

## **Sistemas Digitais 2**

# **Aula 1 – Introdução ao VHDL e ao Projeto com Dispositivos Lógicos Programáveis**

Prof. Daniel M. Muñoz Arboleda

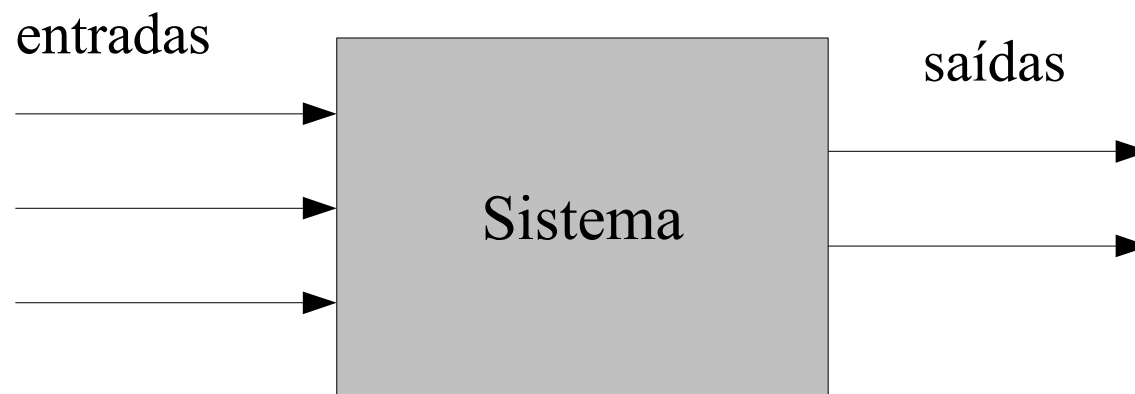
FGA - UnB

## Definição de Sistema

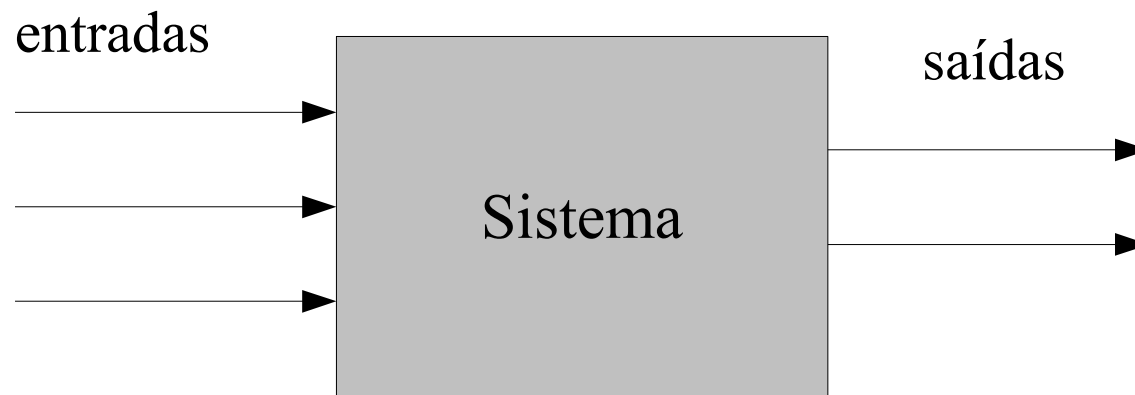
O que é sistema?

O que é um sistema digital?

O que é um sistema digital binário?

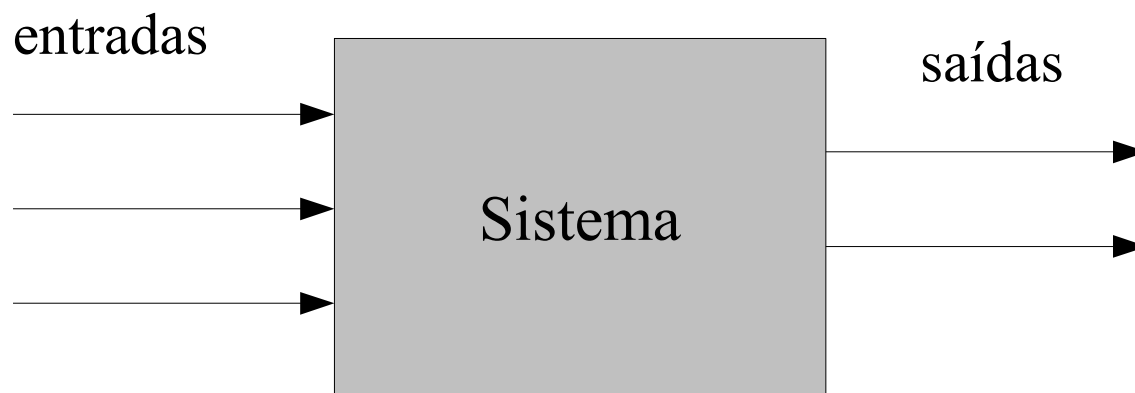


## Definição de Sistema



*Definição.* Um sistema é uma porção (parte) do universo que se individualiza do restante por meio de uma “*fronteira*”. O sistema interage com o universo aceitando entradas e produzindo saídas para o mesmo. Pode ser construído pela interligação de elementos. Dita interligação pode se dar por fluxo de informação (matéria e/ou energia).

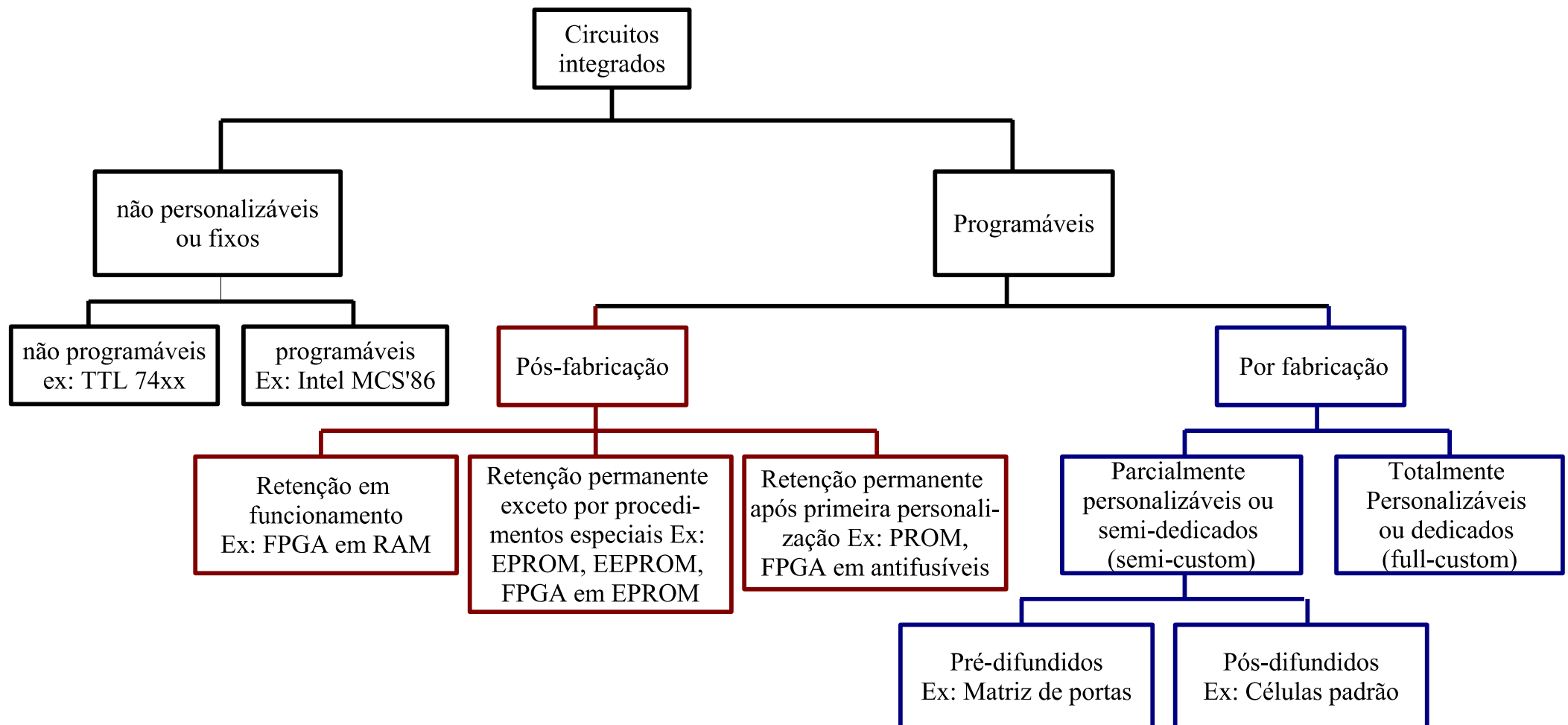
## Definição de Sistemas Digital Binário

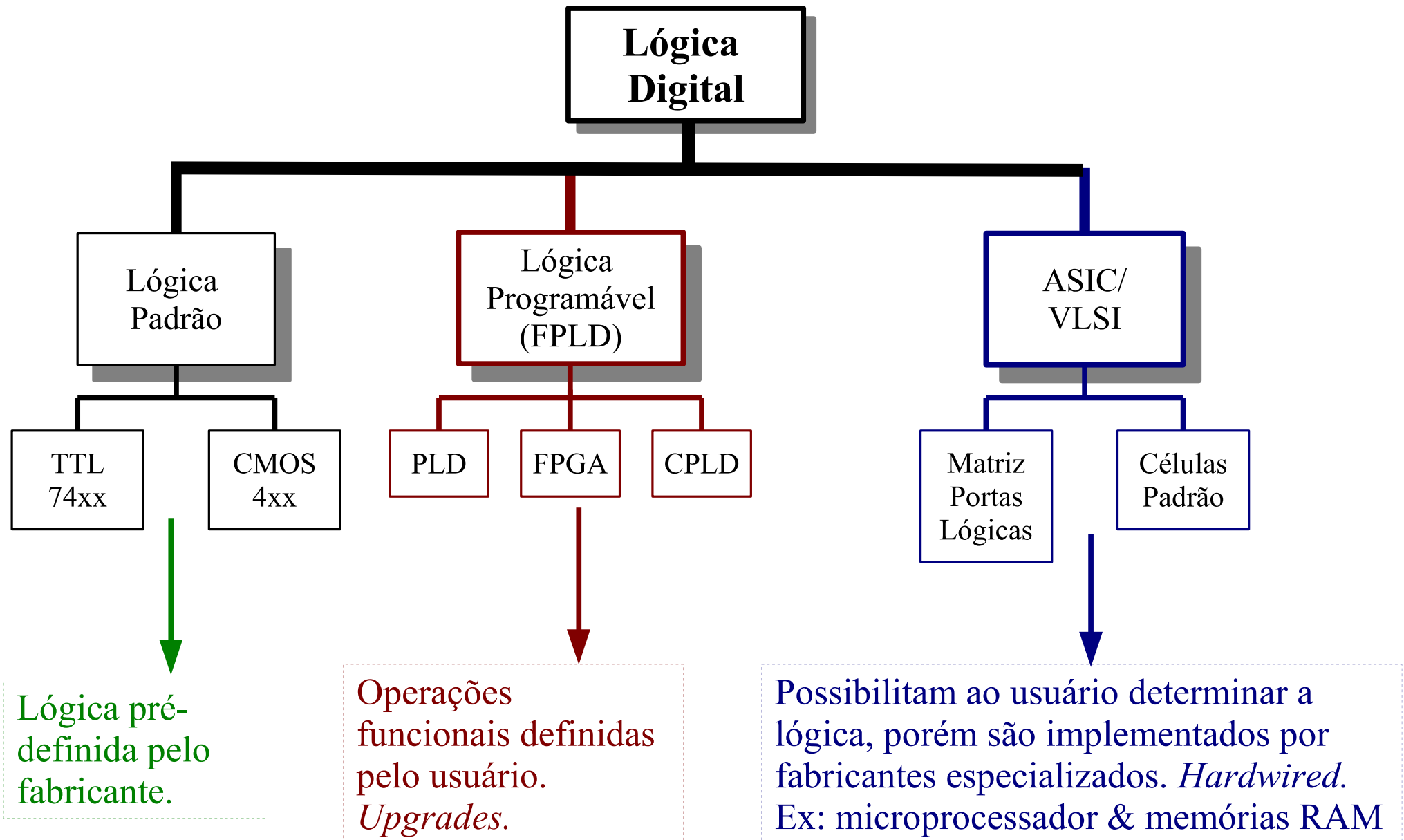


*Definição.* Um **Sistema Digital** é uma porção (parte) do universo concreta ou abstrata que se individualiza do restante por meio de uma “*fronteira*”. O Sistema Digital está dotado de um conjunto finito de entradas e um conjunto finito de saídas e é capaz de processar informação de forma numérica. Para tanto, cada entrada e cada saída pode assumir ao longo do tempo valores de algum conjunto finito de números, denominado *domínio*.

*Definição.* Se todas as entradas e saídas assumirem valores somente do domínio  $B = \{0, 1\}$ , o sistema é denominado **Sistema digital binário**.

## Taxonomia de Circuitos Integrados segundo programação





## Taxonomia de Sistemas Digitais

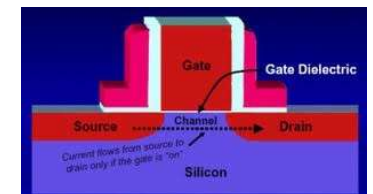
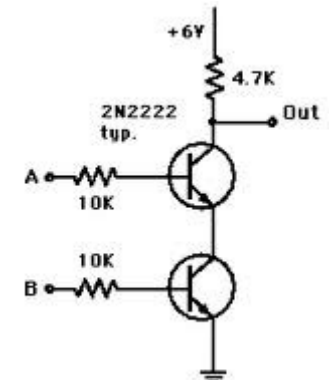
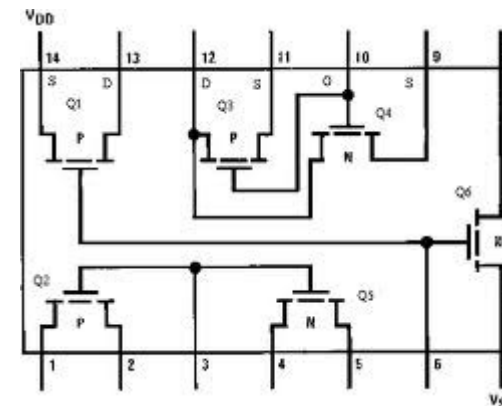
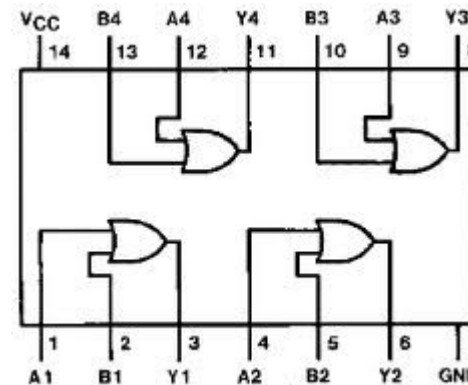
### Lógica Digital

Lógica  
Padrão

TTL  
74xx

CMOS  
4xx

Lógica pré-  
definida pelo  
fabricante.



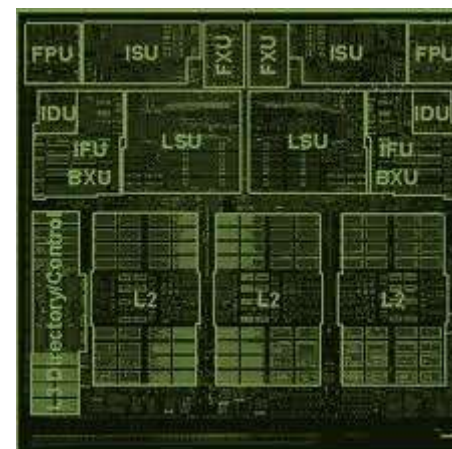
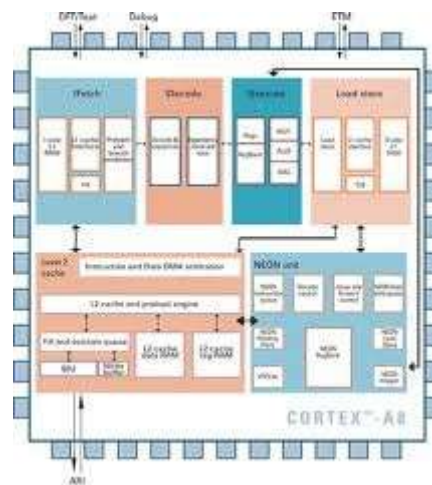
## Taxonomia de Sistemas Digitais

### Lógica Digital

ASICs/  
VLSI

Matriz  
Portas  
Lógicas

Células  
Padrão





## Taxonomia de Sistemas Digitais

### Lógica Digital

#### Classificação dos CIs quanto à gama de integração:

1. SSI (Small scale integration) : 3 a 30 gates/chip.
2. MSI (Medium scale integration) : 30 a 1000 gates/chip.  
Exemplos: decodificadores e contadores
3. LSI (Large scale integration) : 1000 a 100000 gates/chip.  
Exemplos: funções lógicas mais complexas. Calculadora, relógio digital
4. VLSI (Very large scale integration): 100000 a 1M gates/chip.  
Exemplos: microprocessadores
5. ULSI (Ultra large scale integration) : mais de 10 milhões gaste/chip

ASICs/  
VLSI

Matriz  
Portas  
Lógicas

Células  
Padrão

## Taxonomia de Circuitos Integrados

### Lógica Digital

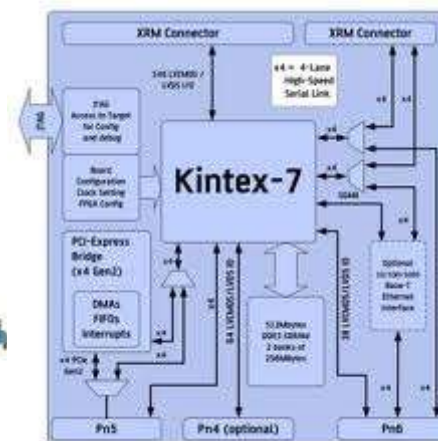
#### Lógica Programável (FPLD)

PLD

FPGA

CPLD

Operações funcionais definidas pelo usuário.  
*Upgrades.*



# O que é um FPGA?



# O que é um FPGA?

FPGAs (*Field Programmable Gate Arrays*) são arranjos de portas que podem ser programáveis em campo (aplicação).

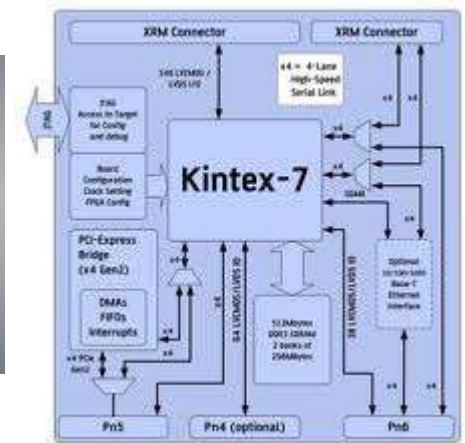
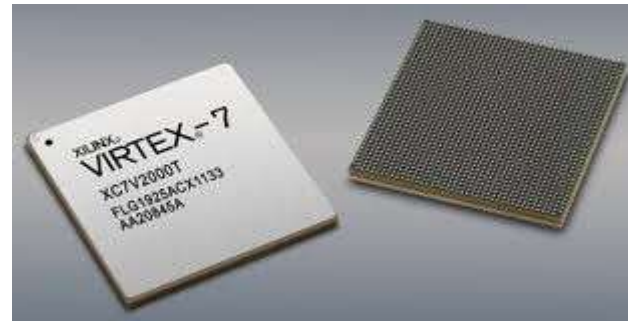
FPGAs são dispositivos com **arquitetura reconfigurável**. Isto significa que são sistemas que permitem a **modificação da estrutura** (topologia) do hardware para se adequarem ao problema a ser tratado.

FPGAs fazem parte dos dispositivos lógicos programáveis (PLDs)

## Field Programmable Gate Arrays (FPGAs)

Como funciona um FPGA ?  
Como programar um FPGA ?

Porque usar um FPGA ?  
Quando não usar um FPGA ?



## Field Programmable Gate Arrays (FPGAs)

FPGAs possuem um grande número de portas lógicas em um arranjo matricial que podem ser conectadas (configuradas) eletricamente.

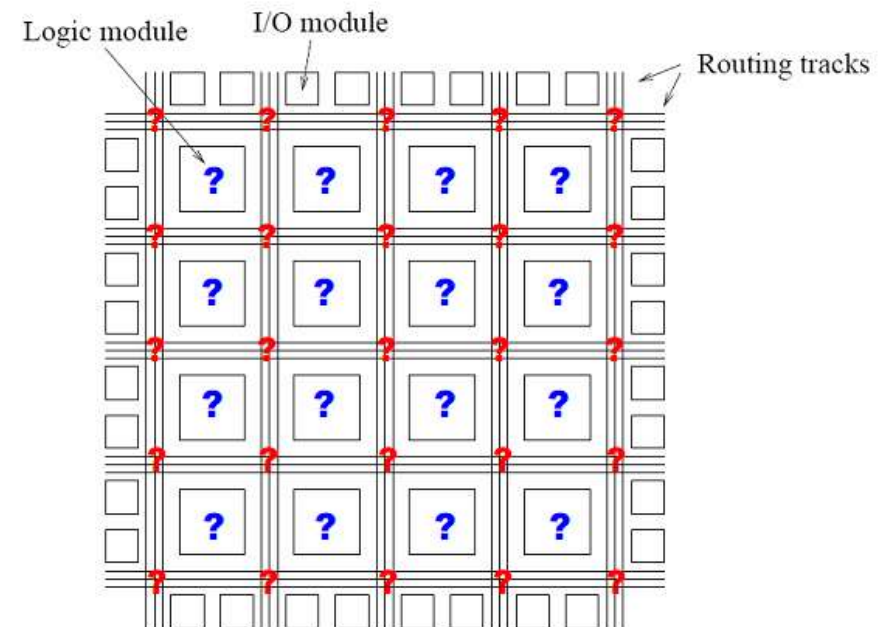
Arranjo de portas lógicas programáveis rodeadas de blocos de interconexão programáveis.

Podem ser configuradas pelo usuário (conceito de *field programmable*), para implementar aplicações específicas.

Capacidade de varios milhões de portas lógicas e desempenho de até 500 MHz.

Quatro componentes principais:

- Módulo de lógica ou bloco lógico configurável
- Elemento de roteamento.
- Memória: armazenamento do *bitstream*
- Circuitos especiais (DSPs, RAM, PLLs, etc)

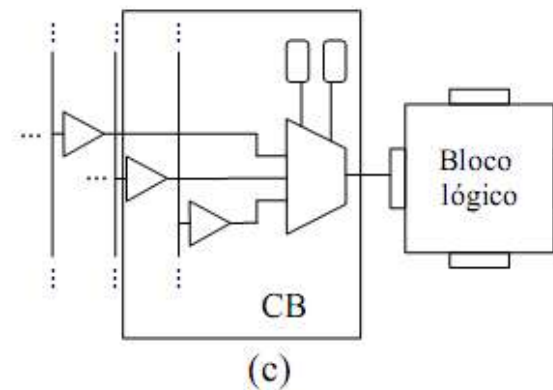
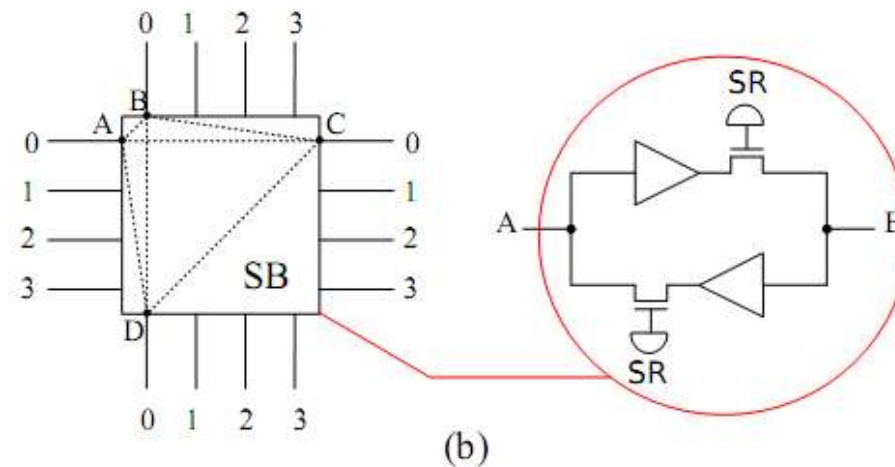
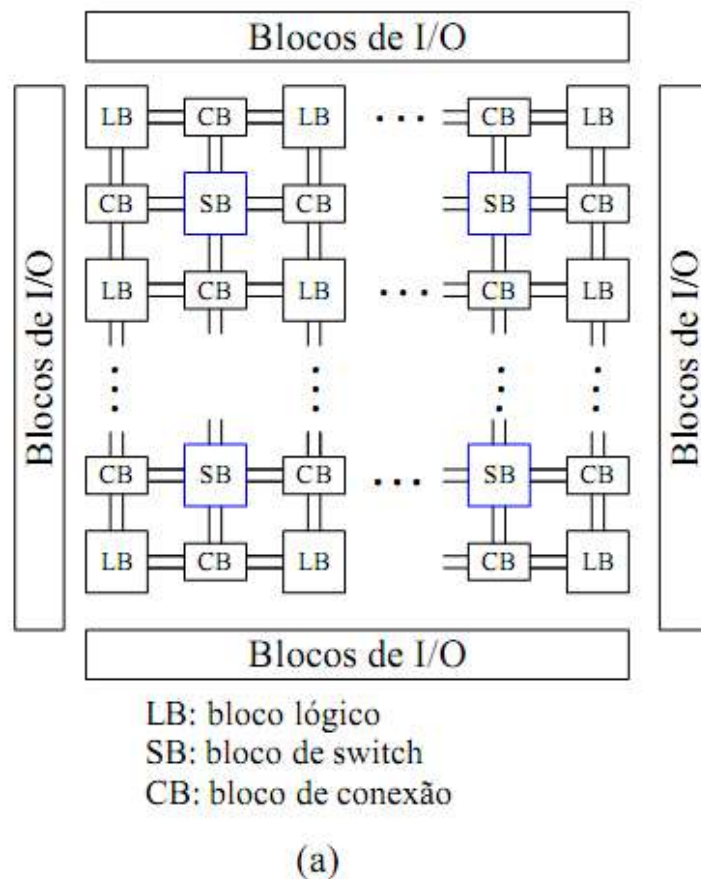


Generic FPGA Architecture

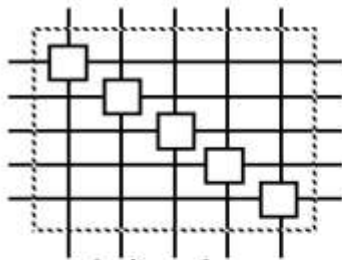


## Estrutura interna de um FPGA

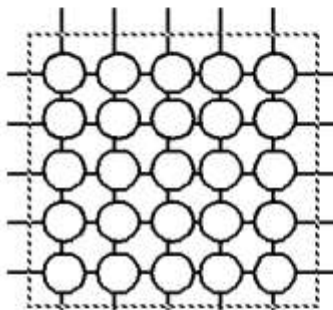
Blocos de conexão e Blocos de roteamento



(a) Estrutura geral da FPGA (b) bloco de switch (c) bloco de conexão



Bloco de conexão

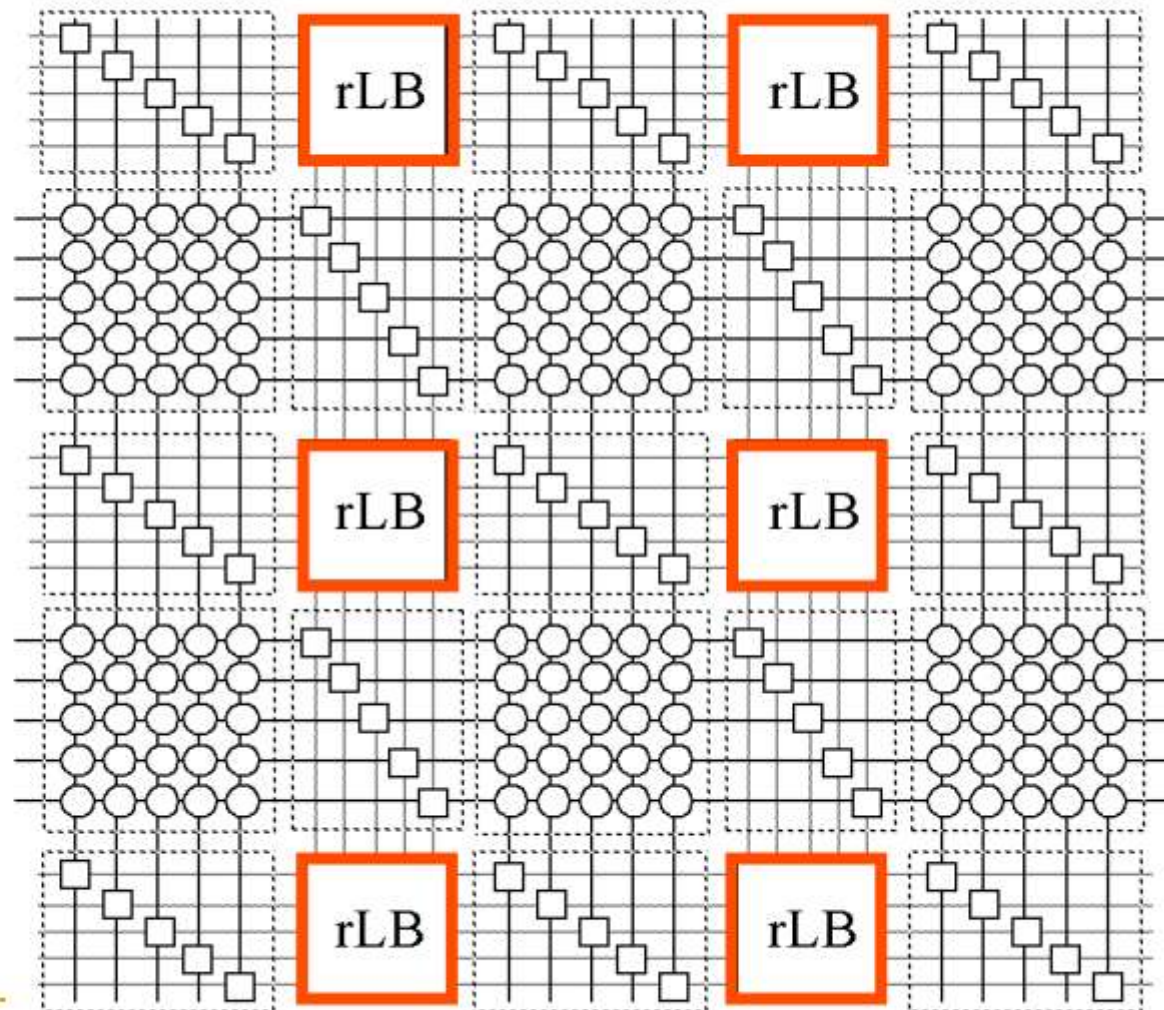


Bloco de chaves



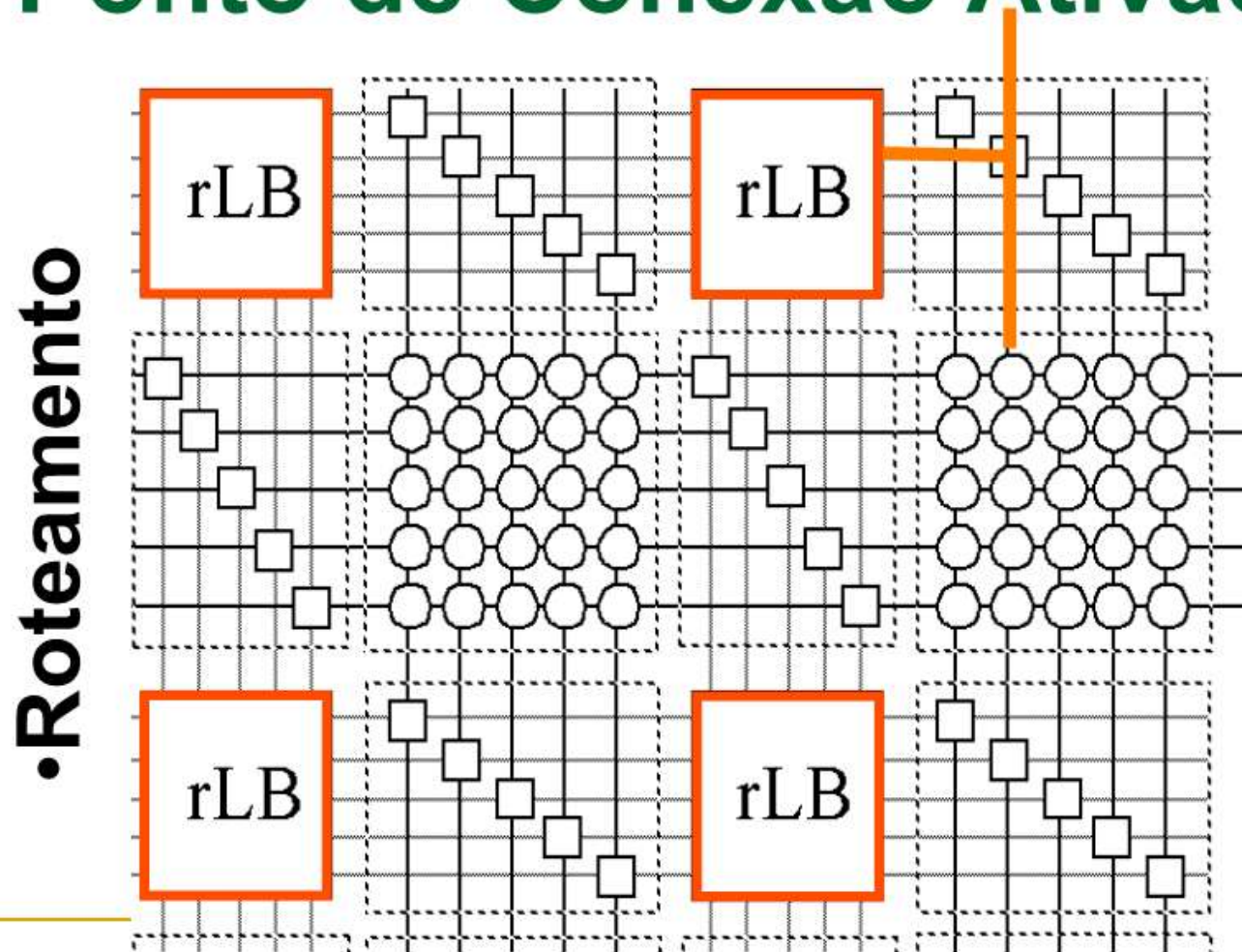
Bloco de Lógica reconfigurável

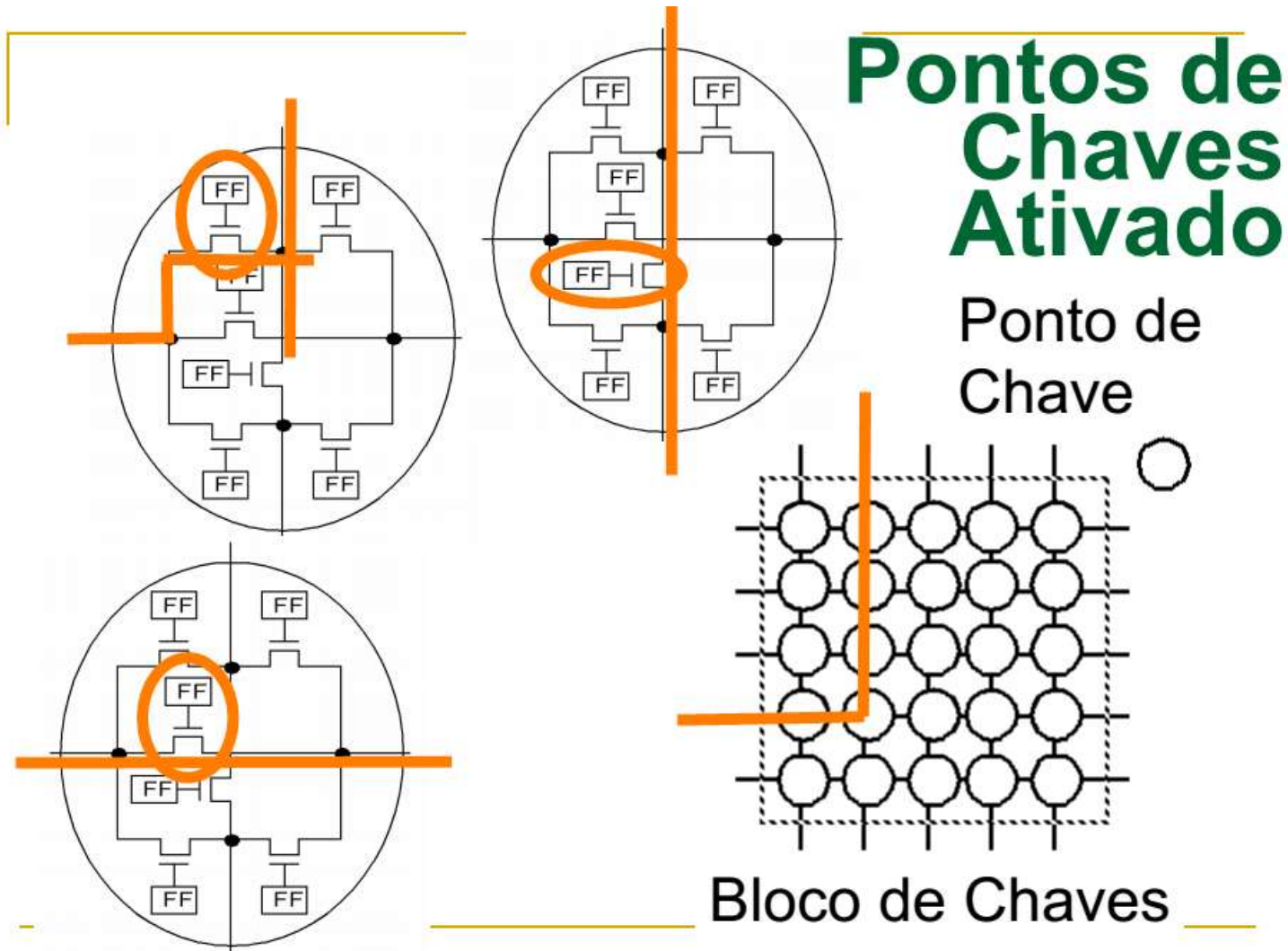
## Princípio do funcionamento



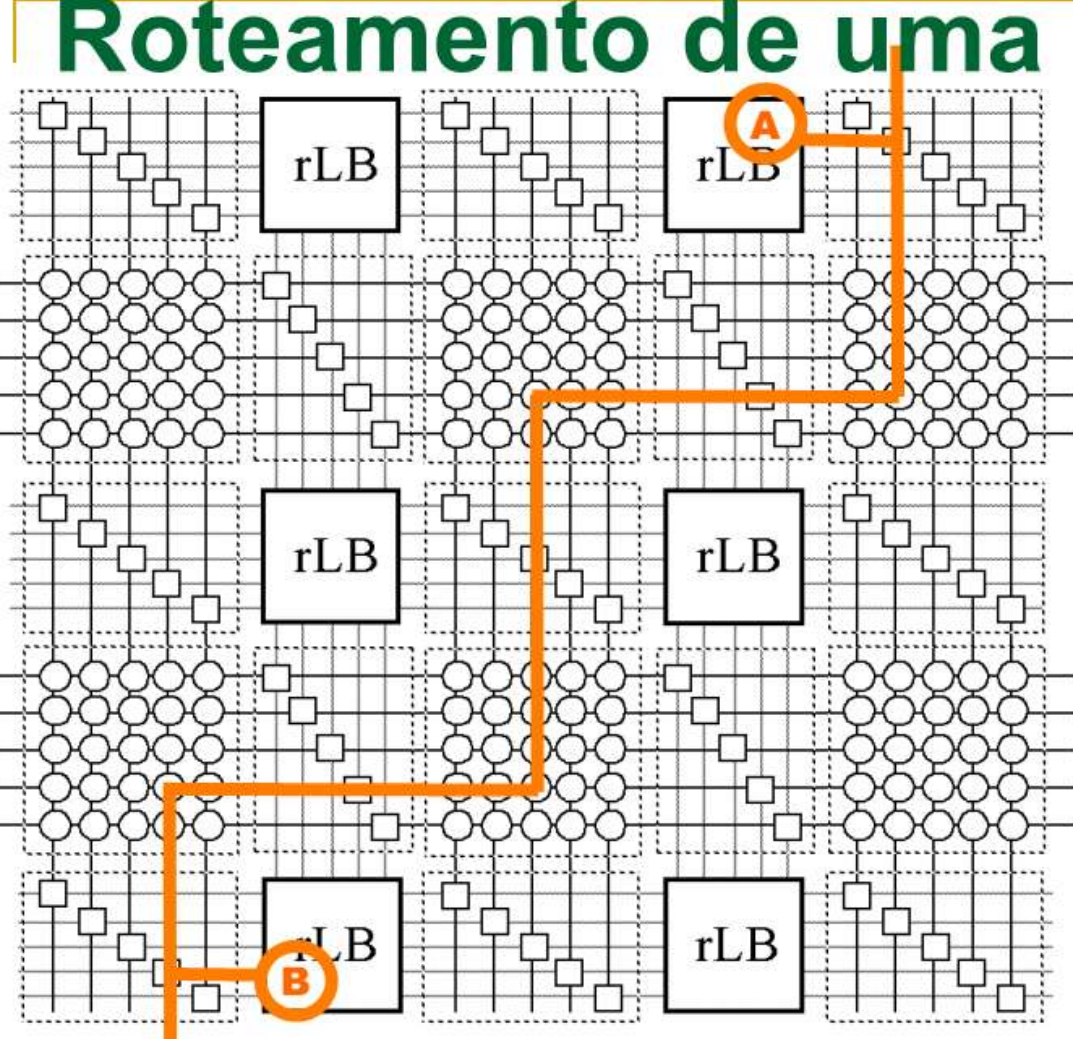


## Ponto de Conexão Ativado





# Roteamento de uma *net*



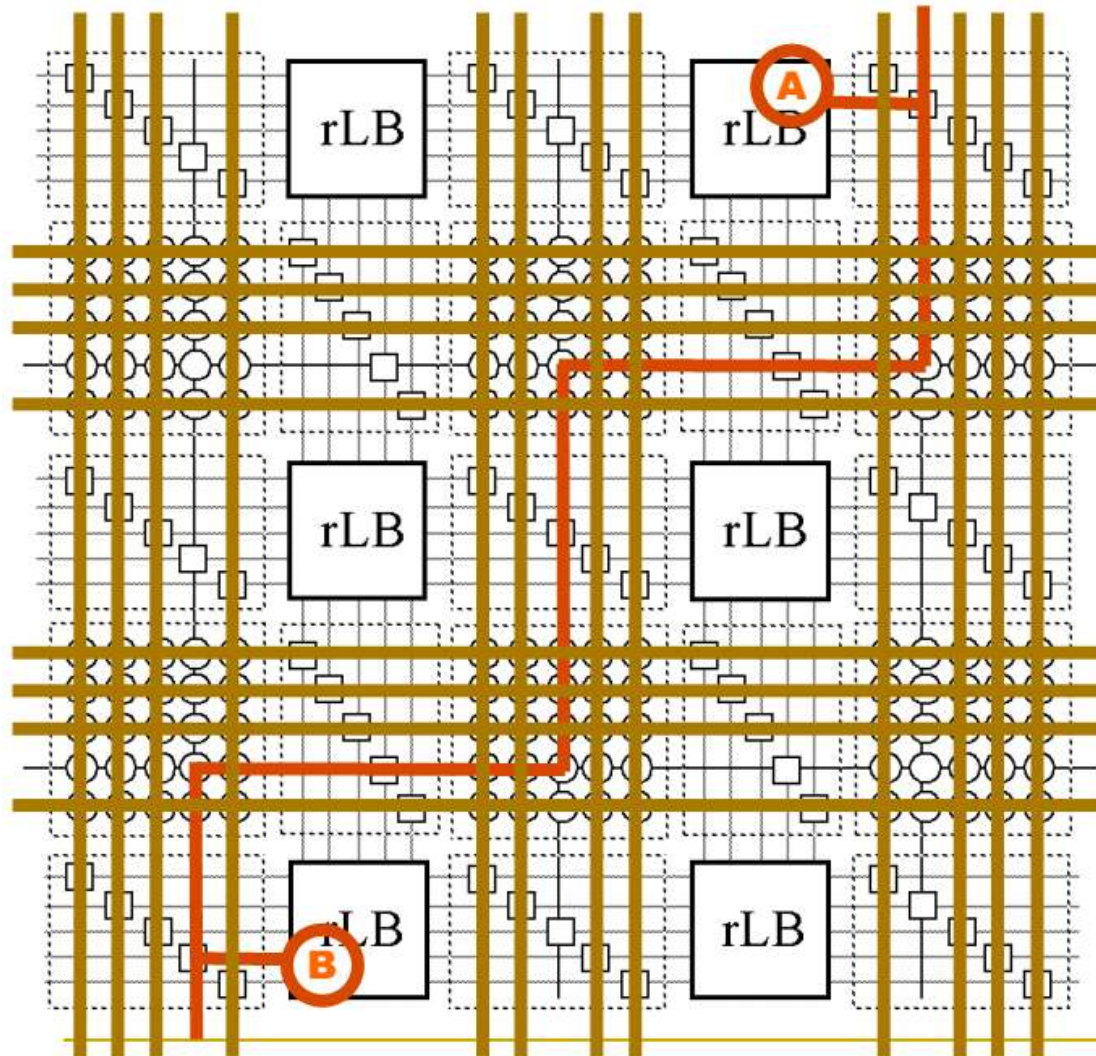
20 Transistors  
+ 20 Flipflops

Fonte original:  
Silva Lisco (Silicon  
Valley Research  
Corp.), 1979

## 20 Transistors + 20 Flipflops

Fonte original:  
Silva Lisco (Silicon  
Valley Research  
Corp.), 1979



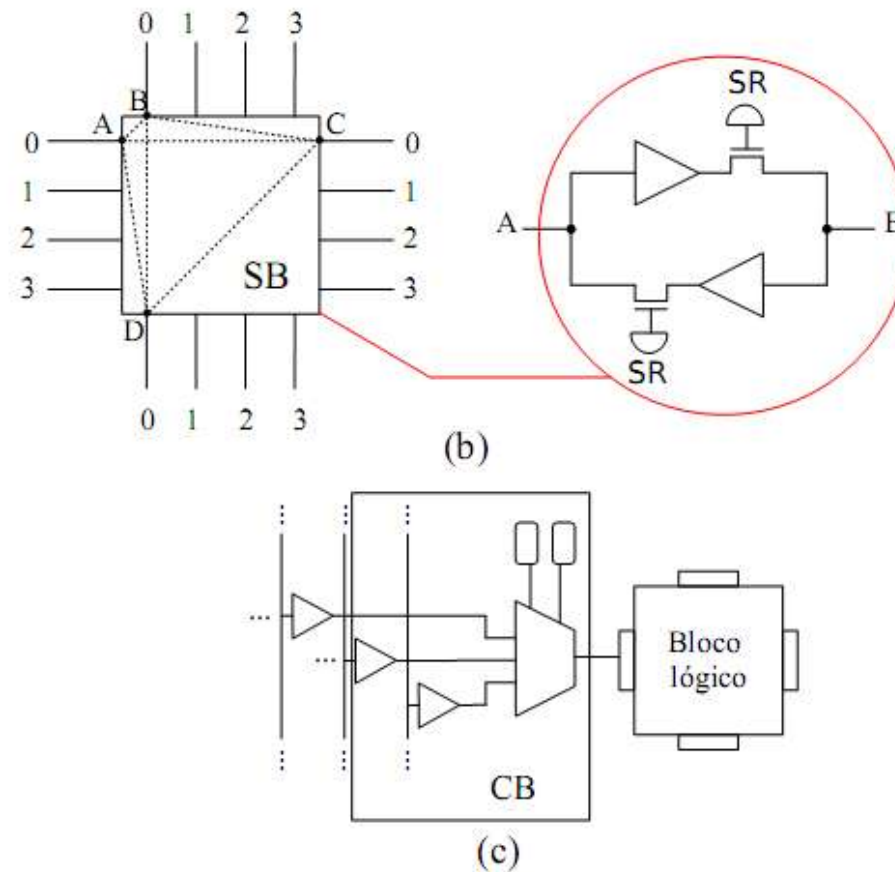
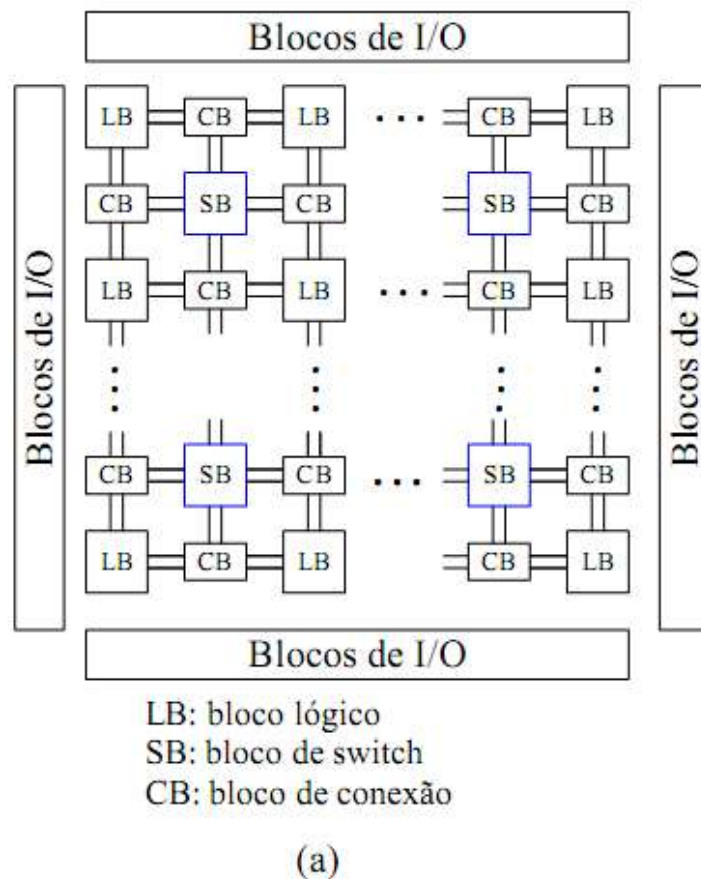


**Roteamento:**  
longos *nets*

A rota só pode  
ser utilizada  
uma de cada  
vez.

## Estrutura interna de um FPGA

Blocos de conexão e Blocos de roteamento



(a) Estrutura geral da FPGA (b) bloco de switch (c) bloco de conexão

## Estrutura interna de um FPGA. Slices e CLB

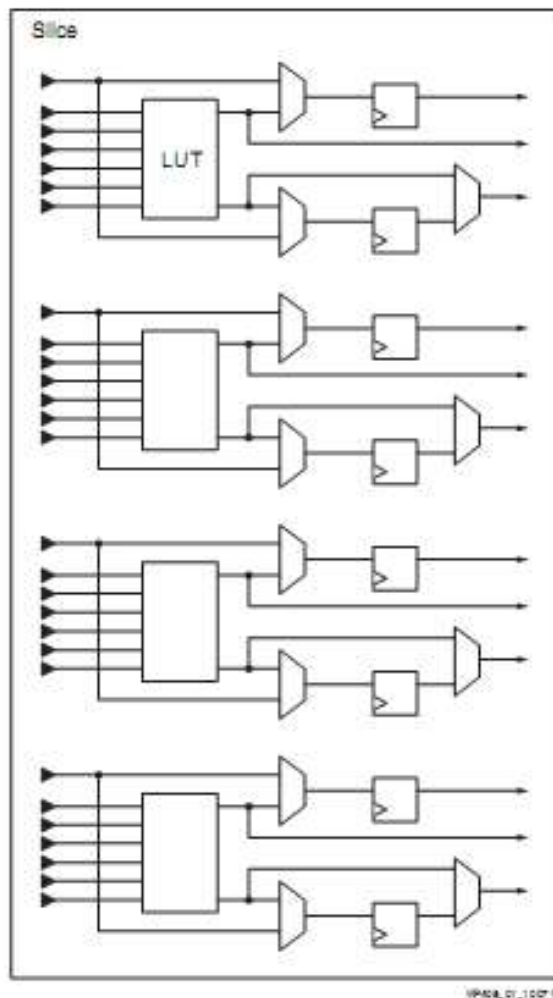


Figure 1: Slice Architecture in 7 Series FPGAs

Familia 7 - Xilinx:

Cada bloco lógico configurável (CLB) tem 2 Slices.  
Cada Slice tem 4 Look-up tables (LUTs) de 6 entradas,  
8 flip-flops e alguns multiplexadores.

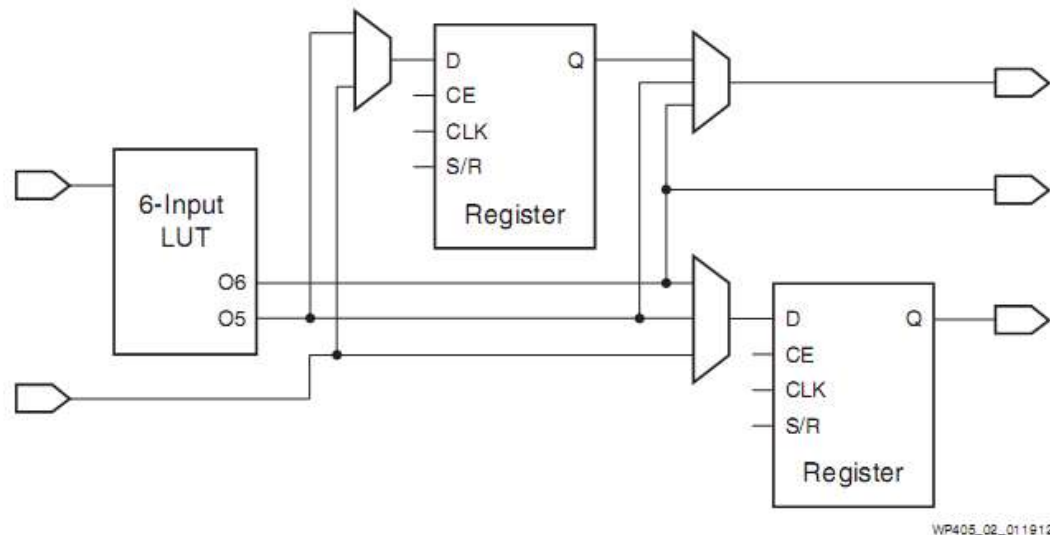


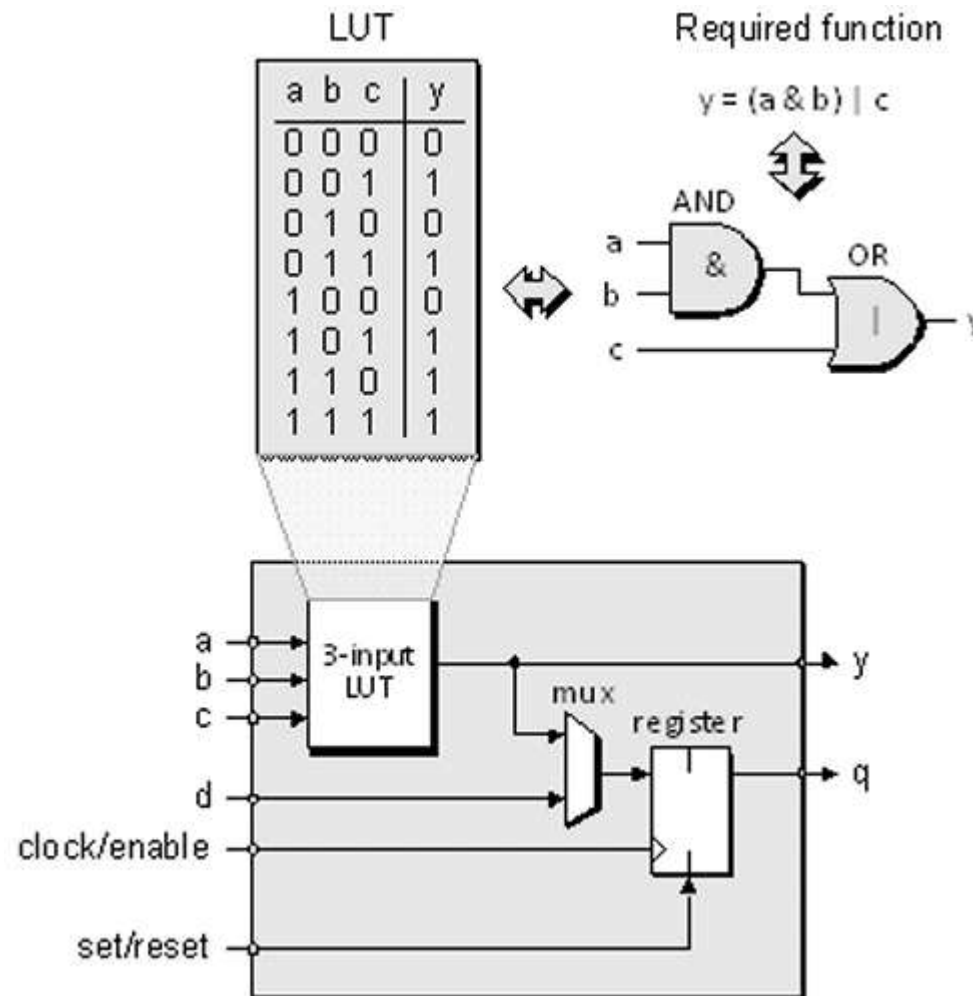
Figure 2: Layout of 6-Input LUT and Two Registers within a Slice

## Estrutura interna de um FPGA. Look-up table

As look-up tables (LUTs) permitem implementar funções lógicas booleanas.

LUTs são tabelas de busca baseadas em memórias programáveis (por exemplo SRAM).

Quanto maior o número de entradas da LUT mais complexa é a função booleana que consegue ser implementada.



## Estrutura interna de um FPGA.

Circuitos combinacionais são implementados nas look-up tables (LUTs), as quais podem ser integradas através dos blocos de roteamento para implementar circuitos combinacionais mais complexos.

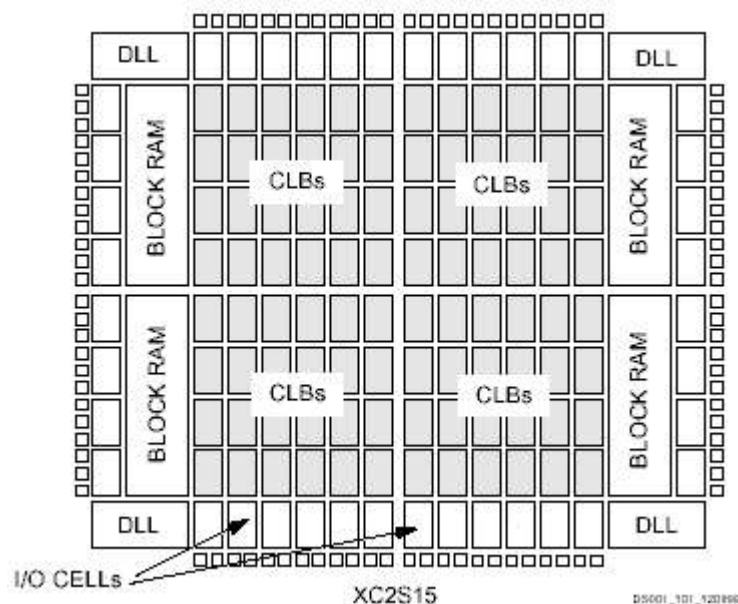
Circuitos sequenciais usam flip-flops (FFs) para armazenar o estado atual de um circuito.

Os CLBs podem ser acessados em paralelo de forma que algoritmos mapeados em hardware usando FPGAs podem aproveitar do paralelismo para acelerar a execução.



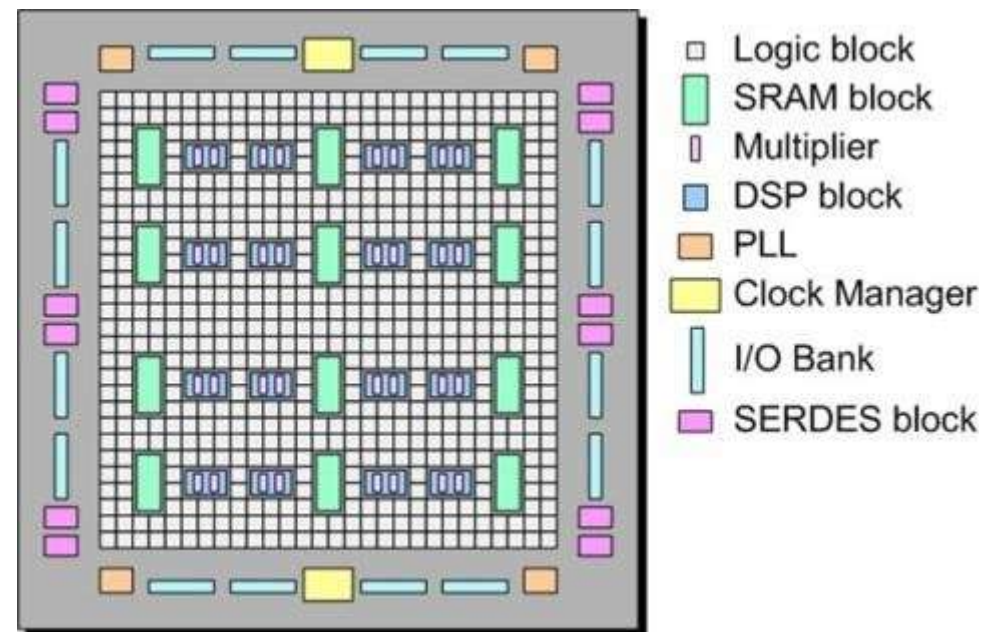
## Estrutura interna de um FPGA

Xilinx XC2S15 (1985)



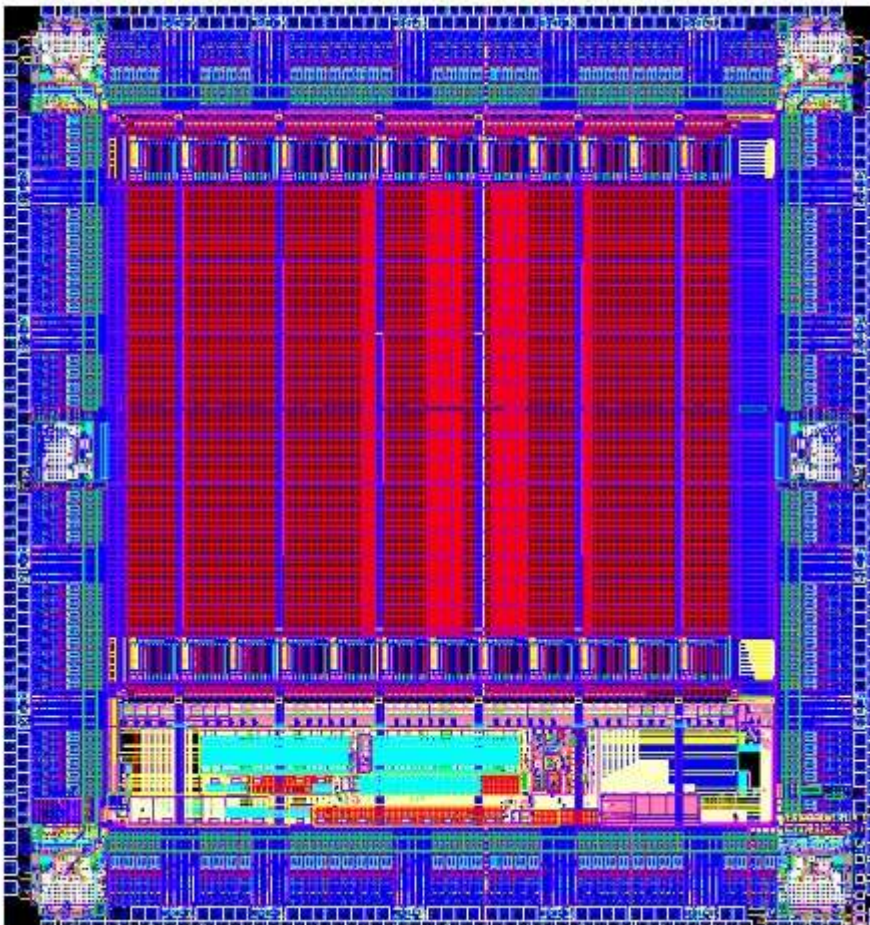
LUTs de 4 entradas

FPGAs em 2012



LUTs com 5, 6, 7 e 8 entradas  
Centos de somadores, multiplicadores  
Colunas de DPSs e RAMs  
Clock manager (DCM: DLLs, clk deskewing,...  
PCI Express, Processadores embarcados

## Field Programmable Gate Arrays (FPGAs)



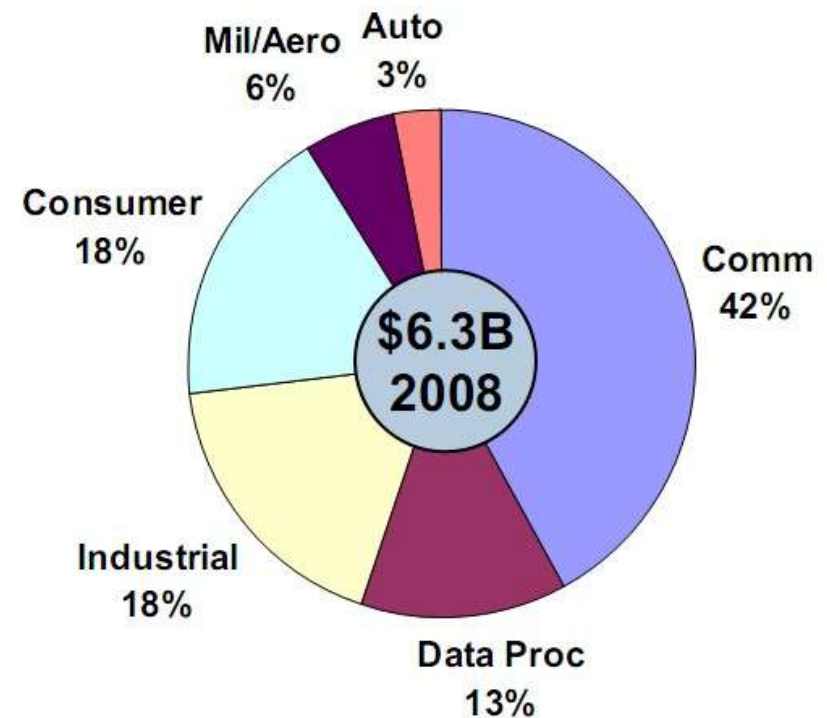
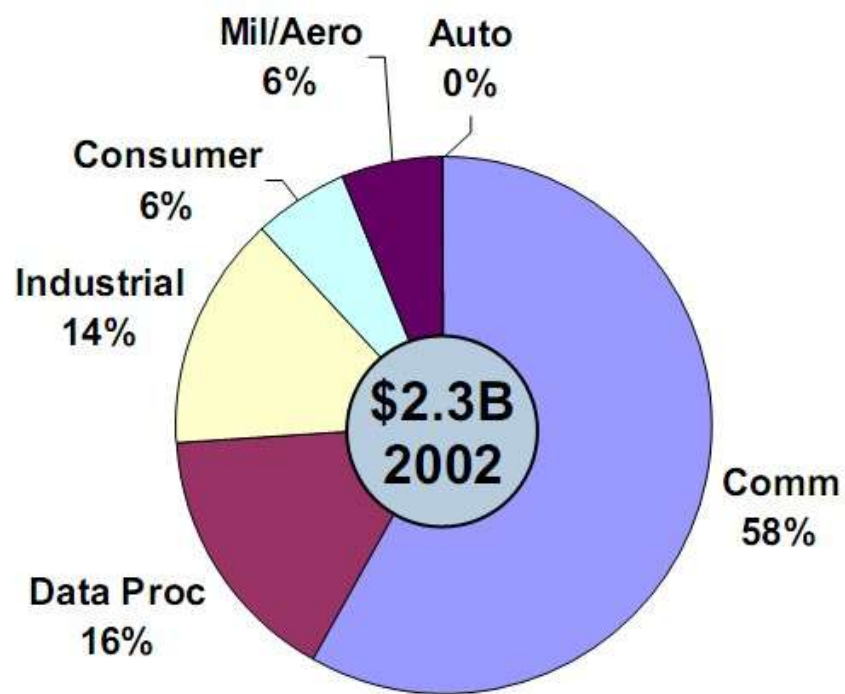
Dispositivos FPGAs modernos tem diversos circuitos tipo ASIC na mesma pastilha de silício. Entre eles:

- FIFOs
- RAM
- PLLs
- DSPs
- Clock Managment
- Processadores (ARM, PowerPC, uBlaze, NIOS, PicoBlaze, etc).

Aplicações ??

## Field Programmable Gate Arrays (FPGAs). Aplicações

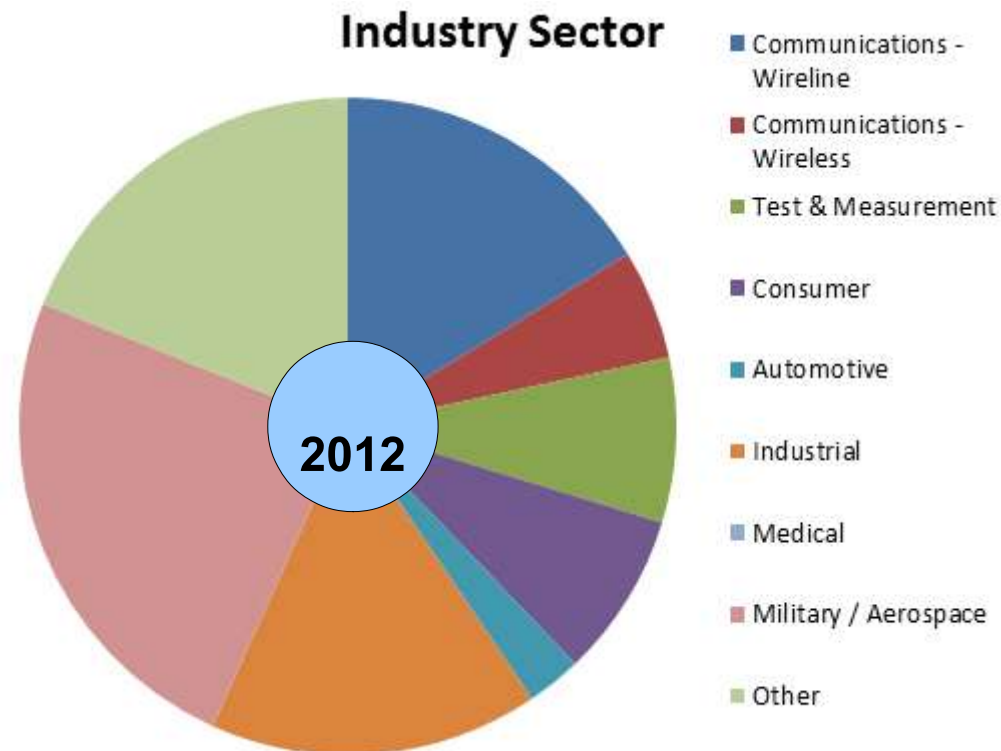
Crescimento do mercado de FPGAs e Dispositivos Programáveis



Tempo (anos)

## Field Programmable Gate Arrays (FPGAs). Aplicações

Crescimento do mercado de FPGAs e Dispositivos Programáveis



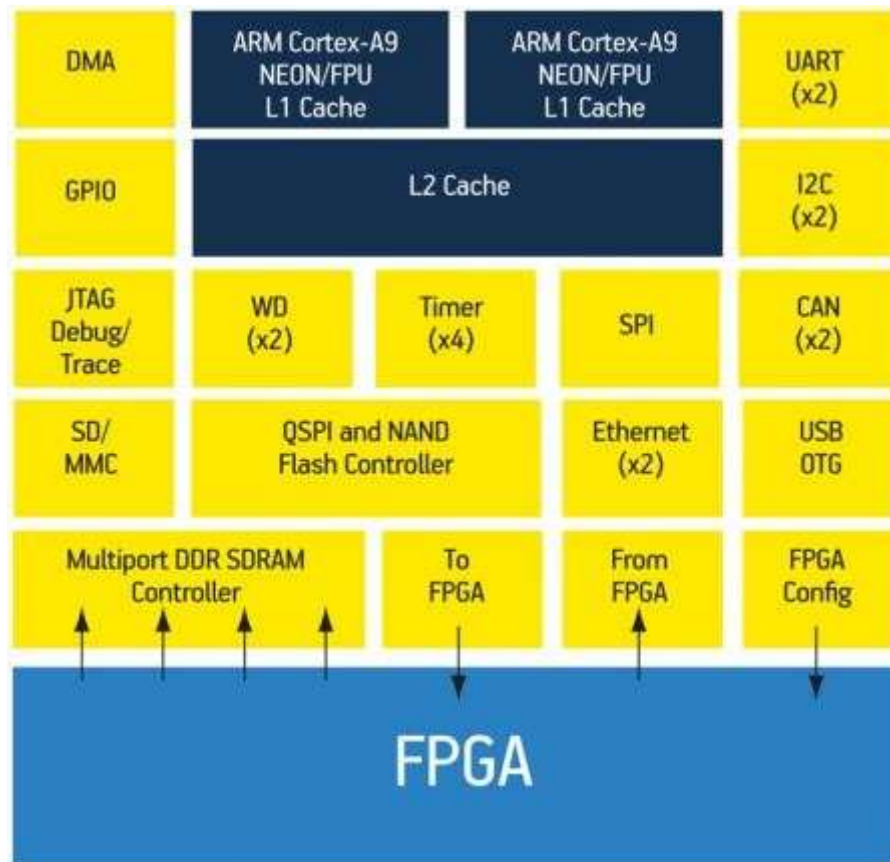


## Field Programmable Gate Arrays (FPGAs). Aplicações

Projeto de sistemas embarcados

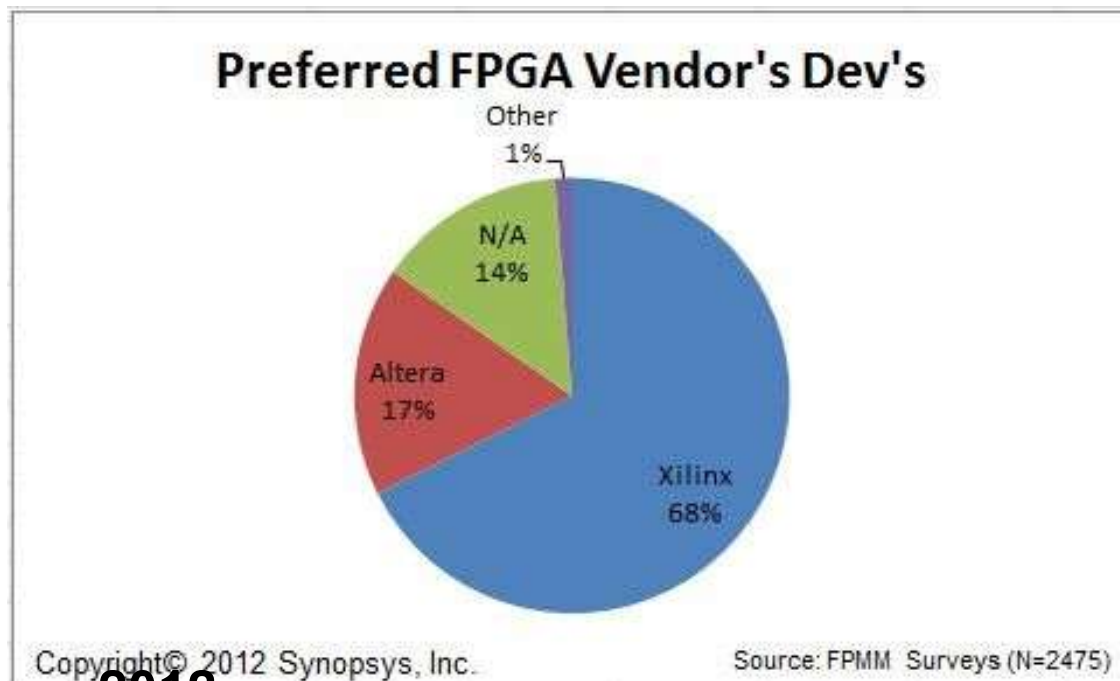


## Plataforma de desenvolvimento de Sistemas em Chip (SoC)



Exemplo de uma arquitetura SoC da Altera para desenvolvimento de sistemas em chip

## Principais fabricantes de dispositivos FPGAs

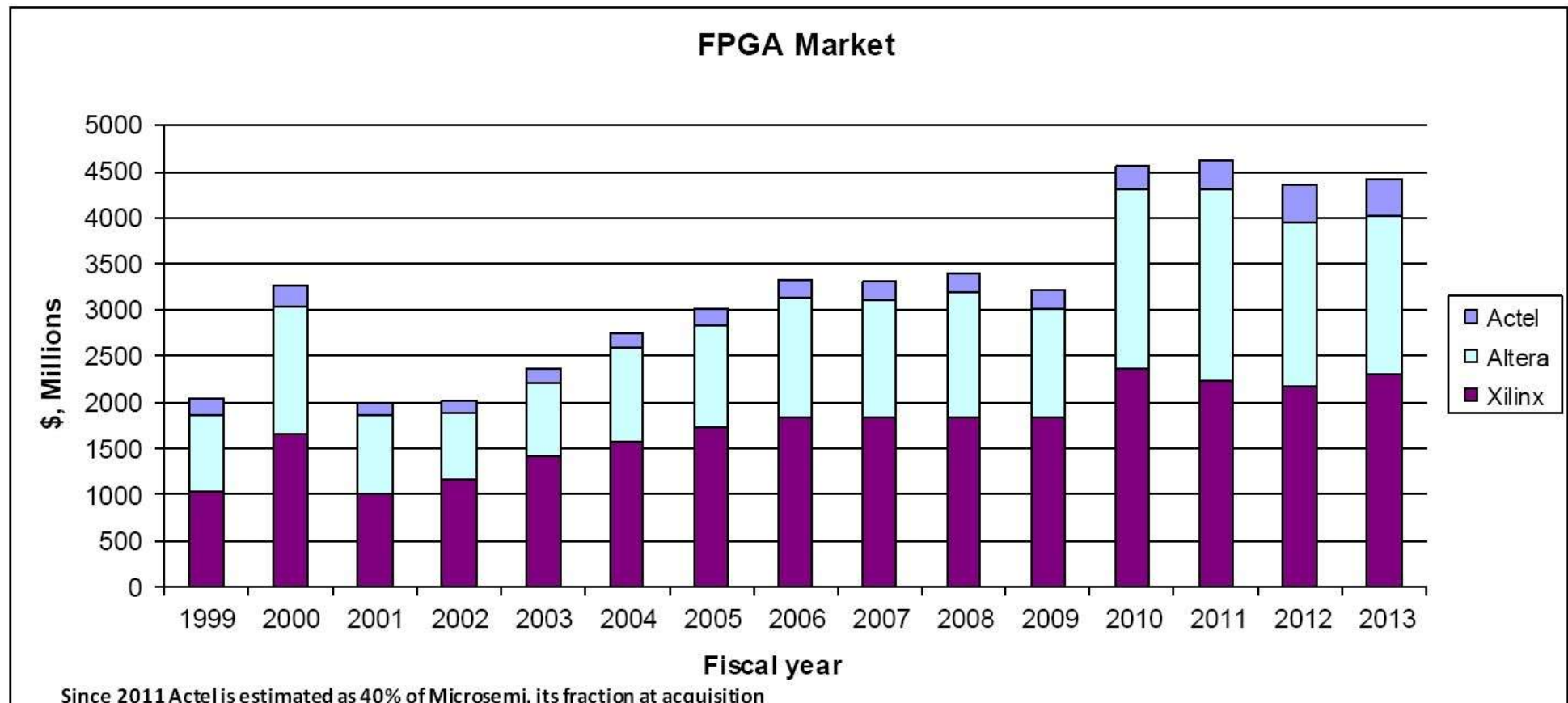


2012

### Xilinx vs Altera

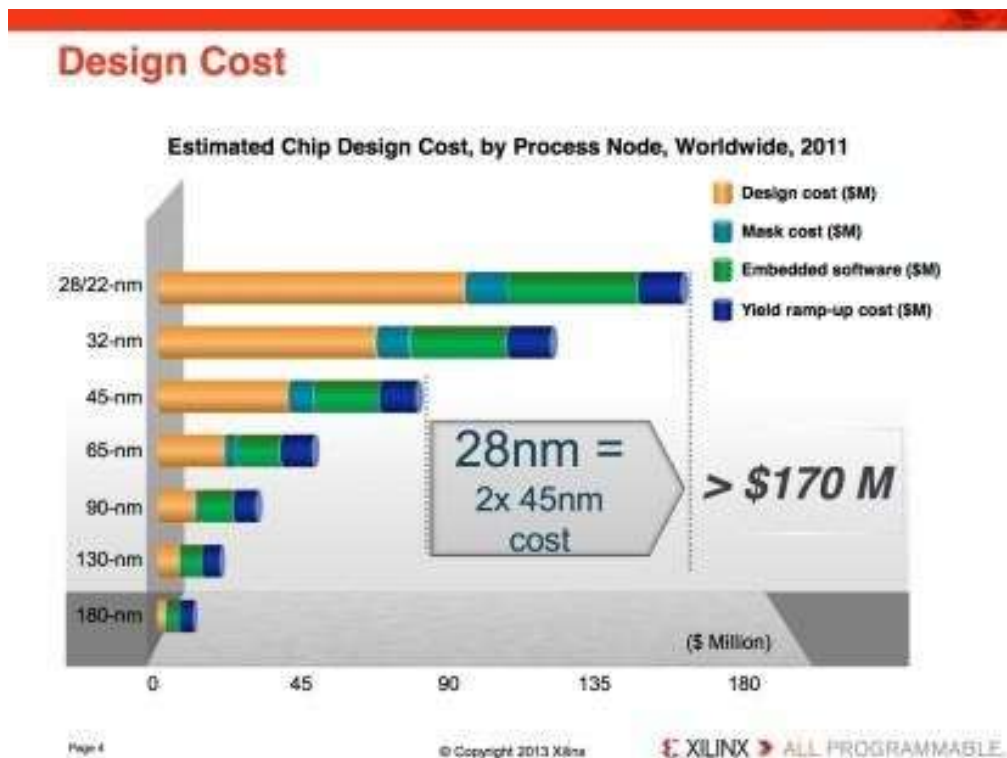
- pinos de I/O genéricos. Na Altera os pinos de I/O precisam de configurar alguns blocos funcionais, limitando o tipo de aplicação.
- Xilinx possui tecnologia tri-state, o que permite reconfiguração dinâmica.
- Kit e software da Altera são mais intuitivos (simples de usar)

## Mercado global FPGAs





## FPGA vs ASIC



Vantagens de usar um FPGAs

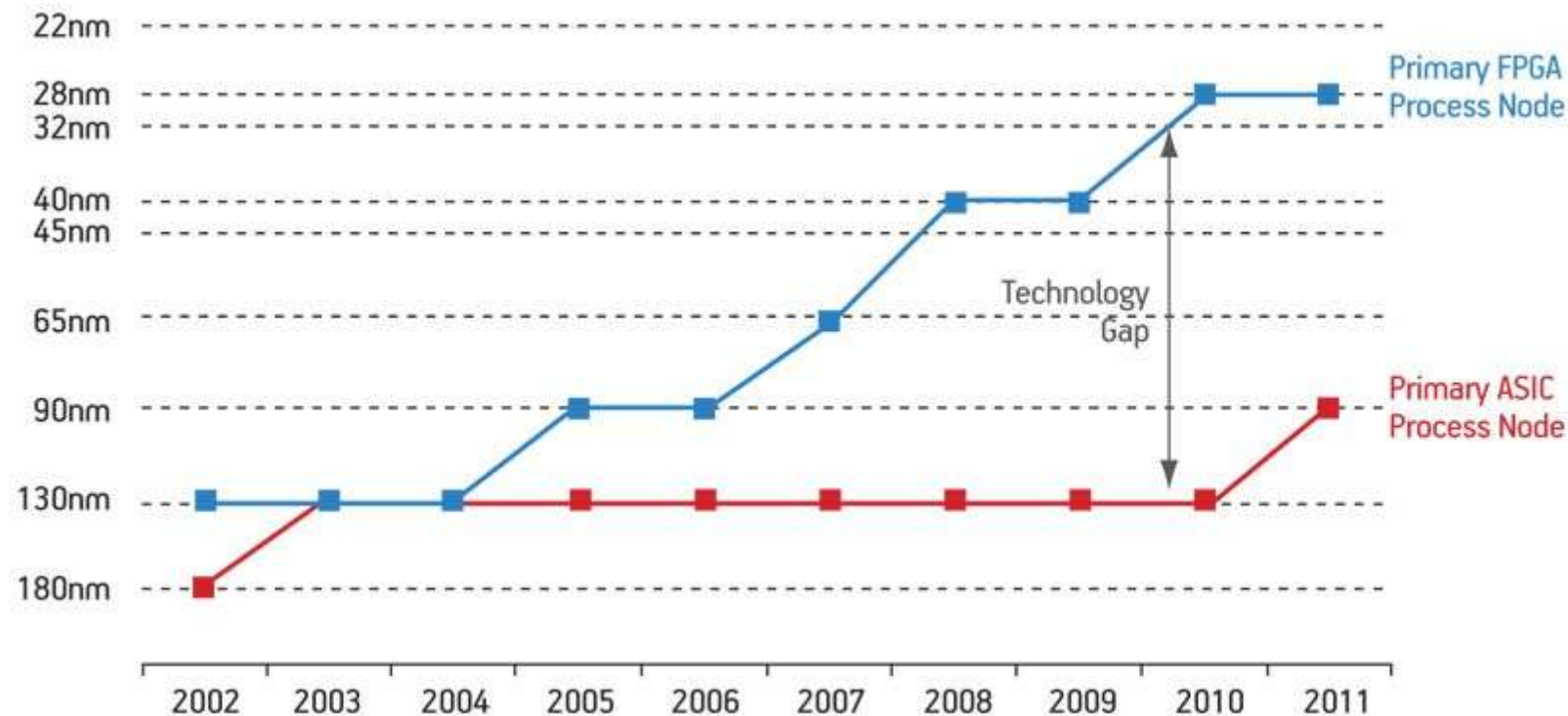
- Custo de projeto em FPGAs é bem menor.
- Time to market favorece as FPGAs
- Facilidade e tempo de desenvolvimento

Desvantagens de usar FPGAs

- Área em silício maior
- Consumo de potência maior
- Custo de produção em massa maior
- Desempenho (freq. Operação) restrita à tecnologia disponível pelo fabricante.

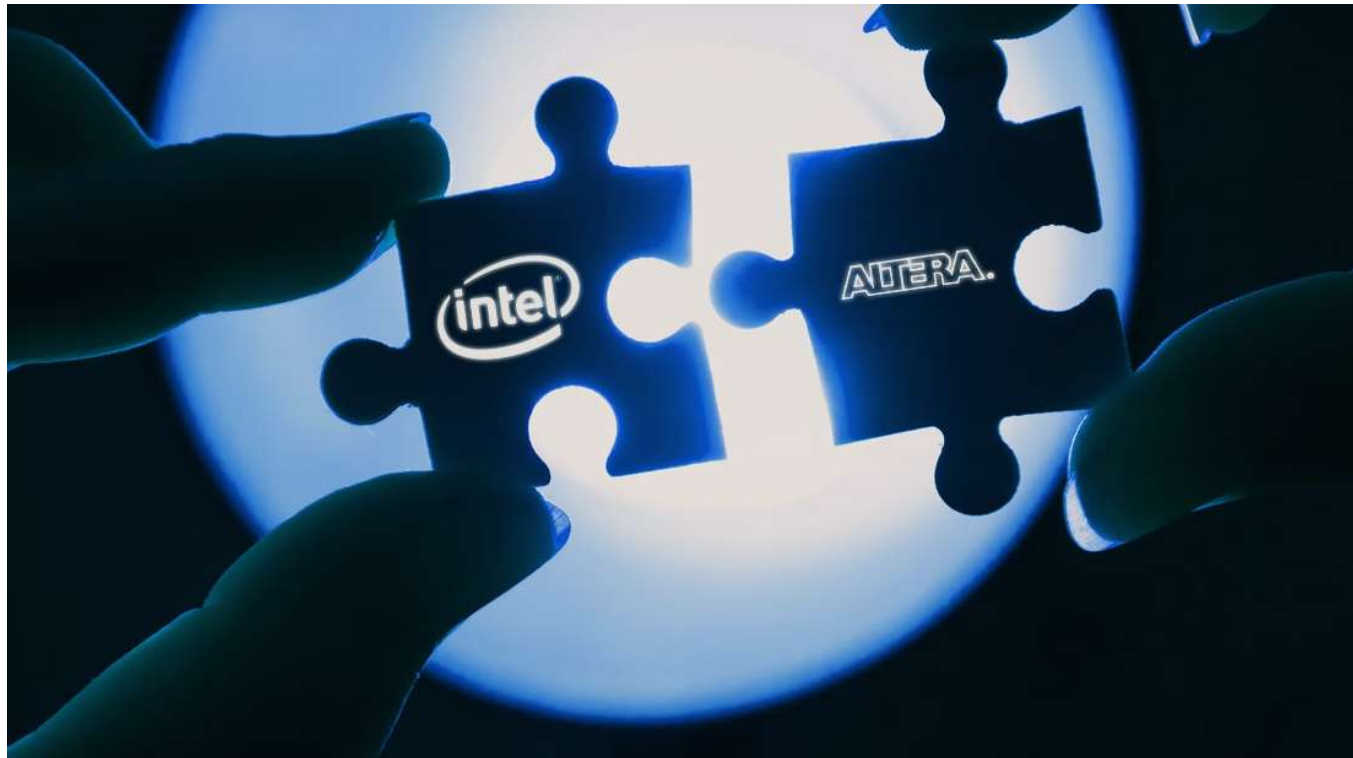
Custo de desenvolvimento em ASICs

## FPGA vs ASIC



FPGAs lideram o processo tecnológico em relação ao tamanho de canal de transistor. Isto tem permitido desenvolver plataformas para prototipagem de **Sistemas em Chip** de alto desempenho

O maior fabricante de processadores (Intel) comprou Altera em Junho de 2015. Isto poderia permitir um novo avanço no desempenho computacional no futuro próximo.



## Ambientes de Prototipação - FPGA



Kit Spartan3 – Xilinx  
(Spartan3S200)

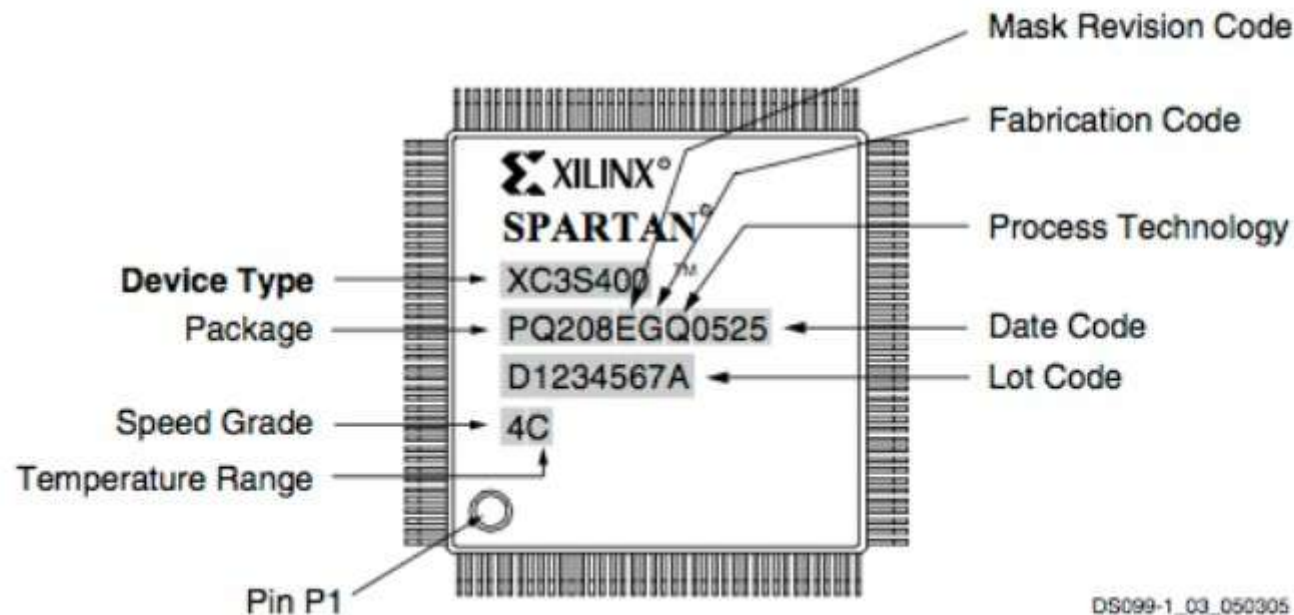


Kit Nexys2  
(Spartan3E500)



Kit Nexys3  
(Spartan6LX16)

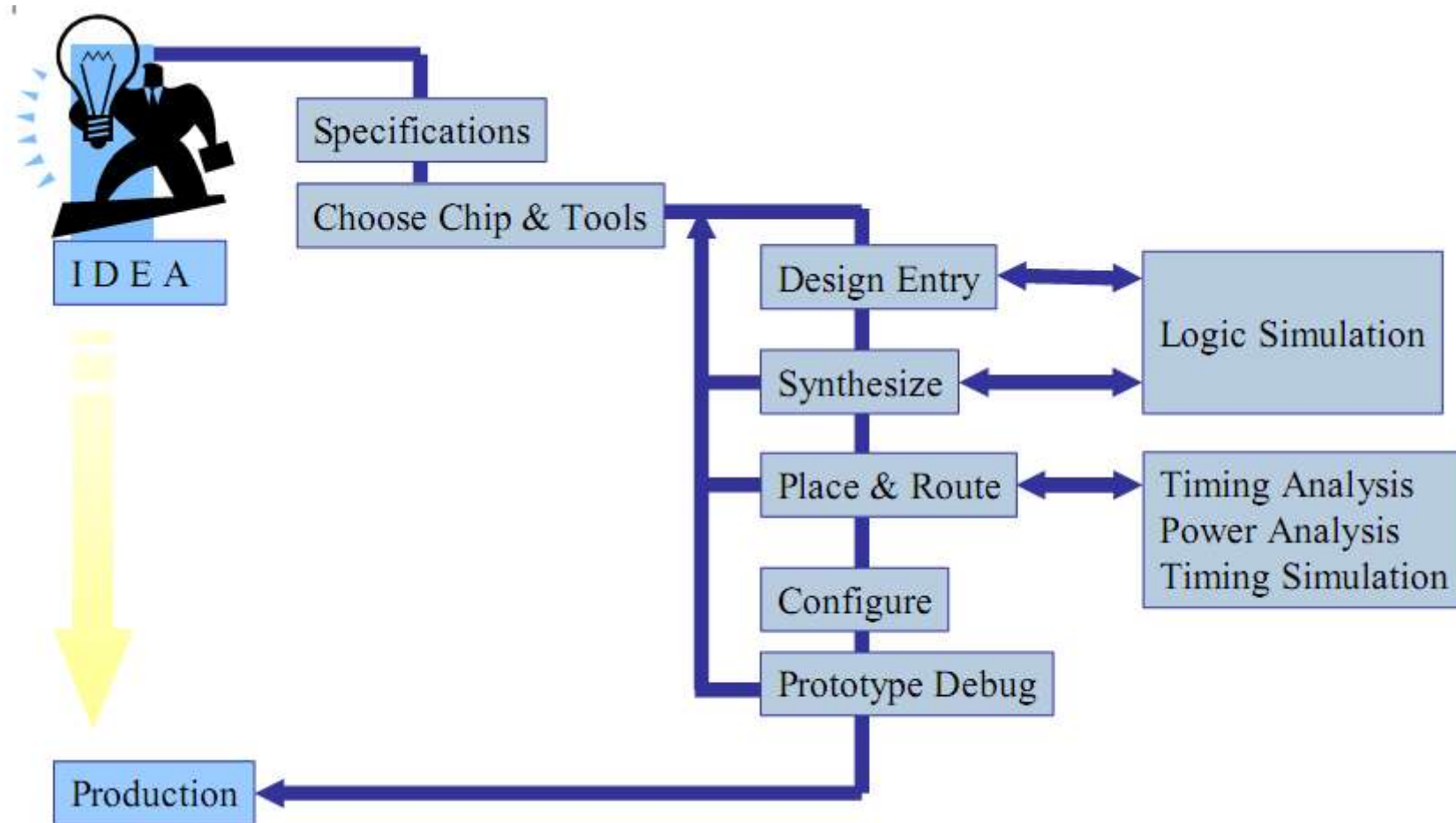
## Detalhando um pouco mais o FPGA da família Spartan 3



DS099-1\_03\_050305



## Fluxo de desenvolvimento para FPGAs



## Fluxo de desenvolvimento para FPGAs

