

## Projeto de sistema embarcado para aquisição simultânea de sinais analógicos de ultrassom

### RESUMO

**Paulo Nesello Künzel**  
[paulokunzel@alunos.utfpr.edu.br](mailto:paulokunzel@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**Hugo Vieira Neto**  
[hvieir@utfpr.edu.br](mailto:hvieir@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**Eduardo Tondin Ferreira Dias**  
[edias@alunos.utfpr.edu.br](mailto:edias@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**OBJETIVO:** Desenvolver um sistema de emissão e captação de ondas ultrassônicas para a utilização em pesquisas de robótica móvel. **MÉTODOS:** O sistema desenvolvido deve ser capaz de operar com quatro transdutores simultaneamente, com ondas sonoras de 50kHz e disparos controlados. **RESULTADOS:** Foram projetados *hardware* específico, escalável para até quatro transdutores, software embarcado utilizando o MSP432, um protocolo de comunicação serial simplificado e aplicação em MATLAB para acionamento automatizado, visualização e armazenamento dos dados. Experimentos iniciais foram realizados com um sonar para a validação do sistema. **CONCLUSÕES:** Tanto o *hardware* quanto a aplicação em MATLAB operam dentro do esperado. O software embarcado ainda necessita de ajustes para capturar os sinais de quatro transdutores

**PALAVRAS-CHAVE:** Mapeamento de Ambientes, Ultrassom, Sistemas Embarcados.

## 1 INTRODUÇÃO

Métodos tradicionais de mapeamento de ambiente em robótica móvel utilizam-se da técnica de tempo de voo para determinar a posição ocupada por obstáculos no ambiente (EVERETT, 1995). Porém, estes métodos apresentam problemas com ambientes muito complexos, devido principalmente às interferências decorrentes das diversas reflexões dos obstáculos existentes (DIAS, 2015; EVERETT, 1995). Em uma tentativa de utilizar estas interferências para mapear o ambiente, um novo método foi proposto por (DIAS; VIERA NETO, 2015), no qual consiste em utilizar as reflexões do ambiente para o seu mapeamento.

Em uma tentativa de utilizar estas mesmas interferências para auxiliar no mapeamento do ambiente, um sistema de captura diferenciado é proposto, capaz de capturar a forma das ondas ultrassônicas, não apenas o instante em que estas são captadas (eco). Além disso, quatro transdutores são simultaneamente observados, buscando alcançar melhor resolução dos objetos localizados.

## 2 MÉTODOS

Espera-se do sistema proposto que este opere com emissão e recepção de ondas ultrassônicas na faixa de 50kHz, efetue o disparo de quatro transdutores de maneira controlada, e permita seu armazenamento e processamento.

Para tal, a arquitetura é definida por: um computador IBM-PC que envia comandos de “disparo e captura” através de uma aplicação desenvolvida para um microcontrolador, o qual opera circuitos eletrônicos em placa projetada para o disparo/captura dos elementos transdutores. O aplicativo de controle e configuração foi desenvolvido no software MATLAB, o microcontrolador utilizado é o MSP432 (em virtude dos periféricos e capacidade de processamento disponível), da *Texas Instruments*, seu software embarcado foi projetado utilizando o *Code Composer Studio*, e o circuito eletrônico discreto, inspirado no *Polaroid Ultrasonic Ranging System*.

De maneira similar, um protocolo de comunicação específico é necessário para a configuração dos disparos a serem efetuados (incluindo disparar transdutores individualmente ou com pequenos atrasos entre estes), bem como para a transmissão dos dados adquiridos.

O microcontrolador escolhido, MSP432, possui capacidade para amostrar e armazenar leituras dos quatro transdutores, em instantes controlados, graças aos periféricos de temporização (*timer*) e conversão analógico-digital (ADC). Além disso, periféricos de transmissão de dados UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) e acionamento GPIO (*General Purpose Input/Output*) também estão presentes.

## 3 RESULTADOS

O software aplicativo desenvolvido em MATLAB implementa o protocolo de comunicação conforme o especificado, permitindo a visualização dos dados coletados, seu armazenamento e processamento posterior.

O software embarcado inicializa os diversos componentes do MSP432 necessários, e aguarda comandos pela interface serial (USB). Tão logo estes cheguem, os últimos detalhes de configuração são efetuados (conforme especificado pelo software aplicativo) e os disparos dos transdutores são efetuados. Leituras periódicas (em torno de 200kHz por canal) são efetuadas em cada transdutor por alguns milissegundos. Cerca de 1600 amostras são coletadas para cada transdutor, sendo então, retransmitidas para o software aplicativo. Neste ponto houve uma dificuldade em armazenar as amostras de forma rápida o suficiente para que conversões sucessivas do ADC não sobrescrevessem dados anteriores.

O circuito desenvolvido conta com vários elementos individuais. Cada transdutor é operado por um circuito de *driver* capaz de gerar pulsos de até 400V<sub>pp</sub>, necessários para a ativação dos transdutores eletrostáticos. A Figura 1 apresenta uma ilustração da placa.

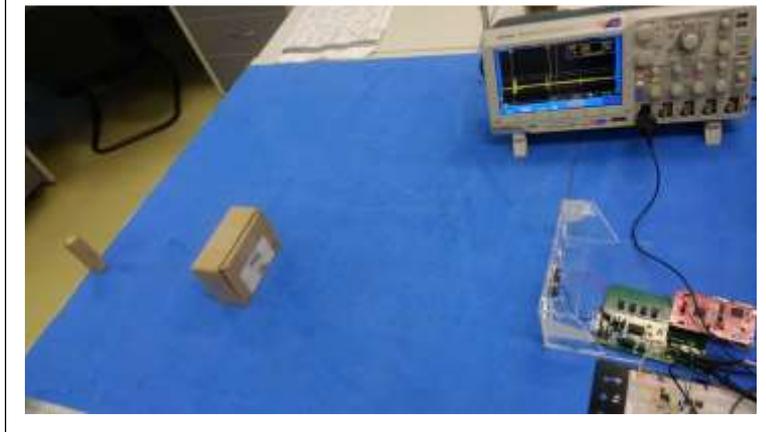
Figura 1 – Placa de controle com o microcontrolador



Fonte: Autoria própria (2017).

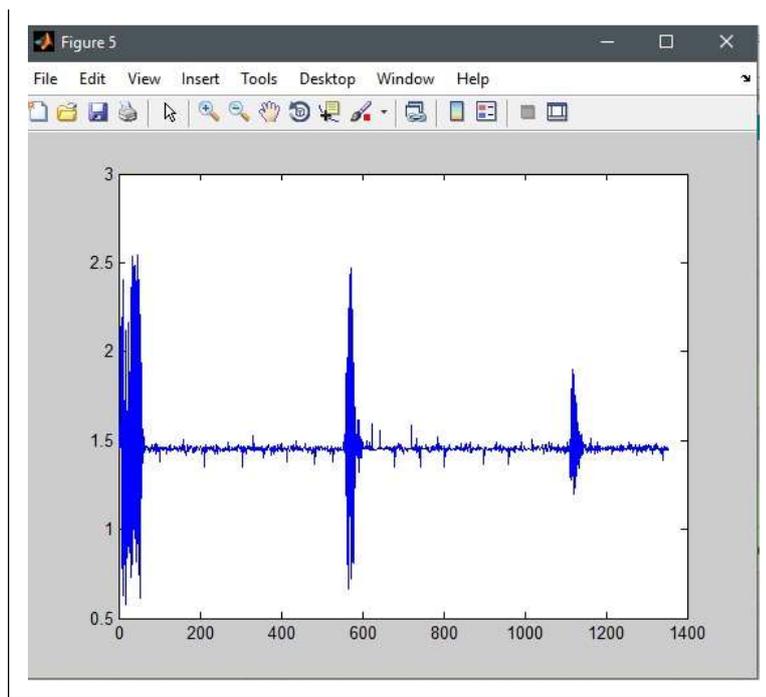
Experimentos foram efetuados com um sonar para validar o sistema. Em um ambiente controlado foram adicionados dois obstáculos, conforme ilustrado na Figura 2. As reflexões ultrassônicas foram adquiridas e apresentadas no aplicativo desenvolvido, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 2 – Ambiente Controlado



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 3 – Reflexões recebidas pelo sistema



Fonte: Autoria própria (2017).

#### 4 DISCUSSÃO

O software aplicativo atende a todas as expectativas sobre sua operação. De maneira similar, o circuito desenvolvido opera dentro do esperado, permitindo a aquisição do sinal ultrassônico por completo (diferente do circuito de inspiração, que apresenta apenas o tempo de voo dos disparos).

Por outro lado, a rotina de leitura do conversor A/D no MSP432 mostrou-se lenta demais, causando a perda de dados convertidos. Uma solução diferenciada está sendo desenvolvida, utilizando o periférico de DMA (*Direct Memory Access*), para não utilizar o processador durante a aquisição dos dados.

Apesar disso, todos os demais elementos do sistema desenvolvido apresentam a escalabilidade para operar com quatro elementos transdutores, permitindo análises posteriores.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do circuito discreto e do microcontrolador em conjunto mostrou-se adequado e capaz de efetuar as atividades necessárias, ainda que com ajustes ao MSP432.

O sistema desenvolvido mostra-se promissor para a captura de reflexões ultrassônicas no ambiente, possibilitando uma análise mais detalhada, quando comparado a sistemas do tipo tempo de voo.

A miniaturização do sistema ainda é algo que pode ser trabalhado. Tendo em mente sistemas comerciais, alguns componentes podem ser integrados em conjunto, diminuindo o tamanho das placas de circuito impresso. Por outro lado, o uso de indutores no circuito limita o tamanho mínimo do objeto final. Mesmo sem integrar os diversos componentes em uma única pastilha de silício, placas de circuito impresso com várias camadas também podem auxiliar na miniaturização.

## Design of an Embedded System for Simultaneous Acquisition of Analog Ultrasound Signals

### ABSTRACT

**OBJECTIVE:** Develop a system for emission and capture of ultrasonic waves for use in mobile robotics research. **METHODS:** Such system should be able to operate four transducers simultaneously, using sound waves of 50kHz and controlled pulse. **RESULTS:** We developed specific hardware, scaling up to four transducers, embedded software using the MSP432, a simplified serial communication protocol and a MATLAB application for automated drive. Initial experiments where made using a single sonar to validate the system. **CONCLUSIONS:** Both hardware and MATLAB app operate as expected. The embedded software, however, need adjustments to capture signals from four transducers.

**KEYWORDS:**Environment Mapping, Ultrasound, Embedded Systems.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio financeiro da UTFPR e CNPQ.

### REFERÊNCIAS

EVERETT, H. R. **Sensors for Mobile Robots: Theory and Application**. Natick, MA, USA. A. K. Peters Ltda., 1995.

Dias, E. T. F., Vieira Neto, H. **A Novel Approach to Environment Mapping Using Sonar Sensors and Inverse Problems**. In: Dixon C., Tuyls K. (eds) Towards Autonomous Robotic Systems. TAROS 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9287, Springer, 2015.

Dias, E. T. F. **Mapeamento de Ambientes utilizando Sonares e Problemas Inversos**. 64f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

**Recebido:** 31 ago. 2017.

**Aprovado:** 02 out. 2017.

**Como citar:**

KUNZEL, P. N. et al. Projeto de Sistema Embarcado para Aquisição Simultânea de Sinais Analógicos de Ultrassom. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina.

**Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em:

<<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Paulo Nesello Künzel

Rua 25 de Janeiro, número 2460, Bairro Jardim Menino Deus, Quatro Barras, Paraná, Brasil.

**Direito autoral:**

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença CreativeCommons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

