



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Elétrica - ENE

Sensores Ópticos de Passagem e medição de Distância

Brasília, junho de 2005
Professor: Eng. Geovany Araújo Borges, Docteur
Alberto de Oliveira Cazer – 99/32844
Andrey Vinicius Altoé – 00/10863
Ângelo Pelli Júnior – 02/78076



Introdução

Os sensores são dispositivos capazes de detectar movimentos e ações que ocorrem em processos e projetos eletro-eletrônicos. Em geral, esses elementos são dotados e encarregados de gerar informações para sistemas de automação.

Os sensores são elementos de extrema importância no controle moderno, pois fecham a malha de um circuito, ou seja, eles são capazes de detectar a margem de erro de um sistema e enviar um sinal para um atuador. Com isto, é possível que o processo responda de uma forma mais desejada e pode-se então controlar mais eficientemente um processo. Um esquema resumido desse fato está mostrado na figura 1, juntamente com a função de transferência respectiva.

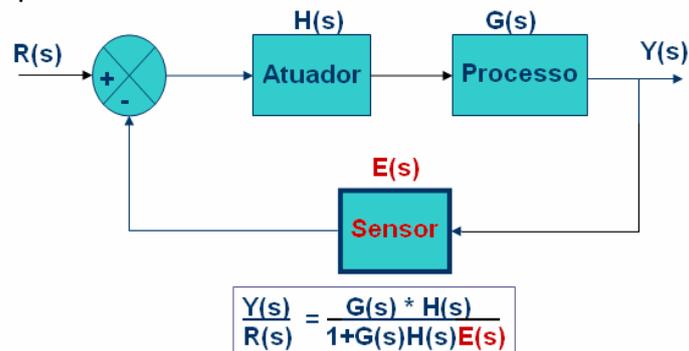


Figura 1: Representação em diagrama de blocos de um sistema a malha fechada.

Os sensores tentam emular os cinco sentidos humanos: a visão, a audição, o tato, o olfato e o paladar. No caso dos sensores ópticos, estes emulam basicamente a visão. Os sensores ópticos são fabricados segundo a tecnologia da emissão e recepção de irradiação infravermelha modulada. Eles trabalham em uma faixa de onda correspondente aos raios infravermelhos, ou seja, comprimentos de onda na faixa de 700 nm a 750 nm.

De modo geral, estes sensores apresentam uma vida útil praticamente infinita e são mais precisos quando comparados a outros tipos de sensores. O princípio de funcionamento geral de um sensor óptico consiste na colocação de emissores e receptores de luz em uma parte móvel de uma régua graduada, fixa à base do movimento. Isto permite a passagem ou a reflexão apenas de feixes seletivos de luz, que são detectados pelos receptores e assim, podem indicar a posição da parte móvel em relação à parte fixa. Para se ter uma idéia da precisão desses sensores, a figura 2 mostra uma escala na régua óptica de 20 µm que é tomada como divisão. Em vista desses fatores, como a precisão, estes sensores possuem um custo elevado de fabricação e conseqüentemente são mais caros que outros sensores.

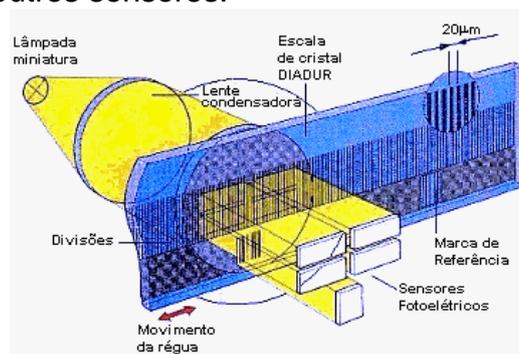


Figura 2: Sensor óptico ou régua óptica



Sensores Ópticos

Os sensores ópticos podem ser divididos em dois tipos, os infravermelhos ativos e os passivos. Dentro dos infravermelhos ativos, podemos caracterizar três grupos principais, de acordo com o seu funcionamento:

- Sistema por Barreira (ópticas alinhadas);
- Sistema por Difusão;
- Sistema por Reflexão.

Um sensor é dito ativo quando este possui um emissor, por onde é emitida uma onda infravermelha, esta invisível a visão humana, e por um receptor que detecta esta onda. Sua utilização é recomendada tanto para ambientes internos como para ambiente externos, pois possuem uma faixa de operação considerável (podem detectar objetos a mais de 100 metros de distância).

Os sensores são ditos passivos quando estes possuem apenas receptores, ou seja, eles não emitem ondas infravermelhas, apenas detectam a movimentação destas nas suas áreas de atuação. Ao se detectar um sinal infravermelho, este geralmente é transformado numa variação de tensão ou de corrente e é interpretado por um circuito eletrônico. Seu uso é recomendável principalmente em ambientes fechados, pois a faixa de operação efetiva destes sensores é inferior a dos ativos, e raramente ultrapassa 20 metros.

Dentro dos infravermelhos ativos, temos aqueles que funcionam no sistema por barreira, onde o elemento transmissor de irradiação infravermelha é alinhado frontalmente a um receptor infravermelho, a uma distância pré-determinada para cada tipo de sensor. Se ocorrer alguma interrupção desta irradiação, ocorrerá um chaveamento eletrônico, pois não haverá sinal recebido pelo receptor. Um esquema de um sensor por barreira é mostrado na figura 3.

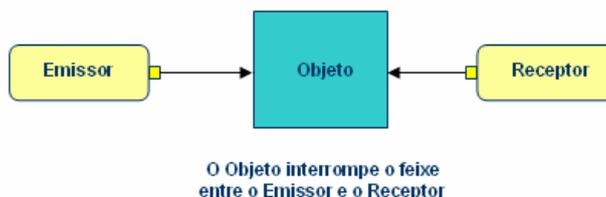


Figura 3: Sensor Óptico por barreira

Os sistemas por difusão e por reflexão caracterizam-se pelos emissores e receptores estarem dispostos lado a lado em um mesmo conjunto óptico.

Nos sistemas por difusão, os raios infravermelhos emitidos pelo emissor, incidem diretamente sobre um objeto, o qual retorna um feixe de luz em direção ao receptor. De acordo com o tempo de resposta, determina-se a distância na qual o objeto está disposto e então ocorre um chaveamento eletrônico correspondente. Um esquema é mostrado na figura 4.

No sistema por reflexão, os raios infravermelhos são emitidos em direção a um espelho prismático. Neste caso, o chaveamento ocorrerá quando se retirar o espelho ou quando interromper-se a barreira dos raios infravermelhos entre o sensor e o espelho com um objeto ou corpo de qualquer natureza, fazendo com que o receptor não receba mais um sinal. Este esquema é mostrado na figura 5.

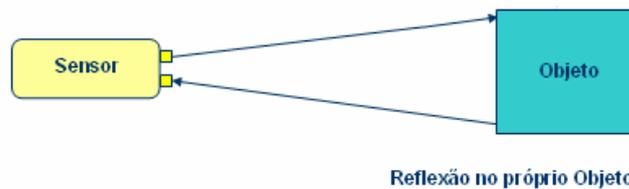


Figura 4: Sensor Óptico por difusão

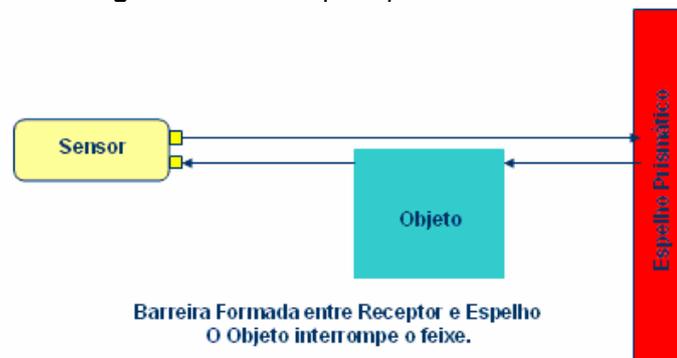


Figura 5: Sensor Óptico por reflexão

Sensor Óptico de posição (Encoder):

Os sensores ópticos de posição detectam a posição de um objeto com respeito a um ponto de referência. Estes podem medir tanto distâncias lineares quanto angulares.

O elemento básico de um sensor óptico de posição é um Encoder. O encoder converte o movimento ou posição angular em uma série de pulsos. Feixes de luz atravessam o encoder para iluminar fotossensores individuais.

Os encoders produzem diretamente uma saída digital, eliminando a necessidade de um conversor analógico-digital. Existem dois tipos de encoders: o Encoder Absoluto e o Encoder Incremental.

- Encoder Absoluto:

O Elemento básico de um Encoder absoluto é um disco de vidro estampado por um padrão de trilhas concêntricas. Feixes de luz atravessam cada trilha para iluminar fotossensores individuais.

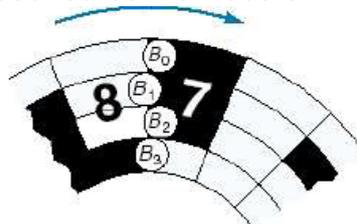


Figura 6: Encoder Absoluto com base binária padrão

O encoder absoluto é constituído de um disco de vidro estampado por um padrão de trilhas concêntricas. Existem feixes de luz que atravessam cada trilha para iluminar foto sensores individuais, o qual fornece sempre a posição absoluta de um objeto e não existe contato físico para que ocorra a detecção. Feita essa detecção, definimos a posição absoluta do encoder através de um código. O código mais empregado é o binário, pois este é facilmente manipulado por um circuito relativamente simples e, com isso, não se faz necessário nenhum tipo de conversão para se obter a posição real do encoder. O código é extraído diretamente do disco (que está em rotação). O sincronismo e a aquisição da posição no momento da variação entre dois códigos tornam-



se muito difíceis. Se nós pegarmos como exemplo dois códigos consecutivos binários como 7 (0111) e 8 (1000), notaremos que a variação de zero para um e um para zero ocorre em todos os bits, e uma leitura feita no momento da transição pode resultar em um valor completamente errado.

Como o mau alinhamento das fotocélulas pode causar erros de leitura, uma solução comum é o uso de um disco estampado em Código Gray, em lugar do código binário padrão. O Código Gray é um código digital com a propriedade de que duas palavras códigos consecutivas diferem apenas de 1 bit, conforme pode ser visualizado na figura 7.

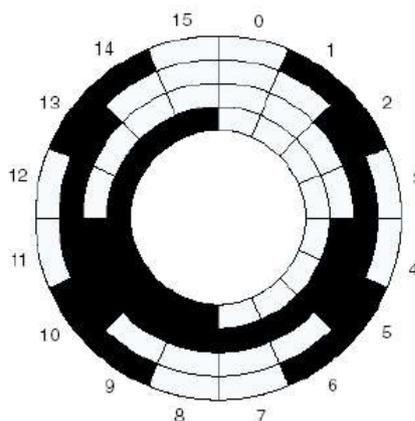


Figura 7: Encoder absoluto com base no código de Gray

- Encoder Incremental:

O encoder óptico incremental possui apenas uma trilha com dentes igualmente espaçados (figura 8). A posição do objeto é determinada pela contagem do número de dentes que passam na frente de um fotosensor, onde cada dente representa um ângulo conhecido. Este sistema requer um ponto de referência inicial.

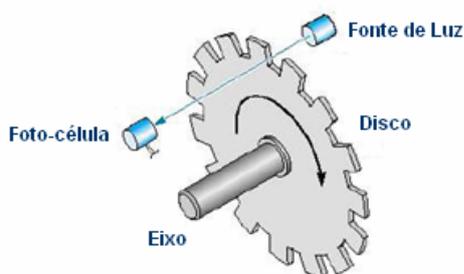


Figura 8: Encoder Incremental

A resolução de um encoder incremental é dada pela relação pulsos/revolução (normalmente chamado de PPR), isto é, o encoder gera uma certa quantidade de pulsos elétricos por uma revolução dele próprio. Para se determinar a resolução basta pegar, por exemplo, o número de pulsos que passam em uma revolução propriamente dita e dividi-lo por um ângulo de uma revolução (360°). Se um encoder fornecesse 720 pulsos/revolução, neste caso teríamos uma resolução de 2 pulsos por grau da trilha, ou poderíamos interpretar que seria gerado um pulso elétrico a cada $0,5^\circ$ mecânicos.

Conforme pode ser notado, a precisão de um encoder incremental depende de fatores mecânicos, elétricos e ambientais, que são: erros na escala das janelas do disco, excentricidade do disco, excentricidade das janelas, erro introduzido na leitura eletrônica dos sinais, temperatura de operação e nos próprios componentes transmissores e receptores de luz.



Aplicação & Utilização dos Sensores Ópticos

A cada dia, a indústria como um todo vem empregando um maior número de sensores ópticos, devido principalmente a alta precisão, alta confiabilidade e a redução de custos, além de uma vida útil enorme dos mesmos.

Os sensores ópticos são tão flexíveis que temos aplicações desde simples mouses até soluções de engenharia moderna como satélites do Projeto CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite).

Podemos ver algumas aplicações dos sensores ópticos nas figuras de 9 a 11 a seguir:



Mouse Óptico
Fabricante: Microsoft

Sensor óptico que detecta a posição do mouse

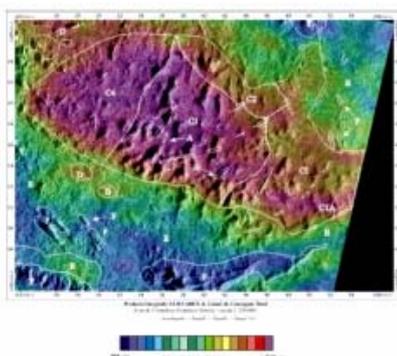
Figura 9: Mouse Óptico

Portas automáticas
Fabricante: [Manzine](#)

Sensor óptico que ao detectar a presença de um corpo aciona o motor de abertura das portas.



Figura 10: Portas Automáticas



Projeto CBERS ([China-Brazil Earth Resources Satellite](#))

3 sensores ópticos principais (32 ao todo)

Figura 11: Projeto Espacial Cino-Brasileiro



Na indústria em geral, os sensores ópticos são muito utilizados com sensores de fim de curso, dispositivos de proteção e/ou segurança, dispositivos contadores, como uma esteira, por exemplo, como podemos ver na figura 12, ele é altamente utilizado na indústria química, pois não reage com os elementos químicos, são empregados na Siderúrgica e Metalúrgica como controle de qualidade, verificando a rugosidade dos materiais e muitas outros.



Figura 12: Esteira contadora com sensor óptico



Fabricantes e novidades no Mercado:

Um dos principais fabricantes no Brasil de sensores é uma multinacional, a FESTO. Esta empresa possui uma filial no país e é responsável por algumas inovações em sensores ópticos. Uma das últimas inovações nessa área foi o desenvolvimento do sensor com raios infravermelhos “especiais” ao invés de lasers comuns. Isto possibilitou uma melhora na precisão e um ganho no aumento da faixa de operação de sensores. Um destes aparelhos é um sensor de distância que conta com uma saída analógica proporcional à distância medida.

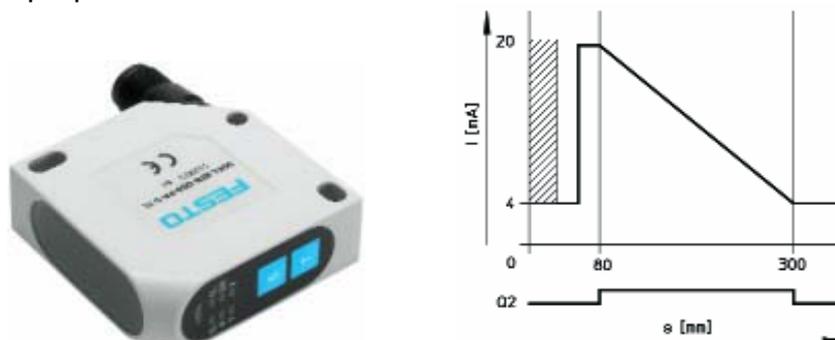


Figura 13: sensor de distância da Festo (Padrão 4 -20 mA)

Observando a figura 13, pode-se notar que quando a faixa de operação do sensor é de 80 a 300 mm, sendo que a distância de 80 mm equivale a uma corrente de 20 mA, e uma distância de 300 mm equivale a 4 mA. Importante notarmos a relação linear entre as correntes (mA) e as distâncias (mm). No caso deste aparelho, além da saída analógica proporcional, o sensor possui duas saídas discretas digitais, que permitem saídas adicionais na mesma aplicação.

Vale ressaltar ainda que esta distância (de 80 a 300 mm) não é fixa, e, portanto, pode ser alterada. Entretanto, se aumentarmos essa distância de 80 a 520 mm, por exemplo, teremos uma redução na precisão na medida da distância em cerca de duas vezes. Portanto, para cada caso a ser empregado devem-se fazer os ajustes correspondentes para se obter um melhor resultado.

Em um site na internet (<http://www.tucano2.com.br/alarme/sensores/ivp.htm>) foram encontrados alguns sensores ópticos que são comercializados no país. Visto que o fator disponibilidade e custo são relevantes em trabalhos de engenharia, enumeraram-se alguns dos sensores ópticos mais utilizados atualmente. Estes foram divididos em duas categorias principais, os infravermelhos passivos e os ativos, como anteriormente comentados.

Os sensores infravermelhos passivos podem ser utilizados tanto em sistemas de proteção perimetral como para detectar objetos em um ambiente fechado. Três desses sensores são:

- *Digigard 50 Digital* (PDXDG55)
- *Paradox 360°* (PDX 360)
- *IVP Rokonet 700* (RK 7001)



Digigard 50 Digital (PDXDG55)

Este sensor é muito utilizado em detectar objetos em ambientes como salas de espera ou em corredores dos apartamentos com elevadores, sendo este geralmente fixado em uma parede. Possui um ângulo de abertura de 110 ° e uma proteção contra interferências de rádio (R.F.I.) e eletromagnéticas (E.M.I.).

Seu preço no site é de U\$ 51,00.



Paradox 360° (PDX 360)

Este sensor possui um ângulo de abertura de 360° e é utilizado geralmente fixado no teto. Possui um alcance médio de 12 metros e proteções R.F.I e E.M.I..

Seu preço no site é de U\$ 195,00.



IVP Rokonet 700 (RK 7001)

Sua utilização é bem similar ao PDXDG55, e é descrito no site como “o mais barato e eficiente do mercado entre os sensores passivos econômicos”. Possui um alcance de até 15 metros e ângulos de abertura horizontal (90°) e vertical (60°).

Seu preço no site é de U\$ 19,20.

Entre os sensores ativos, de uso tanto interno como em ambientes externos, ressaltaremos os seguintes:

- *Infravermelho Ativo Incoel (IVAIN)*
- *Infravermelho Ativo Duplo Feixe de 150m (DBELD150)*



Infravermelho Ativo Incoel (IVAIN)

Este sensor possui um alcance de até 50 metros, podendo ser utilizado em ambientes abertos como fechados e possui um alinhamento dos sensores e emissores de fácil acesso.

Seu preço no site é de R\$ 110,00.



Infravermelho Ativo Duplo Feixe de 150m (DBELD150)

Um sensor dos mais sofisticados no mercado, possuindo acionamento por interrupção simultânea dos feixes, um controle automático de ganho para imunidade ao sol, chuva e nevoeiro. Possui um alcance de até 150 metros.

Seu preço no site é de R\$ 1920,00.

Uma das aplicações mais interessantes e inovadoras que vem sendo desenvolvidas com relação aos sensores ópticos é o seu uso em aparelhos denominados auto-refratores (figura 14). Esses aparelhos ajudam muito médicos oftalmológicos a conseguir uma melhor eficiência tanto em diagnóstico como em cirurgias de problemas oculares, como a miopia, o astigmatismo ou a hipermetropia.

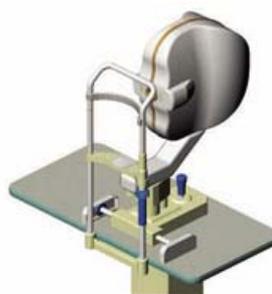


Figura 14: aparelho auto-refrator

Até a alguns anos atrás, o único método de diagnóstico de problemas oculares era através de exames refrativos baseados no uso de várias lentes, no qual os graus variavam em intervalos de 0.25 dioptrias. Entretanto, este método tem sua ineficiência, visto que é o paciente que verifica a melhor lente, e também ao fato de a distância variar em alguns centímetros de consultório a consultório.

Com a inovação dos auto-refratores, estes tentam eliminar essas subjetividades nos exames. Esses instrumentos normalmente medem as disfunções dos olhos projetando alguns pontos discretos de luz na retina, e através de uma análise pode-se calcular a melhor lente corretiva. Através desses pontos, é gerado um “mapa refracional ponto a ponto”, conforme mostrado na figura 15. Este mapa é formado pelo conjunto de pontos coletados no exame, sem a simplificação para lentes “regulares” (esféricas, cilíndricas ou tóricas), obtendo assim uma informação mais completa e verificando os reais problemas com a visão de determinado paciente.

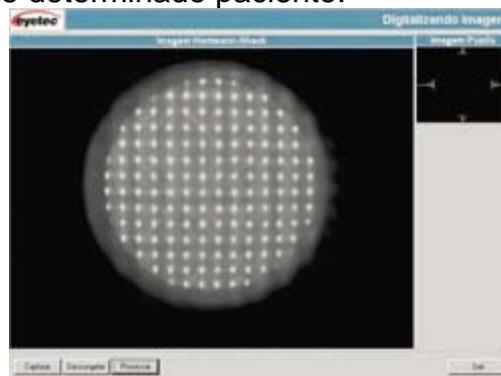


Figura 15: mapa refracional ponto a ponto de um aparelho auto-refrator.

Na confecção dos auto-refratores são utilizados sensores ópticos que anteriormente eram utilizados em sistemas ópticos na astronomia. Com sua utilização em consultórios médicos, passou-se a determinar não somente uma melhor lente corretiva como também aberrações de ordens superiores, essas últimas presentes mesmo em pessoas consideradas com vista “normal”. Com isso, permite-se moldar a córnea no formato ideal, e assim, possibilita que qualquer pessoa possa ter uma visão melhor.

É neste contexto, que uma empresa nacional, a Eyetec Equipamentos Oftalmológicos, está investindo no desenvolvimento destes aparelhos. Segundo informações da própria Eyetec, um especialista garante que o preço do equipamento nacional deverá ser, no mínimo, 50% menor do que os importados. Em vista disso, o desenvolvimento destes aparelhos poderá colocar o Brasil em igualdade com outros países desenvolvidos nessa área e até mesmo fazer com que participe do mercado internacional.



Bibliografia:

- <http://www.tucano2.com.br/linkal.htm>
- http://www.ime.eb.br/~aecc/Automacao/Sensores_Parte_1.pdf
- http://www.festo.com/INetDomino/files_01/publ_fatu61.pdf
- <http://www.tucano2.com.br/alarme/sensores/ivp.htm>
- <http://www.tucano2.com.br/alarme/sensores/iva.htm>
- <http://www.suframa.gov.br/minapim/news/visArtigo.cfm?Ident=45&Lang=BR>
- <http://www.defesa.ufjf.br/arq/art4.htm>
- <http://www.abraf.com.br/sensores.htm>
- <http://www.sivam.gov.br/INFO/press30.htm>
- <http://www.imm.cnm.csic.es/castell/memoria2000/16.pdf>
- <http://www.similar.ind.br/treinamento/modulo4.htm>
- <http://www.instrutech.com.br/catalogo.asp>
- http://www.senaiformadores.com.br/Cursos/01/unidade/uni3_aut2.htm
- <http://watson.fapesp.br/PIPEM/Pipe7/engbio2.htm>
- <http://www.abraf.com.br/encoders.htm>
- <http://www.mecatronicaatual.com.br/artigos/cnc/encoder02.htm>
- <http://www.sick.com.br/br/produtos/sensoresindustriales/encoder/pt.html>