

## 600V/15A 三相全桥智能功率模块



### 描述:

SYIM15D60是一款高性能的智能功率模块（IPM）。主要用于电机驱动，如：感应电机，直流无刷电机，永磁电机等。模块内部集成了欠压保护，过流保护，温度保护以及温度输出等功能，下桥三个独立的负直流输出端，使得各项电流可以单独检测。内置的高速HVIC只需要一个电源，并将输入信号通过电平转换，转化为所需的高压、大电流驱动信号驱动模块的内部IGBT。

模块采用高散热双面敷铜的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 陶瓷基板，具有非常好的散热能力，这也让模块的体积变得非常小，在一些紧凑的应用方案中也能表现出优秀的性能。

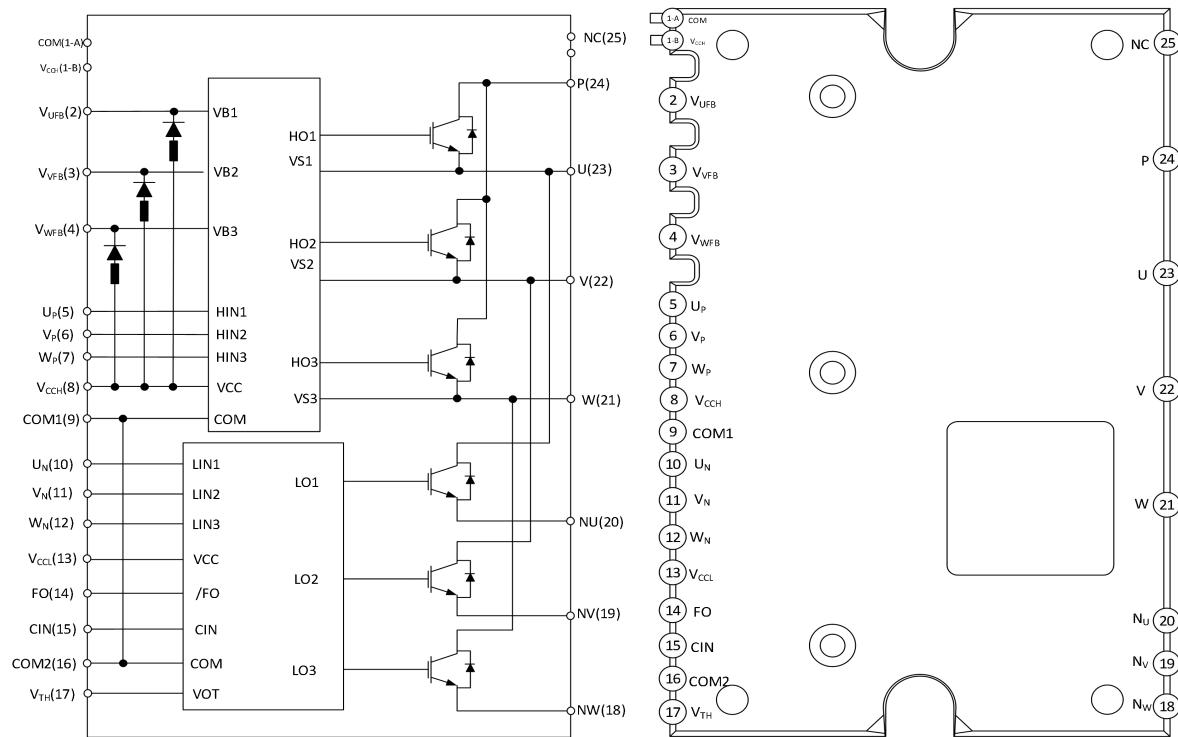
### 主要特点:

- 内置高压驱动电路（HVIC）。
- HVIC 芯片上集成带限流电阻的自举二极管。
- 高侧控制电压具有欠压保护功能。
- 低侧LVIC具有短路电流保护(SC)，温度输出(TO)，过温保护(OTP)，欠压保护(UV)等。
- 故障输出（UV， SC， OTP），在触发保护时“关闭”LVIC的输出。
- 输入接口兼容3.3V，5V信号，高电平有效。
- 绝缘级别：1500Vrms/min。

### 应用:

- 空调压缩机/冰箱压缩机/洗衣机等小家电
- 低功率变频器

## 内部电路框图及引脚定义



内部电路框图

引脚分布图 (底部视角)

表1 引脚定义描述

编号	符号	描述	编号	符号	描述
1-A	COM	内部公共地端子, 无连接	13	V <sub>CCL</sub>	低侧栅极驱动供电电压
1-B	V <sub>CCH</sub>	内部电源端子, 无连接	14	FO	故障输出
2	V <sub>UFB</sub>	U 相高侧 IGBT 驱动悬浮供电电压	15	CIN	过流保护检测 (外接RC电路)
3	V <sub>VFB</sub>	V 相高侧 IGBT 驱动悬浮供电电压	16	COM2	模块公共地
4	V <sub>WFB</sub>	W 相高侧 IGBT 驱动悬浮供电电压	17	V <sub>TH</sub>	温度输出端
5	U <sub>P</sub>	U 相高侧信号输入	18	N <sub>W</sub>	W 相直流负端
6	V <sub>P</sub>	V 相高侧信号输入	19	N <sub>V</sub>	V 相直流负端
7	W <sub>P</sub>	W 相高侧信号输入	20	N <sub>U</sub>	U 相直流负端
8	V <sub>CCH</sub>	高侧栅极驱动供电电压	21	W	W 相输出
9	COM1	模块公共地	22	V	V 相输出
10	U <sub>N</sub>	U 相低侧信号输入	23	U	U 相输出
11	V <sub>N</sub>	V 相低侧信号输入	24	P	直流正端
12	W <sub>N</sub>	W 相低侧信号输入	25	NC	无连接

## 极限参数

### 逆变部分

符号	参数	条件	额定值	单位
$V_{DC}$	直流母线电压	施加在P和N <sub>U</sub> ,N <sub>V</sub> ,N <sub>W</sub> 之间	450	V
$V_{DC(\text{surge})}$	直流母线浪涌电压	施加在P和N <sub>U</sub> ,N <sub>V</sub> ,N <sub>W</sub> 之间	500	V
$V_{CES}$	集电极-发射极电压		600	V
$\pm I_C$	单个IGBT集电极持续电流	$T_c=25^\circ\text{C}, T_j \leq 150^\circ\text{C}$	15	A
$\pm I_{CP}$	单个IGBT集电极峰值电流	$T_c=25^\circ\text{C}, T_j \leq 150^\circ\text{C}$ , 脉宽 $\leq 1\text{ms}$	30	A
$P_c$	每个模块集电极最大耗散功率	$T_c=25^\circ\text{C}$ , 单个芯片	33	W
$T_j$	结温		-20~+150	°C

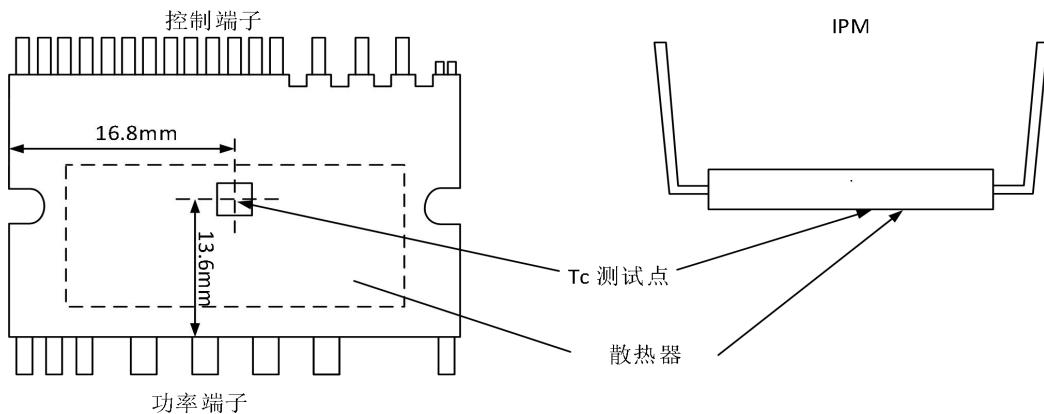
### 控制部分

符号	参数	条件	额定值	单位
$V_D$	控制电源电压	施加在V <sub>CCH</sub> -COM1, V <sub>CCL</sub> -COM2之间	20	V
$V_{DB}$	高侧控制电压	施加在V <sub>UFB</sub> -U, V <sub>VFB</sub> -V, V <sub>WFB</sub> -W之间	20	V
$V_{IN}$	输入信号电压	施加在U <sub>P</sub> , V <sub>P</sub> , W <sub>P</sub> -COM1, U <sub>N</sub> , V <sub>N</sub> , W <sub>N</sub> -COM2之间	-0.5~ $V_D$	V
$V_{FO}$	故障输出电源电压	施加在FO-COM2之间	-0.5~ $V_D$	V
$I_{FO}$	故障输出电流	FO端灌电流	1	mA
$V_{CIN}$	电流检测端输入电压	施加在CIN-COM2之间	-1.0~ $V_D$	V

### 整机

符号	参数	条件	额定值	单位
$V_{DC(\text{PROT})}$	短路保护限压	$V_{CC}=V_{BS}=13.5\sim16.5\text{V}$ , $T_j=150^\circ\text{C}$ , 单次且小于 $2\mu\text{s}$	400	V
$T_c$	模块工作壳温	$T_c$ 的检测点如图1所示	-20~+100	°C
$T_{stg}$	存储温度		-40~+125	°C
$V_{iso}$	绝缘耐压	60赫兹, 正弦波, 1分钟, 连接所有引脚到散热器	1500	$V_{rms}$

图1  $T_c$ 测量位置



### 热阻

符号	参数	条件	范围			单位
			Min	Typ	Max	
$R_{th(j-c)Q}$	结点到外壳热阻 (注1)	单个IGBT芯片	-	2.3	3.0	K/W
$R_{th(j-c)F}$		单个FRD芯片	-	3.0	3.9	K/W

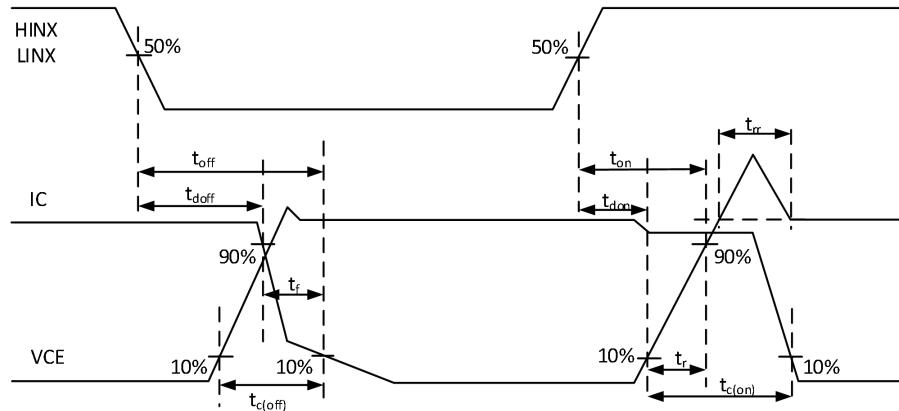
注1：在IPM和散热器的接触面上涂导热硅脂，建议厚度为 $+100\mu\text{m} \sim +200\mu\text{m}$ 。IPM外壳和散热器之间的接触热阻 $R_{th(c-f)}$ 建议在 $0.3\text{K/W}$ 。

## 电气特性

### 逆变部分

符号	参数	条件	范围			单位
			Min	Typ	Max	
V <sub>CE(sat)</sub>	IGBT集电极-发射极饱和压降	V <sub>D</sub> =V <sub>DB</sub> =15V, I <sub>C</sub> =15A, T <sub>j</sub> =25°C	-	1.60	1.90	V
		V <sub>IN</sub> =5V I <sub>C</sub> =15A, T <sub>j</sub> =125°C	-	1.70	2.0	
V <sub>F</sub>	续流二极管正向压降	V <sub>IN</sub> =0V, I <sub>F</sub> =15A			- 1.5 1.9	V
HS		V <sub>DC</sub> =400V, V <sub>D</sub> =V <sub>DB</sub> =15V I <sub>C</sub> =15A, V <sub>IN</sub> =0↔5V 感性负载	-	650	-	ns
			-	130	-	
			-	1000	-	
			-	150	-	
			-	120	-	
LS		V <sub>DC</sub> =400V, V <sub>D</sub> =V <sub>DB</sub> =15V I <sub>C</sub> =15A, V <sub>IN</sub> =0↔5V 感性负载	-	650	-	
			-	170	-	
			-	950	-	
			-	170	-	
			-	120	-	
I <sub>CES</sub>	集电极-发射极漏电流	V <sub>CE</sub> =V <sub>CES</sub> =600V	T <sub>j</sub> =25°C	-	- 1	mA
			T <sub>j</sub> =125°C	-	- 10	

图2.开关时间



### 控制部分

符号	参数	条件	范围			单位		
			Min	Typ	Max			
I <sub>D</sub>	控制电源静态电流	V <sub>CCH</sub> -COM1与V <sub>CCL</sub> -COM2的电流之和	V <sub>D</sub> =15V, V <sub>IN</sub> =0V	-	0.35	0.8	mA	
			V <sub>D</sub> =15V, V <sub>IN</sub> =5V	-	0.35	0.8		
I <sub>DB</sub>		V <sub>UFB</sub> -U, V <sub>VFB</sub> -V, V <sub>WFB</sub> -W 各相电流	V <sub>D</sub> =V <sub>DB</sub> =15V, V <sub>IN</sub> =0V	-	36	100	μA	
			V <sub>D</sub> =V <sub>DB</sub> =15V, V <sub>IN</sub> =0V	-	62	150		
V <sub>SC(ref)</sub>	短路保护触发电压	V <sub>D</sub> =15V		0.45	0.5	0.55	V	
U <sub>VDBr</sub>	高侧欠压保护	T <sub>j</sub> ≤125°C	V <sub>DB</sub> 检测电压	9.0	10.0	11.0	V	
U <sub>VDBr</sub>			V <sub>DB</sub> 复位电压	8.0	9.0	10.0	V	
U <sub>VDt</sub>	低侧欠压保护		V <sub>D</sub> 检测电压	10.0	11.0	12.0	V	
U <sub>VDt</sub>			V <sub>D</sub> 复位电压	8.0	10.0	11.0	V	
V <sub>TH</sub>	温度输出	LVIC 温度 = 90°C			2.63	2.77	2.91	V
		LVIC 温度 = 25°C			0.88	1.13	1.39	V
OT <sub>t</sub>	过温保护	LVIC温度			120	130	140	°C
OT <sub>rh</sub>		过温保护迟滞			-	10	-	
V <sub>FOH</sub>	故障输出电压	V <sub>CIN</sub> =0V, FO 通过10KΩ电阻上拉到5V		4.8	-	-	V	

$V_{FOL}$		$V_{CIN}=1V, I_{FO} = 1mA$	-	-	0.5	
$t_{FOD}$	故障输出脉冲宽度		20	65	-	$\mu s$
$I_{INH}$	高侧输入信号静态电流	$V_{IN} = 5V$	-	820	-	$uA$
$I_{INL}$	低侧输入信号静态电流	$V_{IN} = 5V$	-	16	-	$uA$
$V_{th(on)}$	输入信号开通阈值电压	施加在 $U_P, V_P, W_P, U_N, V_N, W_N$ 与 COM2 之间	-	-	2.6	$V$
$V_{th(off)}$	输入信号关断阈值电压		0.8	-	-	
$V_F$	自举二极管导通压降	IF=10mA, 包括限流电阻的压降	-	1.5	3.0	$V$
$R_{BSD}$	内置限制电阻	包含自举二极管	80	90	100	$\Omega$

## 推荐工作条件

符号	参数	条件	范围			单位
			Min	Typ	Max	
$V_{DC}$	直流母线电压	施加在 P-NU, NV, NW 之间	0	300	400	$V$
$V_D$	控制电源电压	施加在 $V_{CCH}$ -COM1 和 $V_{CCL}$ -COM2 之间	13.5	15.0	16.5	$V$
$V_{DB}$	高侧控制电压	施加在 $V_{UFB}$ -U, $V_{VFB}$ -V, $V_{WFB}$ -W 之间	13.0	15.0	16.5	$V$
$dV_D/dt, dV_{DB}/dt$	控制电源电压波动		-1	-	+1	$V/\mu s$
$t_{dead}$	防止桥臂直通的死区时间	针对每一路输入信号	1	-	-	$\mu s$
$f_{PWM}$	PWM开关频率	$T_c \leq 100^\circ C, T_j \leq 125^\circ C$	-	-	20	$kHz$
$I_o$	允许的有效电流	$V_{DC}=300V, V_D=15V, P.F = 0.8, PWM$ 输入, $T_c \leq 100^\circ C, T_j \leq 125^\circ C$ (注2)	$f_{PWM} = 5kHz$	-	-	7.5
			$f_{PWM} = 15kHz$	-	-	4.5
$PWIN_{(on)}$	最小输入脉冲宽度	注3	0.7	-	-	$\mu s$
			0.7	-	-	
$V_{NC}$	$V_{NC}$ 波动	施加在 $V_{NC}$ - NU, NV, NW 之间	-5.0	-	+5.0	$V$
$T_j$	工作结温范围		-20	-	+125	$^\circ C$

注2: 允许的有效电流大小主要取决于实际应用条件及散热状况, 表中数据仅供参考。

注3: 如果输入信号的脉冲宽度小于  $PWIN_{(on)}$  和  $PWIN_{(off)}$ , IPM 可能不会工作。

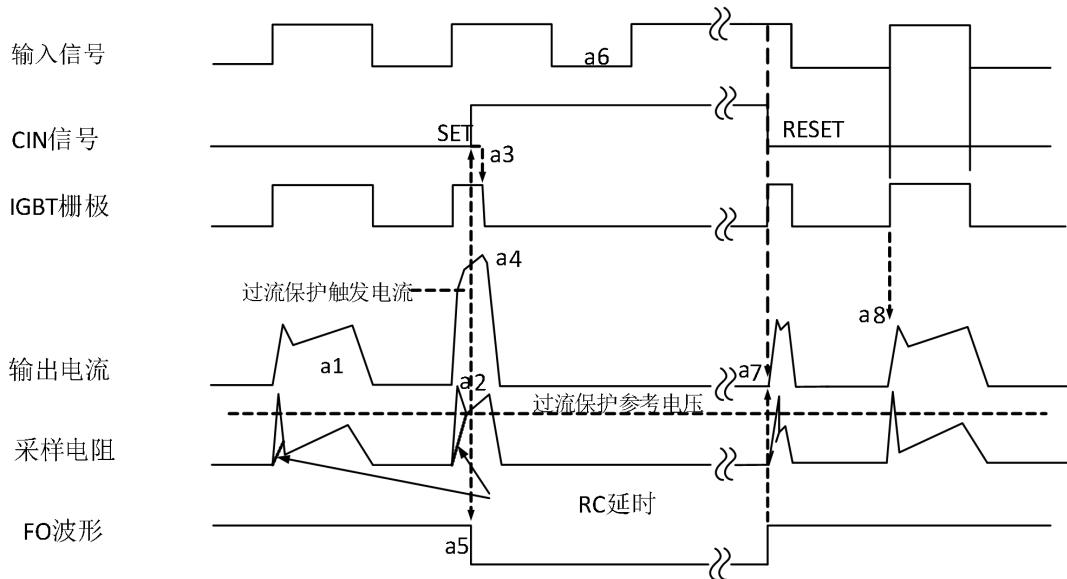
## 机械特性和额定值

参数	条件	范围			单位
		Min.	Typ.	Max.	
装配	安装螺丝规格: M3	建议安装扭矩: 0.62N.m	0.50	0.62	0.8
重量			-	9.6	-
器件平面度			-50	-	100 $\mu m$

## 模块保护功能逻辑时序

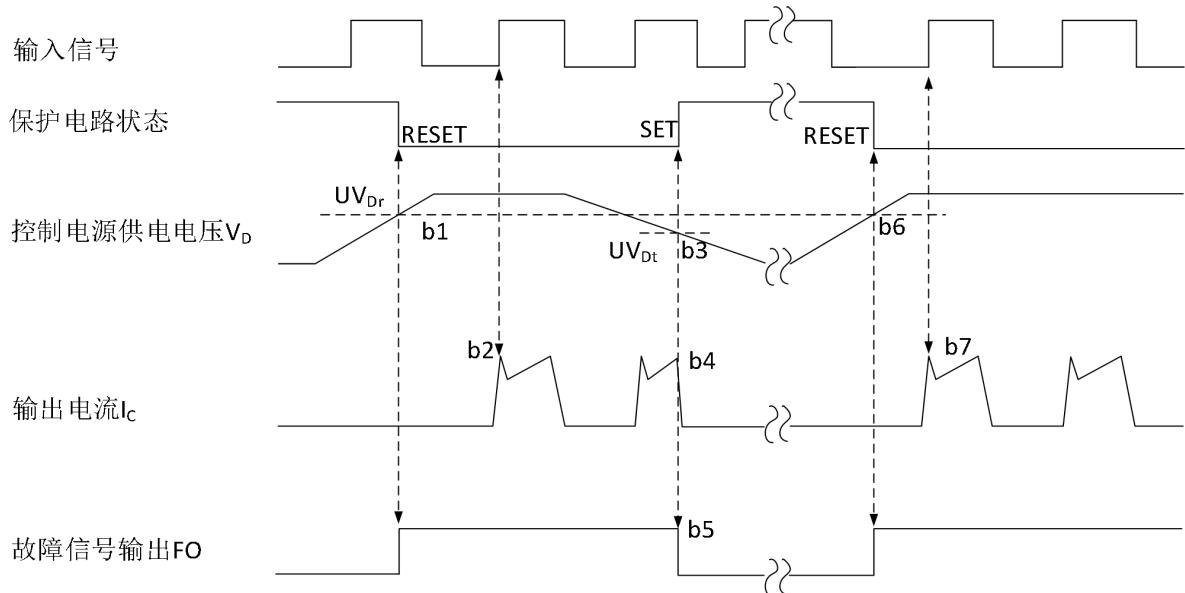
### [A]短路保护时序

- a1. 正常工作: IGBT导通, 给负载提供电流。
- a2. 短路保护被触发 (设置RC的时间常数1.5~2.0 $\mu s$ , 确保SC触发后IGBT在2.0 $\mu s$ 内关断)。
- a3. 所有低侧IGBT的栅极被立刻关断。
- a4. 所有低侧IGBT关断。
- a5. FO输出低电平, FO的低电平时间  $t_{FOD}$  约60us。
- a6. 输入为低电平, IGBT处于关断状态。
- a7. FO低电平时间到, IGBT立刻开通。
- a8. 正常工作: IGBT导通, 给负载提供电流。



### [B] 低侧控制电源 $V_D$ 欠压保护时序

- b1. 控制电源电压 $V_D$ 从欠压状态上升, 超过复位电压( $UV_{Dr}$ ), 高电平时打开IGBT。
- b2. 正常工作, IGBT导通, 给负载提供电流。
- b3. 控制电源电压 $V_D$ 从正常电压下降, 下降到低于检测电压( $UV_{Dt}$ ), 低侧IGBT被关断。
- b5. FO输出低电平, FO的低电平时间 $t_{FOD}$ 约60us。
- b6. 控制电源电压 $V_D$ 再次升高, 超过复位电压( $UV_{Dr}$ ), 高电平时打开IGBT。
- b7. 正常工作, IGBT导通, 给负载提供电流。



### [C] 高侧控制电源 $V_{DB}$ 欠压保护时序

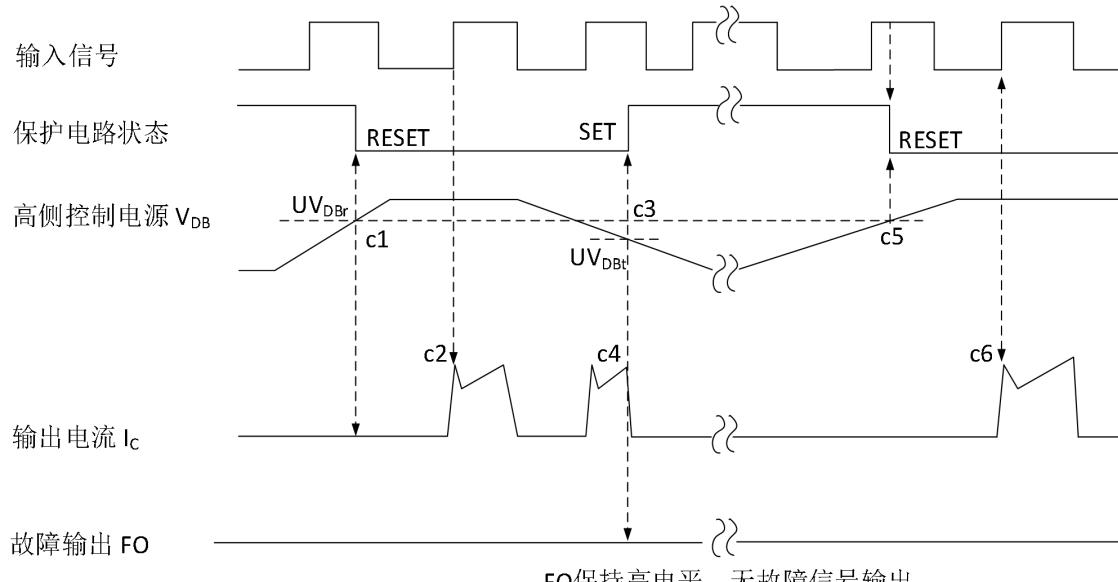
- c1. 控制电源电压 $V_{DB}$ 从欠压状态上升, 超过复位电压( $UV_{DBr}$ ), 且在下一个高电平时打开IGBT。
- c2. 正常工作, IGBT导通, 给负载提供电流。

c3. 控制电源电压  $V_{DB}$  从正常电压下降, 下降到低于检测电压( $UV_{DBr}$ ), 高侧IGBT被关断。

c4. FO保持高电平, FO信号没有变化。

c5. 控制电源电压  $V_{DB}$  再次升高, 超过复位电压 ( $UV_{DBf}$ ), 且在下一个高电平时打开IGBT。

c6. 正常工作, IGBT导通, 给负载提供电流。



#### [D] 过温保护（低侧LVIC的温度）时序

d1. 正常工作, IGBT导通, 给负载提供电流。。

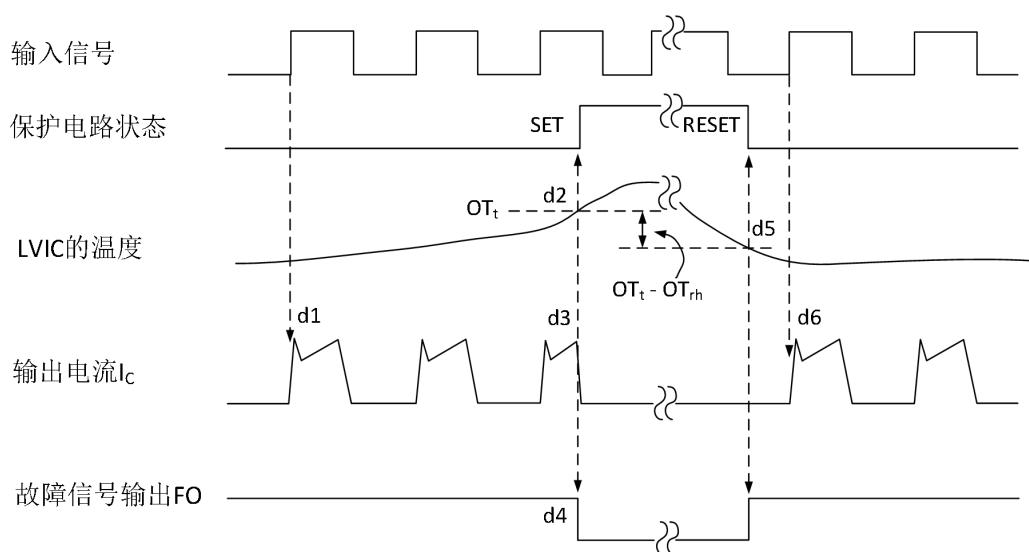
d2. LVIC温度超过保护温度( $OT_t$ )。

d3. 所有低侧IGBT均被关断。

d4. FO输出低电平, FO的低电平时间  $t_{FOD}$  约60us, 如果LVIC温度一直超过  $OT_t$  时, 输出时间会延长。

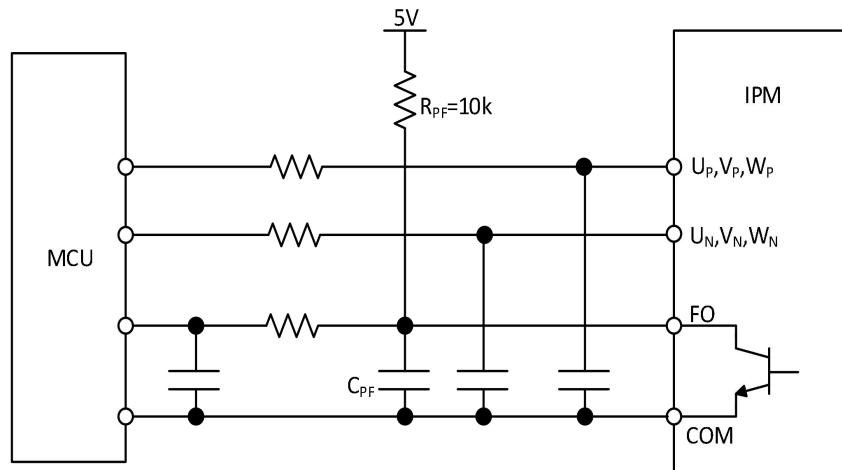
d5. LVIC温度下降到复位温度以下, 高电平时打开IGBT。

d6. 正常工作, IGBT导通, 给负载提供电流。



## 单片机I/O接口电路

图4 推荐的IPM模块与MCU的接口电路

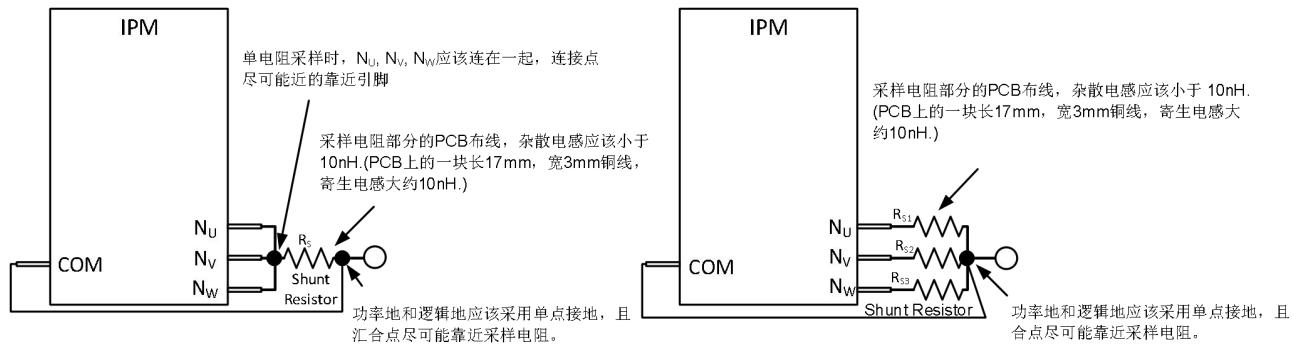


注4:

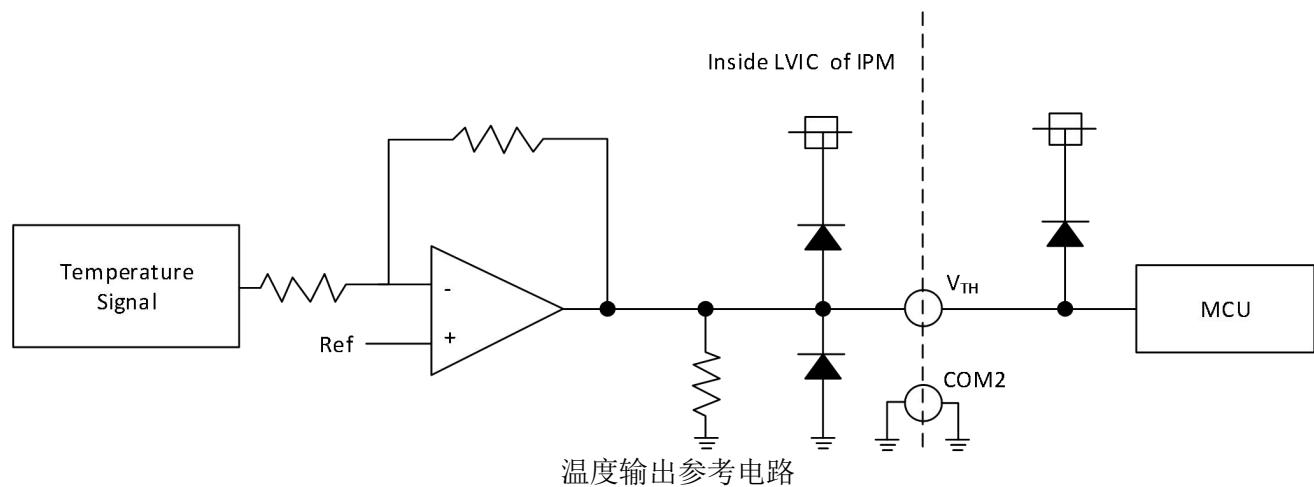
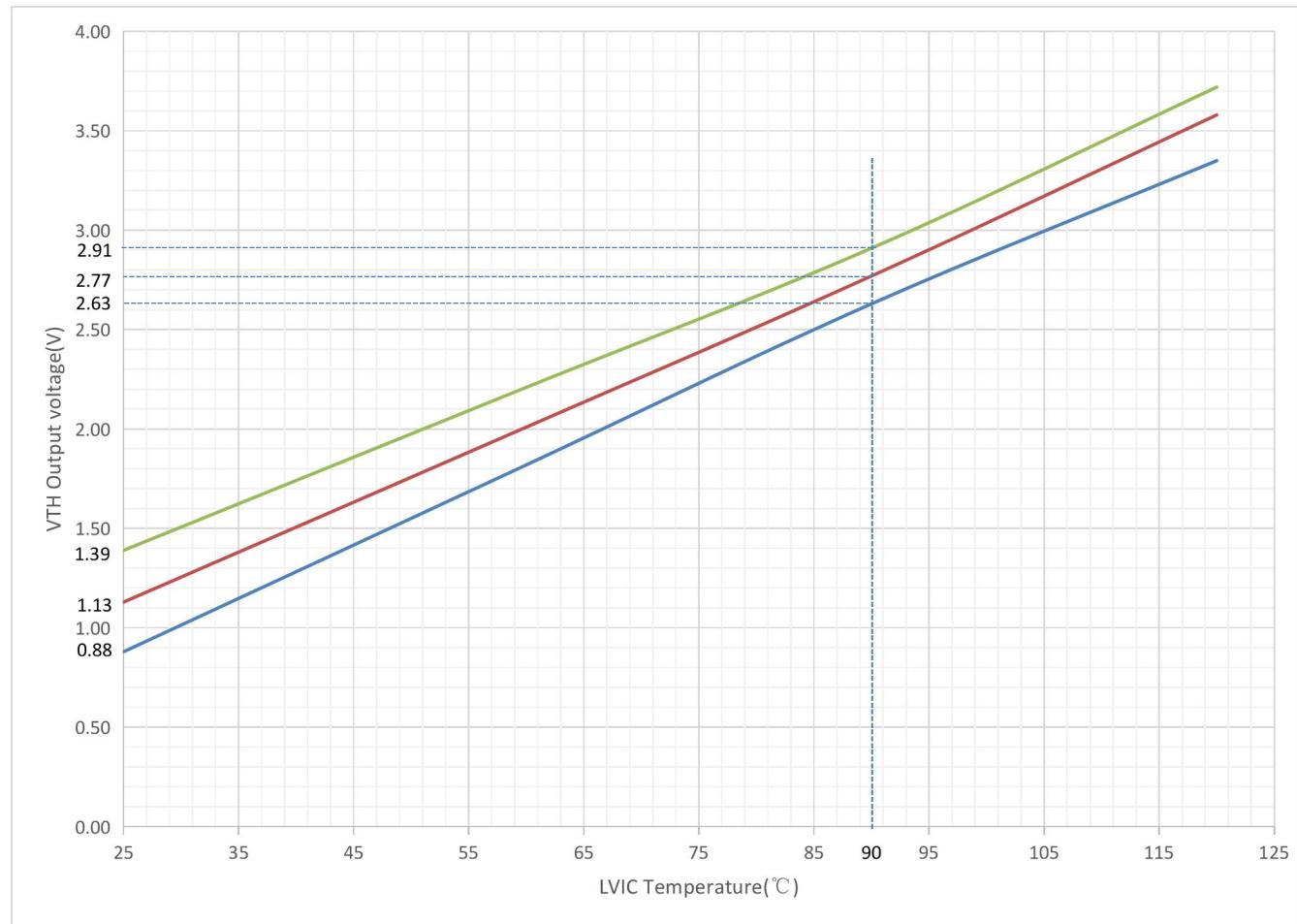
- (1) 每个输入端的RC耦合应随着PWM控制方案和PCB布局来匹配选型。
- (2) 在IPM输入信号部分内置了一个5K下拉电阻，因此，当使用外接滤波电路时应注意输入端的压降。
- (3) FO输出是开漏型，FO引脚应该用一个电阻将其上拉至5V或者15V，电阻的大小需要确保 $I_{FO}$ 小于1mA。

## 电流采样电路

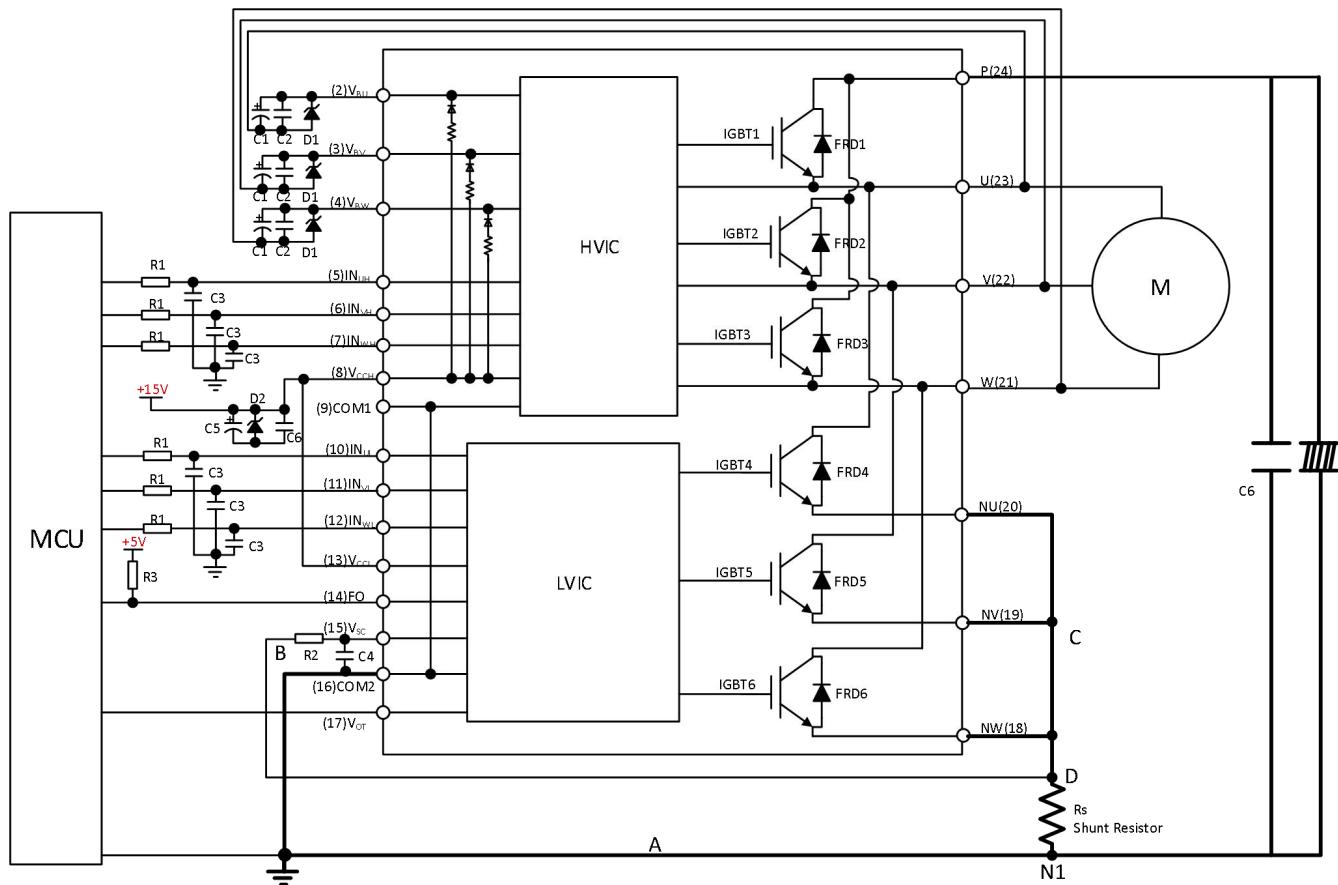
图5.推荐的电流采样电路接线方式



## LVIC的温度输出特性曲线

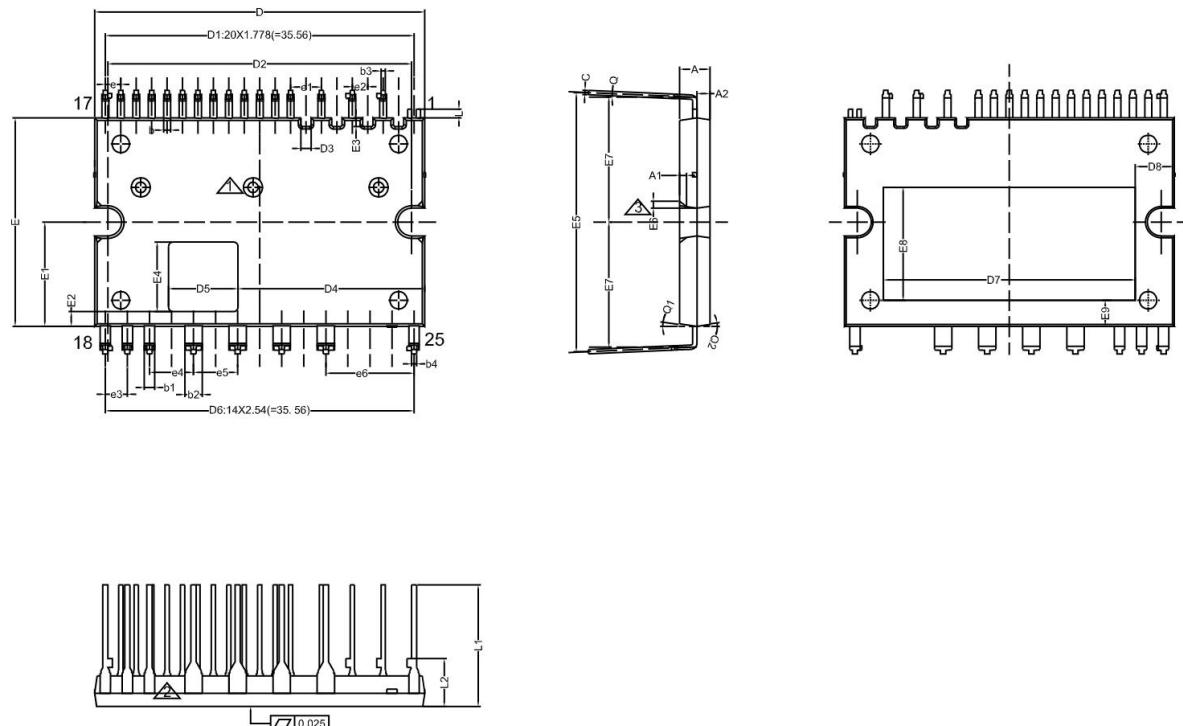


## 典型应用电路



- (1) 控制地与功率地要单点接地 (N1)。
- (2) 建议在VD-COM, VDB-VS每对控制电源端子之间加一个齐纳二极管D2(24V/1W), 防止浪涌破坏。
- (3) 为防止浪涌损坏, PN之间建议加一个高频非感性缓冲电容 (0.1μF~0.22μF), 电容的连线要尽量短。
- (4) 短路保护电路, 请选择时间常数在1.5~2μs范围内的R2和C4, 同时R2和C4周边的接线都应尽量短。R2应靠近采样电阻。
- (5) 采样电阻和IPM之间的连线要尽量短, 否则杂散电感产生的大浪涌电压可能会造成破坏。
- (6) 过流保护采样点D应尽量靠近采样电阻。
- (7) 所有的电容应尽可能靠近IPM模块对应的引脚。
- (8) 器件内置了HVIC, 兼容单片机3.3V/5V信号, 可以直接通过单片机控制。
- (9) IPM有两个COM端子 (9脚和16脚), 请将其中一个连接到电路中的逻辑地, 让另一个浮空即可。
- (10) 为了避免高频噪声叠加到控制电源线上, 导致IPM工作异常, 控制电源的纹波要尽可能小, 一般要求dV/dt ≤ +/-1V/ μs, Vripple ≤ 2Vp-p.。

## 封装外形图



标识	参考尺寸			标识	参考尺寸			
	单位: mm				单位: mm			
	Min	Nom	Max		Min	Nom	Max	
A	3.40	3.50	3.60	(E3)	0.90	1.00	1.10	
A1	0.70	0.80	0.90	E4	7.80	8.00	8.20	
A2	1.48	1.50	1.52	E5	28.90	29.40	29.90	
b	0.75	0.80	0.85	E6	0.70	0.80	0.90	
b1	1.15	1.20	1.25	E7	14.20	14.40	14.60	
b2	1.95	2.00	2.05	E8	12.80	13.00	13.20	
b3	0.45	0.50	0.55	E9	2.60	3.00	3.40	
b4	0.55	0.60	0.65	e	1.73	1.78	1.83	
C	0.45	0.50	0.55	e1	3.51	3.56	3.61	
D	37.80	38.00	38.20	e2	1.73	1.78	1.83	
(D1)	35.51	35.56	35.61	e3	2.49	2.54	2.59	
(D2)	34.90	35.00	35.10	e4	5.03	5.08	5.13	
D3	1.10	1.20	1.30	e5	5.03	5.08	5.13	
D4	21.30	21.50	21.70	e6	10.11	10.16	10.21	
D5	7.80	8.00	8.20	L	0.90	1.00	1.10	
D6	35.51	35.56	35.61	L1	13.70	14.00	14.30	
D7	28.80	29.00	29.20	L2	5.20	5.50	5.80	
D8	4.10	4.50	4.90	(Q)	0°	2.5°	5°	
E	23.80	24.00	24.20	Q1	7°	8°	9°	
E1	11.90	12.00	12.10	Q2	7°	8°	9°	
E2	1.50	1.70	1.90					