

**矩形波通電用 TPD4162F/TPD4166F**  
**アプリケーションノート**

<b>1. 対象製品</b> .....	<b>3</b>
1.1. 製品リスト.....	3
1.2. ブロック図/応用回路例.....	3
<b>2. HSSOP31 パッケージ寸法/現品表示</b> .....	<b>6</b>
2.1. パッケージ外形寸法.....	6
2.2. 現品表示.....	7
2.3. パッド寸法図（参考）.....	7
2.4. 実装方法.....	8
2.5. 放熱板を取り付ける場合.....	9
<b>3. 端子説明</b> .....	<b>10</b>
3.1. 製品の端子配置.....	10
<b>4. 機能説明、使用上の注意</b> .....	<b>11</b>
4.1. 保護機能.....	11
4.2. $V_{REG}$ 電源.....	15
4.3. ブートストラップ回路と速度制御電圧.....	15
4.4. 電源投入シーケンス.....	17
4.5. 損失計算.....	18
<b>製品取り扱い上のお願い</b> .....	<b>19</b>

## 1. 対象製品

### 1.1. 製品リスト

表 1.1.1 製品リスト

製品名	定格	機能						通電方式
		3 相分配・PWM 回路	レベルシフト & ドライバー	電流制限	過電流保護	過熱保護	減電圧保護	
TPD4162F	600 V/0.7 A	○	○	○	○	○	○	120 度
TPD4166F	600 V/1.0 A	○	○	○	○	○	○	120 度

### 1.2. ブロック図/応用回路例

TPD4162F と TPD4166F は、各種制御回路を内蔵し、出力部には IGBT と FRD を採用しております。これにより、外付けの PWM コントローラー IC なしで、ホールセンサーまたはホール IC からの入力により直接ブラシレス DC モーターの矩形波通電が可能です。図 1.2.1 にブロック図、図 1.2.2 に応用回路例を示します。

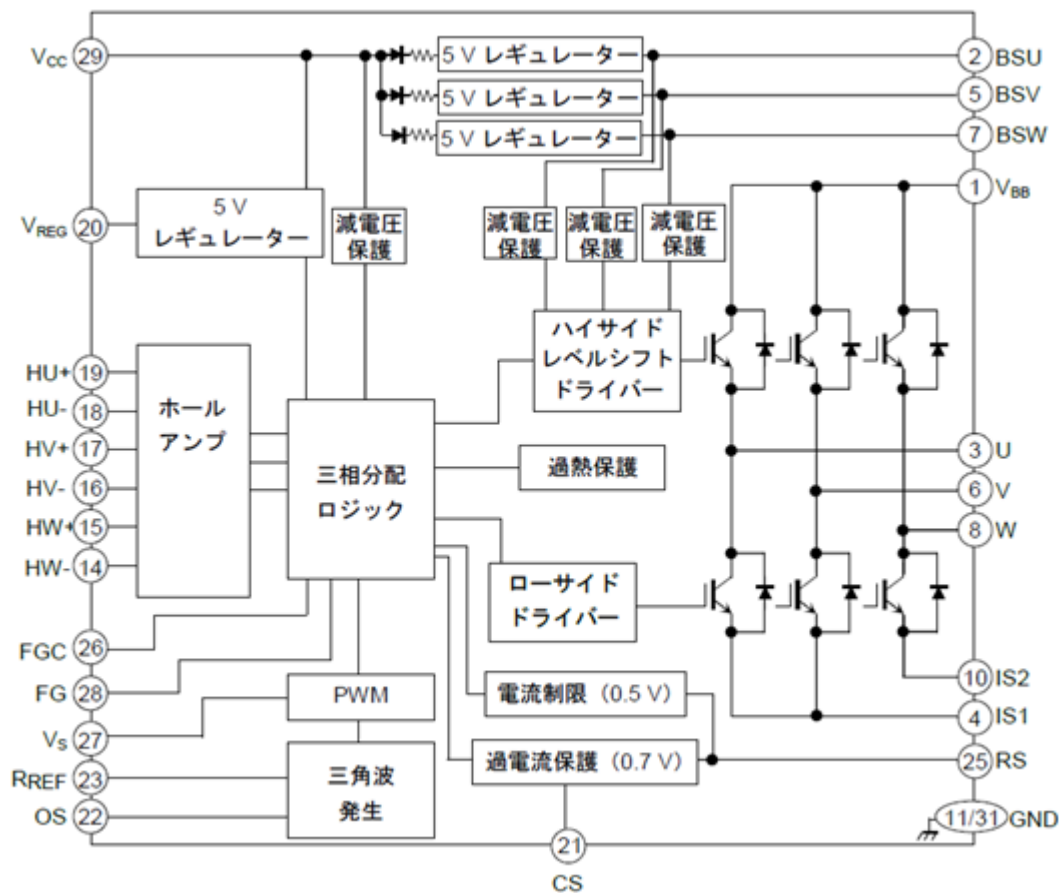


図 1.2.1 ブロック図

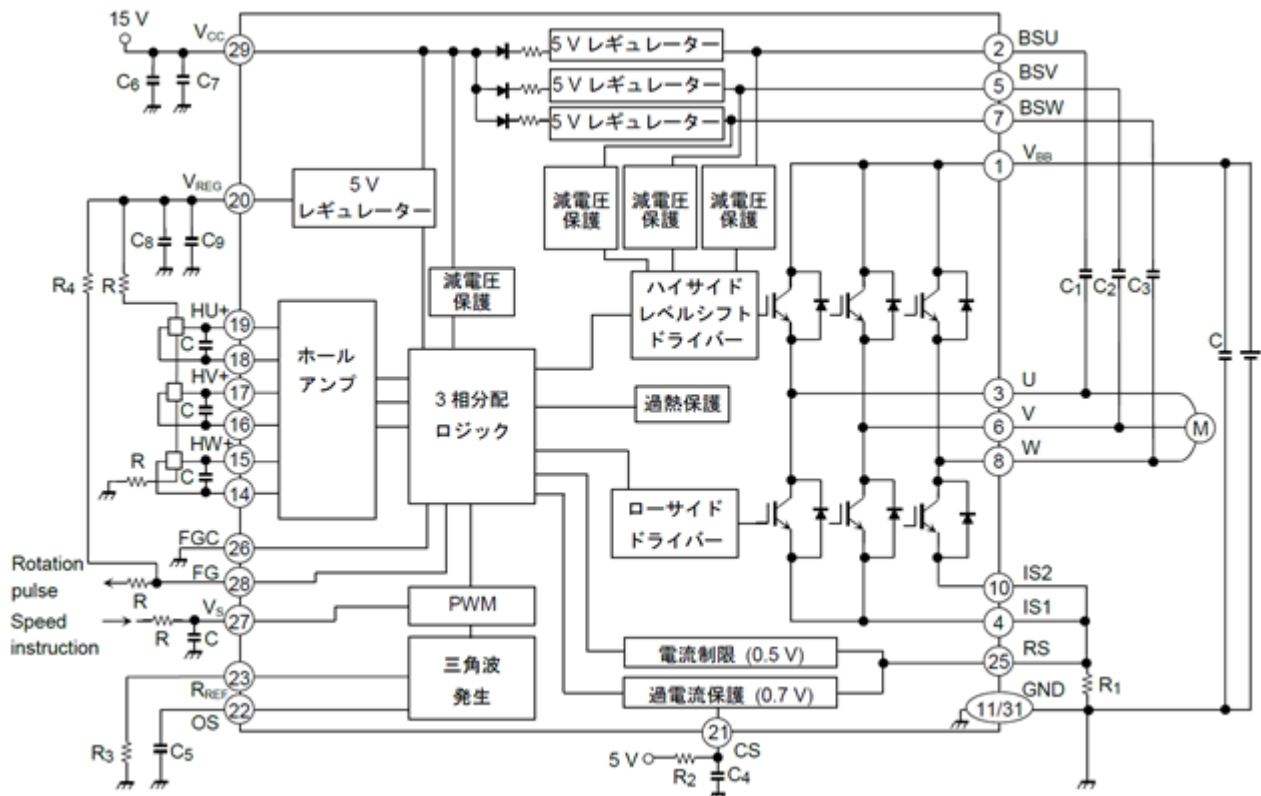


図 1.2.2 応用回路例

標準的な外付け部品を下表に示します。

表 1.2.1 応用回路例外付け部品定数

部品	参考値	目的	備考
C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub>	25 V/2.2 μF	ブートストラップ用	(注 1)
R <sub>1</sub>	1.0 Ω ± 1 % (1 W)	電流制限検出用	(注 2)
R <sub>2</sub>	2 MΩ ± 5 %	過電流保護遅延/回復設定用	(注 3)
C <sub>4</sub>	25 V / 470 pF	過電流保護遅延/回復設定用	(注 3)
C <sub>5</sub>	25 V / 1000 pF ± 5 %	PWM 周波数設定用	(注 4)
R <sub>3</sub>	27 kΩ ± 5 %	PWM 周波数設定用	(注 4)
C <sub>6</sub>	25 V/10 μF	制御電源安定用	(注 5)
C <sub>7</sub>	25 V/0.1 μF		
C <sub>8</sub>	25 V/10 μF		
C <sub>9</sub>	25 V/0.1 μF	V <sub>REG</sub> 電源安定用	(注 5)
R <sub>4</sub>	5.1 kΩ ± 5 %	FG 端子プルアップ抵抗	(注 6)

注 1: ブートストラップコンデンサの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、V<sub>BS</sub> 減電圧保護動作電圧まで動作はしますが、出力 IGBT の損失を小さく保つために、コンデンサの両端電圧は 3.5 V 以上とすることをお勧めします。

注 2: 検出電流は次式により表されます。I<sub>O</sub> = V<sub>R</sub> ÷ R<sub>1</sub> (V<sub>R</sub> = 0.5 V typ.)

また、検出電流の最大値が以下に設定されるようにご使用ください。

TPD4162F : 0.7 A、TPD4166F : 1 A

注 3: 表に示した  $C_4$ 、 $R_2$  の組み合わせで過電流保護回復時間および復帰時のリフレッシュ動作時間を設定します。各時間は概ね下式により表され、リフレッシュ動作時間が 190  $\mu$ s 以上になるような  $C_4$ 、 $R_2$  を推奨します。なお、CS 端子を使用しない場合には  $V_{REG}$  に接続してください。

$$\text{過電流保護回復時間} = 1.06 \times C_4 \times R_2 \quad [\text{s}]$$

$$\text{リフレッシュ動作時間} = 0.21 \times C_4 \times R_2 \quad [\text{s}]$$

注 4: 表に示した  $C_5$ 、 $R_3$  の組み合わせで約 20 kHz の PWM 周波数になります。IC 固有の誤差要因は約 10 % です。PWM 周波数は、概ね下式で表されます。この際、基板の浮遊容量に対する配慮が必要です。

$$F_C = 0.65 \div \{ C_5 \times (R_3 + 4.25 \text{ k}\Omega) \} \quad [\text{Hz}]$$

$R_3$  によって PWM 三角波の充・放電回路の基準電流が作られますが、 $R_3$  の値が小さすぎると、 $R_{REF}$  から供給される電流が IC 内部回路の電流容量を越えて三角波が歪んでいきます。 $R_3$  は 9 k $\Omega$  以上を選んでください。

注 5: 使用に際しては、実際の使用環境に合わせて、合わせ込みが必要になります。また、実装時には、ノイズ除去効果を高めるために IC リードの根元になるべく近い位置に配置してください。

注 6: FG 端子はオープンドレイン構造となっています。FG 端子を使用しない場合には、GND に接続してください。

注 7: 入力信号端子にノイズが見られる場合には、入力間にコンデンサーを追加してください。

注 8: ホール素子は、インジウム・アンチモン系を使用してください。ホール素子のピーク出力電圧は、300 mV 以上にて設定されるようにご使用ください。

## 2. HSSOP31 パッケージ寸法/現品表示

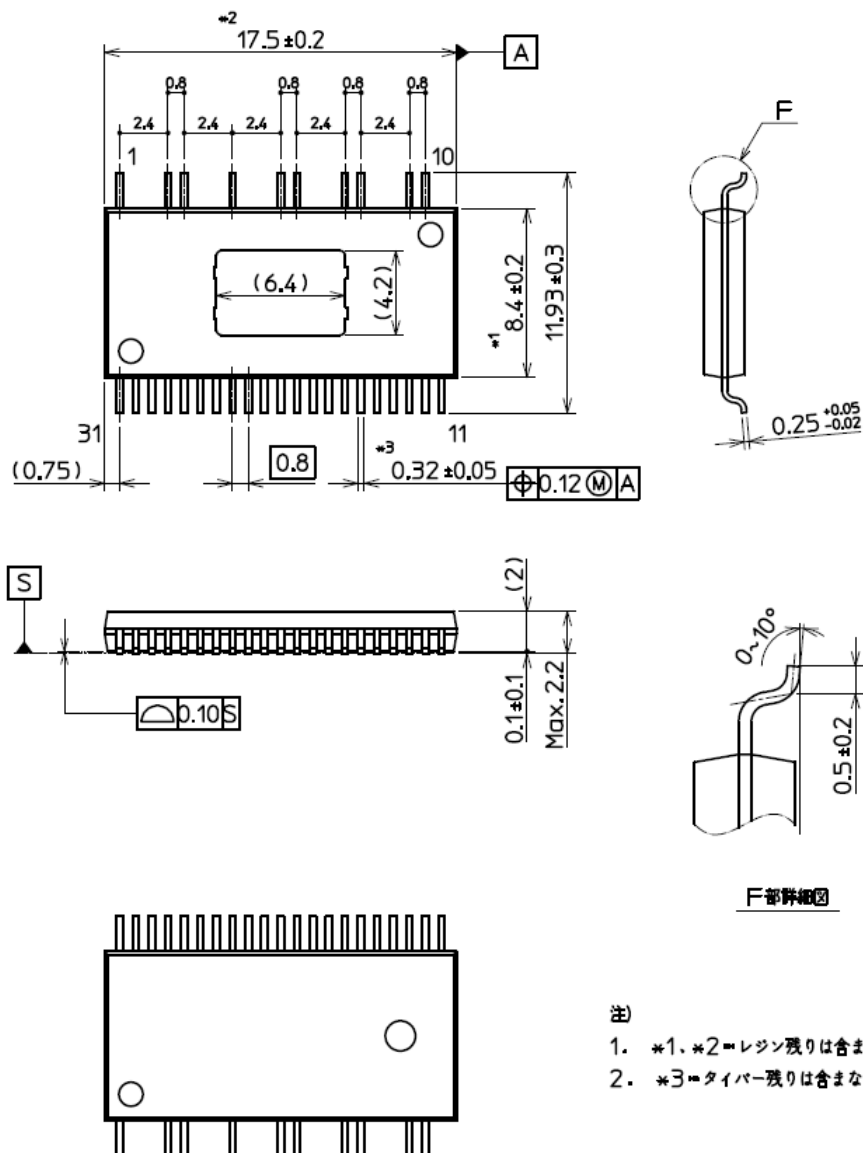
本製品に使用している HSSOP31 パッケージは、高耐圧端子と制御端子をパッケージ両側に分離することにより基板配線の容易化を実現しています。また、パッケージ厚の薄型化およびパッケージの小型化を実現しています。

### 2.1. パッケージ外形寸法

外形図

P-HSSOP31-0918-0.80-002

単位：mm



F部詳細図

- 注)
- \*1、\*2=レジン残りは含まない。
  - \*3=タイパ-残りは含まない。

図 2.1 HSSOP31 パッケージ 外形寸法

## 2.2. 現品表示

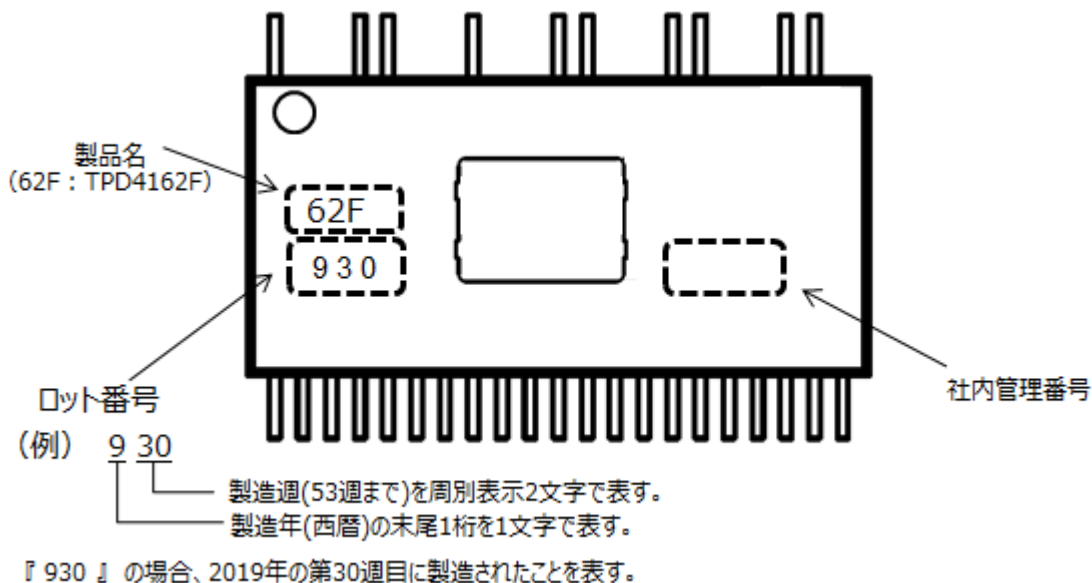


図 2.2 HSSOP31 パッケージ 現品表示

## 2.3. パッド寸法図 (参考)

(単位 : mm)

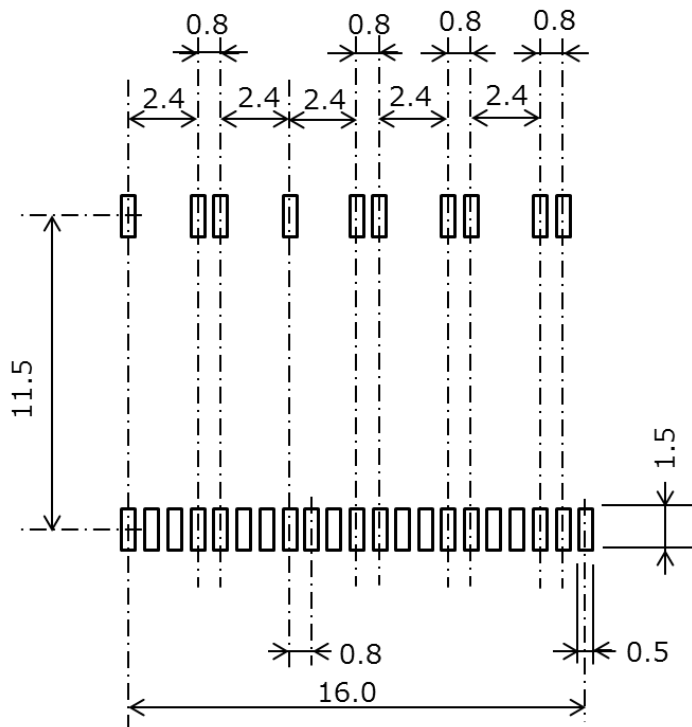


図 2.3 HSSOP31 パッド寸法図 (参考)

## 2.4. 実装方法

表 2.4 実装条件対応表

リフロー	フロー	はんだごて
3 回まで対応可	対応していません。	1 回のみ対応可

### ① リフローの場合

ピーク温度 : 最大 260 °C/瞬時  
 本加熱温度/時間 : 230 °C以上/30~50 秒  
 プリヒート温度/時間 : 180~190 °C/60~120 秒

注 : 実装耐熱条件における温度は、パッケージ表面温度を基準としております。

耐熱温度プロファイルを図 2.4 に示します。  
 本プロファイルはデバイス耐熱保証の最大値にて記載しています。  
 プリヒート温度/加熱温度は、図 2.4 の範囲内で、使用するはんだペーストの種類等に合わせた最適温度に設定してください。

本パッケージは防湿梱包品ですので、開封から最終リフロー完了までは、30 °C/60 %RH にて 168 h 以内に実施ください。

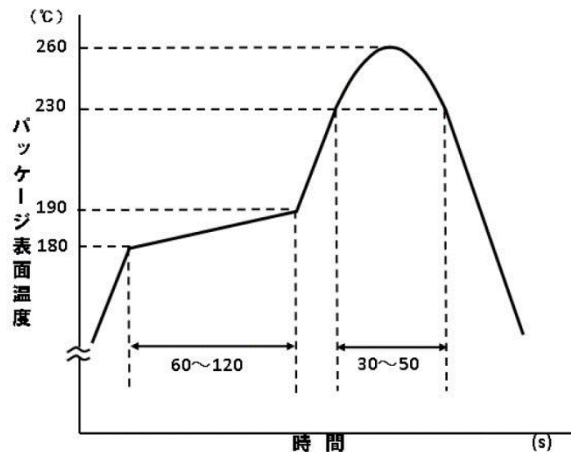


図 2.4 耐熱温度プロファイルの例

### ② フローの場合

本パッケージははんだフロー実装には対応していません。

### ③ はんだごての場合

加熱方法 : はんだごて加熱 (リード先端部)  
 加熱条件 : こて先温度 400 °C以下、3 秒以内  
 加熱回数 : 1 端子あたり 1 回のみ

### ●その他

基板実装時は十分なはんだ接合強度を得るために、十分確認の上、実装をお願いします。



### 2.5. 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

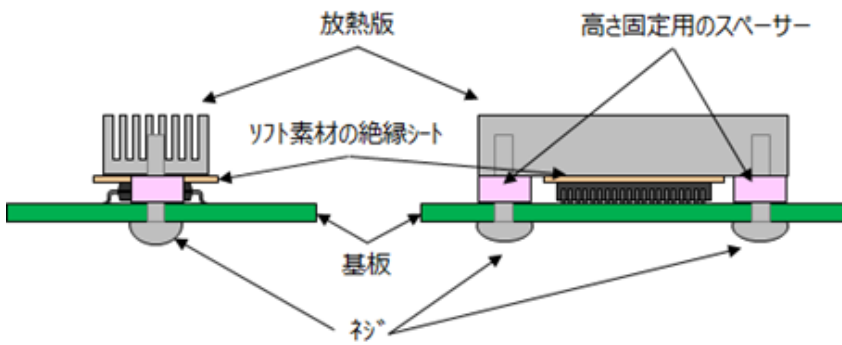


表 2.5 部品例

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	t=2.5 mm 穴 : 3.2 φ

図 2.5.1 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

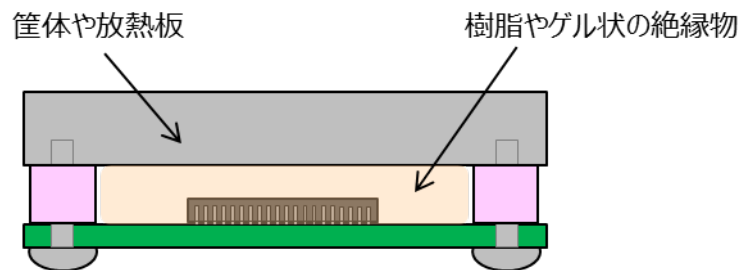


図 2.5.2 放熱板取り付け例（樹脂やゲル状の絶縁物使用例）

- ③ その他放熱板取り付け方法例

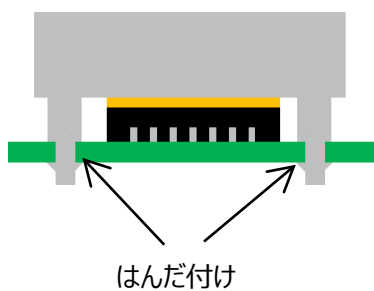


図 2.5.3 はんだ付け

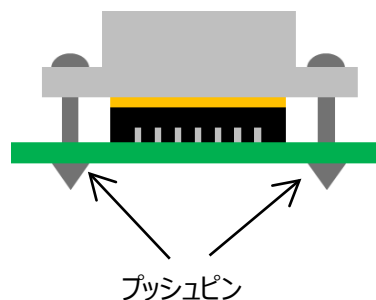


図 2.5.4 プッシュピン

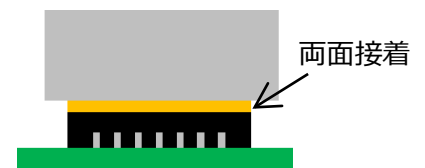


図 2.5.5 接着貼り付け

#### ● 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、HSSPO31 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。

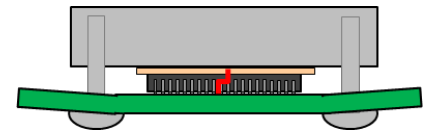


図 2.5.6 実装基板の曲り

#### ● 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完全に固定した場合、発熱等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、熱伝導ゲル等の緩衝材を必ず介在させて下さい。

## 3. 端子説明

### 3.1. 製品の端子配置

表 3.1 製品の端子配置表

端子番号	端子記号	端子の説明
1	V <sub>BB</sub>	高圧電源端子
2	BSU	U相ブートストラップコンデンサ接続端子
3	U	U相出力端子
4	IS1	IGBT エミッター/FRD アノード端子
5	BSV	V相ブートストラップコンデンサ接続端子
6	V	V相出力端子
7	BSW	W相ブートストラップコンデンサ接続端子
8	W	W相出力端子
9	NC	未使用端子 内部チップには未接続
10	IS2	IGBT エミッター/FRD アノード端子
11	GND	接地端子
12	NC	未使用端子 内部チップには未接続
13	NC	未使用端子 内部チップには未接続
14	HW-	W相ホールアンプ入力端子 (ホール IC も使用可)
15	HW+	W相ホールアンプ入力端子 (ホール IC も使用可)
16	HV-	V相ホールアンプ入力端子 (ホール IC も使用可)
17	HV+	V相ホールアンプ入力端子 (ホール IC も使用可)
18	HU-	U相ホールアンプ入力端子 (ホール IC も使用可)

19	HU+	U相ホールアンプ入力端子 (ホール IC も使用可)
20	V <sub>REG</sub>	5 Vレギュレーター出力端子
21	CS	過電流保護用端子
22	OS	PWM 三角波発振周波数設定端子 (コンデンサーを接続)
23	R <sub>REF</sub>	PWM 三角波発振周波数設定端子 (抵抗を接続)
24	NC	未使用端子 内部チップには未接続
25	RS	過電流検出端子
26	FGC	FG 端子のパルス数切り替え端子 FGC = High or open : 3 パルス/電気角 360° FGC = Low : 1 パルス/電気角 360°
27	V <sub>S</sub>	速度制御信号入力端子 (PWM リファレンス電圧入力端子)
28	FG	回転パルス出力端子
29	V <sub>CC</sub>	制御電源端子
30	NC	未使用端子 内部チップには未接続
31	GND	接地端子

※NC ピンは未使用端子となり、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、基板にはんだ付け頂くことを推奨いたします。

## 4. 機能説明、使用上の注意

### 4.1. 保護機能

#### 電源電圧低下保護

V<sub>CC</sub> 電圧および V<sub>BS</sub> 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おります。V<sub>CC</sub> 電源が低下して V<sub>CC</sub>UVD (= 11 V (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 0.5 V 高い V<sub>CC</sub>UVR (= 11.5 V (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。また、V<sub>BS</sub> 電源が低下して V<sub>BS</sub>UVD (= 3 V (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 0.5 V 高い V<sub>BS</sub>UVR (= 3.5 V (標準)) になると、再び制御信号に従って IGBT が ON します。

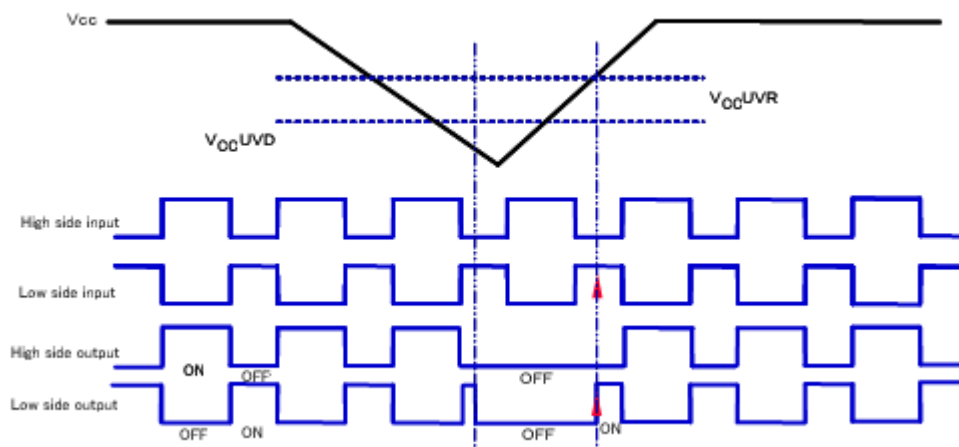


図 4.1.1 ローサイド動作時 (V<sub>CC</sub>)

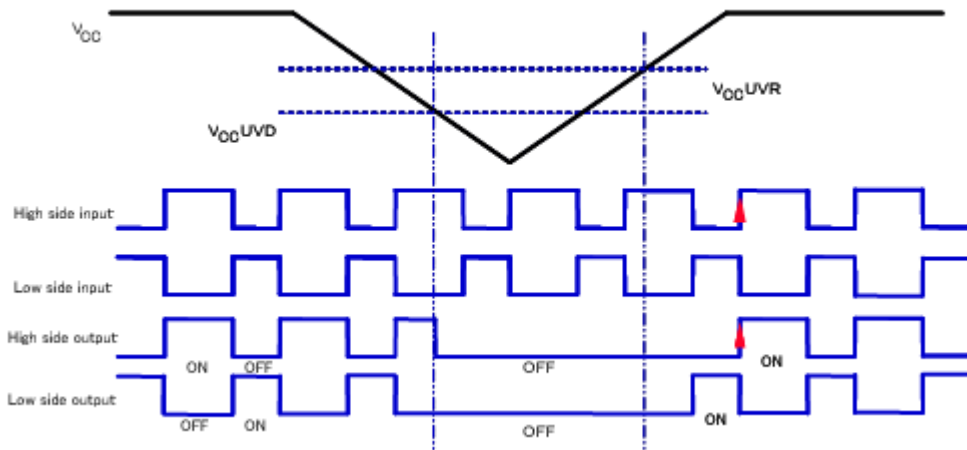


図 4.1.2 ハイサイド動作時 ( $V_{CC}$ )

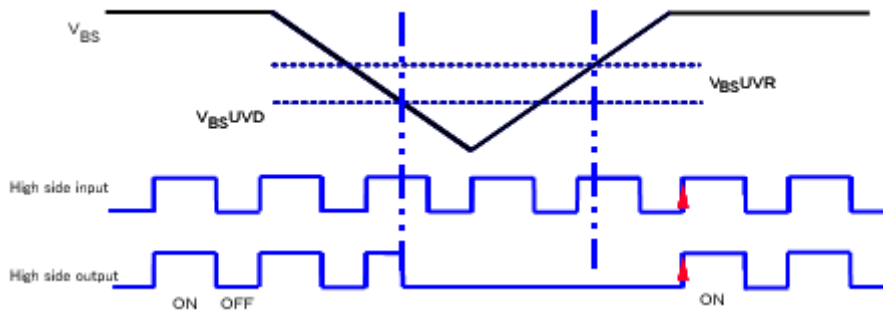


図 4.1.3 ハイサイド動作時 ( $V_{BS}$ )

### 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 $\Delta TSD$  (= 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箇所は 1 箇所なので、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で、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既にパワーチップの温度は過熱保護温度以上に上昇していることがあります。

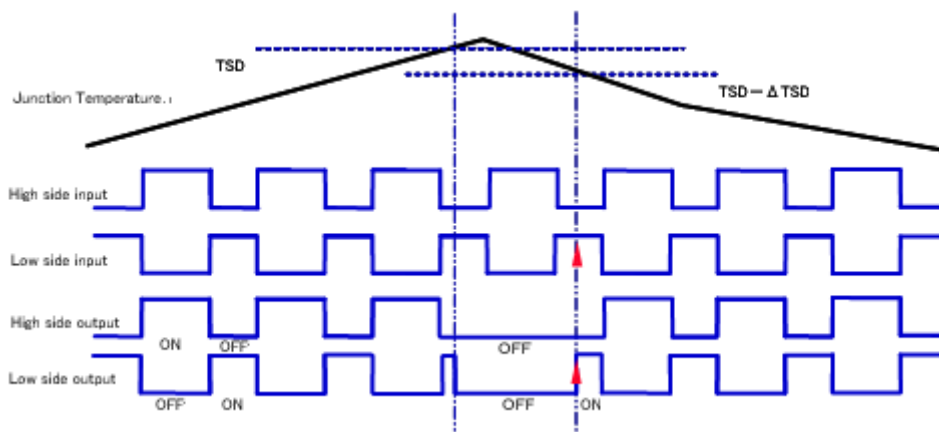


図 4.1.4 ローサイド動作時 (過熱保護)

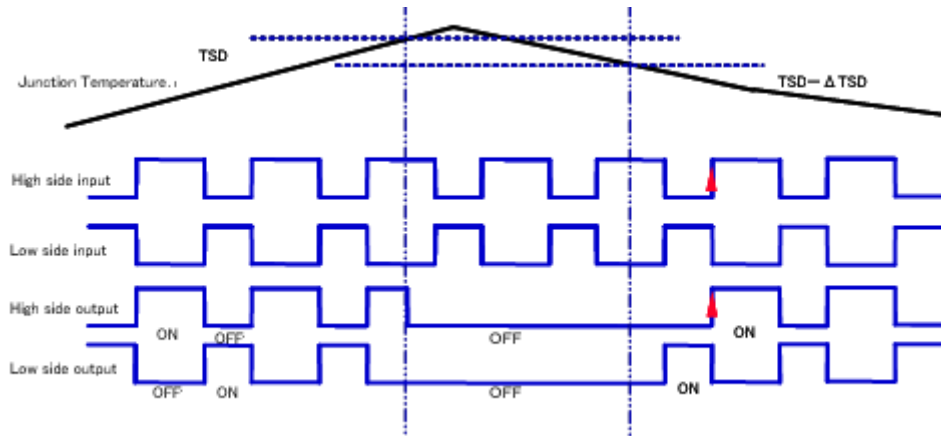


図 4.1.5 ハイサイド動作時（過熱保護）

### 電流制限保護

電流制限機能は、一時的な過負荷などで出力電流が増えて設定を超えたときに、ONしているハイサイド IGBT をシャットダウンして電流の増加を抑える機能です。以下にV相がハイサイド、U相がローサイドで動作している場合の電流制限機能の動作をタイミングチャートで示します。

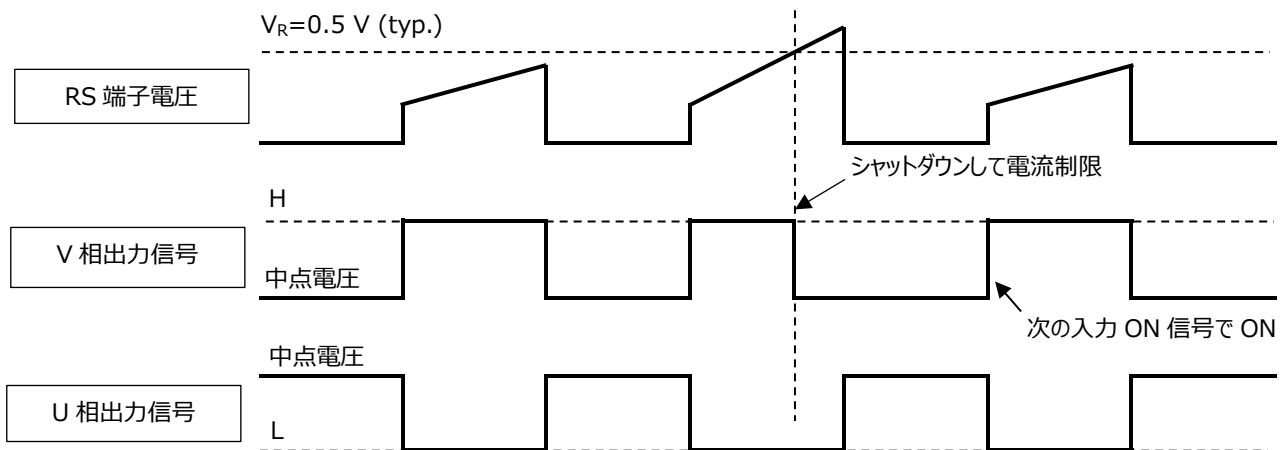


図 4.1.6 電流制限動作時のタイミングチャート

RS 端子（過電流検出端子）電圧が電流制限電圧  $V_R=0.5\text{ V (typ.)}$  を超えると動作し、次の ON 入力信号までハイサイド IGBT をシャットダウンします。この間、他の相の出力 IGBT のボディダイオードを通じて回生電流が流れますのでモーターは停止しませんが、電源から供給される電流は減少します。RS 端子は IS1 および IS2 端子と直結し、GND との間に電流検出用の外付け抵抗を接続して使用します。IS1 および IS2 端子からはモーター各相に流れる電流がそのまま出力されますので、この電流を外付け抵抗で電圧に変換して検知しています。従って検出電流は RS 端子の外付け抵抗  $R_1$  により設定されます。

電流制限保護抵抗の設定

$$I_0 = V_R \div R_1$$

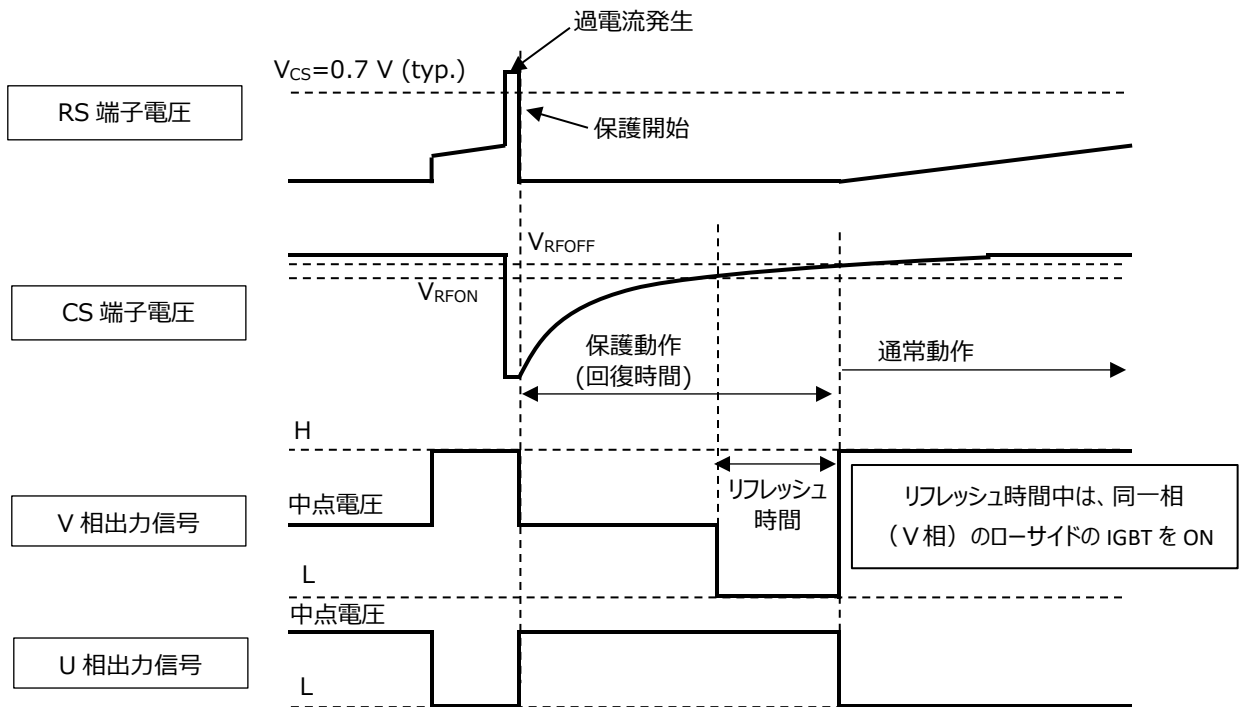
$V_R$  : 電流制限保護動作電圧 ,  $I_0$  : 電流制限保護設定値 ,  $R_1$  : 電流制限保護抵抗

**表 4.1 電流制限動作電圧の規格値(電気的特性より抜粋) 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

過電流保護機能は、外的要因によりモーターロックなどが発生した場合に全相の出力のハイサイド/ローサイド IGBT をシャットダウンする機能で、RS 端子電圧が過電流保護動作電圧  $V_{CS}=0.7\text{ V (typ.)}$  を超えると動作します。以下に V 相がハイサイド、U相がローサイドで動作している場合に過電流保護が動作した場合をタイミングチャートで示します。



**図 4.1.7 過電流保護動作時のタイミングチャート**

過電流保護機能は、RS 端子電圧が急激に上昇し、電流制限機能が動作する前に  $V_{CS}$  に達した場合に全相の出力のハイサイド/ローサイド IGBT をシャットダウンします。保護動作が始まると電流が流れなくなるので、RS 端子電圧はほぼ 0 V まで低下し、保護動作は CS 端子 (過電流保護端子) の外付けコンデンサーが充電され、しきい値に達するまで続きます。このコンデンサーは保護開始から通常動作に戻るまでの回復時間を設定するためのもので、通常動作時には充電されていますが、過電流検知と同時に放電され、保護開始と同時に充電が開始されます。

このしきい値には、ハイサイド IGBT を動作させるためにブートストラップコンデンサーの充電を開始する最初のしきい値と、充電を終了して通常動作を開始する 2 番目のしきい値の 2 種類があります。ブートストラップコンデンサーを充電する一連の動作をリフレッシュ動作といいます。CS 端子電圧がリフレッシュ動作開始電圧  $V_{RFON}$  に達すると、過電流保護が動作する直前に ON していたハイサイド IGBT と同一相のローサイド IGBT が ON となりブートストラップコンデンサーの充電が始まります。続いて CS 端子電圧がリフレッシュ動作停止電圧  $V_{RFOFF}$  に達したところで通常動作に復帰します。

#### 4.2. V<sub>REG</sub> 電源

V<sub>REG</sub> 端子に出力される電源は、V<sub>CC</sub> 電源より生成されます。V<sub>REG</sub> 電源は IC 内部回路の電源となるだけでなく、周辺 IC の電源として使用することが可能です。発振防止として、V<sub>REG</sub> 端子にはコンデンサーを付加してください。容量は 0.1 μF~1 μF 程度を推奨致します。

I<sub>REG</sub> が増加すると、V<sub>REG</sub> が発振しやすくなりますので、実際の使用環境にて発振がある場合は容量を可変してチューニングをお願い致します。V<sub>REG</sub> 電源の出力電圧値は下表のようになります。

表 4.2 レギュレーター電圧(条件: V<sub>CC</sub>=15 V, I<sub>REG</sub>=30 mA) 単位: V

最小	標準	最大
4.5	5	5.5

#### 4.3. ブートストラップ回路と速度制御電圧

本製品のハイサイドドライバー電源はブートストラップ方式を採用しています。

ブートストラップコンデンサーの充放電動作を速度制御電圧 V<sub>S</sub> の PWM 動作と共に下記に説明します。

表 4.3 V<sub>S</sub> 入力電圧に対する出力状態、ブートストラップコンデンサー充電方法

V <sub>S</sub> 入力電圧	ハイサイド IGBT	ローサイド IGBT	ブートストラップ コンデンサー 充電方法
0 V ≤ V <sub>S</sub> < 1.3 V	全相 OFF	全相 OFF	—
1.3 V ≤ V <sub>S</sub> < 2.1 V	全相 OFF	1/5 区間 (Duty: 20 %) ON	ローサイド IGBT ON 期間
2.1 V ≤ V <sub>S</sub> < 3.8 V	ON (PWM 動作)	1/5 区間 (Duty: 20 %) ON	ローサイド IGBT ON 期間
3.8 V ≤ V <sub>S</sub> ≤ 5.4 V	ON (PWM 動作)	OFF (ハイサイド ON の相)	ローサイド FRD 回生期間

(1) V<sub>S</sub> = 0 V ~ 2.1 V

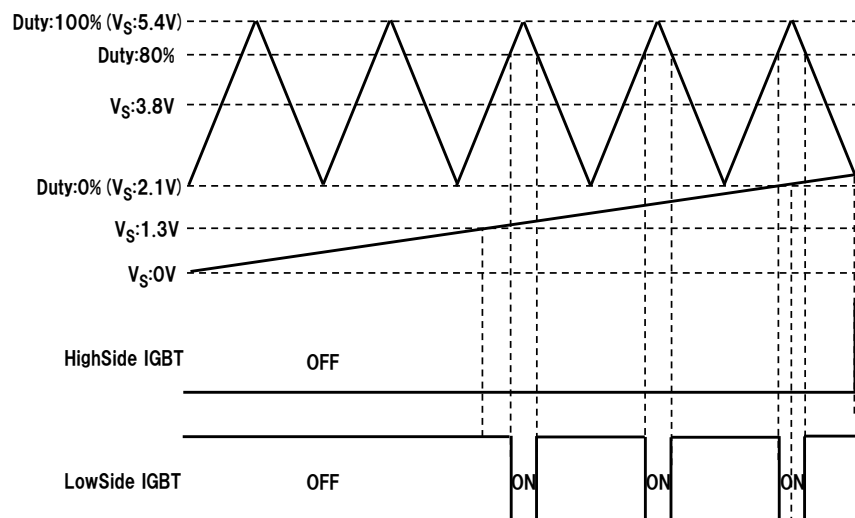


図 4.3.1 V<sub>S</sub> と PWM 動作説明 (V<sub>S</sub> = 0 V ~ 2.1 V)

$V_S \geq 1.3 \text{ V}$  にて、ローサイド IGBT を 1/5 区間(Duty:20 %)ON させることで、下図の経路でブートストラップコンデンサーを充電します。上図のように  $V_S = 2.1 \text{ V}$  にて三角波と  $V_S$  電圧の比較によりハイサイド IGBT が ON します。ハイサイド IGBT が ON すると、下図の経路でブートストラップコンデンサーに充電された電荷が放電します。

- ブートストラップコンデンサー充電時  
(ハイサイド : OFF / ローサイド : ON)

- ブートストラップコンデンサー放電時  
(ハイサイド : ON / ローサイド : OFF)

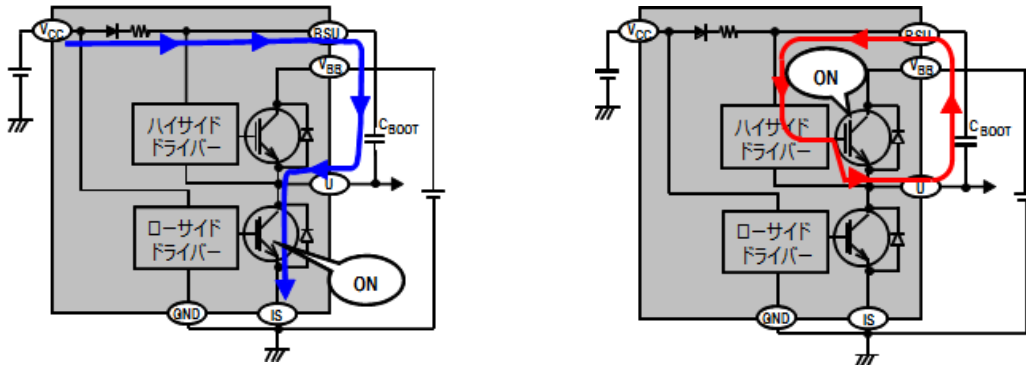


図 4.3.2 ブートストラップコンデンサー充放電動作説明( $V_S = 1.3 \text{ V} \sim 2.1 \text{ V}$ )

(2)  $V_S = 2.1 \text{ V} \sim 3.8 \text{ V}$

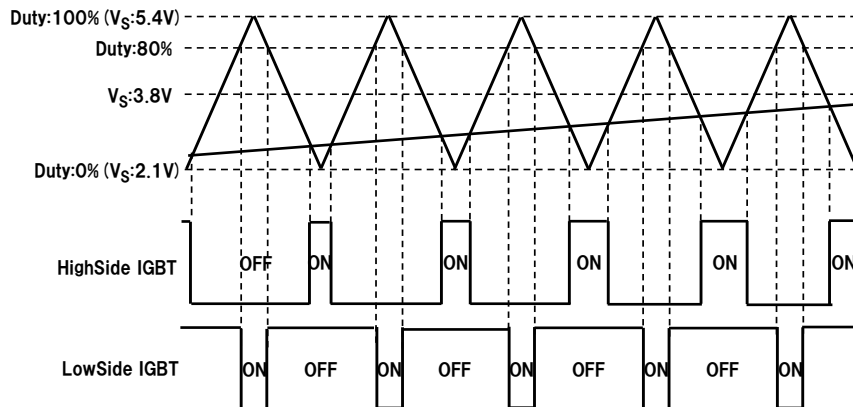


図 4.3.3  $V_S$  と PWM 動作説明( $V_S = 2.1 \text{ V} \sim 3.8 \text{ V}$ )

$2.1 \text{ V} \leq V_S \leq 3.8 \text{ V}$  では、上図のように三角波と  $V_S$  電圧の比較によりハイサイド IGBT の ON 期間が決まります。ローサイド IGBT は 1/5 区間(Duty:20 %)ON させることで、 $1.3 \text{ V} \leq V_S \leq 2.1 \text{ V}$  と同様の経路でブートストラップコンデンサーを充電します。

(3)  $V_S = 3.8 \text{ V} \sim 5.4 \text{ V}$

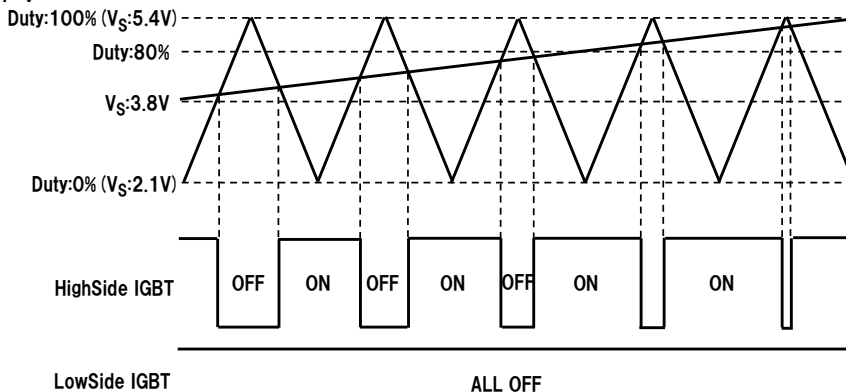


図 4.3.4  $V_S$  と PWM 動作説明( $V_S = 3.8 \text{ V} \sim 5.4 \text{ V}$ )



3.8V $\leq$ V<sub>S</sub> $\leq$ 5.4 V でも、上図のように三角波と V<sub>S</sub> 電圧の比較によりハイサイド IGBT の ON 期間が決まります。ローサイド IGBT は 3.8 V $\leq$ V<sub>S</sub>(Duty:55 %以上)で ALL OFF となりますが、PWM制御はハイサイド IGBT で行っており、ダイオード回生電流は PWM 制御されているローサイド FRD に流れ、ブートストラップコンデンサーは下図の経路で充電されます。

●ブートストラップコンデンサー充電時 (ハイサイド : OFF / ローサイド : OFF)

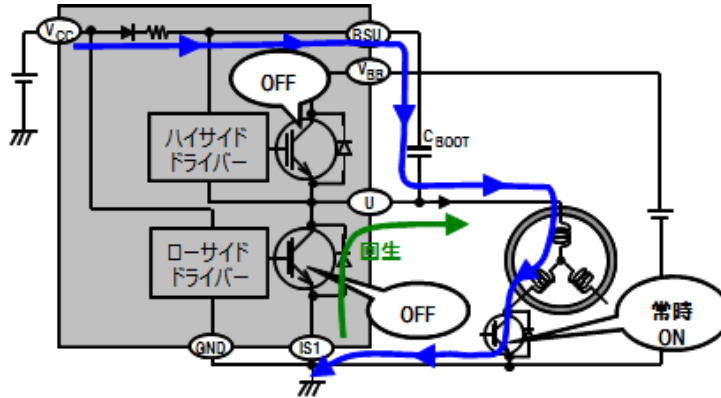


図 4.3.5 ブートストラップコンデンサー充放電動作説明(V<sub>S</sub>=3.8 V~5.4 V)

なお、V<sub>S</sub>>5.4 V 条件では 100 %Duty 動作となるため、V<sub>S</sub><5.4 V 条件に比べてハイサイド IGBT の連続駆動時間が極端に長くなります。特にモーター回転速度が遅い場合は、ブートストラップコンデンサーの電荷量に注意する必要があります。

#### 4.4.電源投入シーケンス

電源立上げ/下げに際しては、必ず、V<sub>S</sub><1.3 V (全 IGBT 出力 = OFF) で行ってください。

V<sub>BB</sub> 電源、V<sub>CC</sub> 電源、V<sub>S</sub> 電源の立上げ/下げに関して、下記の内容は推奨しておりません。

電源立上げ時 : V<sub>BB</sub>/V<sub>S</sub> 電源が立ち上っている状態にて最後に V<sub>CC</sub> 電圧を立上げる場合

電源立下げ時 : 最初に V<sub>CC</sub> 電源を立下げの場合

表 4.4.1 立ち上げ時

電源立上げ順			○/×
①	②	③	
V <sub>CC</sub>	V <sub>BB</sub>	V <sub>S</sub>	○
V <sub>CC</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>BB</sub>	○
V <sub>BB</sub>	V <sub>CC</sub>	V <sub>S</sub>	○
V <sub>BB</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>CC</sub>	×
V <sub>S</sub>	V <sub>CC</sub>	V <sub>BB</sub>	○
V <sub>S</sub>	V <sub>BB</sub>	V <sub>CC</sub>	×

表 4.4.2 立ち下げ時

電源立下げ順			○/×
①	②	③	
V <sub>CC</sub>	V <sub>BB</sub>	V <sub>S</sub>	×
V <sub>CC</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>BB</sub>	×
V <sub>BB</sub>	V <sub>CC</sub>	V <sub>S</sub>	○
V <sub>BB</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>CC</sub>	○
V <sub>S</sub>	V <sub>CC</sub>	V <sub>BB</sub>	○
V <sub>S</sub>	V <sub>BB</sub>	V <sub>CC</sub>	○

○ : 推奨、× : 非推奨

電源を立ち下げる場合でもモーターが回転中に V<sub>BB</sub> 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<sub>BB</sub> 電源への電流回生ルートが遮断され、破壊する恐れがありますので十分ご注意ください。

#### 4.5.損失計算

出力電流波形が矩形波の場合の発生損失の計算式を以下に示します。

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

(1)導通損失： $P_{on}$

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

・ハイサイド IGBT 導通損失： $P_H = I_{ave} \times V_{satH} \times D \quad (W)$

・ローサイド IGBT 導通損失： $P_L = I_{ave} \times V_{satL} \quad (W)$

・還流ダイオード導通損失： $P_D = I_{ave} \times V_F \times (1-D) \quad (W)$

$I_{ave}$  = モーター巻線電流(平均) (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(ハイサイド IGBT ON デューティ)

(2)スイッチング損失： $P_t$

$$P_t = (W_{ton} + W_{toff}) \times f_c \quad (W)$$

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

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

・ $f_c$  = PWM スwitching 周波数 (Hz)

(3) $V_{BB}$  発生損失： $P_{iBB}$

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

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

(4) $V_{CC}$  定常損失： $P_{iCC}$

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

$I_{CC} = V_{CC}$  消費電流 (A) ※通常動作時の消費電流

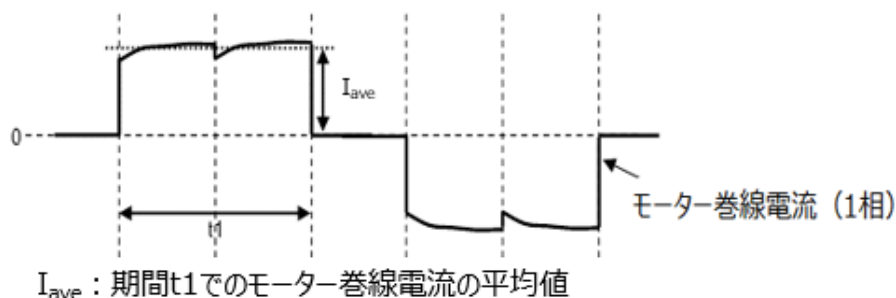


図 4.5 損失計算モーター電流波形イメージ

## 製品取り扱い上のお願

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、あるいはその他軍用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/>