

ESTUDO DO SENSOR DE PROXIMIDADE INFRAVERMELHO PARA PEQUENAS DISTÂNCIAS E DESCONTINUIDADES EM SUPERFÍCIES PLANAS

Danilo Sulino S. Pinto, Gustavo Sales Mazzocante, Karina Rocha Gomes da Silva
Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e Computação, Goiânia – Goiás,
sulino@hotmai.com, gsmazzo@gmail.com, karinarg@gmail.com

Resumo - Este artigo tem como finalidade apresentar o estudo realizado com o sensor de proximidade infravermelho para detectar descontinuidades em superfícies planas a pequenas distâncias, tais como aberturas ou buracos. Tal estudo não foi encontrado na literatura, possivelmente porque a intensidade da resposta dos sensores infravermelhos de proximidade com base na intensidade da luz infravermelho refletida é não linear e depende das características de refletância do objeto onde a luz refletiu. Com isso, a utilização do sensor infravermelho fica mais restrita, porém as várias vantagens desse sensor, tais como baixo custo e rápida resposta, são muito atrativas para os mais diversos usos, e assim, este sensor merece mais estudos. Deste modo, testes de precisão foram realizados concluindo que em certos casos é possível obter detecções precisas. Assim, os resultados obtidos são apresentados e discutidos de forma a promover maiores discussões e futuros estudos.

Palavras-Chave – aberturas, descontinuidades, infravermelho, sensor, superfícies.

INFRARED PROXIMITY SENSOR STUDY TO SMALL DISTANCES AND DISCONTINUITIES IN FLAT SURFACES

Abstract – This paper presents a study of an infrared proximity sensor used to detect discontinuities in flat surfaces at small distances, as holes and openings. This study was not found in the literature, possibly due to the fact that the intensity of the infrared proximity sensors based in the infrared reflected light intensity are non-linear, and depends on the reflectance characteristics of the object. Although this characteristics limits its use, this sensor has various advantages, as low cost and fast response, that are attractive to the most diverse uses, so this sensor is worth researching. Therefore, accuracy tests leads to a conclusion that in some cases it is possible to obtain accurate detections. Thus, the results obtained are presented and discussed in order to promote discussions and further studies.

Keywords – discontinuities, infrared, openings, surfaces, sensor.

I. INTRODUÇÃO

Segundo reportagem do Jornal Folha de São Paulo [8], no Brasil, em meio a uma das mais graves crises de abastecimento, cerca de 37% de toda a água tratada para consumo é desperdiçada antes de chegar às torneiras do consumidor, sendo as falhas nas tubulações a principal causa para esse desperdício. O documento mostra também uma estimativa de que, em 2010, os custos dessa água perdida chegaram a impressionantes R\$1,3 bilhão.

Existe, segundo a SANEAGO [9], mais de 2,6 milhões de metros de rede coletora de esgoto apenas na região de Goiânia e, como não há instrumentação para verificação dessas tubulações, a qualidade e a conservação delas são desconhecidas, o que permite grande quantidade de vazamentos e irregularidades, assim como acontece nas tubulações de água tratada.

Uma das formas de detecção dessas falhas seria através de um mecanismo, tal como um robô, que automaticamente percebesse essas falhas no cano e reportasse isso para o inspetor.

Esses robôs são equipados com câmeras que transmitem as imagens em tempo real para o operador, que fica responsável por detectar as falhas. Porém pode existir alguma falha ou rachadura que não seja percebida pelo operador. Nesse caso, a utilização de sensores de proximidade infravermelha poderia melhorar consideravelmente as inspeções. Nos poucos robôs a venda no mercado brasileiro, nenhum possui sensores que auxiliam os operadores na detecção de falhas [7].

Sensores infravermelhos (*IR - Infrared sensor*) são abundantemente utilizados para sistemas de posicionamento, aplicações em robótica, sensores de proximidade e detecção de presença. Eles oferecem uma gama de vantagens tais como baixo custo, tamanho reduzido e baixo consumo de energia.

Diante do exposto, um dos principais objetivos deste trabalho é mostrar que os sensores e dispositivos podem ser utilizados para objetivos além daqueles para os quais foram criados, proporcionando a solução de mais problemas ou aprimorando a funcionalidade de equipamentos. Nesse trabalho é feita uma simulação usando o sensor E18-D80NK, sendo implementado com a linguagem Verilog, e ligado a uma placa DE2 da Altera.

O estudo sugere a possibilidade de uso do sensor infravermelho para inspeção de falhas em tubulações cerâmicas ou de cimento secas e sem resíduos, com diâmetro



XIII CEEL - ISSN 2178-8308
12 a 16 de Outubro de 2015
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

maior que 300mm. Esse estudo não propõe uma solução completa de inspeção, apenas o estudo de funcionalidade do sensor.

O trabalho está organizado com a seguinte estrutura: na sessão 2 são apresentados os materiais e métodos utilizados, na sessão 3 os resultados das simulações, e por fim, na sessão 4 as conclusões.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Todo sensor pode ser classificado como ativo ou passivo [2]. O passivo tem como elemento principal um receptor e necessita de fonte de energia externa adicional, gerando resposta a tal estímulo. O sensor ativo apresenta no mesmo mecanismo com dois elementos principais, o emissor e o receptor, não necessitando de fonte de energia externa.

Os sensores IR operam com o princípio de emissão e recepção de luz, ou seja, o emissor (diodo de luz infravermelha) emite luz que, ao ser refletida por objetos, é captada pelo receptor. Esse princípio é ilustrado na Figura 1.

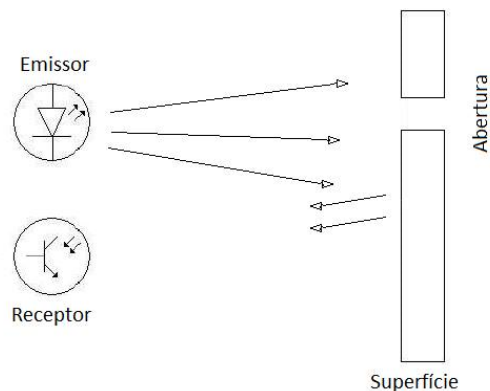


Fig. 1. Esquema do princípio de emissão e recepção de luz do sensor IR

O receptor contém um elemento optoeletrônico que detecta a luz refletida e converte a intensidade de luz em uma tensão elétrica [2]. Entretanto, a intensidade da resposta convertida pelo receptor não tem um comportamento linear e depende das propriedades de refletância do objeto. Deste modo, medidas baseadas na intensidade da luz infravermelha refletida podem ser bastante imprecisas [3].

Comumente, sensores ultrassônicos (US) também são muito utilizados para aplicações em robótica, sensores de proximidade e até mapeamento. Eles oferecem custo baixo, maior do que sensores IR, e excelente precisão, menos de 1 cm para medidas de até 6 m de distância [3]. Todavia na escolha de um sensor é levado em conta o “tempo de voo” (ToF – time of flight). O ToF é o tempo que leva para a onda ou luz ser emitida pelo emissor, refletida por alguma superfície e captada pelo receptor. Para o sensor US, a onda na velocidade do som (aproximadamente 340 m/s) causa um tempo de resposta longo (35 ms para reflexão com 6 m de distância) [3]. Dito isso, o tempo de resposta do sensor IR é bem menor, e somado ao seu baixo custo, o estudo do sensor IR para aplicações onde se necessitam identificação da geometria de uma superfície pode trazer benefícios fantásticos e merece ser feito.

A. Aplicação da detecção de falhas

O sensor infravermelho utilizado no experimento é identificado por E18-D80NK [6] e mostrado na Figura 2. O processo de montagem e simulação do sensor é simples. Ele possui duas porcas para suporte, e a distância de detecção, pode variar de 3 a 80 cm sendo ajustável quando necessário através de um parafuso na parte posterior do sensor.

O sensor é alimentado com tensão de 5 V em corrente contínua (Vcc), e emite um sinal de forma digital. Quando é detectada uma superfície próxima, o pino de sinal emite uma tensão de 0,3 a 1,5 V em nível baixo. Quando está frente a uma falha, ou seja, não detecta nenhuma luz refletida, o pino de sinal emite uma tensão de 2,3 a 5 V em nível alto.



Fig. 2. Sensor de proximidade infravermelho utilizado

B. Plataforma de desenvolvimento

A simulação foi feita utilizando a plataforma de desenvolvimento DE2 da Altera [4], mostrada na figura 3, que conta com uma FPGA, Cyclone II. Essa plataforma foi utilizada para receber o sinal do sensor, fazer a contagem de tempo, registro da posição das falhas e controle dos motores.

O código foi desenvolvido em Verilog [5], que é uma linguagem de descrição de hardware utilizada na programação para o desenvolvimento de hardware. O projeto possui a máquina de estados mostrada na Figura 4, desenvolvido somente para os testes do sensor.

Uma das vantagens de se utilizar uma placa FPGA para desenvolvimento de uma aplicação é o fato de estar usando uma linguagem de descrição de hardware, o que possibilita assim a fabricação de um circuito integrado otimizado que realiza toda a lógica, ou processamento, do dispositivo desenvolvido.

O algoritmo desenvolvido faz a contagem do tempo em segundos, e recebe o sinal emitido pelo sensor IR e o armazena na variável ‘Sensor’. Quando este está frente a uma superfície, emite sinal de nível lógico baixo ou “0”, fazendo com que o algoritmo pare no estado ‘Superfície’. Quando o sensor deixa de receber a luz refletida, o que significa que o mesmo passa por uma falha, o mesmo muda o sinal enviado para nível lógico alto, ou “1”. Dessa forma o algoritmo passa para o estado ‘Falha’. Ao chegar no estado ‘Falha’ uma variável em forma de vetor ‘Falha[x]’, armazena o tempo presente em segundos, de acordo com o número de falhas, ‘x’, detectadas. Enquanto o sinal permanecer em nível lógico alto, o algoritmo permanece no estado “Falha” sem nenhuma ação. Quando ‘Sensor’ volta para nível lógico baixo, o algoritmo volta para o estado ‘Superfície’.

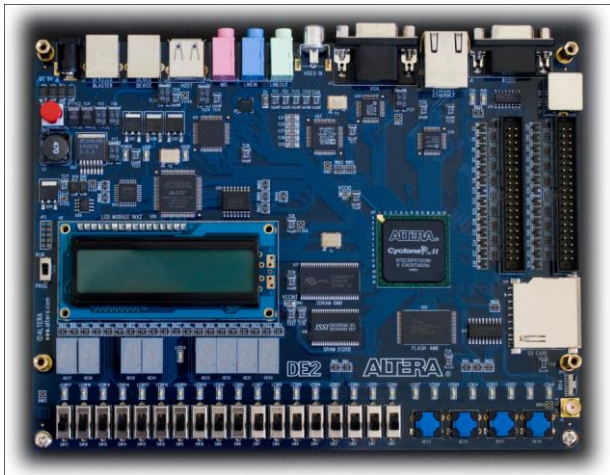


Fig. 3. Plataforma DE2 da Altera®

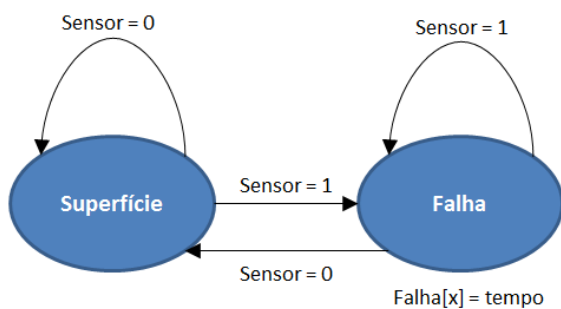


Fig. 4. Máquina de Estados do algoritmo

C. Observações sobre o experimento

Os testes foram realizados em superfícies opacas, como papelão e cimento, e em superfícies refletoras, como é o caso do aço inoxidável. A aplicação do sensor foi testada de várias formas diferentes, fazendo-se mudanças na distância entre o sensor e a superfície, variando-se o tamanho da abertura (buraco) e ajustando-se a distância de detecção do sensor.

Foram definidas as seguintes nomenclaturas de ajuste:

- “próximo” - quando o sensor foi ajustado para uma distância de detecção próximo da distância entre o sensor e a superfície;
- “máximo” - quando o sensor foi ajustado para a máxima distância de detecção que o sensor possui;
- “mínimo” - quando o sensor foi ajustado para a mínima distância de detecção do sensor.

Em superfícies opacas basta ajustar a distância de detecção do sensor para próximo da distância real entre o sensor e a superfície, para obtenção de medições precisas. Porém, no caso das superfícies refletoras, o ajuste da distância de medição do sensor para o valor mínimo, que é de aproximadamente 3 cm, permite leituras de superfícies a cerca de 30cm de distância. Foi possível, portanto, realizar as medições em superfícies refletoras com o ajuste mínimo do sensor, na tentativa de obter maior precisão nas leituras.

III. RESULTADOS

Os resultados obtidos, de tamanho mínimo de falha para cada distância do sensor até a superfície, com os respectivos

ajustes do sensor, estão mostrados na Tabela I, para as superfícies opacas e na Tabela II para superfícies refletoras.

No caso de superfícies opacas, se o sensor for ajustado para leituras menores que a distância entre o sensor e a superfície, todas as leituras são obtidas como falha. Se o ajuste for levado ao máximo, o sensor não identificará falhas que não sejam tão profundas quanto a capacidade máxima de leitura do sensor, que tem valor próximo a 80 cm. Percebe-se então que o tamanho mínimo de falha para detecção passa a ser bem maior quando comparado ao ajuste próximo. Percebe-se então que, para uma melhor detecção de falhas em superfícies opacas, o sensor deve ser ajustado para próximo da distância entre o sensor e a superfície.

Como as superfícies refletoras refletem o feixe infravermelho emitido pelo sensor, a leitura dessas superfícies pode ser feita a distâncias bem maiores do que o ajuste para superfícies opacas. Com os resultados percebe-se que a leitura com o ajuste mínimo permite detecções de falhas menores, mesmo havendo a reflexão do sinal luminoso pela superfície.

O ajuste feito para o mínimo possível, ou seja, o mínimo do sensor para superfícies refletoras e a distância entre o sensor e a superfície para superfícies opacas, são os melhores ajustes para detecções mais precisas de falhas.

Tabela I - Resultados dos testes com o sensor infravermelho em superfícies opacas.

Distância de leitura (mm)	Falha mínima (mm)	Ajuste do sensor
180	7	Próximo
150	4	Próximo
120	3	Próximo
90	2	Próximo
60	1	Próximo
180	32	Máximo
150	32	Máximo
120	32	Máximo
90	32	Máximo
60	30	Máximo

Tabela II - Resultados dos testes com o sensor infravermelho em superfícies refletoras.

Distância de leitura (mm)	Falha mínima (mm)	Ajuste do sensor
180	10	Mínimo
150	9	Mínimo
120	8	Mínimo
90	9	Mínimo
60	7	Mínimo
180	20	Próximo
150	18	Próximo
120	17	Próximo
90	15	Próximo
60	13	Próximo

IV. CONCLUSÕES

O sensor infravermelho é amplamente utilizado para sistemas de posicionamento e detecção de presença. Contudo, seu uso para detecção de falhas ou descontinuidades em superfícies, nas situações de distância fixa de uma superfície, se mostrou eficaz e merece melhor reconhecimento e proveito.

Um ponto negativo é o fato de que para diferentes distâncias de detecção há a necessidade de ajustes manuais no sensor, tornando mais complexa a implementação desse sensor em um equipamento ou sistema com maior nível de automatização.

Para superfícies opacas, as leituras são mais precisas quando o sensor é ajustado para cada distância de detecção, mas no caso de um robô de inspeção, o fato de o ajuste ser feito manualmente não atrapalhará a detecção de falhas, pois, dentro de uma tubulação, a distância entre o sensor preso ao robô e a superfície do tubo será praticamente a mesma durante toda a inspeção dessa determinada tubulação. Já no caso de tubulações com suas superfícies interiores refletoras, o ajuste mínimo do sensor permite a melhor identificação de falhas, não necessitando de ajustes manuais quando há mudança da distância de detecção.

Conclui-se assim que, apesar de dificuldades nos ajustes, a detecção de falhas pode chegar a precisão de 1 mm de espessura de falha. Então mais estudos a respeito dos usos do sensor de proximidade infravermelho merecem ser realizados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Escola de Engenharia Elétrica Mecânica e de Computação da Universidade Federal de Goiás, pelo suporte de conhecimento, equipamentos e espaço físico que possibilitaram a realização desse estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] M. Jimenez e V. Piza, "Tipos de sensores industriais," *Mecatrônica Atual*, pp. 16 - 21, Janeiro / Fevereiro 2014.
- [2] D. Thomazini e P. U. B. Albuquerque, *Sensores industriais: fundamentos e aplicações*, 6 ed., ÉRICA, 2008.
- [3] G. Benet, F. Blanes, J. Simó e P. Pérez, "Using infrared sensors for distance measurement in mobile robots," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 40, n. 4, pp. 255-266, 30 Setembro 2002.
- [4] Altera, "Altera," 2012. [Online]. Available: <https://www.altera.com/support/training/university/de2.html>. [Acesso em 31 Março 2015].
- [5] J. M. Lee, *Verilog QuickStart*, 3rd ed., Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [6] Usina Info, "Usina Info," [Online]. Available: <http://www.usinainfo.com.br/sensores-e-modulos/sensor-de-proximidade-infravermelho-para-arduino-e18-d50nk-2791.html>. [Acesso em Maio 2015].
- [7] SONDEQ, "SONDEQ," [Online]. Available: http://www.sondeq.com.br/pt/nd_insptubulacao_robos.php. [Acesso em Maio 2015].
- [8] F. Lobel, "Folha de São Paulo", 21 Janeiro 2015. [Online]. Available: <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/01/1578007-brasil-desperdica-37-da-agua-tratada-aponta-relatorio-do-governo-federal.shtml>. [Acessed 31 Março 2015].
- [9] SANEAGO, SANEAGO, "SANEAGO," Agosto 2004. [Online]. Available: <http://www.saneago.com.br/site/?id=esgoto6&tit=esgoto>. [Acessed 31, Março 2015].

DADOS BIOGRÁFICOS

Danilo Sulino Silveira Pinto, nascido em 21/12/1990 em Goiânia-GO, é engenheiro eletricitista (2014) e mestrando em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Goiás. Foi co-fundador e primeiro presidente do Núcleo de Robótica Pequena Mecânica da UFG. 2012-2013 bolsista em intercâmbio acadêmico internacional na *State University of New York at Buffalo*.

Gustavo Sales Mazzocante, nascido em 23/12/1991 em Goiânia-GO, é engenheiro eletricitista (2014) e mestrando em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Goiás. 2012-2013 bolsista em intercâmbio acadêmico internacional na *Catholic University of America*.

Karina Rocha Gomes da Silva, nascida em Jaú - SP, possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Goiás (1999), mestrado em Informática pela Universidade Federal da Paraíba (2001) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (2007). Atualmente é professora Adjunta IV da Universidade Federal de Goiás. Tem experiência na área de Engenharia de Computação, com ênfase em Sistemas Embarcados. Suas áreas de interesse são: Verificação funcional, desenvolvimento de IP-Cores, FPGAs e Sistemas embarcados.