

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ ALTIUM DESIGNER, PARTSIM, GEDA, QUCS, EASYEDA, ДЛЯ РАЗРАБОТКИ УЧЕБНЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАБОРАТОРИЙ**INVESTIGATION AND ANALYSIS OF OPPORTUNITIES SOFTWARE ENVIRONMENT ALTIUM DESIGNER, PARTSIM, GEDA, QUCS, EASYEDA TO DEVELOP TRAINING VIRTUAL ELECTRONIC LABORATORIES**

Бул макалада окуу процессине багытталган виртуалдык электрондук лабораторияны түзүү үчүн моделдештирүүчү Altium Designer, PartSim, Qucs, EasyEDA программалык каражаттарынын мүмкүнчүлүктөрүн талдоо маселери каралды.

Ачык сөздөр: виртуалдык лаборатория, окутуу процесси, лабораториялык практикум, электрондук моделдөө, электр чынжырындагы процесстер.

В статье рассмотрен анализ возможностей программных продуктов моделирования Altium Designer, PartSim, Qucs, EasyEDA для создания виртуальных электронных лабораторий, ориентированных на процесс обучения.

Ключевые слова: виртуальная лаборатория, процесс обучения, лабораторный практикум, электронное моделирование, процессы в электрических цепях.

Summary: In the article the analysis of the possibilities of software simulation of electrical circuits Altium Designer, PartSim, Ideal Circuit, Qucs, EasyEDA to create a virtual electronic laboratory, focused on learning.

Keywords: virtual laboratory, the process of learning, laboratory work, electronic simulation of processes in electric circuits.

Визуализация – один из наиболее эффективных приемов обучения, помогающий гораздо проще и глубже разобраться в сущности различных явлений. Особенно эффективны визуализация и моделирование при изучении динамических, изменяющихся во времени объектов и явлений. Эффективность процесса обучения напрямую связана с предоставлением студентам возможности участвовать в физических экспериментах.

Одним из видов программных средств, используемых при подготовке инженерных кадров по различным специальностям являются имитационно-моделирующие программные средства. Разновидностью таких средств является виртуальная электронная лаборатория. Виртуальная электронная лаборатория – это универсальный инструмент для любых аппаратных средств вычислительной техники в области информационных технологий.

Сегодня существует достаточно широкий выбор программных продуктов для разработки виртуальных лабораторий, позволяющих моделировать и исследовать процессы в электрических цепях. В настоящее время для этих целей используются Lab view, Electronics Workbench, NI Multisim, OrCAD, Proteus VSM, Altium designer, Micro-Cap, Tina, Tina TI, LTspice/SwitcherCAD, Simone, Qucs, BNL5 Circuit simulator, DoCircuits, gEDA, EasyEDA, Ideal Circuit, PartSim, Logisim, Simica, Autocad Electrical, DIALux, McCAD, Allegro Cadence, Delta design и др.

Из выше приведенного списка программ моделирования анализируем программные продукты OrCAD, Proteus VSM, Micro-Cap и McCAD.

Altium Designer

Altium Designer одна из лучших комплексных систем автоматизированного проектирования (САПР) радиоэлектронных средств, разработанная австралийской компанией Altium. Altium Designer - это система, позволяющая реализовывать проекты электронных средств на уровне схемы или программного кода с последующей передачей информации проектировщику ПЛИС или печатной платы. Отличительной особенностью программы является проектная структура и сквозная целостность ведения разработки на разных уровнях проектирования. Разработка печатной платы возможна в трёхмерном виде с двунаправленной передачей информации в механические САПР (Solid Work, Pro/ENGINEER, NX и др.).

Технология LiveDesign использует виртуальный инструментарий, позволяющий видеть «происходящее» в ПЛИС на протяжении всего проектирования. Виртуальный инструментарий встраиваются в проект на схемотехническом уровне. В поставку включены ядра процессоров, при этом поддерживается их редактирование на уровне исходных кодов на С или ассемблере. Инструментарий редактирования исходного кода включает в себя С- и ассемблер-компилятор с высоким уровнем оптимизации, симулятор, линковщик (linker/locator). Редактор интегрирован с системой отладки, что позволяет загружать и отлаживать исходный код в NanoBoard. При работе с многопроцессорным проектом возможно использовать многопроцессорную сессию для одновременной отладки двух и более процессоров. Параллельно можно использовать несколько плат отладки NanoBoard. Контроллеры NanoTalk управляют маршрутизацией сигналов и обеспечивают непрерывность JTAG-связи для нескольких плат. Одновременное использование объединенных плат отладки позволяет использовать ПЛИС разных производителей, при этом для каждого кристалла полностью доступен виртуальный инструментарий периферийного сканирования.

NanoBoard позволяет использовать для тестирования и отладки пользовательские платы, для чего существует два JTAG-интерфейса. Подключение пользовательского устройства "интегрирует" его с технологией LiveDesign и делает его доступным для периферийного сканирования. Встроенный в ПЛИС виртуальный инструментарий становится доступным через интерфейс Altium Designer. К каждой плате отладки можно одновременно подключать до 2 пользовательских плат, а при параллельном подключении нескольких NanoBoard, каждая из них может иметь 2 таких подключения. Данный пакет состоит из двух продуктов, базирующихся на единой интегрированной платформе DXR, возможность работы с тем или иным из них зависит от типа приобретённой лицензии:

- Altium Designer Custom Board Front-End Design - проектирование ПЛИС, схемотехническое проектирование и моделирование;

- Altium Designer Custom Board Implementation - Проектирование печатных плат и ПЛИС.

В состав программного комплекса Altium Designer входит весь необходимый инструментарий для разработки, редактирования и отладки проектов на базе электрических схем и ПЛИС. Редактор схем позволяет вводить много-иерархические и многоканальные схемы любой сложности, а также проводить смешанное цифро-аналоговое моделирование. Библиотеки программы содержат более 90 тысяч готовых компонентов, у многих из которых имеются модели посадочных мест, SPICE и IBIS-модели, а также трёхмерные модели. Любую из вышеперечисленных моделей можно создать внутренними средствами программы. Редактор схем системы Altium Designer работает как в дюймовой, так и метрической системах измерения. Это полностью снимает ограничения, связанные с использованием метрической сетки в более ранних версиях системы Protel для оформления схем согласно требованиям ЕСКД.

В редакторе принципиальных схем применяется несколько видов иерархии, причем один из них ранее применялся только в «тяжелых» САПР для построения многоканальных проектов. Подобные функции дают возможность пользователям избавиться от

необходимости копировать подчиненные листы по числу одинаковых каналов. При моделировании или передаче проекта в редактор печатных плат система автоматически размножает описанные каналы, присваивает компонентам уникальные позиционные обозначения и добавляет необходимые связи. Многоканальная структура проекта сохраняется и в редакторе печатных плат: -все компоненты определенного канала будут автоматически привязаны к так называемой «комнате» размещения (Room), что облегчит их последующее размещение и трассировку связей, благодаря уникальной функции Copy Room Format.

Редактор символов элементов является не автономным, как в P-CAD, приложением, а составной частью редактора схем. Этим обеспечивается его простота в работе, а также возможность «на лету» редактировать имеющиеся библиотеки. Система Altium Designer имеет удобную функцию, позволяющую извлекать информацию о компонентах из проекта и формировать на ее основе собственные библиотеки.

В состав системы Altium Designer входит программа моделирования, которая позволяет производить моделирование аналоговых, цифровых и смешанных схем. Результаты компьютерного анализа, как правило, идентичны результатам, получаемым при макетировании, а смоделированное поведение устройств в точности повторяет функционирование реального изделия. Цифровые интегральные схемы имеют задержку распространения, времена установки и удержания, учитываются нагрузки на всех выводах устройств, то есть в расчете учитываются почти все реальные параметры. Для разностороннего тестирования и анализа схемы пользователю предоставляется широкий выбор вариантов моделирования.

Программа моделирования использует расширенную версию пакета Berkeley SPICE3f5/Xspice, которая позволяет точно моделировать любую комбинацию из аналоговых и цифровых устройств, что стало возможным благодаря использованию точных управляемых событиями поведенческих моделей цифровых устройств, включая ТТЛ и КМОП логику. Программа выполняет истинное моделирование смешанных сигналов, это означает, что могут анализироваться как цифровые, так и аналоговые устройства. Однако, учитывая сложность современных цифровых устройств, практически невозможно моделировать их, используя стандартные (не управляемые событиями) команды SPICE. По этой причине в программу моделирования включен специальный язык описания, который позволяет, при использовании расширенной версии XSPICE (поддерживающей управление событиями), моделировать цифровые устройства. Цифровые устройства, включенные в библиотеки моделей, описаны с помощью патентованного языка Digital SimCode™, специально разработанного для использования с программой моделирования пакета.

Кроме описанных возможностей система Altium Designer позволяет моделировать и синтезировать устройства, описанные на языке VHDL. Программа моделирования поддерживает модели от таких производителей, как Motorola, Texas Instruments и др., которые создают модели для обеспечения максимальной совместимости с аналоговым моделированием. Система дает возможность использовать эти модели непосредственно, без дополнительной адаптации. Кроме этого программа моделирования включает в себя полный набор библиотек, находящийся в базе данных программного обеспечения. Каждый элемент этих библиотек готов к использованию. При размещении элемента на листе принципиальной схемы происходит автоматическое установление связи с соответствующей моделью.

Программа моделирования не имеет ограничений при моделировании аналоговых устройств на схемотехническом уровне, при моделировании цифровых устройств на уровне вентилях или текстовых описаний на VHDL.

Altium Designer поддерживает большое количество типов анализа, включающих частотный анализ в режиме малого сигнала, анализ переходных процессов, анализ шумов, а также анализ передаточных функций по постоянному току. Кроме вышеперечисленных

базовых методов анализа, также имеется возможность проведения статистического анализа методом Monte-Carlo, анализа с изменением значений параметров и температуры и, наконец, анализа Фурье. Система имеет возможность математической обработки рассчитанных сигналов, то есть их сложения, вычитания, применения к ним различных математических функций. Полученные таким образом новые зависимости могут быть отображены в специальном окне, как и любые другие сигналы. Программа моделирования содержит модели источников сигналов имеющих линейные и нелинейные зависимости. Они предназначены для построения эквивалентных схем различных устройств, рассматриваемых как "черный ящик". В модуле анализа целостности сигналов все сегменты проводников на печатных платах представляются в виде отрезков линий передачи, после чего выполняется расчет переходных процессов при воздействии на них импульсных сигналов. При этом прохождение сигналов через ИС не моделируется, они заменяются IBIS моделями (Input/Output Buffer Information Specification). Дискретные компоненты заменяются соответствующими SPICE моделями. Помимо расчета формы сигнала в каждом узле проводника здесь выполняется анализ перекрестных искажений (взаимных наводок). Особенностью данного модуля является то, что здесь не учитываются физические эффекты связанные с распределением токов в проводниках земли и питания. Эти цепи считаются идеальными.

Все внесенные на плату изменения могут быть переданы обратно в редактор схем. Целостность проекта контролируется посредством крайне оригинального механизма синхронизации проекта, ключевым элементом которого является специальный модуль программы - компаратор. При необходимости может быть сгенерирован традиционный отчет о внесенных изменениях (ECO).

Другой важной составной частью системы Altium Designer является редактор печатных плат, который одинаково хорошо работает как с метрической, так и с дюймовой системой мер, причем заложенная точность на два порядка выше, чем в системе P-CAD. Переключение системы единиц может быть выполнено в любой момент работы над проектом с помощью горячей клавиши Q. Более того, Altium Designer имеет ряд специальных функций, упрощающих работу с компонентами, имеющими разный шаг между выводами, в том числе и в разных системах единиц. Редактор печатных плат системы Altium Designer (Protel) полностью лишен этого недостатка, так как имеет так называемую электрическую сетку Electrical Grid, задающую некоторую окрестность вокруг электрического объекта (конца проводника, контактной площадки, переходного отверстия), попадая в которую указатель мыши притягивается точно к его центру независимо от установок сетки Snap Grid. Это существенно упрощает работу с разнородными компонентами. Редактор печатных плат Altium Designer содержит мощные средства интерактивного размещения компонентов и трассировки проводников, которые совместно с интуитивной и полностью визуализированной системой установки правил проектирования максимально упрощают процесс разработки электроники. В состав программы входит автоматический трассировщик Situs. Принципиальным отличием последней версии Altium Designer является поддержка двунаправленной работы с механическими деталями и моделями компонентов в формате STEP, которые могут быть импортированы/экспортированы из механических САПР.

Работа над всеми частями проекта ведётся в единой управляющей оболочке Design Explorer, что позволяет разработчику контролировать целостность проекта на всех этапах проектирования. Таким образом, изменения, внесённые на любом этапе разработки, автоматически передаются на все связанные стадии проекта. В дополнение к средствам разработки, Altium Designer имеет широкие возможности импорта и экспорта сторонних систем проектирования и поддерживает практически все стандартные форматы выходных файлов (Gerber, ODB++, DXF и т. д.). Полностью поддерживаются все наработки в виде схем, плат и библиотек, разработанные в последних версиях P-CAD.

Достоинства:

При проектировании ПП в системе Altium Designer также можно выявить следующие достоинства:

- одинаково хорошо работает как с метрической, так и с дюймовой системой мер, причем заложенная точность на два порядка выше, чем в системе P-CAD;

- правила проектирования в Altium Designer не только более обширны, чем в P-CAD, но также могут быть более точными и гибкими;

- возможность создания в Altium Designer сложно-иерархических проектов, где изначально проект строится сверху вниз: блок – субблок - модуль - ячейка – печатная плата – электронный компонент (ПЛИС), в отличие от системы P-CAD, где ввод проекта ограничен лишь вводом схемы (пусть даже многолистовой);

- в программе Altium Designer структура библиотек более проста по сравнению с системой P-CAD. Символ, по сути, является компонентом, к которому могут быть подключены модели разного типа. Процедура добавления модели к символу не требует заполнения таблицы согласования выводов символа и модели, что в разы упрощает процесс формирования библиотек;

- поддержка многоканальных принципиальных схем, т.е. нет необходимости копировать подчиненные листы по числу одинаковых каналов;

- возможность преобразования интегрированной библиотеки в базу библиотек компонентов (*.DBLib), где все ссылки на символы, привязанные модели и другая параметрическая информация хранятся в базе данных на основе ODBC, ADO или формате Excel;

- Altium Designer поддерживает большое количество типов анализа, включающих: частотный анализ в режиме малого сигнала, анализ переходных процессов, расчет спектральной плотности внутреннего шума, анализ передаточных функций по постоянному току и др.;

- средства автоматического и интерактивного размещения компонентов - это две встроенные программы авто-размещения компонентов Cluster Placer и Statistical Placer, что существенным образом отличает ее от P-CAD, в котором таких средств нет вообще;

- современный авто-трассировщик, именуемый Situs имеет возможность настройки стратегии трассировки посредством задания последовательности выполнения специальных процедур, например: веерного размещения стрингеров у SMD компонентов, разрыва и раздвигания уже имеющихся проводников, спрямления, чистки и т.д. Не менее важную роль авто-трассировщик играет в качестве вспомогательного инструмента при интерактивной разводке проводников;

- модули пред и пост топологического анализа целостности сигналов (модуль пред топологического анализа дает разработчику возможность выполнить предварительный расчет и провести оценку проекта еще на этапе создания принципиальной схемы; модуль пост топологического анализа интегрирован в редактор плат и позволяет выполнять первичный анализ на уровне DRC);

- существует возможность просмотра внутри системы трехмерного вида проектируемой платы по технологии OpenGL;

- обмен файлами с САПР твердотельного моделирования (AutoCAD, SolidWorks и др.) посредством формата STEP;

- система моделирования ActiveHDL от компании Aldec, которая позволяет существенно увеличить скорость и возможности моделирования ПЛИС;

- новая технология Altium Vaults, которая может быть использована как через WEB-интерфейс AltiumLive, так и через программу Altium Designer. Данная технология призвана обеспечить организацию хранилища проектов и библиотек, как для всего сообщества разработчиков, так и в рамках единого предприятия;

- реализована возможность управления размерами и текстом для портов (размер порта в редакторе схем можно редактировать, а при изменении шрифта для названия вывода надпись не выходит за пределы графики порта);

-Smart PDF мастер, который позволяет создавать портативные и полностью индексированные PDF документы проектных данных;

-Altium Designer поддерживает более широкий перечень выходных форматов, таких как IGES, STEP, ODB++, NC Drill, IPC-D-356 и VHDL, может генерировать списки соединений в форматах большинства сторонних систем проектирования;

-наличие модуля CAMtastic позволяющего выполнять мультиплицирование и выпускать управляющие файлы для аппаратуры электро-контроля и монтажа компонентов;

-Altium Designer позволяет изменять положение обозначения размеров, что крайне важно для соблюдения требований ГОСТ.

Недостатки:

-многие недостатки Altium Designer являются следствием его достоинств. Довольно высокая цена для частного и любительского использования, но для крупных предприятий это не проблема.

-меню редакторов Altium Designer перегружено функционалом, так что новичку разобраться довольно сложно. Нет способа оставить в меню только нужные команды.

-Altium Designer требователен к ресурсам, и для нормальной работы нужен современный компьютер, на котором установлено не менее 2 гигабайта ОЗУ.

PartSim

PartSim (Online Circuit Simulator with Spice/Partsim) Он-лайн программный пакет для моделирования электронных процессов, протекающих в полупроводниковых схемах.

ПО PartSim создано на базе популярной утилиты Spice - симуляторе электронных схем с открытым исходным кодом, разработанном в Калифорнийском университете. Но в отличие от него данная среда разработки адаптирована под элементную базу электронных деталей с конкретными характеристиками, которые поставляет известный дистрибьютор радиокомпонентов – корпорация Digi-Key.

PartSim позволяет работать со стандартными схемами, а также со схемами с измененными характеристиками активных или емкостных элементов, частотных и количественных характеристик источников сигнала и рабочего тока. Среда моделирования имеет интуитивно понятный интерфейс, позволяющий легко освоить основные операции.

PartSim обладает всеми возможностями характерными для программ подобного рода, такими как создание и сохранение проектов, вывод результатов на устройство печати, задание и изменение параметров элементов схемы. Помимо этого утилита предлагает расчет и графическое представление процессов, протекающих в моделируемой электронной схеме в реальном времени (функция осциллографа). Возможна верификация работы электронной схемы путем сопоставления графического изображения процесса в контрольной точке с расчетными значениями, которые отображаются на листинге проекта (Current Netlist).

PartSim позволяет легко модифицировать рабочую схему, вносить в базу новые компоненты, проводить расчет основных параметров и получать графики частотных и амплитудных значений. Среда моделирования выдает корректные результаты анализа по DC, DC Sweep, AC и переходным процессам, что позволяет также использовать ее для обучения основам проектирования электронных устройств и проведения проверки схем, созданных на элементной базе от Digi-Key.

Достоинства:

-поскольку PartSim является веб-программой, то он не предъявляет к рабочим станциям конечных пользователей никаких требований, кроме устойчивого и высокоскоростного соединения с интернетом;

-распространение программы бесплатное.

Недостатки:

PartSim носит ярко выраженный маркетинговый характер, а привязка к конкретным электронным компонентам определяет основные недостатки данного программного продукта:

- ограниченное количество базовых схем;
- отсутствие функции импорта/экспорта схем в EDIF-формат;
- отсутствие макросов;
- есть сведения об ошибках моделирования схем, состоящих из нескольких работоспособных модулей.
- интерфейс программы полностью англоязычный.

Qucs

Qucs (Quite Universal Circuit Simulator) программа, предназначенная для моделирования электронных цепей. Распространяется по лицензии GPL. Позволяет моделировать электронную аппаратуру в режиме малого и большого сигнала, а также шумовые характеристики. Симулятор схем с удобным графическим интерфейсом, позволяющий конструировать и рассчитывать производительность электронных цепей и контуров различного уровня сложности.

Цифровая аппаратура моделируется с использованием VHDL и/или Verilog. Приложение Qucs основано на открытом исходном коде и, подобно аналогичным редакторам, обладает всеми необходимыми для модификации схем средствами. Для удобства имеется поддержка «горячих клавиш» и выпадающие меню. При работе со сложными схемами предлагается использование подсхем, позволяющих отделить часть основной схемы в виде блоков. Кроме того, программное обеспечение имеет собственный текстовый редактор, приложения для расчета фильтров и согласованных цепей, калькуляторы линий и синтеза аттенюаторов. Присутствует возможность оформления чертежа путем добавления рамки и штампа. К схемам можно подключать пользовательские уравнения, причем в формулах могут быть использованы все доступные функции данного софта или их сочетания.

Для каждого проекта программа создает множество отдельных файлов со схемами, данными и графиками, причем по умолчанию все они сохраняются в корневой папке симулятора. В программу встроен файловый конвертер, а окончательные или промежуточные результаты могут быть распечатаны на принтере. Программа поддерживает экспорт файлов на языке Verilog-A в код C++, имеется прямая связь с цепями VHDL и символами Verilog-HDL. Последние версии используют интерфейс GNU Octave. Qucs имеет удобный справочный раздел, помогающий быстро освоиться и начать работу.

Виды моделирования, поддерживаемые программой включают: -моделирование по постоянному току, моделирование по переменному току, гармонический баланс, цифровое моделирование, моделирование переходных процессов, моделирование S-параметров, развёртка по параметру, оптимизация.

Результаты моделирования могут быть представлены в виде диаграмм различного типа: -таблицы, графики в декартовых координатах, трёхмерные диаграммы в декартовых координатах, диаграммы в полярных координатах, круговые диаграммы, диаграммы Смита, диаграммы Смита (проводимости), смешанные диаграммы полярные/Смита, временные диаграммы, таблицы истинности.

Особыми группами представлены виды моделирования, рисунки и диаграммы. Каждый элемент имеет собственное диалоговое окно свойств, которое может быть подвергнуто редактированию. Если в библиотеке нет необходимого компонента, то его можно добавить туда при наличии SPICE-модели.

Для создания схем, настройки моделирования, отображения результатов, написания VHDL-кода и других функций используется графический интерфейс.

Моделирование аналоговых цепей выполняет утилита командной строки, вызываемая из основной программы с графическим интерфейсом. Она считывает описание схемы, проверяет его на наличие ошибок, выполняет моделирование и формирует выходной набор данных. Результаты моделирования можно экспортировать в Octave/Matlab и выполнить там постобработку данных.

После запуска симуляции Qucs многократно пересчитывает созданную электрическую цепь. Длительность процесса моделирования зависит от мощности компьютера и сложности цепи. Предлагаются следующие виды моделирования (программа позволяет их комбинировать): на постоянном токе, переходного процесса, на переменном токе, S-параметров. Для исследования цифровых схем есть цифровое моделирование, а для того чтобы показать, как изменяются параметры цепи в результате изменения характеристик одного или нескольких элементов, предусмотрена функция «развертки параметров». Также имеется возможность выбирать вид полученных после симуляции данных, а именно табличную или декартовскую диаграммы, трехмерную или Смита, полярную или круговую. Диаграммы имеют свои собственные настраиваемые характеристики, которые зависят от применяемых видов моделирования. Для определения значений функций в определенные моменты времени в программе предусмотрен механизм маркеров.

Отличительной особенностью Qucs является встроенная возможность моделирования S-параметров и КСВ, что важно для анализа ВЧ-схем. Qucs может пересчитывать S-параметры в Y- и Z-параметры, имеет возможность анализа комплексных частотных характеристик (КЧХ), построение графиков на комплексной плоскости и диаграмм Смита, анализ комплексных сопротивлений и S-параметров.

Для отображения описания схемы и сообщений моделирующей программы, а также для редактирования файлов некоторых компонентов (например, описание схем SPICE, файлов Touchstone) используется текстовый редактор.

В состав пакета включены программы для синтеза фильтров, также калькулятор для линий передачи, позволяющий разрабатывать и анализировать различные типы передающих линий, включая микро-полосковые, коаксиальные и другие.

Программа синтеза аттенуаторов позволяет разрабатывать различные типы пассивных аттенуаторов.

Программа конверсии, представляющая собой утилиту командной строки, используется основной программой для импорта и экспорта наборов данных, описаний схем между Qucs и другими системами автоматического проектирования. Список поддерживаемых форматов можно найти в справке qucsconv.

Qucs включает в себя большую библиотеку моделей электронных компонентов, поддерживает подцепи SPICE. Библиотека компонентов хранит модели большого количества электро-радиоэлементов (транзисторов, диодов, операционных усилителей) и может расширяться пользователем. Библиотека компонентов содержит объекты в следующих категориях:

- дискретные компоненты (сопротивления, индуктивности, емкости, усилители, трансформаторы...), источники (переменного/постоянного тока/напряжения, шума, импульсов, управляемые источники...), измерительные приборы, передающие линии, нелинейные компоненты (диоды, транзисторы, тиристоры), цифровые компоненты, компоненты VERILOG, файловые компоненты (наборы S-параметров, описания схем SPICE), виды моделирования, диаграммы, рисунки.

Библиотека компонентов использует собственный формат, основанный на XML. Но можно импортировать существующие библиотеки компонентов, основанные на Spice (приводятся в даташитах на электронные компоненты).

Qucs написан на C++, имеет свой GUI, основанный на Qt4. Qucs поддерживает все базовые виды моделирования: - анализ на постоянном и переменном токе, моделирование переходного процесса \cite{qucs_Kit3}. Отличительной особенностью данного симулятора

является расширенные функции для моделирования схем СВЧ-устройств: -моделирование S-параметров, специальные модели СВЧ-компонентов и постпроцессор с расширенными функциями анализа комплексных сопротивлений в частотной области \cite{qucs_Kit8}. По возможностям анализа СВЧ-устройств Qucs приближается к таким проприетарным аналогам как AWR MicrowaveOffice. Но симулятор Qucsator несовместим со SPICE и поддерживает SPICE только через слой совместимости, что значительно усложняет использование существующих библиотек моделей электронных компонентов. Программное обеспечение работает на всех общеупотребительных платформах: -Mac OS, Linux и Windows. Для операционной системы Windows поддерживаются версии XP, Vista, 7 и 8.

Достоинства:

-Qucs применяется как отдельными пользователями, конструкторами электронных устройств, так и учебными заведениями и организациями;

Qucs программа бесплатная. Программа постоянно развивается, а благодаря открытому коду Qucs предоставляет опытным пользователям возможность полностью переделать ее под собственные нужды;

Qucs поддерживает более двух десятков языков, в том числе и русский.

Недостатки:

-недостатком Qucs является малое количество библиотечных компонентов. Но этот недостаток не является препятствием к использованию, так как Qucs совместим с форматом Spice в котором приводятся модели электронных компонентов в даташитах;

-ucs работает медленнее, чем аналогичные Spice-совместимые моделировщики (например MicroCAP (проприетарный) или Ngspice (open-source)).

Несмотря на свои недостатки Qucs представляет собой весьма достойную альтернативу проприетарным САПР для моделирования электронных схем.

EasyEDA

Он-лайн сервис EDA, включающий в себя редактор электрических схем, Spice-симулятор и редактор печатных плат.

EasyEDA содержит:

-редактор схем;

-интерфейс с большим количеством библиотек. Имеет возможность импортировать файлы из LTSpice, Altium Designer и Eagle;

-редактор печатных плат. Позволяет развести печатную плату из схемы.

Возможность экспорта в gerber;

-Spice-симулятор;

-редактор блок-схем;

-горячие клавиши;

-экспорт;

Данный онлайн-сервис поддерживает импорт файлов из САПР LTSpice, Eagle, Kicad и

Altium Designer. Редактор электрических схем имеет инструменты для рисования новых проектов с использованием существующих библиотек. Поддерживается создание и редактирование, как отдельных компонентов схем, так и иерархических схем и подсхем Spice-моделей. Разработка собственных элементов выполняется либо путем копирования и изменения существующих, либо их рисованием «с нуля». Особенностью программного обеспечения также является то, что помимо библиотек обычных «2D» графических символов компонентов, имеется библиотека их «3D» изображений.

Spice-симулятор проводит различные анализы (Transient, DC Transfer, DC sweep, AC Analysis, DC on pnt) аналоговых, цифровых и смешанных цепей. Имеются настройки

отображения результатов симулирования – областей, графиков, цвета фона, сетки и т.д. Все возникающие в ходе моделирования ошибки выводятся в виде сообщений в отдельном окне в текстовой форме. Результаты симуляций можно экспортировать в файлы формата CSV для обработки в пакетах сторонних производителей.

Редактор печатных плат формирует макеты плат на основе электрических схем. Имеются инструменты размещения и редактирования компонентов, прокладки дорожек, проверки правил дизайна DRC, создания моделей посадочных мест. EasyEDA по умолчанию поддерживает до 6 слоев печатных плат, а размер их практически неограничен – возможны конструкции более 100x100 см. Списки соединений (netlist) могут быть экспортированы в форматы программ Protel, Kicad и PADS, а файлы печатных плат – в формат Gerber. Кроме того, изготовление печатных плат можно заказать напрямую через меню EasyEDA.

EasyEDA имеет поддержку использования горячих клавиш, создание спецификаций материалов (BOM), онлайн-обмен и совместную работу над схемами и макетами печатных плат. Результаты работ можно экспортировать в файлы форматов SVG, PDF и PNG.

Достоинства:

-EasyEDA подходит для разработки электронных устройств низкой и средней степени сложности и предназначается для инженеров-электронщиков, преподавателей, студентов и радиолюбителей. В EasyEDA - это мощная бесплатная, не требующая инсталляции облачная платформа для рисования и симуляции схем, разводки печатных плат. Сейчас она имеет библиотеку из тысяч электронных компонент (как для схем и печатных плат, так и для моделирования) и десятки тысяч примеров схем;

-система выглядит достаточно стабильной, надежной и легка в освоении;

-пользовательский интерфейс весьма понятен в работе;

-приложение включает английский, польский, китайский, японский, французский, испанский, немецкий и шведский варианты интерфейса;

-онлайн-сервис не требователен к аппаратным ресурсам пользователей, необходимо лишь наличие высокоскоростного интернет-соединения. EasyEDA открывается в любом современном браузере и во всех операционных системах, а рабочие проекты хранятся на удаленном сервере.

Недостатки:

Приложение не включает русский язык.

Выводы

На сегодняшний день Altium Designer – это одна из лучших комплексных систем автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств. Тем не менее, этот программный продукт больше востребован профессиональными разработчиками. Для организации учебного процесса Altium Designer весьма сложная и дорогая программа. И такие программные продукты как PartSim, Qucs, EasyEDA, имеющие намного худшие функциональные возможности, являются более доступными для организации процесса обучения.

Список литературы

- 1 Трухин А.В. Об использовании виртуальных лабораторий в образовании [Текст] / А.В.Трухин // Открытое и дистанционное образование. – 2002. – № 4 (8) . – с. 98-104.
2. Кутовенко А. Онлайн-лаборатории [Текст] / А.Кутовенко // Мир ПК. – 2011. - № 08. – с. 54-57.

3. Комплексные решения для автоматизированного проектирования. Altium Designer (2013) [Электронный ресурс] / СПб.: НИП-ИНФОРМАТИКА. – Режим доступа: Web: <http://www.nipinfor.ru/electronics/altium/10052>

4. Web: [http://www.altium.com/files/Altiumdesigner6/LearningGuides/AP0133. Using Components Directly from Your Company Database.pdf](http://www.altium.com/files/Altiumdesigner6/LearningGuides/AP0133.UsingComponentsDirectlyfromYourCompanyDatabase.pdf).

5. Опыт разработки и эксплуатации виртуальной лаборатории по курсам ОТЦ и ТОЭ [Текст] / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Ю.В. Гусев и др. // Современное образование: инновации и конкурентоспособность. Материалы региональной научно-методической конференции г. Томск, 2004 г. – Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2004. - С. 85-86.

6 .<http://cxem.net/software/qucs.php>.

7 .<http://cxem.net/software/partsim.php>.