

IGBT 智能功率模块
Small IPM P642 系列
6MBP**XT*065-50

应用手册

注意事项

该产品手册的内容（产品规格、特性、数据、材料和结构等）是截至2023年4月的内容。此内容可能会因产品的规格变更或其他原因而随时变更，恕不另行通知。使用该手册中记载的产品时，请获取最新的产品规格书并确认相关数据。

本资料中所描述的应用示例是对使用富士电机半导体产品的代表性应用示例的说明，并非对工业所有权和其他权利的实施予以保证，或是承诺实施权。

富士电机株式会社将不断提高产品的品质和可靠性。但是，半导体产品仍有可能发生故障。请采取冗余设计、防止火灾蔓延设计、防止误动作设计等确保安全的措施，防止因富士电机半导体产品故障而导致人身事故，引发火灾等造成财产损失或者造成社会性损失。

本资料中记载的产品，以用于要求普通可靠性的以下电子设备和电气设备为目的制造而成。

- 压缩电机逆变器
- 家用空调
- 热泵用压缩电机逆变器 等

如您想要将本资料中记载的产品用于以下需要具有特别高可靠性的设备中，请事先与富士电机株式会社联系，并取得同意。如要将本资料中记载的产品用于这些设备，需要采取适当的措施确保安全，如备份系统等，这样即使安装在其中的富士电机半导体产品发生故障，设备也不会发生误动作。

- 运输设备（车载，船舶等）
- 干线用通信设备
- 交通信号设备
- 煤气泄漏检测及断路器
- 防灾 / 防盗装置
- 用于确保安全的各种装置

对于要求极高可靠性的以下设备以及属于战略物资的设备，请勿使用本资料中记载的产品。

- 航天设备
- 航空设备
- 核能控制设备
- 海底中转设备
- 医疗设备

如要转载复制本资料的部分或全部内容，必须取得本公司的书面同意。

关于本资料的内容，如有不明之处，请在使用产品前咨询富士电机株式会社或者其销售店。因未遵守本注意事项的指示而导致的任何损失，富士电机株式会社及其销售店概不负责。

目录

第1章 产品概述	1-1
1. 产品简介	1-2
2. 产品系列	1-5
3. 产品型号名称	1-6
4. 标记规格的定义	1-7
5. 封装尺寸图	1-8
6. 最大额定值	1-9
第2章 引脚符号和术语说明	2-1
1. 引脚符号说明	2-2
2. 术语说明	2-3
第3章 控制功能的说明	3-1
1. 控制电源 VCCH, VCCL, COM 引脚	3-2
2. 上桥驱动电源 VB(U,V,W) 引脚	3-6
3. 内置自举电路功能和自举二极管 (BSD)	3-9
4. PWM 信号输入 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW)	3-14
5. 过电流保护检测功能 IS 引脚	3-17
6. 报警输出功能 VFO, CFO 引脚	3-19
7. 温度输出功能 TEMP 引脚	3-21
8. 过热保护功能	3-23
第4章 功率引脚的说明	4-1
1. 母线电压输入引脚与下桥 IGBT 发射极的连接方式	4-2
2. 过电流保护	4-3
3. 过电流保护用外部采样电阻的设置方法	4-5
第5章 推荐的布线方式和布局	5-1
1. 应用电路示例	5-2
2. PCB 设计推荐和注意事项	5-6

目录

第6章 安装指南和散热设计	6-1
1. 焊接至 PCB 板的方法	6-2
2. 散热器的安装方法	6-2
3. 冷却器选择	6-3
第7章 注意事项	7-1
1. 使用注意事项	7-2
2. 储存注意事项	7-3

第1章 产品概述

1. 产品简介	1-2
2. 产品系列	1-5
3. 产品型号名称	1-6
4. 标记规格的定义	1-7
5. 封装尺寸图	1-8
6. 最大额定值	1-9

本说明书旨在对“Small IPM P642系列”富士 IGBT-IPM 进行介绍。

内容包括：

- 模块产品概览。
- 引脚符号和术语说明。
- 控制引脚和功率引脚的详细说明和设计指南。
- 提供推荐的布线和布局、安装指南。

1. 产品简介

<产品概要>

- 用于压缩机和室内空调风扇变频器的IGBT模块，随着对节能和设备小型化·轻量化的需求增加而快速发展。
- IGBT有望在未来进一步发展成为兼具功率MOSFET的高速开关性能和双极型晶体管的高压大电流处理能力的器件。
- 其中IPM (Intelligent Power Module) 采用三相IGBT逆变桥配置，并在IGBT模块中内置栅极驱动电路和保护电路。

<产品概念>

- 第七代 IGBT 技术实现低损耗，实现高效节能。
- 短时间 $T_{vjmax}=175^{\circ}\text{C}$ 和连续工作最高结温 $T_{vjop}=150^{\circ}\text{C}$ ，可实现更高的输出电流。
- 更高的短路保护检测精度有助于扩大过载运行范围。
- 产品规格：650V/50A,75A。
- 通过改善集电极-发射极的饱和压降 $V_{CE(sat)}$ 和开关损耗之间的平衡，从而降低了总损耗。

<内部电路>

- 内置最优设计的驱动电路用于驱动IGBT。
- 包含内置驱动电路在内的电路图如图1-1所示。
- 上桥的控制 IC 内置高压电平转换电路 (HVIC)。
- 该 IPM 可通过微处理器直接驱动上下桥。输入信号电位为3.3V或5.0V。
- 因为内部驱动电路与 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 IPM 内置自举二极管(BSD)，所以上桥驱动无需使用其他隔离电源。

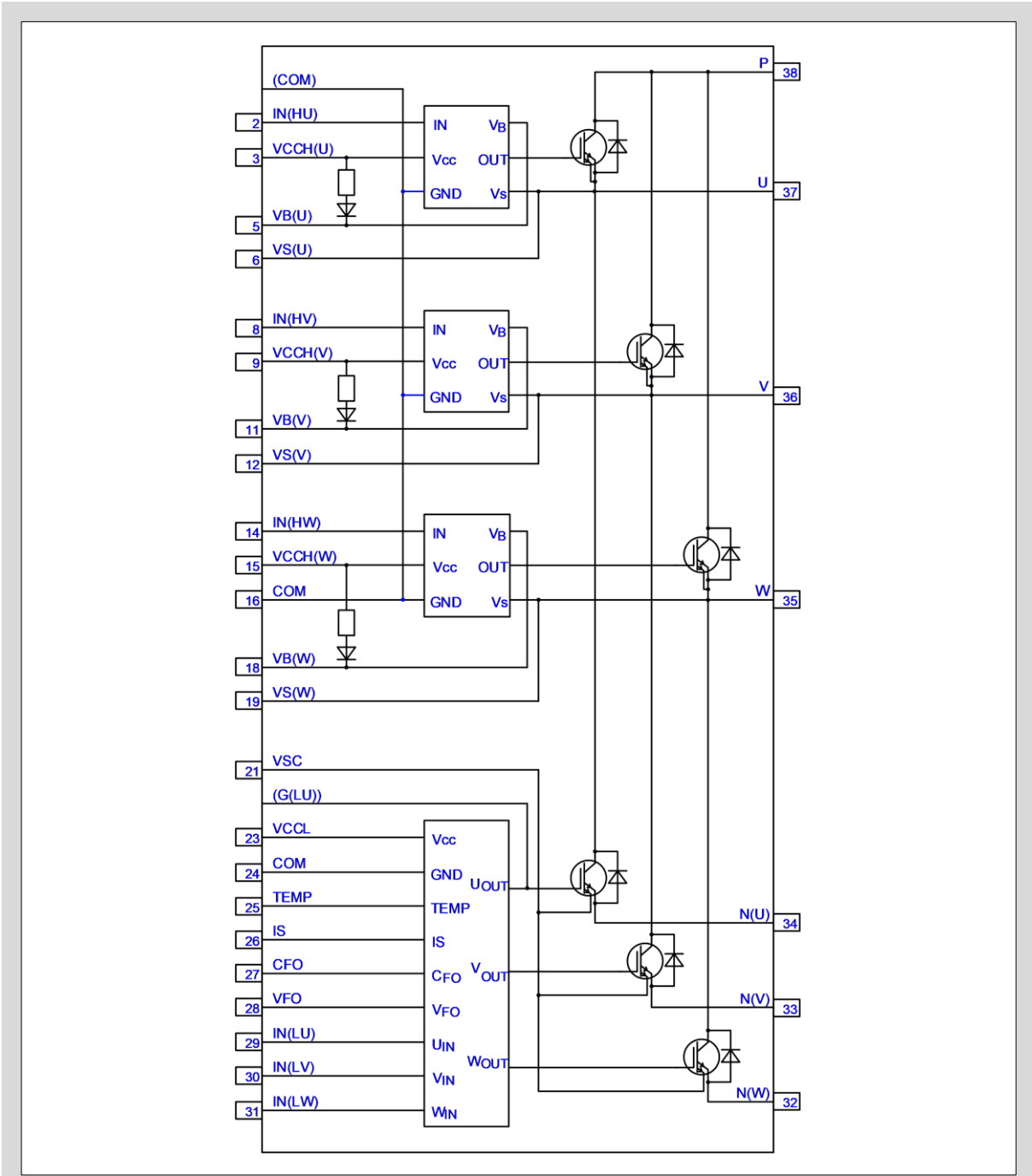


图1-1 内部电路图

<内置保护电路>

- 该 IPM 内置以下保护电路：
 - (OC) : 过电流保护
 - (UV) : 欠压保护功能
 - (LT) : 温度传感器输出功能
 - (OH) : 过热保护功能 (仅限部分产品)
 - (FO) : 报警输出功能
- 过电流保护电路功能可防止在负载短路或桥臂短路时由于过电流引起的 IGBT 损坏。该保护电路采用传感电流方式和外部采样方式, 同时也可以对桥臂短路进行保护。
- 欠压保护电路内置于所有 IGBT 驱动电路, 提供控制电源以及上桥的驱动电源在欠压时的保护。
- 过热保护电路内置于下桥的控制 IC (LVIC), 防止 IPM 发生过热。
- 温度传感器输出功能可以将检测出的温度变化转换成模拟电压输出 (内置于 LVIC)。
- 报警输出功能向外部输出报警信号, 在 IPM 检测到异常信号时, 通过向微处理器 (MPU) 输出报警信号, 从而安全地关闭系统。

<小型封装>

- 本产品封装采用铝绝缘底板, 散热性能好。
- 控制引脚的间距为2.54mm。
- 功率引脚的间距为10mm。

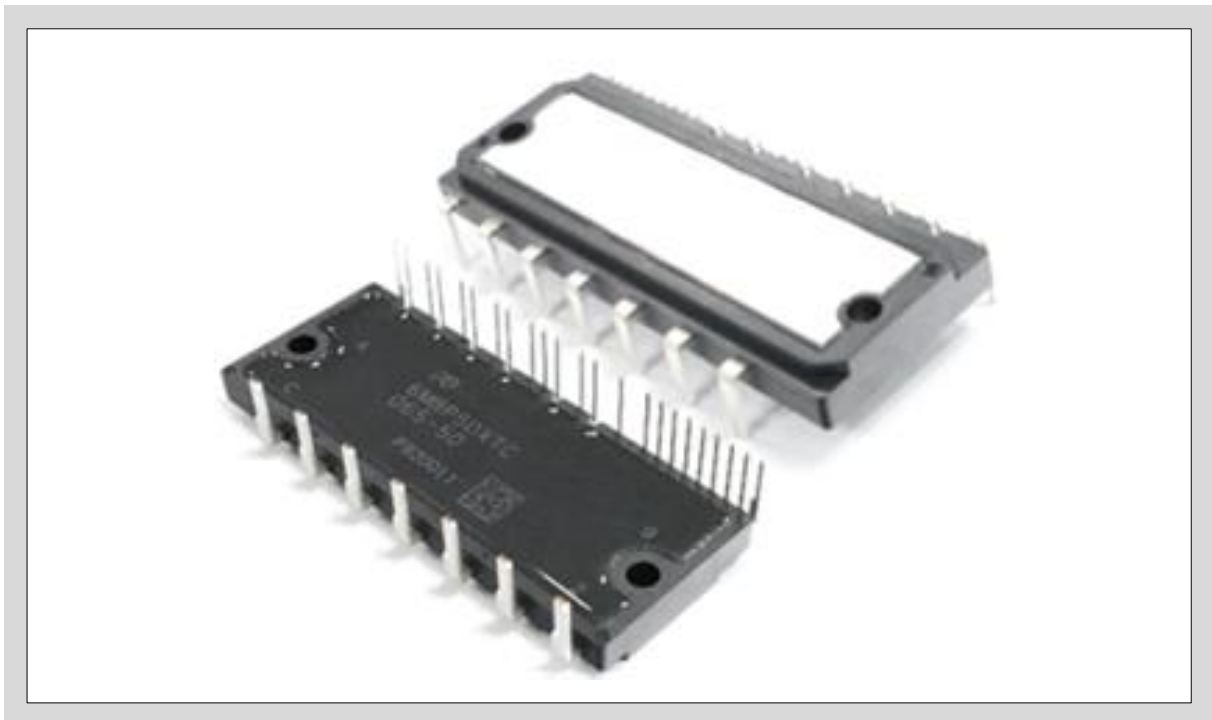


图1-2 外观图

2. 产品系列

表 1-1 产品系列

型号名称	IGBT 额定值		绝缘电压 [Vrms]	类型 *1
	电压 [V]	电流 [A]		
6MBP50XTA065-50	650	50	2500Vrms 正弦波 60Hz, 1min. (所有引脚短接和外壳之间)	LT
6MBP50XTC065-50				LT OH
6MBP75XTA065-50		75		LT
6MBP75XTC065-50				LT OH

*1 LT: 温度传感器输出
 OH: 过热保护

3. 产品型号名称

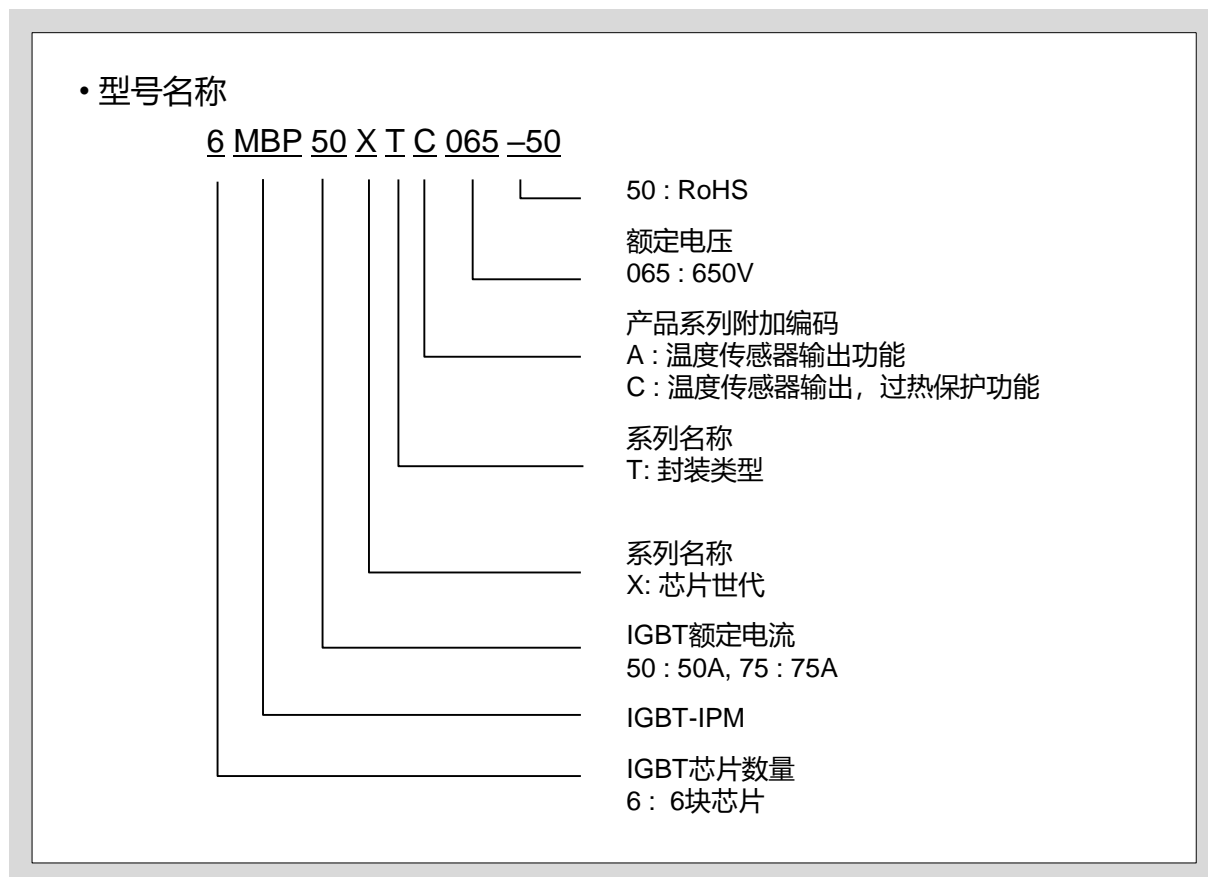


图1-3 产品型号名称

4. 标记规格的定义

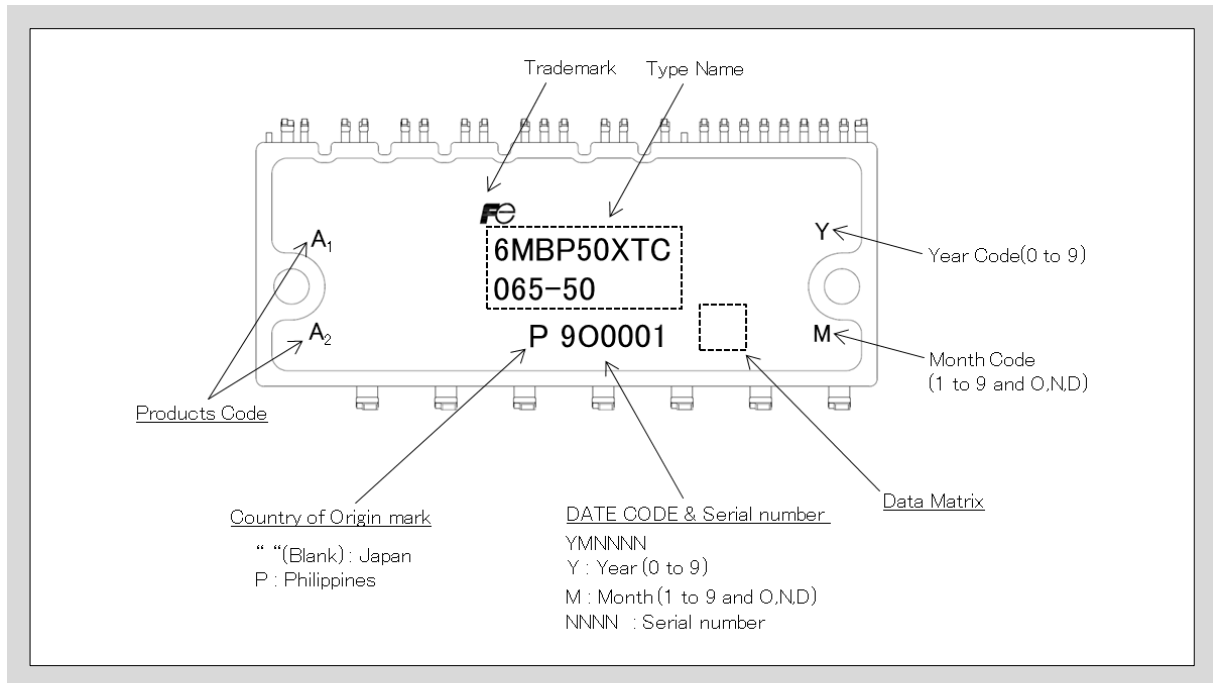
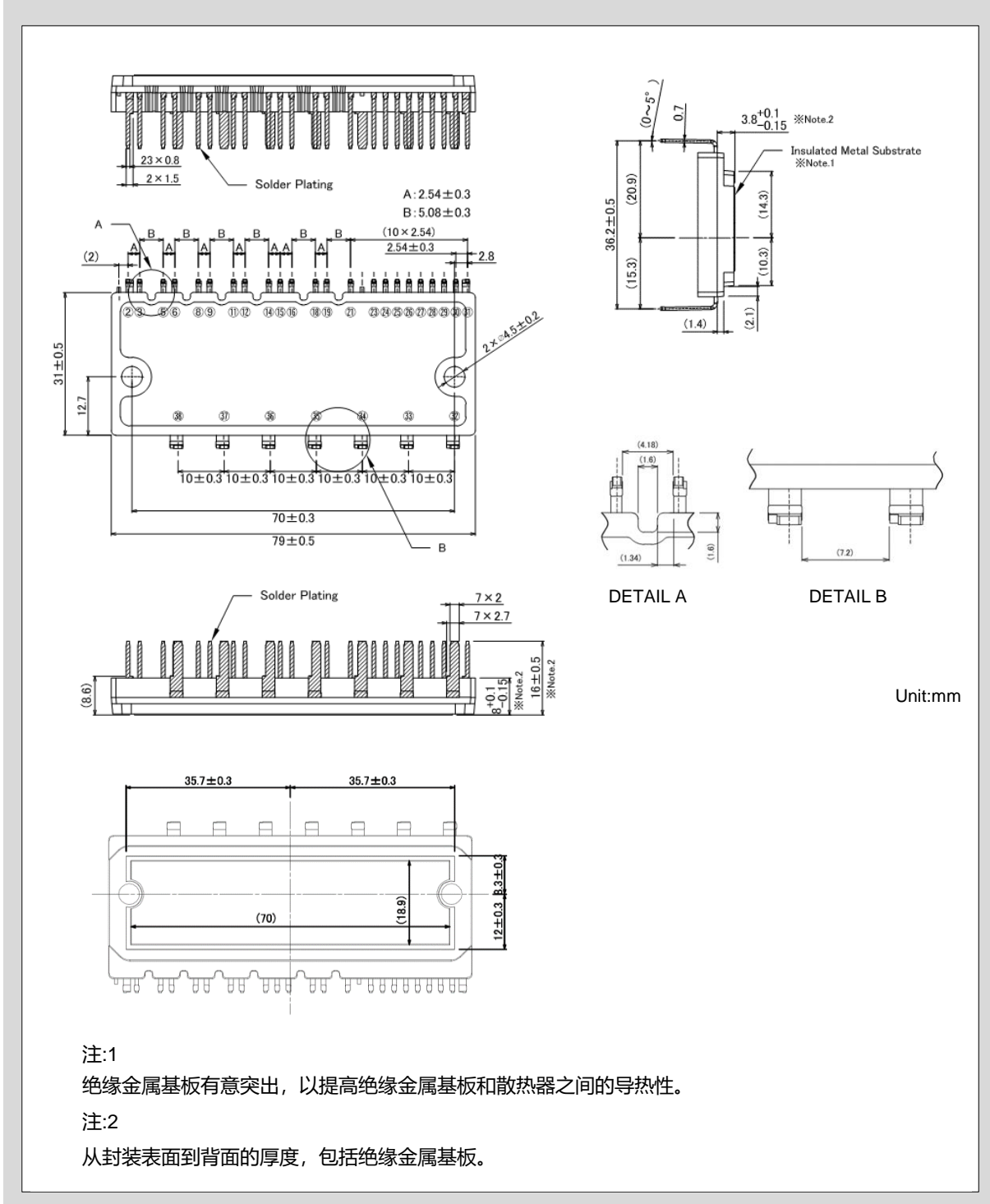


图1-4 标记规格

表1-2 Product code

型号	产品代码	
	A ₁	A ₂
6MBP50XTA065-50	A	A
6MBP50XTC065-50	A	C
6MBP75XTA065-50	B	A
6MBP75XTC065-50	B	C

5. 封装尺寸图



Unit:mm

图1-5 外壳外形图

6. 最大额定值

6MBP50XTA065-50 的最大额定值示例如表格 1-3和表1-4。

表1-3 逆变部分的最大额定值 ($T_{vj}=25^{\circ}\text{C}$, $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}^{*1}=15\text{V}$, $V_{B(\ast)}=15\text{V}$, 注明时除外)

项目	符号	额定值	单位	描述
直流母线电压	$V_{DC(\text{terminal})}$	450	V	允许 P-N(U),N(V),N(W) 引脚之间印加的直流电压。请参照图1-5。
直流母线电压 (浪涌)	$V_{DC(\text{Surge,terminal})}$	500	V	在开关时允许印加在P-N(U), N(V), N(W) 引脚之间浪涌电压的峰值。请参照图1-5。
集电极-发射极电压	$V_{CE(\text{chip})}$	650	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。请参照图1-5。
集电极电流	I_C	50	A	IGBT 芯片允许流过的最大集电极电流 $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ ^{*2} 。
集电极电流峰值	I_{CP}	100	A	IGBT 芯片允许流过的最大脉冲集电极电流 $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ ^{*2} 。
二极管的正向电流	I_F	50	A	FWD 芯片允许流过的最大正向电流 $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ ^{*2} 。
二极管的正向电流峰值	I_{FP}	100	A	FWD 芯片允许流过的最大脉冲正向电流 $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ ^{*2} 。
IGBT 功耗	P_{D_IGBT}	132	W	一个 IGBT 元件的最大功耗 $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ 。
FWD 功耗	P_{D_FWD}	89	W	一个 FWD 元件的最大功耗 $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ 。
安全保护直流母线电压 (上下桥短路)	$V_{DC(\text{sc})}$	400	V	当内置 IGBT 短路或处于过流状态时, 可以通过 IPM 的保护功能安全关闭IGBT 的最大电源电压。请参照图1-5。
逆变部的最高结温	T_{vj}	175	$^{\circ}\text{C}$	IGBT 芯片和 FWD 芯片的最高结温。 ^{*3}
逆变部的工作结温	T_{vjop}	-40 ~ +150	$^{\circ}\text{C}$	连续工作时 IGBT 和 FWD 芯片的结温。 ^{*3}

^{*1} V_{CC} 是 VCCH(U,V,W)-COM 引脚, VCCL-COM 引脚之间的印加电压。

^{*2} 脉冲宽度和周期会由于 T_{vjmax} 而被限制。

^{*3} 连续工作时最高的结温是 $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ 。工作温度必须低于 $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ 。

$T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ 以上连续动作的时候, 功率循环耐量等可靠性可能会大幅降低设计寿命。

表1-4 控制部分的最大额定值 ($T_{vj}=25^{\circ}\text{C}$, $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}=15\text{V}$, $V_{B(*)}=15\text{V}$, 注明时除外)

项目	符号	额定值	单位	描述
上桥控制电源电压	$V_{CCH(U)}$ $V_{CCH(V)}$ $V_{CCH(W)}$	-0.5 ~ 20	V	允许印加于 $V_{CCH(U)-COM}$, $V_{CCH(V)-COM}$, $V_{CCH(W)-COM}$ 引脚之间的电压。
下桥控制电源电压	V_{CCL}	-0.5 ~ 20	V	允许印加于 $V_{CCL}-COM$ 引脚之间的电压。
上桥驱动电源电压	$V_{VB(U)-COM}$ $V_{VB(V)-COM}$ $V_{VB(W)-COM}$	-0.5 ~ 670	V	允许印加于 $VB(U)-COM$, $VB(V)-COM$, $VB(W)-COM$ 引脚之间的电压。
上桥驱动电源电压 (上桥 IGBT 驱动)	$V_{B(U)}$ $V_{B(V)}$ $V_{B(W)}$	-0.5 ~ 20	V	允许印加于 $U-VB(U)$, $V-VB(V)$, $W-VB(W)$ 引脚之间的电压。
上桥偏置电压	V_U V_V V_W	-5 ~ 650	V	允许印加于 $U-COM$, $V-COM$, $W-COM$ 引脚之间的电压。 ^{*4}
输入引脚电压	V_{IN}	-0.5 ~ $V_{CCH}+0.5$ -0.5 ~ $V_{CCL}+0.5$	V	允许印加于 $IN(HU)-COM$, $IN(HV)-COM$, $IN(HW)-COM$, $IN(LU)-COM$, $IN(LV)-COM$, $IN(LW)-COM$ 引脚之间的电压。
输入引脚电流	I_{IN}	3	mA	$IN(HU)-COM$, $IN(HV)-COM$, $IN(HW)-COM$, $IN(LU)-COM$, $IN(LV)-COM$, $IN(LW)-COM$ 引脚之间的电流。
报警输出引脚电压	V_{FO}	-0.5 ~ $V_{CCL}+0.5$	V	允许印加于 COM 和 V_{FO} 引脚之间的电压。
报警输出引脚电流	I_{FO}	1	mA	从 V_{FO} 流向 COM 引脚的漏电流。

(接下一页)

^{*4} 请在 $VB(U)-U$, $VB(V)-V$, $VB(W)-W$ 引脚之间印加13.0V以上的电压。

如果上桥偏置电压未满足-5V, IPM 可能会发生误动作。

(接上一页)表1-4 控制部分的最大额定值 ($T_{vj}=25^{\circ}\text{C}$, $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}=15\text{V}$, $V_{B(*)}=15\text{V}$, 注明时除外)

项目	符号	额定值	单位	描述
报警输出脉冲宽度设定 引脚电压	V_{CFO}	-0.5 ~ 5.0	V	CFO-COM 引脚之间的允许电压 ^{*5} 。
报警输出脉冲宽度设定 引脚电流	I_{CFO}	-0.05 / 3	mA	CFO-COM 引脚之间的允许电流 ^{*5} 。
过电流检测输入引脚电压	V_{IS}	-0.5 ~ $V_{CCL}+0.5$	V	允许印加于 IS-COM 引脚间的电压。
温度传感器输出引脚电压	V_{TEMP}	-0.5 ~ 5.0	V	允许印加于 TEMP-COM 引脚之间的电压。
温度传感器输出引脚电流	I_{TEMP}	-0.05 / 3	mA	从 TEMP 流向 COM 引脚的漏电流。
下桥传感器电流检测 引脚电压	V_{VSC}	-0.5 ~ $V_{CCL}+0.5$	V	VSC-COM 引脚之间的允许电压 ^{*6} 。
下桥传感器电流检测 引脚电流	I_{VSC}	-20	mA	VSC-COM 引脚之间的允许电流 ^{*6} 。
工作结温(控制回路)	T_{vj}	150	$^{\circ}\text{C}$	控制电路的结温。
工作时外壳温度	T_c	-40 ~ +125	$^{\circ}\text{C}$	工作时外壳温度 (IGBT 或 FWD 正下方的铝底板温度)。
存储温度	T_{stg}	-40 ~ +125	$^{\circ}\text{C}$	没有电力负载时, 储存或运输的环境温度范围。
绝缘电压	V_{isol}	AC 2500	Vrms	当所有的引脚同时短接时, 引脚和散热片之间印加的正弦电压的最大有效值 (正弦波=60Hz / 1min)。

*5 因为 CFO 是输出引脚, 所以请不要从外部印加电压和电流。CFO-COM 引脚之间只连接指定的电容。

*6 因为 VSC 是输出引脚, 所以请不要从外部印加电压和电流。VSC-COM 引脚之间只连接指定的电阻。

<集电极-发射极电压的绝对最大额定值>

在绝对最大额定值中，关于 IGBT 的集电极-发射极电压有以下补充说明。在本产品工作中，P 和 N(U, V, W) 之间的电压通常印加于1相的上桥或下桥的 IGBT。因此，印加于 P 和 N(U, V, W) 之间的电压不得超过 IGBT 的最大额定值 V_{CEs} 。关于最大额定值中集电极-发射极电压，请参考以下内容。

$V_{CE(chip)}$: 本产品内部的 IGBT, FWD 的芯片耐压。由于难以直接测试，所以请在绝对最大额定值内设定 $V_{DC(terminal)}$ 、 $V_{DC(Surge, terminal)}$ 即 P-N 引脚间电压。

$V_{DC(terminal)}$: 直流母线直流电源电压 (P-N(U, V, W) 引脚间电压)。

$V_{DC(Surge, terminal)}$: 允许在直流母线 P-N(U, V, W) 引脚之间所印加的由于开关等引起的浪涌电压。

- 图1-5 表示短路，关断和反向恢复情况下的波形。各种情况下的 $V_{DC(Surge, terminal)}$ 是不同的。因此， $V_{DC(terminal)}$ 在设定时需要考虑以上情况。
- $V_{CE(chip)}$ 表示本产品内部的 IGBT 集电极-发射极电压的最大额定值。 $V_{DC(Surge, terminal)}$ 考虑了本产品中的导线电感所产生的浪涌电压的裕量。
- 此外， $V_{DC(terminal)}$ 还需考虑由于 P-N(U, V, W) 引脚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。

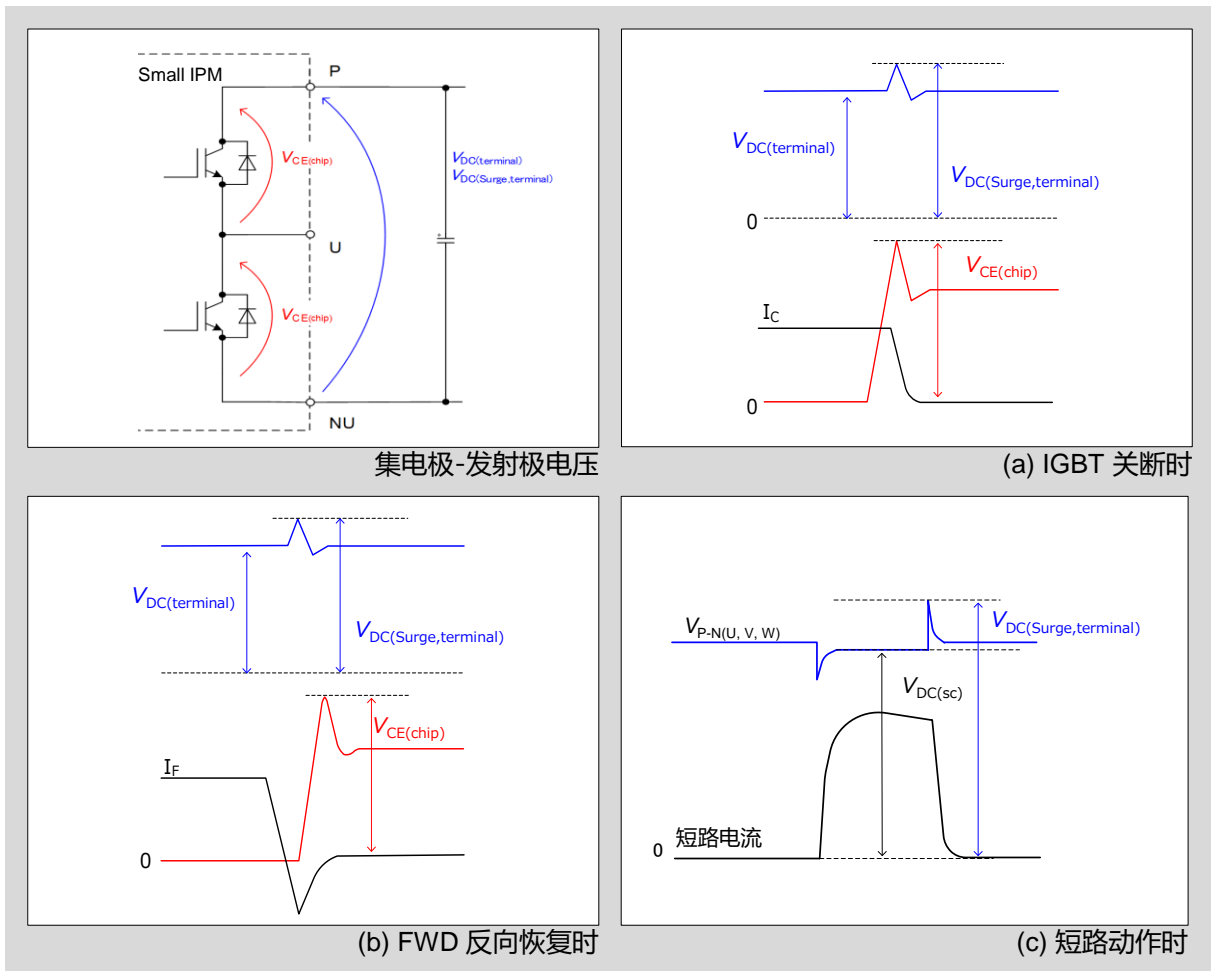


图1-6 集电极-发射极电压

第2章 引脚符号和术语说明

1. 引脚符号说明	2-2
2. 特性项目的术语说明	2-3

1. 引脚符号说明

图2-1, 表2-1 和 表2-2 分别是引脚符号和术语的说明。

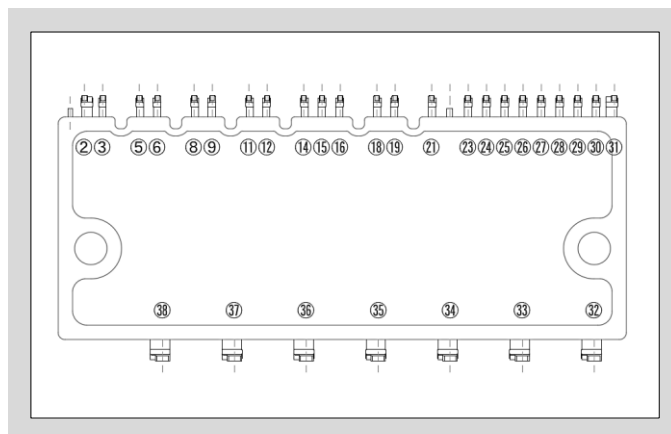


图 2-1 引脚符号

表2-1 引脚符号说明

引脚编号	引脚名称	引脚说明	引脚编号	引脚名称	引脚说明
2	IN(HU)	上桥 U 相的信号输入	24	COM	下桥控制电源地引脚
3	VCCH(U)	上桥 U 相控制电源	25	TEMP	温度传感器输出引脚
5	VB(U)	U 相 IGBT 驱动的上桥偏置电压	26	IS	过电流检测输入引脚
6	VS(U)	上桥 U 相控制电源地引脚	27	CFO	报警输出脉冲宽度设定引脚
8	IN(HV)	上桥 V 相的信号输入	28	VFO	报警输出引脚
9	VCCH(V)	上桥 V 相控制电源	29	IN(LU)	下桥 U 相的信号输入
11	VB(V)	V 相 IGBT 驱动的上桥偏置电压	30	IN(LV)	下桥 V 相的信号输入
12	VS(V)	上桥 V 相控制电源地引脚	31	IN(LW)	下桥 W 相的信号输入
14	IN(HW)	上桥 W 相的信号输入	32	N(W)	主电源(-)母线电压输入 (下桥 W 相 IGBT 发射极)
15	VCCH(W)	上桥 W 相控制电源	33	N(V)	主电源(-)母线电压输入 (下桥 V 相 IGBT 发射极)
16	COM	上桥控制电源通用地引脚	34	N(U)	主电源(-)母线电压输入 (下桥 U 相 IGBT 发射极)
18	VB(W)	W 相 IGBT 驱动的上桥偏置电压	35	W	W 相输出
19	VS(W)	上桥 W 相控制电源地引脚	36	V	V 相输出
21	VSC	下桥传感器电流探测引脚	37	U	U 相输出
23	VCCL	下桥控制电源	38	P	主电源(+)母线电压输入 (上桥 IGBT 集电极)

2. 特性项目的术语说明

表2-2 术语说明 (逆变器电路)

项目	符号	描述说明
集电极-发射极间漏电流	I_{CE}	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-发射极间饱和电压	$V_{CE(sat)}$ (terminal)	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到集电极电流上升至额定值的90%的时间。请参照图2-2.
开通延迟	$t_{d(on)}$	从输入信号电压超过阈值开始到集电极电流上升至额定值的10%的时间。请参照图2-2.
上升时间	t_r	IGBT 开通时集电极电流从上升至额定值的10%到额定值的90%的时间。请参照图2-2.
VCE-IC 开通交叉时间	$t_{c(on)}$	IGBT 开通时集电极电流从上升至额定值的10%开始至 IGBT 的 V_{CE} 电压下降至额定值的10%的时间。请参照图2-2.
关断时间	t_{off}	从输入信号电压下降至阈值以下开始到集电极电流下降至额定值的10%的时间。请参照图2-2.
关断延迟	$t_{d(off)}$	从输入信号电压下降至阈值以下开始到集电极电流下降至额定值的90%的时间。请参照图2-2.
关断下降时间	t_f	从 IGBT 关断时集电极电流下降至额定值的90%到集电极电流下降至额定值的10%的时间。请参照图2-2.
VCE-IC 关断交叉时间	$t_{c(off)}$	从 IGBT 关断时 V_{CE} 电压从上升至额定值的10%开始至集电极电流下降至额定值的10%的时间。请参照图2-2.
FWD 反向恢复时间	t_{rr}	内置二极管反向恢复电流从开始到消失为止所需要的时间。请参照图2-2.

表2-3 术语说明(控制电路)

项目	符号	描述说明
下桥驱动 IC 电路的电流	I_{CCL}	下桥控制电源 V_{CCL} 和 COM 之间的电流。
上桥驱动 IC 电路的电流	I_{CCH}	上桥控制电源 V_{CCH} 和 COM 之间的电流。
自举电路的电流	I_{CCHB}	上桥 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 (每个单元独立)。
输入信号阈值电压	$V_{th(on)}$	IGBT 从关断至开通时输入信号阈值电压。*1
	$V_{th(off)}$	IGBT 从开通至关断时输入信号阈值电压。*1

表2-3 (续)

项目	符号	描述说明
输入信号阈值滞后电压	$V_{th(hys)}$	$V_{th(on)}$ 和 $V_{th(off)}$ 之间的迟滞电压。*1
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输入信号脉冲宽度。 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输入信号脉冲宽度。 参见第3章第4部分。
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}	输入引脚 IN(HU, HV, HW, LU, LV, LW) 和 COM 之间的电阻 (在每相都有内置)。
报警输出电压	$V_{FO(H)}$	正常工作下 VFO 引脚的输出电压 (下桥保护功能未激活), 外部上拉电阻10kΩ。
	$V_{FO(L)}$	下桥保护功能激活后 VFO 引脚的输出电压。
报警输出脉冲宽度	t_{FO}	下桥保护功能激活后故障状态持续从 VFO 引脚输出的时间。 请参照第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 引脚的阈值电压。 请参照第3章第5部分。
过电流保护触发延迟时间	$t_d (IS)$	从过电流保护被触发至集电极电流到额定值50%以下的时间。 请参照第3章第5部分。
过电流触发电平	I_{oc}	N(U),N(V),N(W) 不连接外部采样电阻时, VSC-COM 引脚之间 在连接规定的电阻 R_{sc} 时可能检测出过电流值。
温度传感器的输出电压	$V_{(temp)}$	传感 TEMP 引脚输出电压。 请参照图2-3.和第3章第7部分。
下拉 TEMP 引脚电阻	$R_{(temp)}$	在室温以下的温度范围内, TEMP 输出电压的温度特性呈线性时的阻值。
过热保护温度	T_{OH}	通过 LVIC 检测过热保护触发的阈值温度。 温度高于过热阈值时, 所有相的下桥 IGBT 均被关断。 请参照图2-3.和第3章第8部分。
过热保护迟滞温度	$T_{OH(hys)}$	过热保护动作复位所需的迟滞温度。请参照图2-3和第3章第8 部分。 T_{OH} 和 $T_{OH(hys)}$ 适用于带过热保护的型号。
Vcc 下桥欠压触发电平	$V_{CCL(OFF)}$	下桥控制 IC 电源欠压时的保护触发阈值电压。 V_{CCL} 电压降至阈值以下时, 关断所有相的下桥 IGBT。 请参照第3章第1部分。
Vcc 下桥欠压复位电平	$V_{CCL(ON)}$	下桥控制 IC 欠压保护复位的阈值电压。 请参照第3章第1部分。
Vcc 下桥欠压迟滞电压	$V_{CCL(hys)}$	$V_{CCL(OFF)}$ 和 $V_{CCL(ON)}$ 之间的迟滞电压。

表2-3 (续)

项目	符号	描述说明
V _{CC} 上桥欠压触发电平	V _{CCH(OFF)}	上桥控制 IC 电源欠压时的保护触发阈值电压。 V _{CCH} 电压降至阈值以下时, 关断该相的上桥 IGBT。 请参照第3章第1部分。
V _{CC} 上桥欠压复位电平	V _{CCH(ON)}	上桥控制 IC 欠压保护复位的阈值电压。 请参照第3章第1部分。
V _{CC} 上桥欠压迟滞电压	V _{CCH(hys)}	V _{CCH(OFF)} 和V _{CCH(ON)} 之间的迟滞电压。
VB 欠压触发电平	V _{B(OFF)}	V _{B(*)} 电源欠压的保护触发电压。当 V _{B(*)} 的电压降至阈值以下时,该相上桥的 IGBT 被关断。请参照第3章第2部分。
VB 欠压复位电平	V _{B(ON)}	V _{B(*)} 电源的欠压保护复位的阈值电压。请参照第3章第2部分。
VB 欠压迟滞电压	V _{B(hys)}	V _{B(OFF)} 和 V _{B(ON)} 之间的迟滞电压。
自举二极管正向电压	V _{F(BSD)}	额定正向电流流过 BSD 的正向电压。
自举二极管电阻值	R _(BSD)	BSD 内置电阻阻值。

*1 输入信号的脉冲宽度不足 $t_{N(ON)}$ 或 $t_{N(OFF)}$ 的情况下, 有可能无法输出各自的开通或关断脉冲。

表2-4 术语说明(热特性)

项目	符号	描述说明
芯片结至外壳的热阻 (单个 IGBT)	R _{th(j-c)_IGBT}	单个桥 IGBT 的芯片与外壳之间热阻。
芯片结至外壳的热阻 (单个 FWD)	R _{th(j-c)_FWD}	单个桥 FWD 的芯片与外壳之间热阻。

表2-5 术语说明(机械特性)

项目	符号	描述说明
紧固力矩	M _S	使用指定螺丝将 IPM 安装至散热器的最大力矩。
散热面平坦度	-	散热面的平坦度。请参见图2-4。
重量	-	每个 IPM 的质量。
焊接耐热性	-	在指定条件下焊接耐热次数。

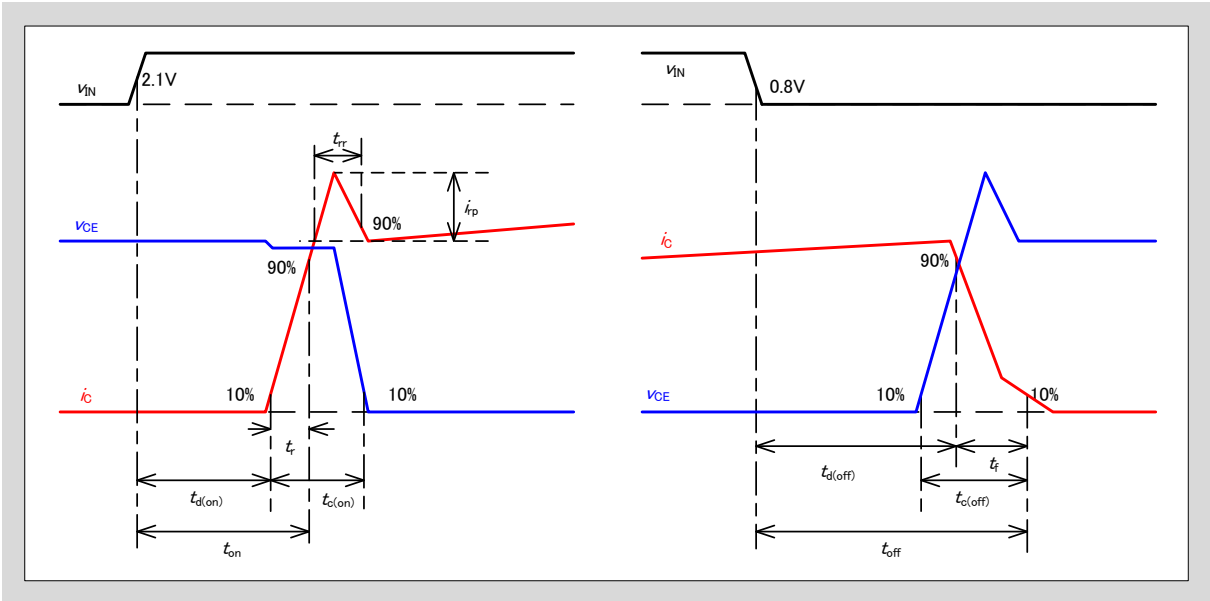


图2-2 开关波形

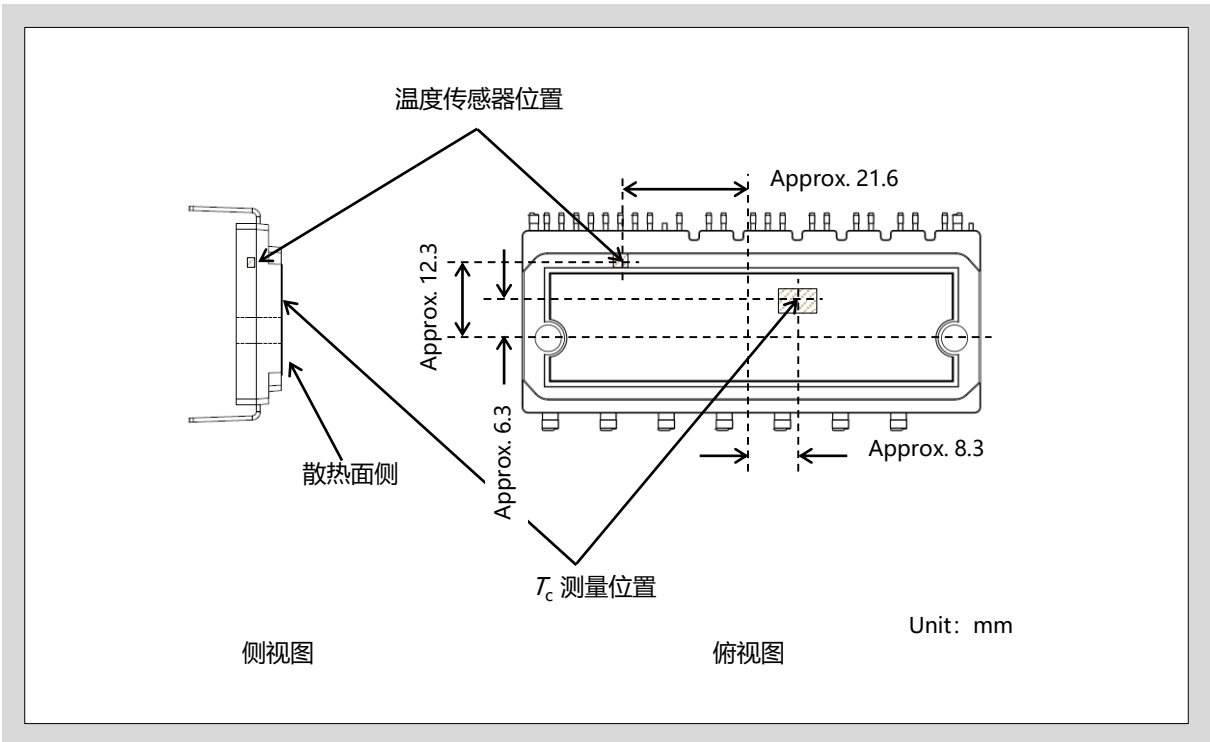


图2-3 LVIC 温度检测位置和 T_c 的测试点

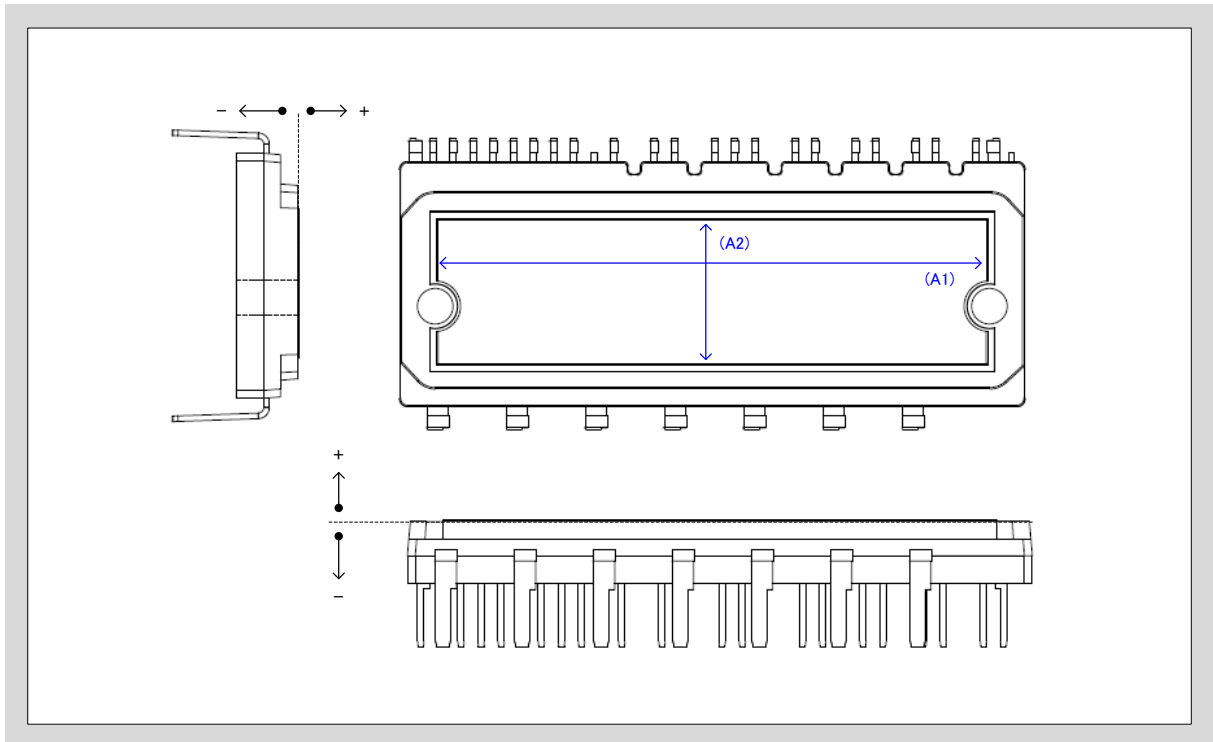


图2-4 散热面平坦度的测量位置

第3章 控制功能的说明

1. 控制电源 VCCH, VCCL, COM 引脚	3-2
2. 上桥驱动电源 VB(U,V,W) 引脚	3-6
3. 内置自举电路功能和自举二极管 (BSD)	3-9
4. 信号输入 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW)	3-14
5. 过电流保护检测功能 IS 引脚	3-17
6. 报警输出功能 VFO, CFO 引脚	3-18
7. 温度输出功能 TEMP 引脚	3-19
8. 过热保护功能	3-21

1. 控制电源 VCCH(U,V,W), VCCL, COM 引脚

<控制电源 VCCH(U,V,W), VCCL 的电压范围>

- 本产品的控制电源，需在 VCCH(U, V, W), VCCL 引脚和 COM 引脚之间连接+15V直流电源。为了使得 IPM 可以工作在合适的动作状态，该电压范围请控制在+15V ± 10%。
- 表 3-1 列出了该电源电压变化时 IPM 的动作状态。请在各控制电源引脚附近连接低电感的电解电容和频率特性好的滤波电容。
- 控制电源如有高频噪音，可能会导致本产品误动作或者输出异常信号。为了避免此类问题，控制电源的最大电压变化率请控制在±1V/μs以下。
- COM 引脚电位和 N(U, V, W)引脚电位是不同的。所有的控制电路和逆变电路请以 COM 引脚为基准电位，而不是 N(U, V, W) 引脚。电路连接不恰当的时候，采样电阻中可能流过电流，导致过电流 (OC) 保护误动作。一般情况下，在 PCB 布板时，推荐将 COM 引脚作为地电位。
- 控制电源也和自举电路连接，为上桥 IGBT 的门极驱动电源提供浮地供电。
- 上桥控制电源电压 ($V_{CCH(U,V,W)}$) 比 $V_{CCH(OFF)}$ 低时，即使有输入信号，由于欠压 (UV) 保护的原因，发生欠压的那一相上桥IGBT将被关断。
- 下桥控制电源电压 (V_{CCL}) 比 $V_{CCL(OFF)}$ 低时，即使有输入信号，由于欠压 (UV) 保护的原因，下桥 IGBT 将被全部关断。

表 3-1 控制电源 $V_{CCH(U)}$, $V_{CCH(V)}$, $V_{CCH(W)}$, V_{CCL} 各电压范围下的动作状态

电源 [V]	IPM 动作状态
0 ~ 4	本产品无法动作，欠压保护 (UV) 和报警输出无动作。P-N电源的 dv/dt 噪音可能会引起 IGBT 误动作。
4 ~ 13	本产品处于欠压保护 (UV) 动作状态。即使有输入信号，也无法进行开关动作，报警输出信号 VFO 有输出。
13 ~ 13.5	欠压保护复位，IGBT 根据输入信号进行相应开关动作。驱动电压低于推荐电压，因此 IGBT 的导通和开关损耗会比通常动作条件下的大。上桥 IGBT 在 $V_B(*)^{*1}$ 初期充电达到 $V_{B(ON)}$ 之前无法动作。
13.5 ~ 16.5	推荐动作条件，正常动作。
16.5 ~ 20	IGBT 根据输入信号进行相应开关动作。驱动电压高于推荐电压，IGBT 的开关动作变快，系统的噪音增加。另外，即使过电流保护设定合理，也可能因为短路峰值电流过大导致损坏。
20 以上	本产品有损坏的风险。根据情况推荐在各控制电源引脚处连接稳压二极管。

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

<控制电源 ($V_{CCH(U,V,W)}$, V_{CCL}) 的欠压保护功能>

- 图3-1是控制电源 ($V_{CCH(U,V,W)}$, V_{CCL}) 的欠压保护电路示意框图。
- 图3-2 和图3-3 分别是 $V_{CCH(U,V,W)}$ 和 V_{CCL} 的欠压保护动作时序。
- 如图3-1 所示, $V_{CCH(U,V,W)}$ -COM 和 V_{CCL} -COM 引脚间通过二极管连接。这些二极管是为了保护本产品免受浪涌电压影响而内置的。如果将其作为稳压管使用, 可能会导致本产品损坏, 因此请不要将其作为稳压管用于电压钳位。

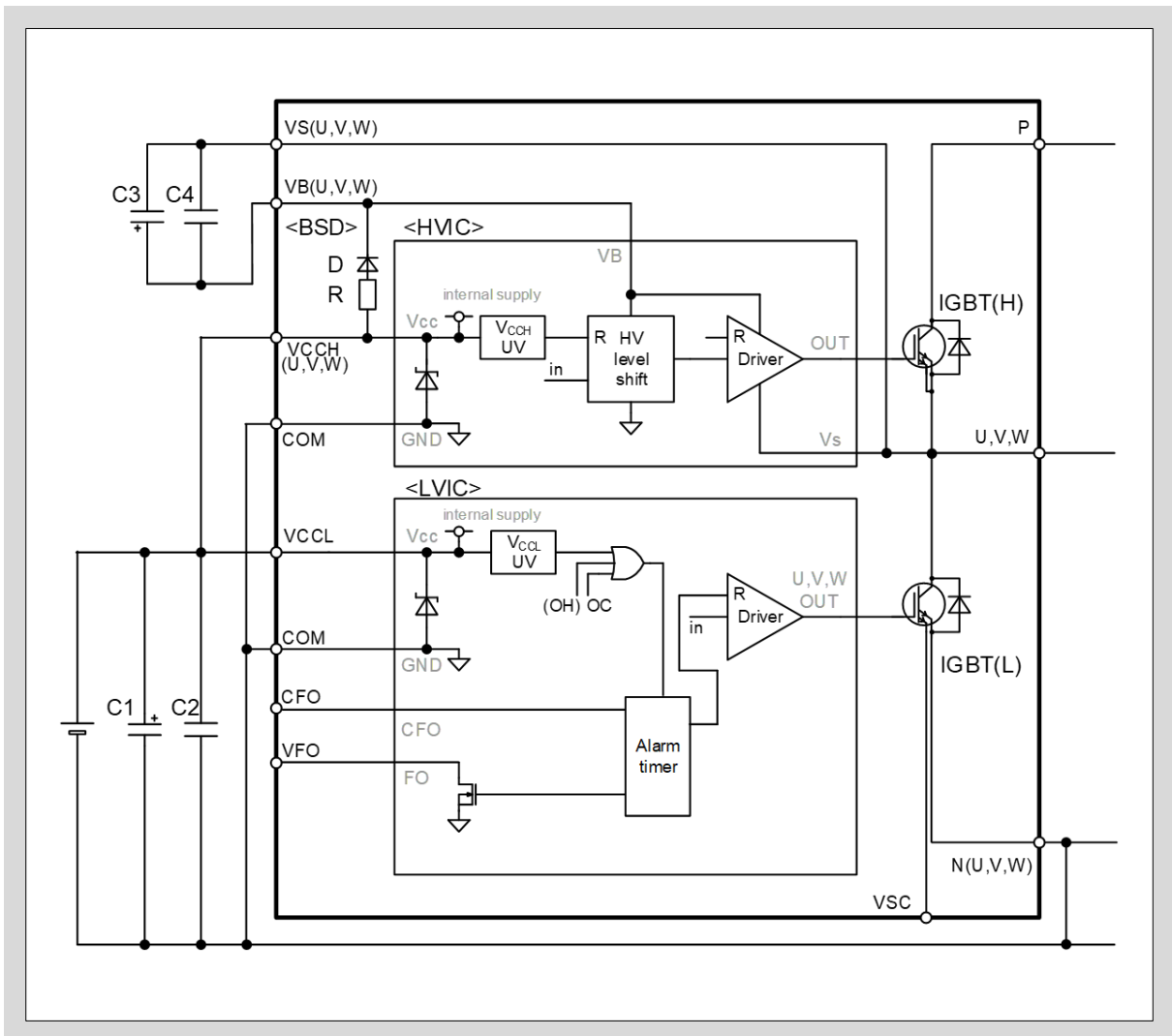


图3-1 上桥·下桥控制电源 $V_{CCH(U,V,W)}$, V_{CCL} 的欠压保护电路

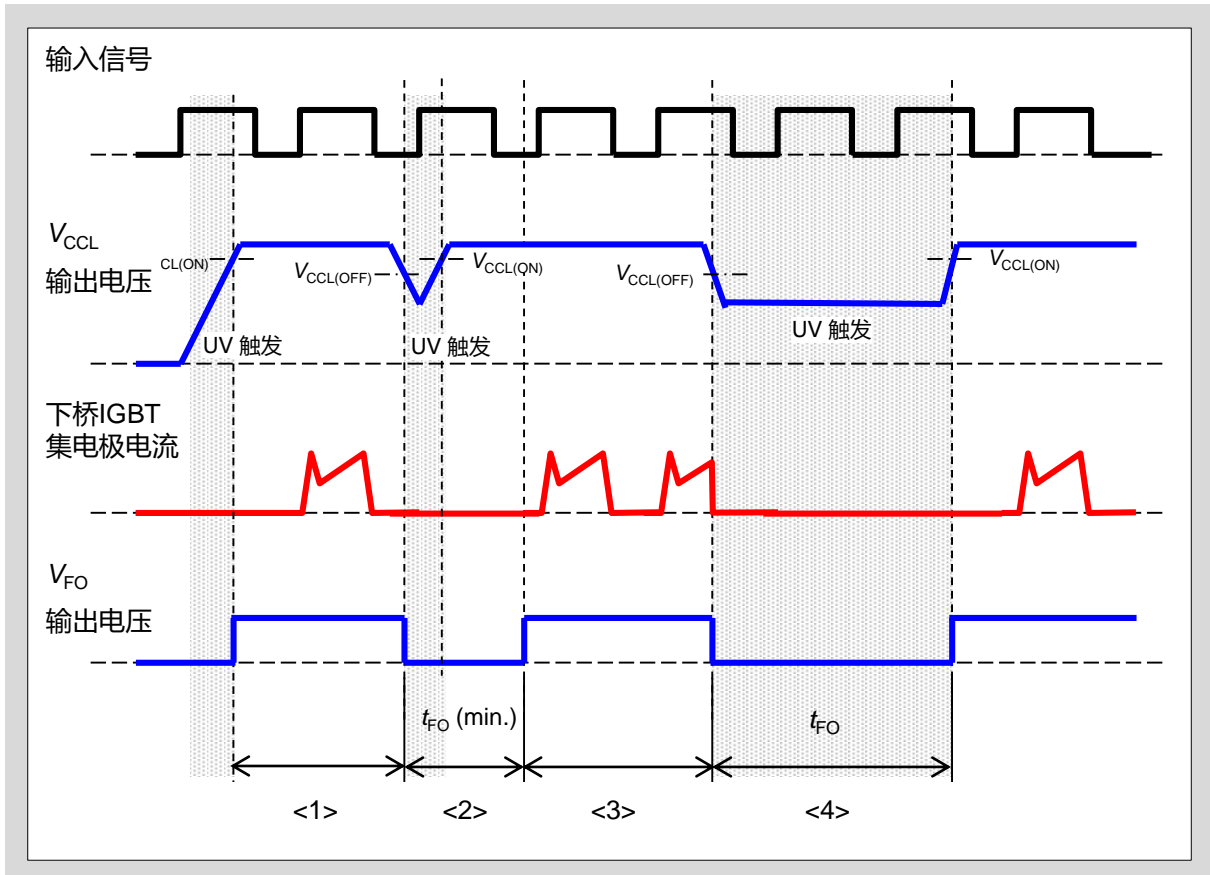


图3-2 V_{CCL} 欠压保护动作时序 (下桥)

V_{CCL} 低于 4V 时，下桥控制电源的欠压保护和报警功能不动作。

<1> V_{CCL} 比 $V_{CCL(ON)}$ 低的时候，下桥 IGBT 全部为关断状态。 V_{CCL} 上升至 $V_{CCL(ON)}$ 以上后，报警输出电压 V_{FO} 从 L 电平变为 H 电平。同时，下桥 IGBT 从下一个输入信号开始进行开关动作。

<2> V_{CCL} 降到 $V_{CCL(OFF)}$ 以下的时候，报警输出电压 V_{FO} 有效，下桥 IGBT 全部为关断状态。如果发生欠压的时间比 $t_{FO(min.)}$ 短，报警输出的最小脉宽为 $t_{FO(min.)}$ ，期间无论输入信号高低，下桥 IGBT 全部为关断状态。

<3> 经过 t_{FO} 之后，当 V_{CCL} 重新回到 $V_{CCL(ON)}$ 之上，欠压保护动作 (UV) 被复位，同时报警输出电压 V_{FO} 也被复位。同时，下桥 IGBT 从下一个输入信号开始进行开关动作。

<4> 发生欠压的时间比 t_{FO} 长的时候，将输出与其相同时间宽度的报警输出，期间无论输入信号高低，下桥 IGBT 全部为关断状态。

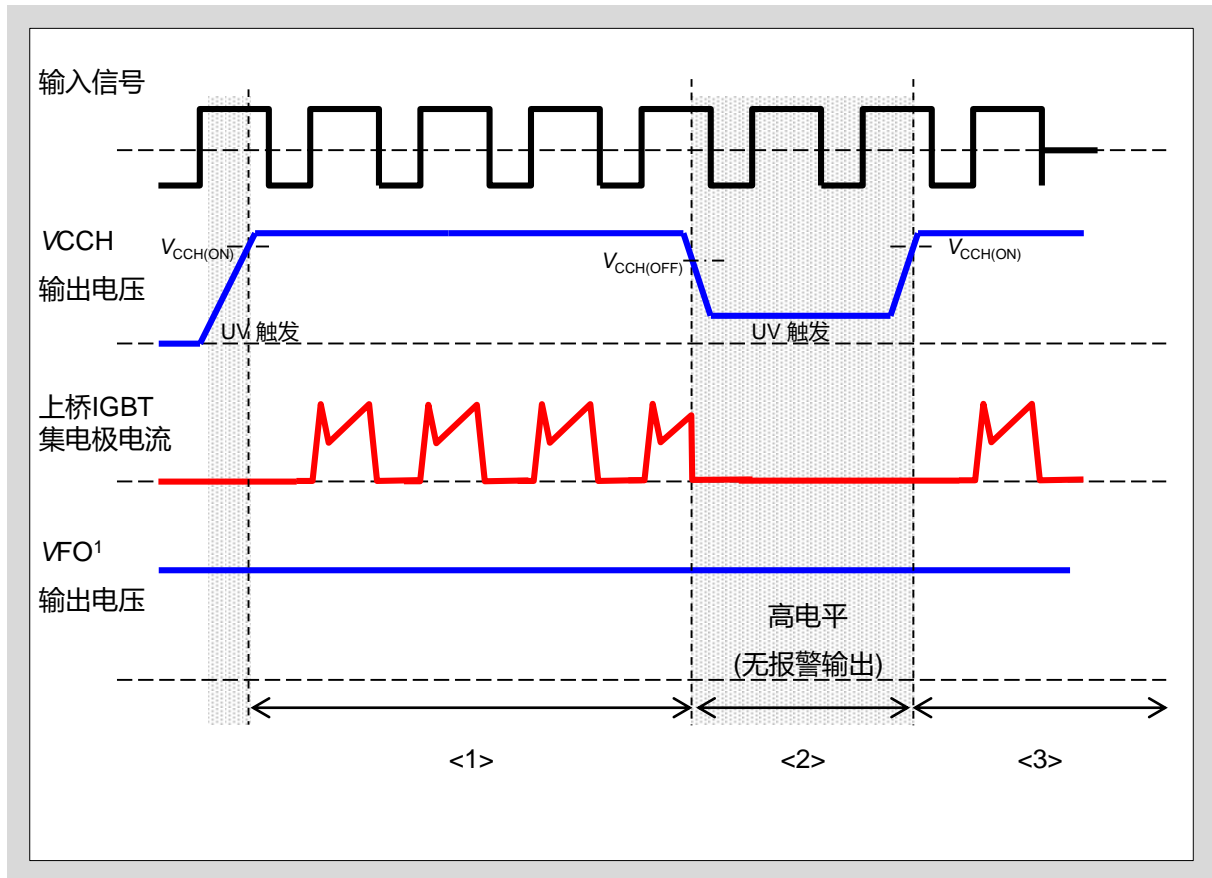


图3-3 Vcch 欠压保护动作时序 (上桥)

<1> Vcch 比 Vcch(ON) 低的时候，上桥 IGBT 为关断状态。Vcch 上升至 Vcch(ON) 以上后，上桥 IGBT 从下一个输入信号开始进行开关动作。报警输出电压 VFO 与 Vcch 没有关系，因此信号不发生变化。^{*1}

<2> Vcch 降到 Vcch(OFF) 以下的时候，上桥 IGBT 为关断状态，但同样报警输出电压 VFO 维持 H 电平不发生变化。

<3> 欠压保护动作 (UV) 被复位之后，上桥 IGBT 从下一个输入信号开始进行开关动作。

※¹ 报警输出电压 VFO 与 HVIC 的电源状态没有关系。

2. 上桥驱动电源 $V_{B(U,V,W)}$ VS(U,V,W) 引脚

<上桥驱动电源 $V_{B(*)}$ 的电压范围>

- $V_{B(U,V,W)}$ 和 $VS(U,V,W)$ 间的电压 $V_{B(*)}$ 是 IPM 内部 HVIC 的上桥驱动电源。该电源设定在 13.0 ~ 18.5V 的范围内，HVIC 即能正常驱动 IGBT。
- 本产品内置了 $V_{B(*)}$ 的欠压保护功能，当 $V_{B(*)}$ 电压低于规定的电压时上桥 IGBT 无法驱动。该功能用于防止 IGBT 的损耗大幅增加。
- 只有 $V_{B(*)}$ 的欠压保护功能 (UV) 被触发的那一相上桥 IGBT 为关断状态。此时，没有报警输出信号。
- 使用自举电路时，可以通过上桥·下桥控制电源给上桥驱动电源充电。而以往的上桥 IGBT 驱动电路除了上桥·下桥控制电源外，还需要三路独立的浮地电源。
- 上桥驱动电源，在下桥 IGBT 导通状态或者续流电流通过 FWD 时进行充电。表3-2 列出了上桥驱动电源变化时 IPM 的动作状态。为了防止高频噪音使 IPM 发生误动作，请在各上桥驱动电源引脚附近连接低电感的电解电容和频率特性好的滤波电容。
- 上桥驱动电源电压 $V_{B(*)}$ 低于 $V_{B(OFF)}$ (欠压保护触发电压) 时，即使有输入信号，仅发生欠压的那一相上桥 IGBT 将被关断。

表 3-2 上桥驱动电源 $V_{B(*)}$ 各范围电压下的动作状态

上桥驱动电源 [V]	IPM动作状态
0 ~ 4	本产品无法动作，欠压保护 (UV) 和报警输出无动作。P-N 电源的 dv/dt 噪音可能会引起 IGBT 误动作。
4 ~ 12.5	本产品处于欠压保护 (UV) 状态。即使有输入信号，也无法进行开关动作。
12.5 ~ 13	欠压保护复位，上桥 IGBT 根据输入信号进行相应开关动作。上桥驱动电压低于推荐电压，因此 IGBT 的导通损耗和开关损耗会比通常动作条件下大。
13 ~ 18.5	推荐动作条件，正常动作。
18.5 ~ 20	上桥 IGBT 根据输入信号进行相应开关动作。上桥驱动电压高于推荐电压，IGBT 的开关动作变快，系统的噪音增加。另外，即使过电流保护设定合理，也可能因为短路峰值电流过大导致损坏。
20 以上	本产品有损坏的风险。根据实际情况推荐在各上桥驱动电源引脚处连接稳压二极管。

<上桥驱动电源 $V_B(U,V,W)$ 的欠压保护功能>

- 图3-4是上桥驱动电源引脚 $V_B(U,V,W)$ - $V_S(U,V,W)$ 间电压 $V_{B(*)}$ 的欠压 (UV) 保护电路示意框图。
- 图3-5是 $V_{B(*)}$ 的欠压保护动作时序。
- 如图3-4所示, $V_B(U,V,W)$ - $V_S(U,V,W)$ 和 $V_B(U,V,W)$ -COM 引脚间通过二极管连接。这些二极管是为了保护本产品免受浪涌电压影响而内置的。如果将其作为稳压管使用,可能会导致本产品损坏,因此请不要将其作为稳压管用于电压钳位。

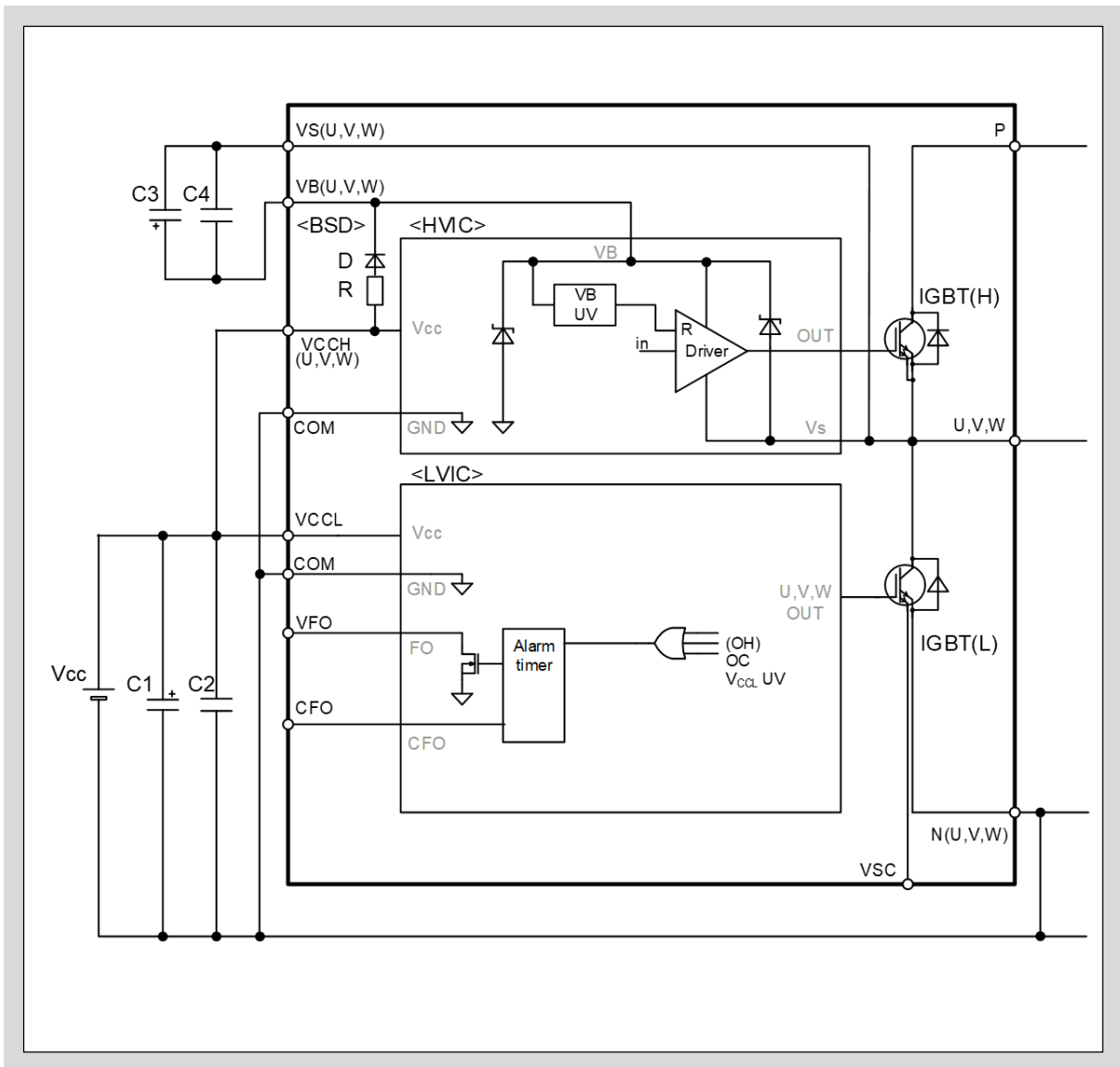


图3-4 上桥驱动电源 $V_{B(*)}$ 的欠压保护电路

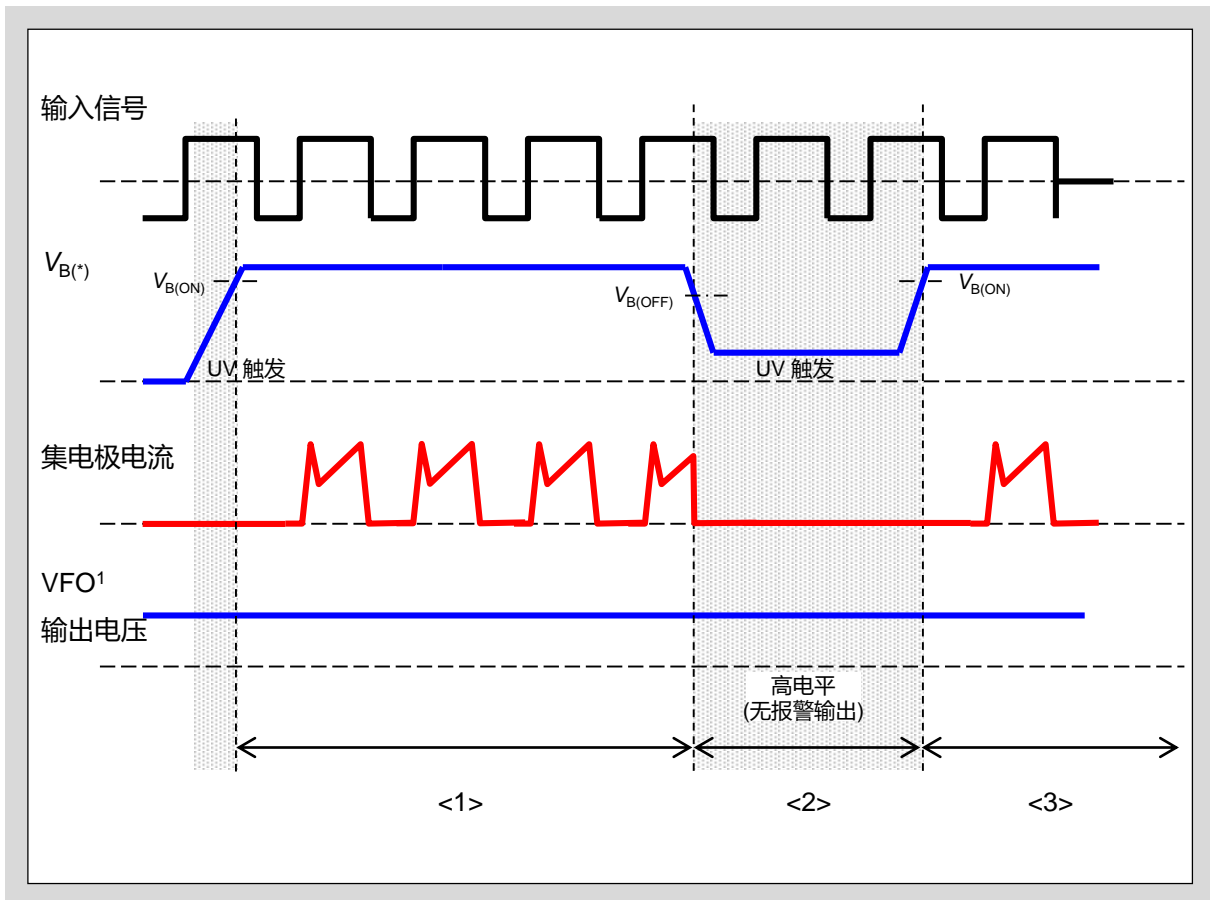


图3-5 $V_{B(*)}$ 欠压保护动作时序(上桥)

<1> $V_{B(*)}^{*1}$ 比 $V_{B(ON)}$ 低的时候，上桥 IGBT 为关断状态。

$V_{B(*)}$ 上升至 $V_{B(ON)}$ 以上后，上桥 IGBT 从下一个输入信号开始开关动作。报警输出电压 V_{FO} 与 V_{CCH} 没有关系，因此保持 H 电平不发生变化。^{*2}

<2> $V_{B(*)}$ 降到 $V_{B(OFF)}$ 以下的时候，上桥 IGBT 为关断状态，但同样报警输出电压 V_{FO} 保持 H 电平不发生变化。

<3> 欠压保护动作 (UV) 被复位之后，上桥 IGBT 从下一个输入信号开始进行开关动作。

1: $V_{B()}$: $V_B(U)-V_S(U)$, $V_B(V)-V_S(V)$, $V_B(W)-V_S(W)$ 端子间电压

*2: 报警输出电压 V_{FO} 与 HVIC 的电源状态没有关系。

3. 内置自举电路功能和自举二极管 (BSD)

上桥驱动电源 $V_{B(*)}$ ($VB(U)-VS(U)$, $VB(V)-VS(V)$, $VB(W)-VS(W)$) 可以通过几种方式供电。这里针对采用内置 BSD 构成自举电路进行供电的方式进行说明。自举电路具有设计简单和低成本的优点，但是需要通过自举电容和充电条件等设定占空比和导通时间。动作电路如图3-6、图3-8和图3-11所示，由内置限流电阻的自举二极管和外接电容构成。

<自举电路的动作说明>

下桥 IGBT 在导通状态时，自举电容充电电压 $V_{B(*)}(t1)$ 由下式确定。

$$V_{B(*)}(t1) = V_{CC} - V_F - V_{CE(sat)} - I_B \cdot R \quad \dots\dots \text{瞬态}$$

$$V_{B(*)}(t1) \approx V_{CC} \quad \dots\dots \text{稳态}$$

V_F : 自举二极管正向导通压降

$V_{CE(sat)}$: 下桥 IGBT 的饱和导通压降

R : 自举电阻

I_B : 自举电路充电电流

下桥 IGBT 关断后电机电流通过上桥 FWD 续流。
 V_s 电位超过 V_{CC} 后，对 C3 的充电动作停止，自举电容电压随上桥驱动电路的电流消耗逐渐降低。

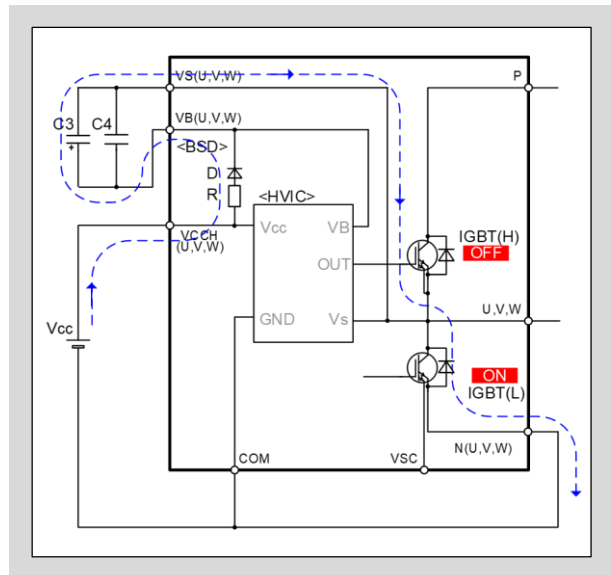


图3-6 充电动作电路图

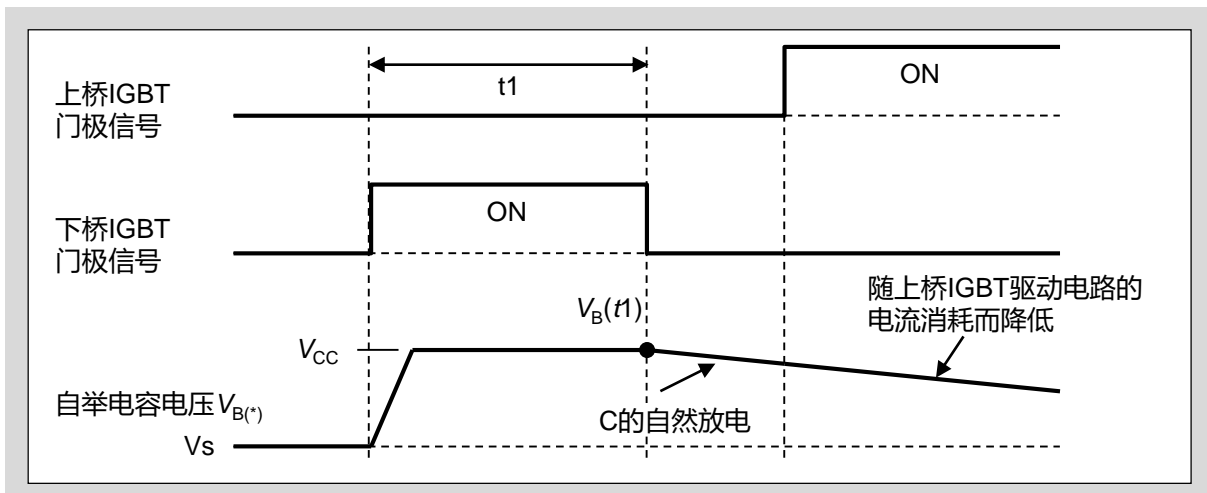


图3-7 充电动作时序图

下桥 IGBT 关断，下桥 FWD 导通状态时，续流电流通过下桥 FWD 进行续流。此时，图3-8为充电动作电路，图3-9为充电时序图，自举电容电压 $V_{B(*)}(t_2)$ 由下式确定。

$$V_{B(*)}(t_2) = V_{CC} - V_{F(D)} + V_{F(FWD)} - I_B \cdot R \dots\dots\dots \text{瞬态}$$

$$V_{B(*)}(t_2) \approx V_{CC} \dots\dots\dots \text{稳态}$$

$V_{F(D)}$: 自举二极管正向导通压降

$V_{F(FWD)}$: 下桥 FWD 的正向导通压降

R : 自举电阻

I_B : 自举电路充电电流

下桥和上桥 IGBT 都关断的时候，回馈电流通过下桥 FWD。此时 V_s 电位比 FWD 的 $-V_f$ 还要低，所以自举电容根据设定电位再次充电。当上桥 IGBT 开通， V_s 电位超过 V_{CC} 后，对电容 C3 的充电动作停止，自举电容电压随上桥驱动电路的电流消耗逐渐降低。

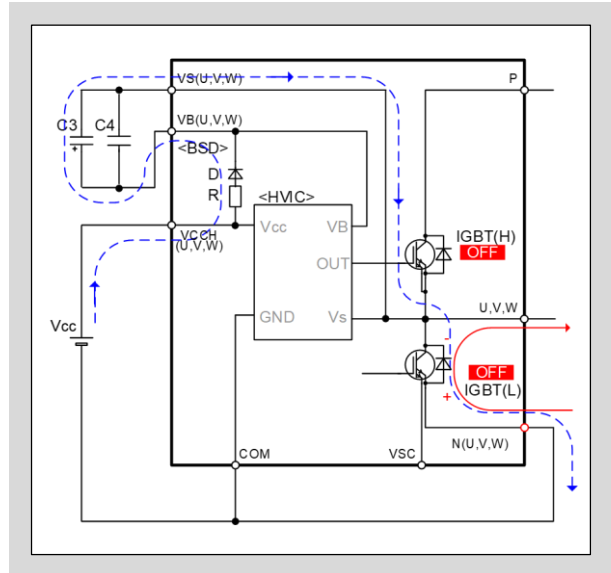


图3-8 下桥 FWD 导通状态的充电动作电路

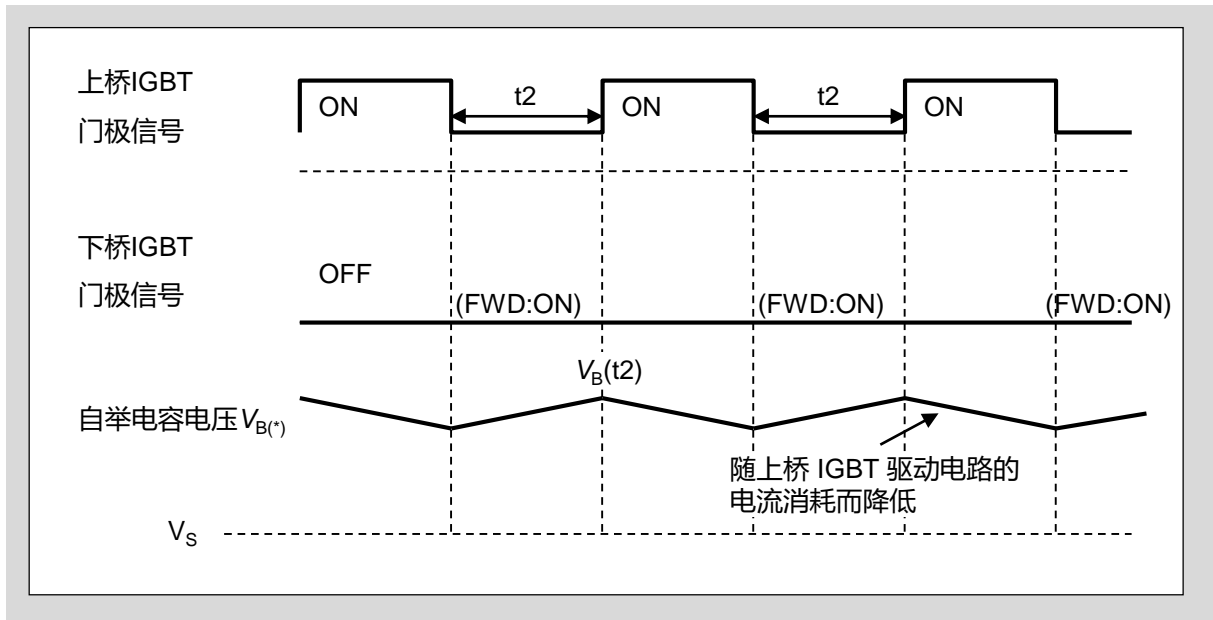


图3-9 下桥 FWD 导通状态的充电时序图

<自举电容和最小导通/关断脉宽的设定>

自举电容可以通过下式求得。

$$C = I_{CCHB} \cdot \frac{t_1}{dV_b}$$

- * t_1 : 上桥 IGBT 的最大导通脉宽
- * I_{CCHB} : 上桥驱动电路的消耗电流(与温度和频率特性有关)
- * dV_b : 允许放电电压 (参考图3-10)

- 请在自举电容的计算结果上增加一定的裕量。一般取计算结果值的2~3倍。
- 自举电路动作时下桥 IGBT 的最小导通脉宽 (t_2) 的推荐值, 设定为能够将上桥导通期间放电电压 (dV) 再次充满的 $C \cdot R$ 时间常数。
- 在上桥 IGBT 动作, 下桥 FWD 导通的充电模式(时序(图3-10))中, 上桥的最小关断脉宽设定为能够将上桥导通期间消耗的电流再次充满的时间常数。
- 最小脉宽, 应设定为下桥 IGBT 的最小导通脉宽和上桥 IGBT 最小关断脉宽中一个更长的脉宽。

$$t_2 \geq \frac{R \cdot C \cdot dV_b}{V_{CC} - V_B(\min)}$$

- * t_2 : 最小导通脉宽
- * R : 自举二极管串联电阻 $\Delta R_{F(BSD)}$
- * C : 自举电容容量
- * dV : 允许放电电压
- * V_{CC} : 上桥·下桥控制电源电压 (ex.15V)
- * $V_B(\min)$: 上桥驱动电源的最小电压 (欠压保护复位电压加上裕量 ex.14V)

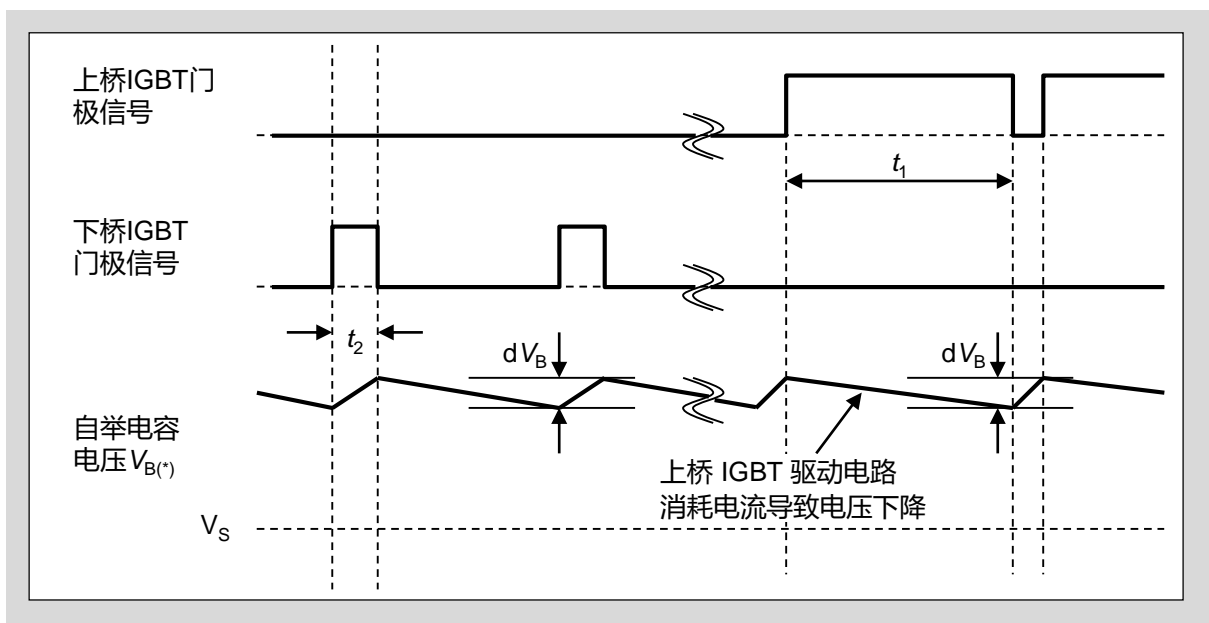


图3-10 充放电动作的时序图

<自举二极管的阻抗特性>

在自举二极管芯片内部有一个限流用 20Ω(typ.) 的电阻。自举二极管的 V_F - I_F 特性如图3-11,3-12 所示。

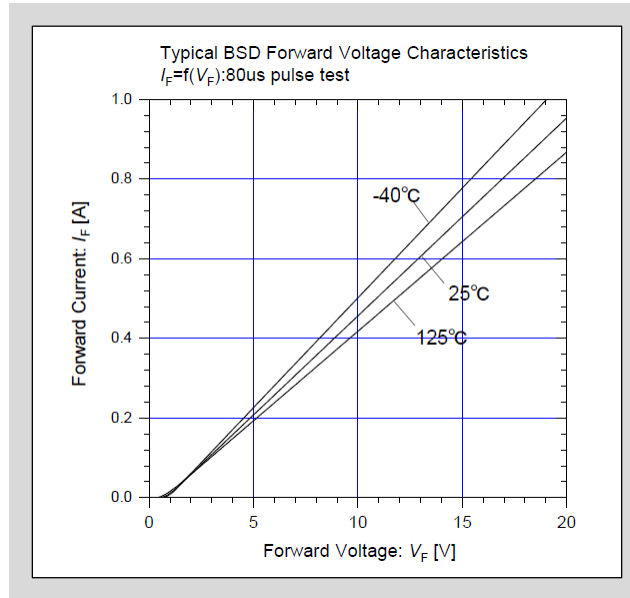


图3-13 自举二极管的 V_F - I_F 特性

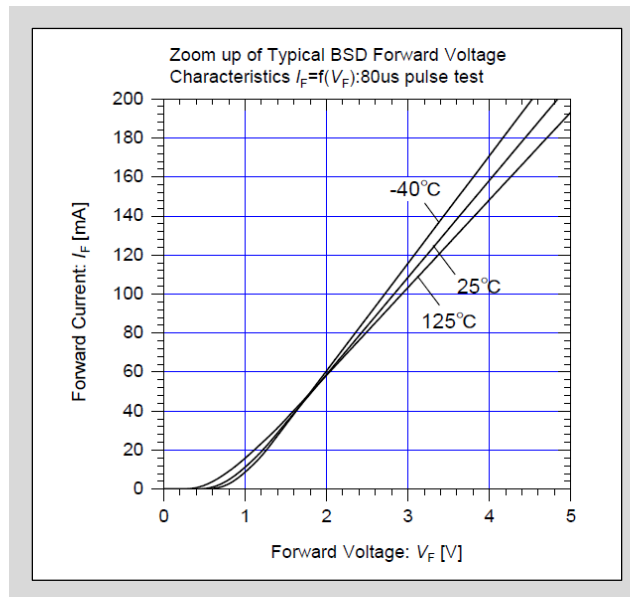


图3-14 自举二极管的 V_F - I_F 特性
(小电流区放大图)

4. 信号输入 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW) 引脚

<输入引脚连接>

- 图3-15 为 MPU 和 IPM 连接的示意图。输入引脚可以直接和 MPU 连接。输入引脚内置下拉电阻，无需外接下拉电阻。另外，输入引脚为高电平有效，也无需外接上拉电阻。
- 信号引线过长会引入噪音，可采用图3-15 虚线所示的 RC 滤波电路滤除噪音。请根据 PWM 控制方式和印刷电路板的走线调整 RC 时间常数。

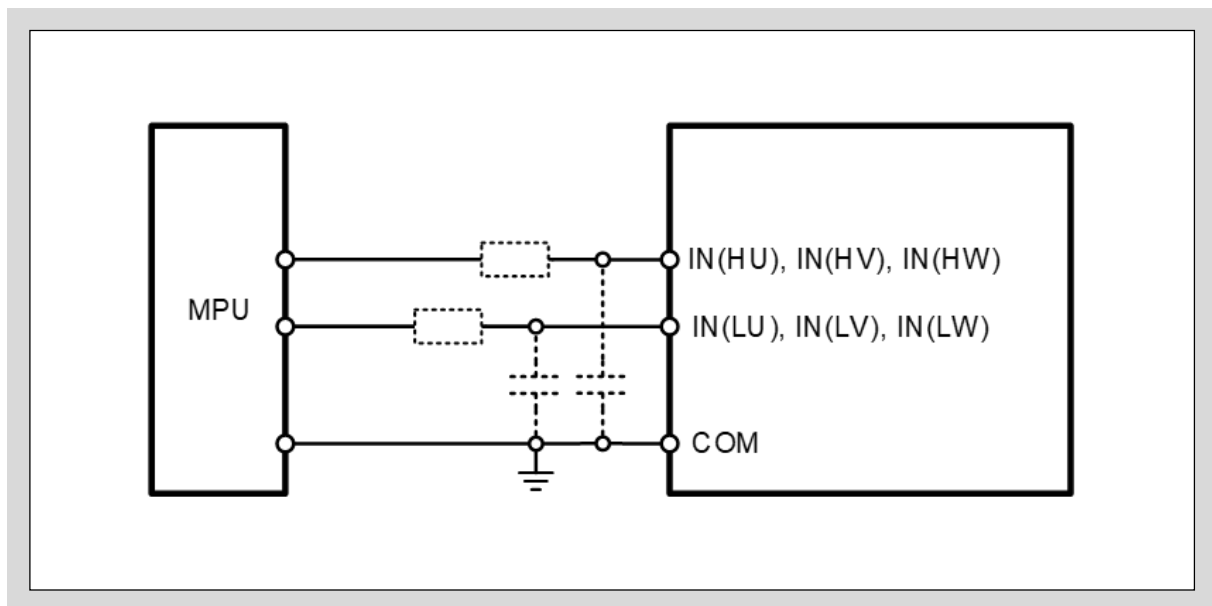


图3-15 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW) 引脚和 MPU I/O 连接的推荐电路

<输入引脚电路>

- 本产品的输入引脚为高电平有效。这样，输入信号不受控制电源上电和断电的时序限制，因此可以保证系统的安全。此外，如图3-16所示，输入引脚内置下拉电阻，因此无需外接下拉电阻，减少了元件数量。再则，输入阈值电压设定较低，可以直接与3.3V电源的MPU连接。
- MPU和IPM的输入引脚之间使用滤波电路时，需要考虑图3-16中输入引脚的下拉电阻影响，注意输入引脚电压需要在输入阈值电压以上。
- 图3-16所示VCCL-IN(HU,HV,HW,LU,LV,LW)，以及IN(HU,HV,HW,LU,LV,LW)-COM引脚间在电气上有二极管相连。这些二极管是为了保护IPM免受浪涌电压影响而内置的。如果将其作为稳压管使用，可能会导致本产品损坏，因此请不要将其作为稳压管用于电压钳位。

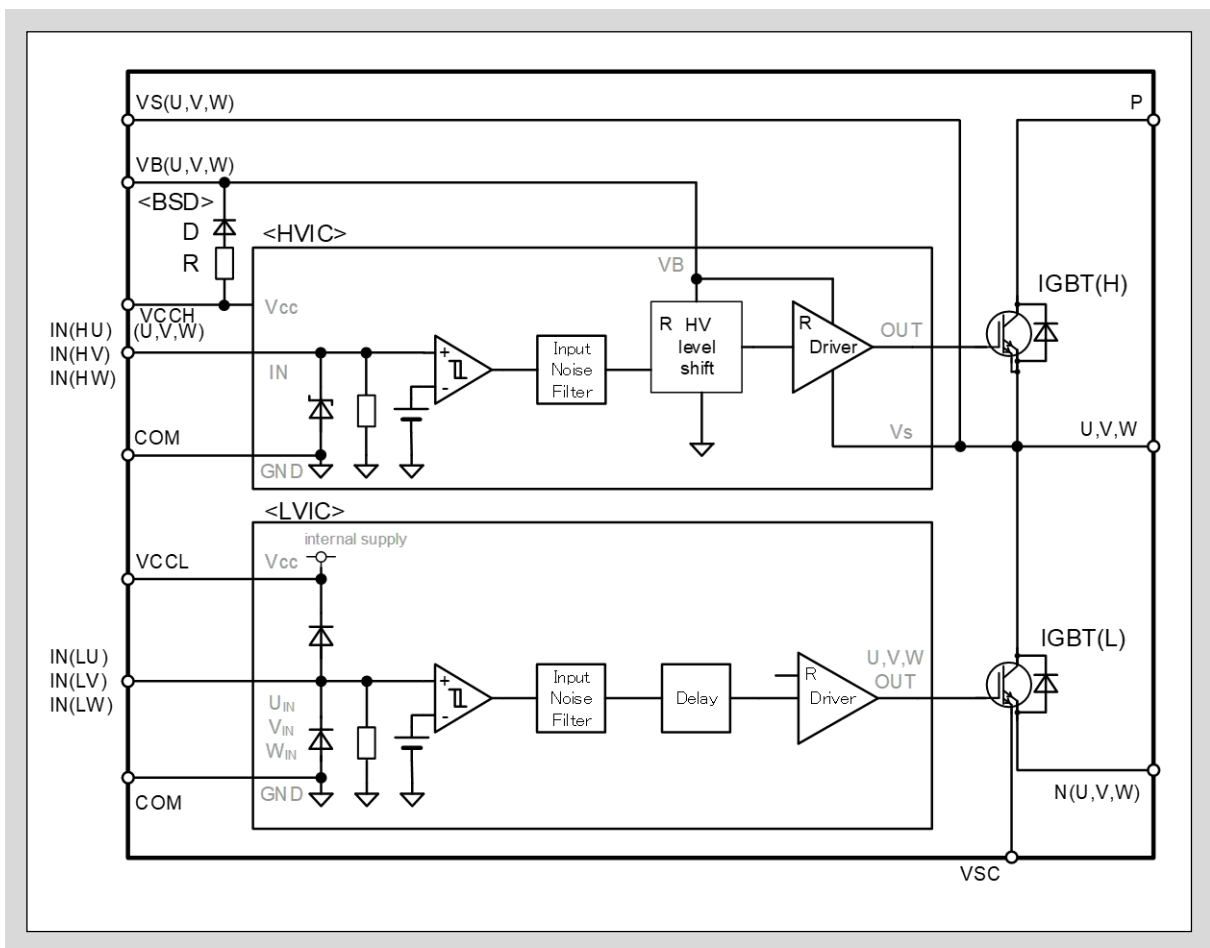


图3-16 输入引脚 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW) 电路

<IGBT 驱动状态和输入信号脉宽>

$t_{N(on)}$ 定义为 IGBT 能从关断状态准确地切换到开通状态所需要的最小输入开通脉宽。 $t_{N(off)}$ 定义为 IGBT 能从开通状态准确地切换到关断状态所需要的最小输入关断脉宽。图3-17 和图3-18 绘制了输入信号在各种脉宽下 IGBT 的驱动状态。

- A : 即使输入信号的开通脉宽没有达到 $t_{N(on)}$ 的最小值, IGBT 也有可能被开通。
U-COM, V-COM, W-COM 引脚间施加 -5V 以下的电压时, 可能导致 IPM 损坏, 同时如果脉宽没有达到 $t_{N(on)}$ 的最小值, 还有可能由于误动作无法关断。
- B : 正常动作状态, IGBT 正常开通。
- C : 即使输入信号的关断脉宽没有达到 $t_{N(off)}$ 的最小值, IGBT 也有可能被关断。
U-COM, V-COM, W-COM 引脚间施加 -5V 以下的电压时, 可能导致 IPM 损坏, 同时如果脉宽没有达到 $t_{N(off)}$ 的最小值, 还有可能由于误动作无法开通。
- D : 正常动作状态, IGBT 完全关断。

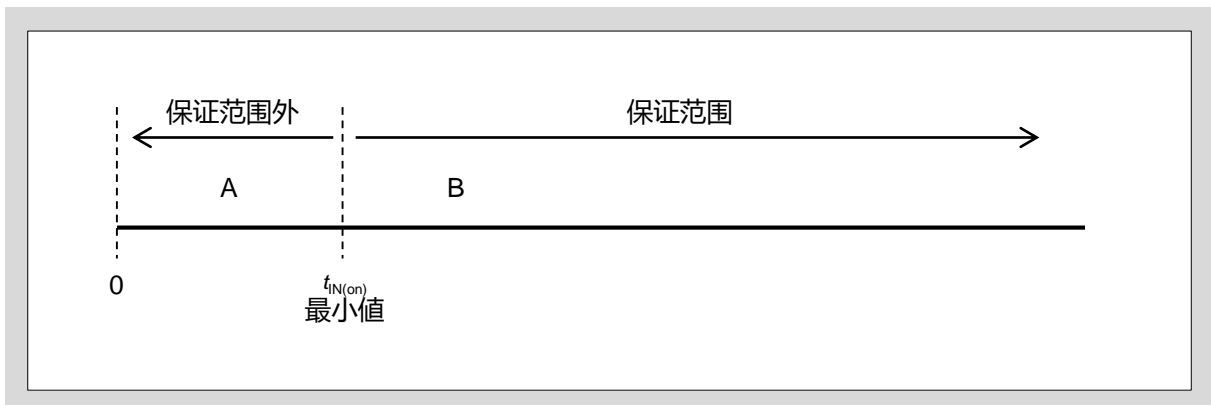


图3-17 IGBT 驱动状态和输入信号的开通脉宽

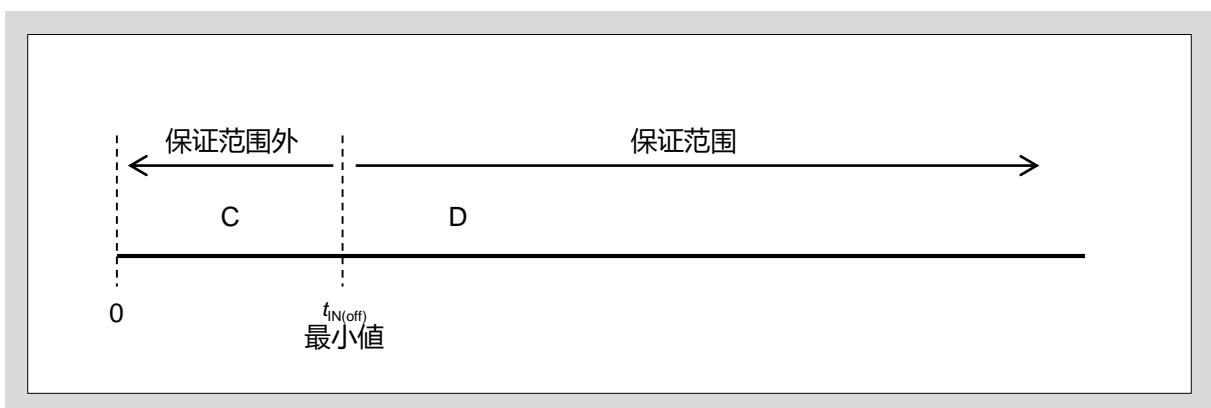


图3-18 IGBT 驱动状态和输入信号的关断脉宽

5. 过电流保护检测功能 IS 引脚

- 过电流保护功能 (OC) 是指将 N(U,V,W) - COM 引脚间连接的外部采样电阻上的电压，或者 VSC - COM 引脚间连接的传感电阻的电压，通过 IS 引脚检测，从而输出报警信号，以及关断所有下桥 IGBT 的保护功能。
- 图3-19 是过电流检测输入 IS 引脚的电路框图，图3-20 是过电流保护动作时序图。
- 为了防止正常动作时的开关噪音或者反向恢复电流造成的 IPM 误动作，IS 引脚外部有必要连接 RC 滤波器(时间常数 $1.1\mu\text{s}$)。此外，IPM 和采样电阻间的走线需要尽可能短。
- 如图3-19 所示，VCCL-IS 和 IS-COM引脚间在电气上有二极管相连。这些二极管是为了保护 IPM 免受浪涌电压影响而内置的。如果将其作为稳压管使用，可能会导致本产品损坏，因此请不要将其作为稳压管用于电压钳位。

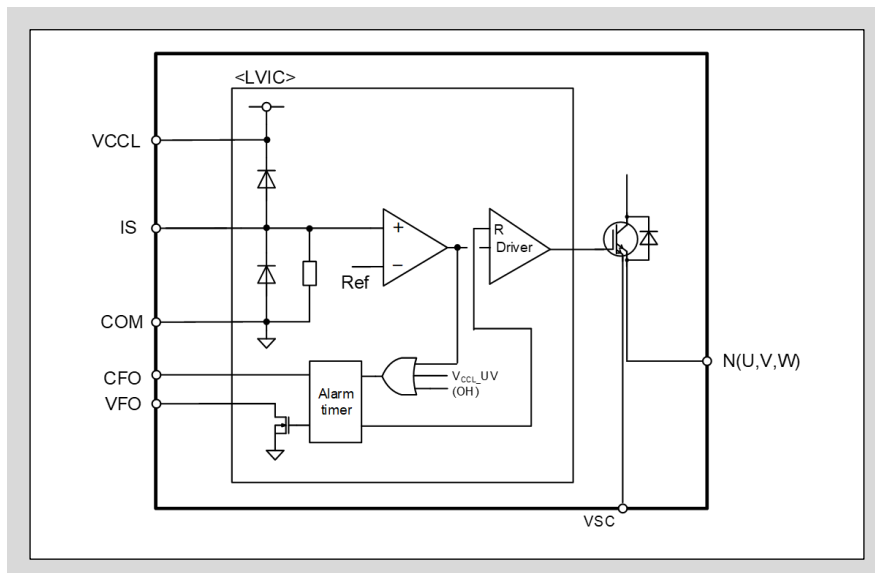


图3-19 过电流检测 IS 引脚电路图

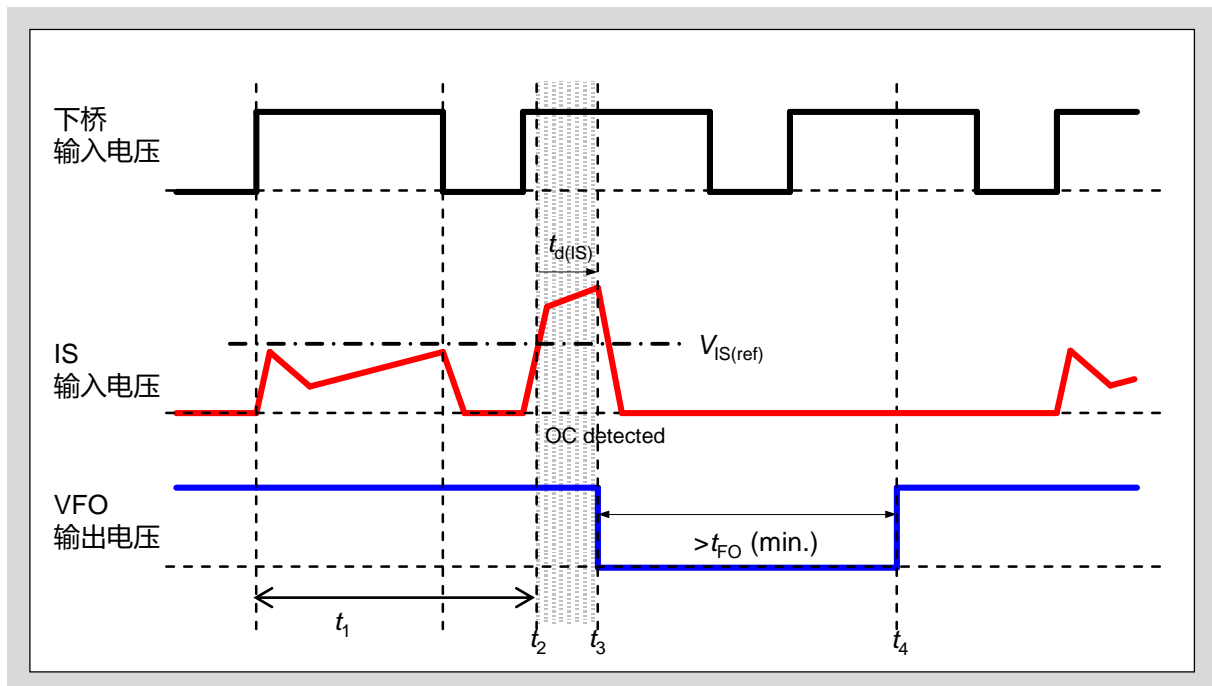


图3-20 过电流保护动作时序

- t_1 : IS 电压在 $V_{IS(ref)}$ 以下时, 下桥 IGBT 正常开关动作。
- t_2 : IS 电压超过 $V_{IS(ref)}$ 后, 检测到过电流。
- t_3 : 报警输出电压 V_{FO} 在经过了过电流保护延迟时间 $t_{d(IS)}$ 后有效, 同时下桥 IGBT 全部关断。LVIC 的延迟时间已经包含在 $t_{d(IS)}$ 中。
- t_4 : 报警输出电压脉宽在经过 t_{FO} 之后, 过电流保护状态复位, 从下一个输入信号开始进行开关动作。

6. 报警输出功能 VFO, CFO引脚

- 如图3-21所示，报警输出 VFO 引脚可以直接与 MPU 连接。VFO 引脚是开漏极输出，请使用10kΩ的外置上拉电阻和 5V 或者 3.3V 的逻辑控制用直流电源相连。此外，推荐在 MPU 连线时追加旁路电容C1和 5kΩ 以上的尖峰电流限流电阻。这些连线尽可能做到最短连接。
- 报警输出 VFO 在 V_{CC} 欠压保护 (UV)，过电流保护 (OC)，过热保护 (OH) 时输出报警。(过热保护仅内置于“6MBP**XTC065-50”。)
- 报警输出脉宽 (t_{FO}) 可以通过 CFO 引脚和 COM 引脚间的电容容量进行调整。电容为 22nF 时报警输出脉宽为2.4ms。 $t_{FO}C_{FO}(typ.) = t_{FO} \times (9.1 \times 10^{-6}) (F)$ 。
- 如图3-21所示， V_{CC} -VFO 以及 VFO-COM 引脚间电气上有二极管相连。这些二极管是为了保护 IPM 免受浪涌电压影响而内置的。如果将其作为稳压管使用，可能会导致 IPM 损坏，因此请不要将其作为稳压管用于电压钳位。
- 图3-22是报警输出时 VFO 引脚的电压-电流特性图。 I_{FO} 是图3-21所示 VFO 引脚的漏电流。

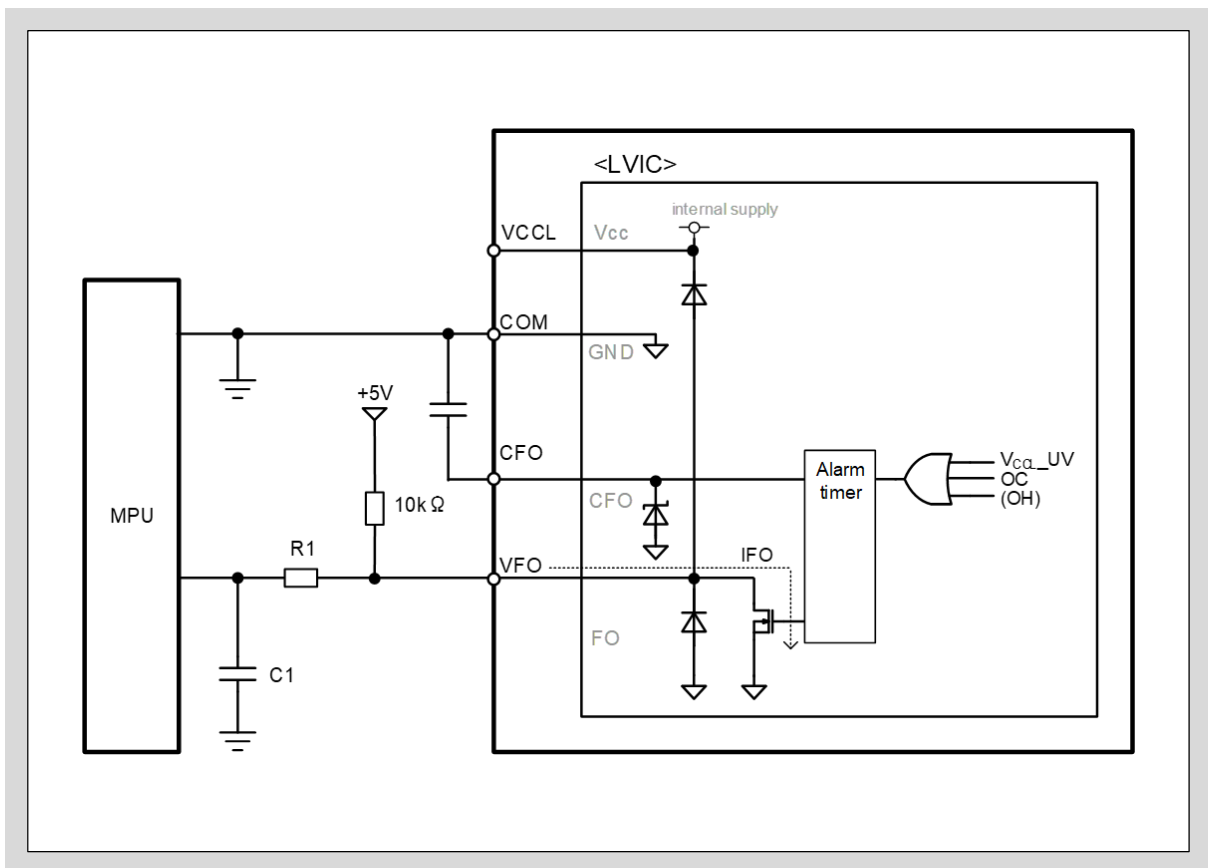


图3-21 VFO 引脚和 MPU I/O 的推荐连接电路

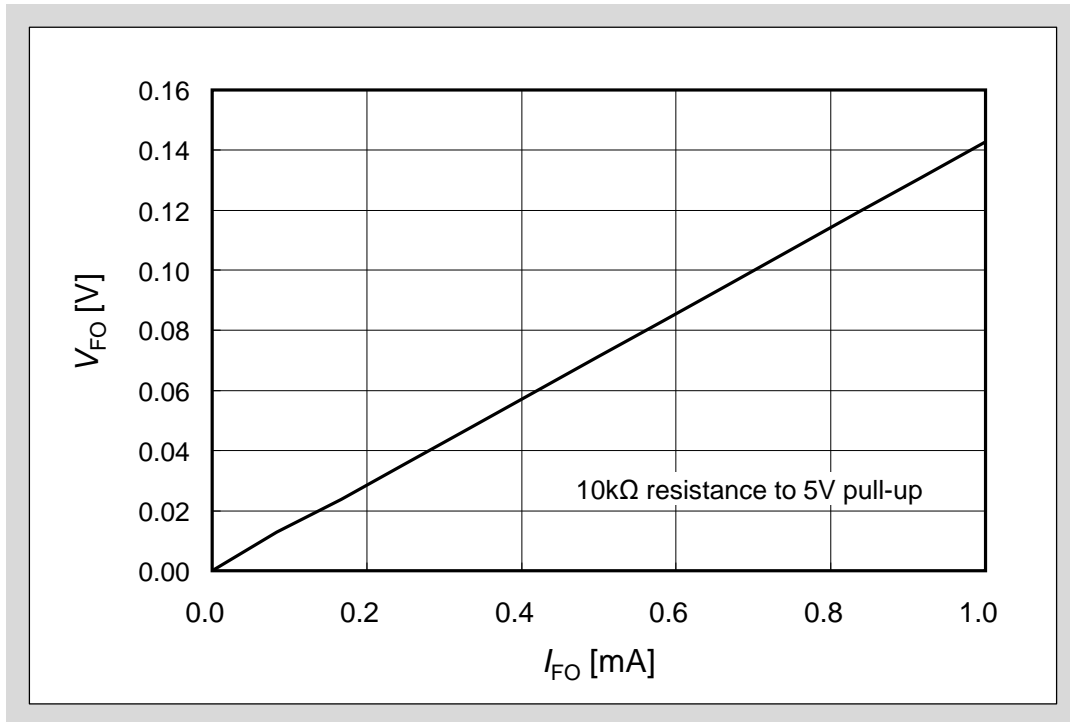


图3-22 报警输出时 VFO 引脚的 VI 特性

7. 温度输出 TEMP 引脚

- 如图3-23 所示，温度输出 TEMP 引脚可以直接与 MPU 连接。推荐在 MPU 连线时追加旁路电容 C_{TEMP} 和 10k Ω 以上的尖峰电流限流电阻 R_{TEMP} 。这些连线尽可能做到最短连接。
- 本产品内置温度传感器，将 LVIC 的结温以电压模拟量输出。该功能的目的是并非提供 IPM 自身保护，也没有报警输出。但是，“6MBP**XTC065-50”内置了过热保护，当温度超过 TOH 时，过热保护功能有效，并输出报警信号。
- IGBT 芯片和温度传感器的位置不同，所以在电机堵转或短路等 T_{vj} 急剧上升时，会出现温度传感器的反映速度跟不上的情况。
- 如图3-23 所示，TEMP-COM 引脚间电气上有二极管相连。这些二极管是为了保护 IPM 免受浪涌电压影响而内置的。如果将其作为稳压管使用，可能会导致本产品损坏，因此请不要将其作为稳压管用于电压钳位。
- 图3-24 是 LVIC 结温和 TEMP 引脚输出电压特性图。当 MPU 电源电压使用 3.3V 时，请在 TEMP 引脚处连接电压钳位用稳压二极管。此外，温度在室温以下时，输出电压是被钳位的，如果需要线性输出，请在 TEMP 引脚处连接 5k $\Omega \pm 10\%$ 的下拉电阻 $R_{pulldown}$ 。
- 图3-25 显示了连接 5k Ω 电阻时 TEMP 引脚的输出电压特性。
- 图3-26显示了电源上电和断电时 TEMP 引脚的动作时序。

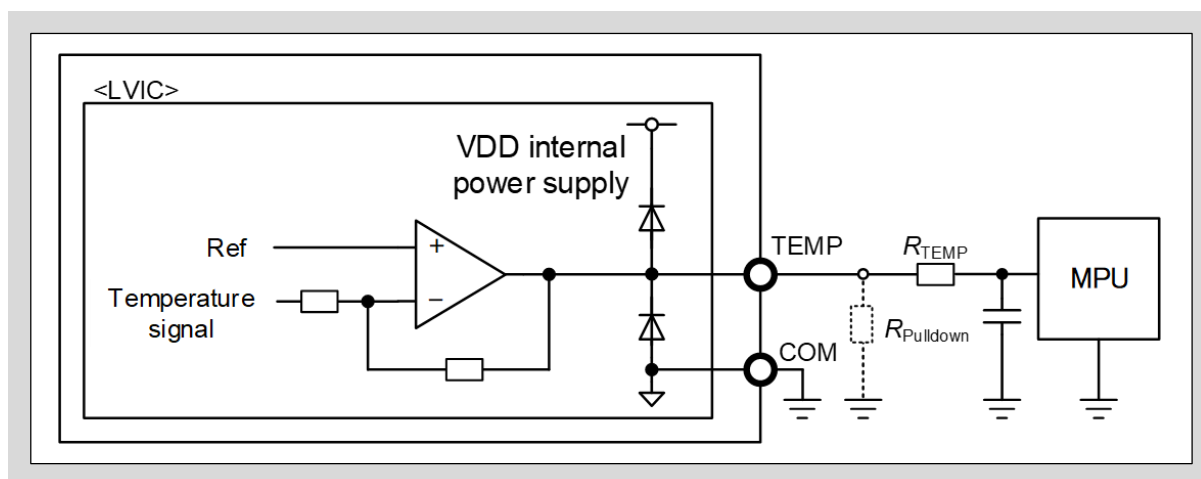


图3-23 TEMP 引脚和MPU I/O 的推荐连接电路

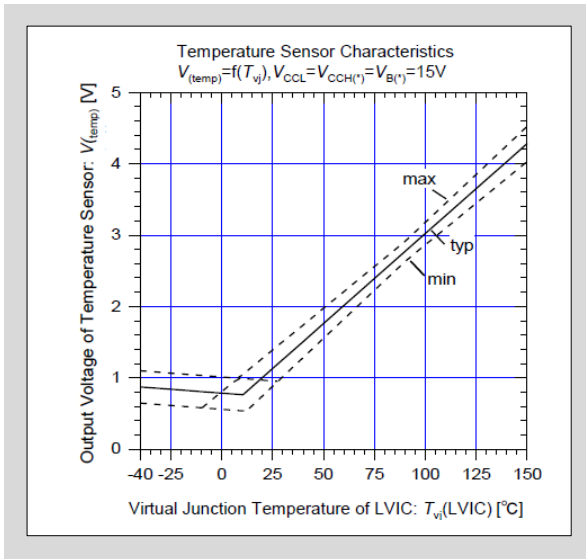


图3-24 LVIC 温度和 TEMP 输出电压特性
无下拉电阻

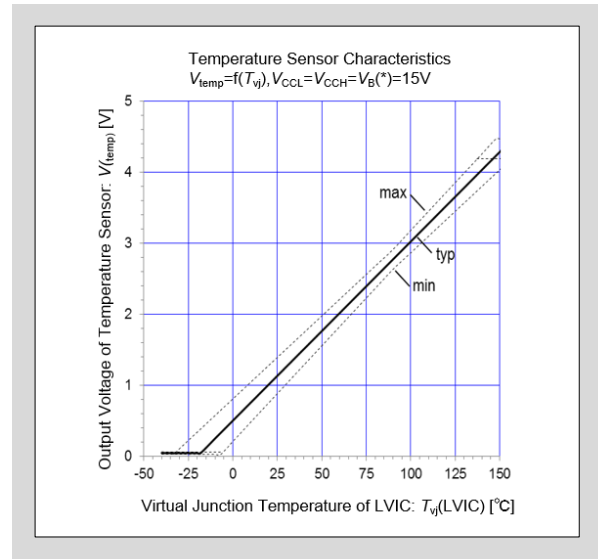


图3-25 LVIC 温度和 TEMP 输出电压特性
下拉电阻:5kΩ

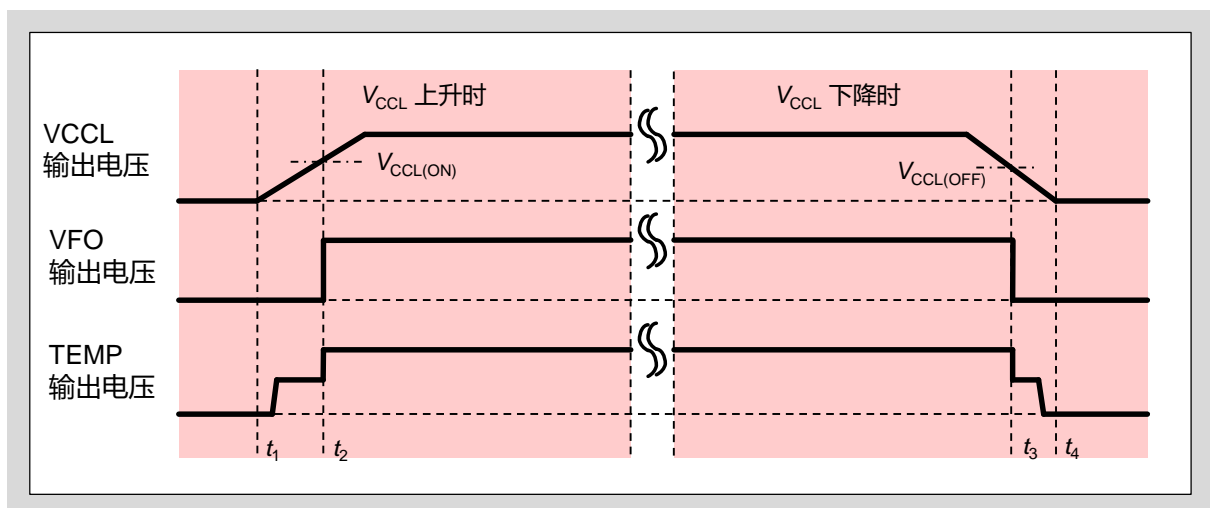


图3-26 IPM 上电和断电时 TEMP 引脚的动作时序

t_1-t_2 : 在 V_{CCL} 上升到 $V_{CCL(ON)}$ 以上时, TEMP 引脚的温度输出功能有效。当 V_{CCL} 未达到 $V_{CCL(ON)}$ 的时候, TEMP 引脚电压被钳位。

t_2-t_3 : TEMP 引脚电压随 LVIC 结温上升而上升。如果正好处于钳位动作的温度条件, 那么即使 V_{CCL} 达到 $V_{CCL(ON)}$ 以上也是保持钳位特性。

t_3-t_4 : TEMP 引脚的温度输出功能, 在 V_{CCL} 降到 $V_{CCL(OFF)}$ 以下时复位, TEMP 引脚电压被钳位。

8. 过热保护功能

- 6MBP**XTC065-50” 内置过热保护功能。
- 本产品监测 LVIC 结温进行过热保护。IGBT 芯片和温度传感器的位置不同，所以在电机堵转或短路等 T_{vj} 急剧上升时，会出现温度传感器的反映速度跟不上的情况。
- T_{OH} 传感器的位置如图2-3 所示。
- 如图3-27 所示，LVIC 结温比 T_{OH} 高时，IPM 的下桥 IGBT 全部关断。LVIC 结温低于 $T_{OH} - T_{OH(hys)}$ 时，过热保护状态复位。

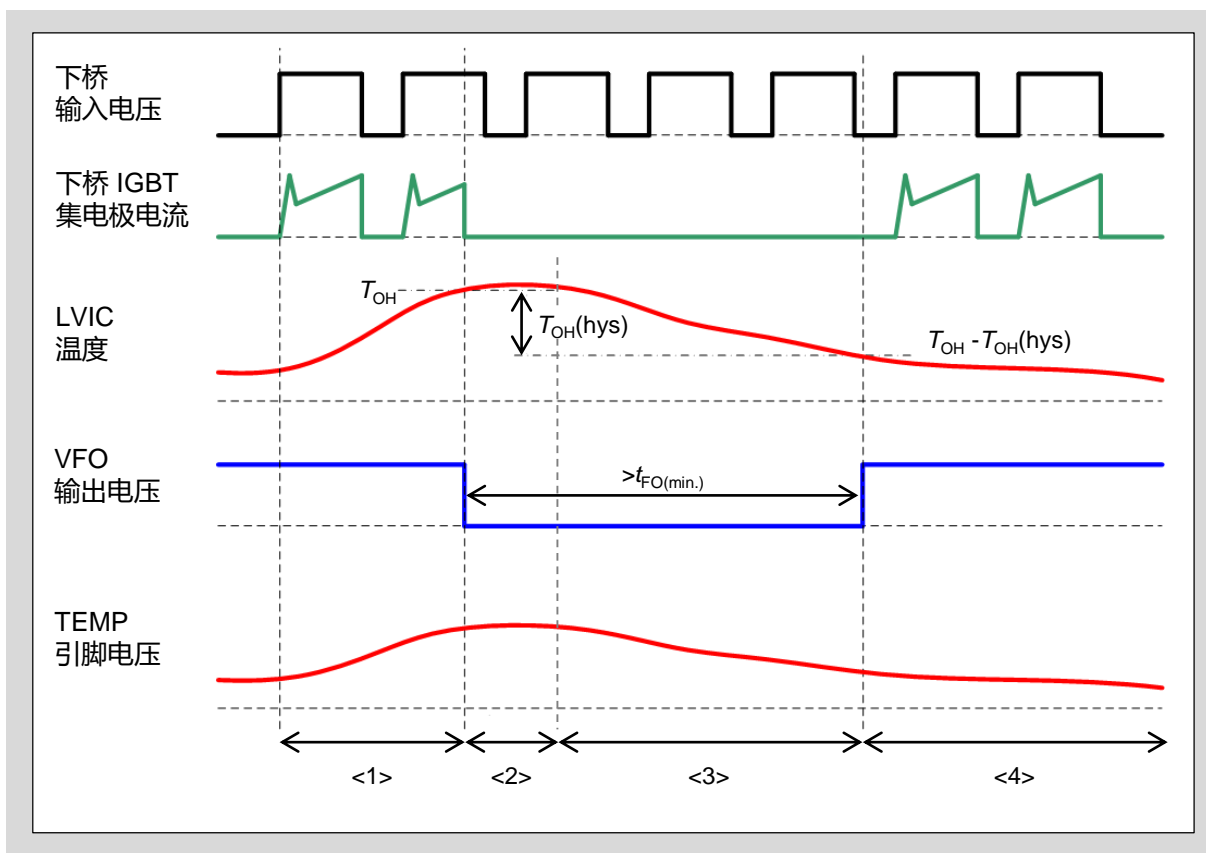


图3-27 过热保护动作时序

- <1> : LVIC 温度低于 T_{OH} 的时候，下桥 IGBT 正常动作。
- <2> : LVIC 温度高于 T_{OH} 的时候，进入过热保护状态输出报警信号，下桥 IGBT 全部关断。
- <3> : 即使 IPM 在过热保护状态，TEMP 引脚仍然根据 LVIC 的结温输出相应的电压。
- <4> : LVIC 结温低于 $T_{OH} - T_{OH(hys)}$ ，且经过 t_{FO} 时间后，报警输出状态和过热保护状态被复位。从下一个输入信号开始下桥 IGBT 正常动作。
 $T_{OH(hys)}$ 是过热保护的迟滞温度。

第4章 功率引脚的说明

1. 母线电压输入引脚与下桥 IGBT 发射极的连接方式	4-2
2. 过电流保护	4-3
3. 过电流保护用外部采样电阻的设置方法	4-5

本章将介绍电流传感电阻、外部采样电阻等有关功率引脚的电路设计指南及注意事项。

1. 母线电压输入引脚与下桥IGBT发射极的连线方式

<功率引脚的说明>

表4-1是功率引脚的说明。

表4-1 功率引脚的说明

引脚名称	说明
P	主电源(+)输入引脚。 该引脚与 IPM 内部上桥 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， 需要在此引脚附近连接吸收电容。 (一般使用薄膜电容)
U,V,W	逆变器的输出引脚。 用于连接电机负载。
N(U),N(V),N(W)	主电源(-)输入引脚。 这些引脚与各相下桥 IGBT 的发射极相连。 检测各相电流时，如果采用外部采样电阻的方式，那么需要在这些引脚和功率地间 连接采样电阻。
VSC	下桥传感电流检测引脚。 与下桥 IGBT 的传感引脚连相连。 该引脚用于检测流过下桥 IGBT 主电流中分流出来的传感电流。 为了短路保护，VSC 引脚与控制地间连接传感电阻。

<采样电阻与吸收电容的推荐布线>

- 外部采样电阻用于检测过电流 (OC) 状况或相电流。
- 采样电阻与 IPM 之间布线较长时，将会产生浪涌电压，有可能损坏内部控制 IC 和过电流检测元件。
为降低布线电感，采样电阻与 IPM 之间的布线要尽可能短。
- 为了使吸收电容更有效的抑制浪涌电压，需要采用正确的连接方法。
- 如图4-1所示，一般应将吸收电容连接在位置“C”。如果将吸收电容连接在位置“A”，则吸收电容不能有效抑制浪涌电压，因为布线电感不可忽略。如果将吸收电容连接在位置“B”，吸收电容的充放电电流也会流过采样电阻，从而影响到电流检测信号，过电流保护值也将低于设计值。吸收电容连接在位置“B”时，尽管抑制效果强于位置“A”或者位置“C”，但是考虑到对电流检测精度的影响，位置“C”较为合理。因此，一般采用位置“C”。
- 通常推荐使用0.1 ~ 0.22uF的吸收电容。

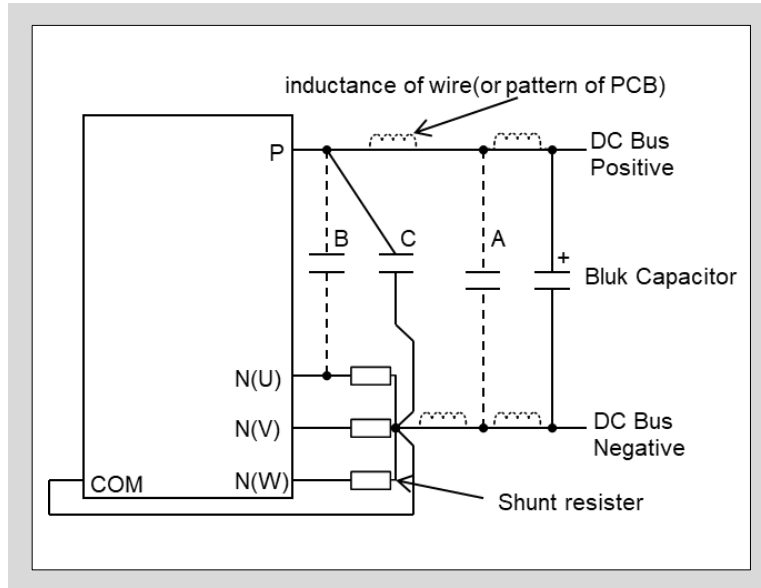
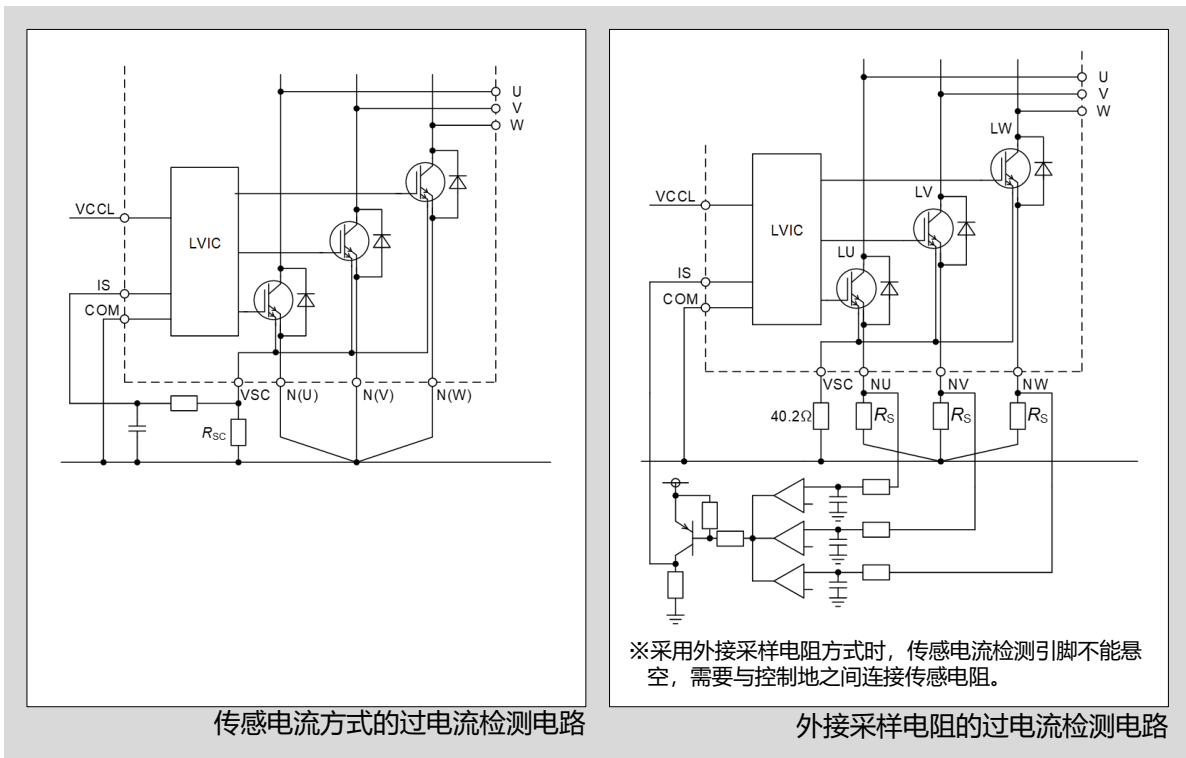


图4-1 采样电阻与吸收电容的推荐布线

2. 过电流保护

本产品的短路保护功能支持两种方式。其一是检测从下桥 IGBT 主电流分流得到的传感电流的方式、其二是 N 侧引脚外接采样电阻直接检测主电流的方式。



※采用外接采样电阻方式时，传感电流检测引脚不能悬空，需要与控制地之间连接传感电阻。

传感电流方式的过电流检测电路

外接采样电阻的过电流检测电路

图4-2 过电流检测电路连接方式

<传感电流方式短路保护>

短路保护时，从下桥 IGBT 主电流分流的传感电流流过传感电阻，在传感电阻上产生电压降，该电压信号反馈到 IS 引脚，从而实现短路保护。表4-2中记载了传感电阻阻值与短路保护电流值。

表4-2. 短路保护电流值 (NU,NV,NW 引脚无外接采样电阻)

型号	电流传感电阻: R_{SC}	短路保护电流min
6MBP50XTA065-50 6MBP50XTC065-50	40.2 Ω	85 A
6MBP75XTA065-50 6MBP75XTC065-50	23.2 Ω	127 A

- 为了防止噪音导致过电流保护电路误动作，需要在 IS 引脚处连接 RC 滤波器。RC 滤波器的时间常数根据噪音的印加时间和 IGBT 的短路耐量决定。通常推荐为1.1 μ s。
- 为了使 6MBP50XT*065-50 的过电流保护有效，传感电阻需要设置在40.2 Ω 以上。传感电阻 R_{sc} 推荐使用温度特性好、精度范围1%以内、低内部电感、额定功率在1/8W以上的电阻。

<外接采样电阻方式短路保护>

- 传感电流方式适合上下桥短路、负载短路等较大短路电流时的短路保护。
- 马达的弱磁电流等电流检测精度要求较高的过电流保护，推荐使用 N 侧引脚外接采样电阻直接检测主电流的方式。
- 外部连接采样电阻时，分流比率会随传感电阻变化。传感电阻连接40.2 Ω 时的短路保护电流值如表4-3所示。
- 外部采样电阻增大时，由于采样电阻上的电压降，下桥 IGBT 的门极电压将会降低，饱和电流值也会降低。6MBP50XT*065-50 推荐采样电阻7m Ω 以下、6MBP75XT*065-50 推荐采样电阻4.5m Ω 以下。
- 另外，使用外接采样电阻方式，为了抑制短路关断时产生的浪涌电压，推荐使用低电感的贴片电阻。请不要使用水泥电阻等电感较大的采样电阻。
- 采用外部采样电阻方式时，传感电流检测引脚不能悬空，需要与控制地之间连接规定阻值的传感电阻。

表4-3. 外部采样电阻值及其对应的短路保护电路值
6MBP50XTA065-50 传感电阻连接40.2 Ω

外部采样电阻值	短路保护电流min
无外接	85 A
3 m Ω	57 A
5 m Ω	48 A

3. 过电流保护用采样电阻的设置方法

对于短路、过电流保护，不采用电流传感方式，而仅采用外接采样电阻方式时，采样电阻的选择方法示例如下。采用外接采样电阻方式时，传感电流检测引脚不能悬空，需要与控制地之间连接规定阻值的传感电阻。

<采样电阻的选择>

采样电阻值的计算方法如下：

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

- $V_{IS(ref)}$ 是 IPM 过电流保护的参考电压， I_{OC} 是过电流保护检测电流限值。
- $V_{IS(ref)}$ 范围为 0.455V(min.)，0.48V(typ.)，0.505V(max)。Rsh 是采样电阻的阻值。
- 过电流检测最大限值，需要考虑到采样电阻的公差，并应该低于此 IPM 规格表中的重复峰值集电极电流。
- 例如，过电流检测限值设为 100A 时，采样电阻推荐值的计算方法如下：

$$R_{Sh(min)} = \frac{V_{IS(ref)(max)}}{I_{OC}} = \frac{0.505}{100} = 5.05[m\Omega] \quad (4.2)$$

- $R_{Sh(min)}$ 是采样电阻的最小值，根据此公式，可以计算出采样电阻的最小值。
- 需要在实际应用中，根据所需的过电流限值来选择和确认合适的采样电阻。

<过电流保护的延迟时间设置>

- 为了防止噪音导致过电流保护电路误动作，需要在 IS 引脚处接 RC 滤波器。RC 滤波器的时间常数根据噪音的印加时间和 IGBT 的短路耐量决定。通常推荐为 1.1 μ s。
- 采样电阻的电压超过过电流保护限值时，由于 RC 滤波器的时间常数，造成 IS 引脚输入电压升至过电流保护参考电压为止的延迟时间 (t_{delay}) 如下式所示：

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

- τ 为 RC 时间常数， I_p 是流经采样电阻的峰值电流。
- 另外，还需考虑过电流的关断响应延迟时间。因此，从过电流触发到 IGBT 关断所需的总延迟时间 t_{total} ：

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

- 设置总延迟时间 t_{total} 必须考虑 IGBT 的短路耐量。请根据实机设置并确认合适的延迟时间。

第5章 推荐的布线方式和布局

1. 应用电路示例	5-2
2. PCB设计推荐和注意事项	5-6

本章介绍的是推荐的布线方式和布局。通过应用电路示例，对 PCB 设计时的要点和注意事项进行说明。

1. 应用电路示例

图5-1,图5-2和图5-3为应用电路示例及其注释。虽然在图中显示了3种电流检测方式，但是注意事项是通用的。

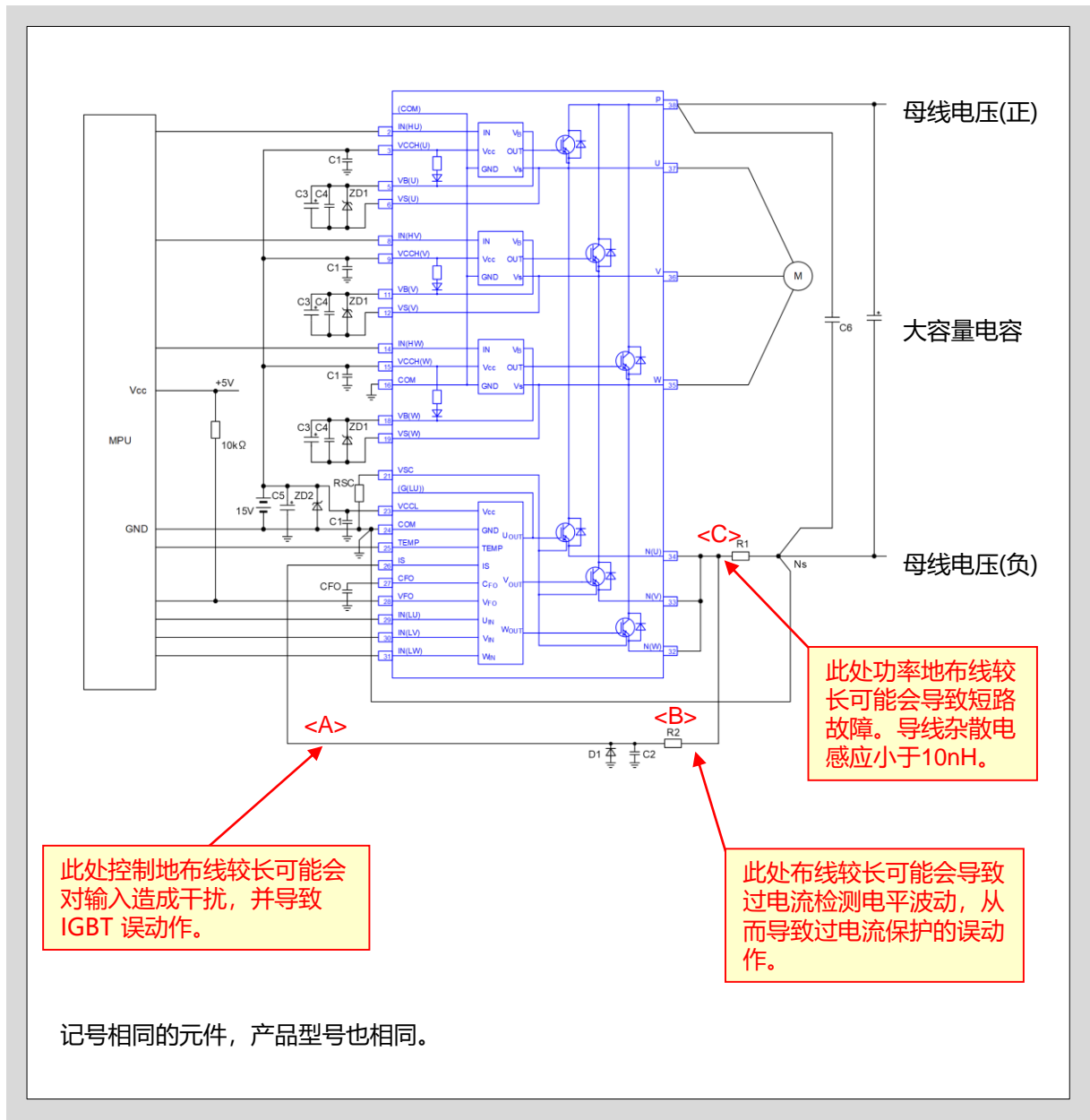


图5-1 应用电路例 1 (三相电流合并检测时)

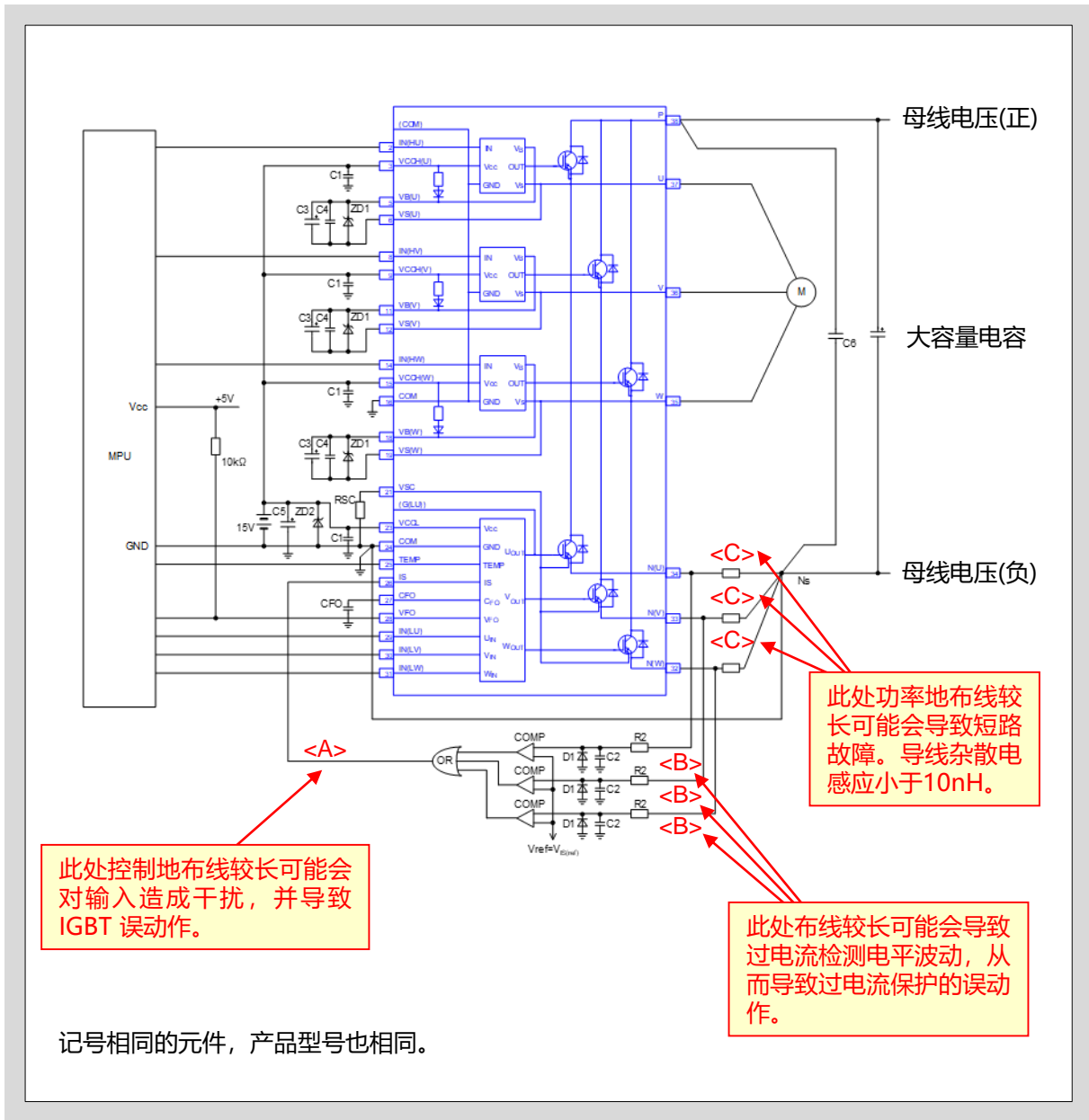


图5-2 应用电路例 2 (三相电流分别检测时)

<注意事项>

1. 输入信号为高电平有效。控制 IC 输入电路中有一个内置的下拉电阻。为防止出现误动作，每个输入的布线应尽可能短。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. 本产品由于内置HVIC，可以直接连接MPU，而无须通过光耦或脉冲变压器来中介。
3. VFO 报警输出为开漏输出，应通过一个大约10kΩ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>，，<C> 的布线尽可能短。
5. 过电流保护电路 R2-C2 的时间常数推荐大约为1.1μs。过电流关断时间可能会因布线方式不同有所变化。对于 R2 和 C2，建议采用高精度的型号。
6. 推荐把过电流保护电路的外部参考基准电压与 IPM 的过电流检测阈值电压设定成相同。
7. 请使用高速比较器和逻辑 IC 来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，则建议连接一个肖特基二极管 D1。
9. 所有电容的安装位置应该尽量靠近 IPM 的引脚。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 损坏，缓冲电容 C6 和 P 引脚、Ns 节点之间的布线应尽可能短。P 引脚和 Ns 节点之间，一般推荐使用0.1uF到0.22uF的缓冲电容。
11. IPM 内部的两个 COM 引脚是不相连的。使用时两个 COM 引脚都连接到控制地，并保持仅1点连接。
12. 为防止尖峰电压造成控制电源及上桥驱动电源的损坏，建议在每相电源端子之间插入一个22V的稳压二极管。
13. 为防止电源线电流造成的电压波动，建议控制信号的地和功率部分的地分开布线，仅在缓冲电容的地：NS一点连接。
14. 电流传感电阻 Rsc，应选择温度特性变化小于1%的低感抗型。额定功率建议选取1/8W以上，并在实际的应用中充分评估。
15. 如果使用外部采样电阻，请选用低感抗的贴片电阻，不要选用高感抗的水泥电阻。

2. PCB设计推荐和注意事项

本节介绍的是在 PCB 设计中推荐的走线布局和注意事项。图5-4至图5-8为采用图5-1, 图5-2, 图5-3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:

<Small IPM 周围的整体设计>

- 在高电位差之间保留合适的爬电距离。(必要时可开一条狭缝。)
- 电源输入 (DC 母线电压) 部分的走线应与上桥驱动部分的电源走线相互分开, 以防止传导噪音干扰。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。
- 上桥驱动部分的电源走线应与系统的输入信号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, 请参考下一页。

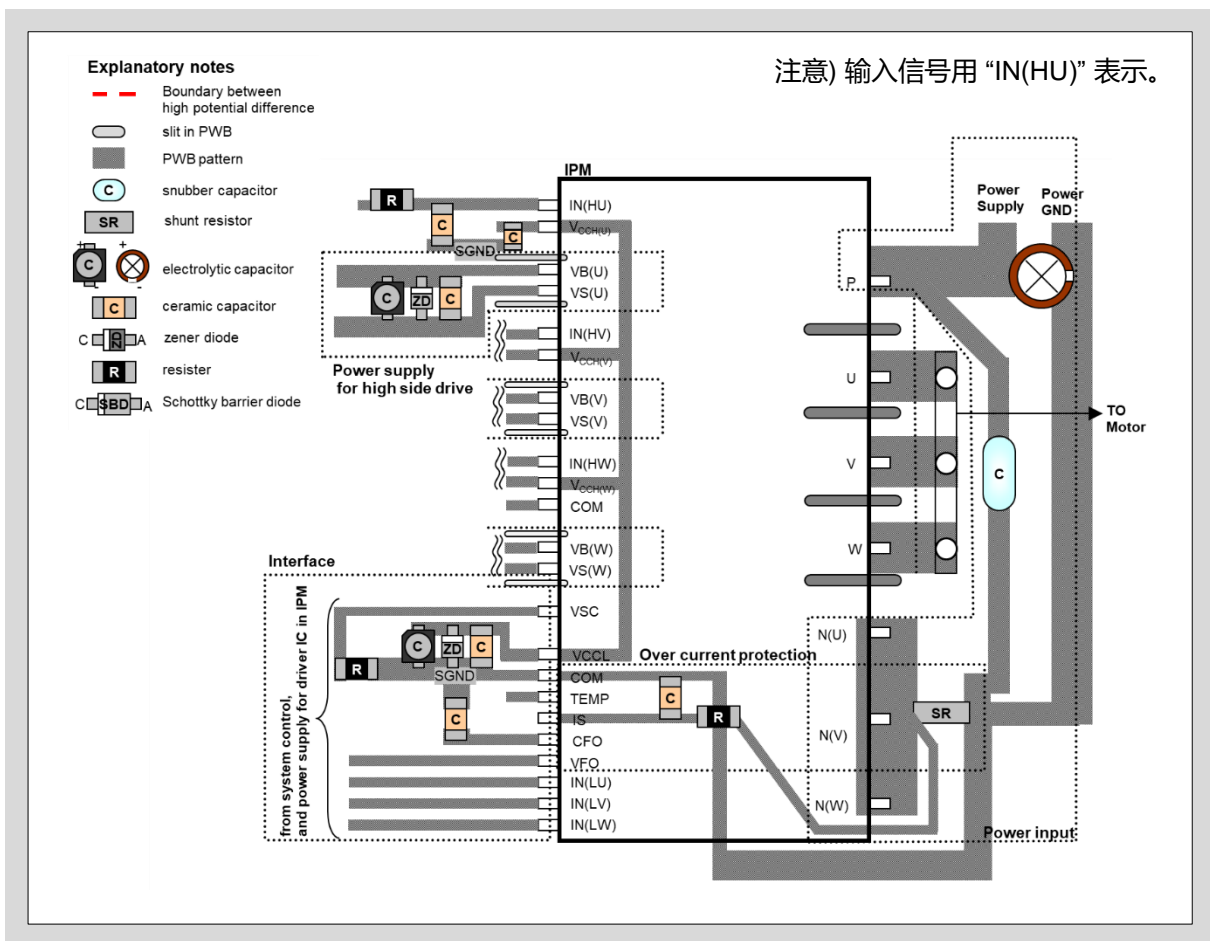


图5-4 推荐的 PCB 板走线布局图 (Small IPM 周围的整体设计)

<电源输入部分>

- (A) 应尽量将缓冲电容靠近 P 引脚和采样电阻负极之间。缓冲电容和 P 引脚、采样电阻之间的接线应尽可能短，以避免布线电感的影响。
- (B) 大容量电容组的走线和缓冲电容的走线，应在 P 引脚和采样电阻附近相互分开。
- (C) 电源接地的走线和来自控制接地 COM 引脚的走线，应采用单点接地方式，并尽量缩短与采样电阻的接线长度。
- (D) 采样电阻请选用低感抗的贴片电阻，而不要选用高感抗的水泥电阻。
- (E) N(U),N(V),N(W) 引脚和采样电阻之间的走线应尽可能短。

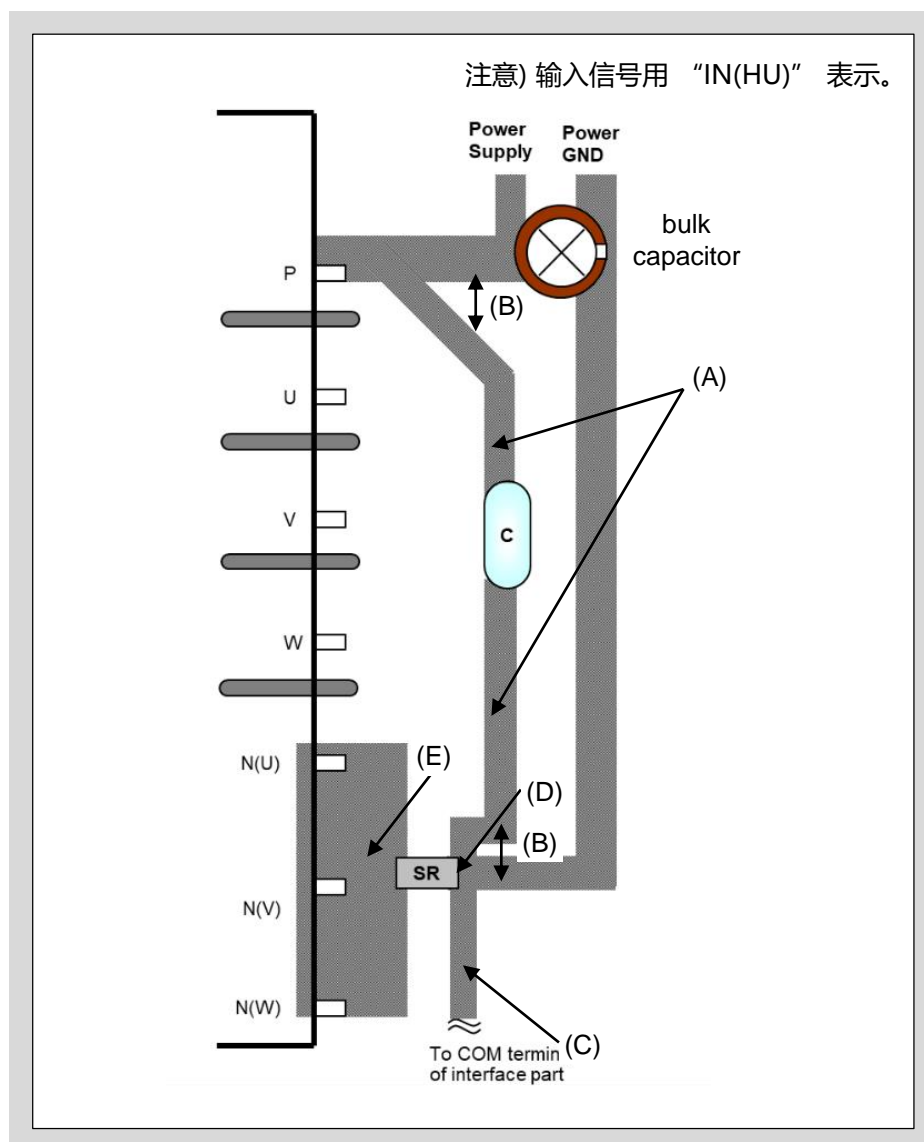


图5-5 推荐的 PCB 板走线布局图 (电源输入部分)

<上桥驱动电源部分>

- (A) VB(U,V,W) 引脚和其他元器件(陶瓷电容、电解电容和二极管)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合适的电容。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) 引脚的位置。
- (C) 如果 VB(U) 和功率地(或相同电位)之间寄生电容较大，在 IGBT 开通和关断时的高 dv/dt 的影响下，VB(U)-VS(U) 引脚之间的电压可能过大或不足。因此，建议在VB(U) 和 VS(U) 引脚之间，靠近 VB(U)引脚处安装稳压二极管。(VB(V)，VB(W) 也与 VB(U) 相同)

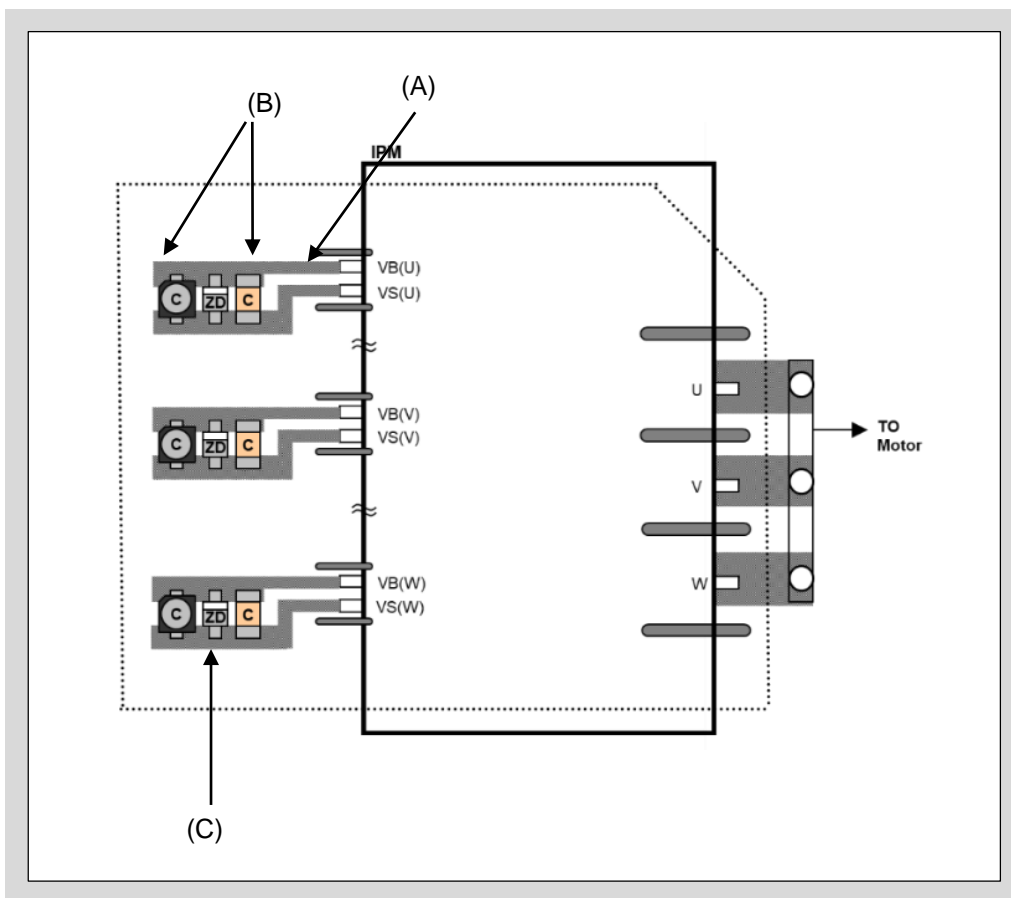


图5-6 推荐的 PCB 板走线布局图 (上桥驱动电源部分)

<信号接口部分>

- (A) 上桥驱动电源部分造成的干扰不可忽略时，建议在输入信号和 COM 走线之间插入一个电容。电容的负极应尽量在靠近 COM 引脚附近与控制地连接。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，并在实际的系统中确认信号电平。
- (B) 两个 COM 引脚(16 & 24 pin)在 IPM 内部是不相连的，使用时两个 COM 引脚都应连接到控制地，并保持仅单点连接。
- (C) VCCL 和 COM 走线，VCCH(U,V,W) 和 COM 走线之间应连入电解电容和陶瓷电容，并尽量靠近每个引脚。
- (D) 来自 TEMP 引脚的输出信号线应与控制信号的接地线平行，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 引脚的走线应在一个接地点相连接，并应尽可能靠近 COM 引脚。

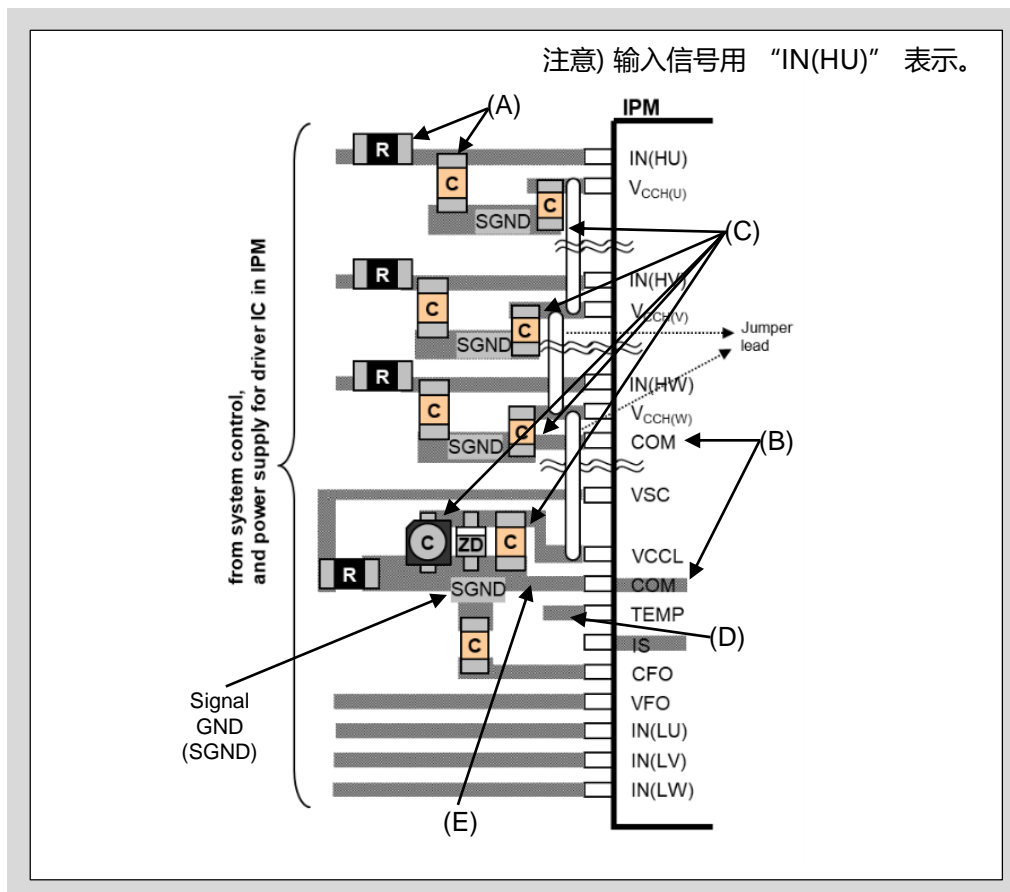


图5-7 推荐的 PCB 走线布局图 (接口部分)

<过电流保护电路部分>

图5-1, 图5-2, 图5-3显示了三种过电流的检测和保护的方法。分别是“三相合并检测型”(图5-8, “三相分别检测型”(图5-9)和“无采样电阻检测型”(图5-10)。

图5-8

- (A) 采样电阻的接地端和 COM 之间的走线非常重要。它不仅是内部控制 IC 的基准电位, 同时还相当于上桥自举充电电流的路径和下桥 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, 以防止在开关时误检测。RC 滤波电容的负极应连接至最接近COM 引脚的控制地。
- (D) 如果在开关动作时, 负电压加到 IS 引脚上时, 应在 IS 引脚和 COM 引脚之间或与采样电阻并列的位置上插入一个肖特基二极管。

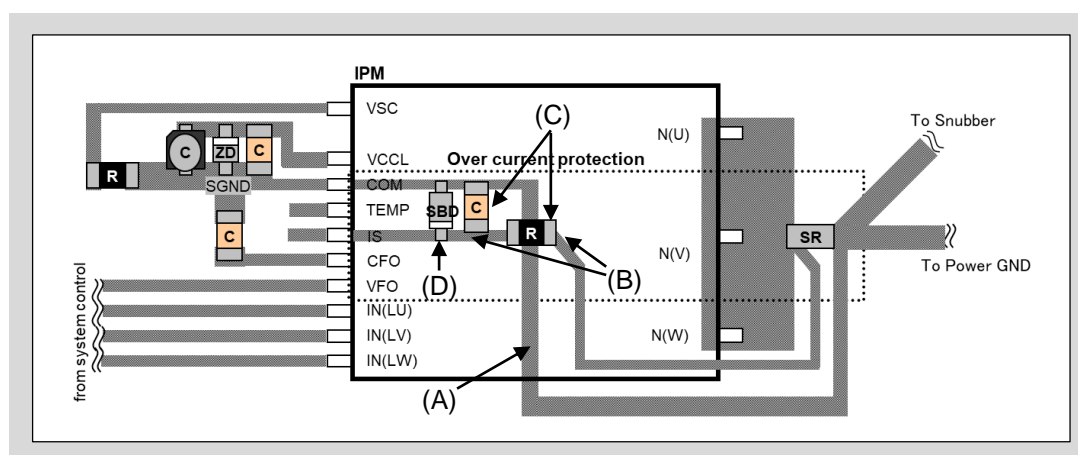


图5-8 三相电流合并检测方法

图5-9

- (A) 请使用高速比较器和逻辑 IC 来快速检测过电流状态。
- (B) 输入到比较器的基准电压应通过电容连接至控制地, 而且与比较器的距离越近越好。
- (C) COM 引脚的接地信号走线与比较器的接地信号走线应相互分开。
- (D) 来自 COM 引脚的接地信号的走线与来自比较器的接地信号的走线应在一个接地点相连, 并应尽量靠近采样电阻。
- (E) 其他注意事项和推荐布局与图5-8(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。

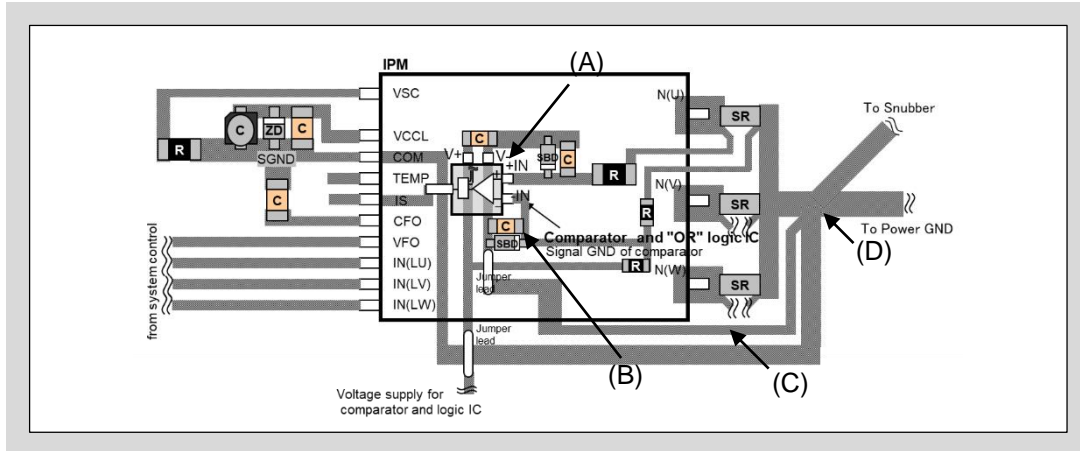


图5-9 三相电流分别检测方法

图5-10

- (A) 将控制信号的地和功率部分的地分开布线，并仅和缓冲电容的地保持1点连接，这样它们就不会因电源线中流动的电流而受到电压波动的影响。
- (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，以防止在开关时误检测。RC 滤波器的电容的负极应连接至最接近 COM 引脚的控制地。

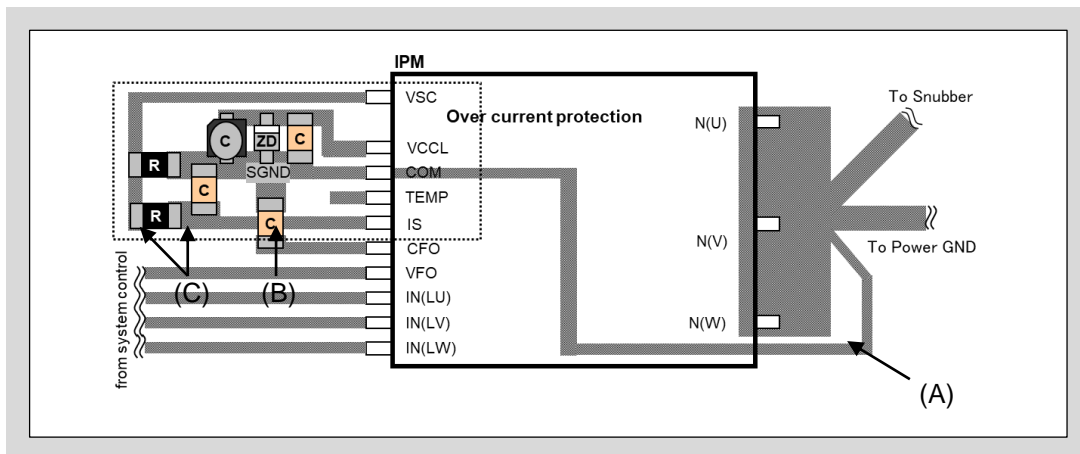


图5-10 无采样电阻检测方法

第6章 安装指南和散热设计

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

1. 焊接至PCB板的方法

- 焊接时温度可能会超过器件的最高耐温值。为避免器件损坏，并确保可靠性，请在下述的温度内进行焊接。

表.6-1 焊接温度和时长

方法	焊接温度和时长
浸焊	260±5°C, 10±1秒

- 为了防止端子的浸入深度过于接近器件本身，所以在端子上设置了挡块。在浸焊时，要注意确保这个挡块和电路板之间的距离，避免将整个器件浸入焊锡槽中。
- 去除焊料并从电路板拆下的器件，建议不再重新使用。去除焊料时，拆下的器件可能由于热量或机械应力造成了损坏。

2. 散热器的安装方法

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

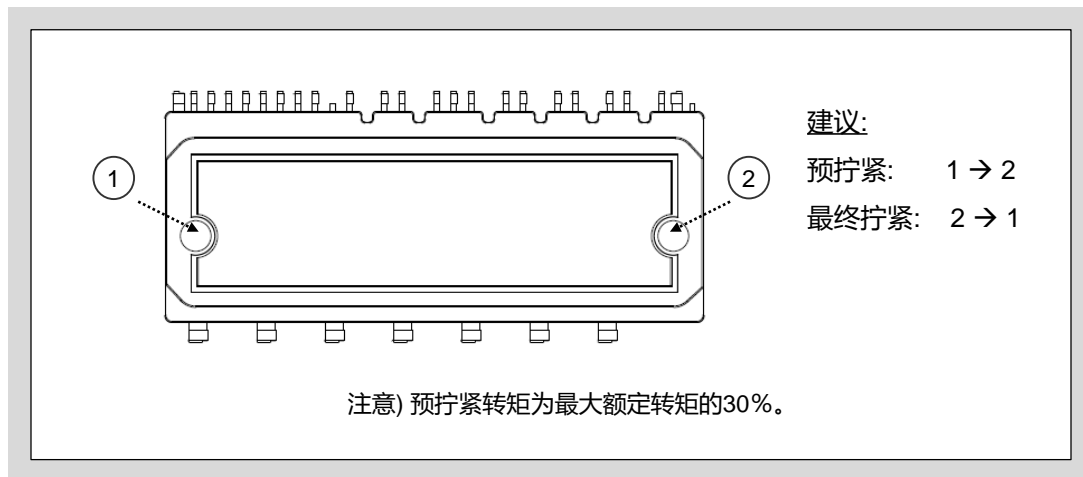


图6-1 推荐的螺丝拧紧顺序

- 图6-2 所示为散热器平坦度的测量位置。
- 将散热器平坦度控制在 0um/100mm ~ +100um/100mm 之间，表面粗糙度 (Rz) 控制在10μm以下。
- 如果散热器表面有凹坑的话，散热器与 IPM 之间会出现间隙，可能造成冷却效果下降。
- 如果平坦度比100μm更大的话，IPM 的铝底板会变形，可能导致内部绝缘基板出现开裂。

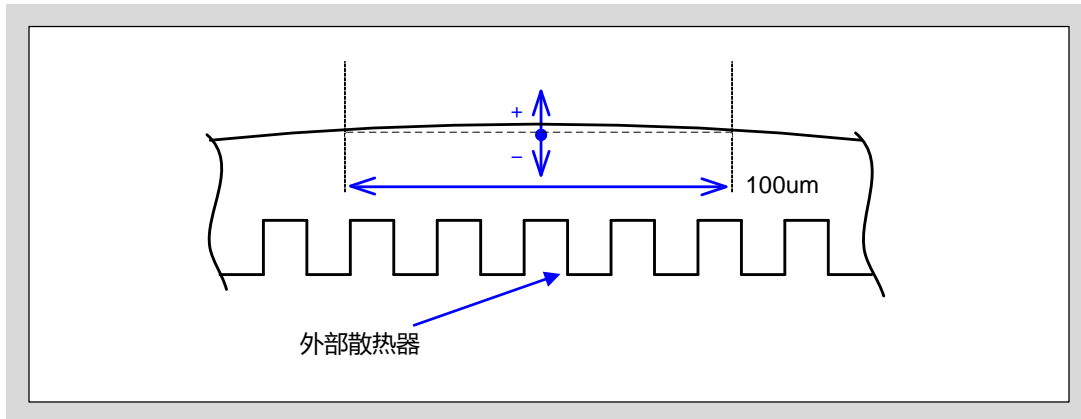


图6-2 散热器平坦度的测量位置

为了提高散热效果，建议使用丝网来涂抹导热硅脂。丝网请参考安装手册(MT6M16534)。

3. 冷却器选择

- 为实现 IGBT 的良好运行，请确保结温不会超过最大结温 T_{vj} 。冷却器（散热器）应设计为能够确保结温总是低于最大结温 T_{vj} ，即使在异常条件（如过载条件）下。
- 如果 IGBT 工作温度高于最大结温 T_{vj} ，可能造成芯片损坏。6MBP**XTC065-50 的LVIC温度超过 T_{oH} 时，所有下桥 IGBT 将被关断。但是如果温度上升过快，IGBT 可能无法受到保护。
- 同样，需注意 FWD 的芯片温度也不能超过最大结温 T_{vj} 。
- 选择冷却器（散热器）时，应直接测量图2-2所示位置的温度，以确认芯片温度。

具体设计请参照第6章第2节和下述文件。

“IGBT 模块应用手册 REH984”

- 功耗计算
- 散热器的选择
- 散热器的安装注意事项
- 故障排查

第7章 注意事项

1. 使用注意事项	7-2
2. 储存注意事项	7-3

1. 使用注意事项

- 请在产品规格书所记载的最大额定值（电压、电流、温度等）范围内使用本产品。超出最大额定值范围，可能会导致产品损坏。即使产品在最大额定值范围内使用，由于温度和使用环境的影响，也可能无法获得预期的产品寿命。请客户参考本产品的绝对最大额定值，并评估和验证富士电机产品对客户使用的系统和设备的适用性，最终进行判断。
- 请确认 IGBT 的关断电压和电流的工作轨迹在 RBSOA 规格范围内。超出 RBSOA 范围使用 IGBT，可能会导致本产品损坏。
- 如果施加超过 $V_{CE(chip)}$ 的电压，可能会导致雪崩击穿并损坏器件。请务必在 $V_{CE(chip)}$ 的最大额定范围内使用本产品。
- 本产品所搭载的 FWD，并非为二极管整流器（AC-DC 转换器）使用而设计。
- 如果由于雷击等原因，超过设备耐压的瞬态过电压从电源传输到本产品，可能会导致本产品损坏。如果预计线之间或地之间会出现输入过电压的情况，请插入浪涌吸收元件等，使施加到本产品的电压保持在规格范围内，以免产品损坏。
- 本产品并非为并联使用而设计，因此我们无法保证其可以并联使用。
- 如果使用的印刷电路板不合适，主端子引脚的温度可能会升高到储存温度(Storage temperature)以上。请在储存温度(Storage temperature)范围内使用主端子引脚。
- 本产品使用不燃材料，但如果产品发生故障，存在冒烟或着火的可能性。此外，如果在易燃区域或易燃材料附近使用本产品，则本产品在操作过程中可能会变热、冒烟或着火。请采取相应措施防止火势蔓延。
- 考虑到万一由于意外事故可能导致设备损坏，请务必在电源和本产品之间安装合适的断路器，以防止火灾、爆炸和火势蔓延等二次破坏。
- 本产品处于通电或运行状态时，请勿直接触摸端子或包装。有触电或灼伤的危险。
- 本产品在含有腐蚀性气体、腐蚀性液体或腐蚀性固体（酸、碱、有机物等，如硫化氢、亚硫酸气、切削液、水泥粉等）的环境中可能会发生氧化或腐蚀、接触失效、断线、短路、接地故障等。万一发生短路或接地故障，可能会发生二次冒烟、火灾或爆炸。如果在含有这些腐蚀性物质的条件下使用本产品，无论条件（温度、湿度、浓度等）如何，富士电机概不负责。
- 如果在温度急剧变化的环境中使用本产品，由于结露可能会导致短路或接地故障。万一发生短路或接地故障，可能会发生二次冒烟、火灾或爆炸。如果在发生结露的环境中使用本产品，富士电机将不承担任何责任。
- 如果在高湿度环境中存储使用本产品或组装后的设备，请在充分释放水分后使用。如果在吸收水分的情况下使用本产品，可能会导致产品内部的电气配线故障或绝缘故障，在这种情况下，富士电机将不承担任何责任。
- 本产品并非为产生粉尘环境下的使用而设计，所以不适用于多尘环境。
- 如果在产生粉尘的环境中使用，散热器可能会堵塞，导致散热不良，或因端子间漏电或沿面放电而发生短路或接地故障。（即使粉尘是纤维等绝缘材料，如果吸收水分，也可能漏电。）

- 一般来说，半导体器件存在由于太空的高速粒子（宇宙射线）以及放射线而产生的偶发故障模式。这种故障模式下的故障率因安装位置（纬度、经度、海拔高度）、安装环境和使用条件（电压）而异。在高海拔或高电压条件下使用时，请联系富士电机。
- 本产品的电气间隙和爬电距离设计为适合在海拔 2000 米以下的环境中使用。如果在超过此环境或低气压环境中使用本产品，富士电机将不承担任何责任。
- 如果本产品超过其使用寿命使用，可能会导致产品劣化和质量下降，最坏的情况下可能会导致产品损坏。请充分了解安装本产品的设备的使用环境，并在使用本产品前考虑本产品是否满足目标寿命。
- 不仅要考虑结温和外壳温度，还要考虑引线端子的温升。
- 设计新设备时，请始终参考最新的安装说明资料。
- 详细使用方法、PCB 布局设计、产品安装方法等请参考应用手册。
- 为了防止开关动作时的高频干扰直接印加到 VCCH(U), VCCH(V), VCCH(W) 端子，请在 VCCH(U), VCCH(V), VCCH(W) 和 COM 端子之间，以及 VCCL 和 COM 端子之间的各个控制电源电压端子附近，连接适当的陶瓷电容。
- 如果干扰印加到控制端子，产品可能会发生误动作。请在充分确认不会发生由于干扰引起的不稳定动作或误动作后再使用本产品。
- 如果 VB 电压由于受到干扰等原因下降到 $V_{B(off)}$ 以下，则高侧 IGBT 可能会关断。请在 VB(U) 与 U 端子、VB(V) 与 V 端子、VB(W) 与 W 端子之间，连接一个合适的陶瓷电容。一定要印加超过输入信号电压阈值的电压再使用。
- 输入信号的电压必须超过阈值电压。
- 请在功率循环寿命曲线（技术资料编号：MT6M14324）内使用本产品。功率循环耐量，除了 ΔT_{vj} 之外，也可能取决于 ΔT_c 。由于本产品的 ΔT_c 功率循环寿命取决于外壳温度 (T_c) 上升和下降所产生的热应力，因此本产品的寿命受其应用设备的散热设计影响很大。如果外壳温度频繁升降，或在高温下工作时间较长，请充分注意产品寿命。
- 对主端子和控制端子施加过大的应力（拉、推、弯曲）可能会导致端子变形和外壳树脂破裂，从而导致接触不良和绝缘不良。
- 端子上印加过大的静电，可能导致产品损坏。
- 使用本产品时，请注意由于静电造成的损害并采取对策。
- 使用本产品时，请握住外壳（封装本身），注意不要触摸端子。需要触摸本产品的端子时，请通过高阻抗电阻（约 1 M Ω ）接地，以释放身体和衣服上的静电。
- 建议在接地的导电地板或桌垫上进行相关作业。
- 为防止本产品在焊接时受到静电影响，请使用具备静电保护的电烙铁或焊锡槽，并通过低阻抗电阻进行焊接。
- 焊接本产品引脚时，在过高的温度下焊接可能会导致封装劣化。请注意焊接工艺。如果产品用于回流焊，产品内部的焊料可能会重新熔化，从而导致质量下降。在这种情况下，富士电机将不对产品性能、外观等负责。

- 安装本产品时，请使用指定范围内的螺钉紧固力矩。拧紧力矩过大会使外壳开裂而导致绝缘不良，拧紧力矩过小则接触热阻增大，器件发热增加。此外，由于使用环境的振动，估计螺丝可能会松动，因此请选择不易松动的螺钉，以适当的扭矩拧紧，然后重新拧紧，以抑制松动的发生。
- 散热器的产品安装面在螺钉安装位置之间100mm处的平面度应为50 μ m或更小，表面粗糙度为10 μ m或更小。过大的凸起翘曲可能导致本产品绝缘击穿，导致严重事故。过度的凹形翘曲或变形可能会在本产品和散热器之间产生间隙，从而导致散热不良和过热损坏。
- 将本产品安装到散热器上时，请使用导热硅脂等以确保冷却。为了使导热硅脂涂抹得薄而均匀，散热片的平面度和表面粗糙度应在规格书中记载的推荐值范围内。导热硅脂用量不足或涂抹方法不当，可能导致导热硅脂无法充分铺满整个器件，导致散热不良而引起过热损坏。涂抹导热硅脂时，请确保导热硅脂涂抹在产品的整个表面。（您可以通过移除安装好的模块来检查导热硅脂的扩散情况。）
- 此外，根据导热硅脂的种类和涂抹方法，导热硅脂可能会在高温使用或温度循环期间劣化或耗尽，从而缩短产品寿命。请充分注意导热硅脂的选择和使用方法。导热硅脂的选择和使用方法请参考相应产品的安装说明。

2. 储存注意事项

- 请在常温和常湿（5 ~ 35 $^{\circ}$ C，45 ~ 75% RH）环境下储存本产品。如果存储场所非常干燥，可能需要使用加湿器。如果需要加湿器，请仅使用去离子水或开水，因为自来水中的氯会腐蚀端子。
- 本产品必须存放在没有温度突变的环境中，因为在温度突变的环境中产品会结露。
- 请勿堆叠存放本产品，以免对产品外壳施加过大的外部压力。
- 请在各端子未处理状态下保管本产品。这是为了避免在加工过程中因划伤引起生锈从而导致焊接失败。
- 请使用非带电性或导电性的容器存放本产品。
- 本产品在上述储存条件下的保管期间为一年以内。