XXX Congresso de Iniciação Científica UNICAMP

IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA DE UM MODULADOR DE SINAIS 4-PSK

Palavras-Chave: Transmissão de sinais, Processamento digital de sinais, Modulação digital.

Autores:

Ivander Gomes Ferreira Valim [Unicamp]

Prof. Dr. Cristhof Johann Roosen Runge (orientador) [Unicamp]

1. INTRODUÇÃO

Existem três elementos básicos em um sistema de comunicação: transmissor, canal e receptor. **[1]**

O objetivo de um sistema de comunicação é entregar uma mensagem de forma reconhecível ao destinatário, para fazer isso, o transmissor modifica o sinal portador da mensagem de uma forma adequada para transmissão pelo canal. Essa modificação é realizada por meio de um processo conhecido como modulação, que é o foco desta pesquisa e envolve a variação de algum parâmetro de uma onda portadora, como: amplitude, frequência ou fase, de acordo com a finalidade do sistema, podendo ser um processo analógico ou digital.**[1]**

1.1. DESCRIÇÃO DA PESQUISA

A fim de projetar um modulador digital de um sistema de comunicação real, escolhemos a FPGA como abordagem por oferecer liberdade de design e poder de processamento, utilizando uma linguagem de descrição de hardware, que permite a portabilidade entre diversos dispositivos FPGA de diferentes fornecedores de hardware, o VHDL (Very High Speed Integrated Hardware Description Language), uma solução simples que permite design em RTL (Register Transfer Level).**[2]**

Adotamos o uso dos softwares de simulação Modelsim e Octave GNU, para simular seu comportamento em hardware e visualizar resultados.

1.2. OBJETIVOS DA PESQUISA

O projeto de pesquisa proposto tem como objetivos principais, a implementação prática de um modulador 4-PSK (Phase Shift Keying), estimular a criação de soluções educacionais para práticas experimentais de laboratório, o estudo dos elementos básicos da comunicação e das ferramentas de simulação e sínteses de circuitos em FPGA.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO ARTIGO

Apresentaremos uma breve descrição teórica, implementação prática e os resultados de simulação do comportamento em hardware através do Modelsim de um modulador 4-PSK, que deverá utilizar um NCO e um RRC FIR filter, exibindo os resultados visuais no Octave.

As secções estão dividas entre implementação e métodos (2), resultados de simulação e análises (3) e Considerações (4).

2. IMPLEMENTAÇÃO E MÉTODOS

2.1. MODULAÇÃO 4-PSK

A modulação Phase Shift Keying (PSK) consiste no envio da mensagem através da alteração da fase da portadora. No caso da modulação 4-PSK, a mensagem é enviada através do chaveamento da fase da portadora em múltiplos de 90º, permitindo desta forma o mapeamento de dois bits para cada uma das 4 fases possíveis da portadora.**[3]**

2.2. DIRECT DIGITAL SYNTHESIZER

O Direct Digital Sunthesizer(DDS) ou Numerically Controlled Oscillator(NCO), consiste em um acumulador de fase que registra as frequências a serem armazenadas e incrementadas sucessivamente por um registrador de fase, através de um conversor de fase em amplitude (sine ROM), **[5]** a codificação é realizada através da técnica PCM, que traduz uma quantização em amostras codificadas numericamente, sendo convertida em uma representação binária com resolução de 8 bits posteriormente.**[4]**

A ROM entrega os valores em um conversor DA, utilizando um filtro passa baixas para remover altas frequências.**[5]**

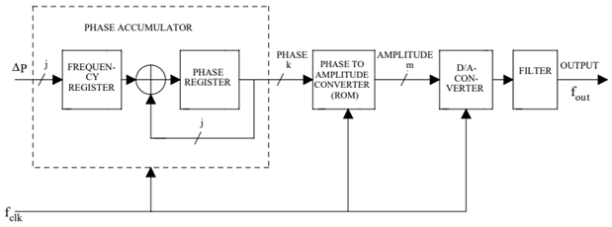

Figura 1 - Estrutura Direct Digital Synthesizer DDS.

2.2.1. CODIFICADOR DE 8 BITS

Utilizamos um multiplexadores binários de 8 bits em conjunto com um registrador de deslocamento de 2 bits **[6]** para implementar um codificador de 8 bits síncrono, que realiza a multiplexação e deslocamento de dois bits em uma palavra recebida, entrengando os bits codificados em um mapeador.

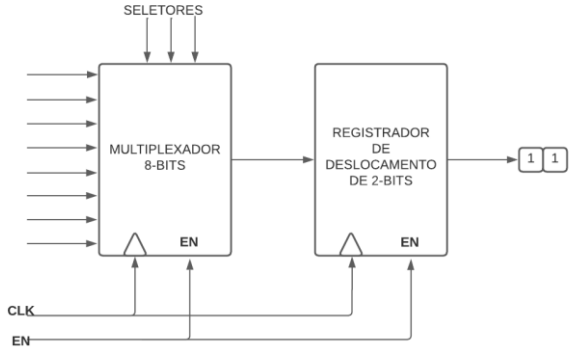

Figura 2 - Estrutura do codificador de 8-bits.

2.2.2. SYNCHRONOUS SINE ROM 64 BYTES

Inferimos quatro ROMs através de uma instrução CASE que define um valor constante para cada possibilidade de seleção de 64 endereços de fase e amplitude, estabelecendo uma sine look-up-table em múltiplos de 90º, permitindo desta forma a geração de 4 fases mapeadas possíveis da portadora, sendo detectada pela ferramenta de síntese como conjuntos de registradores e lógicas.**[6]**

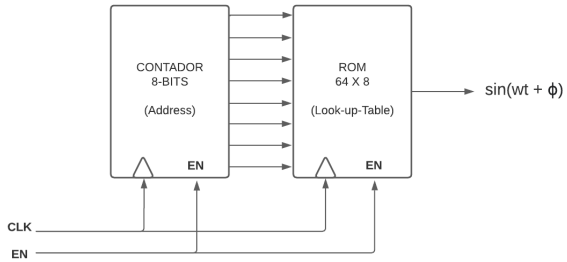

Figura 3 - Estrutura da ROM 64 x 8.

1.1.1. ROOT RAISED COSINE FILTER

O filtro passa baixas Raiz de Cosseno Levantado apresentado, conforme definido abaixo, atende aos critérios de Nyquist para Interferências Inter Simbólicas (ISI). **[3]**

$$\begin{bmatrix} \boldsymbol{B} & \boldsymbol{para} & \boldsymbol{|\omega| < \omega_0} \\ \dfrac{\boldsymbol{B}}{\sqrt{2}}\left(\sqrt{1+\cos\left(\pi\dfrac{|\omega|-\omega_1}{r\omega_c}\right)}\right) & \boldsymbol{para} & \boldsymbol{\omega_0 < |\omega| < \omega_1} \\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{para} & \boldsymbol{|\omega| > \omega_1} \end{bmatrix}$$

Função transferência Root Raised Cosine FIR filter

$$\boldsymbol{A = \frac{2\pi}{\omega_c} = T_c} \qquad \boldsymbol{B = \sqrt{A} = \sqrt{\frac{2\pi}{\omega_c}} = \sqrt{T_c}}$$

$$\boldsymbol{\omega_0 = \frac{1-r}{2}\omega_c} \qquad \boldsymbol{\omega_1 = \frac{1+r}{2}\omega_c}$$

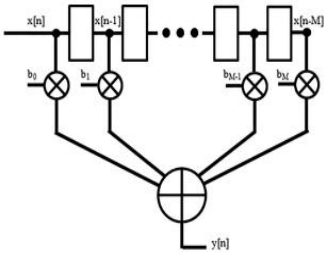

Figura 4 - Estrutura do filtro FIR

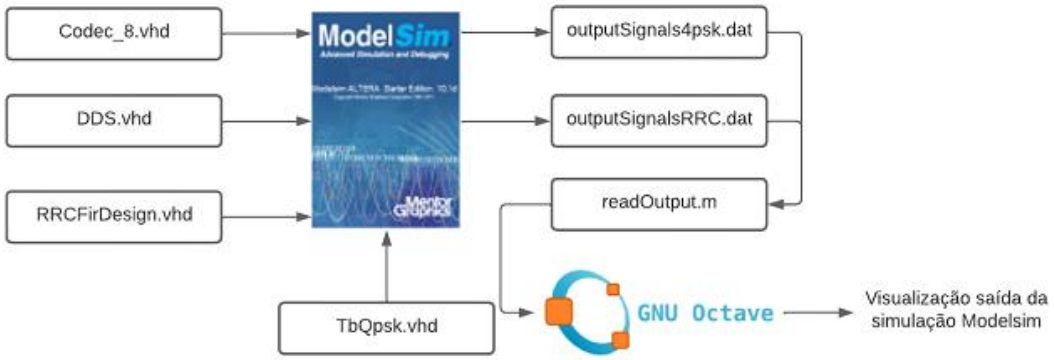

Figura 5 - Diagrama de blocos da simulação do sistema

2. RESULTADOS DE SIMULAÇÃO E ANÁLISES

Simulamos o Modulador 4-PSK utilizando a técnica Direct Digital Synthesizer, gerando uma sine look-up-table (ROM) de 64 amostras com resolução de 8bits, 256 níveis de quantização.

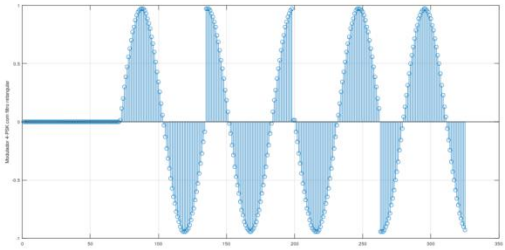

Figura 6.1 – Simulação da transmissão de uma palavra binária de 8 bits: 11100100

O resultado preliminar de um sinal transmitido simulado através do ModelSim e plotado no Octave, para uma palavra binária de 8 bits, é um sinal 4-PSK utilizando um filtro com resposta ao impulso retangular; necessitando inserir o filtro RRC FIR.

O filtro RRC foi simulado utilizando-se um filtro FIR com 41 coeficientes e resolução de 8bits, ou 256 níveis de quantização, com atenuação de aproximadamente 40db na banda de rejeição e fator de roll-off = 0.22.

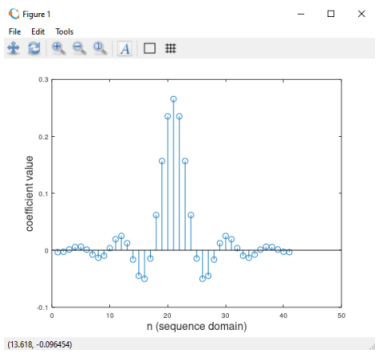

Figura 6.2 Resposta temporal RRC FIR filter

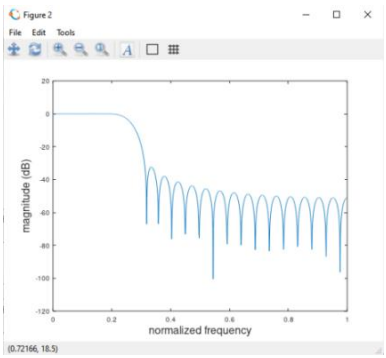

figura 6.3 Resposta em frequência do filtro.

3. CONSIDERAÇÕES

Dando continuidade a construção do modulador 4-PSK, nas próximas etapas será inserido o filtro RRC, para a conformação do sinal em banda base em uma transmissão livre de Interferências Inter Simbólicas.

4. REFERÊNCIAS

[1] Symon Haykin, Communication Systems, John Wiley & Sons Inc., 4ªed.

[2] Roosen, Cristhof; Cerqueira, Matheus; Arnold, Francisco. Introducing programable logic devices in physics laboratories: A pratical guide for implementation of experiments. Revista Brasileira de Ensino de Física, www.scielo.br/rbef, Vol. 42, página 2, março de 2021.

[3] Bernard Sklar, Digital Communication Fundamentals and Applications, Prentice Hall P T R, 2ªed.

[4] Hwei Hsu, Analog and Digital Communications, Schaum's, 2ªed.

[5] Jouko Vankka, Direct Digital Synthesizers: Theory, Design and Applications, Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology, Helsinki University of Technology, Finland, November 2000.

[6] Altera, Quartus II Handbook Version 9.1, Volume I : Design and Synthesis.