



UNICAMP



# PROGRAMAÇÃO DE FPGA PARA ACIONAMENTO DE TRANSDUTORES MATRICIAIS COM PLACAS DE CIRCUITOS DE TRANSMISSÃO/RECEPÇÃO DE ONDAS ULTRA-SÔNICAS

Henrique Ferreira Lopes  
Prof. Dr. Eduardo Tavares Costa

FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO  
CENTRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

Agência Financiadora: CNPq  
Palavras-Chave: Ultrassom – transdutor – FPGA

## Introdução

O uso de ultrassom em diagnóstico tem crescido por ser radiação não-ionizante, permite gerar imagem de modo não invasivo e com valor diagnóstico em tempo real e o desenvolvimento de aparelhos mais compactos e portáteis tem permitido o aparecimento de sistema de imagem com um custo muito menor quando comparado a outras modalidades de imagem médica. Este projeto, entre outros desenvolvidos no Laboratório de Ultrassom do CEB (LUS-CEB), visou o desenvolvimento de um sistema de ultra-som para estudo e ensino, com amplo controle de variáveis, possibilitando o estudo das características das ondas e dos meios em que se propagam. Um componente fundamental no sistema de ultrassom é o transdutor, constituído na maioria dos casos por vários elementos de cerâmica piezoelétrica que podem ser excitados independentemente, sendo cada elemento ligado a um canal do circuito de transmissão e de recepção. Para acionar um transdutor matricial de 20 elementos, propôs-se a replicação de cinco circuitos de transmissão e recepção com 4 canais cada (desenvolvidos previamente no LUS), além de uma nova fonte de alimentação capaz de atender as especificações dos componentes utilizados e duas placas interligando as 5 placas com a fonte de alimentação, o transdutor, e o circuito de controle (FPGA), foco deste trabalho, para elaboração de perfis de excitação do transdutor matricial.

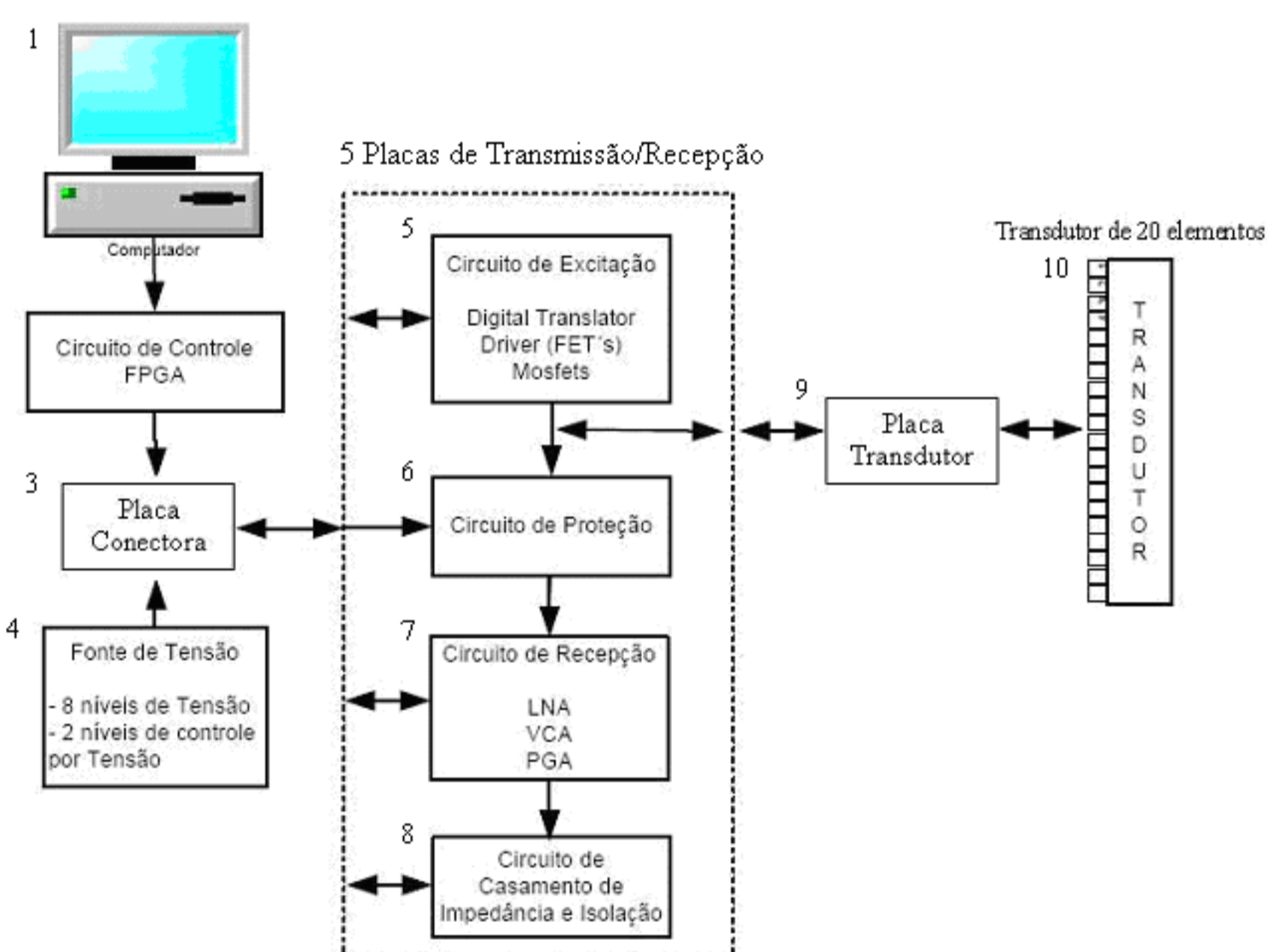


Diagrama de blocos do sistema de ultra-som

## Metodologia

Segundo determinação do projeto, o equipamento de ultrassom opera em varredura eletrônica e focalização na transmissão, utilizando um transdutor de 20 elementos. Esta técnica permite a deflexão e focalização de feixes ultrassônicos através da inserção de atrasos no tempo de excitação de cada elemento do transdutor. Os atrasos são determinados por meio da equação (1) a seguir proveniente da geometria.

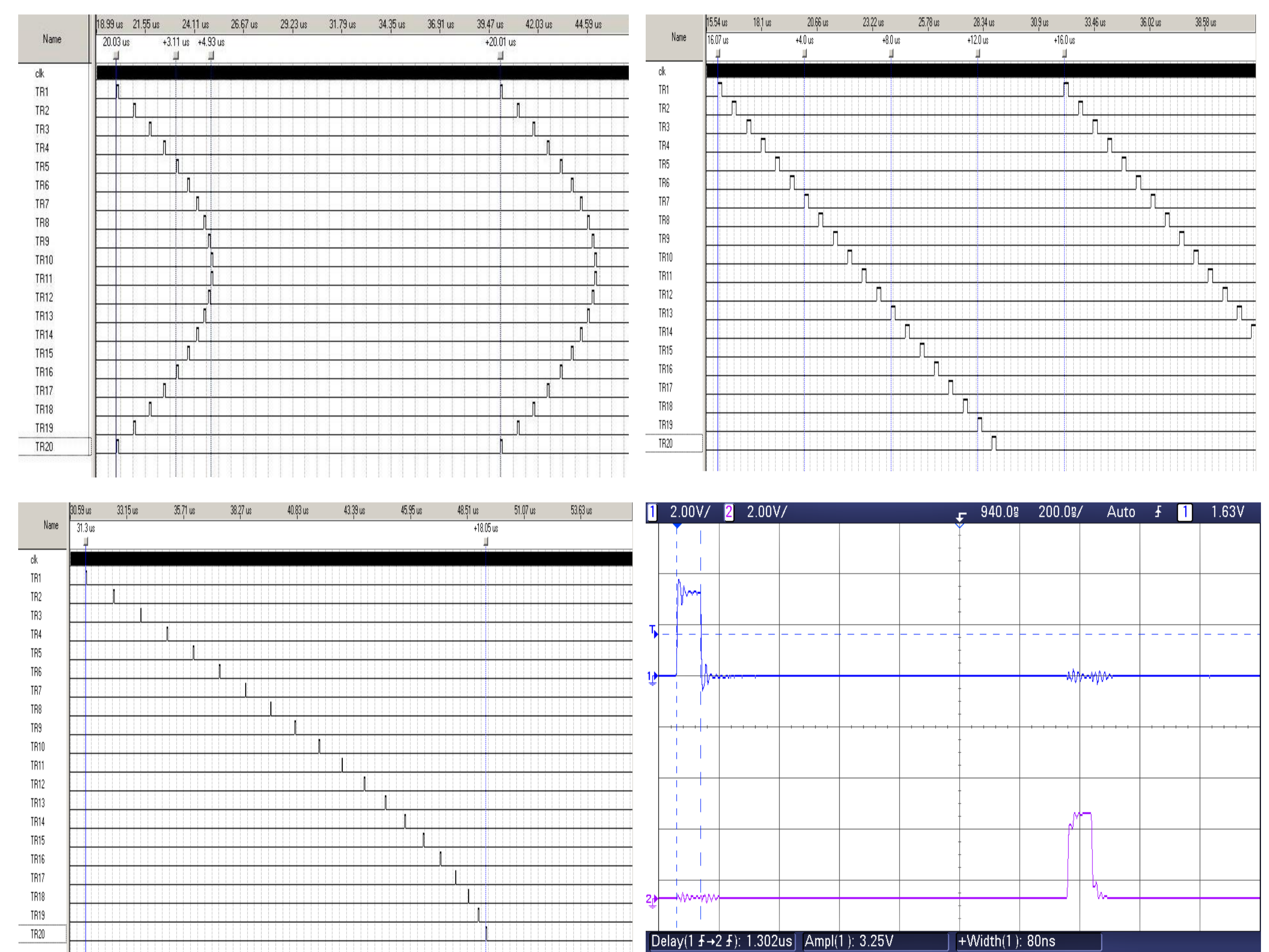
$$\Delta t_n = \frac{F}{c} \left\{ \left[ 1 + \left( \frac{\bar{N}.d}{F} \right)^2 + \frac{2.\bar{N}.d}{F} \sin \theta \right]^{1/2} - \left[ 1 + \left( \frac{(n-\bar{N}).d}{F} \right)^2 - \frac{2.(n-\bar{N}).d}{F} \sin \theta \right]^{1/2} \right\} \quad (1)$$

Em que:  $\Delta t_n$  é o atraso do elemento  $n$   
 $F$  é a distância focal  
 $c$  é a velocidade da onda ultrassônica no meio  
 $n$  é o número do elemento;  $n = 0, 1, 2, \dots, N - 1$   
 $N$  é o número de elementos do transdutor, sendo  $\bar{N} = (N - 1)/2$   
 $d$  é a distância entre cada elemento  
 $\theta$  é o ângulo de deflexão

A unidade de controle, implementada em uma FPGA Altera, é responsável por excitar cada elemento do transdutor no tempo correto de acordo com os atrasos calculados e fazer o controle das variáveis de excitação, como largura de pulso e frequência de repetição. A programação da FPGA foi desenvolvida em VHDL e permite a variação dos parâmetros durante a sua execução, facilitando a análise dos perfis de excitação.

## Resultados

As figuras a seguir mostram perfis de excitação com características de deflexão e focalização obtidos via simulação do software de programação da FPGA e dois pulsos com atraso entre si obtidos por meio de osciloscópio nos pinos de saída da FPGA.



Perfis de excitação simulados pelo software de programação da FPGA e pulsos obtidos via osciloscópio nos pinos de saída da FPGA

Os resultados temporais obtidos por meio da FPGA apresentaram uma precisão muito boa, atendendo aos requisitos de um projeto para operação em tempo real.

## Conclusão

A escolha da implementação da unidade de controle em FPGA atendeu aos requisitos do projeto, principalmente temporais. Porém, a maior fonte de erros nos valores de atraso foi a discretização dos valores obtidos por meio da equação (1) em múltiplos de 20ns, que é o valor do período do clock da FPGA, causando erros de até 10ns.

Um inconveniente foi o atraso na importação de alguns componentes eletrônicos, que impossibilitou a montagem dos circuitos de transmissão e recepção e a execução de testes com o sistema completo.

## Referências Bibliográficas

KIMURA, J.P.E., Programas para Geração de Imagens por Ultra-som e Formação de Feixe Acústico, Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, FEEC/UNICAMP, 2007.

SALINET Jr., J.L., Acionamento de Elementos Cerâmicos de Transdutores de Ultra-som: Circuitos de Controle, de Transmissão e de Recepção, Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, FEEC/UNICAMP, 2009.