



PMR2560 – Robótica

Sensores

Eduardo L. L. Cabral

elcabral@usp.br

Objetivos

- Sensores utilizados nos robôs industriais.
 - Sensores internos;
 - Sensores externos.
- Sensores de posição e velocidade.
- Sensores de força e torque.



Classificação dos sensores

- Sensores internos:
 - Utilizados para controlar movimento ou força aplicada pelo robô;
 - Tipos :
 - Sensores de posição e velocidade das articulações;
 - Sensores de força e torque.
- Sensores externos:
 - Utilizados para controlar a interação do robô com o ambiente;
 - Tipos:
 - Visão computacional;
 - Ultrasom;
 - Infravermelho;
 - Proximidade;
 - Etc.



Sensores de posição e velocidade

- **Encoder;**
- **Resolver;**
- Potenciômetro;
- Capacitivo;
- Taco gerador;
- RVDT;
- Outros.



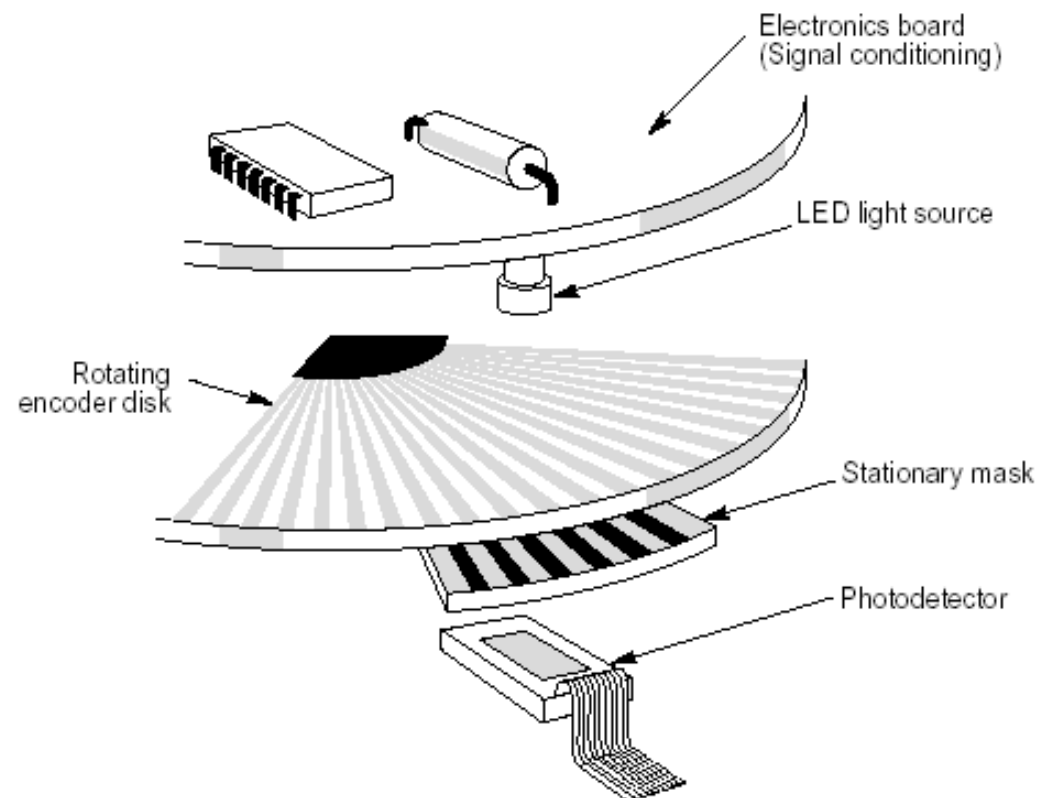
Encoders

- Podem medir:
 - Posição linear;
 - Posição angular (rotativo);
- Podem ser:
 - incremental ou absoluto;
- Características:
 - baratos;
 - simples;
 - confiáveis;
 - fácil de usar;
 - alta resolução.



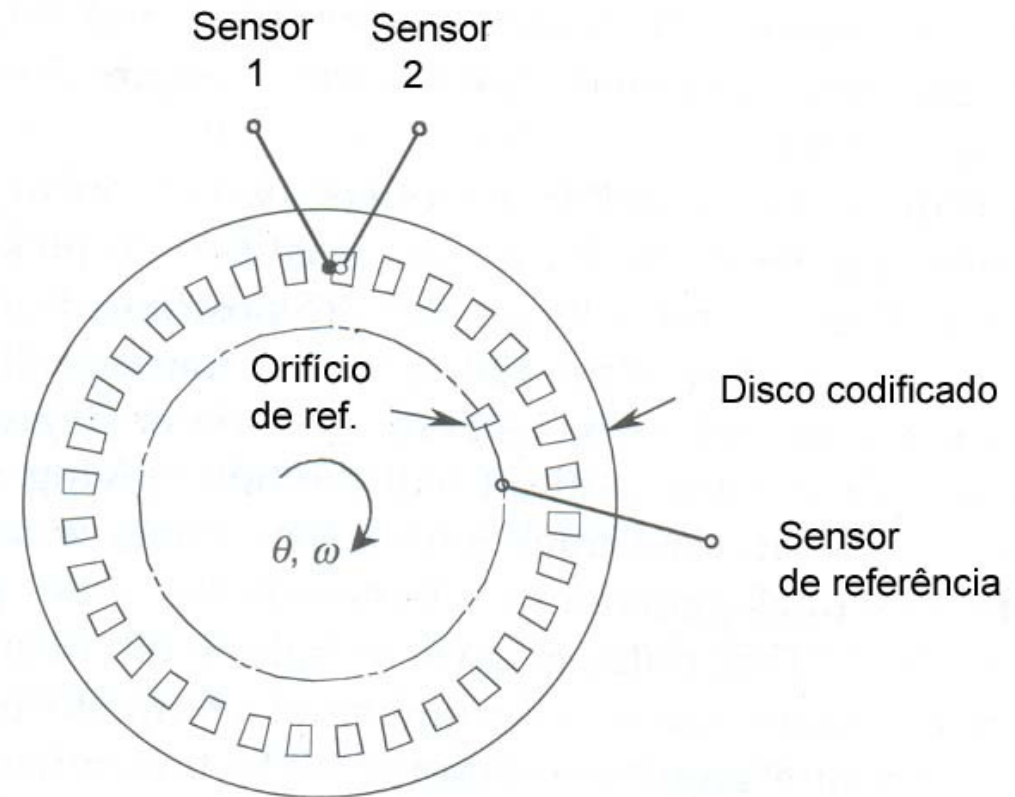
Encoder incremental rotativo

- Princípio de funcionamento.
- Exigem a zeragem do sistema antes da utilização.



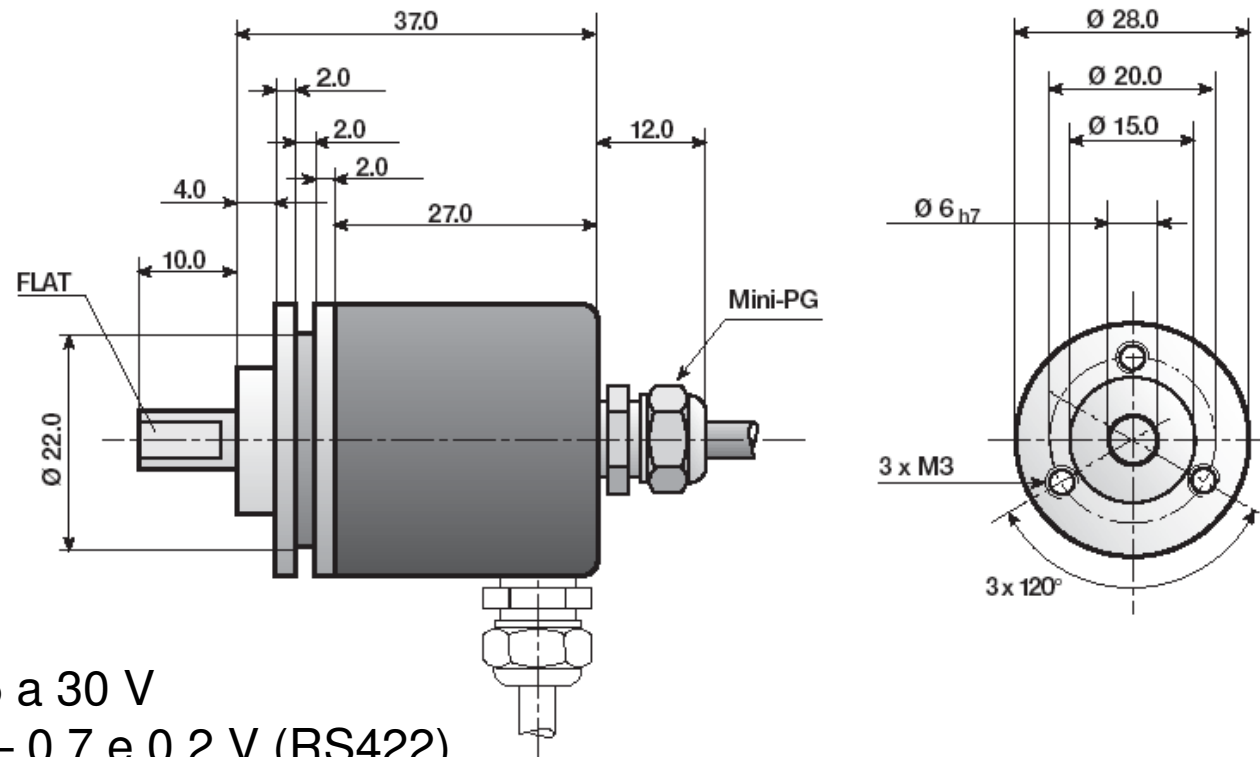
Encoder incremental rotativo

- Configuração com offset de sensor;
- Configuração com offset de disco.



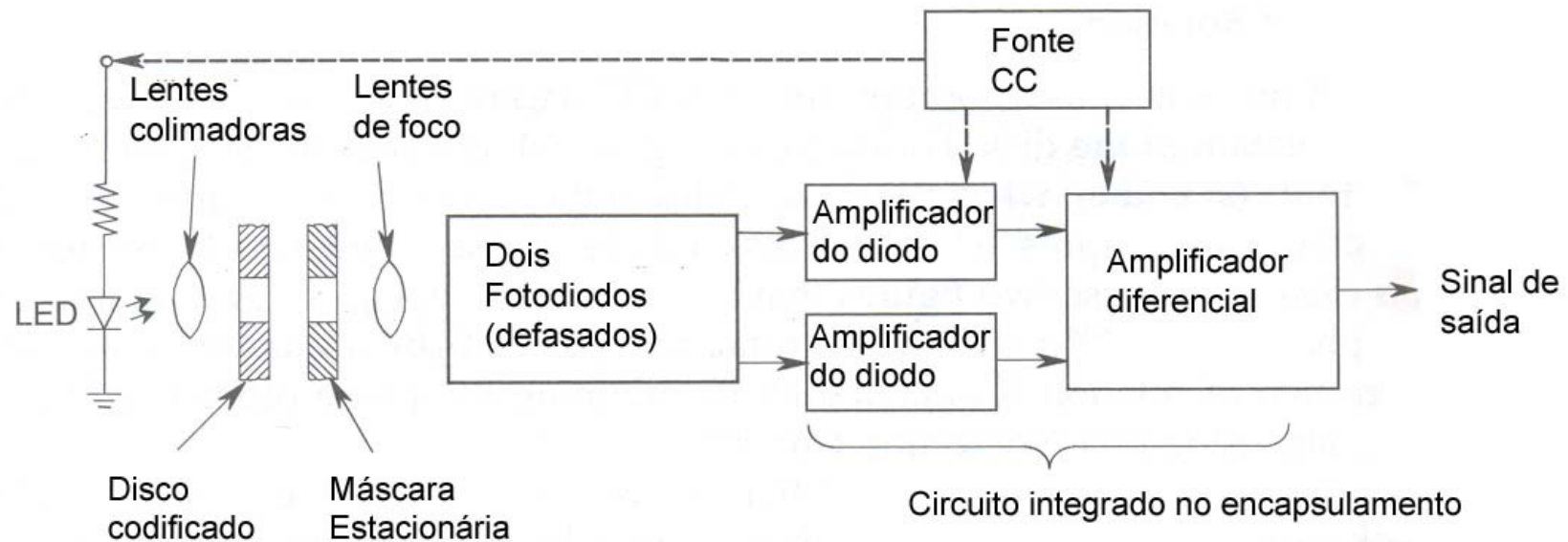
Encoder incremental rotativo

- Esquema físico



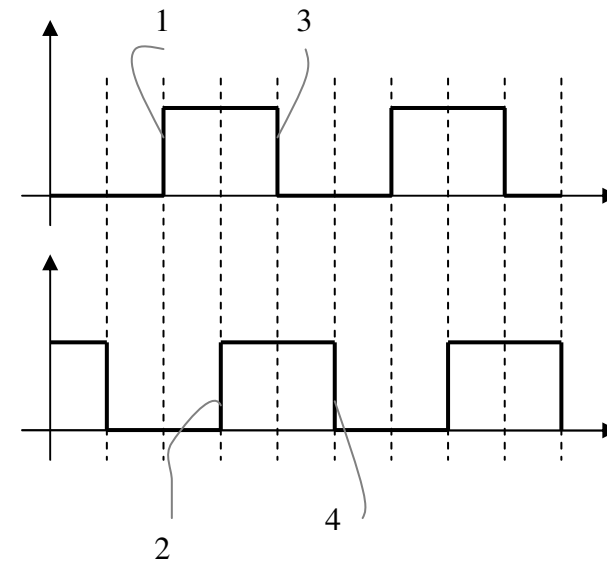
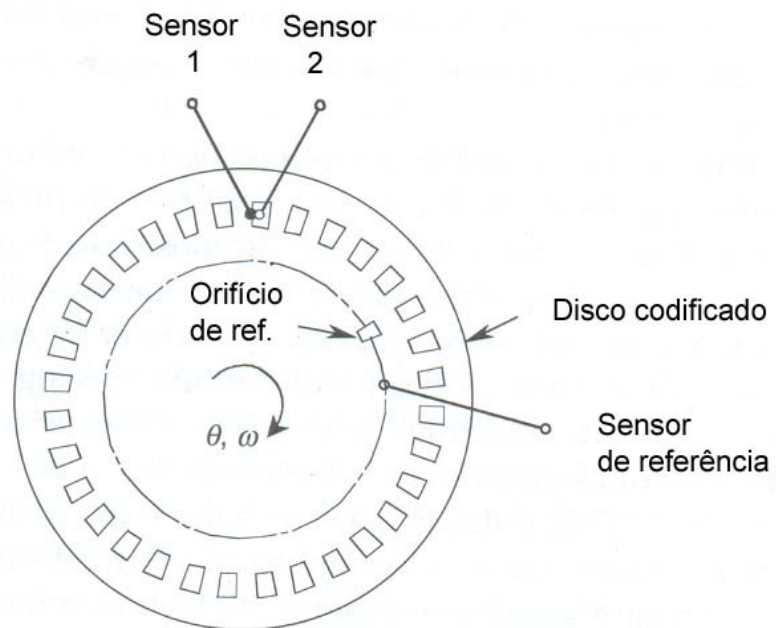
Encoder incremental rotativo

- Esquema do circuito



Encoder incremental rotativo

- Esquema do sinal de saída.



Encoder incremental rotativo

- Resolução:

$$\Delta\theta = \frac{360^\circ}{4N}$$

- N = número de traços;
 - 4 = quadratura do sinal.
-
- Encoders com resolução de até 1 segundo de arco → 1.296.000 traços.



Encoder incremental rotativo

- Medição de velocidade:
 - n número de contagem de subidas e descidas em um período T (segundos);
 - N = número de traços do encoder;
 - T = período de amostragem.

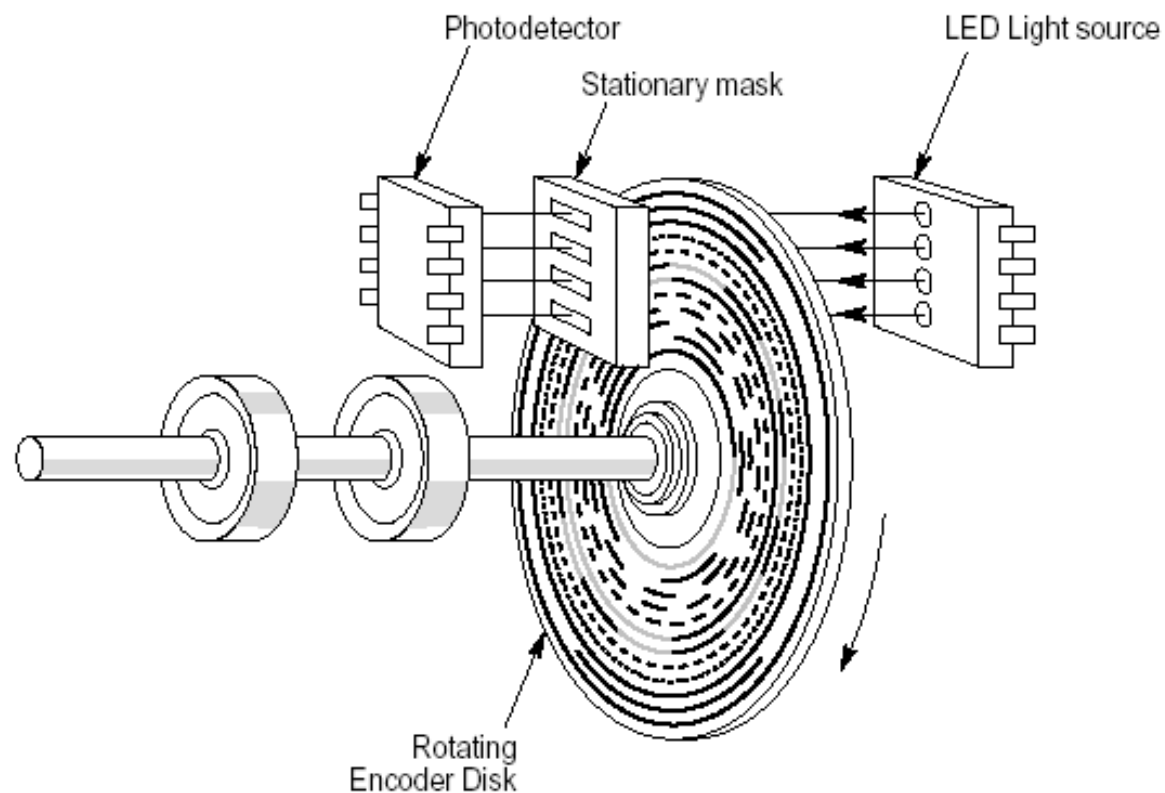
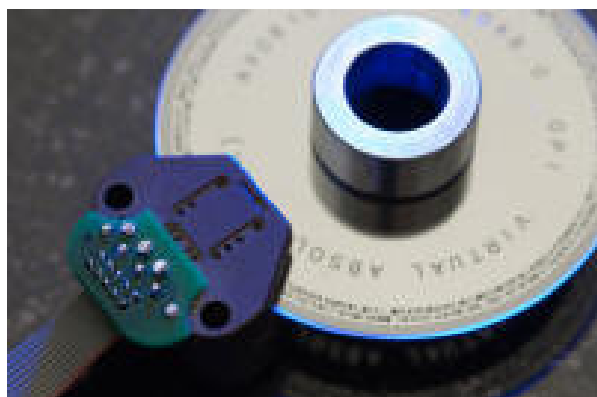
$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{360n}{4NT} = \frac{90n}{NT} \text{ (graus/seg)}$$

- Resolução = $\frac{90}{NT}$ (graus/seg)



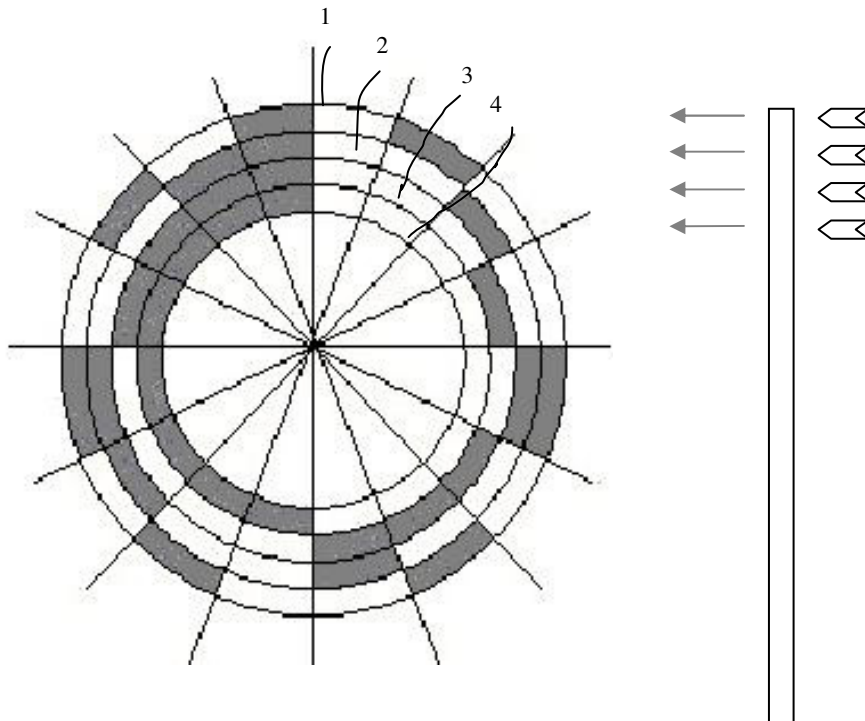
Encoder absoluto rotativo

- Princípio de funcionamento.
- Não precisa “zerar” o sistema.



Encoder absoluto rotativo

- Exemplo de funcionamento \Rightarrow encoder de 4 bits



Posição angular	bits
0°	0 0 0 0
22,5°	1 0 0 0
45°	0 1 0 0
67,5°	1 1 0 0
...	...



Encoder absoluto rotativo

- Resolução:

$$\Delta\theta_a = \frac{360^\circ}{2^n} \text{ (graus)}$$

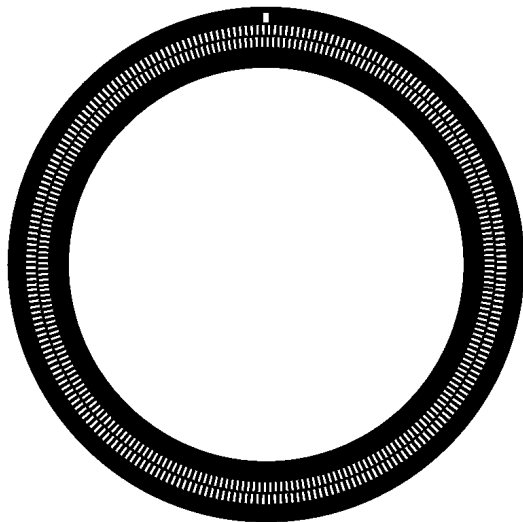
– n = número de bits:

- Podem utilizar “gray code” no lugar do código binário.

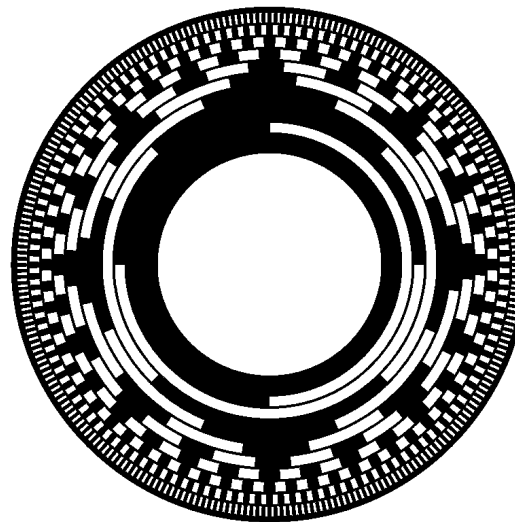


Encoder rotativo

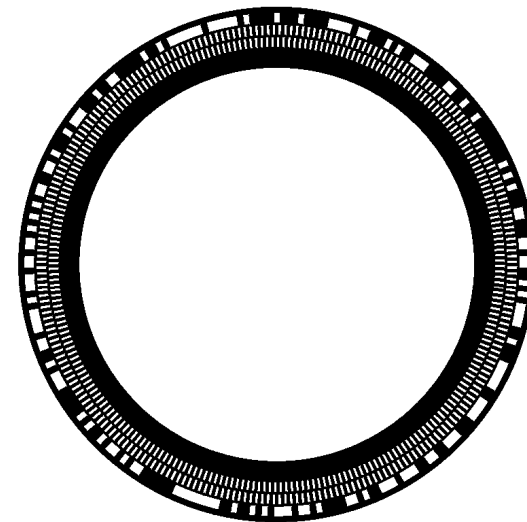
- Exemplos de discos de encoders:



1 Incremental



2 Absolute



3 Virtual Absolute



Encoder linear

- Mesmo princípio de funcionamento dos encoders rotativos;
- Podem ser incremental ou absoluto.



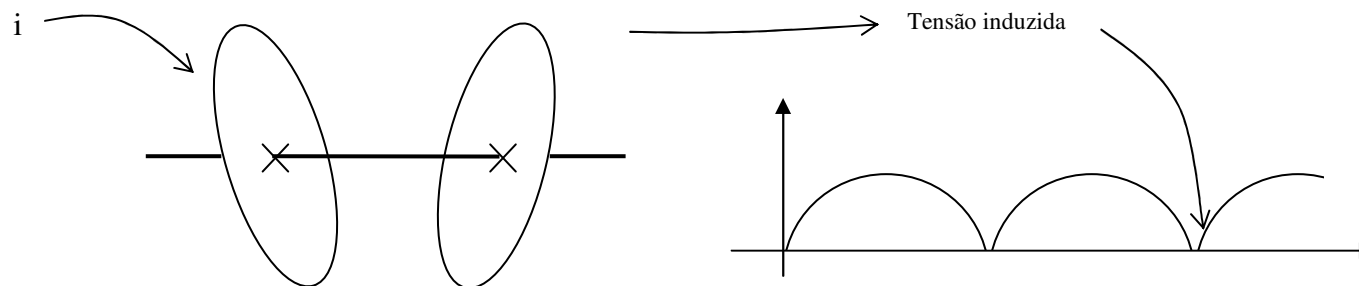
Resolvers

- Usado para medição de posição angular.
- Princípio de funcionamento \Rightarrow indução eletromagnética;
- Características:
 - barato;
 - alta resolução;
 - simples;
 - eletrônica sofisticada.
- Resolução típica dos resolvers é da ordem de 65.536 contagens por volta;



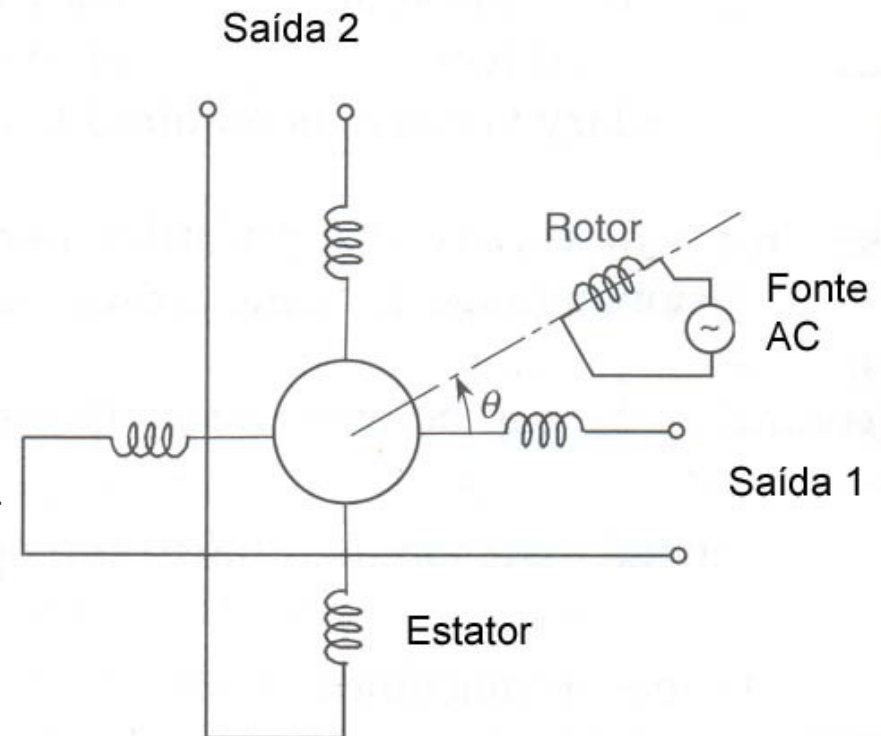
Resolvers

- Princípio de funcionamento:
 - Funciona como um transformador rotativo \Rightarrow possui enrolamento primário e secundário;
 - Enrolamento secundário no estator é defasado de 90° ;
 - Bobina primária ligada ao rotor é excitada por uma corrente alternada;
 - Bobinas do estator recebem o fluxo magnético da bobina do rotor girando e é induzida uma tensão nas mesmas;
 - Tensão induzida no enrolamento do estator é em forma senoidal.



Resolvers

- Princípio de funcionamento:
 - O sinal de saída é senoidal \Rightarrow amplitude depende da posição angular do disco rotativo;
 - Freqüência da onda varia com a velocidade \Rightarrow também mede velocidade de rotação;
 - Saída analógica \Rightarrow saída é geralmente convertida de analógica para digital (“resolver-to-digital”);
 - Entrada: V_{ref} ;
 - Saída:
 - $V_1 = AV_{ref}\text{sen}\theta$;
 - $V_2 = AV_{ref}\text{cos}\theta$.



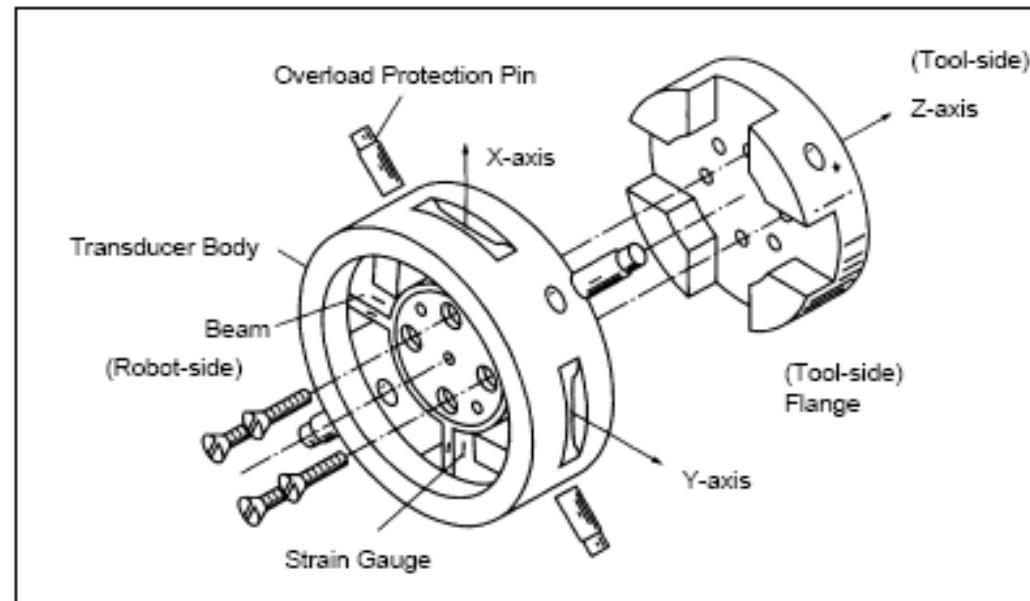
Sensores de força e torque

- Medem simultaneamente força e torque;
- Múltiplos eixos \Rightarrow sensores de até 6 eixos:
 - Forças em x, y e z;
 - Torques em x, y, e z;
- Tecnologias:
 - Strain-gages;
 - Piezoelétrico.



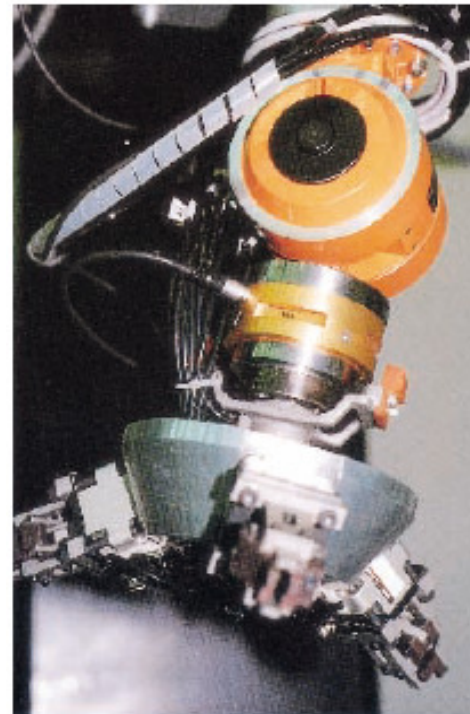
Sensores de força e torque

- Princípio de funcionamento:
 - Elemento flexível \Rightarrow capaz de deformar nas 6 direções;
 - Strain-gages medem deformações \Rightarrow força e torque são proporcionais às deformações.



Sensores de força e torque

- Sensor em geral é posicionado no punho do robô.



Exemplos

- Especificação de um encoder.

