

Instrumentação Industrial

Fundamentos de Instrumentação Industrial: Conceitos Básicos e Definições

Instrumentação Industrial

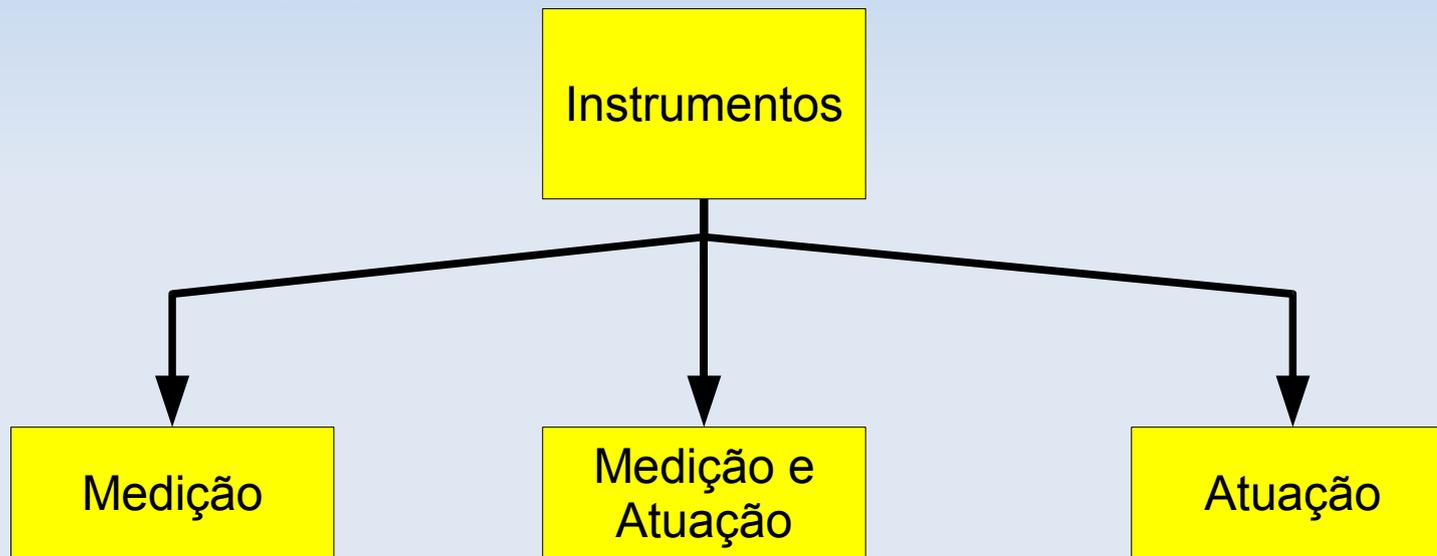
De acordo com a organização norte-americana *Instrument Society of America - ISA*, um instrumento industrial é:

Todo dispositivo usado para direta ou indiretamente medir e/ou controlar uma variável.

Nesta definição inclui-se, segundo a ISA, elementos/sensores primários, elementos finais de controle, dispositivos computacionais, dispositivos elétricos como alarmes, chaves e botoeiras. E o termo não se aplica a partes que são componentes internos do Instrumento (norma ANSI/ISA-S5.1-1984-R-1992).

Instrumentação Industrial

Isto é, uma primeira classificação para os instrumentos é:

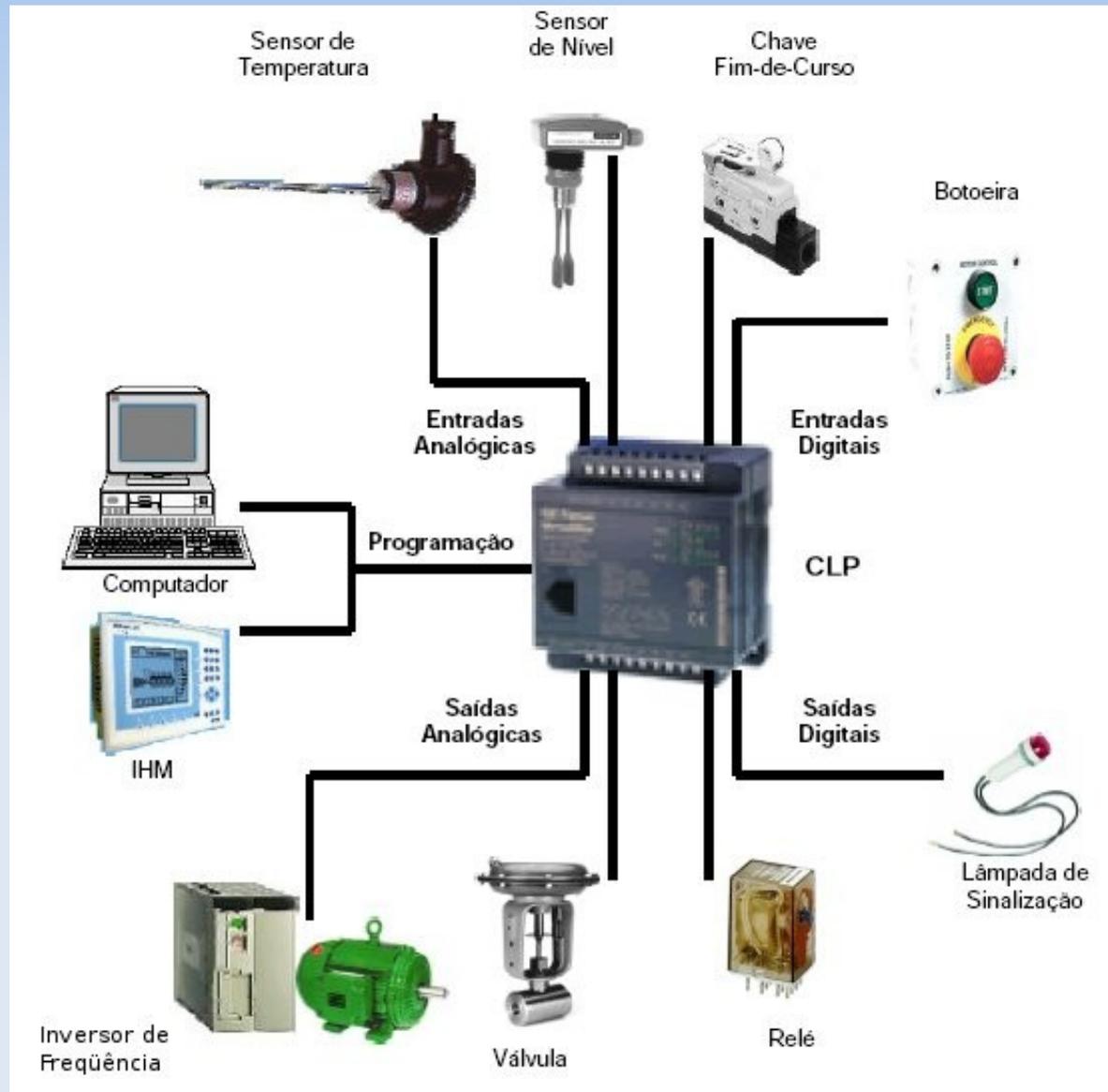


Termômetros, manômetros, velocímetros, medidores de vazão, medidores de nível, etc.

Termostatos, pressostatos, chaves de fim de curso, etc.

Válvulas manuais e automáticas, motores de passo, inversores de frequência, motores elétricos, bombas, aquecedores, etc.

Instrumentação Industrial: Um Exemplo



Instrumentos Industriais : Usos

Monitoração do Processo: indicadores de pressão, temperatura, etc; sensores de vibração em máquinas, alarmes, etc.

Análise Experimental de Engenharia: em laboratórios de aferição, na verificação de desgastes e fadiga, etc.

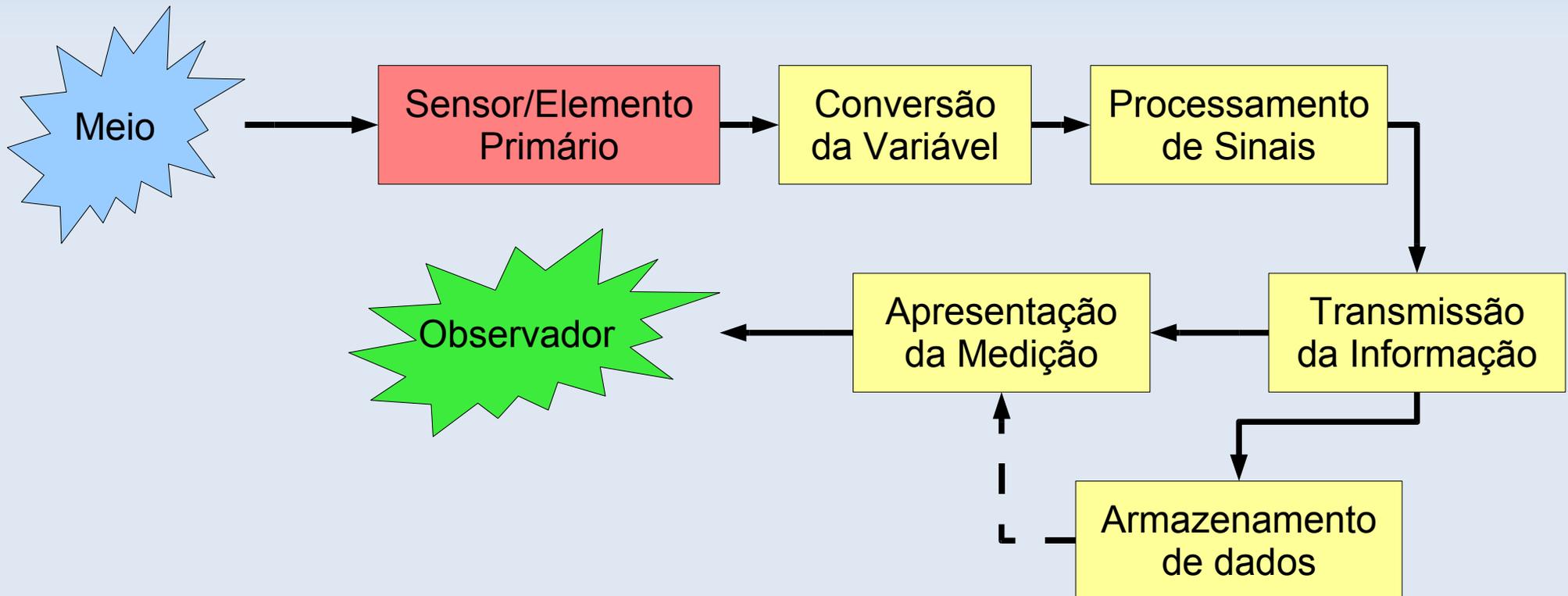
Obs.: Usualmente tem-se instrumentos mais precisos e delicados, cuja resposta dinâmica muitas vezes fica em segundo plano.

Controle de Processo: sensores usados para medir variáveis de um processo controlado, enviando essas informações a um controlador que gera sinais de comando para atuadores.

Obs.: Usualmente busca-se instrumentos cuja resposta dinâmica deve ser rápida em relação ao processo a ser controlado.

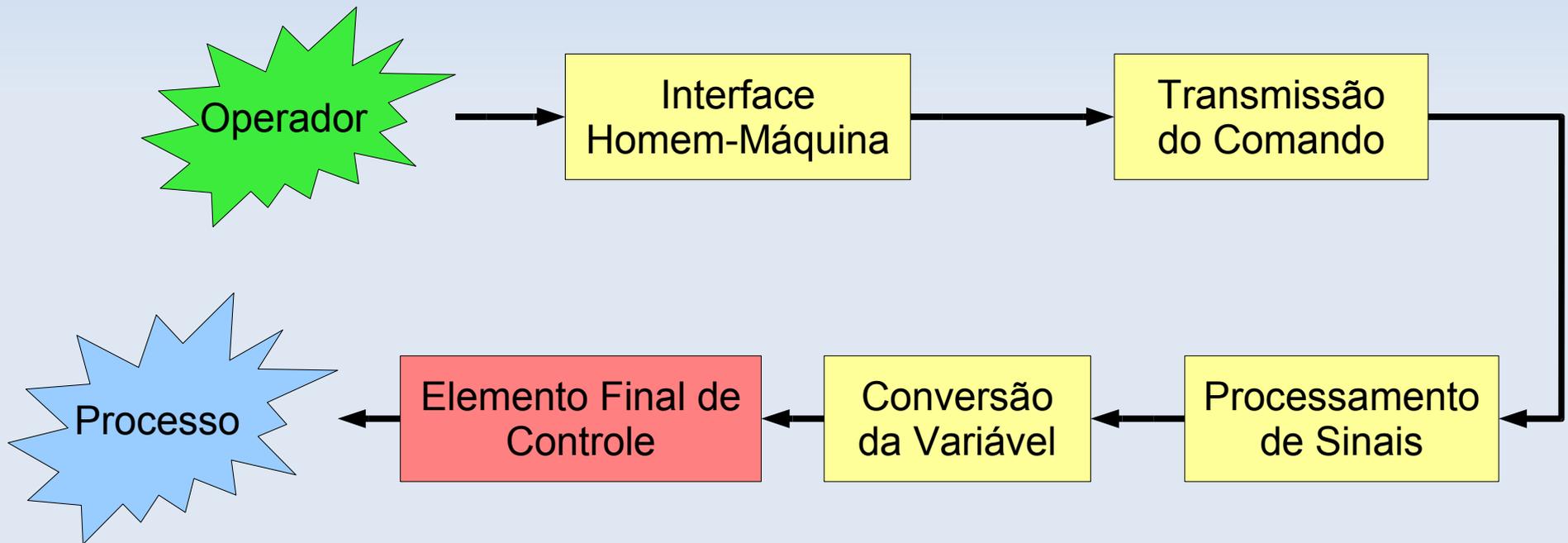
Instrumentos de Medição

Um Instrumento de Medição pode ser representado com um conjunto de sub-sistemas com funções específicas.
Um possível Diagrama Funcional:



Instrumentos de Atuação

Para um Instrumento de Atuação, um possível Diagrama Funcional:



Classificação dos Instrumentos

Segundo o Tipo de Sinais produzidos ou manipulados:

Discretos: assumem somente 2 valores possíveis: zero/um, aceso/apagado, ligado/desligado, etc.

Chave de Nível (indica se o nível é superior ou inferior a um dado limiar);

Chave de pressão ou pressostato;

Chave de temperatura ou termostato;

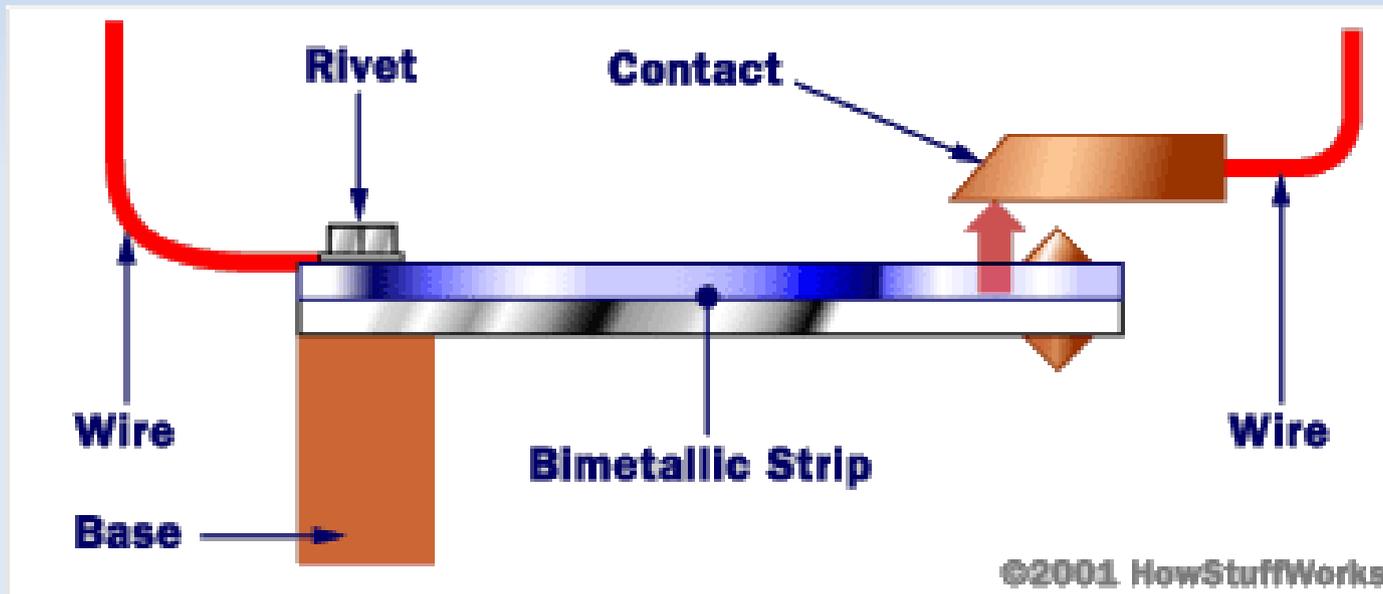
Chave fim de curso;

Alarmes;

Válvulas solenóides (que se abrem ou se fecham completamente, e em condição normal indica-se NA – normalmente aberta, ou NF – normalmente fechada.)

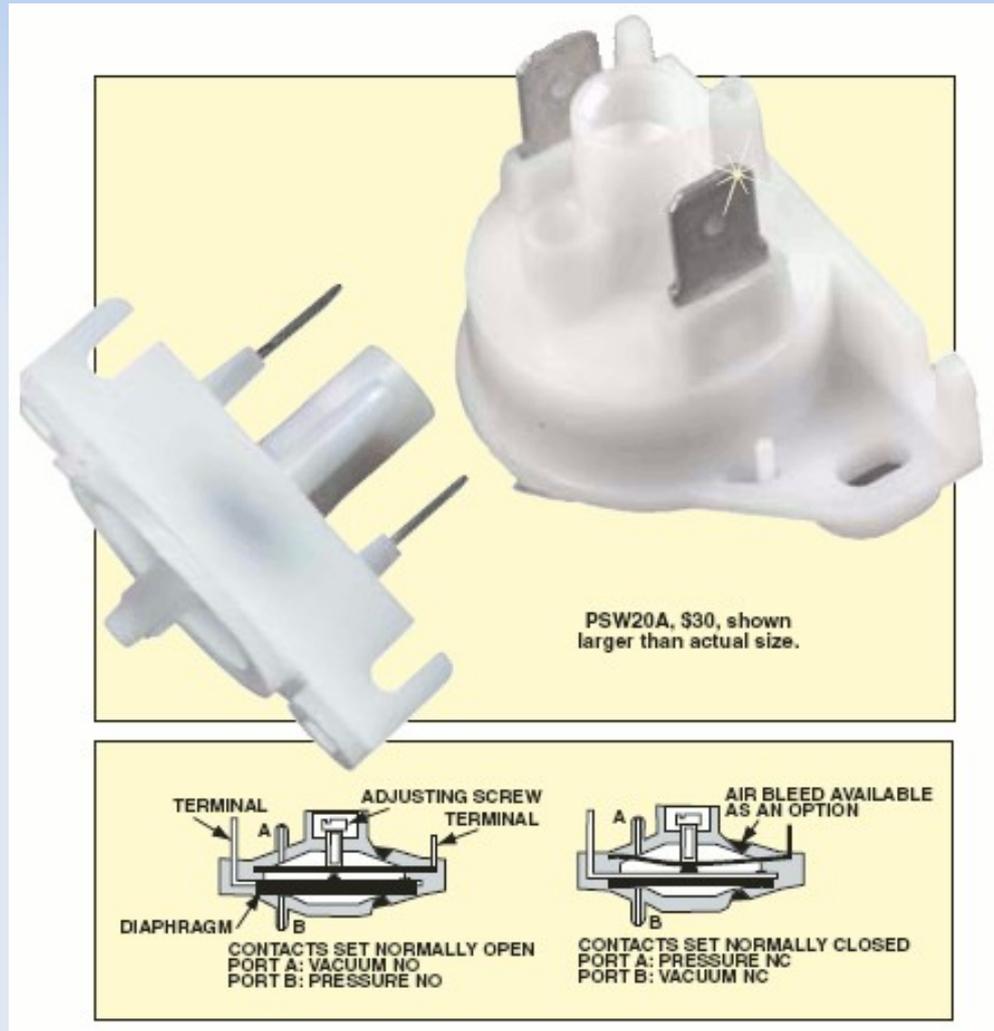
Classificação dos Instrumentos: Instrumentos Discretos

Termostatos/Chave de Temperatura



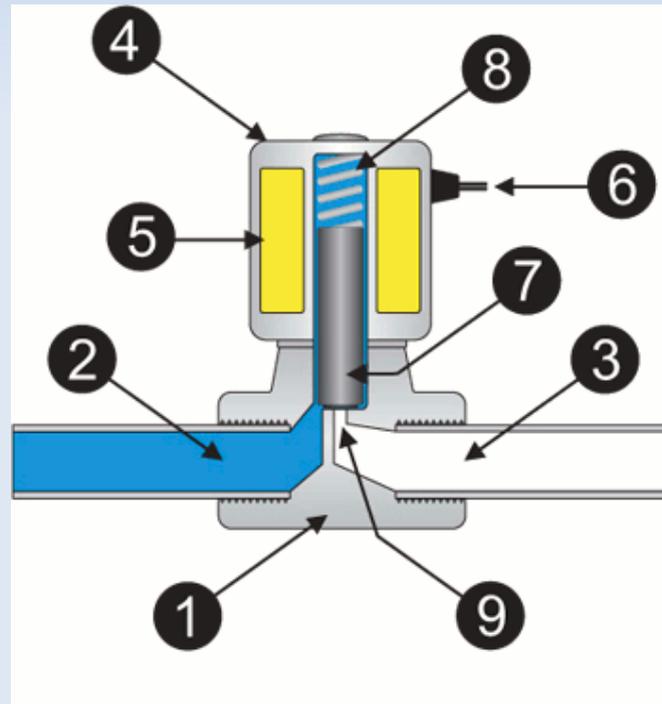
Classificação dos Instrumentos: Instrumentos Discretos

Pressostato/Chave de Pressão



Classificação dos Instrumentos: Instrumentos Discretos

Válvula Solenóide



1. Corpo da Válvula
2. Entrada
3. Saída
4. Bobina/Solenóide
5. Enrolamento da Bobina
6. Fios p/ conexão
7. Êmbolo
8. Mola
9. Orifício

Classificação dos Instrumentos

Segundo o Tipo de Sinais produzidos ou manipulados:

Digitais: assumem ou indicam valores em um conjunto finito enumerável de possibilidades.

Instrumentos eletrônicos de medição com mostradores digitais;

Instrumentos de medição ligados em uma rede digital dedicada (field bus, sensor bus, etc);

Motor de passo;

Encoder (medição de posição via contabilização de pulsos gerados);

Classificação dos Instrumentos: Instrumentos Digitais

Multímetro Digital



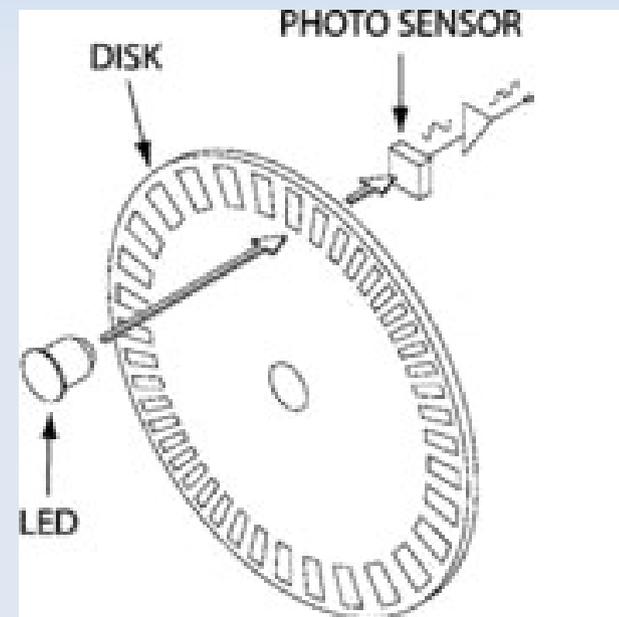
Dígitos no mostrador - exemplos:

$3\frac{1}{2}$ Dígitos = 3 casas com números de 0 a 9, e 1 dígito de 0 a 1 = 0000 a 1999 = 2000 contagens.

$5\frac{3}{4}$ Dígitos = 5 dígitos de 0 a 9, e 1 dígito de 0 a 3 = 00000 a 39999 = 40000 contagens.

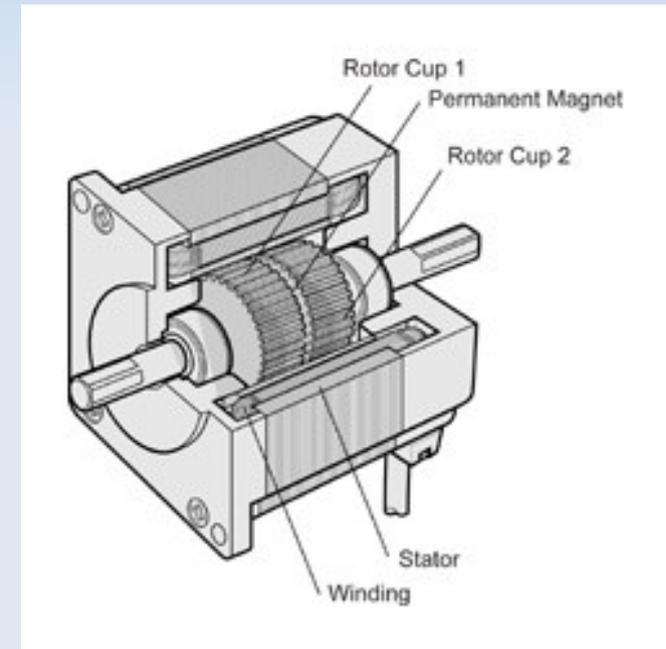
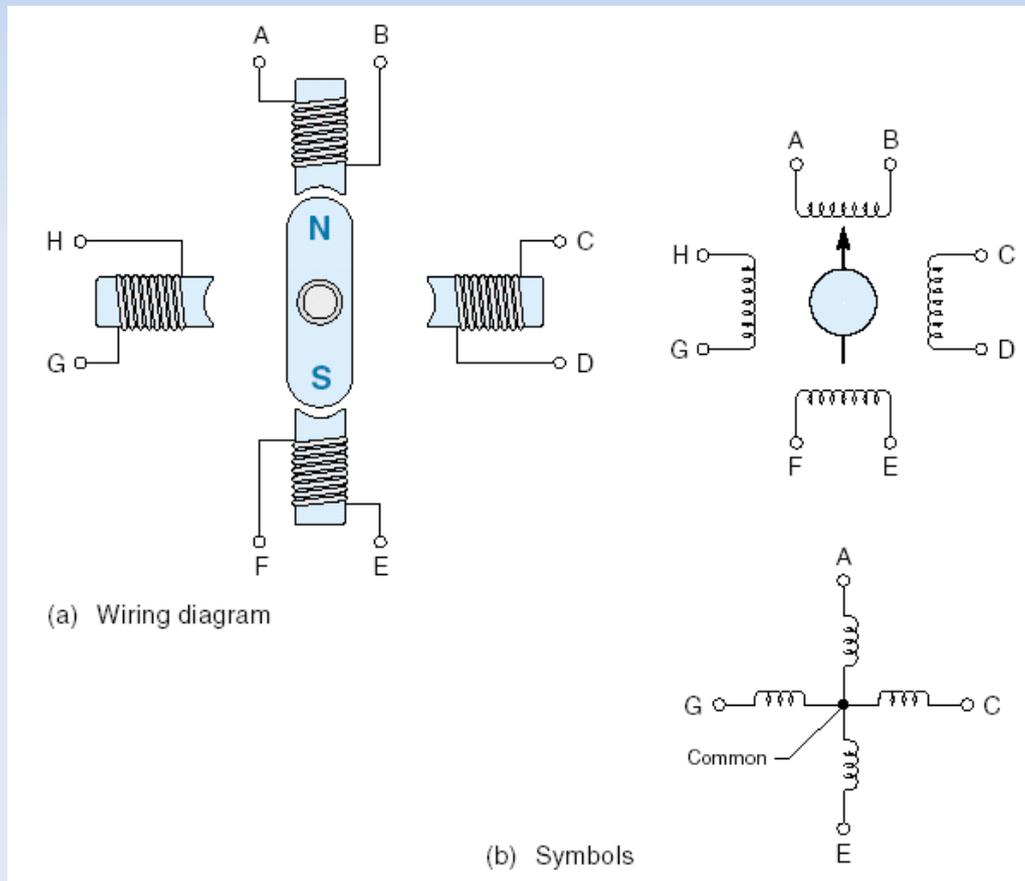
Classificação dos Instrumentos: Instrumentos Digitais

Encoder Relativo ou Incremental



Classificação dos Instrumentos: Instrumentos Digitais

Motor de Passo



Classificação dos Instrumentos

Segundo o Tipo de Sinais produzidos ou manipulados:

Analógicos: assumem ou indicam valores em um conjunto finito não-enumerável de possibilidades (faixa contínua de valores em um intervalo finito).

Termômetro de mercúrio;
Amperímetro com bobina móvel;
Manômetro de tubo em U;
Régua milimetrada;
Válvula pneumática com acionamento contínuo;
Aquecedor elétrico com tensão de acionamento contínua.

Padrões de Transmissão de Sinais em Instrumentação Industrial

É comum encontrar-se os seguintes padrões de envio de medições/comandos em Instrumentação Industrial:

Sinais de pressão de **3 psi a 15 psi** (libras por polegada quadrada);

Sinais de corrente de **4 mA a 20 mA**;

Sinais de tensão de **1 V a 5 V**.

O valor mínimo enviado diferente de zero possibilita testar se o instrumento está funcionando, mesmo que o valor da medição ou do comando seja nulo.

Classificação dos Instrumentos

Segundo a Utilização de Fontes de Energia:

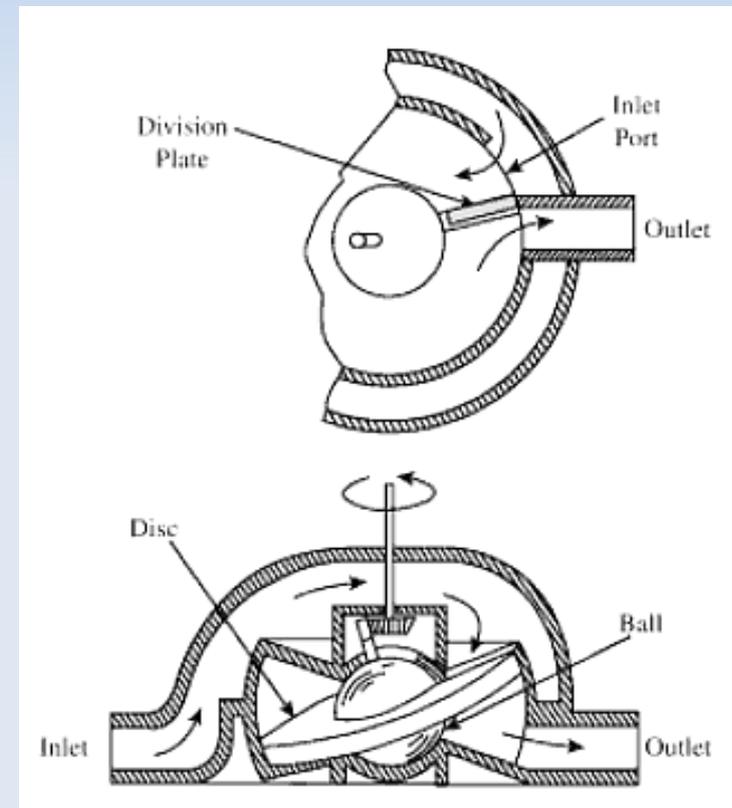
Passivos: utilizam a energia do próprio meio, ou energia humana/animal para funcionarem.

Instrumentos de medição deste tipo devem ser adequadamente dimensionados para minimizar a interferência sobre a variável a ser medida, devido ao fato de absorverem energia do próprio meio para funcionarem.

Termômetro de mercúrio;
Manômetro de tubo em U;
Régua milimetrada;
Válvula manual (e.g. torneira);
Hidrômetro doméstico.

Classificação dos Instrumentos: Instrumentos Passivos

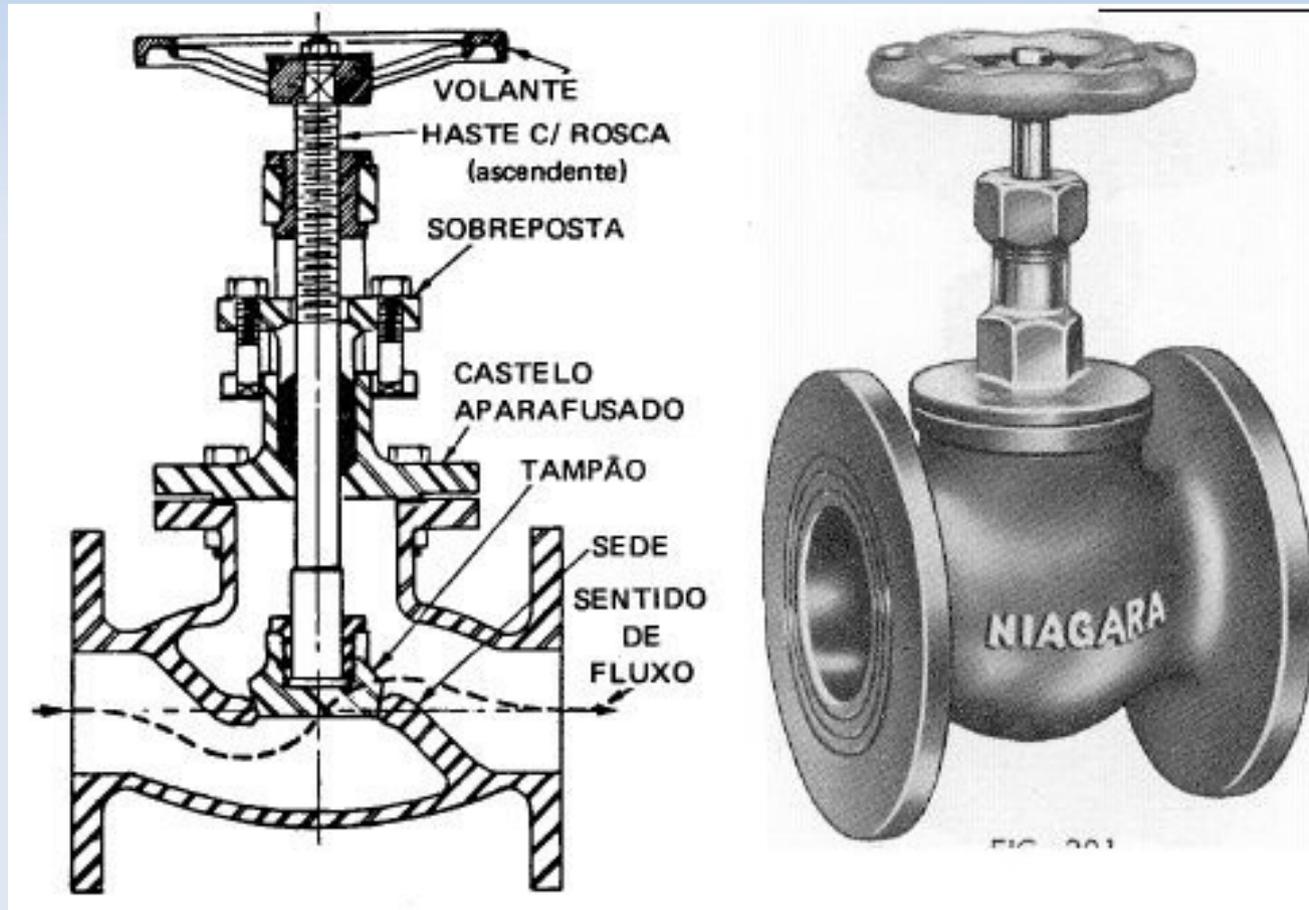
Hidrômetro residencial



Princípio: medidor de disco nutante.

Classificação dos Instrumentos: Instrumentos Passivos

Válvula Manual



Classificação dos Instrumentos

Segundo a Utilização de Fontes de Energia:

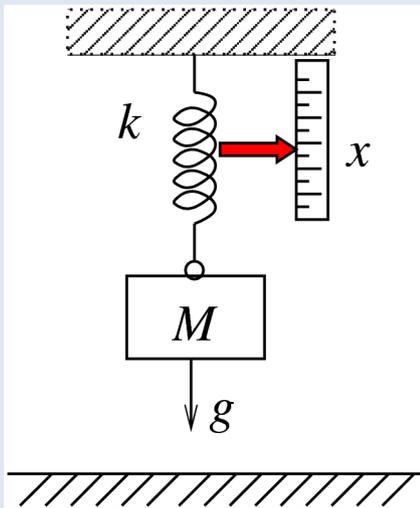
Ativos: utilizam outra fonte de energia para o seu funcionamento.

Instrumentos Eletrônicos usados para medir grandezas mecânicas, hidráulicas e térmicas;
Válvulas pneumáticas;
Bombas centrífugas.

Classificação dos Instrumentos

Segundo a Forma de Medição:

Por Deflexão: uma variação do mensurando conduz a uma variação correspondente na indicação.



Usualmente, em comparação com o método por detecção de nulo:

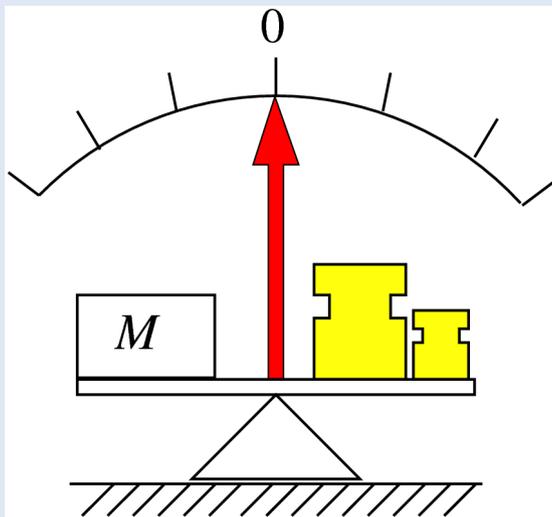
- São mais rápidos;
- São menos precisos;
- A qualidade do processo de medição está associada a qualidade construtiva do instrumento.

Ex.: Balança
Dinamométrica

Classificação dos Instrumentos

Segundo a Forma de Medição:

Por Detecção de Nulo: o resultado da medição é obtido quando o instrumento indica estar em equilíbrio.



Ex.: Balança de Pratos.

Usualmente, em comparação com o método por deflexão:

- São mais lentos;
- São mais precisos (basta detectar o desvio da condição de equilíbrio);
- A qualidade do processo de medição está associada a qualidade do padrão de medição empregado.

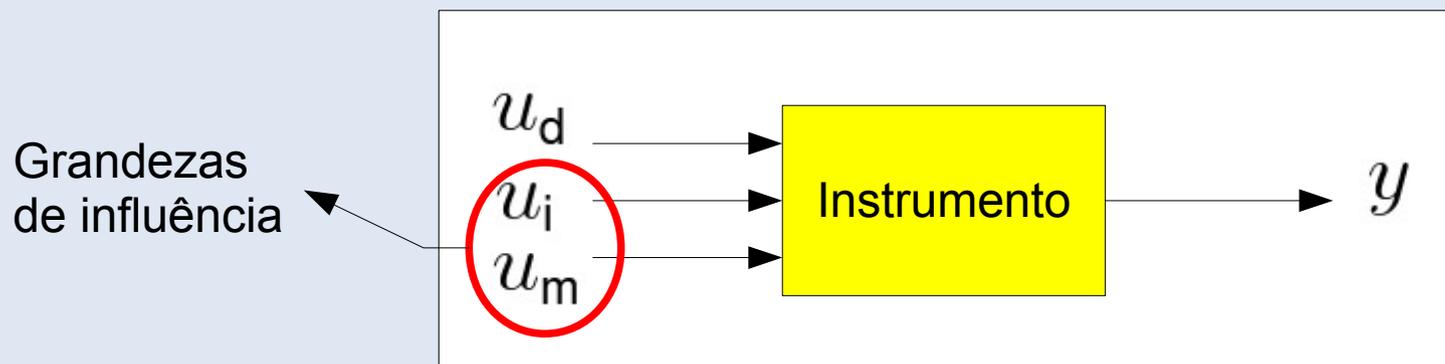
Grandezas de Influência

O Instrumento de Medição é afetado:

Pela grandeza desejada, ou Mensurando.

Por grandezas indesejadas, ou Grandezas de Influência, que podem ser divididas em:

1. Interferentes;
2. Modificantes.



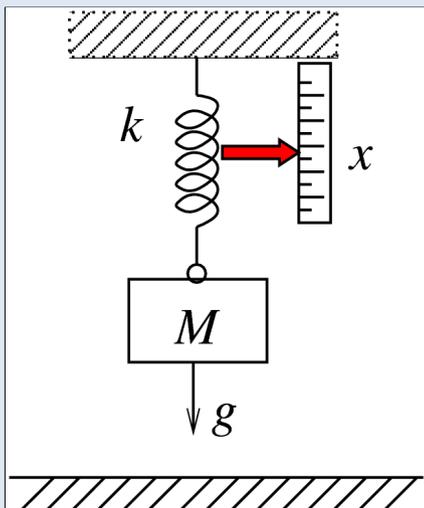
Grandezas de Influência

Processo de Medição Perfeito:



A indicação do Instrumento só é afetada pelo mensurando (grandeza desejada):

$$y = h(u_d)$$



Ex.: Balança.

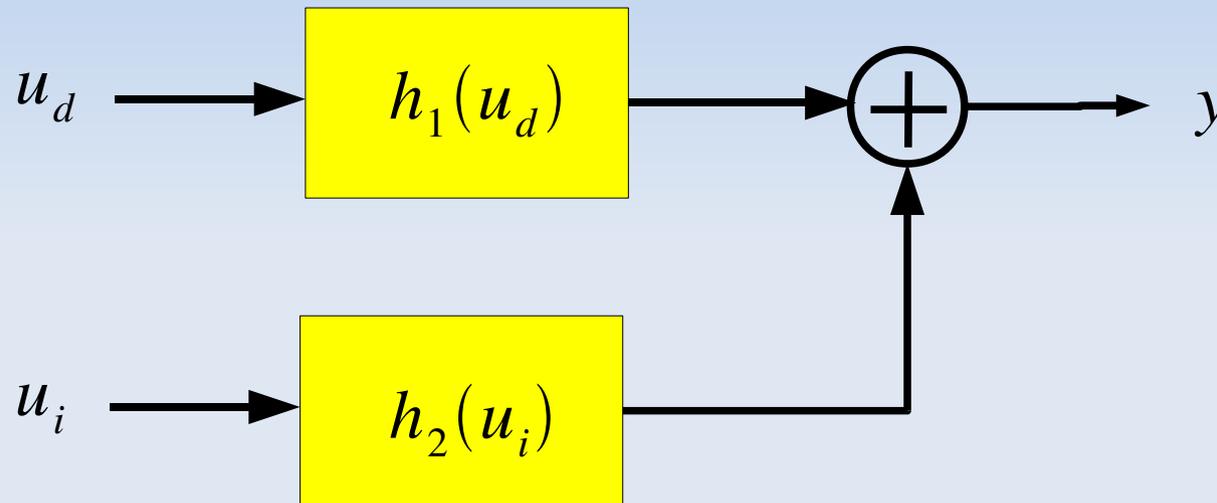
Variável indicada: x

Variável desejada/mensurando: M

$$x = \left(\frac{g}{k} \right) M \Rightarrow y = \left(\frac{g}{k} \right) u_d$$

Grandezas de Influência

Grandezas de Influência Interferentes (aditivas):

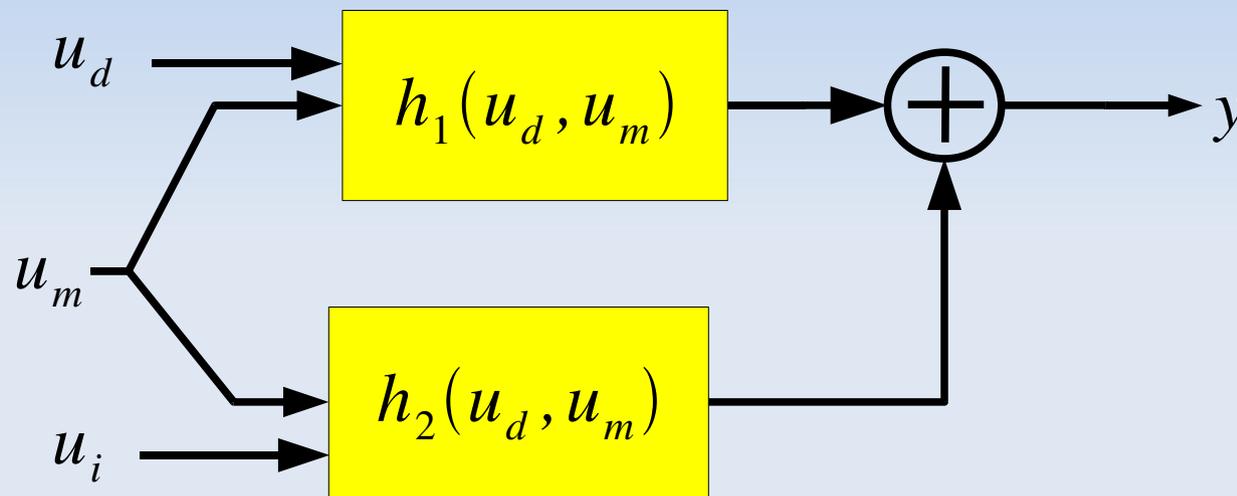


Ex.: Balança. Influência do peso próprio da mola sobre a indicação.

$$kx = Mg + mg \Rightarrow x = \left(\frac{g}{k}\right)M + \left(\frac{g}{k}\right)m \Rightarrow y = \left(\frac{g}{k}\right)u_d + \left(\frac{g}{k}\right)u_i$$

Grandezas de Influência

Grandezas de Influência Modificantes (multiplicativas):



Ex.: Balança. Variação da constante elástica com a temperatura ambiente.

$$x = \left(\frac{g}{k(T)} \right) M + \left(\frac{g}{k(T)} \right) m \Rightarrow y = \left(\frac{g}{k(u_m)} \right) u_d + \left(\frac{g}{k(u_m)} \right) u_i$$

Grandezas de Influência

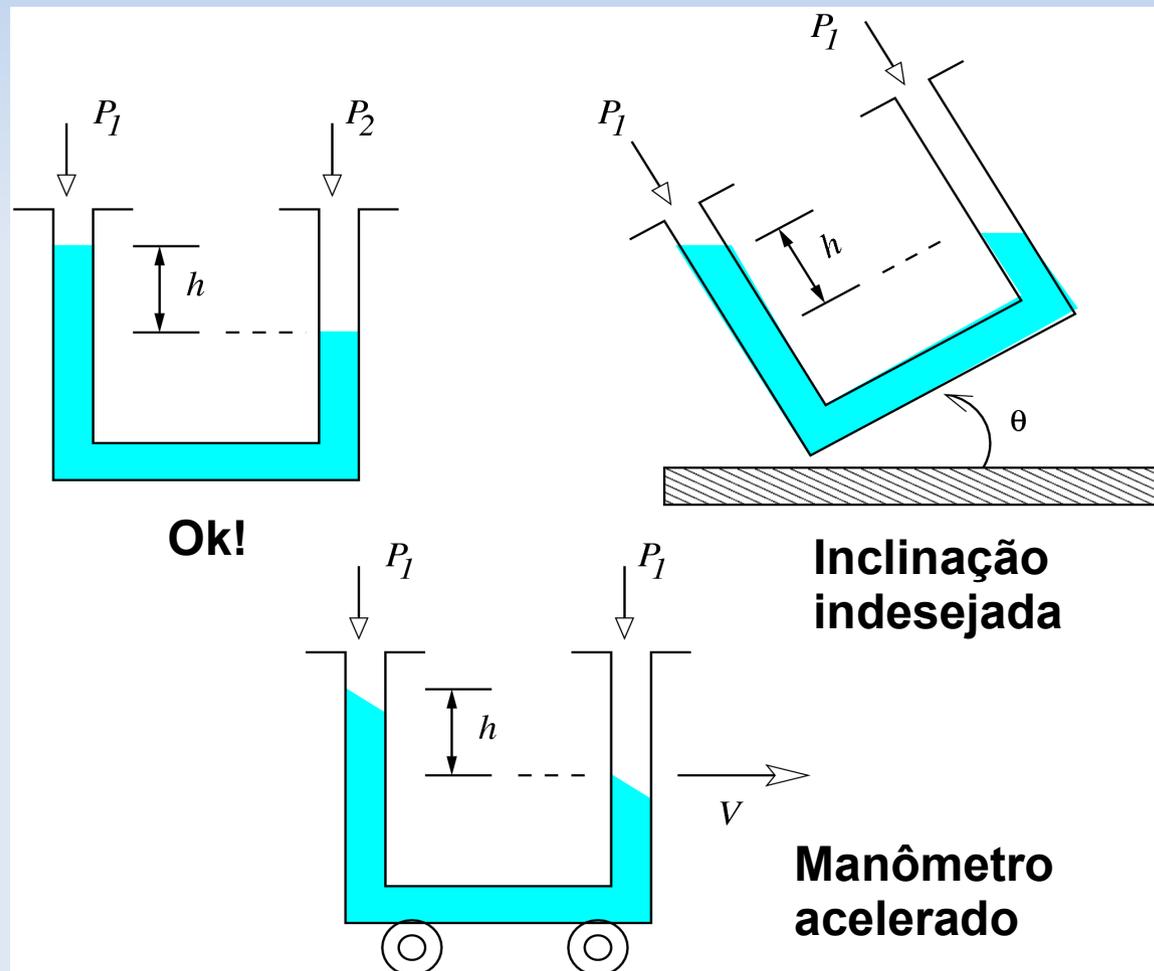
Pode haver várias grandezas de influência, tanto interferentes, quanto modificantes, alterando o processo de medição:

Ex.: Balança. Variação da constante elástica com a temperatura ambiente, peso próprio da mola e aceleração vertical para baixo.

$$Ma_v = Mg - mg - k(T)x \Rightarrow x = \left(\frac{g - a_v}{k(T)} \right) M + \left(\frac{g - a_v}{k(T)} \right) m$$
$$y = \left(\frac{g - u_1}{k(u_2)} \right) u_3 + \left(\frac{g - u_1}{k(u_2)} \right) u_3 \Rightarrow y = h(u_d, u_1, u_2, u_3)$$

Grandezas de Influência

Outro Exemplo: manômetro de tubo em U.



Métodos para Minimizar a Influência de Entradas Espúrias

Método da Insensibilidade Inerente

Construir o instrumento com materiais especialmente escolhidos que sofram pouco ou nenhuma influência de entradas indesejadas.

Ex.: construir uma balança usando uma mola com uma constante elástica pouco sensível à variação de Temperatura.

Métodos para Minimizar a Influência de Entradas Espúrias

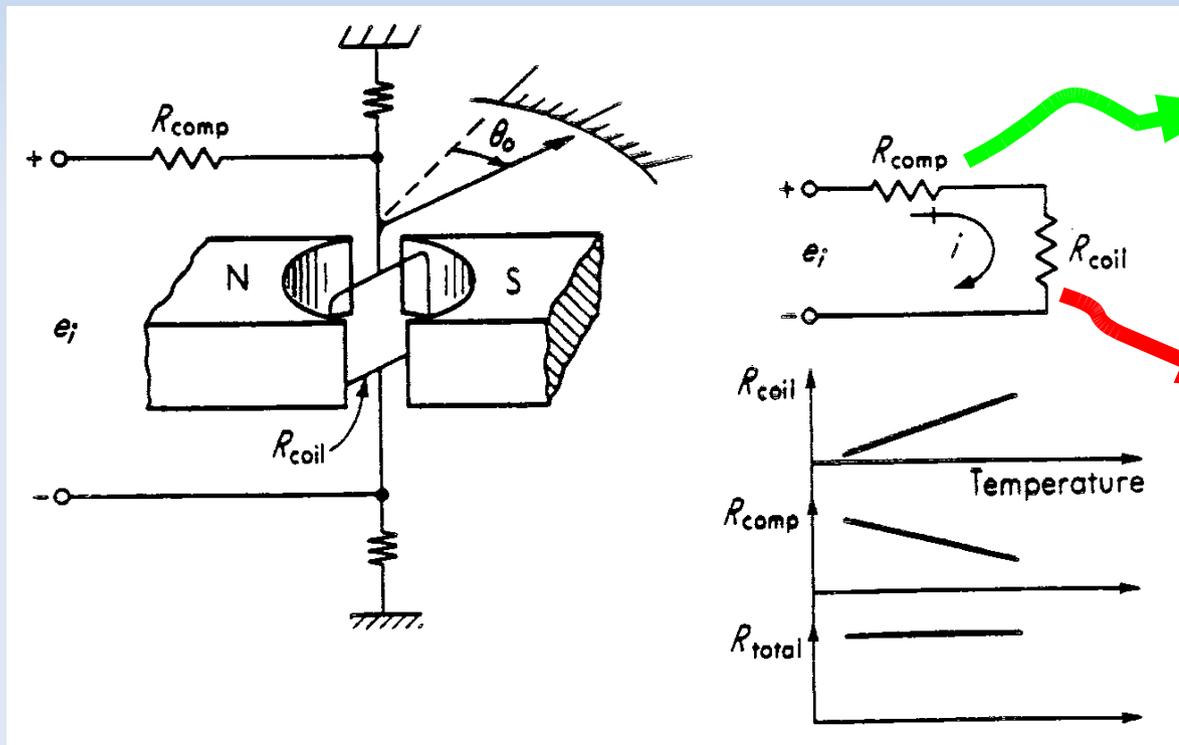
Método das Entradas em Oposição

Incluir no instrumento um sub-sistema ou elemento que sofra variação contrária àquela exercida pela grandeza de influência sobre a saída do mesmo, cancelando assim o seu efeito.

Ex.: Amperímetro com resistência com coeficiente de variação negativo com a Temperatura, propositadamente inserida no circuito do medidor.

Métodos para Minimizar a Influência de Entradas Espúrias

Exemplo: Método das Entradas em Oposição



Resistência semicondutora em série, colocada propositadamente, diminui com a temperatura.

Resistência metálica da bobina móvel do amperímetro aumenta com a temperatura.

Métodos para Minimizar a Influência de Entradas Espúrias

Método das Correções Calculadas

Medir a grandeza de influência **usando outro sensor** e compensar o seu efeito através do cálculo da correção necessária usando, por exemplo, um *hardware* microprocessado. Ou simplesmente fornecer ao observador o valor da grandeza de influência, juntamente com o mensurando, para que ele possa usar uma tabela de correção adequada, fornecida previamente.

Ex.: construir uma balança digital, com sensor de temperatura, com cálculo de compensação realizado em microprocessador interno.

Métodos para Minimizar a Influência de Entradas Espúrias

Método da Filtragem Seletiva

Minimizar/eliminar a influência de uma entrada indesejada, quando ela apresenta conteúdo espectral diverso daquele apresentado pela entrada de interesse. Neste caso, usa-se um sub-sistema (filtro) que responde somente às frequências presentes no mensurando.

Ex.: Eliminar os ruídos elétricos em 60Hz presentes em um sinal de temperatura de variações lentas (baixa freq.).

Métodos para Minimizar a Influência de Entradas Espúrias

Método do Alto Ganho de Realimentação

No caso em que se dispõe de um transdutor que, a partir do sinal de saída do instrumento é capaz de produzir uma variação na grandeza de mesma natureza do mensurando, é possível usar o conceito de realimentação e transferir as exigências de desempenho do instrumento original, para esse transdutor.

Ex.: Voltímetro baseado em indicar cujo ponteiro é movido por um motor de corrente contínua.