

TC78B016FTG 使用上の注意点

Rev.2.0

概要

本製品は正弦波 PWM 駆動方式 3 相全波ブラシレスモータドライバです。速度制御入力で PWM のデューティを可変し、回転数を制御することができます。ホール信号は 3 センサに対応しています。

本資料は設計の補助を目的とする参考資料です。
最終機器設計時部品バラツキや使用条件等を十分考慮して設計をお願いします。

目次

概要.....	1
目次.....	2
表目次.....	2
図目次.....	2
1. 電源電圧.....	3
2. 出力電流.....	3
3. 使用モータの注意点.....	4
4. 自動進角.....	5
5. 応用回路例.....	6
6. 基板設計時の注意点.....	11
7. IC 消費電力.....	13
8. IC 許容損失.....	14
9. 参考フットパターン例.....	15
使用上の注意事項.....	16
使用上の留意点.....	16
製品取り扱い上のお願い.....	17

表目次

Table 1 電源電圧の絶対最大定格($T_a = 25^\circ\text{C}$).....	3
Table 2 電源電圧の動作範囲.....	3
Table 3 VM 端子コンデンサ.....	7
Table 4 VREG 端子コンデンサ.....	7

図目次

Figure 1 TC78B016FTG の応用回路例.....	6
Figure 2 外付けコンデンサと出力デューティ反映時間の関係.....	8
Figure 3 P-WQFN36-0505-050-001 参考フットパターン例.....	15

1. 電源電圧

VM 端子の電源電圧の絶対最大定格 40V は瞬時たりとも超えてはならない規格ですので、VM 端子の電圧は絶対最大定格を超えないようにしてください。

VM 端子の電源電圧は動作範囲内でご使用ください。なお、VM 電圧が低下し動作範囲外の 6 V 未満となると VREG 出力電圧が低下し、IC が誤動作する可能性があります。VM 電圧は 6 V から 30 V の範囲内で使用してください。

Table 1 電源電圧の絶対最大定格(Ta = 25°C)

項 目	記 号	定 格	単 位
電源電圧	VM	40	V

Table 2 電源電圧の動作範囲

項 目	記 号	最小	最大	単 位
電源電圧	VMopr	6	30	V

2. 出力電流

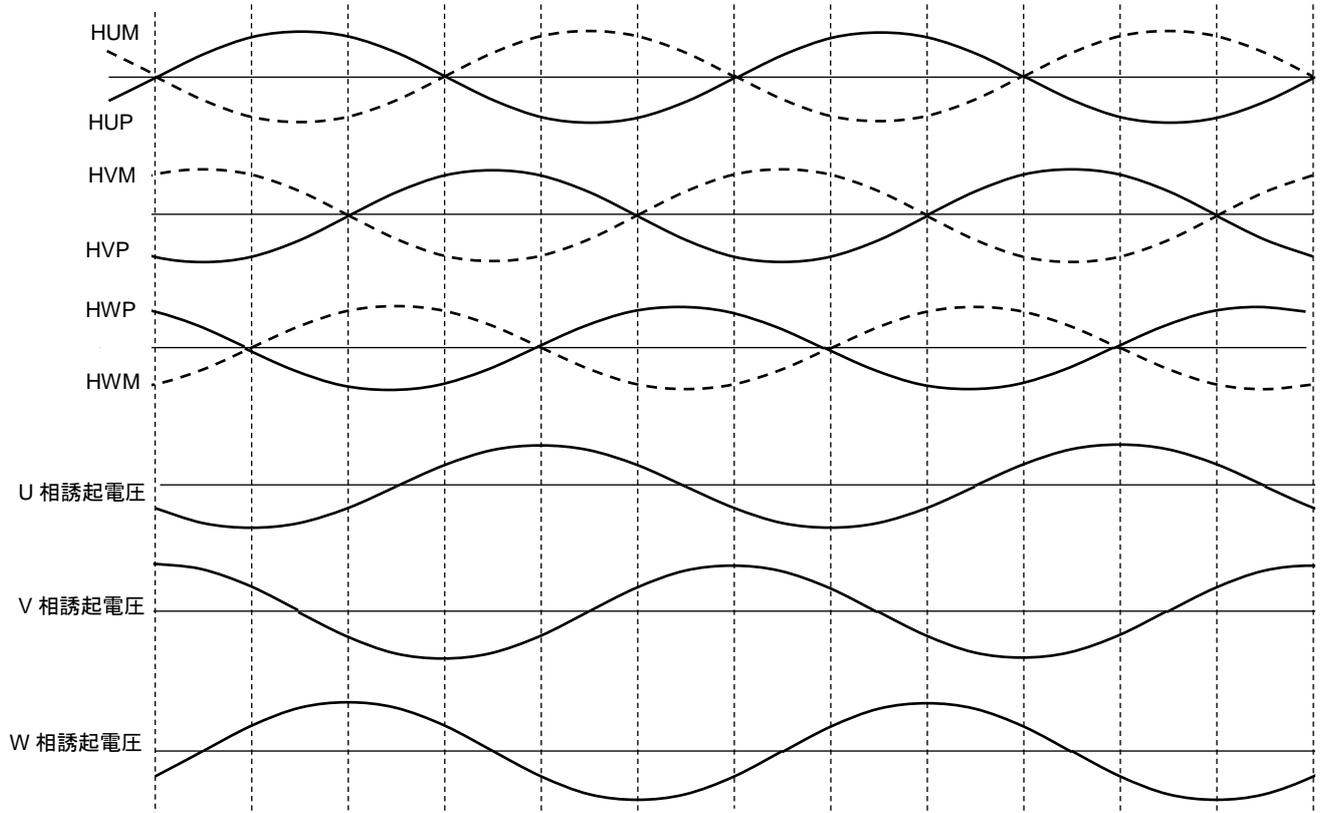
絶対最大定格は 3 A です。絶対最大定格は、瞬時たりとも超えてはならない規格です。モータ起動時の突入電流、ロック時電流などは絶対最大定格以内になるように設計してください。

使用可能な出力電流は、使用条件(周囲温度や基板実装方法等)によって増減します。T_j = 150°C を超えないようにマージンを持って設計してください。

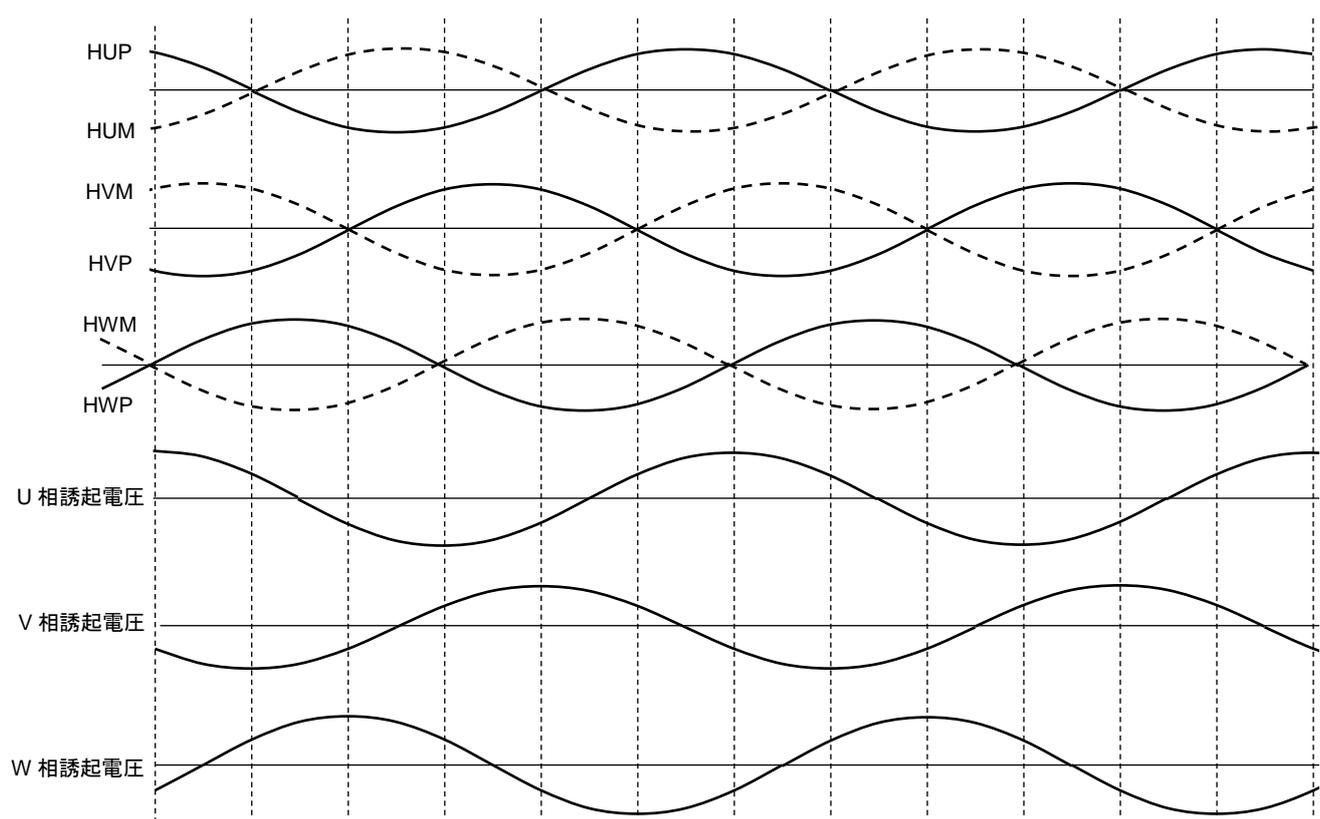
3. 使用モータの注意点

ホールセンサと誘起電圧の位相関係が下図タイミングチャートとなるようなモータを使用してください。

CW/CCW=Lの時



CW/CCW=Hの時



4. 自動進角

進角制御方法は SEL_LA 端子で設定します。

SEL_LA="2"に設定時は自動進角の位相制御方式になります。自動進角の位相制御方式はモータ電流とホール信号に基づく誘起電圧の位相を自動的に合わせる機能です。本機能を使用することでモータ回転数、モータ電流の条件が変わった場合でも、自動的にモータ効率を高めることができます。ホール信号の取り付け位置のズレが大きいなどモータ効率を最適化する必要がある場合にはオフセット調整を適宜実施してください。

オフセット調整はモータ出力の平均電流もしくは電源電流をモニターし、同じ回転数、同じ負荷で電流値が小さくなるように LA 端子電圧によりオフセット量を調整してください。

- ・デフォルト設定 LA = 0 (オフセット 0 度)
- ・進角調整 LA = 0 ~ 3.125V (オフセット -30 ~ +30 度)

5. 応用回路例

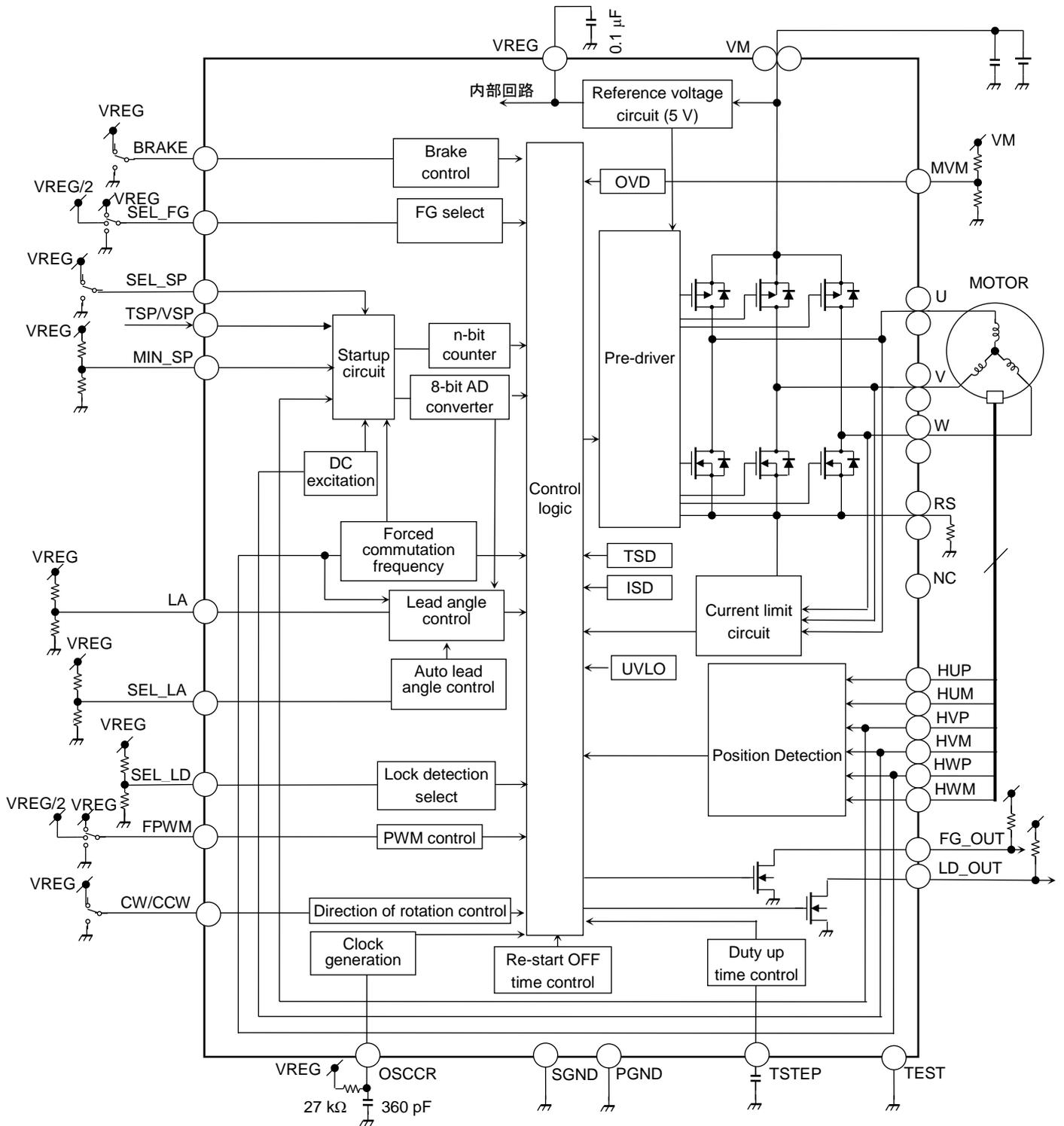


Figure 1 TC78B016FTG の応用回路例

(1) VM 端子用コンデンサ

VM 端子には電源からモータに大電流が流れますので、配線パターンは広くしてください。電源電圧安定化、およびノイズの低減のため VM 端子と PGND 間に適切な値のコンデンサを接続してください。なお、コンデンサはできるだけ 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 (0.01~1 μ F) を並列に IC 近傍に接続すると高周波数の電源変動やノイズを抑えることができます。

Table 3 VM 端子コンデンサ

項目	部品	標準値	推奨範囲
VM-PGND 間	セラミック/電解コンデンサ	10 μ F	2.2~47 μ F

注: モータ負荷条件や基板パターンなどによっては、各部品を省く、推奨値以外のコンデンサを使用することなども可能です

(2) VREG 端子用コンデンサ

VREG 端子のノイズや変動が少なくするように VREG と SGND 間に 0.1 μ F コンデンサをできるだけ IC の近くに接続してください。

Table 4 VREG 端子コンデンサ

項目	部品	標準値
VREG-SGND 間	セラミックコンデンサ	0.1 μ F

(3) OSCCR 端子の設定

OSCCR 端子は基準発振周波数を設定しています。ノイズや配線インピーダンスの影響を受けないように OSCCR 端子と SGND 間に 360 pF コンデンサをできるだけ IC の近くに接続してください。また、OSCCR 端子と VREG 間に 27 k Ω の抵抗をできるだけ IC の近くに接続してください。外付けのコンデンサ、抵抗は標準値 27 k Ω 、360 pF を接続してください。抵抗、コンデンサの精度はできるだけ精度の高い部品を選定してください。精度が低い場合、設定時間、周波数が標準値に対して大きくずれます。そのため、コンデンサ×抵抗の精度は温度特性を含め \pm 30 %以下を推奨します。(コンデンサの精度が \pm 20 %のときは精度 \pm 5 %以下の抵抗を使用してください。)

なお、OSCCR 端子の周波数を測定することで内部発振周波数を間接的に確認することができます。内部発振周波数と OSCCR 端子の周波数は次式で算出され、内部発振周波数が 13 MHz のとき、OSCCR 端子の周波数は 406.25 kHz となります。

$$\text{内部発振周波数[MHz]} = \text{OSCCR 端子周波数[kHz]} \times 32 \times 1000$$

(4) RS 端子の設定

モータ出力電流の制限電流値を RS 端子と PGND 間に検出抵抗を接続し設定してください。

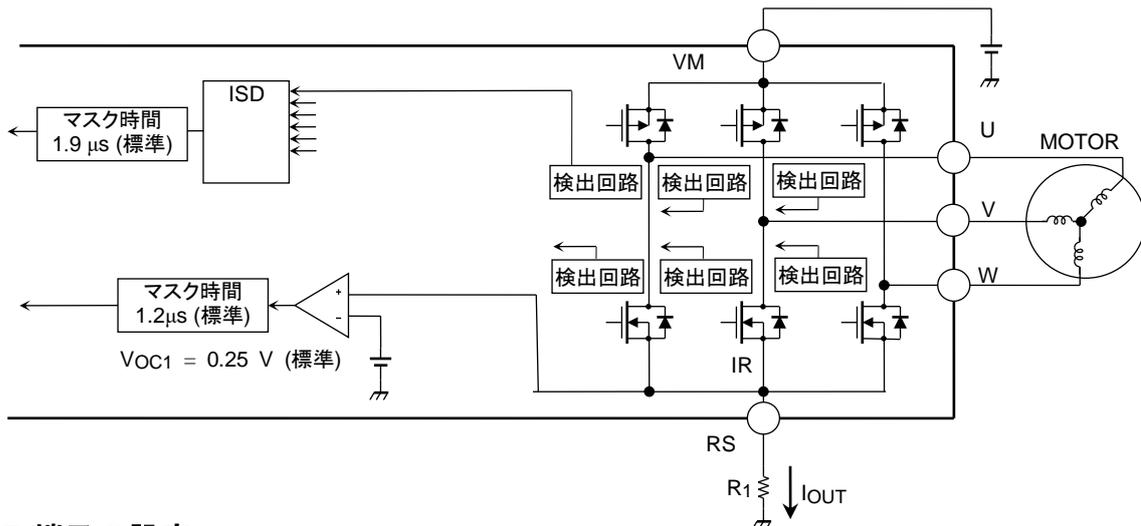
出力電流 I_{OUT} と検出抵抗 R_1 の関係は概ね次式で算出されます。

$$I_{OUT} = V_{RS} / R_1$$

過電流検出電圧 V_{RS} : 0.225 V (最小)、0.25 V (標準)、0.275 V (最大)

例) R_1 抵抗値を 0.3 Ω に設定した場合、 I_{OUT} (標準) = 0.25 V (標準) / 0.3 Ω \approx 0.83 A

なお、検出抵抗 R_1 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。モータ動作時、検出抵抗にかかる電力 P は最大 $P = 0.275V \times 0.275V / R_1$ で計算されます。例えば、 $R_1 = 0.3 \Omega$ 時、 $P = 0.252 W$ となりますので、定格電力は 0.5 W 以上の抵抗を使用してください。



(5) TSTEP 端子の設定

TSTEP 端子はコンデンサを接続することで TSP/VSP 端子の入力制御信号のデューティが増加時、減少時に出力デューティに反映されるまでの時間を設定することができます。急激なモータ回数数の変化を抑制する効果があります。

TSTEP 端子と SGND 間にコンデンサを接続し出力デューティに反映されるまでの時間を設定してください。

TSP/VSP 端子の入力信号により設定されるデューティ指令値が変動したとき、2.5 %の変動が出力デューティに反映されるまでの時間は概ね次式により計算されます。

$$\text{出力デューティに反映されるまでの時間} = 32 \times 0.313 \times C \times 10^6 \text{ [s]}$$

外付けコンデンサが 0.01 μF の場合、出力デューティに反映されるまでの時間は約 0.100 s となります。

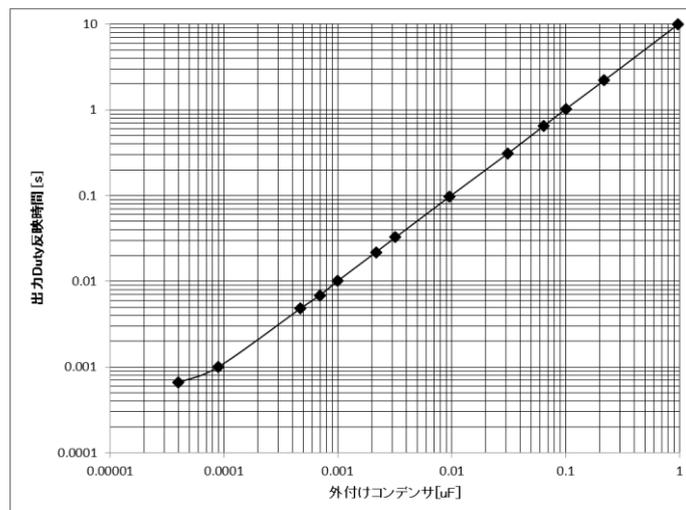


Figure 2 外付けコンデンサと出力デューティ反映時間の関係

(6) FG_OUT、LD_OUT 端子の設定

オープンドレイン出力になりますので、High を出力するためには外部電源もしくは Vreg 端子に抵抗でプルアップしてください。VREG 端子にプルアップする場合、抵抗値は 1 k Ω から 100 k Ω 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を超えないようにしてください。

(7) TSP/VSP 端子の設定

出力 PWM デューティ指令の信号を入力してください。SEL_SP 端子="2"のアナログ電圧制御で使用する場合には SGND 間にプルダウン抵抗を外部で接続してください。プルダウン抵抗値は 10 k Ω から 100 k Ω の範囲で接続することを推奨します。

(8) TEST 端子の設定

IC 出荷テスト用の端子になります。必ず L レベルで使用してください。TEST 端子は SGND へ接続しての使用が推奨になります。100 k Ω のプルダウン抵抗を内蔵していますが、オープンで使用時は基板配線による影響で端子電圧の跳ね上がりが懸念されます。止むを得ずオープンで使用時は IC 端子電圧 0.8 V 以下であることを確認ください。

(9) CW/CCW 端子の設定

VREG、SGND に接続または外部制御信号を入力して使用してください。VREG 接続時は H レベル、SGND 接続時は L レベルになります。なお、50 k Ω のプルダウン抵抗を内蔵していますが、止むを得ずオープンで使用時は IC 端子電圧 0.8 V 以下であることを確認ください。

(10) BRAKE 端子の設定

SGND に接続または外部制御信号を入力して使用してください。SGND 接続時は L レベルになります。なお、50 k Ω のプルダウン抵抗を内蔵していますが、止むを得ずオープンで使用時は IC 端子電圧 0.8 V 以下であることを確認ください。

(11) FST、SEL_SP、SEL_LA 端子の設定

VREG、SGND 間の抵抗分圧にて電圧値を設定もしくは、VREG 端子または GND 端子に接続して使用してください。オープンで使用する場合、Middle レベルの Function となります。オープンで使用する際は実機評価で十分確認の上、ご使用ください。VREG-SGND 間の抵抗値は 10 k Ω から 100 k Ω の範囲で接続することを推奨します。

(12) SEL_FG、MIN_SP、LA、FPWM、SEL_LD 端子の設定

VREG、SGND 間の抵抗分圧にて電圧値を設定もしくは、VREG 端子または GND 端子に接続して使用してください。VREG-SGND 間の抵抗値は 10 k Ω から 100 k Ω の範囲で接続することを推奨します。

(13) MVM 端子の設定

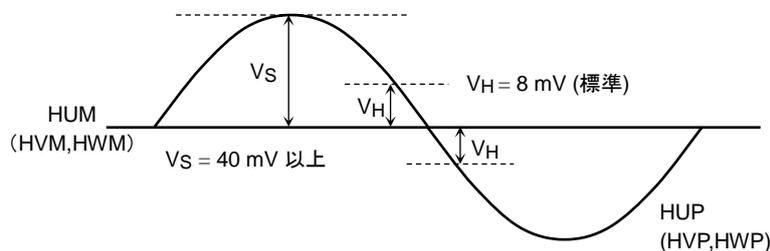
VM、SGND 間の抵抗分圧について電圧値を設定してください。なお、本機能を使用しない場合は SGND 端子に接続して使用してください。VM-SGND 間の抵抗値は 100 k Ω 程度で接続することを推奨します。

(14) HUP、HUM、HVP、HVM、HWP、HWM 端子

HUP、HUM、HVP、HVM、HWP、HWM 端子はホール信号を入力してください。ホール信号にはホール素子もしくはホール IC を使用してください。“3. 使用モータの注意点”のタイミングチャートの関係になるように、U、V、W 出力端子と HUP、HUM、HVP、HVM、HWP、HWM のホール信号端子をモータと接続してください。

<ホール素子を使用する場合の注意点>

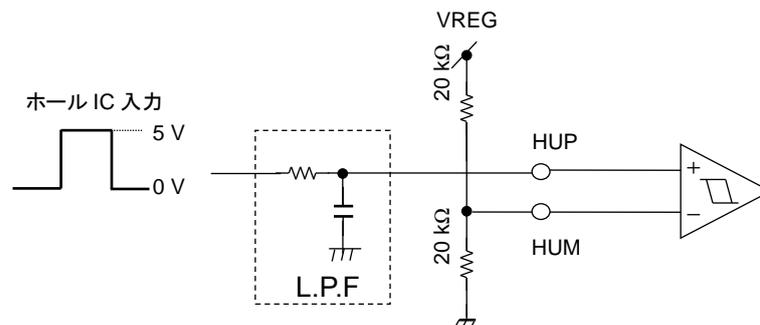
- ・VREG の 5 V 電源からホール素子へ電源を供給する場合、ホール素子の最大入力電流を超えないように、制限用抵抗をホール素子の電源端子に追加してください。
- ・ホール信号の切り替えを正しく認識させるためにはホール素子の振幅 V_s は 40 mV 以上、入力電圧範囲は 0.5 V~3.5 V で使用してください。
- ・ホールアンプはヒステリシスが付いています。ホール振幅が小さい場合、切り替えタイミングの位相ズレが大きくなるためできるだけホール素子の振幅は大きくしてください。
- ・ホール信号ノイズ除去用コンデンサを付ける場合、IC の HUP と HUM 端子、HVP と HVM 端子、HWP と HWM 端子の近くに配置してください。コンデンサの容量については、0.001 μ F~0.1 μ F を推奨します。



<ホール IC を使用する場合の注意点>

HUP、HVP、HWP、HUM、HVM、HWM の各端子は以下(1)または(2)となるように設定してください。

- (1) HUP、HVP、HWP: 入力電圧 Hレベル VREG、Lレベル SGND
HUM、HVM、HWM: 入力電圧 VREG/2 ※VREG、SGND 間の抵抗分圧で設定してください
- (2) HUP、HVP、HWP: 入力電圧 VREG/2 ※VREG、SGND 間の抵抗分圧で設定してください
HUM、HVM、HWM: 入力電圧 Hレベル VREG、Lレベル SGND



*) V 相、W 相も同様です。

(15) U、V、W 端子の接続

“3. 使用モータの注意点”のタイミングチャートの関係になるように、U、V、W 出力端子と HUP、HUM、HVP、HVM、HWP、HWM のホール信号端子をモータと接続してください。

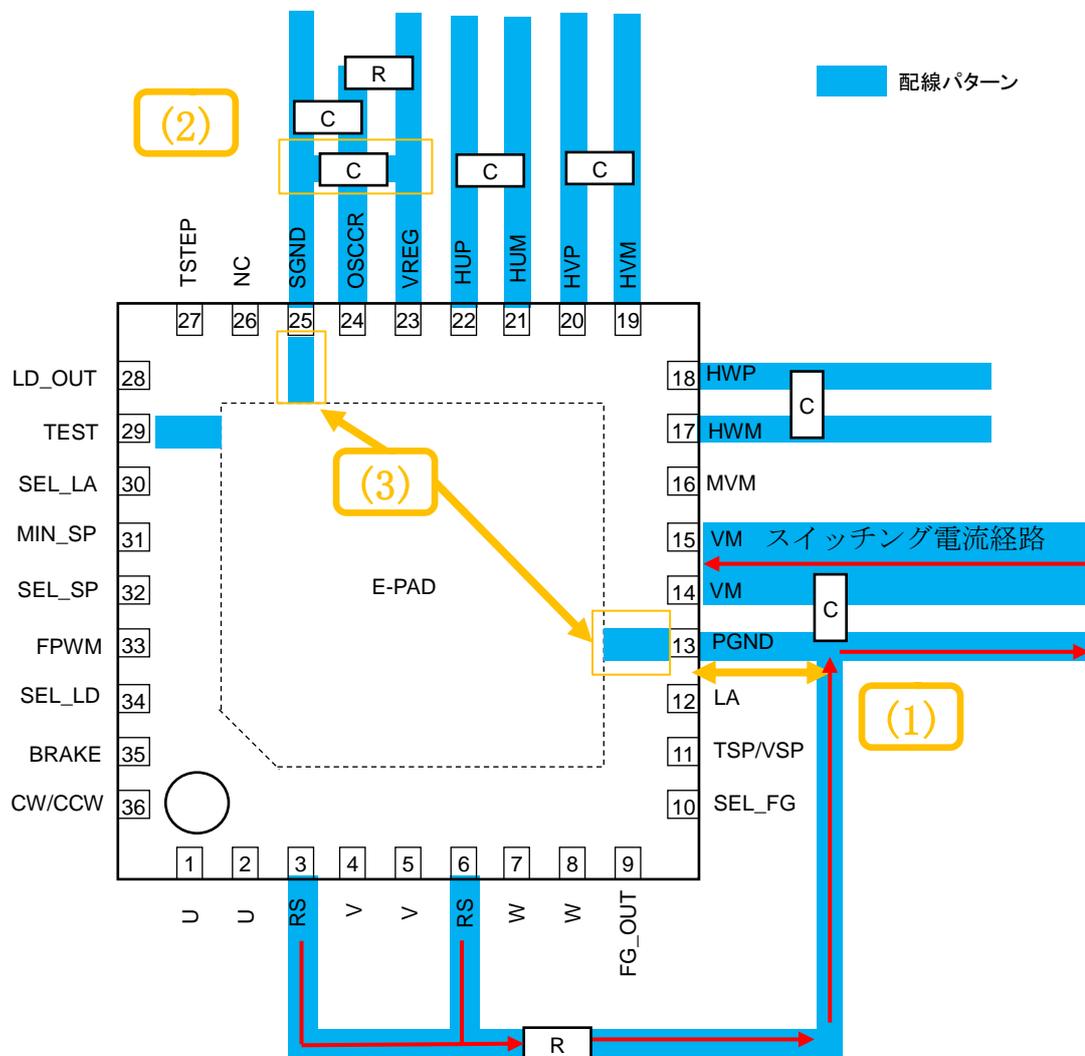
6. 基板設計時の注意点

VM、SGND、PGND の基板パターンは下記(1)~(3)の注意点を推奨します。

- (1) VM-PGND 間コンデンサをできるだけ IC 端子の近くに配置してください。
VM-PGND 間のコンデンサと IC 端子間の配線長をできるだけ短くして、配線インピーダンスを小さくしてください。
- (2) VREG-SGND 間コンデンサをできるだけ IC 端子の近くに配置してください。
VREG 電圧を安定化するため、VREG-SGND 間のコンデンサと IC 端子間の配線長をできるだけ短くして、配線インピーダンスを小さくしてください。特に、コンデンサと IC の SGND 端子の間の配線は短くして、スイッチング電流を流す経路が無いように設計してください。
- (3) PGND、SGND の各端子は IC 直近でショートしてください。
下記基板レイアウト例を参考ください。

<基板レイアウト例>

基板レイアウト例は簡単化する為、VM、PGND、SGND、VREG、OSCCR、RS、HUP、HUM、HVP、HVM、HWP、HWM 端子のレイアウト例を記載しています。



<IC 放熱性を向上及び発熱を低減する方法>

- ・ サーマル Via の数を増やす。
特に IC の E-PAD 裏面に Via を配置し Via の数を増やすことで放熱性が向上します。
- ・ 基板の配線被覆率を大きくする。
基板の配線被覆率を向上させると、基板面内の温度勾配が均一化され放熱性が向上します。
- ・ VREG 端子の出力電流を小さくする。
VREG-SGND 間の抵抗分圧で設定される抵抗値を大きくすることや、ホールバイアス電源を VREG 端子から別電源に変更することで、VREG 出力電流を削減し IC の消費電流を抑え、発熱を低減することができます。

7. IC 消費電力

IC が消費する電力については、大枠、ロジック部の消費電力、内部レギュレータの消費電力と出力段の消費電力の 3 つの部分に分けることができます。

$$P(\text{total}) = P(\text{logic}) + P(\text{reg}) + P(\text{out}) \quad \dots\dots\dots \text{(式 1)}$$

P(total) : IC の消費電力

P(logic) : ロジック部の消費電力

P(reg) : 内部レギュレータの消費電力

P(out) : 出力段の消費電力

・ロジック部の消費電力

ロジック部の消費電力は以下のように計算されます。

$$P(\text{logic}) = V_M \times I_M \quad \dots\dots\dots \text{(式 2)}$$

IM (Typ)=6 mA、IM (Max)=8.5 mA であり VM=12V の場合、

(式 2)から P(logic)Typ=12V × 6 mA = 0.072 W、P(logic)Max=12 V × 8.5 mA = 0.102 W

・内部レギュレータの消費電力

Vreg 電源をホール素子などの外付け部品の電源として使用する場合、内部レギュレータの消費電力は以下のように計算されます。

$$P(\text{reg}) = (V_M - V_{REG}) \times I_{VREG} \quad \dots\dots\dots \text{(式 3)}$$

VM=12 V の場合、IVREG=15 mA (typ)とすると、(式 3)から P(reg)=(12 V-5 V) × 15 mA = 0.105 W

・出力段の消費電力

出力段の消費電力は、概ね次式で計算されます。

$$P(\text{out}) = I_{\text{out}}(\text{RMS})^2 \times R_{\text{ON}}(\text{H+L}) \times 1.5 \quad \dots\dots\dots \text{(式 4)}$$

RON(H+L)Typ=0.25 Ω、RON(H+L)Max=0.33 Ωであり、

モータ相電流の RMS 値 Iout(RMS)=1 A とすると、

$$P(\text{out}) \text{ Typ} = 1 \text{ A}^2 \times 0.25 \text{ } \Omega \times 1.5 = 0.375 \text{ W}$$

$$P(\text{out}) \text{ Max} = 1 \text{ A}^2 \times 0.33 \text{ } \Omega \times 1.5 = 0.495 \text{ W}$$

なお、出力段の消費電力は出力ピーク電流・出力 Duty 等の条件に依存し、計算例となります。

・IC の消費電力

(式 1)、(式 2)、(式 3)、(式 4)より IC の消費電力は、IVREG=15 mA (typ)、Iout(RMS)=1 A とすると、

$$P(\text{total}) \text{ Typ} = P(\text{logic}) + P(\text{reg}) + P(\text{out}) = 0.072 \text{ W} + 0.105 \text{ W} + 0.375 \text{ W} = 0.552 \text{ W}$$

$$P(\text{total}) \text{ Max} = P(\text{logic}) + P(\text{reg}) + P(\text{out}) = 0.102 \text{ W} + 0.105 \text{ W} + 0.495 \text{ W} = 0.702 \text{ W}$$

8. IC 許容損失

周囲環境温度 (T_a) とジャンクション温度 (T_j)、およびジャンクションから周囲温度間の熱抵抗($R_{th(j-a)}$)の関係式は以下のとおりです。

$$T_j = T_a + P_{(total)} \times R_{th(j-a)}$$

例えば、 $T_a=40[^\circ\text{C}]$ 、 $P_{(total)}=0.702[\text{W}]$ 、

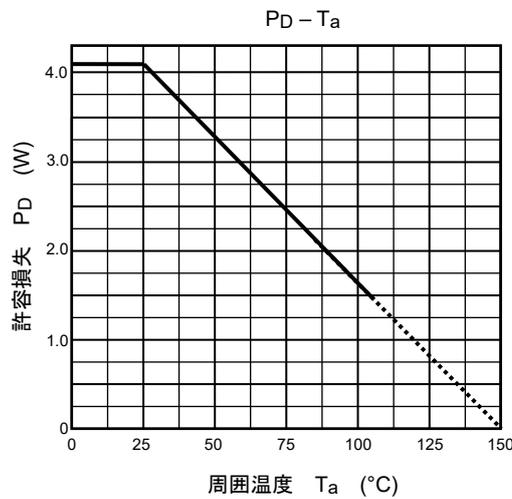
$R_{th(j-a)} = 30.5[^\circ\text{C}/\text{W}]$ (4層基板、FR4、76.2 mm x 114.3 mm x 1.6 mm) のとき、

$$T_j = 40[^\circ\text{C}] + 0.702 \text{ W} \times 30.5[^\circ\text{C}/\text{W}] = 61.411[^\circ\text{C}]$$

ジャンクション温度(T_j)の絶対最大定格は 150°C です。許容可能な消費電力 $P_{(total)}$ は T_a 、 $R_{th(j-a)}$ に依存します。周囲環境温度が高い場合、許容可能な消費電力はその分小さくなります。また熱抵抗が大きい場合、許容可能な消費電力はその分小さくなります。

(ご参考) 許容損失－周囲環境温度の関係について

基板実装時 (4層基板、FR4、76.2 mm x 114.3 mm x 1.6 mm) $R_{th(j-a)} = 30.5^\circ\text{C}/\text{W}$



9. 参考フットパターン例

P-WQFN36-0505-050-001

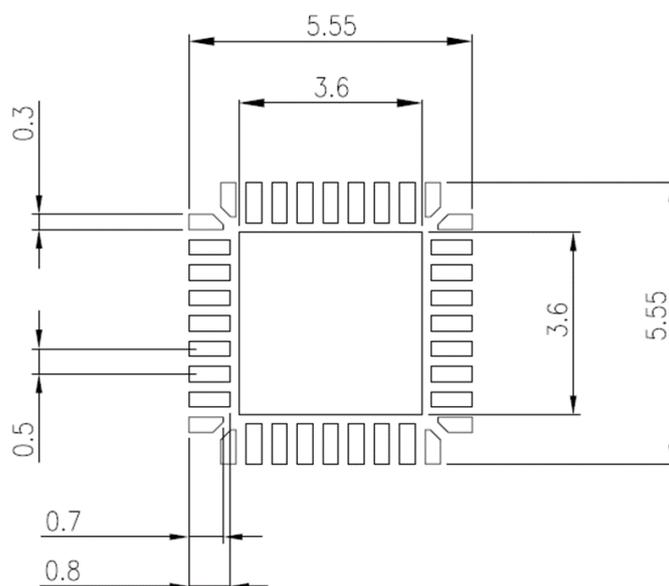


Figure 3 P-WQFN36-0505-050-001 参考フットパターン例

本記載内容は フットパターンの一例ですので、参考指標としてください。

実装基板の寸法設定の際には半田ブリッジ／半田接合強度／基板製作時のパターン精度／リードからの放熱考慮／IC 搭載機の搭載精度等を十分考慮頂き、最適パターンを決定下さい。半田付けの方式等に応じて、十分な検討をお願いします。

使用上のご注意およびお願い事項

使用上の注意事項

- (1) 絶対最大定格は複数の定格の、どの1つの値も瞬時たりとも超えてはならない規格です。複数の定格のいずれに対しても超えることができません。絶対最大定格を超えると破壊、損傷および劣化の原因となり、破裂・燃焼による傷害を負うことがあります。
- (2) 過電流の発生や IC の故障の場合に大電流が流れ続けないように、適切な電源ヒューズを使用してください。IC は絶対最大定格を超えた使い方、誤った配線、および配線や負荷から誘起される異常パルスノイズなどが原因で破壊することがあり、この結果、IC に大電流が流れ続けることで、発煙・発火に至ることがあります。破壊における大電流の流出入を想定し、影響を最小限にするため、ヒューズの容量や溶断時間、挿入回路位置などの適切な設定が必要となります。

使用上の留意点

- (1) 過電流検出回路
過電流検出回路はどのような場合でも IC を保護するわけではありません。動作後は、速やかに過電流状態を解除するようお願いします。
絶対最大定格を超えた場合など、ご使用方法や状況により、過電流制限回路が正常に動作しなかったり、動作する前に IC が破壊したりすることがあります。また、動作後、長時間過電流が流れ続けた場合、ご使用方法や状況によっては、IC が発熱などにより破壊することがあります。
- (2) 熱遮断回路
熱遮断回路（通常：サーマルシャットダウン回路）は、どのような場合でも IC を保護するわけではありません。動作後は、速やかに発熱状態を解除するようお願いします。
絶対最大定格を超えて使用した場合など、ご使用法や状況により、熱遮断回路が正常に動作しなかったり、動作する前に IC が破壊したりすることがあります。

製品取り扱い上のお願ひ

- 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(以下、本製品という)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、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、電力機器、金融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、あるいはその他軍事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。