

Sistema de medição

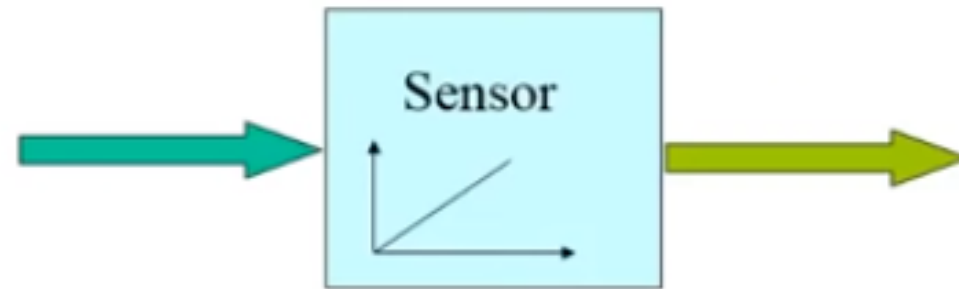


# O que é um sensor ?

Sensor converte uma quantidade física em um valor que esta presente em um sinal de saída.

Quantidade Física

- Pressão
- Temperatura
- Fluxo
- Altura, peso e volume
- Movimento
- .....



A conversão é idealmente uma função linear com um coeficiente conhecido.

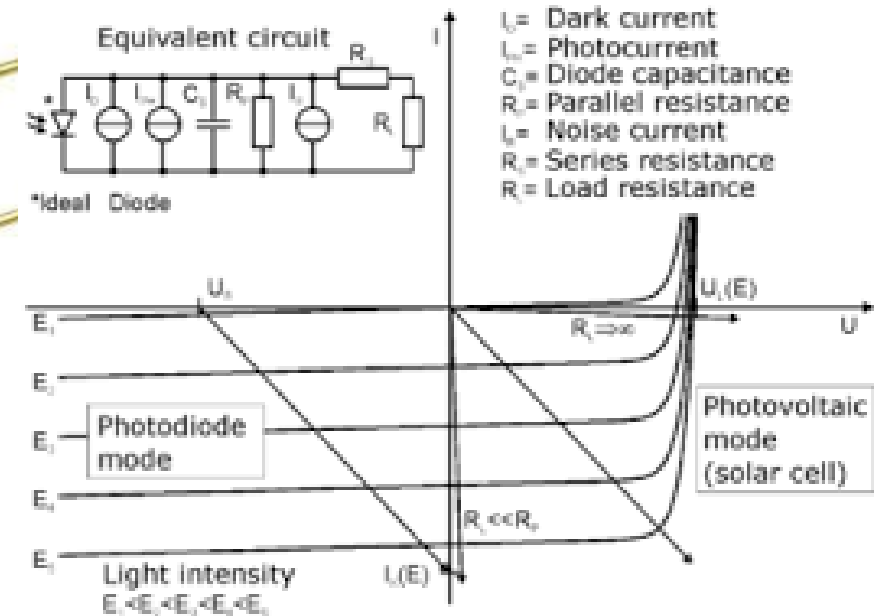
# Os sensores podem ser classificados como ativos ou passivos.

Sensores ativos convertem energia e não precisam de uma energização externa.

Por exemplo:

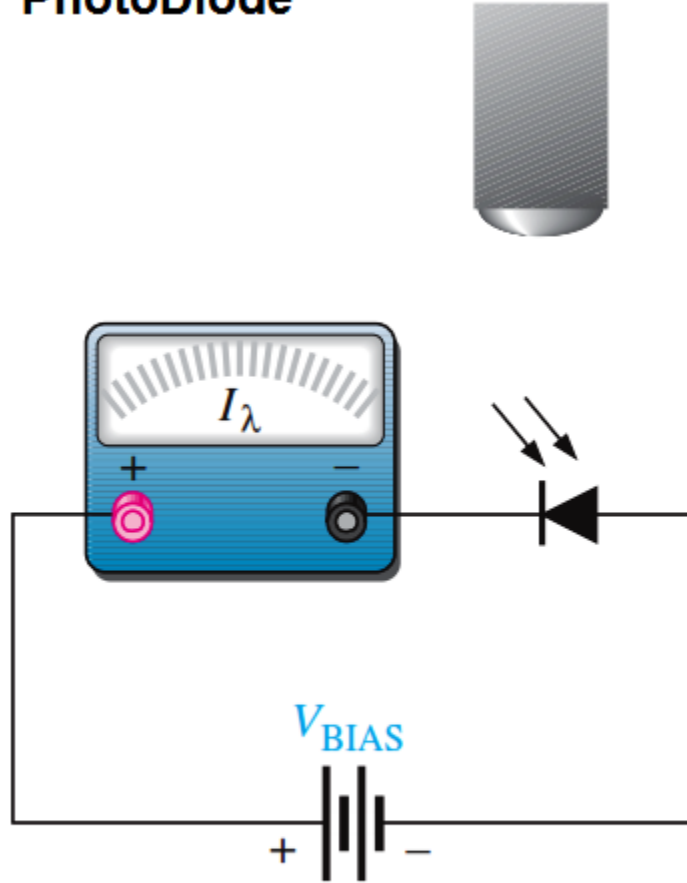
Foto diodo

Termo elemento



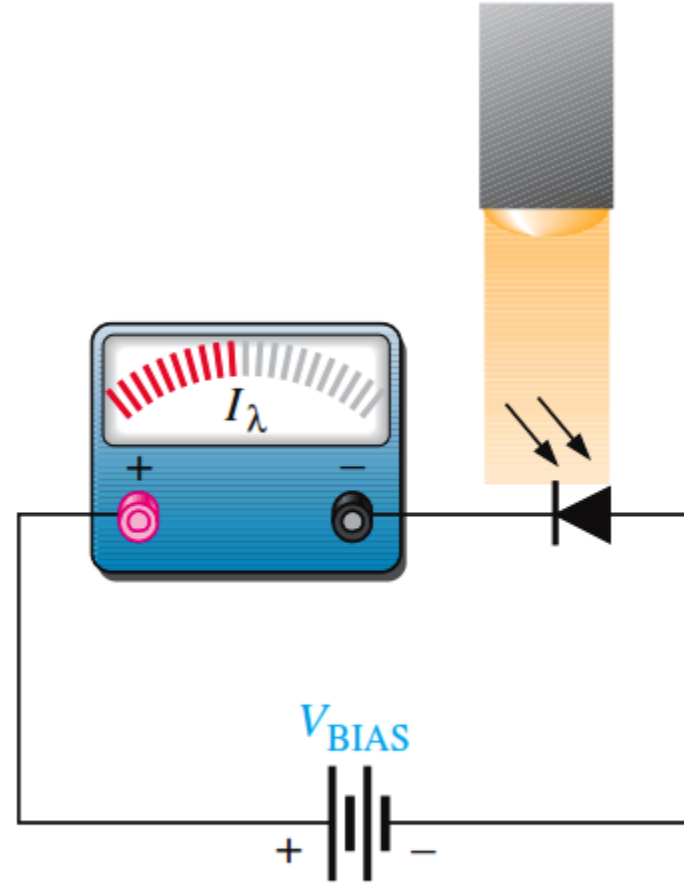
**PhotoDiode**

Light OFF



(a) No light, no current except negligible dark current

Light ON



(b) Where there is incident light, resistance decreases and there is reverse current.

# Sensores em um automóvel

Sensores  
Nível do óleo  
Temperatura da água  
Nível do fluido de freio  
Nível líquido de  
refrigeração  
Flúxo de ar  
e mais .....



Sensor de chuva

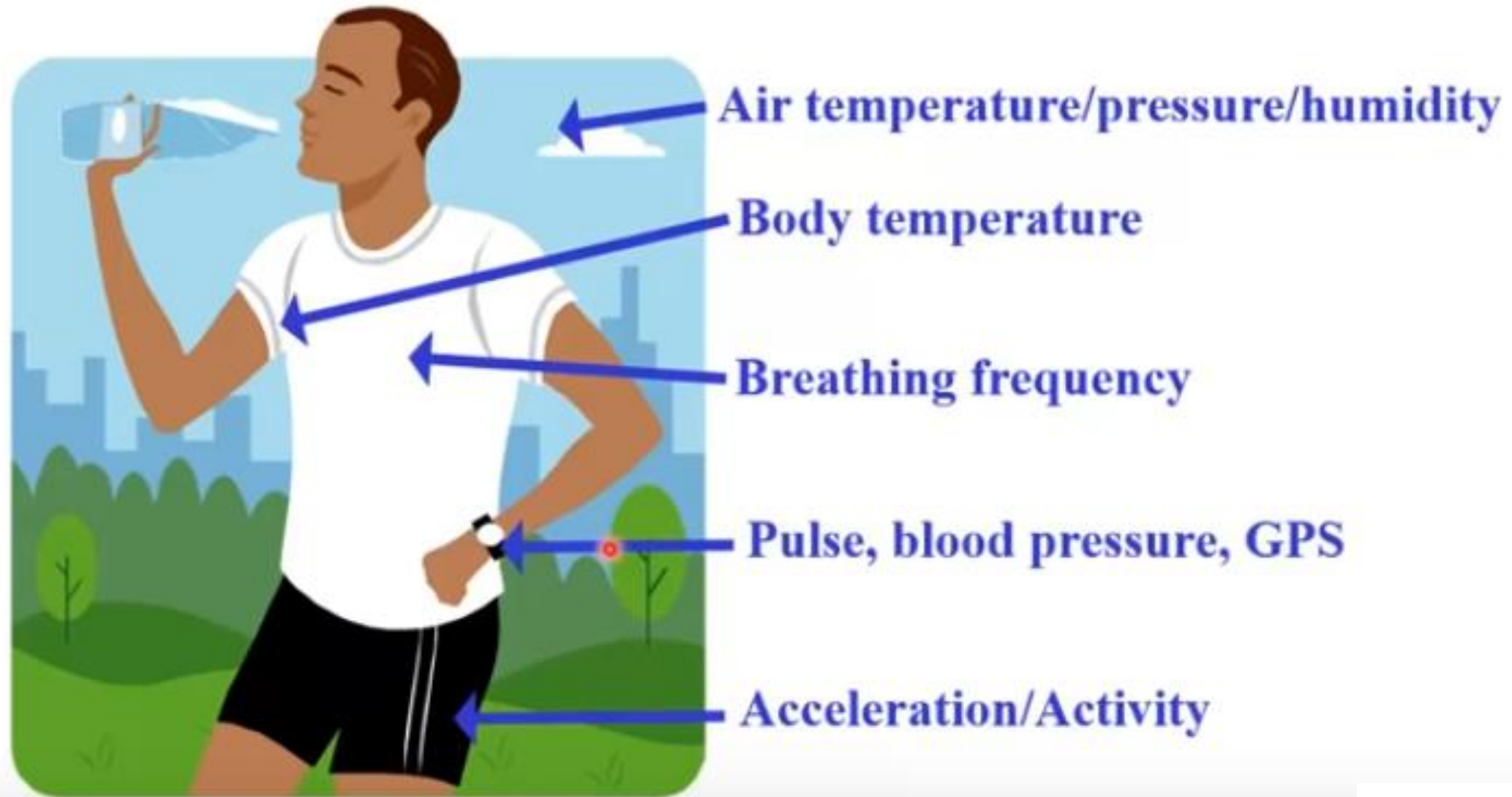
Nível de  
combustível

Sensor de  
estacionamento

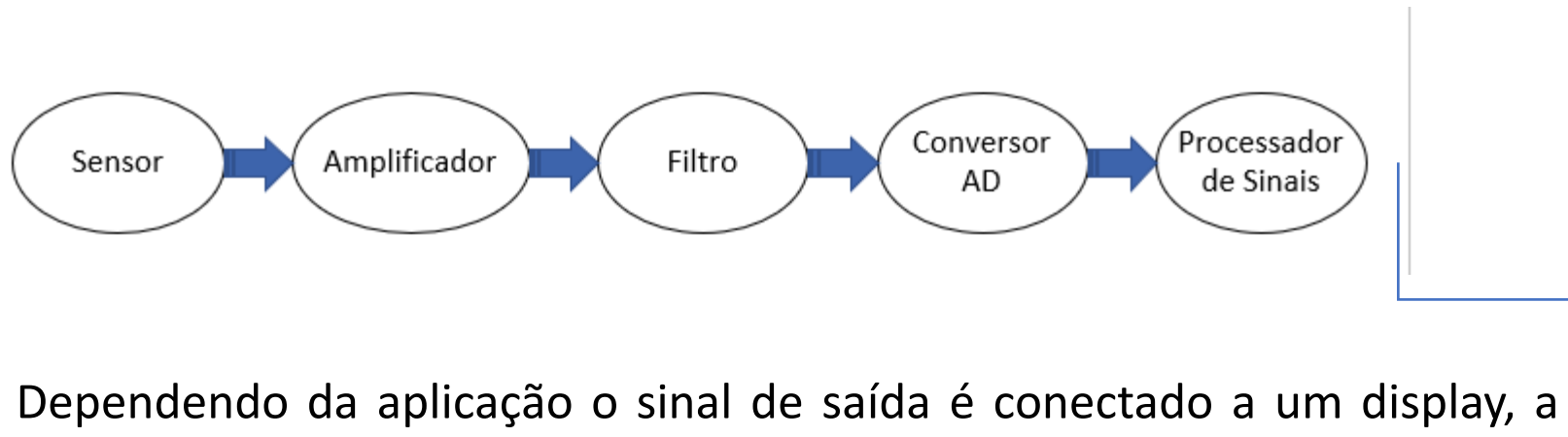
Sensor de velocidade  
nas rodas

sensores sem fio  
(wireless) de pressão  
dos pneus

# Introduction – Why do we need sensors



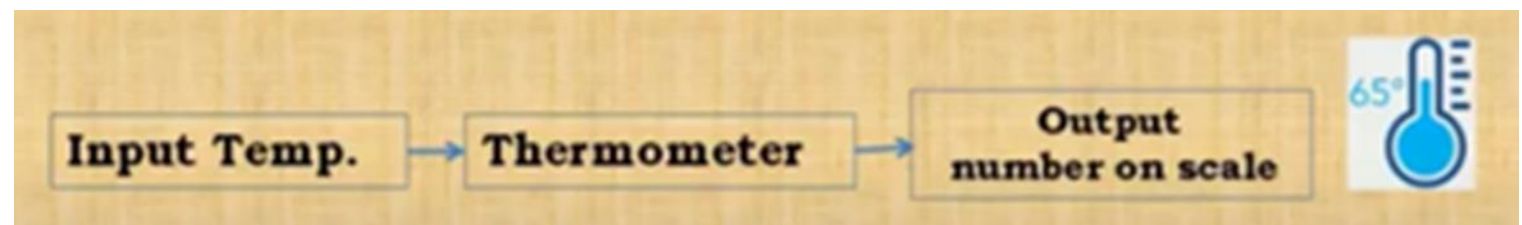
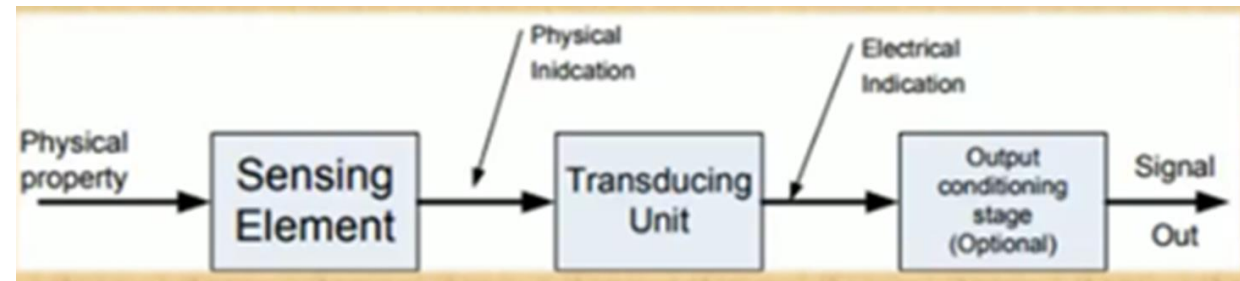
# Um sistema genérico de medição



Dependendo da aplicação o sinal de saída é conectado a um display, a um sistema de armazenamento de dados para análises futuras ou a uma processador de múltiplos sinais.

Copyright (c) Benny Thörnberg 2015

Outras possibilidades mais simplificadas

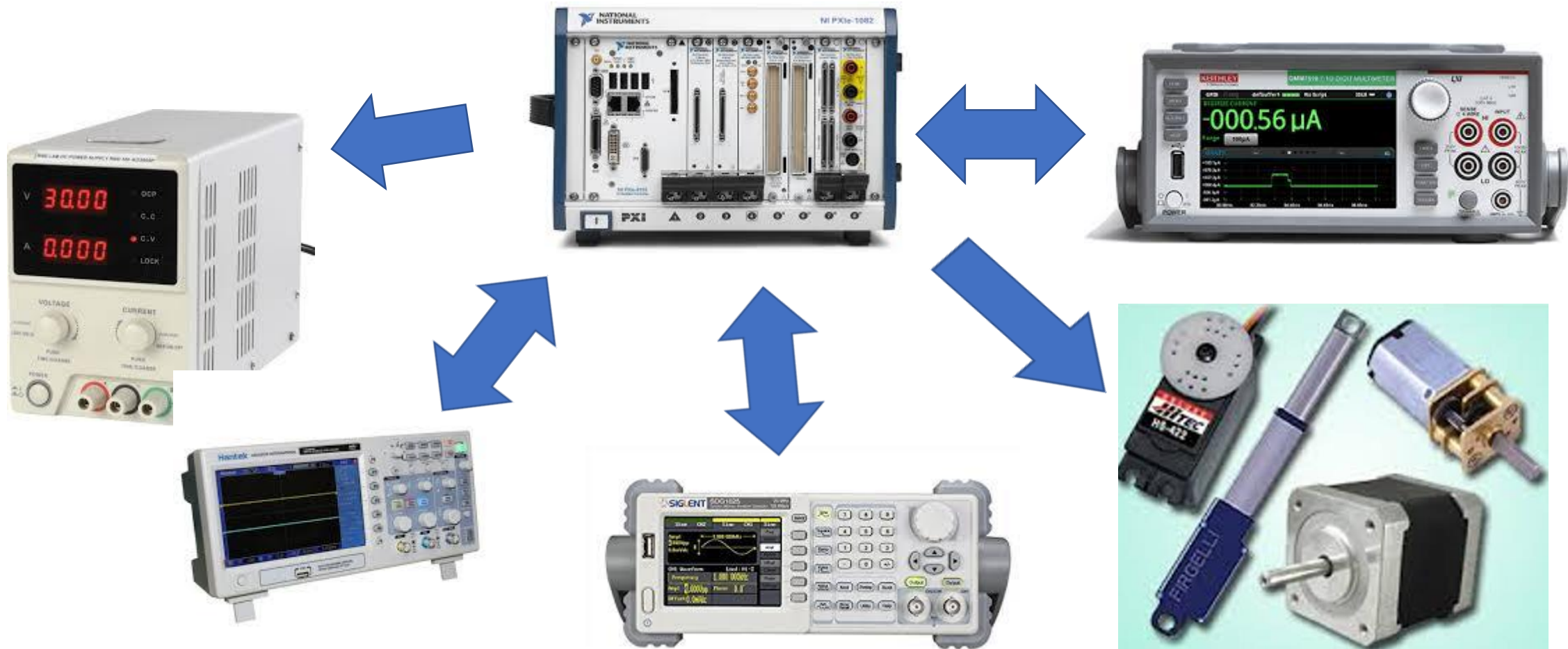




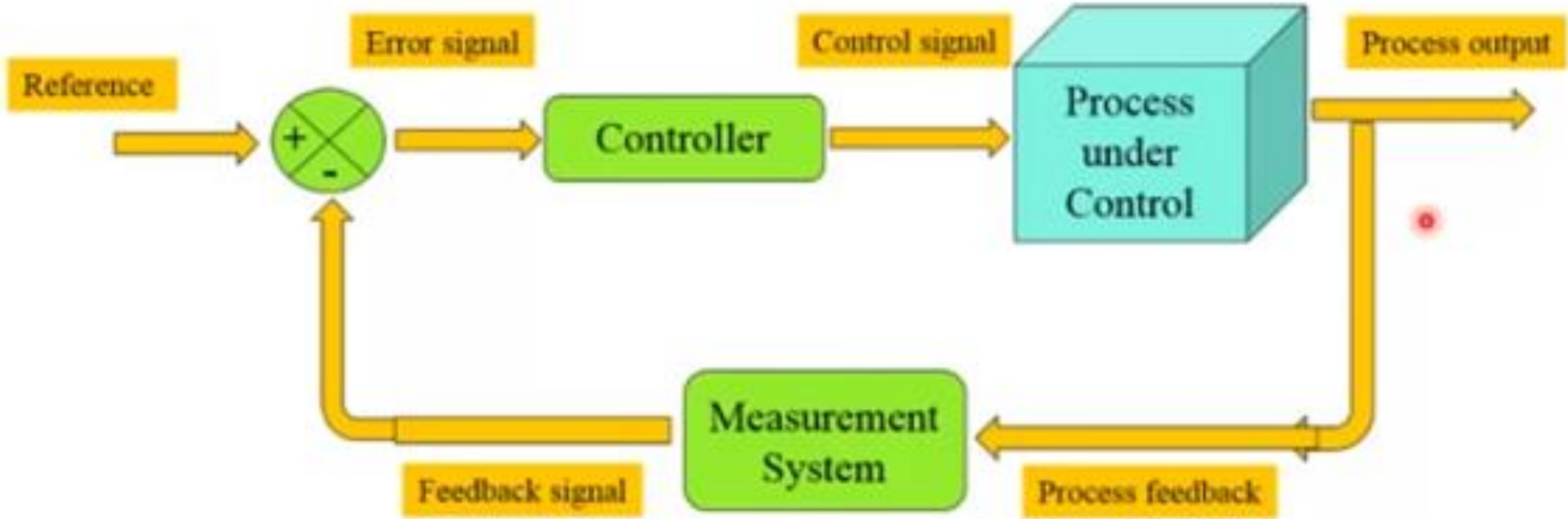
Um sistema de medição pode ser conectado a uma unidade de display de forma a se tornar um instrumento de medição a parte. Por exemplo um multímetro digital.



Um sistema de medição é um sensor inteligente se ele puder se comunicar com um computador. O computador tipicamente roda um programa que coleta, processa e mostra o resultado dos diversos sensores. O programa também pode mudar a velocidade ou posição de atuadores e as funções dos sistemas de medição.



Um sistema de medição pode atuar também como um elemento de realimentação em um sistema de controle de processo.



# Sistema de medição

Falando da performance de um instrumento a ser usado.

1. Características estáticas
2. Características dinâmicas.

## Características estáticas

Mudam vagarosamente com o tempo, ou não variam.

Exemplos: Linearidade, Sensibilidade, Resolução, Limites, etc...

## Características Dinâmicas

Relaciona a saída do instrumento e a “saída ideal”, quando o sinal de entrada varia com o tempo.

Exemplos: Velocidade de resposta, overshoot, fidelidade, ....

# Características Estáticas

## **exatidão de medição**

exatidão

*measurement accuracy ; accuracy of measurement ; accuracy*

*exactitude de mesure ; exactitude*

*exactitud de medida ; exactitud*



Grau de concordância entre um **valor medido** e um **valor verdadeiro** dum **mensurando**.

NOTA 1 A “exatidão de medição” não é uma **grandeza** e **não lhe é atribuído um valor numérico**. Uma medição é dita mais exata quando fornece um erro de medição menor.

**A habilidade de um instrumento mostrar o valor exato da medida. Quanto maior a exatidão, menor o erro. Valor apenas qualitativo.**

# Características Estáticas

erro aleatório

*random measurement error ; random error of measurement ; random error*

*erreur aléatoire*

*error aleatorio de medida ; error aleatorio*



Componente do erro de medição que, em medições repetidas, varia de maneira imprevisível.

$$\text{Erro} = E = \text{valor medido} - \text{valor verdadeiro}$$

NOTA 1 O valor de referência para um erro aleatório é a média que resultaria dum número infinito de medições repetidas do mesmo mensurando.

**Erros podem ser apresentados de forma absoluta ou relativa.**

**Absoluta: O erro é apresentado na unidade do mensurando.**

**Relativa: O erro é apresentado como um percentual de um valor de referência.**

- **Pode ser em relação ao valor de fundo de escala (VFE – valor de fundo de escala);**
- **Em relação à faixa de indicação;**
- **Em relação a um valor prefixado.**

# Características Estáticas



**Erro aleatório formas de expressar**

**1) Percentagem do valor verdadeiro (% of TV (true value))**

**Exemplo: Caso um medidor de pressão tenha um faixa de medição de 0 a 100 bar e um erro de (+ ou - ) 1% do valor verdadeiro, a pressão de 80 bar medida poderá estar entre 80,8 até 79,2 bar.**

**Ou seja na prática pegamos  $\pm 1\%$  do valor medido e não do valor verdadeiro já que este é desconhecido.**

**2) Percentagem do valor de fundo de escala (% do fsd – full scale deflection)**

**Exemplo: Caso um medidor de pressão tenha uma faixa de 0 até 100 bar com um erro de (+ ou -) 10% fds, o valor verdadeiro de uma pressão medida de 80 bar pode estar entre (70 – 90) bar**

# Características Estáticas

precisão de medição

precisão ; fidelidade ou precisão

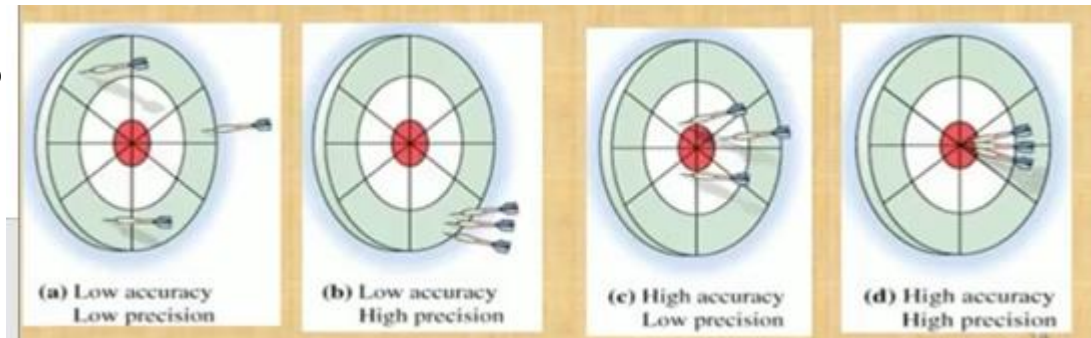
; fidelidade ou precisão de medição

16

*measurement precision ; precision*

*fidélité de mesure ; fidélité*

*precisión de medida ; precisión*



Grau de concordância entre **indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas**, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas.

NOTA 1 A precisão de medição é geralmente expressa numericamente por características como o desvio-padrão, a variância ou o coeficiente de variação, sob condições especificadas de medição.

Capacidade de um instrumento de medição mostrar a mesma leitura, quando em repedidas medições nas mesmas condições.

Um instrumento preciso não é necessariamente exato.



# Características Estáticas

## **amplitude de medição**

amplitude nominal

*range of a nominal indication interval*

*étendue de mesure ; étendue nominale*

*amplitud de un intervalo nominal de indicaciones ; amplitud nominal*

Valor absoluto da diferença entre os valores extremos dum **intervalo nominal de indicações**.

EXEMPLO Para um intervalo nominal de indicações de -10 V a +10 V, a amplitude de medição é 20 V.

NOTA A amplitude de medição é algumas vezes denominada, em inglês, “span of a nominal interval” e, em francês, o termo “intervalle de mesure” é, por vezes, impropriamente empregado. No Brasil, o termo “intervalo de medição” é, por vezes, erradamente utilizado no lugar de amplitude de medição.

Expressa o menor valor e o maior valor de medição.

Exemplo: -100 ° C até 100 ° C

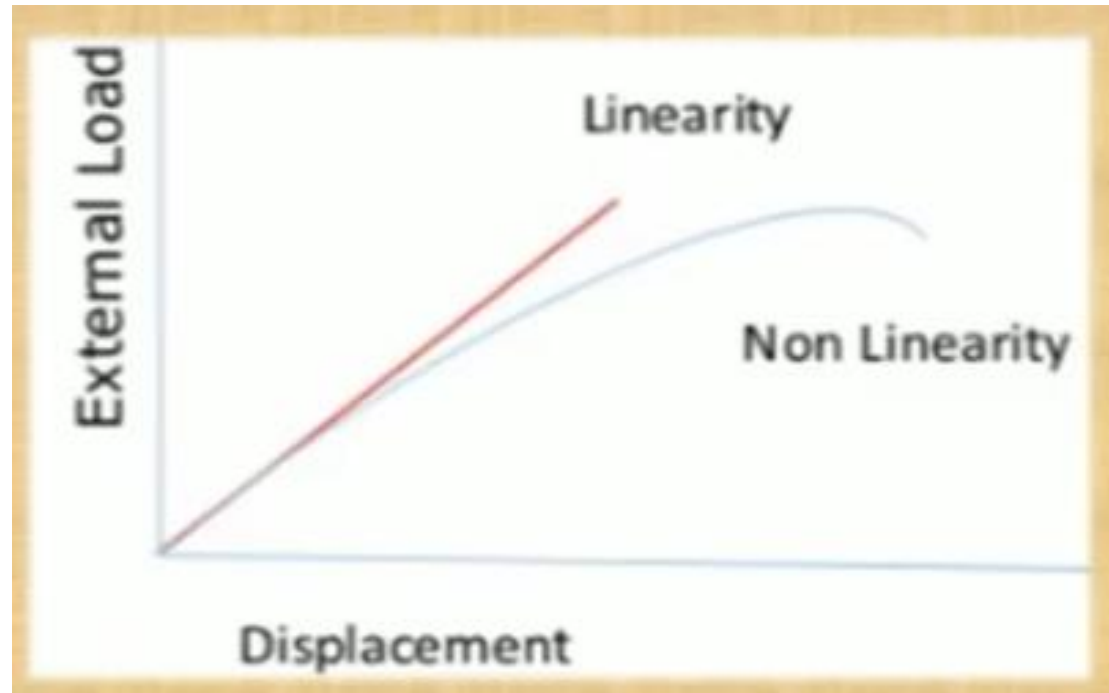
O instrumento tem uma extensão de medição de 200 ° C.

# Características Estáticas

## Linearidade

Quando mudanças incrementais na entrada correspondem a mudanças incrementais na saída, dentro de uma faixa específica.

Linearidade = máximo desvio da leitura no eixo X em relação a uma linha reta ajustada.

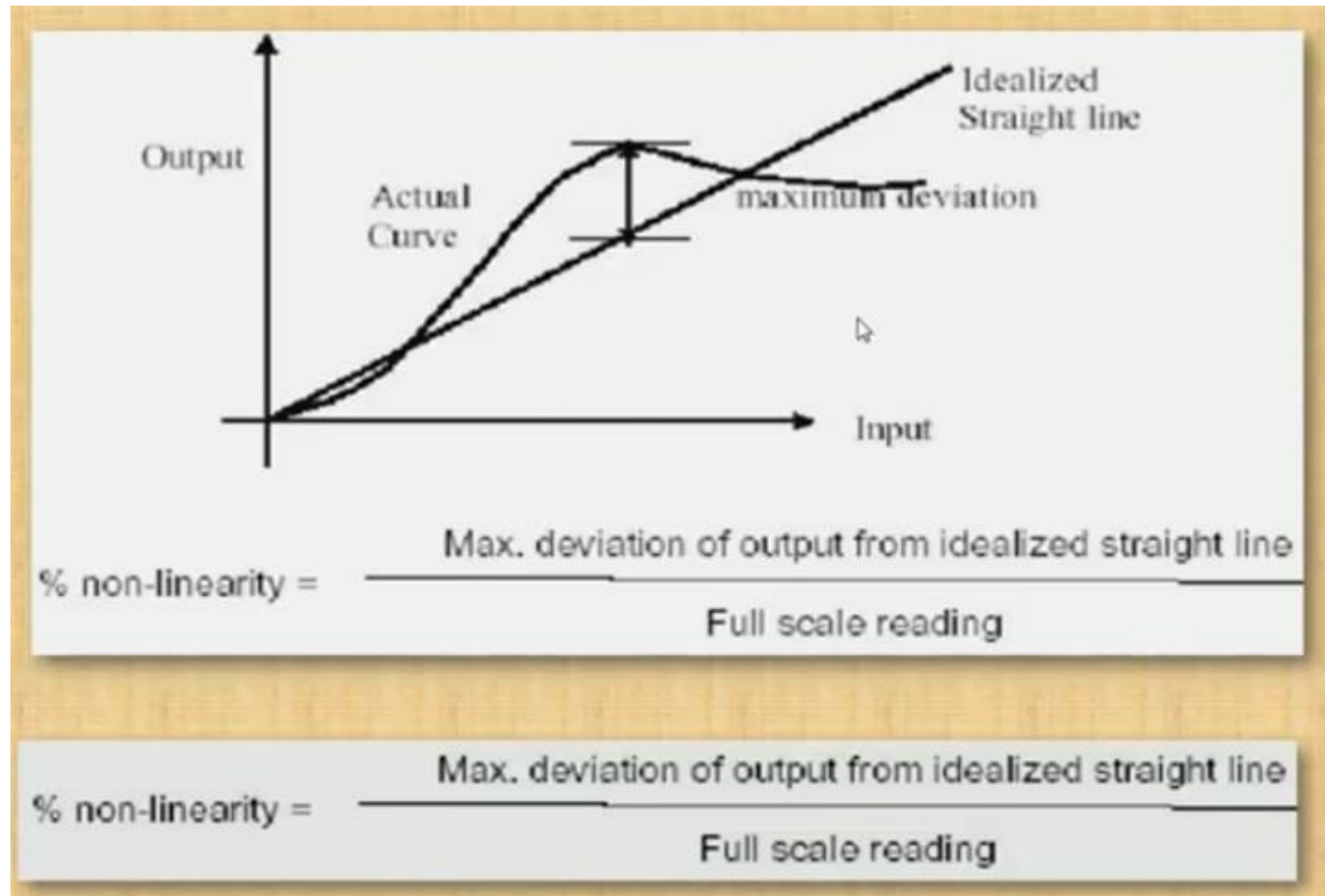


# Características Estáticas

## Linearidade

Quando mudanças incrementais na entrada correspondem a mudanças incrementais na saída, dentro de uma faixa específica.

Linearidade = máximo desvio da leitura no eixo X em relação a uma linha reta ajustada.



# Características Estáticas

resolução

*resolution*

*résolution*

*resolución*

Menor variação da **grandeza medida** que causa uma **variação perceptível** na **indicação** correspondente.

NOTA A resolução pode depender, por exemplo, de ruído (interno ou externo) ou de atrito. Pode depender também do **valor da grandeza medida**.

A menor mudança na entrada que pode ser medida com precisão.

# Características Estáticas

4.12 (5.10)

sensibilidade dum sistema de medição

sensibilidade

*sensitivity of a measuring system ; sensitivity*

*sensibilité*

*sensibilidad de un sistema de medida ; sensibilidad*

Quociente entre a variação dum **indicação dum sistema de medição** e a **variação** correspondente do **valor da grandeza medida**.

NOTA 1 A sensibilidade dum sistema de medição pode depender do valor da grandeza medida.

NOTA 2 A variação do valor da grandeza medida deve ser grande quando comparada à **resolução**.

# Características Estáticas

4.12 (5.10)

sensibilidade dum sistema de medição

sensibilidade

*sensitivity of a measuring system ; sensitivity*

*sensibilité*

*sensibilidad de un sistema de medida ; sensibilidad*

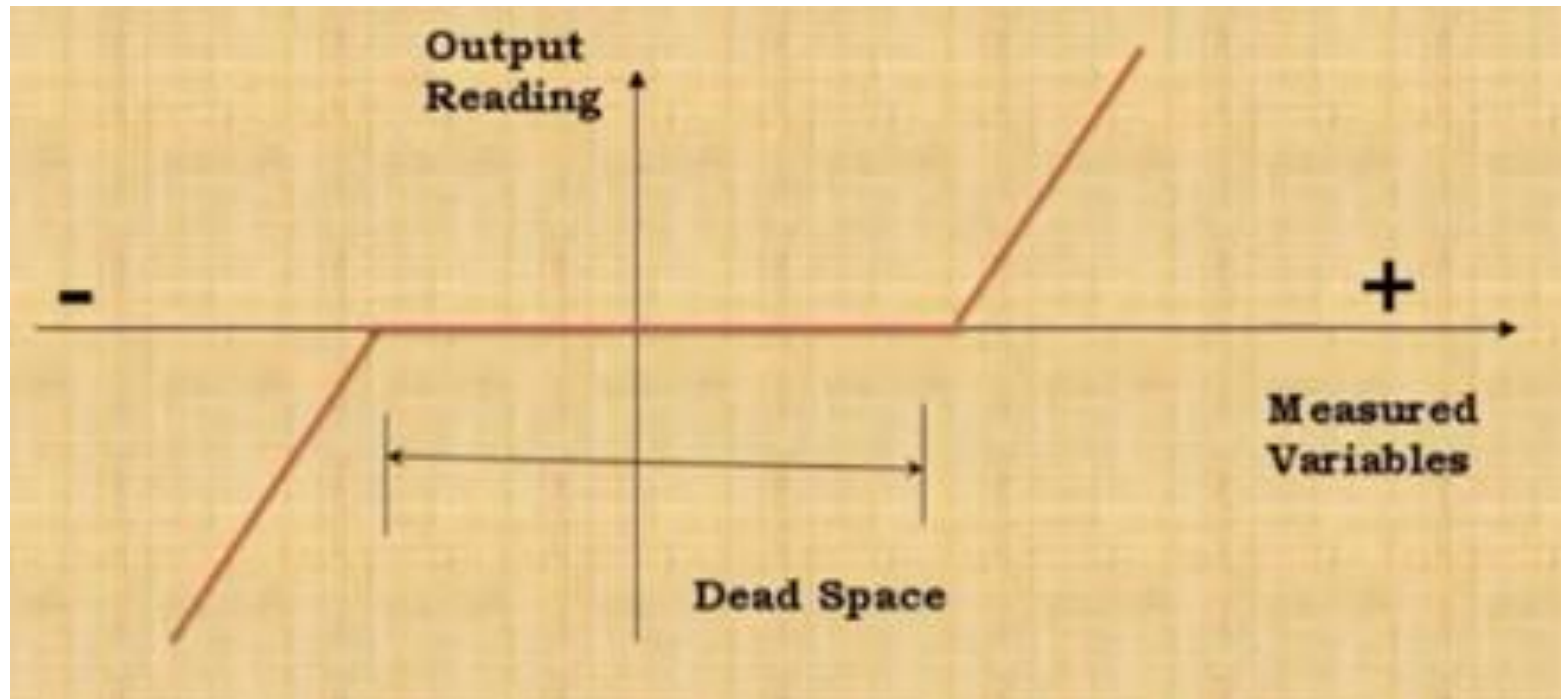
- Significa a relação entre a mudança da saída para uma dada mudança na entrada.
- Também conhecida como fator de escala.
- Um instrumento com grande sensibilidade (fator de escala) irá indicar uma grande mudança no indicador para uma pequena mudança na entrada.
- A relação pode ser linear ou não linear, ou variar dentro da faixa de medição.

$$\text{Sensibilidade} = K = \frac{\text{mudança do sinal de saída}}{\text{mudança no sinal de entrada}}$$

# Características Estáticas

Zona morta

Faixa em que o sinal de entrada não produz variação na saída.



4.16 (5.11)

limiar de mobilidade

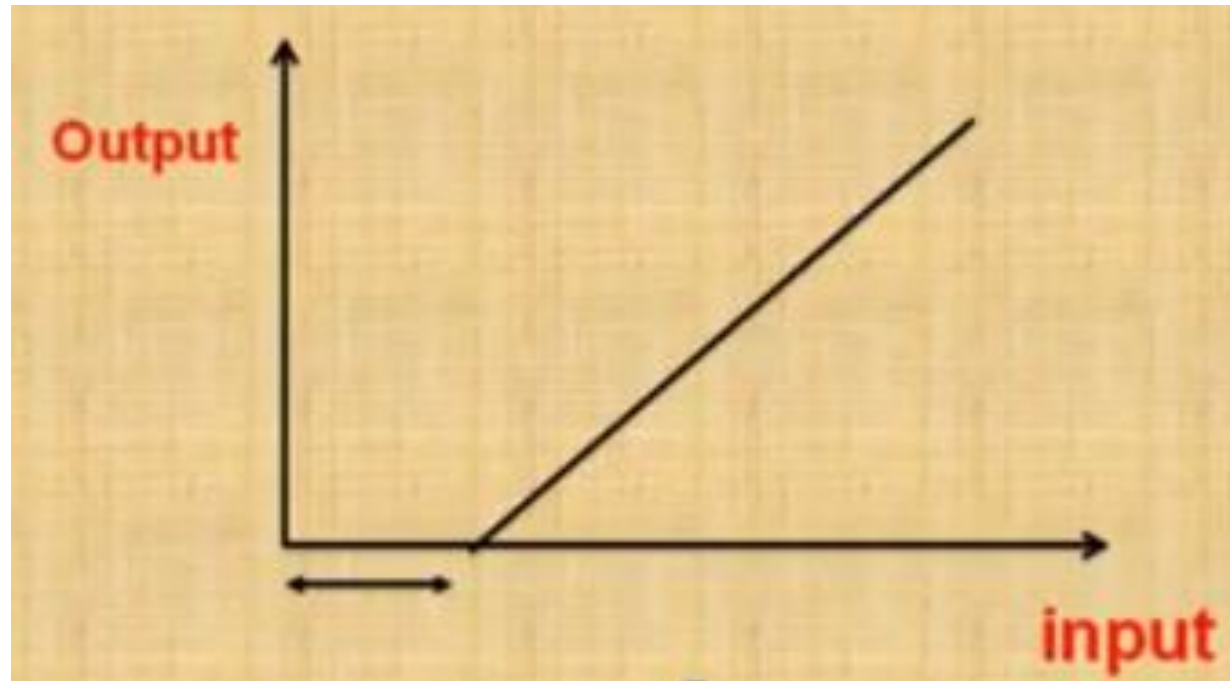
mobilidade

discrimination threshold (threshold = limiar)

seuil de discrimination ; seuil de mobilité ; mobilité

umbral de discriminación ; movilidad

Caso a entrada de um instrumento for variada gradualmente a partir de zero haverá um mínimo valor para termos uma saída detectável. O valor mínimo define o threshold do instrumento.

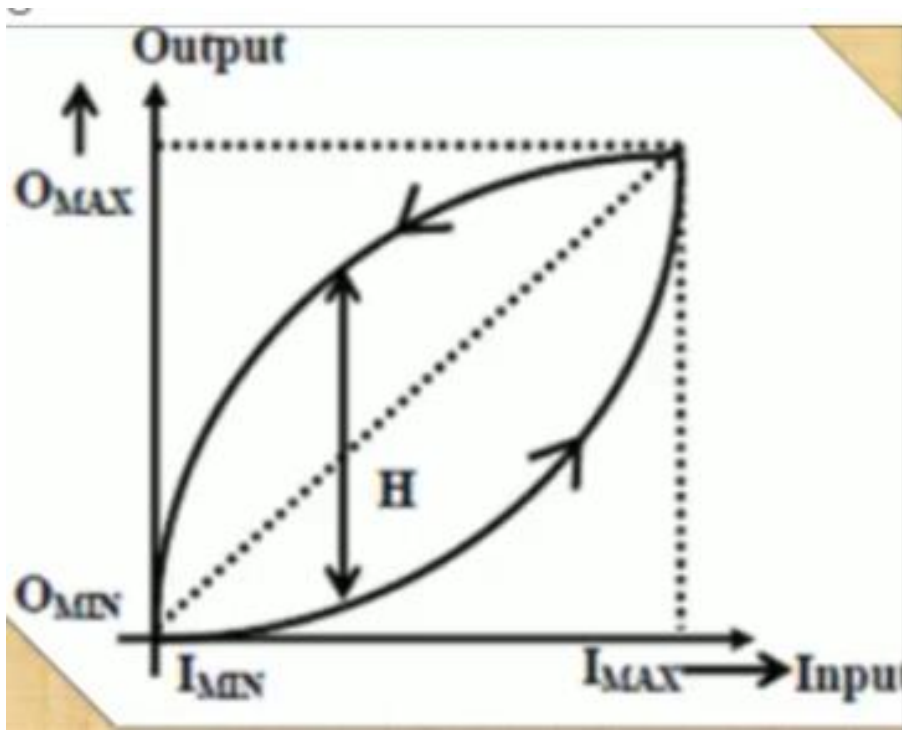




# Características Estáticas

## Hysteresis

- Não existe apenas em circuitos magnéticos, mas em instrumentos também.
- A magnitude do erro causado quando o mensurando aproxima-se por diferentes direções, por exemplo de forma ascendente e de forma descendente.
- A histerese é expressa em seu valor máximo em relação a amplitude de medição (full scale reading).



$$\text{Histerese} = \frac{H}{O_{max} - O_{mim}} \times 100$$

# Características Estáticas

4.21 (5.16)

**deriva instrumental**

deriva

instrumental drift

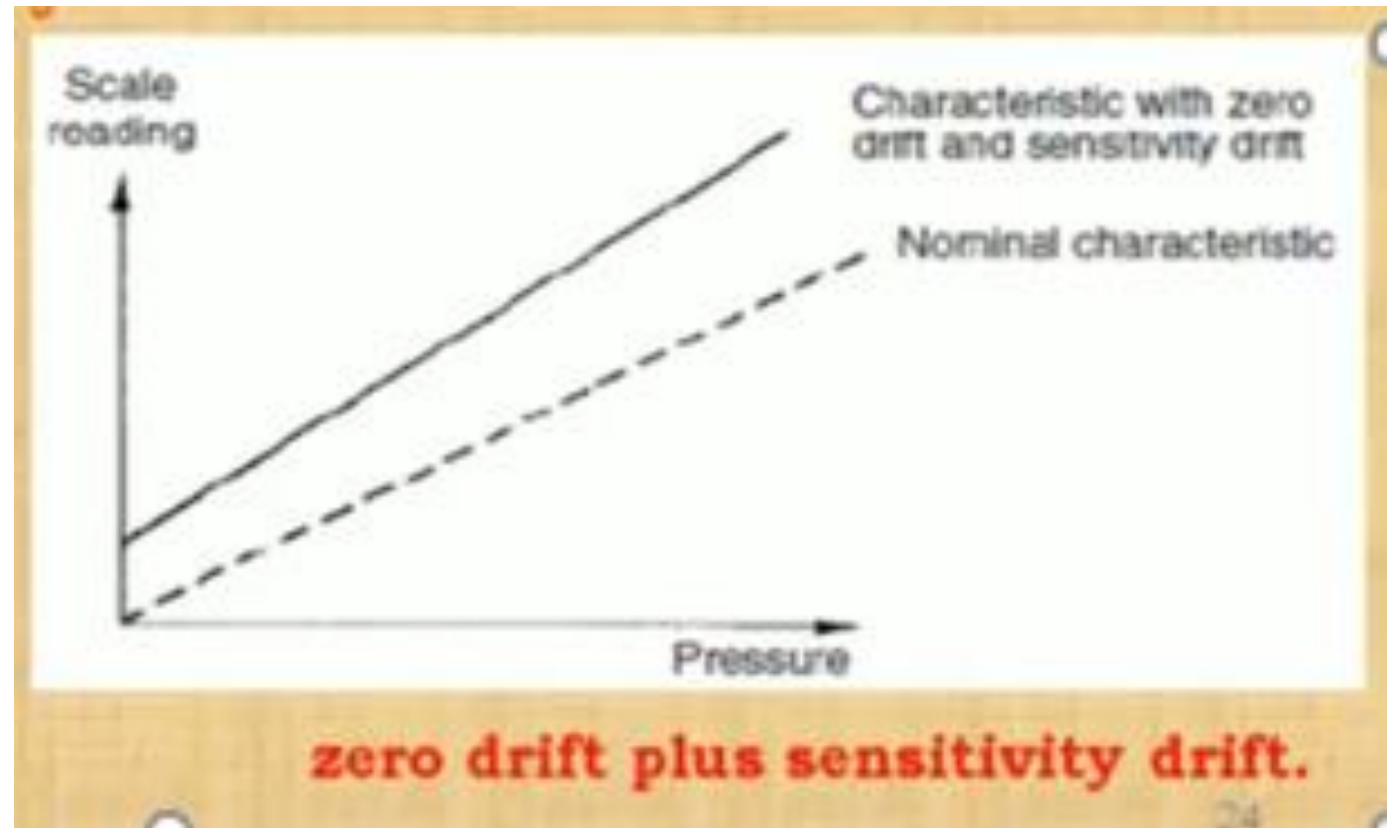
dérive instrumentale

deriva instrumental

Varição da indicação ao longo do tempo, contínua ou incremental, devida a variações nas propriedades metrológicas dum instrumento de medição.

NOTA A deriva instrumental não está relacionada a uma variação na grandeza medida, nem a uma variação de qualquer grandeza de influência identificada.

Drift de zero é a variação na saída do instrumento que não é causada por nenhuma variação na entrada. O Drift é normalmente causado por mudanças na temperatura interna e a respectiva instabilidade dos componentes do sistema de medição em relação a esta. Por isto é importante respeitar o chamado tempo de warm up dos instrumentos de medição.



# Características Estáticas

2.21 (3.6)

repetibilidade de medição

repetibilidade

measurement repeatability ; repeatability

répétabilité de mesure ; répétabilité

repetibilidad de medida ; repetibilidad

É a habilidade de um instrumento de medição de indicar o mesmo valor toda vez, uma medição de qualidade é repetível, sob as mesmas condições.

A repetibilidade de um sensor é a habilidade de fornecer idênticas saídas para a mesma entrada.

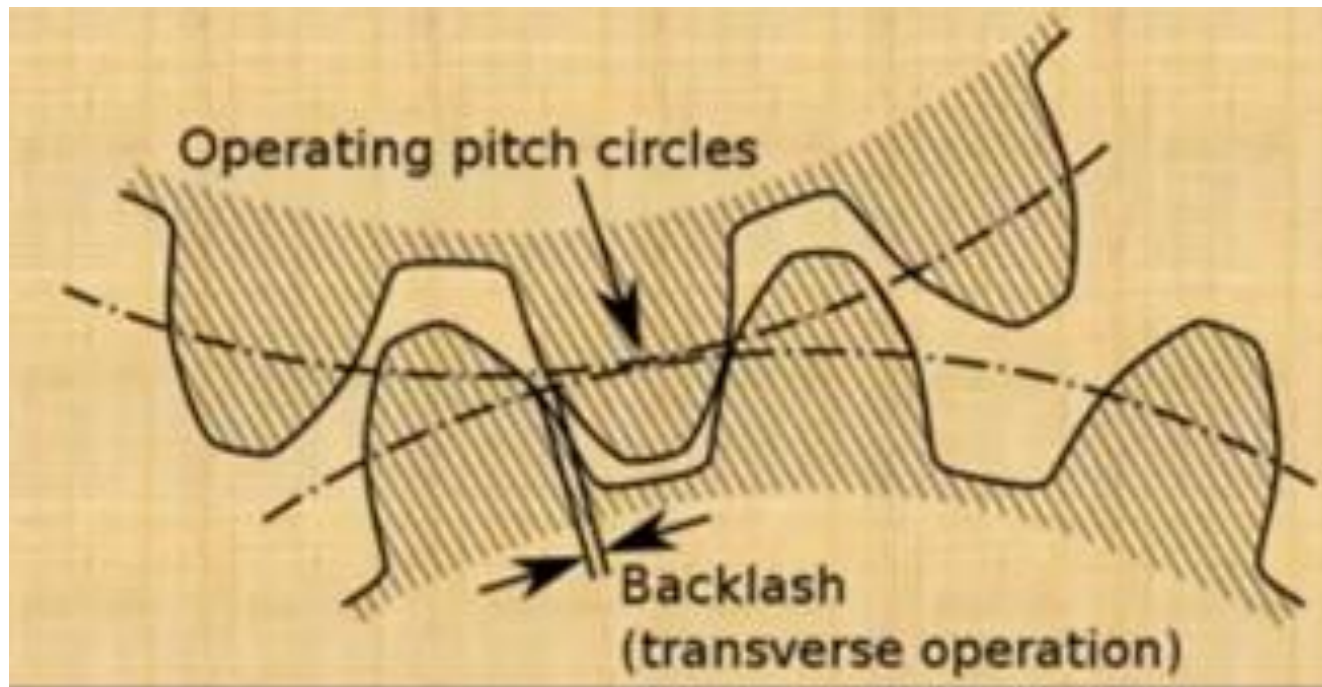
Baixa precisão (erro aleatório grande) é detectável pela falta de falta de repetibilidade.

# Características Estáticas

## Backlash

É a máxima distância ou ângulo através do qual qualquer parte do sistema mecânico pode se mover em uma direção sem aplicar apreciável força ou movimento a próxima peça da sequência mecânica.

Pode ser minimizada se os componentes tiverem tolerâncias pequenas.



# Características Dinâmicas

Velocidade de resposta

É definida como a rapidez que um instrumento responde à mudança no valor do mensurando.

# Características Dinâmicas

## Fidelidade

Indica o grau de proximidade que um sistema de medição indica ou armazena o sinal que lhe é aplicado.

- Refere-se a habilidade do sistema de reproduzir na saída o mesmo sinal da entrada.
- Baixa fidelidade indica uma não linearidade do instrumento.

## 2.15

### **precisão de medição**

precisão ; fidelidade ou precisão

**; fidelidade ou precisão de medição**

***measurement precision ; precision***

***fidélité de mesure ; fidélité***

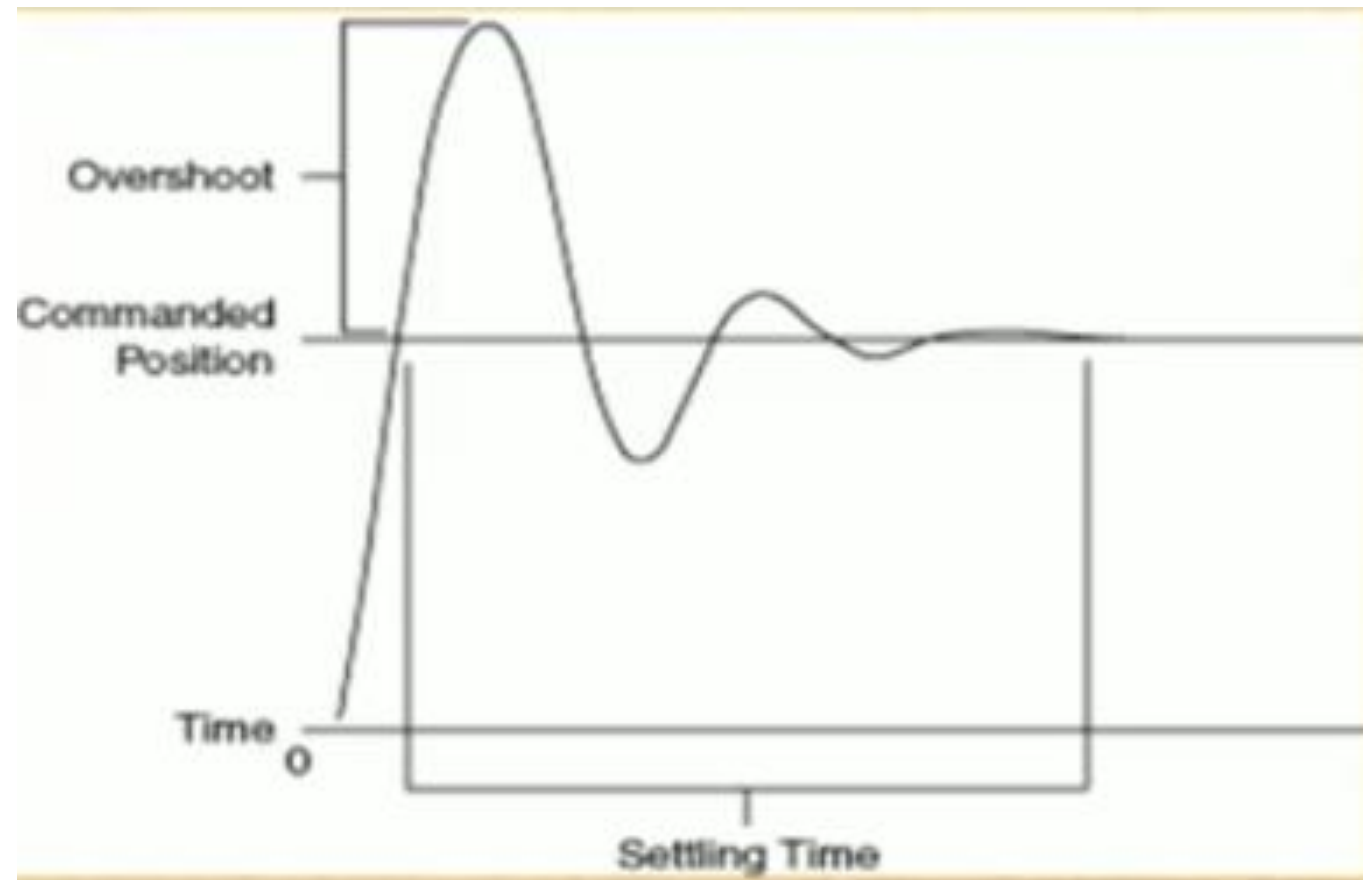
***precisión de medida ; precisión***

# Características Dinâmicas

## Overshoot

É causada pela massa de inércia das partes móveis, isto é o ponteiro de um instrumento não indica imediatamente o valor final, mas a ele converge dentro de um período de tempo.

O ponteiro vai além do valor final, isto é overshoots.



Vídeo 44:41 de duração em english que descreve os diferentes tipos de sensores usados e circuito de medição. ([Benny Thörnberg](#))

This lecture is about about thermal resistors, thermocouple, piezo chrystal, strain gauge, differential transformer, capacitive sensing, bridge, four point method and relaxation oscillator.

[https://www.youtube.com/watch?v=p\\_EWfuXtpqE](https://www.youtube.com/watch?v=p_EWfuXtpqE)