

Todos os tipos de sensores

Uma infinidade de equipamentos eletrônicos depende de um interfaceamento com o mundo exterior para funcionar. Neste especial, faremos uma análise bastante resumida dos principais tipos de sensores que encontramos, analisando o seu funcionamento e uso.

Newton C. Braga

Existem diversos tipos de sensores utilizados em equipamentos eletrônicos. Podemos usar simples chaves ou dispositivos de acionamento momentâneo do tipo mecânico, até transdutores especiais que convertem alguma grandeza física numa grandeza elétrica como, por exemplo, uma tensão. Esses sensores servem para informar um circuito eletrônico a respeito um evento que ocorra externamente, sobre o qual ele deva atuar, ou a partir do qual ele deva comandar uma determinada ação.

Equipamentos mais simples podem usar apenas um sensor, mas um robô, uma máquina industrial ou um equipamento médico complexo podem empregar muitos sensores e de tipos diferentes.

A seguir, vamos relacionar os principais tipos de sensores que encontramos nas aplicações eletrônicas, com suas características e aplicações. Seria impossível, pela quantidade, abordar todos os sensores existentes, o que poderá ser assunto para artigos futuros, com maior detalhamento.

a) Sensores Mecânicos

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

Nessa categoria incluímos os *micro-switches* e chaves de fim de curso, como os exibidos na **figura 1**.

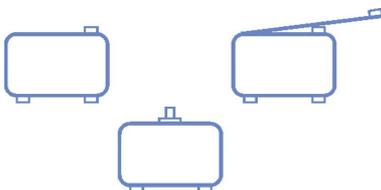


Figura 1

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.

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 uma parte mecânica de uma máquina está numa certa posição, veja a **figura 2**.



Figura 2

Uma variação desse tipo de sensor é o sensor de “fim-de-curso” que, conforme o nome indica, detecta quando uma parte mecânica de um dispositivo atinge seu deslocamento máximo.

A finalidade da chave de fim-de-curso é evitar que o motor do sistema, por exemplo, continue atuando mesmo depois que a peça que ele movimenta chega ao seu ponto máximo. Isso poderia forçar o mecanismo ou ainda causar uma sobrecarga do motor ou do próprio circuito de acionamento.

Na **figura 3** apresentamos um exemplo de aplicação em um portão automático em que a chave de fim-de-curso desliga o motor quando ele está totalmente aberto ou totalmente fechado.

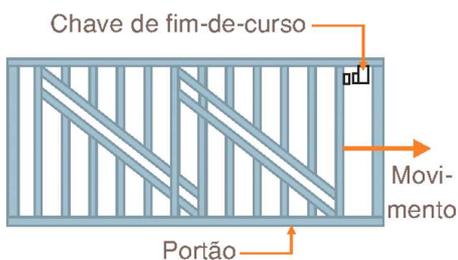


Figura 3

Na **foto A** temos exemplares de microswitches da Honeywell que podem ser incluídas nessa linha de sensores.



Foto A

A seguir, na **foto B**, exemplos de chaves de fim-de-curso, também da Honeywell.



Foto B

b) Sensores tipo Reed-Switch

Esses sensores podem ser usados para detectar a posição de uma peça ou de uma parte de um mecanismo pela posição de um pequeno ímã que é preso a ela. Poderíamos classificar esses sensores também como sensores magnéticos, uma vez que eles atuam com a ação de um campo, mas como são interruptores acionados por campos, será melhor separá-los em uma outra categoria, dentro de uma classificação de atuação mais simples.

Na **figura 4** temos o princípio de atuação desse tipo de sensor que tanto pode ser usado para detectar a simples aproximação de uma peça quanto gerar pulsos de controle a cada passagem de uma peça móvel.

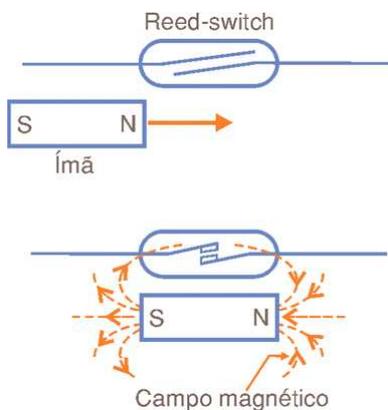


Figura 4

Na **figura 5** vemos algumas aplicações desse tipo de sensor que se caracteriza pela sua velocidade de ação limitada e também pela pequena capacidade de corrente que os tipos comuns apresentam.

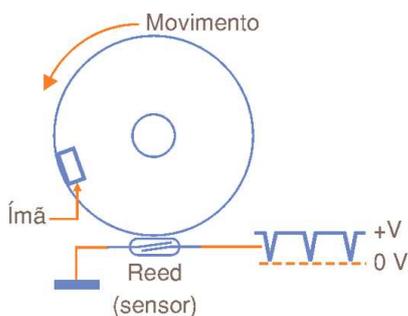


Figura 5

Nessas aplicações destacamos, por exemplo, sua utilização como sensor de fim-de-curso, para detectar quando uma peça atinge seu deslocamento máximo, atuando sobre o sensor pela ação de um pequeno ímã.

Outra aplicação é mostrada na figura 5, onde usamos o sensor para produzir pulsos tacométricos que permitem controlar a velocidade de um motor ou registrá-la em um *display*.

Nas aplicações mais modernas e que exigem maior velocidade de resposta, em lugar do *reed-switch* podem ser usados sensores de estado sólido como os sensores de efeito Hall, ou ainda sensores indutivos, conforme veremos mais adiante.

Na **foto C**, a seguir, temos alguns exemplo de sensores tipo reed para uso industrial.



Foto C

c) Sensores Fotoelétricos

Os sensores mecânicos têm por principal desvantagem o fato de terem peças móveis sujeitas a 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.

Por outro lado, sensores que trabalham com a luz são muito mais rápidos, não apresentando praticamente 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.

O tipo mais simples de sensor consiste em um elemento foto-sensível que tem a luz incidente interceptada quando a parte móvel de um dispositivo passa diante dele, veja **figura 6**.

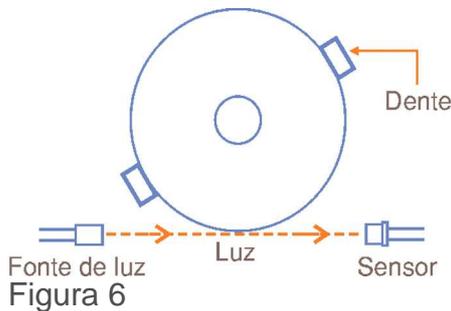


Figura 6

Existem diversos dispositivos sensores que podem ser utilizados como sensores de luz, e sua escolha vai depender basicamente de suas características. Damos a seguir alguns exemplos de sensores:

Foto-resistores (LDRs)

De acordo com a **figura 7**, os LDRs possuem uma superfície de Sulfeto de Cádmio (CdS) que tem sua resistência elétrica dependente da quantidade de luz incidente.

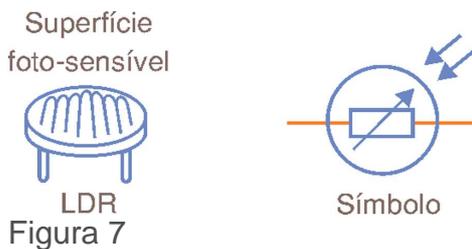


Figura 7

A curva característica desses sensores nos mostra que a resistência cai enormemente à medida que a intensidade da luz incidente aumenta. Na **figura 8** exibimos um exemplo de curva de resposta de um LDR comum.

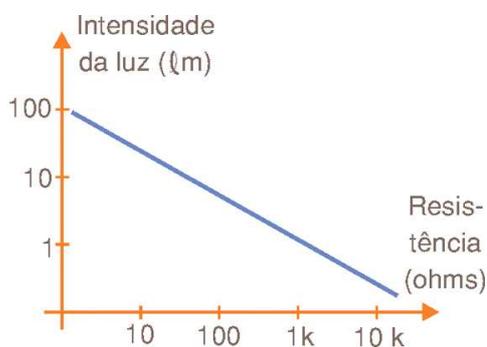


Figura 8

A grande vantagem no uso dos LDRs 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 LDRs são sensores lentos, não operando em velocidades maiores do que algumas dezenas de quilohertz.

Devemos, ainda, destacar a curva de resposta dos LDRs que 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, eletrônicas e de LEDs comuns de diversas cores.

Na **figura 9** mostramos uma aplicação típica desse sensor num detector de passagem.

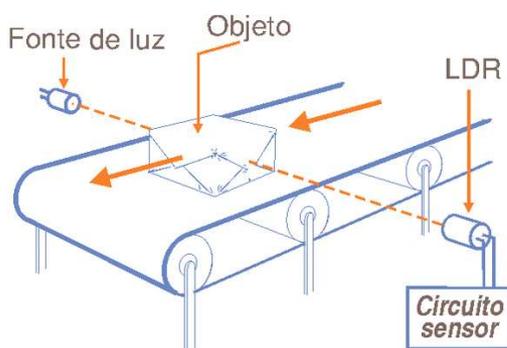


Figura 9

Nas aplicações industriais, sensores com base em LDRs apresentam um encapsulamento que vai depender justamente de sua aplicação. Assim, os desenvolvedores de equipamentos que fazem uso desses sensores podem encontrar nos catálogos das grande empresas de sensores uma infinidade de variações de formatos para esses componentes, já destinados à aplicações específicas.

Fotocélulas

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.

Na **figura 10** temos o símbolo adotado para esse tipo de sensor e os aspectos mais comuns com que podemos encontrá-las.

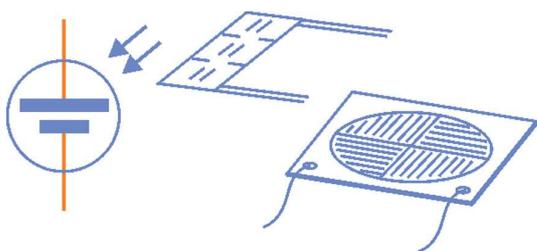


Figura 10

Diferentemente dos LDRs, as fotocélulas são sensíveis e rápidas, podendo ser utilizadas numa faixa de aplicações mais ampla do que os próprios LDRs. Sua curva característica é vista na **figura 11**, o que nos mostra que elas podem inclusive operar com boa sensibilidade na região infravermelha do espectro.

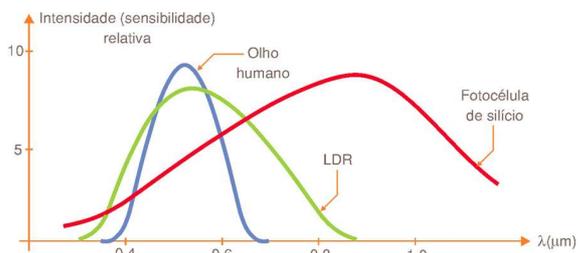


Figura 11

Os circuitos sensores para as fotocélulas, entretanto, são diferentes dos circuitos usados com LDRs, pois elas atuam como geradores, fornecendo uma tensão de saída. Transistores, amplificadores operacionais em configurações como a exemplificada na **figura 12** são as soluções mais comuns empregadas em projetos práticos que fazem uso desse tipo de sensor.

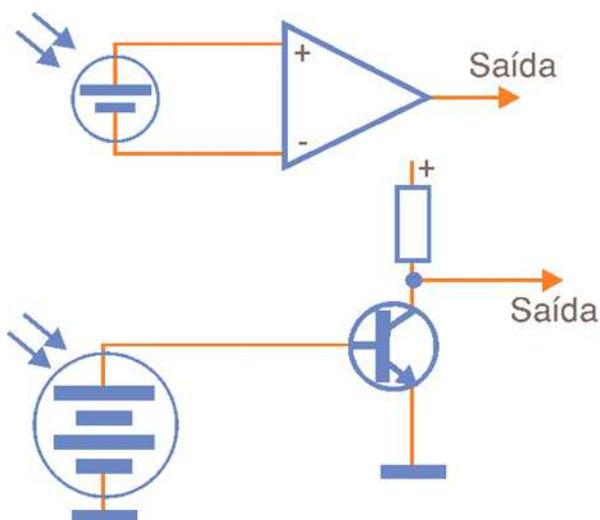


Figura 12

Fotodiodos

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

Na **figura 13** vemos os aspectos mais comuns desses sensores.

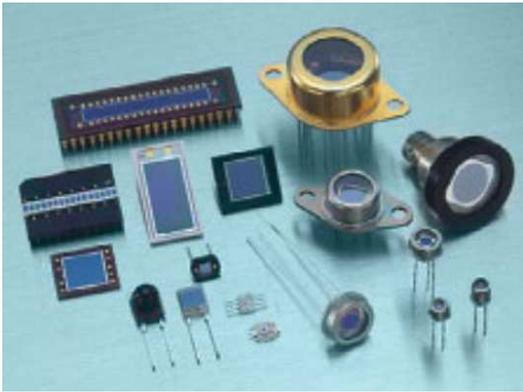


Figura 13 - Fotodiodos da Hamatsu

Os fotodiodos não 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.

A curva de resposta, no entanto é a mesma das fotocélulas, uma vez que os dois dispositivos são feitos do mesmo material semicondutor: o silício.

Existem duas formas de se utilizar os fotodiodos em sensores, as quais são ilustradas na **figura 14**.

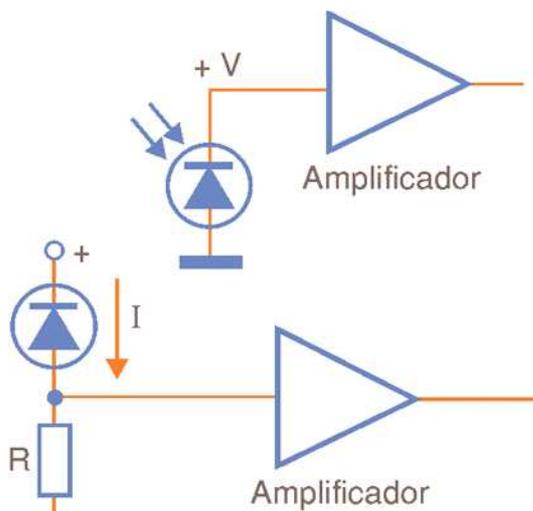


Figura 14

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

Pela sua velocidade de resposta esses sensores são utilizados em aplicações que exigem operação com sinais rápidos como, por exemplo, leitores de códigos de barra, sensores de máquinas muito rápidos, etc.

Fototransistores

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.

Na **figura 15** temos os símbolos e aspectos dos fototransistores comuns, observando-se a existência de tipos de grande amplificação que são os Darlingtons.

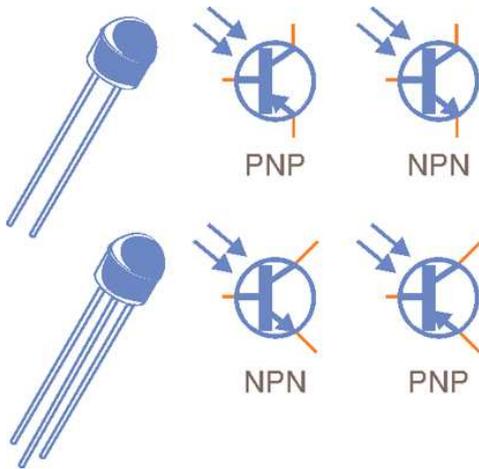


Figura 15

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

Os fototransistores podem ser tanto usados no modo fotodiodo em que o terminal de base permanece desligado, quanto no modo fototransistor em que a base é polarizada ou para aumentar a sensibilidade ou para aumentar a velocidade, observe a **figura 16**.

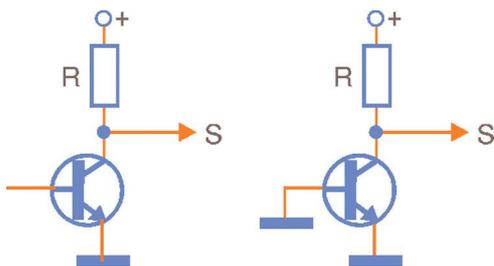


Figura 16

A grande vantagem no uso dos 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 LEDs infravermelhos.

Fotodisparadores

Existem ainda dispositivos semicondutores à base de silício que podem ser usados como sensores foto-sensíveis. Na **figura 17** apresentamos alguns desses sensores.

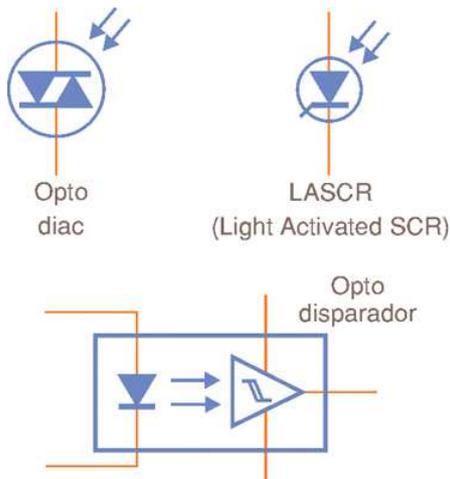


Figura 17

Podemos ter opto DIACs, opto-TRIACs e até opto-SCRs, de acordo com a mesma figura. No entanto, esses componentes são usados apenas em casos mais raros, por exemplo em chaves ópticas, conforme as que veremos a seguir.

Os fotosensores podem ser empregados em diversas configurações, conforme demonstra a **figura 18**.

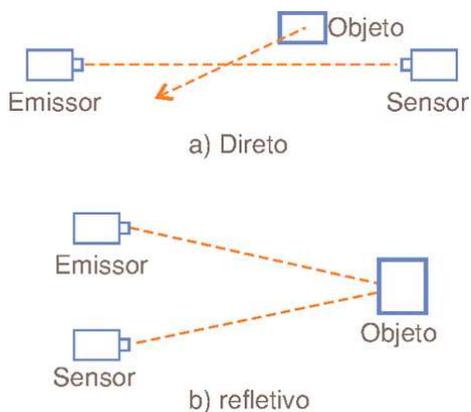


Figura 18

No caso mais simples ele opera do modo direto, ou refletivo com uma fonte de luz comum, detectando a interrupção da luz ou ainda a reflexão ou passagem do objeto por zonas escuras. Isso faz com que pulsos elétricos sejam gerados para o processamento de um circuito.

Em alguns casos a fonte emissora, normalmente um LED visível ou infravermelho é integrado ao mesmo invólucro do sensor, para aplicação no modo refletivo.

Temos também nesse caso as chaves ópticas que têm a configuração exibida na **figura 19**.

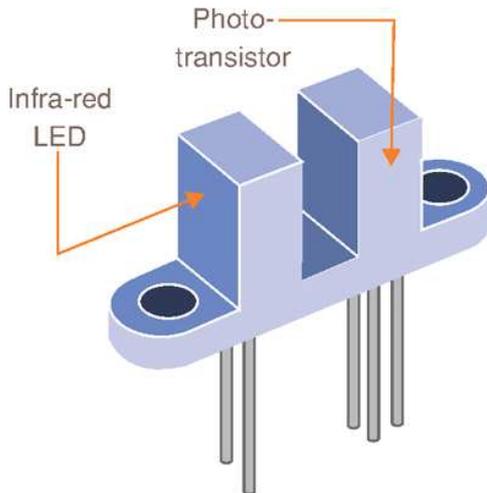


Figura 19

O que temos então é um emissor de luz (normalmente um LED) e um sensor que pode ser um fotodiodo, um fototransistor ou mesmo um circuito fotodisparador.

No percurso da luz para o sensor há uma fenda por onde pode passar um objeto cuja presença desejamos detectar. Uma roda denteada, por exemplo permite a detecção de seu movimento. Com sensores duplos, observe a **figura 20**, pode-se também detectar o sentido do movimento do objeto que passa pelo sensor.

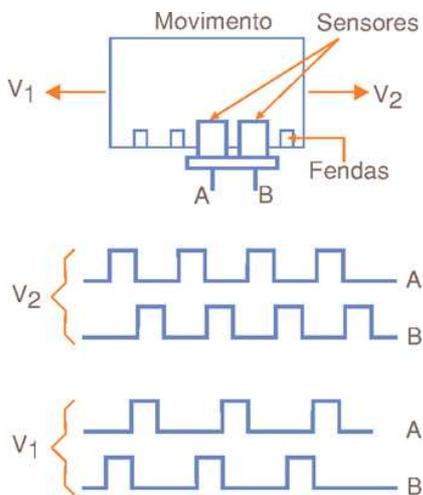


Figura 20

Um exemplo de circuito que permite detectar o sentido de rotação ou do movimento de um objeto usando um sensor duplo, ou ainda dois sensores, é apresentado na **figura 21**.

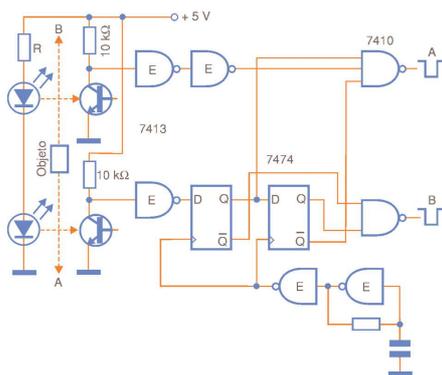


Figura 21

Recursos como lentes, tubos opacos e outros, conforme ilustra a **figura 22**, permitem aumentar a sensibilidade e diretividade dos sensores ópticos, podendo esses recursos ter as mais diversas configurações.

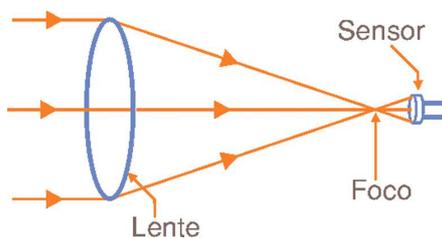


Figura 22

Note que o elemento sensor não é montado exatamente no foco de uma lente, mas sim em um ponto em que a imagem da fonte de luz se espalhe por toda a superfície sensível do dispositivo usado como sensor.

Na **foto D** temos exemplos de sensores fotoelétricos da **Omron**.



Figura D

d) Encoders Ópticos

Os *encoders* ou codificadores ópticos podem ser enquadrados na categoria dos sensores fotoelétricos, mas como têm uma aplicação um pouco diferente, estamos separando-os para análise nesse artigo.

Os *encoders* ópticos podem ser lineares ou rotatórios e ainda incrementais ou absolutos. O tipo básico rotatório incremental consiste em um disco com faixas claras e escuras que tanto pode operar no modo refletivo quanto por transparência usando uma chave óptica, conforme veja a **figura 23**.



Figura 23

O movimento do disco com as faixas é sensoriado pelo sensor óptico, sendo produzidos pulsos que permitem determinar tanto a posição do disco quanto sua velocidade. Com o uso de dois sensores em lugar de um apenas, é possível também estabelecer seu sentido de rotação, como já vimos no caso das chaves ópticas.

No caso de um sensor linear em lugar de um disco com faixas, temos uma linha ou tira com faixas que também pode operar no modo refletivo ou por transparência, veja a **figura 24**.

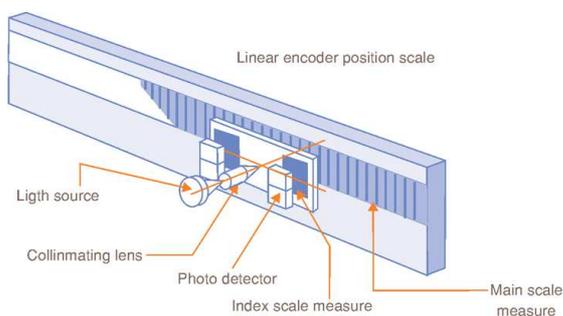


Figura 24

O *encoder* absoluto fornece informações sobre a posição real do disco com as barras ou regiões claras e escuras gravadas, na forma de um sinal digital.

Assim, de acordo com a **figura 25**, se um disco tiver 4 faixas de claros e escuros, para serem lidas por 4 sensores teremos 16 combinações possíveis

de saídas, fornecendo sinais de 4 bits com uma resolução de $360/16 = 22,5$ graus. Evidentemente, com 8 faixas teremos 256 combinações de valores, e com isso uma resolução de 1,40 graus.

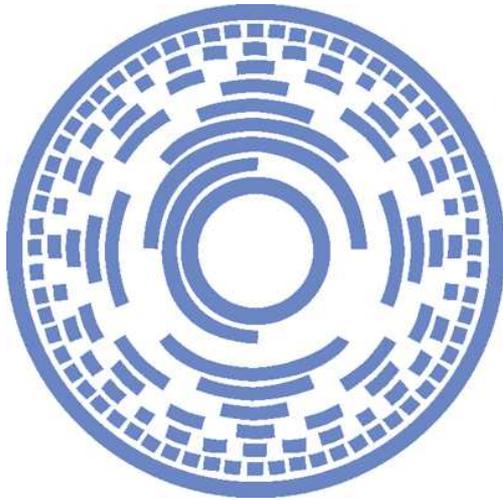


Figura 25

Para um *encoder* incremental linear, as regiões de claros e escuros são gravadas numa tira, observe a **figura 26**.

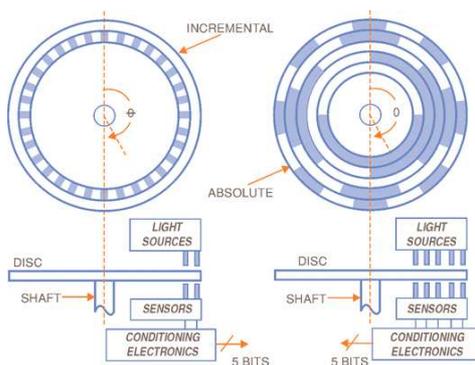


Figura 26

O número de faixas vai determinar a resolução do *encoder* e, portanto, a precisão na determinação da posição do objeto que está sendo sensoriado.

e) Sensores de Imagem

Uma outra categoria de sensores que opera com luz e semicondutores sensíveis a ela é a dos sensores de imagem. Podemos dizer que se trata de um sensor que, na realidade, é formado por uma matriz de uma boa quantidade de sensores fotoelétricos individuais.

Nessa categoria incluímos os sensores CCD (*Charged Coupled Devices*), que são usados no sensoriamento de imagens em micro-câmeras e mesmo em câmeras de vídeo convencionais, conforme mostra a **figura 27**.

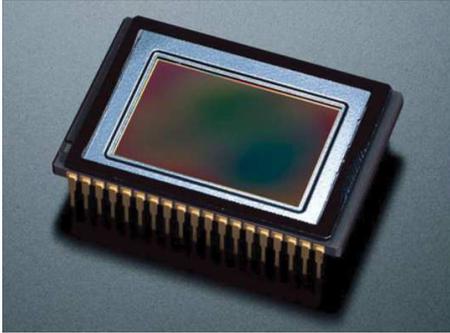


Figura 27

Acoplados a circuitos inteligentes, ou seja, microcontroladores e microprocessadores, esses sensores possibilitam a análise do formato, cor e outras características de um objeto, favorecendo assim um controle de uma linha de montagem com a separação de produtos que tenham determinadas características, conforme ilustra a **figura 28**.

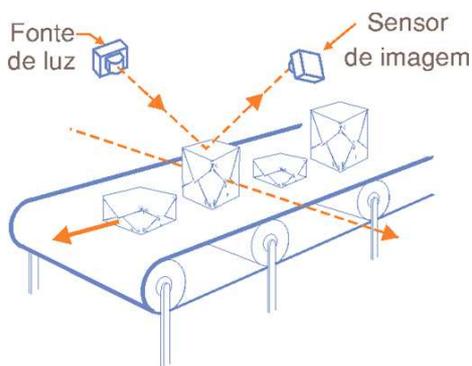


Figura 28

Evidentemente, esses sensores exigem tanto um circuito complexo para o processamento de seus sinais bem como software apropriado que permita a programação das características dos objetos que devem ser sensoriados.

f) Sensores Ópticos de Medida

Uma outra categoria de sensores ópticos importante e que faz uso em alguns dos mesmos dispositivos semicondutores que vimos até agora é a que é empregada na medida de grandezas ópticas como luminância, contraste e cor.

Esses sensores podem ser usados, por exemplo, para determinar a composição da luz emitida por uma fonte, ou ainda sua intensidade como em luxômetros, fotômetros, e outros instrumentos semelhantes de uso na indústria, pesquisa, aplicações médicas, etc., conforme exhibe a **figura 29**.



Figura 29

Na ilustração vemos um sensor de cores que identifica objetos numa linha de montagem pela cor (Globetron Controls)

Basicamente, esses sensores constam de elementos individuais sensores com filtros que permitam selecionar a faixa luminosa que se deseja medir, ou ainda sensores múltiplos com diversos filtros, cada um deixando passar a faixa de freqüências que se quer analisar.

A diferença básica desses sensores está no fato de fornecerem saídas que são proporcionais à intensidade da grandeza medida, viabilizando assim o seu processamento para a medida.

Na **figura 30** temos um CI sensor de cor.

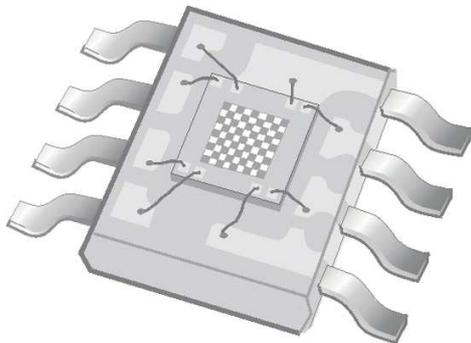


Figura 30

g) Sensores Térmicos

Da mesma maneira que no caso dos 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.

Temos basicamente os seguintes tipos de sensores térmicos que são usados na maioria das aplicações eletrônicas comuns:

- Bimetais

- Pares termoelétricos
- NTCs e PTCs
- Sensores semicondutores
- Sensores piroelétricos

Analisemos esses sensores separadamente.

Bimetais

Esse sensor consiste em duas lâminas feitas de metais que possuem coeficientes de dilatação diferentes. As lâminas são presas juntas de tal modo que, ao se aquecerem, o conjunto verga na direção da lâmina de menor coeficiente, observe a **figura 31**.



Figura 31

Basta então dotar essas lâminas de contatos para que, ao haver o aquecimento, o movimento se encarregue de fechar o circuito, ou ainda abrí-lo.

Trata-se de uma solução simples, mas pouco precisa para o controle de temperatura (termostatos), sendo empregado em aplicações como controles intermitentes (pisca-piscas), circuitos de proteção contra sobrecorrente, controle de temperatura em estufas, fornos, etc.

Pares Termoelétricos

Pela sua capacidade de operar com temperaturas muito altas, linearidade e precisão são os sensores mais utilizados no sensoriamento de temperaturas muito altas, que podem chegar a centenas de graus, como em fornos, por exemplo.

Na **figura 32** apresentados o princípio de funcionamento desse tipo de sensor.

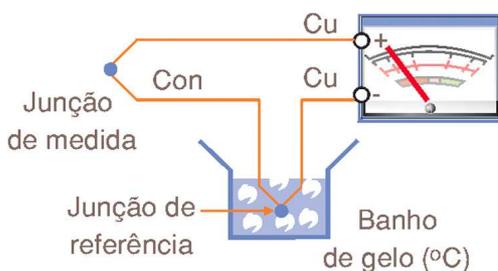


Figura 32

Quando dois metais formam uma junção e um deles está numa temperatura diferente do outro, aparece entre eles uma tensão proporcional à diferença de temperatura.

Dessa forma, pode-se usar essa tensão para sensoriar a temperatura de um local, tanto atuando sobre um circuito de controle quanto sobre um circuito de medida.

Os pares termoeletrônicos são utilizados nos casos em que se deseja monitorar temperaturas muito altas.

NTCs e PTCs

NTC significa *Negative Temperature Coefficient* enquanto PTC representa *Positive Temperature Coefficient*. São resistores cuja resistência diminui (NTC) ou aumenta (PTC) quando a temperatura aumenta.

Na **figura 33** vemos o aspecto e o símbolo desses dispositivos que podem ser usados como sensores de temperatura, bem como sua curva característica.

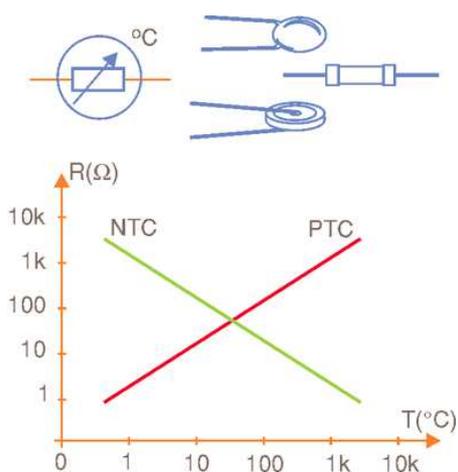


Figura 33

Operando numa faixa de temperaturas que vai de valores negativos até aproximadamente 125 graus, 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 elaborados com esses dispositivos, uma vez que as variações de resistência obtidas podem ser facilmente usadas para acionar comparadores de tensão. NTCs termométricos, por outro lado, podem ser usados na medida precisa de temperatura, sendo por isso encontrados em termômetros eletrônicos.

Sensores Semicondutores

Baseados no fato de que um aumento de temperatura libera maior quantidade de portadores de carga numa junção semicondutora, podemos usar qualquer

dispositivo dotado de junções como um sensor de temperatura com linearidade relativamente boa numa ampla faixa de temperaturas.

Em razão disso, a possibilidade mais comumente adotada é a de se usar um diodo comum polarizado no sentido inverso, veja a **figura 34**.

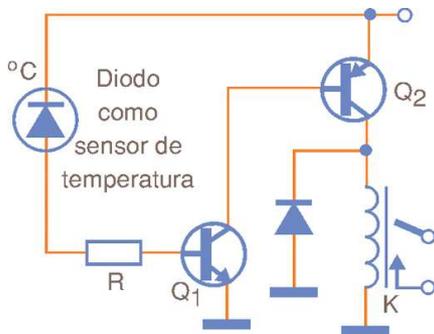


Figura 34

A corrente de fuga do diodo depende da temperatura e isso pode ser usado para acionar os mais diversos tipos de dispositivos em aplicações em que se deseja um controle em função da temperatura.

Diodos especiais podem ser otimizados para apresentar uma curva linear dentro de uma faixa de temperaturas na qual ele pode ser usado para a medida dessa grandeza.

Uma aplicação importante desse tipo de sensor está na sua integração na própria pastilha dos microprocessadores de modo que eles possam sensoriar a temperatura disparando um circuito de proteção externa, cortando a alimentação ou ainda acelerando uma ventoinha em caso de sobreaquecimento.

Outra possibilidade consiste em se integrar esses sensores juntamente com o circuito que processa seus sinais.

Assim, a própria National, de acordo com a **figura 35** possui sensores integrados de temperatura que fornecem uma saída que é numericamente equivalente a temperaturas em graus Celsius ou Fahrenheit, facilitando enormemente o interfaceamento com conversores A/D e outros dispositivos de controle.

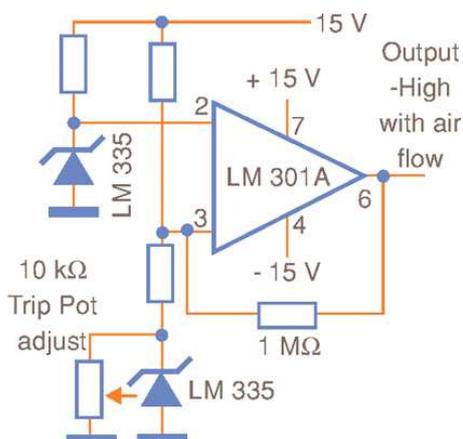


Figura 35 - Sensor de temperatura com o LM335

Sensores Piroelétricos

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

Na **figura 36** mostramos um exemplo de sensor desse tipo que apresenta variações usadas em aplicações de todos os tipos.



Figura 36

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. Para aumentar sua sensibilidade e dirigir as ondas de infravermelho diretamente para o sensor, são usadas lentes especiais denominadas Lentes de Fresnel, que têm o padrão exibido na **figura 37**.

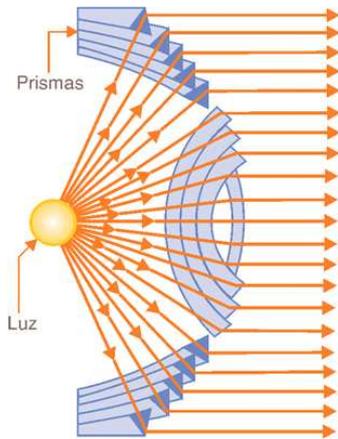


Figura 37

h) Sensores de Presença

Na realidade, os tipos mais usados com essa finalidade são os sensores de temperatura piroelétricos que vimos no item anterior. Esses sensores detectam as pessoas pelo calor de seu corpo, podendo ser usados também em outras aplicações, como sensores de incêndio, desde que filtros apropriados sejam agregados.

O que acontece nesse caso é que a emissão de calor pelo corpo de uma pessoa é suficiente para acionar o sensor, que é sensível à radiação infravermelha.

i) Sensores Ultra-sônicos

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

Na **figura 38** temos um exemplo de um par sensor desse tipo que pode ser usado inclusive para se medir distâncias, em diversas aplicações práticas importantes.



Figura 38 - Sensores ultra-sônicos da Omron

O princípio de funcionamento desse sensor é o seguinte: um transdutor emite ondas ultra-sônicas em frequência normalmente em torno de 42 kHz. O

resultado é um comprimento de onda da 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. Veja que o sensor também pode funcionar conforme demonstra a **figura 39**, bloqueando a passagem das vibrações ultra-sônicas.

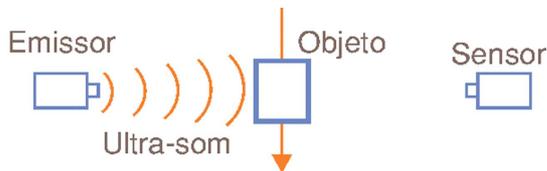


Figura 39

Os exemplares mais comuns de sensores desse tipo são os que utilizam uma lâmina ressonante de modo que eles funcionam tanto como transdutores emissores quanto microfones, mas sendo capazes de selecionar por ressonância, uma estreita faixa de frequências, normalmente em torno de 42 kHz.

O outro tipo de sensor/emissor é o que faz uso de cerâmicas piezoelétricas. Observe que, enquanto o primeiro é indutivo de baixa ou média impedância o segundo tem características capacitivas de alta impedância.

Na **figura 40** temos os aspectos de alguns desses sensores.

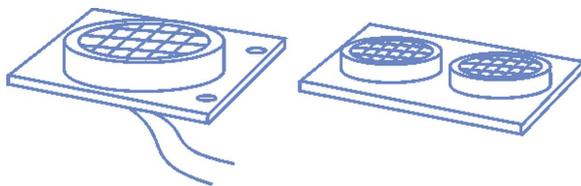
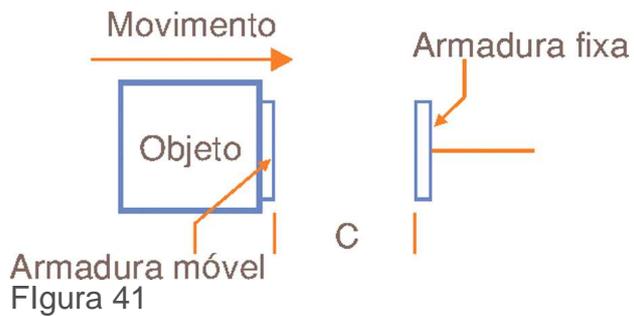


Figura 40

Esses sensores são bons para detectar a presença de objetos a curtas distâncias sendo por isso usados em aplicações onde outros meios mais sujeitos a interferências não funcionam bem. Isso acontece porque os ultrasons, diferentemente de luz e sinais elétricos não são afetados por interferências elétricas ou mesmo luz ambiente.

j) Sensores Capacitivos

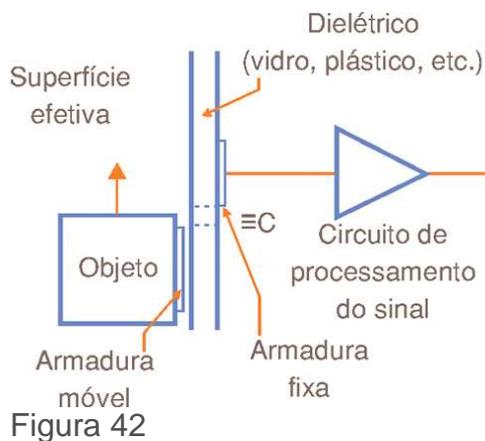
O princípio de funcionamento desses sensores é simples de entender, se partirmos da ilustração da **figura 41**.



A capacitância de um capacitor (sensor) depende da distância entre duas placas. Se uma delas 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.

Então, um sensor desse tipo pode ser elaborado simplesmente mantendo-se uma armadura fixa e prendendo a armadura móvel ao objeto que se pretende sensoriar.

É possível sensoriar também o deslocamento desse objeto pela superfície efetiva do capacitor que o sensor representa, veja a **figura 42**. Dessa maneira é possível sensoriar deslocamentos laterais de uma das armaduras do capacitor.



Finalmente, temos uma possibilidade interessante que é aproveitada no sensoriamento de líquidos de um reservatório onde o próprio nível do líquido representa a armadura móvel.

Conseqüentemente, temos um capacitor virtual cuja armadura que se movimenta é o próprio líquido ou meio cuja posição ou nível deve ser sensoriado, veja a **figura 43**.

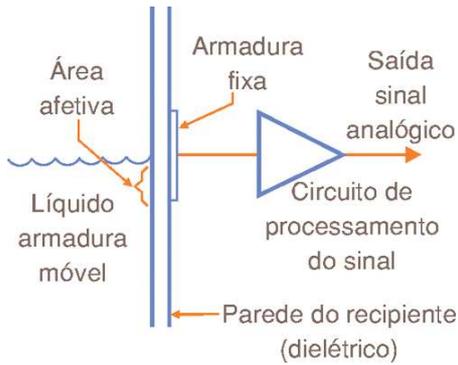


Figura 43

Os sensores capacitivos encontram aplicações em alarmes, sensores de posição, sensores de níveis de líquidos em reservatórios, etc.

Na **foto E**, alguns sensores desse tipo.



Foto E

k) Sensores de Pressão

Há várias tecnologias que permitem a elaboração de sensores de pressão para aplicações na indústria, eletrônica de consumo, eletrônica médica, eletrônica embarcada, etc.

Uma tecnologia mais antiga é a que faz uso de uma câmara de vácuo, conforme mostra a **figura 44**.

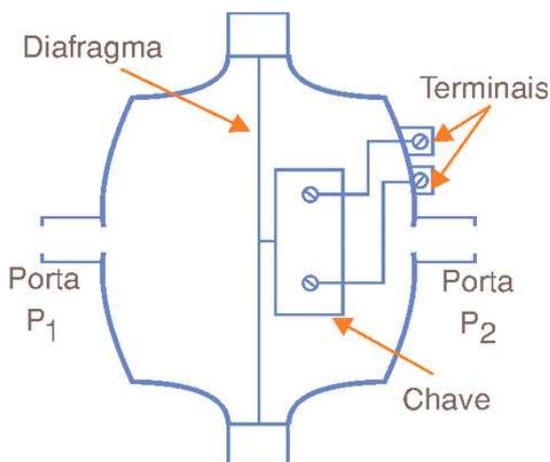


Figura 44

O ar externo pressiona o diafragma que vai ter uma posição que depende do valor da pressão externa. A posição do diafragma é então sensorizada por um dispositivo sensor de posição que pode ser uma bobina ou uma placa, caso em que se usa um sensor capacitivo.

Outra técnica é a que faz uso de materiais piezoelétricos, com a estrutura apresentada na **figura 45**.

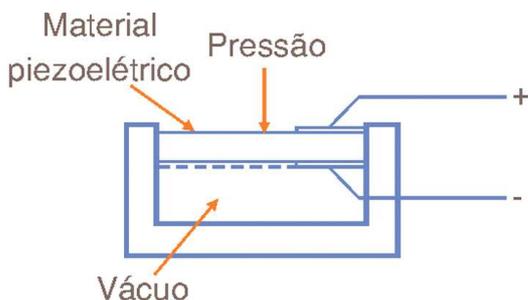


Figura 45

Uma deformação do material faz com que apareçam tensões elétricas nas faces do material. Essa tensão pode ser amplificada de modo a fornecer informações sobre a grandeza sensorizada.

Com essa estrutura podem ser obtidos sensores que sensoriam a pressão absoluta caso em que numa das faces temos uma câmara de vácuo que serve de referência, ou com ar a uma pressão de referência, ou ainda relativos, em que temos duas entradas de pressão, observe a **figura 46**.



Figura 46 - Sensores diferenciais de pressão da Omron

Nesse caso, o dispositivo sensorial a diferença de pressão entre as duas entradas, podendo assim indicar uma pressão relativa, por exemplo de uma autoclave ou bomba de ar. Esse tipo de sensor também pode ser usado no sensoriamento do nível de líquidos em um reservatório.

Sensores modernos como esses também faz uso de tecnologia magneto-resistiva, onde um ímã cria um campo que atua sobre um padrão de linhas que apresenta uma certa resistência, observe a **figura 47**.

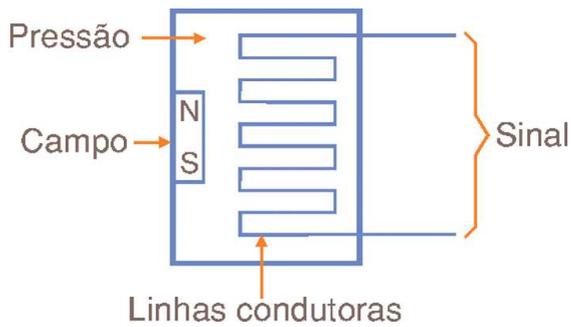


Figura 47

Uma deformação dessa estrutura faz com que a resistência elétrica apresentada se modifique fornecendo desse modo um sinal de saída a um circuito de monitoramento ou controle.

I) Sensores de Gases

Existem diversas tecnologias para o sensoriamento de gases num ambiente, algumas das quais empregadas em sensores de incêndio, sensores de fumaça ou ainda na detecção da presença de substâncias específicas em um ambiente.

Um tipo simples de sensor de fumaça que é usado em aplicações industriais é o que vimos ao analisar os sensores fotoelétricos.

Nele, conforme mostra a **figura 48**, detecta-se a interrupção ou alteração de um feixe de luz sobre um sensor quando em presença de fumaça.

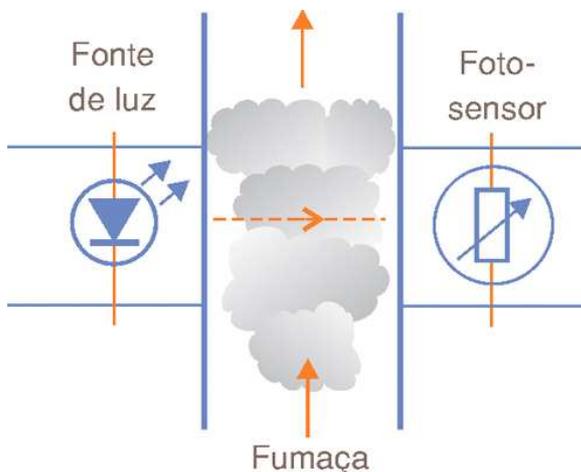
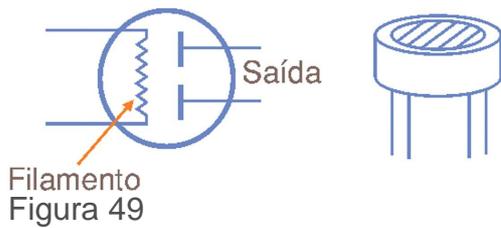


Figura 48

Obviamente, esse sensor não detecta propriamente a presença de gases que se misturam com o ar, e que portanto não afetam sua transparência. Esse sensor é usado para detectar as partículas em suspensão que formam a fumaça e que por isso impedem a passagem da luz.

Para detectar gases que se misturam com o ar atmosférico e que não afetam sua transparência são empregados outros tipos de sensores.

Um deles é o sensor cujo símbolo e aspecto interno são os vistos na **figura 49**.



Nesse tipo de sensor existem dois filamentos recobertos como substância que reage facilmente com gases que estejam presentes no meio ambiente, exceto o oxigênio e gases inertes.

Um dos filamentos é mantido aquecido. O conjunto forma então uma ponte que se equilibra nas condições em que não existem gases reativos no meio ambiente.

Se um gás reativo entrar em contato com os filamentos, ao ser absorvido e na presença do calor, ele muda sua resistência, o que causa o desequilíbrio da ponte. Com isso, a presença do gás reativo pode ser detectada.

Na **figura 50** temos um circuito típico para sensor de gás.

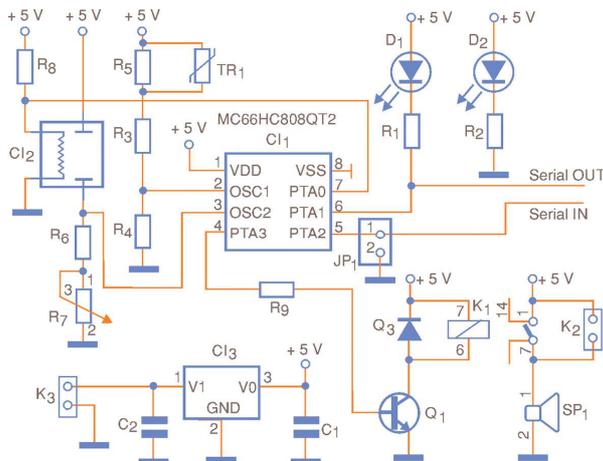


Figura 50

Uma aplicação importante desse tipo de sensor é na análise dos gases de escape de motores a combustível.

Equivalentes semicondutores, onde a resistência de um semicondutor especial muda com o gás, também podem ser encontrados em diversas aplicações, conforme ilustra **figura 51**.

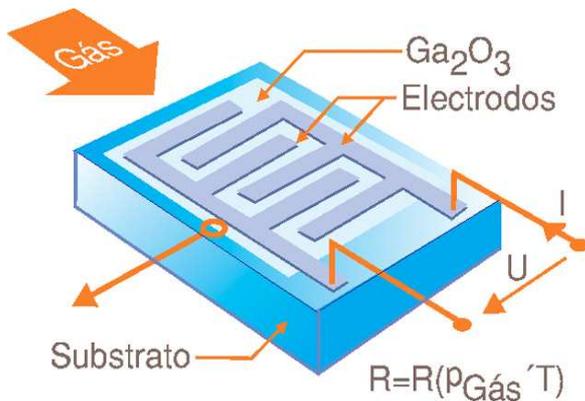
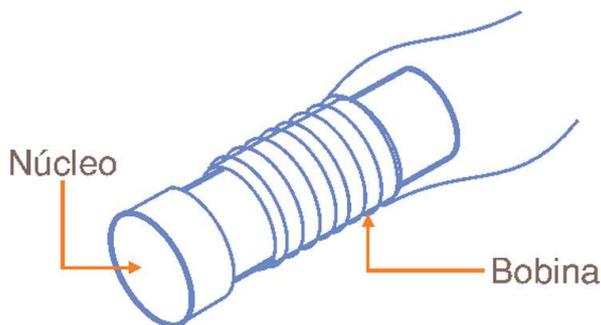


Figura 51 - Estrutura de um sensor de gás por semicondutor Siemens

m) Sensores Indutivos

Na indústria há uma infinidade de aplicações para sensores indutivos. Esses sensores basicamente consistem numa bobina em torno de um núcleo, veja a **figura 52**.



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).

Por isso, esses sensores podem ser usados para detectar a presença de objetos, a proximidade de um objeto, sua passagem e muito mais. Na **figura 53** é exibida a linha de sensores indutivos de proximidade da Omron.



Figura 53

n) Sensores de Efeito Hall

Os sensores de efeito Hall se enquadram na categoria dos sensores magnéticos.

Na **figura 54** mostramos o princípio de funcionamento desses sensores.

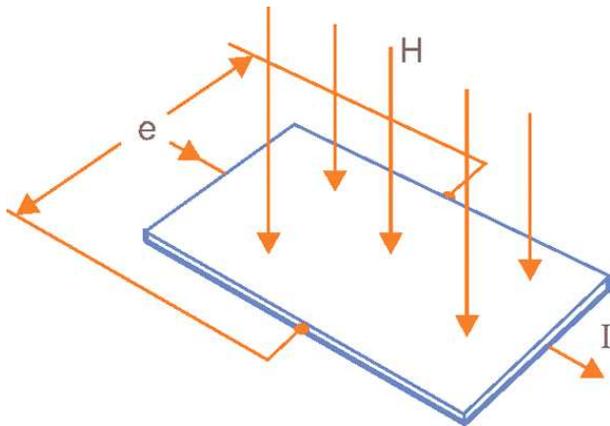


Figura 54

Quando um campo magnético atua sobre uma placa condutora através da qual passa uma corrente elétrica, essa corrente é desviada. Isso significa que no ponto em que essa corrente é tomada, teremos variações de sua intensidade que traduzem a intensidade do campo magnético.

Os sensores Hall tem a vantagem de serem lineares, muito sensíveis, rápidos e além disso poderem ser elaborados com materiais semicondutores adquirindo dimensões reduzidas.

Para utilizar os sensores Hall é preciso empregar circuitos amplificadores de grande ganho, normalmente com amplificadores operacionais.

As aplicações mais comuns para esses sensores são a detecção de movimento de partes mecânicas, tacômetros, controle de motores, etc.

Na **figura 55** trazemos uma aplicação em que um sensor Hall é empregado para medir a velocidade de uma peça rotativa e fazer o controle de sua velocidade.

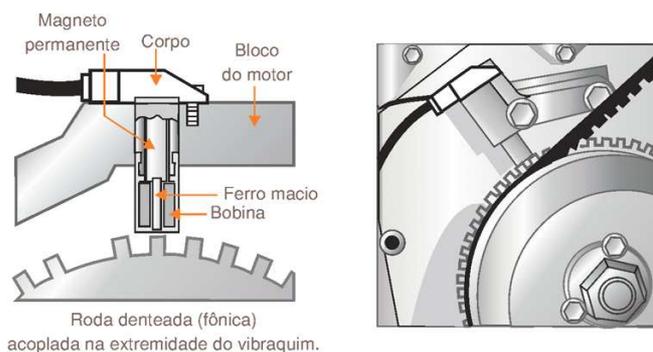


Figura 55

Exemplo dado de aplicação pela **BB Automação**.

Os sensores Hall também são encontrados em magnetômetros, que são instrumentos que medem a intensidade de um campo magnético.

As configurações dos sensores normalmente são de tal maneira que eles formam uma ponte de Wheatstone. Na presença do campo magnético, essa ponte é desequilibrada, aparecendo assim uma tensão de saída.

Conclusão

O que vimos até aqui é apenas uma pequena parcela dos tipos de sensores que existem. Conforme explicamos na introdução, a quantidade de sensores com que pode contar o projetista de dispositivos que exijam esses sensores é muito grande.

Não incluímos sensores especiais como os de raios X, radiação nuclear, sensores para uso médico e hospitalar, eletrônica aeroespacial e muitos outros.

Como um pequeno tutorial, acreditamos que este artigo tenha sido de utilidade para os que desejam saber um pouco mais sobre os tipos mais comuns de sensores.