

Sistemas Digitais

Aula 13 - Programando FPGA

Apresentação

Nesta aula, você começará a desenvolver atividades práticas com FPGA. Para o ensino de projetos digitais com lógica programável utilizamos a placa de desenvolvimento DE0 da Altera e esta utiliza o FPGA EP3C16F484C6 da família Cyclone III. Os conhecimentos adquiridos em VHDL serão aplicados agora em Hardware. Nesta primeira aula prática com a placa DE0 você vai aprender a programar na placa o sistema digital desejado e visualizar os resultados na própria placa, com isso irá entender melhor o conceito de Hardware Reconfigurável.

Objetivos

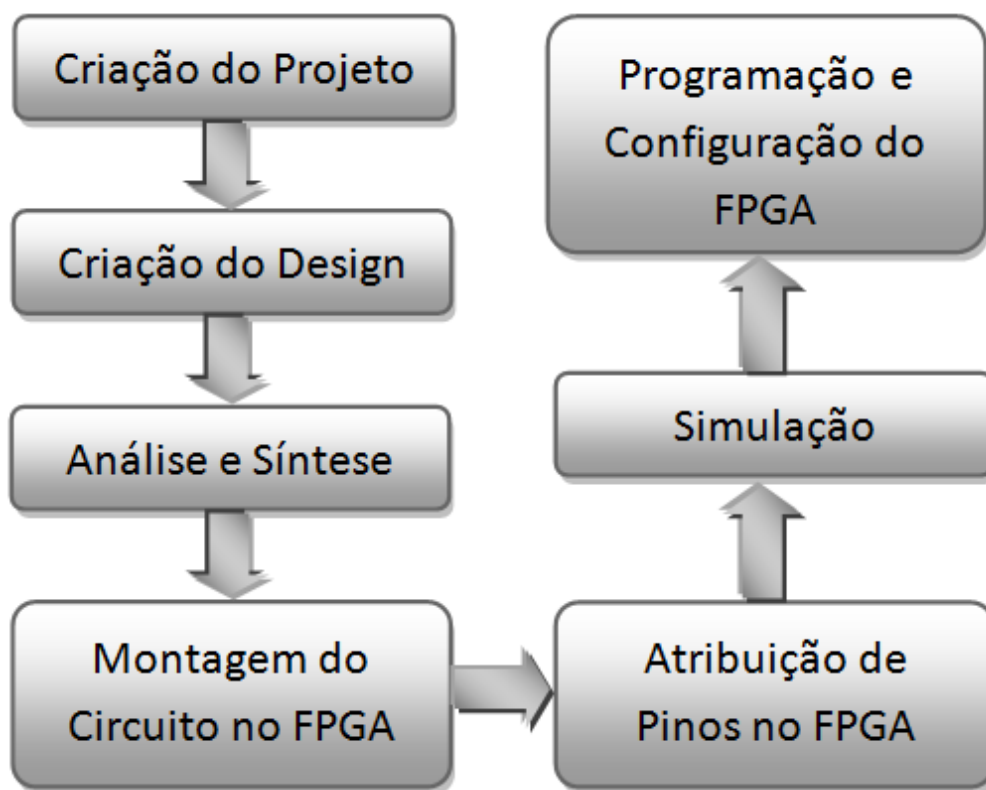
Ao final das atividades previstas para esta aula, você será capaz de:

- Estabelecer no Quartus a placa utilizada e conectar a mesma.
- Atribuir aos pinos da placa DE0 as entradas e saídas dos sistemas.
- Realizar uma compilação completa no Quartus.
- Gravar o programa escrito em VHDL para o FPGA EP3C16F484C6 usando o Quartus.

Desenvolvendo um Circuito Lógico em VHDL para a Placa DE0

Até as aulas práticas anteriores você aprendeu como realizar a análise e a síntese do circuito, como também simular o mesmo. No nosso primeiro experimento, mostramos todas as etapas necessárias para a prototipagem de circuitos digitais, veja novamente na **Figura 1**.

Figura 01 - Fluxograma de Prototipagem de Circuitos Digitais



Agora você irá realizar todas as etapas, incluindo a programação do circuito no FPGA. Alguns passos importantes para a gravação de um circuito no FPGA são citados abaixo:

1. Atribuição dos pinos;
2. Gravação do FPGA.

O primeiro passo no software Quartus é a criação de um novo projeto. Agora é importante prestar atenção em todos os passos da criação de um projeto no software, com ênfase no terceiro (3º) passo, mostrado na **Figura 2**. Este passo realiza a definição do chip FPGA a ser programado.

Figura 02 - Definição do FPGA do Projeto

Family & Device Settings [page 3 of 5]

Select the family and device you want to target for compilation.
You can install additional device support with the Install Devices command on the Tools menu.

Device family
Family: Cyclone III
Devices: All

Target device
☐ Auto device selected by the Fitter
☒ Specific device selected in 'Available devices' list
☐ Other: n/a

Show in 'Available devices' list
 Package: Any
 Pin count: Any
 Speed grade: Any
 Name filter:
☒ Show advanced devices ☐ HardCopy compatible only

Available devices:

Name	Core Voltage	LEs	User I/Os	Memory Bits	Embedded multiplier 9-bit elements	PLL	IO
EP3C16F256C7	1.2V	15408	169	516096	112	4	20
EP3C16F256C8	1.2V	15408	169	516096	112	4	20
EP3C16F256I7	1.2V	15408	169	516096	112	4	20
EP3C16F484C6	1.2V	15408	347	516096	112	4	20
EP3C16F484C7	1.2V	15408	347	516096	112	4	20
EP3C16F484C8	1.2V	15408	347	516096	112	4	20
EP3C16F484I7	1.2V	15408	347	516096	112	4	20

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

< Back Next > Finish Cancel Help

3º passo: Family & Device Setting.

Dispositivo escolhido:

- Family: Cyclone III
- Device: EP3C16F484C6

Atividade 01

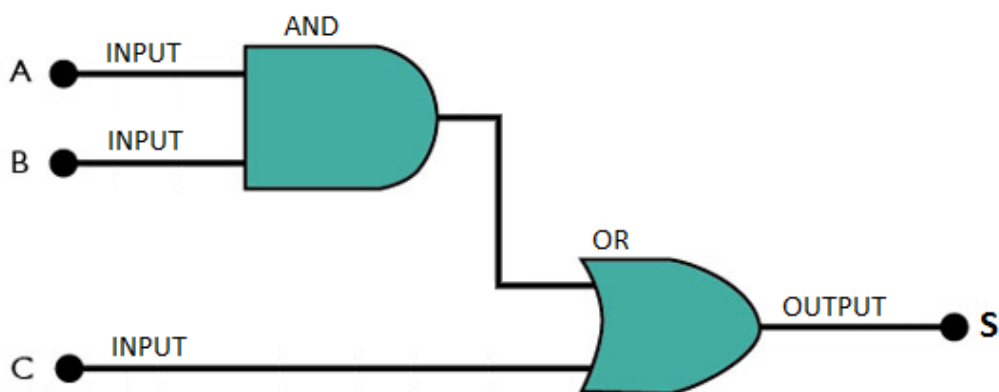
1. Crie um novo projeto no Quartus:

a. Defina o nome do projeto como “project”.

b. Defina em qual FPGA você irá gravar o circuito, no nosso caso EP3C16F484C6.

Nesta aula vamos utilizar o circuito ilustrado na **Figura 3**.

Figura 03 - Circuito Exemplo



A **Tabela 1** mostra a tabela verdade do circuito, sendo necessário para testes ao final desta aula.

A	B	C	Resultado
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1

A	B	C	Resultado
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Tabela 1 - Tabela Verdade do Circuito

Atividade 02

1. Escreva o código do circuito em VHDL.
2. Compile o projeto.

OBS.: Lembre-se que o nome do arquivo VHDL deve ser o mesmo nome dado a entidade do código VHDL.

Programando o Circuito na Placa DE0 Usando o Quartus

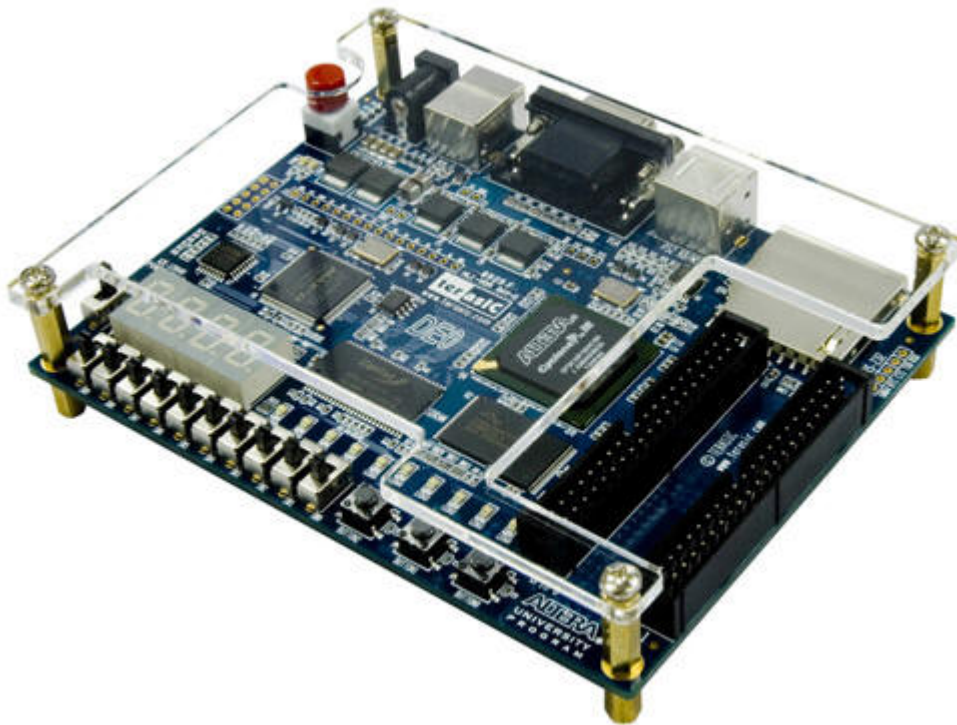
Para programar um circuito no FPGA contido na placa DE0 é interessante entender um pouco desta. A DE0 tem as seguintes especificações:

- FPGA: Cyclone III 3C16
- 15,408 elementos lógicos
- Memória
 - SDRAM 8Mbyte
 - Flash 4Mbyte

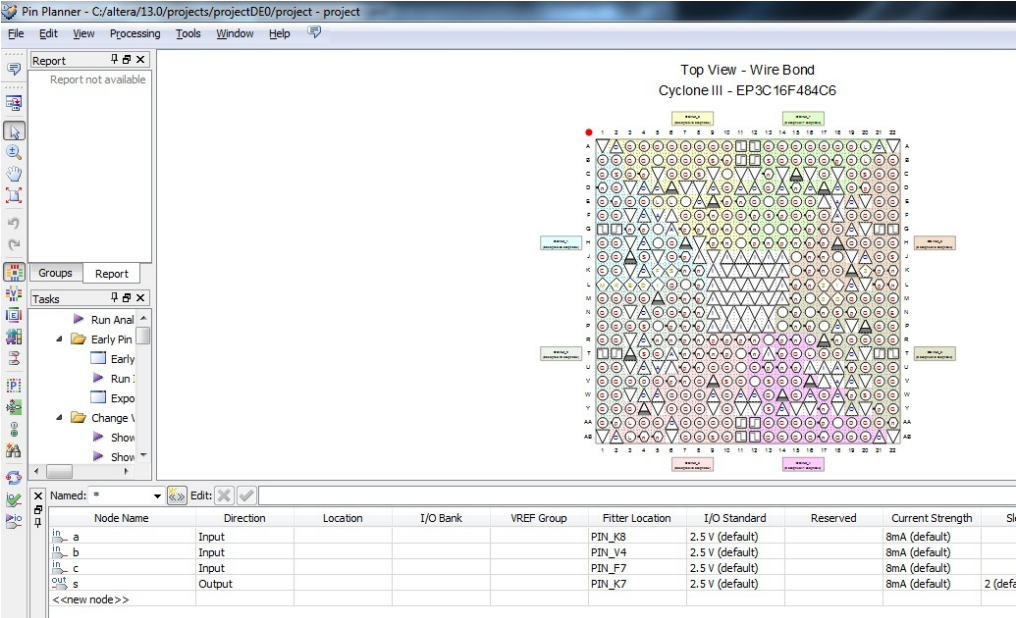
- Soquete SD-Card
- Circuito USB-Blaster – Interface
- Saída VGA
- Porta Serial RS232/li>
- I/O:
 - 10 Swiches
 - 10 Leds
 - 4 Displays de 7 seguimentos
 - 3 swiches push-button
 - Interface LCD 16x2

A **Figura 4** mostra uma foto da DE0.

Figura 04 - Placa DE0



Fonte: Altera Corporation. DE0 Development and Education Board.



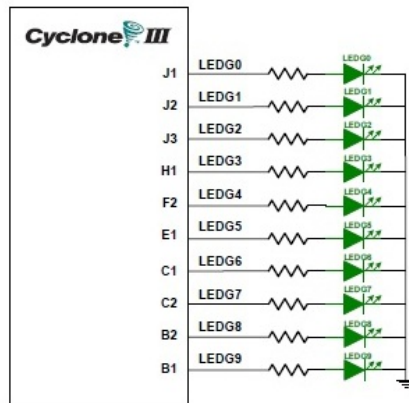
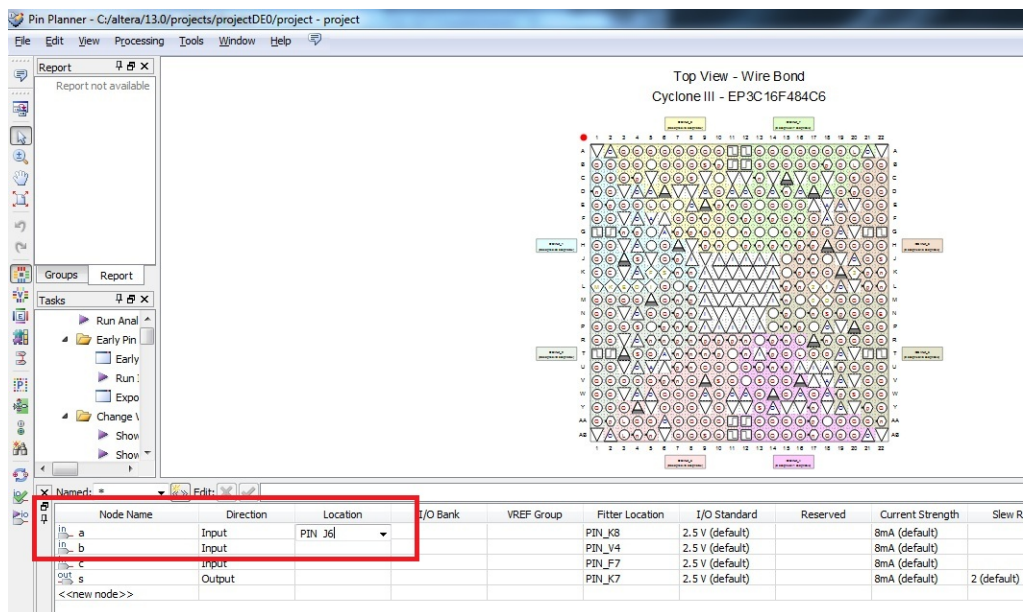


Figure 4-8 Connections between the LEDs and Cyclone III FPGA

Table 4.1. Pin assignments for the slide switches

Signal Name	FPGA Pin No.	Description
SW[0]	PIN_J6	Slide Switch[0]
SW[1]	PIN_H5	Slide Switch[1]
SW[2]	PIN_H8	Slide Switch[2]
SW[3]	PIN_G4	Slide Switch[3]
SW[4]	PIN_G5	Slide Switch[4]
SW[5]	PIN_J7	Slide Switch[5]
SW[6]	PIN_H7	Slide Switch[6]
SW[7]	PIN_E3	Slide Switch[7]
SW[8]	PIN_E4	Slide Switch[8]
SW[9]	PIN_D2	Slide Switch[9]



Para a definição dos pinos é necessário você ter em mãos o manual da DE0. A placa de desenvolvimento DE0 contém várias interfaces para o uso do usuário, como "switchs" e "leds". A localização dos pinos dessas interfaces no FPGA é disponível no manual da placa.

Utilize o link abaixo para baixar o “DE0 User Manual”.

[DE0 User Manual](#)

Na seção 4.2 (“Using the LEDs and Switchs”) do capítulo 4 (“Using the DE0 Board”) do manual da DE0 é possível encontrar todos os “leds” e “switchs” com seus respectivos pinos do FPGA.

Vamos utilizar como entrada as seguintes chaves:

- SW0 (Entrada A)
- SW1 (Entrada B)
- SW2 (Entrada C)

E como saída:

- LEDG[0] (Saída S)

Atividade 03

1. Encontre em quais pinos as entradas e saídas desejadas estão relacionadas e anote.
 2. No sub-menu “*Pin Planner*” selecione os pinos encontrados na tarefa do item anterior.
 3. No sub-menu “*Device*” do menu “*Assignments*”, clique no botão “*Device and Pin Option*”, direcione para a aba “*Unused Pins*” e na opção “*Reserve all unused pins*” escolha “*As input tri-stated*”. [Esta configuração é opcional, faz que com os pinos não utilizados no circuito fique em estado nulo].
 4. Realize a compilação na opção “*Start Compilation*” do menu “*Processing*” ou no atalho.
-

Você deve estar se perguntando, o que falta agora? O próximo passo é apenas a gravação, supondo que já foram realizadas as simulações. Mas antes disso é necessário prestar atenção em um detalhe da placa DE0. Perceba que a placa tem uma chave ao lado dos displays de 7 segmentos, que seleciona as opções *"RUN"* e *"PROG"*. Quando a chave está em *"PROG"* sua placa não permite a gravação de nenhum novo circuito e executa apenas aquele gravado, então para gravar um novo circuito é necessário colocar a chave em *"RUN"*.

Atividade 04

1. Conecte a placa via cabo USB no PC.
2. Ligue a placa no botão vermelho.
3. Selecione a chave da placa DE0 para *"RUN"*.
4. Selecione a opção *"Programmer"* no menu *"Tools"*, ou no seu atalho e siga os passos abaixo:
 - a. Clique em *"Add File..."*
 - b. Dentro da pasta *"output_files"* do seu projeto, abra o arquivo com extensão *".sof"* (*"project.sof"*)
 - c. Clique em *"Start"*

Observe que ao clicar na opção *"Programmer"* irá abrir uma tela para a seleção de qual projeto programar no chip e qual a interface que será utilizada para a programação. No nosso caso estamos utilizando a interface USB da placa DE0.

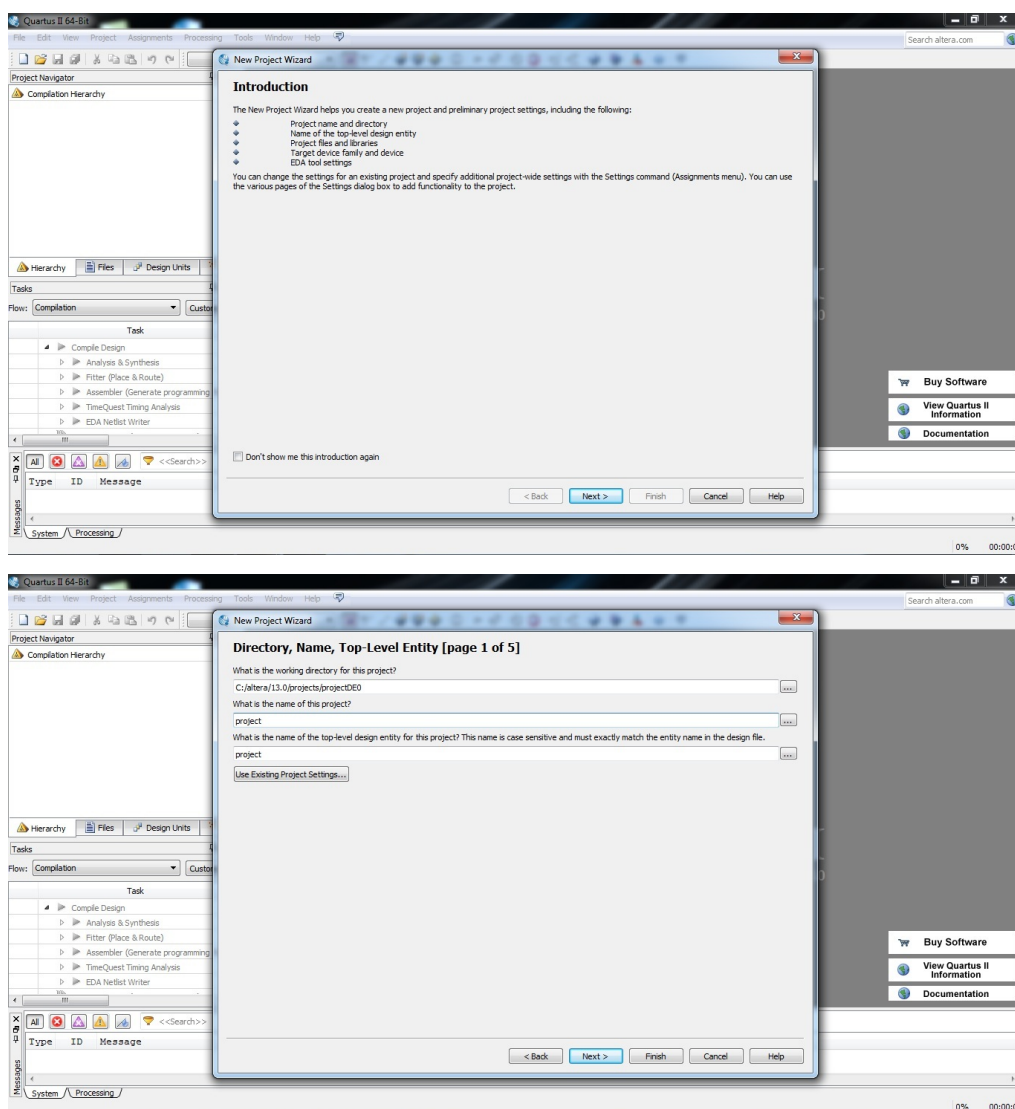
Caso o **Hardware Setup** não esteja selecionado como **"USB-Blaster"**, você deve entrar nas opções e selecionar *"USB-Blaster"*, caso não encontre, devido o computador não ter reconhecido a interface, vá ao gerenciador de dispositivos de seu computador e atualize o driver. Caso precise realizar a busca do manual, na atualização do driver faça a busca na pasta da *"altera"* do seu computador.

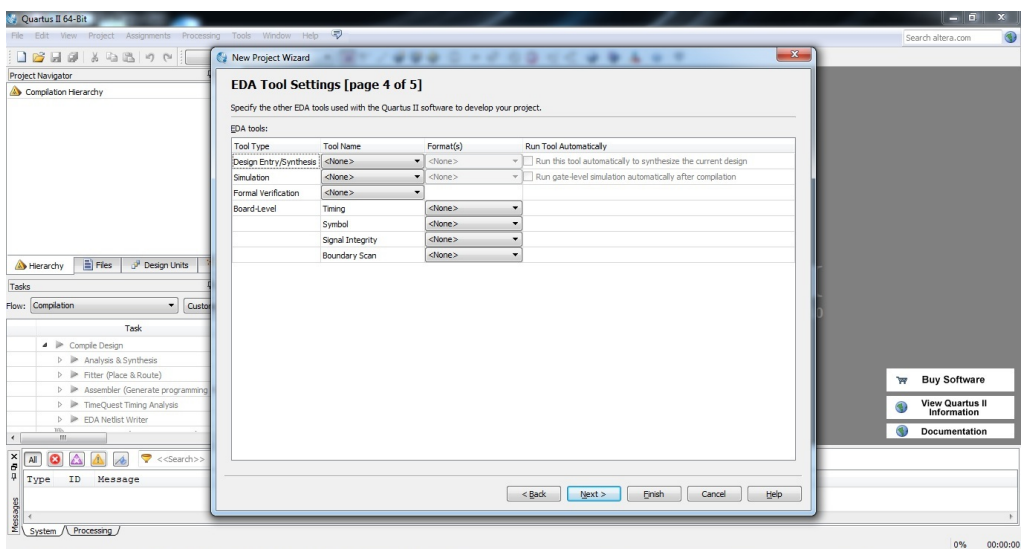
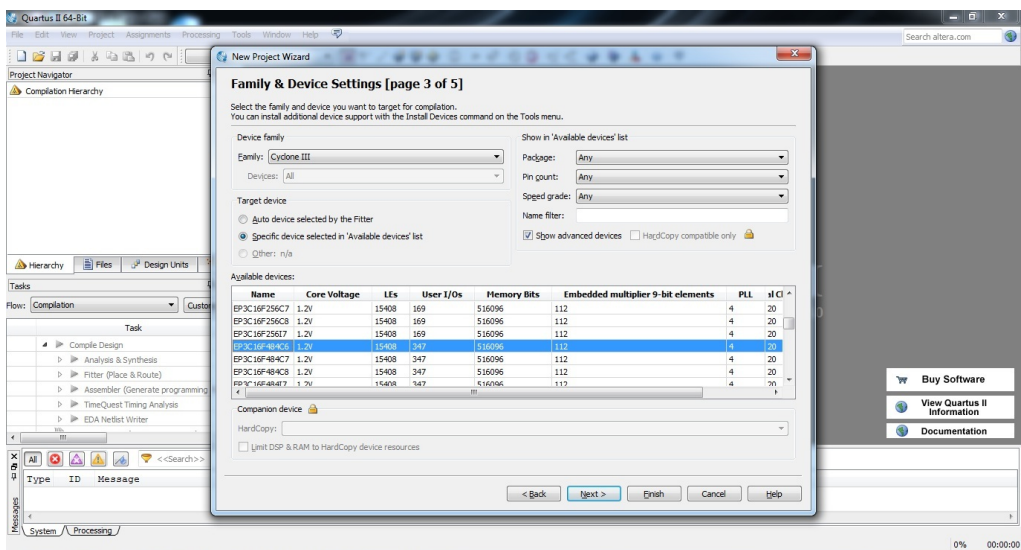
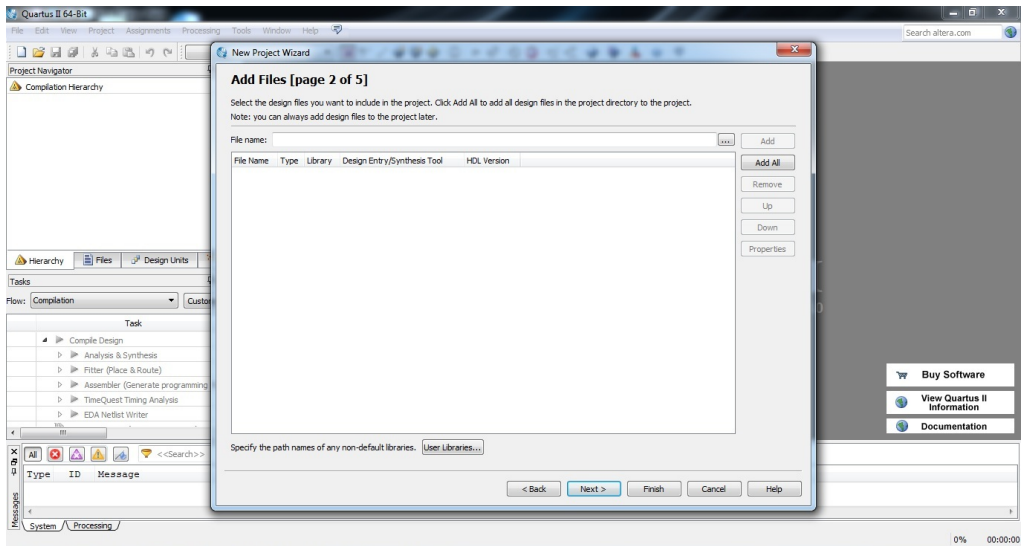
Para finalizar a experiência, mude as chaves da DE0 para qualquer combinação desejada de acordo com a tabela 01 e faça vários testes. A seguir é mostrado um resumo dos passos necessários para programar a placa FPGA. Divirta-se com a DE0!

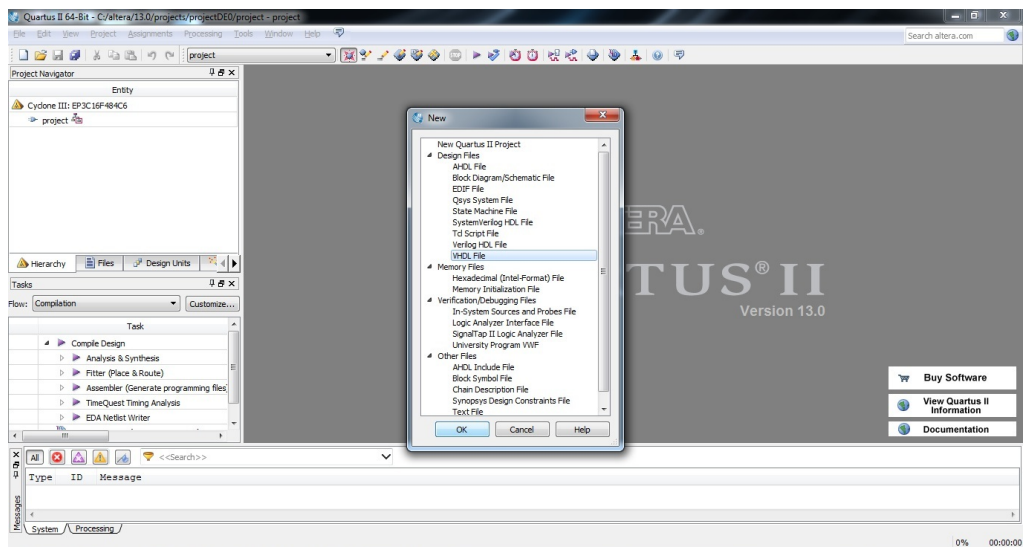
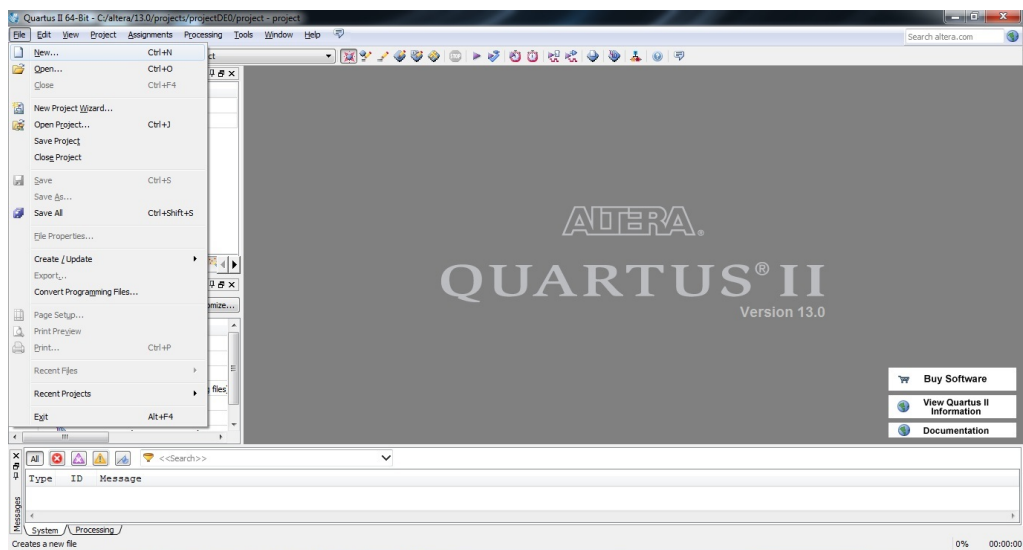
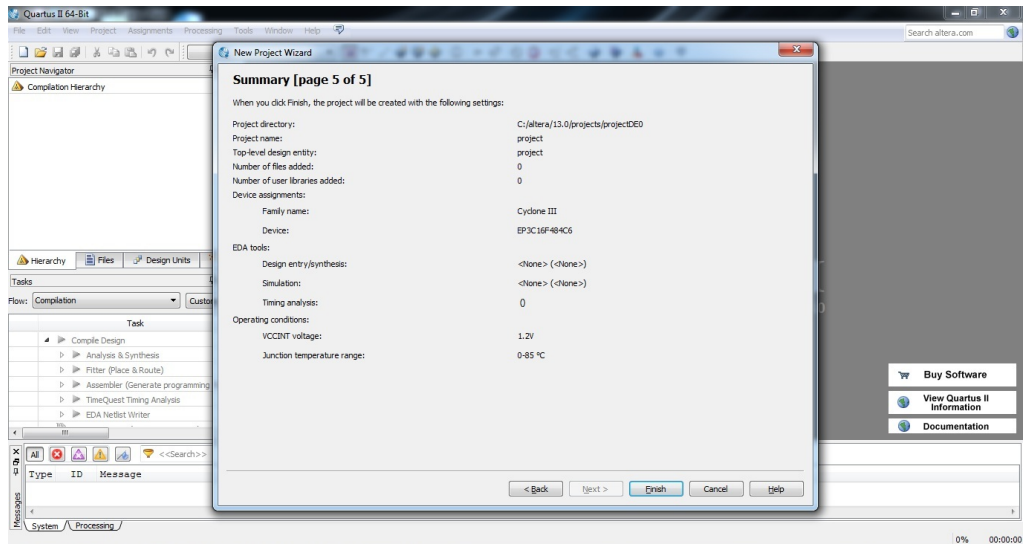
Revisando Passos

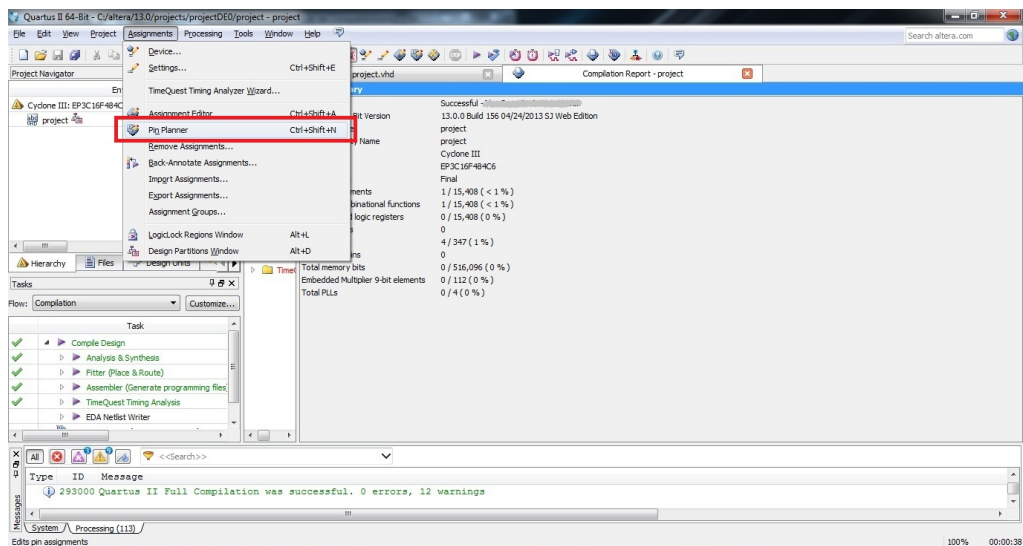
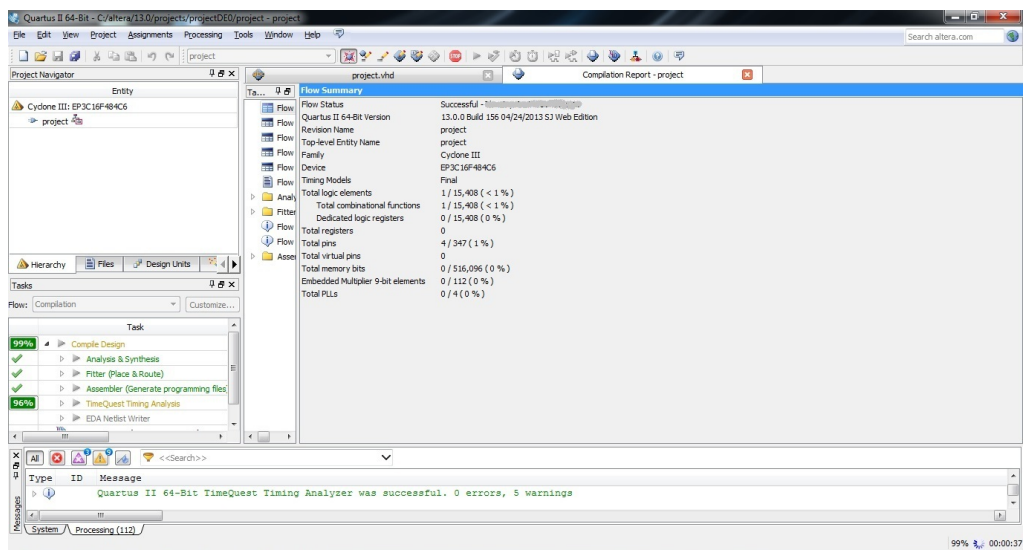
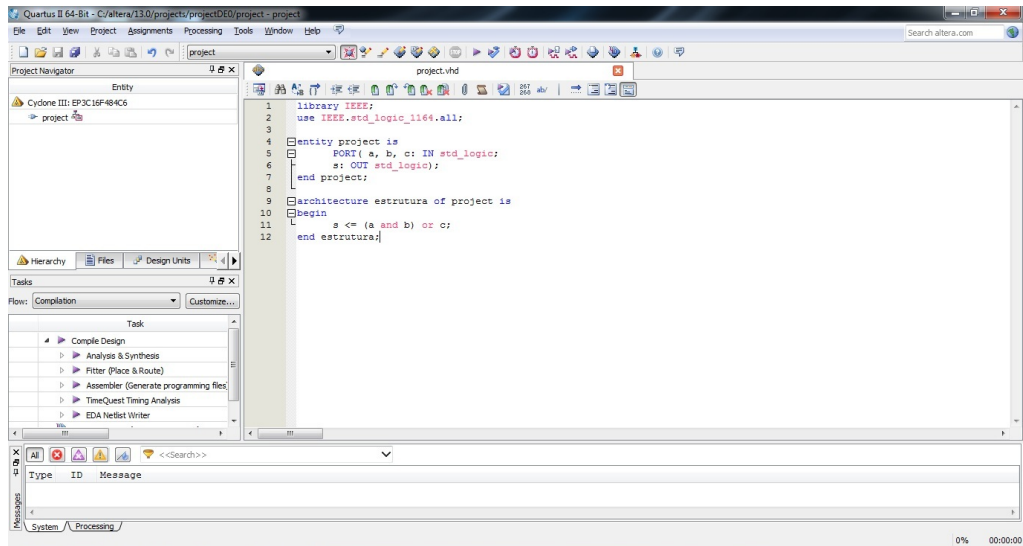
Você ainda tem dúvidas?

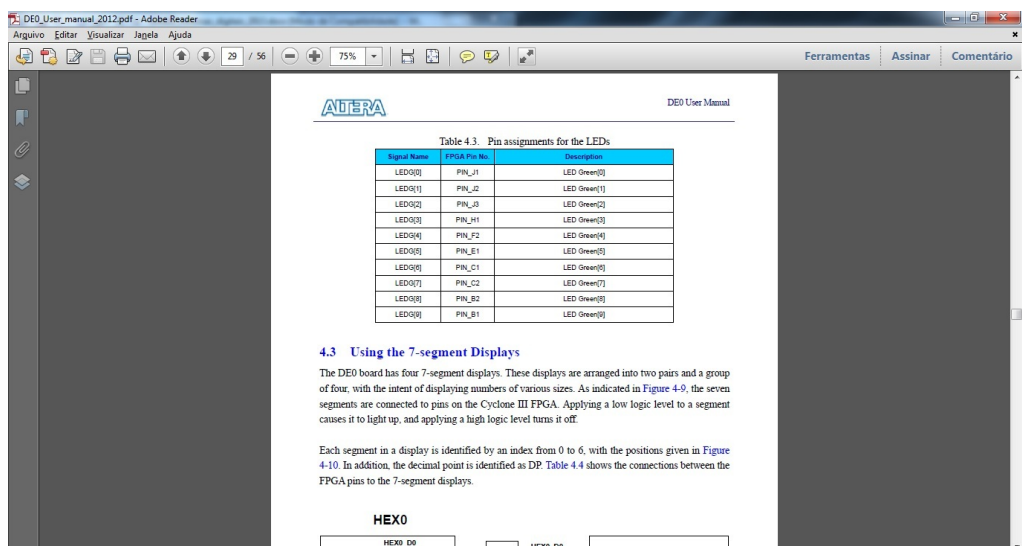
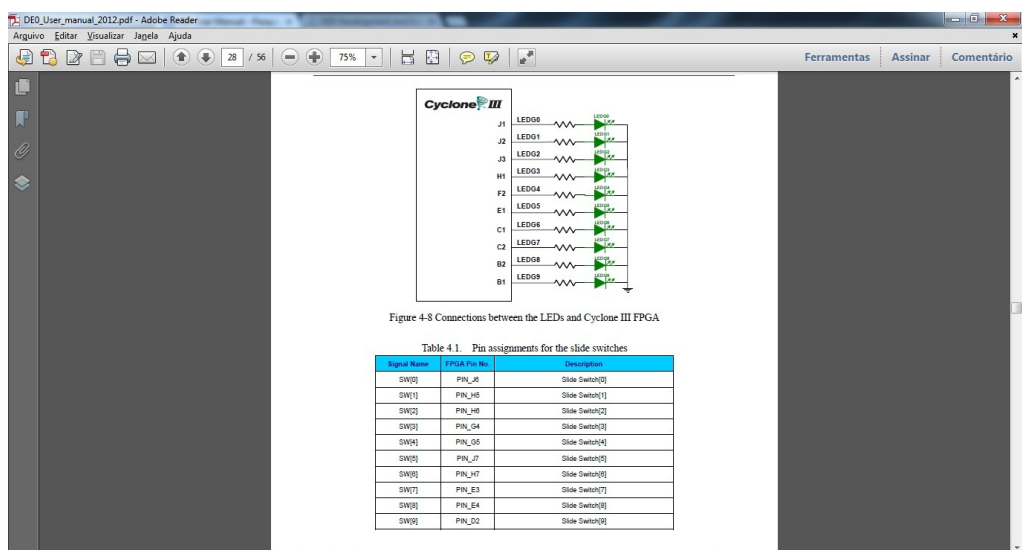
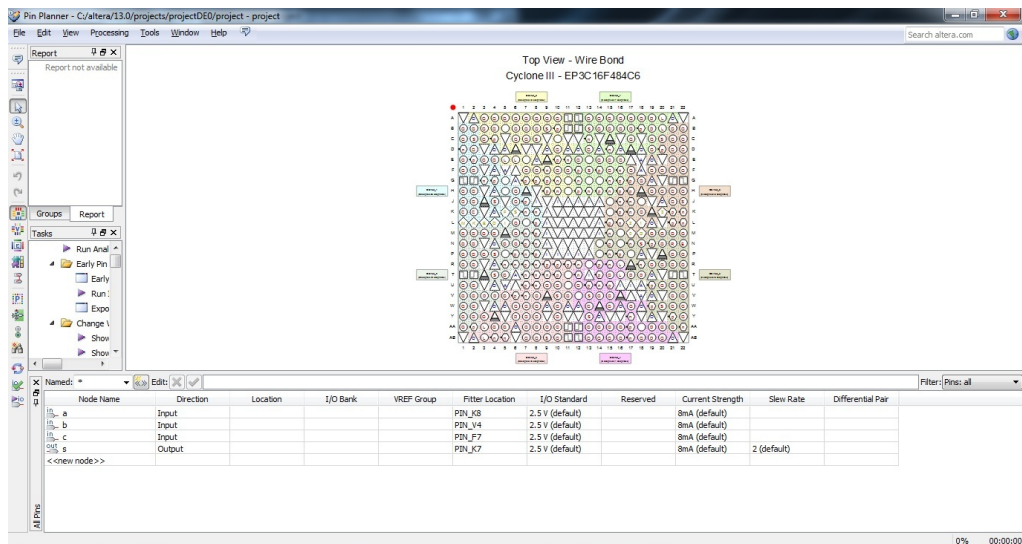
O slideshow abaixo mostra os passos necessários para a prototipagem de um circuito digital no FPGA, baseados no experimento realizado nessa aula. Bons estudos!

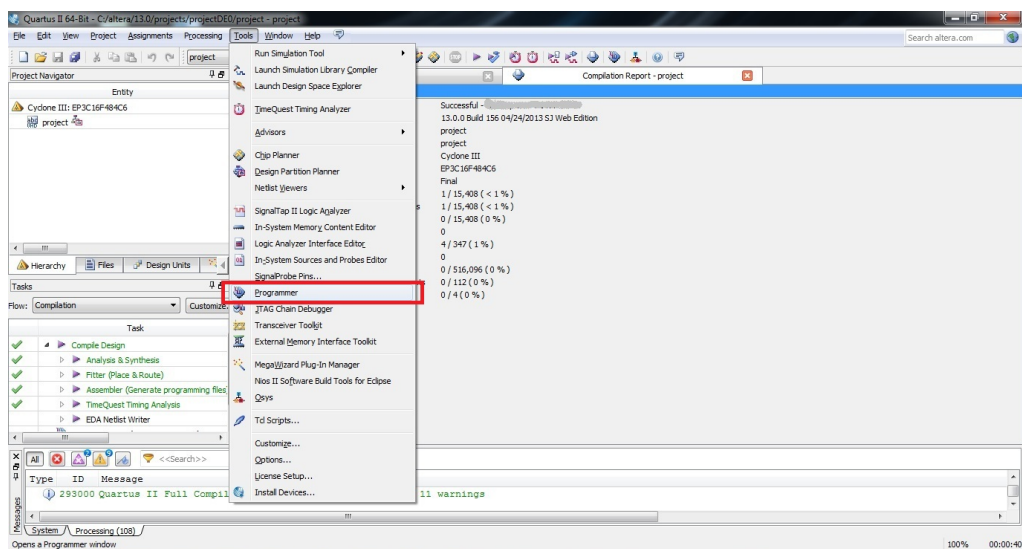
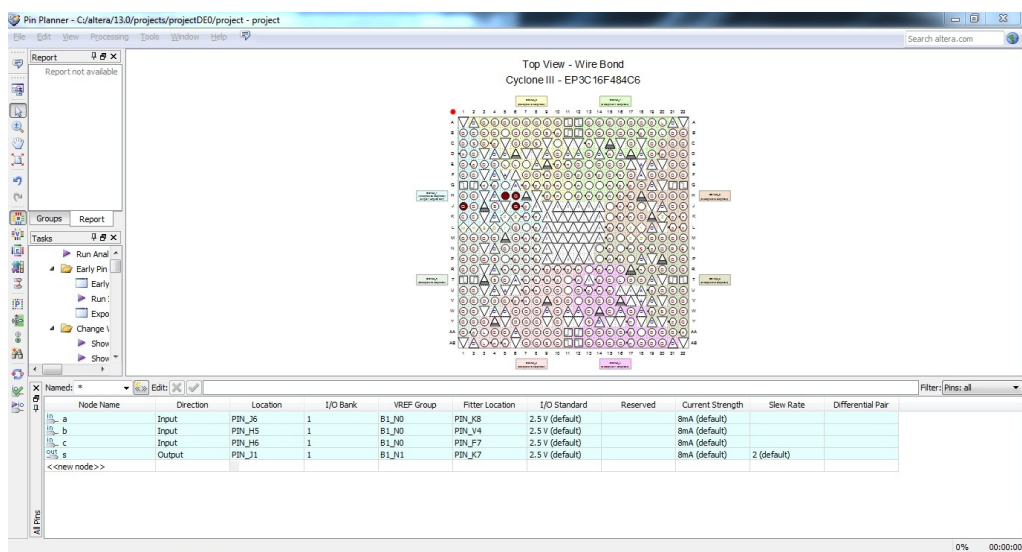
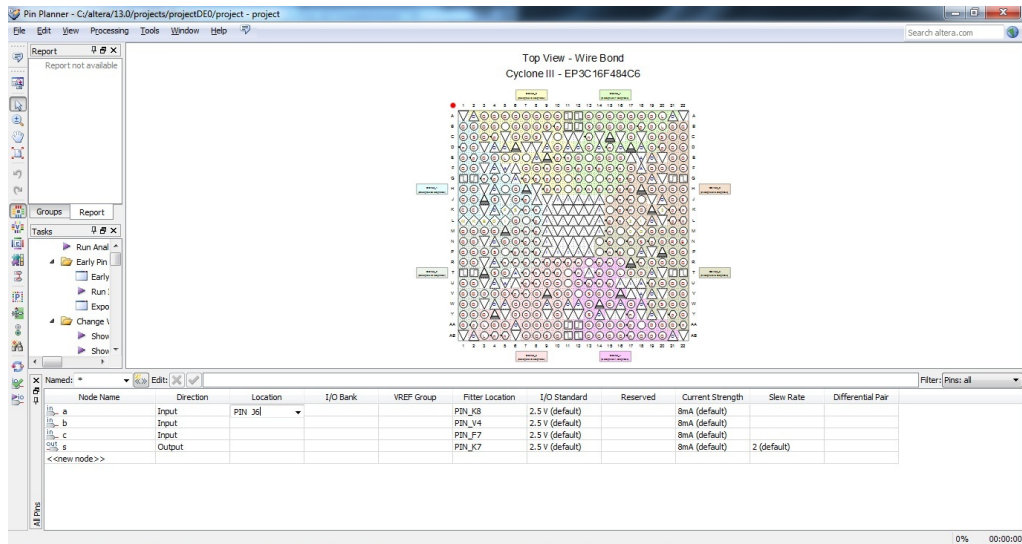


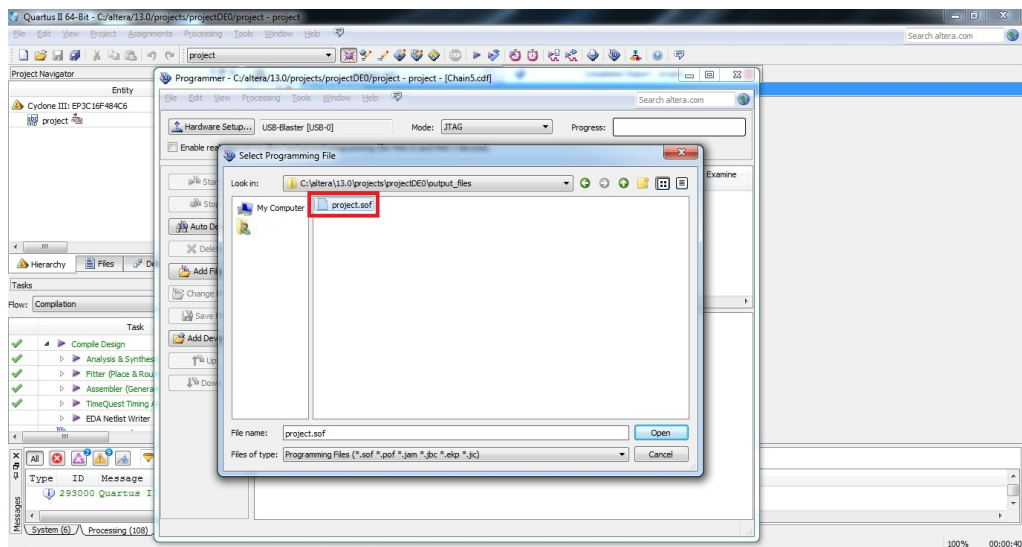
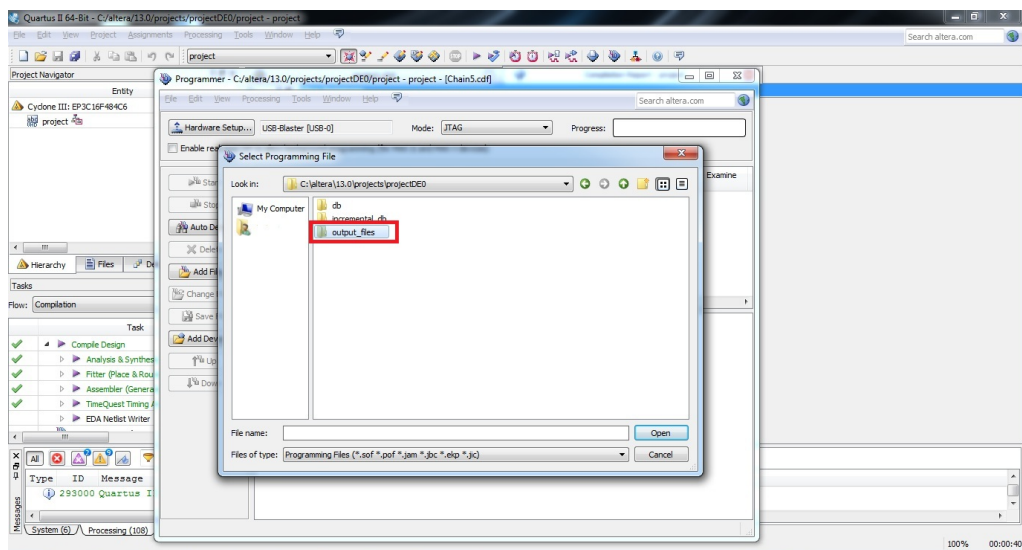
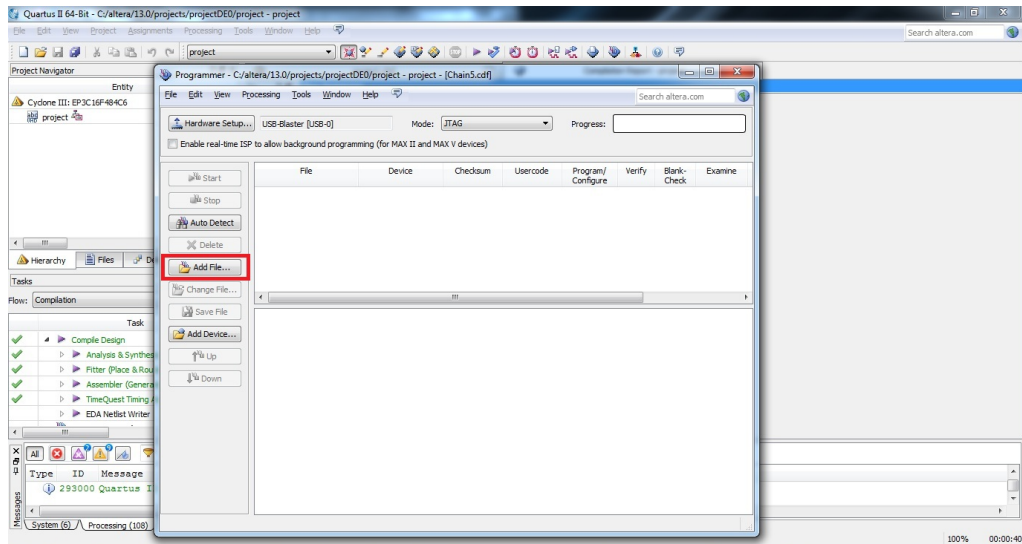


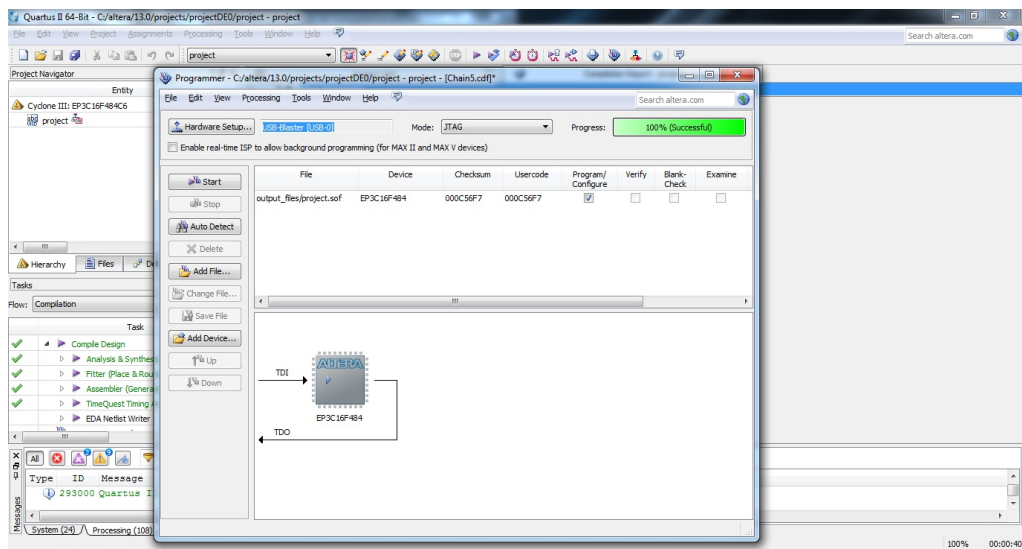
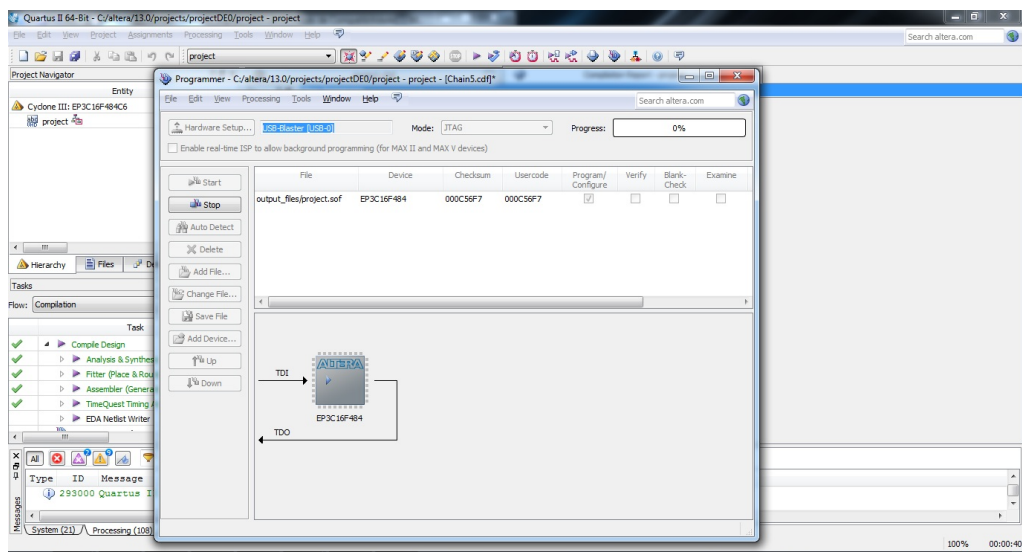
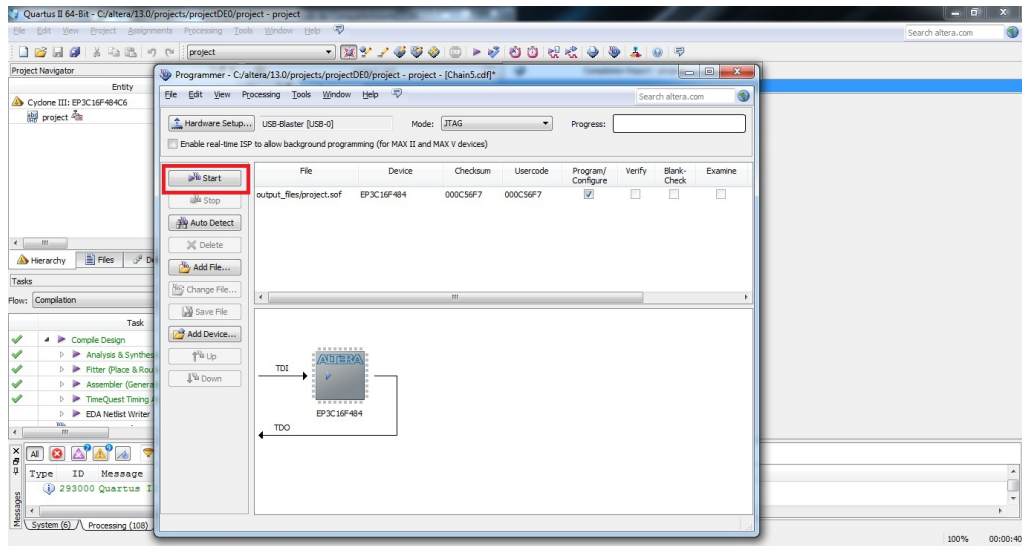












Conclusão

Nesta aula você aprendeu a programar a placa FPGA. Que tal fazer o mesmo com os códigos que você desenvolveu nas aulas anteriores? Vamos praticar!

Resumo

Nesta aula prática você teve seu primeiro contato com a placa DE0. Você aprendeu os passos para programar o chip FPGA contido na placa DE0, bem como analisar quais as entradas e saídas do circuito referente à placa.

Referências

ALTERA Corporation (Org.). **DE0 Development and Education Board**. Disponível em:

[<ftp://ftp.altera.com/up/pub/Altera_Material/Boards/DE0/DE0_User_Manual.pdf>;](ftp://ftp.altera.com/up/pub/Altera_Material/Boards/DE0/DE0_User_Manual.pdf).

Acesso em: 29 de set. de 2015.

COSTA, Cesar da. **Projetos de Circuitos Digitais com FPGA**. Editora Érica, 2009.

PEDRONI, Volnei. **Eletrônica Digital moderna e VHDL**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.