

Моделирование электронных схем в программном пакете OrCAD EE Designer для начинающих

Анатолий СЕРГЕЕВ

Статья предназначена для начинающих пользователей, которые впервые знакомятся с системой моделирования электронных схем OrCAD PSpice A/D.

Основные модули программного пакета OrCAD EE Designer — это схемотехнический редактор OrCAD Capture и редактор аналоговых и цифровых сигналов PSpice A/D. Помимо этого, в состав PSpice A/D входят дополнительные приложения:

- PSpice Model Editor — инструмент для создания и редактирования PSpice-моделей компонентов;
- Stimulus Editor — инструмент для создания источников сигналов;
- Simulation Manager — инструмент для управления потоками моделирования;
- Magnetic Parts Editor — инструмент для разработки индуктивных компонентов, таких как трансформаторы и дроссели.

Дополнительные приложения доступны через меню «Пуск» → «Все программы» → Cadence → Release 16.6 → PSpice Accessories.

Процесс моделирования — от создания схемы до получения результатов — можно условно разделить на несколько этапов.

Каждый из представленных на рис. 1 этапов подразделяется на несколько промежуточных. Перед подготовкой проекта следует убедиться в том, что все нужные для схемы компоненты имеются в наличии. В противном случае необходимо будет создать недостающие библиотеки при помощи OrCAD Capture и приложения Model Editor, входящего в состав PSpice. Наиболее правильный путь — это загрузить соответствующие библиотеки из Интернета с сайтов разработчиков компонентов или воспользоваться поисковой системой на сайте www.orcadcapturemarketplace.com. Библиотеки состоят из двух частей — это символы компонентов в формате OLB и их PSpice-модели в формате LIB. После подготовки библиотек необходимо создать проект в OrCAD Capture.

Новый проект можно создать с помощью стартовой страницы или меню **File** → **New** → **Project**. Стартовая страница появляется на экране только при подключении к Интернету (рис. 2).

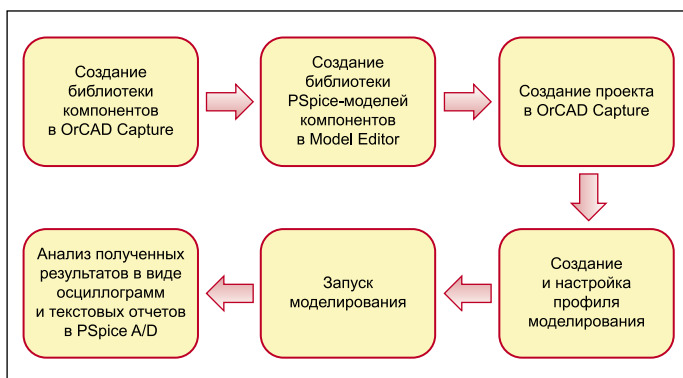


Рис. 1. Основные этапы создания и моделирования проекта в OrCAD EE Designer

При этом будет запущен «мастер» создания нового проекта. Моделирование поддерживают два типа проектов — Analog or Mixed A/D и PC Board Wizard. После выбора первого варианта необходимо указать наименование проекта в поле **Name** и его местоположение в поле **Location**. Далее, после нажатия кнопки **OK** появляется окно, где можно выбрать две опции.

Create based upon an existing project — создать проект на основе имеющихся шаблонов. В выпадающем списке можно выбрать один из 42 готовых для моделирования проектов. Все они располагаются в <директория_установки>\tools\capture\templates\pspice. Сюда можно добавить свой собственный проект: он также появится в выпадающем списке при создании нового проекта.

Обратите внимание на название шаблонов. Например, simple.orj или empty.orj — это простые проекты с одним схемным листом, но с уже подключенными базовыми библиотеками компонентов с PSpice-моделями. Шаблоны, начинающиеся со слова hierarchical, — это иерархические проекты с двумя подсхемами с одним листом в каждой. Проекты типа empty_aa, simple_aa, hierarchical_aa и т. д. — это проекты с предустановленными библиотеками компонентов, пригодными для проведения дополнительных видов анализа — Advanced Analysis. К шаблонам с окончанием all_libs подключены все библиотеки выбранного типа.

OrCAD EE Designer поставляется с двумя типами библиотек: в формате OLB для схемотехнического редактора OrCAD Capture и в формате PSpice A/D для системы моделирования — LIB. В <директория_установки>\tools\capture\library находятся библиотеки OLB, к которым не подключены PSpice-модели, и они больше подходят для проектирования печатных плат. В <директория_установки>\tools\capture\library\pspice находятся библиотеки компонентов OLB, к которым подключены PSpice-модели LIB, и они подходят как для моделирования схемы, так и для проектирования печатных плат. Если вы изначально создавали проект типа Analog or Mixed A/D, то при размещении компонентов по команде **Place-Part** к поиску будут подключены библиотеки из директории PSpice. В моделировании участвуют только те компоненты, к которым подключены соответствующие

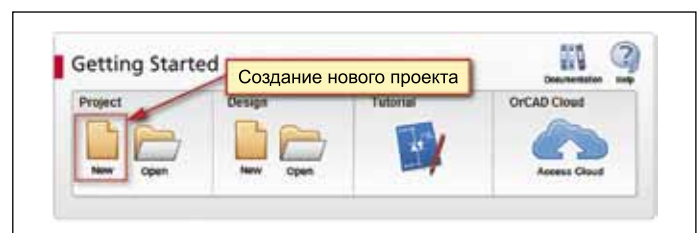





Рис. 2. Создание нового проекта со стартовой страницы в OrCAD Capture

PSpice-модели. По умолчанию все библиотеки PSpice-моделей располагаются в директории <директория_установки>\tools\pspice\library.



Для размещения компонентов в OrCAD Capture служит меню **Place**→**Part**. Наиболее часто используются библиотеки analog.olb (здесь содержится набор базовых пассивных компонентов) и source.olb (здесь содержатся источники питания и сигналов). Начиная с версии OrCAD Capture 16.6 появилась возможность размещать на схеме наиболее часто используемые при моделировании компоненты с помощью специального меню **Place**→**PSpice Component**. Это меню избавит вас от долгого поиска пассивных и дискретных компонентов, а также источников цифровых и аналоговых сигналов. Следует учитывать и тот факт, что положительным считается ток, протекающий от первого вывода ко второму выводу резистора или конденсатора. Если ток течет из второго в первый вывод, то значение тока в отчет войдет со знаком минус. Порт заземления устанавливается по команде **Place**→**Ground**. Используйте для этого символ «0» из библиотеки source.olb.

Существует несколько способов соединить компоненты электрически в OrCAD Capture:

- **Place-Wire** (клавиша **W** или кнопка на панели инструментов ) — рисование цепи. При этом необходимо проложить каждый сегмент цепи вручную.
- **Place-Auto Wire-TwoPoints** (кнопка ) — соединение по двум точкам. Достаточно выбрать два вывода, и цепь будет размещена автоматически.
- **Place-Auto Wire-Multiple Points** (кнопка ) — соединение нескольких точек. При выборе этой команды необходимо последовательно указать несколько точек (выводов) для соединения и нажать правую кнопку мыши + **Connect**.
- Можно выбрать только те выводы, которые необходимо соединить, щелкнув на них левой кнопкой мыши. Затем нажать правую кнопку мыши + **Connect**.

Когда схема создана, наступает этап подготовки профиля моделирования. Профиль моделирования — это задание на моделирование, которое содержит в себе:

1. Команды и опции моделирования.
2. Подключаемые файлы. Как правило, это схемные каскады, которые дополнительно входят в список цепей на моделирование.
3. Библиотеки. Стандартные и дополнительные библиотеки, необходимые для моделирования.
4. Файлы источников сигналов. Дополнительные описания входных воздействий для схемы, созданные в приложении Stimulus Editor, которое входит в состав PSpice A/D.
5. Настройки виртуального осциллографа Probe. Здесь указываются параметры вывода на экран результатов моделирования в виде осциллограмм и графиков.

Профиль моделирования может быть создан с помощью кнопки  или меню **PSpice**→**New Simulation Profile** (рис. 3). Отредактировать текущий профиль моделирования можно с помощью кнопки  или меню **PSpice**→**Edit Simulation Profile**. Далее указывается имя профиля. Отметим, что одна и та же схема может иметь несколько профилей с разными видами анализа.

В окне **Simulations Settings** на вкладке **General** вы можете задать имя профилю моделирования, указать директории для выходного файла (Output File) и файла данных (DAT-файл). В секции **Notes** вы можете оставить свой комментарий к профилю моделирования.

Вкладка **Analysis** позволяет выбрать один из четырех основных видов анализа:

- Time Domain (Transient) — переходной процесс во временной области;
- DC Sweep — по постоянному току с вариацией параметров;
- AC Sweep — по переменному току с вариацией параметров;
- Bias Point — по постоянному току в точке смещения.

Все эти базовые виды анализа могут быть расширены одним или несколькими дополнительными, например параметрическим, температурным или Монте-Карло. Дополнительные виды анализа можно выбрать в окне опций, которое располагается под выпадающим списком основных видов (рис. 4).

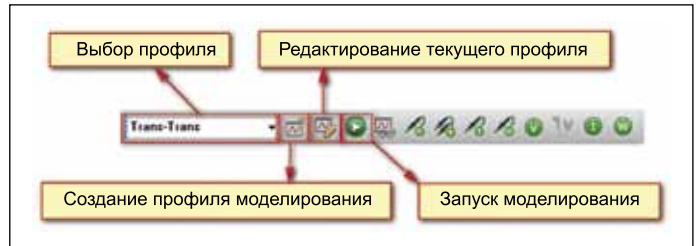


Рис. 3. Создание профиля и запуск моделирования через панель инструментов в OrCAD Capture

На вкладке **Configuration Files** к профилю моделирования в секции Category можно подключить файлы источников сигналов (Stimulus), библиотеки (Library) или дополнительные файлы (Include). Каждый из этих файлов подключается на трех уровнях:

- Глобальный (Add as Global) — распространяется на все проекты.
- Локальный (Add to Design) — распространяется только на текущий проект.
- Профиль (Add to Profile) — распространяется только на текущий профиль моделирования.

Перед глобальными файлами стоит индикатор — .

Основной библиотекой для PSpice A/D является Nom.lib. Эта библиотека автоматически подключается как глобальная при первой установке программы. Она представляет собой простой текстовый файл, который можно отредактировать стандартными текстовыми редакторами Windows. Nom.lib содержит в себе список всех библиотек PSpice A/D, и при моделировании программа сначала просматривает этот список, чтобы подключить нужную библиотеку.

На вкладке **Options** есть три категории настроек:

- Аналоговое моделирование (Analog Simulations). Здесь указываются важнейшие параметры точности моделирования, влияющие на сходимость результатов (проблема конвергенции). В этой категории также можно настроить такие инструменты, как автоконвергенция (AutoConverge), количество вычислительных потоков (Number of Threads), зависящее от количества ядер в центральном процессоре, и многое другое.
- Цифровое моделирование (Gate-level Simulation). Здесь устанавливается режим временных задержек в цифровых схемах, начальное состояние триггеров, уровень входа/выхода для аналого-цифровых интерфейсов и т. д.
- Выходной файл (Output File). Все результаты расчетов при моделировании записываются в специальный выходной текстовый файл. Эта категория настроек позволяет управлять его содержанием. Например, по умолчанию в выходной файл записываются значения напряжения во всех цепях схемы (Bias point node voltages).

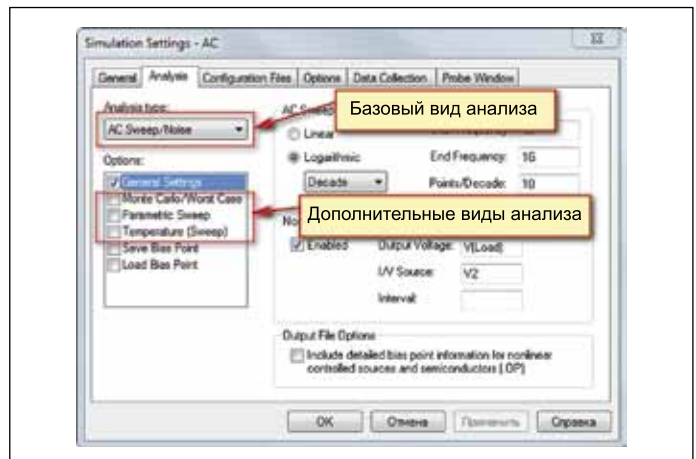


Рис. 4. Выбор вида анализа в настройках профиля моделирования

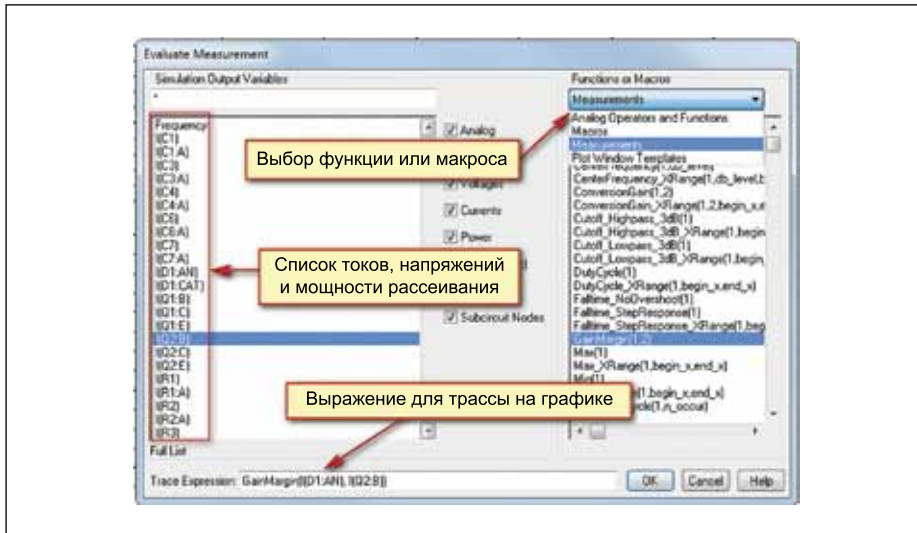


Рис. 5. Выбор трассы для вывода на экран в окне Trace — Add Trace или Trace — Evaluate Measurement

На вкладке **Data Collection** указывается объем информации, которая записывается в специальный файл данных с расширением **.DAT**, который в свою очередь служит основным источником данных для отображения графиков в окне **Probe**. Вы можете ограничить объем этих данных, чтобы снизить размер **DAT**-файла и ускорить моделирование. Опция **Probe Data** позволяет установить 64-битную точность данных вместо 32-битной. Более высокая 64-битная точность позволяет записывать данные по сигналам с большим разрешением. Например, при наложении амплитуд с разным значением напряжения может возникать эффект пилообразных искажений.

На вкладке **Probe Window** устанавливаются параметры отображения осциллограмм в окне **Probe**. Опция **Display Probe Window** включает отображение осциллограмм во время расчетов или после них. В секции **Show** можно указать, какие гра-

фики выводить на экран: только для цепей, куда установлены маркеры, согласно предыдущим настройкам графиков, или не выводить совсем.

Перед запуском моделирования необходимо убедиться в следующем:

- Ко всем компонентам на схеме подключены свои PSpice-модели.
- К схеме подключен порт заземления.
- Все компоненты пронумерованы.
- На схеме отсутствуют разрывы.

Дополнительным, но необязательным этапом подготовки проекта к моделированию может быть установка контрольных маркеров (щупов) на схему. Маркеры необходимы для вывода осциллограмм (графиков) для узлов схемы, где они установлены.

Для различных вариантов анализа доступны базовый набор маркеров:

- Уровень напряжения —
- Дифференциальное напряжение по двум точками схемы —

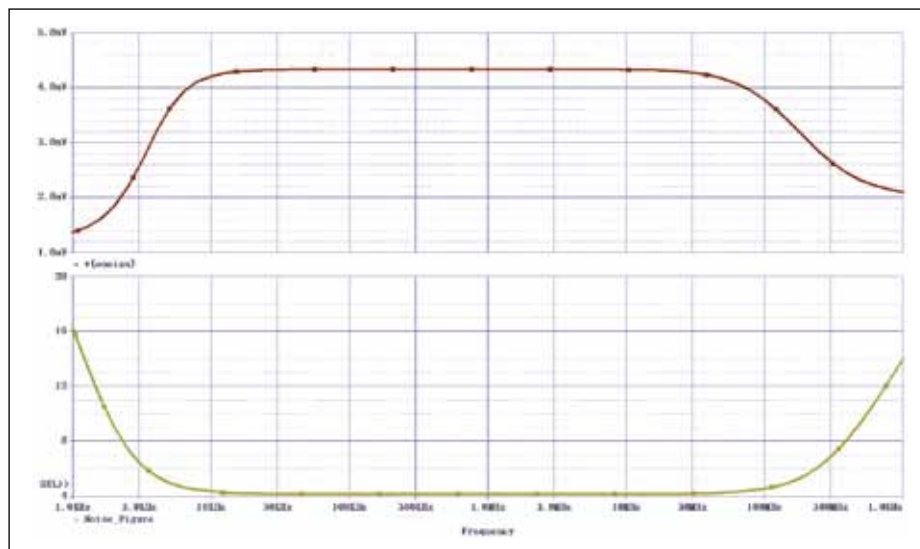


Рис. 6. Вывод нескольких графиков в одном окне Probe (PSpice A/D)

- Ток на выводах элементов (этот маркер недоступен для элементов в виде подсхем) —
- Рассеиваемая мощность на элементах —

Дополнительные маркеры из меню **PSpice**→**Markers**→**Advanced** позволяют увидеть реальную и мнимую часть токов и напряжений, а также уровень магнитуды, фазу и групповую задержку. Эти маркеры доступны для варианта анализа **AC Sweep** (по переменному току с вариацией параметров).

Через меню **PSpice**→**Markers**→**Plot Window Templates** можно устанавливать на схему специальный тип маркеров, позволяющий выводить на экран окно графика с заранее предустановленным шаблоном расчетов, например комплексной проводимости, комплексного сопротивления, коэффициента усиления по току, графиков Боде и т. д.

Запуск моделирования осуществляется с помощью кнопки на панели инструментов, меню **PSpice**→**Run** или клавиши **F11**. После этого на экране возникает окно редактора сигналов PSpice A/D с виртуальным осциллографом **Probe**. Если на схеме были установлены маркеры, то соответствующие им осциллограммы мгновенно отобразятся в PSpice A/D. В противном случае вам следует самостоятельно добавить их на экран при помощи меню **Trace**→**Add Trace** в PSpice A/D или клавиши **Insert** (рис. 5). При добавлении трасс на график вы можете воспользоваться мощными средствами обработки данных с помощью операторов и функций, математических выражений, макросов, шаблонов графиков. Для этого достаточно выбрать функцию в правом списке и параметр в левом списке. В строке **Trace Expression** появится расчетное выражение, которое также можно редактировать вручную.

У вас есть возможность отобразить несколько графиков в одном окне **Probe**. Для этого перейдите в меню **Plot**→**Add Plot to Window** (рис. 6). На экране появится пустой график, который можно заполнить различными трассами. Активный график отмечен знаком слева внизу у вертикальной оси. Переключение между графиками осуществляется с помощью левой кнопки мыши. Чтобы перенести трассу с одного графика на другой, необходимо скопировать ее подпись в буфер обмена (**Ctrl+C**) и вставить (**Ctrl+V**) на активный график. Также не забывайте о команде выреза графика с копированием его в буфер — **Ctrl+X**. Вы можете создать новое окно с графиком через меню **Window**→**New Window**.

Для настройки фона рабочей области PSpice A/D и сетки графиков с подписями используется меню **Tools**→**Options**, вкладка **Color Settings**.

Часто возникает необходимость показать на одном графике несколько кривых в разном масштабе. Например, это могут быть значения тока и напряжения. Вы можете до-

бавить на один график до трех осей Y (рис. 7). Для вставки дополнительной оси Y можно воспользоваться горячими клавишами **Ctrl+Y** или меню **Plot→Add Y Axis**. При этом новая ось Y станет активной. Активная ось отмечается знаком **»** слева внизу. Единицы измерения и цена деления для оси выбирают в тот момент, когда на график помещается новая кривая.

Если вы нажмете по любой оси Y, то откроется окно ее настроек. Это окно также можно вызвать при помощи меню **Plot→Axis Settings**, вкладка **Y Axis**. Здесь присутствуют следующие настройки:


- **Data Range** — диапазон данных: автоматический или заданный пользователем.
- **Scale** — масштаб.
- **Y Axis Number** — номер оси, для которой вносятся изменения.
- **Axis Position** — положение оси: справа или слева от графика.
- **Axis Title** — подпись (заглавие) оси.

Расчетные данные и графики, полученные в PSpice A/D, можно скопировать в любой текстовый или табличный редактор. Для копирования всех значений точек на трассе графика в окне Probe необходимо сделать следующее:

1. Откройте требуемый график.
2. Каждая трасса на графике снабжена подписью (легендой), расположенной строго под осью X. При помощи левой кнопки мыши выберите нужную подпись. Чтобы выбрать несколько, нажмите клавишу **Shift**.
3. Скопируйте подпись в буфер обмена при помощи **Ctrl+C**.
4. Откройте текстовый редактор и вставьте данные из буфера обмена. На экране появятся значения для каждой точки трассы.

Для копирования графиков выполните следующее:

1. В PSpice A/D выберите меню **Window→Copy to Clipboard**.
2. В появившемся окне **Color Filter** поставьте опцию **Make window and plot transparent** («Сделать окно и график прозрачными»).
3. Выберите цветовую схему для графика и сетки в секции **Foreground**.
4. Скопируйте изображение в текстовый или графический редактор.

Результаты любого анализа также выводятся в виде выходного текстового файла. Его можно открыть через OrCAD Capture, меню **PSpice→View Output File**, а также через PSpice A/D при помощи меню **View→Output File** или кнопки  на панели инструментов. Для удобства чтения при просмотре выходного файла через PSpice A/D все текстовые группы, такие как числа, комментарии, выражения, опера-

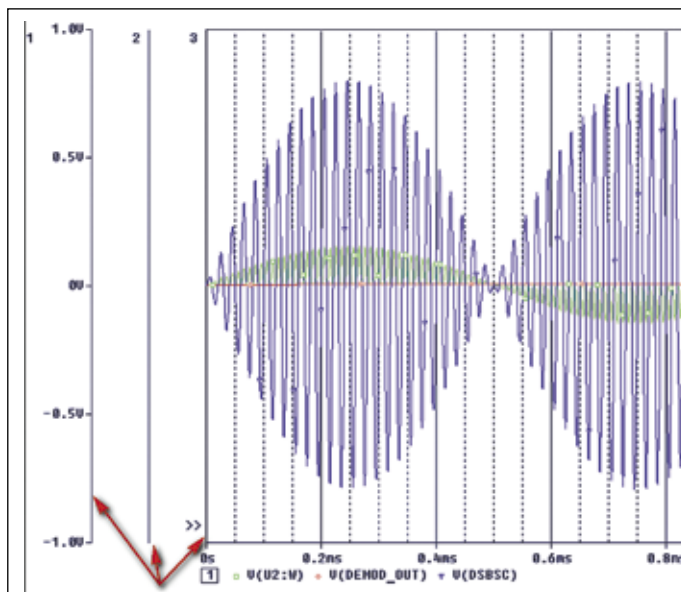



Рис. 7. Дополнительные оси Y на графике в Probe

торы и ключевые слова, выделены разным цветом. Поменять текущую цветовую схему можно через специальный файл **SpiceSyntax.INI**. Он располагается в <директория_установки>\tools\pspice.

Напряжение в цепях, ток на выводах компонентов и мощность, рассеиваемая на компонентах, отображаются непосредственно на схеме в OrCAD Capture. Для этого достаточно зайти в меню **PSpice→Bias Point→Enable** или воспользоваться панелью инструментов .

В статье был дан краткий обзор основных этапов подготовки проекта к моделированию в OrCAD Capture и получения результатов в PSpice A/D. ■

Литература

1. OrCAD Capture User Guide. Product Version 16.6. Oct. 2012.
2. PSpice User Guide. Product Version 16.6. Oct. 2012.