



STK672-440BN-E

ON Semiconductor®

http://onsemi.jp

厚膜混成集積回路

2相ステッパモータドライバ

概要

STK672-440BN-Eは、PWM電流制御付きユニポーラ方式2相ステッパモータドライバ用のハイブリッドICである。

用途

- ・ オフィス用複写機、プリンタ等

特長

- ・ モータ端子のオープン検知機能内蔵・過電流検知機能・過熱検知機能内蔵(出力電流 OFF)
- ・ オープン検知、過電流検知、過熱検知のいずれかが動作した際、FAULT1 信号 (アクティブ Low) を出力。FAULT2 信号は、保護検知動作結果を 3 レベル出力。
- ・ パワーオンリセット機能内蔵
- ・ 外部クロックを入力するだけでマイクロステップ正弦波駆動ドライバを動作させることができる。
- ・ 外部端子により 2, 1-2(擬似マイクロ含む), W1-2, 2W1-2, 4W1-2 励磁を選択できる。
- ・ 4 相分配器の切り替えタイミングを CLOCK 入力の立ち上がり下がりの検出及び立ち上がり検出の何れかを外部ピン(MODE3)設定で切り替えできる。
- ・ 励磁モードを切り替え時も相を保持。回転方向切り替え機能。
- ・ 入力 High 電圧 2.5V のシュミット入力対応
- ・ 電流検出抵抗(0.122Ω : 抵抗値許容差±2%)を内蔵
- ・ ENABLE 端子により励磁状態を保持しながら出力電流をカット可能
- ・ 電流設定範囲が広く、待機時の電源消費電力の削減可能
- ・ 他励式電流制御によりホールド時のモータ音無し
- ・ PWM 動作は、他励方式です。PWM 位相は Ach・Bch の位相をずらす定電流制御
- ・ STK672-432BN/-442BN-E とピンコンパチブル対応

絶対最大定格 / Tc=25°C

項目	記号	条件	定格値	単位
最大電源電圧 1	V _{CC} max	無信号時	50	V
最大電源電圧 2	V _{DD} max	無信号時	-0.3 ~ 6.0	V
入力電圧	V _{in} max	ロジック入力端子	-0.3 ~ 6.0	V
出力電流 1	I _{OP} max	10μs 1パルス (抵抗負荷)	20	A
出力電流 2	I _{OH} max	V _{DD} =5V, CLOCK ≥200Hz	3.5	A
出力電流 3	I _{OF} max	16ピン出力電流	10	mA
電力損失 1	P _{dMF} max	無限大放熱 MOSFET 1石当たり	8.3	W
電力損失 2	P _{dPK} max	放熱板無	3.1	W
動作時基板温度	T _c max		105	°C
接合部温度	T _j max		150	°C
保存温度	T _{stg}		-40 ~ +125	°C

最大定格を超えるストレスは、デバイスにダメージを与える危険性があります。最大定格は、ストレス印加に対してのみであり、推奨動作条件を超えての機能的動作に関して意図するものではありません。推奨動作条件を超えてのストレス印加は、デバイスの信頼性に影響を与える危険性があります。

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information on page 27 of this data sheet.

STK672-440BN-E

動作許容範囲 / Tc=25°C

項目	記号	条件	定格値	単位
動作電源電圧 1	VCC	有信号時	10 ~ 46	V
動作電源電圧 2	VDD	有信号時	5.0±5%	V
入力 High 電圧	VIH	10,11,12,13,14,15,17 ピン	2.5 ~ VDD	V
入力 Low 電圧	VIL	10,11,12,13,14,15,17 ピン	0 ~ 0.8	V
CLOCK 周波数	fCL	パルス幅 10µsec 以上	0 ~ 50	kHz
出力電流	IOH	Tc=105°C, CLOCK≥200Hz	3.0	A
推奨動作時基板温度	Tc	結露なきこと	0 ~ 105	°C
推奨 Vref 範囲	Vref	Tc=105°C	0.2 ~ 1.8	V

電気的特性 / Tc=25°C, VCC=24V, VDD=5.0V *1

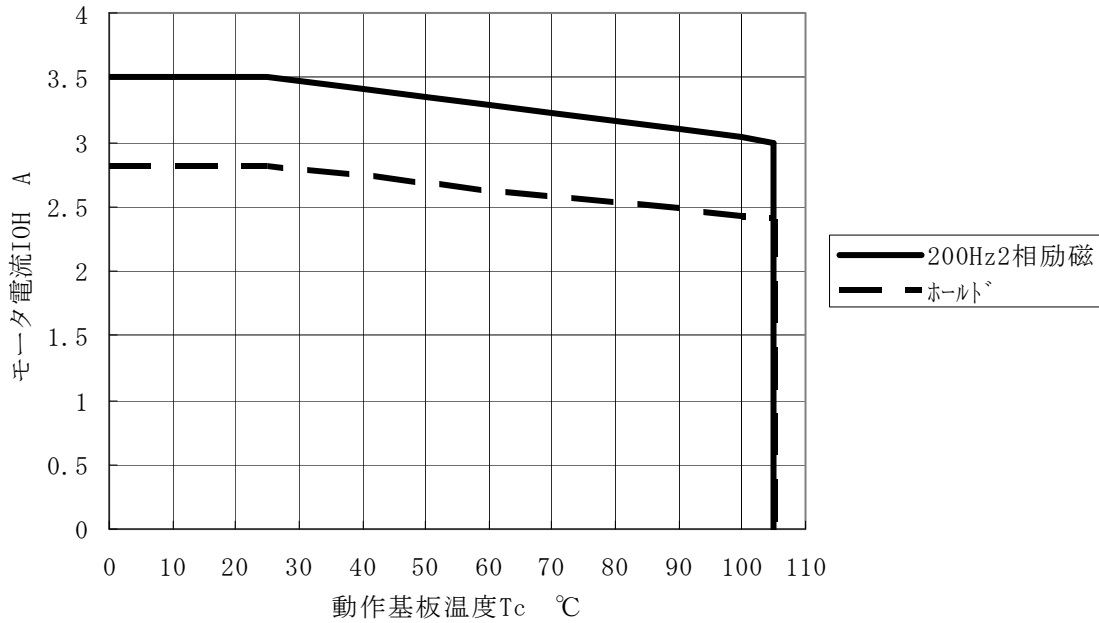
項目		記号	条件	min	typ	max	unit		
VDD 電源電流		Icco	VDD=5.0V ENABLE=Low		7.2	8.5	mA		
出力平均電流 *2		Ioave	各相当たり R/L=1Ω/0.62mH	0.27	0.32	0.37	A		
FET ダイオード順方向電圧		Vdf	If=1A(RL=23Ω)		1	1.6	V		
出力飽和電圧		Vsat	RL=23Ω		0.25	0.38	V		
コントロール 入力端子	入力電圧	VIH	10,11,12,13,14,15,17 ピン	2.5		VDD	V		
		VIL	10,11,12,13,14,15,17 ピン	-0.3		0.8	V		
	5V レベル入力電流	IILH	10,11,12,13,14,15,17 ピン =5V		50	75	µA		
	GND レベル入力電流	IILL	10,11,12,13,14,15,17 ピン =GND			10	µA		
Vref 入力バイアス電流		IIB	19 ピン=1.0V			1	µA		
FAULT1 端子	Low 出力電圧	VOLF	16 ピン (Io=5mA)		0.25	0.5	V		
	5V レベルリーク電流	IILF	16 ピン =5V			10	µA		
FAULT2 端子	モータ端子オープン時 出力電圧	VOF1	8 ピン (各保護機能動作時)	0.0	0.01	0.2	V		
	過電流時出力電圧	VOF2		2.4	2.5	2.6			
	過熱検知時出力電圧	VOF3		3.1	3.3	3.5			
過熱検知温度		TSD	設計保証		144		°C		
PWM 周波数		fc		41	48	55	kHz		
ドレイン・ソース間遮断電流		IDSS	VDS=100V, 2,6,9,18 ピン=GND			1	µA		
A・B チョップ電流率	4W1-2	2W1-2	W1-2	1-2	Vref *3	θ=15/16,16/16	100	%	
	4W1-2	2W1-2				θ=14/16	97		
	4W1-2					θ=13/16	95		
	4W1-2	2W1-2	W1-2			θ=12/16	93		
	4W1-2					θ=11/16	87		
	4W1-2	2W1-2				θ=10/16	83		
	4W1-2					θ=9/16	77		
	4W1-2	2W1-2	W1-2	1-2		θ=8/16	71		
	4W1-2					θ=7/16	64		
	4W1-2	2W1-2				θ=6/16	55		
	4W1-2					θ=5/16	47		
	4W1-2	2W1-2	W1-2			θ=4/16	40		
	4W1-2					θ=3/16	30		
	4W1-2	2W1-2				θ=2/16	20		
	4W1-2					θ=1/16	11		
	2						100		

STK672-440BN-E

[備考]

- *1 測定時電源は、定電圧電源を使用
- *2 I_{oave} は、本製品のリードフレームを実装基板に半田付けした状態での値である。
- *3 V_{ref} の項目は設計目標値で測定はしない。

STK672-440BN-E 動作基板温度 T_c に対するモータ電流 I_{OH} の軽減曲線

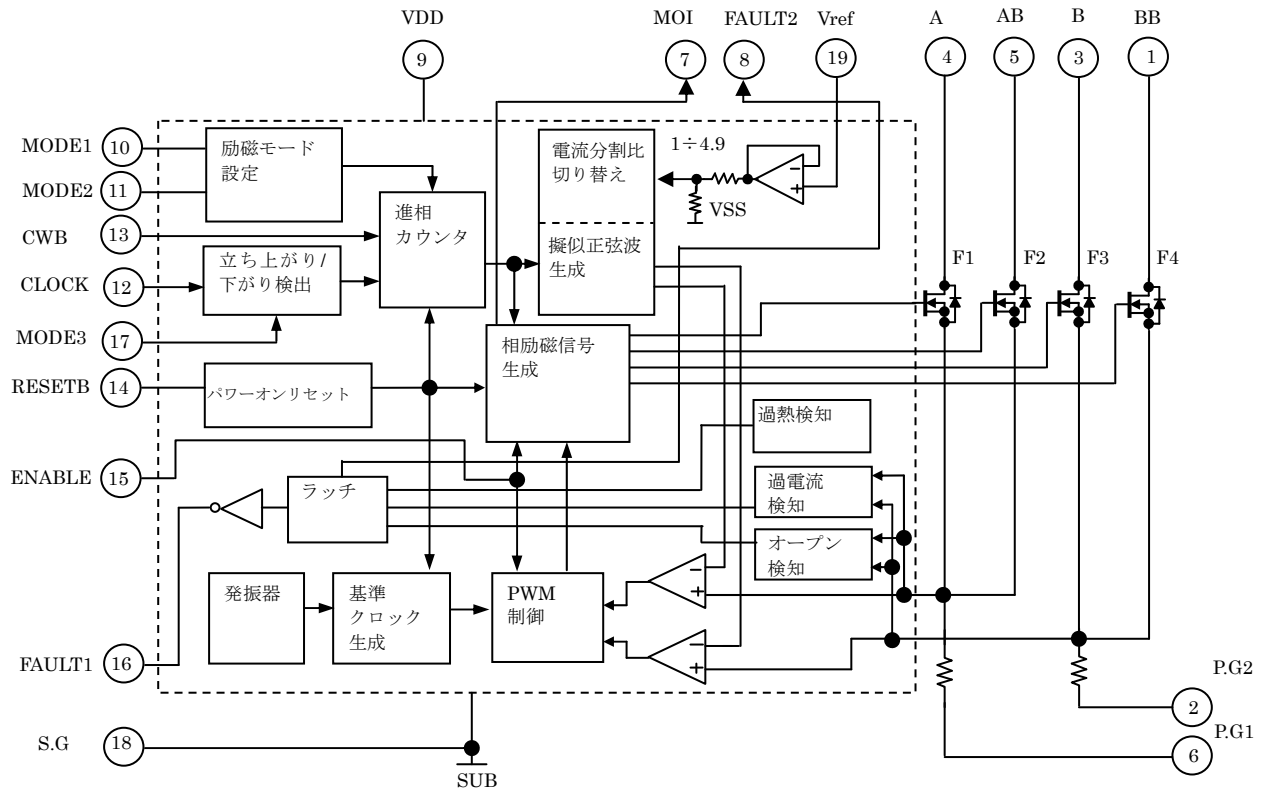


注意

- ・ 上記電流範囲は出力電圧がアバランシェ状態でない時を示す。
- ・ 出力電圧がアバランシェ状態のとき、別紙 STK672-4**シリーズのアバランシェエネルギー許容値を参照すること。
- ・ 上記動作基板温度 T_c は、モータ動作時と同時に測定される値である。
 T_c は、周囲温度 T_a 、 I_{OH} 値、 I_{OH} の連続または間欠動作の状態により変動するのでかならず実際のセットで確認すること。
- ・ T_c は、製品のパッケージの金属面中央の温度を確認すること。

STK672-440BN-E

等価ブロック図

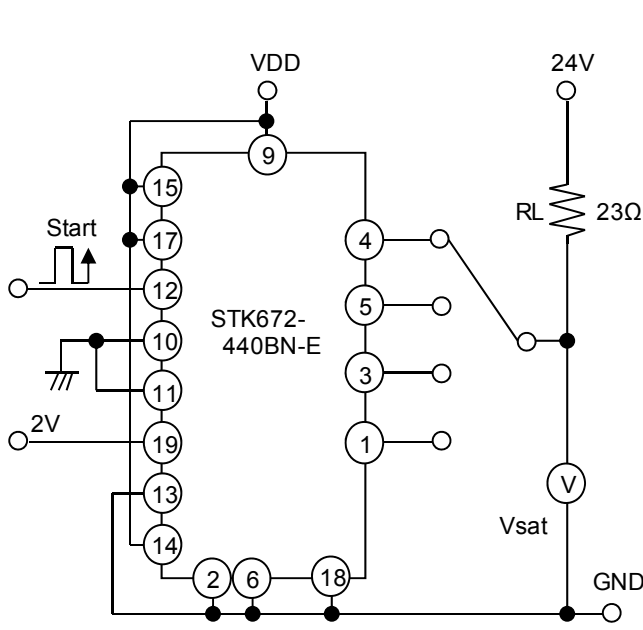


STK672-440BN-E

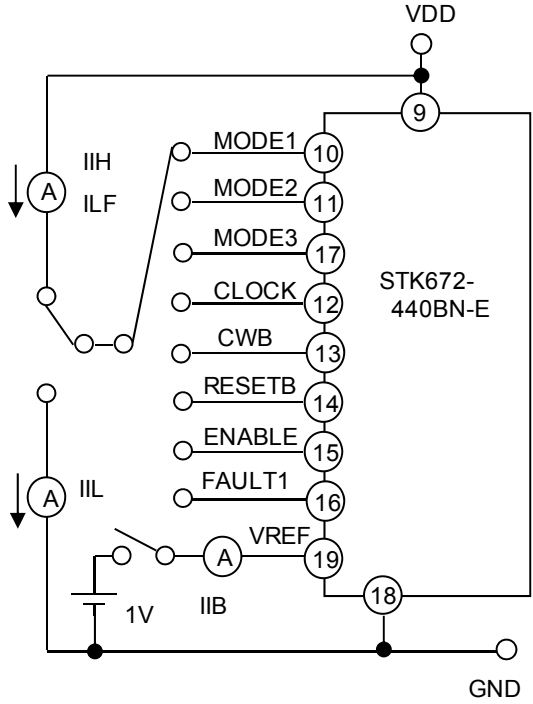
測定回路図

(指定なし端子はオープンとする。STK672-440BN-E、STK672-442BN-E の測定回路は共通)

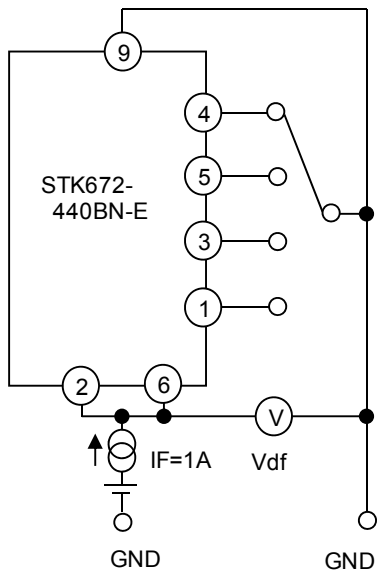
◆Vsat



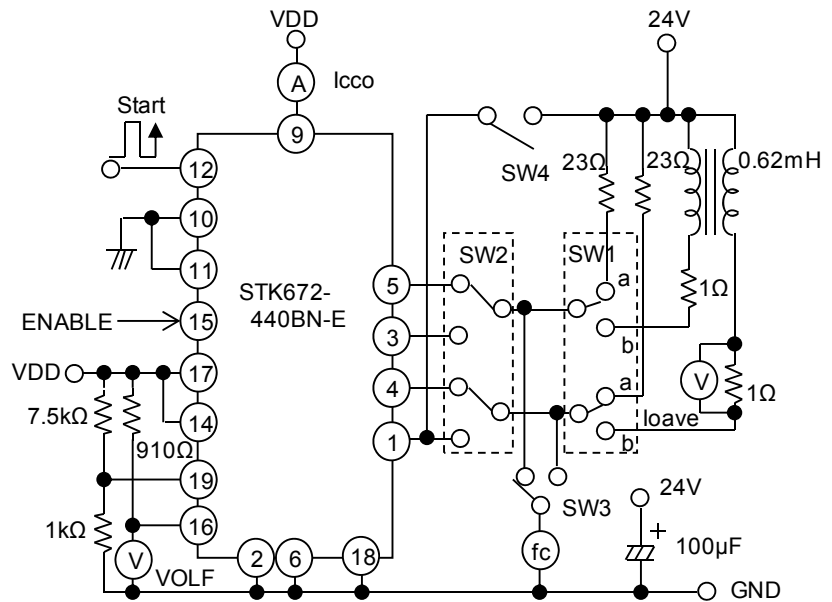
◆IIH,IIL,IIB,ILF



◆Vdf



◆Icco,Ioave,fc,VOLF



Ioave 測定時 : SW1b 側で SW2 切替え

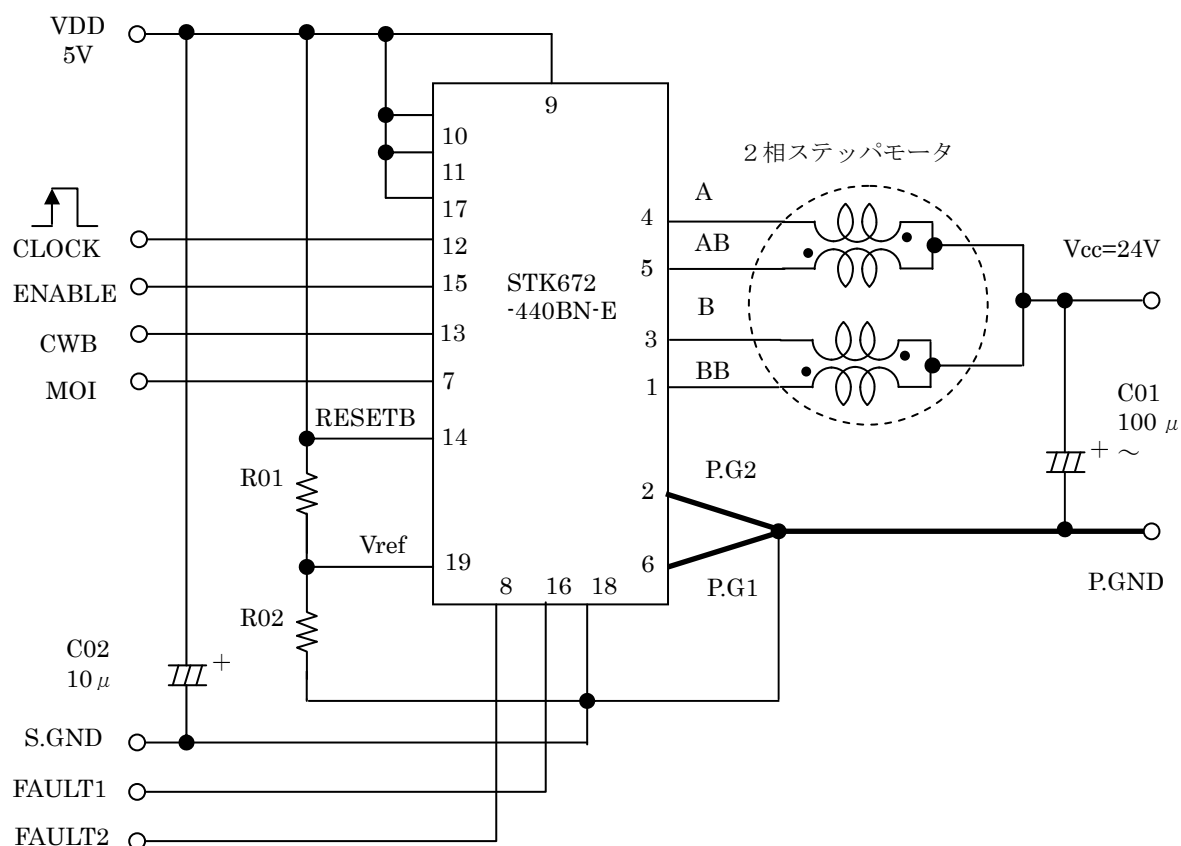
fc 測定時 : SW1a 側で SW3 切替え

Icco 測定時 : ENABLE Low

VOLF 測定時 : Ioave 測定時に SW4 を閉める

応用回路例

(2W1-2 相励磁:マイクロステップ動作の場合)



注意事項

[GND 配線]

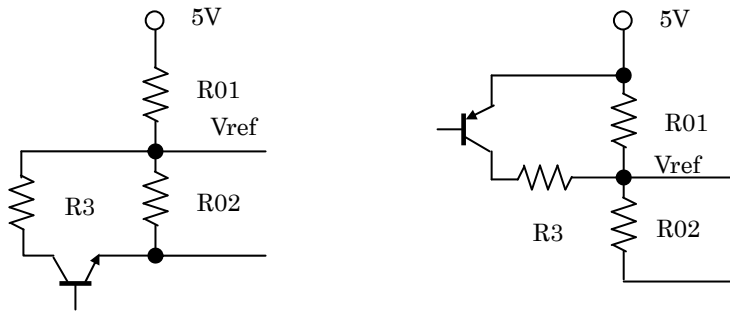
- 5V/24V 系のノイズ低減のため、上記の回路の C01 の GND 側は極力 H-IC の 2, 6 ピンに近づけること。
- また、正確な電流設定するために Vref の R02 の GND 側は、電流設定用 GND 端子 18 ピン(S.G)と PG1,2 が共通接続する地点に接続すること。

[入力端子]

- VDD が入力されている状態では、各入力端子は 18 ピン S.G 端子に対し、 $-0.3V$ より低い負電圧が入力しない対策を行うこと。さらに VDD 電圧以上が入力しないようにする。
- VDD/MOI/FAULT1/FAULT2 以外の入力 High 電圧は 2.5V である。
- 入力端子にはプルアップ抵抗は接続されていません。プルダウン抵抗は付いている。オープンコレクタタイプで H-IC の入力をコントロールする場合は プルアップ抵抗(1k ~ 20kΩ)を接続すること。この時のオープンコレクタドライバは、Low レベルで 0.8V 未満に引き込める出力電圧仕様の素子 (IOL=5mA で Low レベル 0.8V 未満)を使用すること。
- H-IC 内蔵のパワーオンリセット機能を使う場合は、14 ピン端子を VDD へ直接接続すること。
- 入力 High インピーダンス状態での誤動作防止の為、各入力には 1000pF のコンデンサ取り付けを推奨する。コンデンサは H-IC 近傍に取り付け 18 ピン(S,G)間に取り付けてること。Low 固定の入力の場合は直接 18 ピンに接続し、High 固定入力の場合は、VDD へ直接接続すること。

[電流設定]

- モータ電流を一時的に低下させる場合は下記の回路を推奨する。
- Vref 入力可変電圧範囲は 0.2~1.8V である。



[モータ電流 IOH の設定方法]

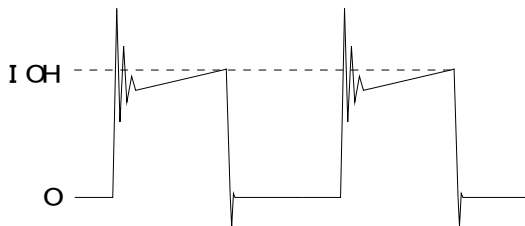
モータ電流 IOH は H-IC の 19 ピン電圧 Vref で設定します。IOH と Vref の関係式は以下の通りである。

$$V_{ref} \approx (R02 \div (R02 + R01)) \times V_{DD}(5V) \dots \dots \dots (1)$$

$$IOH \approx (V_{ref} \div 4.9) \div R_s \dots \dots \dots (2)$$

上記(2)式の 4.9 は、制御 IC 内部回路による Vref 分圧を示す。

Rs : 0.122Ω (ハイブリッド IC 内部の電流検出抵抗)



[発煙の注意事項]

18 ピン(S.GND 端子)が基板に半田付けなしで実装された場合、5V 系回路が制御できないため VccON (24VON) 時点で MOSFET に過電流が流れて、STK672-440BN-E は発煙に至る可能性がある。

【機能表】

MODE1・MODE2・MODE3 端子

M2	0	0	1	1	相切替え CLOCK エッジ タイミング	
M1	0	1	0	1		
M3	1	2 相励磁設定	1-2 相励磁 (IOH=100%)	W1-2 相励磁	2W1-2 相励磁	CLOCK 立ち上がり
	0	1-2 相励磁 (IOH=100%、71%)	W1-2 相励磁	2W1-2 相励磁	4W1-2 相励磁	CLOCK 両エッジ

IOH=100%は Vref 電圧設定 IOH となる。

1-2 相励磁では CLOCK 立ち上がりの時は、IOH=100%での電流設定で動作する。一方、CLOCK 両エッジでは、IOH=100%、71%の電流制御を行う擬似マイクロ電流制御を行う。

CWB 端子

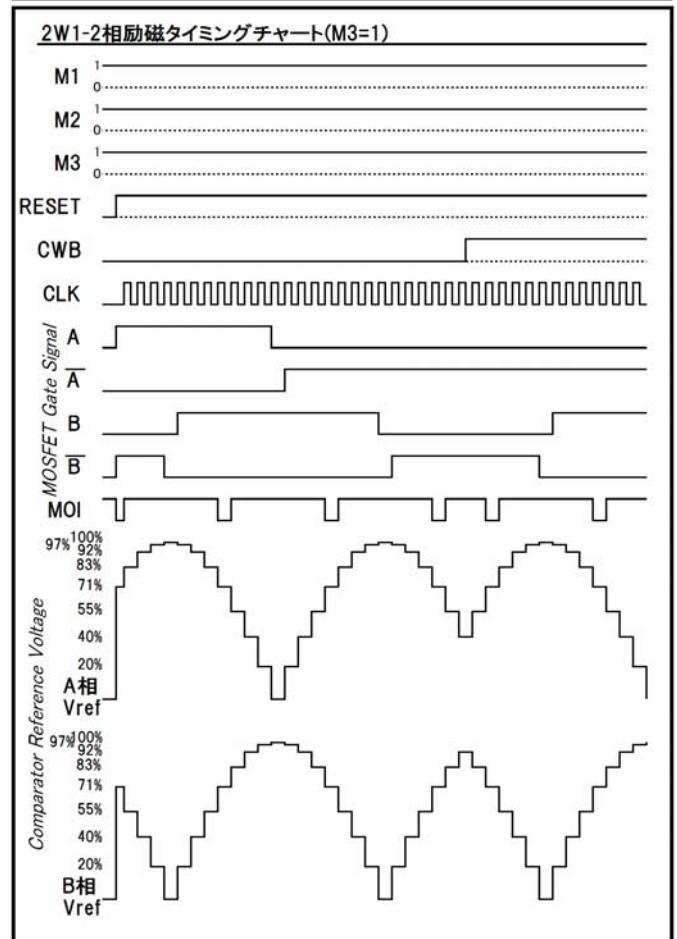
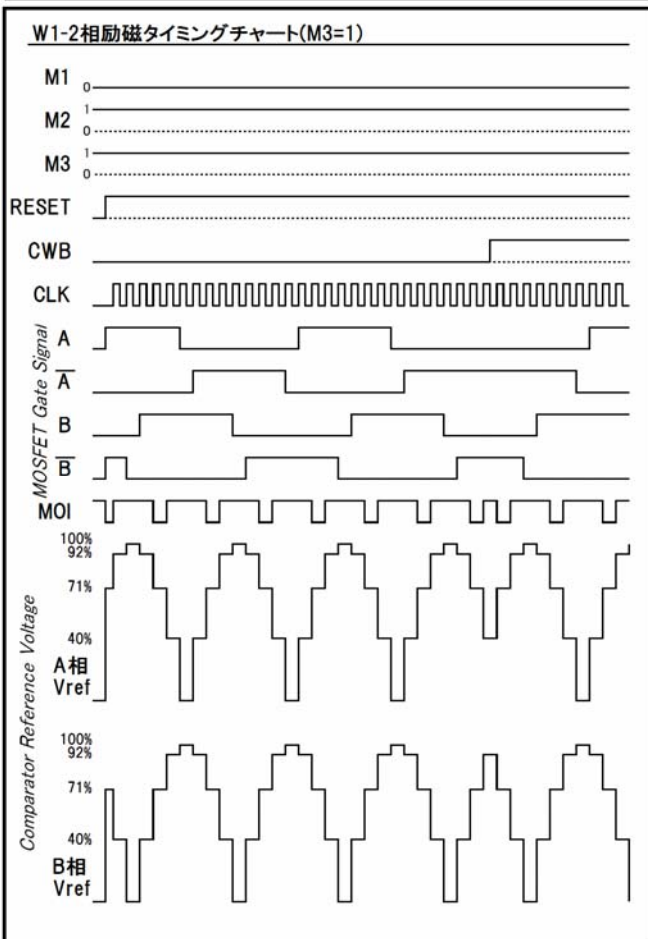
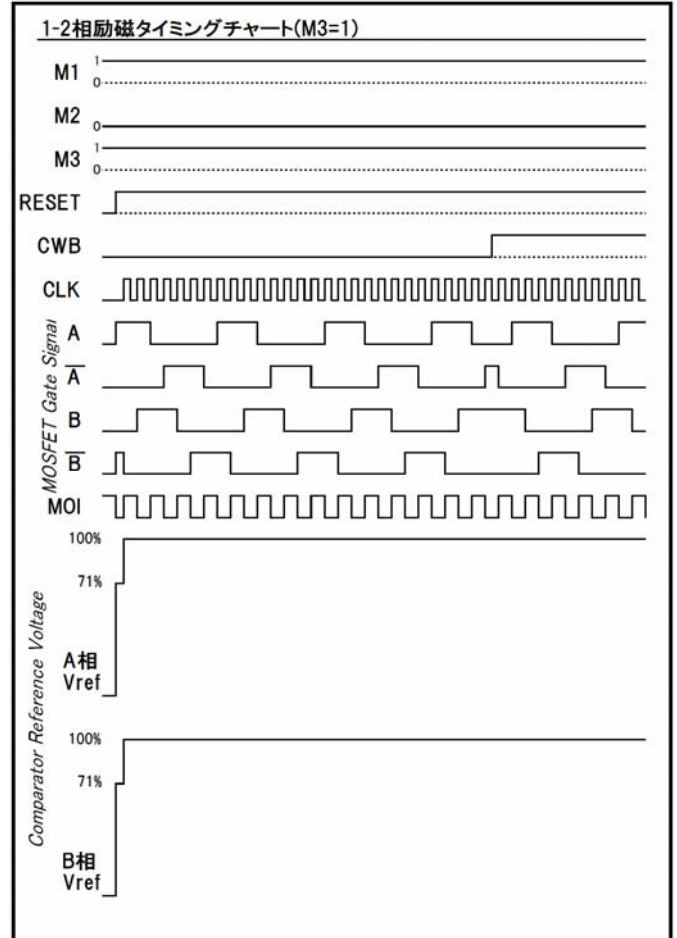
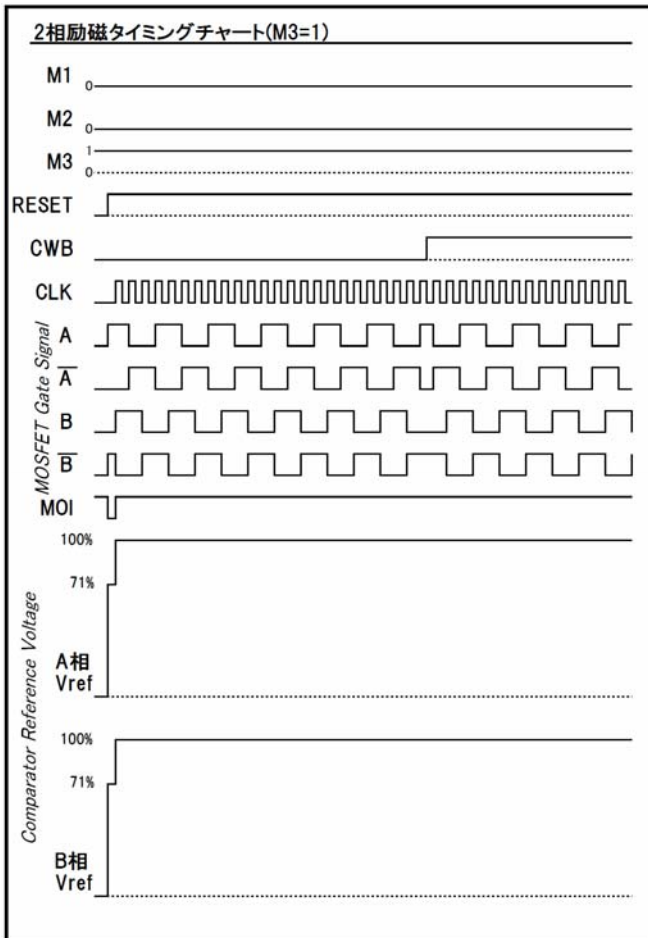
正転(CW)	0
逆転(CCW)	1

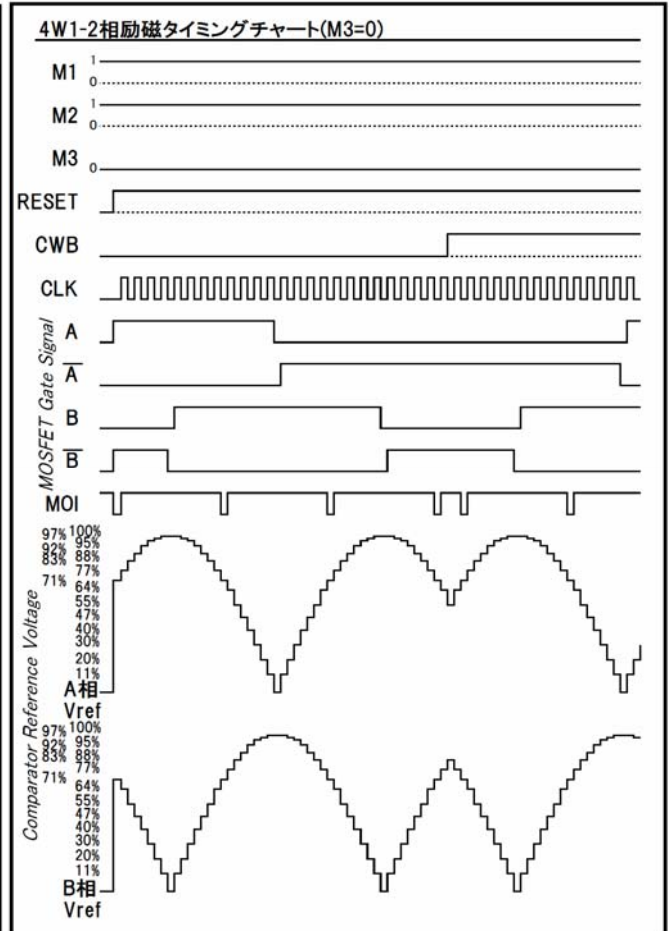
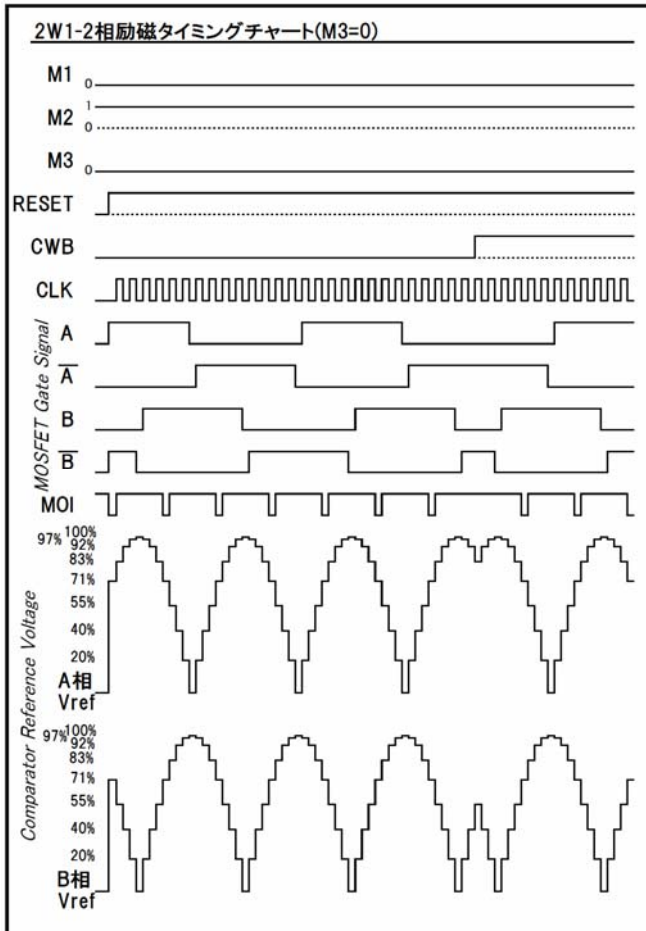
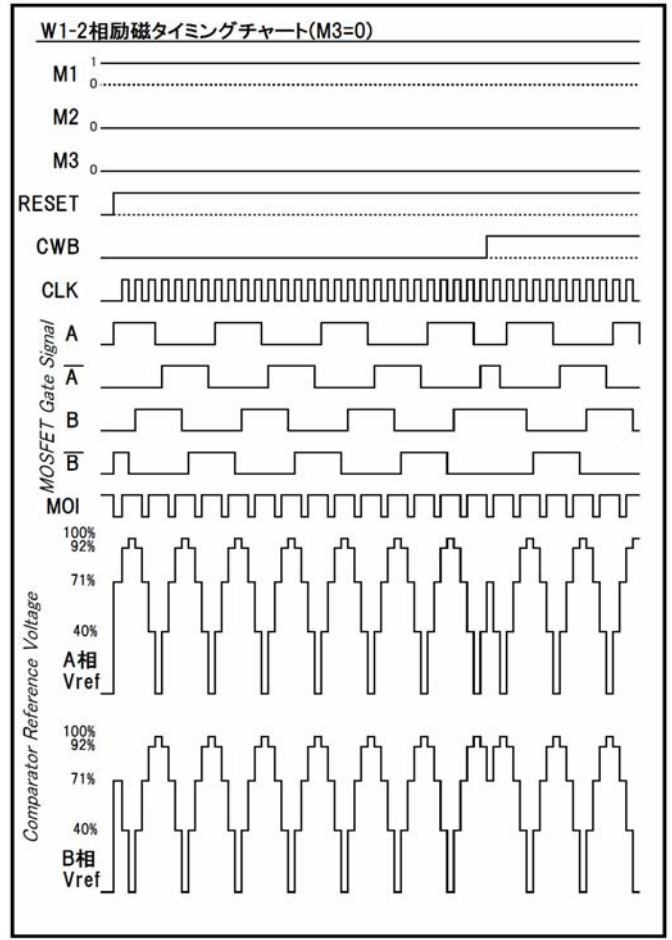
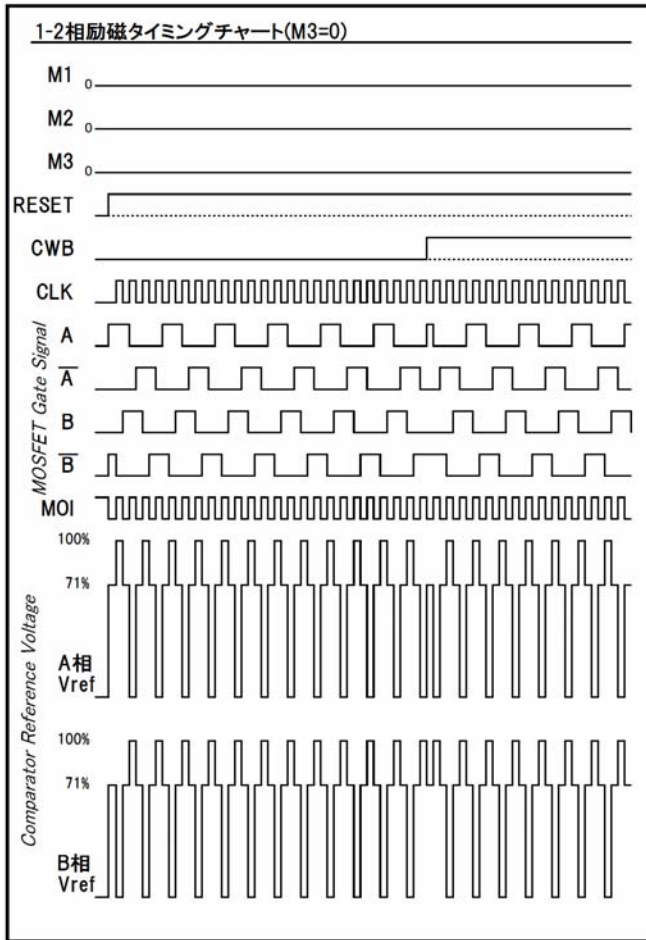
ENABLE・RESETB 端子

ENABLE	モータ電流カット : Low
RESETB	アクティブ Low

STK672-440BN-E

STK672-4**シリーズの相励磁とタイミングチャート



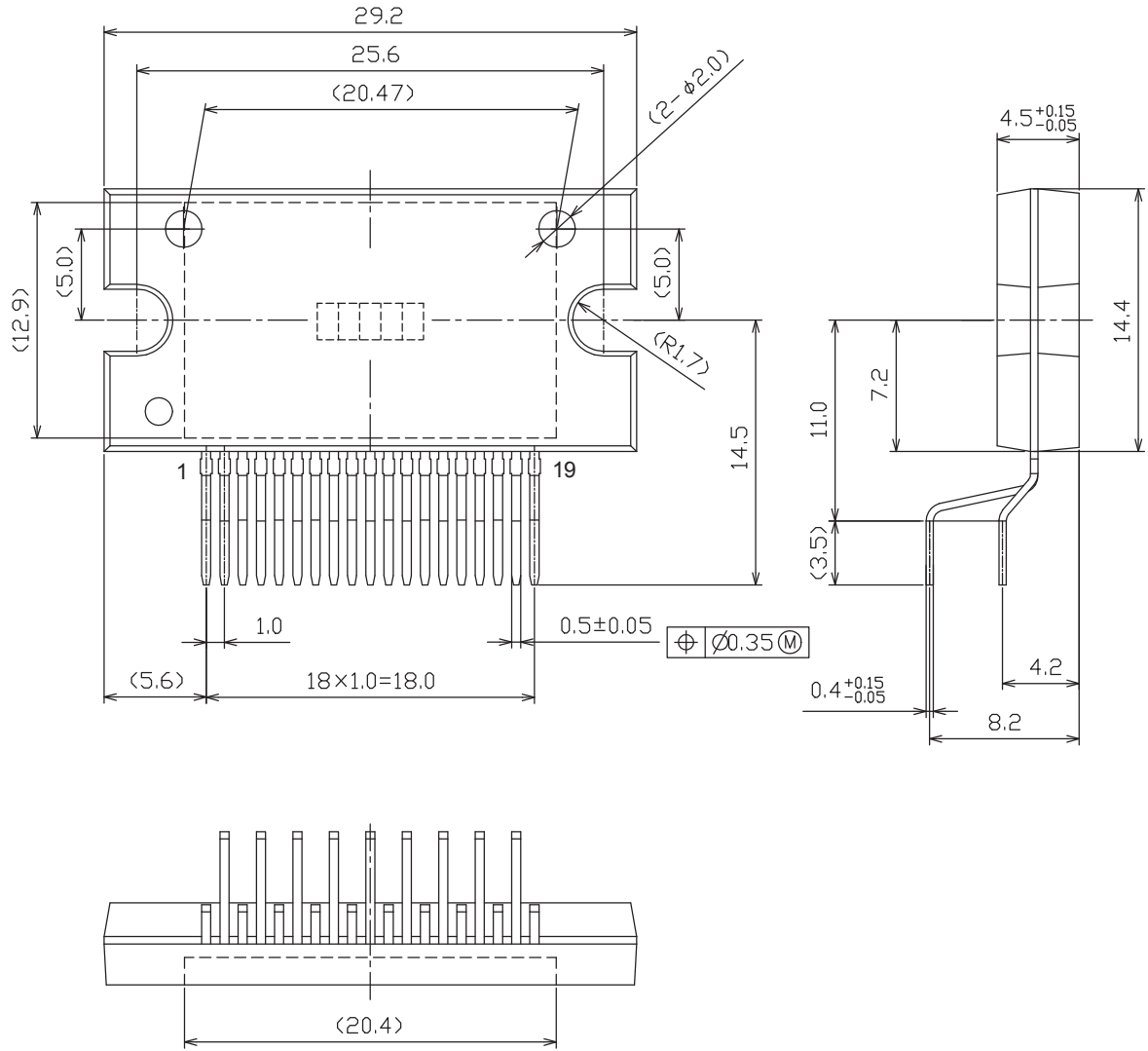


STK672-440BN-E

外形図

unit : mm

SIP19 29.2x14.4
CASE 127CF
ISSUE O



STK672-440BN-E

技術資料

1. 制御部入出力端子と機能
2. STK672-440BN-E のモータ端子オープン検知、過電流検知、過熱検知機能
3. STK672-440BN-E のアバランシェエネルギー許容値
4. STK672-440BN-E の HIC 内部損失計算
5. 放熱設計
6. 周囲温度 T_a に対するパッケージ電力損失 PdPK の軽減曲線
7. その他の使用上の注意事項

1. 制御部入出力端子と機能

端子概要

H-IC Pin No.	ピン名称	機能
7	MOI	励磁モニターの出力端子
19	Vref	電流値設定
10	MODE1	励磁モード設定
11	MODE2	
17	MODE3	
12	CLOCK	外部 CLOCK(モータ回転指令)
13	CWB	モータ軸回転方向設定
14	RESETB	システムリセット
15	ENABLE	モータ電流OFF
16	FAULT1	モータ端子オープン・過電流・過熱検知出力
8	FAULT2	

各端子説明

1-1. CLOCK (相切り換えクロック)

- ・入力周波数：DC～20kHz(両エッジ時) DC～50kHz(片エッジ時)
- ・最少パルス幅：20 μ sec(両エッジ時) 10 μ sec(片エッジ時)
- ・パルス幅 Duty：40%～50%(両エッジ時)
- ・両エッジ、片エッジ機能
 - M3:1 CLOCK パルスの立ち上がりエッジで励磁相が1ステップ毎に移動する。
 - M3:0 CLOCK パルスの立上りと立下りエッジの両方により交互に1ステップ毎に移動する。

1-2. CWB(回転方向設定)

- ・機能
 - CWB=0 の場合：CW 方向に回転
 - CWB=1 の場合：CCW 方向に回転
- ・注意
 - CLOCK 入力の立上り及び立下りのエッジより前後 7 μ sec の間は CWB 入力を変化させないこと。

1-3. ENABLE(励磁ドライブ出力 A,AB,B,BB の強制 OFF 制御と H-IC 内部の動作/ホールド状態選択)

- ・機能
 - ENABLE=1 の場合：通常動作
 - ENABLE=0 の場合：モータ電流 OFF となり、励磁ドライブ出力を強制的に OFF する。
- この時、H-IC の内部システムクロックは停止し、リセット入力以外の入力端子が変化しても H-IC は影響を受けない。また、モータに電流は流れないのでモータ軸はフリーになる。モータ回転制御用の CLOCK 信号を急激に停止させるとモータ軸が慣性で制御位置より進むことがある。制御位置に停止するには CLOCK 周期が次第に低下する SLOW DOWN 設定が必要である。

1-4. MODE1,MODE2,MODE3(励磁モードの選択,CLOCK の片エッジ・両エッジの選択)

- ・機能
 - 励磁選択モード端子(励磁選択は、機能表 7 ページを参照)、CLOCK 入力エッジ選択。
 - モード設定有効タイミング
 - CLOCK の入力立ち上がり及び立ち下がりエッジより 7 μ sec 以内ではモード変更を行わないこと。

1-5. RESETB(システム全てのリセット)

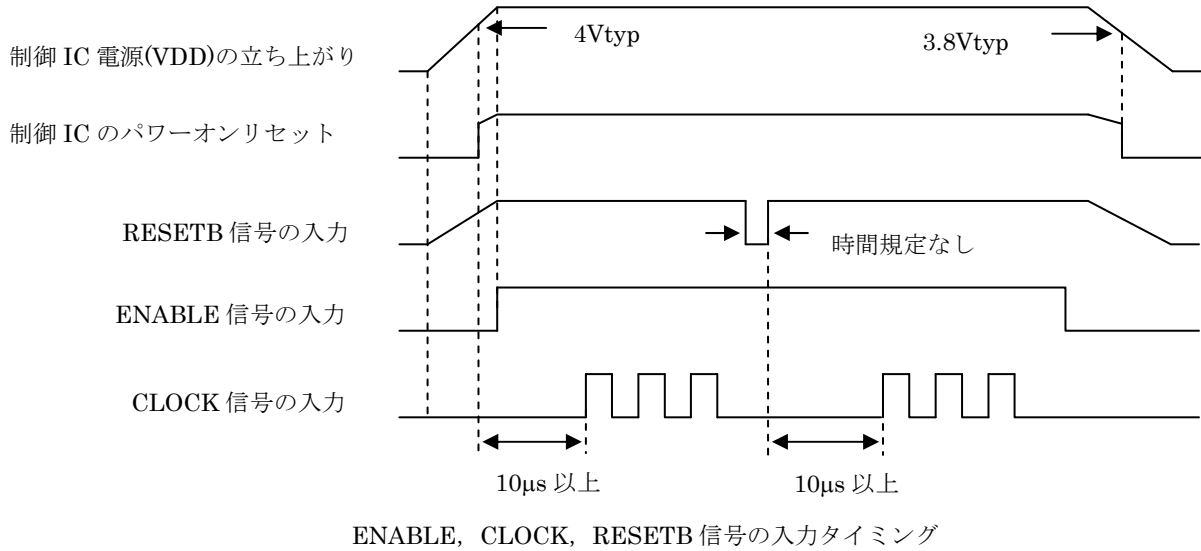
- ・機能
 - リセット信号は HIC 内蔵パワーオンリセット機能と RESETB 端子で設定する。
 - HIC 内部のパワーオンリセット信号で HIC 内部を動作させる場合は、HIC14 ピンを VDD に接続すること。

1-6. Vref(電流設定の基準となる電圧設定)

- ・端子形式
 - アナログ入力構成
- ・機能
 - 入力電圧は、0.2～1.8V の電圧範囲で設定する。

1-7. 入力タイミング

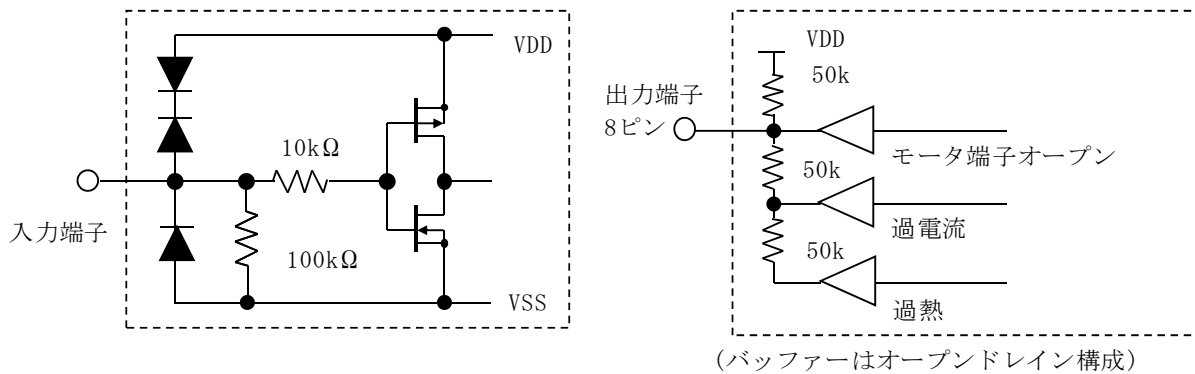
ドライバの制御 IC は、電源供給時に内部 IC 動作を初期化させるパワーオンリセット機能を備えている。パワーオンリセットは $4V_{typ}$ 設定であり、MOSFET のゲート電圧は $5V \pm 5\%$ 仕様であるため、パワーオンリセット時点で出力に電流を通電することはゲート電圧不足で MOSFET に電力ストレスを加える。電力ストレス防止のため、動作電源電圧外となる $V_{DD} < 4.75V$ 状態では $ENABLE=Low$ に設定すること。また出力タイミングを初期化するため $RESETB$ 端子を使用する場合、 $CLOCK$ 入力まで $10\mu s$ 以上の時間を設けること。



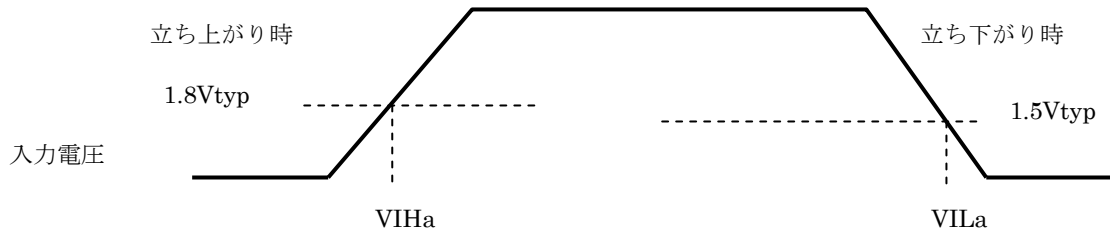
1-8. 制御部入出力端子の構成

<MODE1,MODE2,MODE3,CLOCK,CWB, ENABLE,RESETB 入力端子の構成>

<FAULT2 端子の構成>



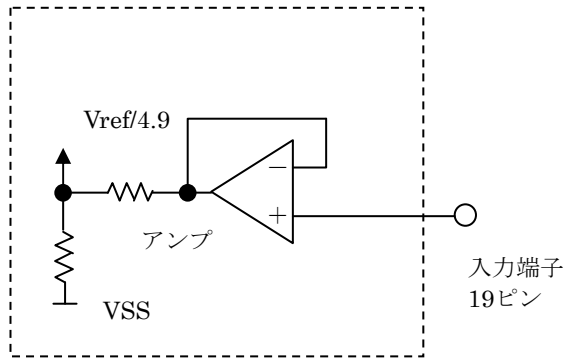
このドライバの入力端子は、全てシュミット入力対応である。 $T_c=25^\circ C$ での Typ 仕様は下記のようになり、ヒステリシス電圧は $0.3V$ ($V_{IHa}-V_{ILa}$) となる。



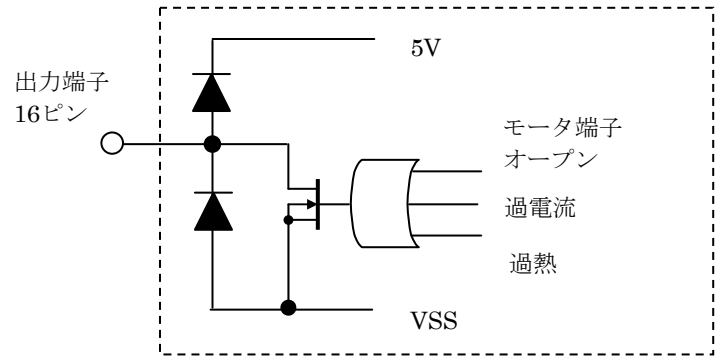
入力電圧仕様は、下記値になる。

$V_{IH}=2.5V_{min}$
 $V_{IL}=0.8V_{min}$

<Vref 入力端子の構成>



<FAULT1 出力端子の構成>



<FAULT1,FAULT2 出力>

FAULT1 出力

OPEN ドレイン出力です。モータ端子オープン・過電流・過熱いずれかを検知すると Low 出力する。

FAULT2 出力

出力は、抵抗分圧(3 レベル)で、異常検知の種類を出力電圧に変換する。

- ・モータ端子オープン : 10mV(typ)
- ・過電流 : 2.5V(typ)
- ・過熱 : 3.3V(typ)

異常検知の解除は RESETB 操作または VDD 電圧の on/off で解除される。

1-9. MOI 出力

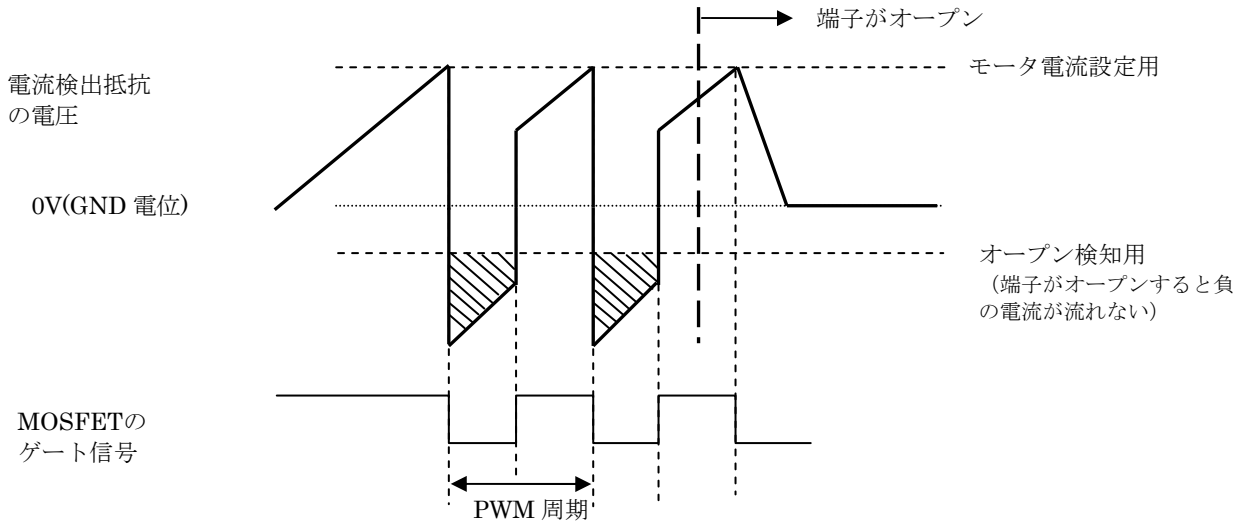
励磁状態のより出力周波数が変わる励磁モニター端子である。出力動作は、タイミング図を参照すること。

2. モータ端子オープン検知、過電流検知、過熱検知機能

各検知機能は、ラッチ式で動作し出力を OFF させます。出力動作を復帰するには、リセット信号が必要となるため、一旦電源 V_{DD} を OFF し再び電源 V_{DDON} でパワーオンリセットを加えるか、RESETB=High→Low→High 信号を印加すること。

2-1. モータ端子オープン検知

モータへ接続する出力端子がオープンすることで発生する繰り返しアバランシェ動作による MOSFET の熱破壊を防止するため出力端子のオープン検出機能を備えている。オープン検出は PWM 周期の OFF 期間に発生するモータのインダクタンスに流れ込むフライバック電流の有無で判断している。モータ端子がオープンになるとフライバック電流が流れないことで検出する。



電流レベルが低下すると GND 電位との差が小さくなり検出困難になる。モータ端子オープン検知できるモータ電流は、STK672-432BN-E で 1.1A 以上、440BN-E,442BN-E で 1.4A 以上となる。

< ENABLE High エッジの注意事項 >

STK672-4xxBN-E は ENABLE が Low→High になるとき、High エッジから 30μs 期間中に負の電流を流すことになる定電流 PWM 動作をしようと、オープン検知が作動しドライバを停止することがある。

High エッジから 30μs 以下は、PWM 動作しないようにモータ電流設定電圧 V_{ref} を設定すること。

モータの定格電流設定ならば、この High エッジから 30μs 期間は PWM 動作しないので問題はない。

また下記図のようにモータの定格電流の後、電流設定 V_{ref} を下げる動作は問題ない。

ENABLE が High エッジから 30μs 期間中に定電流 PWM 動作するかどうかは、下記式にモータの L, R 値を代入することで判断できる。

$$V_{ref} = (R02 \div (R01 + R02)) \times V_{DD}$$

$$IOH1 = (V_{ref} \div 4.9) \div R_s \quad IOH1 : \text{設定するモータ電流値}$$

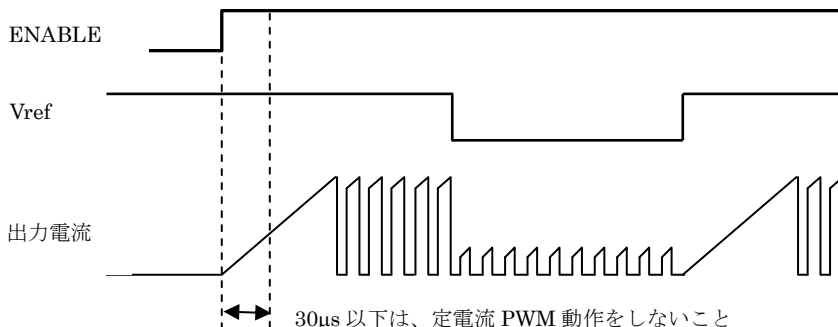
$$IOH2 = (V_{cc} \div R) \times (1 - e^{-tR/L}) \quad IOH2 : \text{ENBALE Highエッジ後30μsec時の電流値}$$

⇒判断基準 : IOH1 > IOH2

R01, R02, V_{DD} : 応用回路例の資料を参照すること。

R_s : 電流検出抵抗値(Ω), V_{CC} : モータ電源電圧(V), R : モータ巻き線抵抗(Ω), L : モータ巻き線インダクタンス(H)

⇒t=30μs、モータのL, R値を代入したIOH2が、電流設定値IOH1より小さいならば問題はない。



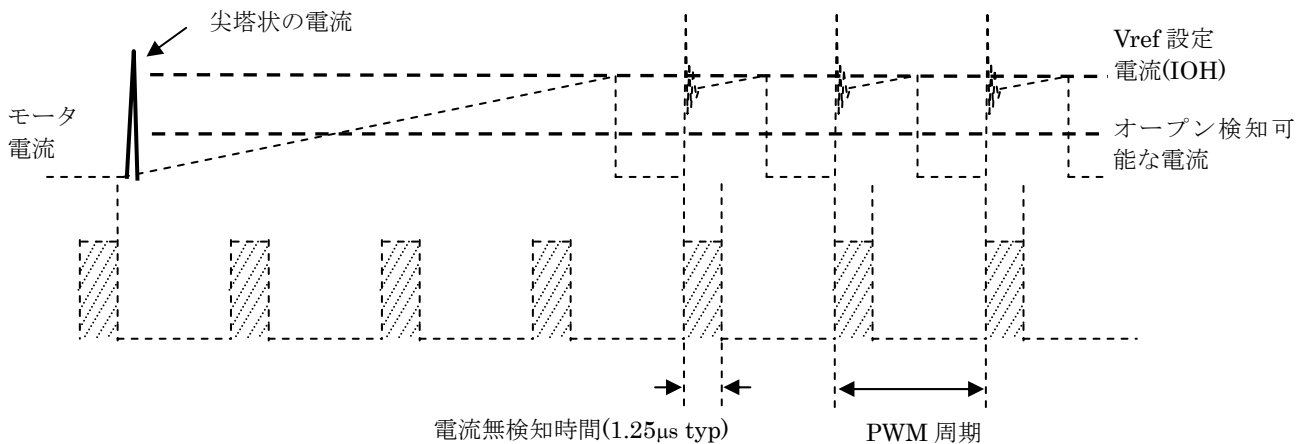
<出力-GND 間へのコンデンサ接続の禁止>

A 相(4 ピン), AB 相(5 ピン), B 相(3 ピン), BB 相(1 ピン)出力-GND 間にコンデンサは接続させないこと。コンデンサが接続されている場合、内部 MOSFET が ON する際のコンデンサ放電電流でオープン検知が動作してしまうことがある。この電流はモータ巻き線によるインダクタンス電流ではなく、コンデンサ電流のため、対となる相へ負の電流が流れずドライバを停止させてしまうことがある。

<過大な外来ノイズ>

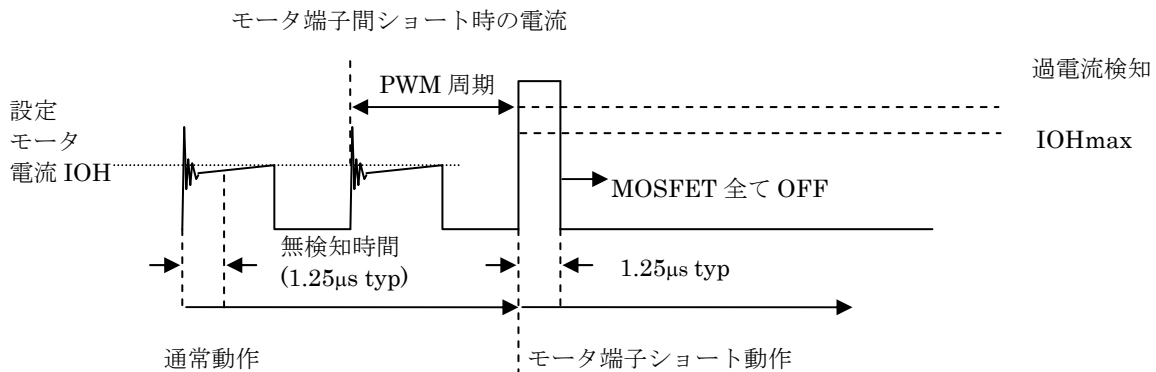
PWM 動作前のモータ電流の立ち上がり時において、モータ端子オープンが検知できる電流(STK672-432BN-E で 1.1A、STK672-440BN/442BN-E で 1.4A)に到達する前に、過大な外来ノイズ等で、Vref 設定電流を超えた尖塔状の電流が発生すると、内部 MOSFET は OFF になる。実際のモータ電流が 1.1A 前で MOSFET が OFF したため、その後の対となる相へ流れる負の電流は小さく、負の電流が流れてないと判断してオープン検知が動作することがある。

通常の定電流 PWM 動作時は、PWM 周期の初期動作の 6%にあたる 1.25 μ s が電流無検知区間となり、この区間で発生する電流のリンギング部を無検知化させている。PWM 動作前の電流立ち上がりでは電流無検知区間が同期しないため、Vref 設定電流を超えた尖塔状の電流が発生すると、実際のモータ電流が小さい段階で MOSFET が OFF するため、その後の対となる相へ流れる負の電流は小さく、負の電流が流れてないと判断してオープン検知が動作することがある。



2-2. 過電流検知

モータ焼損時やモータ端子間ショートなどで発生する過電流の検出機能を備えている。過電流検知は、STK672-432BN-E で 3.4A 以上、STK672-440BN/442BN-E では 5.0A μ typ になる。



過電流検知は、PWM 動作時電流の初期リンギング部の無検知時間(デットタイム 1.25 μ sec typ)後に動作する。無検知時間とは、IOH を超えても検知しない時間帯である。

2-3. 過熱検知

過熱検知は直接半導体素子温度を検出するのではなく、アルミ基板の温度を検知(144 $^{\circ}$ C typ)している。過熱検知は、仕様書で推奨する動作許容範囲で、動作時基板温度 Tc の低下を目的として取り付けられた放熱板がはずれた場合、半導体素子は破壊せずに動作する。しかし推奨外の動作、例として IOHmax を超えて過電流検知が動作する前の電流での動作などは、過熱検知が動作するまで無破壊を保証できない。

3. アバランシェエネルギー許容値

3-1. アバランシェ状態での許容範囲

STK672-4**シリーズのハイブリッド IC を使用して、2 相ステッピングモータを定電流チョッピング駆動させたとき、STK672-4**シリーズの出力電流 ID、電圧 VDS は、下記図-1 波形となる。

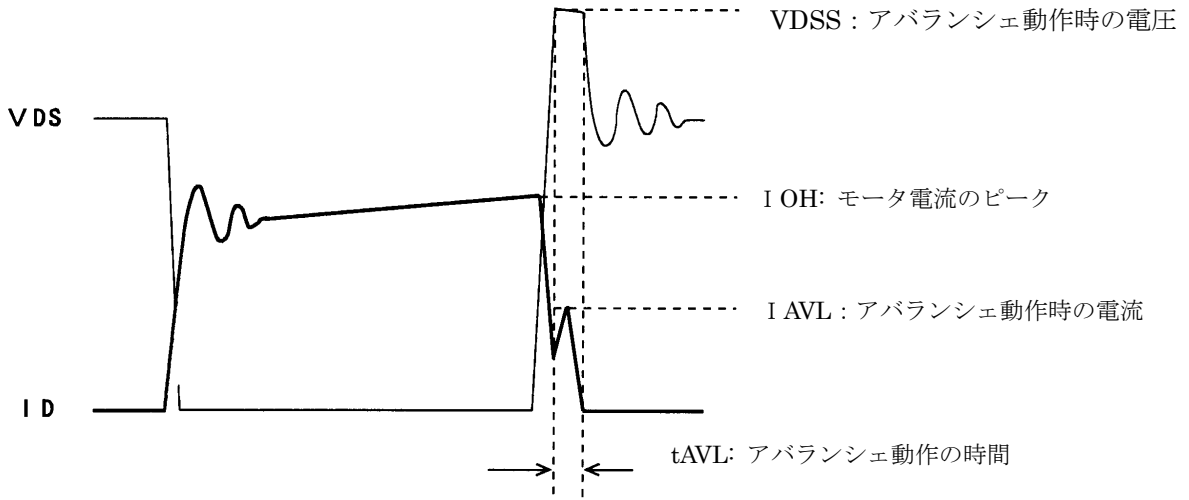


図-1 2 相ステッパモータを定電流チョッピング駆動させた時の STK672-4**シリーズの出力電流 ID,電圧 VDS 波形 1

STK672-4**シリーズに内蔵された MOSFET が定電流チョッピングの OFF 動作をする時、ID が上記の波形の様に立ち下がる。この時、出力電圧 VDS はモータのコイルに発生する電磁誘導で急激に立ち上がる。急激に立ち上がった電圧は、MOSFET の V_{DSS} で電圧制限が掛かる。この V_{DSS} による電圧制限状態は、MOSFET のアバランシェとなる。アバランシェでは、ID が流れその時の単発エネルギー E_{AVL1} は、式(3-1)で表現される。

$$E_{AVL1} = V_{DSS} \times I_{AVL} \times 0.5 \times t_{AVL} \quad \dots \dots \dots (3-1)$$

V_{DSS} : 単位 V、I_{AVL} : 単位 A、t_{AVL} : 単位秒

(4-1)式の係数の 0.5 は、I_{AVL} の三角波を方形波に変換する為の定数である。

STK672-4**シリーズの動作は、定電流チョッピング動作である為、上図の波形の繰り返しとなる。

そこで、定電流チョッピング動作に於ける許容アバランシェエネルギー E_{AVL} の表現は、(3-1)式にチョッピング周波数を乗算したアバランシェ状態の平均電力損失 P_{AVL} の(3-2)式とする。

$$P_{AVL} = V_{DSS} \times I_{AVL} \times 0.5 \times t_{AVL} \times f_c \quad \dots \dots \dots (3-2)$$

f_c : 単位 Hz (STK672-4**シリーズでは PWM 周波数 50kHz を入力する。)

V_{DSS}、I_{AVL}、t_{AVL} は、実際に STK672-4**シリーズを動作させ、その動作をオシロスコープで観測したときの値を代入すること。

例 V_{DSS}=110V、I_{AVL}=1A、t_{AVL}=0.2 μs ならば、

$$P_{AVL} = 110 \times 1 \times 0.5 \times 0.2 \times 10^{-6} \times 50 \times 10^3 = 0.55W$$

となります。 V_{DSS}=110V は、オシロスコープによる実測値である。

アバランシェエネルギーの許容値となる P_{AVL} の許容損失範囲は、図-3 のグラフに表す。

アバランシェエネルギーを検討する際、モータを実際に動作させ、その動作波形 ID、V_{DSS}、t_{AVL} をオシロスコープ等にて観測し(3-2)式の計算結果がアバランシェ動作時の許容範囲である事を確認すること。

3-2. アバランシェ状態でない ID,VDSS の動作波形

図-1 では、アバランシェ状態の波形を示したが、実際の動作では、アバランシェにならない時もある。アバランシェの発生要因は、

- ・モータの相コイルの結合(A相と AB相、B相と BB相との電磁結合)の悪さ
 - ・基板の回路パターンやモータから出るハーネスのリードインダクタンスの増加
 - ・24V から 36V による電源電圧の増加等で図-1 の VDSS、 t_{AVL} 、 I_{AVL} が増加する。
- 上記の要因が少ないと図-1 の波形は、図-2 のようにアバランシェのない波形になる。

図-2 の動作では、アバランシェは発生せず、図-3 PAVL の許容損失範囲を考慮する必要はない。

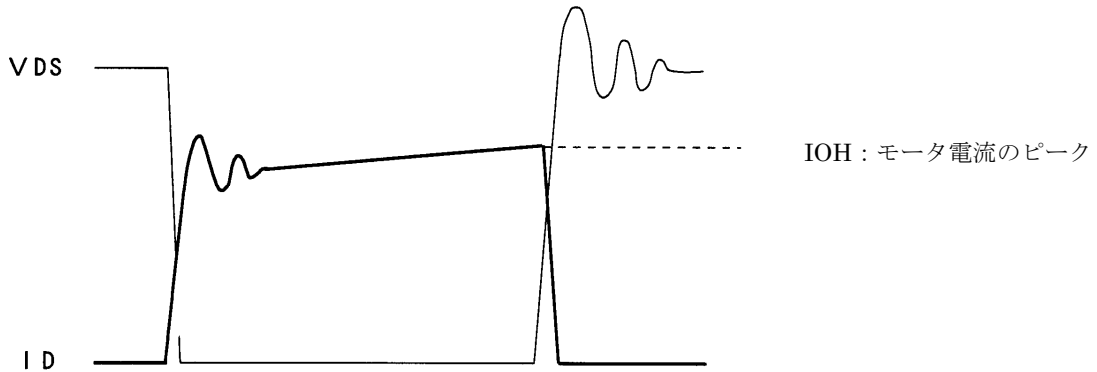
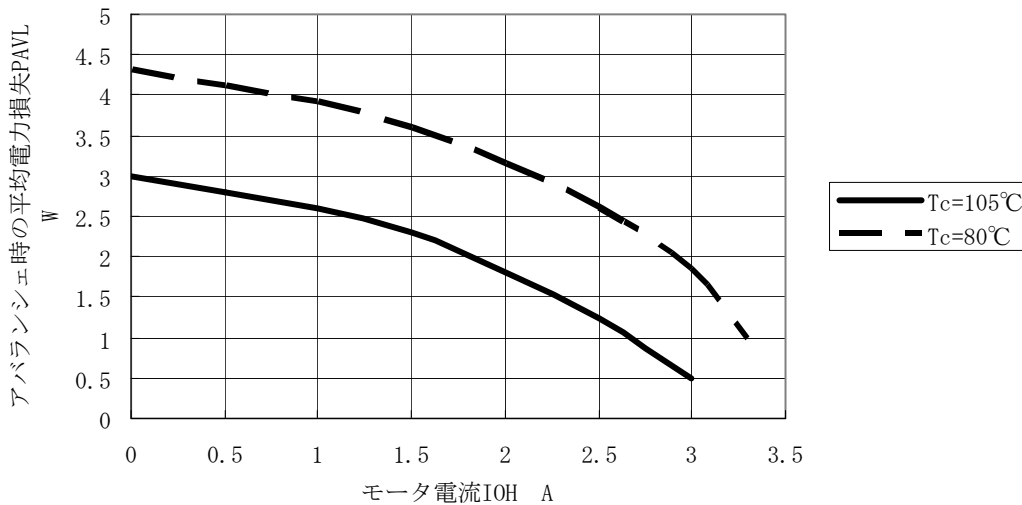


図-2 2相ステップモータを定電流チョッピング駆動させた時の STK672-4**シリーズの出力電流 ID,電圧 VDS 波形 2

図-3 STK672-440BN-E アバランシェ動作時の許容損失範囲 PAVL-IOH



注意

上記動作条件は、2相ステップモータを定電流チョッピング駆動した時の損失である。
 $I_{OH}=0A$ で $3W$ 以上印加可能ということで、駆動用の MOSFET のボディダイオードをツェナーダイオードとして使用は避けること。

4. STK672-440BN-E の HIC 内部損失計算

STK672-440BN-E の各励磁モードに於ける内部平均電力損失は以下の式から近似して求める※1。

4-1. 各励磁モード

2 相励磁モード :

$$2PdAVex=(V_{sat}+V_{df})\times 0.5\times CLOCK\times IOH\times t_2+0.5\times CLOCK\times IOH\times (V_{sat}\times t_1+V_{df}\times t_3)\dots\dots\dots(4-1)$$

1-2 相励磁モード :

$$1-2PdAVex=(V_{sat}+V_{df})\times 0.25\times CLOCK\times IOH\times t_2+0.25\times CLOCK\times IOH\times (V_{sat}\times t_1+V_{df}\times t_3)\dots\dots\dots(4-2)$$

W1-2 相励磁モード :

$$W1-2PdAVex=0.64[(V_{sat}+V_{df})\times 0.125\times CLOCK\times IOH\times t_2+0.125\times CLOCK\times IOH\times (V_{sat}\times t_1+V_{df}\times t_3)]\dots\dots\dots(4-3)$$

2W1-2 相励磁モード :

$$2W1-2PdAVex=0.64[(V_{sat}+V_{df})\times 0.0625\times CLOCK\times IOH\times t_2+0.0625\times CLOCK\times IOH\times (V_{sat}\times t_1+V_{df}\times t_3)]\dots\dots\dots(4-4)$$

4W1-2 相励磁モード :

$$4W1-2PdAVex=0.64[(V_{sat}+V_{df})\times 0.0625\times CLOCK\times IOH\times t_2+0.0625\times CLOCK\times IOH\times (V_{sat}\times t_1+V_{df}\times t_3)]\dots\dots\dots(4-5)$$

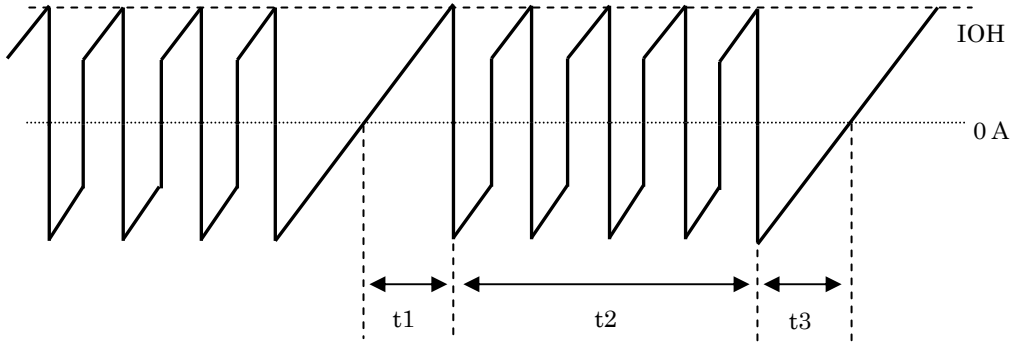
モータホールド時

$$HoldPdAVex=(V_{sat}+V_{df})\times IOH\dots\dots\dots(4-6)$$

↑
 注意 : (4-6)計算式は 2 相 100%通電を想定している。
 V_{sat} : Ron 電圧降下+電流検出抵抗の合成電圧
 V_{df} : FET のボディダイオード V_{df}+電流検出抵抗の合成電圧※1
 CLOCK : 入力クロック CLOCK (H-IC : 12 ピン入力周波数)

t₁,t₂,t₃ は下図波形に示す。

- t₁ : 巻線電流が設定電流(IOH)に達するまでの時間
- t₂ : 定電流制御(PWM)領域の時間
- t₃ : 相信号が切れて逆起電流が回生消費されるまでの時間



モータ COM 電流波形モデル

$$t_1=(-L/(R+0.25))\ln(1-(((R+0.25)/V_{cc})\times IOH))\dots\dots\dots(4-7)$$

$$t_3=(-L/R)\ln((V_{cc}+0.25)/(IOH\times R+V_{cc}+0.25))\dots\dots\dots(4-8)$$

- V_{cc}:モータ電源電圧(V)
- L:モータインダクタンス(H)
- R:モータ巻線抵抗(Ω)
- IOH:モータ設定出力電流波高値(A)

各励磁モードの定電流制御時間 t2

- ①2 相励磁 $t2=(2 \div \text{CLOCK}) \cdot (t1+t3) \dots \dots \dots (4-9)$
- ②1-2 相励磁 $t2=(3 \div \text{CLOCK}) \cdot t1 \dots \dots \dots (4-10)$
- ③W1-2 相励磁 $t2=(7 \div \text{CLOCK}) \cdot t1 \dots \dots \dots (4-11)$
- ④2W1-2 相励磁
及び 4W1-2 相励磁 $t2=(15 \div \text{CLOCK}) \cdot t1 \dots \dots \dots (4-12)$

Vsat 及び Vdf の値は設定電流値 IOH 時の Vsat vs IOH, Vdf vs IOH グラフより代入すること(以降ページ参照)。そして、求めた H-IC 平均電力損失から ΔTc vs Pd グラフ(次ページ参照)と比較し放熱板が必要か判断する。放熱板の設計は、“5. 放熱設計”を参照すること。

前記の HIC 平均電力 PdAVex はアバランシェ状態でない損失である。アバランシェ状態の損失を加算する時は上記 PdAVex に下記の STK672-4**アバランシェ状態の平均電力損失 PAVL の式(3-2)で PAVL(4-13,14)を加算すること。

尚、ノーフィンで使用する場合 H-IC の空気対流等の影響で H-IC 基板温度 Tc が変化するので必ずセットでの温度上昇確認を行うこと。

4-2. アバランシェ状態時の平均電力損失 PAVL 計算

定電流チョッピング動作に於ける許容アバランシェエネルギーEAVL の表現は、(3-1)式にチョッピング周波数を乗算したアバランシェ状態の平均電力損失 PAVL の(3-2)式となる。

$$\text{PAVL} = \text{VDSS} \times \text{IAVL} \times 0.5 \times \text{tAVL} \times \text{fc} \dots \dots \dots (3-2)$$

fc:単位 Hz (STK672-4**シリーズでは PWM 周波数 50kHz を入力する。)

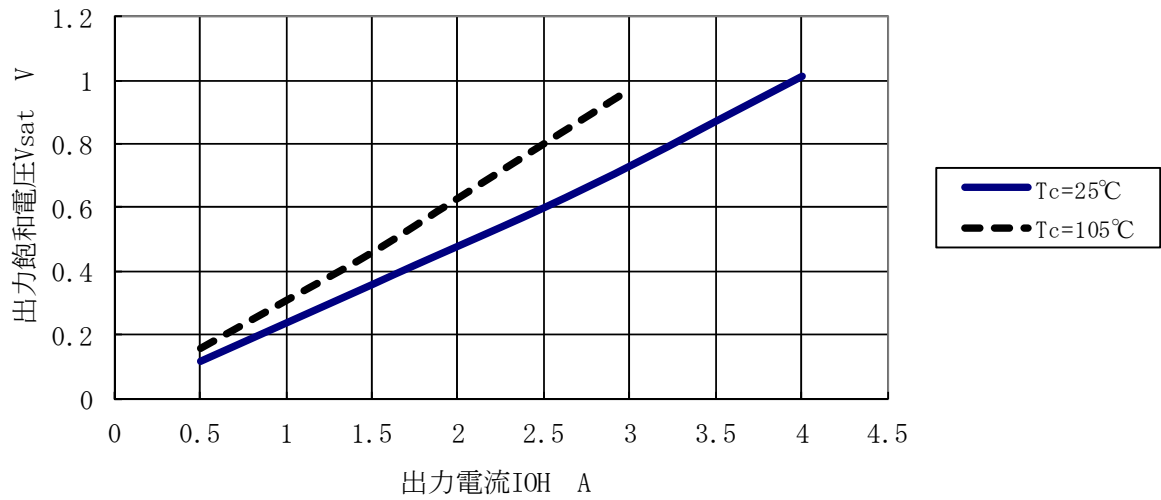
VDSS, IAVL, tAVL は、実際に STK672-4**シリーズを動作させ、その動作をオシロスコープで観測した時の値を代入すること。

各励磁モードで加算する PAVL は 2 相励磁以外において以下の定数を掛けて HIC 内部平均損失式に加算する。

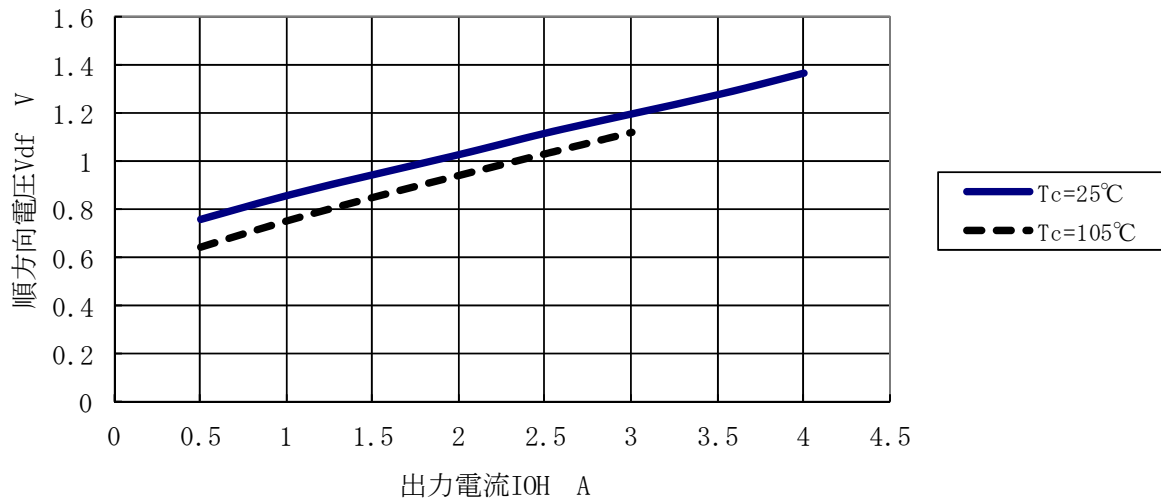
- 1-2 励磁以上の上位モード : $\text{PAVL}(1)=0.7 \times \text{PAVL} \dots \dots \dots (4-13)$
- 2 相励磁及びモータホールド時 : $\text{PAVL}(1)=1 \times \text{PAVL} \dots \dots \dots (4-14)$

STK672-440BN-E

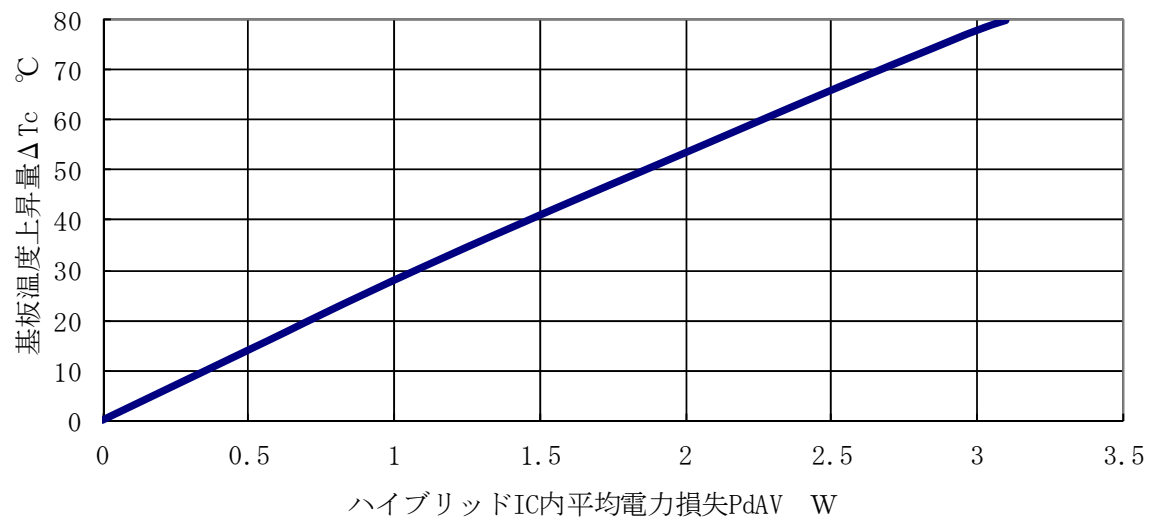
STK672-440BN, 442BN-E 出力飽和電圧 V_{sat} —出力電流 I_{OH}



STK672-440BN, 442BN-E 順方向電圧 V_{df} —出力電流 I_{OH}



基板温度上昇量 ΔT_c (放熱板無) —内部平均電力損失 P_{dAV}



5. 放熱設計

【放熱板を使用しない動作範囲】

HIC（ハイブリッド IC）の動作基板温度を低下させる放熱設計は、HIC の品質向上に効果的である。HIC の放熱板サイズは、HIC 内の平均電力損失 PdAV の大きさにより変化する。PdAV の値は、出力電流の増加とともに増大する。PdAV の算出方法は、技術資料内の“HIC 内部損失計算”を参考にすること。実際のモータの動作では、回転時の通電とオフ時間が存在するため、下記図-1 の様な繰り返し動作と仮定して H-IC 内部損失 PdAV を算出する。

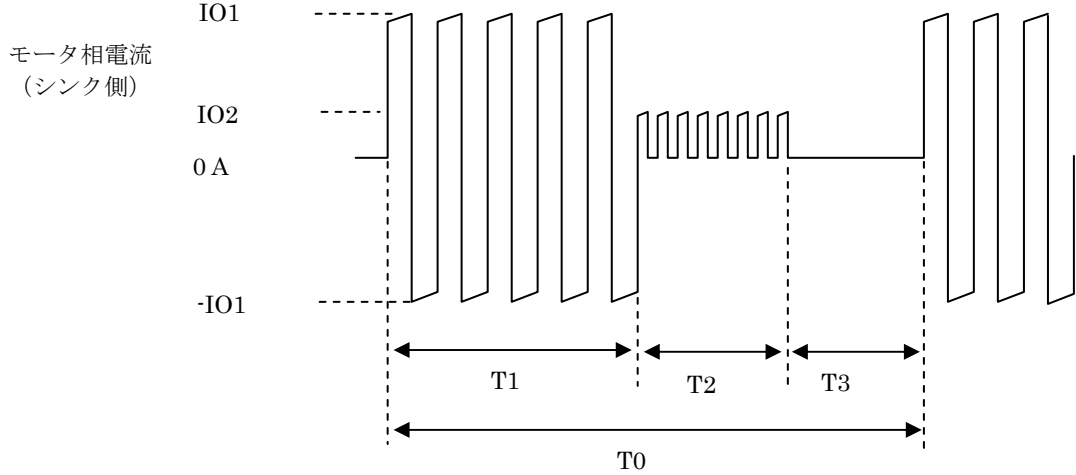


図-1 モータ電流のタイミング図

- T1：モータ回転動作時間
- T2：モータホールド動作時
- T3：モータ電流オフ時間
- T2 は用途によっては省かれる
- T0：繰り返しモータ動作の 1 サイクル時間
- IO1, IO2：モータ電流のピーク値

モータ回転時、相電流はモータ巻線構造のためパルス状の＋電流となる。

図-1 は略図であり実際のパルスのオン、オフデューティ波形とは異なる。

図-1 の動作における HIC 内部平均電力損失 PdAV は、下記式に従って算出できる。

$$PdAV = (T1 \times P1 + T2 \times P2 + T3 \times 0) \div T0 \quad (I)$$

(P1：IO1 の PdAV、P2：IO2 の PdAV)

(I) 式で算出された値が 1.5W 以下で周囲温度 Ta が 60°C 以下の条件では放熱板を取り付ける必要はない。放熱板を取り付けない状態での動作基板温度上昇データは、図-2 を参照すること。

【放熱板を使用する場合】

一方 PdAV が増加すれば Tc を低下させるため放熱板を取り付けるが、そのサイズは次の(II) 式の θ_{c-a} の値と図-3 のグラフから読みとれる。

$$\theta_{c-a} = (T_{cmax} - Ta) \div PdAV \quad (II)$$

Tcmax：最大動作基板温度=105°C

Ta：HIC の周囲温度

上記の(I), (II) 式で放熱設計ができますが、一度セットに HIC を実装し基板温度 Tc が 105°C 以下であることを確認すること。

上記 HIC 平均電力損失 PdAV は、アバランシェ状態でない損失である。アバランシェ状態の損失を加算する場合は、上記 PdAV に“STK672-4**アバランシェエネルギーの許容値”の(3-2)式を加算すること。

図-2

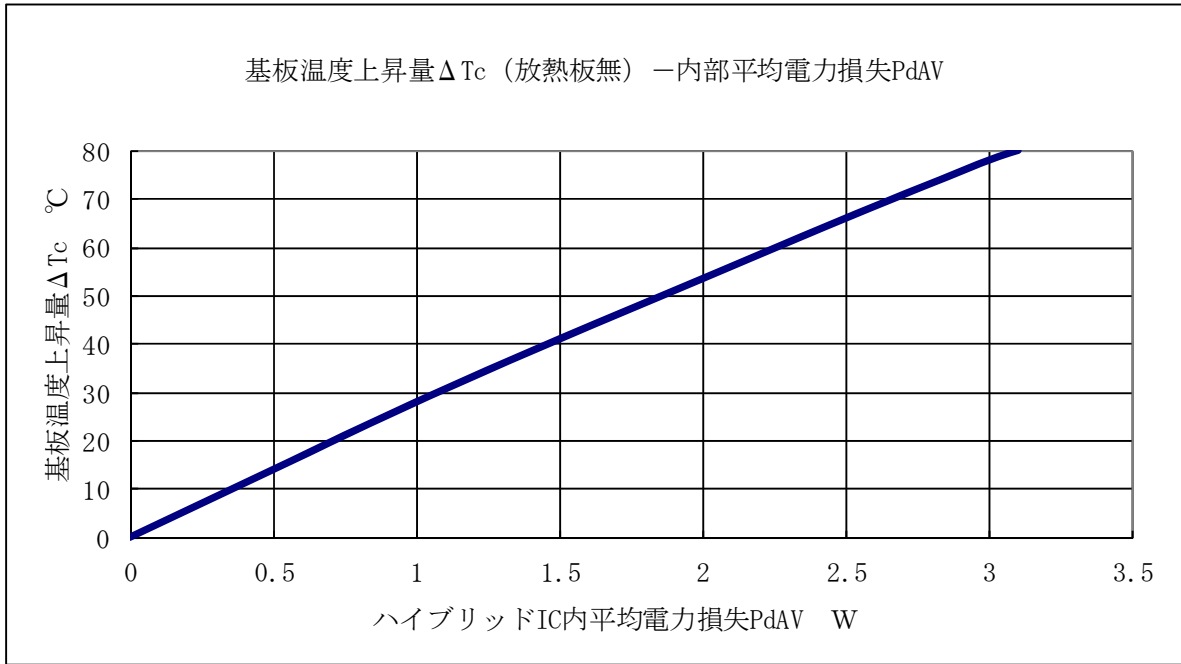
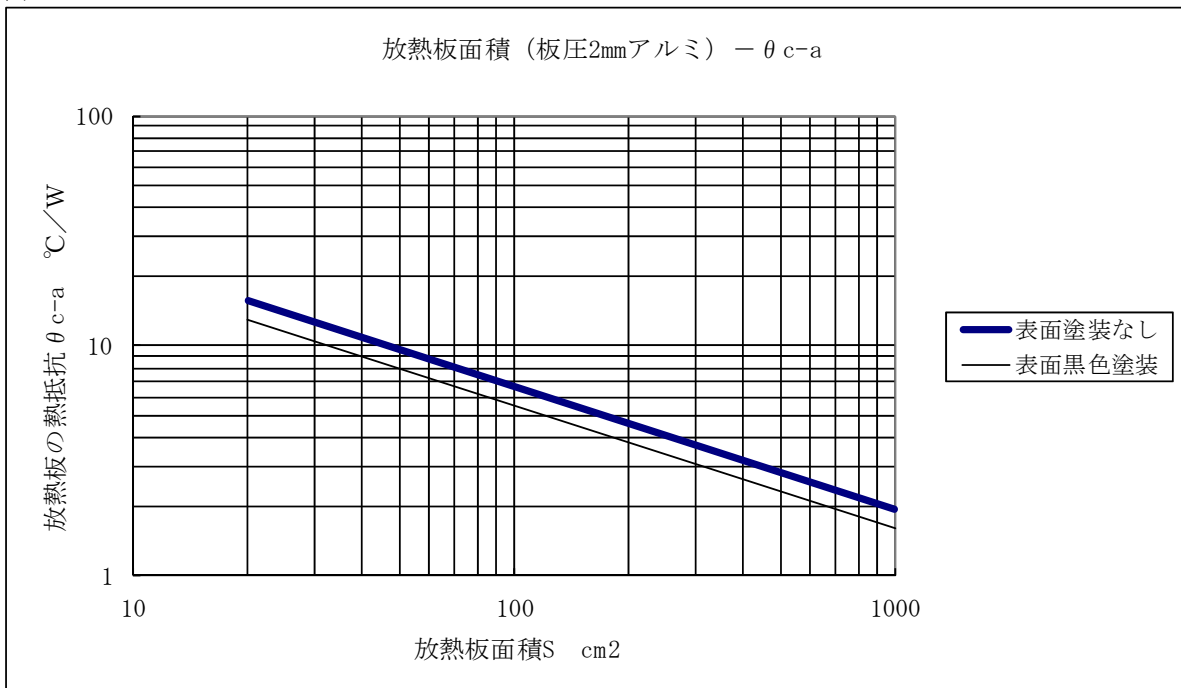
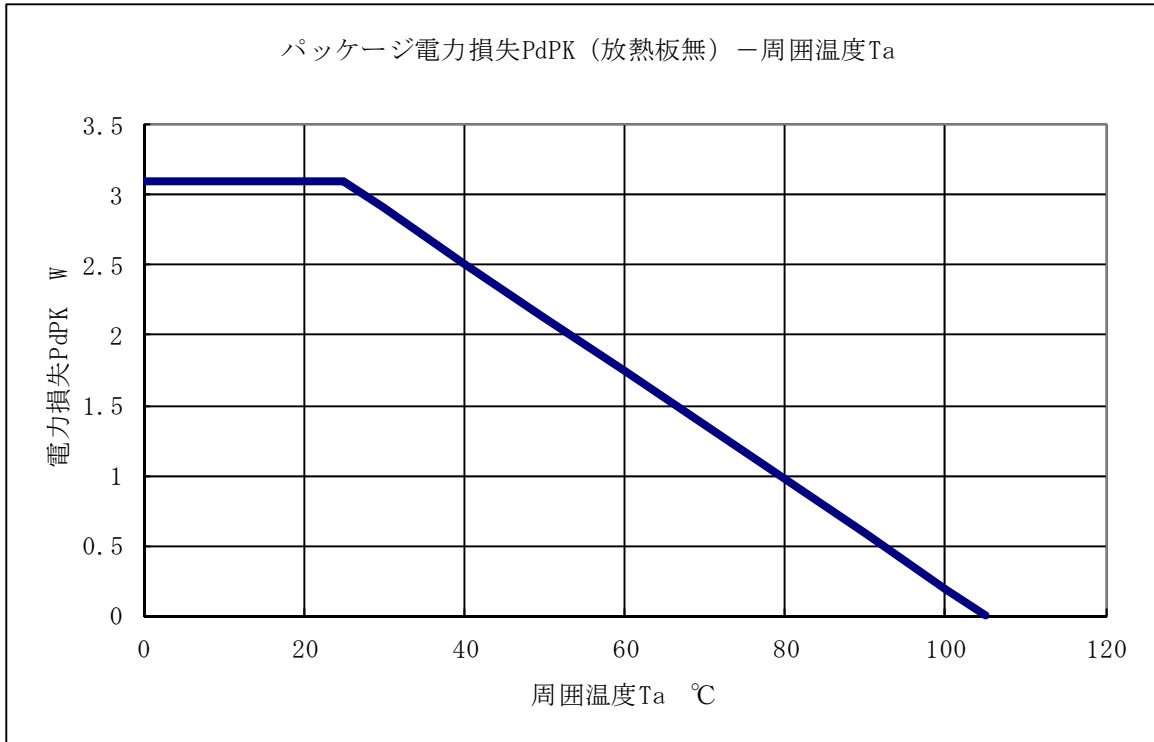


図-3



6. 周囲温度 T_a に対するパッケージ電力損失 P_{dPK} の軽減曲線

パッケージ電力損失 P_{dPK} は、放熱板無で許容できる内部平均電力損失 P_{dAV} のことである。
 下記図は、周囲温度 T_a の変動に対し許容できる電力損失 P_{dPK} を表している。
 $T_a=25^\circ\text{C}$ で 3.1W 、 $T_a=60^\circ\text{C}$ ならば 1.75W まで許容可となる。
 *パッケージの熱抵抗 θ_{c-a} は、 25.8°C/W となる。



7. その他の使用上の注意事項

本資料の応用回路例に記述した“注意事項”の他に下記の内容にも使用上注意ください。

(1) 動作許容範囲について

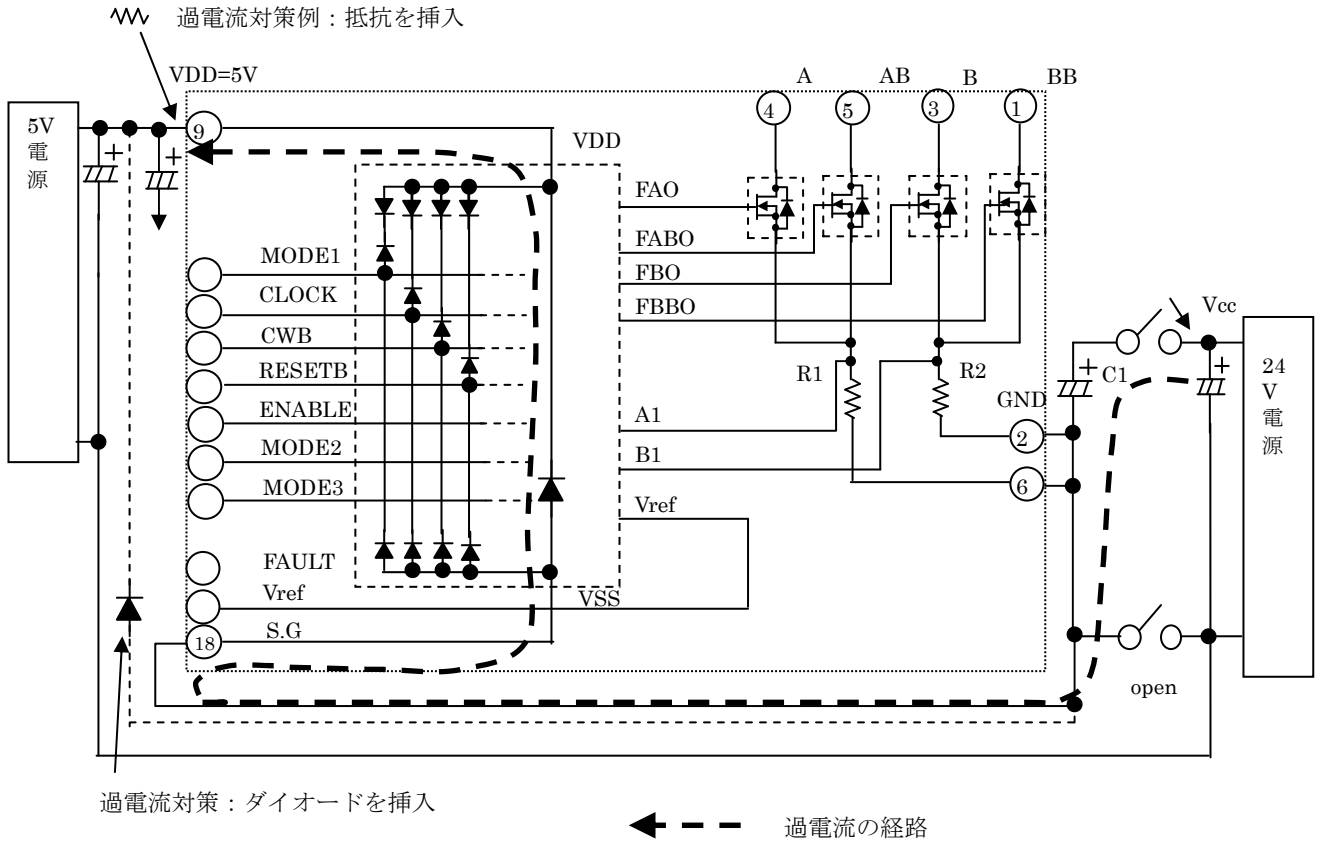
本製品の動作は、動作許容範囲内を想定しています。動作許容範囲を超える電源電圧、入力電圧が印加された場合、内部制御 IC や MOSFET が過電圧で破壊する場合があります。動作許容範囲を超える電圧印加モードが想定される場合は、本製品への電源供給を遮断するようにヒューズなどを接続すること。

(2) 入力端子について

入力端子に静電気などで仕様外の過電圧が印加されると、本製品が破壊することがあるので、入力端子へ接続するラインに抵抗を挿入するなどの対策を施すこと。
100Ω～1kΩの抵抗の挿入が、過電圧により発生する電流を抑制し、破壊防止に効果がある。

(3) 電源コネクタについて

本製品を検査などで動作させる際、誤って電源コネクタのGND部を接続せずモータ用電源V_{CC}を印加した場合、V_{CC}用デカップリングコンデンサC1を経由して、内部制御ICのV_{DD}-GND間の寄生ダイオードに過電流が流れ、制御ICの電源端子部が破壊することがある。
この場合の破壊防止には、V_{DD} 端子に 10Ωの抵抗を挿入するか、V_{CC} 用デカップリングコンデンサC1のGNDとV_{DD}端子にダイオードを接続すること。

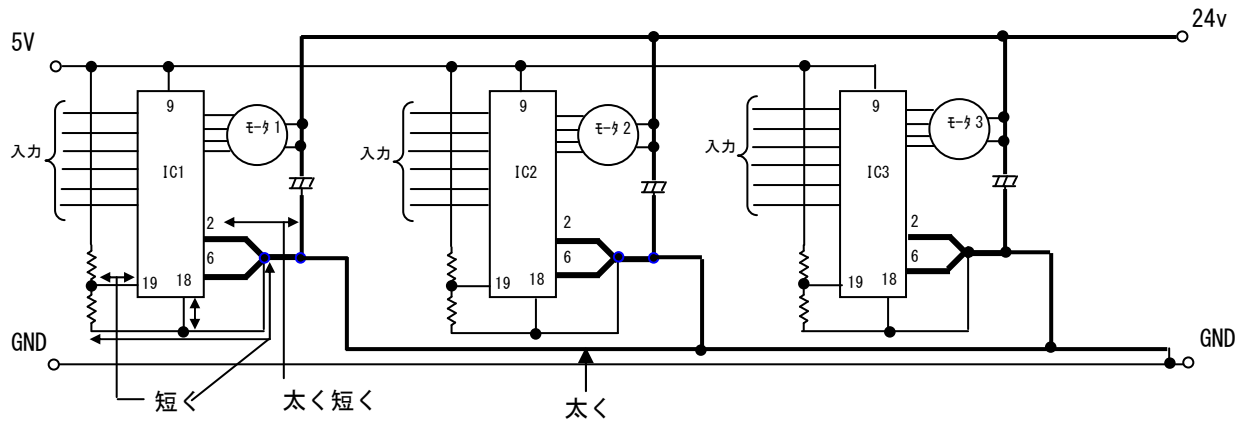


(4) 入力信号ラインについて

- ①GND パターン配線による抵抗成分やインダクタンス成分の影響から、GND 電位変動を出来るだけ低減させるためにドライバの実装は IC ソケットを使わず、基板へ直接半田付け実装すること。
- ②小信号ラインへの電磁誘導によるノイズを低減させるため、モータ出力ライン A(4ピン)相,AB(5ピン)相,B(3ピン)相,BB(1ピン)相に接近した状態で平行の小信号ライン(センサ信号,5V または 3.3V 電源による信号ライン)を設計しないこと。

(5) 複数のドライバを同一基板に実装する場合について

複数のドライバを実装する時の GND 設計は、他のドライバの GND 電位を安定させるため、各ドライバごとに VCC 用デカップリングコンデンサ C1 を実装すること。下記のような配線がポイントである。



(6) VCC の使用限界について

2 相ステップモータドライバの出力(例として F1)が OFF すると出力電圧 VFB は、対となる F2 の寄生ダイオードに流れる電流で起こる AB 相の逆起電力 eab が、F1 側に誘起されて VCC の 2 倍以上の電圧になります。これを式で表すと下記のようなになる。

$$V_{FB} = V_{CC} + e_{ab}$$

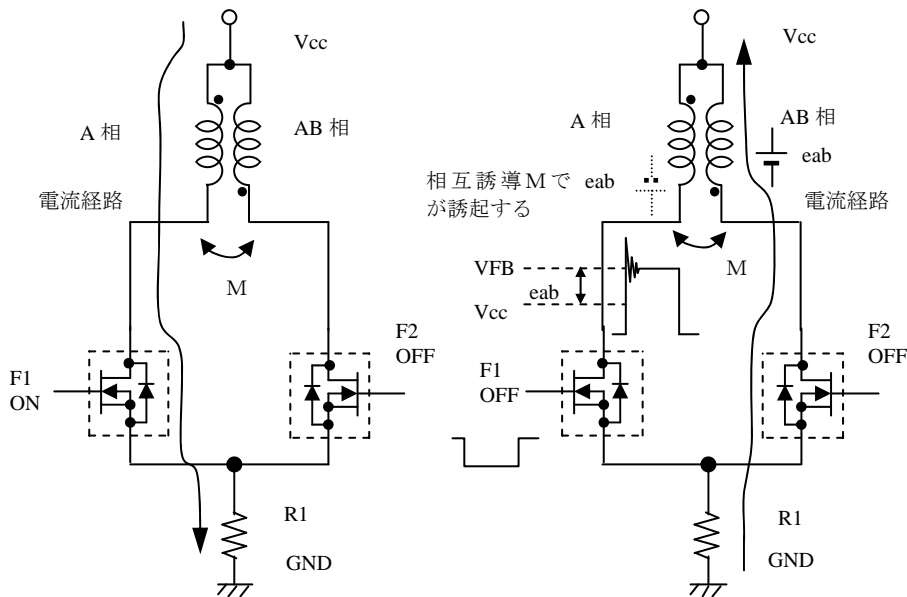
$$= V_{CC} + V_{CC} + I_{OH} \times R_M + V_{df} (1.6V)$$

V_{cc} : モータ電源電圧、I_{OH} : V_{ref} 設定によるモータ電流

V_{df} : F2 の寄生ダイオードと電流検出抵抗 R1 による電圧降下、R_M : モータの巻き線抵抗値

上記の式から、V_{FB} がかならず MOSFET の耐圧 100V 未満であることを確認すること。

R_M と I_{OH} の仕様により、V_{CC} の使用限界が、動作許容範囲の V_{CC} = 46V を下回ることがある。



VFB を超える振動電圧は、回路上にない微小コンデンサ C が含まれた LCRM (インダクタンス, コンデンサ, 抵抗, 相互誘導) 振動であり、M がモータ特性に左右されるため、モータ仕様により差異が生じる。

また、定電流駆動をしない定電圧駆動ならば、V_{CC} ≥ 0V でモータ回転動作は可能である。

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping (Qty / Packing)
STK672-440BN-E	SIP-19 (Pb-Free)	15 / Tube

ON Semiconductor and the ON logo are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of SCILLC's product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

(参考訳)

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC)の登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起こり得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。

SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。