

半導体ニュース No.2055A とさしかえてください。

**STK6982H** — 厚膜混成集積回路  
ユニポーラ定電流駆動用  
**4相ステッピングモータドライバ**

- 用途**
- ・シリアルプリンタ、ラインプリンタ等各種プリンタの紙送りモータおよびキャリッジモータドライブ。
  - ・ファクシミリ機の副走査モータドライブ。
  - ・PPCのスキヤニングモータドライブ、X-Yプロッタのペンドライブ。
  - ・工業用ロボット。
- 特長**
- ・モータ電流の立ち上がり特性を良くすること、および定電流にして発熱を小さくするためにチョップ動作を行う。
  - ・チョッピング周波数は、モータのR、Lと外付け抵抗で決まり、自動式である(他動方法も可)。
  - ・ユニポーラ駆動のため、ハイブリッド型、PM型、VR型のいずれのステッピングモータも駆動可能である。
  - ・ポーズ端子があり、一時停止のコントロールが可能である。
  - ・V<sub>CC</sub>=36Vの高速型に使用可(V<sub>CC</sub>=24V使用にはSTK6982B)。

最大定格 / Ta = 25°C

項目	記号	条件	値	unit
最大電源電圧	V <sub>CC</sub>	無信号時	52	V
		動作時	42	V
相ドライバ耐圧	V <sub>CE</sub>		80	V
相ドライバ電流	I <sub>O</sub>	各相当り (0.5s, 1パルス)	2.5	A
相入力電圧	V <sub>IN</sub>	R <sub>g</sub> = 1kΩ, 1s	30	V
IC基板温度	T <sub>c</sub>		105	°C
接合部温度	T <sub>j</sub>		150	°C
保存周囲温度	T <sub>stg</sub>		-40 ~ +125	°C
接合部熱抵抗	θ <sub>j-c</sub>	チョップトランジスタ (TR1, 6)	13.5	°C/W
		相ドライバトランジスタ (TR2, 3, 4, 5)	13.5	°C/W

動作特性 / Ta = 25°C, V<sub>CC</sub> = 36V

項目	記号	条件	min	typ	max	unit
出力飽和電圧 I	V <sub>st(1)</sub>	チョップトランジスタ, R <sub>L</sub> = 21Ω, R <sub>E</sub> = 0, R <sub>O</sub> = 4.7kΩ, V <sub>IN</sub> = 5V, R <sub>g</sub> = 1.2kΩ		1.2	1.6	V
出力飽和電圧 II	V <sub>st(2)</sub>	相ドライバトランジスタと出力ダイオード, R <sub>E</sub> = 21Ω, R <sub>E</sub> = 0, R <sub>O</sub> = 4.7kΩ, V <sub>IN</sub> = 5V, R <sub>g</sub> = 1.2kΩ		2.3	2.8	V

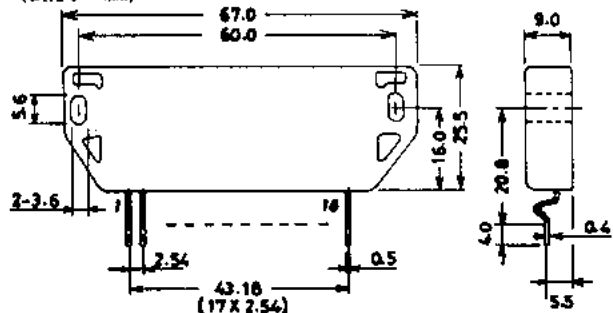
次ページへ続く。

■この資料の情報は、概略回路および回路定数を含む。は一例を示すもので、量産セットとしての設計を保證するものではありません。また、この資料は正確かつ信頼すべきものであると確信しておりますか。その使用にあたって第三者の工業所有権その他の権利の侵害に対する保證を行うものではありません。

■本書記載製品が、外国為替および外国貿易管理法に定める戦略物資(役務を含む)に該当する場合、輸出する際に同法に基づく輸出許可が必要です。

■本書記載の製品は、生命維持装置等、運搬人命にかかわるような、極めて高度の信頼性を要する用途に対応する仕様にはなっておりません。その様な場合は、あらかじめ当社販売窓口までご相談ください。

外形図 4080  
(unit: mm)



\*これらの仕様は、改良などのため変更することがあります。

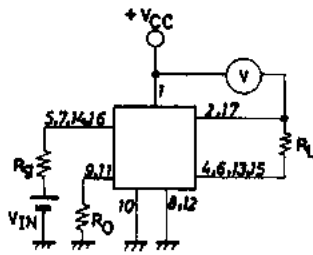
前ページより続く。

			min	typ	max	unit
出力電流	$I_{OH}$	各相 $I_{IN}=2.75\text{mA}$ , $R_G=1.2\text{k}\Omega$ , $R_L=21\Omega$ , $R_E=0$ , $R_O=4.7\text{k}\Omega$ ,	1.4	1.5		A
停止時電流	$I_{CCO}$	$R_L=21\Omega$ , $R_E=0$ , $R_O=4.7\text{k}\Omega$ , $2.0\text{V} \leq V_{\text{pause}} \leq 5.0\text{V}$		8.0	16.0	mA
ダイオード順電圧 I	$V_{df}(1)$	$I_f=0.3\text{A}$ (D2, D7, D9, D10, D11, D12)		1.5	1.8	V
ダイオード順電圧 II	$V_{df}(2)$	$I_f=0.5\text{A}$ (D1, D8 フライホイール)		1.2	1.8	V
9ピン or 11ピン電圧 I	$V_H$	無信号時, $R_O=4.7\text{k}\Omega$ , $R_E=0$	0.35	0.50	0.70	V
9ピン or 11ピン電圧 II	$V_L$	無信号時, $R_O=\text{open}$ , $R_E=0$		0.08	0.30	V

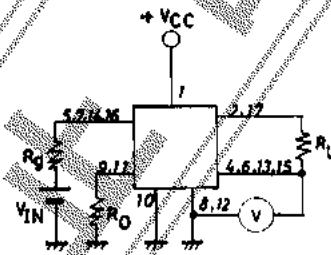
測定回路図

単位 (括弧値は)

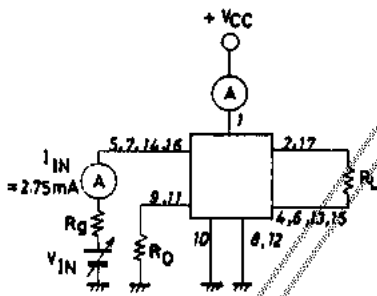
Vst-1



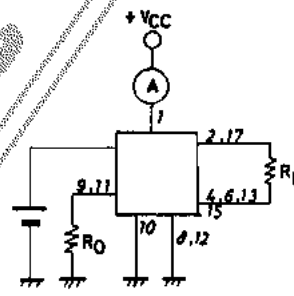
Vst-2



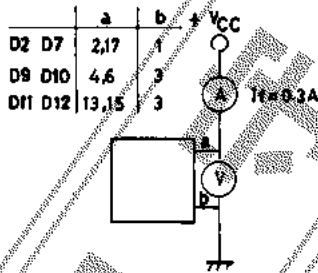
$I_{OH}$



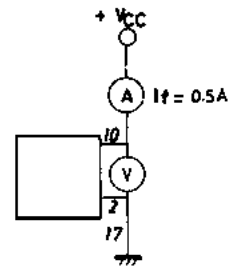
$I_{CCO}$



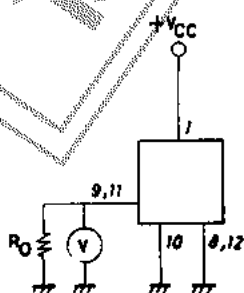
Vdf-1



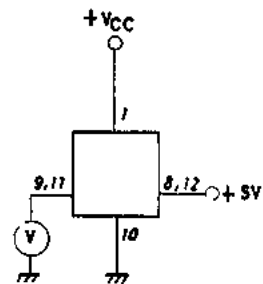
Vdf-2



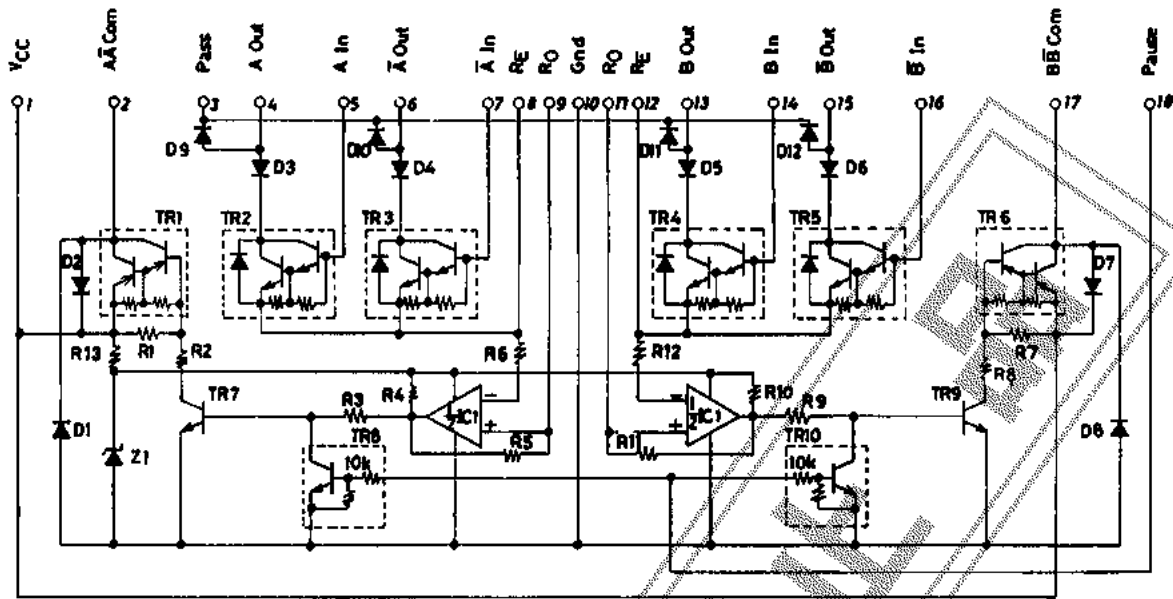
$V_H$



$V_L$



単価回路図



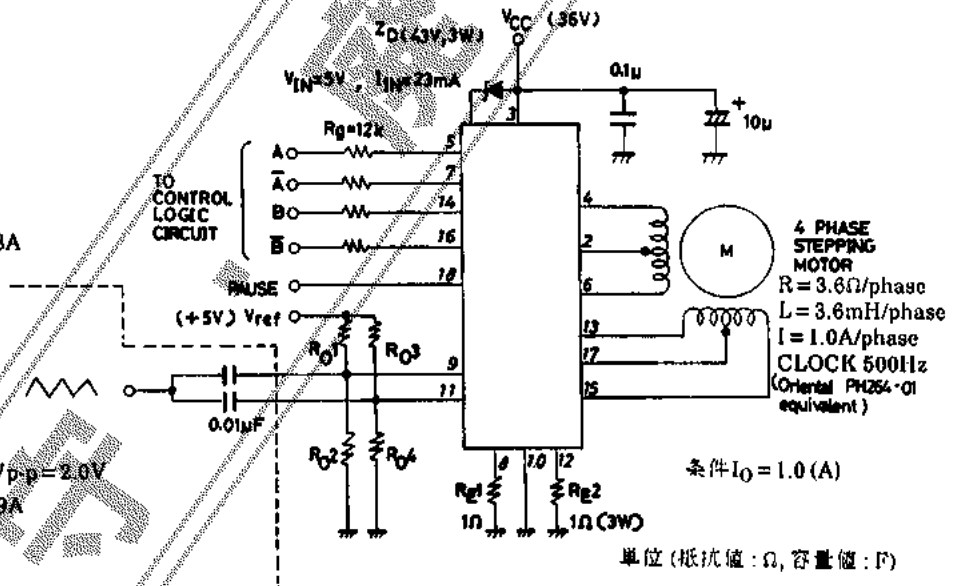
応用回路例

(1) 自動方式

- $R_{O1} = R_{O3} = 22k\Omega$
- $R_{O2} = R_{O4} = 4.7k\Omega$
- $f_c = 5kHz$
- $I_{OH} = 1.2A, I_{OL} = 0.8A$

(2) 他動方式

- $R_{O1} = R_{O3} = 47k\Omega$
- $R_{O2} = R_{O4} = 4.7k\Omega$
- $f_c = 20kHz$ , 三角波  $V_{p-p} = 2.0V$
- $I_{OH} = 1.1A, I_{OL} = 0.9A$



条件  $I_O = 1.0 (A)$

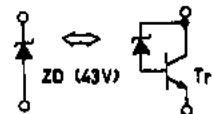
単位 (抵抗値:  $\Omega$ , 容量値: F)

注1)  $Z_D$ はモータ電流がオフになった時モータのLから出るフライバック電力の吸収を早めて電流の切れをよくするためのもので下記条件で選定する。

$$V_{ZD} < V_{CE(80V)} - V_{CC}$$

注2) 外付け抵抗の選定は次ページの動作説明を参照。

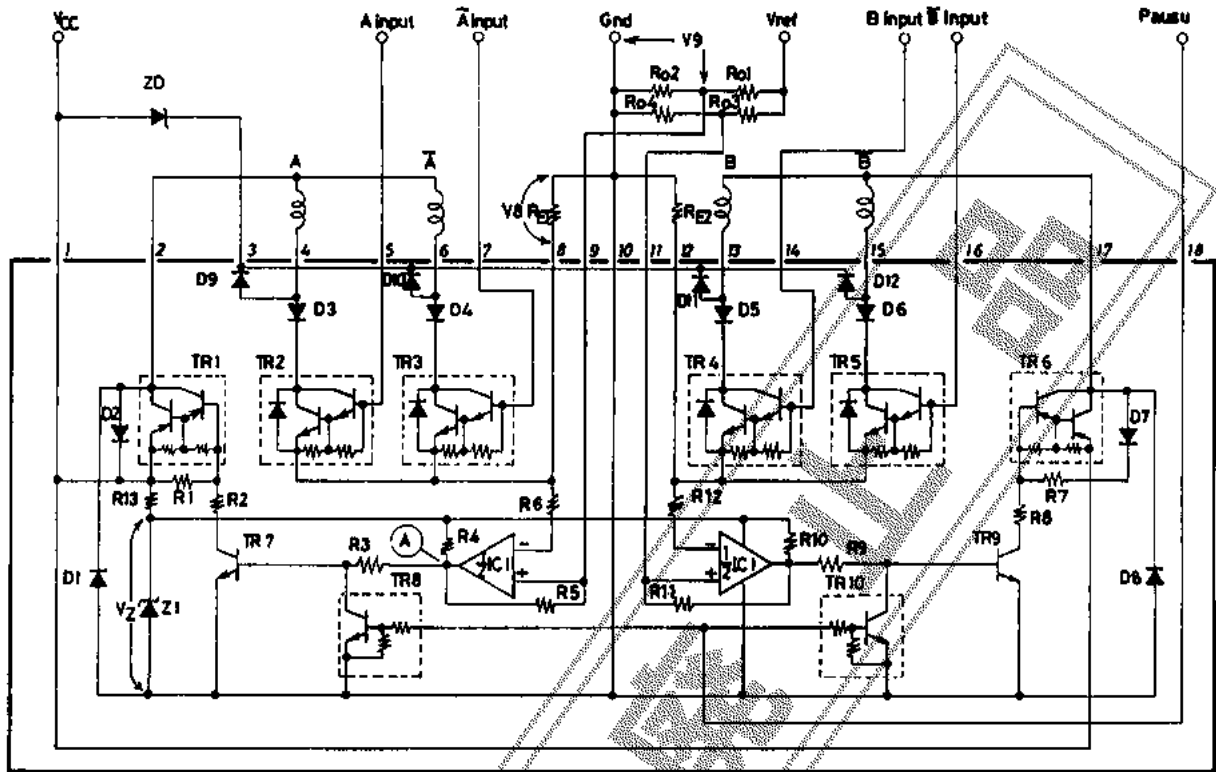
注3)  $Z_D$ のPC不足時には次の回路を推奨する。



ただし、Tr1は2SD313相当。  
 $Z_D$ はGZA43相当。

動作説明

下図における4相ステッピングモータのユニポーラ2相励磁を例にとり動作を説明する。



(1) 自動式チョップ動作

図においてA, A相TR2, TR3のベースにそれぞれハイ, ローの入力を印加する。TR2がオンするが一方コンパレータ(1/2IC1)のマイナス端子はGND電位のためコンパレータ出力(ⓐ点)がハイレベルとなりTR7はオンする。そのためTR1もオンしA巻線電流は、下記式にしたがって増加していく。

$$i = \frac{V_{CC} - V_{sat}}{R} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

$\tau = L/R$  (時定数)

L: モータ1相の巻線インダクタンス

R: モータ1相の巻線抵抗と外付け抵抗 $R_E$

$V_{sat} = V_{sat(1)} + V_{sat(2)}$   $V_{sat(1)}$ : チョップトランジスタ (TR1, 6) の  $V_{CE(sat)}$

$V_{sat(2)}$ : 相ドライブトランジスタ (TR2, 3, 4, 5) の  $V_{CE(sat)}$  と  
出力ダイオード (D3, 4, 5, 6) の  $V_{df}$

$V_{CC}$ : 電源電圧

したがって、外付けエミッタ抵抗 $R_{E1}$ の両端電圧すなわち8ピン電圧V8は増加していき、これが $R_{02}$ 両端電圧すなわち9ピンとGND間電位V9に等しくなった瞬間からⓐ点はローレベルとなり、TR7がオフし、そのためTR1もオフする。

このコンパレータ出力が、ハイからローに転ずるポイントを'Upper Trip Point'と呼び、この電位を $V_{UTP}$ で表すと

$$V_{UTP} = V_9 \text{ (コンパレータ出力がハイの時)}$$

$$= \frac{V_{ref} \times R_{02}}{R_{01} + R_{02}} + \frac{V_Z \times R_{02} \times R_3}{R_{02}(R_4 + R_3) + R_3(R_4 + R_5) + R_4 \times R_6} \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

で与えられる。上式第2項は、 $R_{02} = 4.7k\Omega$ の時規格値 $V_{H1}$ になる。

IC内部の定格値は下記のとおり

- R5(R11) = 47k $\Omega$   $\pm$  5%
- TR7, 9のベース抵抗R3 = 10k $\Omega$   $\pm$  30%
- R4(R10) = 4.7k $\Omega$   $\pm$  5%
- $V_Z = 8.1 \pm 0.6V$

このようにコンパレータ出力がローに転じ、TR1がオフになるため巻線電流は

$$i = \frac{V_{CC} - V_{sat}}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

にしたがって減少していく。そして8ピン電圧V8がある値に達するとコンパレータ出力が再びハイに転じTR1がオンし再び電流が増加をはじめ以下これを繰り返す。このコンパレータ出力がローからハイに転ずる点を'Lower Trip Point'と呼びV<sub>LTP</sub>で表す。

V<sub>LTP</sub>は④点がローレベルのため、R4を通して電流が流れ9ピン電圧V9は前回のV<sub>UTP</sub>より低くなり、次式で表される。

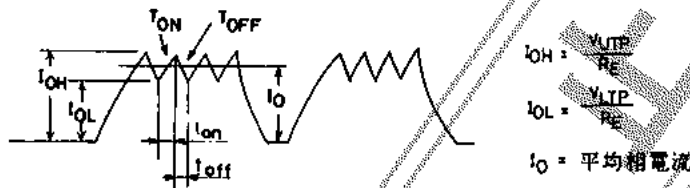
$$V_{LTP} = V_9 \text{ (コンパレータ出力がローの時)}$$

$$\approx \frac{V_{ref} \times R_{Q2} \times R_5}{R_Q \times I \times R_{Q2} + (R_{Q1} + R_{Q2}) \times R_5} + V_L \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

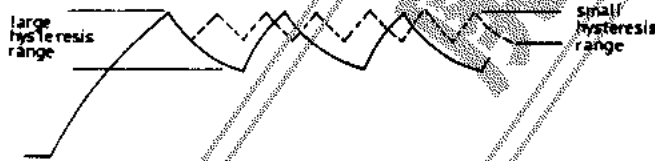
上式第2項規格値V<sub>L</sub>となる。

このようにV9はヒステリシスを持つことになる。

以上の動作をモータ1相の巻線電流で示すと下図のようになる。



チョッピング周波数は、上図のヒステリシス幅(I<sub>OH</sub>とI<sub>OL</sub>の差)を小さくすることで、下図のように高くすることができる。



ただし、ヒステリシス幅を小さくすることには限界がありV<sub>UTP</sub>とV<sub>LTP</sub>の差を0.2V以下にするとコンパレータの誤動作を生じ定電流性がそこなわれ、右図のようにスパイク状の過電流が発生し、ICを破壊させる場合がある。



チョッピング周波数f<sub>c</sub>はチョッピング時の立上り時間t<sub>on</sub>と立下り時間t<sub>off</sub>① および③式にτ=L/Rの時定数とt<sub>on</sub>, t<sub>off</sub>をそれぞれ代入して次式より求める。

$$f_c = \frac{1}{t_{on} + t_{off}} \dots \dots \dots \textcircled{5}$$

f<sub>c</sub>は5kHz前後が最適で10kHz以下がよい。

(2)他動式チョッパ

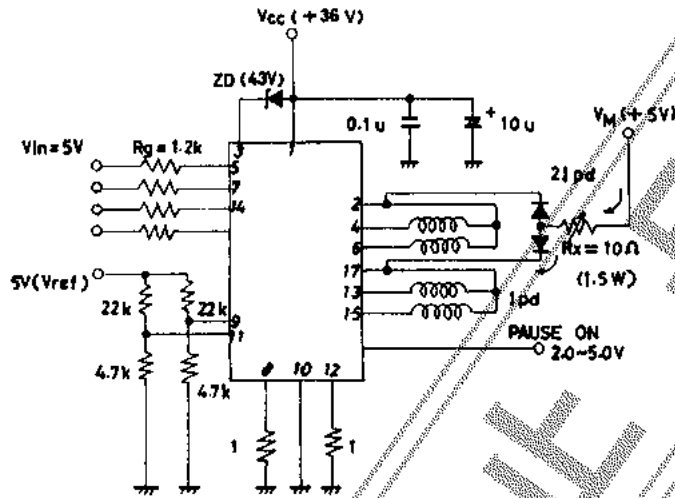
本ICはコンパレータにヒステリシスをもたせているので、モータ巻線電流のインダクタンスにより自動的に前述のようなチョッピング動作も行うが、外部より三角波を印加することでも、その外部波に従ったチョッピング動作も行う。しかし、この三角波のレベルによって動作が異なる。つまりレベルが小さいと自動動作をしてしまう。逆にレベルが大きいとそのレベルによって出力電流もアップする。よって、出力電流の設定は条件によってさまざまになる。

注: f<sub>c</sub> max = 30kHz, I<sub>OH</sub> max = 1.4A

モータ保持

おもにモータをロック状態に保つ時モータ自身の発熱を低下させるために、巻線電流を低下させる方法を用いる。これをパワーダウンと呼ぶ。

(1)自励式の場合



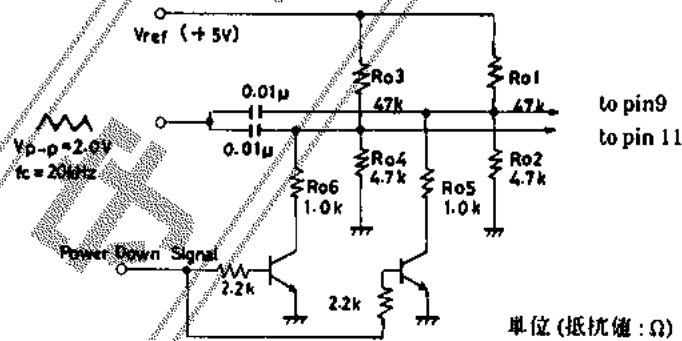
Pause信号を印加して2ピン, 17ピンをオープン状態にして、外部より抵抗方法によって巻線電流を低下させる。この時の外付け抵抗Rxは、下式より求める。

$$R_x = \frac{V_M - (V_{df} + I_{pd} \times R_M + V_{st}(2) + I_{pd} \times R_g)}{I_{pd}} \quad (\Omega)$$

ただし、RMは1相分の巻線抵抗Vdfは外付けダイオードの順方向電圧Ipdは1相の電流とする。

(2)他励方式の場合

他励方式は、三角形の周波数が20kHz以上の可聴外の周波数を用いるために、一例として次のような回路方式がえられる。



単位(抵抗値:Ω)

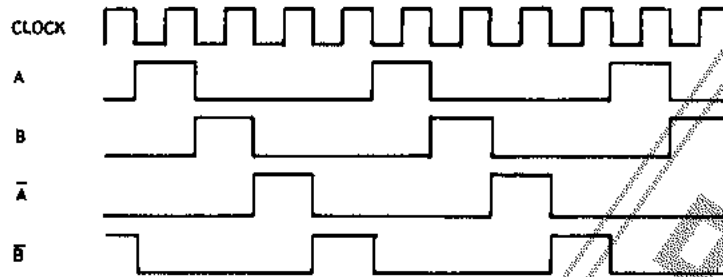
この時の各相電流Ipd(A)は次式のようにになっている。

$$I_{pd} = 1/2 \times I_0 = 0.5A$$

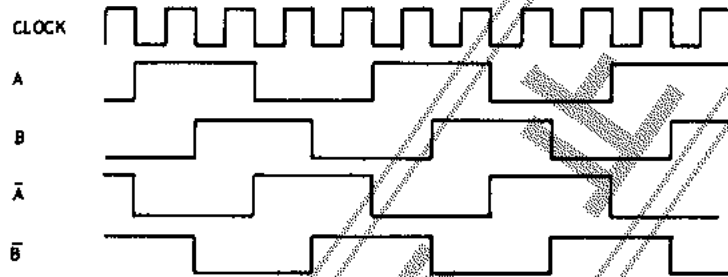
この時三角形のレベル、Ipdの設定値、モータ等によって可聴音が発生することがあるので注意すること。

コントロールロジックのタイミングチャート

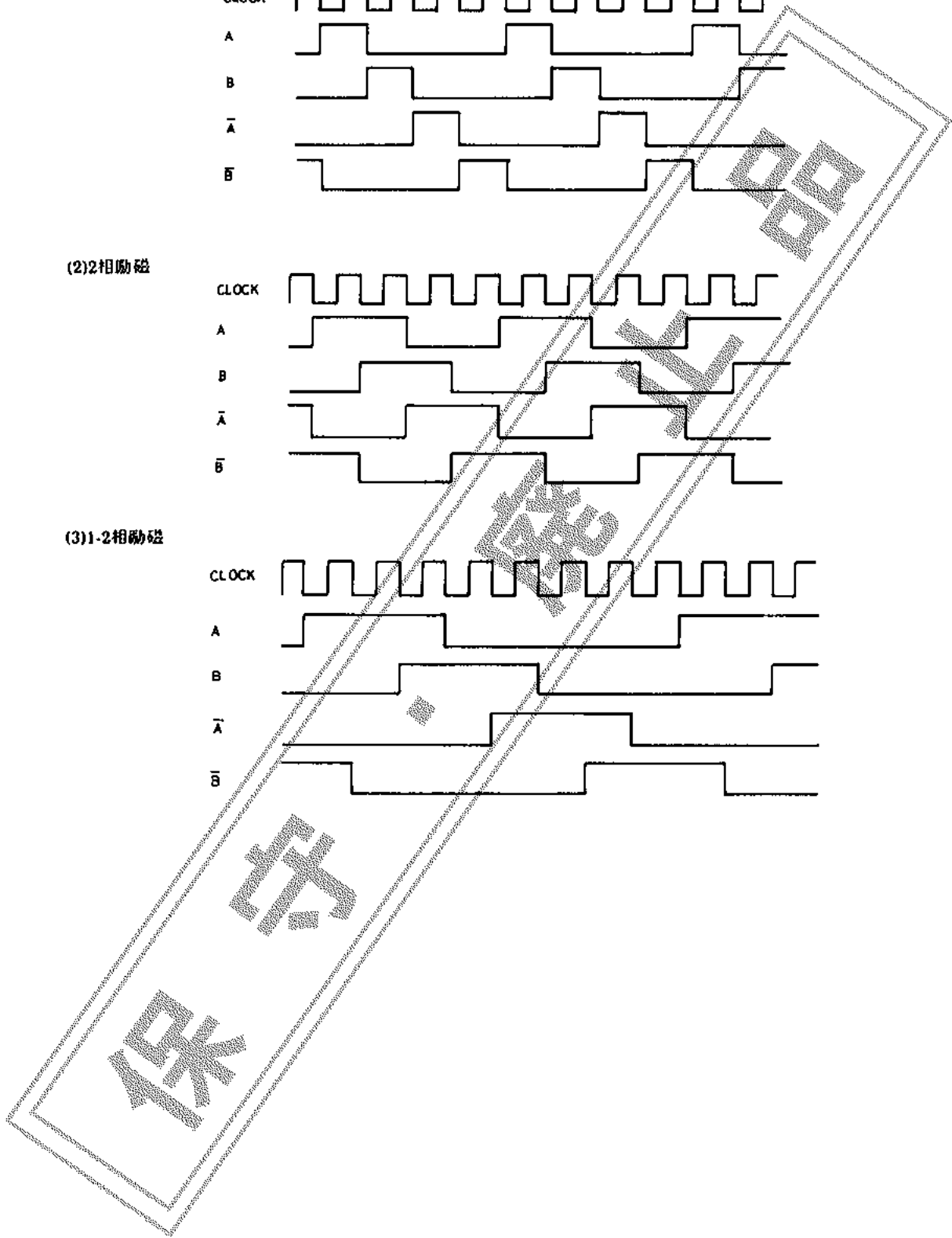
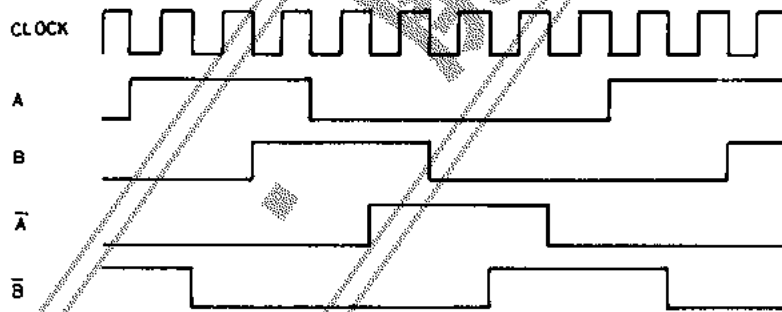
(1)1相励磁



(2)2相励磁



(3)1-2相励磁



3. 接合部温度

各素子の接合部温度 $T_j$ は、各素子1石当りの損失 $P_{ds}$ と $\theta_{j-c}$ より下式で求める。

$$T_j = T_c + \theta_{j-c} \times P_{ds} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$P_{ds}$ は放熱設計の第3項を参照のこと。パワートランジスタの熱抵抗 $\theta_{j-c}$ は次のようになっている。

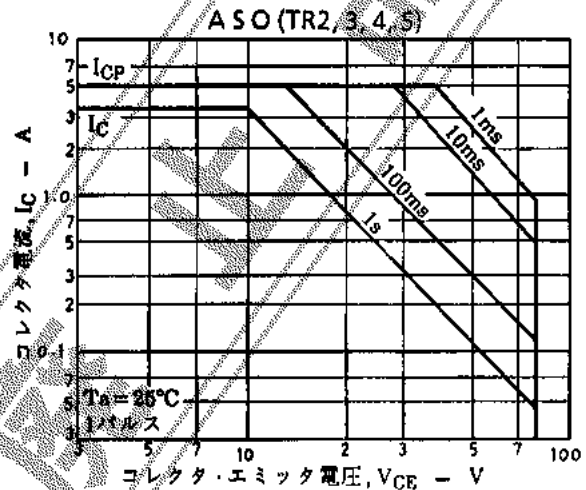
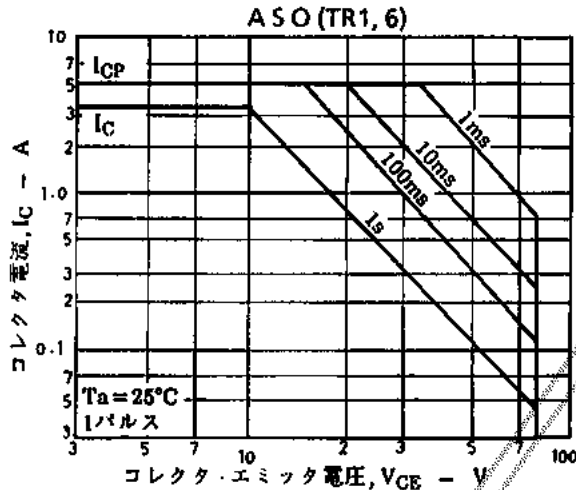
TR1, 6  $\theta_{j-c} = 13.5^\circ\text{C/W}$

TR2, 3, 4, 5  $\theta_{j-c} = 13.5^\circ\text{C/W}$

備考:  $T_c$ が $105^\circ\text{C}$ 以下の時、IC部の各素子の $T_j$ は $150^\circ\text{C}$ 以下になるようIC内部で熱設計されている。

ASO

チョップパトランジスタと相ドライバのASO(安全動作領域)を下図に示す。



放熱設計

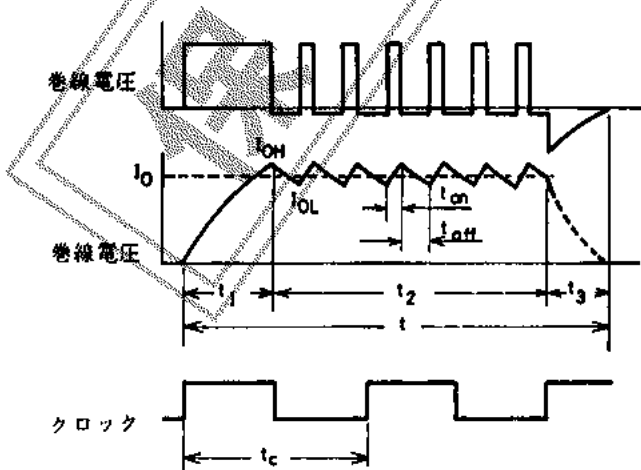
1. 内部平均電力損失

電力損失の大きいものは、チョップパトランジスタ (TR1, 6)、相ドライバトランジスタ (TR2, 3, 4, 5) と直列ダイオード (D3, 4, 5, 6)、フライホイールダイオード (D1, 8) および外付けツェナーにフライバックエネルギーを返しているスパークキラーダイオード (D9, 10, 11, 12) で、その他の素子はほとんど無視されるほど小さい。

$$P_d = \text{㉑} + \text{㉒} + \text{㉓} + \text{㉔}$$

- ㉑ チョップパトランジスタの飽和動作損失, 2石分。
- ㉒ 相ドライバ $T_r$ の飽和動作損失とダイオードの順方向損失の1対, 4対分。
- ㉓ フライホイールダイオードの損失, 2石分。
- ㉔ フライバックエネルギーをツェナーダイオードに回生しているダイオードの順方向損失, 4石分。

内部損失 $P_d$ を2相励磁と1-2相励磁の2通りに分けて考え、それぞれ次の式となる。ただし、モータ巻線電流波形は下図を想定する。



- t1: 巻線電流の立上り時間
- t2: 定電流チョッピング領域の時間
- t3: 相ドライバトランジスタのフライバックエネルギーの吸収時間。破線の電流は外付けツェナーが吸収している。

$$r = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \text{ : チョッピング比率}$$

0.2~0.5の範囲であり、通常は0.33でよい。

$$I_0 = \frac{I_{OH} + I_{OL}}{2} \text{ : 定格電流}$$

$t_c$ : クロック時間

$$f_{clock} = \frac{1}{t_c} \text{ : クロック周波数}$$

(1) 2相励磁

$$\begin{aligned}
 Pd &= f_{clock} \cdot V_{st(1)} \cdot I_{OH}(0.5t_1 + t_2 \cdot r) \dots\dots\dots \text{A} \\
 &+ f_{clock} \cdot V_{st(2)} (0.5t_1 \cdot I_{OH} + t_2 \cdot I_O) \dots\dots\dots \text{B} \\
 &+ f_{clock} \cdot V_{df(2)} \cdot I_{OH} \cdot t_2(1-r) \dots\dots\dots \text{C} \\
 &+ \frac{1}{2} f_{clock} \cdot V_{df(1)} \cdot I_O \cdot t_3 \dots\dots\dots \text{D} \\
 t_2 &= \frac{2}{f_{clock}} - t_1 - t_3
 \end{aligned}$$

(2) 1-2相励磁

$$\begin{aligned}
 Pd &= \frac{3}{16} f_{clock} \cdot V_{st(1)} \cdot I_{OH}(0.5t_1 + t_2 \cdot r) \dots\dots\dots \text{A} \\
 &+ \frac{3}{16} f_{clock} \cdot V_{st(2)} (0.5t_1 \cdot I_{OH} + t_2 \cdot I_O) \dots\dots\dots \text{B} \\
 &+ \frac{3}{16} f_{clock} \cdot V_{df(2)} \cdot I_{OH} \cdot t_2(1-r) \dots\dots\dots \text{C} \\
 &+ \frac{3}{64} f_{clock} \cdot V_{df(1)} \cdot I_{OH} \cdot t_3 \dots\dots\dots \text{D} \\
 t_2 &= \frac{3}{f_{clock}} - t_1
 \end{aligned}$$

上式は、いずれもチョップトランジスタのスイッチング損失は含まれていない。チョッピング周波数を20kHz(他励最大)とした場合の概略は次のようになる。

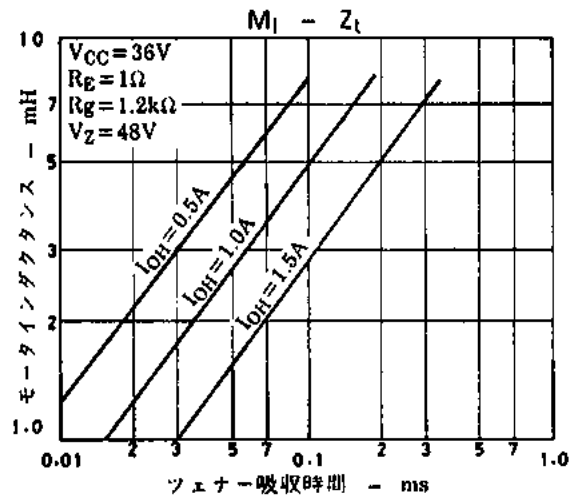
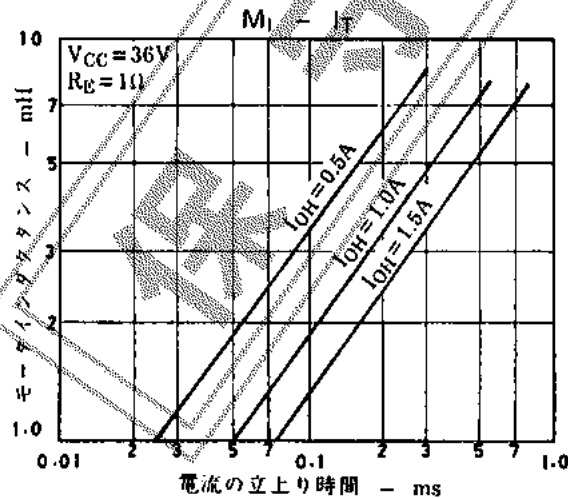
(1') 2相励磁

$$\begin{aligned}
 Pd &= 4f_{clock} \cdot V_{st(1)} \cdot I_{OH}(0.5t_1 + t_2 \cdot r) \dots\dots\dots \text{A} \\
 &+ f_{clock} \cdot V_{st(2)} (0.5t_1 \cdot I_{OH} + t_2 \cdot I_O) \dots\dots\dots \text{B} \\
 &+ f_{clock} \cdot V_{df(2)} \cdot I_{OH} \cdot t_2(1-r) \dots\dots\dots \text{C} \\
 &+ \frac{1}{2} f_{clock} \cdot V_{df(1)} \cdot I_O \cdot t_3 \dots\dots\dots \text{D}
 \end{aligned}$$

(2') 1-2相励磁

$$\begin{aligned}
 Pd &= \frac{3}{4} f_{clock} \cdot V_{st(1)} \cdot I_{OH}(0.5t_1 + t_2 \cdot r) \dots\dots\dots \text{A} \\
 &+ \frac{3}{16} f_{clock} \cdot V_{st(2)} (0.5t_1 \cdot I_{OH} + t_2 \cdot I_O) \dots\dots\dots \text{B} \\
 &+ \frac{3}{16} f_{clock} \cdot V_{df(2)} \cdot I_{OH} \cdot t_2(1-r) \dots\dots\dots \text{C} \\
 &+ \frac{3}{64} f_{clock} \cdot V_{df(1)} \cdot I_{OH} \cdot t_3 \dots\dots\dots \text{D}
 \end{aligned}$$

モータ巻線インダクタンス (mH/相)立上り時間 $t_1$  (ms)とフライバックエネルギー吸収時間 $t_3$  (ms)の関係を下图に示す。ただし、実際の巻線電流の波形より実測して確認すること。



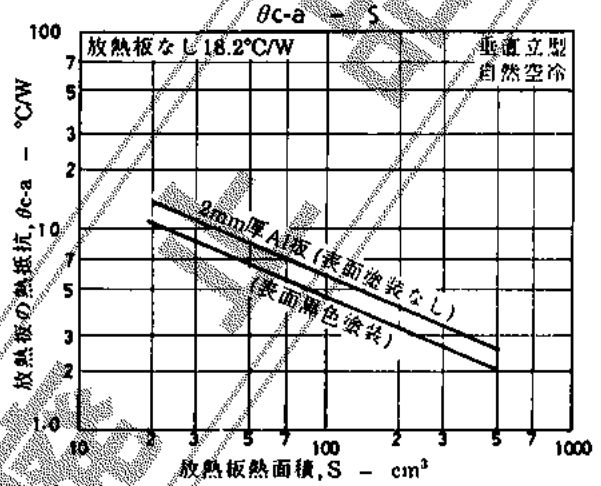
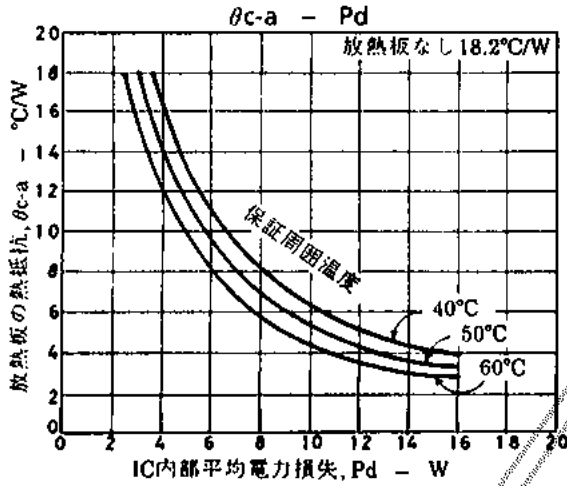
2. 放熱設計例

相平均電流  $I_0 = 1/2(I_{OH} + I_{OL})$  と巻線電流の立上り時間とツェナー吸収時間およびクロック周波数によってIC内部平均電力損失Pdを求め、下式により放熱板の熱抵抗 $\theta_{c-a}$ を求める。

$$\theta_{c-a} = \frac{T_{c \max} - T_a}{P_d} \quad (^\circ\text{C/W})$$

$T_{c \max} = 105^\circ\text{C}$ ,  $T_a = \text{周囲温度}$

放熱板を2mmアルミ板とした場合、必要な面積は下右図より求める。なお、周囲温度はセット内部の空気の対流条件で大きく変わるので実装状態で $T_c = 105^\circ\text{C}$ 以下となるように実際の $T_c$ を確認すること。



保 特