

TPD4162F
矩形波駆動方式
ブラシレス DC モーター駆動回路
デザインガイド

RD043-DGUIDE-02

東芝デバイス&ストレージ株式会社

目次

1. はじめに	3
2. 概要	4
3. 回路設計	6
3.1. 回路仕様	6
3.2. 応用回路	6
3.3. モーター回転数の算出	7
3.4. 回転数の制御方法	8
3.5. ホール素子とホール IC	9
3.5.1. ホール素子使用時の設計	9
3.5.2. ホール IC 使用時の設計	11
3.6. 電流制限機能	12
3.7. 過電流保護機能	13
3.8. 回路設計に際しての注意事項	14
4. 基板設計	15
4.1. 基板パターン設計	15
4.2. ホール素子パターン設計	16
4.3. 基板設計に際しての注意事項	16
5. 製品概要	17
5.1. 概要	17
5.2. 製品外観と現品表示	17
5.3. 内部回路ブロック図	18
5.4. 端子説明	19
5.5. 損失特性	20

1. はじめに

当社高耐圧IPD（Intelligent Power Device）は、最大定格250～600 Vのスイッチング素子を内蔵し、直接ブラシレスDCモーターを駆動可能な製品です。モーター出力、駆動方式（矩形波駆動、正弦波駆動）、アプリケーションのAC入力電圧等の仕様に応じた製品をラインアップしており、仕様ごとの最適設計に向けリファレンスデザインを用意しています。表1.1、および表1.2にアプリケーション/モーター仕様別のリファレンスデザイン一覧を示します。最適なリファレンスデザインを参照してください。

表 1.1 高耐圧 IPD リファレンスデザイン一覧（矩形波駆動）

モーター出力	40 Wクラス	40 Wクラス	40 Wクラス
静音化要求	なし	なし	なし
駆動方式	矩形波駆動	矩形波駆動	矩形波駆動
AC入力電圧	100 V系	100 V/200 V系 電源品質が不安定な地域向け	100 V/200 V系 電源品質が不安定な地域向け
推奨素子	TPD4151F (250 V/1 A)	TPD4152F (600 V/0.7 A)	TPD4162F (600 V/0.7 A)
推奨PWMコントローラー	不要	不要	不要
備考			TPD4152Fの損失低減版
リファレンスデザイン	Click Here	Click Here	Click Here
リファレンスガイド	RD020-RGUIDE-02	RD017-RGUIDE-02	本ドキュメント RD043-RGUIDE-01

表 1.2 高耐圧 IPD リファレンスデザイン一覧（正弦波駆動）

モーター出力	60 Wクラス	60 Wクラス
静音化要求	あり	あり
駆動方式	正弦波駆動	正弦波駆動
AC入力電圧	100 V/200 V系 電源品質が不安定な地域向け	100 V/200 V系 電源品質が安定している地域向け
推奨素子	TPD4204F (600 V/2.5 A)	TPD4206F (500 V/2.5 A)
推奨モーターコントローラー	TB6634FNG	TB6634FNG
リファレンスデザイン	Click Here	Click Here
リファレンスガイド	RD018-RGUIDE-02	RD019-RGUIDE-02

高耐圧 IPD ラインアップはこちらから →

[Click Here](#)

2. 概要

近年、家電の省エネ化や自動車の電装化に伴い、モーターの重要性が飛躍的に高まっています。モーターは電気エネルギーを機械エネルギーに変換する装置の総称で、コイルに電流が流れることで発生する磁界が磁石と引き合ったり、反発したりすることで回転子を回します。モーターは大きくAC（交流）モーターとDC（直流）モーターに分けられ、DCモーターではどちらか一方方向へ回転するように電流の方向を制御する必要があります。

DCモーターにもさまざまな種類があり、例えば、自動車や電車の玩具などで使われているものはブラシ付DCモーターです。このモーターは制御性や効率が良く、小型化が容易で安価であるという特徴を持つため、最も多く使われています。ブラシ付DCモーターはブラシを使用してコイルに電流を流します。モーターの回転子にはコイルが付いており、回転軸には整流子を取り付けられています。整流子は電流の方向を定期的に交替させる回転電気スイッチです。磁界の中にあるコイルに繋がっている整流子と電源側にあるブラシの接触がモーター自体の回転によって自動的に切り替わることを利用し、整流子によって供給される電流の方向を切り替えることで一定の回転力が発生するようになっています。

また、ステッピングモーターもよく目にしますが、このモーターの特徴は高い精度を持つことです。例えば、産業用精密加工機では高度な位置決め精度が要求されますが、それを可能にするのがステッピングモーターです。再現性も優れていて繰り返し同じ動きを可能とします。他にはエアコンのルーバーなどにも使われ、長寿命で静音性に優れたモーターです。

一方、本デザインガイドで扱うブラシレスDCモーター（以下、BLDCモーター）は電流の切り替えを機械的な接触部であるブラシと整流子を使わずに、センサーと電子回路（通常、これらの組み合わせは「駆動回路」と呼ばれています）によって行っています。半導体の進化により駆動回路による電流制御が可能となりました。回転原理はブラシ付きDCモーターと類似しているため電流と回転力、電圧と回転速度の関係はほぼブラシ付DCモーターと同じながら、構造はACモーターという、DCとACそれぞれの優れた点を備えています。小型かつ高出力であり、ブラシが無いため内部でのスパークやノイズが発生しません。さらに、摩耗がないので長寿命であり、変換損失も少ないため、コンピューターから家電までさまざまな用途で使われています。表2.1に各種モーターの比較を示します。

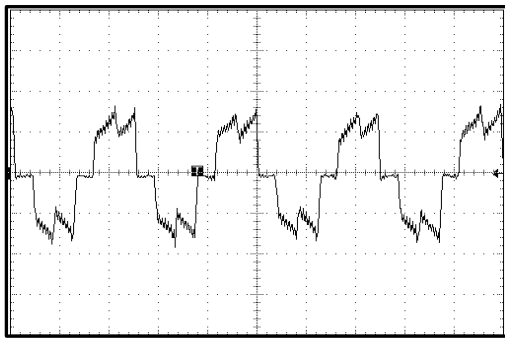
表 2.1 各種モーターの比較

	ACモーター	ブラシ付 DC モーター	ステッピングモーター	BLDC モーター
効率	40～80 %	60～80 %	60～70 %	80 %以上
サイズ	大	小	中	小
電子回路	不要	不要	要	要
寿命	長	短	長	長
ブラシ	無	有	無	無
用途	洗濯機、扇風機、掃除機	玩具、小型家電	ロボット、小型家電、産業用精密加工機	エアコン、洗濯機、小型家電

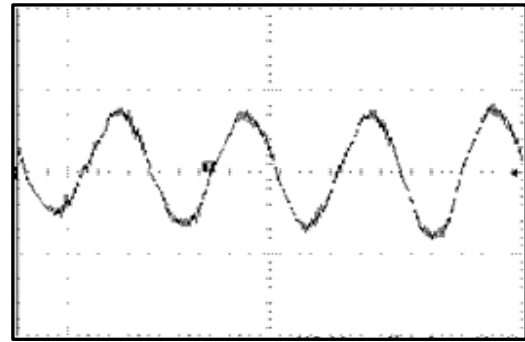
先に述べたように BLDC モーターは変換損失が小さいため、高効率動作が可能です。昨今の家電製品などの更なる省エネ要求の高まりにより、効率の良い BLDC モーターの普及が進んでいます。

BLDC モーターは一般的に三相で駆動され、スイッチング素子が 6 個必要になります。

6 個のスイッチング素子の通電方式には、大きく矩形波駆動（120 度通電）と正弦波駆動（180 度通電）の二通りあります。各相の通電期間が 120 度になるようにモーター巻き線電流を矩形波状に制御するのが矩形波駆動方式です。一方、各相の通電期間が 180 度になるようにモーター巻き線電流を正弦波状に制御するのが、正弦波駆動方式です。図 2.1 に矩形波駆動方式、正弦波駆動方式の相電流波形の例を示します。



(a) 矩形波駆動



(b) 正弦波駆動

図 2.1 相電流波形例

表2.2に矩形波駆動（120度通電）、正弦波駆動（180度通電）各方式の特徴を示します。

表 2.2 矩形波駆動、正弦波駆動の特徴

	矩形波駆動（120度通電）	正弦波駆動（180度通電）
騒音/振動	△	○
効率	△	○
設計容易性	制御が容易、実装面積小	制御が複雑、実装面積大
回路構成	IPDのみで構成可能	モーターコントローラー + IPDで構成

TPD4162FはPWM回路、三相分配回路、レベルシフト型ハイサイド駆動回路、ローサイド駆動回路、出力IGBTとFRDを内蔵し、外付けのモーターコントローラーICなしで、ホール素子（ホールセンサー）またはホールICからの入力により直接BLDCモーターを矩形波駆動可能な製品です。最大定格600 VのIGBTとFRDを搭載し、AC200 V系入力アプリケーションへの適用が可能です。過電流保護回路、過熱保護回路、減電圧保護回路の各種保護回路を内蔵し、周辺回路設計の省力化に貢献します。過電流の保護に関しては、従来の電流制限機能に加え、モーターのロック時などの急激な電流増加に対して高速に保護を行うことができる機能も搭載しています。

本製品は小型面実装タイプの新規パッケージHSSOP31を採用し、制御基板を小型・薄型に構成可能であり、モーターケース内に収める際の設計自由度向上、モーター小型化に貢献します。

本デザインガイドでは、ホール素子を使用したTPD4162FのBLDCモーター駆動の応用、設計上の注意事項について解説します。TPD4162Fの詳細は、製品データシートを参照してください。

TPD4162Fのデータシートダウンロードはこちらから →

[Click Here](#)

3. 回路設計

3.1. 回路仕様

下表 3.1 に、本ガイドで解説する BLDC モーター駆動回路の仕様を示します。

表 3.1 BLDC モーター駆動回路仕様

パラメーター	記号	値	単位
動作電源電圧	V_{BB}	280~340	V
	V_{CC}	15	V
PWM オンデューティー比	PWMMIN	0	%
	PWMMAX	100	%
三角波周波数	f_c	20	kHz
速度制御電圧範囲	V_S	0 ~ 6.5	V
電流制限動作電圧	V_R	0.5	V
過電流保護動作電圧	V_{CS}	0.7	V
使用モーター径	-	100	mm
使用ホール素子	旭化成製 HW-101A		

3.2. 応用回路

図 3.1 に、ホール素子を使用した TPD4162F の応用回路を示します。

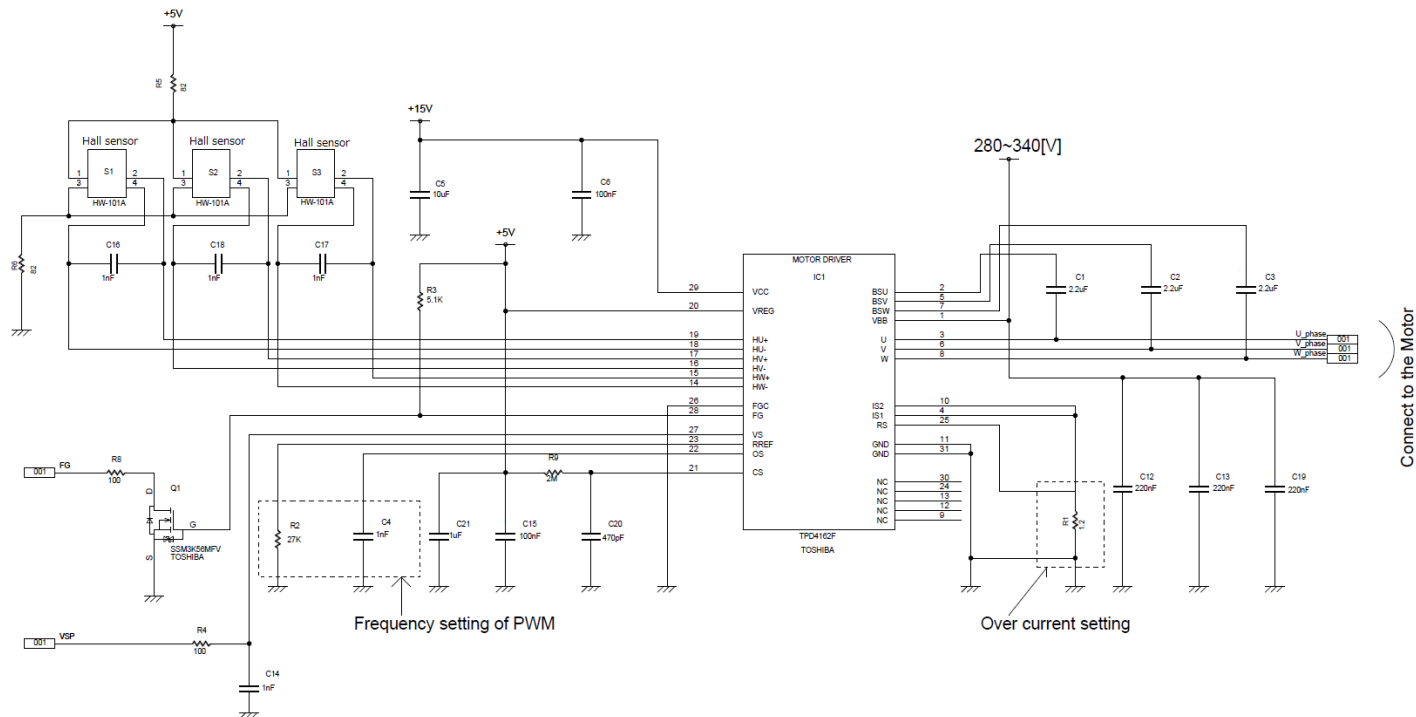
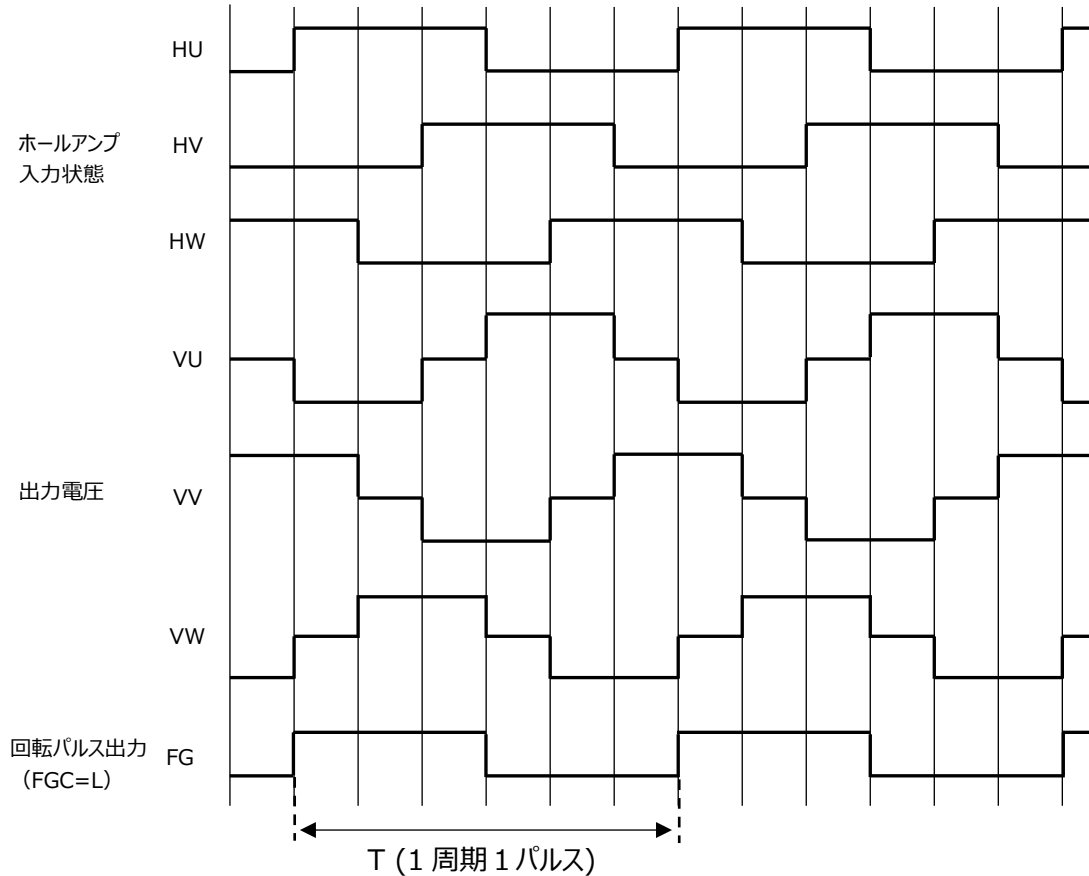


図 3.1 TPD4162F の応用回路

3.3. モーター回転数の算出

図 3.2 にタイミングチャートを示します。

本ガイドの応用回路では、FGC 端子を“L”としておりますので、回転パルス出力は電気角 360 °に対して 1パルスの出力となります。



注：ホールアンプ入力状態が「H」とは、 $H*_{+} > H*_{-}$ の状態を示します。（*：U/V/W）

図 3.2 タイミングチャート

上のタイミングチャートより、回転パルス出力の 1 周期分の時間を計測して周波数を求めることで、下式を用いてモーターの回転数を算出できます。以下に計算式と計算例を示します。

$$R_S = 60 \times 2 \times \frac{F}{P} \quad (rpm)$$

R_S : モーター回転数 T : 回転パルス周期 P : モーター極数 F : 周波数 = $1/T$

計算例：12 極モーターを使用し、回転パルス出力より、100 Hz の結果が得られた場合

$$R_S = 60 \times 2 \times \frac{100}{12} = 1000 \quad (rpm)$$

なお、FGC 端子を“H”とした場合は、電気角 360 °に対して 3パルス出力されますので、上の式の F は回転パルス出力の周波数を 3 で割ったものを使って計算してください。

3.4. 回転数の制御方法

TPD4162F は、 V_S 端子に DC 電圧を印加することで PWM 信号のオンデューティー比を変え、回転数を制御することが可能です。図 3.3 に V_S 端子電圧と PWM 信号のオンデューティー比の関係を示します。

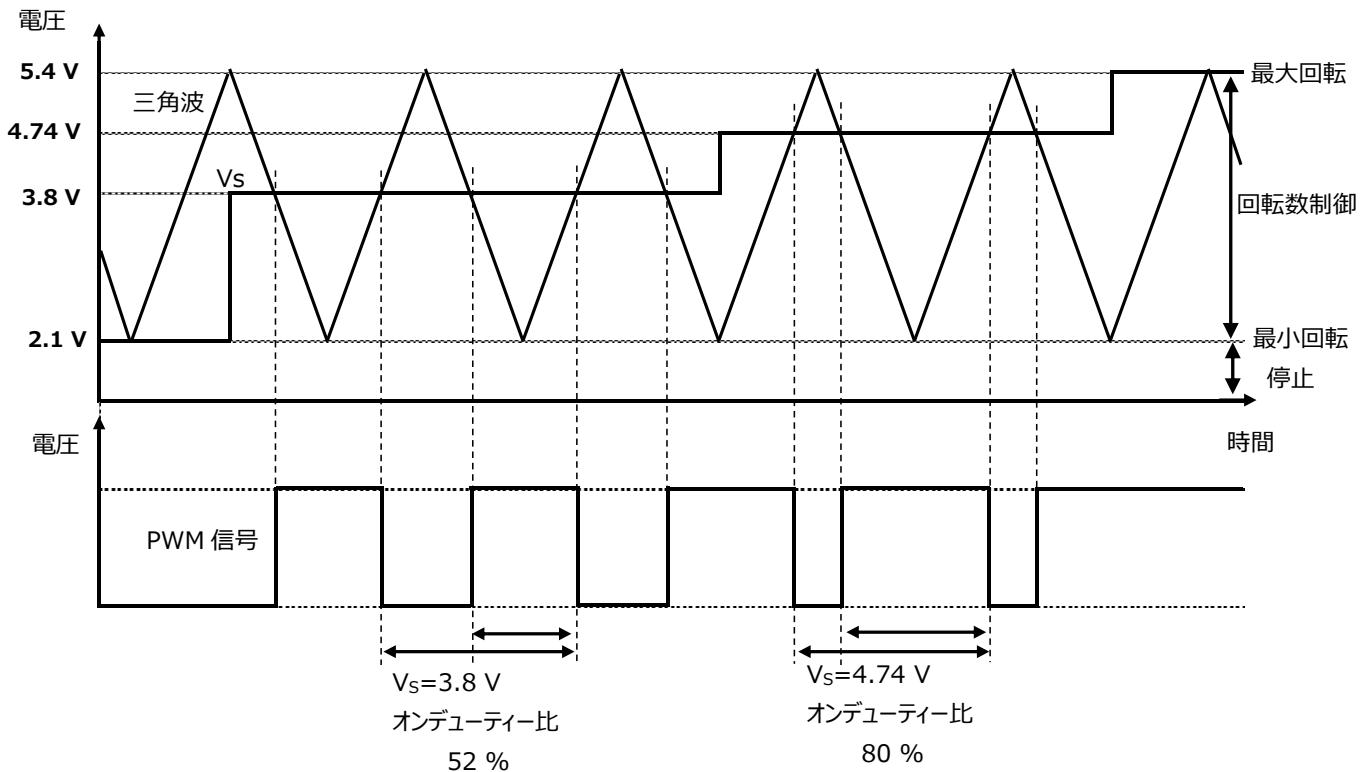


図 3.3 V_S 電圧による回転数制御

V_S 端子電圧は内蔵コンパレータで三角波と比較されて PWM 信号を生成します。モーターの回転数はこの PWM 信号のオンデューティー比で制御されます。上図のように三角波は 2.1 V から 5.4 V の電圧で振幅しますので、 V_S 端子の電圧をこの範囲内で変化させることにより、PWM のオンデューティー比を変えることができます。 V_S 端子電圧が 5.4 V のときに PWM のオンデューティー比は 100 % となり、モーターの回転数は最大となります。

三角波の周波数は、外付けの C4 と R2 の組み合わせで決まります。計算式は以下のとおりです。本ガイドの応用回路で採用している標準的な外付け定数 (C4=1000 pF、R2=27 k Ω) の場合、20.8 kHz となります。

$$f_c = \frac{0.65}{C4 \times (R2 + 4250)} = \frac{0.65}{1000 \times 10^{-12} \times (27 \times 10^3 + 4250)} = 20800 \text{ (Hz)}$$

C4: 1000 pF R2: 27 k Ω

以下にモーターの回転数の計算例を示します。

負荷がある状態でモーター最大回転数 (PWM 信号のオンデューティー比=100 %時) が 1000 rpm とし、標準外付け定数 R2=27 k Ω 、C4=1000 pF で 20.8 kHz の三角波を生成しているものとします。このとき $V_S = 3.8$ V とすると、PWM 信号のオンデューティー比は以下のとおり 52 % となります。

$$\text{オンデューティー比} = \frac{V_S - \text{三角波の最小振幅電圧}}{\text{三角波の最大振幅電圧} - \text{三角波の最小振幅電圧}} = \frac{3.8 - 2.1}{5.4 - 2.1} = 0.52$$

このときのモーター回転数は以下の式によって求められ、この場合は 520 rpm となります。

$$\text{モーター回転数} = \text{モーター最大回転数} \times \text{オンデューティー比} = 1000 \times 0.52 = 520 \quad (\text{rpm})$$

※モーター特性による誤差がありますので、正確な回転数は実機にて確認してください。

3.5. ホール素子とホール IC

モーター内の回転子（ローター）位置を検出するセンサーには、ホール効果を利用したホール素子やホール IC、ホールニア IC があります。

ホール効果とは物質に流れる電流に対して垂直方向に磁場をかけると、電流と磁場の両方に直交する方向に起電力が発生する現象ですが、この効果を利用して磁界の変化を電気信号に変換、出力する非接触型のセンサーがホール素子、ホール IC、ホールニア IC です。それぞれのセンサーの特徴に応じて最適なものを選択することが重要です。

本ガイドではホール素子使用時の設計について詳しく述べていきます。

3.5.1. ホール素子使用時の設計

ホール素子には多種多様な種類、特性がありますので、使用するホール素子の仕様を確認後に使用してください。

ホール素子は、最大入力電流、周囲温度が図 3.4 に示す安定動作範囲内に入るように設計してください。この範囲をこえた領域で使用すると破壊のおそれがありますので、ホールバイアス抵抗を挿入することを推奨します。

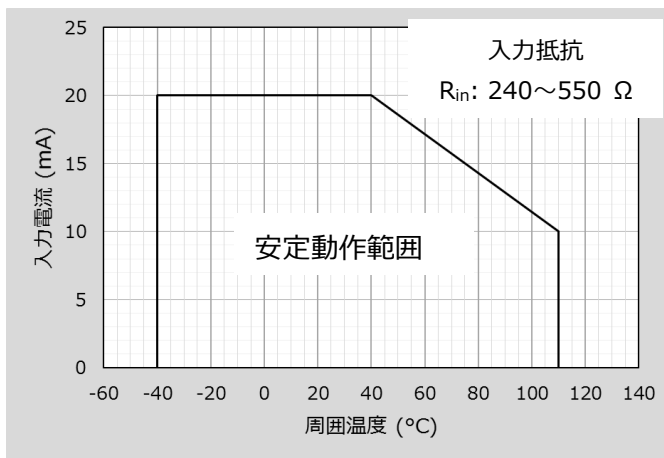


図 3.4 HW-101A の安定動作領域

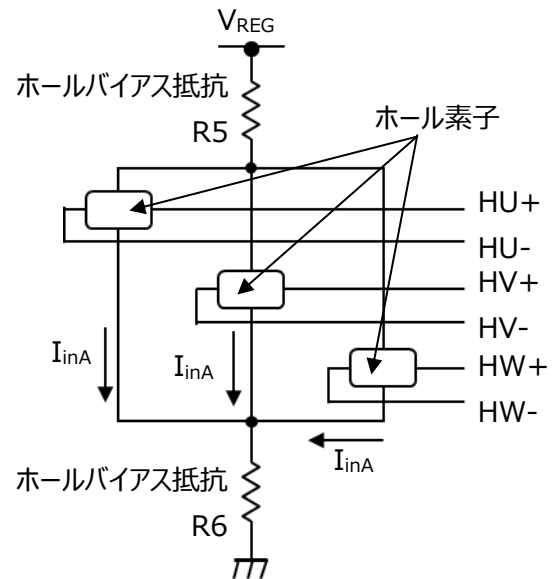


図 3.5 ホールバイアス抵抗

ホールバイアスの計算例

旭化成製 HW-101A を使用した場合の計算例を示します。本応用回路では図 3.5 のようにホール素子 3 個を並列接続して、電源側と GND 側にそれぞれホールバイアス抵抗を 1 本挿入しています。

・設計条件

HW-101A の電源は V_{REG} 端子の電源 (5 V (typ.)) を使用

使用温度範囲-40~110 °C

R5、R6 は±5 %品を使用

110 °Cでの最大特性を得るために、ホール素子への入力電流 I_{inA} が安定動作範囲内の最大値 10 mA におさまるようにセンター値を 5 mA とし、ホール素子の入力抵抗 R_{in} の値は規格の最大値である 550 Ω として計算します。また、無励磁のバイアス電圧を $V_{REG}/2$ とすることを推奨しますので、R5 と R6 は同じ値とします。

ホール素子の入力抵抗を R_{in} とすると、各ホール素子の両端で発生する電圧 V_H は下式のとおり計算されます。

$$V_H = R_{in} \times I_{inA} = 550 \times 5 \times 10^{-3} = 2.75 \text{ (V)}$$

R5 と R6 を同じ値としましたので、ホールバイアス抵抗 R5、R6 それぞれで発生する電圧降下 V_R は V_{REG} 値=5 V からこの値を引いて 2 で割ったものになります。

$$V_R = \frac{V_{REG} - V_H}{2} = \frac{5 - 2.75}{2} = 1.125 \text{ (V)}$$

R5、R6 には各ホール素子の I_{inA} を合わせた電流が流れますので、R5 と R6 の値は以下のとおりとなります。

$$R5 = R6 = \frac{V_R}{3 \times I_{inA}} = \frac{1.125}{3 \times 5 \times 10^{-3}} = 75 \text{ (\Omega)}$$

次に、HW-101A の仕様書より、選定した抵抗のワーストケースで安定動作範囲を外れないことを確認します。ワーストケースの確認なので、それぞれの値は電流が大きくなる方向の最小値、最大値を使って計算します。

図 3.6 にホール素子の入力抵抗 R_{in} の温度特性を示します。

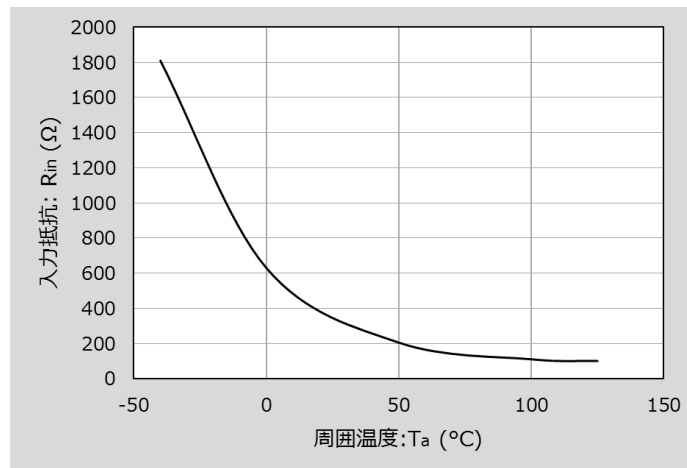


図 3.6 HW-101A の温度特性に対する入力抵抗

図 3.6 より R_{in} は周囲温度 110 °C のとき最も小さくなり、最小値 R_{in_min} は 100 Ω とします。また、R5、R6 は抵抗精度 $\pm 5\%$ のものなので、最小値 R_{min} は 71.3 Ω となります。一方、 V_{REG} の最大値 V_{REG_max} は規格より 5.5 V です。これらの値を使って各ホール素子の入力電流の最大値 I_{inA_max} を求めます。

図 3.5 で V_{REG} から GND までの直列抵抗 R_H は、R5、R6 にホール素子を 3 個並列接続した抵抗を加えたものになります。一方、各ホール素子には R5、R6 に流れる電流の 1/3 ずつが流れますので、 I_{inA_max} は下式のとおり求められます。

$$I_{inA_max} = \frac{1}{3} \times \frac{V_{REG_max}}{2 \times R_{min} + \frac{R_{in_min}}{3}} = \frac{1}{3} \times \frac{5.5}{2 \times 71.3 + \frac{100}{3}} \cong 10.4 \text{ (mA)}$$

この結果から R5、R6 が 75 Ω では、周囲温度が 110 °C のときに安定動作範囲を外れる可能性がありますので、電流を小さくする必要があります。ここでは、部品入手のしやすさも考慮して E24 系列から R5 と R6 の値を 82 Ω とします。

改めて R5 と R6 が 82 Ω のときの I_{in_max} を計算します。R5、R6 の最小値 R_{min} は 77.9 Ω となります。

$$I_{inA_max} = \frac{1}{3} \times \frac{V_{REG_max}}{2 \times R_{min} + \frac{R_{in_min}}{3}} = \frac{1}{3} \times \frac{5.5}{2 \times 77.9 + \frac{100}{3}} \cong 9.7 \text{ (mA)}$$

この結果から R5 と R6 が 82 Ω であれば、周囲温度 -40 ~ 110°C の範囲では安定動作範囲内に入ることが確認されましたので、R5 と R6 は 82 Ω と決定します。

※上記は一例です。実際に使用される温度範囲にて再設計のうえ、必ず実機で確認してください。

3.5.2. ホール IC 使用時の設計

TPD4162F はホール素子対応製品ですが、ホール IC も使用できます。しかし、ホール IC の仕様によっては、外部に電圧変換回路が必要となります。この場合、ホールアンプに入力される信号の振幅が下側 0.7 V 以下、上側 3.7 V 以上になるように設計してください。また、読み間違いを防ぐため、基準電圧は入力電圧の 1/2 としてください。

図 3.7 に電圧変換回路の例と、図 3.8 に電圧変換回路の出力波形（ホールアンプに入力される波形）を示します。

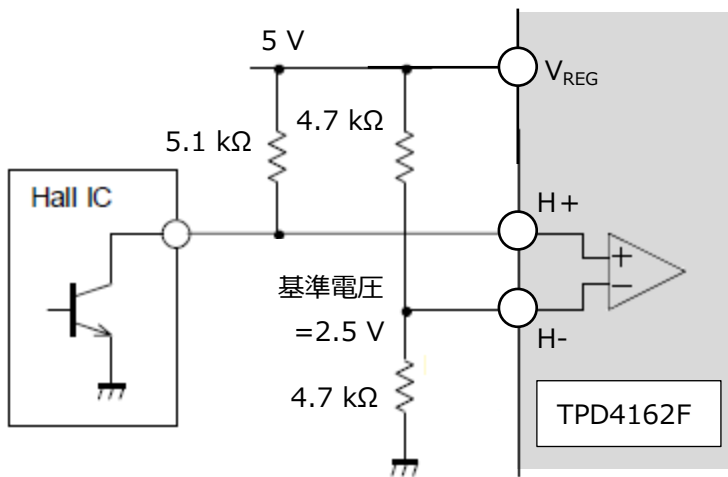


図 3.7 電圧変換回路例

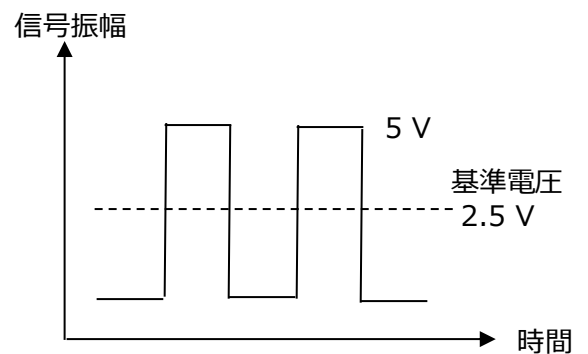


図 3.8 電圧変換出力波形例

図 3.7 の例では、ホール IC の出力端子を TPD4162F の V_{REG} 端子 (5 V 出力) に抵抗でプルアップして使用しており、ホール IC の出力から H (5 V) と L (0 V) 信号が TPD4162F の +側ホールアンプに入力されます。ホールアンプの -側入力は V_{REG} を分圧した $V_{REG}/2=2.5$ V でバイアスしていますので、ホールアンプには、2.5 V を基準として 0 ~ 5 V で振幅する信号が入力されることになります。

図 3.8 に、この例での電圧変換出力波形 (=ホールアンプへの入力波形) を示します。

以上はあくまでも一例ですので、実際の設計時にはご使用になるホール IC の出力の仕様などを十分確認いただいて、適切な回路を設計してください。

3.6. 電流制限機能

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。

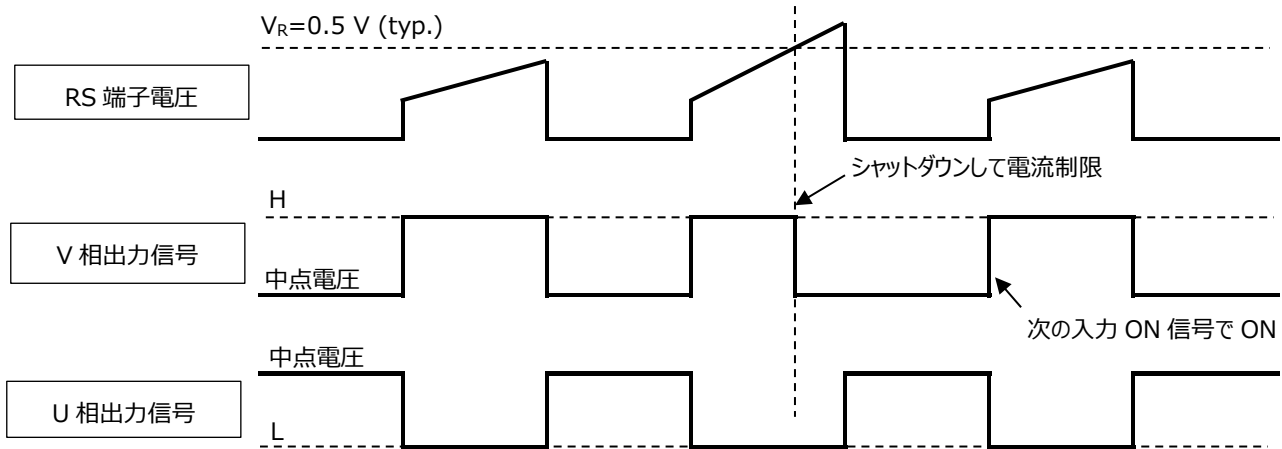


図 3.9 電流制限動作時のタイミングチャート

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 $R1$ により設定されます。

検出電流は、出力電流の絶対最大定格値（0.7 A）を越えないように設定する必要がありますので、外付け抵抗 $R1$ の値は V_R よりも高い V_{CS} で動作する過電流保護の検出電流から決定します。 $R1$ の設定方法は次項の過電流保護機能のところで説明しますが、この応用回路では $R1=1.2\ \Omega$ としていますので、電流制限検出電流 I_R は以下のとおりとなります。

$$I_R = \frac{V_R}{R1} = \frac{0.5}{1.2} \cong 0.417 \text{ (A)}$$

I_R : 検出電流

V_R : 電流制限動作電圧 = 0.5 V (typ.)

3.7. 過電流保護機能

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。

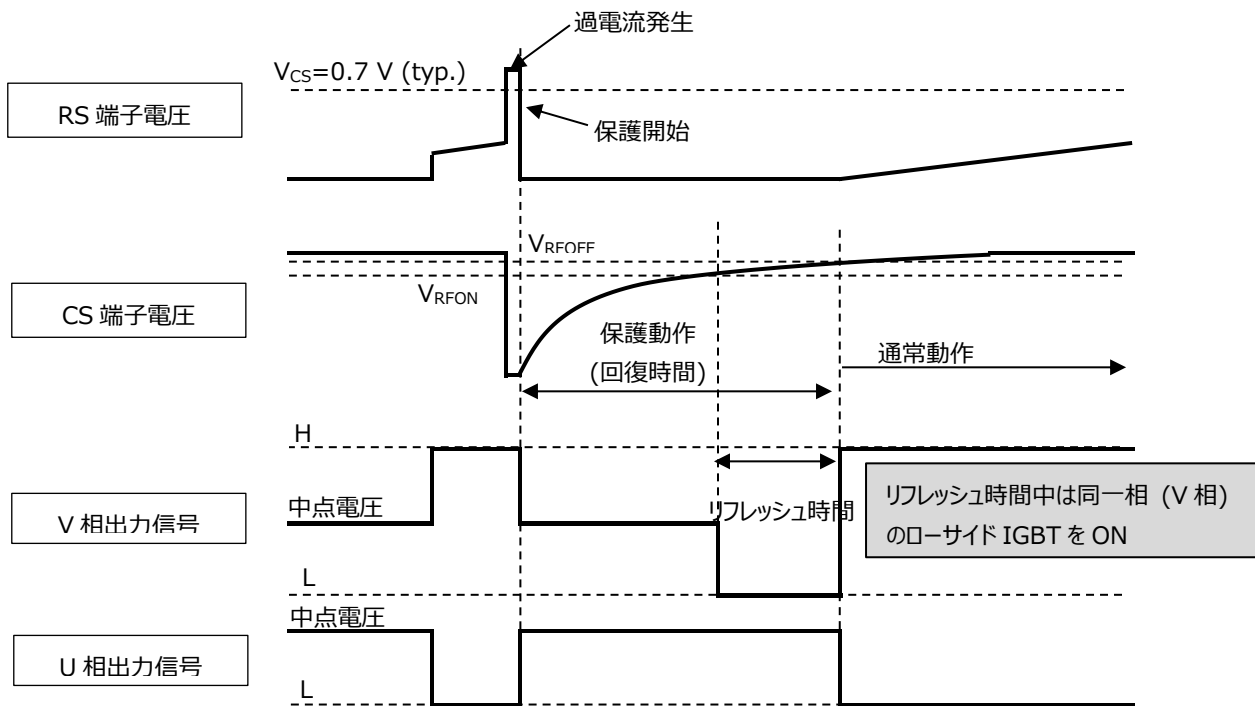


図 3.10 過電流保護動作時のタイミングチャート

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 まで低下しますが、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。

過電流保護の検出電流の計算にあたっては、使用する抵抗の精度と V_{CS} の最大値を考慮する必要があります。 V_{CS} の最大値 V_{CS_max} は 0.76 V と規定されています。また、検出電流の最大値 I_{CS_max} は出力電流の絶対最大定格である 0.7 A とし、使用する外付け抵抗の精度は $\pm 5\%$ とします。 I_{CS} が最も大きくなるのは、 V_{CS} が最も大きく、外付け抵抗 R1 が最も小さい -5 % のときなので、そのときの R1 は以下の式のように求められます。

$$I_{CS_max} = \frac{V_{CS_max}}{0.95 \times R1}$$

$$R1 = \frac{V_{CS_max}}{0.95 \times I_{CS_max}} = \frac{0.76}{0.95 \times 0.7} \cong 1.14 \text{ } (\Omega)$$

この計算結果から、検出電流の最大値を 0.7 A 以下とするには R1 を 1.14 Ω 以上にすれば良いということになります。ここでは、部品の入手しやすさを考慮して E24 系列の 1.2 Ω の抵抗を選定します。

3.8. 回路設計に際しての注意事項

- 1) ブートストラップコンデンサー (C1, C2, C3) 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_{BS} 減電圧保護動作電圧 (V_{BS}UVD=3 V (typ.)) まで動作はしますが、出力 IGBT の損失を小さく保つために、コンデンサーの両端電圧は 13.5 V 以上とすることを推奨します。なお、コンデンサーのストレス電圧は V_{CC} となりますので、デレーティングを十分とってください。
- 2) 三角波の周波数は C4 と R2 の組み合わせで決定されますが、IC 固有の誤差要因が約 10 % あります。また、基板の浮遊容量に対する配慮が必要ですので、注意してください。
- 3) 三角波の充放電回路の基準電流は R2 によって作られますが、R2 の値が小さ過ぎて電流が IC 内部回路の電流容量を越えると、三角波が歪みます。R2 は 9 k Ω 以上に設定してください。
- 4) 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。
- 5) ホール素子の出力にノイズがみられる場合には、各相のホールアンプ入力端子間にコンデンサーを追加してください。
- 6) ホール素子はインジウム・アンチモン系のものを使用し、ピーク出力電圧は 300 mV 以上に設定してください。

4. 基板設計

4.1. 基板パターン設計

沿面距離

要求仕様の安全規格に応じて適切な沿面距離を確保してください。表 4.1 に本回路の基板で用いた沿面距離を示します。なお、設置する環境、材料、材料の汚損度、湿度、高度（気圧）等によって必要な沿面距離が変わるため、使用環境は十分に考慮してください。

表 4.1 設計最小沿面距離

対象ライン 1	対象ライン 2	対象ライン 1 と対象ライン 2 の沿面距離
V_{BB}	GND	4.0 mm
三相線 (U,V,W)	GND	4.0 mm

電流容量

基板上の各パターンは、最大電流を流した際に配線抵抗による温度上昇や電圧降下が問題にならないようなパターン幅を確保する必要があります。

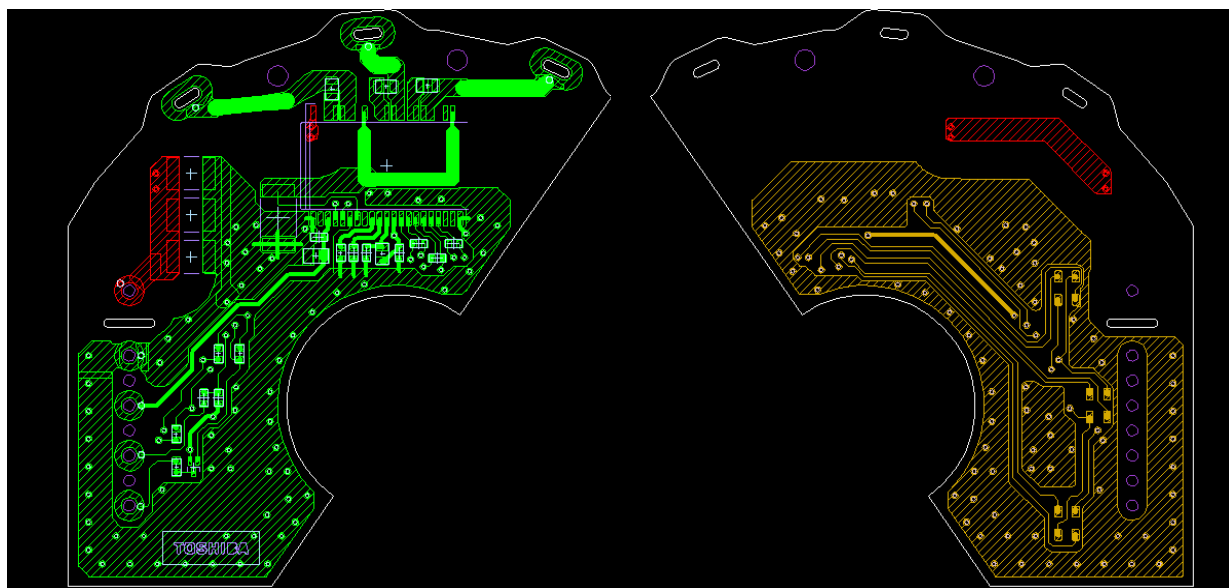


図 4.1 パターンレイアウト図

4.2. ホール素子パターン設計

設置位置

ホール素子の設置位置は回転子の極数、固定子の位置によって変わりますので、使用するモーターに合わせて配置を決める必要があります。また、ホール素子の出力は磁束密度に比例するので、基板と固定子との上下方向にも影響されます。本基板では 8 極回転子としており、図 4.2 にこの場合のホール素子の配置を示します。

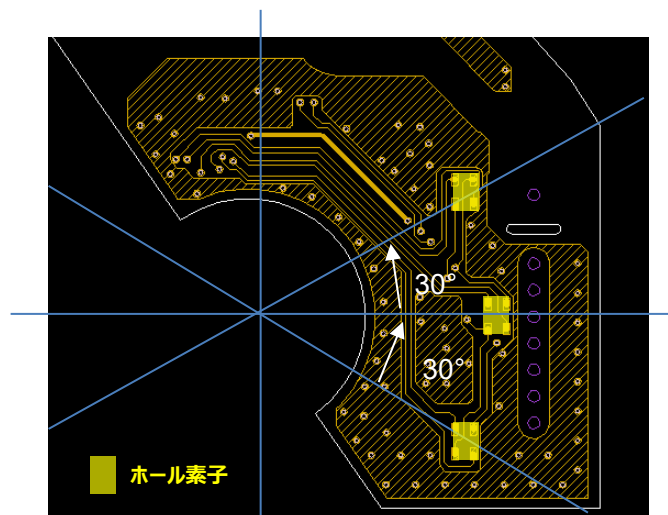


図 4.2 ホール素子レイアウト図

4.3. 基板設計に際しての注意事項

- 1) PWM 信号を生成する三角波の発振回路は C4, R2 を外付けして、微少な電流の充放電を行っています。このため、ノイズの影響を受けると、三角波の歪みや誤動作の原因になることがあります。これを避けるため、IC の基板実装に際しては、外付け部品の IC 端子近くへの配置、大電流の流れる配線との分離などの対策を行ってください。
- 2) 電源のバイパスコンデンサーは、ノイズ除去効果を高めるために IC の端子の近くに配置してください。

5. 製品概要

5.1. 概要

TPD4162F は高耐圧 SOI プロセスによる高圧 PWM 方式の BLDC モータードライバーです。

PWM 回路、三相分配回路、レベルシフト型ハイサイド駆動回路、ローサイド駆動回路、電流制限回路、過電流保護回路、過熱保護回路、減電圧保護回路、出力 IGBT、FRD を内蔵しており、ホール素子またはホール IC からの信号、およびマイコン制御により、直接 BLDC モーターを可変速駆動できます。

概要

- 高圧大電流ピンと制御ピンをパッケージの両側に分離
- ブートストラップ方式によりハイサイド駆動回路電源が不要
- ブートストラップダイオードを内蔵
- PWM 回路、三相分配回路を内蔵
- 回転パルス出力 1 パルスと 3 パルス選択可能
FGC=High: 3 パルス/電気角 360 度
FGC=Low : 1 パルス/電気角 360 度
- IGBT による三相フルブリッジを内蔵
- FRD を内蔵
- 電流制限/過電流保護、過熱保護、減電圧保護機能を内蔵
- ホールアンプ内蔵、ホール IC 入力にも対応可能
- パッケージ: HSSOP31 (11.93 mm x 17.5 mm x 2.2 mm)

5.2. 製品外観と現品表示

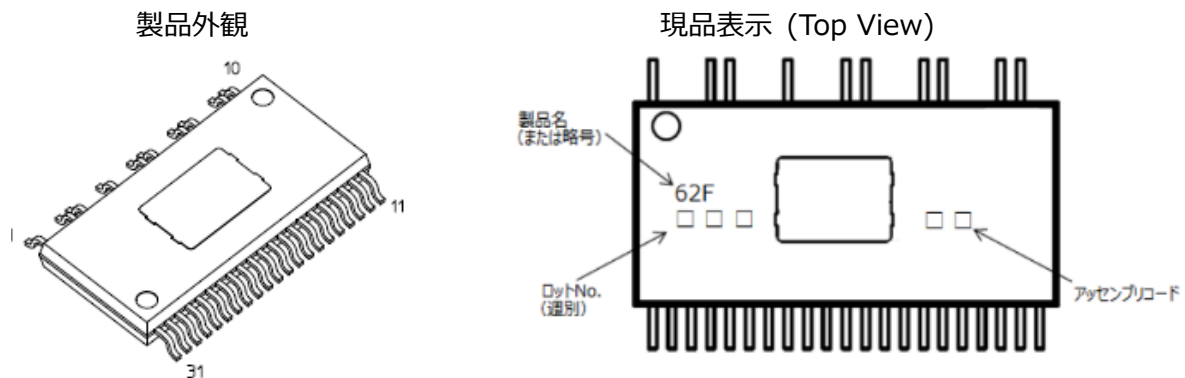


図 5.1 TPD4162F の製品外観と現品表示

5.3. 内部回路ブロック図

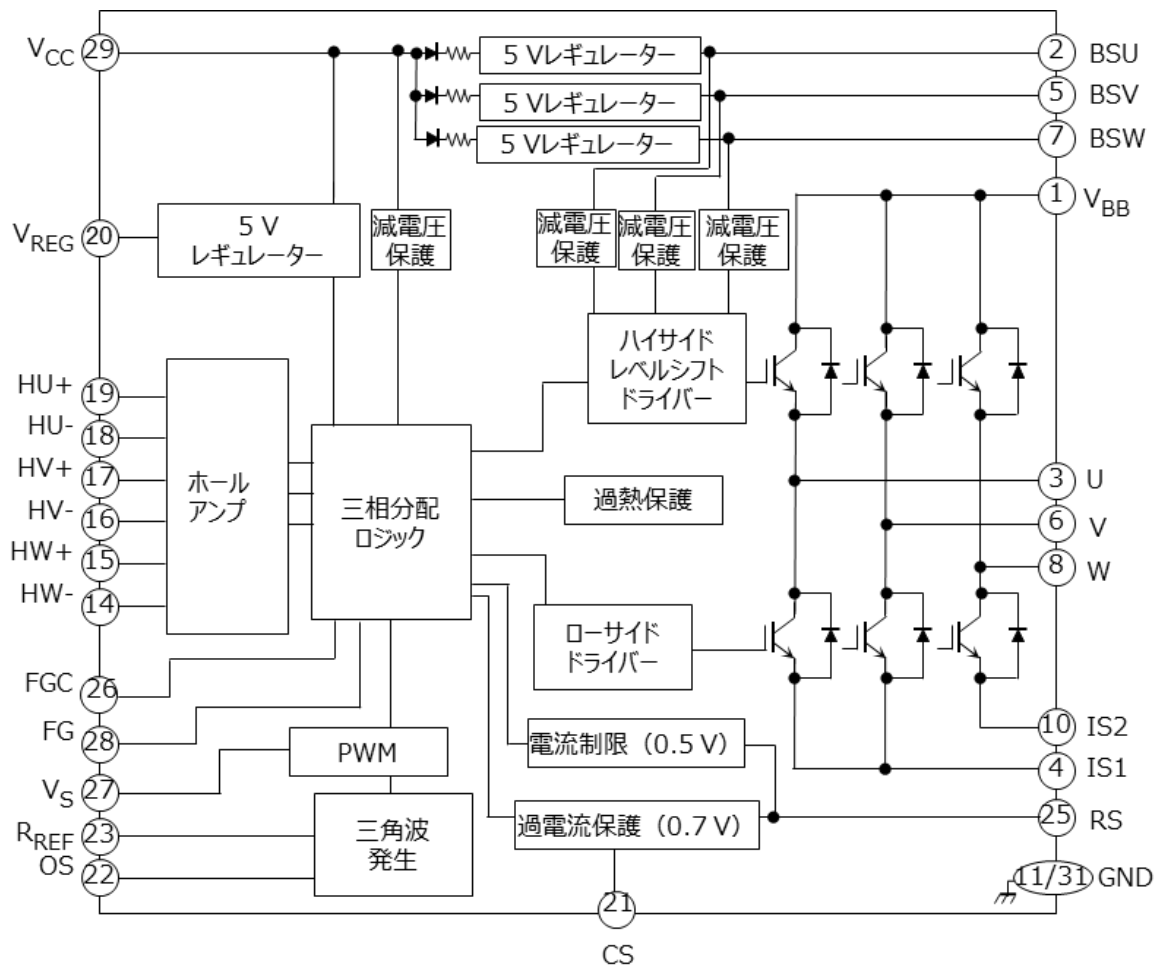


図 5.2 TPD4162F の内部回路ブロック図

5.4. 端子説明

表 5.1 TPD4162F の端子説明

端子番号	端子記号	端子の説明
1	V _{BB}	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 _{REG}	5V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 (コンデンサを接続)
23	R _{REF}	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 (High or open : 3パルス、Low : 1パルス)
27	V _S	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 _{CC}	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

5.5. 損失特性

TPD4162F は新たな高耐圧 SOI プロセスを採用して、従来品よりも損失を低減して効率を改善しました。

図 5.3 に TPD4162F と従来品 TPD4152F の損失を比較したグラフを示します。TPD4162F は TPD4152F に比べて入力電力 $P_{in}=40$ W 時の損失が 0.4 W 低減されていることがわかりいただけます。

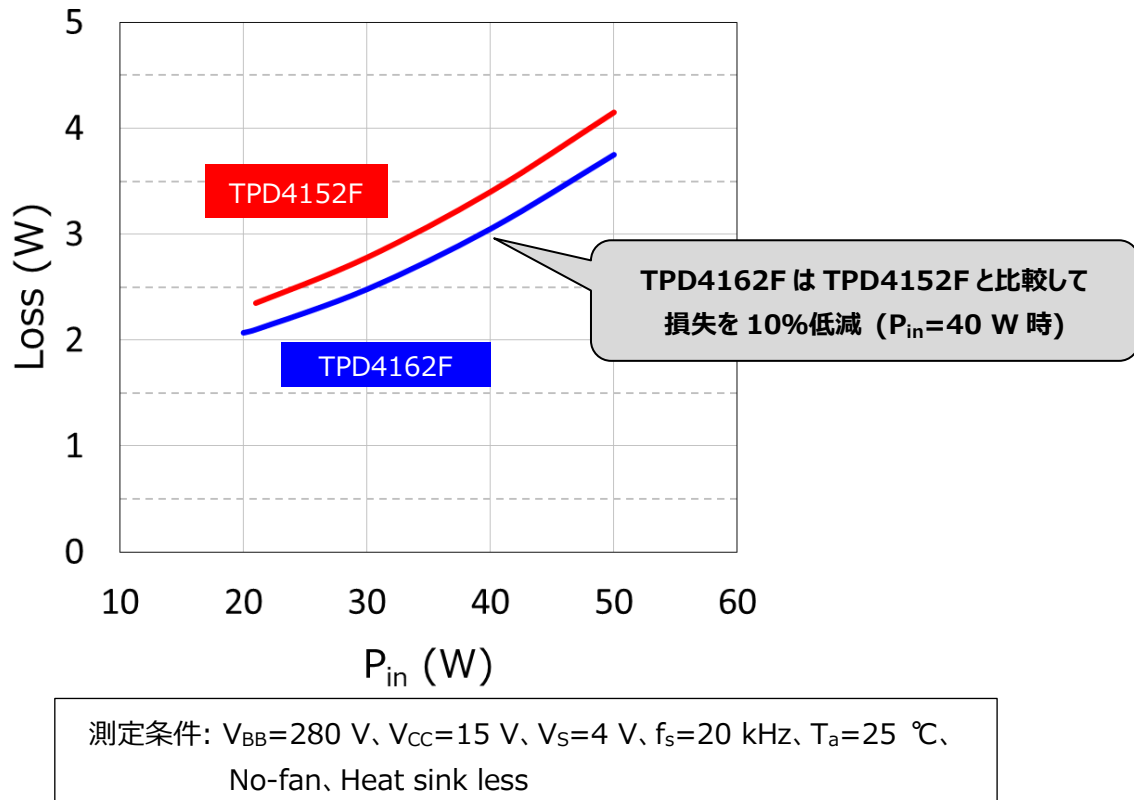


図 5.3 損失特性 (TPD4152F と比較)

ご利用規約

本規約は、お客様と東芝デバイス&ストレージ株式会社（以下「当社」といいます）との間で、当社半導体製品を搭載した機器を設計する際に参考となるドキュメント及びデータ（以下「本リファレンスデザイン」といいます）の使用に関する条件を定めるものです。お客様は本規約を遵守しなければなりません。

第1条 禁止事項

お客様の禁止事項は、以下の通りです。

1. 本リファレンスデザインは、機器設計の参考データとして使用されることを意図しています。信頼性検証など、それ以外の目的には使用しないでください。
2. 本リファレンスデザインを販売、譲渡、貸与等しないでください。
3. 本リファレンスデザインは、高温・多湿・強電磁界などの対環境評価には使用できません。
4. 本リファレンスデザインを、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しないでください。

第2条 保証制限等

1. 本リファレンスデザインは、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。
2. 本リファレンスデザインは参考用のデータです。当社は、データ及び情報の正確性、完全性に関して一切の保証をいたしません。
3. 半導体素子は誤作動したり故障したりすることがあります。本リファレンスデザインを参考に機器設計を行う場合は、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。また、使用されている半導体素子に関する最新の情報（半導体信頼性ハンドブック、仕様書、データシート、アプリケーションノートなど）をご確認の上、これに従ってください。
4. 本リファレンスデザインを参考に機器設計を行う場合は、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下さい。当社は、適用可否に対する責任を負いません。
5. 本リファレンスデザインは、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又は実施権の許諾を行うものではありません。
6. 当社は、本リファレンスデザインに関して、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。）をせず、また当社は、本リファレンスデザインに関する一切の損害（間接損害、結果的損害、特別損害、付随的損害、逸失利益、機会損失、休業損害、データ喪失等を含むがこれに限らない。）につき一切の責任を負いません。

第3条 契約期間

本リファレンスデザインをダウンロード又は使用することをもって、お客様は本規約に同意したものとみなされます。本規約は予告なしに変更される場合があります。当社は、理由の如何を問わずいつでも本規約を解除することができます。本規約が解除された場合は、お客様は本リファレンスデザインを破棄しなければなりません。さらに当社が要求した場合には、お客様は破棄したことを証する書面を当社に提出しなければなりません。

第4条 輸出管理

お客様は本リファレンスデザインを、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用してはなりません。また、お客様は「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なければなりません。

第5条 準拠法

本規約の準拠法は日本法とします。

第6条 管轄裁判所

本リファレンスデザインに関する全ての紛争については、別段の定めがない限り東京地方裁判所を第一審の専属管轄裁判所とします。