

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»

**УЗЛЫ И УСТРОЙСТВА
СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

Методические указания
к лабораторным работам

Санкт-Петербург
Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
2017

Введение

В учебно-методическом пособии приводится методика разработки устройств и узлов с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР). В качестве САПР выбран программный пакет Quartus II. Поскольку САПР Quartus II имеет графические средства описания и моделирования цифровых устройств различного уровня сложности, она может быть использована как инструмент при изучении процессов проектирования узлов и устройств средств вычислительной техники.

Порядок работы в системе проектирования Quartus II

Программное обеспечение Quartus II предоставляет полный цикл для создания цифровых устройств с дальнейшей их реализацией на базе ПЛИС, объединяя этапы проектирования, синтеза, размещения элементов и трассировки соединений. Анализ работоспособности проектов выполняется в процессе моделирования.

Этап 1. Создание проекта в САПР Quartus II

1. Понятие проекта

Под термином «проект» в рамках САПР Quartus II понимается набор файлов, описывающих проектируемое устройство, а также ряд вспомогательных файлов. Система поддерживает несколько типов файлов с описанием проекта как графических, так и языковых. В предлагаемом цикле работ будут использоваться файлы описаний блок-схем устройства Block Design File (*.bdf). Вспомогательные файлы содержат дополнительную информацию о проекте, их имена должны совпадать с именем проекта.

2. Создание проекта

2.1. Перед работой рекомендуется создать в рабочей области жесткого диска папку, в которой будет размещен проект.

2.2. Проект в системе Quartus II создается с использованием встроенного мастера создания проекта *New Project Wizard*, запускаемого через меню файл. Откроется окно *New Project*. При первом запуске появляется окно, в котором отражена вся возможная последовательность действий при открытии нового проекта. Это окно пропускается нажатием клавиши *Next*.

В окне первого этапа создания проекта (рис. 1.1) указывается рабочий каталог, созданный в п. 2.1. Если ввести имя несуществующего каталога, то он будет создан системой Quartus II. В этом же окне задается имя проекта и файла верхнего уровня.

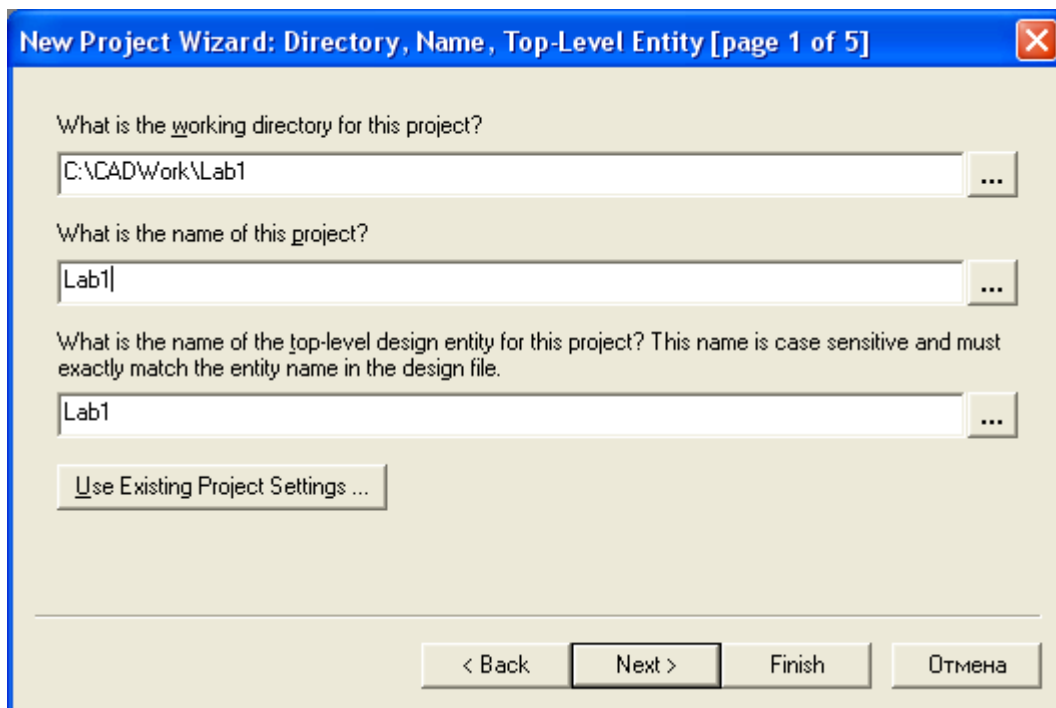


Рис. 1.1

Для продолжения следует нажать кнопку Next.

Второе окно предназначено для подключения к проекту ранее созданных файлов. Так как в работе дополнительные файлы, которые должны быть подключены к проекту, отсутствуют, выполняется переход к следующему окну нажатием кнопки Next.

В третьем окне (рис. 1.2) требуется указать семейство и тип ПЛИС. В работе будет использован макет с установленной микросхемой семейства Cyclone II EP2C5Q208.

Четвертое окно позволяет подключить к системе Quartus II дополнительные средства EDA. В работе их использование не предполагается, поэтому, следует нажать кнопку Next.

В последнем окне приводится полная информация о сделанных назначениях. При необходимости к предыдущим окнам можно вернуться клавишей Back.

Создание проекта завершается нажатием кнопки Finish.

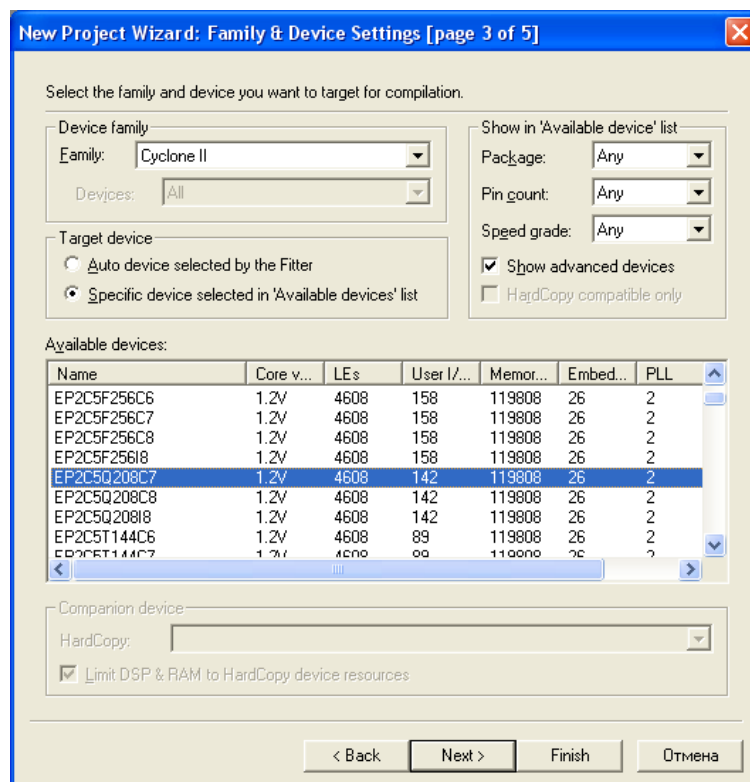


Рис. 1.2.

3. Разработка схемы

На рис. 1.3 показано главное окно САПР Quartus II. Project navigator (1) отображает иерархию проекта, содержащиеся в нем файлы и блоки проекта. В центре окна (2) располагаются основные окна создания и редактирования исходных файлов проекта, временных диаграмм и так далее. В верхней части окна содержится меню и рабочая панель с наиболее часто используемыми кнопками (3). Нижняя часть окна содержит окна, в которые выводятся различные информационные сообщения, а так же сообщения об обнаруженных ошибках и проблемах (4).

Основные пункты меню, используемые в лабораторной работе и их предназначение.

Меню **File**:

- **New** – обеспечивает переход к окну диалога создания файлов различного типа
- **Open** – обеспечивает переход к окну диалога открытия файлов различного типа
- **New Project Wizard** – обеспечивает переход к окну диалога создания нового проекта

- **Open Project** – обеспечивает переход к окну диалога открытия созданных ранее проектов

Меню **Assignments**:

- **Pin Planner** – обеспечивает переход к окну диалога назначения контактов проекта

Меню **Processing**:

- **Start Compilation** – запускает полную компиляцию проекта
- **Analyze current file** – позволяет проверить ошибки текущего файла
- **Start Simulation** – запускает моделирование проекта

Меню **Tools**:

- **Net list viewer** – позволяет просматривать структура проекта на различном уровне
- **Signal Tap II Logic analyzer** – запускает логический анализатор, предназначенный для отладки проекта на реальной схеме
- **Programmer** – запускает программатор, предназначенный для загрузки сформированного проекта в ПЛИС

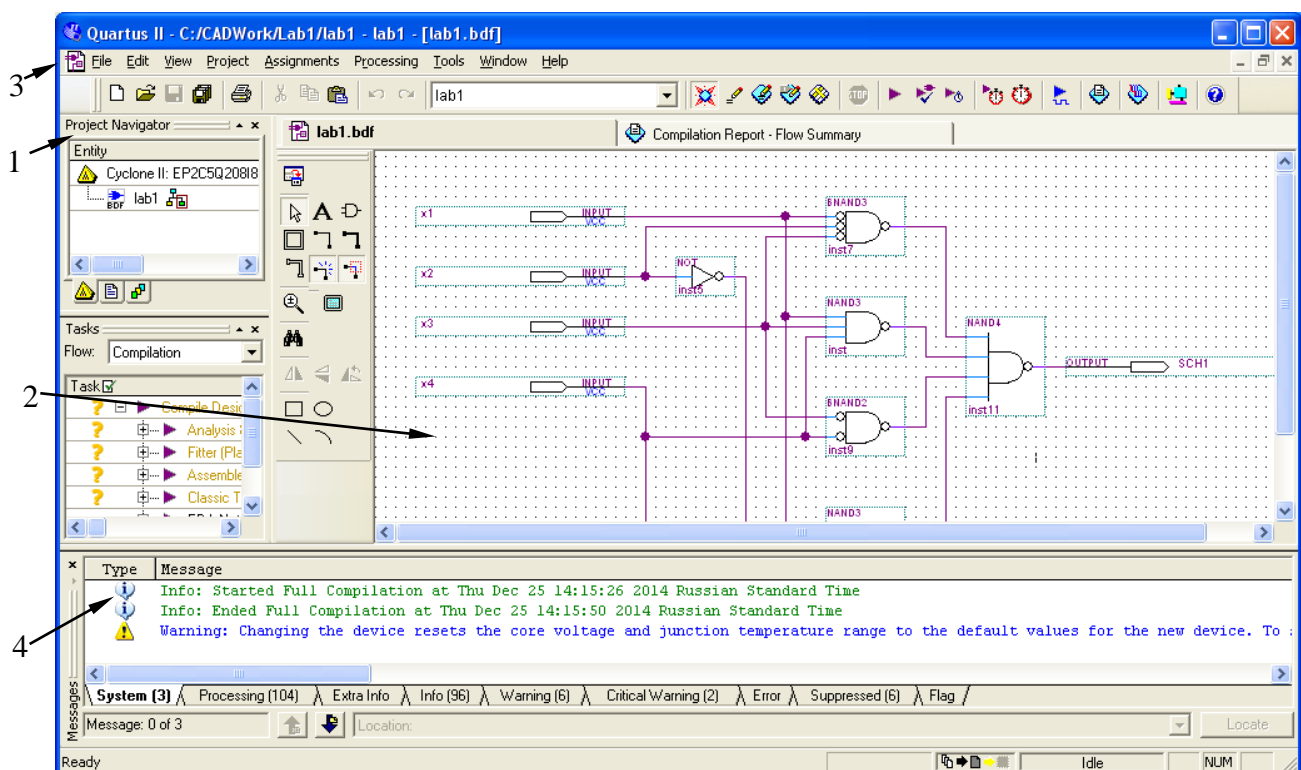



Рис. 1.3. Окно САПР Quartus II

Для создания схемы необходимо выполнить следующие действия.

3.1. Запустить графический редактор, для чего выбрать в меню File команду New и в появившемся окне New, указать тип создаваемого файла, выбором пункта Block Diagram/Schematic File. В результате откроется окно графического редактора блок-схемы. Таким же образом может быть создан любой другой файл проекта.

3.2. Сохранить файл как модуль верхнего уровня иерархии, используя меню File команду Save As и вводя имя файла, совпадающее с именем проекта. При использовании другого имени модуль не будет по умолчанию считаться модулем верхнего уровня иерархии, и необходимо будет сделать соответствующие настройки, чтобы он стал таковым.

3.3. Разработать схему, используя библиотеку примитивов САПР Quartus.

Для вставки в рабочую область графического редактора блок-схем элемента необходимо открыть библиотеку пиктограммой  или через контекстное меню Insert/Symbol.

При этом появится диалоговое окно «Symbol» (рис. 1.4), в котором выбирается требуемый элемент. В левом верхнем углу окна «Symbol» находится список библиотечных элементов и мегафункций. Чуть ниже находится поле Name, с помощью которого можно быстро найти элемент по его имени или же указать путь к другим элементам, например, созданным разработчиком ранее.

При создании предлагаемой в работе схемы используются элементы, сгруппированные в разделе Primitives/Logic. Для соединения спроектированного фрагмента с выводами микросхемы или для создания на ее основе символа необходимо добавить порты ввода-вывода, соответствующие элементы находятся в директории Primitives/Pin. Портam следует задать собственные имена: двойным щелчком по порту вызывается диалоговое окно, в поле Pin name(s) которого вводится новое имя.

Для соединения элементов обычно используются одиночные проводники и шины. Проводникам, шинам, линиям в канале рекомендуется присваивать имена. Например, чтобы не загромождать проект линиями связи можно не соединять их непосредственно, а связывать указанием одинаковых имен. Для задания проводнику имени необходимо щелкнуть по нему правой кнопкой мыши, в выпадающем меню выбрать Properties и в появившемся диалоговом окне ввести имя.

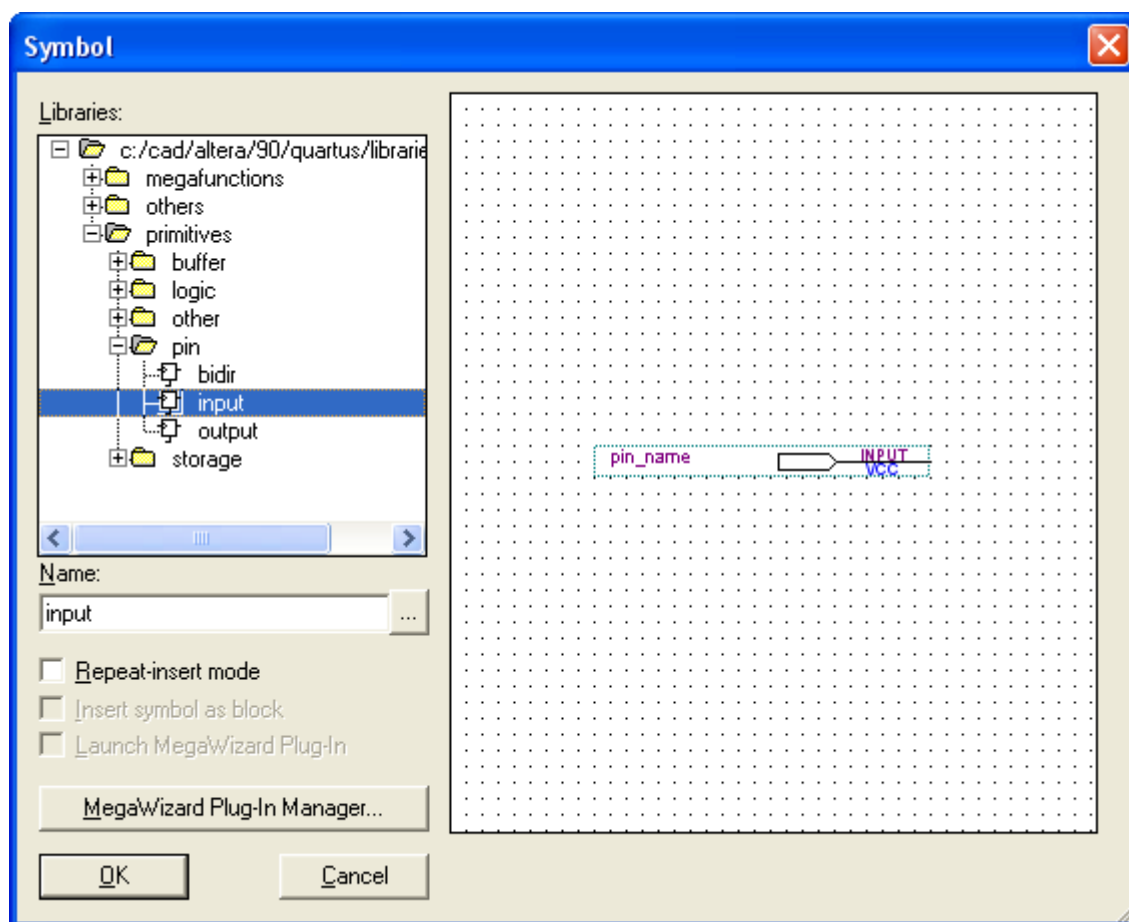



Рис. 1.4. Окно выбора элементов схемы

3.4. Сохранить разработанную схему командой File / Save.

4. Компиляция проекта

Компиляция проекта – это преобразование описания проекта в его реализацию на кристалле ПЛИС. На этом этапе выявляются синтаксические ошибки в проекте, проверяется его логическая завершенность и возможность реализации проекта на выбранном кристалле ПЛИС. Результатом компиляции является оптимизированный и смонтированный проект, который используется для создания файлов, применяемых для временного моделирования, временного анализа, анализа потребляемой мощности и программирования кристалла. Исходными файлами для выполнения этапа являются файлы со схемным представлением *.bdf, на выходе получают файлы отчета (*.rpt, *.htm) и созданная база данных (*.rdb).

Для запуска компиляции проекта используется пиктограмма  на панели инструментов или команда Start Compilation из меню Processing.

В окне сообщений менеджера проекта отображается информация о ходе выполнения компиляции, включая предупреждения и сообщения об ошибках. Сообщения об успешном выполнении шагов компиляции выводятся зе-

ленным цветом и начинаются со слова Info, предупреждения выводятся синим цветом и начинаются со слова Warning, ошибки выводятся красным цветом и начинаются со слова Error. При успешном завершении компиляции на экран выводится соответствующее сообщение.

5. Моделирование проекта

Моделирование (Simulation) позволяет убедиться в правильности работы спроектированной схемы: анализируется работа устройства в соответствии с заданными входными воздействиями.

Входные воздействия задаются в виде некоторого набора входных сигналов и в ответ на них подсистема моделирования (Simulator) среды Quartus II, в соответствии со схемой проекта, синтезирует выходные сигналы.

Модель достаточно точно отображает работу схемы, которая будет реализована непосредственно в микросхеме ПЛИС. Симулятор учитывает особенности реальной работы проекта в ПЛИС: особенности данной микросхемы, задержки распространения сигнала и т. п.

Подсистема моделирования позволяет выполнять:

- функциональное моделирование проекта (Functional Simulation) при котором проверяется правильность описания и логического функционирования схемы;
- моделирование с учетом временных параметров реальной ПЛИС (Timing Simulation), позволяющее проверить не только правильность логического функционирования проекта, но и его работу с учетом реальных параметров выбранной ПЛИС в самых жестких условиях эксплуатации.

Режим моделирования задается командой Simulator Tool меню Processing. По умолчанию установлен режим Timing Simulation, перед началом симуляции в режиме Functional Simulation необходимо выполнить операцию Generate Functional Simulation Netlist.

Для моделирования схемы необходимо выполнить следующие действия.

5.1. Создать файл, содержащий входные тестовые воздействия с помощью редактора временных диаграмм.

Файлы вектора входных воздействий задаются в виде временных диаграмм с использованием специального редактора (Waveform Editor). Файлы имеют расширение *.vwf (Vector Waveform Files).

Файл создается с использованием команды меню File / New, в открывшемся диалоговом окне в группе Verification/Debugging Files выбирается Vector Waveform Files (файл вектора временных диаграмм). В результате от-

кроется пустое окно редактора временных диаграмм с именем по умолчанию Waveform1.wvf.

Созданный файл необходимо сохранить, используя команду Save As меню File. Программа автоматически предложит сохранить файл с именем, совпадающим с именем файла верхнего уровня проекта, присвоив ему расширение *.vwf. Необходимо обратить внимание на наличие флажка Add file to current project (добавить файл к текущему проекту). Если он поставлен, то система автоматически включит созданный файл в текущий проект.

Для удобства, на область временных диаграмм нанесена временная сетка, предназначенная для визуальной привязки сигналов к конкретным временным интервалам. Используя команду Grid Size меню Edit можно изменить шаг временной сетки. Используя команду End Time меню Edit можно корректировать длительность процесса моделирования.

5.2. Сформировать файл временной диаграммы путем введения на диаграмму входных и выходных сигналов проекта. В меню Edit следует активизировать команду Insert Node or Bus (вставить узел или шину), или же двойным щелчком по области входных и выходных сигналов запускается диалоговое окно, где можно указывать необходимые сигналы.

Для упрощения процесса ввода предусмотрена система поиска цепей (портов) Node Finder, запускаемая кнопкой Node Finder в этом же окне. Система позволяет ввести цепи и порты в файл временных диаграмм текущего проекта. Общий список вызывается нажатием кнопки List в окне Node Finder (рис. 1.5) после чего в поле загружаются все узлы проекта с учетом параметра, указанного в поле Filter. Интересующие разработчика в процессе моделирования цепи переносятся в поле Selected Nodes нажатием соответствующих кнопок в этом окне.

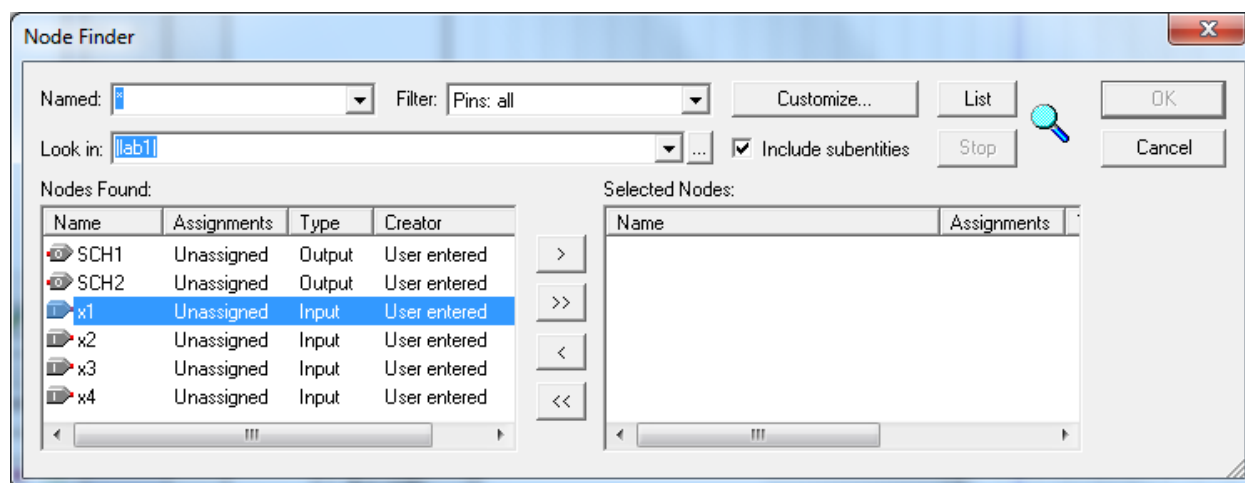


Рис. 1.5. Окно выбора цепей моделирования

После этого в поле временных диаграмм редактора появляются оси для всех выбранных сигналов. Осям временных диаграмм входных сигналов задаются требуемые значения с помощью инструментария, сгруппированного в левой части окна. Оси временных диаграмм выходных сигналов имеют неизвестное на данный момент состояние, поэтому им по умолчанию присвоено значение X (forcing unknown). Окно редактора векторных временных диаграмм на рис. 1.6.

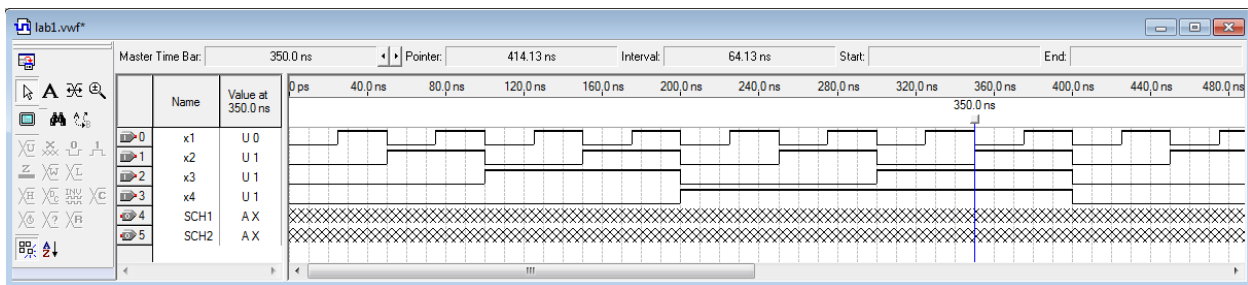



Рис. 1.6. Окно редактора векторных временных диаграмм

5.3. Запустить процесс моделирования проекта активизацией пиктограммы  на панели инструментов менеджера проекта, командой Start Simulation меню Processing.

После завершения моделирования на рабочей панели менеджера проекта появится отчет о моделировании, а также окно с сообщением об успешном его завершении. Результаты моделирования будут выведены в отдельное окно Simulation Waveforms (рис. 1.7).

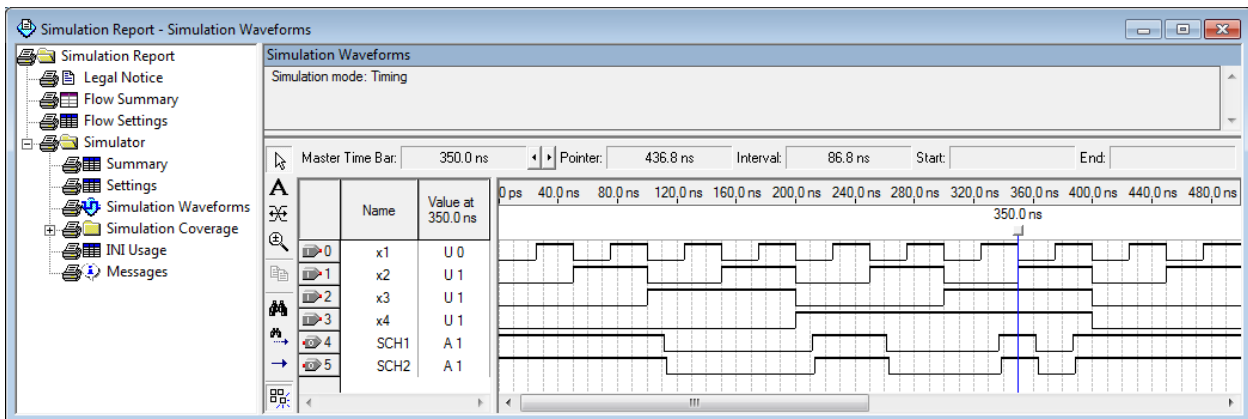


Рис. 1.7. Окно результатов симуляции

6. Макетирование проекта

В результате компиляции проекта создаются файлы, содержащие конфигурационную информацию загрузки проекта в ПЛИС.

6.1. Программирование начинается с «распиновки» кристалла: для каждого входного и выходного сигнала проекта необходимо назначить реальный контакт ПЛИС. Данное действие можно выполнить с использованием утилиты Pin Planner, запускаемой через меню Assignments. Номера необходимых для выполнения данной лабораторной работы контактов указаны в ПРИЛОЖЕНИИ. Вид окна Pin Planner представлен на рис. 1.8.

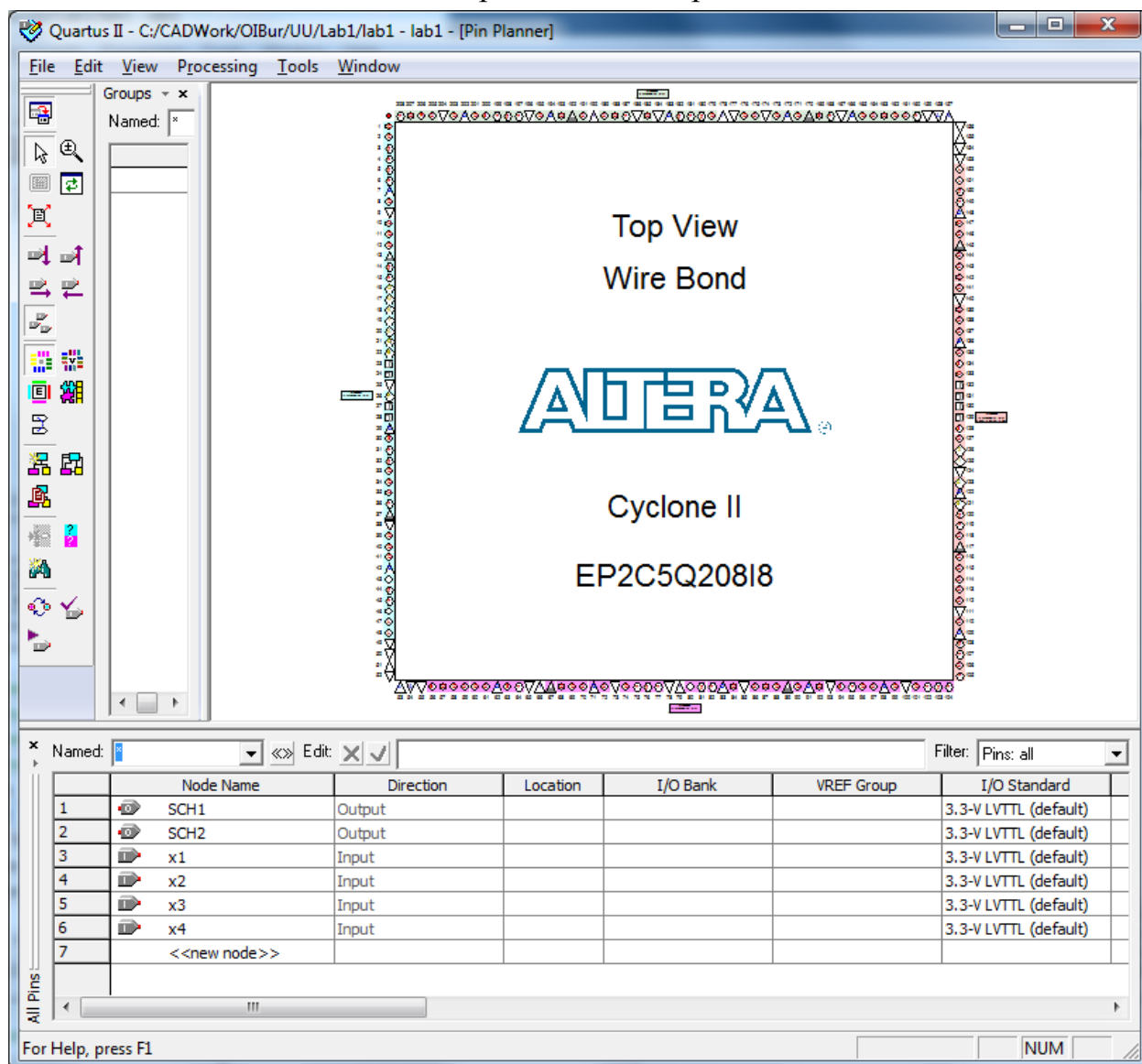



Рис. 1.8. Вид окна Pin Planner

6.2. После назначения контактов необходимо выполнить повторную компиляцию проекта. По завершении компиляции допустимо появление некоторого количества предупреждений. Предупреждения необходимо тщательно проверить. Возможно их оставление без реакции, если это не приведет к фатальным последствиям. Результатом компиляции является создание в директории проекта файла конфигурации *.sof

6.3. Выполнить программирование кристалла с использованием утилиты Programmer. Она вызывается пиктограммой  на панели инструментов менеджера проекта, либо соответствующей командой меню Tools. Окно программирования представлено на рис. 1.9.

Если учебная плата подключена к порту USB, но САПР Quartus, но в окне программатора не появилась необходимо нажать кнопку Hardware Setup и в появившемся окне (рис. 1.10) из приведенного списка выбрать необходимое оборудование. При выполнении работ используется программатор USB Blaster.

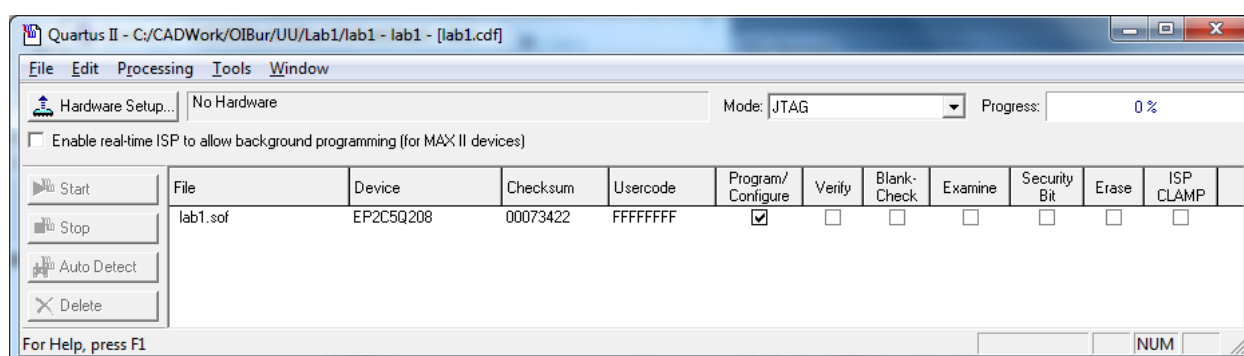


Рис. 1.9. Вид окна Programmer

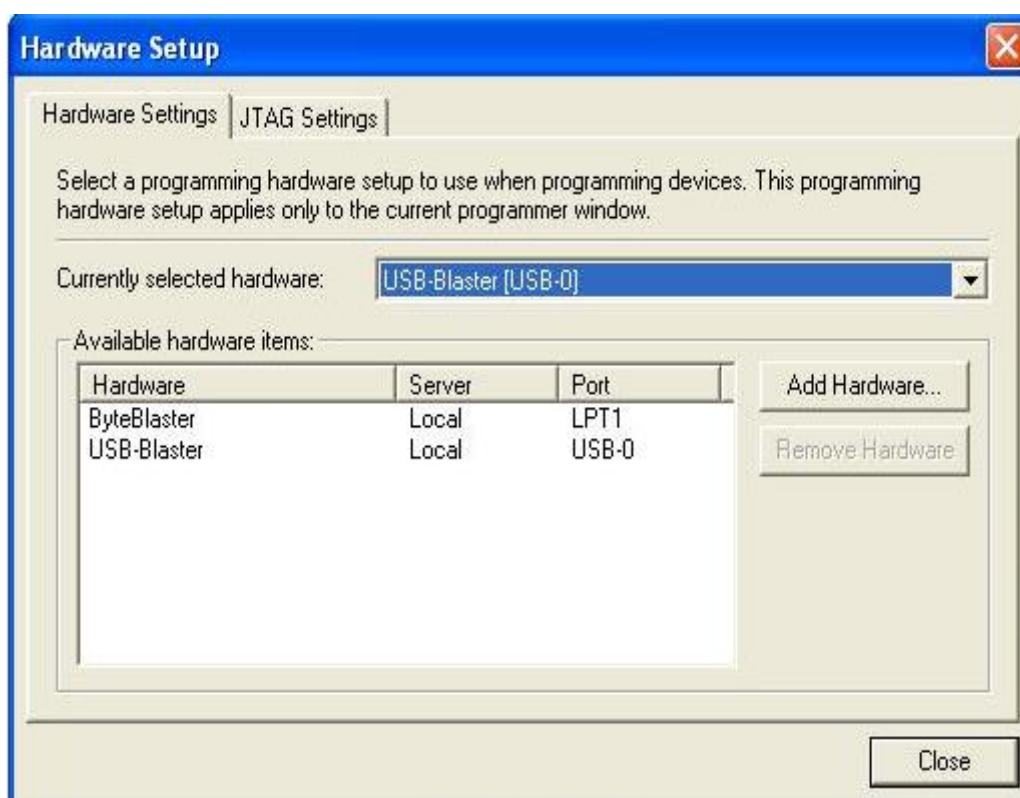


Рис. 1.10. Вид окна Hardware Setup

Чтобы выполнить программирование кристалла ПЛИС необходимо убедиться, что указан конфигурационный файл и установлена опция Program/Configure.

Непосредственно программирование осуществляется нажатием кнопки Start. После этого в окне Progress будет визуально отображаться процесс выполнения программирования кристалла. После успешного завершения этого процесса в окне Progress установится значение 100%.