



# Circuitos Digitais II - 6882

André Barbosa Verona  
Nardênio Almeida Martins

Universidade Estadual de Maringá  
Departamento de Informática

Bacharelado em Ciência da Computação

# Aula de Hoje

- Revisão da aula anterior
- Noções de Linguagem de Descrição de Hardware

# Revisão

# Roteiro

- Programa da Disciplina
  - Bibliografia
  - Critérios de Avaliação
  - Previsão de Datas para Provas e Trabalho
  - Professores:
    - Teoria: Prof. Nardênio Almeida Martins      Bloco C56 - Sala 219  
Turmas 1 e 2  
Prof. André Barbosa Verona      Bloco C56 - Sala 228  
Turmas 3 e 4
    - Prática: Prof. Nardênio Almeida Martins      Bloco C56 - Sala 219  
Turmas 1 e 2  
Prof. André Barbosa Verona      Bloco C56 - Sala 228  
Turmas 3 e 4
- Horários dos professores: disponíveis na secretaria do DIN
- Introdução à disciplina

# Programa da Disciplina

## 1. Introdução à VHDL

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

## 2. Características de Projeto em *VHDL*

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

# Programa da Disciplina

## 3. Tipos de Dados

- Tipos Escalares
- Tipos Compostos
- Tipos Físicos
- Tipos Definidos pelo Usuário
- Outros Tipos

## 4. Classes de Objetos

- Constantes
- Variáveis
- Sinais

# Programa da Disciplina

## 5. Operadores

- Operadores de Atribuição
- Operadores Aritméticos
- Operadores de Sinais
- Operadores de Concatenação
- Operadores de Deslocamento
- Operadores Lógicos
- Operadores Relacionais
- Outros Operadores

## 6. Processos

# Programa da Disciplina

## 7. Comandos Condicionais

- Comando *WHEN ELSE*
- Comando *IF THEN ELSE*
- Comando *CASE WHEN*
- Outros Comandos

## 8. Comandos de Repetição

- Comando *FOR LOOP*
- Comando *WHILE LOOP*
- Comandos *NEXT* e *EXIT*
- Outros Comandos



# Programa da Disciplina

9. Atrasos

10. Subprogramação

- Subprogramas
- Funções
- Procedimentos

11. Pacotes

12. Projetos de Circuitos Combinacionais com *VHDL*

13. Projetos de Circuitos Sequenciais com *VHDL*

14. *Testbenches*

# Bibliografia

- PEDRONI, VOLNEI A. ELETRÔNICA DIGITAL MODERNA E VHDL: PRINCÍPIOS DIGITAIS, ELETRÔNICA DIGITAL, PROJETO DIGITAL, MICROELETRÔNICA E VHDL. ELSEVIER EDITORA, RIO DE JANEIRO, 2010, ISBN-13:9788535234657.
- VAHID, FRANK. SISTEMAS DIGITAIS: PROJETO, OTIMIZAÇÃO E HDLS. ARTMED, PORTO ALEGRE, 2008, ISBN-13:9788577801909.

# Bibliografia

- UYEMURA, JOHN PAUL. **SISTEMAS DIGITAIS: UMA ABORDAGEM INTEGRADA.** PIONEIRA THOMSON LEARNING, SÃO PAULO, 2002, ISBN 8522102686.
- COSTA, CESAR da. **PROJETOS DE CIRCUITOS DIGITAIS COM FPGA.** 1ª. EDIÇÃO, EDITORA ÉRICA, SÃO PAULO, 2009, ISBN-13:9788536502397.
- GONÇALVES JUNIOR, NELSON A.; MARTINI, JOÃO ANGÉLO. **PRINCÍPIOS DE VHDL.** EDUEM, MARINGÁ, 2009, ISBN-13:9788576282068.

# Bibliografia Recomendada

- AMORE, ROBERTO 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.

# Critérios de Avaliação

## 3 Avaliações:

### Composta de:

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

# Previsão de Datas para as Avaliações

## Previsão

- Provas:
  - 1ª. avaliação - Conteúdo → Itens 01 a 11 → **29/04/2013**
  - 2ª. avaliação - Conteúdo → Itens 12 a 14 → **03/06/2013**
- Trabalho - Data da Entrega:
  - 1ª. Subavaliação - Projetos - Parte I → **15/05/2013**
  - 2ª. Subavaliação - Projetos - Parte II → **03/06/2013**
- Avaliação Final: **17/06/2013**

# Avisos

## Aulas:

- Aulas teóricas (2 h/a) e práticas (2 h/a):
  - Teoria: Segunda-feira
  - Prática: Quarta-feira - turmas 01/02
  - Prática: Quinta-feira - turmas 03/04

## Sistema Moodle:

- Importante: Os discentes devem se cadastrar no sistema Moodle - código de inscrição: cdii2013
- Endereço: <http://webclass.din.uem.br>

# Metodologia de Ensino

- **Metodologia de Aula:**
  - Teoria (Conceitos, Exemplos e Exercícios)
  - Sugestão: Fazer Resumo da Aula (Individual)
  - Revisão (simplificada) da aula anterior no início de cada aula
  - Tarefas de revisão, trabalhos e comunicações via Sistema Moodle

## Tarefa dos Discentes:

Estudar após cada aula  
para não acumular o conteúdo

## Observação:

Em caso de dúvidas, não  
hesite em procurar o docente  
para saná-las





# 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 <sup>j1</sup>

- **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;

## Slide 18

---

j1

Livros: João e Nelson, D'Amore

Apostilas: David Déharbe, Ronaldo Husemann, Universidade Federal de Itajubá, Renato Giacomini

jangelo; 13/02/2012

# 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.

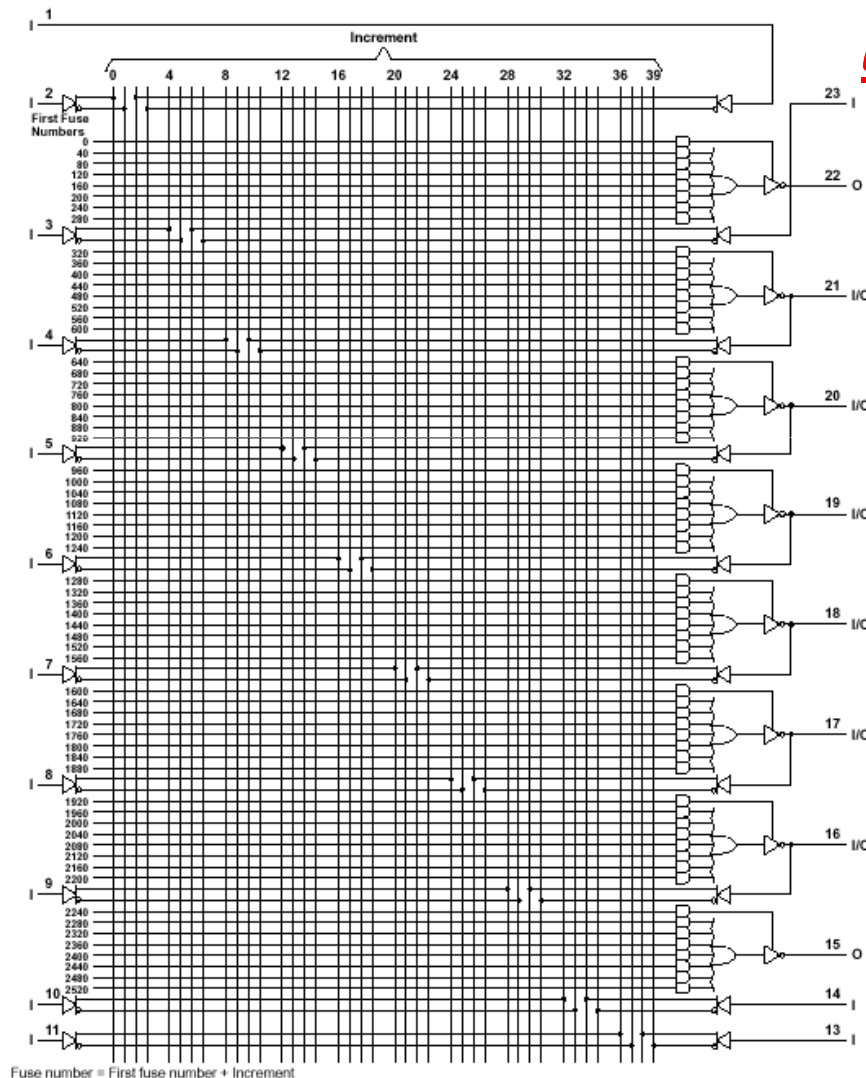
# HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

## 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.
- Um sistema descrito em linguagem de hardware pode ser implementado em um dispositivo programável (por exemplo, FPGA - Field Programmable Gate Array), permitindo o uso em campo do sistema.
- Existem dezenas de HDLs:
  - AHDL, VERILOG, SystemC, Handel-C, SDL, ISP, ABEL, VHDL

# HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

## O que significa VHDL?

- ✓ **V**ery High Speed Integrated Circuits
- ✓ **H**ardware
- ✓ **D**escription
- ✓ **L**anguage

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;
- 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".

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 deve ser descrito após a arquitetura, e não a arquitetura após a VHDL.
- 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

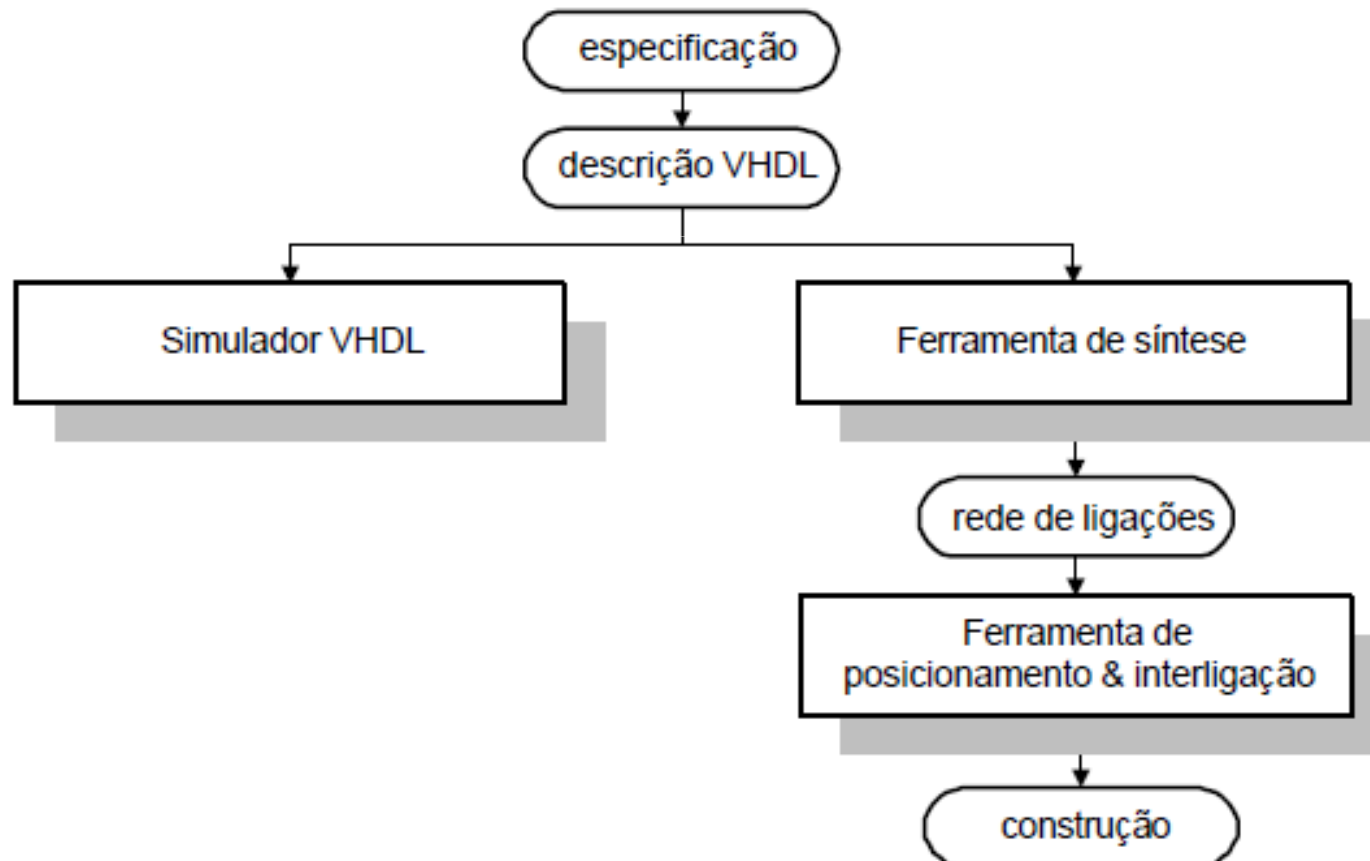
## Características da VHDL

- Síntese a partir de VHDL
  - Descrições em RTL são 100% sintetizáveis.
  - Descrições comportamentais depende:
    - ✓ das construções VHDL utilizadas no código.
    - ✓ da ferramenta de síntese utilizada.

# HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

## Etapas de Projeto <sup>j2</sup>

### Fluxo de projeto com VHDL







# HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

## Estrutura Básica de um Código em VHDL

Library
Entity
Architecture
Configuration

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

## Slide 32

---

j3

Livros: Joao e D'Amore  
Apostilas: todas  
jangelo; 13/02/2012

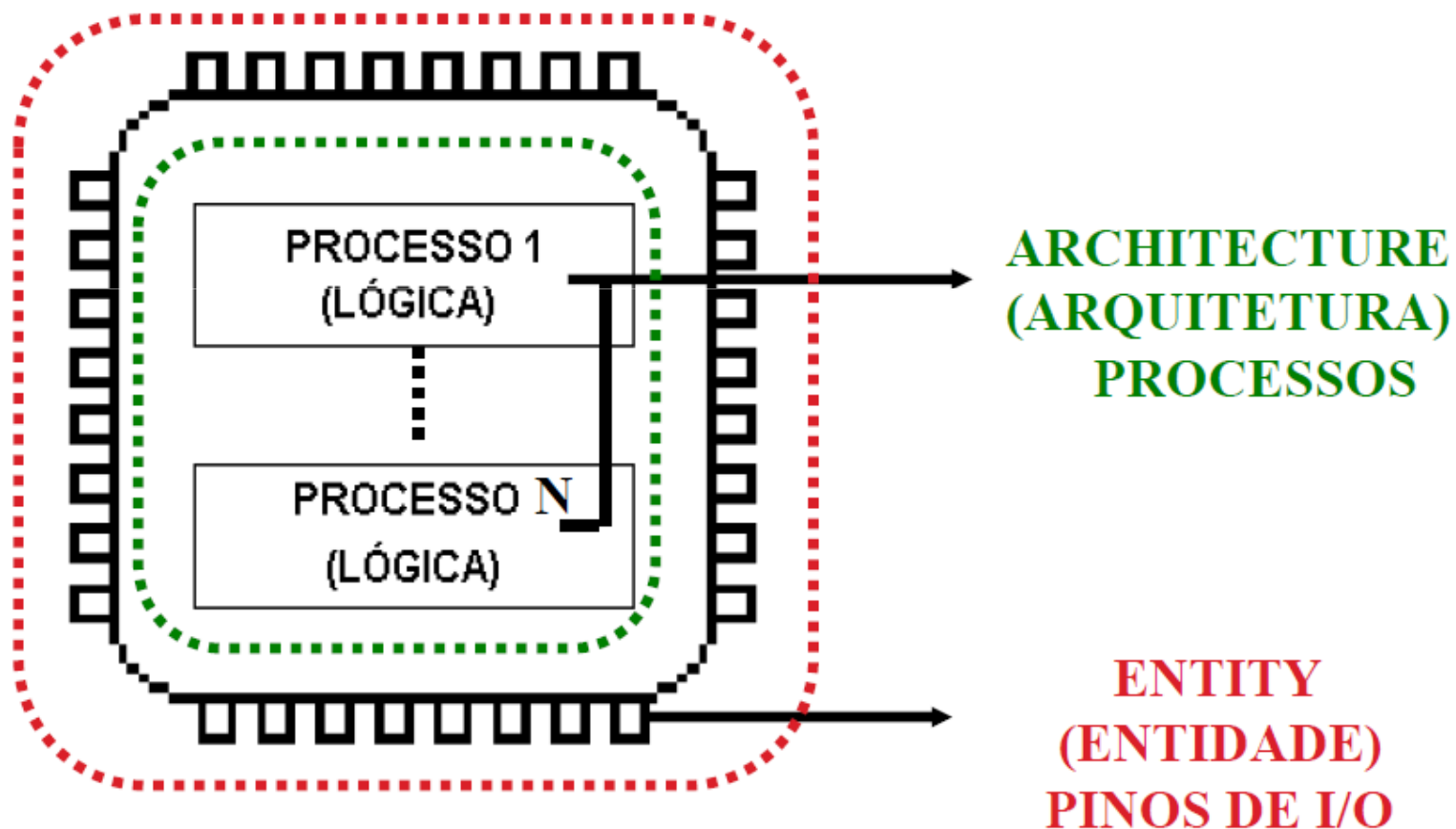
# HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

## Estrutura Básica de um Código em VHDL

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

# HDL - Linguagem de Descrição de Hardware

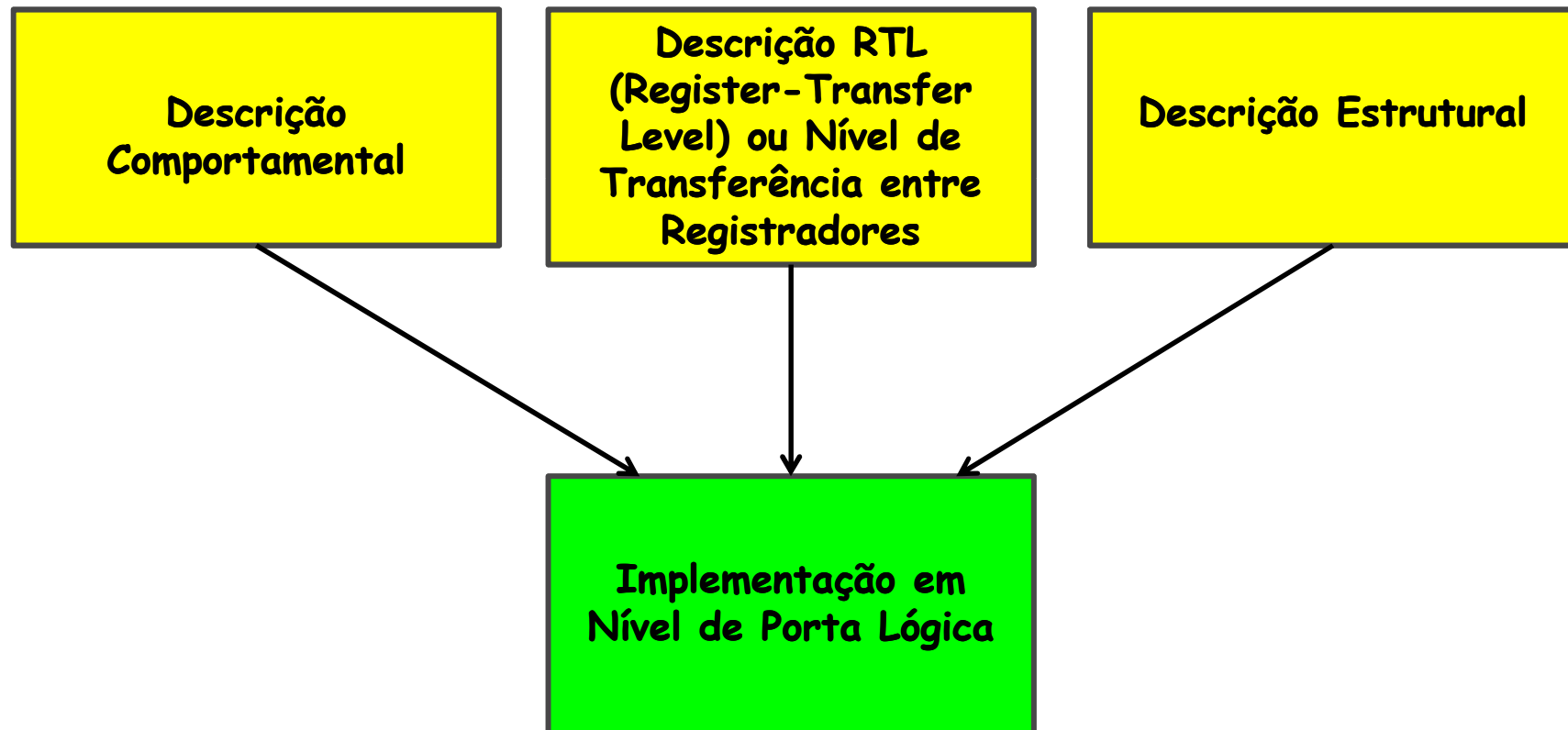
## Estrutura Básica de um Código em VHDL



# 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 uma 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
Entity
Architecture
Configuration

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

j4

Livros: Joao e D´Amore  
Apostilas: todas  
jangelo; 13/02/2012

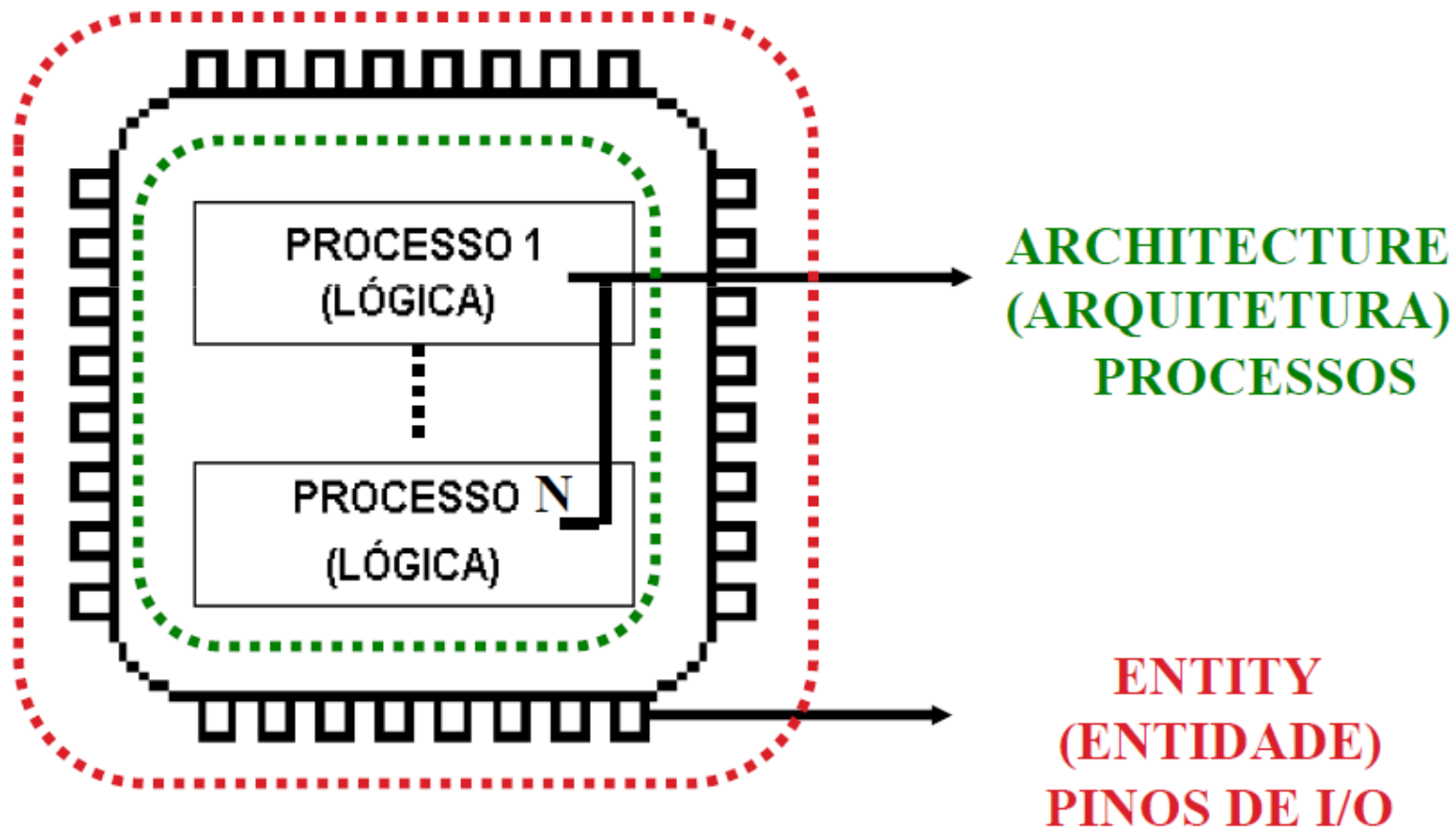
# Importante

## Estrutura Básica de um Código em VHDL

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