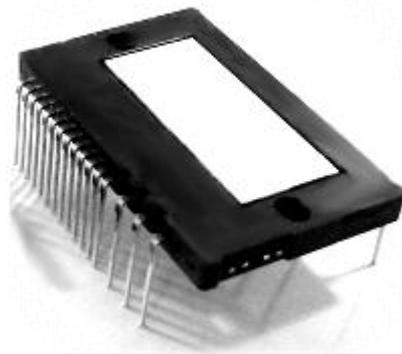


富士IGBT智能功率模块

“紧凑型”
(初版)

应用手册

6MBP15VR*060-50



富士电机株式会社
2013年7月3日

目录

第一章 产品概述	
1. 产品简介	1-2
2. 产品系列	1-4
3. 产品型号名称和标记规格的定义	1-5
4. 封装尺寸图	1-6
5. 最大额定值	1-7
第二章 端子符号和术语说明	
1. 端子符号说明	2-2
2. 术语说明	2-3
第三章 控制端子的详细说明	
1. 下臂电源端子 V_{CCH}, V_{CCL}, COM	3-2
2. 上臂电源端子 $VB(U, V, W)$	3-6
3. 内部BSD（自举二极管）的功能	3-9
4. 控制信号输入端子 $IN(HU, HV, HW), IN(LU, LV, LW)$	3-13
5. 过电流保护输入IS	3-16
6. 故障状态输出VFO	3-17
7. 温度传感器输出TEMP	3-18
8. 过温保护	3-20
第四章 电源端子说明	
1. 母线输入端子和IGBT下臂发射极的连接	4-2
2. 过电流保护外部分流电阻的设置	4-3
第五章 推荐的布线和布局	
1. 应用电路示例	5-2
2. PCB基板设计的建议走线布局和注意事项	5-5
第六章 安装指南和热力系统设计	
1. 焊接至PCB板的方法	6-2
2. 散热片的安装方法	6-3
3. 冷却器（散热片）选择	6-4
第七章 注意事项	
1. 其它警示信息和注意事项	7-2
2. 申明	7-3

第1章

产品概述

内容	页码
1. 产品介绍	1-2
2. 产品系列	1-4
3. 产品型号名称和标记规格的定义	1-5
4. 封装尺寸图.....	1-6
5. 最大额定值	1-7

1. 产品介绍

本说明书旨在对“紧凑型”富士IGBT智能功率模块进行介绍。

内容包括：

- 模块产品概览
- 端子符号和术语及规格表
- 控制端子和电源端子的详细说明和设计指南
- 提供了推荐的布线和布局，以及安装指南

特点和功能

1.1 内置驱动电路

- IGBT门极驱动器在最佳条件下运行。
- 上臂的控制IC内置高压电平转换电路（HVIC）。
- 该智能功率模块可通过微处理器直接驱动，上臂也可直接驱动。输入信号电位为3.3V或5V。
- 由于内部驱动电路与IGBT间的布线长度较短且驱动电路阻抗较低，所以无需反向偏压直流电源。
- 该智能功率模块装置需四个控制电源。一个用于驱动下臂IGBT和IC的控制电源，另外三个用于驱动带有电路隔离的上臂IGBT。由于上臂驱动电源为内置自举二极管，所以上臂驱动无需使用其他隔离电源。

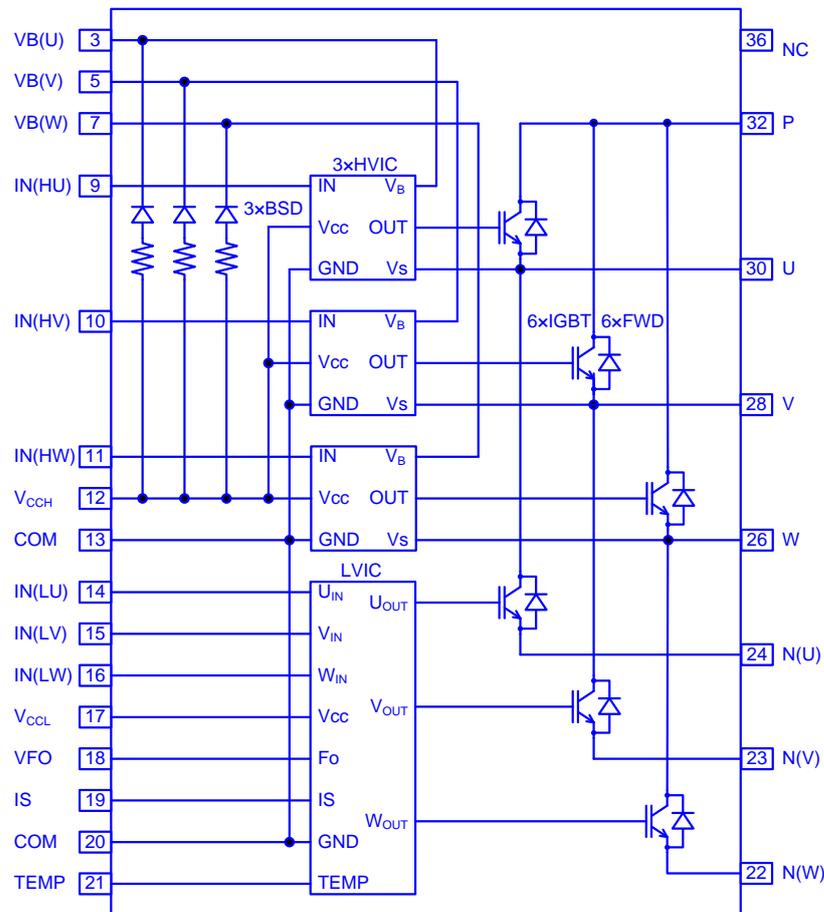


图.1-1 内部电路图

1.2 内置保护电路

- 该智能功率模块装置的内置保护电路包括。

(OC): 过电流保护
(UV): 控制IC电源的欠压保护
(LT): 温度传感器输出功能 或者(OH): 过温保护
(FO): 故障状态输出

- 过电流保护电路可防止负荷短路或臂桥短路时由于过电流引起的IGBT损坏。这些电路对各个下臂IGBT内，使用外部分流电阻对发射极电流进行监控，因而可最大限度减少对IGBT造成严重损坏的可能性。此外，同样可以针对臂桥短路进行保护。
- 欠压保护电路存在于各个IGBT驱动电路中。在控制电源及上臂侧的驱动电源欠压时进行保护。
- 过温保护电路内置于下臂的控制IC (LVIC) 中，保护IPM，防止过热。
- 温度传感器输出功能可以将检测出的温度变化转换成电压变化输出。内置于 (LVIC) 中。
- 故障状态输出功能输出故障信号，使其能够在电路检测到异常状况时，通过向控制该IPM的微处理器单元输出故障信号，安全地关闭系统。

1.3 小型化

- 本产品封装采用铝绝缘底板，进一步提高了散热性能。
- 控制输入端子的紧凑间距为1.778mm (70mil)。
- 电源端子的标准间距为2.54mm (100mil)。
- 通过改善集电极-发射极饱和和压降Vce (sat) 和开关损耗之间的平衡，降低了总损耗。

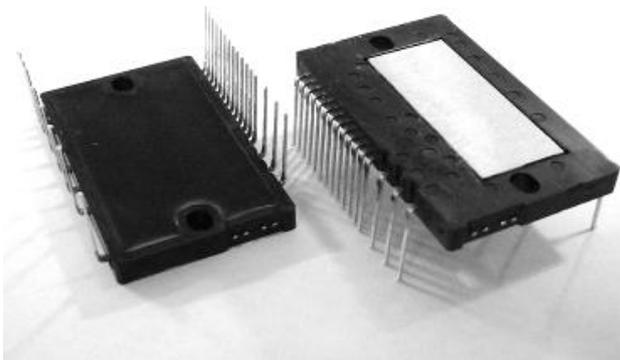


图.1-2外视图

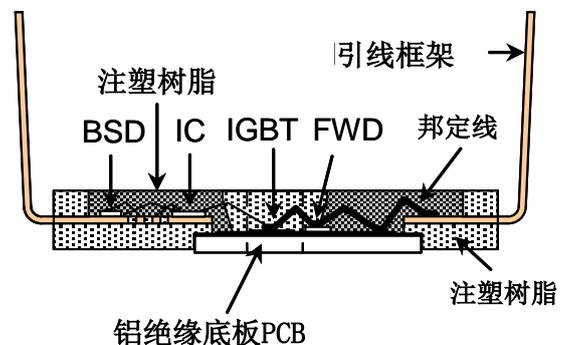


图.1-3封装截面图

2.产品系列和本手册的适用对象

表. 1-1产品系列

型号名称	IGBT额定值		绝缘电压[Vrms]	类型	主要应用
	电压 [V]	电流 [A]			
6MBP15VRA060-50	600	15	1500Vrms 正弦波 60Hz, 1min. (所有短接的端子和外壳之间)	LT*1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 空调压缩机马达驱动 ▪ 热泵压缩机马达驱动 ▪ 风扇马达驱动
6MBP15VRB060-50				OH*1	
6MBP15VRC060-50				LT*1 OH*1	
6MBP15VRD060-50				LT*1	

*1 (LT):温度传感器输出(LT)
(OH):过温保护(OH)

3. 类型名称和标记规格的定义

• 类型名称

6 MBP 15 VR A 060 -50

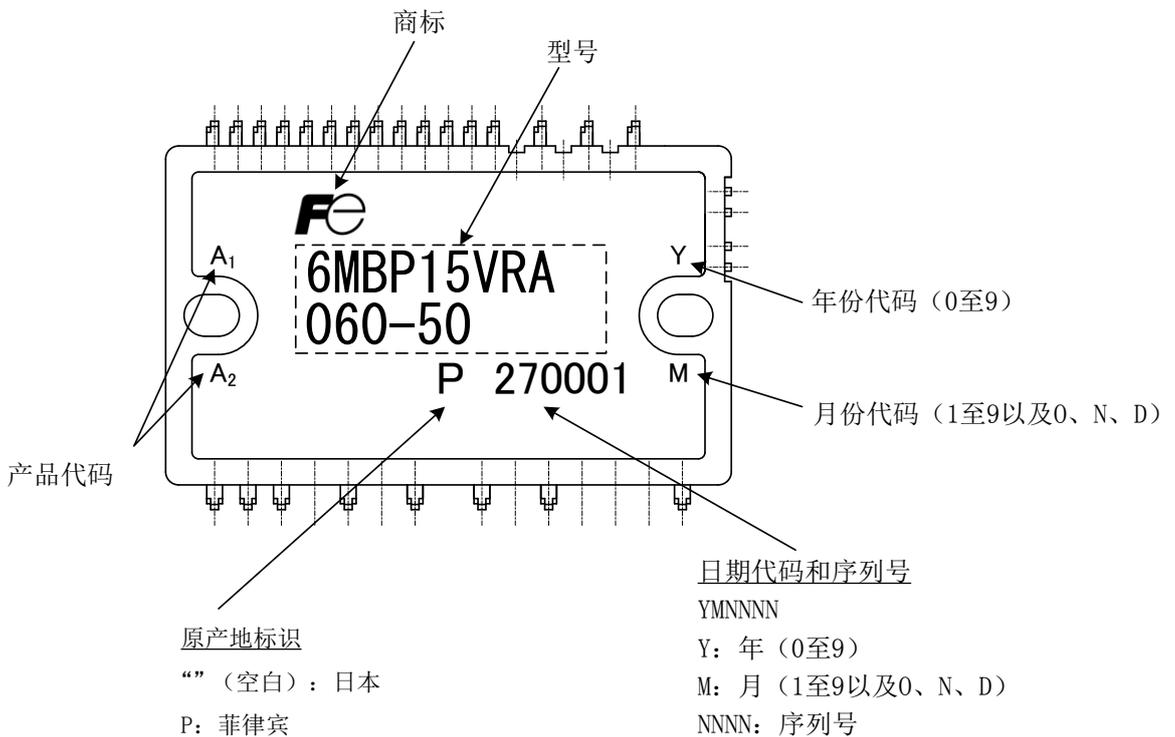
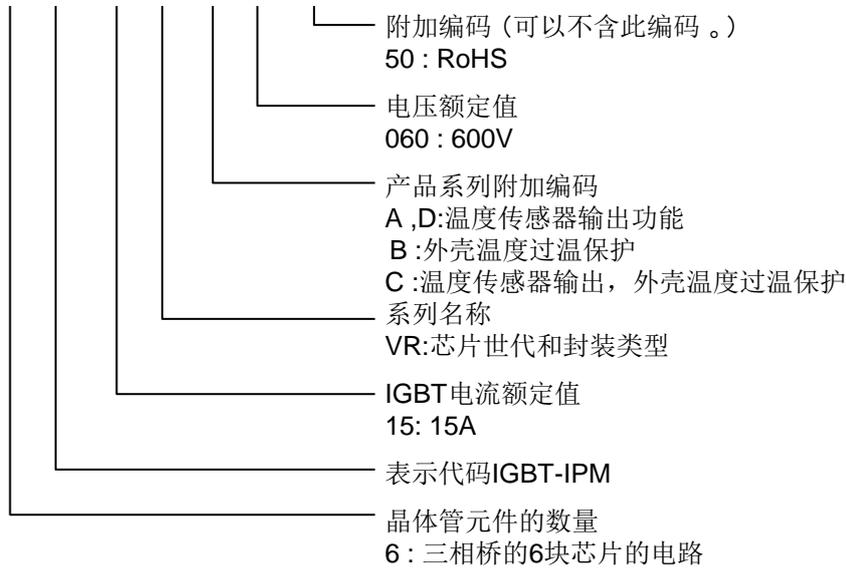


图.1-4 标记规格

5.最大额定值

6MBP15VSA060-50的最大额定值示例如表格1-2所示。

表. 1-2 T_j=25°C, V_{cc}=15V时的最大额定值（除非有另行规定）

项目	符号	额定值	单位	描述
直流母线电压	V _{DC}	450	V	允许P-N(U),N(V),N(W)端子之间印加的直流电压
母线电压（浪涌）	V _{DC(Surge)}	500	V	在开关时允许印加在P-N(U), N(V), N(W)端子之间浪涌电压的峰值
集电极-发射极电压	V _{CES}	600	V	内置IGBT芯片的最大集电极-发射极电压和FWD芯片上可重复印加的反向峰值电压
集电极电流	I _{C@25}	15	A	IGBT芯片允许流过的最大集电极电流 T _c =25°C, T _j =150°C
集电极电流峰值	I _{CP@25}	45	A	IGBT芯片允许流过的最大脉冲集电极电流 T _c =25°C, T _j =150°C
二极管的正向电流	I _{F@25}	15	A	FWD芯片允许流过的最大正向电流 T _c =25°C, T _j =150°C
二极管的正向电流峰值	I _{FP@25}	45	A	FWD芯片允许流过的最大脉冲正向电流 T _c =25°C, T _j =150°C
IGBT功耗	P _{D_IGBT}	38.5	W	一个IGBT元件的最大功耗 T _c =25°C, T _j =150°C
FWD功耗	P _{D_FWD}	20.5	W	一个FWD元件的最大功耗 T _c =25°C, T _j =150°C
逆变器部的工作结温	T _j	-40 ~ +150	°C	连续工作时IGBT和FWD芯片的最高结温
上臂控制电源电压	V _{CCH}	-0.5 ~ 20	V	允许印加于COM和V _{CCH} 端子之间的电压
下臂控制电源电压	V _{CCL}	-0.5 ~ 20	V	允许印加于COM和V _{CCL} 端子之间的电压
上臂偏置电压	V _{B(U)-COM} V _{B(V)-COM} V _{B(W)-COM}	-0.5 ~ 620	V	允许印加于VB(U)端子和COM端子, VB(V)端子和COM端子以及VB(W)端子和COM端子之间的电压。
IGBT门极驱动上臂偏置电压	V _{B(U)} V _{B(V)} V _{B(W)}	20	V	允许印加于U端子和VB(U)端子, V端子和VB(V)端子以及W端子和VB(W)端子之间的电压。
输入信号电压	V _{IN}	-0.5 ~ V _{CCH} +0.5 -0.5 ~ V _{CCL} +0.5	V	允许印加于COM和每个V _{in} 端子之间的电压
输入信号电流	I _{IN}	3	mA	COM和每个V _{in} 端子之间的电流
故障信号电压	V _{FO}	-0.5 ~ V _{CCL} +0.5	V	允许印加于COM和V _{FO} 端子之间的电压
故障信号电流	I _{FO}	1	mA	从V _{FO} 流向COM端子的下降电流
过电流检测输入电压	V _{IS}	-0.5 ~ V _{CCL} +0.5	V	允许印加于COM和IS端子之间的电压
控制电路部的工作结温	T _j	-40 ~ +150	°C	连续工作时控制电路部的最大结温

表. 1-2 Tj=25°C, Vcc=15V时的最大额定值 (续)

项目	符号	额定值	单位	描述
外壳工作温度	Tc	-40 ~ +125	°C	外壳工作温度 (IGBT或FWD正下方的铝底板温度)
仓储温度	Tstg	-40 ~ +125	°C	没有电力负荷时, 储存或运输的环境温度范围
绝缘电压	Viso	AC 1500	Vrms	当所有的端子同时短路时, 端子和散热片之间印加的正弦电压的最大有效值 (正弦波=60Hz / 1min)

最大额定值中集电极-发射极电压的规定

在最大额定值中，在IGBT的集电极-发射极电压中定义了一些参数。

在工作模式中，P和N(*)之间的电压通常印加于上臂或下臂的IGBT侧。因此，印加于P和N(*)之间的电压不得超过IGBT的最大额定值 V_{CES} 。最大额定值中集电极-发射极电压的一些参数在以下内容中说明。

N(*): N(U),N(V),N(W)

V_{CES} : IGBT集电极-发射极电压最大额定值

V_{DC} : 印加于P和N(*)间的直流母线电压

$V_{DC(Surge)}$: 直流母线电压和由于P-N(*)端子至大容量电容之间的导线（或引脚）的电感所产生的浪涌电压的总和

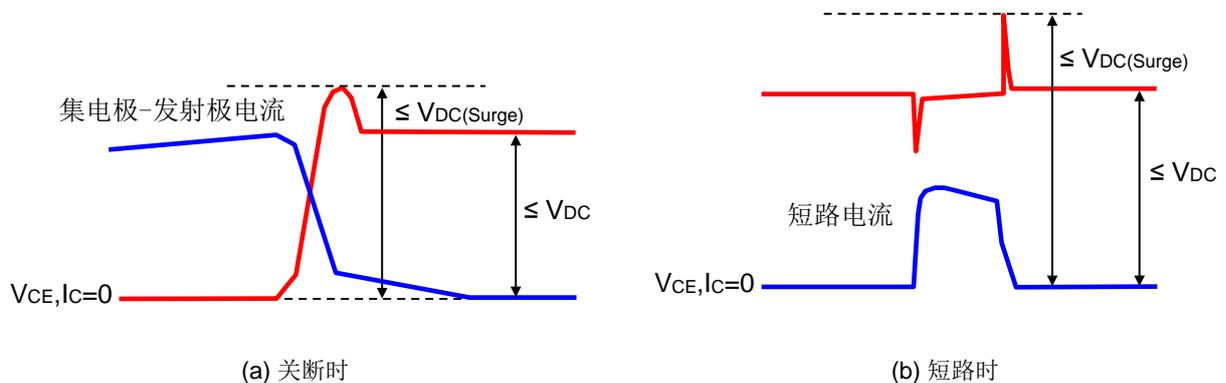


图.1-6 集电极-发射极电压

图.1-6 表示了关断和短路时两种情况下的波形。各种情况下的 $V_{DC(Surge)}$ 是不同的。因此， V_{DC} 的设定时需要考虑以上这些情况。

V_{CES} 表示IGBT集电极-发射极电压的最大额定值。 $V_{DC(Surge)}$ 规定需考虑该IPM中的导线电感所产生的浪涌电压的裕量。

此外， V_{DC} 还需考虑由于P-N(*)端子至大容量电容之间的导线（或引脚）电感所产生的浪涌电压的裕量。

第2章

端子符号和术语说明

内容	页码
1.端子符号说明	2-2
2.术语说明.....	2-3

1. 端子符号说明

表. 2-1和2-2分别是端子符号和术语的说明。

表. 2-1 端子符号说明

引脚编号	引脚名称	引脚说明
3	VB(U)	U相IGBT驱动的上臂偏置电压
5	VB(V)	V相IGBT驱动的上臂偏置电压
7	VB(W)	W相IGBT驱动的上臂偏置电压
9	IN(HU)	上臂U相的信号输入
10	IN(HV)	上臂V相的信号输入
11	IN(HW)	上臂W相的信号输入
12	V _{CCH}	上臂控制电源
13	COM	通用电源接地
14	IN(LU)	下臂U相的信号输入
15	IN(LV)	下臂V相的信号输入
16	IN(LW)	下臂W相的信号输入
17	V _{CCL}	下臂控制电源
18	VFO	故障输出
19	IS	过电流检测的电压输入
20	COM	通用电源接地
21	TEMP	温度传感器输出
22	N(W)	下臂W相IGBT发射极母线负电压输入
23	N(V)	下臂V相IGBT发射极母线负电压输入
24	N(U)	下臂U相IGBT发射极母线负电压输入
26	W	电机W相输出
28	V	电机V相输出
30	U	电机U相输出
32	P	上臂IGBT集电极母线正电压输入
36	NC	无连接

2. 术语说明

2.1 逆变器电路

表. 2-2 术语说明

项目	符号	描述
集电极-发射极间短路电流	I_{CES}	所有输入信号L(=0V)时, IGBT集电极和发电极之间印加额定电压时的漏电流
集电极-发射极间的饱和电压	$V_{CE(sat)}$	仅当被测元件输入信号为H (= 5V), 且所有其他元件的输入信号为L (=0V)时, 流过额定集电极电流时的集电极-发射极电压
二极管正向电压	V_F	当所有输入信号L (=0V)时, 流过额定电流时的二极管正向电压
开通时间	t_{on}	从输入信号电压超过阈值开始至集电极电流上升达到额定值的90%的时间。见图.2-1.
开通延迟	$t_{d(on)}$	从输入信号电压超过阈值开始至集电极电流上升达到额定值的10%以上的时间。见图.2-1.
上升时间	t_r	IGBT开通时集电极电流从达到额定值的10%至达到额定值的90%的时间。见图.2-1.
VCE-IC开通交叉时间	$t_{c(on)}$	IGBT开通时集电极电流从达到额定值的10%至IGBT的 V_{CE} 电压下降至额定值10%的时间。见图.2-1.
关断时间	t_{off}	从输入信号电压下降至阈值以下至集电极电流下降至额定值10%以下的时间。见图.2-1.
关断延迟	$t_{d(off)}$	从输入信号电压下降至阈值以下至集电极电流下降至额定值90%以下的时间。见图.2-1.
下降时间	t_f	从IGBT关断时集电极电流达90%至集电极电流下降至额定值10%以下的时间。见图.2-1.
VCE-IC 关断交叉时间	$t_{c(off)}$	从IGBT关断时VCE电压达额定值10%至集电极电流下降至额定值10%以下的时间。见图.2-1.
FWD 反向恢复时间	t_{rr}	内置二极管反向恢复电流到消失为止所需要的时间。见图.2-1.

2.2 控制电路

项目	符号	描述
下臂驱动IC电路的电流	I_{CCL}	下臂控制电源 V_{CCL} 和COM之间的电流
上臂驱动IC电路的电流	I_{CCH}	上臂控制电源 V_{CCH} 和COM之间的电流
启动电路的电路电流	I_{CCHB}	上臂IGBT偏置电压电源VB(U)和U, VB(V)和V或VB(W)和W之间的电流 (每个单元单独)
输入信号阈值电压	$V_{th(on)}$	IGBT从关断至开通变化时控制信号阈值电压
	$V_{th(off)}$	IGBT从开通至关断变化时控制信号阈值电压
输入信号阈值滞后电压	$V_{th(hys)}$	$V_{th(on)}$ 和 $V_{th(off)}$ 之间的磁滞电压
工作状态输入脉冲宽度	$t_{IN(on)}$	IGBT从关断转换至开通所需的控制信号脉冲宽度。参见第3章第4部分。
工作状态输入脉冲宽度	$t_{IN(off)}$	IGBT从开通转换至关断所需的控制信号脉冲宽度。参见第3章第4部分。

表. 2-2 术语说明

2.2 控制电路(续)

项目	符号	描述
输入电流	I_{IN}	输入信号IN(HU, HV,HW,LU,LV,LW)和COM之间的电流。
输入下拉电阻	R_{IN}	输入端子IN(HU, HV,HW,LU,LV,LW)和COM之间的电阻（在每相都有内置）。
故障输出电压	$V_{FO(H)}$	正常工作下VFO端子的输出电压（下臂保护功能未激活），外部上拉电阻10k Ω 。
	$V_{FO(L)}$	下臂保护功能激活后VFO端子的输出电压。
故障输出脉冲宽度	t_{FO}	下臂保护功能激活后故障状态持续从VFO端子输出的时间。参见第3章第6部分。
过电流保护电压电平	$V_{IS(ref)}$	过电流保护时IS端子的阈值电压。 参见第3章第5部分。
过电流保护跳闸延时时间	$t_{d(IS)}$	从过电流保护被激活至集电极电流达额定值50%的时间。参见第3章第5部分。
温度传感器的输出电压	$V(temp)$	用于温度传感器输出模式的TEMP端子输出电压。 参见第3章第7部分。
过温保护温度	T_{cOH}	下臂控制IC对温度进行监视的过温保护跳闸温度。 温度高于过温阈值时，所有相的下臂IGBT均被关断。参见第3章第8部分。
过温保护滞后	T_{cH}	过温保护动作时不对输出停止进行复位所需的滞后温度。 见图. 2-2，参见第3章第8部分。 T_{cOH} 和 T_{cH} 用于过温保护模式。
Vcc 下臂欠压跳闸电平	$V_{CCL(OFF)}$	下臂控制IC电源欠压时的跳闸阈值电压。 V_{CCL} 电压降至阈值以下时关断所有相的下臂IGBT。参见第3章第1部分。
Vcc 下臂欠压复位电平	$V_{CCL(ON)}$	下臂控制IC对欠压跳闸状态复位的阈值电压。 参见第3章第1部分。
Vcc 下臂欠压滞后电压	$V_{CCL(hys)}$	$V_{CCL(OFF)}$ 和 $V_{CCL(ON)}$ 之间的滞后电压。
Vcc 上臂欠压跳闸电平	$V_{CCH(OFF)}$	上臂控制IC电源欠压时的跳闸阈值电压。 V_{CCH} 电压降至阈值以下时关断所有相的上臂IGBT。参见第3章第1部分。
Vcc 上臂欠压复位电平	$V_{CCH(ON)}$	上臂控制IC对欠压跳闸状态复位的阈值电压。 参见第3章第1部分。
Vcc 上臂欠压滞后电压	$V_{CCH(hys)}$	$V_{CCH(OFF)}$ 和 $V_{CCH(ON)}$ 之间的滞后电压。
VB 欠压跳闸电平	$V_{B(OFF)}$	$V_{B(*)}$ 电源欠压的跳闸阈值电压。当 $V_{B(*)}$ 的电压降至阈值以下时,该相的IGBT被关断。参见第3章第2部分。
VB 欠压复位电平	$V_{B(ON)}$	$V_{B(*)}$ 电源的欠压跳闸状态复位的阈值电压。参见第3章第2部分。
VB 欠压滞后电压	$V_{B(hys)}$	$V_{B(OFF)}$ 和 $V_{B(ON)}$ 之间的滞后电压。

表. 2-2 术语说明

2.3 BSD 电路

项目	符号	描述
自举二极管正向电压	$V_{F(BSD)}$	额定正向电流流过时的BSD正向电压。

2.4 热特性

项目	符号	描述
芯片结至外壳的热阻 (单个IGBT)	$R_{th(j-c)}_{IGBT}$	单个桥臂IGBT的芯片-外壳热阻。
芯片结至外壳的热阻 (单个FWD)	$R_{th(j-c)}_{FWD}$	单个桥臂FWD的芯片-外壳热阻。
外壳至散热片的热阻	$R_{th(c-f)}$	使用散热硅脂并用推荐的力矩安装在散热片上时，外壳和散热片之间的热阻。

2.5 机械特性

项目	符号	描述
紧固力矩	-	使用指定螺丝将元件安装至散热片的最大力矩
散热片侧平坦度	-	散热片侧的平坦度。参见图.2-3

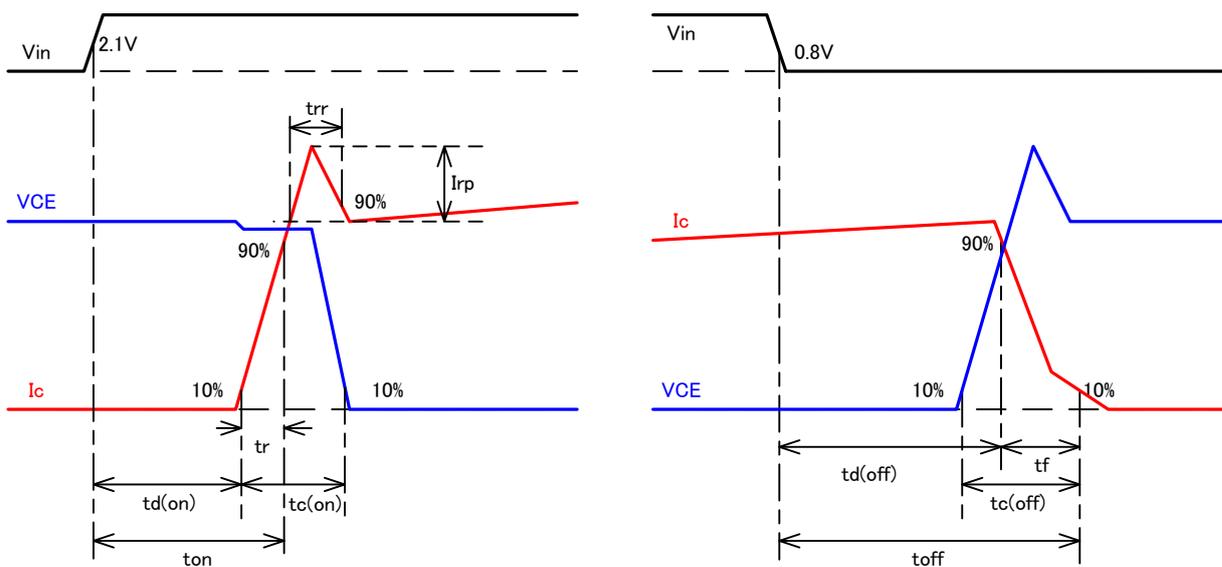


图. 2-1 开关波形

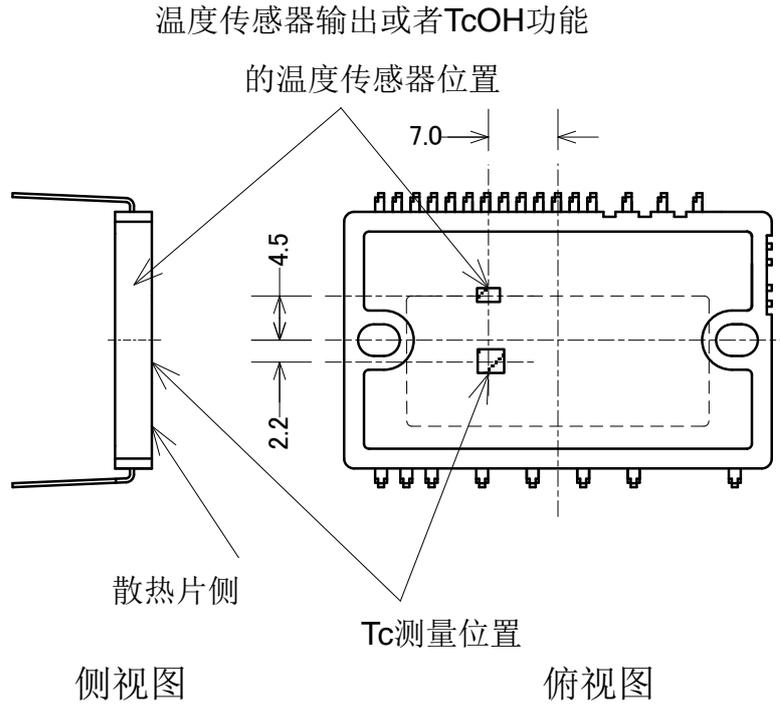


图. 2-2 温度传感器和Tc的测量位置

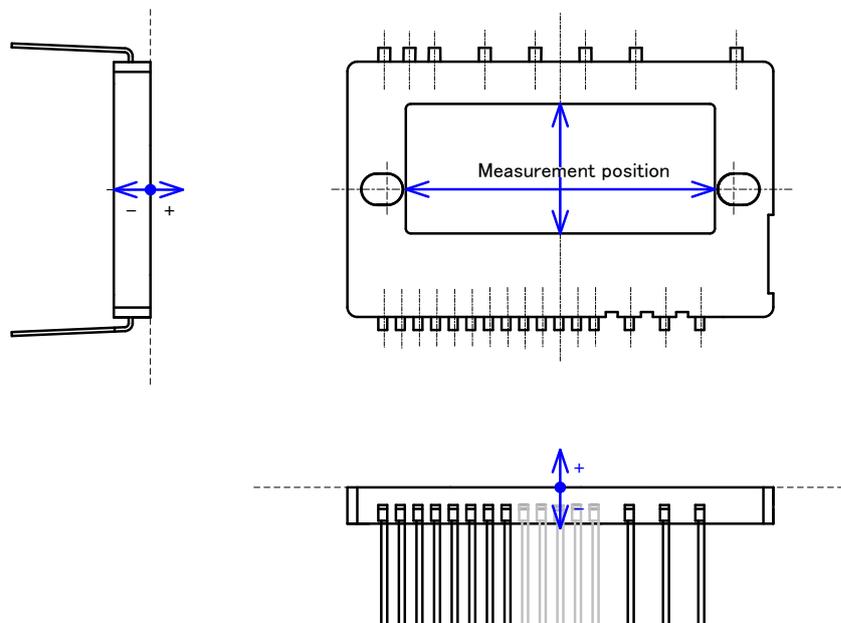


图. 2-3 散热片侧平坦度的测量位置

第3章

控制端子的详细说明

内容	页码
1.下臂电源端子 V_{CCH} , V_{CCL} 和COM	3-2
2.上臂电源端子VB (U,V,W)	3-6
3.内部BSD (自举二极管) 功能	3-9
4.控制信号输入端子 IN (HU,HV,HW) ,IN (LU,LV,LW)	3-13
5.过电流保护输入IS	3-16
6.故障状态输出VFO.....	3-17
7.温度传感器输出TEMP	3-18
8.过温保护	3-20

1. 上下臂控制电源端子 V_{CCH} , V_{CCL} 和COM

1.1 上臂和下臂控制电源端子 V_{CCH} , V_{CCL} 的电压范围

通常情况下，此IPM的控制和门极驱动电源为由 V_{CCH} 、 V_{CCL} 和COM端子相连的15V直流电源提供。正常工作时的电压范围为 $15V \pm 10\%$ 。

表格3-1说明的是各种控制电源电压下IPM的特性。应利用低阻抗电解电容和高频去耦电容连接于端子最近处对控制电源进行充分的滤波。

电源的高频噪音可能导致内部控制IC误操作，并发出错误的故障信号。为避免此类问题，应将电源的最大波动控制在 $\pm 1V/\mu s$ 以内。

由于COM端子电位与 $N(*)^1$ 电源端子处的电位不同。所有控制电路和逆变器电路的基准电位都是COM端子电位，而非 $N(*)^1$ 端子，这一点很重要。如果电路连接错误，分流电阻会有电流流过，过电流保护功能有误动作的可能性。通常，最好的做法是将COM端子作为PCB布局中的地。

主控制电源连接至自举电路，为上臂门极驱动建立浮动电源。

当上臂控制电源电压 (V_{CCH}) 下降至 V_{CCH} UV (欠电压跳闸保护电压) 以下，则尽管存在输入信号，但仅此触发通道的上臂IGBT处于关断状态。

当下臂控制电源电压 (V_{CCL}) 下降至 V_{CCL} UV (欠电压跳闸保护电压) 以下，则尽管存在输入信号，所有相的下臂IGBT均处于关断状态。

表.3-1 上下臂控制电源电压 V_{CCH} , V_{CCL} 各范围段的工作状态

控制电压范围[V]	工作状态
0 ~ 4	IPM没有工作。欠电压保护(UV)和故障输出不工作。主端子P-N电压的dV/dt噪音可能会触发IGBT误动作。
4 ~ 13	IPM开始工作，进入欠电压保护(UV)状态。即使存在输入信号也不会开关动作，产生故障输出信号VFO。
13 ~ 13.5	欠电压保护复位。IGBT根据门极输入信号来进行开关动作。驱动电压低于推荐范围，所以导通损耗和开关损耗将大于正常状态时的损耗。在 $VB(*)^2$ 初始充电后 $VB(*)$ 达到 $V_{B(ON)}$ 之前，上臂IGBT将无法工作。
13.5 ~ 16.5	正常运行。这是推荐的工作条件。
16.5 ~ 20	IPM仍然在开关工作。因为驱动电压高于推荐的范围，IGBT开关的更快，会增加系统噪音。而且即使设计了合理的过电流保护，但短路电流峰值会非常大甚至可能会导致IPM被破坏。
20以上	此IPM的控制电路可能被损坏。必要时，建议在每对控制电源端子之间插入稳压二极管。

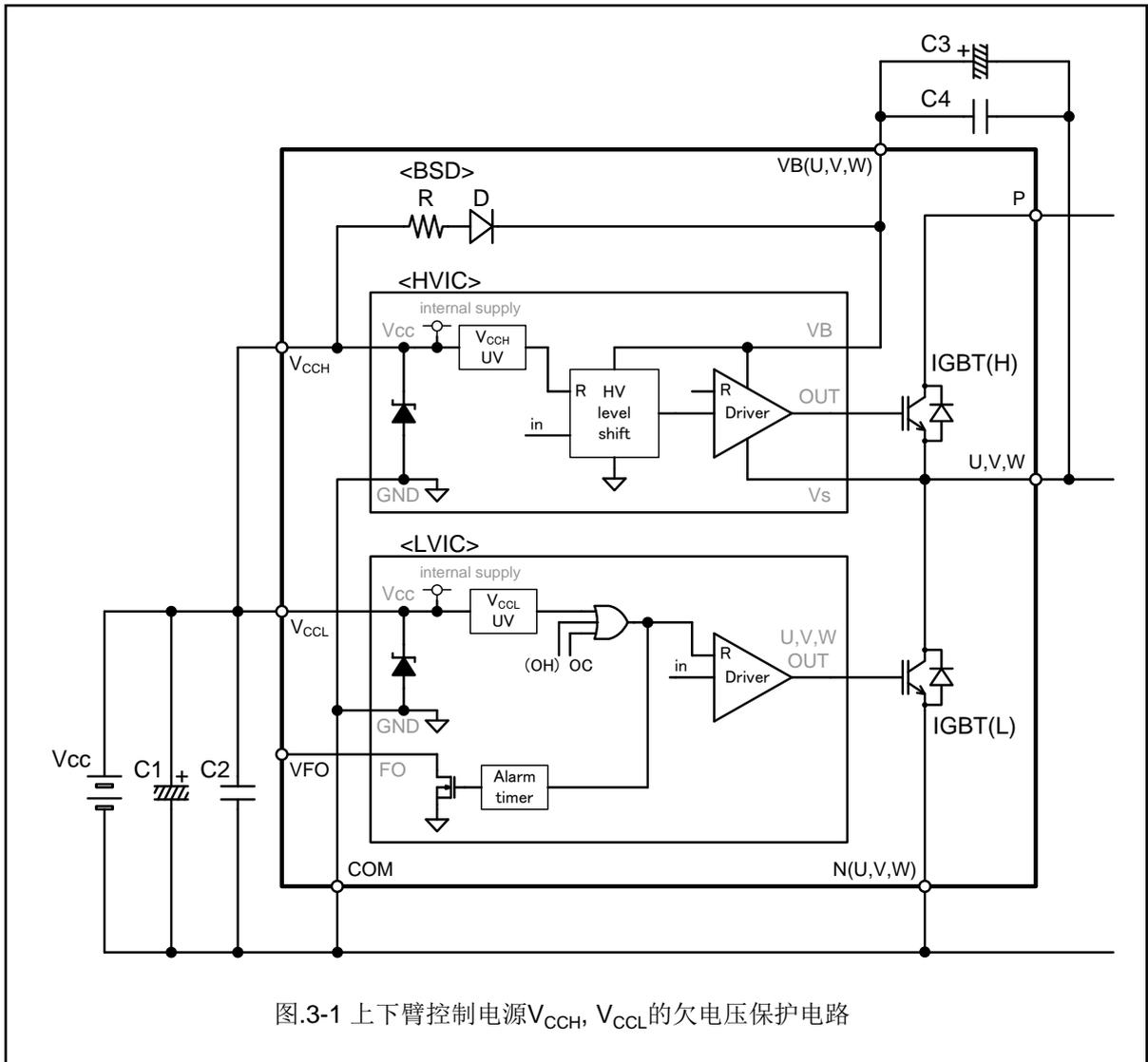
1 $N()$: N(U), N(V), N(W)

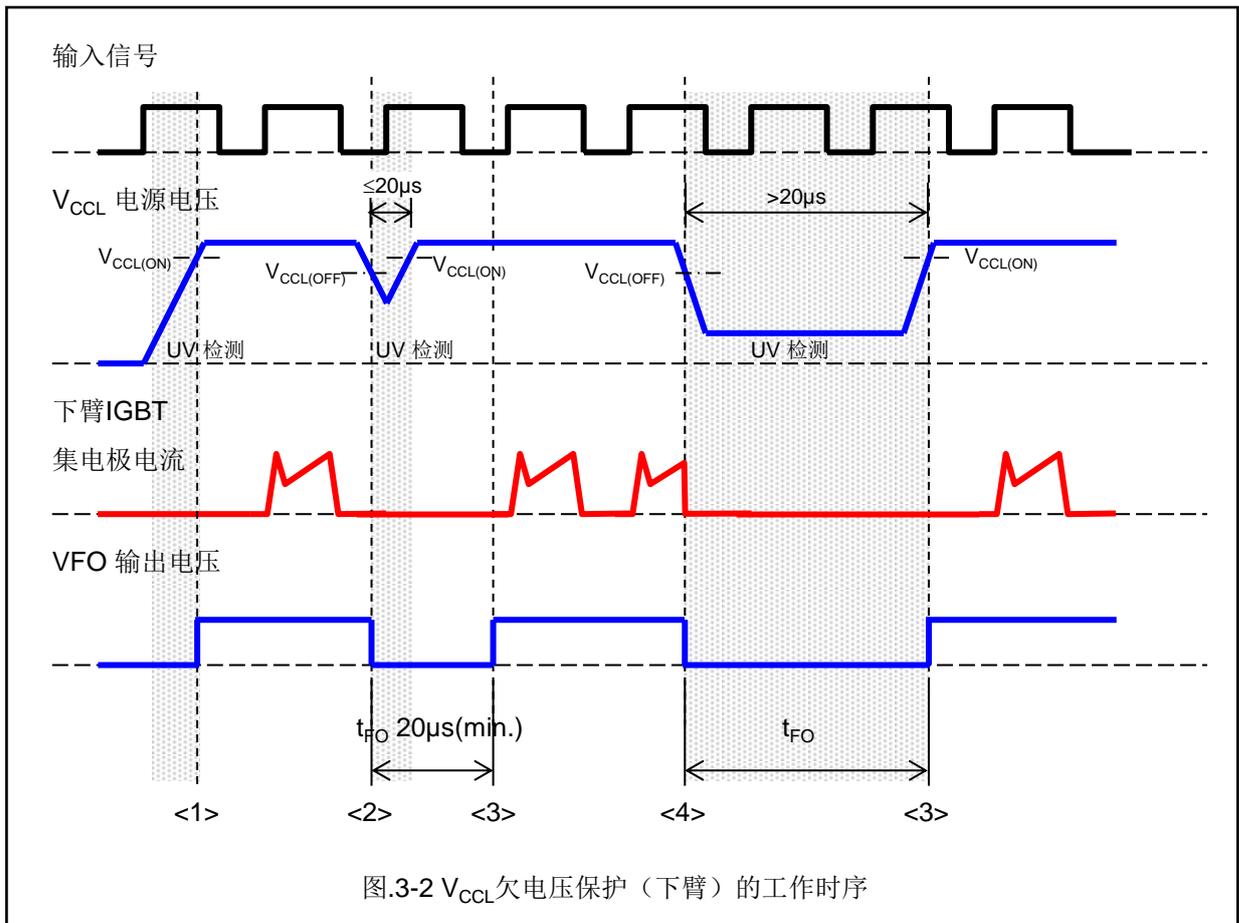
2 $VB()$: $VB(U)-U, VB(V)-V, VB(W)-W$

1.2 上下臂控制电源 V_{CCH} , V_{CCL} 的欠电压保护功能

图.3-1显示的是上下臂控制电源 (V_{CCH} , V_{CCL}) 的欠电压保护电路示意图, 图.3-2和图.3-3显示的是 V_{CCH} 和 V_{CCL} 的欠电压保护动作的工作时序。

如图.3-1所示有二极管分别连接在 V_{CCH} 和COM端子之间, V_{CCL} 和COM端子之间。这类二极管是为了在浪涌电压冲击时保护IPM而内置的, 不得将其视为电压钳位二极管使用, 以免IPM产生重大问题和破坏。





<1>当 V_{CCL} 低于 $V_{CCL(ON)}$ 时，所有相的下臂IGBT均处于关断状态。

V_{CCL} 上升到 $V_{CCL(ON)}$ 以上后，故障输出VFO被激活（低电平跳至高电平）。

此时，下臂的IGBT根据随后的输入信号开始进行开关动作。

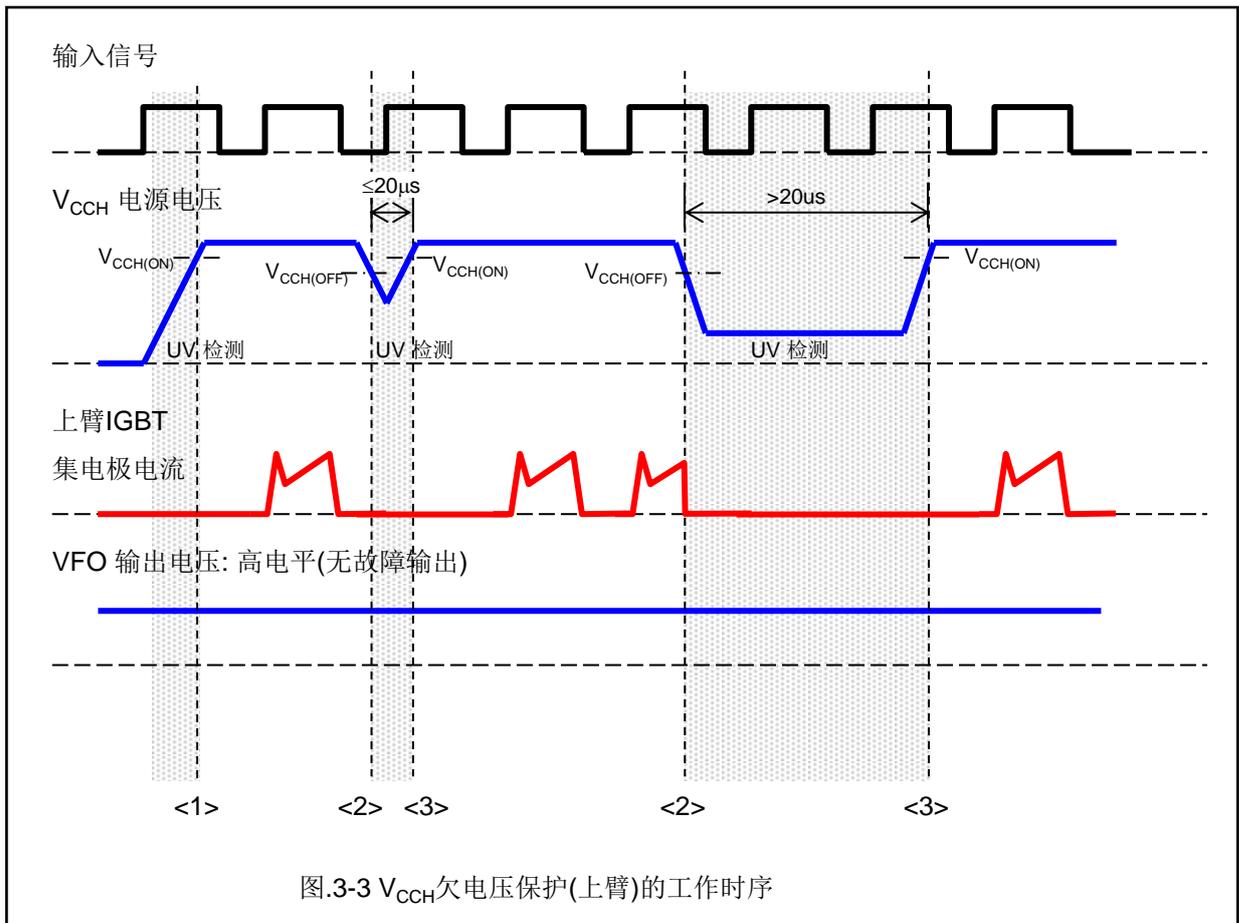
<2>当 V_{CCL} 下降至 $V_{CCL(OFF)}$ 以下时，故障输出VFO被激活，且所有相的下臂IGBT仍保持为关断状态。

电压跌落时间小于 $20\mu s$ 时，因为故障输出脉冲宽度最小值 $t_{FO}=20\mu s(\min)$ ，忽略这段时间内的输入信号，所有相的下臂IGBT处于关断状态。

<3>在 t_{FO} 后，当 V_{CCL} 高于 $V_{CCL(ON)}$ 时，对欠电压保护动作(UV)进行复位，且故障输出VFO被同时复位。

此时，下臂的IGBT根据随后的输入信号再次进行开关动作。

<4>当电压跌落时间超过 t_{FO} 时，输出同等时间宽度的故障输出脉宽，这段时间所有相的下臂IGBT处于关断状态。



<1>当 V_{CCH} 低于 $V_{CCH(ON)}$ 时，所有上臂IGBT均处于关断状态。当 V_{CCH} 超过 $V_{CCH(ON)}$ 时，上臂的IGBT根据随后的输入信号开始进行开关动作。

故障输出电压VFO不变化（高电平），不取决于 V_{CCH} 。

<2>当 V_{CCH} 下降至 $V_{CCH(OFF)}$ 以下时，所有上臂IGBT处于关断状态。但故障输出VFO仍保持高电平。

<3>欠电压保护动作(UV)复位后，上臂的IGBT根据随后的输入信号再次进行开关动作。

2. 上臂驱动电源端子VB(U,V,W)

2.1 上臂IGBT驱动电源端子VB(U,V,W)的偏置电压范围

VB(*)是VB(U,V,W) 电压和U,V,W之间的电压差，在IPM内部给HVIC供电。电源范围必须为13.0~18.5V，以确保HVIC可完全驱动上臂IGBT。IPM内置VB(*)的欠电压保护动作(UV)功能，以确保如果VB(*)电压下降至规定电压以下，上臂IGBT将无法驱动。该功能可以防止IGBT在高功耗模式下工作。应注意，VB(*)的欠电压保护动作(UV)关断IGBT的功能仅对上臂有效。且此时不会有故障输出。

使用自举电路时，上臂IGBT驱动电源可由一个公共的上下臂控制电源组成。而传统的IGBT上臂驱动需要三个独立的浮地电源提供电力。

上臂驱动电源是通过开通下臂IGBT进行充电或利用续流电流流下臂FWD的瞬间进行充电。表格3-2描述的是多种控制电源条件下的IPM的特性。应利用直接连接在端子上的低阻抗电解电容和的高频去耦电容对控制电源进行充分的滤波，因为电源的高频噪音可能导致IPM误动作。

上臂驱动电源电压（VB(U)-U,VB(V)-V和VB(W)-W）降至欠电压保护动作(UV)电平以下时，尽管存在输入信号，但仅此触发通道的上臂IGBT处于关断状态。

表.3-2 各上臂驱动电源电压VB(*)各范围段的工作状态

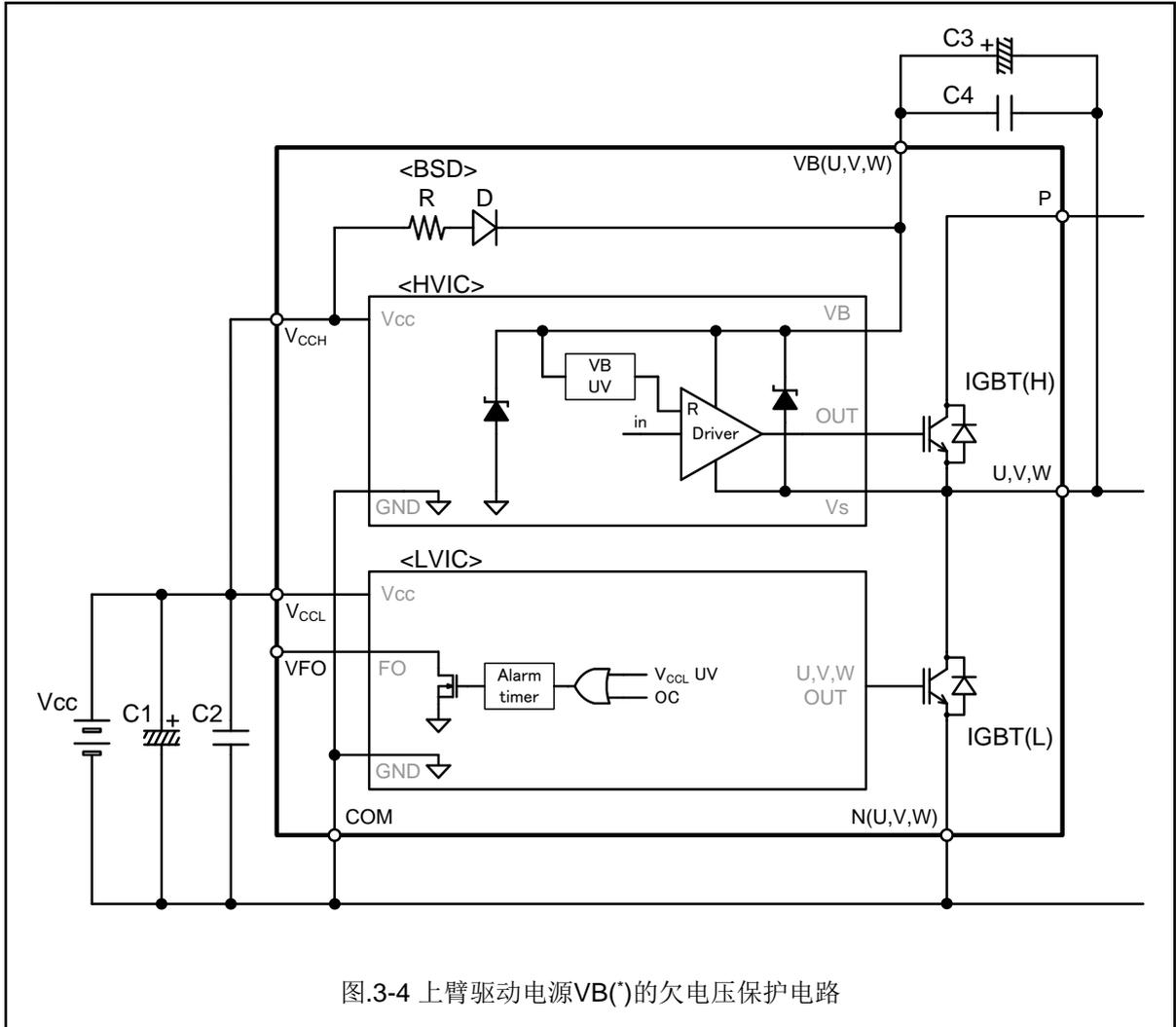
上臂驱动电压范围[V]	工作状态
0 ~ 4	IPM没有工作。欠电压保护(UV)和故障输出不工作。主端子P-N电压的dV/dt噪音可能会触发IGBT误动作。
4 ~ 12.5	IPM开始工作，进入欠电压保护(UV)状态。即使存在输入信号也不会开关动作。
12.5 ~ 13	欠电压保护复位。上臂IGBT根据门级输入信号来进行开关动作。上臂驱动电压低于推荐范围，所以导通损耗和开关损耗将大于正常状态时的损耗。
13 ~ 18.5	正常运行。这是推荐的工作条件。
18.5 ~ 20	上臂IGBT仍然在开关工作。因为驱动电压高于推荐的范围，IGBT开关的更快，会增加系统噪音。而且即使设计了合理的过电流保护，但短路电流峰值会非常大甚至可能会导致IPM被破坏。
20以上	此IPM的控制电路可能被损坏。必要时，建议在每对控制电源端子之间插入稳压二极管。

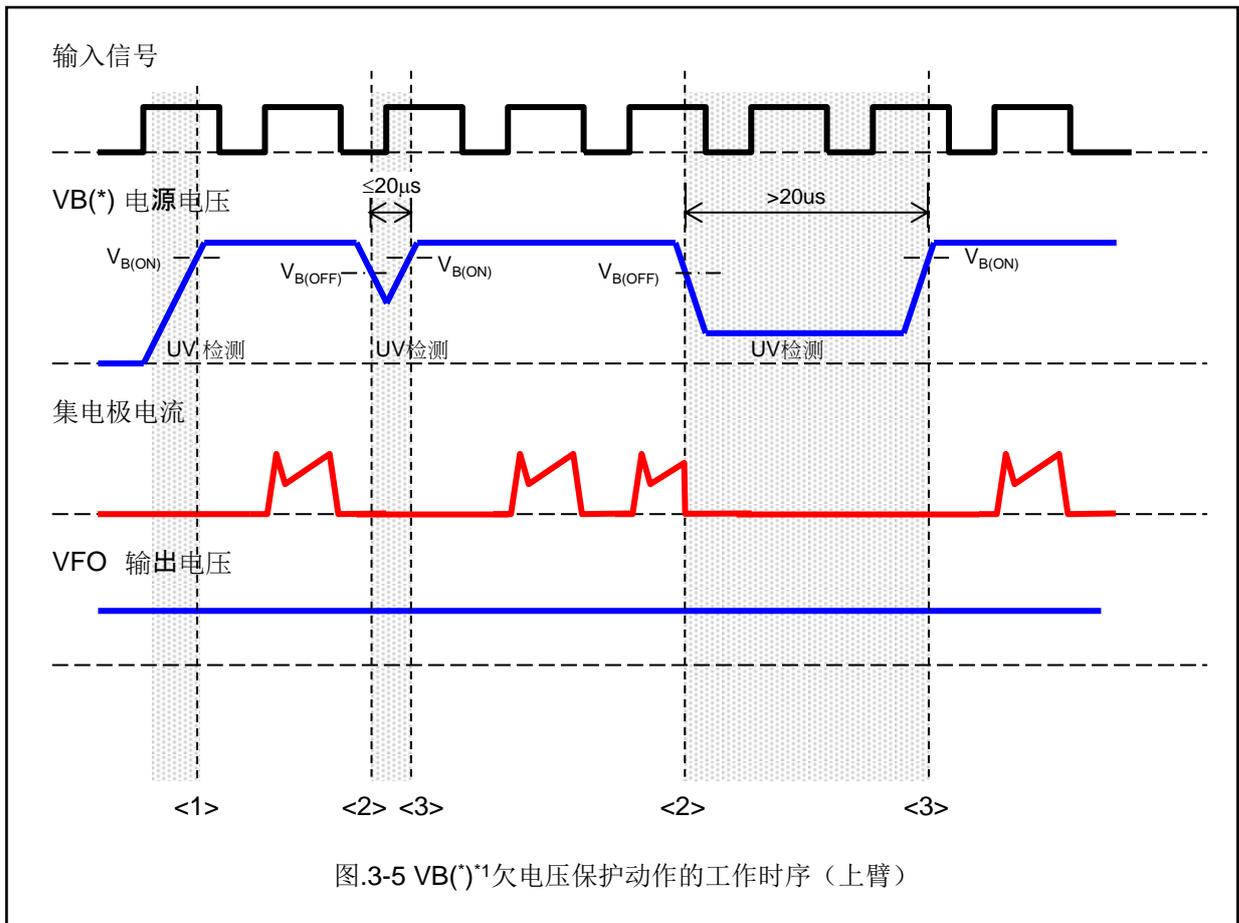
2.2 上臂驱动电源端子VB(U,V,W)的欠电压保护功能

图.3-4显示的是上臂控制电源(VB(U)-U,VB(V)-V和VB(W)-W)的欠电压保护电路示意图。

图.3-5显示的是VB(U)-U,VB(V)-V和VB(W)-W 的欠电压保护动作时的工作时序。

如图.3-4所示有二极管分别连接至VB(U,V,W)与U,V,W之间和VB(U,V,W)与COM端子之间。这类二极管是为了在浪涌电压冲击时保护IPM而内置的，不得将其视为电压钳位二极管使用，以免IPM产生重大问题和破坏。





<1> $VB(*)$ 低于 $V_{B(ON)}$ 时，上臂 IGBT 处于关断状态。 $VB(*)$ 高于 $V_{B(ON)}$ 时，上臂的 IGBT 根据随后的输入信号开始进行开关动作。

故障输出电压 VFO 不变化（高电平），不取决于 $VB(*)$ 。

<2> 当 $VB(*)$ 降至 $V_{B(OFF)}$ 以下时，上臂 IGBT 仍处于关断状态。

但故障输出 VFO 保持高电平。

<3> 欠电压保护 (UV) 复位后，上臂的 IGBT 根据随后的输入信号再次进行开关动作。

1 $VB()$: $VB(U)-U, VB(V)-V, VB(W)-W$

3.内部BSD（自举二极管）的功能

产生VB(*)上臂驱动电源的方法有很多，其中之一便是这里所述的自举电路。此方法的优点是简单便宜。但是占空比和导通时间受到自举电容充放电要求的限制。如图.3-6、图.3-8和图.3-11所示的电流路径，自举电路由一个带电阻的内置自举二极管和一个外部电容构成。

3.1 逆变器运行时自举电容的充电和放电

自举电容(C)的充电操作时序

<时序(图.3-7)：下臂IGBT开通(图.3-6)>

下臂IGBT处于开通状态时，利用以下公式计算自举电容上的充电电压Vc(t1)。

$$V_c(t_1) = V_{CC} - V_F - V_{CE(sat)} - I_b \cdot R \quad \dots\dots \text{瞬态}$$

$$V_c(t_1) \approx V_{CC} \quad \dots\dots \text{稳态}$$

V_F : 自举电路二极管的正向电压 (D)

V_{CE(sat)} : 下臂IGBT的饱和电压

R : 自举电路电阻(R)

I_b : 自举电路的充电电流

下臂IGBT关断后电机电流将通过上臂FWD的续流路径。一旦V_S的电位升高到V_{CC}以上时，对C的充电停止，上臂驱动电路消耗了电流，自举电容的电压开始逐步缓慢下降。

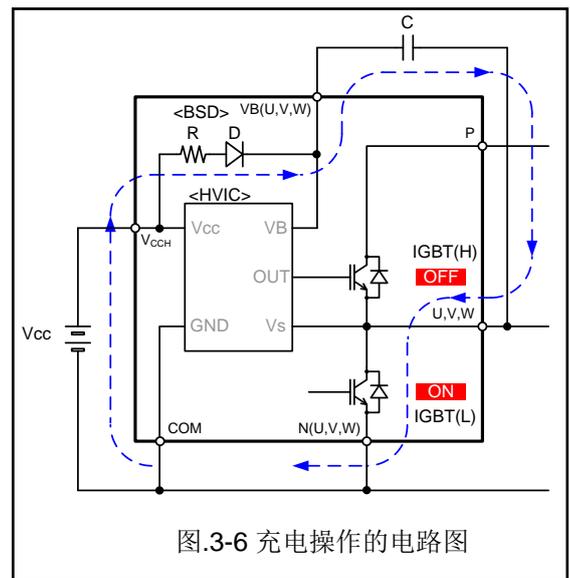


图.3-6 充电操作的电路图

1 VB() : VB(U)-U,VB(V)-V,VB(W)-W

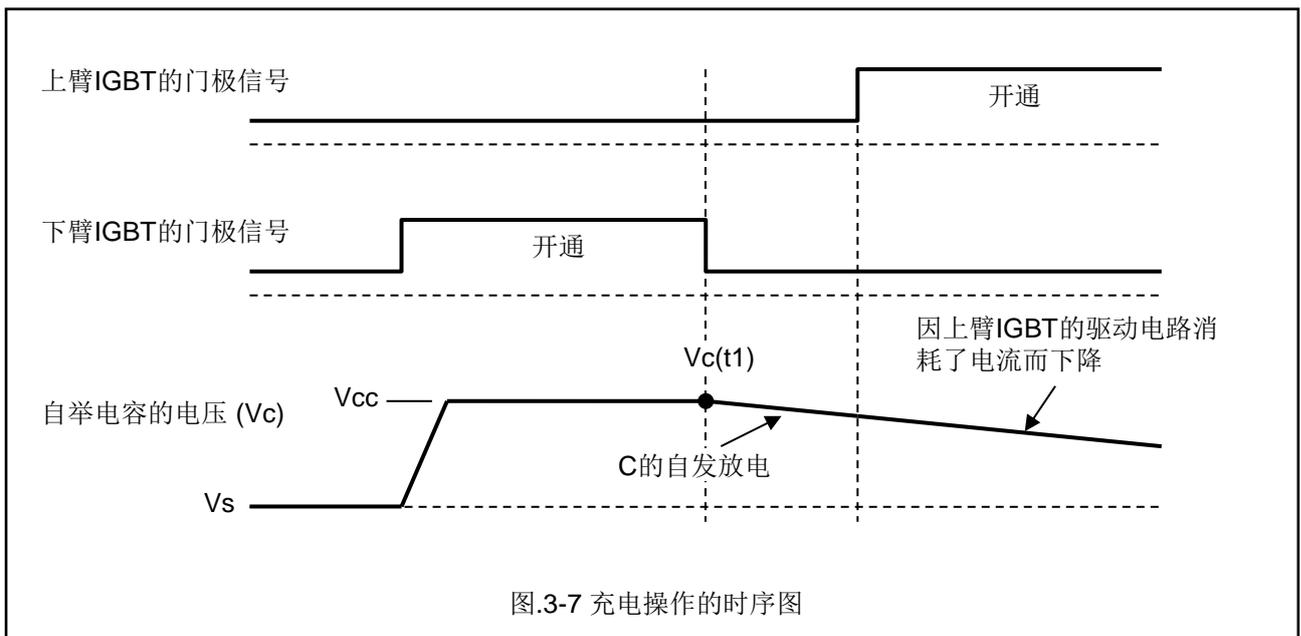


图.3-7 充电操作的时序图

<时序(图.3-9)：下臂IGBT关断，下臂FWD开通（流过续流电流）(图.3-8)>

下臂IGBT关断，下臂FWD开通时，意味着续流电流通过下臂FWD，自举电容上的电压 $V_c(t2)$ 计算如下：

$$V_c(t2) = V_{CC} - V_F + V_{F(FWD)} - I_b \cdot R \dots \dots \dots \text{暂态}$$

$$V_c(t2) \approx V_{CC} \dots \dots \dots \text{稳态}$$

V_F : 自举电路二极管的正向电压(D)

$V_{F(FWD)}$: 下臂FWD的正向电压

R : 自举电路电阻(R)

I_b : 自举电路的充电电流

下臂IGBT和上臂IGBT均为关断时，续流电流持续通过下臂FWD的续流路径。

因此 V_S 的电位降至FWD的 $-V_F$ 时，然后自举电容进行再次充电恢复到设定的电位。当上臂IGBT开通， V_S 的电位升至 V_{CC} 以上时，向自举电容的充电停止，驱动电路消耗了电流，自举电容的电压开始逐步缓慢下降。

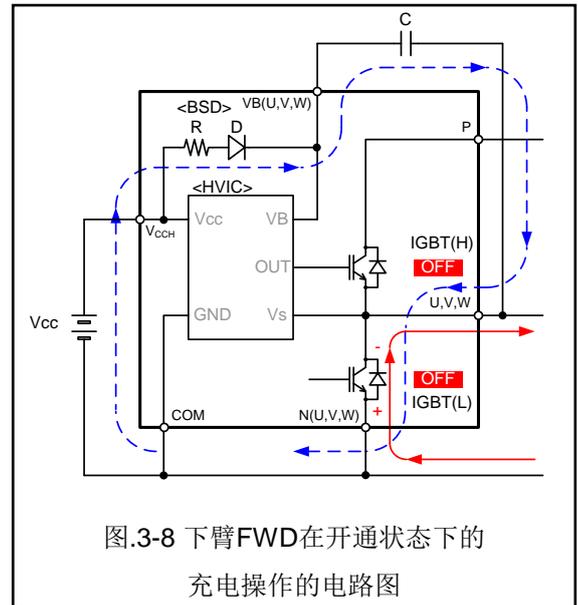


图.3-8 下臂FWD在开通状态下的充电操作的电路图

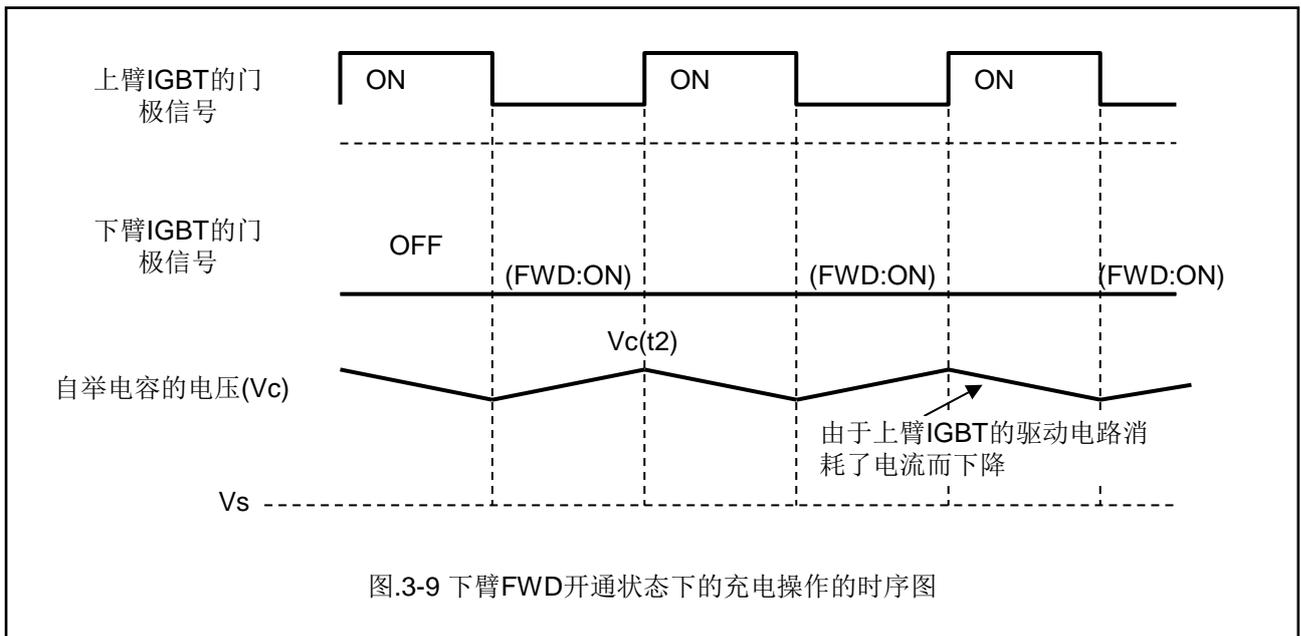


图.3-9 下臂FWD开通状态下的充电操作的时序图

3.2 设置自举电容的最小开通/关断脉冲宽度

自举电容的参数计算方式为:

$$C = I_b \cdot \frac{t_1}{dV}$$

- * t_1 :上臂IGBT的最大开通脉冲宽度
- * I_b :上臂的驱动电流 (取决于温度和频率特性)
- * dV :允许的放电电压。(见图.3-10)

计算出的电容应加上一定的裕量。自举电容一般为计算值的2到3倍。

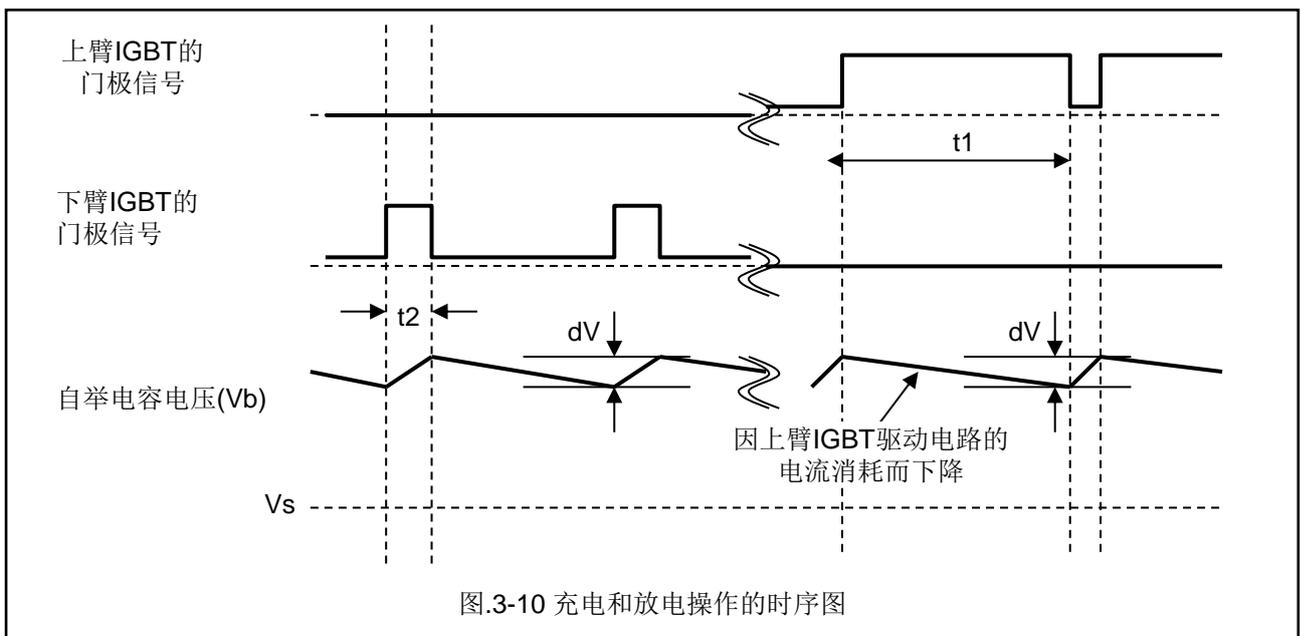
下臂IGBT推荐的最小开通脉冲宽度(t_2)基本为能完全将在开通期间的放电电压(dV)的能量再次充满的 $C \cdot R$ 时间常数。

但是,如果是上臂IGBT开关工作,下臂FWD开通时的充电模式(时序图.3-10)),最小开通脉冲宽度(t_2)就该为能在上臂IGBT关断阶段将开通阶段消耗的电力再次充满的时间常数。

最小脉宽是,在下臂IGBT的最小开通脉宽或上臂IGBT的最小关断脉冲中最短的。

$$t_2 \geq \frac{R \cdot C \cdot dV}{V_{cc} - V_{b(\min)}}$$

- * R :自举电路二极管的串联电阻 ΔR_F (BSD)
- * C :自举电容
- * dV :允许的放电电压
- * V_{cc} :上下臂控制电源的电压(例如15V)
- * $V_{b(\min)}$:上臂IGBT驱动电源的最小电压 (在欠电压保护复位电压上增加一定裕量,例如14V)



3.3 初次充电时自举电容的设置

启动逆变器前需对自举电容初次充电。
脉冲宽度或脉冲数应足够使自举电容完全充满。
比如说电容为10μF的自举电路的充电时间约为2ms，
以供参考。

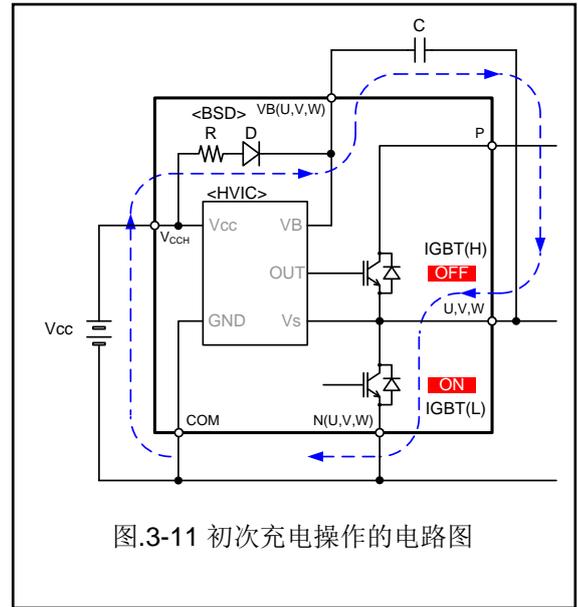


图.3-11 初次充电操作的电路图

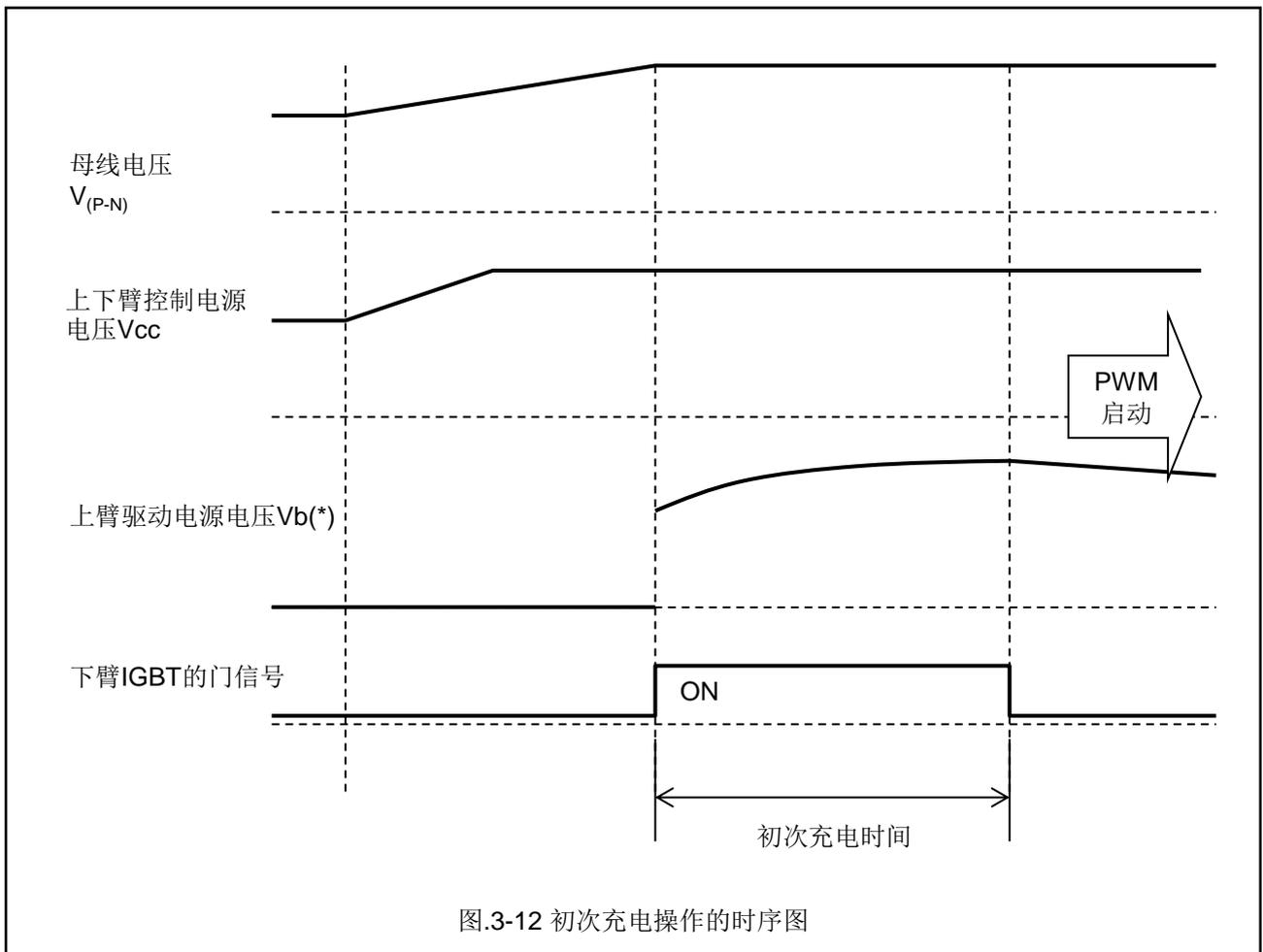


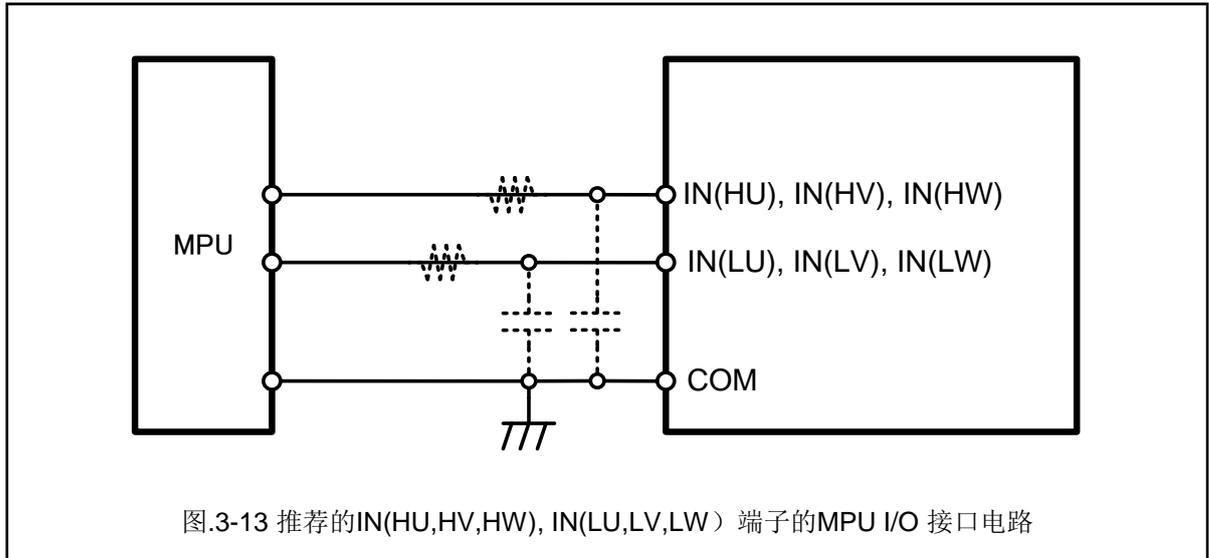
图.3-12 初次充电操作的时序图

4. 输入端子IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW)

4.1 输入端子连接

图.3-13显示为MPU与IPM之间的输入接口电路。此外，输入端子也可直接连接至MPU。输入端子内置下拉电阻，无需外部下拉电阻，输入逻辑是高电平有效，没有必要内置上拉电阻。

信号线如果比较长会更容易受到噪音干扰，请用RC滤波电路去噪(图.3-13中用虚线表示的部分)。RC的值可根据应用中的PWM控制方式及PCB布局中的布线阻抗来调整。



4.2 输入端子电路

此IPM的输入逻辑为高电平有效。这样就避免了在启动或停止操作过程中控制电源和输入信号之间的时序限制。因此，系统可自动防止故障。另外，下拉电阻内置于每个输入端子内（见图.3-14）。因此无需外部下拉电阻，从而减少了所需的外部元件。除此之外，利用低输入信号阈值电压可直接连接至一个3.3V电源的MPU。

MPU输出与IPM的输入之间使用外部滤波电阻时，如图.3-14所示，需要考虑输入端子的下拉电阻，请注意输入端子的信号电压需要在阈值电压以上。

如图.3-14所示有二极管分别连接在 V_{CC} 和IN(HU, HV, HW, LU, LV, LW) 之间及 IN(HU, HV, HW, LU, LV, LW) 和COM 端子之间。这类二极管是为了在浪涌电压冲击时保护IPM而内置的，不得将其视为电压钳位二极管使用，以免IPM产生重大问题和破坏。

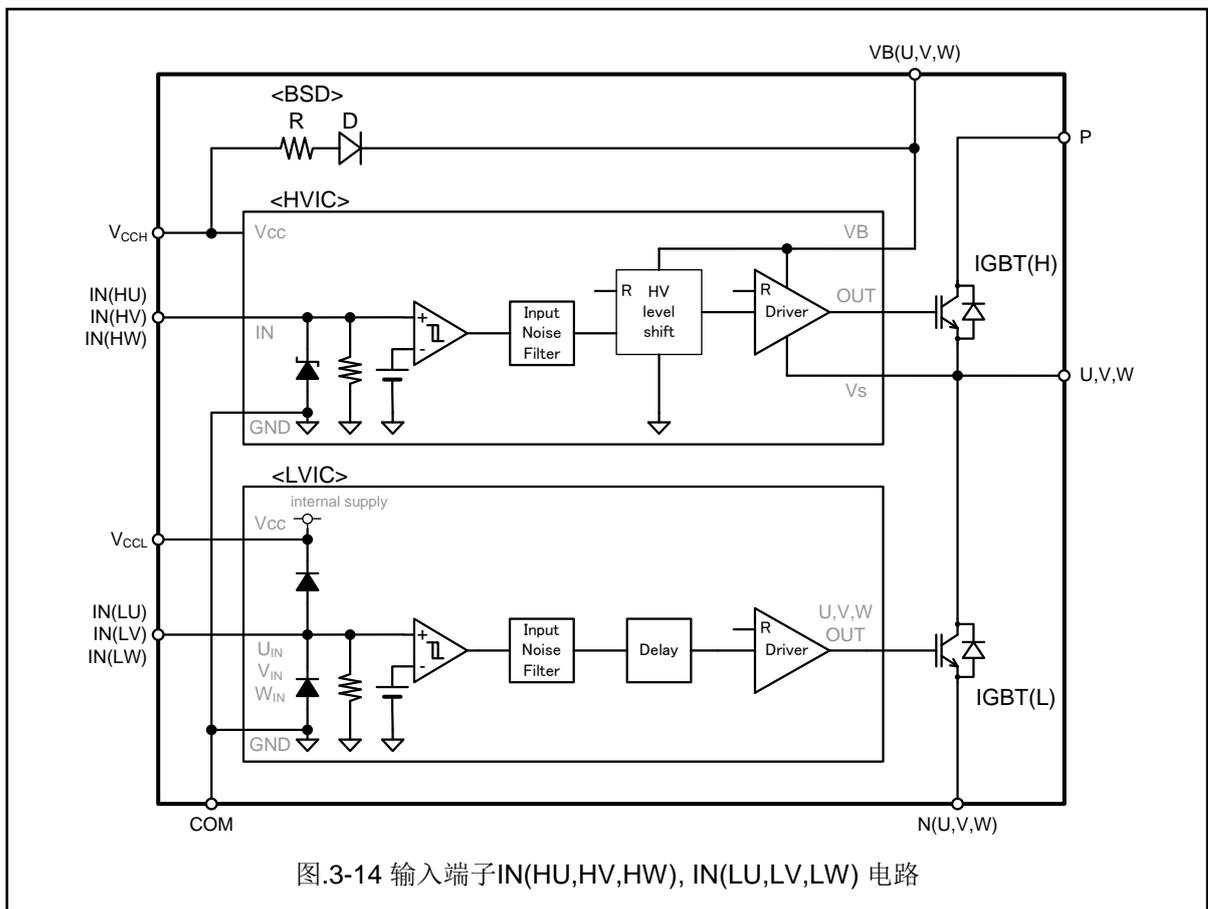


图.3-14 输入端子IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW) 电路

4.3 IGBT驱动状态与输入控制信号脉冲宽度

$t_{IN(ON)}$ 是IGBT从无任何误动作关断变为开通所需的最小控制信号脉冲宽度， $t_{IN(OFF)}$ 是IGBT从无任何误动作开通变为关断所需的最小控制信号脉冲宽度。图.3-15和图.3-16所示为各种控制信号脉宽下IGBT的驱动状态。

状态A: 即使输入控制信号的开通脉宽小于 $t_{IN(ON)}$ 的最小值时，IGBT也可能开通。

此外，小于 $t_{IN(ON)}$ 的最小值时，U-COM，V-COM，W-COM端子之间印加了-5V以下的电压的时，可能存在由于误动作没有关断的情况。

状态B: 正常工作状态下，IGBT在线性领域工作。

状态C: 即使输入控制信号的关断脉宽小于 $t_{IN(OFF)}$ 的最小值时，IGBT也可能关断。

此外，小于 $t_{IN(OFF)}$ 的最小值时，U-COM，V-COM，W-COM端子之间印加了-5V以下的电压的时，可能存在由于误动作没有开通的情况。

状态D: 正常状态下，IGBT完全关断。

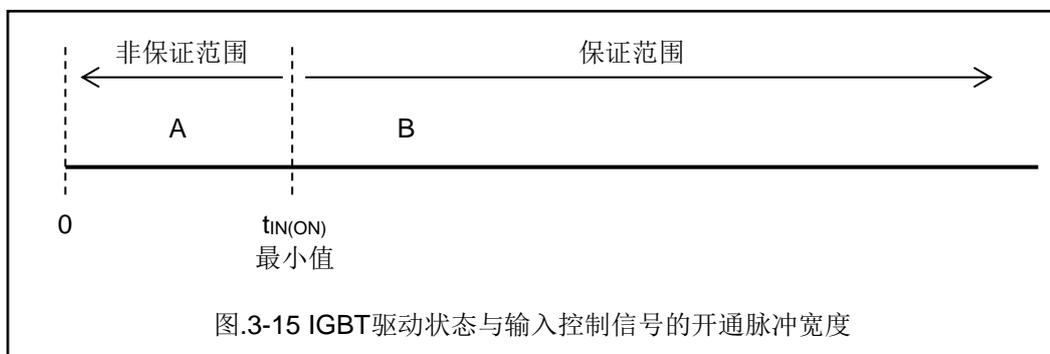


图.3-15 IGBT驱动状态与输入控制信号的开通脉冲宽度

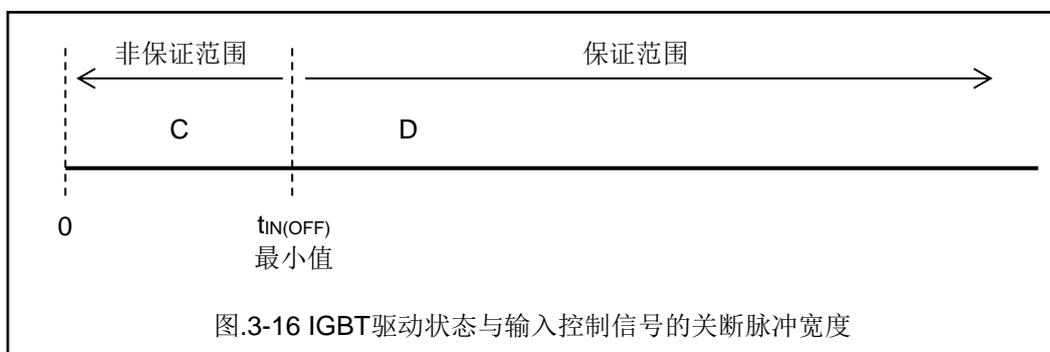


图.3-16 IGBT驱动状态与输入控制信号的关断脉冲宽度

5. 过电流保护检测端子IS

过电流保护(OC)功能是通过检测IS端子上N(*)^{*1}和COM端子间连接得外部分路电阻上的电压，输出故障输出以及对下臂IGBT进行关断的保护功能。

图.3-17显示的是过电流检测输入IS端子的电路方框图，图.3-18显示的是过电流保护的工作时序。

为防止由于正常开关噪声或续流电流造成的IPM误操作，需在IS端安装一个外部RC滤波器（时间常数大约为1.5μs）。另外，IPM和分流电阻之间的连线越短越好。

如图.3-17所示IPM中有二极管分别连接在V_{CCL}和IS之间及IS和COM端子之间。这类二极管是为了在浪涌电压冲击时保护IPM而内置的，不得将其视为电压钳位二极管使用，以免IPM产生重大问题和破坏。

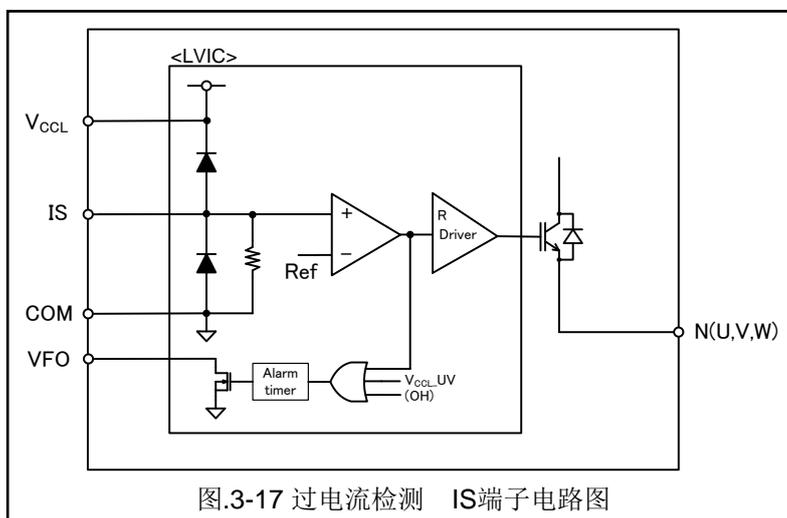


图.3-17 过电流检测 IS端子电路图

1 N() : N(U), N(V), N(W)

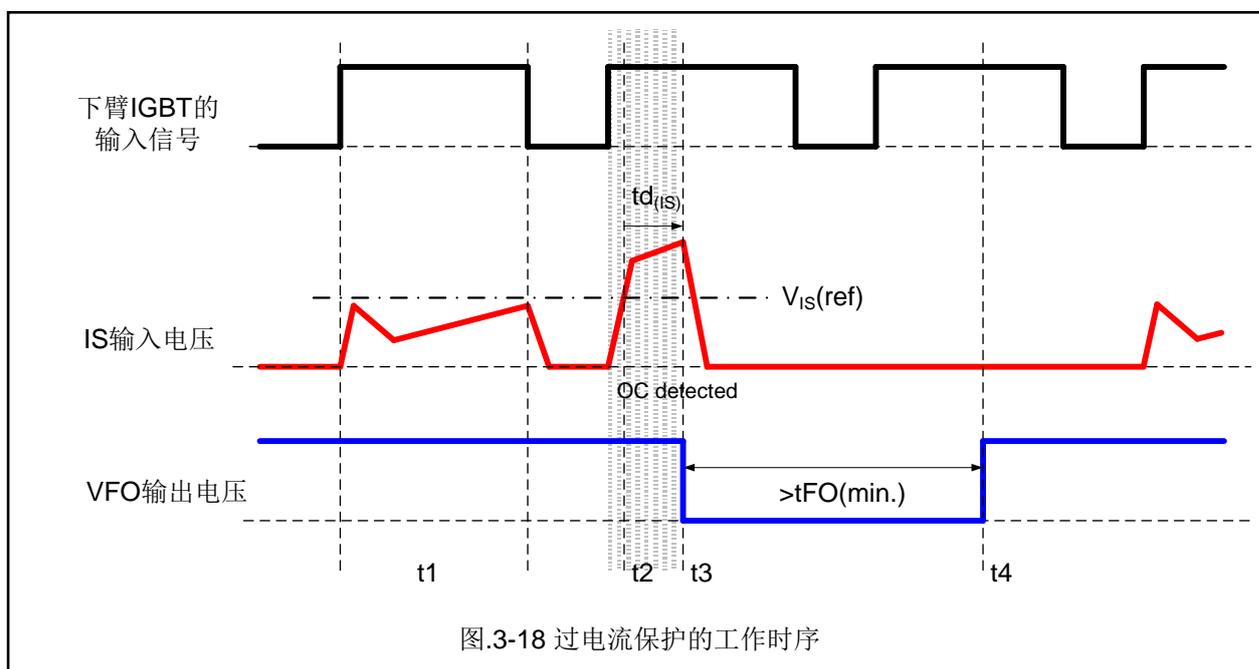


图.3-18 过电流保护的工作时序

t1 : IS输入电压不超过V_{IS(ref)}，同时下臂IGBT的正常开关。

t2 : IS输入电压超过V_{IS(ref)}时，检测到过电流。

t3 : 故障状态输出电压VFO在经过过电流保护延迟时间td(_{IS})之后输出信号，同时所有相的下臂IGBT被关断。

td(_{IS})是过电流被检测出开始到故障输出被激活为止的空白时间。

t4 : 经过故障输出脉冲宽度t_{FO}之后，过电流保护状态被重置。根据随后的输入信号再次进行开关动作。

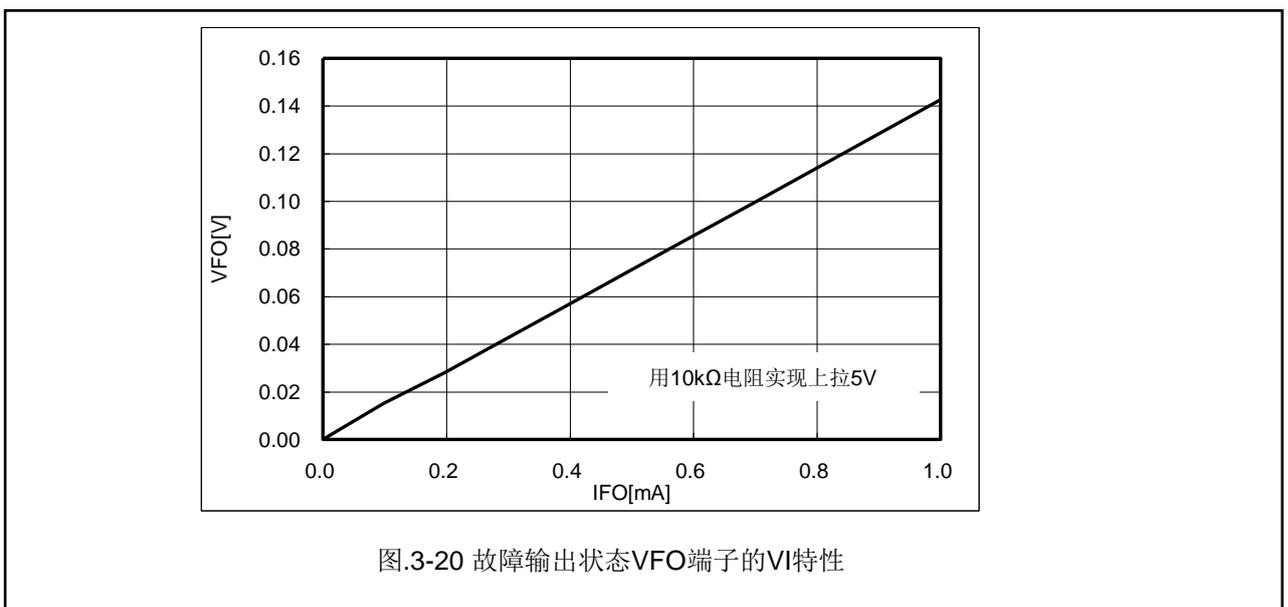
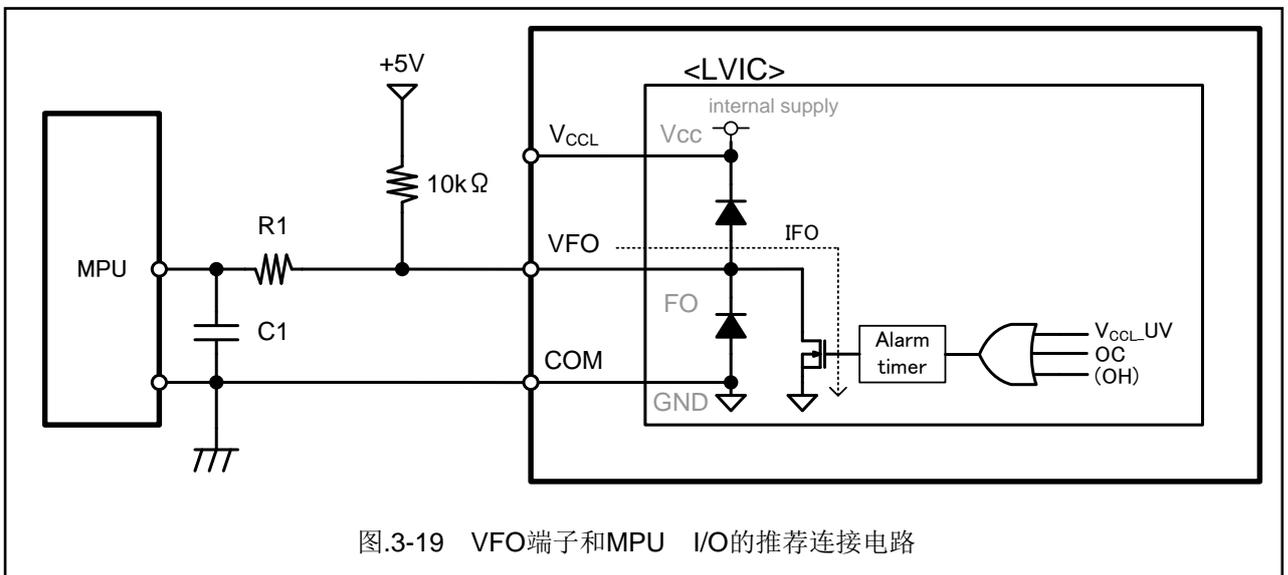
6. 故障状态输出VFO

如图.3-19所示，故障状态输出VFO端子可以与MPU直接相连。VFO端子为开漏结构，因此此端子应使用一个大约10kΩ的外部电阻上拉至5V或3.3V的逻辑控制直流电源，建议在MPU和VFO端子之间加一个旁路电容C1和大于5K的浪涌电流限制电阻R1。这些信号之间的连线越短越好。

故障状态输出VFO功能可以被V_{CCL}的欠电压保护(UV)，过电流保护(OC)和过热保护(OH)激活。(过热保护只有“6MBP15VRB060-50”，“6MBP15VRC060-50”才有内置。)

如图.3-19所示IPM中有二极管分别连接在V_{CCL}和VFO之间以及VFO和COM端子之间连接。这类二极管是为了在浪涌电压冲击时保护IPM而内置的，不得将其视为电压钳位二极管使用，以免IPM产生重大问题和破坏。

图.3-20显示为故障状态下VFO端子的电压-电流特性。图.3-19所示为IFO为VFO端子的漏电流。



7.温度传感器输出TEMP

此功能仅适用于"6MBP15VRA060-50", "6MBP15VRC060-50", "6MBP15VRD060-50"。

图.3-21所示为温度传感器输出TEMP端子可以与MPU直接连接。建议在MPU和TEMP端子之间加上旁路电容和大于10K的浪涌电流限制电阻。这些信号之间的连线越短越好。

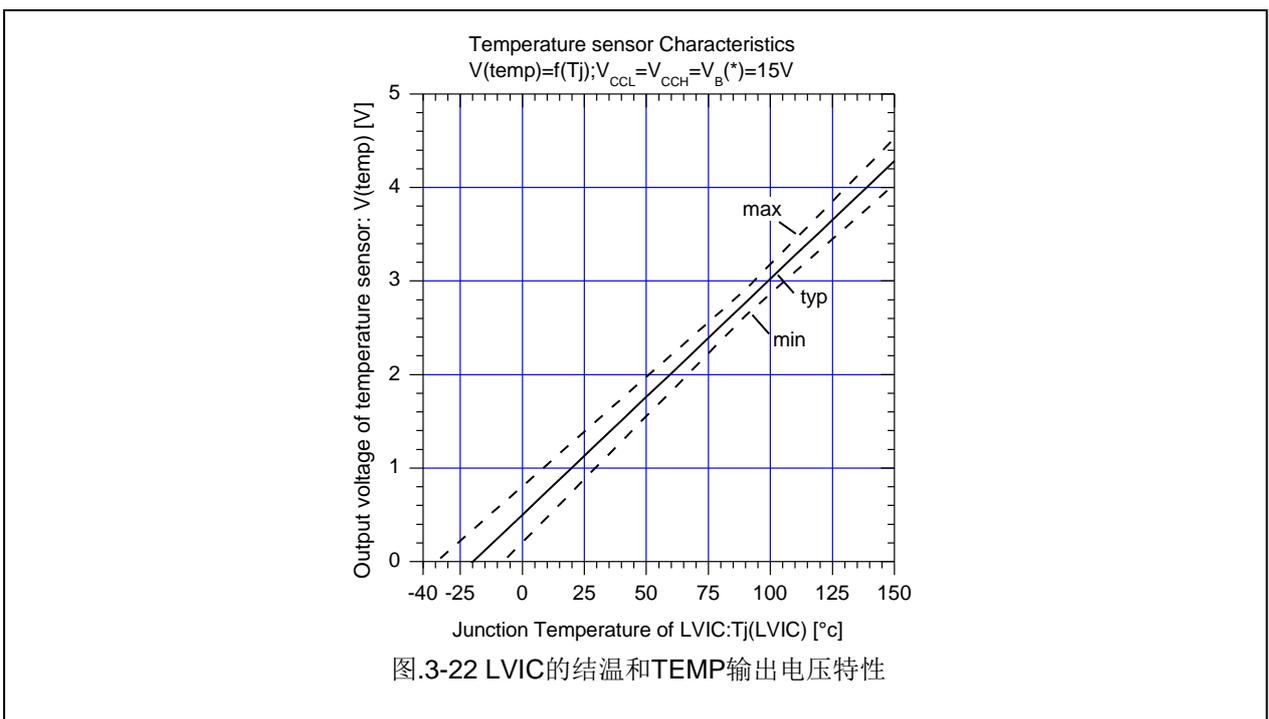
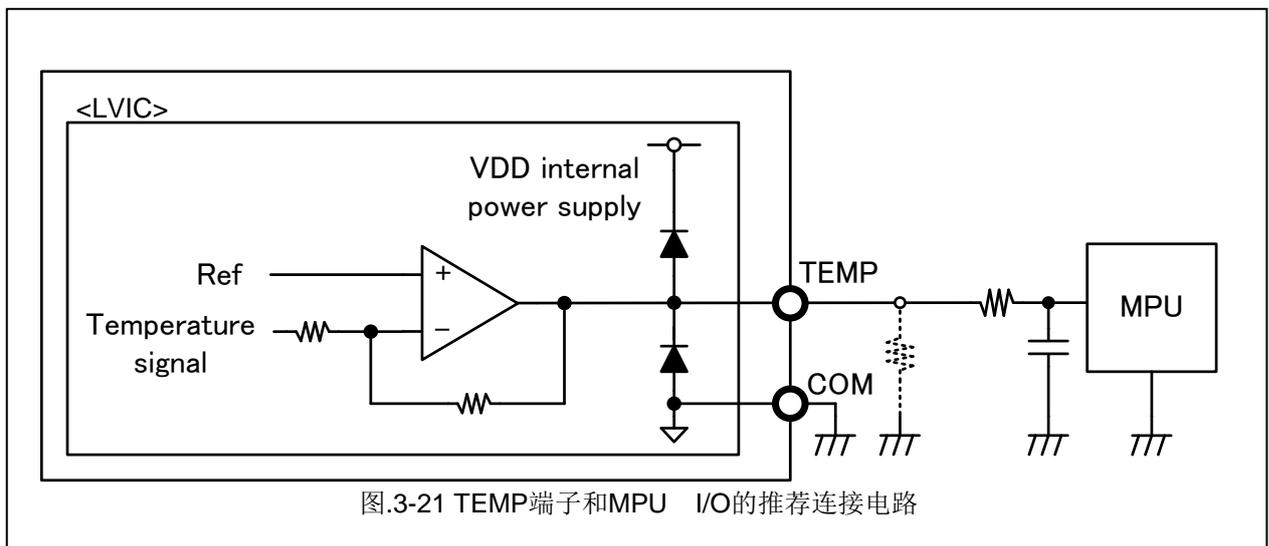
IPM内置温度传感器，根据LVIC的结温输出模拟电压。此功能，并非用来保护IPM为目的，不会输出故障状态。但是，"6MBP15VRC060-50"内置过热保护功能，温度如超过TcOH设定，会因过热保护激活故障输出状态。

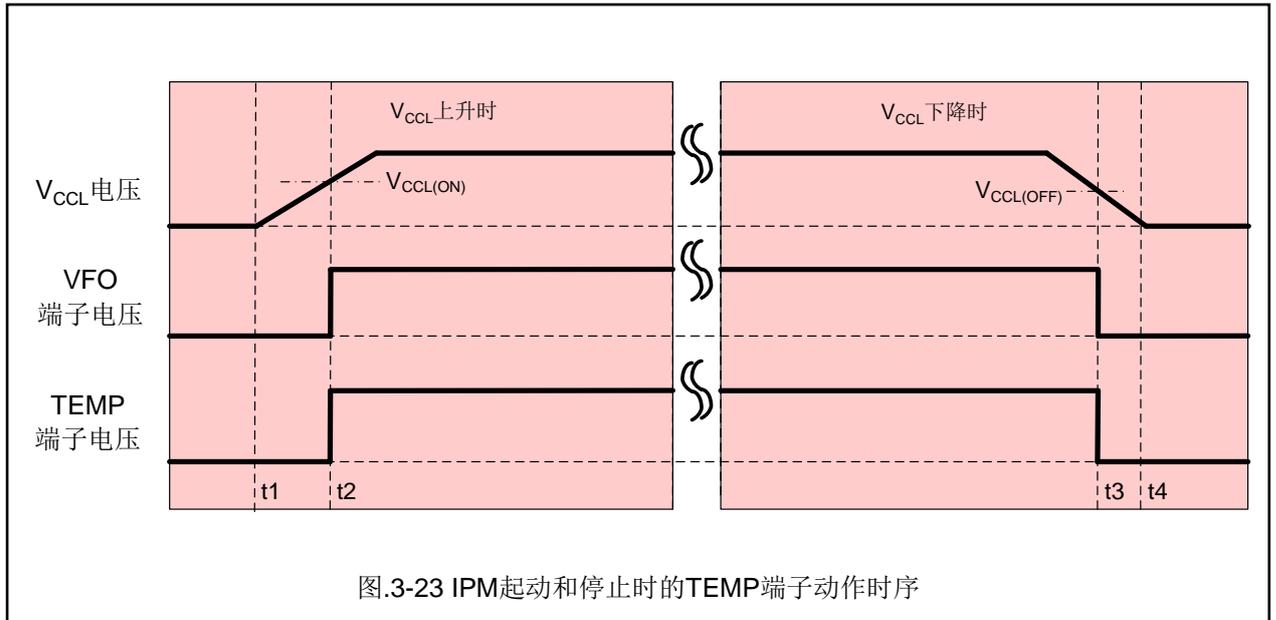
如图.3-20所示IPM中有二极管连接在TEMP和COM端子之间。这类二极管是为了在浪涌电压冲击时保护IPM而内置的，不得将其视为电压钳位二极管使用，以免IPM产生重大问题和破坏。

图.3-22所示为LVIC的结温与TEMP端子的输出电压的特性。

MPU的电源电压为3.3V时，请在TEMP端子上连接齐纳二极管进行电压钳位。

图.3-23所示为在电源升高和下降时的TEMP端子的工作时序。





t1-t2 : V_{CCL} 超过 $V_{CCL(ON)}$ 时, TEMP端子的温度输出功能被激活。 V_{CCL} 未超过 $V_{CCL(ON)}$ 时, TEMP端子电压几乎为0V。

t2-t3 : TEMP端子电压跟随LVIC的结温的上升而升高。

t3-t4 : 当 V_{CCL} 小于 $V_{CCL(OFF)}$ 以下时, TEMP端子的温度输出功能被复位。TEMP端子电压输出几乎为0V。

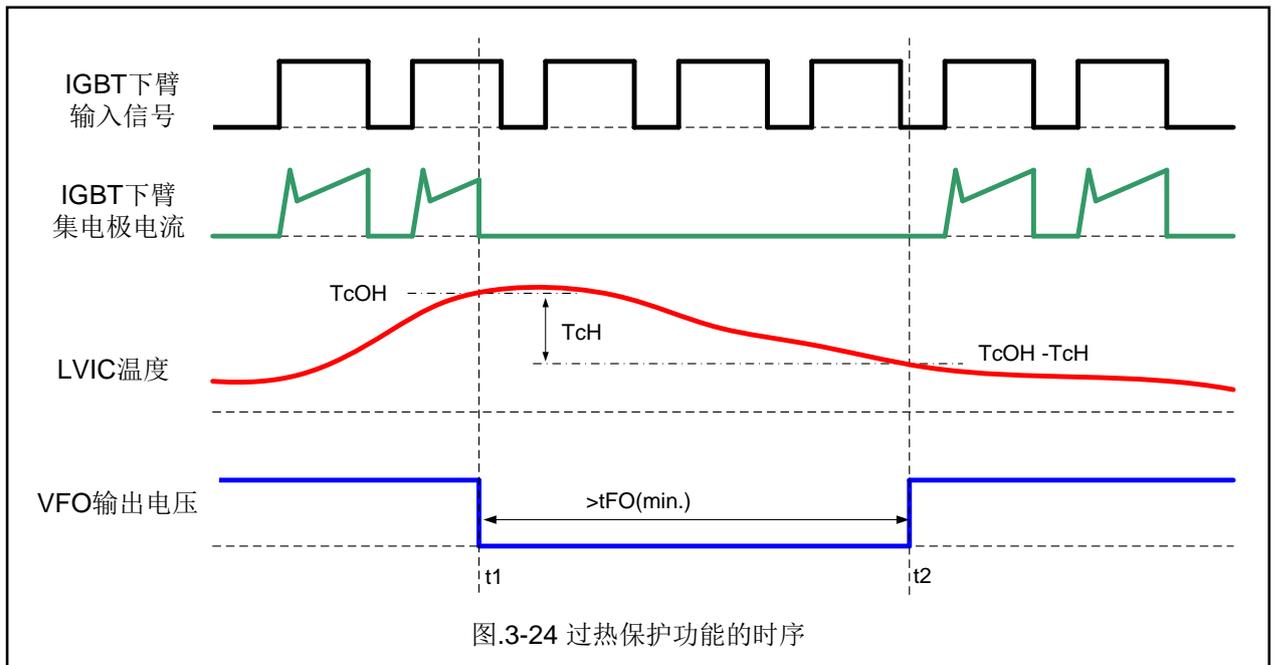
8. 过温保护

本功能仅适用于“6MBP15VRB060-50”“6MBP15VRC060-50”。

通过监测LVIC的结温来实施过温保护功能。

TcOH传感器的位置如图.2-2所示。

如图.3-24所示，当LVIC的结温超过TcOH时，IPM将关断所有相的下臂IGBT。LVIC的结温降至（TcOH-TcH)以下时，过热保护状态被复位。



t1 : LVIC的结温超过过温保护(OH)温度TcOH时，故障状态被激活，所有相的下臂IGBT被关断。

t2 : 当LVIC的结温降至TcOH-TcH以下且经过了 t_{FO} 时间后，过热保护状态和故障状态输出被复位，根据随后的输入信号下臂IGBT再次进行开关动作。TcH为过热保护的滞后温度。

第4章

电源端子说明

内容	页码
1.母线电压输入端子和下臂IGBT发射极的连接	4-2
2.过电流保护外部分流电阻的设置	4-3

1. 母线电压输入端子和下臂IGBT发射极的连接

本章介绍的是如何确定分流电阻的阻值等有关电源端子电路设计指南以及注意事项。

1.1 电源端子的说明

表.4-1列出了电源端子的详细说明。

表.4-1 电源端子详细说明

端子名称	说明
P	正母线电压输入端子。 在IPM内部与上臂IGBT的集电极相连。 为了抑制因布线或PCB布局所产生的杂散电感而引起的浪涌电压， 需要在此引脚最近处连接一个缓冲电容。 (通常使用薄膜电容)
U,V,W	逆变器的输出端子，用于连接电机负载。
N(U),N(V),N(W)	母线负电压输入端子 这些端子与各相的下臂IGBT发射极相连。 为监测各相电流，在这些端子和母线负电压输入（电源与地）之间插入分流电阻。

1.2 分流电阻器和缓冲电容的推荐布线方式

外部分流电阻用于检测OC（过流）状况或相电流。分流电阻与IPM之间布线较长时，将会造成过大浪涌，有可能损坏内部IC和过电流检测元件。为降低布线电感，分流电阻和IPM之间的布线越短越好。

如图.4-1所示，应将缓冲电容安装在正确位置以有效抑制浪涌电压。通常推荐使用0.1 ~ 0.22μF 缓冲电容。如果缓冲电容安装在如图.4-1所示的错误位置"A"，则缓冲电容不能有效抑制浪涌电压，因为布线的电感不可忽略。

如果缓冲电容安装在位置"B"，布线和缓冲电容器产生的充电和放电将会通过分流电阻，从而会影响电流检测信号，过电流保护等级也将低于设计值。缓冲电容安装在位置B时，尽管抑制效果强于在位置A或C，考虑到对电流检测精度的影响，C为较合理的位置。因此一般采用位置"C"。

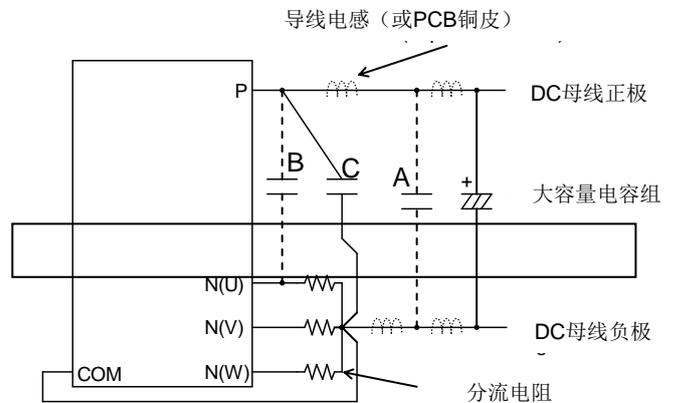


图.4-1 分流电阻和缓冲电容的推荐布线方式

2.过电流保护分流电阻的设置

2.1 分流电阻的选择

分流电阻的值计算如下：

$$R_{Sh} = \frac{V_{IS(ref)}}{I_{OC}} \quad (4.1)$$

其中 $V_{IS(ref)}$ 是IPM的过电流保护 (OC) 参考电平， I_{OC} 是过电流保护检测的电流。 $V_{IS(ref)}$ 为 0.43V (min.)、0.48V (typ.) 和 0.53V (max.)。

R_{Sh} 是分流电阻的阻值。

考虑到分流电阻的公差，过电流检测电平的最大值设定应低于此IPM规格表中的重复峰值集电极电流。

例如，如果过电流检测电平设为30A，分流电阻的推荐值则计算如下：

$$R_{Sh(min)} = \frac{V_{IS(ref)(max)}}{I_{OC}} = \frac{0.53}{30} = 17.7 \text{ [m}\Omega\text{]} \quad (4.2)$$

其中， $R_{Sh(min)}$ 是分流电阻器的最小值，根据此公式，可计算出分流电阻的最小值。

需注意的是在实际应用中，合适的电阻值需根据所需的过电流电平选择并确定。

2.2 过电流保护的延迟时间设置

需加一个外部RC滤波器以防止过电流保护电路由于噪音干扰造成的误动作。RC时间常数由噪音干扰时间长短和IGBT短路承受能力决定。建议设置为大约1.5 μ s。

分流电阻的电压超过过电流电平时，由于RC滤波的时间常数，造成IS端子的输入电压升至过电流电平为止的延迟时间(t_{delay})如下式所示：

$$t_{(delay)} = -\tau \cdot \ln\left(1 - \frac{V_{IS(ref)(max)}}{R_{Sh} \cdot I_P}\right) \quad (4.3)$$

其中， τ 为RC时间常数， I_P 是流经分流电阻的峰值电流。

另外还有过电流的关断响应延迟 $t_{d(IS)}$ 。因此，从过电流触发到IGBT关断所需的总时间为：

$$t_{total} = t_{delay} + t_{d(IS)} \quad (4.4)$$

设置总延迟时间时必须考虑IGBT的短路承受能力。

注意，在实际应用中应确定适当的延迟时间。

第5章

推荐的布线方式和布局

内容	页码
1. 应用电路示例	5-2
2. PCB设计的建议和注意事项	5-5

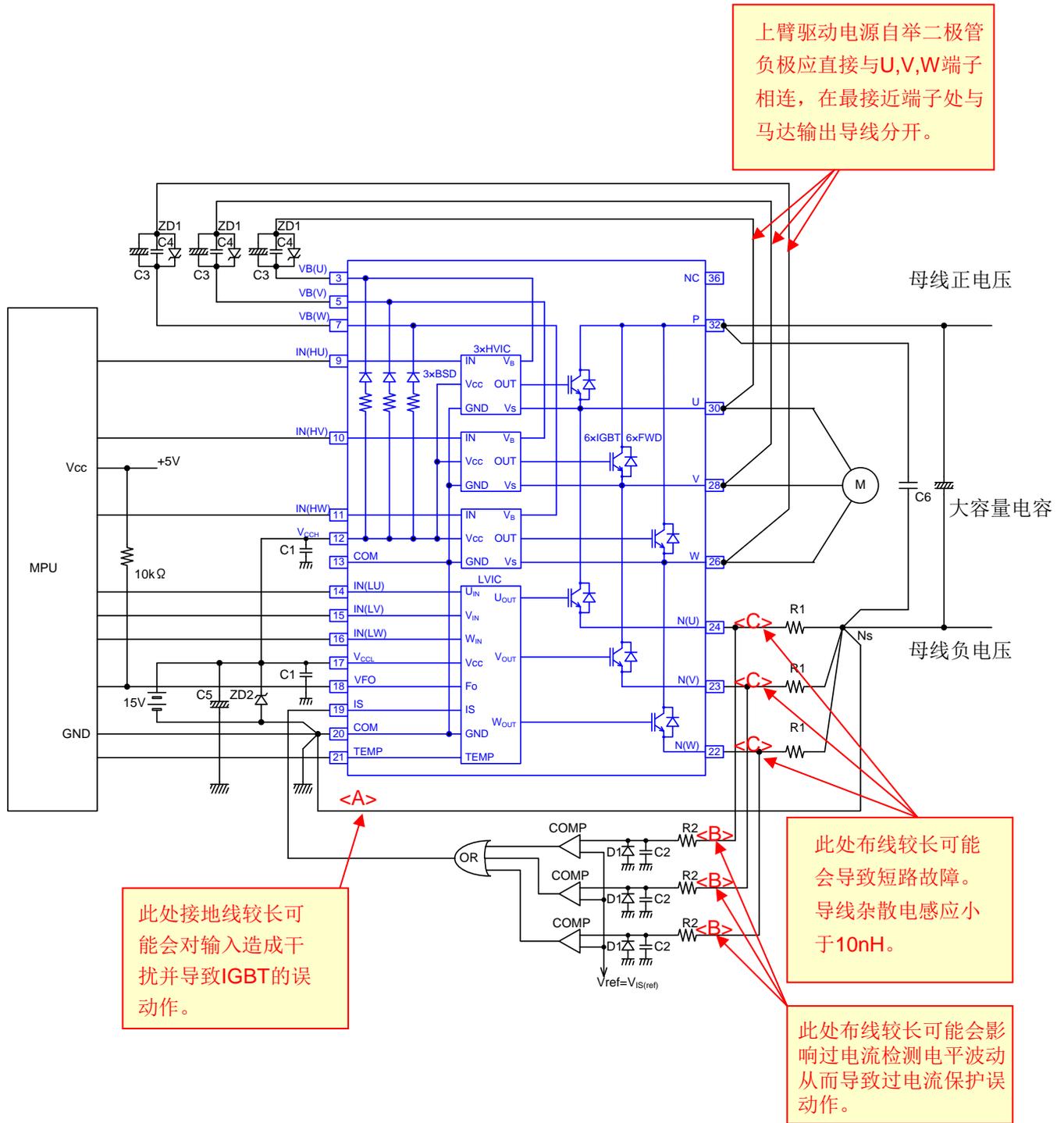


图. 5-2 应用电路例2
(三相分别电流检测时)

<注释>

1. 输入信号为高电平有效。控制IC输入电路中有一个内置下拉电阻。为防止出现误动作，每个输入的布线越短越好。使用RC滤波器时，确保输入信号电平满足开通和关断阈值电压要求。
2. 内置HVIC功能可实现与微处理器（MPU）的直接连接，而无需任何光耦或脉冲变压器隔离。
3. 故障状态输出为开路漏极型，应通过一个大约10K的上拉电阻，将其上拉至5V电源的正极侧。
4. 为防止误动作，(A)，(B)，(C)的布线越短越好。
5. 用R2-C2来决定的过电流保护电路的时间常数应选择为大约1.5 μ s。过电流关断时间可能会因布线方式不同而有所变化。对于R2和C2，建议采用温度补偿型那种容差小的型号。
6. 过电流保护电路的外部参考基准电压推荐与IPM的过电流检测阈电压电平设定成相同。
7. 请使用高速比较器和逻辑IC以快速检测过电流状态。
8. 如果开关动作中R1上产生了一个负电压，建议插入肖特基二极管D1。
9. 所有电容的安装位置应尽量靠近IPM的端子。(C1, C4: 推荐采用温度漂移特性、频率特性及DC偏置特性优良的陶瓷电容，C3, C5:建议采用温度漂移特性、频率特性优良的电解电容)。
10. 为防止尖峰电压造成IPM破坏，缓冲电容C6和P端子、Ns节点之间的布线应尽可能短。P端子和Ns节点之间，一般建议使用接0.1 μ F至0.22 μ F 的缓冲电容。
11. IPM内连接了两个COM端子(9 和16引脚)，必须将其中之一连接至外部15V电源的接地端，并将另一个空置。
12. 为防止尖峰电压破坏控制电源盒上臂侧驱动电源，建议在每相电源端子之间插入一个齐纳二极管（22V）。
13. 如果基板上的控制信号的地端采用覆铜连接至电源的地端，可能会由于电源的地波动而造成控制信号误动作。建议信号地和电源地仅在一点处连接。

2. PCB 设计中的建议走线布局和注意事项

本节介绍的是在PCB设计中推荐的走线布局和注意事项。图.5-3至图.5-7所示为用图.5-1和图.5-2所示的应用电路例设计的推荐PCB布线图。这些图中，来自控制系统的输入信号用"IN(HU)"表示。

建议和注意事项如下：

2.1 IPM周围的整体设计

- (A) 在电位差距大的界线处保留适合的爬电距离。（必要时可开一条狭缝）
- (B) 电源输入（DC母线电压）部分的走线应与上臂驱动部分的电源走线相互分开，以防止增强传导噪音干扰。如果采用多层PCB板，这些布线发生交叉时，请注意走线间的寄生电容和PCB板的绝缘性能。
- (C) 上臂驱动部分电源的走线应与接口电路部分的走线相互分开，以避免系统出现误动作。采用多层PCB板时，强烈建议不要让这些走线交叉。

有关各部分的详细情况见下一页。

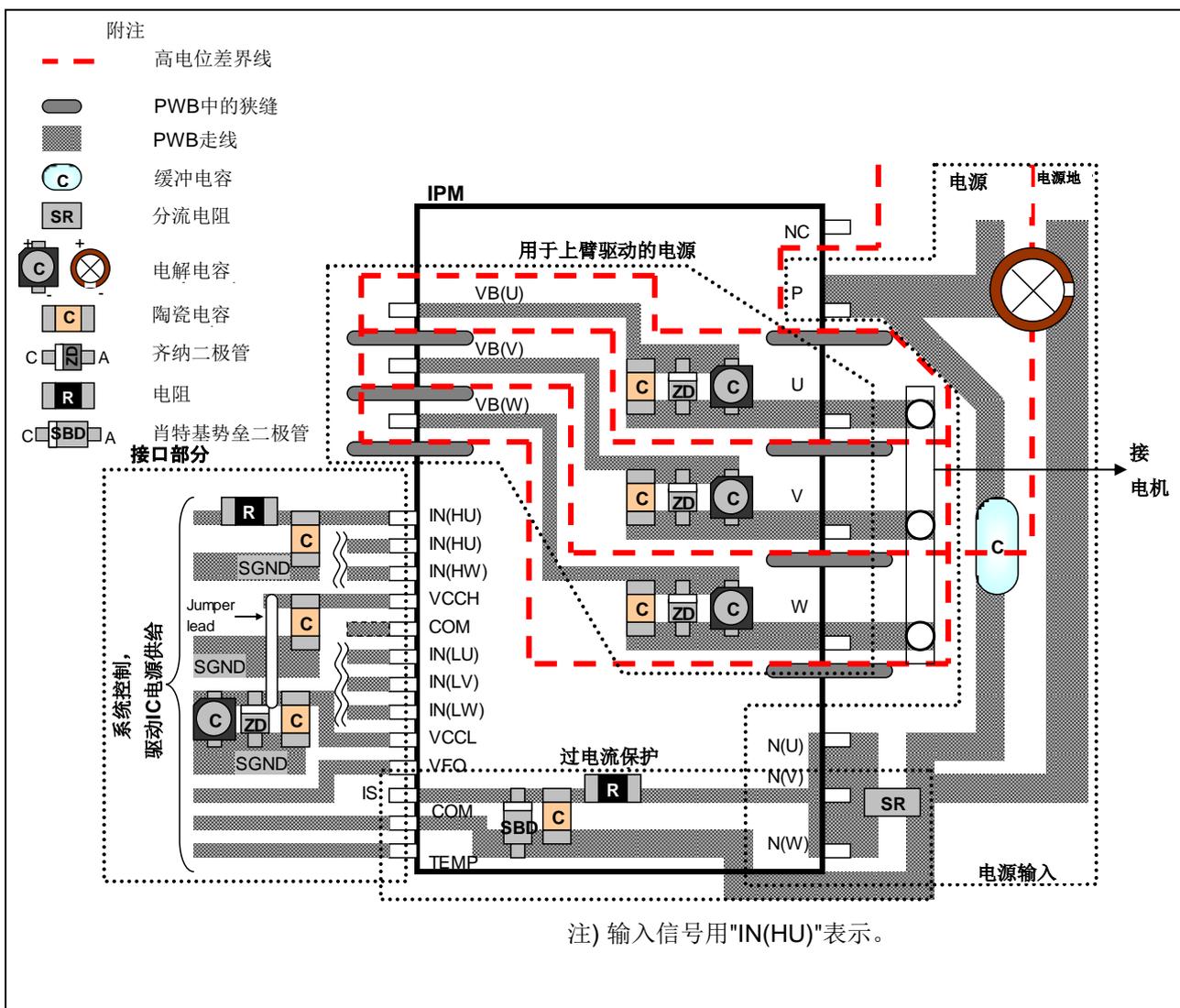
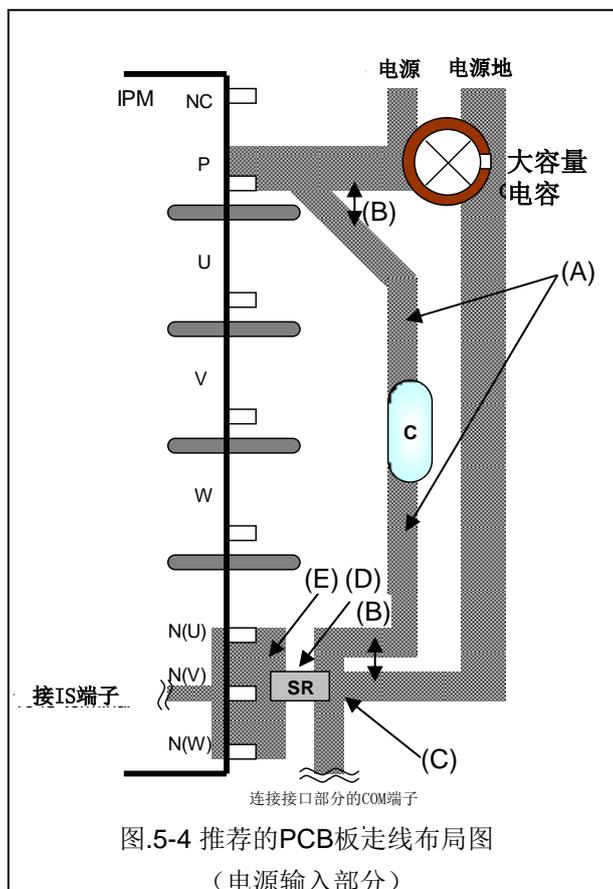


图.5-3推荐的PCB板走线布局概念图

(IPM周围的整体设计)

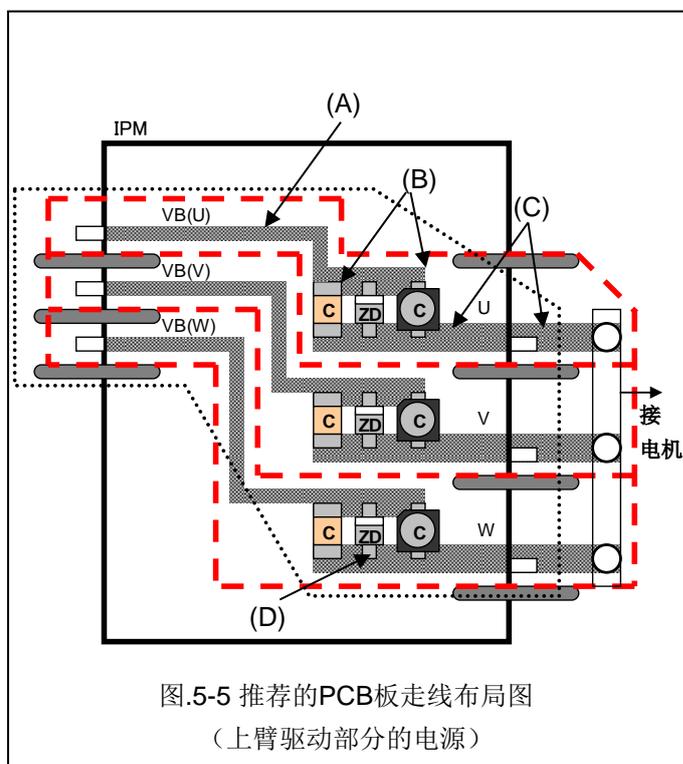
2.2 电源输入部分

- (A) 应尽量将缓冲电容靠近置于P端子和分流电阻负极之间。缓冲电容和P端子、分流电阻之间的接线应尽可能短，以避免走线电感的影响。
- (B) 在P端子和分流电阻附近，应将大容量电容组的走线与缓冲电容的走线相互分开。
- (C) 电源接地的走线和来自COM端子的走线应采用单点接地方式与分流电阻尽可能短的线相连。
- (D) 分流电阻应选择低感抗型。
- (E) N(U),N(V),N(W) 和分流电阻之间的走线越短越好。



2.3 用于上臂驱动部分的电源

- (A) VB(U,V,W)端子和其它元器件(陶瓷电容、电解电容和齐纳二极管)的走线长度越短越好，以避免走线电感的影响。
- (B) 请注意根据应用情况使用适合的电容。特别强调的是，请将陶瓷电容或低ESR电容置于靠近 VB(U,V,W) 端子的位置。
- (C) 至电动机输出的走线和至VB(U,V,W)电容负极的走线应互相分开，在U, V和W端子最近处分开，以避免这些走线的共模阻抗导致故障。
- (D) 如果VB(U)和电源的地（或相同电势）端子之间寄生电容较大，IGBT在开通和关断时的高dV/dt的影响下，VB(U)和U端子之间的电压有可能过大或不足。因此，建议在VB(U)和U端子之间，靠近VB(U)端子处安装齐纳二极管。(VB(V), VB(W)也与VB(U)相同。)

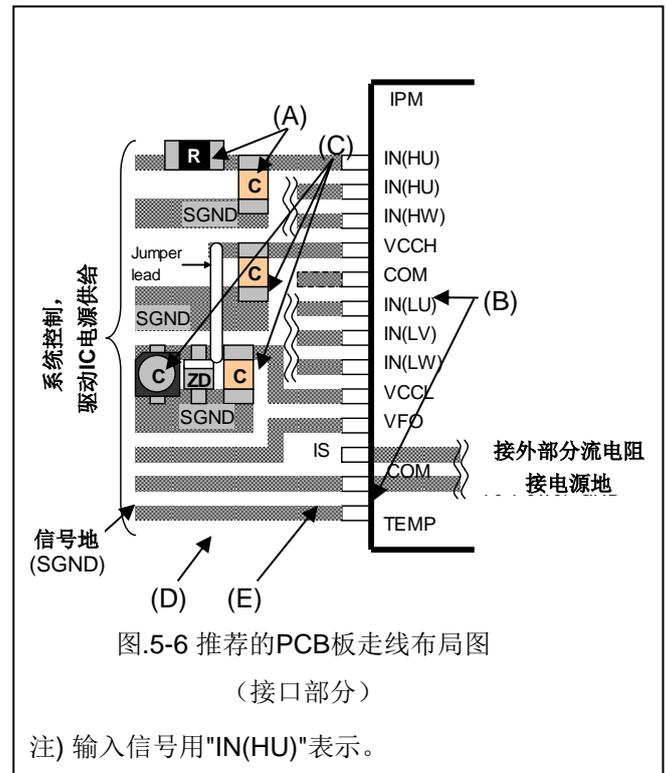


2.4 接口部分

(A) 上臂驱动电源部分等造成的噪音干扰不可忽略时，建议在输入信号和COM走线之间插入一个电容。电容的负极应在尽量靠近控制信号地处连接COM端子。

如果已插入滤波电阻或电容，请考虑此IPM中的内部下拉电阻，并在实际系统中确认信号电平。

- (B) IPM有两个COM端子。这两个端子在IPM内部相连，因此必须使用其中之一。
- (C) VCCL和COM走线、VCCH和COM走线之间应连入电解电容和陶瓷电容，并尽量靠近每个端子。
- (D) 来自TEMP端子的输出信号线应与控制信号接地平行，以抑制干扰的影响。
- (E) 来自系统控制信号接地的走线和来自COM端子的走线应在一个接地点相连，并应可能靠近COM端子。



2.5 过电流保护电路部分

图.5-1和图.5-2显示了两种过电流的检测和保护的方法

分别是 "三相同时电流检测型" (图.5-7 (a))和"三相分别电流检测型" (图.5-7 (b)).

在图.5-7 (a)中

- (A) 分流电阻接地端和COM端子之间的走线非常重要。它不仅是内部控制IC的参照零值，同时还相当于上臂IGBT自举充电电流的路径及下臂IGBT门极驱动电流的路径。因此，该走线应尽量短以尽可能减小共模阻抗的影响。
- (B) IS信号走线应尽可能短，以避免过电流保护电平的波动和误动作。
- (C) 需要在IS信号之间插入RC滤波器，以防止在开关时检测出错。RC滤波器的电容的负极应连接至最接近COM端子的控制信号的地。
- (D) 如果在开关动作时IS端子上印加负电压时，应在IS端子和COM端子之间或在与分流电阻并列的位置插入一个肖特基势垒二极管。

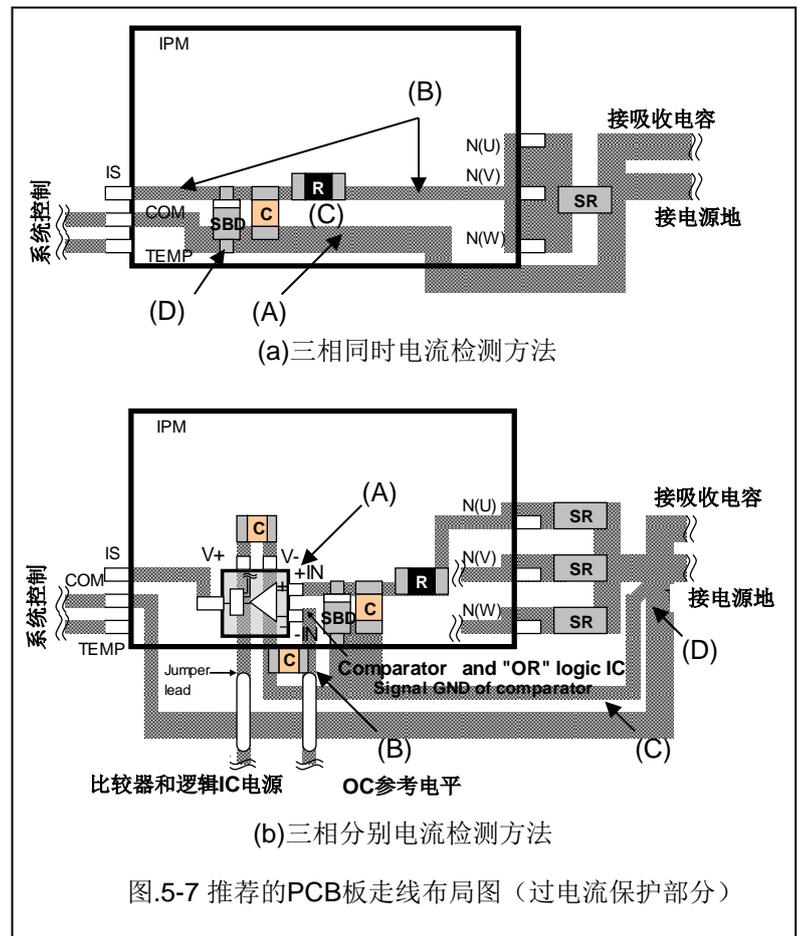


图.5-7 推荐的PCB板走线布局图（过电流保护部分）

在图.5-7 (b)中

- (A) 请使用高速比较器和逻辑IC来快速检测过电流状态。
- (B) 输入到比较器的参考电平应通过电容连接至控制信号的地，而且距离比较器越近越好。
- (C) COM端子的接地信号走线和比较器的接地信号走线应相互分开。
- (D) 来自COM的接地信号的走线和来自比较器的接地信号的走线应在一个接地点相连，并应尽量靠近分流电阻的负极。
- (E) 其它注意事项和推荐布局与图.5-7 (a)所示相同。关于确定电路参数的更多详细情况，请参见第4章第2节。

第6章

安装指南和热系统设计

内容	页码
1. 焊接至PCB板的方法	6-2
2. 散热片的安装方法	6-3
3. 冷却器（散热器）选择	6-4

1.焊接至PCB板的方法

1.1 焊接

- (1) 焊接时温度可能会超过设备的最高耐温额定值。为避免器件损坏，并确保可靠性，请在下述的温度以下进行焊接。

表6.1焊接温度和时长

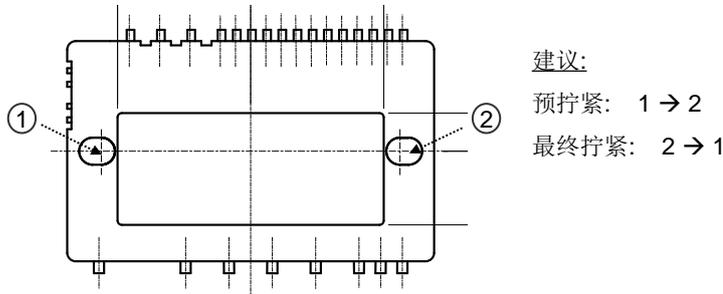
	方法	焊接温度和时长	注
a	浸焊/烙铁焊	260±5℃，10±1秒	
b	浸焊/烙铁焊	350±10℃，3.5±0.5秒	

- (2) 端子的浸入深度应距元件1.5mm以上。进行回流焊时，注意避免将整个封装浸入金属焊锡槽中。
- (3) 去除焊料并从电路板拆下后，建议不要重新使用。去除焊料时，拆下的器件可能无法承受热量或机械应力从而造成损坏。

2. 散热片的安装方法

安装方法和基本注意事项

将IPM安装至散热片时，请参照如下推荐的加固顺序。如果加固用转矩过大，可能导致芯片损坏或者劣化。



注意) 预拧紧转矩为最大额定转矩的30%。

图.6-1推荐的螺丝拧紧顺序

图.6-2 所示为散热片平坦度的测量位置。将散热片表面粗糙度精整至 $10\mu\text{m}$ 以内。两螺丝孔之间平坦度(弯曲度)为0至 $+100\mu\text{m}$ 之间。

如果散热片表面有凹坑的话，散热片与IPM之间会出现间隙，造成冷却效果下降。

如果平坦度比 $+100\mu\text{m}$ 更大的话，IPM的铝底板会变形，导致内部绝缘基板会出现开裂。

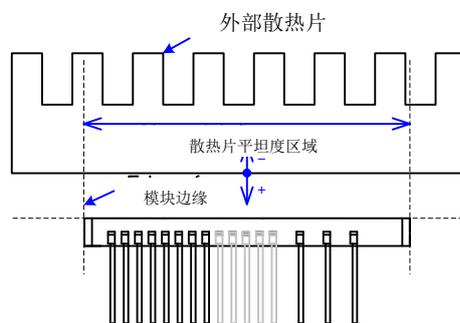


图.6-2 散热片平坦度的测量位置

为有效散热，在元件与散热片的接触表面上，均匀涂抹具有良好导热性能的 $+50\mu\text{m}$ 左右的散热硅脂。关于涂抹位置和涂抹量，参见以下内容。

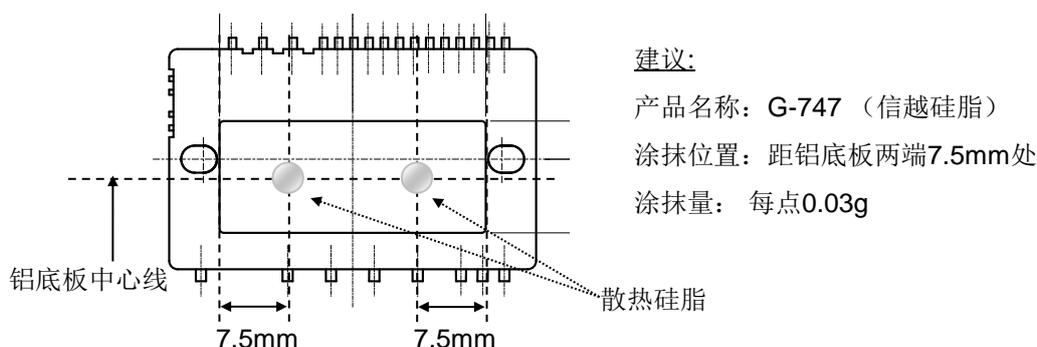


图.6-3 推荐的涂抹位置和涂抹量

3.冷却器（散热器）选择

- 为实现IGBT的良好运行，确保结温 T_j 不超过 T_{jmax} 。即使在异常状态下（如过载操作） T_j 也一直不超过 T_{jmax} 能实现正常运行的冷却器(散热器)的设计是必须的。
- 如果IGBT运行温度高于 T_{jmax} ，可能造成芯片损坏。IPM的芯片温度超过 T_j 最大值时，过热保护功能会开启，但是，如果温度上升太快，芯片可能无法受到保护。
- 同样，需注意FWD的芯片温度也不得超过 T_j 最大值。
- 选择冷却器（散热器）时，应直接测量图.2-2中的温度,来确认芯片温度。

具体设计参见第6章第2节和下述文件。

“IGBT 模块应用手册 REH984b”

内容:

- 功耗计算
- 散热片的选择
- 散热片安装注意事项
- 故障排除

第7章

注意事项

内容	页码
1. 其它警示信息和注意事项.....	7-2
2. 申明	7-3

1.其它警示信息和注意事项

操作和拿取的警示信息

- (1) 本IPM只能在产品的绝对最大额定值（电压、电流、温度等）内使用。超出额定值可能会导致IPM破损。
- (2) 含有此IPM的设备应具备完备的保险丝或断路器以防止设备造成次生破坏（如火灾、爆炸等等）。
- (3) 在某些环境和条件下，应在此IPM的可靠性和使用寿命内使用。如果在某些可靠性条件下使用，IPM可能无法达到预期的使用寿命前芯片就发生了损坏。
- (4) 拿取IPM时注意不要造成ESD损坏。（这一点十分重要）。
- (5) 拿取IPM时，应抓住IPM的外壳，不要触碰引线和端子。
- (6) 建议IPM的所有拿取操作都在接地的导电地面和垫板上进行。
- (7) 触碰IPM之前，通过一个高阻抗电阻（约1M Ω ）释放身体和衣服上的所有静电。
- (8) 焊接时，为保护IPM不受静电影响，应通过一个低阻抗电阻将焊铁或焊锡槽接地。
- (10) 不仅要考虑到结点和壳体的升温，还要考虑外部引线的升温。
- (11) 通电状态下或运行期间，不要直接触碰IPM的引线或外壳，以防止电击和烧伤。
- (12) IPM由难燃材料制成。但IPM出现故障时可能会释放烟雾或火焰。
- (13) 在易燃处或材料附近操作IPM时，如果IPM在操作过程中温度过高，可能会释放烟雾或火焰。在布局时应防止火势蔓延。
- (14) 不得在有酸、有机物质或腐蚀性气体（硫化氢、硫酸气体等）存在的环境中使用IPM。
- (15) IPM不得用于放射性环境中，因为IPM不具有防辐射性。
- (16) 在开短路实验中，如果低压端子接通高电压，IPM内部可能会立即爆炸，将树脂外壳炸开。因此应在设计中，确保开短路测试过程中不会将低压端子接入高电压，并使用保险丝，以免造成事故和爆炸伤害。

储存注意事项

- (1) IPM应储存在标准温度5至35 $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度45至75%的环境中。如果储存区域过于干燥，可配备加湿器。但是，只能使用纯水或煮沸过的水加湿，因为自来水中的氯有可能腐蚀引线。
- (2) IPM周围温度不宜变化过快，以免在IPM表面结露。因此，应将IPM存放在一个温度相对稳定的位置。
- (3) IPM不能叠放，否则可能会导致壳体受力过大。
- (4) IPM存放时，应将引线端子保持原样。锈蚀可能会在拿取过程中对已焊接好的接点造成损坏。
- (5) IPM应存放在抗静电的容器或装运袋中。
- (6) 在满足上述储存条件下，储存的IPM应在一年内使用。

申明

- (1) 由于产品规格变更或其它原因，本说明书内容会发生相应变更，恕不另行通知。如果使用的是本资料所介绍产品，富士电机将提供最新产品规格，并对产品数据进行核对。
- (2) 本节中的应用举例陈述的是富士产品的典型使用案例，不保证执行包括其它权利在内的工业产权，也不授予许可。
- (3) 富士电机株式会社始终致力于提升产品质量和可靠性。但是，半导体产品仍存在一定的故障概率。为确保安全，应采取如冗余设计、防火焰蔓延设计、故障保护设计等措施，以免因火灾而导致身体伤害、财产损失或造成社会危害。
- (4) 本附注中介绍的产品旨在用于以下可靠性要求一般的电子和电气设备。
 - 压缩机变频器 · 室内空调用风扇电机变频器
 - 热泵用压缩机变频器
- (5) 如果将说明书中的半导体用于如下可靠性较高的设备中，应与富士电机株式会社联系以得到事先许可，并在使用时，采取适当的安全措施（如备用系统），以防止产品发生故障时，其所在设备出现异常。
 - 交通设备（安装于交通工具和轮船上） · 干线通信设备 · 交通信号控制设备
 - 具有自动关闭功能的气体泄漏检测器 · 灾害预防/安全设备 · 安全设备 · 工业机器人等
- (6) 不得将本应用说明中的产品用作对可靠性要求极高的设备，如：
 - 太空设备 · 空运设备 · 原子控制设备 · 海底中转设备 · 医疗设备
- (7) 富士电机株式会社保留所有权利，未经的书面许可，不得对本说明书的任何部分进行复制。
- (8) 如对本操作说明书存在任何疑问，请咨询富士电机株式会社或销售代理。因未遵循上述说明书使用产品而导致的伤害或损坏，富士电机株式会社及代理概不负责。

改版记录

修改	日期	项目 (修改点)	作成	检查	承认
1.0	2013.5.30	初版发行(初版)	S.Tezuka	T.Yamada	H.Ota
1.1	2013.7.3	ton, td(off), 开关波形修改	S.Tezuka	T.Yamada	H.Ota