

Laboratório de Sistemas Digitais

Aula Teórico-Prática 1

Ano Letivo 2023/24

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

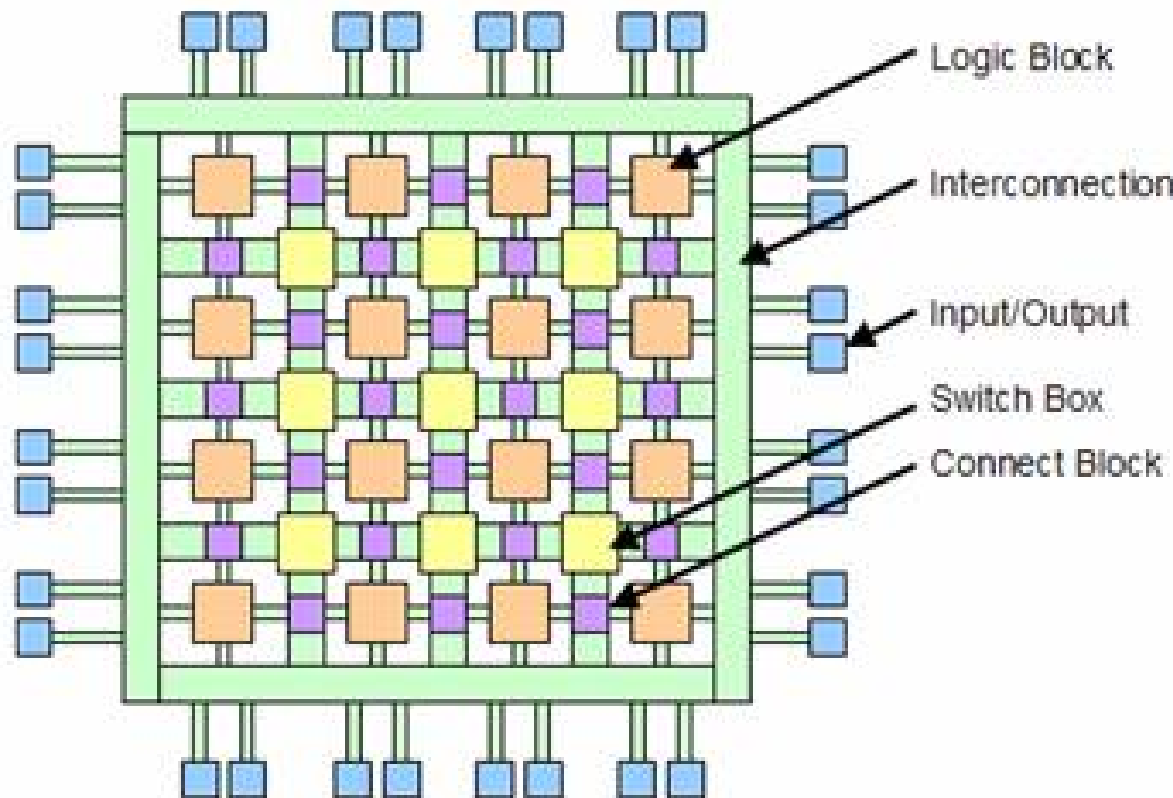


Conteúdo

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

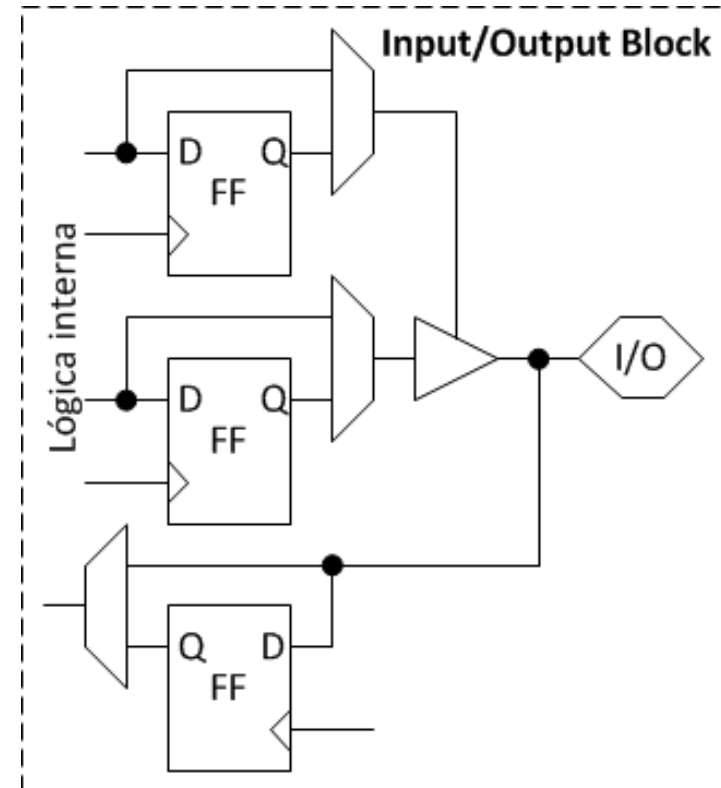
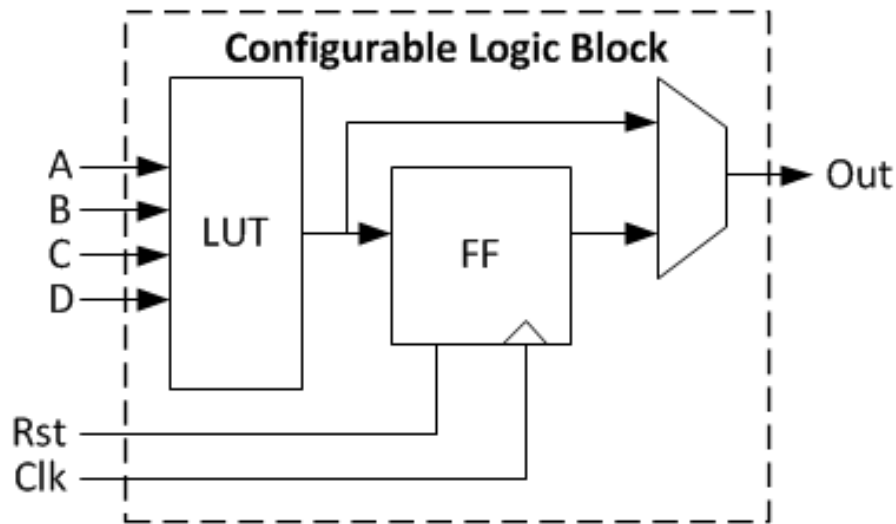
FPGA – Field Programmable Gate Array

- 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

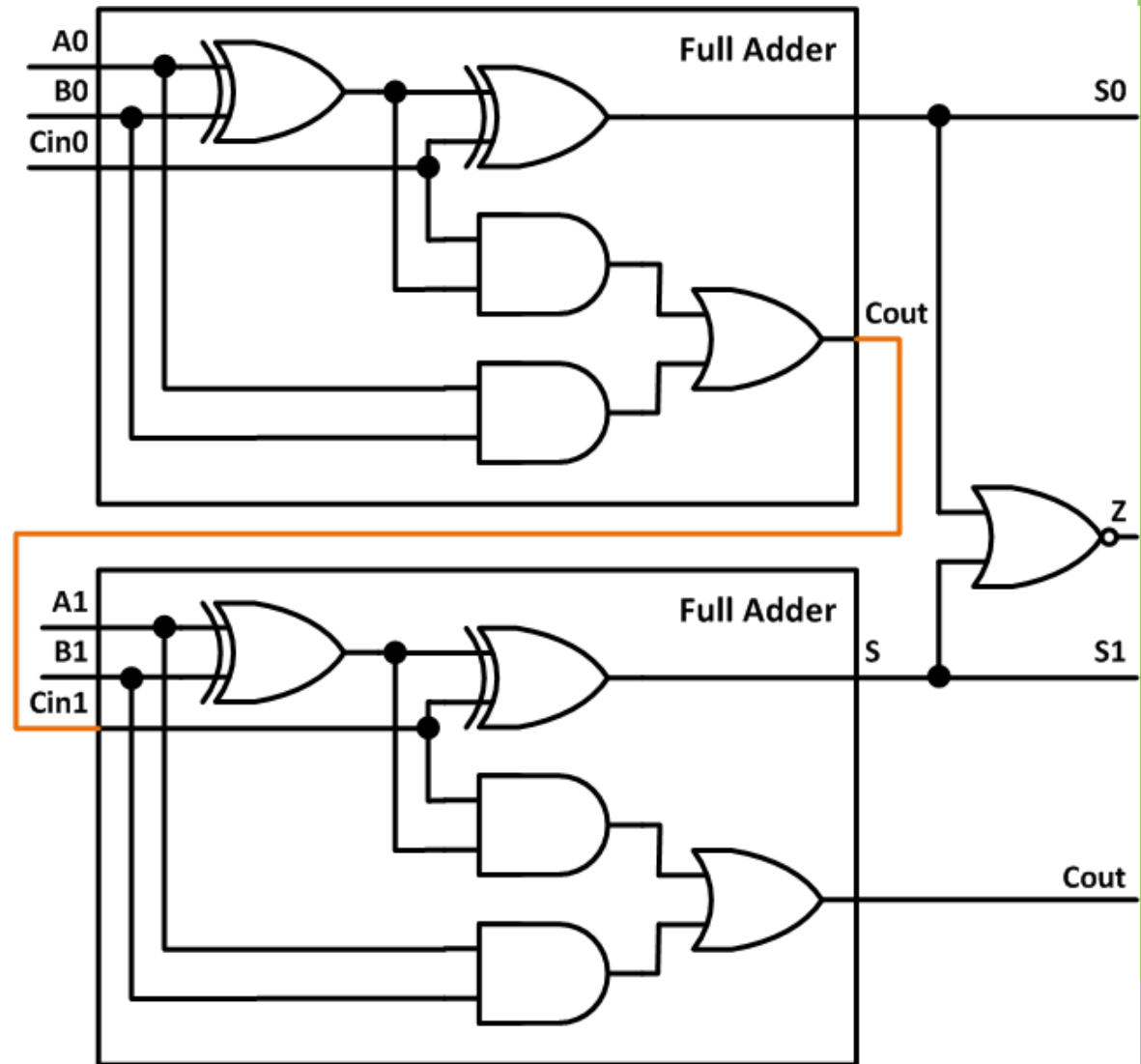
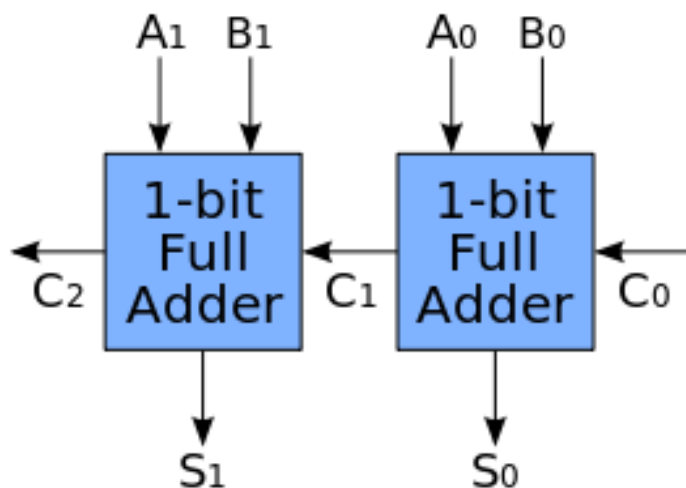


Um circuito é constituído por vários blocos lógicos, blocos de comutação/interligação e blocos de entrada/saída

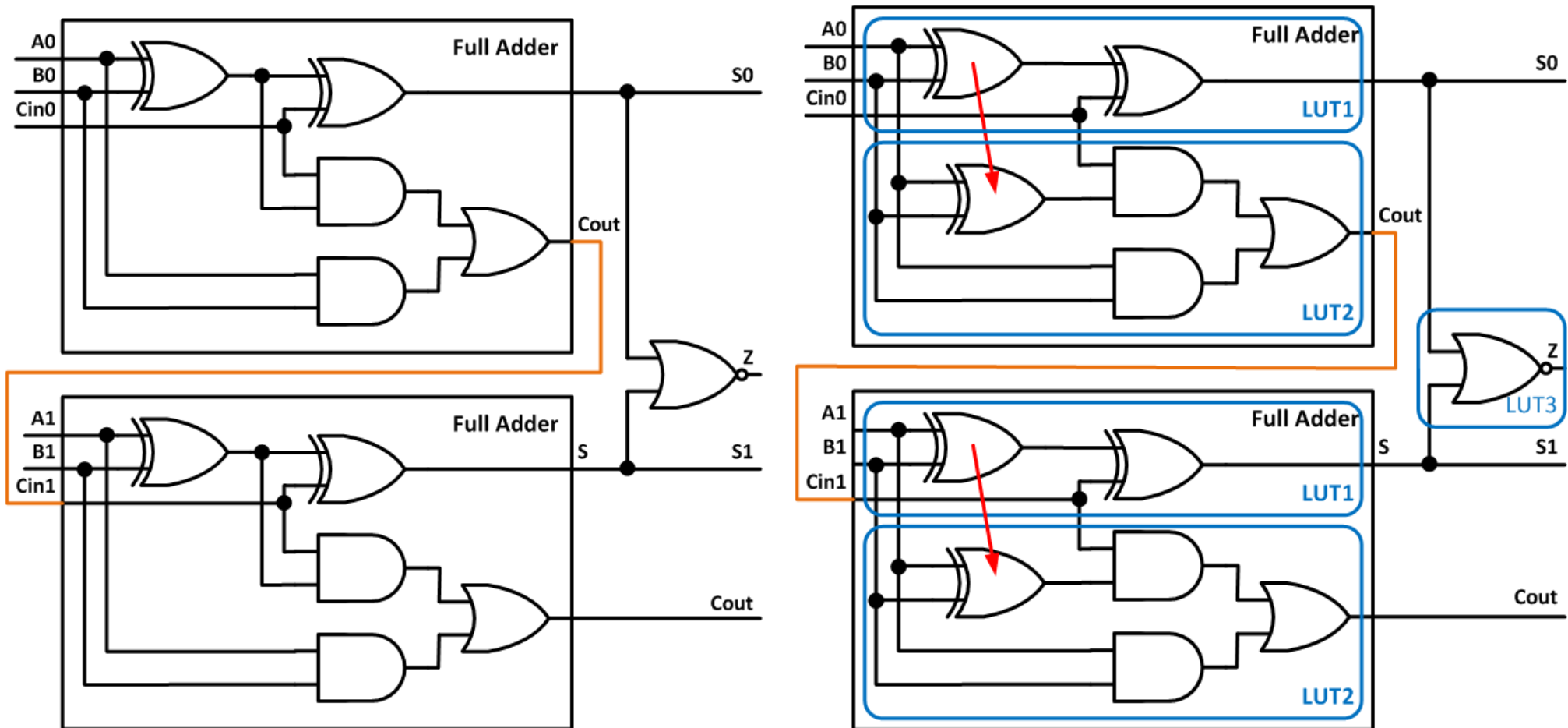
Circuitos Combinatórios com LUTs

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)

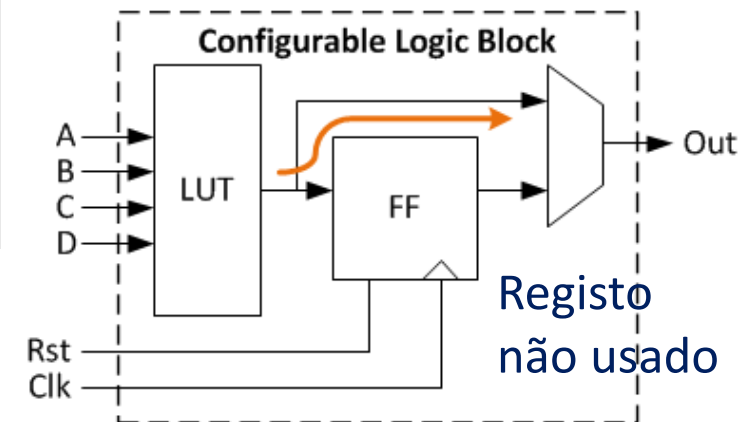
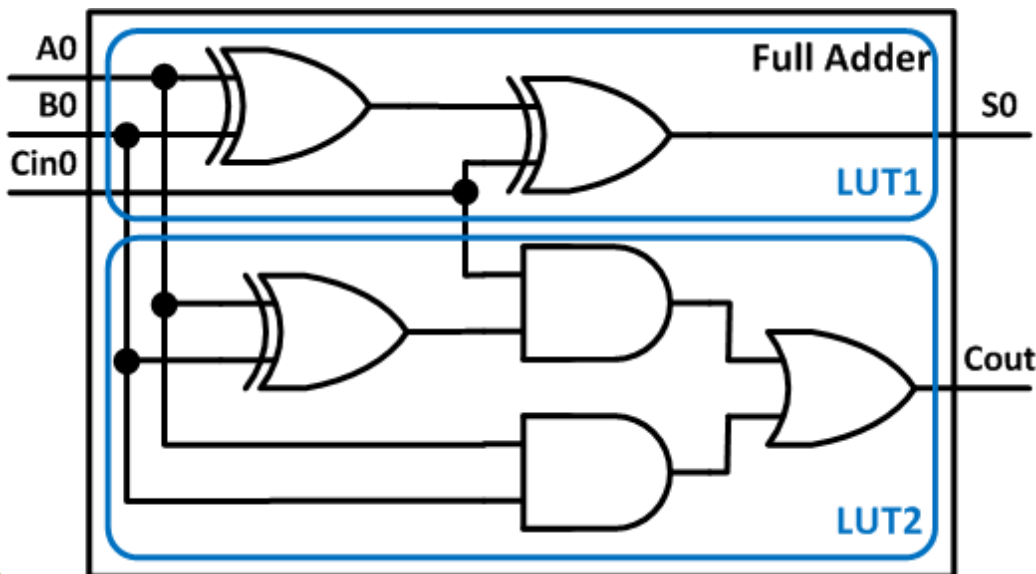
A	B	Cin	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

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

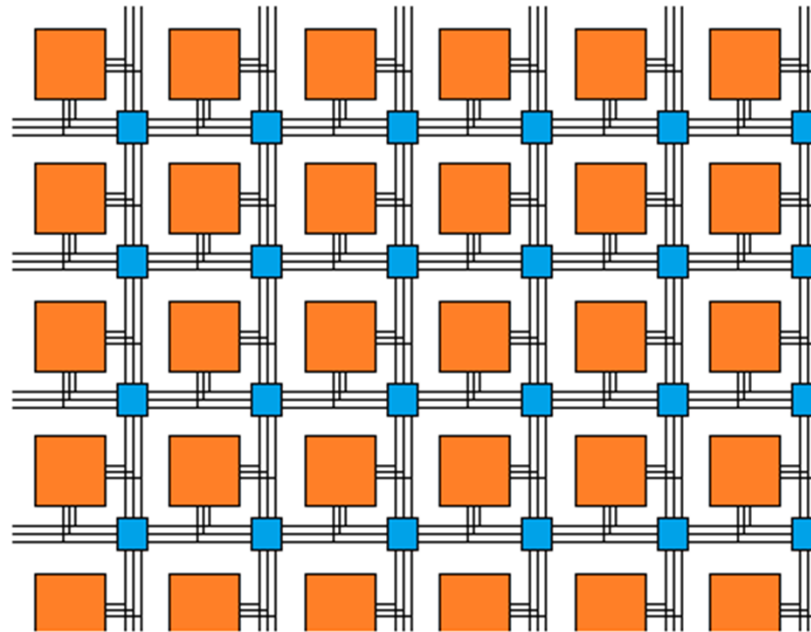
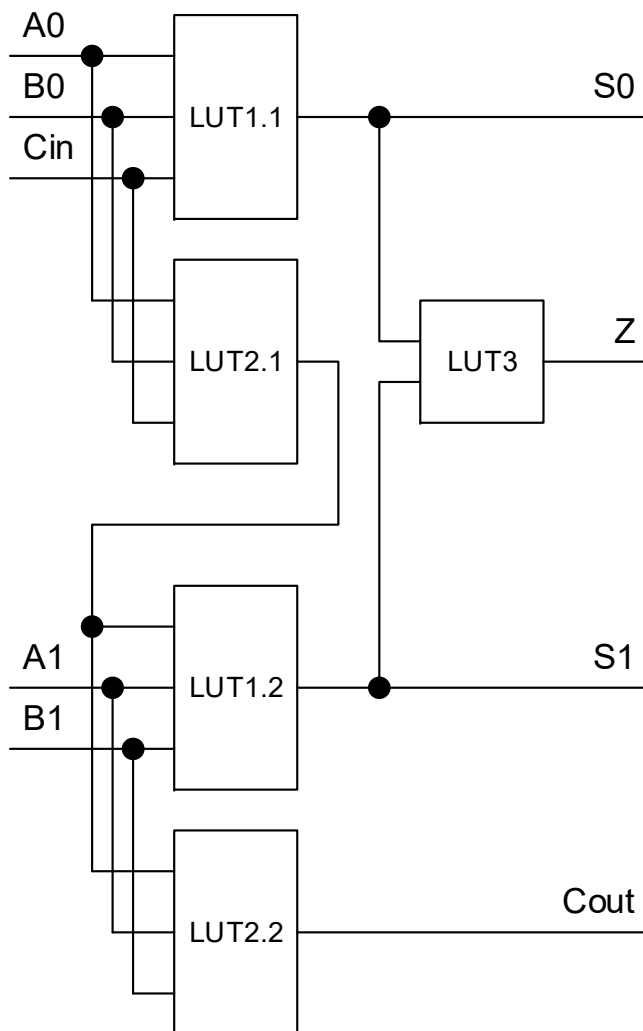


Mapeamento em LUTs realizado pela ferramentas de implementação

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

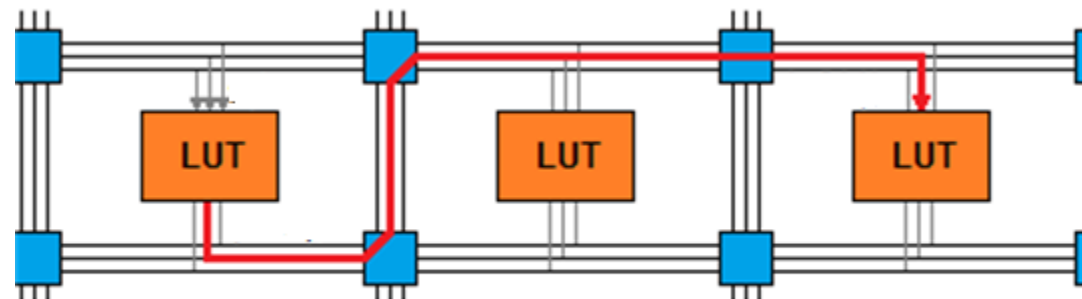
Posicionamento e Interligação de LUTs (e Logic Blocks) nas FPGAs

Implementação do somador com LUTs



Realizado pelas ferramentas de projeto

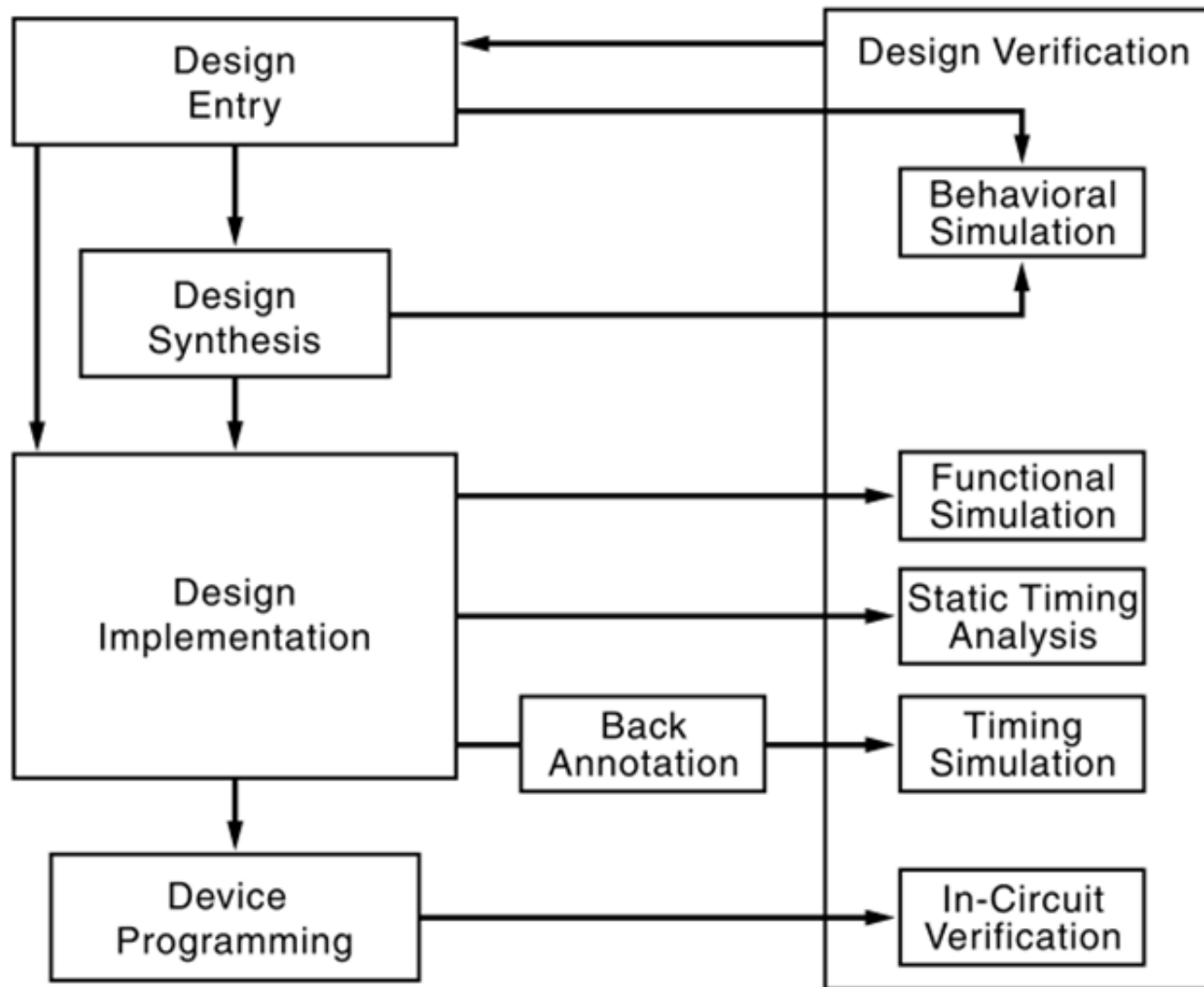
"Clean slate" FPGA: programmable **gates** and **routers**



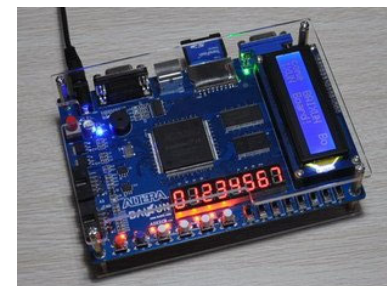
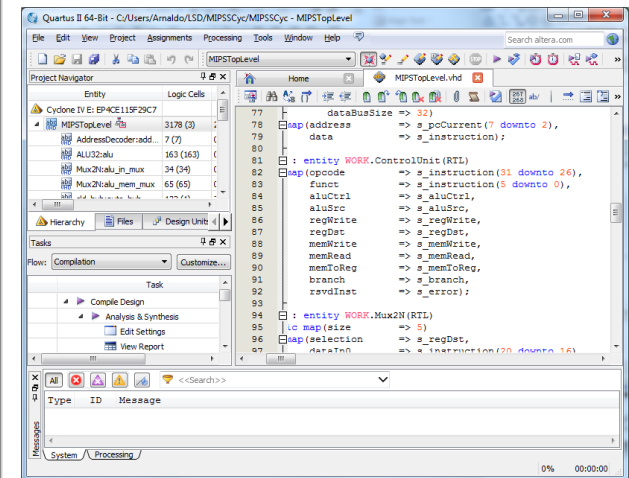
Routing from the LUT to another through **switch boxes**

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

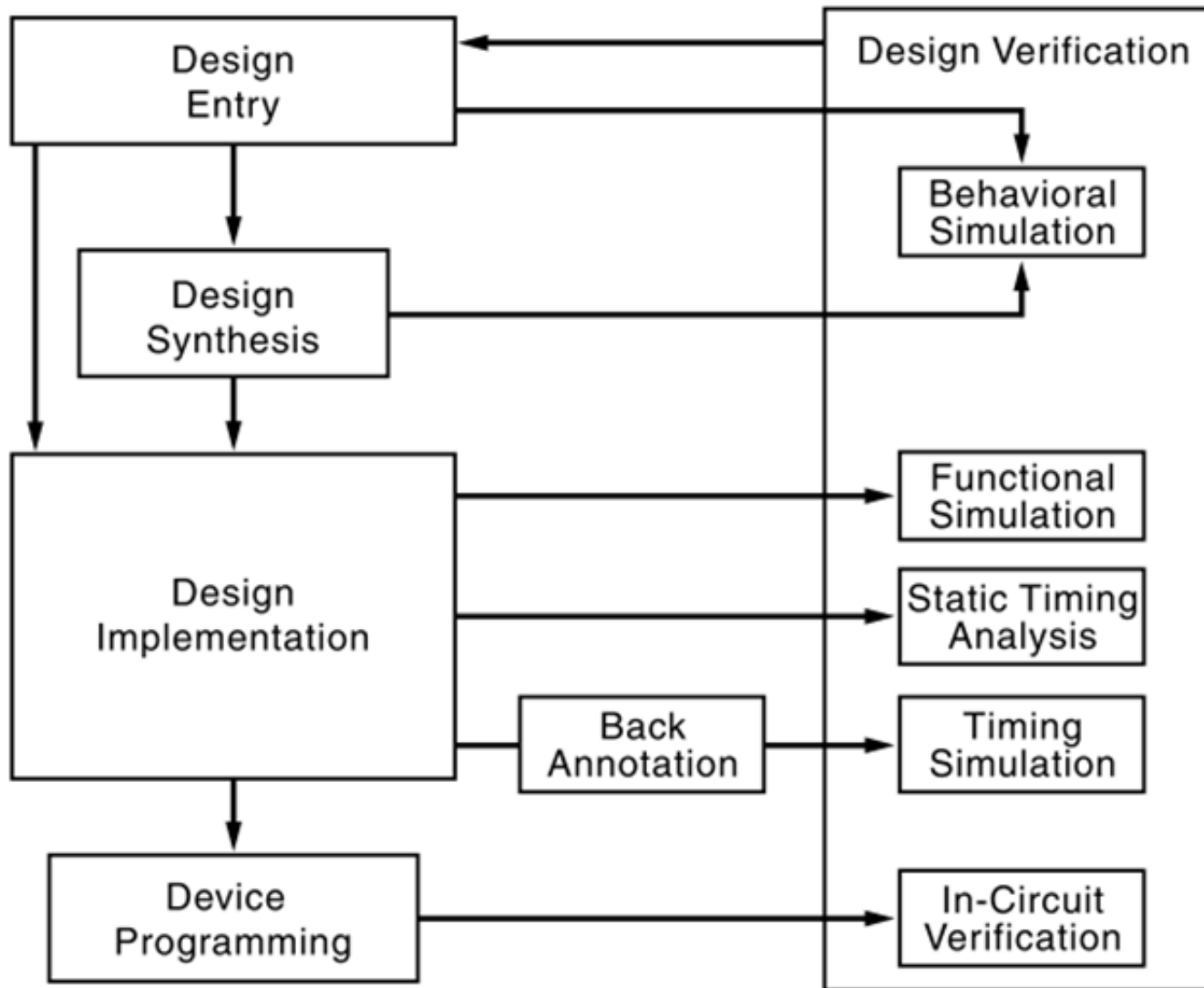
FPGA Design Flow



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

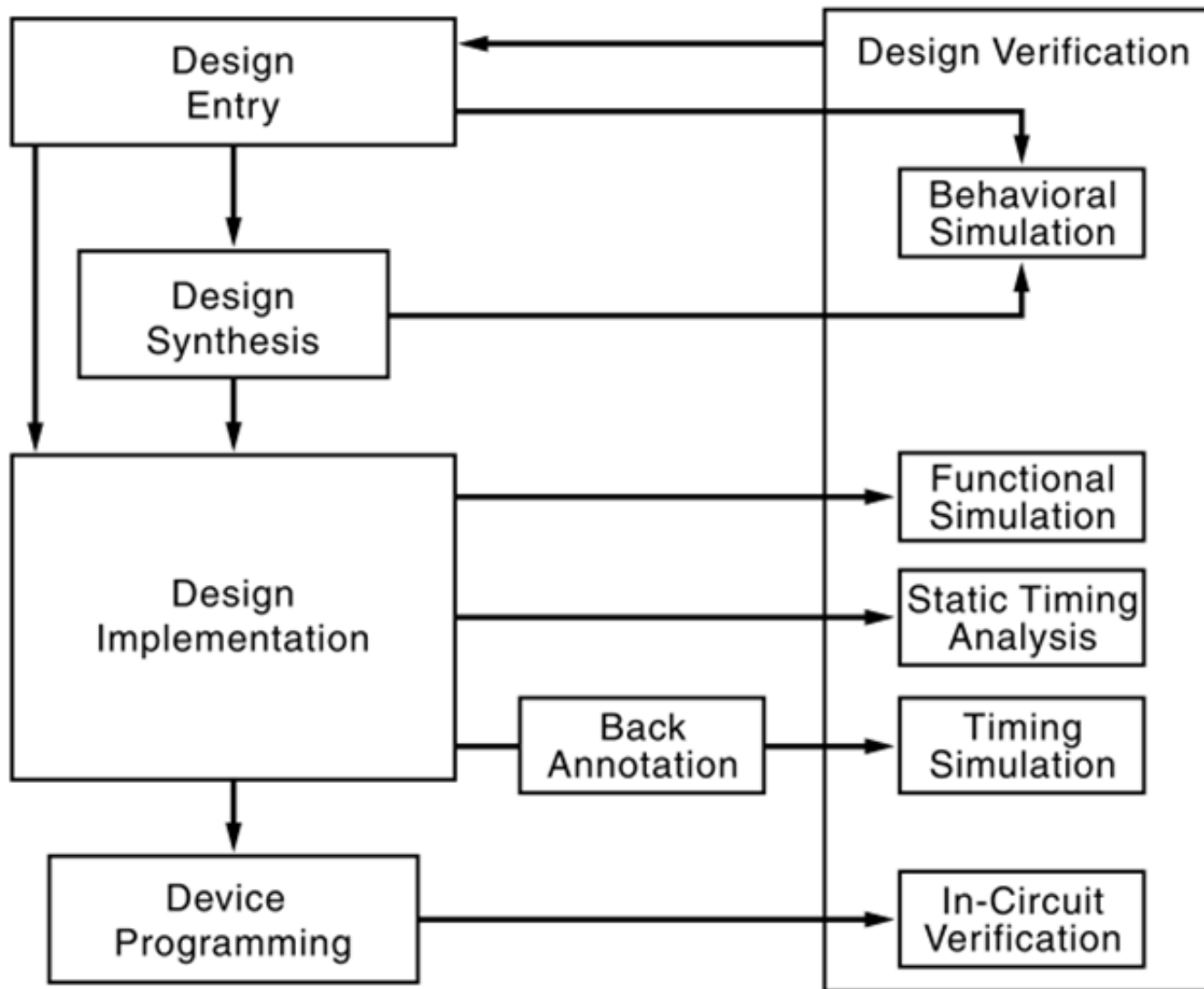


Síntese Lógica (Synthesis)



- 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

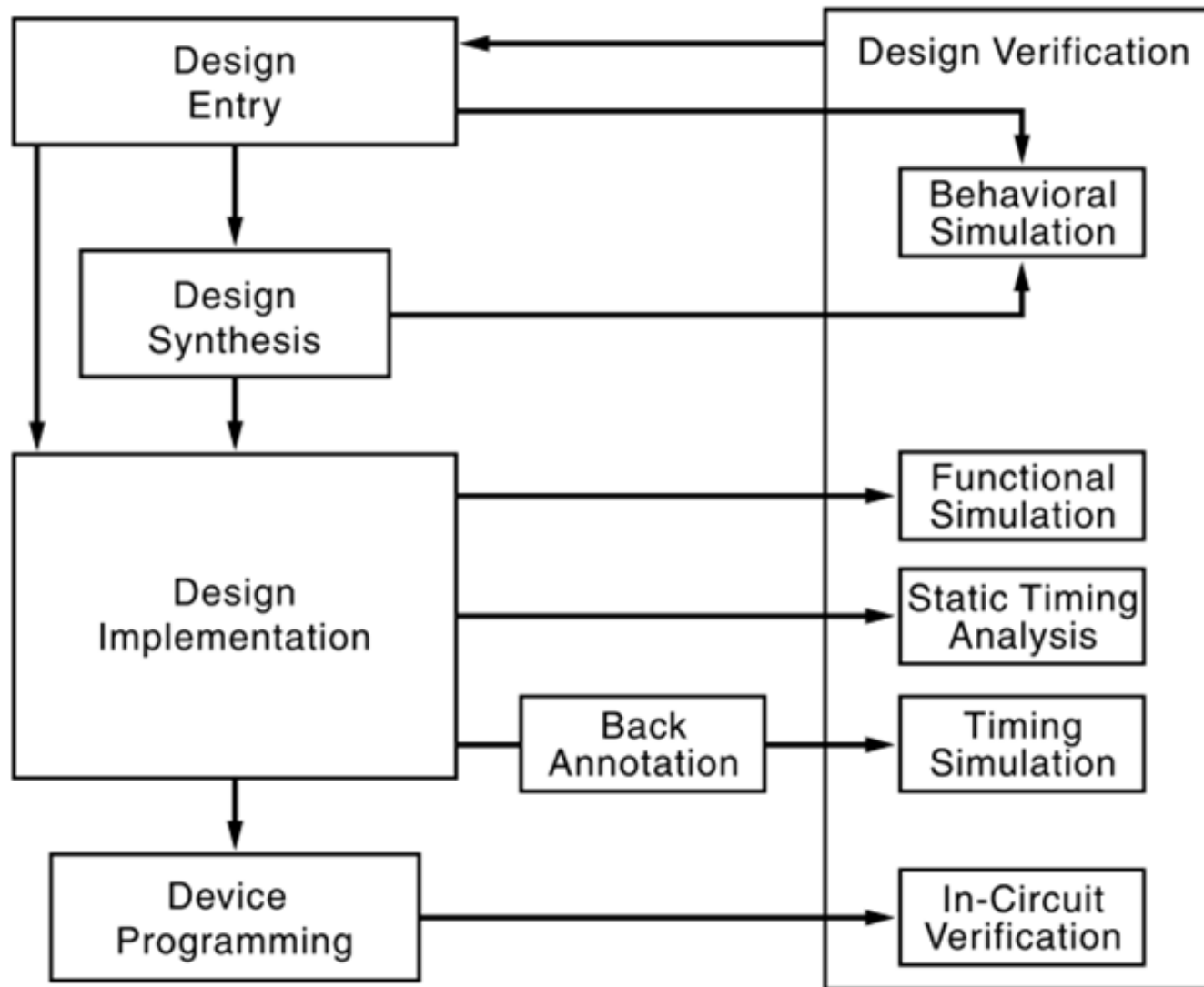
Implementação (Fit / Place and Route)



- 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, ...)

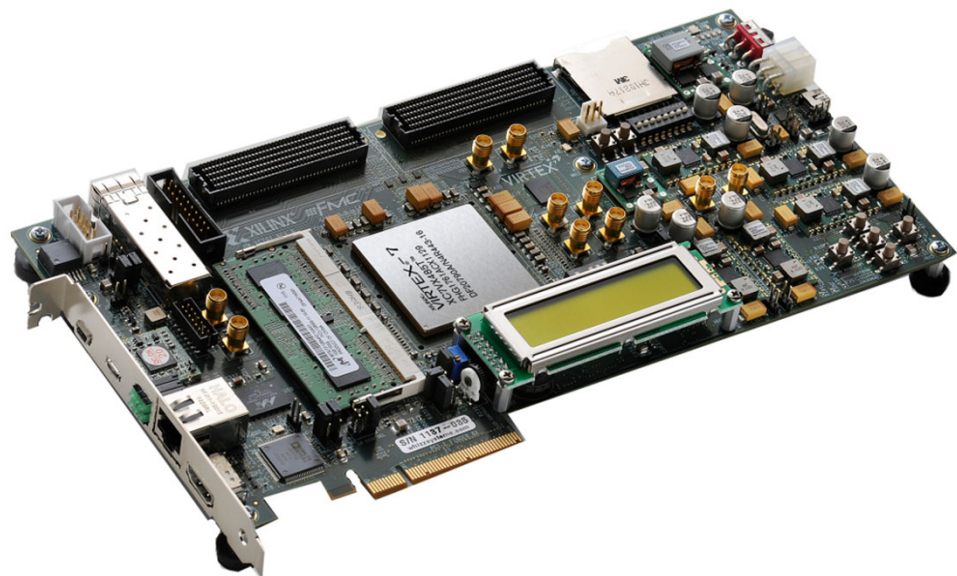
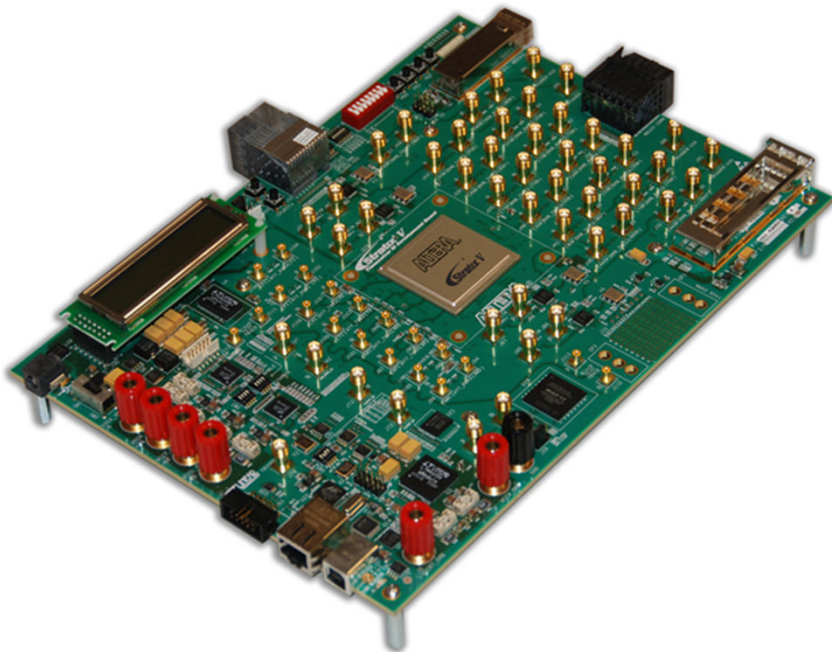
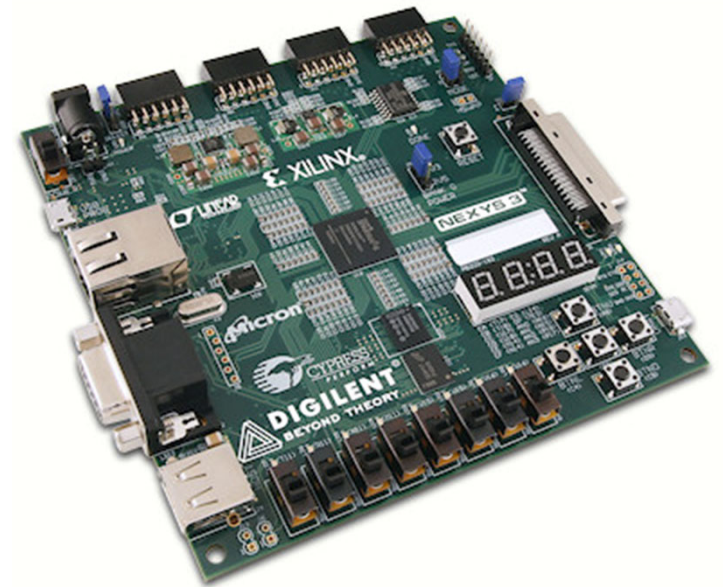
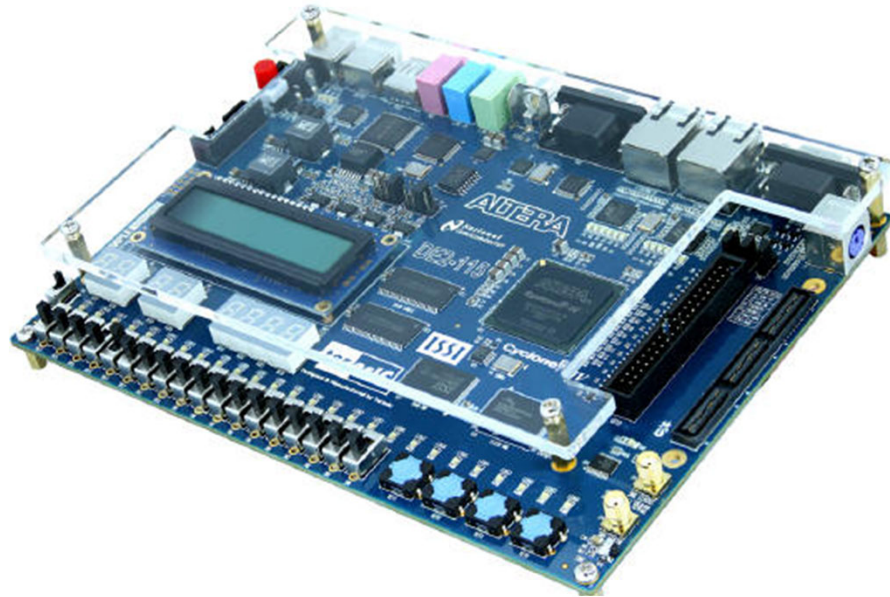


Programação do Dispositivo (FPGA)



- 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

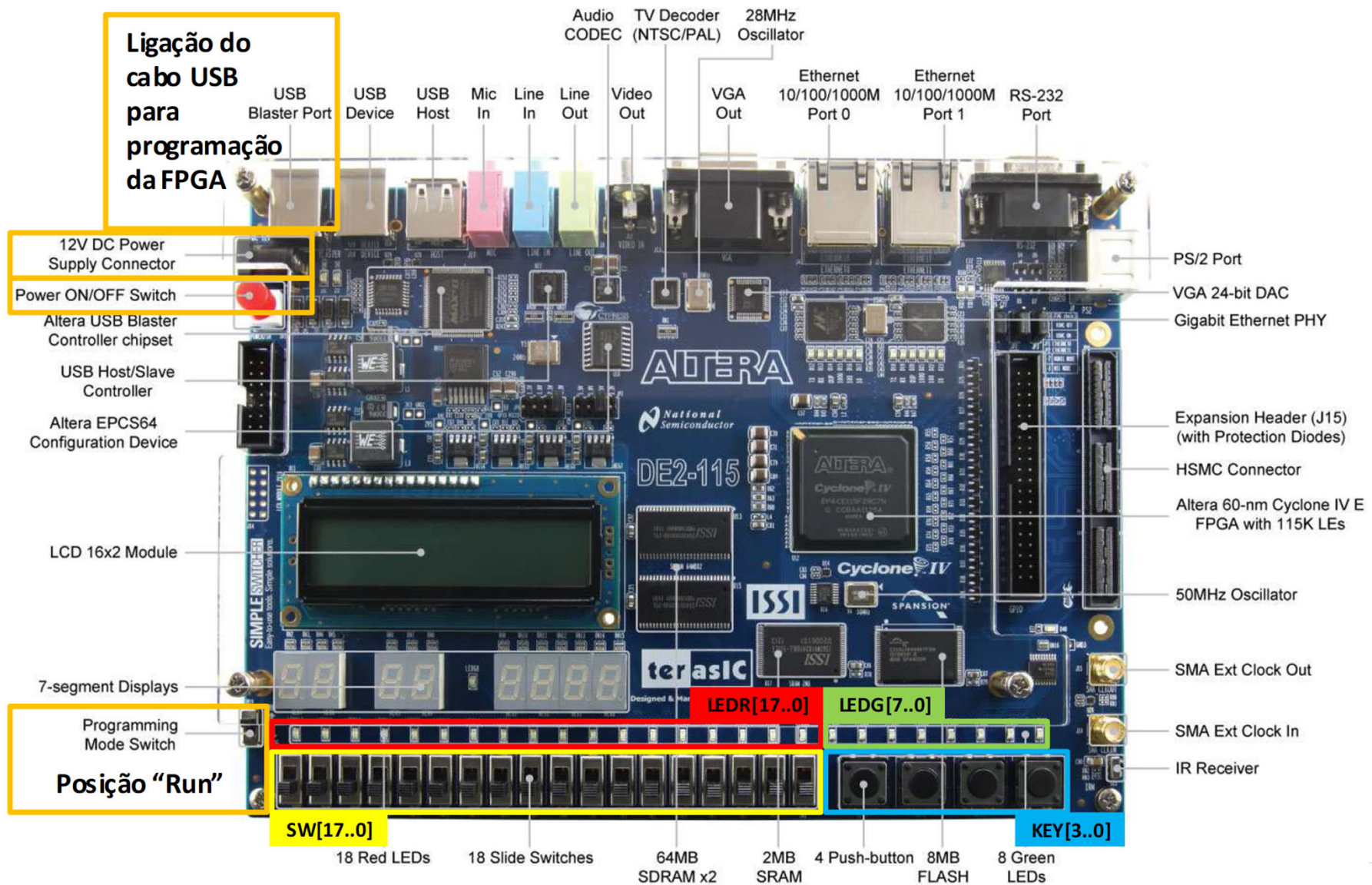
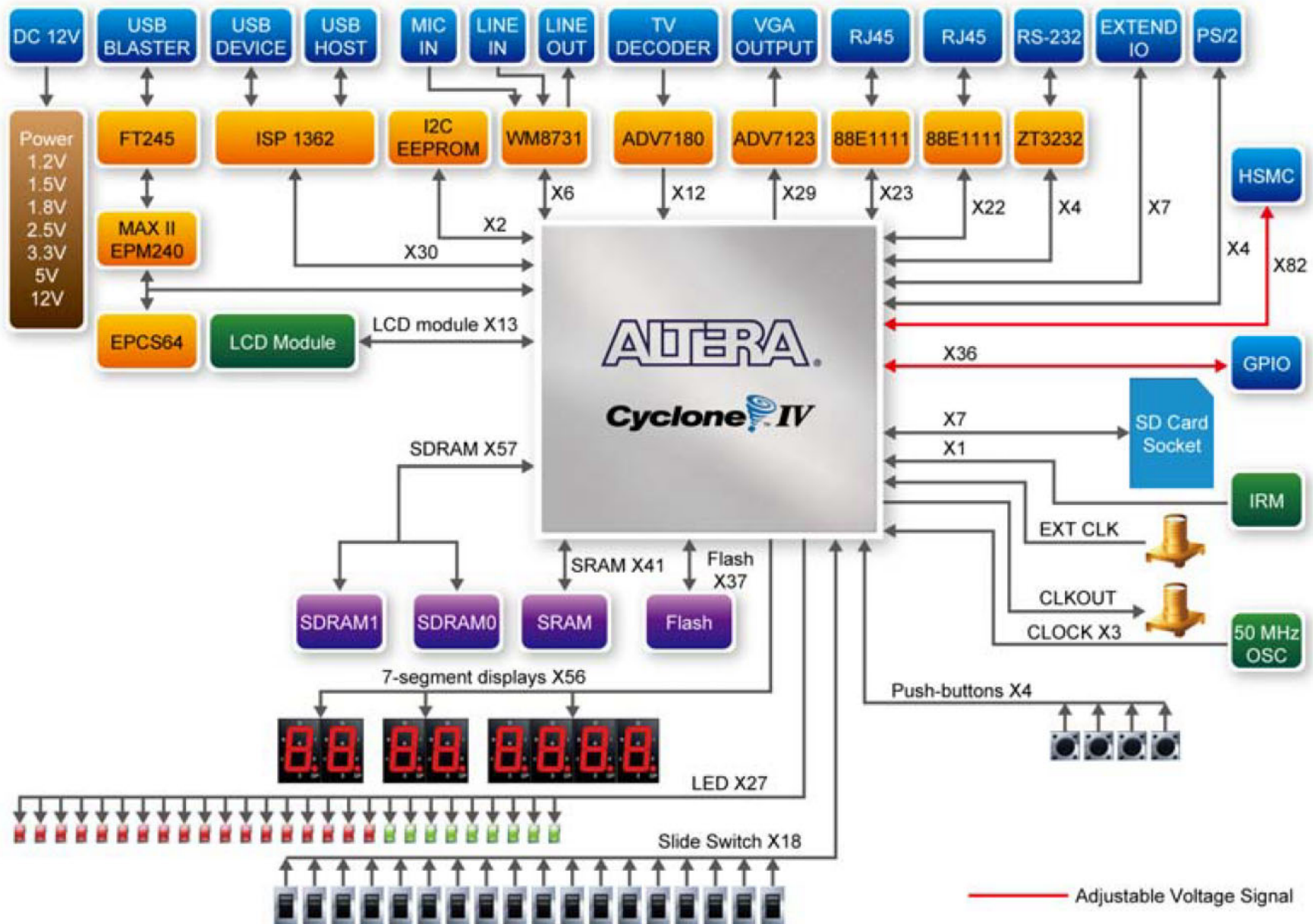
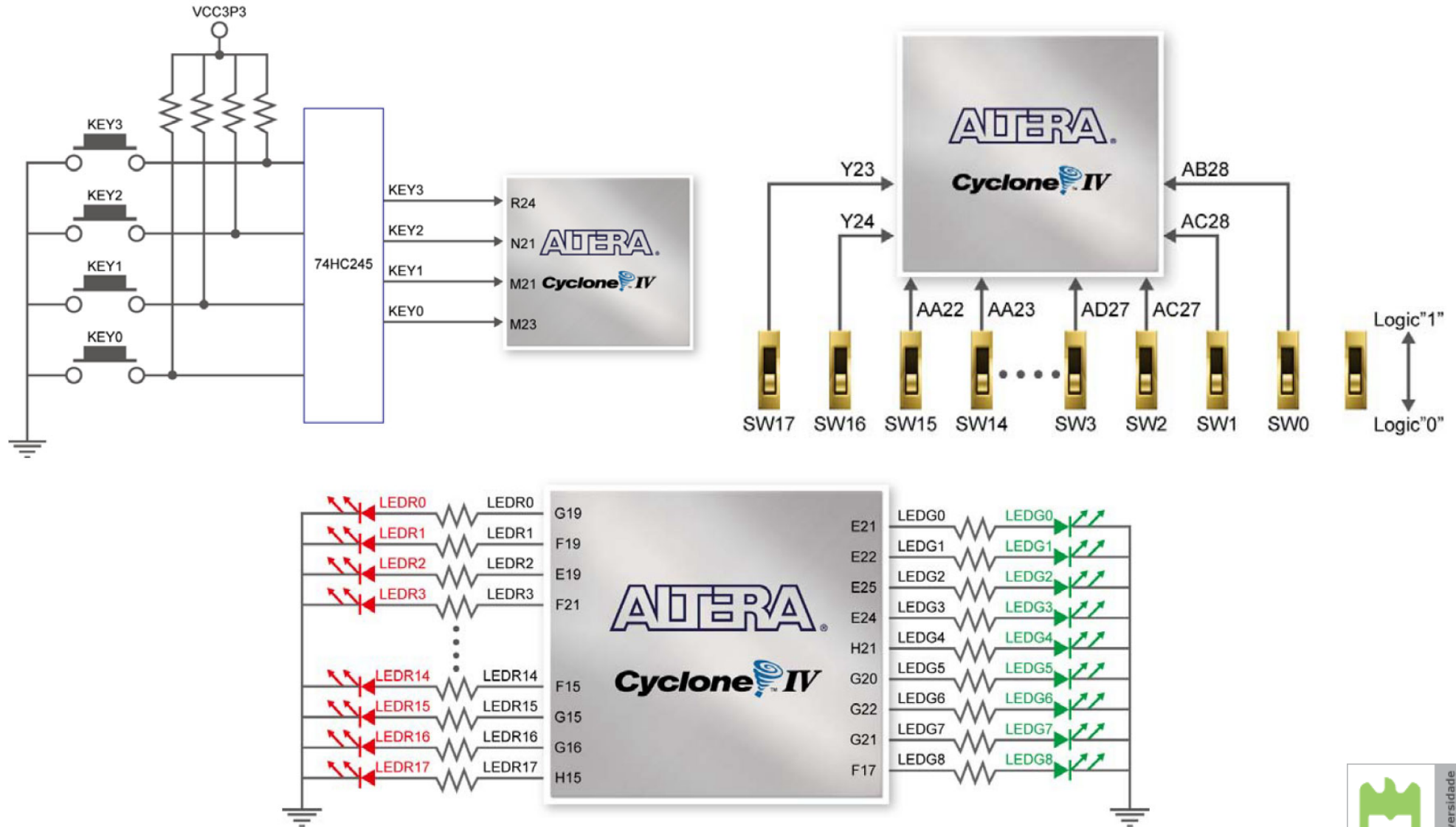


Diagrama de Blocos do Kit



Alguns Dispositivos do Kit (botões, interruptores e LEDs)



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