

Acionamento de motores

Jun Okamoto Jr.

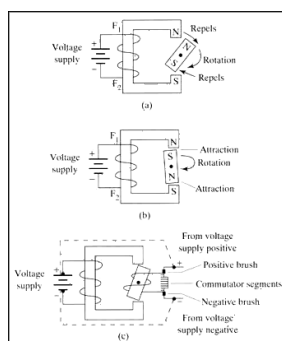
Motor DC

- Construção



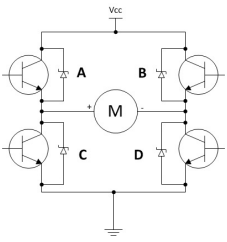
Motor DC

- Funcionamento



Acionamento de Motor DC

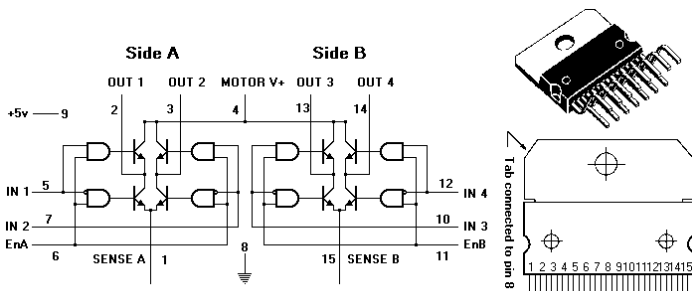
- Acionamento por Ponte H



A	B	C	D	State	A	B	C	D	State
0	0	0	0	Off	1	0	0	0	Off
0	0	0	1	Off	1	0	0	1	Forward
0	0	1	0	Off	1	0	1	0	SHORT!!
0	0	1	1	Brake	1	0	1	1	SHORT!!
0	1	0	0	Off	1	1	0	0	Brake
0	1	0	1	SHORT!!	1	1	0	1	SHORT!!
0	1	1	0	Reverse	1	1	1	0	SHORT!!
0	1	1	1	SHORT!!	1	1	1	1	SHORT!!

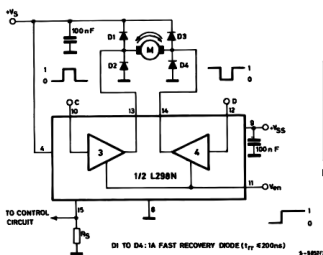
Acionamento de Motor DC

- Acionamento com L298



Acionamento de Motor DC

- Sinais de controle do L298



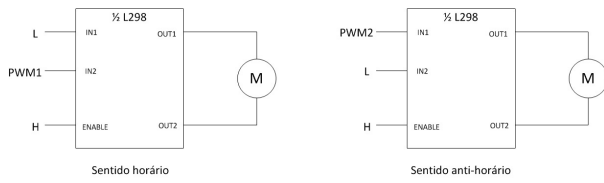
Inputs	Function
$V_{en} = H$	C = H ; D = L C = L ; D = H
	Forward Reverse
	C = D
	Fast Motor Stop
$V_{en} = L$	C = X ; D = X
	Free Running Motor Stop

L = Low H = High X = Don't care

D1 TO D4: 1A FAST RECOVERY DIODE (10V 1.200mA) 5-19872

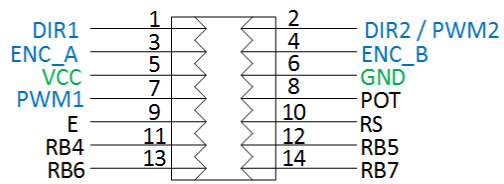
Acionamento de Motor DC

- PWM com L298

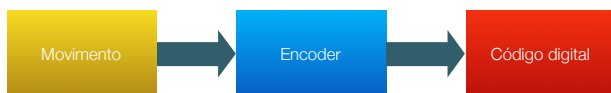


Acionamento de Motor DC

- Usando a placa de PMR2415

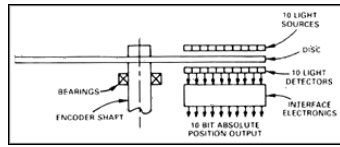


Encoder



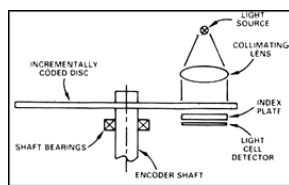
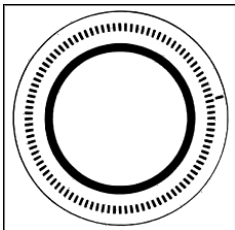
Encoder

- Absoluto



Encoder

- Incremental

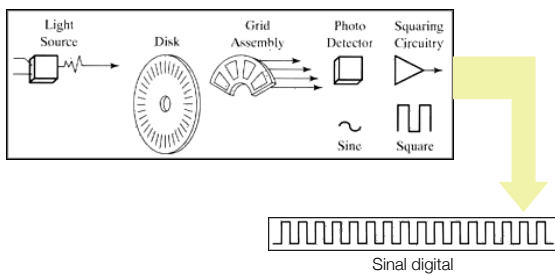


<http://zone.ni.com/cms/images/devzone/ph/Dc7b7a87673.gif>

<http://zone.ni.com/cms/images/devzone/ph/Dc7b7a87674.gif>

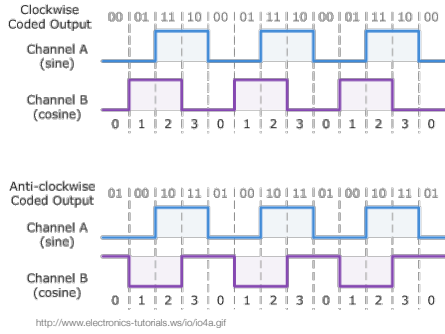
Encoder Incremental

- Princípio de funcionamento



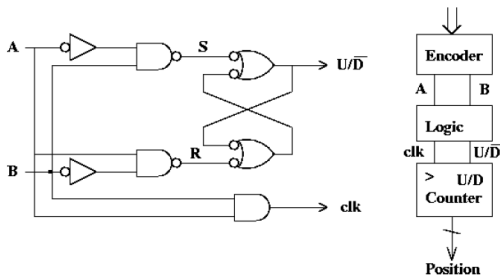
Encoder Incremental

- Detecção de direção



Encoder Incremental

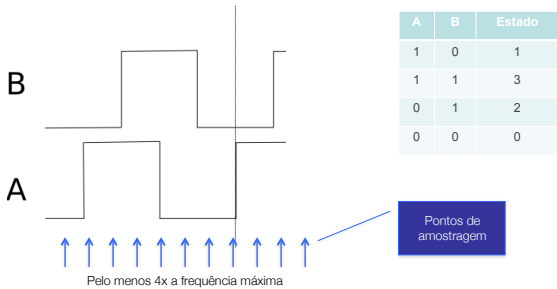
- Contagem por Hardware



Encoder Incremental

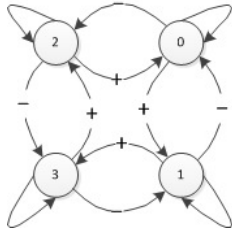
- Contagem por Software

- Amostragem dos sinais A e B



Encoder Incremental

- Contagem por Software
- Máquina de estados



Encoder Incremental

- Contagem por Software
- Três algoritmos em interrupção periódica na taxa de amostragem
 - Switch / case
 - Vetores de estados
 - Tabela de estados

Contagem por Software

- Switch / case
- Na rotina de interrupção:

```
switch (estadoAtual) {
  case 0:
    if (estadoAnterior == 1) contador--;
    else if (estadoAnterior == 2) contador++;
    break;
  case 1:
    if (estadoAnterior == 3) contador--;
    else if (estadoAnterior == 0) contador++;
    break;
  case 2:
    if (estadoAnterior == 0) contador--;
    else if (estadoAnterior == 3) contador++;
    break;
  case 3:
    if (estadoAnterior == 2) contador--;
    else if (estadoAnterior == 1) contador++;
    break;
}
estadoAnterior = estadoAtual;
```

Contagem por Software

- Vetor de estados
- Carregar dois vetores globais com os estados anteriores no `main()`

```
positivo = { 2, 0, 3, 1 }; negativo = { 1, 3, 0, 2 } ;
```

- Na rotina de interrupção:

```
if (positivo[estadoAtual] == estadoAnterior) contador++;  
else if (negativo[estadoAtual] == estadoAnterior) contador--;  
estadoAnterior = estadoAtual;
```

Contagem por Software

- Tabela de estados
- Carregar uma matriz com valores da transição dos estados no `main()`

AtualAnt	0	1	2	3
0	0	+1	-1	0
1	+1	0	0	-1
2	-1	0	0	+1
3	0	+1	-1	0

- Na rotina de interrupção:

```
contador += MatrizDeEstados[estadoAtual, estadoAnterior];  
estadoAnterior = estadoAtual;
```

Contagem por Software

- Desempenho

Algoritmo	Desempenho
Switch / case	mais rápido
Vetor de estados	médio
Tabela de estados	mais lento

Encoder do Lab

- Encoder óptico

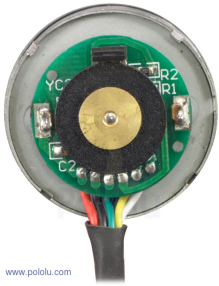


<http://www.pololu.com/picture/view/0J1203>

- 12 pulsos por volta da roda
- Sensores infravermelhos do tipo reflectivo
- Tensões compatíveis com TTL

Encoder do PI-7

- Encoder de Efeito Hall



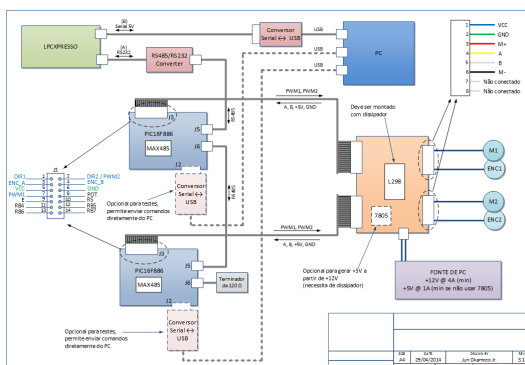
www.pololu.com

<http://www.pololu.com/picture/view/0J2641>

- 64 pulsos por volta do eixo do motor

Cor	Função
Preto	Motor -
Vermelho	Motor +
Azul	Sensor Hall Vcc (3,5-20V)
Verde	Sensor Hall GND
Amarelo	Sensor Hall saída A
Branco	Sensor Hall saída B

Conexões p/ PI-7



Motores de Passo

• Características

- Pulsos → ângulo
- Operação em malha aberta
- Holding torque
- Torque da carga não pode variar além do torque do motor

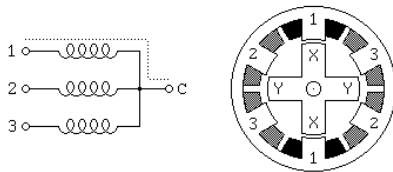
• Tipos:

- Relutância variável
- Magneto Permanente
- Híbrido

Motor de Passo

• Relutância Variável

- Normalmente 3 a 4 enrolamentos com um terminal comum



<http://www.cs.uiowa.edu/~jones/step/types.html>

Motor de Passo

• Relutância Variável

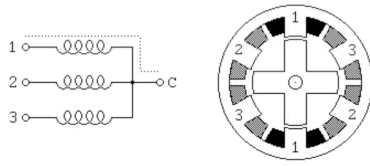
- Acionamento

```
Winding 1
1001001001001001001001
Winding 2
0100100100100100100100
Winding 3
0010010010010010010010
time --->
```

<http://www.cs.uiowa.edu/~jones/step/types.html>

Motor de Passo

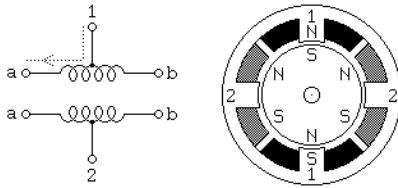
- Relutância Variável
- Exemplo de Acionamento



<http://www.cs.uiowa.edu/~jones/step/types.html>

Motor de Passo

- Magneto Permanente ou híbrido
- Unipolar c/ 5 ou 6 terminais
- Dois enrolamentos com derivação central



<http://www.cs.uiowa.edu/~jones/step/types.html>

Motor de Passo

- Unipolar
- Acionamento de 1 fase
- Full Step

```
Winding 1a 1000100010001000100010001
Winding 1b 0010001000100010001000100
Winding 2a 0100010001000100010001000
Winding 2b 0001000100010001000100010
           time --->
```

Motor de Passo

- Unipolar
 - Acionamento de 2 fases
 - Full Step
 - Torque 1,4 vezes maior que c/ 1 fase

```
Winding 1a 1100110011001100110011001
Winding 1b 0011001100110011001100110
Winding 2a 0110011001100110011001100
Winding 2b 1001100110011001100110011
time ---->
```

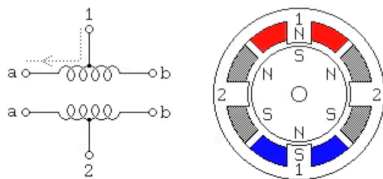
Motor de Passo

- Unipolar
 - Acionamento de 1-2 fases
 - Half step
 - Torque oscila

```
Winding 1a 11000001110000011100000111
Winding 1b 00011100000111000001110000
Winding 2a 01110000011100000111000001
Winding 2b 00000111000001110000011100
time ---->
```

Motor de Passo

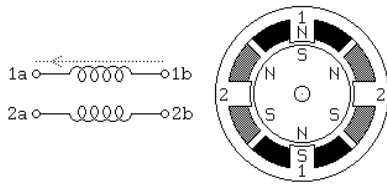
- Unipolar
 - Exemplo de Acionamento



<http://www.cs.uiowa.edu/~jones/step/types.html>

Motor de Passo

- Magneto Permanente ou Híbrido
- Bipolar



<http://www.cs.uiowa.edu/~jones/step/types.html>

Motor de Passo

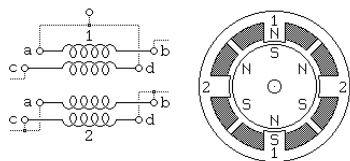
- Bipolar
- Acionamento
 - Por Ponte H
 - Corrente circula nos dois sentidos no enrolamento

```
Terminal 1a +---+---+---+---+ ---+---+---+---+
Terminal 1b -+---+---+---+---+ -+---+---+---+---+
Terminal 2a -+---+---+---+---+ -+---+---+---+---+
Terminal 2b ---+---+---+---+---+ ---+---+---+---+
time --->
```

<http://www.cs.uiowa.edu/~jones/step/types.html>

Motor de Passo

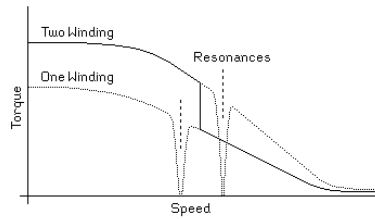
- Magneto Permanente ou Híbrido
- Bifilar
 - 4 enrolamentos independentes
 - Pode se acionado como unipolar ou bipolar



<http://www.cs.uiowa.edu/~jones/step/types.html>

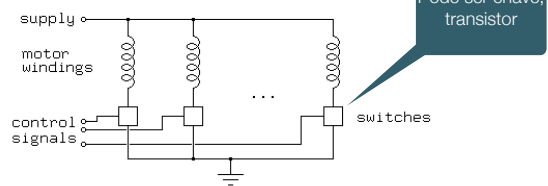
Motor de Passo

- Característica de torque



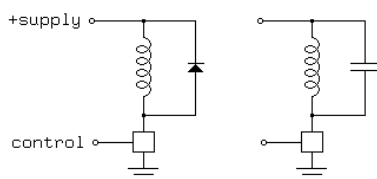
Acionamento de Motor de Passo

- Relutância Variável
- Circuito de acionamento



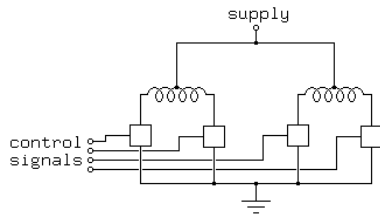
Acionamento de Motor de Passo

- Circuito de proteção dos elementos de chaveamento



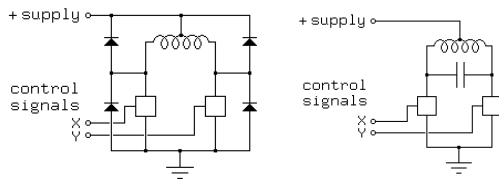
Acionamento de Motor de Passo

- Magneto Permanente e Híbrido unipolar
- Circuito de acionamento



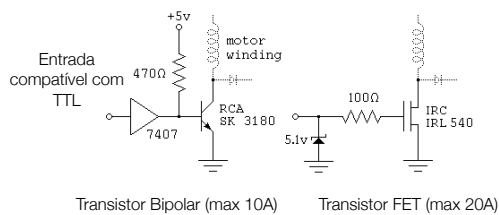
Acionamento de Motor de Passo

- Magneto Permanente ou Híbrido unipolar
- Circuito de proteção dos elementos de chaveamento



Acionamento de Motores de Passo

- Unipolar e Relutância Variável
- Exemplos práticos de circuitos de chaveamento



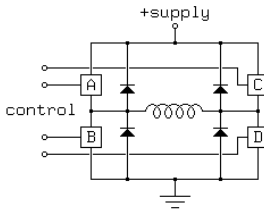
Transistor Bipolar (max 10A)

Transistor FET (max 20A)

Acionamento de Motores de Passo

- Motores Bipolares

- Acionamento com Ponte H
- 16 modos de operação possíveis para as chaves A, B, C e D

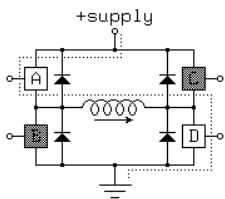


- 7 modos de operação resultam em curto circuito
- 4 modos de operação são de interesse

Acionamento de Motores de Passo

- Ponte H

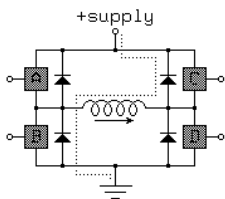
- Modo Direto
 - Chaves A e D fechadas
- Modo Reverso
 - Chaves C e B fechadas



Acionamento de Motores de Passo

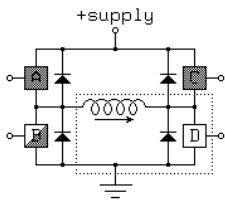
- Ponte H

- Modo de decaimento rápido
 - Chaves A, B, C e D abertas
- O rotor do motor gira livremente até parar



Acionamento de Motores de Passo

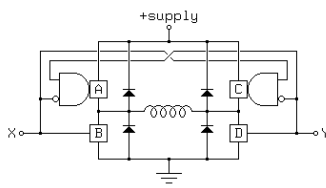
- Ponte H



- Modo de decaimento lento ou modo de freio dinâmico
- Chaves A e C abertas, chave D fechada, chave B aberta ou fechada
- A corrente circula livremente no enrolamento, decaindo lentamente o que provoca o freio do rotor.

Acionamento de Motores de Passo

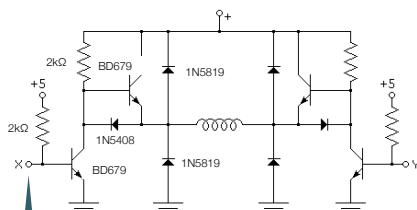
- Ponte H c/ proteção contra curto-circuitos



XY	ABCD	Mode
00	0000	fast decay
01	1001	forward
10	0110	reverse
11	0101	slow decay

Acionamento de Motores de Passo

- Circuito prático com transistores bipolares



Pode ser ligado numa saída TTL open-collector