



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL DE SANTA MARIA
Curso de Eletrotécnica**



Apostila de Automação Industrial

Elaborada pelo Professor M.Eng. Rodrigo Cardozo Fuentes

Prof. Rodrigo C. Fuentes
Campus- UFSM – Prédio 5
Email: fuentes@smail.ufsm.br
Web-site: w3.ufsm.br/fuentes

**SANTA MARIA – RS
2005**

ÍNDICE

6. CONTROLE DE MOTORES DE PASSO	6.1
6.1. Introdução	6.1
6.2. Princípio de operação:	6.2
6.3. Parâmetros Básicos:	6.7
6.4. Circuitos de controle:.....	6.8
6.5. Informações práticas:	6.10
6.6. Conclusão:	6.11

6. Controle de Motores de Passo

6.1. Introdução

A crescente popularidade dos motores passo a passo, em todo o mundo, não se deve apenas ao barateamento de produção; ela deve ser atribuída também à total adaptação desses dispositivos à lógica digital. Não é de hoje, afinal, que vários periféricos de computador (tais como acionadores de disco ploteadores e impressoras) ou equipamentos controlados por micros (mesas gráficas e braços de robôs, por exemplo) utilizam esse tipo de motor.

A maioria dos motores gira em velocidade relativamente constante, enquanto outros deslocam-se por impulsos ou passos discretos. Os primeiros possuem apenas dois estados de operação (parados ou girando); os **motores de passo** exibem três: **parados, ativados com rotor travado ou girando em etapas**. Este movimento pode ser brusco ou suave, dependendo da frequência e amplitude dos passos em relação à inércia do motor.



Motor de passo

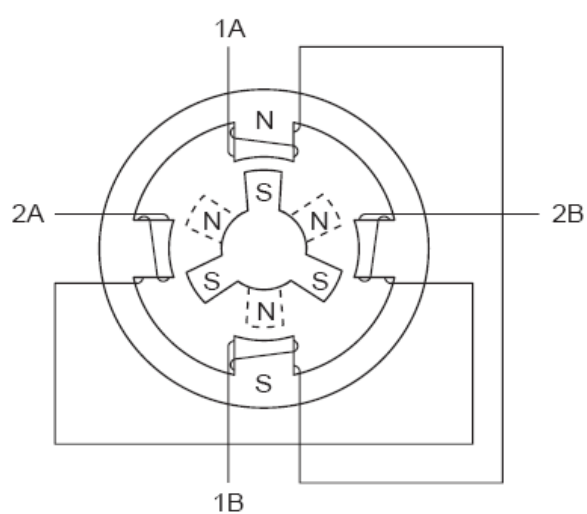
Como todos os motores, os de passo são transdutores eletromecânicos, embora pertençam a uma categoria separada, devido às suas aplicações específicas. De fato, eles respondem de uma forma bem definida ou seja, a rotação do eixo em um ou vários passos de acordo com os sinais digitais fornecidos aos seus circuitos eletrônicos de comando. Assim, os **motores de passo podem ser usados como um sistema de malha aberta**, isto é, sem qualquer realimentação de controle normalmente proporcionada por, potenciômetros, codificadores,

geradores tacométricos e assim por diante. Evitam, portanto, os problemas comumente encontrados nos sistemas de realimentação, como instabilidade e ultrapassagem (overshoot), podendo substituir servomotores CC convencionais. Veja, na tabela a seguir, uma rápida comparação entre os dois tipos de motor.

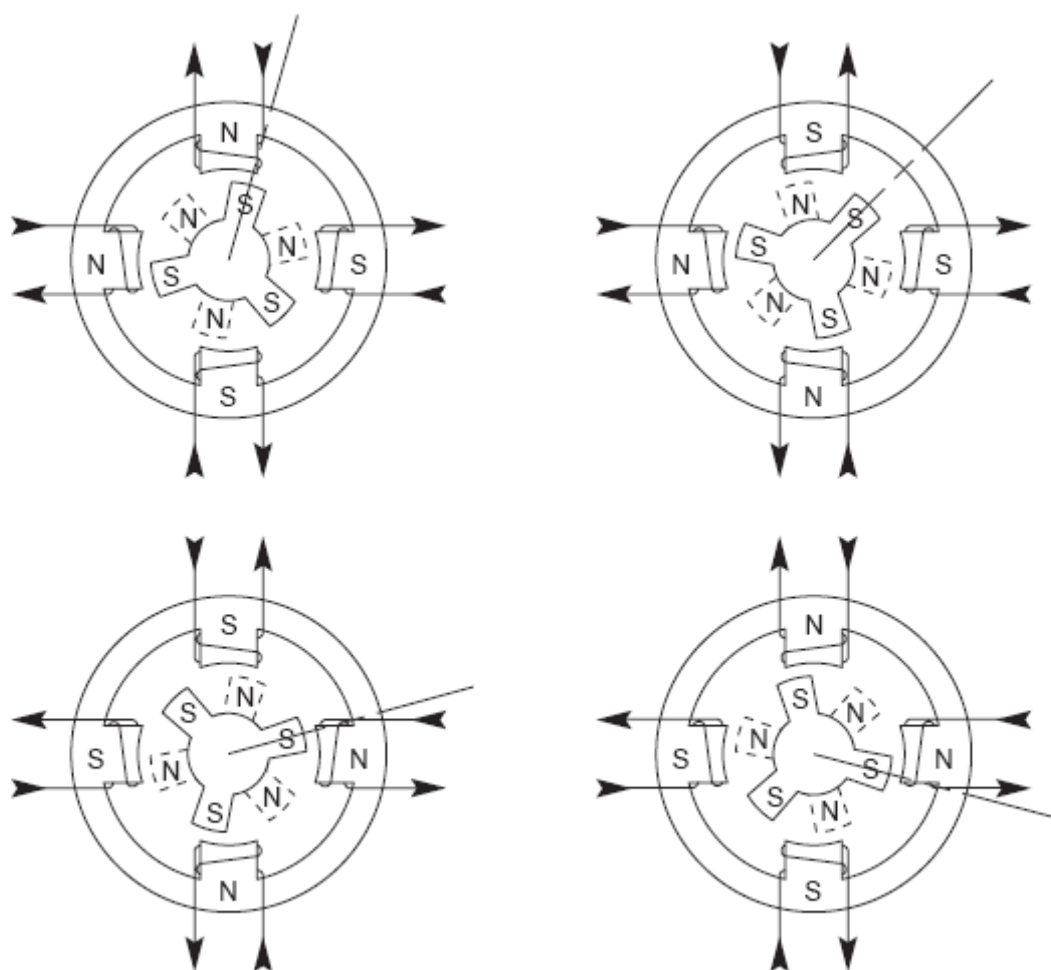
MOTOR DE PASSO	SERVOMOTOR CC
• operação em malha aberta • má relação potência volume • robusto, pouco desgaste • controle relativamente complexo • boa característica de bloqueio	• operação em malha fechada • boa relação potência volume • maior desgaste devido ao uso de escovas • controle simples • bloqueio requer frenagem adicional

6.2. Princípio de operação:

No que se refere ao funcionamento, os motores de passo podem ser comparados aos síncronos: um campo rotativo (nesse caso gerado pela eletrônica de controle) faz girar um rotor magnético. Tais motores foram subdivididos de acordo com a forma em que é gerado o campo rotativo (enrolamento unipolar ou bipolar no estator) e com o material empregado na construção do rotor (ferro doce ou material permanentemente magnetizado).



Motor de passo com 12 passos por revolução

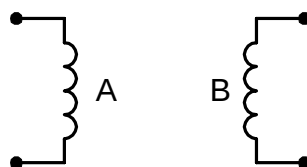


Operação em passos completos

No momento do arranque, passa corrente pelos dois enrolamentos, o estator é, adequadamente magnetizado e o rotor orienta-se de acordo. Caso em seguida, por exemplo, a polaridade da corrente “A” seja invertida (daí a designação “bipolar”), o campo irá deslocar-se 30° no sentido anti-horário, arrastando consigo o rotor.

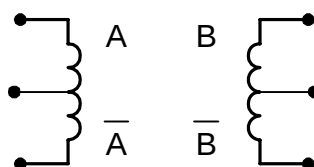
A seqüência de ativação para um terço de volta do rotor é $AB - \overline{AB} - \overline{AB} - \overline{AB}$, ou seja, 4 passos de 30° .

Também é possível cortar a corrente de um enrolamento, antes de inverter a polaridade na fase correspondente; nesse caso, a seqüência seria $AB - B - \overline{AB} - \overline{A} - \overline{AB} - \overline{B} - \overline{AB} - A$ esta operação é chamada de meio passo. Nessa operação a meio passo, as etapas são menores, mas o momento é mais irregular e menor (em média), já que durante metade do tempo apenas metade do número de fases está sendo utilizado.

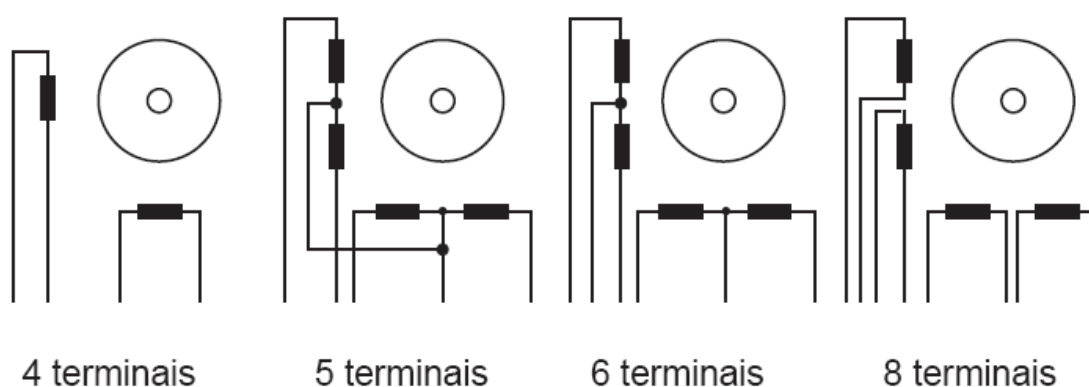


Enrolamento bipolar

Os motores passo a passo unipolares assemelham-se aos bipolares, mas são enrolados de modo diferente. Neles, cada fase consiste de um enrolamento com derivação central ou mesmo de dois enrolamentos separados, de forma que o campo magnético possa ser invertido sem a necessidade de inverter o sentido de corrente.



Enrolamento unipolar

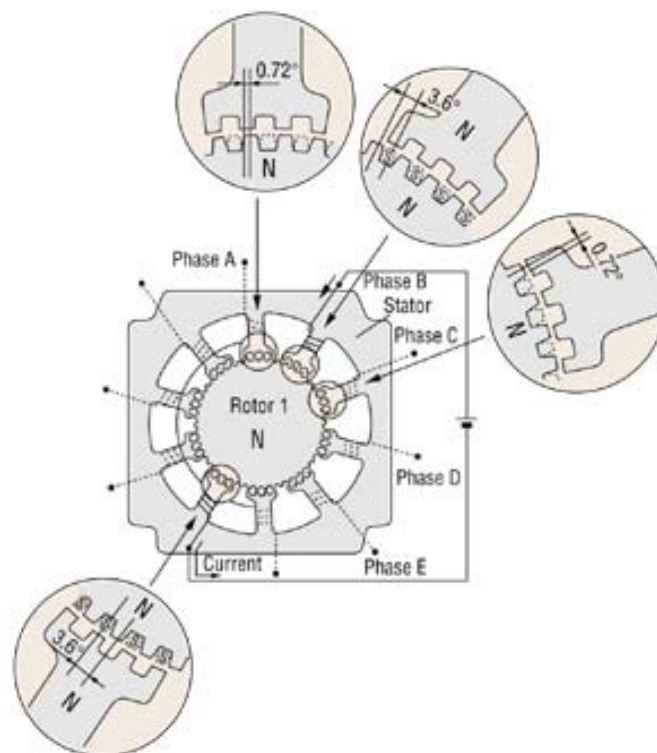


Configurações dos terminais para os motores de passo

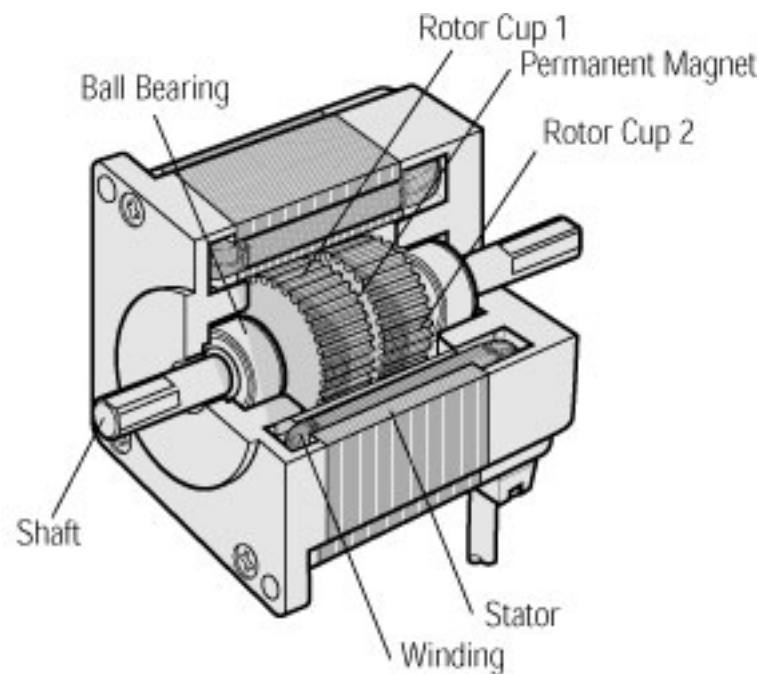
Como em geral essas bobinas são alojadas na mesma carcaça utilizada para os motores bipolares, é evidente que devem empregar menos espiras ou fio de menor bitola o que significa, em ambos os casos, menos ampéres-espiras e portanto, um campo magnético mais fraco. Assim sendo, os motores unipolares desenvolvem momentos inferiores aos dos bipolares com as mesmas dimensões.

Costuma-se exigir ainda, dos motores de passo, uma resolução elevada, Isto é, muitos passos por volta.

As máquinas com essa característica são construídas com **rotores e estatores múltiplos**, com as fases separadas uma atrás da outra e ligeiramente deslocadas entre si. A máxima frequência de operação é limitada pelo rotor magnetizado, que induz uma tensão no estator. Desse modo, motores com velocidades relativamente elevadas usam, normalmente, rotores de ferro doce, unipolares e com menos pólos que o estator (veja a figura). Os enrolamentos são ligados em seqüência e às vezes em grupos.



Rotores e estatores múltiplos



Motor Structural Diagram 1: Cross-Section Parallel to Shaft

6.3. Parâmetros Básicos:

Antes de abordar qualquer consideração prática sobre os motores de passo, queremos que você esteja familiarizado com algumas características desses dispositivos. A tabela abaixo reúne as informações mais importantes, divididas em parâmetros mecânicos e elétricos.

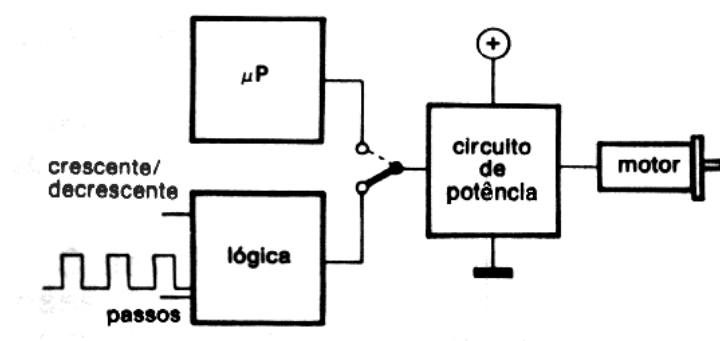
A escolha de um motor de passo recai, em primeiro lugar, sobre os requisitos mecânicos e as características elétricas, por sua vez, determinam o projeto da eletrônica de controle.

PARÂMETROS MECÂNICOS	DEFINIÇÃO
Passo angular	rotação do eixo durante um passo, isto é, $360^\circ \div$ número de passos por rotação
Momento de frenagem (torque de bloqueio)	momento máximo como rotor bloqueado, sem a perda de passos
Momento (torque)	efeito rotativo de uma força, medido a partir do produto da mesma pela distância perpendicular até o ponto onde ela atua, partindo de sua linha de ação
Taxa de arranque (pull-in rate)	freqüência de arranque sem a perda de passos
Taxa de andamento (pull-out rate)	regime de operação atingido após uma aceleração suave
Momento de inércia	medida da resistência mecânica oferecida por um corpo a aceleração angular

PARÂMETROS ELÉTRICOS	DEFINIÇÃO
Auto-indutância unipolar e bipolar	determina a magnitude da corrente média em regimes pesados de operação, de acordo com o tipo de enrolamento do estator: relaciona o fluxo magnético com as correntes que o produzem
Resistência ôhmica	determina a magnitude da corrente de estator com o rotor parado
Corrente máxima do estator	determinada pela bitola do fio empregado nos enrolamentos

6.4. Circuitos de controle:

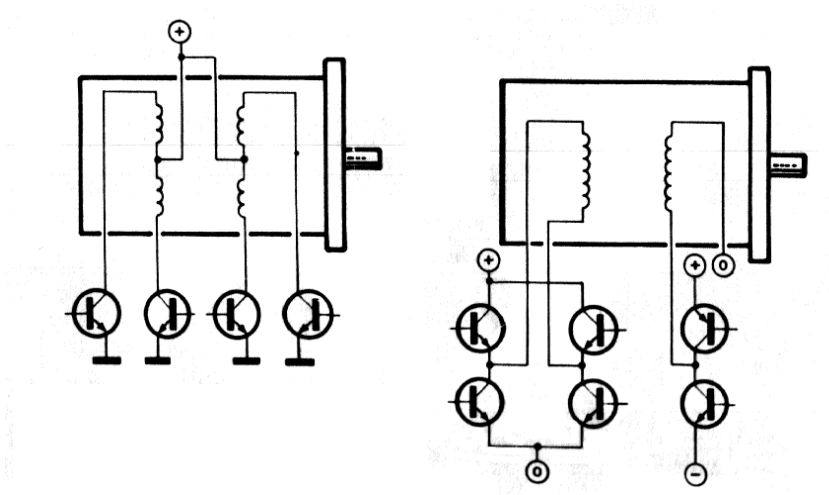
O uso de motores passo a passo torna-se um tanto complicado pela necessidade de **uma fonte de alimentação "inteligente" que produza o campo rotativo**. A concepção do circuito, no entanto, não deve causar problemas aos técnicos com alguma experiência em projeto.



Circuito excitador para motores de passo, sob a forma de um diagrama de blocos

A configuração do excitador de potência vai depender do tipo de motor (unipolar ou bipolar) e do número de fases a serem controladas. Os bipolares por sua vez, precisam ser controlados através de pontes, ou seja, quatro transistores

por enrolamento. É também possível utilizar somente dois transistores em cada enrolamento desde que seja empregado uma fonte simétrica.



Driver industrial

Circuito de Potência

6.5. Informações práticas:

O uso de motores de passo exige o respeito e algumas regras básicas. é preciso levar em conta, antes de mais nada, o caráter indutivo do estator - cuja corrente, ao ser chaveada, gera uma tensão indutiva, que chega a ser elevada o suficiente para destruir a eletrônica de controle. Isso pode ser evitado pela utilização de diodos de proteção, nos enrolamentos unipolares, e varistores ou diodos zener ligados em anti-série, no caso dos bipolares.

Outra dificuldade corriqueira é a resposta do motor a um único passo, é que o rotor fica sujeito ao fenômeno da ultrapassagem (ou overshoot), devido ao baixo amortecimento desses dispositivos. Efeito incômodo em baixas velocidades de operação, impede que os motores de passo transfiram potência através de engrenagens, pois o desgaste poderia quebrar rapidamente os dentes das mesmas. As correias de transmissão dentadas são preferíveis, nesse caso, devido à sua flexibilidade; apesar disso, o melhor mesmo é optar pela transmissão direta, sempre que possível. Existem, obviamente, formas de melhorar o amortecimento do motor - o que pode ser feito mecanicamente, pelo acréscimo de torque de fricção (gastando uma parcela a mais de energia), ou eletricamente, revertendo o motor imediatamente antes de atingir sua nova posição, seguido por um novo acionamento direto, uma fração de segundo depois. A menor dor de cabeça, aqui, será a temporização das operações.

A precisão dos passos, por fim, depende da exatidão com que os estatores estão posicionados entre si. Sorte que os desvios não são cumulativos, pois assim que um número de passos iguala-se ao número de fases seqüenciais, eles se cancelam mutuamente. Caso você queira posicionar algo com muita precisão, por meio de motores de passo, deve tentar fazer com que o número de passos, entre o ponto de referencia e a posição desejada, seja proporcional (segundo um número inteiro) à quantidade de estatores.

6.6. Conclusão:

Os motores de passo apresentam características particulares muito interessantes como a possibilidade de pequenos deslocamentos angulares, o bloqueio em uma determinada posição e a possibilidade de operação em malha aberta. Estas características fazem com que este motor seja largamente utilizada em pequenos automatismos como plotters, impressoras e pequenos robôs. A sua utilização não é maior ainda devido a baixa relação potência x volume deste tipo de motor.

Para saber mais:

www.parker.com.br

Leia o artigo Tudo sobre motores de passo, de Timothy Constandinou. Revista Eletrônica e Microinformática.