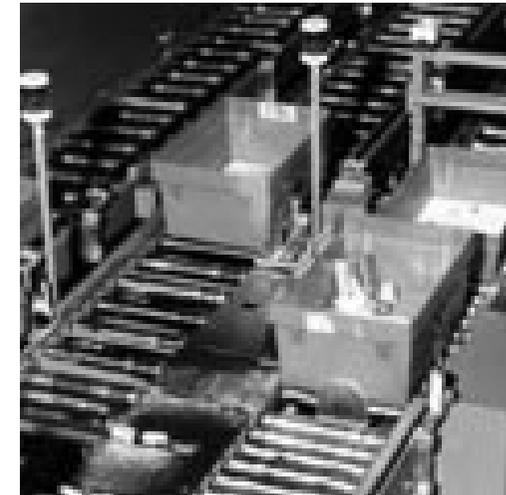


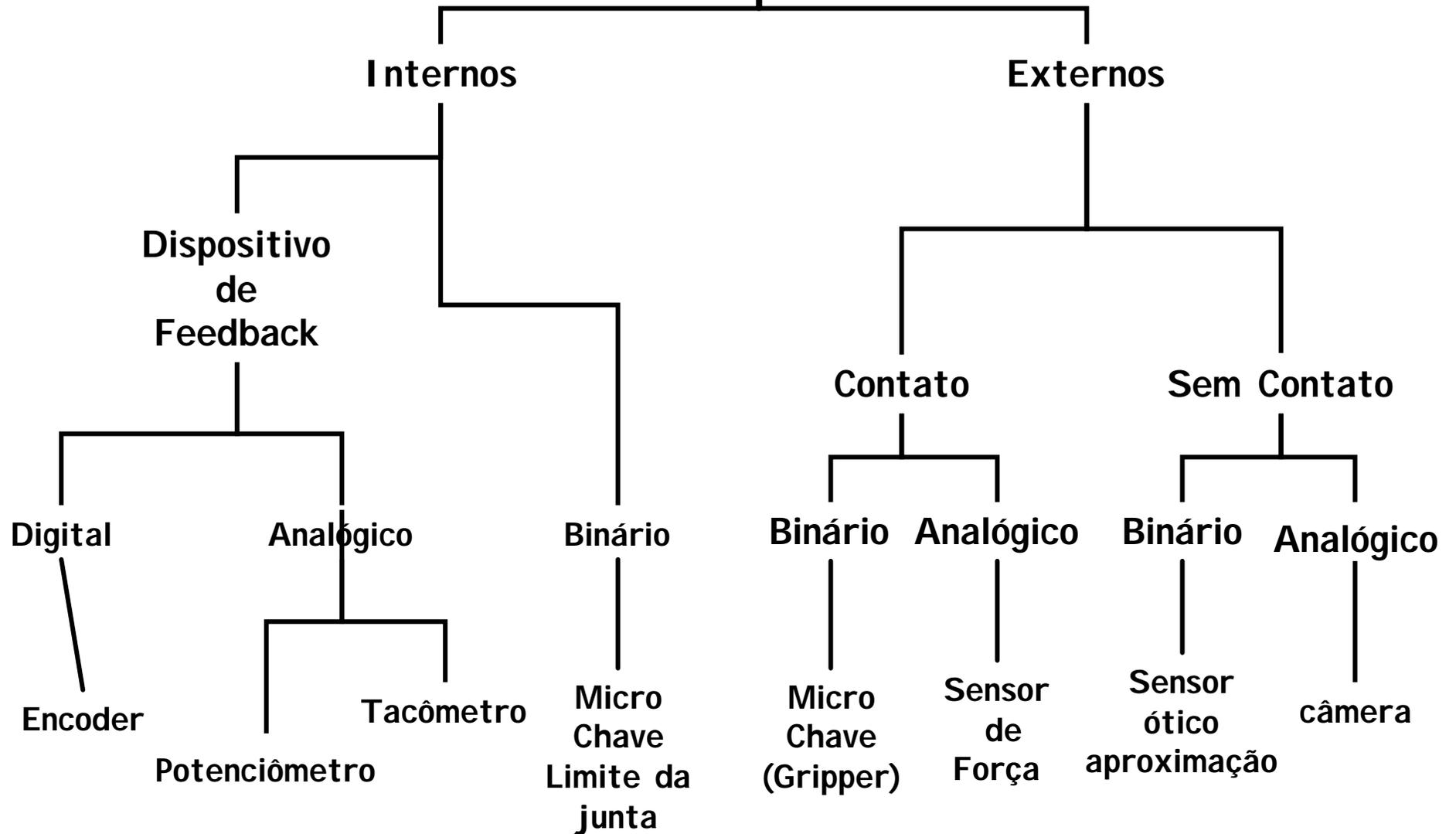
SENSORES INDUSTRIAIS

Aplicações

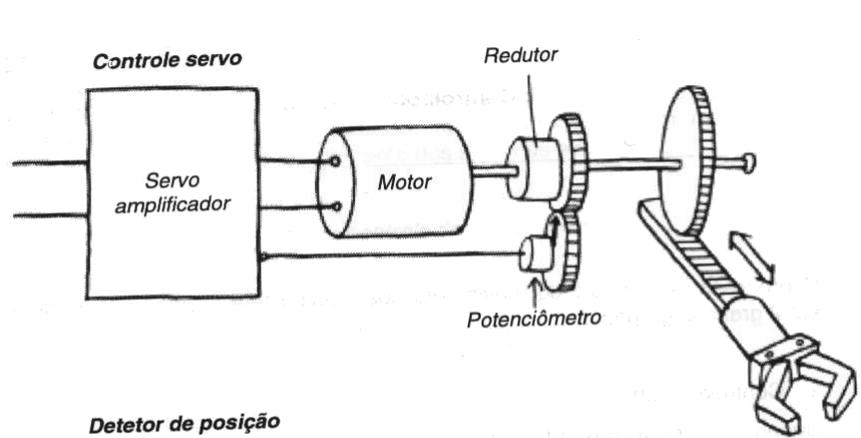
- Proximidade
 - Mecânico
 - Ótico
 - Indutivo/Capacitivo
- Posição/Velocidade
 - Potentiometro
 - LVDT
 - Encoders
 - Tacogerador
- Força/Pressão
- Vibração/aceleração
- Tato



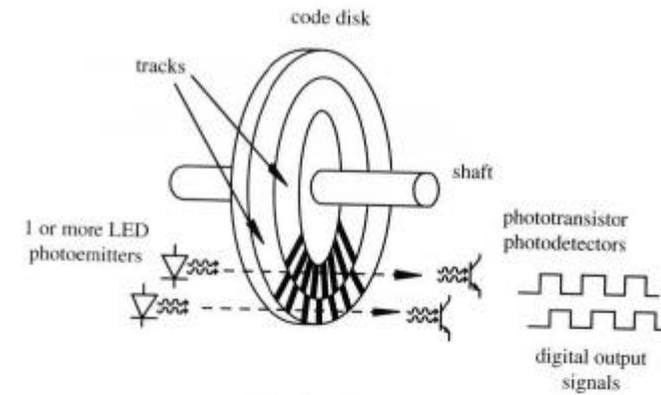
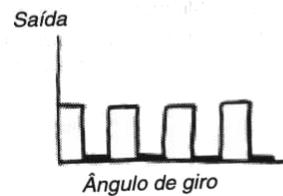
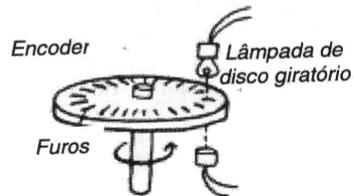
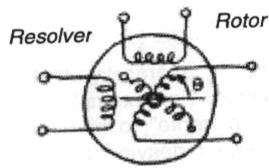
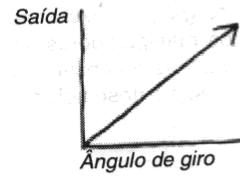
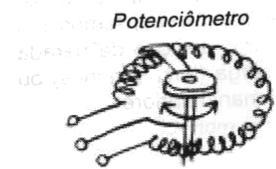
Sensores em robôs



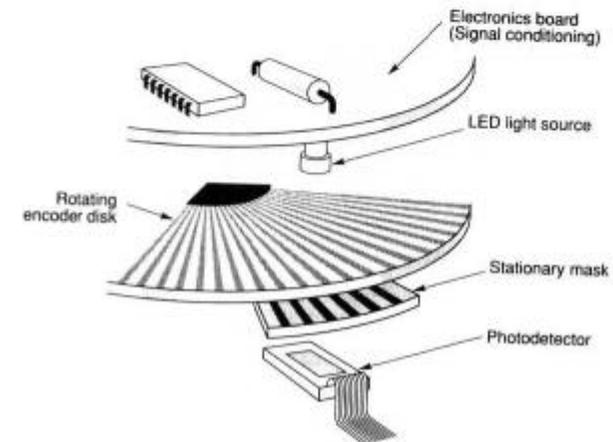
EXEMPLO: Sistema Realimentado + Sensores



Detetor de posição



(a) schematic



Definições Importantes

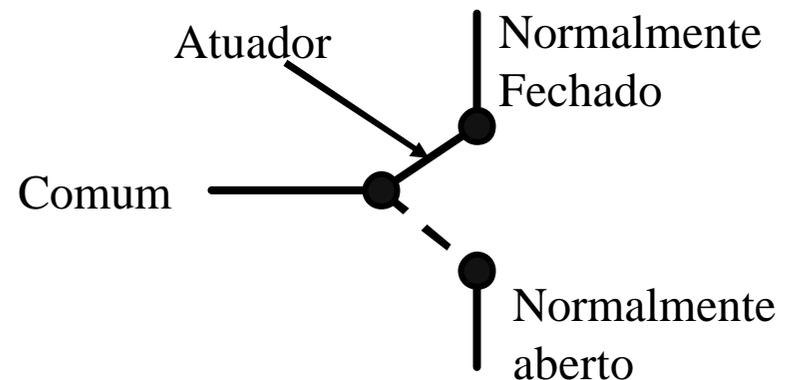
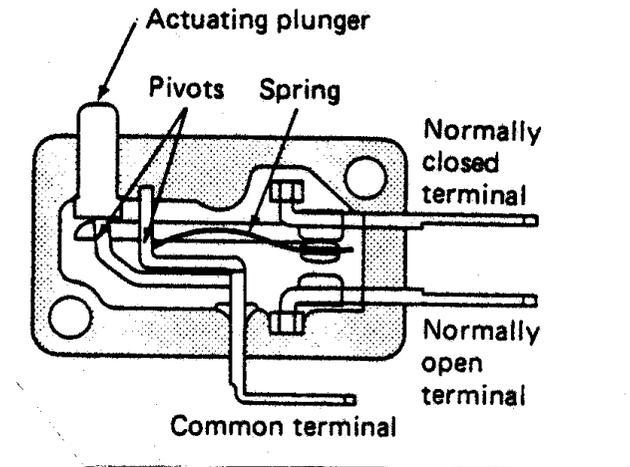
- **Acurácia**: Concordância entre o valor real e o valor medido;
- **Resolução**: Mudança na variável medida para a qual o sensor irá responder;
- **Repeatibilidade**: Variação das medidas do sensor quando a mesma variável é medida várias vezes;
- **Range**: Limite superior e inferior que podem ser medidos da variável;
- **Sensibilidade** e **Linearidade**

Sensores de Proximidade

- **Muito usado em na industria de automação**
 - Linhas (contagem, detecção de parada, etc.)
 - Máquinas operatrizes (porta de segurança, sequenciamento, etc.)
- **Normalmente digital (on/off) detectando a presença ou a falta de objetos;**
- **Consiste de:**
 - Cabeça Sensora: ótica, indutiva, capacitiva
 - Circuito detetor
 - Amplificador
 - Circuito de output: relés, etc.

Chaves mecânicas de proximidade

- É essencialmente uma chave mecânica!!!
- Só opera on/off em dois modos:
 - Normalmente aberto (NO)
 - Normalmente fechado (NC)
- Existe uma variedade muito grande de formas para uma grande faixa de usos



Exemplos de chaves mecânicas de proximidade



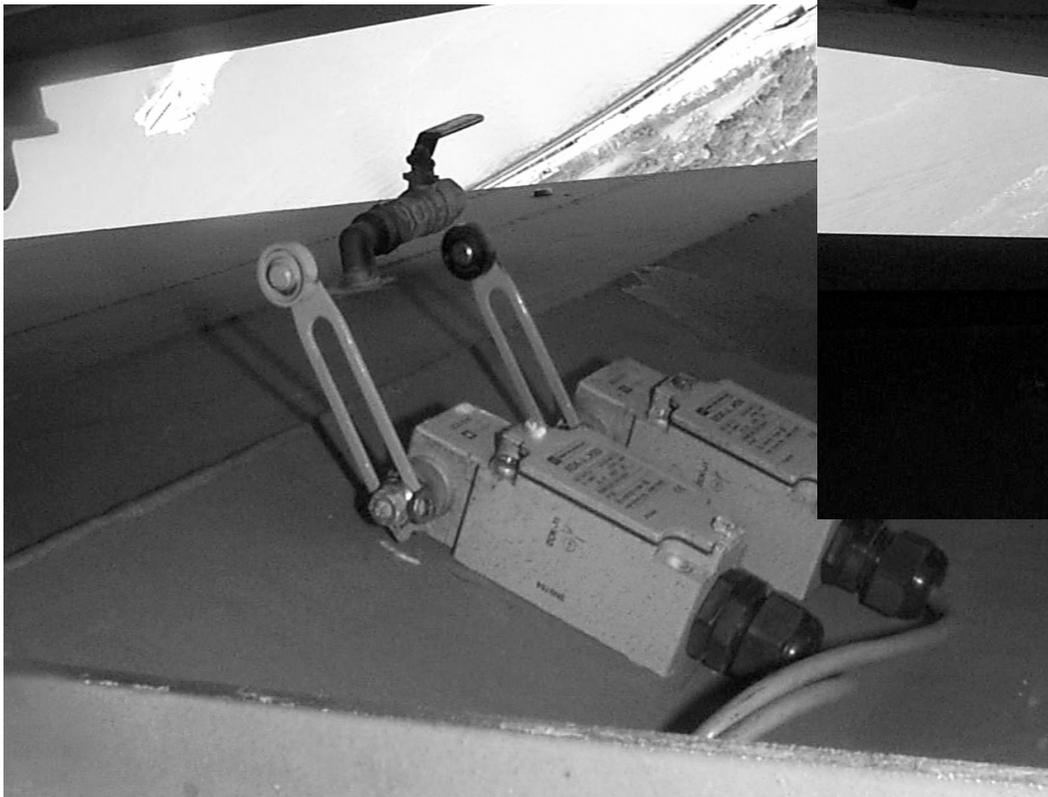
Quando usar chaves mecânicas de proximidade

- Quando o contato físico for possível
- Quando uma posição definitiva for requerida
- Em operações críticas ou quando situações de segurança são críticas
- Quando as condições ambientais não permitem o uso de sensores óticos ou indutivos

Aplicações e usos de chaves mecânicas de proximidade

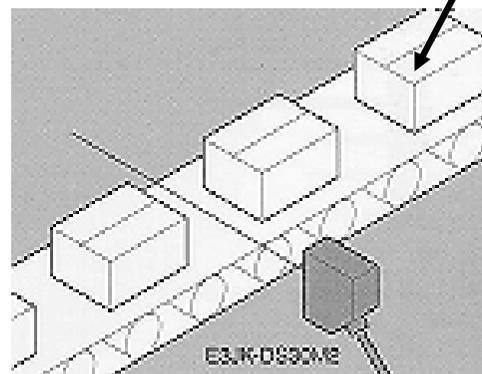
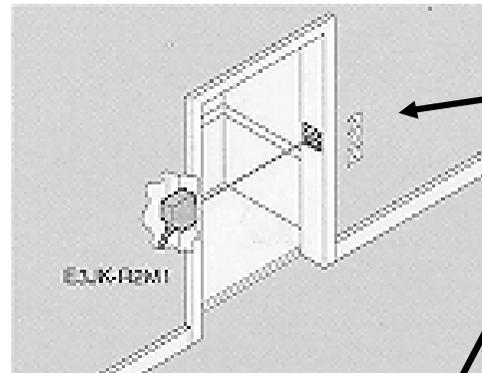
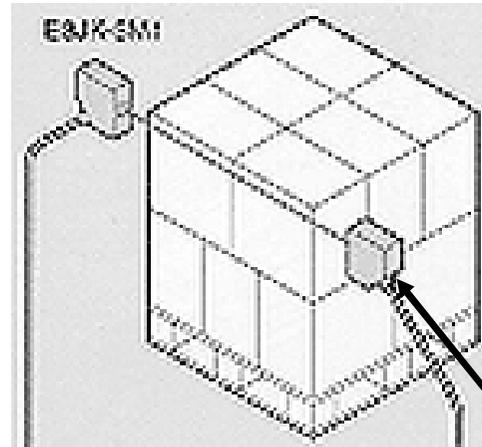
- Fácil de ser integrado a qualquer tipo de equipamento
- Requer contato
- Faixa de tensão: DC 0-1000V, AC, etc.
- Muito robusto (a prova de explosão se necessário)
- Normalmente utilizado como:
 - Chave de fim de curso
 - Indicador de presença/ausência
 - Porta aberta/fechada

Locais onde voce pode encontrar chaves mecânicas de proximidade!



Modo operatório ou de operação

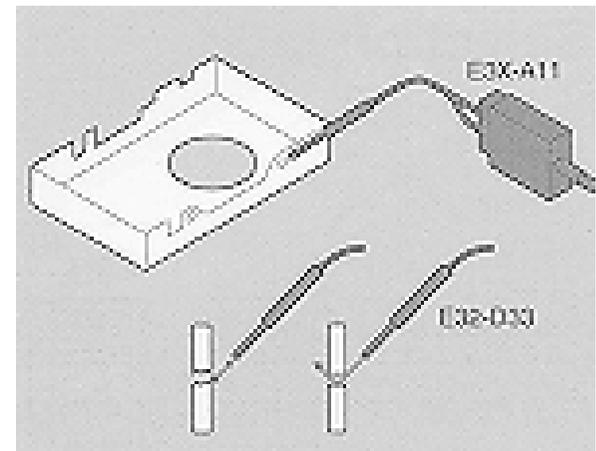
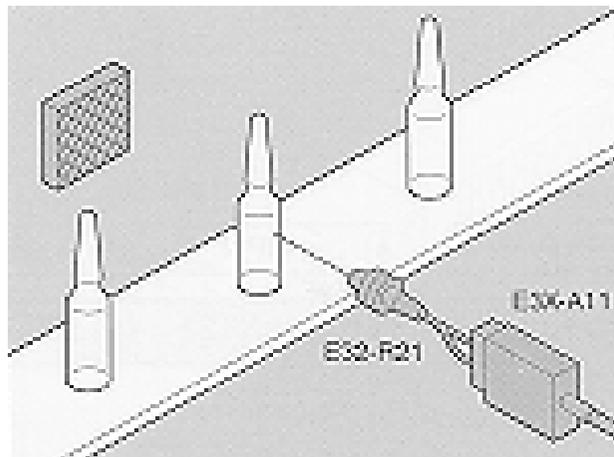
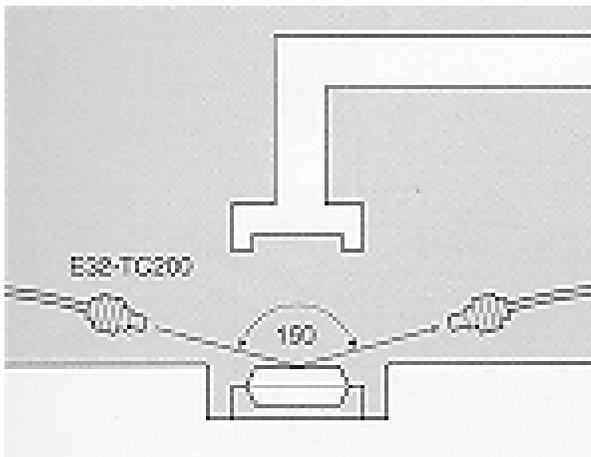
- **Feixe passante:**
 - Longo alcance (20m)
 - Alinhamento é crítico!
- **Retro-refletivo**
 - Alcance 1-3m
 - Popular e barato
- **Difuso-refletivo**
 - Alcance 12-300mm
 - Barato e fácil de usar



Exemplo de sensor ótico de proximidade I



Optical Fibre
Delivery System



Quando usar sensor ótico de proximidade

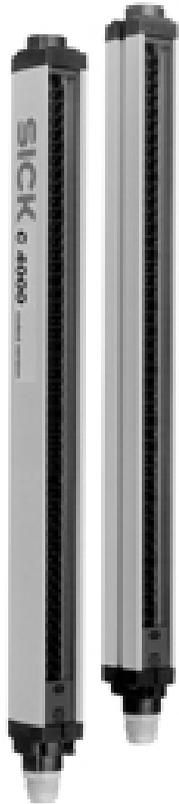
- Não requer contato, partes em movimento, pequenas, etc.
- Chaveamento rápido e sem deformação
- Insensível a vibrações e choque
- Existem muitas configurações

- Alinhamento é fundamental
- Pode ficar “cego” pela luz ambiente (soldagem por exemplo)
- Requer limpeza e ambiente livres de poeira e água

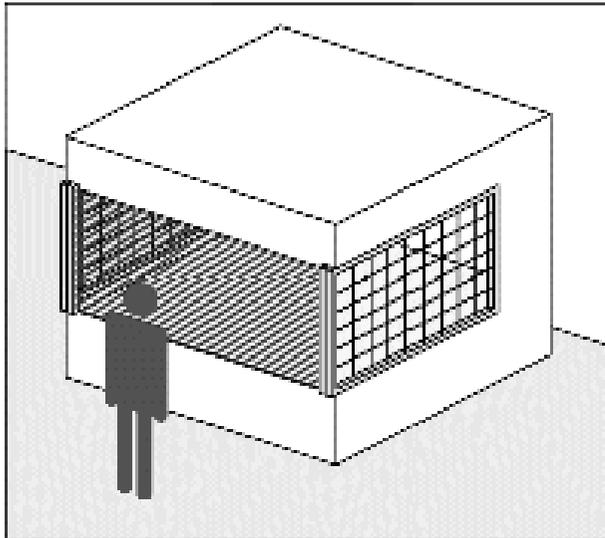
Aplicações de sensor ótico de proximidade

- Controle de empilhamento
- Contagem
- Controle de nível de líquido (enchimento e clareza)
- Parada
- Muitas outras...

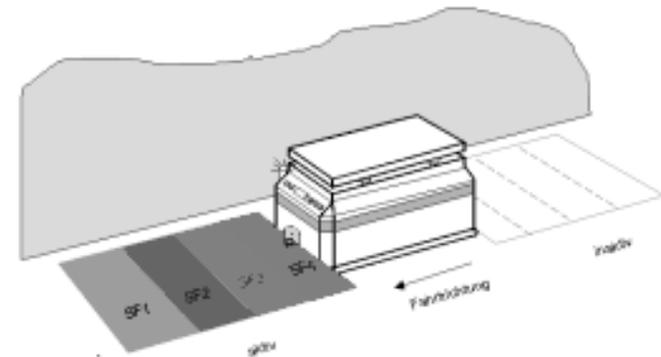
Outros tipos



Curtina de luz



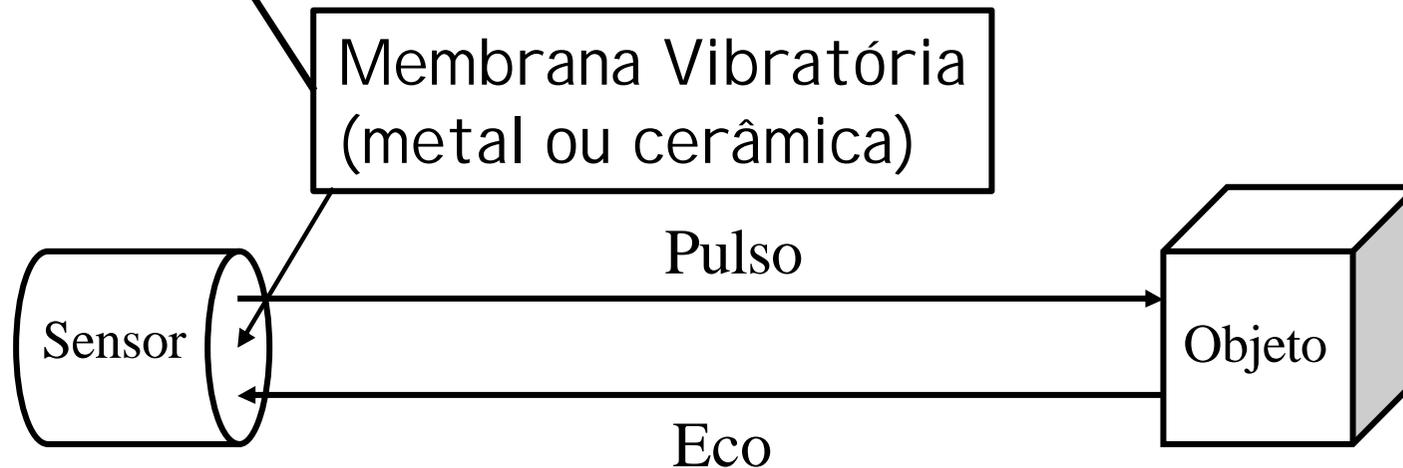
Detector de colisão



Sensores ultrasônicos de Proximidade



- Usa pulsos de som
- Mede a amplitude e o tempo do "vão"
- Fornece mais do que informação de on/off
- Frequências 40KHz-2MHz



Quando usar Sensores ultrasônicos de Proximidade

- Fornece dados diretamente
- Monitora líquidos e sólidos
- Permite usar sinais de aproximação (prevê colisão)
- Pode trabalhar em ambientes empoeirados e úmidos
- Ruído é problemático!!!!

- Aplicação de pulsos de 40 a 60kHz por 1 msec.
- Precisão de 1 % do valor máximo.
- Ângulo de 30 graus causa reflexões indesejadas.

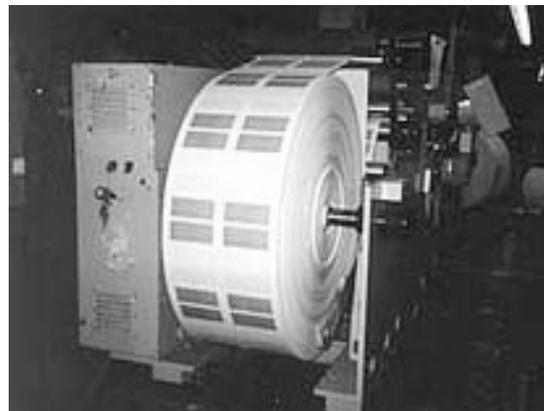


Exemplos de aplicações

Lavador de carro



Medidor de espessura de papel



Medidor de volume



Sensores indutivos e capacitivos de Proximidade

- **Sensores indutivos usam mudanças locais de campo magnético para detectar a presença de peças metálicas**
- **Sensores capacitivos usam mudanças locais de capacitância causada por peças não metálicas**
- **Têm o alcance muito curto**
- **Entretanto, são robustos e eficientes!!!**

Exemplo de sensor indutivo I



Detecção de
abrir fechar

Detecção de
rotação

Exemplo de sensor indutivo II

Sensor encapsulado. Detecta presença de objetos sem contato.
Faixa 3mm +/- 10%

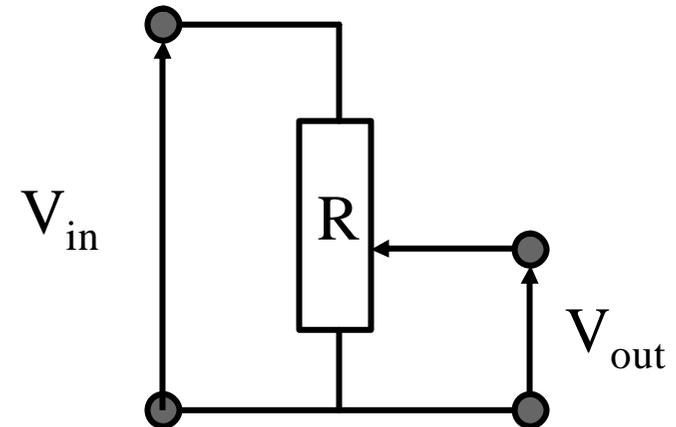
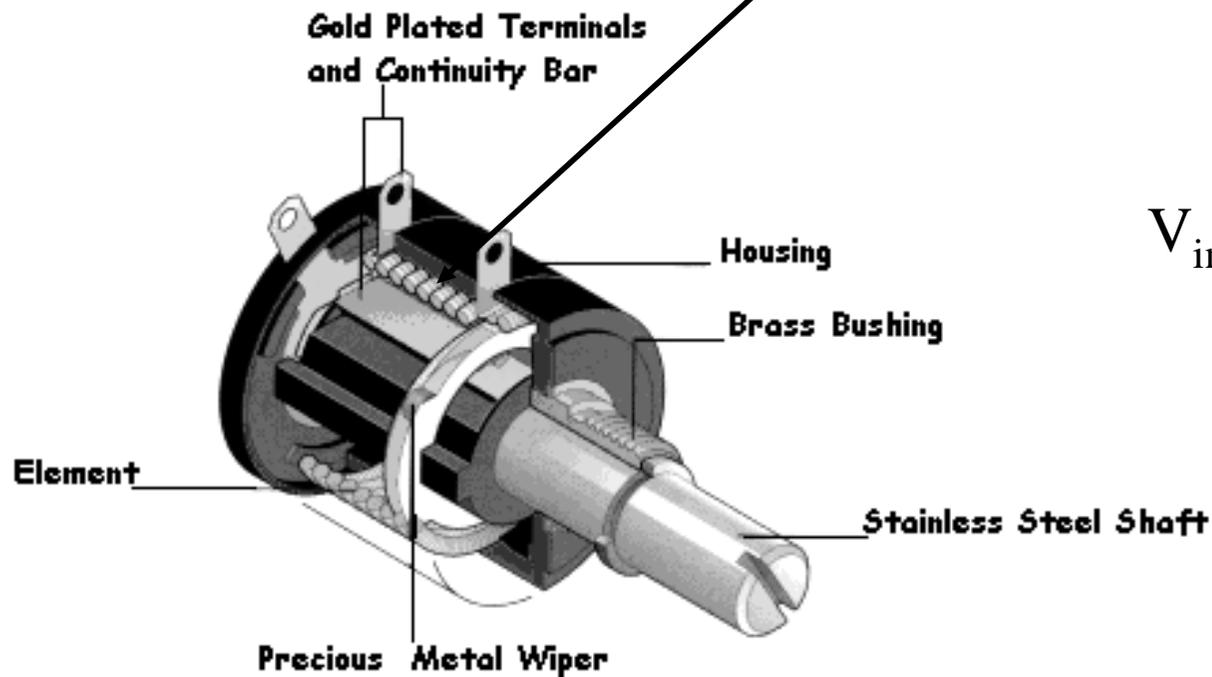


Sensores de Posição e Velocidades

- Medidas de posição e velocidade são requidas em sistemas onde feedback é necessário - ROBÔ para posicionamento e controle de velocidade
- **Sensores de POSIÇÃO**
 - Potenciômetros
 - LVDT
 - Encoders
- **Sensor de VELOCIDADE**
 - Tachometer

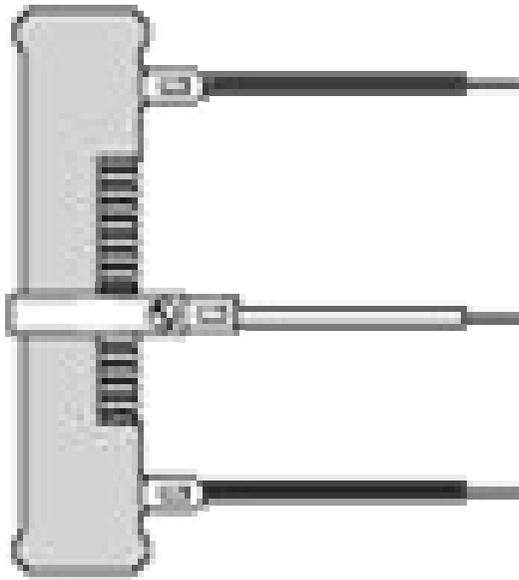
Potenciômetro

Sensor analógico
Trabalha como um divisor de tensão



Tipos de potenciômetros

- **Bobina**
 - Escova desliza ao longo da bobina
 - O fio desgasta devido a variação de temperatura
- **Cerâmica**
 - Escova desliza sobre uma trilha de cerâmica condutiva
 - Melhor que a bobina
- **Filme Plástico**
 - Alta resolução
 - Vida longa com boa estabilidade térmica



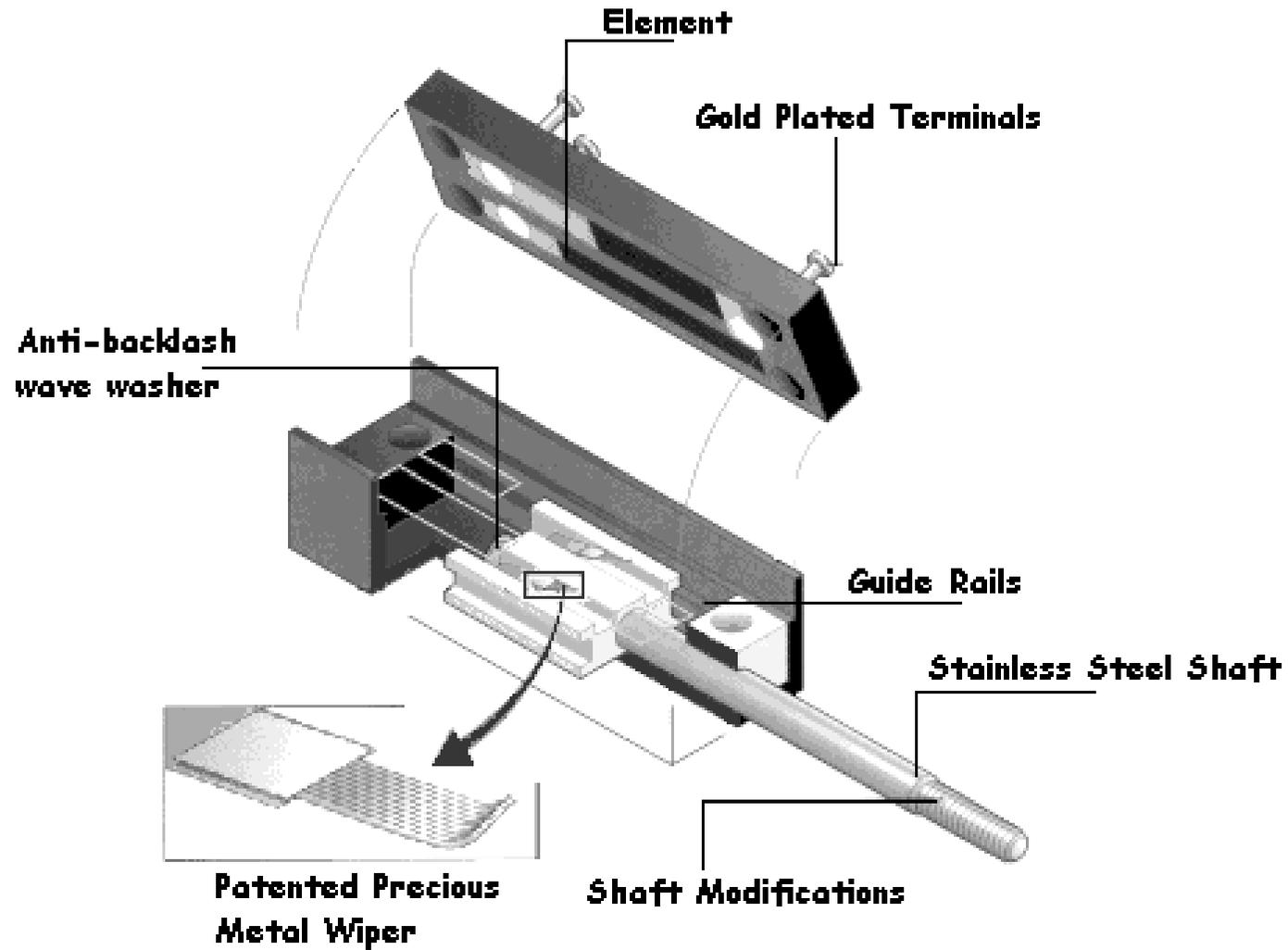
VANTAGENS

- barato;
- simples;
- absoluto;
- robusto.

DESVANTAGENS

- Pouco exato
- Baixa resolução
- Impõe carga ao sistema

Potenciômetro Linear



Quando usar um Potentiômetro

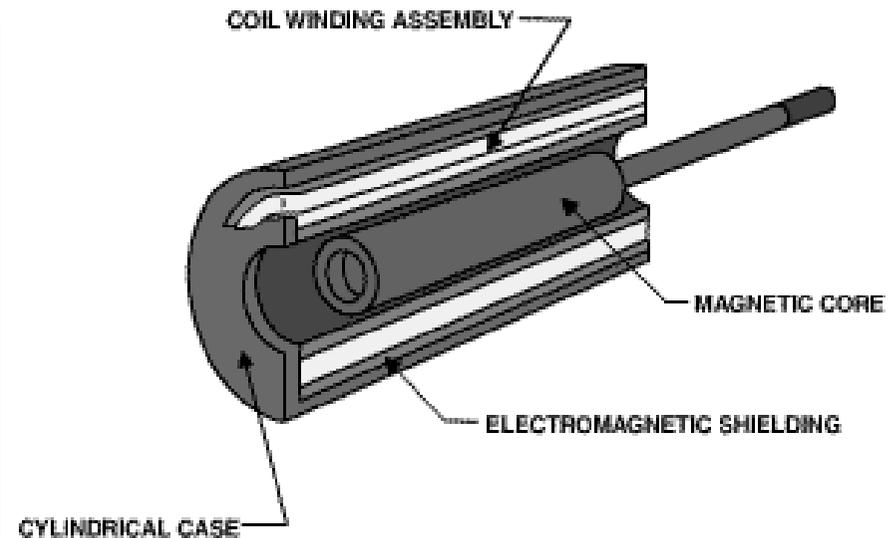
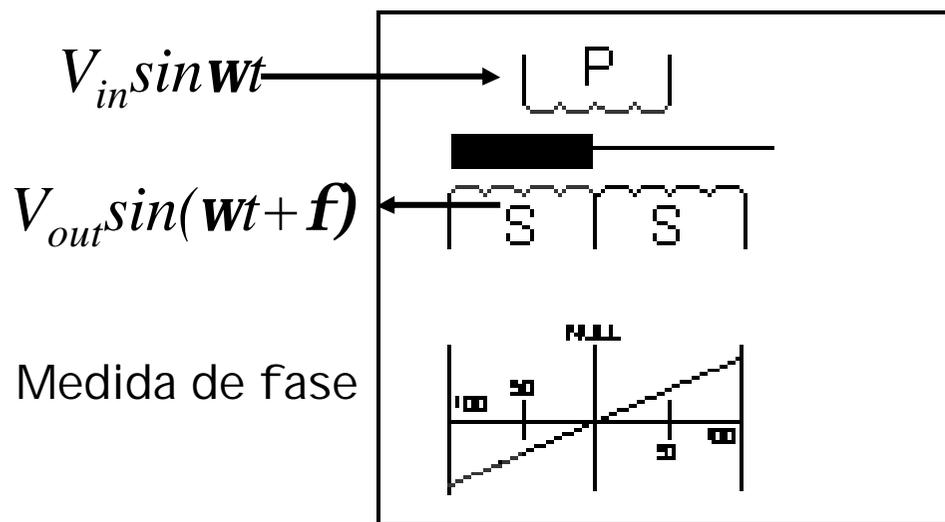
- **Requer sinal analógico para controle**
- **Requer informação absoluta de posição**
- **Baixo custo**

- **Sofre com variações de temperatura e atrito**
- **Não é recomendado para locais empoeirados e úmidos**

Linear Variable Differential Transformer (LVDT)

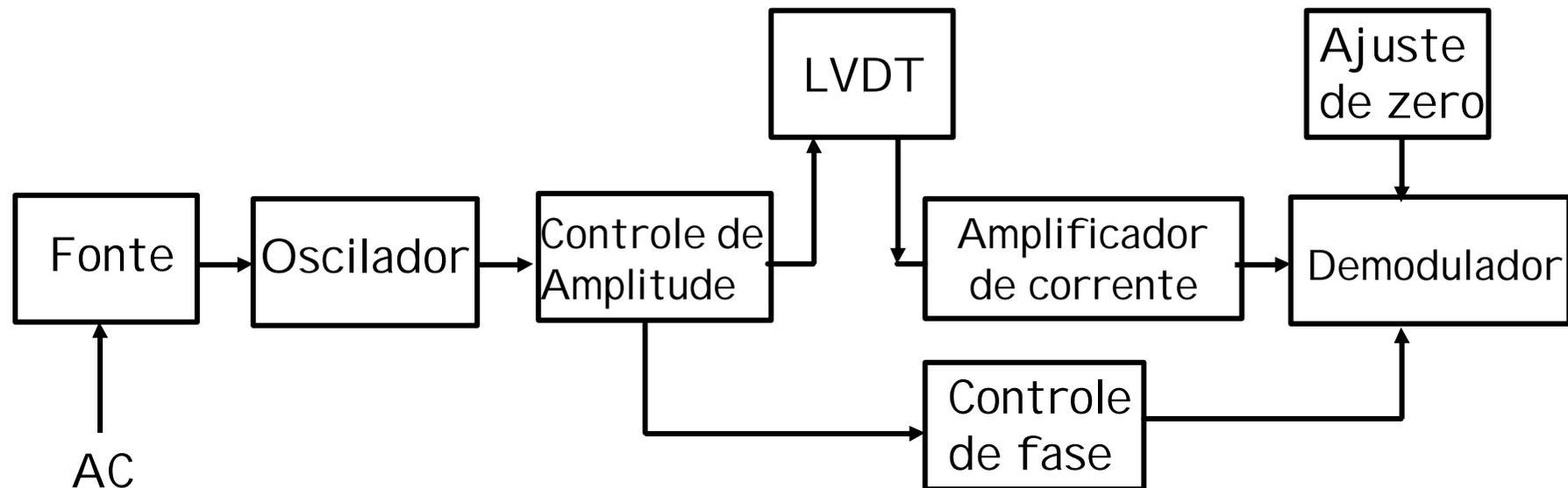
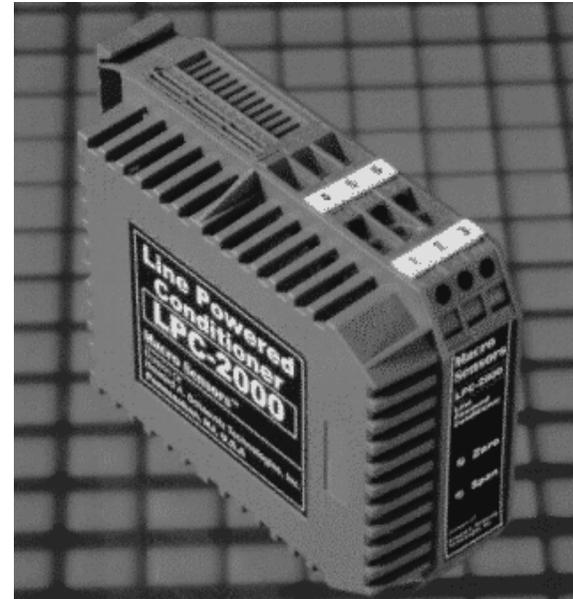
Transformador linear diferencial variável

- Um LVDT consiste de um núcleo magnético que move dentro de um cilindro
- A luva do cilindro contém uma bobina primária com uma tensão oscilante aplicada
- A luva também contém dois secundários que detectam esta tensão com a magnitude igual ao deslocamento
- LVDTs são muito precisos (centésimo de milímetro)

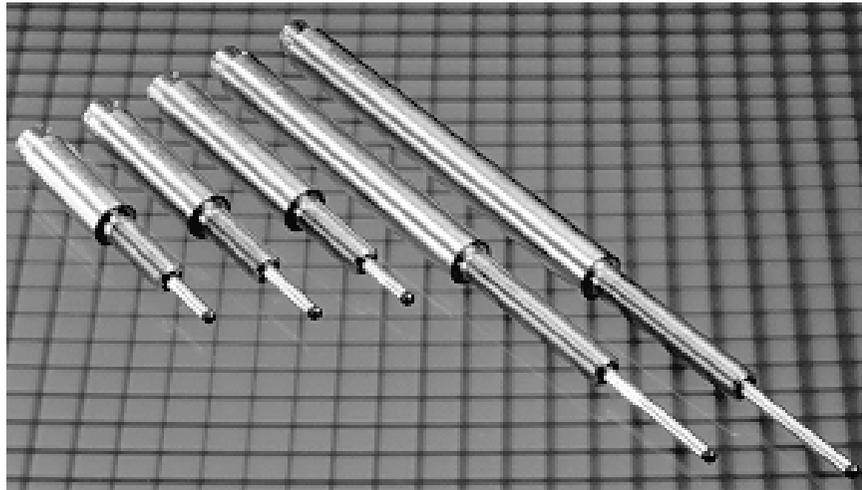


Condicionamento do sinal de LVDT

- Usa modulação de AC, demodulação e comparação de fases
- Disponível numa caixa

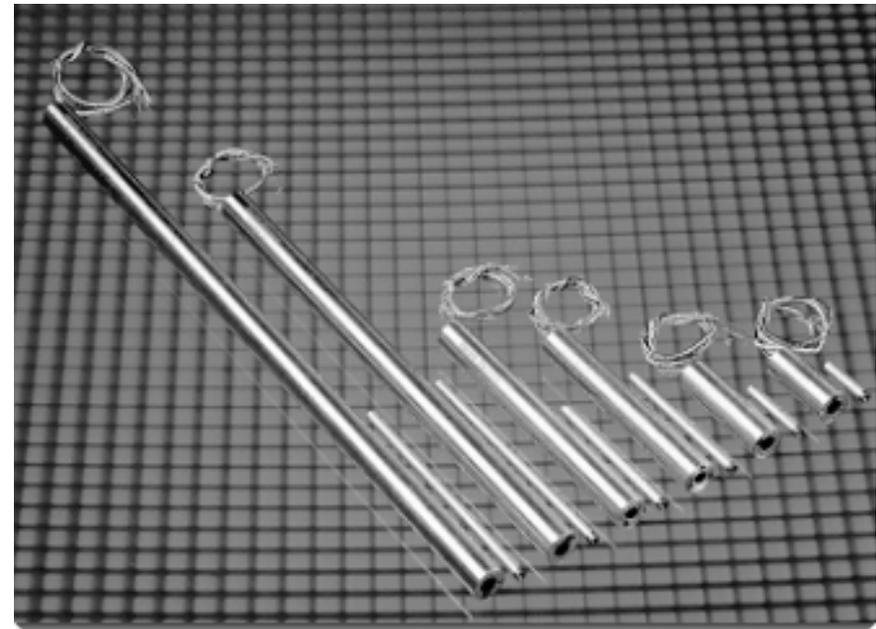


Exemplos de LVDTs



Com núcleo vazio para uso em ambientes hostís e imersão total

Carregado com mola
Para uso em cilindros hidráulicos



Quando usar um LVDT

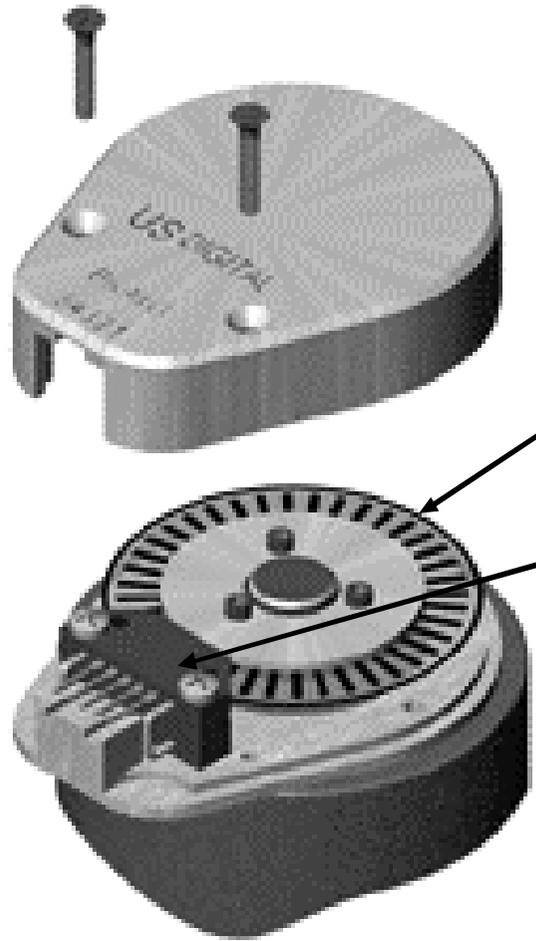
- **Alta precisão**
- **Operação linear (resolver síncrono é o equivalente rotacional do LVDT)**
- **Ambiente hostil**
- **Controle de posição analógico**
- **De fácil instalação**

Encoders óticos

- Encoders são sensores digitais usados para dar feedback de posição para atuadores
- Consiste de um disco de vidro ou plástico que gira entre uma fonte de luz (LED) e um par de fotodetectores
- O disco é marcado com setores ou riscos que bloqueiam a passagem da luz, produzindo pulsos a medida que gira.



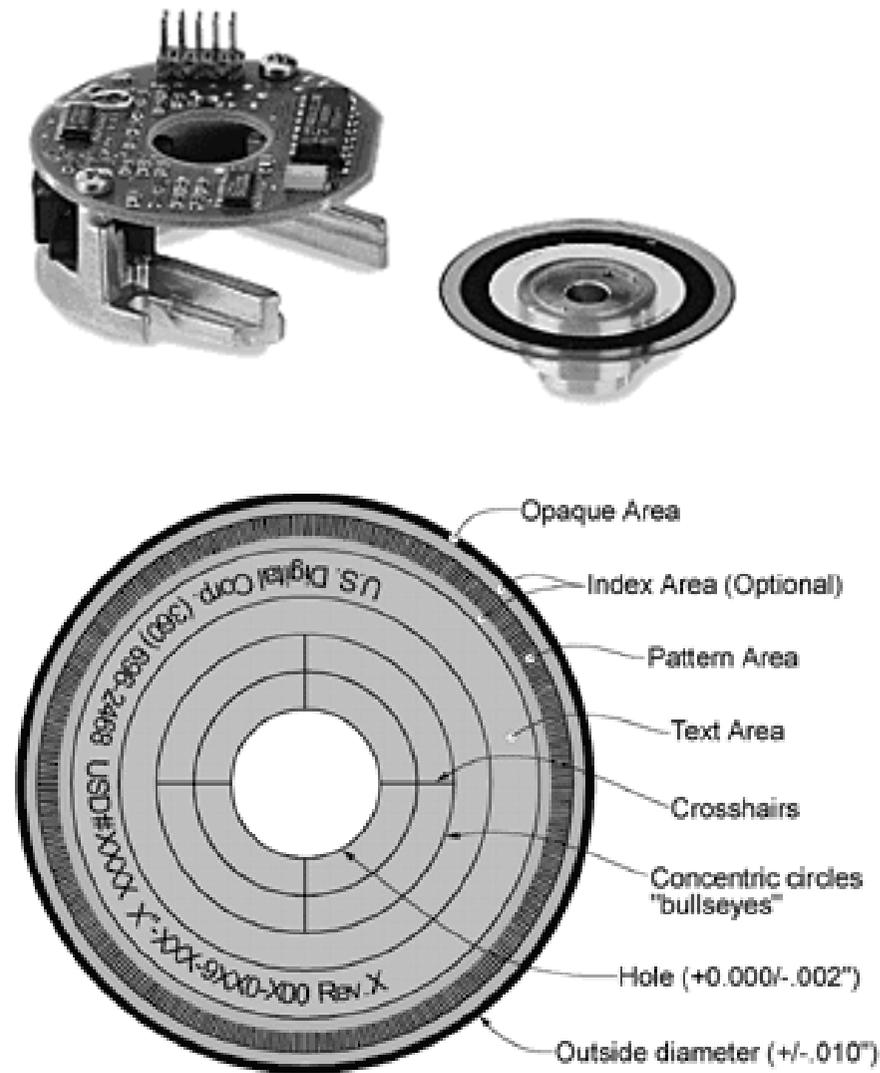
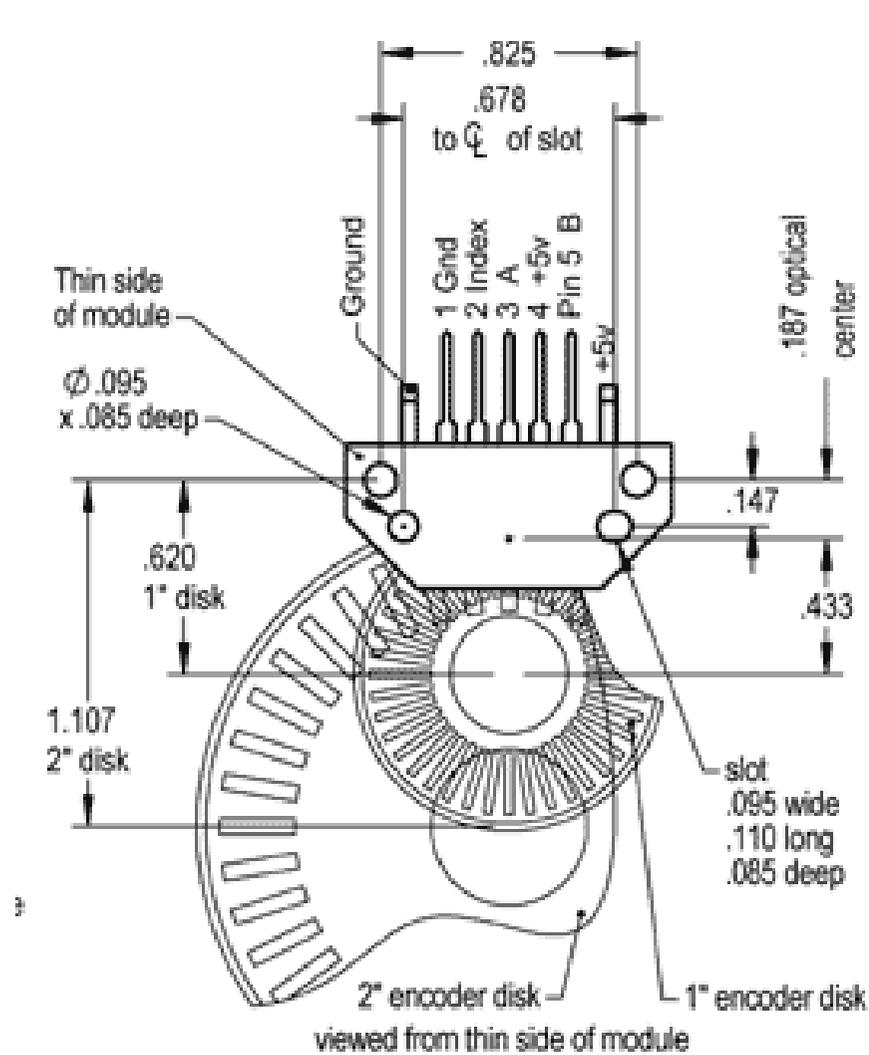
Estrutura interna de um Encoder



Duas partes principais:

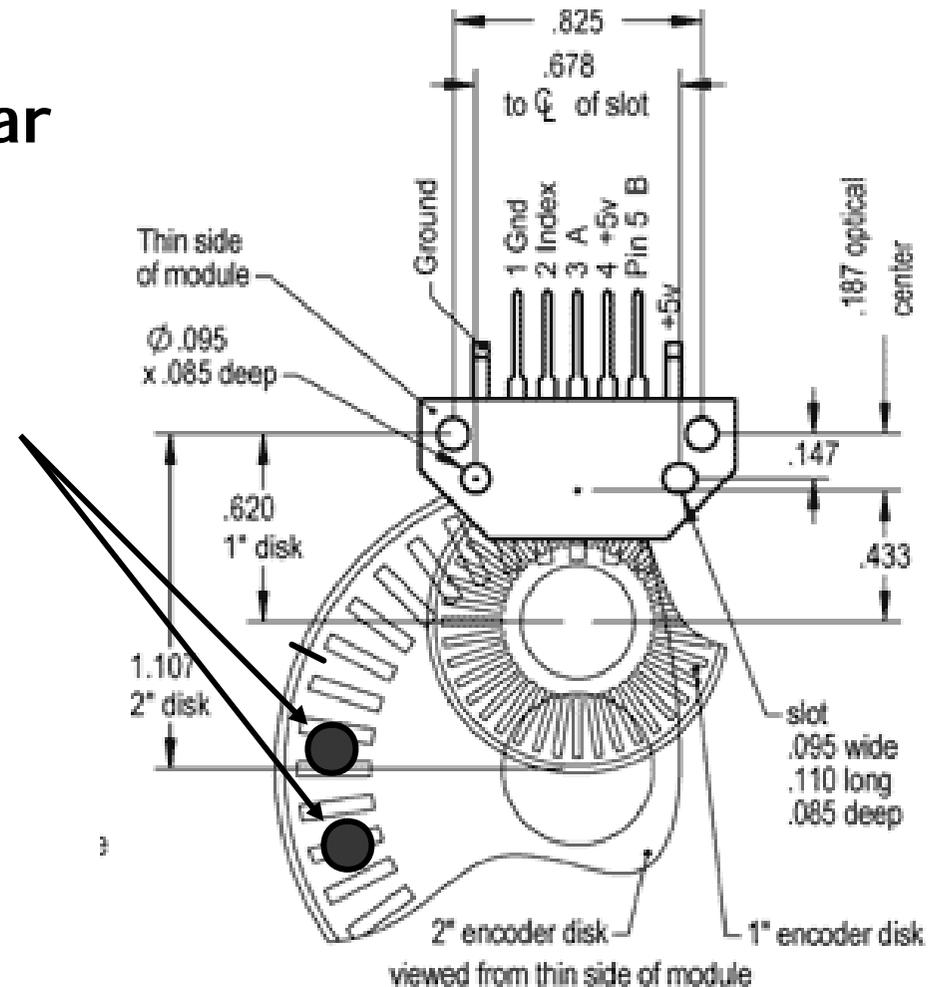
O disco

Os LED's



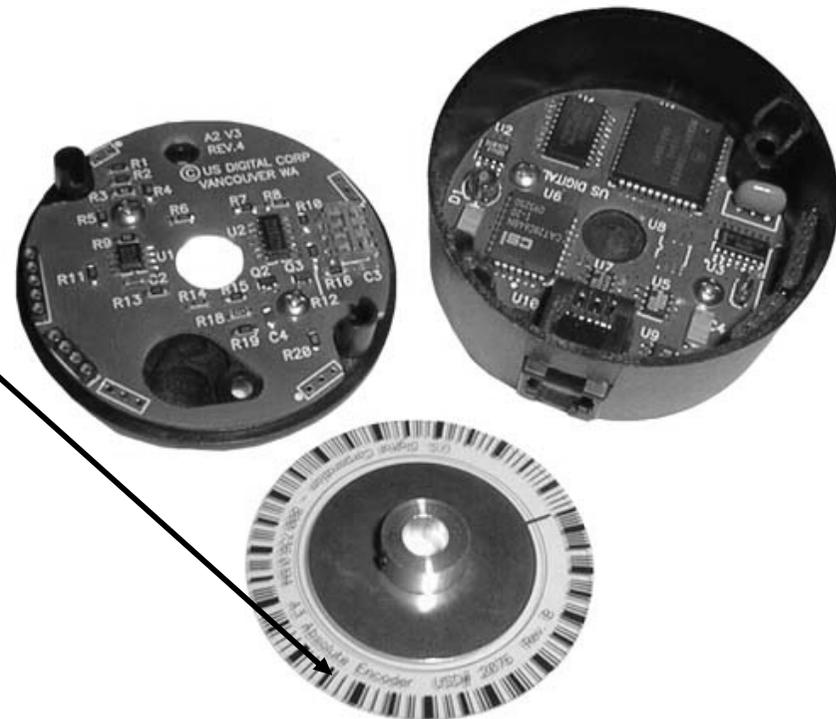
Encoders incrementais

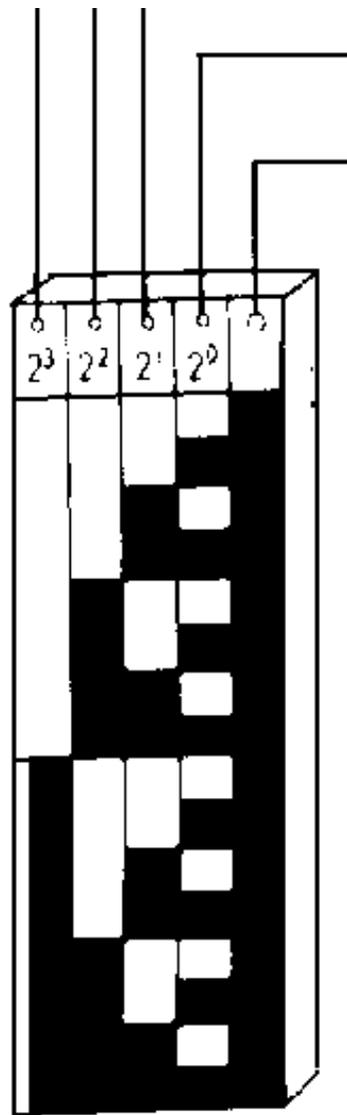
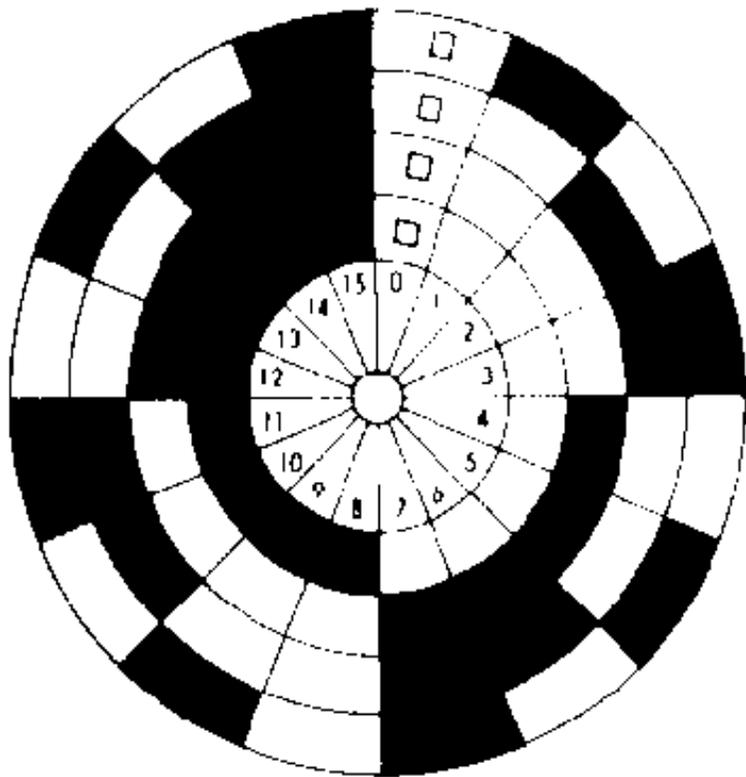
- Os pulsos dos LED's são contados para determinar a posição de rotação
- Dois detectores são utilizados para determinar o sentido de rotação (quadratura)
- Um pulso de índice é usado para marcar o ponto de início
- Todos os pulsos são iguais



Encoders Absolutos

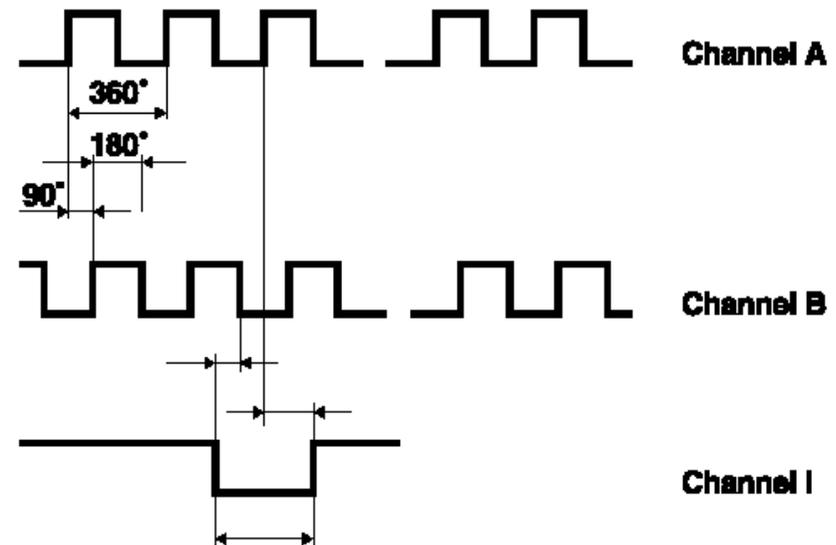
- Tem um código único que pode ser detectado para qualquer posição angular
- Pode ter uma subescala com marcas cinzas utilizadas para identificar mudanças mínimas
- São mais complexos e caros do que os encoders incrementais

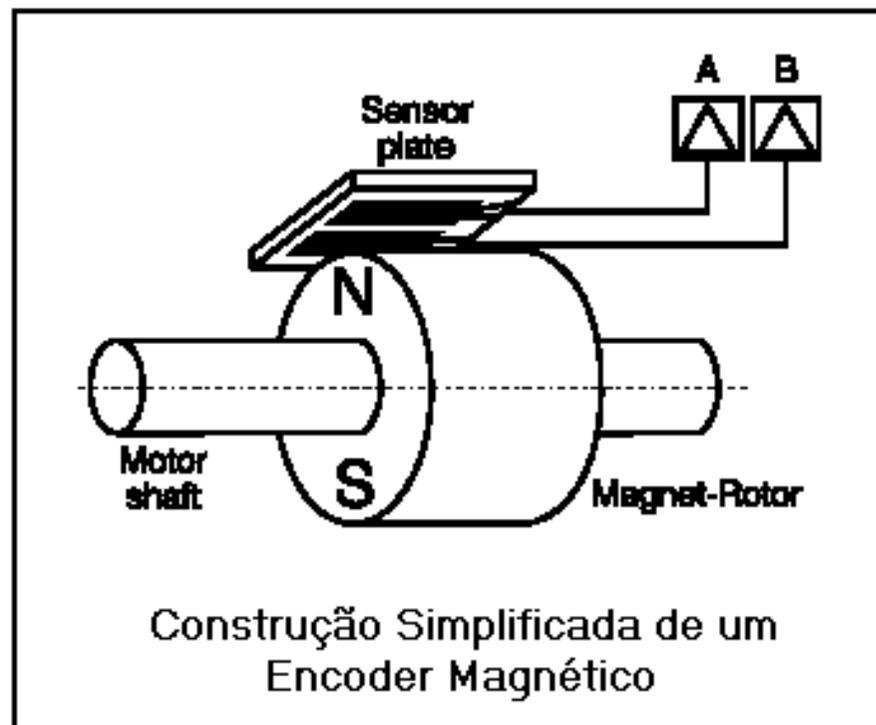
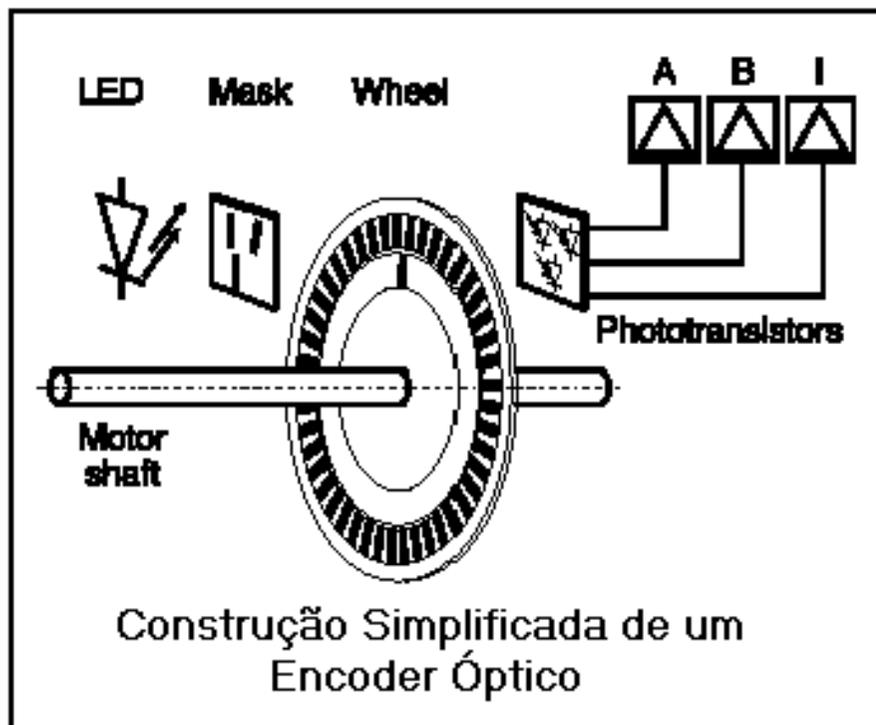




Princípios de um Encoder

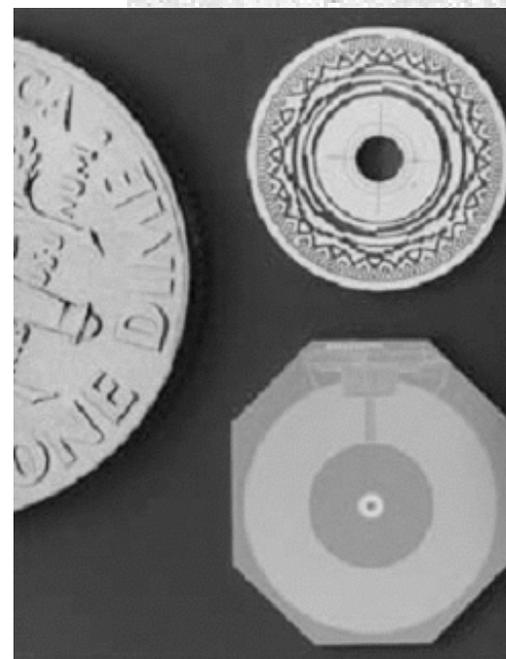
- Precisa de um circuito de onda quadrada para digitalizar o sinal
- Precisa de um monitor de contador e índice
- Os algoritmos para controle são programáveis externamente





Quando usar um Encoder

- Quando precisar de precisão no posicionamento:
 - 10,000 linhas - incremental
 - 360 linhas - absoluto
- Circuito de feedback digital
- Compacto e razoavelmente robusto (não tanto quanto o indutivo)
- Existem encoders lineares



Tacometros

- Medida de velocidade de rotação utilizando um gerador DC
- Essencialmente é um motor girando ao contrário
- Normalmente utiliza-se conectados diretamente ao motor para se ter feedback diretamente
- Com os controle digitais não é comum (opção de encoders use incrementais)



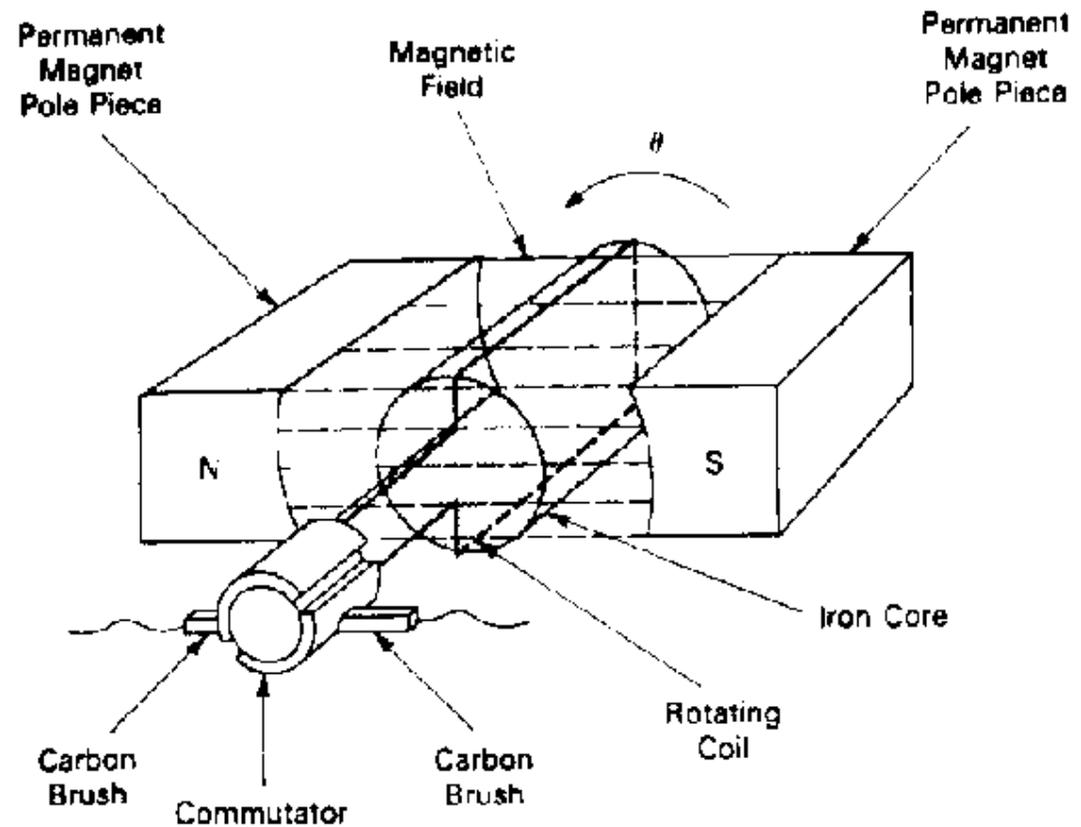
Tacogerador para grandes plantas industriais (GE)

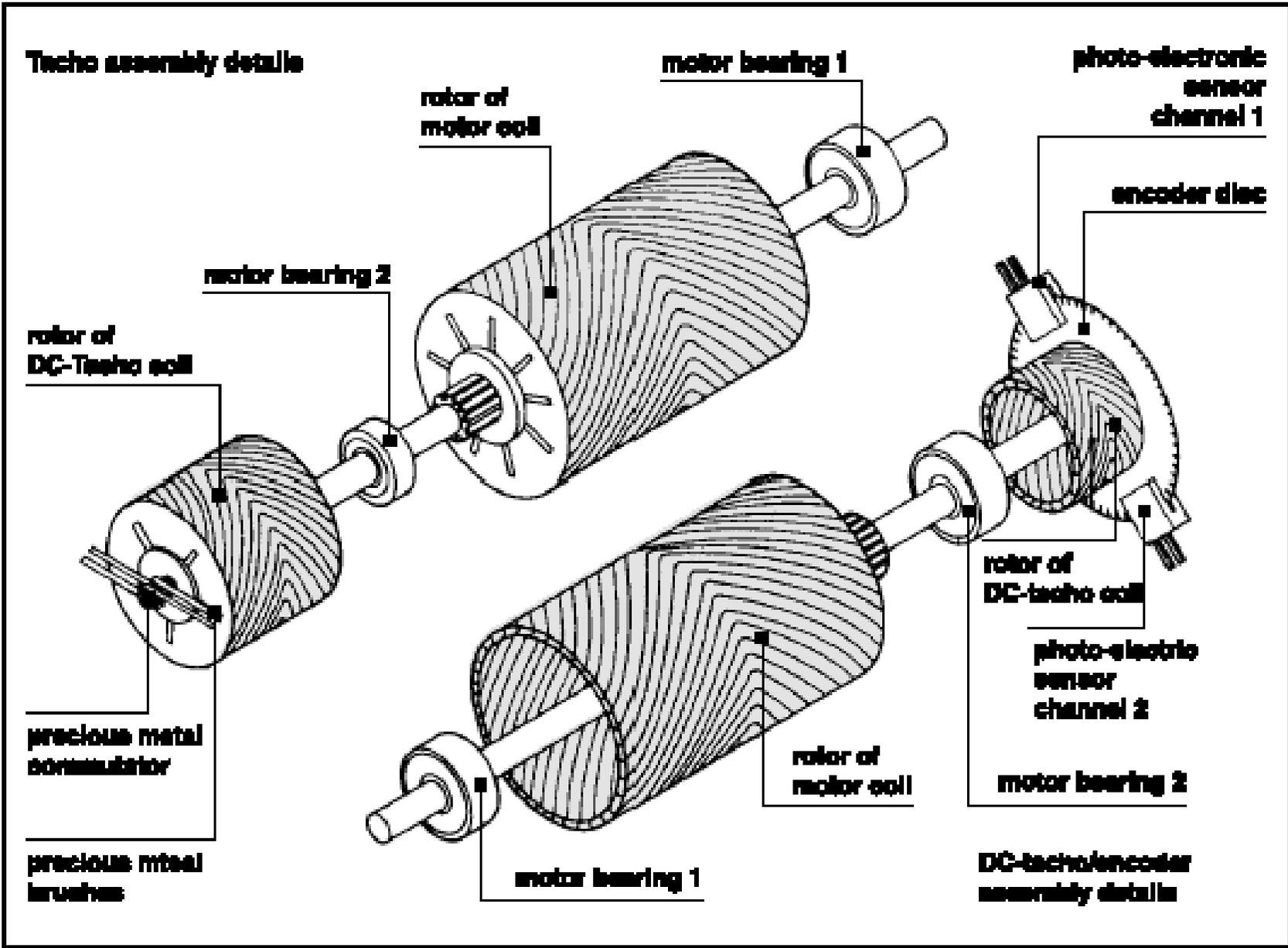
VANTAGENS

- robusto;
- analógico;

DESVANTAGENS

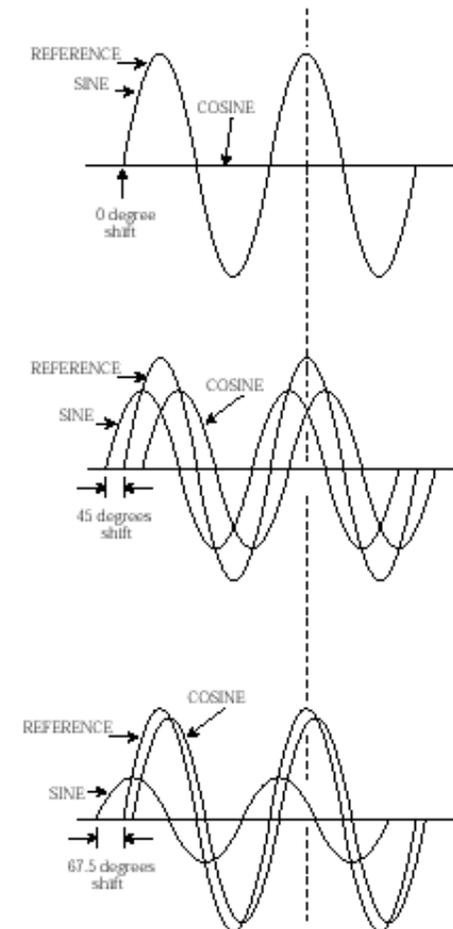
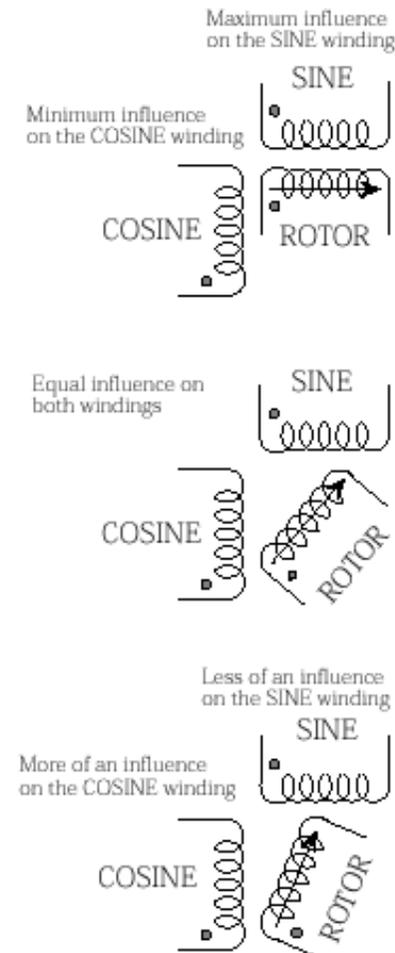
- manutenção cara;
- pesado;
- produz muito ruído.

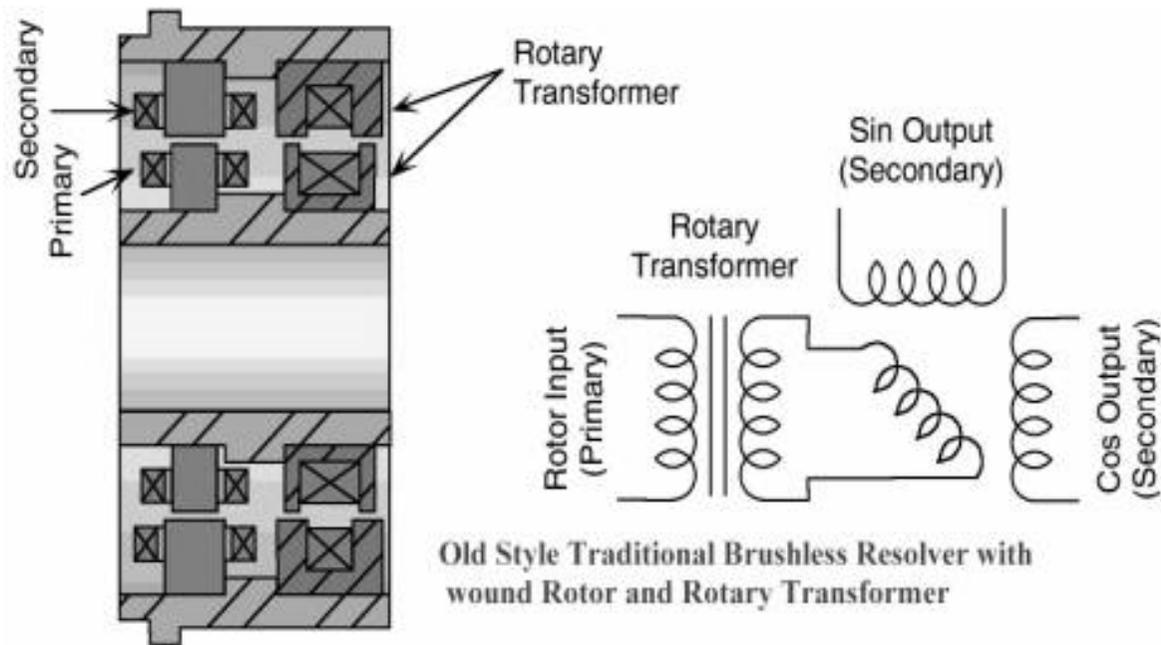




Resolver

- Transformador com uma bobina primária e duas secundárias orientadas 90 graus uma da outra
- O primário está no eixo e é chamado de rotor
- Um sinal de saída é senoidal e o outro cossenoidal desde que estão 90 graus um do outro
- Sensor de alta resolução





Old Style Traditional Brushless Resolver with wound Rotor and Rotary Transformer

Grande desvantagem:
RESOLVERS São analógicos.

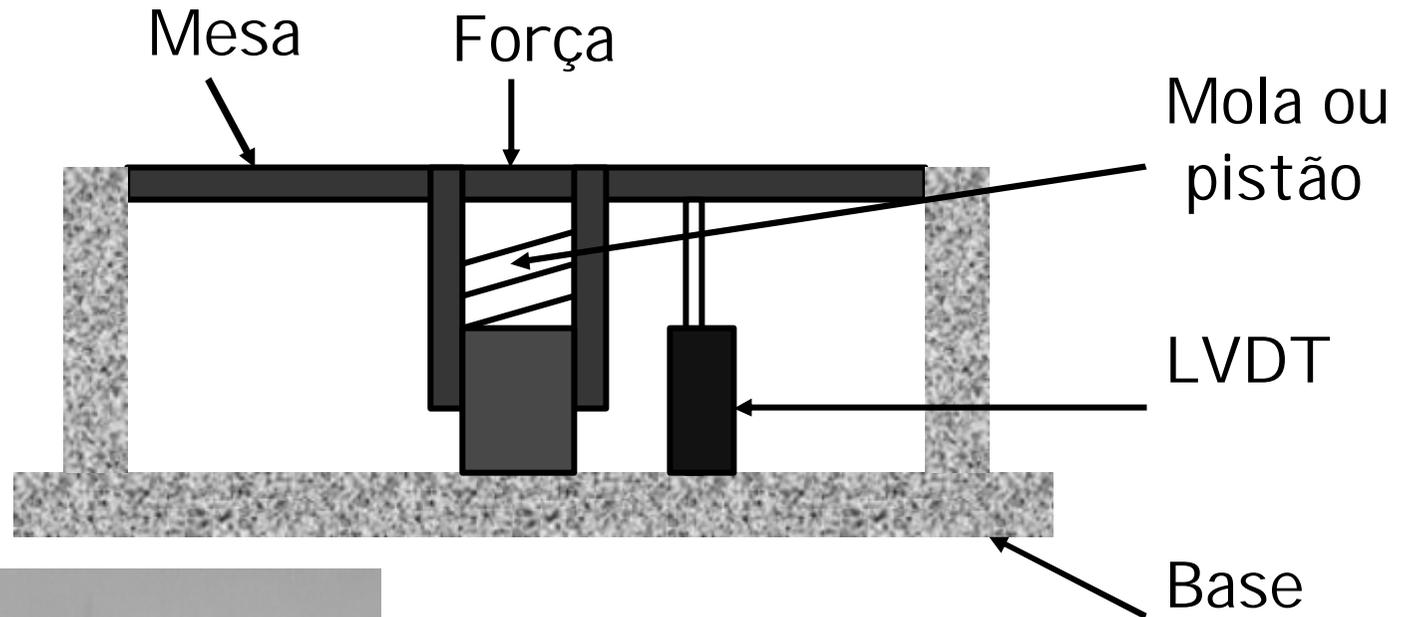
Além disto, a maioria da tecnologia atual trata sinal para ENCODER!!!

Força e Pressão

- Força e pressão são normalmente medidas indiretamente através da deflexão de uma membrana ou uma barra
- O mecanismo inclui:
 - Movimento físico e medição utilizando:
 - LVDT
 - Strain gauges - extensômetros (montagens que mudam a resistência elétricas quando estressados ou deformados)
 - Materiais Piezoelétricos que geram corrente quando deformados

Força

Célula usando LVDT



Strain Gauge

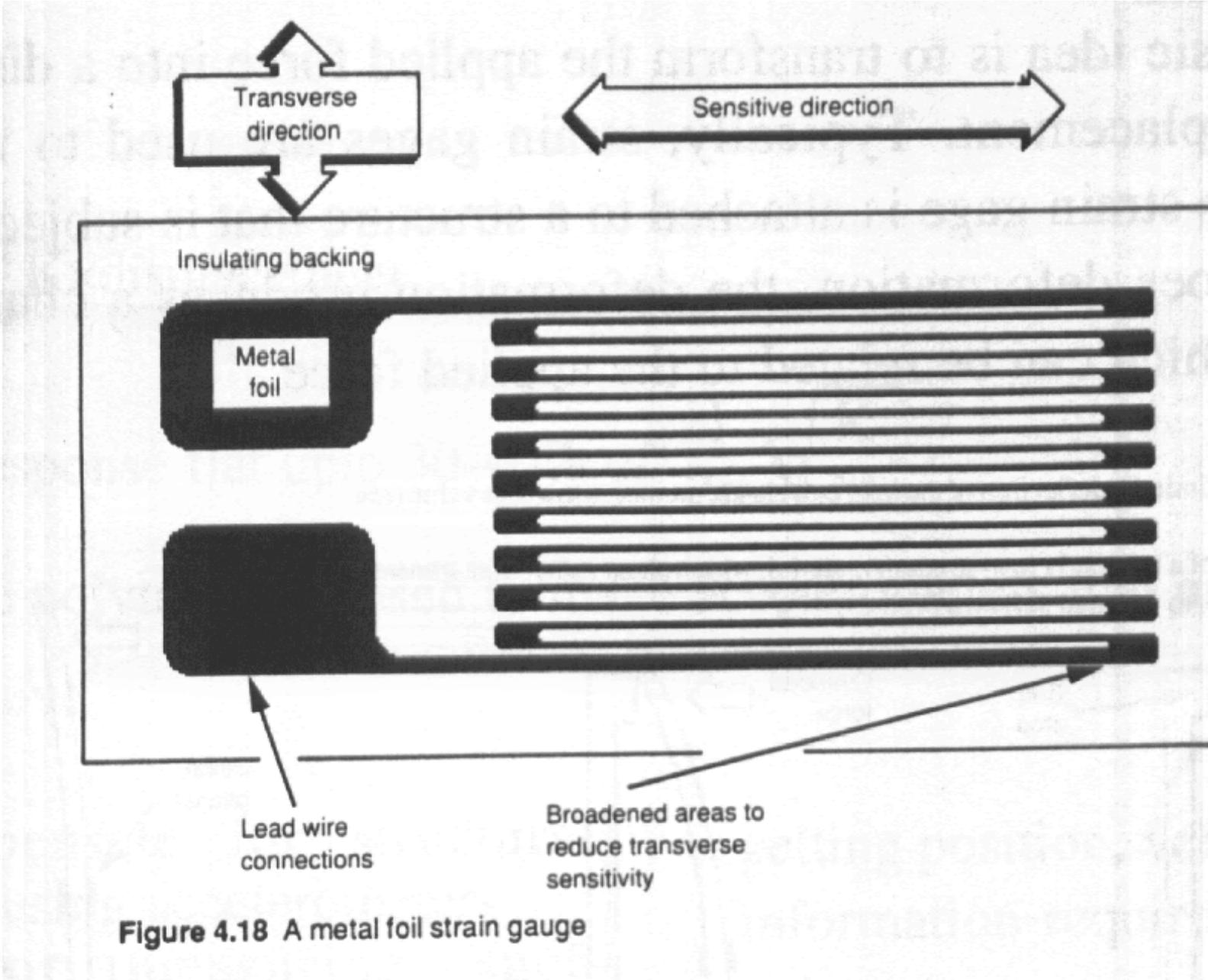
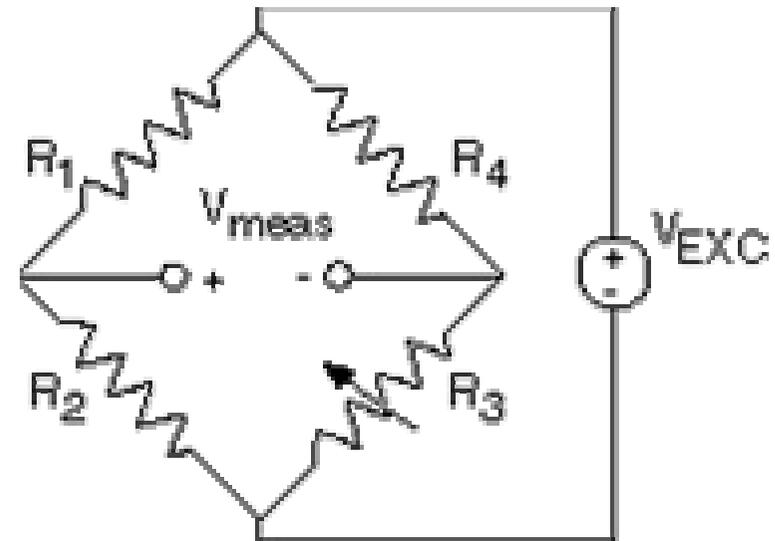
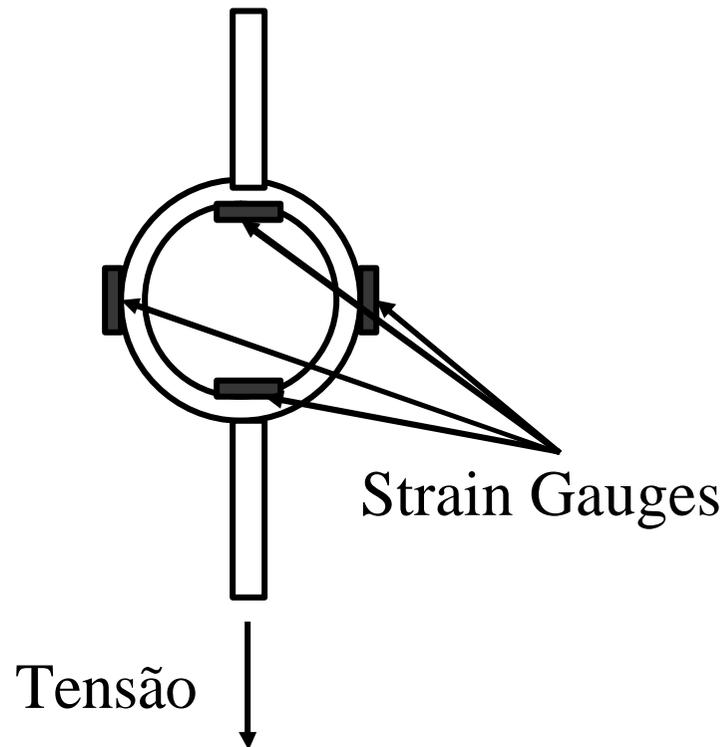


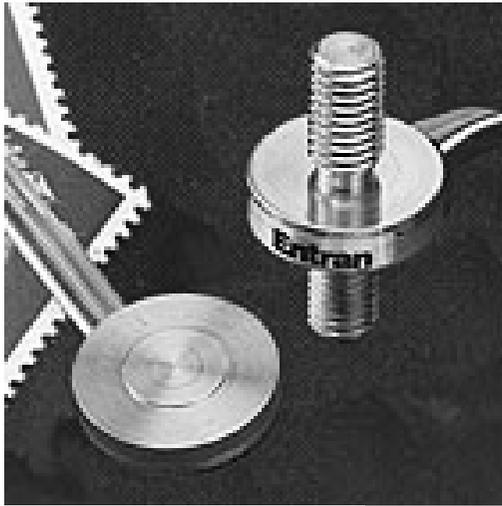
Figure 4.18 A metal foil strain gauge

Ponte de Strain Gauge

$$GF = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} = \frac{\Delta R/R}{\varepsilon}$$



Exemplos de células de carga

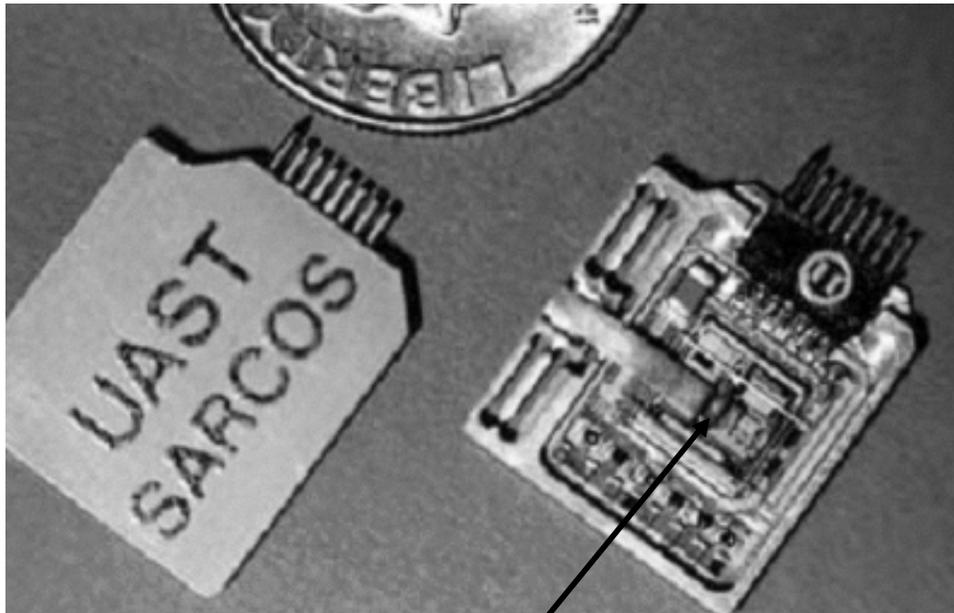


**Célula para
carga axial**

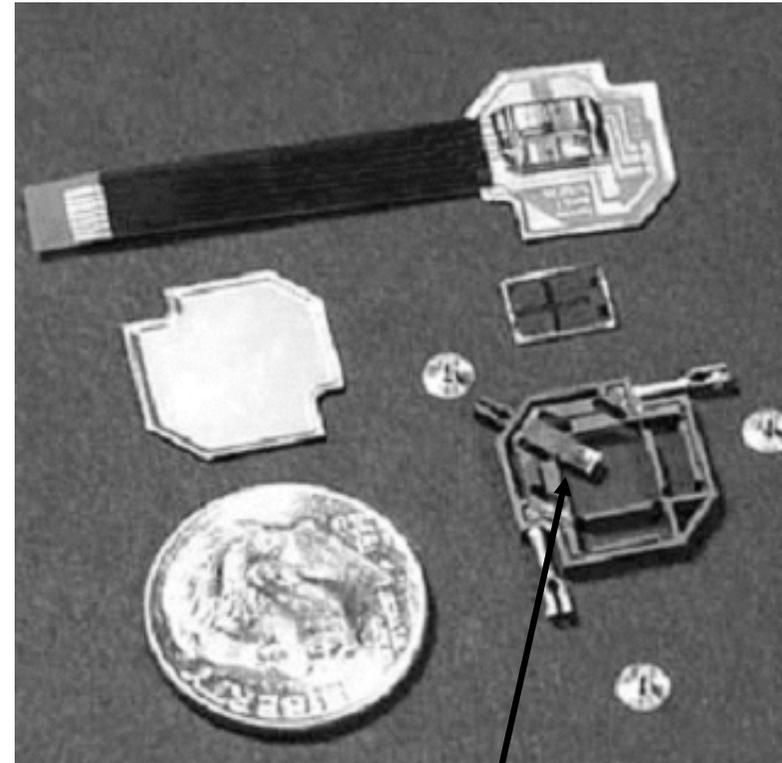


Célula para torque

Sub-miniatura



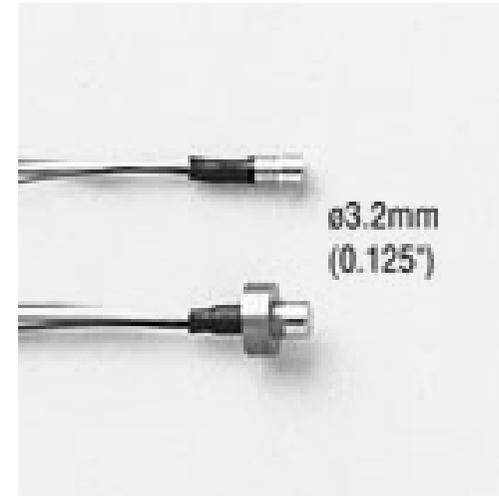
Todo o condicionamento do sinal e a amplificação é integrada com o sensor



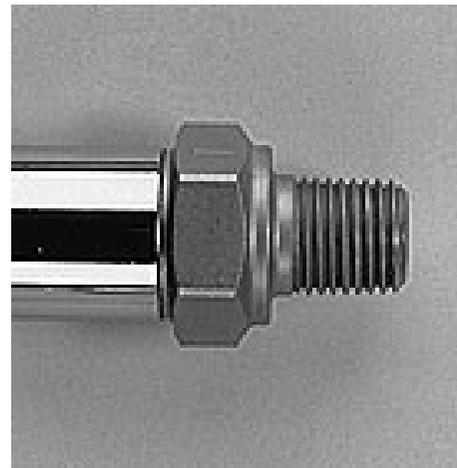
Célula de carga em ponte

Pressão

- Pressão é medida por:
 - Um tubo piloto e
 - Deformação de uma membrana
- Para medir a deformação utiliza-se os mesmos métodos utilizados para medir força:
 - Mola (manómetro)
 - Piezo deformação
 - Strain gauges



Miniatura

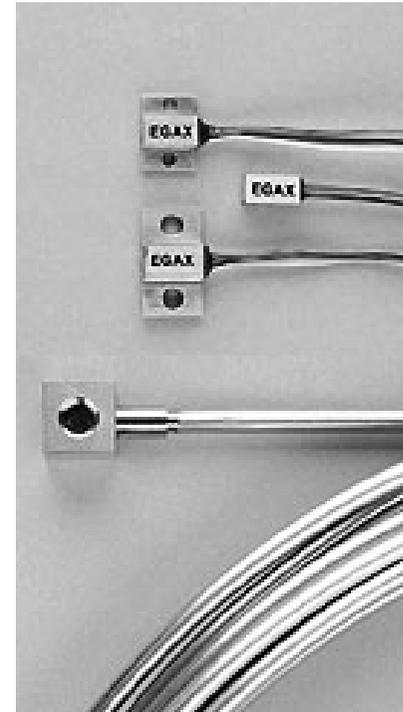


Alta temperatura

Aceleração

Acelerômetros

- Aceleração também é medida via força exercida por uma massa acelerando
- Distorção de um piezo
- Movimento de alavanca
- Deformação de massa
- Acelerômetros são principalmente usados para medir vibração



Eixo simples
10.000g



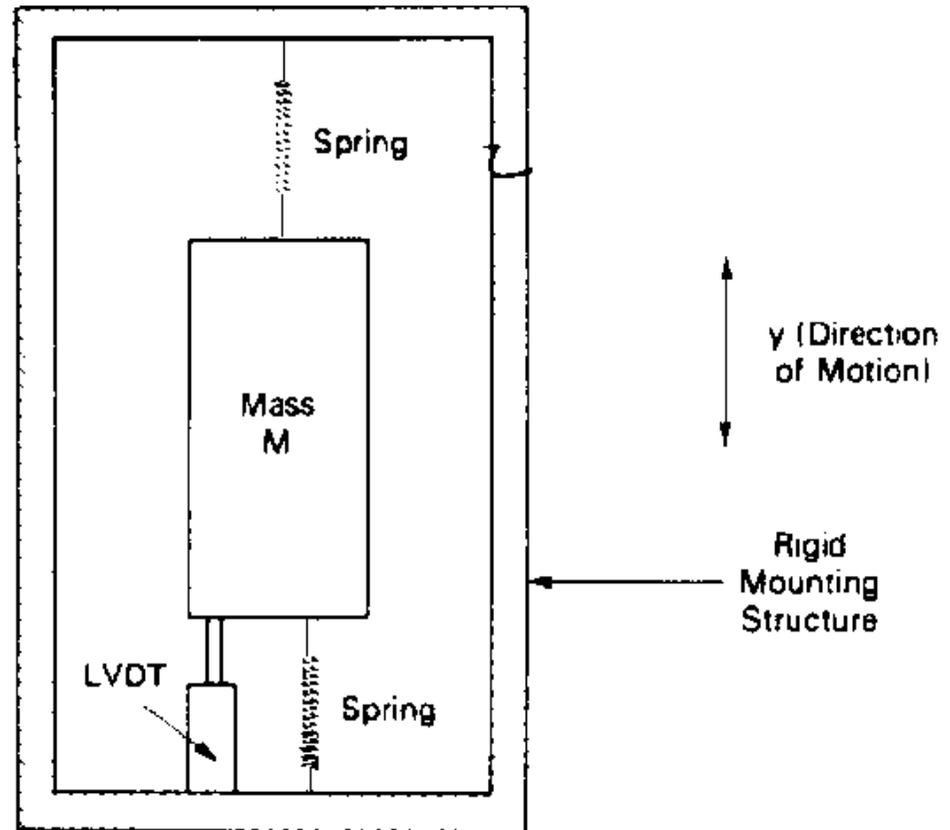
Protegido



Blindado

- muito ruidoso;
- úteis para medição de derrapagem.

$$a = \frac{K \cdot y}{M}$$

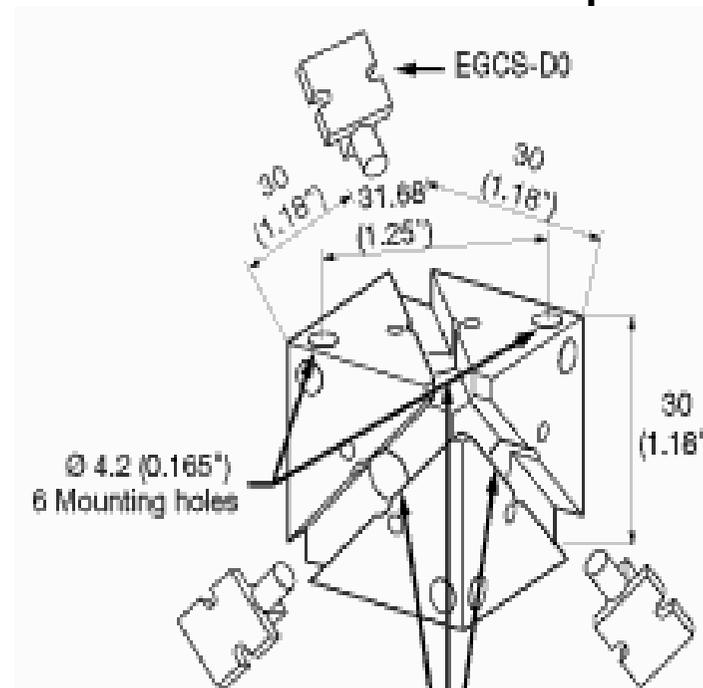


Acelerômetros triaxiais

- Usados em sistemas móveis
 - Em carros
 - Dentro de elementos que giram tais como turbinas
 - Em aviões
 - Em ROV's
- Fornece informação sobre vibração
- Fornece dados de posição

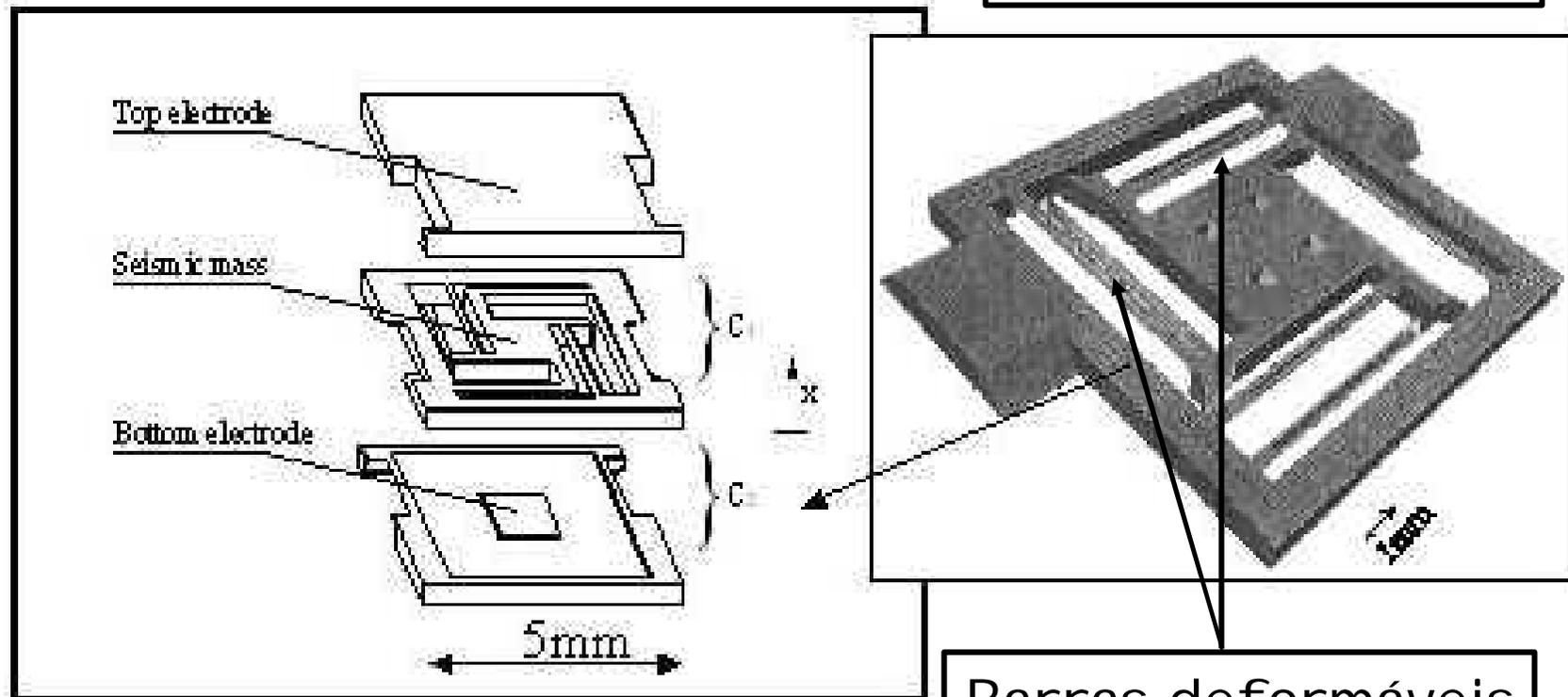


Acelerômetro usado em carros de corrida e ROV's



Acelerômetros de silício

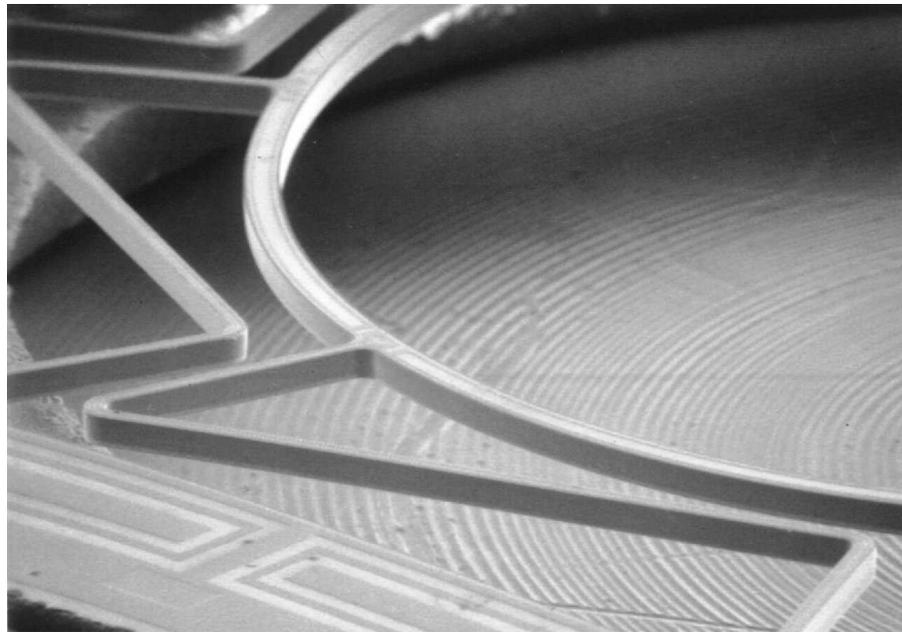
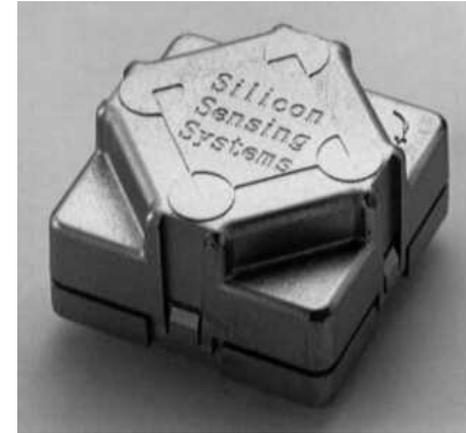
Usado em air-bags

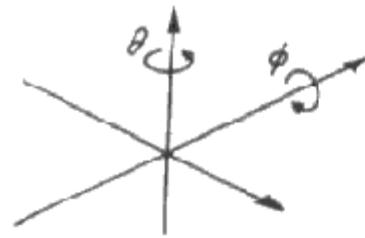


Barras deformáveis

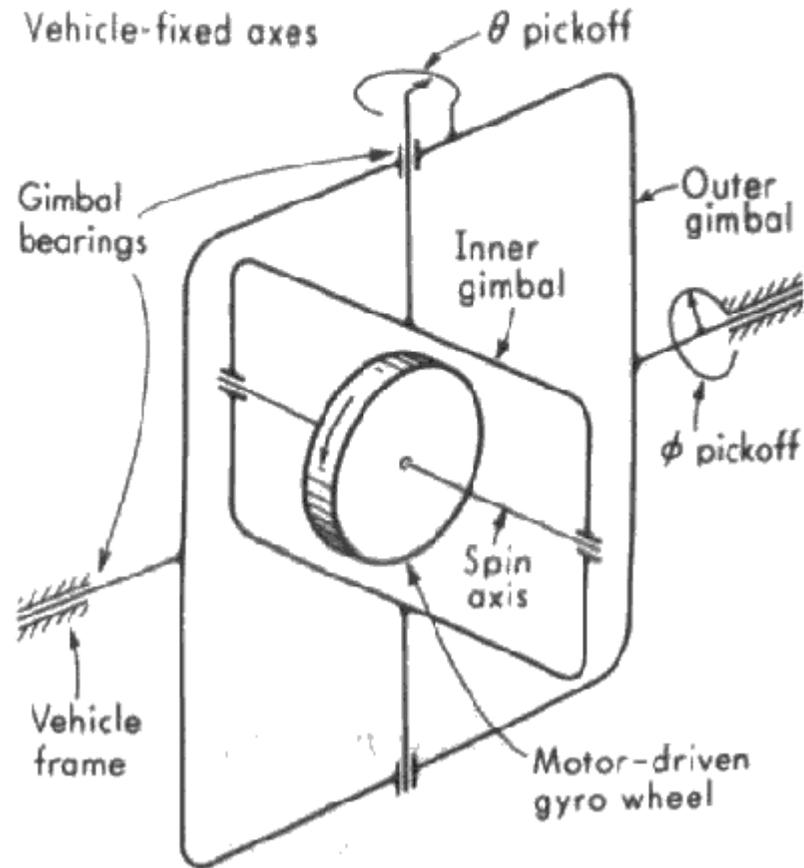
Giroscópio

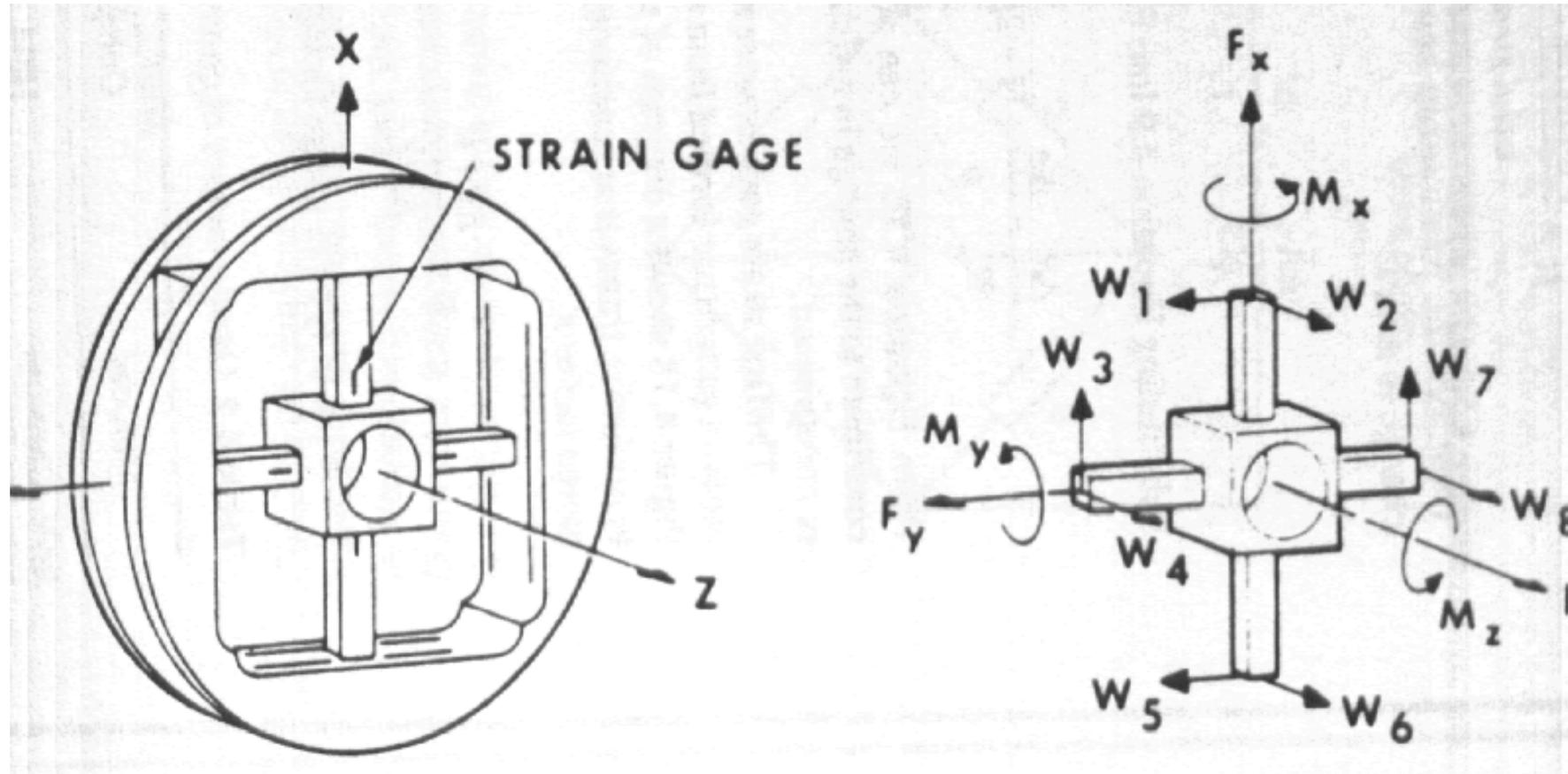
- Arranjo estrutural de silício que mede a aceleração centrífuga e velocidade angular
- Usa pontes de strain-gauge e ou estruturas de piezoelétrico para registrar as deformações
- Componente de múltiplos elementos usado para calibrar outras acelerações





Vehicle-fixed axes





Sistemas inerciais

- Usa diferentes tipos de acelerômetros e giroscópios
- Juntos em um arranjo ortogonal forma o que é chamado de inertial measurement unit (IMU)
- Um IMU usado para navegação é chamado de inertial navigation system (INS)
- Estes sensores são usados em aviões e guia de mísseis

Aerospace INS



Avião



Mísseis
balísticos



Sensores de Tato

- Requerem contato físico entre o sensor e o objeto.
- Podem ser construídos com chaves ou com dispositivos mais elaborados.

