

高耐圧インテリジェントパワーデバイス
アプリケーションノート

TPD4163K、TPD4163F
TPD4164K、TPD4164F
TPD4165K

目次

目次	2
1. 対象製品	3
1.1. 製品概要	3
1.2. 対象製品リスト	3
1.3. ブロック図	5
2. パッケージ寸法/現品表示	6
2.1. HDIP30	6
2.1.1. パッケージ外形寸法	6
2.1.2. 現品表示	7
2.1.3. ランドパターン（参考）	7
2.1.4. 放熱板を取り付ける場合	8
2.2. HSSOP31	10
2.2.1. パッケージ外形寸法	10
2.2.2. 現品表示	11
2.2.3. パッド寸法図（参考）	11
2.2.4. 放熱板を取り付ける場合	12
3. 端子説明	14
3.1. 製品の端子配置	14
4. 使用上の注意、機能説明	16
4.1. 応用回路例	16
4.2. 保護機能	21
4.3. 電源投入シーケンス	24
4.4. 損失計算	25
製品取り扱い上のお願い	26

1. 対象製品

1.1. 製品概要

TPD4163K、TPD4163F、TPD4164K、TPD4164F、TPD4165K は高耐圧インテリジェントパワーデバイスであり、東芝独自のトレンチ分離型高耐圧 SOI プロセスを用いたシングルチップインバーターIC です。IGBT ゲートドライブ回路、ハイサイドゲートドライブ電源用ブートストラップ回路、各種保護回路、レベルシフト回路、ロジック回路などの制御回路と 6 個の IGBT、FRD を 1 チップ上に組み込んでいます。三相ブラシレス DC モーターを直接駆動するための機能を備えており、インバーター家電機器のモーター駆動に最適な製品です。

正弦波 PWM 制御方式の弊社マイコンまたはモーター制御 IC と組み合わせることにより モーターの低騒音・低振動を実現する正弦波駆動(180 度通電)が可能です。

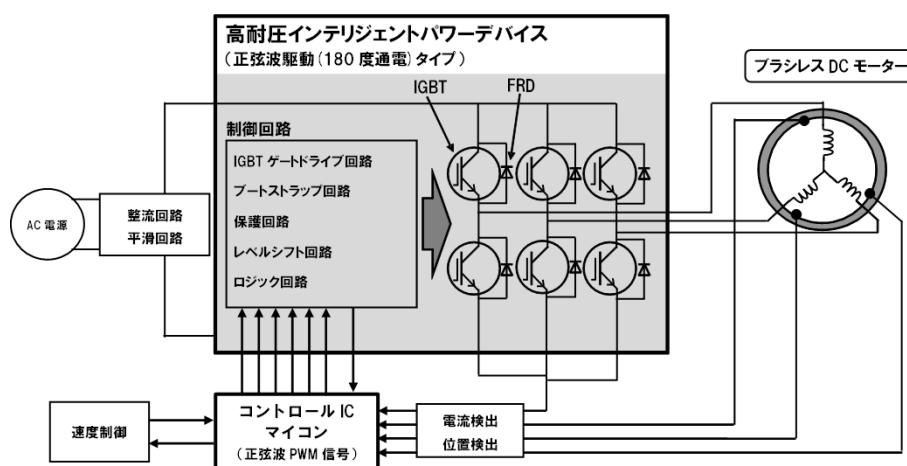


図 1.1.1 高耐圧インテリジェントパワーデバイス

1.2. 対象製品リスト

表 1.2.1 高耐圧インテリジェントパワーデバイス 製品リスト

製品名	定格	パッケージ	出力特性		機能						
			出力飽和電圧 (標準)	FRD順方向電圧 (標準)	6 入力	3 相分配・PWM 回路	電流制限	過電流保護	過熱保護	減電圧保護	シャットダウン (SD) 端子制御
TPD4163K	600V/1A	HDIP30	2.6V (Ic=0.5A)	2.0V (IF=0.5A)	○	—	—	○	○	○	○
TPD4163F	600V/1A	HSSOP31	2.6V (Ic=0.5A)	2.0V (IF=0.5A)	○	—	—	○	○	○	○
TPD4164K	600V/2A	HDIP30	3.0V (Ic=1A)	2.5V (IF=1A)	○	—	—	○	○	○	○
TPD4164F	600V/2A	HSSOP31	3.0V (Ic=1A)	2.5V (IF=1A)	○	—	—	○	○	○	○
TPD4165K	600V/3A	HDIP30	2.6V (Ic=1.5A)	1.9V (IF=1.5A)	○	—	—	○	○	○	○

表 1.2.2 (製品例) モーター制御 IC 正弦波 PWM 制御方式

製品名	パッケージ	V _{CC} / I _O	位置検出	機能				
				進角制御	発振回路 内蔵	ロック 検出	電流 制限	その他 保護機能 注1
TB6551FAG	SSOP24	12V/2mA	ホール IC	外部設定	－	－	○	○
TB6556FG	SSOP30	12V/2mA		ホール素子 or ホール IC	電流 フィードバック	－	－	○
TB6584FNG/AFNG 注2	SSOP30	18V/2mA	○			－	○	○
TB6634FNG	SSOP30	18V/2mA	○			○	○	○
TB6631FNG	SSOP30	18V/2mA	回転数 フィードバック 注3		○	－	○	○
TC78B041FNG	SSOP30	18V/2mA	Intelligent Phase Control 注4		○	○	○	○
TC78B042FTG	QFN32	18V/2mA			○	○	○	○

注 1: ゲートブロック、位置検出異常保護、V_{CC} 減電圧保護

注 2: 変調生成方式・自動進角モードなどの仕様が異なります。詳細は各製品のデータシートをご参照ください。

注 3: FG 信号の周波数による内部自動進角制御機能。

注 4: 当社独自の自動位相調整機能。

表 1.2.3 (製品例) マイコン 正弦波 PWM 制御方式

製品名	パッケージ	ROM サイズ (Bytes)	RAM サイズ (Bytes)	最大動作 周波数 (MHz)	動作電圧 (V)	
					最小	最大
TMPM375FSDMG	SSOP30	64K	4K	40 注1	4.5	5.5
TMPM372FWUG	LQFP64	128K	6K	80 注2 32 注1	4.5	5.5
TMPM373FWDUG	LQFP48					
TMPM374FWUG	LQFP44					
TMPM370FYDFG	QFP100	256K	10K	80 注2	4.5	5.5
TMPM370FYFG	LQFP100					
TMPM376FDDFG	QFP100	512K	32K	80 注2	4.5	5.5
TMPM376FDFG	LQFP100					

注 1: 雰囲気温度 -40℃～105℃

注 2: 雰囲気温度 -40℃～85℃

1.3. ブロック図

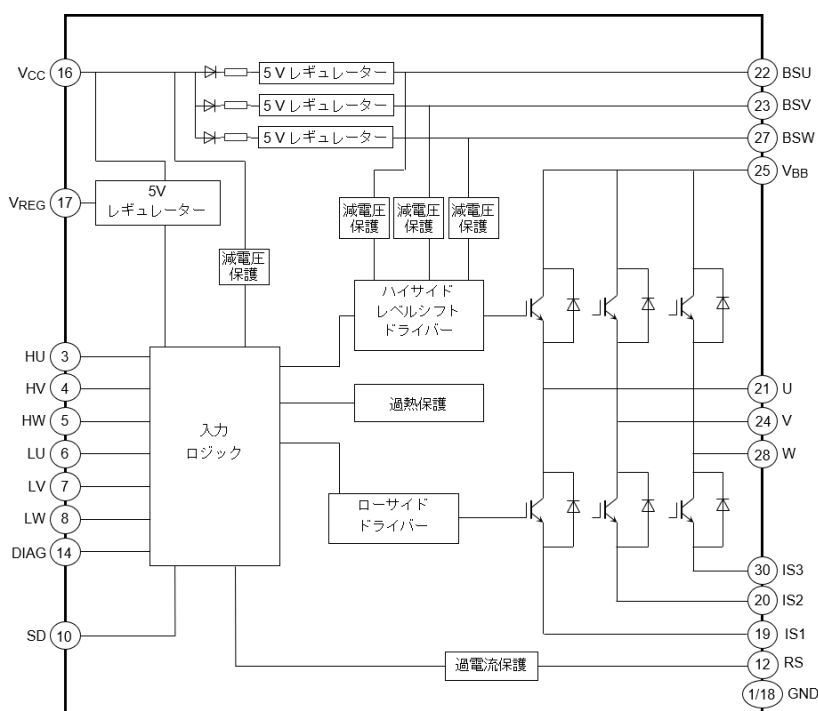


図 1.3.1 ブロック図 (TPD4163K/TPD4164K/TPD4165K)

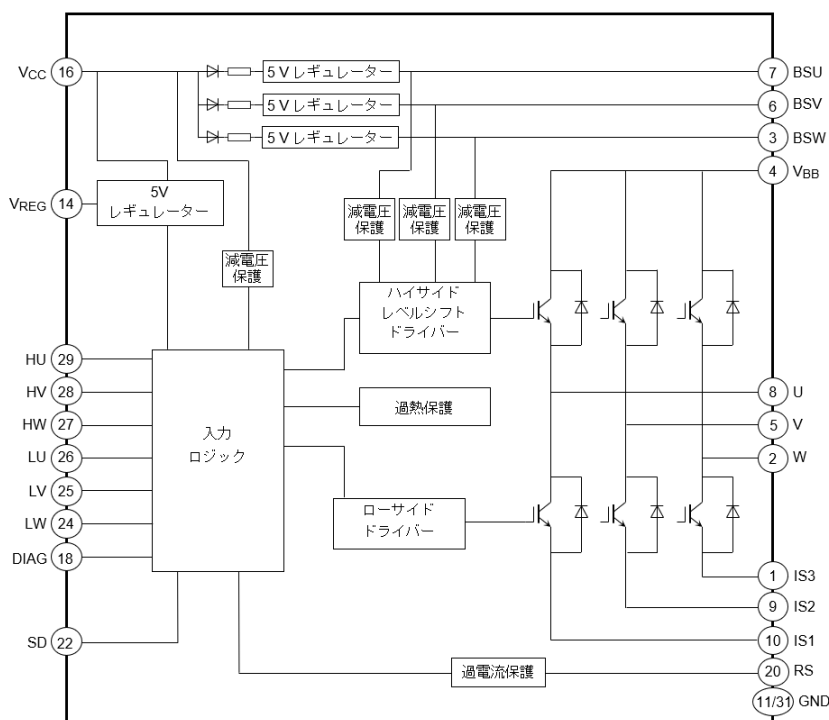


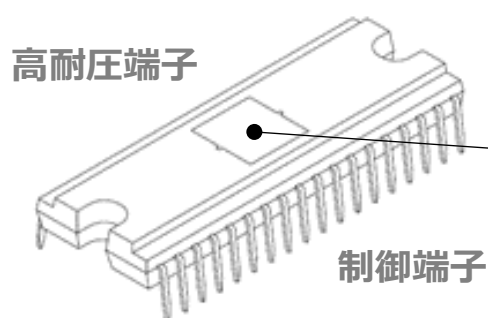
図 1.3.2 ブロック図 (TPD4163F/TPD4164F)

2. パッケージ寸法/現品表示

HDIP30（リード挿入型）と HSSOP31（面実装型）の 2 種類のパッケージを用意しています。用途、基板実装方法などによりパッケージを選択してください。

2.1. HDIP30

HDIP30 パッケージは、高耐圧端子と制御端子をパッケージ両側に分離することにより基板配線の容易化を実現しています。また、パッケージ厚の薄型化を図り、高耐圧端子の端子間距離を広く確保しています。パッケージ表面には金属放熱面を露出し、放熱板を取り付けることで放熱性を向上させることができます。また、HDIP30 はフロー実装、半田ごてによる実装に対応したパッケージです。



金属放熱面：

放熱板と取り付けることで放熱性を向上させることができます。金属面は GND 端子と同電位となっています。絶縁対策が必要な場合、放熱板との間に絶縁シートなどを挿入して絶縁対策をお願いします。

図 2.1.1 HDIP30 パッケージ

2.1.1. パッケージ外形寸法

パッケージ名：P-HDIP30-1233-1.78-001

単位：mm

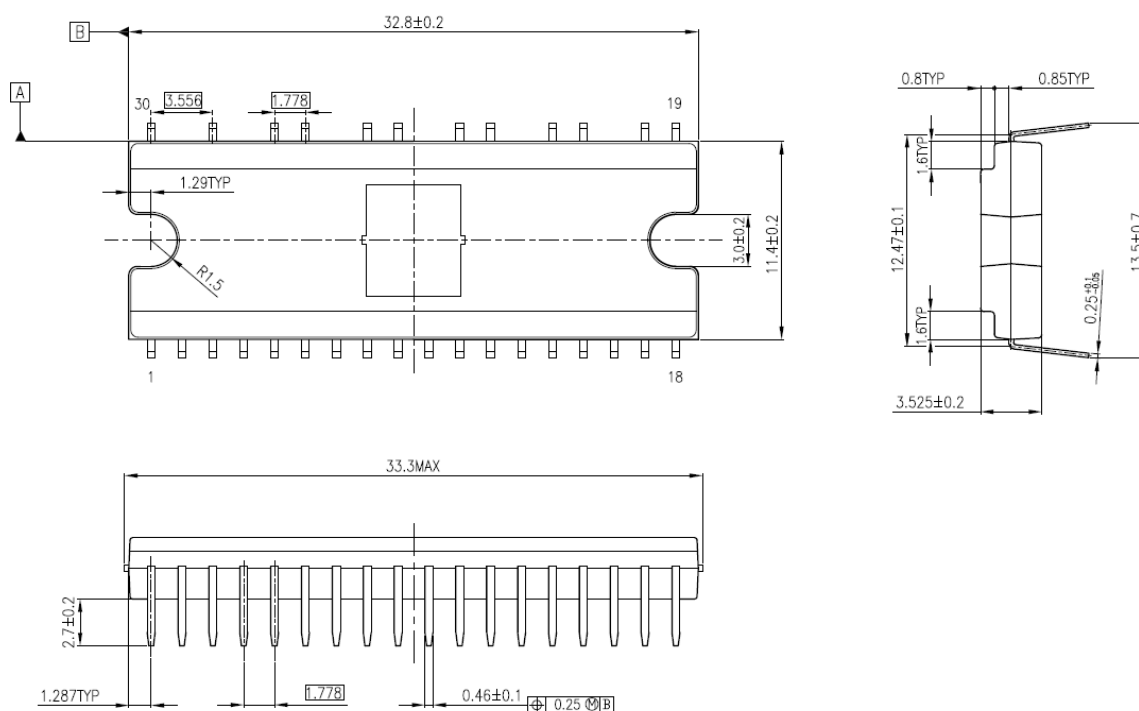


図 2.1.2 HDIP30 パッケージ外形寸法

2.1.2. 現品表示

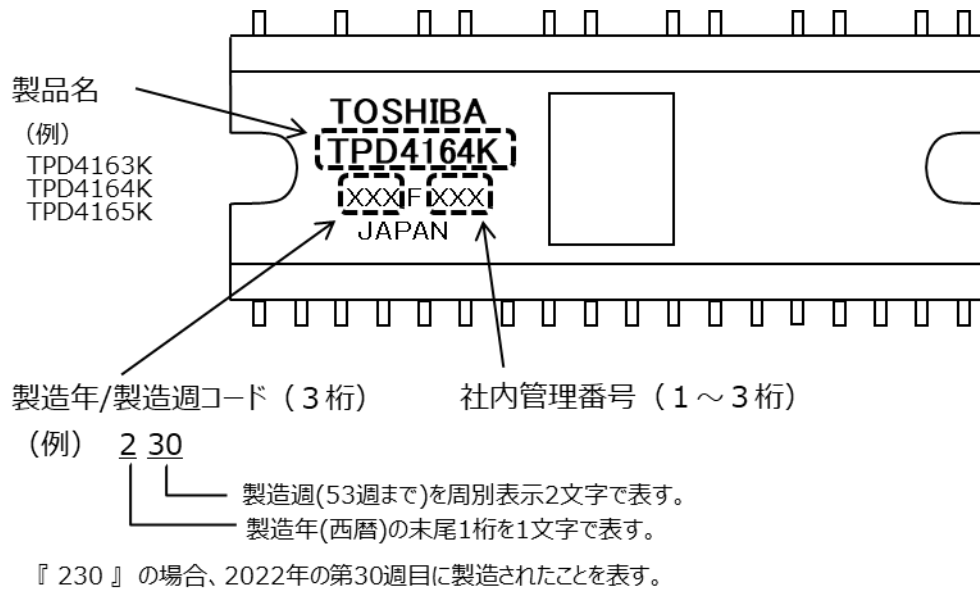


図 2.1.3 HDIP30 パッケージ 現品表示

2.1.3. ランドパターン (参考)

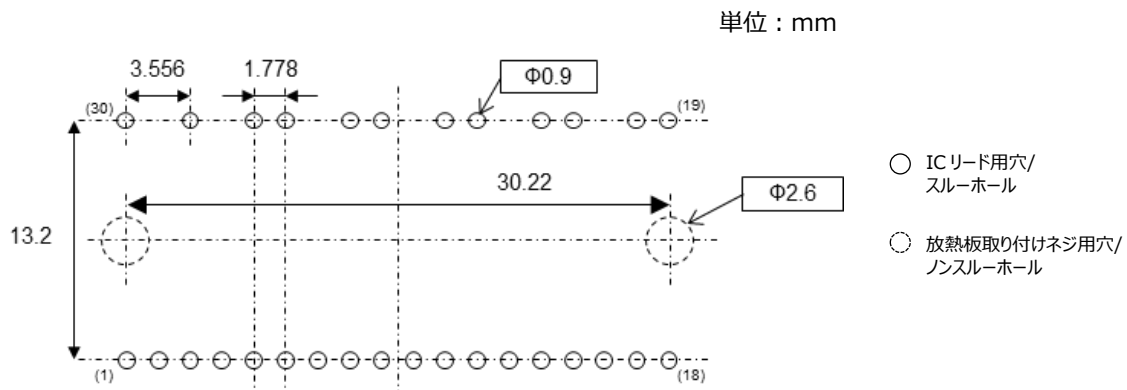


図 2.1.4 HDIP30 ランドパターン (参考)

2.1.4. 放熱板を取り付ける場合

周囲温度や周辺部品の発熱および素子自身の発熱により放熱板を必要とする場合は下記のように取り付けてください。

● シリコングリースの塗布

デバイスと放熱板の間にシリコングリースを塗布して、デバイスと放熱板間の接触熱抵抗を良好にします。この場合、シリコングリースは薄く均一に塗布します。シリコングリースは、揮発性のものは長時間使用することによりグリースに“ヒビ”割れが生じ、放熱効果を悪化させることがありますので、不揮発性のものを推奨します。

● 締め付けトルク

過度の締め付けトルクで締め付けるとビスをねじ切ったり、デバイスに歪を生じ損傷することがあります。ある一定の締め付けトルクを超えると接触熱抵抗は飽和してしまいます。従って、良好な接触熱抵抗を得てデバイスにストレスを与えないようにするために、以下の締め付けトルクを推奨します。必要に応じて仮締めを実施してください。

表 2.1.1 推奨ビス／推奨締め付けトルク／最大締め付けトルク

推奨ビス	推奨締め付けトルク	最大締め付けトルク
M2.6	0.5 N・m	0.6 N・m

● 平坦度

放熱器のデバイスを取り付ける面は十分滑らかでなければいけません。放熱器の反りや凹凸が大きかったり、プレスバリや切削クズなどの異物がはさまれたりすると、極端な場合にはデバイスを破壊させることがあります。このような問題を防ぐため、放熱器のデバイス取り付け面平坦度は、**50 μ m** 以下としてください。



図 2.1.5 平坦度

■ 注意点

- ・ 本製品は MOS 構造ですので取り扱いの際には静電気にご注意ください。
- ・ 製品マーク面と同じモールド面に金属部分が露出しています。

製品の GND 端子（1/18 番ピン）と同電位となります。必要に応じてセットの放熱板(ヒートシンク)との間に絶縁対策をお願いします。

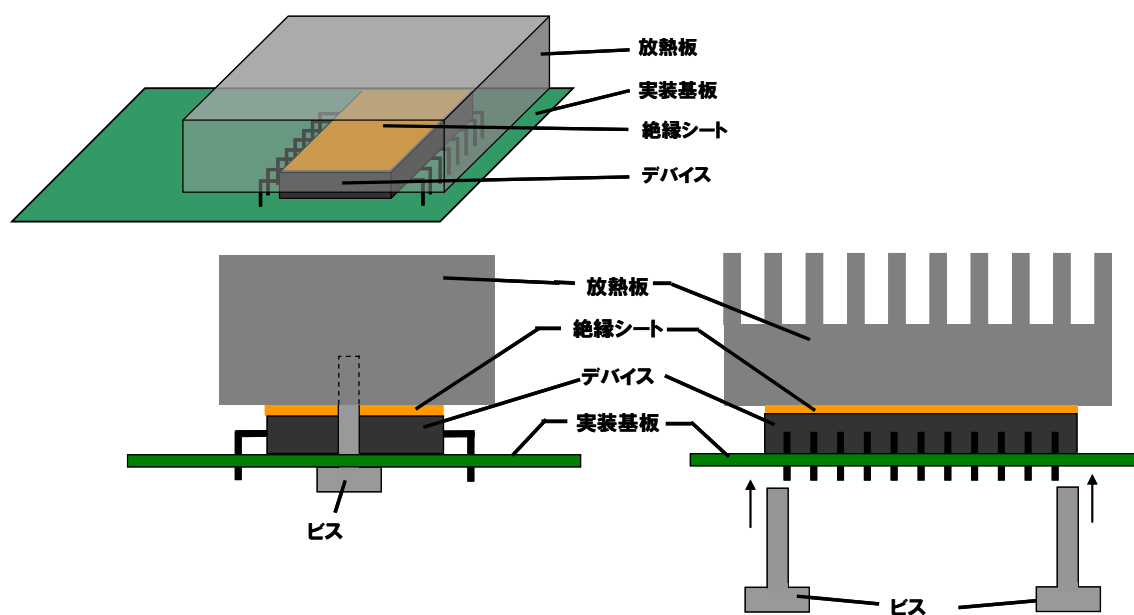


図 2.1.6 放熱板取り付け例

2.2. HSSOP31

HSSOP31 パッケージは、高耐圧端子と制御端子をパッケージ両側に分離することにより基板配線の容易化を実現しています。また、パッケージ厚の薄型化およびパッケージの小型化を実現しています。パッケージ表面には金属放熱面を露出し、放熱板を取り付けることで放熱性を向上させることができます。また、HSSOP31 はリフロー実装および半田ごてによる実装に対応したパッケージです。

2.2.1. パッケージ外形寸法

パッケージ名：P-HSSOP31-0918-0.80-002

単位：mm

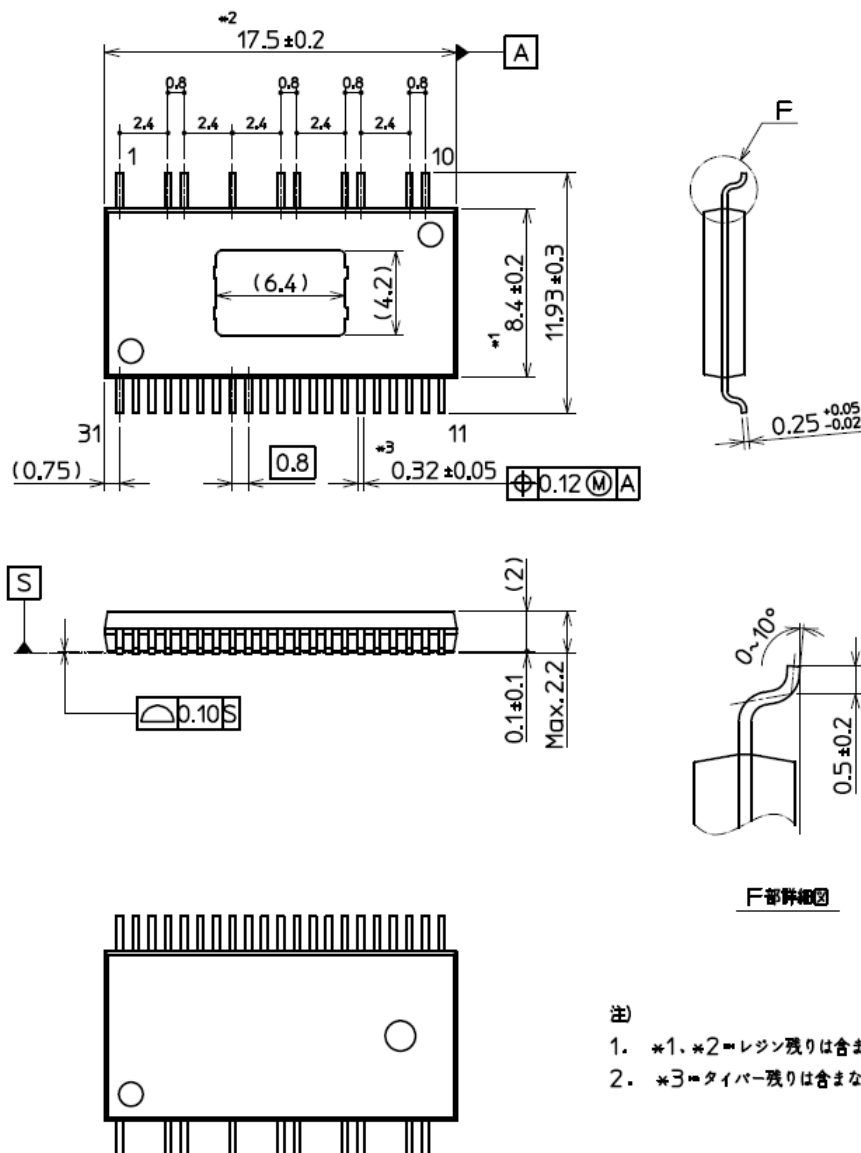


図 2.2.1 HSSOP31 パッケージ 外形寸法

2.2.2. 現品表示

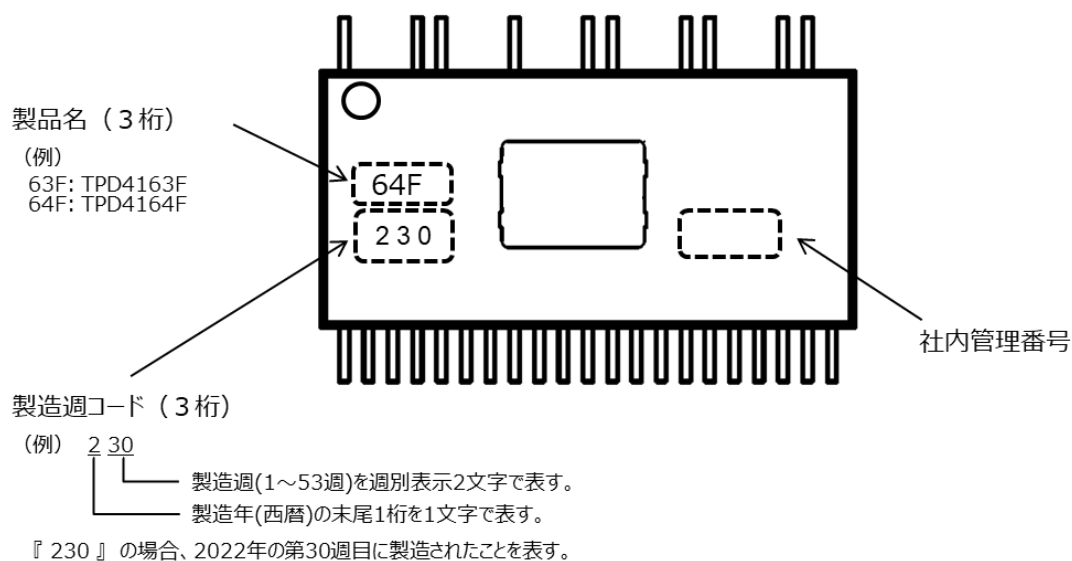


図 2.2.2 HSSOP31 パッケージ 現品表示

2.2.3. パッド寸法図 (参考)

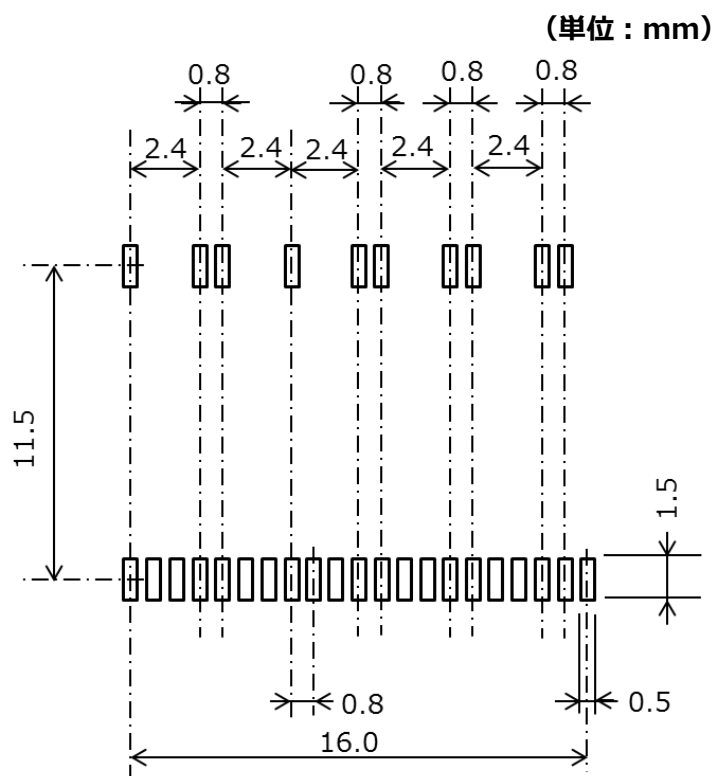


図 2.2.3 HSSOP31 パッド寸法図 (参考)

2.2.4. 放熱板を取り付ける場合

周囲温度や周辺部品の発熱および素子自身の発熱により放熱板を必要とする場合は下記のように取り付けてください。

・ 放熱板取り付け例

(1) 絶縁シート使用例

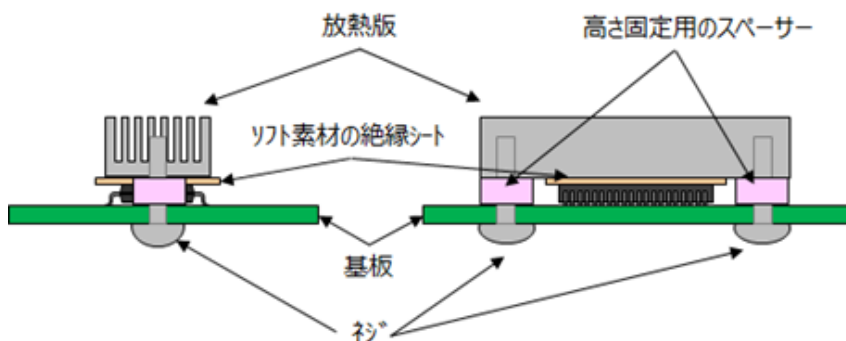


表 2.2.1 部品例

部 品	仕 様 例
ネジ	M3
絶縁シート	ソフト素材 t=0.5 mm
高さ固定用 スペーサー	t=2.5 mm 穴 : 3.2 Φ

図 2.2.4 放熱板取り付け例（絶縁シート使用例）

(2) 樹脂やゲル状の絶縁物使用例

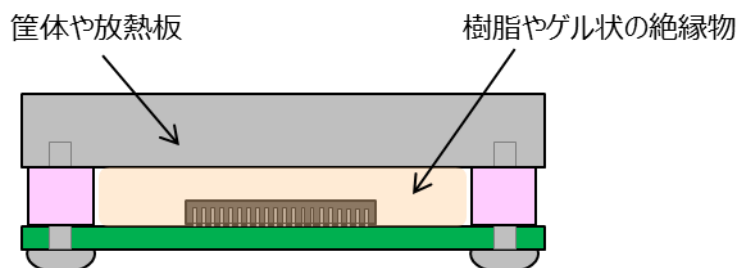


図 2.2.5 放熱板取り付け例（樹脂やゲル状の絶縁物使用例）

(3) その他放熱板取り付け方法例

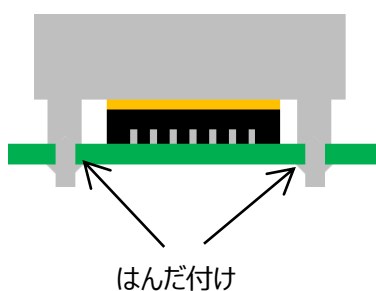


図 2.2.6 はんだ付け

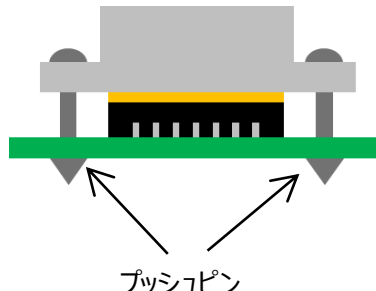


図 2.2.7 プッシュピン

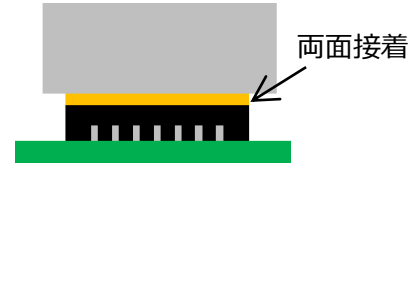


図 2.2.8 接着はり付け

- 基板への取り付け方

HSSOP31 パッケージを放熱板と基板で挟むように取り付ける場合、HSSOP31 パッケージの静荷重耐量は 10 N です。それを超えるような静荷重にならないよう取り付けてください。また、デバイスに対し荷重が不均一にかかったり、右図のように実装基板が曲がるほどネジを締め付けますとデバイスに歪みを与え、ダメージが発生します。スペーサーを挟むなど基板が曲がらないように放熱板を取り付けてください。

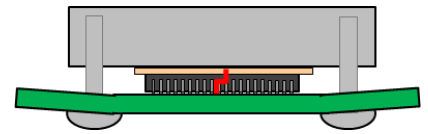


図 2.2.9 実装基板の曲り

- 平坦度

放熱板のデバイスを取り付ける面は十分滑らかでなければいけません。放熱板の反りや凹凸が大きかったり、プレスバリや切削クズなどの異物がはさまれたりすると、極端な場合にはデバイスを破壊させることがあります。

また、パッケージの上面と放熱板とを強く固定した場合、発熱などにより過大な応力が掛かり素子が破損する場合があります。上面に放熱板など硬いものを固定する場合は、ソフト素材の絶縁シート、熱伝導ゲルなどの緩衝材を必ず介在させてください。

3. 端子説明

3.1. 製品の端子配置

表 3.1.1 製品の端子説明

端子番号		端子記号	端子の説明
TPD4163K TPD4164K TPD4165K	TPD4163F TPD4164F		
1/18	11	GND	接地端子。
2/9/11/13/15 /26/29	12/13/15/17 /19/23	NC	未使用端子。内部チップには接続されていません。
3	29	HU	U 相ハイサイド側の IGBT の制御端子。1.5V 以下で OFF、2.5V 以上で ON します。
4	28	HV	V 相ハイサイド側の IGBT の制御端子。1.5V 以下で OFF、2.5V 以上で ON します。
5	27	HW	W 相ハイサイド側の IGBT の制御端子。1.5V 以下で OFF、2.5V 以上で ON します。
6	26	LU	U 相ローサイド側の IGBT の制御端子。1.5V 以下で OFF、2.5V 以上で ON します。
7	25	LV	V 相ローサイド側の IGBT の制御端子。1.5V 以下で OFF、2.5V 以上で ON します。
8	24	LW	W 相ローサイド側の IGBT の制御端子。1.5V 以下で OFF、2.5V 以上で ON します。
10	22	SD	外部保護入力端子。("L"アクティブ、入力ヒステリシスなし)
12	20	RS	過電流検出端子。
14	18	DIAG	オープンドレイン構造の診断出力端子で、抵抗でプルアップする。異常時にオンします。
16	16	V _{CC}	制御電源端子。(15V 標準)
17	14	V _{REG}	5V レギュレーター出力端子。
19	10	IS1	U 相 IGBT エミッター/FRD アノード端子。
20	9	IS2	V 相 IGBT エミッター/FRD アノード端子。
21	8	U	U 相出力端子。
22	7	BSU	U 相ブートストラップコンデンサ接続端子。
23	6	BSV	V 相ブートストラップコンデンサ接続端子。
24	5	V	V 相出力端子。
25	4	V _{BB}	高圧電源端子。
27	3	BSW	W 相ブートストラップコンデンサ接続端子。
28	2	W	W 相出力端子。
30	1	IS3	W 相 IGBT エミッター/FRD アノード端子。

※NC ピンは未使用端子であり、内部のチップには接続されていませんので、電気的特性に影響はありませんが、基板にはんだ付けすることを推奨します。

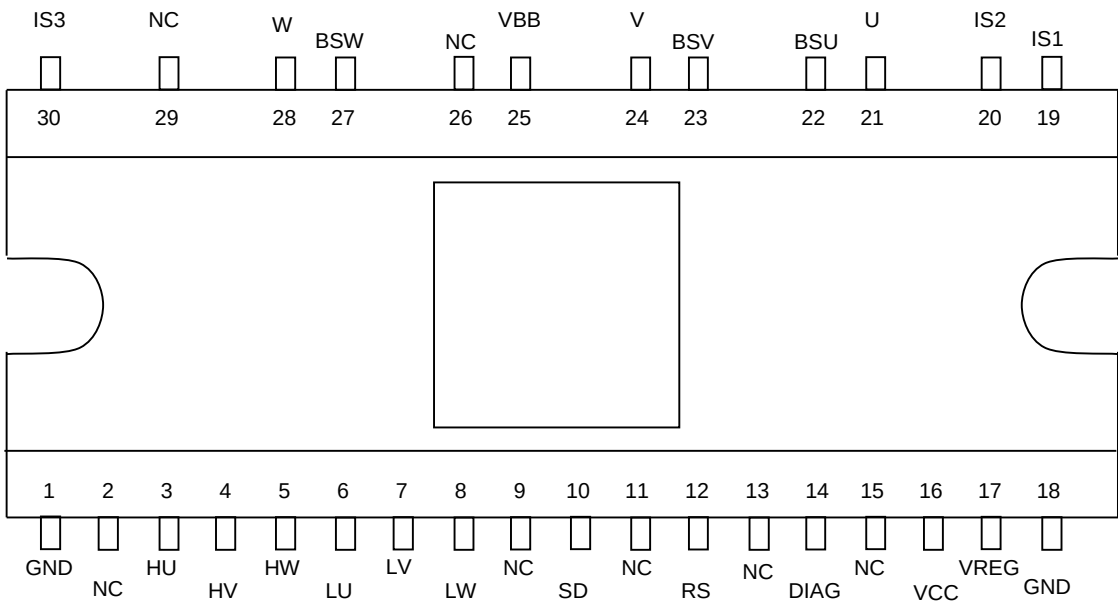


图 3.1.1 HDIP30 端子配置图 (TPD4163K/TPD4164K/TPD4165K)

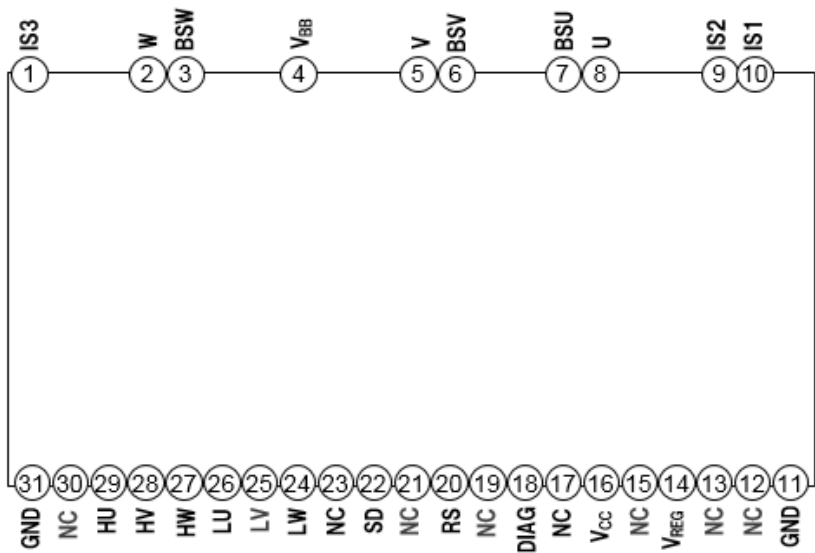


图 3.1.2 HSSOP31 端子配置图 (TPD4163F/TPD4164F)

4. 使用上の注意、機能説明

4.1. 応用回路例

図中のピン番号は TPD4163K/TPD4164K/TPD4165K のピン番号を記載しています。

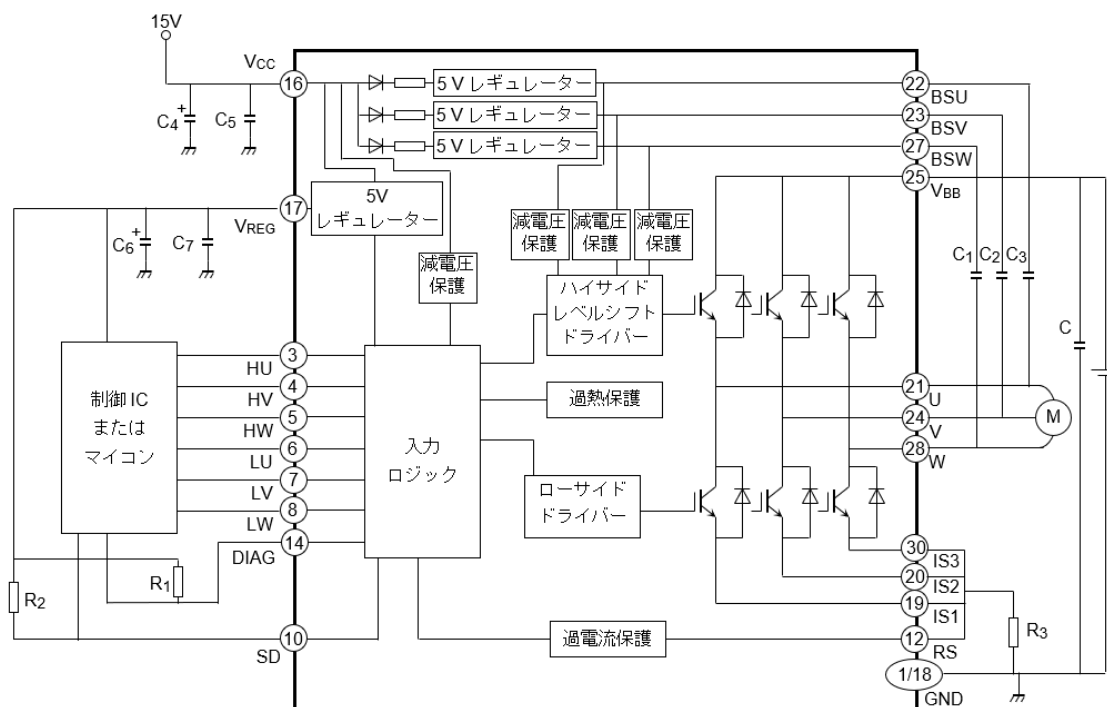


図 4.1.1 応用回路例（本製品の過電流保護機能を使用する場合）

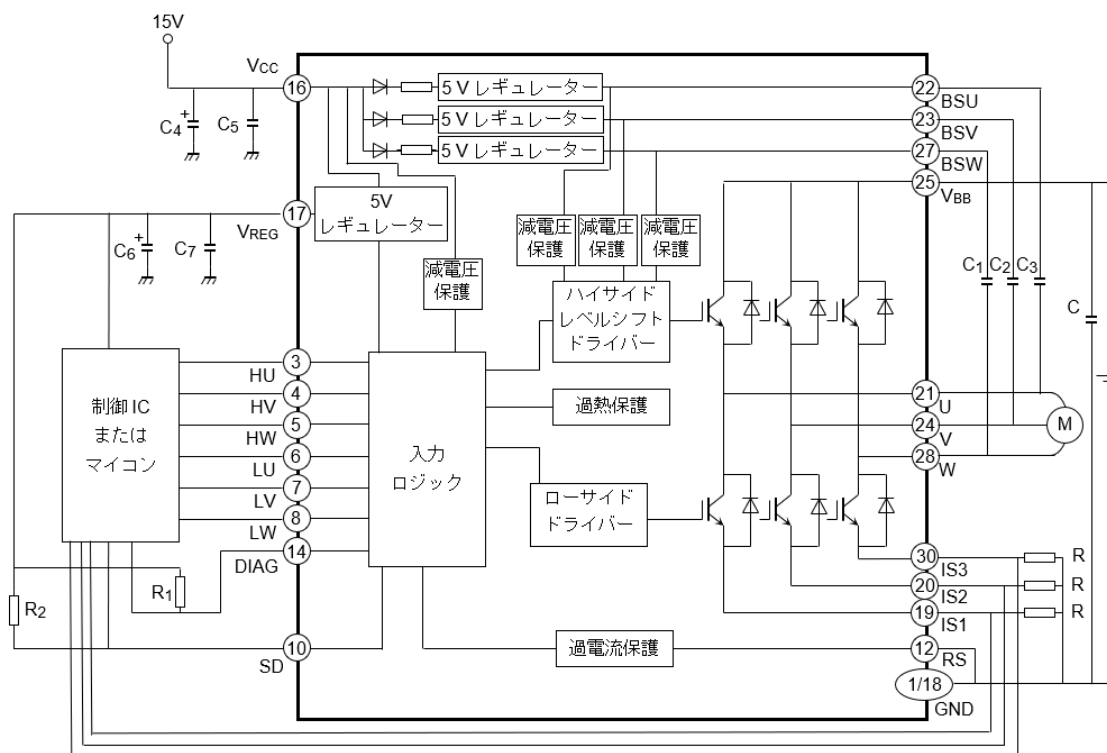


図 4.1.2 応用回路例（制御 IC またはマイコンの過電流保護機能を使用する場合）

標準的な外付け部品を下表に示します。

表 4.1.1 応用回路例 外付け部品定数

部品番号	参考値		目的	備考
C ₁ , C ₂ , C ₃	25 V/2.2 μ F		ブートストラップ用	(1)
C ₄	25 V/10 μ F		V _{CC} 電源安定用	(2)
C ₅	25 V/0.1 μ F		V _{CC} サージ吸収用	(2)
C ₆	25 V/10 μ F		V _{REG} 電源安定用	(3)
C ₇	25 V/0.1 μ F		V _{REG} サージ吸収用	(3)
R ₁	5.1 k Ω		DIAG 端子プルアップ抵抗	(4)
R ₂	10 k Ω		SD 端子プルアップ抵抗	(5)
R ₃	TPD4163F TPD4163K	0.62 $\Omega \pm 1\%$ (1 W)	過電流検出用	(6)
	TPD4164F TPD4164K	0.35 $\Omega \pm 1\%$ (1 W)		
	TPD4165K	0.2 $\Omega \pm 1\%$ (2 W)		

(1) BSU、BSV、BSW 端子

ブートストラップコンデンサーC₁、C₂、C₃をBSU、U端子間、BSV、V端子間、BSW、W端子間に接続してください。各端子に発生する電圧はハイサイド IGBT を駆動する内部回路の電源に使用されます。ブートストラップコンデンサーの必要容量はモーターのドライブ条件によって異なります。また、コンデンサーのストレス電圧は5V（標準）となります。計算式を参考に十分にデレーティングを考慮してコンデンサー容量を選定してください。

表 4.1.2 BSU、BSV、BSW 端子接続コンデンサー

項目	部品番号	部品	参考値
BSU-U 間 BSV-V 間 BSW-W 間	C ₁ , C ₂ , C ₃	セラミックコンデンサー 電解コンデンサー	25 V / 2.2 μ F

ブートストラップコンデンサー必要容量計算式

CB(ON)とCB(OFF)のうち、小さい容量が必要容量になります。

$$CB(ON) = IBS(ON) \times \text{ハイサイド IGBT オン時間 (最大)} \\ / (5 + V_F (FRD) - V_{BSUVD}) [F]$$

$$CB(OFF) = IBS(OFF) \times \text{ローサイド IGBT オフ時間 (最大)} \\ / (5 + V_F (FRD) - V_{BSUVD}) [F]$$

CB : ブートストラップコンデンサー容量(最小)

IBS(ON) : ハイサイドドライバー消費電流(最大値 : 150 μ s)

IBS(OFF) : ハイサイドドライバー消費電流(最大値 : 150 μ s)

VF (FRD) : フライホイールダイオード順方向電圧 (V_{FH} または V_{FL})

$V_{BS}UV_{D}$: V_{BS} 減電圧保護動作電圧(最大値 : 4V)

(2) V_{CC} 端子

V_{CC} 端子のノイズや変動が少なくするように V_{CC} と GND 間にセラミックコンデンサーや電解コンデンサーをできるだけ IC の近くに接続してください。特にセラミックコンデンサーは IC 近傍に接続することで高周波数の電源変動やノイズを抑えることに効果的です。

また、 V_{CC} ラインのノイズ耐量を上げる必要がある場合には、必要に応じて V_{CC} -GND 間にツェナーダイオードを追加してください。

表 4.1.3 V_{CC} 端子接続コンデンサー

項目	部品番号	部品	参考値
V_{CC} -GND 間	C4	電解コンデンサー	25 V / 10 μ F
	C5	セラミックコンデンサー	25 V / 0.1 μ F

(3) V_{REG} 端子

5V 電圧レギュレーターの出力端子です。DIAG 端子のプルアップ抵抗用の電源や端子設定、その他周辺 IC の電源にも使用できます。その際、出力電流は 30mA(最大)の範囲で使用できます。発振防止として、 V_{REG} 端子にはコンデンサーを付加してください。また、 V_{REG} 端子のノイズや変動が少なくするように V_{REG} と GND 間にコンデンサーをできるだけ IC の近くに接続してください。

表 4.1.4 V_{REG} 端子接続コンデンサー

項目	部品番号	部品	参考値
V_{REG} -GND 間	C6	電解コンデンサー	25 V / 10 μ F
	C7	セラミックコンデンサー	25 V / 0.1 μ F

表 4.1.5 レギュレーター電圧(条件 : $V_{CC}=15V$, $I_{REG}=30mA$) 単位 : V

項目	記号	最小	標準	最大
レギュレーター電圧	V_{REG}	4.5	5	5.5

(4) DIAG 端子

DIAG 端子はオープンドレイン出力構造の端子です。High/Low レベルの出力信号として使用するためには外部電源または V_{REG} 端子にプルアップ抵抗を接続してください。プルアップ抵抗を接続した状態で DIAG 端子の出力

MOSFET が ON すると端子の電圧が L レベル、OFF すると H レベルになります。V_{REG} 端子にプルアップする場合、抵抗値は 1 kΩ から 10 kΩ の範囲で接続することを推奨します。外部電源にプルアップを使用する場合は絶対最大定格の出力電圧 20V、出力電流 20mA を超えないようにプルアップの電源電圧および抵抗値を選定してください。

DIAG 端子を使用しない場合には、GND に接続してください。

表 4.1.6 DIAG 端子接続抵抗

項目	部品番号	部品	参考値	推奨範囲
DIAG-電源間	R1	抵抗	5.1kΩ	1kΩ～10kΩ

(5) SD 端子

SD 端子に L レベルを入力することで、U、V、W 相ハイサイド、ローサイド各 IGBT をオールオフすることができます。

SD 端子の H/L レベルは入力電圧 2.5V（標準）をしきい値として検出されます。外部回路と接続し信号を入力する場合、ノイズ影響による誤動作防止のため V_{REG} 端子に 5kΩ～15kΩ のプルアップ抵抗を接続し使用することを推奨します。

SD 端子の入力信号を H レベルで固定して使用する場合には V_{REG} 端子と SD 端子をショートして使用することを推奨します。

表 4.1.7 SD 端子接続抵抗

項目	部品番号	部品	参考値	推奨範囲
SD-V _{REG} 間プルアップ抵抗	R2	抵抗	10kΩ	5kΩ～15kΩ

(6) IS1、IS2、IS3 端子接続用抵抗、RS 端子

シャント抵抗を接続する IS1/IS2/IS3 端子は誤動作、破壊を回避するため配線長は短く設計してください。配線長が長くなる場合には IS1/IS2/IS3 端子-GND 端子間にサージ保護用のダイオードを取り付けてください。IS1、IS2、IS3 端子にはモーター電流が流れますので、配線パターンは広くしてください。

図 4.1.1 のように 1 シャント抵抗検出方式で本製品の過電流保護機能を使用する場合、IS1、IS2、IS3 端子と RS 端子をショートし、GND 間に検出抵抗を接続し過電流保護の検出電流を設定してください。

過電流保護の検出電流 I_O と検出抵抗 R₃ の関係は概ね次式で算出されます。

$$I_O = V_R / R_3$$

過電流保護動作電圧 V_R : 0.46V（最小）、0.5 V（標準）、0.54V（最大）

例) R₃ 抵抗値を 0.51 Ω に設定した場合、I_O（標準）= 0.5 V（標準）/ 0.51 Ω ≈ 0.98 A

なお、検出抵抗 R₃ には大電流が流れますので、外付け部品の定格に十分注意しマージンをもって選定してください。モーター動作時、検出抵抗にかかる電力 P は最大 P=0.525V×0.525V/ R₃ で計算されます。例えば、R₁=0.51Ω 時、P=0.54W となりますので、定格電力は 1 W 以上の抵抗を使用してください。

表 4.1.8 電流検出抵抗（本製品の過電流保護機能を使用する場合）

項目	部品番号	部品	製品	参考値
IS1/IS2/IS3-GND 間 電流検出抵抗	R3	抵抗	TPD4163F TPD4163K	$0.62 \, \Omega \pm 1 \% (1 \, W)$
			TPD4164F TPD4164K	$0.35 \, \Omega \pm 1 \% (1 \, W)$
			TPD4165K	$0.2 \, \Omega \pm 1 \% (2 \, W)$

図 4.1.2 のように制御 IC またはマイコンの過電流保護機能を使用する場合には RS 端子を GND ヘショートしてください。また、IS1/IS2/IS3-GND 間の電流検出抵抗から制御 IC またはマイコンへの配線の引き回しによりノイズ影響がある場合には必要に応じてノイズ除去用のローパスフィルターを追加するなどの対策を検討ください。

(7) HU、HV、HW、LU、LV、LW 端子

HU、HV、HW、LU、LV、LW 端子の入力信号により、U、V、W 相のハイサイド、ローサイド各 IGBT のオン、オフを制御します。HU は U 相ハイサイド、HV は V 相ハイサイド、HW は W 相ハイサイド、LU は U 相ローサイド、LV は V 相ローサイド、LW は W 相ローサイドを制御します。三相ブラシレスモーター制御信号を生成する制御 IC やマイコンと接続してください。

(8) U、V、W 端子

各端子を三相ブラシレスモーターのコイルと接続してください。各端子にはモーター電流が流れますので、配線パターンは広くしてください。

(9) V_{BB} 端子

V_{BB} 端子は高圧電源端子でハイサイド IGBT のコレクターに接続されています。モーター停止時、動作時共に動作電源電圧 450V を超えないように V_{BB}、GND 間にコンデンサーを追加するなど対策をしてください。V_{BB} 端子にはモーター電流が流れますので、配線パターンは広くしてください。

(10) GND 端子

GND 端子と過電流検出抵抗を接続する配線にモーター電流を流す経路が無いように設計してください。また、本 IC の GND 端子と制御 IC やマイコンの GND 端子を接続する配線にもモーター電流を流す経路が無いように基板レイアウト設計してください。

4.2. 保護機能

電源電圧低下保護

V_{CC} 電圧および V_{BS} 電圧が低下し、IGBT が非飽和領域で動作するのを防止する目的で電源電圧低下保護機能を内蔵しています。

V_{CC} 電源が低下して $V_{CC}UVD$ (= 11V 標準) に達すると、入力に関わらず全 IGBT 出力をシャットダウンします。この保護機能はヒステリシスを持ち、シャットダウン電圧よりも 0.5V 高い $V_{CC}UVR$ (=11.5V 標準) になると自動的に復帰して、再び入力に従って IGBT が ON します。 V_{CC} 電源電圧保護動作時には、DIAG 出力が反転しますが、 V_{CC} 電圧値が 7V 以下の場合、DIAG 出力が反転しない場合があります（DIAG が反転しない場合でも、 V_{CC} 電圧が 11V 以下では、全 IGBT 出力はシャットダウンとなります）。

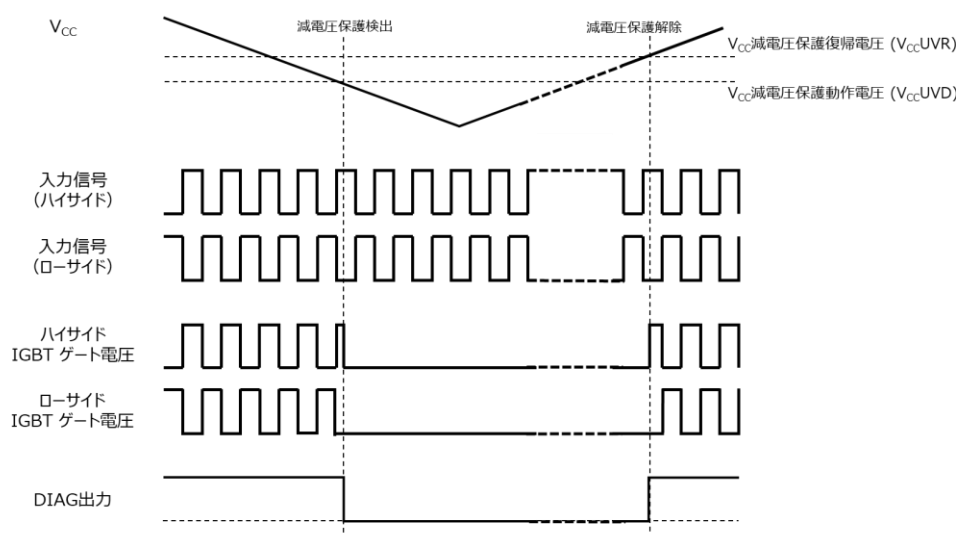


図 4.2.1 V_{CC} 減電圧保護動作時

また、 V_{BS} 電源が低下して $V_{BS}UVD$ (=3V 標準)に達すると、ハイサイド IGBT 出力をシャットダウンし、シャットダウン電圧よりも 0.5V 高い $V_{BS}UVR$ (=3.5V 標準) になると、再び制御信号に従って IGBT が ON します。なお、 V_{BS} 減電圧保護時は、DIAG 出力は反転しません。

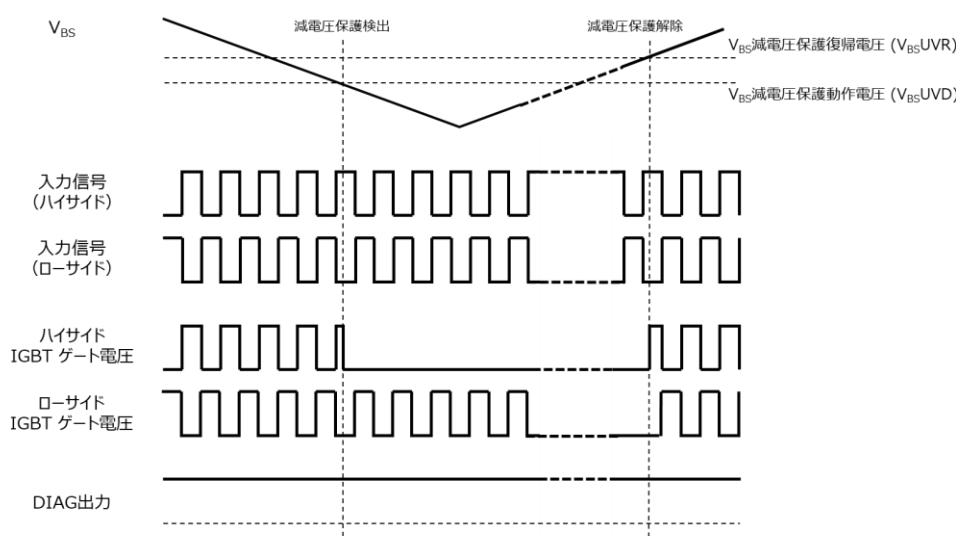


図 4.2.2 V_{BS} 減電圧保護動作時

過電流保護

起動加速時およびモーターロック時に過大な電流が流れる状態から本 IC を保護する目的で過電流保護回路を内蔵しています。過電流保護機能は、RS 端子に接続される電流検出抵抗に発生する電圧を検出し、この電圧が V_R ($=0.5V$ 標準) を超えると遅延時間 ($2\mu s$ 標準) を経て IGBT 出力をいったんシャットダウンし電流の増加を抑えます。シャットダウン状態の解除は全相 $V_{in}="L"$ でなされます。

過電流保護抵抗の設定

$$R_3 = V_R \div I_O$$

V_R : 過電流保護動作電圧 , I_O : 過電流保護設定値, R_3 : 過電流保護抵抗

表 4.2.1 過電流保護動作電圧の規格値 単位 : V

項目	記号	最小	標準	最大
過電流保護動作電圧	V_R	0.46	0.5	0.54

過電流保護遅延時間の設定

過電流検出用抵抗に発生するノイズによる過電流保護回路の誤動作防止のため、RS 端子にフィルター回路を内蔵しています。過電流保護設定値を越える電流を検出してから出力 IGBT をシャットダウンするまでの電流制限遅延時間は、このフィルター回路によるフィルター時間(不感時間)と制御回路の遅延時間の和で決定します。

過電流保護遅延時間 D_t = フィルター時間(不感時間) + 制御回路遅延時間

過電流保護抵抗に発生するノイズレベルが大きく、フィルター時間が不足する場合は RS 端子に外付けフィルターを追加してください。ただし、外付けフィルターを追加すると IGBT がオフするまでの時間(過電流保護遅延時間)が増加するためご注意ください。

表 4.2.2 過電流保護遅延時間の規格値 単位 : μs

項目	記号	最小	標準	最大
過電流保護遅延時間	D_t	—	2	3

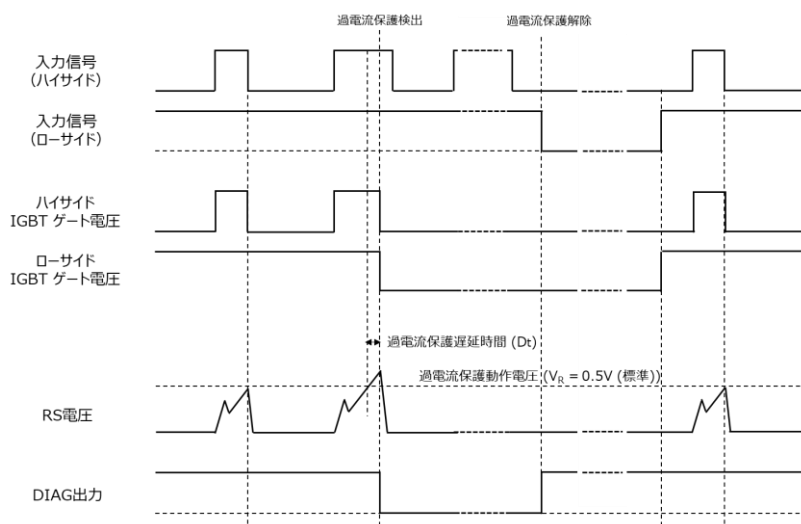


図 4.2.3 過電流保護動作時

過熱保護

本 IC 温度が過度に上昇した異常状態から保護する目的で過熱保護回路を内蔵しております。外部的な要因、あるいは、内部の発熱によってチップ温度が高くなり内部の設定値に達すると、入力に関わらず全 IGBT 出力をシャットダウンします。この保護機能はヒステリシス ΔTSD (= 50 °C (標準)) を持ち、チップ温度が $TSD - \Delta TSD$ 以下の温度に下がると自動的に復帰して、再び入力に従って IGBT が ON します。

なお、チップ内の温度検出は 1 カ所であり、例えば IGBT による発熱の場合、発熱源となる IGBT の検出位置からの距離の違いにより、シャットダウンまでの時間差が生じ、過熱保護回路が動作した時点ですでにパワーチップの温度は過熱保護温度以上に上昇することがあります。

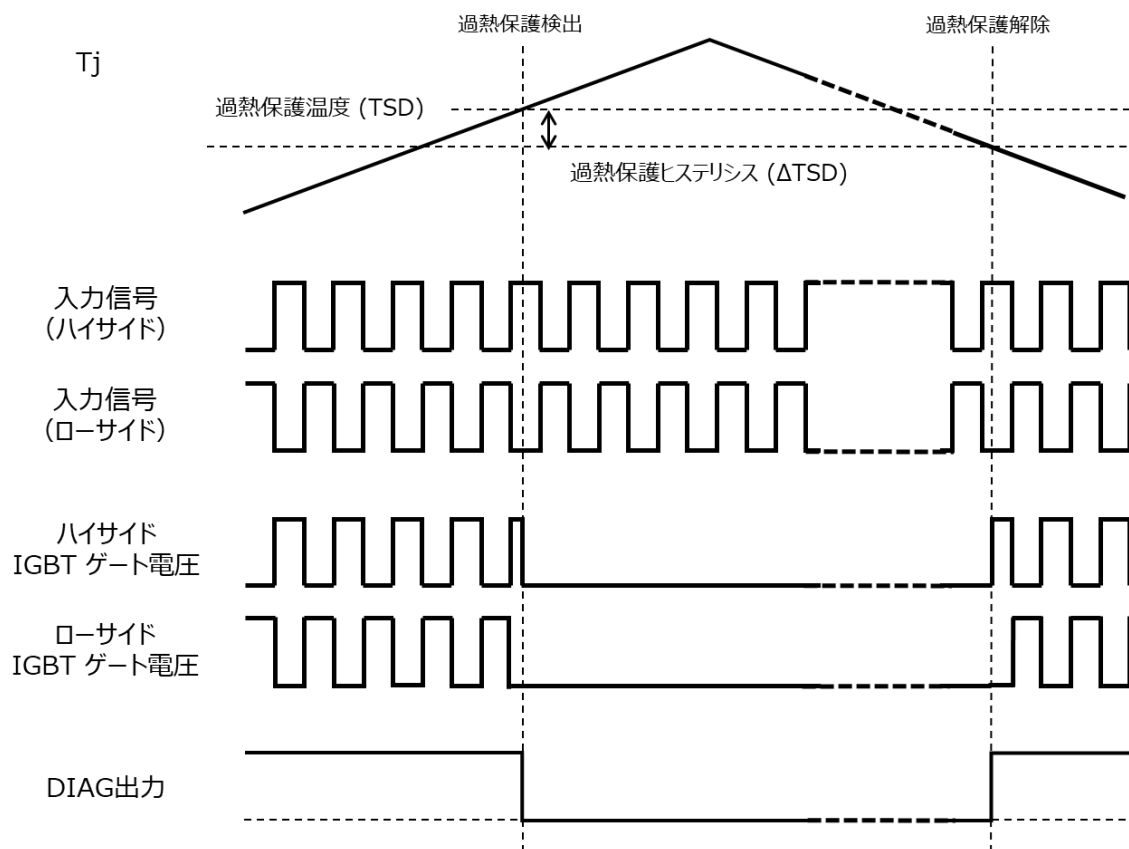


図 4.2.4 過熱保護動作時

SD 機能

過電流などを外部回路で検知し、“L”信号を SD 端子に入力することで遅延時間(2 μ s 標準)を経て、全 IGBT 出力をオフにします。解除は、全相 V_{in} = “L” でなされます。

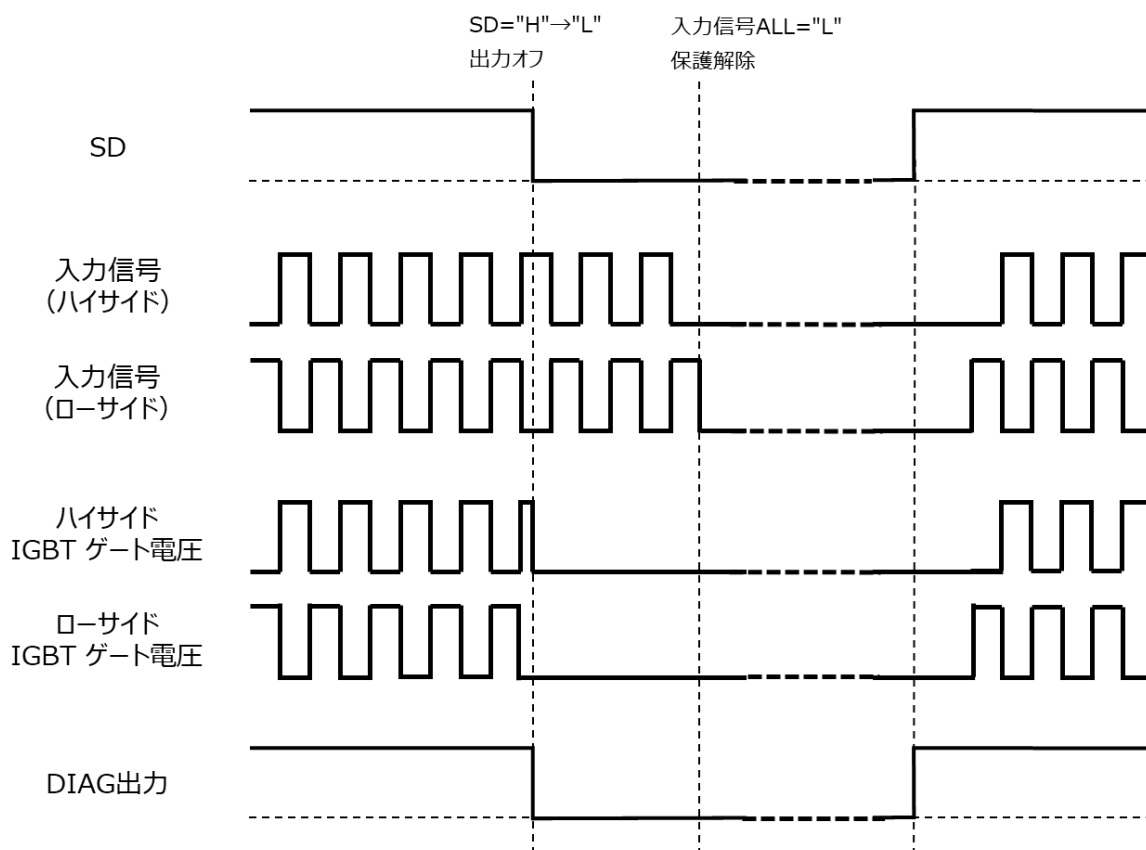


図 4.2.5 SD 機能動作時

4.3. 電源投入シーケンス

V_{BB} 電源、 V_{CC} 電源、制御信号の立ち上げ／下げに関して、下記の内容は推奨していません。

- ・ 電源立ち上げ時： V_{BB} ／制御信号が立ち上っている状態で最後に V_{CC} 電圧を立ち上げる場合
- ・ 電源立下げ時：最初に V_{CC} 電源を立下げる場合

表 4.3.1 立ち上げ時

電源立ち上げ順			○/×
①	②	③	
V_{CC}	V_{BB}	制御入力	○
V_{CC}	制御入力	V_{BB}	○
V_{BB}	V_{CC}	制御入力	○
V_{BB}	制御入力	V_{CC}	×
制御入力	V_{CC}	V_{BB}	○
制御入力	V_{BB}	V_{CC}	×

○：推奨、×：非推奨

表 4.3.2 立ち下げ時

電源立ち下げ順			○/×
①	②	③	
V_{CC}	V_{BB}	制御入力	×
V_{CC}	制御入力	V_{BB}	×
V_{BB}	V_{CC}	制御入力	○
V_{BB}	制御入力	V_{CC}	○
制御入力	V_{CC}	V_{BB}	○
制御入力	V_{BB}	V_{CC}	○

電源を立ち下げの場合でもモーターが回転中に V_{BB} ラインをリレーなどで切り離してしまうような場合には V_{BB} 電源への電流回生ルートが遮断され、出力段（IGBT）が破壊する恐れがありますので十分ご注意ください。

4.4. 損失計算

出力電流波形が正弦波の場合の発生損失の計算式を以下に示します。

$$P = P_{on} + P_t + P_r + P_{iBB} + P_{iCC}$$

(1) 導通損失 : P_{on}

$$P_{on} = P_H + P_L + P_D \text{ (W)}$$

$$\cdot \text{ハイサイド IGBT 導通損失 : } P_H = I \times V_{satH} \times (1/8 + D/3\pi \times \cos\theta) \times 3$$

$$\cdot \text{ローサイド IGBT 導通損失 : } P_L = I \times V_{satL} \times (1/8 + D/3\pi \times \cos\theta) \times 3$$

$$\cdot \text{還流ダイオード導通損失 : } P_D = I \times V_F \times (1/8 - D/3\pi \times \cos\theta) \times 6$$

I_p : モーター巻線電流(ピーク) (A)

V_{satH}/V_{satL} : 出力 IGBT 電圧降下 (V)

V_F : FRD 順方向電圧降下 (V)

D : PWM デューティー(ハイサイド IGBT ON デューティー)

θ : 力率

(2) IGBT スイッチング損失 : P_t

$$P_t = (W_{ton} + W_{toff}) \times f_c / \pi \times 6$$

W_{ton} : ターンオンロス($\mu\text{J}/\text{pulse}$) (W)

W_{toff} : ターンオフロス ($\mu\text{J}/\text{pulse}$) (W)

f_c : PWM スイッチング周波数 (Hz)

(3) V_{BB} 消費電力 : P_{iBB} (W)

$$P_{iBB} = V_{BB} \times I_{BB} \text{ (W)}$$

I_{BB} : V_{BB} 消費電流(A)※全相 ALL OFF 時の消費電流

(4) V_{CC} 消費電力 : P_{iCC}

$$P_{iCC} = V_{CC} \times I_{CC} \text{ (W)}$$

I_{CC} : V_{CC} 消費電流(A)※通常動作時の消費電流

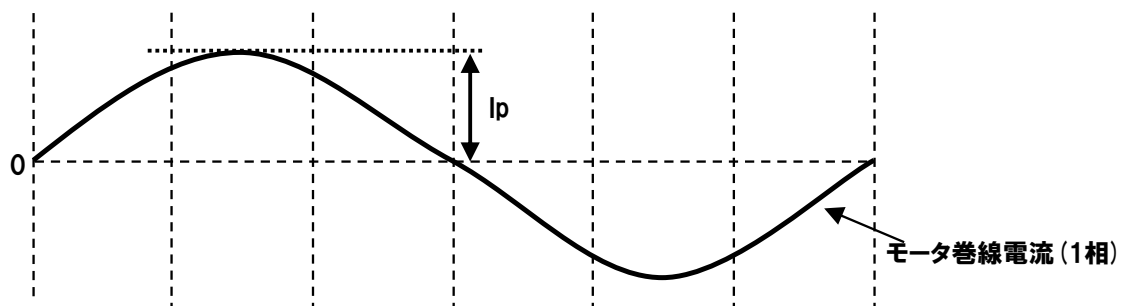


図 4.4.1 損失計算モーター電流波形イメージ(正弦波駆動タイプ)

製品取り扱い上のお願い

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。

本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独および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。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器（ヘルスケア除く）、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、発電関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口まで、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームからお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利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。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍사용途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。

東芝デバイス&ストレージ株式会社

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/>