

Locomoção, motores e atuadores

Prof. Geovany A. Borges
e-mail: gaborges@unb.br

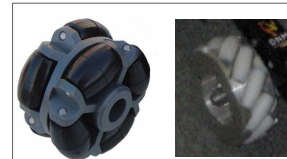


Laboratório de Automação e Robótica (LARA)
Departamento de Eng. Elétrica
Universidade de Brasília (UnB)

1

Modalidades de locomoção

Rodas



90° 45°
Omnidirecional (Swedish Wheels)



Convencionais



Caster



Ball caster



Prof. G.A. Borges / ENE-FT-UnB

2

Modalidades de locomoção

Esteiras

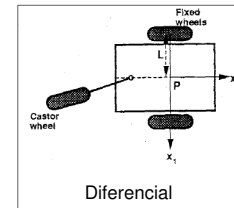


Prof. G.A. Borges / ENE-FT-UnB

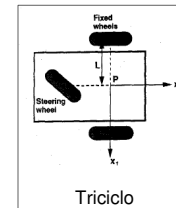
3

Modalidades de locomoção

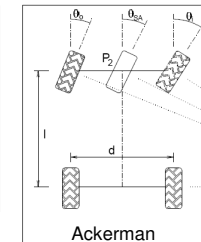
Configurações mais comuns (não-holonômicos¹)



Diferencial



Triciclo



Ackerman

(¹) Sistemas de equações diferenciais com restrições não integráveis, ou seja, não podem ser escritas com derivadas no tempo de alguma função ligada ao modelo.

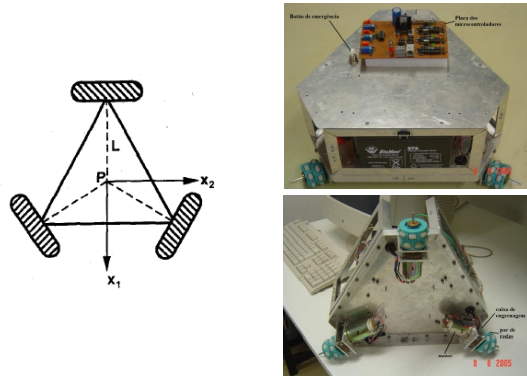


Prof. G.A. Borges / ENE-FT-UnB

4

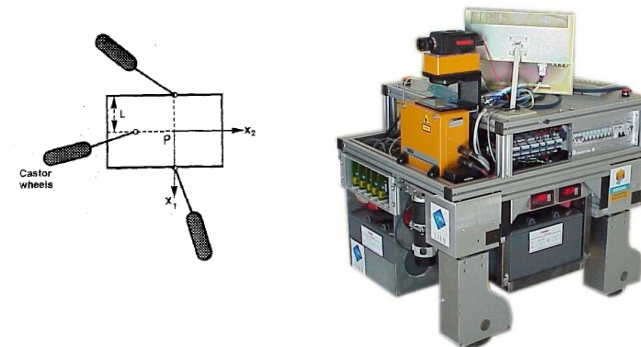
Modalidades de locomoção

- Configurações mais comuns (holonômicos)



Modalidades de locomoção

- Configurações mais comuns (holonômicos)



Modalidades de locomoção

- Configurações mais comuns (holonômicos)

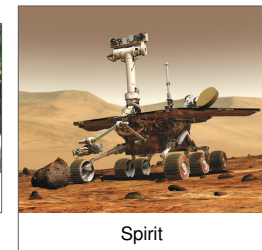


Modalidades de locomoção

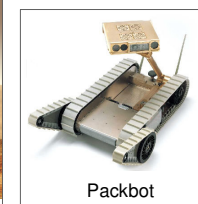
- Configurações com estrutura variável



Shimp III



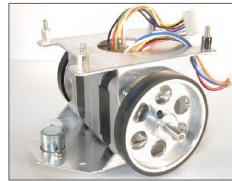
Spirit



Packbot

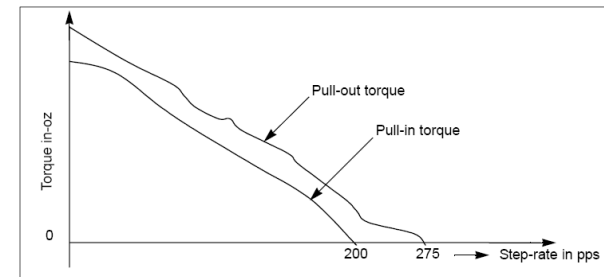
Atuadores

- Motores de passo
 - Acionamento simples por ativação das bobinas
 - Passo discreto
 - Confiável para controle de posição em malha aberta com limite de carga, mas perde pulsos em função da carga e da frequência de chaveamento.



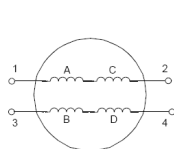
Atuadores

- Motores de passo
 - Curva torque vs. frequência

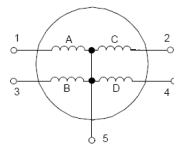


Atuadores

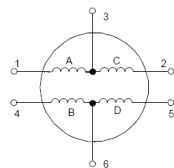
- Motores de passo
 - Modelos:



Bipolar



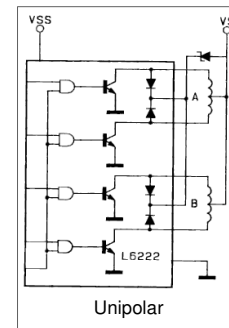
Unipolar (5 fios)



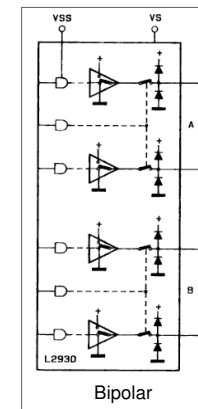
Unipolar (6 fios)

Atuadores

- Motores de passo
 - Acionamento: modalidade



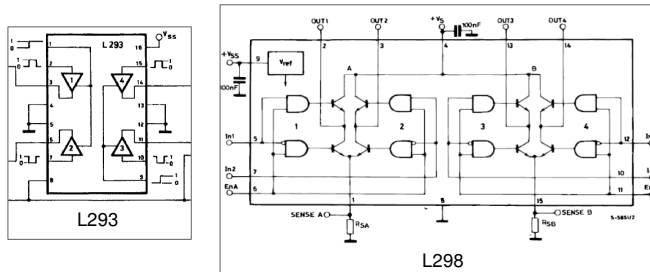
Unipolar



Bipolar

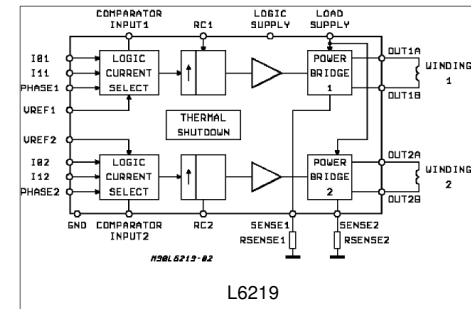
Atuadores

- Motores de passo
 - Acionamento: circuitos integrados



Atuadores

- Motores de passo
 - Acionamento: circuitos integrados



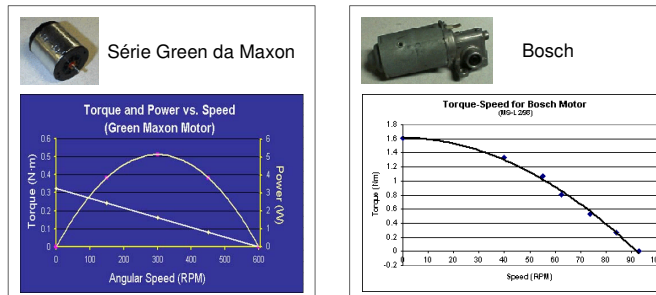
Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento relativamente simples
 - Boa relação torque vs. corrente de armadura
 - O motor mais usado para tração em robôs móveis



Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Perda de eficiência devido às escovas

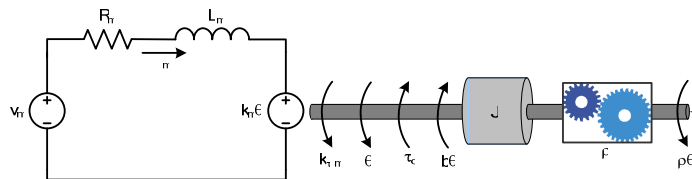


Fonte: <http://lancet.mit.edu/motors/motors4.html>

Atuadores

■ Motores de corrente contínua com escovas

□ Modelo físico



$$v_m(t) = k_m \frac{d\theta(t)}{dt} + L_m \frac{di_m(t)}{dt} + R_m i_m(t)$$

$$J \frac{d^2\theta(t)}{dt^2} = k_t i_m(t) - \tau_c(t) - b \frac{d\theta(t)}{dt}$$



Atuadores

■ Motores de corrente contínua com escovas

□ Acionamento: tensão vs. corrente

- Por fonte de tensão:
 - + Projeto mais fácil do circuito de acionamento
 - Modelo elétrico de velocidade: segunda ordem
- Por fonte de corrente:
 - Projeto mais complexo do circuito de acionamento
 - + Modelo elétrico de velocidade: primeira ordem
 - + Compensação direta do torque de carga (τ_c)

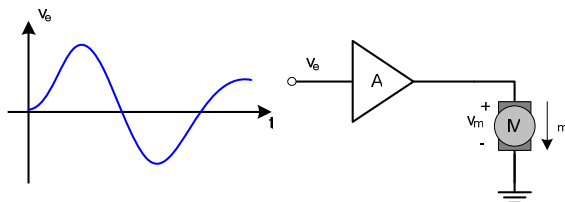


Atuadores

■ Motores de corrente contínua com escovas

□ Acionamento: analógico vs. chaveado

- Acionamento analógico: modo com terminação única

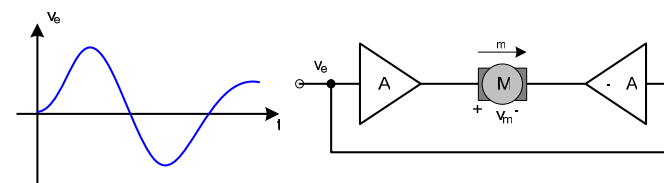


Atuadores

■ Motores de corrente contínua com escovas

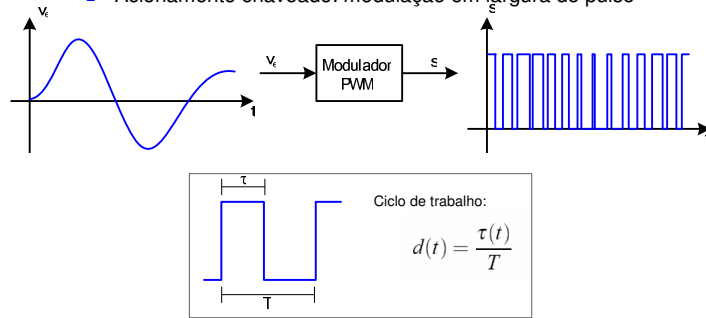
□ Acionamento: analógico vs. chaveado

- Acionamento analógico: modo em ponte



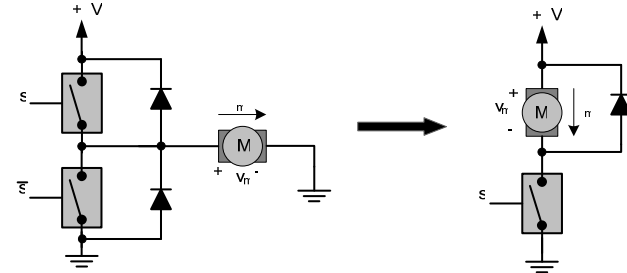
Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento: analógico vs. chaveado
 - Acionamento chaveado: modulação em largura de pulso



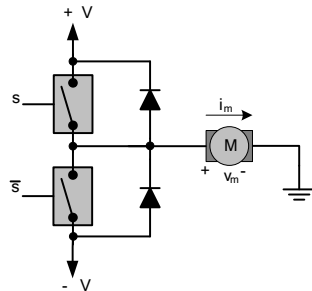
Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento: analógico vs. chaveado
 - Acionamento chaveado: um quadrante



Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento: analógico vs. chaveado
 - Acionamento chaveado: dois quadrantes com um braço



Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento: analógico vs. chaveado
 - Acionamento chaveado: dois quadrantes em ponte H, direção codificada em $s(t)$, e $\max\{v_m\} - \min\{v_m\} = +2V$ em um ciclo T

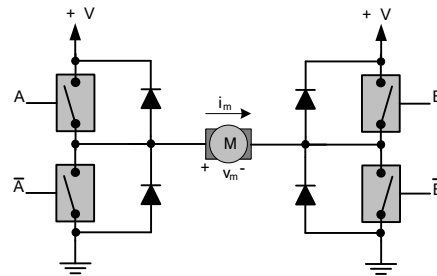
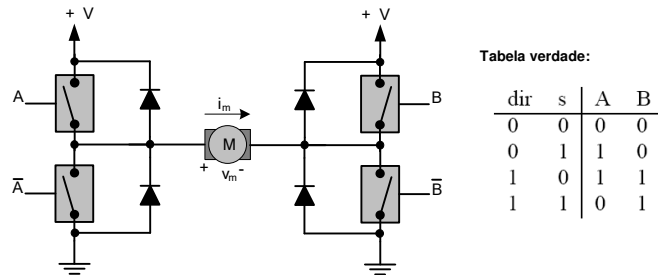


Tabela verdade:

s	A	B
0	0	1
1	1	0

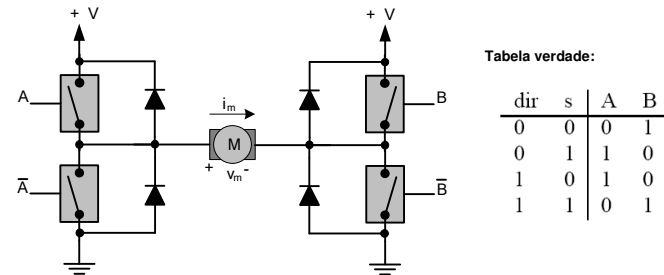
Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento: analógico vs. chaveado
 - Acionamento chaveado: dois quadrantes em ponte H, direção independente de $s(t)$, e $\max\{v_m\} - \min\{v_m\} = +V$ em um ciclo T .



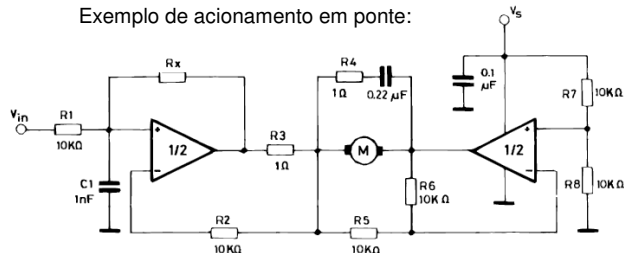
Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento: analógico vs. chaveado
 - Acionamento chaveado: dois quadrantes em ponte H, direção independente de $s(t)$, e $\max\{v_m\} - \min\{v_m\} = +2V$ em um ciclo T .



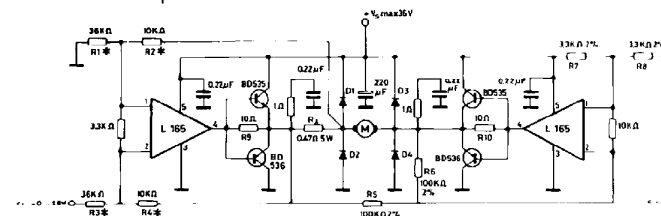
Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento: circuitos integrados analógicos
 - L272: Corrente de saída < 1A, tensão de alimentação até 28V
Preço: R\$6,86 (www.farnell.com.br, set/2007)
Exemplo de acionamento em ponte:



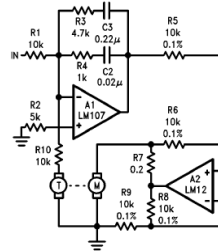
Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento: circuitos integrados analógicos
 - L165: Corrente de saída < 3A, tensão de alimentação até ±18V
Preço: R\$12,23 (www.farnell.com.br, set/2007)
Exemplo de fonte de corrente:



Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento: circuitos integrados analógicos
 - LM12: Corrente de saída < 10A, tensão de alimentação até ±30V
Preço: R\$247,16 (www.farnell.com.br, set/2007)
Exemplo de controle de velocidade:

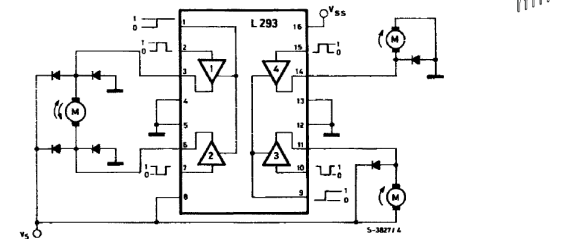


Prof. G.A. Borges / ENE-FT-UnB

29

Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento: circuitos integrados com chaves
 - L293: Corrente de saída < 1A, tensão de alimentação até 36V
Preço: R\$8,89 (www.farnell.com.br, set/2007)
Exemplo de acionamento em um e dois quadrantes:

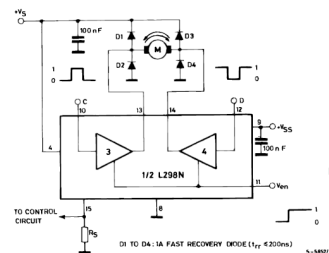


Prof. G.A. Borges / ENE-FT-UnB

30

Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento: circuitos integrados com chaves
 - L298: Corrente de saída < 2A, tensão de alimentação até 46V
Preço: R\$12,76 (www.farnell.com.br, set/2007)
Exemplos de acionamento em dois quadrantes:



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

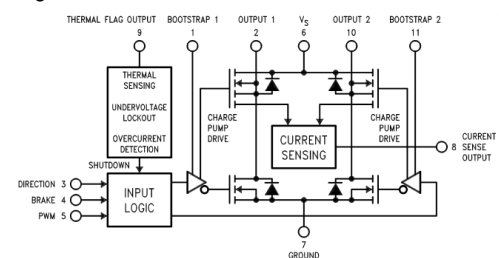
L = Low H = High X = Don't care

Prof. G.A. Borges / ENE-FT-UnB

31

Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento: circuitos integrados com chaves
 - LMD18200: Corrente de saída < 3A, alimentação até 35V
Preço: R\$48,70 (www.farnell.com.br, set/2007)
Diagrama interno:



Prof. G.A. Borges / ENE-FT-UnB

32

Atuadores

- Motores de corrente contínua com escovas
 - Acionamento: módulos de acionamento chaveado



AX-500SC: 1x30A, US\$145



AX-3500SC: 1x120A, US\$395



AX-2550SC: 1x240A, US\$495

Fonte: <http://www.roboteq.com/>



Atuadores

- Servos R/C
 - Versões analógico e digital
 - Controle embutido de posição
 - Referência por sinal PWM: 5% a 10%, período 20 ms.

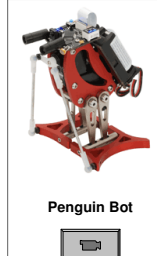


Atuadores

- Servos R/C
 - Exemplos de uso em robótica móvel:



Robonova



Penguin Bot



Plen



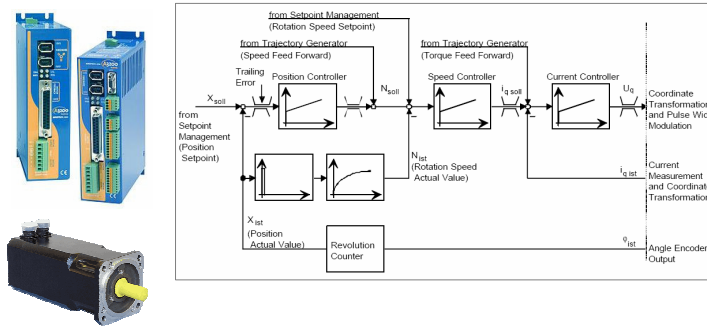
Atuadores

- Servo-motores/servo-amplificadores



Atuadores

- Servo-motores/servo-amplificadores



Tópicos seguintes

- Modelagem
- Identificação
- Controle