

2FHC06M33XX

应用手册

SiC 并联驱动核

2FHC06M33XX 是基于 Firststack 智能芯片技术自主研发的高性能、双通道 SiC 主控核板 (Main Control Core, MCC)，支持最高 3300V 的 SiC 模块。整体架构由一块 MCC 和多组模块适配板 (Module Adaptor Board, MAB) 单元组成，MCC 和 MAB 之间通过一组线缆连接，可灵活匹配 1~4 个 SiC 模块。

适用模块 Infineon XHP_2, Mitsubishi LV100, Hitachi Linpak 等封装多并联。

2FHC06M33XX 集成了驱动保护，智能故障管理及并联隔离 NTC 采样等功能，可以安全可靠地驱动 SiC MOSFET 模块。



图 1 2FHC06M33XX

目录

一、驱动器概述	3
二、使用注意事项	4
三、原边特性	7
1. 原边接口描述	7
2. V_{DC}	7
3. INx	8
4. SO1、SO2 状态输出	9
5. TEMP	9
四、副边特性	12
1. 副边接口说明	12
2. 副边地 V_{EE}	13
3. 副边负压 V_{SS}	13
4. 副边正压 V_{DD}	13
5. 5V 供电	13
6. 5V_NTC	13
7. TC, AMC, SSD, NTC_IN	13
五、工作原理	14
1. 电源及电气隔离	14
2. 电源监控	14
3. 智能故障管理	14
4. 短路保护及软关断(TC, SSD)	15
5. 有源米勒钳位 (AMC)	16
6. 分布式 NTC 采样(NTC_IN)	17
六、技术支持	18
七、法律免责声明	18
八、厂家信息	18

一、驱动器概述

2FHC06M33XX 是飞仕得基于智能芯片技术开发的一款高性能、双通道栅极驱动器，其整体架构如图 2 所示。2FHC06M33XX 需搭配模块适配板（MAB）共同使用；其中模块适配板和连接线束均有飞仕得提供。该驱动可以实现最多四并联，直接装配使用，无需二次开发。

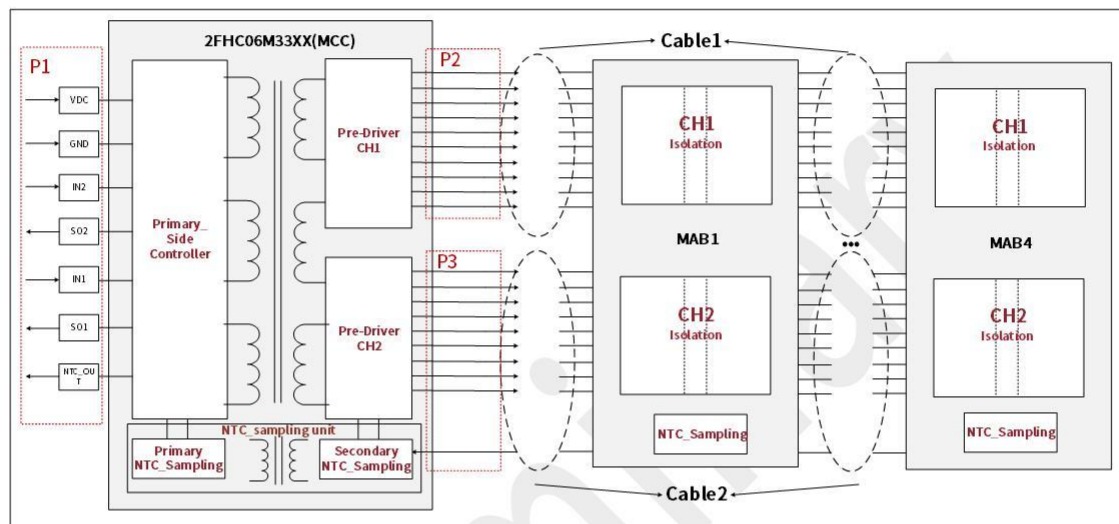


图 2 2FHC06M33XX 架构框图

二、使用注意事项

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 SiC 模块型号。对于非指定 SiC 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 SiC 模块上

对 SiC 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 IEC61340-5-2 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，SiC 模块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

检查栅极电压：对于关断状态，额定栅极电压在相应的数据手册中给出，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。

这些测试应在安装前进行，因为安装后可能无法接触到栅极端子。

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 SiC 模块。Firststack 特别建议用户要确保 SiC 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。

线束使用说明

2FHC06M33XX 搭配线束可以实现模块并联，在核板上已经预留线束母座，用户可根据实际需求选择合适长度的线束。

注：线束是为相应产品专门设计的，如果客户使用自己的线束，飞仕得不能保证其性能。

线束型号	线束长度 (mm)	引脚定义
JWDET-00618	200	三脚为地
JWDET-00810	100	

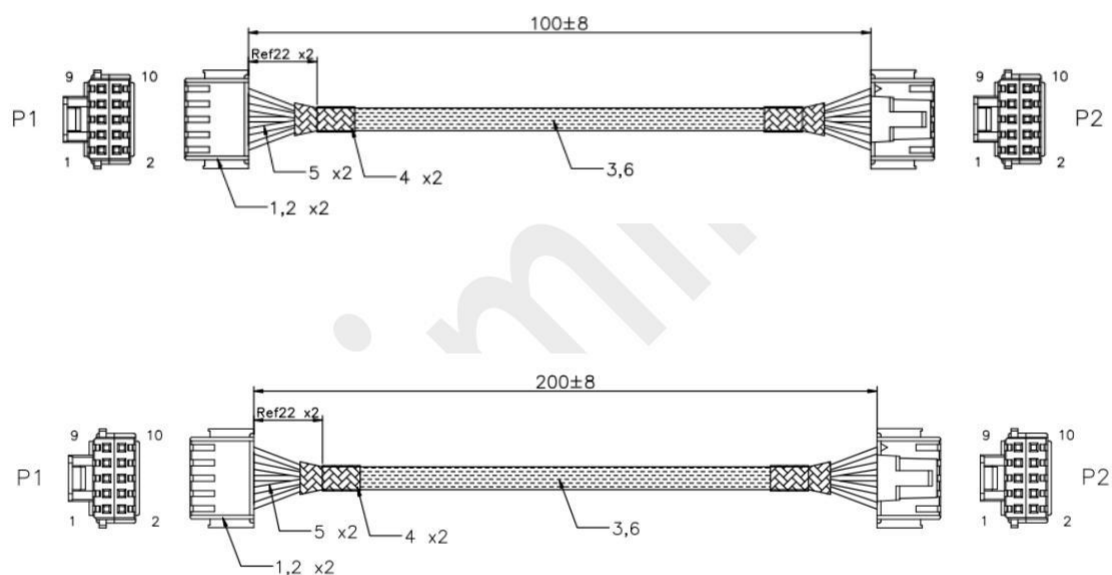
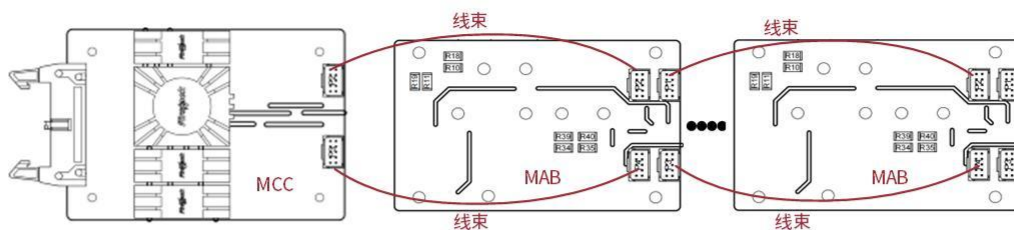


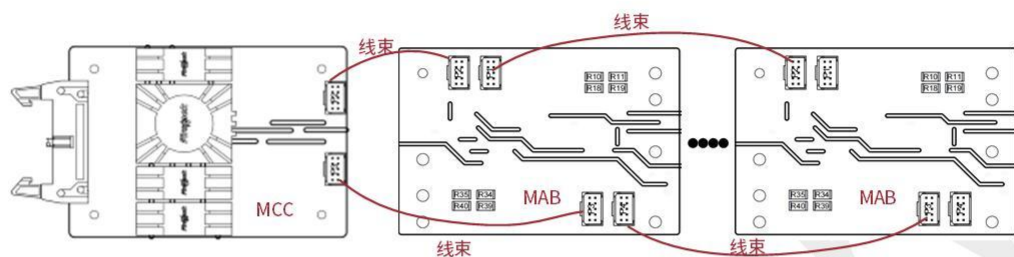
图 3 线束 3D 图

安装/接线说明

MAB 通过 M3 螺丝安装在模块上，MCC 根据设计结构放置相应位置，满足绝缘要求，MCC 和 MAB 需严格按照下图方式进行连接。



2FHC06M33XX+A1LPA1V-S0002并联接线示意图



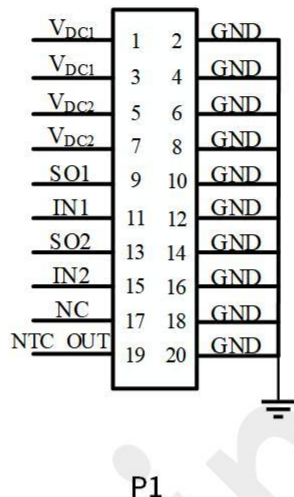
2FHC06M33XX+A1XHPA1V-S0001并连接线示意图

图 4 并联接线图

三、原边特性

1. 原边接口描述

2FHC06M33XX 的原边接口为一个 20 针的牛角端子 P1，放置于主适配板上。



- 4x 电源端 V_{DC} （其中 1、3 脚为 24V 供电引脚，5、7 脚为 15V 供电引脚，只能选择一种供电方式）
- 2x 驱动信号输入 IN_x
- 2x 故障信号输出 SO_x
- 10x GND（共地）
- 1x NTC_OUT
- 1x NC（悬空）

2. V_{DC}

2FHC06M33XX 配置 2 种 V_{DC} 电源端子，用于给原边电路和隔离 DC/DC 变换器供电，以向副边提供正负电电压。（其中 1、3 脚为 24V 供电引脚，5、7 脚为 15V 供电引脚，只能选择一种供电方式），15V 供电主控核板所需最大供电电流为 120mA。

3. INx

驱动器输入信号引脚，支持 3.3~15V 逻辑电平，默认为 15V 逻辑电平，INx 的功能与驱动器设定的模式有关，通过软件设定驱动的模式，外部硬件不可调整。

直接模式：

IN1 和 IN2 相互独立，互不影响。CH1 和 CH2 可以同时打开。

半桥拓扑：控制电路需设定足够的死区时间，避免 CH1 和 CH2 同时为高，使得上下桥臂同时导通，引起短路直通。

半桥模式：

IN1 为驱动信号输入端（PWM），IN2 为信号输入使能端(EN)；

IN2 为低电平，两输出通道被封锁，输出信号均为低电平。

IN2 为高电平，两输出通道被使能，输出信号跟随输入信号 IN1 变化。

IN2 为高电平时，IN1 由低变高，CH2 栅极信号立即封锁，经过一个死区时间 T_d 之后，CH1 栅极开通。

注意：2FHC06M33XX 默认为直接模式，若配置半桥模式，死区时间 T_d 通过软件设定，外部不可更改。IN2 由低电平转至高电平时，需经过一个死区，输出才会跟随 IN1 变化。

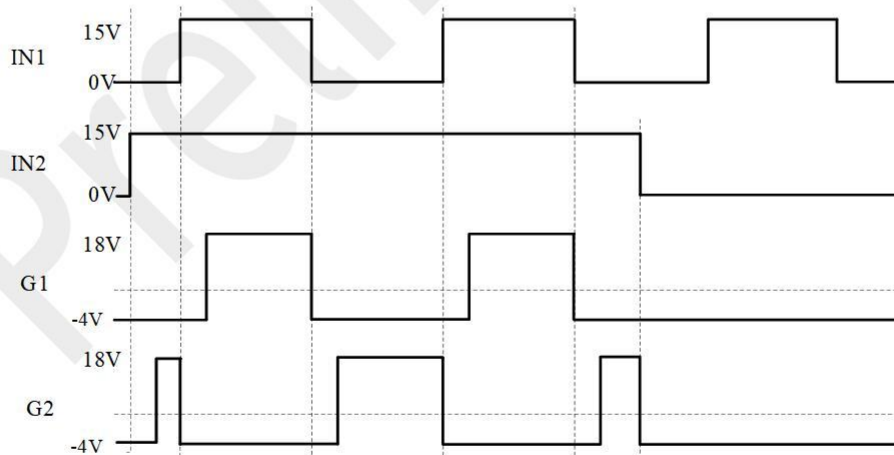


图 5 半桥模式逻辑图

4. SO1、SO2 状态输出

输出端 SOx 为晶体管漏极上拉电阻为 4.7K,默认为单独的故障信号以便精准定位问题。也可以将它们连接在一起,以提供公共故障信号。

通道 ‘x’ 中检测到故障时,状态输出 SOx 端被拉到低电平(连接到 GND)。

SOx 输出逻辑

驱动器原边发生欠压故障时,栅极直接负压关断,并维持封波一个阻断时间,同时两个 SOx 均上报一次 40ms 低电平故障后恢复高电平 40ms。

若上述过程结束前,该欠压故障消失,则 SOx 保持高电平;若上述过程结束时,该欠压故障仍然存在,则故障重新拉低直到故障消失后,经过 1 个阻断时间(80ms)再翻转为高电平。

原边封波:原边欠压故障消失之后,再过 80ms,阻断结束,原边正常处理 INx 信号。

驱动器副边发生欠压故障时,栅极执行软关断,并且维持封波,对应的 SOx 信号上报 20ms 低电平故障后恢复高电平 100ms。

若上述过程结束前,副边欠压故障消失,则 SOx 保持高电平;若上述过程结束时,副边欠压故障仍然存在,则故障信号重新拉低,直到该故障消失,再经过 80ms,SOx 信号翻转为高电平。

原边封波:副边欠压故障消失之后,经过 80ms,阻断结束,原边正常处理 INx 信号。

驱动器副边发生短路故障时,栅极先执行软关断功能,后投入负压保持关断状态并且维持封波,对应的 SOx 信号上报故障,拉低 10ms 后自动恢复高电平。

2FHC06M33XX 具备智能故障管理功能, T_{SOX} 详情请参照[智能故障管理](#)。

5. TEMP

分布式 NTC 采样输出引脚,用户可以根据需求选择三种温度输出方式:UART (全部温度采集)、频率输出或者占空比输出,默认为变占空比输出,选取最高路温度,其 NTC 阻值与占空比关系如表 1 所示。

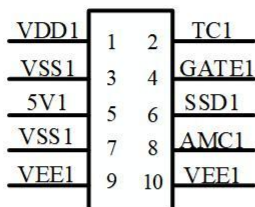
温度 (°C)	Rntc (kΩ)	占空比%
-40	99.092	6.0%
-35	75.144	8.0%
-30	57.533	10.0%
-25	44.448	12.0%
-20	34.610	14.0%
-15	27.156	16.0%
-10	21.483	18.0%
-5	17.120	20.0%
0	13.727	22.0%
5	11.082	24.0%
10	9.003	26.0%
15	7.359	28.0%
20	6.049	30.0%
25	5.000	32.0%
30	4.156	34.0%
35	3.472	36.0%
40	2.914	38.0%
45	2.458	40.0%
50	2.083	42.0%
55	1.773	44.0%
60	1.515	46.0%
65	1.300	48.0%
70	1.120	50.0%

75	0.968	52.0%
80	0.840	54.0%
85	0.732	56.0%
90	0.640	58.0%
95	0.561	60.0%
100	0.493	62.0%
105	0.435	64.0%
110	0.385	66.0%
115	0.342	68.0%
120	0.304	70.0%
125	0.271	72.0%
130	0.243	74.0%
135	0.217	76.0%
140	0.195	78.0%
145	0.176	80.0%
150	0.158	82.0%

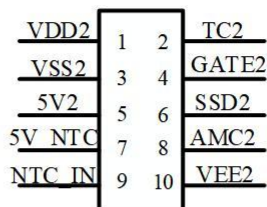
表 1 NTC 阻值和占空比对应表格

四、副边特性

1. 副边接口说明



P2



P3

驱动器的副边有两个通道 CH1 和 CH2，各配有一个 10 针接口端子 P2，P3。CH2 有一个额外引脚用于分布式 NTC 采样。

CH1:

- 2x 副边地 V_{EE}
- 2x 副边负压 V_{SS}
- 1x 副边正压 V_{DD}
- 1x 5V 供电
- 1x TC 信号
- 1x 有源米勒钳位信号 (AMC)
- 1x 软关断信号 (SSD)
- 1x 栅极信号

CH2:

- 1x 副边地 V_{EE}
- 1x 副边负压 V_{SS} (CH2)
- 1x 副边正压 V_{DD}
- 1x 5V 供电
- 1x NTC 供电
- 1x TC 信号
- 1x 有源米勒钳位信号 (AMC)

- 1x 软关断信号 (SSD)
- 1x 栅极信号
- 1x NTC 采样输入信号

2. 副边地 V_{EE}

V_{EE} 为副边提供参考地。

3. 副边负压 V_{SS}

负压端 V_{SS} 为副边提供 -9~-0.5V 的电压，可设定，参考电位 V_{EE} 。

4. 副边正压 V_{DD}

正压端 V_{DD} 为副边提供 15~20V 的电压，可设定，参考电位 V_{EE} 。

5. 5V 供电

为模块适配板逻辑电路提供 5V 电压,参考电位 V_{SS} 。

6. 5V_NTC

为 NTC 采样电路提供 5V 电压，参考电位 V_{EE} 。

7. TC, AMC, SSD, NTC_IN

参考工作原理。

五、工作原理

1. 电源及电气隔离

该款驱动实现了电源和信号的隔离。电源隔离通过变压器实现，信号隔离通过容耦实现。

变压器符合 EN50178 的安全隔离标准，原副边满足 2 级防护等级。

请注意驱动器的供电需要稳定的电源电压及电流。

2. 电源监控

驱动器的原边以及两个副边电源，均有本地电源检测电路，以及相应的欠压保护。

原边电源发生欠压时，两个 SiC 都在负栅极电压的驱动下保持关断状态（两个通道均阻断），SO1 和 SO2 均反馈故障状态信号给上位机。

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，驱动电路将自动封锁 SiC，同时对应的 SOx 反馈一个故障信号给上位机。

原副边欠压故障消除后，SOx 输出端会自动复位。

Firstack 建议不要让桥臂中的任一个 SiC 工作在欠压状态。

3. 智能故障管理

驱动器实时检测模块的运行状态，模块发生故障时，将故障状态通过 SOx 输出端上传给上位机，2FHC06M33XX 通过对 SOx 信号拉低时间（故障返回时间）的不同，实现故障区分。

具体信息参见下表区分：

故障类型	短路故障	副边欠压	原边欠压	其他故障
返回时间(Tsox)	10ms	20ms	40ms	80ms

4. 短路保护及软关断(TC, SSD)

2FHC06M33XX 能够在 SiC 模块运行期间检测短路，并启动软关断来安全地关断模块。目前主流短路保护检测是通过退保和检测，其中有两种检测方法：电阻检测和二极管检测。2FHC06M33XX 使用了二极管检测功能。

二极管检测电路可实现高精度和快速反应，在短路情况下保护模块。

正常工作时，电流将流经由二极管和电阻构成的低阻抗电路，以限制电流。发生短路时，由于模块退饱和， V_{ds} 会升高，导致二极管反向截止，这样电流不会再流经二极管，并开始给电容 C1 充电，当电压达到阈值 V_{REF} ，其充电时间为 t_{RCO} 。经过一段滤波时间 t_{DS_FLT} ，TC 信号被激活，DESAT 信号将从低电平转换为高电平，开始启动软关断。为了防止开通时刻 DS 下降时误触发短路保护功能，需设置一定的 SCS 时间 t_{BL} 。

当检测到短路时，栅极信号将处于高阻抗状态，SSD 信号置高，Q3 开通，使电流流经 SSD 电阻 R3，实现软关断，从而有效抑制由高 di/dt 带来的关断尖峰。

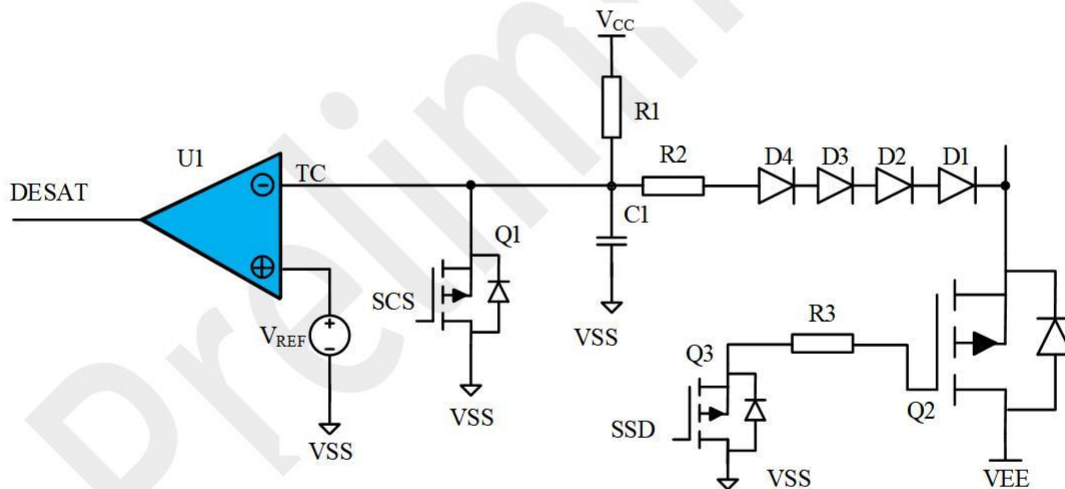


图 6 短路保护检测电路

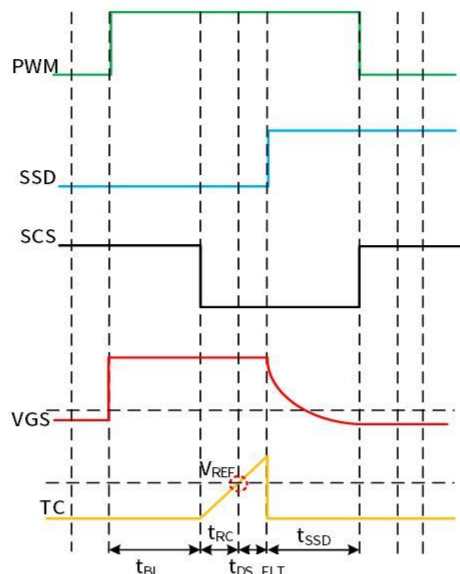


图 7 短路保护及软关时序图

5. 有源米勒钳位 (AMC)

AMC 会将栅极电压拉低到一定的负电压，用来抑制 SiC 在高 dv/dt 下带来的半桥串扰现象。其中正过冲会引起的栅极导通发生短路，负过冲会对栅极造成损坏。

AMC 信号来自 Firststack 的 ASIC。在开通过程中，AMC 信号为低电平；在关断过程中，经过 t_{AMC_ON} 的滤波时间后，AMC 信号将转换为高电平，以启动米勒钳位。其中 t_{AMC_ON} 的时间可以通过软件配置，默认时间为 1.56us， t_{AMC_OFF} 为固定时间 500ns。

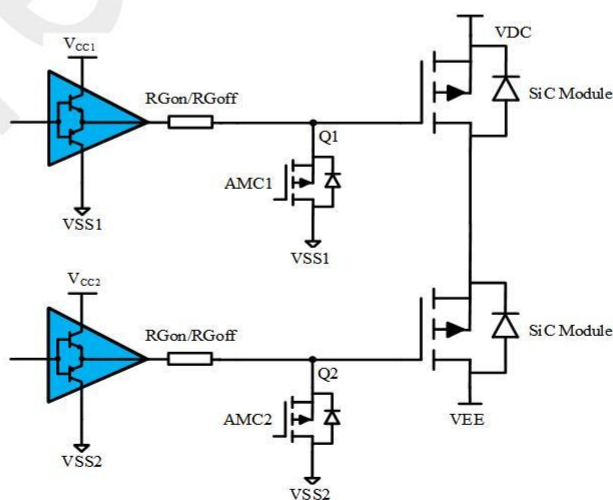


图 8 有源米勒钳位电路

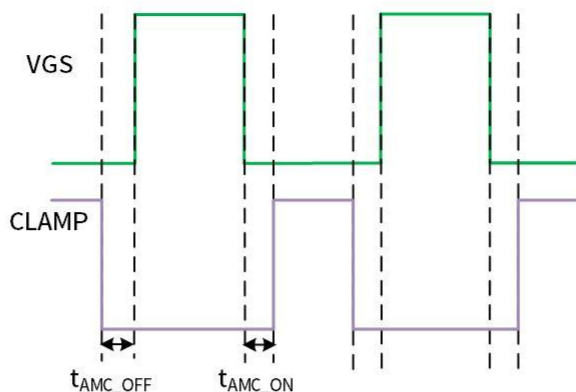


图 9 有源米勒钳位时序图

6. 分布式 NTC 采样(NTC_IN)

对于 Infineon XHP_2, Mitsubishi LV100, Hitachi Linpak 等封装模块, 其内部集成了负温度系数电阻 (NTC) 其中一端与模块下桥臂源极 (S) 相连接, 需要进行隔离采样。为此 Firstack 开发了分布式 NTC (DNTC) 采样电路, 从第一个 MAB 采样到 MCC 或最后一个 MAB, 在传输过程中, 温度信息将被保存并依次传输到下一个微控制器, 最后一个微控制器将根据软件的选择传输所有温度或最高温度信息上报给上位机, 便于用户检测运行状态和优化散热结构。图 10 介绍了该电路的基本拓扑结构, 这种新设计有几个优点:

1. 对所有的模块进行温度采样
2. 基于总线协议的所有 GDU 之间可进行通信
3. 高稳定性、高精度的温度信息
4. 统一设计, 适用于各种封装的模块

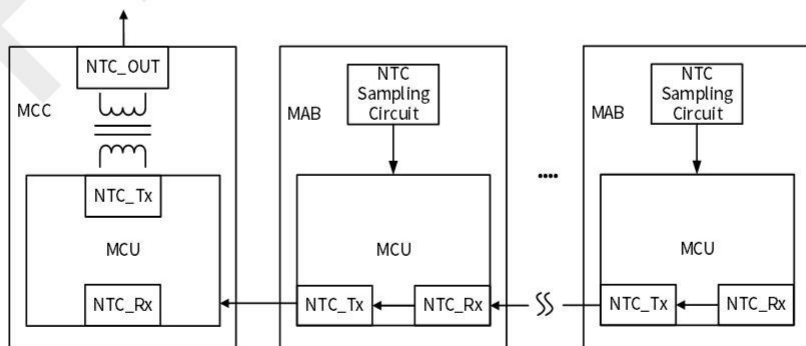


图 10 分布式 NTC 采样电路拓扑

六、技术支持

飞仕得提供专业的技术服务，有任何技术问题可以联系飞仕得技术支持。

详情请登录官网：[杭州飞仕得科技股份有限公司 \(firststack.com\)](http://firststack.com)

七、法律免责声明

本说明书对产品应用做了详细介绍，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。

八、厂家信息

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

