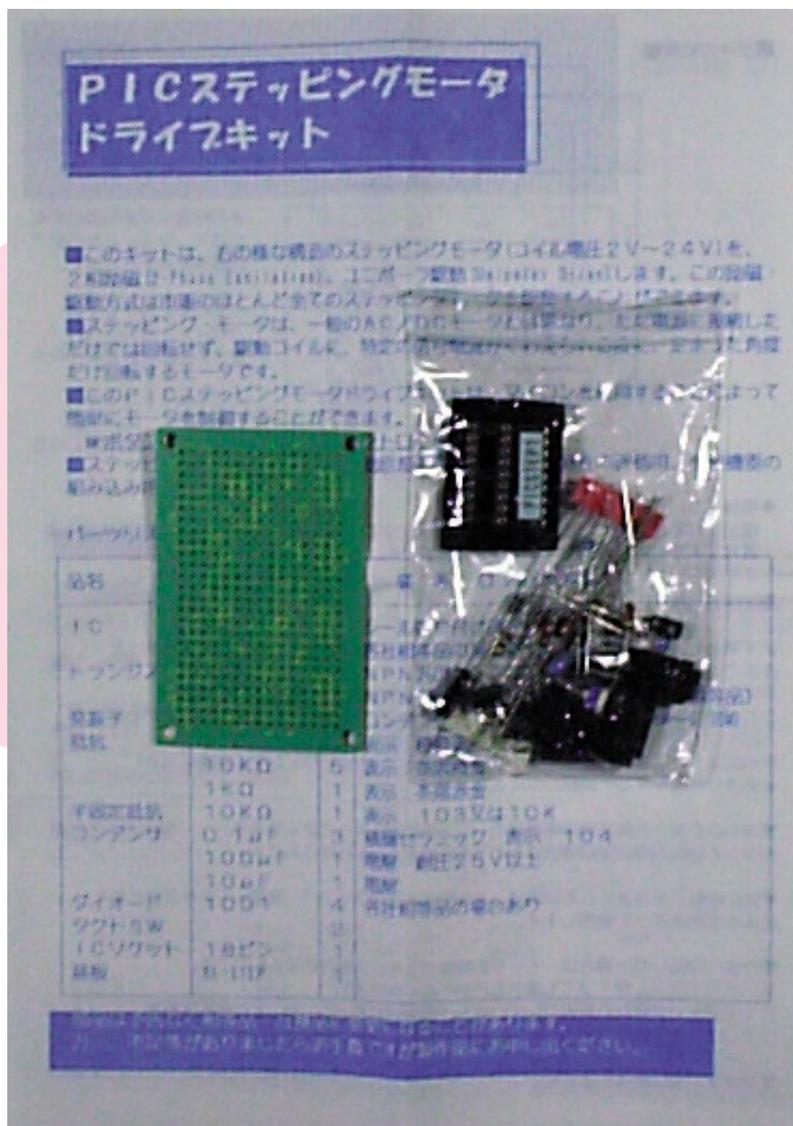


# PICステップングモータ ドライブキット

この励磁・駆動方式は、  
市販のほとんど全てのステップングモータ  
を駆動することができます。



# PICステッピングモータ ドライブキット

■このキットは、右の様な構造のステッピングモータ(コイル電圧2V~24V)を、2相励磁(2-Phase Excitation)、ユニポラ駆動(Unipolar Drive)します。この励磁・駆動方式は市販のほとんど全てのステッピングモータを駆動することができます。

■ステッピング・モータは、一般のAC/DCモータとは異なり、ただ電源に接続しただけでは回転せず、駆動コイルに、特定の信号電流がくわえられる度に、定まった角度だけ回転するモータです。

■このPICステッピングモータドライブキットは、マイコンを使用することによって簡単にモータを制御することができます。

☑ボタンで正転・逆転・停止をコントロールできます。

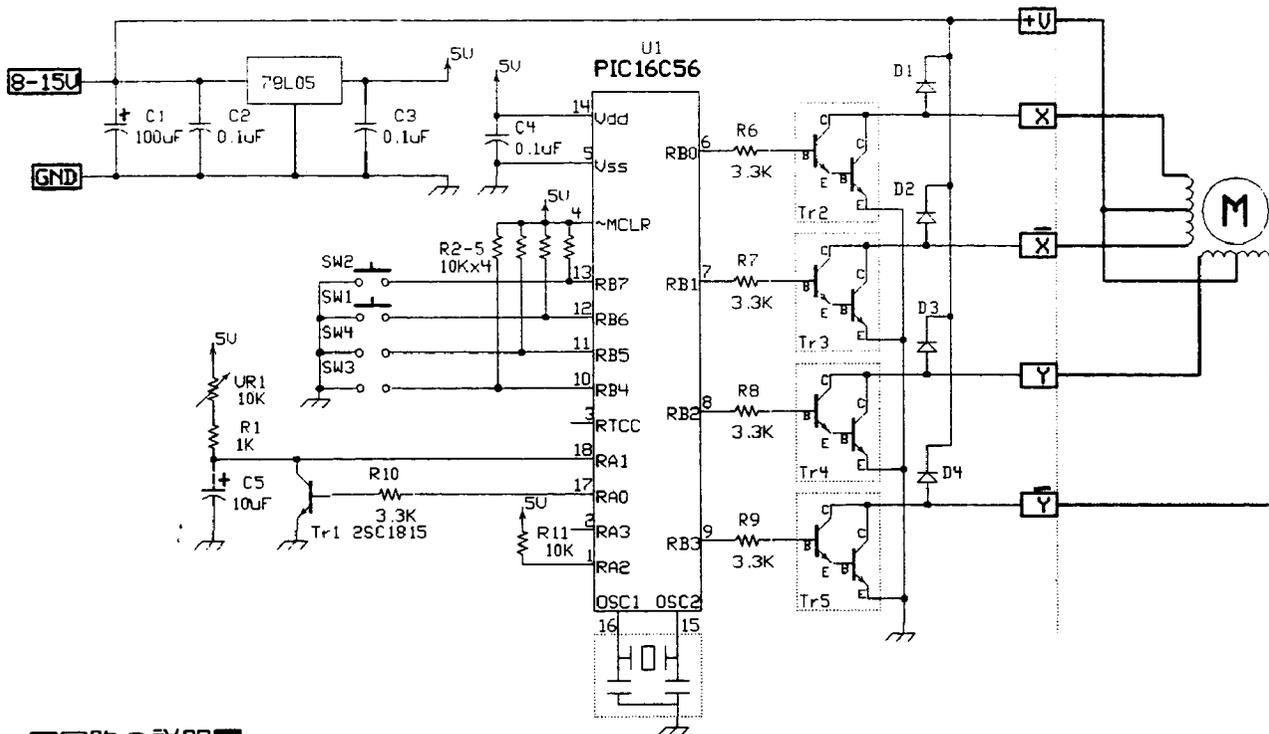
■ステッピング・モータの駆動・作動原理の学習、諸トルク特性の評価用、小型機器の組み込み用として最適です。

## パーツリスト

品名	型番	数	備考 ○内は相等品
IC	PIC16C56	1	シール貼り付け済(PIC16C54)
	NJM78L05	1	各社相等品の場合あり(S81350等)
トランジスタ	2SC1815(2SC9)	1	NPN汎用トランジスタ(各社相等品)
	2SD1590(2SD16)	4	NPNダーリントントランジスタ(各社相等品)
発振子	4.19MHz	1	コンデンサ入セラミック発振子(3.58M~6.00M)
抵抗	3.3KΩ	5	表示: 橙橙赤金
	10KΩ	5	表示: 茶黒橙金
	1KΩ	1	表示: 茶黒赤金
半固定抵抗	10KΩ	1	表示: 103又は10K
コンデンサ	0.1μF	3	積層セラミック 表示: 104
	100μF	1	電解 耐圧25V以上
	10μF	1	電解
ダイオード	10D1	4	各社相等品の場合あり
タクトSW		2	
ICソケット	18ピン	1	
基板	AE-STEP	1	

部品は予告なく相等品・互換品に変更になることがあります。  
万一、不足等がありましたらお手数ですが製作前にお申し出ください。

■回路図■



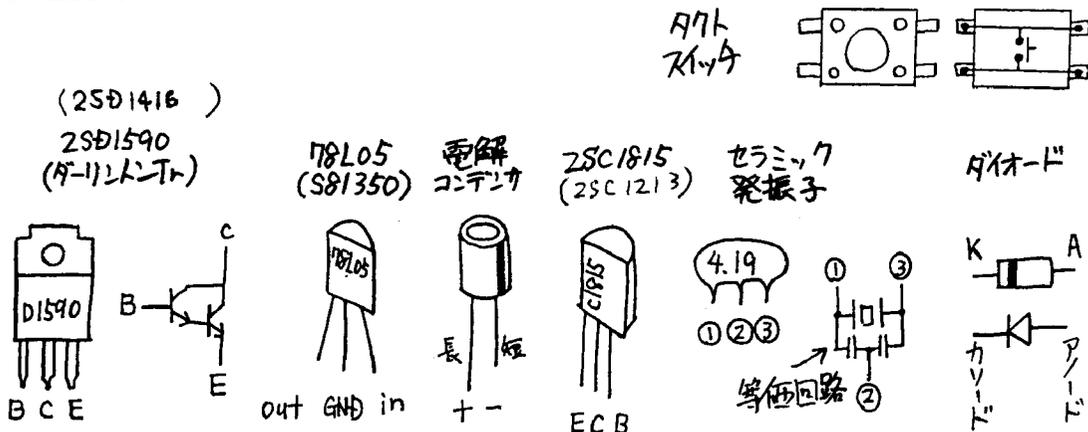
■回路の説明■

ステッピングモータの回転に必要なパルスはワンチップマイコンPIC16C56が発生します。アナログ的なスピード可変を実現するため、外部でCR発振を行い、Rを可変することによって、モータのスピードをコントロールしています。

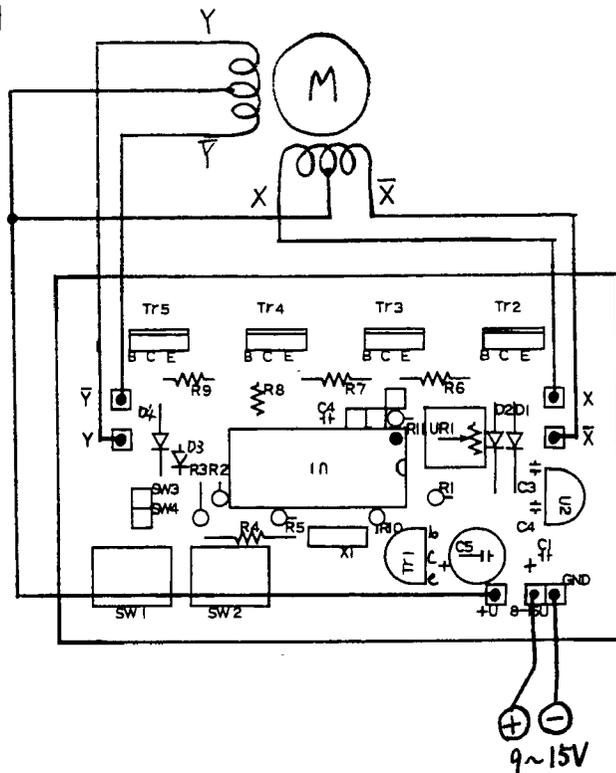
■製作■

背の低いもの（抵抗、ダイオード、コンデンサ、ICソケット）から取り付けます。電解コンデンサ、ダイオード、トランジスタは向きに注意してください。ダーリントンTr（2SD1590）は放熱面が外側を向くように取り付けます。残りの部品を取り付け、最後にICをソケットに挿して（向きに注意）基板は完成です。

■部品説明図■



## ■全体の結線■



★回転数の可変範囲の変更  
VR1、R1、C5の値で  
回転数が決定されます。

C5の値を大きくする  
( $47\mu\text{F}$ 、 $470\mu\text{F}$ 等)  
☞全体的に回転が遅くなる

C5の値を小さくする  
( $4.7\mu\text{F}$ 、 $1\mu\text{F}$ 等)  
☞全体的に回転が速くなる

## ◆電源について

電源には最低でも8Vは必要です。(78L05のドロップ電圧の関係上)  
通常は入手が容易な9~12V程度の電源が良いでしょう。電源電圧が高ければ  
より大きいトルクを得ることができます。

## ■使用方法■

まず電源を入れると励磁電流が流れて、静止トルクが発生します。モータは止まった  
ままです。

手でモータを軸を回してみてください。かなりの静止トルクがあるはずで  
左右どちらかのタクトSWを押すとモータが回転します。反対のSWで逆回転です。  
(ボタンを押している間だけ、モータは回転します)

半固定VRを回せば回転スピードが変わります。(右まわりに回すと高速になる)  
☞あまり高速にすると回転しなくなります。

▼左右のSWと回転方向の関係はモータとの結線によって決まります。  
ボタンと回転方向が逆の場合はXとX-barの結線を逆にすればOKです。

▼常に回転したままにしたい時は、SW部分を直接ジャンパー接続してSWが押された  
ままの状態を作って使用します。

▼うまく回転しない場合は、モータの結線がおかしい場合がほとんどです。  
又、ドライブTrが1つでも壊れると回らなくなります。  
ドライブTrが壊れる原因として、V+ (電源) とX、X-bar、Y、Y-barとを直接接続  
してしまった場合が考えられます。(トランジスタが電源と短絡します)

▼SW3、4は使用しません。

◆このキットではPIC16C56を使用していますが、他にPIC16C84、PIC16F84等のマイコンでもコントロールが可能です。使用しないI/Oピンもパターンを設けてありますので(SW3、SW4等)マイコンをプログラムすることで、より複雑な制御を行なうことが可能です。(プログラムにはPIC専用開発セットが必要です)

Microchip

参考データ

PIC<sup>®</sup>16C5X

EPROM-Based 8-Bit CMOS Microcontroller Series

特徴

高性能 RISC-like CPU

- ・命令数は33命令で、全てシングルワード
- ・命令はシングルサイクル(200ns)で実行  
ただしブランチ命令のみ2サイクル
- ・動作スピード: DC~20MHz 入力周波数  
DC~200ns 命令サイクル

- ・12ビット幅命令
- ・8ビット幅データバス
- ・EPROMプログラムメモリ内蔵(512~2KX12bit)
- ・SRAM汎用レジスタ(25~72X8bit)
- ・特定用途レジスタ(7X8bit)
- ・2レベルハードウェアスタック
- ・データ及び命令メモリの直接、間接、  
相対アドレスモード

ペリフェラルの特徴

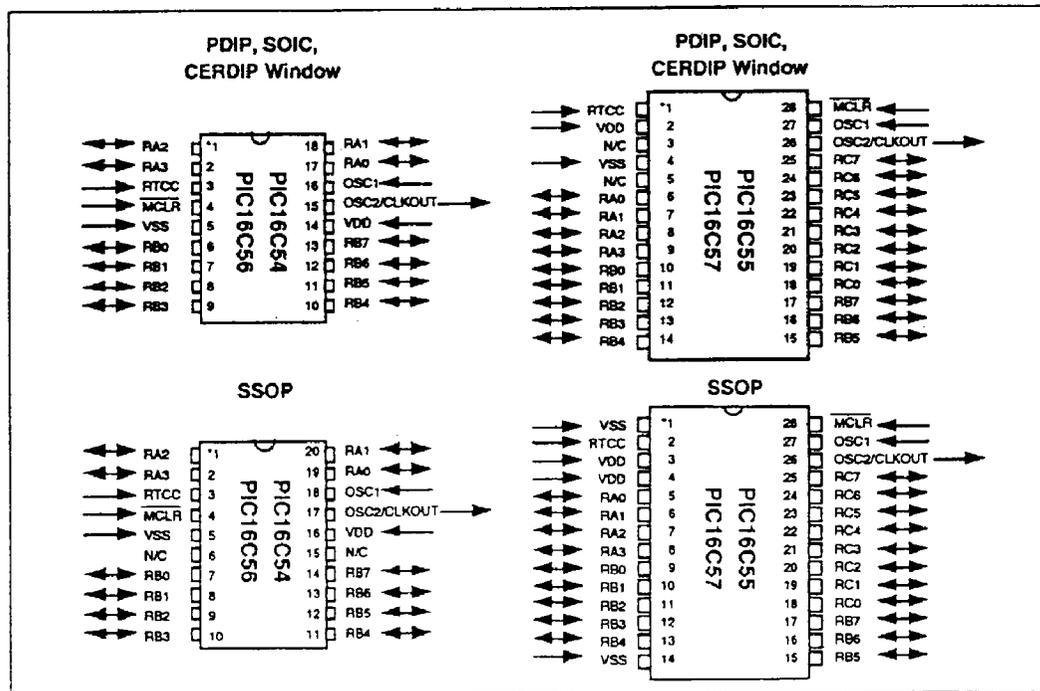
- ・12/20本のI/O端子(個別にI/Oコントロール可能)
- ・8ビットプログラマブル・プレスケアラ付き8ビット  
アルタイムクロック/カウンタ
- ・パワーオンリセット

- ・オシレータ スタートアップタイム
- ・信頼性動作のための内蔵RCオシレータにより動作する  
ウォッチドックタイム
- ・EPROMヒューズによりプログラムプロテクション可能
- ・パワーセービングのためのSLEEPモード
- ・EPROMヒューズによりオシレータタイプの選択可能  
-ローコストRCオシレータ: RC  
-スタンダード水晶発振子/セラミック発振子: XT  
-ハイスピード水晶発振子/セラミック発振子: HS  
-省電力低周波クリスタル: LP

CMOS技術

- ・低消費電力、高速CMOS EPROM技術
- ・スタティックチップデザイン
- ・幅広い電源電圧レンジ  
-民生用 : 2.5V~6.25V  
-産業用 : 2.5V~6.25V  
-自動車関係用: 2.5V~6.0V
- ・低消費電力  
-2mA以下 (5.0V, 4MHz)  
-15uA (3V, 32KHz)  
-3uA以下スタンバイ電流 (3V, 0°C~70°C)

図A - ピン配置



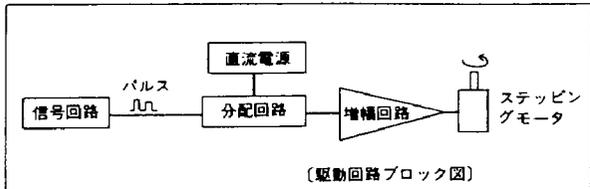
PICステップングモータドライブキット H8.10.25 秋月電子 M.O  
当キットへのご質問は往復ハガキ又は封書にてお願いします

〒158 東京都世田谷区瀬田5-35-6

## ■ステッピングモータの駆動回路

ステッピングモータは、通常のインダクションモータ、直流機等の様に交流又は直流電源を直接用いて駆動させることが出来ません。これを駆動させるためには、モータ巻線の励磁電流を順次切換える等のためのドライバが必要となります。ドライバは、周波数の可変、起動、停止、正逆回転のためのパルスを出力させる信号回路、相又は励磁方式により、相励磁電流を切換える分配回路、モータを駆動するのに必要な電流を増幅する増幅回路をして、モータ及び回路駆動用電源より構成されます。

したがってステッピングモータの特性は、励磁方式ならびに増幅回路の回路条件により大きく影響を受けますので回路の検討もモータ以上に注意する必要があります。次項に一般的な駆動方法及び駆動回路を紹介致します。



### ●駆動方法とその特徴

モータ巻線の励磁する相の状態によって次のように分類されます。

#### (1)ユニ・ポラ駆動(Uni-Polar Drive)

モータ巻線に流れる電流の方向が常に一定で、巻線は励磁される相数分必要となり、もっとも一般的な方法です。

#### (2)バイ・ポラ駆動(Bi-Polar Drive)

モータ巻線に流れる電流の方向が両方向となりますので、巻線は、励磁される相数の半分で済み、ユニ・ポラより、コイル利用率が高い、但しVRタイプステッピングモータには使用されません。

#### (3)1相励磁方式(1Phase Exciting Method)

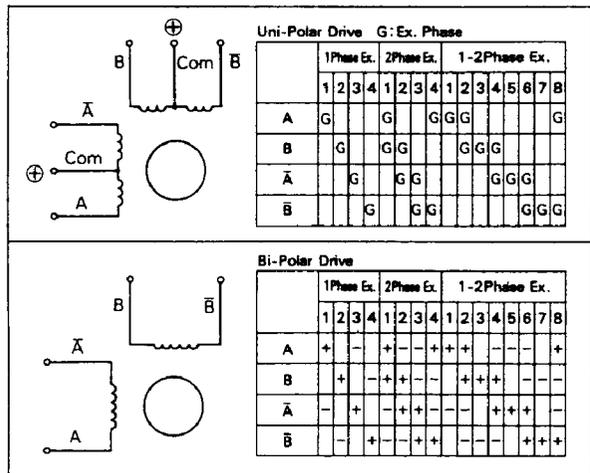
励磁されるべき相について、常に1つの相だけ順次励磁も切換えていく方式で入力に対するトルクは大きく、角度精度に優れている反面ダンピング(減衰振動)が大きく、セtringタイム・振動・騒音は比較的大きい。

#### (4)2相励磁方式(2Phase Exciting Method)

常に2つの相について、励磁を切換えていく方式で、入力は、1相時の倍となるが、ダンピングに優れており、その制動効果により、セtringタイム・振動・騒音は比較的小さい。

#### (5)1-2相励磁方式(1-2Phase Exciting Method)

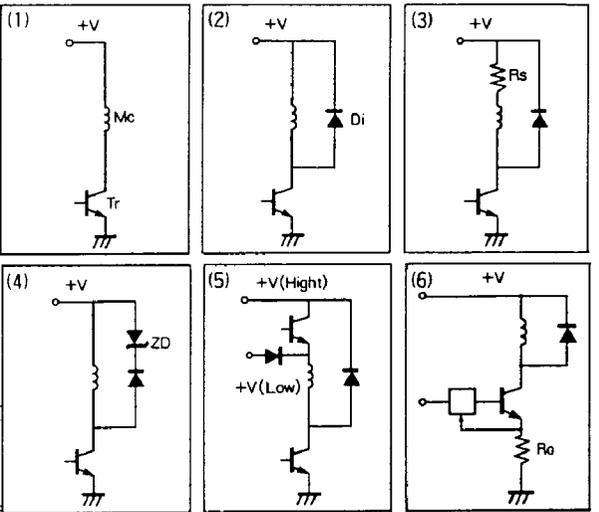
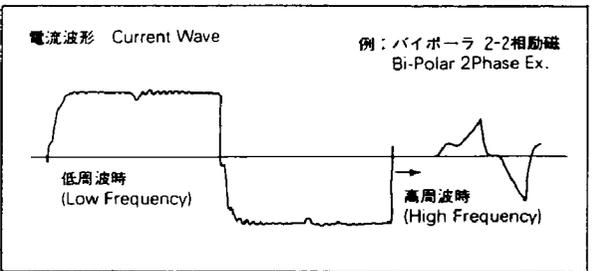
1相及び2相励磁を組合せた方式で、入力は、その中間値となり、又、1相と2相の磁気的安定性の違いからステップ角度は1相又は、2相励磁の半分で、応答周波数は倍となります。



### ●駆動回路の基本形

ここでは、ステッピングモータに電力を供給するパワー部の出力手段をいいます。モータの発生トルクは、巻線巻回数と電流との積の二乗に比例し、モータが決まれば、後はいかに効率よく巻線に励磁電流を流すかによって、性能は大きく変わります。つまり励磁電流は、駆動時の電流の立ち上がり、巻線インダクタンスの遅れにより、抵抗とインダクタンスにのった鋸歯状の

電流となり、又、ある周波数以上になると、励磁電流が定常値になる前に切れると共に高周波におけるインダクタンスによる内部インピーダンスの増加が実効電流の減少を来し、磁束密度が低くなり、トルクが減少する。このことから、回路手段によっては、モータの入力電流の改善となり、ひいては、モータの性能を改善することが可能となります。



Mc: モータコイル(Motor Coil)  
Tr: トランジスタ(Transister)  
Di: バックダイオード(Diode)  
ZD: ツェナーダイオード(Zener Diode)  
Rs: 外部直列抵抗(External Resistance)  
Ra: 電流検出抵抗(Current Detecting Resistance)

#### (1)回路1

固定子巻線に発生する逆起電力を吸収できず、トランジスタが破壊されます。したがって、高耐圧のトランジスタを使うか、応答性を犠牲にして駆動パルスを傾斜のゆるやかな波形とする必要があります。この方法は通常使われません。

#### (2)回路2(バックダイオード方式)

固定子巻線に発生する逆起電力はダイオードを通し巻線内を循環することにより吸収され、トランジスタは保護されますが、この循環電流による制動効果により、応答性が悪くなりますがダンピング特性は改善されます。

#### (3)回路3(外部直列抵抗方式)

これは、固定子巻線と直列に外部抵抗を挿入し、電気的時定数でL/R(電流の立ち上り)を改善し、より多くの電流を流そうというものです。電源容量の増大及び抵抗による消費は、効率の低下と発熱の原因となります。

#### (4)回路4(ツェナーダイオード方式)

トランジスタの許容されるコレクタ逆耐電圧より微か下のツェナーダイオードの電圧を設定します。これにより、トランジスタを破壊するような大きい逆起電圧は、Di, ZDを通し、巻線を循環し吸収されます。それ以下の逆起電圧は循環しませんが電流の流れが良くなり、応答性が改善されます。

#### (5)回路5(2電圧電源方式)

これは、直列抵抗方式の抵抗の代わりにトランジスタ Tr を挿入し、入力パルスの立ち上り時このトランジスタをONして、高電圧を供給して、電流の立ち上りを改善したもので、やはり、応答性を良くします。スタート時は、相切換え用トランジスタのいずれか1つのペー

スに同時に信号を供給して起動し、起動後適当な時間において、TrをOFFとし、高電圧より低電圧に切換え、発熱を防ぎます。

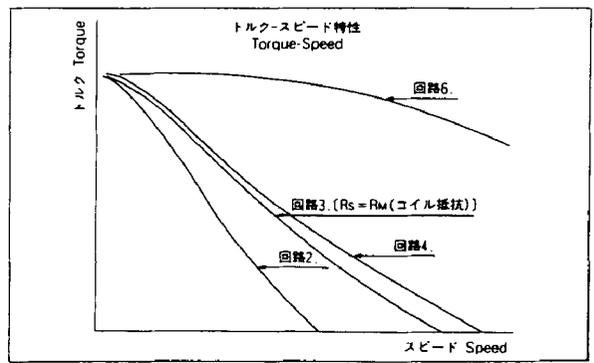
(6)回路6 (定電流チョップ方式)

これは、直流電圧を非常に速い周期でトランジスタをON-OFFさせ、最初に流れ込んだ電流を常に定電流になるように保持させる方式で高効率・高トルク・スピード特性が得られます。

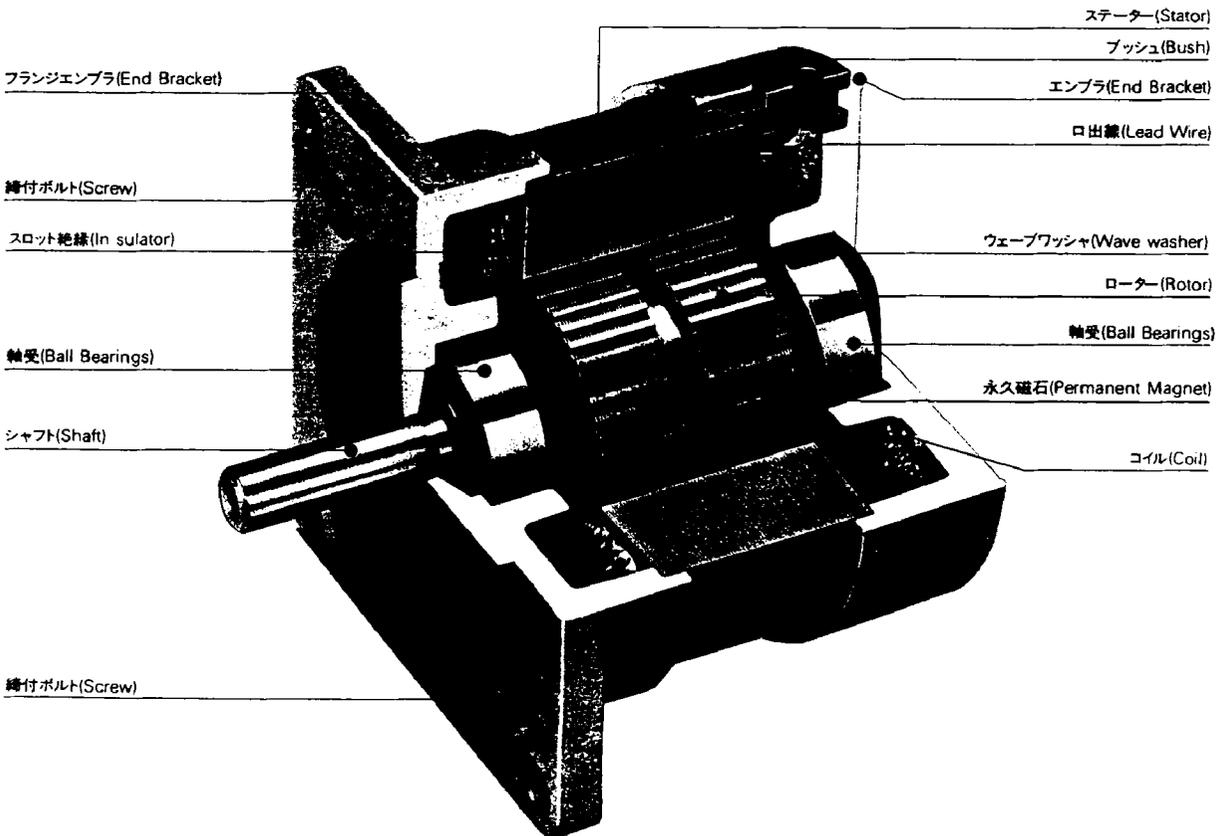
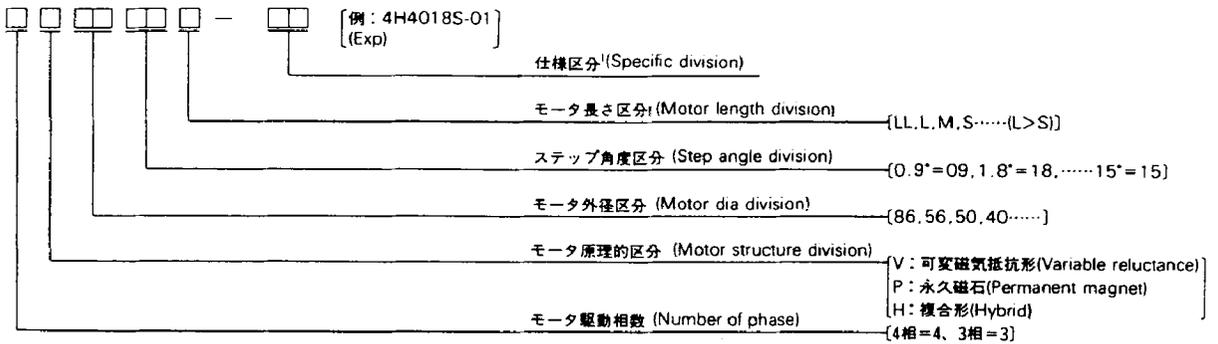
但し、チョッピング周波数が駆動周波数域内であると、トルクが不安定となり、チョッピング周波数付近で落ち込みを生ずることがあるので、チョッピング周波数は、駆動周波数より大きくする必要があります。

(7)駆動回路による特性の違い

モータの特性は、前述回路の方式により図のように変わって参ります。



■形式・指定名称と構造名称



■ステッピングモータについて

ステッピングモータは、駆動回路に入力されたパルス信号によって固定子巻線への励磁電流を切換えることによりモータで決まる所定の回転角度で回転するモータです。又最近の自動化・省力化と相まってエレクトロニクス技術の進歩に伴いデジタル量で簡単に制御できます。ステッピングモータの制御の容易性、確実性により動力源として、電算機周辺端末機器をはじめ工作機械等一般産業用として、さまざまな分野に広く使用されております。

■ステッピングモータの特徴

- (1)入力パルス周波数に比例した回転角度及び速度が得られます。
- (2)入力パルスに対する応答性がよく、回転角度、速度、正逆回転、起動停止がデジタル量で正確・迅速なおかつ簡単にオープンループ制御が出来ます。
- (3)高精度・高保持力が得られ位置制御が容易となります。又、角度精度は、累積されません。
- (4)部品点数が少なく寿命は軸受けだけで決まるので、保守の必要がなく、高信頼性が得られます。

■ステッピングモータの用途

ステッピングモータは、その特徴を活用した位置決め、回転角度、回転速度、追従制御等により、次のような用途に役立っています。

- (1)電算機周辺機器として
  - フロッピーディスク及び固定ディスク装置のヘッド送り。
  - プリンターのキャリッジ及び紙送り
  - タイプライターのキャリッジ、紙送り及び印字選択用。
  - ファクシミリのスキャニング及び紙送り。
- (2)各種産業機器として
  - XYプロッター／(図形出力のX・Y軸駆動)
  - XYテーブル／工作機械のX・Y軸駆動、精密測定器の割り出し、放電加工機の電極昇降、工業用ミシンの裁断、縫製
  - 工業計器／バルブ開閉  
記録計  
積算計  
表示装置

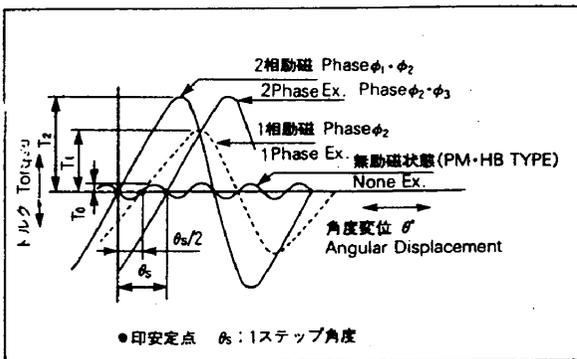
■ステッピングモータの用語説明

●原理的分類 (Operating Principle)

- (1)VR TYPE：可変磁気抵抗形 (Variable Reluctance Type)  
電磁軟鋼で作られた突極部(歯部)を有する回転子(ロータ)と巻線を有する固定子(ステータ)との電磁吸引力(ロータが、磁路のリラクタンスの最少となる位置に回転するトルク)を応用したモータをいいます。
- (2)PM TYPE：永久磁石形 (Permanent Magnet Type)  
径方向に極(N極、S極)を配列させた、永久磁石ロータと巻線を有する固定子間の反発・吸引力を応用したモータをいい、無励磁状態でも保持トルクを有しています。
- (3)HB TYPE：複合形 (Hybrid Type)  
上記VR及びPM形を複合させた構造で、軸方向に着磁される永久磁石とこれをハサミ込む形で径方向に突極部を有するロータと巻線を有するステータとの電磁力による反発・吸引力を応用したモータをいいPM形と同様保持トルクを有しています。

●静特性 (Static Characteristics)

静止状態で時間に無関係な特性をいいます。



(1)角度-トルク特性 (Step Angle-Torque Characteristics)

これは、固定子巻線の励磁状態において、回転子中心に外部トルクを加えたとき変位する回転角度とそのトルクの間を言います。PM及びHB形の場合、永久磁石による保持力があるので、無励磁状態においても同様の関係があります。

外力を取り去ったとき、角度変位が零の点(安定点)に戻りますが、この安定点に戻ろうとする復元力と変位との変化率が、いわゆる動特性、静止位置精度、ダンピング特性に大きく影響致します。

又、図中に示すように、2相及び1相励磁状態における、磁気的安定点が1ステップ角度の半分の位置となり、1-2相励磁におけるハーフステップ駆動の成るがゆえんです。

(2)静止最大トルク (Holding Torque)

固定子巻線の励磁状態において、出力軸に発生するトルクで角度変位をさせる外部トルクに耐えうる最大のトルクをいい図中T1(1相励磁状態)及びT2(2相励磁状態)で示す。

(3)ディテントトルク (Detent Torque)

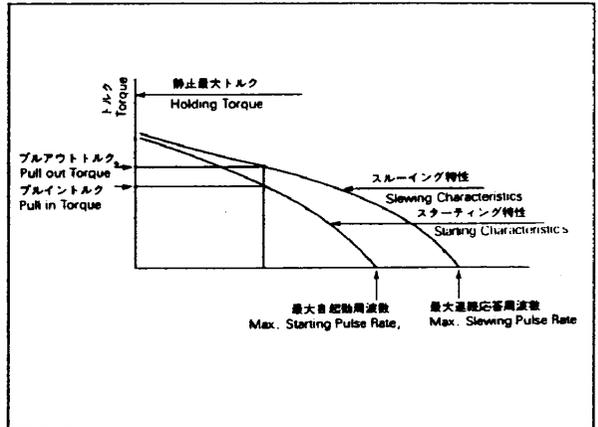
PM及びHB形のように回転子に永久磁石が使用されているモータについて、無励磁状態で出力軸に発生するトルクをいい図中T0で示される。

(4)角度精度 (Step Angular Accuracy)

後段に記載とします。

●動特性 (Dynamic Characteristics)

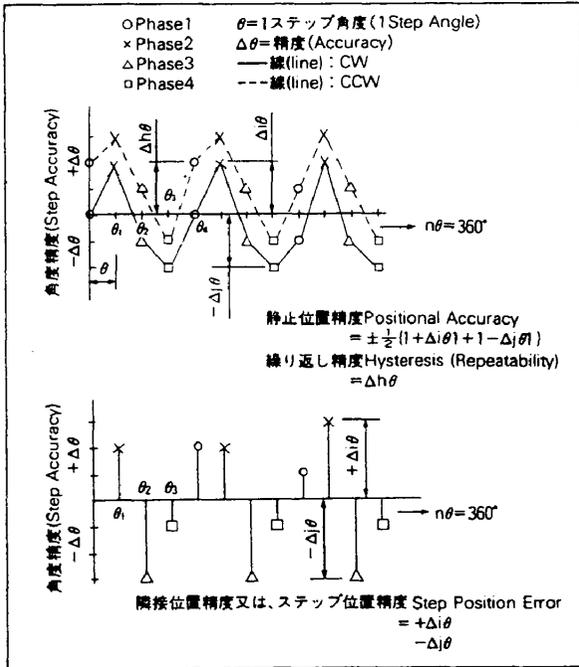
ステッピングモータは、(入力信号パルス)によって、起動・停止及び連続的に駆動されるが、このときの特性をいいます。



- (1)自起動又はスターティング特性 (Starting Characteristics)  
入力周波数に同期して起動出来るモータの発生トルクとその入力周波数との関係をいいます。
- (2)最大自起動周波数 (Max. Starting Pulse Rate)  
自起動特性において無負荷時自起動出来る最大の周波数をいいます。
- (3)プルイントルク (Pull-in Torque)  
自起動特性のある入力周波数に同期回転し、起動出来るモータの最大の発生トルクをいいます。
- (4)連続又は、スルーイング特性 (Slewing Characteristics)  
自起動はできないが、自起動特性範囲内で起動し同期回転にあるモータの入力周波数を漸増していったときに同期をはずれるまでの範囲のトルクと周波数との関係をいいます。
- (5)最大連続応答周波数 (Max. Slewing Pulse Rate)  
連続特性において、無負荷時同期回転で得る最大の周波数をいいます。
- (6)プルアウトトルク (Pull-out Torque)  
連続特性のある入力周波数に同期回転できるモータの最大の発生トルクをいいます。
- (7)ダンピング特性又は1ステップ応答 (Damping Characteristics or 1step Responce)  
後段に記載とします。
- (8)共振周波数 (Resonant Frequency)  
ステッピングモータの動作は過渡現象(減衰振動)の連続で、回転子の固有振動数とある入力周波数において共振する場合があります。このとき振動が大きくなったり同期逸脱によるハンチング及び停止の状態となります。一般的に低周波数域に起り易く又、慣性負荷の増大に伴い、低い周波数の方に移動します。

●角度精度(Step Angular Accuracy)

角度について、材料・工作上等から少なからず誤差を生じこれが角度精度の原因となり、次のように一般的に定義されております。



(1)静止位置精度 (Positional Accuracy)

これは、モータの軸において、任意の位置より360度の範囲で1ステップずつ送ったときに、理論的な位置と実際の位置の差の最大中での、この1/2で表わされる。又、累積のないことを特徴としています。

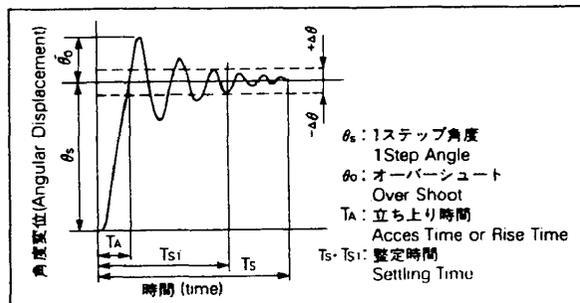
(2)隣接位置精度 (Step Position Error)

これは、モータの軸において、任意の位置より360度の範囲で1ステップずつ送ったとき、実際の隣接するステップ毎の位置と設定されたステップ位置(角度:たとえば1.8° or 3.6°)との差で表わされます。

(3)繰り返し精度 (Hysteresis)

これは、上記静止位置精度における、往きと帰りの最大のズレ量を言います。

●ダンピング特性又は1ステップ応答(Damping Characteristics or 1 Step Responce)  
 ステッピングモータが停止する場合直ぐには停止せず自身又は、負荷によるイナーシャのため減衰振動を伴いながら停止に到ります。



(1)オーバーシュート  $\theta_o$  (Over Shoot)

これは、停止時、慣性により行き過ぎる変化量を言います。

(2)立ち上り時間  $T_A$  (Access Time or Rise Time)

これは、次ステップ(1ステップ分)移動に要する時間を言います。

(3)安定時間  $T_s$ ・ $T_{s1}$  (Settling Time)

これは、減衰振動が終息する時間をいい、完全に終息した状態( $T_s$ )及びある有効範囲(+ $\Delta\theta$ , - $\Delta\theta$ )迄に終息した状態( $T_{s1}$ )で表わします。 いずれも負荷条件(慣性・摩擦等) 駆動方法合めた入力条件などで、大きく影響されます。

ダンピング特性は、駆動回路・方法などを含めた入力条件及び慣性などの負荷条件により大きく変わり、これが動特性・振動・共振など諸特性に影響を与えます。図はそれぞれの条件におけるダンピングの状態を示します。

(イ)基本モデル:ユニポーラ2相励磁、ツェナーダイオード回路(駆動回路基本形による)(ロ)バックダイオード回路 (イ)過電圧 (ニ)不足電圧 (ホ)1相励磁 (ヘ)慣性負荷 (ト)摩擦負荷(低負荷) (チ)摩擦負荷(高負荷) (リ)機械的ダンパー(マグネットダンパー・オイルダンパー) (ス)電子的ダンパー (ル)共振周波数域における2ステップ応答のダンピング波形

