



Circuitos Digitais II - 6882

Paulo Roberto de Oliveira

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Informática

Bacharelado em Ciência da Computação

Bibliografia Recomendada

- AMORE, ROBERT d'. VHDL: DESCRIÇÃO E SÍNTESE DE CIRCUITOS DIGITAIS. LTC, RIO DE JANEIRO, 2005, ISBN:8521614527.
- COSTA, CESAR DA; MESQUITA, LEONARDO; PINHEIRO, EDUARDO. ELEMENTOS DE LÓGICA PROGRAMÁVEL COM VHDL E DSP: TEORIA E PRÁTICA. EDITORA ÉRICA, SÃO PAULO, 2011, ISBN:8536503127.
- TOCCI, RONALD J.; WIDMER, NEAL S.; MOSS, GREGORY L. SISTEMAS DIGITAIS: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES. 10ª. EDIÇÃO, PEARSON PRENTICE HALL, SÃO PAULO, 2007, ISBN-13:9788576050957.
- GONÇALVES JUNIOR, NELSON A.; MARTINI, JOÃO ANGELO. PRINCÍPIOS DE VHDL. EDUEM, MARINGÁ, 2009, ISBN-13:9788576282068.

Critérios de Avaliação

3 Avaliações:

Composta de:

- Provas:
 - 1^a. Avaliação - Valor de 10,0 pontos
 - 2^a. Avaliação - Valor de 10,0 pontos
- Trabalho:
 - 1^a. Subavaliação - Valor de 3,0 pontos - Projetos - Parte I
 - 2^a. Subavaliação - Valor de 3,0 pontos - Projetos - Parte II
 - 3^a. Subavaliação - Valor de 4,0 pontos - Práticas de Laboratório
- Peso das avaliações: 1

Avisos

Aulas:

- Aulas teóricas (2 h/a) e práticas (2 h/a):
 - Teoria: Segunda-feira
 - Prática: Quarta-feira - turmas 01/02 → Início: 04/04/2018 ou 11/04/2018

Sistema Moodle:

- Importante: Os discentes devem se cadastrar no sistema Moodle - código de inscrição: cdii2018
- Endereço: <http://moodlep.uem.br/>

Aula de Hoje

- Introdução à VHDL
 - Histórico
 - Aspectos Gerais da Linguagem
 - Linguagem de Descrição de Hardware *versus* Linguagens de Programação
 - Síntese e Simulação de Circuitos com *VHDL*

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Breve Histórico

- **Final de 1960:** primeiras linguagens de hardware criadas sob encomenda do Departamento de Defesa dos EUA (DoD);
- **1973:** projeto CONLAN (CONsensus LANguage);
- **1981:** DoD patrocina encontro de especialistas para discutir métodos para projeto de CIs;
- **1983:** relatório final do CONLAN, definição dos requisitos e desenvolvimento da linguagem, bem como de ferramentas, e a linguagem ADA;
- **1983:** DoD inicia programa VHSIC (participação da IBM, Intermetrics e Texas Instruments para melhorar desenvolvimento da linguagem e ferramentas);
- **1986:** a Intermetrics desenvolve compilador e simulador; criado um grupo de padronização da IEEE para VHDL;
- **1987:** Padrão IEEE 1076-1987 ou VHDL-87 (primeiro padrão industrial);
- **1988:** primeiros softwares são comercializados;

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Breve Histórico

- 1991: recomeçou-se um novo processo de padronização;
- 1992: modificações propostas foram avaliadas e votadas;
- 1993: um novo padrão é publicado, chamado padrão IEEE 1164-1993 ou VHDL-93 (introduz novos tipos de dados, tal como std_logic e std_logic_vector);
- 1997: publicado o manual de referência da linguagem;
- 1999: Padrão IEEE 1076.1 ou VHDL-AMS (estende a linguagem para o desenvolvimento de circuitos analógicos);
- 1999: Padrão IEEE 1076.2 (incorpora pacotes para operações de números reais complexos, incluindo ainda os tipos SIGNED e UNSIGNED);
- 2000: Padrão IEEE 1076-2000 para revisões de bugs;
- 2002: Padrão IEEE 1076-2002 para revisões de bugs;
- 2008: Padrão IEEE 1076-2008 para revisões de bugs.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Motivação

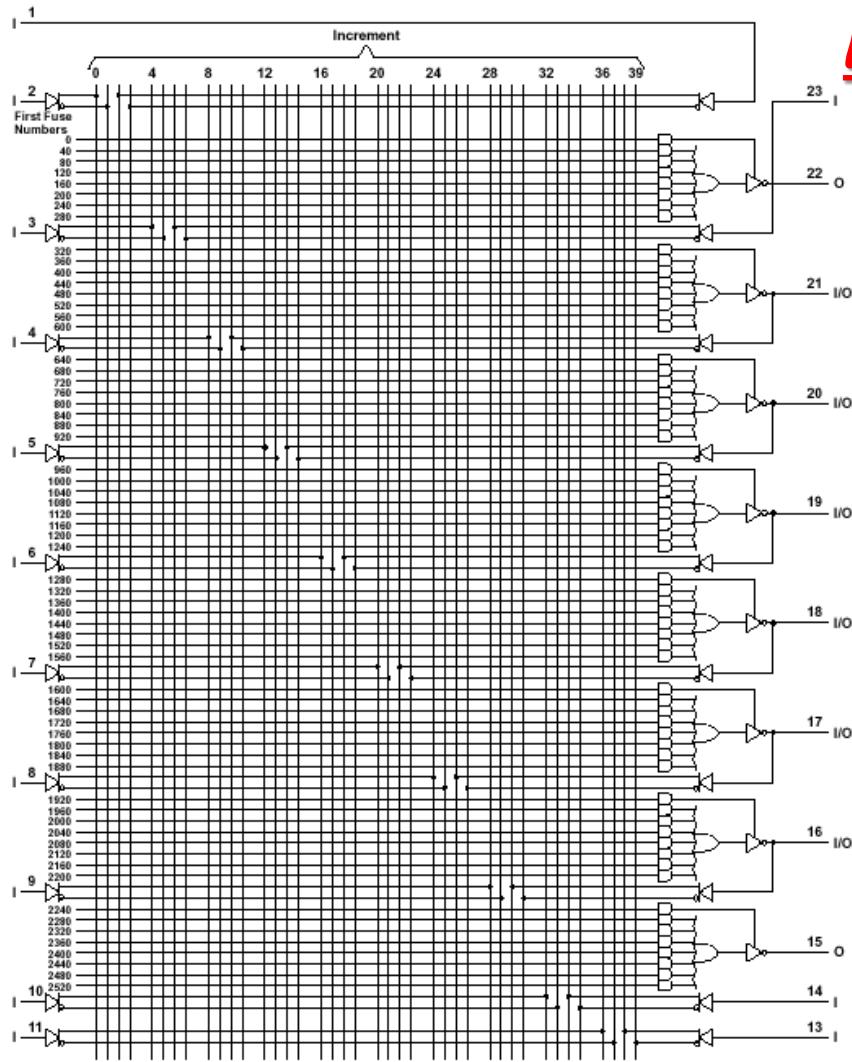
- Anos 60: DoD (Departamento de Defesa dos USA) comprava muitas placas compostas de circuitos integrados de aplicação específica.
 - Cada fabricante possuía seu padrão de descrever os circuitos.
 - O problema era que muitos desses fabricantes acabavam falindo ou mudando de ramo de atividade.
 - DoD necessitava de uma maneira de garantir a manutenção e reposição dos circuitos.
- Era necessário criar uma linguagem padrão para a documentação da estrutura e funcionamento dos circuitos integrados.
 - Surgiu um trabalho de desenvolvimento de linguagens de descrição de hardware padronizadas.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Motivação

- Métodos tradicionais de descrição:
 - Diagramas lógicos eram desenhados, mostrando todas as portas e conexões entre os módulos existentes no sistema.
 - Diagramas lógicos eram desenvolvidos através de expressões.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware



Motivação

Circuitos mais complexos:

- Difíceis de descrever com equações lógicas
- Difíceis de descrever com diagramas de portas lógicas

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

O que significa HDL?

- Uma linguagem de descrição de hardware descreve o que um sistema faz e como.
 - Utilização de componentes de circuitos digitais para a descrição de portas, circuitos e sistemas lógicos.
 - Facilidade na descrição, no projeto e na realização de testes.
 - Identificação e reavaliação de pontos críticos possibilitando a análise de funcionamento do sistema a ser construído.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

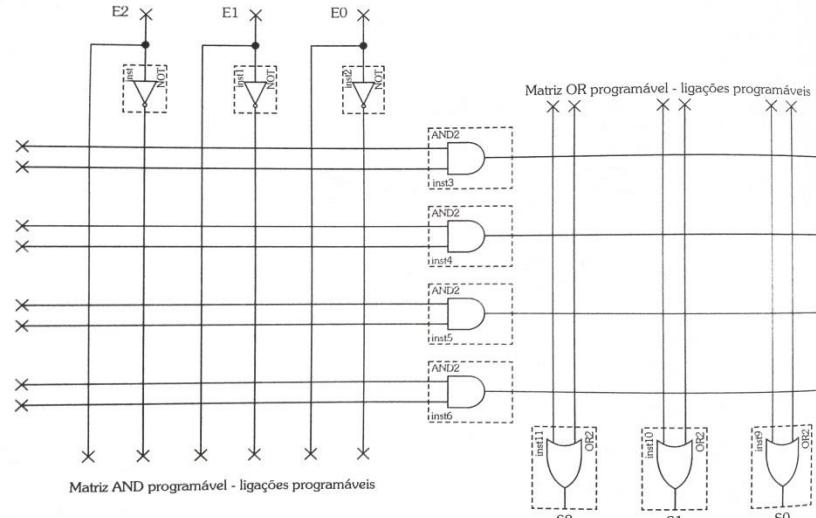
O que significa HDL?

- Linguagem para o projeto e descrição de sistemas lógicos digitais.
- Existem dezenas de HDLs:
 - AHDL, VERILOG, SystemC, Handel-C, SDL, ISP, ABEL, VHDL
- Um sistema descrito em linguagem de hardware pode ser implementado em um dispositivo programável.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Dispositivos de Lógica Programável

- SPLD - Simple Programmable Logic Device
- ✓ PLA - Programmable Logic Array (Matriz Lógica Programável)

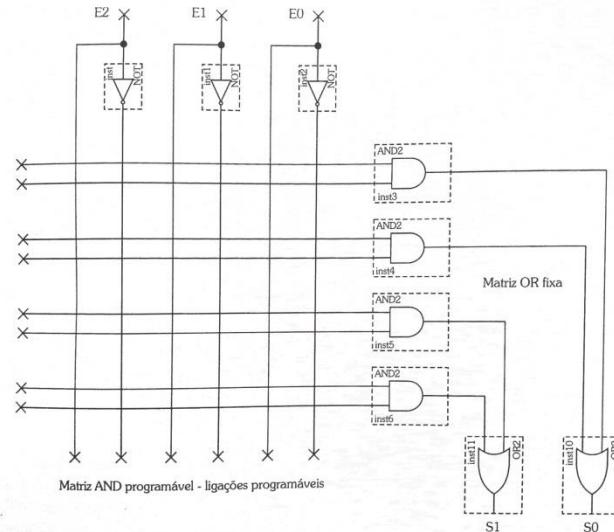


Lançado no mercado em 1972, permitia a geração de qualquer função lógica programável. Sucesso limitado devido a lentidão e a programação era um mapa com indicação dos fusíveis que deveriam ser queimados, diferente dos esquemas elétricos e funções booleanas utilizadas no projeto de circuitos lógicos digitais.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Dispositivos de Lógica Programável

- SPLD - Simple Programmable Logic Device
- ✓ PAL - Programmable Array Logic (Lógica de Matriz Programável)

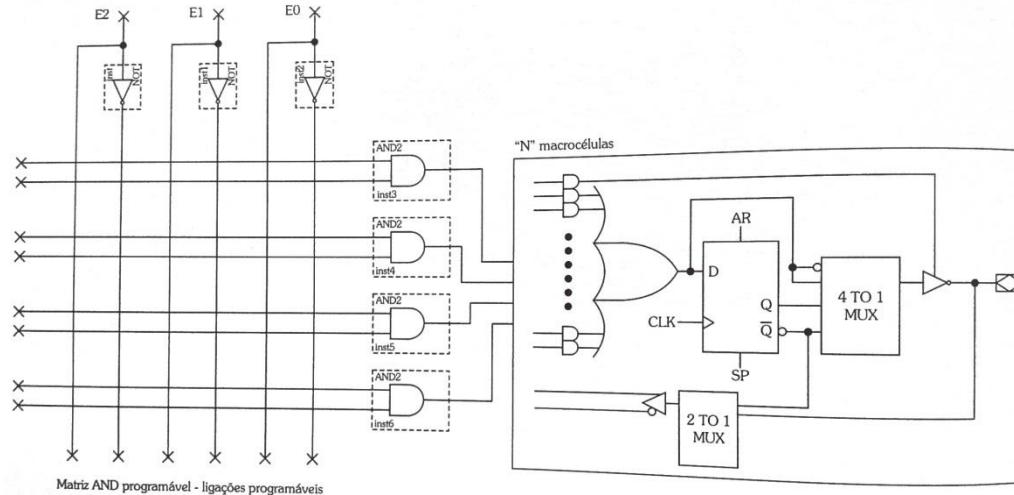


Lançado em 1975, a redução para uma única matriz programável contribuiu para a diminuição da complexidade do CI e aumento de sua velocidade, sem comprometer a flexibilidade.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Dispositivos de Lógica Programável

- SPLD - Simple Programmable Logic Device
- ✓ GAL - Generic Array Logic (Lógica de Matriz Genérica)

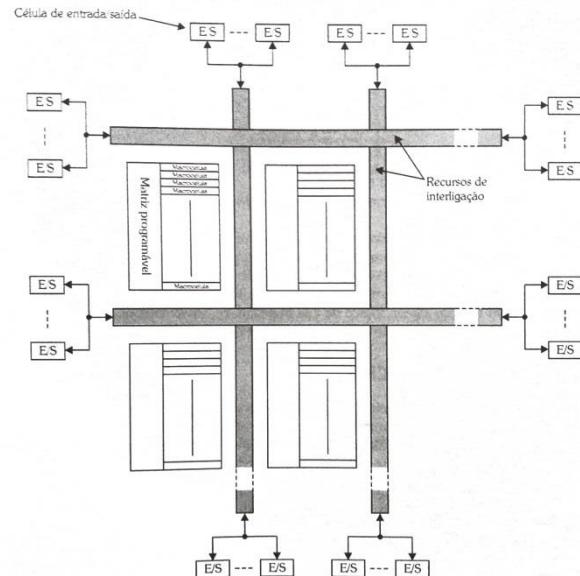


Lançado em 1979, tem como principal diferença de seus antecessores a presença de um conjunto de recursos (macrocélula) disponíveis em cada uma das saídas, os quais permitem a programação da polaridade do sinal de saída, a colocação da saída em alta impedância e a inclusão de um flip-flop na saída para realimentação da matriz AND.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Dispositivos de Lógica Programável

- CPLD - Complex Programmable Logic Device (Dispositivo de Lógica Programável Complexo)

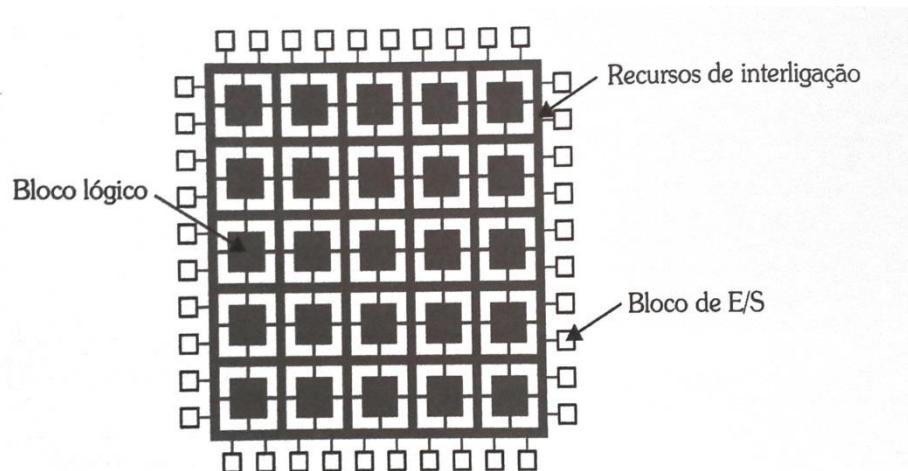


Lançado em 1984, esses CI's possuem a capacidade de 50 SPLD's. O CPLD consiste em um determinado número de blocos lógicos, onde cada bloco contém uma macrocélula interligada a uma matriz lógica programável do tipo SPLD. No centro da arquitetura existe uma interconexão programável global que permite a conexão de blocos lógicos.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Dispositivos de Lógica Programável

- **FPGA - Field Programmable Gate Array** (Matriz de Portas Lógicas Programáveis em Campo)



Lançado em 1985, totalmente diferente das arquiteturas baseadas em PLD, consiste em uma matriz de blocos lógicos e células lógicas independentes, cercada de blocos de entrada e saída, também independentes, os quais por um conjunto de recursos de interconexão programáveis permitem a interligação arbitrária dos blocos. Cada bloco pode ser programado individualmente para desempenhar função específica.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

O que significa VHDL?

- ✓ Very High Speed Integrated Circuits
- ✓ Hardware
- ✓ Description
- ✓ Language

Linguagem de descrição de hardware
com ênfase em
circuitos integrados de altíssima velocidade.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Vantagens e Desvantagens da VHDL

- **Vantagens**

- Projeto independente da tecnologia (A implementação pode ser postergada);
- Facilidade na atualização dos projetos;
- Redução do tempo de projeto e custo;
- Eliminação de erros de baixo nível;
- Simplificação da documentação.

- **Desvantagens**

- Hardware gerado é menos otimizado;
- Falta de pessoal treinado para lidar com a linguagem;
- Simulações geralmente mais lentas que outras implementações.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Características da VHDL

- Permite, através de simulação, verificar o comportamento do sistema digital;
- Permite descrever hardware em diversos níveis de abstração, por exemplo:
 - Algorítmico ou comportamental.
 - Transferência entre registradores (RTL).
 - Estrutural.
- Favorece projeto “top-down” (Especialização conforme a necessidade).

Hoje utilizada para **SIMULAÇÃO e SÍNTESE**.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Características da VHDL

- VHDL é análoga a uma linguagem de programação.
- Sintaxe em VHDL é similar à sintaxe das linguagens Ada e Pascal.
- VHDL provê mecanismos para modelar a concorrência e sincronização que ocorrem a nível físico no hardware.
- O código em VHDL é executado em um simulador, não há um "executável"

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Características da VHDL

- VHDL não é uma linguagem de programação

	Linguagem de Programação	VHDL
Propósito	Software	Hardware
Entrada	Texto e Ferramentas Visuais	
Desenvolvimento	Compilação e Ligação / Interpretação	Compilação para Simulação e Síntese para Hardware
Depuração	Execução e Visualização dos Resultados	Simulação e Visualização das Formas de Onda
Instruções	Somente Sequenciais	Concorrentes e Sequenciais

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

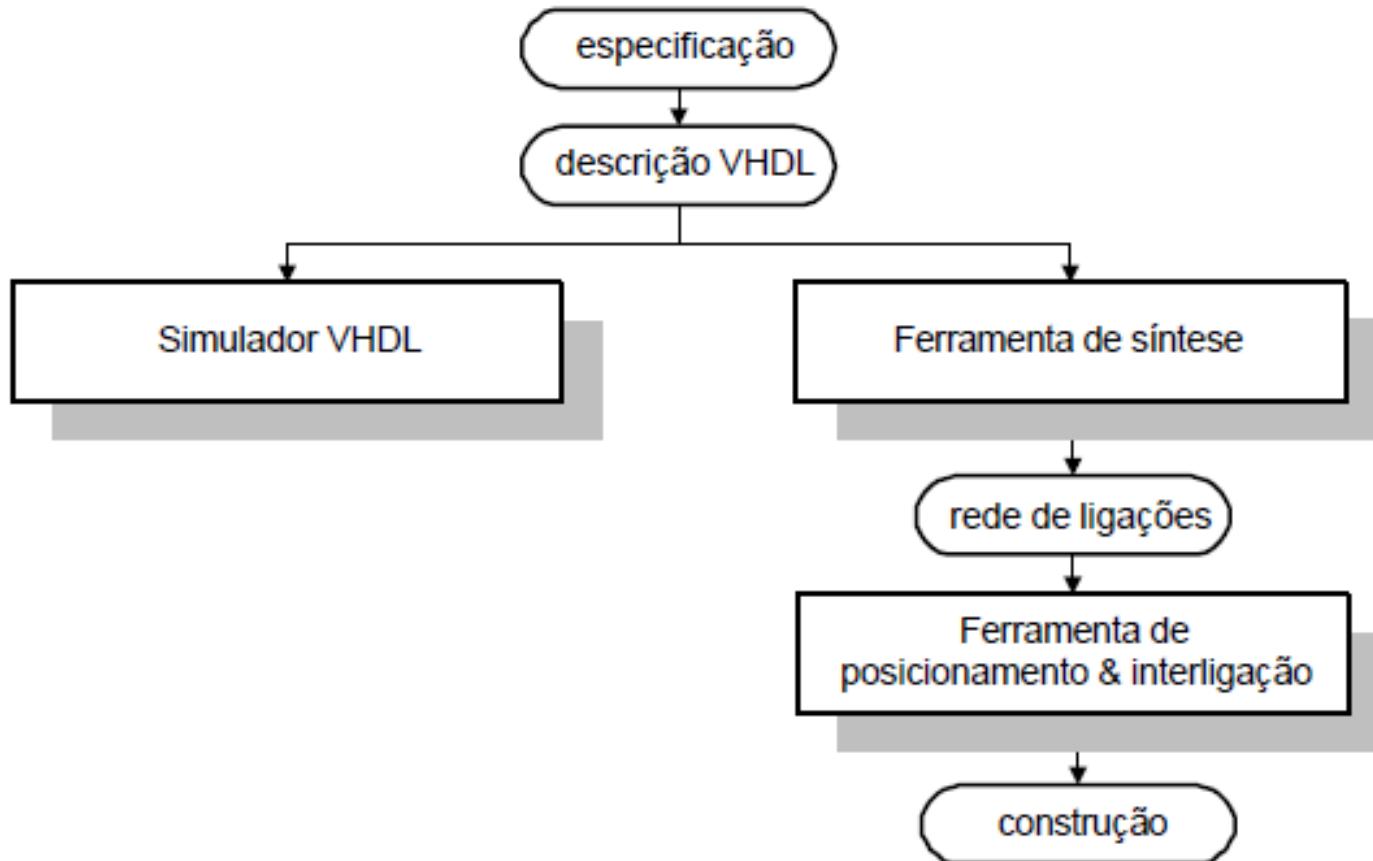
Características da VHDL

- Síntese a partir de VHDL
 - Descrições em RTL (Nível de Transferência de Registradores) são 100% sintetizáveis.
 - Descrições comportamentais dependem:
 - ✓ das construções VHDL utilizadas no código.
 - ✓ da ferramenta de síntese utilizada.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

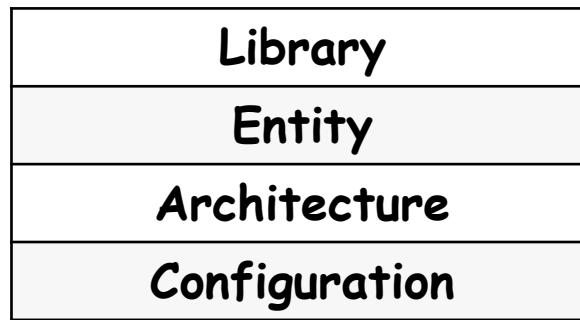
Etapas de Projeto

Fluxo de projeto com VHDL



HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Estrutura Básica de um Código em VHDL



- Library (Biblioteca): constantes, pacotes;
- Entity (Entidade): pinos de entrada e saída;
- Architecture (Arquitetura): implementações do projeto (trabalho interno da entidade);
- Configuration (Configuração): define as arquiteturas que serão utilizadas.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Estrutura Básica de um Código em VHDL

```
LIBRARY IEEE;  
USE IEEE.STD_LOGIC_1164.all;  
USE IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.all;  
  
ENTITY exemplo IS  
PORT (  
    <descrição dos pinos de I/O>  
);  
END exemplo;  
  
ARCHITECTURE teste OF exemplo IS  
BEGIN  
    ...  
END teste;
```

LIBRARY (PACOTES)

ENTITY (PINOS DE I/O)

ARCHITECTURE
(ARQUITETURA)

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Estrutura Básica de Código em VHDL - Exemplo

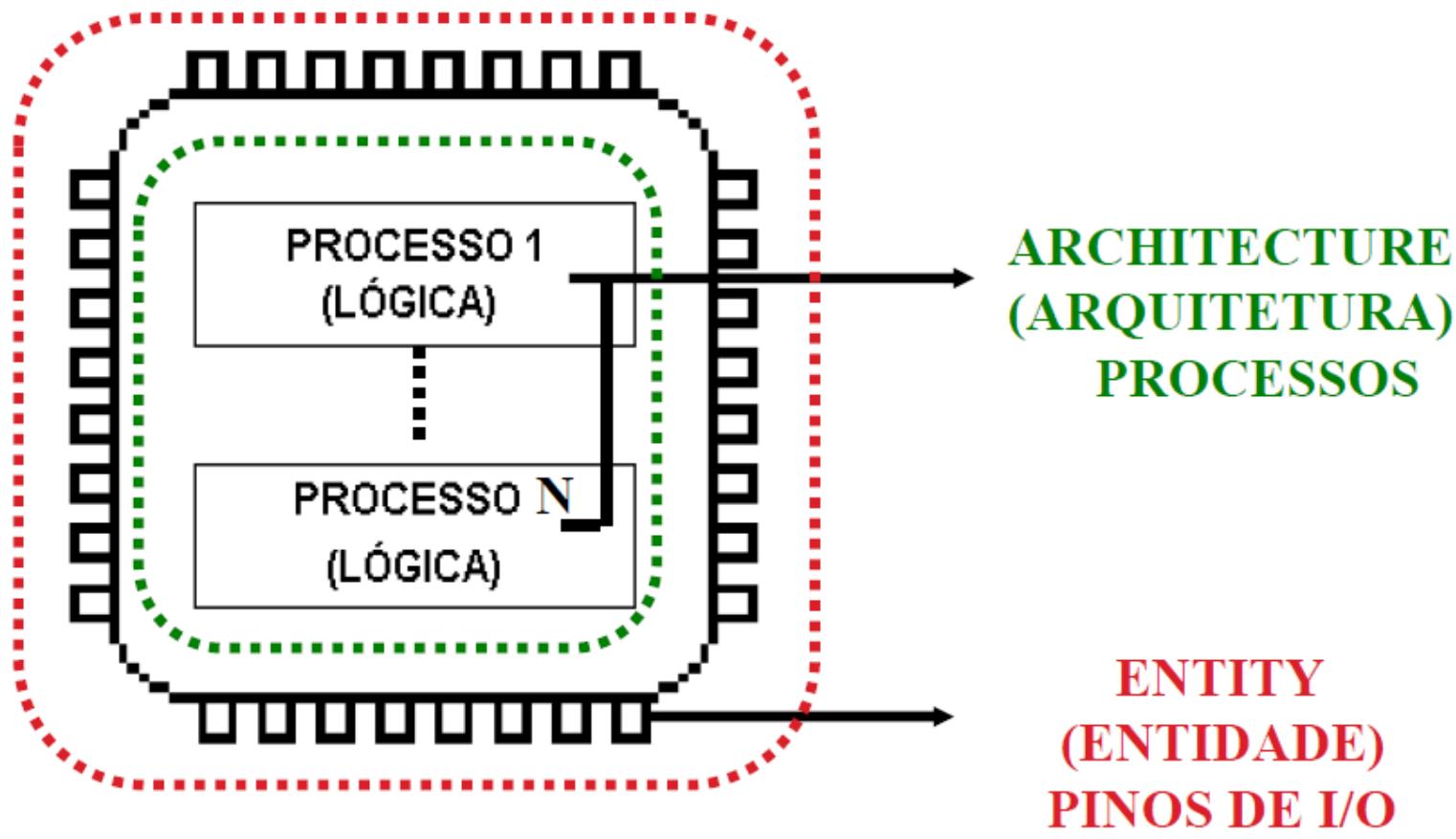
```
-- importa std_logic da IEEE library
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;

-- Declara uma entidade
entity ANDGATE is
    port (
        IN1 : in std_logic;
        IN2 : in std_logic;
        OUT1: out std_logic);
end ANDGATE;
architecture RTL of ANDGATE is

begin
    OUT1 <= IN1 and IN2;
end RTL;
```

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

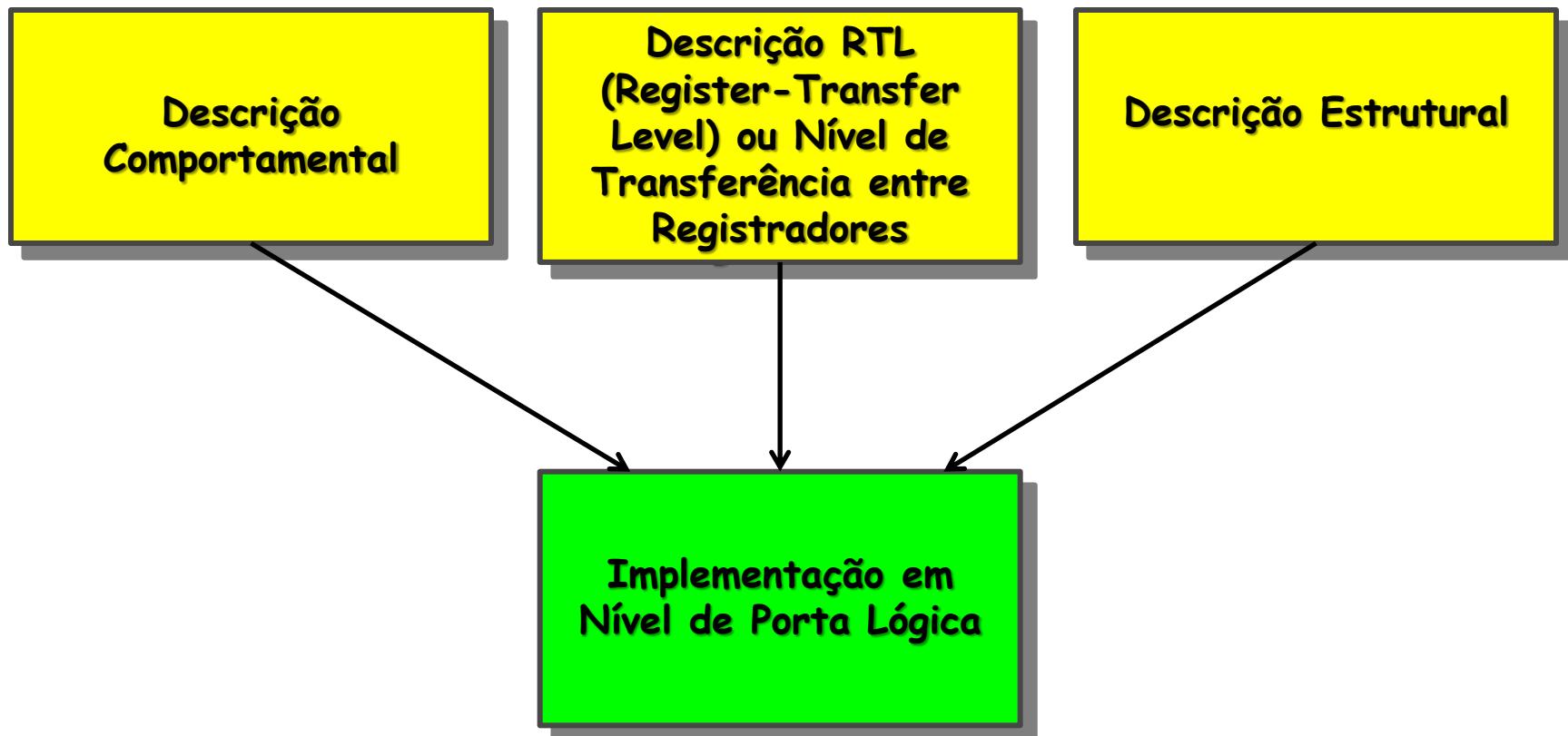
Estrutura Básica de um Código em VHDL



HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Conceitos Básicos

Diferentes abstrações em VHDL



HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Conceitos Básicos

Diferentes abstrações em VHDL

Descrição
Comportamental



Descreve a função do circuito em termos de suas entradas e saídas, isto é, descreve a operação correta de um circuito a ser projetado, mas não especifica como a função é realmente implementada. A mesma descrição pode resultar em várias implementações.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Conceitos Básicos

Diferentes abstrações em VHDL

Descrição RTL
(Register-Transfer Level) ou Nível de Transferência entre Registradores



Descrição RTL também é conhecida como *Descrição por Fluxo de Dados*. Especifica como os dados fluem de um entrada ou registrador para um outro registrador ou saída do circuito através de um circuito combinacional.

É similar à expressão booleana de um circuito.

HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

Conceitos Básicos

Diferentes abstrações em VHDL

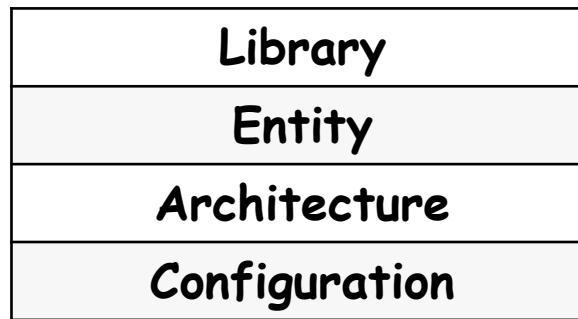
Descrição Estrutural

Especifica os componentes que compõem um circuito e como esses componentes são interconectados.

É similar ao diagrama de blocos lógicos de um circuito.

Importante

Estrutura Básica de um Código em VHDL



- Library (Biblioteca): constantes, pacotes;
- Entity (Entidade): pinos de entrada e saída;
- Architecture (Arquitetura): implementações do projeto (trabalho interno da entidade);
- Configuration (Configuração): define as arquiteturas que serão utilizadas.

Importante

Estrutura Básica de um Código em VHDL

```
LIBRARY IEEE;  
USE IEEE.STD_LOGIC_1164.all;  
USE IEEE.STD_LOGIC_UNSIGNED.all;
```

LIBRARY (PACOTES)

```
ENTITY exemplo IS  
PORT (  
    <descrição dos pinos de I/O>  
);  
END exemplo;
```

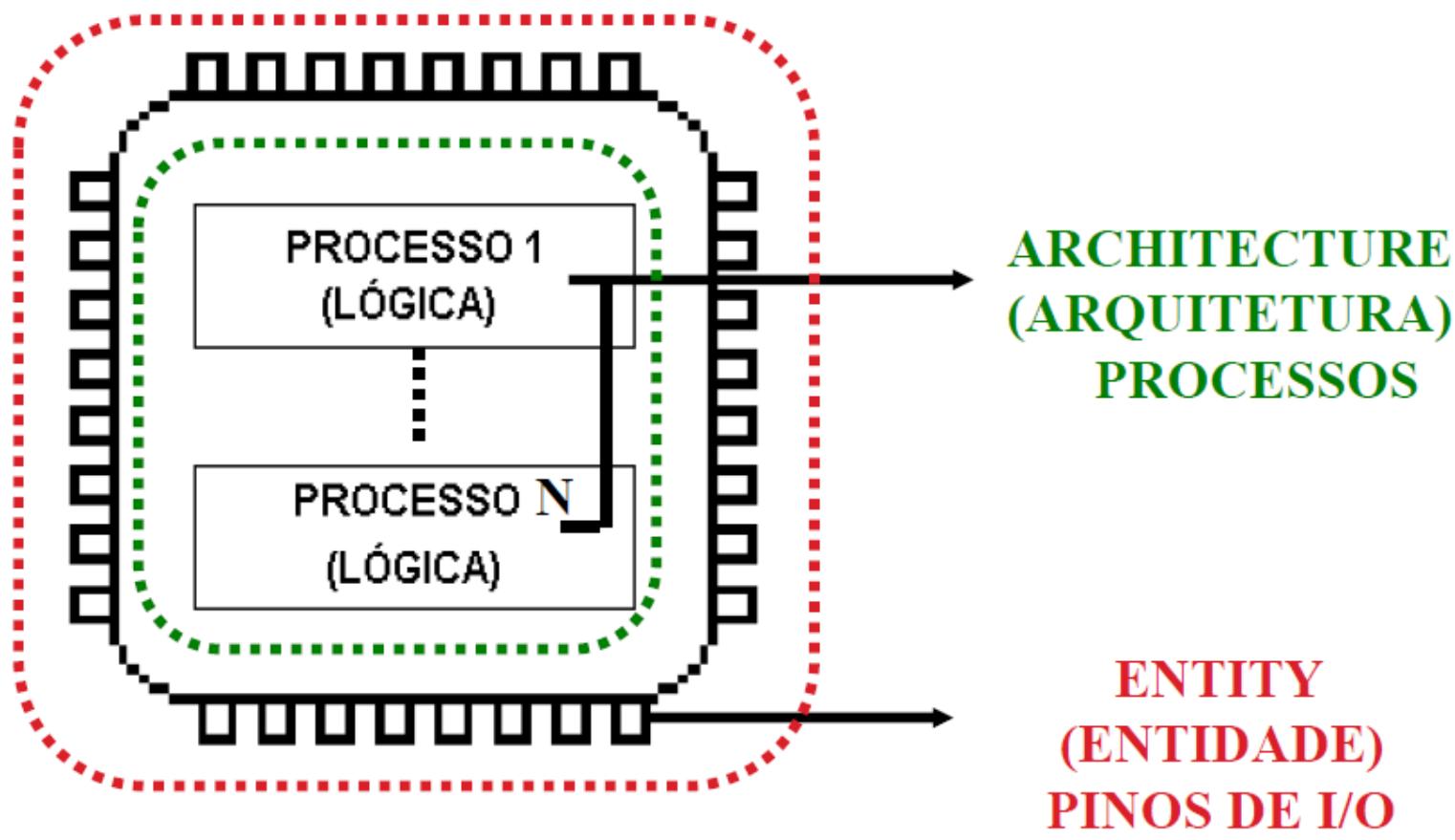
ENTITY (PINOS DE I/O)

```
ARCHITECTURE teste OF exemplo IS  
BEGIN  
    ...  
END teste;
```

ARCHITECTURE
(ARQUITETURA)

Importante

Estrutura Básica de um Código em VHDL



Resumo da Aula de Hoje

Tópicos mais importantes:

- Noções de Linguagem de Descrição de Hardware

Próxima da Aula

- **Características de Projeto em VHDL**
 - Principais Características de um Projeto em *VHDL*
 - Estrutura de um Projeto em *VHDL*
 - Modelagem Comportamental
 - Modelagem Estrutural
 - Modelagem por Fluxo de Dados