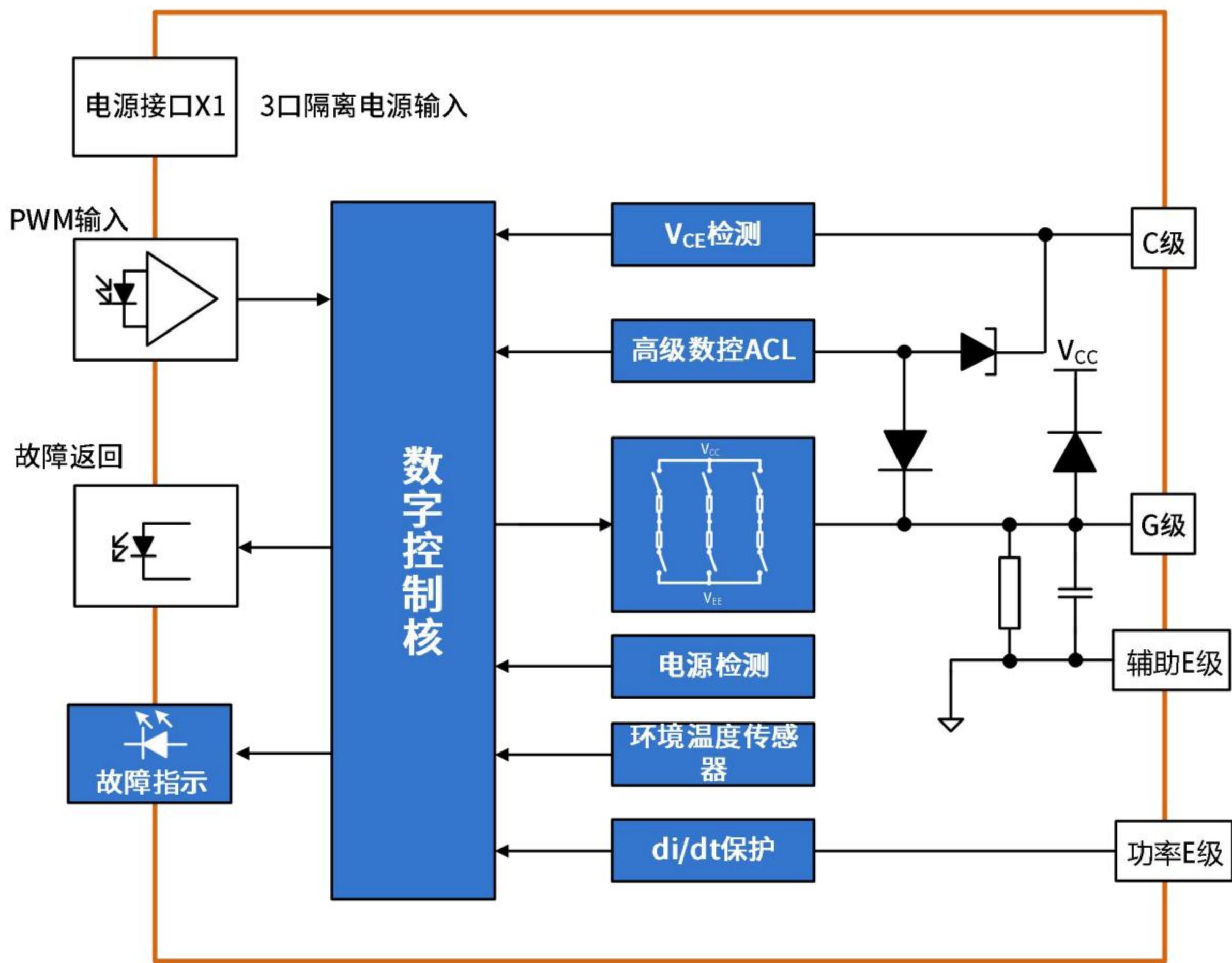


图 2 系统框架图

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(黄灯)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

IGBT 模块的工作状况，强烈依赖于具体的变换器结构。系统启动之前，建议用单脉冲或双脉冲测试方法检查每个 IGBT 模块。

Firststack 特别提醒：即使在最恶劣的条件下，也要确保 IGBT 模块不会超过 SOA 规定的工作范围。

机械尺寸图

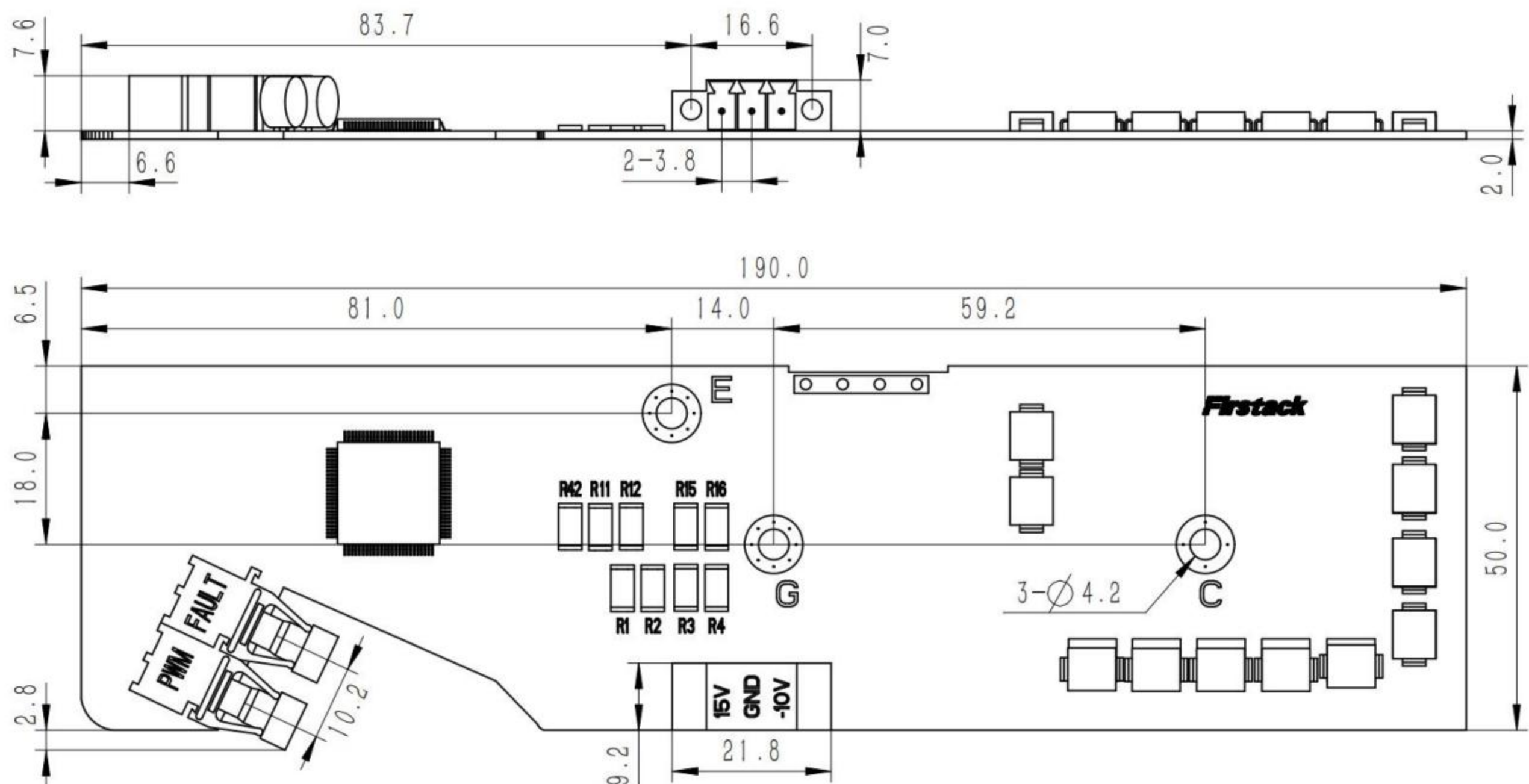


图3 HV1027P-2V硬光纤——尺寸图

- 备注：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 |
|----|---------|-------|-------------------------|--------------|
| 1 | #1 | 伍尔特 | 691325310003 | 691364300003 |
| 2 | PWM, F3 | Avago | HFBR-2412TCZ/HFBR-2521 | |
| 3 | FAULT | Avago | HFBR-1412TMZ/HFBR-1521Z | |

备注：接收光纤、发送光纤根据需求为相同类型，即均为软光纤或均为硬光纤

引脚定义

P1 引脚定义:

| 引脚 | 命名 | 注释 | 引脚 | 命名 | 注释 |
|----|-----------------|--------|----|-----|-------|
| 1 | V _{CC} | 原边正压输入 | 2 | GND | 原边参考地 |
| 3 | V _{EE} | 原边负压输入 | | | |

状态指示灯说明

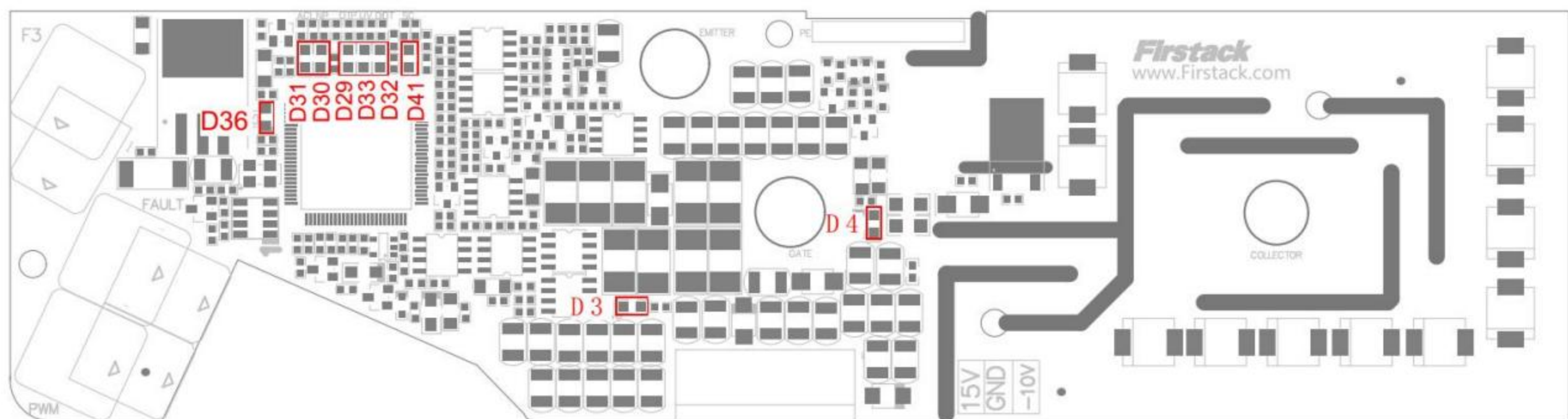


图 4 状态指示灯

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 | D31 | ACL | 一次 ACL 触发即常亮，除非重启 |
| 2 | D30 | NP | 一次 NP 触发即常亮，除非重启 |
| 3 | D29 | OTP | 一次过温触发即常亮，除非重启 |
| 4 | D33 | UV | 一次欠压触发即常亮，除非重启 |
| 5 | D32 | DIDT | 一次短路触发即常亮，除非重启 |

| | | | |
|---|-----|-------|--------------------|
| 6 | D41 | SC | 一次短路触发即常亮，除非重启 |
| 7 | D36 | TEST | 无故障时亮，反之则灭 |
| 8 | D3 | Power | 上电即常亮，反之则灭 |
| 9 | D4 | GE | GE 信号指示灯，开通时亮，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_{CC} | 对地 | 14.5 | 15.5 | V |
| V_{EE} | 对地 | -9 | -10 | V |
| 门极最大输出电流 | | -30 | +27 | A |
| 单路输出功率 | 环境温度 85°C | 10 | | W |
| 工作温度 | | -40 | +85 | °C |
| 存储温度 | | -40 | +85 | °C |
| 开关频率 | | | 100 | kHz |

推荐工作条件

| 参数 | 备注 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------|----|------|------|------|----|
| V_{CC} | | 14.5 | 15 | 15.5 | V |
| V_{EE} | | -9 | -9.5 | -10 | 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 | | 0.11 | | A |
| 电源监测 | | | | | |
| 正压欠压保护阈值 | | | 12.7 | | V |
| 负压欠压保护阈值 | | | -6.5 | | V |
| 欠压保护滞环宽度 | | | 0.6 | | V |
| 短路保护 | | | | | |
| V_{CE} 短路保护监测阈值 | | | 10.2 | | V |
| V_{CE} 短路保护响应时间 | 注 2 | | 8 | | us |
| di/dt 短路保护响应时间 | 注 2 | | 3 | | us |
| 阻断时间 | | | 90 | | ms |
| 时间特性 | | | | | |
| 开通延时 | 注 3 | | 450 | | ns |
| 关断延时 | 注 4 | | 350 | | ns |
| 上升时间 | 注 5 | | 15.5 | | ns |
| 下降时间 | 注 6 | | 12.5 | | ns |
| 故障保持时间 | | | 30 | | us |

除非有特殊说明，所有的数据都是基于+25°C环温以及 $V_{CC}=15V$ 和 $V_{EE}=-9.5V$ 下测试。

注解说明:

1. **电源电流:** FPS08-15K 电源 15V 输入时, 连接 HV1027P 驱动板后所增加输入电流。驱动板没有输入任何 PWM 信号, 但连接 IGBT 模块;
2. **响应时间:** 短路保护响应时间指从发生故障到开始执行软关断;
3. **开通延时:** 不连接 IGBT 的条件下, 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;
4. **关断延时:** 不连接 IGBT 的条件下, 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;
5. **上升时间:** 不连接 IGBT 的条件下, 从门极关断电压(-9.5V)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(-9.5V)的 10%时间量。

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。

根据运行模式的不同，两电平模式下，将启动软关断，将 IGBT 缓慢的关断；三电平模式下，将保持 IGBT 处于开通状态，由上位机下达关断指令。

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，有明显的竞争力。

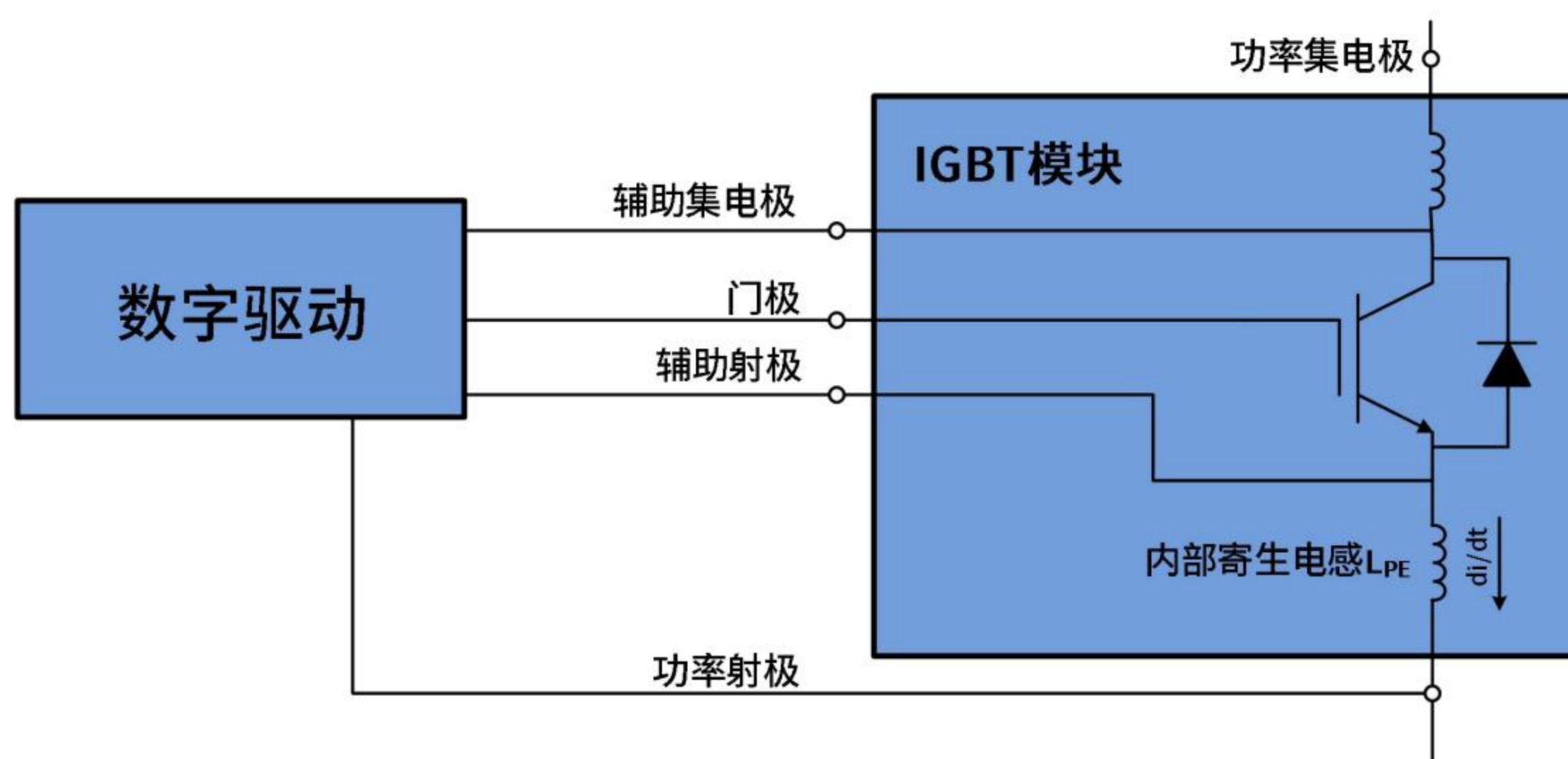


图 5 di/dt 检测电路

◆ 短路保护— V_{CE} 检测

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，将故障返回给上位机。

根据运行模式的不同，两电平模式下，会启动软关断，将 IGBT 缓慢地关断；三电平模式下，将保持 IGBT 处于开通状态，由上位机下达关断指令。

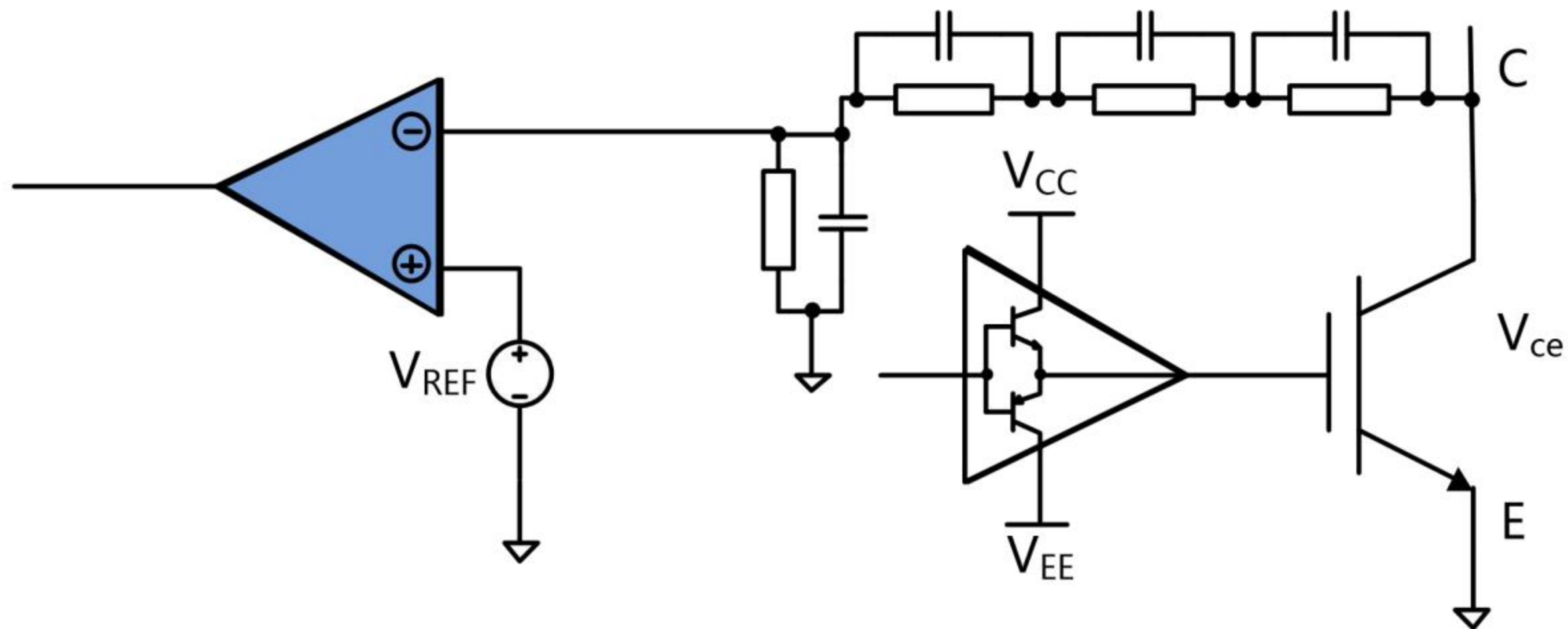


图 6 V_{CE} 退饱和检测电路

◆ 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 |

Firststack 智能驱动强烈建议：不要让 IGBT 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，导致该 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。

为了抑制短路时的关断尖峰问题，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 10 μ s 的前提下，通过缓慢地降低门极电压 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。

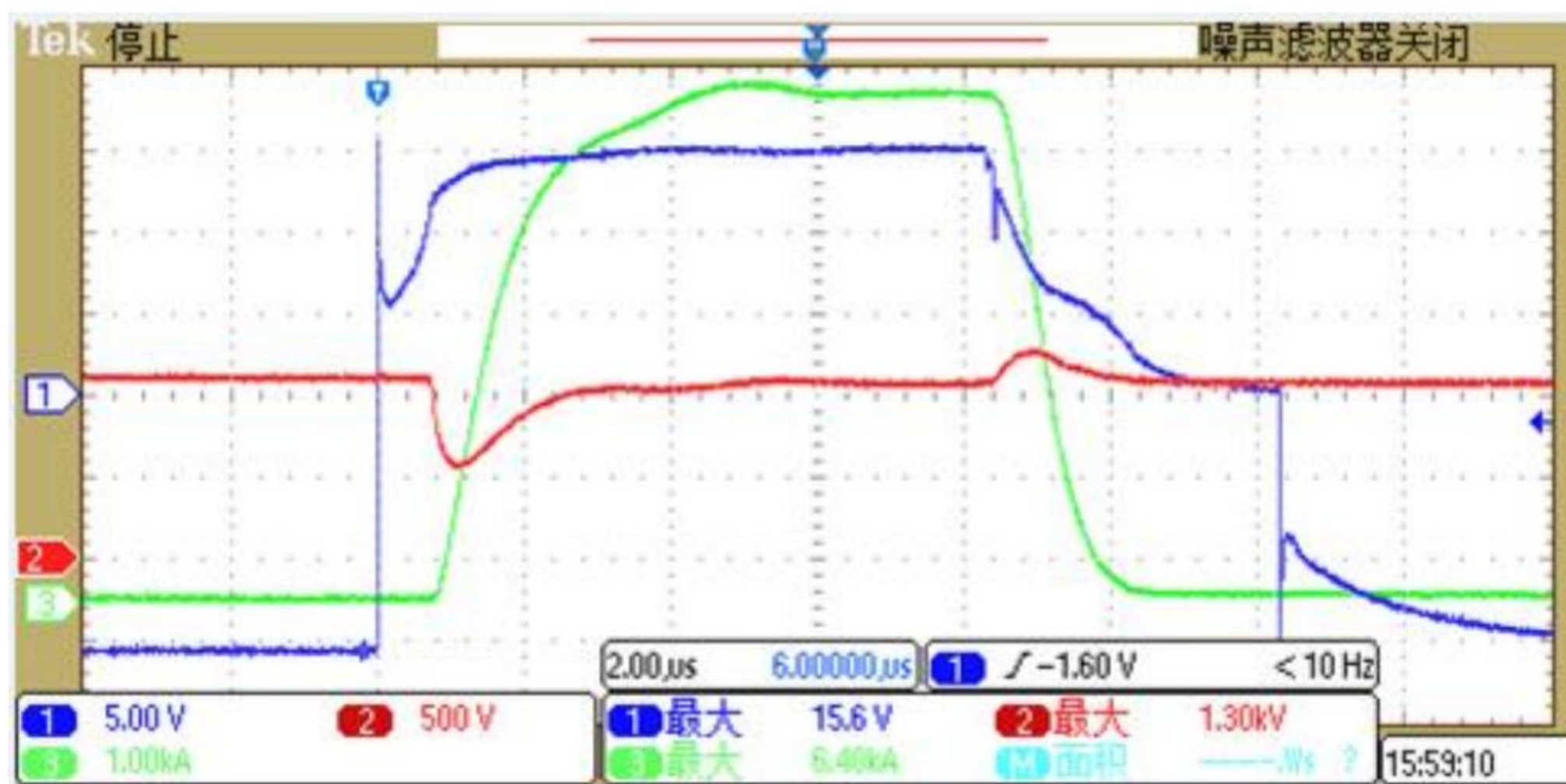


图 7 FF1400R17IP4 在 1100V 下的短路波形

上图中，CH1: V_{GE} （蓝色）；CH2: V_{CE} （红色）；CH3: I_C （绿色）

图 8 显示的是由 Firststack IGBT 驱动电路控制的 1700V/1400A IGBT（FF1400R17IP4）在直流母线为 1100V 时的短路波形。短路电流峰值 6400A（4.5 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。

◆ 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，Firststack 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 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。

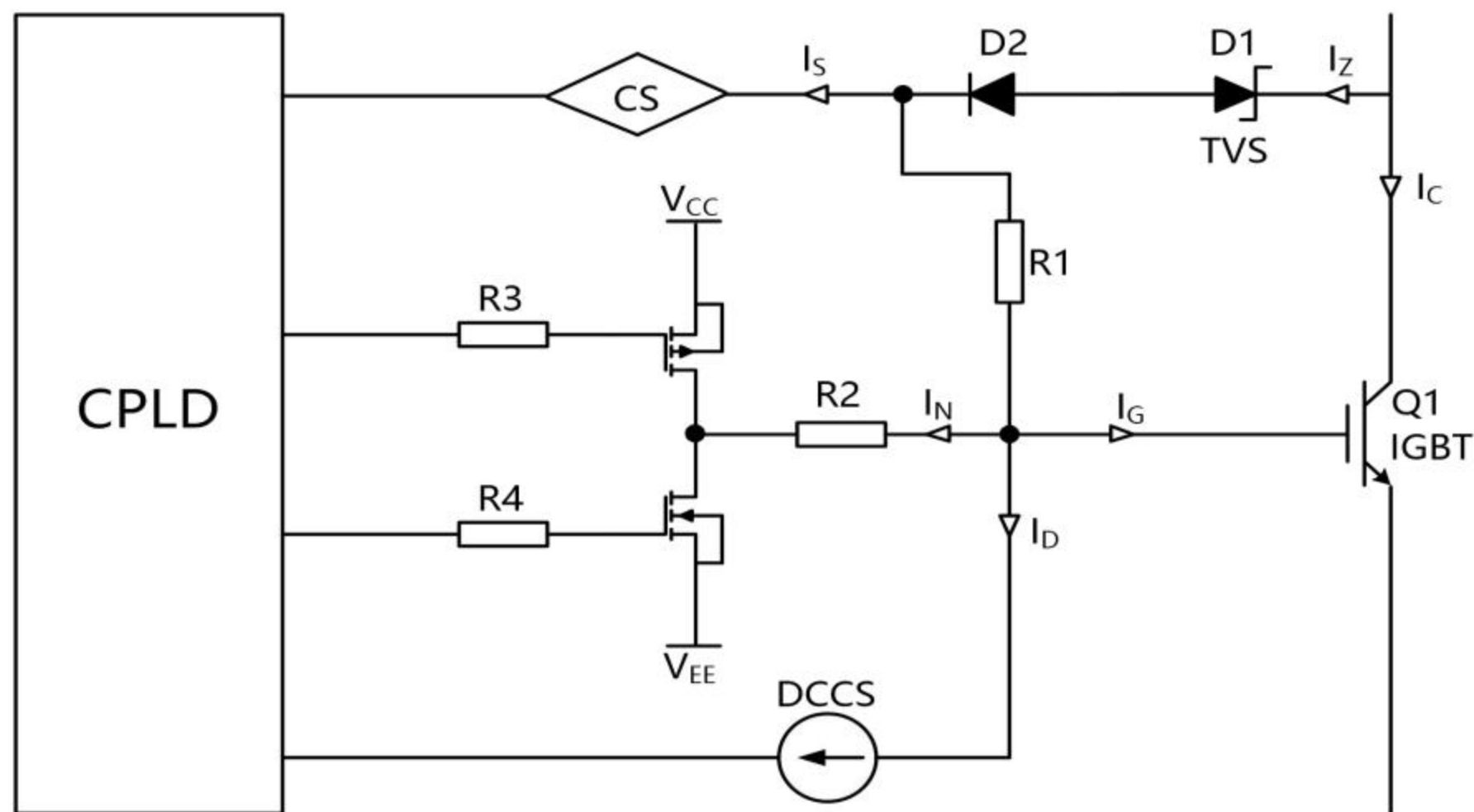


图 8 有源钳位原理示意图

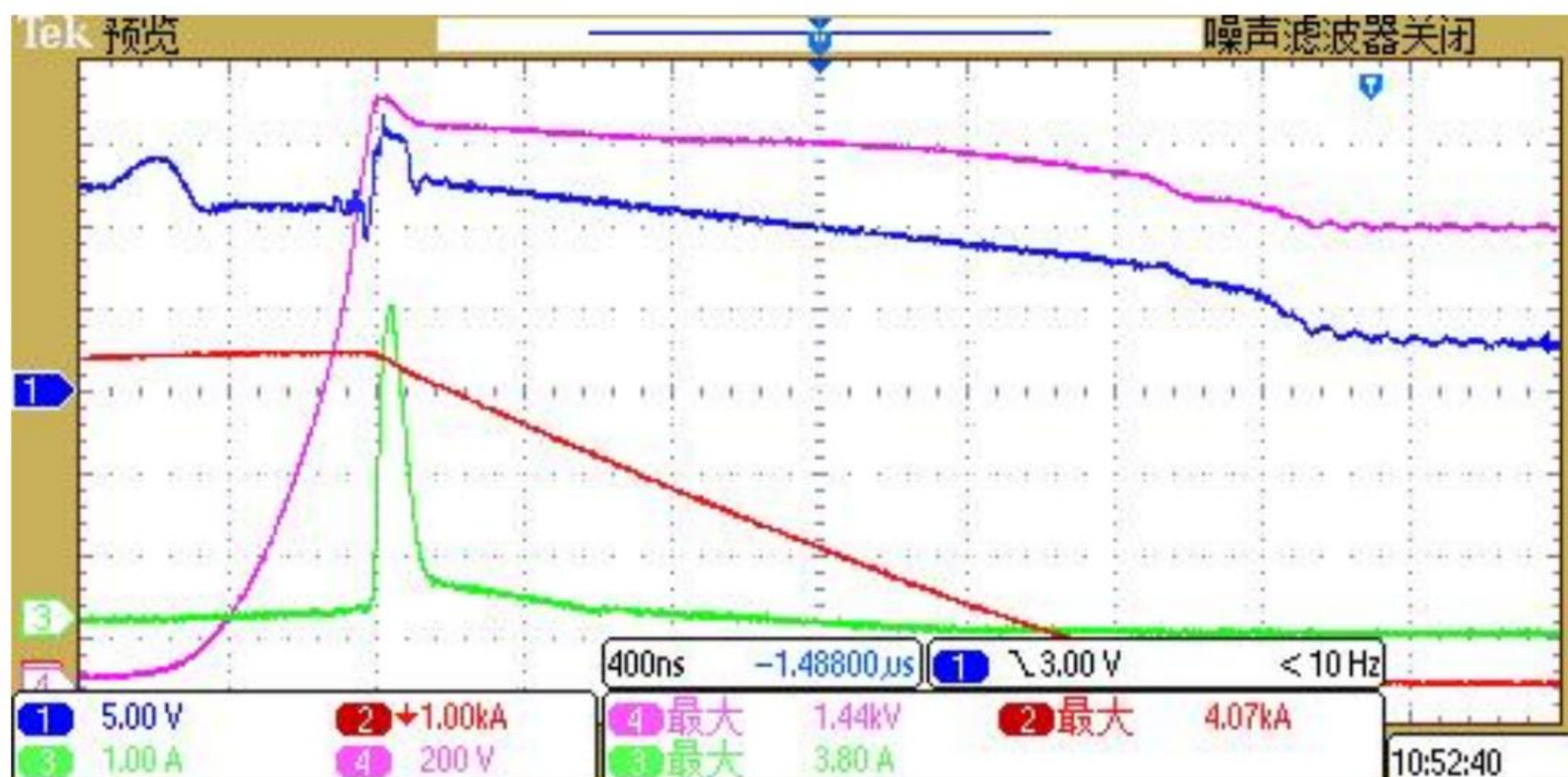


图 9 数控有源钳位波形

上图中，CH1: V_{GE} (蓝色)；CH2: I_C (红色)；CH3: I_{TVS} (绿色)；CH4: V_{CE} (粉红色)

◆ 分级开通（预留）

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，通过在开通过程中使用不同的门极电阻，来实现开通过程的优化。

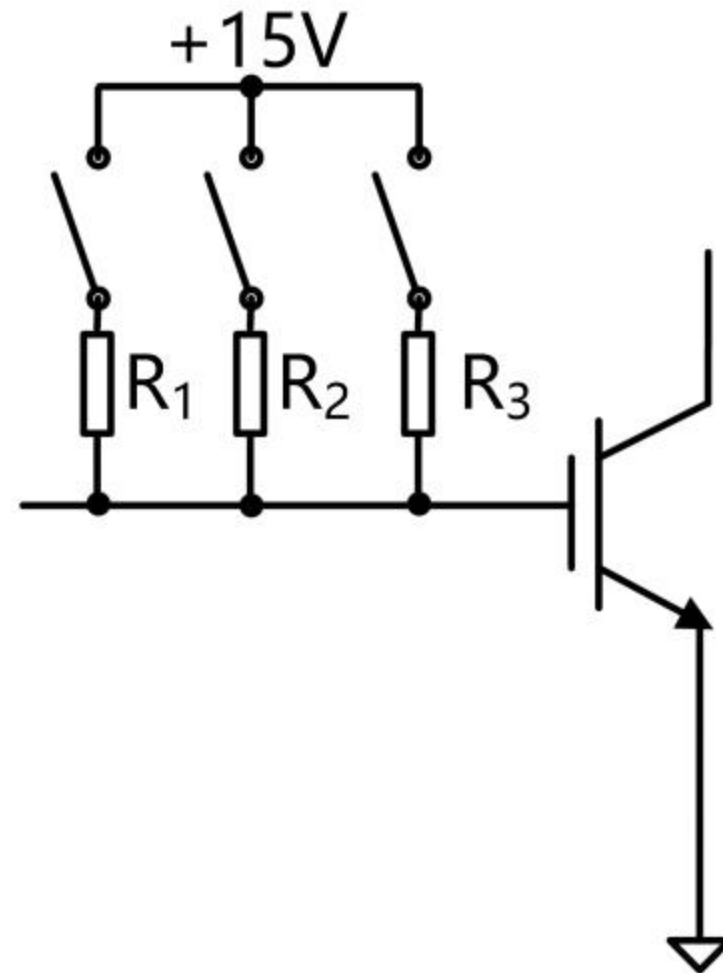


图 10 分级开通原理图

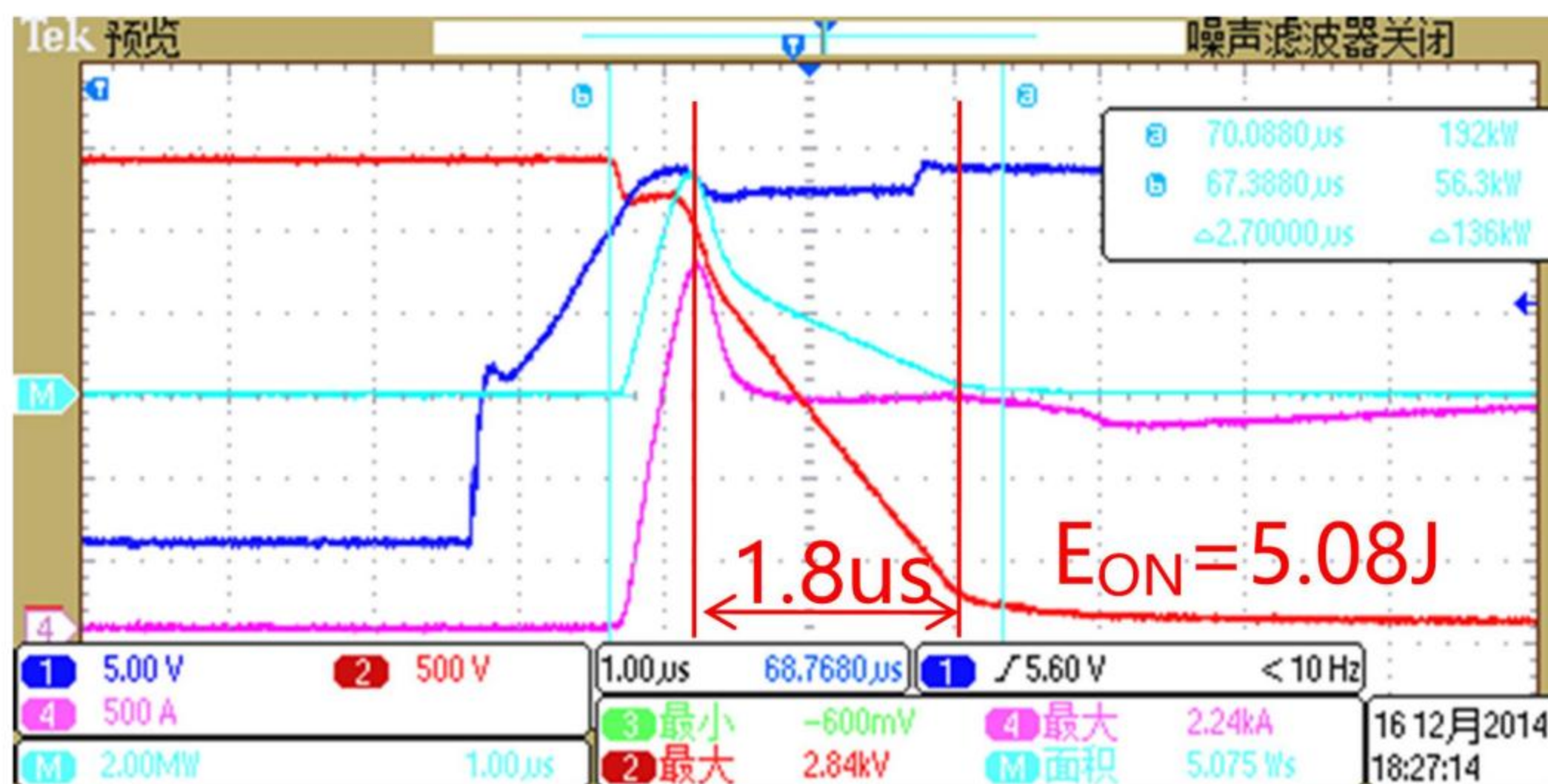


图 11a 不带分级开通

上图中，CH1: V_{GE} (蓝色) ; CH2: V_{CE} (红色); CH4: I_C (粉红色)

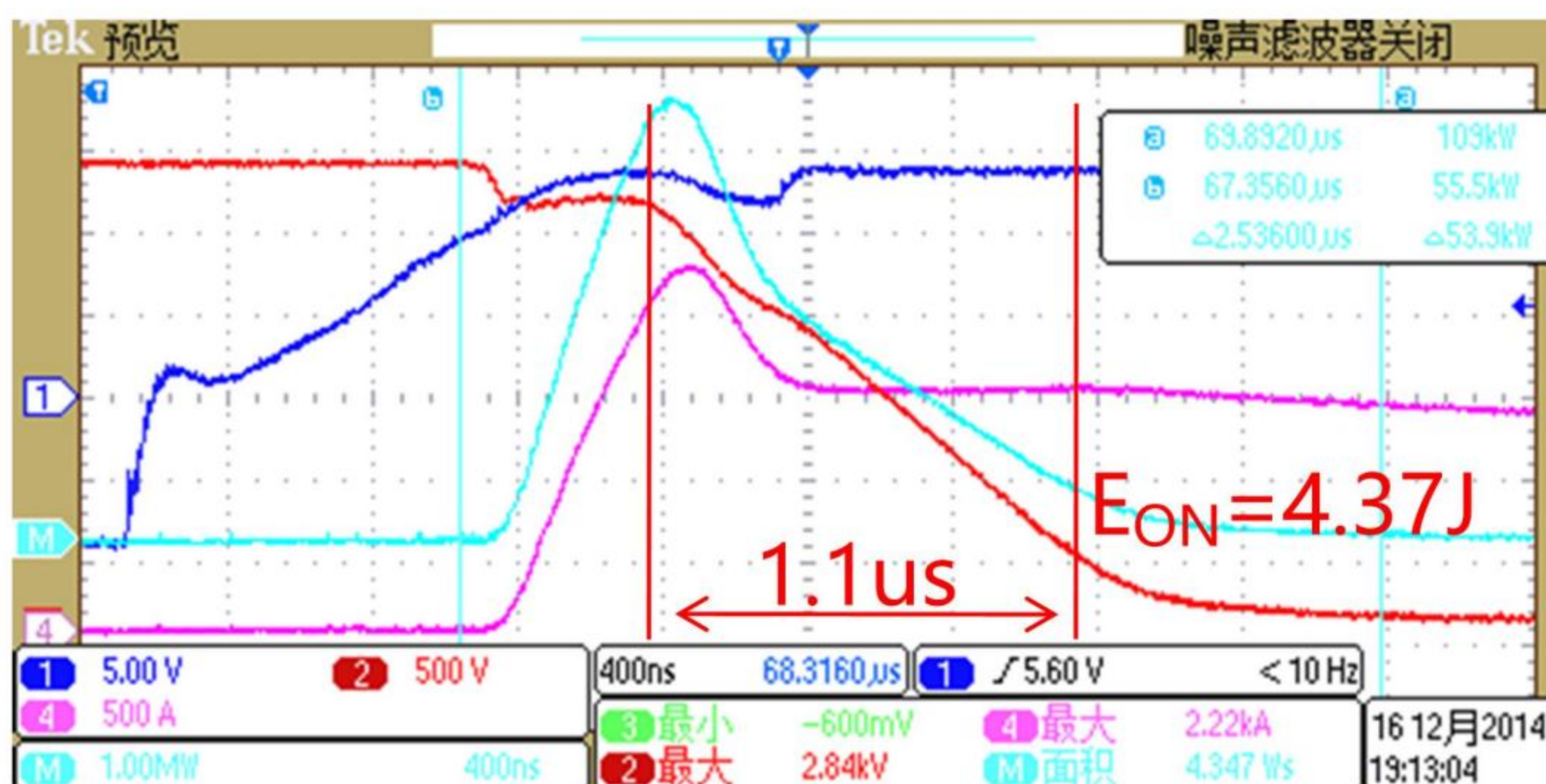


图 11b 带分级开通

上图中，CH1: V_{GE} (蓝色)；CH2: V_{CE} (红色)；CH4: I_C (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，分级关断技术具有关键性作用。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。

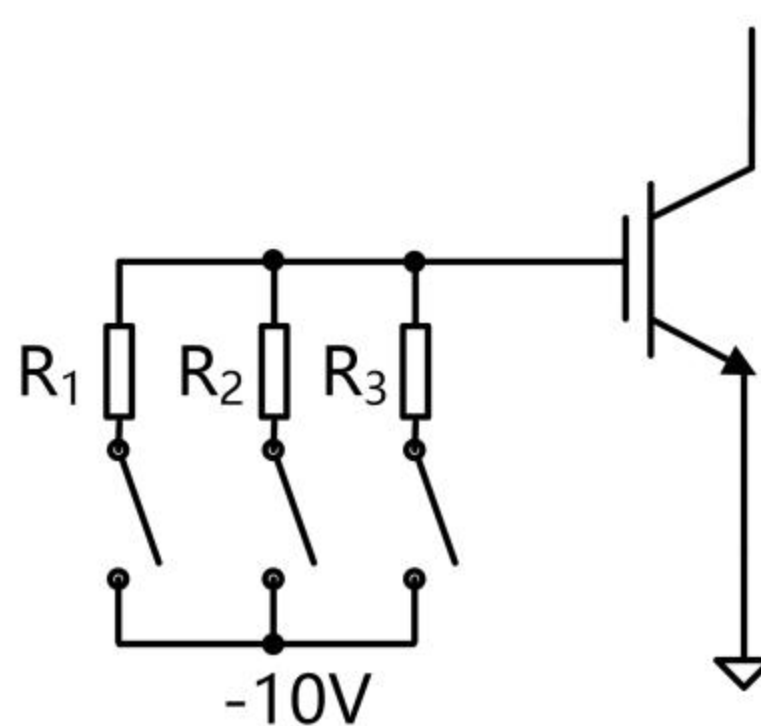


图 12 分级关断原理图

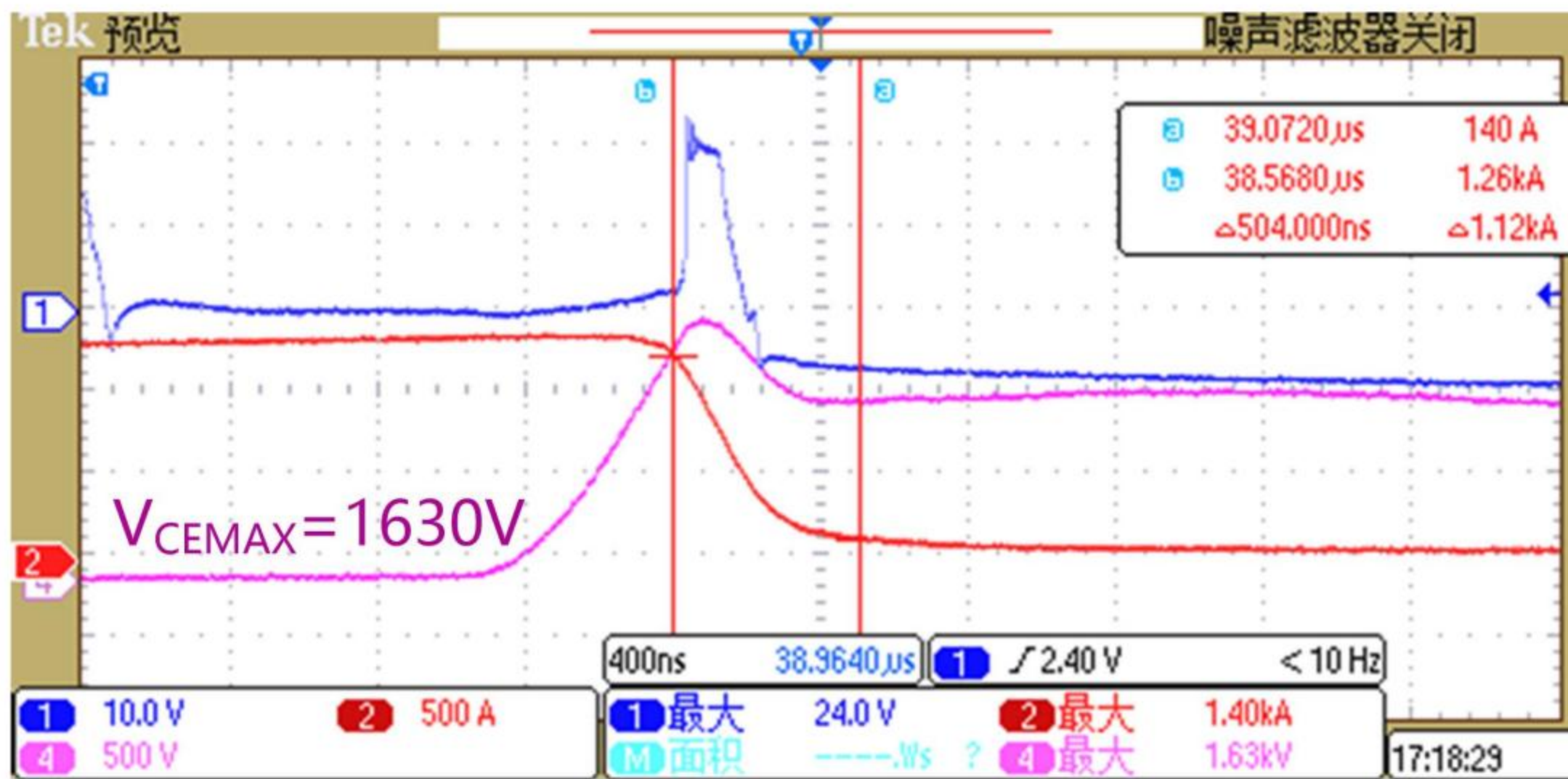


图 13a 不带分级关断

上图中，CH1: V_{GE} (蓝色) ; CH2: I_C (红色); CH4: V_{CE} (粉红色)

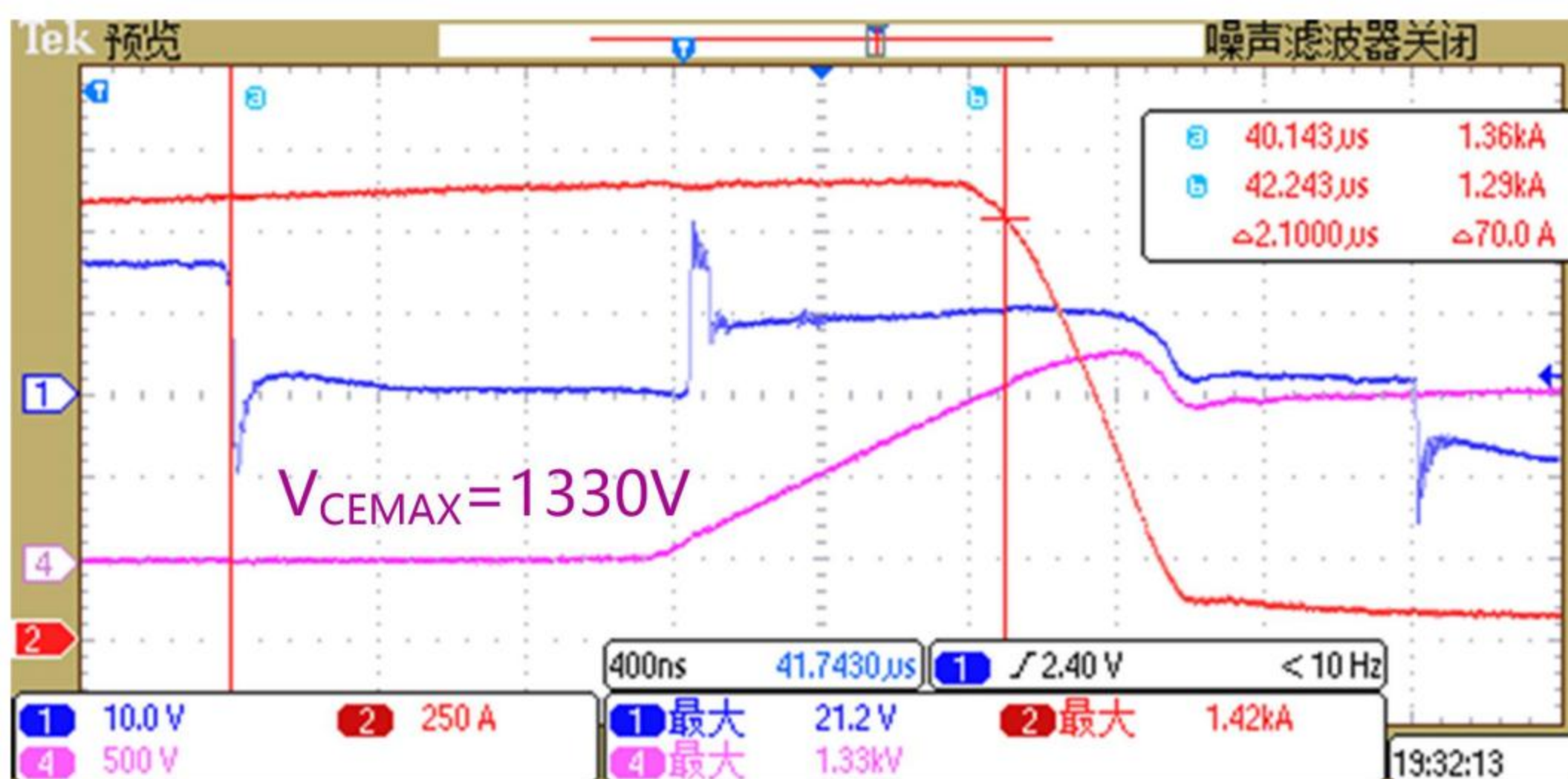


图 13b 带分级关断

上图中，CH1: V_{GE} (蓝色) ; CH2: I_C (红色); CH4: V_{CE} (粉红色)

◆ 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 IGBT 快速地开通关断，产生极大的损耗，对于高压大功率 IGBT 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,但监测到 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 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,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。

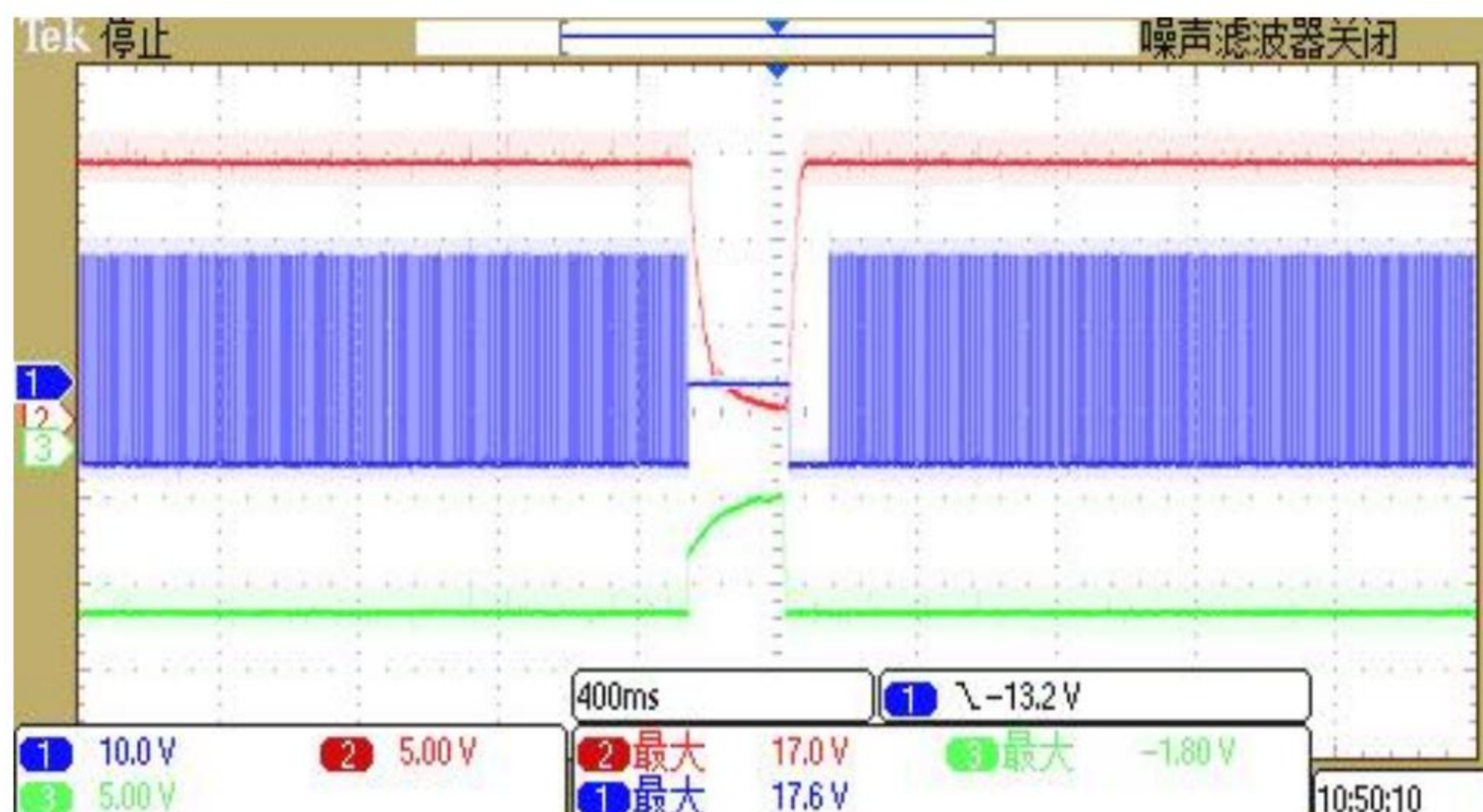


图 14 GE 短路

上图中,CH1 (蓝色) = V_{GE} , 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,驱动板恢复正常状态。

注: 门极电阻较小的情况,或门极电阻过大 (>10Ω) 情况下,此功能可能不适用。

◆ 智能故障管理系统（预留）

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。

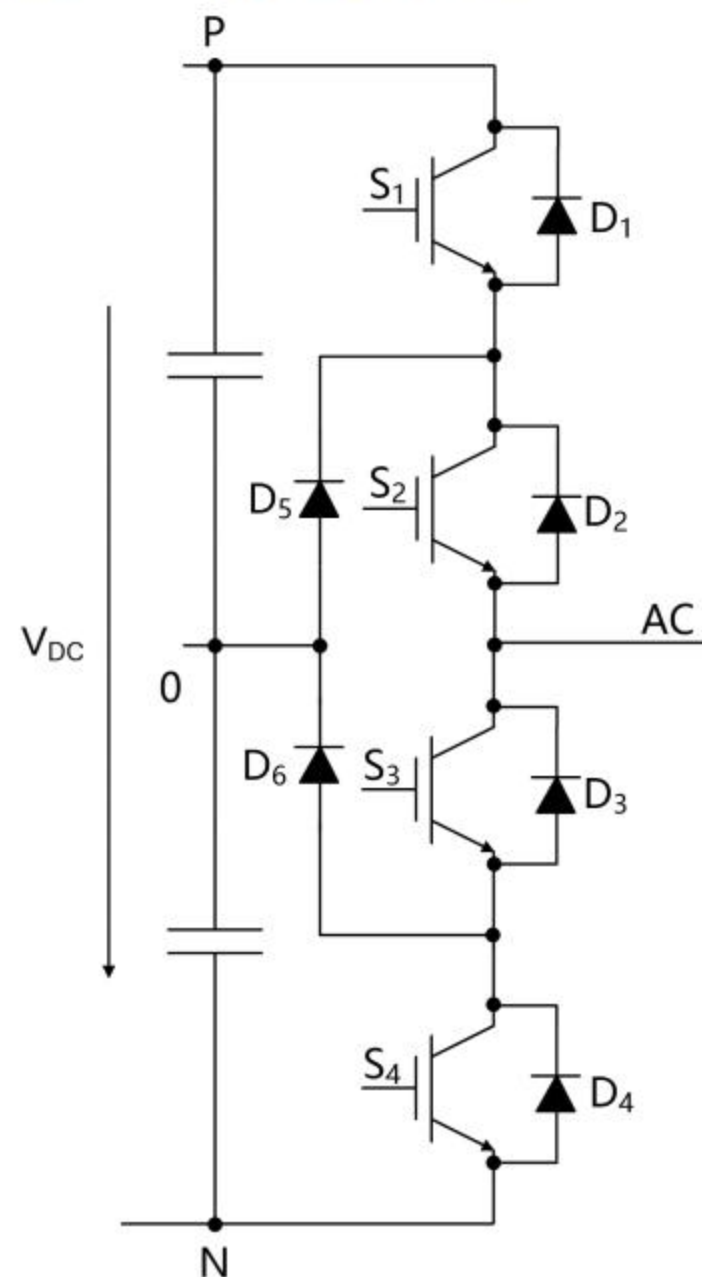


图 15 NPC I 型三电平拓扑

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 S_3 发生短路故障时，驱动板先将 S_3 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： S_3 自身短路检测时间一般在 $8\mu s$ 左右，再加上故障通信时间、上位机滤波时间、以及 S_4 的关断时间（高压大功率模块关断时间普遍较长，约 $4\sim 6\mu s$ ），整个保护时间将超出 $10\mu s$ ，也就超出了 IGBT 的短路安全工作范围。

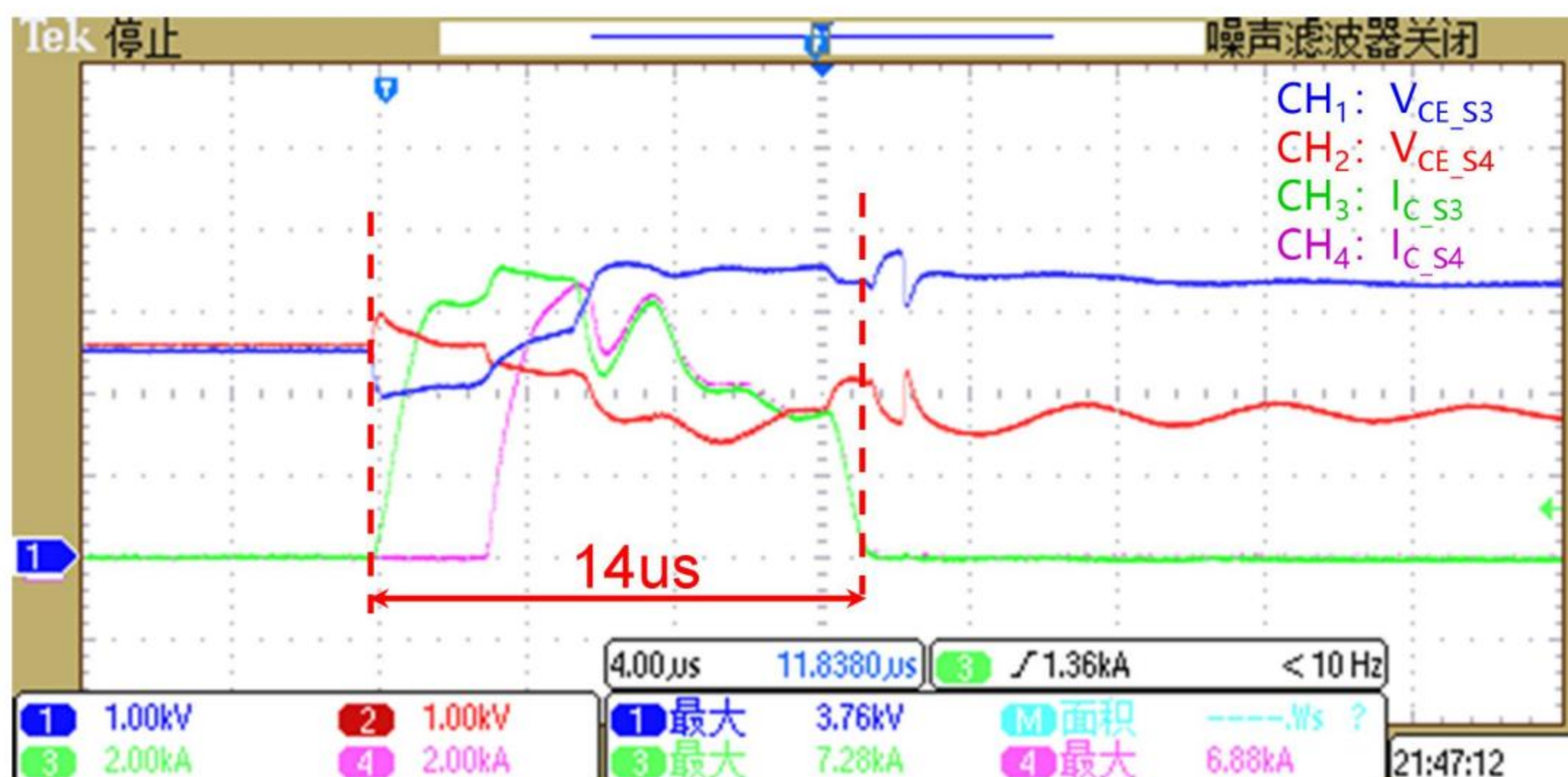


图 16 传统驱动器针对 NPC I 型三电平拓扑短路波形

Firststack 数字驱动通过 di/dt 检测技术，缩短了短路检测时间。驱动监测到故障后告知上位机，由上位机来执行时序保护动作。通过优化短路检测时间及与上位机进行交互能确保 IGBT 在故障时可靠关断。

◆ 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讯，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。

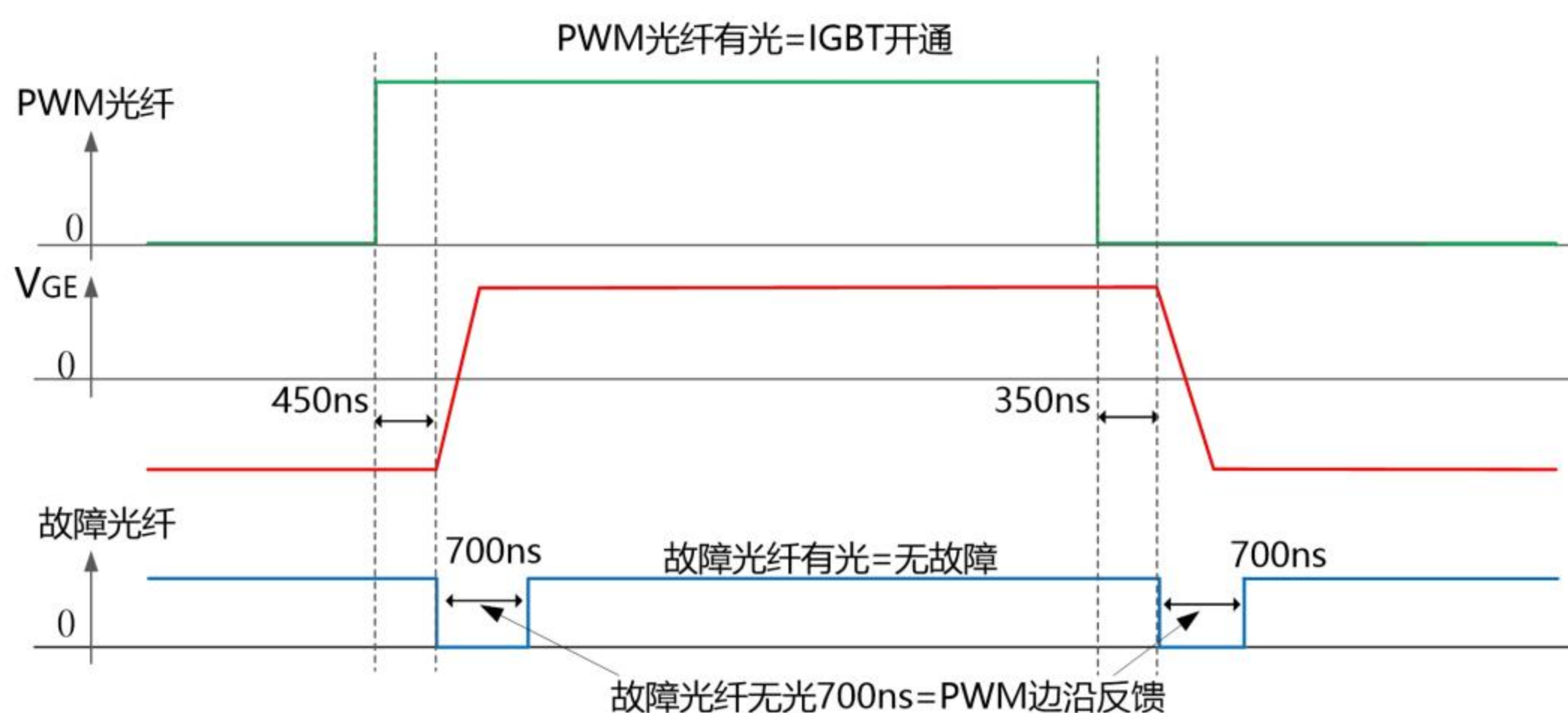


图 17a 正常情况下

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。

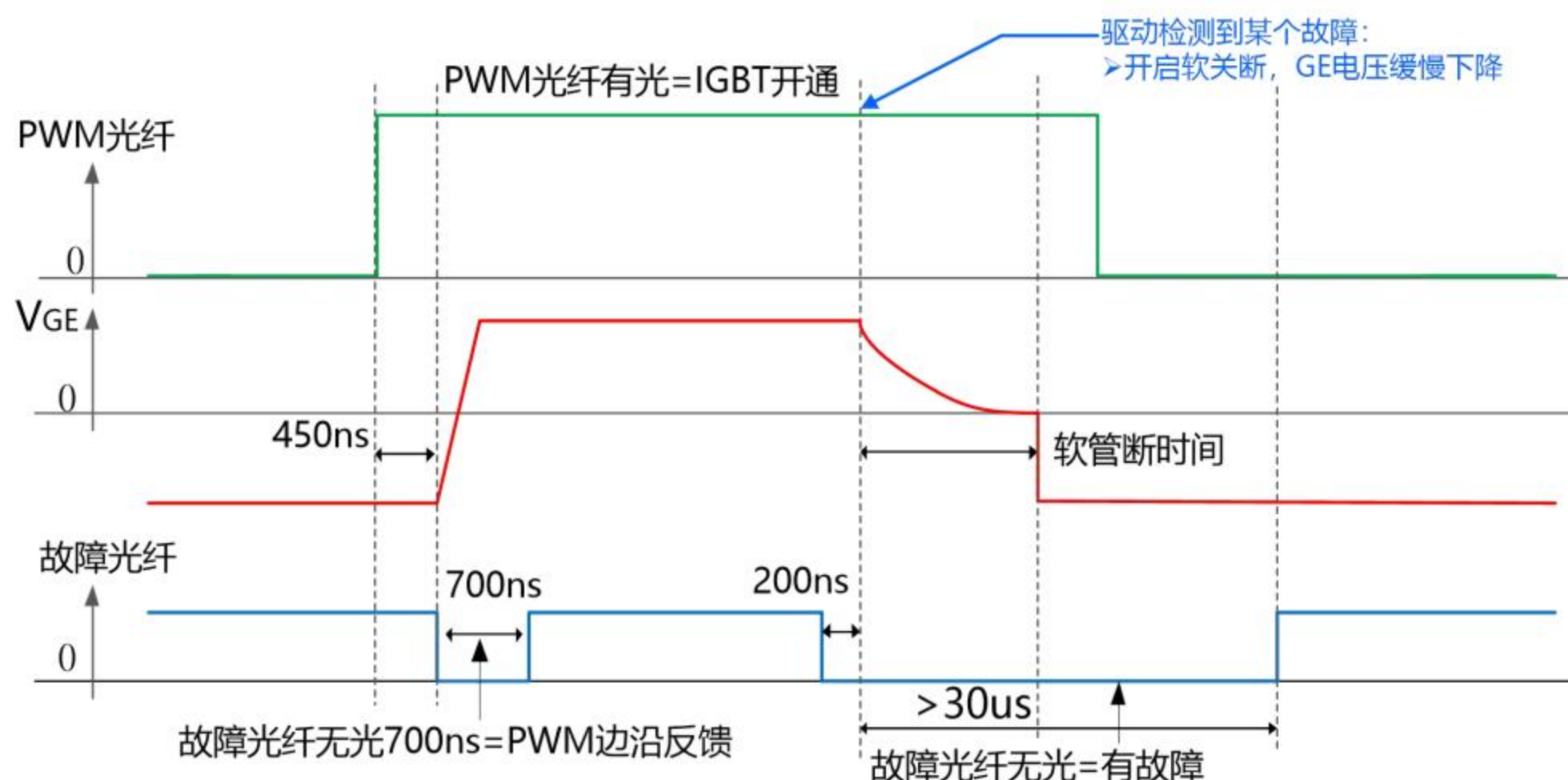


图 17b 故障情况下

通过返回光纤头灭灯时间的长短，上位机可以准确地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，风扇存在失效的可能性，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，驱动板也属于温敏器件。

为了解决环境温度异常的问题，Firststack 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

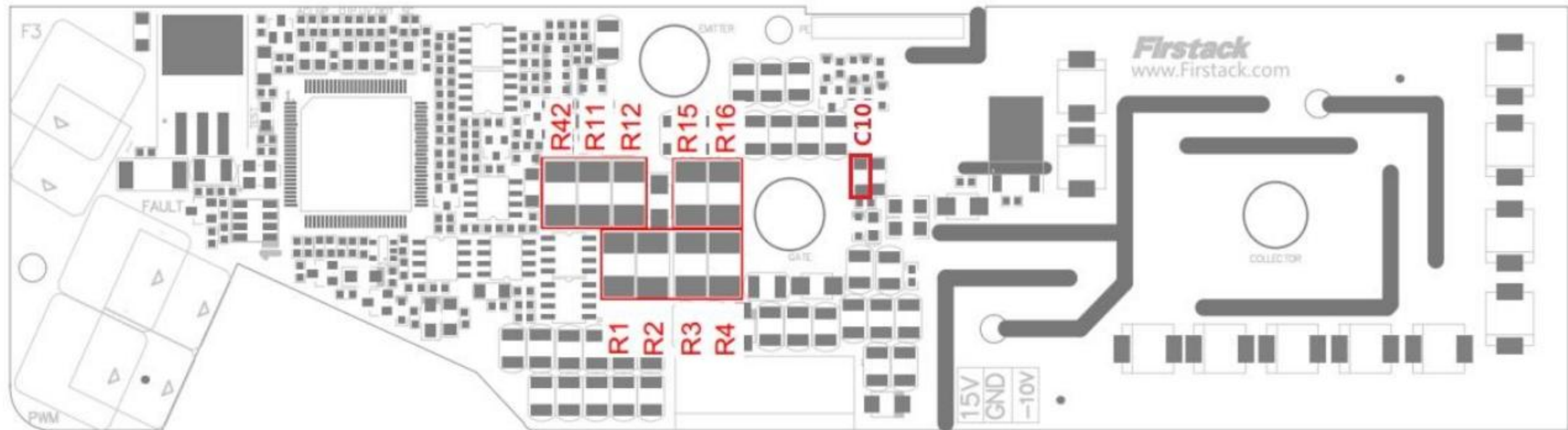


图 18 门极电阻位置指示图

门极电阻计算公式

| | R_{GON1} | R_{GON2} | R_{GOFF1} | R_{GOFF2} | C_{GE} |
|----|------------|------------|-------------|-------------|----------|
| 单管 | R3//R4 | R1//R2 | R11//R12 | R15//R16 | C10 |

常用模块的门极阻值表

| IGBT 型号 | R_{GON1} | R_{GON2} | R_{GOFF1} | R_{GOFF2} | C_{GE} |
|-----------------|------------|------------|-------------|-------------|----------|
| FZ1200R45KL3_B5 | 3.6//3.6 | NC | 1.5//1.5 | 10//10 | NC |
| FZ800R45KL3_B5 | 3.6//3.6 | NC | 1.5//1.5 | 10//10 | 220nF |
| 5SNA1500G450350 | 3.6//3.6 | NC | 1.5//1.5 | 10//10 | 220nF |
| 5SNA1200G450300 | 3.6//3.6 | NC | 1.5//1.5 | 10//10 | 220nF |
| 5SNA0800J450300 | 3.6//3.6 | NC | 1.5//1.5 | 10//10 | 220nF |
| 5SNA0400J650100 | 13//13 | NC | 1.5//1.5 | 20//20 | 220nF |
| TIM1200ASM45 | 3.6//3.6 | NC | 1.5//1.5 | 10//10 | 220nF |
| TIM800XSM45 | 3.6//3.6 | NC | 1.5//1.5 | 10//10 | 220nF |
| YMIF1200-45 | 3.6//3.6 | NC | 1.5//1.5 | 10//10 | 220nF |

| | | | | | |
|----------------|----------|----|----------|----------|-------|
| CM800HG-90R | 10//10 | NC | 20 | 3.6//3.6 | NC |
| CM1200HG-90R | 3.6//3.6 | NC | 1.5//1.5 | 10//10 | 220nF |
| CM750HG-130R | 3.6//3.6 | NC | 1.5//1.5 | 10//10 | NC |
| MBN800H45E2-H | 10//10 | NC | 1.5//1.5 | 10//10 | NC |
| MBN1200H45E2-H | 10//10 | NC | 1.5//1.5 | 10//10 | NC |
| MBN1500FH45F-H | 10//10 | NC | 20 | 3.6//3.6 | NC |

**备注:**

- 1、以上门极参数应用需母排杂感小于 200nH;
- 2、正常工作推荐死区 $\geq 8\mu\text{s}$;
- 3、针对不同型号 IGBT, 驱动板的程序不同, 请勿混用;
- 4、4500V 和 6500V 模块有源钳位电压等级不同, 请勿混用;
- 5、不同 IGBT 对应驱动板型号以飞仕得技术推荐为准。

驱动选型

| 驱动型号 | di/dt 采样 | 光纤类型 |
|------------|----------------|--------|
| HV1027P-2V | 有铜箔，有 di/dt 功能 | 2 个硬光纤 |
| HV1027P-2S | 有铜箔，有 di/dt 功能 | 2 个软光纤 |

订购信息

HV1027P 可以支持多个厂家不同型号的 IHV 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。

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

