

5相ステッピングモータードライバーコントロール IC

SI - 7510**アプリケーションノート(Ver.3)**

〔目次〕

1. はじめに	2 頁
2. 特徴	2 頁
3. 製品仕様	
3-1 絶対最大定格	3 頁
3-2 推奨動作条件	3 頁
3-3 電気的特性	3 頁
4. 限定格図	4 頁
5. 入力ロジック真理値表	4 頁
6. 内部ブロック図	5 頁
7. ピン配列、機能表	5 頁
8. 標準外付け回路図(推奨定数)	6 頁
9. 入出力タイミングチャート及びモーターコイル励磁シーケンス	
9-1 出力タイミングチャート	7 頁
9-2 モーターコイル励磁シーケンス	8 頁
10. 外形寸法図、捺印	
10-1 外形図	9 頁
10-2 捺印	9 頁
11. 設定電流の計算	
11-1 設定電流の計算	10 頁
11-2 パワーダウン方法	10 頁
12. チョッピング動作	
12-1 チョッピング OFF 時間	11 頁
12-2 ブランキング時間	11 頁
12-3 チョッピング ON 時間	11 頁
13. 出力素子(パワーMOS FET)の損失計算方法	
13-1 損失計算に必要なパラメータ	12 頁
13-2 損失計算(概算)	12 頁
14. 使用上の注意	
14-1 ノイズについて	14 頁
14-2 電源シーケンスについて	14 頁

1. はじめに

本製品は、5相ステッピングモーター新ペンタゴン駆動専用のコントロール IC です。励磁シーケンス回路を内蔵しているため外部から Clock(CL)を入力することでモーターを駆動できます。

出力段には、Nch パワーMOS FET アレイを使用し、SI-7510+MOS アレイ×2 の3パッケージでドライバを構成します。

※本製品で使用しています駆動方式は、オリエンタルモーター(株)殿の所有する特許があります。このため、モーター選定には十分注意をしてご使用下さい。

2. SI-7510 の特徴

【1】 主電源 $V_{cc1}=10\sim 42V$ 対応

【2】 コントロール電源電圧 $V_{cc2} =3\sim 5.5V$ 対応

【3】 正転(CW)／逆転(CCW)切替え機能

【4】 4相励磁(Full)／4-5相励磁(Half)切替え機能

【5】 Enable／Disable 切替え機能

Disable 時において内部カウンタは働いているので Clock を入力するとシーケンスは進みます。

【6】 ハイサイドドライブ用チャージポンプ回路内蔵

本製品は、出力段の構成に全て Nch MOS FET を使用します。

このため、ハイサイドドライブ用としてチャージポンプ回路を内蔵しています。

【7】 外付け R_t/C_t による自励方式の定電流制御を採用。

【8】 最大出力電流は、ペアで使用する MOS FET アレイの定格で決まります。

出力電流	推奨 MOS FET
$I_o=6A$	SLA5073+SLA5074
$I_o=7A$	SLA5068+SLA5065

3. 製品仕様

3-1 絶対最大定格

項目	記号	規格	単位
主電源電圧	Vcc1	4.4	V
Logic 電源電圧	Vcc2	7	V
Logic 入力電圧	VIN	-0.3 ~ Vcc2	V
REF 入力電圧	VREF	-0.3 ~ Vcc2	V
Sense 入力電圧	Vsense	2	V
チャージポンプ出力電圧	VMC3	4.8	V
許容損失	PD	1.6	W
動作周囲温度	Ta	-10 ~ 80	°C
保存温度	Tstg	-20 ~ 150	°C
ジャンクション温度	Tj	150	°C

3-2 推奨動作条件

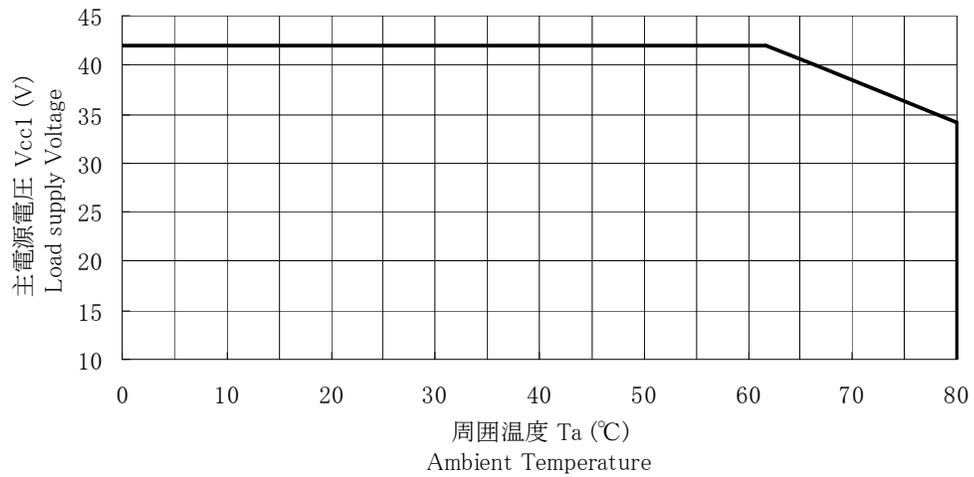
項目	記号	動作範囲	単位
主電源電圧	Vcc1	1.0 ~ 4.2(※)	V
Logic 電源電圧	Vcc2	3 ~ 5.5	V
REF 電圧	VREF	0.1 ~ 1	V

※Vcc1 を 35V 以上で使用する場合、Vcc1~VMC3 間に 5V のツェナ-Di を挿入して下さい。

3-3 電気的特性

項目	記号	条件	規格			単位
			Min	Typ	Max	
主電源電流	Icc1				25	mA
Logic 電源電流	Icc2				10	mA
Logic 入力電圧	VIL	Vcc2=5V			1.25	V
	VIH	Vcc2=5V	3.75			V
Logic 入力電流	IIL	VIL=0V	-20		20	μA
	IiH	VIH=5.5V	-20		20	μA
ENA 入力電流	IENA	VENA=0V	-100		20	
REF 入力電流	IREF	IENA=0~5.5V	-20		20	μA
Sense 電圧	Vsense	VREF=1V		1		V
Sense 電流	Isense	Vsense=0V,2V	-20		20	μA
Mo 出力電圧	VMOL	IMOL=1mA			1	V
	VMOH	IMOH=-1mA	4			V
RC 端子スレッシュ電圧	VRCL			0.5		V
	VRCH			1.5		V
RC 端子流出電流	IRC	VRC=0V		300		μA
チャージポンプ出力電圧	VMC3	ZDi 無し		Vcc1+9		V
ハイサイド出力電圧 (ゲート-ソース間)	VHGSL				1	V
	VHGSH			8.5		V
ローサイド出力電圧	VLGL				1	V
	VLGH		7.5		V	
最大入力 Clock 周波数	fck		100			kHz
最小入力 CL 幅(on)	TCON		1			μs
パワーオンセット時間	TPW			1.5		μs
出力遅延時間	TIO			2		μs
CW/CCW,F/H 入力 データーセットアップ時間	TICS	対 CL ↑	500			ns
CW/CCW,F/H 入力 データーホールド時間	TICH		500			ns

4. 限定格図



5. 入力ロジック真理値表

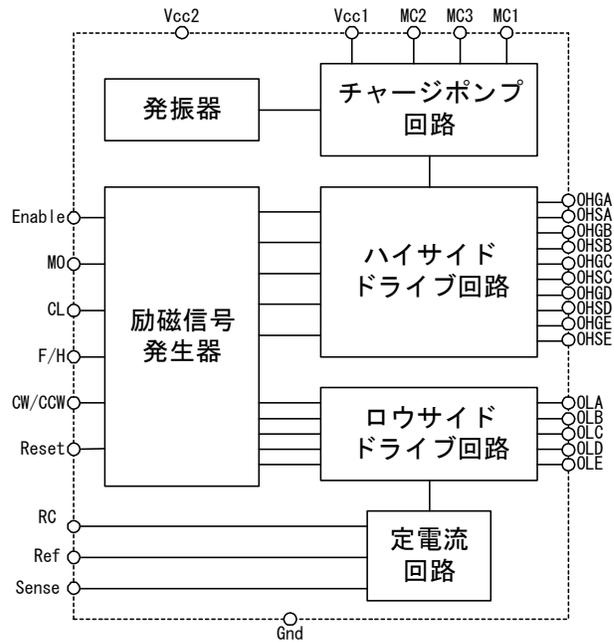
機能(Pin No.)	L	H
Clock		
Enable(5)	Disable ^{※1}	Enable
Full/Half(9)	Full	Half
CW/CCW(10)	CW	CCW
Reset(11)	Enable	Reset ^{※2}

※上記、各機能は CL 信号とは非同期に働きます。

※1 Disable 状態において、CL を入力すると内部カウンタが働き出力シーケンスが進みます。

※2 Reset 時(原点)に出力が ON する相は、ハイサイド : A 相, ロウサイド : C 相、D 相になります。

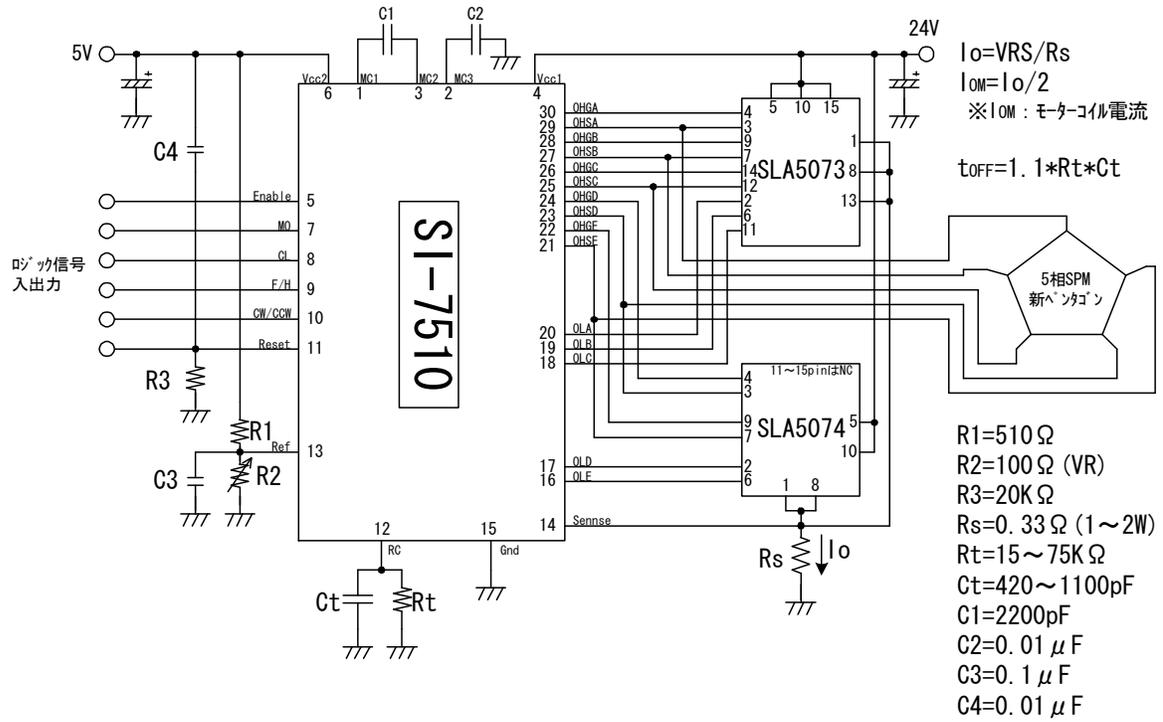
6. 内部ブロック図



7. ピン配列、機能表

Pin 番号	記号	機能
1	MC1	チャージポンプ用コンデンサ接続端子(対 MC2)
2	MC3	チャージポンプ用コンデンサ接続端子(対 Gnd)
3	MC2	チャージポンプ用コンデンサ接続端子(対 MC1)
4	Vcc1	主電源電圧入力
5	Enable	出力 OFF
6	Vcc2	Logic 電圧入力
7	MO	モーター位置検出用モニター
8	CL	クロック
9	F/H	4Φ, 4 - 5Φ 切替
10	CW/CCW	正転, 逆転切替
11	Reset	リセット
12	RC	チョッピング OFF 時間設定用 RC 接続
13	Ref	モーター電流設定用基準電圧入力
14	Sense	モーター電流検出用
15	Gnd	Gnd
16	VOLE	ロウサイド MOS FET ゲート接続端子(E 相)
17	VOLD	ロウサイド MOS FET ゲート接続端子(D 相)
18	VOLC	ロウサイド MOS FET ゲート接続端子(C 相)
19	VOLB	ロウサイド MOS FET ゲート接続端子(B 相)
20	VOLA	ロウサイド MOS FET ゲート接続端子(A 相)
21	VOHSE	ハイサイド MOS FET ソース接続端子(E 相)
22	VOHGE	ハイサイド MOS FET ゲート接続端子(E 相)
23	VOHSD	ハイサイド MOS FET ソース接続端子(D 相)
24	VOHG	ハイサイド MOS FET ゲート接続端子(D 相)
25	VOHSC	ハイサイド MOS FET ソース接続端子(C 相)
26	VOHGC	ハイサイド MOS FET ゲート接続端子(C 相)
27	VOHSB	ハイサイド MOS FET ソース接続端子(B 相)
28	VOHGB	ハイサイド MOS FET ゲート接続端子(B 相)
29	VOHSA	ハイサイド MOS FET ソース接続端子(A 相)
30	VOHGA	ハイサイド MOS FET ゲート接続端子(A 相)

8. 標準外付け回路図(推奨定数)

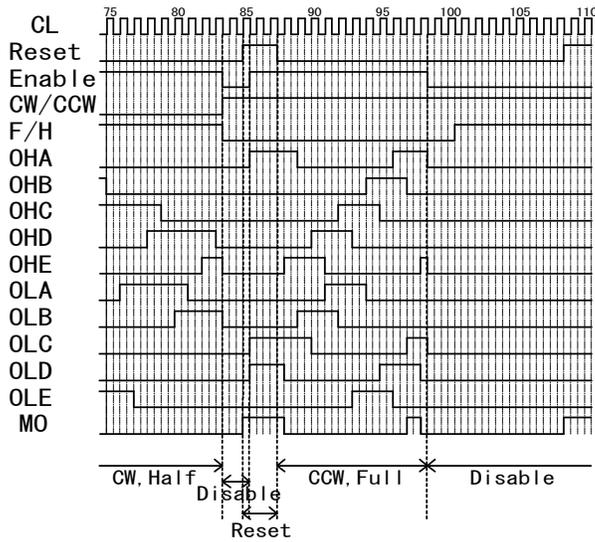
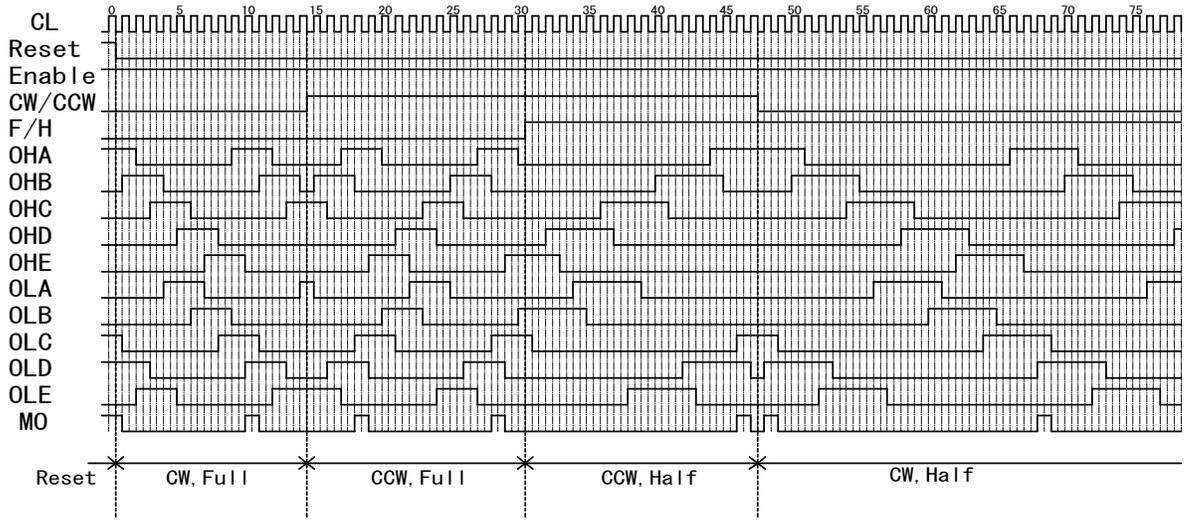


☆Vcc ラインのノイズに注意して下さい。

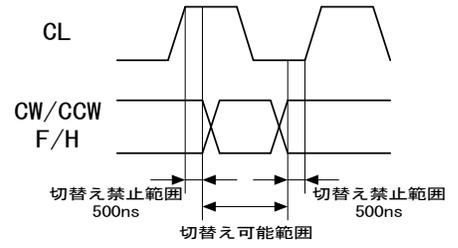
Vcc ラインのノイズが 0.5V 以上になると製品が誤動作する場合があります。

9. 入出力タイミングチャート及びモーターコイル励磁シーケンス

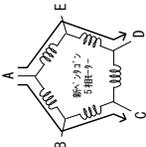
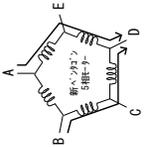
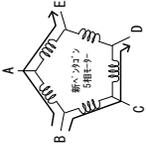
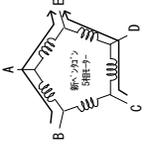
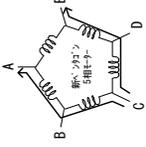
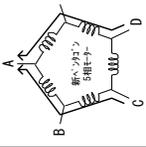
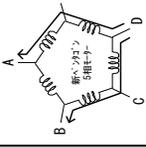
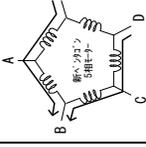
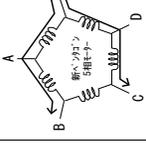
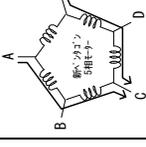
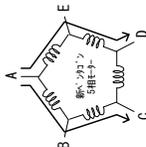
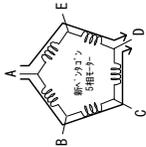
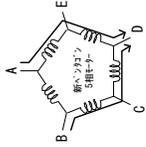
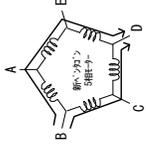
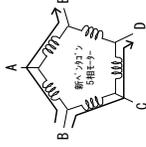
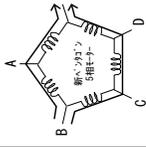
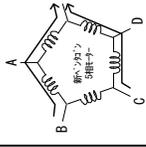
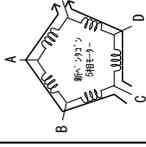
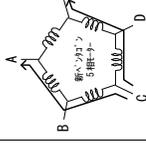
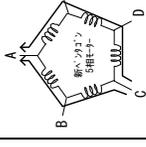
9-1 入出力タイミングチャート



* 各入力信号切替え条件



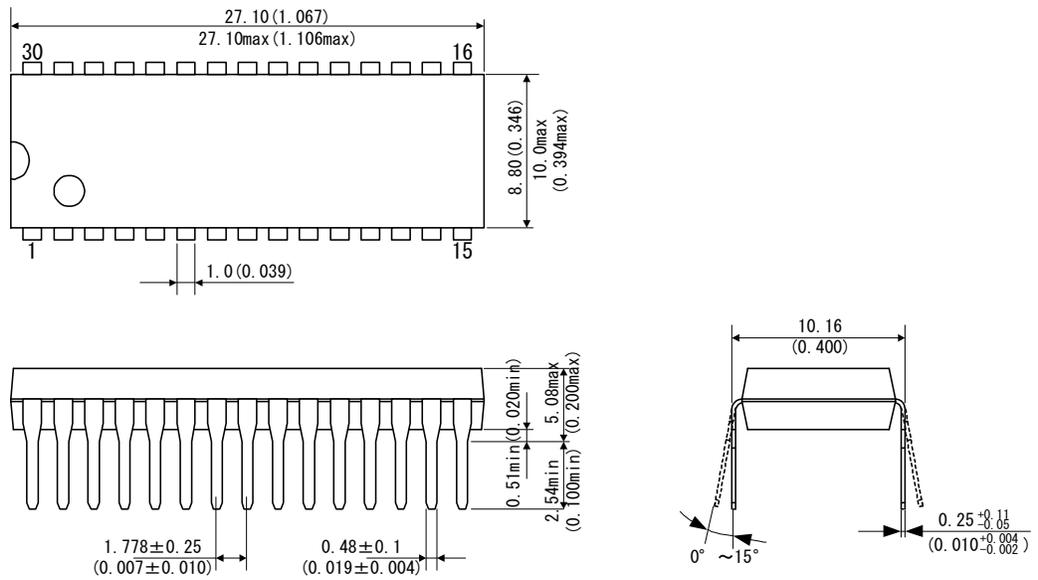
9-2 モーターコイル励磁シーケンス

励磁方式	← CCW → CW									
	0 (原点)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4 相励磁 Full Step										
	0 (原点)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4-5 相励磁 Half Step										
	1 0	1 1	1 2	1 3	1 4	1 5	1 6	1 7	1 8	1 9

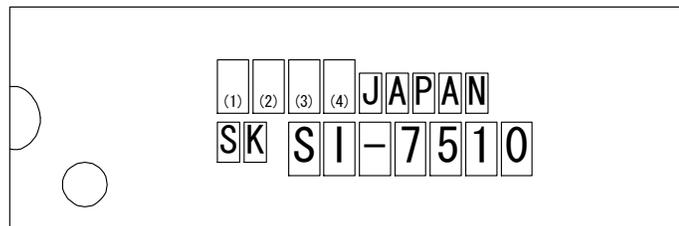
10. 外形寸法図、捺印

SI - 7510 は、Pin ピッチが **1.778mm** の Dip タイプの IC です。

10-1 外観図



10-2 捺印



カラム	項目	仕様
(1)	年コード	西暦下1桁
(2)	月コード	月 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
		アノアベット 1 2 3 4 5 6 7 8 9 O N D
(3)	管理コード	1~9, 0の数字
(4)	管理コード	1~9, 0の数字

○年, 月, はマーク捺印時で設定。

11. 設定電流の計算

11 - 1 設定電流の計算

図 11.1 は、Reset 時(励磁原点)におけるモーター電流経路を示しています。

本製品は、トータル電流制御を行っているため設定電流 I_o とモーターコイル電流 I_{OM} の関係は、以下ようになります。

$$I_o = 2 \times I_{OM}$$

又、検出電圧 V_{RS} と比較する基準電圧 V_{REF} のデバイダー比率は 1 : 1 になっていますので設定電流 I_o は、以下の式で表されます。

(図 9.2 参照)

$$I_o = V_{REF} / R_s$$

$$V_{REF} = V_{cc2} \times r2 / (r1 + r2)$$

11 - 2 パワーダウン方法

モーターホールド時等にモータートルクをパワーダウンする場合、図 11.2 のように r_x と Tr の回路を追加します。

この設定電流 I_{opd} の計算式を以下に示します。

$$I_{opd} = \frac{1}{1 + \frac{r1(r2+rx)}{r2 \cdot rx}} \cdot \frac{V_{cc2}}{R_s}$$

なお、上記計算式には、トランジスタの飽和電圧は考慮されていません。

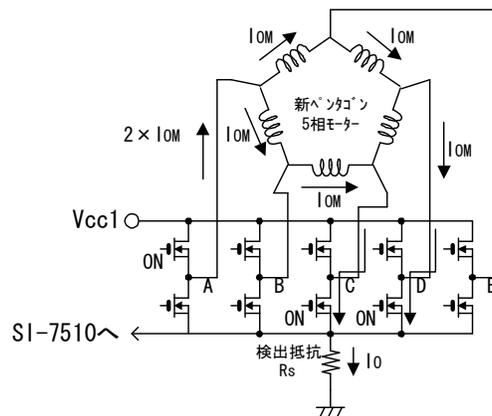


図 11.1 モーター電流経路

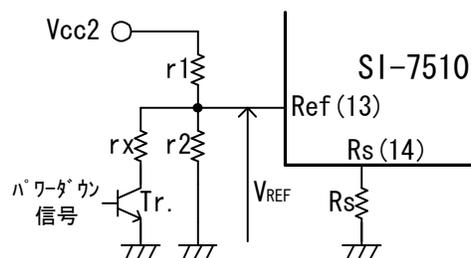


図 11.2 電流設定回

12. チョッピング動作

図 12.1 にチョッピング動作時の各端子の動作波形、図 12.2 にチョッピング動作時の電流経路を示します(実線：チョッピング ON 電流 I_{ON} 、点線：チョッピング OFF 電流 I_{OFF})。

12 - 1 チョッピング OFF 時間

本製品は、チョッピング動作のうちチョッピング OFF 時間を制御しています。チョッピング OFF 時間は、RC 端子に接続します R_t / C_t の時定数により決定され、RC 端子電圧が約 1.5V から約 0.5V に減少するまでの時間になります。

- ・チョッピング OFF 時間 t_{OFF} の計算式

$$t_{OFF} \approx 1.1 \times R_t \times C_t$$

$$R_t = 15 \sim 75 \text{K}\Omega, C_t = 420 \sim 1100 \text{pF} (\text{推奨値})$$

12 - 2 ブランキング時間

R_t/C_t は、ブランキング時間 t_{BRK} についても関係しております。ブランキング時間は、チョッピング動作にて OFF から ON に動作した際に発生するリングングノイズによる誤動作を防ぎます。ブランキング時間は RC 端子電圧が約 0.5V から約 1.5V に増加するまでの時間になります。RC 端子電圧が増加する際には RC 端子から約 $200 \mu\text{A}$ の電流が流れ出ます。

- ・ブランク時間 t_{BRK} の計算式

$$t_{BRK} \approx C_t / (200 \times 10^{-6})$$

なお、ブランキング時間内では基準電圧より検出電圧が高くなっても電源制御回路は動作せず常に ON 状態となります。このため C_t の定数が大きすぎると出力電流値を小さく設定しようとした際に設定値まで下がらなくなる可能性があります。また、 C_t の定数が小さすぎるとリングングノイズによる誤動作の原因になります。

12 - 3 チョッピング ON 時間

本製品の場合は、チョッピング ON 時間は、主電源電圧 V_{cc1} 、モーター時定数及びチョッピング OFF 時間等により決定されます。尚、モーター回転実動作時において、モーターコイルのインダクタンス成分は磁束を横切ることで常に変化するため、チョッピング ON 時間が変動します。

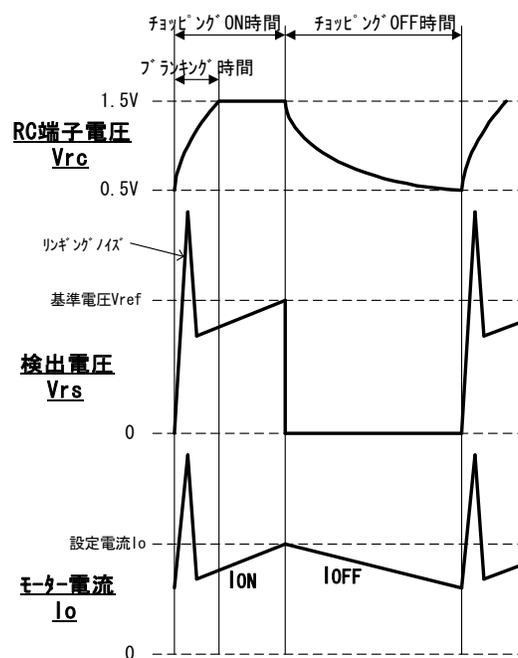


図 12.1 チョッピング動作波形

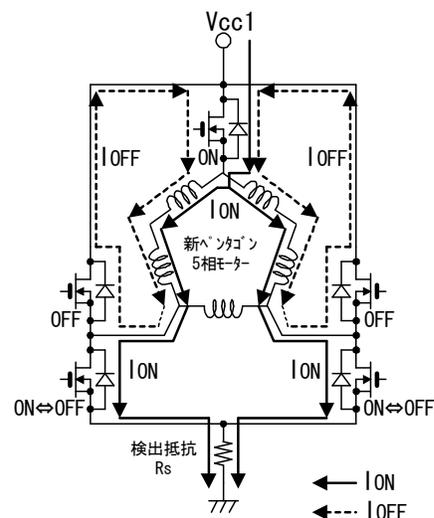


図 12.2 チョッピング電流経路

13. 出力素子(パワーMOS FET)の損失計算方法

SI - 7510 は、出力段にパワーMOS FET を接続しモーターを駆動します。

このパワーMOS FET の概略損失計算方法を以下に示します。尚、この計算方法は近似式であり実動作時のパラメータ変動等の要素は考慮されていません。このため、最終的な判断として実動作におけるパワーMOS FET の発熱を確認して下さい。

13 - 1 損失計算に必要なパラメータ

パワーMOS FET の損失を算出するには、以下のパラメータが必要になります。

- ①制御電流 I_{OM} (電流リップルの平均)
- ②励磁方式
- ③電流制御時のチョッピング時間： t_{ON} , t_{OFF}
- ④パワーMOS FET の ON 抵抗： $R_{DS(ON)}$
- ⑤パワーMOS FET のボディーDi 順方向電圧 V_{SD}

ここで、④、⑤は使用されるパワー MOS FET の仕様上の最大値を使用してください。又、③は実動作にて確認が必要になります。

13 - 2 損失計算(概算)

以下に各励磁方式における各相の損失状態を示します。

※MOS アレイに SLA5073(3ch 分)と SLA5074(2ch 分) を用いた場合を例に示します。

下記状態の表中に記載している各記号の損失は下記の式で表されます。

- $H1 = I_o^2 \times R_{DS(ON)}$ [W]
- $H2 = I_{OM}^2 \times R_{DS(ON)}$ [W]
- $L1 = I_o^2 \times R_{DS(ON)} \times t_{ON}/(t_{ON}+t_{OFF}) + I_o \times V_{SD} \times t_{OFF}/(t_{ON}+t_{OFF})$ [W]
- $L2 = I_{OM}^2 \times R_{DS(ON)} \times t_{ON}/(t_{ON}+t_{OFF}) + I_{OM} \times V_{SD} \times t_{OFF}/(t_{ON}+t_{OFF})$ [W]

※ $I_o = I_{OM} \times 2$ 倍 ($I_o = V_{ref} \div R_s$)

t_{ON} 対 t_{OFF} の比率 = 1 : 5 (概算)

4 相励磁(フルステップ)

Step	原点			1			2			3			4			5			6			7			8			9					
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
SLA5073	H1		L2	H2	H2			H1		H2	H2	L2		H1	L1	H2	L2	L2		L1			L2	L2	H2		L1		L2	L2	H2		L1
SLA5074	D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E	
	L2			L1			L2	L2		L1			L2			H2			H1			H2	H2		H1			H2			H2		

ホールド時の損失：任意に停止した Step 箇所の損失について算出してください。

例)原点でホールドした場合

- SLA5073 の損失： $H1 + L2$ [W]
- SLA5074 の損失： $L2$ [W]

回転時の損失：平均損失として求めます。

- SLA5073 の損失： $(H1 \times 3 + H2 \times 6 + L1 \times 3 + L2 \times 6) \div 10$ [W]
- SLA5074 の損失： $(H1 \times 2 + H2 \times 4 + L1 \times 2 + L2 \times 4) \div 10$ [W]

4 - 5 相励磁(ハーフステップ)

Step	原点			1			2			3			4			5			6			7			8			9								
SLA5073	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
	H1		L2	H1			H2	H2				H1			H1			H1			H2	H2			H1	L2		H1	L1		H1					
SLA5074	D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E	
	L2			L1			L1			L1			L2	L2				L1			L1					L1			L2							

Step	10			11			12			13			14			15			16			17			18			19								
SLA5073	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
	L1		H2	L1			L2	L2				L1			L1			L1			L2	L2			L1	H2		L1	H1		L1					
SLA5074	D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E		D	E	
	H2			H1			H1			H1			H2	H2				H1			H1					H1	H1			H2						

ホールド時の損失：任意に停止した Step 箇所の損失について算出してください。

例)原点でホールドした場合

- ・ SLA5073 の損失：H1+L2 [W]
- ・ SLA5074 の損失：L2 [W]

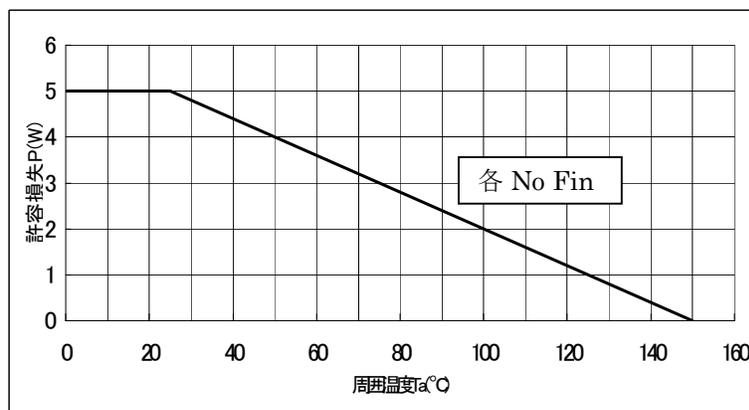
回転時の損失：平均損失として求めます。

- ・ SLA5073 の損失： $(H1 \times 9 + H2 \times 6 + L1 \times 9 + L2 \times 6) \div 20$ [W]
- ・ SLA5074 の損失： $(H1 \times 6 + H2 \times 4 + L1 \times 6 + L2 \times 4) \div 20$ [W]

又、各パワーMOS アレイの許容損失を以下に示します。

- ・ No Fin 時
 - SLA5073 … 5W $\Theta_{j-a}=25^\circ\text{C/W}$
 - SLA5074 … 4.8W $\Theta_{j-a}=26^\circ\text{C/W}$
- ・ 無限大放熱板使用時
 - SLA5073 … 30W $\Theta_{j-c}=4.17^\circ\text{C/W}$
 - SLA5074 … 25W $\Theta_{j-a}=5^\circ\text{C/W}$

算出した損失と許容損失及び下記の限定各図を参考に放熱板を選定して下さい。



SLA5073, SLA5074 の放熱板を決定する際は、必ず実動作にて製品の温度を確認して下さい。上記、損失の算出値は近似値であるため誤差が含まれております。なお、最悪条件において SLA5073, SLA5074 の裏面 AlFin 温度が 100°C 以下になるように放熱板を選定して下さい。

SLA5073, SLA5074 の詳細な内容については、各製品仕様書を参照して下さい。

14. 使用上の注意

14-1 ノイズについて

Vcc2 やロジック入力にノイズが重畳すると、内部シーケンサがノイズに反応しシーケンスとびを生じる可能性がありますので十分ノイズの発生には注意して下さい。

14 - 2 電源シーケンスについて

SI-7510 をご使用の際は、電源を落とす際には、Vcc1 を先に落とすことをお奨め致します。

Vcc2 を先に落とすと、SI-7510 の出力段が MOS ゲートに蓄えられた電荷が抜け切る前にハイインピーダンスとなり、MOS ゲートの電荷が自然放電する間 MOSFET がオンします。この間、過電流が生じますので注意する必要があります。

お問い合わせ先

●東京事務所

〒171-0021 東京都豊島区西池袋1-11-1(メトロポリタンプラザビル)

TEL: 03-3986-6166

●大阪支店

〒530-0057 大阪市北区曽根崎2-12-7(梅田第一ビル)

TEL: 06-6312-8716

●名古屋営業所

〒450-0002 名古屋市中村区名駅4-26-22(名駅ビル)

TEL: 052-581-2767

●九州営業所

〒812-0011 福岡市博多区博多駅前2-2-1(福岡センタービル)

TEL: 092-411-5871