

SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE VELOCIDADE POR EFEITO DOPPLER

Kewin Kuster, Filipe de Souza Freitas

Programa de Graduação em Engenharia Eletrônica, Faculdade Gama
Universidade de Brasília
Gama, DF, Brasil
email: kevinkiister0@gmail.com, filipe.desouzafreitas@gmail.com

1. JUSTIFICATIVA

Na área de processamento de sinais em radares é muito comum a utilização de *Field Programmable Gate Array (FPGA)* para realização de soluções *real-time computing (RTC)*, pois apresentam uma grande capacidade de paralelização dos algoritmos a serem implementados. Tendo em vista essa característica, a utilização de um FPGA está relacionado com o intuito de se paralelizar as tarefas dentro do processamento do sinal, para assim otimizar o tempo de resposta do sistema. Outro fator importante é a capacidade de um FPGA em se adaptar há variação de escopo de um projeto ou até mesmo problemas físicos causados por deterioração de algum de seus blocos internos. Sabendo que um FPGA pode ser reconfigurado, mesmo sofrendo esse tipo de avaria ele pode reorganizar seus blocos restantes para restabelecer o seu correto funcionamento ou mesmo implementando alguma atualização de seu sistema de software. Esse tipo de recurso se torna necessário em cenários onde a realização de manutenção do componente é algo inviável ou custoso.

2. OBJETIVOS

Serão três blocos principais a serem entregues: Filtro com largura de banda estreita, DFT (*Discret Fourier Transform*) implementado através da FFT

(*Fast Fourier Transform*) para análise espectral do sinal recebido pelo radar e o algoritmo para o cálculo da velocidade através do efeito Doppler. De acordo com a variação da frequência do sinal refletido.

3. REQUISITOS

O projeto tem como requisito entregar ao usuário um valor de velocidade correspondente a uma variação da frequência na entrada do sistema. Para isso estabeleceu-se a utilização de uma frequência central de 915 MHz e uma banda de 300 Hz. Com isso o intuito é realizar os testes através de uma pequena variação nesse frequência central, através da transmissão de um sinal tonal a uma frequência próxima da frequência central e verificar o desvio de velocidade correspondente calculado pelo hardware. Sendo os cálculos realizados também por um software com o intuito de validar os resultados adquiridos.

4. METODOLOGIA

A metodologia tem como objetivo explorar o funcionamento de um sistema de aquisição de velocidade por efeito Doppler. Através de uma quantificação do desvio de frequência apresentado na entrada do sistema, pretende-se estimar a velocidade de um objeto. Para isso será levado em conta

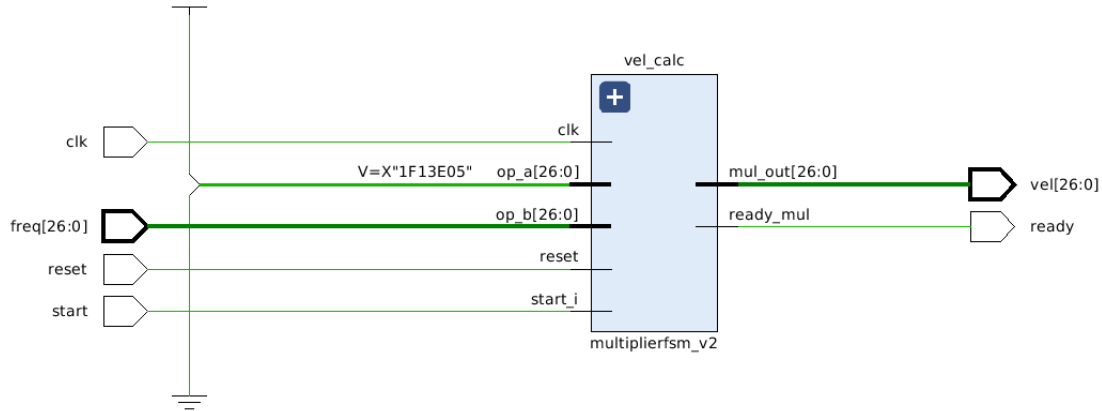


Fig. 1. Diagrama RTL do cálculo da velocidade através da frequência fornecida.

o uso de propriedades intelectuais disponibilizadas pela empresa Xilinx no software *Vivado* tendo em vista a aplicação em um FPGA *Artix-7* modelo XC7A35T-1CPG236C integrado em uma placa *Basys* 3. Para realização do sistema adotou-se uma topologia modular separada de acordo com a figura 2. O primeiro passo nesse processo é realizar uma filtragem do espectro do sinal com o intuito de restringir a banda de funcionamento do sistema e também filtrar sua frequência central. Após isso é realizada a FFT desse sinal com o intuito de se estabelecer o sinal com maior amplitude para assim definir sua frequência. Uma vez em mãos da frequência do sinal de entrada é calculado sua variação em relação a uma frequência conhecida, frequência do pulso modulado, para com isso estimar a velocidade do objeto representado relativa a frequência do sinal de entrada.

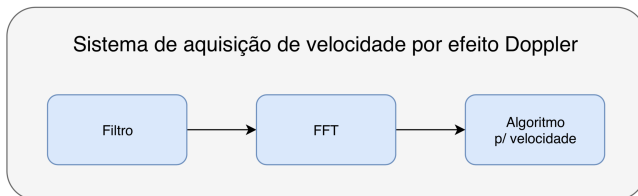


Fig. 2. Dimensionamento por blocos do sistema de aquisição de velocidade.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O estado da arte com relação a utilização de dispositivos SDRs se encontra na utilização de rádios autônomos conhecidos como *Cognitive Radio*, que tem como intuito realizar a melhor opção de transmissão e recepção de uma mensagem ponto a ponto através da utilização de redes neurais que tomam a decisão sobre qual o melhor tipo de modulação e banda de frequência devem ser utilizados para conseguir uma maior taxa de transferência de dados entre dois pontos ao longo do tempo [1].

As técnicas de processamento de sinais vindas de radares levam em conta vários problemas acerca de ruído advindo da eletrônica responsável pela aquisição e interferência de outros sistemas de comunicação. Dentre as técnicas mais comuns na literatura é possível citar: CFAR (*Continuous false alarm rate*), *threshold* [2].

Algoritmos CFAR corrigem o limiar de detecção para manter uma probabilidade de falso alarme constante, com alguma estimativa estatística sobre a interferência no radar. O limiar pode ser estimado através da equação 1 [2]:

$$T = -\ln(P_{fa}) * \sigma_i^2 \quad (1)$$

Onde:

T representa o *Threshold*;

P_{fa} é a probabilidade de falso alarme;

σ_i^2 é a potência média da interferência.

Já a técnica de *threshold* determina um limiar fixo onde o que estiver abaixo desse limiar é considerado ruído, interferência e etc. Enquanto que o que estiver acima é considerado sinal útil [2].

6. HARDWARE

6.1. Transformada Rápida de Fourier - FFT

Para implementação da FFT dentro da solução proposta, foi realizado a utilização de um IPCore da *Xilinx*, sendo este criado para um sinal com 1024 amostras com frequência central em 915 MHz, para realizar sua instanciação foram criados sinais para realizar o controle interno do bloco FFT [3]. Para importar esses dados foi adicionado também um barramento AXI para realizar a transferências dos dados para dentro do IPCore de acordo com o que foi mostrado pelo *Block Desing* do sistema3.

6.2. Cálculo da velocidade

O bloco para calcular a velocidade do alvo dado um desvio consiste na aproximação:

$$V_{alvo} = f_{desv} \times \frac{c}{2 f_0} . \quad (2)$$

Onde V_{alvo} refere-se a velocidade do alvo, f_{desv} refere-se a frequência do sinal recebido, c é a velocidade da luz no ar, próxima a do vácuo e f_0 é a frequência da onda emitida [2]. Como a parte fracionária que multiplica a frequência de desvio na Equação 6.2, este valor foi calculado, sendo igual a 0,163821015 m, por análise dimensional, e então multiplicado por cada frequência f_{desv} obtida após análise da frequência central do sinal. O resultado da simulação pode ser observado na Figura X, onde tem-se o resultado calculado por software e o resultado calculado no *testbench*, para um número em ponto flutuante de 27 bits foi obtido um desvio padrão de 4,38 para mais ou para menos. Para valores aleatórios com distribuição normal em torno de 500 Hz e com desvio padrão de 20Hz, como mostrado na figura 4.

7. BIBLIOGRAFIA

Referências

- [1] H. A. J. Mitola, *Special Issue: Cognitive radio, software-defined radio, and adaptive wireless systems*. Guest Editoria, 2007.
- [2] M. A. Richards, J. A. Scheer, and W. A. Holm, *Principles of Modern Radar Vol. I: Basic Principles*. SciTech Publishing, 2010.
- [3] Xilinx, *Fast Fourier Transform v9.0*. Vivado Design Suite, 2017.

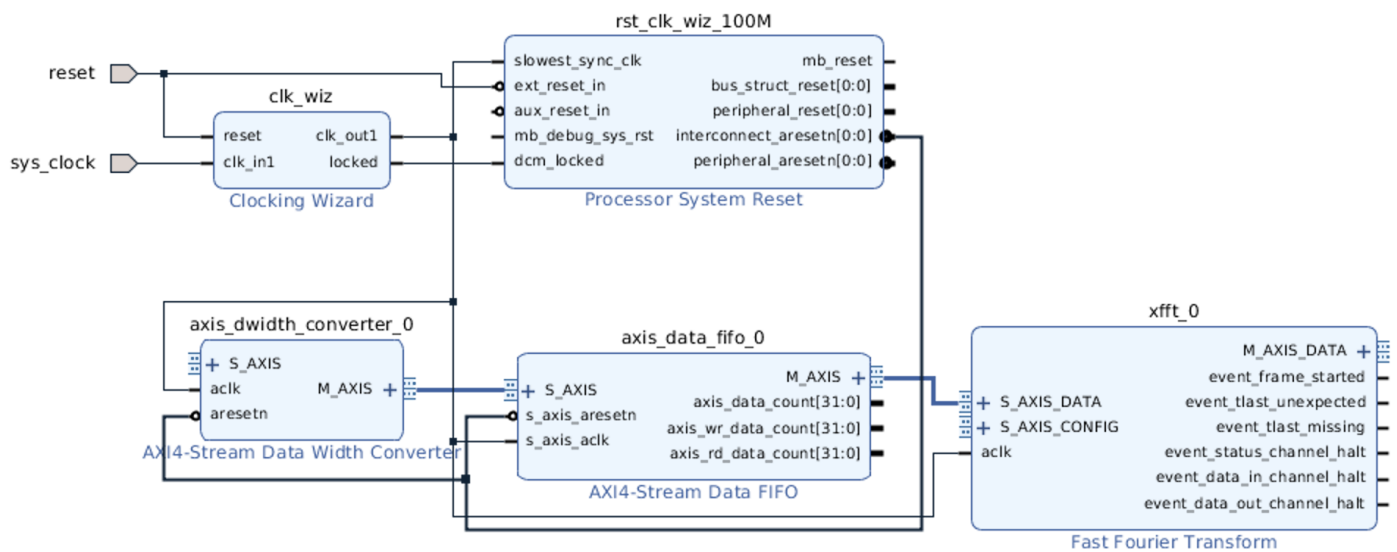


Fig. 3. Diagrama RTL da FFT do sinal de entrada.

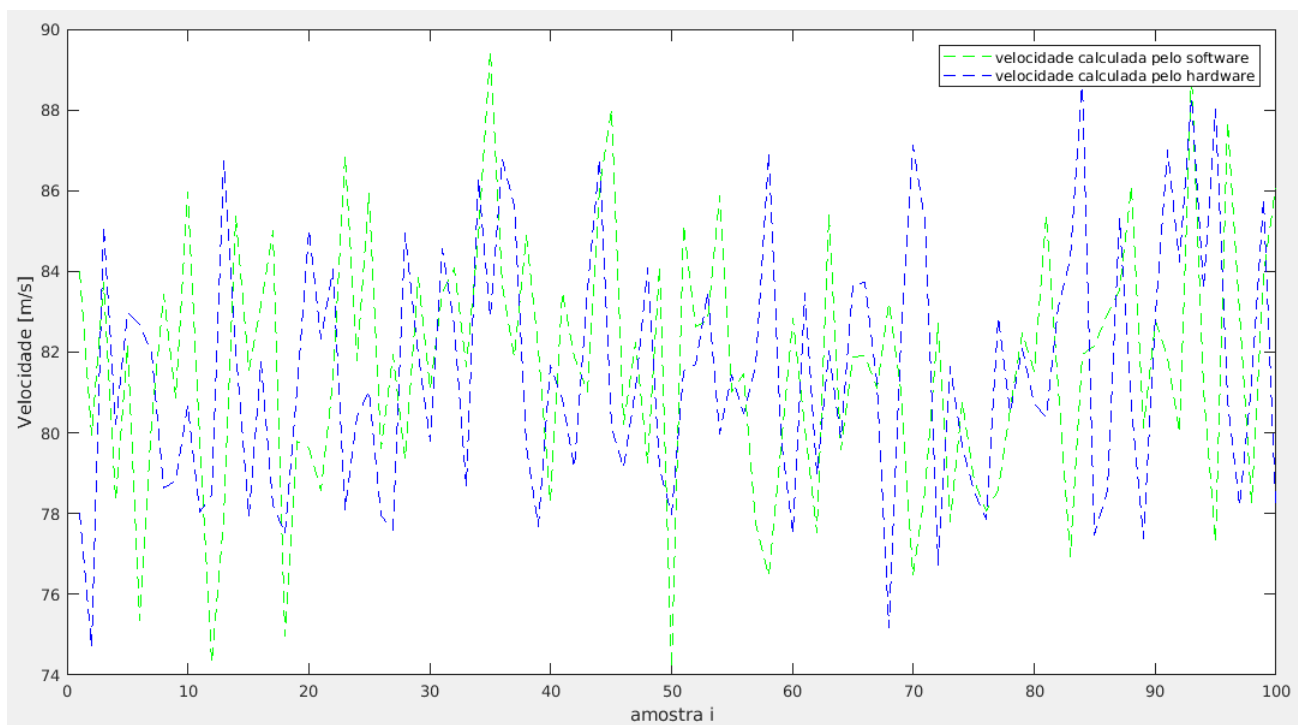


Fig. 4. Velocidade calculada em função da i-ésima amostra usada no *testbench*.