

**ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ OrCAD, PROTEUS VSM, MICRO-CAP, McCAD ДЛЯ РАЗРАБОТКИ УЧЕБНЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАБОРАТОРИЙ****INVESTIGATION AND ANALYSIS OF OPPORTUNITIES SOFTWARE ENVIRONMENT OrCAD, PROTEUS VSM, MICRO-CAP, McCAD TO DEVELOP TRAINING VIRTUAL ELECTRONIC LABORATORIES**

*Бул макалада окуу процессине багытталган виртуалдык электрондук лабораторияны түзүү үчүн электрондук чынжырларды моделдеширүүчү OrCAD, Proteus VSM, Micro-Cap, MeCAD программалык каражаттарынын мүмкүнчүлүктөрүн талдоо маселелери каралды.*

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

*В статье рассмотрен анализ возможностей программных продуктов моделирования электрических цепей OrCAD, Proteus VSM, Micro-Cap, McCAD 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 OrCAD, Proteus VSM, Micro-Cap, McCAD 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.

Современный процесс обучения требует разработки новых методических подходов и технологий с компьютерной поддержкой. 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. Под виртуальной лабораторией следует понимать информационную систему, представленную на электронных носителях информации. Составной частью понятия «виртуальная лаборатория» является понятие виртуального инструмента – набора аппаратных и программных средств, добавленных к обычному компьютеру таким образом, что пользователь получает возможность взаимодействовать с компьютером как со специально разработанным для него обычным электронным прибором. Существенная часть виртуального инструмента и виртуальной лаборатории – эффективный графический интерфейс пользователя, то есть программный инструмент с развитой системой графического меню в виде наглядных графических образов привычной предметной области пользователя, обеспечивающий удобный интерактивный режим его взаимодействия с компьютером.

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.

Не все программные продукты для решения профессиональных инженерных задач удовлетворяют требованиям учебных программ. Ряд профессиональных программ моделирования, имея широчайшие функциональные возможности, в процессе обучения показали себя малоэффективными, ввиду больших затрат времени на их освоение. У студента, ввиду большого количества изучаемых дисциплин, недостаточно времени воспользоваться всей широтой функциональных возможностей лучших программ электронного моделирования. Поэтому применительно к процессу обучения необходимо определить «золотую середину» между достаточностью функциональных возможностей обучения и разумным временем освоения программного продукта. Весьма важным для студента, необходимо учитывать «визуальную наглядность», когда на экране монитора изображены контрольно-измерительные приборы похожие на промышленно-выпускаемые образцы.

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

### OrCAD

Программные продукты серии OrCAD принадлежат компании Cadence Design Systems. OrCAD одна из лучших профессиональных программ сквозного проектирования электронной аппаратуры, разработки и моделирования электронных схем и создания печатных плат. Название программы образовано от сокращения слова Oregon и аббревиатуры CAD. Основное направление компании Cadence Design Systems - разработка программ, помогающих проектировать электронные приборы, микрочипы и печатные платы.

Система OrCAD состоит из набора вполне автономных программных модулей, каждый из которых может использоваться отдельно для решения частных задач в цепочке проектирования электронных схем.

Основными компонентами этой системы являются:

-Capture – графический редактор для создания электрических принципиальных схем из моделей элементов;

-Capture Component Information System Option – графический редактор, имеющий доступ к постоянно обновляемым каталогам компонентов, содержащим более 200 000 наименований;

-PSpice Analog Digital – программа для моделирования работы аналоговых или смешанных аналого-цифровых устройств большого размера (или их частей);

-PSpice Advanced Analysis – модуль параметрической оптимизации;

-PCB Designer – редактор топологий плат;

-PSpice Schematics – редактор схем;

-PSpice Optimizer – программа параметрической оптимизации электронных схем;

-Gerber Tool – программа создания и доработки файлов для фотоплоттеров;

-Capture CIS (Component Information System), аналогичный Capture но дополненный информационной системой ведения базы электронных компонентов;

-Layout – графический редактор печатных плат. Данные об электронных компонентах, из которых состоит проектируемое устройство, а также данные о соединениях обычно передаются в редактор печатных плат из OrCADCapture, но простые печатные платы можно создавать без использования редактора схем;

-LayoutPlus – дополненный бессеточным авто-трассировщиком Smart Route, использующим методы оптимизации нейронных сетей;

-Layout Engineer's Edition – программа просмотра печатных плат, созданных с помощью Layout или Layout Plus, средство общей расстановки компонентов на плате и

прокладки наиболее критических цепей, выполняемых инженером-схемотехником перед выдачей задания на проектирование печатной платы конструктору.

Модули PSpice SLPS Option предназначены для связи с Matlab, Spectrafor OrCAD, осуществляющий автоматическую или интерактивную трассировку, Signal Explorer, позволяющий проводить проверку перекрестных искажений и целостности сигналов.

Программный пакет OrCAD для выполнения различных этапов процесса разработки имеет: -входное проектирование, функциональное моделирование, синтез, размещение, трассировку, моделирование задержек, генерацию элемента. В OrCADCapture есть возможность создать проект в схемотехнической форме из уже готовых компонентов, а также в VHDL- или Verilog-моделях. Можно работать со смешанными проектами или создавать новые элементы. Библиотечным примитивам могут быть назначены специфические свойства оборудования конкретного изготовителя. Моделирование задержек позволяет определить задержки распространения сигналов и проверить, что временные характеристики микросхем не меняют логику проекта.

Система OrCAD используется для создания проектов на базе FPGA/CPLD программируемых логических устройств. На портале есть все необходимое: посадочные места, символы условно графических обозначений (УГО), технические описания, Spice- и IBIS-модели, многочисленные, дополнительные приложения, имеющие новые инструменты и функции, расширяющие стандартные возможности OrCAD.

Схемотехнический редактор Capture имеет довольно мощное расширение за счёт включения в этот программный модуль системы ведения базы данных электронных компонентов – CIS (Component Information System). Благодаря продуманной организации, CIS значительно повышает эффективность работы. Это система структурирования данных о компонентах, поиска их не только по наименованию, разнообразным техническим характеристикам, например, по наличию на складе самого предприятия, у поставщиков, по цене, по сроку годности и другим свойствам. CIS может тесно интегрироваться с глобальными системами документооборота всего предприятия посредством стандарта ODBC фирмы Microsoft, что значительно расширяет её возможности. Более того, через CIS организован доступ к интернет базам данных электронных компонентов. При переходе на вкладку ICA (Internet Component Assistant) появляется окно доступа в Интернет и ссылка на два портала – Active Parts и Supply Frame. Active Parts – это интернет база данных Cadence, содержащая около 2 млн. аналоговых и цифровых компонентов и постоянно пополняющаяся новыми моделями, с удобной системой поиска по наименованию компонентов, их описанию и компании производителю. Supply Frame – это поиск по базам ведущих производителей электронных компонентов. Главной особенностью работы с интернет базами в Capture CIS является возможность добавлять компонент напрямую из Интернета в схему проекта со всеми данными, необходимыми для перечня элементов и спецификации. CIS – это фактически неограниченная база данных, позволяющая осуществлять быстрый доступ к самым последним разработкам в мире электронных компонентов, с комплексным подходом к поиску и каталогизации данных. Система индикации позволяет выделять те компоненты, которые наиболее часто используются при разработках, указывать на проблемные компоненты, например, компоненты, срок годности которых истекает, или отсутствующие на складе.

Функциональные возможности OrCADP Spice A/D:

-анализ по постоянному току позволяет получить характеристики схемы (токи, напряжения, мощности) при изменении параметров источников напряжения и тока, глобальных параметров схемы, параметров модели и температуры элемента. При анализе задаются интервалы изменения перечисленных параметров, характер их изменения (линейный, логарифмический с основанием 10 и с основанием 8) и шаг изменения. Возможно также табличное задание изменения перечисленных параметров. Существует возможность одновременного изменения двух параметров;

-анализ по переменному току позволяет производить построение амплитудно-частотных характеристик схемы (токи, напряжения, мощности и т.д.). Анализ производится от источника переменного тока IAC или источника переменного напряжения VAC, для которого указывается амплитудное значение переменной составляющей и величина постоянной составляющей (в частном случае может быть принята равной нулю). При анализе задаются минимальное значение частоты, общее число точек, а для логарифмического закона изменения частоты – число точек на декаду либо октаву;

-анализ шумов позволяет рассчитывать входную и выходную спектральные плотности шума. Анализ производится от источника переменного тока или напряжения, для которого указываются амплитудное значение переменной составляющей и величина постоянной составляющей (в частном случае может быть принята равной нулю). При анализе задаются элемент, на котором будет рассматриваться выходное напряжение шумов, наименование используемого источника и интервал расчёта парциальных уровней шума. Анализ шумов является составной частью анализа по переменному току. Результатом являются кривые спектральных плотностей по входу и выходу устройства;

-анализ переходных процессов позволяет получать значения характеристик схемы (токов, напряжений, мощностей и т.д.) при переходном процессе. Существует не только возможность наблюдать анализ переходного процесса как функцию времени, но также, заменяя переменную «время» на оси X на любую другую схемную функцию, получать требуемые функциональные зависимости;

-в среде OrCAD применяется быстрое преобразование Фурье. Анализ Фурье позволяет осуществить разложение функций, полученных в результате анализа переходного процесса, в ряд Фурье. Для проведения анализа необходимо задать частоту первой гармоники, количество гармоник (не более ста, по умолчанию девять) и список переменных, спектр которых должен быть рассчитан. В результате анализа получаются зависимости амплитуд гармоник спектральных характеристик соответствующих функций от частоты в заданном диапазоне;

-параметрический анализ позволяет осуществить ряд итераций, когда производится расчёт некоторой функции цепи (тока, напряжения и т.д.) во время переходного процесса или анализа по постоянному или переменному току при скачкообразном изменении задаваемого пользователем глобального параметра, параметра модели или рабочей температуры. При этом за один цикл достигается эффект, эквивалентный расчёту переходного процесса схемы столько раз, сколько раз изменяется заданный параметр. В результате выдаётся семейство кривых переходного процесса анализируемой функции, а количество кривых равно числу изменений величины за данного параметра;

-температурный анализ позволяет осуществить расчёт схемы при заданных температурах окружающей среды (по умолчанию температура окружающей среды равняется 27°C). В результате выдаются соответствующие функции анализируемой схемы (токи, напряжения и т.д.) при заданных температурах;

-анализ разброса параметров методом Монте-Карло позволяет получить некоторые схемные функции (токи, напряжения и т.д.) при изменении параметра некоторого элемента схемы по определённому закону с использованием различных типов генераторов случайных чисел (всего 10 генераторов). Результатом анализа по методу Монте Карло являются гистограммы изменения соответствующих функций по отношению к номинальному значению;

-анализ чувствительности методом наихудшего случая предназначен для определения возможного наихудшего значения некоторой функции схемы, если заданы диапазоны разброса параметров схемы. При этом рассматриваются все возможные комбинации изменения параметров в пределах разброса и определяется величина наихудшего значения рассматриваемой функции. Результатом данного анализа является нахождение наибольшего или наименьшего отклонения рассматриваемой функции от номинального значения;

Дополнительный модуль PSpice и PSpice A/D AdvancedAnalysis позволяет проектировщикам использовать в аналого-цифровой цепи методологии улучшения характеристик схемы и обеспечения качества разработки при контроле издержек на производство. Являясь дополнительным модулем PSpice и PSpice A/D, AdvancedAnalysis позволяет пользователям оптимизировать работу и надёжность проектов перед их физической реализацией. Этот вид анализа охватывает анализ чувствительности методом наихудшего случая, оптимизацию, индикацию близких к аварийным режимов работы элементов и анализ разброса параметров методом Монте-Карло. При анализе чувствительности, Advanced Analysis позволяет в графическом виде отобразить изменения выходных параметров системы при возмущениях, вносимых измерениями. При оптимизации, Advanced Analysis автоматизирует итерационный процесс повторного запуска моделирования и точной подстройки проектируемого устройства; анализ индикации режимов работы элементов, близких к аварийным, реализует определение работы элементов в области безопасного функционирования. При анализе методом Монте Карло, Advanced Analysis исследует пространство параметров, ограничения до пуска элементов и оценивает вероятность реализации выходных параметров.

OrCAD Documentation Editor – это приложение, которое снизит нагрузку на инженера при подготовке документации: чертежа детали, сборочного чертежа, подготовке спецификации и так далее. Создание документации начинается с помощью специального мастера непосредственно из окна OrCAD/Allegro PCB Editor. На выходе инженер получает полностью оформленный чертеж согласно заранее подготовленным шаблонам оформления.

OrCAD Team Design, в отличие от других программ, полностью встраивается в интерфейс схемотехнического редактора OrCAD Capture (Allegro Design Entry CIS) и позволяет осуществлять системный контроль за проектами. С помощью инструментов администрирования главный инженер проекта может легко распределять права доступа пользователей к различным частям проекта – отдельным страницам, функциональным блокам, схемам. Закрытые для доступа схемы можно просматривать в режиме "только чтение". Ведется постоянный контроль затем, кто вносил или вносит изменения в ту или иную часть проекта, недоступные для редактирования схемы также можно просматривать в режиме "только чтение". Ведется контроль изменений в библиотеках OLB на уровне каждого компонента. Поддерживаются как простые многолистовые схемы, так и проекты со сложной иерархией.

OrCAD Library Builder - приложение, благодаря которому работа над созданием сложных многовыводных компонентов не будет занимать много времени. Программа распознает таблицы и диаграммы с описанием выводов из технических описаний в формате PDF и формирует на основе этой информации готовый символ. Вторая часть программы – это мощный калькулятор посадочных мест и большим набором готовых шаблонов корпусов компонентов. На выходе инженер получает готовое посадочное место и 3D модель в формате STEP. Программа обладает мощной системой проверок, включая проверку соответствия схемотехнического символа компонента и его посадочного места.

#### **Достоинства:**

Основные достоинства OrCAD Library Builder:

- единая среда по созданию логических символов и посадочных мест;
- значительная экономия при создании корректной библиотеки с первой итерации;
- распознавание сложных мультистраничных таблиц, карт BGA и диаграмм в документах PDF за считанные минуты;
- создание посадочных мест в точном соответствии с рекомендациями производителя или стандартами IPC-7351;
- отсутствие ошибок в библиотеках благодаря мощной системе проверок;
- подстройка программы под корпоративные стандарты и шаблоны.

Основные достоинства OrCADP Spice A/D:

- быстродействующая, достоверная технология и широкий набор библиотек экономят время, повышают надёжность и согласованность в больших проектах;
- интеграция с MATLAB Simulink позволяет проводить моделирование на системном уровне с применением высокоточных моделей электронных схем;
- определение перегруженных компонентов с использованием Smoke анализа, определение разброса параметров методом Монте-Карло помогают предотвратить сбои в работе принципиальных схем;
- наличие неоднородных моделей, встроенных математических функций и поведенческие методы моделирования, которые повышают качество анализа электронных схем;
- редактор Magnetic Parts, который экономит время и сокращает число ошибок благодаря автоматизированному проектированию индуктивностей и трансформаторов;
- моделирование нажатием одной клавиши, перекрёстное выделение и полная интеграция с OrCADCapture, повышающие качество и обеспечивающие целостность данных.

#### **Недостатки:**

- основным недостатком OrCAD является его высокая стоимость. Цены колеблются от 2000 \$ (базовая конфигурация OrCAD PCB Designer Lite) до 5000 \$ (OrCAD PCB Designer Professional);
- OrCAD в полной мере устраивает профессиональных разработчиков электронной аппаратуры, но, применительно к процессу обучения, программа достаточно сложна для использования ее студентами;
- пользователям предлагается только английский интерфейс OrCAD.

### **Proteus VSM**

PROTEUS VSM — пакет программ для автоматизированного проектирования электронных схем. Разработка компании Labcenter Electronics (Великобритания).

Proteus VSM профессиональный пакет программ для моделирования и автоматизированного проектирования электронных схем, позволяющий виртуально моделировать аналоговые и цифровые устройства. Proteus VSM интегрированная среда для разработки электронных устройств на микроконтроллерах.

Программный пакет Proteus VSM позволяет собрать схему электронного устройства и моделировать его работу, выявляя ошибки, допущенные на стадии проектирования и трассировки. Программа состоит из двух модулей. ISIS – редактор электронных схем с последующей имитацией их работы. ARES – редактор печатных плат, оснащенный авто трассировщиком Electra, встроенным редактором библиотек и автоматической системой размещения компонентов на плате. Кроме этого ARES может создать трехмерную модель печатной платы.

Proteus VSM включает в себя более 6000 электронных компонентов со всеми справочными данными, а также демонстрационные ознакомительные проекты. Программа имеет инструменты USBCONN и COMPIM, которые позволяют подключить виртуальное устройство к портам USB и COM компьютера. При подсоединении к этим портам любого внешнего прибора виртуальная схема будет работать с ним, как если бы она существовала в реальности. Proteus VSM поддерживает следующие компиляторы: CodeVisionAVR и WinAVR (AVR), ICC (AVR, ARM7, Motorola), HiTECH (8051, PIC Microchip) и Keil (8051, ARM). Существует возможность экспорта моделей электронных компонентов из программы PSpice.

Меню программы англоязычное. Полного русификатора для Proteus VSM нет.

Proteus VSM работоспособен в Windows 7

#### **Достоинства:**

- выполнение всех этапов разработки электронного устройства на основе микроконтроллера в единой среде;

-возможность написания, отладки и тестирования микропрограммного обеспечения еще до физического изготовления опытного образца системы;

-генерируемые диагностические сообщения (например, при выполнении непредусмотренной инструкции) как со стороны ЦПУ, так и со стороны моделей устройств ввода-вывода, позволяют обнаружить сложные в поиске ошибки программирования;

-поддержка совместной работы с аппаратными устройствами, подключенными через порт компьютера;

-в отличие от аналогичных по назначению пакетов программ, например, Electronics Workbench, Multisim, MicroCap, и др. в развитой системе интерактивной отладки в режиме реального времени и пошаговой для различных семейств микроконтроллеров: 8051, PIC (Microchip), AVR (Atmel), и др. Proteus VSM имеет библиотеки компонентов, в том числе и периферийных устройств: светодиодные и ЖК индикаторы, температурные датчики, часы реального времени - RTC, интерактивных элементов ввода-вывода: кнопок, переключателей, виртуальных портов и виртуальных измерительных приборов, интерактивных графиков, которые не всегда присутствуют в других подобных программах;

-Proteus VSM весьма полезная программа для процесса обучения при изучении микроконтроллеров. В программе есть широкий набор измерительных приборов: - генераторы сигналов, осциллографы, анализатор шины i2c и др. Эти приборы позволят быстро отладить программу для микроконтроллеров. Proteus VSM имеет возможность разработки печатной платы, включая 3D-визуализацию её сборки, а так же возможность отладки микропрограммного обеспечения;

-Proteus VSM позволяет совместное моделирование работы микроконтроллера, исполняющего заданную программу, и окружающих его аналоговыми цифровыми схемами;

-отладочные возможности Proteus VSM предоставляют доступ к содержимому регистров и памяти, задание точек останова программы, пошаговое выполнение моделирования. Отладка на уровне исходного кода (Си, Бейсик, Ассемблер, в зависимости от типа используемого для отладки файла с испытываемым микропрограммным обеспечением).

#### **Недостатки:**

Proteus VSM не всегда точно моделирует аналоговые устройства.

#### **Micro-Cap**

Micro-Cap принадлежит компании SpectrumSoftware.

Micro-Cap профессиональная программа аналогового, цифрового и смешанного моделирования и анализа цепей электронных устройств средней степени сложности. Программа позволяет моделировать как аналоговые, так и смешанные аналого-цифровые устройства.

Программа Micro-CAP имеет удобный интуитивно понятный графический редактор, позволяющий создавать и редактировать принципиальные схемы аналоговых и цифровых устройств. В состав пакета Micro-CAP входит также программа расчета параметров моделей аналоговых элементов по результатам экспериментальных исследований.

Моделирование Micro-CAP позволяет выполнять следующие виды анализа: - переходных процессов, передаточных характеристик по постоянному току, малосигнальных частотных характеристик, чувствительностей по постоянному току, нелинейных искажений, метода Монте-Карло, расчет частотных характеристик линеаризованной цепи, расчет реакции во временной области при произвольных входных воздействиях, анализ шумов и параметрической чувствительности, многовариантный анализ, включая статистический анализ методом Монте-Карло.

Алгоритм работы включает в себя создание электрической цепи в графическом редакторе, задание параметров анализа и изучение полученных данных. Программа самостоятельно составляет уравнения цепи и проводит моментальный расчёт. Любое изменение схемы или параметров элементов приводит к автоматическому обновлению результатов. Графический редактор опирается на библиотеки электронных компонентов, которые можно пополнять на основе экспериментальных или справочных данных с

помощью встроенного модуля ShapeEditor. Все номиналы и параметры элементов могут быть как неизменными, так и зависящими от температуры, времени, частоты, состояния схемы, параметров других компонентов. Анимированные детали (светодиоды, реле, семисегментные индикаторы и некоторые другие элементы) изменяют состояние в соответствии с поступающими на них сигналами. Опытные пользователи могут создавать свои макромодели, которые облегчают имитационное моделирование без потерь информации. Допускается одновременно использовать различные стандарты элементов схемы. Полная поддержка Spice-моделей позволяет применять проекты из других программ (DesignLab, OrCAD, P-CAD).

Micro-Cap – англоязычный пакет.

Micro-Capработоспособен во всех операционных системах семейства Windows.

#### **Достоинства:**

-программа имеет бесплатную (студенческую) версию, кардинально не отличающуюся от полнофункциональной. Эта версия доступна на [сайте разработчика](#). Поэтому MicroCAP удобно использовать в учебном процессе и для самостоятельного изучения принципов работы электронных схем;

-интуитивно понятная и довольно простая в изучении программа по моделированию электрических схем. Поддерживает возможность создания собственных библиотек компонентов, моделирование по любому из выбранных параметров.

#### **Недостатки:**

-необходимость установки дополнительных элементов, так как объем библиотек Micro-Cap (даже в полной версии) явно недостаточен;

-отсутствие встроенных средств трассировки печатных плат, поскольку для этих целей придется использовать программы сторонних производителей.

#### **McCAD**

Программа McCAD является разработкой компании VAMP Inc. (США). McCAD простой и в то же время мощный программный комплекс для разработки электронных устройств различной степени сложности.

Система автоматизированного проектирования McCAD состоит из целого ряда отдельных программ, составляющих полный цикл проектирования печатных плат. Данный комплекс включает в себя: -редактор для рисования электрических схем (McCAD Schematics), модуль для аналогово-цифрового моделирования (McCAD 3SPICE), редактор печатных плат (McCAD PCB-ST), программы автоматической трассировки (McCAD Autorouters), приложение для подготовки печатных плат к производству (Gerber Translator).

Модуль McCAD Schematics представлен в стандартном и расширенном вариантах и позволяет создавать и просматривать аналоговые и цифровые проекты. В нем присутствуют все стандартные функции – автопрокрутка, зум, копирование, вставка, отмена операций, вращение и зеркальное отражение деталей. Поддерживается иерархическая и плоская архитектура, количество листов в проекте неограниченно, имеется менеджер проектов. Библиотека компонентов включают в себя около 60000 устройств, а редактор библиотек позволяет создавать новые символы. Программа работает с файлами форматов PICT и DXF, результаты могут быть переданы в McCAD 3-SPICE и McCAD PCB-ST, а также представлены в виде списков Netlist и Billof Materials.

Модуль McCAD 3-SPICE может работать автономно или быть полностью интегрирован в McCAD Schematics. Подпрограмма выполняет точное и быстрое моделирование работы полупроводниковых приборов, пассивных элементов, идеальных ключей. Поддерживаются новые поколения физических моделей транзисторов BSIM3V3 и BSIM4.

Моделирование включает в себя: -передаточную функцию, искажения сигнала, Фурье, DC и AC, переходные процессы, шум, чувствительность и некоторые другие анализы. Также подпрограмма позволяет анализировать результаты моделирования и применять к ним различные математические операции.



Редактор печатных плат McCAD PCB-ST предназначен для размещения компонентов и разводки плат.

Функция авто-трассировки печатных плат в САПР McCAD представлена двумя подпрограммами: TRACKER и TRAILBLAZER. Они имеют одну основу, но отличаются возможностями – TRACKER работает только с двумя сигнальными слоями и имеет пакетный режим, а TRAILBLAZER поддерживает до 16 слоев и работает в интерактивном и пакетном режимах.

Каждый модуль программы McCAD имеет демонстрационный режим работы.

#### **Достоинства:**

- разрешение до 0,001 дюйма, поддержка метрической системы, привязка к сетке, функции увеличения и масштабирования, автоматическая проверка правил проектирования, поддержка односторонних, двусторонних и многослойных плат. Максимальный размер плат – 32 на 32 дюйма, максимальное количество слоев – 32. Результаты могут быть представлены в форматах Gerber, Drill, Excellon, PICT, DXF, IPC-356, GenCAD 1.4 и других.

- среда проектирования поддерживает операционные системы MAC OS X (начиная с версии 10.4) и Microsoft Windows (2K, XP, Vista).

#### **Недостатки:**

-среда проектирования McCAD является платной;

-программа McCAD полностью англоязычная, пакет документации также представлен на английском. Русификатора нет.

### **Выводы**

Все четыре рассмотренные программы моделирования могут использоваться в учебном процессе. Из четырех исследуемых программ наиболее привлекательными для процесса обучения являются программные продукты ProteusVSM и Micro-Cap. Эти программы имеют весьма понятный интуитивный интерфейс, широкие функциональные возможности моделирования не только для процесса обучения, но и для профессионального использования, достаточно большой объем электронных компонентов для моделирования и достаточное количество контрольно измерительных приборов.

OrCAD одна из лучших профессиональных программ сквозного проектирования электронной аппаратуры, разработки и моделирования электронных схем и создания печатных плат. Но программы OrCAD так же как и McCAD, в полной мере удовлетворяющие потребности профессиональных разработчиков, для студентов представляют большие сложности в освоении этих программных продуктов. Широкие возможности по проектированию и трассировки печатных плат этих программных продуктов, как правило, у студентов электротехнических специальностей не востребованы.

### **Список литературы**

1. Кеун Дж. OrCADPspice. Анализ электрических цепей[Текст]: пер. с англ./ Дж. Кеун. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 640 с.

2.Златин И. Л. Схемотехническое и системное проектирование радиоэлектронных устройств в OrCAD 10.5[Текст] / И. Л. Златин. – М.: Горячая Линия-Телеком, 2008. – 352 с.

3. Болотовский Ю. И. OrCAD 9.x. OrCAD 10.x. Практика моделирования [Текст]/ Ю.И. Болотовский, Г. И. Таназлы. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 208 с.

4.Кардашев Г.А. Цифровая электроника на персональном компьютере. ElectronicsWorkbench и Micro-Cap[Текст] / Г.А.Кардашев. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 311с.

5.Галас В.П. Имитационное моделирование электрических схем с использованием программы Micro-CAP[Текст]: Практикум / В.П.Галас. – Владимир: 2003. - 67 с.

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

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

