

unesp 

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Campus de Guaratinguetá

Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá “Professor Carlos Augusto Patrício Amorim”

Sensores

Prof. Marcelo Wendling

2010

Versão 2.0

Índice

Introdução.....	3
1 – Definições.....	3
1.1 – Variáveis.....	3
1.2 – Atuadores.....	3
1.3 – Sensor.....	4
1.3.1 – Sensor Analógico.....	4
1.3.2 – Sensor Digital.....	4
1.4 – Transdutor.....	5
2 – Características fundamentais.....	5
2.1 – Tipos de Saída.....	5
2.1.1 – Digital ou Binária.....	5
2.1.2 – Analógica.....	6
2.2 – Linearidade.....	7
2.3 – Alcance (Range).....	7
2.4 – Velocidade de Resposta.....	7
3 – Sensores Mecânicos.....	8
3.1 – Chaves Fim-de-Curso.....	8
3.2 – Reed-Switch.....	9
3.3 – Desvantagens de Sensores Mecânicos.....	10
4 – Sensores Fotoelétricos.....	10
4.1 – Foto-resistor (LDR).....	10
4.2 – Fotocélula.....	11
4.3 – Fotodiodo.....	12
4.4 – Fototransistor.....	13
5 – Sensores Térmicos.....	14
5.1 – NTC e PTC.....	15
5.2 – Sensor Piroelétrico.....	16
6 – Sensor Capacitivo.....	16
7 – Sensor Indutivo.....	17
8 – Sensor Ultrasônico.....	18
9 - Bibliografia.....	19

Introdução

No estudo da automação em sistemas industriais, comerciais, automobilísticos, domésticos, etc., é preciso determinar as condições (ou variáveis) do sistema. É necessário obter os valores das variáveis físicas do ambiente a ser monitorado, e este é o trabalho dos sensores.

Sensores servem para informar um circuito eletrônico a respeito de um evento que ocorra externamente, sobre o qual ele deva atuar, ou a partir do qual ele deva comandar uma determinada ação.

1 – Definições

Inicialmente é necessário mostrar a diferenciação entre alguns elementos presentes em uma automação de qualquer natureza. Os principais elementos que atuam sobre a automação industrial são os sensores e atuadores, pois eles verificam e interferem no ambiente controlado.

1.1 – Variáveis

São fenômenos físicos que chamamos simplesmente variáveis, por exemplo: temperatura, pressão, intensidade luminosa, etc. Cada sistema de medição pode ser compreendido em termos do que ele faz, por exemplo: indicar a temperatura ou totalizar a vazão ou registrar a pressão de um sistema qualquer.

1.2 – Atuadores

São dispositivos que modificam uma variável controlada. Recebem um sinal proveniente do controlador e agem sobre o sistema controlado. Geralmente trabalham com potência elevada.

Exemplos de alguns atuadores:

- Válvulas (pneumáticas, hidráulicas);
- Relés;
- Cilindros (pneumáticos, hidráulicos);
- Motores;
- Solenóides;
- Etc.

1.3 – Sensor

Termo empregado para designar dispositivos sensíveis à alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza física que precisa ser mensurada (medida), como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc.

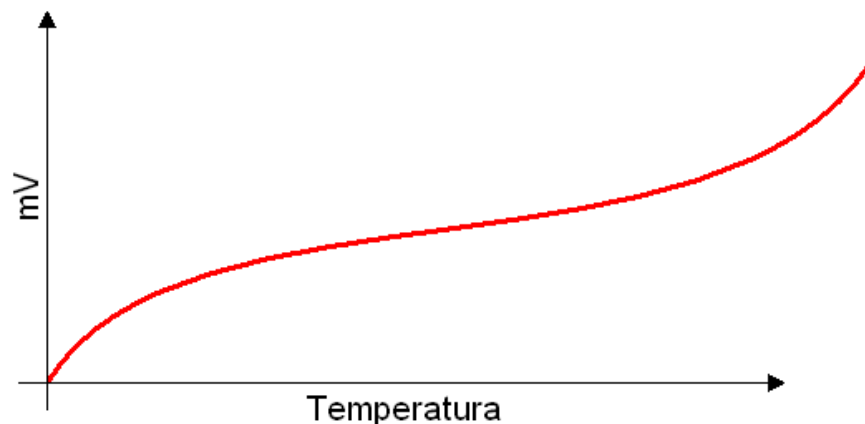
Um sensor nem sempre tem as características elétricas necessárias para ser utilizado em um sistema de controle. Normalmente o sinal de saída deve ser manipulado antes da sua leitura no sistema de controle. Isso geralmente é realizado com um circuito de interface para produção de um sinal que possa ser lido pelo controlador.

Supondo que a saída de um sensor, ao ser sensibilizado por uma energia externa, é dada por um nível de tensão muito baixo, torna-se necessária a sua amplificação. Essa interface seria então um amplificador capaz de elevar o nível do sinal para sua efetiva utilização.

1.3.1 – Sensor Analógico

Esse tipo de sensor pode assumir qualquer valor no seu sinal de saída ao longo do tempo, desde que esteja dentro da sua faixa de operação.

Essas variáveis são mensuradas por elementos sensíveis com circuitos eletrônicos não digitais. A figura abaixo ilustra a variação de uma grandeza física (no caso temperatura) de forma analógica:



1.3.2 – Sensor Digital

Esse tipo de sensor pode assumir apenas dois valores no seu sinal de saída ao longo do tempo, que podem ser interpretados como zero ou um. Não existem naturalmente grandezas físicas que assumam esses valores, mas eles são assim mostrados ao sistema de controle após serem convertidos por um circuito eletrônico (geralmente um comparador). É utilizado, por exemplo, na detecção de passagem de objetos, encoders na determinação de distância ou velocidade, etc.

1.4 – Transdutor

É a denominação que recebe um dispositivo completo, que contém o sensor, usado para transformar uma grandeza qualquer em outra que pode ser utilizada nos dispositivos de controle. Um transdutor pode ser considerado uma interface às formas de energia do ambiente e o circuito de controle ou eventualmente entre o controle e o atuador.

Os transdutores transformam uma grandeza física em um sinal elétrico que pode ser interpretado por um sistema de controle.

Muitas vezes os termos sensor e transdutor são usados indistintamente. Neste caso, o transdutor é o instrumento completo que engloba sensor e todos os circuitos de interface capazes de serem utilizados numa aplicação industrial.

2 – Características fundamentais

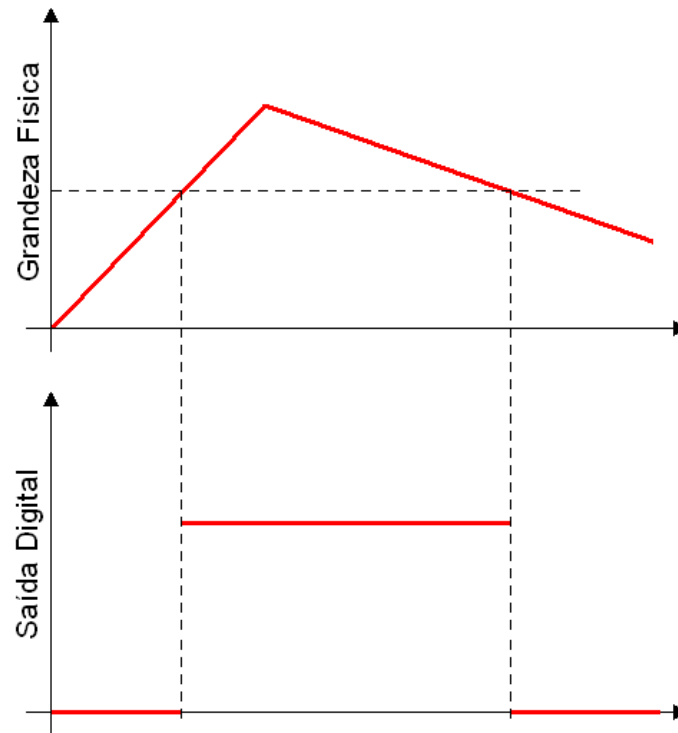
Há uma série de características relacionadas aos sensores que devem ser levadas em consideração na hora da seleção do sensor mais indicado para uma aplicação.

No âmbito industrial, é fundamental uma grande quantidade de características, principalmente quando tratamos de automação e instrumentação industrial. Para nosso estudo, analisaremos algumas dessas características, de acordo com nosso foco.

2.1 – Tipos de Saída

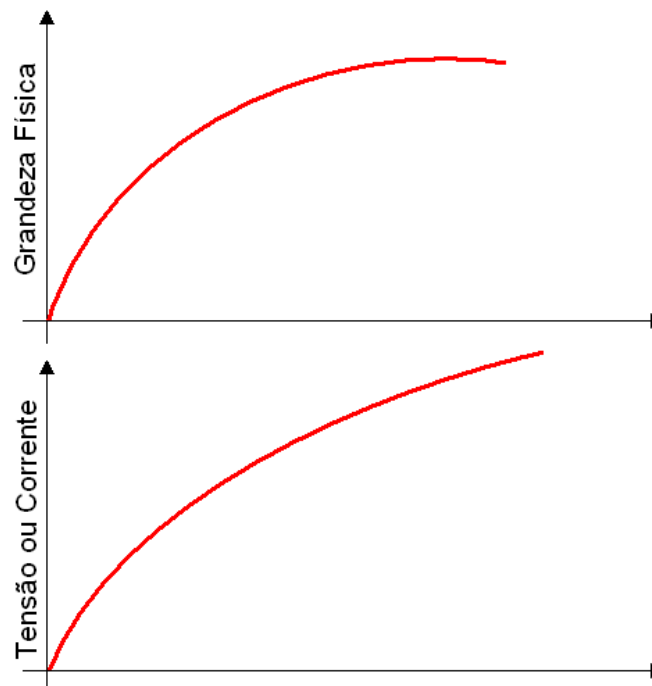
2.1.1 – Digital ou Binária

A saída do dispositivo é discreta, ou seja, só assume valores “0” ou “1” lógicos (saída on/off). Esse tipo de saída só é capaz de determinar se uma grandeza física atingiu um valor predeterminado. A figura a seguir ilustra a saída de um sensor digital de acordo com a variação da entrada ao longo do tempo:



2.1.2 – Analógica

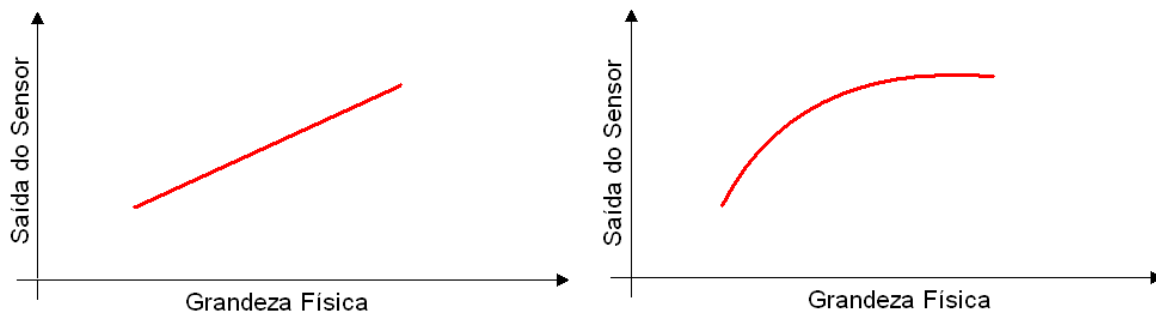
O transdutor possui uma saída contínua. Buscam-se sensores que possuam sua saída analógica próxima a uma réplica da variação da grandeza física. Como ilustrado abaixo:



2.2 – Linearidade

Esse conceito se aplica a sensores analógicos. É a curva de saída do sensor, a partir da grandeza medida. Buscam-se respostas proporcionais às entradas, para facilitar a montagem do circuito de interface, porém nem sempre isso é possível, pois alguns tipos de sensores não são lineares.

A figura abaixo mostra a diferença entre um sensor linear e um não-linear:



2.3 – Alcance (Range)

Representa toda a faixa de valores de entrada de um sensor.

2.4 – Velocidade de Resposta

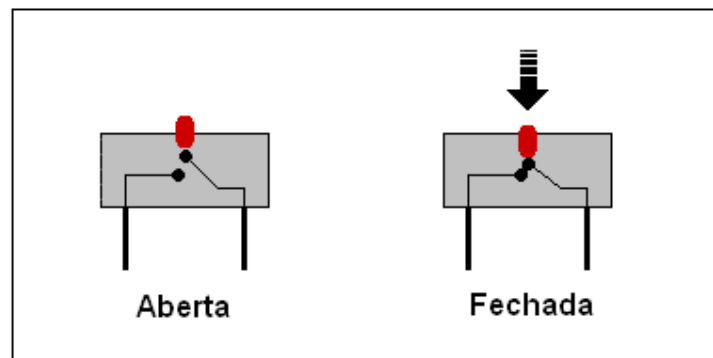
Trata-se da velocidade com que o sensor fornece o valor da variável. O ideal é que o sensor possua uma resposta instantânea, pois uma resposta lenta pode prejudicar muito a eficiência do sistema de controle.

3 – Sensores Mecânicos

Denominamos sensores mecânicos aqueles que sensoriam movimentos, posições ou presença usando recursos mecânicos como, por exemplo, chaves.

3.1 – Chaves Fim-de-Curso

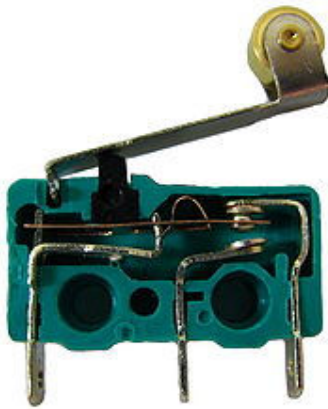
Esses sensores, como o nome sugere, são interruptores ou mesmo chaves comutadoras que atuam sobre um circuito no modo liga/desliga quando uma ação mecânica acontece no seu elemento atuador. A figura abaixo demonstra o modo de atuação de uma chave fim-de-curso que, se mantém aberta (mantendo uma interrupção no circuito) quando não pressionada e, quando pressionada, fecha uma conexão em um circuito indicando uma atuação sobre ela, indicando uma posição final de um elemento qualquer, por exemplo:



É possível usar esses sensores de diversas formas, como para detectar a abertura ou fechamento de uma porta, a presença de um objeto em um determinado local, ou ainda quando certa parte mecânica de uma máquina está em uma posição determinado.

A finalidade principal da chave fim-de-curso é detectar quando um dispositivo atinge seu deslocamento máximo, como por exemplo, evitar que o motor de um sistema continue funcionando mesmo depois que o dispositivo já tenha chegado ao seu ponto máximo, evitando uma sobrecarga no motor e no circuito.

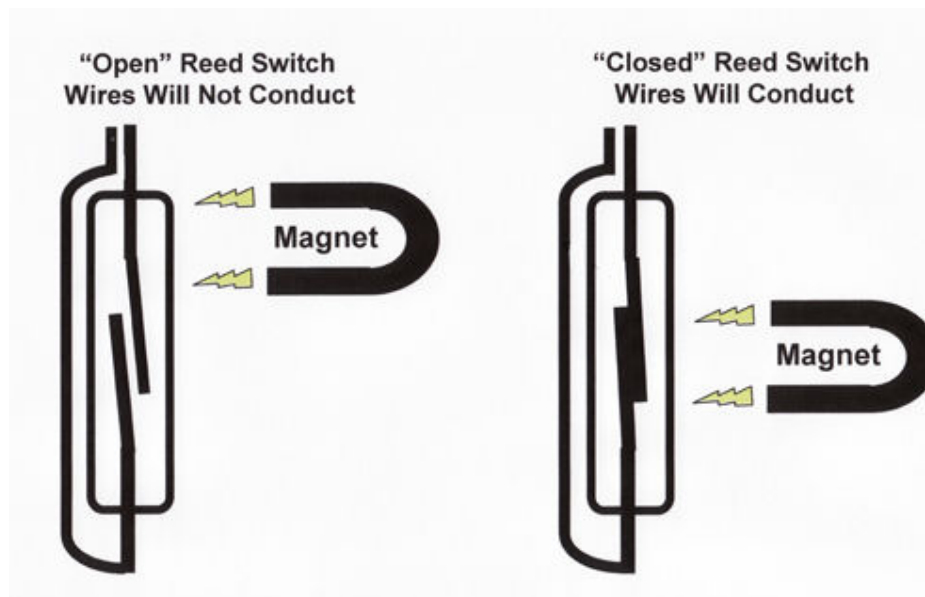
As figuras a seguir ilustram alguns modelos de chaves fim-de-curso:



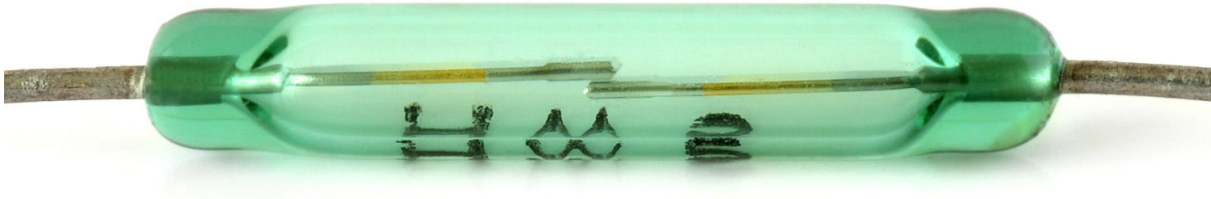
3.2 – Reed-Switch

Poderíamos classificar esses sensores também como sensores magnéticos, uma vez que eles atuam com a ação de um campo, mas como são chaves acionadas por campos magnéticos, classificamos como sensores mecânicos.

A figura abaixo ilustra o princípio de atuação desse tipo de sensor, em que temos um bulbo de vidro com dois contatos separados por uma estreita distância. Ao entrar em um campo magnético, esses contatos são fechados, estabelecendo contato entre os dois terminais desse sensor que, assim como a chave fim-de-curso, pode ser usado para detectar presença de algum dispositivo, desde que haja um ímã nele.



A figura abaixo, ilustra um reed-switch comercial, onde se pode observar os seus contatos (no caso fechados):



3.3 – Desvantagens de Sensores Mecânicos

Os sensores mecânicos têm por principal desvantagem o fato de terem peças móveis sujeitas à quebra e desgaste, além da inércia natural que limita sua velocidade de ação. Outro problema está no repique que pode falsear o sinal enviado quando são acionados.

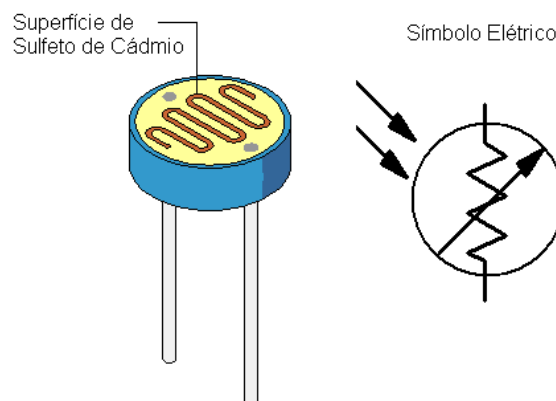
4 – Sensores Fotoelétricos

Sensores que trabalham com luz são muito mais rápidos que sensores mecânicos, pois não apresentam inércia e não têm peças móveis que quebram ou desgastam. Os sensores fotoelétricos podem ser de diversos tipos, sendo empregados numa infinidade de aplicações na indústria e em outros campos.

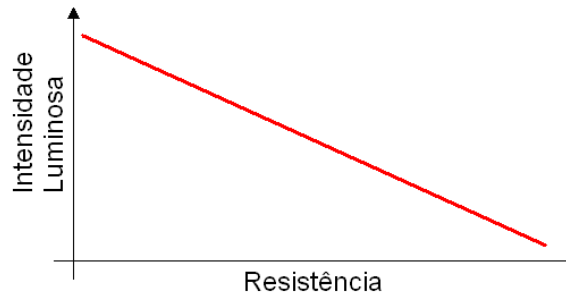
Existem diversos dispositivos sensores que podem ser utilizados como sensores de luz, e sua escolha vai depender basicamente de suas características.

4.1 – Foto-resistor (LDR)

Como mostra a figura abaixo, os LDR possuem uma superfície de Sulfeto de Cádmio (CdS) que tem sua resistência elétrica dependente da quantidade de luz incidente.



A curva característica desse componente nos mostra que sua resistência cai à medida que a intensidade de luz aumenta. A figura abaixo ilustra a curva característica de um LDR comum:



A grande vantagem no uso de LDR como sensores fotoelétricos está no fato de que eles podem trabalhar com correntes relativamente elevadas, sendo muito sensíveis, o que simplifica o projeto de seus circuitos.

No entanto, a desvantagem está na sua velocidade de resposta. Os LDR são sensores lentos, não operando em velocidades maiores do que algumas dezenas de quilohertz.

Ainda podemos destacar que a curva de resposta do LDR se aproxima bastante da curva de resposta do olho humano, o que permite sua operação com fontes convencionais de luz, como a luz ambiente, lâmpadas incandescentes, fluorescentes, eletrônica e LED comuns de diversas cores.

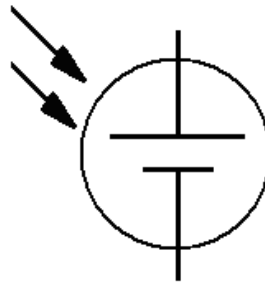
A figura abaixo ilustra um LDR utilizado em laboratório:



4.2 – Fotocélula

As Fotocélulas ou Células Fotoelétricas são dispositivos que geram uma pequena tensão elétrica quando são iluminados. As fotocélulas podem ser usadas para gerar energia elétrica a partir da luz solar, ou também como sensores, em diversos tipos de aplicações.

A seguir temos seu símbolo elétrico:



Diferentemente dos LDR, as fotocélulas são sensíveis e rápidas, podendo ser utilizadas em uma faixa de aplicação mais ampla que os LDR.

Os circuitos sensores para as fotocélulas são baseados em transistores e amplificadores operacionais, pois a fotocélula atua como gerador, fornecendo uma tensão de saída.

Abaixo um exemplo de fotocélula:

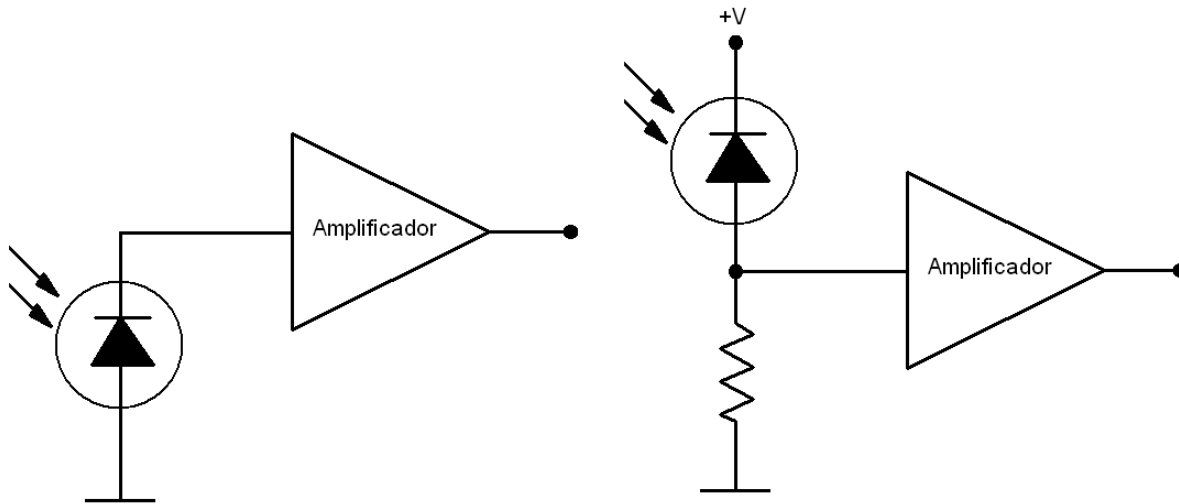


4.3 – Fotodiodo

Os fotodiodos operam segundo o princípio de que fótons incidindo em uma junção semicondutora liberam portadores de carga. Esses portadores tanto podem fazer com que apareça uma tensão entre os terminais do diodo quanto também afetar sua resistência à passagem da corrente.

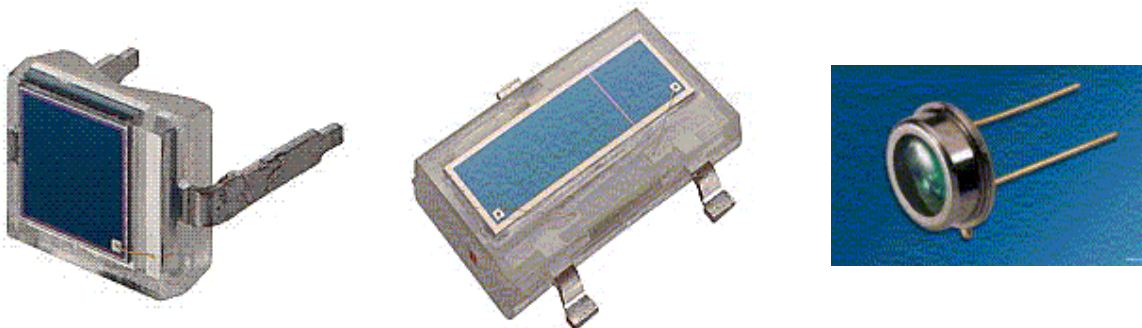
Os fotodiodos são muito sensíveis, exigindo bons circuitos de amplificação, mas, em compensação, são extremamente rápidos podendo detectar pulsos de luz em taxas que chegam a dezenas ou mesmo centenas de megahertz.

Existem duas formas de se utilizar os fotodiodos em sensores, ilustrados a seguir:



No primeiro caso, o diodo é usado no modo gerador, gerando uma pequena tensão, da ordem de 0,6V quando iluminado. No segundo caso, o diodo é utilizado no modo resistivo, em que a corrente no sentido reverso é alterada quando a junção é iluminada. Nesse modo de operação é utilizada uma fonte de polarização.

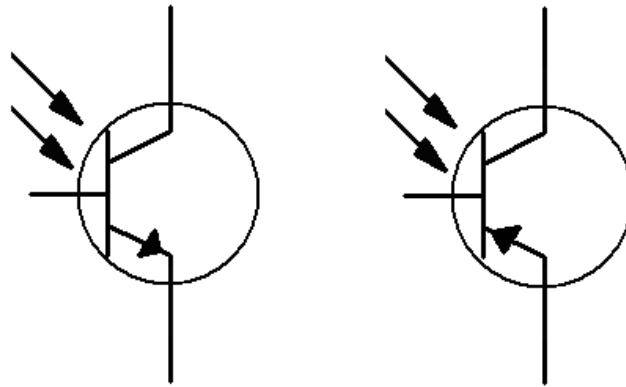
Abaixo ilustramos alguns fotodiodos:



4.4 – Fototransistor

Os fototransistores operam segundo o mesmo princípio dos fotodiodos: liberação de cargas nas junções com a incidência de luz. A diferença está no fato de que os fototransistores podem amplificar as correntes que são geradas nesse processo.

Seu símbolo elétrico é:



Os fototransistores têm a mesma curva de resposta dos fotodiodos e fotocélulas podendo ser usados nas mesmas aplicações, se bem que sejam um pouco mais lentos.

O terminal de base (quando presente no encapsulamento) pode ser utilizado para aumentar a sensibilidade do dispositivo.

A grande vantagem do uso de fotodiodos, fototransistores e sensores à base de silício está no fato de que sua curva tem grande sensibilidade no ponto de emissão de fontes comuns, principalmente LED infravermelhos.

A seguir ilustramos alguns fototransistores comerciais:



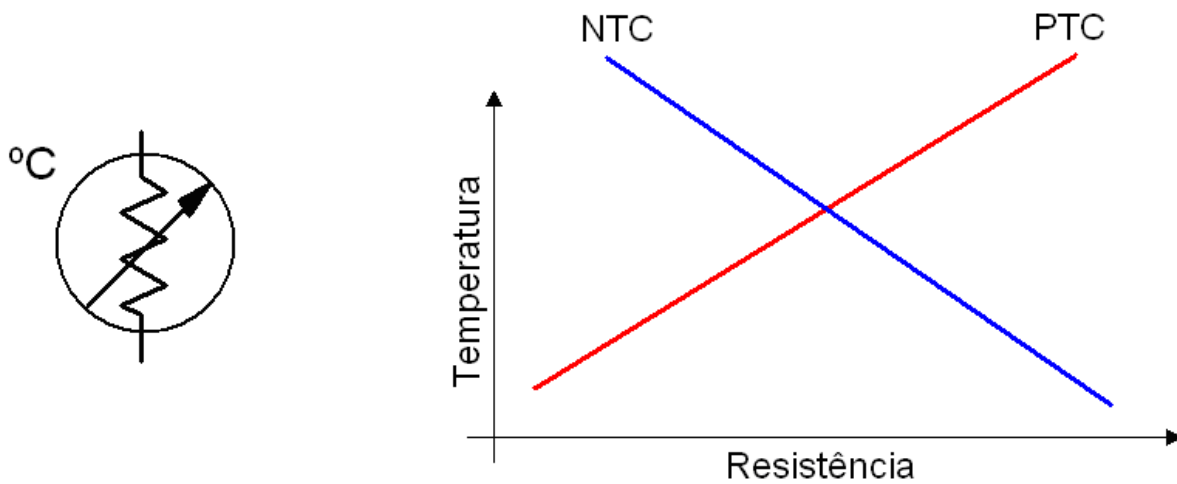
5 – Sensores Térmicos

Da mesma maneira que nos sensores fotoelétricos, existem diversos tipos de sensores que podem atuar sobre um circuito em função da variação da temperatura do meio em que se encontram.

5.1 – NTC e PTC

NTC (*Negative Temperature Coefficient*) e PTC (*Positive Temperature Coefficient*) são resistores cuja resistência diminui (NTC) ou aumenta (PTC) quando a temperatura aumenta.

Na figura abaixo, observamos o símbolo elétrico e as curvas características desses dispositivos:



Operando em faixas de temperatura que vão de valores negativos até aproximadamente 125°C, esses dispositivos são utilizados como sensores em uma grande quantidade de aplicações, dada a facilidade com que podemos trabalhar com eles e inclusive seu baixo custo.

Circuitos simples podem ser usados com esses dispositivos, uma vez que as variações de resistência obtidas podem ser facilmente usadas para acionar comparadores de tensão.

A seguir, ilustramos alguns termoresistores comerciais:



5.2 – Sensor Piroelétrico

Esses sensores podem ser encontrados em alarmes de incêndio e de presença, como os que abrem automaticamente portas de shoppings na presença de pessoas.

Nesse sensor existe uma substância que se polariza na presença de radiação infravermelha, gerando assim uma tensão que pode ser amplificada e empregada para efeitos de controle.

Desse modo, o calor do corpo de uma pessoa é suficiente para produzir uma emissão infravermelha detectável por esse tipo de sensor.

Abaixo, um exemplo de sensor piroelétrico:



6 – Sensor Capacitivo

Os sensores capacitivos são projetados para operar gerando um campo eletrostático e detectando mudanças nesse campo, que acontecem quando um alvo se aproxima da face ativa. As partes internas do sensor consistem em uma ponta capacitiva, um oscilador, um retificador de sinal, um circuito de filtragem e um circuito de saída.

Na ausência de um alvo, em um sensor capacitivo digital, o oscilador está inativo. Quando o alvo se aproxima, a capacitância do circuito é modificada, e ao atingir um valor determinado, ativa o oscilador que ativa o circuito de saída, comutando seu estado.

Partindo do mesmo princípio, que a capacitância de um capacitor (sensor) depende da distância entre duas placas, do material dessas duas placas e do dielétrico entre elas, temos o sensor capacitivo analógico, onde se uma das placas for móvel, podemos associar à sua posição um valor

de capacitância que pode ser usado para processar informações sobre a distância em que ela se encontra.

Abaixo, ilustramos alguns sensores capacitivos:



7 – Sensor Indutivo

Os sensores indutivos são emissores de sinal que detectam, sem contato direto, elementos metálicos que atravessam o seu campo magnético convertendo em um sinal elétrico inteligível. Esses sensores consistem basicamente numa bobina em torno de um núcleo.

As características da bobina se alteram na presença de objetos que tenham características magnéticas como ímãs, materiais ferrosos e mesmo materiais diamagnéticos (que dispersam as linhas de força de um campo magnético), pois estes interferem no campo magnético gerado por um oscilador conectado à bobina. Essa variação é sentida (a uma distância pré-determinada) e o sensor comuta.

Podemos destacar ainda, mais algumas características notáveis dos sensores indutivos:

- Não necessitam de energia mecânica para operar;
- Atuam por aproximação, sem contato físico com a peça;
- Funcionam com altas velocidade de comutação;
- São imunes à vibração e choques mecânicos.

A seguir, ilustramos alguns sensores indutivos comerciais:



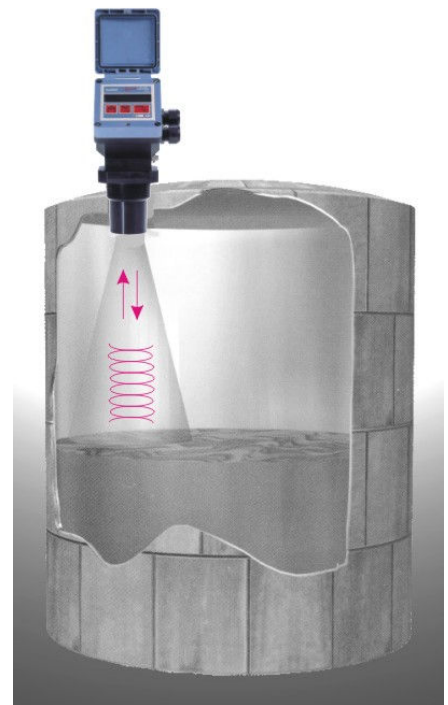
8 – Sensor Ultrasônico

Esse é um tipo de sensor muito útil na detecção de objetos a uma certa distância, desde que estes não sejam muito pequenos, e capazes de refletir esse tipo de radiação.

O princípio de funcionamento desse sensor é o seguinte: um oscilador emite ondas ultrasônicas (em torno de 42kHz), que resultam em um comprimento de onda na ordem de alguns centímetros, o que permite detectar objetos relativamente pequenos.

As ondas refletidas pelo objeto são captadas pelo sensor, fornecendo assim um sinal que pode ser processado trazendo informações sobre o objeto no qual ocorreu a reflexão. O sensor também pode funcionar com o emissor e receptor em lugares separados, onde será detectada a presença de peças que bloquearem as ondas ultra-sônicas, emitidas do emissor para o receptor.

Abaixo, alguns sensores ultrasônicos. O primeiro com o conjunto emissor-receptor no mesmo local; o segundo com emissor e receptor separados; o terceiro, uma aplicação na medição de nível em tanques.



9 - Bibliografia

- THOMAZINI, Daniel. ALBUQUERQUE, Pedro U. B. **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações**. 5ª ed. São Paulo: Érica, 2005. 222 p.
- SABER ELETRÔNICA. São Paulo: Editora Saber, n. 405, out. 2006.