

1. Введение

CircuitMaker – мощная система в своём классе, простая при вводе описания электрических схем и моделировании. Система объединяет возможности качественного программного обеспечения при малой его стоимости. Используя передовые возможности CircuitMaker, можно разрабатывать электронные схемы и выводить таблицу соединений для TtaxMaker и других систем проектирования печатных плат и авто трассировщиков. Система даёт возможность выполнять быстрое, точное моделирование цифровых, аналоговых и смешанных аналого-цифровых цепей, используя от Беркли SPICE3F5 и XSpice имитаторы.

Требования к пользователю

Используя необходимый минимум теоретических знаний электроники и электронных приборов, пользователь можете успешно использовать CircuitMaker для разработки и моделирования электрических цепей. Для новичков CircuitMaker совершенно необходимая вещь с целью изучения и экспериментирования с электроникой и электронными приборами. Для профессиональных пользователей, мощные исследовательские возможности CircuitMaker обеспечивают сложную среду для тестирования и отработки всех "а если" сценариев в проекте. Лучше всего то, что это можно выполнить гораздо быстрее, чем традиционными методами макетирования.

Требуемые аппаратные и программные средства

- Компьютер 486 или выше.
- Математический сопроцессор, рекомендуется для моделирования.
- 32МБ оперативной памяти, 40МБ доступного пространства на жестком диске.
- Микрософт Windows 95, 98, NT 4.0 или выше.
- Дисковод CD ROM для установки.
- Мышь или другое устройство управления позицией курсора.
- VGA или SVGA цветной монитор.

2. Основы CircuitMaker

Эта глава даёт краткий обзор окна рабочей области CircuitMaker, принятых соглашений, пользовательских установок, сокращений и комбинаций "hot key". Пользователь всегда нуждается в некотором руководстве перед использованием CircuitMaker, чтобы правильно рисовать, редактировать, проверять и моделировать электронные схемы.

Окно рабочей области CircuitMaker

При запуске CircuitMaker появляется пустое окно создания схемы. Окно схемы это область, где размещаются элементы, которые представляют собой реальные компоненты типа резисторов, транзисторов, источников питания, и т.д. Окно рабочей области CircuitMaker также включает инструментальную панель, строку меню, строку состояния, панель и окно анализа.

После размещения элементов необходимо соединить их между собой. Для этого рисуются линии связи между элементами, которые затем позволяют моделировать, проверять работу схемы, используя для этого мощный имитатор CircuitMaker.

Возможность соединения

Важная особенность CircuitMaker это разводка электрических соединений между элементами в проекте. Концепция обеспечения связей это ключ к использованию CircuitMaker для рисования и моделирования электронных схем. Программа хранит информацию о соединениях для моделирования, создания и экспорта таблицы соединений в TtaxMaker или другие программы разработки печатных плат.

Об окнах CircuitMaker

Окно CircuitMaker имеет три отдельных раздела: окно схем, окно анализа и панель. Окно схем это область, где рисуются схемные решения. Только один файл схемы может быть открыт в этом окне. Окно анализа это то место, где отображаются результаты моделирования. Это окно может содержать множество диаграмм,

которые выбираются нажатием на вкладки внизу окна. Одна вкладка доступна для каждого выбранного типа анализа.

Панель также имеет вкладки, которые используются, чтобы выбрать средство управления, которое является доступным в выбранном окне. На панели находится браузер элементов для их поиска, средство управления аналоговыми графиками и параметрами цифрового логического режима. Окна отделены разделительными полосами, которые позволяют при необходимости изменять их размеры.

Файлы CircuitMaker

CircuitMaker включает ряд специальных файлов. Следующая таблица по расширениям перечисляет различные типы файлов, которые будут использоваться:

| | |
|------|--------------------------------------|
| .CKT | файлы схем |
| .DAT | файлы данных |
| .LIB | файлы библиотеки элементов |
| .MOD | файлы моделей |
| .SUB | файлы макромоделей |
| .SDF | файлы установки отображения графиков |

Доступ к инструментальным средствам и их особенности

Этот раздел показывает имеющиеся фундаментальные инструментальные средства и метод их использования для черчения схем.

Краткий обзор задач

Использование CircuitMaker включает шесть базовых процедур:

1. Размещение элементов типа резисторов, транзисторов, источников питания, заземления и т.д. в рабочей области схемы;
2. Перемещение элементов;
3. Редактирование параметров элементов;
4. Удаление элементов в случае необходимости;
5. Соединение элементов в схему;
6. Моделирование и испытание схемы.

Использование инструментальной панели

Можно исполнять множество задач, используя кнопки на инструментальной панели, которая удобно расположена вверху экрана. Таблица расположенная ниже кратко описывает каждую кнопку и инструмент на инструментальной панели. Вообще, инструмент позволяет применять определенное действие, а кнопка вызывает данную функцию.

| Инструмент или кнопка | Действие |
|-----------------------|---|
| Panel | Показывает/скрывает Panel. Освобождает место для рисования, моделирования. |
| New | Создает новую схему. |
| Open | Открывает существующую схему. |
| Save | Сохраняет текущее схемное решение. |
| Print | Печать схемы. |
| Arrow Tool | Выбирает, передвигает и редактирует элементы, провода и текст. Также используется для размещения соединительных проводов (когда отмечена опция Arrow/Wire). |
| Wire Tool | Размещает соединительные провода, чтобы соединять элементы в схе- |

| | |
|-----------------------|---|
| | му, +Shift, чтобы размещать шины. |
| Text Tool | Добавляет текст на схему. |
| Delete Tool | Удаляет элементы, провода и текст. Щелчок правой кнопкой мыши, удаляет сегменты провода, а +Shift разрезает провод. |
| Probe Tool | Для наблюдения/планирования сбора данных в любой точке схемы. |
| Zoom Tool | Увеличивает и уменьшает схему, +Shift чтобы уменьшить. |
| Fit to Window | Изменяет масштаб, чтобы полностью поместить схему в окне. |
| Rotate | Вращает один или более выбранных элементов. |
| Mirror | Зеркально отражает один или более выбранных элементов. |
| TraxMaker | Автоматически создает таблицу соединений ПП и запускает TraxMaker. |
| Help | Отображает информацию из Help файла о выбранном элементе. |
| Reset | Прекращает аналоговое или цифровое моделирование. |
| Analyses Setup | Открывает диалоговое окно Analyses Setup. Только для режима моделирования Analog/mixed. |
| Run Analog | Запуск и останов режима моделирования Analog/mixed. При нажатии изменяется на значок Stop. |
| Trace Digital | В интерактивном режиме отображает логическое состояние во всех узлах в режиме моделирования Digital. |
| Run Digital | Запуск и останов, при нажатии изменяется на значок Pause. |
| Step Digital | Пошаговое выполнение режима моделирования Digital. Установка размера шага в Digital Panel. |
| Tile Windows | Расположение схемы и окна анализа в четырёх вариантах. |

Использование мыши

Как в других прикладных программах Windows, CircuitMaker использует мышь для щелчка, выбора и перемещения. При перемещении мыши, соответствующий выбранный инструмент или курсор приходит в движение на экране. Знакомый указатель **Arrow Tool** используется для стандартных операций Windows, типа выбора из меню и диалоговых окон. Можно возвратиться к стандартному указателю **Arrow Tool** в любое время, выбирая инструмент из инструментальной панели, или щёлкая правой кнопкой мыши на фоне схемы и выбирая **Arrow** средство.

Меню по щелчку правой кнопкой мыши

Можно щёлкая правой кнопкой мыши в различных областях рабочего пространства CircuitMaker, открывать различные всплывающие меню. Пункты, перечисленные во всплывающем меню, изменяются в зависимости от того, где произведён щелчок правой кнопкой мыши:

- Фону схемы
- Элементу
- Проводу
- Тексту, созданному с помощью Text Tool
- Группе элементов, всплывающее меню зависит от типа выделенных элементов
- Метке графика
- Где-нибудь еще в окне анализа

HotKeys

Для быстрого и простого размещения элементов, CircuitMaker предлагает до шестидесяти определяемых пользователем **Hotkeys**, которые позволяют размещать часто используемые элементы одним нажатием клавиши. Например, нажатие клавиши **r** разместит на схеме резистор 1k или нажатие клавиши **b** разместит на схеме батарею 10V. Эти назначения могут быть изменены и настроены в соответствии с элементами, которыми часто пользуются.

Клавиши Shortcut

Эти клавиши позволяют непосредственно выбирать команды меню. Следующая таблица перечисляет доступные в CircuitMaker клавиши **Shortcut**.

| Нажатие клавиши | Что это делает |
|-----------------|------------------------|
| Ctrl+A | Select All |
| Ctrl+C | Copy |
| Ctrl+D | Duplicate |
| Ctrl+E | Expand Macro |
| Ctrl+F | Find and Select |
| Ctrl+H | New Macro |
| Ctrl+K | Device Display Data |
| Ctrl+L | Schematic Display Data |
| Ctrl+M | Mirror |
| Ctrl+N | New |
| Ctrl+O | Open |
| Ctrl+P | Print Schematic |
| Ctrl+Q | Reset Simulation |
| Ctrl+R | Rotate |
| Ctrl+S | Save |
| Ctrl+U | Macro Utilities |
| Ctrl+V | Paste |
| Ctrl+X | Cut |
| Ctrl+Z | Undo |
| | |
| Alt+A | Arrow Tool |
| Alt+D | Delete Tool |
| Alt+P | Probe Tool |
| Alt+T | Text Tool |
| Alt+W | Wire Tool |
| Alt+Z | Zoom Tool |
| | |
| F1 | Context Sensitive Help |
| F2 | Display Scale |
| F3 | Normal Size/Position |
| F4 | Zoom to Fit |
| F5 | Schematic Options |
| F6 | Collapse Device Tree |
| F7 | Refresh Screen |
| F8 | Analyses Setup |
| F9 | Step Logic Simulation |
| F10 | Run/Stop Simulation |
| F11 | Trace Logic Simulation |

| | |
|--------------|---|
| | |
| End | Refreshes the screen. |
| Esc | Aborts the current operation. |
| Page Up | Enlarges the display (zooms in). |
| Page Down | Reduces the display (zooms out). |
| Delete | Deletes the current selection. |
| Home | Centers the screen around the cursor |
| Arrow Keys | Nudges a selected device (by pressing the Left, Right, Up, or Down Arrow keys). |
| | |
| Shift+Insert | Moves the currently selected group of items. |

Сохранение параметров схемы

CircuitMaker хранит множество параметров настроек, типа значений по умолчанию для схемы и программы. Можно определять свои собственные привилегированные параметры настройки, используя диалоговое окно **Schematic Options** выбором **Options > Schematic**. Чтобы сохранить параметры настройки как значения по умолчанию:

1. Выбрать пункт **Options > Schematic**.
2. Сделать желаемые изменения.
3. Отметить пункт **Save current settings as defaults**, затем выбрать **OK**.

Примечание: Некоторые из этих параметров сохраняются с каждой схемой. В этих случаях значения по умолчанию применяются только тогда, когда создаётся новая схема.

Основы управления файлами .СКТ

Этот раздел объясняет базовые процедуры управления файлами CircuitMaker.

Запуск, сохранение и закрытие .СКТ файлов

Наиболее часто будут использоваться **New**, **Save** и **Save As** пункты меню:

1. Выбрать пункт **File > New**, чтобы запустить новый файл.
2. Выбрать пункт **File > Save**, если имя файла уже установлено.

или

Выбрать пункт **File > Save As**, чтобы дать файлу имя. Это способ копирования .СКТ файлов.

1. Выбрать пункт **File > Close > Yes**, чтобы сохранить и закрыть .СКТ файл без выхода из CircuitMaker.

или

Выбрать пункт **File > Exit > Yes**, чтобы сохранить файл и выйти из CircuitMaker.

Открытие и повторное открытие .СКТ файла

1. Выбрать пункт **File > Open**.
2. Выбрать файл с расширением .СКТ, который необходимо открыть, затем выбрать **Open**.

Можно открывать любые из последних восьми .СКТ файлов, которые открывались ранее.

1. Выбрать пункт **File > Reopen**.
2. Выбрать файл, который необходимо открыть повторно.

Возвращение к предварительно сохраненному файлу

Если были сделаны изменения в файле .СКТ, которые не желательно сохранять, можно возвратиться к исходному .СКТ файлу, выбором **File > Revert**.

3. Обучающие программы

Эта глава охватывает процессы в том порядке, в котором обычно исполнял бы их пользователь. Приведенные примеры дают понимание того, как работает CircuitMaker, и иллюстрируют это несколькими путями выполнения задачи.

1: Рисование схемы

Эта обучающая программа охватывает следующие разделы:

- Использование вкладки **Browse** в **Panel**.
- Выбор транзистора.
- Выбор резисторов.
- Выбор +V и элемента заземления.
- Изменение номинальных значений резисторов и транзисторов.
- Соединение схемы.

Использование вкладки Browse в Panel

Рисование схемы рассматривается на простом примере:

1. Начать с запуска программы CircuitMaker и, в случае необходимости, очистить рабочее пространство выбором **File > New** или щёлкнув кнопку **New** инструментальной панели.
2. Выбрать вкладку **Browse** в **Panel**, чтобы отобразить дерево выбора элементов.

Примечание: В этой обучающей программе, расположение элементов в дереве выбора элементов и их по умолчанию **Hotkey** обозначены с использованием формата:

[Major device class/minor device class/device symbol] (Hotkey)

Например, батарея находится в **[.General/Sources/Battery] (b)**. Просто нажимая символ **b** в этом примере можно быстро выбрать и вставить элемент в схему.

Размещение транзистора

Начать рисовать схему нужно с выбора транзистора 2N2222A:

1. Выбрать **General / BJTs / NPN Trans:C** в дереве **Browse**. Выбрать транзистор **2N2222A** в нижнем списке **Model**.
2. Щёлкнуть **Place**, чтобы выбрать элемент из библиотеки.
3. Можно также щёлкнуть вкладку **Search** и набрать **2n2222a**, щёлкнуть **Find**, чтобы быстро найти элемент.
4. Установить транзистор в середине экрана и затем один раз щёлкнуть левой кнопкой мыши.

Транзистор размещается в рабочее пространство и больше не следует за мышью.

Размещение резисторов

Следующая процедура включает размещение двух резисторов:

1. Выбрать резистор **[Passive Components/Resistors/Resistor] (r)**, нажимая символ **r** на клавиатуре. При этом резистор ориентируется горизонтально и перемещается по экрану мышью.
2. Нажать снова клавишу **r** или щёлкнуть правой кнопкой мыши, чтобы вращать элемент на 90°.
3. Переместить резистор выше и налево от транзистора и щёлкнуть левой кнопкой мыши для размещения.
4. Это будет резистор **R1**. Не нужно волноваться о значении его сопротивления.
5. Установить второй резистор несколько выше транзистора, это будет резистор **R2**.

Размещение элементов +V и Ground

Теперь необходимо установить источник напряжения и изменить его параметры:

1. Выбрать источник **[.General/Sources / + V] (1)**, нажимая **1** разместить его выше резистора **R2**.
2. Выбрать символ земли **[.General/Sources/Ground] (0)**, нажимая **0** разместить его ниже транзистора.
3. Дважды щёлкнуть по элементу **+V**, используя левую кнопку мыши, чтобы открыть диалоговое окно **Device Properties**.
4. Изменить значение в поле **Label-Value** на **+15V**.
5. Щёлкнуть один раз на самом верхнем переключателе **Visible**. Это скрывает обозначение **+V** на схеме.
6. Щёлкнуть один раз на третьем сверху переключателе **Visible**. Это скрывает обозначение **V1** на схеме. Щёлкнуть **OK**.

Изменение номиналов резисторов

Теперь провести процедуру редактирования на резисторах:

1. Дважды щёлкнуть по резистору **R1**.
2. Изменить значение в поле **Label-Value** на **220k**, затем щёлкнуть **OK**.
3. Дважды щёлкните по резистору **R2**.
4. Изменить значение в поле **Label-Value** на **870k**, затем щёлкнуть **OK**.
5. В случае необходимости, переместить этикетки вокруг элементов с помощью мыши, чтобы разместить их в удобные положения.

Соединение элементов в схеме

Теперь пришло время соединить эти элементы в единую схему:

1. Выбрать средство **Wire Tool** из инструментальной панели.
2. Установить курсор на вывод эмиттера транзистора. Когда курсор попадает близко к выводу транзистора, на выводе появляется маленький прямоугольник.
3. Щёлкнуть на выводе и протянуть провод к выводу символа **Ground**.
4. Отпустить кнопку мыши, чтобы сделать соединение.
5. Установить курсор на нижнем выводе **R2**, затем нажать и удерживать левую кнопку мыши для протягивания нового провода.
6. Протянуть конец провода к выводу коллектора транзистора и отпустить кнопку мыши.
7. Подключить аналогично провод от верхнего вывода **R2** к источнику **+15V**.
8. Подключить другой провод от нижнего вывода **R1** к базе транзистора.
9. Наконец, подключить провод от верхнего вывода **R1** к середине провода, который соединяет **+15V** с **R2**.

Можно перемещать элементы и соединительные проводники, с помощью **Arrow Tool**.

2: Цифровое логическое моделирование

Лучший способ видеть, как работает цифровое моделирование это загрузить пример схемы и опробовать некоторые команды.

1. Щёлкнуть кнопку **Open** на инструментальной панели.
2. Выбрать файл **SIM.CKT** из списка доступных схем.
3. Схема **SIM.CKT** содержит несколько микросхем и полезна для демонстрации особенностей цифрового моделирования **CircuitMaker**.
4. Щёлкнуть кнопкой **Run** в инструментальной панели, чтобы запустить моделирование.
5. С началом моделирования отобразится шестнадцатеричный дисплей, показывающий счет последовательности чисел.
6. Выбрать **Probe Tool** из инструментальной панели и коснуться его наконечником провода слева от метки "Probe Wire to the Left". Символ **L** будет отображен в **Probe Tool**.
7. Переместить наконечник **Probe Tool** на переключатель, помеченный как "Toggle Switch" и щёлкнуть около его центра. Логический дисплей, связанный с выходом этой микросхемы начнет тогда быстро переключаться.
8. Щёлкнуть кнопку **Horizontal Split** в инструментальной панели, чтобы открыть цифровое окно **Waveforms**. Каждый узел в схеме, к которому прикреплен элемент **SCOPE** будет просматриваться в этом окне.
9. Выбрать пункт **Simulation > Active Probe**, затем выполнить моделирование снова.
10. Новый график по имени **Probe** отображается в окне **Waveforms**. Можно понаблюдать, что случается с этим графиком, когда перемещается **Probe Tool** по схеме.
11. Щёлкнуть кнопку **Trace** в инструментальной панели, чтобы видеть состояние каждого провода в схеме. Красный цвет провода указывает на высокий уровень, синий цвет провода указывает на низкий уровень.
12. Щёлкнуть кнопку **Pause** в инструментальной панели, чтобы остановить моделирование.

3: Аналоговое моделирование

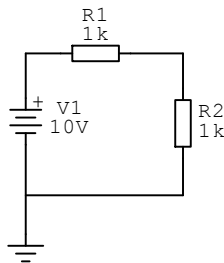
Лучший способ ознакомления с аналоговым моделированием **CircuitMaker** состоит в том, чтобы построить несколько простых схем, выбрать типы исследований и выполнить моделирование. Это и рассмотрено в обучающей программе:

- Анализ простой схемы.
- Моделирование простой схемы переменного тока.
- Моделирование более сложной схемы.
- Выбор исследований.
- Выполнение моделирования.
- Моделирование смешанного сигнала.

Моделирование простой схемы

Необходимо начать с простой схемы постоянного тока:

1. Щёлкнуть кнопку **New** в инструментальной панели для создания нового окна схемы.
2. Нажать кнопку **F6**, если необходимо сократить дерево выбора элементов.
3. Убедиться что в меню **Simulation** разрешено **Analog Mode**, а не **Digital Mode**.
4. Начертить схему, как показано на рисунке, используя следующие элементы:
 - 1 батарея [**.General/Sources/Battery**] (b)
 - 1 символ земли [**.General/Sources/Ground**] (0)
 - 2 резистора [**.General/Resistors/Resistor**] (r)



Примечание: Каждая аналоговая схема должна иметь соединение с **Ground**, и каждый узел в схеме должен иметь путь утечки по постоянному току на землю.

5. Используя средство **Wire Tool** соединить элементы схемы.
6. Щёлкнуть кнопку **Analyses Setup** в инструментальной панели, затем кнопкой **Analog Options** отобразить диалоговое окно.
7. В групповом блоке **Collect Data For**, выбрать третью опцию: **Node Voltage, Supply Current, Device Current and Power** и щёлкнуть **OK**, чтобы выйти из **Analog Options**.

Эта опция позволяет с помощью **Probe Tool** измерять напряжение, ток и мощность.

8. Щёлкнуть кнопку **Run Analyses**, чтобы запустить моделирование.

или

Щёлкнуть **Exit** и затем щёлкнуть кнопку **Run** на инструментальной панели.

Окно CircuitMaker разбивается на две части, помещая окно **Schematic** в верхней половине, окно **Analysis** в нижней половине. Вкладка **Operating Point** отображает смещение постоянной составляющей **DC Bias**, среднее значение постоянной составляющей **DC Average** и среднеквадратичное действующее значение переменной составляющей **AC RMS** для каждой точки, которая исследуется на схеме.

9. Щёлкнуть наконечником **Probe Tool** по проводу, связанному с выводом + батареи. Можно заметить, что появляется указывающий на измерение напряжения символ **V** на **Probe Tool**, когда перемещается его наконечник поверх провода.

Напряжение постоянного тока в том узле **10.00 V** появляется на вкладке **Operating Point** под **DC Bias**. Все измерения напряжения указываются относительно земли. Среднее значение постоянной составляющей и среднеквадратичное действующее значение переменной составляющей не определено, потому что не разрешено **Transient Analysis**. Значения **DC Bias** это результат анализа **Operating Point**. Этот простой анализ предполагает, что все катушки индуктивности будут замкнуты, а все конденсаторы отключены. Это идеально для моделирования схемы только по постоянному току, когда не должны показываться любые переходные процессы.

10. Удерживая клавишу **SHIFT** нажать в провод между двумя резисторами.

Напряжение **DC Bias** в этом узле **5.000 V** появляется на вкладке **Operating Point**.

11. Удерживая клавишу **SHIFT**, нажать на вывод резистора **R1**. На **Probe Tool** появляется символ **I**, указывающий на измерение тока, когда наконечник **Probe Tool** на выводе элемента.

Электрический ток через тот элемент **5.000mA** появляется на вкладке **Operating Point**.

12. Удерживая клавишу **SHIFT**, нажать непосредственно на резистор **R1**. На **Probe Tool** появляется символ **P**, указывающий на измерение мощности.

Мощность, рассеиваемая этим резистором **25.00mW**, появляется на вкладке **Operating Point**.

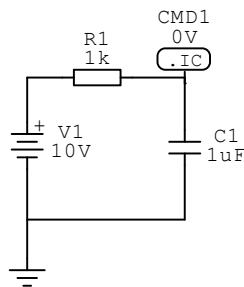
13. Нажать кнопку **Stop** на инструментальной панели, чтобы остановить моделирование и вернуться к режиму редактирования.

Создание простой RC схемы

Теперь необходимо заменить один из резисторов конденсатором, чтобы создать простую RC схему, где можно увидеть процесс заряда конденсатора. Анализ переходных процессов **Transient Analysis** начинает его моделирование в установившемся состоянии по постоянному току, когда конденсаторы уже заряжены. При необходимости увидеть процесс заряда конденсатора от нулевого времени, нужно установить начальное состояние конденсатора в **0V**.

1. Используя **Delete Tool** на инструментальной панели, удалить **R2**.
2. Выбрать конденсатор **[.General/Capacitors/Capacitor] (c)** и подключить его на место резистора.
3. Выбрать **.IC** элемент **[Analog/SPICE Controls] (I)** и подключить его к проводу между резистором и конденсатором.

Это установит при запуске анализа начальное состояние на конденсаторе **0V**. Схема должна выглядеть как изображенный ниже рисунок.



1. Выполнить моделирование снова, щёлкнув кнопку **Run** на инструментальной панели.

На сей раз диаграмма переходного процесса, подобная экрану осциллографа появится на вкладке **Transient Analysis** в окне анализа.

2. Нажать вкладку **Transient Analysis** для ее выбора, затем нажать наконечником **Probe Tool** между резистором и конденсатором.

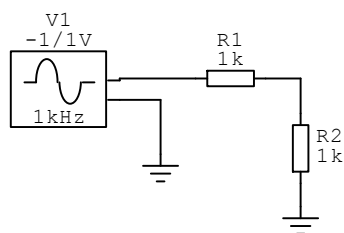
Диагональная линия на вкладке **Transient Analysis** отобразит фактическое начало кривой заряда конденсатора. Обзор кривой графика ограничен временем запуска и остановки анализа, которые были выбраны по умолчанию. Необходимо увеличить размер отрезка времени, который можно обозревать. Можно так же уменьшать номиналы компонентов, чтобы конденсатор зарядился быстрее.

1. Остановить моделирование, щёлкнув кнопку **Stop**.
2. Дважды щёлкнуть по резистору **R1**, чтобы отобразить диалоговое окно **Edit Device Data**.
3. Изменить номинал **R1** с **1k** на **500**, затем нажать **OK**.
4. Дважды щёлкнуть по конденсатору **C1** и изменить его номинал с **1uF** на **.001uF**, затем нажать **OK**.
5. Выполнить моделирование снова.

На сей раз, будет отображаться полная кривая заряда конденсатора.

Моделирование простой схемы переменного тока

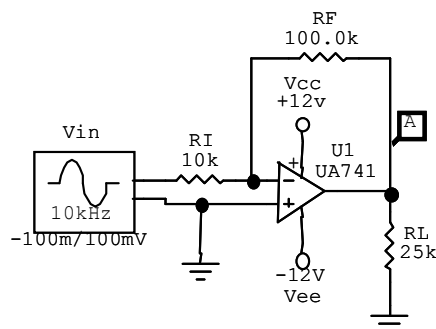
Теперь необходимо создать простую схему переменного тока, используя генератор сигналов и два резистора:



1. Нажать кнопку **New** на инструментальной панели.
2. Начертить схему, как показано на рисунке:
 - 1 сигнальный генератор [**.General/Instruments/Signal Gen**] (g)
 - 1 символ земли [**.General/Sources/Ground**] (0)
 - 2 резистора [**.General/Resistors/Resistor**] (r)
1. Используя средство **Wire Tool** соединить схему.
2. Убедиться, что выбран режим моделирования **Analog**, затем выполнить моделирование.
3. Нажать средством **Probe Tool** на провод, связанный с выводом **Signal Generator**. Появится синусоидальный график.
4. Удерживая клавишу **SHIFT** нажать в провод, связывающий два резистора. Появится второй график.
5. Остановить моделирование.

4: Моделирование сложной схемы

Следующий пример демонстрирует, как проводить исследования и как делать простые измерения, используя курсоры в окнах анализа. Для этого необходимо создать схему усилителя с коэффициентом усиления по напряжению 10, используя операционный усилитель $\mu A741$, как показано на рисунке.



1. Выбрать пункт **File > New**.
2. Выбрать пункт **Simulation > Analog Mode**.
3. Нажать **F6**, если необходимо сократить дерево выбора элементов.
4. Разместить следующие элементы в область создания схемы:
 - 1 сигнальный генератор [**.General/Instruments/Signal Gen**] (g) как **Vin** на схеме
 - 2 +V устройства [**.General/Sources/+V**] (1) как **Vcc** и **Vee**
 - 2 символа земли [**.General/Sources/Ground**] (0)
 - 3 резистора [**.General/Resistors/Resistor**] (r) как **RI**, **RF** и **RL**
 - 1 ОУ [**Linear ICs/OPAMPs/Op-Amp5**] (o) как **U1**
5. Выбрать кнопку **Rotate** на инструментальной панели, и вращением **RL** и источника питания - **12V** установить в нужные позиции.
6. Используя средство **Wire Tool** соединить схему.
7. Используя **Arrow Tool** переместить элементы, провода и метки в удобные позиции.
8. Дважды щёлкнуть на **Op Amp**.
9. Выбрать **uA741** из нижнего списка микросхем и нажать кнопку **Select**.
10. Нажать кнопку **Exit**.

11. Дважды щёлкнуть по верхнему элементу **+V**.
12. Установить в поле **Label-Value** значение **+12V** и разрешить **visible**. Установить в поле **Designation** значение **Vcc** и разрешить **visible**, запретить **visible** в поле **Device** и нажать **OK**.
13. Дважды щёлкнуть по нижнему элементу **+V**.
14. Установить в поле **Label-Value** значение **-12V** и разрешить **visible**. Установить в поле **Designation** значение **Vee** и разрешить **visible**, запретить **visible** в поле **Device** и нажать **OK**.
15. Нажать и перетащить метки в удобные позиции, как показано на рисунке схеме.
16. Дважды щёлкнуть по каждому резистору, чтобы изменить их номиналы, обозначения и сделать их видимыми:

| Резистор | Номинал | Обозначение |
|----------------|---------|-------------|
| Входной | 10k | RI |
| Обратной связи | 100k | RF |
| Нагрузочный | 25k | RL |

17. Дважды щёлкнуть в **Signal Generator**.
18. Установить **Peak Amplitude 0.1V** и **Frequency 10kHz**.
19. Нажать кнопку **Wave** в **Signal Generator**.
20. Разрешить переключателем **Source AC Analysis**, установить в поле **Magnitude 1V**, в поле **Phase 0**, затем нажать **OK**.

Теперь можно использовать **Signal Generator** как эталонный генератор сигнала для **AC analysis**.

21. Нажать кнопку **Properties**.
22. Установить в поле **Designation** значение **Vin** и разрешить **visible**, затем нажать **OK**.

Примечание: поле **Label-Value** содержит **-1/1V**, который представляет минимум и максимум напряжения. Нажать **OK**, чтобы возвратиться к схеме.

23. Выбрать пункт **Edit > Place Net Label**, появится небольшой прямоугольник, который следует за мышью. Когда нижний левый угол прямоугольника касается провода, появляется прямоугольник подключения. Переместить метку узла так, чтобы она соединилась с проводом, который связан с верхним выводом резистора **RL**, затем нажать левую кнопку мыши для размещения. При запросе ввести имя **Vout**, поскольку узел маркируется текстом.

Установки анализа

Теперь, когда схема создана, можно проводить исследования. При выполнении моделирования результаты основаны на состояниях, которые были установлены пользователем.

1. Щёлкнуть кнопку **Analyses Setup** на инструментальной панели.
2. Запретить опцию **Always set defaults for transient and Op analyses**, очистив прямоугольник с галочкой.

Запрещая эту опцию можно обращаться к установкам анализа **Transient/Fourier** и **Operating Point**. Когда эта опция отмечена, для моделирования используются значения по умолчанию.

3. Нажать кнопку **Transient/Fourier**.
4. В разделе **Default Timing**, установить **Number of Cycles 5** и **Points Per Cycle 100**. Нажать кнопку **Set Default Timing** для выбора установок по умолчанию для **Transient Analysis** и нажать **OK**.

Это обеспечивает моделирование для 5 периодов входного сигнала с общим количеством точек расчёта данных до 500. Для большей надёжности, **Max Step** должен быть того же размер как **Step Time**. Большее количество точек с расчетом данных требует более длительного времени моделирования.

5. Разрешить анализ **Operating Point**, чтобы использовать вкладку **Operating Point**.
6. Нажать кнопку **DC...**.
7. Выбрать параметры **Enabled** и **Enable Secondary** в диалоговом окне **DC Analysis Setup**. При окончании ввода следующих параметров настройки в соответствующие поля, нажать **OK**.

| | Primary | Secondary |
|-------------|---------|-----------|
| Source Name | Vin | Vcc |
| Start | -1.5V | 10V |
| Stop | -.7V | 14V |
| Step | 0.01V | 1V |

Эта установка позволяет изменять напряжение **Vin** в указанном диапазоне в каждом из 5 различных значений **Vcc**.

8. Нажать кнопку **AC...**.

9. Выбрать опцию **Enabled** в **AC** диалоговом окне **Analysis Setup** и ввести следующие параметры настройки в соответствующие поля:

| | |
|------------------------|---------------|
| Start Frequency | 1 Hz |
| Stop Frequency | 1MegHz |
| Test Points | 10 |
| Sweep | Decade |

Это установки измерения частотной характеристики схемы. Нажать **OK**, чтобы сохранить параметры настройки. Нажать **Exit**, чтобы возвратиться к схеме.

10. Выбрать пункт **File > Save As** и сохранить схему как **Myamp.ckt**, установки для анализа сохраняются со схемой.

Выполнение моделирования

Заранее размещая контрольные точки **Run-Time Test Points** в схеме, можно визуально контролировать результаты моделирования. Время необходимое для выполнения анализа определяется типом и числом намеченных анализов, количеством данных, сложностью схемы и быстродействием компьютера.

1. Выбрать **Probe Tool** на инструментальной панели.
2. Использование левой кнопки мыши, нажать наконечником **Probe Tool** на провод **Vout**. CircuitMaker размещает контрольную точку в этот узел.
3. Нажать кнопку **Run** на инструментальной панели, чтобы запустить моделирование.

Значок кнопки **Run** в инструментальной панели в течение времени моделирования меняется на квадратный значок **Stop**. Можно нажать на этот значок, чтобы прервать моделирование и рассматривать данные, который были собраны до этого момента. Когда моделирование закончено, квадратный значок **Stop** заменяется круглым значком **Stop**. При нажатии на этот значок произойдет возврат в режим редактирования. Можно исследовать схему в любое время в течение моделирования или после возврата в режим редактирования.

4. При необходимости нажать на кнопку **Zoom Schematic to fit** на инструментальной панели, чтобы сделать схему полностью видимой.
5. Нажать вкладку **Operating Point** в окне анализа.
6. Щёлкнуть наконечником **Probe Tool** на проводе связанном с выводом **Signal Generator**.

DC Bias, **DC Average** и **AC RMS** напряжения относительно земли в этом узле будут отображены на вкладке **Operating Point**. Значение **AC RMS** должно быть приблизительно **70.7mV**, это **100mV** в пике.

7. Удерживая клавишу **SHIFT** нажать на провод **Vout**. Напряжения в этом узле добавляются на вкладку **Operating Point**. Значение **AC RMS** должно быть приблизительно **707mV**, что соответствует коэффициенту усиления 10 по входному напряжению.
8. Удерживая клавишу **SHIFT** нажать на вывод **+12V** электропитания. Электрический ток через тот источник питания добавляется на вкладку **Operating Point**.

Можно также измерять электрический ток и мощность на других элементах, но только если разрешены соответствующие **Test Points**.

Примечание: Spice видит электрический ток, втекающий в положительный вывод элемента как положительный ток.

9. Нажать вкладку **Transient Analysis** в окне анализа, затем нажать наконечником **Probe Tool** на провод, связанный с выводом **Signal Generator**.

График сигнала появляется на вкладке **Transient Analysis**, подобно виду на осциллографе. Убедиться, что кнопка **AutoY** на **Panel** нажата.

10. Удерживая клавишу **SHIFT** нажать наконечником **Probe Tool** на провод **Vout**.

Второй график появится на вкладке **Transient Analysis**. Быстрое сравнение этих графиков подтверждает, что амплитуда на выходе усилителя намного больше, чем амплитуда на входе.

11. В **Panel**, выбрать график **Vout** для **measurement cursor 1**. Курсор **1** отображается на вкладке **Transient Analysis**. Нажать на курсор и перетащить его к первой нарастающей части синусоиды в точке **Vout**, где эмпора пересекает **0V**. При перемещении курсора его значения **X** и **Y** отображаются в **Panel**, изменяясь вместе с изменением позиции курсора на графике. Чтобы медленно перемещать курсор, один раз щёлкнуть по нему, чтобы выбрать его, затем нажимать клавиши курсора стрелка “вправо” или “влево” на клавиатуре. Для точного перемещения удерживать клавишу **SHIFT** при нажатии на клавиши.
12. Выбрать **Vout** график для **measurement cursor 2**. Курсор **2** отображается на вкладке **Transient Analysis**. Нажать на курсор и перетащить его до второй нарастающей части синусоиды графика в точке **Vout**, где график пересекает **0V**.
13. В **Panel** установить курсоры измерения, чтобы измерить **Frequency 1.. 2**.

14. Начертить прямоугольник выбора вокруг интересующей части графика в окне **Transient Analysis**. Для этого щёлкнув мышью и удерживая кнопку мыши чертить блок. При отпускании кнопки мыши раскрывается часть выбранного в блок графика.
15. Чтобы восстановить первоначальный вид выбрать пункт **Wave > Fit Waveforms**.

или

В **Panel** нажать **Fit X** и **Fit Y** или **Auto Y** кнопки.

16. Выбрать вкладку **DC SWEEP** в окне анализа, затем нажать на любой провод в схеме.

График анализа **DC SWEEP** отображается на диаграмме.

17. Выбрать вкладку **AC Analysis** в окне анализа, затем нажать в провод **Vout**. График АЧХ отображается на диаграмме.
18. Щёлкнув правой кнопкой мыши в окне с графиком, выбрать пункт **Scaling...**
19. Установить **Log10** в поле **X Scale**. Установить **Magnitude IN Decibels** в поле **Y Axis Primary**, затем нажать **OK**.

График теперь отображает АЧХ схемы в **Db** логарифмической шкале частот. Это подобно тому, что было бы отображено в измерителе АЧХ. Используя курсоры произвести измерения графиков.

20. Снова щёлкнуть правой кнопкой мыши в окне с графиком, выбирать пункт **Scaling...**

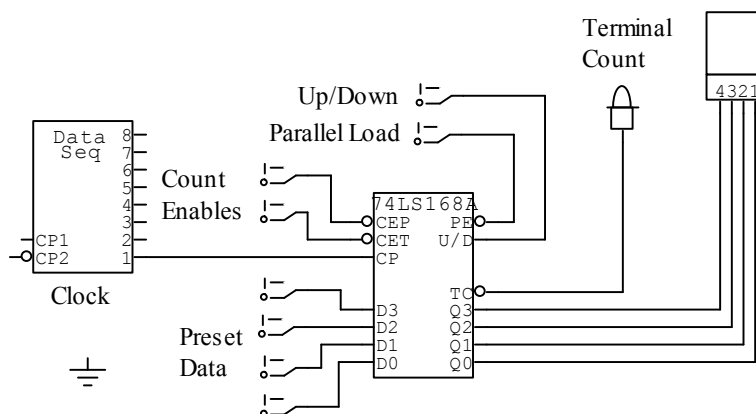
21. Установить **Phase IN Degrees** в поле **Y Axis Secondary**, затем нажать **OK**.

Теперь в окне два отдельных графика. Верхний график отображает АЧХ в децибелах, а нижний отображает ФЧХ в градусах. Черная стрелка слева от сетки указывает, который график выбран. Любые измерения, выполняемые курсорами, проводятся на выбранном графике. Щелчок левой кнопкой на другом графике, позволяет его выбрать для измерений.

22. Нажать кнопку **Stop** на инструментальной панели, чтобы возвратиться к режиму редактирования.

Пример моделирования смешанных схем

Следующая схема двоично-десятичного счетчика демонстрирует, как цифровые **SimCode** элементы могут использоваться в аналоговом режиме моделирования.



1. Выбрать пункт **File > New**.
2. Убедиться, что выбран режим моделирования **Analog**.
3. Начертить схему, показанную на рисунке.
 - Data Sequencer [**.General/Instruments/Data Seq**]
 - 74LS168A [**Digital by Number/741xx/74168/74LS168A**]
 - +V [**.General/Sources/+V**] (1)
 - Ground [**.General/Sources/Ground**] (0)
 - Logic Switch [**Switches/Digital/Logic Switch**] (s)
 - Logic Display [**Displays/Digital/Logic Display**] (9)
 - Hex Display [**Displays/Digital/Hex Display**] (h).
4. Дважды щёлкнуть +V и ввести **DVCC**, включая точку с запятой в поле **Bus Data**, чтобы подключить этот элемент к выводу **Vcc** 74LS168A. Нажать **OK**.
5. Дважды щёлкнуть в **Data Sequencer**.
6. Нажать кнопку **Pattern**.
7. Выбрать **Count Up** и нажать **OK**.

8. Ввести **20** в поле **Stop Address** и ввести **10** в поле **Tick Increment**, затем нажать **OK**.
9. Щёлкнуть кнопку **Analyses Setup** в инструментальной панели и удостовериться, что отмечен переключатель **Always Set Defaults**, затем нажать кнопку **Run analyses**, чтобы запустить моделирование.
10. Нажать на вывод **Data Sequencer** наконечником **Probe Tool**, чтобы просмотреть сигнал синхронизации на вкладке **Transient Analysis**.
11. Наверху **Panel**, выбрать **All Cells**. Диаграмма **Transient Analysis** изменяется на представление **All Cells**.
12. Удерживая клавишу **SHIFT**, нажать на вывод **Q0 74LS168A**. Этот график появляется на той же самой диаграмме, но в отдельной системе координат.
13. Повторить эту процедуру для каждого вывода 74LS168A и просмотреть результаты.

Можно моделировать эту же самую схему в режиме моделирования **Digital Logic**. Для этого остановить моделирование, переключиться на цифровое моделирование и выполнить его. В режиме моделирования **Digital Logic**, все средства отображения будут анимированы.

4. Создание и редактирование схем

Используя набор инструментальных средств черчения и редактирования **CircuitMaker**, можно легко и быстро создавать простые и сложные схемы. Эта глава охватывает инструментальные средства рисования и редактирования и их характеристики.

Инструментальные средства черчения и редактирования

Эта секция описывает кнопки инструментария, которые можно использовать при размещении и соединении компонентов.

Arrow Tool

Средство **Arrow Tool** используется для выбора и перемещения пунктов, перебрасывания ключей, выбора средств из инструментария, и т.п. Двойным щелчком можно выполнять множество функций, например, редактирование специфических устройств. Можно также активизировать **Arrow Tool** правым щелчком мыши на фоне схемы и выбором средства из управляющего меню. Если выбрана в установках опция **Arrow/Wire**, можно использовать **Arrow Tool** для разводки проводников, щёлкая на выводе устройства.

Wire Tool

Средство **Wire Tool** используется для разводки проводов в рабочей области. Разводка шин производится аналогично, придерживая клавишу **SHIFT**. Пунктирная линия создается, если придерживать клавишу **Alt** при чертеже провода. Пунктирные линии действуют подобно регулярным проводам, но если они не подключены к чему-нибудь, они не будут включаться в список цепей. Можно также активизировать **Wire Tool** правым щелчком мыши на фоне схеме и выбором средства из управляющего меню.

Text Tool

Средство **Text Tool** используется для установки текста в схеме. Выбрать средство, нажать в рабочей области и набрать текст. Выбрать **Edit > Font**, чтобы определить стиль текста или выбрать **View > Colors** для назначения другого цвета в текст, можно также изменять размер и форму текстовой области. Средство **Text Tool** можно выбрать, нажимая сочетание **Alt+T** или выбором пункта **Text** в меню правой кнопки мыши.

Delete Tool

Средство **Delete Tool** используется для удаления выбранных пунктов. Выбрать средство **Delete Tool**, нажать в пункт, который необходимо удалить и пункт немедленно удаляется, за исключением проводов. Если нажать и придерживать на проводе с **Delete Tool**, провод выделяется, но не удаляется, пока не будет отпущена кнопка мыши. Если средство при нажатой кнопке смещено с провода, то провод не удаляется. Это позволяет видеть полную протяженность провода перед удалением. Чтобы удалить сегмент провода, нажать правой кнопкой в провод с **Delete Tool** и выбрать средство **Delete Wire Segment**. Можно также выбрать средство **Delete Tool** сочетанием **Alt+D** или выбором пункта **Delete** из меню правой кнопки мыши. Или выбрать пункт и нажать **Delete** на клавиатуре, чтобы удалить пункт. Для разделения провода на два придерживать **Shift** клавишу и нажать в провод с **Delete Tool**, провод разделяется в контактной точке.

Zoom Tool

Средство **Zoom Tool** используется для изменения размера окна схемы. Для увеличения размера окна, выбрать средство **Zoom Tool** и позиционировать в область расширения, нажатие левой кнопки мыши, увеличивает схему на выбранный **Scale Step** размер. Для уменьшения размера выбрать средство **Zoom Tool**, и позиционировать в область уменьшения. Придержаться **Shift** клавишу и нажать левую кнопку мыши, чтобы уменьшить схему на выбранный **Scale Step** размер. Средство можно также выбрать сочетанием **Alt+Z** или выбором **Zoom** из меню правой кнопки мыши. Другой метод нажать **Page Up** или **Page Down** клавиши, не используя **Zoom Tool**. В этом случае изменение масштаба происходит в позиции курсора мыши.

Rotate

Средство **Rotate** используется для вращения выбранных устройств на 90°. При выборе из библиотеки можно также вращать устройство, нажимая **r** клавишу или правую кнопку мыши прежде, чем установить устройство на схеме. Можно также выбрать **Rotate** из меню **Edit > Rotate** или сочетанием клавиш **Alt+R**.

Примечание: При вращении устройств имена выводов и величины остаются в удобочитаемом положении.

Mirror

Средство **Mirror** используется для зеркального отображения устройства по горизонтали. Для зеркального отображения устройств выбираемых из библиотеки нажимается **m** клавиша до установки устройства на схеме. Средство можно выбрать из меню **Edit > Mirror** или сочетанием клавиш **Alt+M**.

Сетка, границы и титульный блок

Система CircuitMaker дает возможность облегчать и делать более точным размещение компонентов на схеме.

Grid

Средство **Grid** используется для выравнивания устройств по сетке, отображение может быть включено или отключено. Использование **Snap To Grid** фиксирует устройства согласно определенной сетке при установке и перемещении. Один пункт определения сетки составляет 0.254 мм.

Примечание: При установке устройств точно в сетке, они всегда остаются в сетке независимо от позиции. Тем не менее, **Snap To Grid** не гарантирует выравнивание компонентных выводов.

Выбрать **Options > Schematic**, чтобы иметь доступ к **Grid** диалоговому разделу.

Title Block

Выбор **Title Block** используется для добавления окна названия к правому нижнему углу страницы схемы. Блок названия содержит следующие области: **Name**, **Title**, **Revision**, **ID**, **Date** и **Page**. Области **Name** и **Title** расширяются по высоте, чтобы вмещать весь необходимый текст. Если **Name** или **Title** области не используются, CircuitMaker исключает их из блока названия.

Блок названия также расширяется в ширину согласно суммарно вводимому тексту. Можно напечатать блок названия на первой странице, на последней странице, или на всех страницах. К тому же, можно напечатать полный блок названия на первой странице и сокращенный блок названия без **Name** и **Title** областей на последующих страницах. Выбор **Options > Schematic** даёт доступ к опции установки **Title Block**.

Borders

Этот выбор используется для быстрого поиска расположения устройств по координатной сетке вокруг схемы. Чтобы добавить границу к схеме:

- Выбор **Options > Border** отображает **Border** диалоговое окно.
- Выбор **Display Border On Screen** отображает границу допустимой области схемы.
- Выбрать **Do Not Print** для запрета вывода границ на печать. Выбор **Print Around Entire Schematic** позволяет напечатать одну границу вокруг всех схем. Выбор **Print Around Each Page** напечатает границы для каждой страницы схемы.

Поиск и размещение устройств

Система CircuitMaker в своих библиотеках содержит несколько тысяч устройств. Можно устанавливать устройства из библиотеки, используя **Browse** и **Search** закладки на **Panel** или используя кратчайшие пути **Hotkey**.

Browse

Можно просматривать устройства в CircuitMaker, используя **Browse** дерево в **Panel**. Чтобы найти и установить устройство:

1. Щёлкнуть **Browse** закладку наверху **Panel**.
2. В дереве выбрать устройство, которое необходимо установить. Например, транзистор **2N3904** может быть обнаружен в **[.General/BJTs/NPN Trans]**. Выбранный схемный символ отображается в верхнем окне **Panel**.
3. Двойной щелчок на имени устройства, модели или щелчок на **Place**, выбирает устройство для размещения в рабочей области.

Устройство будет следовать за мышью до щелчка левой кнопки мыши. При перемещении устройства можно его вращать правой кнопкой мыши или отображать зеркально клавишей **m**.

Search

Можно осуществлять поиск специфических устройств CircuitMaker, используя **Search** закладку в **Panel**. Осуществляется поиск всех устройств, которые соответствуют индексу или описанию, которые вводит пользователь.

Возможности поиска позволяют принимать частичные слова, которые соответствуют устройствам. Например, текст поиска **op** может оказываться результатом как **Op-Amp** или **loop**. Можно также использовать звездочку как маску. Например, ввод поиска **74*8** выдаёт результат **748, 7408, 74LS08, 74138, 74285** и так далее. Если вводится много слов как текст поиска, порядок их следования не имеет значения. Например, ввод слов **741 op-amp** и **op-amp 741** дают одинаковые результаты. Для поиска устройств:

1. Щёлкнуть **Search** закладку вверху **Panel**.
2. Тип, имя устройства, номер или описание вводится в текстовое окно, затем щёлкается **Find**.
3. Используя перемещение списка, находится нужное устройство и щёлкается для выделения.
4. Дважды щёлкнуть в устройство или щёлкнуть **Place**, чтобы выбрать устройство для размещения в рабочей области.

Примечание: Если файлы пользовательских библиотек USER.LIB постоянно модифицируются, то будет наблюдаться небольшая задержка при следующем поиске устройств в **Device Search** диалоговом окне. Задержка вызвана тем, что CircuitMaker создаёт новый SEARCHDB.DAT файл списка поиска. Если по какой-либо причине список поиска кажется неправильным или устаревшим, можно создать новый файл списка поиска, выбором **Macros > Update Search List**.

HotKeys

Можно также выбирать устройства, нажимая на клавиатуре назначенные им **Hotkey**.

Назначение Hotkey

Можно просмотреть список **Hotkey** и переназначить, если это требуется. Чтобы назначить **Hotkey** на специфическое устройство:

1. Выбрать **Browse** закладку в **Panel** и найти устройство, для которого необходимо назначить **Hotkey**.
2. Щёлкнуть кнопку **Hotkey**, чтобы отобразить диалоговое окно. **Hotkeys** указаны в алфавитном порядке вместе с устройствами, которые к настоящему времени им назначены.
3. Перемещая список выбрать устройство и щёлкнуть **Hotkey**, сделать назначение на выбранное устройство, затем щёлкнуть **Assign** кнопку.

Удаление Hotkey

Для того чтобы удалить назначение **Hotkey** из списка:

1. Следовать шагам 1 и 2 из предшествующей секции.
2. Выбрать новое устройство на это место.

или

Выбрать **none** вверху списка **Hotkey**.

Размещение устройств

После поиска и обнаружения устройства можно его установить. Чтобы установить устройство:

1. Выбрать устройство, используя один из методов обсуждаемых в предшествующей секции.
2. Нажать **r** клавишу или правую кнопку мыши, чтобы вращать устройство.
3. Нажать **m** клавишу для зеркального отображения устройства.
4. Щёлкнуть левой кнопкой мыши, чтобы установить устройство в рабочей области.

или

Нажать любую клавишу, кроме **r** или **m**, чтобы отменить размещение.

Примечание: чтобы многократно устанавливать идентичные устройства, отметить **Auto Repeat** контрольное окно **Options > Schematic**.

Выбор устройств

Использование **Arrow Tool** позволяет выбирать и перемещать устройства в рабочей области. Есть четыре различных способа для выбора пунктов в окне схемы.

Выбор единичного пункта

Для того чтобы выбрать единственный пункт, щёлкнуть его **Arrow Tool** средством. Щелчок в свободной рабочей области отменяет выбор пункта.

Выбор множества пунктов

Для того чтобы выбрать множество пунктов, придерживая **Shift** клавишу щёлкнуть в один или более пунктов с **Arrow Tool**. Чтобы отменить выбор любого пункта щёлкнуть на нём вторично, придерживая **Shift** клавишу. Для того чтобы отменить выбор всех пунктов, отпустить **Shift** клавишу и щёлкнуть где-нибудь в рабочей области свободной от всех пунктов.

Можно также выбрать множество пунктов, придерживая левую кнопку мыши и протаскивая прямоугольник выбора вокруг желаемых пунктов. Этот метод особенно хорош для выбора ключей, поскольку щелчок в ключ не всегда делает удачным выбор.

Выбор всех пунктов

Для того чтобы быстро выбрать все пункты, выбрать в меню **Edit > Select All** или нажать **Ctrl+A**.

Толчок устройств

Чтобы немного "толкнуть" устройство в любом направлении, необходимо выбрать устройство, затем нажать **Left Arrow**, **Right Arrow**, **Up Arrow** или **Down Arrow** клавиши. Один толчок перемещает устройство на один пиксель, во всяком случае, есть привязка к **Snap-to-Grid**.

Примечание: свойство толчка не работает с выбранными проводами или множеством устройств, а только с единственным устройством.

Разводка цепей

Чтобы правильно имитировать и генерировать списки цепей для печатной платы, компоненты в схеме должны правильно соединяться между собой. В CircuitMaker провода можно разводять автоматически, в ручную и быстрым соединением. Методы полностью интегрированы и автоматизированы, не нужно выбирать или переключаться между способами разводки. В любом случае правильной точкой связи для разводки это любой вывод устройства или провод. Провода могут быть только горизонтальными или вертикальными.

Авто разводка

Щелчок с **Wire Tool** на первой точке связи, затем не отпуская кнопки протянуть до следующей точки и отпустить кнопку.

Ручная разводка

Щёлкнуть, и отпустить с **Wire Tool** в начальной точке провода, один щелчок изменяет направление провода, затем один щелчок в точке связи или двойной щелчок в свободное место, чтобы закончить провод.

Быстрое соединение

Когда разрешено, переместить устройство средством **Arrow Tool** чтобы не связанные выводы коснулись провода или выводов других устройств.

Преимущества SmartWires

Независимо от метода проводки в CircuitMaker используется **SmartWires** функция, которая позволяет подключать провод к выводу устройства или другому проводу без указания точного места. Это гарантирует

надёжные связи и устраняет любые догадки. Определяемая пользователем область связи существует вокруг каждой точки связи. Когда устанавливается **Wire Tool** в области связи, появляется прямоугольник, выделяя точку связи. Можно установить размер области связи отображаемое прямоугольником в **Options > Schematic** меню.

Автоматическая разводка проводов

Для быстрой и разводки проводов:

1. Выбрать **Wire Tool** средство в инструментарии.
2. Переместить средство к нужной точки связи.
3. Нажать и держать левую кнопку мыши.
4. Переместить мышь на другую точку связи и отпустить кнопку мыши.
5. Провод автоматически разводится между двумя точками.

Авто разводка требует две точки связи. Нельзя разводить этим способом шины.

Ручная разводка проводов

Ручная разводка позволяет проводить свободную разводку проводов. Это также позволяет устанавливать "свободные провода" в схеме, которые ни к чему не подключены.

Примечание: для разводки шин используется только ручной метод.

Чтобы разводить провода вручную:

1. Выбрать средство **Wire Tool** в инструментарии.
2. Переместить средство в позицию начала провода.
3. Щёлкнуть и отпустить левую кнопку мыши. Курсор **Wire Tool** исчезает и заменяется расширенным курсором. Расширенный курсор упрощает задачу точного выравнивания провода с другими объектами.
4. Щелчок левой кнопкой мыши поворачивает провод на 90°, двойной щелчок заканчивает провод.
5. Один щелчок мыши может использоваться для завершения разводки провода в нужной точке связи, если используется **Single Click Connect** опция в **Schematic Options** диалоговом окне.

Быстро соединение проводов

Метод **Quick Connect** используется для ускорения и облегчения разводки. Эта функция позволяет просто касаться не связанным выводом устройства в провода или не связанные выводы других устройств, и связь создаётся автоматически. Чтобы использовать быстрое соединение:

1. Выбрать новое устройство из библиотеки
или
Толчком или щелчком перетащить существующее устройство средством **Arrow Tool**.
2. Переместить устройство, чтобы конец не связанного вывода касался провода или вывода другого устройства.
3. После этого CircuitMaker подключит провод к устройству и месту касания.

Тот же размер области связи определяемый как **SmartWires** используется в **Quick Connect**. Эта область связи определяет зону захвата провода или вывода, прежде чем CircuitMaker автоматически сделает связь, и может изменяться в **Schematic>Options** диалоговом окне. По умолчанию, **Quick Connect** выбор активен.

Продление, объединение и разрезание проводов

Провода редактируются как обычные объекты, и могут быть продлены, соединены и разрезаны. Чтобы продлить провод:

1. Выбрать **Wire Tool** средство.
2. Разместить над концом провода и начать с нового провода, чтобы продлить существующий провод.

Чтобы соединить два провода вместе:

1. Протащить провод из конца первого провода в конец второго провода, они становятся одним проводом.

Чтобы разрезать один провод на два отдельных провода:

1. Выбрать **Delete Tool** средство в инструментарии.
2. Разместить над точкой разрезания провода.
3. Придерживать **Shift** клавишу.
4. Щёлкнуть левую кнопку мыши, чтобы разрезать провод. Провод подразделяется на два провода.

Удаление проводного сегмента

Индивидуальный сегмент провода может быть удалён с потерей связи к примыкающим проводам. Чтобы удалить проводной сегмент:

1. Щёлкнуть правой кнопкой в проводной сегмент любым средством.
2. Выбрать пункт **Delete Wire Segment** из управляющего меню.

Выделение узлов

Можно выделить весь узел цепи одним щелчком мыши. Это может быть очень полезным для просмотра ошибок разводки проводов. Провода, которые физически не связаны на схеме, узлы земли, например, будут тоже выделяться, потому что это тот же узел цепи. Чтобы выделять узлы:

1. Выбрать **Arrow Tool** в инструментарии.
2. Нажать **Alt** кнопку и щёлкнуть в один из проводов узла.

Перемещение устройств вместе с проводами

Можно перемещать устройства с подключенными проводами, не разрушая связей. При выборе и перемещении устройств **Arrow Tool** средством, провода подвергаются эффекту "rubberband", они растягиваются, но остаются связанными с устройствами.

Разводка шин

Шины являются специальным типом групповых проводов, которые содержат множество индивидуальных проводов. Каждая шина называется своим именем, и каждый индивидуальный провод в пределах шины также имеет имя. Шина идентифицируется тем, что сделана более толстой линией. Чтобы сделать шину:

1. Нажать **Shift** клавишу.
2. Выбрать **Wire Tool** средство в инструментарии и разводить как обычный провод. Заканчивается разводка шины двойным щелчком мыши. После завершения шины выводится диалоговое окно для ввода имени шины.

Примечание: Необходимо придержать **Shift** только в начале разводки шины, далее можно отпустить клавишу и завершать шину без неё.

Примечание: Если двум отдельным шинам дано одно имя, считается, что они будут одной шиной, даже если они физически не связаны на экране.

Для того чтобы переименовать шину, дважды щёлкнуть на ней средством **Arrow Tool** или из меню правой кнопки выбрать пункт **Edit Bus Wire Number**. Можно удлинять, объединять или разрезать шины подобно обычным проводам. Тем не менее, не нужно придерживать **Shift** клавишу при удлинении шины.

Подключение проводов к шине

Провода, которые подключены к шине, названы проводами, связанными шиной. Эти провода подключаются к другим проводам в пределах шин. Чтобы создавать провода связи с шиной:

1. Выбрать **Wire Tool** средство в инструментарии.
2. Переместить средство к нужной точке связи.
3. Щёлкнуть и держать левую кнопку мыши.
4. Переместить мышь на другую точку связи на шине и отпустить кнопку мыши.

После создания связи выводится диалоговое окно назначения имени проводу.

5. Определить имя провода шины.
6. Пункт **Angle Connection to Top/Left** изменяет угол направления связи с шиной.

Для редактирования провода подключенного к шине или редактирования имени, дважды щёлкнуть средством **Arrow Tool** или из меню правой кнопки выбрать пункт **Edit Bus Connection**. CircuitMaker отобразит шины и этикетки связи с шиной по умолчанию, но можно изменить их в **Schematic Options** диалоговом окне.

Провода, связанные шиной

Если проводам, связанным с шиной назначается одно и то же имя, это значит, что они действуют, как если бы имели видимую связь на схеме.

Узловые имена и связи

CircuitMaker назначает свои имена на узловые цепи. Имена используются для идентификации графиков моделирования, а также для идентификации цепей при передаче на печатную плату. Узлы, которые физически не связаны на схеме, но имеют одинаковые имена, считаются связанными.

В общих чертах используемые имена назначаются автоматически в зависимости от компонентов, с которыми они связаны. Например, узел названный как **U2_6** получил своё имя, поскольку он связал вывод **6** устройства **U2**. Конечно, этот узел также подключен к выводам других устройств, но он был подключен к узлу первым. Узловые имена корректируются всякий раз, когда нажимается **Reset** кнопка в инструментарии или запускается моделирование.

Есть несколько исключений. Некоторые устройства берут приоритет над другими устройствами, когда происходит назначение узловых имён. Например, источник напряжения берёт приоритета над другими компонентами узлового присваивания имён. Если на схеме имеется **+V** устройство, обозначенное как **Vcc**, цепь будет названа **Vcc_1**, даже если цепь начиналась как **U7B_8**. Узел земли всегда будет назван или **0** или **GND**.

Предусмотрено принудительное назначение специфических имён цепям, которое имеет преимущество перед всеми остальными случаями. Возможен случай запроса назначения имён. И, наконец, узловая этикетка может быть установлена в провод, чтобы создать узловое имя. Узловая этикетка появляется как простой текст на схеме, но должна устанавливаться выше или вправо от провода. Небольшой прямоугольник связи отображается на этапе контакта этикетки с проводом. Если из-за своей позиции узловая этикетка не подключена к проводу, выводится символ перечёркивания текста, указывающий на отсутствие связи с проводом. Узловая этикетка берёт приоритет присваивания имен над всеми устройствами кроме земли. Чтобы установить узловую этикетку:

1. Выбрать пункт **Edit > Place Node Label**.
2. Переместить прямоугольник этикетки, чтобы левый нижний угол касался провода желаемой цепи. Щёлкнуть левую кнопку мыши.
3. Ввести желаемое имя или приняв предлагаемое нажать **OK**.

Чтобы просматривать все узловые имена на схеме:

1. Выбрать пункт **Options > Schematic** или **F5**.
2. Отметить **Show Node Names** контрольное окно и нажать **OK**. Узловые имена отображаются в центре самого длинного провода узла.

Силовые цепи

Из предшествующих секций известно, что узлам могут быть назначены специфические имена и если два или более узлов имеют одинаковые имена, считается, что они будут одним узлом. Теперь можно посмотреть, как это относится к силовым цепям шины, например **Vcc** или **GND**.

Подключение силовых цепей к одному источнику

Предположим, что имеется несколько устройств операционных усилителей (ОУ), которые необходимо подключить к источнику **Vcc**. Можно было бы просто установить отдельные **+V** устройства на каждом ОУ. Но тогда каждый **+V** будет независимым источником с отдельным узлом, и иметь уникальное обозначение. Это будет неприемлемо при создании списка цепей для печатной платы.

Чтобы все **Vcc** точки были общим узлом с одним источником, можно использовать одно **+V** устройство и множество устройств типа **Terminal**.

1. Цепь **+V** подключить к одному ОУ, а устройство **Terminal** к другим ОУ, и ввести **Vcc** как **Terminal Name** для каждого терминала.
2. Установить узловую этикетку на провод, подключенный к **+V** и дать имя как **Vcc**. Источник **+V** будет подключен к терминалам с общим узловым именем.

или

Ввести **Vcc**; включая точку с запятой в **Bus Data** области окна свойств **+V**. Источник **+V** будет подключен к терминалам общей шиной. Такое использование терминалов вместо нескольких **+V** создает единый узел или цепь в списке соединений для **Spice** или печатной платы.

Цифровые силовые цепи

В CircuitMaker к цифровым устройствам не подключаются **Vcc** и **GND** цепи. Тем не менее, они необходимы для аналогового моделирования и платы. Этим "скрытым" выводам назначаются силовые цепи, используя **Bus Data** область для каждого цифрового устройства. Силовые цепи, назначаемые цифровым устройствам, называют как **DVCC**, **DVDD** и **DGND**, чтобы не путать с другими узловыми именами.

Есть три устройства, которые могут использоваться для создания таких цепей: **+V**, **Terminal** и **Ground**. Чтобы подключить одно из этих устройств к силовой цепи, просто ввести имя цепи, сопровождая точкой с запятой, в **Bus Data** области. Например, установить **+V** устройство в схеме, затем ввести **DVCC**; в **Bus Data** область. Устройство **+V** теперь будет источником для **DVCC** силовой цепи. Терминал используется так же, но не как фактический источник, а как устройство связи с источником. Область **Bus Data** для терминала заполняется автоматически, когда вводится **Terminal Name**.

Нужно обратить внимание, что в **Ground** устройство уже включена **GND**; строка в **Bus Data** области, но имя цифровой земли **DGND**. Эти две цепи связаны использованием **Power Supply Bus Data** области **Analog Options** диалогового окна. Если силовые цепи не используются в схеме, цифровые устройства используют по умолчанию значения введенные здесь.

Обозначение устройств на схеме

Система CircuitMaker предлагает несколько методов обозначения устройств на схеме, включая **Text Tool** средство и редактирование их как устройств.

Использование Text Tool для примечаний

Чтобы создать примечания использованием средства **Text Tool**:

1. Выбрать **Text Tool** средство.
2. Щёлкнуть в окне, где необходимо установить текст.
3. Изменить при необходимости размеры текстового окна.
4. Ввести текст.

Текст может быть выровнен и стилизован. Всегда видимый текст может быть перенесён в любое место.

Изменение обозначения устройств

Ненужно путать обозначение устройств с этикеткой величин устройства. Чтобы обозначать устройства, используется **Device Properties** диалоговое окно:

1. Дважды щёлкнуть в устройство.
2. Выводится **Device Properties** диалоговое окно.
3. Внести необходимый текст в **Label-Value**, **Designation** или **Description** текстовые области.
4. Видимость текста на схеме определяется выбором **Visible** контрольного окна.

Все этикетки величин, обозначения и описания могут перемещаться использованием средства **Arrow Tool**.

Свойства устройств

Пользователь можете редактировать большое разнообразие информации об устройствах, имеющих отношение к схеме, имитации, плате и т.д. Для редактирования устройства:

1. Двойным щелчком на устройстве или из меню правой кнопки выбрать пункт **Device Properties** для вывода диалогового окна.

Примечание: На определенных устройствах выводится другое диалоговое окно при двойном щелчке, там необходимо нажать **Properties** кнопку для вывода **Device Properties** диалогового окна.

Device

Эта не редактируемая область показывает имя устройства, которое назначается в библиотечном меню. Использование **Visible** контрольного окна позволяет отображать или скрывать имя на схеме. Имя устройства сохраняет ту же ориентацию как устройство при вращении. Этикетки величины, обозначения и описания сохраняют правильную ориентацию независимо от вращения устройства. Названия некоторых устройств, как например, "Resistor", нельзя сделать видимым.

Label-Value

Эта область используется для ввода информации об устройстве, например названий (1N914, 2N3904) или величин (47K, 100U). Область величин может перемещаться мышью на любое расстояние от устройства на схеме и оставаться принадлежащей к данному устройству.

Если установить **Visible** контрольное окно серым, этикетка заменяется, и будет сохранять ту же ориентацию при вращении, как и устройство. В противном случае, этикетка величин останется с правой стороны независимо от вращения устройства.

Designation

Эта область используется для идентификации устройств на схеме как, например: U3, CR7, RLOAD, и т.п. Видимость области управляется **Visible** контрольным окном. Эта область должна содержать обозначение устройства для правильной работы моделирования и формирования списка цепей для печатной платы. Этикетка обозначения может перемещаться мышью на схеме и сохраняет положение независимо от вращения устройства. Эта область заполняется автоматически при установке устройства на схеме.

Description

Эта область можете использоваться для отображения на схеме дополнительной информации как, например, заказной индекс, допуски, и т.п. За исключением реле, эта область не влияет на моделирование, реле используют эту область для определения комбинации катушек/контактов. Использование **Visible** контрольного окна может делать эту область невидимой. Можно перемещать мышью этикетку описания на схеме, при этом этикетка сохраняет положение при вращении устройства.

Package

Эта область используется для идентификации типа физического корпуса устройства, например DIP14, TO-92B. При создании списка цепей для TgrxMaker или других программ создания печатных плат необходимо убедиться, что **Package** имя соответствует библиотечному компоненту корпуса.

Auto Designation Prefix

Этот префикс используется системой CircuitMaker для автоматического назначения обозначений устройствам. Префикс может быть длиной до 4 символов.

Spice Prefix Character

Этот **Spice** префикс используется вместе с %D и %M флагами, которые будут описаны позже. Область используется для связи макромоделей со схемными символами при создании новых устройств. Правильные префиксы:

| | |
|-----------|--|
| A | XSpice модель |
| BV | Нелинейный зависимый источник напряжения |
| BI | Нелинейный зависимый источник тока |
| C | Конденсатор |
| D | Диод |
| DZ | Стабилитрон |
| E | Линейный источник напряжения управляемый напряжением |
| F | Линейный источник тока управляемый током |
| G | Линейный источник тока управляемый напряжением |
| H | Линейный источник напряжения управляемый током |
| I | Независимый источник тока |
| JN | NJFET |
| JP | PJFET |
| K | Связанные индуктивности (взаимоиндуктивность) |
| L | Индуктивность |
| MN | NMOS |
| MP | PMOS |
| O | Линия передачи с большими потерями |
| QN | NPN |
| QP | PNP |
| R | Резистор |
| S | Ключ, управляемый напряжением |
| T | Линия передачи без потерь |
| U | RC линия с потерями |
| V | Независимый источник напряжения |
| W | Ключ, управляемый током |
| X | Макромодель |
| ZN | NMES |
| ZP | PMES |

Analog

Это контрольное окно идентифицирует устройство, которое может быть использовано в CircuitMaker в аналоговом имитационном способе. Аналоговый имитатор может имитировать устройство, если есть **Spice** имитационные данные для этого устройства. При попытке запуска аналогового моделирования с использованием устройства с неотмеченным **Analog** контрольным окном, CircuitMaker отображает предупреждающее сообщение, что устройство будет проигнорировано в моделировании. При создании своих собственных устройств, это окно должно отмечаться, если используются **Spice** данные в устройстве или устройство является макромоделью, содержащей другие аналоговые устройства.

Digital

Это контрольное окно идентифицирует устройство, которое может быть использовано в цифровом имитационном способе CircuitMaker. Цифровой имитатор может имитировать устройство, только если есть цифровой **SimCode** для этого устройства. При попытке запускать цифровое моделирование с использованием устройства с неотмеченным **Digital** контрольным окном, CircuitMaker отображает предупреждающее сообщение, что устройство будет проигнорировано в моделировании. При создании устройств необходимо отметить это окно, если устройство является макромоделью содержащей другие цифровые устройства, или созданное устройство использует цифровой **SimCode**.

Parameters

В эту область загружается информация, которая влияет на моделирование определенных устройств. Для цифровых устройств эта область должна содержать текст **type:digital**, который затем следует за списком параметров, которые обычно устанавливаются в **Digital Model Parameters** диалоговом окне.

Некоторые общие модели устройств могут быть переопределены подходящими параметрами как псевдонимами от других устройств. Например, область параметров кристалла должна содержать **alias:XCRYSTAL**, следующий за списком параметров, которые определяют этот специфический кристалл. Обычно эти параметры вводятся в **Subcircuit Parameters** диалоговом окне.

Bus Data

Эта область используется для определения выводов устройства подключаемых к мощным или заземляющим силовым цепям, поскольку эти выводы не указываются в цифровых пакетах устройства. Эта область может быть полезна при создании устройств с множеством силовых и земляных выводов. Общий формат для этих данных:

bus1=pin#,pin#,...;bus2=pin#,pin#,...;

Например, данные для 74LS83:

DVCC=5; DGND=12;

Это означает, что **Vcc** цепь связана с выводом **5** этого устройства и **Ground** цепь подключается к выводу

12. Данные для 74AC11190 должны выглядеть следующим образом:

DVCC=15,16; DGND=4,5,6,7;

Порядок, в котором силовые цепи указаны, не важен.

Для аналогового моделирования или для создания списка цепей платы, чтобы экспортировать в TraxMaker, каждая силовая цепь должна быть подключена к источнику напряжения. Есть три не цифровых устройства, которые могут подключаться непосредственно к **Bus Data**: **+V**, **Terminal** и **Ground**. **Bus Data** формат для этих устройств очень простой:

busname;

где **busname** идентифицирует силовую цепь. Каждое **Ground** устройство, по умолчанию, содержит в **Bus Data** как **GND**; что связывает все символы в единый узел или цепь. Для имитационных целей **Ground** устройство всегда приравнивается к **Spice** узлу **0**, даже если были в **Bus Data** изменения.

Spice Data

Эта область используется для определения **Spice** имитационных данных устройства. Аналоговые устройства, используемые в CircuitMaker, уже имеют по умолчанию подключенные **Spice** данные. При создании собственных устройств, чтобы использовать их в аналоговом моделировании необходимо заполнять самим эту область. Знак процентов (%) используется как флаг для сообщения CircuitMaker ссылок на уже определенные области. Их значения:

Имя (%N)

Включает имя устройства в **Spice** строку данных. Это имя используется в библиотечных меню.

Этикетка (%L)

Включает название устройства в **Spice** строку данных. Это требует, чтобы первый символ в строке был буквенным символом. Название не может превышать 8 символов.

Величина (%V)

Включает величину в **Spice** строку данных. Это требует, чтобы первый символ в строке был числовым. Величина может быть целой (12, -44), с плавающей точкой (3.14159), целой или с плавающей точкой в показательной форме (1e-14, 2.65e3), целой или с плавающей точкой с использованием множителей:

| | |
|------------------|------------------|
| T= 10e12 | u= 10e-6 |
| G= 10e9 | n= 10e-9 |
| Meg= 10e6 | p= 10e-12 |
| K= 10e3 | f= 10e-15 |
| m= 10e-3 | |

При использовании множителей они должны следовать за числом без промежутков. Символы, которые не множители, но следующие за числом игнорируются, как и символы, следующие за множителем, также игнорируются. Например, 10, 10V, 10Volts, и 10Hz все представляют то же число и M, MA, Msec, и MMhos представляют один и тот же множитель. Отметим, что 1000, 1000.0, 1000Hz, 1e3, 1.0e3, 1KHz, и 1K представляют одно и то же число.

Модель (%M)

Включает модель устройства в **Spice** строку данных. А также флаг **%M** требуется для того, чтобы гарантировать подключение **.MODEL** данных для этого устройства в **Spice** список цепей для моделирования. Этикетка не может превышать 8 символов.

Макромодель (%S)

Включает макромодель в **Spice** строку данных. Если первый символ на этикетке не **X**, это включает **X** в начале строки. А также флаг **%S** требуется для того, чтобы гарантировать подключение **.SUBCKT** данных для этого устройства в **Spice** список цепей для моделирования. Этикетка не может превышать 8 символов.

Обозначение (%D)

Включает этикетку обозначения в **Spice** строку данных. Если первый символ в обозначении не соответствует префиксу устройства, тип префикса включается в начале строки.

Описание (%I)

Включает область описания в **Spice** строку данных.

Корпус (%P)

Включает этикетку корпуса в **Spice** строку данных.

Bus Data (%B)

Включает область данных силовых шин в **Spice** строку данных.

Именованная макромодель (%X)

Включает определенную макромодель в **Spice** строку данных. Если макромодель находится в **.SUB** файле, то кроме связи с символьным именем текущего устройства, имя файла, где расположена макромодель, должно быть также определено. Например: %XUA741 или %XUA741:OPAMP5.

Подключение файла (%="path\filename.ext")

Включает ASCII текстовый файл **filename** в **Spice** строку данных, используя **.INCLUDE** команду.

Узел (%number)

Включает узловой номер для определенного вывода в **Spice** строку данных. Число имеет отношение к позиции вывода в **Edit Device Pin Data** диалоговом окне.

Имя выхода данных анализа (%[)

Определяет узловой номер для выходных данных анализа. Например, %[TP1] или %[+TP1] включает узловой номер, связанный с положительным выводом выходных данных анализа, который имеет имя TP1. %[-TP1] включает узловой номер, связанный с отрицательным выводом.

Примеры использования Spice данных

Следующие примеры показывают, как можно использовать **Spice Data** область при создании заказных устройств.

1. Если резистор **R3** имеет величину **27 Ом** и связан с узлом **5** и землёй, **Spice** данные для **R3** могли быть записаны следующим образом:

R3 5 0 27ohms

Используя универсальную форму **Spice** данных, может быть автоматическая коррекция при изменении обозначения или узловых номеров. Например, пункты в вышеуказанном примере могут заменяться соответственно:

| | | |
|--------|----------------------|----|
| R3 | Обозначение | %D |
| 5 | Первый узловой номер | %1 |
| 0 | Второй узловой номер | %2 |
| 27ohms | Этикетка величины | %V |

При использовании этой подстановки, универсальная форма **Spice Data** выглядит так:

%D %1 %2 %V

1. Если транзистор **Q2** типа **2N3904** коллектором подключен к узлу **7**, базой в узел **4** и эмиттером в узел **12**, **Spice** данные будут записаны так:

Q2 7 4 12 Q2N3904

Возможно, что нужно вводить **Spice** данные модели в список цепей вручную следующей строкой:

%D %1 %2 %3 %M

2. Если ОУ **U4** типа **LM741** прямым входом подключен к узлу **3**, инверсным входом подключен к узлу **1**, **+V** вывод к узлу **5**, **-V** вывод к узлу **12** и выход к узлу **9**, **Spice** данные могут быть записаны так:

XU4 3 1 5 12 9 XLM741

Более универсальный метод вводить данные следующей строкой:

%D %1 %2 %3 %4 %5 %S

3. Бывает необходимость добавить что-либо к цепи для имитационных целей, но без отображения на схеме. Например, в индуктивности требуется учесть его внутреннее сопротивление **0.6 Ом** для моделирования. Список цепей **Spice** будет выглядеть приблизительно так:

L3 3 4 1uH

RL 4 5 0.6

Если ввести следующие две строки в **Spice Data** область индуктивности и не нужно будет использовать резистор в цепи:

%D %1 N%D %V

R%D N%D %2 0.6

CircuitMaker произведёт **Spice** список цепей приблизительно так:

L3 3 NL3 1uH

RL3 NL3 5 0.6

Необходимо обратить внимание на использование **%D** в узловом имени и в обозначении резистора. Это позволяет использовать устройство без конфликтов, поскольку каждый будет уникальным.

Exclude From PCB

Использование этого контрольного окна исключать устройство из списка цепей для печатной платы. Обычно это относится к устройствам, используемым только для имитационных целей.

Exclude From Parts

Использование этого контрольного окна исключает устройство из материального списка.

Pins

Нажать **Pins** кнопку в **Edit Device Data** диалоговом окне, чтобы отобразить другое диалоговое окно. Это диалоговое окно позволяет редактировать обозначения выводов для выбранного устройства и определять их видимость на схеме. Здесь можно определять номера выводов, которые могут содержать до пяти текстовых символов, можно использовать как стандартные номера, например, 1, 2, 3, но и сочетать их с буквенными символами, A1, B1, C1, A2, B2, C2.

Некоторые корпуса могут содержать несколько устройств, например, устройство 7400 содержит четыре однотипных двухвходовых элемента И-НЕ. Каждый элемент имеет различные номера выводов. CircuitMaker группирует вместе индивидуальные элементы, чтобы указывать, в который корпус входят элементы. Когда устанавливается элемент в цепи, следующие доступные элементы используются из предшествующего корпуса. Если элемент уже не доступен из предшествующего корпуса, используется новый корпус. Можно перегруппировать элементы, если это требуется, используя **Edit > Group Items** выбор. Каждому элементу в корпусе назначается символ (A, B, C, и т.п.) и номера выводов для этих элементов переписываются с этим назначением. Можно вручную переназначить выводы, используя выбор подходящего элемента.

По умолчанию данные выводов уже введены для встроенных устройств. Выбор **Default Designations** кнопки восстанавливает номера выводов в значения по умолчанию.

Faults

Нажатие **Faults** кнопки отображает **Device Faults** диалоговое окно, которое позволяет добавляете дефектные данные к устройству.

Групповое редактирование устройств

Можно быстро изменить одну из областей для всех выбранных устройств. Из меню правой кнопки на одном из выбранных устройств выбрать пункт **Selected Device Properties**. Выбрать область, которую необходимо отредактировать, затем ввести необходимый текст.

Печать и экспорт схем

Когда завершается проектирование схемы, её можете напечатать любым принтером, графопостроителем или экспортировать в файл для использования в документации, презентации и т.п.

Печать схем

Чтобы напечатать схему, выбрать пункт **File > Print Schematic**. Если проект больше чем один лист бумаги, он автоматически будет напечатан на нескольких листах бумаги. Чтобы видеть разделители страниц, выбрать **Options > Schematic** и разрешить **Show Page Breaks**.

Размер бумаги и масштаб печати

Бумажный размер имеет отношение к физическому размеру бумаги, на которой производится печать. Бумажный размер выбирается исключительно принтером. CircuitMaker использует установки принтера, чтобы определять позиционирование разделителей страниц. Части схемы, которые находятся в пределах разделителей страниц, будут скорректированы, чтобы помещаться на определённом размере бумаги.

Масштаб печати имеет отношение к увеличению или уменьшению схемы для печати. Масштаб может быть скорректирован от 10% до 1000%. Установка масштаба позволит печатать всю схему на одном листе бумаги. Масштаб печати вместе с бумажным размером поможет определить позицию разделителей страниц.

Масштаб может визуально корректироваться перемещением разделителей страниц мышью, чтобы устанавливать часть схемы, которую необходимо поместить на листе бумаги. Чтобы регулировать бумажный размер:

1. Выбрать пункт **File > Print Setup** и нажать **Printer** кнопку.
2. Выбрать бумажный размер согласно специфическим возможностям принтера.

Чтобы регулировать масштаб печати схемы:

1. Выбрать пункт **File > Print Setup** пункт и выбрать **Fit to Page** и схема автоматически масштабируется, чтобы разместиться на одной странице, или выбрать **Scale** и определить процент необходимого масштабирования.

или

Выбрать **Options > Schematic** и разрешить **Show Page Breaks**. Возвратиться к схеме и перемещением разделителей страниц определить границы для печати.

Также доступны различные установки печати, включая цветную печать. Можно также определять печатать цифровых диаграмм, аналоговых графиков, блоков названий, бордюров и сетки.

Экспорт схем как графических объектов

Можно экспортировать схемы созданные в CircuitMaker для использования их в документации, презентациях и т.п. Можно также сохранять схемы в графических файлах, или копировать и вставлять схемы непосредственно в другие программные средства.

Используя **Export Schematic Graphic File** опцию можно сохранять схему как Windows **Metafile** или **Bitmap**. Используя **Export Options** диалоговое окно необходимо определить формат сохраняемого файла. Чтобы экспортировать схему как графический рисунок:

1. Выбрать пункт **File > Export > Schematic Graphic File**, определить имя файла для сохранения схемы в графическом рисунке, затем выбрать **Save**.

или

Выбрать **Edit > Copy to Clipboard > Schematic**, затем открыть другую программу и вставить схему непосредственно в документ.

5. Цифровое логическое моделирование

Одна из наиболее мощных особенностей CircuitMaker это моделирование схем, которое позволяет диагностировать и производить изменения в проекте прежде, чем будут вкладываться время и деньги в аппаратные решения.

Режимы моделирования CircuitMaker

Система CircuitMaker одна из немногих моделирующих программ предлагающая два различных режима моделирования: **Analog** и **Digital**. Это дает большую гибкость и контроль над моделированием схемы, и каждый режим имеет свои достоинства в зависимости от типа моделирования.

Analog Mode - точный, "реальный" режим моделирования, который можно использовать для схем аналогового, цифрового и смешанного типа. Этот режим даёт результаты подобные результатам фактического макетирования. В этом режиме элементы функционируют точно так же как реальные элементы, а каждые индивидуальные модели функционируют подобно их реальным практическим прототипам. Например, цифровые ИС имеют точные времена задержки распространения сигналов, длительности фронта и среза и т.д. На выводах элементов виден эффект нагрузки на них, и почти все параметры реального элемента приняты во внимание.

Digital Mode – режим предназначен для чисто цифрового логического моделирования. Этот режим используется только для цифровых схем, и зависит исключительно от логических состояний элементов, которые составляют схему. Цифровой режим моделирования принимает во внимание задержки при распространении, но они представляют условные единичные задержки вместо фактических задержек при распространении. Никаких источников питания не требуется, и цифровые выходные уровни элементов в этом режиме постоянны.

Цифровая электроника это обширный мир компьютера. Двоичные **1** и **0** компьютера это фактически высокие и низкие уровни напряжения крошечных электронных элементов известных как интегральные микросхемы. Цифровое логическое моделирование становится относительно простой задачей из-за ограниченного числа логических состояний, которые должны быть представлены. Цифровой логический имитатор CircuitMaker очень быстр и полностью интерактивен, в нем можно изменять положение выключателей и изменять схему во время выполнения моделирования и немедленно видеть реакцию.

Элементы и моделирование

CircuitMaker содержит четыре типа элементов, которые могут использоваться в различных режимах моделирования.

| | |
|-------------------------|---|
| Digital Only | Только цифровой режим моделирования |
| Analog Only | Только аналоговый режим моделирования |
| Analog/Digital | Аналоговый или цифровой режим, большинство элементов относится к этой категории |
| Schematic Symbol | Нет никаких функциональных возможностей |

Например, любой **Digital Only** и **Analog/Digital** элементы будут функционировать должным образом в цифровом режиме. При попытке моделировать элемент, который для этого не предназначен, CircuitMaker отображает предупреждающее сообщение и игнорирует элемент, удаляя его из цепи и оставляя ее разомкнутой там, где этот элемент расположен.

Использование цифрового моделирования

Цифровое моделирование полностью интерактивно, т.е. схема реагирует немедленно на изменения входного задающего сигнала, а работа схемы показывается в реальном времени, поскольку воспроизводится на экране. Можно наблюдать работу схемы следующими способами:

- Разрешить CircuitMaker исключительную особенность **Trace** отображающую пошаговое состояние каждого узла в схеме при моделировании. В этом режиме, провода в состоянии логической единицы показываются красным цветом, провода в состоянии логического нуля - синим, а провода в неизвестном или с тремя состояниями – зеленым, эти цвета могут быть изменены в диалоговом окне **Schematic Options**.
- Подключить любое число элементов **Scope** [Instruments/Digital/SCOPE] (Т) к любым узлам в схеме так, чтобы временные диаграммы для тех узлов отображались в цифровом окне анализа.

Информация отбирается и модифицируется непрерывно, чтобы показать изменения в реальном времени.

- Подключить любой из разнообразных дисплеев и наблюдать состояния, отображаемые на них.
- Использовать **Probe Tool**, чтобы зондировать любой провод в схеме или в течение моделирования или после его остановки. Логические состояния, измеренные **Probe Tool**, могут также отображаться на диаграмме в цифровом окне анализа.

Инструментальные средства цифрового моделирования

Несколько кнопок в инструментальной панели используются для моделирования. Этот раздел описывает эти инструментальные средства.

Замечание: Эти кнопки несколько отличаются от кнопок в аналоговом режиме моделирования.

Пробник

Инструмент **Probe Tool** используется для контроля логического состояния любого узла в схеме или для ввода логического состояния в узел. Можно также инициировать **Probe Tool** из меню правой кнопки мыши.

Видеть состояние узла во время моделирования или после остановки, можно прикасаясь наконечником **Probe Tool** к выводу элемента или к проводу. Инструмент отображает одно из четырех сообщений: **H**, **L**, **P** или ничего. Выбрать **Simulation > Active Probe** заранее, чтобы CircuitMaker помещал диаграммы в окно анализа, которые просматривают с **Probe Tool**. Чтобы ввести состояние в узел:

1. Коснуться наконечником **Probe Tool** вывода элемента или провода.
2. Щёлкнуть левой кнопкой мыши.

Логическое состояние узла изменяется на противоположное состояние, единица становится нулем, а ноль становится единицей. Чтобы ввести сигнал с третьим состоянием:

1. Удерживая клавишу **SHIFT** и щёлкнуть левой кнопкой мыши в нужный узел.

Замечание: В обоих случаях, если узел управляется каким либо другим элементом, изменение состояния немедленно отменяется, потому что элемент, управляющий узлом, возвращает его назад к первоначальному состоянию.

Можно также использовать **Probe Tool** для переключения выключателей во время выполнения моделирования.

Кнопка Reset

Щелчок кнопкой **Reset** перезапускает моделирование, можно также сбрасывать выбором **Simulation > Reset** или нажатием **Ctrl+Q**.

Кнопка Trace

Щелчок кнопкой **Trace** или **F11** включает или отключает эту функцию. Использование **Trace** поможет отладить схему и просто удобно для наблюдения за работы схемы. **Trace** показывает состояние всех узлов в схеме, поскольку провода окрашиваются в различные цвета, чтобы показать логическое состояние каждого провода. Провод с высоким состоянием красный, провод с низким состоянием синий и провод с третьим состоянием зелёный.

Кнопка Run/Pause

Щелчок кнопкой **Run** запустит моделирование, значок изменится на значок **Pause**. Щелчок кнопкой **Pause** остановит моделирование, можно также выбрать **Simulation > Run** и **Simulation > Pause** или нажать **F10**. Когда выполняется моделирование, нельзя исполнять операции редактирования типа перемещения, CircuitMaker выдаст предупреждающий звуковой сигнал. Можно переходить с **Arrow** на **Probe Tool** и просматривать или переключать состояние проводов.

Кнопка Step

Щёлкая кнопку **Step** можно выполнять пошаговое моделирование или моделирование по "импульсам синхронизации". Этот режим можно также выбрать пунктом **Simulation > Step** или нажать **F9**. Использование вкладки **Digital** в **Panel** позволит управлять размером шага. При нажатии этой кнопки моделирование выполняется на один шаг и затем останавливается. Эта команда удобна для отладки схемы, особенно когда используется вместе с кнопкой **Trace**.

Кнопки Tile Windows

Окна схемы и цифровых графиков могут представляться в одном из четырех видов. В цифровом режиме моделирование не должно быть бегущим, чтобы просмотреть окно анализа. Цифровые графики описаны подробно позже в этой главе.

Задержки при распространении

Задержка элемента определяет, сколько импульсов сигнала времени при моделировании проходит для распространения сигнала от входа до выхода элемента. Импульс сигнала времени - самый маленький модуль задержки для цифрового имитатора. Требуется один импульс сигнала времени, чтобы исполнить единственный шаг моделирования для всех элементов.

Заданная по умолчанию задержка для всех элементов - 1, но можно изменять её на любую величину от 1 до 14, определяя в реальном времени величину каждого импульса сигнала времени. Если один элемент имеет задержку 1, а другой задержку 3, то реально второй элемент имел бы задержку при распространении в три раза большую, чем первый элемент. Чтобы изменить задержку одного или более элементов:

1. Выбирать элемент.
2. Выбирать пункт **Edit > Set Prop Delays**, чтобы открыть диалоговое окно.
3. Ввести новое значение задержки и выбрать **OK**.

Выбрать пункт **Options > Schematic** и разрешить **Show Prop Delays**, чтобы отображать задержку при распространении для всех элементов в схеме. Значения задержек отображаются в пределах округленного прямоугольника, расположенного около центра каждого элемента. Некоторые элементы (**Pulsers**, **Logic Displays**, макро устройства, и т.д.) не имеют задержки, так что никакого значения не будет показано. В случае макро устройств, задержка определяется индивидуальной установкой задержки каждого элемента в пределах макро-модели.

Предостережение: Если источником входного сигнала являются **Pulser** или **Data sequencer** не нужно делать его длительность меньше, чем наибольшая задержка, иначе можно получить непредсказуемый результат.

Цифровые графики

Подключая устройства **scope** [Instruments/Digital/SCOPE] (T) к точкам, представляющим интерес в схеме, можно чертить графики состояния этих узлов пока выполняется моделирование. Щёлкнуть одну из кнопок **Tile Windows** в инструментальной панели, чтобы выделить или скрыть цифровое окно анализа.

Прежде, чем просматривать временные графики любого узла схемы, необходимо подключить **scope** к узлам, которые необходимо контролировать, или выбрать **Simulation > Active Probe**, чтобы контролировать состояние с помощью **Probe Tool** в окне анализа.

Изменение порядка графиков

Чтобы изменять порядок графиков:

1. Указать мышью любую метку **scope** в окне графиков.
2. Нажать и удерживать левую кнопку мыши.
3. Переместить прямоугольник в желаемое положение.
4. Отпустить кнопку мыши.

Все графики автоматически перестраиваются в окне. Повторять этот процесс можно сколь угодно часто, чтобы располагать графики в любом порядке. При сохранении схемы **CircuitMaker** также сохраняет и порядок графиков.

Digital опции

Используя вкладку **Digital** в **Panel** можно управлять размером шага при выполнении моделирования в шаговом режиме, устанавливать масштаб по X, скорость моделирования и состояния для точек останова.

Можно определять **Step Size** или в импульсах сигнала времени или циклах. Цикл всегда составляет 10 импульсов сигнала времени. Импульс сигнала времени - самый маленький модуль задержки для цифрового имитатора. Требуется один импульс сигнала времени, чтобы исполнить единственный шаг моделирования для всех элементов.

При необходимости можно корректировать **X Magnification**, чтобы просмотреть большую или меньшую часть графиков в окне. По умолчанию, установлено увеличение 8. Меньше значение, дает изображение мелким планом, большее значение дает изображение крупным планом.

Использование **Simulation Speed** управляет скоростью моделирования. Это может быть полезно, например, если моделирование выполняется слишком быстро, чтобы просмотреть состояние семисегментного дисплея. Установка в этом поле более низкого числа замедляет моделирование, так что можно просмотреть

все изменения на дисплее. Другой метод замедления моделирования состоит в том, чтобы выполнить его в шаговом режиме.

Использование в **Breakpoint** логического умножения опций **Type** и **Condition**, позволяет установить комбинированные точки останова. Следующая таблица поясняет исход различных комбинаций параметров настройки.

| | |
|------------------|--|
| Level-And | Все условия останова должны быть выполнены перед остановкой моделирования. |
| Level-Or | Любое из условий останавливает моделирование. |
| Edge-And | Моделирование останавливается, когда соответствующие условия происходят одновременно во всех установленных эпохах. |
| Edge-Or | Моделирование останавливается, если происходит любое из установленных состояний. |

Установка Breakpoints в схеме

Используя переключатели контрольных точек в цифровом окне графиков, позволит установить контрольные точки в схеме. Чтобы установить контрольную точку:

1. Щёлкнуть однажды в малом флажке контрольной точки налево от метки в окне анализа, чтобы заполнить нижнюю часть площадки, указывающей останов при низком состоянии.
2. Щёлкнуть второй раз, чтобы заполнить верхнюю часть площадки, указывающей останов при высоком уровне.
3. Щёлкнуть третий раз, чтобы очистить площадку и запретить останов.

Приборы Digital

Эта секция представляет два цифровых прибора: **Pulser** и **Data Sequencer**.

Pulser

Устройство **Pulser** [Instruments/Digital] (p) это цифровой генератор импульсов, который обеспечивает непрерывный поток высоких и низких логических уровней. В формате импульса, время высокого и низкого уровня индивидуально программируется для каждого **Pulser** в схеме. Для редактирования параметров настройки:

1. Дважды щёлкнуть **Pulser** с **Arrow Tool** средством, чтобы отобразить диалоговое окно.
2. Изменить число импульсов сигнала времени моделирования, которые определяют длительность импульсов высокого и низкого уровней, формат импульсов нормальный или инвертированный, и находится ли импульсный генератор в режиме самогенерации или в режиме триггера с внешним запуском.

Предостережение: Параметры настройки **Pulse High** и **Pulse Low** должны быть установлены больше чем самая длинная задержка в устройствах, иначе можно получить непредсказуемые результаты.

3. Выбрать **External Trigger**, чтобы использовать **Pulser** как программируемый одновибратор.

В режиме **External Trigger**, входы CP1 и CP2 используются как установка и сброс входов триггера соответственно. Если любой вывод получает импульс, тогда выходы **Pulser** будут активными на время **Pulse High**. Затем происходит сброс и ожидание следующего запускающего импульса на входе.

Data Sequencer

Устройство **Data Sequencer** [General/Instruments/Data Seq] (G) можно использовать в цифровом и аналоговом режиме моделирования для непрерывных процессов. Известный как генератор данных или слов, он позволяет определять до 32767 восьмибитных слов, которые могут выводиться в определенной последовательности. Так как нет ограничения количества **Data Sequencers** в схеме, можно размещать несколько в параллель, чтобы создать поток данных любой ширины. Дважды щёлкнуть в **Data Sequencer** с **Arrow Tool**, чтобы отобразить диалоговое окно.

Start Address определяет начальный адрес данных, которые выводятся первыми в начале моделирования. **Stop Address** определяет адрес данных, которые выводятся последние перед повторением последовательности. Использование **Use External Clock** определяет работу **Data Sequencer** с внешней синхронизацией по входам CP1 и CP2.

Опция **Present Address** указывает адрес данных, которые выводятся в случае, если схема не сброшена. **Tick Increment** определяет, сколько импульсов сигналов времени моделирования происходят прежде, чем произойдёт переход к следующему адресу, когда внешняя синхронизация заблокирована.

В режиме аналогового моделирования **Low Level** и **High Level** указывают уровни выходного напряжения. **Step Time** определяет длительность удержания данных каждого адреса, когда внешняя синхронизация

заблокирована. **Clock VTH** определяет уровень порогового напряжения внешней синхронизации для перехода к следующему адресу.

Редактор данных

Можно вносить данные прямо в список **Data** в диалоговом окне **Data Sequencer**. Однако при создании большой модели этот метод занимает много времени. Выбрать кнопку **Pattern** в диалоговом окне **Data Sequencer**. Редактор **Pattern** поможет быстро создать большие, комплексные модели.

6. Моделирование аналоговых и смешанных сигналов

CircuitMaker дает большую гибкость и контроль над моделированием схемы, и каждый режим имеет преимущества в зависимости от набора возможностей.

Система даёт точный, "реальный" режим моделирования, который можно использовать для схем аналоговых, цифровых и смешанных сигналов. В режиме **Analog** функционирование устройств точно такое же, как в реальных компонентах. Смешанное моделирование CircuitMaker использует расширенную версию Беркли **SPICE 3F5**, позволяя точно моделировать любую комбинацию аналоговых и цифровых устройств без ручного включения D/A или A/D преобразователей. CircuitMaker включает точные, управляемые событиями поведенческие модели для цифровых устройств, включая TTL и CMOS цифровые устройства.

Чтобы делать моделирование непрерывных процессов пользователь должен гарантировать, что используется **Spice** информация для каждого устройства в схеме. Флажок **Analog** в диалоговом окне **Device Properties** указывает, действительно ли то устройство будет функционировать в режиме моделирования **Analog**. Иначе появляется предупреждение и устройство игнорируется.

Инструментальные средства

Несколько кнопок в инструментальной панели используются определенно для аналогового моделирования. Этот раздел описывает эти инструментальные средства.

Probe Tool

Контекстно-зависимый инструмент **Probe Tool** позволяет быстро зондировать любую точку в схеме в течение моделирования и видеть текущую форму сигнала или данные в окне анализа. Средство **Probe Tool** используется несколько по-другому в режиме **Analog**, чем в режиме **Digital**.

Перед выполнением моделирования, можно щелчком левой кнопки инструмента **Probe** в схеме добавлять или удалять точки теста. Однако не обязательно предопределять контрольные точки перед выполнением моделирования в CircuitMaker.

В течение моделирования касание наконечником **Probe Tool** к проводу, выводу элемента или телу элемента, позволяет определять данные в той точке. Инструмент отображает один из шести символов: **V**, **I**, **P**, **Z**, **N** или **R**. Нажатие левой кнопки мыши, когда **Probe Tool** находится в нужной точке схемы, значение или форма сигнала немедленно отображается в окне анализа. Чтобы видеть одновременно сигналы нескольких точек, необходимо использовать **Probe Tool**, придерживая **Shift** клавишу.

Замечание: Если CircuitMaker указывает, что измерение тока или мощности не доступны, остановить моделирование и в окне **Analyses Setup** нажать кнопку **Analog Options**, и выбрать пункт **Device Current and Power** и повторно запустить моделирование.

Кнопка Reset

В режиме **Analog**, нажатие кнопки **Reset** сбрасывает моделирование и генерирует номера узлов схемы без выполнения моделирования. Это важно, если необходимо сохранить таблицу соединений **Spice** или просматривать узловые номера на схеме, не выполняя моделирование. Можно также сбрасывать моделирование выбором пункта **Simulation > Reset**, или нажимая **Ctrl+Q**.

Кнопка Run/Abort/Stop

Нажатие кнопки **Run** запустит моделирование, значок на кнопке временно изменится на квадрат **Abort**. Кнопкой **Abort** можно остановить моделирование, не теряя данные, которые уже были собраны до точки останова. Когда процесс моделирования закончен, значок изменяется на круглую кнопку **Stop**. Нажатие кнопки **Stop** закрывает окно анализа и возвращает в режим редактирования схемы. Можно зондировать схему в любое время в течение или после моделирования, пока не возвратились к режиму редактирования. Количество времени, которое требуется для завершения процесса моделирования, основано на выборе количества данных, сложности схемы и скорости компьютера.

Замечание: Если не было сделано никаких изменений в схеме после моделирования, повторное нажатие кнопки **Run** не будет запускать моделирование, но немедленно загрузит данные предыдущего моделирования.

Кнопки Tile Windows

Определяют не перекрывающее расположение схемы и окна анализа в одном из четырех вариантов обзоров. Если моделирование остановлено, но не было сброшено, и схема не изменялась после последнего моделирования, щелчок одной из этих кнопок немедленно загрузит предыдущие данные моделирования.

Работа с контрольными точками

Контрольные точки устанавливаются на схеме для сбора данных моделирования. Совсем не обязательно вручную устанавливать контрольные точки перед выполнением моделирования. Контрольные точки определяют, какие данные должны сохраняться, какие переменные должны отображаться в окне анализа, когда выполняется моделирование. Большое количество контрольных точек требует более длительного времени моделирования.

Контрольные точки по умолчанию

CircuitMaker автоматически размещает заданные по умолчанию контрольные точки в схеме, позволяя нажатием **Probe Tool** на любой провод, вывод или элемент измерять напряжение, ток или мощность. Заданные по умолчанию контрольные точки устанавливаются в разделе **Collect Data For** диалогового окна **Analog Options**. Чем больше выбирается количество данных, тем большее количество контрольных точек и памяти будет требоваться. При выборе опции **Run-Time Test Points Only**, все другие контрольные точки будут заблокированы, сбор данных будет только для тех точек, которые были определены. Заданные по умолчанию контрольные точки не отображаются на схеме.

Run-Time Test Points

Этот режим полезен при очень сложных схемах или большом количестве данных, что позволяет сократить количество данных, а соответственно увеличить скорость моделирования. Эти точки можно определять на схеме, CircuitMaker автоматически отобразит графические данные, которые будут собраны в течение моделирования. Их можно использовать для измерения напряжения, тока или рассеиваемой мощности. Можно также составлять графики сигналов, просто нажимая средством **Probe Tool** после того, как моделирование закончено.

Можно размещать **Run-Time Test Points** на проводах, чтобы измерять узловые напряжения, на выводах элементов, чтобы измерить ток или на элементах непосредственно, чтобы измерить рассеиваемую мощность. CircuitMaker не отображает сигналов для некоторых элементов, типа макромоделей. Для размещения **Run-Time Test Points** на схеме:

1. Остановить моделирование.
2. Выбрать средство **Probe Tool** в инструментальной панели.
3. Нажать в нужное место на схеме, используя левую кнопку мыши.

Для добавления нескольких **Run-Time Test Points**:

1. Удерживать клавишу **SHIFT** при щелчке средством **Probe Tool**.

Для удаления всех **Run-Time Test Points** на схеме:

1. Щелчок левой кнопкой средством **Probe Tool** в свободной области схемы.

Выполнение моделирования

Как только была создана схема, можно выполнять моделирование, просто щёлкнув кнопку **Run** на инструментальной панели. Одно из преимуществ CircuitMaker над другими **Spice** имитаторами, полное интегрирование между проектом описания схемы и процессом моделирования. Нет никаких комплексных полей для ввода данных, все делается быстро и эффективно в одном рабочем пространстве.

Использование окна анализа

CircuitMaker отображает данные и формы сигналов в окне анализа, которое позволяет быстро и легко проверять, анализировать и зондировать схему в течение моделирования. Множество атрибутов окна анализа могут быть изменяться по усмотрению пользователя. Есть также возможность производить точное измерение формы просматриваемых сигналов.

Когда выполняется моделирование, CircuitMaker отображает отдельную позицию в окне анализа для каждого вида исследований:

- DC Sweep
- Анализ АС
- Transient Analysis
- Fourier Analysis
- Operating Point

Отображение формы сигналов

После выполнения моделирования, можно быстро просматривать данные в любой точке схемы, используя контекстно-зависимый инструмент **Probe Tool**. Для вывода графиков данных в окне анализа, сначала необходимо нажать внизу на соответствующую вкладку, и затем:

1. Нажать в любую допустимую точку на схеме наконечником **Probe Tool**.
 - Щелчок на проводе измеряет напряжение
 - Щелчок на выводе элемента измеряет ток
 - Щелчок на теле элемента измеряет мощность
2. Если CircuitMaker указывает, что текущие данные не доступны, нажать кнопку **Analyses Setup** в инструментальной панели, затем нажмите кнопку **Analog Options**. Выбрать нужные кнопки **Node Voltage**, **Supply Current** или **Device Current and Power**, и повторно запустить моделирование.
3. Удержание клавиши **SHIFT** и щелчок в нужных точках схемы, выводит одновременно графики множества сигналов в окне анализа.

Выбор Single Cell или All Cells

Закладка **Panel** включает пару кнопок, которые позволяют выбрать между единственным представлением **Single Cell** или групповым представлением **All Cells** графиков сигналов. Выбрать **Single Cell**, чтобы просматривать данные одного графика в окне. В этом представлении все сигналы имеют один масштаб, но могут масштабироваться независимо.

Представление **All Cells** отображает множество данных, которые могут содержать один или более сигналов. Ось **Y** всегда масштабируется автоматически. В **All Cells** просматривают, зондируя форму сигнала в выбранную клетку или ячейку, или в клетке, которая имеет выбранную форму сигнала. Нажать на волновую метку, чтобы выбрать форму сигнала, нажать на тело клетки, чтобы выбрать клетку. Выбранная клетка или ячейка будет подсвечена полужирным прямоугольником вокруг левого поля той клетки. Если нет никакого сигнала или выбранной клетки или ячейки, новые сигналы входят в новую клетку ниже всех существующих ячеек.

Можно перемещать сигналы из одной ячейки в другую перемещением волновой метки слева. Щелчок правой кнопкой мыши на волновой метке позволяет удалить сигнал, изменять его цвет и т.д. Можно также щёлкнуть правой кнопкой мыши на теле ячейки и выбирать **Insert Cell**, чтобы вставить новую ячейку выше выбранной клетки.

Размер клеток может изменяться перемещением границ ячейки. Чтобы изменить размер всех клеток, выбрать пункт **Wave > Preferences**, и ввести желаемую высоту матрицы в пикселях. Если необходимо чтобы установленная высота матрицы стала новым значением по умолчанию, отметить **Save current settings as defaults** и нажать ОК.

Если выбрано представление **Single Cell**, то будет отображён сигнал только выбранной клетки. Если есть другие сигналы доступные в других клетках, то можно их просматривать, щелкая стрелки "вверх" или "вниз" в **Panel**.

Математическая обработка сигналов

Есть возможность генерировать новые формы сигналов на основе полученных данных моделирования, используя список доступных математических функций и операторов. После выполнения моделирования выбрать пункт **Wave > Math**, затем ввести выражение в соответствующее окно. Можно напечатать выражение полностью или сформировать выражение, нажимая на нужные пункты в доступных списках **Waveforms** и **Functions**.

Функции и операторы

Выражения могут быть основаны на любой доступной форме сигналов с использованием списка операторов и функций:

| | |
|----------|---|
| () | Индикаторы приоритета операций. |
| + | Операция сложения. |
| - | Операция вычитания. |
| * | Операция умножения. |
| / | Операция деления. |
| ^ | Операция возведения в степень, например y^x , аналогична PWR (,). |
| ABS () | Функция абсолютного значения. ABS (x) возвращений значение x . |
| ACOS () | Функция арккосинуса. |
| ACOSH () | Гиперболическая функция арккосинуса. |
| ASIN () | Функция арксинуса. |
| ASINH () | Гиперболическая функция арксинуса. |
| ATAN () | Функция арктангенса. |
| ATANH () | Гиперболическая функция арктангенса. |
| AVG () | Функция усреднения данных. |
| BOOL (,) | Булева функция. |
| COS () | Функция косинуса. |
| COSH () | Гиперболическая функция косинуса. |
| DER () | Производная функция dx/dt. Возвращает наклон между пунктами данных. |
| EXP () | Показательная функция EXP (x). |
| INT () | Целая функция. |
| LN () | Функция логарифма натурального, где LN (e) = 1. |
| LOG10 () | Функция логарифма по основанию 10. |
| LOG2 () | Функция логарифма по основанию 2. |
| PWR (,) | Степенная функция. PWR (y, x) возвращает значение y в степени x. |
| RMS () | Среднеквадратичная функция. |
| SIN () | Функция синуса. |
| SINH () | Гиперболическая функция синуса. |
| SQRT () | Функция квадратного корня. |
| TAN () | Функция тангенса. |
| TANH () | Гиперболическая функция тангенса. |
| UNARY () | Функция отрицания. UNARY (x) возвращений -x. |
| URAMP () | Функция возвращает x, если $x > 0$, иначе 0. |
| USTEP () | Ступенчатая функция. |

Масштабирование и смещение сигналов

В режиме просмотра **Single Cell**, сигналы могут масштабироваться вручную или автоматически. Средства управления масштабированием **X** и **Y** осей, расположены на **Panel**. Операции масштабирования по оси **Y** применяются только для сигнала выбранной формы. Но если нет выбранного сигнала, то операции масштабирования оси **Y** относятся ко всем сигналам. Можно выбирать сигнал, нажимая на ее волновую метку, которая отображается на левой стороне графика. На графике отображаемая ось **Y** принадлежит только выбранному сигналу. Если нет выбранного сигнала, то ось **Y** общая для всех сигналов. Если нет общей оси, значения оси **Y** не отображаются, но размер раздела и нижний уровень для каждого сигнала отмечен с правой стороны графика. Ось **X** всегда общая для всех сигналов.

При исследовании CircuitMaker автоматически масштабирует ось **Y**, для этого нажать кнопку **AutoY** на **Panel**. В любое время можно добавлять или удалять сигналы, ось **Y** будет автоматически масштабироваться, чтобы все сигналы совместно использовали общий **Y** масштаб.

Выполнение операций масштабирования изменением масштаба изображения возможно при выключении режима **AutoY**. Когда масштабирование **Auto Y** выключено, можно нажать кнопку **FitY**, чтобы масштабировать ось **Y**. Если есть выбранный сигнал, то операция **FitY** применяется только для этого сигнала. Для авто масштабирования всех сигналов на общей оси **Y**:

1. Нажать кнопку **AutoY** в **Panel**.

Для ручного масштабирования или смещения индивидуального сигнала:

1. Выбрать сигнал, нажимая на ее волновую метку слева от графика.

2. Откорректировать масштаб средством управления **X Division**, **Y Division** и **Y Offset** в **Panel**.
Для ручного масштабирования или смещения всех сигналов на общей оси **Y**:

1. Убедиться, что нет выбранных сигналов.
2. Откорректировать **X Division**, **Y Division** и **Y Offset**.

Для авто масштабирования по **X** и **Y** осям:

1. Выбрать **Wave > Fit Waveforms**.

или

Из меню правой кнопкой мыши выбрать пункт **Fit Waveforms**.

Панорамирование и масштабирование изображения

Есть разные способы оптимизации вида в окне анализа графиков сигналов. Окно анализа может рассматриваться как отдельное окно, или совместно со схемой горизонтально или вертикально. Имеются кнопки на инструментальной панели, чтобы выбрать один из этих видов. Можно использовать область разделителей между **Panel**, окном схемы и окном анализа, чтобы изменять размеры соответствующих областей.

Можно мышью создать прямоугольную область на графике, чтобы раскрыть её на всё окно анализа. А также щёлкнуть правой кнопкой мыши на графике и выбрать **Zoom in** или **Zoom out** пункты меню. Можно также использовать вертикальные и горизонтальные полосы прокрутки для панорамирования вокруг графика.

Опции масштабирования АС анализа

Для АС анализа можно корректировать ось **X**, которая будет отображена в линейном или логарифмическом масштабе. Можно также выбирать разнообразные **Y** оси и даже отображать данные относительно двух различных **Y** осей, типа величины и фазы одновременно.

Даже если две **Y** оси отображены одновременно, только одна может быть активной. Черная стрелка слева от графика указывает на активную ось. Курсоры измерения и операции масштабирования, типа смещения или размера **Y** обращаются к активной оси. Операции оси **X** всегда относятся к обоим графикам, так как ось **X** всегда общая. Доступные величины **Y** оси включают: реальные, мнимые, амплитуды, амплитуды в децибелах, фазы в градусах, фазы в радианах и групповой задержки. Допуск режима двойной оси:

1. Выбрать вкладку **AC Analysis** в окне анализа.
2. Выбрать вид **Single Cell** в панели.
3. Выбрать **Wave > Scaling**.

или

Щёлкнуть правой кнопкой мыши на графике и выбрать **Scaling** пункт меню.

4. Выбрать **Primary** и **Secondary Y** оси по желанию, или выбрать **None**, чтобы отключить вторичную ось и нажать **OK**.

Восстановление установок

После выполнения моделирования, исследования и конфигурирования графиков, может быть решение отредактировать схему и повторно запустить моделирование. Если есть необходимость использовать предыдущие установки, отметить опцию **Keep last setup** для сохранения установок в окне **Analyses Setup**. Иначе использовать опцию **Show Run-time test points**.

Трэкинг измерительных курсоров

Два измерительных курсора в окне анализа позволяют точно измерять значения сигналов типа амплитуды и периода. Каждый курсор следит за назначенным ему сигналом. Чтобы назначить сигнал курсору, необходимо выбрать сигнал в раскрывающемся списке курсора, или щёлкнуть правой кнопкой мыши на метке графика.

Каждый активизированный курсор, имеет вкладку наверху графика. Нажать и перемещать вкладку, чтобы переместить курсор по оси **X**. Горизонтальная линия автоматически отслеживает форму сигнала по оси **Y**. Текущие значения **X** и **Y** курсора отображаются в панели под списком сигналов курсора.

Если активизированы оба курсора, то кроме текущих значений курсоров выводится значение **Cursor 2 - Cursor 1**, которое представляет собой дельту значений курсоров. Если оба курсора назначены на один сигнал, то возможно измерение минимума и максимума значений сигнала. Различные опции для одного сигнала включают **Average**, **RMS** и **Frequency** измерения. Значения **Average** и **RMS** основаны на средних данных между курсорами, поэтому для точного измерения, важно измерить хотя бы один законченный период или лучше большее количество периодов. Также необходимо убедиться, что форма измеряемого сигнала стабильна между курсорами.

Предпочтения для графиков

Диалоговое окно **Wave Preferences** используется, чтобы управлять глобальными и заданными по умолчанию видами графиков. Установки могут относиться как к текущему анализу, так и ко всему проекту. Можно выбирать и сохранять текущие параметры настройки как настройки по умолчанию для будущих графиков. Для использования диалогового окна **Wave Preferences**:

1. Выбрать пункт меню **Wave > Preferences**.
2. Выбрать желаемые опции и нажать **OK**.

Выбор и сохранение сигналов

Формы сигналов могут сохраняться для будущей ссылки или сравнения с другими сигналами после изменения схемы. Данные сохраняются в виде текстового файла ASCII, и могут содержать как реальные, так и мнимые значения. Для сохранения сигналов:

1. Щёлкнуть на метке сигнала, чтобы выбрать график.
2. Выбрать пункт **Wave > Store**.
3. Определить название файла, чтобы сохранить сигнал. Каждый сигнал сохраняется в отдельном файле. Каждый тип анализа использует различное расширение файла.

Для повторного вызова сохранённого сигнала и размещения его на графике:

1. Выбрать пункт **Wave > Recall**.
2. Выбрать необходимый файл сигнала в диалоговом окне **File Selection** и нажать **Open**.
3. Чтобы удалить сохранённый сигнала из графика, щёлкнуть правой кнопкой мыши на его волновой метке, и выбрать пункт меню **Remove Wave**.

Сохранение сигналов как текст

Формы сигналов могут также экспортироваться для использования в других приложениях. Команда **Save As Text** сохраняет сигнал в текстовом файле ASCII с расширением **.txt**.

Установки аналогового моделирования

Мощная возможность моделирования CircuitMaker включает широкое разнообразие стандартных видов исследований. Нажать кнопку **Analyses Setup** в инструментальной панели, чтобы отобразить диалоговое окно **Analyses Setup**. CircuitMaker предлагает следующие стандартные виды моделирования:

- DC Sweep
- AC Analysis
- DC Operating Point
- Transient Analysis
- Parameter Sweep
- Fourier Analysis
- Transfer Function
- Noise
- Temperature Sweep
- Monte Carlo
- Impedance Plots

Установки по умолчанию

Использование **Always set defaults for transient and Op analyses** переключателя упрощает задачу установки кратковременных исследований. Для простых DC цепей, которые не содержат никаких генераторов или активных составляющих, разрешается только **OP** анализ. Для более сложных цепей используется **Transient Analysis**, для которого задано по умолчанию точка начала, останова и параметры шага.

DC Sweep анализ

Этот тип анализа исполняет **OP** анализ в каждом из заданного ряда шагов, определяя кривую DC передачи устройства. **Source Name** это название независимого источника электроэнергии, который помещается на схеме. Начальное значение, конечное и значения шага определяют диапазон измерения и разрешающую способность. Первичный источник является основным и обязательным, в то время как вторичный источник является дополнительным. Если вторичный источник определен, то первичный источник проходит весь опреде-

лѐнный для него диапазон для каждого значения вторичного источника. Для установки исполнения **DC Sweep** анализа:

1. Щѐлкнуть на кнопке **Analyses Setup** в инструментальной панели.
2. Нажать **DC...** кнопку, чтобы отобразить диалоговое окно.
3. Определить параметры настройки, отметить флажок **Enabled**, и затем нажать **OK**.
4. Выполнить моделирование.

Для примера моделирования можно использовать схему Analog.ckt. Необходимо обратить внимание, что ось **X** представляет напряжение первичного источника, а ось **Y** представляет напряжение на выходе схемы.

АС анализ

Анализ **АС** генерирует выходные данные подобные измерителю АЧХ, вычисляя мало сигнальные передаточные **АС** переменные в зависимости от частоты. Исполнение начинается с **ОР** анализа, чтобы определить режим схемы по постоянному току, затем происходит анализ схемы в определённом частотном диапазоне. Вывод результатов мало сигнального **АС** анализа обычно в виде напряжения. Для установки и исполнения **АС** анализа:

1. Подключить **Signal Generator** к схеме как источник **АС** сигнала.
2. Дважды нажать в **Signal Generator**, нажать кнопку **Wave** и установить опцию **Source** в разделе **AC Analysis**.
3. Нажать кнопку **Analyses Setup** в инструментальной панели.
4. Нажать кнопку **АС**, чтобы отобразить диалоговое окно.

Ввести параметры анализа **АС**, отметить флажок **Enabled**, и затем нажать **OK**.

Linear – равномерное распределение данных в линейном масштабе.

Decade – равномерное распределение данных в масштабе \log_{10} .

Octave – равномерно раздельных данных в октавном масштабе \log_2 .

5. Выполнить моделирование.

Обратить внимание, что ось **X** представляет частоту в заданном масштабе. Величина выходного напряжения может быть представлена в децибелах.

Замечание: В **АС** анализе можно представить графики в виде напряжения, тока источника и выходного импеданса, но нельзя выводить графики тока элемента или его мощности.

Operating Point (OP) анализ

ОР анализ генерирует данные, подобные измерению мультиметром. Это определяет **DC** режим всей схемы с замкнутыми катушками индуктивности и отключенными конденсаторами, и осуществляется линейаризация режимов для всех нелинейных элементов в схеме. Источники **АС** сигналов в расчѐты не принимаются.

Анализ **ОР** выполняется автоматически перед каждым другим исследованием, даже если он был заблокирован в диалоговом окне **Analog Analyses**. Однако рекомендуется разрешать эту опцию, если предполагается использовать **Probe Tool** как мультиметр, чтобы рассматривать **DC**, **DC AVG** или **AC RMS** значения тока, напряжения или мощности. Для установки и исполнения **ОР** анализа:

1. Нажать кнопку **Analyses Setup** в инструментальной панели.
2. Отметить переключатель **Enabled** рядом с кнопкой **Operating Point** и нажать **OK**.
3. Выполнить моделирование.
4. Нажать с **Probe Tool** на точку схемы, где необходимо сделать измерение.

Анализ переходных процессов

Transient Analysis генерирует выходные данные подобно осциллографу, вычисляя переменные мощности, напряжения или ток как функции времени в установленном интервале времени. **Transient Analysis** сначала выполняет **ОР** анализ, чтобы определить режим схемы по постоянному току в начале отсчета времени.

В интервале времени между нулем и **Start Time**, XSpice анализирует, но не отображает результатов. В интервале времени между **Start Time** и **Stop Time**, XSpice анализирует и отображает результаты. **Step Time** - предлагаемый пользователем инкремент времени, хотя временной шаг XSpice будет вычислять автоматически, чтобы обеспечить сходимость анализа. **Max. Step** ограничивает размер шага, который XSpice может использовать при вычислении кратковременных данных; по умолчанию, программа выбирает или **Step Time** или $(\text{Stop Time} - \text{Start Time})/50$. Как правило, **Step Time** и **Max. Step** должны содержать одно и то же значение.

Если при анализе необходимо использовать начальные условия, необходимо разрешить **UIC** опцию. Для установки и исполнения **Transient Analysis**:

1. Нажать кнопку **Analyses Setup** в инструментальной панели.

2. Нажать кнопку **Transient/Fourier**, чтобы отобразить диалоговое окно.
3. Ввести **Start**, **Stop**, и **Step** параметры и нажать ОК.

или

Ввести **Number of Cycles** и **Points Per Cycle** и нажать кнопку **Set Default Timing**, затем выбрать ОК.

Замечание: эта опция может использоваться, только если включено в схему устройство **Signal Generator** или **Data Sequencer**. При этом необходимо отметить переключатель **Always Set Defaults** в диалоговом окне **Analysis Setup**.

4. Выполнить моделирование.
5. Просмотреть и измерить результаты анализа.

Параметрический анализ

Анализ **Parameter Sweep** может использоваться при изменении двух переменных, включая параметры транзисторов. Можно изменять только основные компоненты и модели, макромодели не допускают изменение параметров.

Можно использовать анализ **Parameter Sweep**, когда выбран один из видов стандартных исследований, **AC**, **DC Sweep**, **OP**, **Transient Analysis** и т.д. Анализ изменения параметров требует следующих данных: **Parameter**, **Start Value**, **Stop Value**, и **Step Value**. **Parameter** может быть единственным обозначением или обозначением с параметром элемента в скобках. Вот несколько примеров:

| | |
|---------------------|---|
| RF | Сопротивление резистора с обозначением RF |
| Q3 [bf] | Бета транзистора Q3 |
| R3 [r] | Сопротивление потенциометра R3 |
| R3 [позиция] | Позиция потенциометра R3 |
| U5 [tp_val] | Задержка распространения в цифровом элементе U5 |

Установка и исполнение **Parameter Sweep** анализа:

1. Нажать кнопку **Analyses Setup** в инструментальной панели.
2. Нажать кнопку **Parameter Sweep**, чтобы отобразить диалоговое окно.
3. Ввести желаемые параметры настройки, отметить **Enabled**, и затем нажать ОК.
4. Выполнить моделирование.
5. Просмотреть полученные сигналы в окне анализа.

Опция относительных величин

Это относится к опции **Use Relative values** в диалоговом окне **Parameter Sweep Setup**. Например, нужно сделать **Parameter Sweep** анализ со следующими условиями:

- **Parameter** резистор 1кОм.
- **Start**, **Stop** и **Step** поля -50, 50 и 20, соответственно.
- Допускается опция **Use Relative Values**.

При моделировании будут использованы следующие значения сопротивлений резистора: **950, 970, 990, 1010, 1030, и 1050 Ом**.

Метки сигналов

Для анализа **Parameter Sweep** CircuitMaker даёт уникальную метку каждому графику сигнала, добавляя в конец имени символ **p**. Если есть также график выполненного моделирования, который был сделан с номинальным значением параметра, то этот символ в конец метки не добавляется. Пример некоторых меток графиков с объяснением:

| | |
|----------------|--|
| U1_6 | Напряжение в узле u1_6 при номинальной величине параметра. |
| U1_6_p1 | Напряжение в узле u1_6 при значении параметра 1. |
| U1_6_p2 | Напряжение в узле u1_6 при значении параметра 2 |
| U1_6_p3 | Напряжение в узле u1_6 при значении параметра 3 |

Можно щёлкнуть правой кнопкой мыши на графике и выбрать пункт **Sweep Data**, чтобы отобразить подробности о значениях параметров компонента, используемого при выполнении моделирования.

Анализ Фурье

Анализ **Fourier** генерирует выходные данные подобные анализатору спектра, вычисляя частотные составляющие выходных переменных.

Установка **Fourier** анализа используется совместно с установкой **Transient Analysis**. Когда моделирование закончено, **Fourier** анализ отображается в отдельном окне. **Fourier** анализ основан на последнем законченном цикле кратковременных данных. Например, если основная частота - 1.0kHz, то данные последнего 1 мсек. периода использовались бы для анализа Фурье. Для установки и исполнения Фурье анализа:

1. Нажать на кнопку **Analyses Setup** в инструментальной панели.
2. Нажать кнопку **Transient/Fourier**, чтобы отобразить диалоговое окно.
3. Ввести параметры настройки анализа: основную частоту, число гармоник и нажать **OK**.
4. Выполнить моделирование.
5. Просмотреть и измерить результаты в окне анализа.

Для моделирования и просмотра результатов рекомендуется Bandpass.ckt схема. Здесь можно сделать анализ частотного спектра генератора прямоугольных импульсов. Первый пик сигнала соответствует амплитуде сигнала основной частоты, амплитуды остальных гармоник распределены в пределах установленного диапазона.

Имитатор Spice

Когда выполняется моделирование, CircuitMaker генерирует таблицу **Spice** соединений во временном файле с расширением **.NET**, определяя название файла схемы. **Spice** анализирует таблицу соединений, регистрирует и генерирует данные моделирования. Время, требуемое для завершения моделирования, зависит от выбора типов моделирования, сложности схемы и скорости компьютера. Количество собранных данных может быть очень большое для комплексного моделирования. Рекомендуется снижать количество данных моделирования ограничением количества **Test Points** на схеме.

Предупреждения и сообщения об ошибках

Иногда CircuitMaker отображает предупреждения или сообщения об ошибках в течение моделирования схемы. Эти сообщения сохраняются в текстовом файле с расширением **.ERR**. Для просмотра этих сообщений можно использовать редактор Notepad.

Предупреждающие сообщения

Предупреждающие сообщения не фатальны для моделирования. Обычно эти сообщения информируют об изменениях, которые **Spice** должен был сделать на схеме, чтобы завершить моделирование. Они обычно включают неправильные или отсутствующие параметры, и т.д.

Замечание: Обычно генерируются правильные результаты моделирования, даже если были предупреждающие сообщения.

SimCode предупреждения могут включать информацию о нарушении типа выбора времени (tsetup, thold, tres, tv и т.д.) или существенных понижениях напряжения источника питания на цифровых компонентах.

Сообщения об ошибках

Сообщения об ошибках обычно информируют пользователя о том, почему **Spice** не может произвести моделирование. Сообщения об ошибках указывают, что результаты моделирования не могут быть сгенерированы, что они должны быть исправлены прежде, чем анализировать схему.

Установка Spice переменных

Spice позволяет управлять некоторыми положениями моделирования типа итеративных пределов, температуры, и т.д. Нажать кнопку **Analyses Setup** в инструментальной панели, затем нажать кнопку **Analog Options**, чтобы отобразить диалоговое окно. Чтобы изменять переменные и опции, перечисленные в этом диалоговом окне, нужен большой опыт и знания системы **Spice**. Если такового нет, рекомендуется на первое время использовать установки по умолчанию.

DVCC, DVDD и DGND являются шинами электропитания цифровых элементов. Если не определено никаких источников в схеме, эти шины будут использоваться по умолчанию. Если введено шинное название вместо значения, то шина будет связана с элементами. По умолчанию, DVCC и DVDD = + 5V, DGND = GND.

Метод интегрирования

Необходимо выбрать численный метод интегрирования, который должен использоваться в XSpice. Метод **Trapezoidal** относительно быстрый и точный, но имеет тенденцию колебаться при известных условиях. Метод **Gear** требует более длительного времени моделирования, но более устойчив. Порядок **Gear** должен

иметь значение между 2 и 6. Использование более высокого порядка теоретически ведет к более точным результатам, но увеличивает время моделирования. По умолчанию используется метод **Trapezoidal**.

Сбор данных

Используется пять пунктов для выбора заданий по умолчанию сохранения переменных. От этого зависит, сколько памяти используется, и какие переменные можно выводить на графики в окнах анализа, после завершения моделирования.

Node Voltage and Supply current – позволяет измерять напряжение на проводах и ток источников напряжения.

Node Voltage, Supply and Device Current – позволяет измерять напряжение на проводах и ток источников напряжения и выводов компонентов, кроме выводов макромоделей.

Node Voltage, Supply Current, Device Current and Power – позволяет измерять напряжение на проводах, ток источников напряжения и выводов компонентов и мощность, выделяемую на простых элементах.

Node Voltage, Supply Current and Subcircuit Variables – позволяет измерять напряжение на проводах, ток источников напряжения и внутренние переменные макромоделей.

Run-Time Test Points Only – позволяет делать измерения только в назначенных точках теста.

Analog/Mixed инструменты

Здесь представлено описание инструментов, входящих в библиотеку устройств CircuitMaker, которые обычно используются в аналоговых и смешанных схемах.

Универсальный измерительный прибор

Дополнительно к вкладке **Operating Point** в окне анализа, CircuitMaker включает элемент комбинированного прибора для измерения сопротивления, **DC**, **DC AVG** или **AC RMS** напряжения или тока. Можно размещать множество комбинированных приборов на схеме, по мере необходимости. При выполнении моделирования измеренное значение отображается на измерительном приборе. Необходимо помнить, что при измерении напряжения измерительный прибор подключается параллельно измеряемой схеме; при измерении тока подключается последовательно с измеряемой цепью. При измерении сопротивления необходимо удалить любые источники питания из измеряемой схемы и опасаться повисших элементов, которые могут вызывать ошибки XSpice. XSpice видит втекающий ток на вывод элемента как положительный ток.

Обратите внимание: Чтобы измерить **DC AVG** или **AC RMS**, необходимо выполнить моделирование **Transient Analysis**, при этом должно быть выполнено достаточное число циклов переходных данных, чтобы сделать измерения значимыми. Аналогично должен быть разрешён **OP** анализ, чтобы получать значения **DC** и сопротивления.

Входное сопротивление вольтметра может быть высокое, а сопротивление амперметра низкое, так что он будет иметь минимальную погрешность на процесс измерения. При измерении напряжения на высокоомной схеме желательно увеличить входное сопротивление вольтметра. При измерении тока низкоомной схемы желательно уменьшить сопротивление амперметра. При измерении контактного переходного сопротивления, желательно увеличить измерительный ток омметра.

Многофункциональный генератор сигналов

Можно размещать несколько многофункциональных генераторов сигналов на схеме, по мере необходимости. Функции формы сигналов включают:

- Синусоидальная
- Одночастотная АМ
- Одночастотная FM
- Экспоненциальная
- Импульсная, включая треугольную и пилообразную
- Кусочно-линейная

Параметры настройки для каждой из этих функций редактируются через отдельные диалоговые окна, которые описаны ниже.

Редактирование генератора сигналов

После размещения генератора сигналов [**.General/Instruments/Signal Gen**] (**g**) на схеме, дважды щёлкнуть на нём средством **Arrow Tool**, чтобы отобразить диалоговое окно, которое имеет следующие пункты:

Volts / Amps – выбор выхода, который может быть напряжением или током.

Properties – отображает диалоговое окно **Device Properties**.

Wave – отображает диалоговое окно, где можно определить функцию этого генератора. Чтобы изменить функцию сигнала, нажать одну из функциональных клавиш и определить АС параметры. При АС анализе временно заменяет любые источники синусоидальным сигналом установленной величины и фазы. Флажок **Source** позволяет определять, будет ли этот генератор использоваться как источник АС сигнала в АС анализе. Поля редактирования величины и фазы позволяют определять значения, которые будут использоваться в АС анализе.

Редактирование синусоидального сигнала

Нажать кнопку **Sine Wave**, чтобы отобразить диалоговое окно установки параметров синусоидального сигнала.

DC Offset – используется для установки DC смещения сигнала генератора относительно земли, измеряется в вольтах или амперах.

Peak Amplitude – максимальная амплитуда выходного сигнала, исключая DC смещение, измеряется в вольтах или амперах.

Frequency – частота выходного сигнала в Герцах.

Start Delay – изменяет фазу выходного сигнала, задерживая начало синусоиды.

Damping Factor (theta) – положительное значение приводит к уменьшению амплитуды по экспоненте; отрицательное значение приводит к увеличению амплитуды по экспоненте.

Редактирование сигнала с амплитудной модуляцией

Нажать кнопку **AM Signal**, чтобы отобразить диалоговое окно установить параметров АМ.

DC Offset – установка DC смещения сигнала генератора относительно земли, измеряется в вольтах или амперах.

Peak Amplitude – максимальная амплитуда выходного сигнала, исключая DC смещение, измеряется в вольтах или амперах.

Carrier Frequency – частота модулируемого выходного сигнала в Герцах.

Modulation Index – значение индекса модуляции в процентах от амплитуды. От 1 до 100 %, от 0.5 до 50 %, и т.д.

Signal Frequency – частота модуляции в Герцах.

Редактирование сигнала с частотной модуляцией

Нажать кнопку **FM Signal**, чтобы отобразить диалоговое окно установить параметров FM.

Временная диаграмма описывается следующей формулой, где t = текущий момент времени:

$$V(t) = V_O + V_A \sin(2\pi F_C t + MDI \sin(2\pi F_S t))$$

DC Offset – установка DC смещения сигнала генератора относительно земли, измеряется в вольтах или амперах.

Peak Amplitude – максимальная амплитуда выходного сигнала, исключая DC смещение, измеряется в вольтах или амперах.

Carrier Frequency – частота модулируемого сигнала в Герцах.

Modulation Index – значение, соответствующее индексу сигнала модуляции, соответствующее уровню модуляции.

Signal Frequency – частота модуляции в Герцах.

Редактирование экспоненциального сигнала

Нажать кнопку **Exponential** и используя диалоговое окно установить параметры экспоненциального сигнала.

Initial Amplitude – начальная амплитуда выходного сигнала относительно земли, измеряется в вольтах или амперах.

Pulse Amplitude – максимальная амплитуда выходного сигнала, измеряется в вольтах или амперах.

Rise Time Delay – время начала выходного сигнала.

Rise Time Constant – постоянная времени фронта сигнала.

Fall Time Delay – время спада выходного сигнала.

Fall Time Constant – постоянная времени спада.

Редактирование импульсного сигнала

Чтобы устанавливать параметры импульсного сигнала нажать кнопку **Pulse**, для отображения диалогового окна.

Initial Amplitude – начальная амплитуда выходного сигнала относительно земли, измеряется в вольтах или амперах.

Pulse Amplitude – максимальная амплитуда выходного сигнала в вольтах или амперах.

Period ($=1/\text{freq}$) – длительность одного законченного цикла выходного сигнала.

Pulse Width – длительность импульса.

Rise Time – время длительности фронта импульса.

Fall Time – время длительности спада импульса.

Delay to Start – время задержки импульсного сигнала.

Редактирование кусочно-линейного сигнала

Нажать кнопку **Piece-Wise**, чтобы установить параметры кусочно-линейного сигнала. Кусочно-линейные данные могут исходить из одного из двух источников:

1. Можно описывать временную диаграмму сигнала набором до 8 точек, которые вводятся непосредственно в диалоговом окне. Время, указанное для каждой последующей точки должно быть больше чем её предшествующее значение. Если это не выполнить то цикл закончится, исключая все последующие точки.
2. Можно определять временную диаграмму сигнала в текстовом файле ASCII, содержащем неограниченное число точек. Значения должны вводиться парами, и каждая пара должна включать позицию времени, сопровождаемую амплитудой. Первым символом каждой строки данных должен быть знак "плюс" (+) и каждая строка может содержать максимум 255 символов. Значения должны быть отделены одним или более пробелами или табулятором. Значения могут вводиться в научной или технической форме. Комментарии могут добавляться к файлу, делая первым символом строки звездочку (*). Например:

*Произвольные данные шума

```
+ 0.00000e-3 0.6667 0.00781e-3 0.6372 0.01563e-3 -0.1177  
+ 0.02344e-3 -0.6058 0.03125e-3 0.2386 0.03906e-3 -1.1258  
+ 0.04688e-3 1.6164 0.05469e-3 -0.3136 0.06250e-3 -1.0934  
+ 0.07031e-3 -0.1087 0.07813e-3 -0.1990 0.08594e-3 -1.1168  
+ 0.09375e-3 1.4890 0.10156e-3 -0.2169 0.10938e-3 -1.4915  
+ 0.11719e-3 1.4914 0.12500e-3 0.1486
```

Промежуточные точки определяются линейной интерполяцией. Если определён параметр **Max. Amp** в диалоговом окне, данные в файле будут масштабироваться по вертикали так, чтобы амплитуда полного размаха временной диаграммы была равна указанному параметру в **Max. Amp** и центрирована относительно нуля. Если определён параметр **Offset**, временная диаграмма сигнала будет смещена по вертикали в указанной величине. Если определён параметр **Max. Time**, временная диаграмма будет масштабироваться по горизонтали, чтобы соответствовать указанному параметру **Max. Time**.

Обратите внимание: **.PWL** файл должен быть расположен в том же самом каталоге, в котором находится моделируемая схема.

Генератор последовательности данных

Можно использовать этот элемент в цифровых и аналоговых режимах моделирования. Также известный как генератор слов или данных, он позволяет определять до 32767 8-битовых слов, которые могут выводиться в определенной последовательности. Так как нет ограничения в количестве генераторов на схеме, можно размещать несколько генераторов в параллель, чтобы создать поток данных любой ширины.

7. Экспорт файлов

CircuitMaker предлагает большой выбор экспорта данных схемы в любой из следующих типов:

- Список материалов
- Данные сигналов как графические файлы
- Данные сигналов как текстовые ASCII файлы
- Схемы как графические файлы

- Spice список цепей
- Spice макромодели
- Список цепей для печатной платы

Этот уровень гибкости позволяет легко внедрять работу сделанную в CircuitMaker в широкий ряд других программ редактирования и моделирования схем, и программ создания печатных плат. CircuitMaker полностью интегрирован с программой TraxMaker, поэтому можно экспортировать в TraxMaker список цепей для создания печатных плат и также конфигурировать и запускать TraxMaker непосредственно из CircuitMaker. Эта глава представляет различные типы выходных файлов и методы работы с ними.

Список материалов

Список материалов это файл, который содержит информацию о том, сколько и какие типы компонентов используются в схеме. Список экспортируется в виде текстового файла. Чтобы иметь доступ к списку материалов:

1. Выбрать **File > Bill of Materials** для отображения диалогового окна.
2. Определить пути сохранения и формат списка материалов.

Можно сохранить список материалов в одном из двух форматов: **Single Item per line** или **Multiple items per line**.

Single Item Per Line

Этот формат устанавливает каждый компонент в отдельной строке списка материалов. Пункты указаны в соответствии с порядком обозначения устройств. Этот формат может легко загружаться в электронную таблицу и затем сортироваться и размещаться в соответствии с предпочтениями. Следующий пример представляет формат списка:

C:\CM\Circuits\Diffamp.BOM

| Item | Label-Value | Attributes | Designation |
|------|-------------|------------|-------------|
| 1 | 1N914 | DIODE0.4 | D1 |
| 2 | 1N914 | DIODE0.4 | D2 |
| 3 | 2N2222A | TO-92 | Q1 |
| 4 | 2N2222A | TO-92 | Q2 |
| 5 | 2N2222A | TO-92 | Q3 |
| 6 | 3.2k | AXIAL0.4 | R1 |
| 7 | 1.5k | AXIAL0.4 | R2 |
| 8 | 50 | AXIAL0.4 | RB1 |
| 9 | 50 | AXIAL0.4 | RB2 |
| 10 | 7.75k | AXIAL0.4 | RC1 |

Multiple Items Per Line

Отличие этого формата в том, что добавлена колонка количества компонентов, и все однотипные компоненты указаны в одной строке списка. Следующий пример показывает особенности формата:

C:\CM\Circuits\Diffamp.BOM

| Item | Quantity | Label-Value | Attributes | Designations |
|------|----------|-------------|------------|--------------|
| 1 | 2 | 1N914 | DIODE0.4 | D1,D2 |
| 2 | 3 | 2N2222A | TO-92 | Q1,Q2,Q3 |
| 3 | 1 | 3.2k | AXIAL0.4 | R1 |
| 4 | 1 | 1.5k | AXIAL0.4 | R2 |
| 5 | 2 | 50 | AXIAL0.4 | RB1,RB2 |
| 6 | 2 | 7.75k | AXIAL0.4 | RC1,RC2 |
| 7 | 1 | 2.5k | AXIAL0.4 | RE |

Сохранение, отображение и печать списка материалов

Чтобы сохранить список материалов в файле:

1. Ввести желаемый путь и имя выходного файла в **Bill of Materials** диалоговом окне.
2. Нажать **Save** кнопку.

Для отображения списка материалов:

1. Нажать **Display** кнопку.

Список материалов появляется в редакторе Notepad.

2. Выбрать пункт **File > Print** в редакторе Notepad, чтобы напечатать список.

Ввод атрибутов

Использование **Include Attributes** области в **Bill of Materials** диалоговом окне позволяет вводить пункты, которые необходимо использовать как вспомогательные колонки в списке материалов. Эти пункты должны разделяться запятыми, и указаны в порядке появления в списке. Там уже есть два встроенных атрибута: **package** и **description**. Их можно удалить и ввести свои атрибуты.

Установка параметров экспорта

Используя **Export Options** диалоговое окно, определяется формат, используемый для экспорта графики схемы в буфер или в файл. Чтобы установить экспортные опции:

1. Выбрать пункт **File > Export > Schematic Options** для отображения диалогового окна.
2. Выбрать **On, Off** или **Simulation** в **Show LED/LAMP Display State** разделе.
3. Выбрать **Color** или **B/W** выходной цвет.
4. Выбрать экспортный формат:

| | |
|----------------------------------|--|
| Windows Metafile | Формат Windows для векторной графики. |
| Device Independent Bitmap | Пиксельное представление графики, которое смотрится хорошо в любом решении. Не доступно для аналоговых графиков сигналов. |
| Device Dependent Bitmap | Пиксельное представление графики, которое смотрится хорошо только в своем оригинальном решении. Не доступно для аналоговых графиков. |

Экспорт графиков сигналов как графических рисунков

Графики сигналов CircuitMaker можно экспортировать и использовать их в документации, презентации и т.п. Можно также сохранять графики сигналов как графические файлы или копировать и вставлять их непосредственно в другие программные средства.

Цифровые логические графики могут сохраняться в **Windows Metafile**, **Device Independent Bitmap** и **Device Dependent Bitmap** форматах. Используется **Export Options** диалоговое окно, чтобы выбрать нужный формат. Графики аналоговых и смешанных сигналов сохраняются только в **Windows Metafile** формате.

Примечание: CircuitMaker сохраняет только информацию, отображаемую в активном окне анализа.

Чтобы сохранить графики цифровой логики:

1. Запустить моделирование, чтобы появились графики в цифровом окне.
2. Выбрать пункт **File > Export > Options** и определить нужный формат.
3. Выбрать пункт **File > Export > Waveforms as Graphic**, ввести имя файла, затем выбрать **Save**.

или

Выбрать пункт **Edit > Copy to Clipboard > Waveforms**, затем открыть другую Windows программу и вставить график непосредственно в документ.

Чтобы сохранить аналоговые или смешанные графики сигналов:

1. Запустить моделирование, чтобы графики сигналов появились в окне анализа.
2. Выбрать пункт **File > Export > Waveform Metafile**, ввести имя файла, затем выбрать **Save**.

или

Выбрать пункт **Edit > Copy to Clipboard > Waveforms**, затем открыть другую Windows программу и вставить графики непосредственно в документ.

Экспорт данных графиков

Аналоговые данные графиков могут экспортироваться для использования в других приложениях. Сохраняемые данные имеют формат и описание в виде текстовых файлов ASCII. В зависимости от типа анализа и установок данные могут быть не линеаризованы, то есть не могут равномерно располагаться вдоль оси X. Чтобы сохранять аналоговые данные в текстовом файле ASCII:

1. Щёлкнуть этикетку нужного графика для выбора.
2. Выбрать пункт **Wave > Save As Text**. Ввести имя файла и нажать **Save**.

Экспорт схем как графических рисунков

В CircuitMaker можно экспортировать схемы и использовать их в документации, презентациях и т.п. Можно также сохранять схему как графический файл, копируя и вставляя схему непосредственно в другие программные средства. Использование **Export Schematic as Graphic** опции позволяет сохранять схемы как

Windows Metafile, Device Independent Bitmap или **Device Dependent Bitmap**. Чтобы экспортировать схему как графический рисунок:

1. Выбрать пункт **File > Export > Schematic Options** и определить желаемый формат.
2. Выбрать пункт **File > Export > Schematic as Graphic**. Ввести имя файла и нажать **Save**.

или

Выбрать пункт **Edit > Copy to Clipboard > Schematic**, затем открыть другую Windows программу и вставить рисунок схемы непосредственно в документ.

Экспорт Spice списка цепей

Spice список цепей предназначен для моделирования. Использование этого выбора позволяет создать **Spice** совместимый текстовый файл, описывающий схему. Можно затем импортировать этот текстовый файл в другие Berkeley **Spice3** совместимые имитационные программы.

1. Выбрать пункт **File > Export > Spice Netlist**.
2. Определить имя файла с **.NET** расширением, и выбрать **OK**.

Экспорт Spice макромоделей

Использование этой опции позволяет создавать текстовый файл **.SUB**, описывающий схему макромодели. Затем можно подключить текстовый файл **.SUB** к файлу символа устройства. Соединительные устройства **SCOPE [Instruments/Digital/SCOPE] (T)** устанавливаются на схеме, чтобы указывать соединительные узлы макромодели. Можно пометить их как **TP1** (1-й узел), **TP2** (2-й узел), и т.п., или что-нибудь другое, но оканчивающее числом (1, 2, 3, и т.п.) до максимального числа **64**. Чтобы экспортировать **Spice** макромодель:

1. Выбрать пункт **File > Export > Spice Subcircuit**.
2. Определить имя файла макромодели с расширением **.SUB**, затем выбрать **OK**.

Экспорт PCB списка цепей

Использование экспортного выбора **PCB Netlist** позволяет создавать файл списка цепей схемы для печатной платы. CircuitMaker генерирует PCB список цепей для TraxMaker, Protel, Tango и множества других форматов, используемых в производстве печатных плат.

Что такое Net?

Каждая цепь (**Net**) представляет одну электрическую соединительную точку или узел. Множество выводов устройств могут быть подключены к одной цепи.

Что такое Netlist?

Netlist это текстовый файл ASCII, перечисляющий связи и описывающий цепи компонентных соединений в электронной схеме. Широко используя в электронных CAD системах, список цепей позволяет передавать проектные детали между приложениями, например между CircuitMaker и TraxMaker. **Netlists** обычно содержит два типа информации:

- Индивидуальное описание компонентов
- Список всех меж выводных связей

PCB Netlist в различных форматах обычно содержат аналогичные данные, и часто могут переводиться в другой формат использованием текстового редактора. Как простые текстовые файлы ASCII, списки цепей могут легко просматриваться, создаваться и модифицироваться использованием простого текстового редактора как, например Notepad.

Требования к PCB Netlist

Для того чтобы создавать PCB список цепей схема должна удовлетворить следующие требования:

- Каждое устройство на схеме должно иметь уникальное обозначение (D1, C3 и т.п.).
- Каждое устройство должно иметь этикетку величины или названия (10k, 2N2222A и т.п.).
- Каждое устройство должно иметь назначенный тип корпуса, который должен соответствовать одному из доступных в используемой программе разработки печатных плат (DIP14, AXIAL0.4, и т.п.).
- Номера выводов в корпусе должны быть назначены каждому устройству в схеме.
- Обозначения компонентов и описание типов ограничено 12-ю текстовыми символами. Имена цепей могут содержать до 20-и символов. Номера выводов в списке цепей ограничены 4-я текстовыми символами. Пробелы не допускаются к использованию в пределах этих строк.

Любое нарушение этих требований выводит сообщение ошибки.

Экспорт PCB Netlist в популярные форматы

CircuitMaker может экспортировать PCB netlist в следующие форматы:

- TraxMaker
- Protel
- Tango

Чтобы экспортировать PCB netlist в другие форматы кроме TraxMaker:

1. Выбрать пункт **File > Export > PCB Netlist**.
2. Выбрать нужный формат из списка.
3. Определить имя файла списка цепей и выбрать **Save**.

Формат списка цепей TraxMaker

TraxMaker является мощной программой создания печатных плат и их авто трассировки. Она полностью совместима с CircuitMaker, и предназначена для их совместной работы, образуя единую систему сквозного проектирования. Следующий пример описывает формат TraxMaker:

| | |
|---------------|--|
| [| Выделяет начало описания каждого компонента. |
| U8 | Область обозначения компонентов. |
| DIP16 | Указывает описание корпуса, типа или образца (Package область). Идентичное описание требуется в компонентной библиотеке TraxMaker. |
| 74LS138 | Отображает имя компонента или величину. |
| Пустая строка | Левый пробел для будущей вставки, используются обычно три пустых строки. |
|] | Выделяет конец описания компонента. |
| (| Выделяет начало каждой цепи. |
| NETU5_5 | Название цепи. |
| U5-5 | Отображает номер вывода обозначенного компонента. Номера выводов в назначенных библиотечных компонентах TraxMaker должны им соответствовать. |
| U8-3 | Указывает другой вывод. |
|) | Выделяет конец цепи. |

Необходимо отметить, что описания цепей отличны от описаний компонентов использованием круглых, а не квадратных скобок.

Передача схемы в TraxMaker

Поскольку CircuitMaker и TraxMaker плотно интегрированы для совместной работы, можно автоматически экспортировать список цепей, определять рабочую область, управлять размещением компонентов, используя **Export PCB Netlist** кнопку в CircuitMaker. Чтобы передать схему из CircuitMaker в TraxMaker:

1. Выбрать пункт **File > Export > PCB Netlist** или нажать кнопку в инструментарии, чтобы отобразить диалоговое окно.
2. Выбрать **TraxMaker** из списка, который выбран по умолчанию.
3. Определить выбор пунктов описанных ниже.

Run TraxMaker and Load Netlist – экспортирование текущего открытого файла .СКТ в .NET формат, запуск TraxMaker и загрузка списка цепей. Если CircuitMaker не может найти исполняемый файл TraxMaker, используйте **Find TraxMaker** кнопку для поиска.

Create Keep-Out Layer – этот выбор используется, чтобы оставаться в пределах определённого размера печатной платы при авто размещении компонентов и авто трассировки списка цепей.

Board Size in Mils – этот выбор используется для определения размера печатной платы.

Automatically Place Components – этот выбор активизирует функцию авто размещения компонентов на плате, которая использует несколько стратегий при размещении. При авто размещении компоненты сначала группируются, затем группы размещаются с использованием сетки размещения.

8. Моделирование дефектов

Использование системы CircuitMaker в образовательных целях позволяет устанавливать неисправные устройства в схеме. Это позволяет создавать диагностические упражнения для студентов. Например, можно создать рабочие цепи из неисправных устройств, создавая короткие замыкания, обрывы или другие дефекты

на выбранных выводах устройств. Дефектные данные могут защищаться паролем для ограничения доступа студента. Дефекты могут добавляться как к цифровым, так и аналоговым цепям.

9. File меню

File меню содержит команды, чтобы открывать, сохранять и печатать схемы и графики сигналов.

New

Выбор **New** удаляет текущую схему из рабочей области для создания новой схемы. Если в рабочей области присутствует не сохранённая схема при выборе этой команды, то обязательно будет запрос на сохранение текущей схемы.

Open

Выбор **Open** закрывает текущую схему и загружает другую в рабочую область. Если в рабочей области присутствует не сохранённая схема при выборе этой команды, то обязательно будет запрос на сохранение текущей схемы. Диалоговое окно отображает список файлов, чтобы выбрать и загрузить схему в рабочую область. По умолчанию используется файловое расширение **.CKT**. Файлы схем созданные более старыми версиями CircuitMaker имеют расширение **.CIR**. Чтобы открывать эти файлы, выберите файловый тип расширения **.CIR**. Когда эти файлы открываются, они преобразовываются в новый формат и сохраняются с расширением **.CKT**.

Reopen

Использование **Reopen** команды позволяет быстро открывать любую из 8-и последних загружаемых схем. Если были сделаны изменения в текущей схеме, то будет запрос на сохранение схемы перед закрытием.

Merge

Merge опция позволяет объединять схему, сохранённую на диске со схемой в рабочей области. Эта команда полезна тем, что позволяет сохранять часть схемы на диск, затем использовать её многократно по мере необходимости, не создавая всякий раз её заново.

Выбрать **Merge** и выбрать схему, которую нужно добавлять к рабочей области. Схема будет установлена в верхнем левом углу экрана, её необходимо позиционировать в рабочей области.

Close

Использованием **Close** закрывается текущее открытое окно. Если сделаны изменения в текущей схеме, то будет запрос на сохранение схемы перед закрытием.

Save

Выбор **Save** сохраняет текущую схему в рабочей области с использованием текущего имени. Если схема сохраняется под название **UNTITLED.CKT**, то выводится диалоговое окно для назначения имени.

Save As

Выбор **Save As** позволяет сохранять текущую схему под другим именем. CircuitMaker отображает диалоговое окно для выбора пути и имени файла до восьми символов. Схема сохраняется в ASCII формате с расширением **.CKT**.

Revert

Выбор **Revert** отменяет любые изменения сделанные на схеме, загружая в рабочую область, прежде сохранённую версию. CircuitMaker выводит диалоговое окно запроса подтверждения возврата к последней сохранённой версии.

Import > Simulate Spice Netlist

Используя этот выбор можно импортировать и имитировать **Spice** список цепей созданных в других имитационных программах. При использовании этой функции CircuitMaker не отображает чертёж схемы, а

выполняет моделирование, отображает окно результатов анализа, внизу **Panel** можно выбирать другие переменные для отображения. Чтобы импортировать и имитировать **Spice** список цепей:

1. Выбрать пункт **Import > Simulate Spice Netlist**.
2. Выбрать файл с **.NET** расширением и нажать **Open**.
3. Выбрать переменную или переменные из списка внизу **Panel**, затем выбрать **Show**.
4. Вычерчивается график для выбранной переменной.
5. Использование **Show** и **Hide** кнопок просматриваются другие графики.

Export

CircuitMaker позволяет экспортировать ряд файлов и форматов, включая схемы и графики, PCB и **Spice** списки цепей.

Bill of Materials

Список материалов содержит информацию о количестве и типе используемых компонентов в схеме. При необходимости можно экспортировать список материалов в текстовый файл.

Schematic Print Setup

Выбор **Schematic Print Setup** позволяет масштабировать выходную печать от 10% до 1000%, и выбирать печать между черно-белым или цветным. Можно выбирать тип принтера, бумажный размер, страничную ориентацию и другие свойства принтера, нажимая **Printer** кнопку. Использование **Fit to Page** выбора в **Print Setup** диалоговом окне, автоматически масштабирует всю схему на печатаемую страницу.

Примечание: Бумажный размер, выбранный для принтера, определяет размер схемы в Circuit-Maker.

Print Schematic

Выбор **Print Schematic** даёт возможность отпечатать текущую схему на бумаге или в файле, диалоговое окно **Printer** позволяет выбирать желаемый вывод. Если схема слишком большая, чтобы уместиться на единственной странице, то автоматически схема будет разделена на блоки страничного размера печати. Установки принтера изменяются в зависимости от его типа.

Print Waveforms

Выбор **Print Waveforms** даёт возможность печатать графики сигналов на бумаге или сохранять их в файле. Печатаются только активные графики в окно анализа.

Exit

Выбор **Exit** закрывает программу CircuitMaker и возвращает в Windows. Если есть не сохранённые изменения, то будет запрос на сохранение.

10. Edit меню

Undo

Многие редактирующие команды CircuitMaker могут быть отменены, к ним относятся команды **Cut**, **Paste**, **Delete** и **Move**. Может быть отменено только самое последнее редактирование, и многие команды отменить уже не возможно, включая **Run**, **Single Step**, **Reset**, **Define New Macro**, **Expand Macro** и **Delete Macro**.

Cut

Использование **Cut** команды удаляет выбранные пункты в буфер, откуда могут быть вставлены в другое место.

Copy

Использование **Copy** команды копирует выбранные пункты в буфер, которые могут быть вставлены в другое место.

Paste

Paste выбор вставляет содержимое буфера в рабочую область CircuitMaker, и отображаемые пункты следуют за мышью по экрану. Курсор заменяется курсором вставки, указывая верхний угол области вставки. Когда пункты установлены в желаемой позиции, щелкните мышью, чтобы завершить вставку. Чтобы отменить вставку, дважды щелкните мышью.

Move

Использование **Move** выбора выполняет сразу **Cut** и **Paste**. Это позволяет быстро перемещать схему или часть схемы в новую позицию на экране. Связи с другими частями схемы будут потеряны.

Delete

Эта функция удаляет все выбранные пункты из рабочей области.

Duplicate

Выбор **Duplicate** делает копию всех выбранных пунктов. При выполнении команды копии выбранных пунктов следуют за мышью по экрану. Курсор заменяется курсором вставки, указывая верхний угол области вставки. Когда пункты установлены в желаемой позиции, щелкните мышью, чтобы завершить дублирование.

Copy to Clipboard

Это меню позволяет копировать схемы или графики сигналов в буфер для размещения в других приложениях.

Copy to Clipboard > Schematic

Выбор **Copy to Clipboard > Schematic** копирует схему в буфер в одном из трех форматов:

- Windows Metafile
- Device Independent Bitmap
- Device Dependent Bitmap

Выбор **File > Export > Schematic Options** определяет желаемый формат. Эта функция позволяет позже вставлять содержимое буфера в графические программы для дальнейшей обработки, распечатки и т.п. После выполнения команды появляется сообщение, что схема скопирована в буфер.

Copy to Clipboard > Waveforms

Использование **Edit > Copy to Clipboard > Waveforms** копирует содержимое цифрового окна графиков или окна анализа в системный буфер в одном из трех форматов:

- Windows Metafile
- Device Independent Bitmap (только для цифровых схем)
- Device Dependent Bitmap (только для цифровых схем)

Выбрать **File > Export > Options**, чтобы определить желаемый формат. При копировании графиков в буфер выводится сообщение о копировании.

Select All

Эта опция выбирает все пункты в рабочей области. Это полезно когда необходимо вырезать, копировать или перемещать всю схему.

Find and Select

Использование **Find and Select** характеристики позволяет производить поиск устройств и их выбор в рабочей области, используя узловые имена, обозначения, величины или символьные имена. Если CircuitMaker находит устройство, которое соответствует описанию поиска, оно выделяется.

Например, если **Spice** сообщение указывает на проблему в узле **c7_2** схемы, эта команда поможет найти данный узел. Все провода, подключенные к этому узлу, будут выделены. Можно также производить поиск многочисленных устройств. Например, чтобы выбрать все транзисторы, ввести **Q*** в области обозначения.

Rotate

Этот пункт меню аналогичен действию **Rotate** кнопки в инструментарии.

Mirror

Этот пункт меню аналогичен действию **Mirror** кнопки в инструментарии.

Straighten Wires

Если провода на схеме имеют многократные изгибы, эта опция позволяет быстро оптимизировать некоторые "перегибы" без необходимости ручной регулировки. Чтобы спрямлять провода:

1. Выбрать провод для спрямления.
2. Выбрать пункт **Edit > Straighten Wires**.

Place Node Label

Эта команда позволяет устанавливать узловые этикетки в цепях схемы.

Set Label Positions

Эта команда автоматически устанавливает этикетки для всех выбранных устройств в их стандартные позиции.

Set Designations

Выбор **Edit > Set Designations** отображает **Set Designations** диалоговое окно. Использование этой функции позволяет перенумеровать обозначения устройств, которые уже установлены на схеме. Можно перенумеровать все устройства или группу выбранных устройств.

Эта опция полезна, если все устройства на схеме или конкретная группа устройств, должны иметь обозначения в определённом диапазоне чисел. Например, необходимо перенумеровать все резисторы в схеме как R40, R41, R42, R43, и так далее. Чтобы перенумеровать обозначения устройств:

1. Ненужно делать выбор устройств, если необходимо перенумеровать все устройства на схеме.
или
Выбрать группу устройств, удерживая левую кнопку мыши и охватывая нужные устройств.
- или
Придерживая **Shift** клавишу щелчком выбрать нужные устройства.
2. Выбрать пункт **Edit > Set Designations**.
3. Ввести число в **Starting Number** текстовое окно.
4. Выбрать **All**, если необходимо перенумеровать все устройства.

или

Выбрать **Selected Devices**, чтобы перенумеровать только выбранные устройства.

5. Отметить **Show Device Designations**, чтобы обозначения появились на схеме, и нажать **OK**.

Можно установить префикс обозначения для индивидуальных устройств, используя **Device Properties** диалоговое окно.

Set Prop Delays

Использование **Edit > Set Prop Delays**, только для цифрового логического моделирования, позволяет изменять задержку распространения всех выбранных устройств. Задержка устройства определяется числом имитационных меток, которые она принимает, пока сигнал распространяется от входа до выхода устройства.

1. Отметить устройство, затем выбрать пункт **Edit > Set Prop Delays** для отображения диалогового окна.
2. Ввести новую величину задержки, затем нажать **OK**.

По умолчанию задержка для всех устройств установлена в единицу (1), используя **Set Prop Delays** можно изменять эту величину от 1 до 14.

Group Items

Используя этот выбор можно определять устройства, которые содержатся в пределах одного корпуса. Например, компонент 7400 содержит в одном корпусе четыре 2-х входных NAND элемента, которые имеют различные номера выводов. Индивидуальные элементы группируются автоматически по мере установки в схему, можно перегруппировать элементы, используя эту опцию. Чтобы группировать элементы:

1. Выбрать элементы, которые необходимо сгруппировать в один корпус.
2. Выбрать пункт **Edit > Group Items**.

11. View меню

Меню **View** даёт возможность управления отображением пунктов и инструментов.

Panel

Использование выбора **Panel** позволяет отображать или скрывать панель. **Panel** в левой области окна содержит **Browse**, **Search**, **Digital** и **Wave** закладки. Скрытие **Panel** увеличивает рабочую область.

Toolbar

Использование выбора **Toolbar** отображает или скрывает инструментальное меню.

Status Bar

Использование выбора **Status Bar** отображает или скрывает полосу статуса. Полоса статуса находится в нижней части рабочей области CircuitMaker и используется для отображения информации как, например, имитационного прогресса и описания текущего вида моделирования.

Collapse Device Tree

Команда **Collapse Device Tree** позволяет быстро сворачивать структуру дерева просмотра устройств.

Schematic

Один из четырех возможных типов отображения. Этот тип отображает только схему.

Waveforms

Этот тип отображает только графики.

Split Horizontal

Этот тип отображает горизонтально схему и графики.

Split Vertical

Этот тип отображает вертикально схему и графики.

Display Scale

Эта функция позволяет изменять масштаб отображения схемы.

Normal Size/Position

Эта функция восстанавливает 100% масштаб отображения и перемещает горизонтальный и вертикальный бары в их нулевые позиции.

Refresh Screen

Выбор **Refresh Screen** перерисовывает рабочую область со схемой. Эта необходимость возникает при редактировании схемы, когда необходимо убрать всякий мусор в рабочей области.

12. Options меню

Options меню содержит команды управления отображением, редактированием и имитацией.

Schematic

Выбор **Schematic** позволяет определять и изменять различные установки в CircuitMaker для создания схем. Установки по умолчанию сохраняются в файле **Cirmaker.dat**.

Arrow/Wire

Этот выбор позволяет создавать провода, щёлкая на выводах устройств используя средство **Arrow Tool**. Нельзя создавать провода из середины других проводов, используя **Arrow Tool**, это можно сделать только

средством **Wire Tool**. Этот выбор может быть использован как для автоматической, так и ручной разводки проводов.

Auto Refresh

Этот выбор позволяет управлять способом восстановления. Когда выбран **Auto Refresh**, экран перерисовывается автоматически после каждого редактирования схемы. Если этот выбор отключен, экран должен перерисовываться вручную при редактировании схемы.

Auto Repeat

Этот опция позволяет управлять выбором устройств из библиотеки. Если **Auto Repeat** отмечен, как только какое либо устройство будет выбрано из библиотеки и установлено, другое идентичное устройство автоматически будет готово для размещения. Этот процесс повторного размещения остается до тех пор, пока Вы не отмените его нажатием любой клавиши или двойным щелчком мыши. Если **Auto Repeat** отключен, Вы должны выбирать и устанавливать каждое устройство отдельно.

Prompt To Save

Если на схеме сделаны изменения, то может потребоваться сохранить изменения, прежде чем сделать моделирование. Если эта опция отмечена, то всякий раз при запуске моделирования CircuitMaker предупредит о необходимости сохранения схемы.

Quick Connect

Этот выбор позволяет просто устанавливать провод между выводами устройств, CircuitMaker проводит провод автоматически.

Single Click Connect

Этот выбор используется для ручной разводки проводов. Когда опция **Single Click** отмечена, завершение разводки провода производится одним щелчком мыши в любой точке связи. Можно также завершать провод в любой позиции двойным щелчком, даже если конец провода не в правильной точке связи. Когда этот выбор отключен, то необходим двойной щелчок, чтобы завершить провод. Завершение провода двойным щелчком разрешается при очень близком расстоянии к другим проводам или выводам.

Show Bus Labels

Этот выбор отображает этикетки на шинах до 5 текстовых символов, устанавливая небольшие текстовые окна в конце каждой шины, и также отображает имя каждого провода связанного с шиной.

Show Node Names

Этот выбор отображает название каждого узла в схеме. Имя отображается в центре самого длинного проводного сегмента каждого узла. Узловые имена, которые определены CircuitMaker, используются для имитационных целей и для PCB. Они также включаются в имена графиков в окне анализа.

Show Page Breaks

Этот выбор отображает страничное разделение многостраничной схемы при отправке на принтер. Выбор **Show Page Breaks** также полезен при позиционировании схемы на единственной странице. Разделители страниц, отображаемые на экране, определяются выбором принтера, размером бумаги и коэффициентом масштабирования. Масштаб может корректироваться визуальным перемещением разделителей страниц мышью.

Show Pin Dots

Этот выбор позволяет управлять видимостью связи между проводами и устройствами с целью контроля. Если сделан этот выбор, то каждый вывод устройства, к которому подключен провод будет иметь небольшую точку в месте связи.

Show Prop Delays

Использование **Show Prop Delays** отображает задержку распространения всех устройств на схеме. Величины задержки для каждого устройства будут показаны в пределах закругленного прямоугольника расположенного в центре каждого устройства. Некоторые устройства (генераторы, индикаторы, макромодели, и т.п.) не имеют параметров задержки, никаких величин отображаться не будет. В случае макромоделей задерж-

ка определяется индивидуально установленной задержкой каждого устройства содержащего в пределах макромодели.

Connection Area

Область связи определяется прямоугольником вокруг правильных точек связи. Свойство системы **SmartWire** позволяет подключать провод к нужной точке связи, даже если курсор не точно установлен в этой точке. Регулировкой **Size** определяется размер закрытой области в пикселях, которая появляется в точке связи прежде, чем провод будет подключен в эту точку. По умолчанию, курсор должен быть в пределах 3 пикселей от точки связи. Когда **Show** окно отмечено, всякий раз появляется прямоугольник вокруг области связи, когда вводится курсор в эту область.

Grid Setup

Использование **Visible** выбора установит сетку выравнивания в окне схемы. Сетка полезна в точном выравнивании объектов. Выбор **Snap To** позволит устанавливать новые устройства, которых ещё нет на схеме, согласно определенной сетке, а также позволяет перемещать уже установленные устройства согласно выбранной сетке, относительно их позиции.

Примечание: При установке устройств точно в сетке, устройство всегда остается в сетке независимо от перемещаемой позиции. Тем не менее, **Snap To** выбор не гарантирует выравнивание компонентных выводов. Большинство устройств в CircuitMaker разработаны для размера сетки в 9 точек.

Designations

CircuitMaker автоматически назначает обозначение на каждое новое установленное устройство. Использование этого выбора определяет стартовый номер обозначения, и отображения их на вновь установленных устройствах. Чтобы изменять выборы обозначения устройства:

1. Выбрать пункт **Options > Schematic**.
2. В **Designations** секции выбрать **Show for new devices**, чтобы показывать обозначения для всех вновь устанавливаемых устройств.
3. Определить стартовое число в **Starting** текстовом окне.

Устройства, которым устанавливаются обозначения с использованием стартового числа, используют свободное ближайшее число после определенного стартового номера. Например, если стартовое число 10, а схема уже содержит резисторы R10, R11, и R12, то следующему резистору назначается обозначение R13.

Border

Использование этого выбора устанавливает координатную границу вокруг схемы. Граница имеет числа сверху и низу, а также символы по обеим сторонам. Эта граница может быть полезной для быстрого определения специфических областей на схеме. Использование **Visible on screen** контрольного окна отображает границу в окне схемы.

Выбор **Do not print** отменяет видимость границы на схеме при печати на принтере. Выбор **Print around entire schematic** печатает общую границу для всех страниц схемы. Выбор **Print around each page** печатает границу на каждой странице схемы.

Device Font

Этот выбор позволяет определять шрифты для устройств, используемых в схемах CircuitMaker. Этот шрифт будет использован на всех этикетках устройств, имён проводов, имён выводов, и т.д. Он не влияет на свободный текст, который устанавливается с использованием **Text Tool**. CircuitMaker использует шрифт по умолчанию типа **Courier New**.

Circuit Fault Data

Выбор **Circuit Fault Data** кнопки даёт возможность выбора и модификации дефектных цепей схемы.

Text Font

Выбор **Text Font** кнопки изменяет шрифтовые атрибуты любой выбранной, свободно перемещаемой текстовой области, или определяет шрифт по умолчанию для нового текста. Чтобы изменять шрифт:

1. Выбрать свободный текст, щёлкнув на нём.
2. Выбрать пункт **Options > Schematic** и нажать **Text Font** кнопку.
3. Сделать желаемые изменения и нажать **OK**.

Title Block

Использование **Title Block** закладки позволяет добавлять окно названия к схеме в правом нижнем углу страницы. Блок названия содержит следующие области: **Name**, **Title**, **Revision**, **ID**, **Date** и **Page**. **Name** и **Title** области расширены в высоту, чтобы оперировать многочисленными колонками текста. Если оставить **Name** или **Title** области пустыми, CircuitMaker исключает их из блока названия. Блок названия увеличивается по ширине согласно длине вводимого текста. Можно напечатать блок названия на первой странице, на последней странице или на всех страницах. К тому же, можно напечатать полный блок названия на первой странице и сокращенный блок без **Name** и **Title** областей на последующих страницах.

Colors

Использование закладки **Colors** позволяет выбирать цвета связанные с некоторыми функциями и объектами. Некоторым устройствам могут быть назначены цвета на индивидуальной основе, другим назначаются глобальные цвета. Следующий пример показывает, как изменить назначенный по умолчанию цвет для **LED**. Чтобы изменить цвет по умолчанию для всех новых **LED**:

1. Выбрать пункт **Options > Schematic** и нажать **Colors** закладку.
2. Щёлкнуть в цветной прямоугольник около **LED**.
3. Выбрать новый цвет и нажать **OK**.

Чтобы изменить цвет одного **LED**:

1. Установить **LED** устройство на схему.
2. Из меню правой кнопки на **LED** выбрать пункт **Device Color**. Выбрать желаемый цвет и нажать **OK**.

Save current settings as defaults

Когда отмечено это контрольное окно, все текущие изменения в **Schematic Options** диалоговом окне будут сохранены как установки по умолчанию. Эти установки будут использоваться при каждом запуске CircuitMaker или создании новой схемы.

Cursor Tools

Это субменю обеспечивает альтернативным выбором **Arrow**, **Wire**, **Text**, **Delete**, **Probe** и **Zoom** инструментальных средств.

Schematic Display Data

Эта функция позволяет временно аннулировать установки отображения каждого устройства в схеме. Кнопки на верху каждой колонки быстро изменяют установки для всей колонки, или можно изменять индивидуальные пункты, отмечая кнопки.

Device Display Data

Эта функция позволяет быстро изменять установку видимости пунктов всех выбранных устройств.

Library Location

Определение пользователем путей к директориям, используемым в CircuitMaker. **Models Directory** указывает путь расположения библиотек **Spice** моделей. **User Library File** указывает путь и файловое имя библиотеки символов компонентов. **Circuits Directory** указывает путь хранения файлов схем.

Примечание: Файлы **Devicedb.dat**, **Hotkeydb.dat** и **Symboldb.dat** должны быть в том же директории где находится файл **User.lib**.

13. Macros меню

Использование команд в **Macros** меню значительно расширяет возможности CircuitMaker, чтобы удовлетворять самые высокие потребности пользователей. Эта глава описывает использование возможностей системы для создания, редактирования и манипулирования устройствами макро.

New Macro

Выбор **New Macro** используется для создания нового схемного символа и добавления его к библиотеке. Если есть открытая схема, то CircuitMaker запрашивает о сохранении схемы как устройства макро. Устройство

макро сохраняется в файле USER.LIB и после этого доступно для использования в любой схеме или в других макро устройствах.

Edit Macro

Для редактирования макро устройств:

1. Расширить символ макро устройства, выделив его и выбрав пункт **Macros > Expand Macro**.

Примечание: Когда устройство расширено, рабочая область будет очищена, необходимо сохранить схему заблаговременно.

2. Щёлкнуть в расширенный символ макро, чтобы выбрать его.

3. Выбрать пункт **Macros > Edit Macro**, чтобы редактировать имя, данные устройства или символа.

Можно также дважды щёлкнуть в расширенный символ устройства средством **Arrow Tool**.

Если существующее макро устройство расширено и сохранено под новым именем, сохраняемое новое макро устройство не перезаписывает исходное устройство. Если никаких расширенных макро устройств не присутствует в рабочей области, **Edit Macro** пункт меню будет не доступен.

Save Macro

Использование **Macros > Save Macro** выбора позволяет сохранять или перезаписывать макро устройства. Существующее устройство, сохраняемое этим способом, будет установлено в своей оригинальной позиции в библиотеке устройств. Все устройства требуют **Major Device Class** обозначения. При использовании **Save Macro** выбора для сохранения нового устройства, CircuitMaker отображает **Macro Utilities** диалоговое окно, для определения **major** и **minor class**. Чтобы сохранять существующие макро устройства в новой позиции, посмотреть описание **Macro Utilities** в этой главе ниже. Для сохранения устройств под другим именем, используется пункт **Edit Macro**. Устройства макро сохраняются в **USER.LIB** файле.

Expand Macro

Выбор **Macros > Expand Macro** должен использоваться для редактирования прежде сохранённых макро устройств. Расширение устройства означает, что "черный ящик", содержащий электрическую схему, открыт и вся внутренняя электрическая схема видима.

Примечание: Большинство устройств CircuitMaker не являются устройствами макро и не могут быть расширены. Чтобы расширить макро:

1. Щёлкнуть в макро устройство для выбора.
2. Выбрать пункт **Macros > Expand Macro**. Появляется предупреждение, что расширение макро очистит рабочую область.

Примечание: Если имеется не сохранённая схема, нажать **Cancel** кнопку для прерывания расширения, сохраните текущую рабочую область, и затем выбрать **Expand Macro**. Если не нужно сохранять рабочую область, нажать **OK** для завершения расширения макро.

3. Сделать изменения в расширенном макро, используя доступные средства редактирования.

4. После завершения изменений в макро выбрать пункт **Macros > Save Macro**.

Macro Lock

Этим пунктом инструктор может запереть макро, чтобы он не был доступен студентам для расширения, создавая таким образом "черный ящик".

Macro Utilities

Macro Utilities опция отображает диалогового блок, который допускает сохранение, расширение или удаление макро.

Save Macro

Кнопка **Save Macro** позволяет сохранять или перезаписывать макро устройство. Если в рабочей области нет макро устройства, эта кнопка будет не активна. Чтобы сохранить макро устройство:

1. Выбрать **major** и **minor** классы, чтобы указать место сохранения в библиотеке устройств.

Примечание: Можно добавлять новые **major** и **minor** классы, вводя новое имя в **Major Device Class** и **Minor Device Class** текстовые области.

2. Нажать **Save Macro**.

CircuitMaker сохраняет макро устройство в **USER.LIB** файле и очищает рабочую область.

Class Selected Device

Используя **Add** и **Remove** кнопки в **Class Selected Drive** разделе, можно перемещать устройства в другие **major** и **minor** классы. Для использования этого раздела:

1. Выбрать устройство в окне схемы.
2. Выбрать пункт **Macros > Macro Utilities**.
3. Выбрать **major** и **minor** классы устройств из списка.
4. Нажать **Add**, чтобы добавить устройство к выбранным классам.

или

Нажать **Remove**, чтобы удалить устройство из выбранных классов.

Если устройство удаляется из всех классов, оно будет включено в **User Defined major** класс. Чтобы удалить устройство полностью, используется **Delete Macro** функция.

Expand Macro

Использование **Expand** кнопки в **Expand/Delete Macro** разделе, выполняет функцию описанную выше. Чтобы расширять макро устройство, выбрать макро и нажать **Expand** кнопку.

Delete Macro

Использование **Delete** кнопки в **Expand/Delete Macro** разделе, удаляет макро устройство из **USER.LIB** файла.

Предупреждение: Нет возможности открывать схемы, которые используют макро удалённое из библиотеки, необходимо создать новое макро с тем же именем.

Чтобы удалить макро устройство:

1. При необходимости сохранить рабочую область.
- Когда удаляется макро, рабочая область будет очищена.
2. Рекомендуются сделать копию **USER.LIB** файла перед созданием или удалением макро на случай, если что-то пойдёт неправильно и будет необходимость восстановить оригинальную библиотеку.

Примечание: Большинство устройств указанных в **Macro Utilities** окне используются в **DEVICE.LIB** файле и не могут удаляться.

3. Выбрать макро.
4. Нажать **Delete Macro**.

Model Data

Кнопка **Model Data** в **Macro Utilities** диалоговом окне используется для добавления новой **Spice** модели в библиотеку CircuitMaker. Эта кнопка отображает диалоговое окно, которое позволяет устанавливать новые ссылки файла модели для выбранного символа.

Macro Copier

Следующий пример показывает, как использовать **Macro Copier** для копирования макро в новую версию **USER.LIB**.

1. Выбрать пункт **Macros > Macro Copier** для отображения диалогового окна.
 2. Нажать внизу слева **Open** кнопку для отображения диалогового окна.
- CircuitMaker делает запрос.
3. Если копируется устройство созданное пользователем, нажать **Yes**.
 4. Выбрать файл, из которого макро будут копироваться.
 5. Нажать внизу справа **Open** или **New** кнопку, чтобы отобразить **Open** или **Save As** окно.
 6. Выбрать файл, в который макро будет скопирован.

Это обычно **USER.LIB** файл в директории CircuitMaker.

7. Выбрать макро для копирования из левого файлового списка. Если макро уже существует с тем же именем в правом списке, CircuitMaker его удалит.
8. Нажать **>>>Copy>>>** кнопку.

Необходимо подсказать CircuitMaker информацию относительно предполагаемого имитационного режима для устройства. Если устройство может быть использовано в цифровом моделировании, необходимо отметить **Digital** окно, если может использоваться в аналоговом моделировании, отметить **Analog** окно. Если устройство может быть использовано в любом имитационном способе, отметить оба окна.

Save ASCII Library

Использование **Save ASCII Library** переписывает к настоящему времени загруженный **USER.LIB** файл в файл ASCII. CircuitMaker отображает диалоговое окно для ввода имени файла ASCII. В этом формате сохраняемые Windows метафайлы или побитовые отображения могут быть потеряны, и заменены простым прямоугольником. Выводы, тем не менее, остаются целыми. Формат ASCII используется для преобразования между 16 и 32-битовыми системами. Эта библиотека может быть преобразована в двоичный формат выбором **Macros > Convert ASCII Library**.

Convert ASCII Library

Использование **Convert ASCII Library** преобразовывает библиотечный файл пользователя ASCII, созданного командой **Save ASCII Library**, в двоичный формат. CircuitMaker отображает диалоговое окно ввода имени библиотечного файла ASCII, который нужно преобразовывать. Затем необходимо определить имя нового двоичного файла. Этот выбор предусмотрен для совместимости между 16 и 32-битовыми системами.

Update Search List

Использование этой функции обновляет **SEARCHDB.DAT** файл. Нормально, **SEARCHDB.DAT** файл при необходимости корректируется автоматически. Если по какой либо причине список поиска устройств кажется неправильным или устарелым, необходимо его обновить выбором **Macros > Update Search List**.

14. Simulation меню

Simulation меню содержит опции, которые позволяют выбирать имитационный тип и параметры анализа.

Analog Mode

Этот пункт используется для выбора смешанного имитационного способа.

Digital Mode

Этот пункт используется для выбора цифрового имитационного способа.

Analyses Setup

Использование **Analyses Setup** диалогового блока поможет установить тип **Spice** анализа, а также имитационные параметры как, например, температура, допуски и т.п.

Check Pin Connections

Использование **Check Pin Connections** проверяет схему и сообщает об устройствах с неподключенными выводами.

Reset

Действует подобно **Reset** кнопки в инструментарии.

Step

Действует подобно **Step** кнопки в инструментарии.

Run/Stop

Действует подобно **Run/Stop** кнопки в инструментарии.

Trace

Действует подобно **Trace** кнопки в инструментарии.

Active Probe

Этот выбор позволяет измерять логические уровни с помощью **Probe Tool** и отображать в окне графики при цифровом логическом моделировании.

15. Wave меню

Это меню даёт доступ к командам управления графиками смешанных сигналов.

Fit Waveforms

Эта команда автоматически масштабирует **X** и **Y** оси всех графиков, чтобы они были установлены на общей шкале по максимальной амплитуде. Эту команду можно также выбрать из управляющего меню правой кнопки в окне графиков.

Zoom In

Эта команда увеличит вид графиков, регулируя как **X**, так и **Y** масштаб, поддерживая приближённый центр точки зрения. Эту команду можно также выбрать из управляющего меню правой кнопки в окне графиков.

Zoom Out

Эта команда уменьшит вид графиков, регулируя как **X**, так и **Y** масштаб, поддерживая приближённый центр точки зрения. Эту команду можно также выбрать из управляющего меню правой кнопки в окне графиков.

Preferences

Эта команда позволяет модифицировать по заказу пользователя вид и установки для окна анализа. Эту команду можно также выбрать из управляющего меню правой кнопки в окне графиков.

Colors

Foreground (значения осей), **Background** (фон), **Grid** (сетка) и **Selected Cursor** (выбор) цвета в окне анализа могут быть установлены по предпочтениям пользователя. Есть также две схемы окрашивания, используемые для самих графиков, но схемы CircuitMaker выбирает автоматически, основываясь на выбранном цвете фона. Одна схема предусмотрена для светлого фона, а другая для темного фона.

Print / Export Colors

Этот выбор определяет используемые цвета при печати графиков или экспорте в другие приложения. Тем не менее, если окно анализа имеет цветной фон, то на это уйдёт много дополнительных чернил или тонера. Второй выбор при печати использует белый фон, но с цветными графиками. Третий выбор при печати использует белый фон и черные графики. При выборе последнего пункта для идентификации графиков можно использовать **Show Designation Symbols** выбор.

Bold Waveforms

При выборе CircuitMaker сделает все графики двойной толщины. Это может быть полезным при печати или экспорте графиков на темном фоне.

Show Data Points

Включение этого выбора заставляет CircuitMaker небольшим кругом выделять каждую точку на графике, где **Spice** производил расчёт точки данных. CircuitMaker делает соединительные линии между этими точками данных, чтобы начертить график. Большее разрешение или меньший размер шага, который определяется при установке анализа, делает ближе расстояние между точками данных. Включение этого выбора может иногда быть очень полезным при отладке моделирования.

Show Designation Symbols

Символы обозначения могут быть полезны при установке графиков в одном цвете. Если графики показаны в индивидуальных ячейках, то все графики будут использовать квадратный символ. Если два или более графиков в одной ячейке, то будут использованы разные формы символов для каждого графика в этой ячейке.

Cell Height in pixels

Этот выбор устанавливает высоту каждой ячейки при отображении всех ячеек.

View

Выбор **Single Cell** или **All Cells** отображает график в одной ячейке или графики всех ячеек.

Apply to...

Этот список позволяет делать изменения в **Wave Preferences** диалоговом окне только для активного графика или для всех графиков.

Save current settings as defaults

Это контрольное окно предусмотрено для того, чтобы установки сделанные в **Wave Preferences** были приняты как по умолчанию. Установки сделанные по умолчанию всякий раз принимаются автоматически при запуске CircuitMaker.

Scaling

Эта команда позволяет выбирать тип сетки для использования в окне анализа. Эту команду можно также выбрать из управляющего меню правой кнопки в окне графиков.

X Scale

АС графики могут быть отображены в линейном или логарифмическом масштабе. Другие графики отображаются только в линейном масштабе.

Y Axis

Графики АС анализа могут быть отображены в различных типах сетки, включая: **Real**, **Imaginary**, **Magnitude**, **Magnitude** в децибелах, **Phase** в градусах, **Phase** в радианах и **Group Delay**. Два различных типа сетки могут отображаться одновременно. Другие графики отображаются только в **Real** сетке.

Math

Эта опция позволяет создавать новые графики, базируясь на математических выражениях. Эту команду можно также выбрать из управляющего меню правой кнопки в окне графиков.

Store

Эта команда позволяет сохранять графики в файле для будущей ссылки. Эту команду можно также выбрать из управляющего меню правой кнопки в окне графиков.

Recall

Эта команда позволяет восстановить исходные графики. Эту команду можно также выбрать из управляющего меню правой кнопки в окне графиков.

Save As Text

Эта команда позволяет экспортировать графики для использования в других приложениях. Эту команду можно также выбрать из управляющего меню правой кнопки в окне графиков.

16. Основы SPICE

Эта глава обсуждает стратегии диагностики **Spice** сходимости, выбора **Spice** переменных и элементарных устройств.

Диагностика сходимости SPICE

Spice3 использует одновременные линейные уравнения, выраженные в матричной форме, для определения постоянного напряжения и тока в каждой точке схемы в каждом шаге моделирования. Схема сводится к массиву электропроводимости установленной в матрице, чтобы формировать уравнения ($G * V = I$). Когда в цепь включены нелинейные элементы, **Spice** использует множественную итерацию линейных уравнений для линеаризации. **Spice** инициализирует узловые напряжения, затем вычисляет базовые токи в зависимости от проводимости цепей схемы, затем, используя рассчитанные токи, пересчитывает узловые напряжения и цикл повторяется. Этот цикл сохраняется пока узловые напряжения, и базовые токи находятся в пределах определенных допусков.

Тем не менее, если напряжение или ток не сходятся в пределах определенного количества итераций, **Spice** выдаёт сообщение об ошибке как, например, “singular matrix”, “Gmin stepping failed”, “source stepping failed” или “iteration limit reached” и отказывается от моделирования. **Spice** использует результаты каждого имитационного шага как основу для следующего шага. Если при выполнении **Transient** анализа **Spice** не может найти решение, используя определенный временной шаг, временной шаг будет автоматически уменьшаться, а цикл повторяться. Если временной шаг уменьшен до предельного значения, **Spice** отображает сообщение “Timestep too small” и отказывается от моделирования. Использование **Analog Options** диалогового окна, позволяет определять допуски и ограничения итерации для различных типов анализа.

OP анализ может не сходиться по различным причинам. Например, инициализируемое узловое напряжение может быть слишком далеко от реального, цепь может быть неустойчивой или бистабильной (более чем одно решение в уравнениях), могут быть проблемы в моделях, или цепь может содержать нереальные полные сопротивления.

Необходимо использовать следующие методы, чтобы решать проблемы сходимости. Когда есть проблема сходимости, сначала идентифицируется, какой анализ вызывает проблему. Необходимо иметь в виду, что **OP** анализ обычно выполняется автоматически перед каждым типом анализа, даже если он отключен в **Analyses Setup** диалоговом окне. Необходимо начать с шага **1**, затем рассмотреть требуемые рекомендации и разрешить ошибку.

Решения неудачного OP анализа

1. Проверить топологию цепей и связей:
 - Убедиться, что цепи правильно разведены. Изолированные узлы и выводы компонентов от других узлов схемы не допустимы. Использование **RSHUNT** выбора может решить эти проблемы.
 - Не путать нули с символом **O**.
 - Использовать соответствующие **Spice** множители (**MEG** вместо **M** для **1E+6**).
 - Не делать пробелов между величиной и множителем (**1.0uF**, а не **1.0 uF**).
 - Каждая цепь и каждый узел в цепи должны иметь утечку тока на землю. Убедиться, что цепи не изолированы от земли трансформаторами, конденсаторами, и т.п.
 - Нет последовательно включенных конденсаторов или источников тока.
 - Нет параллельно включенных индуктивностей или источников напряжения.
 - Убедиться, что все устройства и источники установлены в их точных значениях.
 - Убедиться, что все зависимые источники имеют корректное значение усиления.
 - Убедиться, что все модели и макромодели правильно определены.
2. Увеличить **ITL1** до **300** в **Analog Options** диалоговом окне. Это определит прохождение **OP** анализа через большую серию итераций.
3. Добавление **.NODESET** устройств. Если начальные узловые напряжения далеки от реальных значений, **.NODESET** устройство может быть установлено в узел, чтобы определить более реальную величину начального напряжения.
4. Добавление сопротивлений и использование **OFF** ключевого слова. Определить последовательные параметры сопротивления в моделях и увеличить **GMIN** выбор с показателем **10**. Определить начальные условия для полупроводниковых устройств, особенно диодов, как **OFF**.
5. Использование начальных условий. Определить **UIC** контрольное окно для **Transient Analysis** в **Analyses Setup** диалоговом окне. Установить **.IC** устройства в схеме или использовать прилагаемые начальные условия, чтобы помочь на начальных этапах **Transient Analysis**.

Решения неудачного DC анализа

1. Проверить топологию цепей и связей. Посмотреть общие ошибки, указанные под шагом **1** выше.
2. Увеличить **ITL2** до **200** в **Analog Options** диалоговом окне. Это определит прохождение **DC** анализа через большую серию итераций в каждом шаге.
3. Сделать входную пошаговую **DC** развертку с увеличением или уменьшением шага. Если нарушения существуют в моделях устройств, возможное между линейными регионами и насыщением модели, повышение размера шага может решить проблемы моделирования, чтобы переступить прерываемость. Получение меньших шагов тоже может помочь моделированию, чтобы разрешить нарушения быстрых переходных напряжений.

4. Не использовать **DC** анализ. Некоторые проблемы, например гистерезис не могут быть решены **DC** анализом. В таких случаях более эффективно использование **Transient Analysis** с подходящими силовыми источниками.

Решения неудачного Transient анализа

1. Проверить топологию цепей и связей. Посмотреть общие ошибки, указанные под шагом 1 выше.
2. Установить **RELTOL** как **0.01** в **Analog Options** диалоговом окне. Увеличивая допуск итерации от **0.001** уменьшением точности, повышает вероятность в сходимости решения, и моделирование завершится намного быстрее.
3. Увеличить **ITL4** до **100** в **Analog Options** диалоговом окне. Это определит прохождение **Transient Analysis** через большее число итераций для каждого временного шага.
4. Уменьшить допустимый уровень точности **ABSTOL/VNTOL** для тока/напряжения. Реальные цепи не могут требовать точность решений до **1μV** или **1пA**. Возможен допуск точности, по крайней мере, на порядок ниже самого низкого ожидаемого напряжения или тока в схеме.
5. Достоверно смоделировать схему. Добавить реалистичные паразитные параметры, особенно паразитные емкости. Использовать RC демпферы на диодах. Заменять модели устройств макромоделями, особенно для ВЧ и силовых устройств.
6. Увеличить время фронта/спада **Pulse Generators**. Даже самые лучшие генераторы импульсов не могут переключаться мгновенно.
7. Измените метод интегрирования на **Gear**. **Gear** интегрирование требует больше имитационного времени, но более стабильно, чем **trapezoidal** метод. **Gear** интегрирование особенно полезно в цепях, которые колеблются или имеют обратные связи.

Выбор SPICE переменных

Использование **Spice** переменных управляет определенными аспектами моделирования как, например, пределы итерации, температура и т.п. Чтобы изменять величину **Spice** переменных:

1. Выбрать пункты **Simulation > Analyses Setup > Analog Options** для отображения **Analog Options - Spice Variables** диалогового окна.
2. Выбрать переменную и набрать новую величину в **Option Value** области редактирования.
3. Если необходимо установить значение по умолчанию, занести звездочку в **Value** область редактирования.

Далее приводится список переменных и их эффект в моделировании.

| | |
|--------|---|
| ABSTOL | Устанавливает абсолютную допустимую ошибку тока в программе. $ABSTOL = RELTOL * (\text{минимальная величина тока в цепи})$. По умолчанию=1 пA. |
| CHGTOL | Допустимая ошибка расчёта заряда. По умолчанию=1.0e-14 Кулон. |
| DEFAD | Диффузионная площадь стока MOS транзистора. По умолчанию=0.0 М². |
| DEFAS | Диффузионная площадь истока MOS транзистора. По умолчанию=0.0 М². |
| DEFL | Длина канала MOS транзистора. По умолчанию=100.0 мкм. |
| DEFW | Длина канала MOS транзистора. По умолчанию=100.0 мкм. |
| GMIN | Минимальная проводимость или максимальное сопротивление ветвей в цепи. А также определяет величину проводимости, которая устанавливается параллельно с каждым p-n переходом в цепи. По умолчанию=1.0e-12 Сименс. |
| ITL1 | Устанавливает предел итераций ОР анализа. По умолчанию=100. Примечание: Может подниматься до 500 для многих цепей. |
| ITL2 | Устанавливает предел итераций DC анализа. По умолчанию=50. Примечание: Может подниматься до 200 для некоторых цепей. |
| ITL3 | Устанавливает более низкий предел итерации для Transient Analysis. По умолчанию=4. |
| ITL4 | Устанавливает предел итерации в каждой временной точке для Transient Analysis. По умолчанию=10. Note: Поднимая эту величину до 100 или более, может помочь устранять “timestep too small” ошибки, улучшать как сходимость, так и имитационная скорость. |
| ITL5 | Устанавливает общий предел итераций для Transient Analysis. По умолчанию=5000. |
| PIVREL | Устанавливает относительную величину элемента строки матрицы, необходимую для его выделения в качестве ведущего элемента. По умолчанию=1.0e-3. |

| | |
|--------------|--|
| PIVTOL | Устанавливает абсолютную величину элемента строки матрицы, необходимую для его выделения в качестве ведущего элемента. По умолчанию=1.0e-13. |
| RELTOL | Устанавливает допустимую относительную ошибку расчёта напряжений и тока в программе. По умолчанию как 0.001 (0.1%). |
| TEMP | Устанавливает фактическую рабочую температуру цепей схемы. Любое отклонение от TNOM произведет изменение в имитационных результатах. По умолчанию=27°C. |
| TNOM | Устанавливает номинальную температуру для которой созданы модели устройств. По умолчанию=27°C. |
| TRTOL | Устанавливает коэффициент, определяющий допустимую ошибку округления. По умолчанию=7.0. |
| VNTOL | Устанавливает абсолютный допуск ошибки напряжения в программе. VNTOL=RELTOL* (самая низкая величина напряжения в цепи). По умолчанию=1 µB. |
| BOOLL | Устанавливает низкий логического уровня. По умолчанию=0.0B. |
| BOOLH | Устанавливает высокий логического уровня. По умолчанию=4.5B. |
| BOOLT | Устанавливает входной уровень логического порога. По умолчанию=1.5B. |
| BADMOS3 | Использование старой версии MOS3 с параметром "kappa". По умолчанию=NO. |
| KEEPOPINFO | Сохраняет ОР информацию когда запущен АС анализ. По умолчанию=NO. |
| TRYTOCOMPACT | Применяется к LTRA модели. Использование компактной формы информации о распределении токов и напряжений в линии. По умолчанию=NO. |
| NOOPITER | Пропустить пошаговый GMIN алгоритм. По умолчанию=NO. |
| GMINSTEP | Устанавливает число шаговых GMIN алгоритмов. По умолчанию=10. |
| SRCSTEP | Устанавливает число шагов в пошаговом алгоритме источника для DC сходимости. По умолчанию=10. |
| ACCT | Вызывает статистику времени прогона для отображения. По умолчанию=NO. |
| LIST | Отображает список всех элементов в схеме со связями и величинами. По умолчанию=NO. |
| OPTS | Отображает список выбора параметров стандарта Spice3. По умолчанию=NO. |
| BYPASS | Допуск обходной схемы устройства для нелинейной оценки модели. По умолчанию=1. |
| MINBREAK | Устанавливает минимальное время между точечными разрывами. По умолчанию=0 сек. |
| MAXOPALTER | Устанавливает максимальное число чередований аналога/случая для DC сходимости. По умолчанию=0. |
| MAXEVTITER | Устанавливает максимальное число итераций случая для DC сходимости. По умолчанию=0. |
| NOOPALTER | Допускает DC чередования. По умолчанию=NO. |
| RAMPTIME | Элемент управления от времени независимых источников, конденсаторов и индуктивностей с начальными условиями от нуля до их финала, оцениваются через некоторый определенный период времени. По умолчанию=0.0 сек. |
| CONVLIMIT | Отключает алгоритм сходимости используемый в некоторых компонентных моделях. По умолчанию=NO. |
| CONVSTEP | Устанавливает предел относительного размера шага для DC сходимости кодовых моделей. По умолчанию=0.25. |
| CONVABSSTEP | Устанавливает предел абсолютного размера шага для DC сходимости кодовых моделей. По умолчанию=0.1. |
| AUTOPARTIAL | Разрешает автоматическое вычисление частичных производных для кодовых модулей XSpice. По умолчанию=NO. |
| PROPMNS | Коэффициент масштабирования, используемый для определения минимальной задержки распространения, когда фактическая величина не определена в SimCode модели. По умолчанию=0.5. |
| PROPMXS | Коэффициент масштабирования, используемый для определения максимальной задержки распространения, когда фактическая величина не определена в SimCode модели. По умолчанию=1.5. |
| TRANMNS | Коэффициент масштабирования, используемый для определения минимального времени перехода, когда фактическая величина не определена в SimCode модели. По умолчанию=0.5. |

| | |
|------------|---|
| TRANMXS | Коэффициент масштабирования, используемый для определения максимального времени перехода, когда фактическая величина не определена в SimCode модели. По умолчанию=1.5. |
| LOADMNS | Коэффициент масштабирования, используемый для определения минимальной входной погрузки или максимального входного сопротивления, когда фактическая величина не определена в SimCode модели. По умолчанию=1.5. |
| LOADMXS | Коэффициент масштабирования, используемый для определения максимальной входной погрузки или минимального входного сопротивления, когда фактическая величина не определена в SimCode модели. По умолчанию=0.5. |
| DRIVEMNS | Коэффициент масштабирования, используемый для определения максимального выходного сопротивления, когда фактическая величина не определена в SimCode модели. По умолчанию=1.5. |
| DRIVEMXS | Коэффициент масштабирования, используемый для определения минимального выходного сопротивления, когда фактическая величина не определена в SimCode модели. По умолчанию=0.5. |
| CURRENTMNS | Коэффициент масштабирования, используемый для определения максимального внутреннего сопротивления, когда фактическая величина не определена в SimCode модели. По умолчанию=1.5. |
| CURRENTMXS | Коэффициент масштабирования, используемый для определения минимального внутреннего сопротивления, когда фактическая величина не определена в SimCode модели. Default=0.5. |
| TPMNTYMX | Временное аннулирование глобального индекса задержки распространения в устройствах SimCode (0=default, 1=min, 2=typ, 3=max). |
| TTMNTYMX | Временное аннулирование глобального индекса временного перехода в устройствах SimCode (0=default, 1=min, 2=typ, 3=max). |
| LDMNTYMX | Временное аннулирование глобального входного индекса нагрузки в устройствах SimCode (0=default, 1=min, 2=typ, 3=max). |
| DRVMNTYMX | Временное аннулирование глобального выходного индекса нагрузки в устройствах SimCode (0=default, 1=min, 2=typ, 3=max). |
| IMNTYMX | Временное аннулирование глобального индекса тока потребления в устройствах SimCode (0=default, 1=min, 2=typ, 3=max). |
| SIMWARN | Ненулевая величина указывает, что предупреждающие сообщения SimCode могут быть отображены в течение моделирования. По умолчанию=0. |
| RSHUNT | Величина сопротивлений добавленных между каждым узлом и землёй, чтобы устранять проблемы ошибок как, например, “singular matrix”. По умолчанию=0. |
| ADCSTEP | Минимальный размер шага, требуемый для регистрации случая на входе внутреннего A/D преобразователя. По умолчанию=0.01 В. |

Модели устройств

Общая форма

.MODEL MNAME TYPE (PNAME1=PVAL1 PNAME2=PVAL2 ...)

Пример представления в списке цепей

.MODEL MOD1 NPN (BF=50 IS=1E-13 VBF=50)

Даже самым простым элементам цепи обычно требуется несколько величин параметров. Тем не менее, некоторым устройствам, конкретно полупроводниковым устройствам требуется множество величин параметров. Часто многие устройства в схеме определяются одними и теми же параметрами модели. По этим причинам набор параметров модели устройства определяется отдельной .MODEL строкой и назначается уникальное имя модели. Элементы устройств в **Spice** строке затем ссылаются на имя модели.

Для более сложных типов устройств каждая элементная строка содержит имя устройства, узлы с которыми устройство связано и имя модели устройства. Кроме того, для некоторых устройств могут быть определены другие дополнительные параметры: геометрические показатели и параметры инициализации.

MNAME в вышеуказанной общей форме это имя модели, и **TYPE** это один из следующих пятнадцати типов:

| | |
|----|-------------------------------|
| R | Сложная модель резистора |
| C | Сложная модель конденсатора |
| SW | Ключ, управляемый напряжением |

| | |
|------|---------------------------|
| CSW | Ключ, управляемый током |
| URC | Распределённая RC линия |
| LTRA | Линия с большими потерями |
| D | Модель диода |
| NPN | Модель NPN транзистора |
| PNP | Модель PNP транзистора |
| NJF | Модель NJFET транзистора |
| PJF | Модель PJFET транзистора |
| NMOS | Модель NMOS транзистора |
| PMOS | Модель PMOS транзистора |
| NMF | Модель NMES транзистора |
| PMF | Модель PMES транзистора |

Величины параметров определяются добавлением имени параметра сопровождаемого знаком равенства и величиной параметра. Не заданным величинам назначаются значения по умолчанию. Модели, параметры моделей и значения по умолчанию указаны в следующей секции вместе с описанием устройств.

Элементарные устройства

Каждое устройство, используемое в схеме, требует определенную информацию для **Spice** моделирования. Эта секция описывает каждый тип устройства и требуемую информацию. CircuitMaker обеспечивает этой информацией в **Spice** списке цепей.

Показанная здесь информация поможет лучше понять, как каждый компонент влияет на результаты моделирования цепи. Параметры, приложенные в "<>" символы являются дополнительными.

Резисторы

Общая форма

RXXXXXXX N1 N2 VALUE

Пример в списке цепей

R1 1 2 10K

Пример Spice данных

%D %1 %2 %V

N1 и **N2** – выводы элемента. Величина определяет сопротивление в Омах и может быть положительной или отрицательной, но не нуль. Если на **N1** более высокое напряжение, чем на **N2**, ток через резистор будет положительным, иначе отрицательным.

Сложные резисторы

Общая форма

RXXXXXXX N1 N2 <VALUE> <MNAME> <L=LENGTH> <W=WIDTH> <TEMP=T>

Пример в списке цепей

R1 1 2 10K

R3 5 6 RMOD L=12u W=1u

Пример Spice данных

%D %1 %2 %M TEMP=100

Пример Spice модели

.MODEL RMOD R (TC1=15E-6)

Это общая форма описания резистора, которая допускает моделирование температурных эффектов, вычисление фактической величины сопротивления из геометрической информации и спецификации процесса. Если параметр **VALUE** определен, геометрическая информация аннулируется. Если параметр **MNAME** определен, сопротивление может быть вычислено из информации модели **MNAME** и данных **LENGTH** и **WIDTH**. Если параметр **VALUE** не определен, параметры **MNAME** и **LENGTH** должны быть определены обязательно. Если параметр **WIDTH** не определен, принимается ширина, данная в модели по умолчанию. Дополнительная **TEMP** величина определяет рабочую температуру устройства и аннулирует температурную спецификацию в **Analog Options** диалоговом окне.

Параметры модели (R)

Доступные параметры:

| | | | |
|-----|----------|--------|--------------|
| Имя | Параметр | Размер | По умолчанию |
|-----|----------|--------|--------------|

| | | | |
|--------|------------------------------------|--------------------|------|
| TC1 | температурный коэфф. сопротивления | Ом/°C | 0.0 |
| TC2 | квадратичный температурный коэфф. | Ом/°C ² | 0.0 |
| RSH | удельное сопротивление | Ом/м ² | - |
| DEFW | ширина по умолчанию | м | 1e-6 |
| NARROW | сужение из-за бокового травления | м | 0.0 |
| TNOM | температура измерения параметров | °C | 27 |

Удельное сопротивление использует параметры сужения, **L** и **W** резистора, чтобы определить номинальное сопротивление по формуле:

$$R = RSH (L - NARROW) / (W - NARROW)$$

Параметр **DEFW** используется по умолчанию для **W**, если он не определён в устройстве. Если также не определены параметры **RSH** или **L**, используется стандартная величина сопротивления по умолчанию **1kОм**. **TNOM** используется, чтобы аннулировать величину, данную в **Analog Options**, когда параметры этой модели измерены при другой температуре. После того, как номинальное сопротивление будет вычислено, то с учетом температуры сопротивление определяется формулой:

$$R(T) = R(T_0) [1 + TC1 (T - T_0) + TC2 (T - T_0)^2]$$

Конденсаторы

Общая форма

CXXXXXXX N+ N- VALUE <IC=INCOND>

Пример в списке цепей

C2 13 0 0.1UF

C5 7 0 10UF IC=3V

Пример Spice данных

%D %1 %2 %V IC=12V

N+ положительный узел и **N-** отрицательный узел. Параметр **VALUE** ёмкость в Фарадах. Начальное условие является величиной инициализации напряжения на конденсаторе. Начальные условия принимаются, только если сделан **UIC** выбор в **Transient Analysis**. Если на **N+** более высокое напряжение, чем на **N-** значит токовый поток через конденсатор положительный, иначе отрицательный.

Spice использует идеальные конденсаторы, то есть конденсаторы без DC утечки. Все узлы в схеме должны иметь DC утечку на землю, поэтому нет возможности имитировать цепи с последовательно включенными конденсаторами потому как создаётся полностью изолировать узел между конденсаторами. Одним из решений этой проблемы может быть соединение резистора с большим сопротивлением, например, **1ГОм** в параллель с каждым конденсатором, чтобы создать принудительную утечку.

Сложные конденсаторы

Общая форма

CXXXXXXX N+ N- <VALUE> <MNAME> <L=LENGTH> <W=WIDTH> <IC=INCOND>

Пример в списке цепей

C2 13 0 0.1UF

C5 7 0 10UF CMODEL L=12u W=1u

Пример Spice данных

%D %1 %2 %M L=10U

Пример Spice модели

.MODEL CMOD C (CJ=120E-12 CJSW=200E-6)

Это общая форма описания конденсатора с вычислением величины емкости из геометрической информации и спецификации процесса. Если параметр **VALUE** определен, он определяет емкость конденсатора. Если параметр **MNAME** определен, ёмкость вычисляется из информации процесса в модели **MNAME** и данных **LENGTH** и **WIDTH**. Если параметр **VALUE** не определен, параметры **MNAME** и **LENGTH** должны быть обязательно определены. Если параметр **WIDTH** не определён, то принимается ширина, определённая по умолчанию.

Параметры модели (C)

Модель конденсатора содержит информацию процесса, которая может быть использована для вычисления емкости из геометрической информации.

| Имя | Параметр | Размер | По умолчанию |
|-----|------------------|------------------|--------------|
| CJ | удельная емкость | Ф/м ² | - |

| | | | |
|--------|----------------------------------|-----|------|
| CJSW | емкость боковой стены | Ф/м | - |
| DEFW | ширина устройства по умолчанию | м | 1e-6 |
| NARROW | сужение из-за бокового травления | м | 0.0 |

Ёмкость конденсатор вычисляется следующим выражением:

$$CAP = CJ (LENGTH-NARROW) (WIDTH-NARROW) + 2 CJSW (LENGTH+WIDTH - 2 NARROW)$$

Индуктивность

Общая Форма

LYYYYYYY N+ N- VALUE <IC=INCOND>

Пример в списке цепей

L3 12 9 1UH

L4 5 0 100UH IC=12.3MA

Пример Spice данных

%D %1 %2 %V IC=5MA

N+ положительный узел и **N-** отрицательный узел. Параметр **VALUE** представляет индуктивность в Генри. Начальные условия определяют величину тока через индуктивность в нулевой момент времени. Если на **N+** более высокое напряжение, чем на **N-** ток через индуктивность будет положительный, иначе отрицательный.

Индуктивность порождают напряжение в своей катушке, основанное на сумме изменения магнитного поля. Нельзя соединять индуктивности в параллель. Необходимо соединить резистор небольшой величины, например, **0.001 Ом** последовательно с каждой индуктивностью, чтобы индуктивность имело реальное активное сопротивление.

Связанные индуктивности (взаимоиндуктивность)

Общая форма

KXXXXXXX LYYYYYYY LZZZZZZZ VALUE

Пример в списке цепей

K12 L4 L3 0.999

KXFRMR L1 L2 0.87

Пример Spice данных (индуктивность с отводом)

%DA %1 %2 50UH (индуктивность A)

%DB %2 %3 50UH (индуктивность B)

K%D %DA %DB .85 (коэффициент связи)

LYYYYYYY и **LZZZZZZZ** - имена двух связанных индуктивностей, **VALUE** коэффициент связи (**K**), который должен быть больше чем **0** и меньше или равно **1**. Используется соглашение "точки", установка "точки" в первом узле каждой индуктивности указывает, что напряжения в этих узлах находятся в фазе.

Если связываются более двух индуктивностей, **Spice** данные должны быть предусмотрены для каждой связи. Например, трансформатор с одной первичной катушкой (**L1**) и двумя вторичными катушки (**L2** и **L3**) могут выражаться следующим образом:

L1 5 0 10MH

L2 6 7 1MH

L3 8 9 1MH

K12 L1 L2 0.93

K13 L1 L3 0.93

K23 L2 L3 0.97

Коэффициенты трансформации для данной пары катушек могут быть определены следующей формулой, где **LP** и **LS** индуктивность первичной и вторичной катушек:

$$\text{Коэффициент трансформации} = \sqrt{\frac{LS}{LP}}$$

Ключи, управляемые напряжением/током

Общая форма

SXXXXXXX N+ N- NC+ NC- MODEL <ON><OFF>

WXXXXXXX N+ N- VNAME MODEL <ON><OFF>

Пример в списке цепей

```

S1 1 2 3 4 SVS1
S2 5 6 3 0 SVS2 ON
W1 1 2 VS1 WIS1
Пример Spice данных
%D %1 %2 %3 %4 %M ON
Пример Spice модели
.MODEL NE2S SW (RON=1 ROFF=1T VT=55 VH=15)

```

Узлы **1** и **2**, с которыми связан ключ. **ON/OFF** указывает начальное состояние ключа. Узлы **3** и **4** положительный и отрицательный узлы управления ключом. Для управления токовым ключом используется ток через определенный источник напряжения. Положительным направлением управляющего тока принят ток из положительного узла управления через источник в отрицательный узел.

Параметры модели (SW/CSW)

Модель ключа позволяет создать почти идеальный ключ. Ключ не может быть идеальным, потому что сопротивление не может изменять от **0** до бесконечности, а должно всегда иметь положительную конечную величину. Эти значения определяются соответствующим выбором **RON** и **ROFF** сопротивлений. Доступные параметры:

| Имя | Параметр | Размер | По умолчанию | Тип ключа |
|------|--------------------------|--------|--------------|-----------|
| VT | пороговое напряжение | В | 0.0 | S |
| IT | пороговый ток | А | 0.0 | W |
| VH | напряжение гистерезиса | В | 0.0 | S |
| IH | ток гистерезиса | А | 0.0 | W |
| RON | сопротивление замыкания | Ом | 1.0 | S W |
| ROFF | сопротивление размыкания | Ом | 1/GMIN | S W |

Использование идеальных элементов как, например нелинейные ключи, могут вызвать нарушения моделирования. Быстрое изменение сопротивления ключа может вызвать проблемы допуска, ведущие к ошибочным результатам или трудностям выбора временного шага. Для улучшения ситуации использования ключей можно принять следующие меры:

Сначала изменить идеальные полные сопротивления ключа ближе к реальным сопротивлениям. Использование полных сопротивлений ключа, которые близки к "идеалу" во всех случаях усугубляют проблемы упомянутые выше. Когда ключ моделирует реальные устройства как, например, MOSFET сопротивление замыкания должно быть скорректировано в реалистичный уровень в зависимости от мощности устройства.

Если большая разность сопротивлений должна быть использована в ключе ($ROFF/RON > 1e+12$), необходимо допуск на ошибку **TRTOL** сделать меньше чем значение по умолчанию **7.0** в **Analog Options**. Когда ключи используются вместе с конденсаторами, необходимо также уменьшить **CHGTOL**. Рекомендуемые величины для этих двух параметров **1.0** и **1e-16** соответственно. Эти изменения сообщают **Spice3** быть более осторожным в точках расчёта ключа, чтобы не было сделано ошибок из-за быстрых изменений величин в схеме.

Независимые источники

Общая форма

```
VXXXXXXX N+ N- <<DC> VALUE> <AC <MAG <PHASE>>>
```

```
IYYYYYYY N+ N- <<DC> VALUE> <AC <MAG <PHASE>>>
```

Пример в списке цепей

```
VCC 10 0 DC 6
```

```
ISRC 1 2 AC .3 45 SIN (0 1 1MEG)
```

```
VMEAS 12 9
```

Пример Spice данных

```
%D %1 %2 DC 0 SIN (0 1 1k 0 0) AC 1 0
```

N+ положительный узел и **N-** отрицательный узел источника. Источники напряжения не обязательно должны быть заземлены. Положительный ток принят втекающим в положительный узел, через источник и из отрицательного узла. Источник тока заставляет течь ток положительной величины в узел **N+**, через источник и из **N-** узла. Источник напряжения дополнительно используется в качестве амперметра для **Spice**, при нулевом напряжении источника может включаться в цепь с целью измерения тока. Они не влияют на цепи, поскольку представляют собой короткое замыкание.

VALUE это **DC** величина или смещение источника. Если исходная величина является нулем, она может быть опущена. Если источник неизменяемый во времени, величина может следовать за символами **DC**.

Символы **AC** указывает на мало-сигнальный **AC** источник. **MAG** и **PHASE** используются только для **AC** анализа. Если **MAG** величина опущена следуя за ключевым словом **AC**, величина принимается как **1**. Если **PHASE** величина опущена, она принимается как **0**.

Любой независимый источник может быть назначен с изменяющимися во времени величинами для **Transient Analysis**. Если источнику назначена изменяющаяся во времени величина, нулевая величина времени используется для **DC** анализа. Имеется пять независимых выходных функций: импульсная, экспоненциальная, синусоидальная, кусочно-линейная и одночастотная FM.

Примечание: Для **Spice** имитации источники напряжения не могут устанавливаться параллельно, а источники тока не могут устанавливаться последовательно.

Линейный источник тока управляемый напряжением

Общая форма

GXXXXXXX N+ N- NC+ NC- VALUE

Пример в списке цепей

G1 2 0 5 0 0.1MMHO

Пример Spice данных

%D %1 %2 %3 %4 %V

N+ положительный узел и **N-** отрицательный узел источника. Токовый поток из положительного узла, через источник в отрицательный узел. **NC+** положительный узел управления и **NC-** отрицательный узел управления. Параметр **VALUE** определяет передачу проводимости.

Линейный источник напряжения управляемый напряжением

Общая форма

EXXXXXXXX N+ N- NC+ NC- VALUE

Пример в списке цепей

E1 2 3 14 1 2.0

Пример Spice данных

%D %1 %2 %3 %4 %V

N+ положительный узел и **N-** отрицательный узел источника. Токовый поток из положительного узла, через источник в отрицательный узел. Параметр **VALUE** определяет усиление по напряжению.

Линейный источник тока управляемый током

Общая форма

FXXXXXXX N+ N- VNAME VALUE

Пример в списке цепей

F1 5 17 VS2 0.5K

Пример Spice данных

V%D %3 %4 DC 0V

%D %1 %2 V%D %V

N+ и **N-** положительный и отрицательный узлы, соответственно. Токовый поток из положительного узла, через источник в отрицательный узел. **VNAME** имя источника напряжения, ток которого управляет источником тока. Направление положительного управляющего тока из положительного узла, через источник в отрицательный узел **VNAME**. Параметр **VALUE** определяет усиление по току.

Линейный источник напряжения управляемый током

Общая форма

HXXXXXXX N+ N- VNAME VALUE

Пример в списке цепей

H1 5 17 VS2 0.5K

Пример Spice данных

V%D %3 %4 DC 0V

%D %1 %2 V%D %V

N+ и **N-** положительный и отрицательный узлы, соответственно. **VNAME** имя источника напряжения, через который течет управляющий ток. Направление положительного управляющего тока из положительного

узла, через источник в отрицательный узел **VNAM**. Параметр **VALUE** определяет передачу по сопротивлению.

Нелинейный зависимый источник

Общая форма

BXXXXXXX N+ N- <I=EXPR> <V=EXPR>

Пример в списке цепей

BS01 0 1 I=cos(V(1))+sin(V(2))

BVS1 0 1 V=ln(cos(log(V(1,2)^2))) (3)^4+V(2)^V(1)

Пример Spice данных

%D %1 %2 V=%L

N+ положительный узел, **N-** отрицательный узел источника. Величины **V** и **I** параметров определяют напряжение и ток через устройство. Если в выражении дано **I**, тогда устройство является источником тока, если в выражении дано **V**, то устройство является источником напряжения. Только один из этих параметров должен быть определен для каждого источника.

Выражения, данные для **V** и **I**, могут быть любой функцией напряжения и тока через источник напряжения в системе. Например, **V(2)** указывает **DC** напряжение в узле **2** со ссылкой на землю, **V(3,4)** указывает на разность напряжения между узлами **3** и **4**, **I(VS2)** указывает **DC** ток через источник напряжения **VS2**. Следующие функции реальных переменных допускаются в выражениях:

| | | | | | |
|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| abs | acos | acosh | asin | asinh | atan |
| atanh | cos | cosh | exp | ln | log |
| sin | sinh | sqrt | tan | u | uramp |

Где **u** – функция размера шага с величиной аргументов больше чем нуль, и величиной нуля для аргументов менее чем нуль. Функция **uramp** – интеграл размера шага: для входа **X**, величина является нулем, если **X** менее нуля, или **X**, если величина **X** больше чем нуль. Эти две функции полезны в синтезе кусочно-нелинейных функций. Следующие стандартные операторы допускаются в выражениях:

+ * / ^ unary -

Если аргумент **log**, **ln** или **sqrt** становится менее нуля, используется абсолютная величина аргумента. Если делитель становится нулем или аргумент **log** или **ln** становится нулём, произойдет ошибка. Другие проблемы могут произойти, когда аргумент для функции в частичной производной вводит регион, где эта функция не определена.

Кроме того, допустимы следующие логические операторы. Входная пороговая величина (**BOOLT**) и выходные величины (**BOOLL** и **BOOLH**) определяются в **Analog Options** диалоговом окне.

& (AND)

| (OR)

! (XOR)

~ (NOT)

Более старые версии **Spice** использовали **POLY** функции описания нелинейных источников. Например, следующие утверждения являются эквивалентными:

E1 19 0 POLY(2)7 4 2 0 3 .1 .5 (Spice2)

E1 19 0 POLY(2)(7,4)(2,0)3.1.5 (Spice2)

B1 19 0 V = 3 + .1*V(7,4) + .5*V(2,0) (Spice3)

B1 19 0 V = 3 + .1*V(7,4) + .5*V(2) (Spice3)

Каждое утверждение указывает, что напряжение в узле **19** равняется **3** Вольта, плюс **.1** времени напряжения между узлами **7** и **4**, плюс **.5** времени напряжения в узле **2** относительно земли. Много существующих **Spice** макромоделей используют этот тип нелинейного источника. **CircuitMaker** автоматически преобразовывает их в **Spice3** формат при запуске моделирования.

Чтобы получать время в выражении, можно использовать источник тока с конденсатором и использовать результирующее напряжение, только нужно не забывать устанавливать начальное напряжение на конденсаторе. Нелинейные резисторы, конденсаторы и индуктивности могут быть синтезированы нелинейным зависимым источником. Нелинейный резистор очевиден. Нелинейные конденсаторы и индуктивности осуществляются их линейными аналогами изменением переменных нелинейным зависимым источником. Следующая макромодель осуществляет работу нелинейного конденсатора:

.Subckt nlcap pos neg

*** Vx: вычисляет f(входное напряжение)**

Vx 1 0 v = f(v(pos,neg))

* Cx: линейная емкость

Cx 2 0 1

* Vx: источник напряжения измеряет ток конденсатора

Vx 2 1 DC 0

* Источник тока управляемый током через Cx

Fx pos neg Vx 1

Нелинейные индуктивности создаются аналогично.

Линия передачи без потерь

Общая форма

TXXXXXXX N1 N2 N3 N4 Z0=VALUE

+ <TD=VALUE> <F=FREQ <NL=NRMLEN>> <IC=V1,I1,V2,I2>

Пример в списке цепей

T1 3 0 2 0 Z0=50 TD=20NS

Пример Spice данных

%D %1 %2 %3 %4 Z0=%V TD=10NS

N1 и **N2** узлы порта **1**, **N3** и **N4** узлы порта **2**. Параметр **Z0** определяет полное характеристическое сопротивление. Длина линии может быть выражена в двух формах. Задержка передачи в линии **TD** может определяться непосредственно. Частота **F** может быть дана вместе с **NL**, нормализованной электрической длиной линии передачи определяющую длину волны в линии на частоте **F**. Если частота определена, а **NL** опущена, то **NL** принимается как **0.25**, то есть четверть волны.

Спецификация начальных условий состоит из напряжения и тока в каждом порте линии передачи. Начальные условия принимаются, если сделан **UIC** выбор в **Transient Analysis**. Линия передачи с большими потерями описанная ниже может быть точнее, чем линия передачи без потерь из-за деталей реализации.

Линия передачи с потерями

Общая форма

OXXXXXXX N1 N2 N3 N4 MNAME

Пример в списке цепей

O2 3 0 2 0 OXLINE

Пример Spice данных

%D %1 %2 %3 %4 %M

Пример Spice модели

.MODEL OXLINE LTRA(LEN=0.11 LININTERP=SET)

Это двух портовая модель свертки для однопроводной линии передачи с большими потерями. **N1** и **N2** узлы порта **1** и **N3** и **N4** узлы порта **2**.

Параметры модели (LTRA)

Однородная RLC/RC/LC/RG модель линии передачи, именованная как модель LTRA моделирует однородную с постоянными параметрами распространения линию передачи. Случаи RC и LC могут быть смоделированы использованием URC и TRA моделей, тем не менее, новая LTRA модель более быстрая и точнее чем другие. Действие LTRA модели основано на свертке выходных импульсов линии передачи с входными импульсами. LTRA модель имеет множество параметров, некоторые из них должны быть даны обязательно, а некоторые из них дополнительные.

| Имя | Параметр | Размер | По умолчанию |
|-------------|--|--------|---------------|
| R | погонное сопротивление | Ом/м | 0.0 |
| L | погонная индуктивность | Г/м | 0.0 |
| G | погонная проводимость | См/м | 0.0 |
| C | погонная ёмкость | Ф/м | 0.0 |
| LEN | длина линии | м | - |
| REL | управление точечными разрывами | - | 1 |
| ABS | управление точечными разрывами | - | 1 |
| NOSTEPLIMIT | отключение ограничения временного шага | флаг | не установлен |
| NOCONTROL | отключение управления временным шагом | флаг | не установлен |
| LININTERP | использование линейной интерполяции | флаг | не установлен |
| MIXEDINTERP | использование линейной вместе с квадратурной | флаг | не установлен |

| | | | |
|---------------|--------------------------------------|------|---------------|
| COMPACTREL | специальный reltol для уплотнения | - | RELTOL |
| COMPACTABS | специальный abstol для уплотнения | - | ABSTOL |
| TRUNCNR | использование метода Ньютона-Рафсона | флаг | не установлен |
| TRUNCDONT CUT | отключение лимита временного шага | флаг | не установлен |

Поддерживаются следующие типы линий: RLC однородная линия передачи с последовательным затуханием, RC однородная RC линия, LC линия передачи без потерь и RG с распределённым последовательным сопротивлением и параллельной проводимостью. Любая другая комбинация даёт ошибочные результаты и не должны анализироваться.

Длина линии **LEN** должна быть определена обязательно. **NOSTEPLIMIT** это флаг, который удаляет ограничение по умолчанию временного шага, чтобы быть менее чем задержки в линии для RLC. **NOCONTROL** это флаг, который предохраняет ограничение по умолчанию временного шага находящегося в критериях ошибки свертки для RLC и RC случая. Это ускоряет моделирование, но может в некоторых случаях уменьшить точность результатов. **LININTERP** это флаг, который определяет использование линейной интерполяции вместо определённой по умолчанию квадратурной интерполяции для расчета задержки сигнала. **MIXEDINTERP** это флаг, который позволяет использовать независимо квадратурную интерполяцию при использовании линейной интерполяции. **TRUNCDONT CUT** это флаг, который отменяет снижение по умолчанию временного шага, чтобы ограничить ошибки в фактическом вычислении импульсного ответа.

COMPACTREL и **COMPACTABS** это величины, которые управляют уплотнением предшествующих величин сохраняемых для свертки. Их большие величины уменьшают точность, но обычно увеличивают имитационную скорость. Это может быть использовано определением TRYTOCOMPACT параметра в **Analog Option** окне. **TRUNCNR** это флаг, который включает использование итерации Ньютона-Рафсона, чтобы определять подходящий временной шаг в управляющих программах. По умолчанию эта процедура при ошибке удаляет предшествующий временной шаг и заменяет уменьшенным на половину.

REL и **ABS** это величины, которые управляют установкой точечных разрывов. Выбор **REL** наиболее стоящий для экспериментирования с повышением скорости моделирования. Значение по умолчанию **1** обычно сохраняет точность, но вычислительное время увеличивается. Величина больше чем **2** устраняет все точечные разрывы и может иметь смысл, в зависимости от топологии схемы, если будет безопасной с точки зрения точности. Точечные разрывы можно устранить полностью, если ожидается что цепь, не отобразит острые нарушения. Величины между **0** и **1** обычно не требуются, но могут быть использованы для установки многоточечных разрывов.

Параметр **COMPACTREL** может также экспериментироваться, когда в **Analog Option** определен TRYTOCOMPACT параметр. Обычно определяется диапазон между **0** и **1**, большая величина уменьшает точность моделирования, но в некоторых случаях увеличивает скорость. Если параметр TRYTOCOMPACT не определен в **Analog Options**, уплотнения не будет и точность будет высокая. Параметры **NOCONTROL**, **TRUNCDONT CUT** и **NOSTEPLIMIT** также увеличивают скорость за счет точности.

Однородная RC линия с потерями

Общая форма

UXXXXXXX N1 N2 N3 MNAME L=LEN <N=LUMPS>

Пример в списке цепей

U1 1 2 0 UXLINE L=50UM N=6

Пример Spice данных

%D %1 %2 %3 %M L=25u

Пример Spice модели

.MODEL UXLINE URC(K=1.2 FMAX=6.5MEG)

N1 и **N2** два элементных узла соединения линии RC, узел **N3** для связи с ёмкостью. **MNAME** имя модели, **LEN** длина RC линии в метрах. **LUMPS** определяет количество единовременных сегментов, используемых в моделировании RC линии, если параметр опущен, используется значение по умолчанию.

Параметры модели (URC)

URC модель производная от модели предложенной L.Gertzberg в 1974. Модель URC линии выполнена в виде макромоделей одновременным подключением RC сегментов с непосредственно сгенерированными узлами. Величины RC сегментов в геометрической прогрессии повышаются к середине URC линии, где **K** константа прямой пропорциональности. Если количество используемых сегментов не определено для URC линии, то количество определяется следующей формулой:

$$N = \log [Fmax (R/L) (C/L) 2pL^2 \{(K-1)/K\}^2] / \log K$$

URC линия создается строго из сегментируемых резисторов и конденсаторов. Но если величина **ISPERL** параметр дана не равной нулю, в этом случае конденсаторы заменяются обратно смещёнными диодами с нулевым эквивалентом соединительной емкости и током насыщения **ISPERL** Ампер на метр линии передачи и последовательным эквивалентным сопротивлением диода **RSPERL** Ом на метр.

| Имя | Параметр | Размер | По умолчанию |
|--------|--------------------------------------|--------|--------------|
| K | константа распространения | - | 2.0 |
| FMAX | максимальная частота | Гц | 1.0G |
| RPERL | сопротивление на единицу длины | Ом/м | 1000 |
| CPERL | ёмкость на единицу длины | Ф/м | 1.0e-15 |
| ISPERL | ток насыщения на единицу длины | А/м | 0 |
| RSPERL | сопротивление диода на единицу длины | Ом/м | 0 |

Диод

Общая форма

DXXXXXXX N+ N- MNAME <AREA> <OFF> <IC=VD> <TEMP=T>

Пример в списке цепей

D3 2 10 D1N914 OFF

D5 7 12 D1N4001 3.0 IC=0.2

Пример Spice данных

%D %1 %2 %M OFF IC=.6 TEMP=70

Пример Spice модели

.MODEL DCLAMP D(IS=1E-15 IBV=1E-13)

N+ положительный узел и **N-** отрицательный узел диода. **MNAME** имя модели, **AREA** показатель кратности параллельно соединённых диодов и **OFF** указывает дополнительное условия к устройству для **OP** анализа. Использование спецификации начальных условий **IC=VD** возможно, если сделан **UIC** выбор в **Transient Analysis**. **TEMP** величина является температурой, при которой это устройство должно работать, и аннулирует температурную спецификацию в **Analog Options** окне.

Параметры модели (D)

DC характеристики диода определяются параметрами **IS** и **N**, внутреннее сопротивление параметром **RS**. Эффекты хранения заряда имеют отношение к транзитному времени **TT** и нелинейной ёмкости слоя, которая определяется параметрами **CJO**, **VJ** и **M**. Температурная зависимость тока насыщения определяется параметрами **EG** и **XTI**, температурным показателем насыщения тока. Номинальная температура **TNOM**, при которой эти параметры были измерены, устанавливается по умолчанию в **Analog Options**. Обратный пробой смоделирован экспоненциальным увеличением обратного тока диода и определен параметрами **BV** и **IBV**.

| Имя | Параметр | Размер | По умолчанию | Кратность |
|------|----------------------------------|--------|-----------------------------------|-----------|
| IS | ток насыщения | А | 1.0e-14 | * |
| RS | сопротивление | Ом | 0 | * |
| N | коэффициент эмиссии | - | 1 | |
| TT | время транзита заряда | с | 0 | |
| CJO | ёмкость при нулевом смещения | Ф | 0 | * |
| VJ | соединительный потенциал | В | 1 | |
| M | коэффициент умножения | - | 0.5 | |
| EG | энергия активизации | эВ | 1.11 (Si=1.11, Sbd=0.69, Ge=0.67) | |
| XTI | температурный коэффициент IS | - | 3.0 (jn=3.0, Sbd=2.0) | |
| KF | коэффициент фликкер-шума | - | 0 | |
| AF | показатель фликкер-шума | - | 1 | |
| FC | коэффициент нелинейности CJO | - | 0.5 | |
| BV | обратное напряжение пробоя | В | бесконечное | |
| IBV | ток напряжения пробоя | А | 1.0e-3 | |
| TNOM | температура измерения параметров | °C | 27 | |

Биполярный транзистор

Общая форма

QXXXXXXX NC NB NE <NS> MNAME <AREA> <OFF> <IC=VBE, VCE> <TEMP=T>

Пример в списке цепей

Q5 11 26 4 Q2N3904 IC=0.6, 5.0

Q3 5 2 6 9 QNPN .67

Пример Spice данных

%D %1 %2 %3 %M .67 OFF

Пример Spice модели

.MODEL BF1234C NPN(IS=1E-15 BF=150 VKF=200

+ IKF=0.01 CJE=13pF CJC=10pF CJS=10pF)

NC, **NB** и **NE** это узлы коллектора, базы и эмиттера, соответственно, а **NS** дополнительный узел подложки; если неопределён то используется земля. **MNAME** это имя модели, **AREA** показатель кратности параллельных переходов, **OFF** указывает дополнительные условия запуска устройства для **OP** анализа. Использование спецификации начальных условий **IC=VBE**, **VCE** возможно, если определён **UIC** выбор для **Transient Analysis**. **TEMP** определяет температуру при которой устройство работает, и аннулирует спецификацию в **Analog Options** диалоговом окне.

Параметры модели (NPN/PNP)

Модель биполярного транзистора в **Spice** адаптирована под управляющую модель Gummel-Poon. Эта модель расширяет оригинальную модель, включая несколько эффектов при высоких уровнях смещения. Модель автоматически упрощается до простой модели Ebers-Moll, когда некоторые параметры не определены. Имена параметров используемые в модифицированной модели Gummel-Poon обычно не вызывают затруднений у потребителей, и необходимы для улучшения работы схемы.

Модель определяется DC параметрами **IS**, **BF**, **NF**, **ISE**, **IKF** и **NE**, которые определяют основные характеристики усиления по току. Параметры **IS**, **BR**, **NR**, **ISC**, **IKR** и **NC** определяют обратные характеристики усиления по току, **VAF** и **VAR** определяют выходную проводимость для основных и обратных регионов. Включены параметры объёмных сопротивлений **RB**, **RC** и **RE**, причём **RB** может сильно зависеть от тока. Параметры, связанные с зарядом внутренних ёмкостей, моделируются основным и обратным транзитным временем **TF** и **TR**. Основное транзитное время **TF** зависит от смещения нелинейной ёмкости перехода, которая определяется параметрами **CJE**, **VJE** и **MJE** для перехода база-эмиттер, **CJC**, **VJC** и **MJC** для перехода база-коллектор и **CJS**, **VJS**, **MJS** для перехода коллектор-подложка. Температурная зависимость тока насыщения **IS** определяется шириной запрещённой зоны **EG**, и температурным коэффициентом **XTI**. К тому же температурная зависимость передачи по току моделируется температурным показателем **XTB** в новой модели. Определённые величины измерены при температуре **TNOM**, которая может быть определена в **Analog Options** или в **Spice Data** области.

BJT параметры, используемые в модифицированной модели Gummel-Poon, показаны ниже. Имена параметров, используемые в более ранних версиях **Spice2** все еще действительны.

Параметры BJT:

| Имя | Параметр | Размер | По умолчанию | Кратность |
|-----|--|--------|--------------|-----------|
| IS | ток насыщения | A | 1.0e-16 | * |
| BF | максимальный коэфф. передачи по току | - | 100 | |
| NF | основной коэффициент не идеальности | - | 1.0 | |
| VAF | напряжение Эрли в основном режиме | B | ∞ | |
| IKF | спад зависимости BF от тока коллектора | A | ∞ | * |
| ISE | ток насыщения перехода Б-Э | A | 0 | * |
| NE | коэффициент не идеальности Б-Э | - | 1.5 | |
| BR | обратный коэфф. передачи тока | - | 1 | |
| NR | обратный коэффициент не идеальности | - | 1 | |
| VAR | обратное напряжение Эрли | B | ∞ | |
| IKR | обратный спад зависимости BF от тока коллектора | A | ∞ | * |
| ISC | ток насыщения перехода Б-К | A | 0 | * |
| NC | коэфф. не идеальности перехода Б-К | - | 2 | |
| RB | объёмное сопротивление базы | Ом | 0 | * |
| IRB | ток снижения сопротивления базы на половину своей величины | A | ∞ | * |
| RBM | минимальное сопротивление базы при больших токах | Ом | RB | * |
| RE | объёмное сопротивление эмиттера | Ом | 0 | * |

| | | | | |
|------|--|----|----------|---|
| RC | объёмное сопротивление коллектора | Ом | 0 | * |
| CJE | ёмкость при нулевом смещении Б-Э | Ф | 0 | * |
| VJE | контактное напряжение перехода Б-Э | В | 0.75 | |
| MJE | коэффициент плавности перехода Б-Э | - | 0.33 | |
| TF | основное идеальное время транзита | с | 0 | |
| XTF | коэфф. зависимости TF от смещения | - | 0 | |
| VTf | напряжение зависимости TF от смещения перехода Б-К | В | ∞ | |
| ITF | высокий ток воздействия на параметр TF | А | 0 | * |
| PTF | фазовый сдвиг на частоте $1.0/(TF*2\pi)$ Гц | ° | 0 | |
| CJC | ёмкость при нулевом смещении Б-К | Ф | 0 | * |
| VJC | контактное напряжение перехода Б-К | В | 0.75 | |
| MJC | коэффициент плавности перехода Б-К | - | 0.33 | |
| XCJC | коэффициент расщепления ёмкости Б-К | - | 1 | |
| TR | обратное идеальное время транзита | с | 0 | |
| CJS | ёмкость коллектор-подложка при нулевом смещении | Ф | 0 | * |
| VJS | контактный потенциал подложки | В | 0.75 | |
| MJS | коэффициент плавности подложки | - | 0 | |
| XTB | температурный коэффициент BF и BR | - | 0 | |
| EG | ширина запрещённой зоны | эВ | 1.11 | |
| XTI | температурный коэффициент IS | - | 3 | |
| KF | коэффициент фликкер-шума | - | 0 | |
| AF | показатель фликкер-шума | - | 1 | |
| FC | коэффициент нелинейности ёмкости прямо смещённых переходов | - | 0.5 | |
| TNOM | температура измерения параметров | °C | 27 | |

Полевой транзистор с управляющим переходом (JFET)

Общая форма

JXXXXXXX ND NG NS MNAME <AREA> <OFF> <IC=VDS, VGS> <TEMP=T>

Пример в списке цепей

J2 6 3 21 J2N3819 OFF

Пример Spice данных

%D %1 %2 %3 %M .67

Пример Spice модели

.MODEL 2N1234 NJF(VTO=-1 RD=100 RS=90 CGS=5pF)

ND, **NG** и **NS** это узлы стока, затвора и истока, соответственно. **MNAME** это имя модели, **AREA** - показатель кратности, и **OFF** указывает дополнительное начальное условие в устройстве для **OP** анализа. Использование начальных условий возможно, если отмечен **UIC** выбор в **Transient Analysis**. **TEMP** это рабочая температура устройства, которая аннулирует температурную спецификацию в **Analog Options** диалоге.

Параметры модели (NJF/PJF)

JFET модель производная от FET модели Шихмана-Ходжеса. Характеристики DC определяются параметрами **VTO** и **BETA**, которые определяют изменение тока стока от напряжения затвора. **LAMBDA**, которая определяет выходную проводимость, и **IS**, ток насыщения перехода затвор-канал. Два значения объёмного сопротивления стока **RD** и истока **RS**. Хранение зарядов моделируется нелинейными ёмкостями переходов для обоих соединений затвора, и определяются параметрами **CGS**, **CGD** и **PB**. Необходимо отметить, что в **Spice3f** и более поздних версиях, добавлен параметр **B**.

| Имя | Параметр | Размер | По умолчанию | Кратность |
|--------|----------------------------------|------------------|--------------|-----------|
| VTO | напряжение порога | В | -2.0 | |
| BETA | коэффициент пропорциональности | А/В ² | 1.0e-4 | * |
| LAMBDA | параметр модуляции канала | 1/В | 0 | |
| RD | объёмное сопротивление стока | Ом | 0 | * |
| RS | объёмное сопротивление истока | Ом | 0 | * |
| CGS | ёмкость 3-И при нулевом смещении | Ф | 0 | * |

| | | | | |
|------|----------------------------------|----|---------|---|
| CGD | ёмкость З-С при нулевом смещении | Ф | 0 | * |
| PB | контактный потенциал затвора | В | 1 | |
| IS | ток насыщения затвора | А | 1.0e-14 | * |
| B | параметр легирования | - | 1 | |
| KF | коэффициент фликкер-шума | - | 0 | |
| AF | показатель фликкер-шума | - | 1 | |
| FC | коэффициент нелинейности | - | 0.5 | |
| | прямой ёмкости переходов | | | |
| TNOM | температура измерения параметров | °C | 27 | |

МОП-транзистор (MOSFET)

Общая форма

```
MXXXXX ND NG NS NB MNAME <L=VAL> <W=VAL> <AD=VAL>
+ <AS=VAL> <PD=VAL> <PS=VAL> <NRD=VAL> <NRS=VAL> <OFF>
+ <IC=VDS,VGS,VBS> <TEMP=T>
```

Пример в списке цепей

```
M6 23 16 0 17 MRF150
```

Пример Spice данных

```
%D %1 %2 %3 %3 %M TEMP=55
```

Пример Spice модели

```
.MODEL MOSMOD1 NMOS(LEVEL=1 VTO=1 RD=1 RS=1
+ IS=1E-15 KF=1.0E-26 CJ=2.0E-4 CJSW=1.0E-9
+ KP=3.1E-5 PB=0.87)
```

ND, **NG**, **NS** и **NB** это узлы стока, затвора, истока и подложки, соответственно. **MNAME** это имя модели. **L** и **W** - канальная длина и ширина в метрах. **AD** и **AS** – площадь диффузионных областей стока и истока в метрах квадратных. Если параметры **L**, **W**, **AD** или **AS** не определены, используются значения по умолчанию. Использование установок по умолчанию упрощает подготовку входного файла, однако требует редактирования, если геометрия устройства должна изменяться. **PD** и **PS** – периметр диффузионных областей стока и истока в метрах. **NRD** и **NRS** определяют удельное относительное сопротивление областей стока и истока. **OFF** указывает дополнительные условия запуска устройства для **DC** анализа. Спецификация начальных условий используется, только если **UIC** выбор определён в **Transient Analysis**. Использование **.IC** устройств лучший и более удобный путь определения нерезидентных начальных условий.

TEMP это дополнительная величина температуры при которой это устройство должно действовать, и аннулирует температурную спецификацию в **Analog Options** диалоге. Температурная спецификация действительна только для MOSFET 1, 2, 3 и 6 уровня.

Параметры модели (NMOS/PMOS)

Spice предоставляет четыре MOSFET модели устройств, которые отличаются формулировкой характеристики **I-V**. Переменная **LEVEL** определяет уровень модели для использования:

| | |
|---------|---------------------------|
| LEVEL=1 | Шихмана-Ходжеса |
| LEVEL=2 | MOS2 |
| LEVEL=3 | MOS3, эмпирическая модель |
| LEVEL=4 | BSIM1 |
| LEVEL=5 | BSIM2 |
| LEVEL=6 | MOS6 |

DC параметры 1-3 уровней MOSFET определяются параметрами **VTO**, **KP**, **LAMBDA**, **PHI** и **GAMMA**. Эти параметры вычисляются **Spice**, если даны параметры процесса (NSUB, TOX, ...), при этом величины определённые потребителем всегда аннулируются. **VTO** может быть положительным или отрицательным в зависимости от типа транзистора, с **N** или **P** каналом. Хранение зарядов моделируется тремя постоянными ёмкостями **CGSO**, **CGDO** и **CGBO**, которые представляют собой нелинейные ёмкости перекрытия между затвором и стоком, истоком и подложкой. **Spice** параметры уровня 1, 2, 3 и 6:

| Имя | Параметр | Размер | По умолчанию |
|-------|--------------------------------------|------------------|--------------|
| LEVEL | индекс модели | - | 1 |
| VTO | пороговое напряжение | В | 0.0 |
| KP | параметр удельной крутизны | А/В ² | 2.0e-5 |
| GAMMA | параметр влияния потенциала подложки | В ^{0.5} | 0.0 |

| | | | |
|--------|--|----------------------|---|
| PHI | поверхностный потенциал | В | 0.6 |
| LAMBDA | параметр модуляции длины канала только MOS1 и MOS2 | 1/В | 0.0 |
| RD | объёмное сопротивление стока | Ом | 0.0 |
| RS | объёмное сопротивление истока | Ом | 0.0 |
| CBD | ёмкость С-П при нулевом смещении | Ф | 0.0 |
| CBS | ёмкость И-П при нулевом смещении | Ф | 0.0 |
| IS | ток насыщения прехода С-П | А | 1.0e-14 |
| PB | соединительный потенциал подложки | В | 0.8 |
| CGSO | ёмкость перекрытия 3-И на ширину канала | Ф/м | 0.0 |
| CGDO | ёмкость перекрытия 3-С на ширину канала | Ф/м | 0.0 |
| CGBO | ёмкость перекрытия 3-П на ширину канала | Ф/м | 0.0 |
| RSH | удельное сопротивление диффузионных областей стока и истока | Ом/кв. | 0.0 |
| CJ | удельная ёмкость С-П и И-П при нулевом смещении | Ф/м ² | 0.0 |
| MJ | коэфф. плавности перехода С-П и И-П | - | 0.5 |
| CJSW | удельная ёмкость боковой поверхности С-П и И-П при нулевом смещении | Ф/м | 0.0 |
| MJSW | коэфф. наклона боковой поверхности переходов С-П и И-П | - | 0.50 (уровень 1) 0.33 (уровень 2, 3) |
| JS | плотность тока насыщения переходов С-П и И-П | А/м ² | |
| TOX | толщина оксида | м | 1.0e-7 |
| NSUB | уровень легирования подложки | 1/см ³ | 0.0 |
| NSS | плотность подложки | 1/см ² | 0.0 |
| NFS | быстрая поверхностная плотность | 1/см ² | 0.0 |
| TPG | тип легирования затвора +1 как на подложке -1 противоположный подложке 0 металл | - | 1.0 |
| XJ | глубина металлургического перехода | м | 0.0 |
| LD | длина боковой диффузии | м | 0.0 |
| UO | подвижность носителей тока | см ² /В*с | 600 |
| UCRIT | критическая напряжённость поля снижения подвижности, только MOS2 | В/см | 1.0e4 |
| UEXP | критический показатель области снижения подвижности, только MOS2 | - | 0.0 |
| UTRA | коэфф. подвижности поперечной области удалено для MOS2 | - | 0.0 |
| VMAX | максимальная скорость носителей | м/с | 0.0 |
| NEFF | коэффициент коррекции концентрации примесей, только MOS2 | - | 1.0 |
| KF | коэффициент плотности фликкер-шума | - | 0.0 |
| AF | показатель фликкер-шума | - | 1 |
| FC | коэффициент нелинейности ёмкости прсмещённого перехода подложки | - | 0.5 |
| DELTA | коэфф. влияния ширины канала на пороговое напряжение, в MOS2 и MOS3 | - | 0.0 |
| THETA | коэфф. модуляции носителей, только MOS3 | 1/В | 0.0 |
| ETA | статическая обратная связь, только MOS3 | - | 0.0 |
| KAPPA | параметр модуляции длины канала только MOS3 | - | 0.2 |
| TNOM | температура измерения параметров | °С | 27 |

В моделях 4 и 5 уровней (BSIM1 и BSIM2) параметры являются величинами, полученными из характеристик технологического процесса специальным тестером, и генерируются автоматически. Таким образом, нет установок по умолчанию для параметров, и единственное расхождение считается ошибкой. **Spice** параметры BSIM транзистора 4 уровня:

| Имя | Параметр | Размер | l/w |
|-------|--|--------------------|-----|
| VFB | напряжение плоских зон | В | * |
| PHI | поверхностный потенциал инверсного слоя | В | * |
| K1 | коэффициент влияния подложки | $B^{0.5}$ | * |
| K2 | коэффициент разделения заряда обеднённой области С-И | - | * |
| ETA | коэффициент зависимости порогового напряжения от напряжения П-С | - | * |
| MUZ | подвижность носителей при нулевом смещении | $cm^2/V \cdot s$ | |
| DL | уменьшение длины канала | мм | |
| DW | уменьшение ширины канала | мм | |
| U0 | коэффициент изменения подвижности от смещения поперечной области | B^{-1} | * |
| U1 | коэффициент скорости носителей от напряжения стока | мм/В | * |
| X2MZ | чувствительность носителей к напряжению подложки | $cm^2/V^2 \cdot s$ | |
| X2E | чувствительность индуцированного слоя к напряжению подложки | B^{-1} | * |
| X3E | чувствительность индуцированного слоя к напряжению на стоке | B^{-1} | * |
| X2U0 | чувствительность подвижности носителей к напряжению подложки | B^{-2} | * |
| X2U1 | чувствительность скорости носителей к напряжению подложки | мм $\cdot B^{-2}$ | * |
| MUS | подвижность носителей при нулевом смещении подложки | $cm^2/V^2 \cdot s$ | |
| X2MS | чувствительность подвижности носителей при нулевом смещении подложки | $cm^2/V^2 \cdot s$ | * |
| X3MS | чувствительность подвижности носителей к напряжению стока | $cm^2/V^2 \cdot s$ | * |
| X3U1 | чувствительность скорости носителей к напряжению стока | мм $\cdot B^{-2}$ | * |
| TOX | толщина оксида затвора | мм | |
| TEMP | температура измерения параметров | °C | |
| VDD | коэффициент влияния напряжения смещения | В | |
| CGDO | ёмкость перекрытия 3-С на длину канала | Ф/м | |
| CGSO | ёмкость перекрытия 3-И на длину канала | Ф/м | |
| CGBO | ёмкость перекрытия 3-П на длину канала | Ф/м | |
| XPART | флаг распределения заряда С-И | - | |
| N0 | субпороговый коэффициент наклона при нулевом смещении подложки | - | * |
| NB | чувствительность коэффициента наклона к напряжению на подложке | - | * |
| ND | чувствительность коэффициента наклона к напряжению на стоке | - | * |
| RSH | удельное сопротивление диффузионных областей стока и истока | Ом/кв. | |
| JS | плотность тока насыщения С-П и И-П | A/m^2 | |
| PB | встроенный потенциал соединения С-И | В | |

| | | |
|------|--|------------------|
| MJ | коэффициент плавности соединения С-И | - |
| PBSW | встроенный потенциал соединительной боковой стены С-И | В |
| MJSW | коэффициент наклона соединительной боковой стены С-И | - |
| CJ | удельная ёмкость переходов С-П и И-П при нулевом смещении | Ф/м ² |
| CJSW | удельная ёмкость соединительной боковой стены С-П и И-П при нулевом смещении | Ф/м |
| WDF | ширина переходов С-П и И-П по умолчанию | м |
| DELL | уменьшение соединительной длины по умолчанию | м |

Когда XPART=0 устанавливается соотношение зарядов С-И равное 40/60, при XPART=1 соотношение равно 0/100.

Арсенидгаллиевый полевой транзистор (GaAsFET)

Общая форма

ZXXXXXXX ND NG NS MNAME <AREA> <OFF> <IC=VDS, VGS>

Пример в списке цепей

Z1 3 5 6 ZM2 OFF

Пример Spice данных

%D %1 %2 %3 %M OFF

Пример Spice модели

.MODEL ZM2 NMF(VTO=-1.0 RD=1.0E-4 RS=100)

ND, **NG** и **NS** это узлы стока, затвора и истока, соответственно. **MNAME** - имя модели, **AREA** - показатель кратности, **OFF** указывает дополнительные условия запуска устройства для ОР анализа. Начальная спецификация условий используется, только если определён **UIC** выбор в **Transient Analysis**.

Параметры модели (NMF/PMF)

MESFET модель производная от GaAsFET модели. DC характеристики определяются параметрами **VTO**, **B** и **BETA**, которые определяют изменение тока стока от напряжения затвора. Параметр **ALPHA** определяет напряжение насыщения, и **LAMBDA** определяет выходную проводимость.

Включены параметры объёмных сопротивлений **RD** и **RS**. Хранение зарядов моделируется ёмкостями переходов затвора со стоком и истоком и определяется параметрами **CGS**, **CGD** и **PB**.

| Имя | Параметр | Размер | По умолчанию | Кратность |
|--------|--|------------------|--------------|-----------|
| VTO | барьерное напряжение | В | -2.0 | |
| BETA | параметр пропорциональности | A/B ² | 1.0e-4 | * |
| B | параметр легирования | 1/B | 0.3 | * |
| ALPHA | параметр напряжения насыщения | 1/B | 2 | * |
| LAMBDA | параметр модуляции канала | 1/B | 0 | |
| RD | объёмное сопротивление стока | Ом | 0 | * |
| RS | объёмное сопротивление истока | Ом | 0 | * |
| CGS | соединительная ёмкость 3-И при нулевом смещении | Ф | 0 | * |
| CGD | соединительная ёмкость 3-С при нулевом смещении | Ф | 0 | * |
| PB | соединительный потенциал затвора | В | 1 | |
| KF | коэффициент фликкер-шума | - | 0 | |
| AF | показатель фликкер-шума | - | 1 | |
| FC | коэффициент нелинейности ёмкости прямосмещённого затвора | - | 0.5 | |

Макромодель

Общая форма

XXXXXXXX N1 <N2 N3 ...> SUBNAM

Пример в списке цепей

XU1 7 5 6 12 3 XLM741

Пример Spice данных

%D %1 %2 %3 %4 %5 %S

Макромодели, используемые в **Spice**, определяются обозначением устройств символом **X**, сопровождаемое списком узлов для подключения и именем макромодели.

Устройства SimCode

Общая форма

AXXXXXXX [NPI NGI NI1I <NI2I ...>][NPO NI1O <NI2O ...> NO1O <NO2O ...>] MNAME

Пример в списке цепей

A2 [6 8 4] [7 9 5] 2404B

Пример Spice данных

%D [%4bi %2bi %1i] [%4bo %1o %2o] %M

Все узлы, указанные в цифровом **SimCode** устройстве являются цифровыми узлами устройства. **NPI** и **NGI** цифровые входные узлы для силовых и земляных выводов. **NI1I**, **NI2I** и т.п. цифровые входные узлы для входных выводов устройства. **NPO** цифровой выходной узел силового вывода. **NI1O**, **NI2O** и т.п. цифровые выходные узлы входных выводов устройства. **NO1O**, **NO2O** и т.п. цифровые выходные узлы выходных выводов устройства. Квадратными скобками ([]) отделяют входные узлы от выходных узлов. В **Spice Data** области силовая и земляная шины включают символ “b”, который указывает, что узел этих выводов входит в **Bus Data** область.

.NODESET директива

Общая форма

.NODESET V(NODNUM)=VAL V(NODNUM)=VAL ...

Пример в списке цепей

.NODESET V(7)=3.33 V(11)=1.5

.NODESET строка помогает программе находить начальное **DC** решение, делая предварительным проходом с определенными в узлах напряжениями. Ограничение затем отменяется, и итерация продолжается на основе этих начальных решений. Строка **.NODESET** может быть необходима для сходимости в бистабильных или неустойчивых цепях. В общем случае, когда моделирование проходит без проблем, в этой директиве нет необходимости.

.IC директива

Общая форма

.IC V(NODNUM)=VAL V(NODNUM)=VAL ...

Пример в списке цепей

.IC V(3)=2.5 V(4)=-1 V(9)=1

Строка **.IC** используется для установки начальных условий. У неё есть две разных интерпретации, если выбран или не выбран **UIC** параметр в **Transient Analysis**, и действуют следующим образом:

- Когда выбран **UIC** параметр в **Transient Analysis**, узловые напряжения, определённые в управляющей строке **.IC** используются для вычисления начальных условий на конденсаторах, диодах, BJT, JFET и MOSFET транзисторах. Это эквивалентно определению **IC=...** параметра в каждой строке устройства. При этом можно определять и **IC=...** параметр, который имеет приоритет над **.IC** величиной. В этом случае никаких вычислений начальных **DC** напряжений не выполняется перед **Transient Analysis**, необходимо быть осторожным в определении всех исходных **DC** напряжений в **.IC** управляющей строке, чтобы вычислять начальные условия устройства.
- Если не выбран **UIC** параметр в **Transient Analysis**, решение начального **DC** смещения будет вычислено перед **Transient Analysis**. В этом случае узловые напряжения, определённые в **.IC** управляющей строке являются ограничителями желаемых величин в течение решения смещения. **Transient Analysis** затем удаляет ограничения этих узловых напряжений. Это более предпочтительный метод, поскольку допускает последовательное вычисление решений **DC**.

17. Создание новых устройств

Устройства, которые можно создать в CircuitMaker входят в две основные категории. Не функциональные символы устройств, которые просто представлены на схеме или экспортируются в PCB список цепей, а также полностью функциональные устройства, которые можно имитировать. Функциональное имитационное назначение достигается присоединением внутренней электрической схемы или **Spice** модели/макромодели к

символу устройства. Термин макро устройство свободно используется в этом руководстве, чтобы ссылаться на любое устройство, которое создаётся или модифицируется.

Следующая информация содержится в этой главе:

- **Создание символов устройств:** Показано, как использовать **Symbol Editor** для создания или редактирования заказных символов устройств. Как в ручную создавать символы с помощью мыши, создавать новые символы на основе существующих символов и быстро создавать DIP, LCC или QFP символы. Показано, как создавать и использовать выводы для связи с проводами, а также как подготовить символ к использованию в **CircuitMaker**, добавляя по умолчанию **Device Properties** в символ. На основе примера будет показан путь создания собственных символов устройств.
- **Создание макро устройств с внутренней электрической схемой:** Показано, как подключать скрытую внутреннюю электрическую схему к заказному символу устройства. Этот простой процесс может быть использован для расширения выбора имитируемых устройств **CircuitMaker**. Показано как макро устройства могут быть вложены в иерархические конструкции цепей для моделирования. На примере показано подключение электрической схемы к символу, чтобы таким образом получить функциональное макро устройство.
- **Работа с Spice моделями:** Рассказано о трех основных типах компонентов в **Spice**, о выборе **Spice** моделей для моделирования, модифицировании **Spice** моделей, и о подключении новых **Spice** моделей к символам устройств. На основе примера показано, как добавлять новые **Spice** модели.
- **Создание новой Spice модели с использованием параметров:** Показано, как создавать общие **Spice** модели, которые могут быть использованы, чтобы имитировать любое число подобных компонентов, передавая специфические параметры на каждое устройство в общую модель.
- **Редактирование параметров цифровых моделей:** Показаны **SimCode** цифровых устройств, их различные параметры и как их модифицировать.

Создание символов устройств

Для создания или модифицирования символов устройств используется один из следующих путей:

- Черчение символа с помощью мыши.
- Составление описания в **Element List**.
- Дополнение существующей формы.
- Импорт метафайла.
- Дополнение DIP, LCC и QFP корпусов.

Чтобы создавать символ для нового макро:

1. Очистить рабочую область выбором **New** кнопки в инструментарии.
2. Выбрать пункт **Macros > New Macro**.
3. Ввести уникальное имя макро не более 13 символов.

Имя используется для идентификации макро в библиотеке устройств.

4. Определить число элементов входящих в один корпус.

Примечание: Один и тот же символ используется для каждого элемента в корпусе.

5. Нажать **OK**, чтобы отобразить окно **Symbol Editor**.

Необходимо воспринимать **Symbol Editor** как программу для чертежей. Следующая секция описывает использование **Symbol Editor** и выбор её опций.

Использование элементов управления Symbol Editor

Как только в окно будет установлен символ устройства, использование выборов **Symbol Editor** должны управлять видом символа. Можно щёлкать и перемещать обозначения устройства в любые необходимые позиции.

Redraw

Перерисовывает изображение.

Clear

Стирает изображение не удаляя элементов.

Trace

Один шаг в списке **Element List** выделяет поочередно каждый элемент, начиная с текущего выбранного элемента. Выбрать первый элемент в списке, щёлкнуть **Clear** кнопку для стирания окна рисования, и затем многократно щёлкнуть **Trace** кнопку. Это поможет идентифицировать элементы, которые скрыты другими элементами и т.п.

| | |
|-------------------------|---|
| Grid | Отображает или скрывает определенную сетку в окне рисования. Рекомендуется определить сетку в 9 точек, для правильного размещения выводов. Примечание: В Symbol Editor не используется Snap To Grid опция. |
| Symbol Name | Отображает или скрывает символьное имя устройства. |
| Pin Names | Отображает или скрывает имена выводов устройства. |
| Pin Designations | Отображает или скрывает обозначение выводов устройства. |
| View | Изменение размера окна 25%-800%, чтобы повысить удобство просмотра устройства при его создании. |

Чертёж символа мышью

Для создания символов или части символов в ручную с помощью мыши:

1. Выбрать цвет элемента и заполнителя.

Любой замкнутый элемент будет заполнен цветом элемента или цветом фона.

2. Выбрать тип создаваемого элемента, щёлкая кнопку в соответствующем разделе.

Можно создать следующие типы элементов: **Line** (линия), **1/4 Arc** (четверть дуги), **1/2 Arc** (половина дуги), **Circle** (круг), **Ellipse** (эллипс), **Polyline** (ломаная линия), **Polygon** (многоугольник), **Rectangle** (прямоугольник), **Round Rect** (скруглённый прямоугольник), и выводы **Pin**. Выводы могут быть направлены вверх, вниз, влево или вправо и могут иметь пузыри, чтобы указывать инверсию логического вывода. Выводы с пузырями указываются с помощью тильды (~).

Примечание: Любой символ устройства должен иметь выводы для связи с проводами.

3. Чтобы создать линию, дугу, круг, эллипс, прямоугольник или вывод, нажимая и придерживая левую кнопку мыши протаскать в нужный размер и отпустить. Чтобы создать ломаную линию или многоугольник, щёлкнуть и отпустить кнопку мыши для начала, затем делать единственный щелчок для поворота и двойной щелчок для завершения.

Примечание: После установки вывода появляется диалоговое окно для ввода имени вывода и обозначения. Имя и обозначение вывода необходимы для моделирования и генерации PCB списка цепей.

При установке элемента его описание добавляется в раздел **Element List**. При выборе описания выбирается и выделяется элемент, позволяя перемещать или удалять элементы, которые были установлены. После установки элемента выбранный **Element Type** не изменяется, пока не будет выбран новый тип элемента или будет щелчок в текстовой строке **Element List**.

Выбор элементов формы

Чтобы выбрать единственный элемент:

1. Сделать **Select** выбор в **Element Type** разделе.
2. Выбрать элемент в окне обзора.

или

Щёлкнуть его описание в **Element List**.

Чтобы выбрать множество элементов:

1. Сделать **Select** выбор в **Element Type** разделе.
2. Протаскать мышью прямоугольник выбора вокруг нужных элементов формы в окне.

или

Щёлкнуть и протаскать курсор в **Element List** разделе.

или

Придерживая **Shift** клавишу щёлкнуть индивидуальные элементы формы в окне, или придерживая **Ctrl** щёлкнуть нужные описания элементов в **Element List** разделе.

Для удаления элементов:

1. Выбрать элементы, которые необходимо удалить.
2. Нажать **Delete** кнопку.

Для перемещения элементов:

1. Сделать **Select** выбор в **Element Type** разделе.
2. Переместить элемент формы, придерживая левую кнопку мыши.

или

Если выбрано множество элементов, переместить все за один из элементов, придерживая левую кнопку мыши.

Для изменения размера элементов:

1. Сделать **Resize** выбор в **Element Type** разделе.

2. Переместить в необходимый размер конец линии, угол прямоугольника, сторону закругленного прямоугольника или эллипса придерживая левую кнопку мыши.

Примечание: Можно использовать **Element List** или **Edit Buffer** разделы, чтобы изменять размер и форму различных элементов.

Добавление существующих форм

Чтобы облегчить создание новых символов устройств, можно использовать и модифицировать формы существующих устройств. Чтобы добавить существующую форму:

1. В **Symbol Editor** диалоговом окне открыть **Add Existing Shape** список.
2. Выбрать имя существующей формы для добавления.
3. Если необходимо подключить выводы к существующим устройствам, отметить **Include Pins** контрольное окно
4. Если необходимо изменить размер добавляемой формы, ввести нужную величину в **Shape/Pkg Scale** окно редактирования.
5. Нажать **Add Shape** кнопку.
6. Нажать **r** клавишу или правую кнопку мыши для вращения формы.
7. Нажать **m** клавишу для зеркального отображения формы.
8. Переместить форму в желаемую позицию окна **Symbol Editor**.
9. Щёлкнуть левую кнопку мыши, чтобы установить форму или нажать пробел, чтобы отменить операцию.

Примечание: Будет масштабироваться только позиция подключенных выводов, но не размер.

Импорт устройств из метафайлов

В **Symbol Editor** можно импортировать символы устройств в виде изображений созданные в других графических программах, только если эти чертежи символов в формате метафайлов и могут копироваться через Windows буфер.

Чтобы импортировать устройство из метафайла:

1. Скопировать объект метафайла в Windows буфер.
2. Из **Symbol Editor** выбрать **Clipboard-WMF** как существующую форму.

Примечание: Только векторные графические формы: линии, прямоугольники, круги и т.п. в объекте метафайла будут преобразованы. Цвета, побитовые изображения и текст не будет включены.

Добавление DIP, LCC и QFP символов

Используя **Symbol Editor** можно быстро создавать DIP, LCC и QFP символы. LCC и QFP квадратные микросхемы с равным количеством выводов на каждой стороне. LCC символ имеет первый вывод в центре верхней стороны, QFP символ имеет первый вывод на левой верхней стороне. Здесь можно управлять размером добавляемого символа использование **Scale** величины, числом символов в имени выводов и числом выводов. При размещении символы могут вращаться и отображаться зеркально. Чтобы добавить DIP, LCC или QFP символ:

1. Используя **Symbol Editor** определить количество выводов в **Pins per Pkg** области.
2. Определить **Scale**, по умолчанию 100%.
3. Нажать **Add Pkg** кнопку.
4. Переместить символ в желаемую позицию.

Примечание: Можно нажать пробел, чтобы отменить это действие.

5. Щёлкнуть левую кнопку мыши, чтобы установить символ.

Редактирование информации выводов

Название и обозначение выводов необходимы для моделирования схемы и PCB списка цепей. Для совместимости с TraxMaker, каждое обозначение вывода в символе должно соответствовать обозначению панели в TraxMaker компоненте. Чтобы редактировать имена и обозначения выводов:

1. В **Symbol Editor** выбрать **Select** опцию в **Element Type** разделе.
2. Щёлкнуть правой кнопкой на выводе и выбрать пункт **Edit**, чтобы отобразить диалоговое окно.
3. Назначить каждому выводу имя до 15 символов и обозначение до 5 текстовых символов, даже если имена не будут отображаться.

Примечание: Для множества элементов в одном корпусе, обозначение вывода должно быть указано для каждого элемента, разделяя их запятыми.

Разделы **Element List** и **Edit Buffer**

При добавлении элементов к чертежу, они также добавляются в **Element List**. Раздел **Element List** содержит текстовое описание каждого элемента в символе устройства. Между окном рисования и разделом **Element List** связь постоянная. Когда выбирается элемент в окне рисования, соответствующая строка выделяется в **Element List**, а также возможно и обратное действие. Элементы в начале списка созданные первыми находятся на заднем плане чертежа, элемент в списке созданный последним находится на переднем плане.

Раздел **Edit Buffer** используется для добавления или редактирования текстового описания элементов, содержащихся в **Element List** разделе. Используя следующие кнопки можно редактировать и изменять порядок следования элементов.

- Cut** Удаляет выбранные элементы из **Element List** и размещает в **Edit Buffer**.
- Copy** Устанавливает копию выбранных элементов в **Edit Buffer**.
- Replace** Заменяет выбранные элементы содержимым **Edit Buffer**.
- Insert** Вставляет содержимое **Edit Buffer** перед выбранным элементом в **Element List**.
- Append** Вставляет содержимое **Edit Buffer** в конец **Element List**.
- Delete** Удаляет выбранные элементы из **Element List**.

При редактировании элементов необходимо соблюдать строгие правила синтаксиса. Определение для каждого элемента должно указывать тип элемента, атрибуты (линии, цвет наполнителя или имя вывода), и набор x-y координат. Более полное описание синтаксиса необходимое для каждого элемента дано в следующей секции.

Определение элементов

Когда цвет в элементе сопровождается звездочкой, например, LtBlue* то цвет наполнителя будет таким же, как и цвет элемента, иначе цвет наполнителя будет цветом фона.

Общий формат

[тип элемента] [атрибут] x1,y1 x2,y2 x3,y3 x4,y4 [номер вывода]

Line

Атрибут цвет элемента

x1,y1 стартовая точка линии

x2,y2 конечная точка линии

x3,y3 n/a

x4,y4 n/a

Пример:

Line Device -36,-7 20,-7

Polyline

Атрибут цвет элемента

x1,y1 1-я точка ломаной линии

x2,y2 2-я точка ломаной линии

x3,y3 3-я точка ломаной линии

x4,y4 4-я точка ломаной линии

Примечание: Плюс (+Polyline) указывает, что это продолжение предыдущего элемента ломаной линии.

Примеры:

Polyline Device -24,-46 42,-22 24,35

или

Polyline Device -51,-54 46,-23 34,42 -53,32

+Polyline Device -53,-19

Polygon

Атрибут цвет фона*

x1,y1 1-я точка многоугольника

x2,y2 2-я точка многоугольника

x3,y3 3-я точка многоугольника

x4,y4 4-я точка многоугольника

Примечание: Плюс (+Polygon) указывает, что это продолжение предыдущего элемента многоугольника.

Пример:

Polygon Device -39,12 0,55 -61,75

или

Polygon Device -30,-44 12,-44 29, -21 15,6
+Polygon Device -25,6 -42,16

Rect

Атрибут цвет фона*

x1,y1 левый верхний угол прямоугольника
x2,y2 нижний правый угол прямоугольника
x3,y3 n/a
x4,y4 n/a

Пример:

Rect Device -25,-30 15,28

RRect

Атрибут цвет фона*

x1,y1 левый верхний угол закругленного прямоугольника
x2,y2 нижний правый угол закругленного прямоугольника
x3,y3 ширина и высота эллипса, определяющего углы
x4,y4 n/a

Пример:

RRect Device -56,-22 11,8 10,10

Ellipse/Circle

Атрибут цвет фона*

x1,y1 левый верхний угол прямоугольника, охватывающего круг или эллипс
x2,y2 нижний правый угол охватывающего прямоугольника
x3,y3 n/a
x4,y4 n/a

Пример:

Ellipse Device -49,-44 9,33

Arc 1/4, 1/2

Атрибут цвет элемента

x1,y1 левый верхний угол прямоугольника, охватывающего полный эллипс
x2,y2 нижний правый угол прямоугольника, охватывающего полный эллипс
x3,y3 первая точка выходной линии дуги
x4,y4 вторая точка выходной линии дуги

Примечание: Координаты точек линии дуги располагаются против часовой стрелки.

Пример:

Arc Device -51,-13 -13,33 -32,-13 -51,10 1/4

Arc Device -28,-11 5,45 5,17 -28,17 1/2

Text

Атрибут текстовый цвет

x1,y1 нижняя позиция центра текста
x2,y2 n/a
x3,y3 n/a
x4,y4 n/a

text строка, приложенная в единые кавычки, 15 символов максимум

Пример:

Text Device 0,25 'symbol text'

PinUp, PinDown, PinLeft, PinRight

Атрибут имя вывода максимум 16 символов

x1,y1 точка подключения вывода
x2,y2 n/a
x3,y3 n/a
x4,y4 n/a

Примеры одной части в корпусе:

Pinleft P1 -26,-27 [1]

Pinright P9 26,36 [9]

Примеры двух частей в корпусе:

Pinleft P1 -26,-27 [1,2]

Pinright P9 26,36 [9,10]

Пример инверсного вывода:

Pinleft~ P7 -26,27 [7]

Примечание: Вывод является точкой связи для проводов. Выводы могут иметь пузыри, чтобы указывать инверсию логики. Выводы с пузырями создаются с помощью тильды (~).

Создание символа устройства

Следующий последовательный пример показывает использование **Symbol Editor** для создания макро.

1. Сделать резервную копию **USER.LIB** файла до создания или удаления макро.

В случае, если библиотека повреждена или изменена нежелательным образом, всегда можно будет вернуться к исходной библиотеке.

2. Выбрать пункт **Macros > New Macro**, чтобы отобразить **Define New Macro** диалоговое окно.

Возможно, что появится запрос о включении текущей схемы в рабочей области в новый символ. Для этого примера можно щёлкнуть **No**.

3. Ввести уникальное имя до 13 символов в **Name** текстовую область. Для этого примера набрать имя AND-NOR.
4. Определить число **Parts Per Package**. Для этого примера использовать по умолчанию 1 элемент на корпус.

Это имеет отношение к количеству устройств, входящих в состав одного чипа. Например, 7400 корпус содержит 4 NAND логических элемента, а 556 корпус содержит 2 таймера.

5. Нажать **OK**, чтобы отобразить **Symbol Editor**.

Для этого примера можно начать с установки 8 выводного DIP корпуса в окно рисования.

6. Ввести число **8** в **Pins Per Pkg** область, затем нажать **Add Pkg** кнопку.
7. Щёлкнуть левую кнопку мыши, чтобы установить корпус в центре окна.
8. Изменить масштаб в **View** разделе на **200%**, щёлкая верхнюю стрелку.

Имя макро AND-NOR отображено в центре окна.

9. Щёлкнуть и переместить имя в позицию выше DIP.

Можно обратить внимание, что устройство состоит из: 1 Rect, 4 PinLefts и 4 PinRights. Необходимо удалить 3 из 4 PinRights.

10. Щёлкнуть правосторонний верхний вывод на чертеже, чтобы выбрать его и нажать **Delete**. Повторить это ещё для двух правосторонних выводов.
11. Щёлкнуть оставшийся правосторонний вывод для выбора и нажать **Copy**, чтобы копировать вывод из **Element List** в **Edit Buffer**.
12. Изменить **PinRight** на **PinRight~**.
13. Нажать **Replace**, чтобы заменить выбранные выводы новым.

Можно обратить внимание, что вывод на чертеже теперь имеет пузырь.

14. Из меню правой кнопки на верхнем левом выводе выбрать пункт **Edit**.
15. Изменить **P1** на **I1**, и затем нажать **OK**. Повторить это для остальных выводов, присваивая им имена **I2**, **I3**, **I4** и **O1**.
16. Нажать **OK** в **Symbol Editor** диалоговом окне.

После этого новый символ будет следовать за мышью в рабочей области.

17. Щёлкнуть мышью, чтобы установить символ в рабочей области.
18. Дважды щёлкнуть в макро для вывода окна **Edit Macro**.
19. Нажать **Properties...**

Любые данные, которые вводятся в **Device Properties** диалоговом окне, будут там каждый раз при выборе этого макро из библиотечных меню. Теперь самое время, чтобы добавить по умолчанию данные **Package**, **Auto Designation Prefix**, **Spice Prefix Character(s)** и **Spice Data** если требуется.

Примечание: Для совместимости с TraxMaker **Package** область должна соответствовать имени соответствующего компонента в TraxMaker.

20. Если макро готово для сохранения в библиотеке, выбрать **Macros > Macro Utilities**, чтобы отобразить **Macro Utilities** диалоговое окно.
21. Чтобы установить устройство в существующих **Major** или **Minor Device Class** разделах, щёлкнуть подходящие пункты в списках.
22. Чтобы создать новый **Major** или **Minor Device Class** раздел, ввести новое имя в соответствующие текстовые области редактирования.
23. Для завершения создания нового символа устройства нажать **Save Macro**.

Это сохранит новое макро в файле **USER.LIB** и очистит рабочую область. Для использования нового макро просто выбрать его из библиотеки устройств подобно любым другим устройствам.

Редактирование существующих макро устройств

Редактирование макро устройств позволяет модифицировать символы устройств, определённые по умолчанию атрибуты, добавлять или редактировать внутреннюю электрическую схему. Чтобы редактировать существующее макро устройство:

1. Установить редактируемое макро в рабочую область.
2. Выбрать макро средством **Arrow Tool**.
3. Выбрать пункт **Macros > Expand Macro** и нажать **OK**.
4. Дважды щёлкнуть в макро устройство.
5. При необходимости можно назначить новое имя макро.

Сохранение макро под новым именем создаёт новое макро, но не удаляет старое макро устройство.

6. Использование **Parts Per Package** выбора изменяет количество элементов в одном корпусе.

Примечание: Рекомендуется использовать этот выбор только при создании новых устройств.

7. Нажать **Properties...** кнопку для отображения **Device Properties** диалогового окна.

В зависимости от редактируемого макро устройства, нужно определять обязательные параметры устройства, включая **Label-Value**, **Package**, **Auto Designation Prefix**, **Spice Prefix** и **Spice Data**.

8. Нажать **Symbol...** кнопку для отображения **Symbol Editor**, где можно отредактировать схемный символ макро.

9. Нажать **OK** после завершения редактирования графики и определения параметров символа.

Щелчок **OK** возвращает в расширенный режим редактирования макро, где можно добавить или редактировать электрическую схему прежде, чем новое устройство будет сохранено.

Создание макро устройств с внутренней электрической схемой

Если нет нужного устройства в библиотеке **CircuitMaker**, которое выполняло бы конкретную функцию, можно создать своё функциональное макро устройство, подключая скрытую электрическую схему к нужному символу.

Макро устройство может содержать внутреннюю электрическую схему, которая базируется на существующих устройствах. Можно также вкладывать макро устройства в пределы другого макро, позволяя создавать блочное построение схем, чтобы создать конечное устройство.

Новое макро сохраняется вместе с электрической схемой, которая спрятана в пределах своего символа и функционирует согласно электрической схеме. Новые макро созданные подобным образом могут использоваться в любых схемах. Чтобы создать макро устройство с внутренней электрической схемой:

1. Сделать резервную копию **USER.LIB** файла.

В случае если библиотека будет повреждена или сделаны нежелательные изменения, всегда будет возможность воспользоваться её копией.

2. Создать символ, как описано выше в этой главе.
3. Выбрать последний созданный символ **AND-NOR**, разместить в рабочую область и расширить выбором **Macros > Expand Macro**.
4. Создать электрическую схему, которая будет выполнять функцию **AND-NOR** нового макро устройства.
5. Выбрать средство **Wire Tool** в инструментарии и соединить проводами выводы макро символа с частями схемы.
6. Если по умолчанию данные не были добавлены при создании символа, двойным щелчком в макро символ открыть окно и нажать кнопку **Properties...**. Добавить необходимые данные как **Package** и **Auto Designation Prefix**.
7. Сохранить макро, используя **Macros > Save Macro** пункт.

Работа с SPICE моделями

Spice - стандартная промышленная программа для имитации цепей. Для создания устройств работающих в аналоговом моделировании, должны быть определены **Spice** данные в каждом устройстве. Используя возможности системы можно подключать информацию **Spice** моделей и макромоделей к новым или существующим устройствам. Можно также отредактировать **Spice** информацию, используя **ASCII** текстовый редактор.

Примечание: Если создаваемые новые символы устройств предназначены для экспорта в PCB список или создания простых схем, подключать **Spice** информацию не нужно. Тем не менее, даже если есть необходимость имитировать создаваемые компоненты, подключение **Spice** моделей из различных источников легкая задача. Есть три основных типа компонентов в **Spice**:

- Элементарные компоненты как, например, резисторы, конденсаторы, источники и т.п.
- Модели, определяющие дискретные устройства как, например, BJT, JFET, MOSFET и т.п.
- Макромодели, комбинированные устройства созданные на основе элементарных компонентов, моделей и другие макромодели, чтобы создавать более сложные устройства.

Spice модели и макромодели доступны из многих источников, включая изготовителей компонентов, журналы и книги по проектированию, из Интернета.

Редактирование SPICE моделей в текстовом редакторе

Так как **Spice** модели и макромодели представляют собой текстовые файлы и могут модифицироваться текстовым редактором как, например, Notepad. После редактирования эти файлы необходимо сохранять только в текстовом формате.

Редактирование SPICE моделей в CircuitMaker

Двойной щелчок в устройство, который имеет связанную с ним **Spice** модель, выводит диалоговое окно с выделенной моделью в списке. Чтобы выбрать другую модель, щёлкнуть её в окне мышью, затем нажать **Select**. Макромодели в списке указываются первым символом **x**, а модели символом **p**. Чтобы редактировать или просматривать существующую модель:

1. Щёлкнуть имя модели, которую необходимо отредактировать или просмотреть.
2. Нажать **Edit** кнопку, чтобы отобразить диалоговое окно.

Отображаемые **Spice** параметры модели это не книжные справочные данные. Если пользователь не знаком с **Spice** моделированием, не рекомендуется модифицировать существующие **Spice** модели.

Величины, указанные для каждого параметра представляют величины определённые для этого специфического типа устройства. **Spice** величины параметров модели по умолчанию указаны звездочкой (*) после величины. Чтобы изменить величину **Spice** параметра:

1. Щёлкнуть имя **Spice** параметра.

Это выбирает параметр и копирует величину параметра в **Value** окно редактирования.

2. Изменить данные в **Value** окне и нажать **Enter** кнопку.

Если необходимо установить специфический параметр в значение по умолчанию, ввести звездочку (*) в **Value** область и нажать **Enter**.

3. Нажать **OK**, чтобы сохранить модель.

или

Чтобы сохранить модель под новым именем, набрать новое имя в **Name** области и затем нажать **OK**.

Примечание: Модели созданные или модифицированные хранятся непосредственно в **.MOD** файле вместо ссылки на модели. Подлинник **.LIB** файл остаётся неизменным.

Чтобы удалить существующую модель:

1. Выбрать модель мышью.
2. Нажать **Delete**.

Это действие удаляет только ссылку на модель в связующем файле, а не удаляет фактическую модель из библиотеки.

Назначение новой модели в существующий символ

При получении новых моделей из внешнего источника, они обычно приводятся в ASCII текстовом формате. Использование **Model Data** кнопки в **Macro Utilities** диалоговом окне создаёт связь с каждой новой моделью в библиотечном файле. Следующий пример иллюстрирует способ добавления новой модели. Чтобы добавить транзистор **2N5209** к CircuitMaker:

1. Выбрать пункт **Macros > Macro Utilities**.
2. Выбрать символ **NPN** транзистора, затем нажать **Model Data**.
3. Нажать **Open** и открыть библиотечный файл **MCEBJT.LIB**, в котором находится модель **2N5209**.

Все имена моделей и макромоделей обнаруженные в этой библиотеке будут отображены в окне слева.

4. Нажать **2N5209**.

5. Ввести необходимую информацию о модели в **Description** область, например: Si 625mW 50V 50mA 30MHz Amp.
6. В **Pkg Name** области ввести **TO-92B**, чтобы соответствовать имени корпуса в TraxMaker.
7. Сделать назначение выводов схемного символа соответствующим панелям компонента в TraxMaker. При виде **TO-92B** с плоской стороной **1** вывод находится справа, вывод **2** в середине и вывод **3** слева. Для **2N5902** выводы коллектора, базы и эмиттера будут соответствовать **C=1**, **B=2**, **E=3**.
8. Нажать **Add**, чтобы добавить новую ссылку.

Теперь можно выбирать новую модель в алфавитном порядке из списка **NPN** транзисторов.

Назначение существующей модели новому символу

Чтобы назначить существующую модель новому макро символу:

1. Создать новый не функционирующий макро символ, как описано ранее в этой главе.

Необходимо установить выводы в той же последовательности, как они указаны в синтаксисе соответствующей модели. Например, если был создан новый символ диода, то анодный вывод должен быть первым, а катодный вывод вторым, чтобы соответствовать **Spice** определению диода.

Чтобы связать новый символ с существующим файлом модели, необходимо дать соответствующее имя новому символу. Например, необходимо назвать символ **Diode:A** чтобы связать с **DIODE.MOD** файлом или **Schottky:A** чтобы связать с **SCHOTTKY.MOD** файлом.

2. С расширенным новым макро дважды щёлкнуть в устройство, и затем нажать **Properties...**, чтобы отобразить **Device Properties** диалоговое окно. Ввести следующие данные:
 - Установить **Auto Designation Prefix** устройств, например, **Q** для транзисторов, **D** для диодов, и т.п.
 - Установить **Spice Prefix Character(s)** устройств, чтобы отобразить тип модели используемого устройства. Например, биполярный транзистор **NPN** должен иметь префикс **QN**.
 - Ввести подходящую **Spice** инструкцию для этого устройства в **Spice Data** область.

3. Нажать **OK**.

4. Выбрать пункт **Macros > Save Macro**, чтобы сохранить макро.

После ввода необходимых данных, **Spice** модель будет связана с новым символом.

Пример

Чтобы создать новый символ устройства для стандартного диода:

1. Создать новый макро символ диода, используя **Symbol Editor** описанный ранее в этой главе.

Назвать новый макро символ как **DIODE:A**. При размещении выводов в новом устройстве, установить первый вывод в анод (N+), и второй вывод в катод (N-), чтобы соответствовать синтаксису модели диода.

2. Расширить новый макро символ, если не расширен щёлкнув его левой кнопкой мыши, и затем выбрать пункт **Macros > Expand Macro**, или из меню правой кнопки.
3. Дважды щёлкнуть в символ устройства и нажать кнопку **Properties...**
4. Ввести следующую информацию в **Device Properties** диалоговом окне расширенного макро:

| | |
|----------------------------|-------------|
| Auto Designation Prefix: | D |
| Spice Prefix Character(s): | D |
| Spice Data: | %D %1 %2 %M |

5. Сохранить макро.

Редактирование SPICE макромоделей

В **Spice** макромоделей входят три основные категории:

- Компонентные макромоделей
- Блочные макромоделей
- Эквивалентные цепи

Компонентная макромодель представляет собой полную схему устройства, созданную на основе дискретных компонентов. Этот тип макромоделей требует немало времени для имитирования. Макромодель блочного типа состоит не только из дискретных компонентов, но из простых пунктов как, например, блоки усиления, управляемые источники и т.п. Этот тип макромоделей имитируется довольно быстро и в большинстве случаев достаточно точно, что бы исключить использование компонентных моделей. Эквивалентные цепи необходимы для создания дискретных устройств, которые не имеют **Spice** моделей. Например, тиристор **SCR** может быть создан из пары **NPN** и **PNP** транзисторов связанных вместе.

Двойной щелчок на устройстве, которое имеет макромодель в библиотеке, откроет диалоговое окно. Выбранная макромодель будет выделена в списке. Чтобы выбрать другую макромодель, щёлкнуть на ней мышью, затем нажать **Select**. Чтобы редактировать или просматривать существующую макромодель:

1. Щёлкнуть её мышью.
2. Нажать **Edit** для отображения диалогового окна.

Это диалоговое окно отображает текстовое описание макромодели, которое начинается строкой её названия и оканчивается **.ENDS** строкой. Любые изменения заставляют модифицировать макромодель, изменяя ссылку на макромодель в связывающем файле. Оригинальная макромодель остаётся неизменной в библиотечном файле, но ссылка на неё будет потеряна.

Назначение новых макромоделей существующим символам

Использование **Model Data** кнопки в **Macro Utilities** диалоговом окне создаёт связь с каждой моделью в новом библиотечном файле. Следующий пример иллюстрирует процесс назначения новой макромодели существующему символу. Чтобы добавить действующую макромодель усилителя **LF412C** к CircuitMaker:

1. Выбрать пункт **Macros > Macro Utilities**.
2. Выбрать 5- выводный символ **Op-Amp5**, затем нажать **Model Data**.
3. Нажать **Open** и открыть библиотечный файл **MCEMODS2.LIB**, в котором находится модель **LF412C**.

Все модели и макромодели, обнаруженные в этой библиотеке будут отображены в окне слева.

4. Нажать **LF412C**.
5. Ввести необходимую информацию о модели в **Description** область, например: Dual LoOffset Lo-Drift JFET OpAmp.
6. В **Pkg Name** область ввести **DIP8**, чтобы назначить соответствующий корпус в TgaxMaker.
7. Ввести выводы в соответствии с обозначением панелей в корпусе компонента.

Так как **LF412C** является сдвоенным ОУ, необходимо ввести номера выводов для обоих элементов **PART A** и **PART B**, щёлкая стрелки для переключения между ними.

Для **PART A** номера выводов должны быть: **IN+ = 3, IN- = 2, V+ = 8, V- = 4** и **Out = 1**. Для **PART B** номера выводов должны быть: **IN+ = 5, IN- = 6, V+ = 8, V- = 4** и **Out = 7**.

8. Нажать **Add**, чтобы создать новую ссылку.

Теперь можно выбрать новую макромодель в алфавитном порядке из списка ОУ.

Назначение существующей макромодели новому символу

Чтобы назначить существующую макромодель новому символу:

1. Создать новый не функционирующий макро символ устройства, как описано выше в этой главе.

Ненужно забывать устанавливать выводы в той же последовательности, как они указаны в соответствующей макромодели. Например, если создаётся новый символ для 5-выводного ОУ, необходимо установить выводы в следующей последовательности: **+IN, -IN, +V, -V** и **OUT**, чтобы было соответствие **Spice** описанию 5-выводной макромодели ОУ. Для того чтобы связать новый символ с существующим файлом макромодели, необходимо дать новому символу соответствующее имя. Например, можно назвать символ **Op-Amp5:A** чтобы связать с **OPAMP5.SUB** файлом.

Примечание: Поскольку CircuitMaker идентифицирует выводы в порядке размещения в символе устройства, необходимо убедиться, что порядок размещения выводов соответствует порядку узлов указанных в макромодели.

Фактическая связь между выводами символа и макромодели управляется **Spice Data** областью устройства, где **%n** имеет отношение к энному выводу в элементном списке. Например, в **Spice Data** области содержится следующая запись: **%D %1 %2 %3 %4 %S**. Это значит, что первое узловое число макромодели подключается к первому выводу в символе представленному как **%1**, второй вывод как **%2**, и т.п. Когда используется макромодель, которая представлена как:

.SUBCKT XMR9933A 21 23 6 15

то узел 21 макромодели будет подключен к первому выводу символа, узел 23 ко второму выводу и т.п.

2. С новым расширенным символом дважды щёлкнуть в устройство, затем нажать кнопку **Properties...**, чтобы открыть **Device Properties** диалоговое окно. Ввести следующие данные:

- Ввести **Auto Designation Prefix** устройства, например, **U** или **IC**.
- Установить **Spice Prefix Character(s)** как **X** для макромоделей.
- Установить необходимую **Spice** инструкцию для этого устройства в **Spice Data** область.

3. Нажать **OK**.

4. Выбрать пункт **Macros > Save Macro** для сохранения макро.

Пример

Чтобы создать новый символ устройства оптрона:

1. Создать новый макро символ оптрона, используя символьный редактор.

Дать имя символу как **Opto Isol:A**. При размещении выводов в новом устройстве установить первый вывод на аноде (N+), второй вывод на катоде (N-), третий вывод на коллекторе и четвертый вывод на эмиттере. Этот порядок следования соответствует синтаксису макромодели оптрона.

2. Расширить новый макро символ, если не расширен щёлкнув его левой кнопкой мыши, и затем выбрать пункт **Macros > Expand Macro**, или из меню правой кнопки.
3. Дважды щёлкнуть в символ устройства и нажать кнопку **Properties...**
4. Ввести следующую информацию в **Device Properties** диалоговое окно расширенного макро:

| | |
|----------------------------|--------------------------|
| Auto Designation Prefix: | OP |
| Spice Prefix Character(s): | X |
| Spice Data: | %D %1 %2 %3 %4 %S |

5. Нажать **OK**, затем выбрать пункт **Macros > Save Macro**.

Связывающие файлы моделей и макромоделей

Данные моделей и макромоделей загружены в текстовые ASCII файлы, обычно с расширением **.LIB**. Эти файлы могут редактироваться любым текстовым редактором.

Каждый аналоговый символ устройства в CircuitMaker имеет связанный с ним связующий файл. Для того чтобы использоваться **Spice** модели в CircuitMaker, необходимо связать модель с соответствующим символом устройства, устанавливая ссылку на модель в связующем файле. Чтобы создавать новую связь или модифицировать существующую:

1. Выбрать пункт **Macros > Macro Utilities**.
2. Выбрать символ, которому необходимо назначить модель или макромодель.
3. Нажать **Model Data** для отображения диалогового окна.

Первоначально в центре окна будет отображаться один список. Это список, который находится в связующем файле, отображает устройства связанные с выбранным символом. Щёлкнуть одну из моделей, чтобы просмотреть описание, корпус и цоколевку. Чтобы модифицировать эту информацию:

1. Выбрать имя модели или макромодели, которую необходимо изменить.
2. Внести необходимые изменения.
3. Нажать **Modify** кнопку.

Чтобы удалить ссылку из связующего файла:

1. Выбрать имя модели или макромодели, которую необходимо удалить.
2. Нажать **Delete** кнопку.

Чтобы добавить новые ссылки в связующий файл:

1. Нажать **Open** кнопку и открыть библиотечный файл, в котором находится необходимая модель или макромодель.

Все имена моделей и макромоделей обнаруженные в этой библиотеке будут отображены в окне слева. При необходимости список может быть ограничен только теми устройствами, которые совместимы с выбранным символом устройства.

2. Ввести описание, тип корпуса и назначить выводы для модели.

Если в корпус входят несколько элементов, необходимо определить номера выводов для каждого элемента PART A, PART B и т.п.

3. Нажать **Add** кнопку, чтобы включить новую ссылку.

Имена связующих файлов переписываются в символьные имена устройств со следующими исключениями:

- Имена связующих файлов ограничены 8 символами.
- Все пробелы и символы пунктуации удаляются.
- Если последние символы в имени устройства являются числами, то числа заменяют последние символы в длинном файловом имени.
- Если символьное имя устройства включает двоеточие (:), то двоеточие и все символы после неё удаляются. Например, устройства NPN Trans, NPN Trans:A, NPN Trans:B и NPN Trans:C будут связаны с файлом NPNTRANS.MOD.

Если CircuitMaker не может найти связующий файл, то этот символ может имитироваться с использованием простой **Spice** модели, используя взамен файловое имя по умолчанию. Файловое имя по умолчанию ос-

новано на **Spice Prefix Character(s)** области. Следующий список определяет **Spice prefix character(s)** и их соответствие файловым именам по умолчанию:

| | |
|----|--------------|
| C | CAP.MOD |
| D | DIODE.MOD |
| DZ | ZENER.MOD |
| JN | NJFET.MOD |
| JP | PJFET.MOD |
| MN | NMOS.MOD |
| MP | PMOS.MOD |
| O | LTRA.MOD |
| QN | NPN.MOD |
| QP | PNP.MOD |
| R | RESISTOR.MOD |
| S | SW.MOD |
| U | URC.MOD |
| W | CSW.MOD |
| ZN | NMESFET.MOD |
| ZP | PMESFET.MOD |

Все другие устройства, включая макромодели, не имеют файловых имён по умолчанию. Устройства символов, которым назначены макромодели, используют для связи файлы с .SUB расширением. Файл связи с .MOD расширением содержит ссылки на **Spice** модели и специфические макромодели для конкретных дискретных символов устройств в CircuitMaker. В некоторых случаях желательно заменять модели макромоделями, которые будут более точно моделировать конкретные устройства. Например, некоторые ВЧ или силовые транзисторы не могут точно моделироваться простой **Spice** моделью. В таких случаях более предпочтительны макромодели.

При нормальных обстоятельствах связующие файлы не должны редактироваться. Файловый формат, приведённый ниже, показан только для информации. Общий формат для ссылки в связующем файле:

***Device Description pkg:PACKAGE [DVCC=14;DGND=7;] 1,2,3,...**

.PARAM QXXXXXXXXX File:Filenam.lib

В строке **PACKAGE [DVCC=14;DGND=7;] 1,2,3,...** определено имя корпуса и обозначение панелей в TraxMaker, данные шин здесь приводятся для цифровых символов. **Q** это **Spice** префиксный символ для специфического типа устройства, **XXXXXXXXX** это имя модели и **Filenam.lib** это имя библиотечного файла в котором находится модель или макромодель.

Необходимое описание устройства должно обязательно следовать перед каждой **.PARAM** строкой. Первым символом строки описания должна быть звездочкой (*). В конце описания строки обязательно должна включаться информация о типе корпуса и выводах. Эта информация необходима при создании PCB списка цепей для TraxMaker. Например:

***500mW 40V 800mA pkg:TO-18 3,2,1**

.PARAM Q2N2222A File:Mcebjs.lib

Необходимо отметить, что порядок выводов определён как **3,2,1**, так как **Spice** определяет порядок следования выводов БJT как коллектор, база, эмиттер. Транзистор 2N2222A использует корпус типа TO-18.

Если одно и то же устройство производят в различных корпусах, то можно определять дополнительные корпуса с использованием псевдонимов. **Spice** заменяет префиксный символ **Q** символом **A** и удаляет файловую ссылку:

***350mW 40V 800mA alias:Q2N2222A pkg:TO-92B 1,2,3**

.PARAM APN2222A

Если в одном корпусе содержится несколько элементов, выводы должны определяться для каждого элемента с символом его обозначения:

***Dual Op Amp pkg:DIP8 (A:3,2,8,4,1)(B:5,6,8,4,7)**

.PARAM XMC1458 File:Mcemods.lib

Эти два метода могут объединяться, когда устройства с множеством элементов производятся в различных корпусах.

Ссылка на макромодели с использованием псевдонимов

Иногда бывает необходимо связать два различных устройства с одной макромоделью. Это необходимо когда два устройства содержат идентичную внутреннюю схему, но разные корпуса или цоколёвку. Наилучший

способ это добавить псевдоним в файл (*.sub) макромодели, используя любой текстовый редактор. Ниже приводится общий текстовый формат:

***Description alias:XLINK|SUBNAME pkg:[Package & Pins]**

.PARAM XNEWNAME

| | |
|--------|----------|
| Данные | Описание |
|--------|----------|

| | |
|--------------------|---|
| Description | Информация о параметрах устройства, как например, напряжение, ток, и т.п. |
|--------------------|---|

| | |
|--------------|--|
| XLINK | Имя макромодели, на которую нужно ссылаться. Первый символ X определяет Spice макромодель, сопровождаемый её именем. |
|--------------|--|

| | |
|--|---------------------------|
| | Вертикальный разделитель. |
|--|---------------------------|

| | |
|----------------|---|
| SUBNAME | Имя файла (*.sub) где расположена макромодель, на которую нужно ссылаться. Должно включать не более 8 символов без пробелов, без учёта расширения .sub. |
|----------------|---|

| | |
|------------|--|
| pkg | Имя корпуса и номера выводов для экспорта в PCB программы. |
|------------|--|

| | |
|-----------------|--|
| XNEWNAME | Новое имя устройства для отображения в списке устройств. |
|-----------------|--|

Следующий пример отображает использование псевдонимов:

Существующая ссылка

***Instrumentation Amp: LoPWR pkg:DIP8 3,2,7,4,6,5,1,8**

.PARAM XAD620A File:AnalogD.lib

Новые данные устройства

***Instrument Amp: LoPWR alias:XAD620A|INSTAMP pkg:SMD8A 3,2,7,4,6,5,1,8**

.PARAM XAD620AR

Создание новой SPICE модели с прохождением параметров

Прохождение параметров упрощает задачу создания новых компонентов. Это позволяет передавать справочные величины непосредственно в общие **Spice** модели или макромодели, используя математические выражения, чтобы создавать **Spice** параметры модели. Общая модель установленная в связующем файле связывается с символом устройства, или используется ссылка через псевдоним.

Устройства созданные таким способом выбираются и редактируются подобно любым другим моделям устройств. Чтобы редактировать параметры прохождения, дважды щёлкнуть в устройство и затем нажать **Edit**.

Общая форма (общая модель)

***MNAME:Device Title**

***MNAME:P1:|P1 Description [<<Min>,<Max>>]|Default**

***MNAME:P2:|P2 Description [<<Min>,<Max>>]|Default**

.

.

.

***MNAME:Pn:|Pn Description [<<Min>,<Max>>]|Default**

***{P1=Default P1=Default ... Pn=Default}**

***Desc pkg:Package Pins**

Общая форма (псевдоним)

***Desc alias:MNAME {P1=Val P2=Val} pkg:Package Pins**

.PARAM ANAME

| | |
|--------------|--|
| MNAME | Имя общей модели или макромодели, включая подходящий Spice префиксный символ. |
|--------------|--|

| | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| P1, P2, и т.п. | Имена параметров для прохождения. |
|-----------------------|-----------------------------------|

| | |
|-------------------------------|----------------------|
| P1 Description, и т.п. | Описание параметров. |
|-------------------------------|----------------------|

| | |
|------------------|---|
| Min и Max | Дополнительные пункты, ограничивающие величину, которая может быть введена для каждого параметра. |
|------------------|---|

| | |
|----------------|---|
| Default | Значение по умолчанию для каждого параметра, если величина не определена. |
|----------------|---|

| | |
|-------------|----------------------|
| Desc | Описание устройства. |
|-------------|----------------------|

| | |
|-----------------------|--|
| Package и Pins | Информация, используемая для экспорта в TraxMaker. |
|-----------------------|--|

| | |
|--------------|-----------------|
| ANAME | Имя псевдонима. |
|--------------|-----------------|

В математические выражения включаются следующие операторы:

+ - * /

Следующий пример является общей макромоделью для кварцевых кристаллов, который может быть использован как шаблон для создания других кристаллов:

```
*XCRYSTAL: Параметры кристаллической макромодели
*XCRYSTAL:FREQ:| Фундаментальная частота [1,|1MEG
*XCRYSTAL:RS:| Последовательное сопротивление [1,|750
*XCRYSTAL:CX:| Параллельная ёмкость [0,|13pf
*XCRYSTAL:Q:| Показатель добротности [10,1000|1000
*{FREQ=1Meg RS=750 C=13pf Q=1000}
*Generic 1MHz Crystal:crystal pkg:XTAL1 1,2
.SUBCKT XCRYSTAL 1 2
LS 1 2 {(Q*RS)/(6.2831852*FREQ))} IC=0.5M
CS 2 3 {(1/(Q*6.2831852*FREQ*RS))}
RS 3 4 {RS}
CX 1 4 {CX}
.ENDS XCRYSTAL
*alias:XCRYSTAL {FREQ=2E6 RS=250} pkg:XTAL1 1,2
.PARAM A2.000MHZ
```

Так как CX и Q не проходят в список параметров псевдонима, будут использованы значение по умолчанию 13pF и 1000.

Редактирование цифровых параметров модели

Цифровые **simcode** устройства используют поведенческие модели управляемого случая созданные для CircuitMaker. Пользователь не может добавлять новые **simcode** модели, тем не менее, **simcode** устройства могут быть использованы для создания новых смешанных/цифровых устройств.

При невозможности отредактировать саму модель, всё же можно изменить определенные параметры модели. Чтобы это сделать, дважды щёлкнуть в устройство мышью, затем нажать **Edit**, чтобы отобразить диалоговое окно.

Кнопки позволяют определять независимо каждый параметр модели, чтобы был по умолчанию, минимальной, типовой или максимальной величины для выбранного устройства. Все параметры могут измениться для каждого вывода, разделяться для каждого типа.

| | |
|---------------------------|---|
| Propagation Delays | Необходимое время для изменения на выходе, при сигнальном изменении на входе. |
| Transition Times | Длительность фронтов. |
| Input Loading | Суммарное сопротивление нагрузки, подключенное к выходу устройства. |
| Output Drive | Сумма выходного тока. |
| Device Current | Потребляемый ток. |
| User Defined | Этот параметр не влияет на цифровые модели в CircuitMaker. |

Области редактирования позволяют вводить специфические параметры величин. Эти величины берут приоритет над семейными специфическими величинами. При нормальных условиях они должны содержать пробел.

| | |
|----------------------|--|
| GND & PWR | Эти два параметра должны быть запрограммированы как пара, если установлен один, то должен быть установлен и другой. Установка этих напряжений аннулирует все другие определения напряжений для этих устройств. |
| VOL & VOH | Эти два параметра аннулируют все типовые установки по умолчанию. |
| VIL & VIH | Эти два параметра аннулируют все типовые установки по умолчанию. |
| WARN Flag: | Когда установлена единица (1), будет сгенерировано предупреждение сообщение, когда есть нарушения уровней напряжения. |

1. Введение

Добро пожаловать в TraxMaker, средство создания печатных плат, которое объединяет профессиональные возможности с интуитивно удобным интерфейсом. Система занимает лидирующее положение в доле программного обеспечения низкой стоимости.

TraxMaker предлагает полный набор средств создания печатных плат, включая среду авто трассировки с множеством функций, которые обычно присущи программам с очень высокой стоимостью. Объединение CircuitMaker как схемного редактора с TraxMaker как редактора печатных плат позволило создать мощную систему сквозного проектирования электронных устройств под названием **CircuitMaker Design Suite**.

Возможности TraxMaker

TraxMaker генерируя переходные отверстия, создаёт до шести сигнальных слоёв, плюс силовой и земляной слой, слой шёлкографии и маски пайки. Размер печатной платы может быть квадратом со стороной 32 дюйма или 81см. Точность размещения составляет 1 mil, или 0,025 мм. Метрическая/дюймовая сетка системы позволяет работать точно в обеих системах измерения и может переключаться. Количество компонентов, которые можно включать в проект ограничивается только памятью используемого компьютера.

Включена полная поддержка для самых популярных форматов. Импорт PCB списка цепей из схемных продуктов позволяет оценить полное преимущество авто размещения компонентов в TraxMaker, а также отмену и повторную попытку авто трассировки и контроль проектных правил разводки цепей. Программа печатает результаты разработки проекта на принтерах и графопостроителях. Генерирует файлы фотоплоттера Gerber RS274X, файлы сверловки формата Excellon, Pick и Place файлы авто размещения компонентов, список материалов и DXF.

Различия с другими приложениями

TraxMaker запускается и отображается подобно другим Windows приложениям, и обладает такой же гибкостью. Тем не менее, необходимо понять, что TraxMaker отличается от других Windows графических приложений в некоторых фундаментальных областях.

Во-первых, при создании PCB проекта появляется несколько обязательных слоёв, как например, **Top** и **Bottom** сигнальные слои и **Overlay** слой шёлкографии. TraxMaker отображает и управляет этими слоями независимо, но некоторые действия, как например, разводка трассы, делает слой зависимым, необходимо сначала выбрать слой, затем развести трассу.

Во-вторых, PCB проект отличается от других графических задач своим высоким требованием к точности. В результате, TraxMaker это более среда размещения, чем среда чертёжа графики. Кроме того, можно обнаружить, что некоторые TraxMaker инструментальные средства действуют иначе аналогичных инструментальных средств других графических приложений.

Другим фундаментальным различием является связанность, TraxMaker имеет способность признавать связи между сегментами трассы, трассой и панелями компонентов через импортируемый или созданный непосредственно список цепей. TraxMaker также позволяет сохранять связи при перемещении компонентов, не разрывая сегментов трассы к панелям.

Системные требования

Для запуска TraxMaker необходимо:

- Microsoft® Windows NT4, 95, 98 или 2000
- PC с процессором класса Pentium
- 32MB RAM
- 40MB дискового пространства
- Дисплей не менее 800x600 пикселей
- Цветовой минимум палитры 256
- CD ROM
- Мышь или совместимое координатное устройство
- Устройства печати

Содержание руководства пользователя

Данное руководство рассчитано на то, что пользователь TraxMaker знаком с основами работы в Windows. Руководство пользователя содержит следующие секции:

1. Введение в систему

Эта глава дает общее введение в программу, руководящие принципы установок и выбора конфигурации TraxMaker.

2. Обзор

Эта глава даёт обзор проектной среды TraxMaker, включая многие инструментальные средства и функции, которые можно использовать, ключевые понятия и терминологии, используемые в проекте печатной платы.

3. Учебник

Короткий путеводитель по основным действиям в проекте TraxMaker: установка слоев, размещение компонентов, соединение компонентов трассами, загрузка списка цепей созданного в CircuitMaker, авто размещение компонентов, использование авто трассировки и контроль сделанной работы.

4. Функции размещения и редактирования

Эта глава подробно описывает различные инструментальные средства размещения и редактирования, большинство из которых обеспечивают прямой доступ к ключевым особенностям TraxMaker.

5. Управление библиотеками

TraxMaker имеет исчерпывающий набор библиотек рисунков корпусов наиболее общих компонентов, зазоров и панелей. Эта глава показывает, как создавать новые пункты и содержит указания по управлению библиотеками.

6. Цепи и списки цепей

Глава содержит информацию об автоматизированных функциях TraxMaker: генерация цепей и импорт списка цепей, авто размещение компонентов, авто трассировка и контроль проектных правил.

7. Трассировка

Можно разводиться трассы на плате вручную или можно использовать любую функцию авто трассировки в TraxMaker. Эта глава объясняет все принципы трассировки и методы её оптимизации для получения наилучших результатов.

8. Вывод результатов проекта

В этой главе находятся инструкции по использованию принтеров для генерации РСВ топологических чертежей.

2. Обзор TraxMaker

Введение в РСВ проект

Построение РСВ проектов в TraxMaker является простым процессом:

- Определение физической схемы РСВ.
- Выбор и установка необходимых компонентов из компонентной библиотеки. Или, при работе из схемного списка цепей, импорт и размещение вручную или с авто размещением компонентов на печатной плате.
- Соединение панелей компонентов трассами вручную, авто трассировкой, или комбинацией ручной и автоматической трассировки.
- Проверка завершённой работы использованием встроенного контроля проектных правил.
- Печать или вывод необходимых производственных топологических чертежей или файлов.

В отличие от общих CAD систем TraxMaker обеспечивает специальными функциями, которые удовлетворяют уникальным требованиям к РСВ топологическим чертежам, как например, способность редактировать и печатать индивидуальные слои перед производством печатных плат. Независимо от того является ли проект

простой односторонней или многослойной печатной платой, с отдельными слоями питания и земли, имеется возможность управлять каждым пунктом платы.

Связанность

Ключевая характеристика TraxMaker является признание электрических связей между элементами проекта. Понятие связанности лежит в основе автоматического размещения компонентов, авто трассировки и контроле проектных правил.

Программа загружает информацию о связях в форме списка цепей сгенерированных редактором схем или созданных непосредственно в TraxMaker. TraxMaker принимает список цепей непосредственно из CircuitMaker, импортирует и экспортирует списки цепей из других популярных форматов, включая Protel, Tango, OrCAD PCB II и другие.

TraxMaker обеспечивает поддержку слоёв и библиотечных компонентов, включая переходные отверстия и компоненты поверхностного монтажа (SMD).

О слоях TraxMaker

TraxMaker хранит каждый проект как серию слоев, которые создают фактической отпечаток цепей платы. Например, **Top Overlay** слой используется для производства верхнего слоя шёлкографии с компонентной графикой корпусов и текстом.

Это понятие многослойности проекта отличает TraxMaker от других чертежей или проектных приложений. Хотя все слои в проекте могут просматриваться одновременно, необходимо выбирать каждый индивидуальный слой, чтобы установить принадлежащие этому слою пункты, как например, трассы, экранные области или текст.

TraxMaker также включает некоторые специальные обзорные слои, которые непосредственно не участвуют в финальных производственных слоях платы. Одним из примеров является **Multi Layer**. В TraxMaker панели и переходы могут занимать один слой или через переходные отверстия могут проходить через все слои PCB. **Multi Layer** позволяет отображать эти пункты вместе с единственным объектом слоя как, например, трассой.

Чтобы упростить редактирование проекта, TraxMaker позволяет делать выбор специфических слоёв необходимых для проекта, устанавливается отображение этих слоёв по требованию пользователя.

Соглашения в TraxMaker

TraxMaker соответствует стандарту Windows, руководствуясь принципами интерфейса пользователя. Если у пользователя есть опыт работы с другими Windows приложениями, то у него не должно быть проблем с запуском и выходом из TraxMaker, созданием и сохранением документов, выбором пунктов меню и использованием мыши.

TraxMaker имеет специальные функции, которые нельзя отнести к общим функциям для других Windows приложений. Эти уникальные функции TraxMaker выполняют некоторые специальные задачи в PCB проекте.

Рабочая область TraxMaker

При запуске TraxMaker отображается окно печатной платы, где размещаются компоненты, трассы, тексты, медные заполнители и так далее. Максимальная область платы составляет квадрат со стороной 32 дюйма или 81 см. Рабочая область также включает инструментарий, пункты меню и полосу статуса. Полоса статуса включает специальный список выбора слоя. Окно выбора слоя отображает цвет, назначенный текущему слою. Текущее имя файла отображается выше в полосе названия.

Слои платы

TraxMaker отображает проект как систему слоёв, которые передаются на топологический чертеж, используемый при создании PCB. Эти слои при необходимости могут отображаться или скрываться. Использование пункта **Options>Setup>Layers** позволяет отображать или скрывать, а также окрашивать каждый слой.

Что такое текущий слой?

Один слой является всегда текущим слоем в данный момент времени. Имя и цвет, назначенный в этот слой, отображаются в окне выбора слоя слева **Status Bar**. Трассы, медные заполнители, внешние площадки, дуги, панели сигнальных слоёв и тексты устанавливаются в текущем слое. Можно устанавливать компоненты, многоуровневые панели и переходные отверстия, не учитывая текущего выбора слоя. Тем не менее, выбор,

перемещение, удаление, вставка и копирование требует определения конкретного слоя. Только выбор прямоугольной области не зависит от выбора слоя. Как только это будет сделано, можно будет вырезать, копировать, вставлять и удалять, не учитывая слоя.

Типы слоёв

Эта секция описывает каждый слой более подробно. Все слои рассматриваются с верхней стороны платы.

| | |
|-----------------------|---|
| Top Layer | Верхний сигнальный слой со стороны компонентов. |
| Mid Layers | Четыре внутренних сигнальных слоя. |
| Bottom Layer | Нижний сигнальный слой со стороны пайки. |
| Top Overlay | Верхний слой шелкографии, отображающий графику компонентов и тексты. |
| Bottom Overlay | Шелкография для нижних компонентов, если имеются. |
| Ground Plane | Медный средний слой земли. |
| Power Plane | Медный средний слой электропитания. |
| Board Layer | Специальный слой ссылки, предусмотрен для размещения с целью выравнивания структурированных дорожек или механических деталей. Детали этого слоя могут быть напечатаны с другими слоями. |
| Keep Out Layer | Отображающий слой, который определяет периметр запретных областей при авто размещении компонентов и авто трассировки. |
| Multi Layer | Отображает панели и переходные отверстия, которые занимают все слои. |

Не имеющим отношение к слоям объектам **Background** и **Selections** можно назначить цвета, так чтобы было различие между ними.

Использование мыши

Как в других Windows приложениях, TraxMaker использует мышь для щелчка, выбора и перемещения объектов. При перемещении мыши соответствующее выбранное средство или курсор перемещаются по экрану. Знакомый указатель **Arrow Tool** используется для стандартных Windows действий, как например, выбор пунктов меню и диалоговых окон. Для возврата в стандарт **Arrow Tool** выбрать средство в инструментарии, нажать **Esc** или из меню правой кнопки мыши.

Система измерения, сетка и координаты

Печатная плата обычно при производстве имеет очень малые допуски. TraxMaker обеспечивает абсолютное проектное разрешение 1 mil, это 0.001 дюйм или .0254 мм, которое должно обеспечить достаточную точность для большинства проектных задач РСВ. TraxMaker позволяет определять как дюймовую, так и метрическую систему измерения.

Изменение системы измерения

При отображении окна платы, координатная и другая измеряемая информация отображается в миллиметрах (мм) или mils (1mil = 0.001 дюйма). Чтобы изменить систему измерения:

1. Выбрать пункт **Options > Setup** и нажать **Grid/Draw** закладку.
2. Выбрать систему измерения **English (mils)** или **Metric (mm)**.

Видимая сетка и мгновенная сетка

Чтобы дать пользователю полностью использовать встроенную точность, TraxMaker позволяет определять две независимые сетки: невидимая мгновенная сетка **Snap Grid** и видимая сетка **Visible Grid**.

Мгновенная сетка регулирует позицию пунктов установленных в окне платы. Объекты автоматически фиксируются в мгновенной сетке при установке или перемещении. Мгновенная сетка также определяет сетку для авто трассировки. По умолчанию, эта мгновенная сетка установлена в 25 mils.

Видимая сетка отображается как система небольших координатных точек или меток на фоне окна платы. Этот размер по умолчанию больше и составляет 1000 mils.

Изменение величины мгновенной и видимой сетки

Чтобы изменить величину сетки:

1. Выбрать пункт **Options > Setup** и нажать вкладку **Grid/Draw**.
2. Определить величины в **Snap Grid** и **Visible Grid** областях, затем выбрать **OK**.

Большинство инструментальных средств редактирования и размещения используют преимущественно **Snap Grid**, удовлетворяя требованиям к очень точному размещению и установке.

Система координат

Позиция курсора относительно начала координат окна платы отображается внизу слева **Status Bar**. Координаты отображают измеренное расстояние от начала в **mils** или миллиметрах, в зависимости от выбранной системы измерения.

Абсолютное и относительное начало координат

Абсолютное начало координат 0,0 составляет левый нижний угол рабочей области. Относительное начало может устанавливаться в любой точке рабочей области.

Установка относительного начала координат

Относительное начало позволяет временно установить новые 0,0 координаты в любой точке рабочей области. Чтобы установить относительное начало:

1. Выбрать пункт **Options > Setup**.
2. Выбрать **Relative** в **Cursor Mode** разделе.
3. Выбрать **Set Floating Origin**, затем щёлкнуть в желаемой точке нового начала в окне платы.

Можно переопределять относительное начало координат в любое время.

Поиск начала

Используя функцию **Find Origin** можно быстро перемещать курсор на начало координат. Если абсолютное начало всегда известно, то это особенно полезное для расположения относительного начала. Чтобы найти начало:

1. Выбрать пункт **Edit > Find > Origin**.

В зависимости от выбора курсор перемещается на абсолютное или относительное начало координат.

Поиск позиции

Использование функции **Find Location** быстро перемещает курсор на специфическую позицию платы. Чтобы найти позицию:

1. Выбрать пункт **Edit > Find > Location**.
2. Ввести **X** и **Y** координаты в текстовом окне, затем нажать **OK**.

Курсор перемещается в определённую позицию.

Инструментальные средства

Проектирование в TraxMaker в основном связано с четырьмя основными процедурами:

- 1) размещение объектов в рабочей области как, например, компонентов, панелей, переходов, текстов, трасс, заполнителей областей и дуг;
- 2) перемещение объектов;
- 3) удаление объектов;
- 4) редактирование или изменение атрибутов объектов как, например, ширина трассы или содержание текстовой строки.

Можно выполнить все эти пункты, используя кнопки инструментария.

Сокращённые ключи

Командная клавиша равнозначна непосредственному выбору команды из меню и инструментальных средств. Следующий список включает доступные сокращённые ключи в TraxMaker:

| | |
|-------|---|
| A | Размещение Arc |
| C | Размещение Component |
| E | Размещение External Plane |
| F | Размещение Fill |
| P | Размещение Pad |
| S | Размещение Text String |
| T | Размещение Track |
| V | Размещение Via |
| X | Зеркальное отображение пунктов по оси X при перемещении |
| Y | Зеркальное отображение пунктов по оси Y при перемещении |
| Alt+A | Arrow Tool |
| Alt+D | Delete Tool |

| | |
|------------|---|
| Alt+Z | Zoom Tool |
| Ctrl+C | Copy |
| Ctrl+D | Duplicate |
| Ctrl+F | Refresh Screen |
| Ctrl+I | Gets Info |
| Ctrl+M | Measure |
| Ctrl+N | New |
| Ctrl+O | Open |
| Ctrl+P | Print |
| Ctrl+S | Save |
| Ctrl+V | Paste |
| Ctrl+X | Cut |
| Ctrl+Z | Undo |
| F2 | Отобразить все цепи |
| Shift+F2 | Скрыть все цепи |
| F3 | Normal Size/Position |
| F4 | Fit Board to Window |
| F5 | Setup |
| End | Refresh Screen |
| Esc | Отказа от текущего действия |
| Page Up | Zoom In в позиции курсора |
| Page Down | Zoom Out в позиции курсора |
| Delete | Delete |
| Spacebar | Вращение пунктов при перемещении |
| + и - | Последовательность через все доступные слои |
| * | Последовательность через слои трассировки |
| Arrow Keys | Толчок пунктов с использованием Left, Right, Up или Down клавиш позиционирования в течение размещения или перемещения. Каждое нажатие клавиши переместит выбранный пункт на текущий шаг мгновенной сетки. |

Файлы TraxMaker

TraxMaker включает множество файлов специального назначения. Следующий список включает различные типы файлов, которые используются в системе:

| Расширение | Как используется |
|------------|---|
| .APT | Апертурные файлы |
| .BOM | Файлы списка материалов |
| .DRC | Результаты контроля правил проекта |
| .DRL | Файлы сверловки формата Excellon |
| .DXF | Файлы формата AutoCAD |
| .INI | Файлы предпочтительных установок |
| .LIB | Библиотеки компонентов |
| .LOG | Результаты авто трассировки платы |
| .MAT | Текстовый файл назначения Gerber апертур |
| .NET | Файл списка цепей |
| .PAD | Библиотеки панелей |
| .PCB | Файлы печати печатных плат |
| .PIK | Файлы авто установки компонентов на плату |
| .SET | Файлы распределения слоёв при импорте файлов .DXF |
| .TOL | Средство сопоставления файлов |
| .TXT | Текстовая версия файла сверловки |

Файлы библиотек (.LIB)

TraxMaker поставляется со стандартными библиотеками компонентов с выводами штырькового типа и компонентов поверхностного монтажа (SMD или SMT). Стандартный библиотечный файл **TRAXSTD.LIB** всякий раз загружается автоматически при запуске TraxMaker, если эта библиотека находится в папке с приложением TraxMaker. Пользователь может создавать новые компоненты и добавлять их к стандартной биб-

лиотеке или создавать заказные библиотеки. Тем не менее, только одна библиотека может загружаться за один раз. Каждая библиотека может содержать максимум 600 компонентов.

Предпочтения TraxMaker

TraxMaker сохраняет многие пользовательские установки, как например, установки принтера, цвета, сетки и множество других установок, названные предпочтениями TraxMaker в специальном файле **TRAXMAKR.INI**. Этот файл корректируется каждый раз при выходе из TraxMaker. Пользователь можете загрузить и использовать другие предпочтения или использовать установки по умолчанию.

Загрузка другого файла предпочтений

1. Выбрать пункт **File > Preferences**.
2. Для загрузки другого файла предпочтений нажать кнопку **Load Preferences...**, определить имя файла и затем выбрать **Open**.

Сохранение нового файла предпочтений

Если необходимо иметь набор предпочтений для каждого типа проекта TraxMaker, можно создать новые файлы предпочтений.

1. Выбрать пункт **File > Preferences**.
2. Нажать кнопку **Save Preferences...**, определить имя файла с расширением **.INI** затем выбрать **Save**.

Восстановление установок по умолчанию

Если пользовательские установки предпочтений, по какой либо причине стали неопределёнными, для начала можно восстановить их загрузкой заводских установок TraxMaker.

1. Выбрать пункт **File > Preferences**.
2. Нажать кнопку **Restore Factory Defaults**.

Предупреждение: Если были изменены многие установки в TraxMaker, рекомендуется сохранить их в другом файле предпочтения прежде, чем загрузятся заводские установки по умолчанию. В противном случае будут потеряны все заказные установки.

Основы управления РСВ файлами

Эта секция объясняет основные процедуры управления файлами TraxMaker.

Запуск, сохранение и закрытие РСВ файлов

Функции **New**, **Save** и **Save As** используются чаще всего:

1. Выбрать пункт **File > New**, чтобы открыть новый файл.
2. Выбрать пункт **File > Save**, если имя сохраняемого файла установлено.

или

Выбрать пункт **File > Save As**, чтобы дать файлу новое имя. Это путь копирования РСВ файлов.

3. Выбрать пункт **File > Close**, затем **Yes**, чтобы сохранить файл и выйти из РСВ, не выходя из TraxMaker.

или

Выбрать пункт **File > Exit**, затем **Yes**, чтобы выйти из TraxMaker и сохранить работу.

Открытие и повторное открытие РСВ файлов

1. Выбрать пункт **File > Open**.
2. Выбрать файл с **.PCB** расширением, который необходимо открыть, затем выбрать **Open**.
Можно открыть любой из последних четырёх РСВ файлов, которые открывались ранее.

3. Выбрать пункт **File > Reopen**.
4. Выбрать файл для открытия.

Возврат к прежде сохранённому файлу

Если были сделаны изменения в РСВ файле, которые не желательно сохранять, то можно возвратиться к последней версии файла сохранённом под тем же именем. Чтобы возвратиться к прежде сохранённому файлу:

1. Выбрать пункт **File > Revert**.

Слияние файлов

Слияние файлов позволяет объединять два или более РСВ файлов в один. Чтобы объединить файлы в текущий файл:

1. Выбрать пункт **File > Merge**.
2. Выбрать РСВ файл, который необходимо объединить с текущим открытым файлом, затем выбрать **Open**.

Необходимо переместить контур платы, который необходимо объединить.

3. Позиционировать контур, затем щёлкнуть, чтобы завершить слияние.

3. Учебник

Следующие консультации постепенно дают основы действий пользователя при создании РСВ в TraxMaker. Для более тщательного объяснения специфических процессов, необходимо изучить другие главы в этом руководстве пользователя. Здесь будут рассмотрены три основные темы:

1. Создание плат вручную.
2. Автоматизированное создание плат.
3. Создание новых компонентов.

Постепенный процесс обучения будет следовать за общим порядком, в котором они должны нормально выполняться. Работа через примеры обеспечит общее понимание путей работы с TraxMaker и проиллюстрирует то, что часто есть несколько путей решения одной задачи.

Создание плат вручную

Первая консультация покрывает следующие темы:

- Создание нового файла в TraxMaker
- Установка слоёв платы
- Определение границ платы
- Размещение компонентов
- Соединение компонентов трассами
- Контроль сделанной работы

Шаг 1: Начало проекта

Запустить программу TraxMaker и, если необходимо, очистить рабочую область выбором **File > New**.

Шаг 2: Установка слоёв платы

Это нормально начать с определения слоёв в проекте. Прежде, чем иметь доступ к конкретному слою, необходимо этот слой разрешить. Без этого слои не могут быть отображены или отредактированы.

1. Выбрать пункт **Options > Setup**, затем нажать **Layers**.
2. Отметить **Board Layer** контрольное окно.

Убедиться, что разрешены активные слои по умолчанию **Top Layer**, **Bottom Layer**, **Top Overlay** и **Multi-Layer**.

Board Layer это слой ссылки, который служит в качестве "основной страницы" для проекта. На нём можно устанавливать отметки или тексты, указывать монтажные отверстия или другие механические детали или элементы, которые необходимо воспроизвести вместе с выбранными слоями на готовом топологическом чертеже. Слой **Keep Out** является другим слоем ссылки, используемый для определения периметра авто размещения компонентов и авто трассировки, а также запретных областей.

Layers закладка **Setup** диалогового окна также позволяет назначать уникальные цвета в каждый слой. Чтобы назначать новый цвет образцам печатной платы:

1. Щёлкнуть **Board Layer** цветное окно вправо от каждого обозначения слоя.
2. Выбрать новый цвет из диалогового окна и нажать **OK**.

Не смотря на то, что могут быть активизировано несколько слоёв и отображаются они одновременно, только один слой является текущим слоем. Единственные пункты как, например, трассы, заполнители, дуги или тексты всегда устанавливаются только в текущем слое. Текущее имя слоя и его цвет отображается внизу экрана, с левой стороны полосы статуса.

Шаг 3: Определение границ платы

Трассы в основном предназначены для соединения компонентных панелей в сигнальных слоях **Top Layer**, **Mid Layers**, **Bottom Layer**. Тем не менее, трассы могут быть установлены как не электрические линии в слоях **Top** или **Bottom Overlay**, **Board Layer** и **Keep Out Layer**. Например, трассы используются для определения контура печатной платы или границы рабочей области. Чтобы это сделать:

1. Щёлкнуть окно списка выбора слоя внизу экрана, с левой стороны полосы статуса.
2. Выбрать **Board Layer** слой.
3. Выбрать **Place Track** средство из инструментария.

Обратить внимание на сообщение в полосе статуса: “Щёлкнуть левой кнопкой для размещения трассы, щёлкнуть правой кнопкой для выхода из режима размещения”.

4. Переместите курсор ближе к нижнему левому углу рабочей области с координатами 0,0. Это будет началом контура платы.
5. Теперь тщательно позиционировать курсор в **X 100, Y 100 mils** и щёлкнуть.
6. Переместите курсор на позицию **X 3100, Y 100 mils** и щёлкнуть.
7. Переместите курсор на позицию **X 3100, Y 3100 mils** и щёлкнуть.
8. Переместите курсор на позицию **X 100, Y 3100 mils** и щёлкнуть.
9. Теперь переместите курсор на начальную позицию **X 100, Y 100 mils** и щёлкнуть, затем щёлкнуть правой кнопкой.

Шаг 4: Размещение компонентов

Хотя каждый компонент сохраняется как единое целое устройство, в действительности собран из примитивов стандарта TraxMaker, трасс, панелей, дуг и текстов. Эти компонентные примитивы принадлежат различным слоям. Независимо от текущего слоя компоненты устанавливаются на верхней или нижней стороне PCB.

Компонент включает его контур на основе трасс и/или дуг в **Top** или **Bottom Overlay** слоях, чтобы указать физическую форму компонента. Создание новых компонентов является простым процессом размещения и группирование примитивов, которые затем добавляются к текущей библиотеке. Можно затем создавать новые компоненты, основываясь на существующих компонентах.

Компонентный текст обозначения или величины, могут быть также назначены на оверлейные или "медные" слои. **Top** и **Bottom Overlay** слои печатаются на поверхности платы как помощь в поиске расположения компонентов во время, и после сборки.

1. Выбрать **Place Component** средство инструментария или нажать клавишу **C** на клавиатуре.
2. Перемещая **Components** список найти корпус **DIP16** и выбрать его.
3. Нажать кнопку **Place**.
4. Определить как **U1** в **Designation** области, оставить **Label-Value** область пустой, и нажать **OK**.
5. Нажать пробел для вращения компонента на 90 градусов против часовой стрелки.
6. Переместить компонент на координаты **X 400 Y 2300** и щёлкнуть для установки.

Компонент будет использовать **Top Overlay** цвет слоя, чтобы отображать контур и обозначение компонента, цветом **Multi-Layer** слоя отображаются панели.

7. Повторить пункты с 1 по 4, обозначение **U2** будет предложено автоматически, нажать **OK**.
8. Переместить компонент на координаты **X 1400 Y 2000** и щёлкнуть для установки.
9. Теперь выбрать корпус **AXIAL0.3**, определить обозначение как **R1**, и установить **X 550 Y 1700**.

Шаг 5: Соединение компонентов

Трассы разводятся в слоях **Top Layer**, в любом из четырех **Mid Layers** или в **Bottom Layer**. На данном этапе могут устанавливаться переходные отверстия, где трассы проходят с одного слоя на другого.

Выбор размера трасс

При размещении трасс на **Board Layer** для определения границ PCB использовалась ширина дорожек по умолчанию 12 mils. Для следующего примера необходимо увеличить размер до 15 mils. Чтобы изменить ширину трассы:

1. Выбрать пункт **Options > Setup**. Выбрать **General** закладку, где в **Track** разделе находятся опции установки.
2. Определить **15 mils** в **Default Width** текстовом окне, затем выбрать **OK**.

Выбор размера переходных отверстий

Via это специальный тип панелей, называемые переходными отверстиями и используемые для соединения трасс расположенных на различных слоях PCB. Подобно сквозным панелям переходные отверстия занимают слой **Multi Layer**. Имеются различные установки для изменения размера переходных отверстий. Большой размер переходов необходим для более широких трасс. Чтобы изменить размер:

1. Выбрать пункт **Options > Setup**. Выбрать **General** закладку, где расположены **Vias** опции установки.
2. Определить **60** в **Via Size** области и нажать **OK**.

Идентификация компонентов и выводов

Прежде чем создавать связи необходимо идентифицировать компоненты и номера выводов. Выбор **Find** позволяет быстро перемещать курсор на определённую позицию. Это отменит необходимость постоянно изменять размер окна, чтобы рассмотреть номера выводов и особенно полезно для больших или сложных печатных плат. Чтобы быстро найти компонент и его выводы:

1. Выбрать пункт **Edit > Find > Component**.
 2. Выбрать **U1** из **Component** списка и **1** из **Pin** списка, и нажать **OK**.
- Курсор установится на компонент **U1**, на выводе номер **1**.

Размещение трасс

Теперь, когда определены размеры трасс и переходов, и есть возможность поиска компонентов и выводов, можно делать первые связи. Необходимо подключить **U1-1** к **U2-1** с использованием переходного отверстия. Установить текущий слой **Top Layer**, затем выполнить следующие шаги:

1. Выбрать **Place Via** средство инструментария.
2. Позиционировать курсор в **X 400 Y 2000**, затем щёлкнуть для установки перехода. Щёлкнуть правой кнопкой для отмены текущего средства.
3. Выбрать **Place Track** инструментальное средство.
4. Щёлкнуть в центре панели **U1-1**.
5. Провести трассу к переходному отверстию, позиционировать курсор в центре перехода и щёлкнуть снова. Щёлкнуть правой кнопкой для отмены текущего средства.
6. Выбрать текущий слой **Bottom Layer**.
7. Снова выбрать **Place Track** средство и щёлкнуть в центр панели **U2-1**.
8. Провести трассу к переходу, чтобы сделать окончательное соединение.
9. Чтобы видеть точное изображение сделанных изменений, выбрать пункт **View > Refresh Screen** или нажать **End** клавишу клавиатуры.

Теперь имеются два компонента, которые связаны двумя трассами через переход. В большинстве случаев трасса изменяет направление в позиции сетки, чтобы точно попасть в центр панели или перехода при ручной трассировке. При изменении сетки или выборе более тонкой сетки, имеется вероятность не попадания в центр панели и соответственно не возможности создания связи.

При перемещении курсора в течение трассировки, выбранная трасса сегментируется на горизонтальное, вертикальное и 45 градусное направление сегментов. Это называется ортогональным размещением трасс и практически считается стандартом, особенно при ручной трассировке.

Трассировка от панели до панели

Одно из инструментальных средств **Route Pad-to-Pad Without Net** использует установки трассировки для автоматической разводки между двумя панелями. Эти установки определяют сетку, размеры трасс и переходов и допустимые зазоры. Однако здесь будут использованы установки по умолчанию. Чтобы соединять компоненты с использованием **Route Pad-to-Pad Without Net** средства:

1. Выбрать средство **Route Pad-to-Pad Without Net** в инструментарии.
2. Переместить курсор на **R1-2**, щёлкнуть и удерживать кнопку мыши.
3. Переместить курсор на панель **U2-1** и отпустить мышь. TtraxMaker соединит две панели с использованием переходного отверстия.
4. Для практики завершить следующие связи: **U1-12** до **U2-9** и **U1-13** до **U2-6**.

Шаг 6: Проверка сделанной работы

Как только трассировка платы будет закончена, TtraxMaker обеспечивает дополнительной функцией контроля сделанной работы проектными требованиями.

Автоматизированное создание платы

Кроме ручной разработки TraxMaker имеет множество функций автоматизированного процесса проектирования печатной платы. TraxMaker совместим со стандартом большинства программ ввода схем, и находится в плотной интеграции с программой создания и имитации схем CircuitMaker. Эта плотная интеграция делает возможным исходить из схемы в РСВ простым нажатием кнопок. Здесь будут рассмотрены следующие темы:

- Создание списка цепей в CircuitMaker и автоматическое перемещение на печатную плату использованием кнопок.
- Импорт списка цепей из других схемных программ и вручную:
 - Определение **Keep Out Layer**
 - Загрузка списка цепей
 - Использование авто размещения
- Использование авто трассировки

Шаг 1: Создание списка цепей в CircuitMaker

Здесь показан процесс преобразования схемы CircuitMaker в список цепей, из которого создаются связанные панели, переходы, компоненты и трассы с использованием TraxMaker:

1. Запустить CircuitMaker.
2. Открыть проект **PCB.СКТ**, простой схемы регулятора напряжения. Генератор сигналов и внешняя нагрузка установлены в цепи только для имитационных целей и не будут включены в список цепей для передачи на печатную плату.

Каждому устройству в схеме назначено **Label-Value, Designation, Package** и **Pin Numbers**, это требуется для создания списка цепей (**Netlist**). Имя в **Package** области каждого компонента CircuitMaker должна соответствовать одному из компонентных имен доступных в TraxMaker. Например, если на схеме есть компонент типа 7400, то **Package** область должна содержать **DIP14**, чтобы TraxMaker мог выбрать правильный корпус для этого устройства.

3. Нажать **Export PCB Netlist** кнопку инструментария.

При экспорте из CircuitMaker в TraxMaker можно разрешить автоматический запуск TraxMaker с загрузкой списка цепей, создание запретных зон и авто размещение компонентов. В появившемся диалоговом окне:

4. Изменить размер платы **X 2000** и **Y 1000**, и нажать **OK**.
5. CircuitMaker подскажет о сохранении TraxMaker списка цепей, используя имя файла с **.NET** расширением. Нажать **Save**.
6. TraxMaker открывается автоматически с отображением границ платы, и выводом **Netlist Load** сообщения, чтобы показать результаты загруженного списка цепей. Нажать **OK**, и компоненты автоматически распределяются по плате.

Теперь печатная плата готова к авто трассировке, о которой будет рассказано в Шаге 5.

Шаг 2: Определение запретного слоя

Один из наиболее важных слоёв для автоматизированного создания печатной платы является **Keep Out Layer**. Его задача в том, чтобы определять “разрешённые” области при авто размещении и авто трассировке. Размещение прямоугольника в этом слое создаёт периметр, который нельзя ни пересекать, ни касаться. Чтобы определить **Keep Out** границы:

1. Запустить TraxMaker и выбрать пункт **File > New**, чтобы начать с нового файла.
2. Выбрать пункт **Options > Setup**, нажать **Layers** закладку, включить **Keep Out Layer** и нажать **OK**.
3. В рабочей области выбрать слой **Keep Out Layer**.
4. Выбрать **Place Track** средство инструментария.
5. Установить курсор в позицию **X 100, Y 100** и щёлкнуть.
6. Переместить курсор в позицию **X 100, Y 1100** и щёлкнуть.
7. Переместить курсор в позицию **X 2100, Y 1100** и щёлкнуть.
8. Переместить курсор в позицию **X 2100, Y 100** и щёлкнуть.
9. Наконец, переместите курсор в начало **X 100, Y 100**, щёлкнуть, и затем щёлкнуть правой кнопкой для выхода из **Place Tracks**.

Теперь имеется прямоугольная область определённых границ.

Шаг 3: Загрузка Netlist

Netlist это текстовый файл, перечисляющий все компоненты и связи между ними. Этот список допускает автоматизированное размещение компонентов, автоматизированную трассировку связей и контроль проект-

ных правил. Эти функции устраняют большинство скучных ручных усилий присущие большинству PCB проектам. Следующая цель это загрузка списка цепей:

1. Выбрать пункт **Netlist > Load Netlist**, и выбрать тип для импорта.
2. Выбрать **Netlist and components** и нажать **OK**.
3. Выбрать файл списка для импорта, например **Pcb.net** и нажать **Open**.
4. По подсказке щёлкнуть в позицию, где необходимо установить компоненты. Щёлкнуть в созданной области **Keep Out**, компоненты будут установлены друг на друге в одном месте печатной платы. Нормально, если они будут размещены последующим использованием функции авто размещения.
5. Изучить информацию в **Netlist Load** диалоговом окне и нажать **OK**.

Шаг 4: Использование авто размещения

Функция авто размещения группирует компоненты с использованием стратегии размещения, чтобы сделать конечную оптимизацию печатной платы более эффективной. Следующий шаг использует авто размещение, которое распространяется на компоненты, содержащиеся в загруженном списке **Netlist**.

1. Выбрать пункт **Netlist > AutoPlacement > Arrange Components**.

Используя установки сетки, функция авто размещения устанавливает компоненты наилучшим образом в пределах the **Keep Out Layer**. Пользователь здесь может переместить компоненты в более желательные позиции в пределах **Keep Out Layer**.

Отображение связанностей

Связанности обычно имеют отношение ко всем связям между компонентами на печатной плате. Это визуальное отображение физических связей между компонентами без трассировки. Чтобы отобразить связанности:

1. Выбрать пункт **Netlist > Show Nets > All Nets**.

Шаг 5: Использование авто трассировки

TraXMaker используя базовую сетку, делает повторные попытки многопроходной авто трассировки, оптимизации, чтобы достигать высокие показатели оптимизации и разумной стоимости. Авто трассировка чрезвычайно гибкая функция, с множеством выборов конфигурирования трассировщика. Можно трассировать всю плату, индивидуальные цепи или единственную связь. Следующая задача соединить компоненты, которые установлены на плате:

1. Выбрать пункт **Route > Board**.
2. Отменить выбор **Save Log** файла, набрать полное имя файла в текстовом окне **Netlist Filename (Pcb.net)**, и нажать **OK**.

Полоса статуса отображает информацию о прогрессе трассировки. Когда трассировка завершится, TraXMaker отобразит разведённую плату. В случае неудачной трассировки необходимо принять меры для оптимизации размещения компонентов и связей.

Создание новых компонентов

Здесь обсуждаются следующие темы:

- Создание нового компонента.
- Создание нового компонента основанного на существующем компоненте.

Можно создавать компоненты одним из двух предложенных способов. Первый путь в том, чтобы создать индивидуальные примитивы, сгруппировать их, а затем добавить в библиотеки. Другой путь в том, чтобы создать новый компонент, базируясь на существующем.

Шаг 1: Создание компонента

1. Использованием инструментальных средств **Place Track**, **Place Pad**, **Place Arc**, и т.п. создаются корпусные компоненты. Используя **Duplicate** команду из **Edit** меню можно быстро устанавливать колонки или столбцы равномерно расположенных панелей.
2. Каждой панели в новом компоненте необходимо дать обозначение панели.
3. Выбрать **Arrow Tool** средство и выбрать все примитивы нового компонента охватом прямоугольника.
4. Нажать **Place Component** средство инструментария.
5. Выбрать **Add**, определить имя нового компонента и нажать **OK**.

6. Выбрать **ОК**, чтобы подтвердить дополнение нового компонента.
7. Чтобы просмотреть новый компонент, выбрать имя компонента из списка.

Шаг 2: Создание компонента из существующих компонентов

Подобрать компонент из библиотеки, который аналогичен новому создаваемому компоненту. Вместо создания полностью нового компонента можно разгруппировать существующий компонент на примитивы, затем редактировать их в отдельности. Затем можно сохранить отредактированную версию как новый библиотечный компонент. Этот метод также полезен, если необходимо сделать незначительные изменения в существующих библиотечных образцах. Чтобы создать новый компонент на существующем:

1. Выбрать компонент установленный на плате.

или

Нажать **Place Component** средство инструментария, выбрать компонент и нажать **Place**, установить компонент где-нибудь на плате.

2. Выбрать пункт **Edit > Ungroup Component**.
3. Выбрать **ОК**, чтобы подтвердить разгруппирование.

Даже если компонент появляется неизменным, за исключением того, что удалён компонентный текст, каждый элемент компонента теперь может редактироваться отдельно. Это означает, что вместо единого компонента это будет сбор линий, дуг и панелей.

4. Используя инструментальные средства можно удалять, редактировать или добавлять новые элементы к компоненту.
5. Выбрать **Arrow Tool** средство.
6. Выбрать все элементы отредактированного компонента охватом прямоугольника вокруг них.
7. Выбрать **Place Component** средство.
8. Выбрать **Add**, определить имя нового компонента или использовать старое имя, заменяя существующий компонент новым. Нажать **ОК**.
9. Нажать **ОК**, чтобы подтвердить дополнение.
10. Для просмотра нового компонента выбрать имя из списка.

4. Функции размещения и редактирования

Большинство функций TraxMaker черчения, размещения и редактирования доступны через инструментальные средства, отображаемые на верху рабочей области. Чтобы выбрать средство, просто щёлкнуть иконку нужного средства. Отключать средство можно щелчком правой кнопки мыши или выбором другого средства.

Полноэкранный курсор

TraxMaker позволяет выбирать между стандартным или полноэкранным перекрестным курсором. Перекрестия полноэкранного курсора пересекают всю рабочую область для повышенной точности. Этот выбор очень полезен для точной установки и выравнивания пунктов с другими частями на плате. Для выбора полноэкранного курсора:

1. Выбрать пункт **Options > Setup**.
2. Отметить **Full Screen Cross Cursor** контрольное окно в **Cursor Mode** области **General** закладки, затем щёлкнуть **ОК**.

Необходимо отметить, что перекрестный курсор, стандартный или полноэкранный активен только при установке или перемещении объектов.

Средство измерения

Встроенное сканирующее средство измерения позволяет точно измерять расстояния между объектами печатной платы, устраняя необходимость ручного вычисления расстояния с использованием координат. При измерении между панелями, каждая панель выделяется при перемещении курсора над панелью. Чтобы использовать средство измерения:

1. Выбрать пункт **Edit > Measure**.
2. Щёлкнуть в отправном пункте измерения.
3. Щёлкнуть в конечном пункте измерения.

Диалоговое окно отобразит результаты измерения, **X** расстояние и **Y** расстояние между двумя точками.

4. Нажать **ОК** и затем измерить расстояние следующих двух точек.

5. Правой кнопкой или выбором другого средства, можно закончить измерения.

Средство Arrow Tool

Средство **Arrow Tool** используется для выбора, перемещения и редактирования пунктов. Двойной щелчок средством **Arrow Tool** в большинство пунктов используется для редактирования их специфических свойств. Выбранные пункты могут перемещаться, удаляться, вырезаться, копироваться, дублироваться, вращаться или отображаться зеркально.

Выбор пунктов

Многоуровневые компоненты могут быть выбраны из любого слоя. Если компонент является устройством поверхностного монтажа (SMD), то необходимо выбрать правильный слой. Чтобы выбрать пункт:

1. Выбрать **Arrow Tool** средство.
2. Позиционировать курсор над пунктом платы.
3. Щёлкнуть левую кнопку мыши.

При выборе пункта он изменяется в белый цвет, установленный по умолчанию.

Выбор множества пунктов

Многочисленные пункты могут быть выбраны использованием **Arrow Tool** средства или выбором глобального пункта **Select** из **Edit** меню. Чтобы выбрать множество пунктов с использованием **Arrow Tool**:

1. Выбрать **Arrow Tool** средство.
2. Протянуть прямоугольную область вокруг группы пунктов, которые необходимо выбрать. Пункты будут выбраны во всех слоях платы.

или

Придерживая **Shift** клавишу щёлкнуть в каждый пункт. Только пункты в текущем слое или пункты в слое **Multi-Layer** могут быть выбраны.

Теперь можно выбранные пункты вырезать, копировать, дублировать, удалять, перемещать, вращать или отображать зеркально.

Выбор связей и цепей

Удержание **Ctrl** или **Alt** клавиш при щелчке средством **Arrow Tool** позволяет выбирать связи или целые цепи.

| | |
|-------------------|---|
| Ctrl+Click | Все сегменты трассы и переходы единственной связи между двумя или более панелями. |
|-------------------|---|

| | |
|------------------|--|
| Alt+Click | Целая цепь связанных трасс, панелей и переходов. |
|------------------|--|

| | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Ctrl+Shift+Click | Многочисленные связи, одна на щелчок. |
|-------------------------|---------------------------------------|

| | |
|------------------------|--------------------------------------|
| Alt+Shift+Click | Многочисленные цепи, одна на щелчок. |
|------------------------|--------------------------------------|

Только после выбора можно приступить к редактированию.

Средство глобального выбора

Вместе с **Arrow Tool** средством выбора, есть также множество глобальных средств выбора доступных из **Edit** меню. Для глобального выбора пунктов:

1. Выбрать пункт **Edit > Select**.
2. Щёлкнуть один из следующих пунктов:

| | |
|------------|-----------------------|
| All | Все объекты на плате. |
|------------|-----------------------|

| | |
|---------------------|---------------------------------|
| All on Layer | Все объекты в одном слое платы. |
|---------------------|---------------------------------|

| | |
|-------------------|----------------------|
| All Tracks | Все трассы на плате. |
|-------------------|----------------------|

| | |
|----------------------|--------------------------------|
| All Free Pads | Все свободные панели на плате. |
|----------------------|--------------------------------|

| | |
|-----------------|------------------------|
| All Vias | Все переходы на плате. |
|-----------------|------------------------|

| | |
|-------------------------|--------------------------------|
| All Text Strings | Все текстовые строки на плате. |
|-------------------------|--------------------------------|

| | |
|-----------------------|--------------------------|
| All Components | Все компоненты на плате. |
|-----------------------|--------------------------|

Теперь их можно редактировать.

Включение слоёв для выбора

Необходимо определить слои, которые включены в область выбора, прежде чем выполнять операции над пунктами платы. Чтобы определять слои для выбора:

1. Выбрать пункт **Options > Setup** и нажать **Layers** закладку.

2. Сделать следующий выбор в **Cut, Copy, Delete, Move** разделе и нажать **OK**:

All Layers Включает все слои для выбора без подтверждения.

Current Layer Включает только текущий выбранный слой.

Ask Layers Подтверждение выполнения действия во всех слоях. Если выбрать **No**, действия выполняются только в текущем слое.

Перемещение пунктов

1. Выбрать **Arrow Tool** средство.

2. Позиционировать курсор над пунктом, который необходимо переместить, затем нажать и удерживать кнопку мыши.

или

Выбрать группу пунктов, как описано выше, позиционировать курсор над группой пунктов, затем нажать и удерживать кнопку мыши.

3. Переместить пункты в нужную позицию и отпустить кнопку.

Компоненты, панели, текстовые строки и группы пунктов могут вращаться или отображаться зеркально при перемещении. Нажать пробел для вращения пунктов, клавиша **x** отображает зеркально в **X** направлении, а клавиша **y** в **Y** направлении. Центр вращения и зеркального отражения будет в позиции курсора. Слои поддерживаемые выбор, в которых действительно перемещение зависят от установок, которые были сделаны в **Setup Layers** диалоговом окне. Чтобы отменить перемещение выбрать пункт **Edit > Undo Move**.

Cut, Copy, Paste и Delete

Использование операций **Cut, Copy, Paste** и **Delete** возможно после выбора пунктов на плате. **Duplicate** позволяет определять множество копий любых выбранных пунктов.

Вырезание пунктов

Cut удаляет выбранный пункт из окна платы и помещает в буфер. Чтобы вырезать пункт:

1. Выбрать пункт или группу пунктов, затем щёлкнуть **Cut** кнопку инструментария. Курсор изменяется в перекрестие.
2. Щёлкнуть в точку пункта для вырезания. Эта точка будет использована как ссылка при вставке пункта.

Для отмены операции выбрать **Edit > Undo Delete**.

Копирование пунктов

Copy дублирует выбранный пункт в буфер. Чтобы копировать пункт:

1. Выбрать пункт или группу пунктов, затем щёлкнуть **Copy** кнопку инструментария. Курсор изменяется в перекрестие.
2. Щёлкнуть в точку пункта для копирования. Эта точка используется как ссылка при вставке пункта.

Вставка пунктов

Paste копирует пункты из буфера в окно платы. Чтобы вставить пункт:

1. Щёлкнуть **Paste** кнопку инструментария.
2. Переместить пункт в нужную позицию и щёлкнуть левой кнопкой мыши для установки пункта.

Если буфер пуст **Paste** кнопка будет не активна. Для отмены вставки нажать **Esc** клавишу до щелчка кнопки мыши. Чтобы отменить сделанную вставку немедленно нажать **Delete**, пока пункты все еще выбраны.

Удаление пунктов

Использовать **Delete Tool** средство или нажать **Delete** клавишу для удаления пунктов с платы. Чтобы удалять пункты:

1. Убедиться что слой, содержащий пункты для удаления, активен.
2. Выбрать **Delete Tool** средство.
3. Позиционировать курсор над пунктом для удаления, и затем щёлкнуть.

Для удаления пунктов, используя **Delete** клавишу:

1. Выбрать пункты для удаления.
2. Нажать **Delete** клавишу клавиатуры.

Для отмены удаления выбрать пункт **Edit > Undo Delete**.

Восстановление экрана

Иногда после перемещения или удаления пунктов плата будет выглядеть фрагментированной. Чтобы восстановить изображение на плате, выбрать пункт **Edit > Refresh Screen** или нажать **End** клавишу клавиатуры.

Дублирование пункта или группы пунктов

Дублирование подобно действию **Copy** и **Paste** средствам, но с добавлением дополнительных функций автоматизации повторного размещения. Это полезно при установке, например массива панелей. Для дублирования пункта или группы пунктов:

1. Выбрать **Arrow Tool** средство.
2. Выбрать пункт или группу пунктов.
3. Выбрать пункт **Edit > Duplicate**.
4. Определить количество продублированных пунктов и где установить копии, затем выбрать **OK**.

Count

Установка количества дубликатов максимум до 1000.

X and Y offset

Определение позиции каждого дубликата вдоль любой из осей. Например, установка **X 100** и **Y 0** продублирует выбранный пункт с шагом в 100 mil направо в количестве определённом в **Count** текстовом окне.

Duplicate All Layers

Независимый выбор дублирования на все слои. Если необходимо дублировать пункт только на текущий слой, необходимо отменить этот выбор.

Use Same Designators

Независимый выбор использования компонентных обозначений в дубликатах как в подлиннике.

Панорамирование

Панорамирование является способностью перемещения рассматриваемой области экрана при увеличенной области окна платы. TraxMaker обеспечивает автоматическое смещение рабочей области при размещении или перемещении выбранных пунктов. Чтобы сместить рабочую область:

1. Выберите одно из инструментальных средств размещения, как например, **Place Component** или **Place Pad**, или выбрать **Arrow Tool** средство, чтобы выбрать большую область печатной платы.
2. Используя одно из средств, при перемещении объекта к границе рабочей области можно увидеть, как перемещается рабочая область.

Средство размещения компонентов

Это средство позволяет выбирать компоненты из библиотеки, добавлять текстовые этикетки к компоненту, затем установить на плату. Чтобы установить компонент:

1. Выбрать **Place Component** средство.
2. Листая **Components** список найти компонент, который необходимо установить.
3. Выбрать компонентное имя корпуса, затем нажать **Place**, чтобы установить компонент на плату. Можно также нажать **Place and Return** кнопку, чтобы установить компонент и автоматически возвратиться в диалоговое окно для выбора другого компонента.
4. Набрать имя или величину в **Label-Value** текстовой области. Компонентная этикетка или величина являются компонентным именем или электрической величиной, как например, 0.01uF, 470k или 1N4002.
5. Набрать обозначение компонента в **Designation** текстовой области. Компонентное обозначение обычно состоит из символов как, например U, C, J или R сопровождаемое числом. Можно называть разъем как J3 или конденсатор как C4.
6. Выбрать **OK**, и при размещении нажать пробел для вращения компонент против часовой стрелки с шагом 90 градусов или нажать **X** или **Y** клавиши для зеркального отображения компонента по x или y оси.
7. Контрольная точка ссылки компонента находится на выводе 1. Переместить компонент в нужную позицию и щёлкнуть для установки.

Редактирование компонентов

Компоненты могут легко редактироваться в TraxMaker. Редактирование позволяет переименовывать компонент в **Package** области, изменять **Label-Value** и **Designation**, разрешать отображение компонентных текстов и делать другие изменения. Чтобы редактировать компонент:

1. Выбрать **Arrow Tool** средство.
2. Дважды щёлкнуть в компонент (не щёлкать в панель), который необходимо изменить.
3. В **Edit Component** диалоговом окне сделать желаемые изменения и нажать ОК.

| | |
|------------------------|--|
| Package | Область изменения компонентного имени корпуса. Переименование компонента не повлияет на библиотеки. |
| Label-Value | Область изменения компонентного имени или величины. Например, изменить величину конденсатора 0.1uF на 0.3uF. |
| Designation | Область изменения обозначения компонента. Например, изменить обозначение резистора R34 на R43. |
| Height | Область изменения высоты Label-Value и Designation текста. |
| Line Width | Область изменения толщины символов Label-Value и Designation текста. |
| Visible | Разрешение отображения Label-Value и Designation текста. |
| Top or Bottom | Определение установки компонента на верхней или нижней стороне платы. |
| Locked in Place | Определение компонента свободно перемещаемым или заблокированным при прогоне функции авто размещения. |
| Reference X | Область изменения позиции x координаты компонента, ссылкой которой является центр вывода 1. |
| Reference Y | Область изменения позиции y координаты компонента. |

Поиск компонентов

Использование **Find Component** позволит быстро находить любой компонент установленный на плате. Чтобы найти компонент:

1. Выбрать пункт **Edit > Find > Component**.
 2. Выбрать имя компонента и его вывод, затем нажать **ОК**.
- Курсор переместиться на компонент и выбранный вывод.

Кнопка Rotate 90

Использование **Rotate 90** кнопки вращает выбранный пункт против часовой стрелки с шагом 90 градусов. Чтобы вращать пункт:

1. Выбрать **Arrow Tool** средство.
2. Выбрать пункт для вращения.
3. Нажать **Rotate 90** кнопку, чтобы вращать компонент.

Вращение пунктов при размещении

Чтобы вращать компонент при установке:

1. Выбрать **Place Component** средство.
2. Выбрать компонент из **Component** списка.
3. Нажать **Place** или **Place and Return**.
4. Нажать пробел для вращения компонента на 90 градусов.
5. Щёлкнуть мышью, чтобы установить компонент в нужной позиции.

Вращение текста

Для вращения свободного текста или компонентного текста, используются те же методы что и при вращении пунктов. Необходимо только определить правильный слой размещения текста.

Кнопка Mirror

Использование **Mirror** кнопки отображает зеркально выбранный пункт по горизонтали. Для зеркального отображения пункта:

1. Выбрать пункт для зеркального отображения.
2. Нажать **Mirror** кнопку инструментария.

Зеркальное отражение пунктов при размещении

Для зеркального отображения компонентов при размещении:

1. Выбрать **Place Component** средство.
2. Выбрать компонент из **Component** списка.
3. Нажать **Place** или **Place and Return**.

4. Нажать **y**, чтобы отобразить зеркально компонент по оси **Y**, нажать **x**, для отображения по оси **X**.
5. Щёлкнуть мышью, чтобы установить компонент в нужной позиции.

Средство Place Pad

Свободные панели, которые не принадлежат библиотечным компонентам, могут устанавливаться вручную в проекте. Панели со сквозными отверстиями и переходы относятся к **Multi Layer** объектам, которые занимают все слои печатной платы. Панели с единственным слоем как SMD компоненты или краевые разъёмы, могут быть установлены в **Top** или **Bottom** слоях. Можно устанавливать многоуровневые панели или переходы, не учитывая текущего выбора слоя.

TraXMaker библиотеки панелей идентифицируются **.PAD** расширением файлов, которые могут содержать до 200 стандартов описания панелей. По умолчанию библиотека TraXMaker содержит 42 панели. Пользователь можете редактировать стандартную библиотеку панелей или создавать заказные библиотеки. Тем не менее, только одна библиотека панелей может открываться за один раз. Чтобы установить панель:

1. Нажать **Place Pad** средство, чтобы отобразить диалоговое окно.
2. Листая **Select pad** список выбрать необходимую панель.
3. Выбрать имя панели, затем щёлкнуть **Place**.
4. Позиционировать курсор в место установки панели и щёлкнуть левую кнопку мыши.
5. Позиционировать курсор в другом месте и щёлкнуть снова, чтобы установить другую панель. Продолжить до установки всех панелей. Нажать **Esc** клавишу или правую кнопку мыши, чтобы отключить **Place Pad** средство.

Вращение панелей

Для вращения панелей нельзя использовать **Rotate 90** кнопку инструментария. Чтобы вращать панель:

1. Нажать и удерживать кнопку мыши на панели, используя **Arrow Tool** средство.
2. При этом нажимать пробел для вращения панели на 90 градусов.

Поиск панелей

Использование **Find Pad** позволит быстро определить расположение панели на плате. Чтобы найти панель:

1. Выбрать пункт **Edit > Find > Pad**.
2. Выбрать имя панели, которую необходимо найти и нажать **OK** или дважды щёлкнуть в имя панели. Панель будет выделена, и курсор переместится на выбранную панель.

Редактирование панелей

Использованием **Edit Pad** диалогового окна можете изменять характеристики панелей, как например, обозначение, слой размещения, размер, размер отверстия и форму. Можно также назначить панели на специальные **Power** и **Ground** слои. Панели могут быть подключены к этим медным слоям непосредственно или с использованием термических панелей. Для редактирования панелей:

1. Выбрать **Arrow Tool** средство.
2. Дважды щёлкнуть в панель для редактирования.
3. Изменить необходимые характеристики панели, затем выбрать **OK**.

| | |
|------------------------------|--|
| Designation | Область назначения обозначения панели. |
| Shape | Область определения формы панели. |
| Layer Type | Выбор слоя расположения панели. |
| X-Size | Размер панели по оси X . |
| Y-Size | Размер панели по оси Y . |
| Hole size | Область определения размера отверстия. Отверстия могут быть определены на 2 mils больше текущего диаметра панели, это удобный путь определения механических отверстий свободных от меди при производстве. Максимальный размер отверстий 1000 mils. |
| X Position | Область изменения текущих координат панели по оси X . |
| Y Position | Область изменения текущих координат панели по оси Y . |
| No Connection | Определяет панель не связанную с силовыми слоями. |
| Relief to Power Plane | Преобразование панели в термическую панель для подключения к Power слою. Доступно только при выборе Multi-Layer . |
| Direct to Power Plane | Непосредственное подключение панели к Power слою. |

| | |
|---|--|
| Relief to Ground Plane | Преобразование панели в термическую панель для подключения к Ground слою. Доступно только при выборе Multi-Layer . |
| Direct to Ground Plane | Непосредственное подключение панели к Ground слою. |
| Only this pad | Ограничение изменений текущей панелью. |
| Matching pads in this component | Ограничение изменения панелей текущим компонентом. Изменения действительны только если размер и атрибуты формы соответствуют выбранной панели. |
| All matching pads same hole size | Изменения действительны к панелям с соответствующим размером отверстий, а также размером и формой. |
| All matching pads | Изменения действительны ко всем компонентам или свободным панелям того же самого размера и формы. |
| Tagged to Power Plane | Маркировка SMD панелей подключенных к Power слою для соответствующей трассировки. |
| Tagged to Ground Plane | Маркировка SMD панелей подключенных к Ground слою для соответствующей трассировки. |

О термических рельефных панелях

Термические рельефные панели используются для облегчения быстрой пайки и выпаивания выводов, которые соединяются с **Power** или **Ground** слоями. Поскольку термические рельефные панели имеют секции, в которых срезаны участки меди, тепло концентрируется в небольшой области вокруг панели, не рассеиваясь в **Power** или **Ground** слое меди. Компонентные панели со сквозными отверстиями из-за своей многоуровневой конфигурации естественно подключаются к **Power** и **Ground** медным слоям, если они определены.

Использование SMD (поверхностного монтажа) компонентных панелей, с другой стороны, требуют специальной техники применения. Поскольку SMD панели не могут непосредственно подключаться к **Power** или **Ground** слоям, панели должны подключаться коротким сегментом трассы через отдельные сквозные панели. Есть два пути создавать дополнительных сегментов и панелей:

- Установить сегменты и сквозные панели вручную, используя инструментальные средства.
- Выбрать цепи, которые должны быть связаны с **Power** или **Ground** слоями использованием **Pwr/Gnd Plane Nets** пункта **Netlist** меню.

Маркировка Ground или Power SMD панелей

Для маркировки панели подключенной к **Power** или **Ground** слою:

1. Дважды щёлкнуть в панель, выбрать **Tagged to Power Plane** или **Tagged to Ground Plane** и нажать **OK**.

Если необходимо маркировать многоуровневую панель, необходимо изменить слой панели на **Top** или **Bottom**, затем сделать выбор маркировки.

2. Выбрать пункт **Options > Setup**, и нажать **Router** закладку.
3. Отметить **SMD to Pwr/Gnd**, и нажать **OK**.

Средство Route Pad to Pad Without Net

Использование **Route Pad-to-Pad Without Net** средства автоматически завершает связь между любыми двумя панелями, не используя и не влияя на список цепей. Чтобы соединить панели использованием этого средства:

1. Выбрать **Route Pad-to-Pad Without Net** средство.
2. Позиционировать курсор над панелью до изменения цвета, затем нажать и держать левую кнопку мыши.
3. Переместить трассу на другую панель. Когда панель изменит цвет отпустить кнопку мыши. Панели автоматически будут соединены.

Средство Place Track

Использование **Place Track** средства предназначено для ручной трассировки на плате. Создаваемые трассы всегда располагаются в текущей мгновенной сетке. При изменении сетки установленные трассы остаются в старой сетке, пока не будут перемещаться. Для ручной трассировки:

1. Выбрать **Place Track** средство.

2. Позиционировать курсор в начальной точке трассы и щёлкнуть.
3. Переместить курсор в другую позицию. Щёлкнуть в точке изменения направления трассы.
4. Щёлкнуть правой кнопкой для завершения трассы.

Изменение установок трассировки

Использование **Track** и **Drag Mode** разделов в **Setup** диалоговом окне изменяет форму и направление трасс, а также перемещение трасс вместе с компонентами. Для установок трассировки:

1. Выбрать пункт **Setup > Tracks**.
2. Сделать выбор, описанный ниже и нажать **OK**.

| | |
|-------------------------|--|
| Orthogonal | Размещение трасс горизонтально, вертикально и под углом 45 градусов. |
| Any Angle | Размещение трасс под любым углом. |
| Curved | Размещение прямых трасс со скруглёнными углами в стиле дуги. Трассы несущие цифровые или аналоговые сигналы ВЧ могут потребовать применение таких углов, чтобы устранять эффект "отражения" и связанные с этим проблемы. |
| Default Width | Определение ширины трасс в mils или миллиметрах. |
| All Tracks | Переместить все трассы, которые находятся в пределах перемещаемого пункта, независимо от того подключены они к пункту или нет. |
| Connected Tracks | Переместить все подключённые трассы перемещаемого компонента. |
| None | Не перемещать никаких трасс при перемещении пункта. |
| Ask for Drag | TrackMaker сделает запрос после перемещения пункта, о необходимости перемещения связанных трасс. |

Редактирование трасс

Чтобы визуальное редактирование специфических трасс:

1. Выбрать **Arrow Tool** средство.
2. Щёлкнув и удерживая мышью на конце трассы переместить точку в новую позицию. **X-Y** координаты и длина дорожки отображаются на полосе статуса.

Чтобы изменять атрибуты одной или множества трасс:

1. Выбрать **Arrow Tool** средство.
2. Дважды щёлкнуть в единственную трассу или из меню правой кнопки на трассе выбрать пункт **Edit Track**.

или

Выбрать множество трасс, затем из меню правой кнопки на любой трассе выбрать пункт **Edit Track**.

3. Сделать необходимые изменения, как описано ниже, и нажать **OK**.

| | |
|--|--|
| Track Width | Определение ширины трассы. |
| Start X | Определение начальной X координаты трассы. |
| Start Y | Определение начальной Y координаты трассы. |
| End X | Определение конечной X координаты трассы. |
| End Y | Определение конечной Y координаты трассы. |
| Layer | Перемещение выбранной трассы на другой слой выбором из списка. |
| Change width of all selected tracks | Изменения ширины относятся ко всем выбранным трассам. |
| Change layer of all selected tracks | Изменения слоя относятся ко всем выбранным трассам. |

Средство Break Track

Использование **Break Track** средства создаёт одну или более точек излома на прежде установленных трассах. Эти точки делят трассу на связанные сегменты, которые могут затем легко удаляться или редактироваться, не мешая остальным частям трассы. Чтобы сломать дорожку в текущем слое:

1. Выбрать **Break Track** средство.
2. Тщательно позиционировать курсор в точку излома и затем щёлкнуть. Оставаясь связанной, трасса разбивается на два сегмента.
3. Щёлкнуть в других точках создания изломов. Правой кнопкой или выбором другого средства отключить средство **Break Track**.

Если щёлкнуть и удерживая средством **Break Track** перемещать мышью, трасса перемещается вместе с мышью до отпущения кнопки.

Средство Re-Route Track

Использование **Re-Route Track** средства предназначено для повторной трассировки прежде установленных сегментов трассы, не изменяя существующих связей с панелями или другими трассами. Это средство позволяет создавать многочисленные точки излома трассы в течение одного сеанса. Для повторной трассировки:

1. Выбрать **Re-Route Track** средство.
2. Тщательно позиционировать курсор на начало повторной трассировки, затем щёлкнуть. В точке щелчка **Re-Route Track** средством создаётся точка излома трассы, которая следует за перемещением курсора.
3. Переместить курсор в другую позицию, затем только щёлкнуть.
4. Переместите курсор в другую позицию, затем щелкните снова, чтобы уложить другую секцию. Продолжить перемещение и щелчки до завершения повторного выбора маршрута трассы.
5. После завершения щёлкнуть правой кнопкой или нажать **Esc**.

Средство Place Via

Использование **Place Via** средства добавляет переходные отверстия на плату. Переходы это панели специального назначения, которые сверлятся при производстве платы, чтобы обеспечить электрическое соединение трасс в отдельных сигнальных слоях. В TraxMaker переходы всегда проходят через все слои платы.

Переходы устанавливаются автоматически при использовании функции авто трассировки или при использовании **Route Pad-to-Pad Without Net** средства. Тем не менее, можно также устанавливать переходы и вручную, используя **Place Via** средство. Для установки перехода:

1. Выбрать **Place Via** средство.
2. Позиционировать курсор в место установки перехода, затем щёлкнуть мышью.
3. Позиционировать курсор на другом месте, и щёлкнуть снова, чтобы установить другой переход. Продолжать до установки всех необходимых переходов.
4. Нажать правую кнопку мыши или нажать **Esc** для отключения **Place Via** средства.

Редактирование Via

Использование **Edit Via** диалогового окна позволяет изменять диаметр перехода или диаметр отверстия с шагом 1 mil или .0254 мм. Для редактирования перехода:

1. Выбрать **Arrow Tool** средство.
2. Дважды щёлкнуть в переход, который необходимо редактировать, или выбрать группу переходов для редактирования.
3. Выбрать атрибуты и сделать изменения в соответствующих областях описанных ниже.

| | |
|--------------------------------|---|
| Via Size | Область изменения размера перехода. |
| Hole Size | Область изменения размера отверстия. |
| X Position | Область изменения текущей x координаты. |
| Y Position | Область изменения текущей y координаты. |
| Only This Via | Все изменения действительны только для текущего перехода. |
| Highlighted Vias | Все изменения действительны для всех выбранных переходов. |
| All Vias Same Hole Size | Все изменения действительны для переходов с одним размером отверстия. |
| All Vias Same Size | Все изменения действительны для переходов с одним размером диаметра. |

Средство Place Text

Использование **Place Text** средства позволяет добавлять короткие текстовые строки в любом слое платы. **Text String** диалоговое окно позволяет определять текстовые атрибуты при размещении текста. Свободные текстовые строки могут быть длиной до 128 символов. Чтобы установить свободный текст на плату:

1. Выбрать **Text Tool** средство.
2. В текстовой области **Text** набрать текстовую строку.
3. Определите другие атрибуты для текстовой строки описанные ниже.
4. Выбрать **OK**, переместить курсор в позицию установки текста, затем щёлкнуть.

| | |
|-------------------------|---|
| Character Height | Область изменения высоты символов. |
| Track Width | Область определения толщины символов. |
| Layer | Выбор слоя размещения текстовой строки. |

| | |
|-----------------|---|
| Rotation | Вращение текста с шагом 90 градусов против часовой стрелки, None отменяет вращение текста. |
| Mirror | Зеркальное отражение текста. |

Поиск текста

Использование **Find Text** средства определяет расположение специфических текстовых строк на плате.

Для поиска текста:

1. Выбрать пункт **Edit > Find > Text**.
2. Выбрать необходимый текст из списка и нажать ОК.

Курсор переместится на выбранный текст.

Редактирование текста

1. Выбрать **Arrow Tool** средства.
2. Дважды щёлкнуть в текстовую строку для редактирования.
3. Выбрать текстовые атрибуты, сделать изменения в соответствующих областях и нажать ОК.

| | |
|----------------------------|---|
| Text | Область изменения содержания текста. |
| Character Height | Область определения высоты символов. |
| Track Width | Область определения толщины символов. |
| Layer | Выбор слоя размещения текстовой строки. |
| Rotation | Вращение текста с шагом 90 градусов против часовой стрелки, None отменяет вращение текста. |
| Mirror | Зеркальное отражение текстовой строки. |
| Only This String | Все изменения действительны только для текущей текстовой строки. |
| Highlighted Strings | Все изменения действительны для всех выбранных текстовых строк. |
| All Strings | Все изменения действительны для всех текстовых строк на плате. |
| String Position X | Область изменения текущей x координаты текстовой строки. |
| String Position Y | Область изменения текущей y координаты текстовой строки. |

Установка текстового размера по умолчанию

По умолчанию в TraXMaker текстовые строки имеют размер 60 mils в высоту и 10 mils в толщину. Использование **Text** раздела в **Setup** диалоговом окне, позволяет изменять эти установки по умолчанию. Чтобы изменить установки по умолчанию:

1. Выбрать пункт **Options > Setup**.
2. Определить высоту и толщины символов в **Free Text** разделе, которые используются в **Place Text** средстве.
или
Определить высоту и толщины символов в **Designation Text** разделе, которые используются в текстовой идентификации специфических компонентов, например, в обозначении резистора R34.
или
Определить высоту и толщины символов в **Label-Value Text** разделе, которые используются в тексте компонентных величин, например, в величине ёмкости конденсатора 0.1uF.
3. Нажать **OK**.

Средство Place Arc

Средство **Place Arc** используется для установки дугообразных линий и трасс на печатной плате. Дуги могут использоваться в **Overlay** слое для определения компонентных форм или в слое **Board** для механических деталей, как например, монтажных отверстий. Электропроводящие дуги могут быть установлены в любом из сигнальных слоёв. Дуги ограничены любым из четырёх квадрантов 90 градусов каждый. Ширина дуги определяется также как для трасс, с шагом 1 mil или 0.025 мм. Для установки дуги:

1. Выбрать **Place Arc** средство.
2. При создании дуги позиция курсора определяет центр дуги. Придерживая кнопку мыши при перемещении определить радиус дуги, который отображается на полосе статуса.
3. Отпустить кнопку мыши, чтобы открыть **Edit Arc** диалоговое окно.
4. Выбрать необходимые параметры дуги в диалоговом окне, затем нажать **OK**.

| | |
|-------------------|---|
| Radius | Область изменения радиуса уже установленной дуги. |
| Line Width | Область определения толщины линии дуги. |

| | |
|-------------------|--|
| X Position | Область изменения текущей x координаты центра дуги. |
| Y Position | Область изменения текущей y координаты центра дуги. |
| Layer | Выбор слоя размещения дуги. |
| Quadrant | Выбор квадранта, в котором должна появиться дуга. |

Редактирование дуги

1. Выбрать **Arrow Tool** средство.
2. Дважды щёлкнуть в дугу для редактирования.
3. Сделать необходимые изменения в **Edit Arc** диалоговом окне, затем нажать **OK**.

Средство Place Fill

Использование **Place Fill** средства добавляет медные заполнители на плату. Заполнители представляют собой медные прямоугольные области, устанавливаемые в сигнальных слоях, чтобы обеспечивать защиту экранированием определённых областей. Заполнители различных размеров могут объединяться, чтобы покрывать нерегулярно сформированные области платы, что часто бывает необходимо для ВЧ устройств. Заполнители областей могут объединяться трассами, сегментами дуги и считаются электрически связанными при использовании функций выбора.

Можно устанавливать не электрические заполнители в **Overlay** и **Board** слоях. Заполнители установленные в **Keep Out** слое указывают на запретные зоны при авто трассировке и авто размещении компонентов. Чтобы установить заполнители:

1. Выбрать **Place Fill** средство.
2. Позиционировать курсор, где будет начальный угол заполнителя.
3. Нажать и удерживая кнопку перемещением определить прямоугольную область заполнителя.
4. Пока средство **Place Fill** не выключено, можно продолжить определение областей заполнителя. Для отключения средства нажать правую кнопку мыши.

Редактирование заполнителей

Можно редактировать двойным щелчком в заполнителе, установкой **x** и **y** координат, а также определением слоя размещения заполнителя.

Средство Place External Plane

Средство **Place External Plane** используется для установки внешних металлизированных областей земли в **Top** или **Bottom** слоях проекта. Эти области имеют специальную структуру заполнения. В отличие от прямоугольных заполнителей, внешние металлизированные области могут быть сложными многоугольниками. При их установке они окружают, но не подключаются к трассам, панелям, переходам, заполнителям и текстам. Зазор между металлизированной областью и другими примитивами определяется в **Clearance** разделе **Router** закладки **Setup** окна.

Анатомия внешних областей

Внешние металлизированные области могут быть созданы как решетки или как сплошные многоугольники созданные параллельными сегментами трасс.

Изменение установок внешних областей

Прежде, чем создавать металлизированную область необходимо определить некоторые параметры:

1. Выбрать пункт **Options > Setup**.
2. В **External Plane** разделе определить величину размера сетки, это пространство между дорожками решётки в **Grid Size** текстовой области.
3. Ввести новую величину ширины дорожек решётки в **Track Width** текстовой области и нажать **OK**.

Если **Track Width** и **Grid Size** установки будут равны, будет сгенерирована сплошная металлизированная область. Если величина **Track Width** больше **Grid Size**, будет сгенерирована решётка из пересекающихся трасс.

Размещение внешних областей

Поскольку могут быть трудности с удалением внешних металлизированных областей, и нет возможности удаления использованием **Undo** команды, необходимо сохранить существующий проект перед размещением. Чтобы установить внешнюю металлизированную область:

1. Выбрать **Save** средство, чтобы сохранить копию платы на случай не удачного размещения.
2. Выбрать **Place External Plane** средство.
3. Щёлкнуть в отправной пункт многоугольника. При перемещении курсора периметр плоскости указывается выделенной линией.
4. Щёлкнуть в каждый угол многоугольника пока не будет определена вся область внешней металлизации. Щелчок правой кнопкой завершает создание области.

Как только новая область будет сгенерирована, можно продолжать создание других металлизированных областей. Для отключения **External Plane** средства нажать **Esc** или правую кнопку мыши.

Редактирование внешних металлизированных областей

Внешние области являются простыми трассами, которые могут редактироваться индивидуально или глобально подобно другим трассам. Концы горизонтальных и вертикальных трасс области закрываются автоматически при достижении допустимого зазора.

Определение минимальных размеров ширины трассы и сетки требует больше времени для генерирования и вычерчивания металлизированных областей на печатной плате.

Средство Zoom

Zoom средство позволяет расширять или сокращать вид окна платы. Когда **Zoom** средство активно, курсор изменяется в образ лупы. Для изменения области обзора:

1. Выбрать **Zoom** средство.
2. Щелчок левой кнопкой в окне платы сужает область обзора, увеличивая размер пунктов.
3. Удержание **Shift** кнопки и щелчок левой кнопкой расширяет область обзора.
4. Щелчок правой кнопкой мыши отключает **Zoom** средство, включая **Arrow Tool**.

Лупа при этом отображает символ “+” или “-” соответственно.

Средство Select Area and Zoom

Это удобное средство поможет быстро расширить выбранную область платы на всё окно. Чтобы установить выбранную область в окно:

1. Выбрать **Select Area and Zoom** средство.
2. Нажать и перемещением мыши определить прямоугольную область, которую необходимо отобразить в границах окна платы.

или

1. Выбрать **Arrow Tool** средство.
2. Нажать и перемещением мыши определить прямоугольную область, которую необходимо отобразить в границах окна платы.
3. Выбрать пункт меню **View > Fit Selection to Window**.

Средство Fit Board to Window

Это удобное средство поможет быстро расширить всю область платы на всё окно. Чтобы установить плату в пределы окна:

1. Выбрать **Fit Board to Window** средство.

или

Выбрать пункт **View > Fit Board to Window**.

Установки Draw Mode

Использование **Draw Mode** раздела в **Setup** диалоговом окне определяет способы отображения пунктов платы в проекте. Черновой режим использует меньший объём данных и таким образом имеет более быструю частоту регенерации. Чтобы установить способы отображения:

1. Выбрать пункт **Options > Setup**.
2. Выбрать **Draft** или **Final** для индивидуальных примитивов.

или

Выбрать **All Draft** или **All Final** для всех примитивов.

3. Сделать другие выборы, описанные ниже и затем щёлкнуть **OK**.

Show Pad Holes Отображение отверстий на каждой панели.

Show Pad Names Отображение имени каждой панели.

Transparent Mode

Отображение насквозь всех слоёв платы только для чёрного фона.

5. Управление библиотеками

TraxMaker поставляется с обширными библиотеками компонентов и панелей. Тем не менее, пользователь может сам добавлять новые библиотеки, а также изменять или добавлять компоненты и панели в существующие библиотеки. Кроме того, имеется возможность создавать новые компоненты, управлять существующими библиотеками и создавать новые библиотеки.

Управление библиотекой компонентов

Эта глава объясняет как, используя **Component Selection** диалоговое окно, делать предварительный просмотр, вставлять, добавлять, удалять, копировать, перемещать и переименовывать компоненты. А также показано как управлять библиотекой компонентов.

О компонентах

TraxMaker поставляется с обширными библиотеками, стандартными штыревыми компонентами и поверхностного монтажа (SMD). Компоненты обычно включают одну или более панелей, которые назначаются выводам компонента. Компонентные панели, подобно свободным панелям и переходам, занимают **Multi**, **Top** или **Bottom** слои. Форма компонентов нормально отображается в **Overlay** слоях.

Компонентный текст, который обычно включает обозначение, тип и величину нормально располагается в **Top Overlay** слое, но также могут быть перемещены в **Top** или **Bottom** слои. Компонентные текстовые установки могут изменяться перед размещением или редактироваться после размещения.

Библиотека, которая загружалась в предшествующем рабочем сеансе, загрузится автоматически при следующем запуске TraxMaker. Стандартный компонентный библиотечный файл в TraxMaker называется **Traxstd.lib**.

Просмотр библиотек компонентов

Компонентные библиотеки легко открываются для просмотра. Чтобы просматривать библиотеки:

1. Выбрать **Place Component** средство.
2. Открыть библиотеку, которую необходимо просматривать. Загруженные библиотеки указаны в **Libraries** разделе **Component Selection** диалогового окна.
3. Перемещая **Components** список можно просматривать имена всех компонентов выбранной библиотеки.
4. Щелчок **Zoom In** увеличивает компонент для лучшего обзора, **Zoom Out** уменьшает.

Добавление нового компонента

Можно создавать компоненты двумя способами. Первый путь в том, чтобы создать индивидуальные примитивы, сгруппировать их, затем добавьте их к библиотеке как новый компонент. Другой путь в том чтобы создать новый компонент, базирясь на существующем компоненте. Оба этих метода описаны ниже.

Создание компонента рисованием

1. Использование инструментальных средств **Place Track**, **Place Pad**, **Place Arc** и т.п. создать компонент по индивидуальным предпочтениям пользователя. Использование **Duplicate** команды из **Edit** меню можно быстро установить колонки равномерно расположенных панелей.
2. Каждой панели в новом компоненте необходимо дать обозначение в виде номера.
3. Выбрать **Arrow Tool** средство и выделить все примитивы нового компонента.
4. Нажать **Place Component** средство.
5. Выбрать **Add**, набрать имя нового компонента, затем нажать **OK**.
6. Выбрать **OK**, чтобы подтвердить добавление нового компонента.
7. Чтобы просмотреть новый компонент, выбрать имя компонента из списка.

Создание компонента на основе существующего

Бывает необходимость создать компонент аналогичный уже существующему компоненту в библиотеке. Вместо создания полностью нового компонента рисованием, можно разгруппировать существующий компонент, добавить свои примитивы или отредактировать существующие. Затем сохранить отредактированную версию как новый библиотечный компонент. Этот метод также полезен, если необходимо сделать незначи-

тельные изменения в существующих библиотечных образцах. Чтобы создать новый компонент на основе существующего:

1. Выбрать компонент установленный на плате.
или

Выбрать **Place Component** средство, выбрать компонент и нажать **Place**, установить компонент на плате и выбрать его.

2. Выбрать пункт **Edit > Ungroup Component**.
3. Выбрать **OK**, чтобы подтвердить разгруппирование.

Не смотря на то, что компонент выглядит неизменным, за исключением удалённого компонентного текста, каждый элемент компонента теперь доступен для индивидуального редактирования.

4. Используя инструментальные средства можно удалять, редактировать или добавлять новые элементы к компоненту.
5. Выбрать **Arrow Tool** средство.
6. Выбрать все элементы отредактированного компонента, например протаскиванием прямоугольника.
7. Выбрать **Place Component** средство.
8. Выбрать **Add**, определить имя нового компонента или использовать старое имя, чтобы заменить существующий компонент новым, затем выбрать **OK**.
9. Выбрать **OK**, чтобы подтвердить дополнение нового компонента.
10. Для просмотра нового компонента, выбрать компонентное имя из списка.

Удаление компонента из библиотеки

Как только компонент удаляется из библиотеки, он теряется безвозвратно. Потому рекомендуется делать резервную копию библиотеки перед удалением компонентов. Чтобы удалить компонент из библиотеки:

1. Выбрать **Place Component** средство.
2. Выбрать из списка компонент для удаления.
3. Нажать **Delete**.
4. Выбрать **OK** для подтверждения удаления.

Уплотнение библиотеки компонентов

При добавлении и удалении множества компонентов, возможно фрагментирование библиотечных файлов. Это может стать проблемой при ограниченном свободном пространстве на диске. Уплотнение библиотеки удаляет пробелы, не удаляя компонентной информации. Чтобы уплотнить компонентную библиотеку:

1. В **Component Selection** диалоговом окне выбрать **Compact**.
2. Нажать **Yes**, чтобы подтвердить действие.

Создание новой библиотеки компонентов

TraxMaker даёт возможность создавать новые компонентные библиотеки, например, необходимо иметь другую библиотеку для специфического проекта. Чтобы создать новую библиотеку компонентов:

1. Выбрать **Place Component** средство.
2. Нажать **New**.
3. Определить новое имя библиотеки, затем щёлкнуть **Save**. Или набрать имя существующего библиотечного файла, чтобы откорректировать или заменить существующую библиотеку, нажать **Save**, затем **Yes**, чтобы подтвердить замену.

Новая библиотека компонентов появится в списке других библиотек.

Открытие другой библиотеки компонентов

При размещении компонентов на плате может появиться необходимость загрузки компонентов из другой библиотеки. Чтобы открыть другую библиотеку:

1. Выбрать **Place Component** средство.
2. Выбрать **Open** в **Libraries** разделе, выбрать имя другой библиотеки и нажать **Open**.

или

Если кроме открытой библиотеки имя необходимой библиотеки отображается в **Libraries** разделе, щёлкнуть её имя для быстрого открытия.

Слияние библиотек компонентов

Используя **Copy** и **Paste** функции в **Component Selection** диалоговом окне, можно копировать компоненты из одной библиотеки в другую. Для копирования компонентов между библиотеками:

1. Выбрать **Place Component** средство.
2. Выбрать компонент из **Components** списка.
3. Нажать кнопку **Copy**.
4. Нажать **Open**, выбрать другую библиотеку компонентов, затем выбрать **Open**.
5. Нажать кнопку **Paste**, затем **OK**, чтобы подтвердить вставку компонента скопированного из другой библиотеки.

Управление библиотеками панелей

Эта секция объясняет использование **Pad Selection** диалогового окна для просмотра, добавления, удаления и редактирования панелей, а также показано, как управлять библиотеками панелей. Библиотека, используемая на предшествующем рабочем сеансе, загрузится автоматически при следующем запуске TraxMaker. Стандартная библиотека панелей, которая поставляется с TraxMaker, названа **TRAXSTD.PAD**.

О панелях

TraxMaker поставляется с обширными стандартными библиотеками панелей со сквозными отверстиями и поверхностного монтажа (SMD). Одна библиотека может содержать до 200 панелей, стандартная библиотека панелей содержит 42 встроенные формы. Панели, подобно свободным панелям и переходам, занимают **Multi**, **Top** или **Bottom** слои. Панели имеют уникальное имя, форму, **X** и **Y** размеры, размер отверстия и определение как SMD или штырьковые панели. Параметры панели могут быть выбраны перед размещением или отредактированы после размещения.

Размеры отверстий в панелях

Отверстия панелей всегда сохраняются как часть определения панелей, и могут отображаться и печататься в TraxMaker. Раздел **Draw Mode** в **Setup** меню изменяет опции отображения для отверстий панели и имён. При вычерчивании топологических чертежей печатной платы размер отверстий игнорируется, за исключением создания файлов формата Excellon или Drill Drawing. Использование **Hole Size** опции в **Edit Pad Type** диалоговом окне, определяется размер отверстия. Чтобы определять размер отверстия для Gerber графики используется пункт **File > Gerber Setup > Options**, затем вводится величина в **Pad Hole Guide Size**.

Отверстия SMD панелей

Отверстия могут быть определены для любых SMD панелей. Это обеспечивает дополнительную гибкость при смешанном использовании SMD и штыревых компонентов, особенно при размещении компонентов на обоих **Top** и **Bottom** слоях.

Просмотр библиотек панелей

Можно просматривать образцы панелей сохраненных в библиотеке. Чтобы просмотреть панели:

1. Выбрать **Place Pad** средство.
2. Перемещая **Select pad** список можно просматривать имена панелей выбранной библиотеки.
3. Нажать **Zoom In** для увеличения размера панели, **Zoom Out** для уменьшения.

Создание или редактирование панелей

Можно создавать новые панели и добавлять к библиотеке панелей, или можно отредактировать существующие панели. Чтобы создавать новые определения панелей или редактировать существующие:

1. Выбрать **Place Pad** средство.
2. Нажать **New** кнопку, определить атрибуты новой панели, затем выбрать **Save Changes**.

или

Выбрать панель, нажать **Edit** кнопку, сделать изменения атрибутов панели в **Edit Pad Type** диалоговом окне, затем выбрать **Save Changes**.

3. Чтобы просмотреть новую панель, выбрать имя панели из списка.

Name Область определения обозначение панели.

Shape Область выбора формы панели.

Layer Type Выбор независимой панели поверхностного монтажа или со сквозным отверстием.

X-Size Размер панели относительно **X** координаты.

| | |
|------------------|---|
| Y-Size | Размер панели относительно Y координаты. |
| Hole size | Область определения размера отверстия используемая для создания файлов управления сверловки формата Excellon. Отверстия могут определяться на 2 mils больше чем текущий диаметр панели. Это удобный путь определения механических отверстий, с достаточным допуском пространства свободного от меди при производстве. При попытке вводить размер отверстия на 2 mils больше чем текущий диаметр панели, TraxMaker исключит величину большую 2 mils. Максимальный размер отверстия 1000 mils (1 дюйм). |

Удаление панели из библиотеки

Как только панель удаляется из библиотеки, она теряется безвозвратно. Рекомендуется сделать резервную копию библиотеки прежде, чем удалять панель. Чтобы удалить панель из библиотеки:

1. Выбрать **Place Pad** средство.
2. Выбрать панель, которую необходимо удалить.
3. Нажать кнопку **Delete**.

или

4. Чтобы удалить все панели, нажать **Delete All**.
4. Нажать **OK**, чтобы подтвердить удаление.

Создание новой библиотеки панелей

Иногда бывает необходимость иметь несколько библиотечных файлов панелей. Чтобы создать новую библиотеку панелей:

1. Выбрать **Place Pad** средство.
2. Нажать кнопку **New Pad File**.
3. Определить новое имя библиотеки, затем нажать **Save**. Или набрать имя существующего библиотечного файла, чтобы скорректировать или заменить существующую библиотеку, нажать **Save**, затем **Yes**, чтобы подтвердить замену.

Открытие других библиотек панелей

При размещении панелей на плате может возникнуть необходимость загрузки панелей из другой библиотеки. Чтобы открыть другую библиотеку:

1. Выбрать **Place Pad** средство.
2. Нажать **Load Pad File** кнопку в **Pad Selection** диалоговом окне, выбрать имя другой библиотеки, затем нажать **Open**.

Копирование панелей из других библиотек

При необходимости можно копировать панели из одной библиотеки в другую. Чтобы копировать панели между библиотеками:

1. Выбрать **Place Pad** средство.
2. Нажать кнопку **Load Pad File**, чтобы открыть библиотеку панелей, в которую будет копироваться панель.

или

Выбрать **New Pad File** для создания новой библиотеки панелей, в которую будет копироваться панель.

3. Нажать кнопку **Merge Pad from File**.
4. Выбрать директорий и имя файла библиотеки, из которого необходимо копировать панели.
5. Выбрать панель, затем нажать **Merge**.

Панель копируется в библиотеку панелей, которая была открыта в пункте 2.

6. Цепи и список цепей

Одной из наиболее полезных функций TraxMaker является способность автоматического создания цепей основанных на связях списка цепей **Netlist**. Список цепей может быть импортирован из CircuitMaker или других схемных программ, или сгенерирован в пределах TraxMaker. Другой полезной функцией является авто размещение компонентов из информации списка цепей. TraxMaker может оптимально расставить компоненты на плате, это проще чем размещать их вручную с самого начала проекта. Прежде, чем выполнить авто трассировку платы есть множество функций и понятий, имеющих отношение к списку цепей которым нужно уделить некоторое внимание.

Что такое цепь?

Цепь это серия связанных трасс, панелей и переходов, и описывает основную сеть примитивов, которые физически подключены друг к другу.

Что такое Netlist?

Это ASCII текстовый файл списка цепей, перечисляющий и описывающий все связи между компонентами в электронной схеме. Широко используя в электронных CAD пакетах, список цепей позволяет передавать проектные детали между приложениями, как например, CircuitMaker и TraxMaker. Список цепей обычно содержит два типа информации:

- Описание индивидуальных компонентов
- Список всех межвыводных связей

Netlist входит в различные форматы, но обычно он несёт аналогичные данные. TraxMaker может импортировать и экспортировать ряд **Netlist** форматов, и таким образом совместим со многими проектными сервисными программами. Файловое расширение **.NET** используется для TraxMaker файлов списков цепей.

Формат TraxMaker Netlist

Некоторые списки цепей имеют отдельные форматы для описания компонентов и описания связей. Другие форматы объединяют оба комплекта данных в единственную секцию. Следующее описание представляет формат списка цепей TraxMaker. Первая часть списка описывает каждый компонент:

| | |
|-------------------|--|
| [| Выделяет начало каждого описания компонента. |
| U8 | Этикетка компонентного обозначения. |
| DIP16 | Идентификатор корпуса компонента. |
| 74LS138 | Отображение имени компонента или величины. |
| Blank line | Левый пробел для будущего определения, обычно три пустых строки. |
|] | Выделяет конец описания компонента. |

Вторая часть списка включает описание каждой цепи:

| | |
|---------------|---|
| (| Выделяет начало каждой цепи. |
| NETCLK | Название цепи. |
| U8-3 | Показывает первый компонент и номер вывода. |
| J21-1 | Указывает второй узел цепи. |
| U5-5 | Указывает следующий узел. |
|) | Выделяет конец цепи. |

Другие форматы Netlist

Списки цепей схемных редакторов при упаковке имеют сходство с форматом, используемым в TraxMaker. Тем не менее, имена корпусов и идентификаторы выводов могут отличаться. TraxMaker формат списков цепей идентичен Tango и Protel форматам и способен загрузить списки цепей следующих форматов:

- TraxMaker
- Protel
- Tango
- OrCAD PCB II (профессиональная версия)
- PADS PCB (профессиональная версия)
- Cadnetix (профессиональная версия)

Тем не менее, в некоторых случаях необходимо редактирование списка перед импортом, чтобы обеспечить совместимость.

Просмотр и редактирование Netlists

Как простые текстовые файлы ASCII списки цепей легко просматриваются, создаются и модифицируются использованием простого текстового редактора.

Ограничения Netlist

Обозначения и описания корпусов ограничены 12 текстовыми символами. Имена цепей должны быть не более 20 символов. Имена выводов ограничены 4 текстовыми символами. Никаких пробелов и пустых строк

не допускается. До 2000 узлов может быть указано в одной цепи. Схема может содержать не более 2000 цепей.

Загрузка Netlist

Прежде, чем использовать любой из списков цепей необходимо сначала его загрузить. TraxMaker принимает ряд форматов, включая:

- TraxMaker
- Protel
- Tango
- OrCAD PCB II (профессиональная версия)
- PADS PCB (профессиональная версия)
- Cadnetix (профессиональная версия)

При загрузке можно выбирать списки цепей с сопутствующими компонентами, или загружать только списки без компонентов. Чтобы загрузить **Netlist**:

1. Выбрать пункт **Netlist > Load Netlist**, затем выбрать из списка нужный формат для загрузки.
2. Выбрать **Netlist and Components**, затем нажать **OK**.

или

Выбрать **Netlist only**, чтобы загрузить список после прежде размещённых компонентов.

3. Перейти в место хранения файла списка цепей, выделить файл, затем выбрать **Open** для загрузки файла.

4. Нажать **OK**, затем щёлкнуть в позицию, где необходимо установить компоненты.

Список цепей не содержит никакой информации о размещении компонентов. Следовательно, при загрузке списка все компоненты будут собраны в одной точке. Только после этого компоненты вручную или автоматически могут быть размещены на плате.

5. Просмотреть **Netlist results** и **Component results** разделы в **Netlist Load** диалоговом окне. Сделать необходимый выбор, описанный ниже затем нажать **OK**.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Nets Loaded | Отображает общее число загруженных цепей. |
| Missing Components | Количество компонентов пропущенных из списка при установке на плате. |
| Missing Pins | Количество выводов в списке, которые не соответствуют установленным компонентам. |
| Components Loaded | Количество загруженных компонентов. |
| Missing Patterns | Компонентный образец, определённый в списке цепей не совместим с загруженным компонентом из библиотеки. |
| Existing Components | Показывает прежде установленные компоненты, чьи назначения соответствуют одному или более компонентов в списке цепей. |
| Shortest Path | Выбор сортировки списка цепей, чтобы получить самые короткие расстояния связей. |
| X Bias | Порядок связывания выводов для коротких связей вдоль оси X. |
| Y Bias | Порядок связывания выводов для коротких связей вдоль оси Y. |
| Select Net | Отображать связанность для одной выбранной цепи. |
| Nets on Selected Component | Отображать связанности для выбранного компонента. |
| All Nets | Отображать связанности всех установленных компонентов. |
| None | Загрузка списка цепей без отображения связанностей. |
| View details of errors | Разрешение отображения детализации ошибок. |

Создание Netlist

TraxMaker командой **Make Netlist** действительно создаёт список цепей, базируясь на связях текущей печатной платы. Эта команда наиболее полезна для обновления существующего списка цепей после того, как были сделаны изменения на плате. Или можно использованием **Make Netlist** команды сгенерировать список цепей в другом формате. TraxMaker может сделать список цепей в следующих форматах:

- TraxMaker
- Protel
- Tango
- OrCAD PCB II (профессиональная версия)

- PADS PCB (профессиональная версия)
- Cadnetix (профессиональная версия)
- Calay (профессиональная версия)
- Calay90 (профессиональная версия)

Чтобы создать список цепей:

1. Выбрать пункт **Netlist > Make Netlist**, затем выбрать желаемый формат из списка.
2. Определить имя нового списка цепей, затем выбирать **Save**.

Отображение и скрытие связанностей

TraXMaker даёт возможность просматривать все или различные комбинации связанности цепей после загрузки списка, чтобы помочь в трассировке печатной платы. Использование **Show Nets** и **Hide Nets** выбора позволяет отображать или скрывать некоторые или все связанности на плате. Чтобы отобразить или скрыть связанности:

1. Выбрать пункт **Netlist > Show Nets** или **Hide Nets**.
2. Определить выбор для цепей, связанность которых необходимо показать или скрыть.

Select Net Выбор цепей из списка в **Choose Net** диалоговом окне.

Nets on Selected Components Выбор цепей подключенных к компоненту.

All Nets Выбор всех цепей на плате.

Unrouted Nets Выбор всех не разведённых цепей на плате.

Routed Nets Выбор всех разведённых цепей на плате.

Необходимо отметить, что **Show Nets** и **Hide Nets** команды действительны только при загруженном списке цепей.

Поиск цепей

Choose Net диалоговое окно позволяет быстро выбирать имя цепи, так что можно быстро позиционировать курсор в этой цепи. Чтобы использовать эту функцию, необходимо сначала загрузить список цепей, затем использованием **Show Nets** отобразить связанности цепей. Для поиска цепи:

1. Выбрать пункт **Netlist > Show Nets > All Nets**.
2. Выбрать пункт **Edit > Find > Net**.
3. Выбрать имя цепи из списка и нажать **OK**, курсор переместиться в позицию нужной цепи.

Идентификация цепей

После отображения связанностей, использованием **Identify Net** выбора можно определить имя любой цепи. Чтобы идентифицировать цепь:

1. Выбрать пункт **Netlist > Identify Net**.
2. Щёлкнуть в связанность нужной цепи.

Отображается окно с именем цепи.

Авто размещение

Загрузка списка цепей в TraXMaker допускает автоматическое размещение компонентов на печатной плате. Очень важно знать о стратегиях и ограничениях функции авто размещения. Этот выбор предназначен для снижения трудоёмкости ручного размещения компонентов на плате. Функция группирует компоненты, используя специальные стратегии размещения, чтобы в конечном итоге оптимизировать связи между компонентами. Окончательное размещение может доводиться вручную, тем не менее, это экономит значительное время.

Перед запуском авто размещения

Прежде, чем загружать список цепей, необходимо следовать двум простым правилам. Сначала необходимо вручную установить краевые разъемы или другие компоненты, которые должны быть на конкретном месте платы. Размещение вручную автоматически помечает эти компоненты как не перемещаемые при работе авто размещения. Вторым правилом устанавливается размещение второстепенных компонентов вокруг основного. Примером основного компонента может быть микропроцессор.

При очень небольших размерах печатной платы результаты могут быть далеки от ожидаемых результатов размещения. Тем не менее, использование программы авто размещения и при необходимости ручное перемещение компонентов более быстрый способ по сравнению с размещением каждого компонента вручную.

Прежде, чем использовать функцию авто размещения необходимо определить границы, в пределах которых должны быть установлены компоненты.

Определение Keep Out слоя

Область **Keep Out** определяет разрешённую область для авто размещения и авто трассировки в границах печатной платы. Для создания такой области определить прямоугольную секцию из трасс в **Keep Out** слое. Кроме того, можно также определять запретные области в пределах прямоугольника и в этом же слое, установкой прямоугольных заполненных областей.

Установка сетки и зазоров

Определение **Auto Place Grid** и **Clearance** разделов **Grid/Draw** закладки **Setup** диалогового окна позволяет управлять шагом размещения компонентов. Для установки сетки и зазоров авто размещения:

1. Выбрать пункт **Options > Setup**, и нажать **Grid/Draw** закладку.
2. Сделать установки, описанные ниже затем выбрать **OK**.

Large X & Y Placement Grids Определение сетки для позиции вывода 1 больших компонентов, которые имеют от 4 и более выводов.

Small X & Y Placement Grids Определение сетки для позиции вывода 1 небольших компонентов, которые имеют от 3 и менее выводов.

Large X & Y Clearance Определение минимального расстояния для больших компонентов.

Small X & Y Clearance Определение минимального расстояния для небольших компонентов.

Стратегии авто размещения

Функция использует несколько стратегий при размещении компонентов на печатной плате. Перед размещением компоненты сначала группируются, затем используется размещение групп в определённой сетке и зазорах.

Чтобы группировать компоненты, сначала их классифицируют как один из трех типов: большие с четырьмя или более выводами, небольшие или дискретные с тремя выводами и меньше и обычно связанные с большим компонентом и проходные конденсаторы. Классификация основана только на связях списка цепей, а не на описании корпусов.

Небольшие или дискретные компоненты назначаются большим компонентам простыми правилами. Игнорируя две определённых силовых цепи, дискретный компонент назначается большому компоненту, если 50% или более его выводов подключены к большому компоненту.

Когда дискретные компоненты сгруппированы и связаны с большими компонентами, вся группа устанавливается как устройство в укрупнённых X и Y сетках. Любые не назначенные небольшие компоненты затем устанавливаются в малых X и Y сетках. Группирование и размещение компонентов будет находиться под влиянием метода оптимизации на минимально короткие связи, который определяется при загрузке списка цепей.

Запуск авто размещения

Чтобы автоматически разместить компоненты на плате в пределах определённой области **Keep Out**:

1. Выбрать пункт **Netlist > AutoPlacement > Arrange Components**.

Перемещение компонентов в сетке

Использование **Move all Components to Grid** выбора в **AutoPlacement** меню сдвигает центры панелей установленных компонентов в другую позицию, основанную на сетке определённой ранее в **Setup** диалоговом окне. Нормально это будет сетка, которая будет использоваться при трассировке на плате.

В идеале сетки размещения и трассировки должны быть кратны расстоянию между панелями компонентов. Например, стандартное расстояние 100 mil между выводами ИС допускает успешное использование 100, 50, 25, 20, 10 и 5 mil сеток размещения и трассировки. Чтобы переместить компоненты на определённую сетку:

1. Выбрать пункт **Netlist > AutoPlacement > Move Components to Grid**.
2. Определить величину сетки, затем выбрать **OK**.

TraxMaker пытается устанавливать компоненты логично и удобно, чтобы облегчить конечное ручное размещение.

Особенности авто размещения

Из-за множества возможных вариантов размещения обычно требуется, методом проб и ошибок найти такую комбинацию размещения, которая даёт наилучшие результаты. Рекомендуется сохранить печатную плату, включая **Keep Out** определения, заранее установленные компоненты, разъемы, и так далее, перед использованием авто размещения. Затем, если первый результат не удовлетворительный, можно перезагрузить печатную плату сделать изменения и запустить **AutoPlacement** снова.

Следующие руководящие принципы помогут в эффективном использовании множества выборов авто размещения:

Если плата требует очень плотного размещения компонентов, допускается определение дополнительного места для первого авто размещения, затем постепенно перемещая в свой конечный размер с предустановленными компонентами. Если компоненты не умещаются в **Keep Out** периметр, они установятся за пределами периметра.

После того, как компоненты будут установлены, они блокируются на своём месте. Это означает, что использование повторного авто размещения не переместит эти компоненты. Если для компонента не нашлось места на плате, и он был установлен за пределами **Keep Out** области, при этом он не блокируется и определяется как свободный для перемещения. При использовании повторного авто размещения будет попытка перемещения компонента в область печатной платы. Свободный или заблокированный статус компонента может быть изменено в **Edit Component** диалоговом окне.

Авто размещение с множеством библиотек

Библиотеки TraxMaker ограничены 600 компонентами. Тем не менее, возможна ситуация когда необходимо загружать и устанавливать компоненты из нескольких библиотек. При загрузке списка цепей TraxMaker ищет все загруженные (открытые) библиотеки компонентов. Если в проекте используются компоненты из нескольких библиотек, необходимо убедиться, что все нужные библиотеки открыты при загрузке списка цепей.

7. Трассировка

После установки компонентов на плате, следующий основной шаг создание связей между компонентами. Трассировка использует ряд инструкций для управления созданием соединяющих трасс на плате для оптимального их исполнения и производства. Есть различные способы трассировки платы: можно выполнять вручную, используя встроенный авто трассировщик или комбинацию обоих способов. Авто трассировщик TraxMaker базируясь на определённой сетке, делает многопроходные попытки трассировки определённой цепи с целью оптимизации, чтобы достигать высокие показатели в стоимости за счёт сокращения переходов и длины связей.

Авто трассировщик чрезвычайно гибкая функция с множеством выборов, позволяя конфигурировать трассировку по ряду типов. Можно трассировать всю плату, индивидуальную цепь или единственную связь. Другой комплект установок определяет правила, такие как размеры трасс и зазоров и могут быть приложены к индивидуальным цепям или связям. Есть также множество команд для редактирования и исправления предшествующей трассировки.

Установки трассировки

Перед прогоном трассировщика, важно, чтобы были выбраны подходящие установки для печатной платы. Использование **Router** закладки **Setup** диалогового окна позволяет определять стратегии трассировки, которые будут приложены к проекту. Для установки трассировки:

1. Выбрать пункт **Options > Setup**, затем нажать **Router** закладку.
2. Выбрать сигнальные слои для трассировки и направление в слое.
3. Сделать установку проходов трассировки, используя **Routing Passes** раздел.
4. Выбрать способ сглаживания трасс в **Smoothing** разделе.
5. Определить величину сетки, ширину трасс и размер переходов в **Variables** разделе.
6. Определить величину зазоров в **Clearances** разделе.

Выбор слоев трассировки

Имеется шесть слоев, которые могут быть использованы авто трассировщиком:

- Top Layer
- Mid Layer 1
- Mid Layer 2

- Mid Layer 3
- Mid Layer 4
- Bottom Layer

Установка видимости слоев трассировки

Прежде чем определять слои трассировки, сначала используя **Layers** закладку в **Setup** диалоговом окне разрешить видимость сигнальных слоев, которые будут использоваться для трассировки.

Примечание: Эти установки не управляют слоями в трассировке, а только отображают. Чтобы включить видимость слоев:

1. Выбрать пункт **Options > Setup** и нажать **Layers** закладку.
2. Установить контрольные отметки в слоях, которые необходимо просматривать.

Выбор направления трассировки

Связи, разведённые в активных слоях трассировки должны следовать направлениям, которые определены в **Layer Routing Setup** разделе **Router** закладки **Setup** диалогового окна. Если какой либо слой установлен как **Single Layer**, все другие слои автоматически будут установлены в **Not Used**. Это определение означает, что трассировка будет произведена только в этом слое в любых направлениях. Чтобы установить направления трассировки в слоях:

1. Выбрать пункт **Options > Setup** и нажать **Router** закладку.
 2. Выбрать **Horizontal**, **Vertical** или **Not Used** для слоев.
- или
3. Выбрать **Single Layer**, чтобы трассировать только в этом слое.
 3. Сделать другие изменения в **Router** установках, и выбрать **OK**.

Раздел Routing Passes

Опции, отображаемые в этом разделе, обрабатываются в названном порядке. Простые и быстрые проходы трассировки сопровождаются более сложными стратегиями.

| | |
|-----------------------|--|
| SMD to Pwr/Gnd | Автоматизирует соединение компонентов поверхностного монтажа с внутренними Power и Ground слоями. Когда сделан этот выбор, компоненты SMD короткими сегментами через переходы подключаются к нужному слою с использованием термических панелей. |
| Memory | Быстрая эвристическая трассировка, которая устанавливает короткие горизонтальные и вертикальные трассы без использования переходов, которые обычно используются для соединения параллельных колонок микросхем памяти. |
| Line Probe | Этот выбор допускает множественное расследование линии трассировки при проходе образца с использованием не более трёх переходов. Эта трассировка очень быстрая и может обеспечить отличные результаты при условии хорошего размещения компонентов и правильных установок. Тем не менее, этот способ подходит для плат малой плотности и вероятно не обеспечит ту степень завершения как более передовая Maze трассировка. |
| Maze | Это трассировка волнового расширения с возможностью повторных попыток методом итерации. Трассировка может потребовать некоторого времени, чтобы полностью завершиться в сложной плате, но всегда обеспечивает самую высокую степень завершения на любом проходе трассировки, если использованы правильные установки. |

Раздел Smoothing

Выбор в **Smoothing** разделе позволяет привести в порядок разведённые связи. Проход сглаживания может выполняться немедленно, следуя за проходом трассировки. Рекомендуется запускать проходы трассировки отдельно от проходов сглаживания. Это позволит возвратиться к разведённой плате для редактирования, если не было прохода сглаживания.

Smooth User Routed Производит проход сглаживания для всех связей, независимо от того, как или когда они были выполнены. Если опция не отмечена, то только связи созданные инструментальными средствами трассировки и входящие в список цепей будут сглажены.

| | |
|---------------------|--|
| Basic | Разрешает использование Via Minimization , Diagonal Remover , Loop Remover , Double-back Remover , Dual Stub Remover , Two-Via Remover и Arc Replacer опций, если они определены. |
| Advanced | Предварительное сглаживание, используемое Maze трассировкой, поможет в улучшении поиска путей трассировки. Многократные проходы с предварительным сглаживанием обычно заканчивается лучшим размещением трасс. |
| Arc Replacer | Выбор преобразовывает 90 градусные углы в 90 градусных дуги, с разрешением зазоров. Радиус дуги можно определить в Arc Radius текстовом окне. Ширина линии дуги зависит от Track Width переменной трассировщика. |

Раздел Variables

Установки **Variable** раздела определяют шаг сетки, ширину трасс, размер переходов и отверстий, которые используются при авто трассировке.

Раздел Clearances

Установки **Clearance** раздела определяют минимальный зазор между установленным и разведёнными примитивами как, например, между трассами, трассой и переходом, между переходами, переходом и панелью и между панелями. Чтобы изменить величину зазора, ввести её в соответствующем текстовом окне.

Особенности определения сетки и зазоров

Размер определённой сетки имеет основное влияние на исполнение трассировки. Меньшая сетка обеспечивает большие потенциальные возможности для соединения трасс и, следовательно, улучшает завершающие показатели. Тем не менее, уменьшение вдвое размера сетки вчетверо увеличивает потенциальные возможности трассировки с пропорциональным увеличением времени трассировки.

Сетка, используемая авто трассировкой определяется **Routing Grid** установкой. Определение **Auto Place Grid** должно быть равно или кратно **Routing Grid**. Например, компоненты установленные с шагом 100 mil в **Auto Place Grid** могут быть успешно соединены с шагом сетки 100, 50, 25, 20, 10 или 5 mil определённой в **Routing Grid**.

Очень важно понять, что установки сетки и зазора взаимосвязаны. Неудачи трассировки могут произойти там, где зазоры соответствуют требуемым, но не могут быть использованы, поскольку позиция сетки ограничивает размещение трасс. Например, достаточный зазор между панелями позволяет развести две трассы, но может быть разведена только одна трасса, поскольку сетка слишком большая.

Использование авто трассировки

После определения **Router** установок всё готово к авто трассировке связей. Для этого можно использовать одно или более средств автоматизированной трассировки, которые доступны в **Route** меню. TraxMaker также предоставляет различные команды отмены трассировки, чтобы делать изменения.

| | |
|-------------------------------|---|
| Board | Авто трассировка всей платы. |
| Manual With Net | Ручная трассировка отдельных цепей. |
| Pad-to-Pad Without Net | Авто трассировка одной связи между двумя панелями. |
| Net | Авто трассировка всей цепи щелчком в линию связанности. |
| Net by Name | Авто трассировка всей цепи выбором имени из списка. |
| Connection | Авто трассировка одной связи щелчком в линию связанности. |
| Unroute All | Удаление всех разведённых трасс. |
| Unroute Net | Удаление трассы одной цепи щелчком в трассу. |
| Unroute Connection | Удаление одной связи цепи щелчком в эту связь. |
| ReRoute | Ручное редактирование существующей трассы. |

Авто трассировка всей платы

Эта функция использует встроенный в TraxMaker авто трассировщик для разводки всей платы. В первом проходе авто трассировщик проверяет проект на наличие уже разведённых трасс, затем трассирует остальные не разведённые цепи на всей плате.

Количество используемых слоев, ширина трасс, зазоры и другие аспекты трассировки могут все корректироваться. Поскольку имеется очень много переменных, необходимо отрегулировать их установками, чтобы получить самые высокие результаты трассировки всей платы. Для авто трассировки платы:

1. Выбрать пункт **Route > Board**.

2. Отметить **Save log file** для сохранения результатов трассировки в файле с **.LOG** расширением.
 3. Определить имя файла списка цепей, затем нажать **OK**, чтобы начать авто трассировку.
 4. Чтобы прервать авто трассировку в любое время нажать **Esc** кнопку, затем нажать **OK**.
- Прогресс процесса трассировки будет отображаться на полосе статуса внизу экрана.

Ручная трассировка отдельных цепей

Manual With Net пункт меню позволяет вручную разводить связи, основываясь на линиях связанностей. Перед использованием ручной трассировки необходимо загрузить список цепей. Чтобы вручную разводить связи:

1. Выбрать необходимый сигнальный слой.
2. Выбрать пункт **Netlist > Show Nets > UnRouted Nets** для отображения линий связанностей.
3. Выбрать пункт **Route > Manual With Net**.
4. Тщательно позиционировать курсор в цепи, которую необходимо развести, затем щёлкнуть. Цепь будет следовать за перемещением курсора, отображая точки поворота, начальную и конечную точки, и можно теперь разводить вручную.
5. Переместить курсор в желаемую точку, затем щёлкнуть, чтобы сформировать трассу от отправного пункта до точки щелчка.
6. Переместить курсор на другие точки и щёлкнуть, чтобы сформировать следующие секции. При необходимости нажать звездочку (*) на вспомогательной клавиатуре, чтобы переключать слой размещения трассы в любое время. Переходное отверстие будет установлено автоматически всякий раз при переключении слоя. Продолжить перемещение и щелчки пока не будет завершена трассировка цепи.
7. Для завершения трассы нажать правую кнопку или **Esc**.

Авто трассировка между панелями без определения цепи

Использование функции **Pad-to-Pad Without Net** не требует обязательной загрузки списка цепей. Чтобы автоматически создать связь без определения цепей:

1. Выбрать пункт **Route > Pad-to-Pad Without Net**.
2. Позиционировать курсор над панелью пока она не изменит цвет, затем нажать и удерживать левую кнопку мыши.
3. Переместить курсор на другую панель, когда она изменит цвет отпустить кнопку мыши. Трасса между панелями автоматически будет разведена.

Авто трассировка отдельных цепей

Можно произвести авто трассировку отдельной цепи щелчком на ней:

1. Выбрать пункт **Netlist > Show Nets > UnRouted Nets**.
2. Выбрать пункт **Route > Net**.
3. Щёлкнуть в линию связанности цепи, которую необходимо развести.
4. Повторить шаг 3 для авто трассировки всех необходимых цепей, для завершения нажать правую кнопку мыши или **Esc**.

Авто трассировка цепей по имени

Можно произвести авто трассировку цепей, выбирая их из списка:

1. Выбрать пункт **Route > Net by Name**.
2. Выбрать цепь для трассировки из списка, затем нажать **OK**.

Авто трассировка отдельных связей цепи

Для использования функции загрузить список цепей:

1. Выбрать пункт **Netlist > Show Nets > UnRouted Nets**.
2. Определить приемлемый масштаб отображения платы.
3. Выбрать пункт **Route > Connection**.
4. Щёлкнуть желаемую линию связанности, которую необходимо развести.
5. Продолжить авто трассировку индивидуальных связей цепи, щёлкая линии связанностей. Для отключения функции нажать правую кнопку или **Esc**.

Удаление всех трасс

Команда **Unroute All** позволяет удалить все трассы на плате, которые были разведены с использованием списка цепей и инструментальных средств. Другими словами трассировка, выполненная любыми инструментальными средствами кроме **Place Track** и **Pad-to-Pad Without Net** средствами, удаляется данной командой.

Чтобы удалить все трассы на плате, выбрать пункт **Route > Unroute All**.

Удаление трассы всей цепи

Команда **Unroute Net** позволяет удалить всю цепь, щёлкая в трассу этой цепи. Чтобы удалить цепь:

1. Выбрать пункт **Route > Unroute Net**.
2. Щёлкнуть в трассу цепи для удаления.
3. Повторять шаг 2 для удаления других цепей, для отмены функции нажать правую кнопку или **Esc**.

Удаление одной связи в цепи

Команда **Unroute Connection** позволяет удалить одну связь цепи, щелчком в трассу этой связи. Чтобы удалить связь:

1. Выбрать пункт **Route > Unroute Connection**.
2. Щёлкнуть в трассу удаляемой связи.
3. Повторять шаг 2 для удаления других связей, для отмены функции нажать правую кнопку или **Esc**.

Список цепей и авто трассировка

Список цепей содержит все связи в схеме, но не содержит информации о порядке трассировки цепей. Вот почему необходимо выбирать стратегию оптимизации на самые короткие связи, **x** смещения или **y** смещение при загрузке списка цепей. Этот список связей будет обрабатываться всякий раз при использовании пункта **Optimize Nets** в **Netlist** меню. Переупорядочение будет сделано только для тех цепей, которые были полностью удалены перед загрузкой списка цепей. Следовательно, при трассировке части связей использованием ручных инструментальных средств, дальнейшая авто трассировка всей платы не будет завершена, так как могут помешать трассы, разведённые ручным способом.

При сохранении файла текущий список установленных связей, включая статус маршрута каждой связи, сохраняется как часть файла. Это позволит перезагрузить файл и продолжить трассировку, не перезагружая подлинник списка цепей или оптимизированный список связей.

Получение наилучших результатов авто трассировки

Почти всегда есть способы улучшить результаты авто трассировки. Но выбор оптимальных решений не всегда даёт оптимальный результат. Не все проекты подходят для авто трассировки. Необходимо рассмотреть другие средства автоматизации разводки, которые при правильном использовании повышают общую производительность.

Переменные, которые определяются пользователем, имеют значимое влияние на завершающие показатели, качество и скорость трассировки. Наиболее важным показателем является выбранная сетка. Если вдвое уменьшить сетку, в четыре раза увеличивается количество потенциальных решений для каждого маршрута трассировки, правда при этом пропорционально возрастает время трассировки. Выбор сетки, форма компонентов, предварительно разведённые связи, установка переменных, зазоров и т.п. влияют на показатель качества трассировки. Чтобы улучшить результаты трассировки:

- Использованием **Auto Place Grid** установки **Grid/Draw** закладки **Setup** диалогового окна, определить так чтобы все выводы располагались в подходящей сетке. Убедиться, что выбранная сетка использовалась при создании компонентов, особенно SMD. Сетка авто трассировки может быть только между 5 и 100 mils.
- Выбрать пункт **Netlist > Optimize Nets** до авто трассировки. Это скорректирует внутренний список связей более прямыми путями трассировки.
- Сохранить плату после размещения компонентов, но до трассировки. Если результаты трассировки будут не благоприятные, можно возвратит не разведённую плату, изменить установки, затем развести снова.
- Запуск **Smoothing** проходов должен быть отделён от проходов трассировки. Это позволит возвратиться к прежним результатам разводки.
- По возможности минимизировать расстояния связанных компонентов. Видимость линий связанныхностей выбором пункта **Netlist > Show Nets > All Nets** даёт хорошую возможность в оптимизации

позиций компонентов. Выбором пункта **Help > Get Info** можно проверить общую длину связей после перемещения компонентов. Более низкая общая длина связей улучшит трассировку.

Пример авто трассировки платы

Программа включает несколько примеров использования **.PCB** файлов, которые могут быть разведены использованием авто трассировщика. Эти платы могут быть успешно разведены, но каждая требует различных установок для успешного завершения. Для этого используются **Memory**, **Line Probe** и **Basic** опции. **Maze** файлы **.PCB** требуют использования профессионального издания, **Maze** трассировка и предварительное сглаживание используются для успешного завершения. Установка предпочтений включает **.INI** файлы, которые должны загружаться до разводки платы. Чтобы успешно развести одну из плат примера:

1. Открыть **.PCB** файл примера.
2. Выбрать пункт **File > Preferences**.
3. Нажать **Load Preferences** кнопку и открыть **.INI** файл, который имеет то же имя как **.PCB** файл.
4. Выбрать **Route > Board**. Большинство примеров разводится со 100% завершением.

Оптимизация списка цепей

Возможно, что будут получены не желательные результаты после авто трассировки платы. Если так, то можно сделать выбор другой оптимизации. Можно использовать один из трех методов оптимизации, это для всех цепей на плате, только цепей подключенных к выбранному компоненту, или только выбранных цепей. Необходимо оптимизировать список цепей перед прогоном авто трассировки, если были изменения на плате. Цепи оптимизируются автоматически при загрузке. Каждая цепь проверяется, чтобы определить самый короткий путь между различными узлами. Чтобы оптимизировать список цепей:

1. Выбрать пункт **Netlist > Optimize Nets > Select Net**.
2. Выбрать имя цепи из списка, нажать **OK**, выбрать метод оптимизации, затем выбрать **OK**.

или

Выбрать пункт **Nets On Selected Components**, выбрать метод оптимизации, нажать **OK**, затем выбрать компонент.

или

Выбрать пункт **All Nets**, выбрать метод оптимизации, затем нажать **OK**.

Shortest Path Оптимизация списка цепей для достижения самого короткого общего расстояния связей.

X Bias Оптимизация соединений выводов для достижения самого короткого расстояния связей вдоль оси X.

Y Bias Оптимизация соединений выводов для достижения самого короткого расстояния связей вдоль оси Y.

TRAXEDIT.LOG

TraxMaker производит текстовый файл результатов авто трассировки, включая список не разведённых связей.

Контроль правил проекта

Использование **Design Rules Check (DRC)** пункта после трассировки платы должно подтвердить, что все зазоры соответствуют определённым величинам, и нет очевидных нарушений проекта, как например, пропущенных связей. Этот выбор позволяет проверять, что все трассы, переходы и панели установлены согласно назначенным инструкциям. Процесс особенно важный, если есть трассы разведённые вручную.

Выбор **DRC** сначала загружает файл списка цепей, затем проверяет все узловые связи в каждой цепи. При обнаружении ошибок будет сгенерировано сообщение о месте ошибки. На этом этапе также проверяется наличие любых лишних выводов. В следующем шаге все узлы выделяются и проверяются зазоры не выделенных узлов на соответствие допустимых правил.

Чтобы выполнить **Design Rules Check**:

1. Выбрать пункт **Netlist > Design Rules Check**.
2. Выбрать пункты, которые необходимо проверить, как например, потеря компонентов и выводов, лишние выводы, разъединённые цепи или нарушения зазоров.
3. Выбрать **Save to file**, затем определить имя файла с **.DRC** расширением, где необходимо сохранить результаты контроля.

4. Если файл сохраняется то выбрать **Show saved file**, чтобы отобразить содержимое файла после завершения контроля.
5. Выбрать **Show errors on the fly** для отображения ошибок во время контроля.
6. Определить имя файла списка цепей с **.NET** расширением, который будет использоваться в течение контроля.
7. Нажать **Run Check**, чтобы начинать контроль. Если сделан **Show errors on the fly** выбор и **DRC** находит ошибку, цепь будет выделена и курсор будет установлен в позицию ошибки. Прочитать информацию, затем выбрать **Continue**, чтобы продолжить контроль. Выбрать **Cancel**, чтобы закончить контроль.

Сообщения об ошибках

Сообщения об ошибках будут представлены в **.DRC** файле, которые будут обнаружены в течение **Design Rules Check**.

| | |
|-----------------------------|---|
| Component Missing | Один или более компонентов определенных в списках цепей не обнаружены на плате. |
| Pin Missing | Один или более выводов определенных в списках цепей не обнаружены на плате. |
| Extra Pin | Цепь подключена к выводу устройства не определённого в списке цепей. |
| Broken Net | Цепь разъединена на две части. |
| Clearance Violations | Зазоры не соответствуют определённым величинам. |

8. Печать

TraXMaker обеспечивает большим разнообразием выборов печати и вычерчивания для создания контрольных отпечатков или графических отпечатков высокого разрешения, а также файлов фото графики Gerber для промышленного производства качественных печатных плат.

Печать топологического чертежа платы

Печать топологических чертежей обычно зарезервировано для контрольных отпечатков, которые позволяют подтверждать содержание выходных файлов. Использование принтера для производства простых прототипов платы предусматривает ожидание довольно грубого уровня детализации. Это потребует установки масштаба принтера 200% или более. Линейные искажения присущие печати могут вызвать проблемы с совпадением слоев и выравниванием для заполнения отверстий выводов.

Установки принтера

Чтобы установить принтер для печати плат:

1. Выбрать пункт **File > Print Setup**.
2. Сделать установки принтера, как например, выбрать имя принтера и его свойства. Определить бумажный размер, её источник и ориентацию.
3. Нажать **OK**.

Печать платы

Когда выбран и установлен принтер, всё готово к печати платы. Прежде чем печатать, необходимо сделать некоторые установки. Чтобы печатать плату:

1. Выбрать пункт **File > Print**.
2. В **Adjustments** групповом окне при необходимости определить величины **X, Y Scale** и **Offset**.

Можно независимо назначать **Scale** показатель на любую из осей выходной печати. Это позволяет определять показатель коррекции к погрешности используемого принтера. **Offset** выбор позволит компенсировать погрешность позиции слоя при печати. Компенсация может быть положительной, например 0,050 дюйма или отрицательной, например – 0,250 дюйма.

Если сделан **Fit to Single Page** выбор, масштаб и компенсация корректируется автоматически, чтобы плата точно поместилась на листе бумаги.

3. В **Position** разделе выбор **Normal** позиционирует отпечатанную плату в зависимости от установок по умолчанию принтера, выбор **Auto Center** центрирует плату на бумаге в течение печати.
 4. Выбрать также **Draft** или **Final** качество печати.
 5. Нажать **Print** для печати платы
- или

Нажать **Options**, изменить установки в окне **Print Options**, выбрать **OK**, затем нажать **Print**, чтобы начать печать.

Качественная печать на принтере

Современные принтеры имеют разрешение от 300 до 2540 dpi или выше. Из-за высокого разрешения и доступности таких устройств, многие потребители могут использовать такие принтеры как дешевую альтернативу графикам Gerber. Тем не менее, есть некоторые ограничения, которые должны учитываться перед печатью. Если эти принтеры очень точны по горизонтали, они не всегда достигают нужной вертикальной линейности, особенно когда основа, на которую производится печать, перемещается по печатающему механизму через серию роликов.

Чтобы тестировать принтер, необходимо создать файл с вертикальными и горизонтальными трассами известной длины и тщательно измерить выходную печать на точность. Это позволит определить показатель коррекции на любой оси, чтобы минимизировать ошибку. Суммарная ошибка линейности не всегда постоянна, она зависит от многих факторов, в том числе и от качества основы печати. При смене основы необходимо сделать пробную печать для определения погрешности.

Другой проблемой, особенно с лазерным принтером является растекание расплавленного тонера на основе, это может создать проблемы с нарушением зазоров на печатной плате. При проектировании необходимо сделать несколько пробных отпечатков топологического чертежа, чтобы подобрать приемлемый зазор и минимизировать эффект. Необходимо помнить, что качество отпечатка в лазерном принтере определяется главным образом бумагой.

Установки печати

Использование **Print Options** диалогового окна поможет в управлении слоями и размерами при печати платы и другими установками. Чтобы сделать установки отпечатка:

1. Выбрать пункт **File > Print**, затем нажать **Options**.
2. Выбрать **Check Print**, чтобы печатать все активные слои одновременно для оценочных целей. Контрольный отпечаток показывает все выбранные слои на единственной странице. Выбрать **Mirrored**, если необходимо напечатать зеркально.

или

- Выбрать **Batch Print**, чтобы обработать несколько отпечатков за один раз.
3. Выбор **Set All** выделяет все слои для печати, **Clear All** отменяет выбор всех слоев, и **Set Used** выбирает только используемые слои.
4. Выбрать слои, оверлеи или маски, которые необходимо включить в отпечаток. Выбрать **Mirrored** для любого из них, которые необходимо отобразить зеркально.
5. В **Include** разделе выбрать пункты платы, которые необходимо включить в отпечаток. Выбор **Board Layers** включает все пункты сделанные в этом слое для печати. Выбор **Path\Filename, Layer** включать текст идентификации файла и слоя. Выбор **Single Layer Pad Holes** включает отверстия сверловки в единственном слое, например панели SMD.
6. В **Other Settings** разделе определяются размеры, которые используются для выборов описанных ниже.
7. В **Color Mode** разделе **Color** определяет цветную печать, **B&W** чёрно-белую печать и **B&W Negative** определяет чёрно-белую печатать в негативе. Негативы не будут печататься в режиме **Draft**.
8. Нажать **OK**.

Pad Hole Guide Size

Этот выбор печатает небольшие отверстия, размер которых определяется пользователем, в центре каждой панели и перехода.

Drill Draw Symbol Size

Этот выбор определяет размер символов используемых в чертежах сверловки.

Pwr/Gnd, Solder и Paste Mask Enlargements

Выбор **Enlargements** позволяет определять повышенные зазоры в этих графических пунктах специального назначения, которые могут потребоваться при изготовлении печатных плат. Выбор **PWR/GND Enlargement** позволяет увеличить зазор между выводами, проходящими через **Power** и **Ground** слои. Также

можно определить увеличение зазоров для **Top** и **Bottom Solder** или **Paste mask** слоев. Увеличение является дополнительным зазором в mils или мм вокруг каждой панели и перехода. Значение по умолчанию нулевое.

Графика слоёв

Здесь даётся краткое описание графики каждого слоя, которые могут быть сгенерированы в TraxMaker, включая некоторые важные показатели, которые нужно учитывать в каждом графике.

Check Print

Позволяет генерировать составную распечатку выбранных слоев платы. Она может содержать любое или все слои указанные ниже за исключением **Drill Drawing** и **Drill Guide**. Распечатка может быть цветной или только чёрно-белой.

Top Layer

Это графика слоя компонентной стороны. Вычерчиваются все трассы, дуги и заполнители, которые установлены в этом слое, а также панели, переходы, текстовые строки и **Board Layer** пункты, если сделан их выбор.

Mid Layers 1-4

Это четыре средних слоя доступные в TraxMaker. Трассы, дуги, заполнители и текстовые строки могут быть установлены в каждом из этих слоев. Панели, переходы и строки будут включены в графику, а также **Board Layer** пункты, если сделан их выбор.

Bottom Layer

Так называемая сторона пайки платы. Компоненты также могут устанавливаться в этом слое. Вычерчиваются все трассы, дуги и заполнители, которые установлены в этом слое, а также панели, переходы, текстовые строки и **Board Layer** пункты, если сделан их выбор.

Top/Bottom Overlay

Также названные как шёлкотрафаретные слои, используются для размещения графики корпусов компонентов и текста.

Ground/Power Planes

Это специальные средние слои состоят главным образом из сплошных областей меди на плате, и вычерчиваются по умолчанию в негативе. Заполнители и трассы могут быть установлены в этом слое, которые необходимо скрывать или разделять. Например, многие изготовители рекомендуют устанавливать трассы по периметру платы, чтобы очистить краевую часть медной области. Дополнительный зазор для прохождения выводов через эти области предусмотрен использованием **PWR/GND Enlargement** выбора. Этот выбор позволяет увеличивать диаметр граничного зазора вокруг каждого не связанного вывода, проходящего через медную область.

Top/Bottom Solder Masks

Solder Masks представляет графику всех панелей с заполненными отверстиями. В этом слое не может быть текстовых строк, заполнители, дуг или трасс. Как **Ground** и **Power** слои, **Solder Masks** по умолчанию вычерчивается в негативе. Как панели, так и переходы должны быть включены, чтобы отображаться в маске. Большинство изготовителей печатных плат требуют, чтобы маска пайки была немного больше фактического размер панелей, чтобы гарантировать, что маска приемлемо очищает область панелей. Использование **Solder Mask Enlargement** выбора определяют при необходимости дополнительный зазор в mils.

Top/Bottom Paste Masks

Paste Masks использует графику всех панелей, чтобы защитить места для пайки компонентов от используемых лаковых покрытий, особенно SMD. В слое маски не используются текстовые строки, заполнители, дуги или трассы, и слой отображается в негативе.

Pad Master

Эта графика отображает все панели и переходы на плате и показывает размер отверстий определённый для каждой панели. Это поможет в проверке размещения компонентов и может действовать как руководство для программирования машин сверловки.

Keep Out Layer

Keep Out запретный слой, используемый для целей авто трассировки и авто размещения, может включать трассы, дуги, заполнители и текстовые строки. Панели, переходы и текстовые строки будут включены в графику, а также **Board Layer** пункты, если сделан их выбор.

Drill Drawing

Это специальный слой графики, используемый как руководство для программирования оборудования сверловки. Он состоит из серии символов в каждой позиции отверстия и таблицы, преобразующей используемые символы в десятичный размер отверстия.

Drill Guide

Этот слой графики представляет собой справочник по отверстиям, которые должны быть просверлены в плате и подобен графике **Pad Master**. Все панели печатаются в их определенной форме и размере. Размер отверстия определенного в **Pad Hole Guide Size** будет показан на каждой панели. Если размер отверстия больше чем панель, в центре будет напечатан символ плюс (+).