

PM124-Fuji (含飞仕得数字 IGBT 驱动软件 V1.0)

概述

PM124-Fuji (含飞仕得数字 IGBT 驱动软件 V1.0) 是以 Firstack 数字型 IGBT 驱动为基础，针对 NPC 三电平方案开发的即插即用驱动，为客户解决 1500V 光伏系统驱动方案。

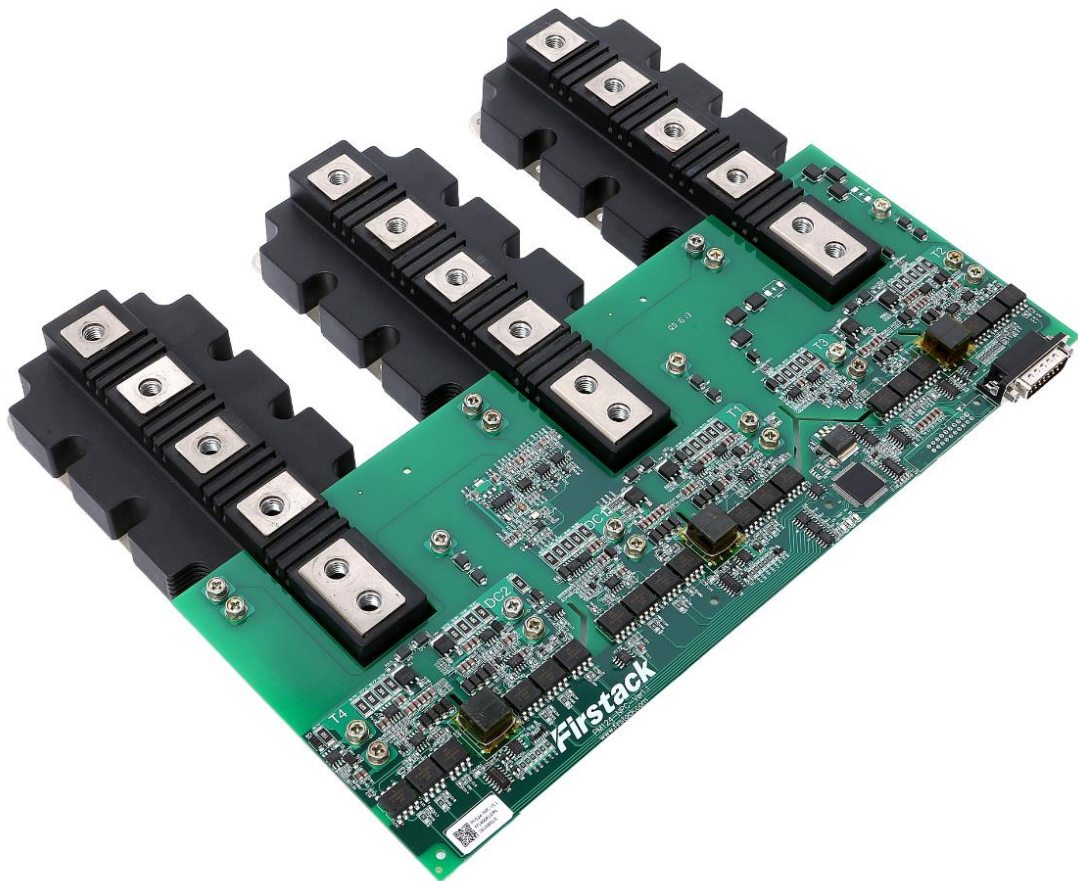


图 1 产品照片

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 | 6 |
| 状态指示灯说明 | 7 |
| 驱动参数 | 8 |
| 主要功能说明 | 11 |
| 短路保护 | 11 |
| 欠压保护 | 11 |
| 软关断 | 12 |
| 有源钳位 | 13 |
| 分级关断 | 13 |
| 温度保护及采样 | 14 |
| 脉冲异常 | 15 |
| 智能故障管理系统 | 15 |
| 门极电阻位置指示 | 19 |
| 订购信息 | 21 |
| 技术支持 | 21 |
| 法律免责声明 | 21 |
| 联系方式 | 21 |

系统框架图

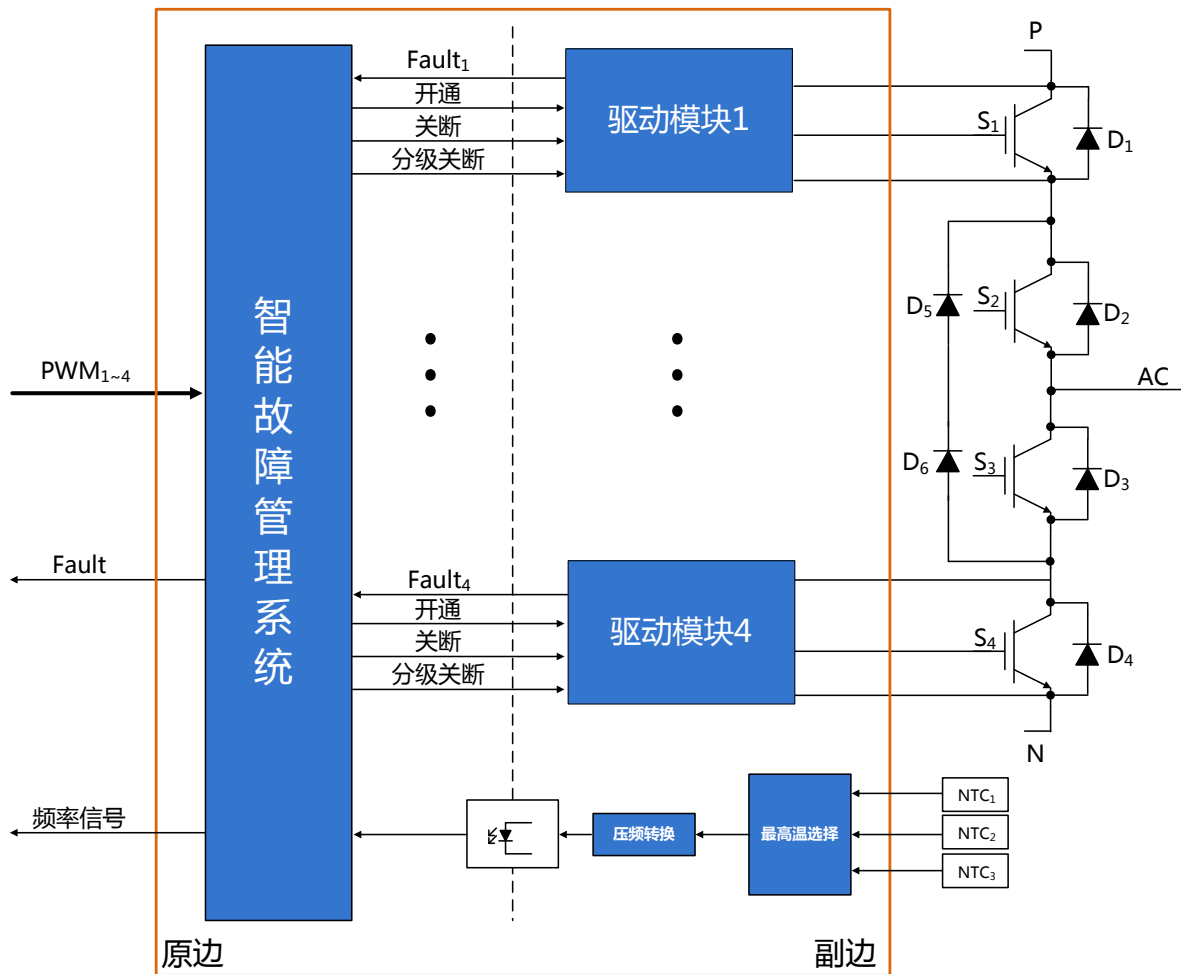


图 2 系统框架图

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 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)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。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

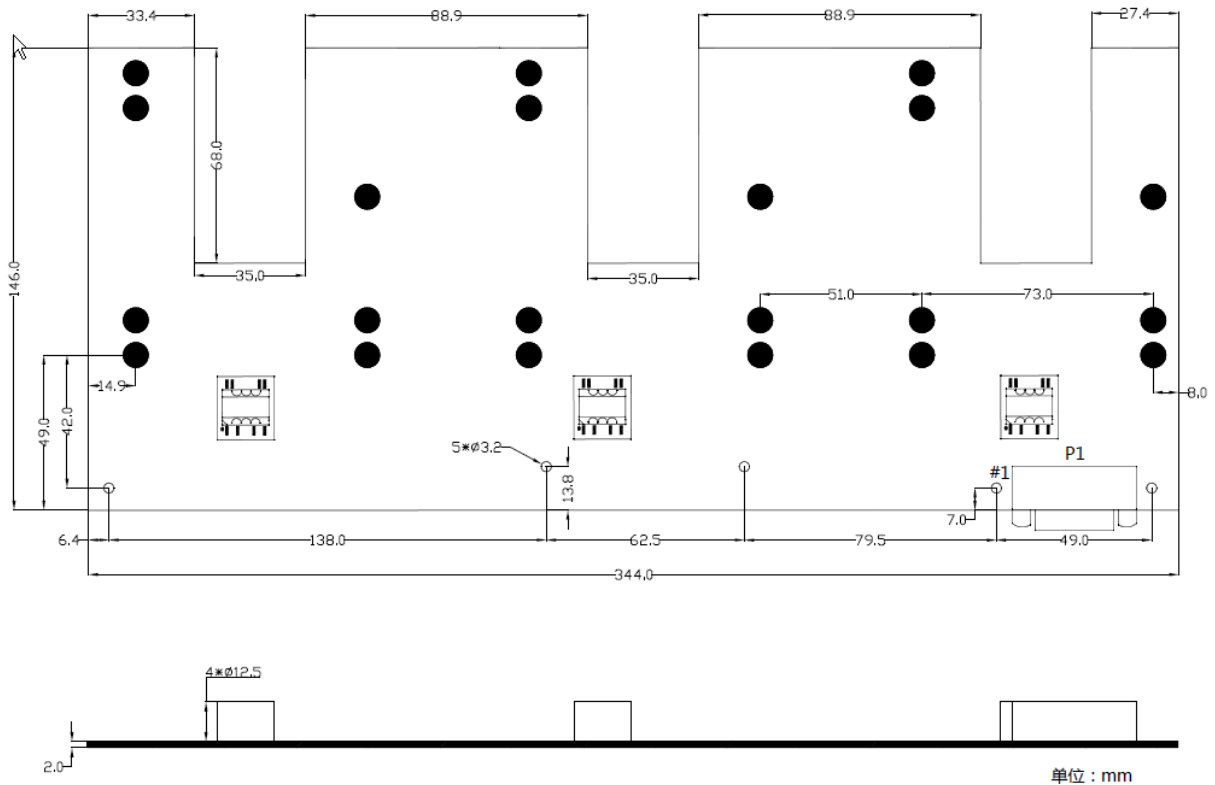


图 3 尺寸图

接插件厂家及型号

| 序号 | 标号 | 厂家 | 型号 | 推荐配套端子 |
|----|----|----|--------------|--------------|
| 1 | P1 | WE | 618015231221 | 618015227221 |

引脚定义

P1 引脚定义：

| 引脚 | 命名 | 注释 | 引脚 | 命名 | 注释 |
|----|-----------------|--------------|----|-----------------|--------------|
| 1 | V _{CC} | 供电电源 | 2 | V _{CC} | 供电电源 |
| 3 | T1 | T1 输入 PWM 信号 | 4 | T2 | T2 输入 PWM 信号 |
| 5 | FAULT | 故障汇总 | 6 | T3 | T3 输入 PWM 信号 |
| 7 | T4 | T4 输入 PWM 信号 | 8 | FOUT | 频率输出/电平输出 |
| 9 | GND | 接地 | 10 | GND | 接地 |
| 11 | GND | 接地 | 12 | GND | 接地 |
| 13 | GND | 接地 | 14 | GND | 接地 |
| 15 | GND | 接地 | | | |

注：T1—T4 对应 I 型三电平的 4 个管子

状态指示灯说明

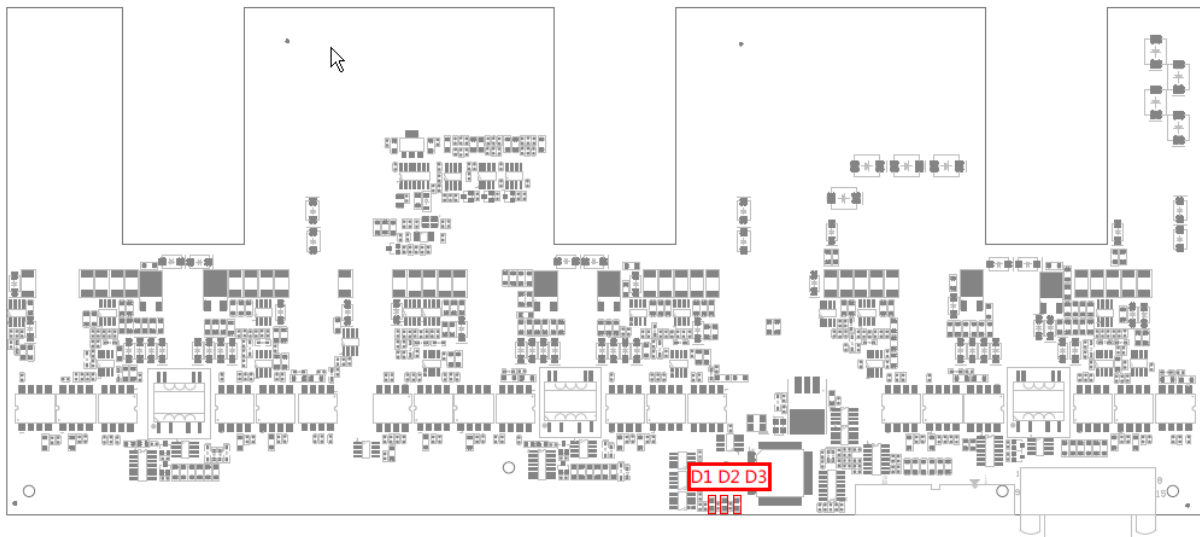


图 4 状态指示灯

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 | D1 | UV | 一次欠压触发即常亮，除非重启 |
| 2 | D2 | TEST | 无故障时亮，反之则灭 |
| 3 | D3 | SC | 一次短路触发即常亮，除非重启 |

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 | | 15.5 | V |
| 输入输出逻辑电平 | 对地 | | 15.5 | V |
| 故障返回口电流能力 | 故障状态下 | | 500 | mA |
| 门极最大输出电流 | | | 27 | A |
| 单路输出功率 | 环境温度 85°C | | 4 | W |
| 直流母线电压 | $V_{+N}+V_{N-}$ | | 1500 | V |
| 测试电压(50Hz/1min) | 原副边 | | 4000 | V_{RMS} |
| | 副副边 | | 4000 | V_{RMS} |
| dv/dt | | | 50 | kV/us |
| 工作温度 | | -40 | 85 | °C |
| 存储温度 | | -40 | 85 | °C |

推荐工作条件

| 参数 | 备注 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------|----|-----|-----|-----|----|
| V_{CC} | | | 15 | | V |
| PWM | | | 15 | | 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 | | 0.55 | | A |
| 耦合电容 | 原副边, 注 2 | | 12.5 | | pF |
| 电源监测 | | | | | |
| 阈值 | | 12 | 12.5 | 13 | V |
| 输入输出逻辑 | | | | | |
| 输入阻抗 | | | 5.1 | | kΩ |
| 门极静态阻抗 | | | 10 | | kΩ |
| 开通阈值 | 注 3 | 6.3 | 9.4 | | V |
| 关断阈值 | 注 4 | 4.8 | | | V |
| SOx 输出电位 | | | 15 | | V |
| 短路保护 | | | | | |
| V _{CE} 监测阈值 | | | 8 | | V |
| 响应时间 | T1/T4 注 5 | | 6.5 | | us |
| | T2/T3 注 5 | | 8.5 | | us |
| 软关断时间 | T1/T4 | | 6 | | us |
| | T2/T3 | | 4 | | us |
| 阻断时间 | | | 100 | | ms |
| 时间特性 | | | | | |
| 开通延时 | 注 6 | | 800 | | ns |
| 关断延时 | 注 7 | | 800 | | ns |
| 上升时间 | 注 8 | | 110 | | ns |
| 下降时间 | 注 9 | | 120 | | ns |
| 故障保持时间 | | | 40 | | ms |
| 爬电距离 | 原副边, 注 10 | 9 | | | mm |
| | 副副边, 注 10 | 10 | | | mm |
| 电气间隙 | 原副边 | 9 | | | mm |
| | 副副边 | 10 | | | mm |

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

注解说明：

1. 电源电流：在没有输入任何 PWM 信号，但连接 IGBT 模块；
2. 耦合电容：耦合电容值在表中所给值范围之内；
3. 开通阈值：开通时电平翻转时刻的输入电压值；
4. 关断阈值：关断时电平翻转时刻的输入电压值；
5. 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；
6. 开通延时：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；
7. 关断延时：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；
8. 上升时间：从门极关断电压 (-10V) 的 10%至门极开通电压 (+15V)的 90%的时间量；
9. 下降时间：从门极开通电压 (+15V) 的 90%至门极关断电压 (-10V)的 10%时间量；
10. 爬电距离：IEC61800-5-1-2007

主要功能说明

◆ 短路保护

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。集电极电压通过高压二极管来检测。当 V_{CE} 电压超过设定阈值，驱动判定 IGBT 处于短路状态，同时将故障返回给上位机。但是驱动不会自行关断 IGBT，而是将 IGBT 保持于开通状态，由上位机来统一关断。

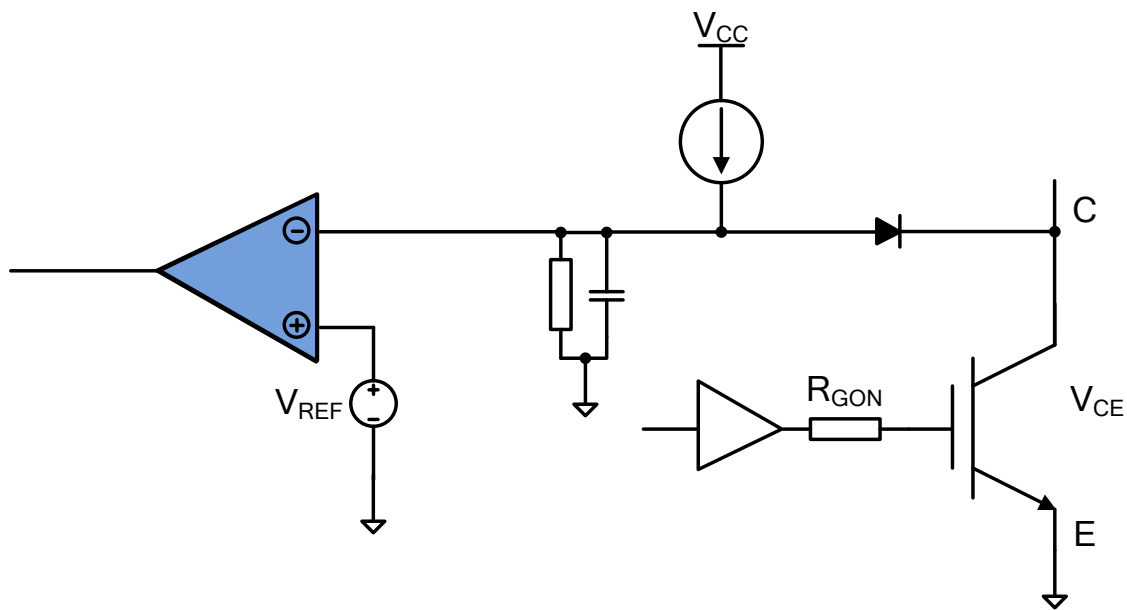


图 5 V_{CE} 退饱和检测电路

◆ 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。但是驱动不会自行关断 IGBT，而是将 IGBT 保持于开通状态，由上位机来统一关断。

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 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，Firststack 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。

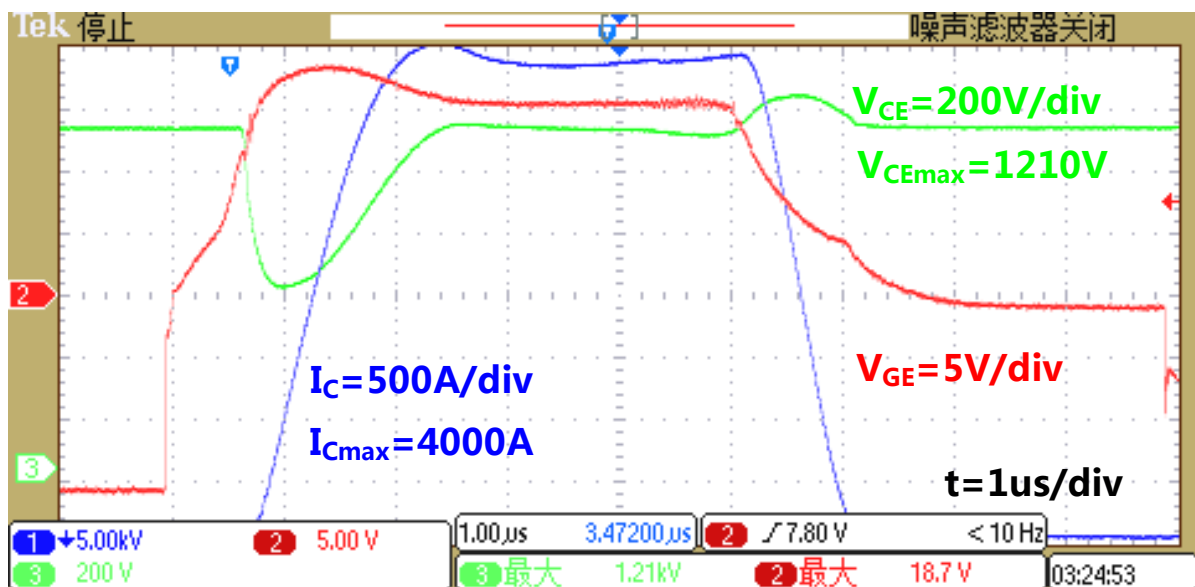


图 6 FF1000R17IE4 在 1100V 下的短路波形

图 6 显示的是由 Firststack 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。

◆ 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。

◆ 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。

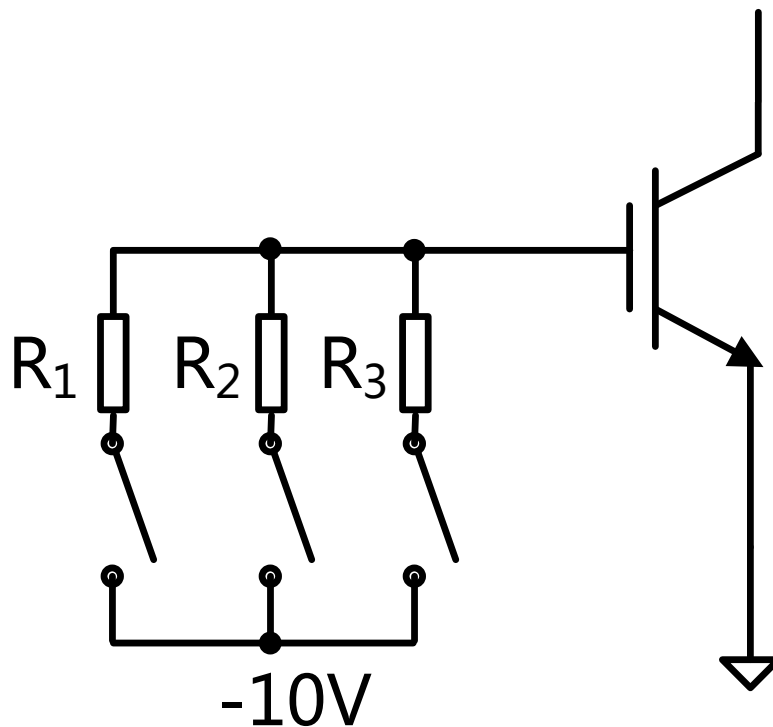


图 7 分级关断原理图

◆ 温度保护及采样

随着模块封装技术的进步，越来越多的模块内部开始集成温度传感器，NTC 就是其中的一种方式，像 PrimePACK、EconoDUAL 等模块，内部就集成了 NTC。NTC 位于 DCB 上，与芯片有几毫米的距离，但是当芯片失效时产生的电弧，可能碰到 NTC，因此在处理 NTC 时，出于安规的考虑，需要满足 EN50178 规范。

Firststack 智能驱动集成了温度监测电路，通过压频转换电路，将温度信号转换为频率信号，同时通过隔离器件将频率信号告知上位机。

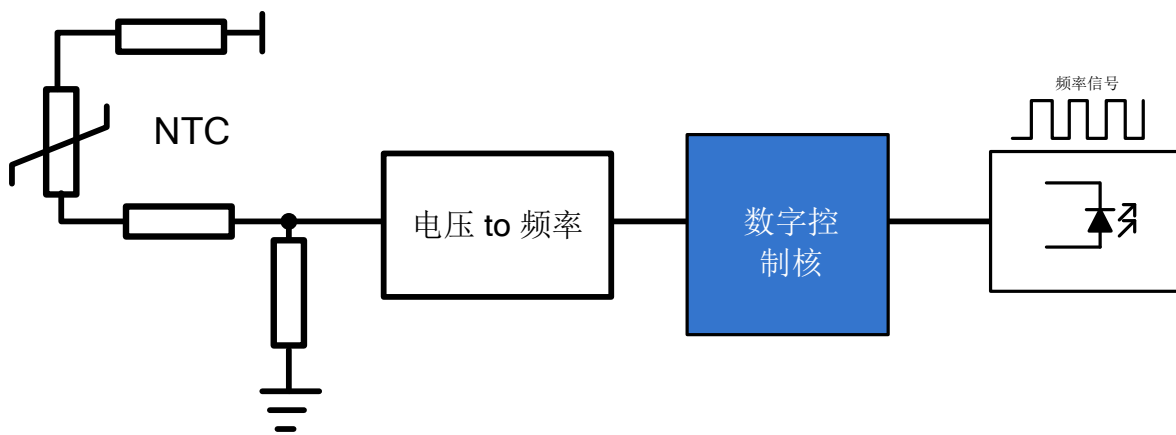


图 8 温度监测原理图

Fout 输出（温度故障信号，可供客户选择输出方式兼容客户系统方案）

NTC 频率输出

PM124-Fuji 选择三路 IGBT 中 NTC 的最高温度，通过频率输出给主控，频率信号对应关系如下：

$$F_{out} = 0.1 * f_{CLKIN} + 0.8 * (V_{IN} / V_{REF}) * f_{CLKIN}$$

$$*f_{CLKIN} = 32.768\text{kHz}$$

$$*V_{IN} = V_{CC} * R_2 / (R_2 + 1.5\text{k}\Omega)$$

$$*R_2 = R_{NTC} // 10\text{k}\Omega ; V_{CC} = 5\text{V} ; V_{REF} = 5\text{V}$$

◆ 脉冲异常

管 IGBT，导致内管 IGBT 承受整个全母线电压，造成 IGBT 失效。所以必须在驱动上增加人为的干预，PM124-Fuji 采用 Firststack 独有的技术方案，使得内外管 IGBT 能按照正确的时序来关断。如下所示：

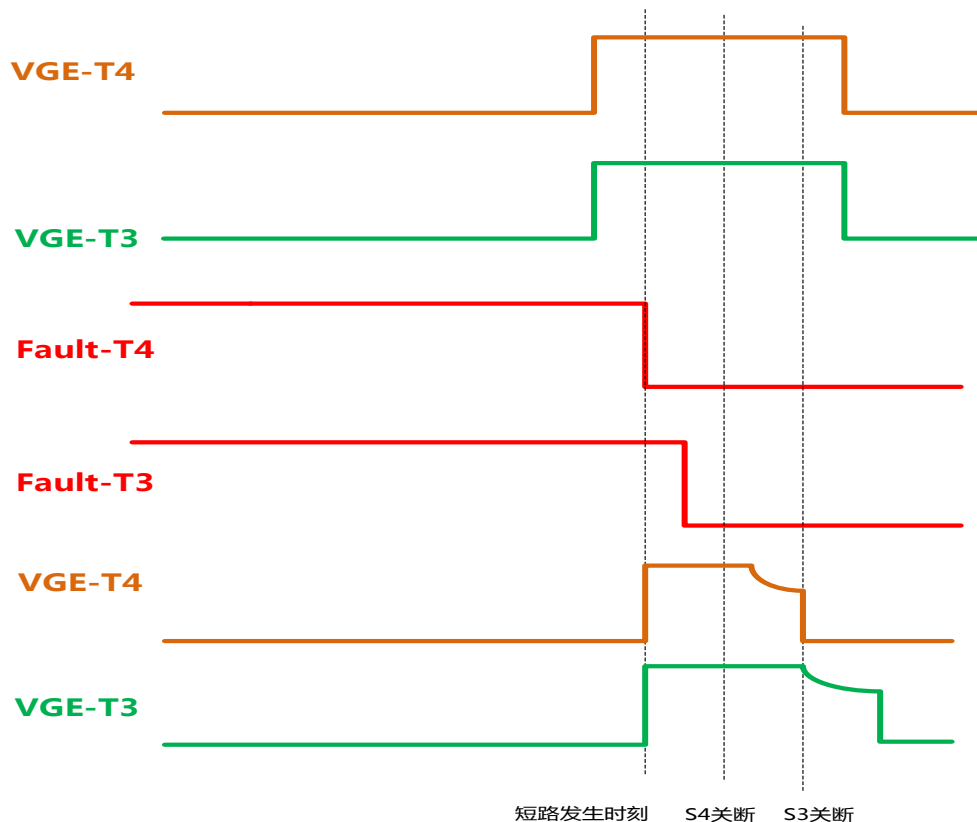


图 9 PWM 互锁时序图

◆ 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。

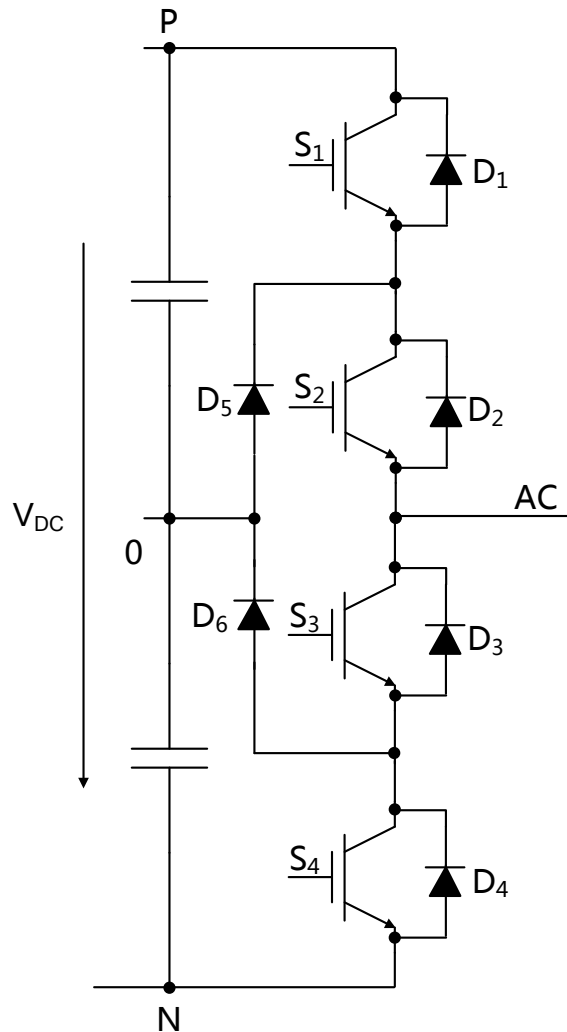


图 10 NPC I 型三电平拓扑

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，在 $4\sim 6\mu s$ ），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。

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，Firststack 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 Firststack 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。

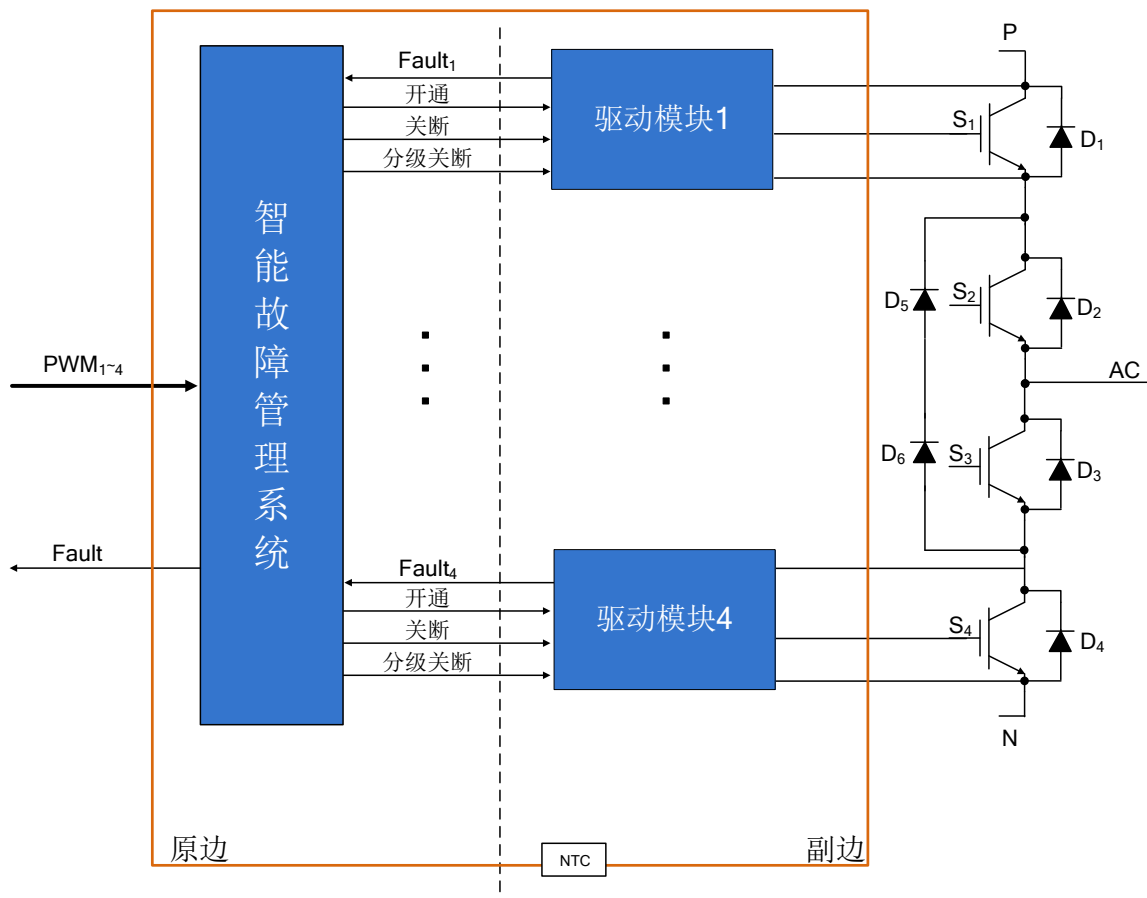


图 11 智能故障管理系统

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 Firststack 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

门极电阻位置指示

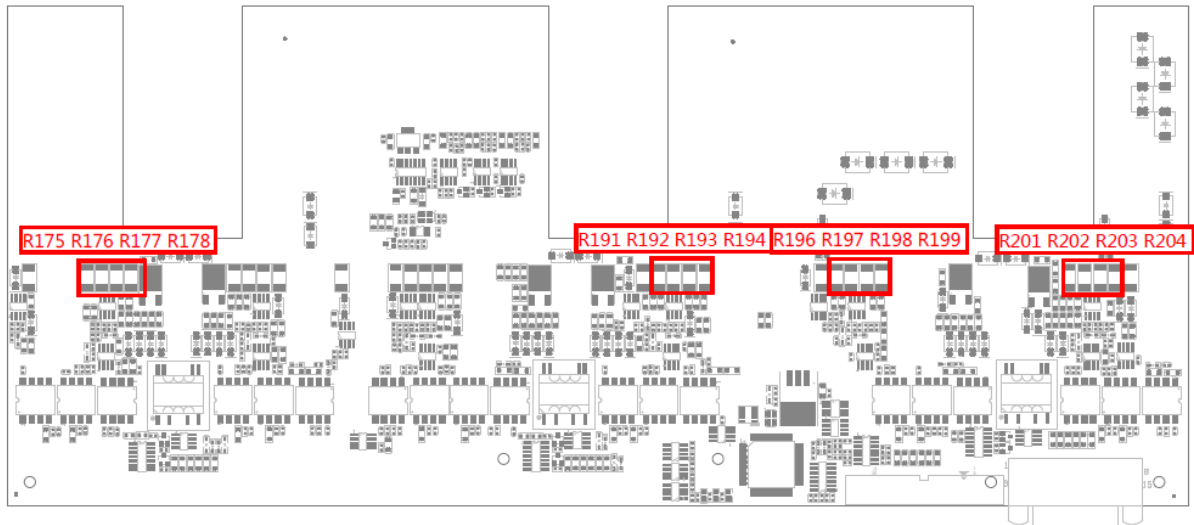


图 12 门极电阻位置指示图

门极电阻计算公式

| | R_{GON} | R_{GOFF} |
|----|------------------------|-------------------------|
| T1 | R193//R194 | R191//R192 |
| T2 | R203//R204 | R201//R202 |
| T3 | R198//R199 | R196//R197 |
| T4 | R177//R178 | R175//R176 |

常用模块的门极阻值表

| IGBT 型号 | R _{GON} | R _{GOFF} | R _s | TVS |
|---------------------|------------------|-------------------|----------------|-------|
| 2MBI1400VXB-120P-54 | T1、T4 : 1.8Ω | T1、T4 : 2.55Ω | 10Ω | |
| | T2、T3 : 1.8Ω | T2、T3 : 1.2Ω | 10Ω | 1100V |
| FF1400R12IP4 | T1、T4 : 1Ω | T1、T4 : 1.8Ω | 10Ω | |
| | T2、T3 : 1Ω | T2、T3 : 3.1Ω | 7.5Ω | 1010V |

订购信息

PM124-Fuji 可以支持多个厂家不同型号的 PrimePACK™ 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：PM124-Fuji-xxx，xxx 表示具体的模块型号，如 PM124-Fuji-DF1000R17IE4D-B2。

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。

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。

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

销售：sales01@firststack.com

地址：杭州市拱墅区北部软件园祥兴路 100 号

