

## M653-39J 产品说明书

### 概述

Firststack IGBT 智能驱动是为大功率、高电压 IGBT 专门开发的，具有功能强大，可靠性高等特点，能同时适用于两电平及多电平变流器，其应用覆盖新能源、轨道交通、工业传动及智能电网等各个领域。

M653 是针对新能源车领域的 M653 封装模块开发的即插即用型一体化 IGBT 驱动器，集成母线电压以及温度隔离采样功能，体积小，可靠性高。

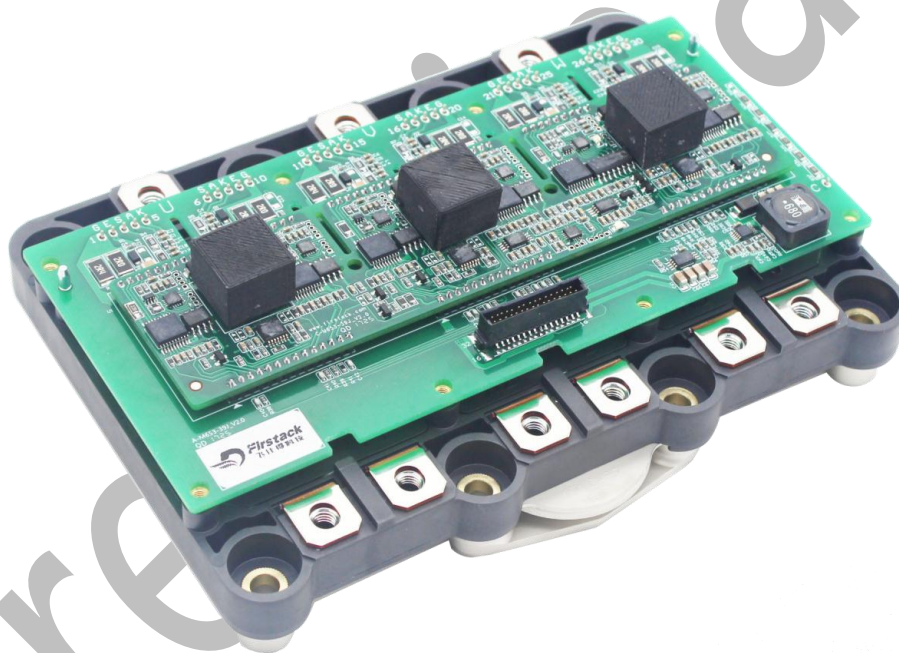


图1 产品照片

## 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
驱动参数.....	7
主要功能说明.....	10
短路保护.....	10
欠压保护.....	10
软关断.....	10
二极管结温提取.....	11
母线采样及过压保护.....	13
脉冲异常——PWM 互锁.....	14
门极电阻位置指示.....	15
订购信息.....	16
技术支持.....	16
法律免责声明.....	16
联系方式.....	16

## 系统框架图

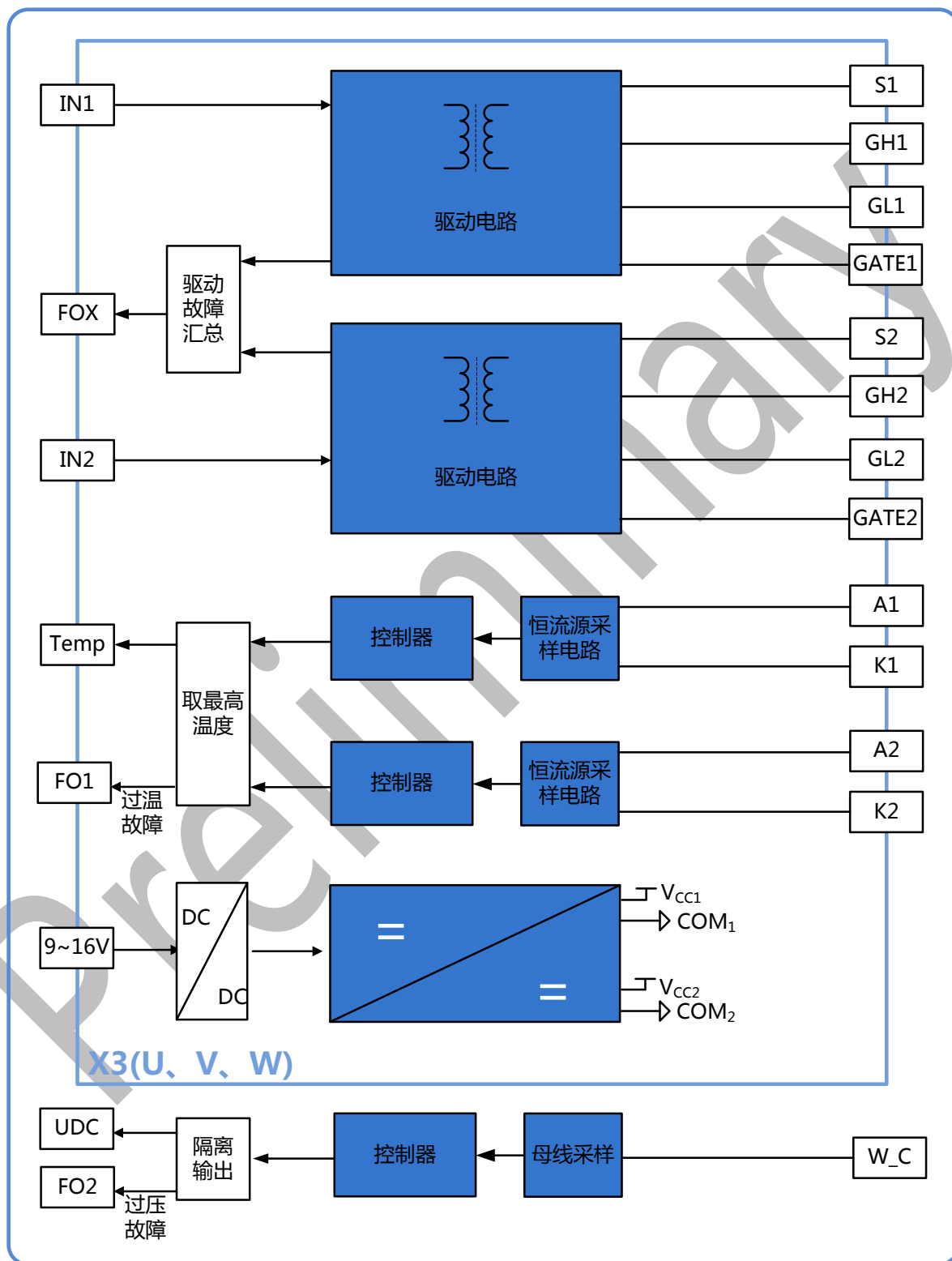


图2 系统框架图

## 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

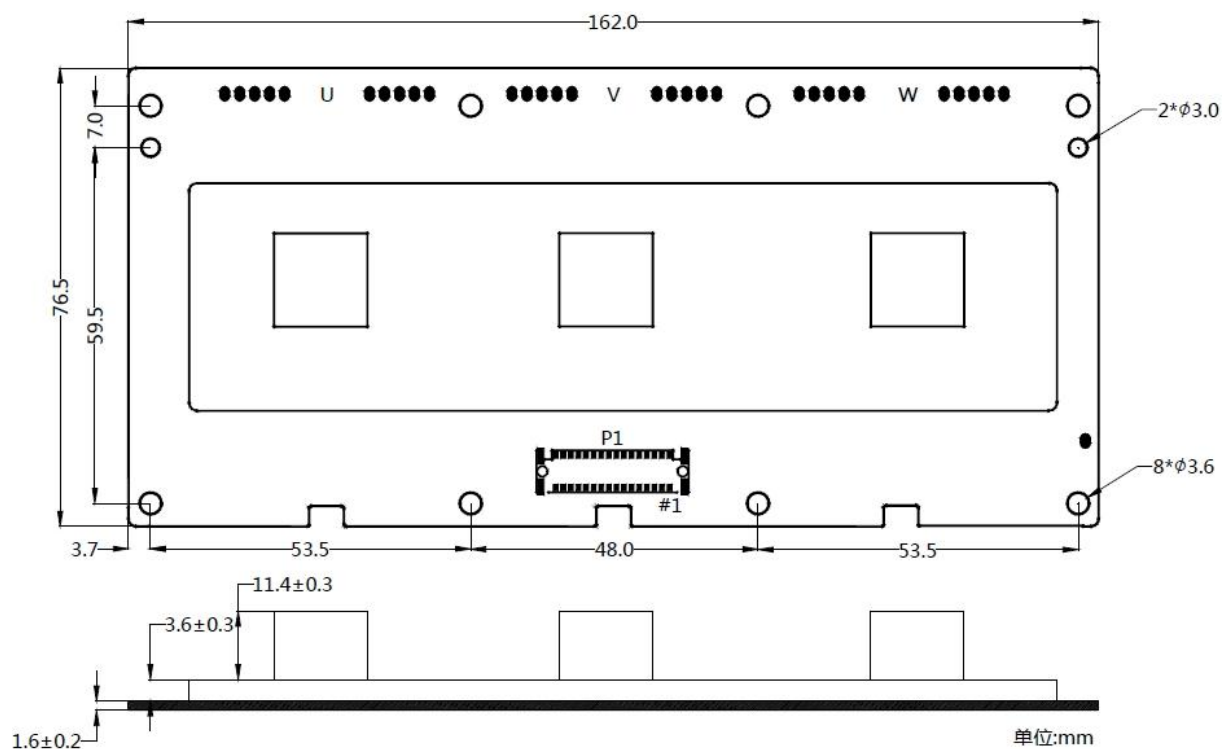


图3 尺寸图

### 接插件厂家及型号

序号	标号	厂家	型号	推荐配套端子
1	P1	ERNI	SMC-Q 32-SMD-type8-13	SMC 1.27_32_AU_AUI_02000_TP

## 引脚定义

P1 引脚定义：

引脚	命名	注释	引脚	命名	注释
1	P_GND	电源地	2	P_GND	电源地
3	P_GND	电源地	4	GND	PWM 信号地
5	GND	PWM 信号地	6	5V	控制电源
7	5V	控制电源	8	RST	使能信号 ( 5V 高正常, 0V 低封脉冲 )
9	GND	PWM 信号地	10	GND	PWM 信号地
11	FO1	过温故障反馈 ( 5V 高正常, 0V 低故障 )	12	GND	PWM 信号地
13	GND	PWM 信号地	14	FO2	过压故障反馈 ( 5V 高正常, 0V 低故障 )
15	GND	PWM 信号地	16	GND	PWM 信号地
17	12V_IN	12V	18	12V_IN	12V
19	12V_IN	12V	20	UDC	母线电压采样
21	TIGBT_W	W 相 IGBT 温度采样	22	TIGBT_V	V 相 IGBT 温度采样
23	TIGBT_U	U 相 IGBT 温度采样	24	FOW	W 相故障反馈 ( 5V 高正常, 0V 低故障 )
25	PWM_WT	W 相 ( TOP ) PWM 信号 ( 5V 高开通, 0V 低关断 )	26	PWM_WB	W 相 ( BOT ) PWM 信号 ( 5V 高开通, 0V 低关断 )
27	FOV	V 相故障反馈 ( 5V 高正常, 0V 低故障 )	28	PWM_VT	V 相 ( TOP ) PWM 信号 ( 5V 高开通, 0V 低关断 )
29	PWM_VB	V 相 ( BOT ) PWM 信号 ( 5V 高开通, 0V 低关断 )	30	FOU	U 相故障反馈 ( 5V 高正常, 0V 低故障 )
31	PWM_UT	U 相 ( TOP ) PWM 信号 ( 5V 高开通, 0V 低关断 )	32	PWM_UB	U 相 ( BOT ) PWM 信号 ( 5V 高开通, 0V 低关断 )

## 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	6	24	V
输入输出逻辑电平	对地	0	5	V
故障返回口电流能力	故障状态下		5	mA
门极最大输出电流			5	A
单路输出功率	环境温度 85°C		TBD	W
测试电压(50Hz/1min)	原边对副边	2500		$V_{RMS}$
	副边对副边	2500		$V_{RMS}$
工作温度		-40	105	°C
存储温度		-40	105	°C

### 推荐工作条件

参数	备注	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{IN}$	输入电源	9	12	16	V
$IN_x$	PWM 信号	0	5		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		0.25		A
耦合电容	原副边, 注 2		TBD		pF
<b>电源监测</b>					
阈值	副边电源		9		V
<b>输入输出逻辑</b>					
输入阻抗			7		kΩ
开通阈值	5V PWM 输入, 注 3	2			V
关断阈值	5V PWM 输入, 注 4			0.8	V
SOx 输出电位			5		V
<b>短路保护</b>					
V <sub>SE</sub> 监测阈值			3		V
响应时间	TOP, 注 5		1.1		us
	BOT, 注 5		1.1		us
阻断时间			10		ms
<b>时间特性</b>					
开通延时	TOP, 注 6		200		ns
	BOT, 注 6		200		ns
关断延时	TOP, 注 7		290		ns
	BOT, 注 7		290		ns
上升时间	TOP, 注 8		5		ns
	BOT, 注 8		5		ns
下降时间	TOP, 注 9		7		ns
	BOT, 注 9		7		ns
故障保持时间			10		ms



### 输出特性

门极开通电压	15	V
门极关断电压	0	V
门极静态阻抗	10	kΩ

### 电气绝缘

爬电距离	原副边, 注 10	6	mm
	副副边	6	mm
电气间隙	原副边	4	mm
	副副边	4	mm

#### 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 (0V) 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 (0V)的 10%时间量
10. 爬电距离：参照 IEC61800-5-1-2007，满足海拔 2km 以下,污染等级 2 的基本绝缘要求

## 主要功能说明

### ◆ 短路保护

驱动电路通过检测 IGBT 开通时流过  $I_{c\_sense}$  端的电流 (IGBT 的 S 端) 来判断 IGBT 是否处于短路状态。在 IGBT 开通若干微秒后, IGBT 的 S 端电流流过  $R_{se1}$ ,  $R_{se2}$ , 驱动电路开始检测  $V_{SE}$ 。当  $V_{SE}$  电压超过参考值, 判定 IGBT 处于短路状态, 此时驱动将进入软关断状态, 将 IGBT 缓慢的关断, 同时封锁 IGBT, 并将故障返回上位机。下图为原理图:

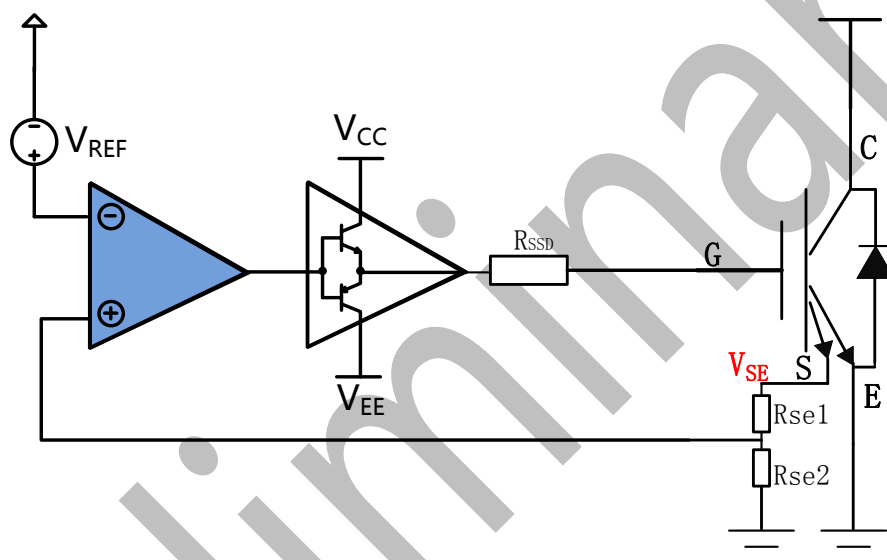


图 4  $V_{SE}$  短路保护原理图

### ◆ 欠压保护

欠压会使得 IGBT 的导通损耗增加。相同的电流, 门极电压越低, 对应的  $V_{CE}$  电压越高。模拟型 IGBT 驱动在副边配备了电源欠压保护功能, 当副边侧供电电源低于 9V 时, 驱动将关闭 IGBT, 同时将故障信号返回至上位机。

### ◆ 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 4us 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。

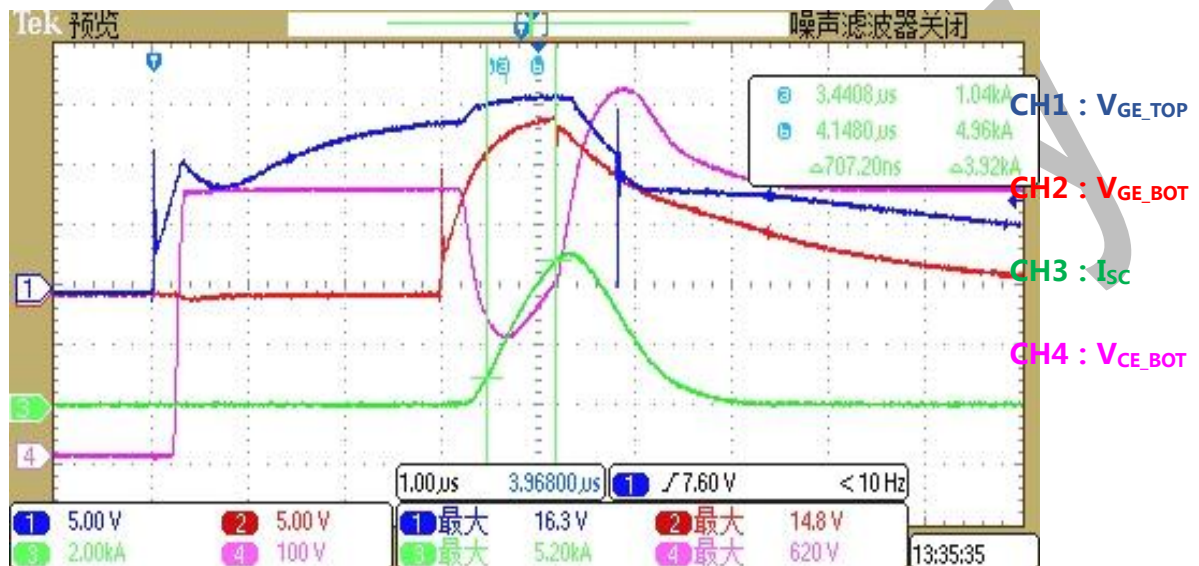


图 5 6MBI800XV-075V-01 在 450V 下的短路波形

图 5 显示的是由 Firststack IGBT 驱动电路控制的 750V/800A IGBT (6MBI800XV-075V-01) 在直流母线为 450V 时的桥臂直通短路波形。短路电流峰值 5200A (6.5 倍于额定电流)，在软关断的作用下， $I_c$  缓慢下降， $V_{CE}$  控制在安全范围电压内，有效安全的关闭了 IGBT。

## ◆ 二极管结温提取

M653 驱动板具有采样模块内部二极管结温的功能，将模块六路温度通过隔离  $I_c$  传到原边，并选出每相最高温度以电压的形式输出至控制板。当 IGBT 温度超过 160°C 时，驱动板封波，并将过温故障信号上传给控制板

温度与二极管电压对应的参考传函， $V_F = -3.9 \cdot T + 2326.5$ ，单位：mV，T 单位为°C；  
实际传递函数以模块厂商提供的为准；

二极管电压与输出电压传函数： $V_{out} = -2.5641 \cdot V_F + 6965.4$ ，单位：mV

温度采样数据表

T 温度(°C)	二极管电压(mV)	理论输出电压 ( mV )
-40	2483	600
-30	2444	700
-20	2405	800
-10	2366	900
0	2327	1000
10	2288	1100
20	2249	1200
30	2210	1300
40	2171	1400
50	2132	1500
60	2093	1600
70	2054	1700
80	2015	1800
90	1976	1900
100	1937	2000
110	1898	2100
120	1859	2200
130	1820	2300
140	1781	2400
150	1742	2500
160	1703	2600
170	1664	2700
180	1625	2800
190	1586	2900
200	1547	3000

## ◆ 母线采样及过压保护

在某些故障工况下，变流器存在能量反馈，充高直流母线电压的情况，如电池脱扣时，会有大量的感应能量从电机侧往变流器反馈，造成直流母线电压上升的情况。因此，一般在这些变流器中，都会有专门的电路监测直流母线电压，当发现母线电压超过某个预设值后，将封锁脉冲，进行能量泄放，保护变流器的安全。

为了解决这一问题，Firststack 智能驱动开发了“直流母线电压采样及过压保护功能”：驱动板上集成了直流母线电压采样电路，当直流母线电压超过预设值后（该预设值一般比控制系统的预设值高），驱动器依然会自主封锁脉冲。在这一过程中，驱动将返回故障指令给控制板，告知控制板处于过压状态，并将母线电压值通过隔离器件告知控制板。

母线采样的输出电压范围:UDC:0 ~ 500V 对应输出 0 ~ 3V，

传递函数： $U(\text{dcad}) = 0.006 * \text{UDC}$

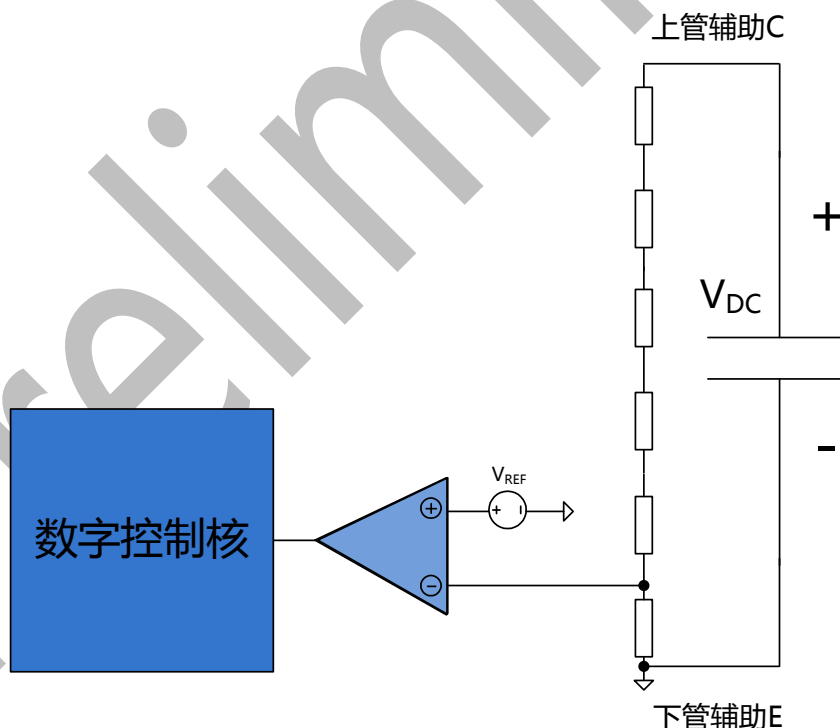


图 6 直流母线电压采样及过压保护原理图

### ◆ 脉冲异常——PWM 互锁

在变流器运行时，当上位机工作异常，或者传输线受到干扰时，有可能使得原本互补的上下管的控制指令出现同高的现象。在桥臂结构中，同高的控制指令将同时开通上下管，引起模块退饱和，产生大量的热，严重时将损坏模块。

为了解决这一问题，驱动器集成了 PWM 互锁功能，当发现上下管两路的 PWM 指令同时为高时，驱动将自动忽略高的指令，但不会返回故障信息。

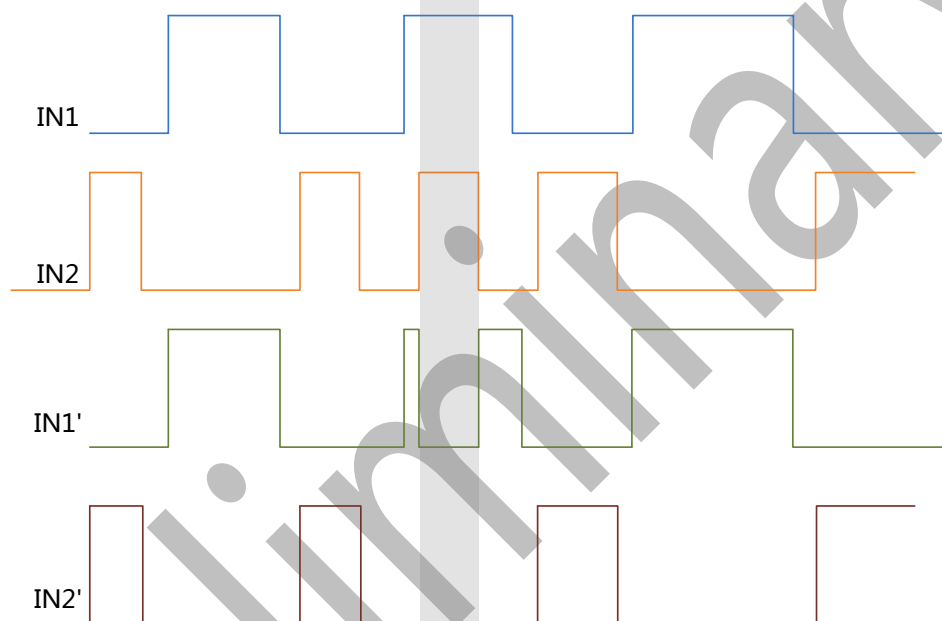


图7 PWM 互锁时序图

## 门极电阻位置指示

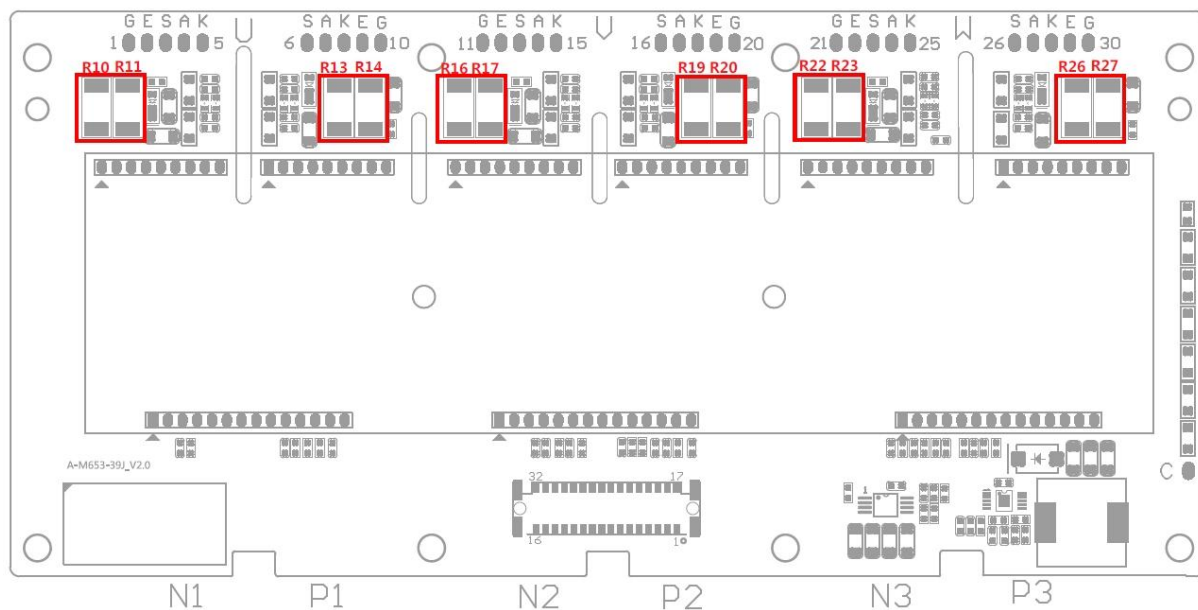


图 8 门极电阻位置指示图

### 门极电阻计算公式

	$R_{GON}$	$R_{GOFF}$
U_TOP	R14	R16
U_BOT	R11	R10
V_TOP	R20	R19
V_BOT	R17	R16
W_TOP	R27	R26
W_BOT	R23	R22

### 常用模块的门极阻值表

IGBT 型号	$R_{GON}$		$R_{GOFF}$	
	TOP	BOT	TOP	BOT
6MBI800XV-075V-01	2.0Ω	2.7Ω	2.4Ω	2.4Ω

## 订购信息

M653-39J 针对富士电机 M653 模块开发，在选购时，请在驱动型号后面，添加模块型号，如 M653-39J-6MBI800XV-075V-01。

## 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](http://www.firststack.com)

销售：[sales01@firststack.com](mailto:sales01@firststack.com)

地址：杭州市拱墅区北部软件园祥兴路 100 号

