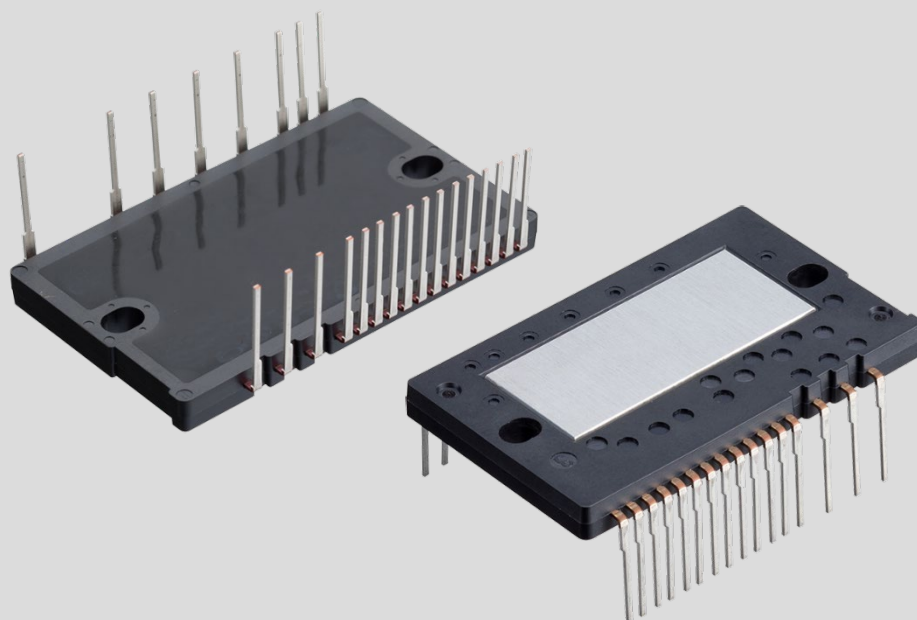




Small IPM (Intelligent Power Module)
P633A シリーズ
6MBP**XS*060-50

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2025年3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、社会的な損害を起こ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インバータ ・ルームエアコン用ファンモータインバータ
- ・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. 製品型式名および捺印の定義	1-6
4. 外形図	1-8
5. 絶対最大定格	1-10
 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. 用語の説明	2-3
 第3章 制御端子の詳細	 3-1
1. ローサイド・ハイサイド制御電源端子 VCCH, VCCL, COM	3-2
2. ハイサイド駆動電源端子 VB(U, V, W)	3-6
3. 内蔵ブートストラップダイオード機能	3-9
4. 入力端子 IN(HU, HV, HW), IN(LU, LV, LW)	3-14
5. 過電流保護検出端子 IS	3-17
6. アラーム出力端子 VFO	3-19
7. 温度出力端子 TEMP	3-20
8. 過熱保護機能	3-22
 第4章 パワー端子の詳細	 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. 過電流保護用 外部シャント抵抗の設定方法	4-3
 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	5-5
 第6章 注意事項	 6-1
1. 使用上の注意事項	6-2
2. 保管上の注意事項	6-2

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. 製品型式名および捺印の定義	1-6
4. 外形図	1-8
5. 絶対最大定格	1-10

このマニュアルは、富士IGBT Intelligent Power Module “Small IPM”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ております。

1. 製品紹介

<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。
- $T_{vjmax}=175^{\circ}\text{C}$ 保証対応と動作保証温度 $T_{vjop}=150^{\circ}\text{C}$ 化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の拡大ができます。
- 第1世代Small IPM のピンアサイン、フットプリント、取り付け穴の形状に互換性があります。
- 600V/10A～30A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。

<内蔵駆動回路>

- 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。

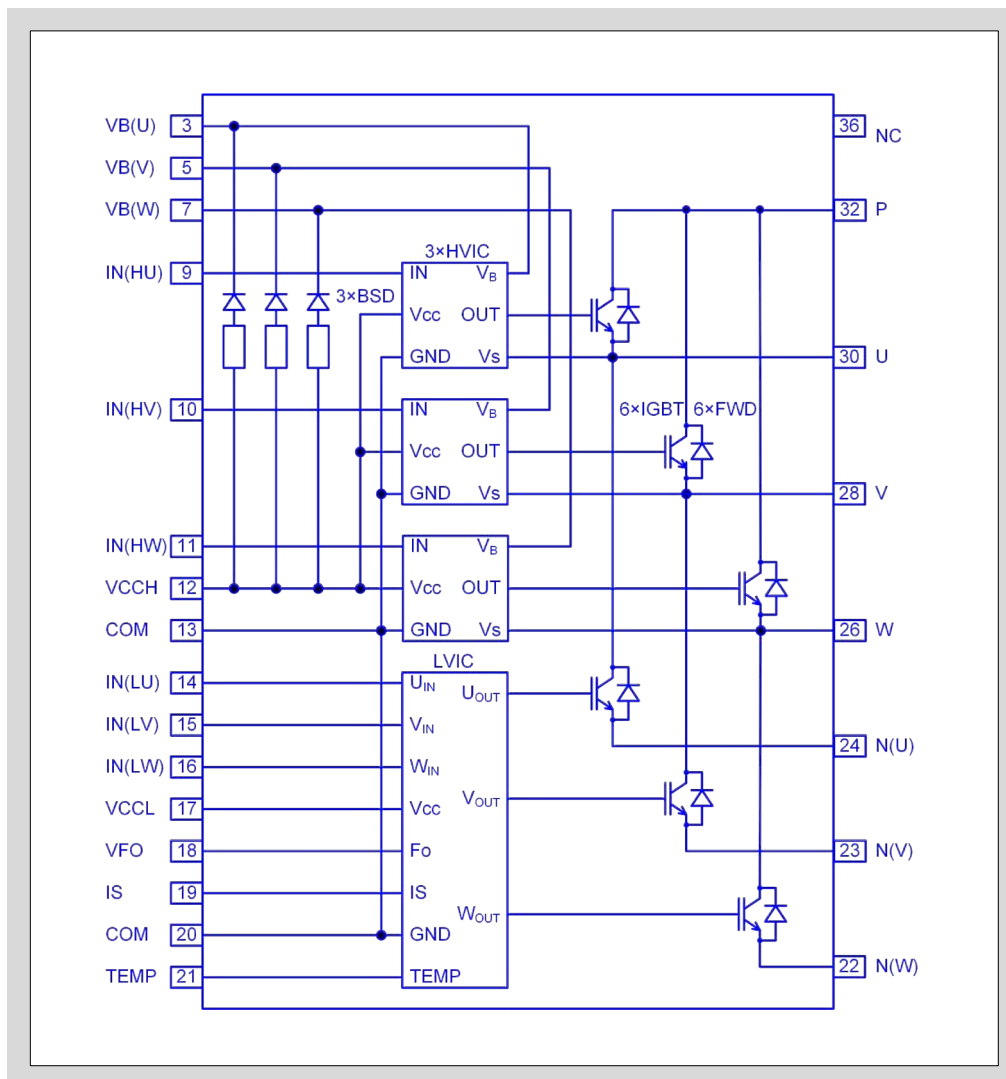


图1-1 内部回路图

<内蔵保護回路>

- 本製品には、下記の保護回路を内蔵しています。
 - 過電流保護(OC保護)
 - 低入力電圧保護(UV保護)
 - 温度出力(LT出力)
 - 過熱保護(OH保護) (一部製品のみ)
 - アラーム出力(FO)
- 過電流保護機能は、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。本保護回路は外部シャント抵抗を用いて下アームの各層エミッタ電流をモニタできるため、アーム短絡保護も可能です。
- 低入力電圧保護機能は、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。

<小型化>

- 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1.778mmです。
- パワー端子間は、標準ピッチの2.54mmです。

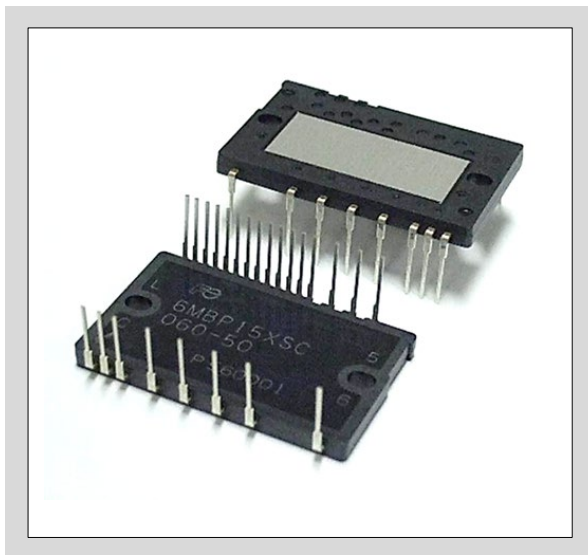


図1-2 外観

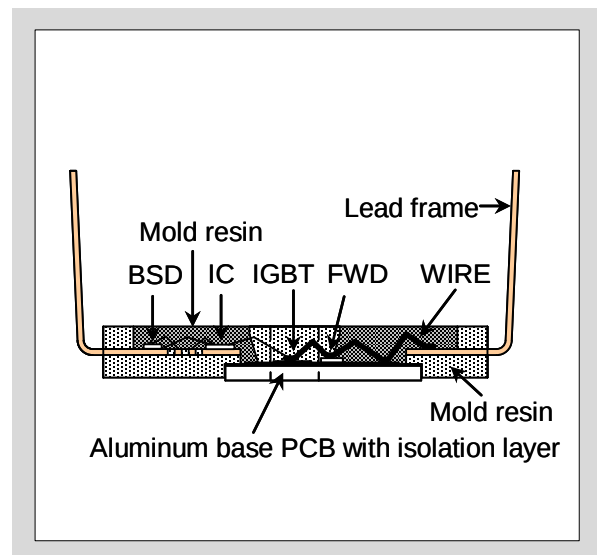


図1-3 パッケージ断面構造

2. 製品ラインナップ

表1-1 ラインナップ

型式名	IGBT定格		絶縁電圧[Vrms]	タイプ*1
	電圧 [V]	電流 [A]		
6MBP10XSA060-50	600	10	1500Vrms 正弦波 60Hz, 1min. (全端子ショートとケース間)	LT
6MBP10XSC060-50				LT OH
6MBP15XSA060-50		15		LT
6MBP15XSC060-50				LT OH
6MBP20XSA060-50		20		LT
6MBP20XSC060-50				LT OH
6MBP30XSA060-50		30		LT
6MBP30XSC060-50				LT OH

*1 LT: 温度出力機能
OH: 過熱保護機能

3. 製品型式名および捺印の定義

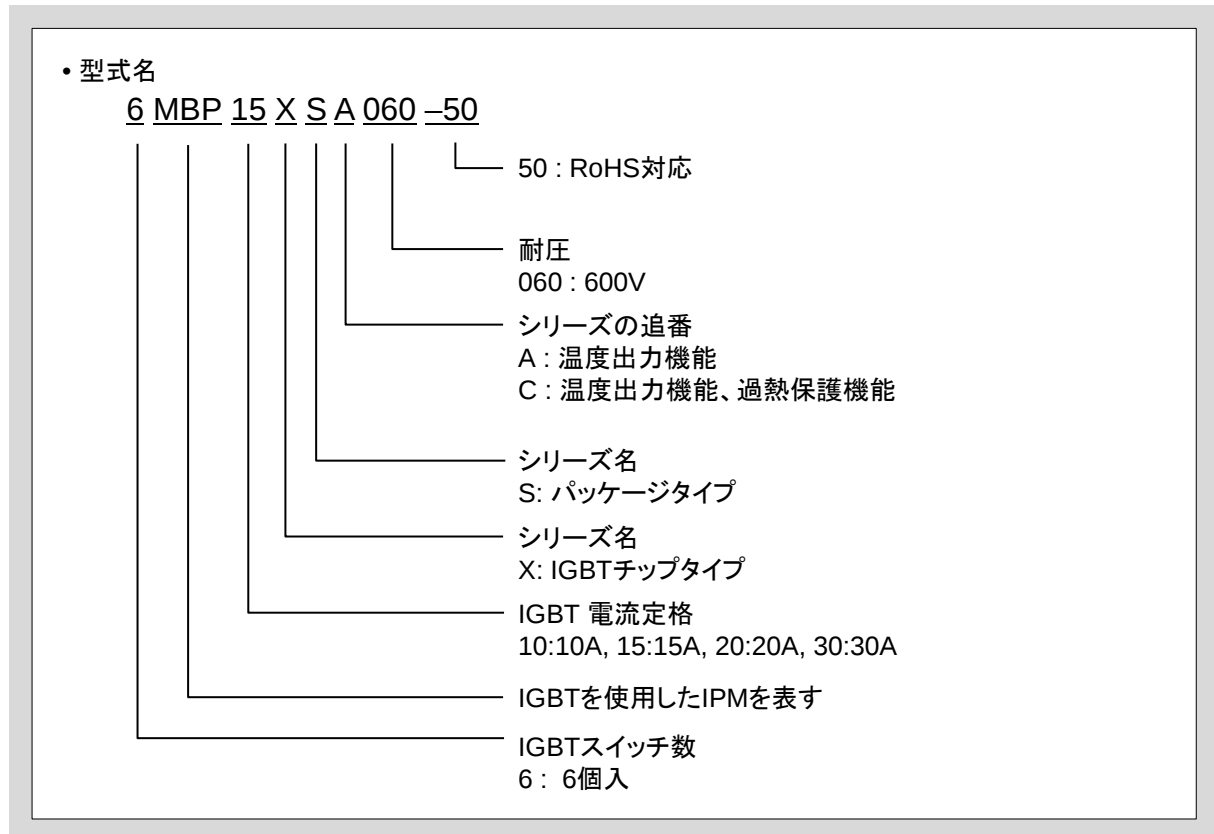


図1-4 型式の見方

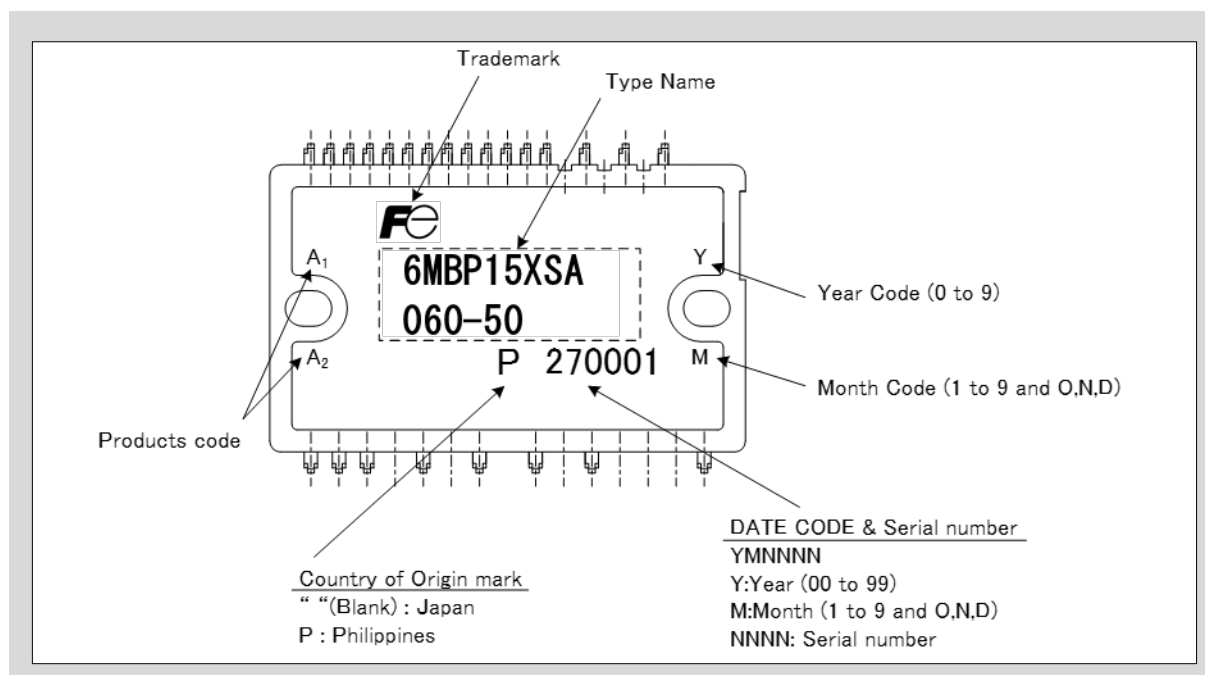
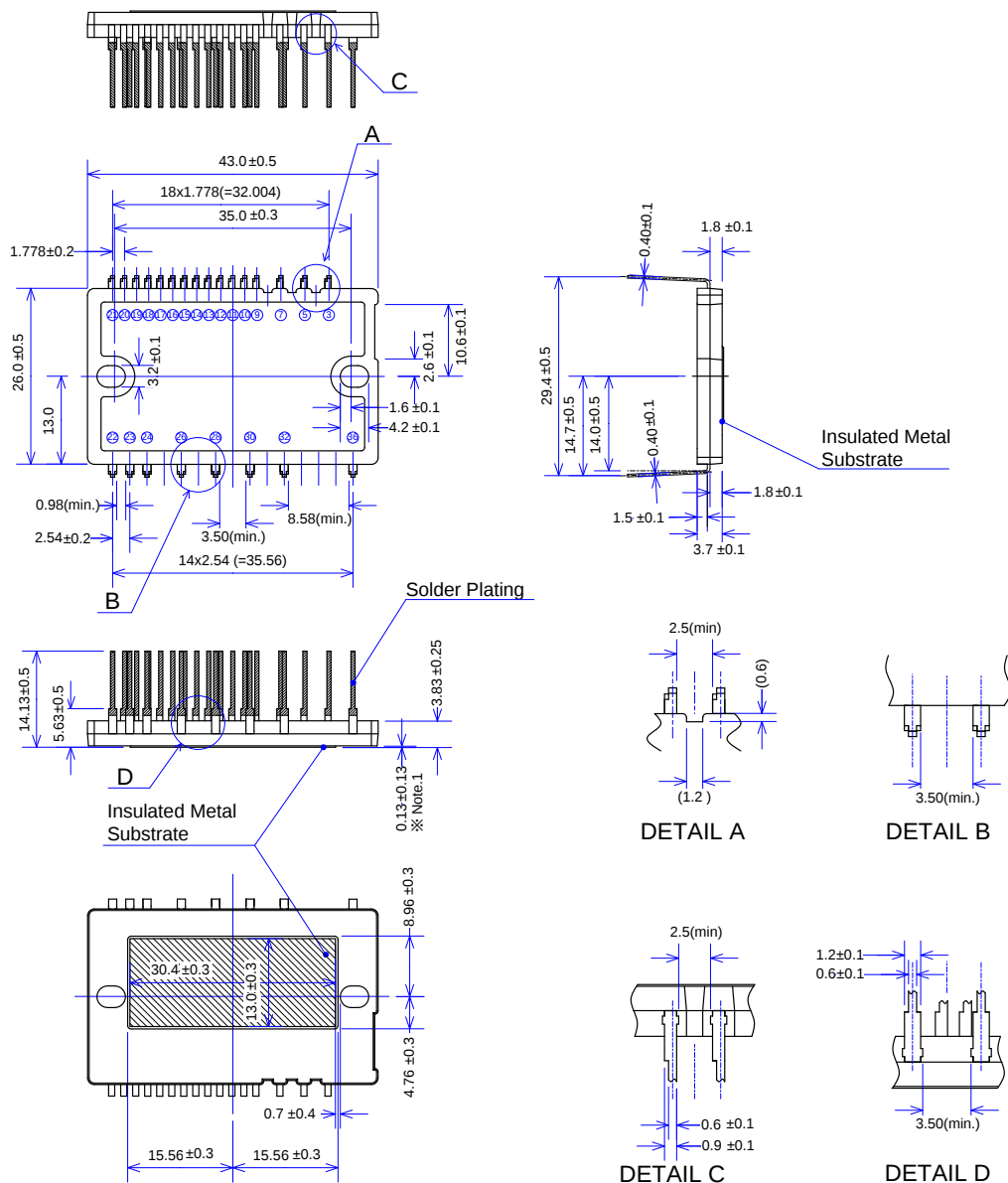


図1-5 捺印仕様

表1-2 Products code

TYPE NAME	PRODUCTS CODE	
	A1	A2
6MPB10XSA060-50	K	A
6MBP10XSC060-50	K	C
6MBP15XSA060-50	L	A
6MBP15XSC060-50	L	C
6MBP20XSA060-50	M	A
6MBP20XSC060-50	M	C
6MBP30XSA060-50	O	A
6MBP30XSC060-50	O	C

4. 外形図



Note.1

The IMS (Insulated Metal Substrate) deliberately protruded from back surface of case.
It is improved of thermal conductivity between IMS and heat-sink.

Unit: mm

図1-6 ケース外形図

表1-3 ピンアサイン

Pin No.	Pin Name	Pin No.	Pin Name
3	VB(U)	22	N(W)
5	VB(V)	23	N(V)
7	VB(W)	24	N(U)
9	IN(HU)	26	W
10	IN(HV)	28	V
11	IN(HW)	30	U
12	VCCH	32	P
13	COM	36	NC
14	IN(LU)		
15	IN(LV)		
16	IN(LW)		
17	VCCL		
18	VFO		
19	IS		
20	COM		
21	TEMP		

5. 絶対最大定格

表1-4に6MBP15XSA060-50の絶対最大定格例を示します。

表1-4 絶対最大定格 $T_{vj}=25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}=15\text{V}$ (特に指定がない場合) インバータ回路部

項目	記号	定格	単位	説明
電源電圧	V_{DC}	450	V	P-N(U), N(V), N(W)端子間に印加可能な直流電源電圧
電源電圧 (サージ)	$V_{DC(Surge)}$	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_{CES}	600	V	VIN-COM間を短絡した状態でコレクターエミッタ間に印加できる最大電圧
コレクタ電流	I_C	15	A	IGBTチップに許容される最大直流コレクタ電流 $T_C=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$
ピークコレクタ電流	I_{CP}	45	A	IGBTチップに許容される最大パルスコレクタ電流 $T_C=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$
ダイオード順電流	I_F	15	A	FWDチップに許容される最大直流順電流 $T_C=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$
ピークダイオード順電流	I_{FP}	45	A	FWDチップに許容される最大パルス電流 $T_C=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$
コレクタ電力損失	P_{D_IGBT}	41.0	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}	27.8	W	FWDチップ1素子で消費される電力の最大値 $T_C=25^{\circ}\text{C}$, $T_{vj}=150^{\circ}\text{C}$
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 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 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。

表1-5 絶対最大定格 at $T_{vj}=25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC}=15\text{V}$ (特に指定がない場合) 制御回路部

項目	記号	定格	単位	説明
ハイサイド制御電源電圧	V_{CCH}	-0.5 ~ 20	V	V_{CCH} -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	$V_{B(U)-COM}$ $V_{B(V)-COM}$ $V_{B(W)-COM}$	-0.5 ~ 620	V	$V_{B(U)-COM}$, $V_{B(V)-COM}$, $V_{B(W)-COM}$ 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)	$V_{B(U)}$ $V_{B(V)}$ $V_{B(W)}$	20	V	U- $V_{B(U)}$, V- $V_{B(V)}$, W- $V_{B(W)}$ 端子間に印加可能な電圧
入力電圧	V_{IN}	-0.5 ~ $V_{CCH}+0.5$ -0.5 ~ $V_{CCL}+0.5$	V	各IN-COM端子間に印加可能な電圧
入力電流	I_{IN}	3	mA	各IN-COM端子間に注入可能な電流
アラーム印加電圧	V_{FO}	-0.5 ~ $V_{CCL}+0.5$	V	V_{FO} -COM端子間に印加可能な電圧
アラーム出力電流	I_{FO}	1	mA	V_{FO} からCOM端子に流れるシンク電流
過電流検出入力電圧	V_{IS}	-0.5 ~ $V_{CCL}+0.5$	V	IS-COM端子間に印加可能な電圧
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_{iso}	AC 1500	Vrms	全端子を短絡した状態で端子とヒートシンク間に許容される正弦波電圧の最大実効値 (正弦波 60Hz/1min)

<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1-7に動作波形を示します。

- V_{CES} : IGBTコレクタ-エミッタ電圧の絶対最大定格
- V_{DC} : P-N(U, V, W)間電源電圧の絶対最大定格
- $V_{DC(Surge)}$: V_{DC} に、P-N(U, V, W)間につながる電解コンデンサと本製品のP-N(U, V, W)間の配線インダクタンスにより発生するサージ電圧を加えた電圧値

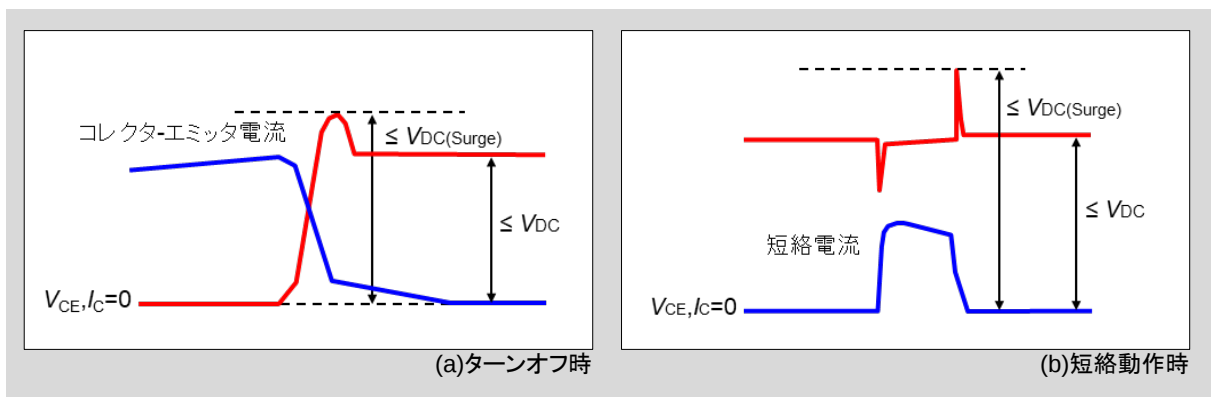


図1-7 コレクタ-エミッタ電圧

- 図1-7に(a)ターンオフ時および(b)短絡動作時の波形を示します。(a)と(b)の $V_{DC(Surge)}$ は異なるため、 V_{DC} 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_{CES} 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。 $V_{DC(Surge)}$ は、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} 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を考慮しています。

<最大保証温度>

本製品には、許容できる最大保証温度が定められており、この温度以下になる放熱設計が必要です。放熱設計を行なう際は、適用するアプリケーションの動作を十分に考慮した上で設計して下さい。

放熱設計を行なうためには、まず素子の発生損失を算出し、その損失をもとに許容温度以下となるヒートシンクの選定を行ないます。放熱設計が十分でない場合、実機運転中に素子の T_{vj} が最大保証温度を超える可能性があります。ヒートシンクの選定方法や締結の際の注意点など詳しい説明はマウンティングインストラクションをご参照下さい。

第2章 端子記号、用語の説明

1. 端子記号の説明	2-2
2. 用語の説明	2-3

1. 端子記号の説明

表2-1は端子記号について、表2-2から表2-6は定義について説明します。

表2-1 端子記号の説明

端子番号	端子名	端子説明
3	VB(U)	ハイサイド駆動電源電圧端子(上アームU相IGBT駆動)
5	VB(V)	ハイサイド駆動電源電圧端子(上アームV相IGBT駆動)
7	VB(W)	ハイサイド駆動電源電圧端子(上アームW相IGBT駆動)
9	IN(HU)	ハイサイドU相入力端子
10	IN(HV)	ハイサイドV相入力端子
11	IN(HW)	ハイサイドW相入力端子
12	VCCH	ハイサイド制御電源電圧端子
13	COM	共通グランド端子
14	IN(LU)	ローサイドU相入力端子
15	IN(LV)	ローサイドV相入力端子
16	IN(LW)	ローサイドW相入力端子
17	VCCL	ローサイド制御電源電圧端子
18	VFO	アラーム出力端子
19	IS	過電流検出入力端子
20	COM	共通グランド端子
21	TEMP	温度出力端子
22	N(W)	主電源(-)入力端子(下アームW相IGBTエミッタ)
23	N(V)	主電源(-)入力端子(下アームV相IGBTエミッタ)
24	N(U)	主電源(-)入力端子(下アームU相IGBTエミッタ)
26	W	W相出力端子
28	V	V相出力端子
30	U	U相出力端子
32	P	主電源(+)入力端子(上アームIGBTコレクタ)
36	NC	未使用

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_{CES}	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	$V_{CE(sat)}$	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
FWD forward voltage drop	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2-1参照。
Turn-on delay	$t_{d(on)}$	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2-1参照。
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2-1参照。
$V_{CE}-I_C$ 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2-1参照。
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2-1参照。
Turn-off delay	$t_{d(off)}$	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2-1参照。
Turn-off 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2-1参照。
$V_{CE}-I_C$ 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2-1参照。
FWD 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2-1参照。

表2-3 用語の説明(制御回路)

項目	記号	説明
Circuit current of Low-side drive I_C	I_{CCL}	ローサイド制御電源 V_{CCL} とCOM間に流れる電流
Circuit current of High-side drive I_C	I_{CCH}	ハイサイド制御電源 V_{CCH} とCOM間に流れる電流
Circuit current of Bootstrap circuit	I_{CCHB}	上アームIGBTの駆動電源 $V_B(U)$ とU、 $V_B(V)$ とV、 $V_B(W)$ とW間に流れる電流(各相ごと)

表2-3 (続き)

項目	記号	説明
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
	$V_{th(off)}$	IGBTをオンからオフさせる入力制御信号閾値電圧
Input Signal threshold hysteresis voltage	$V_{th(hys)}$	$V_{th(on)}$ と $V_{th(off)}$ のヒステリシス電圧
Operational input pulse width	$t_{IN(on)}$	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。詳細は第3章4節を参照。
Operational input pulse width	$t_{IN(off)}$	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。詳細は第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。詳細は第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。詳細は第3章5節を参照。
Over Current Protection Trip 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。詳細は第3章5節を参照。
Output Voltage of temperature sensor	$V_{(temp)}$	TEMP端子出力電圧。温度出力タイプに適用。詳細は第3章7節を参照。
Overheating protection temperature	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。詳細は第3章8節を参照。
Overheating protection 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。詳細は図2-2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IC制御電源の低電圧保護動作閾値電圧。 V_{CCL} 電圧が閾値電圧を下回ると全相ローサイドIGBTはシャットダウンします。詳細は第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ICの低電圧保護動作をリセットする閾値電圧。詳細は第3章1節を参照。
V_{CC} Under voltage hysteresis of Low-side	$V_{CCL(hys)}$	$V_{CCL(OFF)}$ と $V_{CCL(ON)}$ のヒステリシス電圧
V_{CC} Under voltage trip level of High-side	$V_{CCH(OFF)}$	ハイサイド制御IC制御電源の低電圧保護動作閾値電圧。 V_{CCH} 電圧が閾値電圧を下回ると、その相のハイサイドIGBTはシャットダウンします。第3章1節を参照。
V_{CC} Under voltage reset level of High-side	$V_{CCH(ON)}$	ハイサイド制御IC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_{CC} Under voltage hysteresis of High-side	$V_{CCH(hys)}$	$V_{CCH(OFF)}$ と $V_{CCH(ON)}$ のヒステリシス電圧

表2-3 (続き)

項目	記号	説明
V_B Under voltage trip level	$V_{B(OFF)}$	$V_B(*)^{*1}$ 電源の低電圧保護動作閾値電圧。 $V_B(*)$ 電圧が閾値電圧を下回ると該当相のIGBTはシャットダウンします。第3章2節を参照。
V_B Under voltage reset level	$V_{B(ON)}$	$V_B(*)^{*1}$ 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	$V_{B(hys)}$	$V_{B(OFF)}$ and $V_{B(ON)}$ のヒステリシス電圧。

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

表2-4 BSD回路

用語	記号	説明
Forward voltage of Bootstrap diode	$V_{F(BSD)}$	BSDに定格の順方向電流を流したときの順方向電圧

表2-5 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ーケース間の熱抵抗
Junction to Case Thermal Resistance (per single FWD)	$R_{th(j-c)}_{FWD}$	FWD1アームあたりのチップーケース間の熱抵抗

表2-6 機械的特性

項目	記号	説明
Tighten torque	-	規定のネジで、ケースとヒートシンク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2-3を参照。

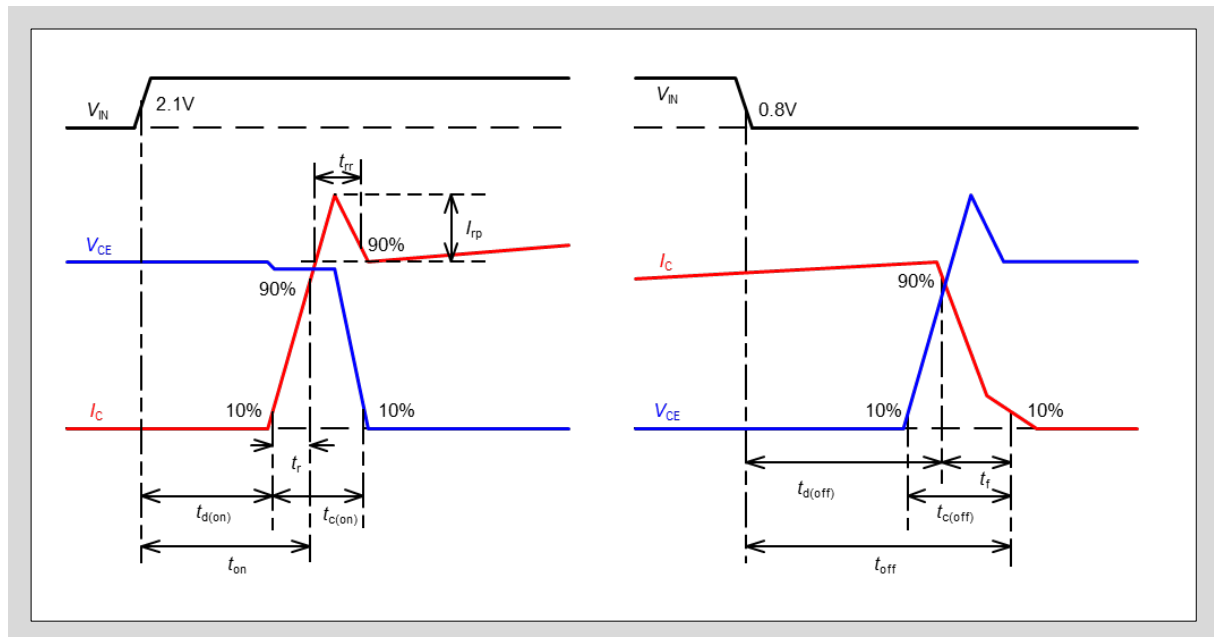


図2-1 スイッチング波形

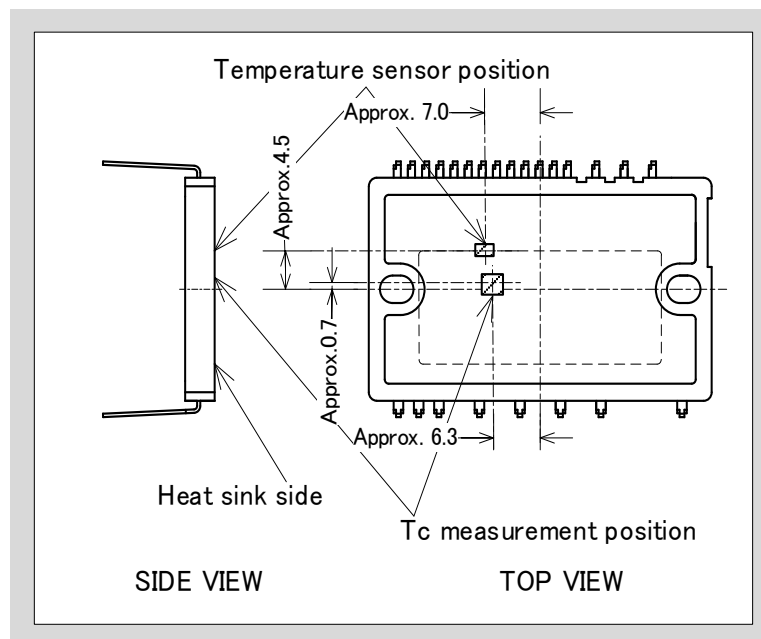


図2-2 温度センサ位置と T_c の測定位置

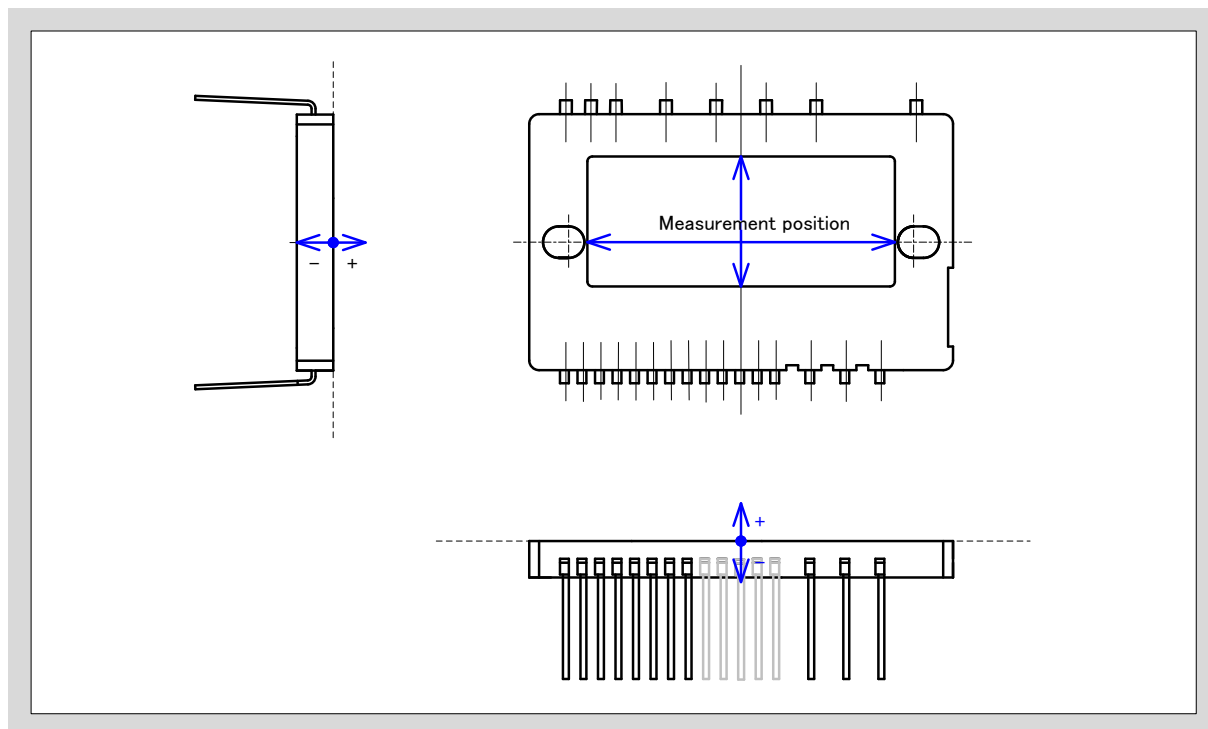


図2-3 ヒートシンク面の平坦度の測定点

第3章 制御端子の詳細

1. ローサイド・ハイサイド制御電源端子 VCCH, VCCL, COM	3-2
2. ハイサイド駆動電源端子 VB(U, V, W)	3-6
3. 内蔵ブートストラップダイオード機能	3-9
4. 入力端子 IN(HU, HV, HW), IN(LU, LV, LW)	3-14
5. 過電流保護検出端子 IS	3-17
6. アラーム出力端子 VFO	3-19
7. 温度出力端子 TEMP	3-20
8. 過熱保護機能	3-22

1. ローサイド・ハイサイド制御電源端子 VCCH, VCCL, COM

<ローサイド・ハイサイド制御電源端子VCCH、VCCLの電圧範囲>

- 本製品の制御電源は、15V±10%の直流電源をVCCH、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。
- 制御電源の高周波ノイズにより、本製品は誤作動および異常信号を出力する恐れがあります。これらを避けるために、制御電源の最大電圧変化は±1V/μs以下にしてください。
- 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} 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} 、 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VFO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、VCCLの低入力電圧保護機能>

- 図3-1にVCCHと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} と V_{CCL} の低入力電圧保護動作のシーケンスを示します。
- 図3-1に示すようにVCCH-COMとVCCL-COM端子間にダイオードを挿入しています。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。

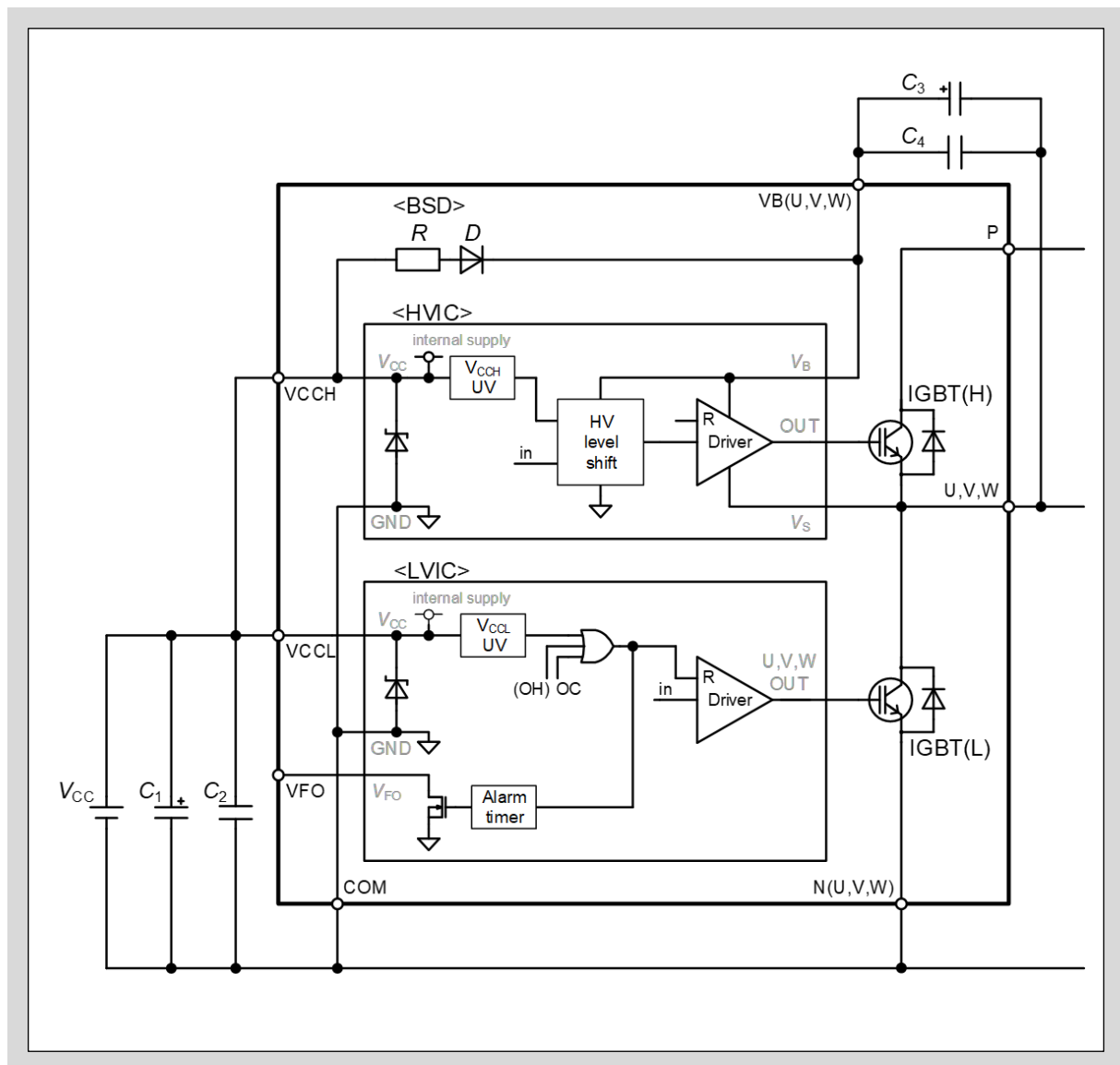


図3-1 ハイサイド・ローサイド制御電源端子VCCH、VCCL の低入力電圧保護回路

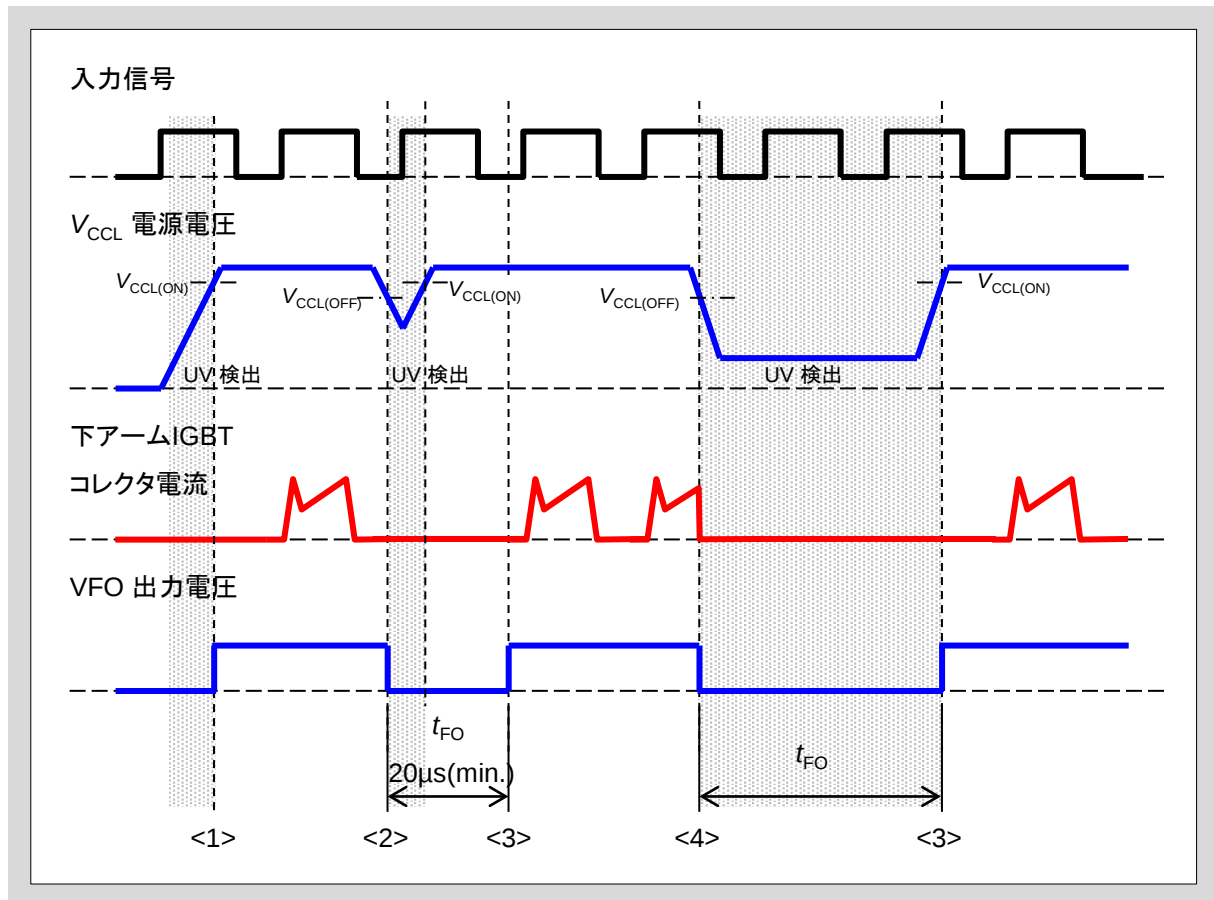


図3-2 V_{CCL} 低入力電圧保護動作シーケンス (ローサイド)

- <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 VFOはLL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 VFO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 $20\mu s$ 以下であれば、アラーム出力の最小パルス幅は $t_{FO}=20\mu s(\min)$ 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 $V_{CCL(ON)}$ を上回ったら低入力電圧(UV)保護動作はリセットされ、同時にアラーム出力電圧VFO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を出します。その期間中、下アームIGBTは全相オフ状態になります。

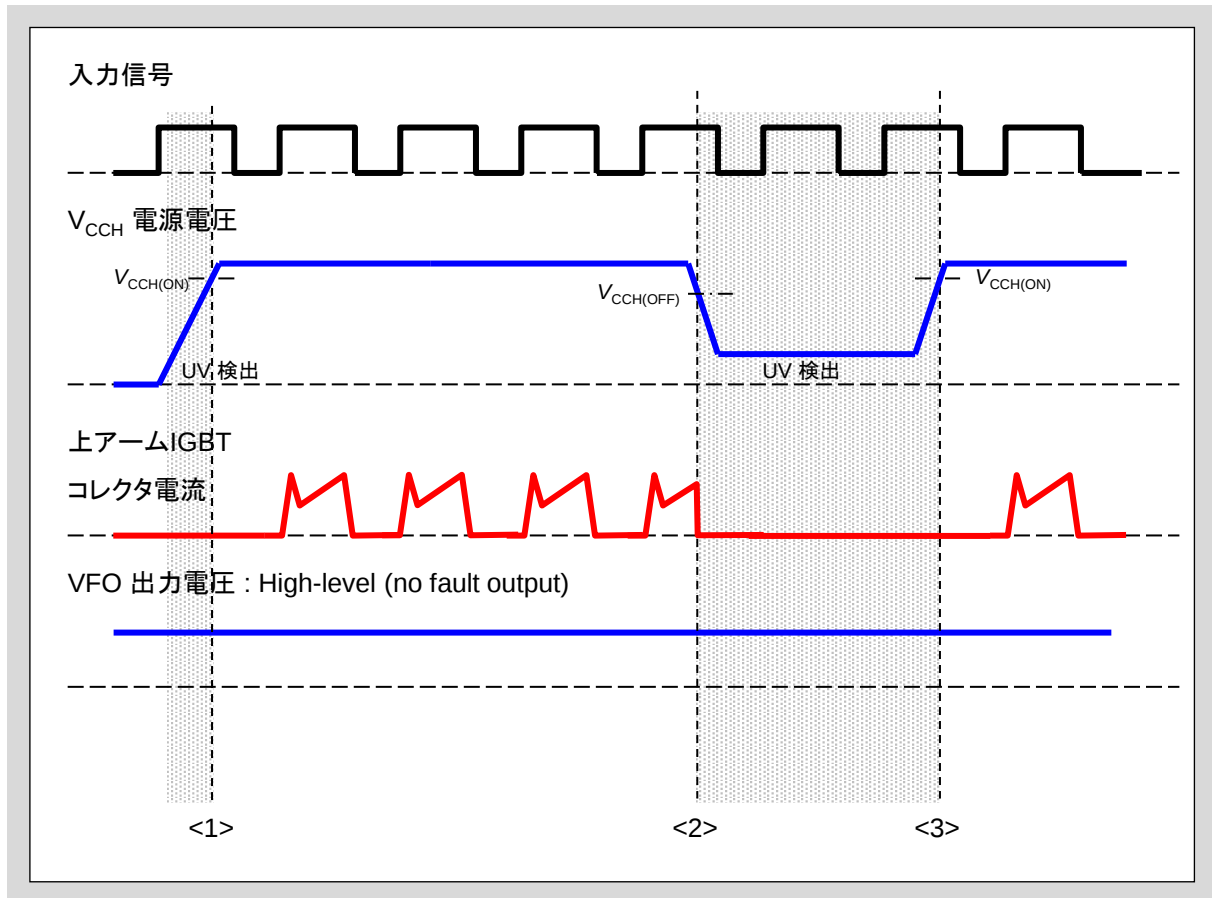


図3-3 V_{CCH} 低入力電圧保護動作シーケンス (ハイサイド)

- <1> V_{CCH} 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} 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 VFOは、 V_{CCH} に依存せず変わりません。
- <2> V_{CCH} 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VFOはHレベルから変化しません。
- <3> 低入力電圧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。

2. ハイサイド駆動電源端子 VB(U, V, W)

<ハイサイド駆動電源端子 VB(U, V, W) の電圧範囲>

- VB(U, V, W)と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範囲内に設定すれば、HVICは上アームIGBTを駆動することができます。
- 本製品は、VB(U, V, W)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。VB(U, V, W)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三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)の低入力電圧保護回路を示します。
- 図3-5にVB(U)-U, VB(V)-V, VB(W)-W間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)-(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。

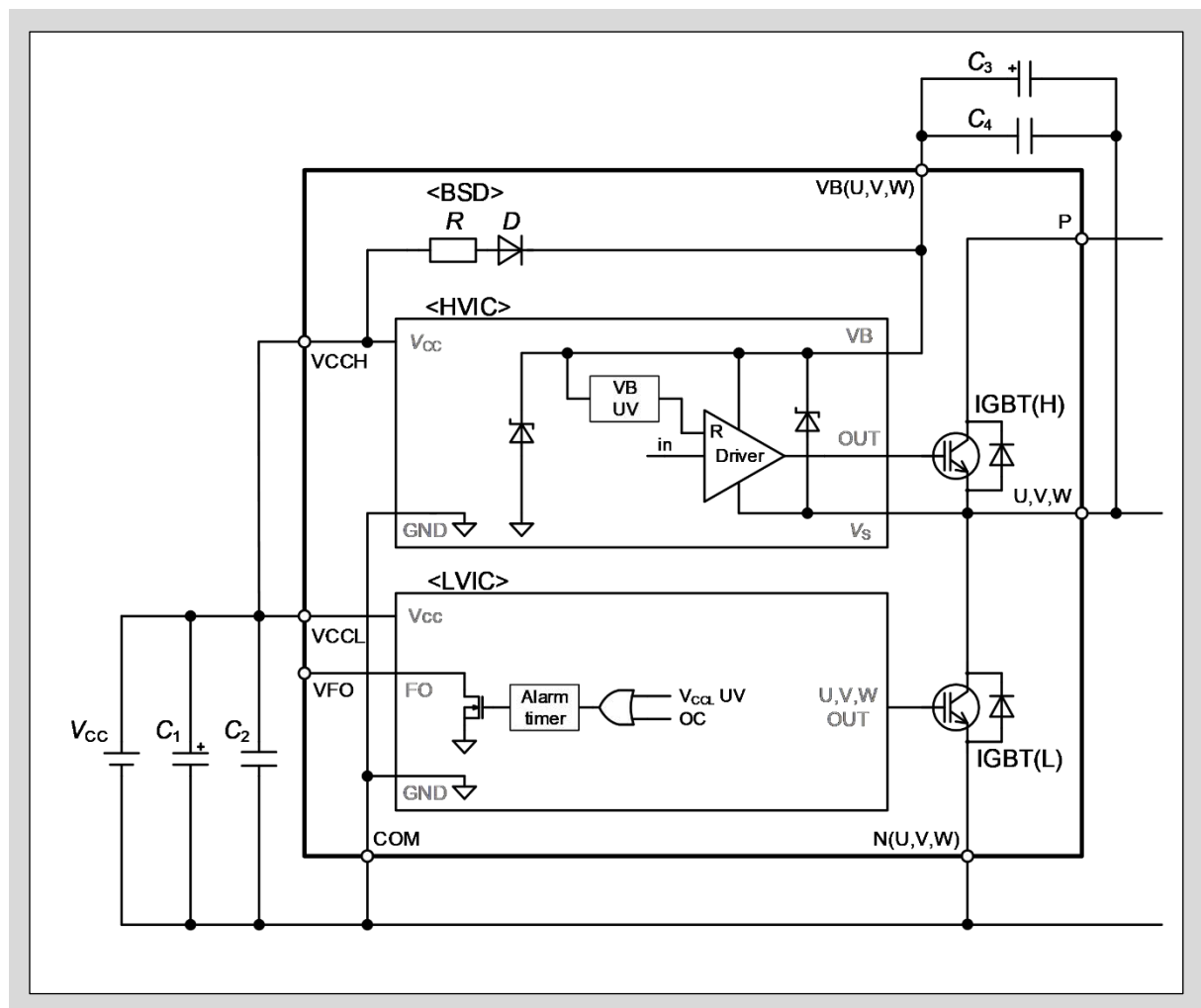


図3-4 ハイサイド駆動電源端子VB(U, V, W)の低入力電圧保護回路

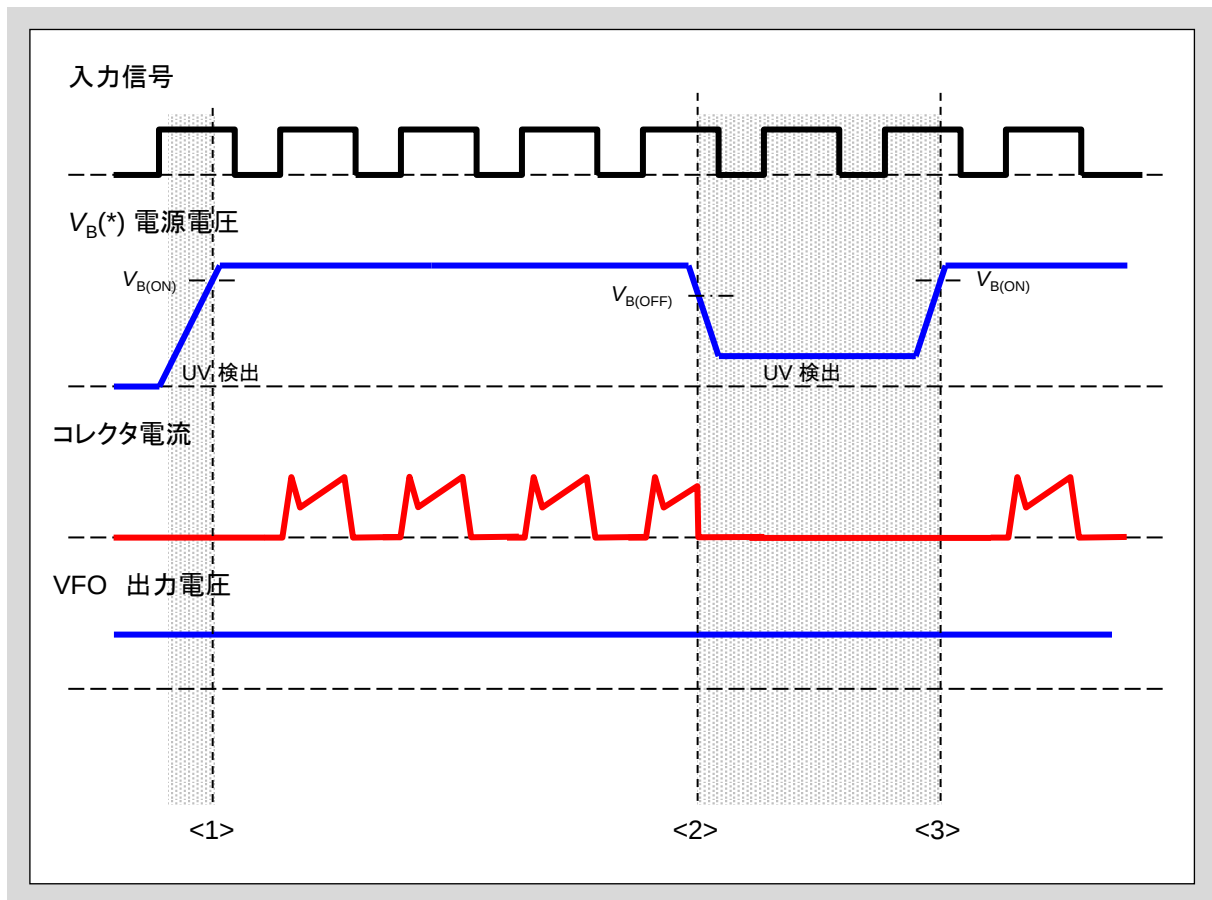


図3-5 V_B(U, V, W)の低入力電圧保護動作のシーケンス(ハイサイド)

- <1> $V_B(*)^{*1}$ が $V_{B(ON)}$ より低い場合、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VFOは $V_B(*)$ に依存せず、Hレベルのまま変化しません。
- <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VFOはHレベルのまま変化しません。
- <3> 低入力電圧保(UV)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: $V_B()$: $V_B(U)-U$, $V_B(V)-V$, $V_B(W)-W$ 間電圧

3. 内蔵ブートストラップダイオード(BSD)機能

VB(U,V,W)-(U,V,W)ハイサイド駆動電源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 $V_{C(t1)}$ 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。

$$V_{C(t1)} = V_{CC} - V_{F(D)} - V_{CE(sat)} - I_b \cdot R \quad \dots\dots \text{過渡状態}$$

$$V_{C(t1)} \approx V_{CC} \quad \dots\dots \text{定常状態}$$

$V_{F(D)}$: 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、C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。

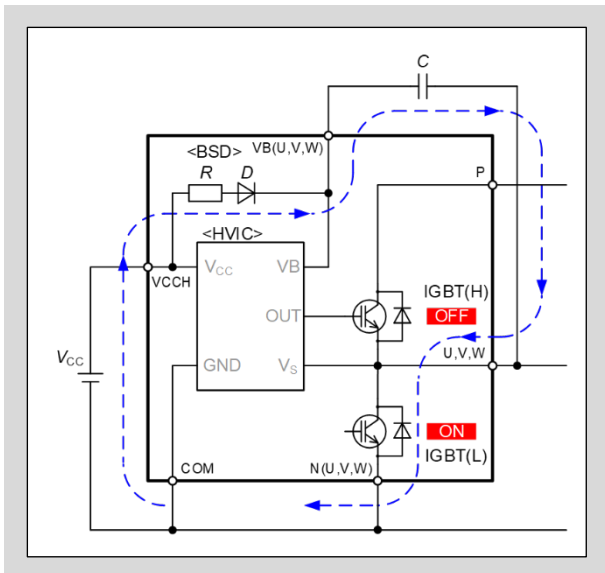


図3-6 充電動作回路図

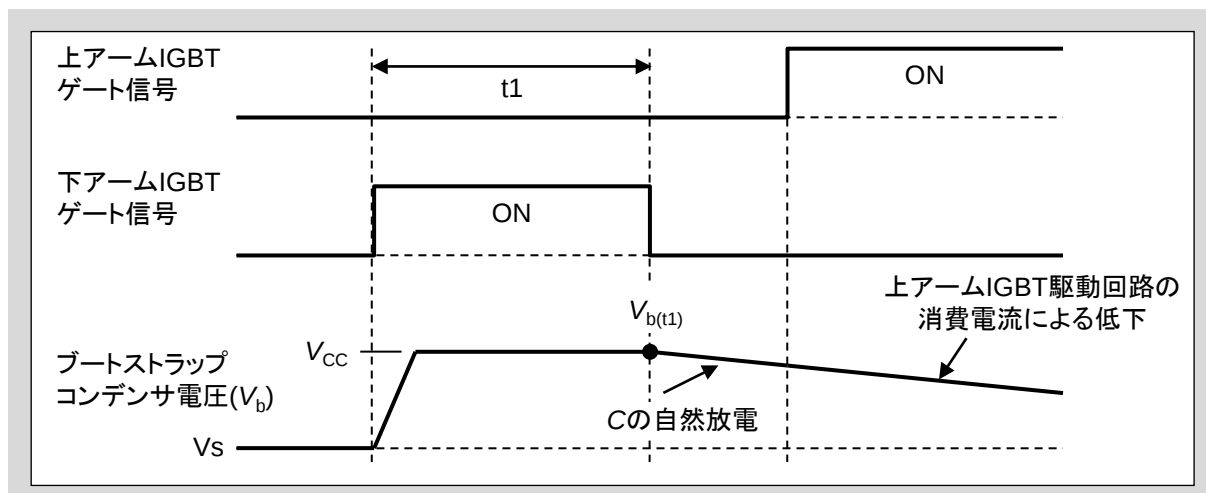


図3-7 充電動作のタイミングチャート

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 $V_{C(t2)}$ を次式に示します。

$$V_{C(t2)} = V_{CC} - V_{F(D)} + V_{F(FWD)} - I_b \cdot R \dots \text{過渡状態}$$

$$V_{C(t2)} \approx V_{CC} \dots \text{定常状態}$$

$V_{F(D)}$: 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

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、C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。

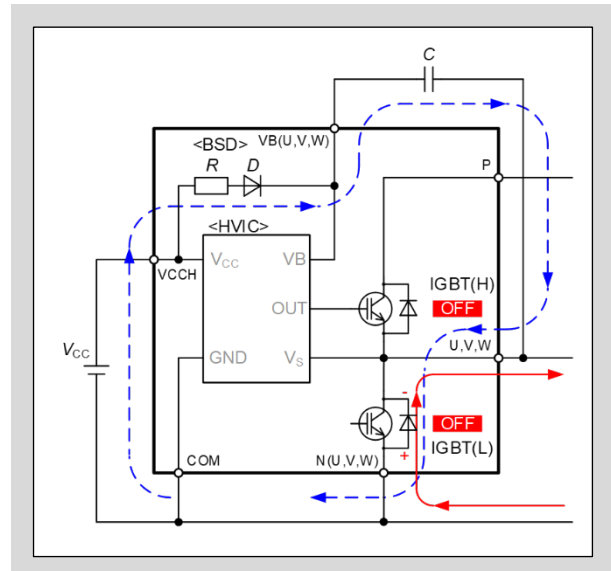


図3-8 下アームFWDがオン状態の充電動作回路図

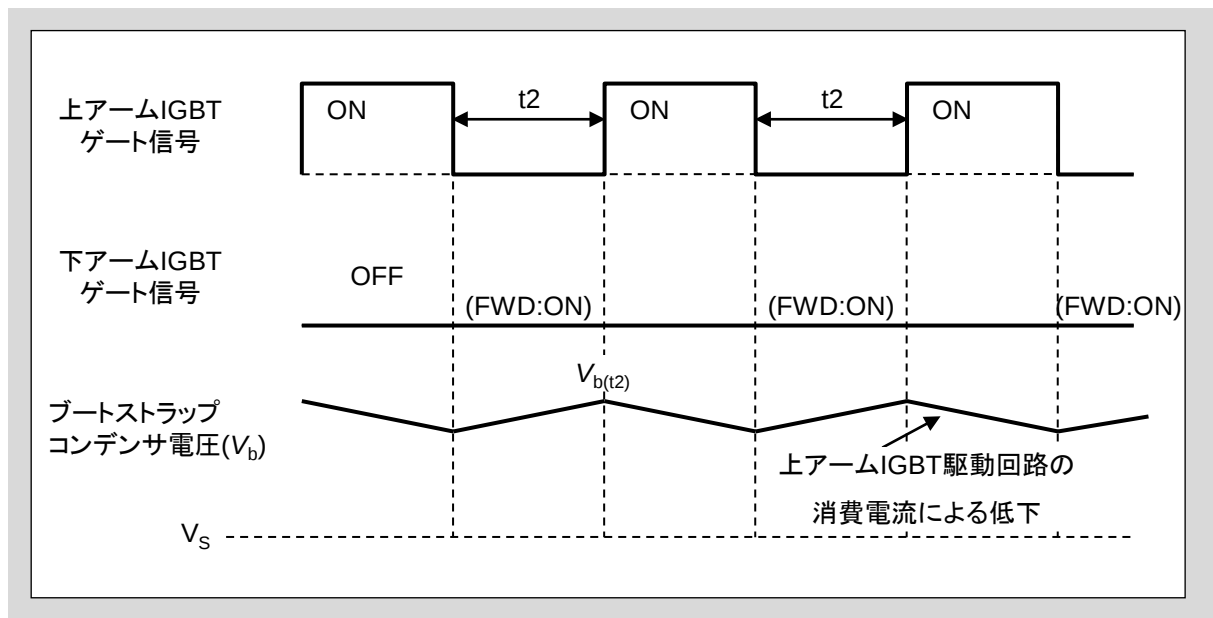


図3-9 下アームFWDがオン状態時の充電動作タイミングチャート

<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 $C \cdot R$ 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。

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

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

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)

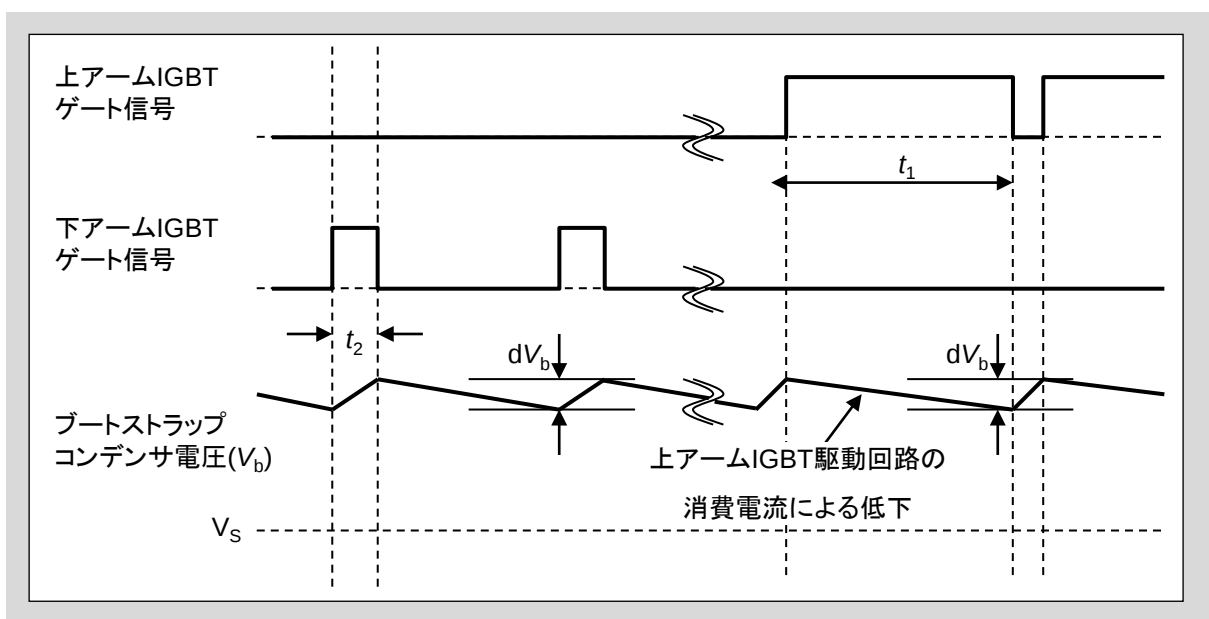


図3-10 充放電動作のタイミングチャート

<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C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10 μ Fのコンデンサを充電する時間は約2msになります。

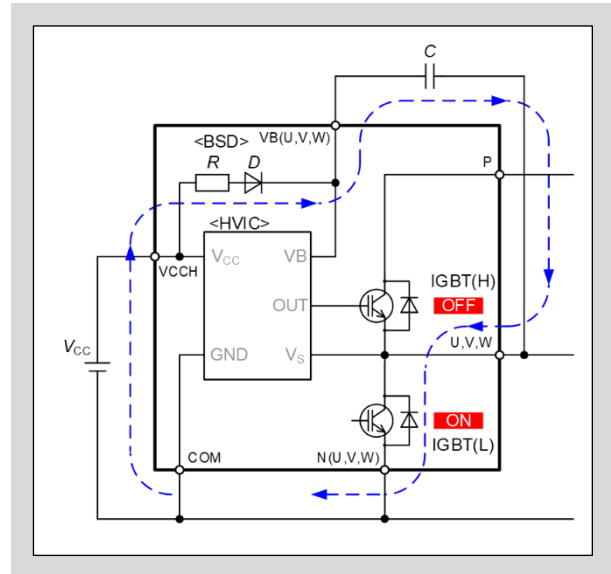


図3-11 初期充電動作の回路図

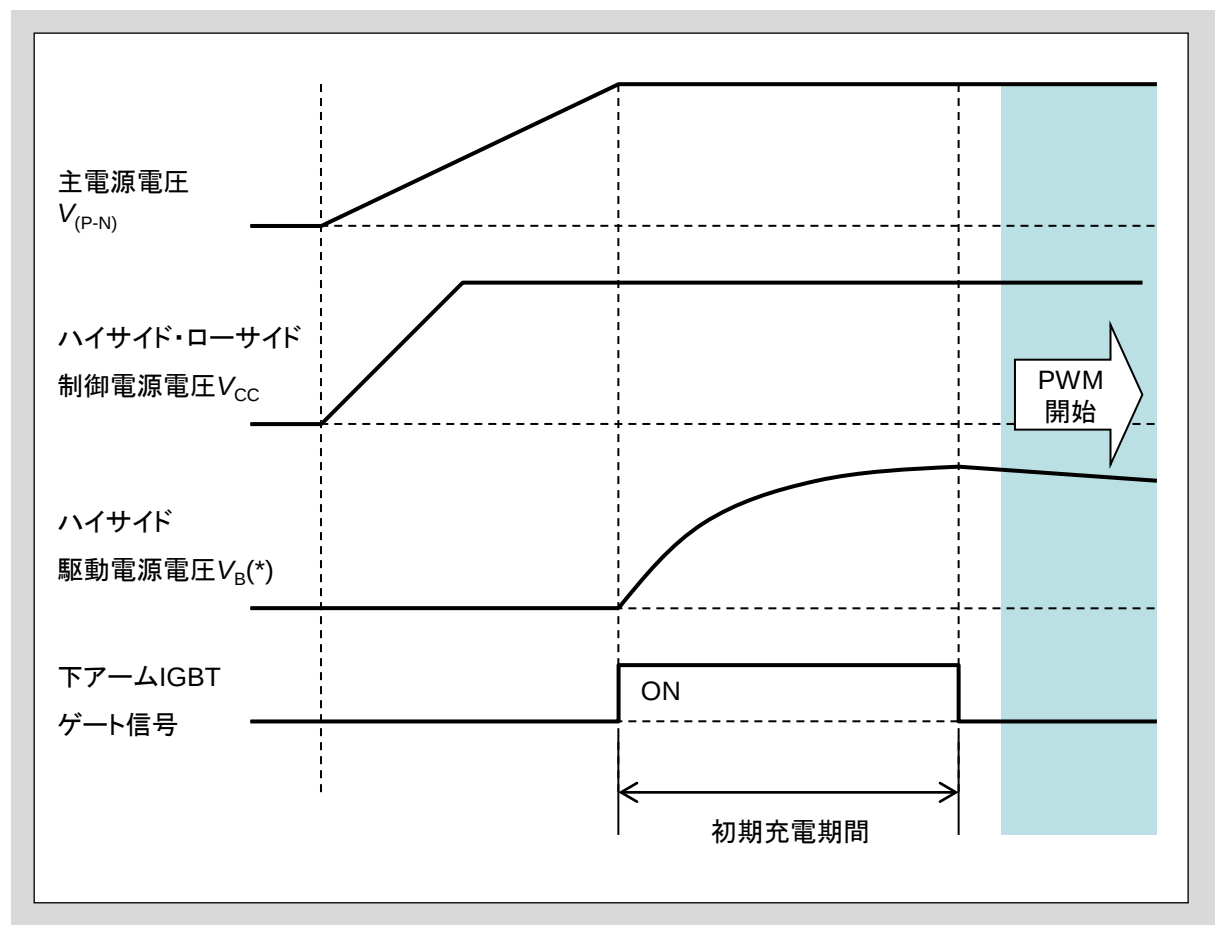


図3-12 初期充電動作タイミングチャート

<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Dはダイオードチップのシリコン内部に電流制限抵抗を形成しているため、図3-13に示すように V_F - I_F 特性は非線形特性となります。等価的な直流抵抗として、充電電圧に対する抵抗特性を図3-14に示します。

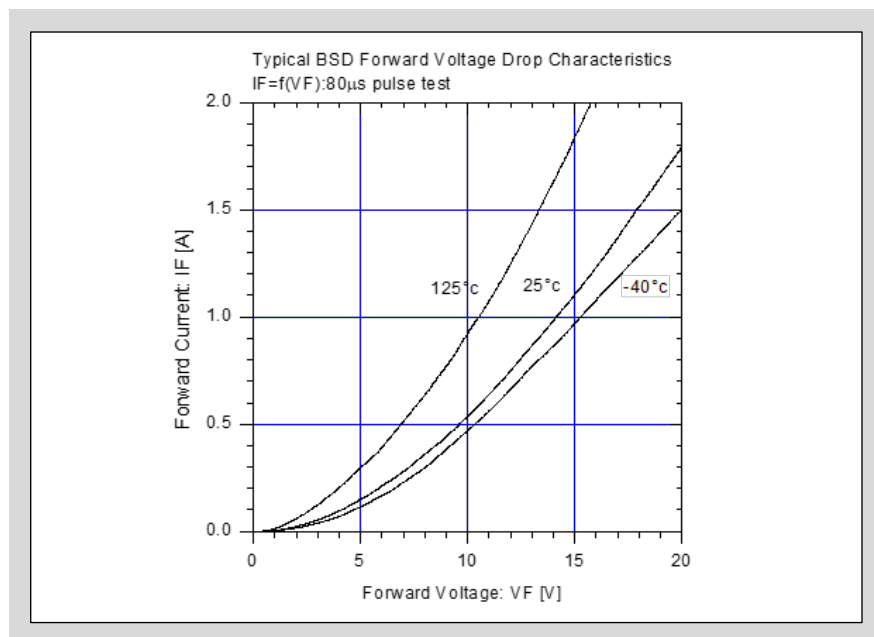


図3-13 ブートストラップダイオードの V_F - I_F 特性

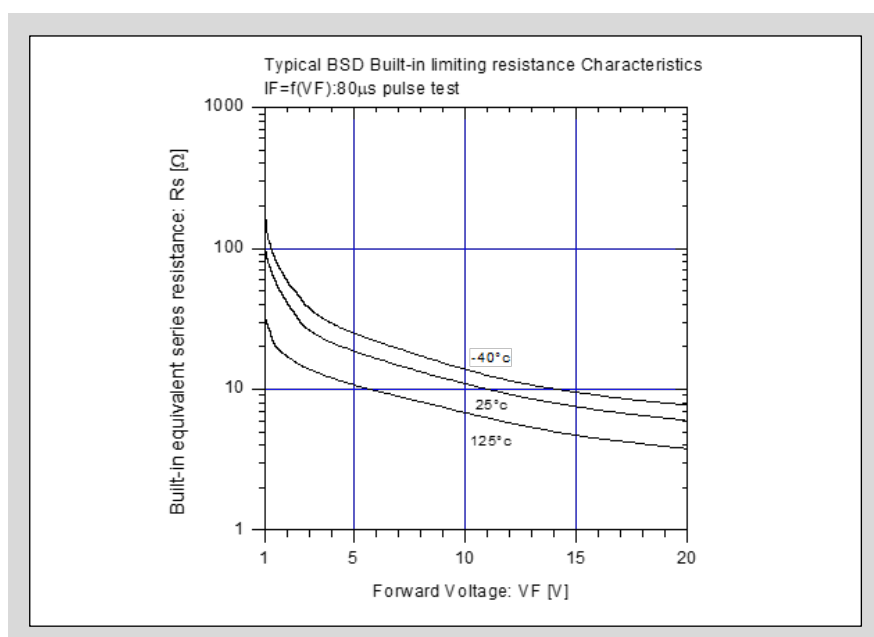


図3-14 ブートストラップダイオードの等価抵抗特性充電電圧依存

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。

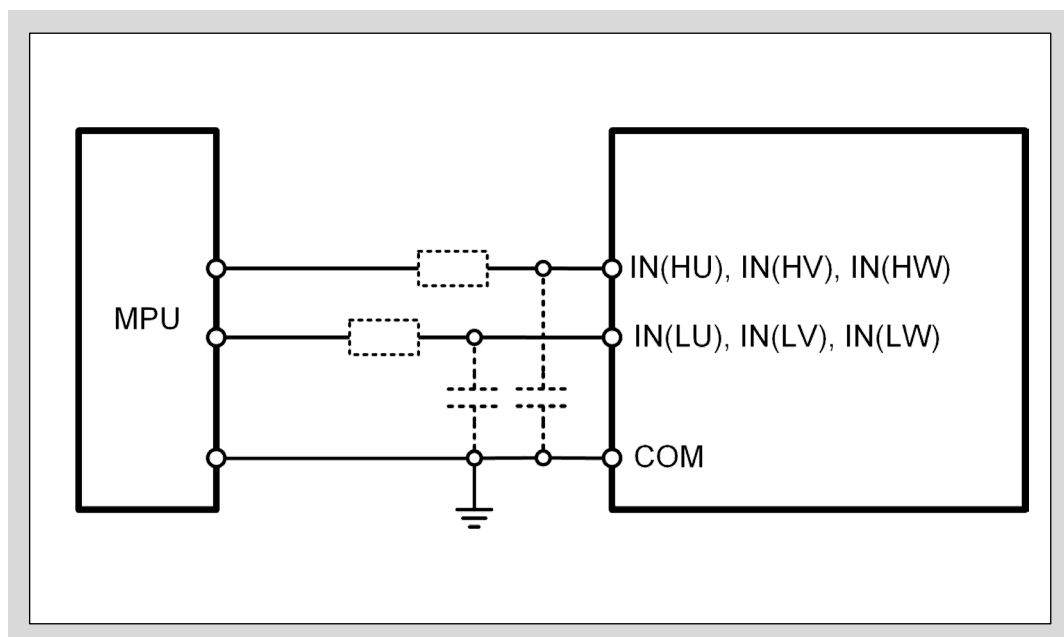


図3-15 IN(HU, HV, HW), IN(LU, LV, LW)端子とMPU I/Oとの推奨接続回路

<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ため、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。(例: 図3-15の点線で示した部品の場合、 $R=100\Omega$, $C=1000\text{pF}$)
- 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。

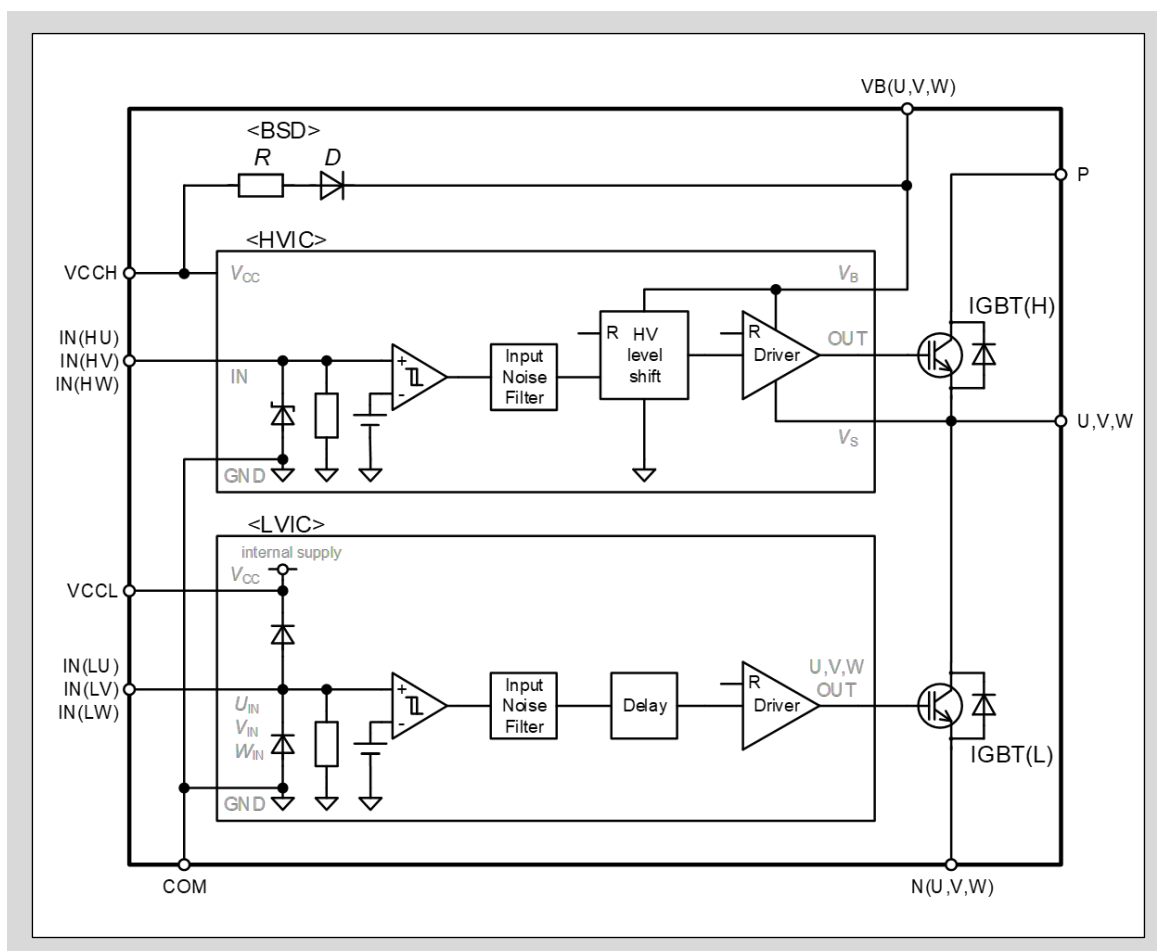


図3-16 入力端子 IN(HU, HV, HW), IN(LU, LV, LW) 回路

<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。

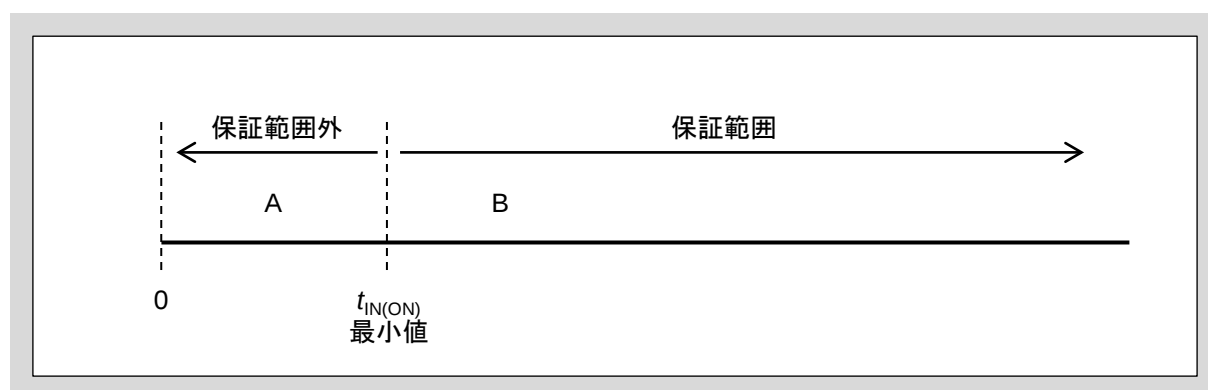


図3-17 IGBT駆動状態と入力信号のオンパルス幅

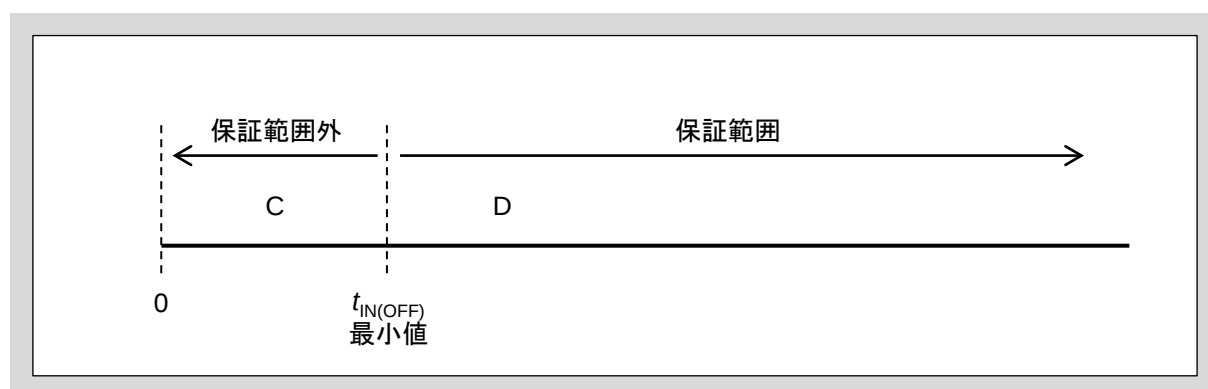


図3-18 IGBT駆動状態と入力信号のオフパルス幅

5. 過電流保護検出端子 IS

- 過電流(OC)保護機能は、N(U, V, W)と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をIS端子で検出し、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ー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1.5 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。

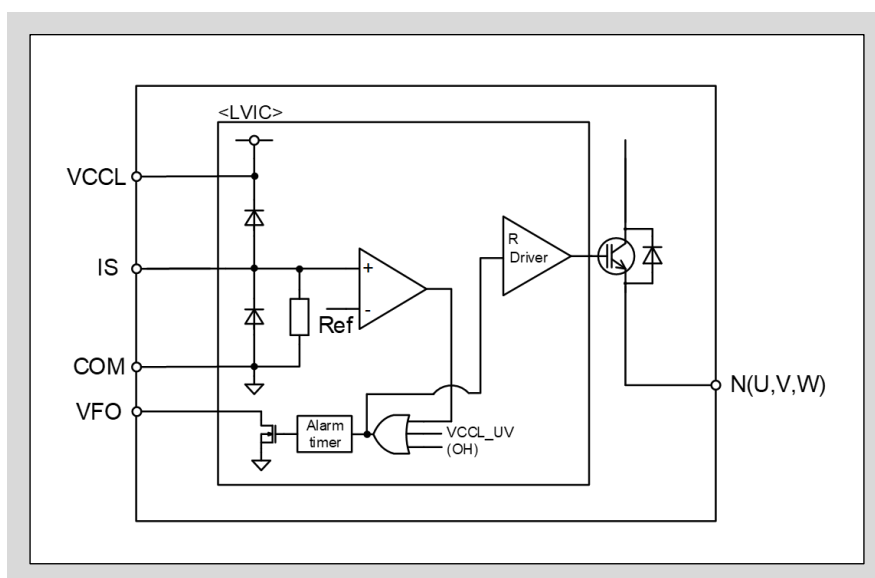


図3-19 過電流検出IS端子回路図

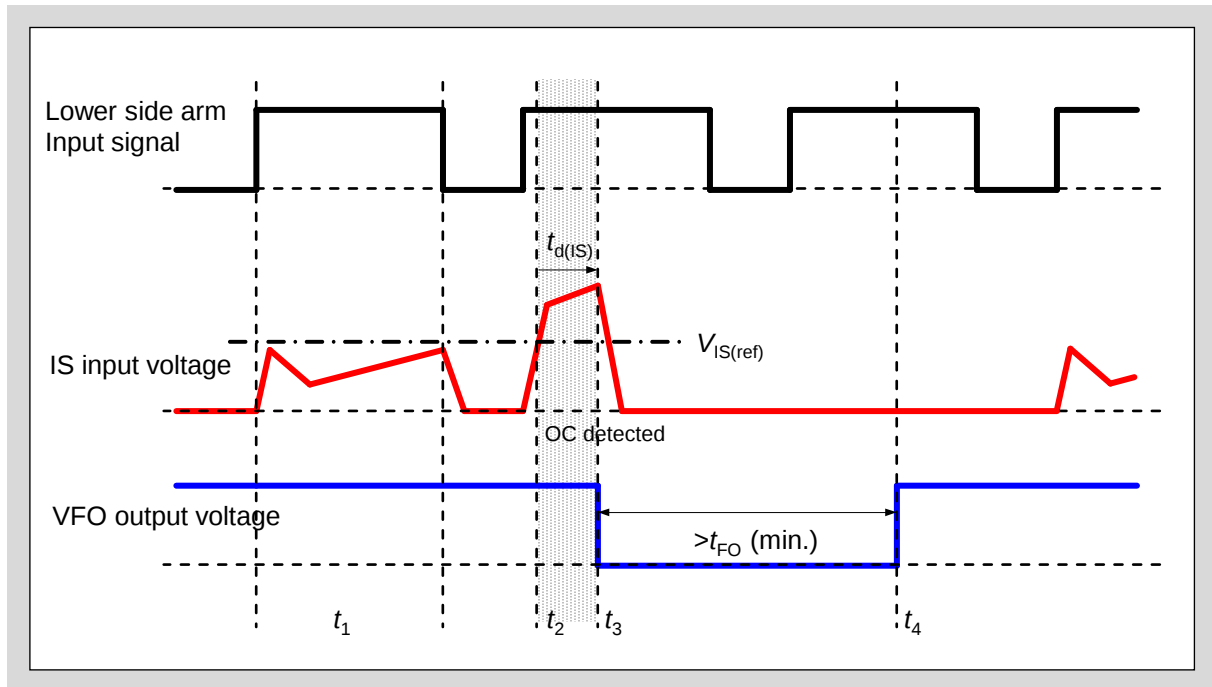


図3-20 過電流保護動作シーケンス

- 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VFO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。

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**XSC060-50”は過熱(OC)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2-2参照)。
- 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°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22k 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22k 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。

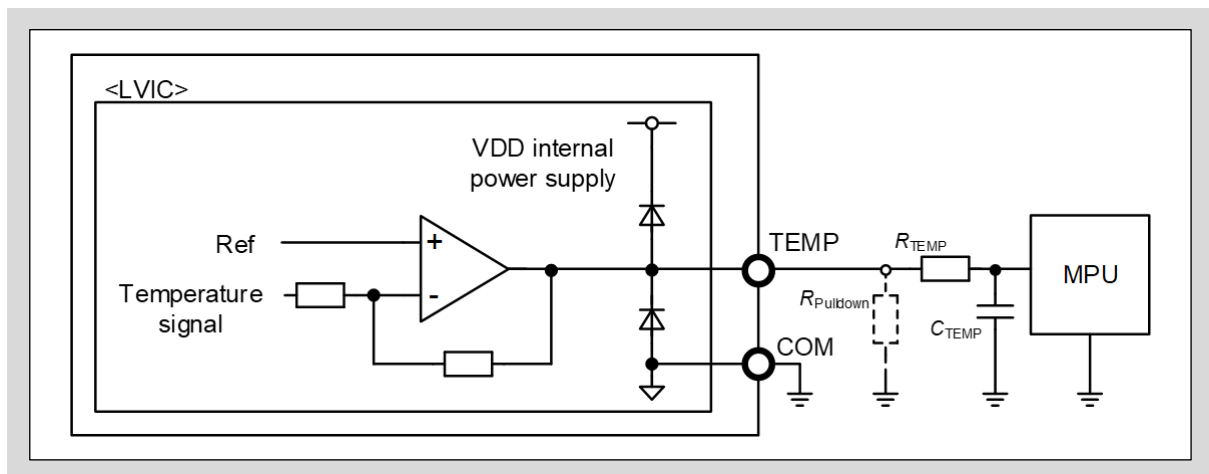


図3-23 TEMP端子とMPU I/Oとの推奨接続回路

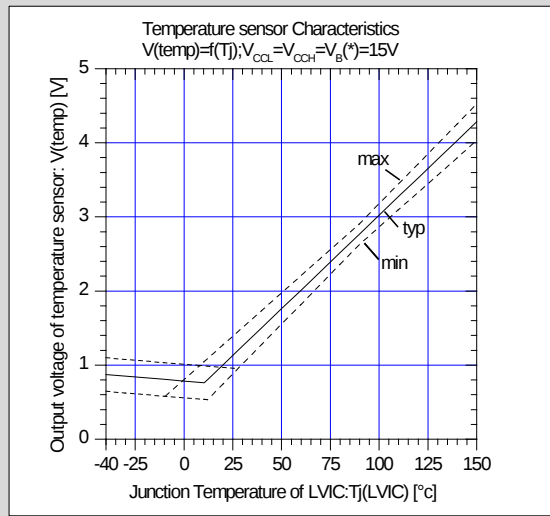


図3-24 LVIC温度とTEMP出力電圧特性
プルダウン抵抗なし

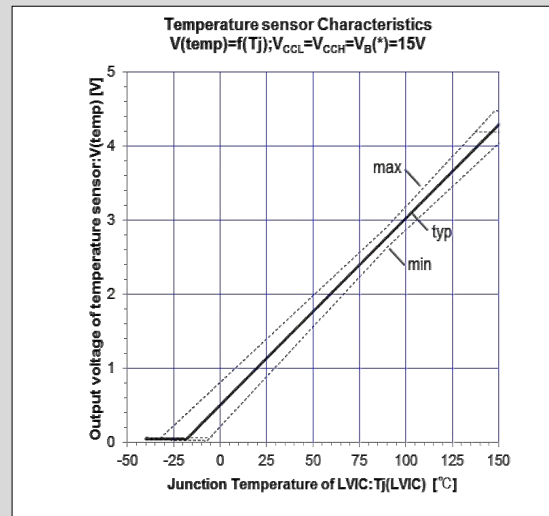


図3-25 LVIC温度とTEMP出力電圧特性
プルダウン抵抗:22kΩ

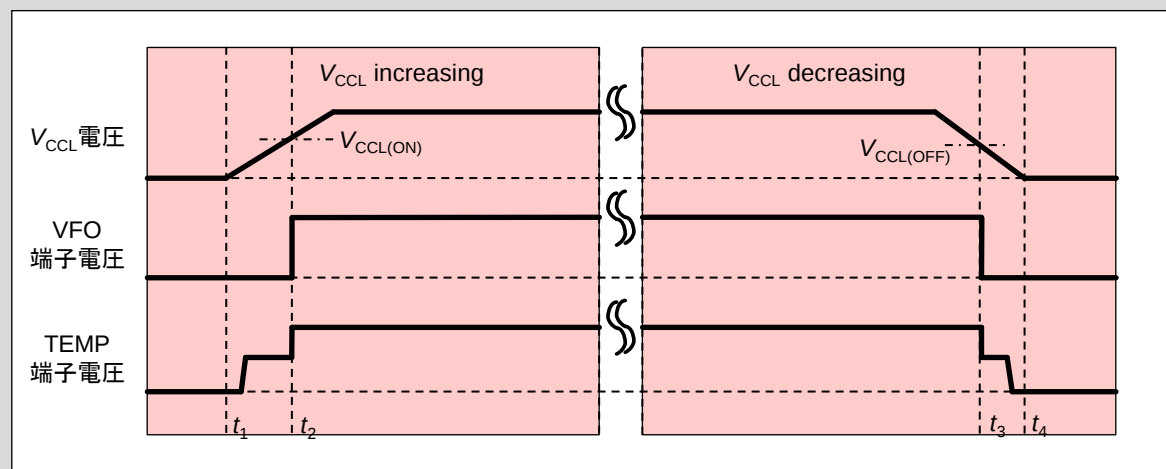


図3-26 Small IPM起動と停止時のTEMP端子の動作シーケンス

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**XSC060-50”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2-2参照)。
- T_{OH} センサの位置は図2-2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過熱保護温度 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。

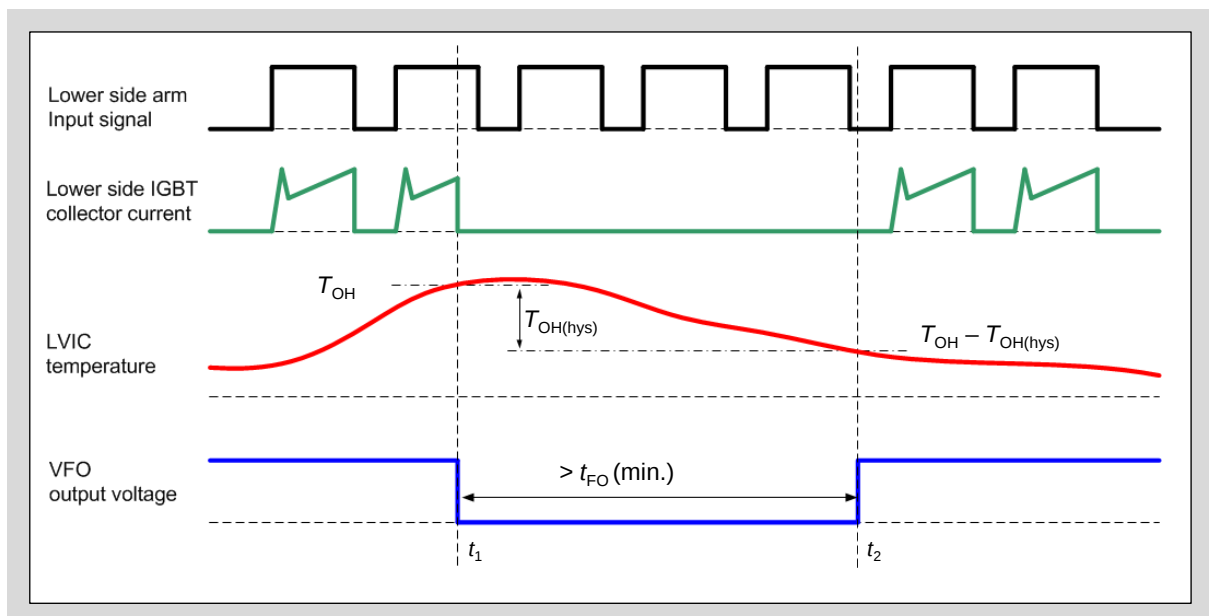


図3-27 過熱保護機能シーケンス

- t_1 : LVICのジャンクション温度が 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は全相シャットダウンします。
- t_2 : 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} 経過後に過熱保護状態およびアラーム出力はリセットされ、次の入力信号から下アームIGBTはスイッチング動作を再開します。 $T_{OH(hys)}$ は、過熱保護のヒステリシス温度となります。

第4章 パワー端子の詳細

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. 過電流保護用 外部シャント抵抗の設定方法	4-3

この章では、シャント抵抗値の決め方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 パワー端子の詳細説明

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。 モーター負荷に接続します。
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、これらの端子とパワーGND間にシャント抵抗が接続されます。

<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”C”箇所接続します。図4-1の”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を無視できないため、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。

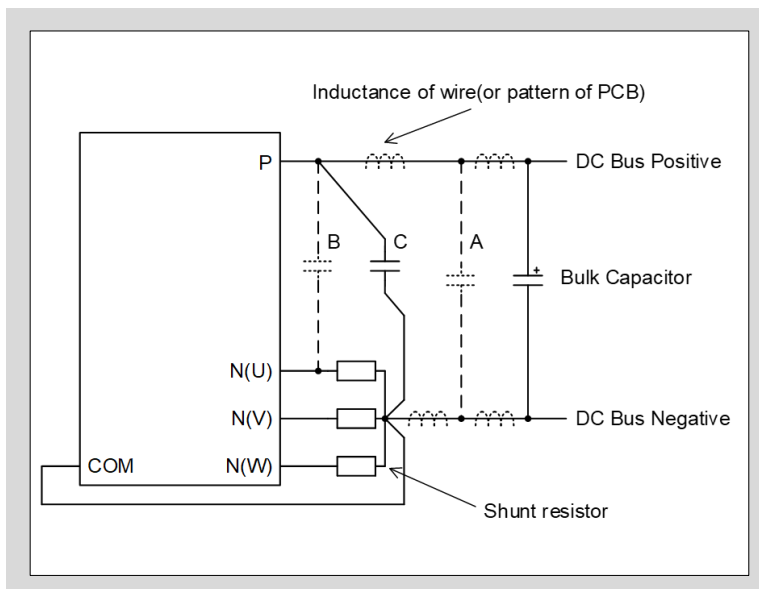


図4-1 シャント抵抗とスナバコンデンサの推奨配線

2. 過電流保護用 外部シャント抵抗の設定方法

＜シャント抵抗の選定＞

シャント抵抗値 R_{Sh} は、次式のように求められます：

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

- $V_{IS(ref)}$ 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。
- 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 I_{CP} より低く設定してください。
- 例えば過電流検出レベルを45Aに設定する場合、シャント抵抗値は次式で求められます。

$$R_{Sh(min)} = \frac{V_{IS(ref)(max)}}{I_{OC}} = \frac{0.505}{45} = 11.2[m\Omega] \quad (4.2)$$

$R_{Sh(min)}$ はシャント抵抗の最小値です。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。

<過電流保護の遅延時間の設定>

- ・ 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1.5μsに設定することを推奨します。
- ・ シャント抵抗の電圧が過電流レベルを超えると、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のようにになります。

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

- 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をシャットダウンするまでのトータル遅延時間 t_{total} は式(4.4)になります。

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

- トータル遅延時間 t_{total} はIGBTの短絡耐量よりも短くしてください。適切な遅延時間は、実機にて確認のうえ設定してください。

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	5-5

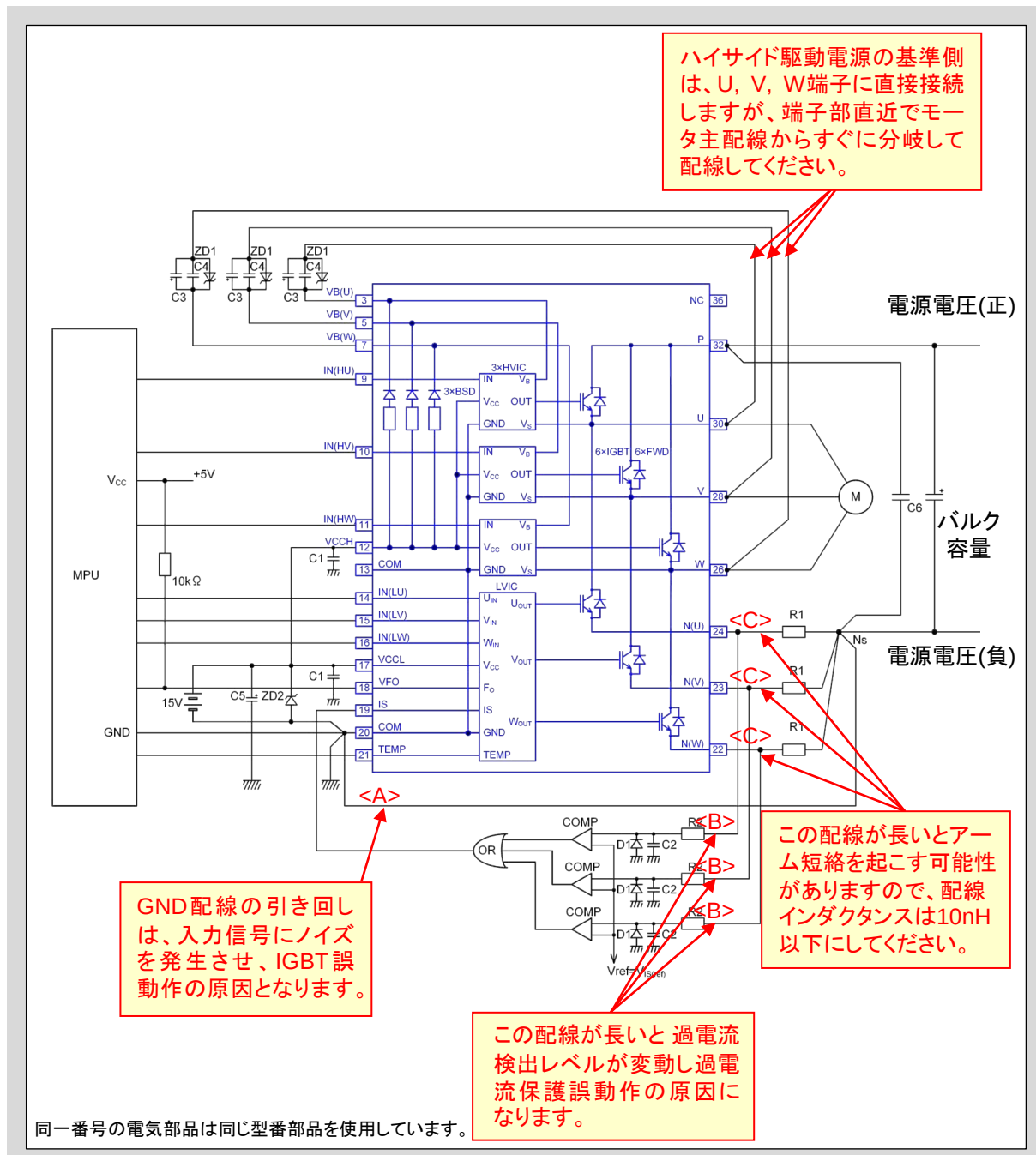


図5-2 応用回路例2 (3相個別で電流検出する場合)

<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)、(B)、(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、おおよそ1.5μs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. スイッチング動作時に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を推奨します。
11. 2つのCOM端子(9 & 16 pin)は本製品内部で接続されており、どちらかの端子を15V電源のGND側に接続し、どちらか端子はオープンにしてください。
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(ツェナー電圧22V)のツェナーダイオードを接続することを推奨します。
13. 基板パターン上で制御GNDがパワーGNDに接続された場合、パワーGNDの変動による誤動作が起きる可能性があります。そのため、制御GNDとパワーGNDは1点グランドとしてください。

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)で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。

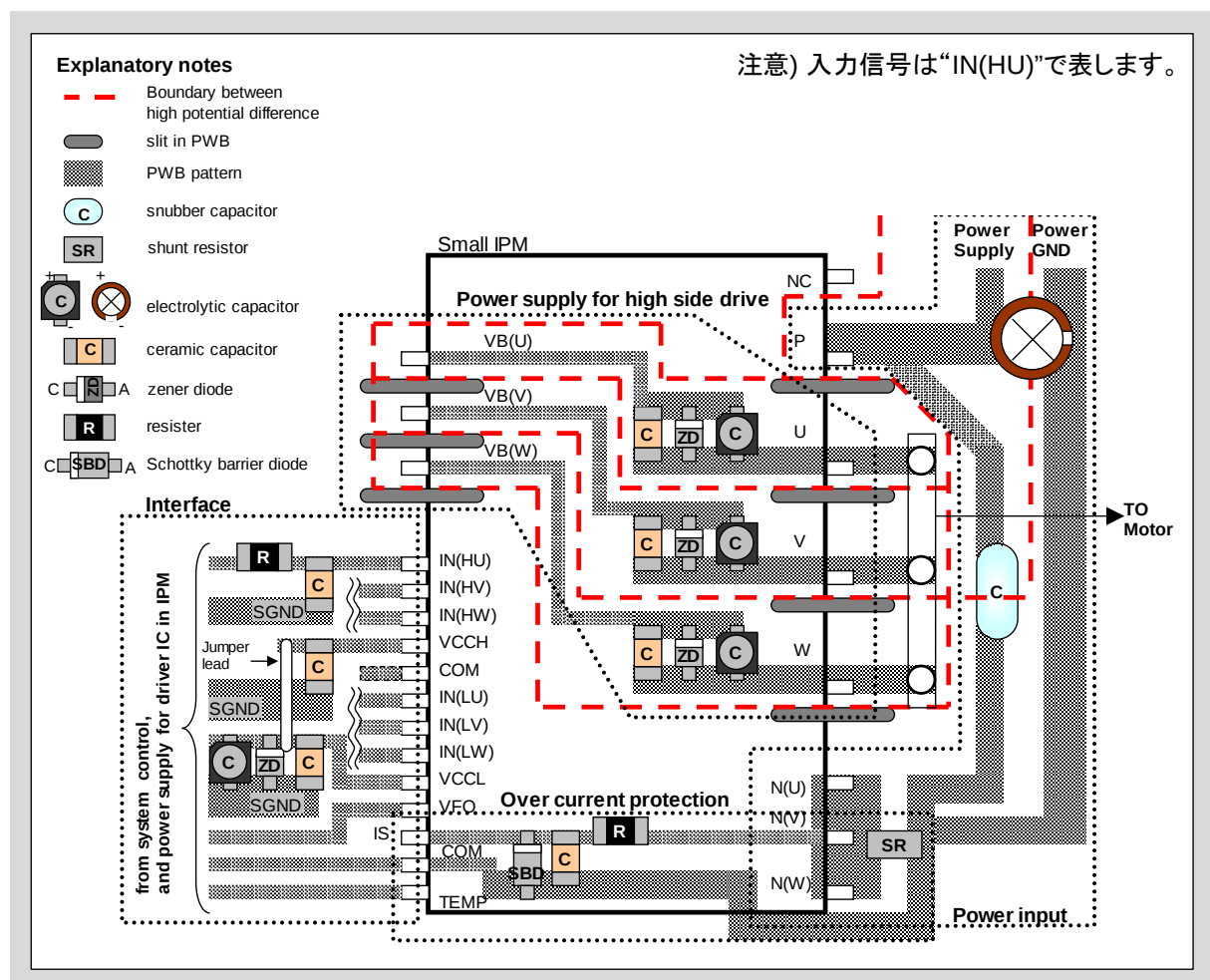


図5-3 推奨プリント基板配線のイメージ (Small IPM周囲の全体設計)

<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C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) シャント抵抗は低インダクタンス型をご選定ください。
- 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。

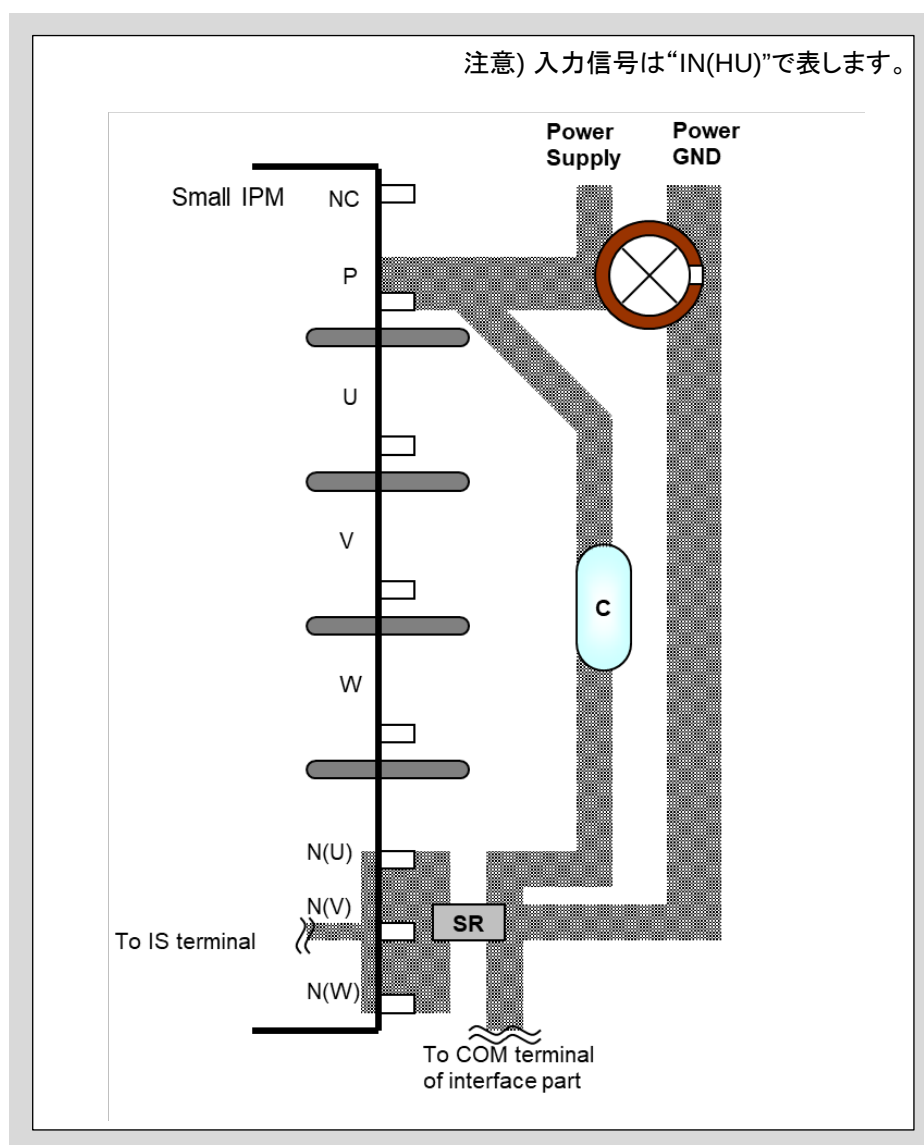


図5-4 推奨プリント基板配線のイメージ (パワー入力部)

<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) 共通インピーダンスによる誤動作を避けるために、モータ出力への配線とVB(U, V, W)に接続するコンデンサのマイナス電極側の配線は、U, V, W端子直近で分割してください。
- D) 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のターンオン時とターンオフ時の高い dV/dt の影響により、VB(U)-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)-U端子間にツェナーダイオードを配置することを推奨します。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)もVB(W)もVB(U)と同じです)。

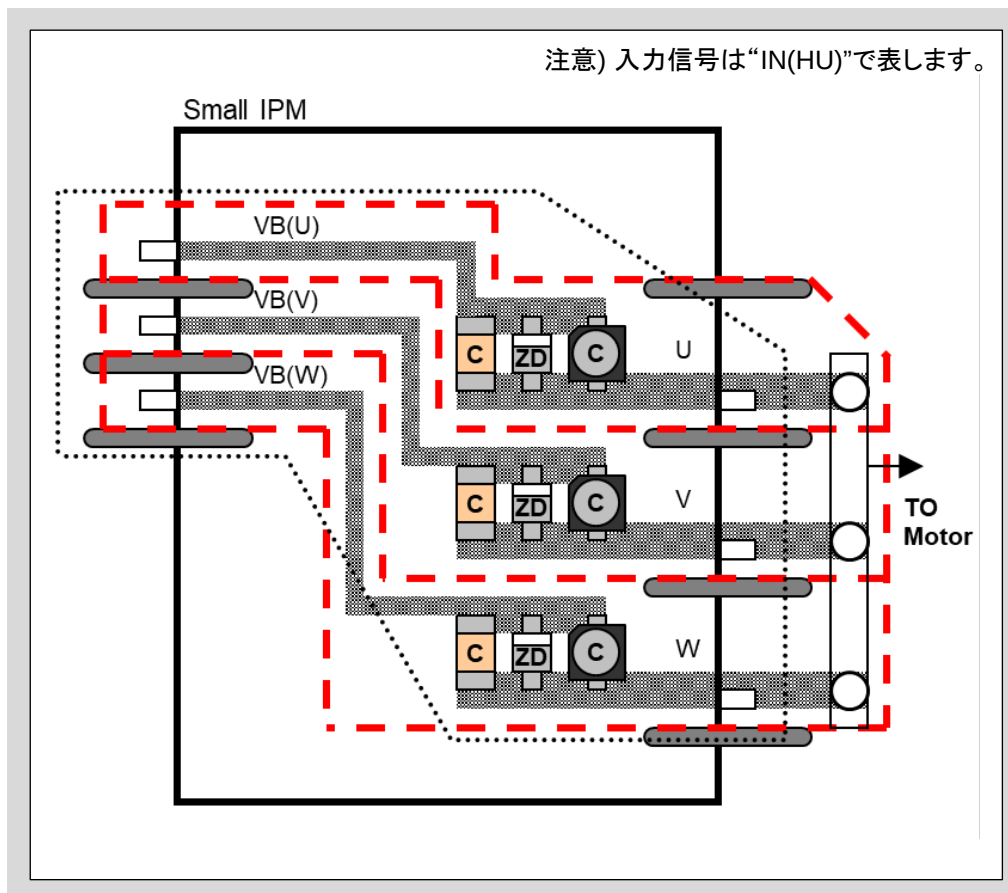


図5-5 推奨プリント基板配線のイメージ (ハイサイド駆動部電源)

<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) 本製品は2つのCOM端子があり、本製品内部で接続されています。どちらか片方を必ずご使用ください。
- C) VCCLとCOM配線間、VCCH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。

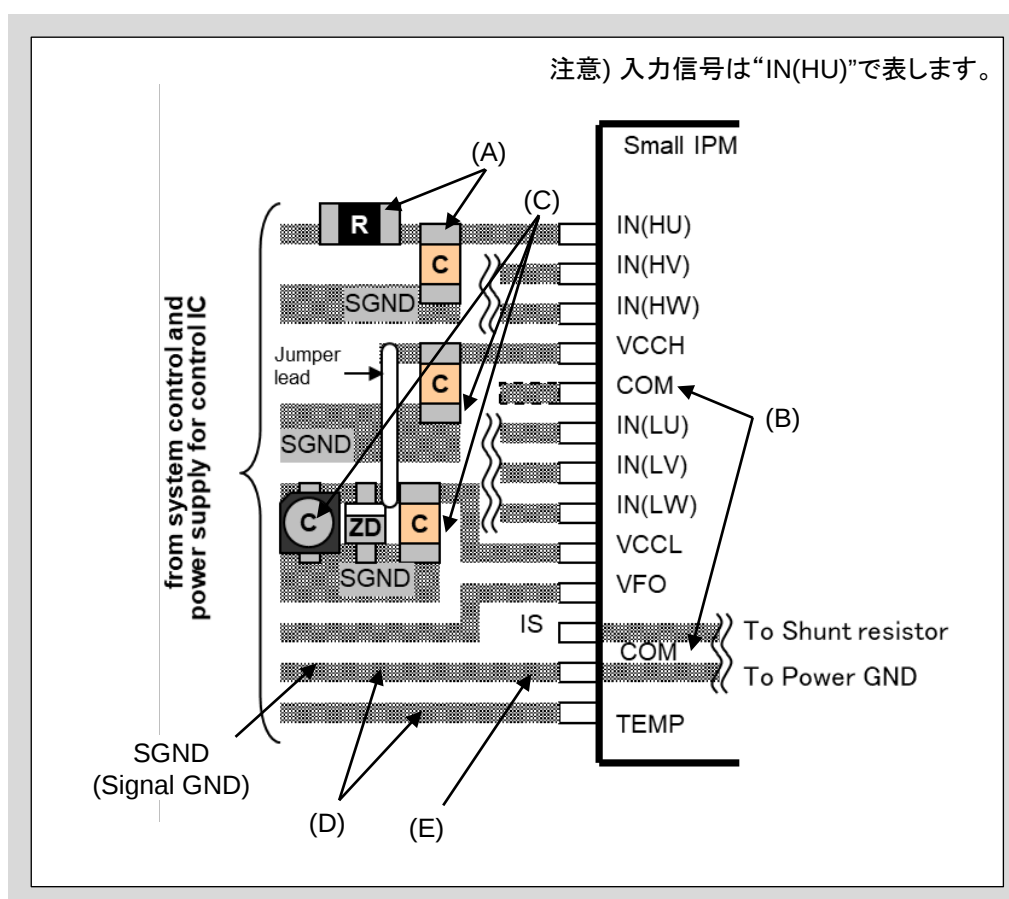


図5-6 推奨プリント基板配線のイメージ (インターフェイス部)

<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、2つの方法があります。“3相一括で電流検出する方法”を図5-7 (a)に示し、“3相個別で電流検出する方法”を図5-7 (b) に示します。

図5-7 (a)

- 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) スイッチング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) スイッチング時、IS端子に負電圧が印加される場合は、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5-7 (b)

- 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。

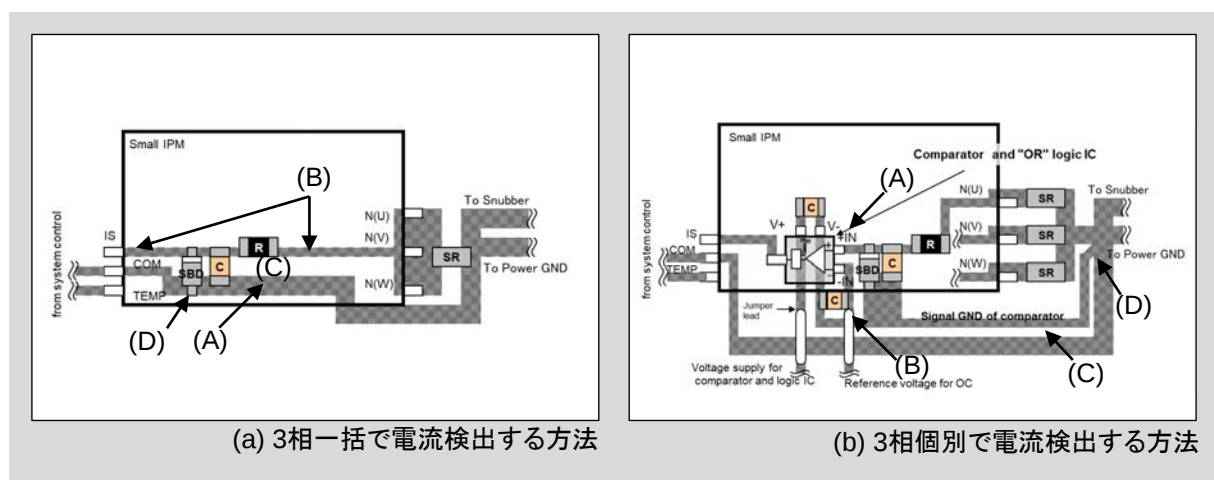


図5-7 推奨プリント基板配線のイメージ(過電流保護部)

第6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	7-3

1. 使用上の注意事項

- 仕様書に示す製品の絶対最大定格（電圧、電流、温度など）の範囲内でご使用ください。絶対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。
- 設計にあたっては製品の絶対最大定格（電圧、電流、温度）以内に設計してください。絶対最大定格を超えて設計・使用すると破壊する可能性があります。
- 万一、不慮の事故で素子が破壊した場合を考慮して、適切な容量のヒューズ、ブレーカなどの保護装置を必ず付けて2次破壊（火災、爆発など）を防いでください。
- ターンオフ時の電圧および電流がRBSOA仕様範囲内であることをご確認ください。
- 製品設計を行う際には、パッケージ温度とジャンクション温度、リード端子温度の上昇について検討を行い、絶対最大定格の範囲内であることを確認をしてください。
- 本製品は難燃材を使用していますが、故障すると発煙・発火することがあります。また、製品は動作中高温になる場合があります。発火性のある場所や可燃物のある場所では、延焼防止などの手段を講じてください。
- 動作中あるいは通電中に、製品の端子やパッケージなどに直接手を触れないでください。直接手を触れると感電や火傷の恐れがあります。
- VCCHおよびVCCL端子にスイッチングノイズなどの高周波ノイズが直接印加されないように、VCCH端子とグラウンド間のVCCH端子直近、およびVCCL端子とグラウンド間のVCCL端子直近に適当な大きさの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うえ使用してください。
- ノイズなどによりVB電圧が $V_{B(off)}$ 以下になると、ハイサイドIGBTはシャットダウンすることがあります。VB(U)-U端子間、VB(V)-V端子間、VB(W)-W端子間のそれぞれに適当なセラミックコンデンサを接続してください。入力信号の電圧は、必ず閾値電圧を超える電圧を印加して使用してください。
- 製品の使用環境や実装状態を十分に把握して、製品信頼性寿命を満足できるかご検討のうえ、本製品を適用してください。製品の信頼性寿命を超えて使用した場合、装置の目標寿命より前に製品が破壊する場合があります。
- 半導体製品の寿命は永久ではありません。特に自己発熱での温度上昇・下降による熱疲労寿命には注意が必要です。 ΔT_{vj} パワーサイクル特性と ΔT_c パワーサイクル特性の範囲内でご使用ください。
- ΔT_c パワーサイクルは、ケース温度(T_c)の上昇・下降により決まり、適用する装置の冷却条件によっても変わります。そのため、装置の目標となる設計寿命を考慮し、半導体製品の発熱と冷却条件の設計・検証をしてください。
- 酸・有機物・腐食性ガス（硫化水素・亜硫酸ガスなど）を含む環境下では製品が酸化や腐食を生じ、故障の原因となりますので、使用は避けてください。
- 製品は、耐放射線設計を行っておりませんので、放射線を受けるような環境での使用は避けてください。

- 過度な静電気が印加される事により素子が破壊する場合がありますので、静電気の対策を講じてください。
- 製品の取扱いは、リード端子を触らず、必ずケースを触るようにしてください。
- 製品を取り扱う場合は、作業者のアースを行ってください。作業者のアースは、感電防止のために1MΩ程度の高抵抗を介して接地してください。
- はんだ付けを行う場合は、はんだバスからのリーク電圧が製品に印加され破壊するのを防ぐために、バスは絶縁し、はんだバスを接地してください。
- 端子を変形させるような機械的応力を加えないようにしてください。
- オープンショート試験では、定格電圧が低い端子に高電圧を印加すると、製品内部が瞬時に爆発しパッケージが吹き飛ぶ可能性があります。オープンショート試験中に定格電圧が低い端子に高電圧が印加されないことを、設計で確認してください。また、高電圧が印加された場合の事故や爆発による損傷を避けるために、設計にはヒューズを使用してください。
- 他社製品からの置き換え検討にあたっては電氣的、熱的、機械的についての成立性を十分に確認の上使用ください。
- 並列接続では使用しないでください。

2. 保管上の注意事項

- 製品の保管は常温・常湿(5～35°C、45～75%RH)環境で保管することが望ましく、この環境以外での保管は、製品寿命が短くなる場合や腐食、破壊する場合があります。
- 急激な温度変化のある環境では、製品表面に水分の結露が発生しますので、温度変化の少ない環境に保管する必要があります。
- 製品を酸や有機物・腐食性ガス(硫化水素・硫酸ガスなど)にさらされる環境や、塵埃の多い場所での保管、使用は避けてください。
- 保管は、製品に外圧が加わらないようにする必要があります。外装箱に梱包された状態においても、外装箱が変形を生じるような積み重ねはしないでください。
- 段ボール箱の適切な面を上にして運搬してください。製品に予期しないストレスがかかり、端子の曲りや樹脂パッケージ内の歪みなどを防ぐためです。
- 製品を投げたり落下させたりすると、大きなダメージを与える可能性があります。また水に濡れると破壊や故障の原因になりますので、雨や凍結には十分な配慮をお願いします。輸送中の温度や湿度などの環境条件は、仕様書に記載してありますので厳守してください。
- 製品の端子は未加工の状態で保管してください。加工時の傷などにより錆が発生し、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・袋は非常電性もしくは、導電性のものを使用してください。
- 製品の保管期間は、1年以内を推奨いたします。