

Sensor Óptico por Reflexão Difusa com Múltiplas Faixas de Detecção e com Saída Binária Sequencial

Rafael Franklin Alves Silva¹, José Aniceto Duarte Costa²

¹IFPB, João Pessoa, Brasil, rafael.falves@hotmail.com

²IFPB, João Pessoa, Brasil, anicetodc@yahoo.com.br

Abstract: This paper is about the development of a reflective diffuse optical sensor, aiming at detecting the size of boxes on a mat, substituting the method that uses light barrier optical sensor. That sensor attaches output binary values that corresponds to the box size, and allows the adjustment of each range detection. The obtained experimental results with the prototype confirmed the technical and economical advantages in relation to the conventional method.

Keywords: optical sensor, reflective diffuse, detection of size.

1. INTRODUÇÃO

Os sensores têm um importante papel no controle e monitoramento dos processos industriais automatizados. Eles assumem a responsabilidade de informar ao controlador do processo as grandezas físicas medidas, para que o mesmo tome as providências necessárias para o sistema trabalhar de acordo com o programado. Dentre os variados tipos de sensores, os ópticos de presença são frequentemente utilizados por apresentarem pouca manutenção, longa vida útil, baixo custo e dispensar o contato físico com o objeto a ser detectado.

Nos processos que há a necessidade de identificar o tamanho de caixas transportadas por uma esteira, é comum o uso de sensores ópticos de detecção por barreira de luz, formando uma cortina de luz sobre a esteira. Este tipo de sensor possui o emissor e o receptor encapsulados em corpos diferentes, necessitando o alinhamento entre os mesmos, de modo que o receptor possa receber a luz do emissor constantemente, ver figura 1.

De acordo com a altura da caixa o feixe de luz emitido (vermelho ou infravermelho) por cada sensor é obstruído, comutando o estado das saídas dos respectivos sensores e informando ao CLP (Controlador Lógico Programável) o tamanho da caixa.

Podemos observar na fig. 1, que para esta aplicação são utilizados três sensores ópticos do tipo barreira para detectar três tamanhos diferentes de caixas na esteira, necessitando de três entradas digitais do CLP, cabos para alimentação e transmissão do sinal e uma estrutura alinhada para fixação dos sensores.

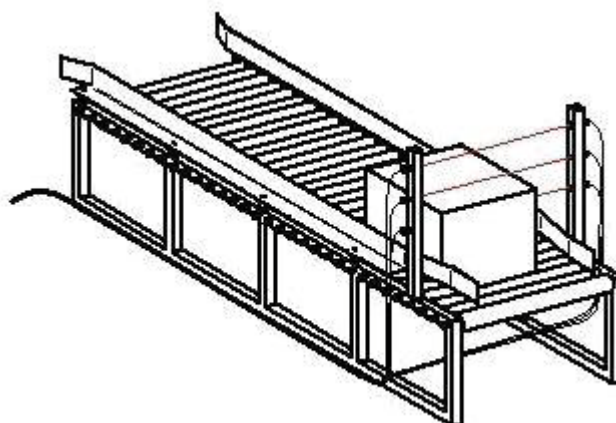


Fig. 1. Aplicação de sensores ópticos do tipo barreira para detecção do tamanho de caixas.

O sensor proposto neste trabalho substitui o do tipo barreira com as seguintes vantagens: utilização de apenas um sensor, diminuição da quantidade de entradas digitais utilizadas do controlador, redução das instalações e componentes físicos, não requer o alinhamento da estrutura de fixação e como consequência temos os custos de implementação e manutenção reduzidos. No entanto, o uso deste sensor substituindo os sensores do tipo barreira, só é possível em aplicações semelhantes a da figura 1.

2. OBJETIVO

O objetivo principal do presente trabalho é desenvolver um sensor óptico por reflexão difusa que identifique o tamanho de caixas sobre uma esteira transportadora, possibilitando o ajuste manual de cada faixa de detecção e transmitindo ao controlador um sinal binário correspondente ao tamanho da caixa.

3. METODOLOGIA

O princípio de funcionamento do sensor óptico apresentado neste trabalho é o mesmo dos sensores ópticos por reflexão difusa, consiste na transmissão e recepção de luz. Quando o objeto entra na faixa de detecção do sensor, a luz é refletida para o receptor, que está encapsulado no mesmo corpo que o emissor, comutando o estado de saída do sensor [1-2].

No método proposto para detectar o tamanho de caixas sobre uma esteira, o sensor deve ser posicionado no centro

da esteira e com sua face de detecção voltada para baixo, como o exemplo da figura 2, quanto maior a caixa maior será a intensidade da luz refletida.

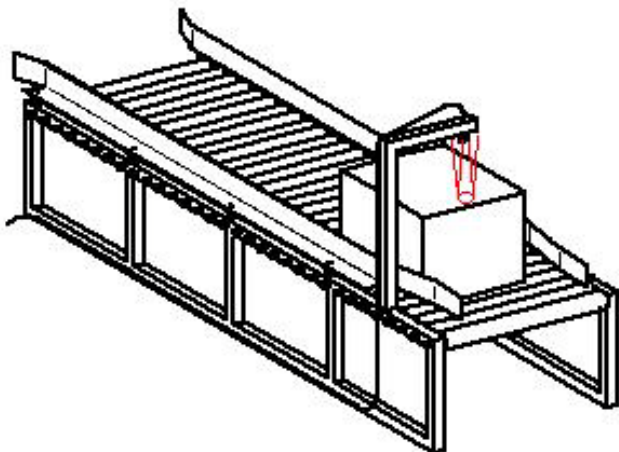


Fig. 2. Aplicação do sensor com múltiplas faixas de detecção para identificar o tamanho de caixas.

3.1 Óptica

Na prática, é impossível isolar um raio de luz. Na realidade o que existe são feixes de luz, que podemos representar graficamente como um conjunto de raios paralelos. O feixe de luz é cilíndrico, quando constituído de raios paralelos, e é cônico quando todos os raios têm direções que passam por um mesmo ponto, podendo ser convergente ou divergente [3].

Todo corpo emissor de luz pode ser chamado de fonte primária, e aqueles que enviam a luz que recebem de outros corpos são denominados de fontes secundárias. No método de detecção por barreira de luz, a fonte primária é um diodo emissor de luz (LED) infravermelho. O receptor é um fototransistor que recebe a luz diretamente sem a intervenção de uma fonte secundária. Para o método proposto também temos a mesma fonte primária do sensor do tipo barreira de luz, contudo a luz não chega diretamente no receptor, pois a mesma é refletida na superfície do objeto e retorna para o receptor, sendo o objeto entendido como fonte secundária.

O meio de propagação da luz em questão é o ar, que é transparente e em pequenas quantidades pode ser considerado homogêneo, ou seja, os feixes de luz não sofrerão alteração em seu percurso até o objeto. Ao atingir o objeto podem ocorrer dois fenômenos, reflexão, onde parte da luz volta e se propaga no ar, e a refração, onde parte da luz se propaga no objeto. Para o objeto que o sensor pretende detectar ocorre o fenômeno da reflexão difusa, pois o papelão utilizado na confecção das caixas possui uma superfície áspera e não escura, causando um espalhamento da luz.

3.2 Conjunto óptico

O conjunto óptico do sensor proposto é constituído por um LED, um fototransistor e suas respectivas lentes, ver figura 3.

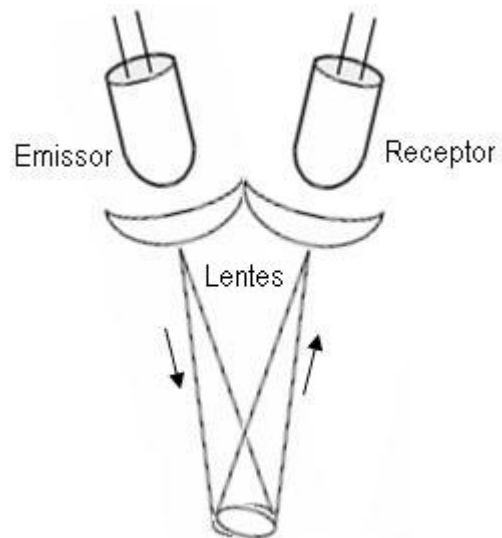


Fig. 3. Conjunto óptico.

Os componentes foram montados em dois tubos de PVC, fixados lado a lado com um pequeno ângulo entre eles, o LED e o fototransistor foram posicionados no foco das respectivas lentes.

O LED é um diodo semicondutor de estado sólido que emite luz mediante a aplicação de uma corrente elétrica, os LEDs são amplamente usados como fonte de luz nos sensores fotoelétricos, por que são pequenos, resistentes, baratos, possuem elevada vida útil, suportam altas frequências de modulação e possuem baixa sensibilidade à temperatura, vibrações e choques. Este conjunto de características propiciam um bom funcionamento dos sensores no ambiente industrial. O LED infravermelho foi escolhido para ser usado no protótipo, pois são mais eficientes; eles produzem mais luz e o mínimo de aquecimento que os LEDs de outras cores.

O receptor é um fotodetector, podendo ser um fotodiodo, fototransistor ou um fotoresistor. O fototransistor é o componente mais adequado para ser usado em sensores ópticos difusos, pois detectam a incidência de luz ao mesmo tempo que fornece um ganho de corrente proporcional a quantidade de luz, comportando-se como um transistor tradicional[4].

Entre o emissor e o receptor deve existir uma compatibilidade espectral, como pode ser visto na fig. 4.

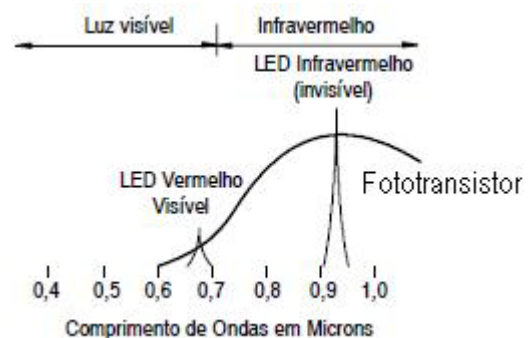


Fig. 4. Curva de resposta espectral do fototransistor.

Há um elevado aumento da sensibilidade do fototransistor para a luz com comprimento de onda maior que 0,7 microns. Para o protótipo foram usados

componentes do mesmo fabricante, segundo a folha de dados do LED o comprimento da onda infravermelha emitida é de 940 nm, garantindo a compatibilidade e uma boa eficiência para o sistema óptico do protótipo.

Na unidade óptica do protótipo foram usadas lentes esféricas biconvexas de acrílico, estas causam o efeito convergente dos feixes de luz, estreitando o cone de luz e aumentando o alcance do sensor. O estreitamento do cone de luz no sensor com múltiplas faixas de detecção, tem mais importância do que nos sensores comuns, pois diminui a possibilidade que um erro de leitura da altura da caixa ocorra. Para um cone de luz com ângulo de abertura maior, o receptor pode receber a mesma quantidade de luz, tanto para uma caixa de superfície grande com pouca altura, tanto para uma caixa de superfície pequena com maior altura.

3.3 Circuito eletrônico

Para o desenvolvimento do circuito foi utilizado o software de simulação Multisim 9 da Electronics workbench, posteriormente o circuito foi implementado em uma matriz de contatos para observação e testes do seu funcionamento.

O circuito pode ser dividido em 3 etapas:

1. Geração de um sinal modulado para o emissor;
2. Captação e amplificação do sinal de luz;
3. Processamento do sinal captado;

3.3.1 Geração de um sinal modulado para o emissor.

Assim como os demais tipos de sensores ópticos, o sensor apresentado neste trabalho também está sujeito a sofrer interferência de outras fontes de luz, como a iluminação ambiente e ou a luz solar. Para evitar este tipo de interferência foi utilizada uma técnica conhecida como modulação de sinal, gerando um sinal para o diodo emissor de luz infravermelha, que resulta em um feixe de luz pulsante [5]. Além de evitar as interferências, a modulação possibilita a emissão dos feixes de luz com uma intensidade maior, sem danificar o LED, pois o tempo em que o LED permanece energizado é 9 vezes menor que o tempo em que fica desligado. O tempo de nível alto do sinal é de 100 μ s e o de nível baixo é de 900 μ s, totalizando uma onda quadrada com período de 1 ms, com esse período temos um sinal de frequência igual a 1 KHz, ver figura 5.

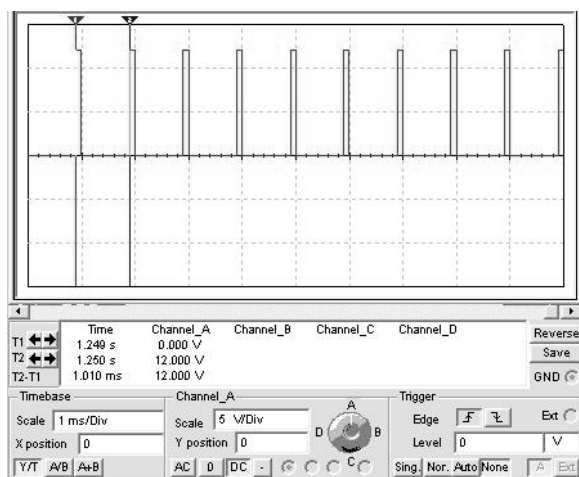


Fig. 5. Forma do sinal enviado para o LED.

O dispositivo responsável pela geração do sinal modulado é um microcontrolador, onde por programação define-se a frequência e os tempos de nível alto e nível baixo do sinal. O LED não está diretamente ligado ao microcontrolador, pois a corrente elétrica de saída pode ultrapassar o valor máximo de corrente que o microcontrolador suporta fornecer. Um transistor NPN (BC550) configurado como chave faz a ligação entre o microcontrolador e o LED.

3.3.2 Captação e amplificação do sinal de luz.

O objeto ao entrar na zona de detecção reflete a luz emitida pelo emissor para o receptor, o sinal captado pelo fototransistor é filtrado por um capacitor, permitindo apenas a passagem de sinais com frequência próxima a 1 KHz. Depois de filtrado o sinal recebido é amplificado linearmente por um transistor configurado para essa função, e enviado para um conversor analógico-digital, e neste conversor são estabelecidas as faixas de detecção do sensor.

3.3.3 Processamento do sinal captado

O que possibilita um funcionamento correto deste sensor é o tratamento aplicado ao sinal recebido, depois de amplificado o sinal é convertido em digital, mais ainda há a necessidade de processar os bits do conversor analógico-digital para emitir nas saídas S0 e S1 do sensor uma sequência binária.

O conversor é constituído por um circuito integrado LM 339, este CI é composto por 4 comparadores de tensão. Para a conversão do sinal analógico em digital foi implementado um circuito semelhante ao da fig. 6.

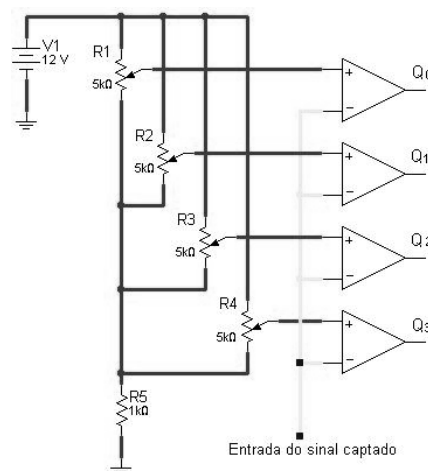


Fig. 6. Malha de ajuste

As entradas de referência negativa dos comparadores, foram interligadas em uma malha comum para a entrada do sinal captado. Outra malha foi implementada com potenciômetros em paralelo, onde o pino de resistência variável de cada potenciômetro foi ligado a uma entrada de referência positiva. Este método possibilita o ajuste de cada faixa de detecção do sensor, por meio do ajuste manual do valor da resistência em cada potenciômetro, modificando o valor da tensão na entrada de referência positiva. Quando o sinal captado tem seu nível de tensão modificado, todas as entradas de referência negativa recebem essa variação de tensão e dependendo do valor do ajuste no potenciômetro há uma alteração na saída do comparador.

Para o sequenciamento correto dos valores binários de saída do sensor, deve-se obedecer a ordem de prioridade dos potenciômetros de ajuste. Como o protótipo foi desenvolvido para detectar três (3) tamanhos de caixa, então foram utilizadas no processamento três (3) saídas do conversor A/D, estabelecendo assim três faixas de detecção. As faixas de detecção foram nomeadas como A, B e C, tendo cada uma seu potenciômetro correspondente. O potenciômetro da faixa A corresponde ao bit Q0 do conversor e seguiu-se a sequência com a faixa B com o bit Q1 e a faixa C com o bit Q2. Para que o funcionamento do sensor corresponda ao descrito na tabela 1, deve-se ajustar as faixas com a seguinte ordem: faixa A > faixa B > faixa C.

Tabela 1. Ralação entre o tamanho da caixa e os bits de saída do sensor

Faixa de detecção	Bits do conversor	Tamanho da caixa	Saídas do sensor
A	Q ₀ =1 Q ₁ =0 Q ₂ =0	Pequena	S ₀ =1 S ₁ =0
B	Q ₀ =1 Q ₁ =1 Q ₂ =0	Média	S ₀ =0 S ₁ =1
C	Q ₀ =1 Q ₁ =1 Q ₂ =1	Grande	S ₀ =1 S ₁ =1
D	Q ₃	---	NA+NF

A faixa de detecção D é a quarta saída do conversor, ela foi utilizada para acionar a bobina de um relé, tendo seu ajuste de detecção independente pois este não entra na lógica que determina o tamanho.

A lógica de conversão dos bits do conversor é realizada pelo microcontrolador, mais antes do microcontrolador ativar a sequência binária de saída há uma temporização com a condição de detecção da faixa A. Isso é feito para evitar uma medição falsa, pois o sinal introduzido no conversor A/D tem a forma de rampa na subida e também na descida. Por exemplo, para uma caixa grande o sinal vai percorrer todas as faixas de medição em tempos diferentes, ver fig. 7, gerando em um pequeno instante de tempo uma medição falsa.

A tensão usada para alimentação do sensor foi de 24 Vcc, este é o mesmo nível de tensão das saídas do sensor, tornando-o compatível com as entradas do CLP utilizado no estudo.

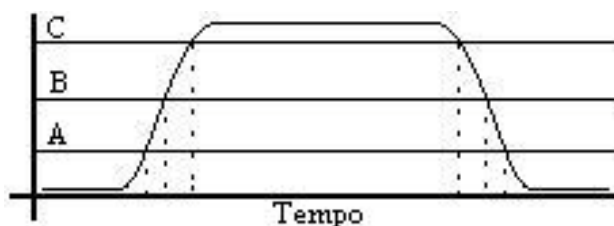


Fig. 7. Representação do sinal enviado ao conversor A/D

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O protótipo do sensor óptico com múltiplas faixas de detecção foi instalado de maneira semelhante à ilustração da Figura 2. A esteira transportadora utilizada foi construída com as seguintes medidas; 1m de comprimento por 0,32m de largura. O sensor identificou caixas de cores e tamanhos diferentes, tendo sua exatidão comprometida na percepção da caixa de cor preta, tendo esta desvantagem em relação ao sistema óptico do tipo barreira. Foi verificado que o ajuste das faixas de detecção nos potenciômetros apresentou-se fácil e prático.

O método desenvolvido para conversão em sequência binária, mostrou-se prático e eficiente, alcançando o objetivo de utilizar uma quantidade menor de entradas digitais do CLP. Para o uso correto das saídas do sensor pelo CLP, foi escrito para o CLP um programa em linguagem ladder, ver fig. 8, que relaciona a sequência binária ao respectivo tamanho da caixa.

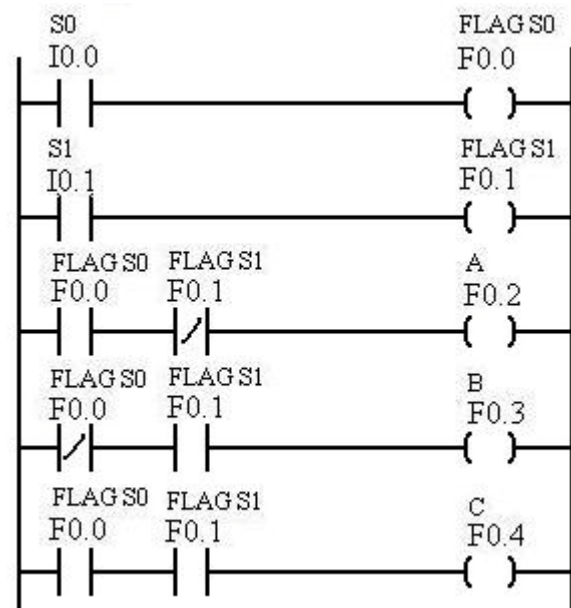


Fig. 8. Programa em ladder para o CLP

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as coordenações do Curso Técnico em Mecânica e do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial, pelo empréstimo dos equipamentos utilizados na pesquisa e desenvolvimento deste trabalho. Aos colegas Iôgo Paula Teixeira e Luis Henrique Melo Silva Nóbrega, pelo apoio técnico no desenvolvimento deste trabalho. A Larissa Mendes Alves pelo incentivo e colaboração.

REFERÊNCIAS

- [1] D. Thomazini, P. U. B. Albuquerque, *Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações*. Editora Érica, 4 ed. São Paulo, Brasil, 2007.
- [2] C. Vázquez, A. B. Gonzalo, S. Vargas, J. Montalvo, "Multi-sensor System Using Plastic Optical Fibers for Intrinsically Safe Level Measurements", *Sensor and Actuators A* 166 (2004) 22-32, Dpto. Tecnología Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad Carlos III, Leganés, Madrid, Spain.

- [3] C. S. Calçada, J. L. Sampaio, *Física Clássica Óptica Ondas*. Atual Editora, 2 ed. São Paulo, Brasil, 2004.
- [4] J. G. Webster, *The Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook*. CRC Press, 1999.
- [5] F. L. Castro, "Class I Infrared Eye Blinking detector", *Sensors and Actuators A* 148 (2008) 388-394, CNR- Institute of Acoustics, Via del Fosso del Cavaliere, Roma, Italy.