

Actuadores em Robótica Móvel

Prof. Carlos Carreto



Robótica

Curso de Engenharia Informática

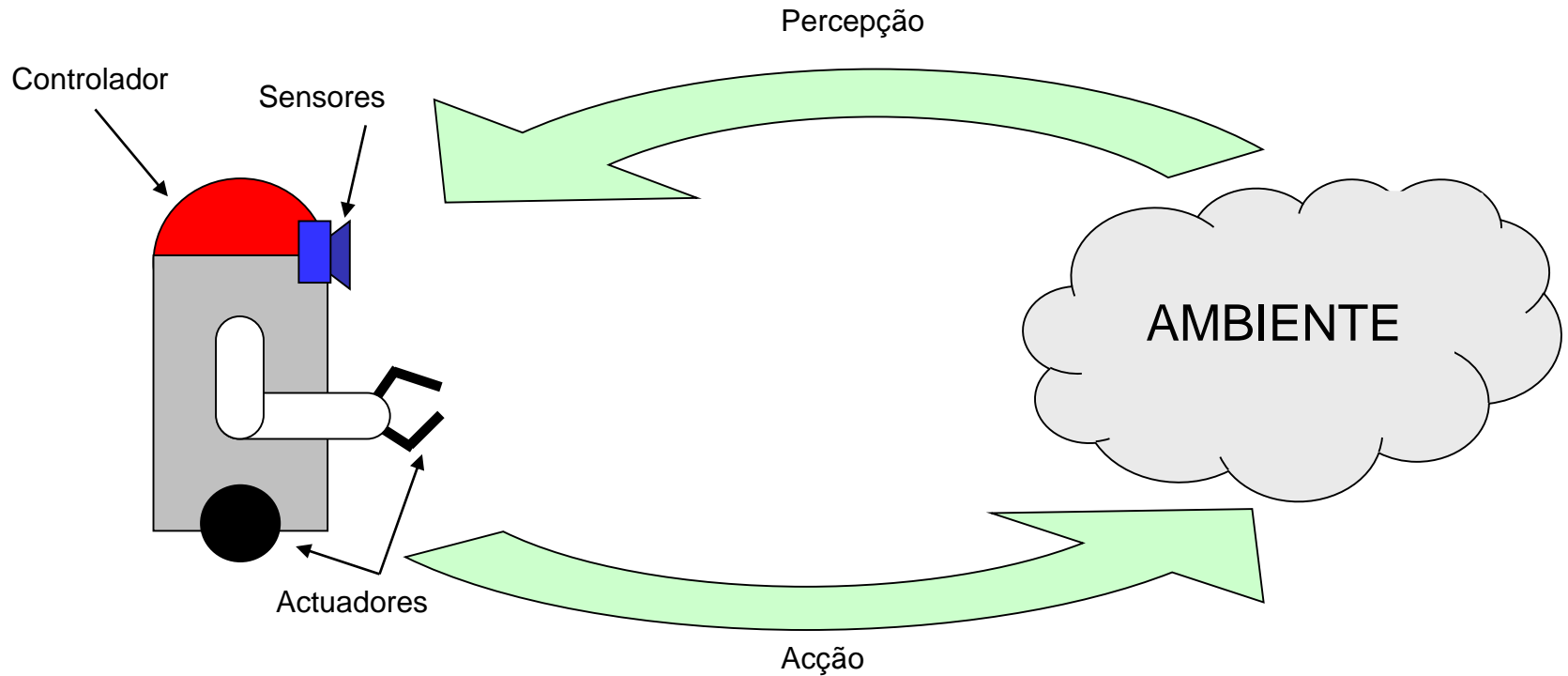
Instituto Politécnico da Guarda

Sumário

- ▶ Definição de Actuador
- ▶ Tipos de Actuadores
 - ▶ Pneumáticos
 - ▶ Hidráulicos
 - ▶ Elétricos
- ▶ Motores DC
 - ▶ Princípio de funcionamento
 - ▶ Características
 - ▶ Engrenagens
 - ▶ Controlo
- ▶ Servomotores
 - ▶ Princípio de funcionamento
 - ▶ Controlo



Sistema Autónomo



Definição de Actuador

- ▶ Os Actuadores são os dispositivos que permitem ao robô executar acções no meio ambiente em que se encontra.
- ▶ Embora um simples LED ou um altifalante também possam ser considerados Actuadores, nesta apresentação falaremos apenas de **Actuadores do tipo motor**, que movimentam as partes móveis de um robô em resposta às ordens do sistema de controlo.



Tipos de Actuadores

- ▶ Actuadores Pneumáticos
 - ▶ Motores e Cilindros Pneumáticos
- ▶ Actuadores Hidráulicos
 - ▶ Motores e Cilindros Hidráulicos
- ▶ Motores Eléctricos
 - ▶ Motores de Corrente Alternada
 - ▶ Motores de Corrente Contínua
 - ▶ Servomotores
 - ▶ Motores de Passo



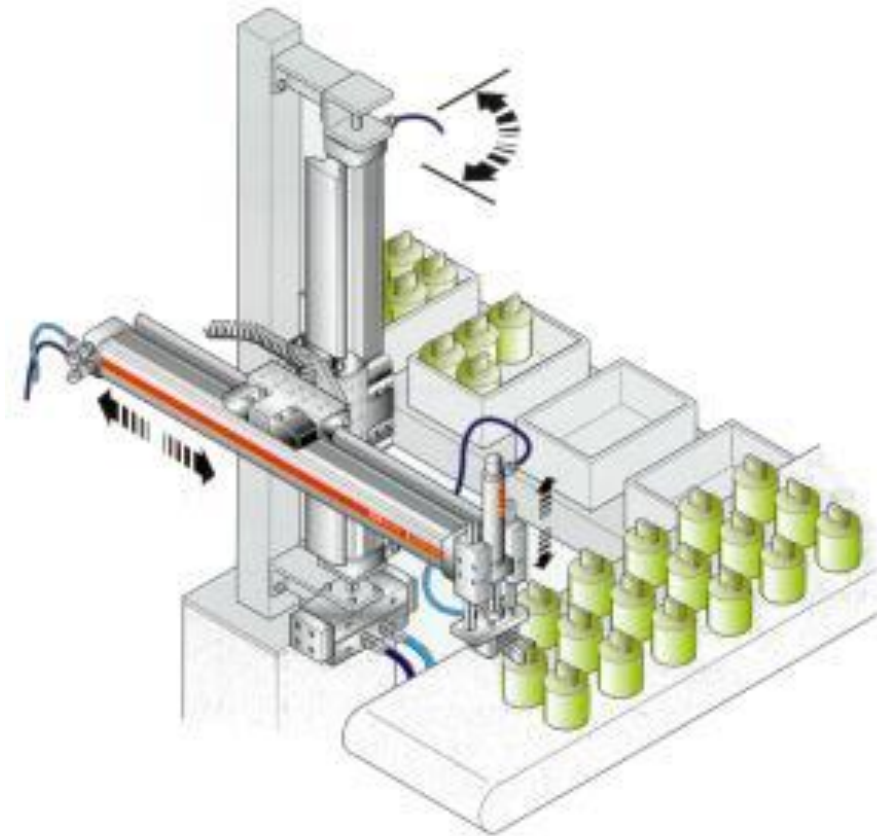
Atuadores Pneumáticos

- ▶ Utilizam ar comprimido como fonte de energia.
- ▶ Podem ser usados para exercer grandes forças, mas o controlo preciso é difícil porque o ar é um fluído altamente compressível.
- ▶ Requerem manutenção extra
 - ▶ Necessitam da instalação de bombas e compressores, filtros, acumuladores, equipamentos para refrigeração, válvulas, etc.
- ▶ Em robótica utilizam-se basicamente dois tipos:
 - ▶ Cilindros pneumáticos
 - ▶ Motores rotativos pneumáticos



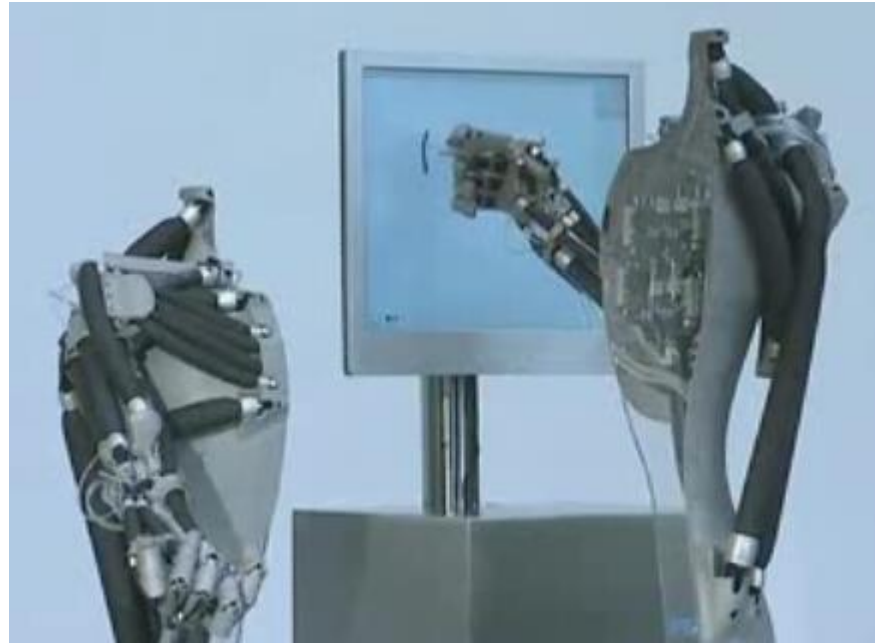
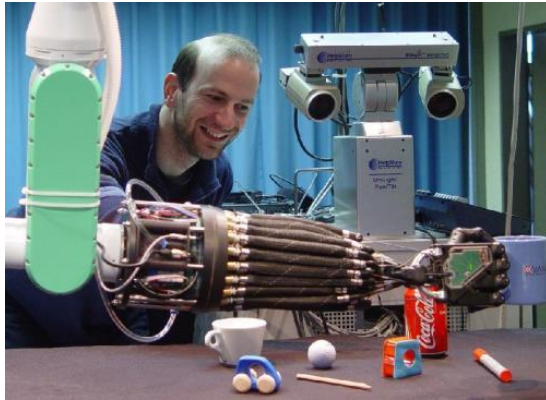
Atuadores Pneumáticos

Exemplos



Atuadores Pneumáticos

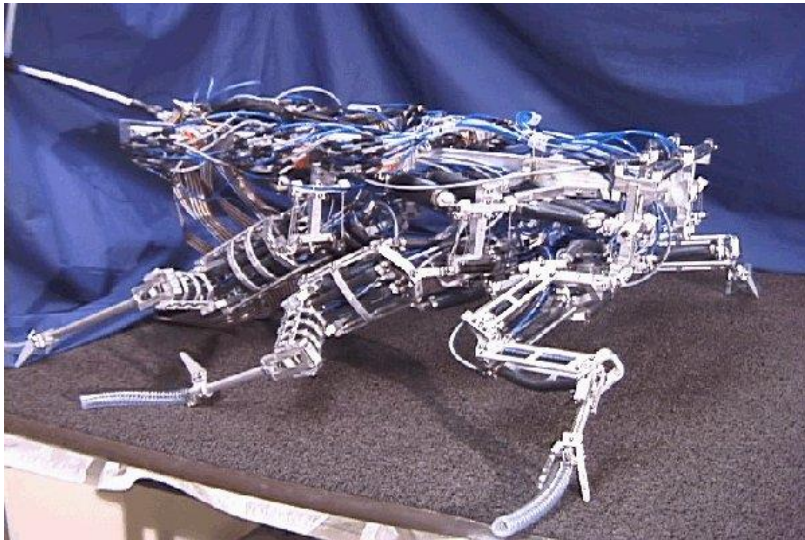
Exemplos



http://www.youtube.com/watch?v=liicZ_pvGiQ&feature=player_embedded

Atuadores Pneumáticos

Exemplos



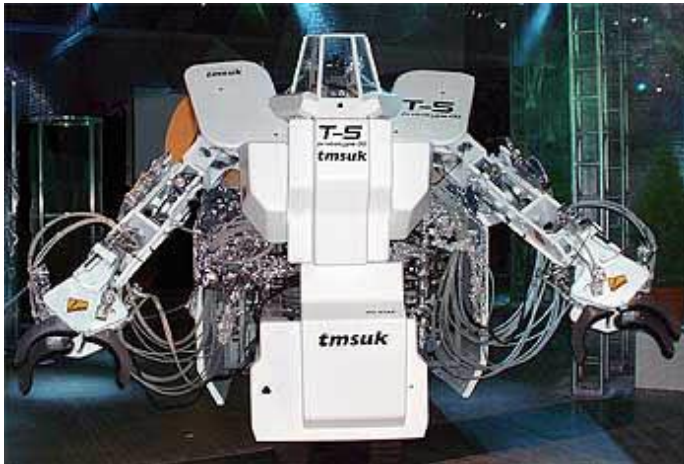
Atuadores Hidráulicos

- ▶ Utilizam a pressão da água ou de óleo como fonte de energia.
- ▶ Podem exercer forças muito grandes e a menor compressibilidade dos líquidos em relação ao ar torna-os mais adequados para executar movimentos lentos e de maior precisão.
- ▶ Requerem muita manutenção
 - ▶ Necessitam da instalação de bombas e compressores, filtros, acumuladores, equipamentos para refrigeração, válvulas, etc.
- ▶ Apresentam estabilidade frente a cargas estáticas.
- ▶ São principalmente usados em robôs manipuladores onde é necessário exercer grandes forças.



Atuadores Hidráulicos

Exemplos



Atuadores Elétricos (Motores)

- ▶ Os mais comuns utilizados em robótica móvel.
- ▶ São muito fáceis de controlar e são muito precisos.
- ▶ Os motores para uso em robótica são agrupados em 4 categorias:
 - ▶ Motores de corrente alternada (Motores CA)
 - ▶ Motores de corrente contínua (Motores CC)
 - ▶ Servomotores
 - ▶ Motores de passo

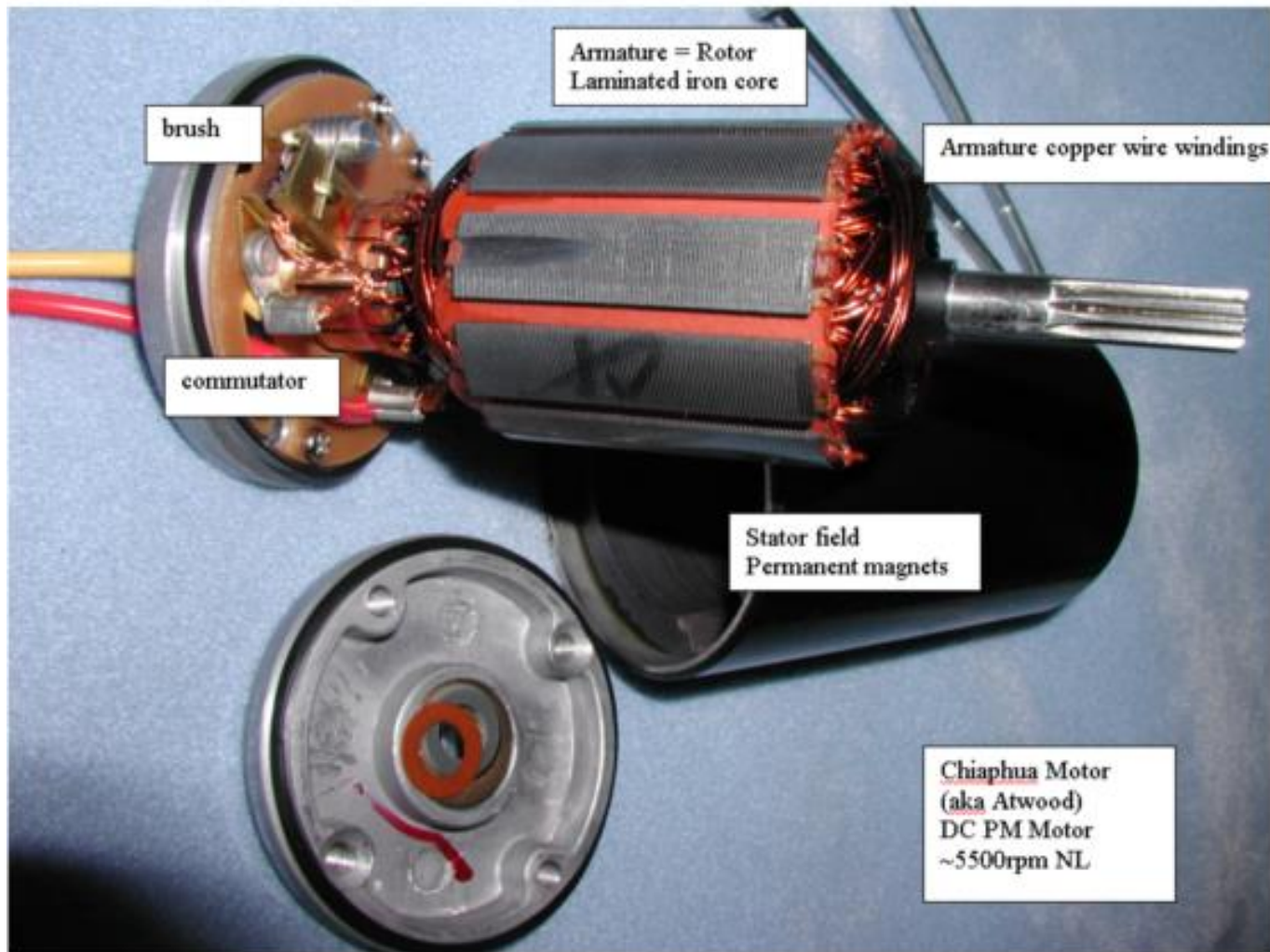


Atuadores Eléctricos (Motores)

- ▶ Motores CA
 - ▶ Utilizam corrente eléctrica alternada (CA) como fonte de energia.
- ▶ Motores CC
 - ▶ Utilizam corrente eléctrica continua (CC) como fonte de energia.
- ▶ Motores de passo
 - ▶ São motores do tipo CC que permitem um controlo muito preciso (em pequenos passos), do movimento angular do eixo.
- ▶ Servomotores
 - ▶ São motores, normalmente do tipo CC, que tipicamente têm acoplado um conjunto de engrenagens redutoras, um sensor para medir a posição do eixo e um circuito electrónico para controlar o posicionamento angular do eixo.

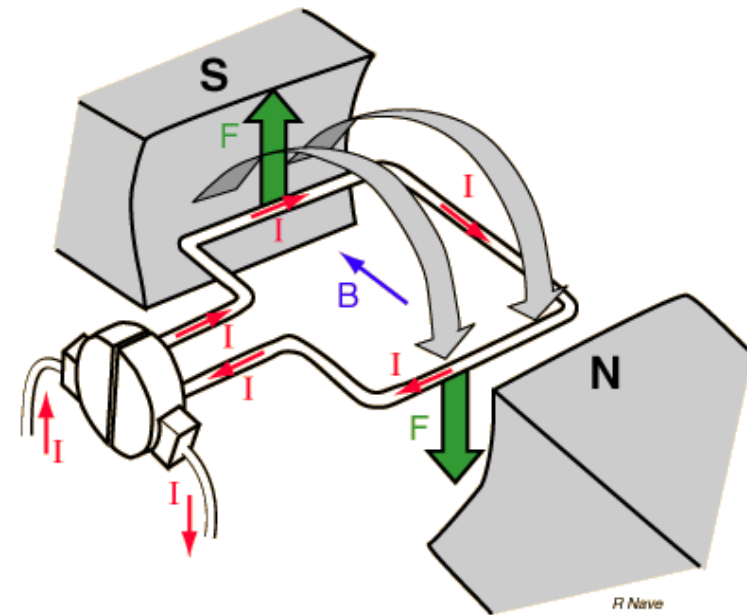


Funcionamento dos Motores CC

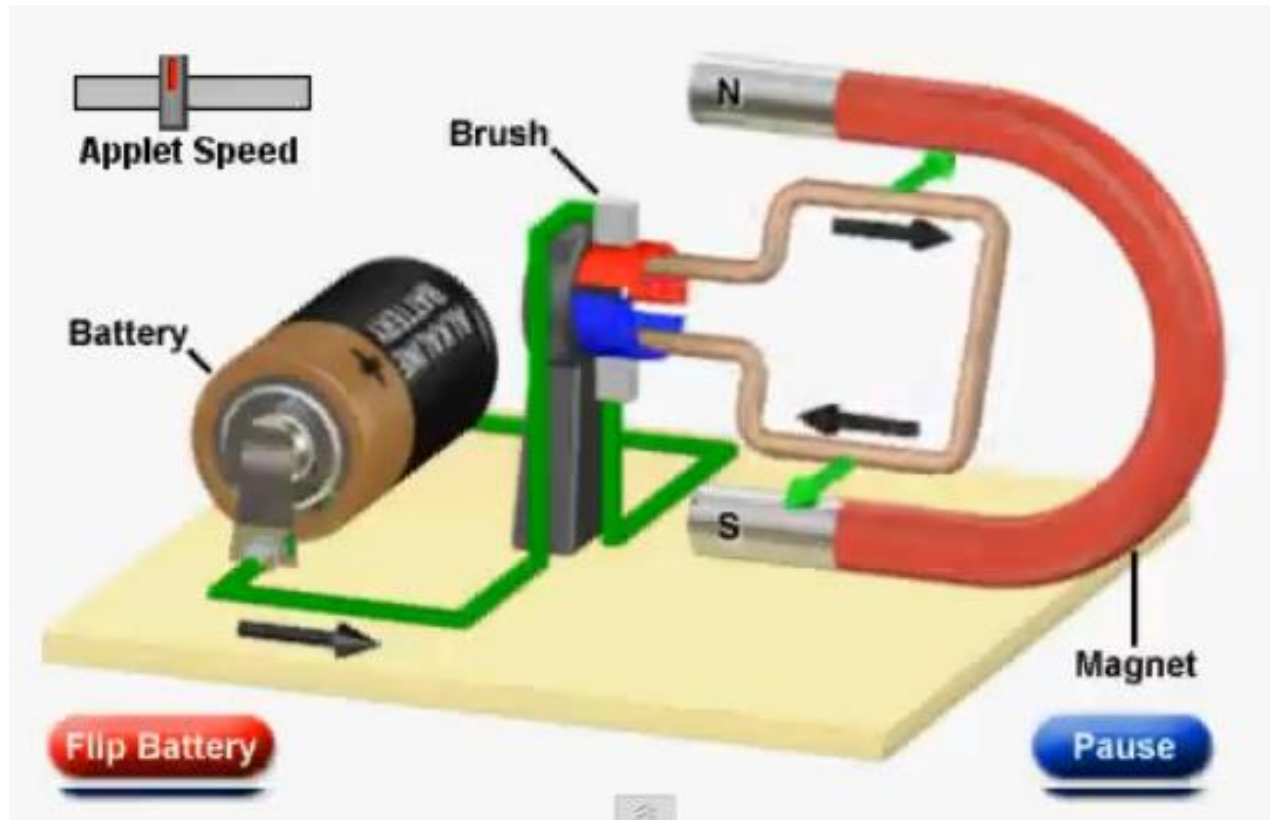


Funcionamento dos Motores CC

- ▶ Quando a **corrente elétrica** passa pela bobina do rotor que está posicionada dentro de um **campo magnético** criado pelo estator, cria-se uma **força magnética** que produz um torque (binário) que faz girar o rotor do motor.
- ▶ A corrente elétrica alimenta a bobina através de um comutador (escovas) que inverte o sentido da corrente a cada meia volta, fazendo com que o rotor gire continuamente no mesmo sentido.



Funcionamento dos Motores CC



<http://www.youtube.com/watch?v=MFGqf6AfDB0>

Caracterização dos Motores CC

- ▶ Tensão Nominal
- ▶ Corrente Nominal
- ▶ Potência Eléctrica
- ▶ Binário ou Torque ou Par
- ▶ Velocidade
- ▶ Potência Mecânica



Caracterização

Tensão Nominal (V)

- ▶ É a tensão de alimentação do motor recomendada pelo fabricante.
 - ▶ Pode funcionar a tensões inferiores à recomendada, embora com menos potência.
 - ▶ Pode funcionar a tensões superiores à recomendada com uma tolerância tipicamente pequena.
 - ▶ Medida em Voltes (V).



Caracterização

Corrente Nominal (I)

- ▶ É a intensidade de corrente consumida pelo motor, quando a tensão de alimentação for constante.
 - ▶ É proporcional ao trabalho que realiza (à carga a que está sujeito).
 - ▶ A corrente consumida será mínima quando o motor roda sem carga e será máxima quando a carga for tanta que faz com que o motor não rode.
 - ▶ Idealmente o controlador do motor deve suportar essa corrente máxima.
 - ▶ Medida em Amperes (A).



Caracterização

Potência Eléctrica (P_e)

- ▶ É a energia eléctrica consumida que será convertida em potência mecânica pelo motor.
- ▶ É determinada pelo produto Tensão x Corrente ($V \times I$), que dá a potência eléctrica do motor em Watts (W).

$$P_e = V \times I$$

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Volte} \times 1 \text{ Ampere}$$

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule/seg}$$



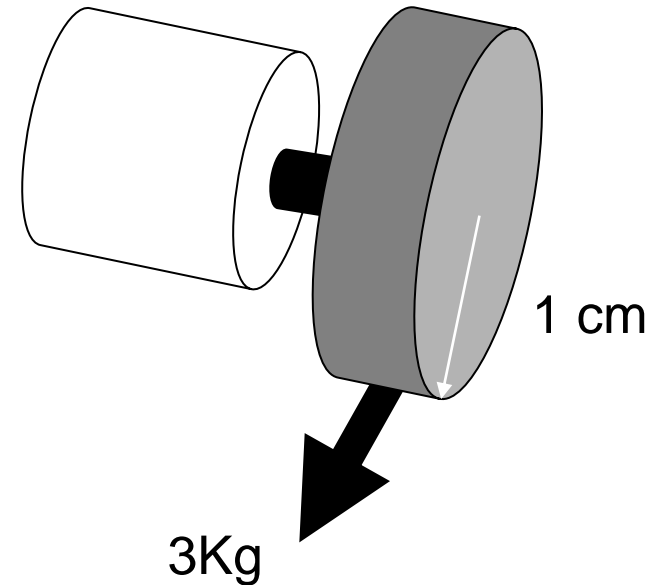
Caracterização

Binário (B)

- ▶ É a força angular que o motor é capaz de exercer a uma certa distância do eixo.
- ▶ Diz-se que um motor tem um binário de 3Kg x cm, se a uma distância de 1 cm do centro do eixo, este exerce uma força de 3Kg.
- ▶ Normalmente medida em Newton-metro (N.m).

$$1 \text{ Kg.m} = 9,80665 \text{ N.m}$$

$$1 \text{ N.m} = 0,101972 \text{ Kg.m}$$



Caracterização

Velocidade Angular (ω)

- ▶ Os fabricantes especificam a velocidade angular do motor para uma determinada carga, ou para quando o motor está a rodar em vazio (sem carga).
 - ▶ A velocidade do motor depende da carga a que está sujeito.
 - ▶ É normalmente especificada em rotações por minuto (rpm).



Caracterização

Potência Mecânica (P_m)

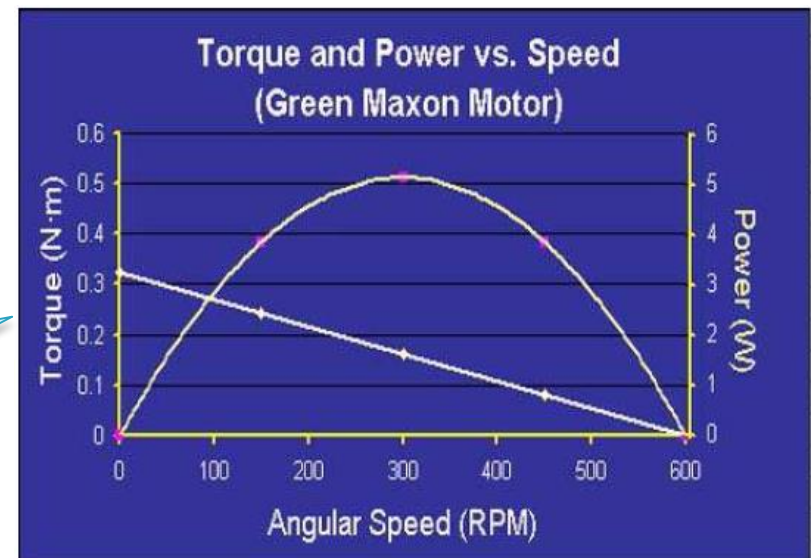
- ▶ É o produto do binário (torque) pela velocidade angular do rotor.
- ▶ Se não houver carga, o motor tem uma velocidade angular máxima, mas o binário é zero pelo que a potência também é zero.
- ▶ Se a carga for tão grande que faz o motor parar, o binário é máxima, mas a velocidade angular é zero e a potência é novamente zero.

$$P_m = B \times \omega$$

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Nm/seg}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} \quad 1 \text{ J} = 1 \text{ CV}$$

Entre estes dois extremos a potência de um motor é caracterizada por uma relação parabólica



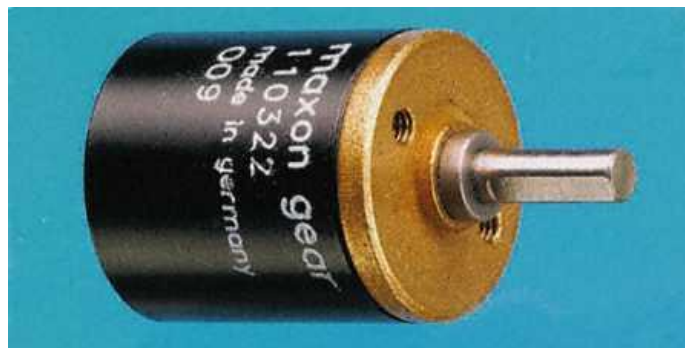
Caracterização

Exemplo de Ficha do Fabricante

Motor DC



Correspondente engrenagem planetária



Código RS	323-4846	323-4852
Potencia nominal (W)	2	2
Tensão nominal (V)	6	12
Tensão nominal máx.	12	21
Velocidad sin carga (rpm) a la tensión máx.	12.200	13.600
Par de parada (mNm)	4,78	5,23
Velocidad (rpm) a la tensión máx.	6.100	7.771
Velocidad máx. permisible (rpm) a la tensión máx.	12.700	12.700
Corriente sin carga (mA)	9,5	6,5
Corriente máx. continua (mA)	244	154
Par máx. continuo (mNm)	9,19	14,40
Dimensiones (mm)		
long. del cuerpo	25,4	25,4
long. del eje	6,1	6,1
Ø del cuerpo	16	16
Ø del eje	1,5	1,5
terminales	2,8x0,4	2,8x0,4

tipo	código RS	precio unitario		
		1-4	5-9	10+
6V nom.	323-4846	39,22 €	37,62 €	35,99 €
12V nom.	323-4852	44,34 €	42,53 €	40,69 €

Exemplos de Motores DC



www.robot-italy.com

Exemplos de Motores CC



www.lynxmotion.com

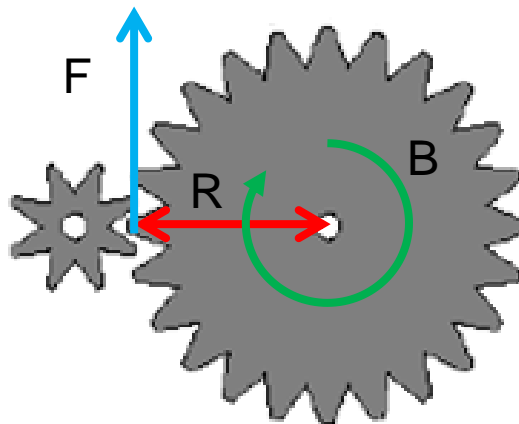


Engrenagens

- ▶ Usadas para converter as velocidades elevadas dos motores em mais força de rotação (binário).
- ▶ A força de rotação gerada no centro de uma engrenagem é dada por.

$$B = F \times R$$

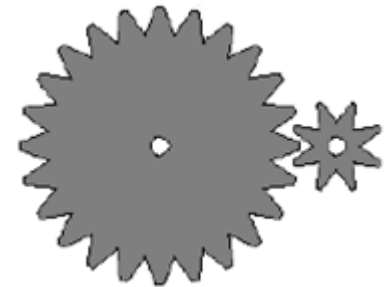
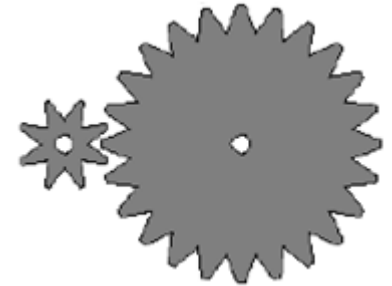
- ▶ Onde F é a força aplicada perpendicularmente e R é o raio da engrenagem.



Engrenagens

- ▶ Uma roda dentada pequena ao fazer rodar uma maior
 - ▶ Aumenta a força de rotação
 - ▶ Diminui a velocidade

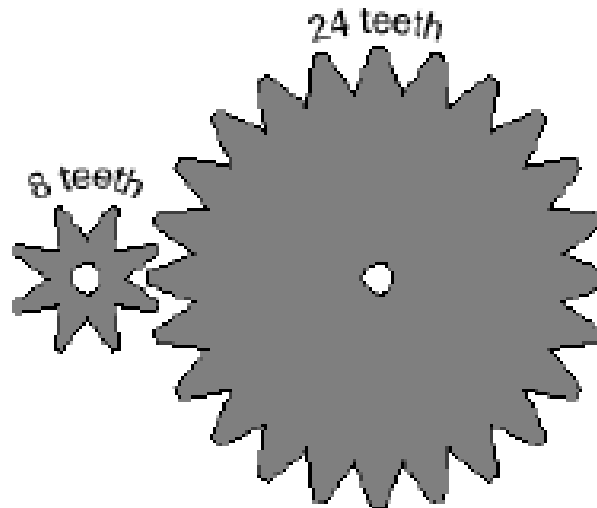
- ▶ Uma roda dentada grande, ao fazer rodar uma menor
 - ▶ Aumenta a velocidade
 - ▶ Diminui a força de rotação



Engrenagens

Exemplo

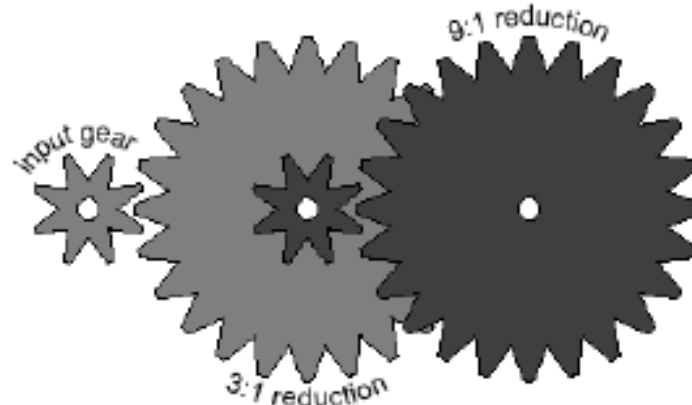
- ▶ Redução de 3 para 1
 - ▶ A força de rotação aplicada à roda dentada de 8 dentes provoca uma redução de velocidade de $1/3$ e aumenta a força de rotação em 3 vezes no eixo da roda dentada de 24 dentes.



Engrenagens

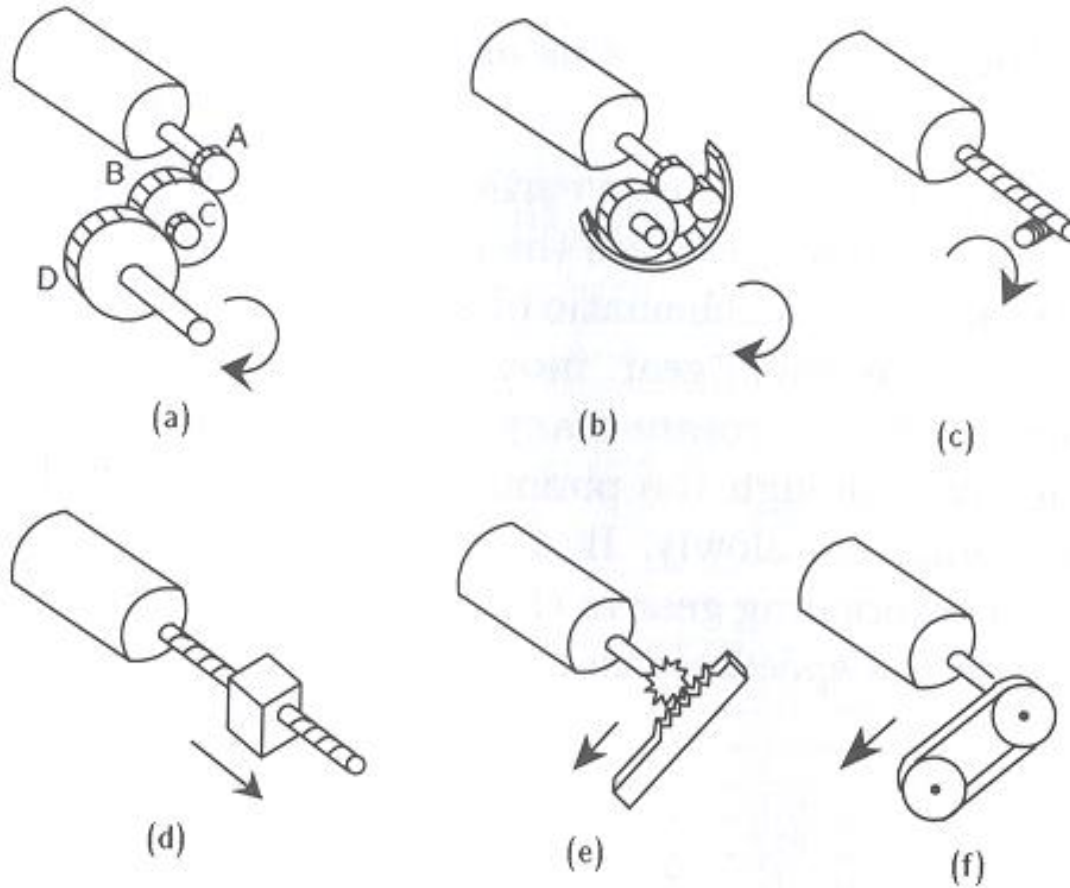
Exemplo

- ▶ Redução de 9 para 1
 - ▶ Ao colocar duas reduções de 3:1 em série, obtém-se uma redução de 9:1.
 - ▶ A redução total resulta da multiplicação de cada par de reduções; muito usado para transformar a elevada velocidade e pequena força de rotação dos Motores CC em velocidade e forças de rotação úteis.



Engrenagens

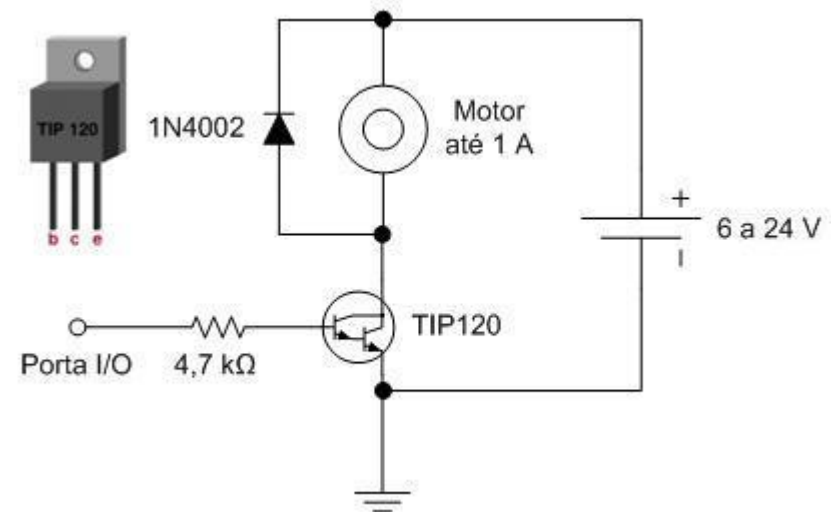
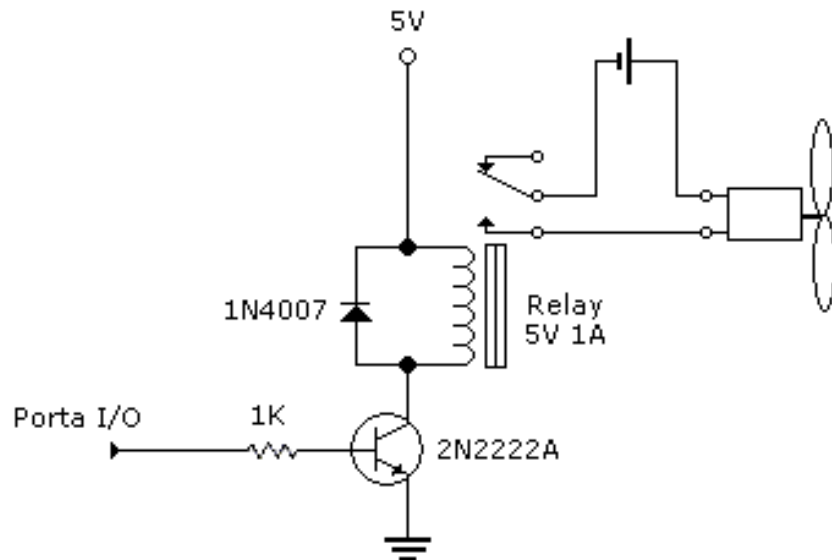
Exemplo



Motores CC

Circuitos de Control

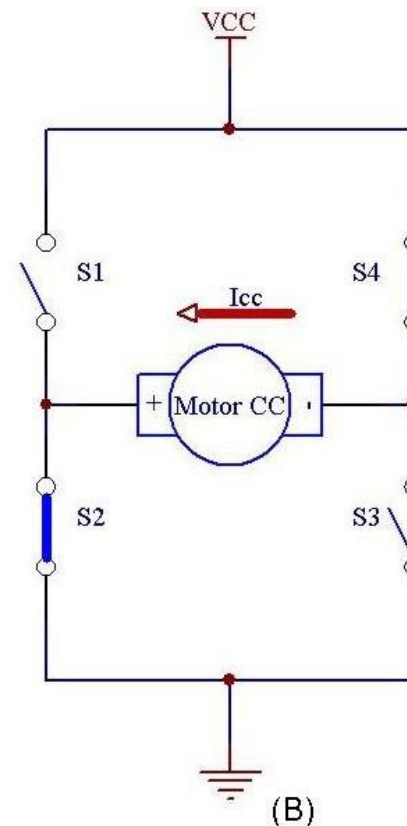
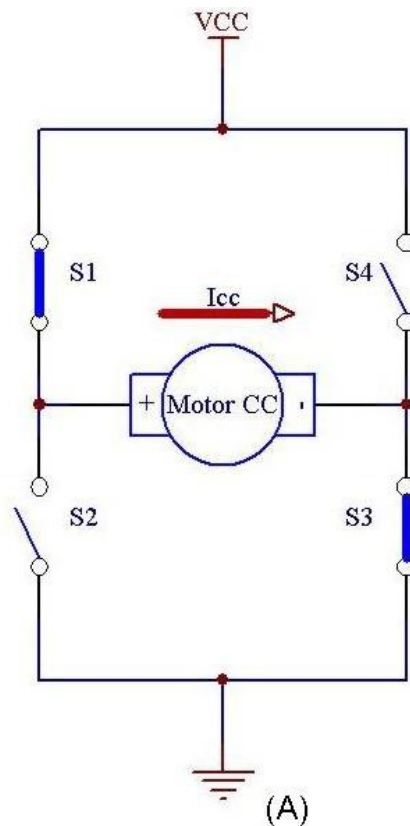
► Control Electrónico ON/OFF



Motores CC

Circuitos de Control

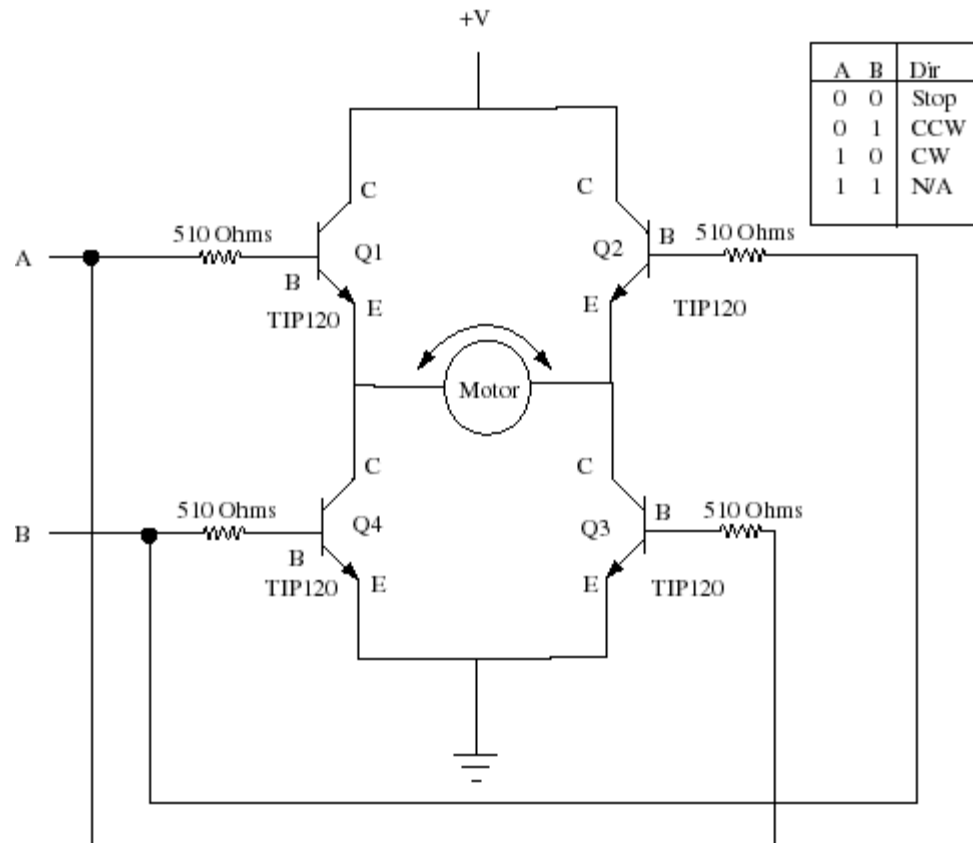
► Control Electrónico por Ponte-H



Motores CC

Circuitos de Control

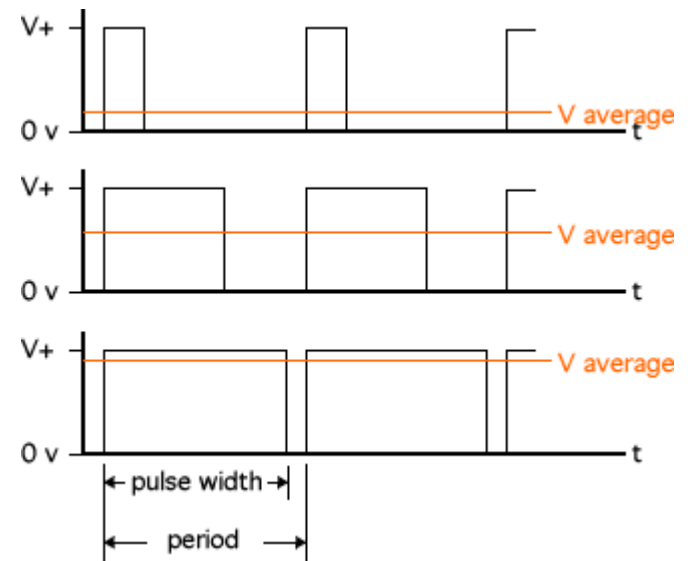
► Control Electrónico por Ponte-H



Motores CC

Circuitos de Controlo

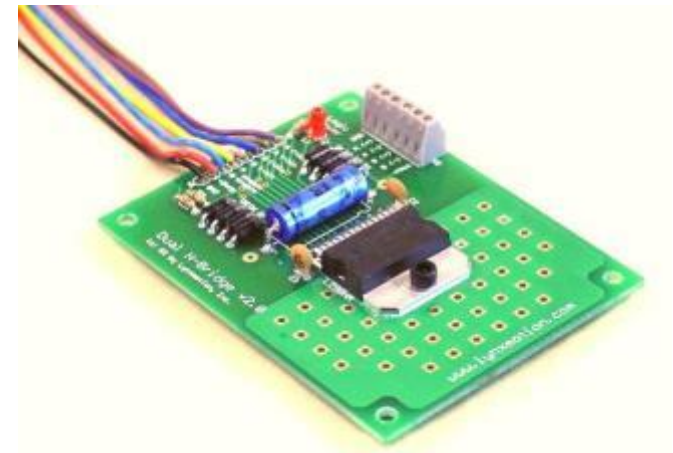
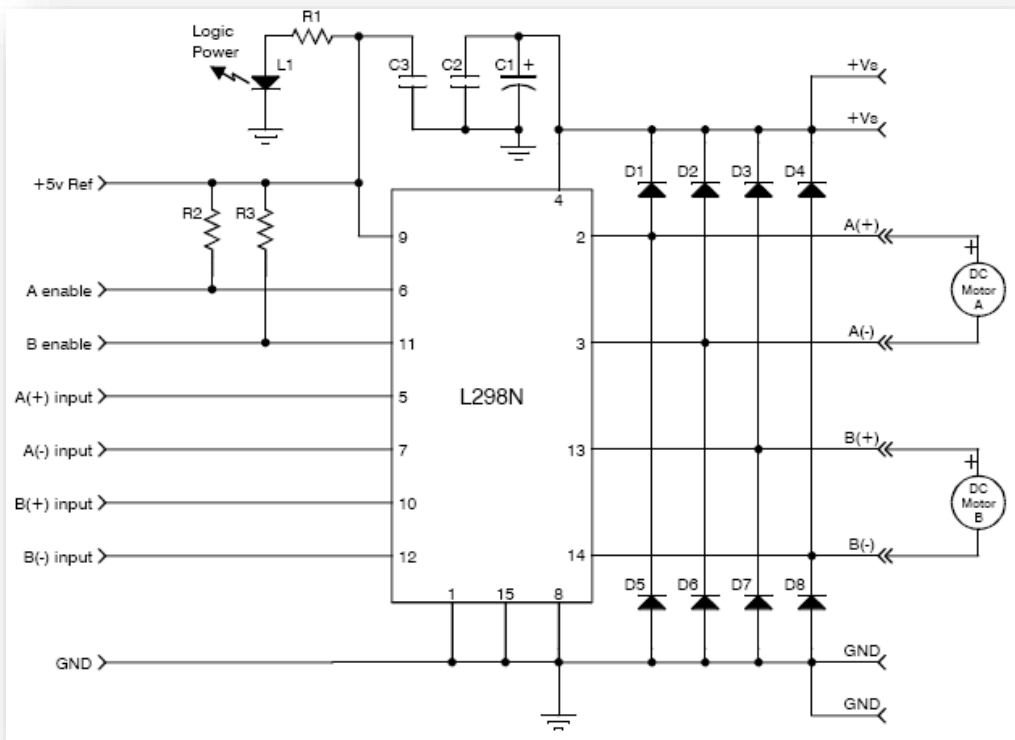
- ▶ Controlo Electrónico da Velocidade com Ponte-H
 - ▶ Os sinais de controlo 0 e 1 da Ponte-H são substituídos por sinais PWM (Pulse Width Modulation).
 - ▶ Ao variar a largura do pulso e o período, de modo a termos ciclos activos diferentes, podemos controlar a potência média aplicada ao motor.
 - ▶ Quando a largura do pulso varia de zero até o máximo, a potência também varia na mesma proporção



Motores CC

Circuitos de Control

► Control Electrónico por Ponte-H



Truth Table for one motor

A enable	A (+) input	A (-) input	Motor Power Status
L	X	X	Power Off
H	L	L	Stop (Brake)
H	H	L	Rotate CW (Fast)
H	L	H	Rotate CCW (Fast)
H	H	H	Stop (Brake)
P	H	L	Rotate CW (Slow)
P	L	H	Rotate CCW (Slow)

H=High L=Low P=Pulse X=Don't Care

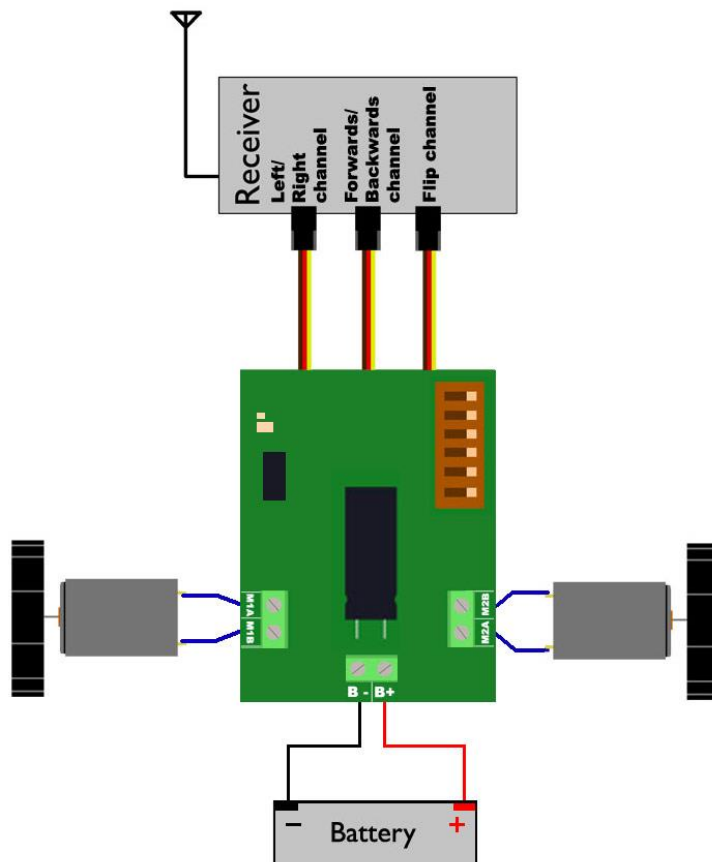
www.llynxmotion.com



Motores CC

Circuitos de Control

► Control Electrónico por Ponte-H

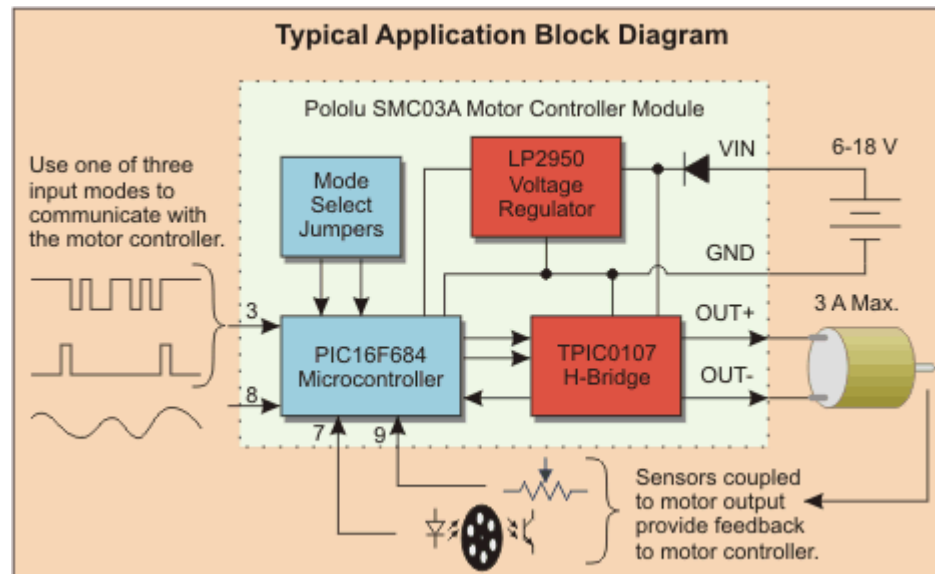


www.dimensionengineering.com

Motores CC

Circuitos de Control

► Control Electrónico por Ponte-H



Motores CC

Circuitos de Control

► Control Electrónico por Ponte-H

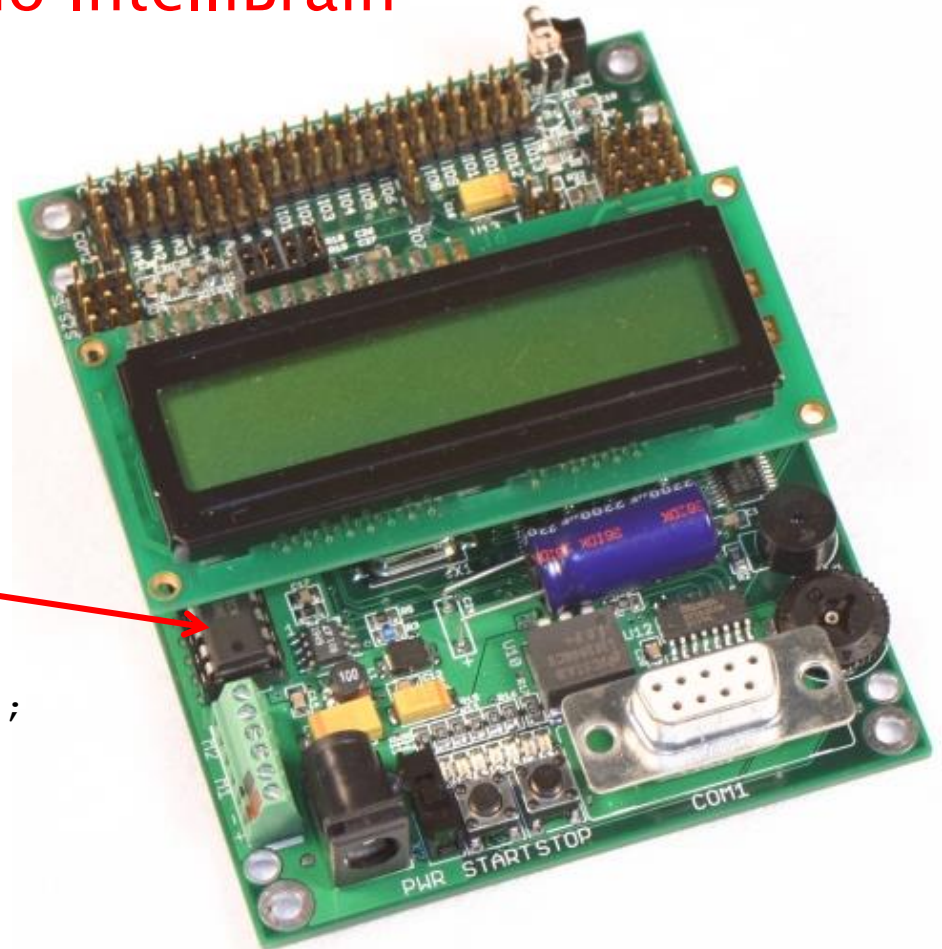
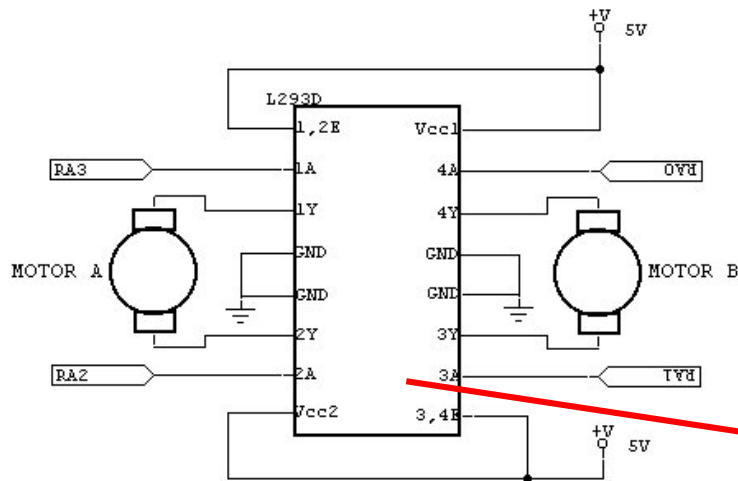


- Voltage** - 12v only. The 5v for the logic supplied from an on-board regulator, 300mA available for your own circuits.
- Current** - Up to 3A for each motor.
- Control** - I2C Interface, full direct control. Up to 8 modules on bus. Two modes of operation, direct control of motors or the ability to send a speed and a turn command.
- Encoder** - Processes quadrature encoder inputs from motor
- Size** - 110mm x 52mm x 25mm



Motores CC

Controlo de Motores CC no IntelliBrain



```
Motor motor = IntelliBrain.getMotor(1);  
.  
.  
motor.setPower(Motor.MAX_FORWARD);  
.  
.  
motor.setPower(-7);  
.  
.  
motor.brake();  
.  
.  
motor.setPower(Motor.STOP);
```



Servomotores



Uso Geral



Rotação continua



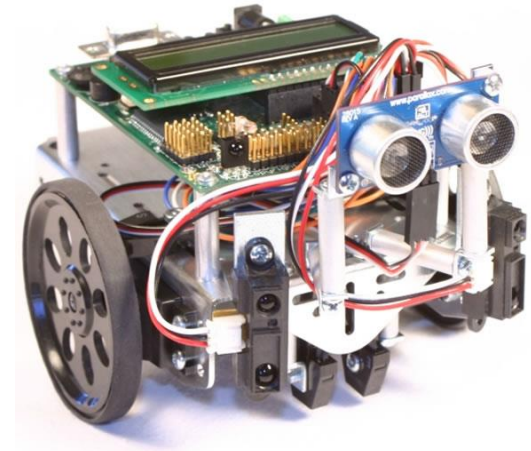
Especiais para Robótica
www.robonova.com



Especiais para robótica
www.robotis.com

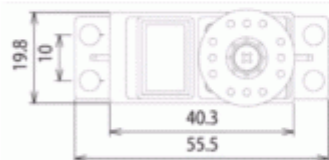
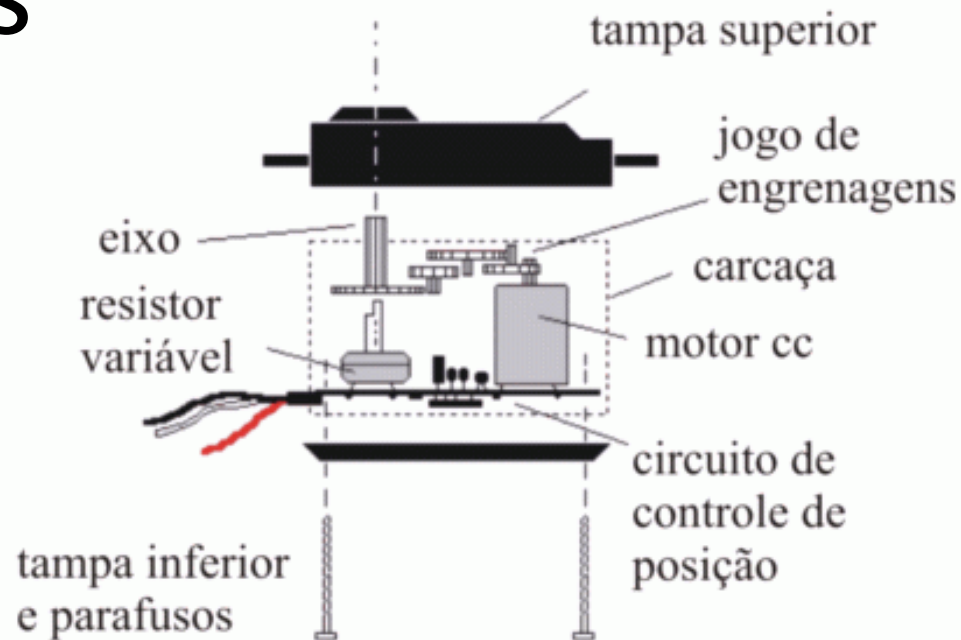


Servomotores

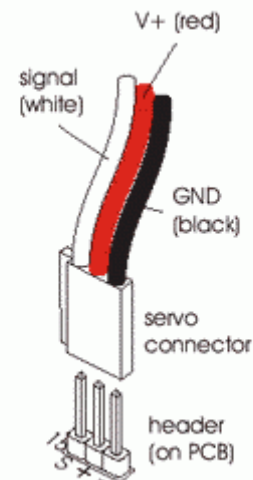


Servomotores

Futaba S3003 standard servo		
Tensão	Torque	Velocidade
4.8V	495,3 g.cm	0.23 seg/60°
6.0V	635 g.cm	0.19 seg/60°
Dimensões		Peso
2 x 4 x 3,5 cm		37 g



S3003

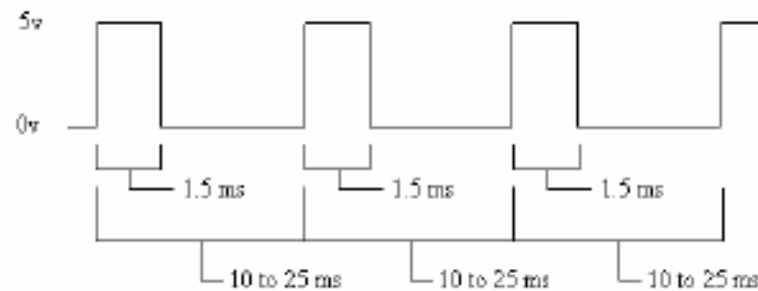


<http://eletrohoo.com.br/ARTIGOS/conteudo.asp?faq=7&fldAuto=137>

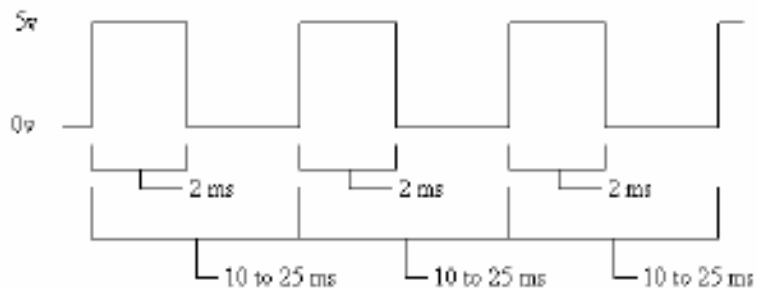


Servomotores

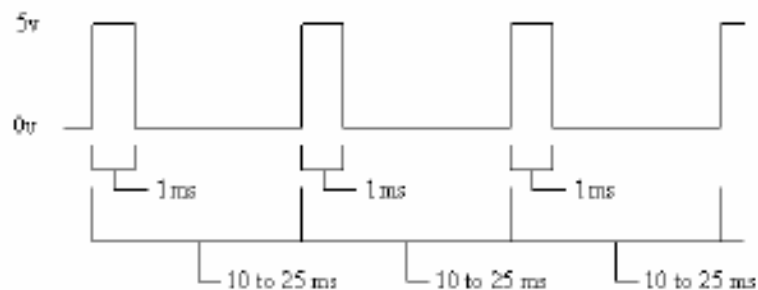
Controlo por PWM



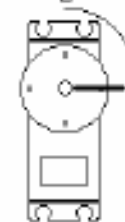
Center 90 Degrees



180 Degrees

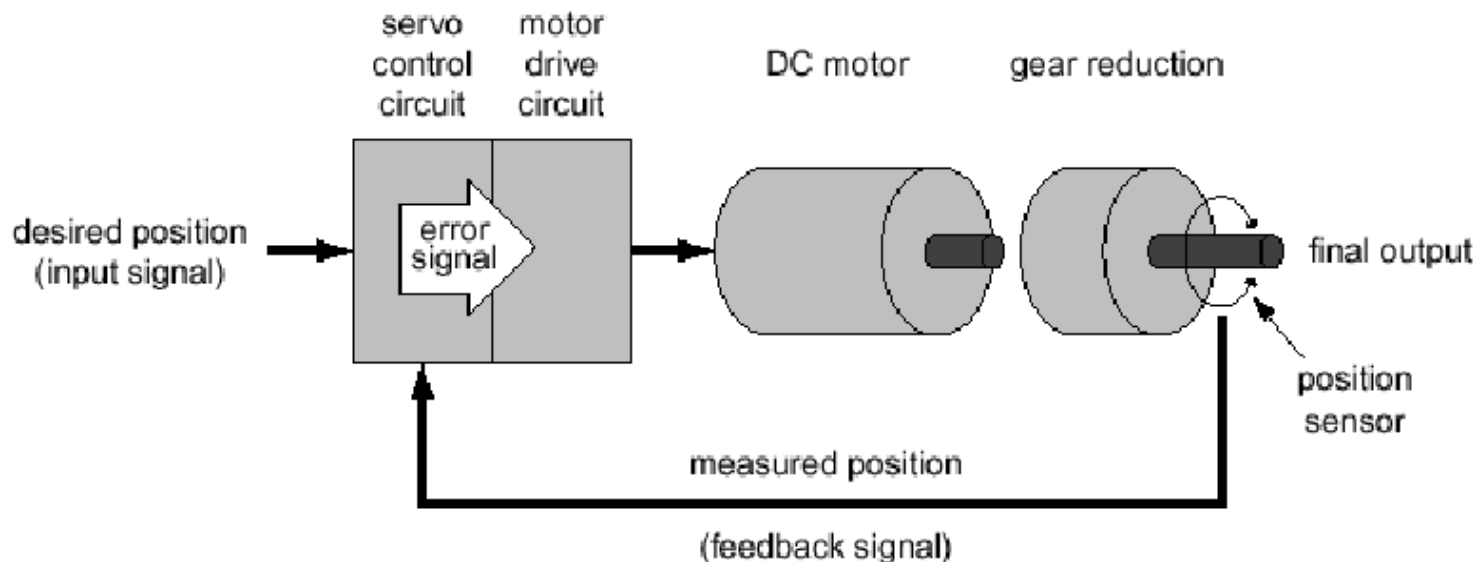
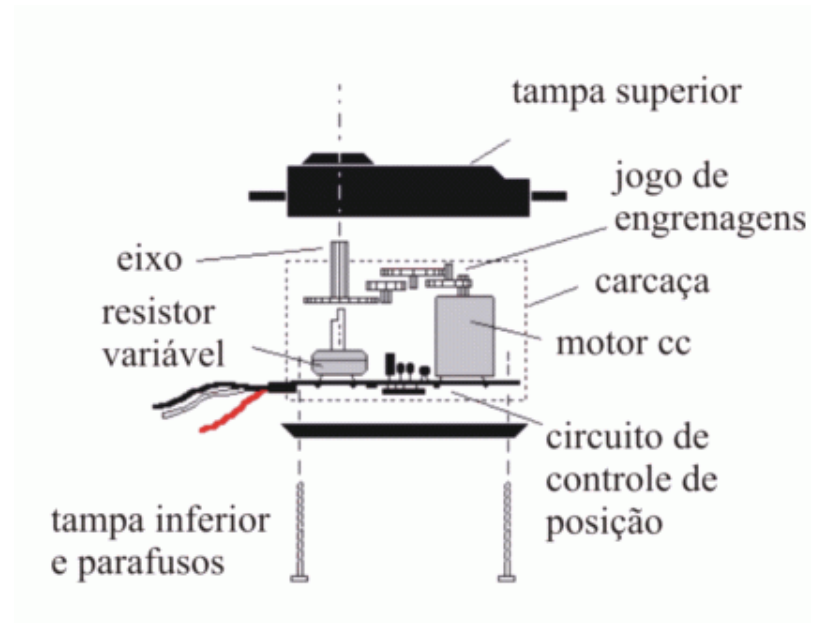


0 Degrees



Servomotores

Controlo por PWM



Servomotores

Exemplo de conversão para rotação contínua (Servo Mpi MX-400)

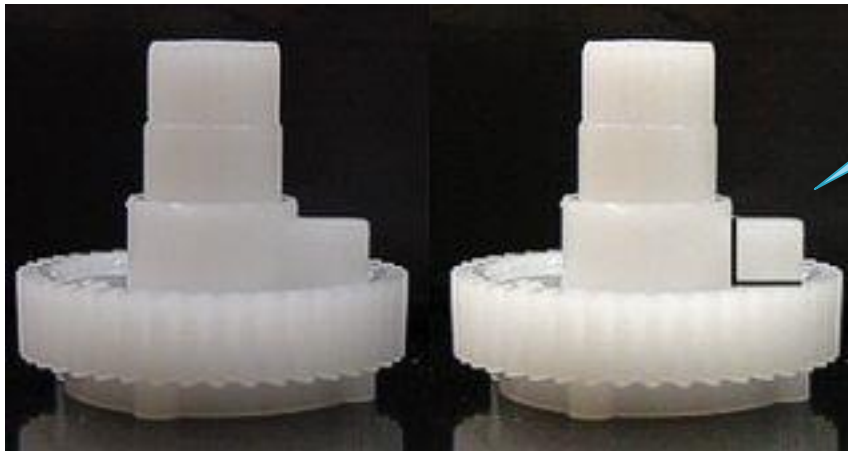


Abrir a caixa do servomotor desaparafusando os correspondentes parafusos.

Tomar nota da posição de cada roda dentada.

Servomotores

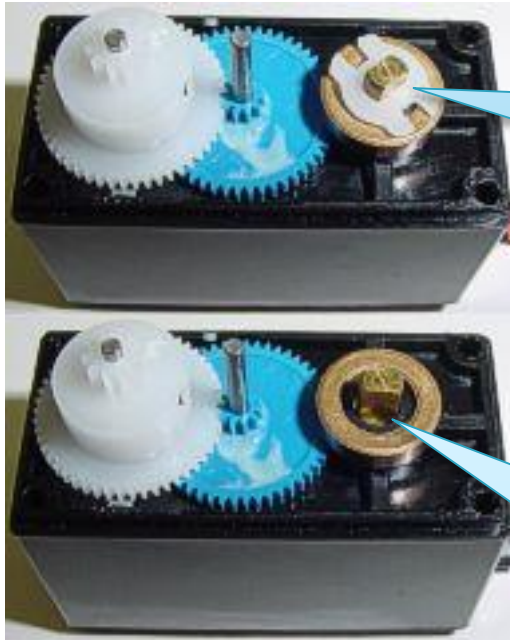
Exemplo de conversão para rotação contínua (Servo Mpi MX-400)



Eliminar o pequeno pino da roda dentada do eixo externo para que esta possa rodar livremente.

Servomotores

Exemplo de conversão para rotação contínua (Servo Mpi MX-400)



Retirar a peça de plástico do potenciômetro. Sem esta peça, o potenciômetro não rodará juntamente com a roda dentada do eixo externo, fazendo com que não seja enviado o sinal de feedback sobre a posição angular do eixo.

Ligar o servomotor a um controlador de modo a que este envie o sinal correspondente à posição de “parado” do servomotor.

Rodar manualmente o potenciômetro até que o motor pare.

Servomotores

Exemplo de conversão para rotação contínua (Servo Mpi MX-400)



Montar as rodas dentadas tendo cuidado em não mover o potenciômetro.

Colocar a tampa e apertar os parafusos.

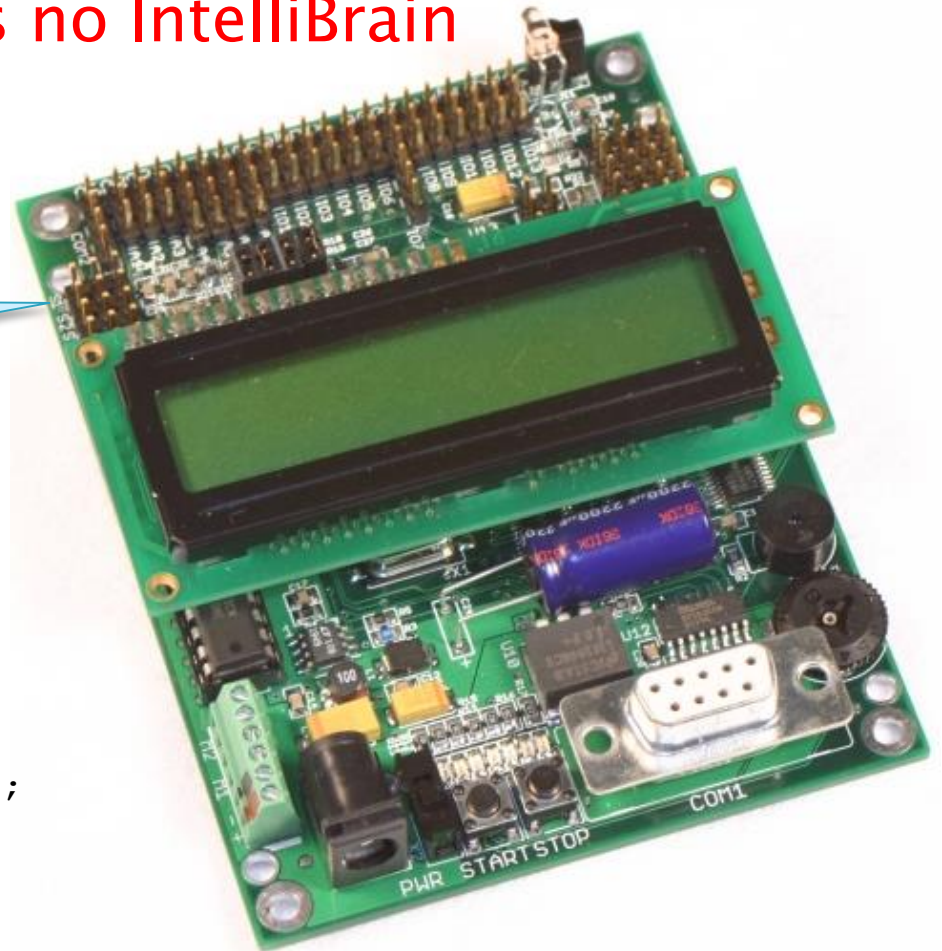
Servomotores

Controlo de Servomotores no IntelliBrain

8 portas de
Servomotores (5 com
alimentação e 3 só
com sinal)

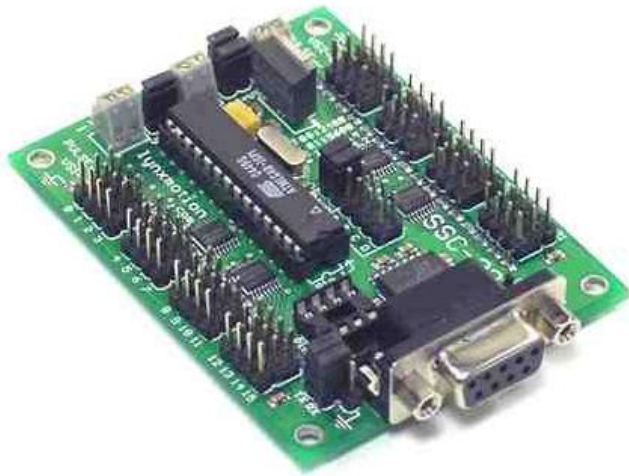
```
// Positioning servo
Servo servo = IntelliBrain.getServo(1);
. . .
servo.setPosition(75);

// Continuous rotation servo
Motor motor = new ContinuousRotationServo(IntelliBrain.getServo(2), false);
. . .
motor.setPower(Motor.MAX_FORWARD);
```



Servomotores

Controladores de Servomotores



www.lynxmotion.com



www.robot-electronics.com

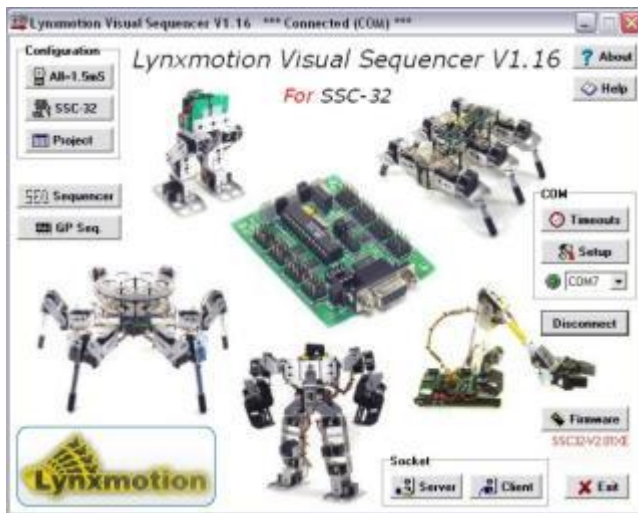


Controlador SSC-32



This is the best servo controller value available. 32 channels of 1uS resolution servo control. Bidirectional communication with Query commands. Synchronized, or "Group" moves. 12 Servo Hexapod Gait Sequencer built in.

SSC-32 da www.lynxmotion.com

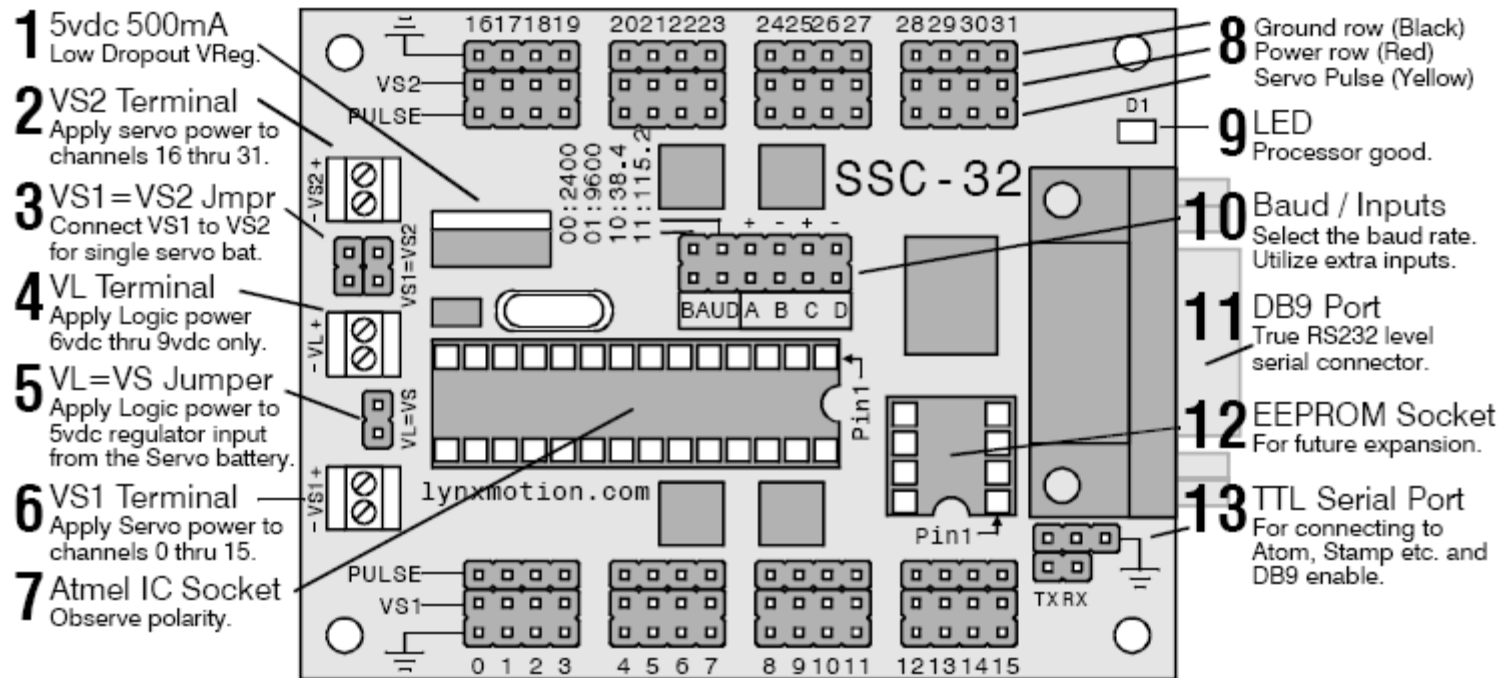


Lynxmotion Visual Sequencer is a Windows 95/98SE/2000/XP/Vista program for controlling anything you build using up to 32 servos using the SSC-32. The main screen allows you to add servo control boxes, and position them on a grid. This visual representation of the robot makes it easier to position the servos for each sequence. Lots of other features. The program will even generate Basic Atom and Basic Stamp 2 code as well.



SSC-32 Sequencer

Controlador SSC-32



Controlador SSC-32

Movimento de um servo ou de um grupo de servos:

<ch> P <pw> S <spd>... # <ch> P <pw> S <spd> T <time> <cr>

<ch> = Channel number in decimal, 0 - 31.

<pw> = Pulse width in microseconds, 500 - 2500.

<spd> = Movement speed in uS per second for one channel. (Optional)

<time> = Time in mS for the entire move, affects all channels, 65535 max. (Op.)

<cr> = Carriage return character, ASCII 13. (Required to initiate action)

Exemplos:

Servo Move Example: "#5 P1600 S750 <cr>"

Move o servo 5 para a posição 1600 a uma velocidade de 759uS.

Servo Move Example: "#5 P1600 T1000 <cr>"

Move o servo 5 para a posição 1600. O movimento demorará 1000mS (1 segundo).

Servo Group Move Example: "#5 P1600 #10 P750 T2500 <cr>"

Move o Servo 5 para a posição 1600 e o servo 10 para a posição 750. O movimento demorará 2500mS (2,5 segundo) independentemente da posição inicial dos dois servos.

