

Использование документации Altium

Created: 24.11.2021 | Updated: 19.01.2022

Вы просматриваете версию 21. Для самой новой информации, перейдите на страницу для версии 22

Добро пожаловать в разработку электронных изделий в программных решениях мирового уровня от Altium. Этот урок поможет вам сделать первые шаги, проведя вас через весь процесс проектирования простой печатной платы – от идеи до получения выходных файлов. Если вы только знакомитесь с программными решениями Altium, прочитайте страницу [Изучение Altium Designer](#), чтобы узнать больше об интерфейсе, использовании панелей и управлении проектными документами.

✔ Чтобы получить подробную информацию о команде, диалоговом окне, объекте или панели, нажмите **F1**, когда курсор наведен на нужный элемент.

Проект

Проект, для которого вы будете создавать схему и конструировать печатную плату, является простым автоколебательным мультивибратором. Схема показана ниже – здесь используются два NPN-транзистора общего назначения.

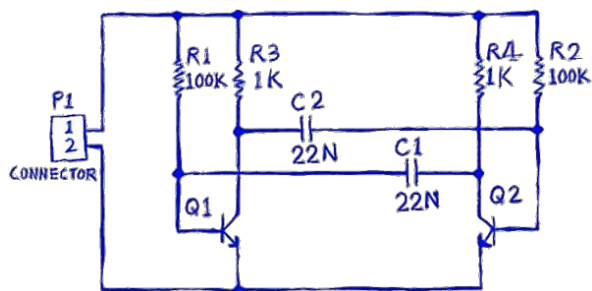
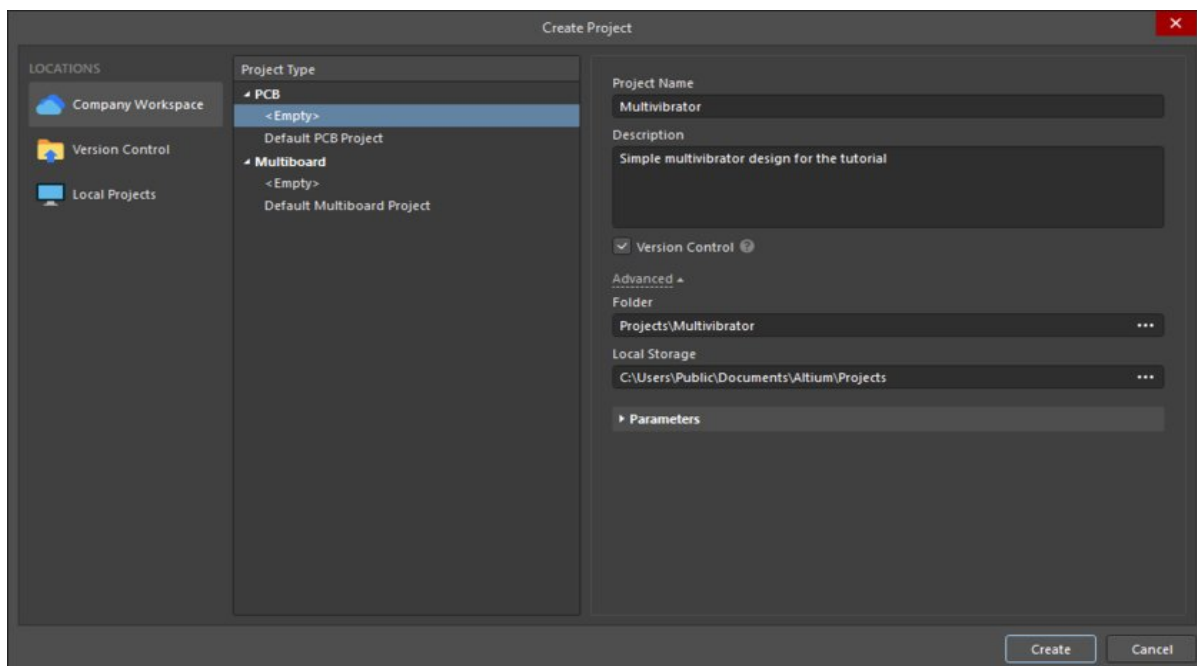


Схема мультивибратора

Создание нового проекта платы

В программном обеспечении Altium проект платы является набором документов (файлов), необходимых для определения и изготовления печатной платы. Файл проекта, например, `Multivibrator.PrjPCB`, является ASCII-файлом, который содержит список всех документов в проекте, а также настройки на уровне проекта, такие как проверки электрических правил, параметры проекта, выходные документы проекта, например, настройки печати и файлов CAM.

Для создания нового проекта выберите команду **File » New » Project** – будет открыто диалоговое окно [Create Project](#).



Создание нового проекта

1. Выберите **File » New » Project** в главном меню.
2. Откроется диалоговое окно *Create Project* :
 - a. Выберите пункт **Local Projects** в списке **Locations**
 - b. Удостоверьтесь что **Project Type** указан как **PCB < Default >**
 - c. Введите необходимое название в поле **Project Name**, например **Multivibrator**.
 - d. Поле **Folder** определяет имя папки, в которой будут храниться данные вашего проекта.
3. Нажмите **Create** чтобы закрыть диалоговое окно и закончить создание проекта. Создание проекта в рабочей папке (согласно информации в поле **Local Storage**) займет некоторое время.
4. Новый проект появится на панели **Projects**. Если она не отображается, нажмите на кнопку **Panels** расположенную справа и внизу рабочей области, и выберите **Project** в появившемся меню.

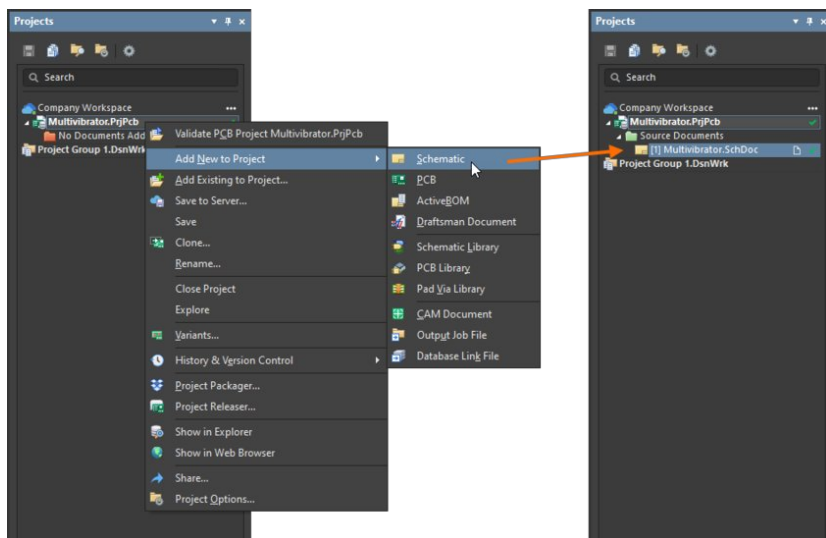
Названия документов на панели *Projects* сопровождаются значками, указывающими на их статус открыт/изменен/контроль версий. Это дает краткую визуальную сводку того, какие документы были изменены, сохранены, а также их статус контроля версий. Некоторые значки документов, с которыми вы можете столкнуться при работе над этим учебным проектом, и их значения перечислены ниже.

	Открыт	Документ открыт в виде вкладки в окне редактора проекта.
	Открыт и изменен локально	Документ открыт и был изменен (пока не сохранен локально).
	Без изменений	Локальная копия файла соответствует файлу в Workspace и актуальна на данный момент.
	Запланировано добавление	Файл был добавлен в систему контроля версий, но еще не зафиксирован в репозитории VCS Workspace.
	Изменен	Локальная копия файла была изменена и сохранена в рабочей папке, но еще не зафиксирована в репозитории VCS Workspace.

Чтобы узнать больше о существующих значках для отображения состояния документов, см. раздел [Document Display Icons](#) на странице панели *Projects*.

Добавление схемы в проект

Следующим этапом является добавление нового документа схемы в проект.



Добавьте документ схемы в проект, задайте ему название, сохраните схему и проект.

Создание документа схемы

1. Щелкните **ПКМ** по названию файла проекта в панели *Projects*, затем выберите команду **Add New to Project » Schematic**, как показано выше. В рабочей области будет открыт пустой документ схемы под названием **Sheet1.SchDoc**, а в панели *Projects* в папке **Source Documents** появится иконка документа схемы, связанной с проектом.
2. Чтобы сохранить новый лист схемы, выберите команду **File » Save As** (или используйте контекстное меню). Будет открыто диалоговое окно **Save As**, которое предложит сохранить схему в том же месте, где находится файл проекта. В поле **File Name** введите название **Multivibrator** и нажмите **Save** (вводить расширение файла не нужно). Обратите внимание, что файлы, сохраненные в той же папке, что и файл проекта (или в дочерних папках) используют относительные ссылки, в то время как файлы, сохраненные в иных расположениях, используют абсолютные ссылки.
3. Поскольку в проект была добавлена схема, файл проекта также изменился. Щелкните **ПКМ** по названию файла проекта в панели *Projects* и выберите команду **Save**, чтобы сохранить проект локально.

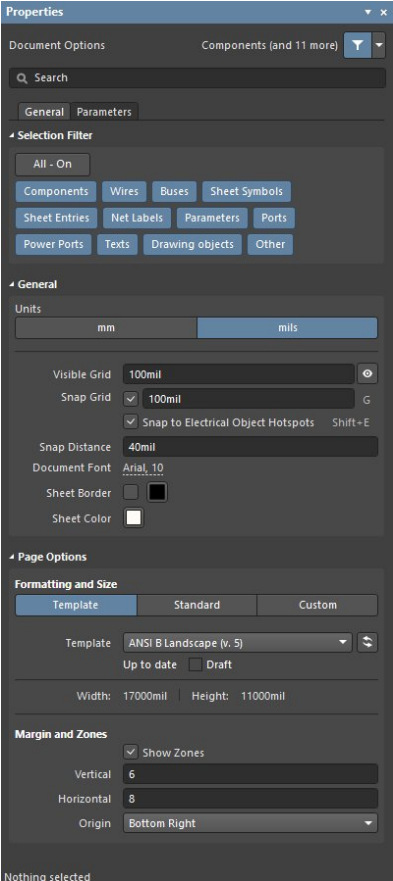
При открытии пустого документа схемы вы можете обратить внимание, что интерфейс изменился. В главном меню появятся новые элементы и будет отображена панель инструментов с кнопками – теперь вы находитесь в редакторе схем. Каждый редактор включает в себя собственный набор меню и панелей и поддерживает собственные сочетания клавиш.

Всю группу плавающих панелей можно закрыть с помощью кнопки **X** в верхней части панели. Отдельную панель можно закрыть, щелкнув **ПКМ** по ее имени. При необходимости панель можно открыть снова с помощью кнопки **Panels** в нижней правой части приложения. Либо нажмите **F4**, чтобы скрыть/отобразить все плавающие панели.

Настройка опций документа


Страница панели: [Опции документа схемы](#)

Перед тем, как начать ввод схемы, зададим необходимые опции документа, в том числе размер страницы, сетку привязки и видимую сетку.



Настройка опций документа схемы. Задайте размер листа, как необходимо.


Помимо способа, описанного в сворачиваемой области ниже, свойства документа *Document Options* можно открыть двойным щелчком ЛКМ по границе листа.

Опции среды, такие как тип курсора, цвет выделения и поведение автоматического панорамирования, задаются в диалоговом окне [Preferences](#). (нажмите на кнопку  расположенную справа сверху в окне приложения или перейдите через главное меню **Tools » Preferences**).

Настройка опций документа

Свойства большинства объектов, в том числе листа схемы (или документа платы), доступны для настройки в интерактивной панели выделенного объекта либо, если нет выделенных объектов, свойства документа схемы (или платы). Панель автоматически отображает свойства [Properties](#).

1. Если панель *Properties* не отображается, нажмите кнопку **Panels** в нижней правой части приложения и в появившемся меню выберите **Properties**.
2. В режиме Document Options (когда нет выделенных объектов) панель разделена на следующие разделы: **Selection Filter**, **General** и **Page Options**. Каждый раздел можно открыть/свернуть с помощью маленького треугольника возле названия раздела.
3. Выберите шаблон документа схемы из тех, что хранятся в вашем Workspace. В области **Formatting and Size** раздела **Page Options**, выберите режим **Template**, затем выберите **A3** в выпадающем меню **Template** вашего Workspace.
4. Для опций **Snap** и **Visible Grids**, установите значение **100 mil**.
5. Чтобы документ заполнил область просмотра, выберите **View » Fit Document** (сочетание клавиш: **V, D**).
6. Сохраните документ схемы локально – нажмите ПКМ на документе схемы в панели *Projects* и выберите **Save**.


 Чтобы получить подробную информацию о командах панели Properties, нажмите **F1**, когда курсор наведен на нужный элемент.


Доступ к компонентам

Соответствующая статья: [Подробнее о компонентах и библиотеках](#)

Физические компоненты, которые будут установлены на плату, на схеме представлены схемными символами (условно-графическими обозначениями), а на плате – посадочными местами.

Компоненты для проекта вашей печатной платы могут быть созданы и размещены с использованием **Workspace library** вашей компании, или **database and file-based libraries**. Эти компоненты размещаются через панель *Components* который использует расширенную систему поиска компонентов Altium Designer.

Новый компонент в вашем Workspase может быть создан с использованием Component Editor где вы можете вручную определить все данные компонентов (модели нужного типа, параметры, выбор компонентов и т. д.), или использовать данные, полученные с помощью *Manufacturer Part Search*. Эта панель дает вам мгновенный и актуальный доступ к мощной системе поиска и агрегирования компонентов, в которой подробно описаны миллионы компонентов от тысяч производителей, каждый из которых имеет информацию о цепочке поставок в режиме реального времени. Многие компоненты готовы к проектированию, и иметь в комплекте символ и модель посадочного места; эти компоненты будут иметь иконку  на панели.



- На протяжении всего руководства термин компонент (Component/Part) будет использован для описания компонентов проекта, которые вы будете размещать и подключать.

► Узнайте больше про [Компоненты в Workspace](#).

Добавление компонентов

Добавление компонентов в схему происходит через меню **Place - Part**. В поставке Altium Designer идут две стандартные библиотеки компонентов: Miscellaneous Devices.IntLib и Miscellaneous Connectors.IntLib. Это интегрированные библиотеки, то есть содержащие и символы, и посадочные места.



Эффективный поиск компонентов в Altium Designer позволяет проводить непосредственный поиск путем ввода запроса в поле **Search** или расширенный параметрический поиск путем последовательного сужения критерия поиска с помощью выбора категорий **Categories** или фильтров **Filters** или использования обеих этих возможностей.

Для проведения непосредственного поиска введите поисковый запрос в поле **Search** в верхней части панели.

Изучение результатов поиска

В области результатов поиска панели показан список компонентов производителей, которые полностью или частично соответствуют критериям поиска. Щелкните ЛКМ по компоненту, чтобы выделить его и отобразить ссылку на актуальную информацию о цепочке поставок этого компонента.

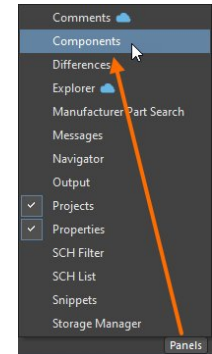
Советы по работе с результатами поиска



- Если производитель предоставил изображение компонента, оно будет показано. Возле изображения показан номер компонента производителя Manufacturer Part Number (MPN), который также ведет на подробную информацию о компоненте на веб-сайте **Oscorpart** (обозначен пунктом 1 на изображении выше).
- Иконка  означает, что для этого компонента есть доступные модели. Нажмите кнопку  в верхней правой части панели, чтобы отобразить подробную информацию о компоненте, в том числе его модели.

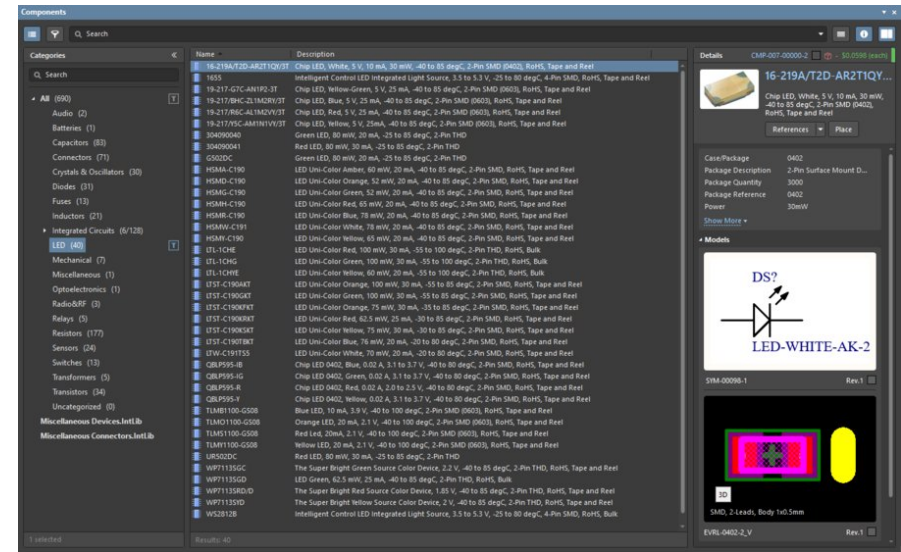
Размещение компонентов мультивибратора из панели Components в документе схемы

Когда Altium Designer подключен к Workspace, панель **Components** отобразит список всех компонентов в этом Workspace, доступных для использования в составе проекта. Для таких компонентов, панель **Components** поддерживает те же функции поиска, которые доступны в панели **Manufacturer Part Search**, включая поиск на основе текста, параметрический поиск или их комбинацию, а также возможность выполнить поиск похожих компонентов **Find Similar Components**.

Чтобы открыть панель **Components**, нажмите на кнопку **Panels** справа внизу в окне приложения и выберите **Components** в меню.



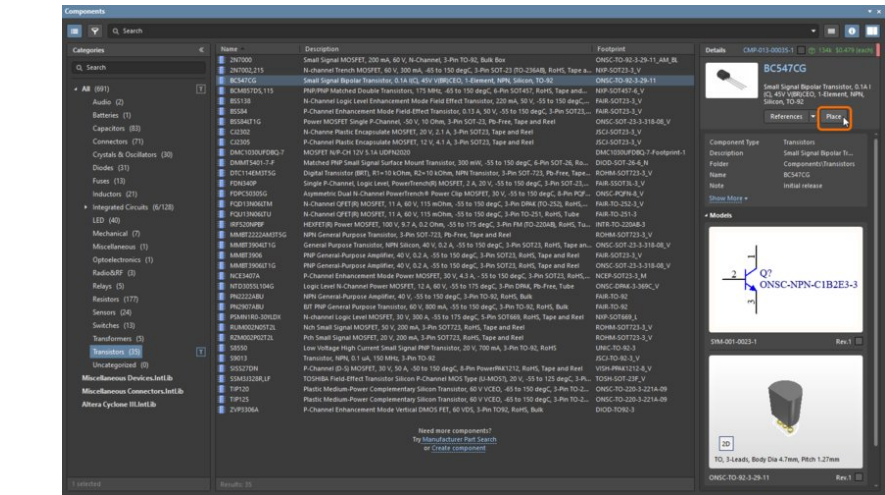
Список **Categories** (или выпадающее меню если панель в компактном режиме) демонстрирует доступные в Workspace компоненты в категории **All**. Когда панель отображается в нормальном режиме, нажмите на значок  в списке **Categories** или на значок , чтобы свернуть или развернуть отображение списка. Структура категорий отражает типы компонентов, определенные в настоящее время в подключенном Workspace (используйте страницу **Управление данными - Типы компонентов** диалогового окна **Preferences** для просмотра и удаления типов компонентов).



Панель Components используется для просмотра компонентов, хранящихся в Workspace.

Чтобы разместить компонент из панели, вы можете:

- Нажмите на кнопку **Place** в окне **Component Details** – курсор автоматически переместится в границы листа схемы, и компонент появится привязанным к курсору; расположите его и щелкните ЛКМ, чтобы отпустить. После размещения компонента на курсоре появится другой экземпляр того же компонента; щелкните ПКМ, чтобы выйти из режима размещения.



- Щелкните ПКМ по компоненту и выберите команду **Place** из контекстного меню. Под курсором появится компонент. Наведите курсор в нужное место схемы и щелкните ЛКМ для размещения компонента. Обратите внимание, что если панель перекрывает рабочее пространство, она станет прозрачной для возможности увидеть схему и разместить компонент. После размещения компонента под курсором появится другой экземпляр этого же компонента. Щелкните ПКМ для выхода из режима размещения.
- Перетащите с зажатой ЛКМ – зажмите ЛКМ на компоненте и перетащите его из таблицы панели на схему. Для этого необходимо зажать курсор; после того, как он отпущен, компонент размещается на схеме. С помощью этого подхода можно разместить только один компонент. После его размещения вы можете свободно выбрать другой компонент или команду.

Советы по размещению компонентов

Когда компонент привязан к курсору, вы можете:

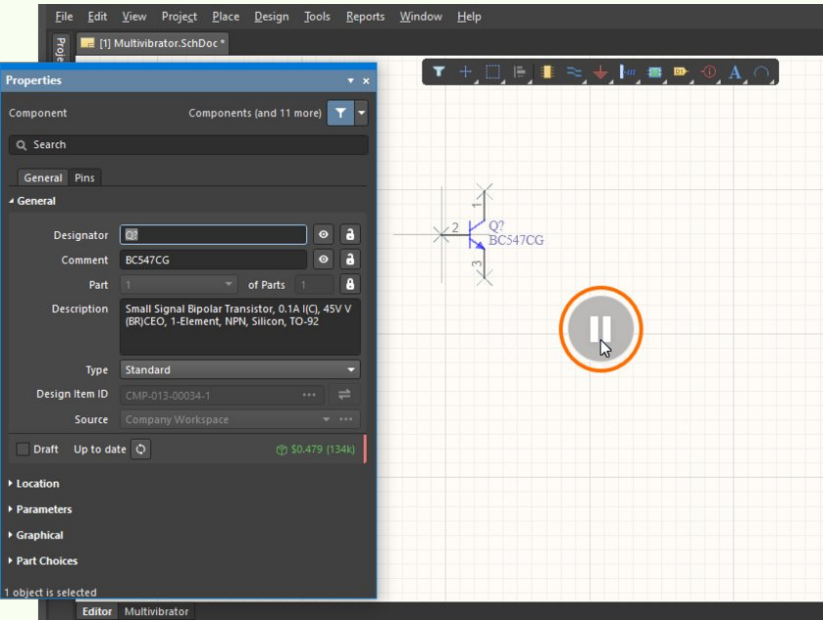
- Нажать **Пробел** для поворота компонента на 90 градусов против часовой стрелки.
 - Нажать **X** для зеркального отражения компонента по оси X или нажать **Y** для зеркального отражения компонента по оси Y.
 - Нажать **Tab** для отображения панели *Properties* и редактирования свойств объекта перед его размещением. Введенные значения становятся значениями по умолчанию. Если в проекте есть компоненты с позиционным обозначением с тем же префиксом, что у размещаемого компонента, то значение позиционного обозначения размещаемого компонента будет увеличено автоматически.
 - При размещении компонента система будет автоматически панорамировать документ при наведении курсора на край рабочей области. Настройка автопанорамирования осуществляется на странице *Schematic – Graphical Editing* диалогового окна *Preferences*. Если при размещении компонента вы случайно панорамировали документ туда, куда не хотели, вы можете:
 - использовать **Ctrl + вращение колеса мыши** для изменения масштаба или
 - зажать ПКМ** для перемещения схемы или
 - использовать **Ctrl+PgDn** для отображения листа целиком.
 - Если панель *Components* находится над листом схемы, она автоматически становится прозрачной, когда курсор с компонентом подводится близко к панели. Прозрачность панели настраивается на странице *System - Transparency* диалогового окна *Preferences*. Либо можно в любой момент скрывать и отображать все плавающие панели (если какая-либо команда активна или нет) с помощью клавиши **F4**.
- Узнайте больше о [Способах размещения объектов и редактирования схемы](#)



Работа с панелью Properties в процессе размещения

Если в процессе размещения объекта нажать клавишу **Tab**, процесс редактирования будет приостановлен и будет открыта панель *Properties*. По умолчанию наиболее часто редактируемое поле подсвечивается для изменения его значения. Поскольку процесс редактирования приостанавливается, вы можете использовать курсор (или нажимать **Tab** на клавиатуре) для перехода к другим полям в панели.

По окончании редактирования нажмите кнопку паузы (⏸), как показано на изображении ниже, чтобы вернуться к размещению объекта. Либо нажмите клавишу **Enter**, чтобы закончить редактировать объект и вернуться к его размещению.



Редактирование приостанавливается при нажатии на клавишу **Tab** в процессе размещения – нажмите иконку паузы на экране, чтобы вернуться к размещению компонента.

Работа с библиотеками компонентов, расположенными не в Workspace

Хранение компонентов с использованием отдельных библиотек

Следующие варианты хранения неуправляемых компонентов доступны в Altium Designer:

Тип библиотеки	Функция
Схемная библиотека	Схемные символы создаются в схемных библиотеках (*.SchLib), которые хранятся локально. Символ становится компонентом при добавлении ссылки на посадочное место и добавлении параметров компонентов, указывающих характеристики компонента.
Библиотека посадочных мест	Посадочные места (модели PCB) создаются в библиотеках посадочных мест (*.PcbLib), которые хранятся локально. Посадочное место включает в себя электрические элементы, такие как контактные площадки, а также механические элементы, такие как размеры, места клейки и т.д. Посадочное место также может включать в себя 3D-модель, созданное с помощью 3D-объектов или импорта модели STEP.
Пакет библиотеки/Интегрированная библиотека	Помимо непосредственной работы с библиотеками схемных символов и посадочных мест, вы также можете скомпилировать компоненты в интегрированную библиотеку (*.IntLib, хранится локально). Результатом компиляции является единая переносимая библиотека, которая содержит в себе все модели и символы. Интегрированная библиотека компилируется из пакета библиотеки (*.LibPkg), который по сути является специальным файлом проекта с документами библиотеки схемных символов (*.SchLib) и посадочных мест (*.PcbLib), добавленных в качестве исходных документов. В процессе компиляции вы можете осуществить проверки потенциальных проблем, такие как потерянные модели и несоответствия выводов символа и контактных площадок посадочного места.
Библиотека Altium на основе базы данных	Промежуточный файл библиотеки базы данных (DbLib) представляет внешний источник данных ODBC в качестве библиотеки компонентов Altium (каждая запись определяет компонент). Модели Altium (символ, посадочное место и т.д.) хранятся в файловых библиотеках и указываются для каждой записи в базе данных. В DbLib поля базы данных приведены в соответствие с параметрами компонентов, которые извлекаются и добавляются в компонент при его размещении из DbLib.



- Узнайте больше о [Базах данных и библиотеках на основе файлов](#).
- Узнайте больше о различиях между [Библиотеками компонентов](#).


Библиотеки, доступные для размещения неуправляемых компонентов

Страница диалогового окна: Available File-based Libraries

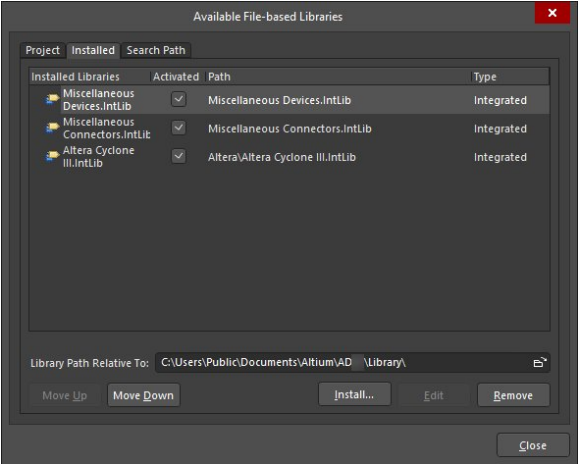
В Altium Designer неуправляемые компоненты (отсутствующие в подключенном Workspace) могут быть размещены только из *доступных библиотек*. Доступные библиотеки включают в себя:

- **Библиотеки в текущем проекте** – если библиотека является частью проекта, то ее компоненты автоматически становятся доступными для размещения в этом проекте.
- **Установленные библиотеки** – это те библиотеки, которые были установлены в Altium Designer, их компоненты доступны для использования в любом открытом проекте.
- **Библиотеки в заданном пути поиска** – также можно определить путь поиска папки, которая содержит множество библиотек. Поскольку каждый раз, когда в панели выбирается новый компонент, производится поиск по всем файлам в пути поиска, такой подход рекомендуется использовать только при малых библиотеках, которые содержат простые определения моделей, например, модели для математического анализа. Пути поиска не рекомендуется использовать для сложных моделей, таких как посадочные места, которые включают в себя 3D-модели.

Установка библиотеки

Установка библиотек осуществляется на вкладке **Installed** диалогового окна *Available File-based Libraries*. Чтобы открыть это диалоговое окно, нажмите кнопку  в верхней части панели


Components и выберите в меню пункт **File-based Libraries Preferences**.

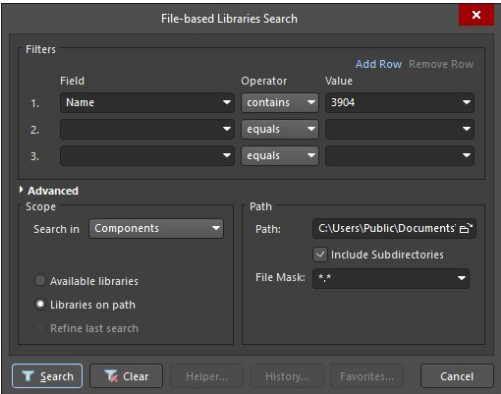


Установите библиотеку, чтобы сделать ее компоненты доступными для проектов.

Расширенный поиск в файловых библиотеках


Для помощи в поиске компонента в установленных и не установленных в данный момент библиотеках Altium Designer включает в себя средство поиска по библиотекам.

Поиск осуществляется в диалоговом окне *File-based Libraries Search*, для открытия которого нужно нажать кнопку  в панели *Components* и выбрать пункт **File-based Libraries Search** в меню. Верхняя половина диалогового окна используется для определения того, что вы ищете, а нижняя – где необходимо искать.



Поиск по установленным библиотекам (Available libraries) или библиотекам на жестком диске (Libraries on path).

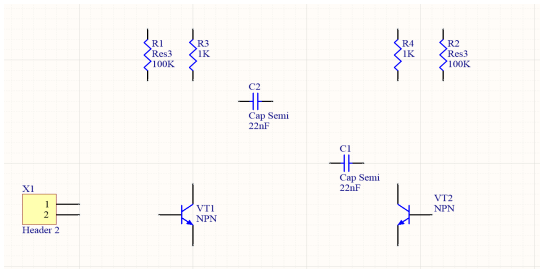
- Областью поиска **Scope** является:
 - уже установленные библиотеки (**Available libraries**) или
 - библиотеки, расположенные на жестком диске (**Libraries on Path**). Путь **Path** задает папку, где находятся файлы библиотек, например библиотеки по умолчанию содержатся в папке C:\Users\Public\Documents\Altium\Altium Designer <Version>\Library.
- Нажмите кнопку **Search** для запуска поиска. Результаты поиска будут отображены в панели *Components*.
- Вы можете размещать компоненты только из установленных файловых библиотек. Если попытаться разместить компонент из библиотеки, которая не установлена, будет запрошено подтверждение **Confirm the installation** на установку этой библиотеки.

 Поиск по библиотекам использует запросы. Переключите диалоговое окно *File-based Libraries Search* в режим **Advanced** для проверки запроса. Наведите курсор мыши на изображение выше, чтобы отобразить диалоговое окно поиска в режиме **Advanced**.

Размещение компонентов мультивибратора

С помощью панели *Components* компоненты размещаются на схеме мультивибратора. Порядок действий для размещения компонентов приведен ниже. После того, как вы разместили компоненты, схема должна выглядеть, как на изображении ниже.

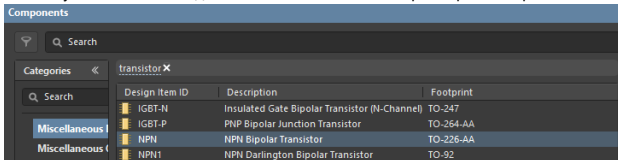
Вы можете приступить к поиску и размещению компонентов. Обратите внимание, что в сворачиваемом разделе ниже содержатся советы по редактированию во время размещения, что более эффективно, чем редактирование после размещения. Если вы решили оставить редактирование до тех пор, пока компоненты не будут размещены, щелкните на него с помощью **ЛКМ**, чтобы выбрать компонент и отредактировать его в панели *Properties*.



Все компоненты размещены и готовы к формированию соединений.

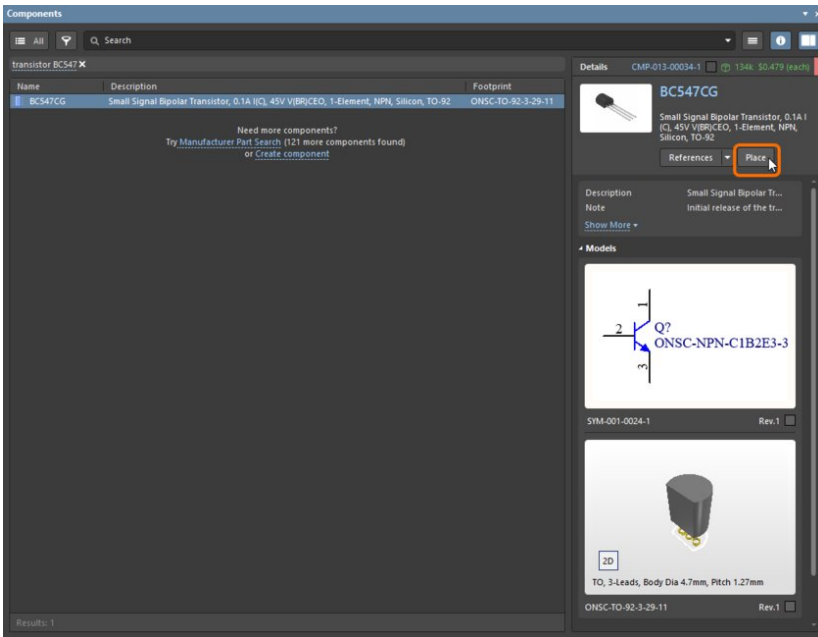
Размещение транзисторов

1. Выберите команду **View » Fit Document** (сочетание: **V, D**), чтобы схема отображалась на все рабочее пространство.
2. Откройте панель **Components** если она ещё не была открыта – нажмите на кнопку **Panels** внизу справа в окне приложения и выберите в меню панель **Components**.
3. Нажмите на кнопку **Refresh** (символ обновления) сверху панели **Components** и выберите из меню команду **Refresh** для того чтобы обновить содержимое панели.
4. Используйте поле **Search** для поиска: **transistor**. Выберите транзистор NPN с посадочным местом TO-226AA.

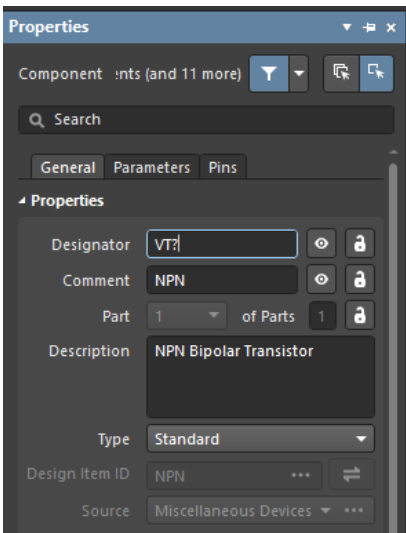


5. Отобразите **Component Details** (нажмите на кнопку **Details** на панели чтобы отобразить этот список, или нажмите на кнопку **Expand** внизу панели если панель находится в режиме компактного отображения) для того чтобы вы могли увидеть свойства и модели выбранных компонентов.
6. Используйте **ЛКМ**, чтобы выбрать требуемый транзистор в таблице результатов на панели, затем нажмите на кнопку **Place** (как показано внизу). Курсор изменится на перекрестие, и у вас будет символ транзистора, прикрепленный к курсору. Теперь вы находитесь в режиме размещения компонентов. Если вы будете перемещать курсор, транзистор будет двигаться вместе с ним.

Пока не размещайте транзистор!



7. Перед размещением компонента на схеме вы можете отредактировать его свойства, что можно сделать для любого объекта, привязанного к курсору. Поскольку транзистор пока привязан к курсору, нажмите клавишу **Tab**, чтобы открыть панель **Properties**. По умолчанию наиболее часто редактируемое поле будет подсвечено для изменения его значения; в данном случае это позиционное обозначение Designator. Обратите внимание, что каждый раздел панели можно развернуть или свернуть, поэтому у вас панель может выглядеть по-другому.

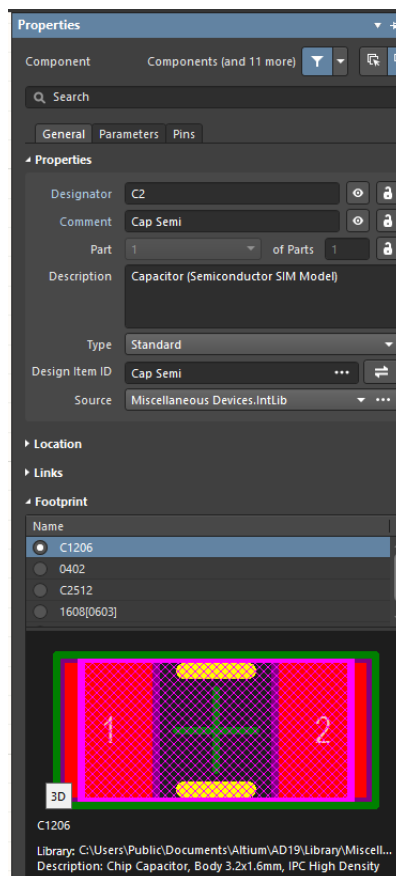


Задайте позиционному обозначению **Designator** значение Q1 и включите видимость комментария **Comment**.

- В поле **Designator** в разделе **General** панели **Properties** введите значение VT1.
- Убедитесь, что включена видимость поля **Comment** (☑).
- Остальным полям оставьте значения по умолчанию, затем нажмите кнопку паузы (⏸), чтобы вернуться к размещению компонента.
- Переместите курсор с прикрепленным к нему символом транзистора чуть левее середины листа. Обратите внимание на текущую сетку привязки, которая отображается в левой части строки состояния внизу окна приложения. По умолчанию она задана 100mil; вы можете нажимать клавишу **G** для циклического переключения между доступными настройками сетки в процессе размещения объекта. Настоятельно рекомендуется задать сетку привязки 100mil или 50mil, чтобы сделать схему аккуратной или упростить привязку проводов к выводам компонентов. Для такой простой схемы, как эта, размер 100mil будет хорошим выбором.
- Выбрав нужное положение транзистора, щелкните ЛКМ или нажмите клавишу **Enter** для размещения транзистора на схеме. При необходимости его положение можно изменить позже.
- Переместите курсор, и вы увидите, что на схеме был размещен экземпляр транзистора. Вы всё ещё находитесь в режиме размещения компонента – к курсору привязан транзистор, что позволяет разместить множество компонентов одного типа.
- Вы готовы разместить второй транзистор. Он будет точно таким же, что и предыдущий, поэтому изменять его свойства перед размещением не понадобится. Система автоматически увеличивает номер позиционного обозначения при размещении множества экземпляров одного компонента. В этом случае следующий транзистор будет автоматически обозначен как VT2.
- Если вы посмотрите на схему на изображении выше, вы обратите внимание, что VT2 отображен зеркально VT1. Для горизонтального отражения транзистора, привязанного к курсору, нажмите клавишу **X**. Компонент будет отражен по оси X.
- Переместите курсор для размещения компонента справа от VT1. Для более точного размещения дважды нажмите клавишу **PgUp**, чтобы приблизить вид и увидеть линии сетки.
- После размещения компонента щелкните ЛКМ или нажмите клавишу **Enter**, чтобы разместить VT2. Опять же, после размещения на схеме экземпляра транзистора, который был под курсором, к курсору будет привязан следующий транзистор, готовый к размещению.
- Поскольку оба транзистора размещены, выйдите из режима размещения компонента, щелкнув ПКМ или нажав клавишу **Esc**. Курсор примет вид стандартной стрелки.

Размещение конденсаторов

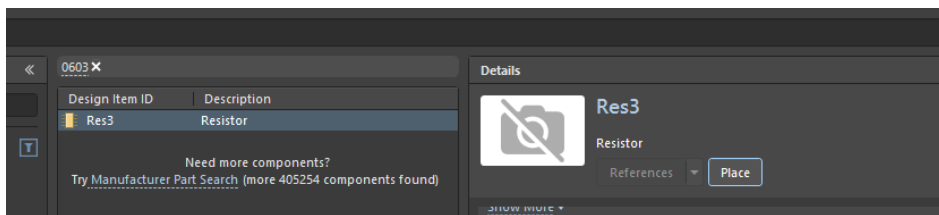
- Вернитесь в панель **Components** и найдите конденсатор: C1206.
- Выберите найденный конденсатор в таблице результатов поиска, нажмите на него с помощью **ПКМ** и затем выберите команду **Place** из контекстного меню.
- К курсору будет привязан конденсатор. Нажмите клавишу **Tab**, чтобы открыть панель **Properties**.
- В области **General** панели **Properties** в поле **Designator** введите C1.



- Остальным полям оставьте значения по умолчанию и нажмите кнопку паузы (⏸), чтобы вернуться к размещению компонента. Конденсатор будет привязан к курсору.
- Нажимайте клавишу **Пробел** для поворота компонента на 90 градусов до тех пор, пока он не примет нужную ориентацию.
- Разместите конденсатор над транзисторами (см. изображение схемы выше) и щелкните ЛКМ или нажмите клавишу **Enter** для размещения компонента.
- Разместите конденсатор C2.
- Щелкните ПКМ или нажмите клавишу **Esc** для выхода из режима размещения.

Размещение резисторов

1. С помощью панели **Components**, найдите: 0603.
2. Выберите найденный резистор в окне результатов поиска, нажмите на него с помощью **ПКМ** и затем выберите команду **Place** из контекстного меню, как показано ниже.



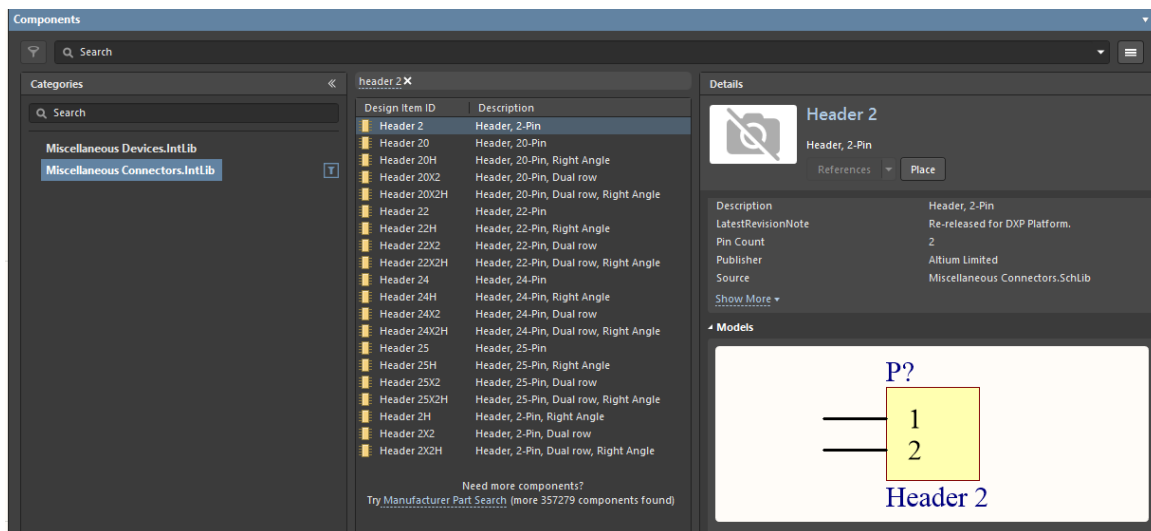
5. К курсору будет привязан резистор. Нажмите клавишу **Tab**, чтобы открыть панель **Properties**.
6. В поле **Designator** в разделе **General** панели **Properties** введите значение **R1**.
7. Остальным полям оставьте значения по умолчанию и нажмите кнопку паузы (II), чтобы вернуться к размещению компонента. Резистор будет привязан к курсору.
8. Нажимайте клавишу **Пробел** для поворота компонента на 90 градусов до тех пор, пока он не примет нужную ориентацию.
9. Разместите резистор выше и левее базы VT1 (см. изображение схемы выше) и нажмите **ЛКМ** или клавишу **Enter** для размещения компонента.
10. Далее разместите другой резистор R2, выше и правее базы VT2. При размещении второго резистора номер его позиционного обозначения будет увеличен автоматически.
11. Выйдите из режима размещения компонента, щелкнув **ПКМ** или нажатием на клавишу **Esc**. Курсор примет вид стандартной стрелки.
12. Оставшиеся два резистора, R3 и R4, имеют значение сопротивления в 1K; выполните поиск: 0603 в панели **Components**.
13. В таблице результатов поиска выделите подходящий резистор.
14. В таблице результатов поиска щелкните **ПКМ** по резистору и выберите команду **Place** из контекстного меню, как показано ниже.
15. К курсору будет привязан резистор. Нажмите клавишу **Tab**, чтобы открыть панель **Properties**.
16. В разделе **General** панели **Properties** в поле **Designator** введите **R3**.
17. Остальным полям оставьте значения по умолчанию и нажмите кнопку паузы (II), чтобы вернуться к размещению компонента. Резистор будет привязан к курсору.
18. Нажимайте клавишу **Пробел** для поворота компонента на 90 градусов до тех пор, пока он не примет нужную ориентацию.
19. Разместите R3 прямо над коллектором VT1, затем разместите R4 прямо над коллектором VT2, как показано на изображении выше.
20. Щелкните **ПКМ** или нажмите клавишу **Esc** для выхода из режима размещения компонентов.

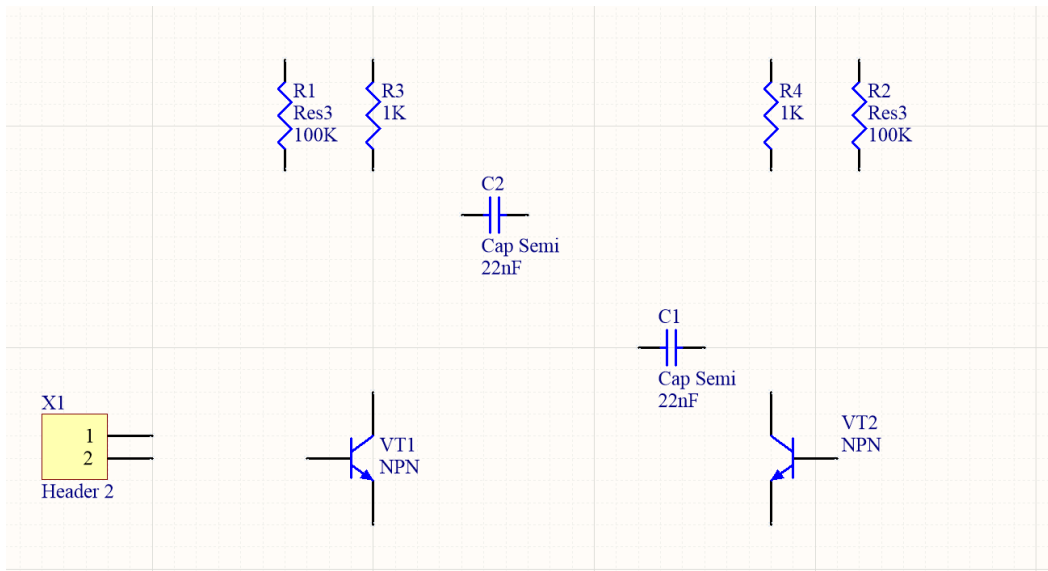
Редактирование номиналов элементов

1. Отредактируйте номиналы элементов схемы. Для этого кликните ЛКМ в поле, отображающее номинал элемента и отредактируйте значение: для конденсаторов C1 и C2 установите значение 22nF, для резисторов R1 и R2 - 100K, для резисторов R3 и R4 - 1K.

Размещение соединителя

1. Вернитесь в панель **Components**, в разделе **Categories** выберите библиотеку **Miscellaneous Connectors.IntLib** и найдите разъем: header 2.
2. Выберите найденный соединитель в таблице результатов поиска, нажмите на него с помощью **ПКМ** и затем выберите команду **Place** из контекстного меню.
3. К курсору будет привязан соединитель. Нажмите клавишу **Tab**, чтобы отредактировать атрибуты и задать позиционному обозначению **Designator** значение **X1**.
4. Кликните на кнопку паузы чтобы вернуться к размещению компонентов.
5. Перед размещением соединителя используйте клавиши **Пробел** и **Y**, чтобы повернуть его, как необходимо. Щелкните ЛКМ для размещения соединителя на схеме, как показано на изображении выше.
6. Щелкните **ПКМ** или нажмите клавишу **Esc** для выхода из режима размещения.
7. Сохраните схему локально.





Вид схемы после добавления всех компонентов

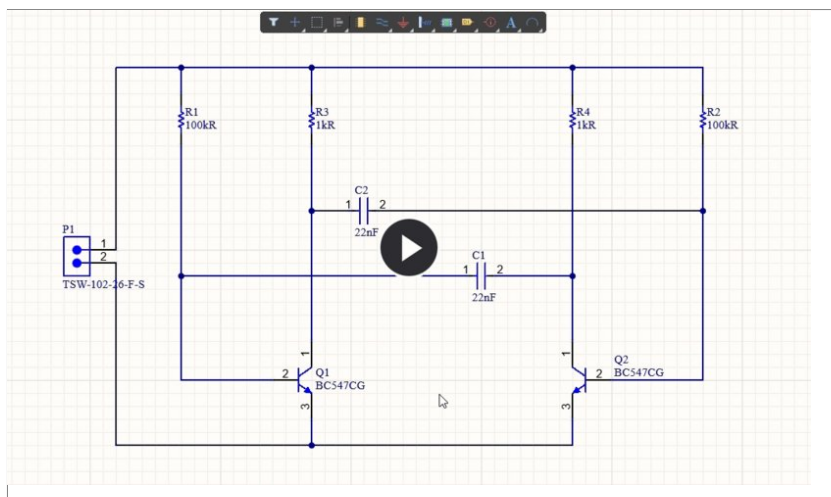
Теперь все компоненты размещены. Обратите внимание, что компоненты, показанные на изображении выше, расположены на достаточном расстоянии друг от друга для простого размещения связей между выводами компонентов. Это важно, поскольку вы не можете разместить провод через вывод, чтобы подключить вывод, который находится за ним. В этом случае, оба вывода будут подсоединены к проводу. Если вы хотите переместить компонент, зажмите ЛКМ на графике компонента и переместите мышью, чтобы изменить его положение.

Советы по размещению компонентов

- Для изменения положения любого объекта наведите курсор прямо на объект, зажмите ЛКМ, перетащите объект в новое положение, затем отпустите ЛКМ. Перемещение ограничено активной сеткой привязки, значение которой отображено в строке состояния. Нажмите клавишу **G** для циклического переключения между настройками сетки привязки. Помните, что важно размещать компоненты в крупной сетке, например 50 или 100 миллов.
- После того, как компонент был размещен на схеме, система попытается сохранить связи (сохранить соединения проводов) при перемещении компонента. Перемещение с учетом соединений называется перетаскиванием. Для перемещения компонента без сохранения соединений перетаскивайте компонент с зажатой ЛКМ и клавишей **Ctrl**. Для изменения поведения перетаскивания и перемещения по умолчанию отключите опцию **Always Drag** на странице **Schematic - Graphical Editing** диалогового окна **Preferences**.
- Также возможно изменение положения группы выделенных на схеме объектов с помощью клавиш со стрелками на клавиатуре. Выделите объекты, затем нажмите клавишу **со стрелкой** при зажатой клавише **Ctrl**. Если при этом зажать еще клавишу **Shift**, то объекты будут перемещаться на 10 узлов сетки привязки.
- При перемещении компонента с зажатой ЛКМ можно временно задать сетке значение 1 – для этого зажмите клавишу **Ctrl**. Используйте эту возможность для размещения текста.
- Сетки, между которыми вы циклически переключаетесь с помощью клавиши **G**, определены на странице **Schematic - Grids** диалогового окна **Preferences (Tools » Preferences)**. Элементы управления **Units** на странице **Schematic - General** диалогового окна **Preferences** используются для выбора системы единиц измерения – выберите **Mils** или **Millimeters**. Обратите внимание, что компоненты Altium Designer созданы в дюймовой сетке. Если вы измените сетку на метрическую, выводы компонентов не будут попадать в стандартную сетку. Поэтому рекомендуется использовать значение **Mils** опции **Units**, если вы не планируете использовать только собственные компоненты.

Соединение элементов схемы

Соединение элементов схемы – это процесс создание связей между компонентами схемы. Для подключения схемы обратитесь к наброску схемы и анимации ниже.

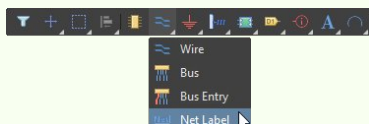


Используйте инструмент Wire для подключения схемы. Ближе к концу анимации показано перетаскивание проводов.




Панель инструментов Active Bar

Наиболее часто используемые инструменты каждого редактора доступны в панели инструментов **Active Bar**, которая отображена в верхней части области редактирования.



Кнопки панели **Active Bar** могут быть одно- и многофункциональными. Многофункциональные кнопки обозначены небольшим треугольником. Зажмите ЛКМ на такой кнопке на одну секунду – появится меню со списком других доступных команд. Команда из списка, которая была использована последний раз, станет командой кнопки по умолчанию.

Соединение элементов схемы

1. Чтобы изменить вид схемы, нажмите клавишу **PgUp**, чтобы приблизить, или **PgDn**, чтобы отдалить вид. Либо зажмите клавишу **Ctrl** и вращайте колесо мыши или зажмите сочетание ПКМ с клавишей **Ctrl** и перемещайте мышью вверх/вниз для приближения/отдаления. Есть также набор полезных команд по управлению видом из подменю **View** контекстного меню, например задание вида по всем объектам **Fit All Objects** (сочетание **Ctrl+PgDn**).
2. Сначала задайте связь между нижним выводом резистора R1 и базой транзистора VT1 следующим образом. Нажмите кнопку  в панели **Active Bar (Place » Wire** или сочетание **Ctrl+W**) для входа в режим размещения объекта. Курсор изменит свой вид на перекрестие.
3. Наведите курсор на нижний вывод R1. У курсора появится синяя метка соединения (синее перекрестие), которая означает, что курсор находится в точке электрического подключения компонента.
4. Щелкните ЛКМ или нажмите **Enter**, чтобы привязать провод к первой точке. Переместите курсор, и вы увидите провод, который тянется от текущего положения курсора к точке привязки.
5. Разместите курсор на базе VT1 так, чтобы увидеть синее перекрестие курсора. Если провод формирует излом в неправильном направлении, нажмите **Пробел**, чтобы переключить направление излома.
6. Щелкните ЛКМ или нажмите **Enter** для соединения провода с базой VT1. Курсор больше не будет привязан к этому проводу.
7. Обратите внимание, что курсор останется перекрестием, что означает, что вы готовы к размещению следующего провода. Чтобы полностью выйти из режима размещения и вернуть курсору вид стрелки, щелкните ПКМ или нажмите **Esc**, но не делайте этого прямо сейчас.
8. Далее задайте связь между нижним выводом R3 и коллектором VT1. Наведите курсор на нижний вывод R3 и щелкните ЛКМ или нажмите **Enter**, чтобы начать размещение нового провода. Переместите курсор вертикально, чтобы он оказался над коллектором VT1, затем щелкните ЛКМ или нажмите **Enter** для размещения сегмента провода. Опять же, курсор больше не будет привязан к проводу, и вы останетесь в режиме размещения для создания следующего провода.
9. Задайте остальные связи в соответствии со схемой ниже.
10. Когда вы закончили размещение всех проводов, щелкните ПКМ или нажмите **Esc** для выхода из режима размещения. Курсор снова станет стрелкой.

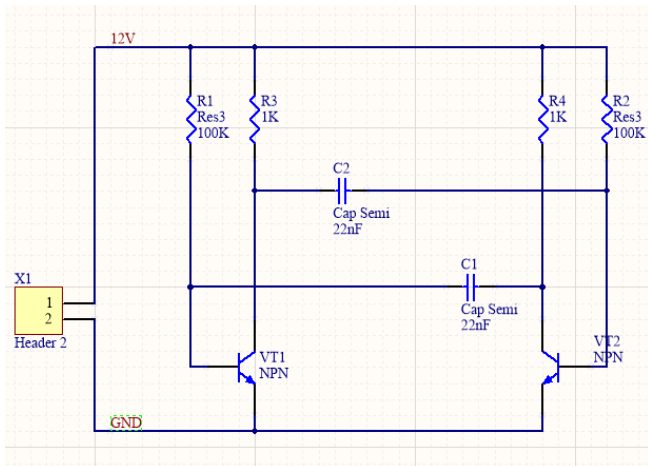
Советы по размещению связей

- Используйте сочетание клавиш **Ctrl+W** для запуска команды **Place » Wire**.
- Щелкните ЛКМ или нажмите **Enter**, чтобы привязать провод к текущему положению курсора.
- Нажмите **Backspace** для удаления последней точки привязки.
- Нажмите **Пробел** для переключения направления излома. Вы можете видеть это на анимации выше, где показано создание связей для соединителя.
- Нажмите **Shift+Пробел** для переключения между режимами размещения изломов. Доступные режимы: 90 градусов, 45 градусов, произвольный угол и автоматическое размещение (размещение ортогональных сегментов проводов между точками щелчков ЛКМ).
- Щелкните ПКМ или нажмите **Esc** для выхода из режима размещения провода.
- **Зажмите ЛКМ** для перетаскивания компонента вместе с подключенными к нему проводами. **Зажмите Ctrl+ЛКМ** для перемещения размещенного компонента.
- Если провод пересекается с точкой подключения компонента или завершается на другом проводе, автоматически создается соединение.
- Провод, который пересекает конец вывода, будет подключен к этому выводу, даже если вы удалите соединение. Перед тем как продолжить, проверьте, что схема выглядит так, как на изображении выше.
- Если необходимо, пересечения проводов можно отображать в виде небольших дуг. Для этого включите соответствующую опцию **Display Cross-Overs** на странице **Schematic - General** в диалоговом окне *Preferences*.

Цепи и метки цепей



Набор выводов компонентов, которые соединены между собой, называется *цепью*. Например, одна из цепей включает в себя базу Q1, один вывод R1 и один вывод C1. Каждой цепи присвоено сформированное системой название, которое зависит от выводов одного из компонентов в этой цепи.

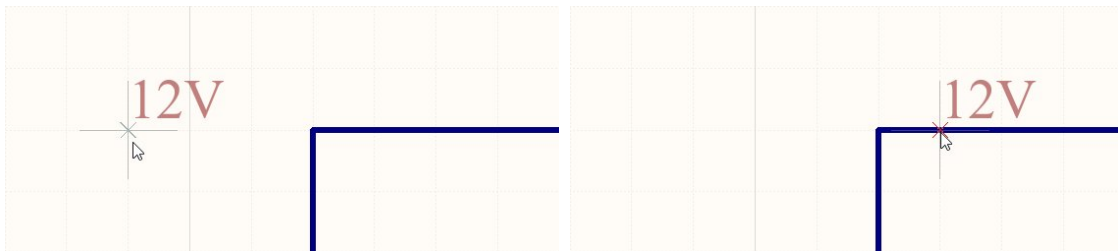
Чтобы упростить распознавание важных для проекта цепей, можно назначать им названия с помощью меток **Net Label**. Для схемы мультивибратора добавим метки к цепям **12V** и **GND**, как показано ниже.



Метки Net Label добавлены цепям 12V и GND, что завершает схему.

Добавление меток цепей

1. Нажмите кнопку **Net Label** (выберите иконку  на панели **Active Bar**, или команду **Place » Net Label** в главном меню). К курсору будет привязана метка цепи.
2. Чтобы отредактировать метку цепи перед ее размещением, нажмите клавишу **Tab**, и будет открыта панель *Properties*.
3. Введите **12V** в поле **Net**, затем щелкните ЛКМ по кнопке паузы (), чтобы вернуться к размещению объекта.
4. Разместите вывод таким образом, чтобы его точка привязки (нижний левый угол) касалась самого верхнего провода на схеме, как показано на изображениях ниже. При правильном расположении метки цепи для ее соединения с проводом курсор изменит свой вид на синее перекрестие. Если курсор светло-серый, то корректное соединение не будет установлено.



Метка цепи в свободном пространстве (изображение слева) и размещенная на проводе (изображение справа). Обратите внимание на синее перекрестие.

5. После размещения первой метки вы останетесь в режиме размещения метки. Снова нажмите клавишу **Tab**, чтобы отредактировать вторую метку цепи в панели *Properties* перед ее размещением.
6. Введите **GND** в поле **Net Name** и нажмите **Enter**, чтобы вернуться в режим размещения объекта.
7. Разместите метку цепи так, чтобы ее левый нижний угол касался самого нижнего провода на схеме (как показано на изображении завершенной схемы выше). Щелкните ПКМ или нажмите **Esc**, чтобы выйти из режима размещения метки цепи.
8. Сохраните схему и проект локально – нажмите ПКМ на каждом файле на панели *Projects* и нажмите **Save**.

Метки цепей, порты и порты питания

- Помимо назначения названий цепям, метки **Net Label** также используется для создания связности между двумя отдельными точками *одного* листа схемы.
- Порты **Port** используются для создания связности между двумя отдельными точками *разных* листов. Для этого также можно использовать объекты Off Sheet Connector.
- Порты питания **Power Ports** используются для создания связи между точками на всех листах. Для этого однолистового проекта можно использовать метки цепей Net Label и порты питания Power Port.

✔ Поздравляем! Вы завершили формирование своей первой схемы. Перед тем, как передать данные из схемы на плату, необходимо выполнить настройку проекта и проверить проект на ошибки.

Настройка проекта

Настройка проекта осуществляется в диалоговом окне *Project Options*, которое показано ниже (**Project » Project Options**). Настройка проекта включает в себя параметры проверки на ошибки, матрицу соединений, формирование классов, настройки компаратора, формирование ECO, настройки путей выходных документов и связности, форматы именования многоканальной схемы, настройки печати по умолчанию, пути поиска и параметры проекта.

Выходные документы проекта, такие как документы для сборки и изготовления и отчеты, можно настроить в меню **File** и **Reports**. Эти настройки также сохраняются в файле проекта, поэтому они всегда доступны для этого проекта. Другим подходом к настройке выходных документов является использование файла OutputJob, который можно копировать между проектами. Чтобы получить более подробную информацию о настройке выходных документов, см. [Подробнее о выходной документации](#).

Динамическая компиляция

Унифицированная модель данных (Unified Data Model, UDM) доступна с момента открытия проекта. Это не требует дополнительной компиляции, что экономит время, повышает скорость компиляции. Актуальный список цепей и компонентов постоянно отображается в панели *Navigator*. Модель соединений проекта инкрементально обновляется после каждого действия пользователя. Это значит, что компиляция проекта больше не требуется, чтобы увидеть содержимое панели *Navigator*, формирования состава изделия (BOM) или проведения проверки электрических правил (ERC). Ручная компиляция не нужна для следующего:

- Панель *Navigator* и *Projects*
- ActiveBOM Перекрестный переход
- Выделение цепей цветом
- Эквивалентная замена выводов
- Перекрестные ссылки на компоненты
-

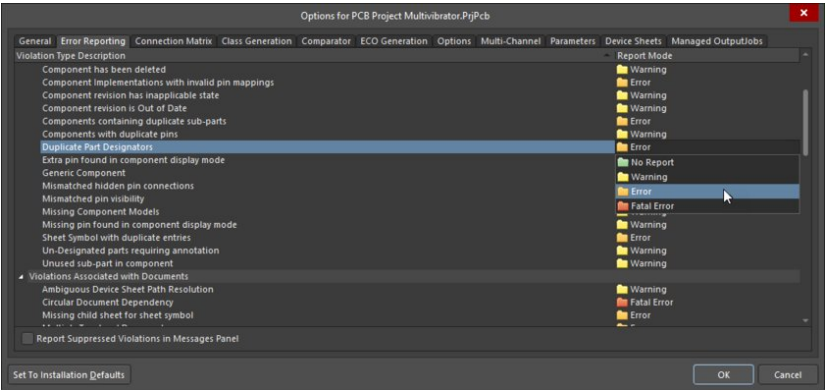
Проверка электрических свойств схемы

Схема – это больше чем просто чертеж, поскольку она содержит информацию об электрических связях. Эту информацию можно использовать для проверки проекта. При валидации проекта (**Project » Validate PCB Project**) система проверяет логические, электрические и графические ошибки унифицированной модели данных в соответствии с настройками компиляции. Все найденные нарушения будут отображены в панели *Messages*

Настройка отчетов об ошибках

Страница диалогового окна: [Error Reporting](#)

Вкладка **Error Reporting** диалогового окна *Project Options* используется для настройки широкого набора проверок схемы. Настройки в столбце **Report Mode** показывают уровень критичности нарушений. Для изменения настройки щелкните ЛКМ по элементу в столбце **Report Mode** того нарушения, которое вы хотите изменить, и выберите уровень критичности из выпадающего списка.



Настройки на вкладке **Error Reporting** для обнаружения ошибок проектирования при компиляции проекта.

Настройка проверок на ошибки

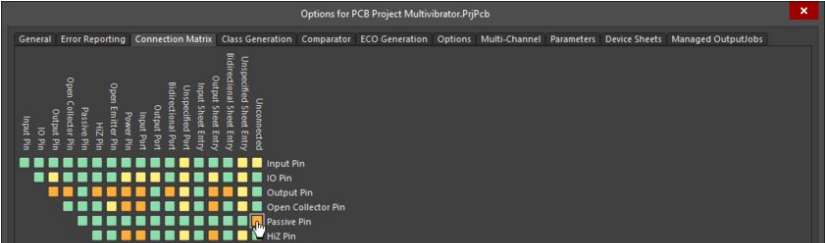
- Выберите команду **Project » Project Options**, чтобы открыть диалоговое окно *Options for PCB Project*.
- Пролистайте список проверок на ошибки и обратите внимание, что они сгруппированы по категориям. Каждую группу можно сворачивать и разворачивать при необходимости.
- Щелкните ЛКМ по настройке **Report Mode** какой-либо проверки, чтобы увидеть доступные варианты.

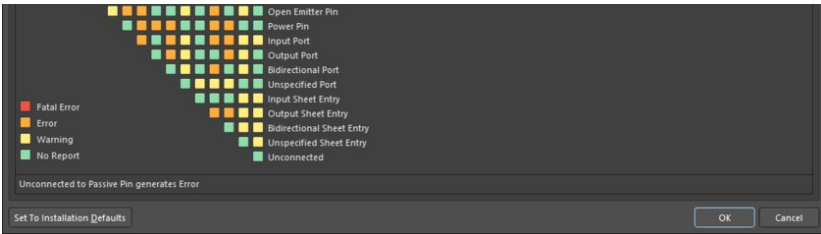
Настройка матрицы соединений

Страница диалогового окна: [Connection Matrix](#)

При создании проекта происходит запись в память списка выводов каждой цепи. Распознается тип каждого вывода (т.е. вход, выход, пассивный и т.д.), затем осуществляется проверка каждой цепи на предмет того, нет ли в них выводов, которые не должны быть подключены друг к другу, например, не подключен ли выходной вывод к другому выходному выводу. На вкладке **Connection Matrix** диалогового окна *Project Options* вы можете настроить, выводы каких типов могут быть соединены друг с другом. Например, посмотрите на элементы справа от матрицы и найдите **Output Pin**. Просмотрите эту строку, пока не увидите столбец **Open Collector Pin**. На пересечении будет **оранжевый** квадратик, который указывает, что соединение выходного вывода с выводом открытого коллектора приведет к ошибке при компиляции проекта.

Вы можете задать каждому типу соединения собственный уровень ошибки, от **No Report** (Без сообщения) до **Fatal Error** (Критическая ошибка). Щелкните ЛКМ по цветному квадратику для изменения настройки; продолжайте щелкать ЛКМ по различным уровням ошибок. Настройте матрицу так, чтобы для соединения **Unconnected - Passive Pin** формировалась ошибка **Error**, как показано на изображении ниже.





Вкладка **Connection Matrix** определяет проверку электрических аспектов на схеме; обратите внимание, что настройка **Unconnected - Passive Pin** была изменена.

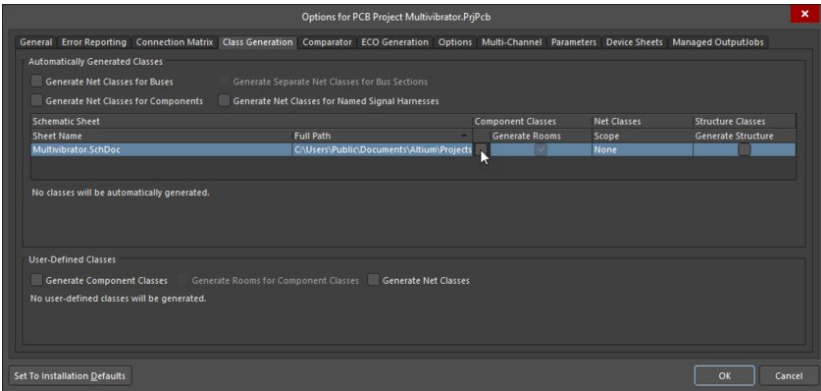
Изменение матрицы соединений

1. Чтобы изменить какую-либо настройку, щелкните ЛКМ по цветному квадратику, и он будет циклически изменять свое состояние между четырьмя доступными вариантами. Обратите внимание, что при щелчке ПКМ в диалоговом окне появится меню, которое позволяет изменить все настройки одновременно, в том числе вернуть их к состоянию по умолчанию **Default** (полезно, если вы изменили настройки и не можете вспомнить их состояния по умолчанию).
2. Схема содержит только пассивные выводы. Изменим настройку по умолчанию матрицы соединения таким образом, чтобы происходило обнаружение неподключенных пассивных выводов. Найдите строку **Passive Pin** матрицы и столбец **Unconnected**. Квадратик на их пересечении означает уровень ошибки, если будет обнаружен *пассивный вывод*, который *не подключен* на схеме. Настройкой по умолчанию является зеленый квадратик, что означает, что никакого сообщения сформировано не будет.
3. Щелкните ЛКМ по этому квадратику, пока он не станет **оранжевым** (как показано на изображении выше), чтобы при обнаружении в процессе компиляции неподключенного пассивного вывода формировалась ошибка. Далее мы специально создадим такую ошибку на схеме.

Настройка формирования классов

Страница диалогового окна: Class Generation Вкладка **Class Generation** в диалоговом окне *Project Options* используется для настройки типов классов, которые будут формироваться в проекте (вкладки **Comparator** и **ECO Generation** используются для последующего управления передачей классов в плату). По умолчанию система будет формировать классы компонентов и комнаты для каждого листа схемы, а также классы цепей для каждой шины в проекте. Для простого однолистного проекта, такого как наш, нет необходимости в формировании классов компонентов и комнат. Убедитесь, что флажок **Component Classes** не поставлен – это также отключит создание комнаты для класса компонента.

Обратите внимание, что эта вкладка диалогового окна также включает в себя настройки пользовательских классов в области **User-Defined Classes**.



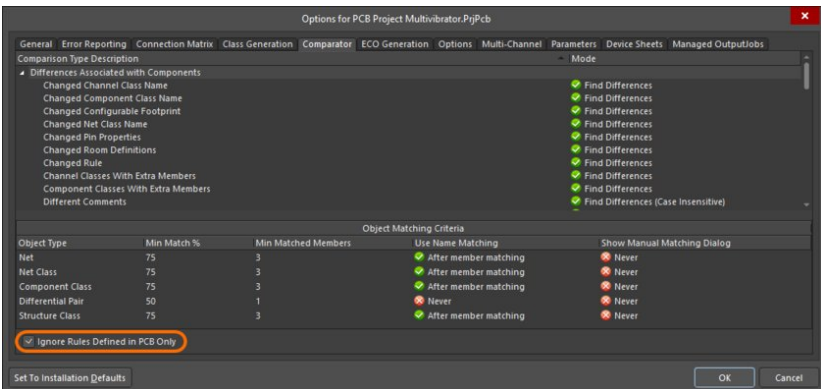
Вкладка **Class Generation** используется для настройки того, какие классы и комнаты будут автоматически формироваться для проекта.

Настройка формирования классов

1. Снимите флажок **Component Classes**, как показано на изображении выше. Это автоматически отключит создание комнаты для этого листа схемы.
2. В проекте нет шин, поэтому снимать флажок **Generate Net Classes for Buses**, расположенный в верхней части диалогового окна, необходимости нет.
3. В проекте нет пользовательских классов цепей (что осуществляется путем размещения директив классов цепей на линии связи), поэтому снимать флажок **Generate Net Classes** в области **User-Defined Classes** диалогового окна необходимости нет.

Настройка компаратора

Страница диалогового окна: Comparator Вкладка **Comparator** в диалоговом окне *Project Options* определяет, о каких различиях между файлами будет сообщаться в ходе компиляции проекта. Как правило, настройки на этой вкладке необходимо изменять только в том случае, когда плата содержит дополнительные данные, такие как правила проектирования, и вы не хотите, чтобы эти данные были удалены в ходе синхронизации проекта. Если необходимо более точное управление, вы можете выборочно настроить компаратор с помощью отдельных настроек. Для этого урока достаточно убедиться, что настройка **Ignore Rules Defined in PCB Only** включена, как показано на изображении ниже.



Вкладка **Comparator** используется для настройки проверки определенных различий компаратором.

Настройка компаратора

- Для этого урока достаточно убедиться, что настройка **Ignore Rules Defined in PCB Only** включена, как показано на изображении выше.

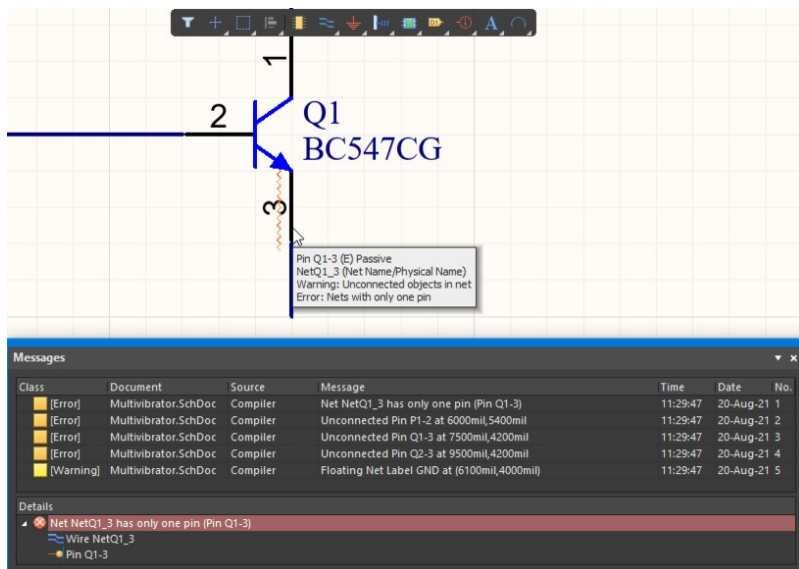
✓ Теперь вы готовы запустить валидацию проекта и проверить его на ошибки.

Компиляция проекта для проверки на ошибки

Главная страница: [верификация проекта](#)

Компиляция проекта проверяет документы проекта на ошибки графических и электрических правил и предоставляет информацию обо всех предупреждениях и ошибках в панели **Messages**. Вы настроили эти правила на вкладках **Error Checking** и **Connection Matrix** диалогового окна *Project Options* , поэтому вы теперь готовы провести проверку проекта.

Для компиляции проекта и его проверки на ошибки выберите команду **Project » Compile PCB Project Multivibrator.PrjPcb** из главного меню.



Используйте панель **Messages**, чтобы найти и устранить предупреждения и ошибки проекта; дважды щелкните ЛКМ по предупреждению/ошибке, чтобы перейти к соответствующему объекту.

Компиляция и проверка проекта на ошибки

1. Чтобы скомпилировать проект мультивибратора, выберите команду **Project » Compile PCB Project Multivibrator.PrjPcb** из главного меню.
2. После компиляции проекта все ошибки и предупреждения будут показаны в панели **Messages**. Панель будет открыта автоматически только при обнаружении ошибок (т.е. если будут найдены только предупреждения, панель не будет открыта автоматически). Чтобы открыть панель вручную, нажмите кнопку **Panels** в нижней правой части окна и выберите пункт **Messages** из открывшегося меню.
3. Если схема была сформирована корректно, панель **Messages** не должна содержать ошибок. Единственным сообщением здесь должно быть *Compile successful, no errors found* (компиляция завершена успешно, ошибок не найдено). Если есть ошибки, проработайте каждую из них, проверьте схему и убедитесь, что все соединения корректны.

Теперь мы намеренно внесем ошибку в схему и скомпилируем проект повторно:

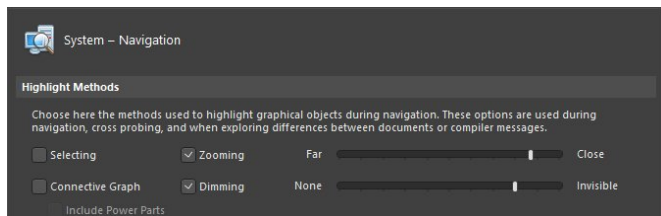
1. Щелкните ЛКМ по вкладке **Multivibrator.SchDoc** в верхней части рабочей области, чтобы убедиться, что лист схемы является активным документом.
2. Щелкните ЛКМ по проводу, соединяющему R1 и базу VT1. На концах провода появятся ручки управления, а вдоль провода будет отображена пунктирная линия, что означает, что провод выделен. Нажмите клавишу **Delete**, чтобы удалить провод.
3. Скомпилируйте проект повторно (**Project » Compile PCB Project Multivibrator.PrjPcb**), чтобы проверить его на ошибки. В панели **Messages** будет отображено сообщение об ошибке, которое говорит о том, что в схеме есть неподключенные выводы.
4. Панель **Messages** разделена на две горизонтальные области, как показано на изображении выше. В верхней области отображается список всех сообщений, которые можно сохранять, копировать, удалять и от которых можно переходить к соответствующим объектам с помощью контекстного меню. В нижней области показана подробная информация об ошибке/предупреждении, которое выделено в верхней области панели.
5. При двойном щелчке ЛКМ по ошибке или предупреждению в какой-либо из этих областей панели **Messages** объект с ошибкой будет отображен на схеме.
6. При наведении курсора на объект с ошибкой (не на волнистую линию) появится сообщение с описанием ошибки.

Перед тем, как завершить этот раздел урока, исправим эту ошибку на схеме.

1. Сделайте лист схемы активным документом.
2. Отмените удаление (**Ctrl+Z**), чтобы вернуть провод.
3. Чтобы убедиться, что ошибок больше нет, скомпилируйте проект повторно (**Project » Compile PCB Project Multivibrator.PrjPcb**); в панели **Messages** больше не должны отображаться ошибки.
4. Сохраните схему и файл проекта.

При двойном щелчке ЛКМ по ошибке в панели **Messages**:

- Масштаб схемы будет изменен, чтобы приблизить вид и отобразить объект с ошибкой. Точность приближения настраивается с помощью верхнего ползунка в области **Highlight Methods** страницы **System - Navigation** диалогового окна *Preferences*.
- Вся схема, кроме объекта с ошибкой, будет затенена. Степень затенения управляется уровнем **Dimming**, который настраивается с помощью нижнего ползунка в области **Highlight Methods** страницы **System - Navigation** диалогового окна *Preferences*. Щелкните ЛКМ в любом месте схемы, чтобы сбросить затенение.



- Чтобы удалить все сообщения из панели **Messages**, щелкните ПКМ в панели и выберите команду **Clear All**.

✔ Формирование схемы на этом завершено. Пора создавать плату!