



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Informática e Estatística
Curso de Graduação em Ciências da Computação



Sistemas Digitais

INE 5406

Aula 1-P

**Introdução ao Fluxo de Projeto com ferramentas de EDA.
Introdução à Linguagem VHDL. Descrição de um somador completo (*full adder*) em VHDL e síntese com o Quartus II.**

Prof. José Luís Güntzel
guntzel@inf.ufsc.br

Colaboração: Vinícius Livramento (Est. Docência 2010/1)
vini@inf.ufsc.br

www.inf.ufsc.br/~guntzel/ine5406/ine5406.html

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ Número de Transistores Integrados Processadores Intel (até 2004)

Microprocessor	Year of Introduction	Transistors
4004	1971	2,300
8008	1972	2,500
8080	1974	4,500
8086	1978	29,000
Intel286	1982	134,000
Intel386™ processor	1985	275,000
Intel486™ processor	1989	1,200,000
Intel® Pentium® processor	1993	3,100,000
Intel® Pentium® II processor	1997	7,500,000
Intel® Pentium® III processor	1999	9,500,000
Intel® Pentium® 4 processor	2000	42,000,000
Intel® Itanium® processor	2001	25,000,000
Intel® Itanium® 2 processor	2003	220,000,000
Intel® Itanium® 2 processor (9MB cache)	2004	592,000,000

Source: Intel Corporation.

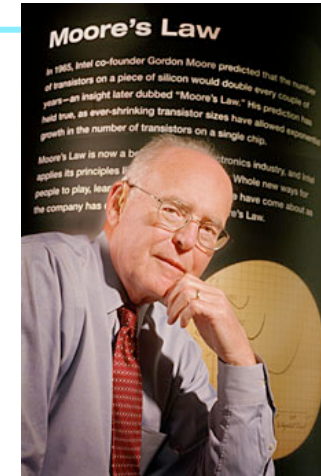
http://www.intel.com/museum/archives/history_docs/mooreslaw.htm

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ A Lei de Moore

“The number of transistors incorporated in a chip will approximately double every 24 months.”

Gordon Moore, Co-Founder Intel Co., 1965



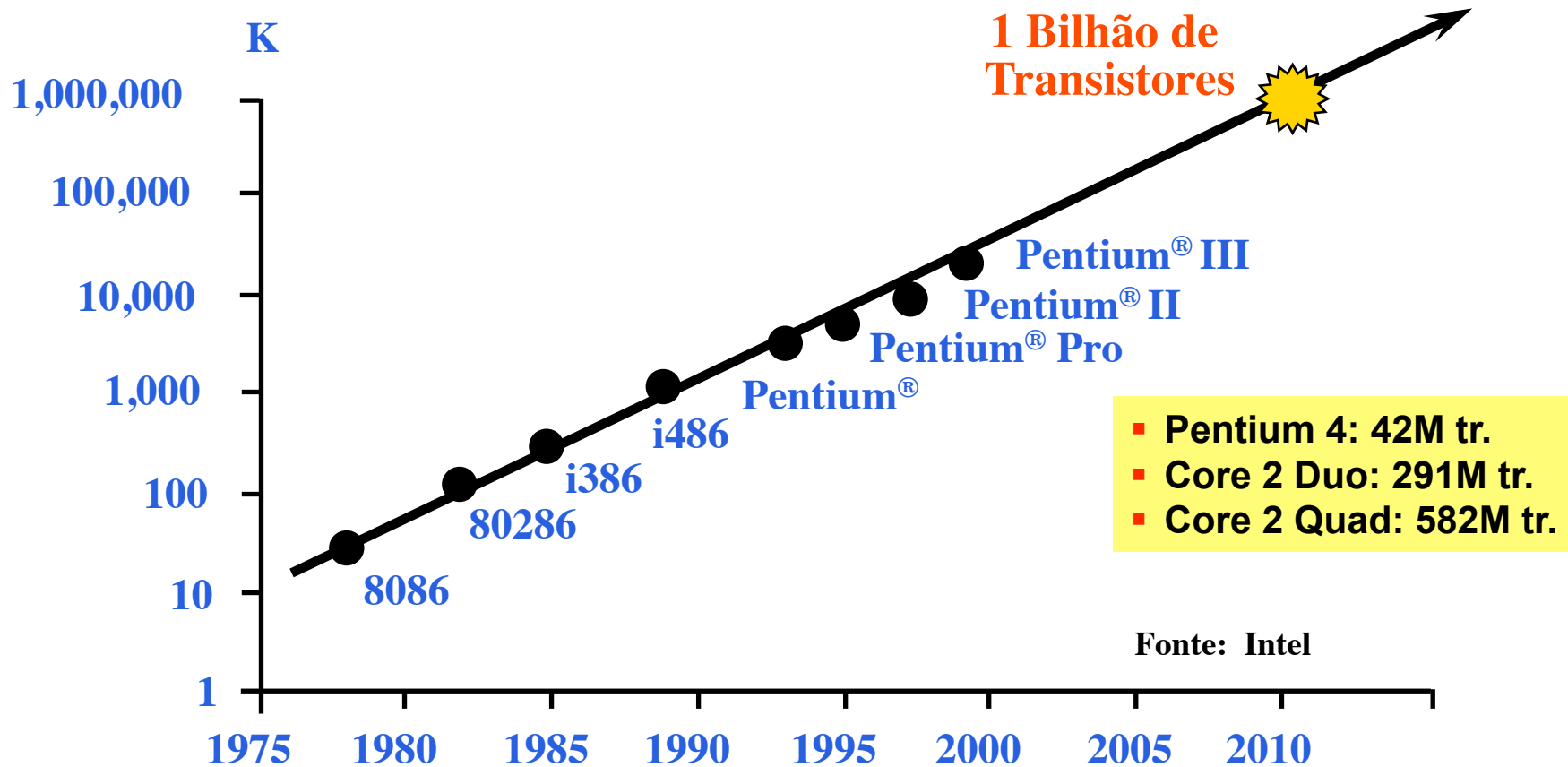
Gordon E. Moore, Co-founder, Intel Corporation.

Source: http://www.intel.com/museum/archives/history_docs/mooreslaw.htm

Em 1965, Gordon Moore (co-fundador da Intel) previu que o número de transistores integrados por chip dobraria a cada 24 meses.

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ Número de Transistores Integrados

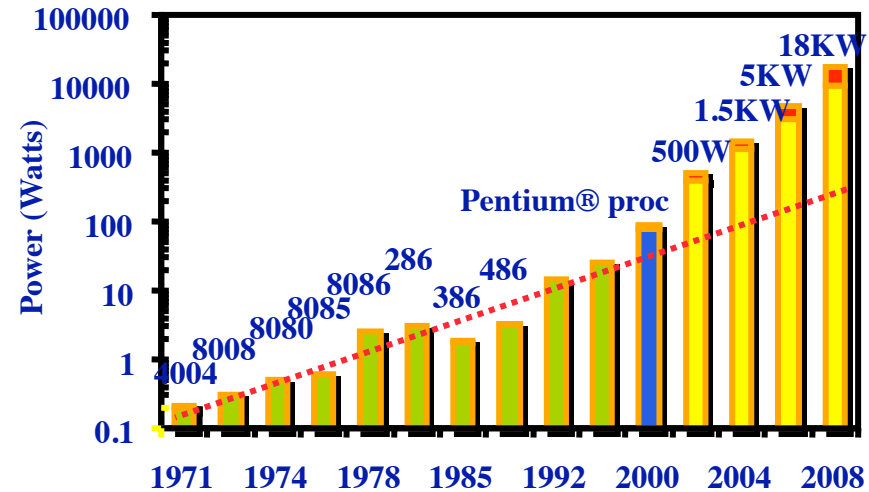
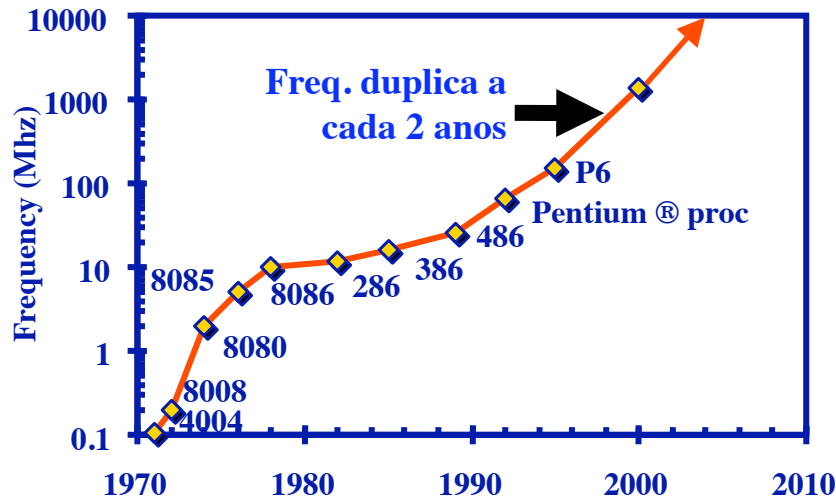
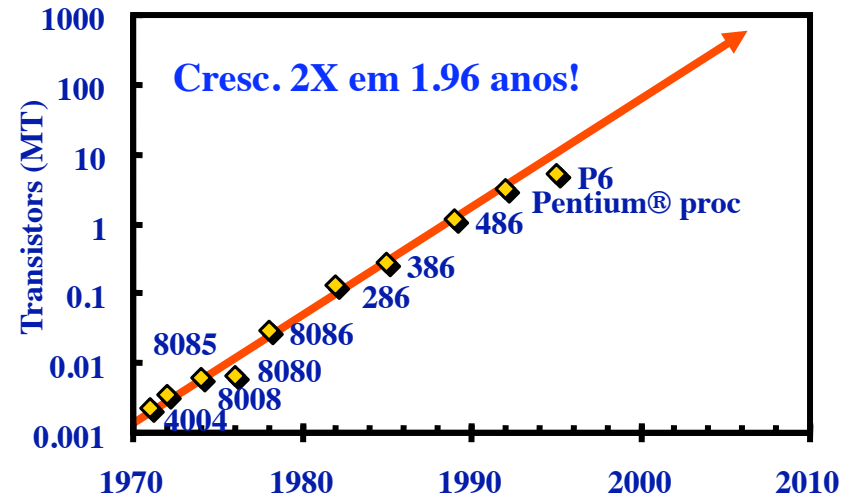


Fonte: Rabaey; Chandrakasan; Nikolic, 2003

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ A Lei de Moore nos Processadores

- No de transistores
- Potência
- Frequência



Fonte: Rajan, Chandrasekaran; Nikolic, 2003

INE/CTC/UPSC

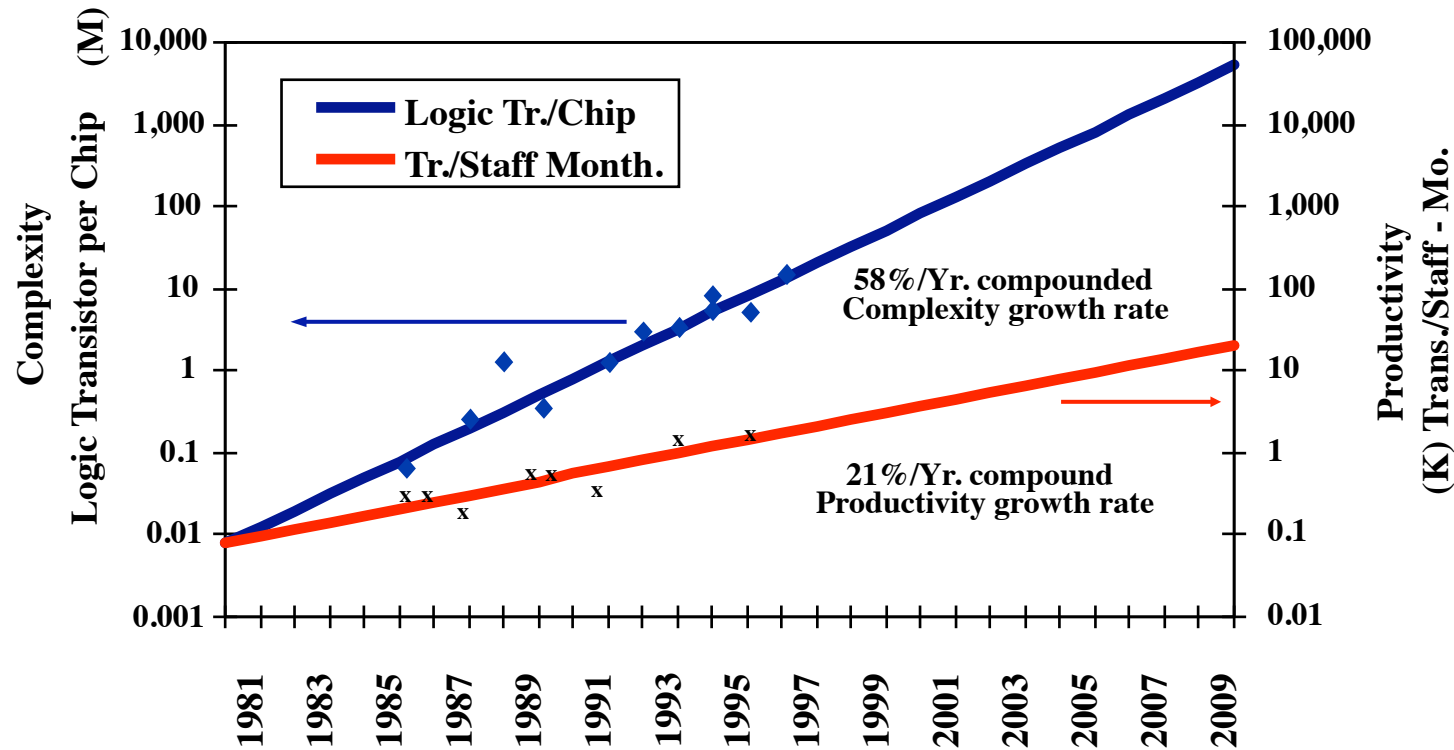
Sistemas Digitais - semestre 2011/1

slide 1P.5

Prof. José Luís Güntzel

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ O “Gap” de Produtividade

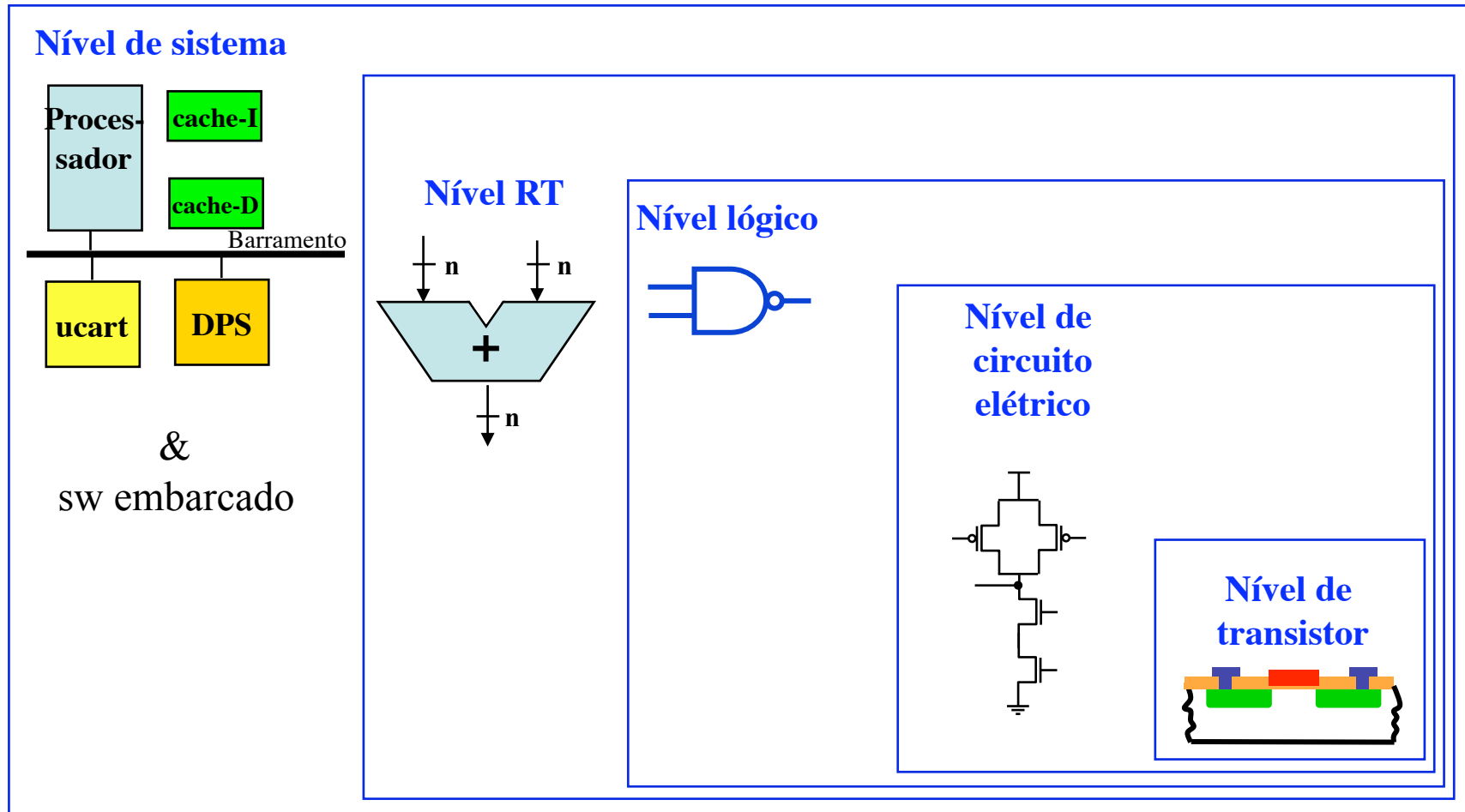


Source: Sematech

Courtesy, ITRS Roadmap

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ Níveis de Abstração



Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ **Visões de Projeto**

Descrição Estrutural

- Utiliza-se um conjunto de blocos e conexões que representam uma possível implementação do sistema eletrônico. Pode-se usar linguagem de descrição de hardware (HDL) ou esquemáticos (em papel ou usando algum editor de esquemático).

Descrição Comportamental

- Faz uso de texto em linguagem natural, HDL ou equações para descrever como o sistema eletrônico se comporta (i.e., funciona).

Descrição Física

- usada para implementar o sistema eletrônico. No caso de fabricação do chip com tecnologia CMOS, descrição das geometrias das máscaras que serão usadas no processo de litografia fina.

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ **Níveis de Abstração de Sistemas Digitais**

Nível de Transistores:

- Transistores e materiais utilizados na fabricação do circuito integrado

Nível de Circuito Elétrico:

- Transistores,
- Resistores,
- Capacitores,
- Indutores e
- Fios.

Nível Lógico:

- Portas lógicas,
- Latches e
- Flip-flops.

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ Níveis de Abstração de Sistemas Digitais

Nível RT (*Register Transfer*):

- Unidades funcionais (somadores, subtratores, somadores /subtratores, multiplicadores etc)
- Rede de interconexão (fios, multiplexadores, decodificadores, barramentos, buffers tri-state)
- Registradores e blocos de memória RAM, ROM etc

Nível de Sistema:

- Processadores de uso genéricos (CPUs),
- Processadores para domínios específicos (ASIPs),
- Processadores específicos (ASICs),
- Barramentos,
- Memórias,
- Software embarcado.

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ Custo dos Circuitos Integrados

1. Custo Fixo ou Não-Recorrente (NRE)

- Independe do volume (quantidade de peças a serem produzidas), mas depende da complexidade do projeto
 - Tempo de Projeto (α complexidade, rigor dos requisitos, produtividade da equipe)
 - Produção das máscaras
 - Investimento em pesquisas..

2. Custo Variável ou Recorrente:

- Proporcional ao volume do produto e à área do chip
 - Processamento do silício, encapsulamento (*packaging*), teste

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ Custo dos Circuitos Integrados

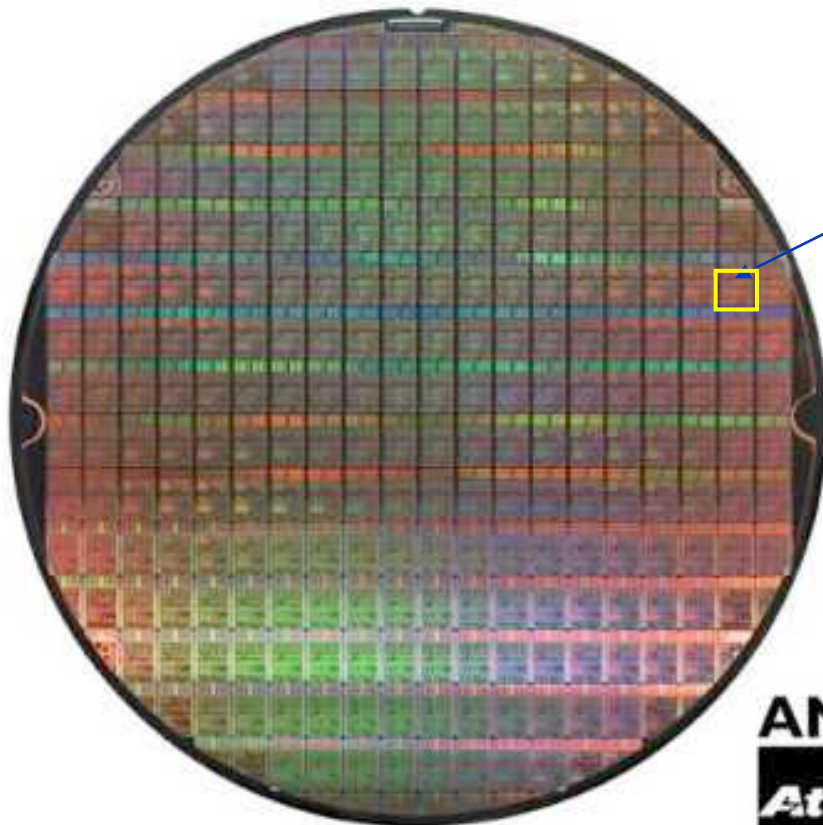
$$\text{Custo por CI} = \text{custo var.} + \frac{\text{custo fixo}}{\text{volume}}$$

$$\text{custo var.} = \frac{\text{custo do die} + \text{custo do teste do die} + \text{custo do } \textit{packaging}}{\text{Yield pós-teste do die}}$$

Obs: Yield é o rendimento da fabricação

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ Custo do Die (Chip)



Single die

Wafer

Diâmetro= 30cm (12")



From <http://www.amd.com>

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ Síntese e Síntese Automática

Síntese:

Traduz uma dada descrição de um sistema eletrônico para uma nova descrição (sendo esta nova descrição em um nível inferior de abstração) por meio da adição de detalhes de implementação.

Síntese Automática:

Síntese realizada com o auxílio de ferramentas computacionais (atualmente referenciadas por ferramentas de **EDA- *Electronic Design Automation***).

Introdução à Linguagem VHDL

Histórico

- Criada sob encomenda do Departamento de Defesa dos EUA (DoD)
 - 1981: DoD patrocina encontro de especialistas para discutir métodos para projeto de CIs.
 - 1983: Definição dos requisitos da linguagem. DoD assina contrato com IBM + TI + Intermetrics para desenvolvimento da linguagem e ferramentas.
- Padronizada pelo IEEE (*The Institute of Electrical and Electronics Engineers*)
 - Padrão IEEE 1076-1987 (primeiro padrão industrial)
 - Padrão IEEE 1164-1993 (introduz novos tipos de dados, tal como `std_logic` e `std_logic_vector`)

Introdução à Linguagem VHDL

▶ Características

- **O nome:**
 - **VHDL** = **VHSIC Hardware Description Language**
 - **VHSIC** = **Very High Speed Integrated Circuits**
- **A sintaxe: similar à linguagem Ada**
- **Objetivos iniciais:**
 - Permitir a **especificação** de circuitos de forma não ambígua (**modelagem**).
 - Facilitar a **documentação** de circuitos complexos.
 - Servir de entrada para ferramentas computacionais de **simulação**.
- **Objetivo contemporâneo:**
 - Serve de entrada para ferramentas de **síntese automática** e de **validação** com métodos formais.

Introdução à Linguagem VHDL

▶ Características: Síntese a Partir de VHDL

- **Descrições VHDL no nível RT são 100% sintetizáveis**
- **Síntese a partir de descrições VHDL comportamentais dependem:**
 - Das construções VHDL utilizadas no código.
 - Da ferramenta de síntese utilizada.

Introdução à Linguagem VHDL

▶ Primeiros Conceitos

Uma descrição VHDL é dividida em duas partes fundamentais:

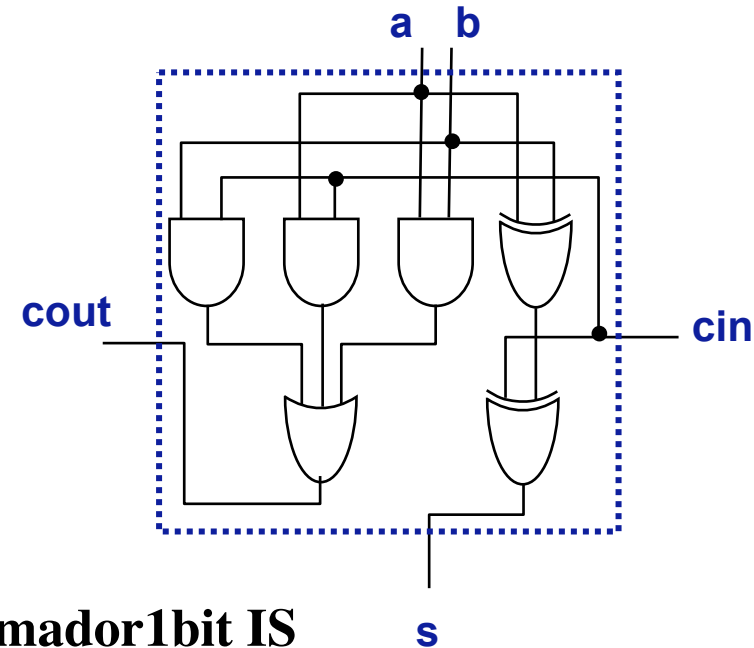
- 1) Entidade (Entity) – Descreve a interface do sistema digital descrito com o mundo externo. Apresenta a definição dos pinos de entrada e saída.**
- 2) Arquitetura (Architecture) – Descreve o comportamento ou a estrutura do sistema digital. Define como a função do sistema é realizada.**

Introdução à Linguagem VHDL

▶ Exemplo: um Full Adder

```
LIBRARY ieee;  
USE ieee.std_logic_1164.all;  
  
ENTITY somador1bit IS  
    PORT (cin, a, b : IN STD_LOGIC;  
          s, cout : OUT STD_LOGIC);  
END somador1bit ;
```

```
ARCHITECTURE comportamento OF somador1bit IS  
BEGIN  
    s <= a XOR b XOR cin;  
    cout <= (a AND b) OR (a AND cin) OR (b AND cin);  
END comportamento;
```



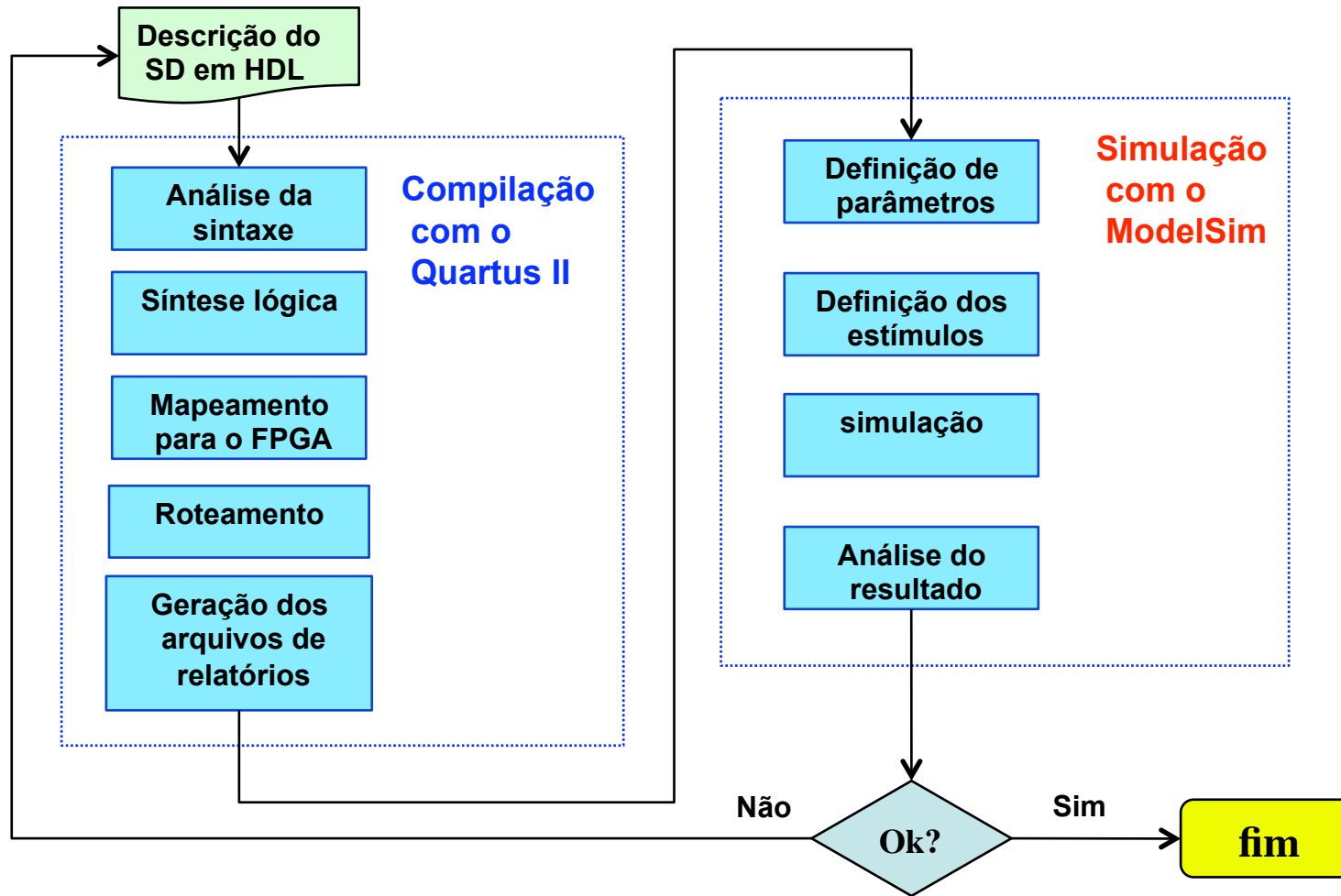
Introdução à Linguagem VHDL

▶ Alguns Tipos de Dados em VHDL

tipo	valores	comentário
boolean	{false, true}	Nativa da linguagem
bit	{0,1}	Nativa da linguagem
std_logic	{0, 1, - , Z}	Implementada no pacote std_logic_1164
std_logic_vector	{0, 1, - , Z}	Implementada no pacote std_logic_1164; Vetor de std_logic

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

► Fluxo de Projeto para FPGAs



Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ **Experimento 1:** descrição/compilação e simulação de um SC **Organizando o Ambiente de Trabalho no Computador**

1. Na pasta Meus_documentos, criar uma pasta com o seu nome (p. ex., “Paulo”). Na pasta “Paulo”, criar uma pasta com nome de “somador1bit”.

Obs: jamais crie seus projetos na mesma pasta onde o Quartus II ou o ModelSim estão instalados!

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ **Experimento 1:** descrição/compilação e simulação de um SC

Invocando o Quartus II e Criando um Projeto

- 2 Invocar o Quartus II (a partir do ícone na área de trabalho, ou a partir do “Iniciar->Programas” do windows, sub-menu “Altera”).
- 3 Na janela “Get Started With Quartus II Software”, selecionar “Create New Project”
- 4 Clicar em “Next”.
- 5 Selecionar o caminho para a pasta criada no passo 1 (clicando no botão identificado com “...”).
- 6 Na caixa de diálogo identificada por “What is the name of this project”, escrever “somador1bit”.
- 7 Clicar em “Next”. Clicar em “Next” novamente.
- 8 Na caixa de diálogo “Device Family”, selecionar “Cyclone II”. Na lista identificada por “Available Devices”, selecionar EP2C35F672C6. Clicar em “Next”. (Ver próximo slide.)

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ Experimento 1: descrição/compilação e simulação de um SC

Selecionar “Cyclone II”



Selecionar “EP2C35F672C6”



Após, clicar em ”Next”



New Project Wizard: Family & Device Settings [page 3 of 5]

Select the family and device you want to target for compilation.

Device family:
Family: Cyclone II
Devices: All

Target device:
 Auto device selected by the Fitter
 Specific device selected in 'Available devices' list

Show in 'Available device' list:
Package: Any
Pin count: Any
Speed grade: Any
 Show advanced devices
 HardCopy compatible only

Available devices:

Name	Core v...	LEs	User I/...	Memor...	Embed...	PLL
EP2C20F484C8	1.2V	18752	315	239616	52	4
EP2C20F484I8	1.2V	18752	315	239616	52	4
EP2C20Q240C8	1.2V	18752	142	239616	52	4
EP2C35F484C6	1.2V	33216	322	483840	70	4
EP2C35F484C7	1.2V	33216	322	483840	70	4
EP2C35F484C8	1.2V	33216	322	483840	70	4
EP2C35F484I8	1.2V	33216	322	483840	70	4
EP2C35F672C6	1.2V	33216	475	483840	70	4
EP2C35F672C7	1.2V	33216	475	483840	70	4

Companion device:
HardCopy:
 Limit DSP & RAM to HardCopy device resources

< Back Next > Finish Cancel

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ **Experimento 1:** descrição/compilação e simulação de um SC **Invocando o Quartus II e Criando um Projeto (cont.)**

9. Na caixa de diálogo “Simulation”, selecionar “ModelSim-Altera”. Clicar em **Next**.
10. Clicar em “**Finish**”. (Ver próximo slide.)

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ Experimento 1: descrição/compilação e simulação de um SC

Selecionar “ModelSim-Altera”



Após, clicar em “Next”



New Project Wizard: EDA Tool Settings [page 4 of 5]

Specify the other EDA tools -- in addition to the Quartus II software -- used with the project.

Design Entry/Synthesis

Tool name: <None>

Format:

Run this tool automatically to synthesize the current design

Simulation

Tool name: ModelSim-Altera

Format: VHDL

Run gate-level simulation automatically after compilation

Timing Analysis

Tool name: <None>

Format:

Run this tool automatically after compilation

< Back Next > Finish Cancel

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ **Experimento 1:** descrição/compilação e simulação de um SC **Criando um Arquivo VHDL**

11. No menu “File” (canto superior esquerdo da janela do Quartus II), selecionar “New”. Selecionar “VHDL File” e clicar em “OK”.
12. Copiar o arquivo VHDL do slide 1P.19 (usar copy-paste).
13. No menu “File” (canto superior esquerdo da janela do Quartus II), selecionar “Save as”. Certificar-se que o nome do arquivo seja igual ao nome da entidade (neste caso, “somador1bit”). Clicar em “OK”.

Obs: este projeto terá apenas um arquivo VHDL. Porém, projetos mais complexos podem ter diversos arquivos VHDL. Neste caso, cada arquivo VHDL deverá ser editado e salvo e será importante certificar-se de que todos os arquivos foram incluídos no projeto. Para isso, deve-se clicar na opção “Project” do menu superior do Quartus e selecionar “Add/Remove Files in Project...”.

Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ **Experimento 1:** descrição/compilação e simulação de um SC

Compilando um Projeto

14. No menu “Processing” (aba superior da janela do Quartus II), selecionar “Start Compilation”. (Ou clicar no triângulo roxo, na aba superior).
15. Aguardar a mensagem “Full Compilation was Succesfull” (*warnings* são normais) ou a mensagem de erros (quando houver erros no VHDL).
16. Anotar os seguintes dados mostrados na janela “Compilation Report – Flow Summary”:
 - Total combinational functions:
 - Dedicated logic elements:
17. Anotar os seguintes dados mostrados na janela “Message” (procurar pela linha que inicia por “Longest tpd from ...”):
 - tpd:
 - Source pin
 - Destination pin:

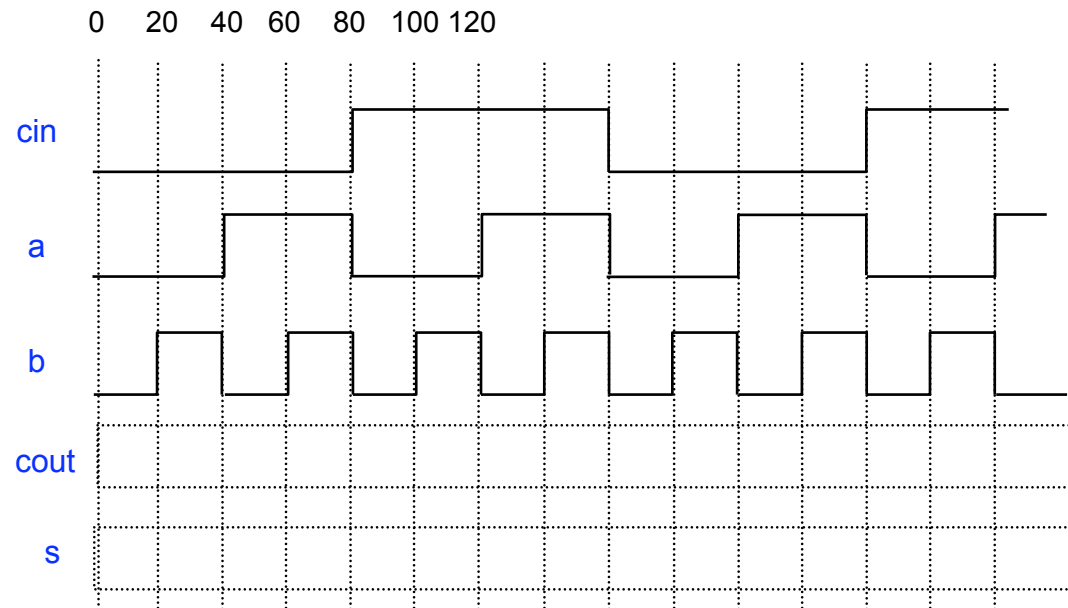
Projeto de Sistemas Digitais com Ferramentas EDA

▶ **Experimento 1:** descrição/compilação e simulação de um SC

Preparação dos Estímulos para a Simulação

Solução trivial (ingênua): Transformar a tabela-verdade em formas de onda

cin	a	b	cout	s
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1



Observações:

1. Preencher a mão as waveforms (formas de onda) esperadas para as saídas para confrontá-la com o resultado da simulação.
2. T deve ser maior que “longest tpd” reportado pelo Quartus II.