

# ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE SENSORES EM FPGA E EM TECIDOS

Patrick de Sousa Pessoa<sup>1</sup>, Renato Camargo Giacomini<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Departamento de Engenharia Elétrica, FEI

patricksousa34@outlook.com, renato@fei.edu.br

**Resumo:** Este trabalho possui como objetivo o estudo e a implementação de tipos de sensores variados. Até o momento, foram estudados os seguintes tipos de sensores: Sensores de som, sensor tátil e microfones. Cada um possui características específicas de implementação numa FPGA (*Field Programmable Gate Array*), assim como formas de interpretar os dados obtidos. Todo código elaborado ou estudado foi realizado no programa Quartus II.

## 1. Introdução

A implementação de sensores capazes de prover informações sobre o meio é de extrema importância, pois isso faz com que a tecnologia fique cada vez mais autônoma e dinâmica, além de possibilitar novas aplicações para aparelhos, como aconteceu com os celulares touchscreen. Dessa forma, o estudo realizado sobre sensores visa buscar a implementação destes em dispositivos vestíveis, o que possibilita a integração da tecnologia cada vez mais no cotidiano do ser humano.

Para isso, é necessária uma alta velocidade de processamento de sinais digitais por parte da FPGA, garantindo uma resposta rápida e precisa das medições provenientes dos sensores abordados, em especial para os sensores táteis e de som. No caso desse projeto, é utilizado o FPGA DE2-70 da Altera.

FPGA é um circuito integrado semicondutor programável, baseado num grande arranjo de blocos lógicos contidos no mesmo circuito integrado [1]. Ele possui como principais vantagens sua flexibilidade e velocidade.

## 2. Sensores abordados

Para o aprofundamento da conversão de sinais mecânicos em digitais, como é utilizado no processamento de áudio, existem diversos tipos de conversores analógico-digital no mercado atualmente, como o de Aproximações Sucessivas e o Flash. Neste projeto foi utilizado como base o conversor Sigma-Delta, que se diferencia por sua alta resolução, além de ser amplamente utilizado na conversão de sinais de baixa frequência, devido a sua função de *noise shaping*, que diminui o ruído na banda de interesse.

Os microfones habituais transformam sinais acústicos em sinais elétricos (tensão). O conversor é responsável por receber este sinal analógico e convertê-lo numa representação digital.

Isso se torna possível utilizando os seguintes componentes: Um amplificador subtrator, um integrador, um comparador de tensão e um conversor digital analógico de um bit [2].

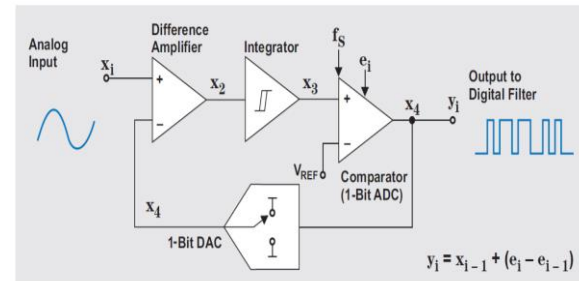


Figura 1 - Modelo do conversor sigma delta.

Dessa forma, o sinal de entrada, o qual representa a onda sonora original, passa pelo circuito e seu valor fica codificado em valores binários, numa bistream. Posteriormente os sinais passam por um filtro digital e por um decimador para que possa ser reproduzido. Esse método depende de uma alta frequência de amostragem, cerca de centenas de vezes superior a frequência do sinal de entrada. Quanto maior a taxa de amostragem, maior a precisão do áudio reproduzido.

Sobre o sensor de toque, foi utilizado como base de estudo o método de funcionamento de um tecido tátil elaborado pelo Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Universitário FEI.

O dispositivo opera da seguinte maneira: O FPGA envia sinais elétricos para o tecido e eles passarão por fios internos que possuem uma resistência e uma capacitância cada. Dessa forma, o sinal que voltará ao DE2-70 terá sofrido um atraso, devido ao efeito RC dos fios. Esse atraso será medido pela FPGA e, posteriormente, será utilizado como base para o mapeamento da região de toque.

Com isso, basta o DE2-70 reconhecer qual parte do tecido possui maior atraso, usando como parâmetro de referência a posição de cada fio. A região que possui o maior atraso é a posição tocada.

A seguir estão as equações que definem o comportamento da tensão no capacitor e no resistor num circuito RC [3]:

$$Vc(t) = E - E * e^{-t/R*C} \quad (1)$$

$$Vr(t) = E * e^{-t/R*C} \quad (2)$$

Com isso, fica expressa a seguinte relação temporal [4].

$$T = R * C \quad (3)$$

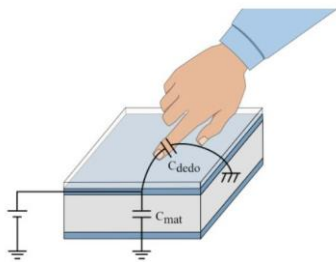


Figura 2 - Representação do toque no sensor.

Na figura 2, fica ilustrado como o toque do dedo interfere na capacitância total do circuito RC, o que altera o respectivo atraso medido pela FPGA. No gráfico a seguir, fica claro o comportamento do atraso em função da pressão do toque.

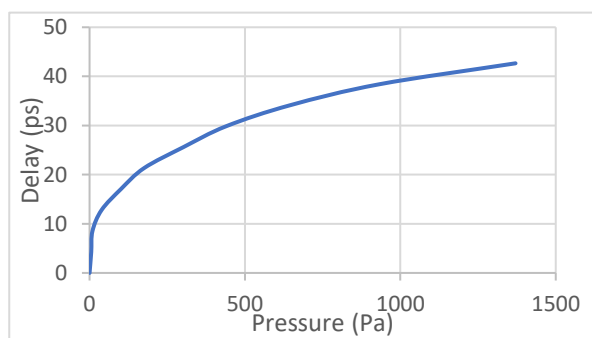


Figura 3 - Gráfico atraso x pressão.

Com isso, o atraso de cada circuito RC, mensurado pela FPGA, é enviado para um módulo de bluetooth e, posteriormente, o sinal é interpretado pelo aplicativo Bluetooth Eletronics.



Figura 4 – Atraso representado no aplicativo Bluetooth Eletronics.

No caso do sensor de temperatura, foi utilizado o mesmo método de medição de atraso do circuito RC. Isso ocorreu porque o principal método para avaliação da temperatura em uma determinada região, é dado através da medição da resistência de um termistor, a qual varia de acordo com a temperatura ambiente. Assim, através do cálculo de sua resistência, utilizando para isso a constante de tempo do circuito RC, é possível calcular a temperatura(T) do ambiente em função de sua resistência(R). A relação fica expressa na seguinte fórmula [5]:

$$T = (B * Tz) / ((Ln(\frac{R}{Rz}) * Tz) + B) \quad (4)$$

Onde B é um parâmetro específico de cada termistor, Tz e Rz são, respectivamente, uma temperatura do termistor previamente medida, correspondente a uma determinada resistência.

### 3. Conclusões

O dispositivo sensível ao toque, baseado no atraso do circuito RC, se mostrou promissor, já que sua resposta é precisa e praticamente instantânea. Isso se deve à alta frequência com que o FPGA trabalha, enviando e recebendo pulsos elétricos do tecido.

Para o sensor de temperatura, fica evidente que não é necessária uma alta frequência de pulsos do FPGA, já que o valor da temperatura se altera lentamente, quando comparado com a velocidade necessária para detecção do toque.

Por outro lado, para o funcionamento do conversor sigma delta, é necessária uma taxa de amostragem muito superior a frequência da onda de entrada, para que a reconstrução do sinal se dê próxima ao sinal de origem.

### 4. Referências

- [1] Terasic Technologies, “ DE2 Development and Education Board User Manual”, 2008.
- [2] How Delta-Sigma ADCs work, Texas Instruments, 2016.
- [3] Andrade, Geisa Moreira De, Sistema de Aquisição de Sinais Tácteis em Tecido com Protótipo em FPGA, São Bernardo do Campo: FEI, 2014. 81 f. Dissertation- Postgraduate Program in Electrical Engineering, Centro Universitário FEI.
- [4] Guedes, Carlos Eduardo Silva, Pesquisa de um Sensor Táctil Incorporado a um Tecido Aplicável à Internet das Coisas – IOT, São Bernardo do Campo: FEI, 2016. 103 f. Dissertation- Postgraduate Program in Electrical Engineering, Centro Universitário FEI.
- [5] Sensores de temperatura [online]. Disponível: <http://www.uesc.br>. [acesso em 20 outubro 2017].

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro da CAPES e CNPq.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 04/18 a 03/19.