

TB9120AFTG アプリケーションノート

はじめに

本資料は TB9120AFTG をご使用になる技術者を対象にした製品の技術情報が記載されている参考資料です。主に TB9120AFTG を応用するとき役に立つ事柄、注意事項などを記載しています。TB9120AFTG をご使用になるときには必ず TB9120AFTG のデータシート最新版のご参照をお願いします。

目次

1. 製品概要	3
2. 電源	3
3. 入力信号	3
4. MO	7
5. 出力電流	7
6. PWMチョッピング周波数設定	8
7. テスト端子	8
8. PWM定電流制御	9
9. 異常検出	14
10. 回路基板を含めた放熱性能	31
11. 端子FMEA	34
12. TB9120FTGとの相違点	39
13. 応用回路例	39
14. 評価基板	41
15. 推奨ランドパタン	44
16. パッケージ実装ガイド	45
17. 記載内容の留意点	46
18. 使用上のご注意およびお願い事項	47
19. 使用上の留意点	48

1. 製品概要

TB9120AFTG は、PWM 定電流制御、2 相バイポーラ駆動、クロック入力方式のステッピングモータードライバで、車載ステッピングモーターを直接駆動します。用途は、冷媒回路膨張弁制御、HVAC 用バルブ・ダンパ制御、HUD 用凹面鏡角度調整、二輪用バルブ制御など車載ステッピングモーター駆動に幅広く使用できます。

TB9120AFTG をご使用になるときには必ず TB9120AFTG のデータシート最新版のご参照をお願いします。次のホームページからダウンロードできます。

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/semiconductor/product/automotive-devices/detail.TB9120AFTG.html>

データシートに記載された内容は注釈を含め遵守をお願いします。

2. 電源

2.1 電源電圧範囲

- VBAT 端子から電源を供給します。
- 絶対最大定格
 - 直流： $-0.3 \leq \text{VBAT} \leq 18\text{V}$
 - 1 分以下： $\text{VBAT} \leq 30\text{V}$
 - 過渡電圧、0.5 秒以下： $\text{VBAT} \leq 40\text{V}$
 - データシート、8. 絶対最大定格のご参照をお願いします。
- 動作範囲： $4.5 \leq \text{VBAT} \leq 18\text{V}$
 - ただし、動作範囲のうち $4.5 \leq \text{VBAT} < 7\text{V}$ は、データシートに記載された電気的特性などの規格値の保証対象外です。
 - データシート、9. 動作範囲、7.18 使用動作電圧範囲以外での動作のご参照をお願いします。
- 電源の低電圧検出回路についてはデータシート 7.2 電源のご参照をお願いします。

2.2 電源のオン、オフ

- VBAT への電圧印加、遮断は、モーターコイルへ不用意な過大電流が流れることを防ぐために、BSTBY=L または、ENABLE=L のいずれかの条件下で行うようお願いします。
- 電源の立ち上げ立ち下げシーケンスについては 7.3 電源/制御信号入力シーケンスのご参照をお願いします。

3. 入力信号

3.1 入力信号の優先順位

- 表 1 に示すとおり、優先度の高い順に BSTBY、ENABLE、START、CW/CCW となります。例えば、BSTBY は ENABLE より優先度が高いため、BSTBY=L のときには ENABLE の状態に関係なく IC の状態はスタンバイとなります。

表 1 BSTBY、CLK、ENABLE、CW/CCW、START 入力信号の真理値表

入力					出力状態	モード
CLK	CW/CCW	START	ENABLE	BSTBY		
┌	H	L	H	H	CW(正転)	通常動作
└	L	L	H	H	CCW(逆転)	通常動作
X	X	H	H	H	電気角初期化	イニシャル(注 1)
X	X	X	L	H	ハイインピーダンス	イネーブルオフ(注 2)
X	X	X	X	L	ハイインピーダンス	スタンバイ

X : Don't care.

注 1. イニシャル : START ファンクションで示す初期電気角に固定された電流レベルが出力されま
す。

注 2. イネーブルオフ : 出力はハイインピーダンス状態になりますが、START=L の状態のまま CLK
に信号が入力されると内部カウンタは進行します。

3.2 BSTBY

- BSTBY 端子をLにすることでスタンバイモードになります。内部発振回路、モーター駆動出力 MOSFET などほとんどの回路は動作を停止します。
- 長時間モーターに電流を流す必要がない場合、スタンバイモードにすることで消費電流を低く抑えることができます。スタンバイモードの状態では負荷に電流が流れず、VBAT の消費電流は最大 10 μ A です。
- スタンバイ解除(BSTBY=L \rightarrow H)からVccOUTが立ち上がるまで最大0.5ms程度かかります。そのため、ENABLE信号入力はBSTBY信号入力に対し0.5ms以上の時間を確保をお願いします。
- ENABLE=H のとき、BSTBY 端子が H レベルから L レベルになった場合は、移行期間(回生期間 : Tregene)として回生動作を行ったあとに出力端子をハイインピーダンス状態にします。
- モーターの回転、停止の指令には BSTBY 端子を使わないようお願いします。
- スタンバイモードと電気角の関係は次のとおりです。
 - スタンバイモードに入ると IC 内の大部分の回路はオフ状態となりますので、スタンバイモード解除後にスタンバイモード前の電気角から再開することはできません。
 - スタンバイモードを解除すると同時に電気角はイニシャル位置になります。イニシャル位置ですので MO が L を出力します。最も確実に電気角のイニシャル位置出しと細かい制御を行う方法は、スタンバイモード解除後にまず START を H から L にしてその後 CLK に必要なパルス数を入れていただいた後に ENABLE を H にする方法で、この方法を推奨しております。
- データシート、7.1 BSTBY ファンクション、7.3 電源/制御信号入力シーケンスのご参照をお願いします。

3.3 CLK

- 入力 CLK の 1 パルス毎に電気角が 1 つ進みます。
- アップエッジで信号が反映されます。
- 単位時間当たりの CLK 端子への方形波入力数(すなわち周波数)とモーター回転速度は比例します。
- モーターの回転、停止の制御は CLK 端子への信号で行います。
- 回転しているモーターを停止させるときは CLK 端子へのパルスの周波数を下げていき最後は CLK 端子を L または H に固定します。
- データシート、7.4 CLK 入力のご参照をお願いします。

3.4 ENABLE

- ・モーターに流す電流のオン、オフを行います。モーターコイルに直接つながる出力端子の H ブリッジをオンオフする端子です。
- ・ENABLE=H でオンとなり、モーターコイルに電流が流れます。
- ・ENABLE=L でオフとなり、出力端子はハイインピーダンス状態になります。
- ・ENABLE=L でモーターに電流が流れていないときでも、CLK、START、CW/CCW の入力端子の指令が内部カウンタに反映されます。例えば ENABLE=L、START=L で CLK 端子にパルスが入力されていると IC 内部のカウンタは進行していますので、どのタイミングで ENABLE=H にするかで最初に出力される電流値の大きさが異なってきます。
- ・電源投入時はモーターコイルに不用意な大電流が流れることがないように、ENABLE=L としてください。
- ・ENABLE=L にすると、過熱(TSD)、過電流(ISD)の各検出後のラッチ状態を解除します。
- ・ENABLE=L のときは DIAG 端子は常にハイインピーダンスです。
- ・ENABLE 端子が H レベルから L レベルになった場合は、回生動作を行ったあとに出力端子をハイインピーダンス状態にします。
- ・データシート、7.5 ENABLE 回路のご参照をお願いします。

3.5 CW/CCW

- ・ステッピングモーターの回転方向を切り替えます。
- ・2 相ステッピングモーターの回転方向は A 相、B 相のどちらの電流が先行しているかで決まります。
- ・CW/CCW=H のとき A 相電流が B 相電流より位相が 90°進んで出力されます（正転(CW)と定義）。
- ・CW/CCW=L のとき B 相電流が A 相電流より位相が 90°進んで出力されます（逆転(CCW)と定義）。
- ・データシート、7.6 CW/CCW 制御回路のご参照をお願いします。

3.6 START

- ・START=H にすることで内部カウンタで電気角を初期化してイニシャル位置に設定します。
- ・START=H では電気角はイニシャル位置に固定されてモータは回りません。モーターを回すときには、START=L とします。
- ・START=H のとき MO 端子から L を出力します。
- ・モータ回転中にイニシャル位置になると MO 端子から L を出力します。
- ・START 端子の状態の変更は CLK 入力信号に同期して出力に反映されます。
- ・データシート、7.8 START 機能のご参照をお願いします。

3.7 励磁モード

3.7.1 励磁モード設定

- ・表 2 に示すとおり、DMODE0、DMODE1、DMODE2 により、ステップ分解能を切り替えます。
- ・DMODE0=DMODE1=DMODE2=L に設定すると、電流設定は A 相 71%、B 相 71% に固定されます。このとき、MO 端子から L レベルが出力されます。

表 2 DMODE0、DMODE1、DMODE2 による励磁モード設定

DMODE0 入力	DMODE1 入力	DMODE2 入力	ファンクション
L	L	L	A 相 71%、B 相 71%
L	L	H	2 相励磁設定
L	H	L	1-2 相励磁(a)設定
L	H	H	W1-2 相励磁設定
H	L	L	1-2 相励磁(b)設定
H	L	H	2W1-2 相励磁設定
H	H	L	4W1-2 相励磁設定
H	H	H	8W1-2 相励磁設定

- ・励磁モード設定の変更は CLK 入力信号に同期して出力に反映されます。
- ・電源入力後は最初の CLK 入力によって励磁モードが確定します。
- ・データシート、7.7 励磁モード設定(DMODE)のご参照をお願いします。

3.7.2 8W1-2 相励磁の出力電流波形

- ・図 1 は、最も高精細である 8W1-2 相励磁のときの出力電流波形の例です。
- ・疑似正弦波の電流波形でモーターを回していることがわかります。

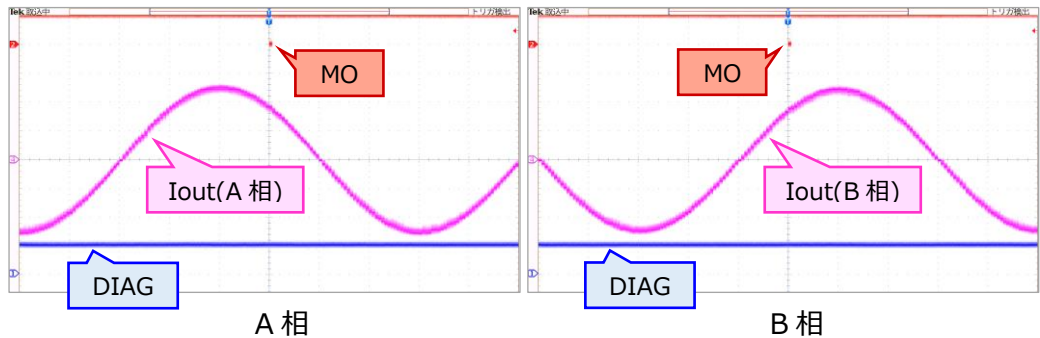


図 1 8W1-2 相励磁 出力電流波形の例 (ご参考)

3.8 弱励磁モード設定

- ・表 3 に示すように、TORQUE0 端子及び TORQUE1 端子入力により弱励磁モードに設定できます。

表 3 TORQUE0、TORQUE1 による弱励磁モード設定

TORQUE0	TORQUE1	ファンクション
L	L	設定電流値 × 100%
H	L	設定電流値 × 70%
L	H	設定電流値 × 50%
H	H	設定電流値 × 30%

- ・通常は TORQUE0=TORQUE1=L の 100%の設定にして使用します。
- ・CLK 端子に方形波を入力しないとき、すなわち CLK=H または CLK=L としてモーターの回転を停止するとき、ブレーキをかけてモーターの回転子の空転を防ぐ状態となりますが、ブレーキを維持するトルクは回転するときほど必要ないので、TORQUE 端子で例えば 30%などと電流を減じて弱励磁とすることで(注)、消費電流を低く抑えてモーターにブレーキが掛かった状態を保つことができます。

注： 電流とトルクは比例します。

- ・データシート、7.14 定電流 PWM 制御の TORQUE 端子のご参照をお願いします。

4. MO

4.1 電気角のモニタ

- ・電気角をモニタして初期電気角状態（イニシャル位置）で MO 端子から L を出力します。

4.2 CLK のパルス数を正確に数える制御

- ・CLK のパルス数を正確に数えて制御する場合には、MO 端子と START 端子を組み合わせで使用します。
- ・START=H から START=L にしたのちに CLK 端子にパルスを入力するとイニシャル位置からモーターを回転できます。この状態で次に MO=L となるタイミングをモニタすると電気角が一周(360 度)したことを知ることができます。
- ・以下は ENABLE=H で一定の周波数の方形波が CLK 端子から入力されているときの説明です。
 - ・START=H とすると初期電気角(イニシャル位置)に固定され、モーターは回転を停止して、同時に MO 端子から L が出力されます。
 - ・次に START=L とすると MO=H となり、次の CLK の立上りエッジからモーターは回転を再開しますが、イニシャル位置から回転を始めていますので、その次に電気角 1 周期毎に MO=L となるイニシャル位置までの CLK パルス数を正確に数えることができます。
 - ・たとえば 1/8 ステップなら電気角が 1 周するために必要な CLK パルス数は 32 個です(注)。

$$\text{注： } 32 = \frac{1}{1/8(\text{ステップ})} \times \frac{360(\text{度})}{90(\text{度})}$$

- ・データシート、7.8 START 機能、7.9 MO 出力のご参照をお願いします。

5. 出力電流

5.1 VREF による出力電流値設定

- ・定電流制御用の 100%時電流値は、モーター電流検出外付け抵抗(RRS)と VREF 端子に印加する外部入力基準電圧(Vref)により決まります。
- ・次の式で電流値を定めます。

$$I_{\text{out(MAX)}} = V_{\text{refgain}} \times \frac{V_{\text{ref(V)}}}{RRS(\Omega)}$$

- ただし
- ・定数の圧縮比 $V_{refgain} = 1/10$ (typ.)
 - ・Vref は VREF 端子に印加する電圧。動作範囲 $0.3V \leq V_{ref} \leq 3.0V$
 - ・RRS は電流検出抵抗で、RSA 端子および RSB 端子の対 GND 外付け抵抗。2 個の抵抗は同じ値にしてください。

- ・外部電圧を 2 個の分圧抵抗によって分割して VREF に印加するときには、VREF 端子と GND 間の抵抗値は大きくても 10k Ω 程度の値としてください。あまり電流値を小さく絞ると仮にノイズを受けた場合に電圧が変動しやすくなります。
- ・VccOUT から出力される 5V を VREF に印加する電圧として使用しないでください。
- ・データシート、7.14 定電流 PWM 制御の電流値設定のご参照をお願いします。

5.2 出力電流の上限

- ・OUTA+, OUTA, OUTB+, OUTB 端子に対する絶対最大定格出力電流は、過電流検出閾値までと定めています。
- ・過電流検出閾値は、1 相あたり、最小 1.5A、標準 2.0A、最大 2.5A です。
- ・実際に駆動可能なモーター電流値は、回路基板の放熱性能や周囲温度などの使用条件により制限されます。
- ・ジャンクション温度(T_j)が 150 $^{\circ}C$ 以内になるように十分に熱設計及び評価を行ってください。熱設計を十分行って使用しないと、過熱検出が作動します。

6. PWM チョッピング周波数設定

6.1 ROSCM

- ・本 IC は定電流 PWM 制御により出力電流波形を生成しています。
- ・この制御の PWM チョッピング周波数は、OSCM 端子と GND 間の外付け抵抗 ROSCM の値で決まります。
- ・データシート、7.12 OSC 回路のご参照をお願いします。

6.2

- ・PWM チョッピング周波数の値を変えると、電流波形のリプル形状や PWM 制御由来のノイズの大きさが変化することがあります。必要に応じて、十分な評価を行ってください。

7. テスト端子

7.1 TEST1 端子

- ・TEST1 は常に GND に接地してください。出荷テスト専用端子です。

7.2 TEST2 端子

- ・TEST2 は常に無接続、オープンとしてください。出荷テスト専用端子です。

8. PWM 定電流制御

8.1 チャージ → スロー → ファーストモードの動作説明

・図 2 に示すとおり、電流の向きで次の 2 とおりの動作があります。

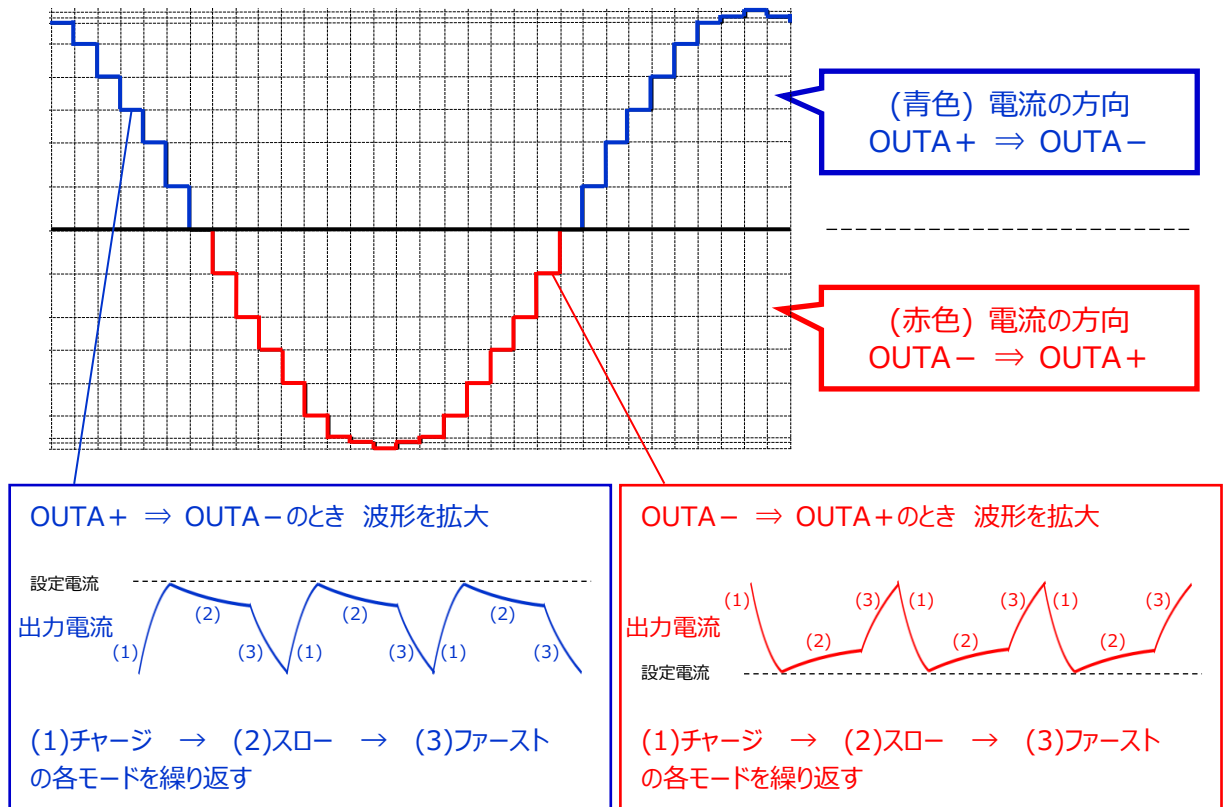


図 2 電流の方向の定義 例として 2W1-2 相励磁 A 相電流波形

・電流の方向 : $OUTA+ \Rightarrow OUTA-$ のとき、図 3 のように動作します。

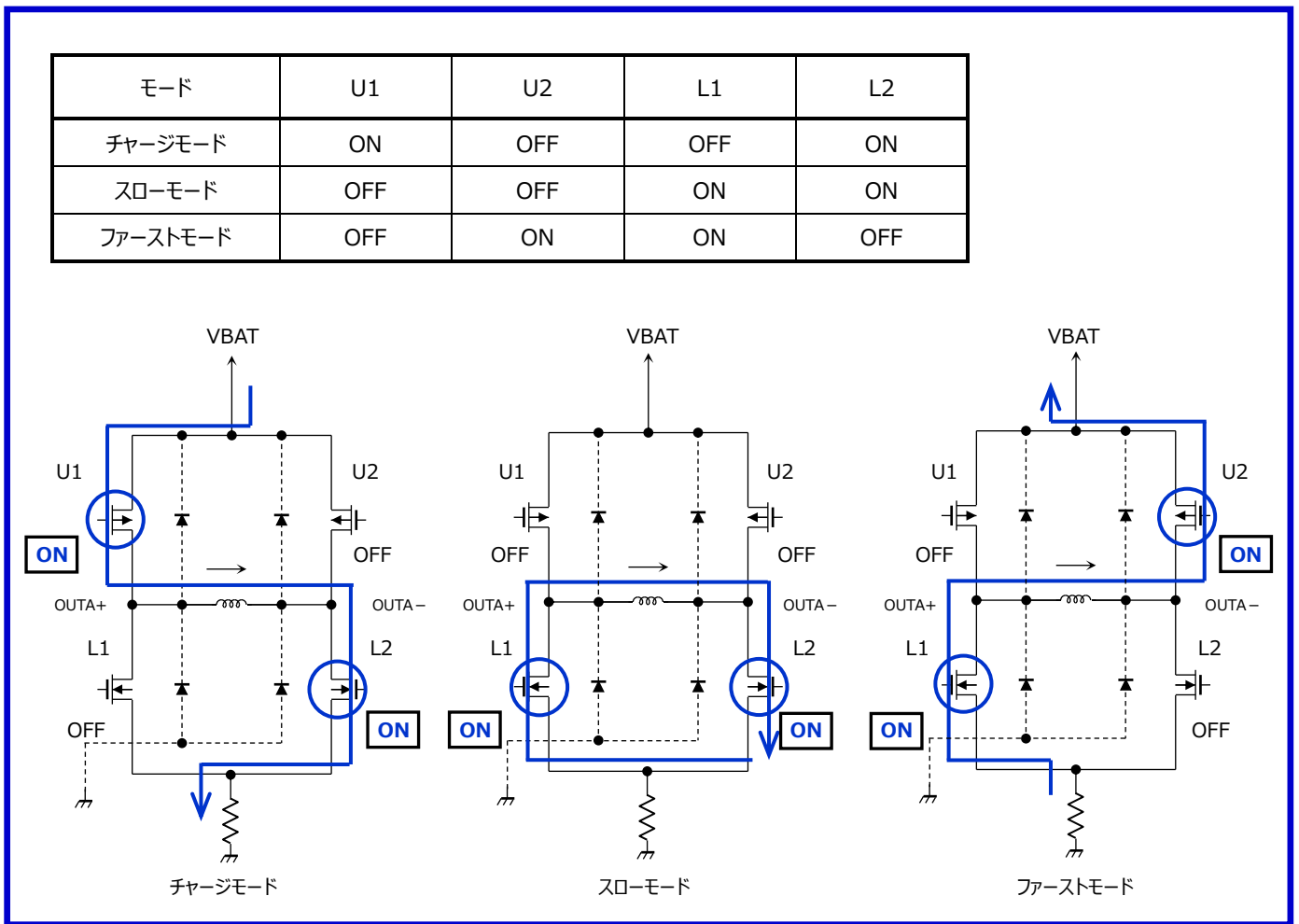


図 3 電流の方向 : $OUTA+ \Rightarrow OUTA-$ のときのチャージ→スロー→ファーストモードの動作

・電流の方向 : $OUTA- \Rightarrow OUTA+$ のとき、図 4 のように動作します。

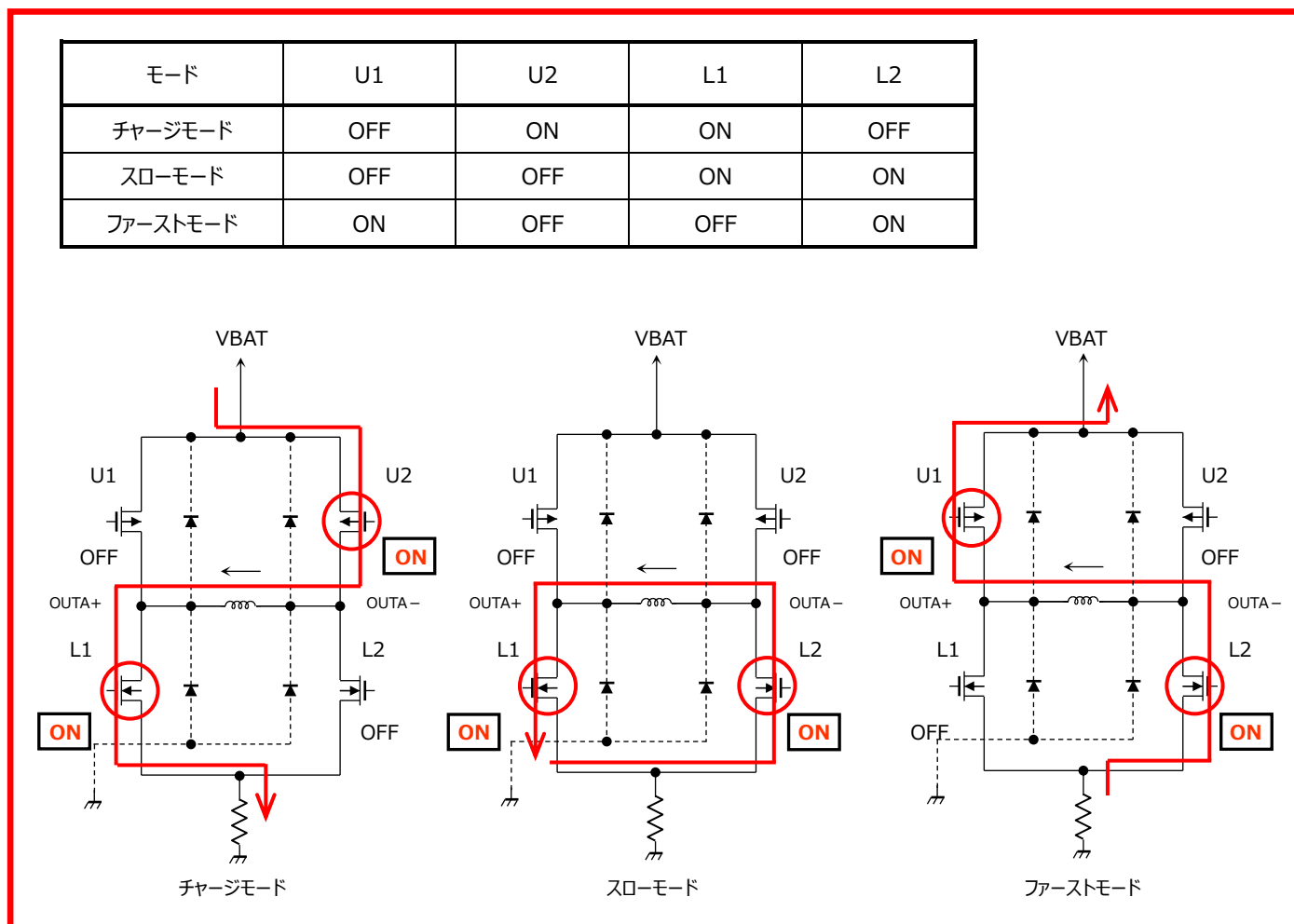


図 4 電流の方向 : $OUTA- \Rightarrow OUTA+$ のときのチャージ→スロー→ファーストモードの動作

・B 相についても同様です。

8.2 貫通電流防止期間

- ・図 5、図 6 に示す制御により U1 と L1 の同時オン、U2 と L2 の同時オンを防止します。電流の方向：
OUTA+ ⇒ OUTA- のとき

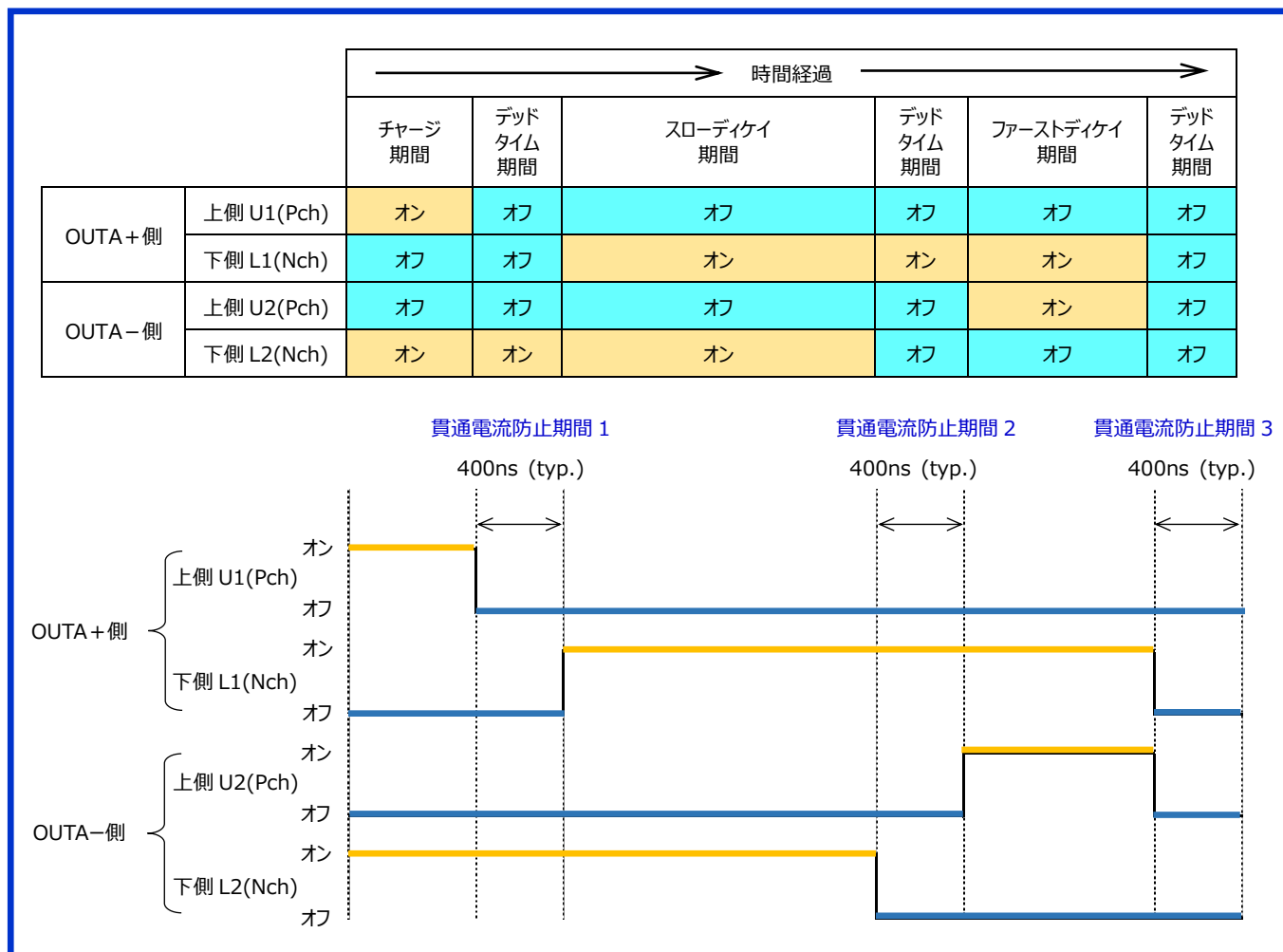


図 5 貫通電流防止期間 波形図による説明

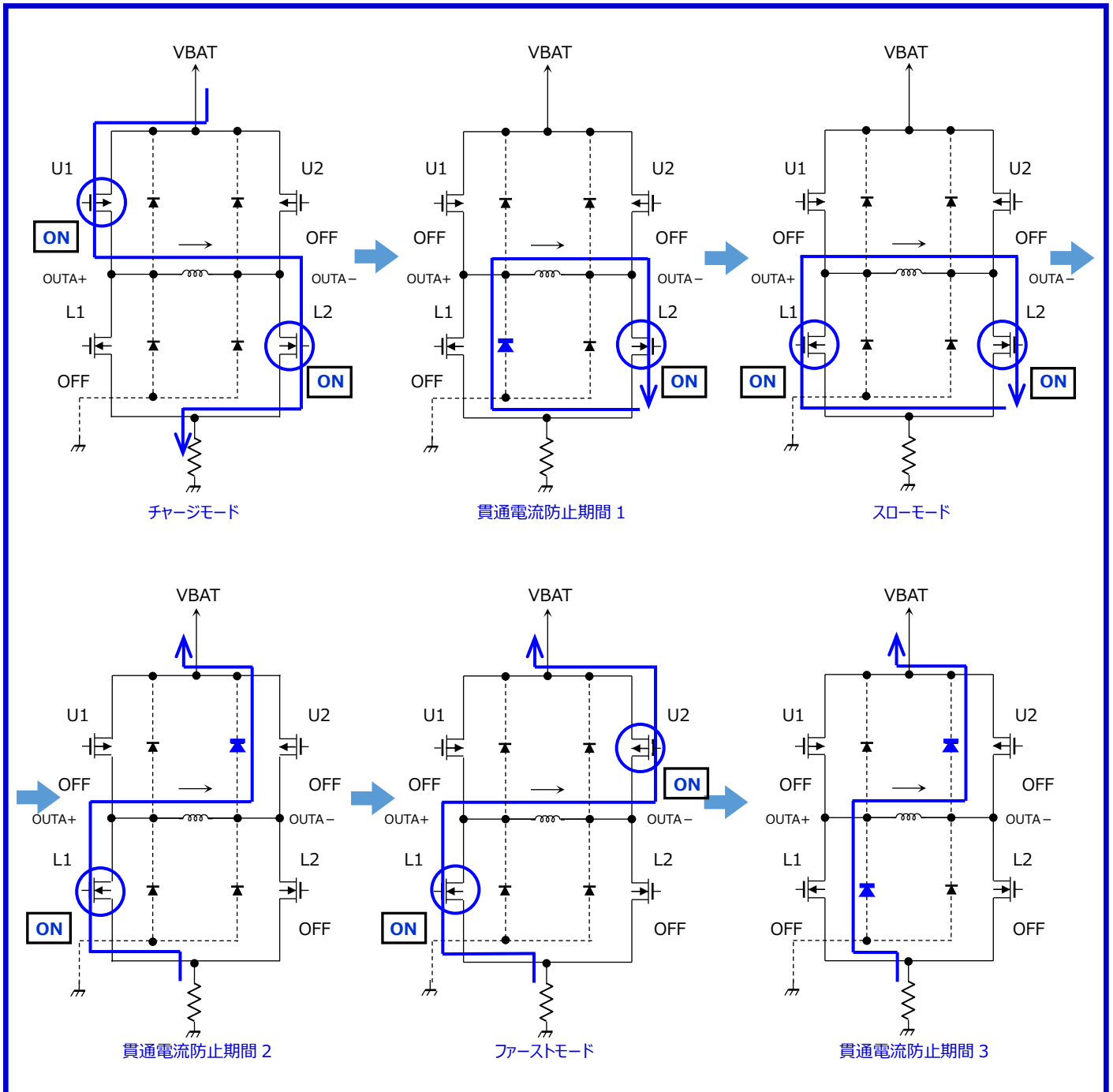


図 6 貫通電流防止期間 Hブリッジによる説明

- ・貫通電流防止期間(400ns(typ.))にダイオードに通電する制御を行っています。
- ・図 6 で青色のダイオードが貫通電流防止期間に通電しているダイオードです。
- ・図 5、図 6 は電流の方向 : OUTA+ ⇒ OUTA- の場合ですが、電流の方向 : OUTA- ⇒ OUTA+ は電流方向が逆で Hブリッジの通電は左右対称の動作になります。

9. 異常検出

9.1 DIAG

- ・異常状態（モータ負荷オープン、過電流、過熱）を検出した場合、DIAG 端子から L を出力します。
- ・ENABLE=L のときは異常検出は働くことはなく、DIAG 端子は常にハイインピーダンスです。
- ・DIAG 端子を使用しない場合、端子をオープンとしてください。
- ・データシート、7.10 DIAG 機能（異常状態診断）のご参照をお願いします。

9.1.1 負荷オープン検出

- ・いずれかの出力端子で接続されたモータ負荷ラインが外れた場合、出力端子のオープンを検出します。
- ・負荷オープンを検出した場合、DIAG 端子から L を出力します。
- ・負荷オープンを検出した場合でも、出力はオンのままで変化はありません。
- ・負荷が再度結線されて正常な状態に戻ると、DIAG 端子から L を出力しなくなります。
- ・データシート、7.15 負荷オープン検出のご参照をお願いします。

9.1.2 過電流検出

- ・いずれかの出力端子が天絡または地絡した場合、そのときに流れる過電流を検出します。
- ・過電流検出した場合、DIAG 端子から L を出力します。
- ・過電流検出した場合、出力はオフとなります。自動復帰ではなくラッチしてオフの状態が固定されます。復帰の手続きを行わないと出力が再度オンになりません。
- ・VBAT 電源の再投入または ENABLE 端子への L の印加によりラッチ状態は解除されます。
- ・データシート、7.16 過電流検出(ISD)のご参照をお願いします。

9.1.3 過熱検出

- ・IC のチップ温度が設定温度以上になった場合、過熱検出します。
- ・過熱検出した場合、DIAG 端子から L を出力します。
- ・過熱検出した場合、出力はオフとなります。自動復帰ではなくラッチしてオフの状態が固定されます。復帰の手続きを行わないと出力が再度オンになりません。
- ・VBAT 電源の再投入または ENABLE 端子への L の印加によりラッチ状態は解除されます。
- ・データシート、7.17 過熱検出(TSD)のご参照をお願いします。

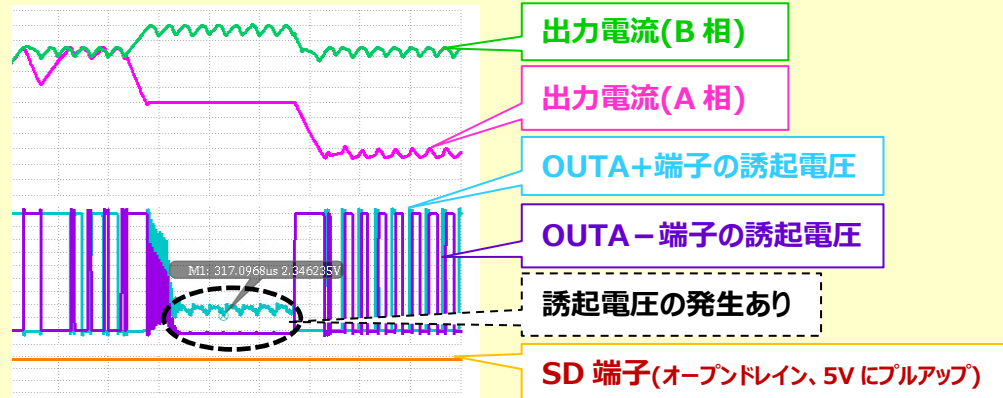
9.2 SD

- ・ストールを検出した場合、SD 端子から L を出力します。
- ・ストール検出を使用しない場合、SD 端子をオープンとしてください。

9.2.1 ストール検出

- ・回転異常時にストールと判断し、SD端子からストール検出信号を出力します。
- ・ストール検出信号をマイコンで受信し、システム制御にフィードバック可能です。
- ・図7に示すようにモータの誘起電圧が一定の電圧以上発生していない場合にモーターが十分に回転していないとしてストールと判断して、SD端子からLを出力します。

(1) ストール検出なし : 正常にモータが回転し誘起電圧あり→SD 端子は Hiz(5V)状態



(2) ストール検出あり : 誘起電圧なしを検出→SD 端子が Lレベルを出力

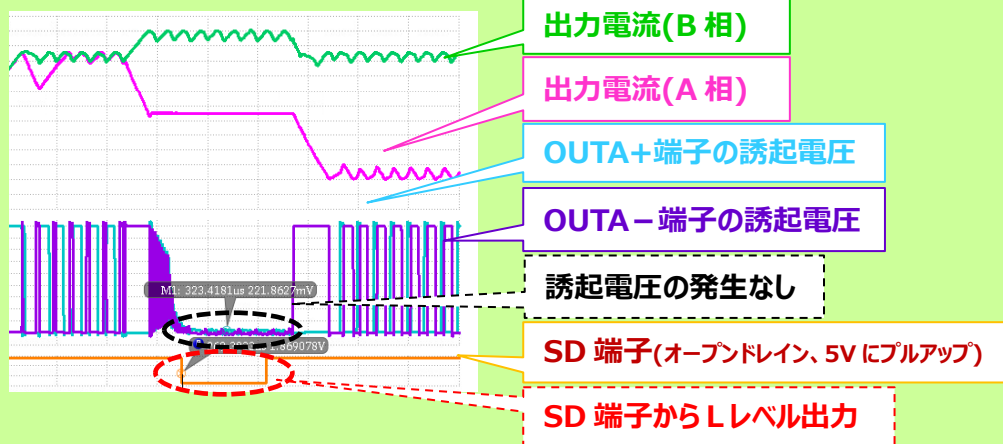


図 7 ストール検出時の SD 端子波形の例

- ・動作原理上、次の留意点があります。詳細はデータシートのご参照をお願いします。
 - ・2相励磁におけるモータ回転では、ストール検出機能は働きません。
 - ・低速回転、低い電流駆動、励磁モード、モータの種類によって誘起電圧が十分に誘起されない場合、ストール検出機能が正しく働かない恐れがあります。事前にモータ特性、駆動条件など十分にご確認の上、閾値を設定してください。
 - ・例えば、モータが停止からの始動時は低速であり誘起電圧が十分に誘起されない状態のためストール検出機能が正しく働かない可能性があります。ストール検出機能を有効にご使用いただくためにこの期間を除外する必要があります。
- ・ストールを検出した場合でも、出力はオンのままで変化はありません。
- ・モータが十分に回転している状態に戻ると、SD 端子から L を出力しなくなります
- ・データシート、7.11 ストール検出 (SD : Stall Detection) 機能のご参照をお願いします。

9.2.2 ストール検出機能の効用

・使用例 ヘッドアップディスプレイ

- ・図 8 に示すヘッドアップディスプレイの内部で画像反射鏡の機械原点の位置決定を行うシステムにおいて、ストール検出機能で部品コスト、組立コストを大幅に削減する可能性があります。

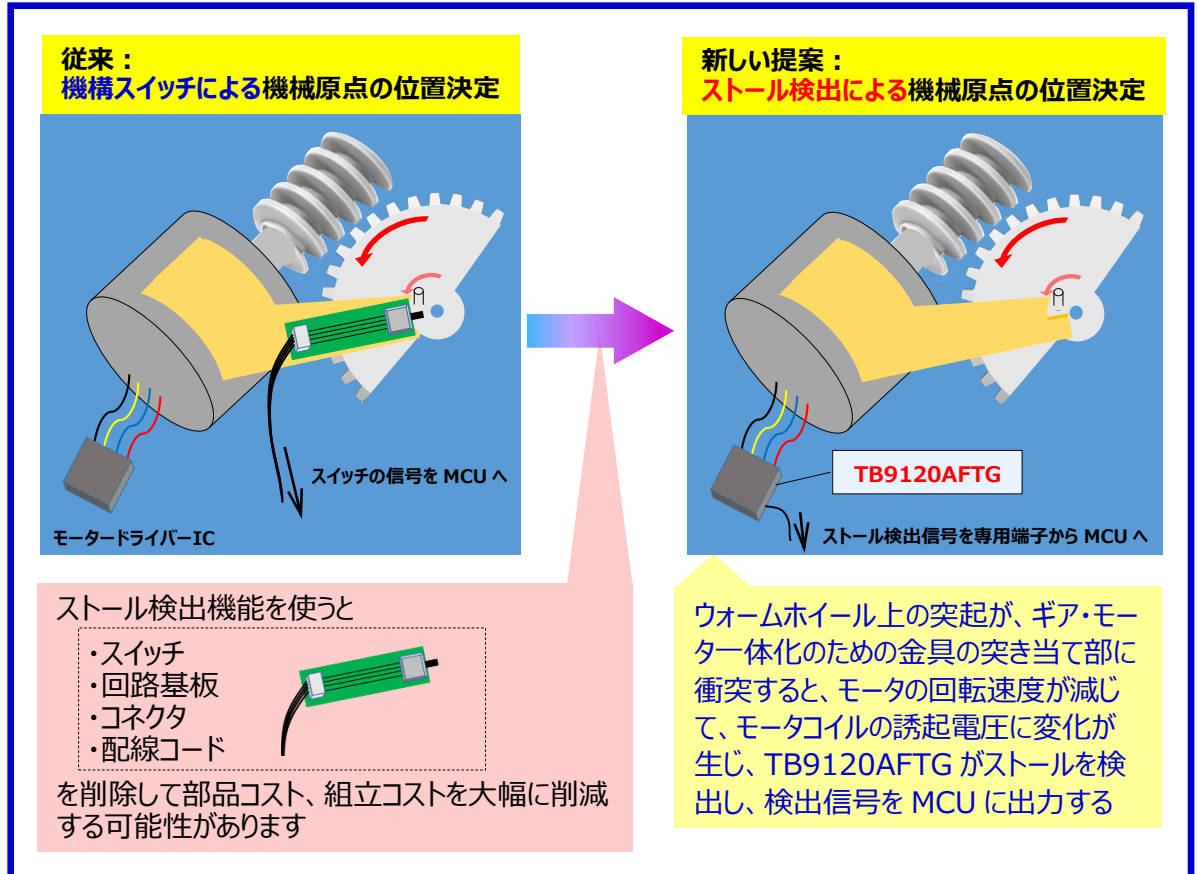


図 8 ストール検出機能の使用例と効用

9.2.3 ストール検出実験結果

・目的

- ・主なパラメータを変化させて、ストール検出機能の誤検出の発生を確認します。
- ・回転数が遅いと(すなわち CLK 周波数が低いと)、誘起電圧が不十分で検出が困難になるため、誤検出が起こりやすいと考えられます。このため、誤検出となる、CLK 端子に入力する信号の周波数の閾値を測定します。

・評価方法

- ・3 種類のモータ、
 - ・モーター A : 125mA
 - ・モーター B : 500mA
 - ・モーター C : 850mA

それぞれについて、

- (1) Vref 端子電圧 vs. 誤検出となる CLK 端子に入力する信号の周波数の閾値
- (2) SDT 閾値電圧 vs. 誤検出となる CLK 端子に入力する信号の周波数の閾値
- (3) VBAT 端子電圧 vs. 誤検出となる CLK 端子に入力する信号の周波数の閾値
- (4) 励磁モード vs. 誤検出となる CLK 端子に入力する信号の周波数の閾値

を測定しました。

- ・判定基準
 - ・誤検出とは、ストール状態でないにもかかわらず、SD 端子から L レベル出力が出る状態としました。
- ・実験結果

【A】 モーターA(125mA)の実験結果

(1) VREF 端子電圧(出力電流設定) vs. CLK 周波数閾値 [モーターA]

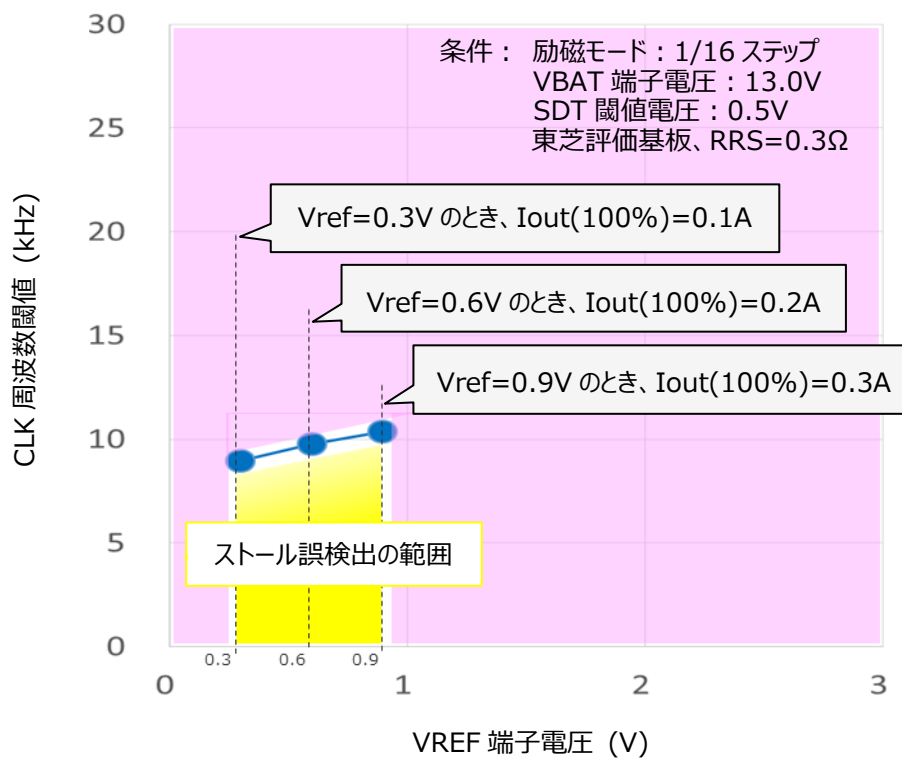


図9 VREF 端子電圧 vs. CLK 周波数閾値 (ご参考データ)

- ・結果は図9に示すように
 - ・ストールの誤検出は、CLK 周波数閾値である、青い点のプロット●に満たない黄色で塗られている範囲■で生じます。
 - ・ストールの誤検出は、正の相関があり、設定電流を増すと CLK 周波数閾値も増加します。

28 ページの注 1、2、3 のご確認をお願いします。

(2) SDT 閾値電圧 vs. CLK 周波数閾値 [モーターA]

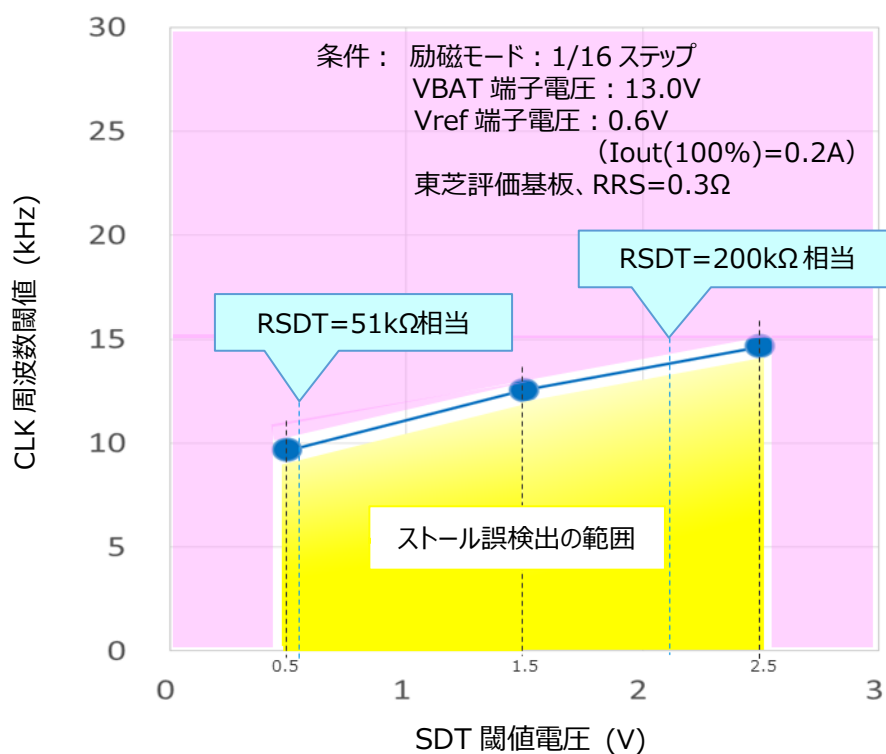


図 10 SDT 閾値電圧 vs. CLK 周波数閾値 (ご参考データ)

・結果は図 10 に示すように

- ・ストールの誤検出は、CLK 周波数閾値である、青い点のプロット●に満たない黄色で塗られている範囲■で生じます。
- ・ストールの誤検出は、正の相関があり、SDT 閾値電圧を増すと CLK 周波数閾値も増加します。

28 ページの注 1、2、4、5 のご確認をお願いします。

(3) VBAT 端子電圧 vs. CLK 周波数閾値 [モーターA]

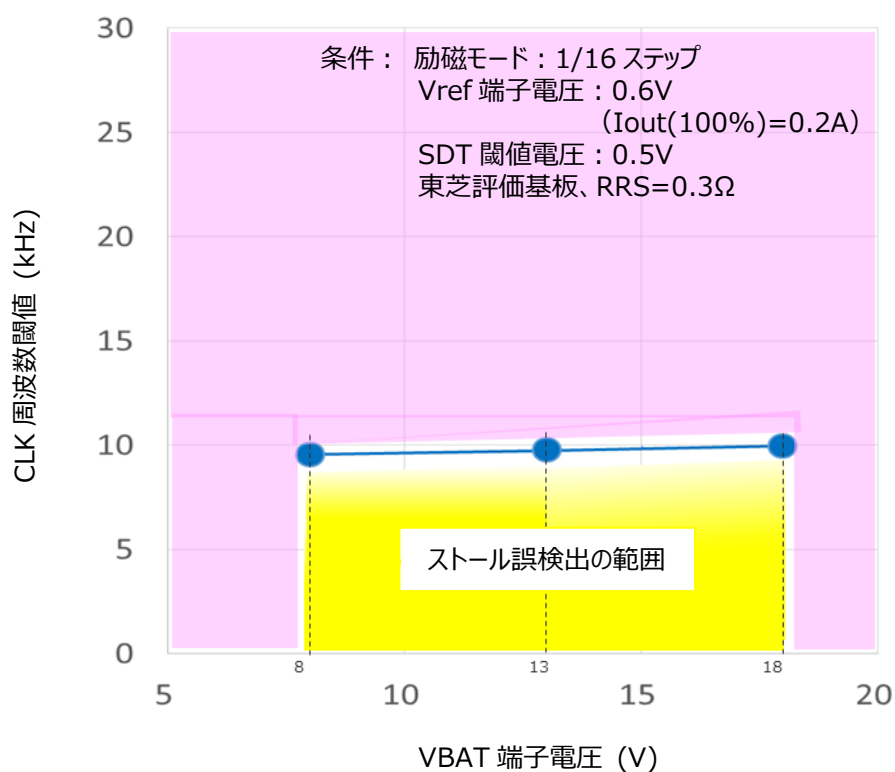


図 11 VBAT 端子電圧 vs. CLK 周波数閾値 (ご参考データ)

・結果は図 11 に示すように

- ・ストールの誤検出は、CLK 周波数閾値である、青い点のプロット●に満たない黄色で塗られている範囲■で生じます。
- ・ストールの誤検出は、VBAT 電圧依存性がありません。

28 ページの注 1、2 のご確認をお願いします。

(4) 励磁モード vs. CLK 周波数閾値 [モーターA]

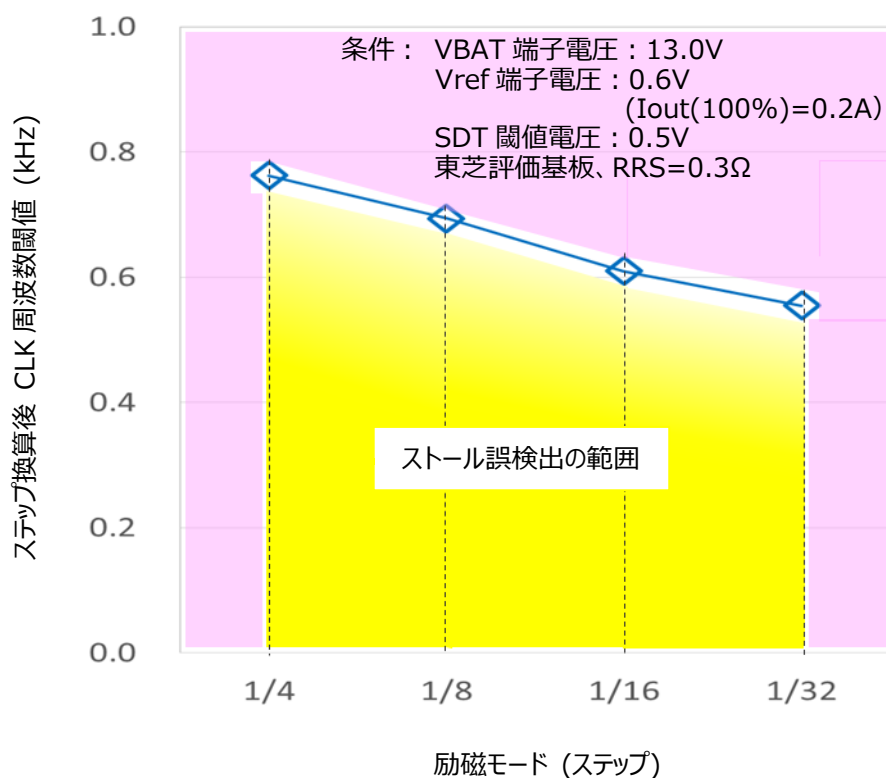


図 12 励磁モード vs. CLK 周波数閾値 (ご参考データ)

・結果は図 12 に示すように

- ・ストールの誤検出は、CLK 周波数閾値である、青い点のプロット◇に満たない黄色で塗られている範囲■で生じます。
- ・ストールの誤検出は、負の相関があり、ステップ分解能を高めるとステップ換算後 CLK 周波数閾値は減少します。

28 ページの注 1、2、6 のご確認をお願いします。

【B】 モーターB(500mA)の実験結果

(1) VREF 端子電圧(出力電流設定) vs. CLK 周波数閾値 [モーターB]

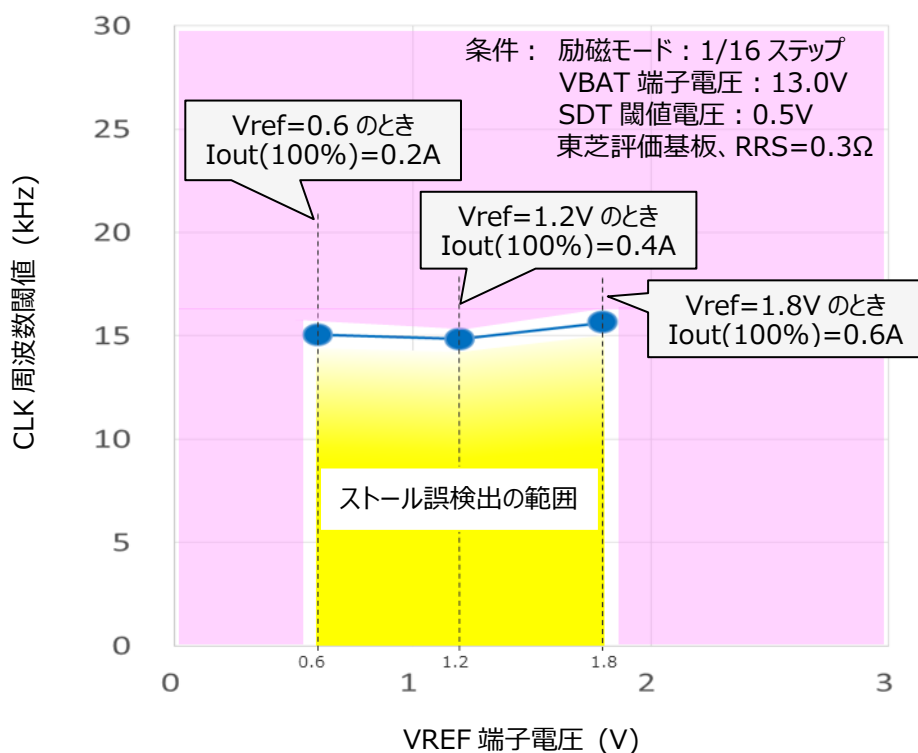


図 13 VREF 端子電圧 vs. CLK 周波数閾値 (ご参考データ)

・結果は図 13 に示すように

- ・ストールの誤検出は、CLK 周波数閾値である、青い点のプロット●に満たない黄色で塗られている範囲■で生じます。
- ・ストールの誤検出は、設定電流の依存性が低いです。

28 ページの注 1、2、3 のご確認をお願いします。

(2) SDT 閾値電圧 vs. CLK 周波数閾値 [モーターB]

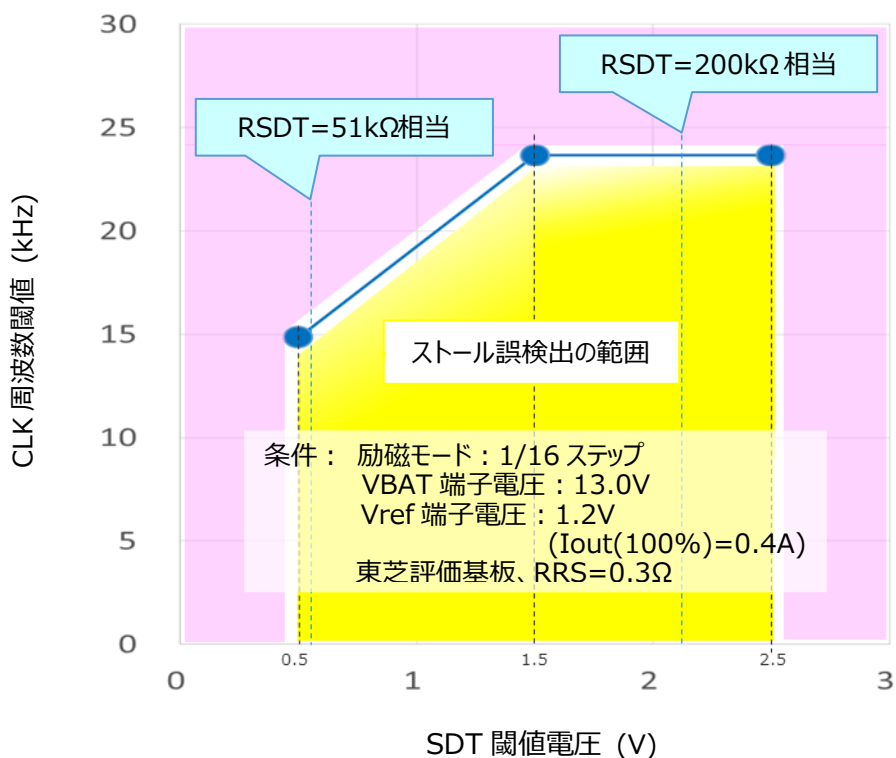


図 14 SDT 閾値電圧 vs. CLK 周波数閾値 (ご参考データ)

・結果は図 14 に示すように

- ・ストールの誤検出は、CLK 周波数閾値である、青い点のプロット●に満たない黄色で塗られている範囲■で生じます。
- ・ストールの誤検出は、部分的に正の相関があり、SDT 閾値電圧を増すと部分的には CLK 周波数閾値も増加します。

28 ページの注 1、2、4、5 のご確認をお願いします。

(3) VBAT 端子電圧 vs. CLK 周波数閾値 [モーターB]

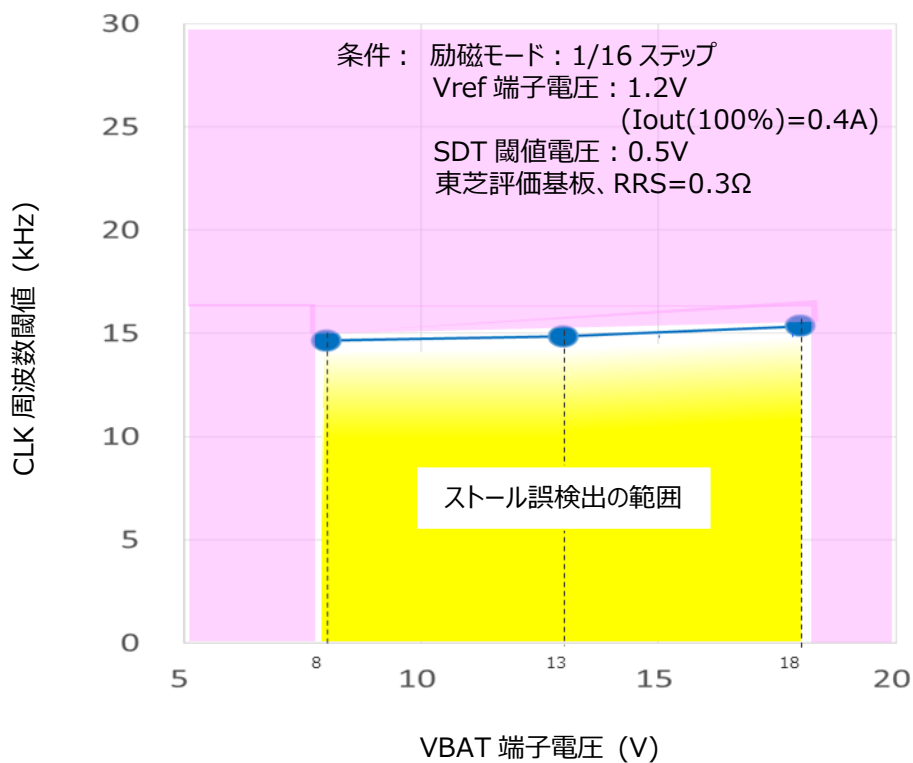


図 15 VBAT 端子電圧 vs. CLK 周波数閾値 (ご参考データ)

- ・結果は図 15 に示すように
 - ・ストールの誤検出は、CLK 周波数閾値である、青い点のプロット●に満たない黄色で塗られている範囲■で生じます。
 - ・ストールの誤検出は、VBAT 電圧依存性が低いです。

28 ページの注 1、2 のご確認をお願いします。

(4) 励磁モード vs. CLK 周波数閾値 [モーター-B]

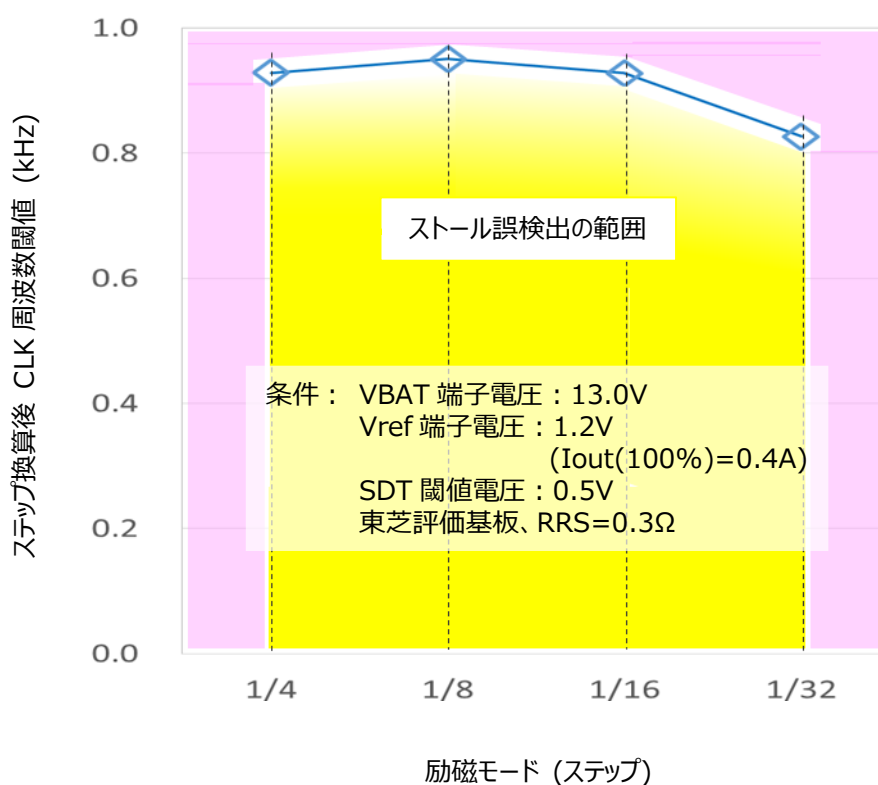


図 16 励磁モード vs. CLK 周波数閾値 (ご参考データ)

・結果は図 16 に示すように

- ・ストールの誤検出は、CLK 周波数閾値である、青い点のプロット◇に満たない黄色で塗られている範囲■で生じます。
- ・ストールの誤検出は、部分的に負の相関があり、ステップ分解能を高めると部分的にはステップ換算後 CLK 周波数閾値は減少します。

28 ページの注 1、2、6 のご確認をお願いします。

【C】 モーターC(850mA)の実験結果

(1) VREF 端子電圧(出力電流設定) vs. CLK 周波数閾値 [モーターC]

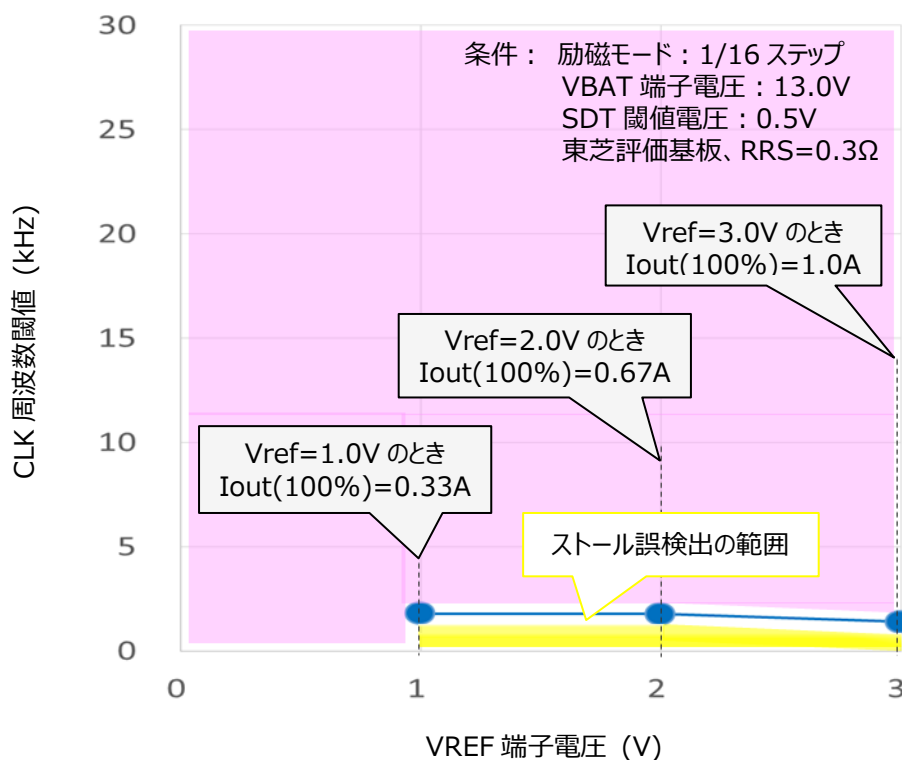


図 17 VREF 端子電圧 vs. CLK 周波数閾値 (ご参考データ)

・結果は図 17 に示すように

- ・ストールの誤検出は、CLK 周波数閾値である、青い点のプロット●に満たない黄色で塗られている範囲■で生じます。
- ・ストールの誤検出は、設定電流の依存性が低いです。

28 ページの注 1、2、3 のご確認をお願いします。

(2) SDT 閾値電圧 vs. CLK 周波数閾値 [モーターC]

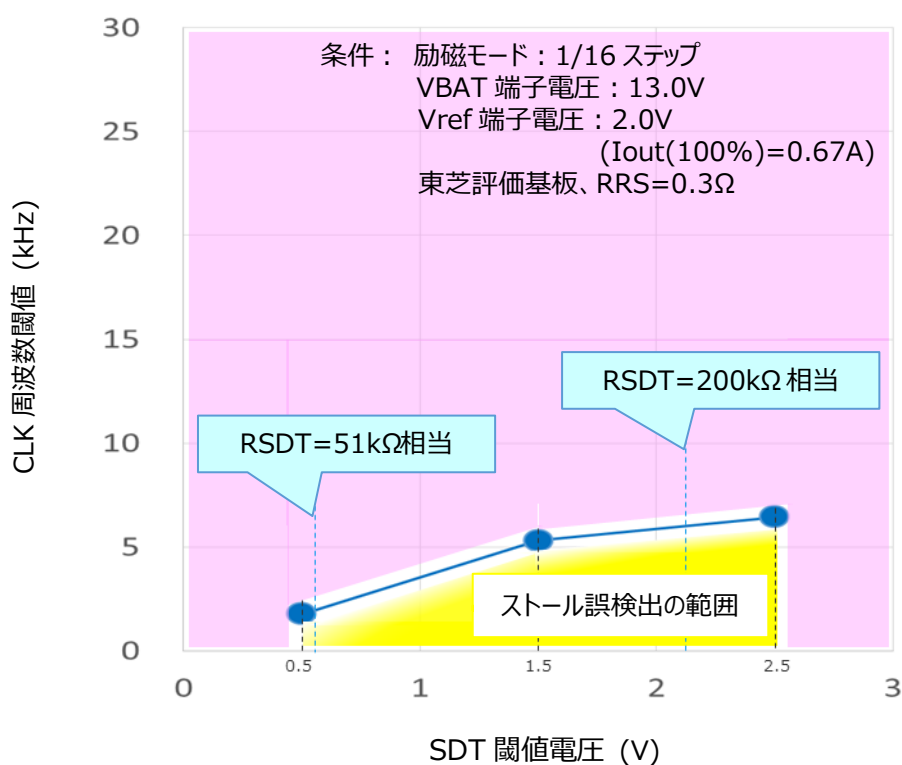


図 18 SDT 閾値電圧 vs. CLK 周波数閾値 (ご参考データ)

・結果は図 18 に示すように

- ・スToolの誤検出は、CLK 周波数閾値である、青い点のプロット●に満たない黄色で塗られている範囲■で生じます。
- ・スToolの誤検出は、正の相関があり、SDT 閾値電圧を増すと CLK 周波数閾値も増加します。

28 ページの注 1、2、4、5 のご確認をお願いします。

(3) VBAT 端子電圧 vs. CLK 周波数閾値 [モーターC]

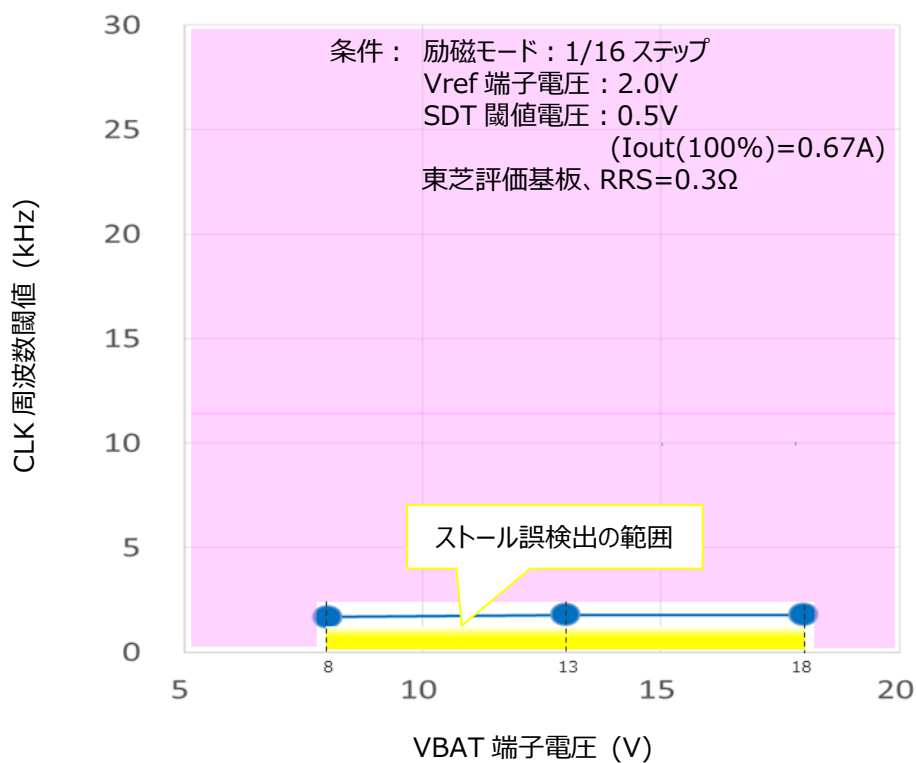


図 19 VBAT 端子電圧 vs. CLK 周波数閾値 (ご参考データ)

- ・結果は図 19 に示すように
 - ・ストールの誤検出は、CLK 周波数閾値である、青い点のプロット●に満たない黄色で塗られている範囲■で生じます。
 - ・ストールの誤検出は、VBAT 電圧依存性がありません。

28 ページの注 1、2 のご確認をお願いします。

(4) 励磁モード vs. CLK 周波数閾値 [モーターC]

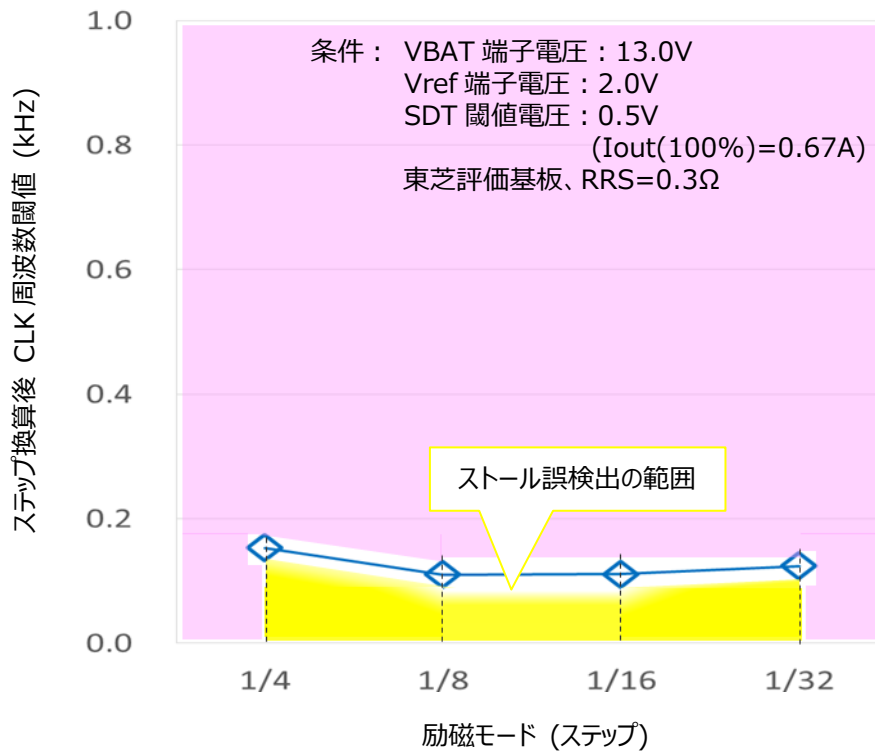


図 20 励磁モード vs. CLK 周波数閾値 (ご参考データ)

・結果は図 20 に示すように

- ・ストールの誤検出は、CLK 周波数閾値である、青い点のプロット◇に満たない黄色で塗られている範囲■で生じます。
- ・ストールの誤検出は、ステップ分解能の依存性が低いです。

下の注 1、2、6 のご確認をお願いします。

- 注 1 青い点のプロット●または◇が誤検出の閾値です。この値に満たない黄色で塗られている範囲■で誤検出が生じることを確認しています。
- 注 2 グラフの中でピンク色で塗られている範囲■について、IC の機能・動作、ストール検出の機能・動作を保証することを示すものではありません。
- 注 3 VREF 端子電圧の設定、すなわち出力電流の設定はモーターの能力を考慮して決めています。
- 注 4 SDT 端子は GND 間に固定抵抗器 RSDT を接続して使用する製品仕様になっていますが、実験では閾値電圧を印加しています。
- 注 5 ご参考として、抵抗を接続して使用するときの RSDT 抵抗値として 50kΩ、200kΩ相当のところをグラフ内に表示しています。
- 注 6 フルステップ換算とは、たとえば、1/16 ステップモードで、fCLK=1600Hz のとき、16 で割ってフルステップ換算後 fCLK=100Hz となります。

【D】実験結果まとめ

(1) 表 4 に CLK 周波数閾値への影響度を示します。

表 4 CLK 周波数閾値への影響度

	モーターA パラメータの影響度が比較的大さい。ある使用条件の範囲ではストール誤検出発生有無が変り易い	モーターB CLK 周波数閾値が各項目とも相対的高めであり、誤検出の範囲が比較的大さい	モーターC CLK 周波数閾値が各項目とも相対的に低めであり、誤検出の範囲が比較的小さい
VREF 端子電圧	大 正の相関があり、設定電流を増すと CLK 周波数閾値も増加	中 設定電流の依存性が低い	中 設定電流の依存性が低い
SDT 閾値電圧	大 正の相関があり、SDT 閾値電圧を増すと CLK 周波数閾値も増加	大 部分的に正の相関があり、SDT 閾値電圧を増すと CLK 周波数閾値も増加	大 正の相関があり、SDT 閾値電圧を増すと CLK 周波数閾値も増加
VBAT 端子電圧	小 VBAT 電圧の依存性がない	中 VBAT 電圧の依存性が低い	小 VBAT 電圧の依存性がない
励磁モード	大 負の相関があり、ステップ分解能を高めるとステップ換算後 CLK 周波数閾値は減少	大 部分的に負の相関があり、ステップ分解能を高めるとステップ換算後 CLK 周波数閾値は減少	中 ステップ分解能の依存性が低い

(2) 共通する傾向は次のとおりです。

- ・使用するモータによって、CLK 入力信号の周波数閾値は、大きく異なります。
- ・ストール検出は、モータの起電力を利用して検出しているため、回転数が遅いなどの起電力が起きにくい条件では、誤検出が起きます。

9.2.4 ストール検出機能が使えるかを確認する方法

- ・目的
 - ・本節の目的はあるシステムでストール検出機能が使えるかを確認する方法を説明することです。
- ・手順
 - ・まず、図 21 の波形をオシロスコープに表示します。

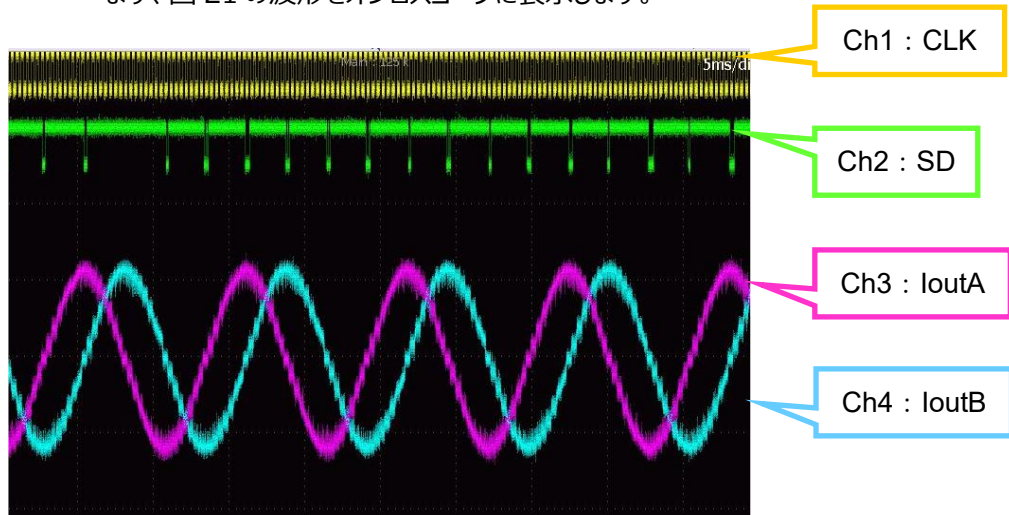


図 21 ストール検出機能確認のための波形 (ご参考データ)

- ・Ch1 : CLK 端子の信号
CLK 端子に入力された信号により、どのような速度指令をしたかが分かります。
- ・Ch2 : SD 端子の信号
SD 端子からの出力信号によりストールを検出したことが分かります。
- ・Ch3 : A 相モーターコイルの電流。電流プローブを使用
モーターコイルに流れる電流波形でモーターがどのように回転しているかを見ることができます。
この波形が 1 から 5 周期くらい観察できるようにオシロスコープの横軸を設定します。
- ・Ch4 : B 相モーターコイルの電流。電流プローブを使用
- ・SD 端子が H→L にトリガーをかけて記録すると図 21 が得られました。
- ・次に SD 出力信号の CLK 周波数依存性を観測します。
 - ・そのシステムの通常の条件において、モーター回転速度を変化させていき、SD 端子からの出力信号に着目します。
 - ・ストールを検出して SD 端子から出力が出るときと、SD 端子から出力が出ない (SD=H) ときの、それぞれの CLK 端子に入力する信号の周波数 (fCLK) の範囲を見つけ出します。
- ・判定
 - ・実際のシステムで用いる fCLK の値が、常に SD=H となる範囲に入っていて、かつ、モーター回転軸に外力が加えたときに、ストールを検出、すなわち SD から L を出力すれば、実用化の可能性があります。
- ・注意
 - ・SD 端子の出力波形によってストールが検出されていることを確認できますが、単に波形を見ただけではストール検出機能があるシステムに有効か否かを見極めることはできません。

10. 回路基板を含めた放熱性能

10.1 過渡熱抵抗

・TB9120AFTG のパッケージの過渡熱抵抗を図 22 に示します。

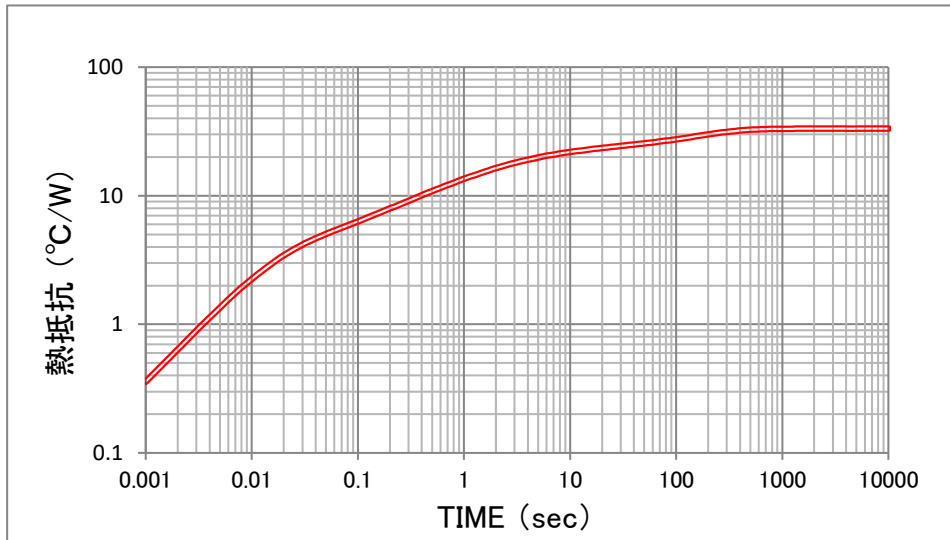


図 22 P-VQFN28-0606-0.65-002 過渡熱抵抗データ (ご参考値)

- 測定条件
- ・Ta (周囲温度) = 25°C
 - ・1W 消費時
 - ・無風時
 - ・JEDEC 4 層基板 (IC 実装エリア内ビアホール : 9 個)

・飽和熱抵抗 (ご参考値)

$$R_{th(j-a)} = 31.3\text{°C/W} \quad \dots\dots \text{式 1}$$

・過渡熱抵抗データ曲線、飽和熱抵抗値は、回路基板の放熱性能で異なってきます。

10.2 消費電力

・IC の消費電力 P は次のとおりです。

$$P = P_1 + P_2 \quad \dots\dots \text{式 2}$$

- ただし
- ・P₁ : モーター出力部の消費電力(W)
 - ・P₂ : 電源系回路の消費電力(W)

・モータ出力部の消費電力 P₁ は次のとおりです。

・2 相励磁の場合 : P_{1(full)}

$$P_{1(full)} = I_{out} \times I_{out} \times R_{on} \times \text{相数} \quad \dots\dots \text{式 3}$$

・1-2 相励磁から 8W1-2 相励磁までの場合(2 相励磁以外) : P_{1(others)}

$$P_{1(others)} = I_{out} \times 1/\sqrt{2} \times I_{out} \times 1/\sqrt{2} \times R_{on} \times \text{相数}$$

- ただし
- ・Iout : モーターコイルに流れる電流(A)
 - ・Ron : オン抵抗(上下和)(Ω)
 - ・相数 : 2
 - ・1-2 相励磁から 8W1-2 相励磁までの場合は、平均出力電流を $1/\sqrt{2}$ 倍とします。

- ・VBAT 系回路の消費電力 P_2 は次のとおりです。

$$P_2 = V_{BAT} \times I_{BAT} \quad \dots\dots \text{式 4}$$

- ただし
- ・VBAT : IC への供給電源電圧(V)
 - ・IBAT : VBAT の消費電流(A)

- ・例 1 : 2 相励磁、Iout=0.5A、Ron(上下和、75℃)=0.95Ω、相数=2、VBAT=13.0V、IBAT=3mA とすると、上の式 2~4 から IC の消費電力 P は次のとおりです。

$$\begin{aligned} P_{1(\text{full})} &= 0.475\text{W} \\ P_2 &= 0.039\text{W} \\ P &= 0.514\text{W} \end{aligned} \quad \dots\dots \text{式 5}$$

- ・例 2 : 上の例 1 でスタンバイモードのときは、Iout=0.00A、IBAT=1μA として計算すると IC の消費電力 P は次のとおりです。

$$\begin{aligned} P_{1(\text{full})} &= 0.00\text{W} \\ P_2 &= 0.013\text{mW} \\ P &= 0.013\text{mW} \end{aligned}$$

10.3 ジャンクション温度

- ・ジャンクション温度 T_j は、次のとおりです。

$$T_j = T_a + P \times R_{th(j-a)} \quad \dots\dots \text{式 6}$$

- ただし
- ・ T_j : ジャンクション温度(℃)
 - ・ T_a : 周囲温度(℃)
 - ・P : IC 消費電力(W)
 - ・ $R_{th(j-a)}$: 熱抵抗(℃/W)

- ・例 3 : JEDEC 4 層基板、例 1 のモーター駆動条件、 $T_a=75^\circ\text{C}$ とすると、上の式 1、5、6 からジャンクション温度 T_j は次のとおりです。

$$T_j = 91.1^\circ\text{C}$$

- ・ジャンクション温度の絶対最大定格の最大 150°C より十分に小さいため、直ちに過熱検出が作動して使用不能になるなど熱の問題にはならないと考えられます。
- ・ $R_{th(j-a)}$ は回路基板によって異なりますので、使用者の条件で確認するのが望ましいです。
- ・実際のモーター動作では、例えば定電流 PWM 制御による電流リップルなどにより平均出力電流は計算値より低くなるなど、計算値と差異が生じます。
- ・ジャンクション温度(T_j)がいかなる場合でも 150°C 以内になるように温度デレーティングを考慮した回路基板などの熱設計を行い、十分な評価を行ってください。

10.4 許容損失

・TB9120AFTG のパッケージの PD-Ta 曲線を図 23 に示します。

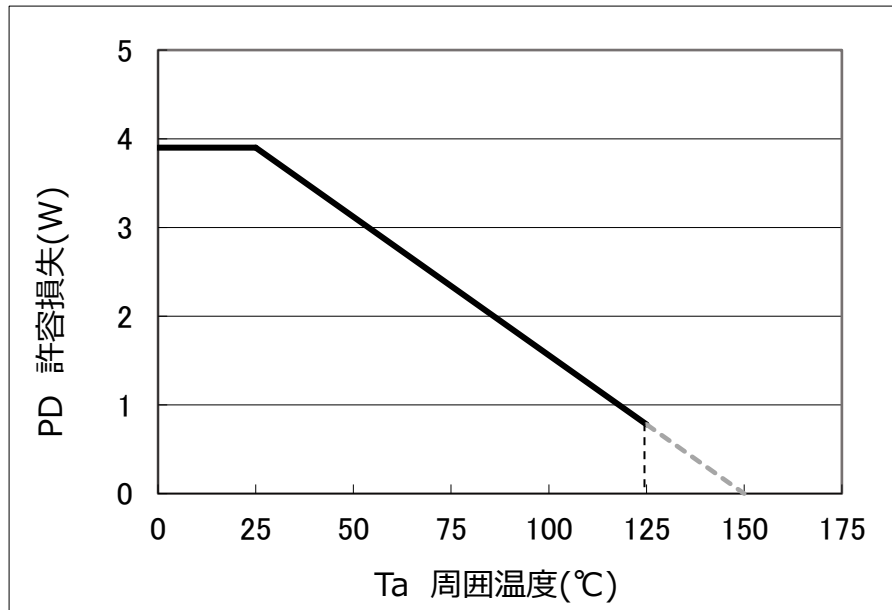


図 23 P-VQFN28-0606-0.65-002 PD-Ta 曲線 (ご参考値)

- 測定条件
- ・Ta (周囲温度) = 25°C
 - ・1W 消費時
 - ・無風時
 - ・JEDEC 4 層基板 (IC 実装エリア内ビアホール : 9 個)

・許容損失 PD は、次のとおりです。

$$PD = (T_{jmax} - Ta) / R_{th(j-a)} \quad \dots\dots \text{式 7}$$

ただし

- ・T_{jmax} : ジャンクション温度絶対最大定格上限(°C)

$$T_{jmax} = 150(°C) \quad \dots\dots \text{式 8}$$

- ・Ta : 周囲温度(°C)
- ・R_{th(j-a)} : 熱抵抗(°C/W)

・例 4 : 図 23 の条件、Ta=75°Cとすると、上の式 1、7、8 から許容損失 PD は次のとおりです。

$$PD = 2.39W$$

・Ta=75°Cでは、IC の消費電力を 2.39W 以下にする必要があります。実際にモーターを作動させるときには 20%程度以上のマージンを持った条件での駆動を推奨します。

11. 端子 FMEA

11.1 端子ショート FMEA

・端子ショート FMEA は、端子番号 1 から 7 まで表 5-1 のとおりです。

表 5-1 端子ショート FMEA 1/4

端子番号	端子名称	端子説明	電圧、信号	5V 系ショート	VBAT ショート	GND ショート	左隣接ショート	右隣接ショート
1	VccOUT	5V OUT	5V 出力	問題なし。	耐圧がオーバーし破壊。	過電流流れ、5V 出力が落ちて、POR が作動。	端のため問題なし。	問題なし。
2	VDD	5V IN	5V 入力	問題なし。	耐圧がオーバーし破壊。	過電流流れ、5V 出力が落ちて、POR が作動。(注 1)	問題なし。	問題なし。 モーター出力は正常でなくなる。
3	OSCM	PWM 周波数 5V 系	発振信号出力	問題なし。 モーター出力は正常でなくなる。	耐圧がオーバーし破壊。	問題なし。 モーター出力は正常でなくなる。	問題なし。 モーター出力は正常でなくなる。	問題なし。 モーター出力は正常でなくなる。
4	VREF	5V 系電源入力	5V 系入力	問題なし。	耐圧がオーバーし破壊。	問題なし。	問題なし。 モーター出力は正常でなくなる。	問題なし。 VREF=0V となるため、出力電流が流れなくなる。
5	GND	GND	GND	外部 5V 電源に大電流が流れるが問題なし。	大電流が流れるが、問題なし。	問題なし。	問題なし。 VREF=0V となるため、出力電流が流れなくなる。	問題なし。
6	TEST2	テスト (注 2)	無信号	外部 5V 電源に電流が流れるが問題なし。	耐圧がオーバーし破壊。	問題なし。	問題なし。	問題ないが電流が流れ続ける。 ストール検出は正しく検出されない恐れがある。
7	SDT	ストール設定抵抗	電流出力	問題なし。	耐圧がオーバーし破壊。	問題ないが電流が流れ続ける。 ストール検出されない。	問題ないが電流が流れ続ける。 ストール検出は正しく検出されない恐れがある。	端のため問題なし。

注 1 本 IC を使用するときは、VccOUT 端子と VDD 端子を IC 外部で必ず接続して使用します。このとき、記載のとおりになります。VDD 端子単独の場合は、GND ショートは「問題なし。」になります。

注 2 TEST2 端子はオープン(無接続)で使用します。

・端子ショート FMEA は、端子番号 8 から 14 まで表 5-2 のとおりです。

表 5-2 端子ショート FMEA 2/4

端子番号	端子名称	端子説明	電圧、信号	5V 系ショート	VBAT ショート	GND ショート	左隣接ショート	右隣接ショート
8	RSA	RS 抵抗	GND	外部 5V 電源に大電流流れるが問題なし。	設定電流が無効となり、大電流が流れる	問題なし、設定電流が無効となる。	端のため問題なし。	H:地絡となり検出されて出力がオフ。L:同電位となるため問題なし。
9	OUTA-	モーター出力	VBAT/GND	問題なしだが、大電流が流れる。過電流検出が働くことがある。	H:問題なし。L:過電流検出が動作して出力オフ。	H:過電流検出が動作して出力オフ。L:問題なし。	H:地絡となり検出されて出力がオフ。L:同電位となるため問題なし。	過電流検出動作して問題なし。
10	OUTA+	モーター出力	VBAT/GND	問題なしだが、大電流が流れる。過電流検出が働くことがある。	H:問題なし。L:過電流検出が動作して出力オフ。	H:過電流検出が動作して出力オフ。L:問題なし。	過電流検出動作して問題なし。	H:同電位となるため問題なし。L:地絡となり検出されて出力がオフ。
11	VBAT	VBAT 入力	VBAT	外部 5V 電源に大電流流れるが問題なし。	問題なし。	大電流が流れるが、外部のため問題なし。	H:同電位となるため問題なし。L:地絡となり検出されて出力がオフ。	H:同電位となるため問題なし。L:地絡となり検出されて出力がオフ。
12	OUTB-	モーター出力	VBAT/GND	問題なしだが、大電流が流れる。過電流検出が働くことがある。	H:問題なし。L:過電流検出が動作して出力オフ。	H:過電流検出が動作して出力オフ。L:問題なし。	H:同電位となるため問題なし。L:地絡となり検出されて出力がオフ。	過電流検出動作して問題なし。
13	OUTB+	モーター出力	VBAT/GND	問題なしだが、大電流が流れる。過電流検出が働くことがある。	H:問題なし。L:過電流検出が動作して出力オフ。	H:過電流検出が動作して出力オフ。L:問題なし。	過電流検出動作して問題なし。	H:地絡となり検出されて出力がオフ。L:同電位となるため問題なし。
14	RSB	RS 抵抗	GND	外部 5V 電源に大電流流れるが問題なし。	設定電流が無効となり、大電流流れる。	問題なし、設定電流が無効となる。	H:地絡となり検出されて出力がオフ。L:同電位となるため問題なし。	端のため問題なし。

・端子ショート FMEA は、端子番号 15 から 21 まで表 5-3 のとおりです。

表 5-3 端子ショート FMEA 3/4

端子番号	端子名称	端子説明	電圧、信号	5V 系ショート	VBAT ショート	GND ショート	左隣接ショート	右隣接ショート
15	CLK	5V 系入力	5V/GND	問題なし。モーターは回転しない。	耐圧がオーバーし破壊。	問題なし。モーターは回転しない。	端のため問題なし。	問題なし。モーターは回転しない。設定電流変更の可能性あり。
16	TORQUE0	5V 系入力	5V/GND	問題なし。設定電流は 30%、70% のいずれかになる。	耐圧がオーバーし破壊。	問題なし。設定電流は 50%、100% のいずれかになる。	問題なし。モーターは回転しない。設定電流変更の可能性あり。	問題なし。設定電流が変わる可能性あり。
17	TORQUE1	5V 系入力	5V/GND	問題なし。設定電流は 30%、50% のいずれかになる。	耐圧がオーバーし破壊。	問題なし。設定電流は 70%、100% のいずれかになる。	問題なし。設定電流が変わる可能性あり。	問題なし。設定電流、励磁モードが変わる可能性あり。
18	DMODE0	5V 系入力	5V/GND	問題なし。ある設定モードへ固定される。	耐圧がオーバーし破壊。	問題なし。ある設定モードへ固定される。	問題なし。設定電流、励磁モードが変わる可能性あり。	問題なし。励磁モードが変わる可能性あり。
19	DMODE1	5V 系入力	5V/GND	問題なし。ある設定モードへ固定される。	耐圧がオーバーし破壊。	問題なし。ある設定モードへ固定される。	問題なし。励磁モードが変わる可能性あり。	問題なし。励磁モードが変わる可能性あり。
20	DMODE2	5V 系入力	5V/GND	問題なし。ある設定モードへ固定される。	耐圧がオーバーし破壊。	問題なし。ある設定モードへ固定される。	問題なし。励磁モードが変わる可能性あり。	問題なし。励磁モード変更、初期化固定の可能性あり。
21	START	5V 系入力	5V/GND	設定が初期化され続ける。	耐圧がオーバーし破壊。	問題なし。初期化できない。	問題なし。励磁モード変更、初期化固定の可能性あり。	端のため問題なし。

・端子ショート FMEA は、端子番号 22 から 28 まで表 5-4 のとおりです。

表 5-4 端子ショート FMEA 4/4

端子番号	端子名称	端子説明	電圧、信号	5V 系ショート	VBAT ショート	GND ショート	左隣接ショート	右隣接ショート
22	BSTBY	5V 系入力	5V/GND	問題なし。スタンバイモードにできない。	耐圧がオーバーし破壊。	問題なし。スタンバイ状態に固定される。	端のため問題なし。	問題なし。スタンバイモードに固定される可能性あり。
23	CW/CCW	5V 系入力	5V/GND	問題なし。正転に固定される。	耐圧がオーバーし破壊。	問題なし。逆転に固定される。	問題なし。スタンバイモードに固定される可能性あり。	問題なし。ディセーブル状態になる可能性あり。
24	ENABLE	5V 系入力	5V/GND	問題なし。ディセーブルにできない。	耐圧がオーバーし破壊。	問題なし。ディセーブル状態になる。	問題なし。ディセーブル状態になる可能性あり。	問題なし。ディセーブル状態になる。
25	TEST1	テスト (注 3)	GND	外部 5V 電源に大電流流れるが問題なし。	大電流が流れるが、問題なし。	問題なし。	問題なし。ディセーブル状態になる。	問題ない。外部でプルアップ抵抗分電流が流れ続けるが問題なし。しかし、マイコン側は L と認識。
26	MO	オープンドレイン出力	5V/GND	問題なし。	耐圧がオーバーし破壊。	問題ない。外部でプルアップ抵抗分電流が流れ続けるが問題なし。しかし、マイコン側は L と認識。	問題ない。外部でプルアップ抵抗分電流が流れ続けるが問題なし。しかし、マイコン側は L と認識。	問題なし。
27	DIAG	オープンドレイン出力	5V/GND	問題なし。	耐圧がオーバーし破壊。	問題ない。外部でプルアップ抵抗分電流が流れ続けるが問題なし。しかし、マイコン側は L と認識。	問題なし。	問題なし。
28	SD	オープンドレイン出力	5V/GND	問題なし。	耐圧がオーバーし破壊。	問題ない。外部でプルアップ抵抗分電流が流れ続けるが問題なし。しかし、マイコン側は L と認識。	問題なし。	端のため問題なし。

注 3 : TEST1 端子は GND に接続して使用します。

11.2 端子オープン FMEA

・端子オープン FMEA は、表 6 のとおりです。

表 6 端子オープン FMEA

端子番号	端子名称	端子説明	電圧、信号	端子オープン
1	VccOUT(注)	5V OUT	5V 出力	問題なし。IC 動作不能。VDD に電圧が供給されず、5V 系回路が働かない。
2	VDD	5V IN	5V 入力	問題なし。IC 動作不能。VDD に電圧が供給されず、5V 系回路が働かない。
3	OSCM	PWM 周波数 5V 系	発振信号出力	問題なし。モーター出力は正常でなくなる。
4	VREF	5V 系電源入力	5V 系入力	問題なし。モーター電流が小さくなり、正しい設定電流が出力されない。
5	GND	GND	GND	問題なし。IC は正常に動作しない。
6	TEST2	テスト	無信号	問題なし。
7	SDT	ストール設定抵抗	電流出力	問題なし。ストール検出が正しく働かない。
8	RSA	RS 抵抗	GND	問題なし。PWM 定電流制御ができず、出力オフ(出力ハイインピーダンス状態)になる。
9	OUTA-	モーター出力	VBAT/GND	問題なし。負荷オープン検出が働き、出力オフ(出力ハイインピーダンス状態)になる。
10	OUTA+	モーター出力	VBAT/GND	問題なし。負荷オープン検出が働き、出力オフ(出力ハイインピーダンス状態)になる。
11	VBAT	VBAT 入力	VBAT	問題なし。VBAT 低電圧検出が働き、出力オフ(出力ハイインピーダンス状態)になる。
12	OUTB-	モーター出力	VBAT/GND	問題なし。負荷オープン検出が働き、出力オフ(出力ハイインピーダンス状態)になる。
13	OUTB+	モーター出力	VBAT/GND	問題なし。負荷オープン検出が働き、出力オフ(出力ハイインピーダンス状態)になる。
14	RSB	RS 抵抗	GND	問題なし。PWM 定電流制御ができず、出力オフ(出力ハイインピーダンス状態)になる。
15	CLK	5V 系入力	5V/GND	問題なし。モーターは回転しない。
16	TORQUE0	5V 系入力	5V/GND	問題なし。TORQUE0=L に固定される。出力電流の設定が変化する場合がある。
17	TORQUE1	5V 系入力	5V/GND	問題なし。TORQUE1=L に固定される。出力電流の設定が変化する場合がある。
18	DMODE0	5V 系入力	5V/GND	問題なし。DMODE0=L に固定される。励磁モードが変化する場合がある。
19	DMODE1	5V 系入力	5V/GND	問題なし。DMODE1=L に固定される。励磁モードが変化する場合がある。
20	DMODE2	5V 系入力	5V/GND	問題なし。DMODE2=L に固定される。励磁モードが変化する場合がある。
21	START	5V 系入力	5V/GND	問題なし。START=L に固定される。通常動作(正転または逆転)モードになる。
22	BSTBY	5V 系入力	5V/GND	問題なし。BSTBY=L に固定される。スタンバイモードになる。
23	CW/CCW	5V 系入力	5V/GND	問題なし。CW/CCW=L に固定される。CCW(逆転)になる。
24	ENABLE	5V 系入力	5V/GND	問題なし。ENABLE=L に固定される。出力オフ(出力ハイインピーダンス状態)になる。
25	TEST1	テスト	GND	問題なし。
26	MO	オープンドレイン出力	5V/GND	問題なし。MO 検出信号をモニターできない。
27	DIAG	オープンドレイン出力	5V/GND	問題なし。DIAG 検出信号をモニターできない。
28	SD	オープンドレイン出力	5V/GND	問題なし。SD 検出信号をモニターできない。

注 本 IC を使用するときは、VccOUT 端子と VDD 端子を IC 外部で必ず接続して使用します。

13.2 部品定数参考値

・応用回路例の部品定数参考値は表 8 のとおりです。

表 8 部品定数参考値

部品記号	参考値	備考
R1	5. 出力電流、5.1 VREF による出力電流値設定で定める抵抗値	
R2	5. 出力電流、5.1 VREF による出力電流値設定で定める抵抗値	
R3	0~230kΩ	
R4	60kΩ~300kΩ	許容差 5%以内を推奨
R5	51kΩ	
R6	51kΩ	
R7	51kΩ	
C1	0.1μF	積層セラミックコンデンサ
C2	10μF~100μF	電解コンデンサ
C3	0.1μF	積層セラミックコンデンサ
C4	1000pF~0.1μF	積層セラミックコンデンサ

上記はご参考扱いの推奨値ですので、実回路基板で十分なお確認の上、量産のご判断をお願いします。

13.3 注意事項

- ・前ページの回路図は応用回路例であり、量産設計を保証するものではありません。
- ・VccOUT 端子は 5V を出力しますが、本 IC の入力信号端子(CLK、TORQUE0、TORQUE1、CW/CCW、DMODE0、DMODE1、DMODE2、START、ENABLE、BSTBY)のプルアップ用電源として、VREF 電圧供給用として、検出フラグ出力信号端子(MO、DIAG、SD)のプルアップ用電源として、あるいは IC 外部に電源を供給する用途として、いずれも使用しないでください。
- ・OSCM 端子は、OSCM 端子と GND との間に PWM 周波数(fPWM)を決める外付け抵抗 ROSCM 接続します。
- ・RSA-GND 間、RSB-GND 間に電流検出抵抗を接続しますが、ここには、電流検出抵抗以外の部品を付けないでお使いいただくようお願いします。容量成分やインダクタンス成分をなるべく含まない純粋な固定抵抗器であることが正確な電流検出を行うために重要です。
- ・BSTBY 端子、DMODE2 端子のプルアップは、マイコンや外部電源で行っていただきますよう、お願いします。前ページの応用回路例の回路図で示しているように VccOUT 端子は VDD と接続後にコンデンサを経由して GND につなぐ以外には何も接続しないよう、お願いします。
- ・本 IC は小信号系 GND とパワー系 GND を別々に設けるような設計にはなっておりません。小信号系 GND も電流検出抵抗からの GND もベタ GND として極力電位差を持たないように配慮した基板配線パタンの設計をお願いします。IC 裏面の金属露出パッドも同ベタ GND に接続をお願いします。
- ・ノイズ対策として、OUTA+端子-GND 間、OUTA-端子-GND 間、OUTB+端子-GND 間、OUTB-端子-GND 間へのコンデンサ追加は有効です。コンデンサの適正值はモーターの固有定数、あるいは、電圧など駆動条件により異なってくることもありますので、システム個別にコンデンサの値を変えていき、モーターコイル電流波形が歪になる値を見極めて、安全を考慮してマージンとしてその値から 10 倍した容量の値が動作可能範囲の目安と考えます。
- ・データシート、11. 応用回路例のご参照をお願いします。

14. 評価基板

14.1 配線

・評価基板の配線図は図 25 のとおりです。

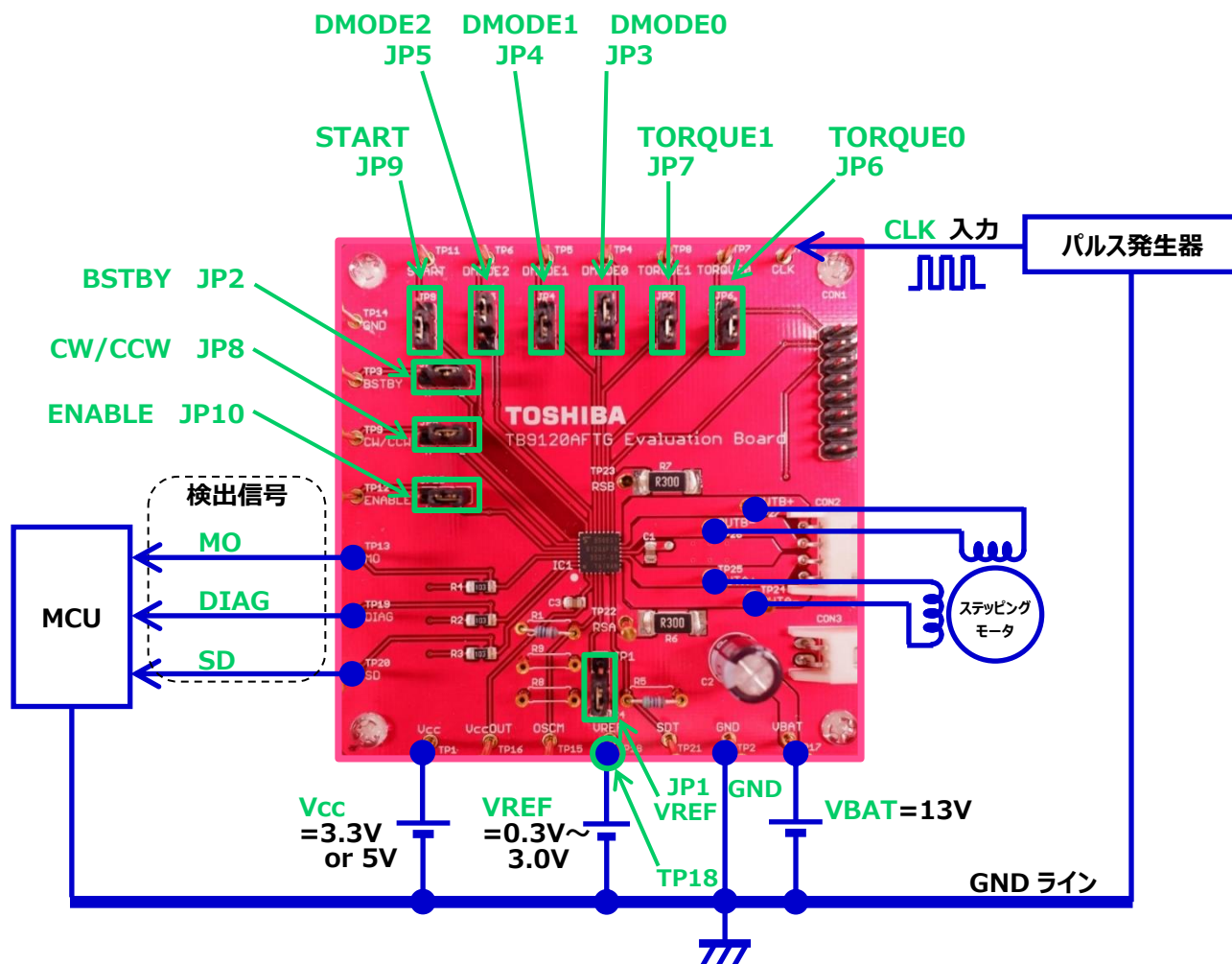


図 25 評価基板配線図

14.2 JP の設定

・表 9 に示すとおり、ジャンパー線を設定します。

表 9 ジャンパー線の設定

	 と  : H 側 短絡	 と  : L 側 短絡		
JP1 VREF	VREF は、R8 と R9 で決まります	VREF 電圧を TP18 に印加します		
JP2 BSTBY	H : スタンバイモード オフ	L : スタンバイモード オン		
JP3 DMODE0	下表を参照してください			
	DMODE0	DMODE1	DMODE2	ファンクション
	L	L	L	A 相 71%、B 相 71%
	L	L	H	2 相励磁設定
JP4 DMODE1	L	H	L	1-2 相励磁(a)設定
	L	H	H	W1-2 相励磁設定
	H	L	L	1-2 相励磁(b)設定
	H	L	H	2W1-2 相励磁設定
JP5 DMODE2	H	H	L	4W1-2 相励磁設定
	H	H	H	8W1-2 相励磁設定
JP6 TORQUE0	下表を参照してください			
	TORQUE0	TORQUE1	ファンクション	
	L	L	電流設定値 × 100%	
	H	L	電流設定値 × 70%	
JP7 TORQUE1	L	H	電流設定値 × 50%	
	H	H	電流設定値 × 30%	
JP8 CW/CCW	H : 正転	L : 逆転		
JP9 START	H : 電気角の初期化	L : 通常動作		
JP10 ENABLE	H : 出力 MOSFET 作動 オン	L : 出力 MOSFET 作動 オフ		

14.3 手順

・配線

- (1) ステッピングモーターを OUTA+、OUTA-、OUTB+、OUTB- に接続します。
- (2) VBAT に電源を接続します。
- (3) Vcc に電源を接続します。
- (4) VREF に電源を接続します。
- (5) CLK にパルス発生器を接続します。

・電源投入

- (1) BSTBY=L、ENABLE=L を確認します。
- (2) VBAT に 7~18V を印加します。
- (3) Vcc に 3.3~5V を印加します。
- (4) VREF に 0.3~3.0V を印加します。
- (5) 電流は次の式で計算します。

15. 推奨ランドパターン

15.1 パタン図

・推奨ランドパターンは図 27 のとおりです。

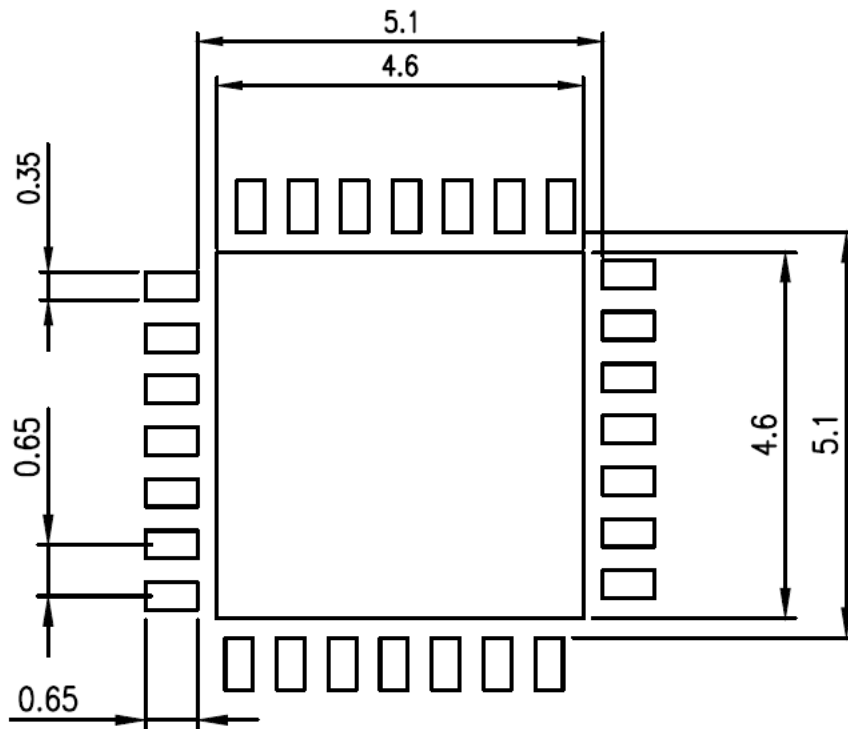


図 27 推奨ランドパターン図

15.2 注意事項

- ・寸法数字の単位はミリメートルです。
- ・本資料は JEITA ET-7501 Level3 に準じた参照用の図です。図および情報の正確性、完全性に関して一切の保証をいたしません。
- ・ご使用者様にて各種条件(はんだ付け条件など)を十分評価し、ご使用者様の責任において調整を行ってください。
- ・本資料の図は実際の形状や寸法を正確に示すものではありません。図から採寸などで現品の寸法を見積もるなど、その値で設計しないでください。
- ・設計および使用に際して、本製品に関する最新の情報および本製品が使用される機器の取扱説明書などをご確認の上、これに従ってください。

15.3 E-Pad 周辺的设计

- ・E-Pad 周辺の回路基板の設計について、次ページでご案内の資料「パッケージ実装ガイド QFN 編」の 5/14 ページ、3.2. E-Pad 周辺の設計を必ずご参照のうえ設計をお願いします。

16. パッケージ実装ガイド

- ・ご参考資料「パッケージ実装ガイド QFN 編」をご案内いたします。
- ・この資料は弊社ホームページ

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/semiconductor/design-development/package.html>

を開いていただき、下にスクロールして、「パッケージ実装ガイド」の中にある、「パッケージ実装ガイド QFN 編」をクリックしてダウンロードいただけるファイルです。

- ・回路基板設計手法や実装方法などを記載しています。実装基板にサーマルビアを設けることなどで効率よく放熱することは、パワーIC の性能を十分に引き出すための必須要件です。

17. 記載内容の留意点

1. ブロック図

ブロック図内の機能ブロック/回路/定数などは、機能を説明するため、一部省略・簡略化している場合があります。

2. 等価回路

等価回路は、回路を説明するため、一部省略・簡略化している場合があります。

3. タイミングチャート

タイミングチャートは機能・動作を説明するため、単純化している場合があります。

4. 応用回路例

応用回路例は、参考例であり、量産設計に際しては、十分な評価を行ってください。
また、工業所有権の使用の許諾を行うものではありません。

5. 測定回路図

測定回路内の部品は、特性確認のために使用しているものであり、応用機器の誤動作や故障が発生しないことを保証するものではありません。

18. 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、どの一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) デバイスの逆差し、差し違い、または電源のプラスとマイナスの逆接続はしないでください。電流や消費電力が絶対最大定格を超え、破壊、損傷および劣化の原因になるだけでなく、破裂・燃焼により傷害を負うことがあります。なお、逆差しおよび差し違いのままに通电したデバイスは使用しないでください。
- (3) 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。
- (4) モータの駆動など、コイルのような誘導性負荷がある場合、オン時の突入電流やオフ時の逆起電力による負極性の電流に起因するデバイスの誤動作あるいは破壊を防止するための保護回路を接続してください。IC が破壊した場合、傷害を負ったり発煙・発火に至ることがあります。
検出機能が内蔵されている IC には、安定した電源を使用してください。電源が不安定な場合、検出機能が動作せず、IC が破壊することがあります。IC の破壊により、傷害を負ったり発煙・発火に至ることがあります。
- (5) パワーアンプおよびレギュレータなどの外部部品（入力および負帰還コンデンサなど）や負荷部品（スピーカなど）の選定は十分に考慮してください。
入力および負帰還コンデンサなどのリーク電流が大きい場合には、IC の出力 DC 電圧が大きくなります。この出力電圧を入力耐電圧が低いスピーカに接続すると、過電流の発生や IC の故障によりスピーカの発煙・発火に至ることがあります。（IC 自体も発煙・発火する場合があります。）特に出力 DC 電圧を直接スピーカに入力する BTL (Bridge Tied Load) 接続方式の IC を用いる際は留意が必要です。
- (6) ISD、TSD などの異常検出機能は異常状態を一時的に検出または回避する機能であって、IC が破壊しないことを保証するものではありません。また、動作保証範囲外ではこれらの機能が動作せず、IC が破壊する恐れがあります。

19. 使用上の留意点

過電流検出回路

過電流検出回路 (ISD) 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。長時間短絡が続きますとオーバストレスとなり破壊する恐れがあります。過電流状態を速やかに解除するようにシステムを構成してください。

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、過電流検出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。

過熱検出回路

過熱検出回路 (TSD) 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、過熱検出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。

放熱設計

パワーアンプ、レギュレータ、ドライバなどの、大電流が流出入する IC の使用に際しては、適切な放熱を行い、規定接合温度 (T_j) 以下になるように設計してください。これらの IC は通常使用時においても、自己発熱をします。IC 放熱設計が不十分な場合、IC の寿命の低下・特性劣化・破壊が発生することがあります。また、IC の発熱に伴い、周辺に使用されている部品への影響も考慮して設計してください。

逆起電力

モータを逆転やストップ、急減速を行った場合に、モータの逆起電力の影響でモータから電源へ電流が流れ込みますので、電源の Sink 能力が小さい場合、IC の電源端子、出力端子が定格以上に上昇する恐れがあります。逆起電力により電源端子、出力端子が定格電圧を超えないように設計してください。

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）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。

東芝デバイス&ストレージ株式会社

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