

Esteira Classificadora de Produtos I

Versão 2022

INTRODUÇÃO

Esta experiência é dividida em 2 aulas e tem como objetivo final desenvolver um circuito digital que controla uma esteira de classificação de produtos.

OBJETIVO

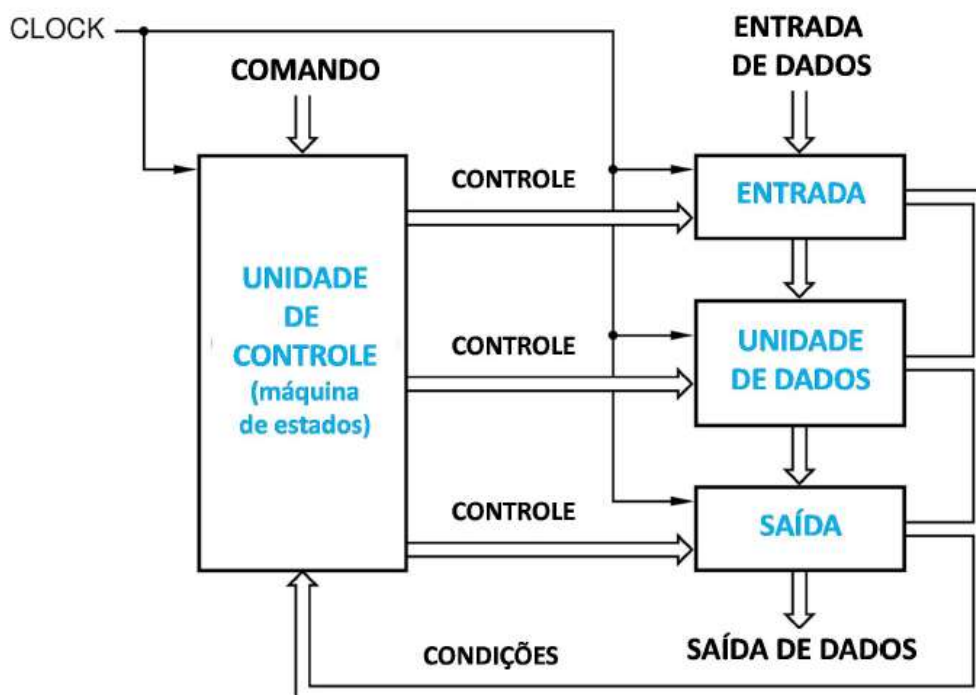
Ao fim desta experiência, os seguintes tópicos devem ser conhecidos pelos alunos:

- Desenvolver um módulo de controle de acordo com as regras de encaminhamento de produtos;
- Desenvolver um módulo combinatório para gerar entradas para o módulo de controle; e
- Desenvolver interfaces de um circuito digital com o meio externo.

1. PARTE EXPERIMENTAL

Um sistema digital em geral pode ser representado por um circuito digital sequencial. A Figura 1 ilustra a estrutura básica de um **sistema digital síncrono** (Wakerly, 2006). Esta decomposição em blocos menores facilita o entendimento e/ou projeto do sistema como um todo. Os blocos principais são a Unidade de Dados (**UD**) e a Unidade de Controle (**UC**). Os blocos de entrada e saída são responsáveis apenas pelo pré-processamento e condicionamento de sinais para entrada e saída (por exemplo, saída em *displays* de 7 segmentos).

Figura 1 – Estrutura de um sistema digital síncrono.



Fonte: Wakerly, 2006

O conjunto Entrada, Unidade de Dados (**UD**) e Saída é denominado Fluxo de Dados (**FD**) que pode conter vários componentes que executam funções básicas abstratas, a saber: (adaptado de Wakerly, 2006)

- *Funções combinatórias*: incluindo unidades lógicas e aritméticas, comparadores e outras operações que combinam ou modificam dados;
- *Registradores*: coleção de *flip-flops* em paralelo usados para armazenar e recuperar dados;

- *Funções sequenciais especializadas*: incluem contadores, deslocadores ou outras funções mais complexas, tais como criptografia ou decodificação;
- *Memória de leitura/escrita*: para armazenamento organizado de dados.

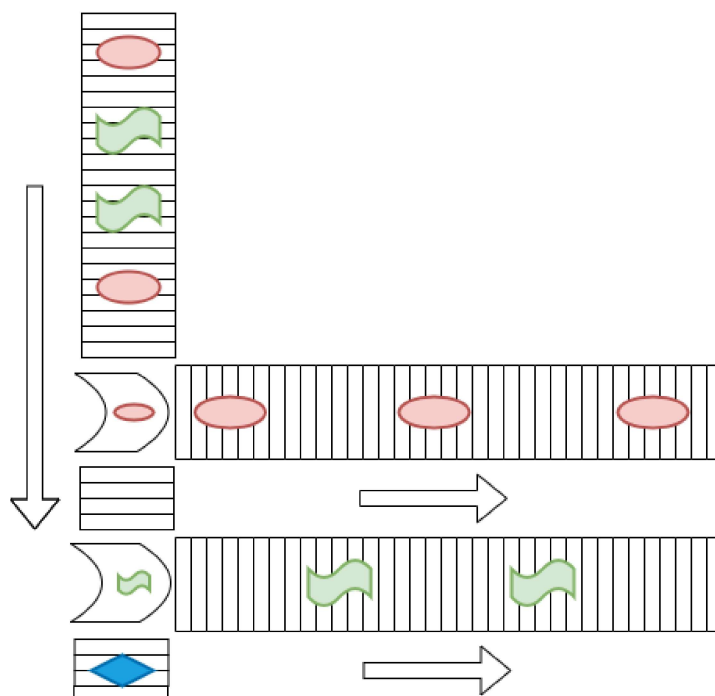
A Unidade de Controle (**UC**) é responsável pela ordenação de ações/operações executadas no **FD**, realizando testes de condições e acionamento de sinais de controle. Em geral, a unidade de controle deve ser projetada através de um Diagrama de Transição de Estados (modelo de Mealy ou Moore) ou outro diagrama similar, tal como o diagrama ASM (*Algorithmic State Machines*),

1.1. Processo de uma esteira classificadora de produtos

A classificação de produtos é muito usada em várias aplicações do nosso cotidiano. Alguns exemplos são: classificação de produtos agrícolas para encaixotamento, destinação de malas de viagem para voos distintos no check-in, inspeção de produtos fabricados, separação de tipos de produto para armazenamento, etc.

Uma esteira classificadora basicamente tem uma esteira movida continuamente por um motor elétrico que envia os produtos colocados sobre ela. Um sensor posicionado na entrada de um desvio lê o produto (por algum esquema de identificação) e direciona-o para o setor correto ao ser detectado. A Figura 2 apresenta um processo simplificado dessa esteira.

Figura 2 – Processo de uma esteira classificadora de produtos.



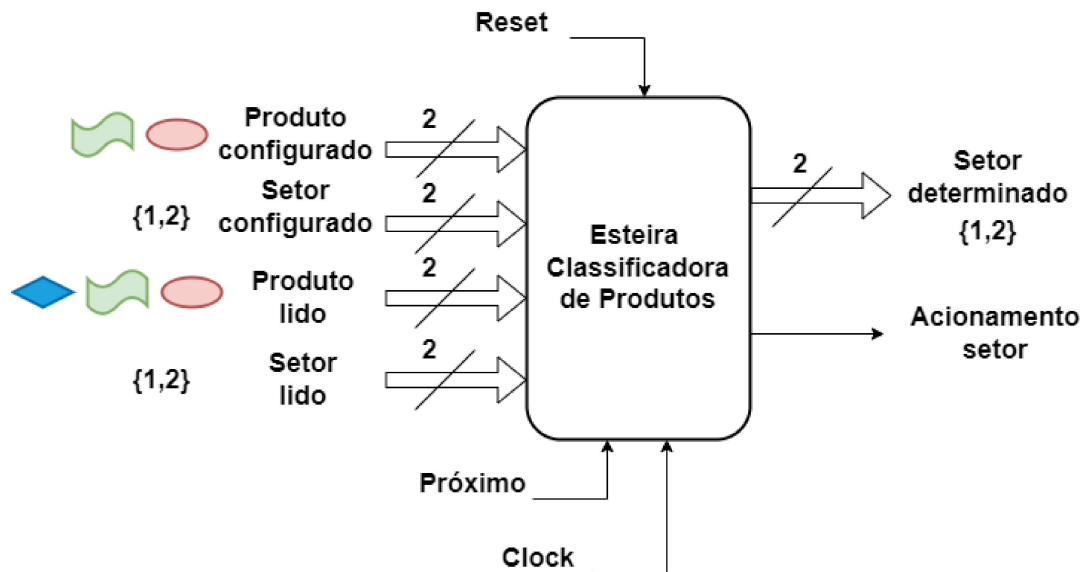
Fonte: Autor.

1.2. Projeto do Sistema Digital

Um diagrama de blocos da parte a esteira classificadora de produtos é ilustrado na Figura 3. O sistema tem 4 entradas sendo o **Produto** e o **Setor** a serem **Configurados** (2 bits cada) e o **Produto** e o **Setor Lidos** (2 bits cada) durante o funcionamento da esteira. Tem também 2 saídas indicando o **Setor Determinado** (2 bits) e o comando de **Acionamento** do setor de destino do produto. Os sinais **Reset** inicia o sistema, **Próximo** armazena o produto e o setor configurados e o **Clock** é o relógio do sistema.

O **FD** do sistema deve armazenar os tipos de produtos e os setores de trabalho. A **UC** deve receber sinais para configuração do sistema e comanda o armazenamento desses dados no sistema. Quando em operação, o **UC** recebe os sinais dos códigos do produto e do setores lidos da esteira e determina qual é o setor de destino e aciona o desvio do produto de acordo com a configuração do sistema.

Figura 3 – Diagrama de blocos da esteira classificadora de produtos.



Fonte: Autor.

- a) Projete a parte do **FD** usando circuitos integrados discretos.

OBS: A **UC** será desenvolvida em VHDL e integrada ao **FD** na próxima experiência.

- b) Elabore um Diagrama Lógico usando a ferramenta Quartus (v. diagrama lógico padrão no modelo fornecido). Defina as entradas, saídas e sinais intermediários. Insira o Diagrama Lógico no Planejamento.
- c) Realize uma simulação do **FD** no Quartus. Insira a Carta de Tempos no Planejamento.
- DICA:** Acrescente sinais intermediários (depuração), caso necessário.
- d) Elabore uma Tabela de Testes do **FD**, incluindo sinais intermediários. Insira a Tabela de Testes no Planejamento.

1.2. Implementação do Sistema Digital

- a) Implemente gradualmente o **FD** no Painel de Montagens de acordo com o Diagrama Lógico planejado.
- b) Realize os testes conforme definidos na Tabela de Testes do Planejamento. Anote e comente os resultados no Relatório.

1.3. Desafio (Opcional)

O professor irá propor um desafio sobre esta experiência.

2. BIBLIOGRAFIA

- Apostilas do Laboratório Digital A, 2021.
- Texas Instruments. **TTL Logic Data Book**, 1994.
- WAKERLY, John F. **Digital Design Principles & Practices**. 4th edition, Prentice Hall, 2006.
- MEALY, B.; TAPPERO F. **Free Range VHDL**. freerangefactory.org. 2016.
- NEEMANN, H. DIGITAL: <https://github.com/hneemann/Digital> consultado em Abril, 2021.

3. RECURSOS NECESSÁRIOS

- 1 Computador pessoal.
- 1 Painel de Montagens de circuitos digitais.
- 1 Placa de desenvolvimento FPGA DE0-CV com o dispositivo Cyclone V 5CEBA4F23C7N
- 1 Dispositivo Analog Discovery.
- 1 Ferramenta Intel Quartus Prime 16.1.
- 1 Ferramenta Waveforms do Analog Discovery.
- Circuitos integrados usados nas experiências anteriores.

Histórico de Revisões

Profs. Kechi Hirama, Anarosa A F Brandão, Pedro L C Pizzigatti - versão 2022