



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
LABORATÓRIO DE SISTEMAS DIGITAIS



Guia de projeto em esquemático utilizando o Software Quartus II 12.1 Web Edition da Altera

Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação

Profa. Luiza Maria Romeiro Codá

COLABORADOR: RHAMY SALIM BACHOUR

19 de maio de 2020

Sumário

1	Software Quartus II 12.1 Web Edition	4
1.1	Quartus II 12.1 Web Edition - Download	4
1.2	Quartus II 12.1 Web Edition - Instalação	4
1.3	ModelSim-Altera 10.1b Starter Edition - Download	6
1.4	ModelSim-Altera 10.1b Starter Edition - Instalação	7
2	Criando projetos com o Quartus II	9
3	Criado um projeto em esquemático	15
3.1	Inserindo componente das bibliotecas	17
3.2	Nomear pinos de entrada e saída	18
3.3	Conectando os diversos componentes do projeto	19
4	Compilando o projeto	21
4.1	Passos da Compilação	21
4.2	Erros comuns na compilação	23
5	Simulando circuitos projetados	24
5.1	Criando um novo arquivo de simulação	24
5.2	Configurando e executando o arquivo de simulação	26
6	Atribuição de pinagem	29
6.1	Através da atribuição manual dos pinos	29
6.2	Através da importação do arquivo de pinagem	30
7	Síntese no dispositivo	31
8	Erros Comuns	33
8.1	Inserção de componente da biblioteca Megafuction	33

Lista de Figuras

1	Opção de download do software	4
2	Janela inicial de instalação	4
3	Janela de instalação	5
4	Janela de configuração da instalação	5
5	Janela de instalação	6
6	Opção de download do software	6
7	Janela inicial de instalação	7
8	Janela de instalação	7
9	Janela de configuração da instalação	8
10	Janela de instalação	8
11	Janela inicial do Quartus II	9
12	Criação de um novo projeto	9
13	Janela de criação de um novo projeto - Introdução	10
14	Janela de criação de um novo projeto - Configuração de diretórios	11
15	Janela de criação de um novo projeto - Adição de arquivos	12
16	Janela de criação de um novo projeto - Família e Dispositivos	12
17	Janela de criação de um novo projeto - Ferramentas	13
18	Janela de criação de um novo projeto - Resumo	13
19	Janela inicial do Quartus II após a criação do projeto	14
20	Criando arquivo .bdf	15
21	Janela de criação do arquivo .bdf	16
22	Janela do Quartus II após a criação do arquivo .bdf	16
23	Caixa com as bibliotecas e símbolos para editor esquemático	17
24	Prévia do símbolo escolhido para esquemático	17
25	Todos os elementos inseridos no editor esquemático	18
26	Janela para nomear pinos de entrada e saída	18
27	Projeto esquemático com os pinos de entradas e saídas nomeados	19
28	Projeto esquemático final do decodificador - fios conectados	19
29	Projeto esquemático final do decodificador - fios não conectados	20
30	Tela gerada pela compilação de um projeto	22
31	Janela de compilação mostrando mensagem de compilação concluída	22
32	Janela com a mensagem expandida	22
33	Selecionando primeira mensagem de erro na janela de mensagens	23
34	Cada componente alocado possui número de instância diferente	23
35	Janela inicial do ModelSim	24
36	Janela mudança de diretório	24
37	Janela de criação de uma nova biblioteca	25
38	Janela de compilação	25
39	Janela de início da simulação	26
40	Janela de simulação	26
41	Adicionar waves na janela de simulação	27
42	Adicionar formato de onda nos pinos de entrada	27
43	Configurar formato de onda nos pinos de entrada	28
44	Resultado da simulação	28
45	Acessar Pin Planner	29
46	Pinos associados na ferramenta Pin Planner	29
47	Acessar Import Assignments	30
48	Caixa de diálogo para importar atribuição	30
49	Selecionar arquivo QSF do projeto anterior	30
50	Pin Planner após importação	31
51	Acesso ao programador pelo botão	31
52	Acesso pelo menu de ferramentas	32

53	Janela do programador	32
54	Janela de programação sem identificação do hardware	32
55	Criação de componente da biblioteca Megafuction	33

1 Software Quartus II 12.1 Web Edition

O Quartus II da altera é um software para projetos com PLD o qual é apropriado para projetos de dispositivos alta densidade (high-density) Field-Programmable Gate Array (FPGA), projetos de FPGA de baixo custo, e projetos de Dispositivos lógicos Programáveis Complexos (Complex Programmable Logic Devices –CPLD). O tutorial é organizado como segue. A primeira seção dá ponteiros ao Web site de Altera de onde pode ser feito download deste software e as instruções para instalar este software. A segunda seção descreve passo a passo o projeto de um decodificador 2 a 4 simples usando o editor do diagrama esquemático de Quartus II. Finalmente a terceira seção descreve o processo da simulação para verificar o projeto do decodificador. Cada seção é ilustrada com figuras de cada etapa que conduz ao processo seguinte.

1.1 Quartus II 12.1 Web Edition - Download

O download do software pode ser realizado do página da intel (necessita de cadastro) da seguinte URL:

[Quartus II 12.1 Web Edition clique aqui](#)

Para tal, escolha a versão do seu Sistema Operacional (Figura 1 e clique no link de download.

Quartus II Web Edition	Platform	File Name	Size
Quartus II Web Edition	Windows	12.1_quartus_free_windows.exe MD5: cbafa092a9cd264904694ca8b9403e11	3.8 GB
Quartus II Web Edition	Linux	12.1_quartus_free_linux.tar.gz MD5: a206a7585d23d433c26ada2a916b24d1	4.6 GB

Figura 1: Opção de download do software

1.2 Quartus II 12.1 Web Edition - Instalação

Após o download, execute o arquivo e em seguida será solicitado a extração do arquivo (Figura 2), apenas clique em [Install](#).

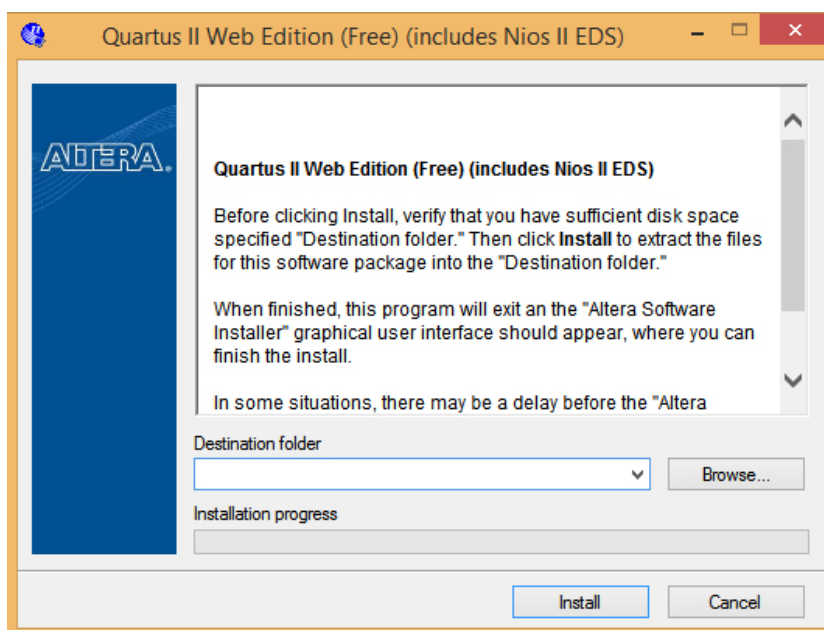


Figura 2: Janela inicial de instalação

Após a extração dos arquivos necessários para a instalação, será exibido a tela de instalação do Software (Figura 3).

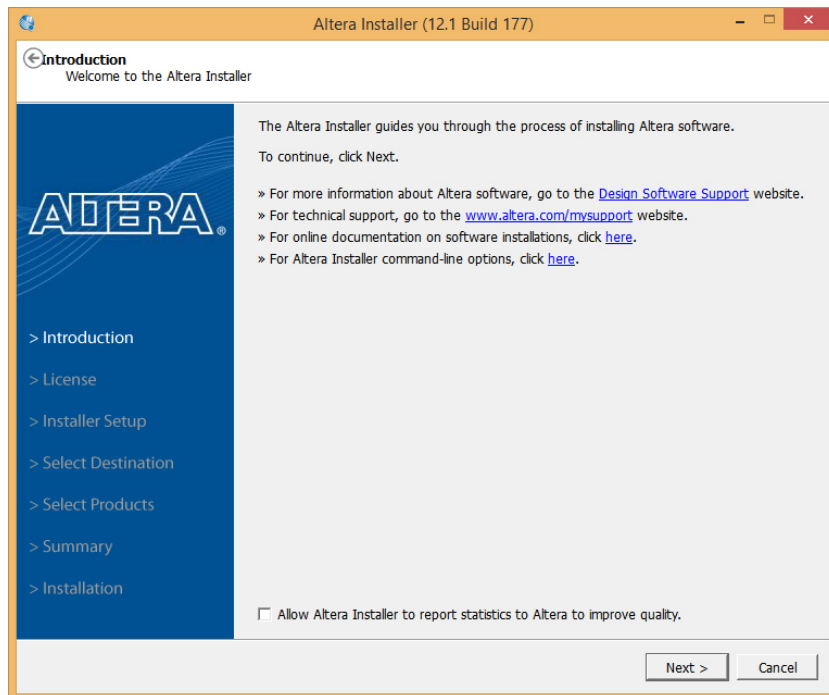


Figura 3: Janela de instalação

Vá clicando em **Next** até chegar na etapa de seleção dos produtos que serão instalados. Nesta etapa, existe a possibilidade de deixar todos os itens marcados e apenas avançar com a instalação ou selecionar apenas os produtos mostrados na Figura 4.

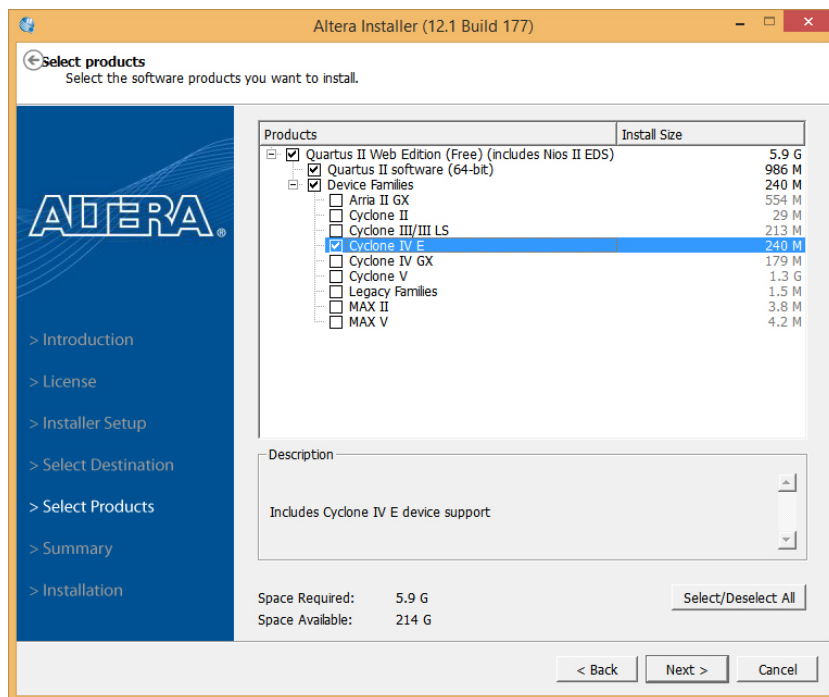


Figura 4: Janela de configuração da instalação

Após selecionar os produtos, clique em **Next** até chegar na janela de instalação (Figura 5) e então aguarde até todo o processo terminar.

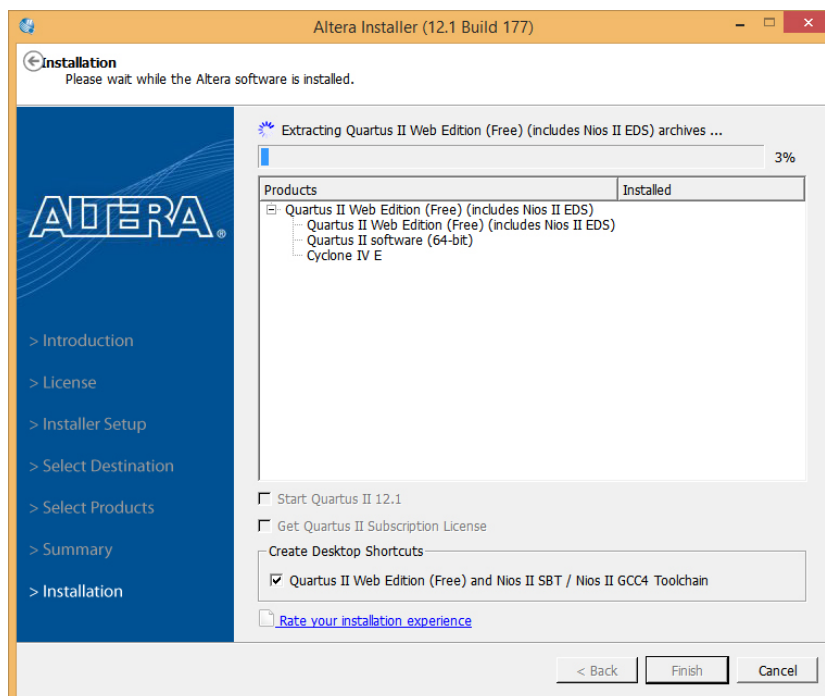


Figura 5: Janela de instalação

1.3 ModelSim-Altera 10.1b Starter Edition - Download

O download do software pode ser realizado do página da intel (necessita de cadastro) da seguinte URL:

[ModelSim-Altera 10.1b Starter Edition clique aqui](#)

Para tal, escolha a versão do seu Sistema Operacional (Figura 6) e clique no link de download. Se for versão **Windows**, faça o download do **Primeiro link**, se for **Linux**, baixe o arquivo do **Terceiro link**. Não precisa baixar os outros arquivos.

ModelSim-Altera Starter Edition	Platform	File Name	Size
v10.1b Software Download for Quartus II v12.1	Windows	12.1_modelsim_ase_windows.exe MD5: 714cab13ac29bd4ff9521e761049524d	516 MB
v10.1b Service Pack 1 for Quartus II v12.1	Windows	12.1sp1_modelsim_ase_windows.exe MD5: 10b1db821d82d5919d65b1223663f648	515 MB
v10.1b Software Download for Quartus II v12.1	Linux	12.1_modelsim_ase_linux.tar.gz MD5: c5a7186d32fd387324e32784d296e874	902 MB
v10.1b Service Pack 1 for Quartus II v12.1	Linux	12.1sp1_modelsim_ase_linux.tar.gz MD5: 3050d030189d21d48216ad4dfceac4ba	902 MB

Figura 6: Opção de download do software

1.4 ModelSim-Altera 10.1b Starter Edition - Instalação

Após o download, execute o arquivo e em seguida será solicitado a extração do arquivo (Figura 7), apenas clique em **Install**.

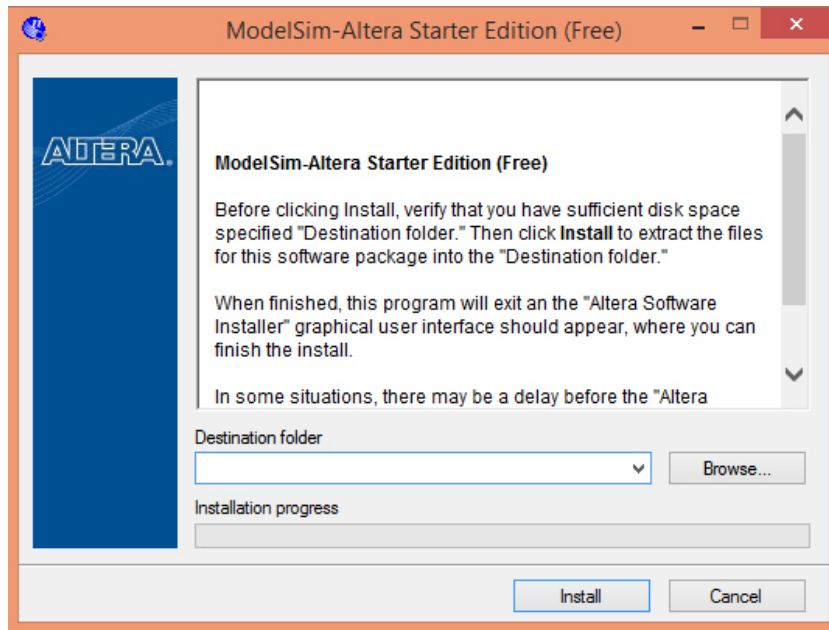


Figura 7: Janela inicial de instalação

Após a extração dos arquivos necessários para a instalação, será exibido a tela de instalação do Software (Figura 8).

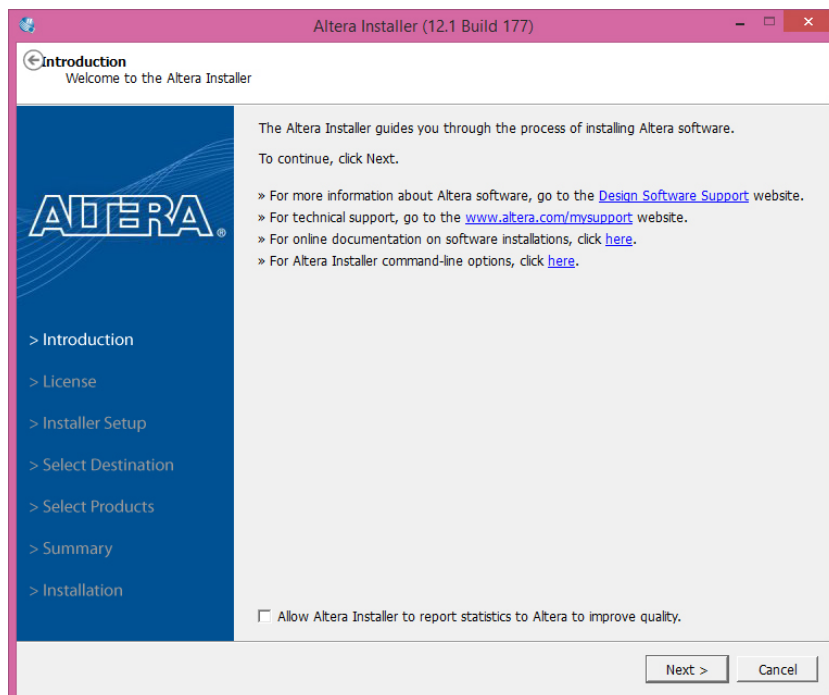


Figura 8: Janela de instalação

Vá clicando em **Next** até chegar na etapa de seleção do destino, o software deve sugerir o mesmo lugar onde foi instalado o software Quartus II por padrão, se você alterou este caminho padrão, então localize ele neste etapa (Figura 9).

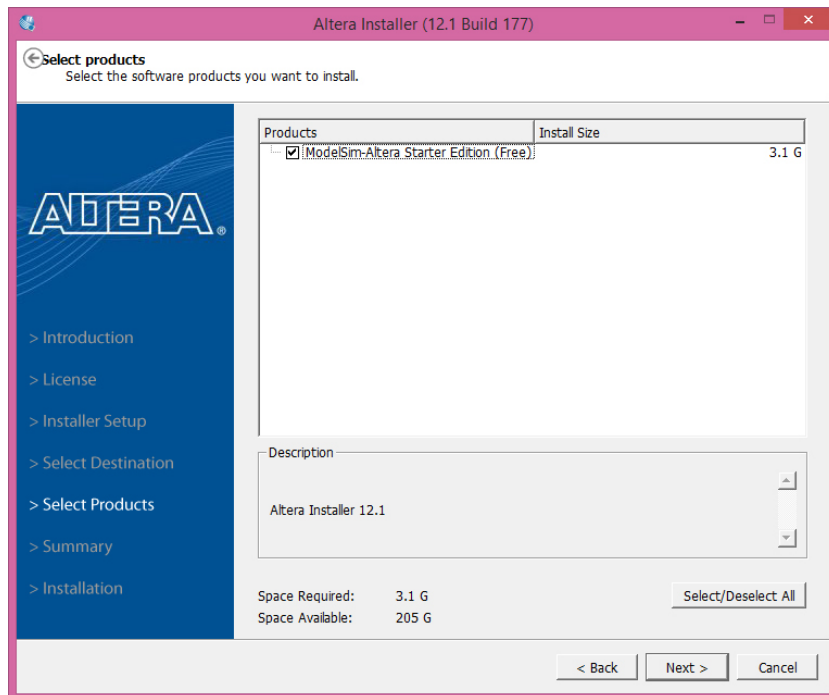


Figura 9: Janela de configuração da instalação

Após selecionar corretamente o diretório, clique em **Next** até chegar na janela de instalação (Figura 10) e então aguarde até todo o processo terminar.

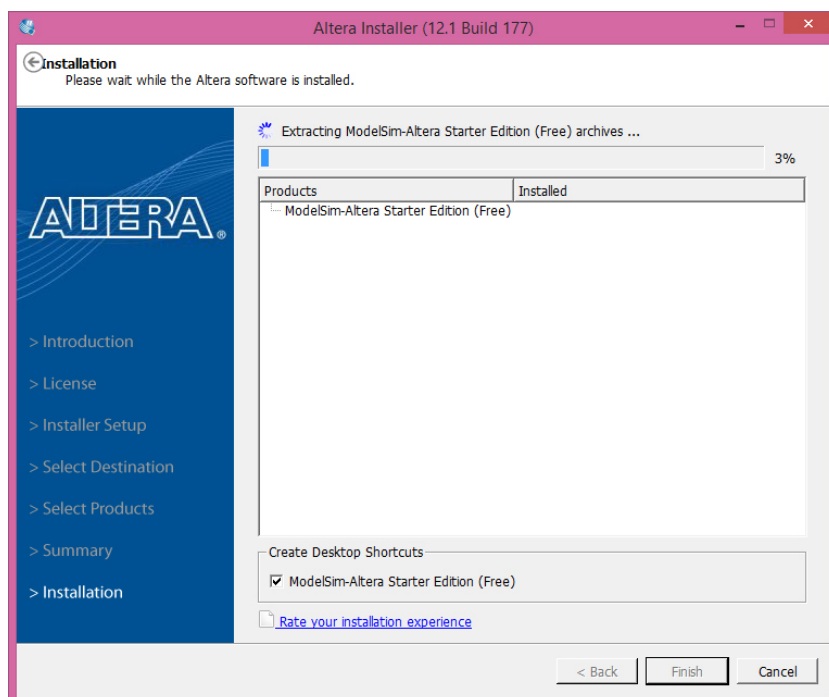


Figura 10: Janela de instalação

2 Criando projetos com o Quartus II

Nesta seção, será mostrado como a criar um projeto novo usando Quartus II. Para a facilidade na compreensão, será descrita cada etapa e ilustrada com figuras, do projeto de um circuito digital simples, um decodificador 2 a 4. O Quartus II trabalha com hierarquia de projetos. Portanto para cada projeto novo, deve-se criar uma pasta com o nome do projeto principal, ou seja, o de hierarquia mais alta.

Após abrir o software pelo atalho criado em seu Desktop, aparecerá uma janela parecida com a Figura 11

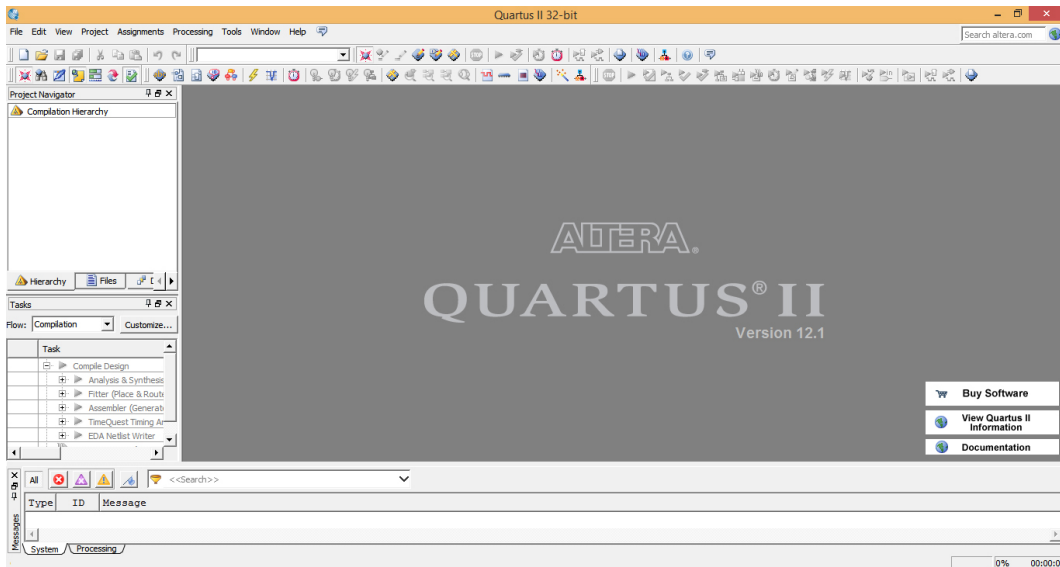


Figura 11: Janela inicial do Quartus II

Na barra de ferramentas, selecione **File** e clique em **New Project Wizard** (Figura 12).

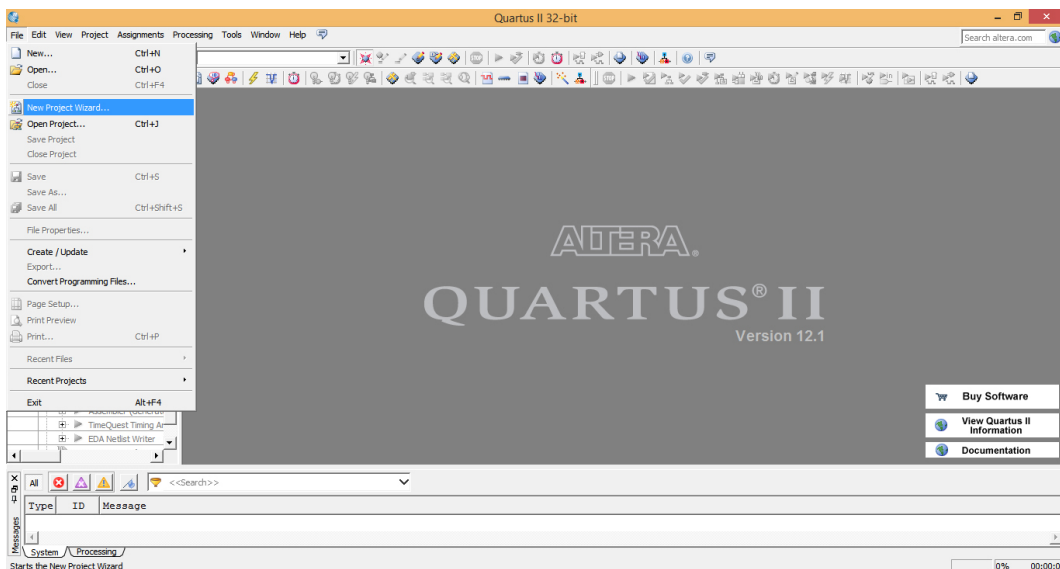


Figura 12: Criação de um novo projeto

Isto abrirá a caixa de diálogo do [New Project Wizard](#) (Figura 13) clique em [Next](#).

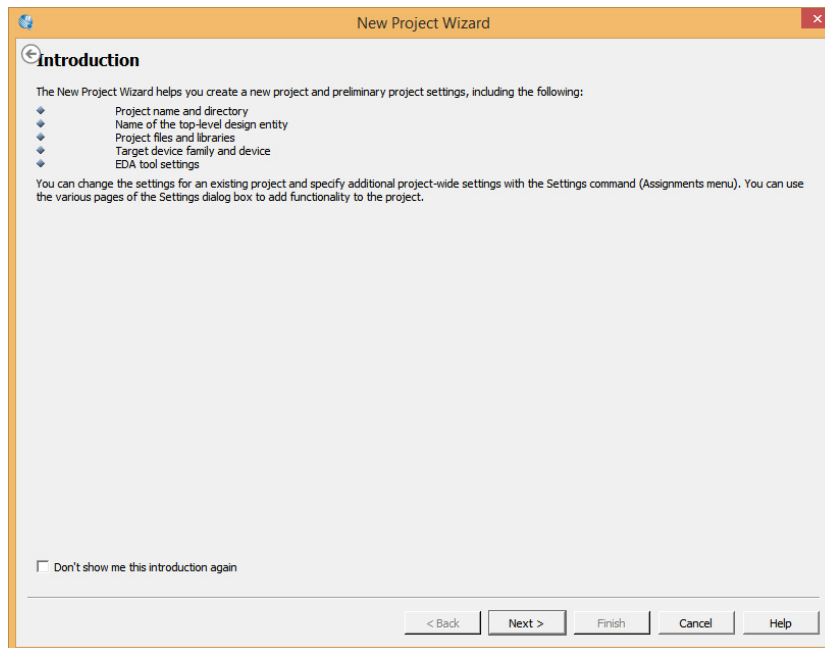


Figura 13: Janela de criação de um novo projeto - Introdução

A primeira tela (Figura 14) pede que sejam fornecidos os nomes do diretório de funcionamento do projeto, o nome do projeto e o nome da entidade do nível superior no projeto. É necessário preencher todos estes campos com a informação relevante. Para uma melhor organização deve-se criar na pasta [Documentos](#) uma pasta com seu NOME e dentro desta, criar uma pasta exclusiva para projeto que será realizado no momento, ou seja para cada projeto serão criadas pastas diferentes. Isto é necessário devido ao grande número de arquivos gerado pelo "Quartus". Para o nome do projeto, deve se iniciar com letra, não pode conter caracteres especiais, não pode começar, repetir duas vezes seguidas e nem terminar com **underline**, além disso, o software não é case sensitive, ou seja, ele não diferencia letras maiúsculas de minúsculas. Ressaltando que o diretório selecionado na imagem foi apenas de exemplo e **NÃO** deve ser seguido.

Então, para esse exemplo, foi criada a pasta de projeto "Projetos" para o projeto "Nome_do_Projeto". Na Figura 14, então é solicitado o nome do projeto, no caso, "Nome_do_Projeto" e nome do projeto de hierarquia mais alta (TOP LEVEL), que também é "Nome_do_Projeto".

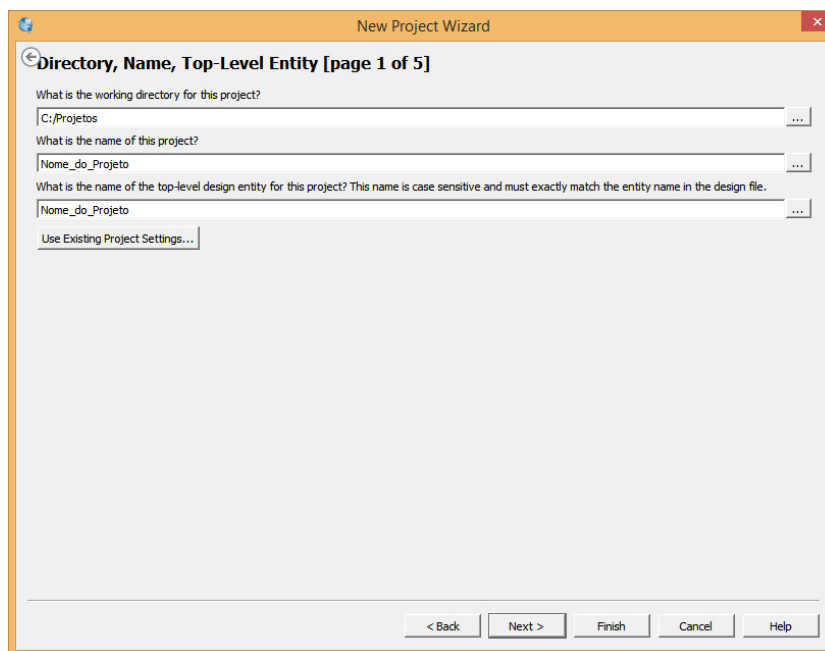


Figura 14: Janela de criação de um novo projeto - Configuração de diretórios

A segunda tela (Figura 15) pede que sejam adicionadas partes ao projeto que eventualmente tenham sido projetadas anteriormente. Caso não exista nenhuma parte do projeto já realizada, simplesmente pressiona-se a tecla **Next** para saltar esta etapa.

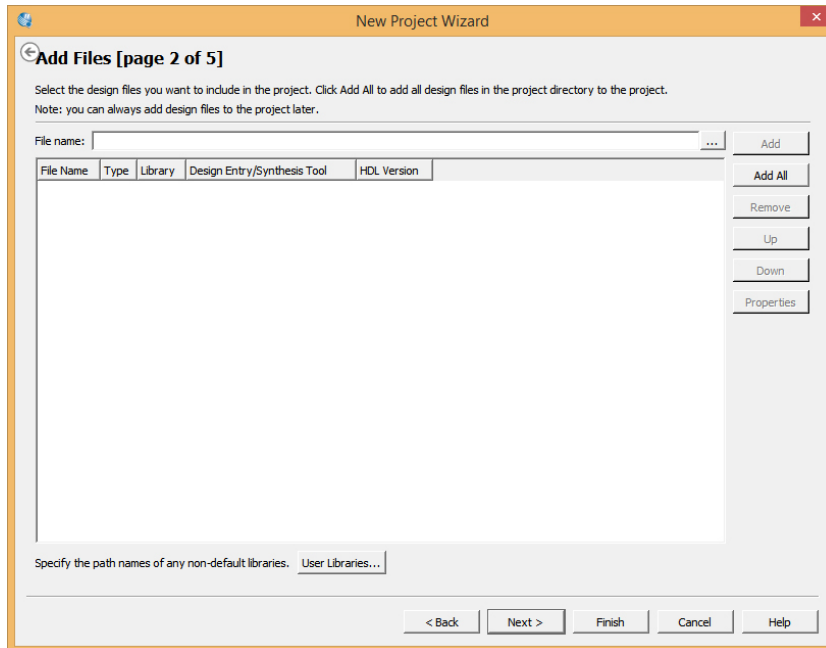


Figura 15: Janela de criação de um novo projeto - Adição de arquivos

A tela 3 da caixa de dialogo **New Project Wizard** (Figura 16) solicita informação sobre a família do dispositivo que será utilizado no projeto. Para a maioria dos projetos, será selecionado o dispositivo da família **Cyclone IV-E** e em seguida, no lado direito da tela, o dispositivo **EP4CE30F23C7** disponível nos kits Mercúrio IV - Macnica.

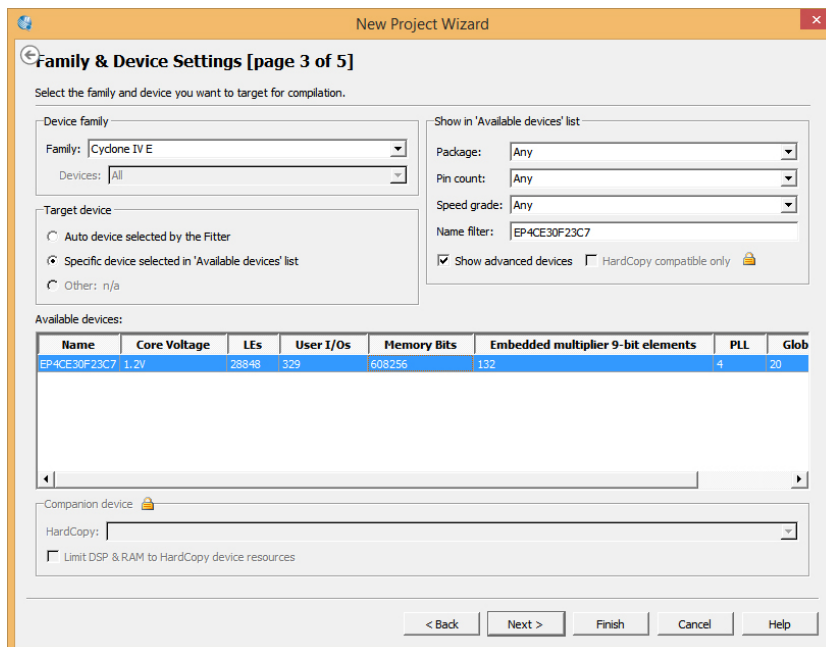


Figura 16: Janela de criação de um novo projeto - Família e Dispositivos

O Quartus permite que os usuários familiarizados com outras ferramentas de PLD integrem seus projetos naquelas ferramentas com projetos gerados no Quartus II. A tela 4 (Figura 17) pergunta basicamente se existem outras ferramentas do Quartus II que planeja-se usar durante o projeto. Neste projeto utilizaremos a ferramenta [ModelSim-Altera](#), selecione-a como mostra a figura e clique em [Next](#).

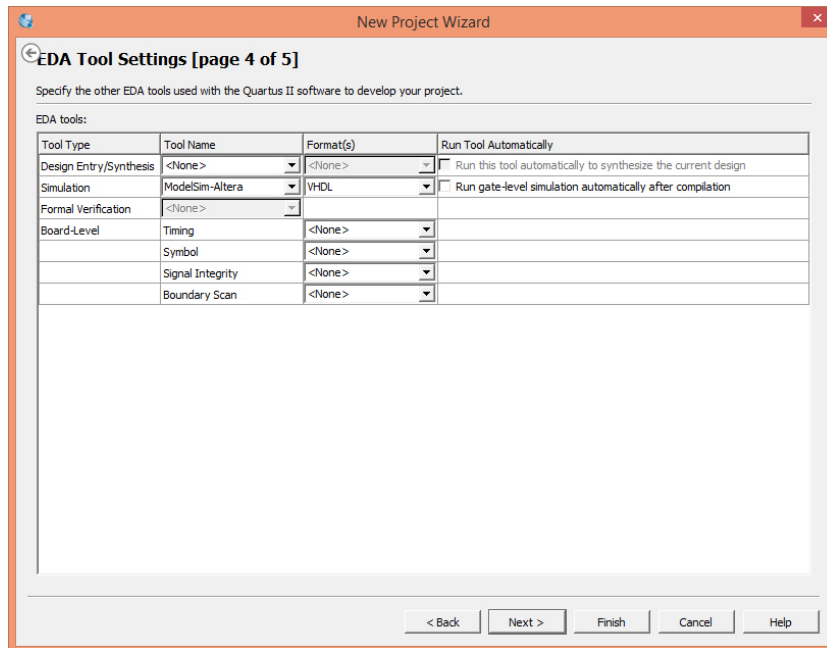


Figura 17: Janela de criação de um novo projeto - Ferramentas

Finalmente a tela 5 informa que [New Project Wizard](#) (Figura 18) está terminado.

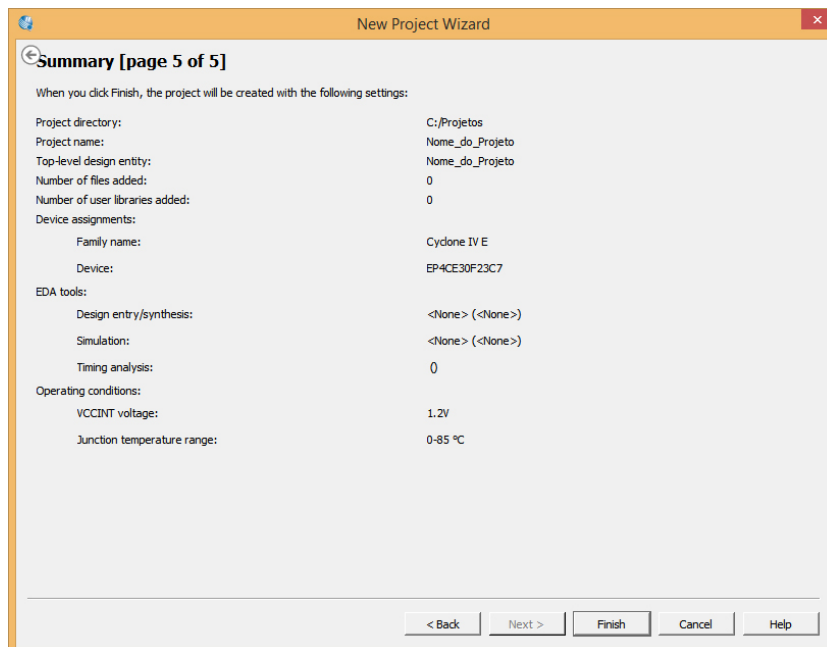


Figura 18: Janela de criação de um novo projeto - Resumo

Ao terminar os procedimentos acima, o software deverá ser parecido com a Figura 19. Se houver uma mensagem de erro dizendo que não houve permissão para criar os arquivos, muito provavelmente não foi selecionado uma pasta específica para o projeto na primeira tela. Feche o programa, abra-o novamente e inicie os procedimentos descritos nesta seção novamente.

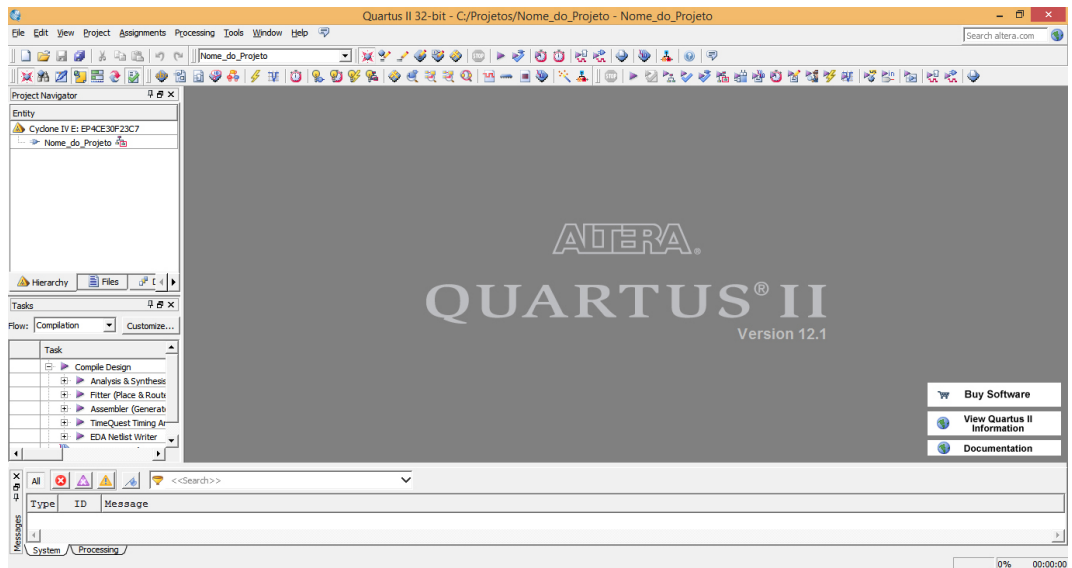


Figura 19: Janela inicial do Quartus II após a criação do projeto

3 Criado um projeto em esquemático

Uma vez criado o espaço do projeto, o próximo passo agora é criar o arquivo `.bdf` de projeto o qual se transformará após a compilação em um projeto. Para criar um arquivo novo de projeto, na barra de ferramentas em **File** seleciona-se o **New** (Figura 20) o qual irá abrir a caixa de diálogo.

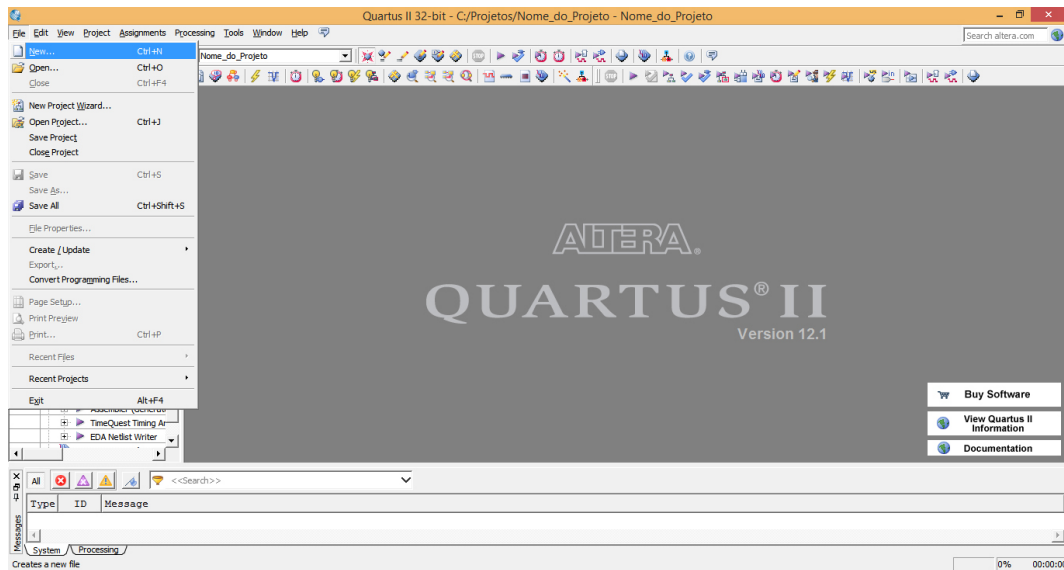


Figura 20: Criando arquivo `.bdf`

Nessa etapa do curso será utilizado o [Block Diagram/Schematic File](#) como método de projeto (Figura 21).

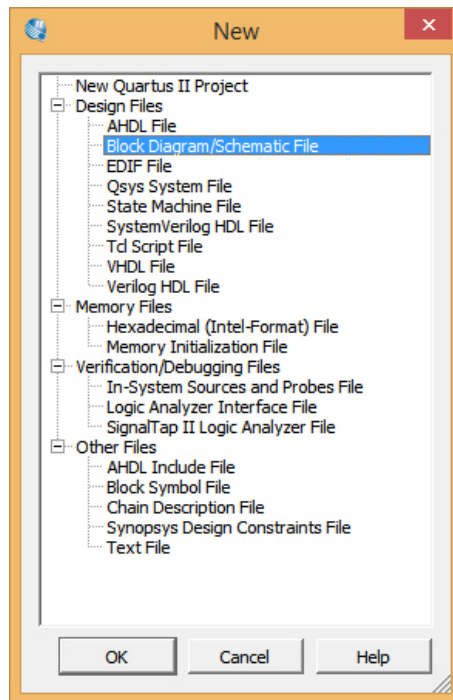


Figura 21: Janela de criação do arquivo .bdf

Uma vez selecionado o [Block Diagram/Schematic File](#) e pressionado o [Ok](#), o Quartus II abrirá um editor esquemático com uma disposição das ferramentas do esquemático (Figura 22). O conjunto de ferramentas se encontra destacado na figura, para saber o nome do botão, basta posicionar o mouse em cima do mesmo e o nome aparecerá.

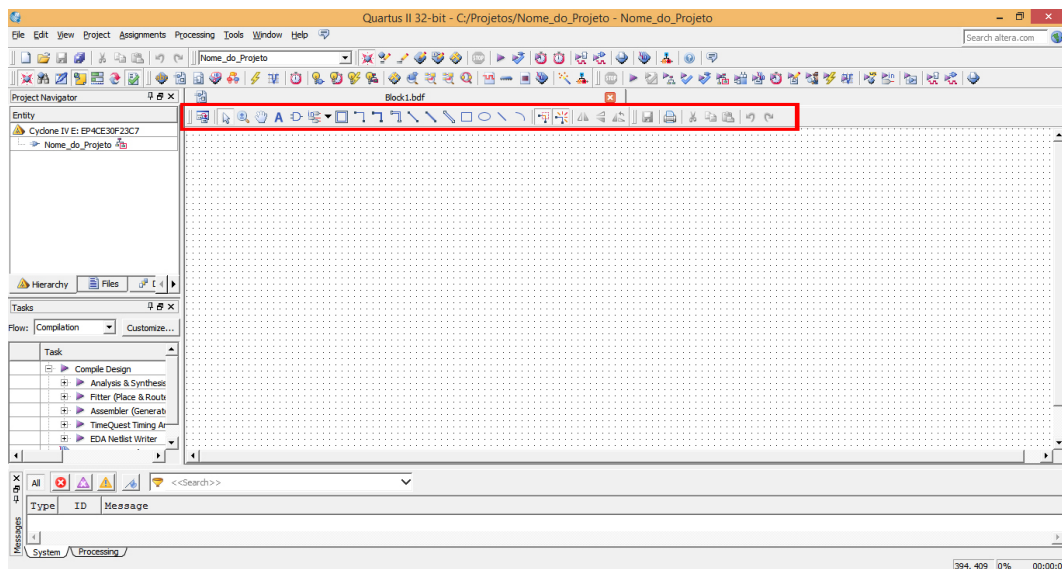



Figura 22: Janela do Quartus II após a criação do arquivo .bdf

Observe, na aba acima do conjunto de ferramentas, que o nome do projeto e do arquivo .bdf não estão iguais. Portanto, salve o arquivo .bdf na pasta com o nome do projeto, no caso desse exemplo "Nome_do_Projeto", e então o nome do projeto aparecerá como "Nome_do_Projeto.bdf".

3.1 Inserindo componente das bibliotecas

O software Quartus II fornece símbolos para uma variedade de funções lógicas, incluindo primitivas, funções de bibliotecas de Módulos Parametrizados(LPM), e outras megafunções. Para entrar com uma porta AND de duas entradas os passos seguintes devem ser seguidos:

1. Clique no botão  da barra de ferramentas.
2. Na janela de abrirá (Figura 23), em **Libraries** clique no ícone **+** para expandir e aparecer os subitens, então da mesma maneira expandir a pasta **primitives** e a **logic**.
3. Na pasta **logic**. Seleccionar a primitiva **and2**. Uma réplica do símbolo aparece na caixa de diálogo (Figura 24). Clique em **Ok**
4. Clique o ponteiro na posição de projeto na janela do Editor esquemático e insira o símbolo **and2** dentro do arquivo de projeto. Para desconectar o ponteiro, basta pressionar a tecla **Esc**.

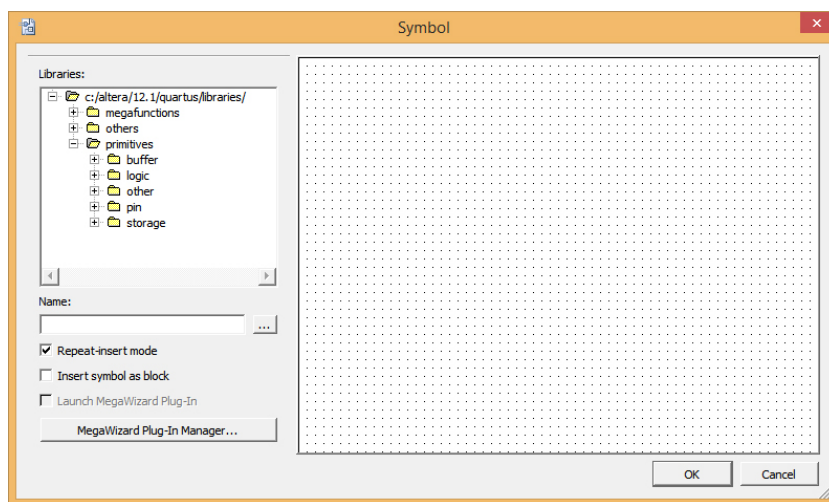


Figura 23: Caixa com as bibliotecas e símbolos para editor esquemático

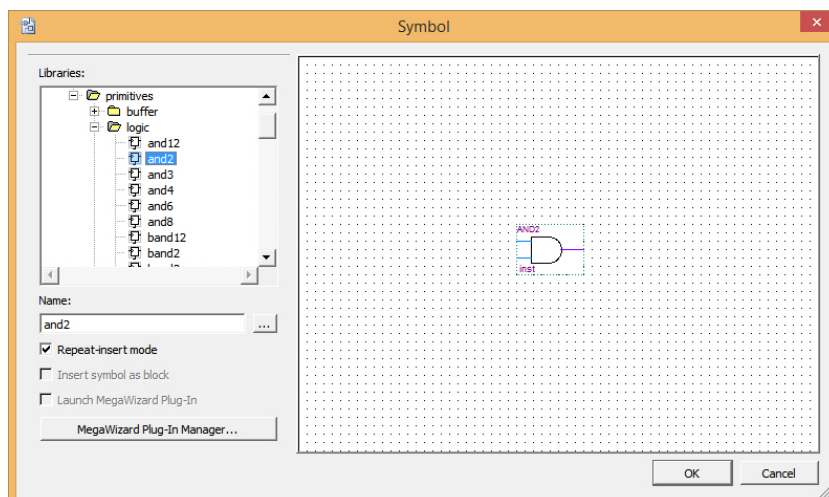


Figura 24: Prévia do símbolo escolhido para esquemático

Repita os mesmos passos para a primitiva **not** também contido na pasta **logic** e para as primitivas de entrada (**input**) e saída (**output**) contidas na pasta **pin**. No exemplo do projeto do decodificador, será utilizado quatro portas **AND** e duas portas **NOT** como também dois pinos de entrada e quatro pinos de saída. Na Figura 25 é mostrado uma imagem com todos os elementos necessários inseridos no editor esquemático.

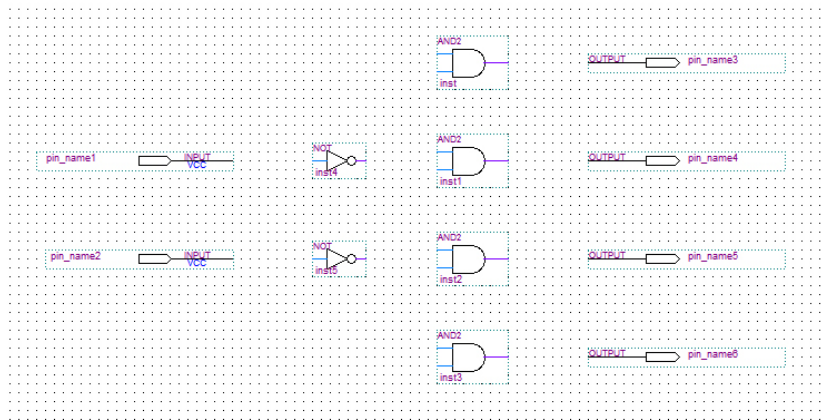


Figura 25: Todos os elementos inseridos no editor esquemático

3.2 Nomear pinos de entrada e saída

Após inserção dos pinos de entradas e saídas é necessário nomeá-los. Para isso, clique duas vezes sobre o pino e então uma janela abrirá (Figura 26) permitindo a edição. Basta colocar o nome, no caso A, onde aparece **pin_name** e clique em **Ok**. É recomendado renomear os pinos e sinais seguindo as mesmas regras para nome de projeto ou de preferência usar nomes pequenos.

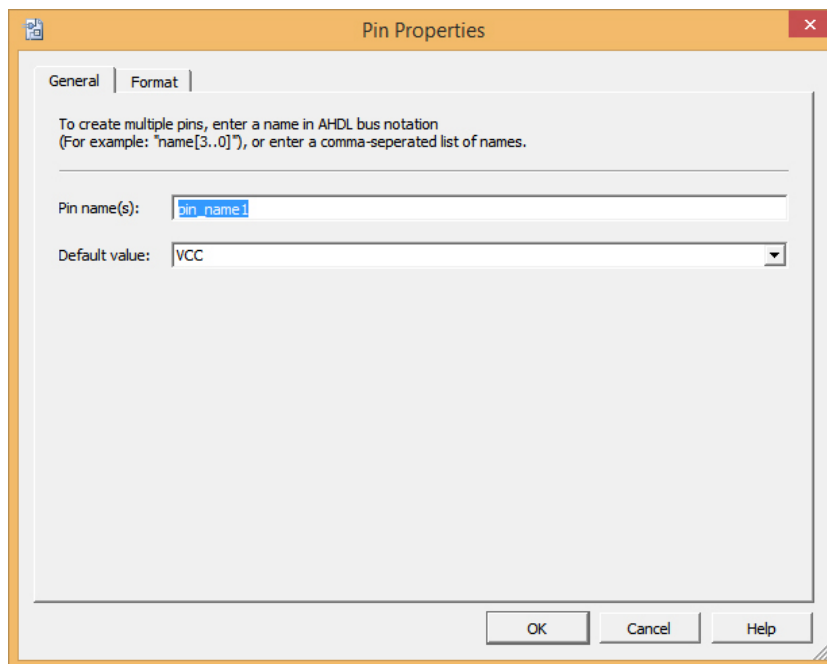


Figura 26: Janela para nomear pinos de entrada e saída

Renomeie os pinos de entrada e saída conforme mostra a Figura 27.

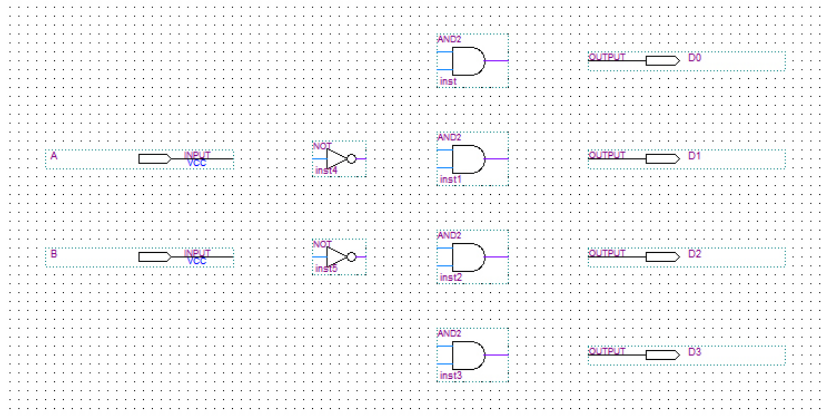



Figura 27: Projeto esquemático com os pinos de entradas e saídas nomeados

3.3 Conectando os diversos componentes do projeto

Após inserir todos os símbolos deve-se interligá-los. Para isso escolhe-se na barra de ferramentas o botão  para interligar com apenas um fio os diversos blocos. E então o projeto final do decodificador deve ficar como mostra a Figura 28.

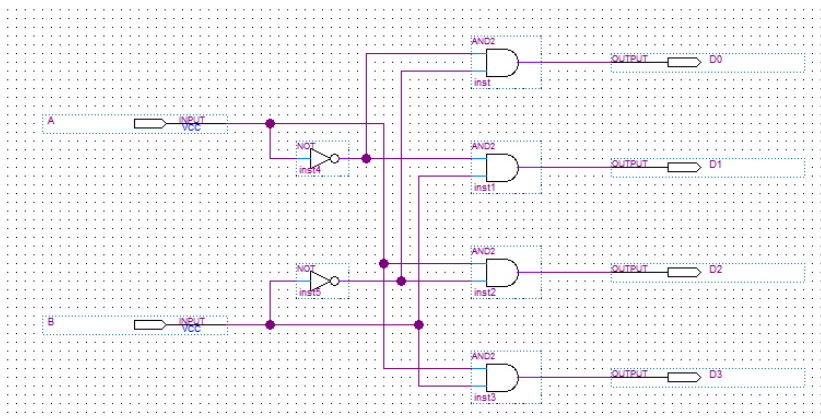


Figura 28: Projeto esquemático final do decodificador - fios conectados

Outra opção de conexão dos fios é conectando um lado às portas e deixando a outra ponta solta, e em seguida, editando o nome do fio com o mesmo nome do fio e então ele será "conectado" automaticamente como mostra na Figura 29. Para renomear o fio, clique com o lado direito do mouse em cima do fio e vá em [Properties](#).

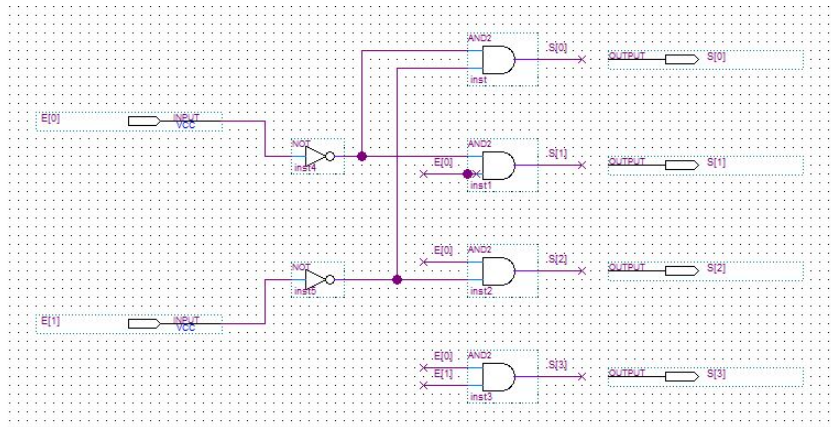



Figura 29: Projeto esquemático final do decodificador - fios não conectados

O próximo passo é salvar o projeto. Para isso, clique no ícone  na barra de ferramentas do software ou utilize a opção [File](#) e [Save Project](#). Deve-se salvar o projeto na pasta em que foi criada com o **MESMO** nome do projeto.



4 Compilando o projeto

O Compilador do Quartus II consiste de um conjunto de módulos independentes que checam os erros do projeto, sintetizam a lógica, ajusta o projeto dentro do dispositivo Altera e gera arquivos de saída para simulação, análise de tempo e programação do dispositivo. O Compilador consiste módulos de [Analysis & Synthesis](#), [Fitter](#), [Assembler](#), e [Timing Analyzer](#), os quais podem ser corridos individualmente ou juntos.

Durante uma compilação completa, o módulo [Compiler's Analysis & Synthesis](#) primeiro extrai informação que define as conexões entre arquivos de projeto e os projetos e verifica erros básicos do projeto. Então cria um mapa organizacional do projeto e combina todos os arquivos de projeto dentro de uma database que pode ser processado eficientemente. A seguir, o [Fitter](#) seleciona o padrão ótimo de interconexão, atribuição de pinagem e atribuição de células lógicas necessárias para ajustar o projeto dentro do dispositivo da Altera selecionado. O [Assembler](#), então completa o processamento do projeto convertendo as atribuições do [Fitter](#) dentro de uma imagem de programação para o dispositivo. Finalmente, o [Timing Analyzer](#) corre automaticamente para reportar as informações de tempo para toda a lógica no projeto.

4.1 Passos da Compilação

Para compilar um projeto, deve seguir os seguintes passos:

1. Com o projeto aberto, no caso do decodificador, escolher na barra de ferramentas a opção [Timing Tools](#), depois [Compiler Tool](#) e [Start](#) ou simplesmente na barra de ferramentas clique no botão .
2. Durante a Compilação, aparecem mensagens de toda a compilação numa janela de Mensagens (Figura 30). É possível selecionar uma mensagem e localizar sua fonte no arquivo de projeto ou outro arquivo. Durante a Compilação, aparece uma tela com as informações sobre o projeto, (Figura 30), como dispositivo usado, família do dispositivo, número de blocos lógicos utilizados no dispositivo, número de pinos usados, etc. Aparece mensagem de compilação concluída, (Full Compilation was successfull) como mostra a Figura 31 se tudo estiver correto. Caso tenha algum erro, a compilação não será concluída e aparece a mensagem “Full Compilation was NOT successfull”. As mensagens sobre os erros da compilação são apresentadas numa janela de Mensagens. Caso essa janela não esteja visível, selecione na barra de ferramentas do quartus a opção VIEW/UTILITY WINDOWS/MESSAGES. É possível selecionar uma mensagem e localizar sua fonte no arquivo de projeto.
3. Para localizar a fonte de uma mensagem gerada pelo compilador deve-se clicar na janela de mensagem no ícone  e expandi-lo para encontrar uma unidade de projeto, incluindo uma entidade (Figura 32).
4. Para solucionar o erro, deve-se clicar duas vezes na mensagem de erro que aparece na janela. O ponteiro irá mostrar qual unidade de projeto e qual símbolo (instância) é geradora do problema (Figura 33). No exemplo, a ferramenta mostra 2 pinos de saída que possuem o mesmo nome.

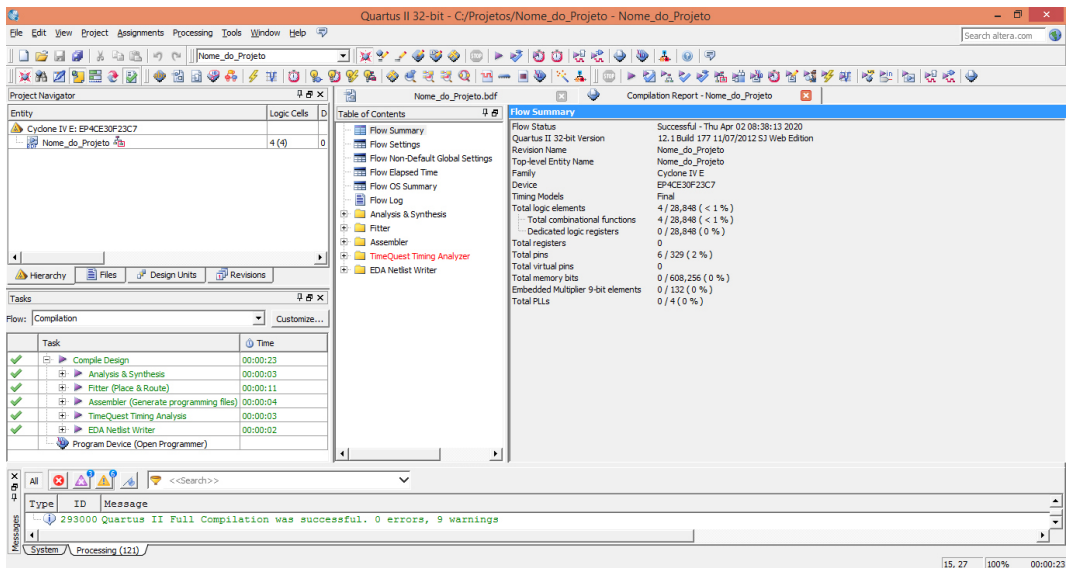


Figura 30: Tela gerada pela compilação de um projeto

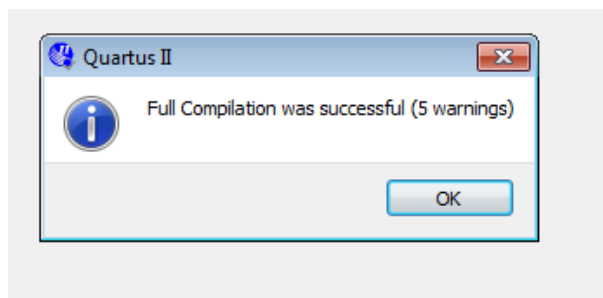


Figura 31: Janela de compilação mostrando mensagem de compilação concluída

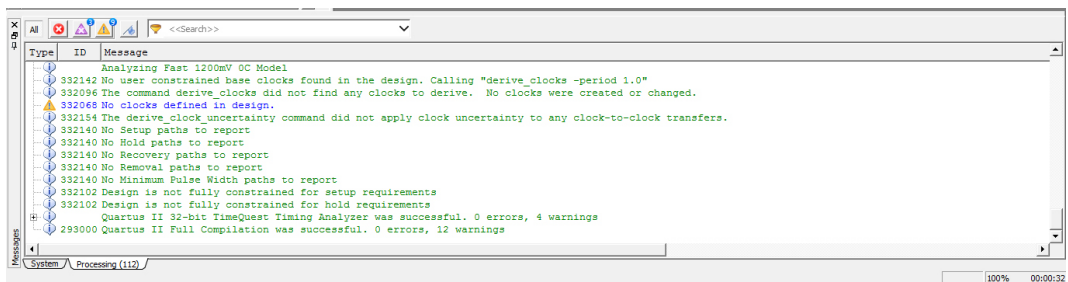


Figura 32: Janela com a mensagem expandida

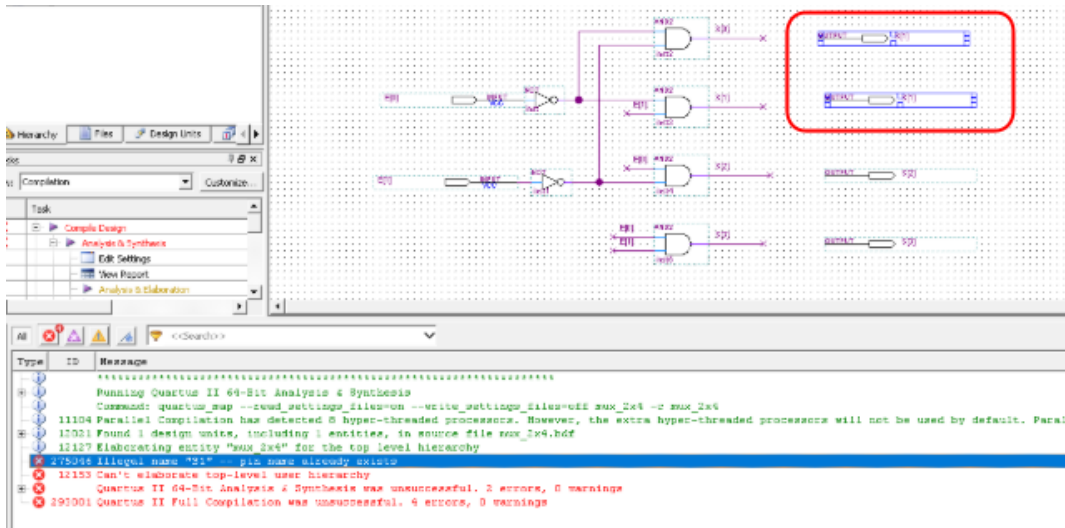


Figura 33: Selecionando primeira mensagem de erro na janela de mensagens

4.2 Erros comuns na compilação

Um erro que pode acontecer na compilação é gerado pela própria ferramenta devido a alguma falha interna. Ao inserir componentes, cada componente deve receber um número de instância diferente (Ex: inst1, inst 2, etc) que está indicado no componente, como mostra a figura 34. Porém, algumas vezes pode acontecer de a ferramenta atribuir o mesmo número de instância para 2 componentes diferentes. Isso causa um erro, que pode ser corrigido clicando no número da instância do componente e alternado esse número para um valor diferente, que não tenha em outro componente.

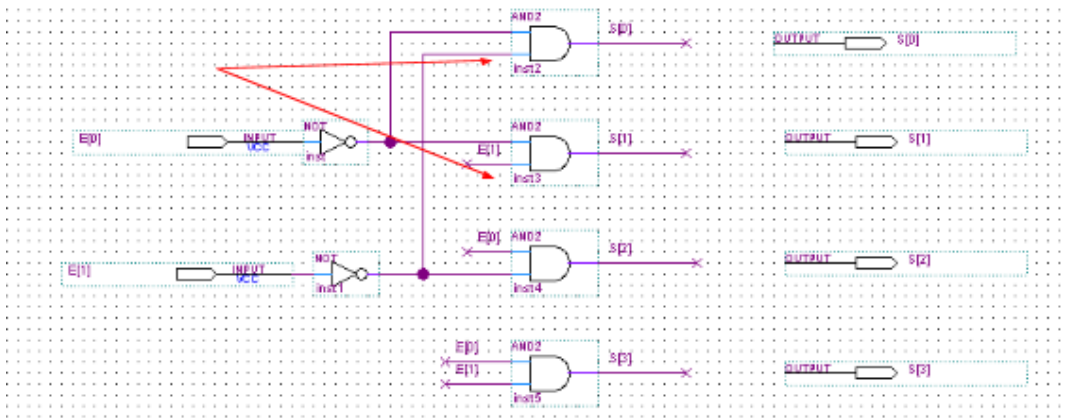


Figura 34: Cada componente alocado possui número de instância diferente

5 Simulando circuitos projetados

A simulação de um projeto se faz necessária quando o projetista quer ter certeza de que seu projeto, ou parte de seu projeto, foi logicamente projetado.

5.1 Criando um novo arquivo de simulação

Primeiramente abra o software [ModelSim-Altera Starter Edition](#) e aparecerá uma janela conforme a Figura 35

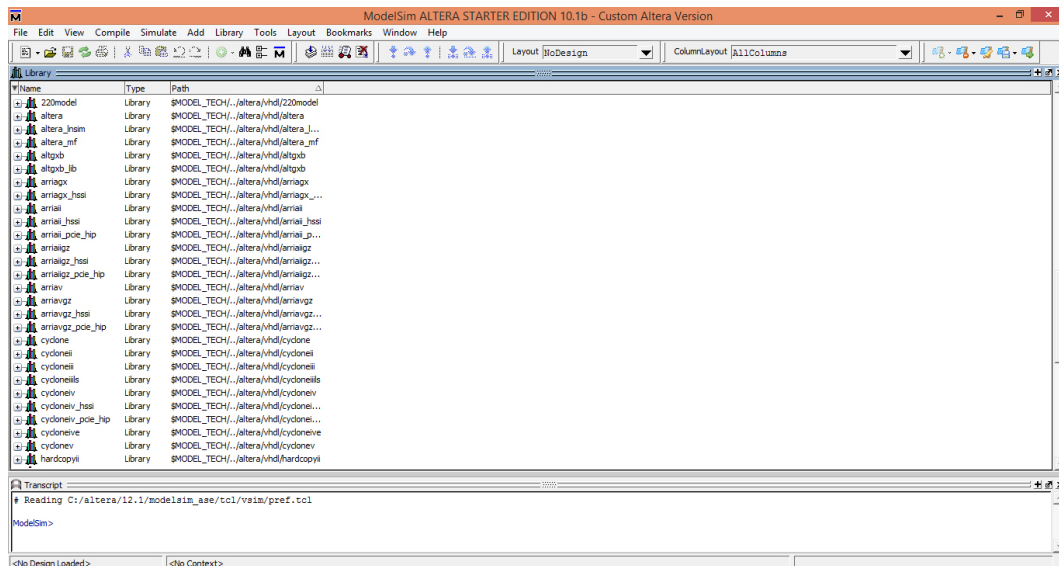


Figura 35: Janela inicial do ModelSim

Na barra de ferramentas, selecione [File...](#) depois [Change Directory...](#) e em seguida localize a pasta do projeto montado no Quartus II (Figura 36).

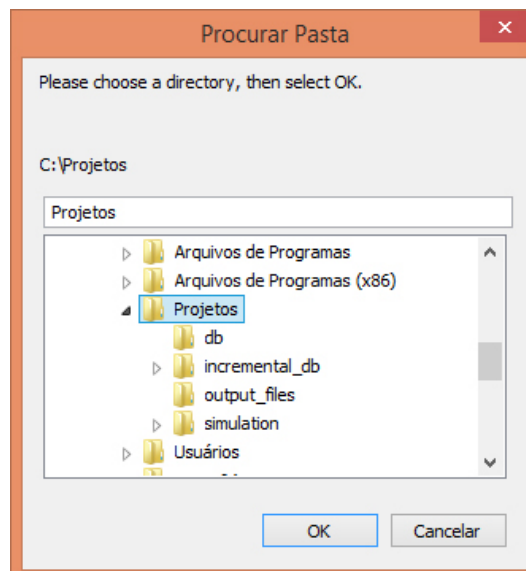


Figura 36: Janela mudança de diretório

Em seguida, selecione na barra de ferramentas, **File**, depois **New** e em seguida **Library...**, deverá abrir uma janela como mostra a Figura 37. Será sugerido um nome padrão (**work**), você pode deixar o nome padrão ou renomar para o nome que desejar, lembrando as regras do nome são iguais às da criação do projeto no Quartus II.

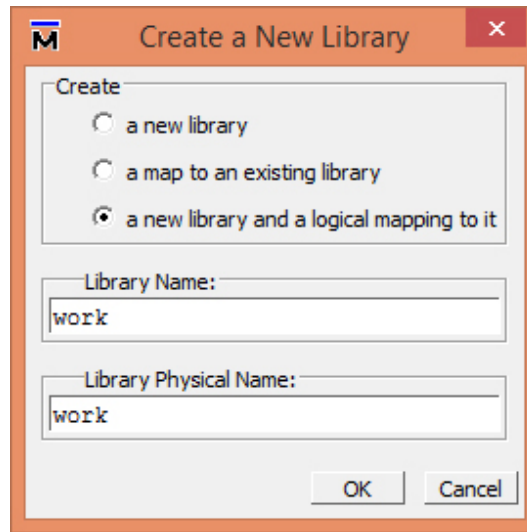


Figura 37: Janela de criação de uma nova biblioteca

Continuando, selecione na barra de ferramentas, a opção **Compile** e em seguida **Compile...**, abrirá uma janela (Figura 38) mostrando os arquivos do projeto, entre na pasta **simulation** e subsequentemente, entre na pasta **modelsim**, dentro da mesma, haverá alguns arquivos, dentre eles, um com extensão **.vho** com o mesmo nome do projeto feito no Quartus II, selecione-o e clique em **Compile** e em seguida em **Done**.

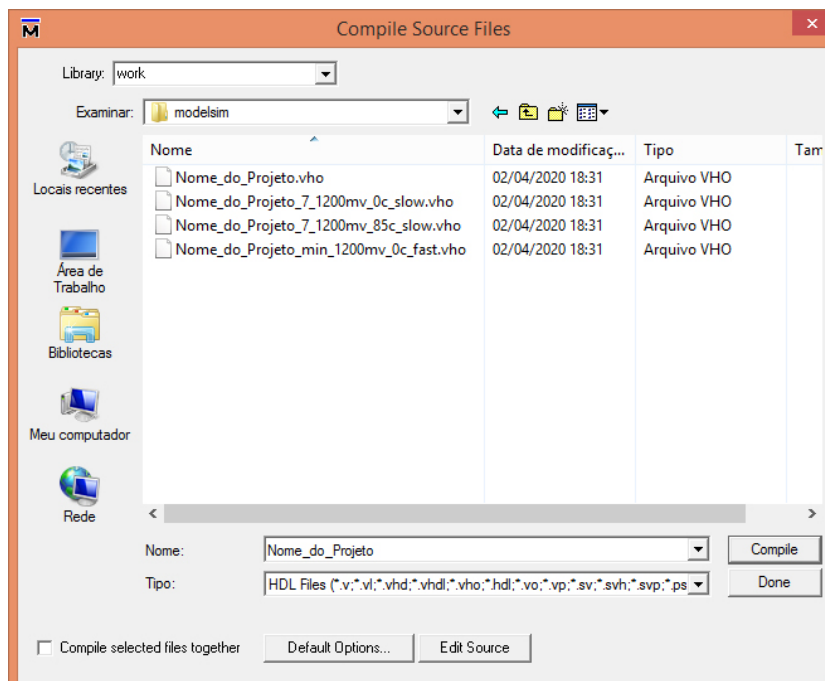


Figura 38: Janela de compilação

5.2 Configurando e executando o arquivo de simulação

Após realizar os passos acima, vá na barra de ferramentas e selecione **Simulate** e em seguida **Start Simulation**, abrirá uma janela listando as bibliotecas, localize a biblioteca criada no passo anterior (Figura 37) e expanda os arquivos da biblioteca até aparecer um arquivo escrito **structure** (Figura 39), selecione-o e clique em **OK**.

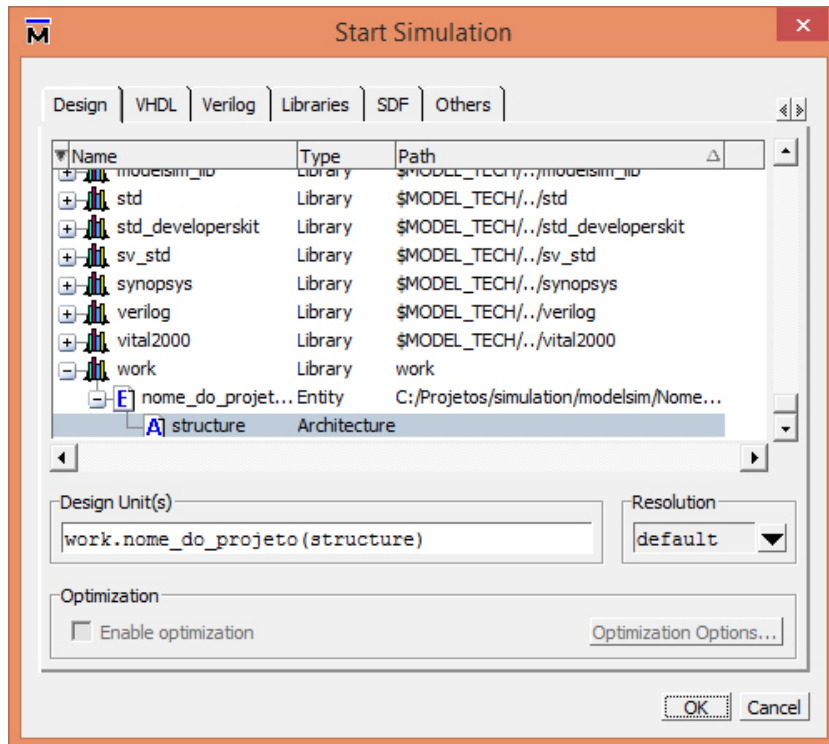


Figura 39: Janela de início da simulação

Executando o passo anterior, abrirá a janela de simulação do ModelSim (Figura 40). Se a Janela de **Wave** não estiver visível, vá na janela de ferramentas e selecione **View** e em seguida **Wave**.

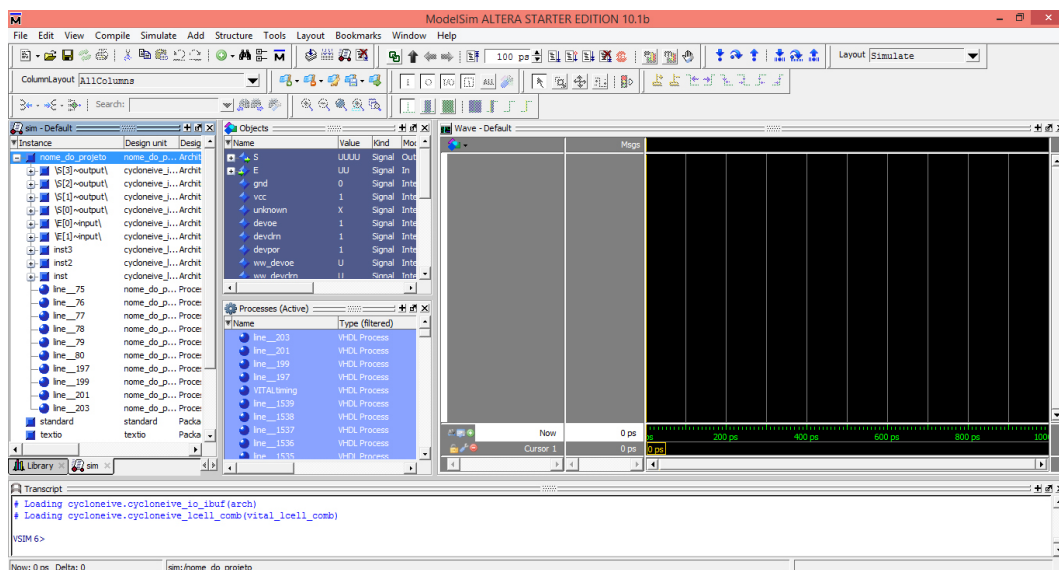


Figura 40: Janela de simulação

A janela do meio chamada de **Objects** listará os pinos e entrada e saída definidos no projeto. Pode-se expandí-los clicando no **+**. Clicando com o lado direito do mouse em um pino de entrada ou saída, selecione **Add Wave** (Figura 41).

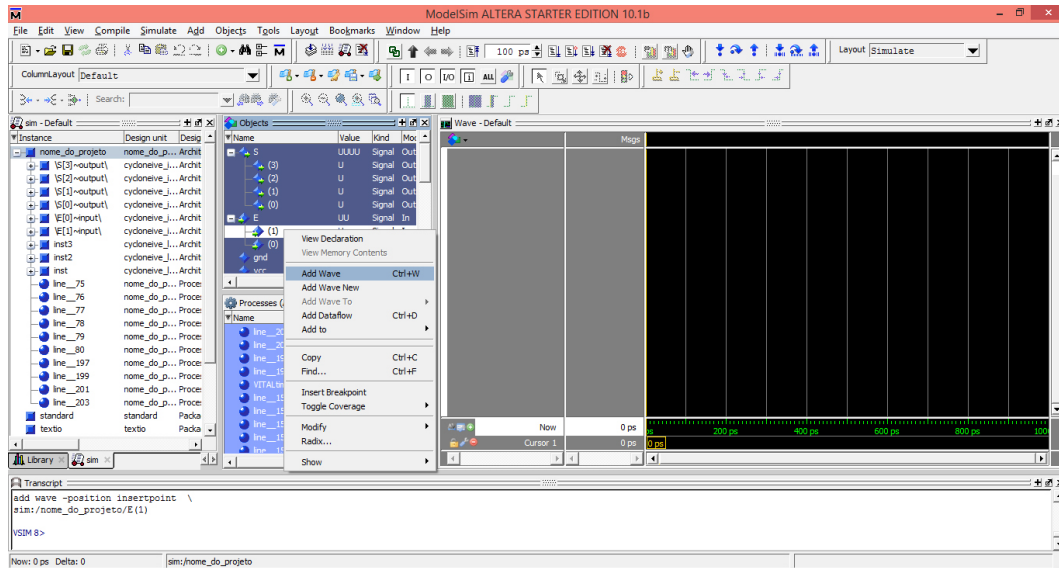


Figura 41: Adicionar waves na janela de simulação

Após adicionar todas as **waves** dos pinos de entrada e saída, pode-se observar que na janela de **Wave** estará listado todos os pinos adicionados. Vamos configurar o formato de onda dos pinos de entrada para que seja possível visualizar as ondas dos pinos de saída. Para isso clique com o lado direito do mouse no pino de entrada (Figura 42) e selecione a opção que lhe for conveniente, neste exemplo, selecione **Clock...**

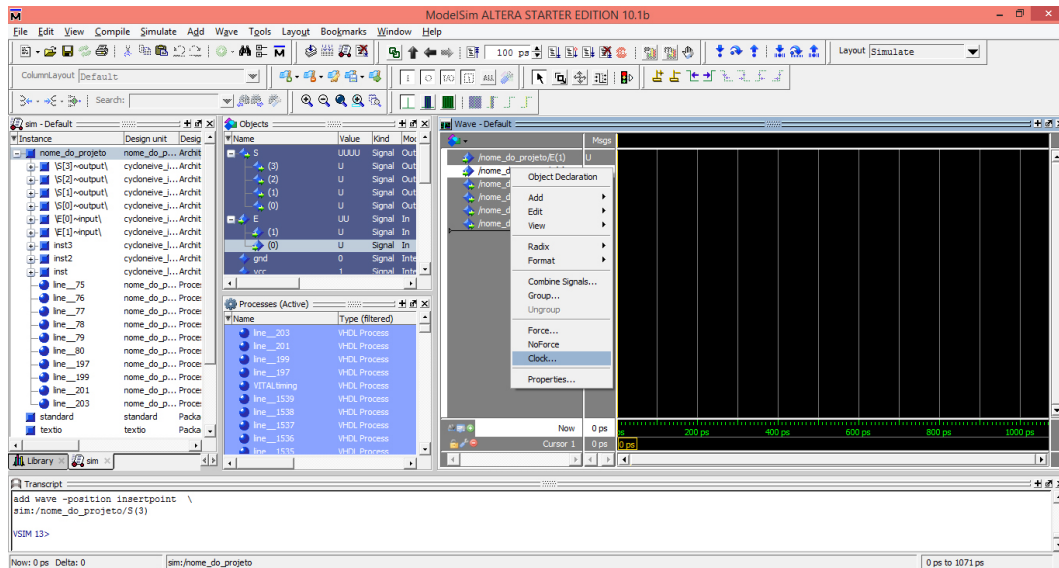


Figura 42: Adicionar formato de onda nos pinos de entrada

Para este exemplo, deixe como esta e apenas dê **OK**. No segundo pino de entrada, selecione **Clock...**, e configure, por exemplo, com um **Period** de **200** e com **First Edge** selecionado como **Falling** (Figura 43) em seguida clique em **OK**.

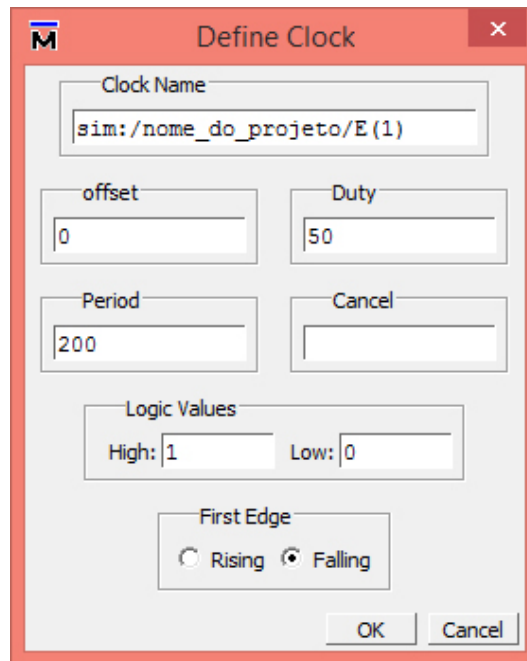



Figura 43: Configurar formato de onda nos pinos de entrada

Finalmente, clique no botão  ou aperte **F9** para iniciar a simulação. Após aperta algumas vezes o botão de simulação, pode-se observar o formato de onda nos pinos de saída (Figura 44).

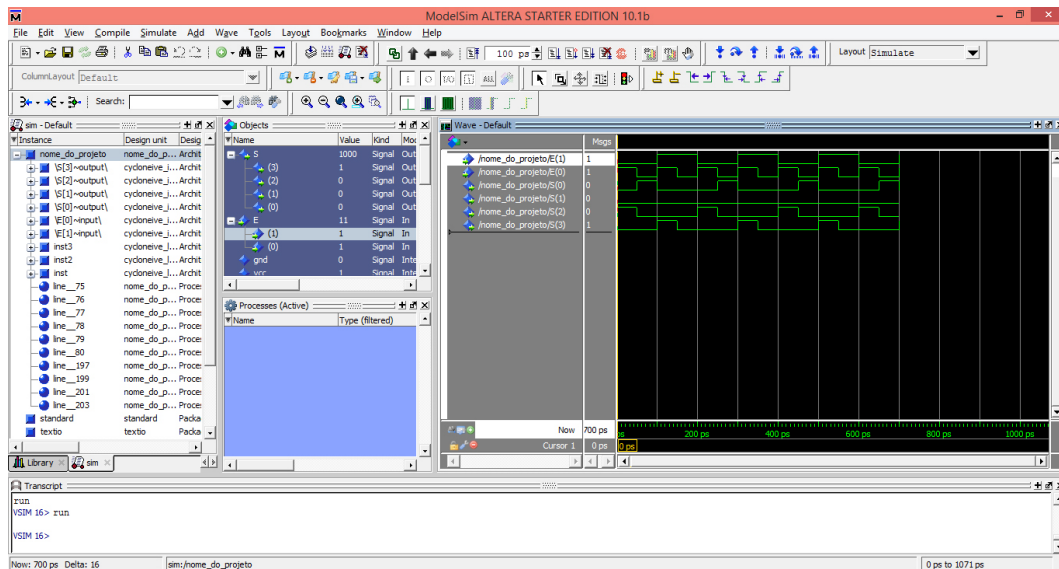


Figura 44: Resultado da simulação

6 Atribuição de pinagem

Antes de passar o programa para o dispositivo FPGA, que se encontra na placa a ser utilizada, é preciso atribuir cada uma das entradas e saídas do programa escrito aos pinos do dispositivo. Isso pode ser feito de maneira manual ou automática, através da importação dos pinos.

6.1 Através da atribuição manual dos pinos

Para atribuição manual, é feito uso da ferramenta Pin Planner. Para acessá-la, basta acessar a barra “Assignments”, como mostrado na figura 45

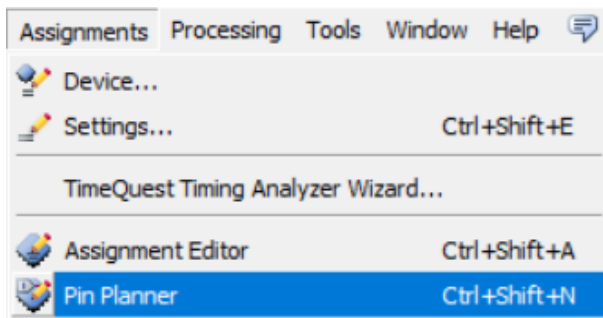


Figura 45: Acessar Pin Planner

Com isso, a ferramenta será aberta. As entradas e saídas estabelecidas na entidade do programa estarão listadas no ambiente [All Pins](#), com suas direções já definidas (input, output ou input/output).

Para atribuir cada uma das interfaces a um pino físico da placa, basta selecionar o pino desejado na coluna “Location”.

Na Figura 46, a exemplo, nota-se que o OUTPUT f é associado ao pino J7. Os INPUTS a e b estão associados aos pinos V21 e W22.

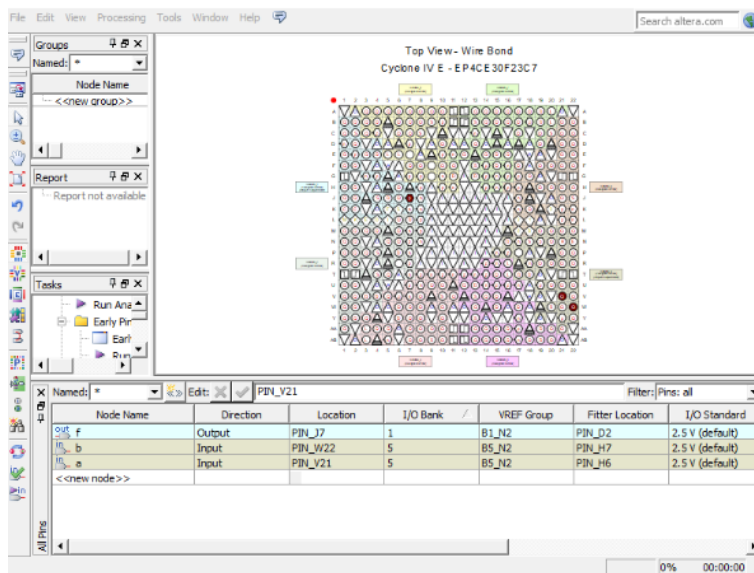


Figura 46: Pinos associados na ferramenta Pin Planner

Em seguida, é necessário compilar o projeto para que as modificações de pinagem sejam efetivadas.

Como é possível observar na figura acima, o Pin Planner apresenta graficamente o dispositivo com seus pinos posicionados em forma de matriz, com letras identificando as linhas e números as colunas.

6.2 Através da importação do arquivo de pinagem

Após realizar a atribuição da pinagem pelo método anterior e compilar novamente o projeto, o Quartus irá gerar um arquivo na pasta do projeto com o nome da entidade e extensão .qsf. Esse arquivo também pode ser gerado em Assignments: Export Assignments. O arquivo contém as informações da atribuição feita aos pinos da placa e pode ser importado em projetos futuros que usem a mesma atribuição.

Para importar o arquivo .qsf do projeto anterior, basta acessar a opção “Assignments”: “Import Assignments...”, como representado na figura 47

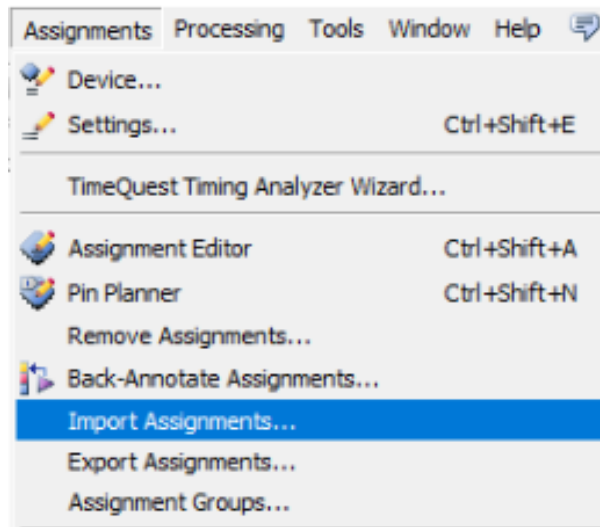


Figura 47: Acessar Import Assignments

Feito isso, será aberta uma nova caixa de diálogo, como mostrado na Figura 48. Nessa caixa, deverá ser inserido o arquivo a ser importado. Para selecionar o arquivo .qsf do projeto, é preciso clicar no botão (...) e navegar até a pasta do projeto, como mostrado na figura 49.

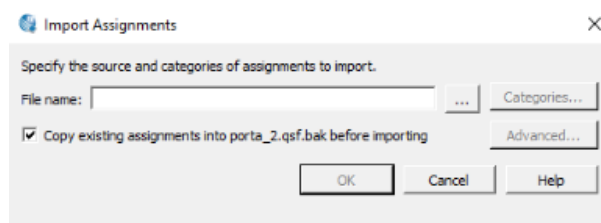


Figura 48: Caixa de diálogo para importar atribuição

Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho
db	15/04/2020 23:23	Pasta de arquivos	
incremental_db	11/04/2020 18:18	Pasta de arquivos	
output_files	15/04/2020 23:02	Pasta de arquivos	
simulation	11/04/2020 18:26	Pasta de arquivos	
porta_1.qsf	15/04/2020 23:03	Arquivo QSF	3 KB

Figura 49: Selecionar arquivo QSF do projeto anterior

Uma vez selecionado o arquivo, o mesmo poderá ser importado e os pinos, após compilação, serão automaticamente associados às entradas e saídas da entidade descrita pelo programa VHDL, como mostrado na figura 50.

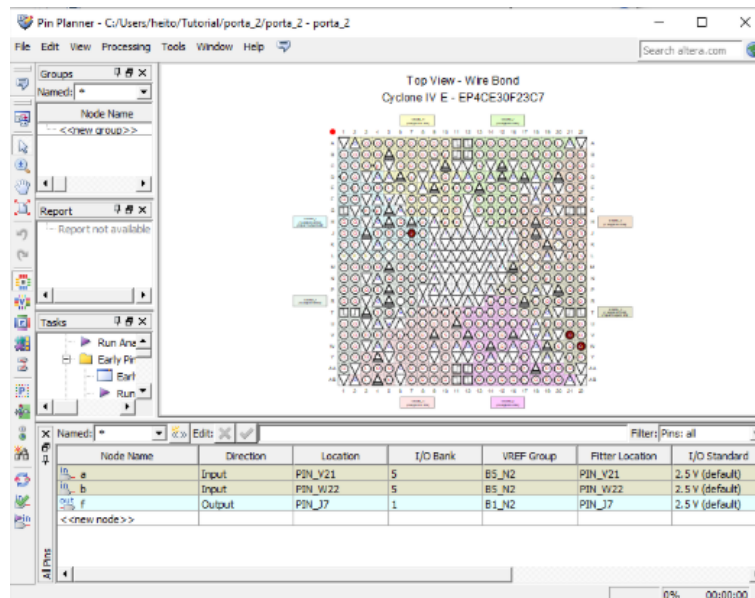


Figura 50: Pin Planner após importação

Essa ferramenta é útil para fazer a atribuição de pinos de diferentes projetos que usam a mesma interface. Também é possível importar arquivos prontos fornecidos pelo fabricante da placa a fim de economizar tempo na associação com cada periférico da placa utilizada.

7 Síntese no dispositivo

Caso a simulação corresponda com o funcionamento desejado do projeto, o próximo passo é fazer a síntese desse projeto no dispositivo. Deve-se inserir os pinos como mostrado no item anterior, recompilar o projeto para reconhecimento dos pinos e configurar o circuito projetado no dispositivo lógico programável. O dispositivo FPGA que será configurado é o EP4CE30F23C-7 da família CYCLONE IV-E que se encontra na placa didática Mercúrio IV da MACNICA. Essa placa deve ser conectada corretamente ao computador através de uma saída USB com suas chaves ON/OFF ligadas e a chave Prog FPGA selecionada. Na barra de ferramentas do software Quartus II pode selecionar o botão mostrado na Figura 51, ou, alternativamente, acessá-lo através do menu de ferramentas, como mostrado na Figura 52.

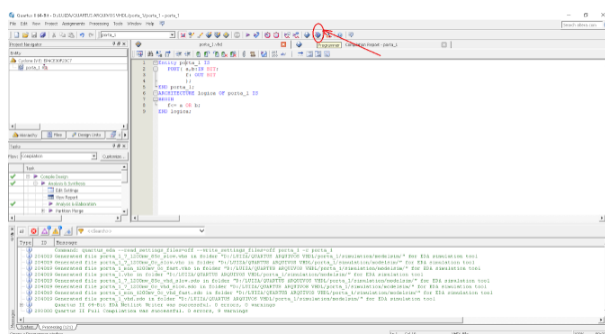


Figura 51: Acesso ao programador pelo botão

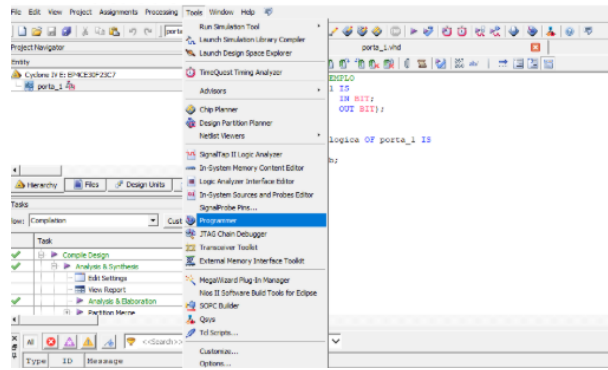


Figura 52: Acesso pelo menu de ferramentas

Selecionado o programador, a janela mostrada na Figura 53 será aberta. Nela pode ser visto o dispositivo que será configurado (EP4CE30F23) e o hardware selecionado USB-Blaster [USB-0]. Então, é só selecionar Program/Configure, e em seguida START.

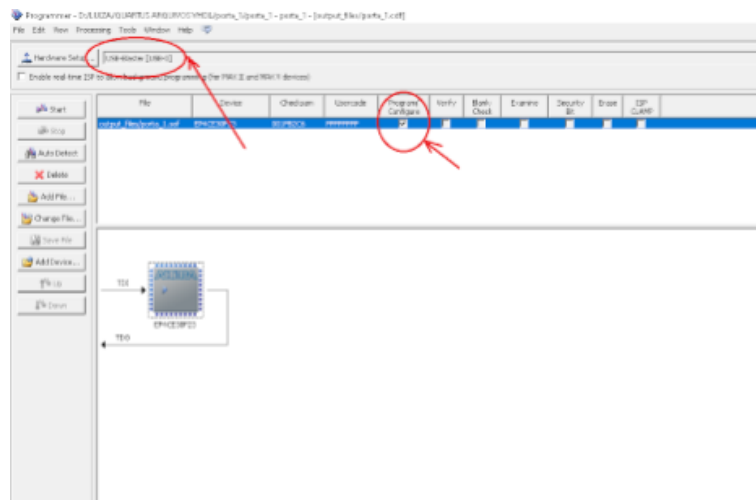


Figura 53: Janela do programador

Caso apareça "No Hardware", como mostra a figura 54, Deve-se clicar em "Hardware Setup..." para inserir o hardware e selecionar o "USB-Blaster".

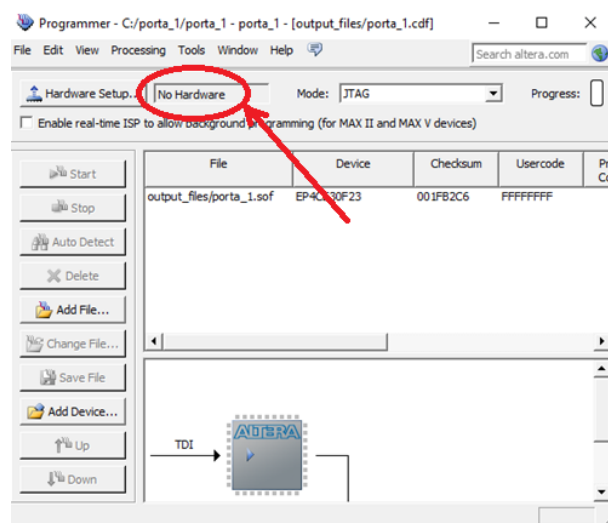


Figura 54: Janela de programação sem identificação do hardware

8 Erros Comuns

8.1 Inserção de componente da biblioteca Megafunction

Se ao tentar inserir um componente da biblioteca Megafunction acontecer algum erro, no qual ao tentar finalizar a configuração do componente a ferramenta não conclui e retorna a página inicial de criação do componente, basta desabilitar a caixa "Match project/default" como mostra a Figura 55.

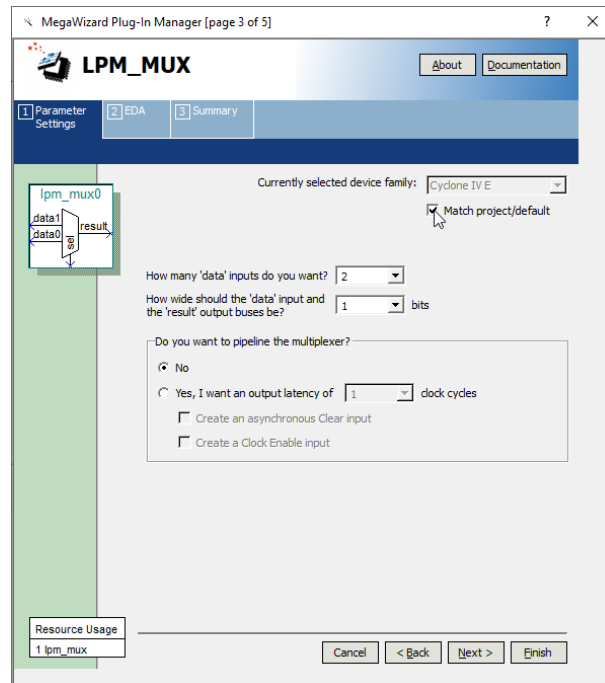


Figura 55: Criação de componente da biblioteca Megafunction