

Small IPM (Intelligent Power Module)

P642 シリーズ

6MBP**XT*065-50

Application Manual

ご注意

この文書の内容(製品の仕様、特性、データ、材料、構造など)は2023年4月現在のものです。この内容は製品の仕様変更のため、または他の理由により、事前の予告なく変更されることがあります。この文書に記載されている製品を使用される場合には、その製品の最新版の仕様書を入手して、データを確認してください。

本文書に記載してある応用例は、富士電機の半導体製品を使用した代表的な応用例を説明するものであり、本アプリケーションマニュアルによって工業所有権やその他権利の実施に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。

富士電機(株)は絶えず製品の品質と信頼性の向上に努めています。しかし、半導体製品はある確率で故障する可能性があります。富士電機製半導体製品の故障または誤動作が、結果として人身事故、火災等による財産に対する損害や、社会的な損害を起さぬように冗長設計、延焼防止設計、誤動作防止設計など、安全確保のための手段を講じてください。

本アプリケーションマニュアルに記載している製品は、普通の信頼度が要求される下記のような産業用電子機器や産業用電気機器に使用されることを意図して製造しています。

- ・コンプレッサモーターインバータ ・ルームエアコン用ファンモーターインバータ
- ・ヒートポンプアプリケーション用コンプレッサモーターインバータ など

本アプリケーションマニュアルに記載の製品を、下記のような特に高い信頼度を持つ必要がある機器に使用をご予定のお客様は、事前に富士電機(株)へ必ず連絡の上、了解を得てください。この資料の製品をこれらの機器に使用するには、そこに組み込まれた富士電機製半導体製品が故障しても、機器が誤動作しないように、バックアップ・システムなど、安全維持のための適切な手段を講じることが必要です。

- ・輸送機器(車載、船用など) ・幹線用通信機器 ・交通信号機器
- ・ガス漏れ検知および遮断機 ・防災/防犯装置 ・安全確保のための各種装置 など

極めて高い信頼性を要求される下記のような機器および戦略物資に該当する機器には、本アプリケーションマニュアルに記載の製品を使用しないでください。

- ・宇宙機器 ・航空機搭載用機器 ・原子力制御機器 ・海底中継機器 ・医療機器

本アプリケーションマニュアルの一部または全部の転載複製については、文書による当社の承諾が必要です。

本アプリケーションマニュアルの内容にご不明の点がありましたら、製品を使用する前に富士電機(株)または、その販売店へ質問してください。本注意書きの内容をお守り頂けなかったために生じた如何なる損害も富士電機(株)とその販売店は責任を負うものではありません。

CONTENTS

第1章 製品概要	1-1
1. 製品紹介	1-2
2. 製品ラインナップ	1-5
3. 製品型式名の定義	1-6
4. 捺印の定義	1-7
5. 外形図	1-8
6. 絶対最大定格	1-9
第2章 端子記号、用語の説明	2-1
1. 端子記号の説明	2-2
2. 特性項目の用語の説明	2-3
第3章 制御機能の詳細	3-1
1. ローサイド・ハイサイド制御電源 VCCH(U,V,W),VCCL,COM	3-2
2. ハイサイド駆動電源 VB(U,V,W),VS(U,V,W)	3-6
3. 内蔵ブートストラップダイオード(BSD)機能	3-9
4. 入力端子 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW)	3-14
5. 過電流保護検出機能 IS	3-17
6. アラーム出力機能 VFO, CFO	3-19
7. 温度出力機能 TEMP	3-21
8. 過熱保護機能	3-23
第4章 インバータブロックの詳細	4-1
1. バス電圧入力端子と下アームIGBTエミッタの接続	4-2
2. 過電流保護について	4-3
3. 過電流保護用 外部シャント抵抗の設定方法	4-5
第5章 推奨配線およびレイアウト	5-1
1. 応用回路例	5-2
2. プリント基板設計における推奨パターンおよび注意点	5-6

CONTENTS

第6章 実装ガイドラインおよび熱設計	6-1
1. プリント基板へのはんだ付け方法	6-2
2. ヒートシンクへの実装方法	6-2
4. ヒートシンクの選定	6-3
第7章 注意事項	7-1
1. 使用上の注意事項	7-2
2. 保管上の注意事項	7-3

第1章 製品概要

1. 製品紹介	1-2
2. 製品ラインナップ	1-5
3. 製品型式名の定義	1-6
4. 捺印の定義	1-7
5. 外形図	1-8
6. 絶対最大定格	1-9

本マニュアルは、富士IGBT Intelligent Power Module “Small IPM P642系列”について

- 製品概要
- 端子記号、用語の説明
- 制御端子およびパワー端子の詳細説明と設計ガイドライン
- 推奨配線およびレイアウト、実装ガイドライン

以上の内容を説明します。

1. 製品紹介

<製品概要>

- コンプレッサモータ用インバータやルームエアコン用ファンモータインバータなどに用いられるIGBTモジュールは省エネや装置の小型・軽量化に対する要求の高まりとともに急速な発展を遂げています。
- IGBTはパワーMOSFETの高速スイッチング性能とバイポーラトランジスタの高電圧・大電流処理能力を合わせ持った素子として、今後一層の発展が期待されています。
- その中で、IPM(Intelligent Power Module)は、IGBTモジュールにゲート駆動回路と保護回路を内蔵した3相IGBTインバータブリッジ構成となっています。

<製品コンセプト>

- 第7世代IGBT技術を適用することで低損失を実現し、機器の省エネが可能です。
- 短時間 $T_{vjmax}=175^{\circ}\text{C}$ 対応と動作保証温度 $T_{vjop}=150^{\circ}\text{C}$ により許容電流を拡大できます。
- 短絡保護検出の高精度化により過負荷運転領域を拡大できます。
- 650V/50A,75Aのラインナップを用意しています。
- コレクタ-エミッタ間飽和電圧 $V_{CE(sat)}$ とスイッチング損失とのトレードオフを改善したことで、トータル損失を低減しています。

<内部回路>

- 最適に設計された内蔵駆動回路でIGBTを駆動します。
- 内蔵駆動回路を含めた内部回路を図1-1に示します。
- 上アームの制御IC(HVIC)は、高電圧レベルシフト回路を内蔵しています。
- 本製品は、MPU(マイクロプロセッサ)によって、上下アームとも直接駆動することが可能です。入力信号の電圧レベルは、3.3Vまたは5.0Vです。
- 内蔵駆動回路とIGBT間の配線が短く、駆動回路のインピーダンスが低いいため、逆バイアス電源は不要です。
- 通常は下アーム側1個と絶縁された上アーム側3個の合計4個の制御電源が必要となりますが、本製品はブートストラップダイオード(BSD)を内蔵しているため、上アーム側用に別途絶縁電源を用意する必要はありません。

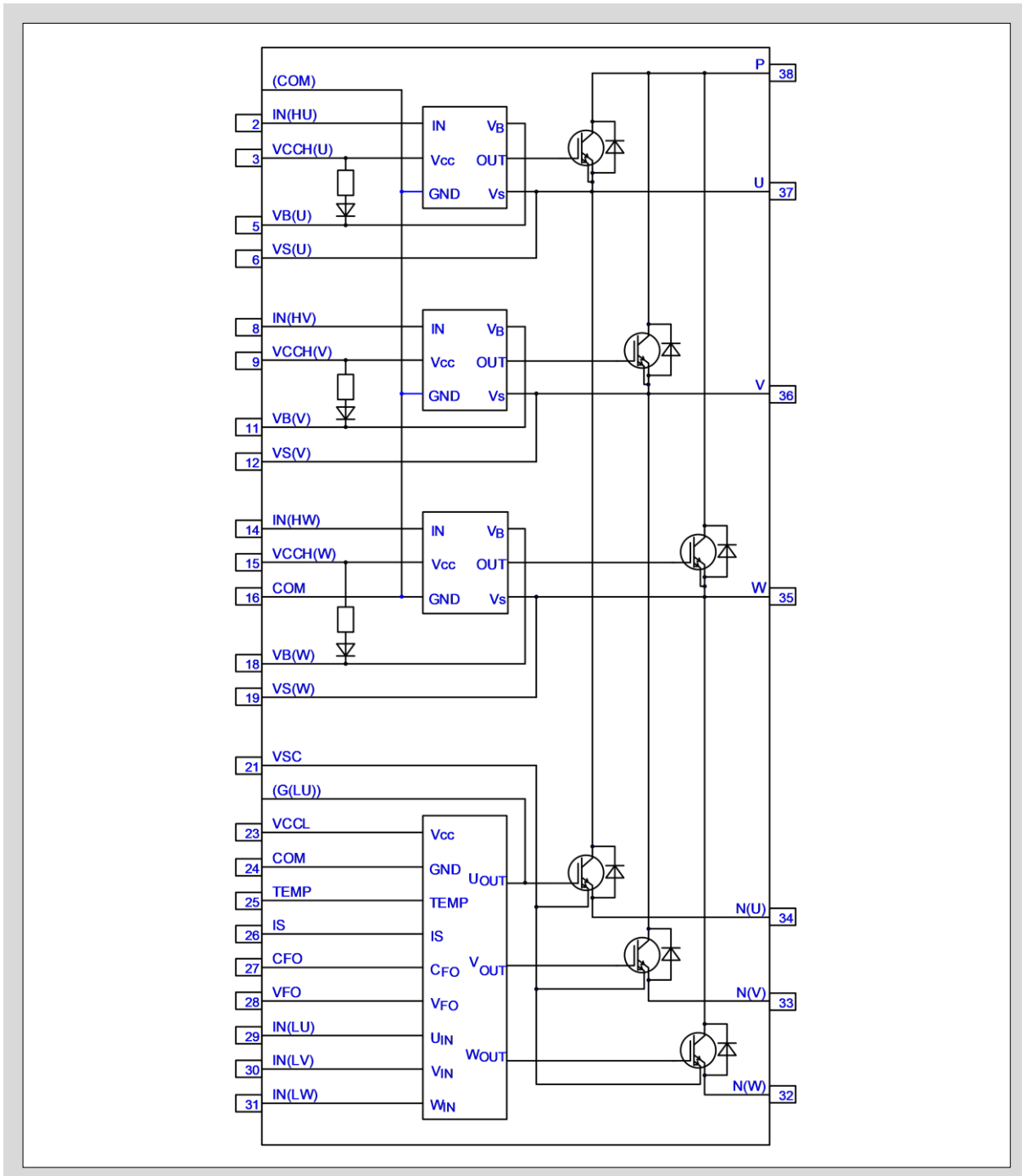


图1-1 内部回路图

<内蔵保護機能>

- 本製品には、下記の保護回路が内蔵されています。
 - 過電流保護機能(OC保護)
 - 低入力電圧保護機能(UV保護)
 - 温度出力機能(LT出力)
 - 過熱保護機能(OH保護) (一部製品のみ)
 - アラーム出力機能(FO)
- 過電流保護回路は、負荷短絡、アーム短絡時の過電流によるIGBTの破壊を保護する機能です。本保護回路は電流センス方式、外部シャント方式の両方式を採用しており、アーム短絡保護も可能です。
- 低入力電圧保護回路は、制御電源およびハイサイド駆動電源の電圧低下に対して動作する保護機能であり、全駆動回路に内蔵しています。
- 過熱保護機能は、本製品を過熱から保護する機能であり、ローサイド制御IC(LVIC)に内蔵しています。
- 温度出力機能はLVICに内蔵しており、検出温度をアナログ電圧に変換して出力します。
- アラーム出力機能は、アラーム信号を外部に出力する機能です。本製品が異常信号を検出した際、MPUにアラーム信号を出力することでシステム破壊を防止することが可能です。

<小型パッケージ>

- 本製品は、アルミ絶縁基板を使用しており、放熱に優れています。
- 制御端子間ピッチは2.54mmです。
- パワー端子間ピッチは10mmです。

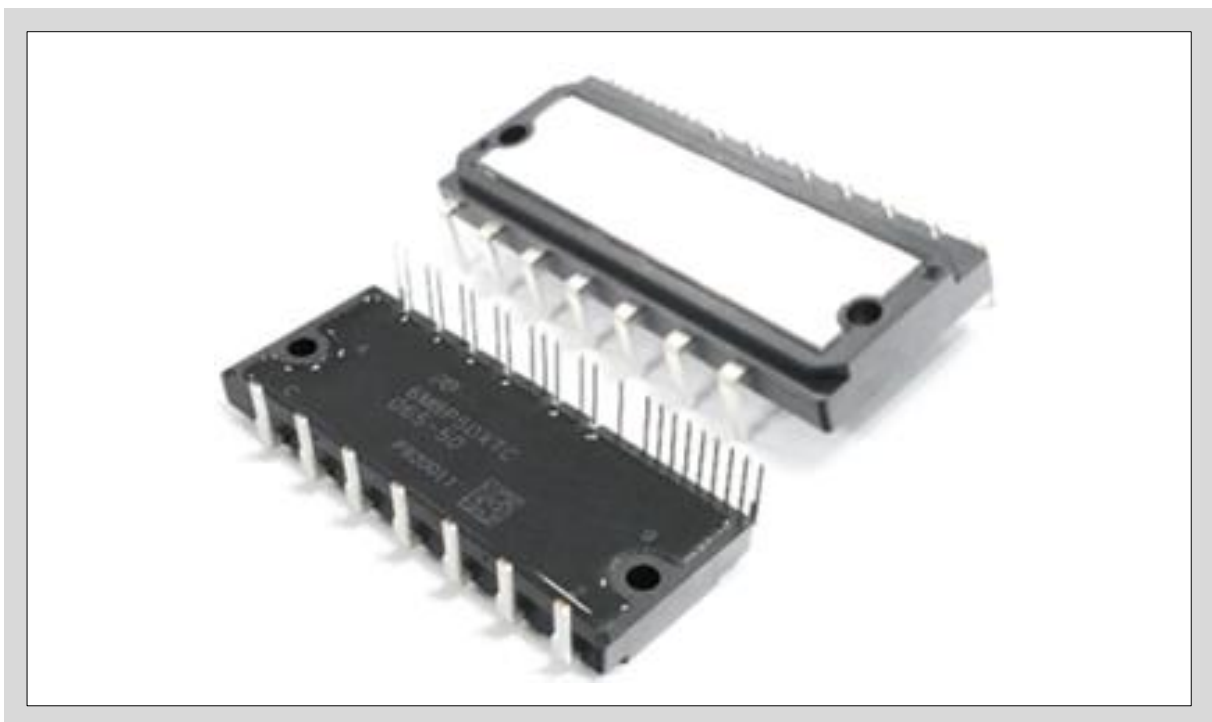


図1-2 外観

2. 製品ラインナップ

表1-1 ラインナップ

型式名	IGBT定格		絶縁耐圧 [Vrms]	タイプ*1
	電圧[V]	電流[A]		
6MBP50XTA065-50	650	50	2500Vrms 正弦波 60Hz, 1min (全端子ショートとケース間)	LT
6MBP50XTC065-50				LT OH
6MBP75XTA065-50		75		LT
6MBP75XTC065-50				LT OH

*1 LT: 温度出力機能

OH: 過熱保護機能

3. 製品型式名の定義

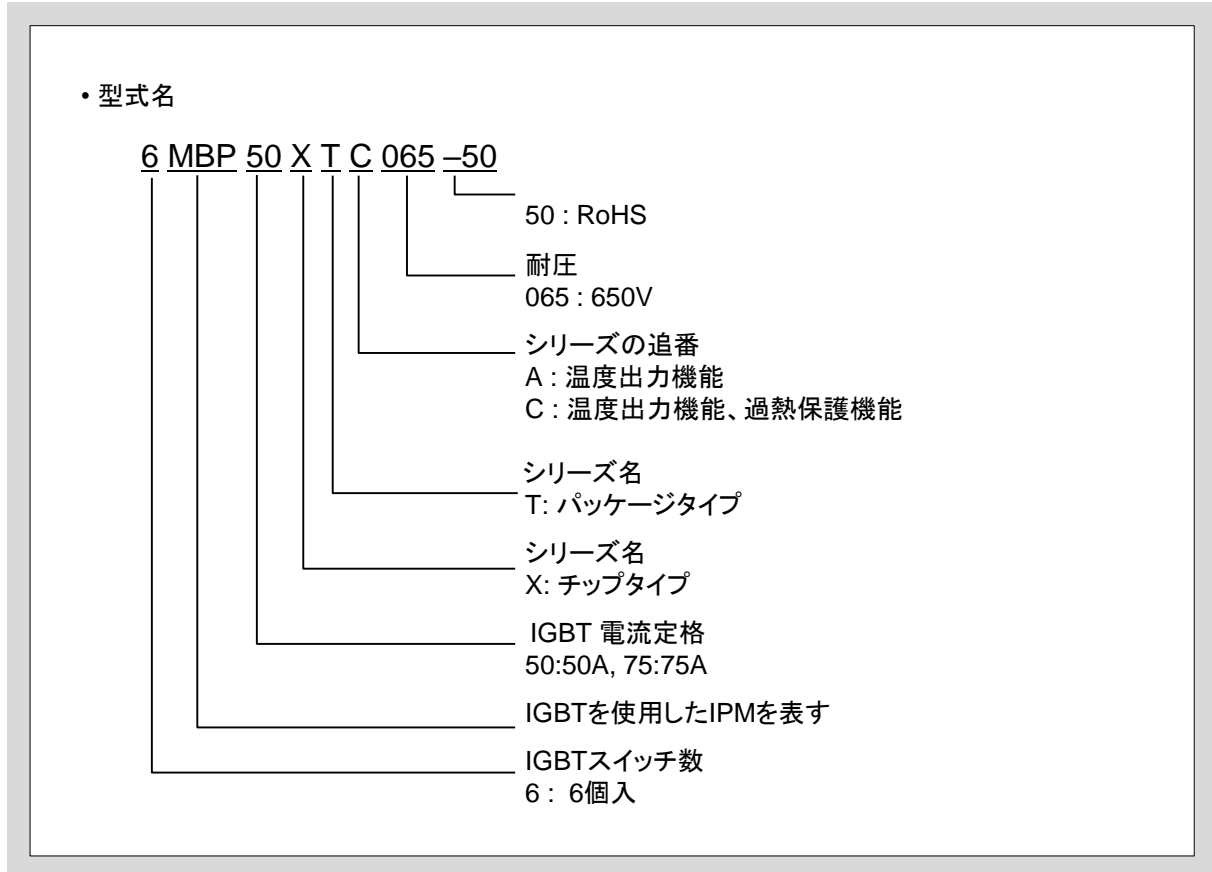


図1-3 型式の見方

4. 捺印の定義

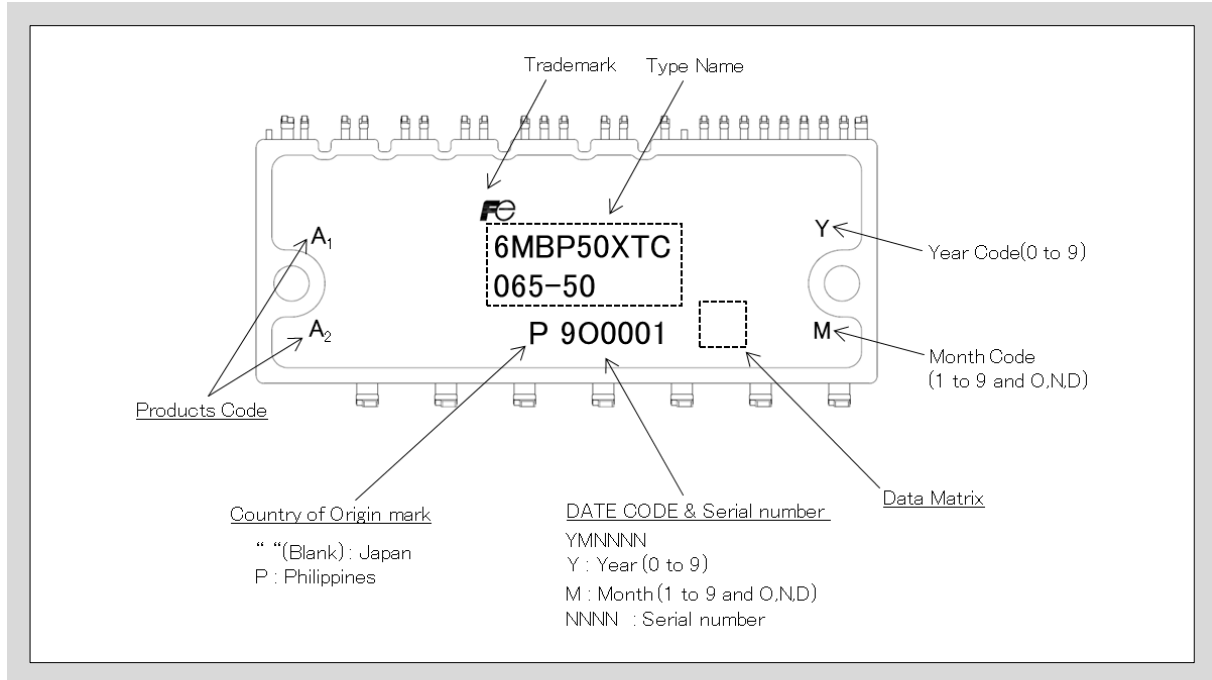


図1-4 捺印仕様

表1-2 Products code

TYPE NAME	PRODUCT CODE	
	A ₁	A ₂
6MBP50XTA065-50	A	A
6MBP50XTC065-50	A	C
6MBP75XTA065-50	B	A
6MBP75XTC065-50	B	C

5. 外形図

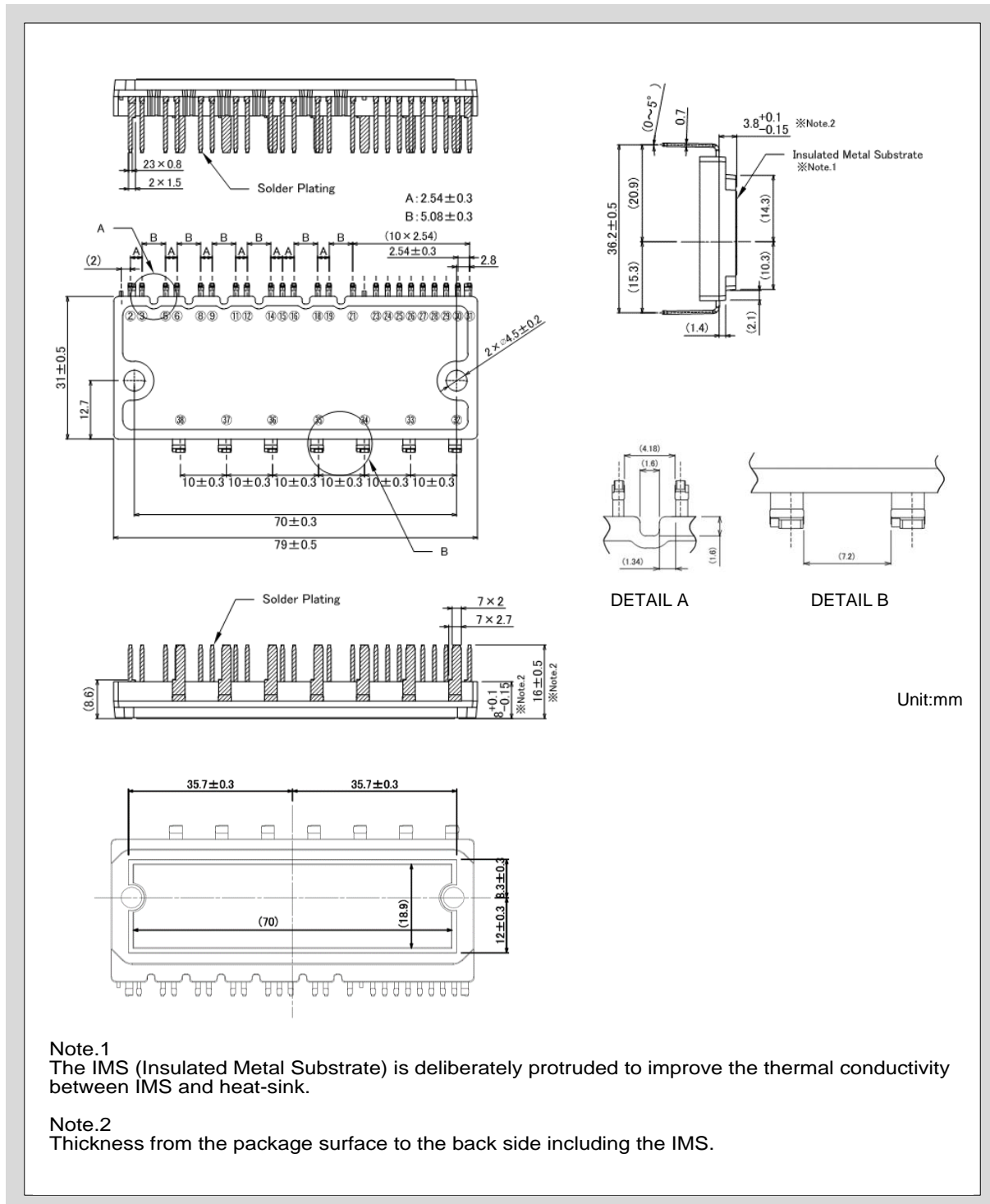


図1-5 ケース外形図

6. 絶対最大定格

表1-3と表1-4に6MBP50XTC065-50の絶対最大定格例を示します。

表1-3 インバータ回路部 絶対最大定格 $T_{vj}=25^{\circ}\text{C}$, $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}^{*1}=15\text{V}$, $V_{B(c)}=15\text{V}$ (特に指定がない場合)

項目	記号	定格	単位	説明
DCバス電圧	$V_{DC(\text{terminal})}$	450	V	P-N(U),N(V),N(W)端子間に印加可能な直流電圧。
DCバス電圧 (サージ)	$V_{DC(\text{Surge,terminal})}$	500	V	スイッチングによりP-N(U),N(V),N(W)端子間に印加可能なサージ電圧のピーク値。
コレクタ-エミッタ間電圧	$V_{CE(\text{chip})}$	650	V	内蔵IGBTチップのコレクタ-エミッタ間最大電圧およびFWDチップの繰返しピーク逆電圧。
コレクタ電流	I_C	50	A	IGBTチップに許容されるコレクタ電流。 $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ ^{*2}
ピークコレクタ電流	I_{CP}	100	A	IGBTチップに許容される最大パルスコレクタ電流。 $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ ^{*2}
ダイオード順電流	I_F	50	A	FWDチップに許容される最大パルス電流。 $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ ^{*2}
ピークダイオード順電流	I_{FP}	100	A	FWDチップに許容される最大パルス電流。 $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ ^{*2}
コレクタ電力損失	P_{D_IGBT}	132	W	IGBTチップ1素子で消費できる電力の最大値。 $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$
FWD電力損失	P_{D_FWD}	89	W	FWDチップ1素子で消費される電力の最大値。 $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$
自己保護可能DCバス電圧 (上下アーム短絡)	$V_{DC(\text{sc})}$	400	V	IGBTが短絡や過電流状態になった場合に、本製品の保護機能によって、IGBTを安全に遮断できる最大電源電圧。
最大接合温度 (インバータ回路)	T_{vj}	175	$^{\circ}\text{C}$	IGBTとFWDチップの最大接合温度。 ^{*3} 動作寿命はジャンクション温度とパワーサイクル耐量により制限されます。
動作時接合温度 (インバータ回路)	T_{vjop}	-40 ~ +150	$^{\circ}\text{C}$	連続動作時IGBTとFWDチップの平均接合温度。 ^{*3} 動作寿命はジャンクション温度とパワーサイクル耐量により制限されます。

*1 V_{CC} はVCCH(U,V,W)-COM端子、VCCL-COM端子間に印加可能電圧。

*2 パルス幅および周期は、 $T_{vj,max}$ によって制限されます。

*3 連続動作時の最高ジャンクション温度は $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ です。動作時温度を $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ 未満とする必要があります。

$T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$ 以上で連続動作させた場合、パワーサイクル耐量などの信頼性が設計寿命に対して大きく低下する可能性があります。

表1-4 制御回路部 絶対最大定格 $T_{vi}=25^{\circ}\text{C}$, $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}=15\text{V}$, $V_{B(*)}=15\text{V}$ (特に指定がない場合)

項目	記号	定格	単位	説明
ハイサイド制御電源電圧	$V_{CCH(U)}$ $V_{CCH(V)}$ $V_{CCH(W)}$	-0.5 ~ 20	V	$V_{CCH(U)-COM}$, $V_{CCH(V)-COM}$, $V_{CCH(W)-COM}$ 端子間に印加可能な電圧
ローサイド制御電源電圧	V_{CCL}	-0.5 ~ 20	V	$V_{CCL}-COM$ 端子間に印加可能な電圧
ハイサイド駆動電源電圧	$V_{VB(U)-COM}$ $V_{VB(V)-COM}$ $V_{VB(W)-COM}$	-0.5 ~ 670	V	$V_{B(U)-COM}$, $V_{B(V)-COM}$, $V_{B(W)-COM}$ 端子間に印加可能な電圧
ハイサイド駆動電源電圧 (上アームIGBT駆動)	$V_{B(U)}$ $V_{B(V)}$ $V_{B(W)}$	-0.5 ~ 20	V	$V_{B(U)-VS(U)}$, $V_{B(V)-VS(V)}$, $V_{B(W)-VS(W)}$ 端子間に印加可能な電圧
ハイサイドオフセット電圧	V_U V_V V_W	-5 ~ 650	V	$U-COM$, $V-COM$, $W-COM$ 端子間に印加可能な電圧。 ^{*4}
入力端子電圧	V_{IN}	-0.5 ~ $V_{CCH}+0.5$ -0.5 ~ $V_{CCL}+0.5$	V	$IN(HU)-COM$, $IN(HV)-COM$, $IN(HW)-COM$, $IN(LU)-COM$, $IN(LV)-COM$, $IN(LW)-COM$ 端子間に印加可能な電圧。
入力端子電流	I_{IN}	3	mA	$IN(HU)-COM$, $IN(HV)-COM$, $IN(HW)-COM$, $IN(LU)-COM$, $IN(LV)-COM$, $IN(LW)-COM$ 端子間の許容電流
アラーム端子電圧	V_{FO}	-0.5 ~ $V_{CCL}+0.5$	V	$V_{FO}-COM$ 端子間に印加可能な電圧
アラーム端子電流	I_{FO}	1	mA	$V_{FO}-COM$ 端子間に流れるシンク電流

(次のページに続く)

*4 $V_{B(U)-U}$, $V_{B(V)-V}$, $V_{B(W)-W}$ 端子間に13.0V以上の電圧を印加してください。また、ハイサイドオフセット電圧が-5V未満の場合、本製品は誤動作する可能性があります。

(続き)表1-4 制御回路部 絶対最大定格 $T_{vj}=25^{\circ}\text{C}$, $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}=15\text{V}$, $V_{B(*)}=15\text{V}$ (特に指定がない場合)

項目	記号	定格	単位	説明
アラーム出力パルス幅設定端子電圧	V_{CFO}	-0.5 ~ 5.0	V	CFO-COM端子間の許容電圧。 ^{*5}
アラーム出力幅設定端子電流	I_{CFO}	-0.05 / 3	mA	CFO-COM端子間の許容電流。 ^{*5}
過電流検出入力端子電圧	V_{IS}	-0.5 ~ $V_{CCL}+0.5$	V	IS-COM端子間に印加可能な電圧
温度出力端子電圧	V_{TEMP}	-0.5 ~ 5.0	V	TEMP-COM端子間に印加可能な電圧
温度出力端子電流	I_{TEMP}	-0.05 / 3	mA	TEMP-COM端子間に流れるシンク電流
ローサイドセンス電流検出端子電圧	V_{VSC}	-0.5 ~ $V_{CCL}+0.5$	V	VSC-COM端子間の許容電圧。 ^{*6}
ローサイドセンス電流検出端子電流	I_{VSC}	-20	mA	VSC-COM端子間の許容電流。 ^{*6}
動作時接合温度 (制御回路)	T_{vj}	150	$^{\circ}\text{C}$	制御回路の接合温度。
動作時ケース温度	T_c	-40 ~ +125	$^{\circ}\text{C}$	動作時ケース温度 (IGBTもしくはFWD直下のアルミ絶縁基板下面の温度)
保存温度	T_{stg}	-40 ~ +125	$^{\circ}\text{C}$	保管および搬送時の周囲温度範囲 (無負荷状態)
絶縁電圧	V_{isol}	AC 2500	Vrms	全端子を短絡した状態で端子とIMS(絶縁金属基板)間に許容される正弦波電圧の最大実効値。(正弦波 60Hz/1min)

^{*5} CFOは出力端子のため、外部から電圧、電流を印加しないでください。CFO-COM端子間には規定のコンデンサのみ接続ください。

^{*6} VSCは出力端子のため、外部から電圧、電流を印加しないでください。VSC-COM端子間には、規定の抵抗のみ接続ください。

<コレクタ-エミッタ間電圧の絶対最大定格仕様>

動作時、P-N(U,V,W)間印加電圧は通常ハイサイドもしくはローサイドのどちらかに加わります。そのため、P-N(U, V, W)間印加電圧は、IGBTの絶対最大定格を超えてはいけません。詳細は図1-6に動作波形を示します。

$V_{CE(chip)}$: 本製品内部のIGBT, FWDのチップ耐圧。直接測定することが困難であるため、P-N(U, V, W)間端子電圧である $V_{DC(terminal)}$ 、 $V_{DC(Surge,terminal)}$ を絶対最大定格内でご使用ください。

$V_{DC(terminal)}$: DCバスの直流電源電圧(P-N(U, V, W)端子間電圧)

$V_{DC(Surge, terminal)}$: DCバスP-N(U, V, W)間のスイッチング等による跳ね上がり電圧を含めた許容可能電圧

- 図1-6にIGBTターンオフ時・FWD回復時および短絡動作時の波形を示します。それぞれの $V_{DC(Surge, terminal)}$ は異なるため、 $V_{DC(terminal)}$ は上記の動作モードを想定して設定する必要があります。
- $V_{CE(chip)}$ は、IGBTのコレクタ-エミッタ間の絶対最大定格電圧を表します。 $V_{DC(Surge, terminal)}$ は、IPM内部の配線インダクタンスにより生じるサージ電圧を考慮しています。
- また、 $V_{DC(terminal)}$ は、P-N(U, V, W)端子と電解コンデンサ間の配線インダクタンスにより生じるサージ電圧のマージンを考慮しています。

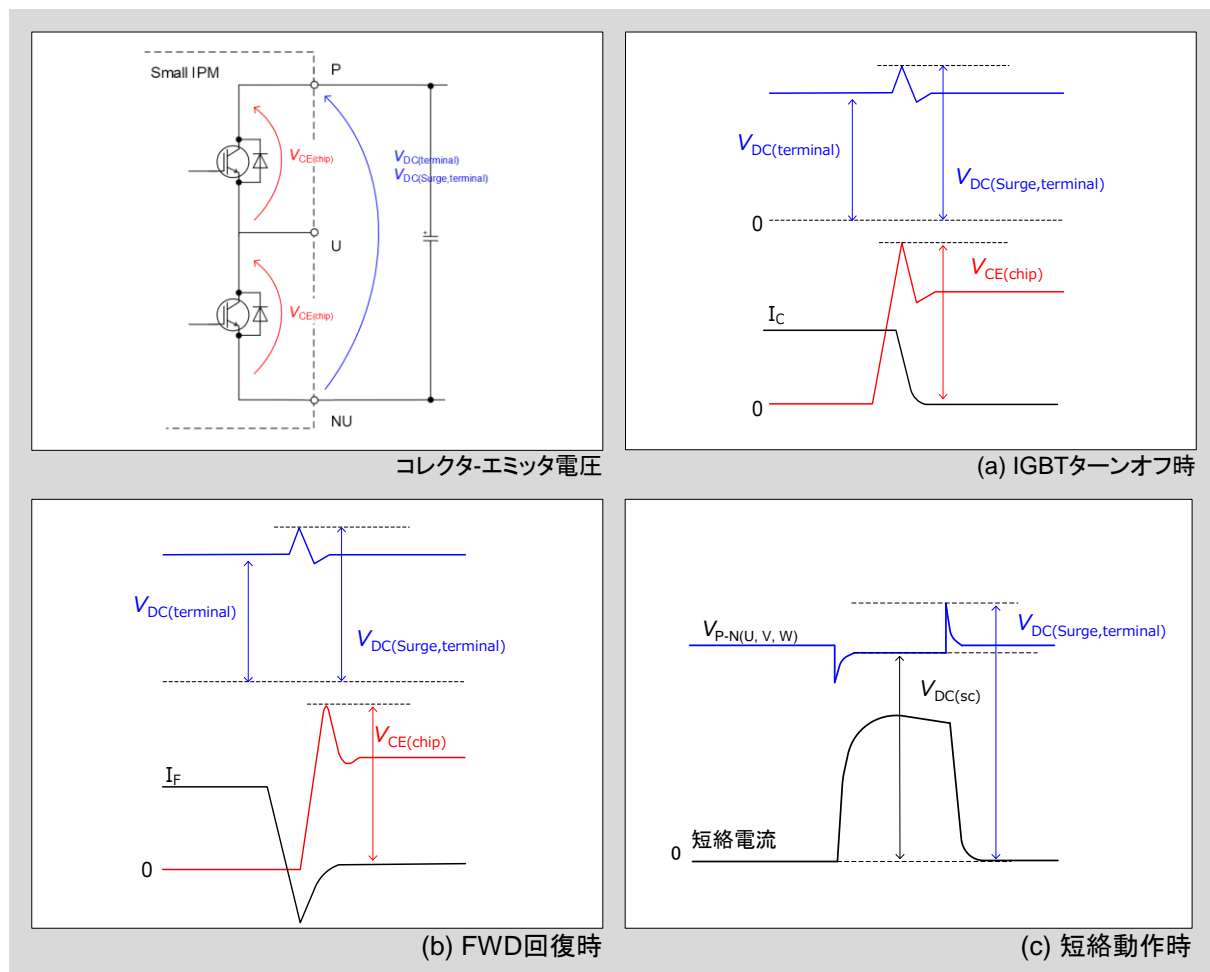


図1-6 IGBTターンオフ時・FWD回復時と短絡動作時の波形とコレクタ-エミッタ電圧

第2章 端子記号、用語の説明

1. 端子記号の説明	2-2
2. 特性項目の用語の説明	2-3

1. 端子記号の説明

図2-1に端子番号、表2-1~表2-2にそれぞれ端子記号と定義について示します。

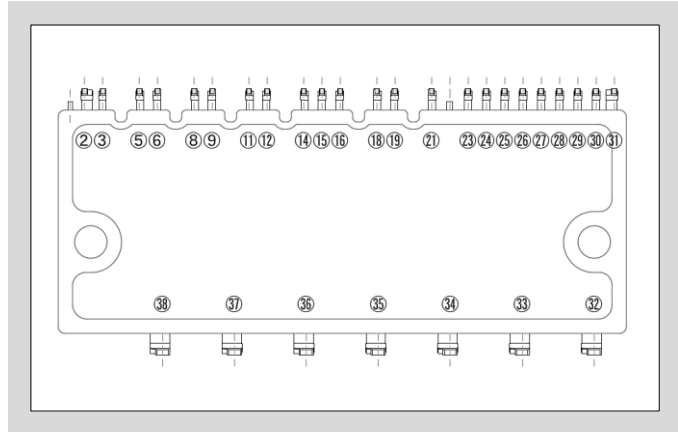


図2-1 端子番号

表2-1 端子記号の説明

端子番号	端子名	端子説明	端子番号	端子名	端子説明
2	IN(HU)	ハイサイドU相入力端子	24	COM	ローサイド制御電源GND端子
3	VCCH(U)	ハイサイドU相制御電源電圧端子	25	TEMP	温度出力端子
5	VB(U)	ハイサイド駆動電源電圧端子(上アームU相IGBT駆動)	26	IS	過電流検出入力端子
6	VS(U)	ハイサイドU相駆動電源GND端子	27	CFO	アラーム出力パルス幅設定端子
8	IN(HV)	ハイサイドV相入力端子	28	VFO	アラーム出力端子
9	VCCH(V)	ハイサイドV相制御電源電圧端子	29	IN(LU)	ローサイドU相入力端子
11	VB(V)	ハイサイド駆動電源電圧端子(上アームV相IGBT駆動)	30	IN(LV)	ローサイドV相入力端子
12	VS(V)	ハイサイドV相駆動電源GND端子	31	IN(LW)	ローサイドW相入力端子
14	IN(HW)	ハイサイドW相入力端子	32	N(W)	主電源(-)入力端子(下アームW相IGBTエミッタ)
15	VCCH(W)	ハイサイドW相制御電源電圧端子	33	N(V)	主電源(-)入力端子(下アームV相IGBTエミッタ)
16	COM	ハイサイド制御電源共通GND端子	34	N(U)	主電源(-)入力端子(下アームU相IGBTエミッタ)
18	VB(W)	ハイサイド駆動電源電圧端子(上アームW相IGBT駆動)	35	W	W相出力端子
19	VS(W)	ハイサイドW相駆動電源GND端子	36	V	V相出力端子
21	VSC	ローサイドセンス電流検出端子	37	U	U相出力端子
23	VCCL	ローサイド制御電源電圧端子	38	P	主電源(+)入力端子(上アームIGBTコレクタ)

2. 用語の説明

表2-2 用語の説明(インバータ回路)

項目	記号	説明
Zero gate Voltage Collector current	I_{CE}	全入力信号L(=0V)でIGBTのコレクタとエミッタ間に所定の電圧を印加したときの漏れ電流
Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$ (terminal)	測定対象素子の入力信号のみをH(=5V)、他の全素子の入力をL(=0V)としたとき、定格コレクタ電流を流したときのコレクタ-エミッタ間電圧
Forward voltage	V_F	全入力信号L(=0V)で、ダイオードに定格電流を流したときの順方向電圧
Turn-on time	t_{on}	入力信号電圧レベルが閾値を上回ってから、コレクタ電流が定格の90%に上昇するまでの時間。図2-2を参照
Turn-on delay time	$t_{d(on)}$	入力信号電圧レベルが閾値を上回ってからコレクタ電流が定格の10%以上になるまでの時間。図2-2を参照
Turn-on rise time	t_r	IGBTのターンオン時にコレクタ電流が定格の10%から定格の90%に上昇するまでの時間。図2-2を参照
V_{CE-I_C} Cross time of turn-on	$t_{c(on)}$	IGBTのターンオン時にコレクタ電流が定格の10%になってから V_{CE} 電圧が定格の10%以下になるまでの時間。図2-2を参照
Turn-off time	t_{off}	入力信号電圧レベルが閾値を下回ってからコレクタ電流が定格の10%以下になるまでの時間。図2-2を参照
Turn-off delay time	$t_{d(off)}$	入力信号電圧レベルが閾値を下回ってからコレクタ電流が定格の90%以下になるまでの時間。図2-2を参照
Turn-on fall time	t_f	IGBTのターンオフ時にコレクタ電流が定格の90%から、定格の10%以下になるまでの時間。図2-2を参照
V_{CE-I_C} Cross time of turn-off	$t_{c(off)}$	IGBTがターンオフ時にコレクタ電圧が定格の10%になってからコレクタ電流が定格の10%以下になるまでの時間。図2-2を参照
Reverse recovery time	t_{rr}	内蔵ダイオードの逆回復電流が消滅するまでに要する時間。図2-2を参照

表2-3 用語の説明(制御回路)

項目	記号	説明
Circuit current of Low-side	I_{CCL}	ローサイド制御電源 V_{CCL} とCOM間での消費電流
Circuit current of High-side	I_{CCH}	ハイサイド制御電源 $V_{CCH}(U,V,W)$ とCOM間での消費電流(各相ごと)
Circuit current of Bootstrap circuit	I_{CCHB}	ハイサイド駆動電源 $V_B(U)-V_S(U)$ 、 $V_B(V)-V_S(V)$ 、 $V_B(W)-V_S(W)$ 間での消費電流(各相ごと)
Input Signal threshold voltage	$V_{th(on)}$	IGBTをオフからオンさせる入力制御信号閾値電圧 ^{*1}
	$V_{th(off)}$	IGBTをオンからオフさせる入力制御信号閾値電圧 ^{*1}

表2-3 (続き)

項目	記号	説明
Input Signal threshold hysteresis voltage	$V_{th(hys)}$	$V_{th(on)}$ と $V_{th(off)}$ のヒステリシス電圧*1
Operational input pulse width of turn-on	$t_{IN(on)}$	IGBTをオフからオンさせるために必要な入力制御信号のパルス幅。第3章4節を参照
Operational input pulse width of turn-off	$t_{IN(off)}$	IGBTをオンからオフさせるために必要な入力制御信号のパルス幅。第3章4節を参照
Input current	I_{IN}	入力端子IN(HU,HV,HW,LU,LV,LW)とCOM間に流れる電流
Input pull-down resistance	R_{IN}	入力端子IN(HU,HV,HW,LU,LV,LW)とCOM間の抵抗(各相ごとにそれぞれ内蔵)
Fault output voltage	$V_{FO(H)}$	通常動作時のVFO端子出力電圧(ローサイド保護機能は動作していません)。外部プルアップ抵抗=10k Ω
	$V_{FO(L)}$	ローサイド保護機能動作時のVFO端子出力電圧
Fault output pulse width	t_{FO}	ローサイド保護機能が動作してからVFO端子出力が出力され続ける期間。第3章6節を参照
Over current protection voltage level	$V_{IS(ref)}$	過電流保護機能が動作するIS端子閾値電圧。第3章5節を参照
Over Current Protection Delay time	$t_d (IS)$	過電流状態を検出してからコレクタ電流が定格の50%以下になるまでの時間。第3章5節を参照
Over Current trip level	I_{oc}	N(U),N(V),N(W)側に外部シャント抵抗接続しない状態で、VSC-COM端子間に規定のセンス抵抗 R_{sc} を接続したときに検出可能な電流値
Output Voltage of temperature sensor	$V_{(temp)}$	TEMP端子出力電圧。温度出力タイプに適用。図2-3と第3章7節を参照
Pull down Resistance of TEMP terminal	$R_{(temp)}$	室温以下の温度範囲において、TEMP出力電圧の温度特性が線形特性となる抵抗値
LVIC Overheating protection	T_{OH}	ローサイド制御ICによる過熱保護検出温度。温度が過熱保護検出温度を上回ったら全相ローサイドIGBTはシャットダウンします。図2-3と第3章8節を参照
T_{OH} hysteresis	$T_{OH(hys)}$	過熱保護動作時にシャットダウン動作をリセットしないヒステリシス温度。図2-3と第3章8節を参照。 T_{OH} と $T_{OH(hys)}$ は過熱保護タイプに適用
V_{CC} Under voltage trip level of Low-side	$V_{CCL(OFF)}$	ローサイド制御電源の低電圧保護動作閾値電圧。 V_{CCL} が閾値電圧を下回ると全相ローサイドIGBTはシャットダウンされます。第3章1節を参照
V_{CC} Under voltage reset level of Low-side	$V_{CCL(ON)}$	ローサイド制御電源の低電圧保護動作をリセットする閾値電圧。第3章1節をご参照
V_{CC} Under voltage hysteresis	$V_{CCL(hys)}$	$V_{CCL(OFF)}$ と $V_{CCL(ON)}$ のヒステリシス電圧

表2-3 (続き)

項目	記号	説明
V _{CC} Under voltage trip level of High-side	V _{CCH(OFF)}	ハイサイド制御電源の低電圧保護動作閾値電圧。V _{CCH(U,V,W)} が閾値電圧を下回ると全相ハイサイドIGBTはシャットダウンされます。第3章1節を参照
V _{CC} Under voltage hysteresis	V _{CCH(hys)}	V _{CCH(OFF)} とV _{CCH(ON)} のヒステリシス電圧
V _{CC} Under voltage reset level of High-side	V _{CCH(ON)}	ハイサイド制御電源の低電圧保護動作をリセットする閾値電圧。第3章1節を参照
V _B Under voltage trip level	V _{B(OFF)}	ハイサイド駆動電源の低電圧保護動作閾値電圧。V _{B(*)} が閾値電圧を下回ると該当相のIGBTはシャットダウンされます。第3章2節を参照
V _B Under voltage reset level	V _{B(ON)}	ハイサイド駆動電源の低電圧保護動作をリセットする閾値電圧。第3章2節を参照
V _B Under voltage hysteresis	V _{B(hys)}	V _{B(OFF)} とV _{B(ON)} のヒステリシス電圧
Forward voltage of Bootstrap diode	V _{F(BSD)}	BSDに規定電流を流したときの順方向電圧
Built-in limiting resistance	R _(BSD)	BSD内蔵の抵抗値

*1 入力信号のパルス幅が $t_{IN(on)}$ あるいは $t_{IN(off)}$ 未満の場合に、それぞれオンパルスやオフパルスを出力しない場合があります。

表2-4 熱特性

項目	記号	説明
Junction to Case Thermal Resistance (per single IGBT)	R _{th(j-c)_IGBT}	IGBT1アームあたりのチップ・ケース間の熱抵抗
Junction to Case Thermal Resistance (per single Diode)	R _{th(j-c)_FWD}	FWD1アームあたりのチップ・ケース間の熱抵抗

表2-5 機械的特性

項目	記号	説明
Mounting torque of screw	M _S	規定のネジで、ケースと冷却体を取り付ける際の最大トルク
Heat-sink side flatness	-	ヒートシンク面の平坦度は、図2-4をご参照ください
Weight	-	1IPMあたりの質量
Resistance to soldering heat	-	規定条件におけるはんだ耐熱の回数

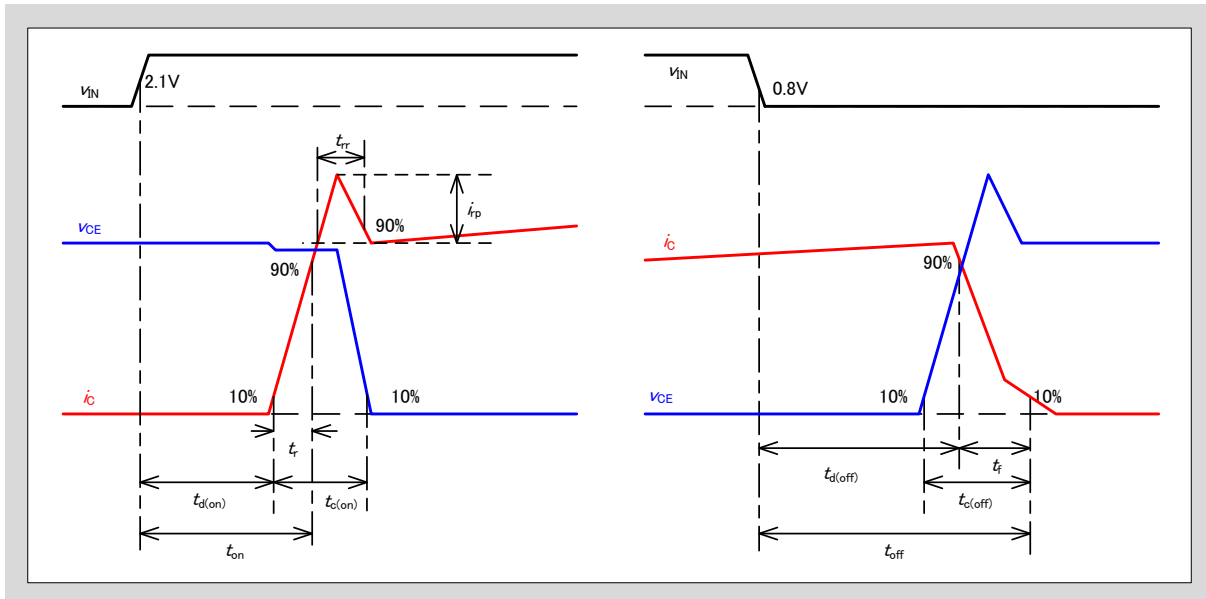


図2-2 スイッチング時間の定義

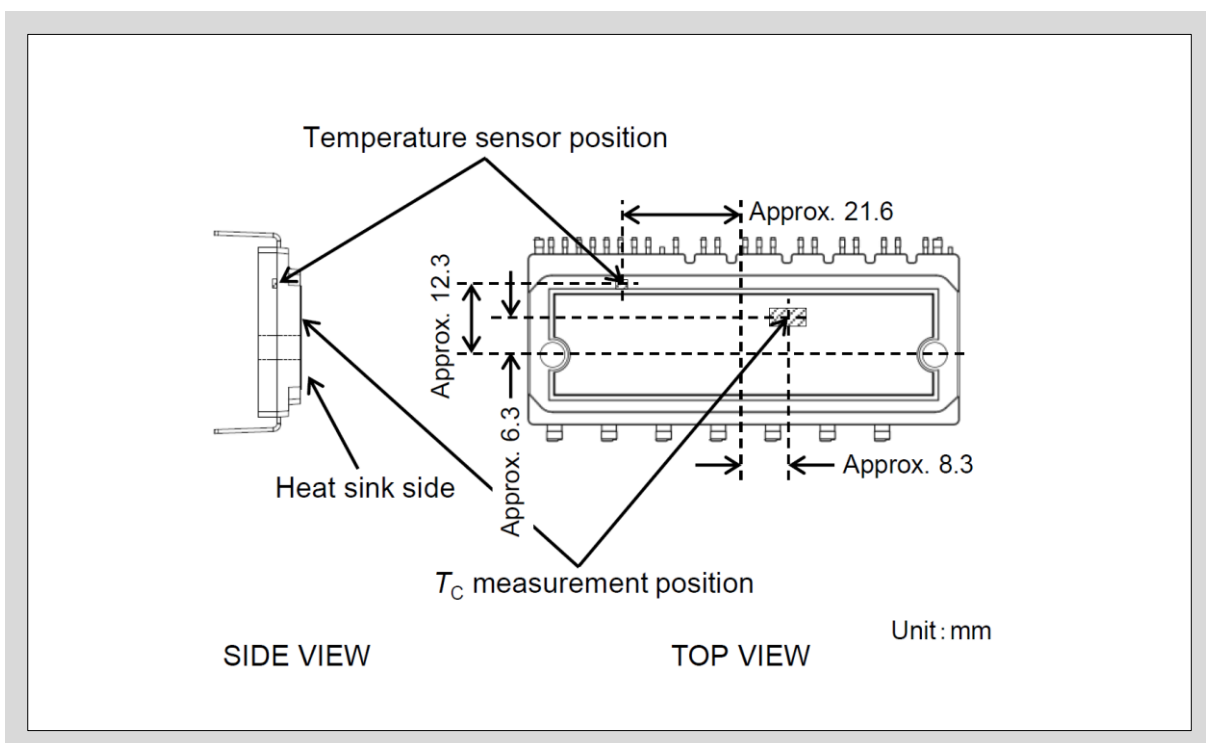


図2-3 LVIC温度検出位置と T_c の測定点

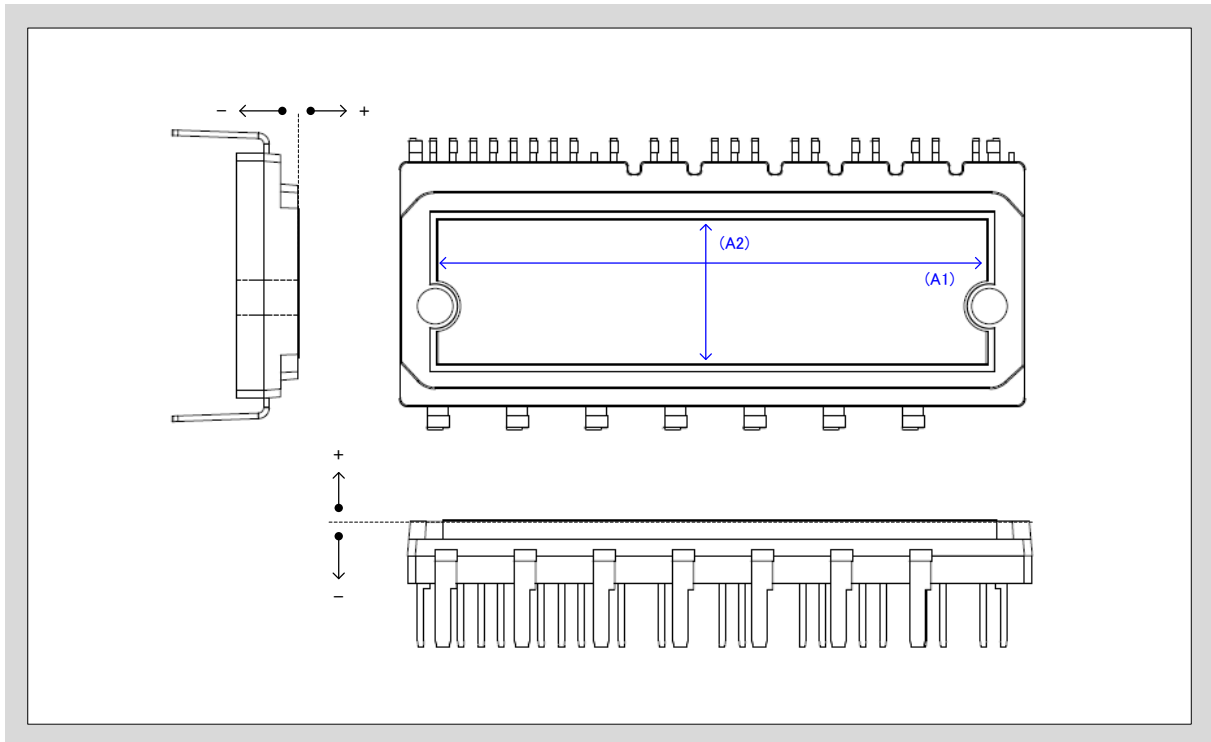


図2-4 ヒートシンク面の平坦度の測定点

第3章 制御機能の詳細

1. ローサイド・ハイサイド制御電源 VCCH(U,V,W),VCCL,COM	3-2
2. ハイサイド駆動電源 VB(U,V,W),VS(U,V,W)	3-6
3. 内蔵ブートストラップダイオード(BSD)機能	3-9
4. 入力端子 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW)	3-14
5. 過電流保護検出機能 IS	3-17
6. アラーム出力機能 VFO, CFO	3-19
7. 温度出力機能 TEMP	3-21
8. 過熱保護機能	3-23

1. ローサイド・ハイサイド制御電源 VCCH(U,V,W), VCCL, COM

<ローサイド・ハイサイド制御電源電圧VCCH(U,V,W), VCCL範囲>

- 本製品の制御電源は、15V±10%の直流電源をVCCH(U,V,W)、VCCLとCOM端子間に接続してください。
- 表3-1は、この電源電圧の変化に対する本製品の動作状態を示しています。制御電源には、インピーダンスが低い電解コンデンサと、周波数特性の良いコンデンサを端子直近に接続してください。
- 制御電源の高調波ノイズにより、本製品は誤動作および異常信号を出力する恐れがあります。これらの問題を避けるために、制御電源の最大電圧変化は±1V/μs以下にしてください。
- 外部シャント抵抗を接続する場合は、COM端子電位とN(U,V,W)端子電位は異なる電位となります。全ての制御回路とインバータ回路においてN(U,V,W)端子ではなくCOM端子を基準電位にしてください。回路接続が不適切な場合、シャント抵抗に電流が流れ、過電流(OC)保護機能が誤作動する可能性があります。プリント基板のレイアウトにおいてCOM端子をグランド電位にしてください。
- 制御電源はブートストラップ回路にも接続され、上アームIGBTのゲート駆動用のフローティング電源へ供給します。
- ハイサイド制御電源電圧 $V_{CCH(U,V,W)}$ が $V_{CCH(OFF)}$ を下回ると、入力信号が入力された場合でも低入力電圧(UV)保護が機能した上アームIGBTのみオフ状態になります。
- ローサイド制御電源電圧 V_{CCL} が $V_{CCL(OFF)}$ を下回ると、入力信号が入力された場合でも低入力電圧(UV)保護が機能し下アームIGBTは全相オフ状態になります。

表3-1 ハイサイド・ローサイド制御電源電圧 $V_{CCH(U,V,W)}$, V_{CCL} 範囲の動作状態

電源電圧範囲 [V]	動作
0 ~ 4	本製品は動作せず低入力電圧(UV)保護とアラーム出力は機能しません。P-N電源のdv/dtノイズにより、IGBTは誤動作する恐れがあります。
4 ~ 13	本製品は動作し低入力電圧(UV)保護状態になります。入力信号が入力された場合でもスイッチング動作せず、アラーム出力信号 V_{FO} を出力します。
13 ~ 13.5	低入力電圧(UV)保護動作はリセットされ、IGBTは入力信号に従いスイッチング動作します。駆動電圧は推奨電圧より低いいため、IGBTの導通損失とスイッチング損失は通常動作条件より大きくなります。上アームIGBTは、 $V_B(^*)^{*1}$ の初期充電後 $V_{B(ON)}$ に達するまで動作しません。
13.5 ~ 16.5	推奨動作条件での通常動作となります。
16.5 ~ 20	スイッチング動作します。駆動電圧が推奨電圧より高いため、IGBTのスイッチングは速くなり、システムのノイズ増加を招きます。また、適切な過電流保護設計をした場合でも短絡ピーク電流は、非常に大きくなり破壊に至る可能性があります。
20 以上	本製品は破壊する恐れがあります。必要に応じてツェナーダイオードを各制御電源端子に接続することを推奨します。

1: $V_B(^)$: $V_B(U)-U$, $V_B(V)-V$, $V_B(W)-W$ 間電圧

<ハイサイド・ローサイド制御電源端子VCCH(U,V,W), VCCLの低入力電圧保護機能>

- 図3-1にVCCH(U,V,W), VCCLの低入力電圧保護回路を示します。
- 図3-2と図3-3に $V_{CCH(U,V,W)}$ と V_{CCL} の低入力電圧(UV)保護動作のシーケンスを示します。
- 図3-1に示すVCCH(U,V,W)-COMとVCCL-COM端子間にダイオードが接続されています。これらのダイオードは本製品をサージ入力から保護するものであるため、電圧クランプダイオードとして使用しないでください。本製品が破壊する恐れがあります。

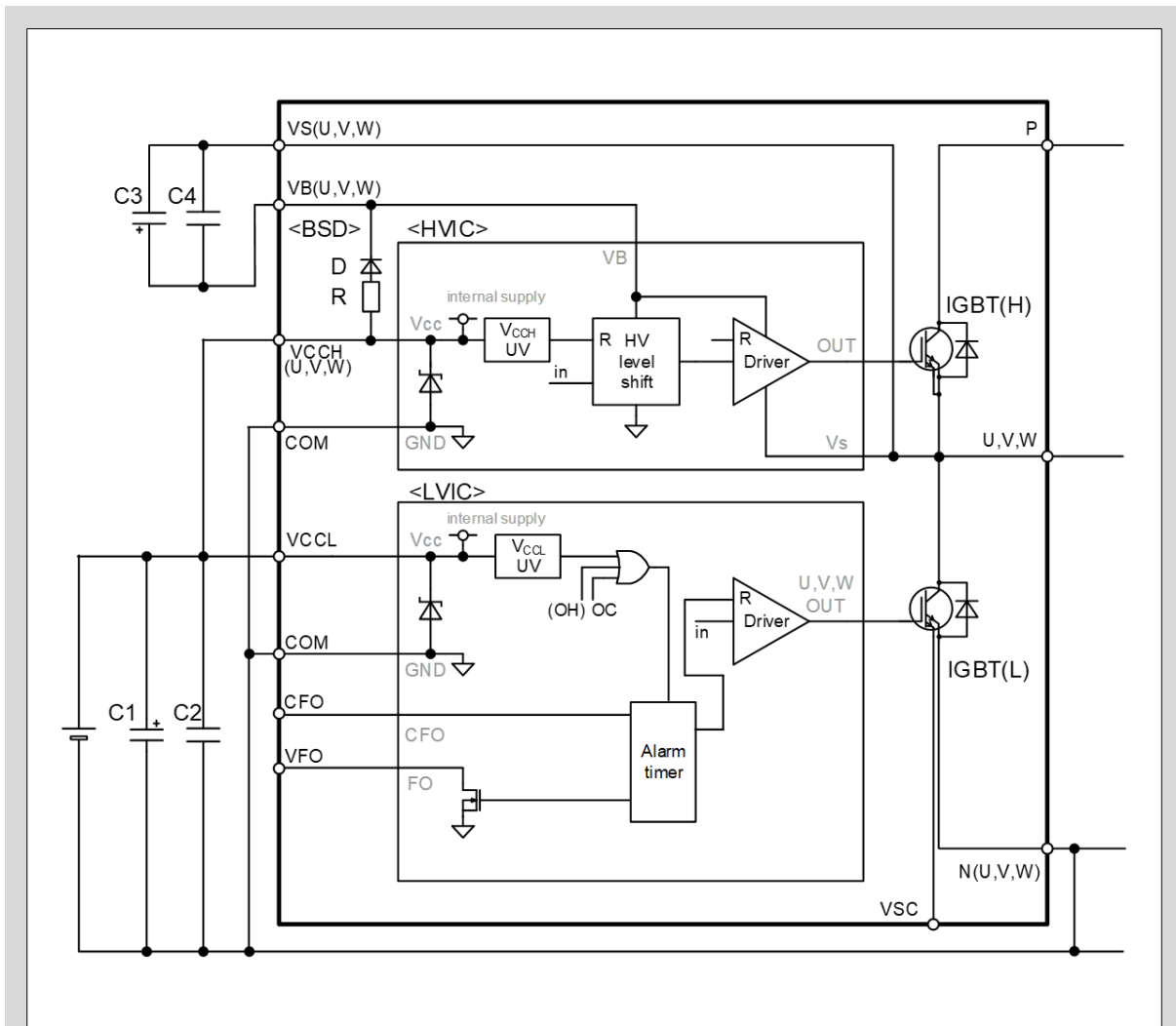


図3-1 ハイサイド・ローサイド制御電源電圧 VCCH(U,V,W), VCCLの低入力電圧保護回路

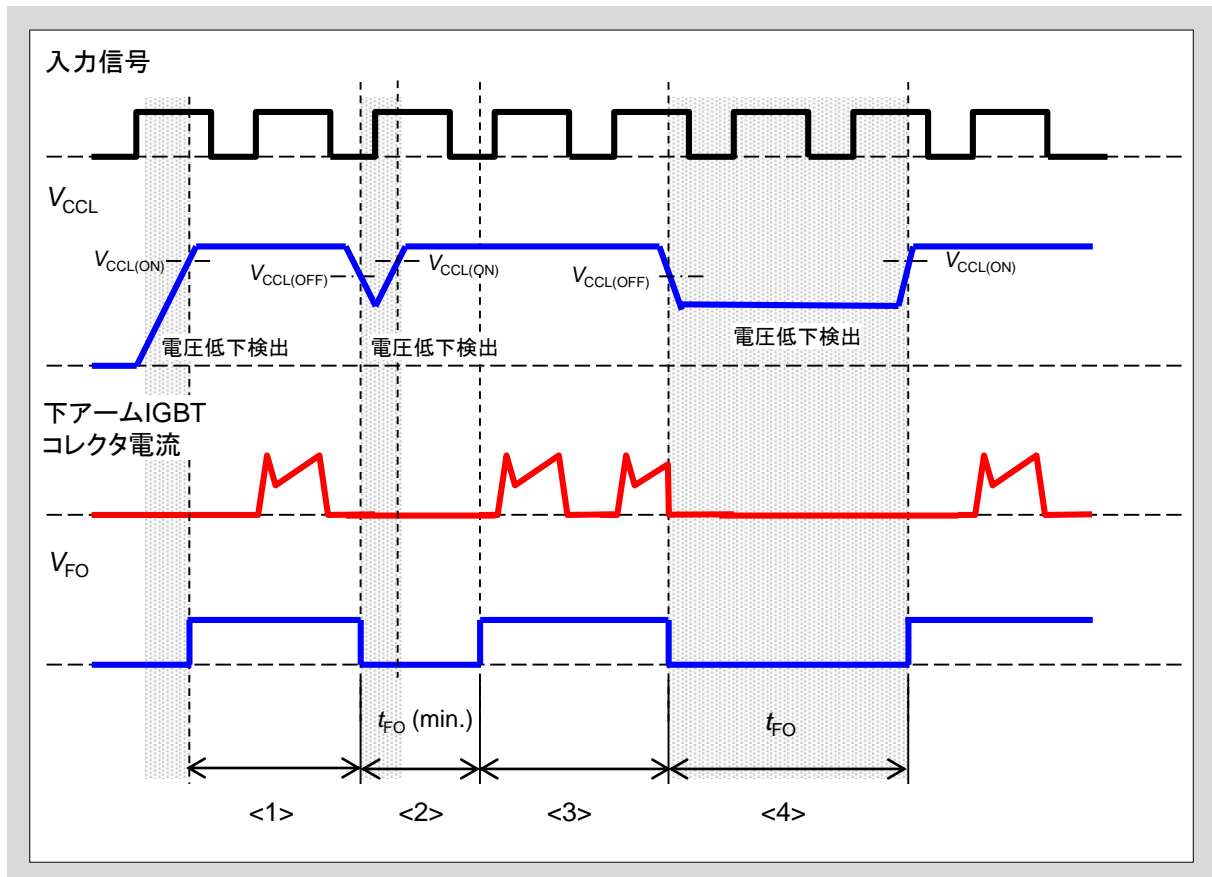


図3-2 V_{CCL} 低入力電圧保護動作シーケンス (ローサイド)

V_{CCL} が4V以下の場合、ローサイド制御電源電圧低下保護とアラーム出力は動作しません。

- <1> V_{CCL} が $V_{CCL(ON)}$ より低い場合、下アームIGBTは全相オフ状態になります。 V_{CCL} が $V_{CCL(ON)}$ 以上に上昇した場合、アラーム出力電圧 V_{FO} はLレベルからHレベルにリセットされます。また、下アームIGBTは次の入力信号からスイッチング動作を開始します。
- <2> V_{CCL} が $V_{CCL(OFF)}$ を下回った場合、アラーム出力電圧 V_{FO} が有効になり、下アームIGBTはシャットダウン状態になります。電圧低下期間が $t_{FO(min.)}$ 以下であれば、アラーム出力の最小パルス幅は $t_{FO(min.)}$ で、その期間中は入力信号に関わらず、下アームIGBTは全相オフ状態になります。
- <3> t_{FO} 経過後、 V_{CCL} が $V_{CCL(ON)}$ を上回ると、低入力電圧(UV)保護はリセットされ、同時にアラーム出力電圧 V_{FO} もリセットされます。また、下アームIGBTは次の入力信号からスイッチング動作を再開します。
- <4> 電圧低下期間が t_{FO} より長ければ、それと同等な時間幅のアラーム出力パルス幅を出力します。その期間中、下アームIGBTは全相オフ状態になります。

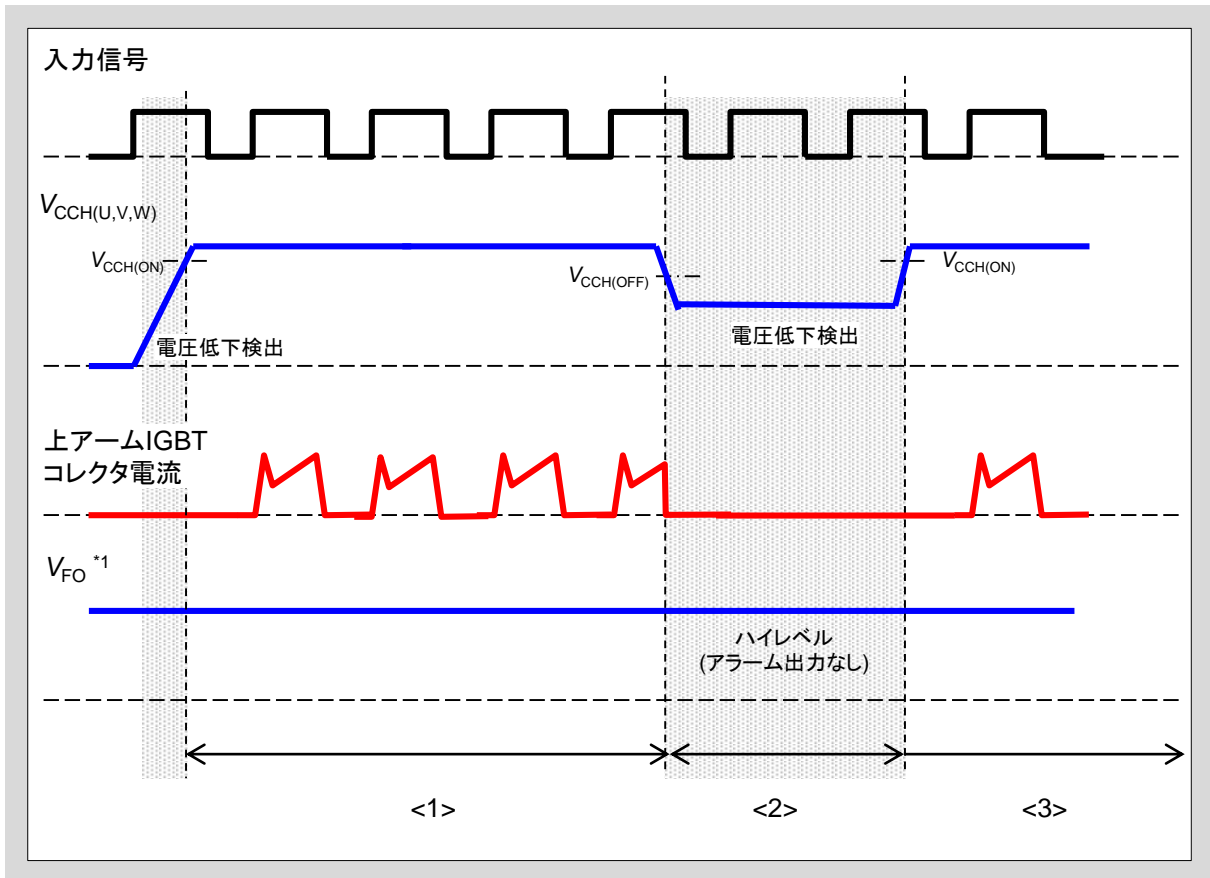


図3-3 $V_{CCH(U,V,W)}$ 低入力電圧保護動作シーケンス (ハイサイド)

<1> $V_{CCH(U,V,W)}$ が $V_{CCH(ON)}$ より低い場合、上アームIGBTはオフ状態になります。 $V_{CCH(U,V,W)}$ が $V_{CCH(ON)}$ を上回った場合、上アームIGBTは、次の入力信号からスイッチング動作を開始します。アラーム出力電圧 V_{FO} は、 $V_{CCH(U,V,W)}$ に依存せず変わりません。*1

<2> $V_{CCH(U,V,W)}$ が $V_{CCH(OFF)}$ を下回った場合、上アームIGBTはオフ状態になります。ただしアラーム出力電圧 V_{FO} はHレベルから変化しません。

<3> 低入力電圧(UV)保護動作がリセットされた後、上アームIGBTは次の入力信号からスイッチング動作を開始します。

*1：アラーム出力電圧はHVICのバイアス条件に依存しません。

2. ハイサイド駆動電源 $V_{B(U,V,W)}$, $V_{S(U,V,W)}$

<ハイサイド駆動電源電圧 $V_{B(*)}$ 範囲>

- $V_{B(U,V,W)}$ - $V_{S(U,V,W)}$ 間の電圧 $V_{B(*)}$ は、本製品内部のHVICのハイサイド駆動電源となります。この電源を13.0~18.5V範囲内に設定することで、HVICは上アームIGBTを駆動することができます。
- 本製品は、 $V_{B(*)}$ の低入力電圧(UV)保護機能を内蔵しており、電圧 $V_{B(*)}$ が規定の電圧を下回ると上アームIGBTを駆動することはできません。この機能により、IGBTの損失が増加することを防いでいます。
- $V_{B(*)}$ の低入力電圧(UV)保護機能は、機能が有効となったハイサイド相のみでIGBTをオフ状態とします。この時、アラーム出力はありません。
- 従来の上アームIGBT駆動回路はハイサイド・ローサイド制御電源の他に3つの独立したフローティング電源が必要です。一方で、ブートストラップ回路を使用する場合はハイサイド・ローサイド制御電源からハイサイド駆動電源を生成することができます。
- ハイサイド駆動電源は、下アームIGBTがオン状態もしくはフリーホイール電流が下アームFWDを還流するタイミングで充電されます。表3-2にハイサイド駆動電源電圧の変化による動作状態を示します。高周波ノイズによる本製品の誤動作を防止するため、ハイサイド駆動電源には、インピーダンスが低い電解コンデンサと、周波数特性の良い平滑コンデンサを端子直近に接続してください。
- ハイサイド駆動電源電圧 $V_{B(*)}$ が低入力電圧保護トリップ電圧 $V_{B(OFF)}$ を下回ると、入力信号が入力された場合でも低入力電圧(UV)保護が機能した上アームIGBTのみオフ状態になります。

表3-2 各ハイサイド駆動電源電圧 $V_{B(*)}$ 範囲の動作状態

ハイサイド駆動電圧範囲 [V]	動作
0 ~ 4	本製品は動作しておらず低入力電圧(UV)保護動作は機能しません。P-N電源のdv/dtノイズにより、IGBTは誤動作する恐れがあります。
4 ~ 12.5	本製品は動作し低入力電圧保護状態になります。入力信号が入力された場合でもスイッチング動作はしません。
12.5 ~ 13	低入力電圧保護動作はリセットされ、上アームIGBTは入力信号に従いスイッチング動作をします。ハイサイド駆動電圧は推奨電圧より低いため、IGBTの導通損失とスイッチング損失は通常動作より大きくなります。
13 ~ 18.5	推奨動作条件での通常動作となります。
18.5 ~ 20	上アームIGBTはスイッチング動作します。ハイサイド駆動電圧が推奨電圧より高いため、IGBTのスイッチング速度は速くなり、システムのノイズ増加を招きます。また、適切な過電流保護設計をした場合でも短絡ピーク電流は、非常に大きくなり破壊に至る可能性があります。
20 以上	本製品は破壊する恐れがあります。必要に応じてツェナーダイオードを各ハイサイド駆動電源端子に接続することを推奨いたします。

<ハイサイド駆動電源端子VB(U,V,W)の低入力電圧保護機能>

- 図3-4にハイサイド駆動電源端子VB(U,V,W)-VS(U,V,W)間電圧 $V_{B(*)}$ の低入力電圧(UV)保護回路を示します。
- 図3-5に $V_{B(*)}$ の低入力電圧保護動作のシーケンスを示します。
- 図3-4に示すようにVB(U,V,W)-VS(U,V,W)とVB(U,V,W)-COM端子間にダイオードが接続されています。これらのダイオードは本製品をサージ入力から保護するためのものであるため、電圧クランプダイオードとして使用しないでください。本製品が破壊する恐れがあります。

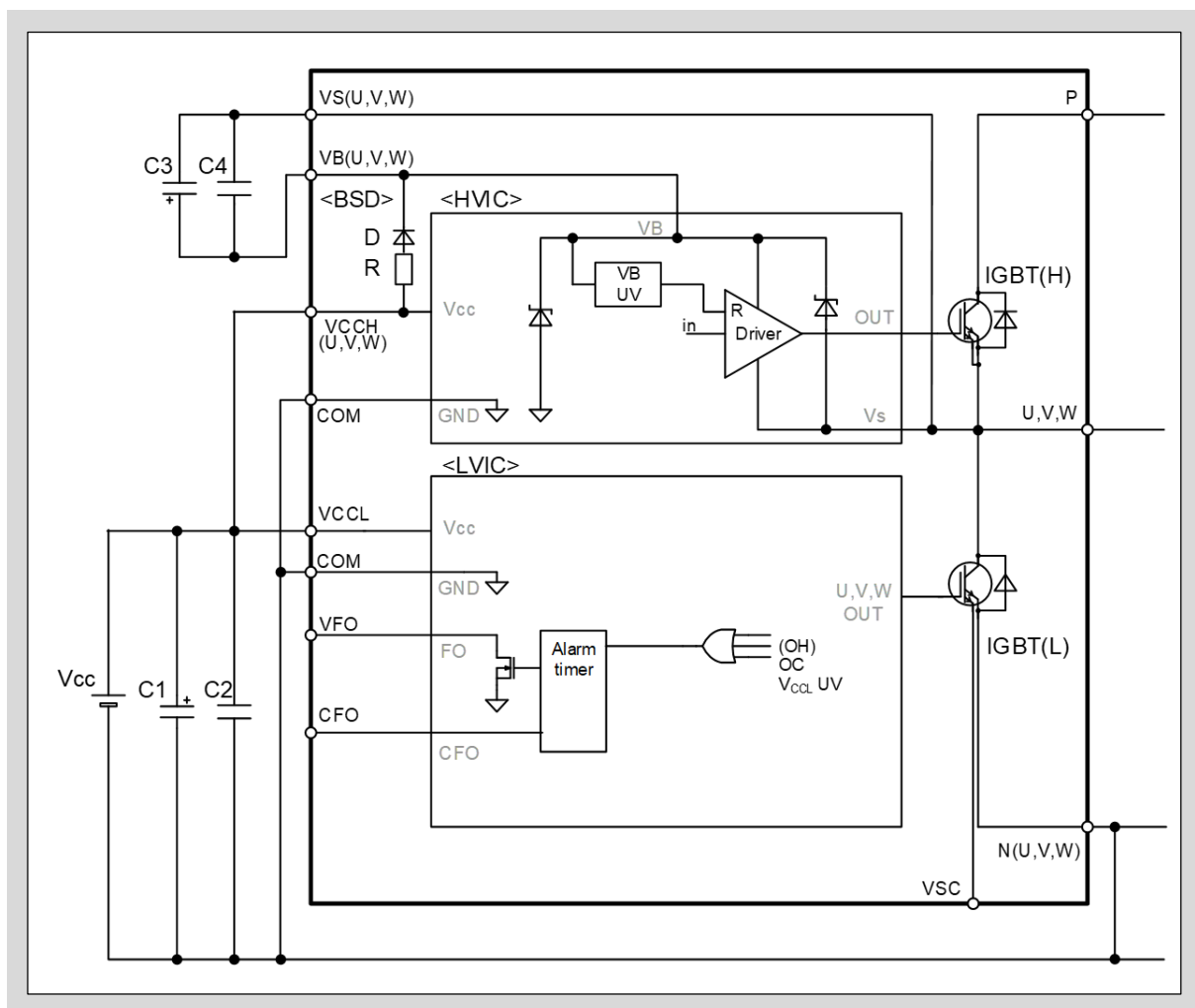


図3-4 ハイサイド駆動電源電圧 $V_{B(*)}$ の低入力電圧保護回路

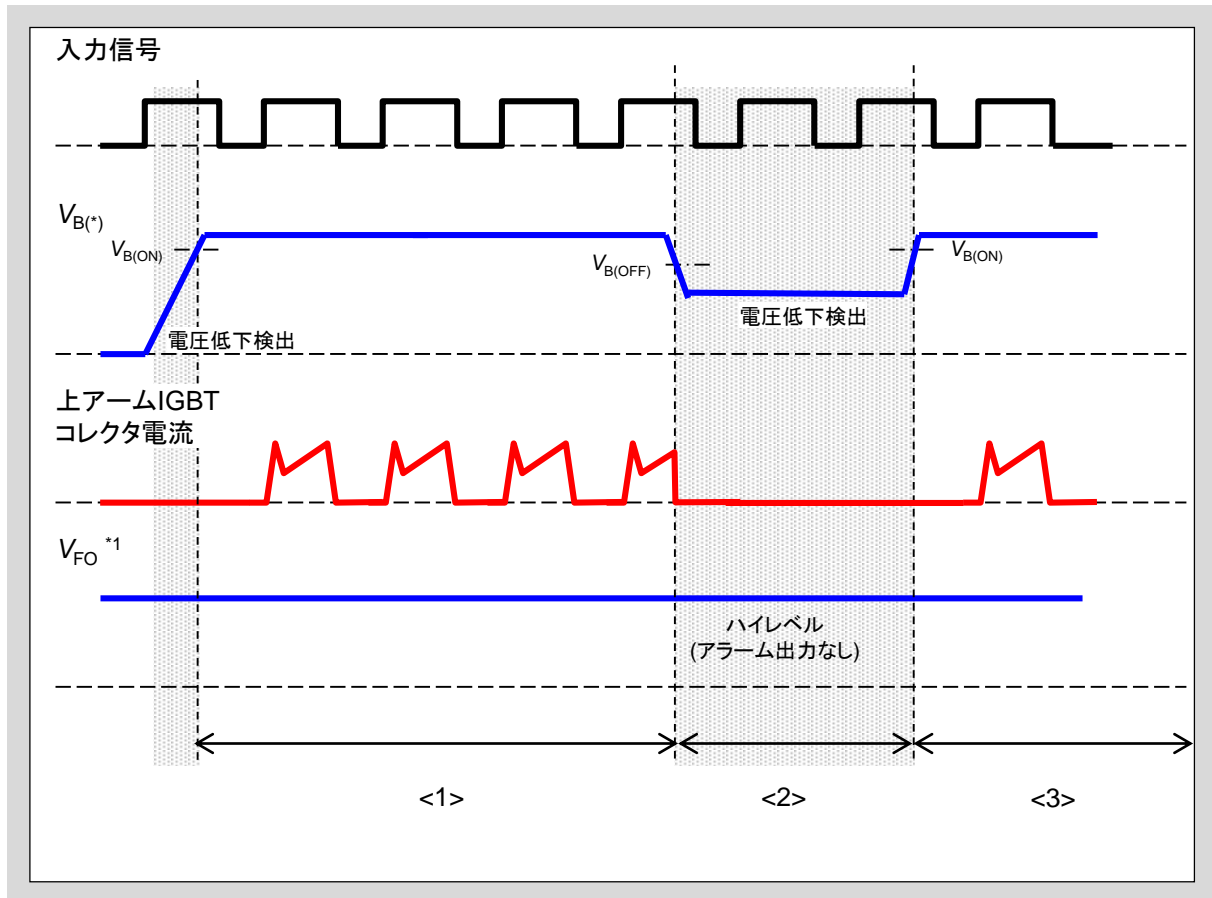


図3-5 $V_{B(*)}$ 低入力電圧保護動作のシーケンス(ハイサイド)

<1> $V_{B(*)}^{*1}$ が $V_{B(ON)}$ を下回ると、上アームIGBTはオフ状態になります。

$V_{B(*)}$ が $V_{B(ON)}$ 以上となった場合、上アームIGBTは次の入力信号からスイッチング動作を開始します。アラーム出力電圧 V_{FO} は $V_{B(*)}$ に依存せず、Hレベルのまま変化しません。^{*2}

<2> $V_{B(*)}$ が $V_{B(OFF)}$ を下回った場合、上アームIGBTはオフ状態になります。ただしアラーム出力電圧 V_{FO} はHレベルのまま変化しません。

<3> 電圧低下(UV)保護動作がリセットされた後に上アームIGBTは次の入力信号からスイッチング動作を再開します。

1: $V_{B()}$: $V_B(U)-V_S(U)$, $V_B(V)-V_S(V)$, $V_B(W)-V_S(W)$ 端子間電圧

*2: アラーム出力電圧はHVICのバイアス条件に依存しません。

3. 内蔵ブートストラップダイオード(BSD)機能

ハイサイド駆動電源 $V_{B(*)}$ ($V_B(U)-V_S(U)$, $V_B(V)-V_S(C)$, $V_B(W)-V_S(W)$ 端子間電圧)の供給にはいくつかの方法があります。ここではブートストラップ回路について説明します。ブートストラップ回路は簡単かつ安価で実現できる方法ですが、ブートストラップコンデンサの充電動作条件からデューティ比とオン時間が制限されます。図3-6、図3-8、図3-11に示す電流経路のように、内蔵する制限抵抗付きブートストラップダイオードと外付けコンデンサから構成されます。

<インバータ動作時のブートストラップコンデンサの充放電動作>

下アームIGBTがオン状態の時、ブートストラップコンデンサCの充電電圧 $V_B(t)$ は、次式のようにになります。この時の充電動作回路図を図3-6、充電動作のタイミングチャートを図3-7に示します。

$$V_{B(*)}(t) = V_{CC} - V_{F(D)} - V_{CE(sat)} - I_B \cdot R \dots\dots \text{過渡状態}$$

$$V_{B(*)}(t) \approx V_{CC} \dots\dots \text{定常状態}$$

$V_{F(D)}$: ブートストラップダイオードDの順方向電圧

$V_{CE(sat)}$: 下アームIGBTの飽和電圧

R : ブートストラップ抵抗

I_B : ブートストラップ充電電流

下アームIGBTがターンオフするとモータ電流は上アームFWDに流れます。 V_S 電位が V_{CC} 以上になった時、C3への充電動作は止まり、ハイサイド駆動回路の消費電流によりブートストラップコンデンサ電圧は徐々に低下します。

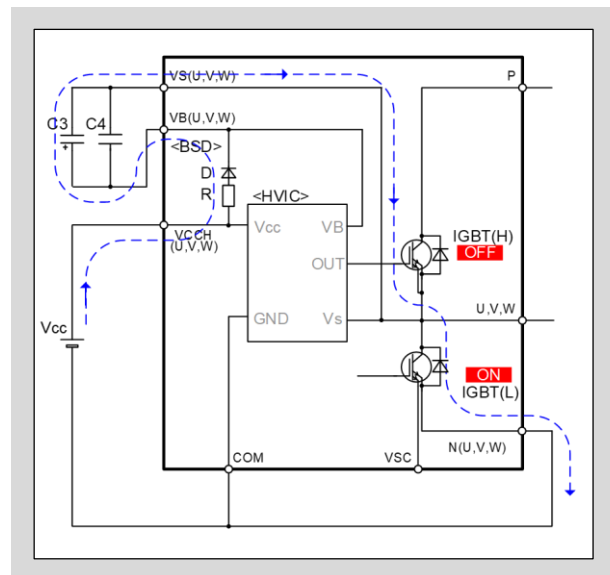


図3-6 充電動作回路図

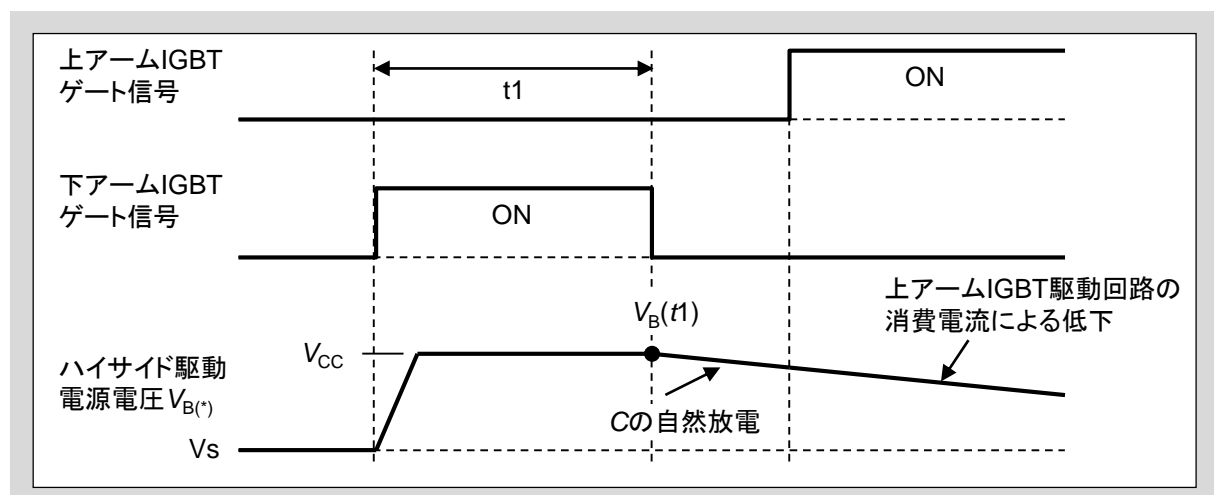


図3-7 充電動作のタイミングチャート

下アームIGBTがオフ、下アームFWDがオン状態のとき、フリーホイール電流は下アームFWDを流れます。このときの充電動作回路図を図3-8、タイミングチャートを図3-9、ブートストラップコンデンサ電圧 $V_{C(t_2)}$ を次式に示します。

$$V_{B^{(*)}}(t_2) = V_{CC} - V_{F(D)} + V_{F(FWD)} - I_b \cdot R \dots \text{過渡状態}$$

$$V_{B^{(*)}}(t_2) \approx V_{CC} \dots \text{定常状態}$$

$V_{F(D)}$: ブートストラップダイオードDの順方向電圧

$V_{F(FWD)}$: 下アームFWDの順方向電圧

R : ブートストラップ抵抗R

I_b : ブートストラップ充電電流

下アームと上アームIGBTが両方オフ状態のとき、回生電流は下アームFWDを流れます。そのため V_S 電位がFWDの $-V_F$ まで低下し、それによりブートストラップコンデンサCは設定電位に再充電されます。上アームIGBTがターンオンし V_S 電位が V_{CC} 以上になったとき、C3への充電動作は止まり、駆動回路の消費電流によりブートストラップコンデンサ電圧 $V_{B^{(*)}}$ は徐々に低下します。

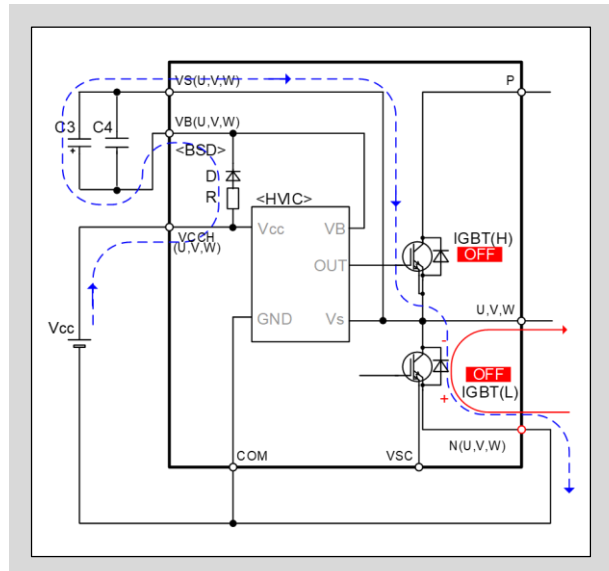


図3-8 下アームFWDがオン状態の充電動作回路図

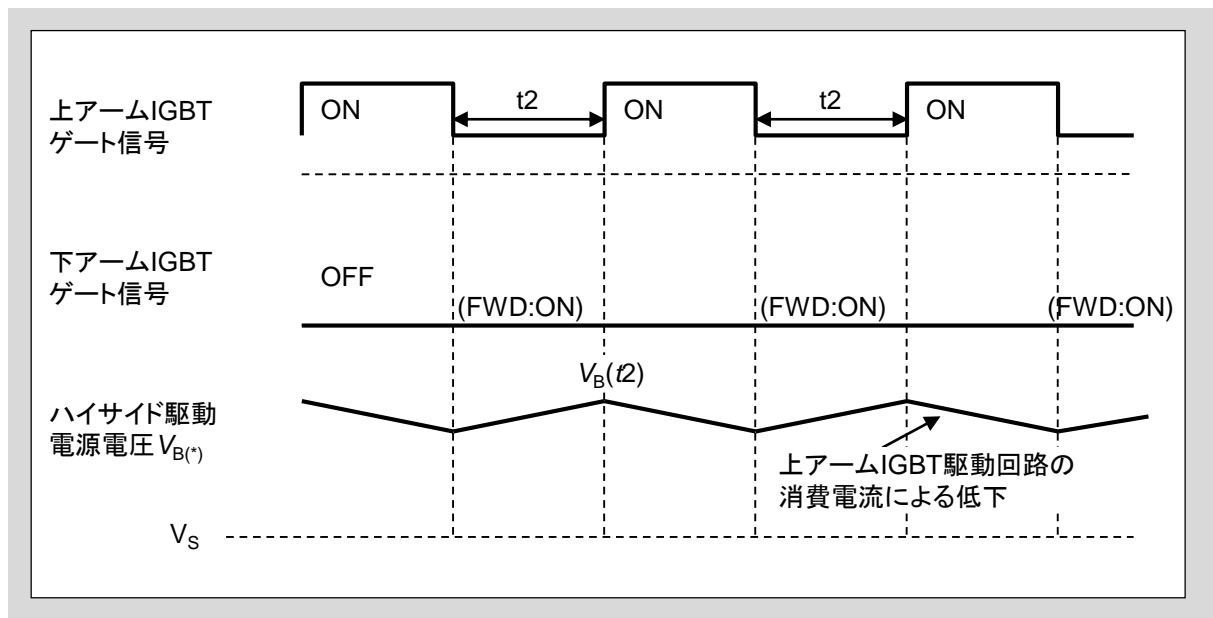


図3-9 下アームFWDがオン状態時の充電動作タイミングチャート

<ブートストラップコンデンサと最小オン/オフパルス幅の設定>

ブートストラップコンデンサ容量は、次式のように求められます。

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

t_1 : 上アームIGBTの最大オンパルス幅

I_{CCHB} : ハイサイド駆動回路の消費電流(温度と周波数特性に依存)

dV_b : 許容放電電圧(図3-10を参照)

- ブートストラップコンデンサの選定には計算値にマージンを加算してください。一般的に計算値の2~3倍の値を選定します。
- ブートストラップ動作における下アームIGBTの最小オンパルス幅(t_2)の推奨値は、オン期間に放電電圧(dv)分、再充電できるC・R時定数となります。
- 上アームIGBTがスイッチング動作し、下アームFWDオン時に充電するモード(タイムチャート(図3-10))では、上アームIGBTのオフ期間にオン期間で消費した電力を再充電できる時定数とします。
- 最小パルス幅は、下アームIGBTの最小オンパルス幅もしくは上アームIGBTの最小オフパルス幅のどちらか短い条件となります。

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

t_2 下アームIGBTの最小オンパルス幅

R: ブートストラップダイオードの直列抵抗 $\Delta R_{F(BSD)}$

C: ブートストラップコンデンサ容量

dV: 許容放電電圧

V_{CC} : ハイサイド・ローサイド制御電源電圧 (ex.15V)

$V_B(\min)$: ハイサイド駆動電源の最小電圧 (低入力電圧保護リセット電圧のマージン加算値 ex.14V)

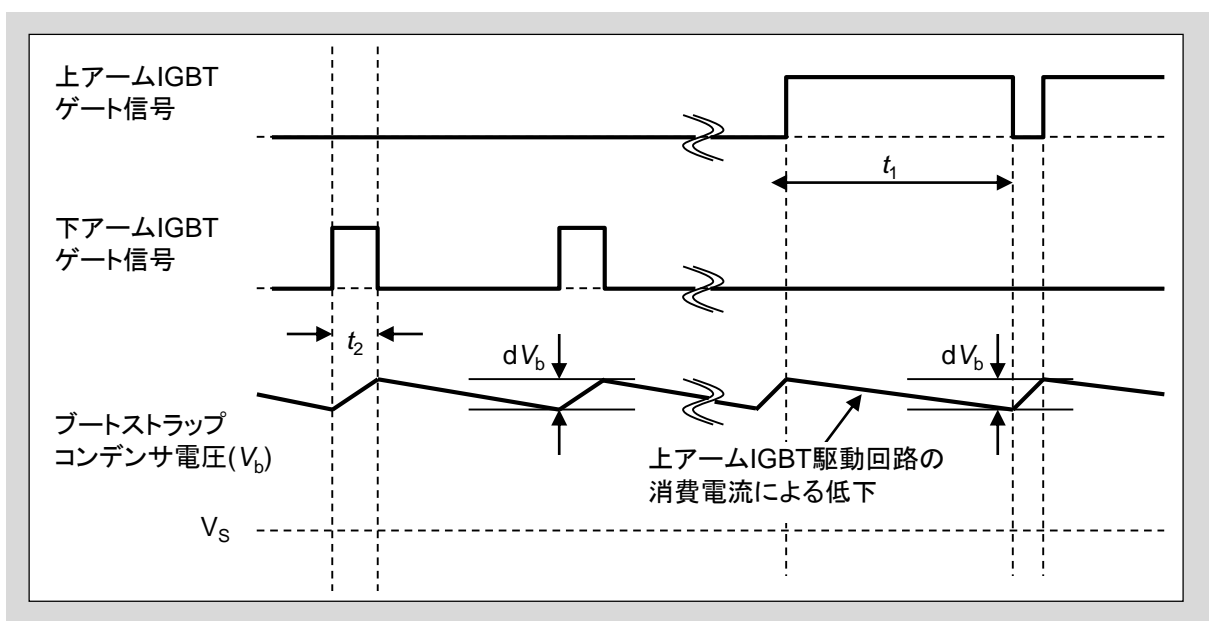


図3-10 充放電動作のタイミングチャート

<ブートストラップコンデンサの初期充電の設定>

- インバータを起動するためにブートストラップコンデンサの初期充電が必要となります。
- パルス幅もしくはパルス数はブートストラップコンデンサをフル充電できるように十分長い積算時間としてください。
- 内蔵するブートストラップダイオードDで47 μ Fのコンデンサを充電する時間は約10msになります。

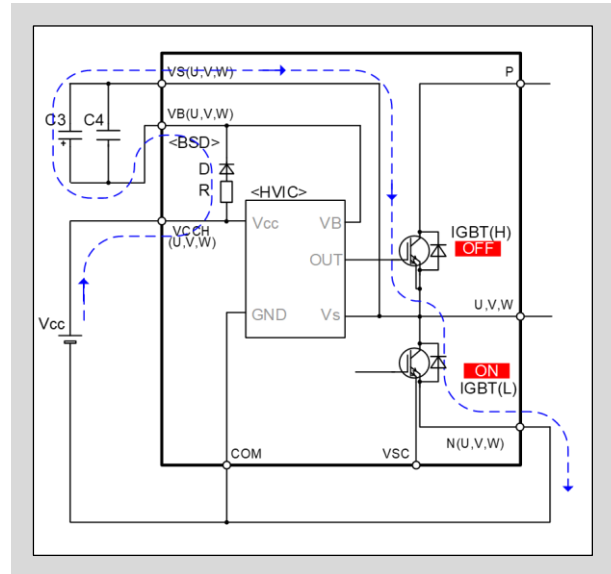


図3-11 初期充電動作の回路図

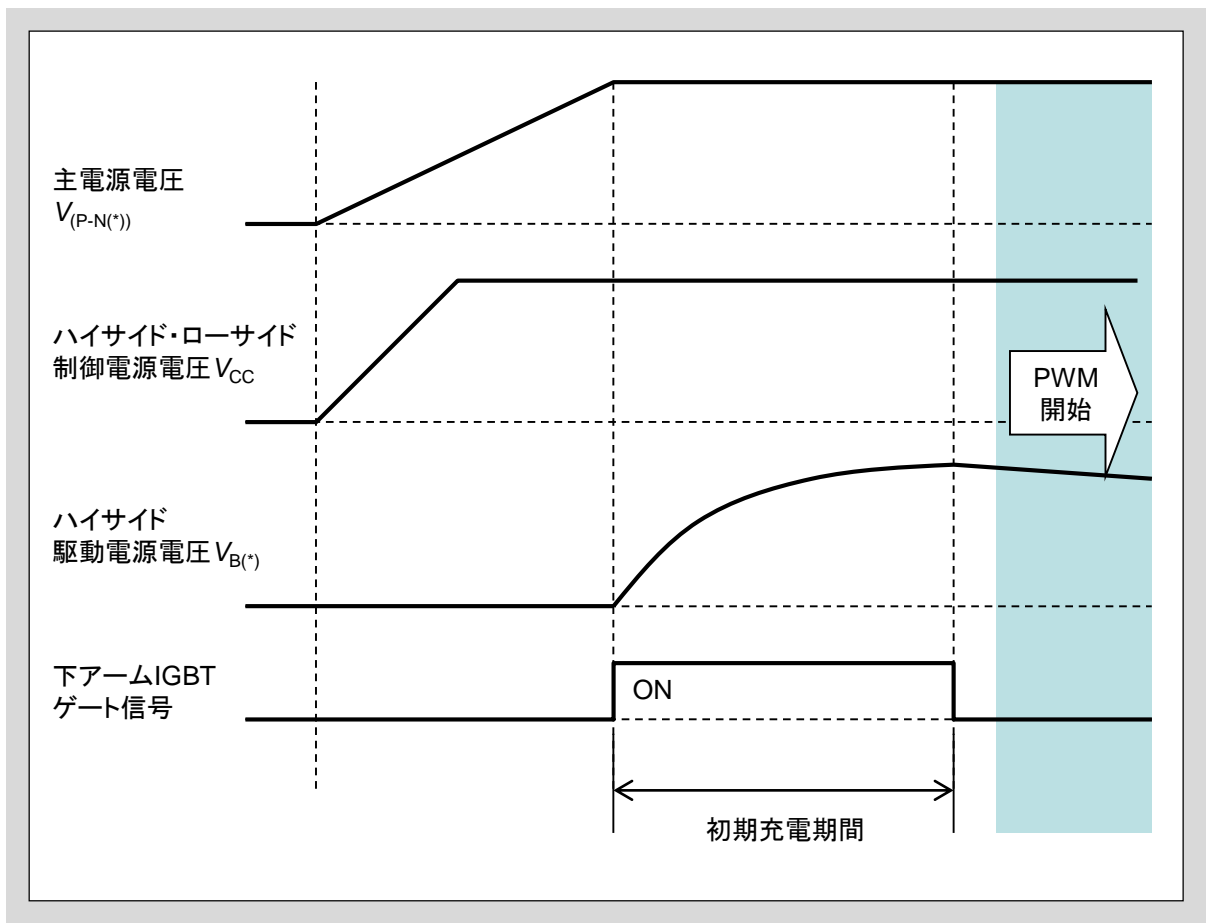


図3-12 初期充電動作タイミングチャート

<ブートストラップダイオードの抵抗特性>

ブートストラップダイオードは、チップ内部に20Ω(typ.)の電流制限抵抗を形成しております。ブートストラップダイオードの V_F - I_F 特性を図3-11,3-12に示します。

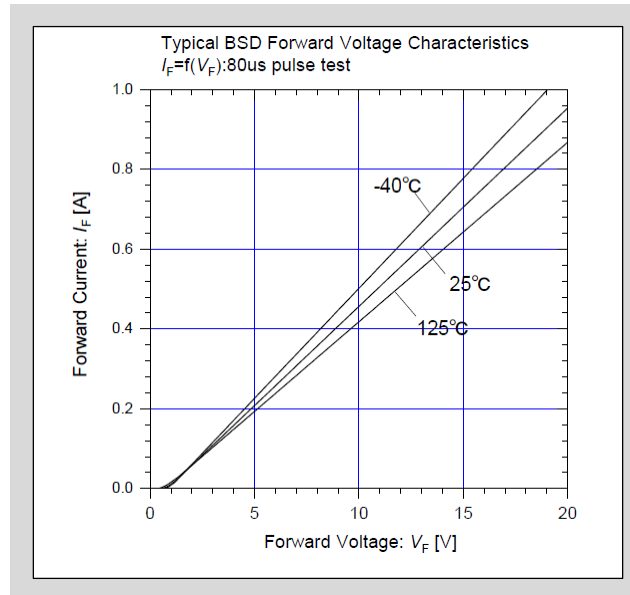


図3-13 ブートストラップダイオードの V_F - I_F 特性

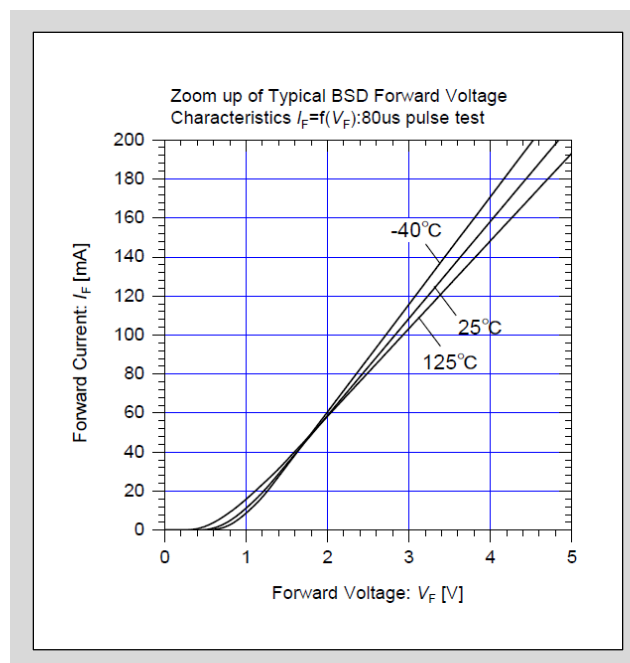


図3-14 ブートストラップダイオードの V_F - I_F 特性(低電流領域拡大)

4. 入力端子 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW)

<入力端子接続>

- 図3-15にMPUと本製品の接続例を示します。入力端子は、直接MPUに接続することができます。入力端子には、プルダウン抵抗を内蔵しており、外付けプルダウン抵抗をつける必要はありません。また、入力端子はハイアクティブ動作であるため、外付けプルアップ抵抗をつける必要もありません。
- 信号配線が長くノイズが重畳する場合は、図3-15に点線で示すRCフィルタ回路で除去してください。RとCの定数は、PWM制御方式やプリント基板の配線パターンに応じて調整してください。

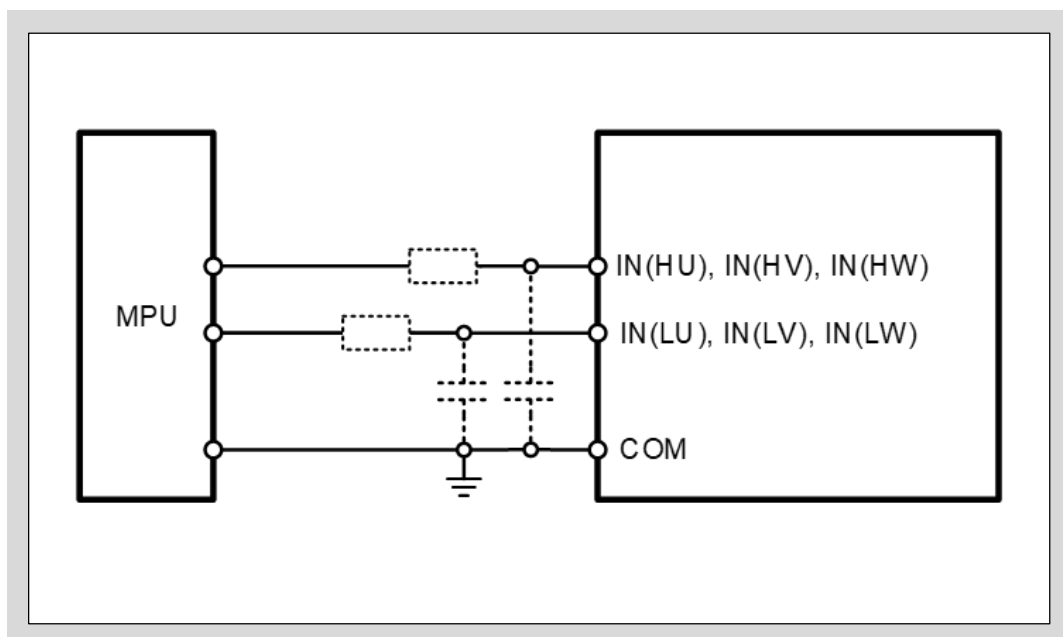


図3-15 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW) 端子とMPU I/Oとの推奨接続回路

<入力端子回路>

- 本製品の入力端子はハイアクティブ動作です。この動作論理により、入力信号は制御電源の立上げ・立下げシーケンスにおいて制限が無い場合、システムとしてフェイルセーフとなります。また、図3-16に示すように、入力端子にはプルダウン抵抗を内蔵しているため、外付けプルダウン抵抗を必要とせずシステムの部品点数を減らすことができます。さらに入力閾値電圧を低く設定していることにより3.3V電源のMPUに直接接続できます。
- MPUと本製品の入力端子間に外付けフィルタ抵抗を接続する際には、図3-16に示す入力端子のプルダウン抵抗を考慮して、入力端子電圧が入力閾値電圧以上になるよう設計してください。
- 図3-16に示すようにVCCL-IN(LU, LV, LW)とIN(HU, HV, HW, LU, LV, LW)-COM端子間にダイオードが接続されています。これらのダイオードは本製品をサージ入力から保護するためのものであるため、電圧クランプダイオードとして使用しないでください。本製品が破壊する恐れがあります。

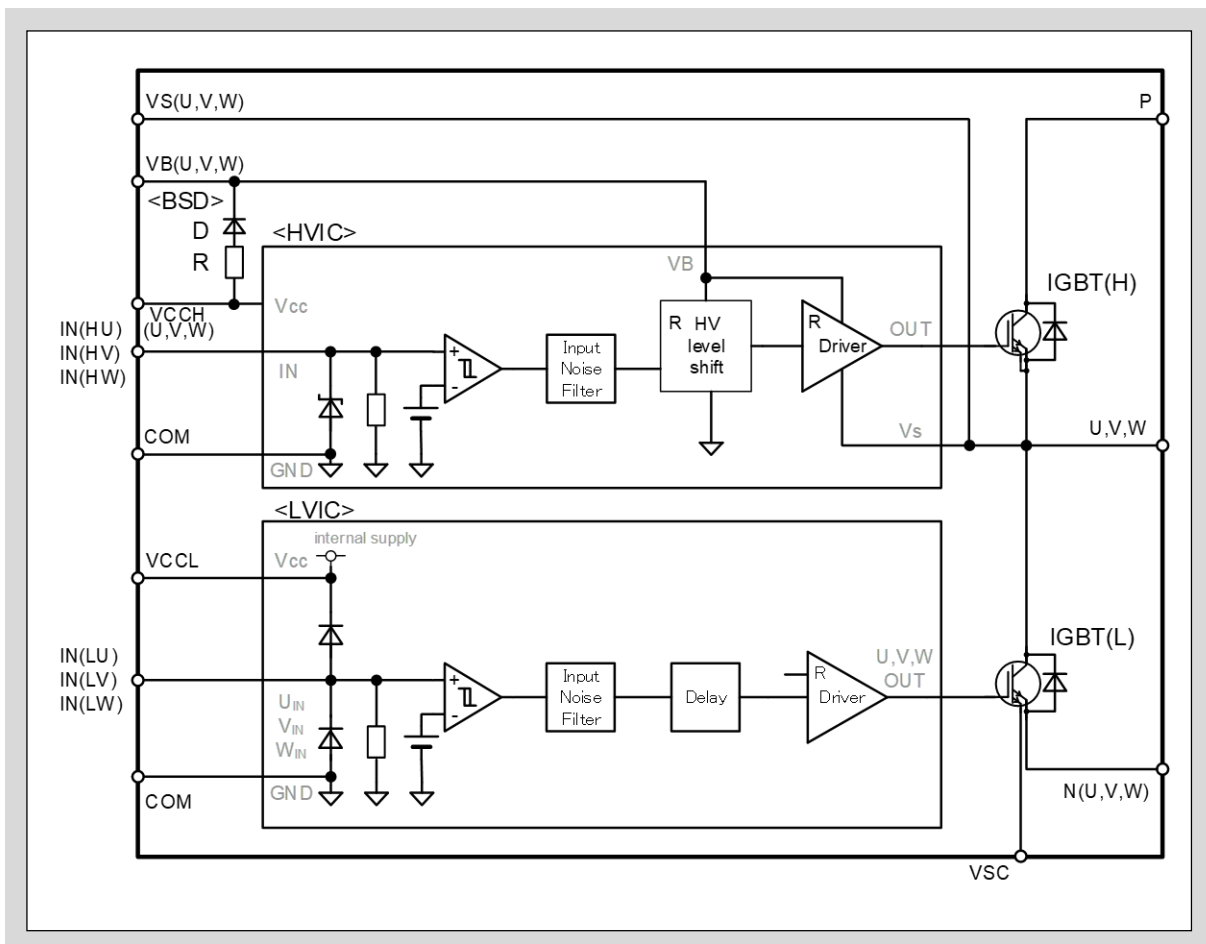


図3-16 入力端子 IN(HU,HV,HW), IN(LU,LV,LW) 回路

<IGBT駆動状態と入力信号パルス幅>

$t_{IN(ON)}$ は、オフ状態から誤動作なくIGBTをオンするために必要な最小入力オンパルス幅で、 $t_{IN(OFF)}$ はオン状態から誤動作なくIGBTをオフするために必要な最小入力オフパルス幅です。図3-17と図3-18に各制御パルス幅でのIGBT駆動状態を示します。

- A: 入力信号のオンパルス幅が $t_{IN(ON)}$ の最小値未満のときでも、IGBTはオンすることがあります。また、 $t_{IN(ON)}$ の最小値未満でU-COM、V-COM、W-COM端子間に-5Vを下回る電圧が印加された場合、誤動作によりオフしない可能性があります。
- B: 定常動作状態で、IGBTは線形領域動作します。
- C: 入力信号のオフパルス幅が $t_{IN(OFF)}$ の最小値未満のときでも、IGBTはオフすることがあります。また、 $t_{IN(OFF)}$ の最小値未満でU-COM、V-COM、W-COM端子間に-5Vを下回る電圧が印加された場合、誤動作によりオンしない可能性があります。
- D: 定常動作状態で、IGBTは完全にオフします。

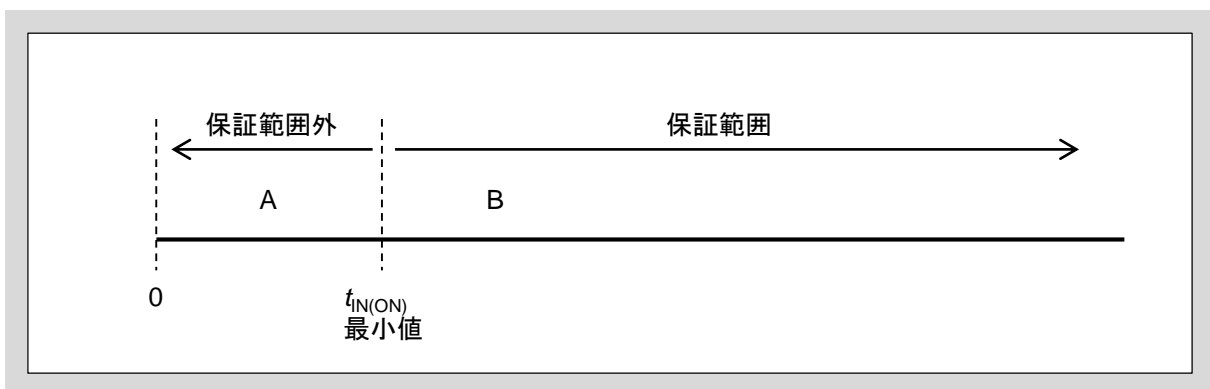


図3-17 IGBT駆動状態と入力信号のオンパルス幅

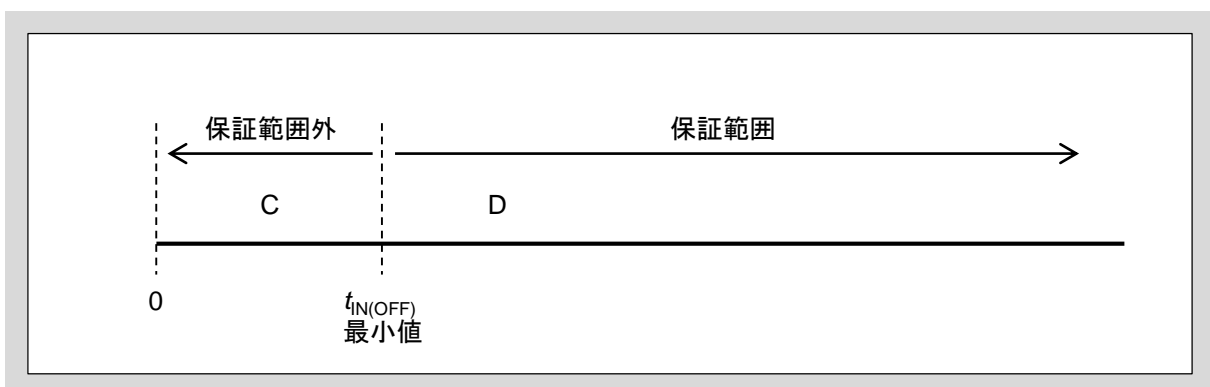


図3-18 IGBT駆動状態と入力信号のオフパルス幅

5. 過電流保護検出機能 IS

- 過電流(OC)保護機能は、N(U,V,W)-COM端子間に接続される外付けシャント抵抗で発生する電圧、または、VSC-COM端子間に接続される電流センス抵抗で発生する電圧をIS端子で検出、アラーム出力および下アームIGBTをオフ状態にする保護機能です。
- 図3-19に過電流検出入力のIS端子回路ブロック、図3-20に過電流保護動作シーケンスを示します。
- 通常動作時のスイッチングノイズもしくはリカバリ電流による本製品の誤動作を防ぐために、IS端子には外部RCフィルタ(時定数はおおよそ1.1 μ s)が必要となります。また、本製品とシャント抵抗間の配線は可能な限り短くしてください。
- 図3-19に示すようにVCCL-ISとIS-COM端子間にダイオードが接続されています。このダイオードは、本製品をサージ入力から保護するためのものであるため、電圧クランプダイオードとして使用しないでください。本製品が破壊する恐れがあります。

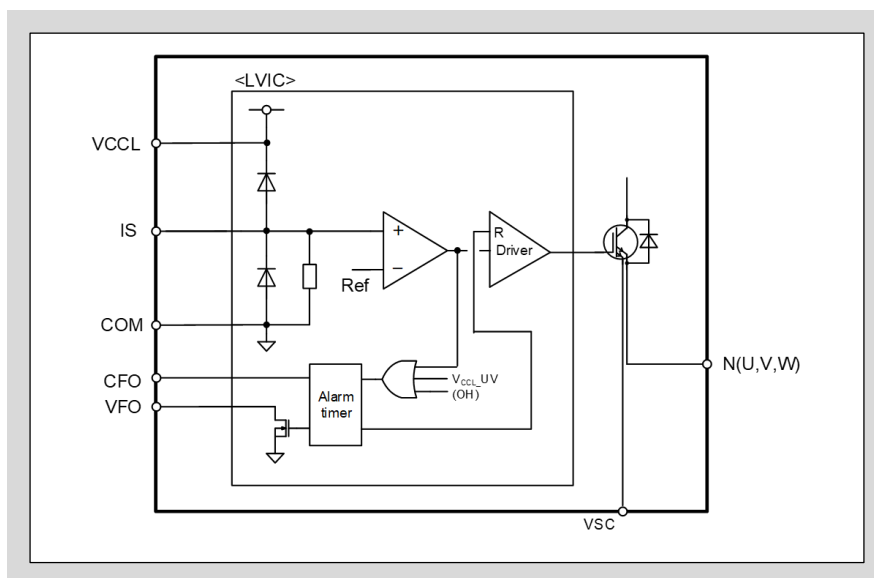


図3-19 過電流検出 IS端子回路図

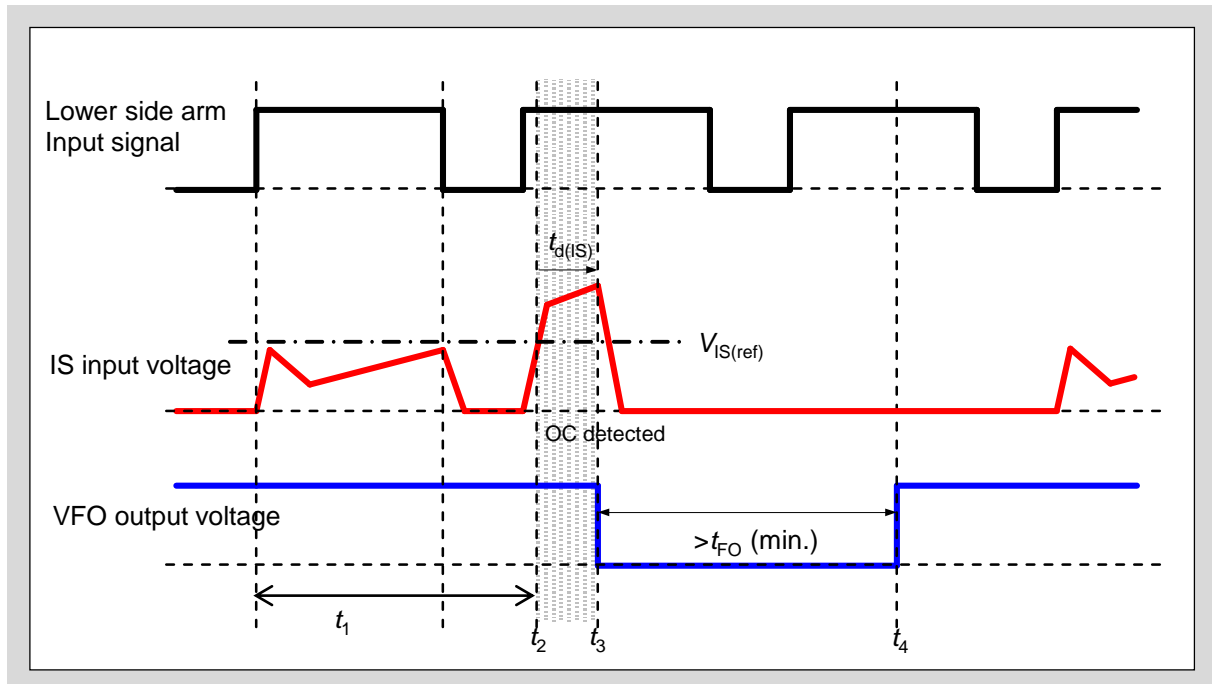


図3-20 過電流保護動作シーケンス

- t1 : IS電圧が $V_{IS(ref)}$ 以下のとき、下アームIGBTはスイッチング動作します。
- t2 : IS電圧が $V_{IS(ref)}$ 以上となった場合、過電流を検出します。
- t3 : アラーム出力電圧 V_{FO} は、過電流保護遅延時間 $t_{d(IS)}$ 経過後に出力し、同時に下アームIGBTを全相シャットダウンします。 $t_{d(IS)}$ は過電流検出してからアラーム出力するまでのブランキング時間です。
- t4 : アラーム出力信号パルス幅 t_{FO} 経過後、過電流保護状態はリセットされ、次の入力信号からスイッチングを再開します。

6. アラーム出力機能 VFO, CFO

- 図3-21に示すように、アラーム出力VFO端子はMPUと直接接続することが可能です。VFO端子はオープンドレイン出力となりますので、5Vもしくは3.3Vのロジック制御用の直流電源に10kΩの外付け抵抗でプルアップしてください。また、MPUラインにバイパスコンデンサC1と5kΩ以上の突入電流制限抵抗R1を接続することを推奨します。これらの信号ラインは、可能な限り最短距離で配線してください。
- アラーム出力VFOは、V_{CCL}の低入力電圧(UV)保護、過電流(OC)保護、過熱(OH)保護に対してアラーム出力します。(過熱保護は"6MBP**XTC065-50" に内蔵します)
- アラーム出力のパルス幅(t_{FO})はCFO端子とCOM端子間のコンデンサ容量で調整可能です。コンデンサ容量22nF接続時のアラーム出力パルス幅は、2.4msとなります。 $t_{FO} C_{FO}(typ.) = t_{FO} \times (9.1 \times 10^{-6}) [F]$ となります。
- 図3-21に示すようにVCCL-VFOとVFO-COM端子間にダイオードが接続されています。このダイオードは、本製品をサージ入力から保護するためのものであるため、電圧クランプダイオードとして使用しないでください。本製品が破壊する恐れがあります。
- 図3-22にアラーム出力時のVFO端子の電圧-電流特性を示します。 I_{FO} は図3-21に示すVFO端子のシンク電流となります。

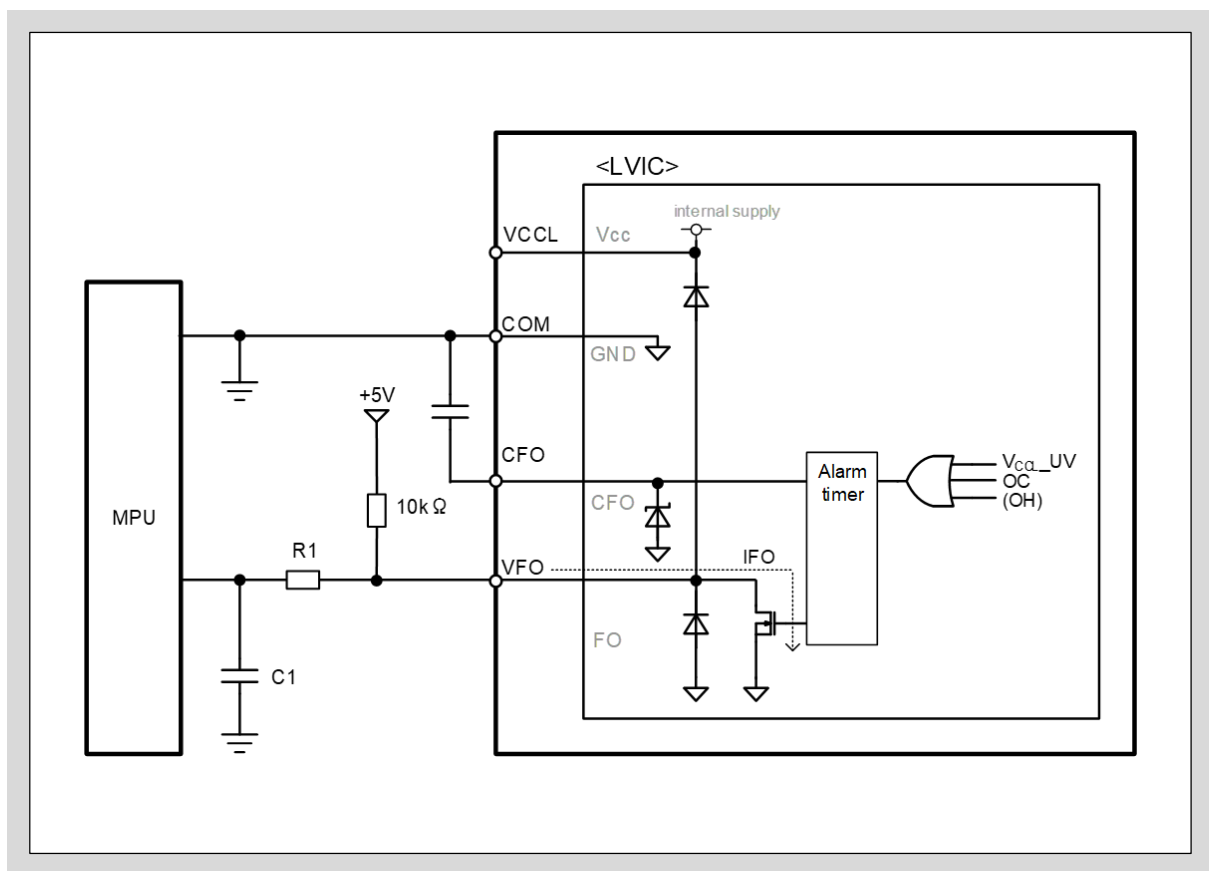


図3-21 VFO端子とMPU I/Oとの推奨接続回路

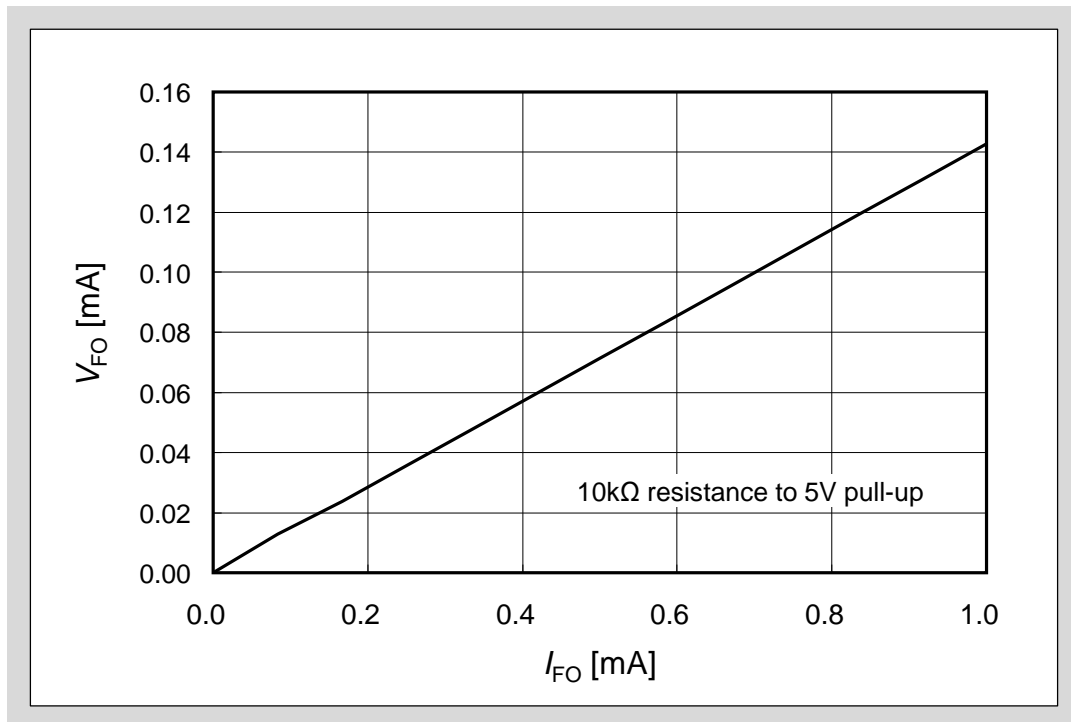


図3-22 アラーム出力状態のVFO端子のVI特性

7. 温度出力端子 TEMP

- 図3-23に示すように、温度出力TEMP端子はMPUに直接接続することが可能です。ただし、MPUラインにバイパスコンデンサ C_{TEMP} と10k Ω 以上の突入電流制限抵抗 R_{TEMP} を接続してください。これらの信号ラインは、可能な限り最短距離で配線してください。
- 本製品は温度センサを内蔵しており、LVICのジャンクション温度に従ってアナログ電圧を出力します。この機能は、本製品を保護する目的ではないため、アラーム出力はありません。ただし、"6MBP**XTC065-50"は過熱(OH)保護も内蔵しているため、 T_{OH} を超える温度で、過熱保護機能によりアラーム出力します。
- IGBTチップ位置と温度センサ位置は異なるため、モータロックや短絡時などの T_{vj} の急激な上昇の追従はできません。
- 図3-23に示すようにTEMP-COM端子間にダイオードが接続されています。このダイオードは、本製品をサージ入力から保護するためのものであるため、電圧クランプダイオードとして使用しないでください。本製品が破壊する恐れがあります。
- 図3-24にLVICのジャンクション温度とTEMP端子出力電圧特性を示します。MPU電源電圧が3.3Vの場合は、TEMP端子に電圧クランプ用ツェナーダイオードを接続してください。また、約25 $^{\circ}$ C以下で出力電圧はクランプ特性を示しますので、線形性が必要な場合は、TEMP端子に5k Ω ±10%のプルダウン抵抗 $R_{pulldown}$ を接続してください。
- 図3-25にプルダウン抵抗5k Ω を接続した場合のTEMP端子出力電圧特性を示します。
- 図3-26に電源立上げと立下げ時のTEMP端子の動作シーケンスを示します。

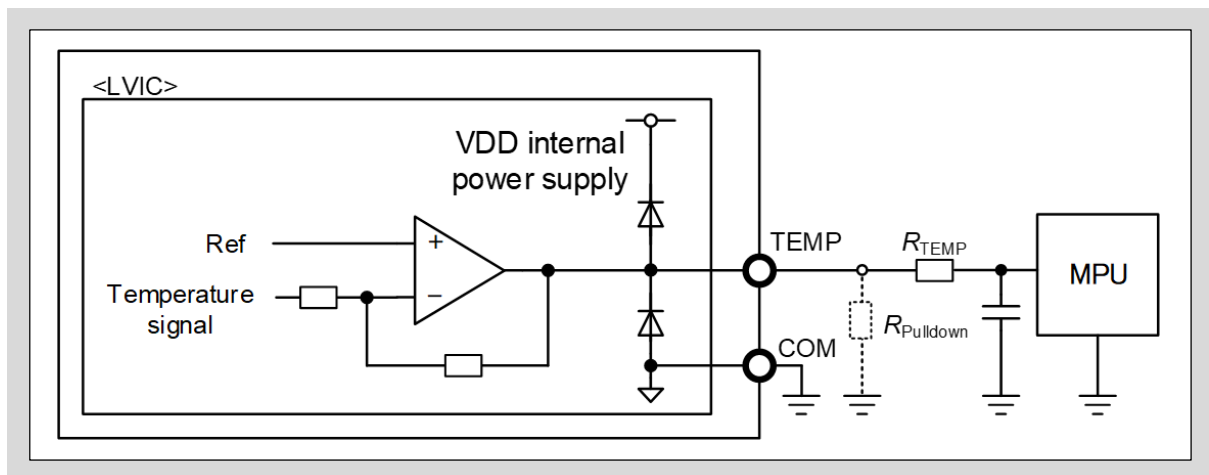


図3-23 TEMP端子とMPU I/Oとの推奨接続回路

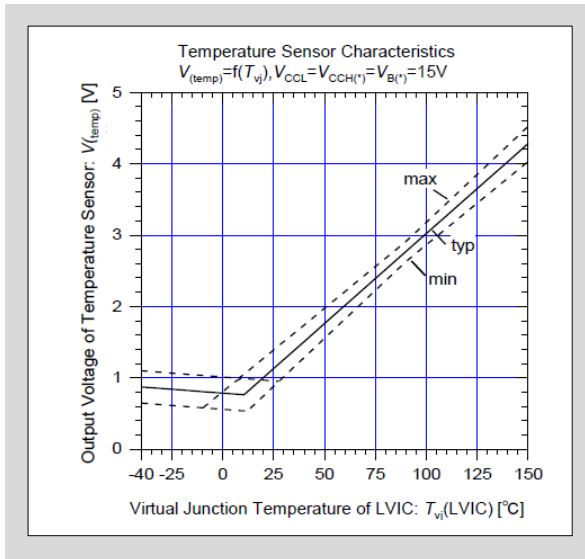


図3-24 LVIC温度とTEMP出力電圧特性
プルダウン抵抗なし

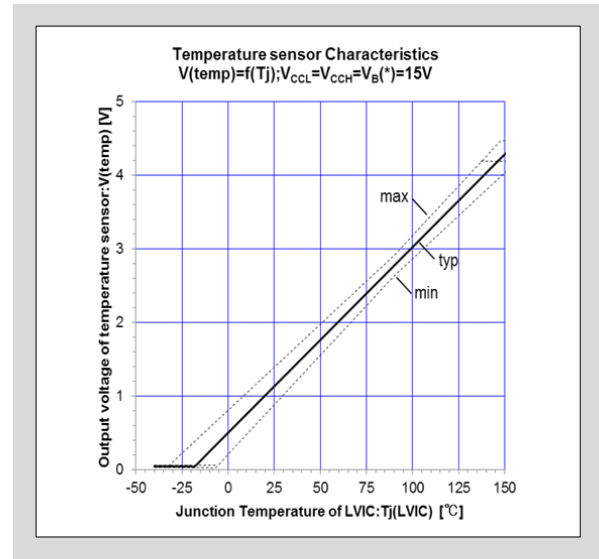


図3-25 LVIC温度とTEMP出力電圧特性
プルダウン抵抗:5kΩ

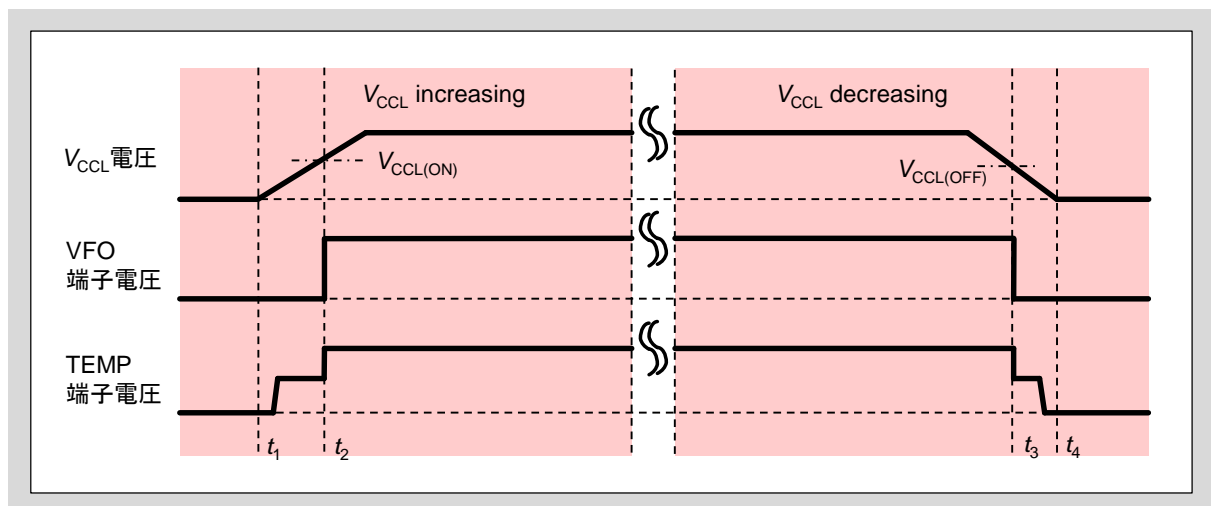


図3-26 本製品の起動と停止時のTEMP端子の動作シーケンス

- t_1 - t_2 : TEMP端子の温度出力機能は、 V_{CCL} が $V_{CCL(ON)}$ 以上のとき有効になります。 V_{CCL} が $V_{CCL(ON)}$ 未満の場合、TEMP端子電圧は、クランプ特性となります。
- t_2 - t_3 : TEMP端子電圧は、LVICのジャンクション温度上昇にしたがって上昇します。クランプ動作となる温度条件では、 V_{CCL} が $V_{CCL(ON)}$ 以上の場合でもクランプ特性となります。
- t_3 - t_4 : TEMP端子の温度出力機能は、 V_{CCL} が $V_{CCL(OFF)}$ 以下のときリセットされ、TEMP端子電圧はクランプ特性となります。

8. 過熱保護機能

- 過熱(OH)保護機能は”6MBP**XTC065-50”に内蔵しています。
- 本製品はLVICのジャンクション温度をモニタして過熱保護動作をします。IGBTチップ位置と温度センサ位置は異なるため、モータロックや短絡時などの T_{vj} の急激な上昇の追従はできません。
- T_{OH} センサの位置を図2-3を参照してください。
- 図3-27に示すようにLVICのジャンクション温度が T_{OH} を上回った場合、本製品の下アームIGBTは全相シャットダウンします。LVICのジャンクション温度が $T_{OH} - T_{OH(hys)}$ を下回った場合、過熱保護状態はリセットされます。

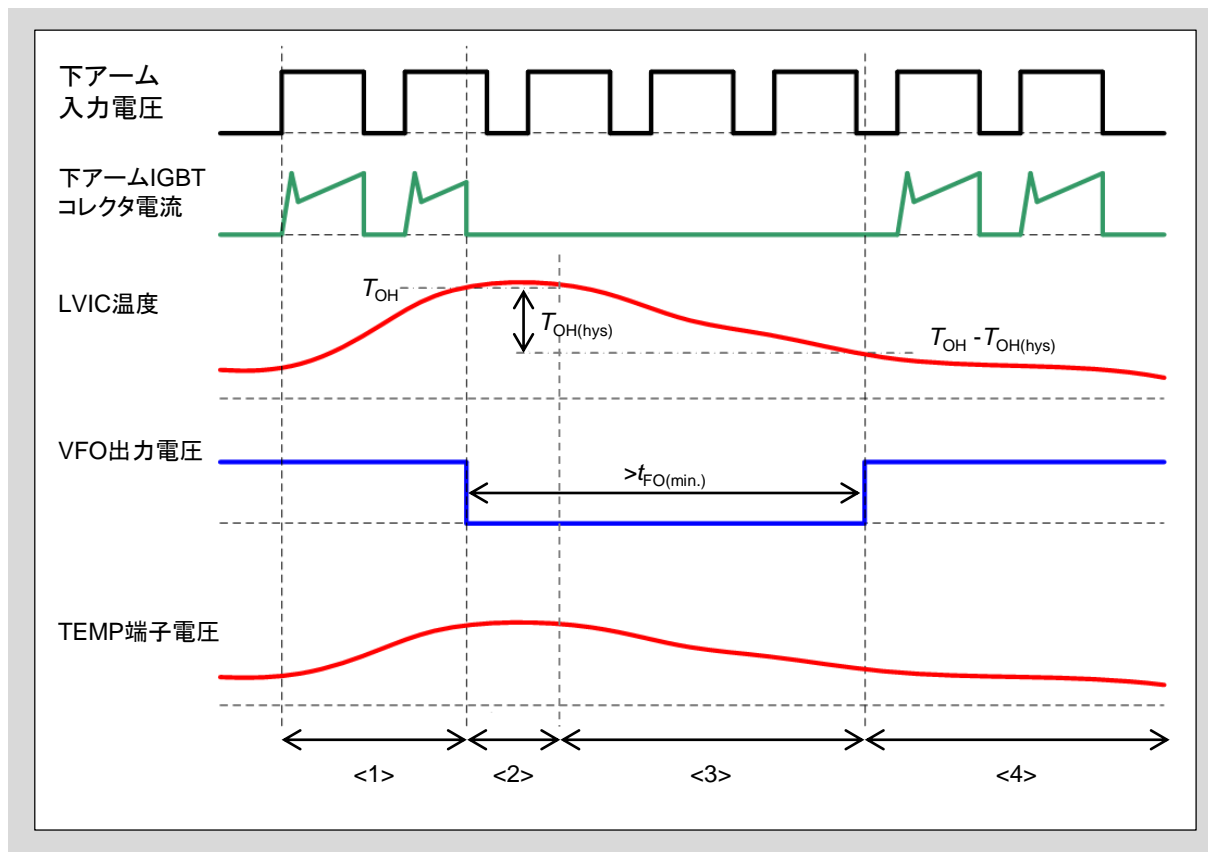


図3-27 過熱保護動作シーケンス

- <1>: LVIC温度が T_{OH} を超えていない間は、下アームIGBTは通常動作します。
- <2>: LVIC温度が T_{OH} を上回った場合、過熱保護状態になりアラーム出力し、下アームIGBTの全相をシャットダウンします。
- <3>: TEMP端子は、本製品が過熱保護状態であっても、LVICの温度に対応する電圧を出力し続けます。
- <4>: アラーム出力状態および過熱保護状態は、LVICのジャンクション温度が $T_{OH} - T_{OH(hys)}$ を下回り、かつ t_{FO} 経過後にリセットされます。次の入力信号から下アームIGBTは通常動作をします。
 $T_{OH(hys)}$ は、過熱保護のヒステリシス温度となります。

第4章 インバータブロックの詳細

1. バス電圧入力端子と下アームIGBTエミッタの接続	4-2
2. 過電流保護について	4-3
3. 過電流保護用 外部シャント抵抗の設定方法	4-5

この章では、電流センス抵抗、外部シャント抵抗の設定などパワー端子の回路設計におけるガイドラインと注意点について説明します。

1. バス電圧入力端子と下アームIGBT エミッタの接続

<パワー端子の説明>

表4-1 にパワー端子の詳細を示します。

表4-1 電源端子の詳細説明

端子名	説明
P	主電源(+)入力端子です。 この端子は、本製品内部で上アームIGBTのコレクタに接続しています。 配線やプリント基板パターンのインダクタンスにより発生するサージ電圧を抑制するため、この端子の近くにスナバコンデンサを接続します。 (一般的には、フィルムコンデンサが使われます)
U, V, W	インバータの出力端子です。 モータ負荷に接続します。
N(U), N(V), N(W)	主電源(-)入力端子です。 これらの端子は、各相の下アームIGBTのエミッタに接続しています。 各相の電流を観測するために外部シャント方式を採用する場合、これらの端子とパワーGND間にシャント抵抗を接続します。
VSC	ローサイドセンス電流検出端子です。 下アームIGBTのセンス端子に接続しています。下アームIGBTに流れる主電流から分流したセンス電流を検出する端子です。 短絡保護のために、VSC端子と制御GND間にセンス抵抗を接続します。

<シャント抵抗とスナバコンデンサの推奨配線>

- 過電流(OC)状態や相電流を検出するために、外部シャント抵抗を使用します。
- シャント抵抗と本製品間の配線パターンが長い場合、発生するサージ電圧によって内部制御ICと過電流検出用の部品にダメージを与える可能性があります。配線のインダクタンスを低減するために、シャント抵抗と本製品間の配線は可能な限り短くしてください。
- スナバコンデンサはサージ電圧を効果的に抑制するために、正しく接続しなければなりません。
- 一般的には図4-1の”C”箇所に接続します。”A” 箇所にスナバコンデンサを接続すると、配線のインダクタンスが無視できないため、サージ電圧を効果的に抑制することができません。スナバコンデンサを”B”箇所に接続すると、スナバコンデンサに流れる充放電電流はシャント抵抗にも流れます。これは、電流検出信号に影響を与えるため、過電流保護レベルが設計値よりも低くなります。”B”箇所のサージ電圧抑制効果は、”A”または”C”箇所より優れていますが、電流検出精度を考慮すると”C”箇所の方が優れています。
- スナバコンデンサの容量は0.1~0.22 μ Fを推奨します。

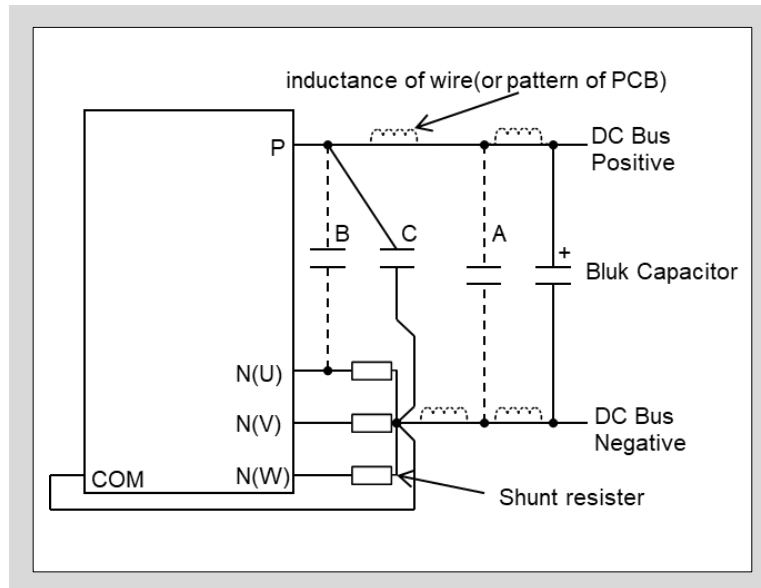


図4-1 シャント抵抗とスナバコンデンサの推奨配線

2. 過電流保護について

本製品の短絡保護機能は、下アームIGBTに流れる主電流から分流したセンス電流を検出する電流センス方式と、主電流が流れるN側端子に外部シャント抵抗を接続し、主電流を直接観測する外部シャント方式の両方式をサポートしています。

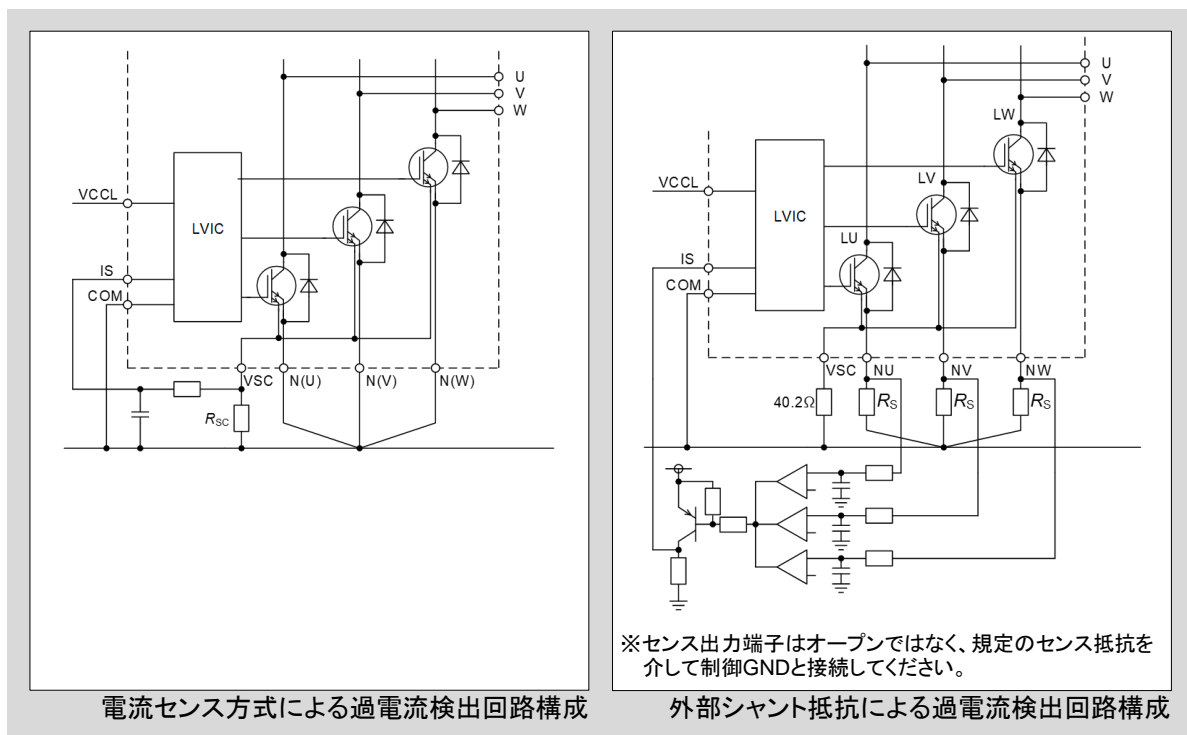


図4-2 過電流検出回路方式

<センス方式による短絡保護について>

短絡保護時には、下アームIGBTの主電流から分流したセンス電流がセンス抵抗を流れることによって発生する電圧をIS端子にフィードバックさせることで短絡保護が可能となります。表4-2に規定のセンス抵抗値と短絡保護電流値を示します。

表4-2 短絡保護電流値 NU,NV,NW端子に外部シャント抵抗接続なし

型式	電流センス抵抗: R_{SC}	短絡保護電流min.
6MBP50XTA065-50 6MBP50XTC065-50	40.2 Ω	85 A
6MBP75XTA065-50 6MBP75XTC065-50	23.2 Ω	127 A

- ノイズによる過電流保護回路の誤動作を防ぐため、IS端子の入力部にRCフィルタを接続ください。RC時定数は、ノイズの印加時間とIGBTの短絡耐量により決定されます。おおよそ1.1 μ sに設定することを推奨いたします。
- 6MBP50XT*065-50の過電流保護を有効にするには、センス抵抗 R_{SC} を40.2 Ω 以上に設定する必要があります。また、温度特性含めてバラツキ1%以下、低インダクタンスタイプ、許容電力は1/8W以上の抵抗を用いる事を推奨します。

<外部シャント抵抗接続した場合の短絡保護について>

- センス方式による短絡保護機能は、上下アーム短絡・負荷短絡などの過大な短絡電流が流れる際の短絡保護を目的としています。
- モータの減磁電流保護など電流検出精度が必要な過電流保護には、主電流が流れるN側端子に外部シャント抵抗を接続し、主電流を直接モニタする外部シャント抵抗による検出方式を推奨します。
- 外部シャント抵抗を接続した場合、分流比が変化するため、センス抵抗による短絡保護電流値は表4-3に示す値となります。
- 外部シャント抵抗値を大きくした場合、シャント抵抗による電圧降下分により下アームIGBTのゲート電圧が低下し、飽和電流値が低下しますので、6MBP50XT*065-50は7m Ω 以下、6MBP75XT*065-50は4.5m Ω 以下を推奨します。
- また、外部シャント抵抗を使用する場合、短絡遮断時に発生するサージ発生を抑制するため、低インダクタンスのチップ型のシャント抵抗を使用ください。セメント抵抗などのインダクタンスの大きいタイプのシャント抵抗は使わないでください。
- センス出力端子はオープンではなく、規定のセンス抵抗を介して制御GNDと接続してください。

表4-3 外部シャント抵抗挿入による短絡保護電流値変化
6MBP50XTA065-50 センス抵抗に規定の40.2 Ω 接続

外部シャント抵抗値	短絡保護電流min.
なし	85 A
3 m Ω	57 A
5 m Ω	48 A

3. 過電流保護用 外部シャント抵抗の設定方法

短絡・過電流保護に、電流センス方式ではなく外部シャント抵抗接続のみで検出する場合の外部シャント抵抗の選定例を以下に示します。外部シャント方式を採用する場合でもセンス出力端子はオープンではなく、規定のセンス抵抗を介して制御GNDと接続してください。

(1) シャント抵抗の選定について

シャント抵抗値は、次式のように求められます：

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

- $V_{IS(ref)}$ は、本製品の過電流保護 入力検出電圧、 I_{OC} は過電流保護の電流検出レベルです。
- $V_{IS(ref)}$ は、0.455V(min.)、0.48V(typ.)、0.505V(max)の範囲で規定されます。
- R_{Sh} はシャント抵抗値となります。最大過電流検出レベルは、シャント抵抗のばらつきを考慮し、本製品データシートの繰り返しピークコレクタ電流より低く設定してください。
- 例えば、過電流検出レベルを100Aに設定する場合、推奨のシャント抵抗値は次式で求められます。

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

$R_{Sh(min)}$ は、シャント抵抗の最小値であり、上記に基づき、シャント抵抗の最小値は導き出されます。実機にて要求される過電流レベルを考慮して、適切なシャント抵抗値の選定および確認することが必要です。

(2) 過電流保護の遅延時間の設定について

- ノイズによる過電流保護回路の誤動作を防ぐために、外部にRCフィルタが必要となります。RC時定数は、ノイズの印加時間とIGBTの短絡耐量により決定されます。おおよそ1.1 μ sに設定することを推奨いたします。
- シャント抵抗の電圧が過電流レベルを超える時に、IS端子への入力電圧が過電流レベルまで上昇する遅延時間(t_{delay})は、RCフィルタの時定数で決まり、次式ようになります。

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

- τ はRC時定数で、 I_p はシャント抵抗に流れるピーク電流です。
- さらに、過電流の遮断伝達遅延時間があるため、過電流状態が検出されてからIGBTが遮断するまでのトータル遅延時間 t_{total} は、

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

- トータル遅延時間 t_{total} は、必ずIGBTの短絡耐量を考慮しなければなりません。適切な遅延時間は、実機にて確認の上設定願います。

第5章 推奨配線およびレイアウト

1. 応用回路例	5-2
2. プリント基板設計における推奨パターンおよび注意点	5-6

この章では、推奨配線とレイアウトについて説明しています。プリント基板設計時におけるヒントと注意事項については、以下の応用回路例をご参照ください。

1. 応用回路例

図5-1, 図5-2, 図5-3には、3種類の電流検出方法での応用回路例を示しており、注意事項は共通となります。

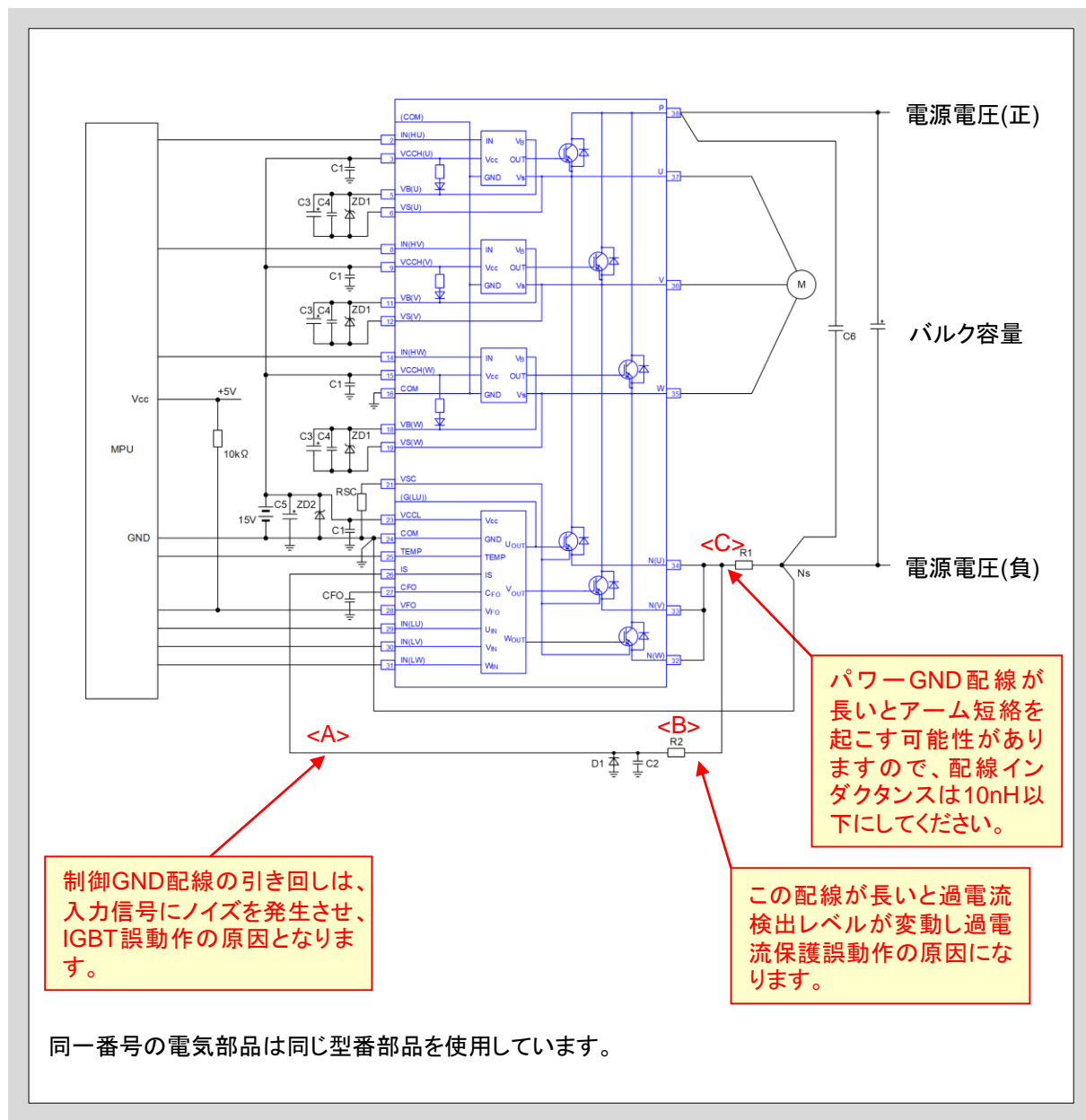


図5-1 応用回路例1 (3相一括で電流検出する場合)

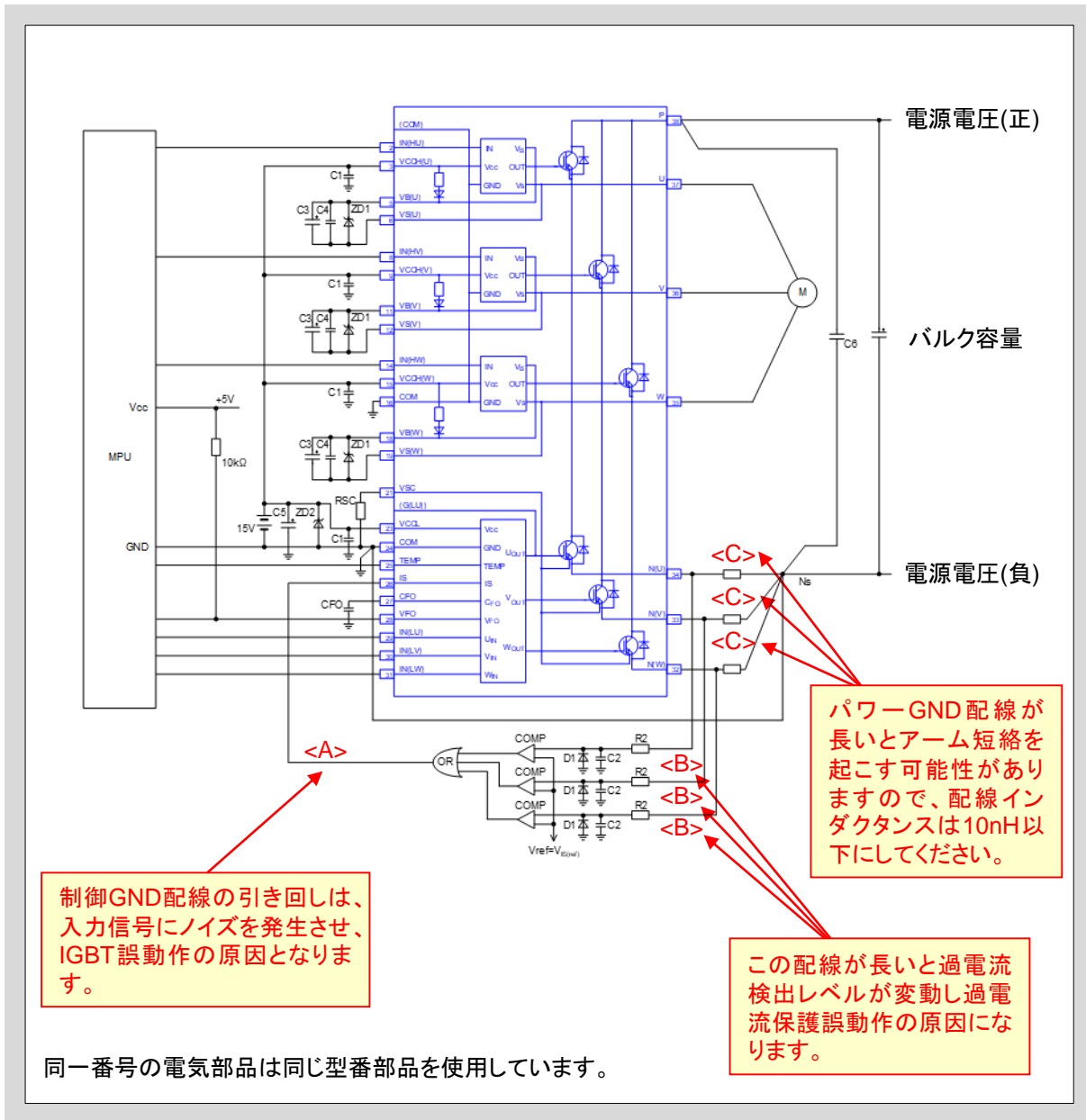


図5-2 応用回路例2 (3相個別で電流検出する場合)

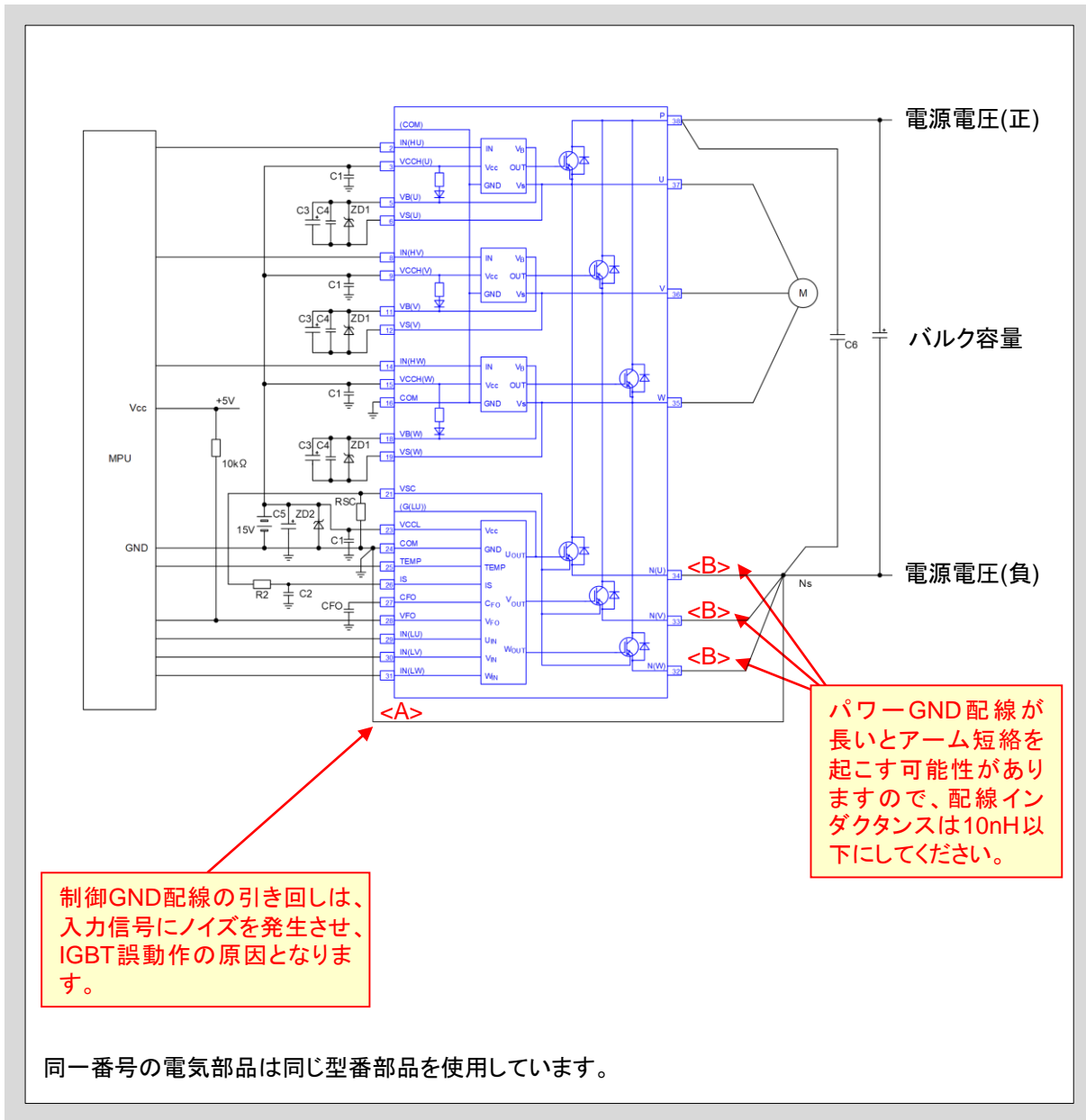


図5-3 応用回路例3 (VSC端子出力で電流検出する場合)

<注意事項>

1. 本製品の入力信号はハイアクティブです。制御ICの入力回路には、プルダウン抵抗を内蔵しています。誤動作防止のため、各入力配線は可能な限り短くしてください。RCフィルタをご使用される場合、入力信号レベルがターンオンおよびターンオフ閾値電圧を満たすように設定してください。
2. 本製品は内蔵HVICにより、フォトカプラもしくはパルストランスなしで直接MPUに接続することができます。
3. アラーム出力VFOは、オープンドレインタイプです。5V電源に10kΩ程度の抵抗でプルアップして使用ください。
4. 誤動作防止のため、<A>、、<C>の配線は可能な限り短くしてください。
5. 過電流保護回路のR2-C2による時定数は、約1.1μsになるように設定してください。また、過電流遮断時間は、配線パターンにより変わる可能性があります。R2、C2は、ばらつきの小さいものをご使用してください。
6. 過電流保護回路の外部コンパレータ基準電圧は、本製品の過電流検出閾値電圧と同じレベルに設定してください。
7. 過電流状態を瞬時に検出するために、高速型コンパレータとロジックICを使用ください。
8. スwitchング動作時にR1に負電圧が発生する場合、ショットキーバリアダイオードD1を接続することを推奨いたします。
9. 全てのコンデンサは可能な限り端子直近に実装してください。特にC1、C5およびC3、C4はU、V、W端子部直近でモータ主配線からすぐに分岐させ、最短経路で配線してください。また、C1、C4は、温度特性・周波数特性・DCバイアス特性に優れたセラミックコンデンサ、C3、C5は許容リップル電流、寿命を考慮した電解コンデンサを選択してください。
10. サージ電圧による破壊を防止するためにスナバコンデンサC6とP端子、Ns間の配線は可能な限り短くしてください。一般的にP端子とNs間に接続するスナバコンデンサの容量は0.1μFから0.22μFを推奨いたします。
11. 2つのCOM端子(16 & 24 pin)はIPM内部で接続されていませんので、両端子は制御GNDに接続し1点接続としてください。
12. サージ電圧による制御電源およびハイサイド駆動電源の破壊を防止するため、各相の電源端子にツェナーダイオード電圧22Vのツェナーダイオードを接続することを推奨いたします。
13. パワーラインに流れる電流による電圧変動を受けないように、制御GNDとパワーGNDは分けて配線し、スナバコンデンサのGND: NSにて1点接続することを推奨します。
14. センス抵抗 R_{SC} は、温度特性含めてばらつき1%以下、低インダクタンスタイプ、許容電力1/8W以上の抵抗を用いる事を推奨しますが、実際のシステムで十分決定してください。
15. 外部シャント抵抗を使用する場合、低インダクタンスのチップ型のシャント抵抗を使用してください。セメント抵抗などのインダクタンスの大きいシャント抵抗は使わないでください。

2. プリント基板設計における推奨パターンおよび注意点

ここではプリント基板設計における推奨パターン配線と注意点について説明します。

図5-3から図5-7は、応用回路例(図5-1、図5-2、図5-3)での推奨プリント基板パターン配線のイメージを示しています。これら図中で、システムからの入力信号は”IN(HU)”で表現します。推奨パターンと注意点は以下の通りです。

<Small IPM周辺の全体設計>

- 電位差が高い境界部分では、適切な沿面距離を確保してください(必要に応じて境界部のところにスリットを入れてください)。
- 伝導ノイズの増加を防止するために、パワー入力(DCバス電圧)部とハイサイド駆動部の電源パターンは分離してください。多層プリント基板を使用し、これらの配線をパターン上で交差させた場合は、配線間の浮遊容量とプリント基板の絶縁性能にご注意ください。
- システムの誤動作を防止するために、ハイサイド駆動部の電源と各相の入力回路部のパターンは分離してください。多層プリント基板をご使用される場合、これらの配線を交差させないようにしてください。

各部の詳細は、次のページで説明します。

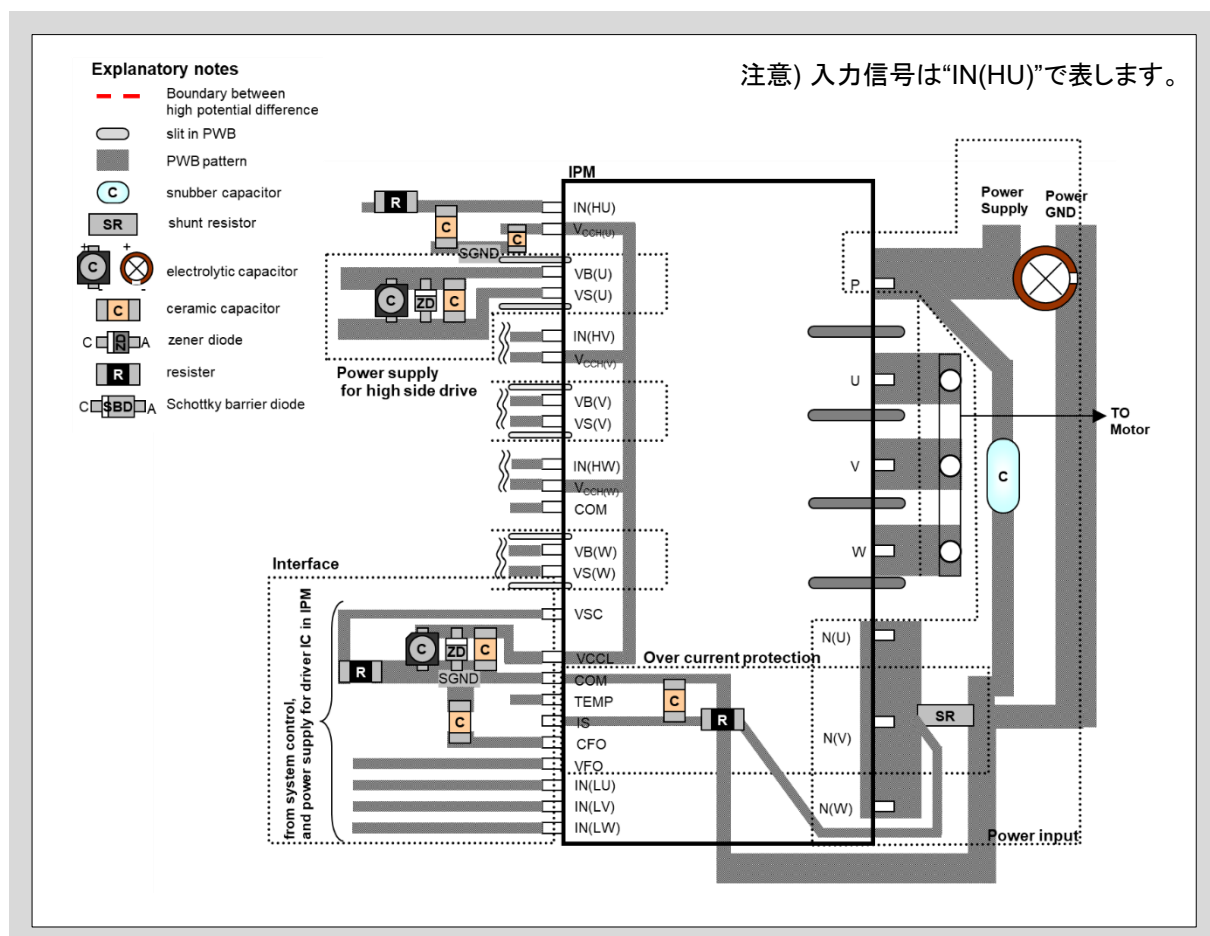


図5-4 推奨プリント基板配線のイメージ (Small IPM周囲の全体設計)

<パワー入力部>

- (A) スナバコンデンサCをP端子とシャント抵抗のGND間に可能な限り近接して配置してください。配線インダクタンスによる影響を避けるために、スナバコンデンサCとP端子およびシャント抵抗間の配線は可能な限り短くしてください。
- (B) バルクコンデンサからの配線とスナバコンデンサからの配線は、P端子とシャント抵抗の直近で互いに分割してください。
- (C) パワーGNDとCOM端子からの配線は、1点グラウンドでシャント抵抗に接続し、可能な限り短くしてください。
- (D) 外部シャント抵抗を使用する場合、低インダクタンスのチップ型のシャント抵抗を使用してください。セメント抵抗などのインダクタンスの大きいタイプのシャント抵抗は使わないでください。
- (E) N(U), N(V), N(W)端子とシャント抵抗間の配線は可能な限り短くしてください。

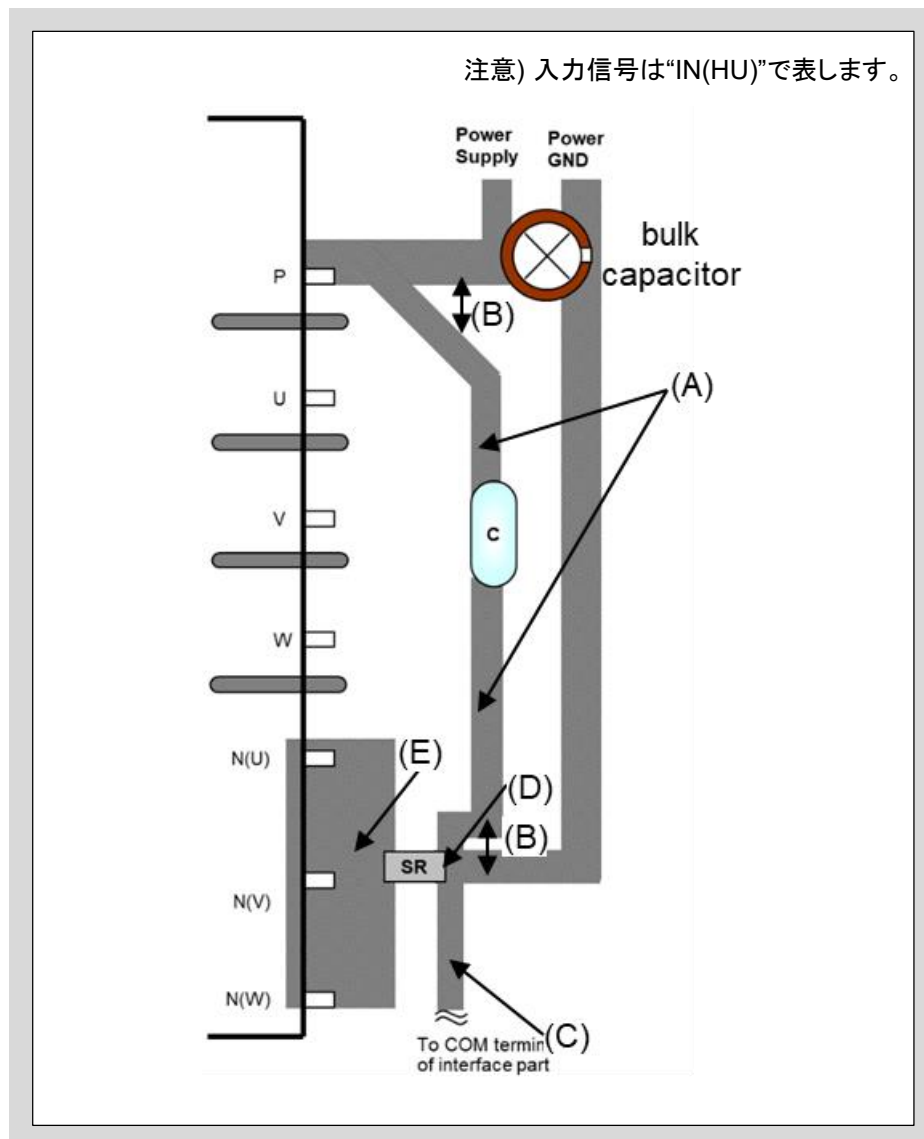


図5-5 推奨プリント基板配線のイメージ (パワー入力部)

<ハイサイド駆動電源部>

- (A) 配線インダクタンスによる影響を避けるために、VB(U, V, W)端子と電子部品(セラミックコンデンサ、電解コンデンサ、ツェナーダイオード)間の配線は可能な限り短くしてください。
- (B) アプリケーションにより適切なコンデンサをご使用ください。特にVB(U, V, W)端子直近にはセラミックコンデンサまたは低ESRのコンデンサを配置してください。
- (C) VB(U)とパワーGND(もしくは同電位)端子間の浮遊容量が大きい場合、IGBTのターンオンとターンオフ時の高い dv/dt の影響により、VB(U)-VS(U)端子間電圧は過電圧または負電圧になる可能性があります。そのため、VB(U)とVS(U)端子間にツェナーダイオードを配置してください。またツェナーダイオードはVB(U)端子直近に接続してください。(VB(V)、VB(W)もVB(U)と同じです。)

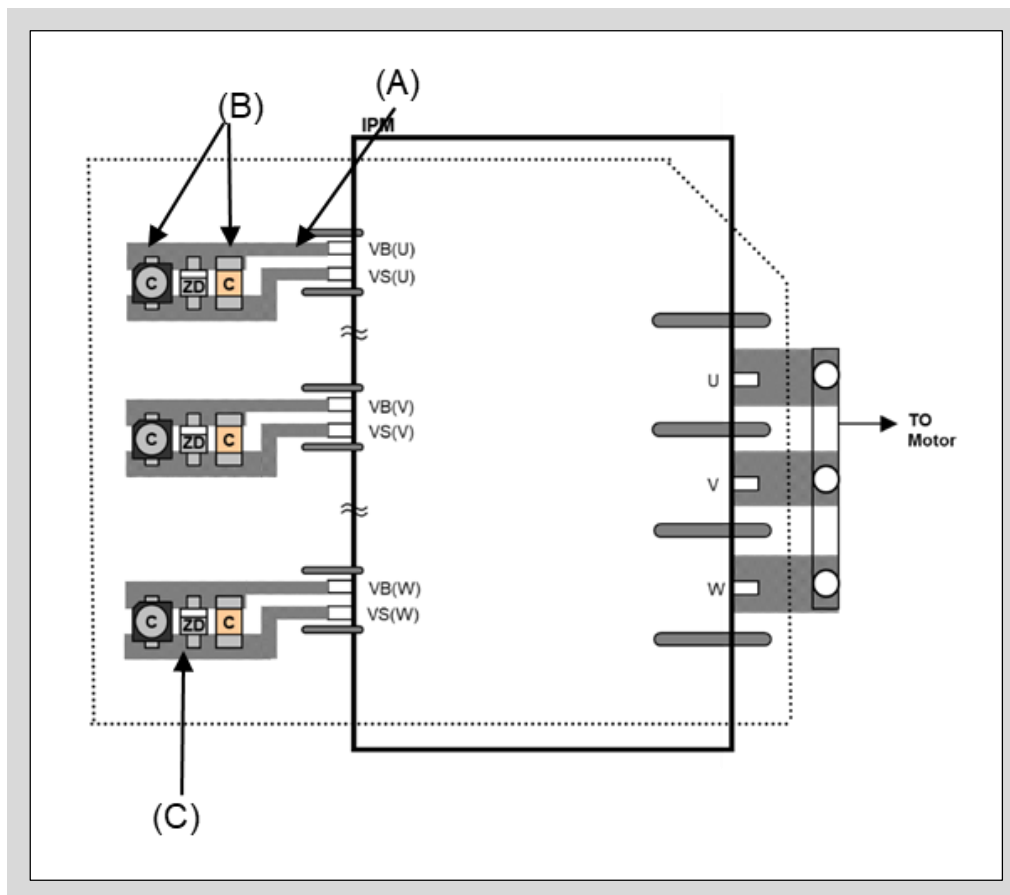


図5-6 推奨プリント基板配線のイメージ (ハイサイド駆動部電源)

<インターフェイス部>

- (A) ハイサイド駆動電源部からのノイズの影響が無視できない場合、入力信号とCOM端子間にコンデンサを配置してください。コンデンサのマイナス電極は可能な限りCOM端子の近くの制御GNDに接続してください。フィルタ抵抗もしくはコンデンサを接続する場合、本製品内部のプルダウン抵抗を考慮し、実機で信号レベルをご確認ください。
- (B) 2つのCOM端子(16pinと24pin)は本製品内部で接続されていないので、両端子は制御GNDに接続し、1点接続としてください。
- (C) VCCLとCOM配線間、VCCH(U,V,W)とCOM配線間に電解コンデンサとセラミックコンデンサを接続してください。これらコンデンサは可能な限り各端子の直近に接続してください。
- (D) ノイズの影響を抑えるために、TEMP端子からの出力信号は制御GNDと並走させてください。
- (E) システムからの制御GND配線とCOM端子からの配線は1点グランドとしてください。また、1点グランドは可能な限りCOM端子の直近に接続してください。

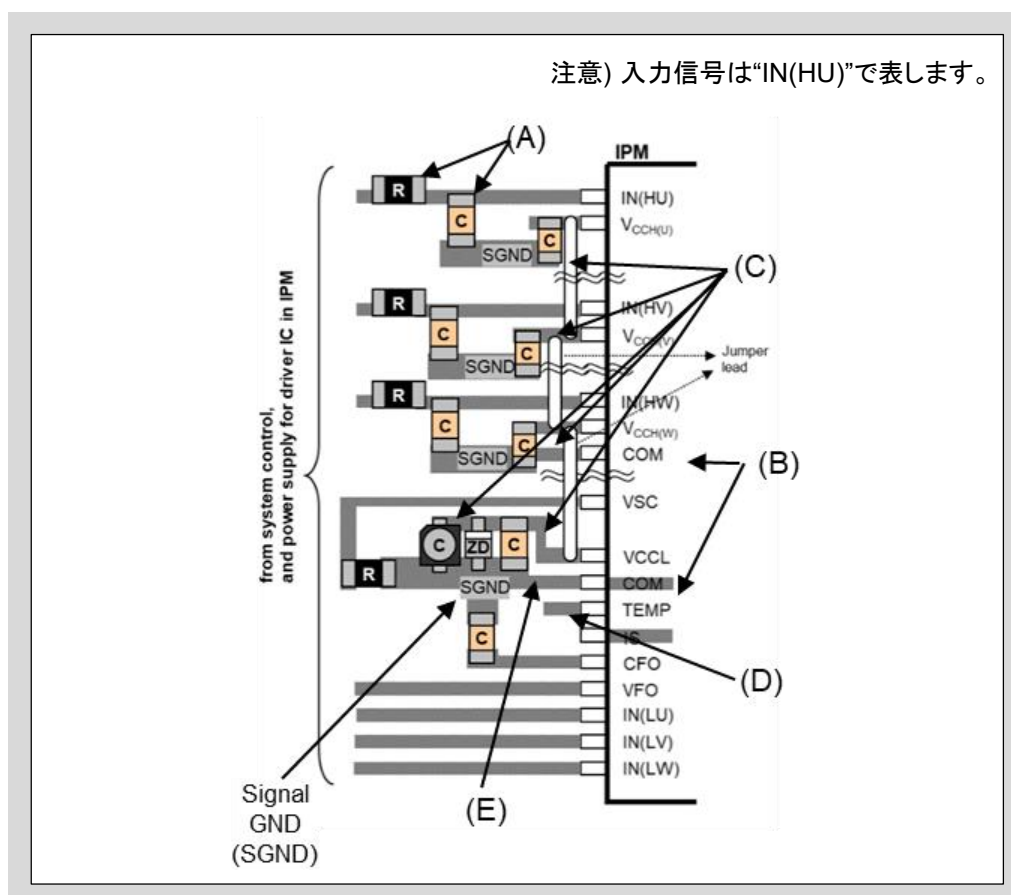


図5-7 推奨プリント基板配線のイメージ (インターフェイス部)

<過電流保護回路部>

過電流状態から保護するための電流検出には3つの方法があります。“3相一括で電流検出する方法”を図5-8、“3相個別で電流検出する方法”を図5-9、“シャントレス電流検出方法”を図5-10に示します。

図5-8

- (A) シャント抵抗のGND側とCOM端子間の配線は非常に重要です。それは制御ICの基準電位だけではなく、ハイサイドのブートストラップコンデンサの充電電流経路と、ローサイドのIGBTのゲート駆動電流経路の役割も果たします。そこで、共通インピーダンスの影響を最小限にするために、可能な限り配線を短くしてください。
- (B) 過電流保護レベルの変動と誤動作を避けるために、IS信号の配線は可能な限り短くしてください。
- (C) スwitching時の誤検出を防止するために、IS端子にRCフィルタを入れてください。RCフィルタのコンデンサはCOM端子の直近の制御GNDに接続してください。
- (D) Switching時 IS端子に負電圧が印加される場合、IS端子とCOM端子間またはシャント抵抗と並列にショットキーバリアダイオードを接続してください。

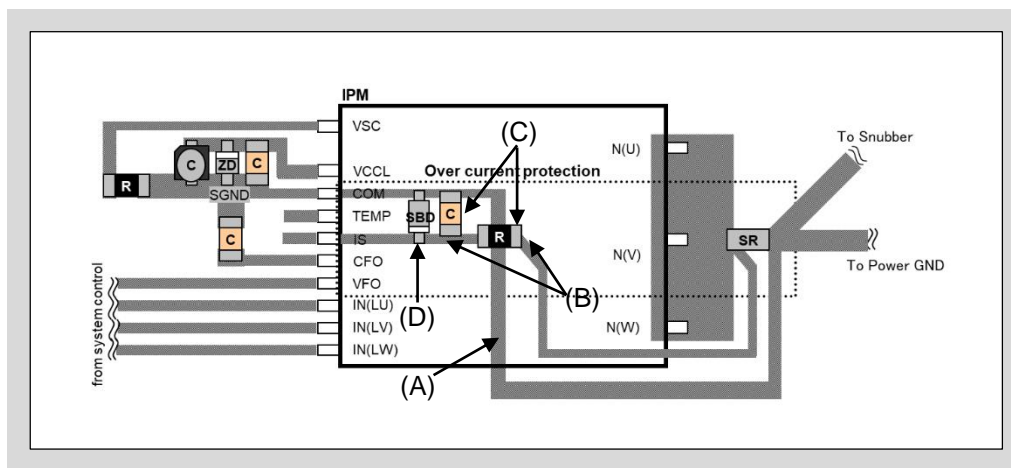


図5-8 3相一括で電流検出する方法

図5-9

- (A) 過電流状態を瞬時に検出するために、高速コンパレータとロジックICをご使用ください。
- (B) コンパレータに入力する基準電圧と制御GND間にコンデンサを接続してください。また可能な限りコンパレータ直近に配置してください。
- (C) COM端子の制御GND配線とコンパレータの制御GND配線は分割してください。
- (D) COM端子の制御GND配線とコンパレータの制御GND配線は1点グラウンドとしてください。1点グラウンドは可能な限りシャント抵抗の直近に接続してください。
- (E) その他の注意点と推奨パターンは図5-7(a)と同じです。回路定数決定の詳細については第4章2節をご参照ください。

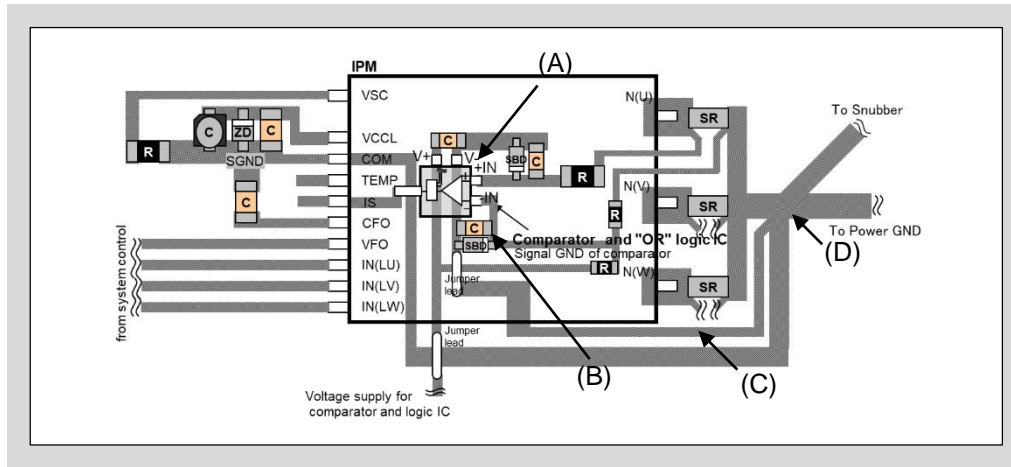


図5-9 3相個別で電流検出する方法

図5-10

- (A) パワーラインに流れる電流による電圧変動を受けない様に、制御GNDとパワーGNDは分けて配線し、スナバコンデンサのGNDと1点接続としてください。
- (B) 過電流保護レベルの変動と誤動作を避けるために、IS信号の配線は可能な限り短くしてください。
- (C) スwitching時の誤検出を防止するために、IS端子にRCフィルタを入れてください。RCフィルタのコンデンサはCOM端子の直近の制御GNDに接続してください。

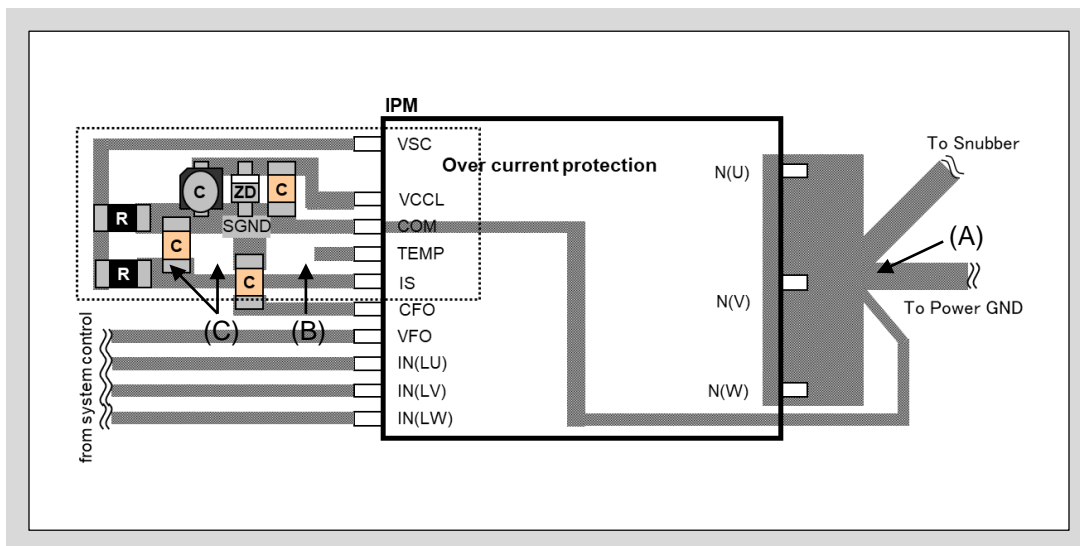


図5-10 シャントレスで電流検出する方法

第6章 実装ガイドラインおよび熱設計

1. プリント基板へのはんだ付け方法	6-2
2. ヒートシンクへの実装方法	6-2
4. ヒートシンクの選定	6-3

1. プリント基板へのはんだ付け方法

- はんだ付け時の温度はデバイスの絶対最大定格の温度を超える可能性があります。デバイスへのダメージを防止し、信頼性を保証するために下記のはんだ付け温度以下でご使用ください。

表6-1 はんだ温度と浸漬時間

方法	はんだ温度と時間
ディップはんだ付け	260±5°C、10±1秒

- 端子の浸漬深さが製品本体に近接しすぎないようにするため、端子にはストoppaを設けています。このストoppaを考慮してプリント基板からの必要な距離を確保し、ディップはんだ付け時に製品本体がはんだ槽に浸漬しないようにしてください。
- 一度プリント基板から外したデバイスは再利用しないでください。基板から外したデバイスは、はんだを取り除いた時の熱もしくは機械的なダメージを受けた可能性があります。

2. ヒートシンクへの実装方法

- 本製品をヒートシンクに取り付ける時、以下の推奨締め付け順序をご参照ください。過大トルクによる片締めは、チップの破壊または劣化を招く可能性があります。

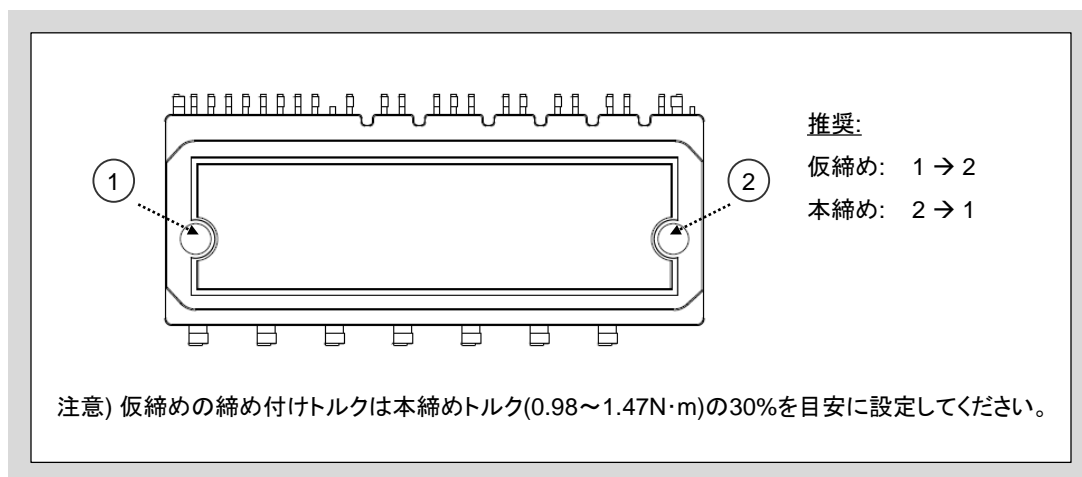


図6-1 推奨締め付け順序

- 図6-2はヒートシンクの平坦度の測定位置を示しています。
- ヒートシンクの平坦度は、0 μ m/100mm~+100 μ m/100mmとし、表面荒さ(Rz)は、10 μ m以下のヒートシンク表面を仕上げてください。
- ヒートシンクの表面が窪んでいる場合はヒートシンクと本製品の間で隙間が生じ、冷却効率の低下します。
- 平坦度が100 μ m/100mm以上の場合、本製品のアルミ基板が変形して内部絶縁基板に亀裂が発生する可能性がありますのでご注意ください。

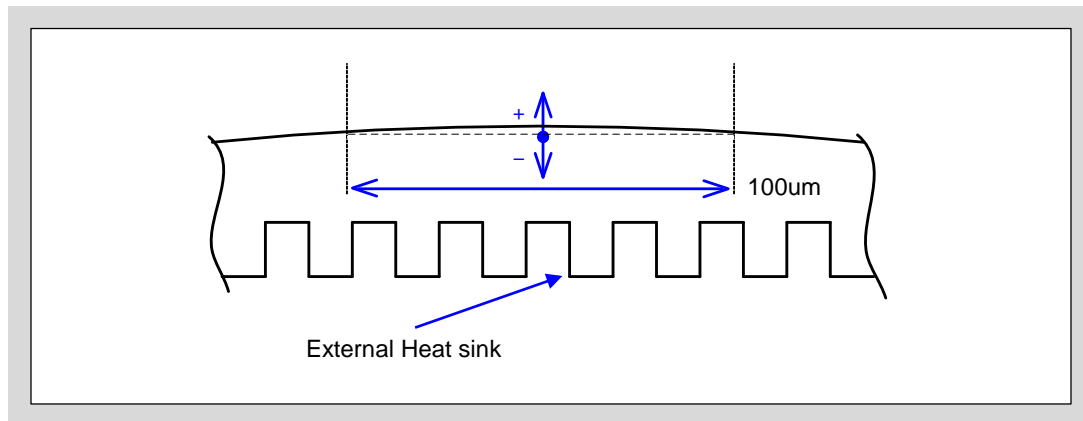


図6-2 ヒートシンクの平坦度測定位置

- 放熱効果を得るために、ステンシルマスクを使用してサーマルグリスを塗布することを推奨しています。ステンシルマスクパターンはマウンティングインストラクション(MT6M16533)に記載しています。

4. ヒートシンクの選定方法

- IGBTの動作保護のため、接合温度 T_{vj} は絶対最大定格を超えないことをご確認ください。定格負荷と同様に過負荷動作等の異常状態が発生した場合でも T_{vj} が絶対最大定格を常に下回るようにヒートシンクを設計する必要があります。
- 最大定格よりも高い T_{vj} でIGBTを動作させるとチップが損傷する可能性があります。6MBP**XTC065-50ではLVIC温度が T_{OH} を超えるとすべてのローサイドIGBTがシャットダウンします。ただし、温度が急激に上昇する場合はIGBTが保護されない場合があります。
- 上記と同様、FWDのチップ温度が絶対最大定格を超えないようご注意ください。
- ヒートシンクを選定する場合は、必ず図2-2に示す位置で直接温度を測定し、チップ温度を確認してください。

具体的な設計は、第6章第2節および次の文書をご参照ください。

“IGBTモジュールアプリケーションマニュアルRH984”

- 発生損失の求め方
- ヒートシンクの選定方法
- ヒートシンクの取り付け時の注意事項
- トラブルシューティング

第7章 注意事項

1. 使用上の注意事項	7-2
2. 保管上の注意事項	7-4

1. 使用上の注意事項

- 本製品は本仕様書に記載する最大定格(電圧, 電流, 温度等)の範囲内で御使用下さい。最大定格を超えて使用すると、製品が破壊する場合があります。最大定格内の使用であっても、温度や使用環境により期待する製品寿命が得られない場合があります。本製品の絶対最大定格を参照の上、お客様が使用されるシステム・装置などへの富士電機製品の適合性はお客様にて評価・検証の上、ご判断ください。
- IGBTのターンオフ電圧・電流の動作軌跡がRBSOA仕様内にあることを確認して下さい。RBSOAの範囲を超えてIGBTを使用すると本製品が破壊する可能性があります。
- $V_{CE(chip)}$ を超えた電圧が印加された場合、アバランシェブレイクダウンを起こして素子破壊する場合があります。 $V_{CE(chip)}$ は必ず最大定格の範囲内でご使用下さい。
- 本製品に搭載されているFWDは、ダイオード整流器(AC-DCコンバータ)として使用するよう設計されていません。
- 落雷等により、電源から素子の耐圧を超える過渡的な過電圧が本製品に伝搬された場合、過電圧で破壊する可能性があります。電源から線間・アース間に入力過電圧が想定される場合は、破壊を回避するため、サージ吸収素子等を挿入して本製品に掛かる電圧を仕様内に抑えてください。
- 本製品は並列接続の使用を前提に設計しておりませんので、並列接続での使用は保証できません。
- 使用するプリント板が不適切な場合、主端子ピンの温度が保存温度(Storage temperature)以上になることがあります。主端子ピンも保存温度(Storage temperature)範囲内でご使用下さい。
- 本製品は不燃材を使用していますが、製品が故障すると発煙や発火することがあります。また、可燃性の場所や可燃物の近くで製品を使用すると、動作中に製品は高温になり、発煙や発火することがあります。延焼防止などの手段を講じて下さい。
- 万一の不慮の事故で素子が破壊した場合を考慮し、電源と本製品の間に適切な遮断器等を必ず付けて火災、爆発、延焼等の2次破壊を防いでください。
- 通電中あるいは動作中に製品の端子やパッケージに直接触れないで下さい。感電や火傷の恐れがあります。
- 腐食性のガス・腐食性の液体・腐食性の固体(酸・アルカリ・有機物など、例: 硫化水素、亜硫酸ガス、切削液、セメント粉、その他)を含む環境下では製品に酸化や腐食が生じ、接触不良・断線・短絡・地絡等、故障の原因となりますのでご使用は避けて下さい。万一短絡・地絡等が発生すると、副次的に発煙・発火・破裂の恐れが想定されます。これら腐食性物質を含む条件下で使用された場合、条件(温度・湿度・濃度等)によらず富士電機は責任を負いません。
- 本製品が急激な温度変化のある環境下で使用された場合、結露により短絡・地絡が発生することが想定されます。万一短絡・地絡等が発生すると、副次的に発煙・発火・破裂の恐れが想定されます。製品が結露するような環境下で使用した場合、富士電機は責任を負いません。
- 高い湿度環境において製品、或いは装置組立後の保管および動作を行う場合は、十分に水分を放出させたのちに装置稼働を実施ください。吸湿した状態で製品を稼働させると製品内部の電気配線不良や絶縁不良等を引き起こす事があり、この場合、富士電機は責任を負いません。

- 本製品は粉塵の発生する環境下での使用を想定して設計されておりません。粉塵が発生する環境で使用された場合、ヒートシンクの見詰まりによる放熱性の悪化や、端子間のリークや沿面放電による短絡・地絡が発生する場合があります。(粉塵が繊維などの絶縁物であっても、吸湿する事でリークが生じる場合があります。)
- 一般的に半導体素子には、宇宙由来の高速粒子(宇宙線)及び放射線による偶発故障モードが存在します。本故障モードにおける故障率は、設置場所(緯度, 経度, 高度)、設置環境、使用条件(電圧)によって変わります。高地や高電圧条件下で御使用される場合は、富士電機までご連絡願います。
- 本製品は海拔2000m以下の使用環境に適合するように空間距離・沿面距離を設計しており、これを超える環境下または気圧の低い環境下でご使用される場合は、富士電機は責任を負いません。
- 本製品の寿命を超えて使用した場合、本製品の製品劣化、品質劣化が生じ最悪の場合、本製品が破壊に至る場合があります。本製品を組み込む装置の使用環境を十分に把握し、本製品が目標寿命を満足することを検討の上、本製品を適用して下さい。
- ジャンクション温度およびケース温度だけでなく、リード端子の温度上昇も考慮してください。
- 新規装置設計の際は、常に最新のマウンティングインストラクションを参照してください。
- 詳細な使用方法、PCBレイアウト、実装方法などについてはアプリケーションマニュアルをご参照ください。
- VCCH(U)、VCCH(V)、VCCH(W)、VCCL端子にスイッチングノイズ等の高周波ノイズが直接印加されないように、VCCH(U)とCOM端子、VCCH(V)とCOM端子、VCCH(W)とCOM端子、VCCLとCOM端子間の各制御電源電圧端子直近に適切なセラミックコンデンサを接続してください。
- 制御端子にノイズが印加されると製品が誤動作する可能性があります。ノイズによる不安定動作や誤動作が起きないことを十分に確認の上使用ください。
- ノイズなどによりVB電圧が $V_{B(off)}$ を下回ると、ハイサイドIGBTはターンオフになる事があります。VB(U)とU端子、VB(V)とV端子、VB(W)とW端子のそれぞれに適切なセラミックコンデンサを接続して下さい。入力信号の電圧は、必ずしきい値電圧を越える電圧を印加してご使用ください。
- 入力信号の電圧がしきい値電圧を超える必要があります。
- 本製品は、パワーサイクル寿命カーブ以下で使用下さい(技術資料No.: MT6M14324)。パワーサイクル耐量にはこの ΔT_{vj} による場合の他に、 ΔT_c による場合があります。本製品の ΔT_c パワーサイクル寿命は、ケース温度(T_c)の上昇下降による熱応力に依存するため、適用する装置の放熱設計により本製品の寿命が大きく影響されます。ケース温度の上昇下降が頻繁に起こる場合や、高温での稼働時間が長い場合は、製品寿命に十分留意してご使用下さい。
- 主端子および制御端子に過大な応力(引張り, 押し込み, 曲げ)を与えると端子の変形, ケース樹脂割れが発生し、接触不良, 絶縁不良を引き起こす場合があります。
- 端子に過度の静電気が印加されると、製品が破損する可能性があります。
- 本製品を取り扱う際には、静電気による破損に注意し対策を実施してください。
- 本製品を取り扱う際には、ケース(パッケージ本体)を持って、端子には触れないようにしてください。本製品の端子に触れる場合は、高インピーダンス抵抗器(約1M Ω)を介して接地し、身体や衣服に付着した静電気を放電してください。
- 作業は、接地された導電性の床やテーブルマットの上で行うことを推奨します。

- 製品端子をはんだで接合する場合、過度な高温ではんだ付けするとパッケージの劣化を引起す可能性があります。はんだ付けプロセスに注意してご使用ください。リフローはんだ付け工程で使用された場合、製品内部のはんだが再溶融し品質を損なう可能性があります。この場合、製品性能・外観等について、富士電機は責任を負いません。
- 製品取付けネジの締め付けトルクは、仕様値の範囲内でご使用ください。締め付けトルクが過大だとケース割れによる絶縁不良が発生したり、トルクが小さいと接触熱抵抗が増加し素子の発熱が増加する場合があります。
- また使用環境の振動等によりネジが緩む場合が想定されますので、緩み難いネジの選定、適正なトルクでの締め付け、増し締め等で緩みの発生を抑えて下さい。
- ヒートシンクの製品取付面は、ネジ取り付け位置間で平面度を100mmで50 μ m以下、表面の粗さは10 μ m以下にして下さい。過大な凸反りがあると本製品が絶縁破壊を起こし、重大事故に発展する場合があります。過大な凹反りやゆがみ等があると、本製品とヒートシンクの間に空隙が生じて放熱が悪くなり、熱破壊に繋がる場合があります。
- 本製品をヒートシンクに取り付ける際には、冷却を確保するためのサーマルグリス等をご使用ください。サーマルグリスを薄く均一に広げるために、ヒートシンクの平坦度、表面粗さは仕様書記載の推奨値の範囲内として下さい。また、塗布量の不足、不適な塗布方法により、サーマルグリスが十分に素子全体に広がらず、放熱悪化による熱破壊に繋がる事があります。サーマルグリスを塗布する際には、製品全面にサーマルグリスが拡がっている事を確認してください。(実装した後に素子を取りはずすとサーマルグリスの拡がり具合を確認する事が出来ます。)
- また、サーマルグリスの種類・塗布方法によっては、高温動作時や温度サイクルでサーマルグリスの劣化や枯渇が発生し、製品寿命が低下する可能性があります。サーマルグリスの選定と塗布方法には十分留意してご使用下さい。サーマルグリスの選定と塗布方法については対象製品のマウンティングインストラクションを参照してください。

2. 保管上の注意事項

- 製品の保管は常温・常湿(5~35 $^{\circ}$ C、45~75%RH)環境で保管してください。保管場所が非常に乾燥している場合は、加湿器が必要になる場合があります。加湿器が必要な場合は、水道水に含まれる塩素が端子を腐食させる可能性があるため、脱イオン水または、沸騰した水のみを使用してください。
- 急激な温度変化のある環境では、製品が結露しますので、急激な温度変化のない環境に保管する必要があります。
- 製品のケースに過大な外圧が加わらない様に、製品を積み重ねて保管しないでください。
- 各端子は未加工の状態でご保管ください。これは、加工時の傷などにより錆などが発生し、はんだ付け不良となることを避けるためです。
- 製品を入れておく容器、袋は非帯電性もしくは、導電性のものを使用してください。
- 上記の保管条件下での製品の保管期間は、1年以内です。