

RESUMO SOBRE INSTRUMENTAÇÃO EM SISTEMAS AUTOMATIZADOS

1. DIFERENÇA ENTRE AS FUNÇÕES DOS INSTRUMENTOS: MEDIDORES, INDICADORES, REGISTRADORES, CONTROLADORES E ALARMES.

Essa gama de instrumentos é chamada de instrumentação na indústria. É uma área da engenharia que desenvolve e estuda a aplicação de dispositivos utilizados para medir, monitorar, controlar, registrar e transmitir informações e variáveis físicas e químicas de um processo. Sem isso, é impossível controlar e realizar processos industriais nos dias de hoje.

Levando isso em consideração, os instrumentos são classificados de acordo com suas funções realizadas: medidores, indicadores, registradores, controladores e alarmes. Mesmo que estejam ligados a uma mesma cadeia de processos, cada um possui características próprias e realiza um papel único no sistema automatizado.

Medidores:

Os medidores são dispositivos responsáveis por detectar e quantificar uma grandeza física ou química presente no processo. Eles constituem o primeiro elemento da linha de controle, pois fornecem a informação primária necessária para qualquer ação futura do sistema. A medição consiste na comparação entre uma grandeza desconhecida e um padrão previamente definido. Nos sistemas industriais, essa medição geralmente é convertida em um sinal padronizado, como 4–20 mA, 0–10 V ou sinal digital.

Exemplos comuns de medidores incluem:

- Termopares e RTDs para temperatura;
- Manômetros e sensores piezoresistivos para pressão;
- Medidores eletromagnéticos e de turbina para vazão;
- Sensores ultrassônicos e capacitivos para nível.

Indicadores

Os indicadores são instrumentos cuja função principal é apresentar visualmente o valor da variável medida. Diferentemente dos medidores, que realizam a detecção da grandeza, os indicadores têm como finalidade permitir que o operador visualize o estado atual do processo. São fundamentais para a supervisão operacional. Eles permitem a tomada de decisões humanas, especialmente em sistemas que exigem intervenção manual, podendo ser locais, instalados diretamente no campo, ou remotos, localizados em salas de controle e integrados a sistemas supervisórios. Eles podem ser analógicos (com ponteiro e escala graduada) ou digitais (display numérico ou gráfico).

Registradores

Os registradores têm como função armazenar os valores medidos ao longo do tempo, permitindo a análise histórica do comportamento do processo. O registro contínuo de dados é essencial para rastreabilidade, controle de qualidade e análise de falhas. Historicamente, utilizavam-se registradores gráficos em papel. Atualmente, os registros são digitais, realizados por sistemas SCADA, CLPs ou data loggers industriais.

A principal diferença entre indicador e registrador está no fator temporal. O indicador mostra o valor instantâneo; o registrador documenta a evolução da variável ao longo do tempo.

Análise desses registros permite:

- Identificação de tendências;
- Diagnóstico de falhas;
- Avaliação de desempenho;
- Comprovação de conformidade com normas técnicas.

Controladores

Os controladores representam o elemento decisório da linha de controle. Sua função é comparar o valor medido com um valor de referência e gerar uma ação corretiva para minimizar o erro, o princípio básico do controle automático consiste na realimentação, na qual o valor medido é constantemente comparado ao valor desejado.

Os principais tipos de controle são:

- ON/OFF: atua apenas ligando ou desligando;
- Proporcional (P): corrige proporcionalmente ao erro;
- Proporcional-Integral (PI): corrige erro presente e acumulado;
- Proporcional-Integral-Derivativo (PID): considera erro atual, passado e tendência futura.

Diferentemente dos indicadores e registradores, o controlador atua diretamente no processo, enviando comandos para elementos finais como válvulas, inversores de frequência ou resistências elétricas.

Alarmes

Os alarmes são dispositivos destinados a alertar operadores sobre condições anormais ou perigosas no processo. Eles são configurados com limites superior e inferior e são ativados quando a variável ultrapassa esses valores.

Os alarmes podem ser:

- Visuais (luzes, mensagens em tela);
- Sonoros (sirene, buzzer);
- Digitais (notificações em sistemas supervisórios).

Diferentemente do controlador, o alarme não corrige automaticamente o processo (exceto quando integrado a sistemas de proteção). Sua função principal é advertir e prevenir acidentes.

COMPARAÇÃO FUNCIONAL

As diferenças entre os instrumentos podem ser resumidas da seguinte forma:

- Medidor: detecta e quantifica a variável;
- Indicador: exibe o valor medido;
- Registrador: armazena histórico;
- Controlador: corrige automaticamente;
- Alarme: alerta sobre anormalidades.

Todos fazem parte da linha de controle, mas possuem funções diferentes que se complementam.

2. NOMENCLATURAS DE INSTRUMENTOS E MALHAS

DE CONTROLE

As nomenclaturas são códigos padronizados usados para identificar instrumentos, sinais e funções em sistemas de automação. Esses códigos aparecem principalmente em P&IDs (Piping and Instrumentation Diagrams), documentos essenciais para engenharia de processos.

Normas mais usadas:

- **ISA 5.1** – padrão internacional para símbolos e identificação de instrumentos.
- **ABNT NBR 8190** – versão brasileira que complementa a ISA.

Estrutura do código (TAG)

Cada instrumento recebe um **TAG**, composto por:

Letras (função do instrumento)

Indicam **variável medida + função do dispositivo**.

Exemplos comuns:

LETROS	SIGNIFICADO
T	Temperatura
P	Pressão
F	Vazão (Flow)
L	Nível (Level)
I	Indicador
V	Controlador
V	Válvula

Exemplo:

TIC → *Temperature Indicating Controller* (Controlador Indicador de Temperatura).

Número da malha

Identifica a **malha de controle** à qual o instrumento pertence.

Exemplo:

TIC-101 controlador de temperatura da malha **101**.

O que é uma malha de controle

Uma malha de controle é o **conjunto de instrumentos** que mede, compara e ajusta uma variável de processo. Composto pelos componentes a seguir:

- **Sensor/transmissor** (mede a variável)
- **Controlador** (compara com o setpoint)
- **Elemento final de controle** (válvula, inversor, etc.)

As malhas são representadas nos P&IDs com seus TAGs e símbolos padronizados pela ISA.

Exemplos de TAGs em uma malha

Para uma malha de temperatura **101**:

TAG	FUNÇÃO
TT-101	Transmissor de temperatura
TIC-101	Controlador indicador de temperatura
TV-101	Válvula de controle de temperatura

Por que a padronização é importante

Facilita a **leitura universal** de documentos técnicos, evita erros de operação e manutenção, permite comunicação clara entre equipes de engenharia, operação e automação e garante conformidade com normas internacionais.

3. SAÍDAS DIGITAIS E ANALÓGICAS EM DISPOSITIVOS

Saídas Digitais (DO – Digital Output)

Natureza do sinal: Binário (0 ou 1, ligado/desligado).

Exemplos de aplicação:

- Acionamento de **relés**.
- Controle de **válvulas solenóides** (abre/fecha).
- Ligar/desligar **motores** em partida direta.
- Acender/apagar **lâmpadas** ou alarmes sonoros.

Vantagens:

- Simplicidade.
- Alta confiabilidade.

- Resposta rápida.

Limitações:

- Não permite ajuste contínuo, apenas estados fixos.

Saídas Analógicas (AO – Analog Output)

Natureza do sinal: Contínuo, geralmente em faixas como **4–20 mA** ou **0–10 V**.

Exemplos de aplicação:

- Controle proporcional de **válvulas de processo** (posição variável).
- Ajuste de **velocidade de motores** via inversores de frequência.
- Regulagem de **temperatura** em sistemas de aquecimento.
- Controle de **bombas** com variação de vazão.

Vantagens:

- Permite ajuste fino e proporcional.
- Maior precisão no controle de variáveis de processo.

Limitações:

- Mais complexas de implementar.
- Suscetíveis a ruídos e interferências.

CARACTERÍSTICA	SAÍDA DIGITAL (DO)	SAÍDA ANALÓGICA (AO)
Tipo de sinal	Binário (0/1)	Contínuo (faixa de valores)
Exemplo de uso	Ligar bomba	Controlar velocidade da bomba
Precisão	Baixa (estado fixo)	Alta (ajuste proporcional)

Complexidade	Simples	Mais complexa
Robustez contra ruído	Alta	Média (precisa de filtragem)

Importância no Controle de Processos

Saídas digitais são ideais para **comandos simples** e segurança (intertravamentos, alarmes).

Saídas analógicas são essenciais em **malhas de controle contínuas**, garantindo estabilidade e eficiência em processos industriais.

4. TRANSMISSORES

São dispositivos que medem uma variável de processo (como pressão, temperatura, nível, vazão) e a convertem em um sinal padrão para ser enviado ao sistema de controle.

Esse sinal pode ser analógico (ex.: 4–20 mA, 0–10 V) ou digital (protocolos como HART, Foundation Fieldbus, Profibus).

Função principal

- **Captar a variável física** por meio de um sensor.
- **Converter** essa informação em um sinal elétrico/pneumático padronizado.
- **Transmitir** ao controlador (PLC, DCS) para tomada de decisão e ajuste do processo.

Tipos de transmissores

- **Transmissores de pressão (PT)** → medem pressão absoluta, manométrica ou diferencial.

- **Transmissores de temperatura (TT)** → usam termopares ou RTDs como sensores.
- **Transmissores de nível (LT)** → medem nível de líquidos em tanques (hidrostático, ultrassônico, radar).
- **Transmissores de vazão (FT)** → medem a quantidade de fluido que passa por uma tubulação.

Características importantes

- **Faixa de medição (range)**: limites mínimo e máximo da variável medida.
- **Exatidão**: grau de proximidade entre valor medido e valor real.
- **Linearidade**: capacidade de manter proporcionalidade entre variável e sinal de saída.
- **Tempo de resposta**: rapidez com que o transmissor reage a mudanças.
- **Comunicação**: pode ser analógica ou digital (permitindo diagnóstico e calibração remota).

Exemplos de TAGs em P&ID

- **PT-101** → Pressure Transmitter da malha 101.
- **TT-202** → Temperature Transmitter da malha 202.
- **LT-303** → Level Transmitter da malha 303.

Importância no controle de processos

São os “**sentidos**” da planta industrial, fornecendo dados confiáveis para automação que garantem **segurança operacional, eficiência energética e qualidade do produto**. Sem transmissores, não há como implementar malhas de controle automáticas.

5. CONVERSORES A/D e D/A

Convertem sinais **analógicos contínuos** (como tensão ou corrente) em sinais **digitais discretos** (sequência de bits), e permitem que controladores digitais (PLC,

microcontroladores, computadores) interpretem variáveis físicas medidas por sensores.

Um transmissor de temperatura gera 4–20 mA → o ADC transforma esse sinal em valores binários que o controlador entende.

Características importantes:

Resolução: é o número de bits usados (ex.: 8, 12, 16 bits) define a precisão e a **taxa de amostragem** é a frequência com que o sinal é convertido. A **linearidade**: é a fidelidade da conversão em relação ao sinal real.

Conversores D/A (DAC – Digital to Analog Converter)

Função: Convertem sinais **digitais** (binários) em sinais **analógicos contínuos** (tensão ou corrente).

Aplicação: Permitem que controladores digitais enviem comandos proporcionais a elementos finais de controle.

Exemplo: Um PLC gera um valor digital → o DAC converte em 4–20 mA para ajustar a posição de uma válvula de controle.

Características importantes:

- **Resolução:** número de bits que define a suavidade do sinal analógico.
- **Tempo de resposta:** rapidez da conversão.
- **Ruído:** qualidade do sinal gerado, que pode exigir filtragem.

Comparação entre ADC e DAC

Aspecto	Conversor A/D (ADC)	Conversor D/A (DAC)
Direção da conversão	Analógico - Digital	Digital - Analógico
Uso principal	Leitura de sensores	Controle de atuadores
Exemplo	Medir temperatura	Ajustar válvula
Unidade típica	Bits (resolução)	Corrente/tensão

Importância em sistemas automatizados

- **ADC:** conecta o mundo físico (sensores) ao mundo digital (controladores).
- **DAC:** conecta o mundo digital (decisão do controlador) ao mundo físico (atuadores).
- Juntos, permitem que sistemas de automação monitorem e controlem processos industriais de forma precisa e eficiente.

6. TRANSDUTORES

São dispositivos que convertem uma forma de energia em outra, geralmente transformando grandezas físicas (temperatura, pressão, luz, som, posição) em sinais elétricos. São a ponte entre o mundo físico e os sistemas de medição/controle.

Função principal

- Captar uma variável física do processo.
- Converter essa variável em um sinal elétrico proporcional (tensão, corrente, resistência).
- Permitir que controladores, transmissores ou sistemas de automação interpretem e processem os dados.

Tipos de transdutores

- De **pressão:** usam elementos como piezoelétricos ou strain gauges para gerar sinal elétrico proporcional à pressão.
- De **temperatura:** termopares e RTDs convertem calor em variação de tensão ou resistência.
- De **posição/deslocamento:** potenciômetros, LVDTs (transformadores diferenciais lineares).
- De **vazão:** turbinas, ultrassônicos, eletromagnéticos.
- De **nível:** capacitivos, ultrassônicos, radar.

- De **som/luz**: microfones (som - sinal elétrico), fotodiodos (luz - corrente elétrica).

Características importantes

- **Sensibilidade**: capacidade de detectar pequenas variações.
- **Linearidade**: fidelidade da relação entre entrada física e saída elétrica.
- **Faixa de operação**: limites mínimo e máximo de medição.
- **Tempo de resposta**: rapidez em acompanhar mudanças da variável.
- **Estabilidade**: manter desempenho ao longo do tempo.

Papel em sistemas automatizados

São os “sentidos” do sistema, captando informações do ambiente, alimentam transmissores e controladores com dados confiáveis e permitem a implementação de malhas de controle precisas e seguras.

7. SENSORES ANALÓGICOS E DIGITAIS

Sensores Analógicos.

Os sensores analógicos captam variáveis físicas e geram sinais (contínuos), que podem assumir infinitos valores dentro de uma faixa.

Exemplos de sinais: tensão (0–10 V), corrente (4–20 mA), resistência variável.

Aplicações:

- Medição de **temperatura** (termopares, RTDs).
- Medição de **pressão** (strain gauges).
- Medição de **nível** (ultrassônicos, capacitivos).

Vantagens:

- Representam fielmente variações suaves da grandeza medida.
- Permitem controle proporcional e preciso.

Limitações:

- Suscetíveis a ruídos e interferências.
- Necessitam de conversores A/D para serem interpretados por controladores digitais.

Sensores Digitais

Os sensores digitais captam variáveis físicas e geram sinais discretos, geralmente binários (0 ou 1), ou em pacotes de dados digitais.

Exemplos de sinais: nível lógico (alto/baixo), pulsos, protocolos digitais (I²C, SPI, Modbus).

Aplicações:

- Detectores de **posição** (fim de curso, proximidade).
- Sensores de **velocidade** (encoders).
- Sensores de **presença** (fotocélulas, infravermelho).

Vantagens:

- Menor suscetibilidade a ruídos.
- Fácil integração com controladores digitais (PLC, microcontroladores).
- Podem transmitir dados complexos via protocolos digitais.

Limitações:

- Representam estados discretos, não variações contínuas.
- Podem exigir maior processamento para interpretação de dados.

Comparação Direta

Aspecto	Sensores Analógicos	Sensores Digitais
----------------	----------------------------	--------------------------

Tipo de sinal	Contínuo	Discreto (binário ou digital)
Exemplo	Termopar (temperatura)	Encoder (posição/velocidade)
Precisão	Alta, proporcional	Alta em estados definidos
Susceptibilidade a ruído	Maior	Menor
Integração com PLC	Via conversor A/D	Direta

Importância em sistemas automatizados

Sensores analógicos são essenciais para variáveis de processo que exigem controle proporcional (temperatura, pressão, nível, vazão). Sensores digitais são ideais para detecção de eventos, estados e medições discretas (posição, presença, contagem).