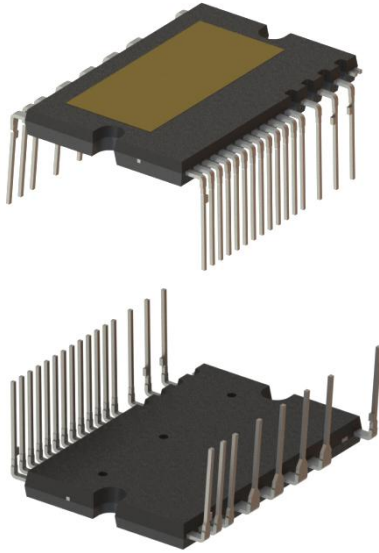


600V/15A 三相全桥智能功率模块



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 Al_2O_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。

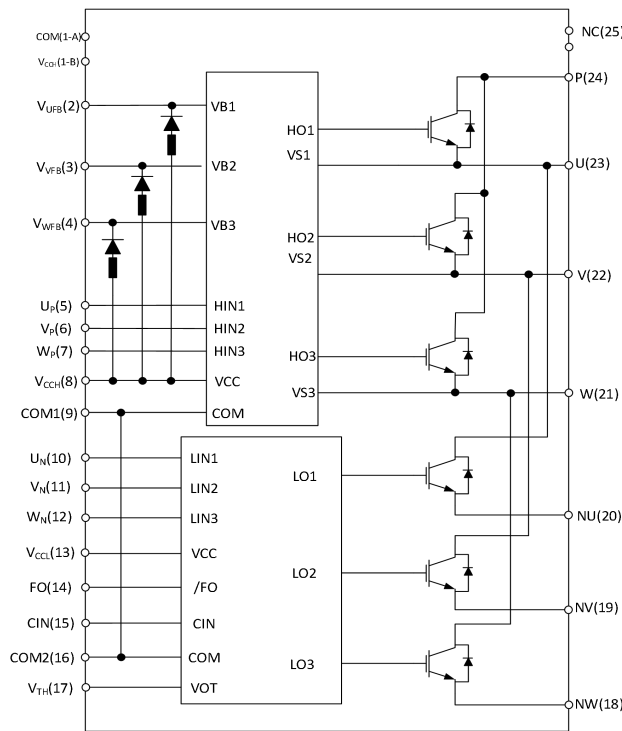
主要特点:

- 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。

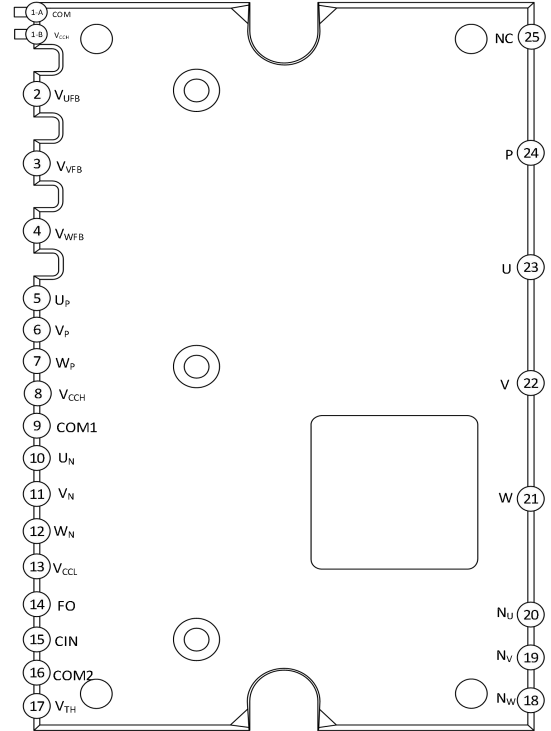
应用:

- 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 _{CCL}	低侧栅极驱动供电电压
1-B	V _{CCH}	内部电源端子，无连接	14	FO	故障输出
2	V _{UFB}	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 _{VFB}	V 相高侧 IGBT 驱动悬浮供电电压	16	COM2	模块公共地
4	V _{WFB}	W 相高侧 IGBT 驱动悬浮供电电压	17	V _{TH}	温度输出端
5	U _P	U 相高侧信号输入	18	N _W	W 相直流负端
6	V _P	V 相高侧信号输入	19	N _V	V 相直流负端
7	W _P	W 相高侧信号输入	20	N _U	U 相直流负端
8	V _{CCH}	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 _N	U 相低侧信号输入	23	U	U 相输出
11	V _N	V 相低侧信号输入	24	P	直流正端
12	W _N	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 _U ,N _V ,N _W 之间	450	V
$V_{DC(surge)}$	直流母线浪涌电压	施加在P和N _U ,N _V ,N _W 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	$^{\circ}\text{C}$

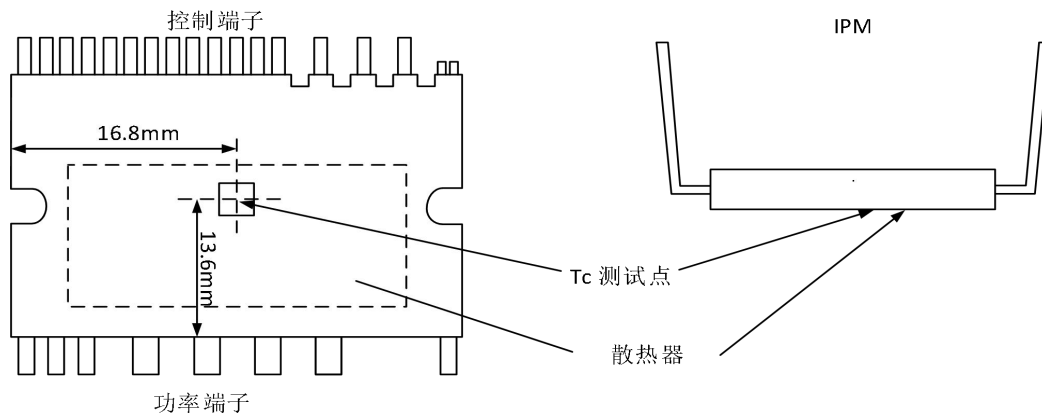
控制部分

符号	参数	条件	额定值	单位
V_D	控制电源电压	施加在 V_{CCH} -COM1, V_{CCL} -COM2之间	20	V
V_{DB}	高侧控制电压	施加在 V_{UFB} -U, V_{VFB} -V, V_{WFB} -W之间	20	V
V_{IN}	输入信号电压	施加在 U_P , V_P , W_P -COM1, U_N , V_N , W_N -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
$V_{DC(prot)}$	短路保护限压	$V_{CC}=V_{BS}=13.5\sim 16.5\text{V}$, $T_J=150^{\circ}\text{C}$, 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	$^{\circ}\text{C}$
T_{stg}	存储温度		-40~+125	$^{\circ}\text{C}$
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

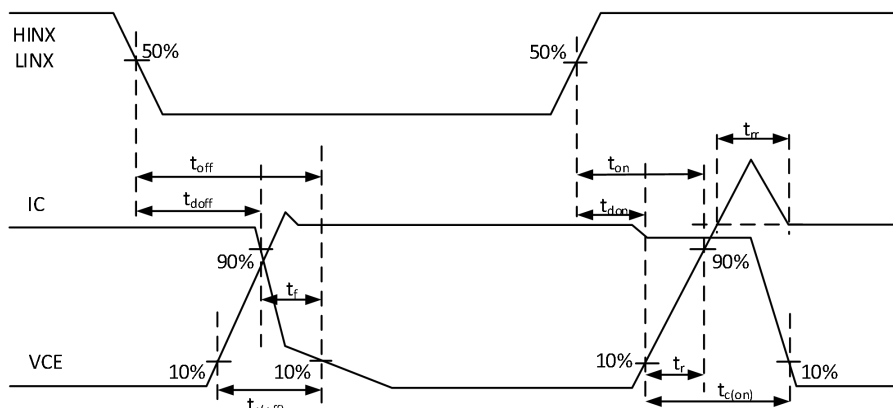
注1: 在IPM和散热器的接触面上涂导热硅脂, 建议厚度为+100 μm ~+200 μm 。IPM外壳和散热器之间的接触热阻 $R_{th(c-f)}$ 建议在0.3K/W。

电气特性

逆变部分

符号	参数	条件	范围			单位
			Min	Typ	Max	
$V_{CE(sat)}$	IGBT集电极-发射极饱和压降	$V_D=V_{DB}=15V$, $V_{IN}=5V$	-	1.60	1.90	V
		$I_C=15A$, $T_J=25^{\circ}C$ $I_C=15A$, $T_J=125^{\circ}C$	-	1.70	2.0	V
V_F	续流二极管正向压降	$V_{IN}=0V$, $I_F=15A$	-	1.5	1.9	V
HS	t_{on}	$V_{DC}=400V$, $V_D=V_{DB}=15V$ $I_C=15A$, $V_{IN}=0\leftrightarrow 5V$ 感性负载	-	650	-	ns
	$t_{C(on)}$		-	130	-	
	t_{off}		-	1000	-	
	$t_{C(off)}$		-	150	-	
	t_{rr}		-	120	-	
LS	t_{on}	$V_{DC}=400V$, $V_D=V_{DB}=15V$ $I_C=15A$, $V_{IN}=0\leftrightarrow 5V$ 感性负载	-	650	-	
	$t_{C(on)}$		-	170	-	
	t_{off}		-	950	-	
	$t_{C(off)}$		-	170	-	
	t_{rr}		-	120	-	
I_{CES}	集电极-发射极漏电流	$V_{CE}=V_{CES}=600V$	-	-	1	mA
		$T_J=25^{\circ}C$ $T_J=125^{\circ}C$	-	-	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_D	控制电源静态电流	$V_{CCH}-COM1$ 与 $V_{CCL}-COM2$ 的电流之和	-	0.35	0.8	mA
		$V_D=15V$, $V_{IN}=0V$ $V_D=15V$, $V_{IN}=5V$	-	0.35	0.8	
I_{DB}	各相电流	$V_{UFB}-U$, $V_{VFB}-V$, $V_{WFB}-W$	-	36	100	μA
		$V_D=V_{DB}=15V$, $V_{IN}=0V$ $V_D=V_{DB}=15V$, $V_{IN}=0V$	-	62	150	
$V_{SC(ref)}$	短路保护触发电压	$V_D=15V$	0.45	0.5	0.55	V
U_{VDBt}	高侧欠压保护	V_{DB} 检测电压	9.0	10.0	11.0	V
U_{VDBr}		V_{DB} 复位电压	8.0	9.0	10.0	V
U_{VDt}	低侧欠压保护	V_D 检测电压	10.0	11.0	12.0	V
U_{VDr}		V_D 复位电压	8.0	10.0	11.0	V
V_{TH}	温度输出	LVIC 温度 = $90^{\circ}C$	2.63	2.77	2.91	V
		LVIC 温度 = $25^{\circ}C$	0.88	1.13	1.39	V
OT_t	过温保护	LVIC温度	120	130	140	$^{\circ}C$
OT_{rh}		过温保护迟滞	-	10	-	
V_{FOH}	故障输出电压	$V_{CIN}=0V$, FO 通过10K Ω 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	-	μs
I_{INH}	高侧输入信号静态电流	$V_{IN} = 5V$	-	820	-	μA
I_{INL}	低侧输入信号静态电流	$V_{IN} = 5V$	-	16	-	μA
$V_{th(on)}$	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	$I_F=10mA$, 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	Ω

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/ μs
t_{dead}	防止桥臂直通的死区时间	针对每一路输入信号	1	-	-	μs
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	Arms
			$f_{PWM} = 15kHz$	-	4.5	
$P_{WIN(on)}$	最小输入脉冲宽度	注3	0.7	-	-	μs
$P_{WIN(off)}$			0.7	-	-	
V_{NC}	V_{NC} 波动	施加在 $V_{NC} - N_U, N_V, N_W$ 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 $P_{WIN(on)}$ 和 $P_{WIN(off)}$, IPM可能不会工作。

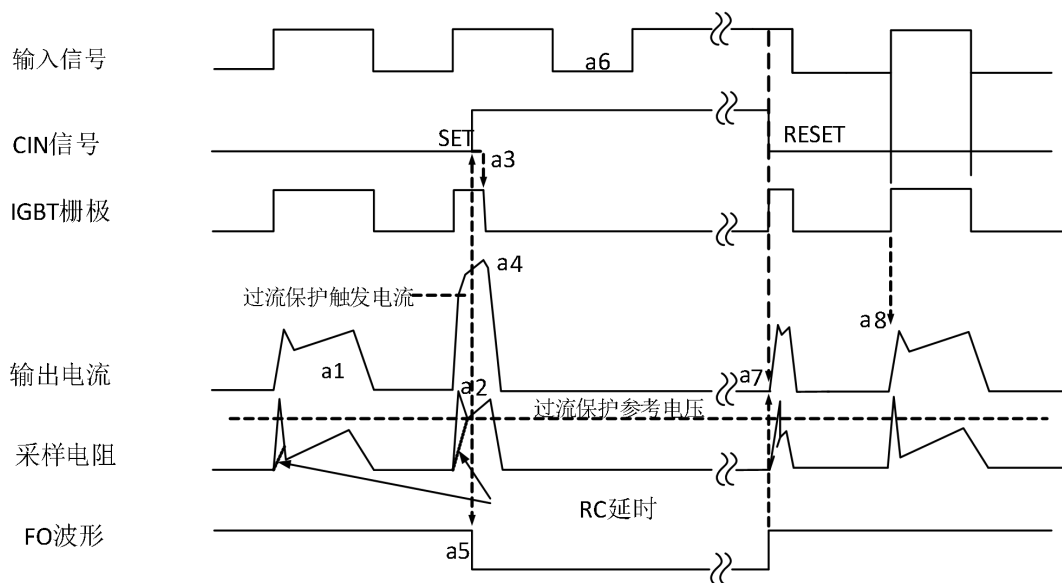
机械特性和额定值

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	N·m
重量			-	9.6	-	g
器件平面度			-50	-	100	μm

模块保护功能逻辑时序

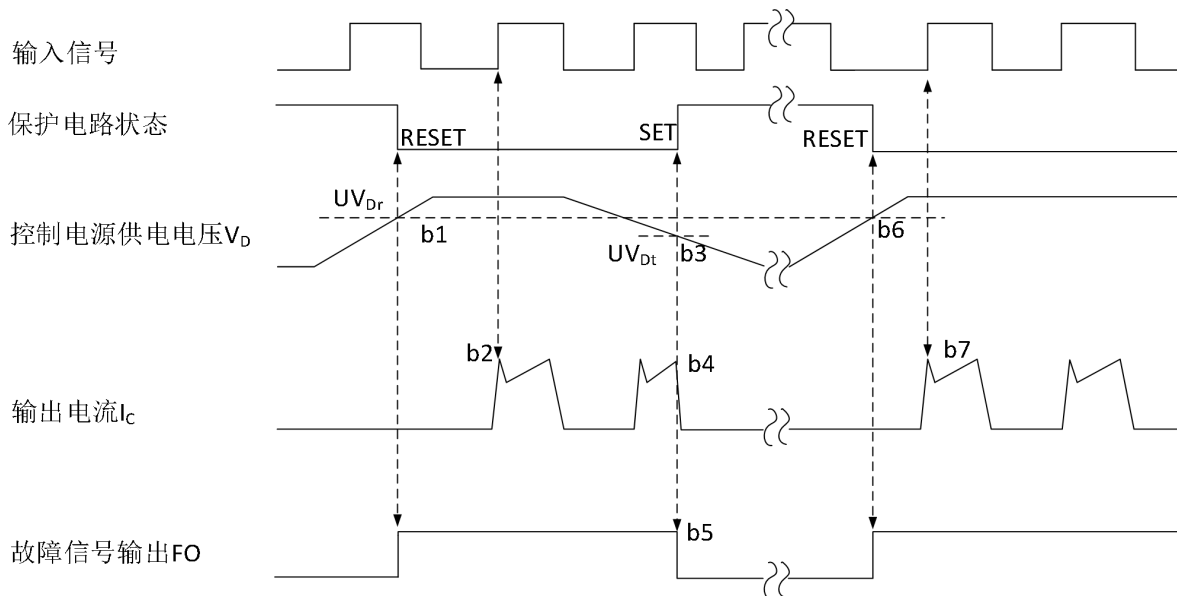
[A]短路保护时序

- 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 μs , 确保SC触发后IGBT在2.0 μs 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60 μs 。
- 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

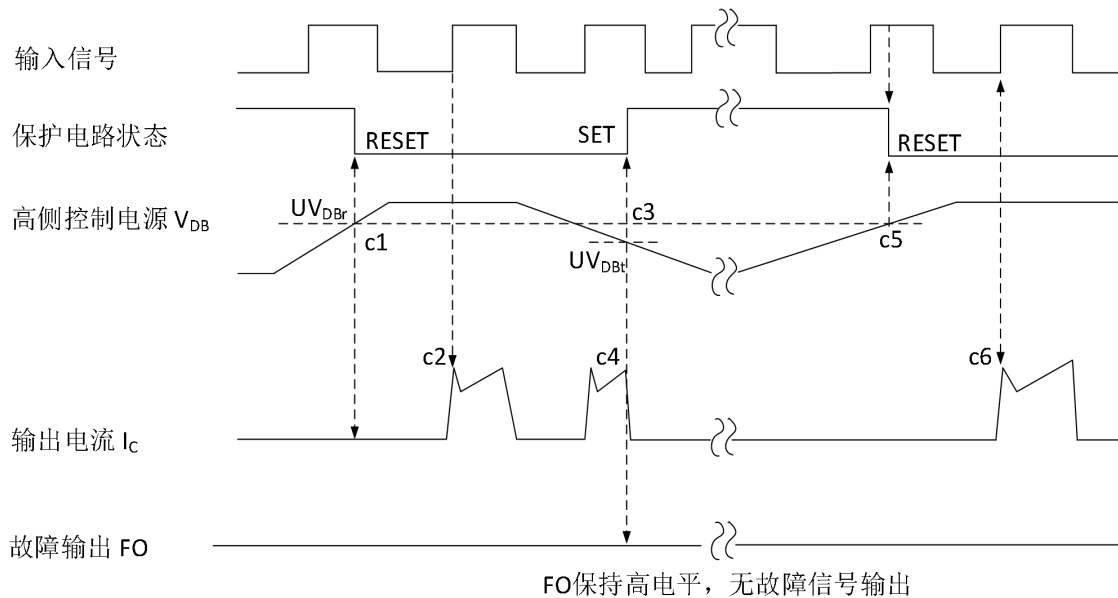
- b1. 控制电源电压 V_D 从欠压状态上升，超过复位电压 (UV_{Dr})，高电平时打开IGBT。
- b2. 正常工作，IGBT导通，给负载提供电流。
- b3. 控制电源电压 V_D 从正常电压下降，下降到低于检测电压(UV_{Dt})，低侧IGBT被关断。
- b5. FO输出低电平，FO的低电平时间 t_{FOD} 约60us。
- b6. 控制电源电压 V_D 再次升高，超过复位电压 (UV_{Dr})，高电平时打开IGBT。
- b7. 正常工作，IGBT导通，给负载提供电流。



[C] 高侧控制电源 V_{DB} 欠压保护时序

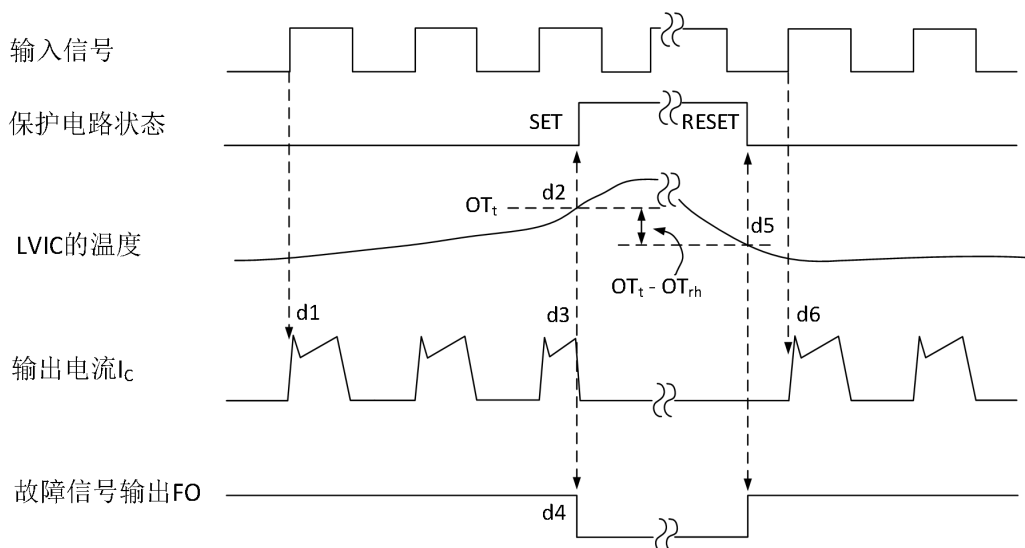
- c1. 控制电源电压 V_{DB} 从欠压状态上升，超过复位电压 (UV_{DBr})，且在下一个高电平时打开IGBT。
- c2. 正常工作，IGBT导通，给负载提供电流。

- 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_{DBt})，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_{DBr})，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。



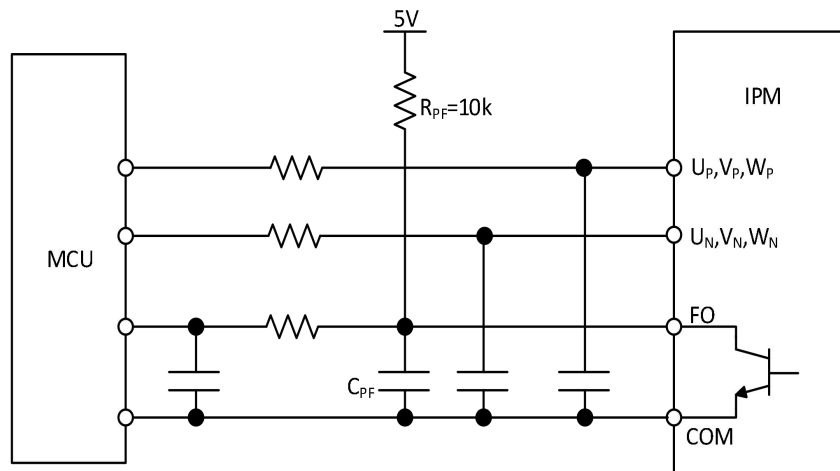
[D] 过温保护（低侧LVIC的温度）时序

- 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

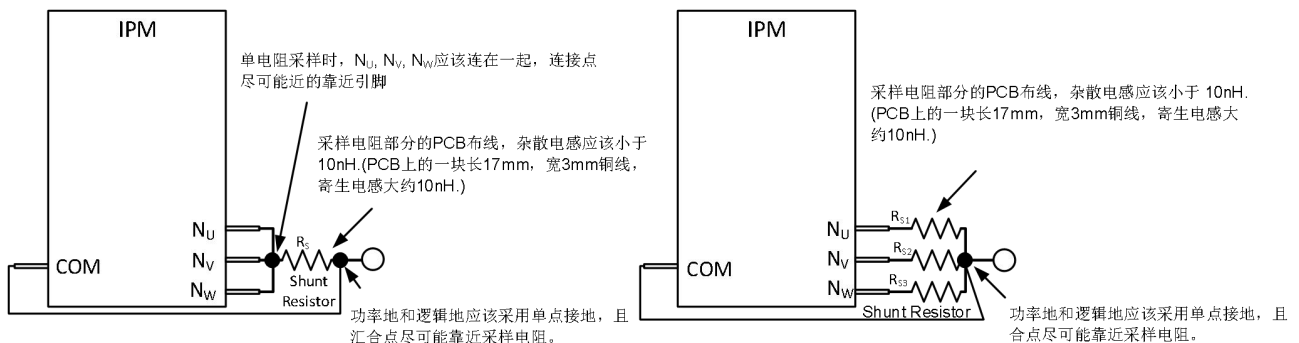


注4:

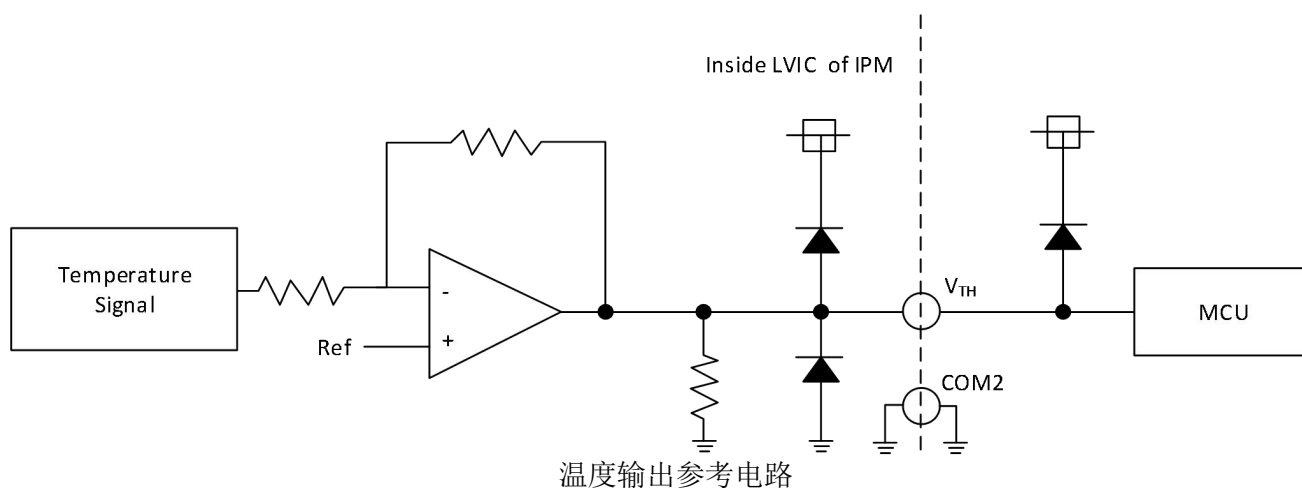
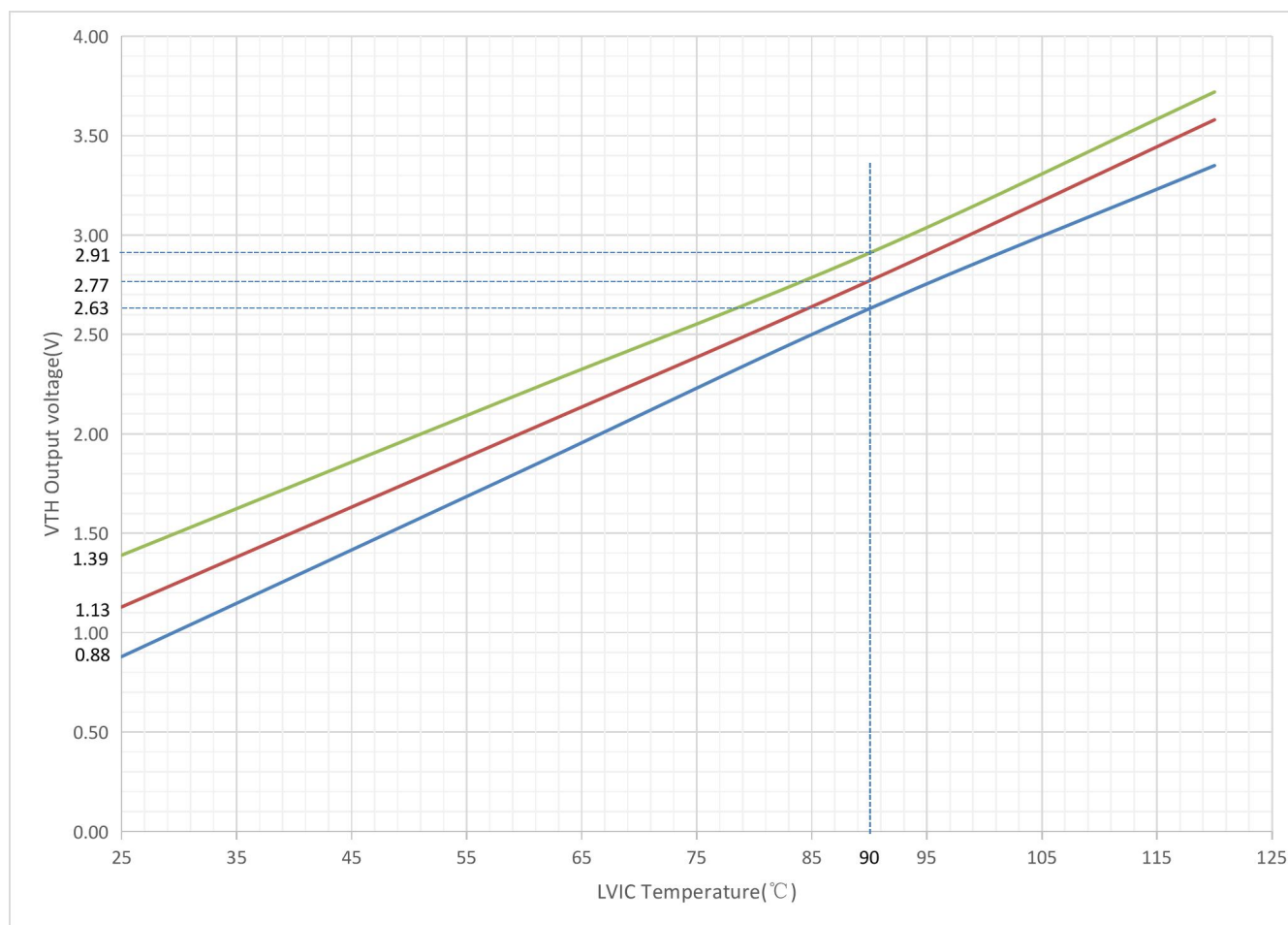
- (1) 每个输入端的RC耦合应随着PWM控制方案和PCB布局来匹配选型。
- (2) 在IPM输入信号部分内置了一个5K下拉电阻，因此，当使用外接滤波电路时应注意输入端的压降。
- (3) FO输出是开漏型，FO引脚应该用一个电阻将其上拉至5V或者15V，电阻的大小需要确保 I_{FO} 小于1mA。

电流采样电路

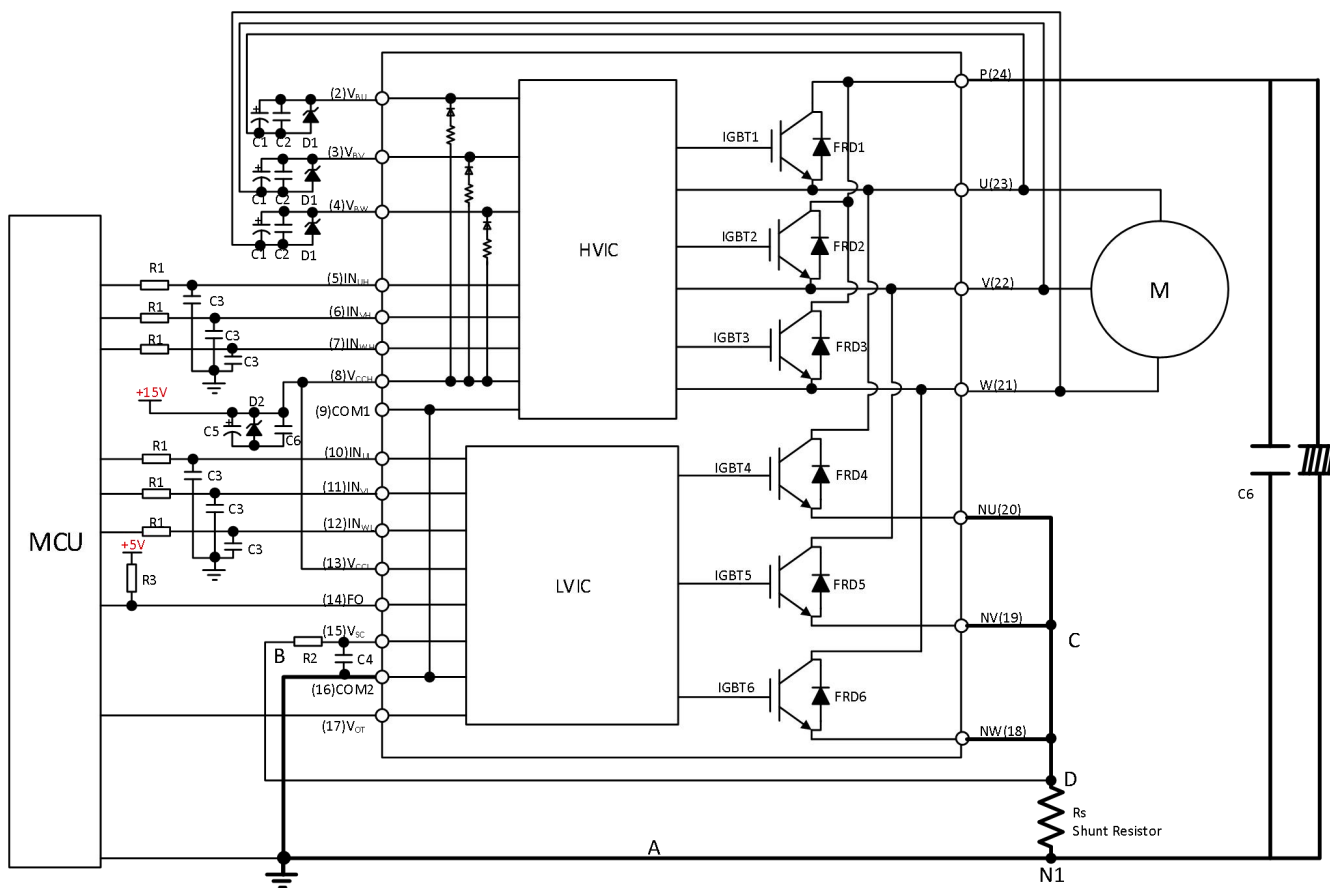
图5.推荐的电流采样电路接线方式



LVIC的温度输出特性曲线

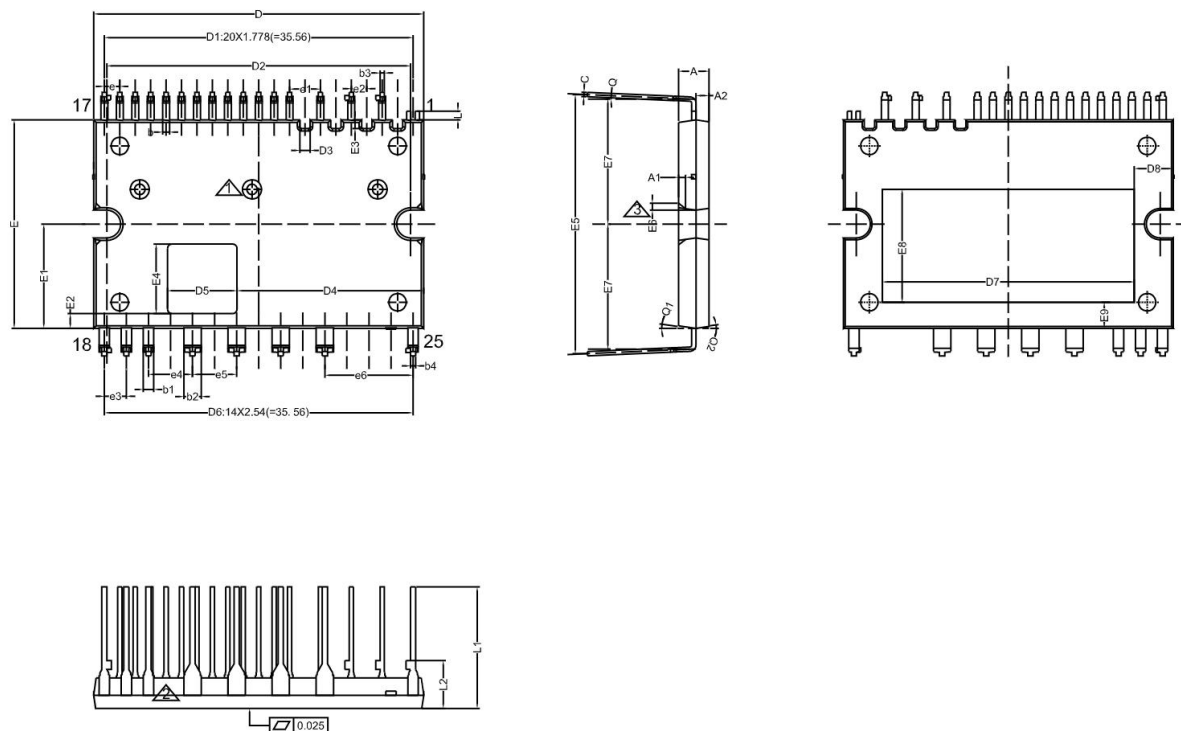


典型应用电路



- (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 $dV/dt \leq \pm 1V/\mu s$, $V_{ripple} \leq 2V_{p-p}$ 。

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				