

<DIIPM>

SiC SLIMDIP アプリケーションノート

PSF15SG1G6, PSH15SG1G6

アプリケーションノート目次

第1章 製品の概要	2
1. 1 SiC SLIMDIP の特長	2
1. 2 搭載機能	3
1. 3 用途	4
1. 4 製品ラインナップ	4
1. 5 超小型 DIIPM との仕様差異について	4
第2章 SiC SLIMDIP のスペック	2
2. 1 SiC SLIMDIP のスペック	6
2. 1. 1 最大定格	6
2. 1. 2 熱抵抗	8
2. 1. 3 電気的特性	9
2. 1. 4 推奨使用条件	11
2. 1. 5 機械的定格および特性	11
2. 2 保護機能とシーケンス	12
2. 2. 1 短絡保護 (SC 保護)	12
2. 2. 2 制御電源電圧低下保護 (UV 保護)	14
2. 2. 3 過熱保護(OT 保護)	16
2. 2. 4 温度出力機能 VOT	17
2. 3 SiC SLIMDIP のパッケージ	20
2. 3. 1 外形図と PCB スルーホールパターン	20
2. 3. 2 マーキング	23
2. 3. 3 端子配列と名称	24
2. 4 SiC SLIMDIP の取り付け方法	26
2. 4. 1 SiC SLIMDIP の絶縁距離	26
2. 4. 2 SiC SLIMDIP の取り付け方法と注意点	26
2. 4. 3 はんだ付け条件	27
第3章 SiC SLIMDIP の使用方法	28
3. 1 SiC SLIMDIP の使用方法と応用	28
3. 1. 1 システム接続例	28
3. 1. 2 インターフェイス回路例 (直接入力時、1 シャント抵抗時)	28
3. 1. 3 インターフェイス回路例(フォトカプラ駆動)	30
3. 1. 4 N 側エミッタ分割仕様(3 シャント)動作時の外部 SC 保護回路例	31
3. 1. 5 DIIPM の信号入力端子と Fo 端子	31
3. 1. 6 スナバコンデンサの接続	33
3. 1. 7 外部シャント抵抗周辺回路の接続	33
3. 1. 8 PCB 設計時の注意点について	35
3. 1. 9 DIIPM の並列動作について	36
3. 1. 10 SOA(スイッチング時、短絡時)	36
3. 1. 11 短絡 SOA	37
3. 1. 12 動作寿命について	38
3. 2 損失と放熱設計	39
3. 2. 1 損失計算方法(例)	39
3. 2. 2 温度上昇の考え方と計算例	41
3. 2. 3 ケース温度測定について(例)	42
3. 3 ノイズ・静電気耐量	43
3. 3. 1 測定回路	43
3. 3. 2 対策と注意事項	43
3. 3. 3 静電気耐量について	44
第4章 ブートストラップ回路動作	45
4. 1 ブートストラップ回路動作	45
4. 2 ブートストラップ電源回路電流	46
4. 3 ブートストラップ回路定数設定時の注意点	47
4. 4 ブートストラップ回路使用時の初期充電について	48
第5章 その他	49
5. 1 梱包仕様	49
5. 2 取り扱いの注意	50

第1章 製品の概要

1.1 SiC SLIMDIP の特長

SiC SLIMDIP は、パワー素子に SiC MOSFET を採用し、駆動・保護回路をトランスファーモールド方式により1パッケージに集積した小容量モータ制御用インバータに最適なインテリジェントパワーモジュール(IPM)です。

インバータ家電向けに広く採用されている既存の SLIMDIP シリーズに、フル SiC タイプと、SiC MOSFET と RC-IGBT(Si 製)を搭載し並列駆動するハイブリッド SiC タイプの 2 製品を新たにラインアップしました。パワー素子に SiC MOSFET を適用したことで、家庭用電化製品の更なる低消費電力化・高出力化に貢献します。また、既存 SLIMDIP と同一のパッケージ・端子配列を採用しているため、従来品のインバータ基板の流用(一部変更要)が容易に可能です。

SLIMDIP シリーズとしてラインナップを拡充し、幅広いアプリケーションに応じた製品選択が可能となります。

図 1-1-1 に外観写真、図 1-1-2 に内部断面構造図を示します。

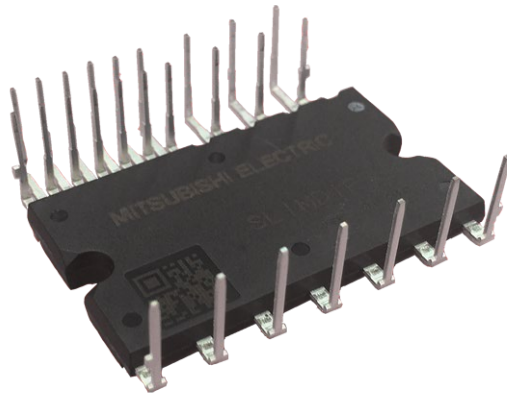


図 1-1-1 外観写真

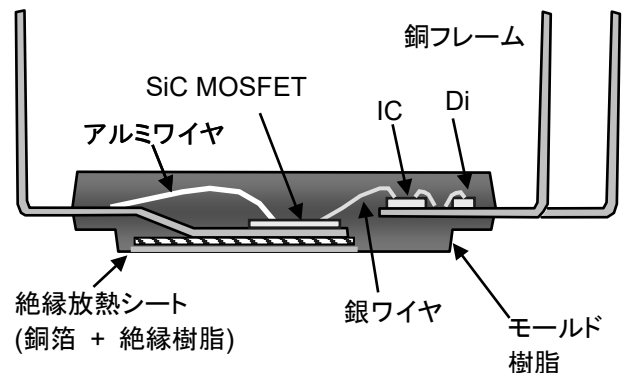


図 1-1-2 内部断面構造図(代表:PSF15SG1G6)

主な特長は、以下のとおりです。

- ・端子配列を最適化した SLIMDIP パッケージに SiC MOSFET を搭載
- ・従来の超小型 DIPIPM シリーズに比べ外形サイズを約 30%低減
- ・端子配列や保護機能、最大ケース温度等は Si チップを搭載した SLIMDIP シリーズと同等
- ・フル SiC 構成により、現行 Si 製品より電力損失を大幅に低減。家電の高効率化に貢献(フル SiC SLIMDIP)
- ・SiC MOSFET と RC-IGBT の並列駆動を可能にした独自の駆動 IC を搭載(ハイブリッド SiC SLIMDIP)

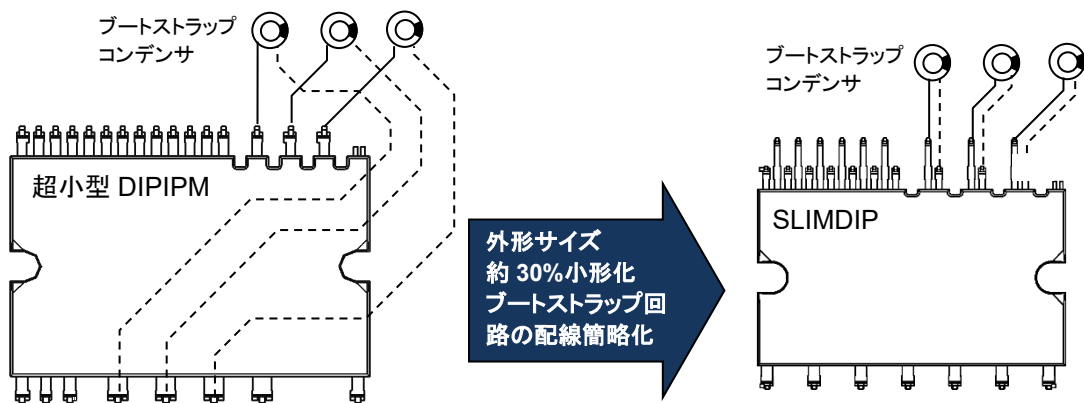


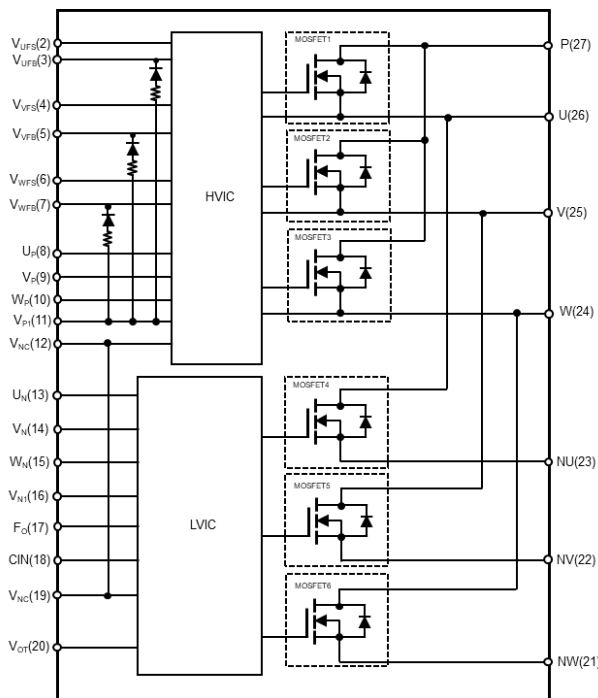
図 1-1-3 従来品(超小型 DIPIPM)とのパッケージ比較

従来品との差異詳細については、1. 5項に記載いたします。

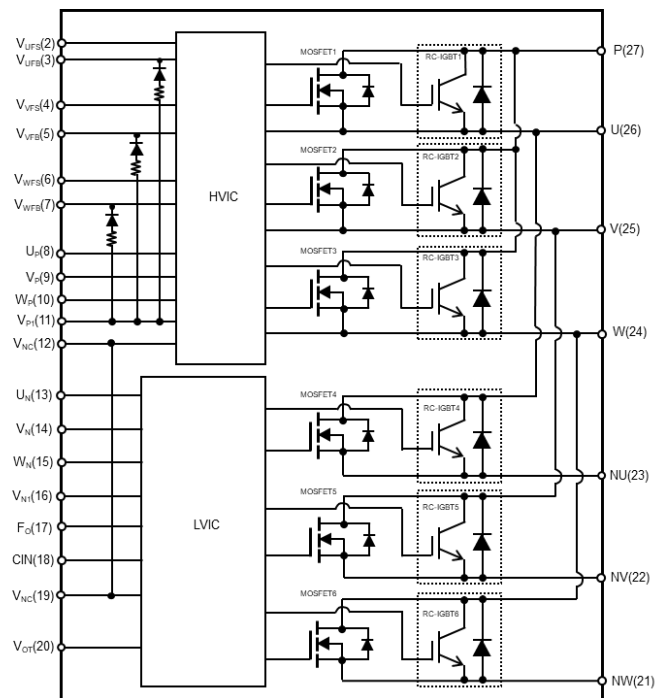
1.2 搭載機能

SiC SLIMDIP シリーズの主な搭載機能は以下のとおりです。図 1-2-1 に内部回路図を示します。

- (1) P 側 MOSFET / IGBT 用:
駆動回路、高圧レベルシフト回路、
制御電源電圧低下(UV)保護機能(エラー出力無し)
ブートストラップダイオード搭載 (電流制限抵抗内蔵)
- (2) N 側 MOSFET / IGBT 用:
駆動回路
短絡(SC)保護機能(DIPIPM 外部の電流検出抵抗の電圧を検出し、DIPIPM ヘフィードバックして実施)
制御電源電圧低下(UV)保護機能
過熱(OT)保護機能
温度出力機能(VOT)
- (3) エラー出力:
N 側 MOSFET / IGBT 短絡保護時、N 側制御電源電圧低下、過熱保護時出力
- (4) MOSFET / IGBT 駆動電源:
DC15V 単一電源 (ブートストラップ方式使用時)
- (5) 入力インターフェイス:
3V, 5V 対応、ハイアクティブ駆動
- (6) UL 認証済み UL1557 File E323585



PSF15SG1G6 (構成: SiC MOSFET)



PSH15SG1G6 (構成: SiC MOSFET + RC-IGBT)

図 1-2-1 内部回路図

SiC SLIMDIP シリーズ アプリケーションノート

1. 3 用途

白物家電（エアコン、洗濯機、冷蔵庫）のモータのインバータ制御用
小容量産業用モータ駆動（ただし、車載用途を除く）

1. 4 製品ラインナップ

表 1-4-1 SiC SLIMDIP 製品ラインナップ

形名 ¹⁾	定格	モータ定格 ²⁾
PSF15SG1G6/-S	15A/600V	1.5kW/220VAC
PSH15SG1G6/-S	15A/600V	1.5kW/220VAC

- 1) 形名の後が無記の場合は標準端子仕様、型名の後に追加される"S"は短尺仕様を示します。詳細は外形図等を参照下さい。端子形状のご選択時には、三菱電機販売部門または、特約店までお問い合わせをお願い致します。
2) モータ定格はご使用条件により変わります。

1. 5 従来品との仕様差異について

SiC SLIMDIP とフル SiC 超小型 DIPIPM PSF**S92F6 及び従来の SLIMDIP の仕様上の主な相違点は、以下のとおりです。詳細につきましては、各製品のデータシートを参照ください。

表 1-5-1 従来製品との仕様比較

項目	SiC SLIMDIP	SLIMDIP	フルSiC超小型DIPIPM	関連項目
	PSF15SG1G6, PSH15SG1G6	SLIMDIP-S, -M, -L, -W, -X, -Z	PSF**S92F6	
コレクタ電流 $\pm I_C$ ドレイン電流 $\pm I_D$	15A	5, 10, 15, 20, 30A	15, 25A	2.1.1項
P側制御電源電圧 V_{DB}	Typ. 15V (13V~18.5V)	←	Typ. 18V (15V~22V)	
N側制御電源電圧 V_D	Typ. 15V (13.5V~16.5V)	←	Typ. 18V (17V~19V)	
ブートストラップ ダイオードの搭載	搭載（電流制限抵抗付き）	←	←	4.1項
温度保護機能	過熱保護及び LVIC温度出力を両方搭載	←	LVIC温度出力	2.2.4項
N側ソース端子 N側エミッタ端子	分割仕様のみ	←	←	2.3項
端子形状	計 2仕様 制御側千鳥 (端子長:標準、短尺)	←	計 2仕様 長尺、制御側千鳥	2.3項

表 1-5-2 主な定格項目についての従来品との比較

項目	記号	SiC SLIMDIP	SLIMDIP	フルSiC超小型DIPIPM
		PSF15SG1G6, PSH15SG1G6	SLIMDIP-S, -M, -L, -W, -X, -Z	PSF**S92F6
ドレイン・ソース間電圧 コレクタ・エミッタ間電圧	V_{DSS}/V_{CES}	600V	←	←
ドレイン電流(ピーク) コレクタ電流(ピーク)	$\pm I_{DP}/\pm I_{CP}$	定格2倍	←	←
チャネル温度 接合温度	T_{ch}/T_j	-30~150°C	←	←
ケース温度	T_C	-30~115°C	←	-30~100°C
絶縁耐圧	V_{iso}	2000Vrms/min	←	1500Vrms/min

表 1-5-3 制御部の主な特性、推奨条件の比較 (例: 定格電流 15A 品, 特に記載無ければ T_j , $T_{ch}=25^{\circ}\text{C}$)

項目	記号	SiC SLIMDIP		SLIMDIP	フルSiC超小型 DIPIPM
		PSF15SG1G6	PSH15SG1G6	SLIMDIP-L	PSF15S92F6
駆動用IC低圧部(LVIC,HVIC)の定常消費電流	I_D	3.1mA ¹⁾	5.5mA ¹⁾	3.1mA ¹⁾	3.5mA ¹⁾
HVIC フローティング部の定常消費電流	I_{DB}	0.1mA	0.45mA	0.1mA	0.38mA
短絡保護トリップレベル	$V_{SC(ref)}$	0.455~0.505V	←	←	←
P側制御電源電圧低下保護トリップ値 ²⁾	UV_{DBt}	9V~12V	10V~12V	7V~12V	10V~12V
P側制御電源電圧低下保護リセット値 ²⁾	UV_{DBr}	9V~12V	10.5V~12.5V	7V~12V	10.5V~12.5V
N側制御電源電圧低下保護トリップ値 ²⁾	UV_{Dt}	10.3V~12.5V	←	←	←
N側制御電源電圧低下保護リセット値 ²⁾	UV_{Dr}	10.8V~13.0V	←	←	←
過熱保護トリップ値	OT_t	115~145 $^{\circ}\text{C}$	←	←	-
入力オンしきい値電圧	$V_{th(on)}$	typ. 1.7V	←	←	typ. 2.1V
入力オフしきい値電圧	$V_{th(off)}$	typ. 1.3V	←	←	typ. 1.5V
入力しきい値電圧ヒステリシス電圧	$V_{th(hys)}$	typ. 0.4V	←	←	typ. 0.65V
ブートストラップダイオード特性 @10mA	V_F	typ. 1.3V	←	typ. 1.7V	typ. 1.3V
デッドタイム	t_{dead}	min. 1.0 μs	←	←	min. 1.5 μs
許容最小入力パルス幅	PWIN(on)	min. 0.7 μs	←	←	←
	PWIN(off)	min. 0.7 μs	←	←	min. 1.5 μs ³⁾

1) $V_{in}=5\text{V}$ 入力時2) SiC SLIMDIP, フル SiC 超小型 DIPIPM: T_{ch} , $T_j=25^{\circ}\text{C}$ 時, SLIMDIP-L: $T_j \leq 125^{\circ}\text{C}$ 時

3) PWIN(on), PWIN(off)以下のパルス幅の入力オフ信号には出力が応答しない、またはP側のみターンオン時間が大きくなる場合があります。ただしこの場合においても、入力オンの状態にて出力オフの状態を維持し続けることはありません。詳細は各製品のデータシートやアプリケーションノートをご参照ください。

上記を含め、詳細につきましては、各製品のデータシートを参照ください。

第2章 SiC SLIMDIP のスペック

2. 1 SiC SLIMDIP のスペック

PSF15SG1G6 (15A/600V)のスペックを説明します。他の形名および詳細はデータシートをご参照ください。

2. 1. 1 最大定格

PSF15SG1G6 (15A/600V)の最大定格を、表 2-1-1 に示します。

表 2-1-1 PSF15SG1G6 (15A/600V)の最大定格 (指定のない場合は、 $T_{ch} = 25^{\circ}\text{C}$)

インバータ部

記 号	項 目	条 件	定 格 値	単位	
V_{DD}	電源電圧	P-NU, NV, NW 端子間 (平滑コンデンサ間)	450	V	(1)
$V_{DD(surge)}$	電源電圧 (サージ)	P-NU, NV, NW 端子間	500	V	(2)
V_{DSS}	ドレイン・ソース間電圧		600	V	(3)
$\pm I_D$	ドレイン電流	$T_C = 25^{\circ}\text{C}$ (注 1)	15	A	(4)
$\pm I_{DP}$	ドレイン電流 (ピーク)	$T_C = 25^{\circ}\text{C}$, 1ms 以下	30	A	
T_{ch}	動作チャネル温度	(注 2)	-30~+150	$^{\circ}\text{C}$	(5)

注1. パルス幅及び周期は、チャネル温度により制限されます。

注2. DIPIPM 内蔵パワーチップ自身の最大瞬時チャネル温度は 150°C ($@T_C \leq 115^{\circ}\text{C}$) ですが、安全動作させるための平均動作チャネル温度は $T_{ch} \leq 125^{\circ}\text{C}$ ($@T_C \leq 115^{\circ}\text{C}$) と規定します。

制御 (保護) 部

記 号	項 目	条 件	定 格 値	単位
V_D	制御電源電圧	$V_{P1}-V_{NC}$, $V_{N1}-V_{NC}$ 端子間	20	V
V_{DB}	制御電源電圧	$V_{UFB}-V_{UFS}$, $V_{VFB}-V_{VFS}$, $V_{WFB}-V_{WFS}$ 端子間	20	V
V_{IN}	入力電圧	U_P , V_P , W_P , U_N , V_N , W_N-V_{NC} 端子間	-0.5~ $V_D+0.5$	V
V_{FO}	エラー出力印加電圧	F_O-V_{NC} 端子間	-0.5~ $V_D+0.5$	V
I_{FO}	エラー出力電流	F_O 端子のシンク電流値	1	mA
V_{SC}	電流検出入力電圧	$CIN-V_{NC}$ 端子間	-0.5~ $V_D+0.5$	V

全システム

記 号	項 目	条 件	定 格 値	単位	
$V_{DD(prot)}$	電源電圧自己保護範囲 (短絡)	$V_D = 13.5 \sim 16.5\text{V}$, インバータ部 $T_{ch} = 125^{\circ}\text{C}$ スタート, $2\mu\text{s}$ 以内, 非繰り返し	400	V	(6)
T_C	動作モジュール温度	T_C : 測定点は下図に規定	-30~+115	$^{\circ}\text{C}$	
T_{stg}	保存温度		-40~+125	$^{\circ}\text{C}$	
V_{iso}	絶縁耐圧	正弦波 60Hz, 1 分間, 全端子共通 - 放熱フィン (外部) 間	2000	V_{rms}	(7)

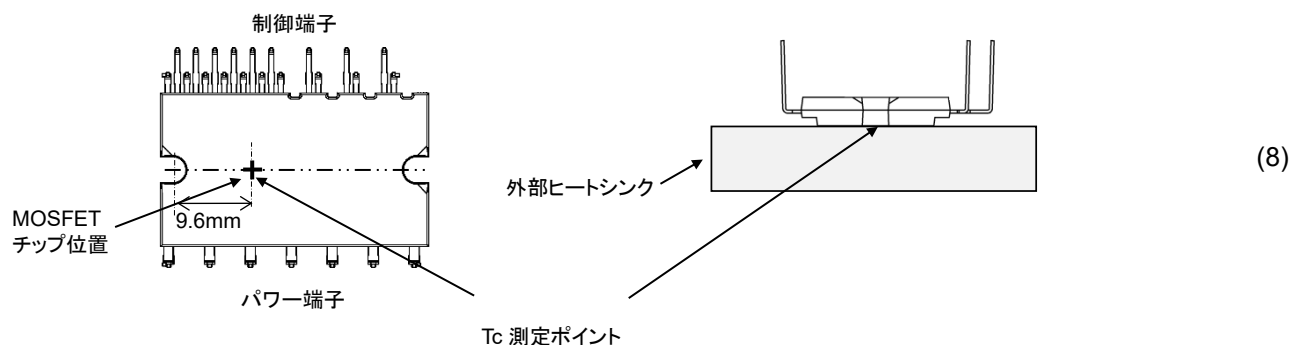


図 2-1-1 T_C 測定位置

各項目の説明

- (1) V_{DD} 内蔵MOSFETがスイッチングしていない状態で、P-N端子間に印加できる最大直流電源電圧。この電圧を超えるような場合は、ブレーキ回路等による制限をかける必要があります。
- (2) $V_{DD(surge)}$ 内蔵MOSFETがスイッチングしている状態で、P-N端子間に現れるサージ電圧の最大定格値。この電圧を超えないように、スナバ回路の接続や母線のインダクタンスの低減が必要です。
- (3) V_{DSS} 内蔵MOSFETのD-S間に印加できる最大電圧定格。
- (4) $\pm I_D$ $T_C = 25^{\circ}\text{C}$ 条件で通電可能な電流値です。パルス幅及び周期は、チャネル温度により制限されます。

- (5) T_{ch} 最大瞬時チャネル温度は150℃ですが、安全動作させるためのパワーサイクル寿命などを考慮して使用温度範囲を決定してください。
- (6) $V_{DD(Prot)}$ 内蔵MOSFETが短絡や過電流状態になった場合に、IPMの保護機能によってMOSFETを安全に遮断できる最大電源電圧。この条件を超えると保護できず、素子破壊に至る可能性が高くなります。
- (7) 絶縁耐圧 絶縁耐圧は、下図で示す全端子（ショート）と放熱面のCu表面との絶縁耐圧です。絶縁耐圧は、2000Vrmsとなりますが、図2-1-2のように端子-放熱フィン間の距離を確保する(2.5mm以上推奨)ために凸型の様な放熱フィンを使用した場合、絶縁耐圧2500Vrmsを満足します。
UL認証は、凸型形状の放熱フィンを使用した条件で絶縁耐圧2500Vrmsにて取得しております。
- (8) T_c 測定点 VN相MOSFETチップの直下をケース温度 T_c の測定点と定義しています。正確な T_c を測定するためにヒートシンクを加工し、チップ直下に熱電対がくるようにします。
P側、N側でスイッチング方法が異なる二相変調やハイサイドチョッピングなど制御方式、変調率により、他の相のチップ直下の T_c の方が温度が高くなる可能性がありますので、そのような場合には、測定点を変更して最も損失が大きくなるパワーチップの直下で T_c を測定する必要があります。

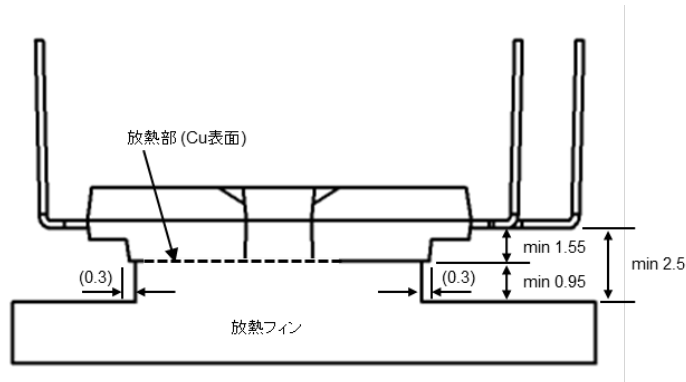


図 2-1-2 凸型放熱フィン使用時 (単位:mm)

[パワーチップ配置]

図 2-1-3 に各パワーチップの位置を示します。(この図はマーキング面から見た図です)

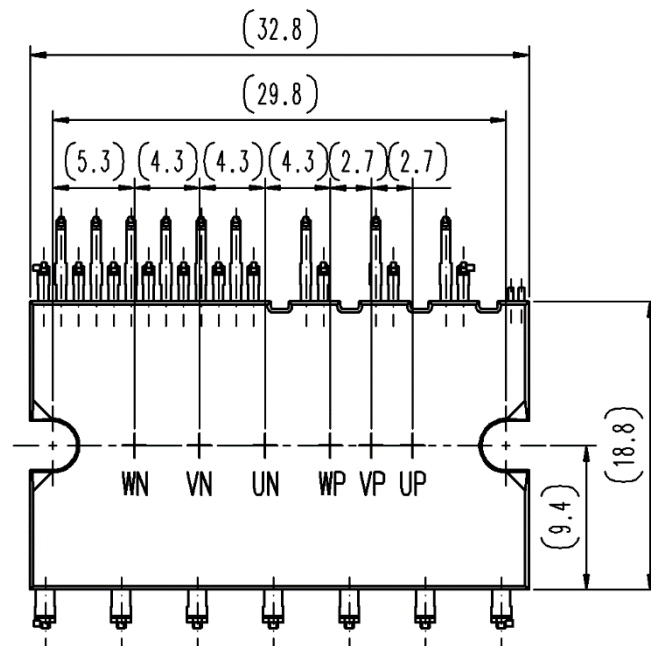


図 2-1-3 パワーチップ配置 (単位:mm)

2. 1. 2 熱抵抗

PSF15SG1G6(15A/600V)の熱抵抗規格を、表 2-1-2 に示します。

表 2-1-2 PSF15SG1G6 の熱抵抗規格

記 号	項 目	条 件	規 格 値			単位
			最小	標準	最大	
$R_{th(ch-c)}$	チャネル・ケース間熱抵抗 (注)	インバータMOSFET (1/6 モジュール)	-	-	4.0	K/W

注 DIPIPMと放熱フィンとの接触面には、熱伝導のよいグリースを100～200 μ m程度、均一になるように塗布の上、規定の締め付けトルクにて締め付けることを規定します。(またグリースは使用動作温度範囲内で変質せず、経年変化のないものとします。)ただし、製品放熱面-フィン間の熱抵抗は、締め付けた状態におけるグリースの厚さ、グリースの熱伝導率等により異なります。目安として、グリース厚20 μ m、グリースの熱伝導率1.0W/m・Kの場合の製品放熱面-フィン間熱抵抗値(1/6モジュール)は0.4K/Wとなります。

上記規格は、チャネル-ケース間の定常時の熱抵抗を示しています。PSF15SG1G6の熱抵抗は、およそ10秒で飽和し、定常状態になります。飽和前の10秒以下での熱抵抗を過渡熱抵抗と呼び、図 2-1-4 のようになります。過渡熱抵抗 $Z_{th(ch-c)}$ の“1”が、上記定常時の熱抵抗値に相当します。PSF15SG1G6のMOSFET部の0.1秒における過渡熱抵抗値は、 $4.0 \times 0.72 = 2.88$ (K/W)となります。

過渡熱抵抗は、定常的に流れるのではなく短時間(ms オーダ)の電流が流れる場合(例えばモータ起動時や短時間のロック時など)の温度上昇を検討する場合に使用します。

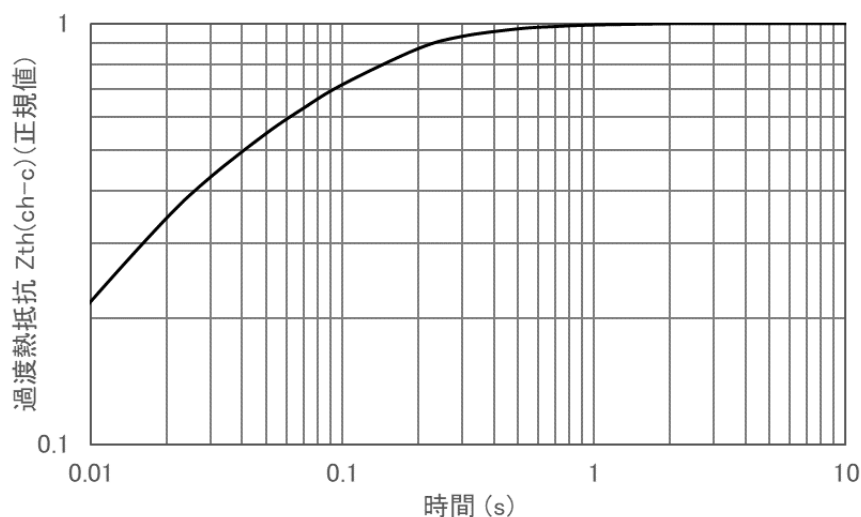


図 2-1-4 過渡熱抵抗特性(代表例)

2. 1. 3 電気的特性

PSF15SG1G6 (15A/600V)の静特性およびスイッチング特性の規格を、表 2-1-3 に示します。

表 2-1-3 PSF15SG1G6 (15A/600V)の静特性およびスイッチング特性規格 (指定のない場合は、 $T_{ch} = 25^{\circ}\text{C}$)

記 号	項 目	測 定 条 件	規 格 値			単位
			最小	標準	最大	
$V_{DS(on)}$	ドレイン・ソース間飽和電圧	$V_D = V_{DB} = 15\text{V}$, $V_{IN} = 5\text{V}$, $I_D = 15\text{A}$	-	1.30	2.15	V
$V_{SD(off)}$	ソース・ドレイン間電圧	$V_D = V_{DB} = 15\text{V}$, $V_{IN} = 0\text{V}$, $-I_D = 15\text{A}$	-	4.00	5.00	
t_{on}	スイッチング時間	$V_{DD} = 300\text{V}$, $V_D = V_{DB} = 15\text{V}$ $I_D = 15\text{A}$, $V_{IN} = 0 \leftrightarrow 5\text{V}$ 誘導負荷 (上一下アーム)	0.45	0.75	1.10	μs
$t_{c(on)}$			-	0.15	0.30	
t_{off}			-	0.70	1.05	
$t_{c(off)}$			-	0.05	0.15	
t_{rr}			-	0.15	-	
I_{DSS}	ドレイン・ソース間遮断電流	$V_{DS} = V_{DSS}$	-	-	1	mA

スイッチング時間の定義、および測定方法については、図 2-1-5、図 2-1-6 に示します。
スイッチングは L 負荷 (誘導負荷) ハーフブリッジ回路で測定しています。

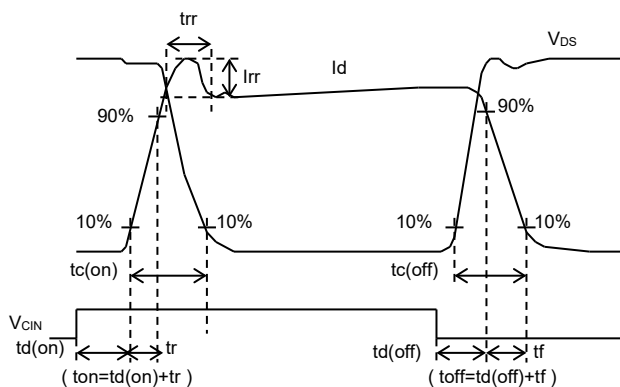


図 2-1-5 スwitchング時間の定義

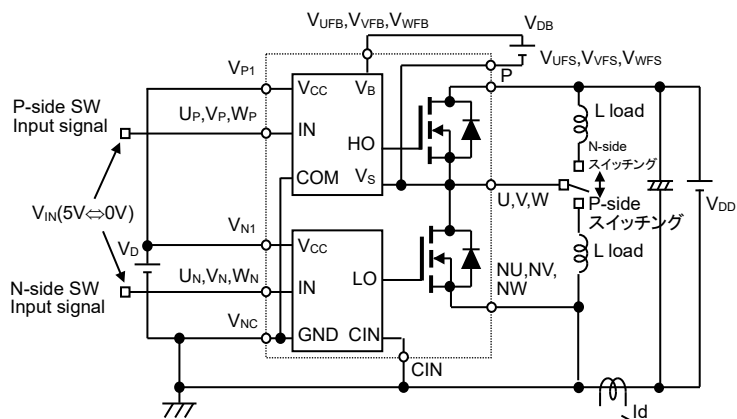


図 2-1-6 L 負荷ハーフブリッジ測定回路

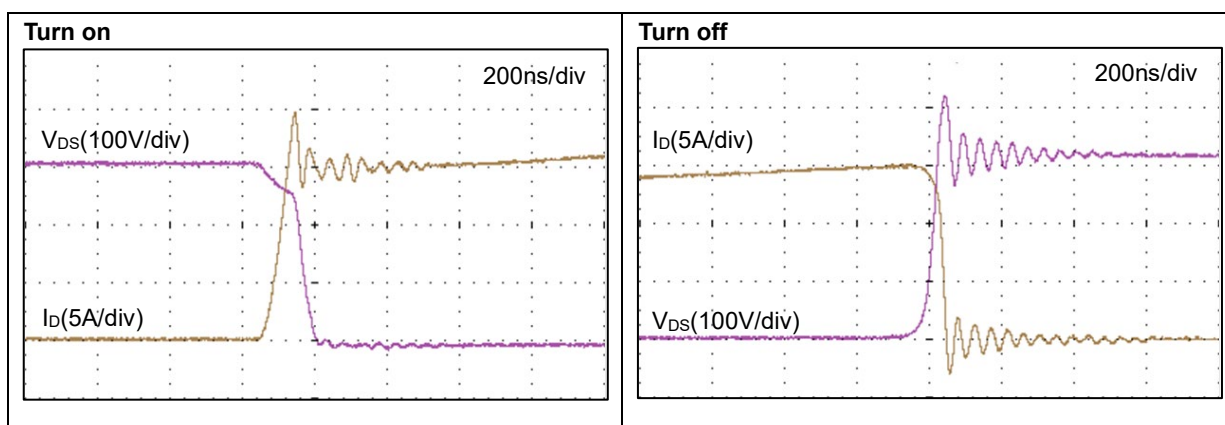


図 2-1-7 PSF15SG1G6 スwitchング波形 (代表例)

測定条件: $V_{DD} = 300\text{V}$, $V_D = V_{DB} = 15\text{V}$, $T_{ch} = 125^{\circ}\text{C}$, L 負荷ハーフブリッジ, $I_D = 15\text{A}$

SiC SLIMDIP シリーズ アプリケーションノート

PSF15SG1G6 (15A/600V)の制御(保護)部の規格を、表 2-1-4 に示します。

表 2-1-4 PSF15SG1G6 (15A/600V)の制御(保護)部規格 (指定のない場合は、 $T_{ch} = 25^{\circ}\text{C}$)

記 号	項 目	測 定 条 件		規 格 値			単位
				最小	標準	最大	
I_D	回路電流	$V_{P1}-V_{NC}, V_{N1}-V_{NC}$ の総和	$V_D=15\text{V}, V_{IN}=0\text{V}$	-	-	3.10	mA
			$V_D=15\text{V}, V_{IN}=5\text{V}$ (注1)			4.20	
I_{DB}		$V_{UFB}-U, V_{VFB}-V, V_{WFB}-W$	$V_D=V_{DB}=15\text{V}, V_{IN}=0\text{V}$	-	-	0.10	
			$V_D=V_{DB}=15\text{V}, V_{IN}=5\text{V}$	-	-	0.10	
$V_{SC(\text{ref})}$	短絡保護トリップレベル	$V_D=15\text{V}$ (注2)		0.455	0.480	0.505	V
UV_{DBt}	P側制御電源電圧低下保護	トリップレベル		9.0	10.0	12.0	V
UV_{DBr}		リセットレベル		9.0	10.0	12.0	V
UV_{Dt}	N側制御電源電圧低下保護	トリップレベル		10.3	-	12.5	V
UV_{Dr}		リセットレベル		10.8	-	13.0	V
V_{OT}	アナログ温度出力	プルダウン $R=5.1\text{k}\Omega$	LVIC温度 $=95^{\circ}\text{C}$ (注3)	2.76	2.89	3.03	V
OT_t	過熱保護 (注4)	$V_D=15\text{V}$, LVIC温度検出	トリップレベル	115	130	145	$^{\circ}\text{C}$
OT_{th}			リセット温度ヒステリシス幅	-	10	-	$^{\circ}\text{C}$
V_{FoH}	エラー出力電圧	$V_{SC}=0\text{V}, F_O=10\text{k}\Omega, 5\text{V}$ プルアップ		4.9	-	-	V
V_{FoL}		$V_{SC}=1\text{V}, I_{FO}=1\text{mA}$		-	-	0.95	V
t_{Fo}	エラー出力パルス幅	(注5)		20	-	-	μs
I_{IN}	入力電流	$V_{IN}=5\text{V}$		0.70	1.00	1.50	mA
$V_{th(\text{on})}$	入力オンしきい電圧	$U_P, V_P, W_P, U_N, V_N, W_N-V_{NC}$ 端子間		-	1.70	2.35	V
$V_{th(\text{off})}$	入力オフしきい電圧			0.70	1.30	-	V
$V_{th(\text{hys})}$	入力オフしきい値 ヒステリシス電圧			0.25	0.40	-	V
V_F	ブートストラップDi順電圧降下	$I_F=10\text{mA}$, 制限抵抗の電圧降下含む (注6)		0.9	1.3	1.7	V
R	ブートストラップDi内蔵 制限抵抗値			48	60	72	Ω

注1. $V_{IN}=3.3\sim 5\text{V}$ までの最大値を考慮

2. 短絡保護は下アームのみ動作します。また、保護電流値は定格の1.7倍以下になるように外部抵抗を選定してください。

3. LVIC温度-VOT出力特性を2.2項の図2-2-13に示します。なおLVIC温度 $=95^{\circ}\text{C}$ 以外のmin.およびmax.特性は設計値です。

4. 過熱保護(OT)はLVICの温度がOTトリップ温度に達すると F_O を出力すると共に、下アームのMOSFETの出力を遮断します。また、製品に取付けた放熱フィンが緩んだり外れたりした状態でOT保護遮断した場合は、パワーチップの接合温度が最大瞬時接合温度 150°C を超えている場合がありますので、製品を交換してください。(放熱フィンを締付け直してDIIPMを再利用しないでください。)

5. エラー出力は、短絡保護・N側(VD)制御電源電圧保護・過熱保護時に出力します。エラー出力パルス幅 t_{Fo} はそれぞれの保護モードで異なります。SC保護の場合 t_{Fo} は規定値(最小値 $=20\mu\text{s}$)となりますが、UV保護やOT保護の場合、UV状態やOT状態が解消されるまで F_O 出力されます。(最小出力時間は、 $20\mu\text{s}$ となります。)

6. ブートストラップDiの特性については4.3項をご参照ください。

制御部の電気的特性につきましては、各製品で測定条件や規格値が異なります。

詳細は各製品のデータシートにてご確認ください。

2. 1. 4 推奨使用条件

PSF15SG1G6 (15A/600V)の推奨使用条件を、表 2-1-5 に示します。

DIPIPMを安全に使用するためには、推奨使用条件範囲内で使用されるようお願いいたします。

表 2-1-5 PSF15SG1G6 (15A/600V)の推奨使用条件

記 号	項 目	測 定 条 件	規 格 値			単位
			最小	標準	最大	
V_{DD}	電源電圧	P-NU, NV, NW 端子間	0	300	400	V
V_D	制御電源電圧	$V_{P1}-V_{NC}$, $V_{N1}-V_{NC}$ 端子間	13.5	15.0	16.5	V
V_{DB}	制御電源電圧	$V_{UFB}-V_{UFS}$, $V_{VFB}-V_{VFS}$, $V_{WFB}-V_{WFS}$ 端子間	13.0	15.0	18.5	V
$\Delta V_D, \Delta V_{DB}$	制御電源電圧変動率		-1	-	+1	V/ μ s
t_{dead}	上下アーム休止時間	各アーム段入力に対応	1.0	-	-	μ s
f_{PWM}	PWM制御入力信号	$T_c \leq 115^\circ\text{C}$, $T_{ch} \leq 125^\circ\text{C}$	-	-	20	kHz
PWIN(on)	許容最小入力パルス幅	(注1)	0.7	-	-	μ s
PWIN(off)			0.7	-	-	
V_{NC}	V_{NC} 端子変動	V_{NC} -NU, NV, NW 端子間の電位差, サージ電圧含む	-5	-	+5	V
T_{ch}	チャネル温度		-20	-	125	$^\circ\text{C}$

注1. PWIN(on), PWIN(off)以下のパルス幅の入力信号には出力が応答しないことがあります。

上下アーム休止時間(t_{dead})、PWM 制御入力信号(f_{PWM})などにつきましては、各製品で測定条件や規格値が異なります。詳細は各製品のデータシートにてご確認ください。

※制御電源電圧変動率について

制御 IC の電源ラインに高周波の急峻なノイズが重畳されると、IC の誤動作が起きて Fo を出力し、更には出力を停止(ゲート遮断)することがあります。この誤動作を回避するために、ノイズの変動成分が $\pm 1\text{V}/\mu\text{s}$ より穏やかになるよう、また、そのリップル電圧も 2Vp-p より小さくなるように、電源回路を設計してください。(規定: $dV/dt \leq 1\text{V}/\mu\text{s}$, $V_{ripple} \leq 2\text{Vp-p}$)

2. 1. 5 機械的定格および特性

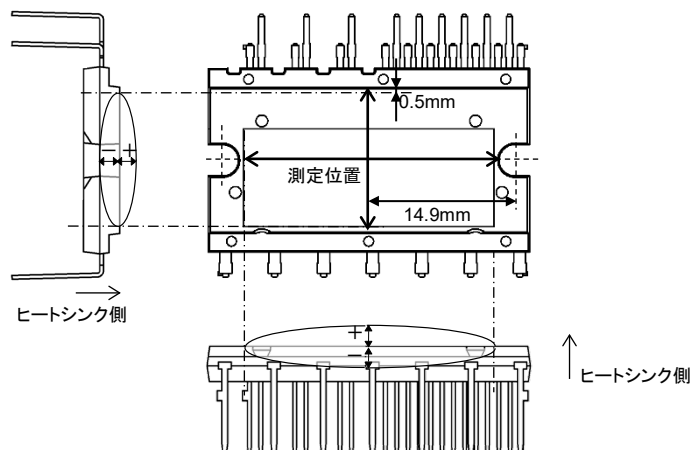
PSF15SG1G6 (15A/600V)の機械的定格および特性規格を、表2-1-6に示します。SiC SLIMDIPの取り付け方法については、2.4項を参照ください。

表 2-1-6 PSF15SG1G6 (15A/600V)の機械的定格および特性

項 目	測 定 条 件	参考規格	規 格 値			単位
			最小	標準	最大	
締付けトルク強度	取付けネジ(M3) (注1)	JEITA-ED-4701 402 方法II	0.59	0.69	0.78	N・m
端子引張り強度	荷重 制御端子: 5N, パワー端子: 10N	JEITA-ED-4701 401 方法I	10	-	-	s
端子曲げ強度	荷重 制御端子: 2.5N, パワー端子: 5N 上記荷重にて90度曲げ	JEITA-ED-4701 401 方法III	2	-	-	回
質 量		-	-	5.5	-	g
放熱面平面度	(注2)	-	-30	-	80	μm

注 1. 取り付けネジには平座金(推奨: JIS B1256)を使用してください。

注 2. 放熱面平面度測定位置



2. 2 保護機能とシーケンス

SiC SLIMDIPには、保護機能として短絡保護、制御電源電圧低下保護、過熱保護と温度出力機能があります。各保護機能の動作シーケンスを示します。

2. 2. 1 短絡保護 (SC 保護)

1) 概要

DIIPMは、内部に電流検出手段を内蔵していませんので、外部にシャント抵抗(電流検出用抵抗)を接続する必要があります。このシャント抵抗に電流が流れることによって発生する電圧を、DIIPMのCIN端子にフィードバックさせることで、DIIPMの短絡保護が可能になります。CIN端子はコンパレータに接続されています。しきい値 $V_{SC}=0.48V$ (typ)で保護動作します。保護動作に入ると、N側のMOSFET / IGBT3相分のゲートを遮断し、Fo信号を出力します。スイッチング時のリカバリー電流や、ノイズによる短絡保護回路の誤動作を防ぐため、CIN端子入力にRCフィルタ(時定数 $1.5\sim 2\mu s$ 程度)を設置してください。また、シャント抵抗部の配線は可能な限り短くすることが必要です。

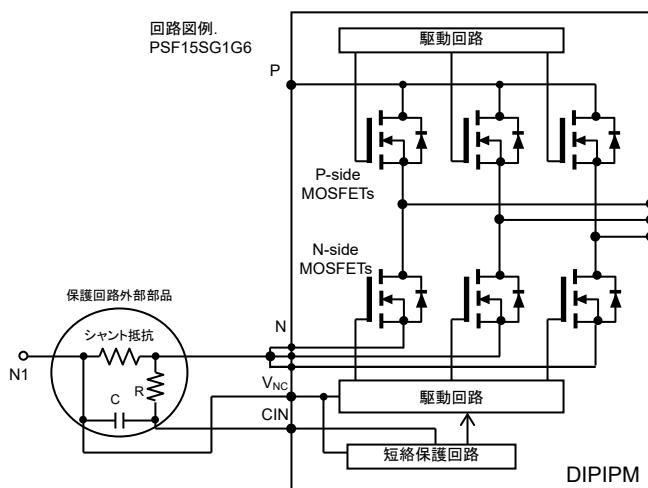


図 2-2-1 短絡保護回路(外部シャント周辺回路例)

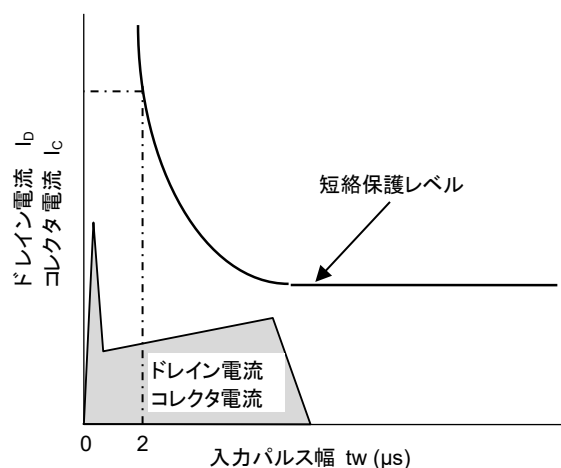


図 2-2-2 フィルタ設定

2) 短絡保護動作シーケンス

短絡保護動作シーケンス(N側のみ)・・・外付けシャント抵抗, RC 時定数回路による保護

- a1. 正常動作=MOSFET / IGBT オン=出力電流有り
- a2. 過電流検出(SCトリガ)・・・RC 時定数は、 $2\mu s$ 以内に遮断するように最適遮断時間を設定($1.5\sim 2.0\mu s$ 以下推奨)
- a3. N側全相の MOSFET / IGBT ゲートをハード遮断
- a4. N側全相の MOSFET / IGBT がオフ
- a5. Fo 出力・・・Fo 出力時間:min. $20\mu s$
- a6. 入力 “L”=オフ
- a7. Fo 出力終了。入力 “H”途中でも次のオン信号(L→H)が入力されるまで、MOSFET / IGBT はオフ状態。
(各相への入力で相ごとに通常状態に復帰します)
- a8. 正常動作=MOSFET / IGBT オン=出力電流有り

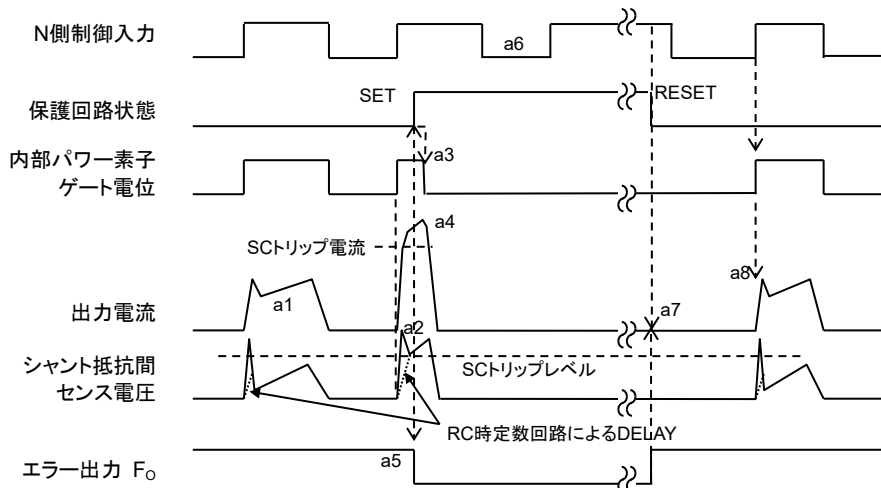


図 2-2-3 短絡保護動作シーケンス

3) ショント抵抗値の設定

(1) ショント抵抗値の設定

外部ショント抵抗値は、短絡保護トリップ電圧 $V_{SC(ref)}$ と遮断すべき電流設定値 SC から次式で設定します。

$$\text{外部ショント抵抗値 } R_{Shunt} = V_{SC(ref)} / SC$$

SC レベルの max 値は、ショント抵抗のばらつき・変動や $V_{sc(ref)}$ のばらつきを考慮して、DIIPM の飽和電流最小値以下となるように設定する必要があります。SiC SLIMDIP では、短絡保護推奨設定値は、定格電流の 1.7 倍ですので、それ以下になるように外部ショント抵抗値を設定してください。

例として PSF15SG1G6 で SC レベルを 25.5A (定格 $15A \times 1.7$) とした場合の設定を下記に示します。
PSF15SG1G6 の短絡保護トリップ電圧のばらつきを表 2-2-1 に示します。

表 2-2-1 $V_{SC(ref)}$ の規格

項目	記号	条件	min.	typ.	max.	単位
短絡保護トリップレベル	$V_{SC(ref)}$	$T_{ch}=25^{\circ}C$, $V_D=15V$	0.455	0.480	0.505	V

ショント抵抗値 R_{Shunt} 及び $V_{sc(ref)}$ と SC 保護レベルの関係は、ばらつきを考慮した場合、下記のようになります。

$$R_{Shunt} \text{ min. 値} = V_{SC(ref)} \text{ の max. 値} / SC \text{ の max. 値 (= 定格電流の 1.7 倍)}$$

$$R_{Shunt} \text{ typ. 値} = R_{Shunt} \text{ min. 値} / 0.95^* \text{ よって } SC_{typ. 値} = V_{SC(ref)} \text{ typ. 値} / R_{Shunt} \text{ typ. 値}$$

$$R_{Shunt} \text{ max. 値} = R_{Shunt} \text{ typ. 値} \times 1.05^* \text{ よって } SC_{min. 値} = V_{SC(ref)} \text{ min. 値} / R_{Shunt} \text{ max. 値}$$

*) ここではショント抵抗のばらつきを $\pm 5\%$ とする。

以上より SC レベルの動作範囲は表 2-2-2 のようになります。

表 2-2-2 SC の動作範囲 (ショント抵抗値 min. 19.8m Ω , typ. 20.8m Ω , max. 21.8m Ω)

条件	min.	typ.	max.	単位
$T_{ch}=25^{\circ}C$, $V_D=15V$ での SC 動作範囲	20.9	23.1	25.5	A

(例: 19.8m Ω ($R_{shunt \text{ min.}}$) = 0.505V (= $V_{SC(ref)} \text{ max.}$) / 25.5A (= $SC_{\text{max.}}$)

外部配線の寄生インダクタンスや寄生容量に起因する共振波形により、設計値より低い電流で保護回路が動作することがあります。抵抗値の調整は最終的には実機で評価する必要があります。

(2) RC 時定数の設定

RC フィルタ回路は、ショント抵抗に発生するノイズによる SC 保護回路の誤動作の防止と、過負荷時に十分な電流を流すことを目的としています。ノイズの印加時間と素子の耐量から RC 時定数を設定します。(推奨は 1.5~2.0 μ s)

外部ショント抵抗に SC レベルを超える電圧が発生した後、RC フィルタを介し CIN 端子に電圧が印加される時間 t_1 は下記計算式により求められます。

$$\begin{aligned} V_{SC} &= R_{shunt} \cdot I_c \cdot (1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}}) \\ t_1 &= -\tau \cdot \ln(1 - \frac{V_{SC}}{R_{shunt} \cdot I_c}) \end{aligned}$$

V_{sc} : 短絡保護トリップ電圧 $V_{SC(ref)}$ 、 R_{shunt} : ショント抵抗値、 I_c : ピーク電流値、 τ : RC 時定数、 t_1 : 遮断時間

また、CIN 端子に保護レベルを超える電圧が印加されてから、実際に MOSFET / IGBT のゲートが遮断されるまでには、下記表 2-2-3 に示すような IC 内部の遅れ時間 t_2 が掛かります。

表 2-2-3 SC 回路遅れ時間 (代表: PSF15SG1G6)

項目	min.	typ.	max.	単位
SC 遮断時間	-	-	0.5	μ s

従って、外部ショント抵抗に SC レベルを超える電圧が発生した後、MOSFET / IGBT のゲートを遮断するまでの時間 t_{TOTAL} は、下記となります。

$$t_{TOTAL} = t_1 + t_2$$

2. 2. 2 制御電源電圧低下保護 (UV 保護)

制御電源電圧が低下すると、MOSFET / IGBTのゲート電圧が下がることによる弊害が生じます。推奨電源電圧内での使用をお願いします。制御電源電圧が低下すると、MOSFET / IGBTを保護するため、制御電源電圧低下保護(UV)が動作します。P側、N側の両方にUV回路がありますが、N側回路でUVが動作したときのみ、Fo信号を出力します。Fo信号は、制御電源電圧が低下している期間出力します。P側はMOSFET / IGBTのゲート遮断のみで、Fo信号は出力しません。

また、この保護回路には、ノイズ等による瞬間的な電圧低下での保護動作を除去するため、約7 μ s(標準値)のフィルタを内蔵しておりますので制御電源電圧がトリップ電圧(UV_{DBt} 、 UV_{Dt})まで低下した場合でも、約7 μ s以内であれば保護は働きません。

表 2-2-4 各制御電源電圧範囲での DIPIPM の状態

制御電源電圧範囲(V_D , V_{DB})	状態
0-4.0V(P 側,N 側)	制御 IC の正常動作電圧領域ではないため、電源電圧低下保護(UV)、Fo などの各種保護動作の正常動作は保証されません。 MOSFET / IGBT のしきい電圧以下であり、基本的にオンしませんが、外来ノイズ等により誤オンの可能性がありますので制御電源より先に DC-LINK 電圧を立上げないで下さい。
4.0- UV_{Dt} (N 側), UV_{DBt} (P 側)	制御電源電圧低下保護(UV)動作範囲内 制御入力信号を加えても、スイッチング動作を停止しています。 電源電圧低下保護(UV)が動作し、Fo を出力します。
UV_{Dt} (N 側)-13.5V UV_{DBt} (P 側)-13.0V	スイッチング動作します。 但し推奨範囲外ですので、DIPIPM の仕様書で規定している $V_{DS(on)}$ ・スイッチング時間共に規格値を外れて損失が増加し、チャネル温度が上昇する可能性があります。
13.5~16.5V(N 側) 13.0~18.5V(P 側)	推奨電源電圧範囲内 正常動作します。
16.5~20.0V(N 側) 18.5~20.0V(P 側)	スイッチング動作します。 但し、推奨範囲外ですので、スイッチング時間が高速になりすぎて、短絡時にはチップの短絡耐量が不足し、破壊することがあります。
20.0V~	IPM の制御回路が破壊する可能性があります。

※リップルノイズの規定

制御 IC の電源ラインに高周波の急峻なノイズが重畳されると、IC の誤動作が起きて Fo を出力し、更には出力を停止(ゲート遮断)することがあります。この誤動作を回避するために、ノイズの変動成分が $\pm 1V/\mu s$ より穏やかになるよう、リップル電圧が 2V より小さくなるように、電源回路を設計してください。(規定: $dV/dt \leq 1V/\mu s$, $V_{ripple} \leq 2Vp-p$)

制御電源電圧低下保護動作シーケンス(N 側, UV_D)

- a1. 制御電源電圧立上り…… UV_{Dr} にて次のオン信号(L→H)入力より動作開始(各相への入力で相ごとに通常状態に復帰します)
- a2. 正常動作=MOSFET / IGBT オン=出力電流あり
- a3. 制御電源電圧低下(UV_{Dt})
- a4. N 側全相の MOSFET / IGBT オフ……制御入力の状態に関わらずオフ
- a5. Fo 出力(20 μs (min)以上、制御電源電圧が復帰するまでの間出力)
- a6. 制御電源電圧復帰(UV_{Dr})
- a7. 正常動作=MOSFET / IGBT オン=出力電流あり

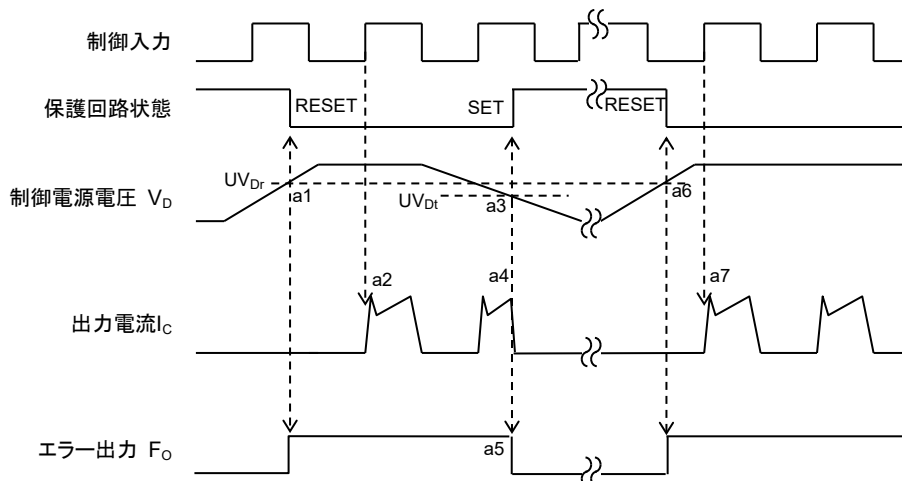


図 2-2-4 制御電源電圧低下保護(N 側)動作シーケンス

制御電源電圧低下保護動作シーケンス(P 側, UV_{DB})

- a1. 制御電源電圧立上り…… UV_{DBr} にて次のオン信号(L→H)入力より動作開始
- a2. 正常動作=MOSFET / IGBT オン=出力電流あり
- a3. 制御電源電圧低下(UV_{DBt})
- a4. 該当相の P 側 MOSFET / IGBT のみオフ……制御入力に関わらずオフ, F_o 出力はなし
- a5. 制御電源電圧復帰(UV_{DBr})
- a6. 正常動作=MOSFET / IGBT オン=出力電流あり

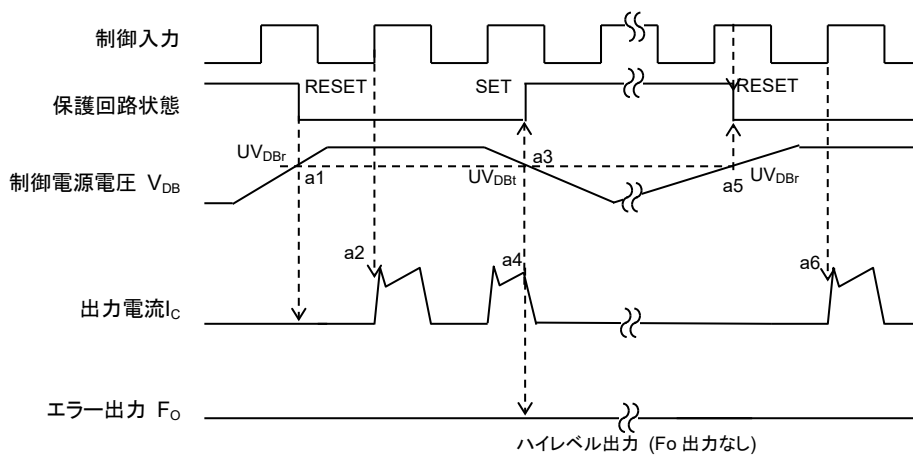


図 2-2-5 制御電源電圧低下保護(P 側)動作シーケンス

2. 2. 3 過熱保護(OT 保護)

SiC SLIMDIPは、内蔵IC(LVIC)の温度をモニタすることによる過熱保護機能(OT)を搭載しています。LVICの温度がトリップ温度を超えて過熱保護が働くと、トリップ温度以上である間、N側の入力を無視して、N側MOSFET / IGBT全相をオフ状態にし、Foも出力し続けます。(P側MOSFET / IGBTはシャットダウンされません。)

過熱保護トリップ温度の規格を表2-2-5、保護シーケンスを図2-2-6に示します。

表 2-2-5 過熱保護トリップ温度

項目	記号	条件		最小値	標準値	最大値	単位
過熱保護	OT _t	V _D =15V, LVIC の 温度を検出	トリップレベル	115	130	145	°C
	リセット温度ヒステリシス幅		—	10	—	°C	

過熱保護動作シーケンス(N 側のみ)

- a1. 正常動作=MOSFET / IGBT オン=出力電流あり
- a2. LVIC 温度が過熱保護トリップレベル(OT_t)以上に上昇
- a3. N 側全相の MOSFET / IGBT オフ…制御入力の状態に関わらずオフ
- a4. Fo 動作開始(min. 20μs 以上、LVIC 温度が低下するまでの間 Fo 出力)
- a5. LVIC 温度がリセットレベル(OT_t-OT_{rh})以下に低下
- a6. 次のオン信号(L→H)入力より正常動作開始(各相への入力で相ごとに通常状態に復帰します)

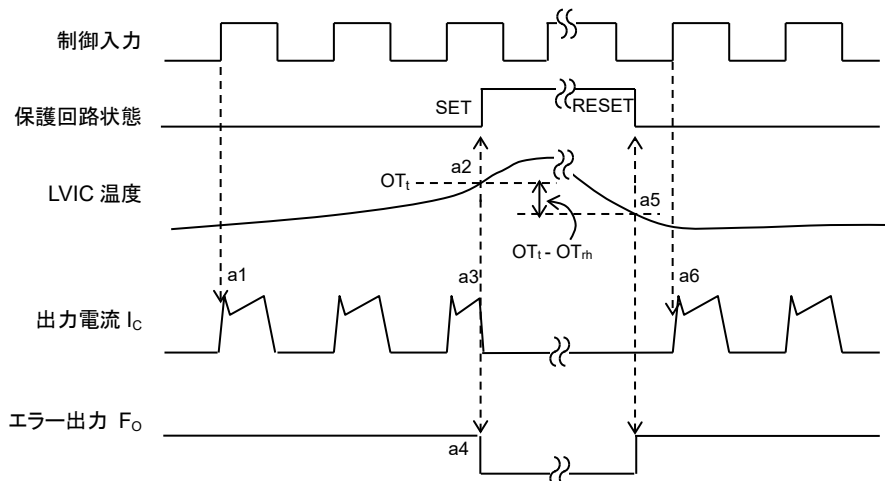


図 2-2-6 過熱保護動作シーケンス

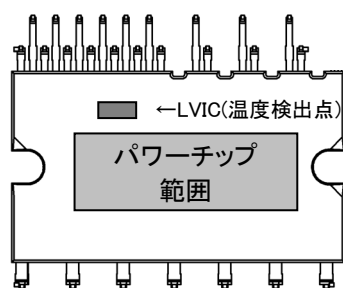
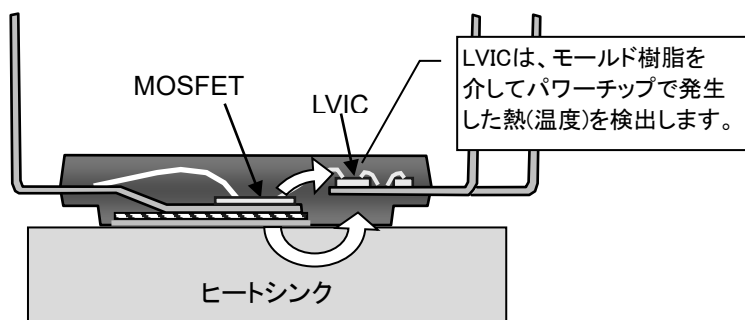


図 2-2-7 OT 機能の温度検出位置

図 2-2-8 パワーチップからの熱伝導
(代表図: PSF15SG1G6)

過熱保護機能についての注意事項

- (1) ロックや過電流時等のような急激な接合温度上昇には本機能は、有効に働きません。(パワーチップから距離のあるLVICの温度をモニタしているため、パワーチップの急激な温度上昇には追従できません)
- (2) エラー出力で停止した際に、冷却システムが異常(放熱フィンの緩み、外れ、あるいは空冷ファンの故障など)であった場合は、過熱保護機能が働いて、Fo 出力された可能性が高く、パワーチップの接合温度が絶対定格の瞬時接合温度 150°C を超えている可能性がありますので、IPM を交換する必要があります。
(冷却システムのみを修理し、DIPIPM を再使用することは、お止めください。)

2. 2. 4 温度出力機能 VOT

(1) 温度出力機能の使用方法

本温度出力機能は、制御 IC(LVIC)部に温度検出素子を配置し、LVIC 部の温度を検出し出力しています。

そのため、パワーチップの発熱は、モールド樹脂を介して伝わりますので、モータロックや短絡などパワーチップの急激な温度上昇には、LVIC の温度上昇は追従できません。

本機能は、放熱用のファンの停止など放熱系の故障などによる温度上昇や重負荷継続時の出力制限といった、外付けヒートシンクなどに取り付けられていたサーミスタと同様な方法での使用を推奨いたします。

(2) 温度出力端子(V_{OT} 端子)仕様

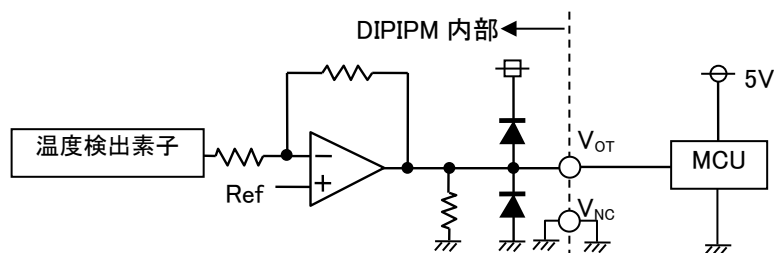
V_{OT} 端子の出力能力を表 2-2-6 に示します。 V_{OT} 出力は、図 2-2-9 に示しますように温度検出素子の出力を OP アンプで増幅して、 V_{OT} 端子に出力する構成としています。その出力特性は、図 2-2-13 に示しますように、温度に対し線形変化いたします。本出力の使用上の注意点を以下に記します。

表 2-2-6 出力電流定格($T_c = -30^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$)

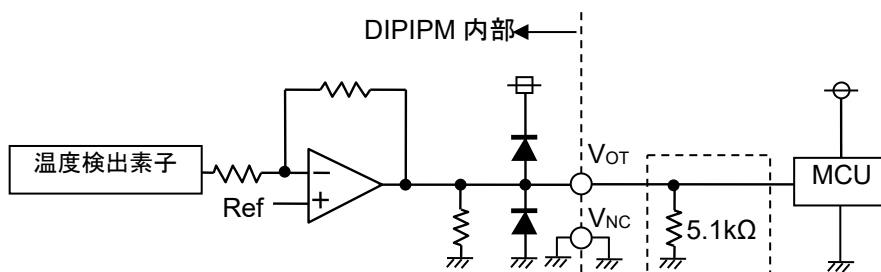
	min.
ソース電流能力	1.7mA
シンク電流能力	0.1mA

*) ソース電流: V_{OT} 端子から流し出す電流

シンク電流: V_{OT} 端子に引き込む電流

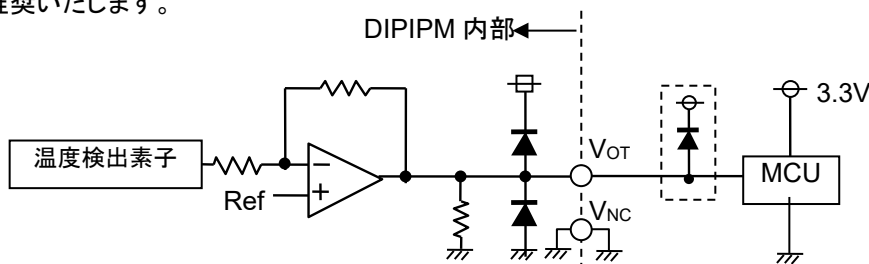
図 2-2-9 LVIC V_{OT} 端子部回路図● 室温以下時の V_{OT} 出力について

室温より低い温度時において、出力の線形性が必要な場合、 $V_{OT}-V_{NC}$ (=コントローラ GND)間に $5.1\text{k}\Omega$ のプルダウン抵抗の設置を推奨いたします。プルダウン抵抗を設置される場合は、 V_{OT} 出力電圧÷抵抗値程度の電流が、LVIC の消費電流として常時余分に流れることになります。過熱保護のためだけに本出力を使用し、室温以下の出力が不要な場合、プルダウン抵抗は接続不要です。

図 2-2-10 LVIC V_{OT} 端子部回路図 (室温以下出力使用時)

● 低電圧マイコン使用時について

低電圧マイコンを使用する場合 V_{OT} 出力は、温度が上昇した際にマイコンの電源電圧を超える可能性があります。 3.3V マイコンなどを使用される場合は、マイコンの保護のため、 V_{OT} 出力とマイコンの電源(3.3V)の間にクランプダイオードの設置を推奨いたします。

図 2-2-11 LVIC V_{OT} 端子部回路図 (低電圧マイコン使用時)

- 保護設定電圧がマイコン電源電圧を超える場合について

低電圧(3.3V など)マイコン使用時、保護しきい値がマイコンの電源電圧以上(例: $V_{OT}=3.3V$ 以上)となるような設計が必要な場合、 V_{OT} 出力を抵抗分圧してマイコンの A/D コンバータに入力する方法があります。(図 2-2-12)
 その際、分圧抵抗値の合計が $5k\Omega$ 程度となるように設定ください。

上述のクランプダイオードの設置は、 V_{OT} 出力は分圧されることから基本的にマイコンの電源電圧以上に上がらないと考えられるため不要と思われますが、設置の要不要は設定した分圧比にて判断ください。

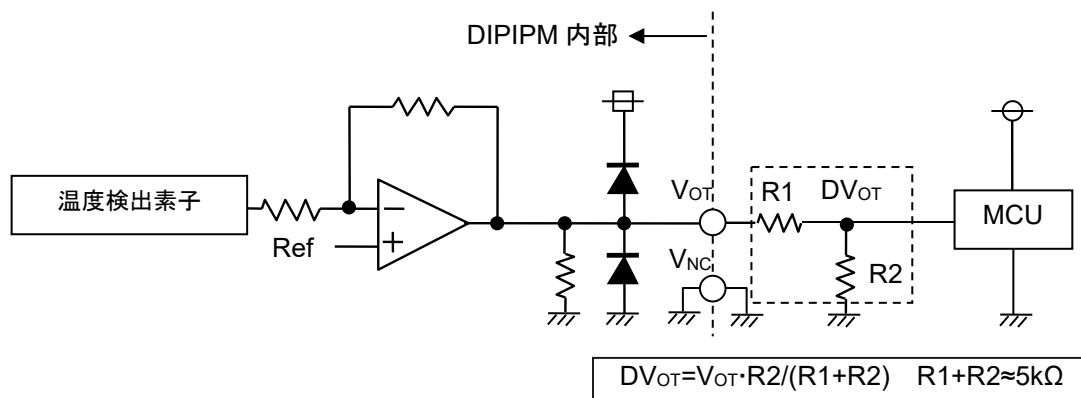


図 2-2-12 V_{OT} 端子部回路例 (保護しきい値が高い場合)

LVIC 温度- V_{OT} 特性を図 2-2-13 に示します。下図に示す VOT 出力特性はシステムにて過熱保護を設定する際の参考データとしてお取り扱いください。なおスペックにて規定する LVIC 温度以外の特性は設計値です。

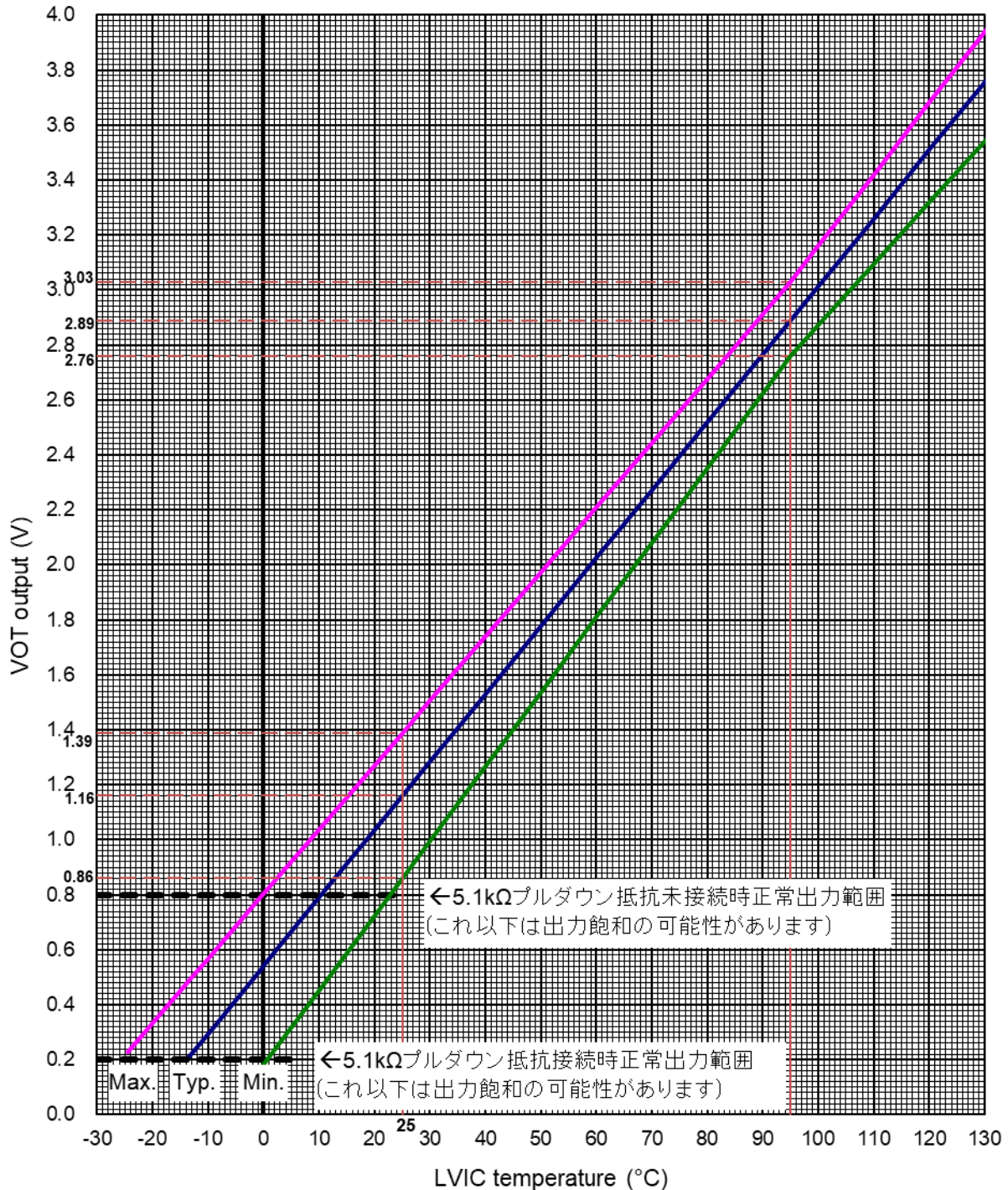


図 2-2-13 LVIC 温度- V_{OT} 出力電圧関係(代表: PSF15SG1G6)

上述のとおり、パワーチップの発熱は、外部ヒートシンクなどを介して LVIC に伝わりますので、温度出力される LVIC 温度(T_{ic})とパワーチップチャネル温度(T_{ch})、チップ直下のケース温度(T_c)の関係は、外部ヒートシンク、放熱条件、制御方法によって異なります。

この関係は放熱条件により変わりますので、本温度出力を使用した温度保護設計するためには、パワーチップチャネル温度(T_{ch})、LVIC 温度(アナログ温度出力: T_{ic})、ケース温度(T_c)の関係を実システム(放熱系)で評価して求めたうえで、温度保護設定値($T_c=115^{\circ}\text{C}$ 以下かつ $T_{ch}=150^{\circ}\text{C}$ 以下となる範囲)を検討する必要があります。

2. 3 SiC SLIMDIP のパッケージ

2. 3. 1 外形図とPCB スルーホールパターン

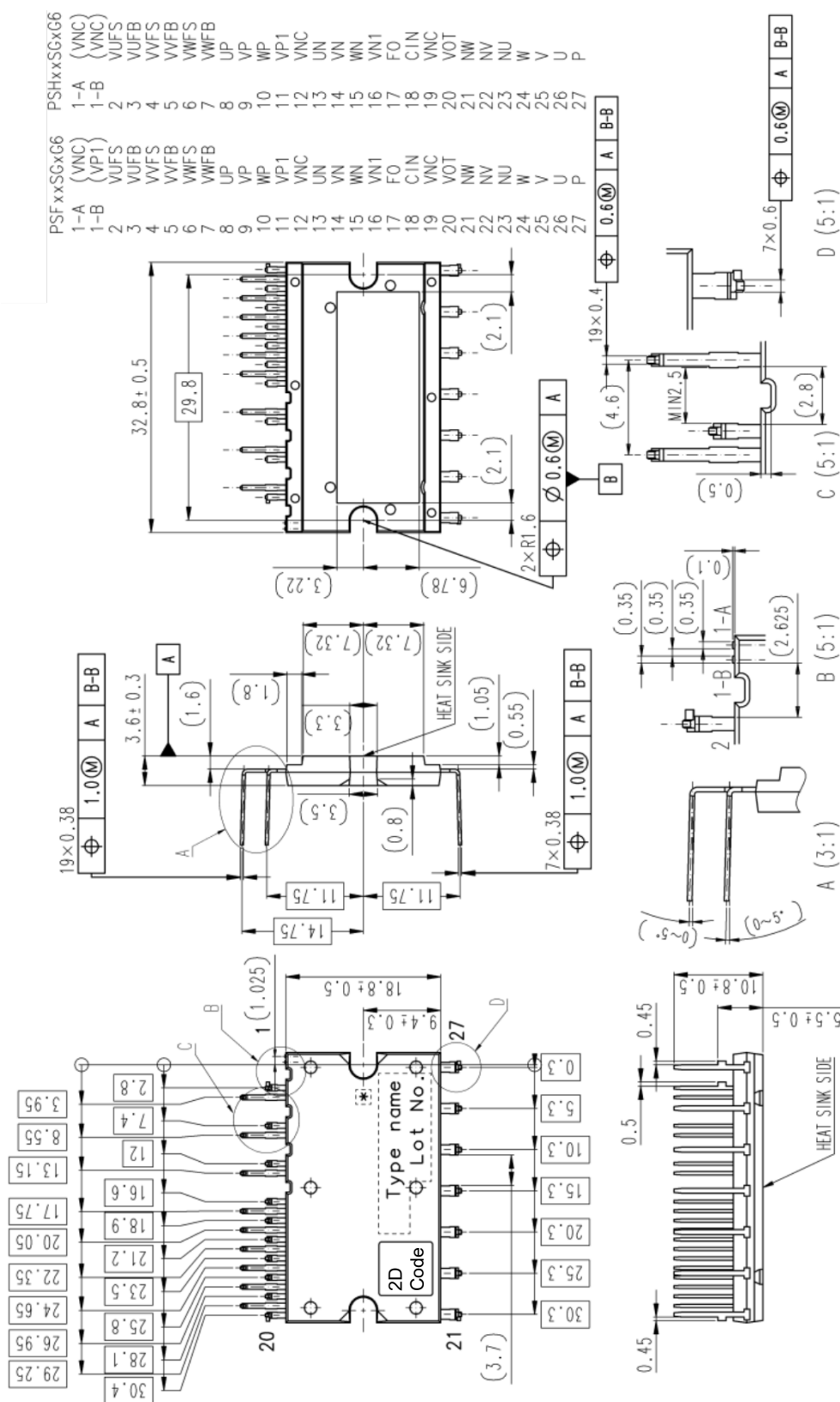


図 2-3-1 SiC SLIMDIP 標準端子仕様 外形図 (単位:mm)

*) 12,19ピンのVNC(制御電源 GND 端子)は、内部で接続されていますのでどちらから一方のみ使用して、他方はオープン状態でご使用ください

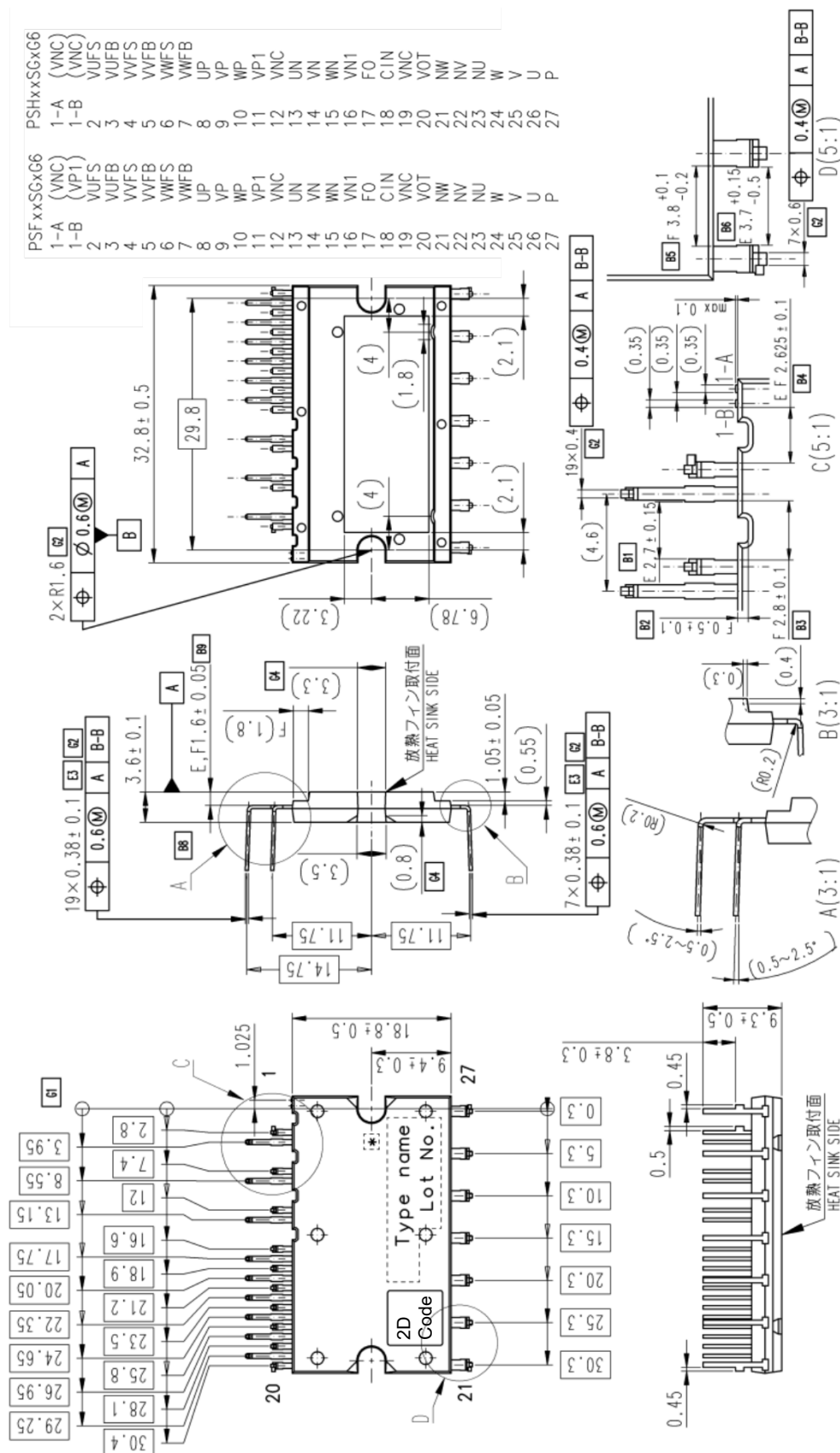


図 2-3-2 SiC SLIMDIP 短尺端子仕様 外形図 (単位:mm)

*) 12,19ピンのVNC(制御電源 GND 端子)は、内部で接続されていますのでどちらから一方のみ使用して、他方はオープン状態でご使用ください

SiC SLIMDIP の推奨スルーホール位置と径のレイアウトを図 2-3-3 に示します。

[単位: mm]

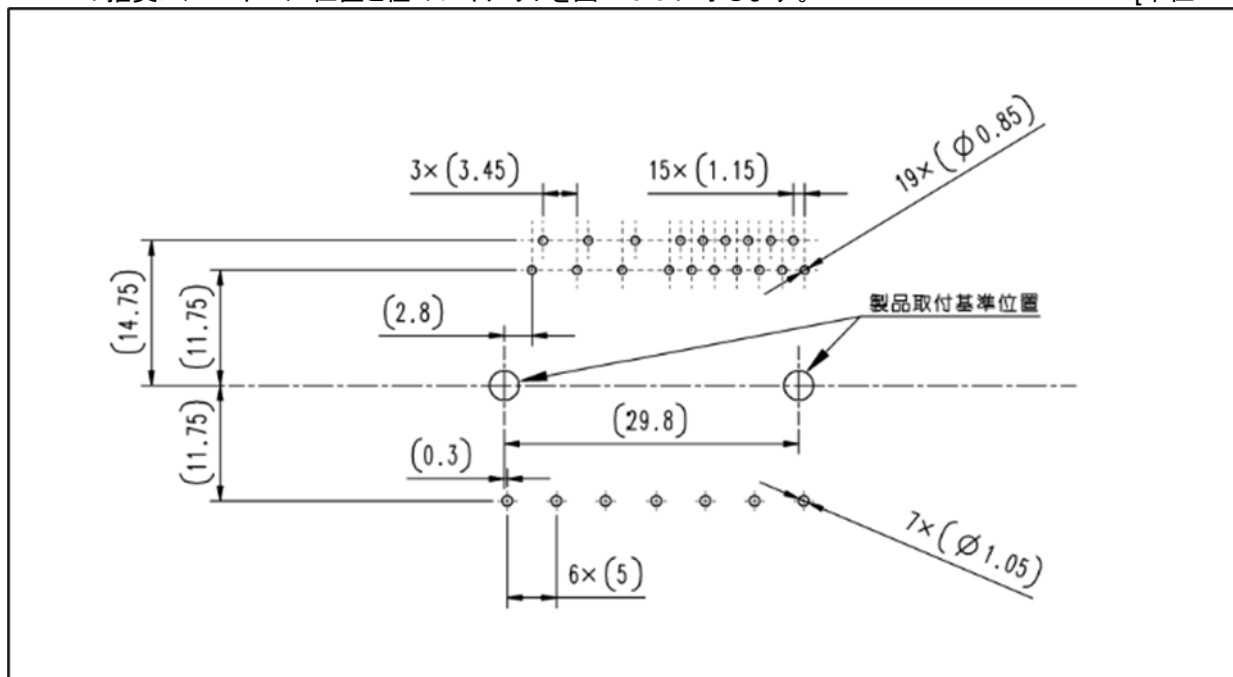


図 2-3-3 SLIMDIP の PCB スルーホールパターン(参考図)

2. 3. 2 マーキング

図2-3-4にSiC SLIMDIPのレーザーマーキング範囲を示します。

社名、原産国、形名、ロット番号、製品仕様および2Dコードは、モジュール上部(放熱面の反対側)にマーキングされます。

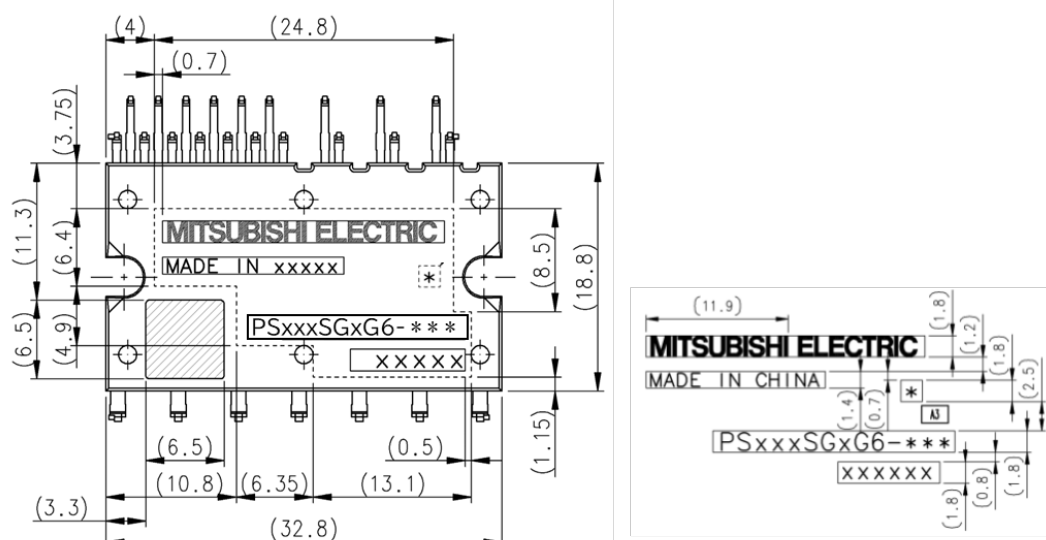


図2-3-4 マーキング図 (単位:mm)

ロット番号は、製造年・月、ランニング番号及び生産国を示します。詳細は以下のとおりです。

(例)

H 5 8 AA1

ランニング番号

生産月 (ただし、O: 10月 N: 11月 D: 12月)

生産年の末桁 (例. 2015年の場合"5")

生産場所・工場別識別記号

H: 中国生産品

製品表面の刻印*は、製品識別のために文字を刻印する場合があります。

2. 3. 3 端子配列と名称

表 2-3-1 端子説明

No.	端子名	端子説明
1-A	(V _{NC}) ^{*2}	内部使用端子(制御 GND 電位のため接続不可)
1-B	(V _{P1}) ^{*2,3}	内部使用端子(制御電源電位のため接続不可)
2	V _{UFS}	UP 相駆動電源 GND 端子
3	V _{UFB}	UP 相駆動電源端子
4	V _{VFS}	VP 相駆動電源 GND 端子
5	V _{VFB}	VP 相駆動電源端子
6	V _{WFS}	WP 相駆動電源 GND 端子
7	V _{WFB}	WP 相駆動電源端子
8	U _P	UP 相制御入力信号端子
9	V _P	VP 相制御入力信号端子
10	W _P	WP 相制御入力信号端子
11	V _{P1}	P 側制御電源端子(+)
12	V _{NC} ^{*1}	P 側制御電源 GND 端子(19ピンと内部で接続)
13	U _N	UN 相制御入力信号端子
14	V _N	VN 相制御入力信号端子
15	W _N	WN 相制御入力信号端子
16	V _{N1}	N 側制御電源端子(+)
17	F _o	エラー出力端子
18	C _{IN}	短絡トリップ電圧検出端子
19	V _{NC} ^{*1}	N 側制御電源 GND 端子(12ピンと内部で接続)
20	V _{OT}	温度出力端子
21	NW	W 相出力 GND(エミッタ)端子
22	NV	V 相出力 GND(エミッタ)端子
23	NU	U 相出力 GND(エミッタ)端子
24	W	W 相出力端子 (No.6 と内部接続しています)
25	V	V 相出力端子 (No.4 と内部接続しています)
26	U	U 相出力端子 (No.2 と内部接続しています)
27	P	インバータ電源(+)端子

*1) この2端子は、内部で接続されていますのでどちらか一方のみ使用して、他方はオープン状態でご使用ください。

*2) No.1-A,1-B は内部使用のダミー端子ですが電位をもっているため、何も接続しないでください。

*3) PSH15SG1G6 のダミー端子 1-B は(V_{NC}: 内部使用端子)であり、ダミー端子 1-A と同様に制御 GND 電位のため接続不可となります。

SiC SLIMDIP シリーズ アプリケーションノート

表 2-3-2 SiC SLIMDIP の入出力端子構造

項目	記号	内容
P 側駆動電源端子 P 側駆動電源 GND 端子	V_{UFB} - V_{UFS} V_{VFB} - V_{VFS} V_{WFB} - V_{WFS}	<ul style="list-style-type: none"> High-side MOSFET / IGBT 駆動用電源端子です。 ブートストラップコンデンサを外付けすることにより外部電源を代替できます。ブートストラップコンデンサは、出力端子が GND レベルになった際に V_D によって充電されます。 V_{DB} が安定していないと誤動作の原因となります。ブートストラップコンデンサと並列に、周波数及び温度特性の良いパスコン($\sim 2\mu F$ 程度)を接続されることを推奨します。 制御電源へのサージ電圧吸収用にツェナダイオード(ツェナ電圧 24V、電力損失 1W 程度)を端子近傍に接続することをお奨めします。
P 側制御電源端子 N 側制御電源端子	V_{P1} V_{N1}	<ul style="list-style-type: none"> 内蔵 IC の制御側電源端子です。(LVIC と HVIC)。 V_{P1}, V_{N1} は外部基板上で接続してください。 ノイズと電源リプルによる誤動作を抑えるために周波数特性の良い平滑コンデンサを制御端子近傍に接続ください。また、周波数及び温度特性の良いパスコン($\sim 2\mu F$ 程度)を接続されることを推奨します。 電圧リプルは規格内にはいるように設計ください。 制御電源へのサージ電圧吸収用にツェナダイオード(ツェナ電圧 24V、電力損失 1W 程度)を端子近傍に接続することをお奨めします。
制御電源 GND 端子	V_{NC}	<ul style="list-style-type: none"> 内蔵 IC の制御側 GND 端子です。(LVIC と HVIC) 入力、F_O 出力など制御基準電位となるのでノイズの影響を避けるため、制御 GND 配線に母線電流が流れないようにしてください。(パワー GND と分けて配線する) V_{NC} 端子は 2 ヶ所ありますが、内部で接続されていますので、どちらか一方のみ使用し、他方はオープン状態で使用してください。
制御入力端子	U_P, V_P, W_P U_N, V_N, W_N	<ul style="list-style-type: none"> スイッチング制御する入力端子です。内部で min3.3kΩ でプルダウンされています。 電圧駆動タイプです。内部は CMOS 構成のシュミットトリガ回路に接続されています。 ノイズに敏感ですので、パターンは最短とし、かつ配線に注意してください。ノイズなどが重畳している場合は、RC フィルタを接続してください。RC フィルタを追加する場合、DIPIPM 内部のプルダウン抵抗との分圧になりますのでご注意ください。
短絡トリップ 電圧検出端子	CIN	<ul style="list-style-type: none"> 短絡時に電流検出用シャント抵抗で発生した電位を RC フィルタを通して、この端子に入力し短絡保護を行います。 RC フィルタ時定数は 2μs 以下を推奨します。
エラー出力端子	F_O	<ul style="list-style-type: none"> DIPIPM の異常状態(N 側の SC, UV, OT 保護動作時)を示す出力です。 オープンドレイン出力です。F_O 出力時のシンク電流を 1mA 以下にする必要がありますので外部で 5V 系電源に 5kΩ 以上(推奨 10kΩ)の抵抗でプルアップしてください。
温度出力端子	V_{OT}	<ul style="list-style-type: none"> LVIC 温度をアナログ信号で出力する端子です。内部はオペアンプの出力となっています。 室温以下時の出力の線形性が必要な場合、5.1kΩ のプルダウン抵抗を設置ください。
インバータ 電源端子	P	<ul style="list-style-type: none"> インバータの電源端子です。P 側 MOSFET / IGBT のコレクタに接続されています。 パターンのインダクタンス成分によるサージ電圧を抑制するため、平滑コンデンサを P, N 両端子の直近に配置してください。また、周波数特性に優れたフィルムコンデンサの追加も効果的です。
インバータ GND 端子	NU, NV, NW	<ul style="list-style-type: none"> インバータのグランドです。 NU に U 相、NV に V 相、NW に W 相の N 側 MOSFET / IGBT のエミッタが接続されています。
インバータ出力端子	U, V, W	<ul style="list-style-type: none"> インバータ出力用の端子です。 モータなどの負荷を接続します。 内部はハーフブリッジで構成された出力 MOSFET / IGBT の中点に接続されています。

※ スwitchング動作時の DIPIPM 制御電源端子、P-N 間電圧のサージ電圧や、入力端子のノイズをオシロスコープなどで確認してください。その際、オシロスコープの時間軸は 1 $\mu s/div$ 以下での確認が必要です。

定格を超えるサージや入力しきい値を越えるようなノイズが重畳しているようであれば、対策(配線見直し、コンデンサの位置、容量の見直し、ツェナダイオードの搭載、フィルタの強化など)をご検討ください。

SiC SLIMDIP シリーズ アプリケーションノート

2. 4 SiC SLIMDIP の取り付け方法

SiC SLIMDIP の絶縁距離および SiC SLIMDIP を放熱ヒートシンクに取り付ける場合の注意点を示します。

2. 4. 1 SiC SLIMDIP の絶縁距離

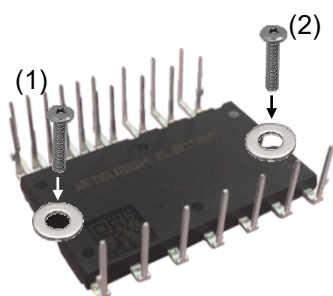
SiC SLIMDIP の各空間、沿面距離を表 2-4-1 に示します。

表 2-4-1 SiC SLIMDIP 絶縁距離(min 値)

	空間距離(mm)	沿面距離(mm)
充電部異電極端子間	2.50	3.00
外部端子－放熱ヒートシンク間	1.55	3.00

2. 4. 2 SiC SLIMDIP の取り付け方法と注意点

モジュールをヒートシンクなどに取り付ける際、過剰なトルクでの締め付けや、片締めを行うと、パッケージに応力が加わりモジュール内パワー素子などのチップまたは、パッケージ破壊(絶縁劣化)を招くことになります。推奨する締め付け順序例を図 2-4-1 に示します。締め付け時にはトルクドライバーを使用し、所定のトルクで締めつけてください。また、DIIPM の放熱面とヒートシンク表面に、異物が混入しないようにしてください。正常な取り付け手順を設定した場合でも突発的な過度の締め付けや異物の混入などによるパッケージへのダメージ印加の可能性もあり得ますので、安全性の確保の観点から DIIPM 取り付け後の製品でも絶縁検査等の確認作業の実施を推奨いたします。



仮締め

(1)→(2)

本締め

(1)→(2)

Note: 仮締めの締め付けトルクは、推奨トルクの最大値の 20～30%を目安に設定してください。
また、交互に締め付けるのであれば順序はどちらが先でも問題ありません。((2)→(1)の順序でも可です)

図2-4-1 推奨締め付け手順

表 2-4-2 締め付けトルク強度とヒートシンク平面度の規格

項 目	条 件	最小値	標準値	最大値	単 位
締め付けトルク強度	取付けネジ:M3*	0.59	0.69	0.78	N・m
外付けヒートシンク平面度	図 2-4-2 を参照	-30	-	80	μm

*)取り付けねじには平座金(推奨:JIS B1256)を使用してください。

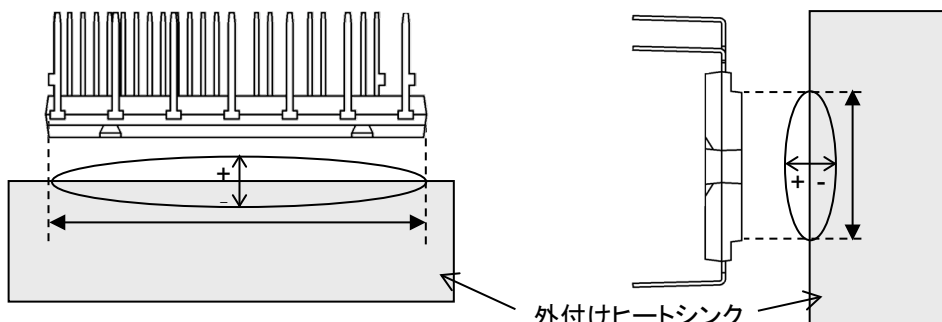


図 2-4-2 外付けヒートシンクの平面度測定位置

放熱効果を最大限に得るためには、その接触面積をできるだけ大きくし接触熱抵抗を最小にする必要があります。ヒートシンクの平面度(反り/凹凸)は、DIIPM 取り付け面において、図 2-4-2 のとおりとし、表面仕上げ Rz12 以内を推奨します。また、DIIPM の放熱面とヒートシンクとの接触面には熱伝導性の良いグリースを 100μm～200μm 程度、均一になるように塗布してください。ヒートシンクとの接触面にグリースを塗布しますと接触部の腐食防止にも役立ちます。ただし、塗布するグリースは、使用動作温度範囲内で変質せず、経年変化のないものをご使用ください。製品放熱面-ヒートシンク間の熱抵抗は、締め付けた状態におけるグリースの厚さ、グリースの熱伝導率等により異なります。目安として、グリース厚 20μm、グリースの熱伝導率 1.0W/m・K 時の製品放熱面-フィン間熱抵抗値(1/6 モジュール)は、0.4°C/W となります。グリース塗布、ヒートシンク取り付け時には、空気を巻き込まないように十分なじませてください。

(接触熱抵抗の増加、締め付けの緩みにつながる可能性があります)

放熱グリース内フィラー径、粘度あるいは塗布量によって締め付け後に放熱グリースが厚くなり、接触熱抵抗の悪化やパッケージ割れの恐れがあります。放熱グリースの選定や塗布方法に十分ご注意ください。

なお、放熱グリースの詳細な特徴や特性につきましては、メーカーに直接お問い合わせください。

2. 4. 3 はんだ付け条件

SiC SLIMDIP 基板実装時のはんだ付け条件を下記します。(リフローはんだ付けはできません。)

(1) フローはんだ条件

フローはんだの条件につきましては、はんだ槽温度 $260^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以下、浸漬時間 10 ± 1 秒以内であれば、当社信頼性試験条件(表 2-4-3)以下であり問題ないものと考えます。また、予備加熱につきましては、DIIPM の保存温度定格の 125°C 以下での実施を推奨します。

フローはんだ付けでは、はんだ噴流の状態、コンベア速度、基板のランド、スルーホール形状などによって条件が変化いたします。最終的には実際の基板を使用し、現品で問題ないことをご確認願います。

表 2-4-3 信頼性試験条件

信頼性項目	試験条件
はんだ耐熱性	はんだ温度 $260^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 、 10 ± 1 秒

(2) 手はんだ条件

はんだごてなどによる手はんだ付け条件につきましては、はんだごての種類(ワット数含む)や基板上の配線パターンにより変わりますので、一般的な推奨条件は提示しておりません。

はんだごてによるはんだ付け時の温度は、DIIPM のトランスファーモールド樹脂の T_g (ガラス転位温度)やチップ耐熱温度を考慮して、リード端子根元部で 150°C 以下にすることを推奨しています。はんだ付け条件を設定する場合には、ご使用のはんだごて、基板にて DIIPM の端子根元温度、はんだぬれ性などを十分ご確認のうえ、設定願います。(はんだ付け時間は極力短時間としてください)

また、はんだごて使用時の一般的な注意点として、半導体用のはんだごて($12\sim 24\text{V}$ の低電圧仕様)を用いて、こて先はアースして使用願います。温度管理のために、温度調整機能付きのはんだごてが有効です。

第3章 SiC SLIMDIP の使用方法

3. 1 SiC SLIMDIP の使用方法と応用

この章では、SiC SLIMDIP の使用方法、周辺回路例について説明します。

3. 1. 1 システム接続例

C1:温度・周波数特性に優れた電解コンデンサ

注)容量値は PWM 制御入力方式によって変わります。

C2:バイパスコンデンサ 0.01~2 μ F ノイズ除去用の温度、周波数、
DC バイアス特性に優れたセラミックコンデンサ(B, R 特性など。)

C3:スナバコンデンサ 0.1~0.22 μ F程度(フィルムコンデンサなど)

D1:サージ保護用ツェナダイオード24V/1W

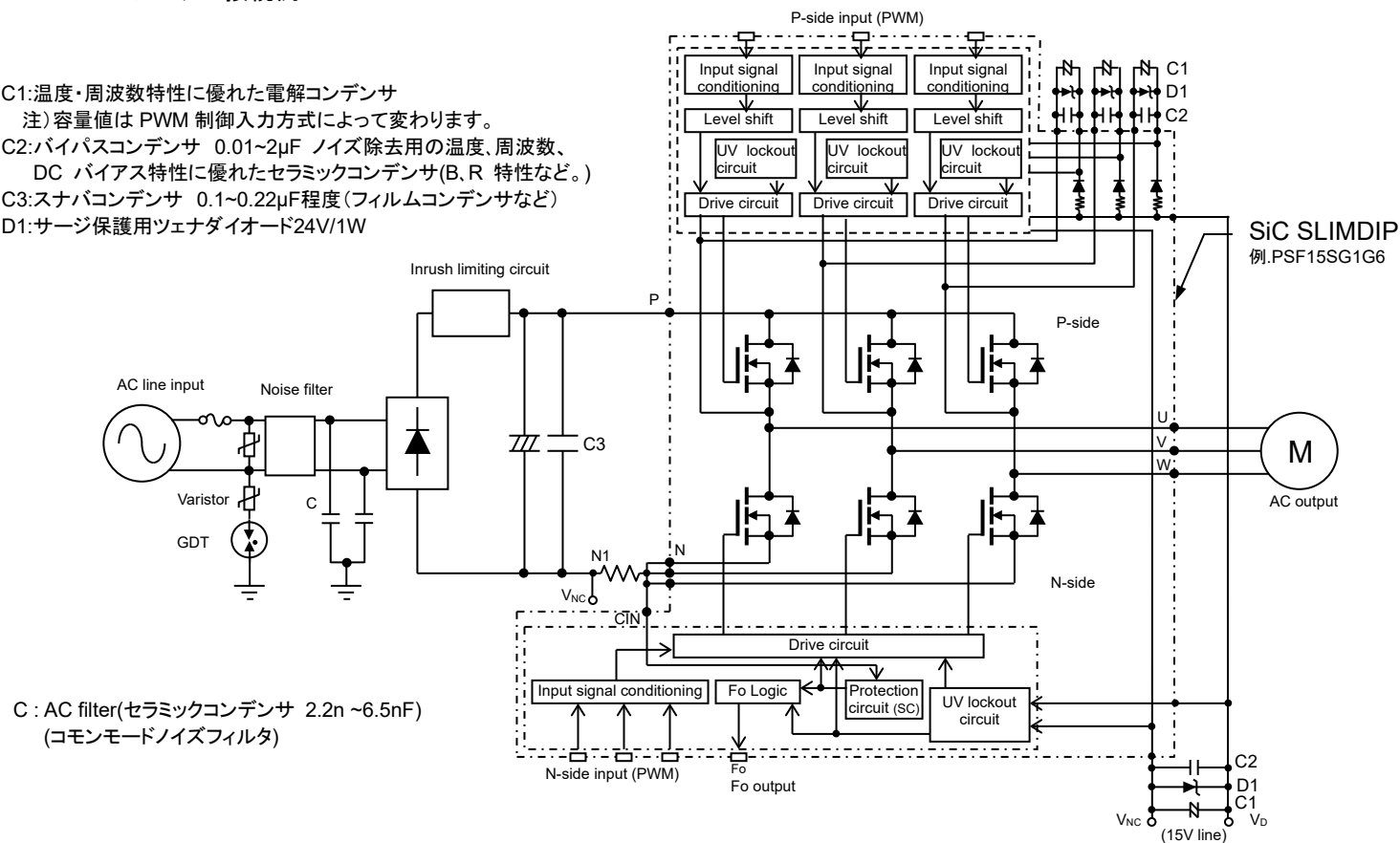


図 3-1-1 システム接続例

3. 1. 2 インターフェイス回路例 (直接入力時、1 シャント抵抗時)

マイコン (MCU) や DSP などと、SiC SLIMDIP を直接接続する場合のインターフェイス回路例を示します。

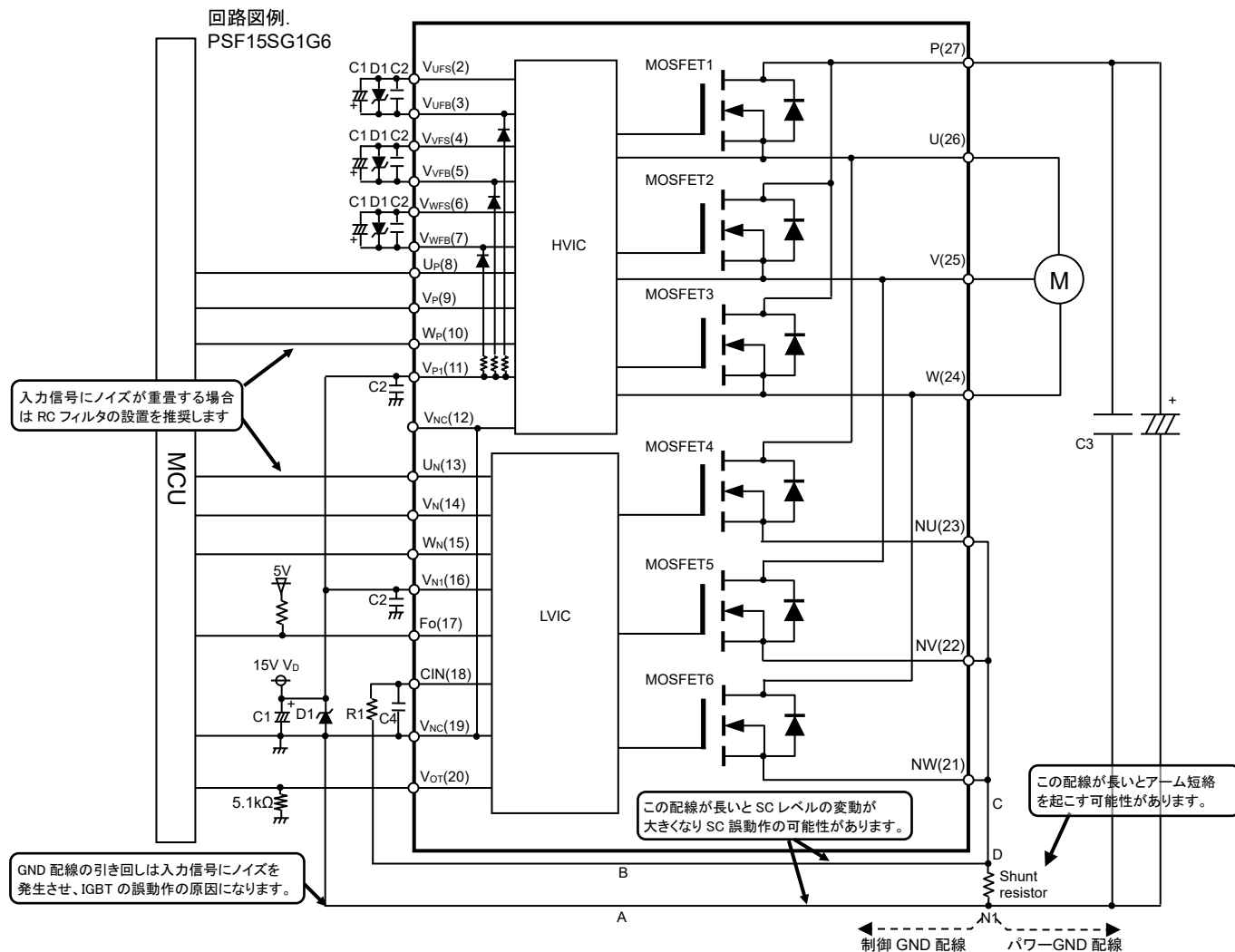


図 3-1-2 インターフェイス回路例 (直接接続)

注:

- (1) 制御側電源 GND とパワー側 GND の配線を共通のベタ配線で配線すると、大電流が流れるパワー GND の変動の影響を受け誤動作の可能性がありますので、制御側電源 GND とパワー側 GND の配線は分けて配線し、N1 点 (シャント抵抗の端子部) にて一点接続としてください。
- (2) 制御電源端子部へ印加されたサージ電圧の吸収用にツェナダイオード D1 (ツェナ電圧 24V、許容損失 1W 程度) を制御電源端子近傍への接続を推奨します。
- (3) サージ電圧による過電圧破壊を防止するために、平滑コンデンサと P、N1 端子間の配線はできるだけ短くしてください。また P-N1 端子間に 0.1μF 以上のスナバコンデンサ C3 を挿入してください。スナバコンデンサの容量は実システムにて十分評価して選定ください。
- (4) 短絡 (SC) 保護機能の誤動作防止用 RC フィルタの R1、C4 には温度補償用などバラツキの小さいものを推奨します。(CIN 端子近傍への設置を推奨) また、短絡時に 2μs 以下で遮断できるように、フィルタ時定数は、設定 (1.5~2μs 推奨) してください。遮断時間は、配線パターンによって変わりますので実システムにて十分評価してください。
- (5) A、B、C の配線は IGBT の動作に大きな影響をあたえるため、配線はできるだけ短く配線してください。
- (6) 短絡保護の誤動作防止のため、CIN 端子への配線はシャント抵抗端子部直近の D 点で分岐し、できるだけ短くしてください。また、NU、NV、NW 端子相互の接続は端子近傍で実施してください。
- (7) 各コンデンサは DIPIPM の端子近傍に設置してください。C1 は、温度特性、周波数特性が優れた電解コンデンサ、C2 は 0.01μ~2μF でノイズ除去用の温度、周波数、DC バイアス特性に優れたセラミックコンデンサ (B、R 特性などを推奨。) を推奨します。
- (8) 入力信号はハイアクティブです。IC 内部で 3.3kΩ (min) の抵抗でプルダウンしています。誤動作防止のため、入力信号配線はできるだけ短く配線してください。誤動作防止のため RC フィルタを挿入する場合は、入力のしきい値電圧を満足するように設定してください。
- (9) 専用 HVIC を採用しているため、MCU に直接接続することができます。(電氣的絶縁にはなりません)
- (10) Fo 端子はオープンドレインです。I_{F0}=1mA 以下となるような抵抗値で制御電源 (5V、15V) にプルアップしてご使用ください。I_{F0}=プルアップ電源電圧/プルアップ抵抗値で概算できます。5V にプルアップする場合、5kΩ 以上を推奨します (10kΩ 推奨)。
- (11) V_{NC} 端子は 2ヶ所有りますが、内部で接続されていますので、外部では、どちらか一方のみ接続し他方はオープン状態で使用してください。
- (12) 制御 IC の電源ラインに高周波の急峻なノイズが重畳されると、IC の誤動作が起きて Fo を出力し、停止することがあります。制御電源ラインのノイズは、dV/dt ≤ 1V/μs、V_{ripple} ≤ 2Vp-p となるように電源回路を設計してください。

3. 1. 3 インターフェイス回路例(フォトカプラ駆動)

フォトカプラを使用した場合の応用回路例を示します。

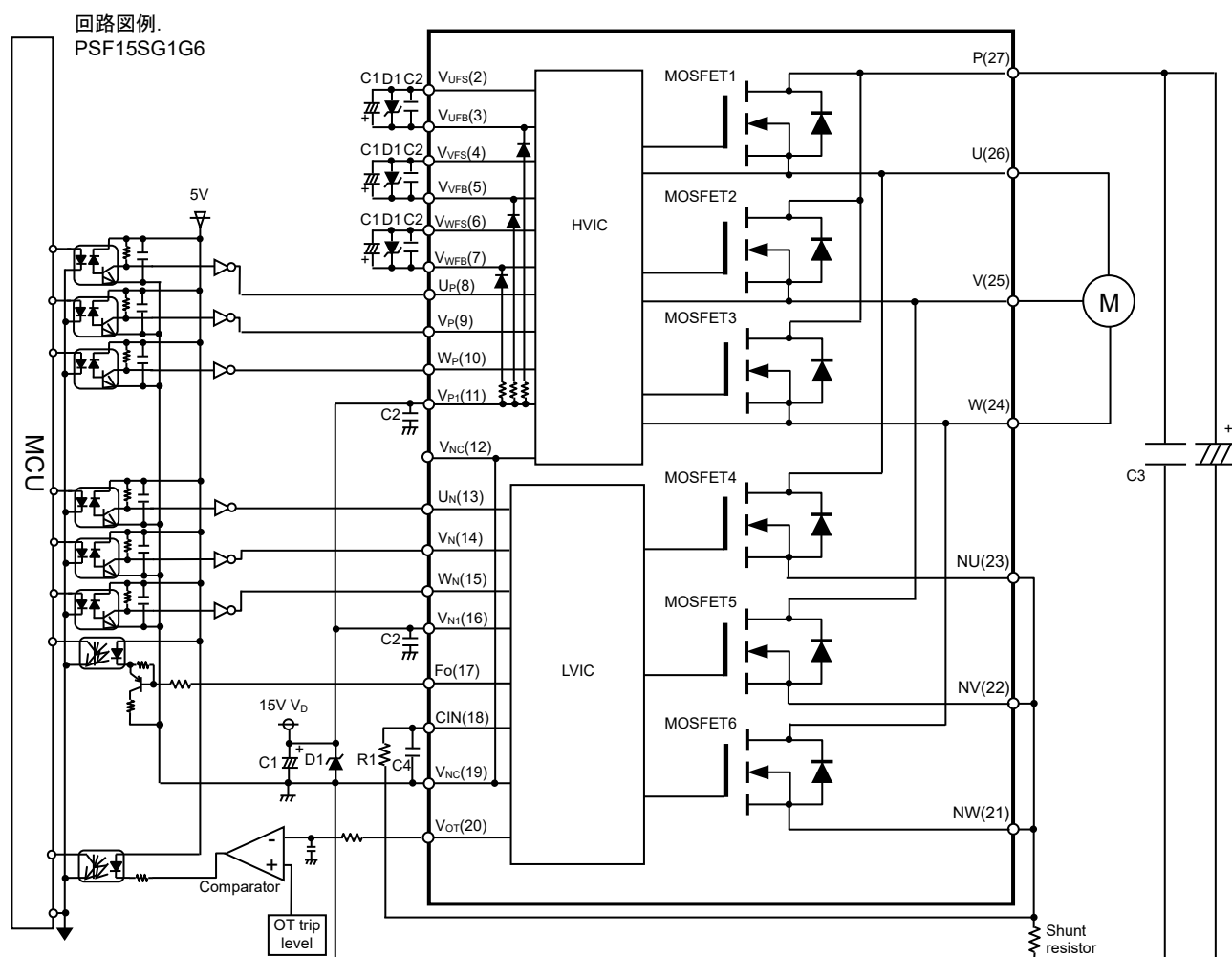


図 3-1-3 インターフェイス回路例(フォトカプラ駆動)

注:

- (1) 高速フォトカプラ(高 CMR)の使用を推奨します。
- (2) Fo シンク電流 I_{FO} の最大定格は 1mA となります。
- (3) V_{OT} 出力部のコンパレータ回路について、コンパレータ出力のチャタリングを防止するためヒステリシス付き入力回路を推奨します。
- (4) DIPIPM への入力信号にノイズが重畳する場合、誤動作防止のため RC フィルタの挿入を推奨します。その際には、入力のしきい値電圧を満足するように設定してください。(DIPIPM の入力部には min 3.3k Ω のプルダウン抵抗が接続されています)

3. 1. 4 N 側エミッタ分割仕様(3 シャント)動作時の外部 SC 保護回路例

N 側エミッタ分割仕様(3 シャント)で使用する場合は、そのまま 3 相のシャント抵抗の電圧を CIN 端子に入力できませんので図 3-1-4 のような外部回路が必要となります。

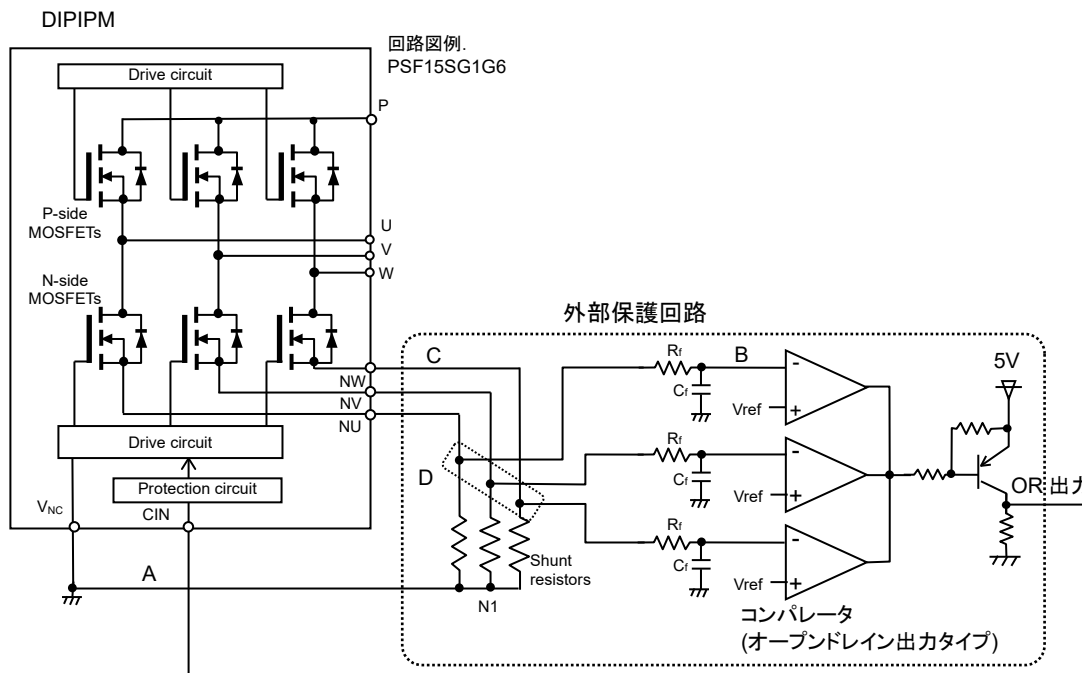


図 3-1-4 外部保護回路例

注:

- (1) 短絡保護の誤動作防止用RCフィルタ($R_f C_f$)の時定数は、短絡時に $2\mu\text{s}$ 以下で遮断できるように設定してください。(1.5~2 μs 推奨) 遮断時間は、配線パターン、コンパレータの反応速度などにも依存します。
- (2) しきい値電圧 V_{ref} は、DIIPIMの短絡トリップ電圧 $V_{\text{sc(ref)}}$ の規格値と同じにすることを推奨します。(typ.0.48V)
- (3) シャント抵抗値は、短絡保護トリップ電流値が規定の値以下となるように設定してください。
- (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) コンパレータへの入力の配線は、シャント抵抗の端子部直近(D点)で分岐してください。
- (6) OR 出力のHighレベル(保護時出力)は、CIN端子の短絡トリップ電圧の最大値である0.505V以上となるように設定してください。
- (7) コンパレータ、 V_{ref} 及び C_f のGNDは、大電流が流れノイズなパワーGND配線にはつながらず、制御GND配線に接続してください。

3. 1. 5 DIIPIM の信号入力端子と Fo 端子

(1) 制御入力端子構造と接続例について

SLIMDIPの入力端子はハイアクティブ動作です。ハイアクティブ動作にすることで立上げ、立下げシーケンスに関して、フェイルセーフとなります。

プルダウン抵抗(3.3k Ω min.)を内蔵しており、外付けのプルダウン抵抗は不要となります。

図3-1-5に入力部ブロック図、表3-1-1に入力しきい値電圧規格を示します。

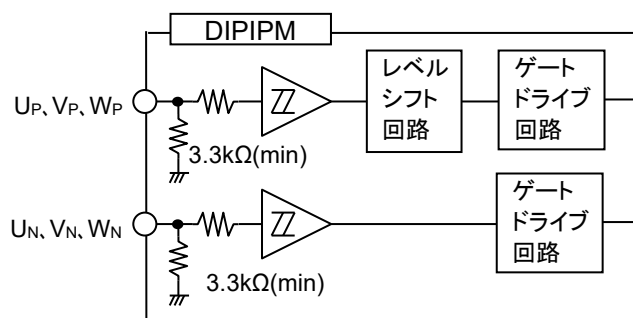
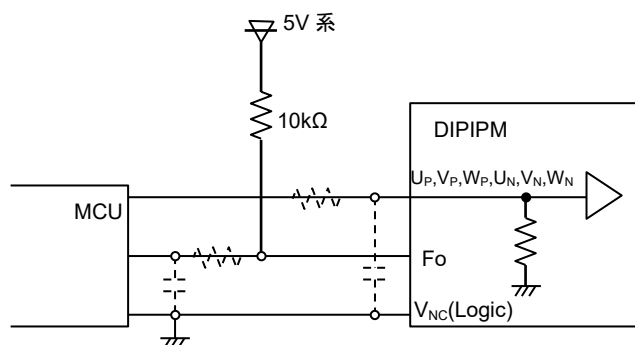


図 3-1-5 入力部ブロック図

表 3-1-1 入力しきい値の規格($V_D=15\text{V}$, $T_{\text{ch}}=25^\circ\text{C}$)

項目	記号	条件	最小値	標準値	最大値	単位
1. 入力オンしきい値電圧	$V_{\text{th(on)}}$	$U_P, V_P, W_P - V_{\text{NC}}$	—	1.70	2.35	V
2. 入力オフしきい値電圧	$V_{\text{th(off)}}$	$U_N, V_N, W_N - V_{\text{NC}}$ 端子間	0.70	1.30	—	
3. 入力しきい値ヒステリシス電圧	$V_{\text{th(hys)}}$		0.25	0.40	—	

DIIPIM には、許容最小入力パルス幅の規定があります。規定以下のパルス幅の入力信号には反応しない可能性があります。詳細は、各製品のデータシートを参照ください。



注) 入力の RC カップリングは、応用システムに使われる PWM 制御入力方式、入力配線パターンにより変わります。
DIPIPM 入力信号部は IC 内部で 3.3kΩ(min)の抵抗プルダウンを行っています。入力信号ラインに抵抗を挿入される場合は、DIPIPM の入力しきい値を満足する設定としてください。

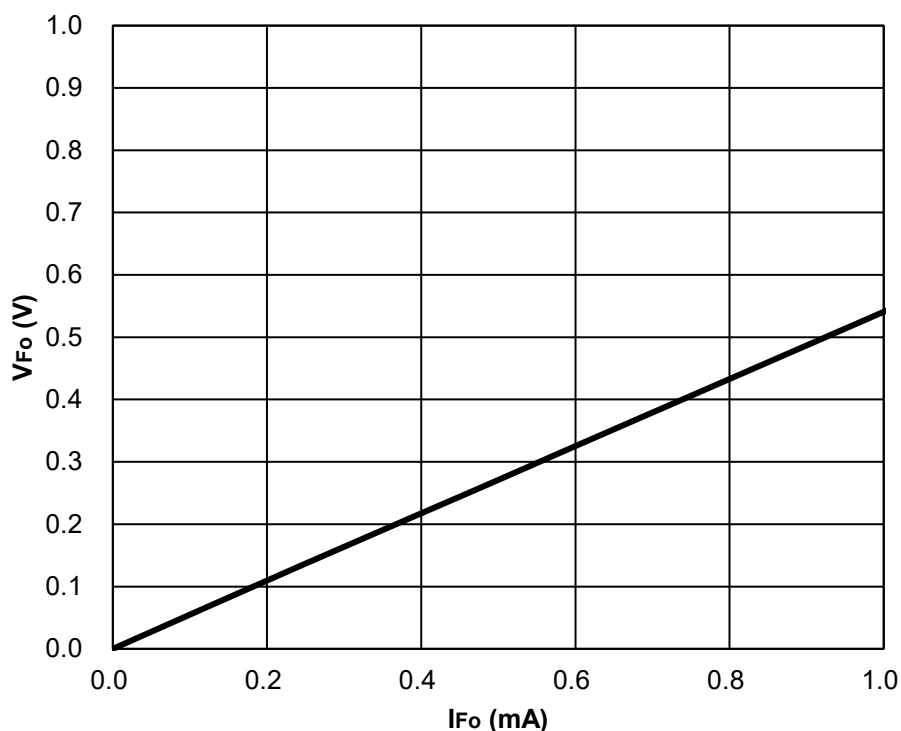
図 3-1-6 入力端子接続例

(2) Fo 端子部内部回路構成

Fo 端子はオープンドレインです。外部 I/F 系の電源(5V 系電源など)へプルアップしてください。(図 3-1-6)
図 3-1-7 に Fo 端子の V-I 特性(代表例)を示します。Fo 信号のシンク電流の最大定格は 1mA です。

表 3-1-2 Fo 信号電気的特性

項目	記号	条件	最小値	標準値	最大値	単位
エラー出力電圧	V_{FOH}	$V_{SC}=0V$, $Fo=10k\Omega$ 5V プルアップ	4.9	—	—	V
	V_{FOL}	$V_{SC}=1V$, $I_{FO}=1mA$	—	—	0.95	V

図 3-1-7 Fo 端子の V-I 特性($V_D=15V$, $T_{ch}=25^\circ C$, 代表例)

3. 1. 6 スナバコンデンサの接続

サージ電圧による耐電圧破壊を防止するために、平滑コンデンサと DIPIPM の P 端子及び N1 点 (シャント抵抗端子) 間の配線はできるだけ短くしてください。また、 $0.1 \sim 0.22 \mu\text{F}/630\text{V}$ 程度の C スナバを DIPIPM の直近に挿入してください。

図 3-1-8 のように、スナバコンデンサの挿入位置として (1) と (2) が考えられます。サージ電圧を最大限に除去するためにはスナバコンデンサを (2) の位置に設置する必要がありますが、シャント抵抗にはスナバコンデンサを通して充放電電流 (配線インダクタンスとスナバコンデンサの共振電流) が流れます。配線インダクタンスが大きい場合、この充放電電流で短絡保護回路が動作する場合がありますので注意が必要です。

シャント抵抗の外 ((1) の位置) にスナバコンデンサを設置する場合は、サージ電圧を最大限に除去するために A の配線を短くし、(3) のように設置することをご検討ください。

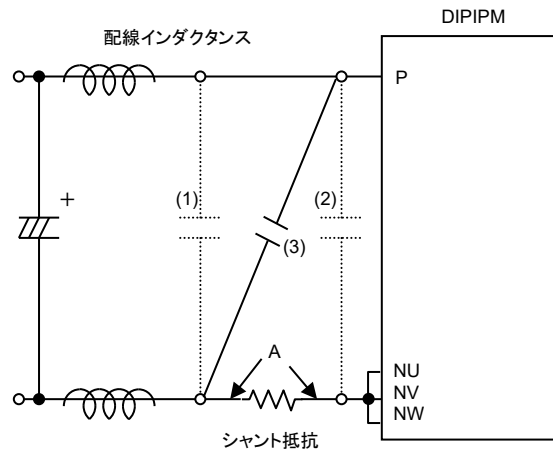


図 3-1-8 スナバ接続回路

3. 1. 7 外部シャント抵抗周辺回路の接続

DIPIPM の短絡保護機能を利用するためには、DIPIPM の外部に電流検出用のシャント抵抗が必要です。DIPIPM とシャント抵抗の配線が長くなりますと、配線パターンインダクタンスによって、サージが発生し、DIPIPM 内部の IC を破壊することがあります。

DIPIPM とシャント抵抗間の配線パターンは、配線インダクタンスが小さくなるよう、極力短く配線してください。また、シャント抵抗は、リード端子のない面実装タイプなどインダクタンスが小さいものを推奨します。

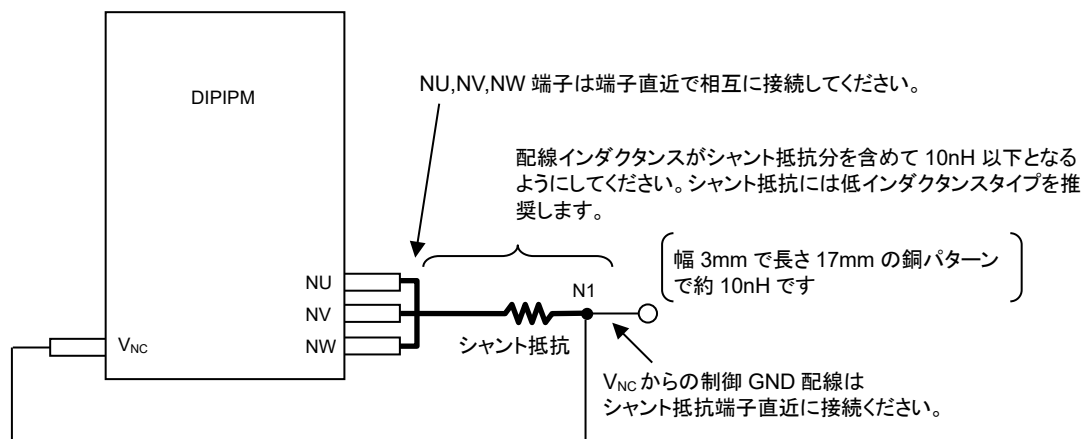


図 3-1-9 シャント抵抗周辺配線 (1 シャント抵抗使用時)

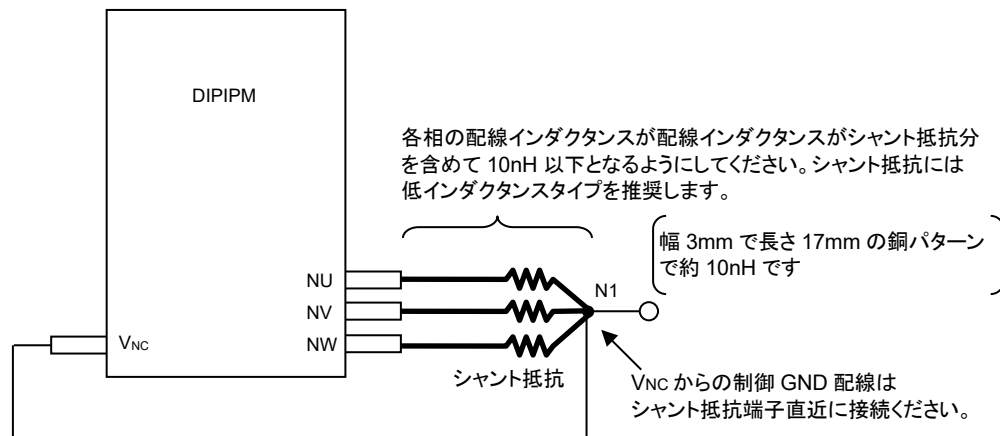


図 3-1-10 シャント抵抗周辺配線(3シャント抵抗使用時)

外部シャント抵抗周辺の配線は、その配線インダクタンスによって DIPIPM の動作にさまざまな影響を与えます。極力短く設計し、配線インダクタンスを抑えるようにしてください。

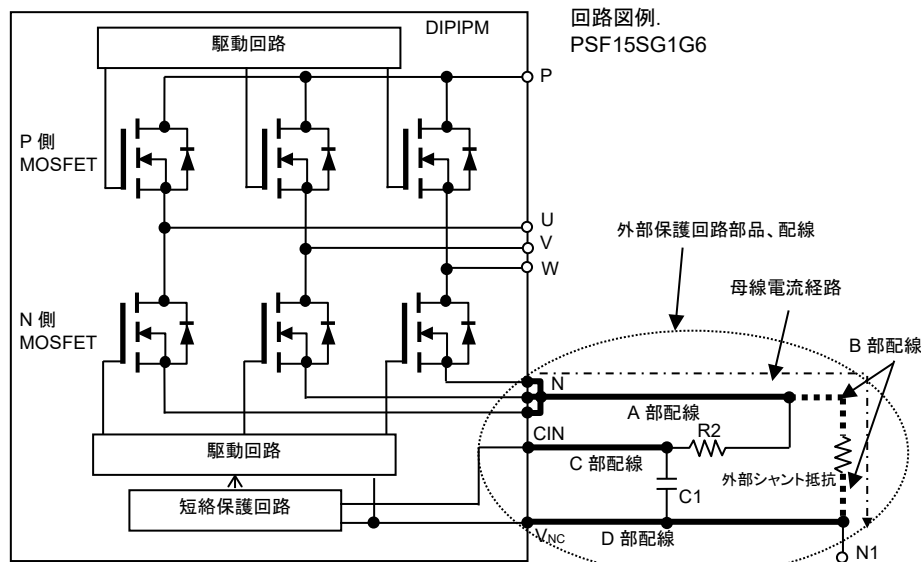


図 3-1-11 シャント抵抗周辺配線と配線の影響

(1) A 部配線パターンの影響

N 側 MOSFET / IGBT ゲートは V_{NC} 基準で動作します。図 3-1-11 中の A 部配線パターンが長いと、MOSFET / IGBT のスイッチング時に A 部配線インダクタンスによる電圧変動が発生し、MOSFET / IGBT のエミッタ電位を変動させ異常動作する要因となります。外部シャント抵抗は、配線インダクタンスが 10nH 以下となるように極力 N 端子近傍に設置してください。

(2) B 部配線パターンの影響

B 部配線は短絡保護レベルに影響を与えます。短絡保護は CIN-V_{NC} 間に発生する電圧(typ. 0.48V)で動作します。

B 部配線が長いと、この配線インダクタンスにより発生するサージ電圧により、短絡保護レベルが低下します。

CIN, V_{NC} は、B 部配線を含まないように外部シャント抵抗の両端に接続してください。

(3) C 部配線パターンの影響

外部シャント抵抗に発生するノイズを除去するために、R2C1 フィルタ回路を接続しますが、C 部配線が長いと、フィルタ効果が小さくなり、誘導ノイズをうけやすくなります。R2C1 フィルタは CIN, V_{NC} 端子近傍に設置してください。

(4) D 部配線パターンの影響

(1)~(3)までの項目すべてに影響があります。GND 配線は極力短くする必要があります。

3. 1. 8 PCB 設計時の注意点について

SiC SLIMDIP シリーズ用の PCB パターンを設計される上でパターン上の主な注意点を図 3-1-12 に示します。

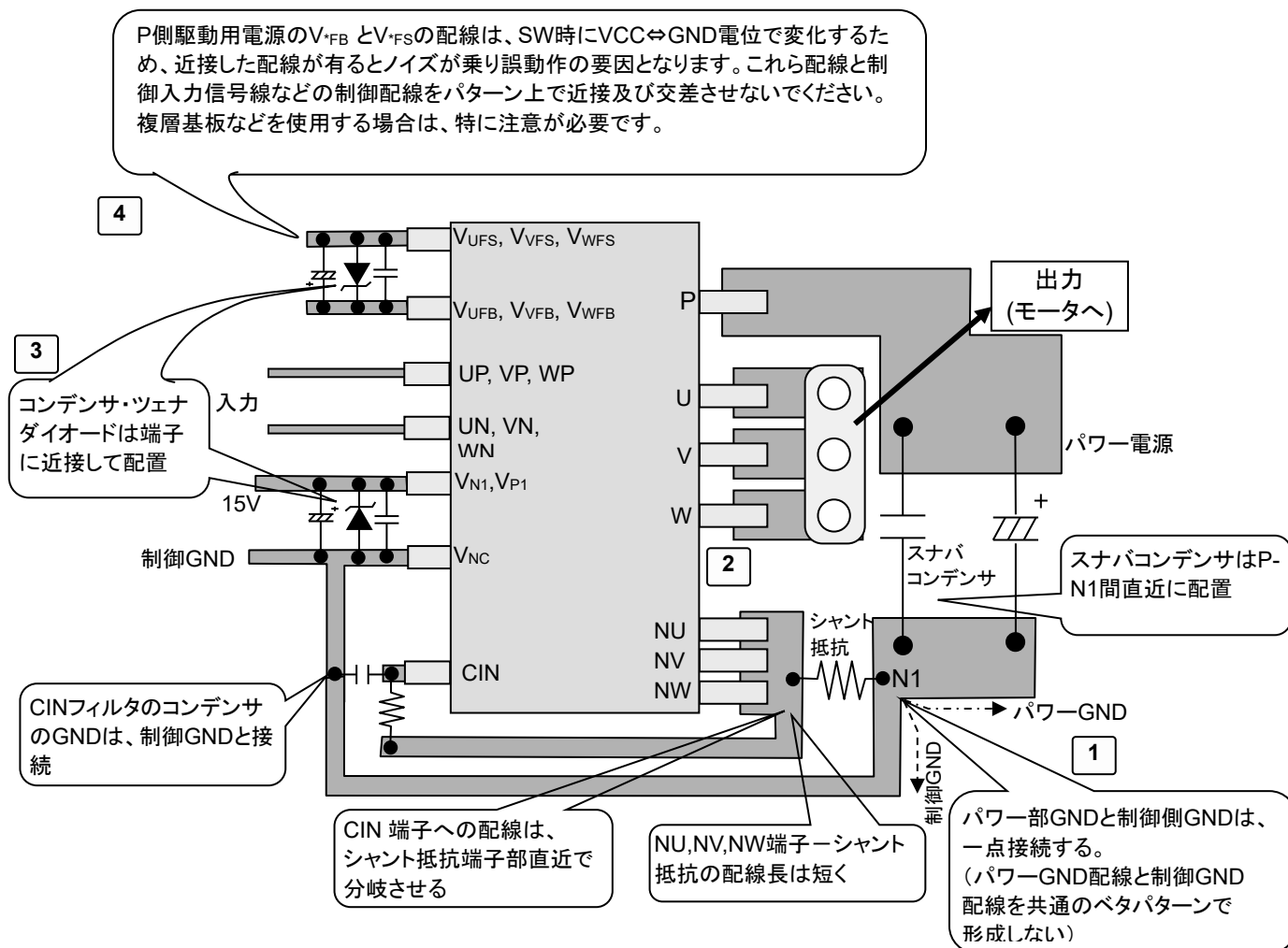


図 3-1-12 PCB パターン設計時の注意点

PCB パターンにおけるトラブル事例

	パターン事例	トラブル発生事例
1	パワー-GND と制御 GND がオーバーラップして配線	パワー-GND に流れる不連続な大電流による di/dt と配線の寄生インダクタンスによって生じるサージが、制御 GND に伝搬して制御 GND レベルが変動し、同 GND を基準としている入力端子に誤信号が入力され MOSFET / IGBT が誤オンしてアーム短絡発生。
	GND 配線にループあり	GND ループに迷走電流が流れることで GND 電位変動が発生し、入力端子に誤信号が入力され MOSFET / IGBT が誤オンしてアーム短絡発生。
2	N 端子-N1 間配線が長い	配線が長いことにより寄生インダクタンスが大きくなり、スイッチングによって発生する di/dt によりサージが発生し、以下のようなトラブルが発生。 ・VS 電位(出力端子電位)の低下による HVIC 誤動作の発生 ・LVIC の過電圧破壊の発生
3	コンデンサ・ツェナダイオードが無し、或いは位置が端子から離れている	制御 IC の過電圧破壊や誤動作の発生。
4	P 側駆動電源配線と入力配線が近接・平行に配線	P 側駆動用電源配線と DIP への制御入力配線間の浮遊容量を通してクロストークノイズが伝搬し、入力端子に誤信号がはいり MOSFET / IGBT が誤オンしてアーム短絡が発生。

3. 1. 9 DIIPIM の並列動作について

図 3-1-13 に DIIPIM を 2 台並列接続した場合の回路例を示します。DIIPIM の下アーム MOSFET / IGBT のゲートチャージは、DIIPIM 1 では(a)の経路、DIIPIM 2 では(b)の経路で行われます。この経路が長くなりますと、配線インダクタンスも大きくなりますのでスイッチング動作に影響を与える可能性があります。(上アームのブートストラップコンデンサの充電にも影響を与える可能性があります。) また、ノイズの影響を受け易く誤動作の要因となります。並列数が多いほど、このGNDパターンは長くなりますので、GND電位の変動による他の回路への影響(電源、保護回路動作等)も考えられますので推奨いたしません。電氣的には、動作可能と考えますが、上記項目に注意し評価検討をお願いします。

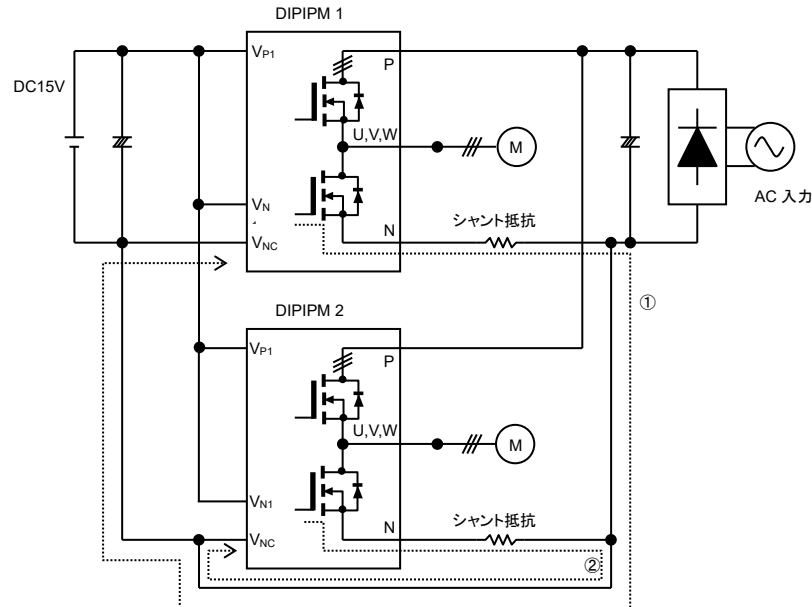


図 3-1-13 並列動作

また、同一パッケージ内の素子の並列使用(例: U相とV相のIGBTを並列接続で使用)につきましても、素子特性のバラツキによるSW時間、飽和電圧の差異などにより、片側のMOSFET / IGBTへの電流集中の可能性もありますので推奨いたしません。

3. 1. 10 SOA (スイッチング時、短絡時)

DIIPIM の SOA について下記に示します。(規定はしておりません)

- V_{DSS}, V_{CES} : DIIPIM 内部の MOSFET / IGBT のコレクターエミッタ間電圧の最大定格
- V_{DD}, V_{CC} : P-N 間電源電圧
- $V_{DD(surge)}, V_{CC(surge)}$: P-N 電源間につながる電解コンデンサと IPM の P-N 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を表します。
- $V_{DD(prot)}, V_{CC(prot)}$: 自己保護可能な P-N 間電源電圧を表します。

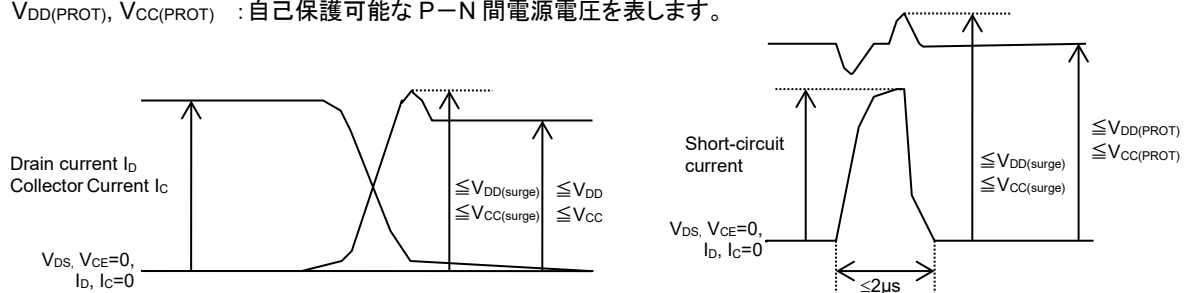


図 3-1-14 スwitchング、短絡時の SOA

スイッチングターンオフ時

V_{DSS}, V_{CES} はDIIPIMに搭載されるMOSFET / IGBTの耐圧600Vを示しています。この値より、DIIPIM内の配線インダクタンスで発生するサージ電圧(マージン等考慮し100V以下)を引いたものがサージ込みの定格 $V_{DD(surge)}, V_{CC(surge)}=500V$ となります。さらに、P-N電源間に接続される電解コンデンサとIPMのP-N間の配線インダクタンスにより発生するサージ電圧(50V以下)を引いたものが、定常時の定格の $V_{DD}, V_{CC}=450V$ となります。

短絡時

V_{DSS}, V_{CES} はDIIPIMに搭載されるMOSFET / IGBTの耐圧600Vを示しています。この値より、DIIPIM内の配線インダクタンスで発生するサージ電圧(マージン等考慮し100V以下)を引いたものがサージ込みの定格 $V_{DD(surge)}, V_{CC(surge)}=500V$ となります。さらに、P-N電源間に接続される電解コンデンサとDIIPIMの間の配線インダクタンスにより発生するサージ電圧(100V以下)を引いたものが短絡時の定格 $V_{DD}, V_{CC}=400V$ となります。

3. 1. 11 短絡 SOA

図3-1-15～16に、PSF15SG1G6とPSH15SG1G6のMOSFET / IGBT部の短絡SOA(代表例)を示します。

例えば、PSF15SG1G6に関しては図3-1-15に示しており、下記条件で制御電源電圧(V_D)が16.5Vの時に、定格電流の約11.5倍が流れ、MOSFETの入力パルス幅が約5.7 μ s以下であれば遮断できる実力があることを示しています。また、その時に流れる短絡電流の最大値は173Aであることを示しています。

本データは代表例であり制御電源電圧 V_D 、主回路電圧(V_{DD} , V_{CC})によってMOSFET / IGBTの短絡動作範囲は変わりますので、RCフィルタ設定など短絡保護時間の設定はSOAにマージンを持って設定してください。

条件:

$V_{DD}=400V$ 、 $T_{ch}=125^{\circ}C$ 、非繰り返し、 $V_{DSS} \leq 600V$ 、 $V_{DD(surge)}=500V$ (サージ電圧含む)、負荷短絡(2m負荷)

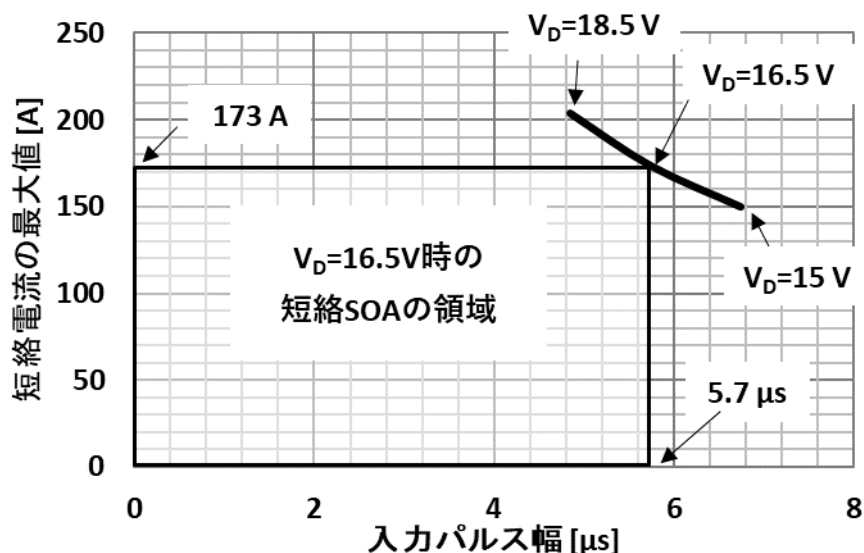


図 3-1-15 PSF15SG1G6 の短絡 SOA カーブ(代表例)

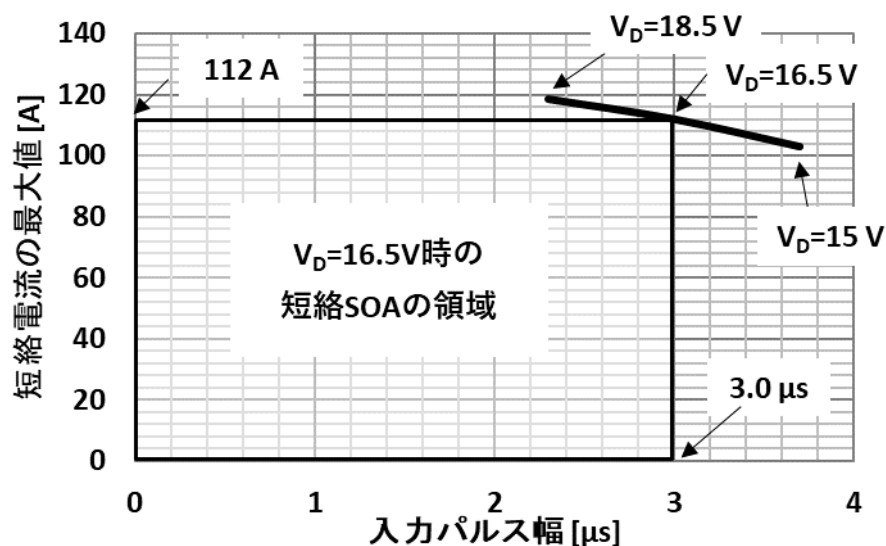


図 3-1-16 PSH15SG1G6 の短絡 SOA カーブ(代表例)

3. 1. 12 動作寿命について

SiC SLIMDIPの動作時は、MOSFET / IGBTのチャネル／接合温度変化(ΔT_{ch} , ΔT_j)が繰り返し発生します。この ΔT_{ch} , ΔT_j と温度変化のサイクル数は、デバイスの寿命に影響を及ぼします。図3-1-17にMOSFET / IGBTの ΔT_{ch} , ΔT_j とサイクル数の寿命カーブを示します。(ΔT_{ch} , $\Delta T_j = 46, 88, 98K$ の3ポイントで実施したデータであり、それぞれの故障率0.1, 1, 10%の点を回帰直線で表したものです。)

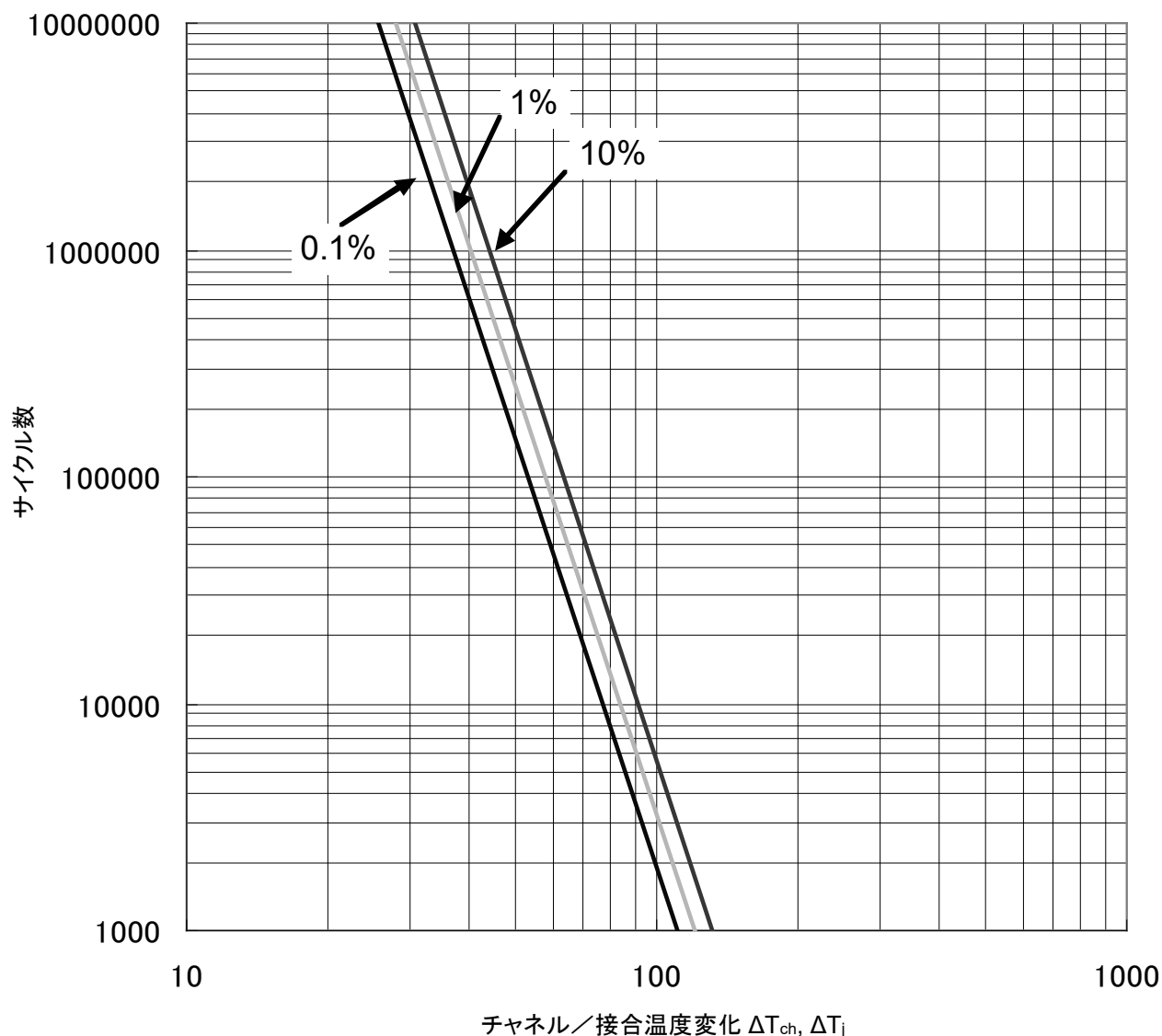


図 3-1-17 寿命カーブ

3. 2 損失と放熱設計

3. 2. 1 損失計算方法(例)

平均電力損失簡易計算式について

以下は、PSF15SG1G6 を対象とした損失試算方法を記載しております。PSH15SG1G6 につきましては、出力電流が内蔵パワーチップ(SiC MOSFET と Si RC-IGBT の並列動作)に分流しますため、以下の試算方法では算出できません。PSH15SG1G6 での損失試算をご所望の際は、三菱電機販売部門または、特約店までお問い合わせをお願い致します。

●適用範囲

VVVF インバータへの応用に際してパワー素子を選定(比較)するための、通常動作時の総合損失の算出が可能です。装置の熱設計(限界設計)には適用できません。

● 仮定条件

- ①正弦波電流出力 PWM 制御 VVVF インバータ
- ②正弦波・三角波比較による PWM 信号発生
- ③PWM 信号のデューティ振幅は $\frac{1-D}{2} \sim \frac{1+D}{2}$ (%/100) で変化 D: 変調率
- ④出力電流にはリップルがなく $I_{DP} \cdot \sin x$ が流れる
- ⑤出力電流に対する負荷力率は $\cos\theta$ 、スイッチングに対する負荷は純インダクタンス

● 式の算出

PSF15SG1G6 を例に計算式を以下に記載します。

PWM 信号のデューティ変化は、位相 x に対して $\frac{1+D \times \sin x}{2}$ となり、これが出力電圧変化に相当しますから、出力電流と電圧の関係を示す力率 $\cos\theta$ により、出力電流の任意の位相 x での出力電流と PWM デューティは、

$$\text{Output current} = I_{DP} \times \sin x$$

$$\text{PWM Duty} = \frac{1+D \times \sin(x+\theta)}{2}$$

従って、位相 x での $V_{DS(on)}$ と $V_{SD(on)}$ は

$$V_{DS(on)} = V_{DS(on)} (@ I_{DP} \times \sin x)$$

$$V_{SD(on)} = (-1) \times V_{SD(on)} (@ I_{SP} (= I_{DP}) \times \sin x)$$

以上から、MOSFET の静損失は、

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi (I_{DP} \times \sin x) \times V_{SD(on)} (@ I_{DP} \times \sin x) \times \frac{1+D \sin(x+\theta)}{2} \bullet dx$$

同様に、逆導通時の MOSFET の静損失は、

$$\frac{1}{2\pi} \int_\pi^{2\pi} ((-1) \times I_{DP} \times \sin x) ((-1) \times V_{SD(on)} (@ I_{DP} \times \sin x) \times \frac{1+D \sin(x+\theta)}{2}) \bullet dx$$

一方、MOSFET の動損失は PWM デューティに依りませんので

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi (P_{sw(on)} (@ I_{DP} \times \sin x) + P_{sw(off)} (@ I_{DP} \times \sin x)) \times fc \bullet dx$$

またフリーホイールダイオードの動損失は、図 3-2-1 のように理想化すると

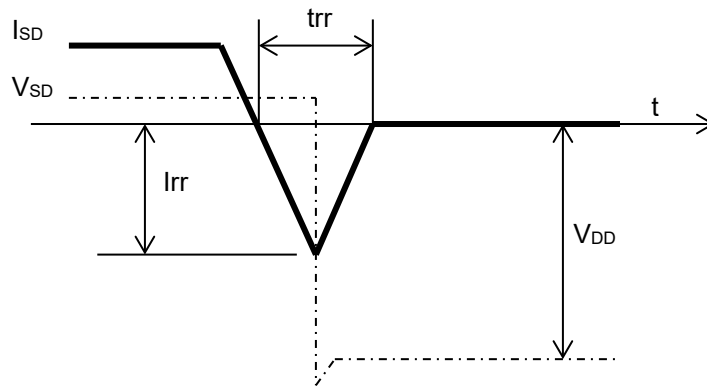


図 3-2-1 MOSFET の逆導通時の動損失

$$P_{SW} = \frac{I_{rr} \times V_{DD} \times trr}{4}$$

逆導通するのは、出力電流周期の半分ですので、動損失は、

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \int_{\pi}^{2\pi} \frac{I_{rr}(@I_{DP} \times \sin x) \times V_{DD} \times trr(@I_{DP} \times \sin x)}{4} \times fc \bullet dx \\ &= \frac{1}{8} \int_{\pi}^{2\pi} I_{rr}(@I_{DP} \times \sin x) \times V_{DD} \times trr(@I_{DP} \times \sin x) \times fc \bullet dx \end{aligned}$$

● インバータへの応用の際の一般的な注意点

- ・出力電流 1 周期分を多数分割し、各点における実際の「PWM デューティ」、「出力電流」、「その電流における $V_{DS(on)}$ 、 $V_{SD(on)}$ 、 P_{SW} 」に基づいて計算し加算する必要があります。
- ・PWM デューティは信号の発生方法に依存します。
- ・出力電流波形や出力電流と PWM デューティの関係は信号の発生方法、負荷、その他の種々の要因に依存しますので、実波形を基にします。
- ・ $V_{DS(on)}$ は $T_{ch}=125^{\circ}\text{C}$ の値を使用します。
- ・ P_{SW} は $T_{ch}=125^{\circ}\text{C}$ ハーフブリッジ動作時の値を使用します。

3. 2. 2 温度上昇の考え方と計算例

DIIPM の代表特性をもとに損失計算を行った結果を、許容実効電流 I_o とキャリア周波数特性(代表例)として図 3-2-2 に示します。

条件: V_{DD} , $V_{CC}=300V$, $V_D=V_{DB}=15V$, $P.F=0.8$, $V_{DS(ON)}$, $V_{CE(sat)}=Typ.$, スイッチングロス=Typ. 値, T_{ch} , $T_j=125^\circ C$, $T_c=100^\circ C$
 $R_{th(j-c)}$ =規格 max., 三相変調 正弦波制御, $f_o=60Hz$

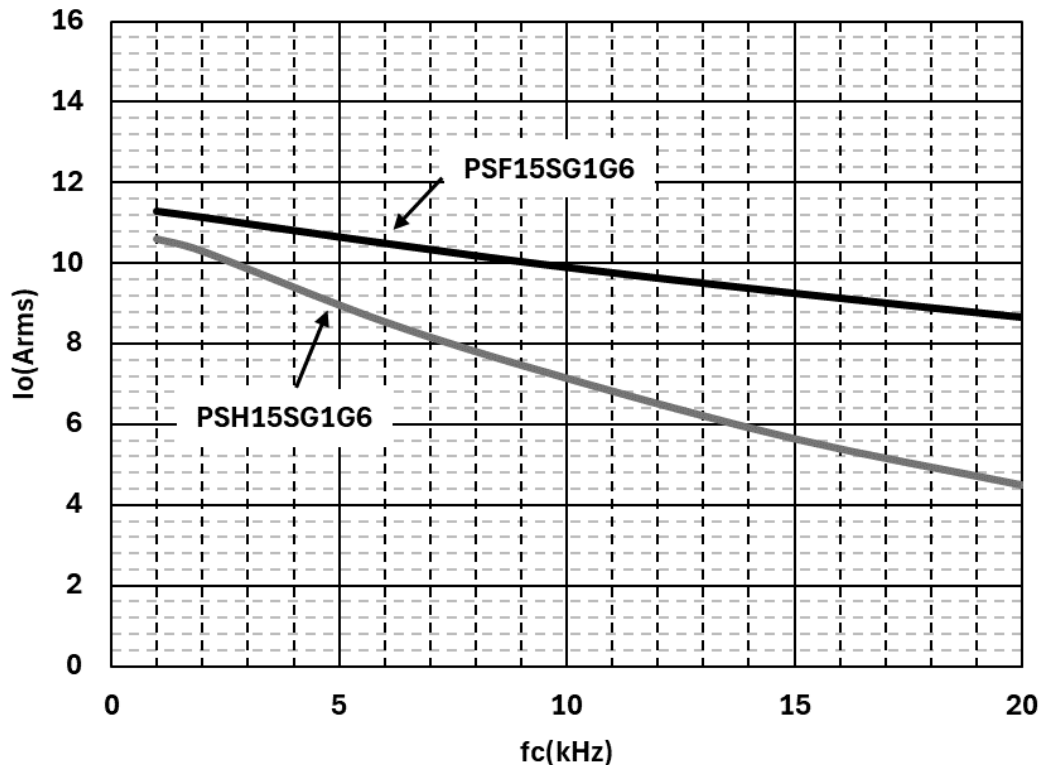


図 3-2-2 キャリア周波数－実効電流特性(代表例)

図 3-2-2 の特性(計算値代表例)は、ケース温度 $T_c=100^\circ C$ でインバータ動作した場合に、MOSFET / IGBT のチャネル温度及び接合温度 T_{ch} , T_j が、平均動作接合温度 $125^\circ C$ 以下となる許容実効電流値 I_o を表しています。

この特性は、制御方式、モータ種等で変わり、かつ温度上昇は特性バラつきや放熱環境による熱干渉などによっても変わるため、実使用においては十分なマージンを持って設計いただく必要があります。また、定格以上の電流は、連続して流さないようにしてください。

インバータ損失などは、三菱半導体ホームページ(URL <http://www.MitsubishiElectric.co.jp/semiconductors/>)で公開中の損失計算ソフトを使用して計算することができます。

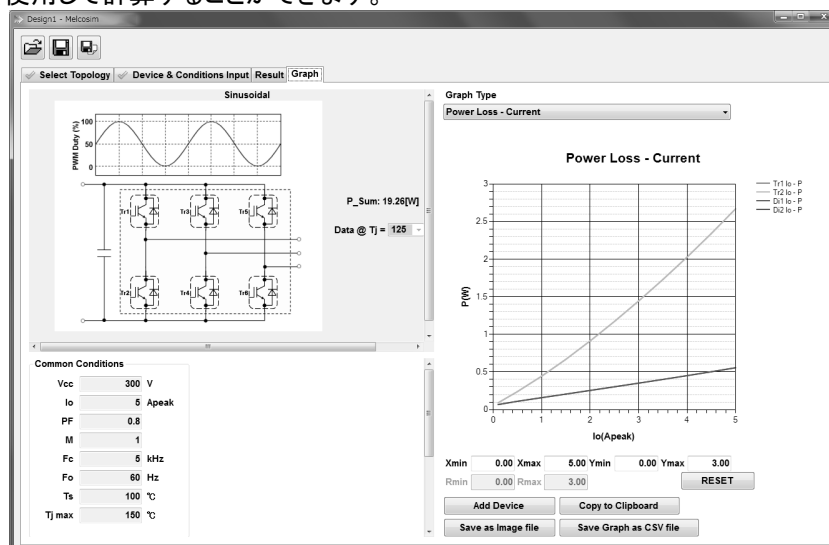


図 3-2-3 損失計算ソフト画面例

3. 2. 3 ケース温度測定について(例)

DIIPM のケース温度を測定するための熱電対の取り付け方を以下に示します。

図 3-2-4 に PSF15SG1G6 のケース温度の一般的な測定位置を示します。この位置において熱電対を取り付け、ケース温度を測定ください。制御方法によっては下記 MOSFET チップ直下が、ケース温度の最高値とならない場合があります。その場合は、損失が最も大きくなるチップ下に測定位置を移動してください。(前出のチップ配置図参照)

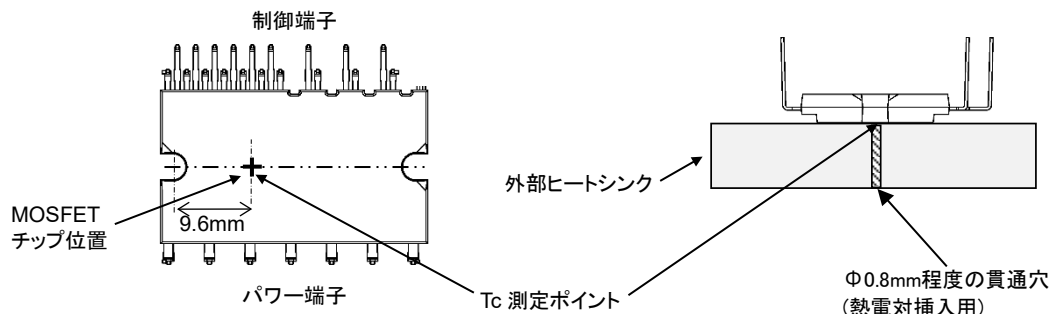


図 3-2-4 外部ヒートシンクへの熱電対取り付け位置 (例:PSF15SG1G6)

図 3-2-5 に熱電対の取り付け方法(例)を示します。最も損失が大きくなるチップの直下に熱電対取り付け用の穴を開けた後、熱電対を挿入し周囲をセンターポンチで打ち、かしめます。熱電対をかしめた後、ヒートシンクのサンプル取り付け面をサンドペーパーで磨き平らになるようにしてください。

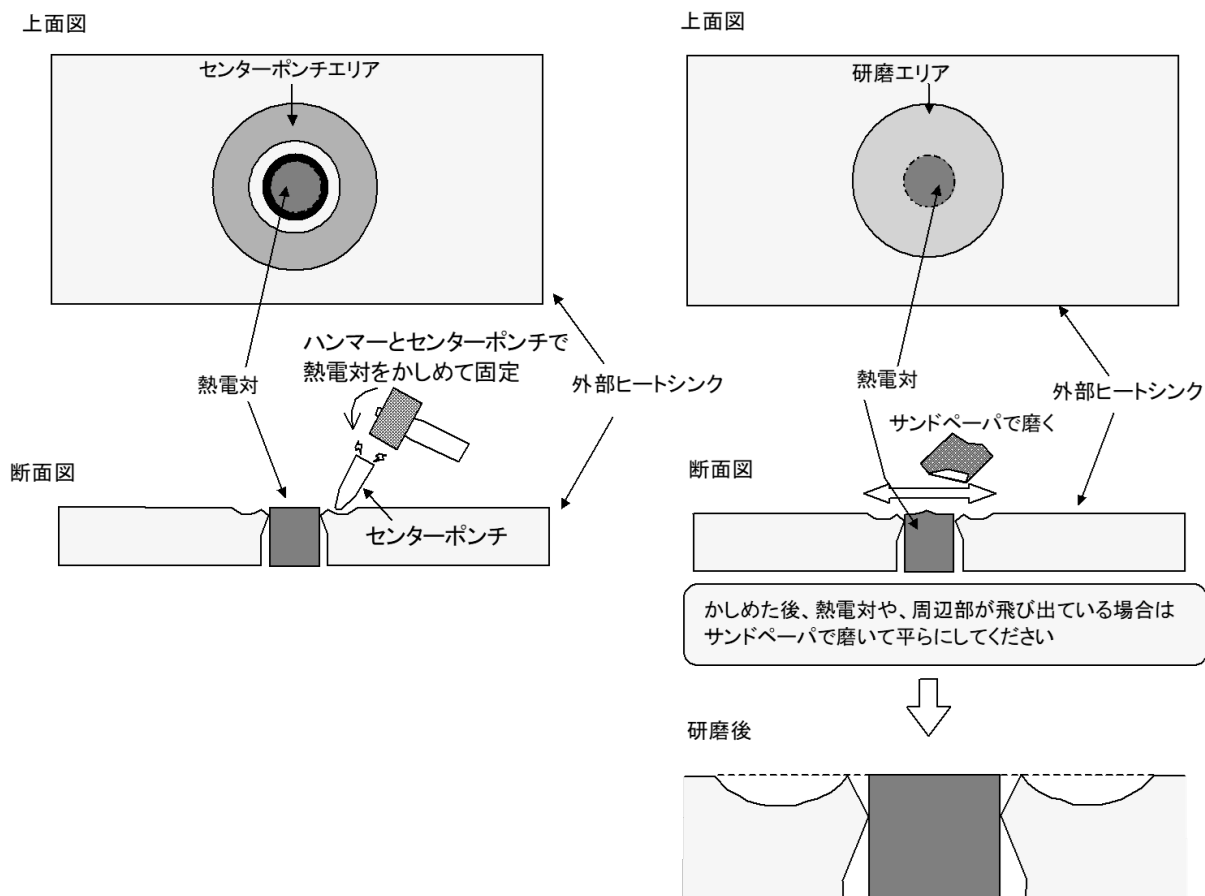


図 3-2-5 熱電対取り付け方法(例)

3. 3 ノイズ・静電気耐量

3. 3. 1 測定回路

DIPIPM でのノイズ試験に関しては、図 3-3-1 の測定回路、条件で $\pm 2.0\text{kV}$ 以上の耐量を確認しています。ノイズ耐量は、ノイズ試験の環境、制御基板配線パターン、部品配置等に大きく依存しますので実システムでの確認を行ってください。

測定回路

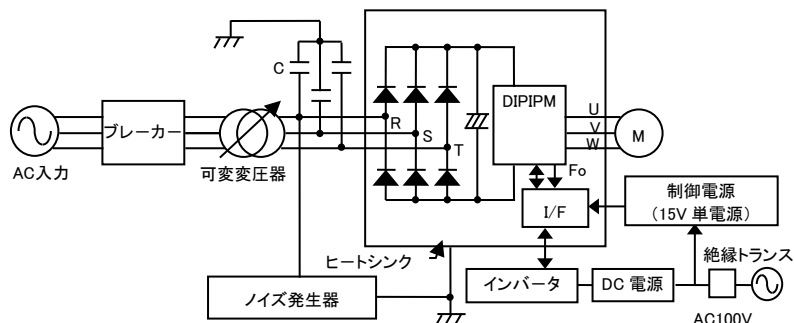


図 3-3-1 ノイズ試験回路

15V 単電源方式、モータは IM で実施、マイコンからの PWM 信号はフォトカプラ入力
C1: AC ラインコモンモードフィルタ 4700pF

測定条件

$V_{DD}=V_{CC}=300\text{V}$, $V_D=15\text{V}$, $T_a=25^\circ\text{C}$, 無負荷

ノイズ印加方法: AC ライン(R, S, T)より印加 周期 $T=16\text{ms}$, 時間幅 $tw=0.05\sim 1\mu\text{s}$, Random 入力

3. 3. 2 対策と注意事項

DIPIPM は、設計時に内部配線の最適化による低インダクタンス化、絶縁構造の最適化による漏れ電流の低減を行うことで、部品を削減しノイズ耐量を確保していますが、回路パターンなどによって制御部にノイズが回り込み短絡や短絡保護の誤動作が発生する場合があります。その場合には、図 3-3-2 のような対策をご検討ください。

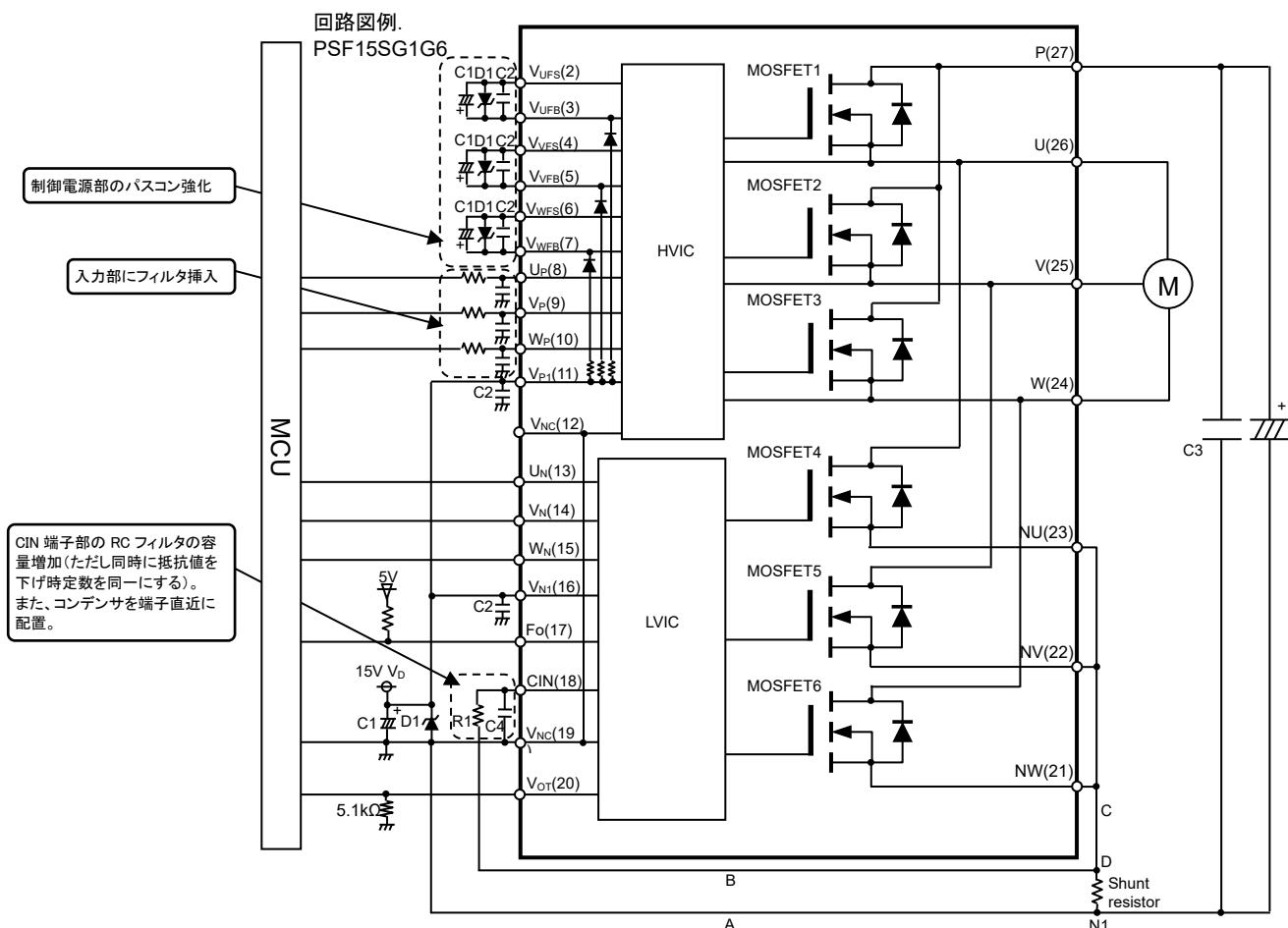
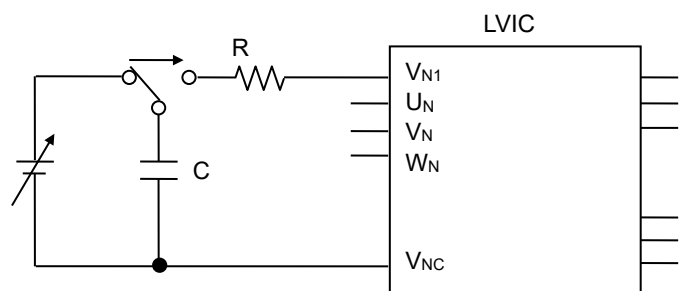
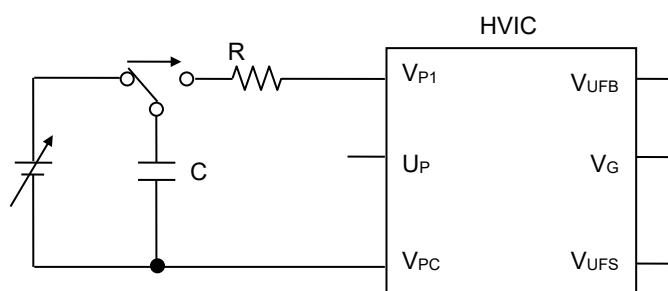


図 3-3-2 ノイズ誤動作時対策案

3. 3. 3 静電気耐量について

図 3-3-3、4 のように HBM 法にて DIIPM 各端子- V_{NC} or N 端子間に正・負の電圧を 1 回印加し、印加前後の端子の V-I 特性の変化を確認しています。各端子とも $\pm 1000V$ 以上の実力値を確認しています。

図 3-3-3 静電気耐量評価回路例(V_{N1} 端子評価時)図 3-3-4 静電気耐量評価回路例(V_{P1} 端子評価時)

第4章 ブートストラップ回路動作

4. 1 ブートストラップ回路動作

DIPIPM では、ブートストラップ回路を用いたフローティング電源により、通常のインバータ回路駆動時に必要な 4 つの独立電源 (P 側 MOSFET / IGBT 駆動用 3 相分 + N 側 MOSFET / IGBT 駆動用) を N 側駆動用制御電源 1 つで動作させることができます。ブートストラップ回路は、図 4-1-1 に示すとおりブートストラップダイオード (以下 BSD) とブートストラップコンデンサ (以下 BSC)、電流制限抵抗で構成されます。(SiC SLIMDIP シリーズは、BSD と制限抵抗を内蔵しており、BSC を外付けすることでブートストラップ回路を構成可能です。)

P 側 MOSFET / IGBT の駆動に BSC を電源として使用し、P 側 MOSFET / IGBT オン時のゲートチャージ及び、P 側 MOSFET / IGBT の駆動 IC 内ロジック回路へ回路電流を供給します。(図 4-1-2 コンデンサが電源の代わりであるため、その電流供給能力には制限があり、ブートストラップ回路による P 側駆動は、消費電流が比較的小さい DIPIPM に特に適した方法です。)

回路駆動により消費された電荷は、インバータ動作中に各相の出力端子 (U 端子など) の電位が GND レベル付近まで下がることで、N 側 15V 制御電源から制限抵抗、BSD を通して、コンデンサに充電されます。

ただし、P 側素子の SW シークェンス、BSC の容量など使用条件によっては、必要な電荷量に対して十分な充電が行われず、BSC の電位が電源電圧低下 (UV) 保護レベル以下に低下し、P 側 MOSFET / IGBT の SW 停止やゲート電圧 (コンデンサ電圧) の低下による P 側 MOSFET / IGBT の損失増加につながりますので、コンデンサの容量など回路定数の設定時には十分な検討、評価が必要です。ブートストラップ回路による駆動についての詳細は、アプリケーションノートの『DIPIPM ブートストラップ回路設計の手引き』を参照ください。

以下に、SiC SLIMDIP シリーズの搭載の BSD の特性及び、P 側 MOSFET / IGBT 駆動部時の消費電流特性を示します。

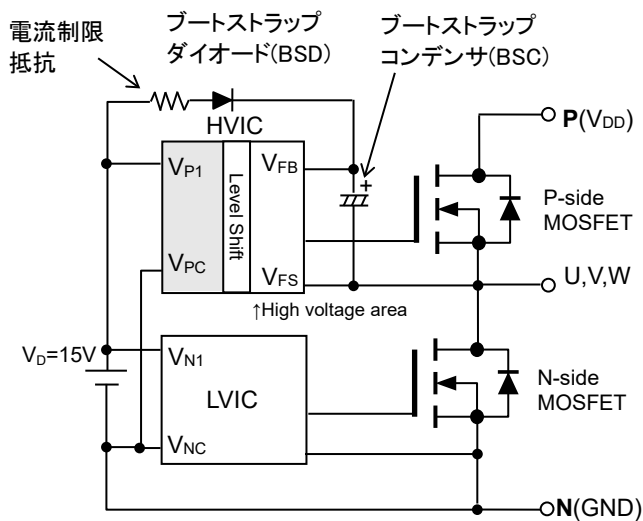


図 4-1-1 ブートストラップ回路

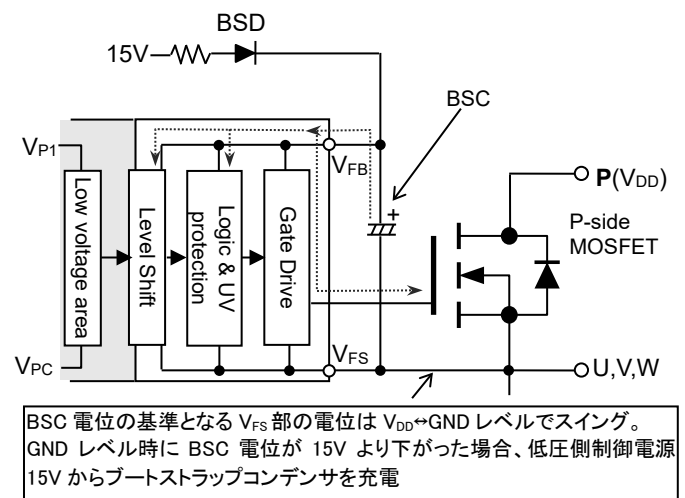


図 4-1-2 ブートストラップ回路

4. 2 ブートストラップ電源回路電流

スイッチング動作をしない状態におけるブートストラップ電源の回路電流は最大 0.1mA です。スイッチング動作をする場合には、MOSFET / IGBT を駆動させるゲート電流が必要であり、その充電及び放電の繰り返しがキャリア周波数(f_c)に依存して繰り返されるため、回路電流(I_{DB})はキャリア周波数に比例して増加します。したがって、定常状態の 0.1mA に回路電流の値を加える必要があります。図 4-2 に SiC SLIMDIP の回路電流が大きくなる高温時の特性(代表例)を示します。

条件: $V_D = V_{DB} = 15V$, $V_{DD} = V_{CC} = 450V$, T_{ch} , $T_j = 125^\circ C$

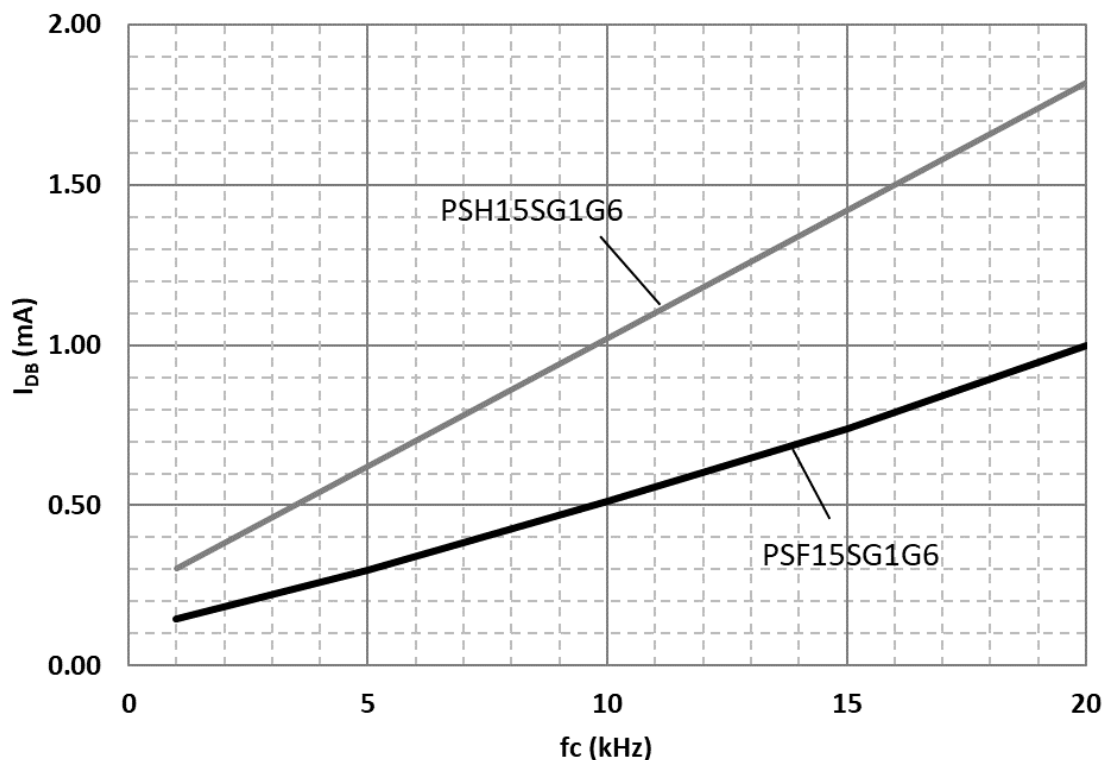


図 4-2 I_{DB} と f_c の関係

4. 3 ブートストラップ回路定数設定時の注意点

ブートストラップ回路の各定数の検討時には、各素子の温度特性、寿命による変化、ばらつきなどを考慮した上で設計願います。ブートストラップ回路の動作については、アプリケーションノートの『DIIPM ブートストラップ回路設計の手引き』も参照ください。各素子の選定において注意いただきたい点について以下に挙げます。

(1) ブートストラップコンデンサ

BSC には、電解コンデンサが一般的に使用されていますが、近年、大容量のセラミックコンデンサも使用されつつあります。しかし、電解コンデンサとは異なり、セラミックコンデンサは、DC バイアス特性(DC 電圧印加時の容量特性)により容量が大きく低下するものがありますので注意が必要です。表 4-3-1 に電解コンデンサとセラミックコンデンサの一般的な特性例を示します。

表 4-3-1 コンデンサ静電容量の各特性例

	電解コンデンサ	大容量セラミックコンデンサ
温度特性 (Ta:-20~85℃)	アルミ電解コンデンサ: 低温:-10% 高温:+10%程度 導電性高分子アルミ固体タイプ: 低温:-5% 高温:+10%程度	B,X5R,X7R など温度特性ランクにより異なる。 低温:-5%~0%程度 高温:-5%~-10%程度
DC バイアス特性 (DC15V 印加時)	定格電圧内であればほぼ変化無し	サイズ、温度特性、定格電圧により異なる。 -70%~-15%程度低下

電解コンデンサについては、DC バイアス特性は問題ありませんが、繰り返し充放電によるリップル耐量、寿命(周囲温度による影響大)などに注意が必要です。上記、特性は WEB に掲載のコンデンサの特性の参考例です。コンデンサの詳細特性につきましては、各コンデンサメーカーにご確認ください。

(2) ブートストラップダイオード

SiC SLIMDIP シリーズは、P 側 MOSFET / IGBT 駆動電源用のブートストラップダイオード(以下 BSD)を搭載しています。BSD には、電流制限抵抗も搭載しています。BSD の V_F 特性(電流制限抵抗による電圧降下分を含む)を図 4-3-1 及び表 4-3-2 に示します。

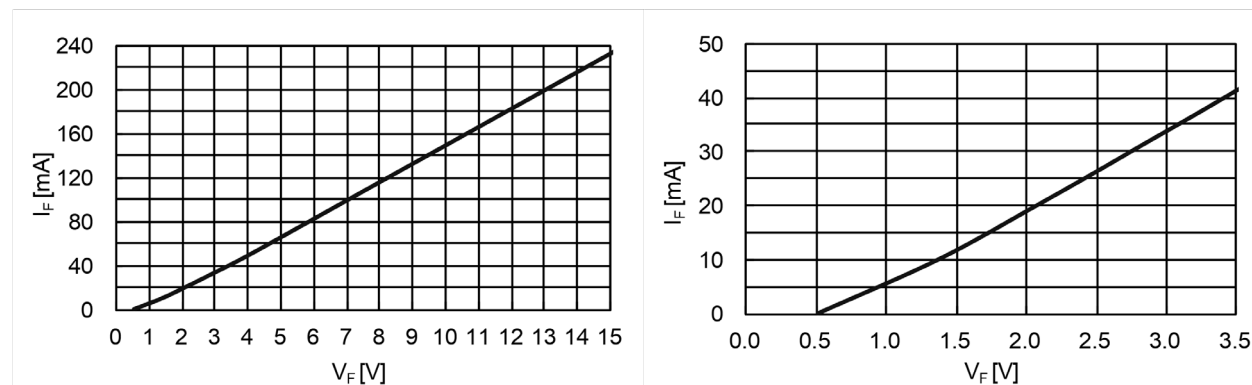
図 4-3-1 ブートストラップダイオード V_F - I_F カーブ(代表例、右図は拡大図)

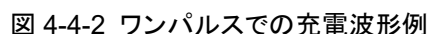
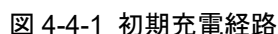
表 4-3-2 ブートストラップダイオード電気的特性 (PSF15SG1G6, PSH15SG1G6)

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	Unit
ブートストラップ Di 順電圧降下	V_F	$I_F=10\text{mA}$, 制限抵抗の電圧降下含む	0.9	1.3	1.7	V
ブートストラップ Di 内蔵制限抵抗	R	ブートストラップDiに内蔵	48	60	72	Ω

ブートストラップ回路を用いる場合、初期始動前、あるいは、IPM の一定時間休止後(1 秒程度でも)には IC の定常消費電流 I_{DB} により BSC の電圧が UV 保護レベルより下がっている可能性があるため、始動前に BSC をあらかじめ初期充電する必要があります。

BSC の充電は、通常 N 側 MOSFET / IGBT 全相をオンさせて行います。モータなどの負荷がつながっている場合は、1相をオンさせるだけでもモータ内配線を通して、他相の出力端子電位も低下し充電できる場合があります。ただし、モータ内の配線抵抗などにより、コンデンサの充電効率は低下する可能性があります。

充電は、ワンパルスで行う方法と、15V 制御電源の供給能力などの制限がある場合に複数回のオンパルスにて行う方法もあります。

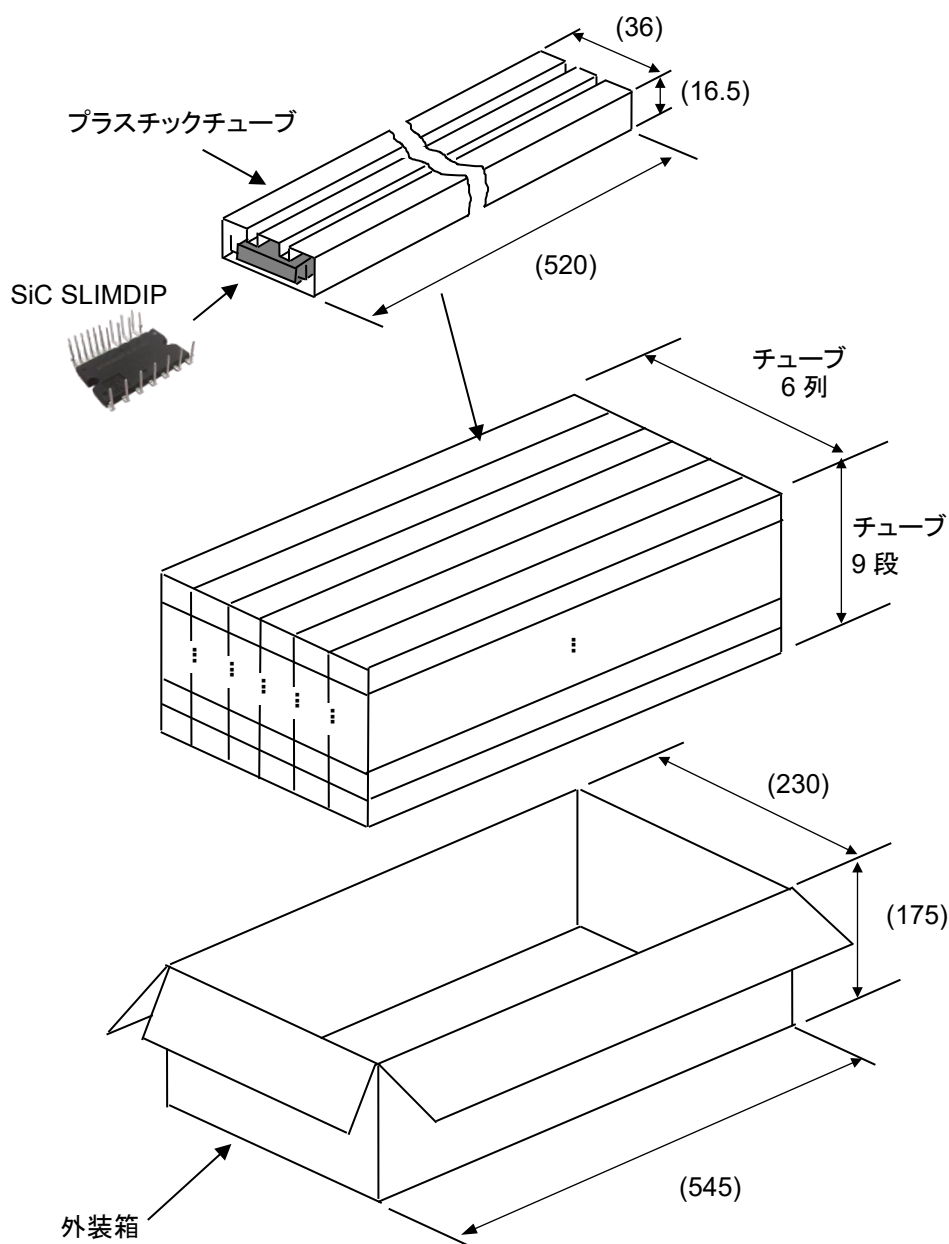


初期充電は、少なくとも V_{DB} の推奨電源電圧範囲である 13V 以上になるまで実施してください。(充電後、インバータ動作開始までの時間の低下分を考慮して、13V より高めに充電することを推奨します。)

BSC が十分に充電された後、インバータ(PWM 入力)スタート前に P 側保護状態のリセット用オンパルスを 1 パルス入力することを推奨いたします。入力するパルス幅は、各製品に規定の最小許容入力オンパルス幅(SiC SLIMDIP であれば 0.7μs)で問題ありません。

第5章 その他

5.1 梱包仕様



1 チューブ当たり

DIIPM 15 台/1 チューブ

1 外装箱あたり(最大)

6 列×9 段=54 本 (チューブ)
54×15=810 台 (DIIPM)

注)端数梱包時には、最上段のみ
空チューブか、段ボールスペーサ
を使用します。

注)複数のロットが 1 外装箱内に混
載する可能性があります。

質量

約 5.5g /DIIPM

約 170g /1 チューブ

約 10.2 kg /1 外装箱

チューブ、梱包の質量はいずれも
最大搭載時

箱の底及び最上段のチューブの上には、板状のスペーサが入ります。また、上部に空間がある場合、エアキャップが入ります。

図 5-1-1 梱包仕様

5. 2 取り扱いの注意



運送・運搬方法	<ul style="list-style-type: none"> ・運送中は梱包箱を正しい向きに置いてください。逆さにしたり、立てかけたり不自然な力を加えると、電極端子が変形したり樹脂ケースが壊れる原因になります。 ・投げたり、落したりすると素子が壊れる原因になります。 ・水に濡れると使用時の故障原因になります。降雨、降雪時の運搬には濡らさないように注意してください。
保管方法	<ul style="list-style-type: none"> ・本製品を保管する場所の温度及び湿度は、5～35℃、45～75%の常温常湿範囲内が望ましく、この温度、湿度から極度にかけ離れた環境では素子の性能や信頼性を低下させることがあります。
長期保存	<ul style="list-style-type: none"> ・本製品を長期(1年以上)に保管する場合は、除湿対策をしてください。なお、長期保管後、ご使用の際は、外観に傷、汚れ、錆等がないことを確認してください。
使用環境	<ul style="list-style-type: none"> ・水(結露含む)や有機溶剤が直接付着する場所、腐蝕性ガスを発生する場所、また、爆発性ガス、粉塵、塩分などのあるところでの使用は重大な事故につながる可能性がありますので避けてください。
難燃性について	<ul style="list-style-type: none"> ・エポキシ充填樹脂およびケース材料にはUL規格の94-V0認定品を使用していますが、不燃性ではありません。
静電気対策	<ul style="list-style-type: none"> ・DIIPMはMOSゲート構造を有する専用ICを使用しています。静電気による破壊を防止するために下記事項を守ってください。 (1)静電気破壊に対する注意事項 <ul style="list-style-type: none"> 人体や梱包材料などに帯電した静電気が端子に印加されると、素子が破壊することがあります。静電気対策の基本は、静電気の発生をできるだけ抑えることと帯電した電荷をすばやく逃がすことが大切です。 ・運搬、保存に静電気を帯びやすい容器は使用しないでください。 ・DIIPMは、使用する直前までチューブから出さないでください。また素手で端子を絶対に触らないようにしてください。 ・組立時、使用機器や人体を接地して作業を行ってください。 <ul style="list-style-type: none"> また、作業台表面および作業台周囲の床は導電性マットを敷き、接地することを推奨します。 ・素子を実装したプリント基板上で各制御端子間がオープンになっていると、プリント基板に帯電した静電気により破壊することがありますのでご注意ください。 ・半田ゴテを使用する場合は、コテ先をアースしてください。 (2)各制御端子間開放時の注意事項 <ul style="list-style-type: none"> ・各制御端子間がオープン状態で、コレクタ・エミッタ間に電圧を印加しないでください。 ・素子を取外す場合、各制御端子間を短絡してから取外してください。

特記事項

本資料に記載されている情報は、いかなる場合でも、条件、特性及び品質を保証するものではありません。弊社半導体製品は必ず本資料に記載された最大定格の範囲内でご使用いただき、また、適用される法令による要求、規範及び基準をお客様が遵守することを前提としております。

なお、弊社の権限を有する者が署名した書面による明示の承諾がある場合を除き、人身事故を招くおそれのある用途に弊社半導体製品を使用することはできません。

パワー半導体製品は、長期の信頼性（パワーサイクルやサーマルサイクル等）について寿命を有していることや、特殊環境下（結露、高湿度、高粉塵、高塩分、高地、有機物・腐食性ガス・爆発性ガスが多い環境、端子部等への過度な応力等）での使用により、故障が発生したり、誤動作したりする場合がありますので、十分ご注意ください。また、技術的要件によっては弊社半導体製品に環境規制物質等が含まれる可能性があります。詳細確認を要する場合には、最寄りの弊社営業所、あるいは代理店までお問い合わせください。

本資料の内容・データは、専門技術・教育を受けられた技術者を対象としています。弊社半導体製品のお客様用途への適合性及び適合性に関する弊社製品データの完全性については、お客様の技術部門の責任にて評価・判断してください。なお、貴社製品への適用検討にあたって、弊社半導体製品単体で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、適用可否をご判断ください。必要に応じ、電源と半導体製品の間に適切な容量のヒューズまたはブレーカーを取り付けて二次破壊を防ぐなど、安全設計に十分ご注意ください。関連するアプリケーションノート・技術資料も合わせてご参照ください。

安全設計に関するお願い

弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は故障が発生したり、誤動作する場合があります。弊社の半導体製品の故障又は誤動作によって結果として、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないような安全性を考慮した冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計に十分ご注意ください。

本資料ご利用に際しての留意事項

- 本資料は、お客様が用途に応じた適切な三菱半導体製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報について三菱電機または、第三者に帰属する知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾するものではありません。
- 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例の使用に起因する損害、第三者所有の権利に対する侵害に関し、三菱電機は責任を負いません。
- 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他全ての情報は本資料発行時点のものであり、三菱電機は、予告なしに、本資料に記載した製品または仕様を変更することがあります。三菱半導体製品のご購入にあたりましては、事前に三菱電機または代理店へ最新の情報をご確認頂きますとともに、三菱電機半導体情報ホームページ(www.MitsubishiElectric.co.jp/semiconductors/)などを通じて公開される情報に常にご注意ください。
- 本資料に記載した情報は、正確を期すため、慎重に制作したものです。が万一本資料の記述誤りに起因する損害がお客様に生じた場合には、三菱電機はその責任を負いません。
- 本資料に記載の製品データ、図、表に示す技術的な内容、プログラム及びアルゴリズムを流用する場合は、技術内容、プログラム、アルゴリズム単位で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。三菱電機は、適用可否に対する責任を負いません。
- 本資料に記載された製品は、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。本資料に記載の製品を運輸、移動体用、医療用、航空宇宙用、原子力制御用、海底中継用機器あるいはシステムなど、特殊用途へのご利用をご検討の際には、三菱電機または代理店へご照会ください。
- 半導体・デバイスサイトに含まれる製品や技術をお客様が他の国へ提供する場合は、日本およびその他の国の輸出管理規制等を遵守する必要があります。また、日本、その他の仕向け地における輸出管理規則に抵触する迂回行為や再輸出は禁止します。
- 本資料の一部または全部の転載、複製については、文書による三菱電機の事前の承諾が必要です。
- 本資料に関し詳細についてのお問い合わせ、その他お気づきの点がございましたら三菱電機または代理店までご照会ください。