

# Laboratório de Sistemas Digitais

## Aula Teórico-Prática 1

Ano Letivo 2024/25

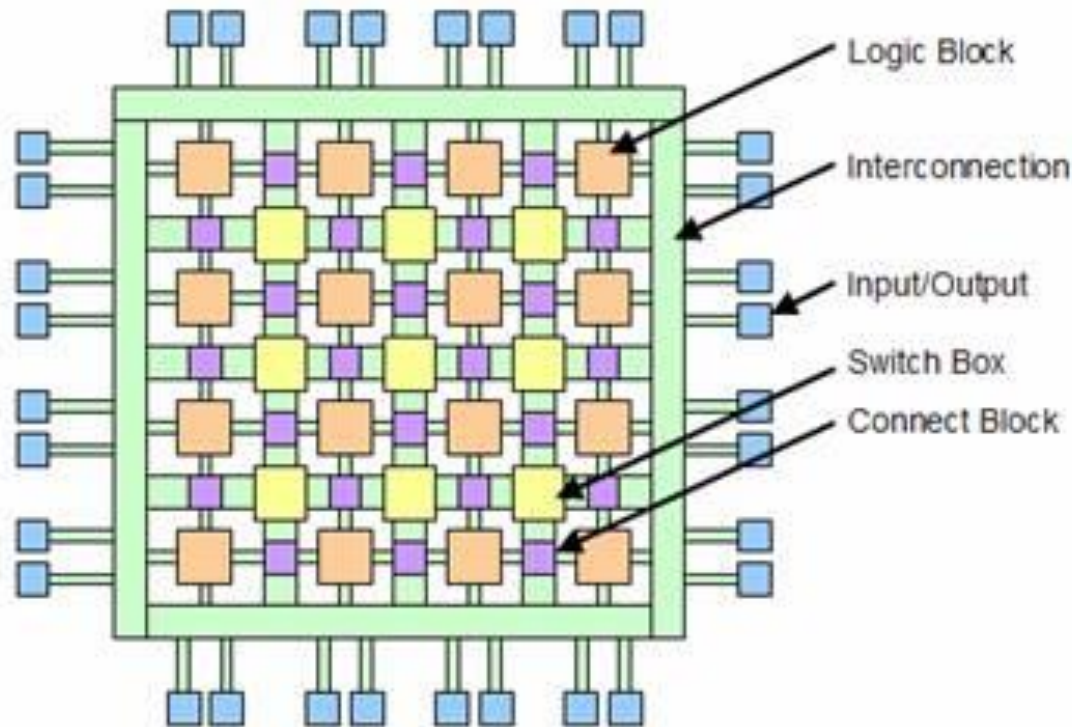
Introdução às FPGA, ferramentas de projeto e *kit* de desenvolvimento

# Conteúdo

- Breve introdução às FPGA
  - Arquitetura básica
  - Fluxo e ferramentas de projeto
  - Placas de desenvolvimento
    - *kit* Terasic DE2-115 (usado nas aulas práticas)

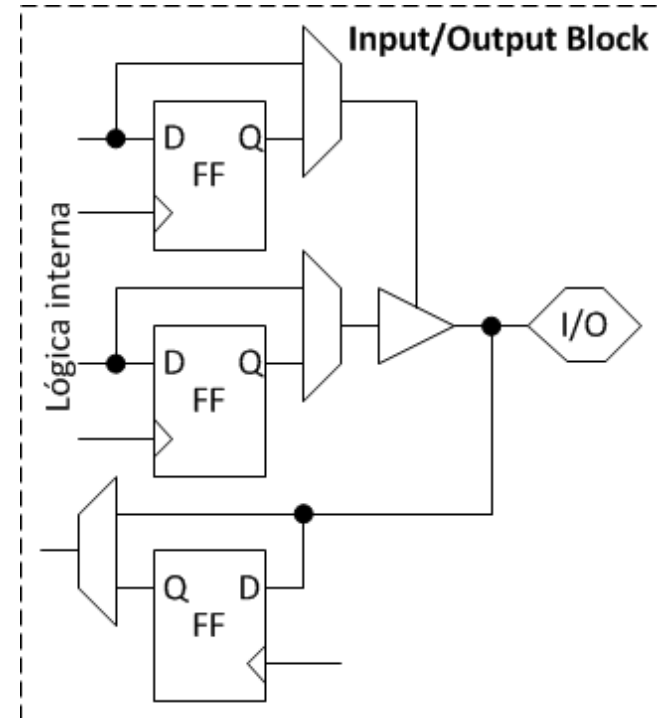
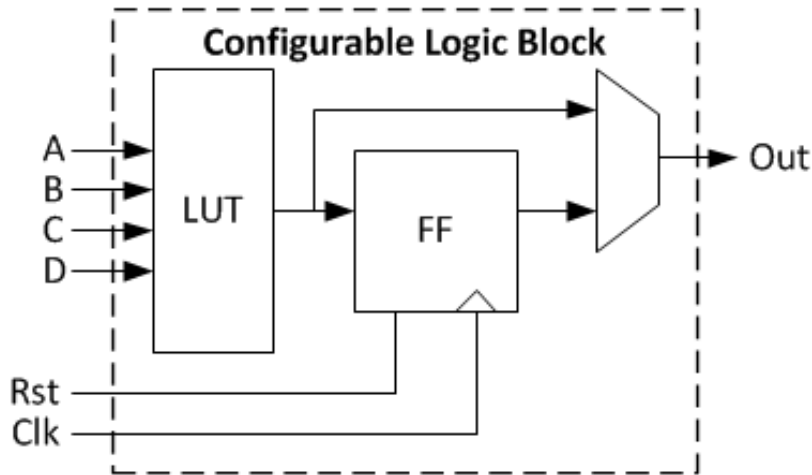
# FPGA – Field Programmable Gate Array

- De uma forma muito resumida é uma matriz de blocos lógicos interligados de modo inteligente
- Podem ser reprogramadas para a aplicação desejada



# FPGA – Field Programmable Gate Array

- A arquitetura consiste em
  - Blocos lógicos configuráveis
  - Blocos de entrada/saída (I/O)
  - Blocos de comutação programáveis



LUT = Look-Up Table – tabela de verdade: saída é determinada pela combinação das entradas

Neste caso, a LUT é 4:1 e a tabela contém 16 valores de 1 bit

# FPGA – Field Programmable Gate Array

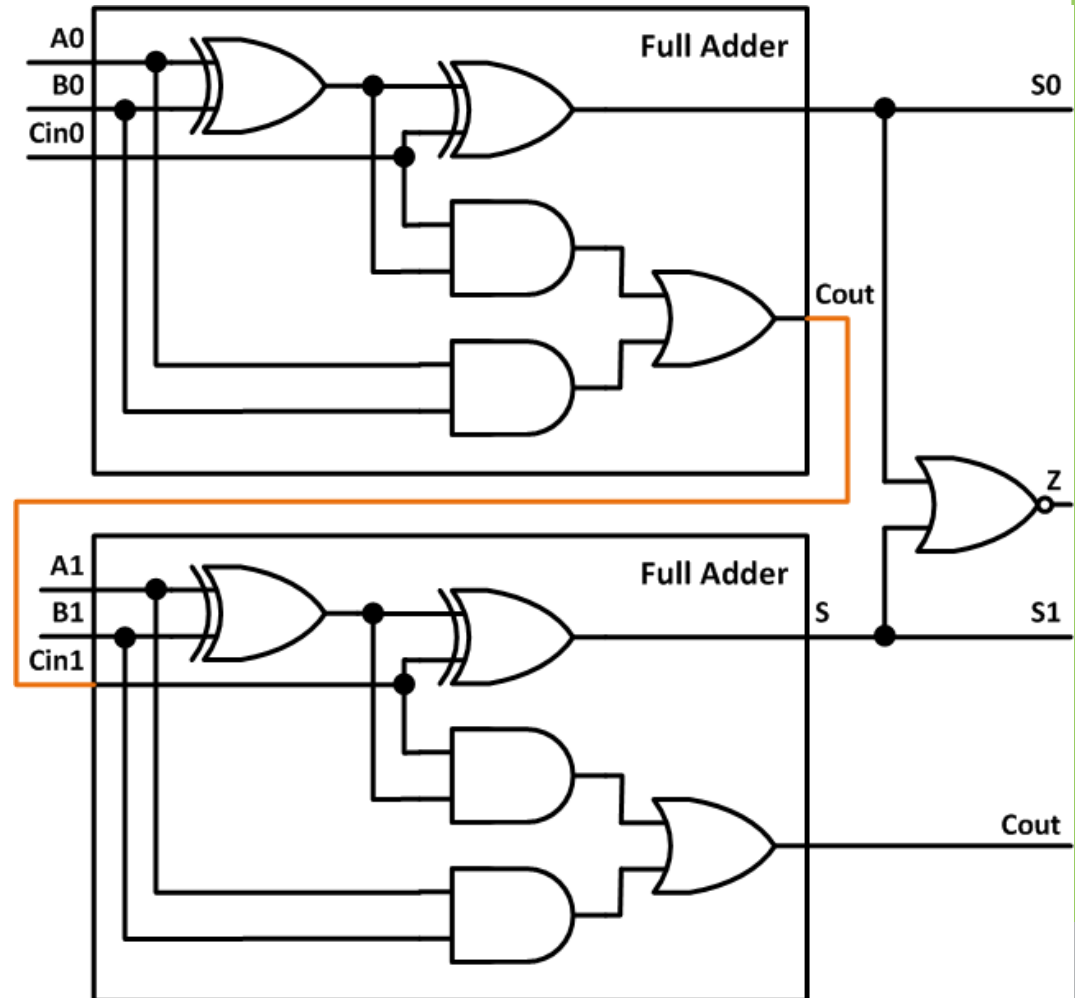
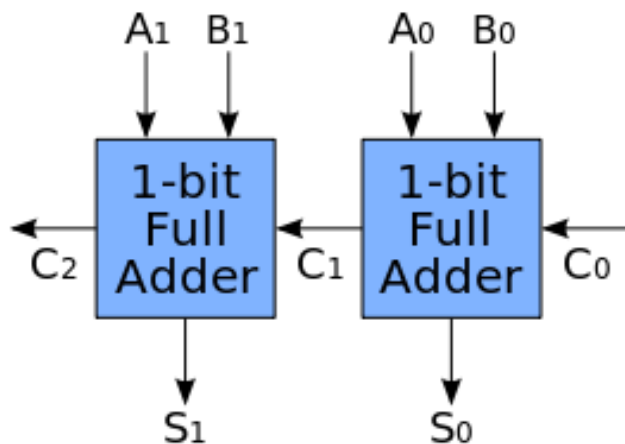
- Blocos lógicos configuráveis
  - Constituídos por LUTs, flip-flops, ...
- Blocos de entrada/saída (I/O)
  - Buffers, que funcionam como um pino bidirecional de entrada e saída da FPGA, com a possibilidade de registar sinais
- Blocos de comutação programáveis
  - Trilhas/linhas utilizadas para conectar os blocos lógicos e blocos I/O. O processo de escolha das interligações é chamado de encaminhamento



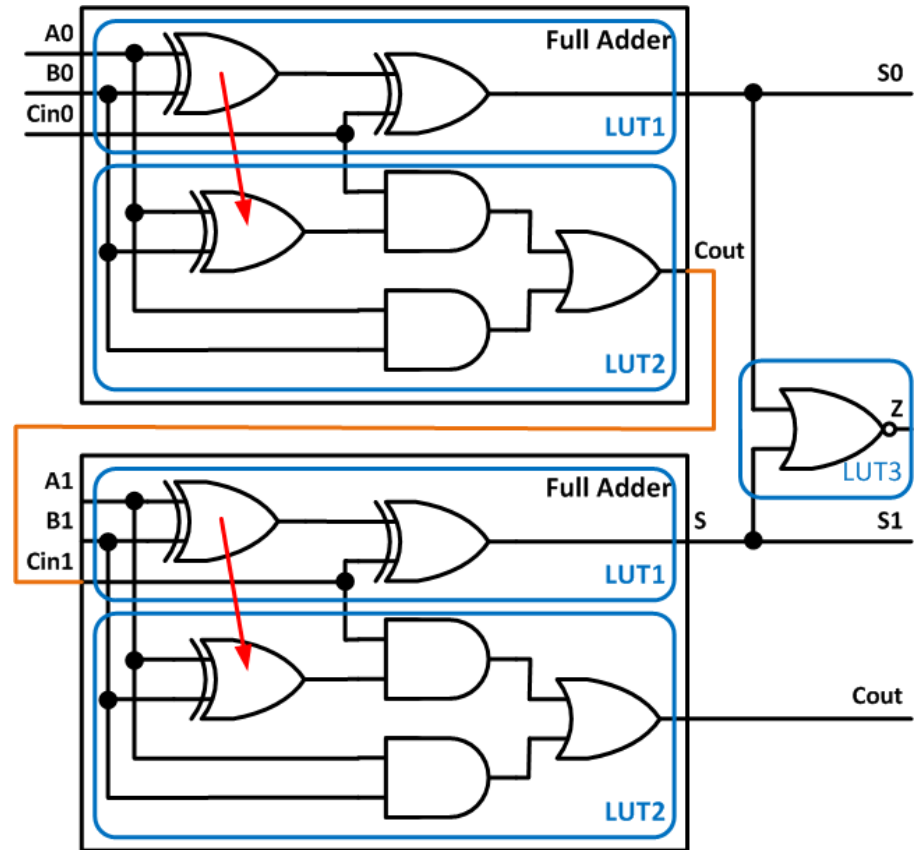
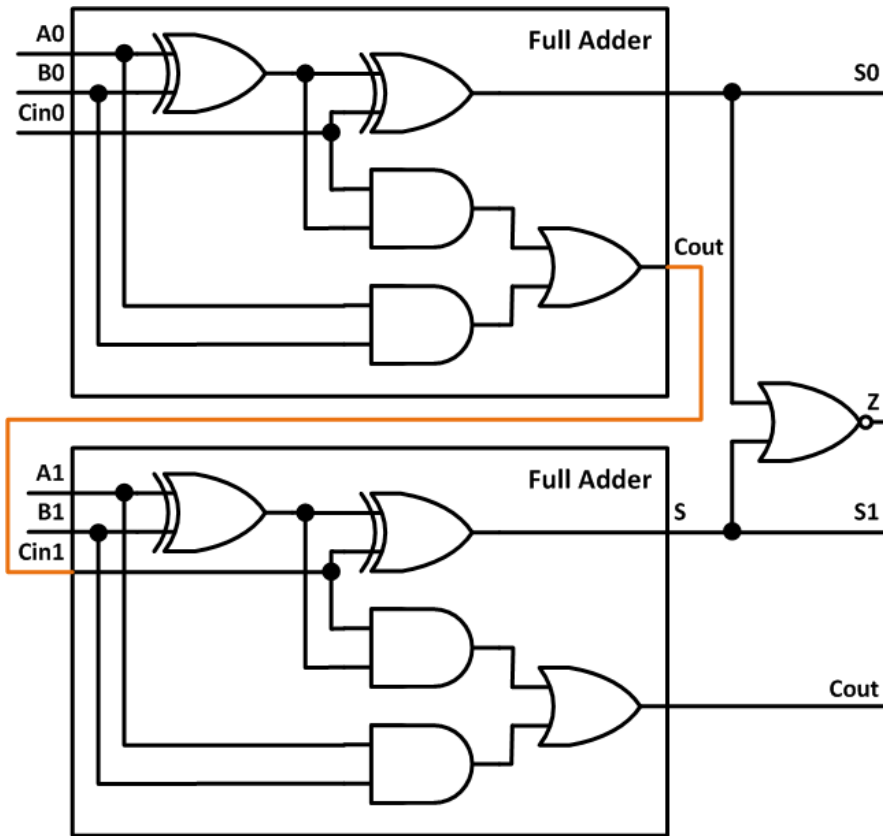
Um circuito é constituído por vários blocos lógicos, blocos de comutação/interligação e blocos de entrada/saída

# Circuitos Combinatórios com LUTs

**Exemplo** : somador de 2 bits com detecção de soma nula ( $S1=0$  e  $S0=0$ )  
 $Z = S1' \cdot S0'$



# Adaptação do Circuito para Implementação com LUTs



Por vezes é necessário “replicar” lógica (absorvida pela LUT). Porquê?  
Quantas LUTs 4:1 são necessárias?

# Circuitos Combinatórios com LUTs

LUT1 (3 variáveis)

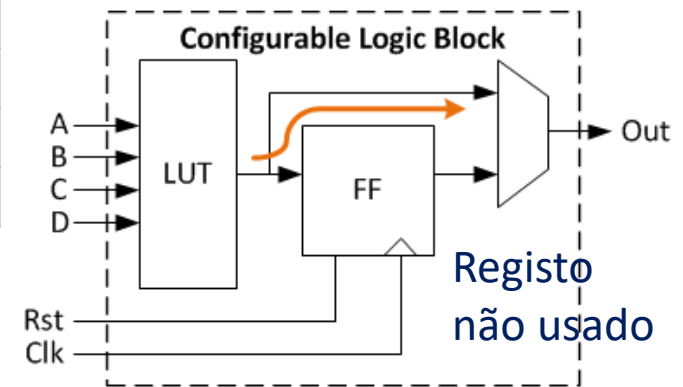
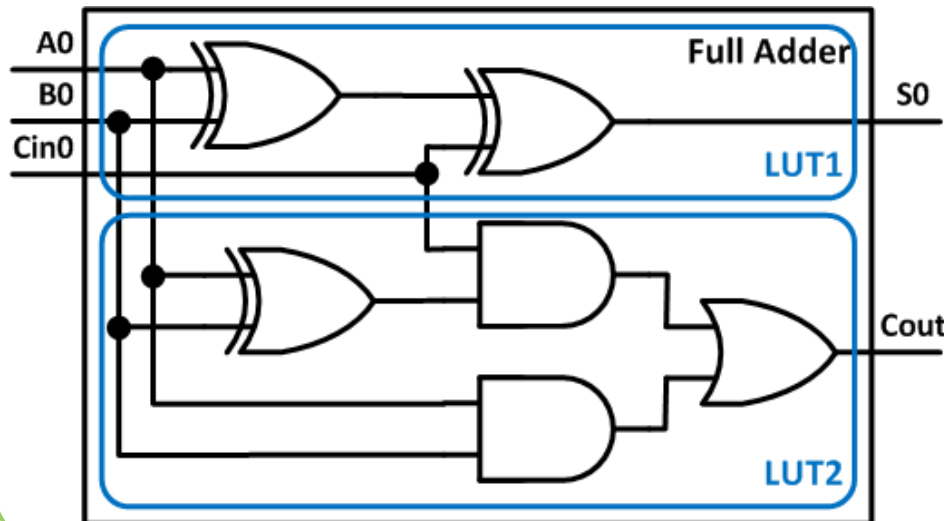
A	B	Cin	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

LUT2 (3 variáveis)

A	B	Cin	Cout
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

LUT3 (2 entradas)

S1	S0	Z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



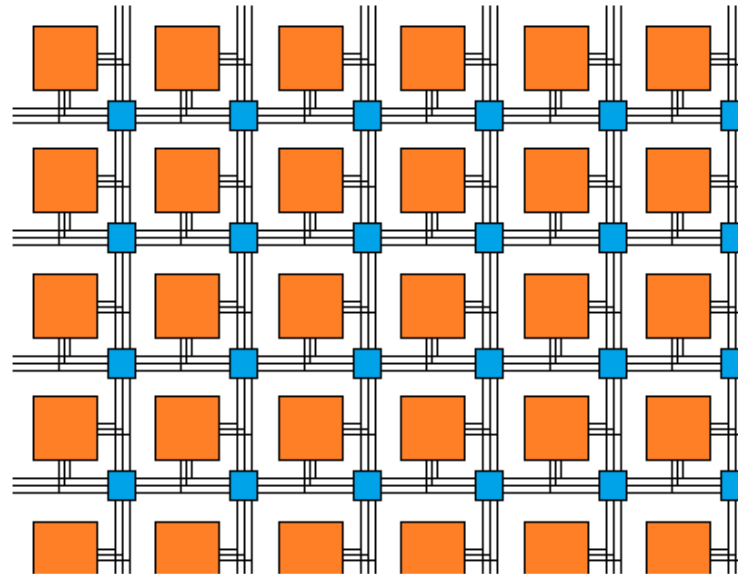
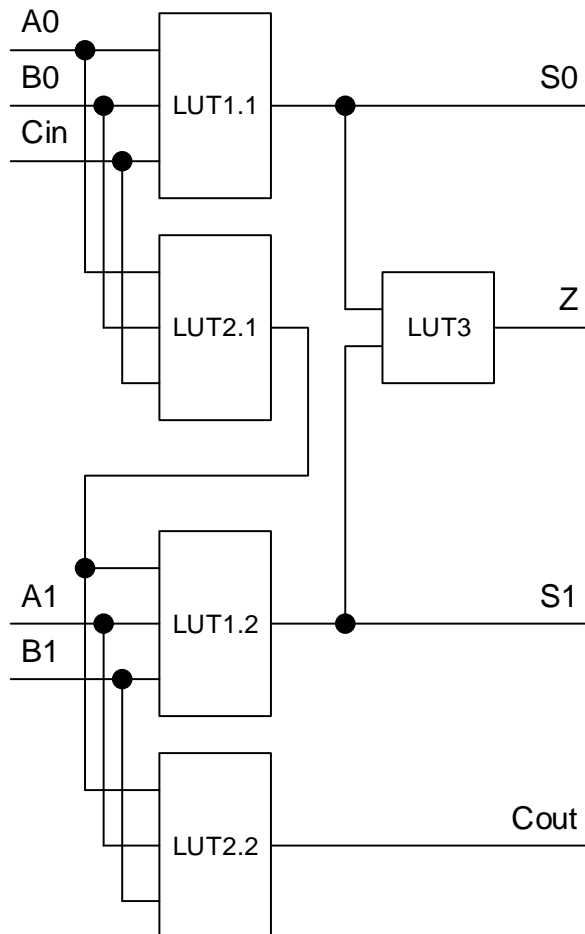
Mapeamento em LUTs realizado pela ferramentas de implementação

Como implementar uma LUT de 2 ou 3 entradas a partir de uma de 4 entradas?

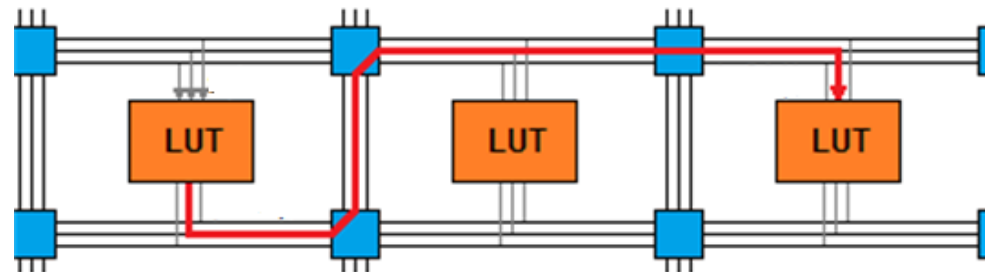


# Posicionamento e Interligação de LUTs (e Logic Blocks) nas FPGAs

Implementação do  
somador com LUTs



"Clean slate" FPGA: programmable **gates** and **routers**

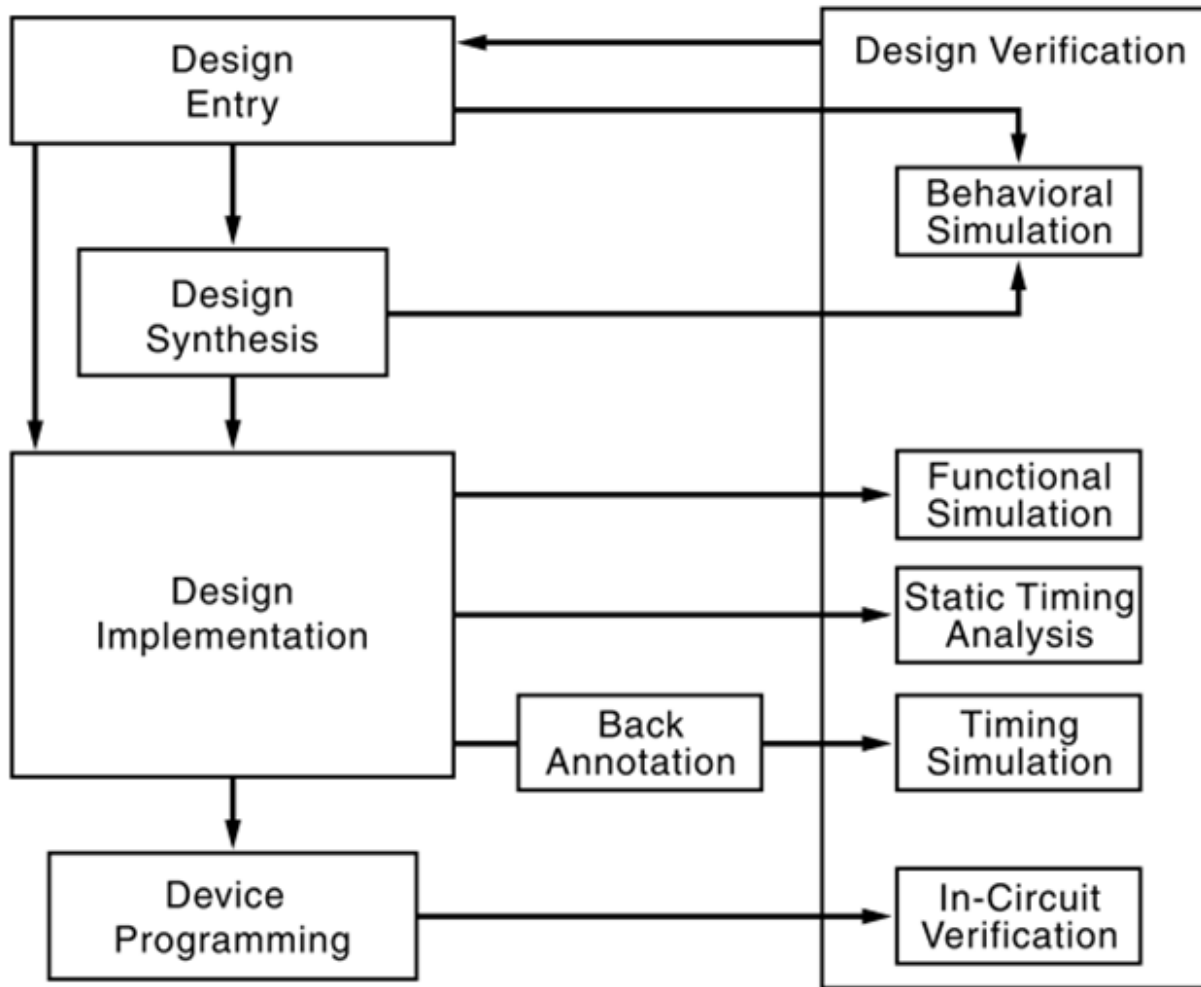


Routing from the LUT to another through **switch boxes**

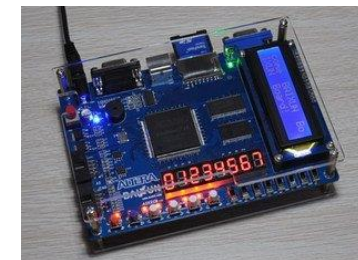
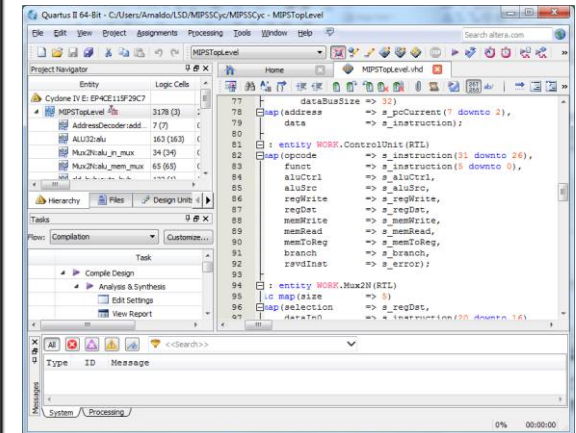
Realizado pelas  
ferramentas de  
projeto

Fonte:  
<http://www.yosefk.com/blog/category/hardware>

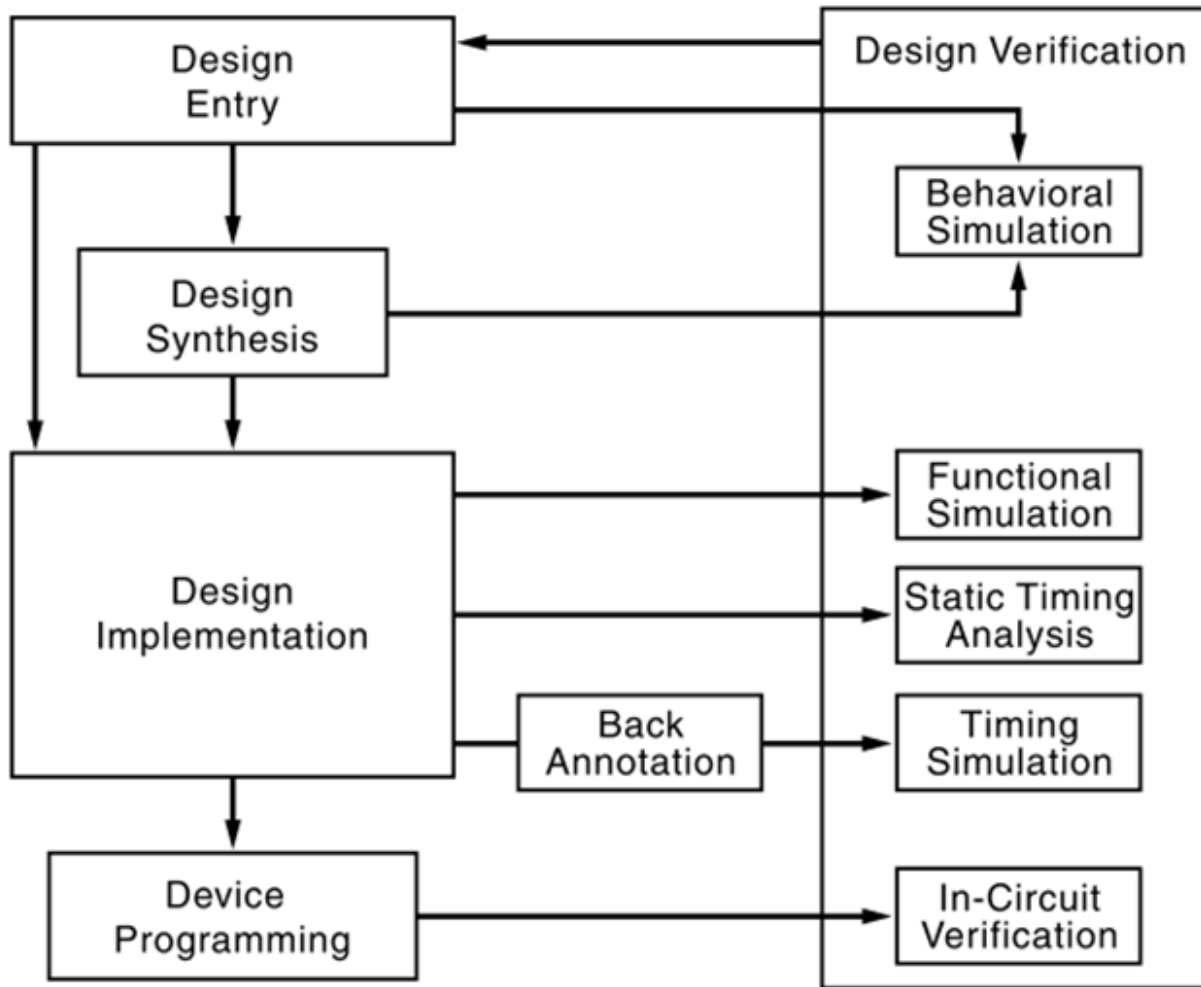
# FPGA Design Flow



- *Design entry* baseado em:
  - Linguagens de descrição de hardware
  - Diagramas esquemáticos
  - Diagramas de estado

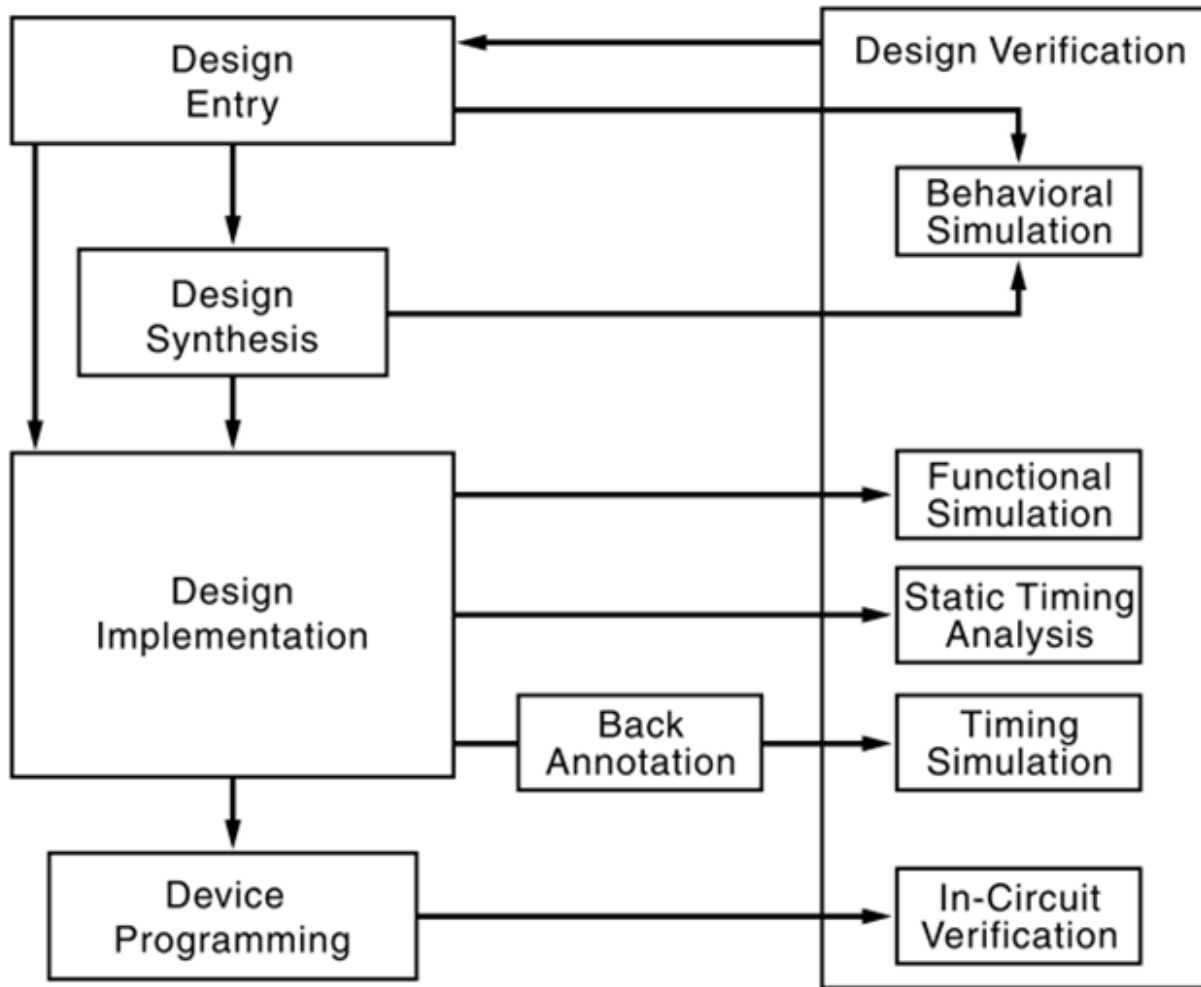


# Síntese Lógica (Synthesis)



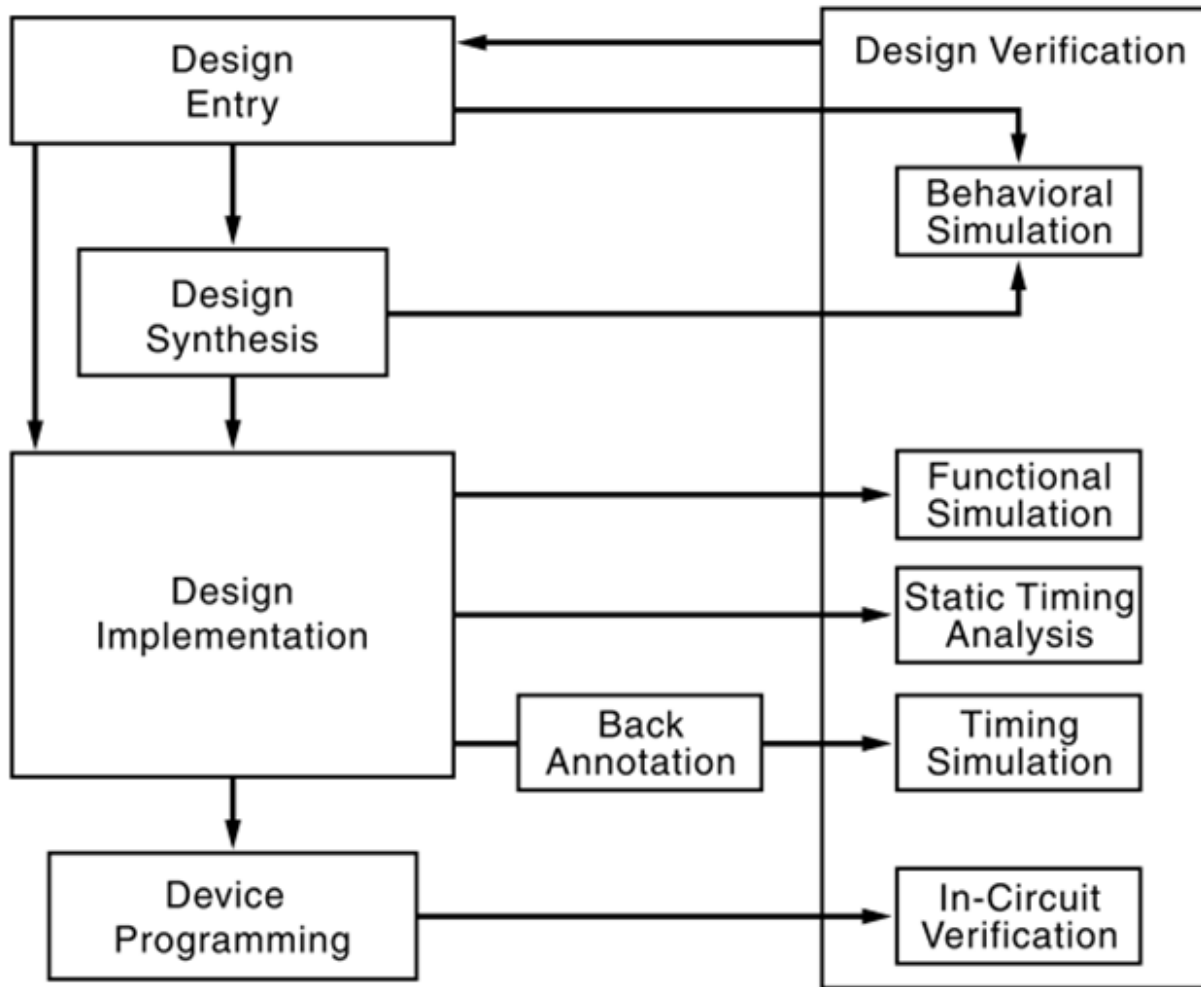
- Resulta numa netlist (i.e. nos componentes de hardware e suas interconexões) que implementam o comportamento e a estrutura modeladas
- Resultado
  - Netlist
  - Estimativas de desempenho do circuito e recursos lógicos necessários

# Implementação (Fit / Place and Route)



- Mapeia a netlist em primitivas da FPGA
- Posiciona as primitivas em localizações específicas da FPGA
- Realiza (encaminha) as interconexões entre as primitivas
- Resultados
  - Ficheiro de configuração da FPGA
  - Relatório sobre os recursos utilizados da FPGA, tempos de atraso e outras métricas (consumo energético, ...)

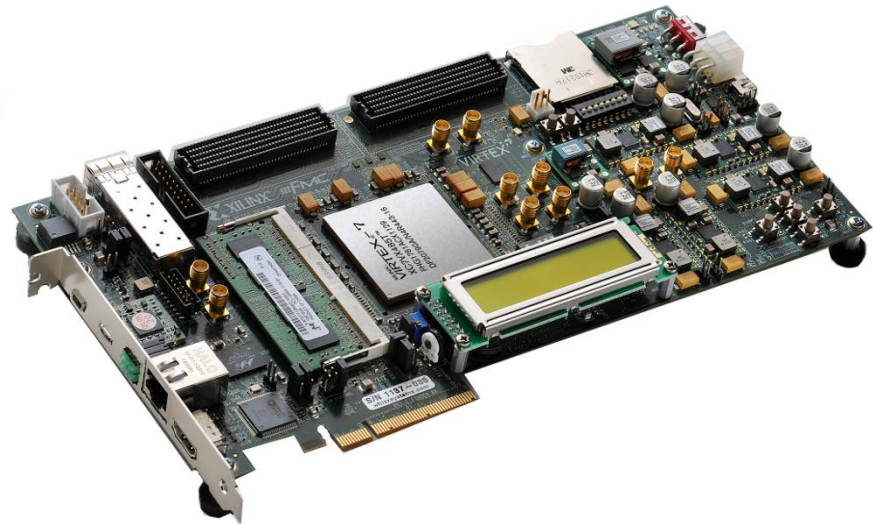
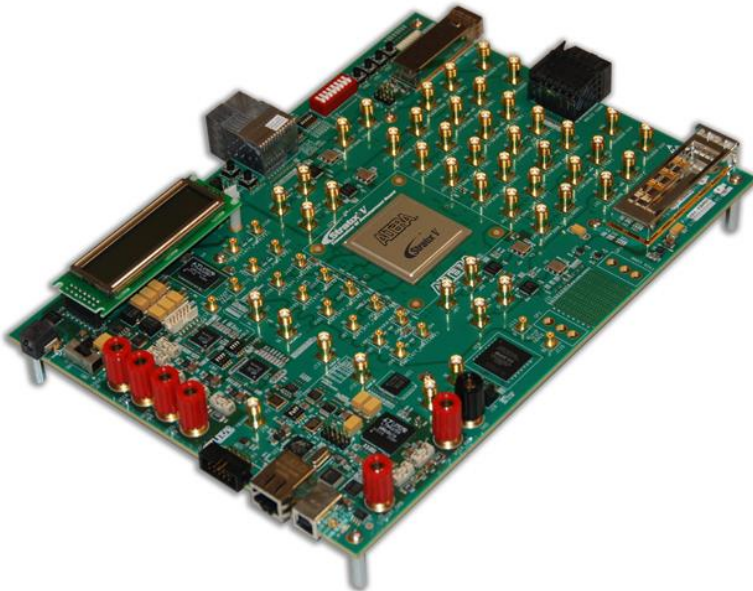
# Programação do Dispositivo (FPGA)



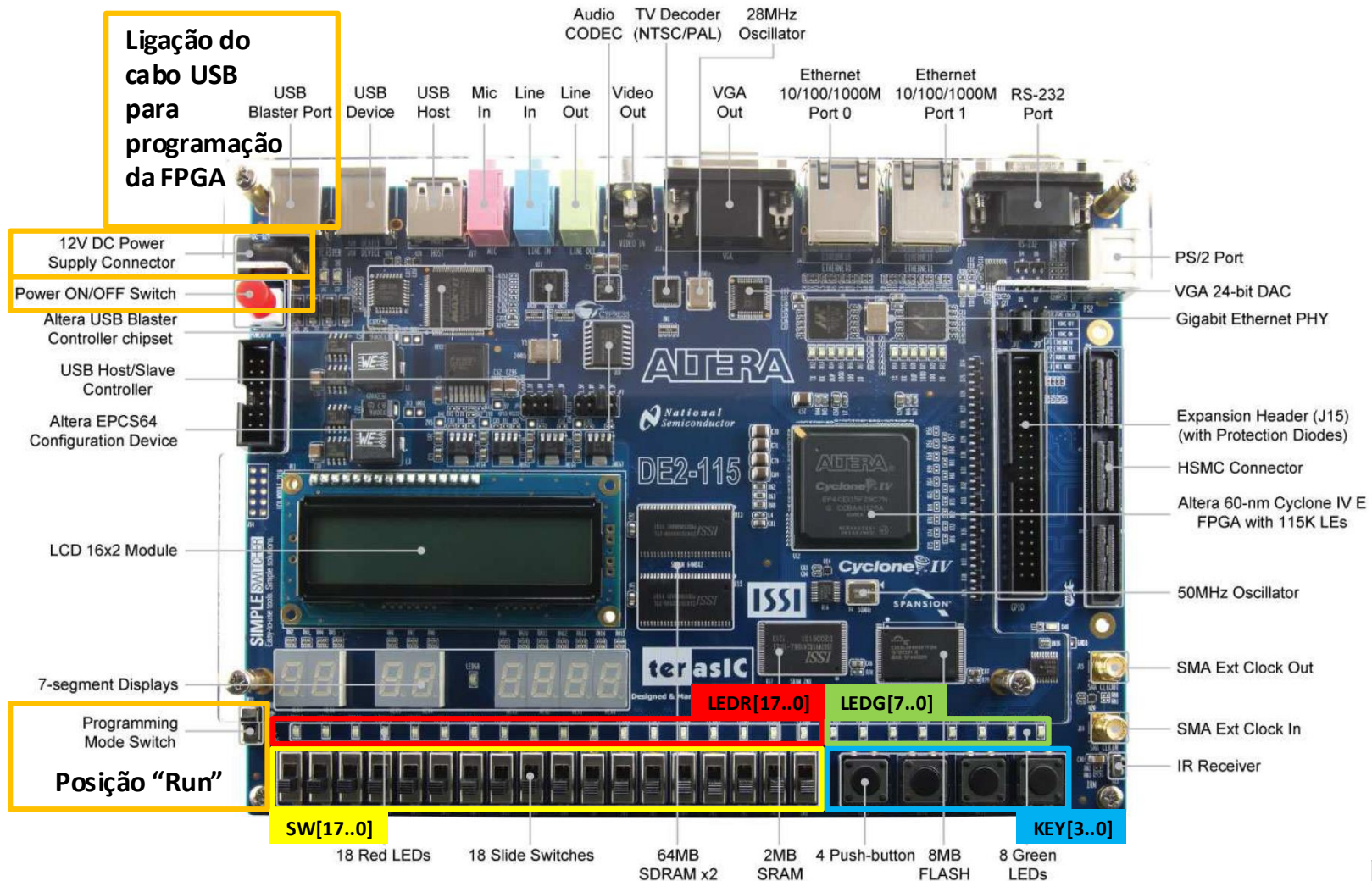
- Transfere o ficheiro de configuração para a FPGA
  - Realizada através de software e de um cabo de programação adequado
  - FPGA normalmente baseada em SRAM (configuração volátil)
  - Existem também soluções não voláteis baseadas em memórias FLASH



# Placas de Desenvolvimento com FPGAs



# O Kit Terasic DE2-115



# Comentários Finais

- No final da primeira semana de aulas de LSD, deverá ser capaz de:
  - saber o que é uma FPGA, conhecer em traços gerais a sua arquitetura interna típica e descrever os passos principais do fluxo de projeto
- Mais informação sobre as aulas práticas, kit com FPGA e ferramentas de projeto no site da UC
  - [elearning.ua.pt](http://elearning.ua.pt)