

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ГІРНИЧИЙ КОЛЕДЖ
ДЕРЖАВНОГО ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ
«КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з навчальної дисципліни

«Комп'ютерне моделювання виробів електронної техніки»

спеціальність: 171 Електроніка

Конструювання, виготовлення та технічне обслуговування виробів
електронної техніки»

Укладач: Бряник О.В.

Блок 1
Основні поняття
теорії моделювання

Модуль 1
Поняття моделі та моделювання

Тема 1.1
Методи та засоби комп'ютерного
моделювання на ПК

Тема: **ПОНЯТИЕ МОДЕЛИ. КЛАССИФИКАЦИЯ И СВОЙСТВА МОДЕЛЕЙ**

Цель: *студенты должны:*

- *изучить понятие модели;*
- *проанализировать различные классы моделей, связь моделирования общей теорией систем;*
- *изучить численное, статистическое и имитационное моделирование и его место в системе методов познания;*
- *изучить различные классификации компьютерных моделей и области их применений.*

ПЛАН:

- 1. Понятие модели. Цели моделирования**
- 2. Виды моделей**
- 3. Моделирование и системный подход**
- 4. Качественные и количественные модели**
- 5. Компьютерное моделирование**

1 ПОНЯТИЕ МОДЕЛИ. ЦЕЛИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В процессе изучения окружающего мира субъекту познания противостоит исследуемая часть объективной реальности — **объект познания**.

Ученый, используя эмпирические методы познания (наблюдение и эксперимент), устанавливает факты, характеризующие объект. Элементарные факты обобщаются и формулируются эмпирические законы. Следующий шаг состоит в развитии теории и построении теоретической модели, объясняющей поведение объекта и учитывающей наиболее существенные факторы, влияющие на изучаемое явление. Эта теоретическая модель должна быть логичной и соответствовать установленным фактам.

Можно считать, что любая наука представляет собой теоретическую модель определенной части окружающей действительности. Часто в процессе познания реальный объект O заменяется некоторым другим идеальным, воображаемым или материальным объектом M , несущим изучаемые черты исследуемого объекта O , и называемым моделью. Эта модель подвергается исследованию: на нее оказывают различные воздействия, изменяют параметры и начальные условия, и выясняют, как изменяется ее поведение. Результаты исследования модели M переносят на объект исследования O , сопоставляют с имеющимися эмпирическими данными и т.д.

Таким образом, **модель** — это материальный или идеальный объект, замещающий исследуемую систему и адекватным образом отображающий ее существенные стороны.

Модель M должна в чем-то повторять исследуемый процесс или объект O со степенью соответствия, позволяющей изучить объект-оригинал O . Чтобы результаты моделирования можно было бы перенести на исследуемый объект, модель должна обладать свойством адекватности. Преимущество подмены

исследуемого объекта его моделью в том, что часто модели проще, дешевле и безопаснее исследовать. Действительно, чтобы создать самолет, следует построить теоретическую модель, нарисовать чертеж, выполнить соответствующие расчеты, изготовить его уменьшенную копию, исследовать ее в аэродинамической трубе и т.д.

Модель (лат. *modulus* — мера) — это объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала.

Модель - создаваемый с целью получения и (или) хранения информации специфический объект (в форме мысленного образа, описания знаковыми средствами либо материальной системы), отражающий свойства, характеристики и связи объекта – оригинала произвольной природы, существенные для задачи, решаемой субъектом.

Моделирование – процесс создания и использования модели.

Модель объекта должна отражать его наиболее важные качества, пренебрегая второстепенными. Тут уместно вспомнить притчу о трех незрячих мудрецах, решивших узнать что такое слон. Один мудрец подержал слона за хобот, и заявил, что слон — гибкий шланг. Другой потрогал слона за ногу и решил, что слон – это колонна. Третий мудрец подергал за хвост и пришел к мнению, что слон – это веревка. Ясно, что все мудрецы ошиблись: ни один из названных объектов (шланг, колонна, веревка) не отражают существенных сторон изучаемого объекта (слон), поэтому их ответы (предлагаемые модели) не являются правильными.

При моделировании могут преследоваться различные цели:

- Познание действительности
- Проведение экспериментов
- Проектирование и управление
- Прогнозирование поведения объектов
- Тренировка и обучения специалистов
- Обработка информации.

Свойства моделей

Конечность: модель отображает оригинал лишь в конечном числе его отношений и, кроме того, ресурсы моделирования конечны;

Упрощенность: модель отображает только существенные стороны объекта;

Приблизительность: действительность отображается моделью грубо или приблизительно;

Адекватность: насколько успешно модель описывает моделируемую систему;

Информативность: модель должна содержать достаточную информацию о системе - в рамках гипотез, принятых при построении модели;

Потенциальность: предсказуемость модели и её свойств;

Сложность: удобство её использования;

Полнота: учтены все необходимые свойства;

Адаптивность.

2 ВИДЫ МОДЕЛЕЙ

Используемые модели чрезвычайно разнообразны. Системный анализ требует классификации и систематизации, то есть структурирование изначально неупорядоченного множества объектов и превращение его в систему.

Известны различные способы классификации существующего многообразия моделей. Выделяют следующие виды моделей:

- 1) детерминированные и стохастические;
- 2) статические и динамические;
- 3) дискретные, непрерывные и дискретно–непрерывные;
- 4) мысленные и реальные.

Также модели классифицируют по следующим основаниям (рис. 1):

- 1) по характеру моделируемой стороны объекта;
- 2) по отношению ко времени;
- 3) по способу представления состояния системы;
- 4) по степени случайности моделируемого процесса;
- 5) по способу реализации.

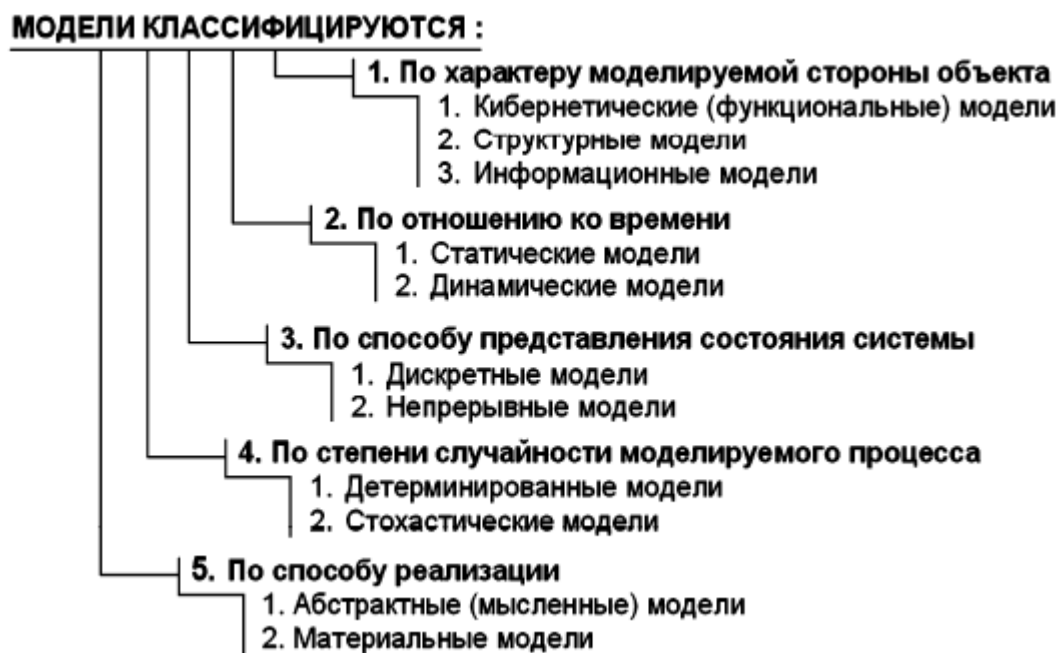


Рисунок 1 - Различные способы классификации моделей

При классификации по характеру моделируемой стороны объекта выделяют следующие виды моделей (рис. 1):

1. Кибернетические или функциональные модели; в них моделируемый объект рассматривается как "черный ящик", внутреннее устройство которого неизвестно. Поведение такого "черного ящика" может описываться математическим уравнением, графиком или таблицей, которые связывают выходные сигналы (реакции) устройства с входными (стимулами). Структура и принципы действия такой модели не имеют ничего общего с исследуемым объектом, но функционирует она похожим образом. Например, компьютерная программа, моделирующая игру в шашки.

2. Структурные модели — это модели, структура которых соответствует структуре моделируемого объекта. Примерами являются командно-штабные учения, день самоуправления, модель электронной схемы в Electronics Workbench и т.д.

3. Информационные модели, представляющие собой совокупность специальным образом подобранных величин и их конкретных значений, которые характеризуют исследуемый объект. Выделяют вербальные (словесные), табличные, графические и математические информационные модели. Например,

информационная модель студента может состоять из оценок за экзамены, контрольные и лабораторные работы. Или информационная модель некоторого производства представляет набор параметров, характеризующих потребности производства, его наиболее существенные характеристики, параметры выпускаемого товара.

По отношению ко времени выделяют:

1. **Статические модели** — модели, состояние которых не изменяется с течением времени: макет застройки квартала, модель кузова машины.

2. **Динамические модели** представляют собой функционирующие объекты, состояние которых непрерывно изменяется. К ним относятся действующие модели двигателя и генератора, компьютерная модель развития популяции, анимационная модель работы ЭВМ и т.д.

По способу представления состояния системы различают:

1. **Дискретные модели** — это автоматы, то есть реальные или воображаемые дискретные устройства с некоторым набором внутренних состояний, преобразующие входные сигналы в выходные в соответствии с заданными правилами.

2. **Непрерывные модели** — это модели, в которых протекают непрерывные процессы. Например, использование аналоговой ЭВМ для решения дифференциального уравнения, моделирования радиоактивного распада с помощью конденсатора, разряжающегося через резистор и т.д.

По степени случайности моделируемого процесса выделяют:

1. **Детерминированные модели**, которым свойственно переходить из одного состояния в другое в соответствии с жестким алгоритмом, то есть между внутренним состоянием, входными и выходными сигналами имеется однозначное соответствие (модель светофора).

2. **Стохастические модели**, функционирующие подобно вероятностным автоматам; сигнал на выходе и состояние в следующий момент времени задается матрицей вероятностей. Например, вероятностная модель ученика, компьютерная модель передачи сообщений по каналу связи с шумом и т.д.

По способу реализации различают:

1. **Абстрактные модели**, то есть мысленные модели, существующие только в нашем воображении. Например, структура алгоритма, которая может быть представлена с помощью блок-схемы, функциональная зависимость, дифференциальное уравнение, описывающее некоторый процесс. К абстрактным моделям также можно отнести различные графические модели, схемы, структуры, а так-же анимации.

2. **Материальные (физические) модели** представляют собой неподвижные макеты либо действующие устройства, функционирующие в чем-то подобно исследуемому объекту. Например, модель молекулы из шариков, макет атомной подводной лодки, действующая модель генератора переменного тока, двигателя и т.д. Реальное моделирование предусматривает построение материальной модели объекта и выполнение с ней серии экспериментов. Например, для изучения движения подводной лодки в воде строят ее уменьшенную копию и моделируют течение с помощью гидродинамической трубы.

Нас будут интересовать **абстрактные модели**, которые в свою очередь подразделяются на вербальные, математические и компьютерные.

К *вербальным или текстовым моделям* относятся последовательности утверждений на естественном или формализованном языке, описывающие объект познания.

Математические модели образуют широкий класс знаковых моделей, в которых используются математические действия и операторы. Часто они представляют собой систему алгебраических или дифференциальных уравнений.

Компьютерные модели представляют собой алгоритм или компьютерную программу, решающую систему логических, алгебраических или дифференциальных уравнений и имитирующую поведение исследуемой системы.

Иногда мысленное моделирование подразделяют на:

1. *Наглядное*, — предполагает создание воображаемого образа, мысленного макета, соответствующих исследуемому объекту на основе предположений о протекающем процессе, или по аналогии с ним.

2. *Символическое*, — заключается в создании логического объекта на основе системы специальных символов; подразделяется на языковое (на основе тезауруса основных понятий) и знаковое.

3. *Математическое*, — состоит в установлении соответствия объекту исследования некоторого математического объекта; подразделяется на аналитическое, имитационное и комбинированное.

Аналитическое моделирование предполагает написание системы из алгебраических, дифференциальных, интегральных, конечно–разностных уравнений и логических условий. Для исследования аналитической модели могут быть использованы аналитический метод и численный метод. В последнее время численные методы реализуются на ЭВМ, поэтому компьютерные модели можно рассматривать как разновидность математических.

Математические модели довольно разнообразны и тоже могут быть классифицированы по разным основаниям:

1. По степени абстрагирования при описании свойств системы они делятся на *мета–, макро– и микромодели*.

2. В зависимости от формы представления различают *инвариантные, аналитические, алгоритмические и графические модели*.

3. По характеру отображаемых свойств объекта модели классифицируют на *структурные, функциональные и технологические*.

4. По способу получения различают *теоретические, эмпирические и комбинированные*.

5. В зависимости от характера математического аппарата модели бывают *линейные и нелинейные, непрерывные и дискретные, детерминированные и вероятностные, статические и динамические*.

6. По способу реализации различают *аналоговые, цифровые, гибридные, нейронечеткие модели*, которые создаются на основе аналоговых, цифровых, гибридных вычислительных машин и нейросетей.

3 МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

В основе теории моделирования лежит общая теория систем, также известная как *системный подход*. Это общенаучное направление, согласно которому объект исследования рассматривается как сложная система, взаимодействующая с

окружающей средой. Объект является системой, если он состоит из совокупности взаимосвязанных между собой элементов, сумма свойств которых не равна свойствам объекта. Система отличается от смеси наличием упорядоченной структуры и определенных связей между элементами. Например, телевизор, состоящий из большого числа радиодеталей, соединенных между собой определенным образом, является системой, а те же радиодетали, беспорядочно лежащие в ящике, системой не являются.

Различают следующие уровни описания систем:

- 1) лингвистический (символический);
- 2) теоретико-множественный;
- 3) абстрактно-логический;
- 4) логико-математический;
- 5) теоретико-информационный;
- 6) динамический;
- 7) эвристический.

Система взаимодействует с окружающей средой, обменивается с ней веществом, энергией, информацией (рис. 2).

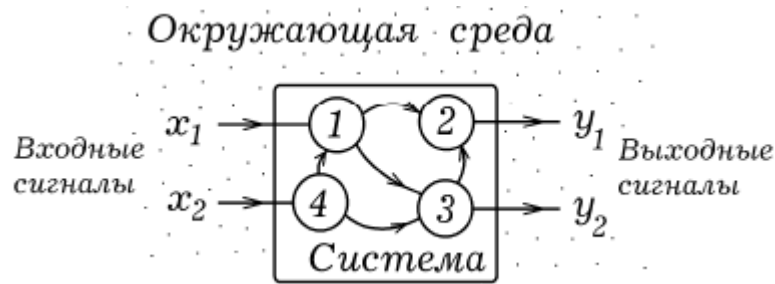


Рисунок 2 - Исследуемая система и окружающая среда

Каждый ее элемент является подсистемой. Система, включающая анализируемый объект как подсистему, называется **надсистемой**. Можно считать, что система имеет входы, на которые поступают сигналы, и выходы, выдающие сигналы в среду.

Отношение к объекту познания как к целому, составленному из многих взаимосвязанных между собой частей, позволяет увидеть за огромным количеством несущественных деталей и особенностей нечто главное и сформулировать системообразующий принцип.

Если внутреннее устройство системы неизвестно, то ее считают "черным ящиком" и задают функцию, связывающую состояния входов и выходов. В этом состоит кибернетический подход. При этом анализируется поведение рассматриваемой системы, ее отклик на внешние воздействия и изменения окружающей среды.

Исследование состава и структуры объекта познания называется **системным анализом**. Его методология нашла свое выражение в следующих принципах:

- 1) принцип физичности: поведение системы описывается определенными физическими (психологическими, экономическими и др. законами);
- 2) принцип моделируемости: система может быть промоделирована конечным числом способов, каждый из которых отражает ее существенные стороны;

3) принцип целенаправленности: функционирование достаточно сложных систем приводит к достижению некоторой цели, состояния, сохранения процесса; при этом система способна противостоять внешним воздействиям.

Как указывалось выше, система имеет *структуру* — множество внутренних устойчивых связей между элементами, определяющее основные свойства данной системы. Ее можно представить графически в виде схемы, химической или математической формулы или графа. Это графическое изображение характеризует пространственное расположение элементов, их вложенность или подчиненность, хронологическую последовательность различных частей сложного события.

При построении модели рекомендуется составлять структурные схемы изучаемого объекта, особенно если он достаточно сложен. Это позволяет понять совокупность всех интегративных свойств объекта, которыми не обладают его составные части.

Одной из важнейших идей системного подхода является *принцип эмерджентности*, — при объединении элементов (частей, компонентов) в единое целое возникает системный эффект: у системы появляются качества, которым не обладает ни один из входящих в нее элементов.

Принцип выделения основной структуры системы состоит в том, что изучение достаточно сложного объекта требует выдвижения на первый план некой части его структуры, являющейся главной или основной. Иными словами, нет необходимости учитывать все многообразие деталей, а следует отбросить менее существенное и укрупнить важные части объекта для того, чтобы понять основные закономерности.

Любая система взаимодействует с другими не входящими в нее системами и образующими среду. Поэтому ее следует рассматривать как подсистему некоторой более обширной системы. Если ограничиться анализом только внутренних связей, то в некоторых случаях не удастся создать правильной модели объекта. Следует учесть существенные связи системы со средой, то есть внешние факторы, и тем самым "замкнуть" систему. В этом состоит *принцип замкнутости*.

Чем сложнее исследуемый объект, тем больше разнообразных моделей (описаний) можно построить. Так, глядя на цилиндрическую колонну с различных сторон, все наблюдатели скажут, что ее можно промоделировать однородным цилиндрическим телом определенных размеров. Если вместо колонны наблюдатели станут рассматривать какую-то сложную архитектурную композицию, то каждый увидит свое и построит свою модель объекта. При этом, как и в случае с мудрецами, получатся различные результаты, противоречащие друг другу. И дело тут не в том, что истин много или объект познания непостоянен и многолик, а в том, что объект сложен и истина сложна, а используемые методы познания поверхностны и не позволили понять сущность до конца.

При изучении больших систем исходят из принципа иерархичности, который заключается в следующем. Изучаемый объект содержит несколько связанных подсистем первого уровня, каждая из которых сама является системой, состоящая из подсистем второго уровня и т.д. Поэтому описание структуры и создание теоретической модели должно учитывать "расположение" элементов на различных "уровнях", то есть их *иерархию*.

К основным свойствам систем относятся:

1) целостность, то есть несводимость свойств системы к сумме свойств отдельных элементов;

- 2) структурность, — неоднородность, наличие сложной структуры;
- 3) множественность описания, — система может быть описана различными способами;
- 4) взаимозависимость системы и среды, — элементы системы связаны с объектами, не входящими в нее и образующими окружающую среду;
- 5) иерархичность, — система имеет многоуровневую структуру.

4 КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ

Задача науки состоит в построении теоретической модели окружающего мира, которая бы объясняла известные и предсказывала неизвестные явления. Теоретическая модель может быть *качественной* или *количественной*.

Рассмотрим качественное объяснение электромагнитных колебаний в колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности. При подключении заряженного конденсатора к катушке индуктивности он начинает разряжаться, через катушку индуктивности течет ток, энергия электрического поля переходит в энергию магнитного поля. Когда конденсатор полностью разрядился, ток через катушку индуктивности достигает максимального значения. За счет инерционности катушки индуктивности, обусловленной явлением самоиндукции, происходит перезарядка конденсатора, он заряжается в обратном направлении и т.д. Эта качественная модель явления позволяет проанализировать поведение системы и предсказать, например, что при уменьшении емкости конденсатора частота собственных колебаний контура возрастет.

Важным шагом на пути познания является переход от качественно-описательных методов к математическим абстракциям. Решение многих проблем естествознания потребовало оцифровки пространства и времени, введения понятия системы координат, разработки и совершенствования методов измерения различных физических, психологических и иных величин, что позволило оперировать с численными значениями. В результате были получены достаточно сложные математические модели, представляющие систему алгебраических и дифференциальных уравнений. В настоящее время исследование природных и иных явлений уже не ограничивается качественными рассуждениями, а предусматривает построение математической теории.

Создание количественной модели электромагнитных колебаний в RLC-цепи предполагает введение точных и однозначных способов определения и измерения таких величин, как сила тока i , заряд q , напряжение u , емкость C , индуктивность L , сопротивление R . Не зная, как измерить силу тока в цепи или емкость конденсатора, бессмысленно говорить о каких-то количественных соотношениях. Имея однозначные определения перечисленных величин, и установив процедуру их измерения, можно приступить к построению математической модели, записи системы уравнений. В результате получается неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка $Lq'' + Rq' + q/C = U(t)$. Его решение позволяет, зная заряд конденсатора и ток через катушку индуктивности в начальный момент, определить состояние цепи в последующие моменты времени.

Построение математической модели требует определения независимых величин, однозначно описывающих состояние исследуемого объекта. Например, состояние механической системы определяется координатами входящих в нее

частиц и проекциями их импульсов. Состояние электрической цепи задается зарядом конденсатора, силой тока через катушку индуктивности и т.д. Состояние экономической системы определяется набором таких показателей, как количество денежных средств, вложенных в производство, прибыль, число рабочих, занятых изготовлением продукции и т.д.

Поведение объекта во многом определяется его параметрами, то есть величинами, которые характеризуют его свойства. Так, параметрами пружинного маятника являются жесткость пружины и масса подвешенного к ней тела.

Электрическая RLC-цепь характеризуется сопротивлением резистора, емкостью конденсатора, индуктивностью катушки. К параметрам биологической системы относятся коэффициент размножения, количество биомассы, потребляемой одним организмом и т.д. Другим важным фактором, влияющим на поведение объекта, является внешнее воздействие. Очевидно, что поведение механической системы зависит от действующих на нее внешних сил. На процессы в электрической цепи влияет приложенное напряжение, а развитие производства связано с внешней экономической ситуацией в стране. Таким образом, поведение исследуемого объекта (а значит и его модели) зависит от его параметров, начального состояния и внешнего воздействия.

Создание математической модели требует определения совокупности состояний системы, множества внешних воздействий (входных сигналов) и откликов (выходных сигналов), а также задания соотношений, связывающих отклик системы с воздействием и ее внутренним состоянием. Они позволяют исследовать огромное количество различных ситуаций, задавая иные параметры системы, начальные условия и внешние воздействия. Искомая функция, характеризующая отклик системы, получается в табличном или графическом виде.

Все существующие способы исследования математической модели можно разделить на две группы. Аналитическое решение уравнения часто предусматривает проведение громоздких и сложных математических выкладок и в результате приводит к уравнению, выражающему функциональную связь между искомой величиной, параметрами системы, внешним воздействием и временем. Результаты такого решения нуждаются в интерпретации, предполагающей анализ полученных функций, построение графиков. Численные методы исследования математической модели на ЭВМ предполагают создание компьютерной программы, которая решает систему соответствующих уравнений и выводит на экран таблицу либо графическое изображение. Получающиеся статические и динамические картинки наглядно поясняют сущность исследуемых процессов.

5 КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Задача науки состоит в построении теоретической модели окружающего мира, которая бы объясняла известные и предсказывала неизвестные явления. Теоретическая модель может быть качественной или количественной.

Рассмотрим качественное объяснение электромагнитных колебаний в колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности. При подключении заряженного конденсатора к катушке индуктивности он начинает разряжаться, через катушку индуктивности течет ток, энергия электрического поля переходит в энергию магнитного поля. Когда конденсатор полностью разрядился, ток через катушку индуктивности достигает максимального

значения. За счет инерционности катушки индуктивности, обусловленной явлением самоиндукции, происходит перезарядка конденсатора, он заряжается в обратном направлении и т.д. Эта качественная модель явления позволяет проанализировать поведение системы и предсказать, например, что при уменьшении емкости конденсатора частота собственных колебаний контура возрастет.

Важным шагом на пути познания является переход от качественно-описательных методов к математическим абстракциям. Решение многих проблем естествознания потребовало оцифровки пространства и времени, введения понятия системы координат, разработки и совершенствования методов измерения различных физических, психологических и иных величин, что позволило оперировать с численными значениями. В результате были получены достаточно сложные математические модели, представляющие систему алгебраических и дифференциальных уравнений. В настоящее время исследование природных и иных явлений уже не ограничивается качественными рассуждениями, а предусматривает построение математической теории.

Создание количественной модели электромагнитных колебаний в RLC-цепи предполагает введение точных и однозначных способов определения и измерения таких величин, как сила тока i , заряд q , напряжение u , емкость C , индуктивность L , сопротивление R . Не зная, как измерить силу тока в цепи или емкость конденсатора, бессмысленно говорить о каких-то количественных соотношениях. Имея однозначные определения перечисленных величин, и установив процедуру их измерения, можно приступить к построению математической модели, записи системы уравнений. В результате получается неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка $Lq'' + Rq' + q/C = U(t)$. Его решение позволяет, зная заряд конденсатора и ток через катушку индуктивности в начальный момент, определить состояние цепи в последующие моменты времени.

Построение математической модели требует определения независимых величин, однозначно описывающих состояние исследуемого объекта. Например, состояние механической системы определяется координатами входящих в нее частиц и проекциями их импульсов. Состояние электрической цепи задается зарядом конденсатора, силой тока через катушку индуктивности и т.д. Состояние экономической системы определяется набором таких показателей, как количество денежных средств, вложенных в производство, прибыль, число рабочих, занятых изготовлением продукции и т.д.

Поведение объекта во многом определяется его **параметрами**, то есть величинами, которые характеризуют его свойства.

Так, параметрами пружинного маятника являются жесткость пружины и масса подвешенного к ней тела. Электрическая RLC-цепь характеризуется сопротивлением резистора, емкостью конденсатора, индуктивностью катушки. К параметрам биологической системы относятся коэффициент размножения, количество биомассы, потребляемой одним организмом и т.д.

Другим важным фактором, влияющим на поведение объекта, является **внешнее воздействие**. Очевидно, что поведение механической системы зависит от действующих на нее внешних сил.

На процессы в электрической цепи влияет приложенное напряжение, а развитие производства связано с внешней экономической ситуацией в стране.

Таким образом, поведение исследуемого объекта (а значит и его модели) зависит от его параметров, начального состояния и внешнего воздействия.

Создание математической модели требует определения совокупности состояний системы, множества внешних воздействий (входных сигналов) и откликов (выходных сигналов), а также задания соотношений, связывающих отклик системы с воздействием и ее внутренним состоянием. Они позволяют исследовать огромное количество различных ситуаций, задавая иные параметры системы, начальные условия и внешние воздействия. Искомая функция, характеризующая отклик системы, получается в табличном или графическом виде.

Все существующие способы исследования математической модели можно разделить на две группы. *Аналитическое решение* уравнения часто предусматривает проведение громоздких и сложных математических выкладок и в результате приводит к уравнению, выражающему функциональную связь между искомой величиной, параметрами системы, внешним воздействием и временем. Результаты такого решения нуждаются в интерпретации, предполагающей анализ полученных функций, построение графиков. *Численные методы* исследования математической модели на ЭВМ предполагают создание компьютерной программы, которая решает систему соответствующих уравнений и выводит на экран таблицу либо графическое изображение. Получающиеся статические и динамические картинки наглядно поясняют сущность исследуемых процессов.

ВОПРОСЫ НА ЗАКРЕПЛЕНИЕ МАТЕРИАЛА:

1. Что такое модель?
2. Что такое моделирование?
3. Какие цели моделирования вы знаете?
4. По каким признакам классифицируют модели?
5. Какие свойства моделей вы знаете?
6. Какая модель называется качественная?
7. Какая модель называется количественная?
8. Что такое компьютерная модель?
9. Что такое системный подход?
10. Чем определяется поведение объекта?

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ:

1. Лузина Л.И. Компьютерное моделирование: Учебное пособие. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2001. – с. 6-13
2. **Самостоятельная проработка:** Общие понятия: компьютерное моделирование, компьютерная модель, функции компьютера во время моделирования.

Блок 1
Основні поняття
теорії моделювання

Модуль 2
Структурне та функційне
моделювання

Тема 2.1
Програмне забезпечення
схемотехнічного моделювання

Тема 2.2
Моделі електронних компонентів

Тема: СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Цель: *студенты должны изучить:*

- *понятие САПР;*
- *понятие проектирования;*
- *уровни проектирования;*
- *схемное проектирование;*
- *проектирование печатных плат.*

ПЛАН:

1. *Понятие САПР*
2. *Системы автоматизированного проектирования в электронике*
3. *CAD-программы*

1 ПОНЯТИЕ САПР

Система автоматизированного проектирования - автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности. Также для обозначения подобных систем широко используется аббревиатура **САПР**.

В рамках жизненного цикла промышленных изделий САПР решает задачи автоматизации работ на стадиях проектирования и подготовки производства.

Основная цель создания САПР — повышение эффективности труда, включая:

- сокращения трудоёмкости проектирования и планирования;
- сокращения сроков проектирования;
- сокращения себестоимости проектирования и изготовления, уменьшение затрат на эксплуатацию;
- повышения качества и технико-экономического уровня результатов проектирования;
- сокращения затрат на натурное моделирование и испытания.

Достижение этих целей обеспечивается путем:

- автоматизации оформления документации;
- информационной поддержки и автоматизации процесса принятия решений;
- использования технологий параллельного проектирования;
- унификации проектных решений и процессов проектирования;
- повторного использования проектных решений, данных и наработок;
- стратегического проектирования;

- замены натуральных испытаний и макетирования математическим моделированием;
- повышения качества управления проектированием;
- применения методов вариантного проектирования и оптимизации.

ГОСТ 23501.108-85[16] устанавливает следующие признаки классификации САПР:

- тип/разновидность и сложность объекта проектирования
- уровень и комплексность автоматизации проектирования
- характер и количество выпускаемых документов
- количество уровней в структуре технического обеспечения

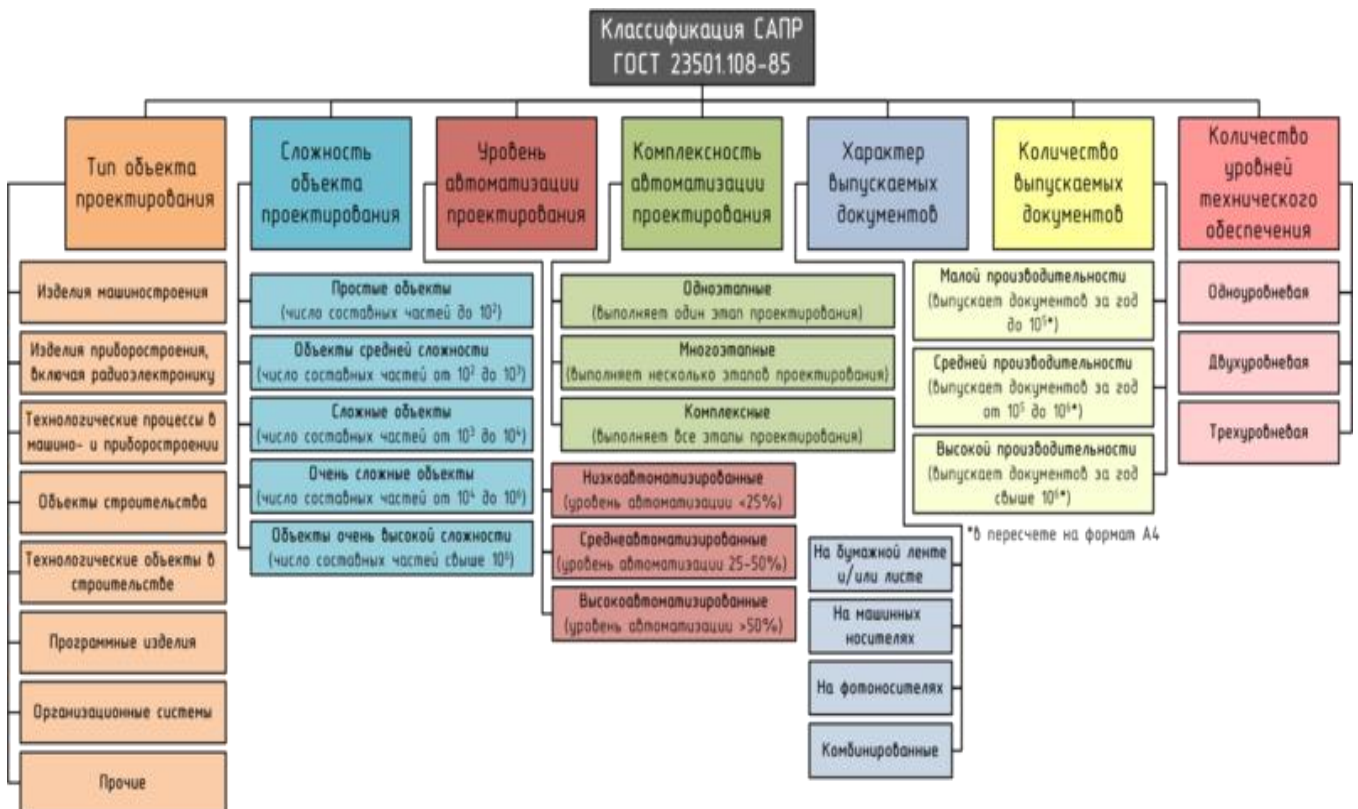


Рисунок 1 - Классификация САПР

В области классификации САПР используется ряд устоявшихся англоязычных терминов, применяемых для классификации программных приложений и средств автоматизации САПР по отраслевому и целевому назначению.

По отраслевому назначению:

MCAD (англ. mechanical computer-aided design) — автоматизированное проектирование механических устройств. Это машиностроительные САПР, применяются в автомобилестроении, судостроении, авиакосмической промышленности, производстве товаров народного потребления, включают в себя разработку деталей и сборок (механизмов) с использованием параметрического проектирования на основе конструктивных элементов, технологий поверхностного и объемного моделирования (SolidWorks, Autodesk Inventor, КОМПАС, CATIA);

EDA (англ. electronic design automation) или ECAD (англ. electronic computer-aided design) — САПР электронных устройств, радиоэлектронных средств, интегральных схем, печатных плат и т. п., (Altium Designer, OrCAD);

AEC CAD (англ. architecture, engineering and construction computer-aided design) или **CAAD** (англ. computer-aided architectural design) — САПР в области архитектуры и строительства. Используются для проектирования зданий, промышленных объектов, дорог, мостов и проч. (Autodesk Architectural Desktop, AutoCAD Revit Architecture Suite, Bentley MicroStation, Bentley AECOsim Building Designer, Piranesi, ArchiCAD).

По целевому назначению:

CAD (англ. computer-aided design/drafting) — средства автоматизированного проектирования, в контексте указанной классификации термин обозначает средства САПР, предназначенные для автоматизации двумерного и/или трехмерного геометрического проектирования, создания конструкторской и/или технологической документации, и САПР общего назначения.

CADD (англ. computer-aided design and drafting) — проектирование и создание чертежей.

CAGD (англ. computer-aided geometric design) — геометрическое моделирование.

CAE (англ. computer-aided engineering) — средства автоматизации инженерных расчётов, анализа и симуляции физических процессов, осуществляют динамическое моделирование, проверку и оптимизацию изделий.

CAA (англ. computer-aided analysis) — подкласс средств CAE, используемых для компьютерного анализа.

CAM (англ. computer-aided manufacturing) — средства технологической подготовки производства изделий, обеспечивают автоматизацию программирования и управления оборудования с ЧПУ или ГАПС (Гибких автоматизированных производственных систем). Русским аналогом термина является АСТПП — автоматизированная система технологической подготовки производства.

CAPP (англ. computer-aided process planning) — средства автоматизации планирования технологических процессов, применяемые на стыке систем CAD и CAM.

Многие системы автоматизированного проектирования совмещают в себе решение задач, относящихся к различным аспектам проектирования CAD/CAM, CAD/CAE, CAD/CAE/CAM. Такие системы называют комплексными, или интегрированными.

С помощью CAD-средств создаётся геометрическая модель изделия, которая используется в качестве входных данных в системах CAM и на основе которой в системах CAE формируется требуемая для инженерного анализа модель исследуемого процесса.

2 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

В электронике САПР имеют примерно 40-летнюю историю, первые программы анализа электронных схем и проектирования печатных плат появились в начале 60-х годов XX века. Значительным стимулом для развития автоматизации проектирования в электронике (EDA – Electronics Design Automation, ECAD –

Electronics Computer Aided Design) стали разработка и развитие технологии интегральных схем.

В электронике наиболее наукоемкими процедурами, насыщенными сложным математическим обеспечением, являются процедуры проектирования СБИС. Проектирование СБИС многоуровневое, каждый уровень характеризуется своим математическим обеспечением (МО).

Можно выделить следующие уровни проектирования СБИС:

- системный;
- функционально-логический;
- схемотехнический;
- конструкторский.

На верхнем, **системном** (или поведенческом) уровне оперируют алгоритмами, которые должны быть реализованы в СБИС, которые выражают поведенческий аспект проектируемого изделия. Алгоритмы, как правило, представляют на языках проектирования аппаратуры (HDL – Hardware Description Language).

На **функционально-логическом** уровне выполняется синтез функциональной схемы (ФС) (так называемый уровень регистровых передач), состоящей из различных функциональных блоков: регистров, операционных устройств, мультиплексоров и т.п., и преобразование ФС в схемы вентильного уровня. На вентильном уровне используются библиотечные элементы: И, ИЛИ, И-НЕ, и др.

Основными языками HDL, которые используются на системном и функционально-логическом уровнях, являются VHDL и Verilog.

Процедуры **схемотехнического** проектирования обычно непосредственно не входят в маршрут проектирования СБИС. Они применяются в основном при отработке библиотек функциональных компонентов СБИС.

К процедурам **конструкторского** проектирования относят планирование кристалла (разрезание и компоновка), размещение компонентов и трассировку соединений (канальная трассировка).

В силу большой сложности задач структурного синтеза, для их эффективного выполнения обычно используют специализированные программы, ориентированные на ограниченный класс проектируемых схем. Характерные особенности проектирования имеют микропроцессоры и схемы памяти, заказные БИС, в том числе программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС).

В настоящее время при проектировании, например, микропроцессора, разработчики могут воспользоваться микропроцессорным ядром, разработанным другой фирмой (например, по лицензионному соглашению). Топологию памяти для этого же кристалла можно приобрести у другой фирмы, специализирующейся на так называемых компиляторах памяти.

Важной проблемой при проектировании является обеспечение возможности всестороннего тестирования микросхем, актуальность проблемы тестирования обусловлена малым числом внешних выводов СБИС, то есть ограниченной управляемостью и наблюдаемостью СБИС. Синтез и анализ тестов занимают до 35% времени в цикле проектирования СБИС. Для осуществления тестирования или самотестирования на кристалле размещают дополнительные функциональные блоки.

Современные САПР СБИС состоят из большого числа программ, различающихся ориентацией на различные проектные процедуры и типы схем.

Наиболее известными разработчиками интегрированных САПР для СБИС являются фирмы Synopsys, Cadence Design Systems, Mentor Graphics. Наряду с ними отдельные программы, предлагают многие фирмы, работающие в области ЕСАД.

Компания Synopsys известна, прежде всего, своими программами, ориентированными на синтез цифровых и аналоговых схем, и так называемых «систем на кристалле» (то есть реализация на одном кристалле всех функций устройства, как аналоговых, так и цифровых, например, портативный компьютер, или система сбора данных).

Фирма Mentor Graphics предлагает продукты для разработки интегральных схем (ИС), специализированных ИС, сигнальных процессоров (DSP- Digital Signal Processing), печатных плат и многокристальных модулей, механических узлов.

Области интересов компании Cadence Design Systems – проектирование печатных плат, моделирующие системы, проектирование ИС, DSP.

Среди программного обеспечения проектирования печатных плат для платформы РС на Российском рынке хорошо известны система OrCAD, программы SPECCTRA и PCB Design Studio фирмы Cadence. В настоящее время программа SPECCTRA является наиболее мощным из доступных средств авторазмещения и трассировки для платформы РС, система OrCAD почти не развивается, хотя в ней имеются средства для моделирования, разработки устройств на ПЛИС и интерфейс с программой SPECCTRA.

Еще одним известным производителем САПР печатных плат является австралийская фирма Altium. Наиболее известные продукты этой фирмы система сквозного проектирования Protel DXP и система проектирования печатных плат P-CAD. Пакет Protel обеспечивает сквозной цикл проектирования смешанных аналого-цифровых печатных плат с использованием программируемой логики фирм Altera и Xilinx. Несмотря на приоритетное развитие системы Protel DXP, фирма Altium продолжает развивать и систему P-CAD, которая остается достаточно популярной в России, в силу приверженности этому названию (которое было у системы PCAD 4.5, фирмы CADAM company, прекратившей существование).

Конструкторское проектирование включает в себя также задачи анализа механической прочности (в том числе и печатных плат), тепловых режимов, и электромагнитной совместимости (ЕМС). Для реализации этих расчетов, предлагаются специализированные продукты, хотя некоторые пакеты сквозного проектирования имеют собственные модули, например в системе MentorBoardStation, компании Mentor Graphics имеются модули анализа ЕМС и теплового моделирования. Из российских программ следует отметить коммерческий пакет теплового моделирования ТРИАНА (АСОНИКА-Т), разработанный специалистами Московского Государственного Института Электроники и Математики. В состав пакета входит редактор, позволяющий формировать геометрическую модель печатной платы или гибридной интегральной схемы, а также специализированный модуль подготовки тепловых моделей. Программа имеет интерфейс с современными САПР печатных плат: PCAD, Protel, OrCAD, SPECCTRA.

Важным этапом проектирования печатных плат является подготовка уже разработанного проекта к производству, для этого предназначены так называемые САМ (Computer Aided Manufacturing) системы. В задачи САМ систем входит

проверка на соответствие проекта технологическим нормам имеющегося оборудования, формирования управляющих файлов для фотоплоттеров для получения фотошаблонов, генерация управляющих файлов для станков с ЧПУ для сверления отверстий, а также для оборудования автоматического тестирования печатных плат и автоматической расстановки элементов. И хотя большинство систем проектирования печатных плат имеют встроенные средства генерации таких файлов, тем не менее, имеется ряд задач, которые необходимо выполнять в специально предназначенных для этого продуктах. На российском рынке из подобных систем наиболее известна программа CAM350 компании Dawnstream Technologies. Можно отметить также программу CAMtastic, которая поставляется в комплекте с пакетами PCAD 2002, Protel DXP.

В области автоматизации схемотехнического проектирования наибольшее распространение получили варианты программы Spice. Она была разработана в Беркли в 1972 году, версии для персональных компьютеров имеют название PSpice. Сейчас она входит в комплекты проектирования различных фирм, например, в систему OrCAD 9.2 (Cadence Design Systems), систему DesignLab 8.0 фирмы MicroSim (прекратила существование после слияния с Cadence). В программе Pspice предусмотрены статический, динамический и частотный виды анализа, смешанное аналого-цифровое моделирование, расчет на наихудший случай и шумовой анализ, статистический и спектральный анализ.

3 CAD-ПРОГРАММЫ

Proteus VSM

Мощнейшая система автоматизированного проектирования, позволяющая виртуально смоделировать работу огромного количества аналоговых и цифровых устройств.

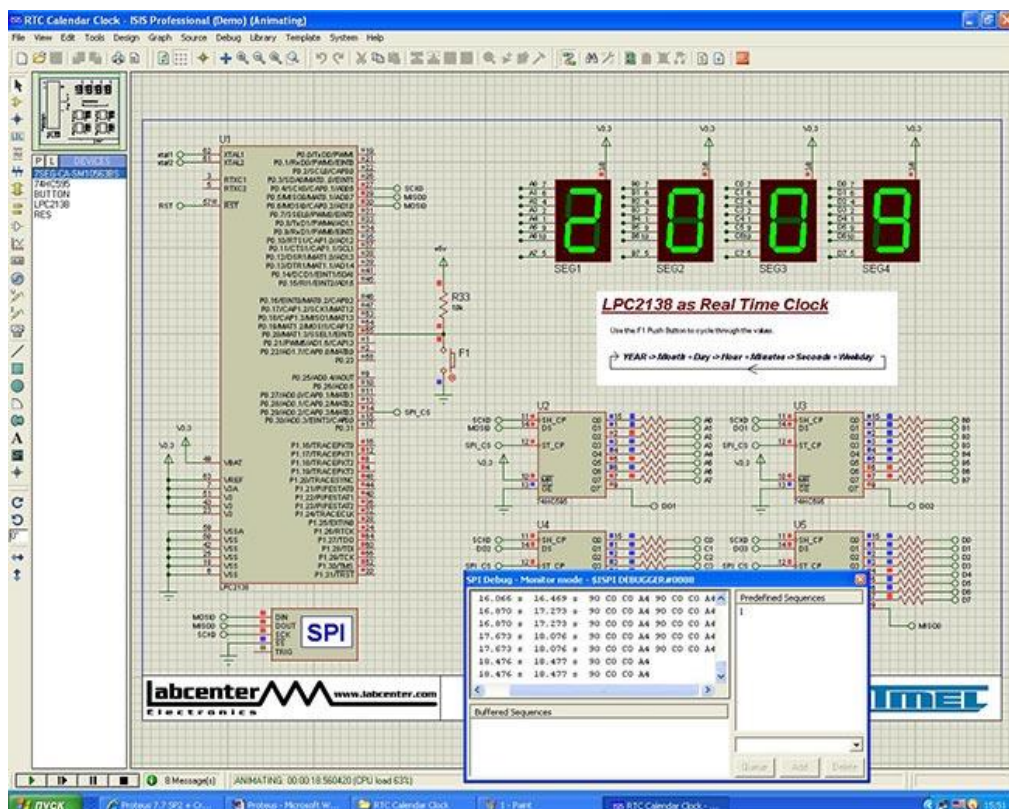


Рисунок 2 - Интерфейс Proteus VSM

Программный пакет Proteus VSM позволяет собрать схему любого электронного устройства и симулировать 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 автотрассировщиком 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.

Несмотря на то, что программа работает с устройствами, состоящими из нескольких микроконтроллеров и даже с чипами от разных производителей в одном устройстве, необходимо четко понимать, что симуляция повторяет работу реальной схемы не абсолютно точно! Чтобы избежать ошибок, нужно ясно представлять конечный результат.

Proteus VSM является коммерческим продуктом. Есть бесплатная демонстрационная версия. Она обладает всеми функциями и возможностями платного пакета, но не позволяет сохранить или распечатать результат работы, создать свой собственный микроконтроллер.

Меню программы англоязычное. Полного русификатора для Proteus VSM нет. Устанавливать программу необходимо в папку без кириллических символов в названии.

Операционные системы, в которых работает данная САПР – это Windows 2000 / XP / Vista / 7. Обратите внимание, что Proteus VSM работоспособен в Windows 7, только начиная с версии 7.8.

Micro-Cap

Профессиональная программа аналогового, цифрового и смешанного моделирования и анализа цепей электронных устройств средней степени сложности.

Интуитивно понятный интерфейс, нетребовательность к вычислительным ресурсам персонального компьютера и большой спектр возможностей послужили основой популярности Micro-Cap среди радиолюбителей, студентов и преподавателей микроэлектроники. 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 Shape Editor. 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. Моделирование включает в себя целый набор различных анализов: переходных процессов, передаточных характеристик по постоянному току, малосигнальных частотных характеристик, чувствительностей по постоянному току, нелинейных искажений, метода Монте-Карло и многих других. 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). Из недостатков можно отметить лишь необходимость установки дополнительных элементов, так как объем библиотек Micro-Cap (даже в полной версии) явно недостаточен.

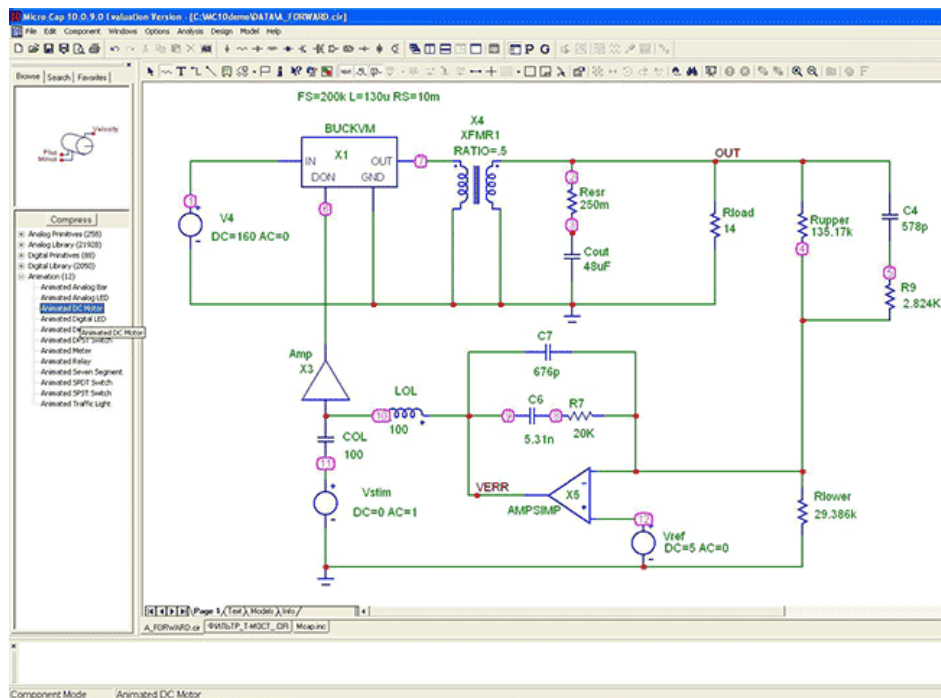


Рисунок 3 - Интерфейс Micro-Cap

Micro-Cap – англоязычный пакет, но желающие могут легко отыскать в сети русификатор программы от известных специалистов по работе с ним – Сергея и Марины Амелиных. У некоторых пользователей после русификации в среде моделирования возникают проблемы с отображением кириллических шрифтов.

Программа была написана в 1982 году фирмой Spectrum Software, с тех пор она постоянно расширяется и совершенствуется. Фирма, в свою очередь, была основана Энди Томпсоном в феврале 1980 года, изначально позиционируясь на написании программ для Apple. Она расположена в одном из основных городов Силиконовой долины – Саннивейле (штат Калифорния, США).

Стоимость Micro-Cap составляет несколько тысяч долларов, однако на сайте разработчика можно скачать свободно распространяемую Evaluation Version, которая обладает многими возможностями полнофункциональной. Основные отличия – это не более 50 элементов в схеме, урезанная библиотека компонентов, ограничения на построение ряда графиков и медленная скорость работы.

Micro-Cap работоспособен во всех операционных системах семейства Windows. Проблем при работе в Vista и 7 выявлено не было.

NI Multisim

Популярный программный пакет, позволяющий моделировать электронные схемы и разводить печатные платы.

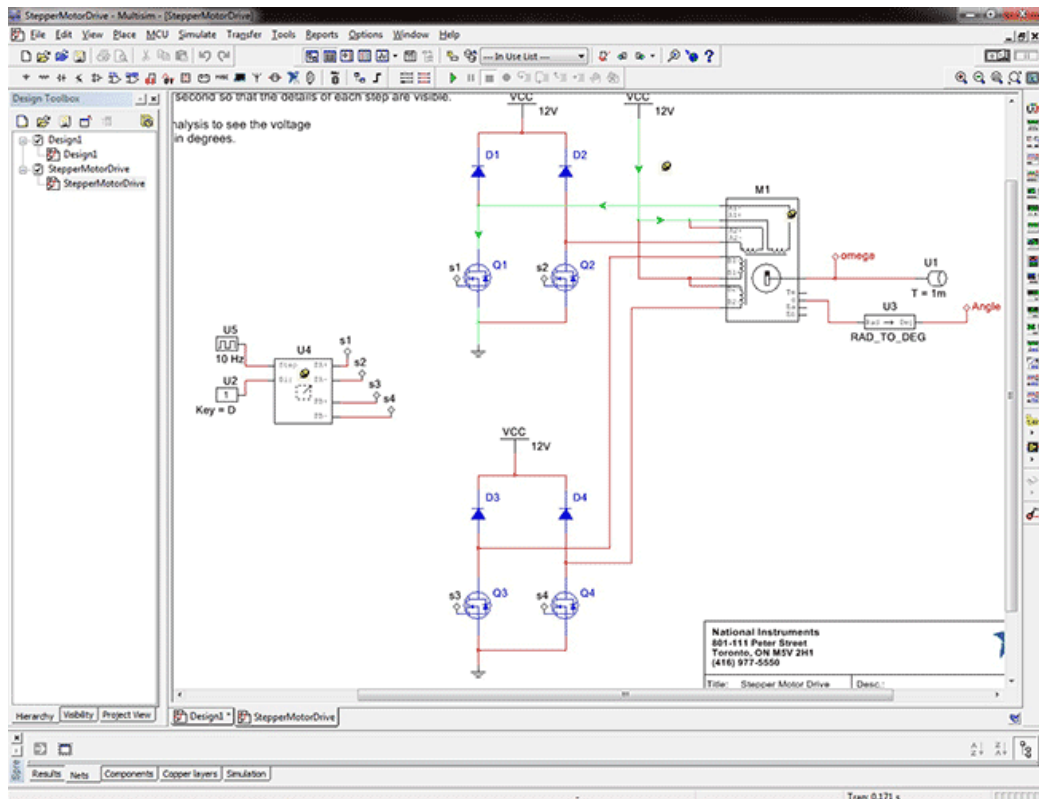


Рисунок 4 - Интерфейс NI Multisim

Главная особенность NI Multisim – простой наглядный интерфейс, мощные средства графического анализа результатов моделирования, наличие виртуальных измерительных приборов, копирующих реальные аналоги. Библиотека элементов содержит более 2000 SPICE-моделей компонентов National Semiconductor, Analog Devices, Phillips, NXP и других производителей. Присутствуют электромеханические модели, импульсные источники питания, преобразователи мощности. Инструмент Convergence Assistant автоматически исправляет параметры SPICE, корректируя ошибки моделирования. NI Multisim выпускается в двух вариантах – Professional и Education.

Версия Multisim Education предназначена для учебных заведений и включает в себя обучающие курсы, подготовленные аппаратные решения и рабочие учебники. Основная задача – закрепить теоретический материал, наглядно продемонстрировав работу тех или иных законов и процессов в реальных проектах. Для этого помимо интерактивных компонентов программа способна взаимодействовать с аппаратными платформами NI myDAQ (библиотека контрольно-измерительного оборудования) и NI ELVIS (виртуальный инструмент для учебной мастерской), что делает возможным создание целых виртуальных лабораторий систем управления, энергетики, мехатроники и силовой техники.

Версия Multisim Professional специально создана для быстрого прототипирования и решения задач оптимизации соединений. Предлагается

расширенный пользовательский интерфейс, нестандартные методы анализа, основанные на фирменной системе NI LabVIEW, и обычные алгоритмы имитационного моделирования схем по стандарту SPICE.

Последние версии программы обладают улучшенной функциональностью, новыми инструментами для моделирования, расширенной базой элементов, благодаря чему разработка и создание проектов электрических схем может выполняться гораздо более точно и быстро. NI Multisim может взаимодействовать со средой разработки систем измерения LabVIEW, что позволяет сопоставлять теоретические данные с реальными, прямо в ходе создания схем печатных плат. Это уменьшает количество проектных ошибок и ускоряет реализацию проектов. Обратной стороной этого стали завышенные системные требования, предъявляемые к оборудованию. Нагрузка на процессор и память при работе с большими схемами и при трассировке очень велика.

Первые версии программы имели название Electronics Workbench и разрабатывались одноименной фирмой. В настоящее время Electronics Workbench является дочерней компанией, которая принадлежит National Instruments (<http://russia.ni.com/>). Штаб-квартира NI расположена в городе Остин (Техас, США), а на странице можно найти контактную информацию об офисах в России.

Для облегчения процесса создания печатных плат компания дает возможность каждому разработчику вступить в онлайн-сообщество NI Circuit Design Community для того, чтобы обмениваться своими работами, прототипами, шаблонами, обсуждать нюансы разработок и получать новые знания от коллег и единомышленников, живущих по всему миру.

Язык интерфейса только английский, но существуют самодельные варианты русификации пакета.

Рабочая платформа – 32-разрядная Windows XP, Vista, 7 или 64-разрядная – Vista и 7. Программа не поддерживает Windows 95, 98, 2000, NT, Me и 64-разрядную Windows XP

LabVIEW

Графическая среда для создания программ в системах сбора, анализа, измерения, визуализации и обработки данных, а также для управления и автоматизации технических объектов и технологических процессов.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) имеет уникальный графический интерфейс и программирование, которое существенно отличается от работы на Java или C. Создание приложений представляет собой процесс образования блок-диаграммы из графических образов (иконок), что позволяет сконцентрировать все свое внимание только на работе с потоком данных. Любая программа является виртуальным прибором, имеющим «лицевую панель» (все средства ввода-вывода для управления прибором: переключатели, кнопки, светодиоды, информационные табло, лампочки, графики, текстовые поля и прочее) и «блок-схему» (логика работы программы). Все части программы соединены между собой нитями, по которым совершается передача данных. Каждый виртуальный прибор может включать в себя другие виртуальные приборы. Система, созданная в LabVIEW, намного превосходит любой реально существующий лабораторный инструмент, позволяя самостоятельно определять нужные функции создаваемого аппарата. При необходимости, изменения можно внести всего за пару минут.

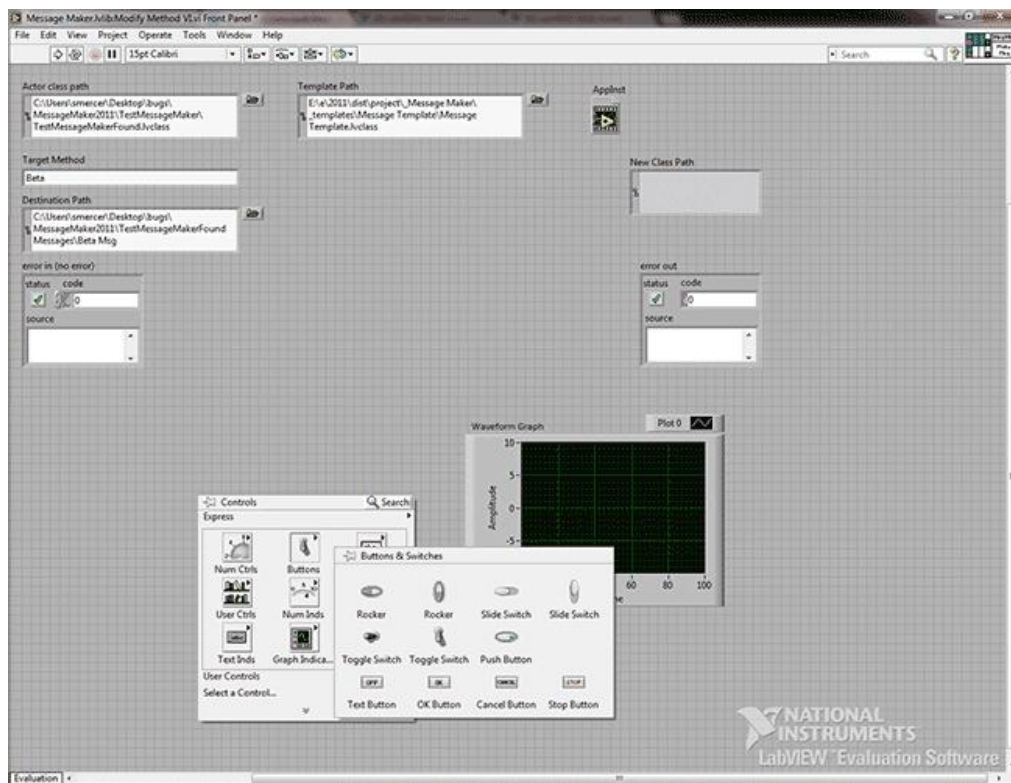


Рисунок 5 - Интерфейс NI LabVIEW

Программный пакет поддерживает огромное количество оборудования от различных производителей и включает в себя многочисленные библиотеки компонентов, а также развитые средства связи для удаленного взаимодействия с объектом. LabVIEW обладает собственной математической поддержкой и может интегрировать программы, созданные в среде MATLAB. В сочетании с аппаратными средствами возможно создание систем практически любой сложности для решения абсолютно разных задач. LabVIEW применяется для управления (в том числе и удаленного) различным оборудованием (устройствами сбора данных, датчиками, устройствами наблюдения, двигательными устройствами, роботами), сбора данных, тестирований и измерений, визуализации результатов, моделирования процессов, хранения информации и генерации отчетов. Поскольку LabVIEW еще и настоящий 32-битный компилятор, то он способен создавать библиотеки функций и независимые исполняемые файлы.

LabVIEW была создана для уменьшения времени программирования любых измерительных приборов. Но в дальнейшем сфера применимости программы охватила электротехнику, механику, физику, биологию, психологию, химию, образование и множество других отраслей науки. LabVIEW используют передовые научные центры CERN (Европа), Livermore, Batelle, Lawrence (США), крупнейшие военные и промышленные объекты.

Интерфейс LabVIEW, как и встроенная интерактивная обучающая система, контекстнозависимая помощь и множество примеров по использованию приемов программирования, выполнены на английском, китайском, немецком, но не на русском языках.

Первая версия LabVIEW была написана в 1986 году компанией National Instruments (Техас, США, www.ni.com), продукцию которой покупают более 25 тысяч организации, расположенных в 90 странах мира. Последние десять лет National Instruments входит в число 100 лучших работодателей США.

LabVIEW является проприетарным программным обеспечением, имеет

закрытый исходный код и требует активации. В ознакомительных целях свободный доступ к программе предоставляется лишь на несколько дней. Обучающие пособия можно найти здесь. Официальные русскоязычные сайты программы <http://russia.ni.com/labview> и <http://www.labview.ru/>.

Изначально LabVIEW выпускалась для Apple Macintosh, но сегодня существуют версии для MacOS, HP-UX, Linux, Solaris и, конечно, Microsoft Windows. Приложения, написанные в LabVIEW, легко портируются на другие платформы.

OrCAD

Одна из лучших программ сквозного проектирования электронной аппаратуры, предоставляющая PCB дизайнерам поистине безграничные возможности разработки и моделирования электронных схем и создания печатных плат.

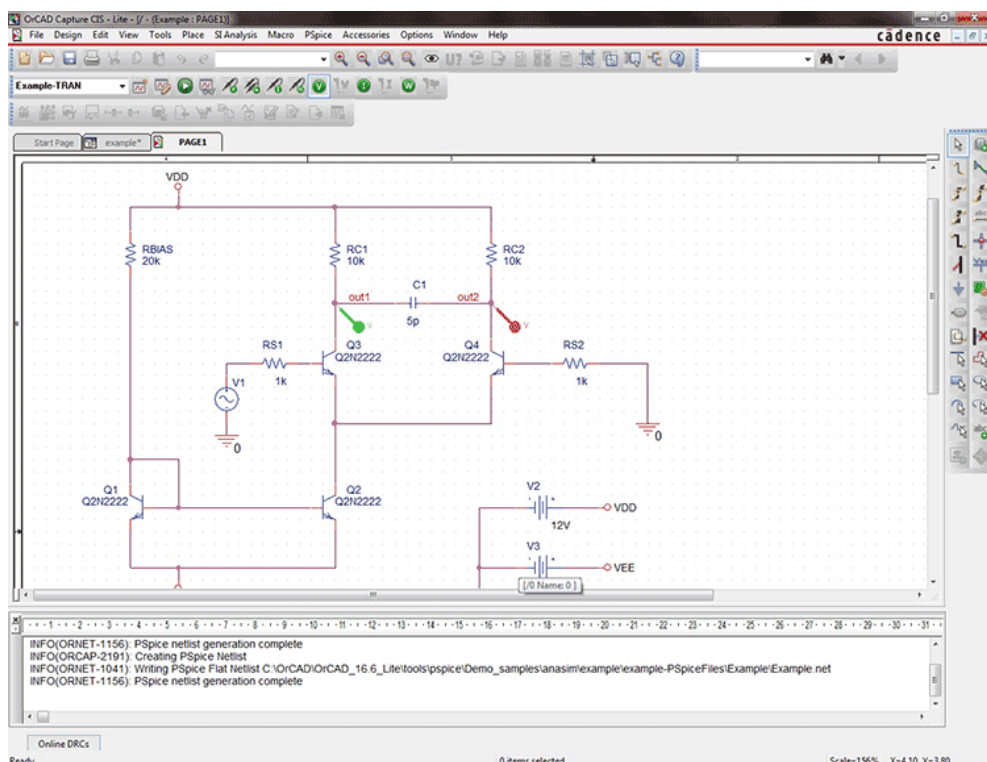


Рисунок 6 - Интерфейс OrCAD

Название программы образовано от сокращения слова Oregon и аббревиатуры CAD. В 1998 году после объединения компании MicroSim и OrCAD вышла версия 9.0, впервые связавшая редактор схем Capture с программами моделирования и оптимизации аналого-цифровых устройств. Сегодня OrCAD представляет собой целый ряд модулей, каждый из которых обладает собственными уникальными функциями. Их состав и количество меняются от версии к версии. Можно выделить:

- Capture – графический редактор для создания электрических принципиальных схем из моделей элементов;
- Capture Component Information System Option – графический редактор, аналогичный предыдущему и 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.

Кроме этого можно отметить модули: PSpice SLPS Option для связи с Matlab, SPECCTRA for OrCAD, осуществляющий автоматическую или интерактивную трассировку, Signal Explorer, позволяющий проводить проверку перекрестных искажений и целостности сигналов.

Программный пакет OrCAD имеет все необходимое для выполнения различных этапов процесса разработки: входное проектирование, функциональное моделирование, синтез, размещение, трассировка, моделирование задержек, генерация элемента. Физическое проектирование начинается с выбора библиотечного и технологического базиса. В OrCAD Capture есть возможность создать проект в схематехнической 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. На этапе функционального моделирования на входы проекта посылаются тестовые сигналы, полученные выходные данные можно сравнить с ожидаемыми результатами. 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. Из последних нововведений программы – единая среда OrCAD Capture Marketplace, представляющая собой портал компании-разработчика. Благодаря доступу к новейшим достижениям в области печатных плат можно повысить производительность работ. На портале есть все необходимое: посадочные места, символы УГО, технические описания, Spice- и IBIS-модели, многочисленные, зачастую бесплатные дополнительные приложения, имеющие новые инструменты и функции, расширяющие стандартные возможности OrCAD.

Продукты линейки OrCAD принадлежат Cadence Design Systems (<http://www.cadence.com/>). Эта компания была основана в 1988 году и много лет являлась крупнейшей в EDA индустрии. В настоящее время в компании работает более 5 000 человек, среднегодовой доход превышает один миллиард американских долларов. Штаб-квартира находится в городе Сан-Хосе (США, Калифорния). Основное внимание Cadence уделяет разработке программ, помогающих проектировать электронные приборы, микрочипы и печатные платы.

Основным недостатком OrCAD является его высокая стоимость. Цены для отечественных разработчиков колеблются от 100 000 рублей (базовая конфигурация OrCAD PCB Designer Lite) до 300 000 (OrCAD PCB Designer Professional).

Пользователям предлагается только английский интерфейс OrCAD. В Сети можно встретить несколько самостоятельных переводов разных версий программного пакета на русский язык.

Последние версии OrCAD предъявляют следующие системные требования к оборудованию: операционная система Windows 2008 Server (32-bit), 2003 Server (32-bit), XP (32 и 64 bit), Vista, исключая Home Basic (32 и 64 bit), 7 (32 и 64 bit); процессор частотой от 1.2 ГГц (лучше от 2,4 ГГц); память от 1 ГБ (рекомендуется 2 ГБ); дисковое пространство не менее 10 ГБ.

AutoCAD Electrical

Специализированный продукт, созданный на основе популярной САПР AutoCAD и предназначенный для проектирования электрических систем.

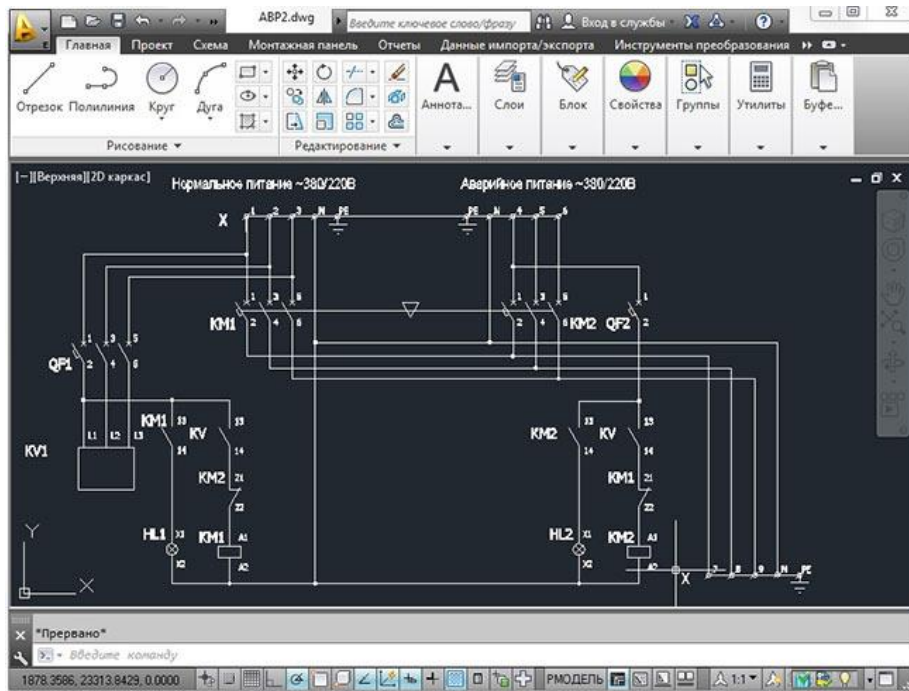


Рисунок 7 - Интерфейс AutoCAD Electrical

AutoCAD Electrical включает в себя большинство функций программного обеспечения AutoCAD, а кроме того содержит уникальные инструменты для автоматизации процессов создания схем, компоновки чертежей, генерации отчетов и многого другого. Приложение работает как с целыми проектами, так и с отдельными компонентами (двигателями, клеммами, реле и т.д.); проводами, жгутами, кабелями; программируемыми логическими контроллерами. Проекты могут включать в себя принципиальные схемы, схемы автоматизации, чертежи компоновок, схемы соединений, монтажные планы, разнообразные отчеты. Модуль «Диспетчер проектов» координирует совместную работу, позволяя рабочим группам на всех стадиях проекта использовать одну цифровую модель.

Программа поддерживает международные стандарты по оформлению чертежей, включает в себя обширнейшие библиотеки компонентов и условных обозначений, в частности свыше 2000 УГО элементов электрических схем стандартов ГОСТ, IEC, JIS, JIC, GB, AUS. Имеется опция самостоятельной разработки и добавления графических образов. Базы данных каталога содержат более 370 тысяч наименований изделий известных производителей, их компоновочные образы и каталожные данные.

Каждому компоненту в схеме присваивается автоматически уникальное позиционное обозначение. Части компонента с одинаковым обозначением, но размещенные на разных листах, определяются программой как единый объект. Произведенные в одной месте изменения переносятся на все остальные части компонента. Проводам в проекте можно назначать цвет, марку, сечение, номера и функции жил кабелей и т.д. Для соединения цепей, расположенных на разных листах (или частях листа), применяются перекрестные ссылки. ПО AutoCAD Electrical содержит специальные инструменты для работы со схемами, имеющими жгутовые соединения, контакторы и реле, программируемые логические

контроллеры. Все данные о клеммах проекта рассматриваются в особом «Редакторе клеммных колодок».

В ходе проектирования ПО AutoCAD Electrical в реальном времени осуществляет контроль над всеми проводимыми операциями и при необходимости выводит сообщения об ошибках. Программа отслеживает УГО для компонентов, дублирование обозначений, недопустимые контакты, «висячие» провода, отсутствие или повтор номера провода, элементы с не назначенными номерами каталога, «дочерние» компоненты с не назначенным «родителем».

По данным отдельных чертежей или всего проекта в целом формируются различные отчеты, например, таблицы соединений, перечни компонентов, проводов и кабелей, таблицы сигналов ПЛК, справки о перекрестных ссылках и т.д. Кроме того имеется возможность «тонкой» настройки пользовательских отчетов, а также их сохранения во внешних файлах форматов ASCII, Microsoft Access и Excel, XML, CSV, PDF. Для получения 3D-модели изделия предусмотрена связь с программой Autodesk Inventor.

Программное обеспечение AutoCAD Electrical является платным, стоимость лицензии составляет около 5000 долларов. Можно скачать бесплатную 30-дневную демонстрационную версию данного софта. Установка программы проходит в автоматическом режиме.

Программа AutoCAD Electrical является продуктом знаменитой компании Autodesk, специализирующейся на поставке программного обеспечения для областей машиностроения и строительства, сферы средств развлечения и информации. Организация была основана в 1982 году, в данный момент ее штаб-квартира расположена в городе Сан-Рафеле (США, штат Калифорния).

Языковые пакеты ПО AutoCAD Electrical включают в себя: русский, английский, немецкий, французский, испанский, итальянский, китайский, корейский, шведский, датский, финский и норвежский наборы. Необходимо отметить, что программа не поддерживает языки интерфейса, отличные от языка операционной системы.

САПР работоспособна в операционных системах Microsoft Windows XP, Vista, 7 и 8. Приложение распространяется с полным комплектом справочной документации, для начинающих пользователей предусмотрены обучающие видеоролики.

Electronics Workbench

Один из самых известных пакетов схематического моделирования цифровых, аналоговых и аналогово-цифровых электронных схем высокой сложности.

Данная система схемотехнического моделирования показала достаточно высокую гибкость и точность вычислений, найдя широкое применение более чем в 50 странах мира, как на предприятиях, так и в высших учебных заведениях. Electronics Workbench включает инструменты для моделирования, редактирования, анализа и тестирования электрических схем. Программа имеет простой интерфейс и идеально подходит для начального обучения электронике. Библиотеки предлагают огромный набор моделей радиоэлектронных устройств от самых известных иностранных производителей с широким диапазоном значений параметров. Кроме этого, есть возможность создания собственных компонентов. Активные элементы могут быть показаны как идеальными, так и реальными моделями. Всевозможные приборы (мультиметры, осциллографы, вольтметры,

амперметры, частотные графопостроители, динамики, светодиоды, лампы накаливания, логические анализаторы, сегментные индикаторы) позволяют делать измерения любых величин, строить графики. Electronics Workbench может провести анализ цепи по постоянному и переменному току, исследовать переходные процессы при любом внешнем воздействии с помощью генераторов сигнала разной формы. Для более детального анализа программный пакет может работать с PSpice и Micro-Cap. Electronics Workbench позволяет экспортировать результаты работ в трассировщики Tango, Orcad, Protel, Eagle и Layo1.

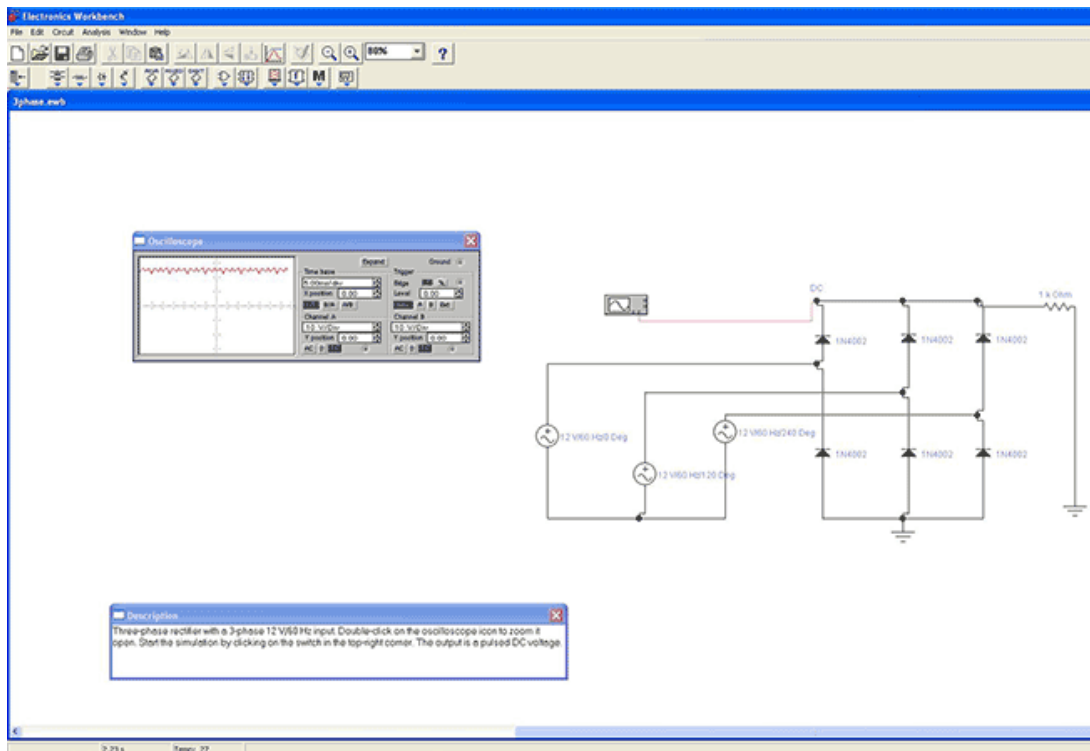


Рисунок 8 - Интерфейс Electronics Workbench

Electronics Workbench была создана в 1989 году. Первые версии состояли из двух независимых частей – для моделирования цифровых и аналоговых устройств. Позже в 1996 году обе части были объединены. В 1997 году была выпущена последняя версия программы. На сегодняшний день разработка и поддержка Electronics Workbench прекращена, последним добавлением является EWB Layout, специализированная на разработке печатных плат и расширяющая возможности Electronics Workbench.

Продукт создала компания National Instruments Electronics Workbench Group (Interactive Image Technologies) – один из первопроходцев компьютерной разработки устройств электроники. Сегодня Electronics Workbench – это дочерняя компания, права на которую полностью принадлежат National Instruments Corporation (www.ni.com). Штаб-квартира Electronics Workbench находится в канадском городе Торонто, офисы размещены более чем в 35 странах мира. Основные идеи, наработки и опыт специалистов компании были продолжены в идейном наследнике – программе NI Multisim.

Меню системы схемотехнического моделирования Electronics Workbench англоязычное.

Программа написана для работы в операционной системе Windows версий 95, 98, NT, 2000, XP. При работе в Windows Vista и 7 наблюдаются небольшие баги.

McCAD

Простой и в то же время мощный программный комплекс для разработки электронных устройств различной степени сложности.

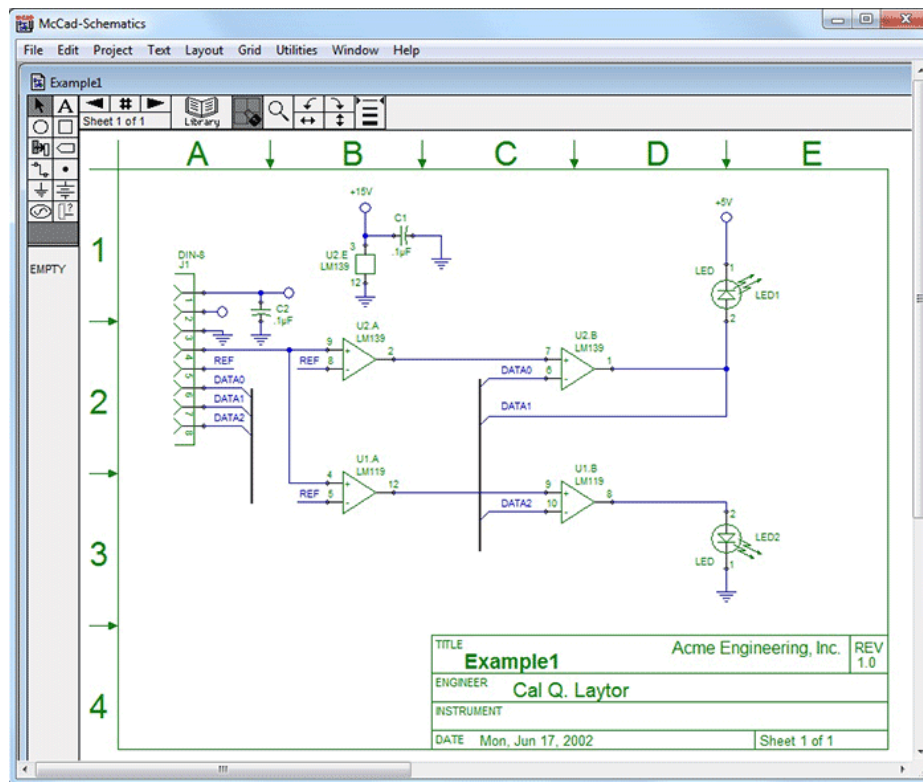


Рисунок 9 - Интерфейс McCAD

Система автоматизированного проектирования McCAD состоит из целого ряда отдельных программ, составляющих полный цикл проектирования печатных плат. В настоящее время данный комплекс включает: 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 присутствует 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 Net list и Bill of 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. Главные особенности – 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 штуки. Результаты могут быть представлены в форматах Gerber, Drill, Excellon, PICT, DXF, IPC-356, GenCAD 1.4 и других.

Функция автотрассировки 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.

Среда проектирования McCAD является платной. Приобрести можно как отдельные модули программы (например, редактор плат PCB-ST за 795 долларов или аналогово-цифровой симулятор 3SPICE за 395 долларов), так и комплекты – EDS1 (редактор схем и редактор плат) за 1095 долларов или SIMP-1 (расширенный редактор схем и аналогово-цифровой симулятор) за 695 долларов. Каждый модуль программы McCAD имеет демонстрационный режим работы.

Программа McCAD является разработкой компании VAMP Inc. (США, штат Калифорния, город Лос-Анджелес). Организация была основана в 1977 году.

Программа McCAD полностью англоязычная, пакет документации также представлен на английском. Русификатора к данному софту нет.

Среда проектирования поддерживает операционные системы MAC OS X (начиная с версии 10.4) и Microsoft Windows (2K, XP, Vista, 7 (рекомендуется 32-битная)). Старые версии программы McCAD, предназначенные для работы в более ранних версиях операционных систем, доступны для скачивания только владельцам лицензий.

ВОПРОСЫ НА ЗАКРЕПЛЕНИЕ МАТЕРИАЛА:

1. Что такое САПР?
2. Цели создания САПР.
3. Классификация САПР.
4. Функциональные возможности САПР.
5. Характеристика схемотехнического проектирования.
6. Характеристика конструкторского проектирования.
7. Назовите основные САПР в электронике.

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ:

1. Костюченко Т.Г. САПР в приборостроении. Учебное пособие. – Томск, Изд. ТПУ, 2009 – с. 12-24
2. **Самостоятельная проработка:** Реферат по теме лекции.

Тема: **ПРОГРАММЫ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ И ПРИБОРОВ ПАКЕТА NATIONAL INSTRUMENTS**

Цель: *студенты должны изучить:*

- *функциональные возможности моделирующих программ;*
- *интерфейс и функциональные возможности программы Multisim;*
- *интерфейс и функциональные возможности программы LabView;*
- *интерфейс и функциональные возможности программы Ultiboard;*
- *общие сведения о программно-инструментальной среде;*
- *элементы управления и индикаторы, блок диаграммы, контекстное меню, инструментальная панель.*

ПЛАН:

- 1. *Краткие сведения о пакете National Instruments***
- 2. *Программная среда NI Multisim***
- 3. *Программная среда NI Ultiboard***
- 4. *Программная среда NI LabView***

1 КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПАКЕТЕ NATIONAL INSTRUMENTS

National Instruments, или NI (NASDAQ: NATI) — американская компания, насчитывающая свыше 5000 сотрудников и имеющая представительства в 41 стране мира. Штаб-квартира компании расположена в г. Остин, Техас. National Instruments является одним из мировых лидеров в технологии виртуальных приборов и в разработке и изготовлении аппаратного и программного обеспечения для систем автоматизированного тестирования.

Флагманским программным продуктом компании является среда графического инженерного программирования LabVIEW. Большой популярностью в инженерно-технической среде пользуются также: LabWindows/CVI — оболочка разработки виртуальных приборов для языка C, среда управления тестами TestStand (англ.), а также Multisim (англ.) (разработанная фирмой Electronics Workbench, ныне являющейся подразделением NI) — программа моделирования и анализа электрических и электронных схем.

Основные аппаратные платформы, выпускаемые National Instruments — это, в первую очередь, магистрально-модульная платформа для систем измерения, управления и автоматизации PXI (англ.) (NI предлагает весь спектр PXI продуктов — шасси, контроллеры, функциональные модули, интерфейсы), а также компактные платформы реального времени Compact FieldPoint и CompactRIO. Традиционно популярны у потребителей такие семейства продуктов NI, как устройства сбора данных (data acquisition), приборные интерфейсы (instrument control), системы управления электроприводами и машинного зрения (machine vision).

2 ПРОГРАММНАЯ СРЕДА NI MULTISIM

Система схемотехнического моделирования Multisim предназначена для моделирования и анализа электрических схем. Работа в реальной лаборатории требует больших временных затрат на подготовку эксперимента. Multisim-электронная лаборатория, позволяет сделать изучение электрических схем более доступным. Ошибки экспериментатора в реальной лаборатории могут привести к большим материальным потерям, в то время как, работая в Multisim, учащийся застрахован от случайного поражения током, а приборы не выйдут из строя из-за неправильно собранной схемы.

Для начала работы с программным пакетом необходимо загрузить систему и запустить исполняемый файл multisim.exe непосредственно, либо запустить ярлык на рабочем столе, либо в панели Пуск>Программы>National Instruments>Circuit Design Suite>Multisim.

Структура рабочего окна программы

Знакомство с программой следует начать с изучения главного рабочего окна. Для этого откройте в вашем компьютере файл с программой Multisim обозначенный так **Multisim**. На экране монитора появится рабочее диалоговое окно программы. Как видим, программа имеет стандартный оконный интерфейс пользователя (рис. 1).

Вверху, под строкой названия программы расположена *строка меню программы*:

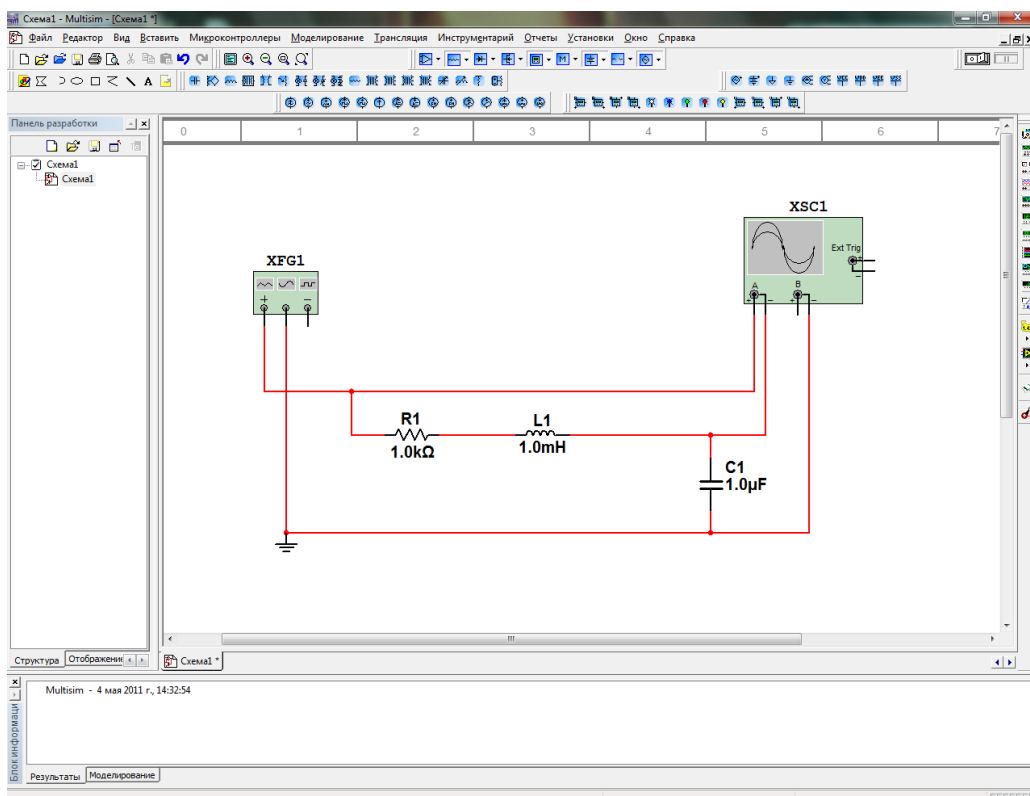


Рисунок 1 - Главное окно программы Multisim

Файл, Редактор, Вид, Вставить, Микроконтроллеры, Моделирование, Трансляция, Инструментарий, Отчеты, Установки, Окно, Справка.


Внизу, расположены панели инструментов. Перед дальнейшей работой убедитесь, что выбраны нужные панели. Для этого наведите курсор на область и

щелкните правой клавишей. Выбраны должны быть следующие панели: *Стандартная, Вид, Виртуальные, Выключатель моделирования, Приборы*.

Стандартная панель инструментов и панель *вид* (рис. 2). С их помощью можно, не заходя в дополнительное меню, управлять масштабом рабочего поля, отменять последние изменения, а так же сохранять и открывать проекты.



Рисунок 2 - Стандартная панель инструментов

В правом верхнем углу находятся кнопки:  предназначенные для останова, запуска и приостановки процесса работы модели электрической. Под запуском работы модели понимается включение источников сигналов и контрольно-измерительных приборов. Кнопка паузы служит для временной остановки процесса работы модели электрической схемы.

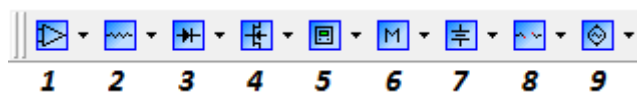


Рисунок 3 - Строка панели компонентов.

Под *стандартной* панелью инструментов (по умолчанию) расположена панель *Виртуальные* (инструменты), которая содержит 9 кнопок (в данной версии программы). Каждая кнопка панели компонентов представляет собой библиотеку компонентов (элементов) схем, контрольно-измерительных приборов, инструментов и т.д.

Назначение клавиш (слева направо):

1) группа «Аналоговые»; 2) группа «Пассивные»; 3) группа «Диоды»; 4) группа «Транзисторы»; 5) группа «Измерительные»; 6) группа «Аналого-Цифровые»; 7) группа «Источники питания»; 8) группа «С ограничениями»; 9) группа «Источники сигналов».

Девять разделов библиотек могут быть вызваны поочередно с помощью этих кнопок в виде отдельных панелей. Для этого необходимо подвести курсор к соответствующей кнопке и щелкнуть левой клавишей мыши. Если же щелкнуть по стрелке рядом с кнопкой, появляется окно, в котором изображены условные обозначения определенной группы электронных компонентов и устройств в виде списка.

Справа (по умолчанию) расположена панель *Приборы*. Её кнопки позволяют вызывать на рабочем поле мультиметр, функциональный генератор, ваттметр, осциллограф, измеритель амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик (плоттер Боде), частотметр, генератор слов, логический анализатор, логический преобразователь, измеритель нелинейных искажений, мультиметр Agilent, измерительные пробники, приборы LabView, приборы NI ELVISmx и бесконтактный пробник тока соответственно.

3 ПРОГРАММНАЯ СРЕДА NI ULTIBOARD

Популярный программный комплекс для разработки и подготовки к производству печатных плат.

NI Ultiboard включает в себя широчайший набор инструментов, позволяющих успешно реализовывать самые сложные проекты по конструированию современных печатных плат. Основные задачи данной среды проектирования заключаются в создании формы платы, размещении компонентов, определении рабочих слоев и эффективной разводки дорожек. Софт имеет интуитивно понятный и удобный интерфейс, рабочие панели настраиваются по желанию пользователя, а вся важная и полезная информация отображается в строке состояния. Также имеется справочная поддержка и информационный курсор.

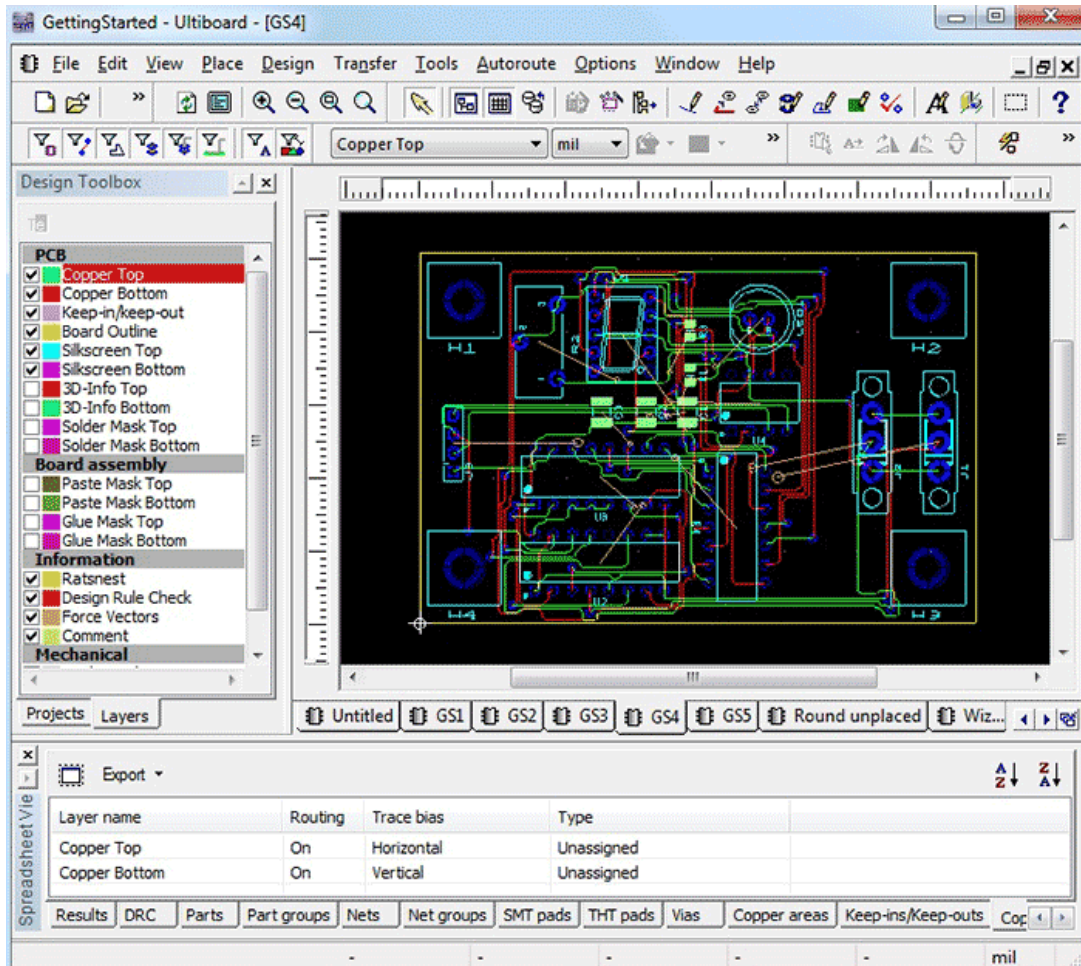


Рисунок 4 - Программа NI Ultiboard

Программа NI Ultiboard позволяет определять число слоев печатной платы, выбирать их толщину и назначение (основные, конструктивные, информационные и механические). Присутствуют инструменты для создания всех основных элементов, таких как: линии, дорожки, дуги, кривые Безье, окружности, эллипсы, сектора, многоугольники, медные области, отверстия, мостиковые соединения, контактные ножки и т.д. Имеются широкие возможности редактирования компонентов печатной платы и выравнивания их относительно друг друга. Трассировка осуществляется четырьмя разными способами, имеются развитые функции контроля ошибок. Опция предварительной визуализации отображает 3D-модель разрабатываемой платы. Информацию о трехмерной модели можно экспортировать в другие механические пакеты САПР (форматы 3D DXF и 3D IGES).

Среди прочих функций стоит отметить: мастер создания плат и новых компонентов (библиотеки пополняемы), создание токопроводящих областей, разделение области металлизации, добавление каплевидных соединений,

размещение текстовых надписей, индикатор плотности, использующий цветное отображение насыщенности области корпусами и выводами компонентов, инструмент размещения деталей, позволяющий с высокой точностью монтировать компоненты в плотно забитых местах. Кроме того приложение NI Ultiboard содержит мощную подпрограмму, позволяющую создавать лицевые панели, корпуса и другие механические детали с автовыравниванием и размещением соединений относительно печатных плат.

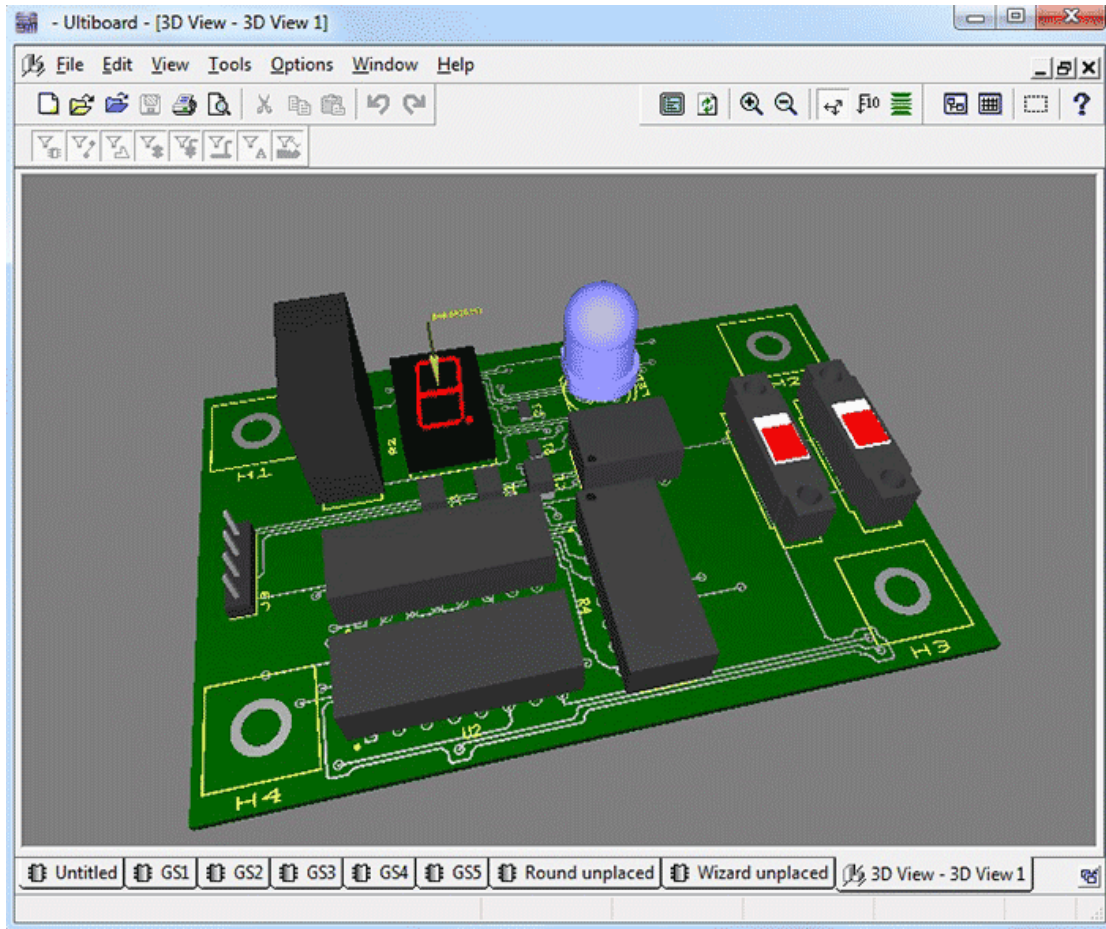


Рисунок 5 - Программа NI Ultiboard

Программа экспортирует разрабатываемые проекты в стандартные форматы DXF, Gerber, NC drill, SVG и IPC-D-356A Netlist. Также возможен вывод результатов на печать и создание текстовых файлов, содержащих статистику, расстановку компонентов, спецификации и отчеты (по медной поверхности, по контрольным точкам и по слоям) в форматах TXT, HTML или CSV. NI Ultiboard тесно интегрирована с программами для рисования электронных схем Multicap и NI Multisim.

Программный пакет NI Ultiboard является платным. В ознакомительной версии софта отсутствует возможность печатать схемы и экспортировать результаты работ. Стоимость одного лицензионного ключа NI Ultiboard составляет от 675 долларов (вариант «Education Single Seat») до 3815 долларов (версия «Power Pro»). Дистрибутив приложения включает в себя полный комплект документации.

Программное обеспечение NI Ultiboard было разработано компанией Electronics Workbench, которая ныне является дочерним предприятием National Instruments Corporation (США, штат Техас, город Остин). NI является одной из ведущих компаний в области разработки и изготовления программного и

аппаратного обеспечения для систем диагностики, автоматизации измерений, моделирования и управления в широком спектре приложений.

Данная среда разработки имеет англоязычный интерфейс. В Сети широко распространены неофициальные русификаторы для различных версий программы.

Рабочая платформа пакета NI Ultiboard – ОС Microsoft Windows. Приложение поддерживает 32-битные Windows Server 2003 R2 и Windows XP, 32- и 64-битные Windows Vista, 7, 8.

4 ПРОГРАММНАЯ СРЕДА NI LABVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) позволяет разрабатывать прикладное программное обеспечение для организации взаимодействия с измерительной и управляющей аппаратурой, сбора, обработки и отображения информации и результатов расчетов, а также моделирования как отдельных объектов, так и автоматизированных систем в целом. Разработчиком LabVIEW является американская компания National Instruments.

В отличие от текстовых языков, таких как C, Pascal и др., где программы составляются в виде строк текста, в LabVIEW программы создаются в виде графических диаграмм, подобных обычным блок-схемам. Иногда можно создать приложение, вообще не прикасаясь к клавиатуре компьютера.

Преимущества среды программирования LabVIEW:

1. Гибкость создаваемых приложений при построении измерительных систем. Она обеспечивается пользователем в зависимости от требований решаемой задачи, используемой компьютерной платформы, необходимости насыщения системы дополнительными средствами анализа и отображения данных.

2. Высокие эргономические показатели создаваемых виртуальных приборов (vi – virtual instrument) с точки зрения разрабатываемого человек - машинного интерфейса измерительных систем.

3. Отсутствие требований по знанию языков программирования и владения сложными методиками программирования. Применение средств графического программирования позволяет разрабатывать приложение на уровне блок-схем и диаграмм.

4. Широкий набор инструментов для

- разработки интерфейса пользователя, работающего с измерительным и управляющим оборудованием;
- обработки результатов эксперимента;
- разработки сетевых приложений;
- обработки SQL запросов и поддержки удаленных баз данных;
- создания Common Gateway Interface (CGI) и использования web-сервера;
- и многое другое.

5. Возможность включения разрабатываемых приложений в программные модули, написанные на других языках (Pascal, C, C++).

6. Согласно ГОСТ 9.2-98, программная продукция компании National Instruments (LabVIEW, LabWindows, LabWindows/CVI и др.) является сертифицированным инструментальным средством разработки программного обеспечения для универсальных систем общего назначения, а их аппаратура

полностью соответствует международным стандартам на организацию измерительно-управляющих устройств и систем.

Простота создаваемых графических конструкций, легкость редактирования поля программы, наглядность и читаемость уже созданных программ – все это заставляет отдать предпочтение среде программирования LabVIEW перед другими средами.

Основные понятия среды программирования LabVIEW

Программные приложения, создаваемые в LabVIEW носят название **виртуальных инструментов (VI)**. В данном случае речь идет не только об имитации реальных приборов и о моделировании. Имеющиеся в LabVIEW программы управления реальных приборов (драйверы) дают возможность формировать и измерять реальные физические сигналы.



Рисунок 5 - Диалоговая заставка LabVIEW

Предлагает пользователю:

- создать новую программу на основе имеющихся бланков New...;
- открыть уже существующий файл Open...;
- настроить конфигурацию LabVIEW и средств измерения и контроля сигналов;
- открыть страницы помощи по LabVIEW, а также примеры по различным разделам;
- завершить работу с LabVIEW.

Панели LabVIEW

Разработка приложения в среде программирования LabVIEW осуществляется с использованием двух панелей

– **передняя панель**, которая имитирует панель некоторого пульта управления и позволяет размещать на ней различные кнопки, графические индикаторы, диалоговые объекты, средства управления и индикации и т.д. (рисунок 6);

– **функциональная панель или панель диаграммы**, в которой происходит процесс разработки исходного кода виртуального инструмента в виде отдельных графических пиктограмм, осуществляющих различные функции, и связей между ними (рисунок 7).

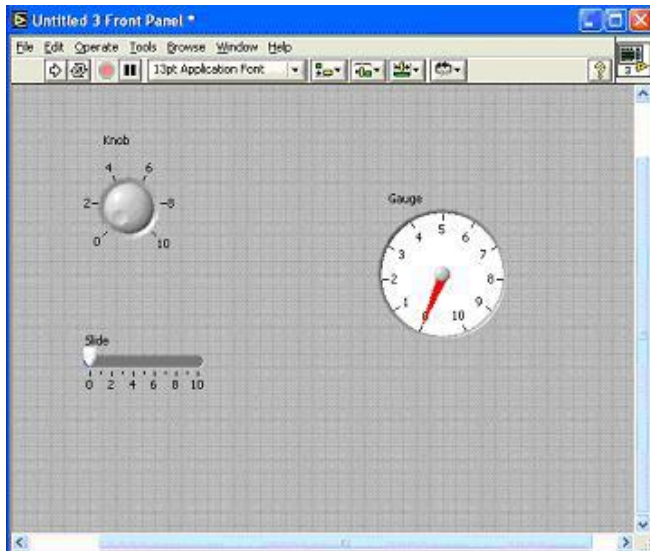


Рисунок 6 - Передняя панель

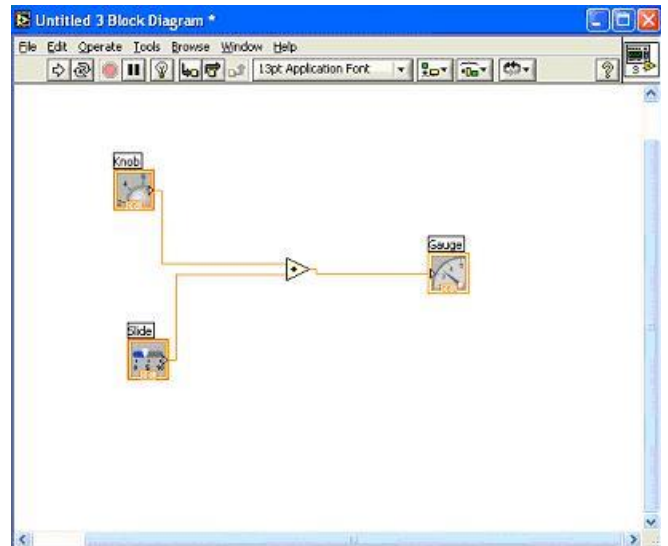


Рисунок 7 - Функциональная панель

Наборы приборов, функций и инструментов в LabVIEW

При создании приложения разработчик имеет возможность использовать следующие наборы:

– **набор приборов** служит для добавления регуляторов и индикаторов на переднюю панель. На нем представлены числовые, логические, строковые индикаторы и регуляторы; массивы и кластеры; средства создания диалога с пользователем; средства графического вывода информации и другие приборы (рисунок 8).



Рисунок 8 - Набор приборов

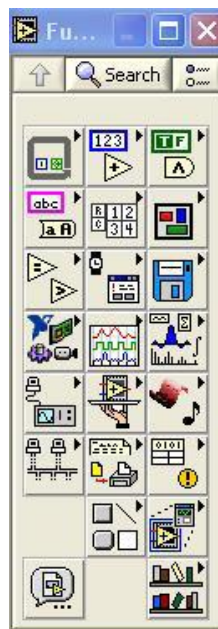


Рисунок 9 - Набор функций



Рисунок 10 - Набор инструментов

– **набор функций** предназначен для формирования диаграммы VI. В него входят управляющие структуры программы, такие как циклы, последовательности, формулы; числовые, логические и строковые функции; функций для обработки массивов и кластеров; функций для сравнения переменных; функций для осуществления операций по вводу/выводу файлов; функций ввода/вывода сигнала и другие функции (рисунок 9).

– **набор инструментов** включает набор управляющих кнопок для изменения режима редактирования - изменения позиций выключателей и кнопок, управления значениями цифровых регуляторов, настройки виртуальных осциллографов; выделения, перемещения объектов, изменения их размера; открытие и редактирование текстового окна; соединения объектов на функциональной панели; раскрашивания объектов или фона и другие инструменты (рисунок 10).

Если наборы не видны на экране, их можно открыть через верхнее меню.

Регуляторы и индикаторы

Они выполняют те же функции, что и входные и выходные параметры в текстовых языках программирования. При размещении регулятора/индикатора на передней панели, LabView создает соответствующую пиктограмму на блок-схеме. Символы на терминале соответствуют типу данных терминала.

Контекстное меню регулятора/индикатора позволяет осуществить:

- демонстрацию или отказ от нее для названия и описания регулятора/индикатора;
- быстрый поиск терминала на функциональной панели и регулятора/индикатора на передней панели;
- замену индикатора на регулятор и наоборот;
- настройку параметров регулятора/индикатора;
- замену на другой регулятор/индикатор;
- открытие для функций соответствующих им констант, индикаторов и регуляторов;
- получение справки по используемой функции; и др.

Терминалы и провода. Пиктограмма VI

Терминалы представляют собой области функции, через которые передается информация. Они аналогичны параметрам в текстовых языках программирования. Контекстное меню пиктограммы функции позволяет увидеть какие терминалы она включает (рисунок 11).

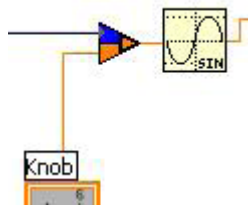


Рисунок 11 - Терминалы и провода

Провода - пути данных между терминалами. Они аналогичны переменным на обычных языках программирования. Данные идут в только одном направлении, с исходного терминала на один или более терминалов адресата. Провода имеют различную толщину и цвет. Синий цвет соответствует целым числам, оранжевый - вещественным числам, зеленый - логическим, лиловый - строковым данным. По мере перехода от скаляра к массиву и кластеру увеличивается толщина провода (рисунок 11).

Для соединения терминалов необходимо выбрать инструмент – катушка, подвести курсор мыши к исходному терминалу и выбрать его. В этом случае один конец провода станет закрепленным за данным терминалом. Другой конец необходимо подвести к терминалу адресата и выбрать его. Если данное соединение невозможно, то провод станет пунктирным черного цвета.

Пиктограмма VI соответствует каждому виртуальному инструменту и располагается в правом верхнем углу передней панели. Для редактирования пиктограммы используется упрощенный графический редактор.

Управляющие кнопки. Сохранение VI

На передней и функциональной панелях размещаются управляющие кнопки, позволяющие осуществлять:

- запуск выполнения программы;
- запуск программы в циклическом режиме;
- остановку выполнения программы;
- паузу в выполнении программы.

Если в программе имеются ошибки, то кнопка запуска будет разорвана. Сохранение VI осуществляется через верхнее меню – пункт File.

Ленточный график Waveform Chart

Для графического отображения данных, полученных в ходе эксперимента или расчета используется ленточный график.

Waveform Chart - это виртуальный осциллограф, экран которого обновляется по мере поступления новых данных (рисунок 12).

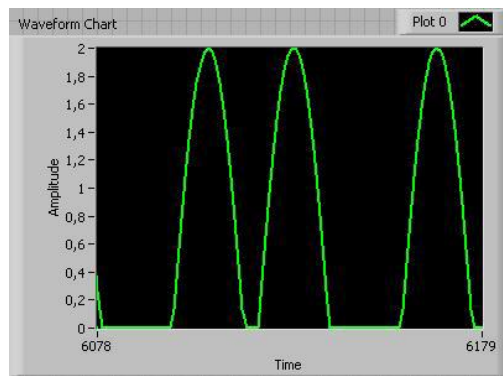


Рисунок 12 - Ленточный график Waveform Chart

Настройка диаграммы осуществляется пользователем. При этом могут быть использованы:

- полоса прокрутки,
- легенда графиков (с изменением цвета и типа линий),
- цифровой дисплей,
- панель управления полем графика и другие средства.

Очистка экрана осциллографа осуществляется через контекстное меню Data Operations-Clear Chart.

Временная задержка при выводе данных на график осуществляется через функцию панели Time&Dialog.

Публикация виртуальных инструментов в сети Интернет

Разрабатываемые виртуальные инструменты могут быть опубликованы в сети Интернет с помощью технологии Remote Panel. При этом на клиентской машине должен быть установлен Интернет браузер (например Internet Explorer) и приложение Run-Time Engine, свободно распространяемое на сайте компании National Instruments. В этом случае клиент получает полный доступ к опубликованному приложению через окно Интернет браузера.

Публикация виртуального инструмента на web-сервере осуществляется через верхнее меню раздел Tools- Web Publishing Tool. При этом указывается адрес Интернет страницы, на которой будет опубликован данный виртуальный

инструмент. Запуск и настройка web-сервера осуществляется через верхнее меню раздел Tools.

Для доступа к виртуальному инструменту через web-сервер необходимо, чтобы инструмент был открыт на машине-сервере. Захват управления виртуальным инструментом в окне Интернет браузера осуществляется через контекстное меню.

ВОПРОСЫ НА ЗАКРЕПЛЕНИЕ МАТЕРИАЛА:

1. Каким образом можно разместить необходимый компонент на рабочем поле?
2. Как задать его параметры элемента?
3. Каким образом можно подключить вывод компонента к проводнику?
4. Каким образом разорвать соединение?
5. Назовите элемент для образования в схеме узла соединения.
6. Как задать цвет проводника и сигнала.
7. Что такое подсхема, для чего она нужна, и как ее создать?
8. Как проводить анализ схемы?
9. Как осуществлять измерения с помощью осциллографа?
10. Как осуществлять измерения с помощью мультиметра?
11. Как осуществлять измерения с помощью амперметра?
12. Как осуществлять измерения с помощью вольтметра?
13. Как можно использовать функциональный генератор?

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ:

1. Павловский Ю.Н. Имитационное моделирование: учебное пособие для студ. вузов. / Ю.Н. Павловский, Н. В. Белотелов, Ю. И. Бродский. – М.: Академия, 2008. – с. 8-16, 24-32
2. **Самостоятельная проработка:** Виртуальные приборы. Последовательность обработки данных. Организация программной среды