

DESENVOLVIMENTO DE MÓDULOS PARA LABORATÓRIOS DE SISTEMAS DIGITAIS

Rhaycen Rodrigues Prates¹, Valter Fernandes Avelino²

^{1,2} Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI

¹rhaycenp@gmail.com; ²prevavelino@fei.edu.br

Resumo: O projeto visa o desenvolvimento de módulos descritos na linguagem de descrição de hardware VHDL que permitam o fácil acesso aos recursos presentes na nova plataforma de desenvolvimento para os Laboratórios de Sistemas Digitais (placa DE10-Lite com o FPGA MAX10). Os módulos desenvolvidos devem permitir que os alunos possam utilizar os recursos especiais da plataforma nas atividades desenvolvidas no laboratório. Como resultado foram obtidos os módulos para o conversor analógico-digital, acelerômetro digital e saída para monitor VGA que estão presentes na plataforma. [1], [4]

1. Introdução

Desde a criação do transistor em 1947, os circuitos eletrônicos têm se tornado cada vez mais compactos e integrados. Nesse contexto, surgiram os PLD's (Programmable Logic Devices) que são dispositivos que possuem uma matriz de interconexão com portas lógicas que realizam as mais diversas operações lógicas a partir de uma programação externa. Essa tecnologia reduz o tempo de projeto e facilita a correção de eventuais erros através de um ambiente de desenvolvimento baseado em software. Dentre os PLD's está o FPGA (Field Programmable Array) que é a estrutura central da plataforma de desenvolvimento DE10-Lite da Altera® e permite realizar o controle de seus recursos periféricos, quando programado para tal. [5]

Uma das maneiras de realizar a programação de um FPGA é através de uma linguagem de descrição de hardware. Os módulos desenvolvidos no projeto foram descritos em VHDL (VHSIC Hardware Description Language) que, ao lado do Verilog, é uma das linguagens mais usadas em projetos de desenvolvimento de sistemas digitais. A descrição é realizada por estruturas textuais que seguem o padrão normatizado da linguagem, como: library, entity e architecture. Tal formato permite uma fácil interpretação da lógica e a portabilidade da lógica para circuitos configuráveis de diversos fabricantes. [1]

2. Metodologia

O trabalho consiste no desenvolvimento de módulos e tutoriais para os laboratórios de sistemas digitais do Centro Universitário FEI. As etapas do projeto são realizadas de acordo com o processo de desenvolvimento de um sistema digital utilizado nos laboratórios das disciplinas de sistemas digitais (software Quartus Prime da Intel-FPGA®)..

Os módulos desenvolvidos seguem a metodologia de projeto em um único componente (*System on Chip*), cujo intuito é ter uma grande integração de elementos no mesmo dispositivo. Para viabilizar esse objetivo é

importante que a plataforma de desenvolvimento contenha todos os recursos necessários ao projeto, de modo que o mesmo seja implementado de maneira compacta. Adicionalmente, é importante que o hardware tenha possibilidade de conexões com periféricos que acrescentem complexidade e eficiência ao sistema, além do suporte de uma ferramenta de desenvolvimento. [5]

Para realizar o desenvolvimento desses módulos foi selecionada a plataforma de desenvolvimento DE10-Lite e o software Quartus Prime da Intel-FPGA®. [4]

O software Quartus Prime é um ambiente virtual onde são realizadas todas as etapas de desenvolvimento de um projeto digital com suporte para diferentes modos de descrição de hardware, além de diversas ferramentas de edição e simulação do circuito em questão. [3]

A placa DE10-Lite é uma plataforma de desenvolvimento cujo núcleo é o FPGA MAX10 da Intel-FPGA® (Altera). O MAX10 tem ligações com recursos localizados ao redor do mesmo como: 10 chaves de contato momentâneo, 10 led's, 6 displays hexadecimais, memória SDRAM de 64 MB, saída de monitor de vídeo VGA, acelerômetro digital, conector para Arduino, 40 pinos GPIO e 2 botões de contato momentâneo. [4]

3. Resultados

3.1. Módulo acelerômetro digital

A partir do estudo das propriedades do acelerômetro digital ADXL345 foi possível desenvolver um módulo descrito em VHDL para o acesso desse recurso presente na plataforma DE10-Lite. [2], [4]

O módulo em VHDL do acelerômetro foi desenvolvido como um componente em VHDL (Figura 1). Esse módulo tem como função fornecer os dados de aceleração do eixo x, y e z do sensor (saídas: ACC_X, ACC_Y e ACC_Z). A sinalização de dados prontos é realizada pelo bit de saída Data_Ready. O usuário pode configurar o valor da faixa de aceleração (entrada: R) e a habilitação e início da extração e transmissão dos dados (entradas: EN e Load_Data). [2]

Como exemplos de aplicações do módulo foram desenvolvidos os seguintes projetos: um medidor de aceleração gravitacional e um sensor de inclinação.

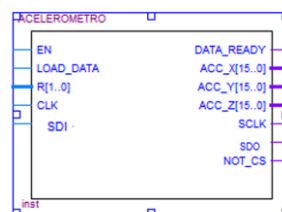


Figura 1- Diagrama do componente VHDL que contém do módulo do acelerômetro digital.

3.2. Módulo conversor analógico-digital

Através do estudo dos princípios de conversão analógico-digital foi desenvolvido um módulo para o conversor analógico-digital de 6 canais e 12 bits de resolução presente na plataforma DE10-Lite. [4]

Para a elaboração do módulo do ADC foi utilizado como referência o Altera ADC IP, que é um conjunto de arquivos disponibilizados pelo fabricante da plataforma DE10-Lite, Intel-FPGA®. Esses arquivos permitem o controle do ADC presente na placa, mas não podem ser alterados por possuírem propriedade intelectual (IP), sendo possível apenas a configuração pelo usuário. [4]

O módulo em VHDL (Figura 2) do conversor analógico-digital tem como finalidade realizar a conversão da tensão de entrada analógica de algum dos 6 canais de conversão (cuja seleção é realizada através do vetor de entrada de 3 bits denominado channel) em um código digital de 12 bits que se encontra disponível na saída Data_Dig. O início da conversão dos dados é controlado pelo sinal start enquanto o fim da conversão é sinalizado pelo bit de saída Data_Ready.

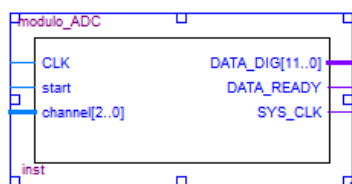


Figura 2-Diagrama esquemático do módulo do conversor analógico-digital.

Para exemplificar as funcionalidades do módulo foram desenvolvidas as seguintes aplicações: um voltímetro para tensões entre 0 e 5 V e um gráfico de barras (bargraph) controlado por um potenciômetro.

3.3. Módulos VGA

A plataforma DE10-Lite possui uma saída para monitor VGA (Video Graphics Array). Foi realizado um estudo dos padrões de sinais no formato VGA para monitores com 640 pixels e 480 linhas. A partir desse estudo foram desenvolvidos alguns módulos que permitem ao aluno desenvolver um hardware que permite configurar uma imagem no padrão VGA. [4]

Os módulos em VHDL (cuja visão RTL está representada na Figura 3) desenvolvidos para saída VGA tem a funcionalidade de realizar a sincronização dos sinais de varredura horizontal (HSYNC) e vertical (VSYNC) da tela através do componente sincronizador. Esse módulo fornece, além dos sinais de varredura, o sinal para habilitação de envio de dados (data_en) e a contagem de linhas e pixels (sinais linha e pixel).

Outra função do módulo é o controle dos sinais de cor RGB (Red, Green, Blue) que é realizada pelo componente controlador_VGA de acordo com os sinais provenientes do sincronizador. Esses sinais possibilitam a construção de qualquer imagem com qualquer cor sobre a tela através da saída RGB, de acordo com a programação do controlador.

Alguns exemplos de aplicações foram desenvolvidos de forma a demonstrar a implementação dos módulos em projetos de sistemas digitais, tais como: um projeto

para geração de imagens retangulares estacionárias, um projeto para a movimentação de imagens e um projeto para a reprodução de um jogo de futebol básico.

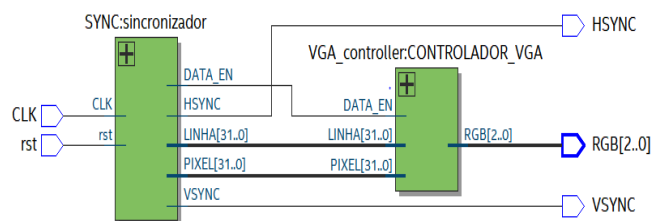


Figura 3: Visão RTL de um projeto de geração de imagem.

4. Conclusões

É possível concluir a partir dos resultados obtidos ao longo do projeto que o mesmo apresentou resultados satisfatórios quanto à produção de material didático para auxílio dos alunos que cursam as disciplinas de Sistemas Digitais I e II.

Adicionalmente, o projeto contribuiu para a criação de uma nova gama de possibilidades com relação a recursos disponíveis para implementação das atividades de projetos em laboratório. Os módulos desenvolvidos neste trabalho podem ser incorporados aos projetos dos alunos de forma a proporcionar um contato mais profundo com algumas das tecnologias que são amplamente empregadas na indústria no que diz respeito a sistemas digitais.

5. Referências

- [1] AMORE, Robert d' **VHDL: Descrição e Síntese de Circuitos Digitais**, 1º Ed., Rio de Janeiro, RJ, LTC, 2005.
- [2] Analog Devices. Datasheet: ADXL345 DIGITAL ACCELEROMETER. 2015. Disponível em: <<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL345.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2019.
- [3] INTEL, Intel® Quartus® Prime Software Suite, 2018 [Online], Disponível em: <<https://www.intel.com/content/www/us/en/software/programmable/quartus-prime/overview.html>>. Acesso em: 13 jan. 2019.
- [4] TERCASIC. DE 10-Lite User Manual, Taiwan, 2018. Disponível em: <<https://www.terasic.com.tw/cgi-bin/page/archive.pl?Language=English&No=1021>>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- [5] TOCCI, R.; WILMER, N.S.; MOSS, G. **Sistemas digitais: princípios e aplicações**, 11º Ed., São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil, 2011.

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pela realização das medidas ou empréstimo de equipamentos.

¹ Aluno de ID do Centro Universitário FEI. Projeto número PRO-BID002/19 com vigência de 03/19 a 02/20.