

PMR2450 - Projeto de Máquinas

Mecatrônica - EPUSP

Acionamentos e Sensores para Máquinas CNC

Julio Cezar Adamowski

setembro/2005

Acionamentos Motores elétricos

Características:

linearidade

torque

velocidade

geração de calor

massa

Principais tipos de motor elétrico:

motor CA de indução

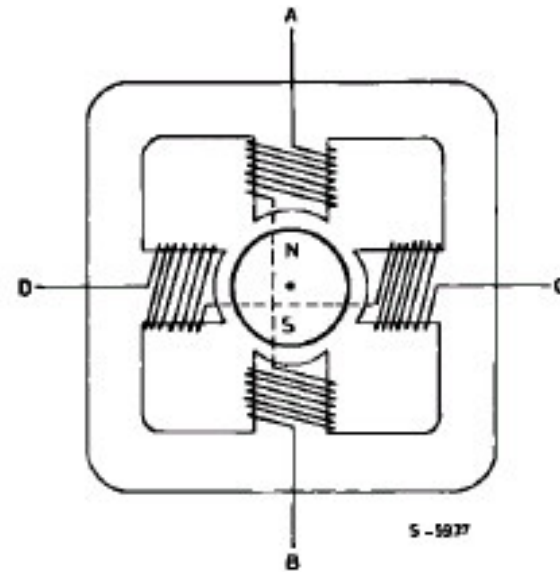
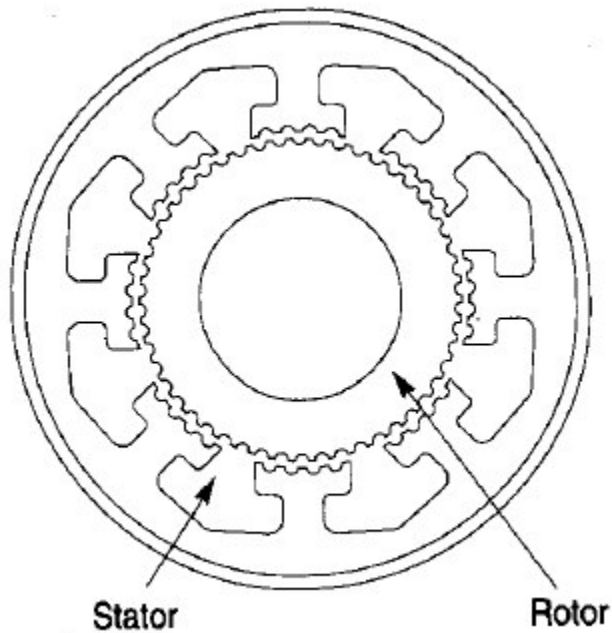
motor *Brushless* (CA e CC)  mais utilizado

motor CC

motor de passo

Motor de passo

Imã permanente
Relutância variável
Híbrido

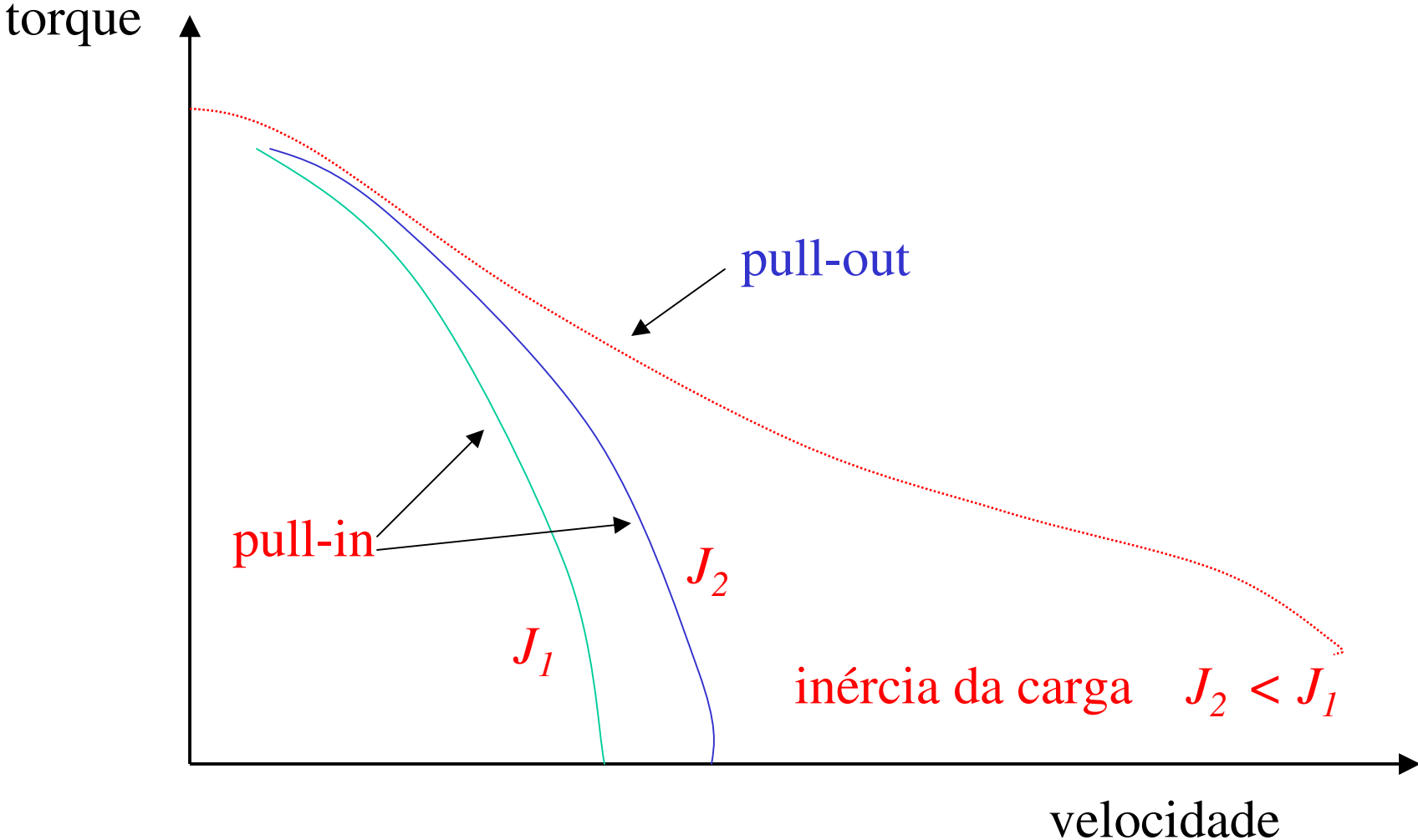


Passo completo: 200 p/volta

Meio passo: 400 p/volta

Curva de torque x velocidade

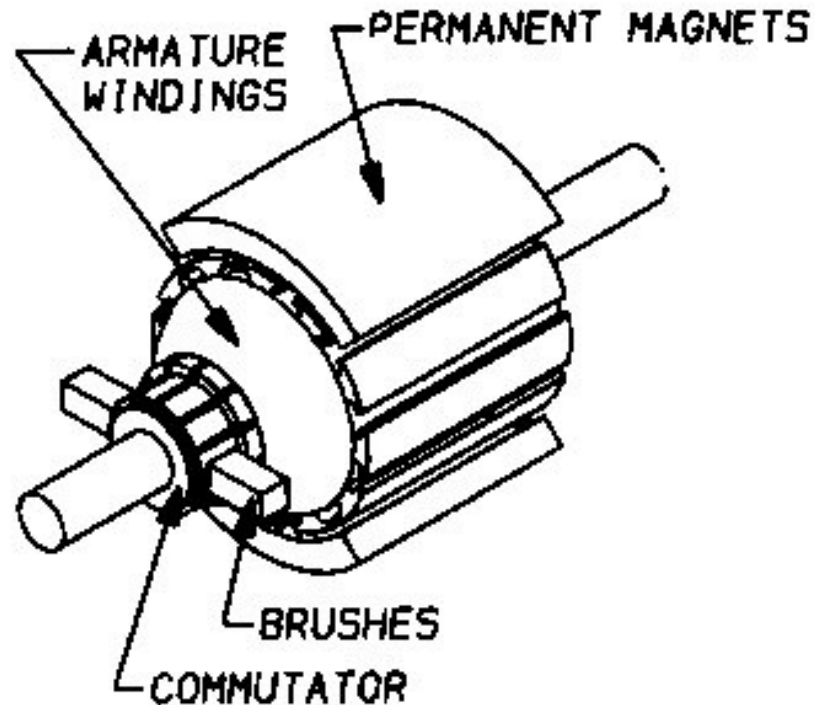
Curva torque x velocidade: motor de passo



Acoplamento motor - carga

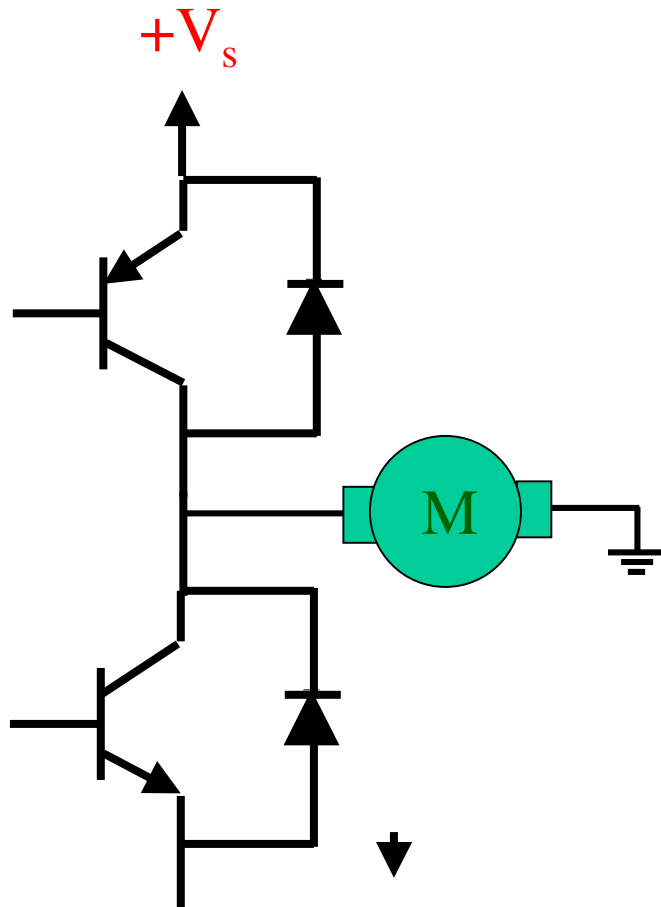
Motor CC

Núcleo de ferro → aumenta o fluxo magnético
(elevada permeabilidade magnética)

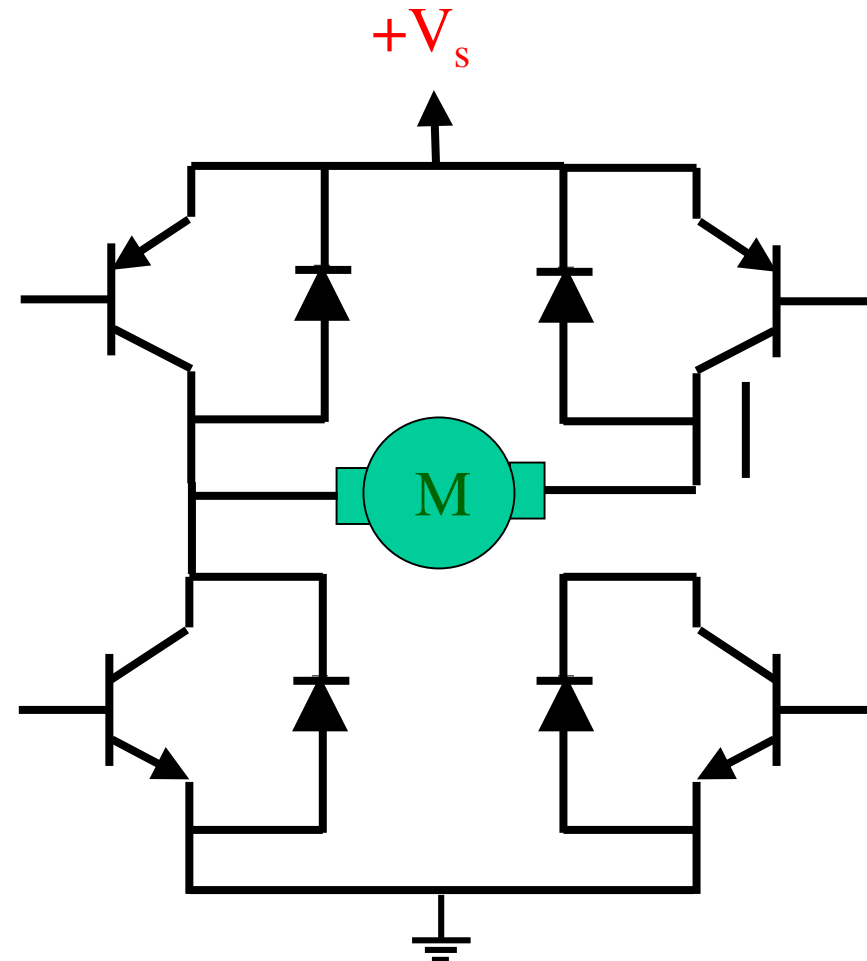


Enrolamentos no rotor → comutação através de escovas

Amplificador chaveado - PWM



$-V_s$
duas fontes

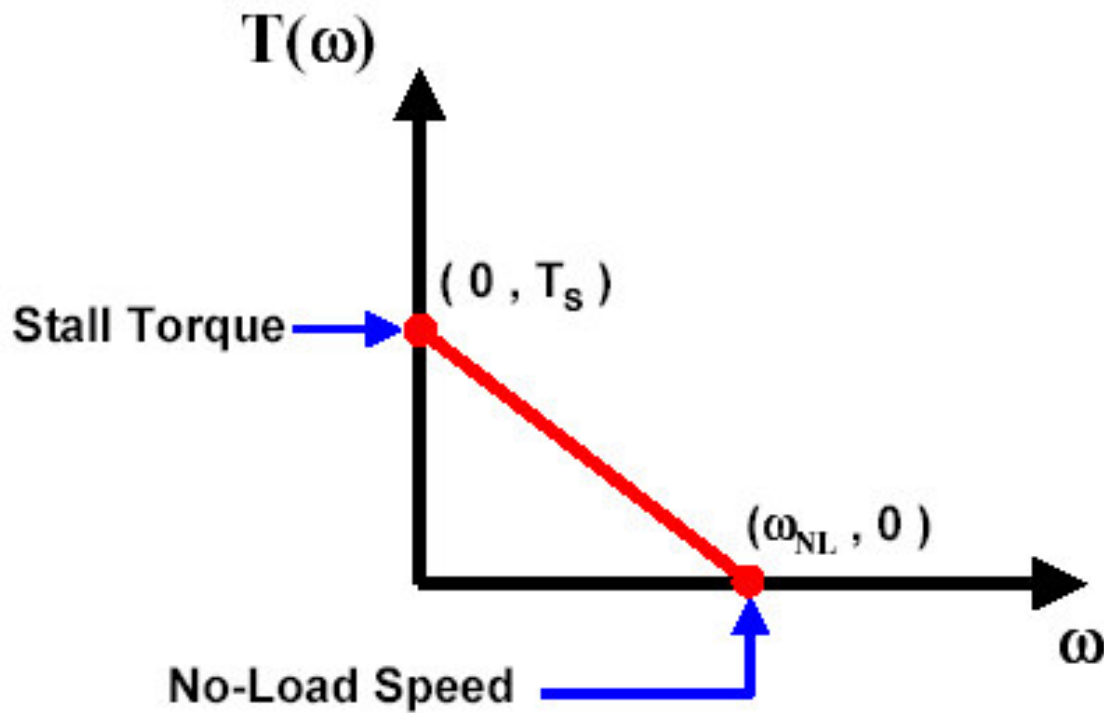


uma fonte

Torque, velocidade e potência

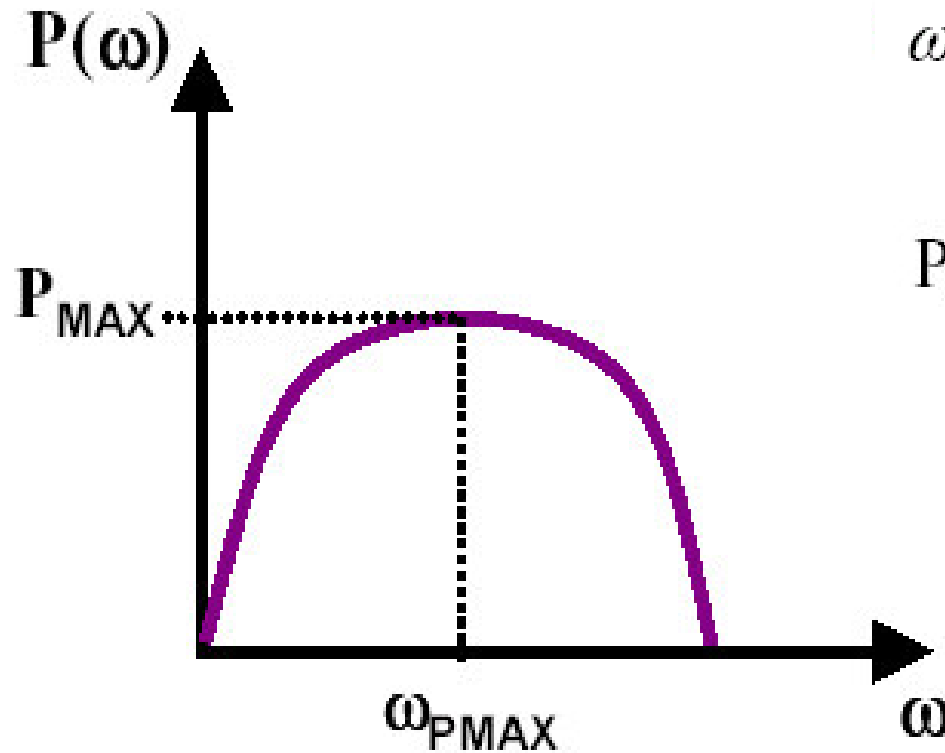
Torque x velocidade

$$T(\omega) = T_S \cdot \left(1 - \frac{\omega}{\omega_{NL}} \right)$$



Potência

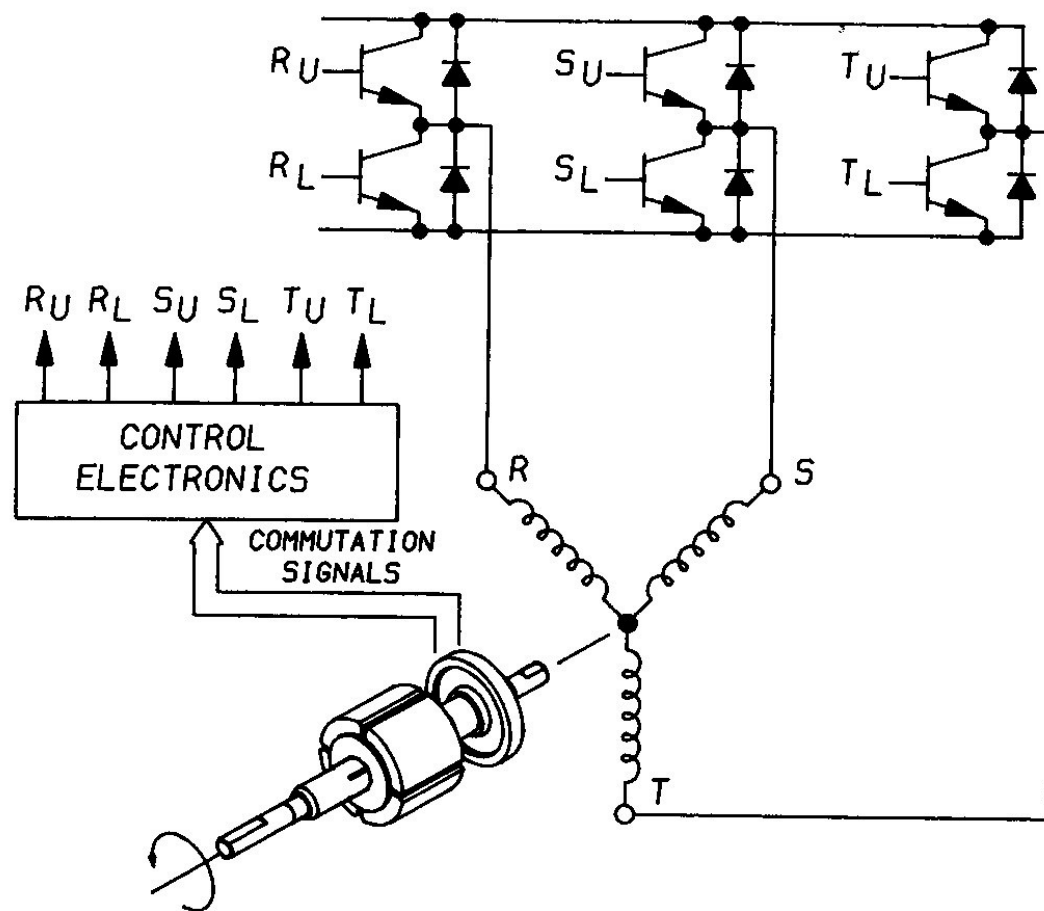
$$P(\omega) = T(\omega) \cdot \omega = T_S \cdot \left(\omega - \frac{\omega^2}{\omega_{NL}} \right)$$



$$\omega_{P_{MAX}} = \frac{\omega_{NL}}{2}$$

$$P_{MAX} = T_S \cdot \left(\frac{\omega_{NL}}{4} \right)$$

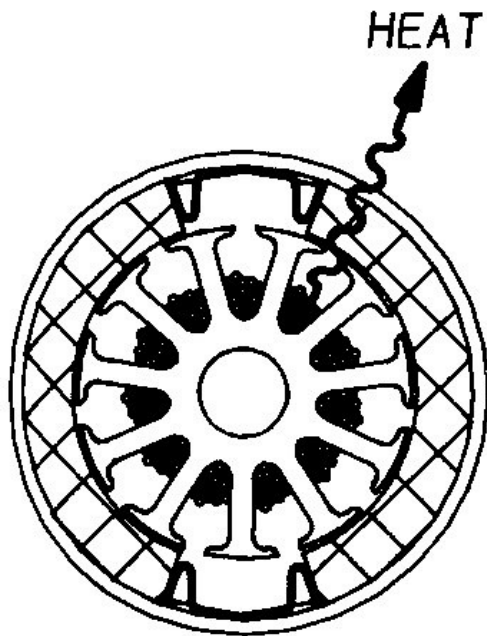
Motor de corrente contínua sem escovas (brushless)



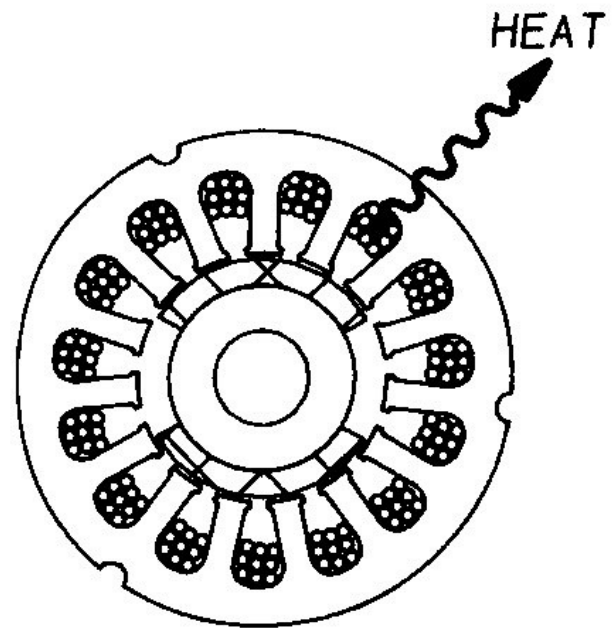
Enrolamentos no estator e ímãs permanentes no rotor

→ sensores de posição no rotor para comutação no estator

geração de calor

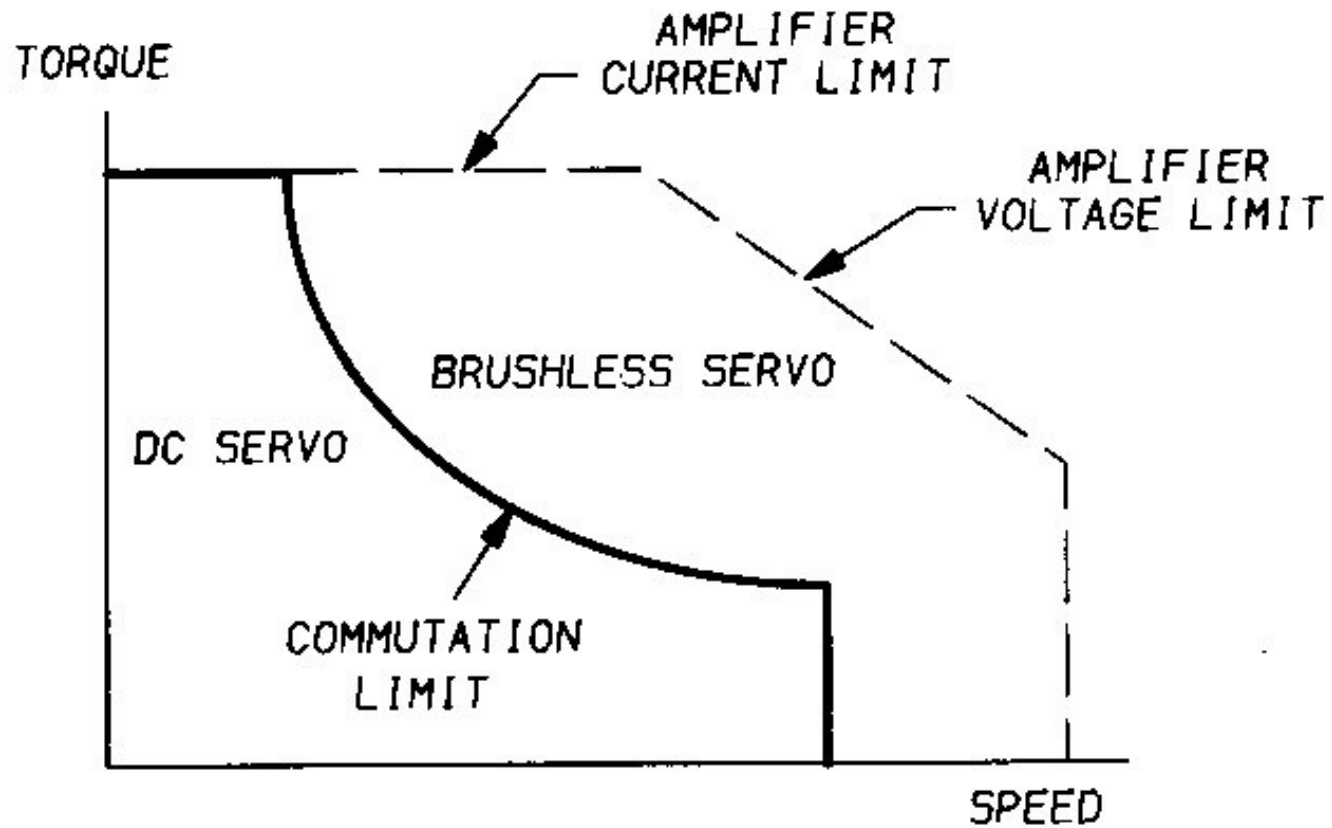


DC MOTOR

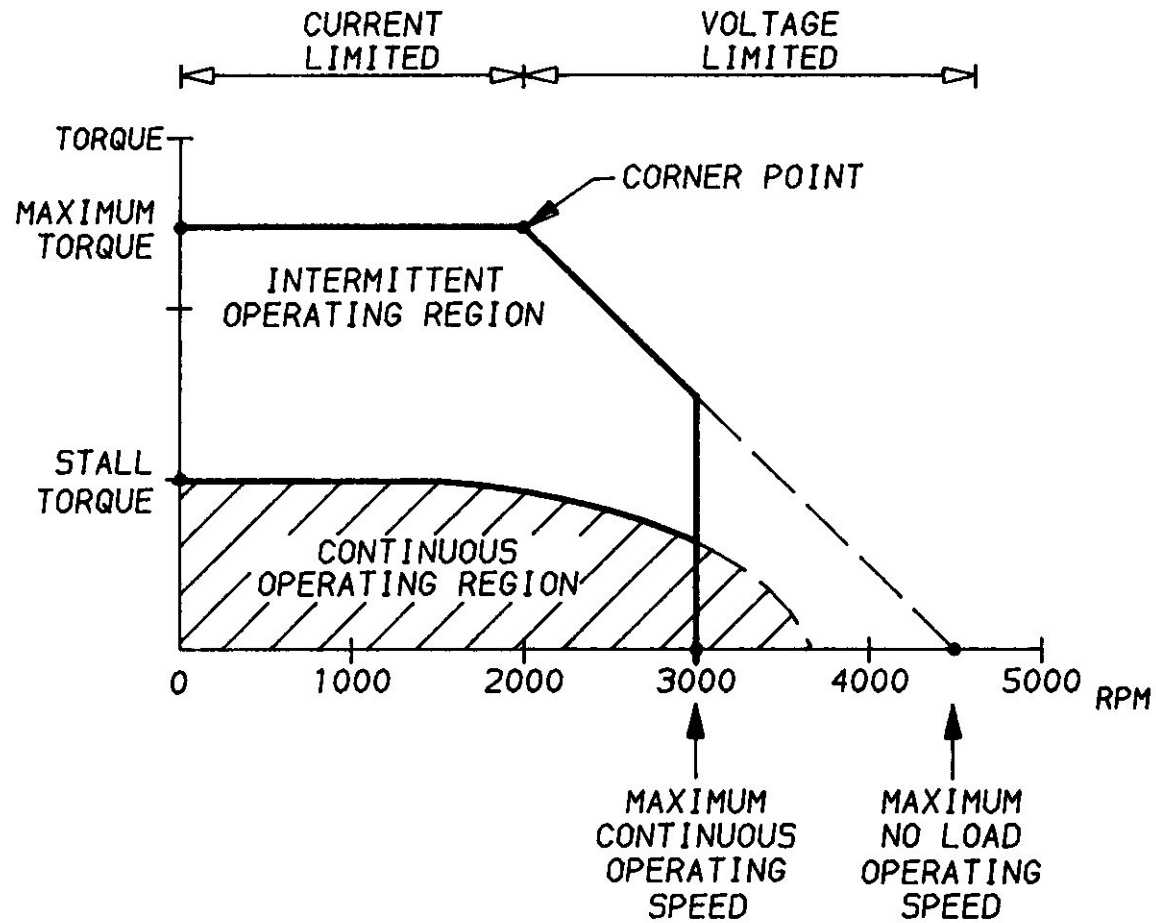


BRUSHLESS MOTOR

Características de torque x velocidade angular



Motor brushless

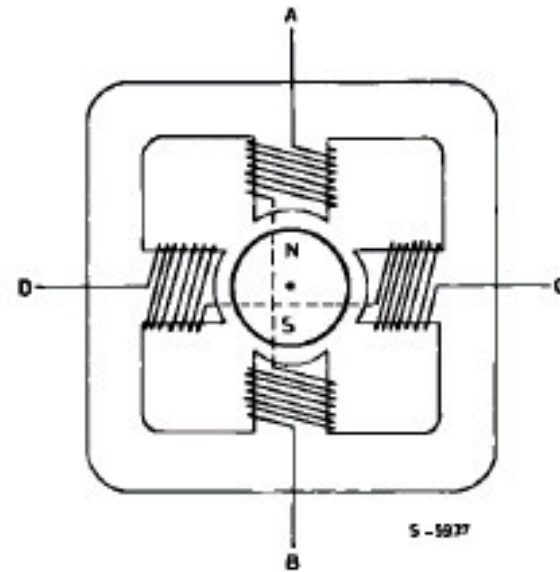
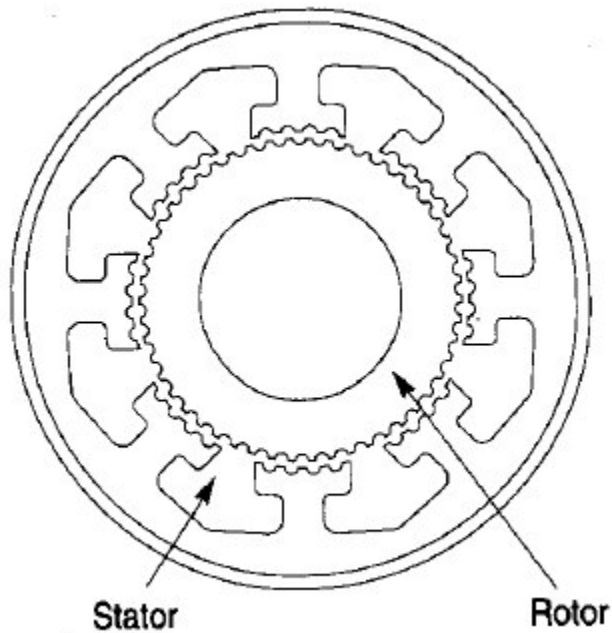


Motor de passo

Imã permanente

Relutância variável

Híbrido

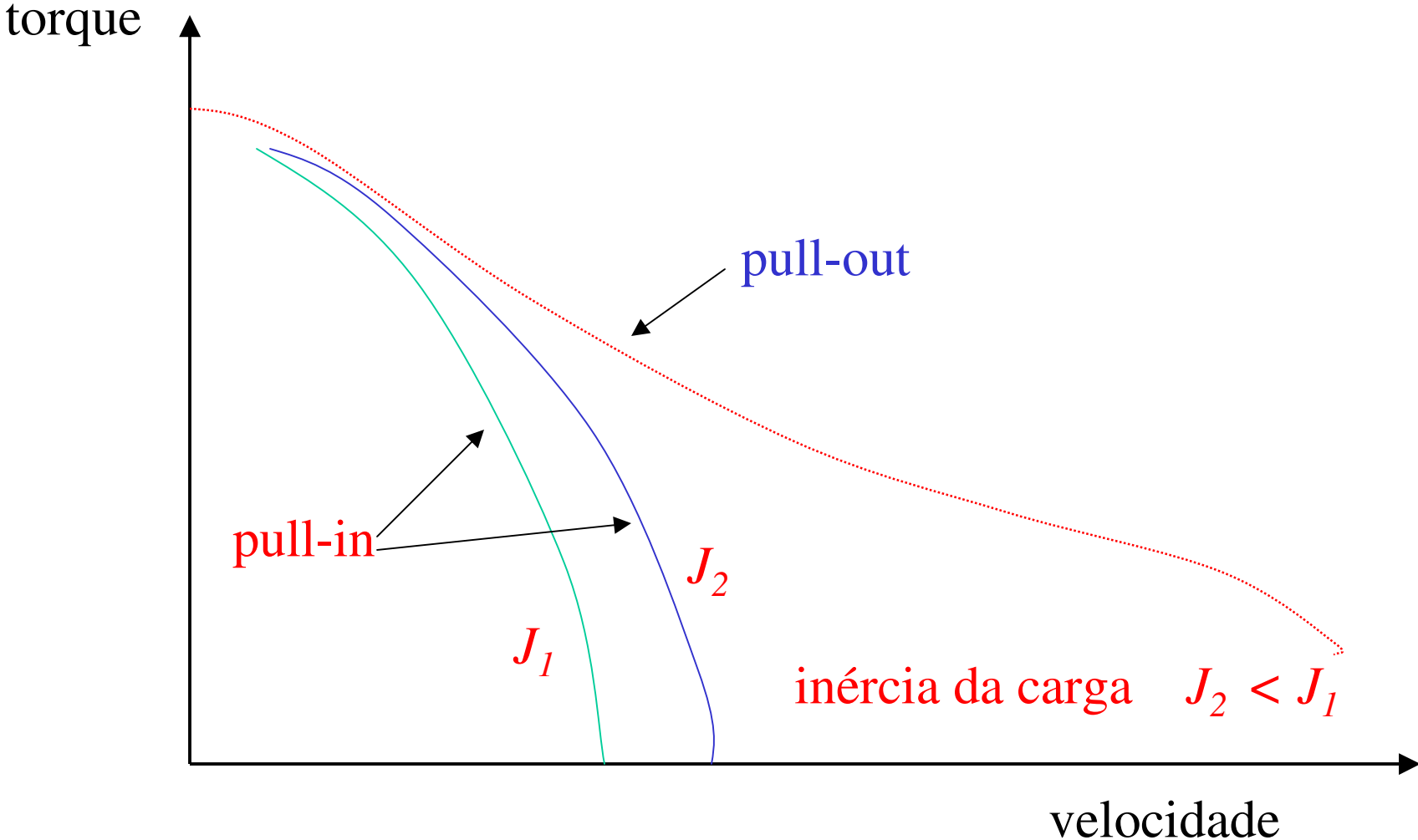


Passo completo: 200 p/volta

Meio passo: 400 p/volta

Curva de torque x velocidade

Curva torque x velocidade: motor de passo



Acoplamento motor - carga

Principais problemas nos 3 tipos de motores

Motor de passo

Tem operação limitada a baixas rotações: limitação na velocidade de chaveamento das fases

Não suporta picos de torque: perde sincronismo

Motor CC

Uso de escovas: desgaste, produção de detritos e centelhamento

Enrolamento no rotor: aquecimento devido a perdas nos condutores elétricos e conseqüente aquecimento dos componentes mecânicos ligados ao eixo do motor

Motor Brushless

Imãs permanentes no rotor: passível de desmagnetização quando submetido a correntes elétricas ou temperaturas elevadas

Torque de retenção devido aos imãs permanentes, quando acionado com formas de ondas quadradas ou trapezoidais. Desaparece quando acionado com forma de onda senoidal (difícil de implementar)

Dimensionamento

Torque, rotação, inércia do rotor, potência, rigidez

Constante de tempo: inércia de massa do sistema mecânico e rigidez do atuador

Constante de tempo do controlador: pelo menos a metade da constante de tempo mecânica (na prática, 10 a 20 vezes menor)

Casamento de inércias: inércia da carga = inércia do motor \Rightarrow potência do motor pelo menos 2 vezes a potência da carga

Taxa de potência: $P_R = T^2/J$ (W/s)

Significa: quão rápido o motor consegue acelerar sua própria inércia

Constante mecânica de tempo: $\tau_m = \frac{R_a J_{ef}}{k_e k_t}$

R_a resistência do enrolamento (Ω)

J_{ef} inércia efetiva (kg.m^2)

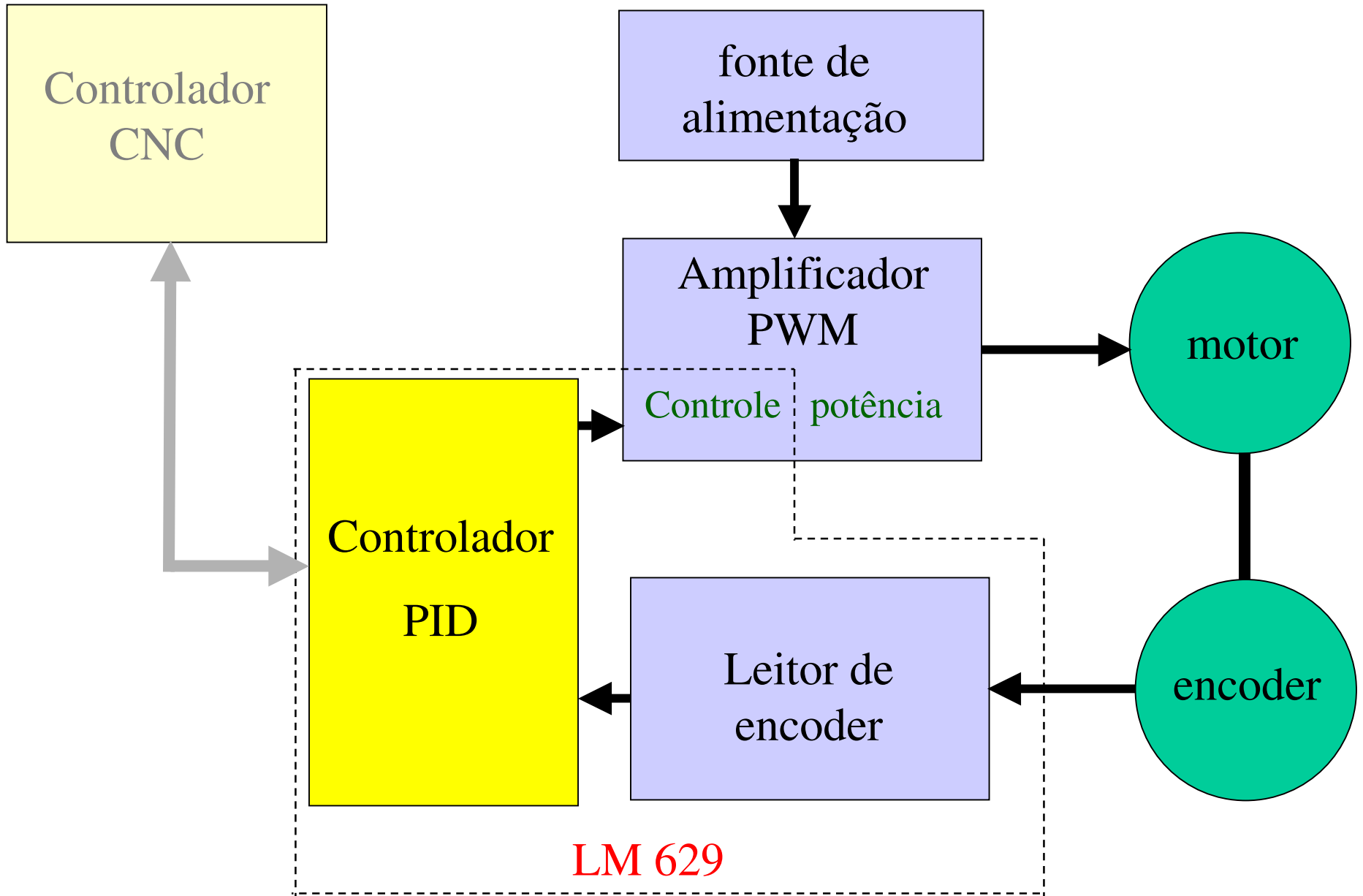
k_t constante de torque (Nm/A)

k_e constante da força contra-eletromotriz (Vs/rad)

H_a indutância do enrolamento (H)

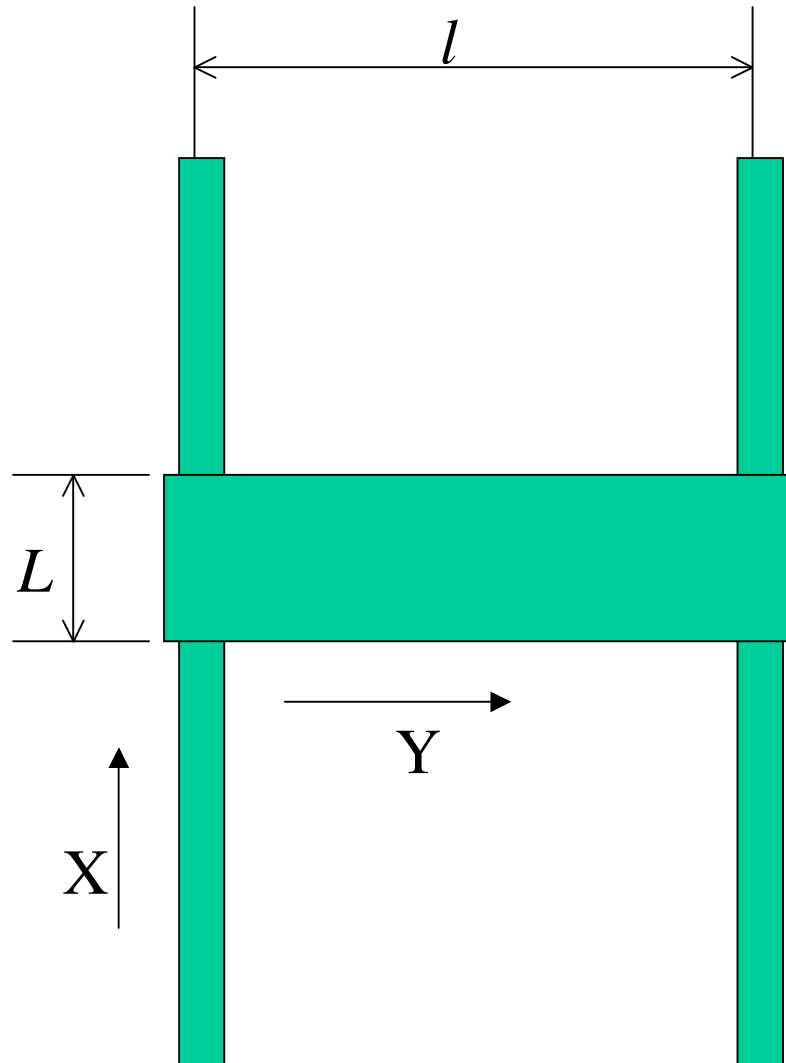
Constante elétrica de tempo: $\tau_e = \frac{H_a}{R_a}$

Acionamento eletrônico motor CC



Relação $L/l < 1$: acionamento em ambos os lados do eixo X

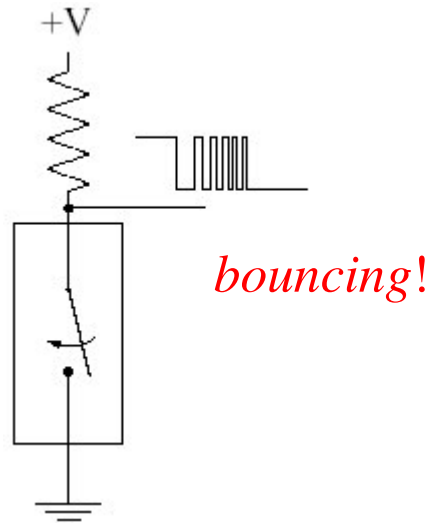
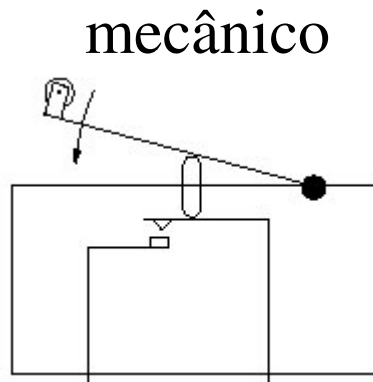
controlador: estratégia mestre - escravo



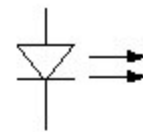
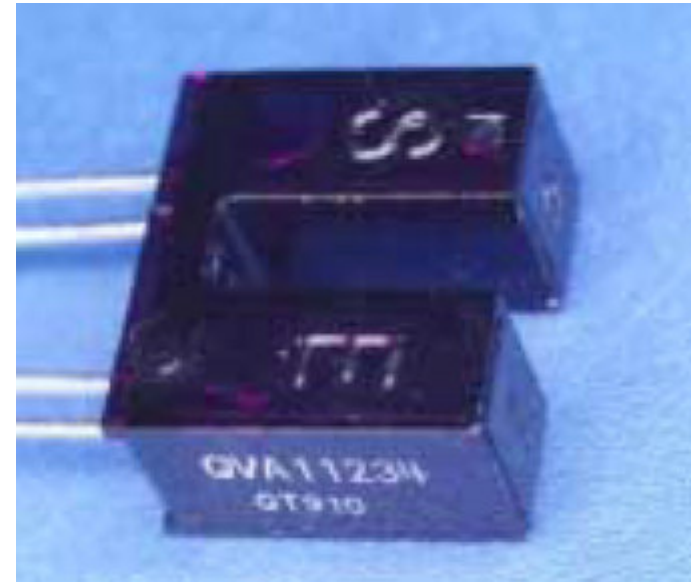
eliminação de folgas!

Sensores

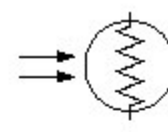
Chaves de fim de curso:



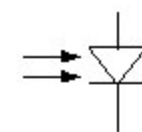
óptico



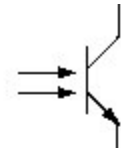
LED



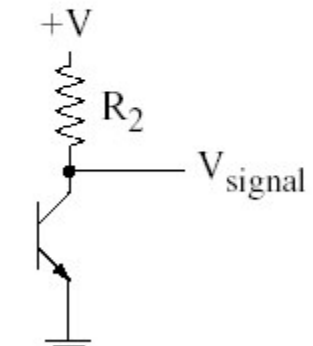
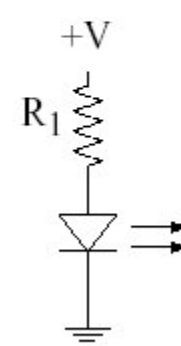
photoresistor



photodiode



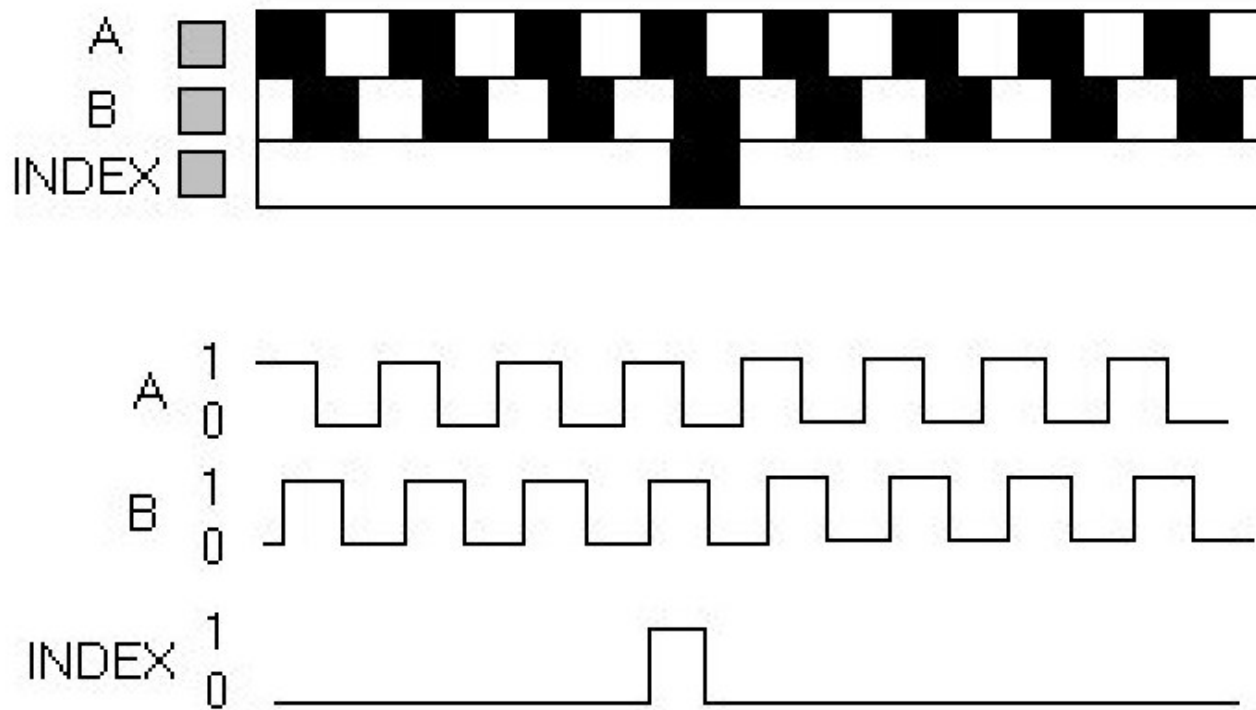
phototransistor



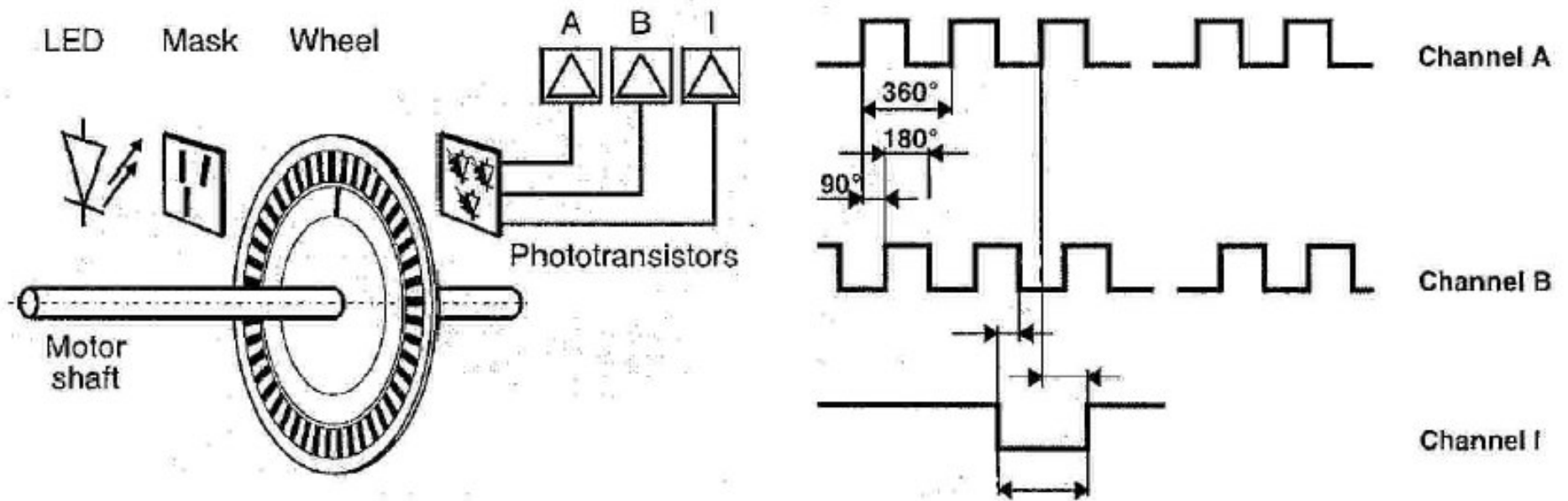
typical configuration

Encoder óptico

Incremental

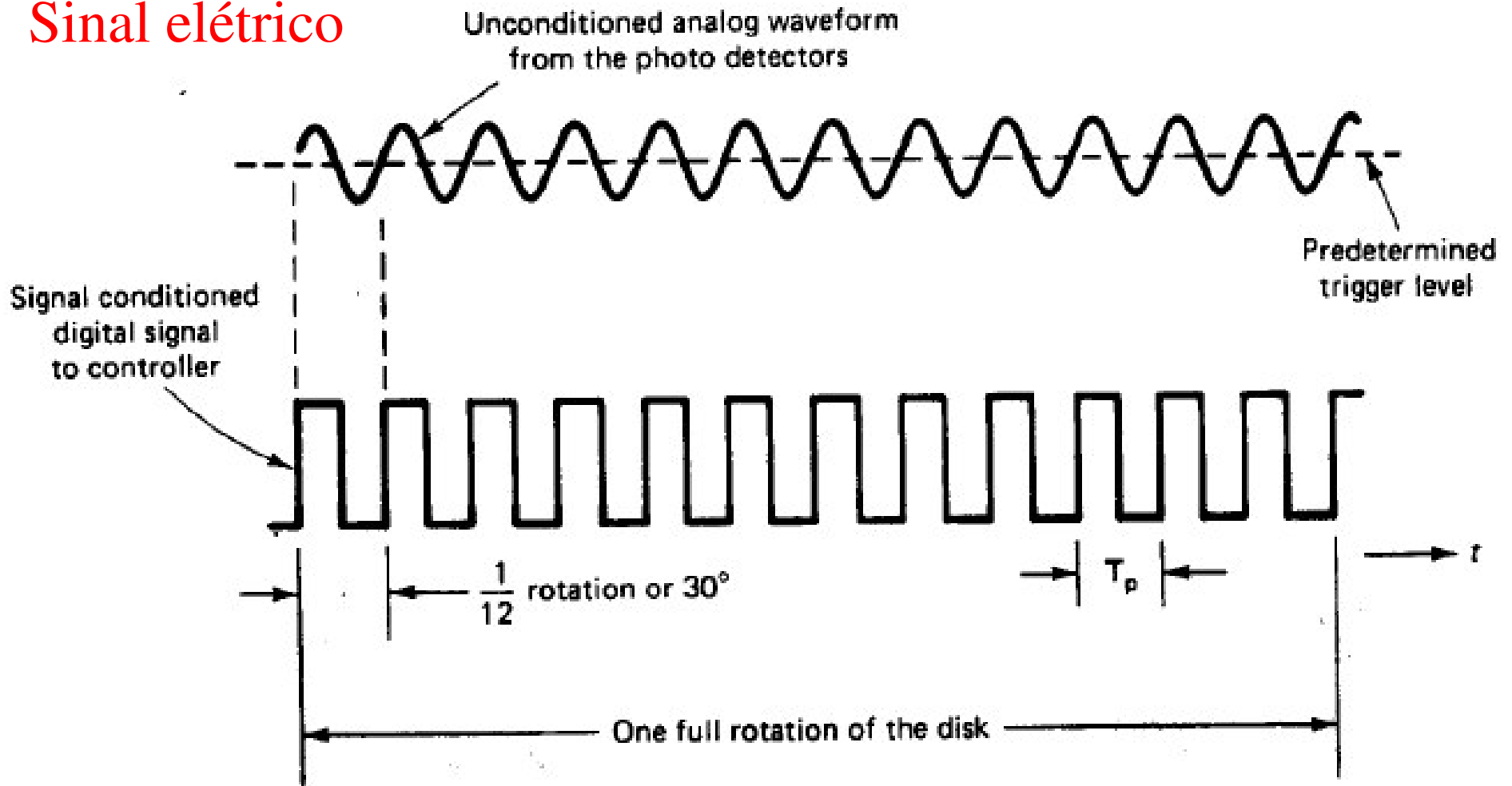


Encoder óptico incremental



Encoder óptico incremental

Sinal elétrico



• Sentido de movimento

• vibração

limitação: 125 fendas/mm

Encoder óptico

Absoluto

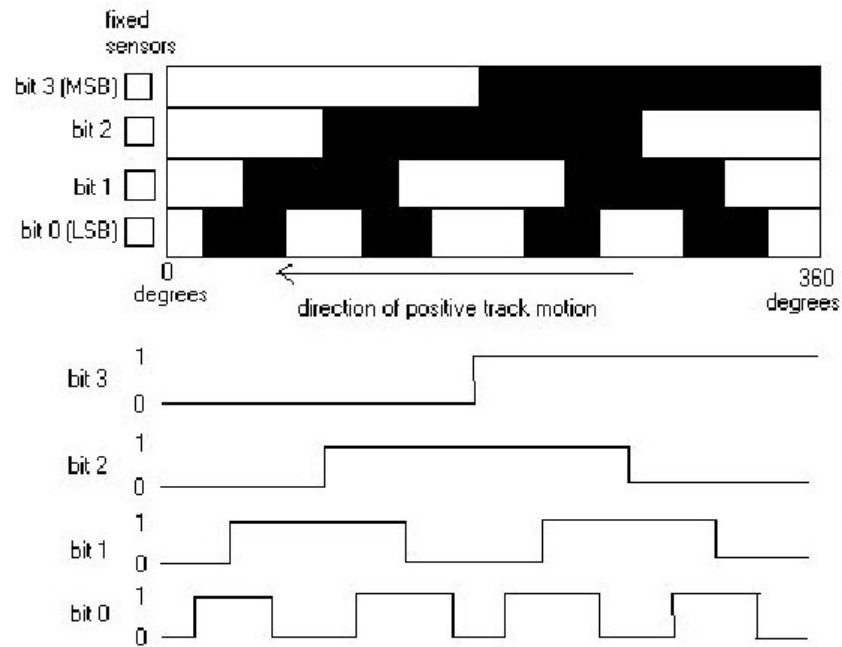
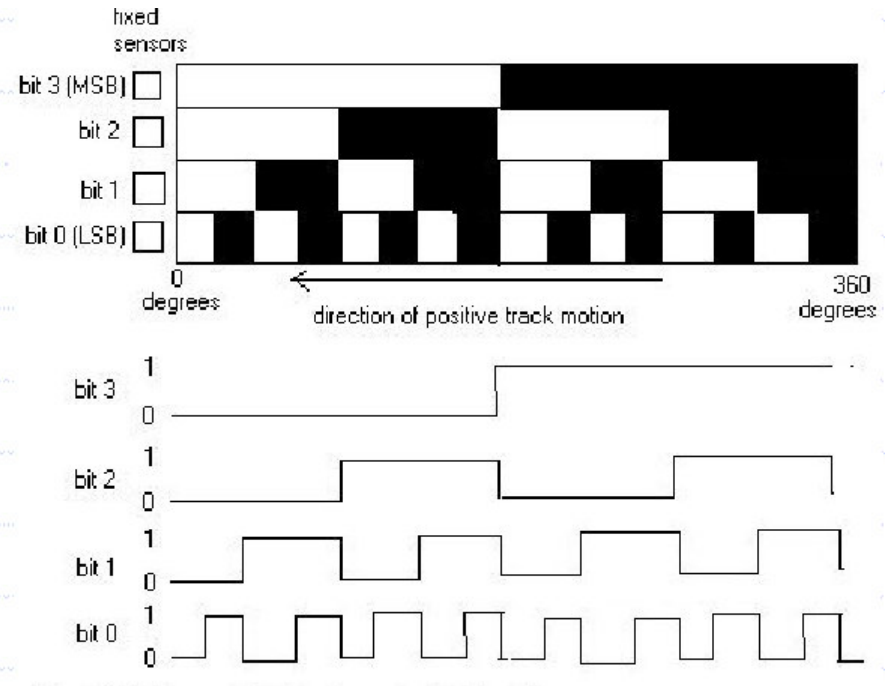


Fig. 2. Gray code absolute encoder disk track pattern.

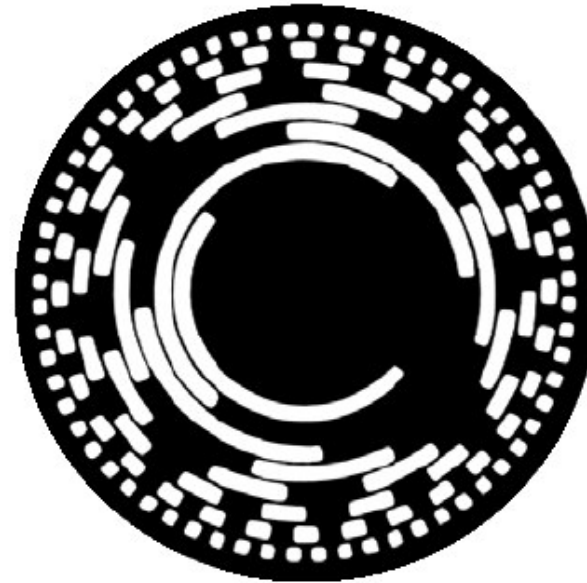
código *gray*



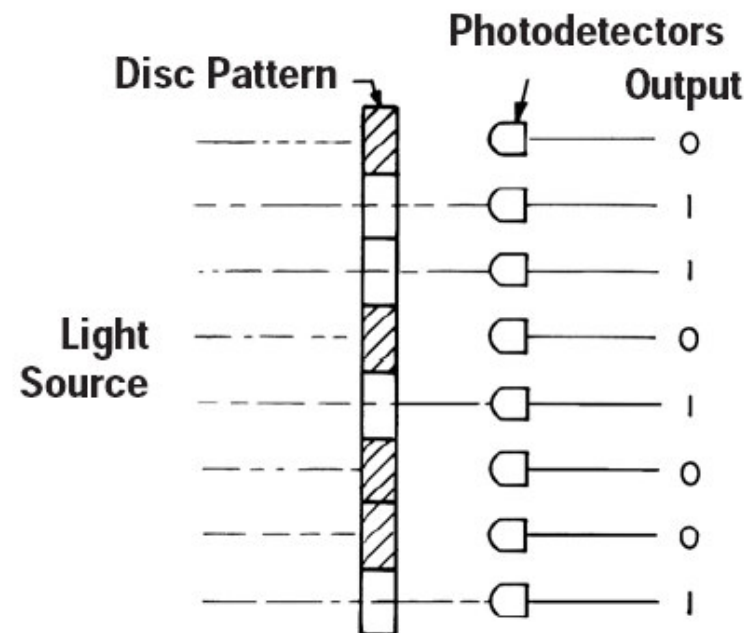
código binário

Por que código gray?

Encoder óptico absoluto



8 Bit Gray Code Absolute Disc



Encoder absoluto multi-voltas

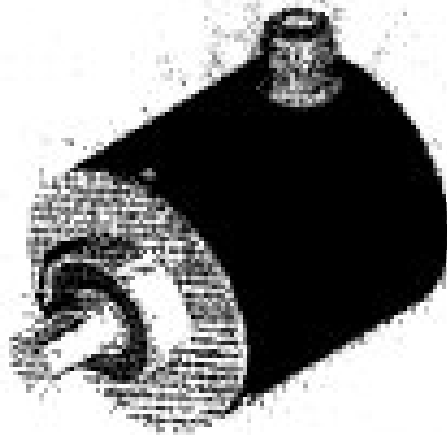
4096 (12 bits) posições/volta

Contagem de 4096 (12 bits) voltas

Transmissão por engrenagens



Série 10 - Encoder Incremental com eixo



1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Eixo							Resolução		
		06 = 6mm							Fixação das conexões		
		10 = 10mm						Conexão	1 = Axial		
		12 = 12mm							2 = Radial		
		38 = 3/8"									
					Saídas			1 = cabo 2m	2 = cabo 4m		
					1 = A			5 = con com 5p			
					2 = AB			8 = con com 8p			
					3 = ABO						
					6 = ABO + ABO						
				Driver							
				0 = HTL 5-28V							
				8 = P.Pull 5-28V							

Desenho 3D AutoCAD do encoder (zip)

DWG = [R13] [R14] [R2000]

DXF = [R13] [R14] [R2000]

Especificações Técnicas

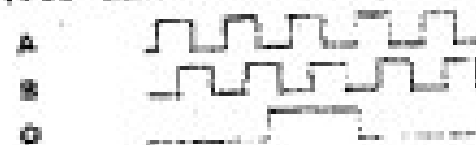
Temperatura de	
Operação:	- 20...+ 60 graus C
Freq Máxima:	100 kHz
Consumo Máximo:	80 mA (máx.)
Corrente por saída:	50 mA (máx.)
Alimentação:	5 - 28V
Especificações Mecânicas	
Peso:	0,4 kg
Proteção:	Até IP 65
Cabeça:	Aço Inox.
Eixo:	Aço Inox.
Rolamentos:	6000 ZZ C2
Torque:	8N / cm ²
Carga / Eixo:	Radial/Axial máx. 20 kg
Rotação:	6000 RPM máx.

Ligações

	6 pinos	8 pinos	Cabo 4 vias	Cabo 8 vias
GND	1	1	Preto	Marron
+ V	2	2	Vermelho	Vermelho
Saída A	3	3	Azul	Laranja
Saída B	4	4	Branco	Amarelo
Saída O	5	5		Verde
Saída A inv		6		Azul
Saída B inv		7		Violeta
Saída O inv		8		Cinza

Saída

A 90° adiantado em relação a B sent. horário

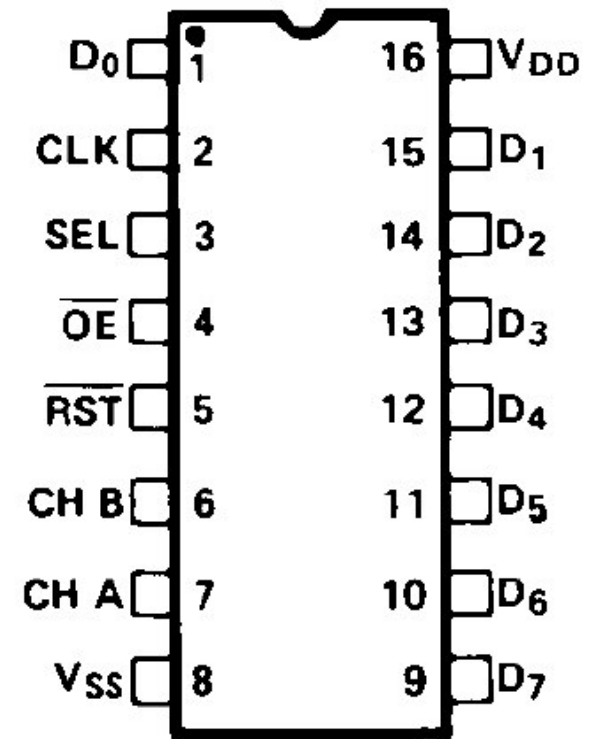
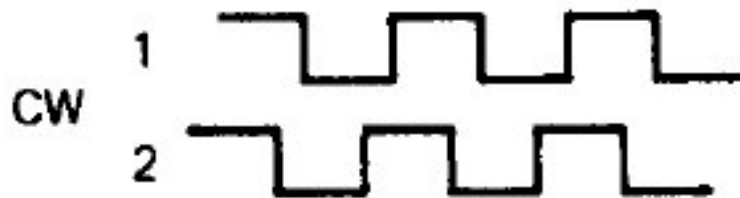
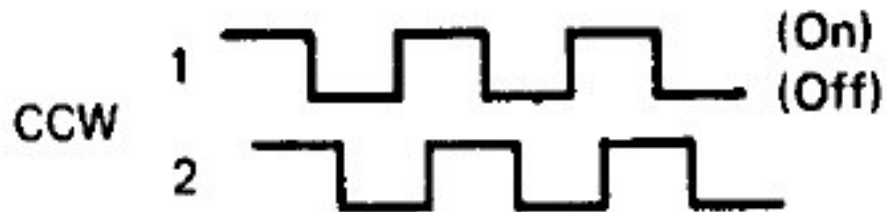


Detector de quadratura e contador

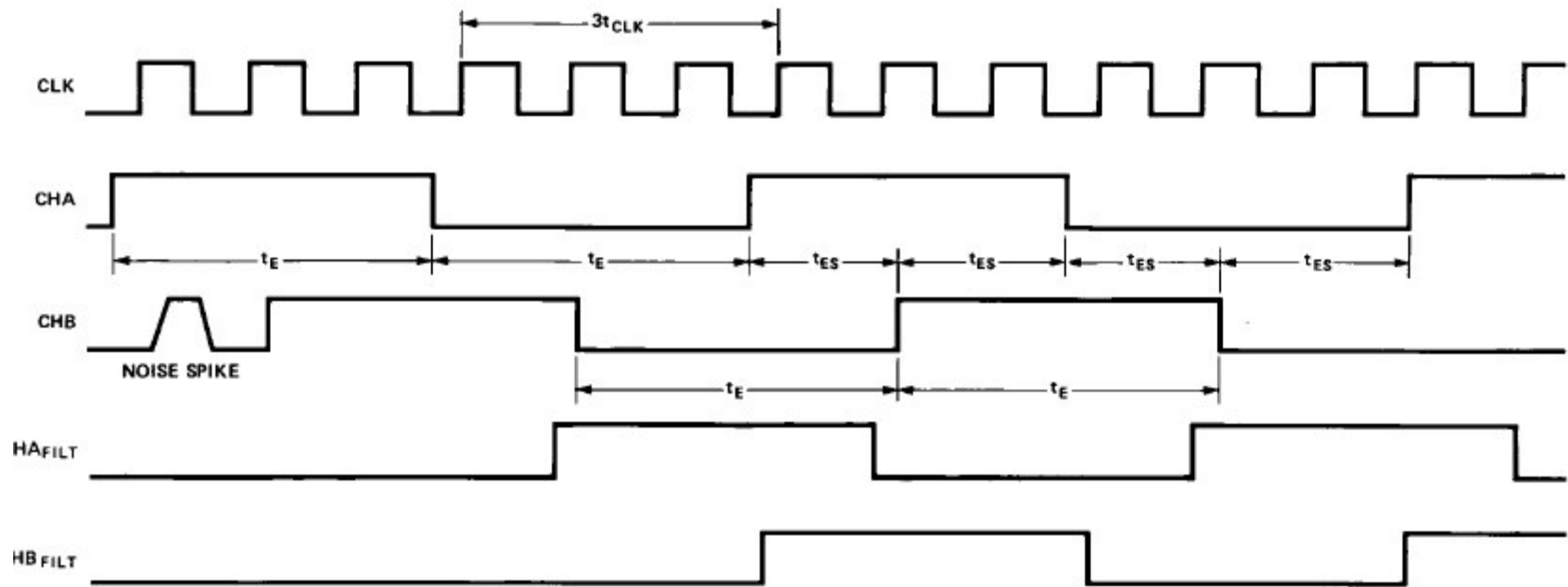
Componente eletrônico: HCTL 2016

contador de 16 bits

Sentido de movimento



Leitura de encoder - HCTL 2016



$$f_{CLK} > 6 \cdot f_{CHA}$$