

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE RECONSTRUÇÃO DE IMAGEM DE ULTRASSOM E MELHORAMENTO VIA ALGORITMO SAFT APLICADO AO MONITORAMENTO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES

Vinicius Murilo Prado Fachini (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Carlos Alexandre Ferri (Coorientador) Sandro Rogerio Lautenschlager (Orientador). E-mail: srlager@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Engenharia Elétrica – Sistemas Eletrônicos de Medida e de Controle

Palavras-chave: Ultrassônico; Processamento de Sinais; Correlação Cruzada.

RESUMO

O projeto inicialmente propôs a implementação e avaliação de um sistema de reconstrução de imagem de ultrassom utilizando o algoritmo SAFT para o monitoramento de estações de tratamento de água e efluentes. No entanto, enfrentou-se uma série de desafios técnicos relacionados à construção do circuito necessário para tal implementação. Inicialmente, foi adotado um microcontrolador STM32, que mais tarde foi substituído por um ESP32 devido a menor complexidade. Durante o desenvolvimento, duas versões do circuito foram criadas com base em uma versão anterior, mas não foi possível testá-las adequadamente devido a problemas operacionais. No entanto, um progresso foi alcançado na emissão de pulsos ultrassônicos a uma frequência de 58,5kHz, utilizando um transdutor MURATA MA58MF14-7N. Medidas desses pulsos foram obtidas e analisadas com o auxílio de um osciloscópio. Paralelamente, foi desenvolvido um algoritmo baseado em correlação cruzada para calcular a distância percorrida pelos pulsos ultrassônicos, aguardando a plena funcionalidade do circuito para sua implementação e teste. O projeto focou mais na solução de problemas de hardware e preparação do ambiente para a implementação futura do método SAFT, fornecendo um embasamento para pesquisas subsequentes.

INTRODUÇÃO

O processamento de sinais ultrassônicos é crucial em várias aplicações tecnológicas e científicas, desde diagnósticos médicos até navegação subaquática. A qualidade do sinal e a eficácia dos algoritmos de processamento são elementos chave para o sucesso dessas aplicações. Este trabalho concentra-se na otimização do processamento de sinais ultrassônicos através do desenvolvimento de um circuito para a emissão, recepção e tratamento de pulsos ultrassônicos e a implementação de algoritmos eficientes, como o método de correlação cruzada para a determinação das distâncias dos pulsos ultrassônicos e o método SAFT (Synthetic Aperture Focusing Technique) para o melhoramento da imagem reconstruída.

O objetivo principal do projeto é o desenvolvimento de um sistema robusto e eficiente para o processamento de sinais ultrassônicos. Os circuitos de condicionamento e filtragem de sinal iniciais foram projetados com base nas diretrizes fornecidas por Karki (2000, 2002). Posteriormente foi adotado o chip PGA460 e seu circuito foi elaborado de acordo com Texas Instruments (2017). A implementação do método de correlação cruzada foi motivada pelos resultados de Ashraf e Qayyum (2011) enquanto o código desse algoritmo foi elaborado conforme demonstrado por Bourke (1996).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os principais componentes utilizados no projeto incluem o transdutor ultrassônico Murata MA58MF14-7N, microcontroladores STM32 e ESP32, além de amplificadores operacionais como o LTC2054 e o driver de sensor ultrassônico PGA460. Também foram utilizadas placas de circuito impresso (PCBs) e uma variedade de componentes auxiliares como capacitores, resistores, circuitos integrados etc. Além disso, os softwares utilizados foram o STM32CUBE IDE para os códigos do STM32, a Arduino IDE para desenvolvimento dos códigos do ESP32 e o Altium Designer para a confecção dos circuitos impressos.

Quanto à elaboração da placa de circuito impresso (PCB), o primeiro circuito foi elaborado com base em um circuito prévio. Nessa nova PCB foram incorporados uma etapa de condicionamento de sinal para transdutores seguindo as orientações de Karki (2000) e circuitos de filtragem por meio de filtros de topologia Sallen-Key seguindo as recomendações de Karki (2002). Entretanto, o primeiro circuito elaborado apresentou problemas de funcionamento devido a partes do circuito de BMS, responsável pelo gerenciamento das baterias que alimentam o circuito.

Desse modo, optou-se por fazer uma segunda versão da PCB, nesta foi utilizado o PGA460, um driver para transdutores ultrassônicos capaz de gerar, receber, condicionar e filtrar os pulsos ultrassônicos. O circuito foi elaborado seguindo as diretrizes fornecidas pela Texas Instruments (2017). Entretanto, ainda não foi possível realizar testes com esse novo circuito.

Em paralelo à elaboração das PCBs, foi desenvolvido o algoritmo necessário para a determinação das distâncias aferidas pelo circuito. Um algoritmo de correlação cruzada foi desenvolvido em C com base no que foi proposto por Bourke (1996). A motivação por trás do uso desse algoritmo se deve aos resultados obtidos por Ashraf e Qayyum (2011), que demonstram que essa técnica possui uma baixíssima relação sinal-ruído, que facilita a detecção dos pulsos ultrassônicos e consequentemente a obtenção das distâncias percorridas por esses pulsos.

Embora em nenhuma das versões tenha sido possível fazer o microcontrolador obter os dados do pulso refletido, a parte responsável pela emissão dos pulsos do circuito original funcionava e, por meio dela, foi possível realizar algumas medidas e observar os pulsos ultrassônicos refletidos. Essas medidas foram realizadas com um transdutor imerso em água, fixado na lateral de uma caixa de onze centímetros. Nesses testes, os terminais do transdutor foram conectados na ponta de prova de

um osciloscópio. Então, o transdutor foi pulsado por 1 ms, desligado e, em seguida, observou-se os pulsos ultrassônicos refletidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Testes foram realizados com o circuito original para determinar se o transdutor estava sendo capaz de receber um pulso refletido ou se estava apenas detectando ruído. Além disso, esses testes foram feitos para analisar a intensidade do sinal emitido e do sinal recebido pelo transdutor.

Na Figura 1, são observados os pulsos incidente e refletido. O pulso refletido apresenta uma amplitude de 1,19 V e um atraso de 150 μ s, tempo esse que, se multiplicado pela velocidade média do som na água, resultará em uma distância aferida de 10,8 cm, distância essa, que é muito próxima do tamanho do recipiente em que o transdutor ultrassônico estava submerso. Isso indica que o sinal obtido não é meramente um ruído e corresponde a uma leitura real da distância. Além disso, indica que o erro associado ao circuito é pequeno.

Observa-se que o sinal refletido foi fortemente atenuado e ainda é necessário testar o dispositivo em um recipiente maior, para averiguar se o sinal ainda possuirá intensidade suficiente para ser detectado pelo transdutor em distâncias maiores.

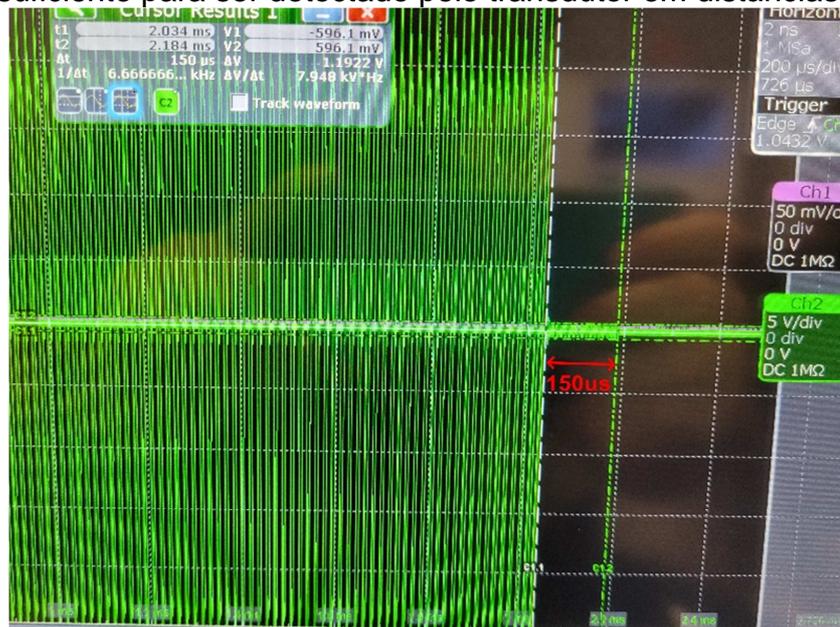


Figura 1 – Pulsos incidentes e refletidos vistos no osciloscópio

CONCLUSÕES

O projeto focou no desenvolvimento de um sistema de processamento de sinais ultrassônicos para monitoramento em estações de tratamento de água e efluentes. Embora tenham sido enfrentados desafios técnicos, pulsos ultrassônicos foram emitidos e medidos com sucesso. Testes preliminares indicam baixo erro associado ao circuito e validam o sinal refletido como medição real de distância. Testes

adicionais em ambientes mais amplos são necessários para avaliar a eficácia geral do sistema. O trabalho estabelece um embasamento para pesquisa futura, particularmente na aplicação do algoritmo SAFT e na otimização do hardware.

REFERÊNCIAS

ASHRAF, M.; QAYYUM, H. High Accuracy Time of Flight Measurement Using Digital Signal Processing Techniques for Subsea Applications. **Journal of Signal and Information Processing**, v. 2, p. 330-335, nov. 2011. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=8312>. Acesso em: 28 ago. 2023. doi: 10.4236/jsip.2011.24047.

BOURKE, P. **Cross Correlation**. ago. 1996. Disponível em: <https://paulbourke.net/miscellaneous/correlate/>. Acesso em: 28 ago. 2023.

KARKI, J. **Analysis of the Sallen-Key Architecture**. [S.l.]: Texas Instruments, 2002. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/an/sloa024b/sloa024b.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2023.

KARKI, J. **Signal Conditioning Piezoelectric Sensors**. [S.l.]: Texas Instruments, 2000. Disponível em: <https://www.ti.com/lit/an/sloa033a/sloa033a.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2023.

TEXAS INSTRUMENTS. **PGA460 Ultrasonic Signal Processor and Transducer Driver**. Abril 2017. Disponível em: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/pga460.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2023.