

Sensores

Fabrcio Ramos da Fonseca

Introduo3o aos Sensores

Nas plantas automatizadas os sensores s3o elementos muito importantes. Na nossa vida cotidiana, os sensores est3o presentes em v3arias situa33es, ainda que muitas vezes n3o nos damos conta. Vamos analisar, por exemplo, o funcionamento de um term3ometro. Ele indica a temperatura do nosso corpo atrav3s do merc3urio, uma subst3ncia que se expande com o aumento da temperatura. Ent3o, podemos dizer que o merc3urio 3 o sensor da temperatura do corpo.

Quando subimos numa balança anal3gica e observamos nosso peso, por exemplo, estamos diante de um processo que faz uso de um sensor. A balança indica nosso peso ou massa porque uma mola sofre uma deforma33o mec3nica proporcional a ele. A informa33o da deforma33o 3 transformada (mecanicamente) e faz girar o ponteiro da balança.

H3 outros in3meros exemplos do uso de sensores como o veloc3metro de um autom3vel que indica a velocidade de deslocamento porque existe um sensor que 3 capaz de medir a velocidade das rodas. Ou ent3o, a porta de uma geladeira que ao ser aberta acende a luz, porque h3 um sensor que indica que ela foi aberta.

Procure pensar em outros exemplos da nossa vida em que os sensores est3o presentes.

O sensor percebe (ou "sente") uma determinada grandeza f3sica/qu3mica e a transmite para um indicador (term3ometro, ponteiro do veloc3metro, ponteiro da balança, etc.) e, em muitos casos, tamb3m para um controlador. Na transmiss3o de uma grandeza f3sica/qu3mica h3 uma transforma33o de sinal. A deforma33o da mola pelo peso transforma-se no acionamento do ponteiro da balança, por exemplo.

Sensor3, ent3o, um dispositivo capaz de monitorar a varia33o de uma grandeza f3sica e transmitir esta informa33o a um sistema em que a indica33o seja intelig3vel para n3s ou para o elemento de controle do sistema. No caso do autom3vel, por exemplo, o elemento que controla o sistema 3 o motorista; no caso da geladeira 3 uma liga33o el3trica que determina se a l3mpada deve ser acesa.

Todos os dispositivos sensores s3o compostos por elementos denominados transdutores, pois s3o capazes de transformar um tipo de energia em outro. A maior parte dos sensores 3 constitu3da por transdutores que convertem uma grandeza de entrada em uma grandeza el3trica, que pode ser processada por um circuito el3trico ou eletr3nico.

Transdutor: é todo dispositivo que recebe um sinal de entrada na forma de uma grandeza física, e fornece uma resposta na saída, da mesma espécie ou diferente, que reproduz certas características do sinal de entrada a partir de uma relação definida.

Há vários tipos de sensores e, em um sistema, eles podem ser colocados em pontos diferentes.

Características e Tipos de Sinais

Os sensores podem ser classificados segundo o tipo de sinal que transformam. Assim, para estudar sensores é necessário começar pelos tipos de sinais.

Um sinal é uma informação na forma de um valor (ou de uma curva de valores) de uma grandeza física [DIN 19226]. Há diferentes representações para os diversos tipos de sinais, da mesma maneira que há diversas representações para uma grandeza física. Vamos ver, a seguir alguns tipos de sinais.

Sinal Digital

O sinal digital binário ("bi=dois") só pode assumir dois valores. Estes valores são associados a estados que podem indicar, por exemplo, se uma pressão está acima ou abaixo de uma determinada referência. O valor 0 (zero) é geralmente utilizado para indicar estados como "falso", "aberto", "desligado" ou "abaixo da referência", enquanto o valor 1 (um) pode indicar estados como "verdadeiro", "fechado", "ligado" ou "acima da referência".

Observe o exemplo da Fig. 1.

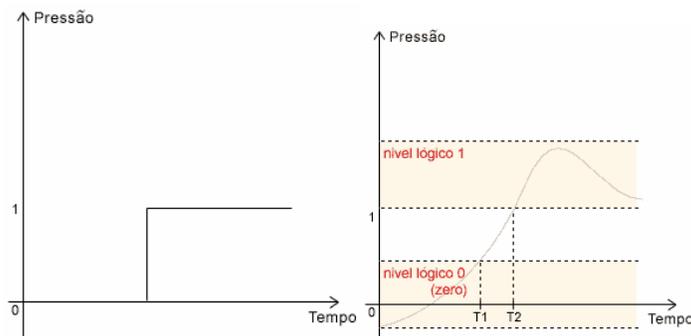


Fig. 1 - Exemplo de sinal binário ou discreto

Na Fig. 1, o gráfico da esquerda indica a sinalização digital binária mudando de zero para um de acordo com a mudança da variável pressão visualizada no gráfico da direita. No tempo T1, a pressão encontra-se em um valor onde seu nível binário correspondente é o zero. Ao alcançar o tempo T2, percebe-se que a pressão atingiu uma amplitude que faz com que o sensor seja comutado do valor zero para o valor um, detectando assim um aumento da pressão. A zona entre os níveis de acionamento lógico zero e um serve para absorver pequenas flutuações na pressão evitando que o sensor seja comutado por variações não significativas.

Estes estados são traduzidos em sinais elétricos para que os sensores possam ser ligados à porta de dispositivos industriais. As saídas mais comuns destes sensores são:

- **Saída de Contato Seco:** saída representada por dois terminais que ocasionalmente são "curto circuitados" por um evento, possibilitando a passagem de um determinado sinal. Podem ser encontrados nos formatos Normal Aberto (NA), onde os contatos inicialmente encontram-se desconectados e são acionados por um evento qualquer (chegada ao fim de curso de um pistão, abertura ou fechamento de uma porta, etc.) ou Normal Fechado (NF), onde os terminais inicialmente encontram-se conectados e são separados por um evento qualquer.

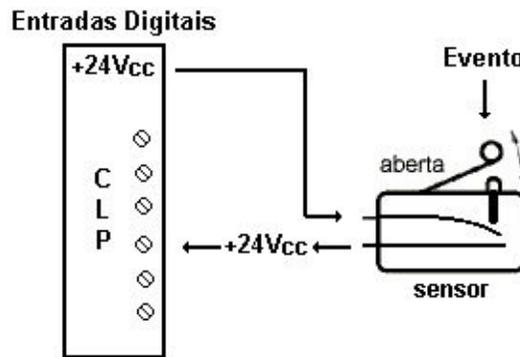


Fig. 2 - Ligação de um sensor de contato seco NA a um canal de entrada digital de um CLP

- **Saída de Corrente Contínua:** os sensores com saída de corrente contínua são alimentados por uma fonte. Possuem na saída um transistor que tem como função chavear (ligar e desligar) a carga conectada ao sensor. Existem ainda dois tipos de transistores de saída, um que conecta o terminal positivo da fonte de alimentação, conhecido como PNP; e o tipo que conecta o negativo da fonte, conhecido como NPN.

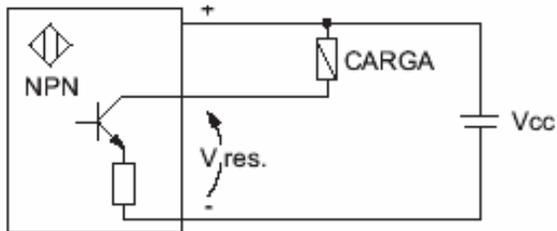


Fig. 3 - Ligação de um sensor de corrente contínua a uma carga que pode ser representada pela entrada digital de um CLP

A seguir, na Fig.4, estão indicados exemplos de sensores industriais que geram sinais digitais (ou discretos) binários e algumas das suas aplicações.

Tipo de dispositivo	Sinal gerado	Aplicações	Aspecto
Botão de comando	Digital – Contato seco	Ligar e desligar equipamentos.	
Chave de nível	Digital – Contato seco ou corrente contínua	Detectar se o nível de um reservatório está acima ou abaixo de uma referência.	
Sensor indutivo de proximidade (tipo P ou N)	Digital – Contato seco ou corrente contínua	Detectar a presença de objetos metálicos.	
Pressostato	Digital – Contato seco	Detectar se a pressão de um vaso está acima ou abaixo de uma referência.	

Fig. 4 – Aplicações de sensores que geram sinais binários

Os sinais gerados por estes dispositivos podem ser ligados às **entradas digitais** de equipamentos industriais como CLPs para que possam ser interpretados e processados.

Na Fig. 5, a seguir, temos alguns exemplos de dispositivos industriais que são acionados por sinais digitais (ou discretos) binários e algumas das suas aplicações.

Tipo de dispositivo	Sinal de ativação	Aplicações	Aspecto
Sinaleiro	Digital – Tensão de CC ou CA	Indicação luminosa de equipamento ligado ou parado. Alarmes.	
Contator	Digital – Tensão de CC ou CA	Acionar circuitos elétricos de maior potência. Intertravar comandos elétricos.	
Válvula direcional	Digital – Tensão de CC ou CA	Comandar circuitos hidráulicos ou pneumáticos.	

Fig. 5 - Dispositivos industriais acionados por sinais digitais binários.

Os sinais recebidos por estes dispositivos podem ser gerados por saídas digitais de equipamentos industriais como CLPs.

Sinal Analógico

Um sinal analógico é um sinal contínuo que representa a evolução de uma grandeza, de uma variável e que apresenta infinitos valores mesmo que estes valores estejam em uma faixa determinada. Vamos nos imaginar medindo o nível de um reservatório e que este nível pode variar de 0 a 10 metros de altura. Há infinitos valores de nível nesta faixa e um sinal analógico, por ser contínuo, pode representar todos estes valores. Por exemplo, o nível do reservatório pode ser de 2 metros, de 3,5 metros, de 9,75 metros, ou seja, qualquer valor entre 0 e 10 metros.

Transmissores de nível (como os ultra-sônicos, por exemplo) são instrumentos que medem uma variável analógica (nível) e que geram um sinal correspondente a esta variável em uma outra grandeza (em geral sinais de tensão ou corrente dentro de faixas padrões preestabelecidas) que possa ser interpretada por equipamentos de automação industrial como os CLPs, por exemplo. A Fig. 6 mostra o gráfico de variação de um sinal de nível ao longo do tempo.

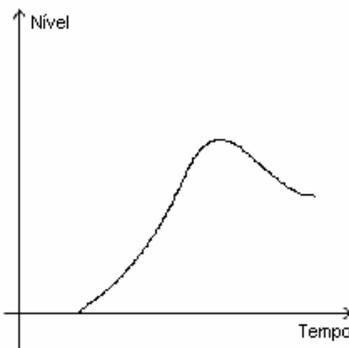


Fig.6 - Variação de um sinal de nível no decorrer do tempo

Alguns exemplos de sinais padrões gerados por transmissores e utilizados no meio industrial são sinais de tensão como de 1 a 5 Vcc ou ainda sinais de corrente como por exemplo de 4 a 20 mA.

- **Saída em tensão:** o transmissor encaminha níveis de tensão equivalentes ao valor da variável que está sendo medida a um dispositivo que fará a aquisição deste sinal. Observe na Fig. 7 a ligação entre um transmissor e um canal de entrada analógica.

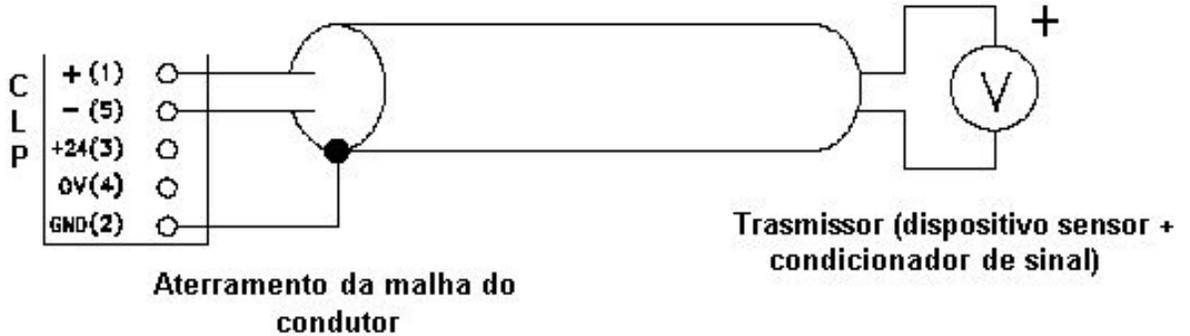


Fig. 7 - Ligação de um transmissor com sinal de saída em tensão a um canal de entrada analógica em tensão de um CLP

- **Saída em corrente:** o transmissor encaminha variações de corrente equivalentes ao valor da variável que está sendo medida, a um dispositivo que fará a aquisição deste sinal. Uma configuração de ligação muito comum é aquela mostrada na Fig. 8, em que o equipamento é alimentado pelo próprio cabo pelo qual transmite o sinal. Este tipo de ligação é chamada "a dois fios".

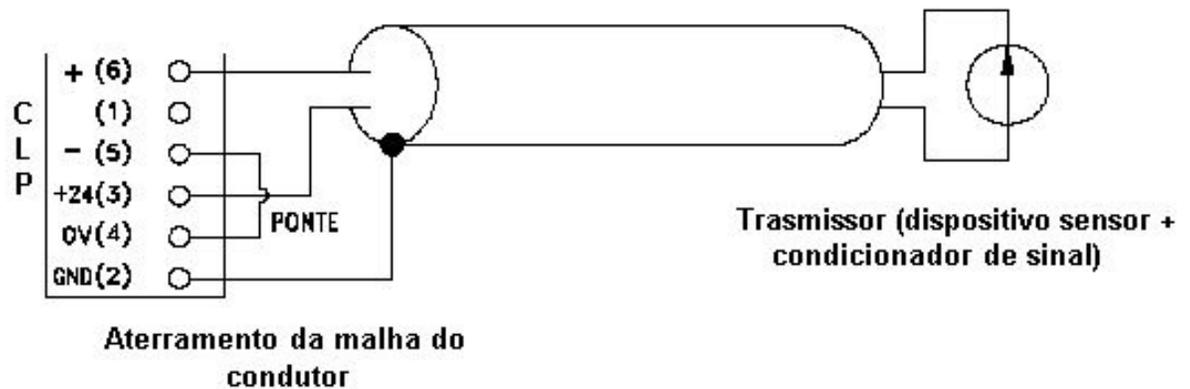


Fig. 8 - Ligação a dois fios de um transmissor com sinal de saída em corrente a um canal de entrada analógica em corrente de um CLP

A seguir, na Fig. 9, estão exemplos de dispositivos industriais que geram sinais analógicos e algumas das suas aplicações.

Tipo de dispositivo	Sinal gerado	Aplicações	Aspecto
Potenciômetro	Analógico – Resistivo (Ω)	Detectar deslocamento de conjuntos mecânicos	
Transmissor de nível ultra-sônico	Analógico – Tensão (V) ou corrente (mA)	Medição de nível de reservatórios	
Transmissor de pressão capacitivo	Analógico – Corrente (mA)	Medição de pressão de vasos pressurizados	
Termopar	Analógico – Tensão (mV)	Medição de temperatura em processos industriais	

Fig. 9 – Aplicações que geram sinais analógicos

Os sinais gerados por estes dispositivos podem ser ligados às **entradas analógicas** de dispositivos industriais como CLPs para que possam ser interpretados e processados.

Na Fig. 10, a seguir, estão exemplos de dispositivos industriais que são acionados por sinais analógicos e algumas das suas aplicações.

Tipo de dispositivo	Sinal recebido	Aplicações	Aspecto
Indicador analógico	Analógico – Corrente (mA)	Indicar variáveis industriais como pressão, nível, temperatura, vazão, etc.	
Posicionador de válvulas	Analógico – Corrente (mA)	Estabelecer a abertura exata de válvulas proporcionais	
Inversor de frequência	Analógico – Corrente (mA) ou tensão (V)	Estabelecer a velocidade de rotação de motores elétricos	

Fig.10 - Dispositivos industriais acionados por sinais digitais analógicos.

Os sinais recebidos por estes dispositivos podem ser gerados por **saídas analógicas** de equipamentos industriais como CLPs

Tipos de sensores

Sensores Digitais - Princípio de Funcionamento

Os sensores apresentados a seguir medem variáveis digitais (ou discretas) binárias, ou seja, que só podem assumir dois valores.

- **Detetor por Contato (microchave ou sensor de fim de curso):** o tipo de sensor utilizado na porta da geladeira para acender e apagar a lâmpada é um detetor de contato. Os detetores de contato mais comuns são as microchaves.

Observe o funcionamento deste tipo de sensor na Fig. 11, a seguir.

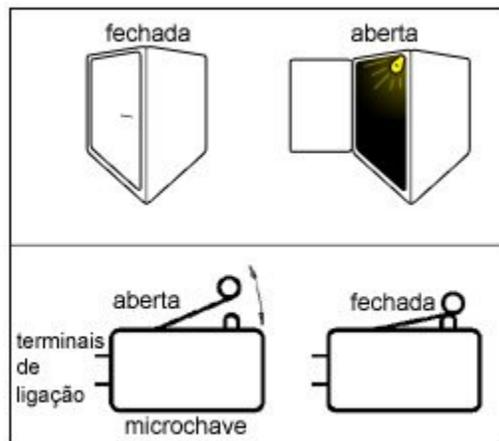


Fig.11 - Funcionamento de uma microchave

As microchaves indicam somente dois estados (ligado ou desligado, aberto ou fechado, etc.). Na indústria, este tipo de sensor pode ser usado para indicar se um cilindro pneumático atingiu ou não a posição correta; pode ser usado também para indicar o número de peças que passam por uma esteira. A chave é acionada a cada vez que uma peça passa e então envia um sinal para um contador ou para uma entrada digital de um CLP, que irá contar as peças. Ele faz a contagem baseado nos sinais da microchave. Se passarem 10 peças, 10 vezes a chave será acionada e mandará 10 vezes o mesmo sinal para o CLP.

As microchaves ou detetores de contato são sensores que detectam presença somente se houver contato físico sobre eles.

Não é aconselhável usar um detetor de contato em aplicações que exijam grande número de comutações do sensor porque abrir e fechar a chave um grande número de vezes, 5 vezes por segundo por exemplo, provoca desgaste nos contatos elétricos do sensor.

A Fig.12, a seguir, ilustra uma microchave industrial.



Fig. 12 – Microchave

Fonte: Produtos Eletrônicos Metaltex Ltda., www.metaltex.com.br

- **Sensor Indutivo:** um sensor indutivo é usado para detectar a presença de objetos metálicos. O seu funcionamento é baseado, de acordo com sua característica física, no princípio da variação da indutância eletromagnética.

Observe a Fig. 13, a seguir, e veja como é a construção física de uma bobina enrolada sobre um núcleo de alta permeabilidade magnética. Ao energizar a bobina cria-se o campo eletromagnético.

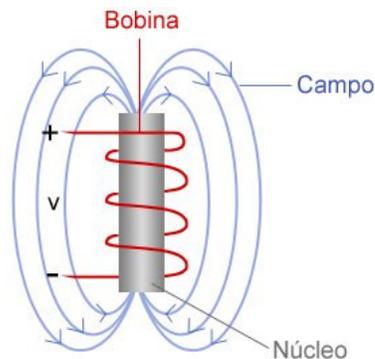


Fig. 9 - Campo eletromagnético em uma bobina

A Fig. 14, a seguir, ilustra o aspecto de um sensor indutivo típico encontrado no mercado.

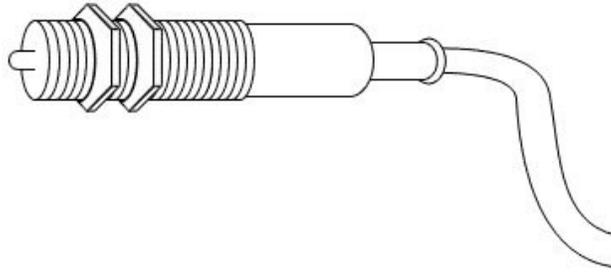


Fig. 14 - Sensor indutivo industrial

A indutância depende da função da permeabilidade magnética do meio, do número de espiras (o enroladinho) e das características geométricas da bobina.

Quando se introduz um objeto metálico na região ativa do sensor (ver a Fig. 15) ocorre a detecção do objeto. Instantaneamente, o sinal da saída do sensor (que é um sinal digital podendo ser de contato seco ou de corrente contínua) é modificado enviando a informação para o circuito ou para entrada digital de um equipamento que irá processá-la, como um CLP, por exemplo.

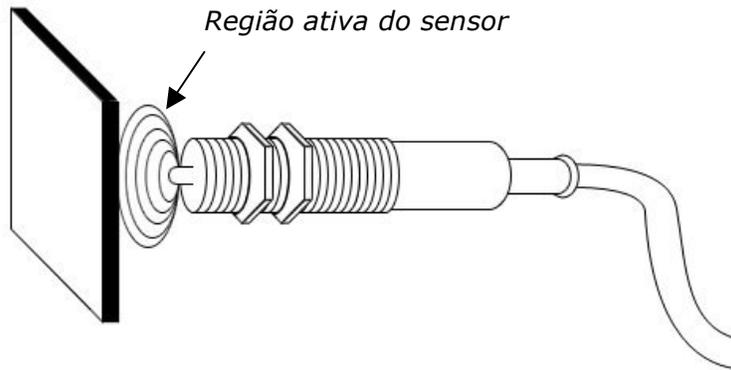


Fig. 15 - Detecção de placa metálica por um sensor indutivo

Há diversos modelos de sensores indutivos que variam, principalmente em relação à distância de acionamento. Os tipos mais comuns são de construção com corpo cilíndrico plástico ou metálico. Observe, na Fig. 16, a seguir, alguns modelos de sensores indutivos.



Fig. 16 - Modelos de sensores indutivos

Fonte: Omron Eletrônica do Brasil, www.omron.com.br

Todos estes dispositivos geram sinais binários (ou discretos) que são representados pelos números 0 (zero) e 1 (um) correspondentes a situações como "falso", "aberto", "desligado", "abaixo da referência" para estados 0 ou "verdadeiro", "fechado", "ligado", "acima da referência" para estados 1, conforme apontado anteriormente neste documento.

Sensores Analógicos

Os sensores apresentados a seguir medem variáveis analógicas, ou seja, que podem representar quaisquer valores dentro de faixas contínuas pré-estabelecidas.

- **Potenciômetro de Resistência:** os potenciômetros de resistência são sensores que medem deslocamentos lineares ou angulares de acordo com a variação da resistência elétrica de um resistor. Os potenciômetros podem ser angulares ou lineares.

A tensão elétrica de saída do potenciômetro, indicada por **VR** na Fig. 16, a seguir, é dada em função da posição de um terminal (um ponteiro) sobre a resistência.

Nessa figura do potenciômetro angular, observe que o terminal está pegando grande parte da resistência; quanto mais no "final" da resistência, maior é o deslocamento.

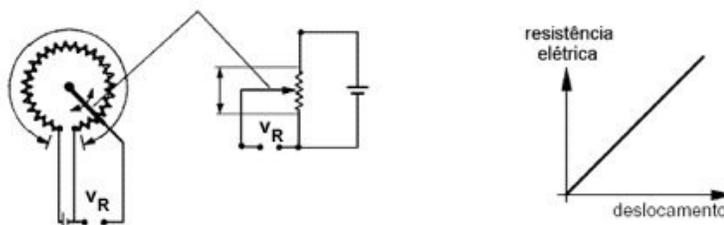


Fig. 16 - Indicação da relação entre resistência elétrica e deslocamento

Conectando-se um potenciômetro linear à haste de um cilindro pneumático pode-se medir sua posição e seu deslocamento pelo mesmo princípio. Veja, na Fig. 17, que o gráfico da direita mostra o deslocamento do cilindro pneumático em função da tensão elétrica de saída do potenciômetro.

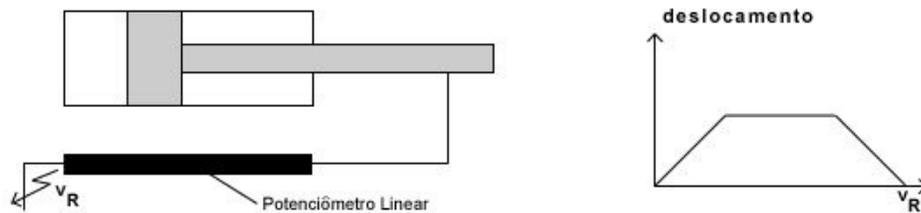


Fig. 17 - Acoplamento de um potenciômetro linear à haste de um cilindro pneumático

- **Sensor de Temperatura:** para uma medição contínua de uma faixa de temperatura é preciso utilizar elementos transdutores que transformem esta informação em um outro sinal correspondente, tipicamente sinais de tensão de pequena amplitude (milivoltagem) ou variações de resistência. Os principais sensores deste tipo são o **termopar** e o **termorresistor**.

O termopar (Fig. 18) como o próprio nome sugere, é composto de dois fios de metais diferentes unidos em uma das pontas. Quando a ponta dos fios unidos está sob uma temperatura diferente da outra extremidade do termopar há uma tensão elétrica (da ordem de mV) provocada pela diferença de temperatura.



Fig. 18 – Termopar

Fonte: Consistec Eng. & Consulting GmbH, www.consistec.com.br

O termômetro de resistência tem como princípio de funcionamento a variação da resistência elétrica de um condutor em função da temperatura. Para amplificar o sinal do resistor utiliza um circuito do tipo ponte de Wheatstone. O termômetro de resistência é construtivamente é muito parecido com o termopar.

Veja, na Fig . 19, exemplos de sensores de temperatura.



Fig. 19 - Termômetros de resistência e termopares

Fonte: Temperature Sensor Services Pte., www.tsspl.com

- **Sensor ultra-sônico:** ultra-som é um sensor eletrostático que emite impulsos periodicamente e capta seus ecos resultantes do choque das emissões com objetos situados no seu campo de ação. A distância do objeto é calculada por meio do tempo de atraso do eco em relação ao momento da emissão do sinal. Esta informação é convertida para uma faixa de sinal elétrico, como uma faixa de corrente de 4 miliamperes a 20 miliamperes, por exemplo, e enviada a um dispositivo que irá ler este sinal. Este tipo de sensor é utilizado com bastante eficácia em sistemas de medição de nível em reservatórios.

Com um princípio semelhante existe ainda o medidor do tipo radar que também mede a distância de um determinado objeto através da reflexão de ondas, porém este último trabalha com ondas eletromagnéticas ao invés de ondas mecânicas como as do ultra-som. As aplicações na medição de nível com estes dois sensores diferem de acordo com o tipo de fluido de processo que se utiliza ou se há formação ou não de espuma na superfície entre outros fatores.

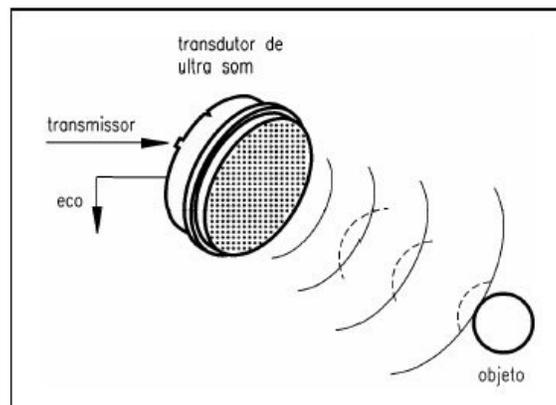


Fig. 20 - Princípio de funcionamento do sensor ultra-sônico

Referência bibliográfica

SENAI/SP. Apostila de sensores. Extraído de do site <http://intranet.sp.senai.br/> e acessado em 13/02/2006.