

**МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
«РОСТОВСКИЙ-НА-ДОНУ КОЛЛЕДЖ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ,
ИНФОРМАЦИОННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
(ГБПОУ РО «РКРИПТ»)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ (ЛАБОРАТОРНЫХ) РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**ОП.10 ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Специальность:

11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт
электронных приборов и устройств

Квалификация выпускника:

Специалист по электронным приборам и устройствам

Форма обучения: очная

Ростов-на-Дону
2023

СОГЛАСОВАНО

Начальник методического отдела


Н.В. Вострякова
«22» марта 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по учебно-методической работе


С.А. Будасова
«28» марта 2023 г.

ОДОБРЕНО

Цикловыми комиссиями радиоэлектроники
и технического обслуживания

радиоэлектронной техники

Пр. № 1 от «1» февраля 2023 г.

Председатель ЦК


В.Ю. Махно

Методические указания по выполнению практических (лабораторных) работ разработаны в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины ОП.10 Прикладное программное обеспечение профессиональной деятельности для специальности 11.02.16 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств.

Разработчик(и):

Чернова О.А. – преподаватель высшей квалификационной категории ГБПОУ РО «РКРИПТ»

Рецензенты:

Ахмедов А.Ш. – преподаватель высшей квалификационной категории ГБПОУ РО «РКРИПТ»

Маскаев Е.Н. – главный конструктор АО «Алмаз»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1	6
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2	12
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3	15
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4	22
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5	24
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6	29
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7	65
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8	72
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9	78
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10	102
Практическое занятие № 11	112
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 12	118
Практическое занятие № 13	126
Практическое занятие № 14	132

Введение¹

Практические занятия по учебной дисциплине **ОП.10. Прикладное программное обеспечение профессиональной деятельности**

составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки и направлены на подтверждение теоретических положений и формирование практических умений и практического опыта:

Практические занятия относятся к основным видам учебных занятий.

Выполнение студентами лабораторных и практических работ направлено:

- на обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;
- формирование умений применять полученные знания на практике;
- реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений (аналитических, проектировочных, конструкторских и др.) у будущих специалистов;
- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных (решать задачи по математике, физике, химии, информатике и др.), необходимых в последующей учебной деятельности.

Содержанием практических занятий по дисциплине являются решение разного рода задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных производственных задач, выполнение профессиональных функций в деловых играх и т.п.), выполнение вычислений, расчетов, чертежей, работа с измерительными приборами, оборудованием, аппаратурой, работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками, составление проектной, плановой и другой технической и специальной документации и другое.

Содержание практических, лабораторных занятий охватывают весь круг профессиональных умений, на подготовку к которым ориентирована данная дисциплина/профессиональный модуль, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе курсового проектирования, практикой по профилю специальности и преддипломной практикой.

Все студенты, связанные с работой в лаборатории, обязаны пройти инструктаж по безопасному выполнению работ, о чем расписываются в журнале инструктажа по технике безопасности.

Выполнению лабораторных и практических работ предшествует проверка знаний студентов, их теоретической готовности к выполнению задания.

¹ Информация во введении обобщенная и может быть откорректирована преподавателем

Практические работы студенты выполняют под руководством преподавателя. При проведении лабораторных и практических занятий учебная группа может делиться на подгруппы численностью не менее 8 человек. Объем заданий для лабораторных и практических занятий спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть выполнены качественно большинством студентов.

Формы организации работы обучающихся на лабораторных работах и практических занятиях: фронтальная, групповая и индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу. При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек. При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

Отчет по практической и лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по практической, лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада обучающегося по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Оценки за выполнение лабораторных работ и практических занятий могут выставляться по пятибалльной системе или в форме зачета и учитываться как показатели текущей успеваемости студентов.

Критерии оценки лабораторных, практических работ.

Оценка «5» ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

Оценка «4» ставится, если выполнены требования к оценке «5», но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

Оценка «3» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

Оценка «2» ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Создание автоматизированного рабочего места. Знакомство с интерфейсом программы Multisim. Создание и редактирование схем виртуальных электронных устройств в программе Multisim

1. Цель работы: Научиться создавать и редактировать электрические и электронные схемы с помощью программы Multisim 11

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа Multisim 11

4. Краткие теоретические сведения

Создание и редактирование электрических и электронных схем

Программа Multisim 11 компании Electronics Workbench позволяет осуществлять моделирование электрических и электронных схем. В ходе практического занятия на примерах из области электротехники и электроники демонстрируется методика построения схем. Процесс “рисования” схемы в программе Multisim включает в себя выбор и добавление компонентов, соединение их проводниками, заземление схемы и разметку узлов.

Подробное описание методики построения и редактирования схемы вы найдете в разделе 1 методических указаний по выполнению практических работ в программе Multisim 11, РКРИПТ, 2013

5. Задание:

Ознакомиться с интерфейсом программы Multisim, по заданным образцам создать электрические и электронные схемы.

6. Порядок выполнения работы:

6.1 . Включите компьютер, убедитесь в наличии на рабочем столе папки «National Instrument».

6.2. Откройте папку «National Instrument».выберите программу Multisim.

6.3.Ознакомьтесь с интерфейсом программы Multisim.

6.4 Выберите компоненты для схемы на рис. 1 (Приложение А)

6.5 Разместите компоненты схемы в удобном порядке

6.6 После размещения компонентов соедините их между собой

6.7 Произведите разметку узлов схемы

6.8 Для проверки работоспособности схемы включите схему, нажав кнопку «0-1» в верхнем правом углу верхней панели.

6.9 Повторите все действия п.п. 5.4 -5.9 для схем, представленных на рис.

2-9 (Приложение А).

6.10 Сохранить на диске папку с созданными схемами

6.11 Подготовить ответы на контрольные вопросы

7. Контрольные вопросы

7.1. Что подразумевается под компонентами в программе Multisim 11?

7.2. Какие существуют способы выбора компонентов?

7.3 Чем могут отличаться независимые источники переменного напряжения

7.4. Каким образом на схеме отображаются названия узлов ?

7.5. Как поменять название узла ?

7.6. Каким образом на схеме можно отличить друг от друга реальные и виртуальные компоненты ?

7.7. Каким образом осуществляется перемещение компонентов?

7.8. Каким образом осуществляется подключение компонентов ?

7.9. Для чего необходимо обязательно заземлять схемы?

7.10. Для чего применяются трехмерные компоненты?

8. Содержание отчета

8.1. папка на рабочем столе ПК с выполненными заданиями.

9. Литература и средства обучения:

1. Гришин В.Н., Панфилов Е.Е. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. -416 с.

2. Михеева Е.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Технические специальности 2018 ОИЦ «Академия»

3. Хомоненко А.Д., ред. Основы современных компьютерных технологий. Корона Принт. 2017. 672с.

4. Multisim 11. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2018. – 488 с; ил.

5. Чернова О.А. , Методическое пособие по работе в программе Multisim РГКРИПТ, 2021 г;

Дополнительные источники

1. Симонович С. В., Мураховский И. В. Популярный самоучитель работы на компьютере — М.: “ДЕСС КОМ”, 2008. — 576с.

2. Википедия

3. DATA SHEET. COM

4. Презентации по темам дисциплины в электронном виде

ПРИЛОЖЕНИЕ А

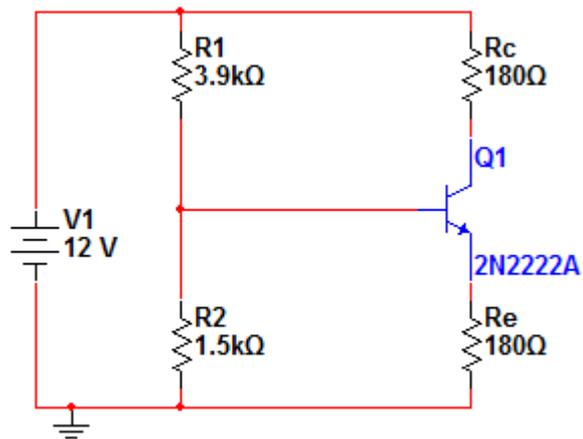


Рис .1

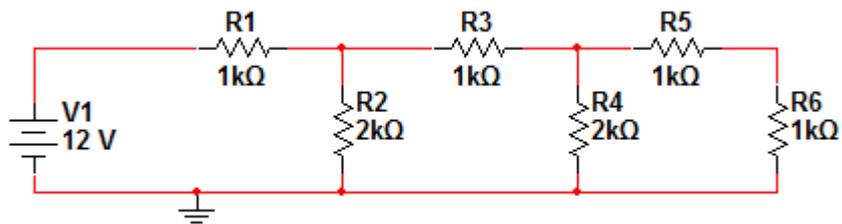


Рис .2

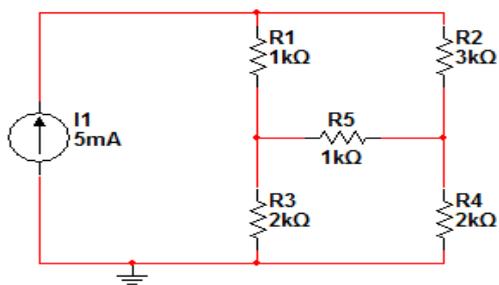


Рис .3

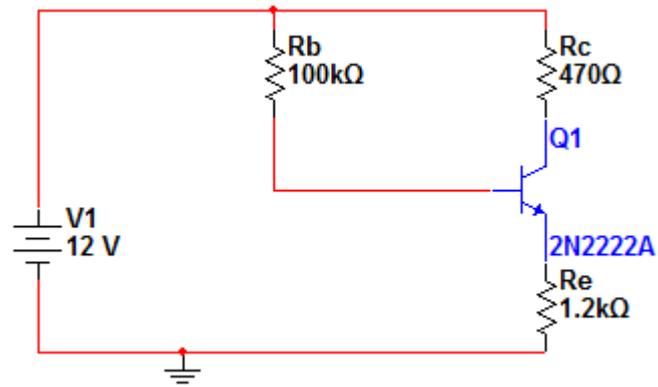


Рис .4

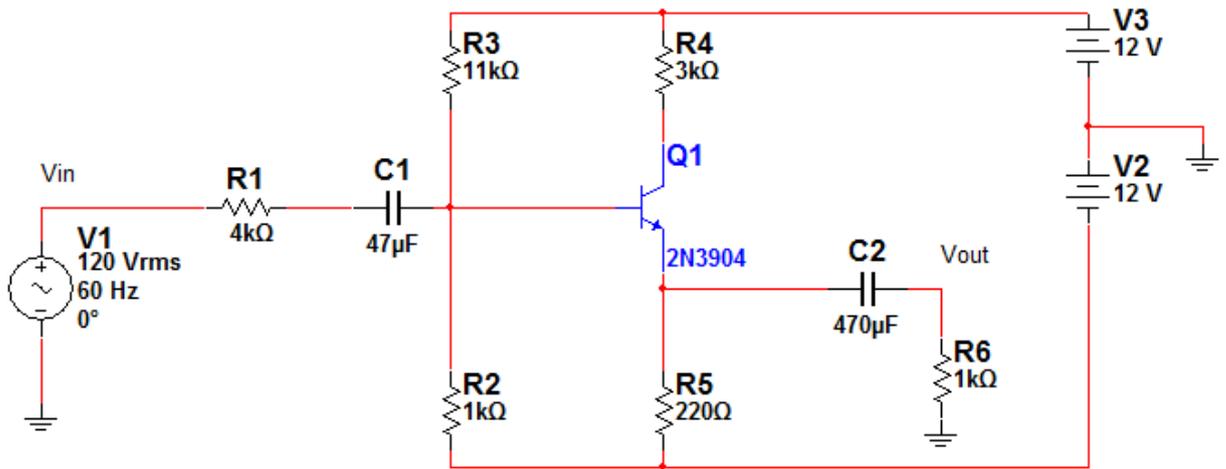


Рис .5

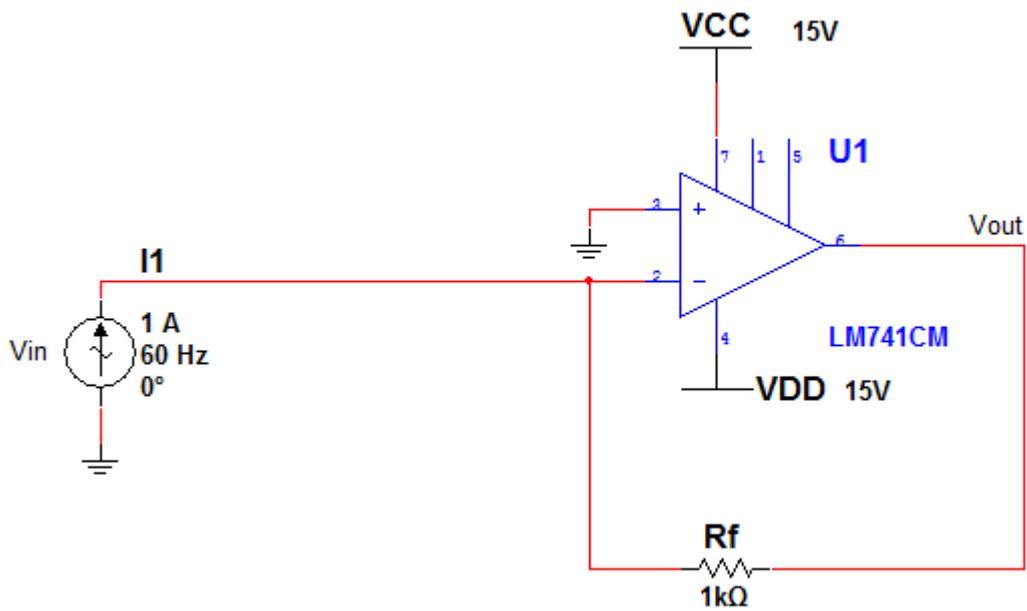


Рис .6

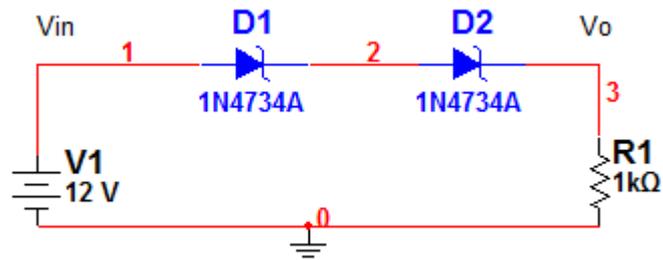


Рис .7

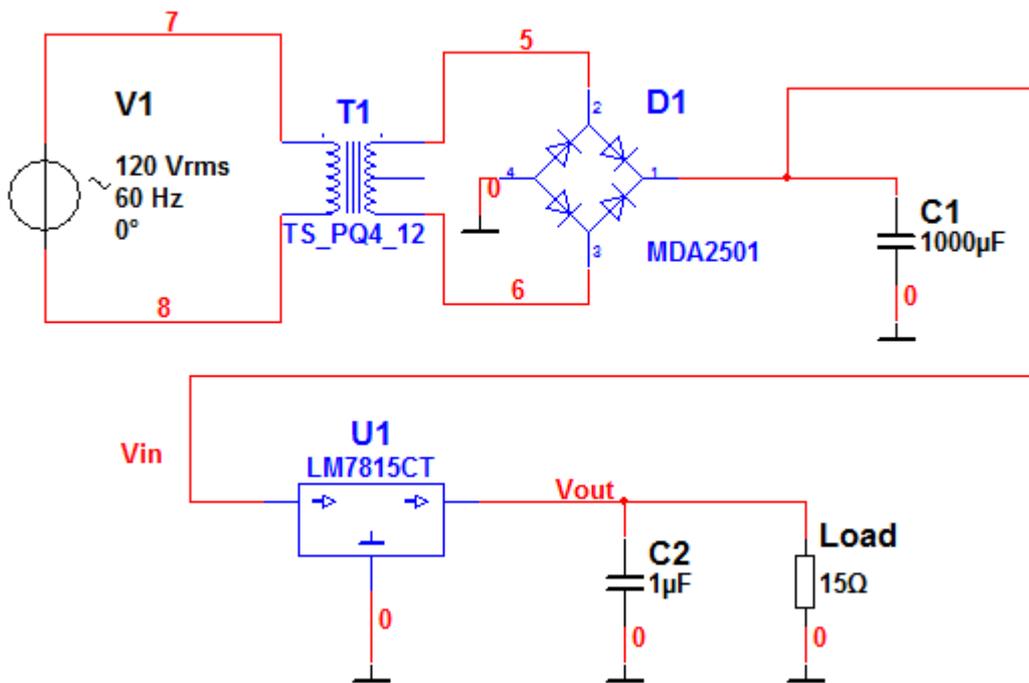


Рис .8

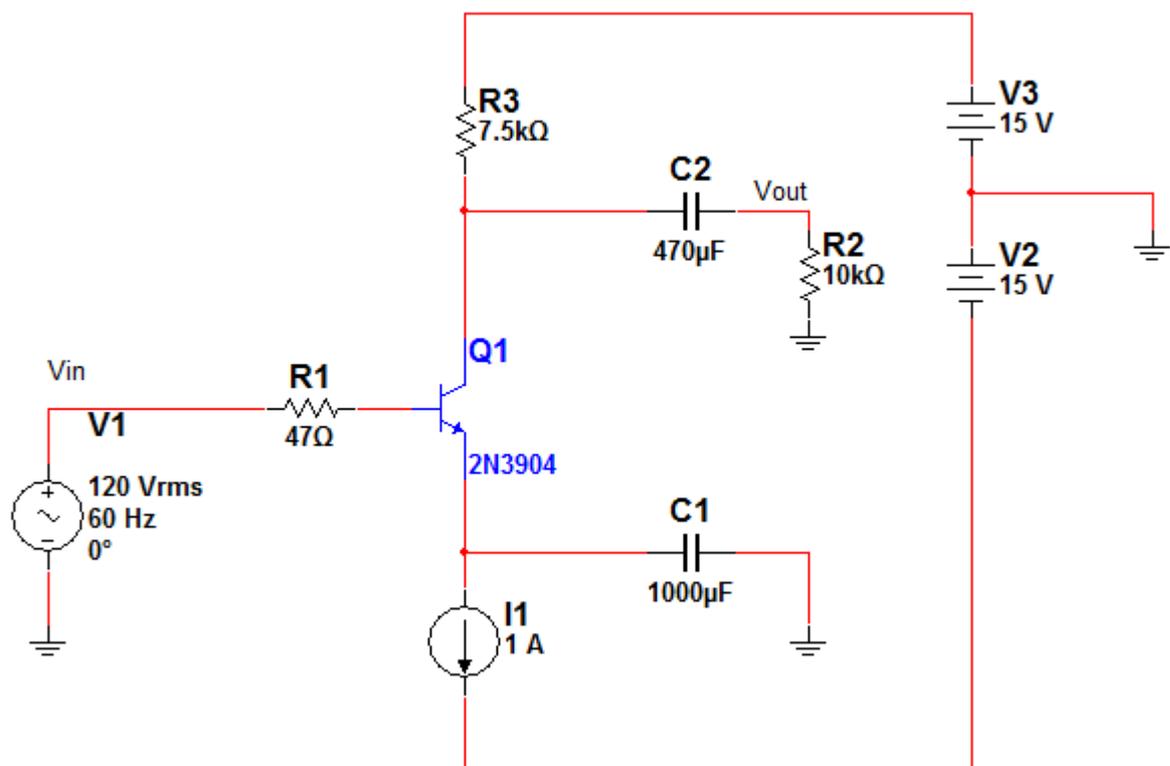


Рис .9

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

Анализ переходных процессов в виртуальных электронных устройствах с помощью функций postprocessor и grapher программы Multisim

1. Цель работы:

Научиться создавать и редактировать графики с помощью функций postprocessor и grapher программы Multisim 11

2. Время выполнения работы - 2 часа

3. Оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа Multisim 11

4. Краткие теоретические сведения

Postprocessor и Grapher — это программы пакета Multisim, которые позволяют отобразить результаты моделирования в графическом виде. Для работы с функцией Postprocessor необходим анализ переходных процессов. Подробное описание методики построения и редактирования графиков вы найдете в разделе 2 «Руководства по работе в компьютерной программе Multisim» 2021

5. Задание

Создать графики с помощью функции Postprocessor для схем, созданных при выполнении практической работы №1 (вариант выдается преподавателем)

6. Порядок выполнения работы

6.1. Создание одного графика .

6.1.1. Откройте схему из практической работы № 1 по заданию преподавателя..

6.1.2. Создайте в окне Postprocessor страницу с одним графиком. Кривая должна показывать мгновенные значения входного напряжения

6.1.3. Создайте в окне Postprocessor страницу с одним графиком. Кривая должна показывать мгновенные значения выходного напряжения

6.1.4. Создайте в окне Postprocessor страницу с одним графиком. Кривая должна показывать мгновенные значения входного тока

6.1.5. Создайте в окне Postprocessor страницу с одним графиком. Кривая должна показывать мгновенные значения выходного тока

6.2. Создание двух графиков.

6.2.1. Используйте схему пункт 5.1...создайте в окне Postprocessor новую страницу с двумя графиками. Отобразите на графиках мгновенные значения входного напряжения и входного тока

6.2..2.Используйте схему пункт 5.1...создайте в окне Postprocessor новую страницу с двумя графиками. Отобразите на графиках мгновенные значения выходного напряжения и выходного тока

6.3. Создание трех графиков

6.3.1.Используйте схему пункт 5.1...создайте в окне Postprocessor новую страницу с тремя графиками. Отобразите на графиках мгновенные значения входного напряжения, входного тока и входной мощности

6.3.2.Используйте схему пункт 5.1, создайте в окне Postprocessor новую страницу с тремя графиками. Отобразите на графиках мгновенные значения выходного напряжения, выходного тока и выходной мощности

6.3.3.Используйте схему пункт 5.1, создайте в окне Postprocessor новую страницу с одним графиком - мгновенные значения выходного напряжения. Добавьте две кривые. Первая кривая должна показывать мгновенные значения выходного тока, вторая кривая- мгновенные значения мощности, потребляемой от источника

6.4 Сохранение и загрузка страниц

Сохраните графики, созданные в п.п 5.1-5.3 в папку на диске.

6.5. Изменение параметров графика в программе Grapher

6.5.1.Загрузите страницы, сохраненные в разделе 5.4 . На странице с тремя графиками добавьте сетку для всех графиков. Сохраните графики в папку.

6.5.2. На странице Grapher с тремя графиками замените у среднего графика — заголовок на «My Middle Graph», у верхнего — ярлыки осей: у оси y — на «Strawberries», а у оси x — на «Time — Warp». Сохраните графики в папку.

6.5.3. На странице Grapher с одним графиком измените сетку графика таким образом, чтобы толщина сетки составляла 2, а цвет сетки был красным. Сохраните график в папку.

Измените левую ось графика таким образом, чтобы толщина оси составляла 2, а цвет был синим. Сохраните график в папку.

Измените левую ось графика таким образом, чтобы общее количество делений составляло 16, а количество делений низшего уровня составляло 4 . Сохраните график в папку

Измените нижнюю ось графика таким образом, чтобы толщина оси составляла 3, а цвет был зеленым. Сохраните график в папку

Измените нижнюю ось графика таким образом, чтобы общее количество делений составляло 14, а количество малых делений составляло 2. Сохраните график в папку.

6.6 Подготовить ответы на контрольные вопросы

7. Контрольные вопросы:

7.1. Когда настраивают моделирование Spice (например Transient Analysis), какие параметры следует указывать для того, чтобы просматривать результаты в программах Postprocessor и Grapher?

7.2. Зачем нужна кнопка Add?

7.3.В чем заключается отличие между использованием кнопок **OK** и **Apply** в диалоговом окне **Graph Properties** программы Grapher?

7. 4. В чем заключается отличие между программами Grapher и Postprocessor?
- 7.5. В чем состоит отличие между страницей, графиком и кривой?
- 7.6. Выберите пять названий математических функций программы Postprocessor (таких как abs, mean и real) и опишите их математические свойства
- 7.7. Как создать новую страницу с одним графиком?
- 7.8. Как добавить новую кривую на страницу с несколькими графиками?
- 7.9. Какие два типа файлов могут быть созданы в программе Multisim?
- 7.10. В каких случаях необходимо добавить в график вторую ось y?
- 7.11. Как определить, какой график выбран в окне Grapher?
- 7.12. Расскажите о том, как удалить страницу в окне Grapher.

8. Содержание отчета

8.1 Папка на рабочем столе ПК с выполненным заданием.

9. Литература и средства обучения:

Литература

1. Гришин В.Н., Панфилов Е.Е. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. –416 с.
2. Михеева Е.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Технические специальности 2018 ОИЦ «Академия»
3. Хомоненко А.Д., ред. Основы современных компьютерных технологий. Корона Принт. 2017. 672с.
4. Multisim 11. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2018. – 488 с; ил.
5. Чернова О.А. , Методическое пособие по работе в программе Multisim РГКРИПТ, 2021 г;

Дополнительные источники

1. Симонович С. В., Мураховский И. В. Популярный самоучитель работы на компьютере — М.: “ДЕСС КОМ”, 2008. — 576с.
2. Википедия
3. DATA SHEET. COM
4. Презентации по темам дисциплины в электронном виде

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

Определение значений напряжения и тока в виртуальных электронных устройствах с помощью индикаторов и функции DC Operating Point Analysis в программе Multisim

1. Цель работы:

Научиться определять значения напряжений и токов в электрических и электронных схемах с постоянными источниками питания.

2 Время выполнения работы – 2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

- 1 Персональный компьютер
- 2 Программа **Multisim 11**

4. Краткие теоретические сведения

В процессе практического занятия будем определять значения токов и напряжений в электрических и электронных схемах с постоянными источниками питания. При использовании индикаторов каждый сеанс моделирования проводится только для одного значения источника постоянного напряжения. При работе с функцией DC Sweep Analysis анализ проводится для ряда значений постоянного сигнала. Подробное описание методики измерения токов и напряжений в электронных схемах с постоянными источниками питания вы найдете в разделе 3 методических указаний по выполнению практических работ в программе Multisim, РКРИПТ, 2013

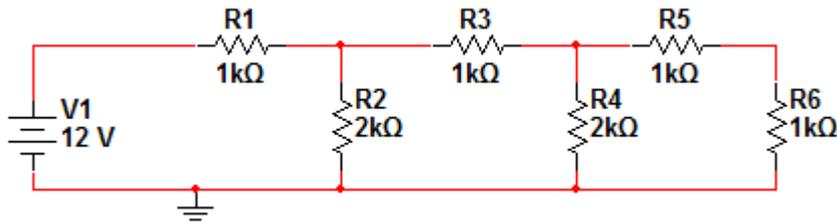
5. Задание

Определить значения напряжения, тока, мощности в электронных схемах с постоянными источниками питания, используя индикаторы постоянного тока и функцию **DC Operating Point Analysis** .

6. Порядок выполнения работы

6.1 Измерения в схеме с резисторами с использованием индикаторов, мультиметра и анализа **DC Operating Point Analysis**

6.1.1 Смоделируйте схему, представленную ниже:



Воспользовавшись индикаторами, определите напряжения на узлах и ток через резистор R3

Воспользовавшись мультиметрами, определите напряжения на узлах и ток через резистор R3

Воспользовавшись анализом DC Operating Point, определите напряжения на узлах и ток через резистор R3 в схеме из задачи 1.

Воспользовавшись индикаторами, определите напряжения на узлах и ток через резистор R2 в.

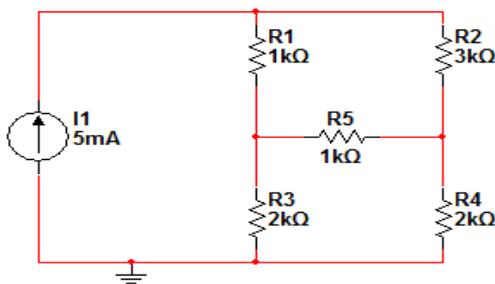
Воспользовавшись мультиметрами, определите напряжения на узлах и ток через резистор R4 .

Воспользовавшись индикаторами, покажите, что второй закон Кирхгофа выполняется для всех трех контуров схемы из задачи 1.

Воспользовавшись индикаторами, покажите, что ток через резистор R1 равен сумме токов через резисторы R2 и R3 (подтвердите первый закон Кирхгофа) в схеме из задачи 1.

Схемы, выполненные при анализе записать в папку на диске

6.1.2 Смоделировать схему, изображенную ниже:



Воспользовавшись индикаторами, определите напряжения на узлах и ток через резистор R3

Воспользовавшись мультиметрами, определите напряжения на узлах и ток через резистор R3

Воспользовавшись анализом DC Operating Point, определите напряжение на каждом узле схемы

Воспользовавшись индикаторами, определите ток через каждый из резисторов в схеме

Воспользовавшись индикаторами, определите напряжения на узлах и ток через резистор R2 в схеме.

Воспользовавшись мультиметрами, определите напряжения на узлах и ток через резистор R4 в схеме.

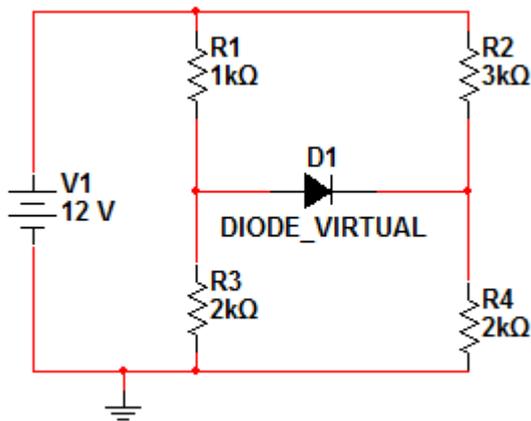
Воспользовавшись индикаторами, покажите, что второй закон Киргхофа выполняется для всех трех контуров схемы.

Воспользовавшись индикаторами, покажите, что ток источника I1 равен сумме токов через резисторы R1 и R2 (подтвердите первый закон Киргхофа) в схеме.

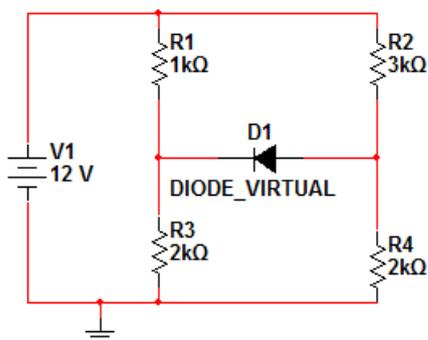
Схемы, выполненные при анализе записать в папку на диске

6.2 Определение параметров полупроводниковых диодов .

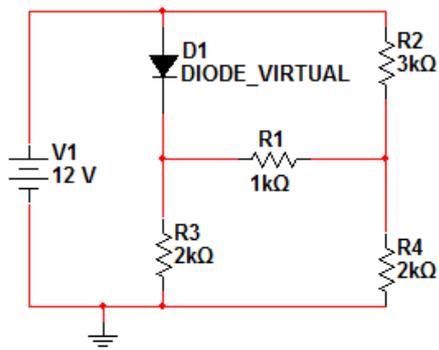
6.2.1. Определите ток и напряжение диода для схемы, изображенной ниже, воспользовавшись индикаторами



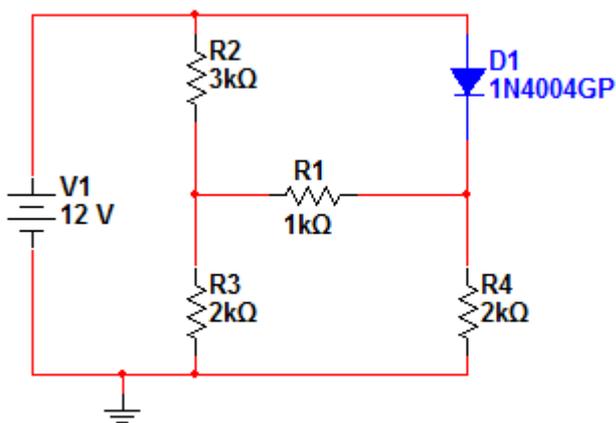
6.2.2. Определите ток и напряжение диода для схемы, изображенной ниже, воспользовавшись анализом DC Operating Point



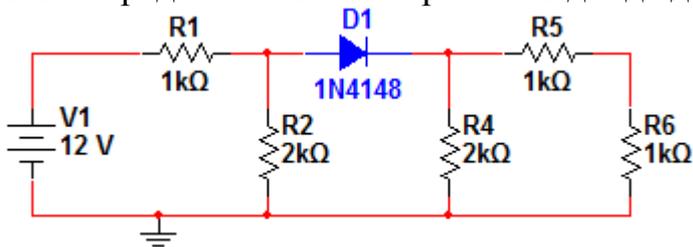
6.2.3.. Определите ток и напряжение диода для схемы, изображенной ниже,



6.2.4. Определите ток и напряжение диода для схемы, изображенной ниже, воспользовавшись анализом DC Operating Point

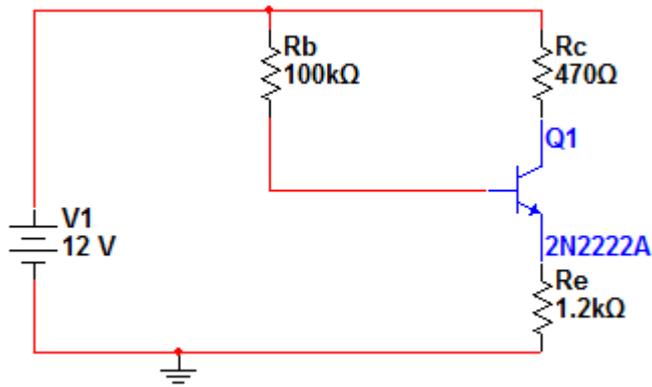


6.3.5. Определите ток и напряжение диода для схемы, изображенной ниже:

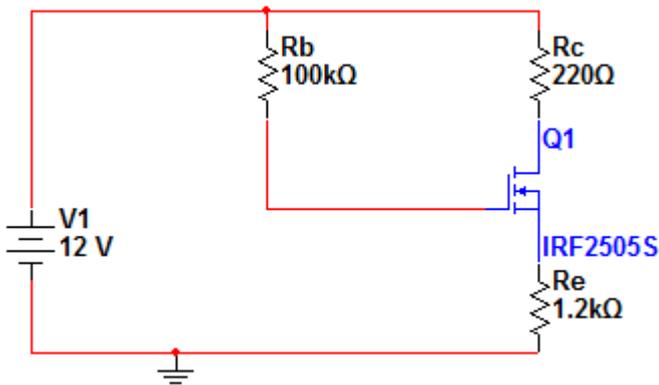


6.4. Определение рабочей точки транзистора

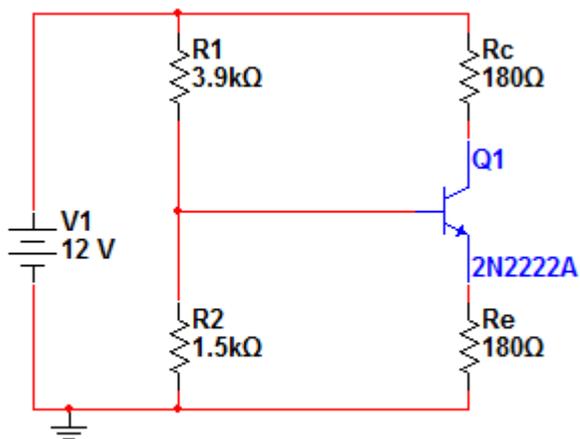
6.4.1. Определите рабочую точку транзистора I_C и V_{CE} в схеме, изображенной ниже:



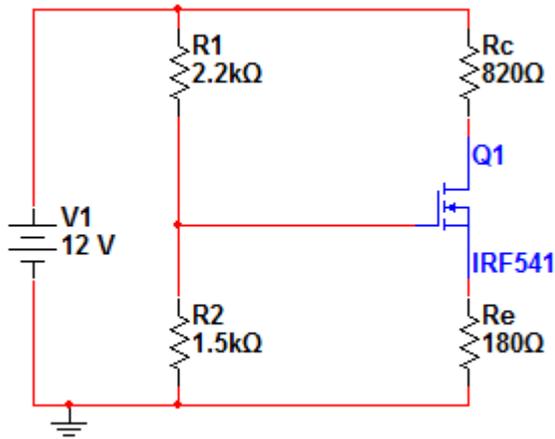
6.4.2. Определите рабочую точку транзистора I_D и V_{DS} в схеме, изображенной ниже:



6.4.3. Определите рабочую точку транзистора I_C и V_{CE} в схеме, изображенной ниже:

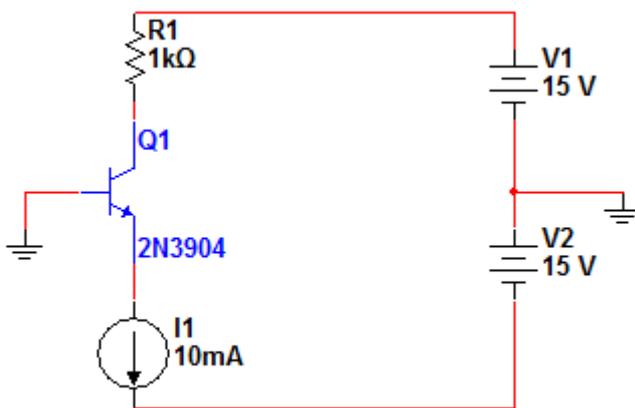


6.4.4. Определите рабочую точку транзисторе I_D и V_{DS} в схеме, изображенной ниже:



Подсказка: можно добавить источник постоянного тока с напряжением 0 В, чтобы упростить расчет тока стока:

6.4.5. Определите рабочую точку транзистора I_C и V_{CE} в схеме, изображенной ниже



6.5. Подготовить ответы на контрольные вопросы

7. Контрольные вопросы

7.1 Как измерить ток и напряжение, используя индикаторы тока и напряжения?

7.2. Как правильно настроить параметры индикаторов тока и напряжения, используя диалоговое окно настройки параметров?

7.3. Как измерять напряжение и ток с помощью прибора Multimeter (Мультиметр) ?

7.4. Как измерять напряжение и ток методом моделирования схемы и вычисления постоянных напряжений для узлов функцией DC Operating Point Analysis (Анализ рабочей точки).

8. Содержание отчета

8.1 Папка на рабочем столе ПК с выполненным заданием .

8. Литература и средства обучения:

Литература

1. Гришин В.Н., Панфилов Е.Е. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М , 2019. -416 с.
2. Михеева Е.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Технические специальности 2018 ОИЦ «Академия»
3. Хомоненко А.Д., ред. Основы современных компьютерных технологий. Корона Принт. 2017. 672с.
4. Multisim 11. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2018. – 488 с; ил.
5. Чернова О.А. , Методическое пособие по работе в программе Multisim РГКРИПТ, 2021 г;

Дополнительные источники

1. Симонович С. В., Мураховский И. В. Популярный самоучитель работы на компьютере — М.: “ДЕСС КОМ”, 2008. — 576с.
2. Википедия
3. DATA SHEET. COM
4. Презентации по темам дисциплины в электронном виде

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

Определение параметров рабочих точек активных элементов на полупроводниковых приборах с помощью функции DC Sweep и IV-плоттера в программе Multisim

1. Цель работы:

Приобрести практические навыки в **определении параметров рабочих точек активных элементов на полупроводниковых приборах с помощью функции DC Sweep и IV-плоттера**

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

1. Персональный компьютер
2. Программа **Multisim 11**

4. Краткие теоретические сведения

Для получения характеристик транзисторов используют вложенный анализ **DC Sweep**. Полученные данные используют для определения параметров рабочих точек для создания схем при конструировании реальных усилителей.

5. Задание

Изучить возможности **функции DC Sweep и IV-плоттера** для определения параметров рабочих точек полупроводниковых транзисторов с помощью примеров представленных в методических указаниях

6. Порядок выполнения работы

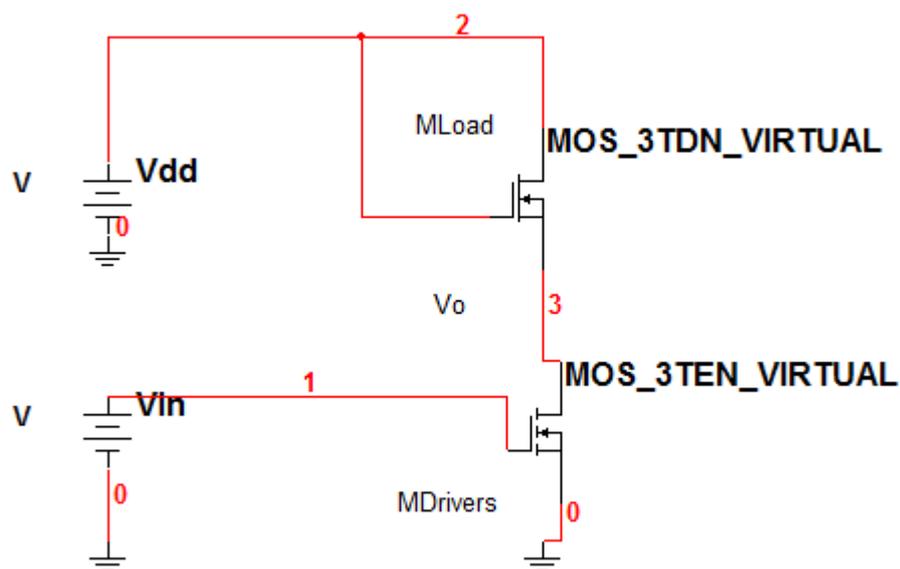
6.1 Получите ВАХ для транзистора 2N4401 NPN BJT с помощью **IV-плоттера** Получите ВАХ для транзистора 2N4401 NPN BJT с помощью **функции DC Sweep**

6.2 Получите ВАХ для транзистора 2N3906 PNPBJT с помощью **IV-плоттера** Получите ВАХ для транзистора 2N3906 PNPBJT с помощью **функции DC Sweep**

6.3.Получите ВАХ для транзистора 2N2907A PNP BJT с помощью **IV-плоттера** Получите ВАХ для транзистора 2N2907A PNP BJT с помощью **функции DC Sweep**

6.4.Получите ВАХ для транзистора MOSFET BF908WR с помощью **IV-плоттера** Получите ВАХ для транзистора MOSFET BF908WR с помощью **функции DC Sweep**

6.5 Получите зависимость передаточного коэффициента V_0/V_{in} от V_{in} при изменении значения V_{in} от 0 до 5 В для данной схемы



7. Содержание отчета:

1. Папка на рабочем столе ПК с выполненным заданием

8. Литература и средства обучения:

Литература

1. Гришин В.Н., Панфилов Е.Е. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. –416 с.
2. Михеева Е.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Технические специальности 2018 ОИЦ «Академия»
3. Хомоненко А.Д., ред. Основы современных компьютерных технологий. Корона Принт. 2017. 672с.
4. Multisim 11. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2018. – 488 с; ил.
5. Чернова О.А. , Методическое пособие по работе в программе Multisim РГКРИПТ, 2021 г;

Дополнительные источники

1. Симонович С. В., Мураховский И. В. Популярный самоучитель работы на компьютере — М.: “ДЕСС КОМ”, 2008. — 576с.
2. Википедия
3. DATA SHEET. COM
4. Презентации по темам дисциплины в электронном виде

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

Измерения модуля и фазы гармонических сигналов в виртуальных электронных устройствах с помощью виртуальных приборов и функции AC Analysis.

1. Цель работы

Научиться измерять модуль и фазу гармонического сигнала в различных радиотехнических схемах с помощью Multimetr и функции AC Analysis

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа Multisim 11

4. Краткие теоретические сведения

При моделировании электрических и электронных схем с переменными и сигналами очень важно уметь определять значения модуля и фазы сигналов, особенно это актуально в тех случаях, когда для анализа используется метод комплексных амплитуд.

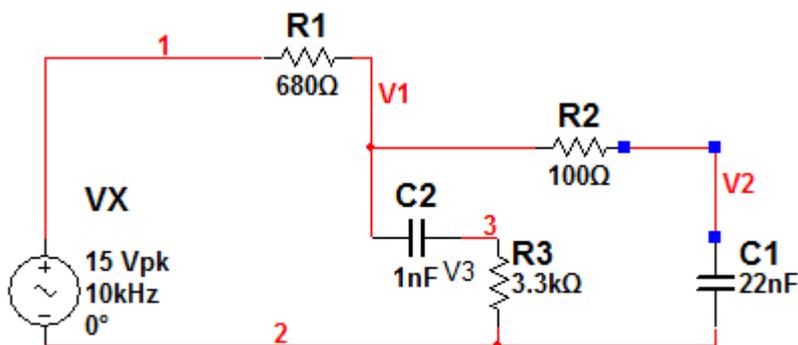
Программа Multisim предлагает ряд инструментов для анализа модулей и фаз гармонических сигналов.

4. Задание

Изучить возможности функций Multimetr и AC Analysis для измерения модуля и фазы гармонического сигнала в различных радиотехнических схемах

6. Порядок выполнения работы

6.1. Смоделируйте схему, представленную ниже:



6.1.1. В данной схеме воспользуйтесь индикаторами и определите действующие значения:

напряжения на узле VI и тока через резистор R1.

напряжения на конденсаторе C2 и тока через конденсатор C2.

напряжения на узле V3 и тока через резистор R3 .
 напряжения на узле V2 и тока через резистор R1.
 напряжения на узле V3 и тока через конденсатор C2
 напряжения на резисторе R1 и тока через конденсатор C2.
 напряжения на узле V1 и тока через резистор R2.
 напряжения на узле V2 и тока через конденсатор C1.
 Запишите схемы с полученными результатами в папку на диске

6.1.2. В данной схеме воспользуйтесь мультиметрами и определите действующие значения:

напряжения на узле V1 и тока через резистор R1.
 напряжения на узле V2 и тока через резистор R2.
 напряжения на узле V3 и тока через резистор R3.
 напряжения на конденсаторе C1 и тока через резистор R2.

6.1.3 В данной схеме воспользуйтесь мультиметрами и определите амплитуды (максимальные значения)

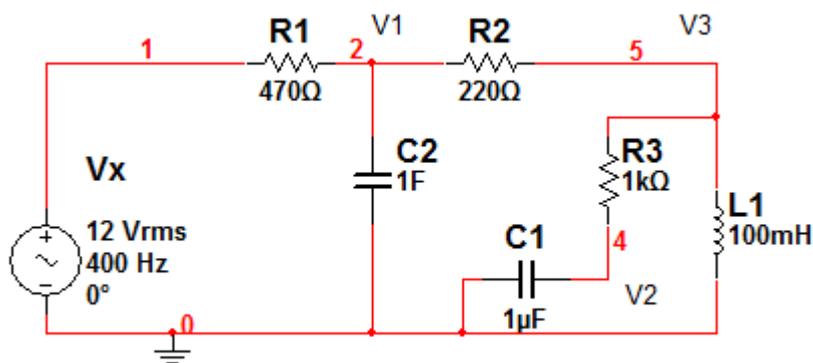
напряжения на узле V1 и тока через конденсатор C2.
 напряжения на узле V2 и тока через конденсатор C1
 напряжения на узле V3 и тока через конденсатор C2.

Запишите схемы с полученными результатами в папку на диске

6.1.4 В данной схеме воспользуйтесь функцией **AC Analysis** и определите:

амплитуды (максимальные значения) напряжения на узлах V1, V2 и V3.
 фазы напряжений на узлах V1, V2 и V3.

6.2. Смоделируйте схему, представленную ниже:



6.2.1. В данной схеме воспользуйтесь индикаторами и определите действующие значения:

напряжения на узле V2, а также тока через резистор R1.
 напряжения на узле V3, а также тока через конденсатор C2.
 напряжения на узле V1, а также тока через резистор R2.

6.2.2. В данной схеме воспользуйтесь индикаторами и определите амплитуды (максимальные значения):

напряжения на узле V1, а также тока через резистор R2.
 напряжения на узле V2, а также тока через конденсатор C1.

напряжения на конденсаторе C2, а также тока через конденсатор C1.
напряжения на узле V3, а также тока через катушку индуктивности L1.

6.2.3. В данной схеме воспользуйтесь мультиметрами и определите действующие значения:

напряжения на узле V2, а также тока через резистор R2.

напряжения на узле V3, а также тока через катушку L1.

6.2.4 В данной схеме воспользуйтесь мультиметрами и определите амплитуды (максимальные значения):

напряжения на узле V1, а также тока через конденсатор C2.

напряжения на узле V2, а также тока через конденсатор C1.

напряжения на узле V3, а также тока через катушку L1.

напряжения на конденсаторе C1, а также тока через катушку L1.

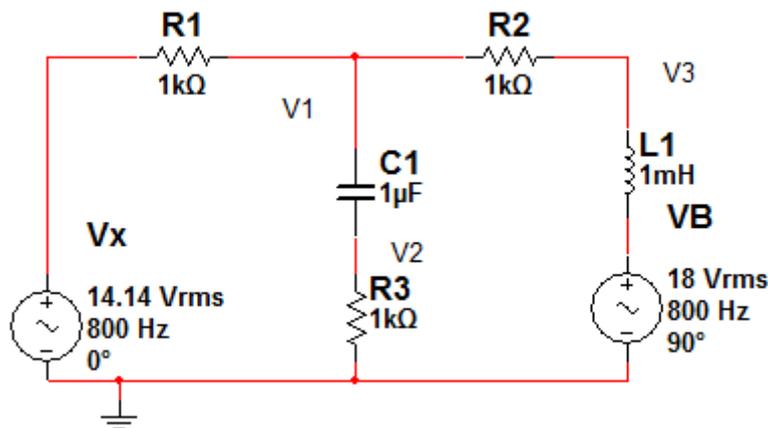
6.2.5. В данной схеме воспользуйтесь функцией **AC Analysis** и определите:

амплитуды (максимальные значения) напряжений на узлах V1, V2 и V3.

фазы напряжений на узлах V1, V2 и V3.

Запишите схемы с полученными результатами в папку на диске

6.3.. Смоделируйте схему, представленную ниже:



6.3.1. В данной схеме воспользуйтесь индикаторами и определите действующие значения:

напряжения на узле V1

напряжения на узле V2 и тока через резистор R1

на узле V3 и тока через конденсатор C1

6.3.2. В данной схеме воспользуйтесь индикаторами и определите амплитуды (максимальные значения):

напряжения на узле V1 и тока через резистор R2.

напряжения на катушку L1 и тока через резистор R2.

напряжения на узле V2 и тока через конденсатор C1.

амплитуды (максимальные значения) напряжения на узле V3 и тока через катушку L1.

6.3.3. В данной схеме воспользуйтесь мультиметрами и определите действующие значения:

напряжения на узле V1 и тока через резистор R1

напряжения на узле V2 и тока через резистор R2.

напряжения на конденсаторе C1 и тока через резистор R2.

напряжения на узле V3 и тока через катушку L1.

6.3.4 В данной схеме воспользуйтесь мультиметрами и определите амплитуды (максимальные значения)

напряжения на узле V2 и тока через конденсатор C1.

напряжения на узле V3 и тока через катушку L1.

6.3.5. В данной схеме воспользуйтесь функцией AC Analysis и определите

амплитуды (максимальные значения) напряжения на узлах V1, V2 и V3.

фазы напряжений на узлах V1, V2 и V3

Запишите схемы с полученными результатами в папку на диске

6.4. Подготовить ответы на контрольные вопросы

7. Контрольные вопросы

7.1 Какие инструменты предлагает программа Multisim для анализа модулей и фаз гармонических сигналов?

7.2. Как использовать индикаторы для измерения модуля тока и напряжения. одной частоте ?

7.3. Как использовать мультиметр для измерения модуля тока и напряжения. одной частоте ?

7.4. Как используя инструмент AC Analysis измерить модуль тока и напряжения на одной частоте ?

7.5. Как используя инструмент AC Analysis измерить модуль и фазу тока и напряжения на одной частоте?

8. Содержание отчета

1 Папка на рабочем столе ПК с выполненным заданием

9. Литература и средства обучения

1. Гришин В.Н., Панфилов Е.Е. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. -416 с.

2. Михеева Е.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Технические специальности 2018 ОИЦ «Академия»

3. Хомоненко А.Д., ред. Основы современных компьютерных технологий. Корона Принт. 2017. 672с.

4. Multisim 11. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2018. – 488 с; ил.

5. Чернова О.А. , Методическое пособие по работе в программе Multisim РГКРИПТ, 2021 г;

Дополнительные источники

1. Симонович С. В., Мураховский И. В. Популярный самоучитель работы на компьютере — М.: “ДЕСС КОМ”, 2008. — 576с.

2. Википедия

3. DATA SHEET. COM

4. Презентации по темам дисциплины в электронном виде

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

Получение временных диаграмм электрических сигналов в цепях виртуальных электронных устройств с помощью виртуального осциллографа.

1. Цель работы:

научиться получать временные диаграммы с помощью виртуального осциллографа в цепях виртуальных электронных устройств

приобрести практические навыки в получении временных диаграмм с помощью виртуального осциллографа в цепях виртуальных электронных устройств

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Оборудование:

1 Персональный компьютер

2 Программа **Multisim 11**

4. Теоретические положения

Анализ во временной области

Анализ во временной области применяется для того, чтобы отображать диаграммы во времени. Программа Multisim предлагает два метода выполнения анализа во временной области: моделирование с помощью прибора Oscilloscope (Осциллограф) и стандартный анализ переходных процессов — SPICE Transient Analysis. Благодаря этим функциям временные диаграммы отображаются на экране так же, как если бы их просматривали на экране осциллографа. С помощью осциллографа Multisim с диаграммами можно работать так же, как с настоящим осциллографом. Для просмотра кривых следует правильно настроить параметры. Работая с осциллографом Multisim, можно одновременно отображать на экране несколько периодов диаграммы, но, как правило, всю диаграмму сразу не видно. При использовании функции SPICE Transient Analysis можно отобразить всю диаграмму или ее часть. Чтобы просмотреть результаты анализа переходных процессов, не нужно изменять настройки. Примеры диаграмм, полученных с помощью анализа Transient Analysis и виртуального осциллографа, показаны ниже:

Эти графики показывают временные диаграммы напряжения. Если нужно получить подобную диаграмму, применяют функцию Transient Analysis. Уравнение для этой временной диаграммы выглядит как

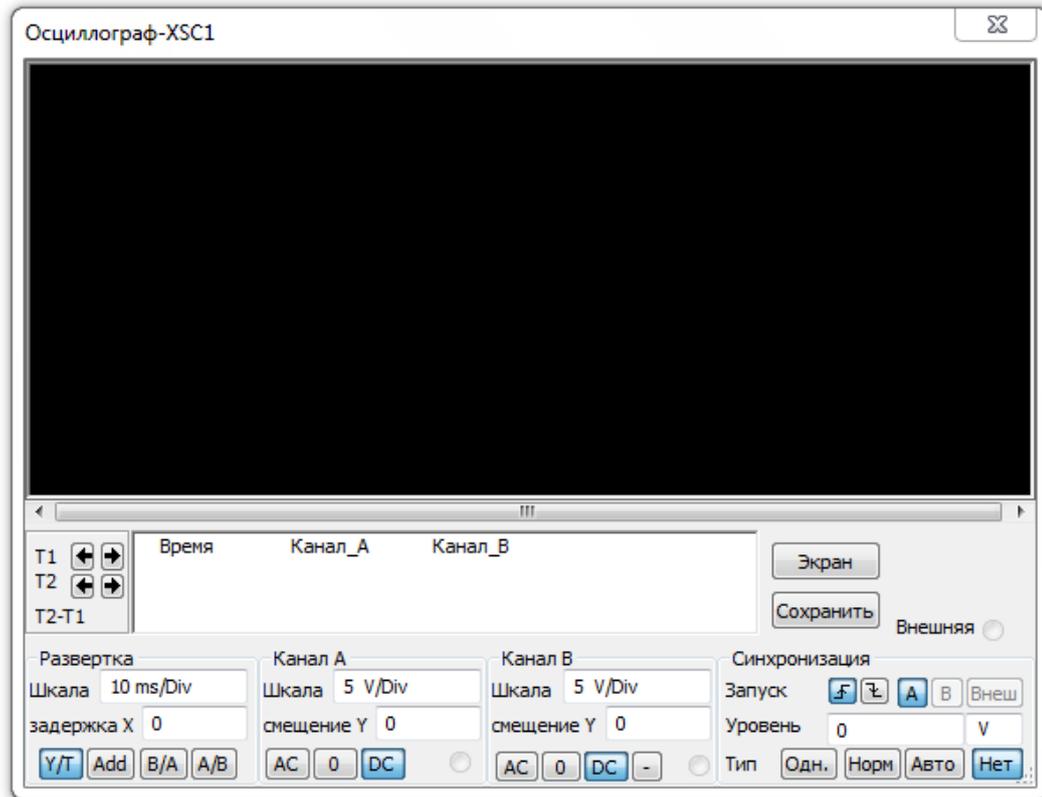
$$v_x(t) = 5\sin(2\pi \cdot 1000t + 0^\circ).$$

Оно представляет гармоническое колебание с амплитудой 5 В и частотой 1000 Гц (диаграмма слева). Если вас интересуют модуль и фаза напряжения и тока, используйте функцию AC Sweep или прибор Боде-плоттер. Модуль напряжения для этой диаграммы (диаграмма справа) составляет 5 В действующей

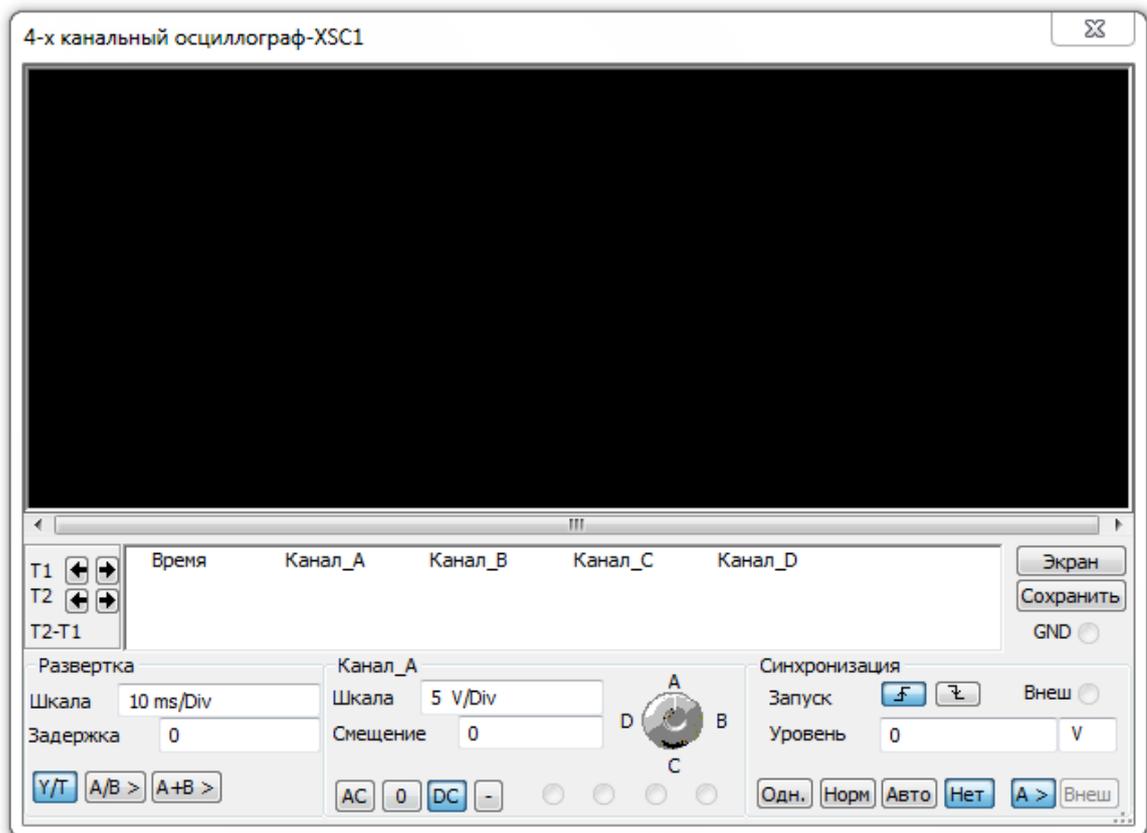
щего значения, а фаза равна 0° , комплексное напряжение записывается как $5 \angle 10^\circ$. Функция AC Sweep или инструмент Bode Plotter дают результат $5 \angle 10^\circ$. Графики были сформированы с помощью анализа Transient Analysis и инструмента Oscilloscope.

1 Использование виртуального осциллографа

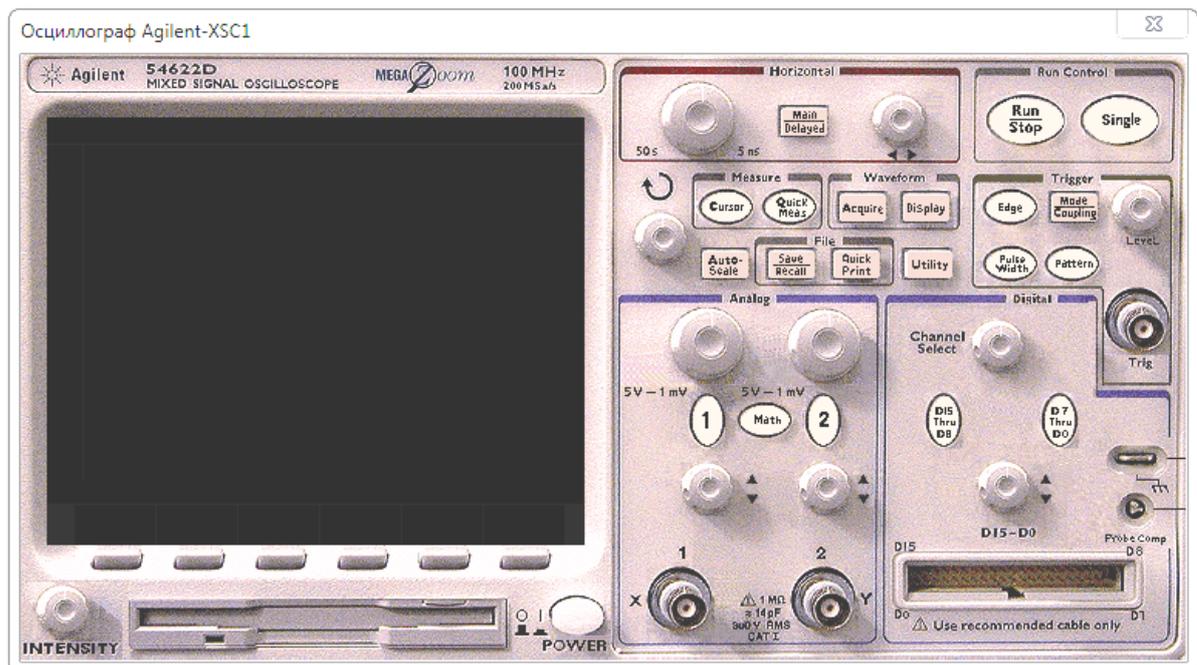
В программе Multisim 7 доступны три разных осциллографа — стандартный двухканальный осциллограф:



четырёхканальный осциллограф:



и осциллограф Agilent 54622D:



Двух- и четырехканальные осциллографы работают практически одинаково и отличаются только количеством каналов. Осциллограф Agilent работает так же, как и обычный лабораторный осциллограф (и имеет такой же интерфейс). Это значит, что его использование несколько отличается от использования двух- и четырехканальных осциллографов. Осциллограф **Agilent** имеет

свою специфику и может быть полезен только в том случае, если вы пользуетесь лабораторным осциллографом. В последующих разделах будет рассказано о двухканальном осциллографе. Все приведенные здесь примеры могут быть созданы и с помощью четырехканального осциллографа.

Настройки виртуальных осциллографов напоминают настройки обычного лабораторного. Их основные параметры — это:

- время по горизонтальной оси,
- напряжение в вольтах по вертикальной оси и
- синхронизация.

Если вы умеете пользоваться лабораторным осциллографом, то уже знакомы с этими настройками. Обратите внимание на то, что инструмент Oscilloscope в программе Multisim не имеет кнопки Auto-Set (Автоматическая настройка) или Auto-Scale (Автоматическое масштабирование). Если вы не знакомы с обычным осциллографом, изучение этого инструмента в программе Multisim позволит научиться работе с ним.

Начнем с простой схемы и покажем, как создать осциллограмму:

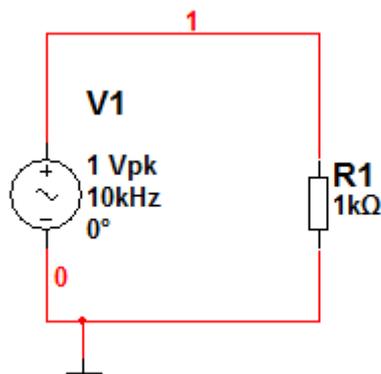
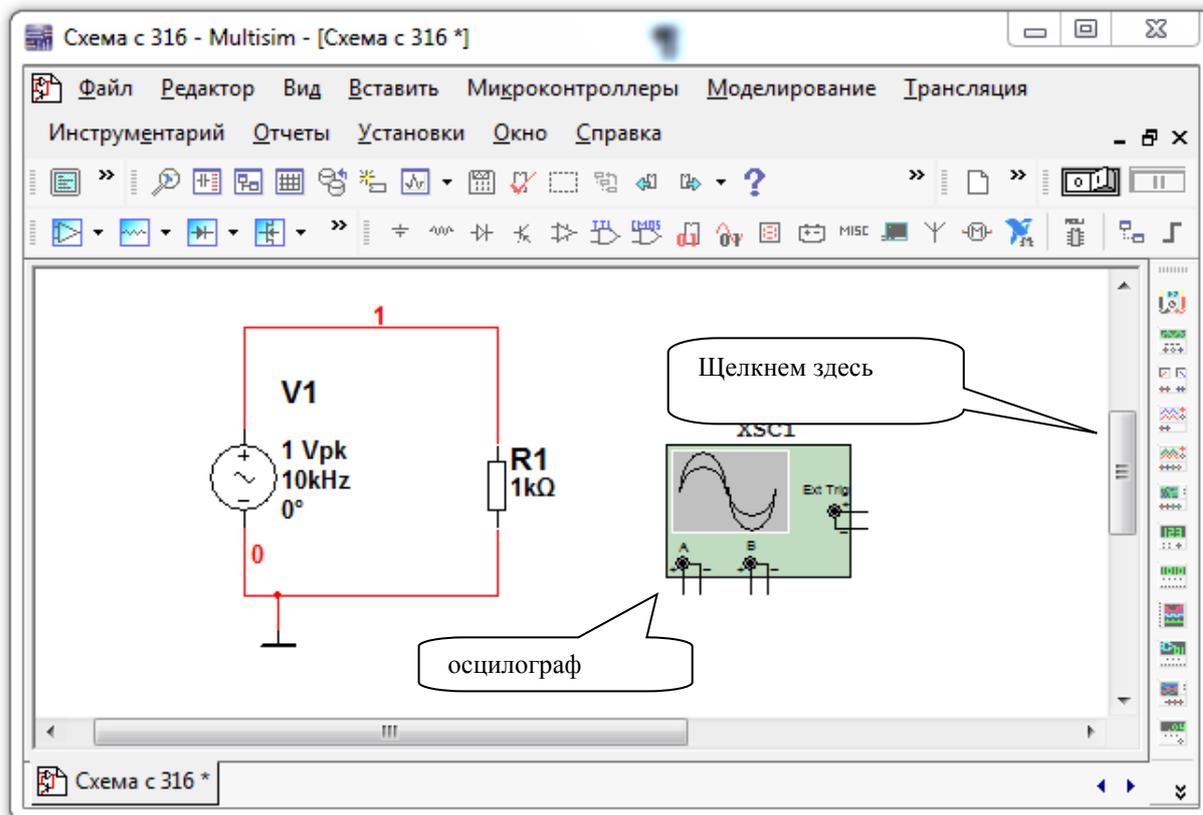
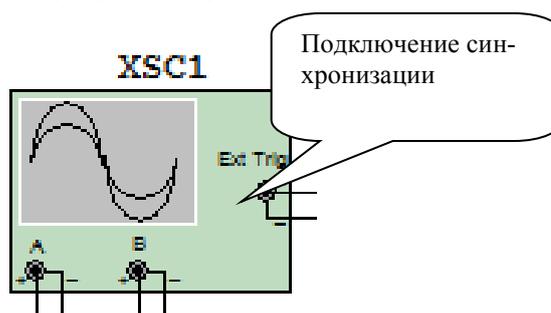


Схема содержит источник переменного напряжения и виртуальный резистор. Значение резистора для нас не важно. Так как источник идеальный, резистор не будет влиять на его напряжение. Резистор лишь рассеивает мощность. Амплитуда источника составляет 1 В, а его частота равна 10 кГц.

Подключим к осциллографу. Нажмем кнопку **Oscilloscope VLC** - Инструмент будет «привязан» к курсору мыши:



Рассмотрим входы осциллографа подробнее:



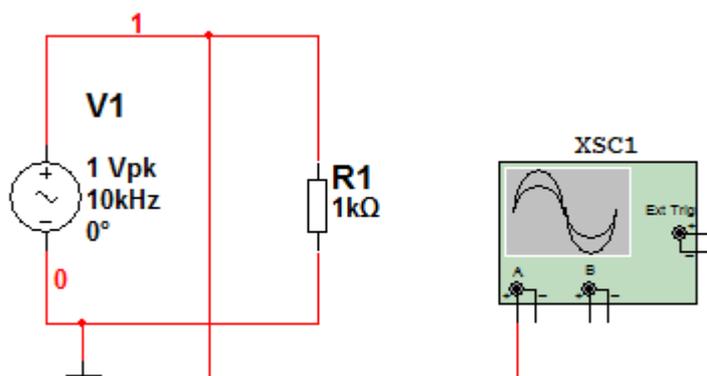
A, B, — это выходы осциллографа (каналы), к которым можно подключать другие компоненты.. Большинство лабораторных осциллографов заземляется с помощью трехполюсной вилки, которую вставляют в сеть. Все пробники осциллографа имеют измерительный щуп (measuring pin) и клемму заземления (ground clip). Так как осциллограф заземляется через вилку и измеряет напряжение относительно земли, не нужно устанавливать клемму заземления на щуп. Однако стоит отметить, что наличие клеммы заземления позволяет снизить уровень шумов. Многие осциллографы оснащаются дополнительным кронштейном. Обычно этот кронштейн представляет собой крепление для провода или разъем для подключения контакта. С помощью данного контакта можно заземлить осциллограф другим способом. Как правило, это не приходится делать, так как осциллограф заземляется через вилку. Как и лабораторные осциллографы, осциллограф в программе Multisim заземляется автоматически.

Выходы A и B представляют собой сигнальные входы осциллографа. Они подключаются к схеме, и напряжения, которые они измеряют, отображаются на экране осциллографа. Лабораторные осциллографы используют входные де-

лители напряжения с коэффициентом деления 10:1 с измерительными щупами и клеммами заземления. Осциллограф Multisim не имеет измерительных щупов и клемм заземления. Для лабораторного осциллографа эти устройства необходимы, так как они снижают уровень шумов и позволяют отображать высокочастотные осциллограммы. Однако щупы и клеммы заземления не нужны в модели Multisim, потому что модель дает возможность выполнить точные измерения без их помощи. Поэтому осциллограф Multisim имеет только один контакт А и один контакт В. Если подключить любой вход к узлу в схеме, то инструмент отобразит напряжение данного узла относительно земли. Процедура очень похожа на работу с лабораторным осциллографом, за исключением того, что у нас нет измерительного щупа с коэффициентом деления 10:1 и не нужно подсоединять клемму заземления.

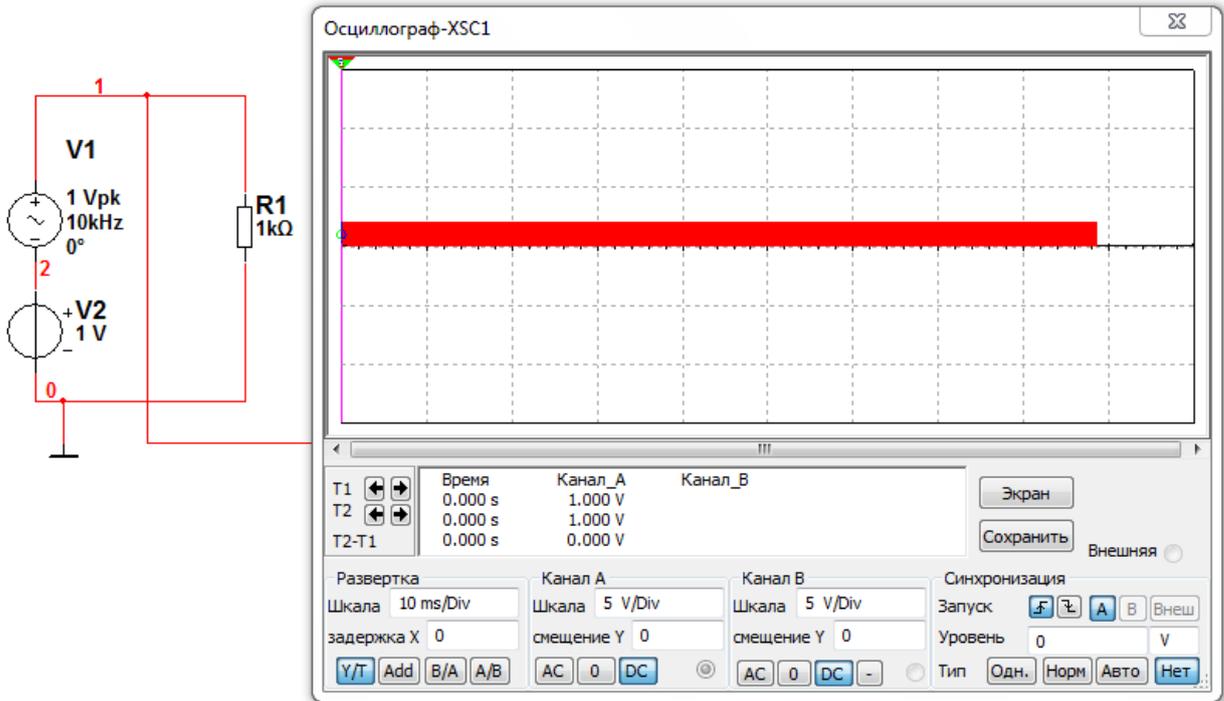
Вывод Exс Tr [**External Trigger (Внешняя синхронизация)**]— это вход внешней синхронизации осциллографа, который моделирует аналогичный вход лабораторного осциллографа. Обычно осциллографы создают сигналы синхронизации с помощью сигналов, измеряемых на каналах А или В. При работе с сигналами высокого уровня можно без проблем использовать канал А или В в качестве запускающего; но при измерении небольших сигналов могут возникнуть сложности с созданием сигнала синхронизации, и в результате осциллограммы будут беспорядочно перемещаться по экрану. Чтобы избежать этого, воспользуемся каналом внешней синхронизации (Exс Tr). Даже если напряжение на входах А и В незначительно, сигнал на входе синхронизации будет достаточно высоким. Сигнал синхронизации должен быть синхронизирован с напряжениями на входах А и В, но иметь намного более высокое значение, чтобы легко осуществлять синхронизацию. В этом разделе не будут применяться сигналы синхронизации, так как все измеряемые сигналы достаточно высоки.

Сначала измерим напряжение источника с помощью канала А. Подключим к схеме осциллограф, как показано ниже:



Помните о том, что осциллограф заземляется по умолчанию. Чтобы выполнить моделирование, нажмем кнопку Run/stop simulation. Моделирование началось, но мы ничего не увидим, пока не откроем окно осцилло-

графа. Дважды щелкнем по инструменту **Oscilloscope**, открывается **окно осциллографа** :



1.1 Временная развертка

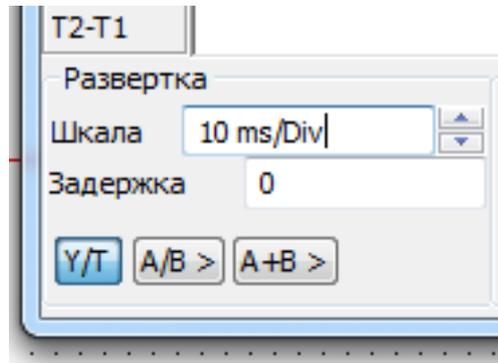
Сначала изменим временную развертку (**Timebase**). Сейчас осциллограф настроен на значение **10 ms/div** (мс/дел.).

Отметим, что нажата кнопка **Y/T**. Это значит, что горизонтальная ось представляет собой ось времени и все диаграммы являются временными. Сигнал канала **A** и/или **B** откладывается по оси **y**. Масштаб оси времени равен **10 мс/дел.**

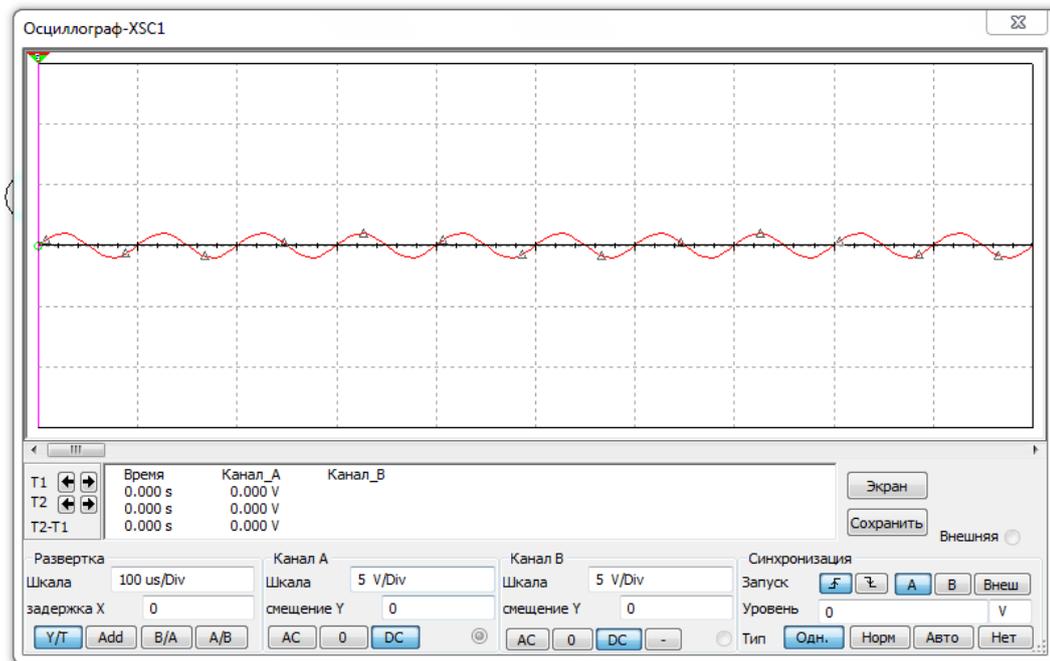
Сигнал, который надо измерить, имеет частоту 10 кГц. Период сигнала является величиной, обратной частоте, следовательно, период сигнала составляет 0,1 мс, или 100 мкс. Период сигнала определяет время его повторения. Так как параметр **Timebase** (Временная развертка) настроен на 10 мс/дел., а сигнал повторяется через 0,1 мс, каждое деление горизонтальной оси содержит 100 периодов колебания. Поэтому кажется, что осциллограмма на экране представляет собой сплошную линию.

Предположим, что нужно установить время одного колебания равным одному делению горизонтальной шкалы (то есть период должен вписываться в квадрат). Период равен 0,1 мс, следовательно, надо изменить настройку параметра **Timebase** на 100 μ s/div (мкс/дел.). Для этого щелкнем по полю **Scale** (Масштаб). В поле появится курсор; кроме того, рядом с полем появятся стрелки:





Можно щелкнуть по стрелкам и изменить настройки либо воспользоваться клавиатурой. Изменим значение на $100 \mu\text{s}/\text{div}$ (мкс/дел.), но не на $100 \text{ms}/\text{div}$ (мс/дел.). Можно изменить значение параметра **Timebase** в соответствии с вашими предпочтениями:

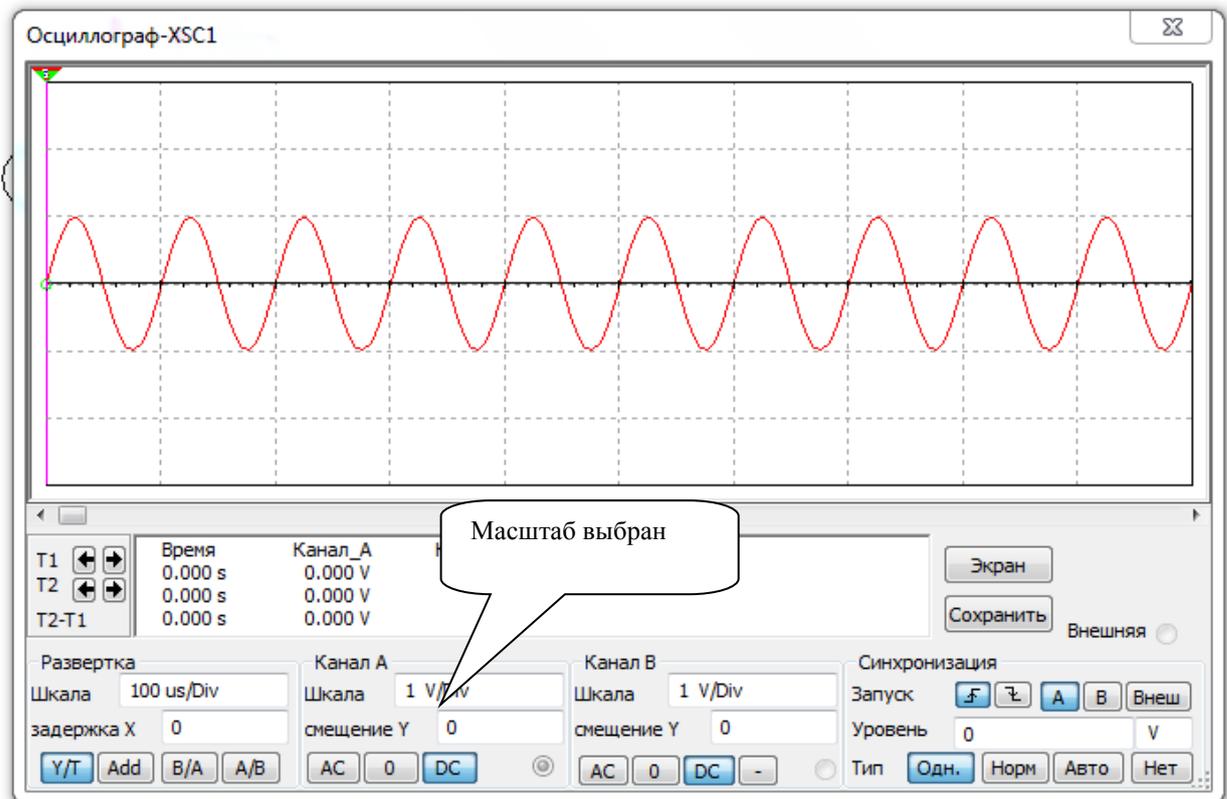


1.2 Настройка масштаба напряжения для каналов А и В

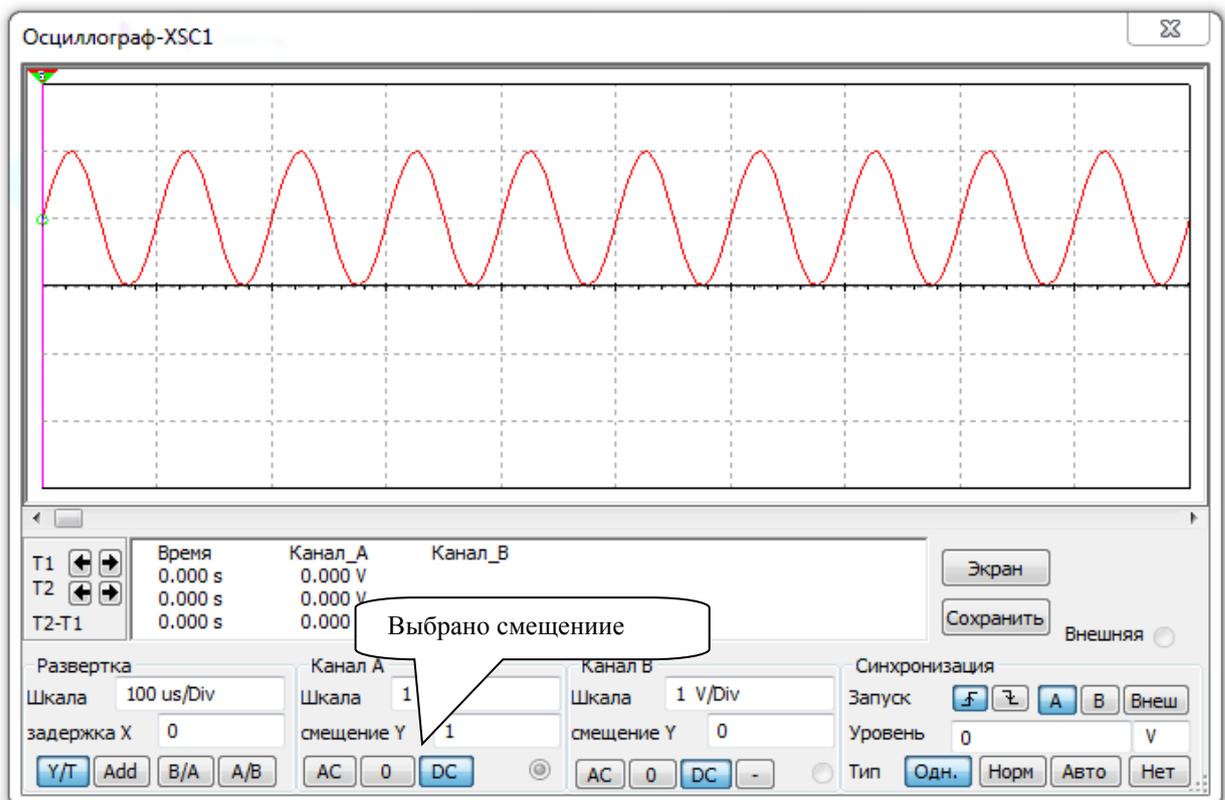
Эта настройка производится одинаково для каналов А и В, поэтому ограничимся описанием настройки для канала А.

Получим осциллограмму гармонического напряжения с амплитудой 1 В. Это значит, что максимальное положительное значение сигнала составляет +1 В, а минимальное отрицательное значение равно -1 В. Напряжение канала А отображается по вертикальной оси (или оси у). При использовании масштаба $5\text{V}/\text{Div}$ каждое деление на вертикальной оси содержит 5 В. Так как сигнал имеет амплитуду 1 В, он занимает только 1/5 часть квадрата по вертикали.

Чтобы осциллограмма выглядела более крупной, нужно изменить масштаб напряжения для канала А. Если хотим, чтобы осциллограмма занимала один квадрат как в положительном, так и в отрицательном направлении, следует настроить данный параметр на $1 \text{V}/\text{div}$ (**В/дел.**). Для этого щелкнем по полю Scale. В нем появится курсор, кроме того, рядом с полем появятся стрелки:



Поле Y Position (Смещение по оси y) является аналогом регулятора стандартного осциллографа; оно позволяет перемещать осциллограмму по экрану. Например, при изменении значения на 1 нулевая линия осциллограммы переместится на одно деление вверх:



Если используют каналы А и В, можно разделить кривые и применить опцию Y Position, чтобы расположить их на экране нужным образом.

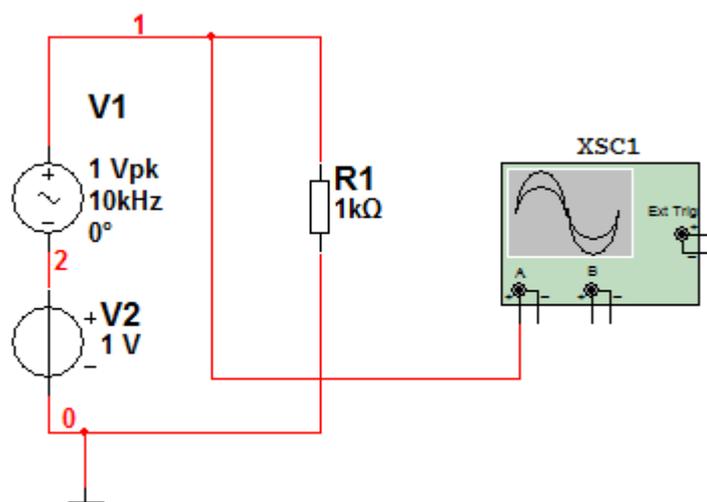
Кнопки AC, 0 и DC используются для настройки каналов осциллографа.

Они являются аналогами кнопок AC, 0 и DC обычного осциллографа. При настройке значения для канала на ноль (или при подключении заземления на обычном осциллографе) входной сигнал канала тоже будет равен нулю, даже если этот канал подключен к узлу и измеряет напряжение. В результате канал осциллографа будет постоянно показывать напряжение 0 В.

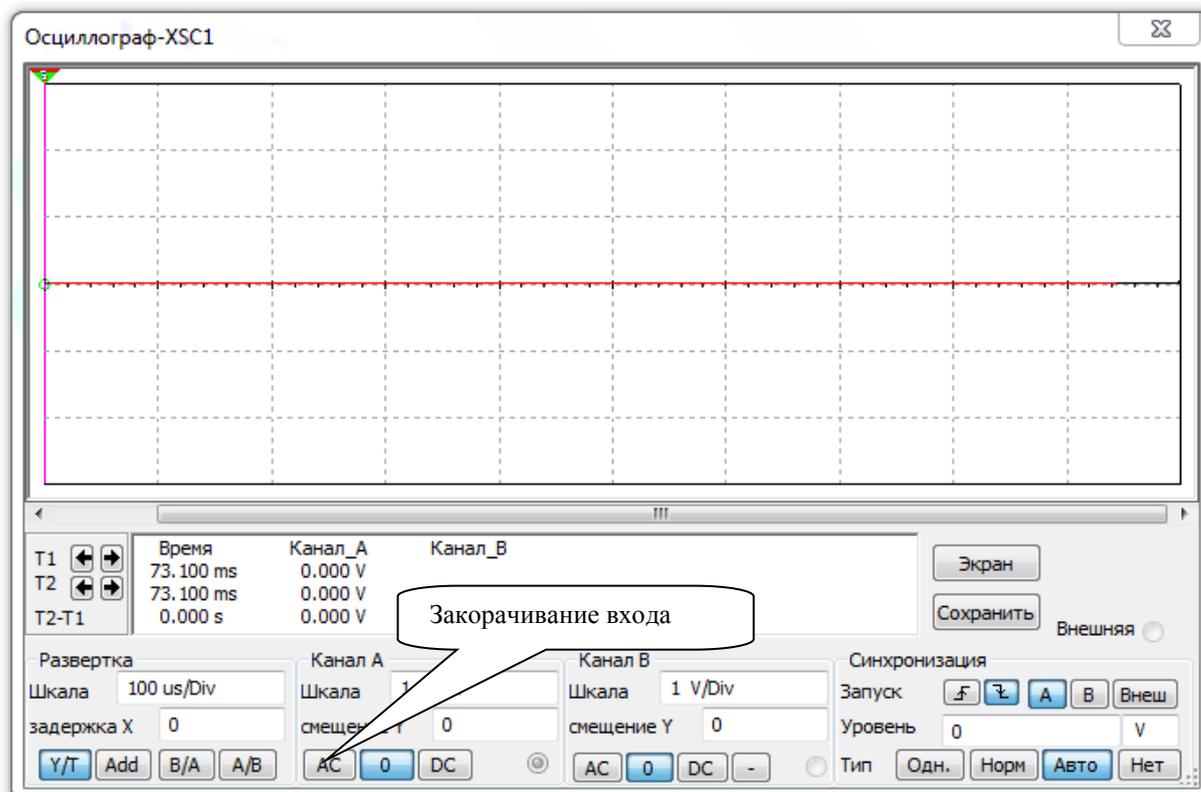
Далее, с помощью опции Y Position можно переместить кривую, показывающую нулевое значение. Параметр DC отобразит осциллограмму полностью. Если измеряется осциллограмма постоянного или переменного тока, она будет показана. Если измеряется напряжение, которое имеет переменную и постоянную составляющие, осциллограф отобразит как переменную составляющую, так и смещение.

Выбор режима AC равносителен введению емкостного фильтра в цепь сигнала, при этом отображается только переменная составляющая колебания. Если измеряется напряжение постоянного тока, осциллограф покажет нулевое значение. **Если измеряется напряжение, которое содержит постоянную и переменную составляющие, то будет показана только переменная составляющая.**

Чтобы продемонстрировать различие между этими режимами, включим в схему источник постоянного тока:

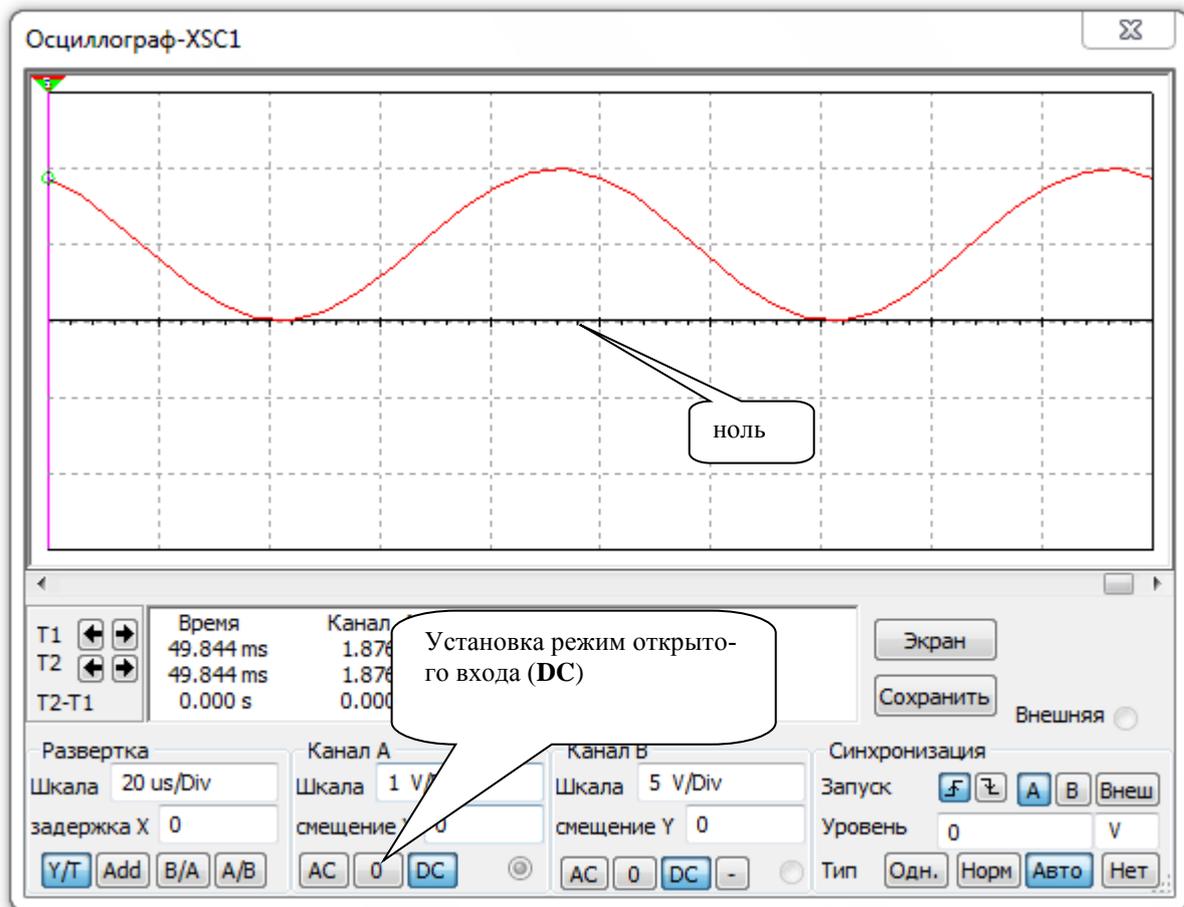


Так как источники подключены последовательно, их напряжения суммируются. Таким образом, осциллограф будет измерять постоянное напряжение 10 В, а также гармоническое напряжение с амплитудой 1 В и частотой 1 кГц. Отобразим эту диаграмму на осциллографе. Сначала выберем режим 0. Это позволит определить положение нулевого значения сигнала:

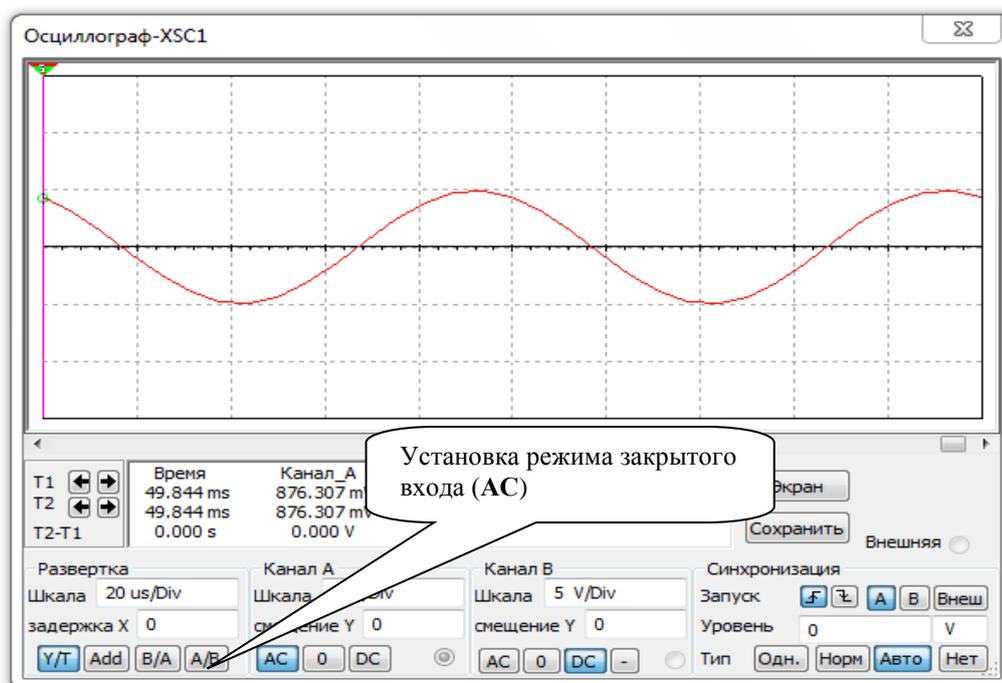


Это трудно увидеть, но теперь нулевое значение располагается точно в центре экрана. Можем изменить смещение **Y Position**, и линия переместится вверх или вниз, как показано в нижней части экрана. Если смещение **Y Position** равно нулю, линия будет находиться в центре экрана. Обратите внимание, что масштаб для канала A выбран равным **1 V/Div** (1 В/дел.).

Видно, что когда осциллограф переведен в режим открытого входа, то будет отображаться смещенная гармоника. Ее ось будет находиться на уровне 1 В, а не на нулевом уровне, так как в схему был добавлен источник постоянного напряжения. Масштаб напряжения равен **1 (V/Div)** (1 В/дел.) Чтобы осциллограмма отображалась верно, изменим уровень синхронизации на 1, а режим синхронизации — на Авто. Как видим, при использовании параметра DC осциллограф показывает и постоянную, и переменную составляющие:

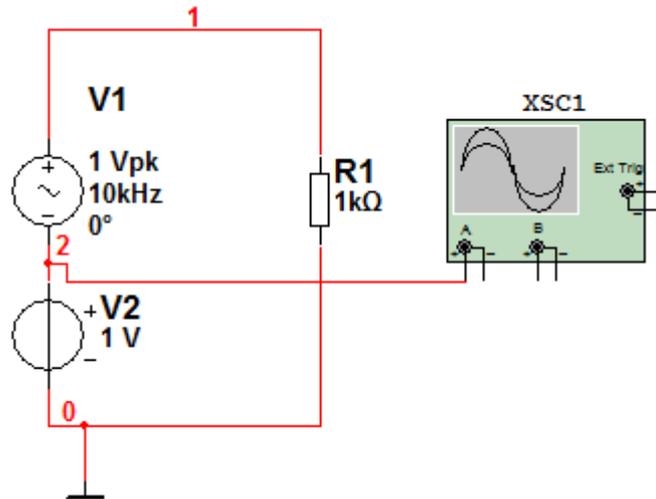


Если выбрать режим АС, постоянное смещение исчезнет с экрана. Останется только осциллограмма переменной составляющей с осью в середине экрана:

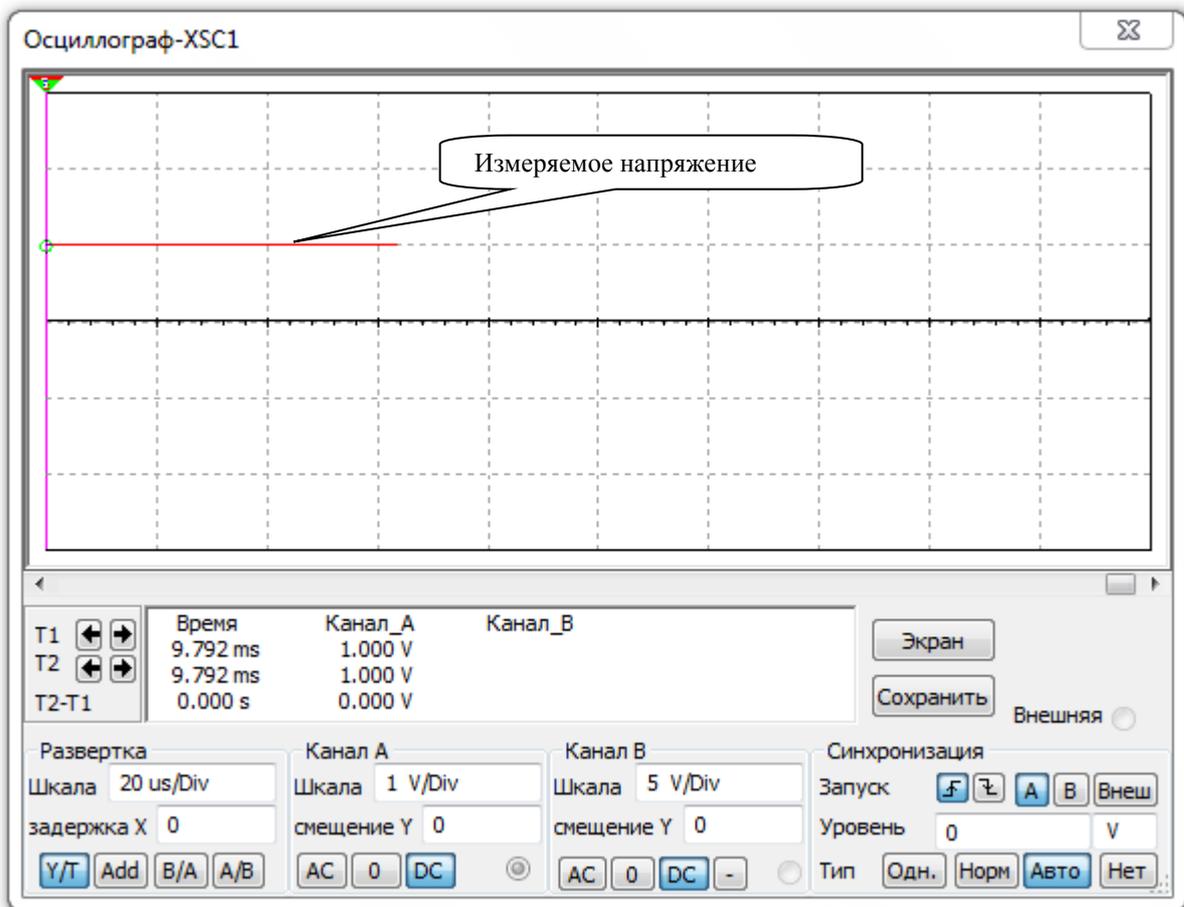


Таким образом, в режиме DC отображаются обе составляющих сигнала, а в режиме АС — только переменная составляющая.

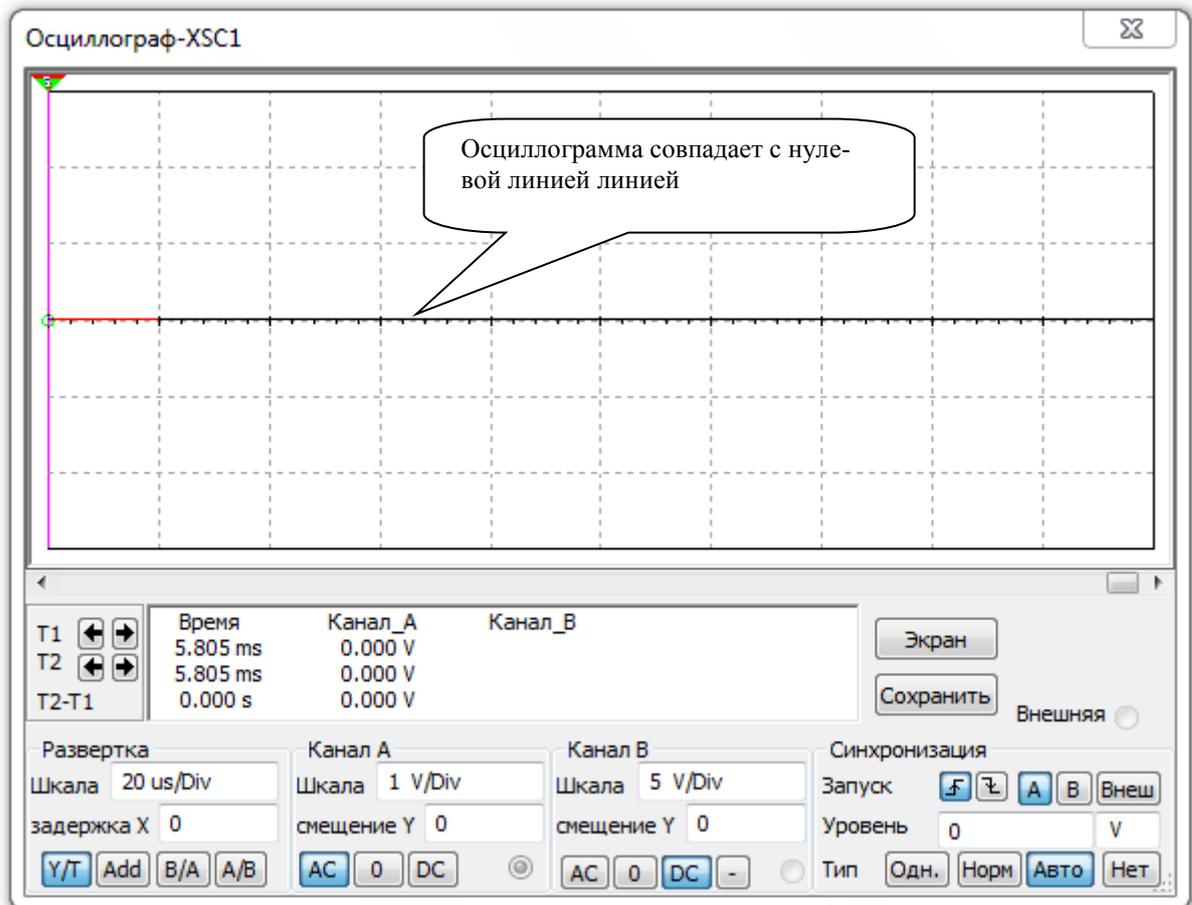
Измерим напряжение источника постоянного напряжения с применением параметров АС и DC. Переключим осциллограф, как показано ниже:



Далее проведем моделирование и изменим настройку на DC. Следует настроить режим синхронизации на Auto:



На экране видно, что осциллограф показывает постоянное напряжение 1 В. Если изменить режим на **АС**, осциллограф будет игнорировать постоянную часть осциллограммы и отобразит только ее изменяющуюся часть. В данном случае при работе со стандартной осциллограммой постоянного тока осциллограф показывает нулевое значение:



Выбор опции зависит от осциллограммы измеряемого напряжения. Если необходимо измерять постоянное смещение, выбирают режим **DC**, если же требуется работать с изменяющейся частью осциллограммы и не интересует постоянное смещение, то — режим **AC**. В режиме **DC** отображается вся осциллограмма, а в режиме **AC** — только ее изменяющаяся часть.

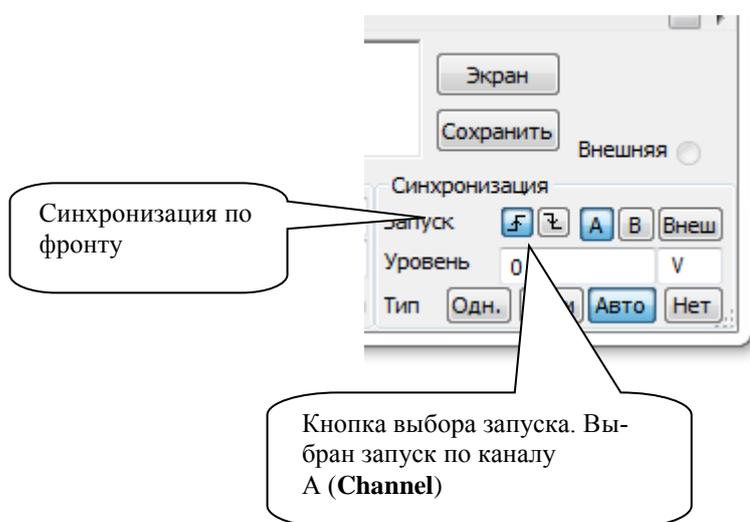
1.3 Настройки синхронизации

При работе с лабораторным осциллографом настройка синхронизации — это одна из самых сложных задач. Если осциллограф использует катодную трубку, кривая рисуется на экране с помощью электронного луча. При воздействии электронного луча на экран люминофорное покрытие начинает светиться, в результате чего осциллограмма становится видна пользователю. Можно провести аналогию между электронным лучом и пером, которое рисует кривую на экране. Луч начинает движение слева и перемещается вправо. Опция Timebase информирует осциллограф о том, как быстро должна перемещаться кривая. Сигнал на входе **A (Channel A)** определяет, насколько должен луч двигаться вверх и вниз по вертикали. Сигнал синхронизации информирует о том, когда следует начать движение.

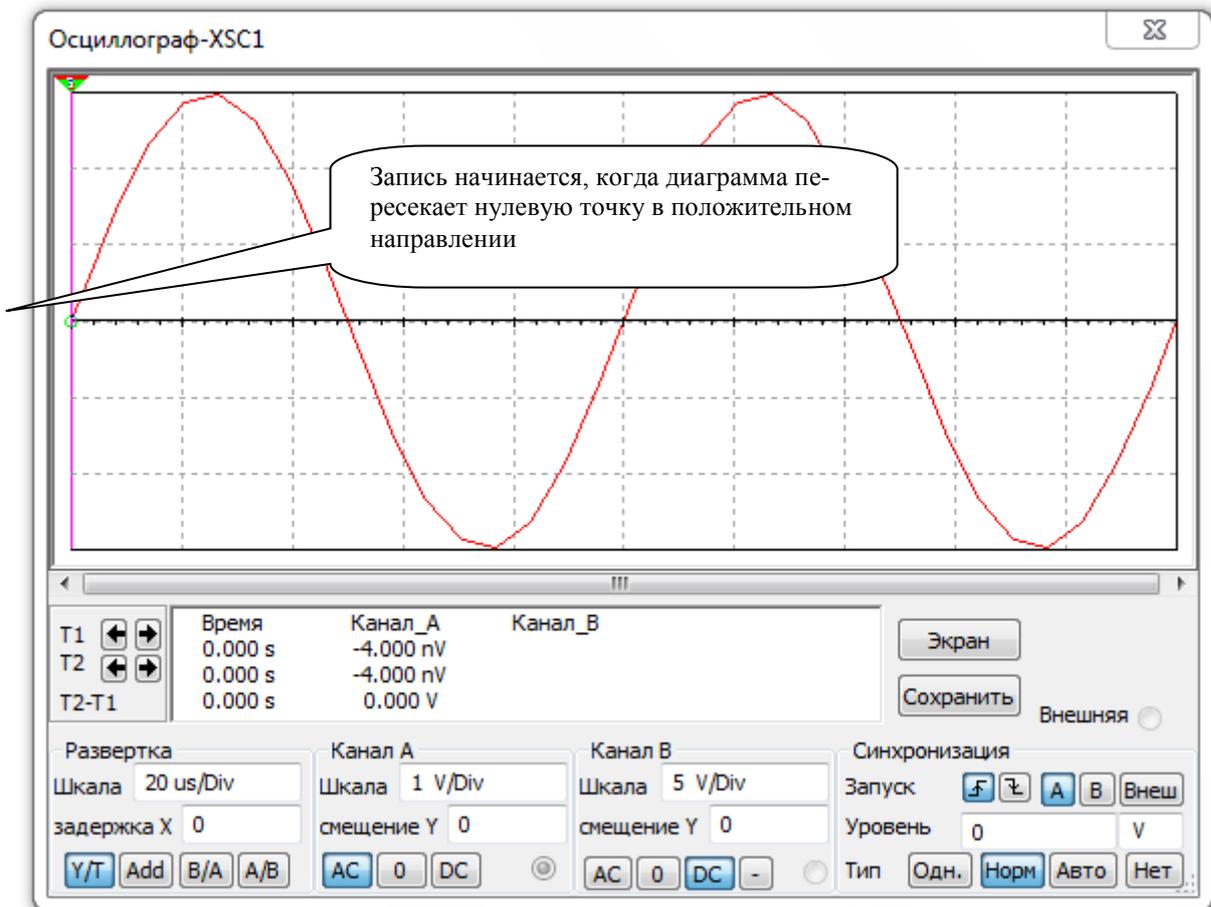
Когда на экране осциллографа рисуется линия, происходит следующее. Луч располагается в левой части экрана и не перемещается, пока осциллограф не получит сигнала синхронизации. После получения сигнала луч начинает движение вправо и рисует на экране видимую линию. Достигнув правой части экрана, луч автоматически перемещается в его левую часть. **Затем он** останавливается и больше не двигается, пока не получит новый сигнал синхронизации.

Таким образом, сигнал синхронизации сообщает осциллографу о начале рисования кривой. Если осциллограф не получает сигнала синхронизации, то луч не будет перемещаться и осциллограмма не будет нарисована на экране, в результате экран осциллографа останется пустым. Если сигнал синхронизации приходит в случайные моменты времени, которые не синхронизованы с измеряемым сигналом, осциллограмма будет произвольно перемещаться по экрану. Если сигнал синхронизации настроен правильно, осциллограмма будет правильно показана на экране прибора.

Во всех режимах синхронизации осциллограф может использовать опцию Channel A, Channel B или External Trigger (Внешняя синхронизация). Источник синхронизации выбирают с помощью кнопок, показанных ниже:

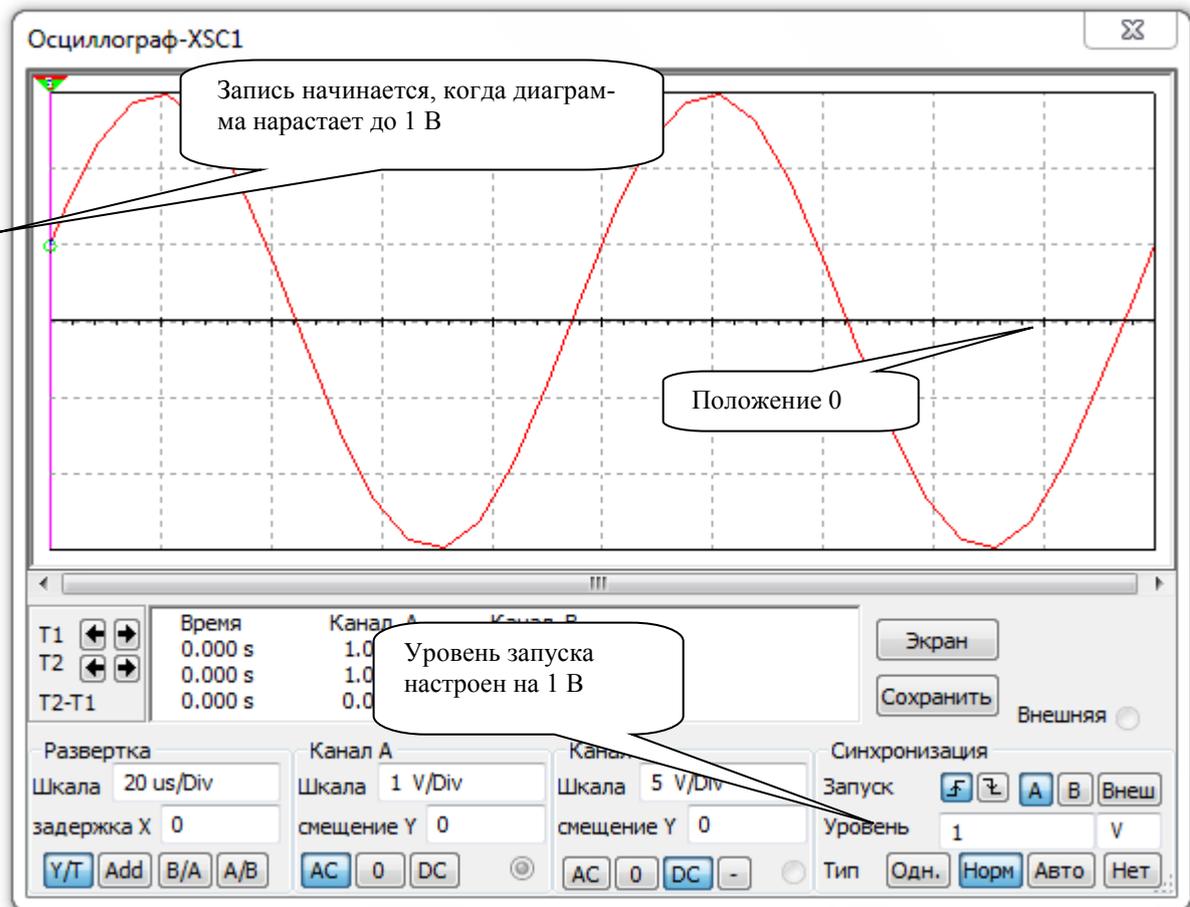


На экране выбран запуск от канала Channel A. Опция Edge (**Фронт**) настроена на запуск по фронту сигнала синхронизации, а уровень сигнала равен 0 В. Осциллограф создает сигнал запуска путем сравнения сигнала на входе Channel A и заданного уровня синхронизации. Если входной сигнал пересекает уровень в положительном направлении, это приводит к созданию сигнала синхронизации. Если, как в данном примере, сигнал на канале A пересечет точку 0 В в положительном направлении, луч начнет движение слева направо и нарисует на экране кривую. Схема и соответствующая осциллограмма показаны на экране ниже. Обратите внимание: в выбранной схеме амплитуда источника была изменена на 3 В. В этих примерах режим синхронизации показывает опцию **Normal (Норм)** :

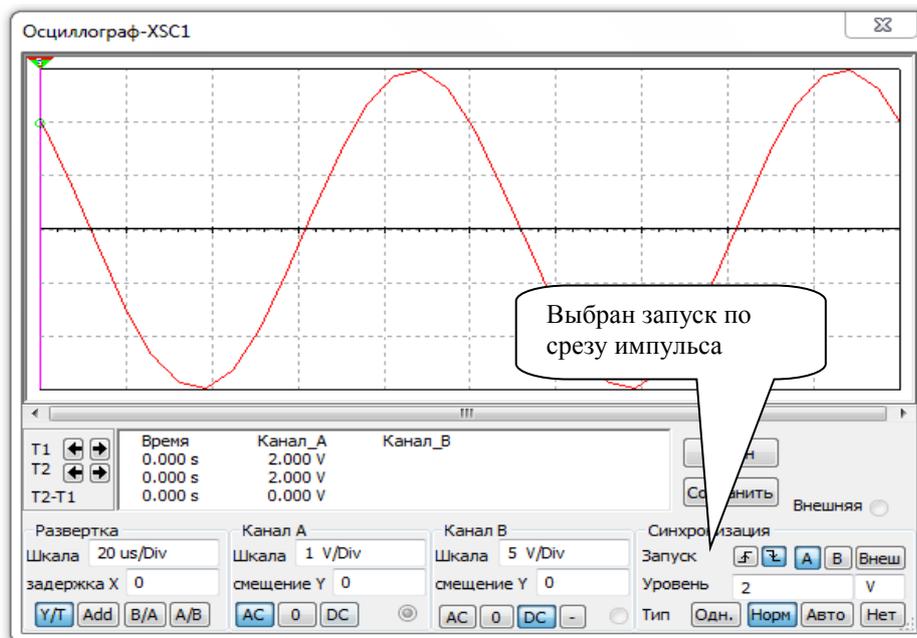


Видно, что кривая рисуется после того, как измеряемый сигнал пересекает нулевую точку в положительном направлении.

Сохраним все установки, но изменим уровень запуска на 1 В. В результате сигнал запуска будет создан после того, как измеряемый сигнал пересечет уровень 1 В в положительном направлении:



Сохраним все установки, но установим уровень запуска в 2 В, а значение опции Edge — отрицательным. В результате, сигнал запуска будет создан после того, как измеряемый сигнал пересечет уровень 2 В в отрицательном направлении:



Режим Normal (Норм). Во всех предыдущих примерах использовался именно этот режим, при котором луч ожидает сигнала синхронизации, находясь в левой части экрана. Этот сигнал создается напряжением указанного источника (Channel A, Channel B или External Trigger) и пересекает уровень запуска. После этого луч перемещается вправо и рисует кривую.

Когда он достигает правой части экрана, то возвращается в левую часть и ожидает следующего сигнала синхронизации. В этом режиме осциллограмма на экране неподвижна;

Режим **Single(Одн.)**. Данный режим работает аналогично режиму **Normal**, за исключением того, что на экране формируется только одна кривая. При активации опции **Single** осциллограф переходит в режим ожидания сигнала синхронизации. После получения сигнала синхронизации рисуется кривая, а потом луч отключается. Другие кривые не создаются до тех пор, пока пользователь повторно не активирует режим ожидания запуска, а система не получит сигнал запуска. Обычно этот режим используется при работе с одиночными осциллограммами (например с кривыми импульсов, которые не повторяются).

Если используется аналоговый осциллограф с режимом однократного запуска, то на экране видна одна кривая, которая затем постепенно исчезает по мере того, как люминофорное покрытие перестает светиться. Цифровой осциллограф в режиме однократного запуска применяется для получения одной осциллограммы. После записи осциллограммы программа сохранит ее на экране. Осциллограмма не будет удалена до тех пор, пока не будет снова активирован режим однократного запуска или какой-либо другой режим. До появления цифровых осциллографов существовали аналоговые, которые назывались «запоминающими». Эти осциллографы работали в режиме однократного запуска и позволяли сохранять одиночные осциллограммы на экране. В обычном аналоговом осциллографе одиночные осциллограммы не сохраняются. На запоминающем осциллографе кривая будет показываться на экране столько, сколько необходимо. Режим однократного запуска осциллографа Multisim работает аналогичным образом. Отличие заключается только в форме отображения и сохранения осциллограммы.

Режим **Auto (Авто)**. В этом режиме сигнал синхронизации создается автоматически, а не путем сравнения заданного значения и уровня триггера. Во многих осциллографах для создания сигнала синхронизации используется напряжение частотой 50 Гц от источника питания. Момент запуска не синхронизируется с измеряемым сигналом, в результате осциллограмма будет перемещаться по экрану. Получаемая в этом режиме осциллограмма никак не связана с моментом запуска. Это значит, что начальная точка кривой является произвольной и постоянно изменяется.

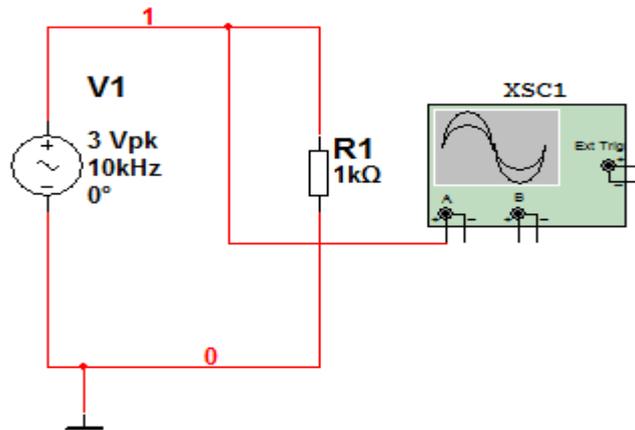
Режим автоматической синхронизации используется в двух случаях. Первый случай — это измерение напряжения постоянного тока. Такое напряжение не изменяется, поэтому измеряемый сигнал не может пересечь уровень запуска, и в режиме обычного или однократного запуска сигнал синхронизации создан не будет. Единственный способ решения проблемы заключается в том, чтобы переключиться в режим автоматического запуска.

Второй случай — это ситуация, в которой осциллограф не может создать сигнал запуска в обычном или одиночном режиме. Здесь следует переключить осциллограф в режим автоматического запуска. В результате осциллограмма появится на экране, после чего станет ясно, как следует изменить уровень синхронизации, чтобы отобразить осциллограмму в обычном режиме.

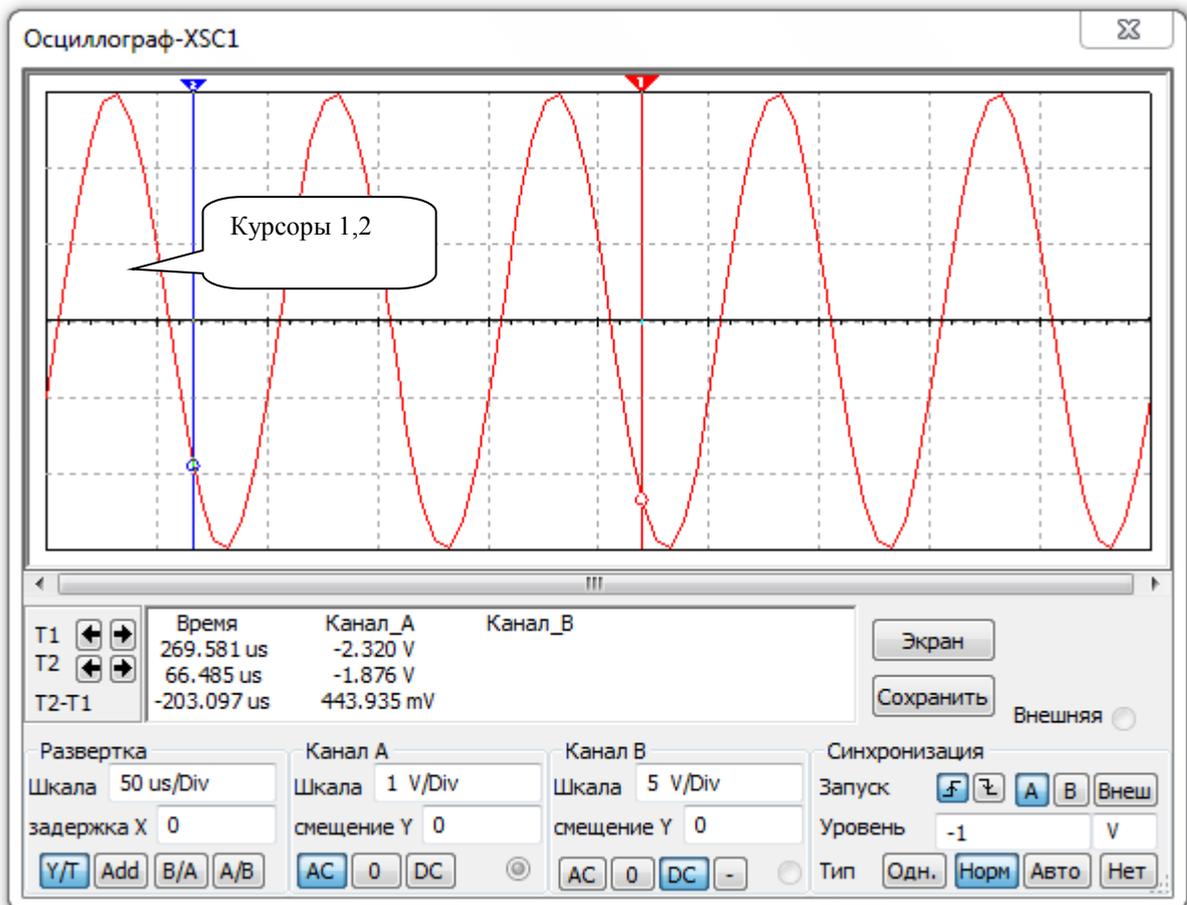
В последующем к синхронизации возвращаться не будем. Тем не менее, стоит отметить, что необходимо правильно выбирать уровень запуска, чтобы осциллограммы правильно отображались на экране.

1.4. Использование курсоров

Осциллограф имеет два курсора, которые позволяют измерять мгновенные значения сигналов по осциллограммам на экране. Рассмотрим применение курсоров на примере схемы, показанной ниже:

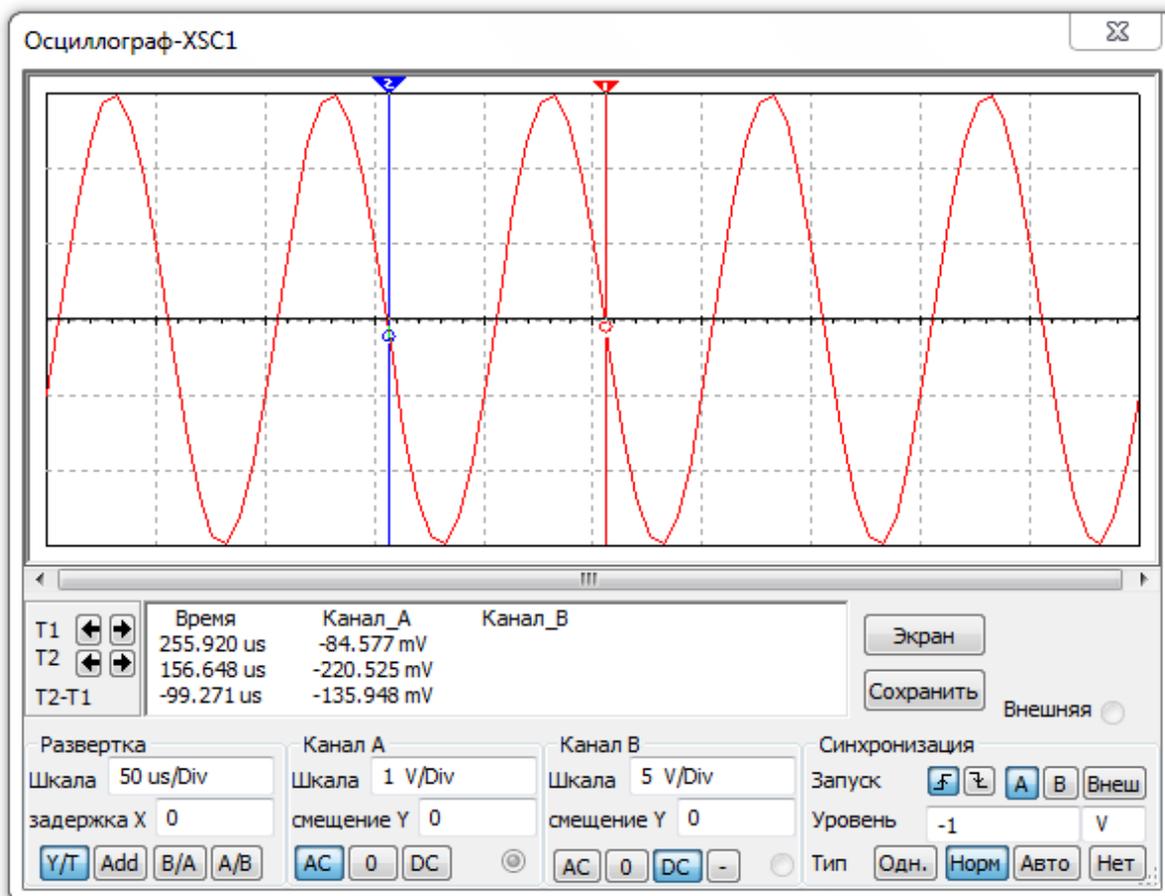


Проведем моделирование и изменим значение параметра Timebase (развертка), сделав его равным 50 $\mu\text{s}/\text{Div}$ (мс/дел.):

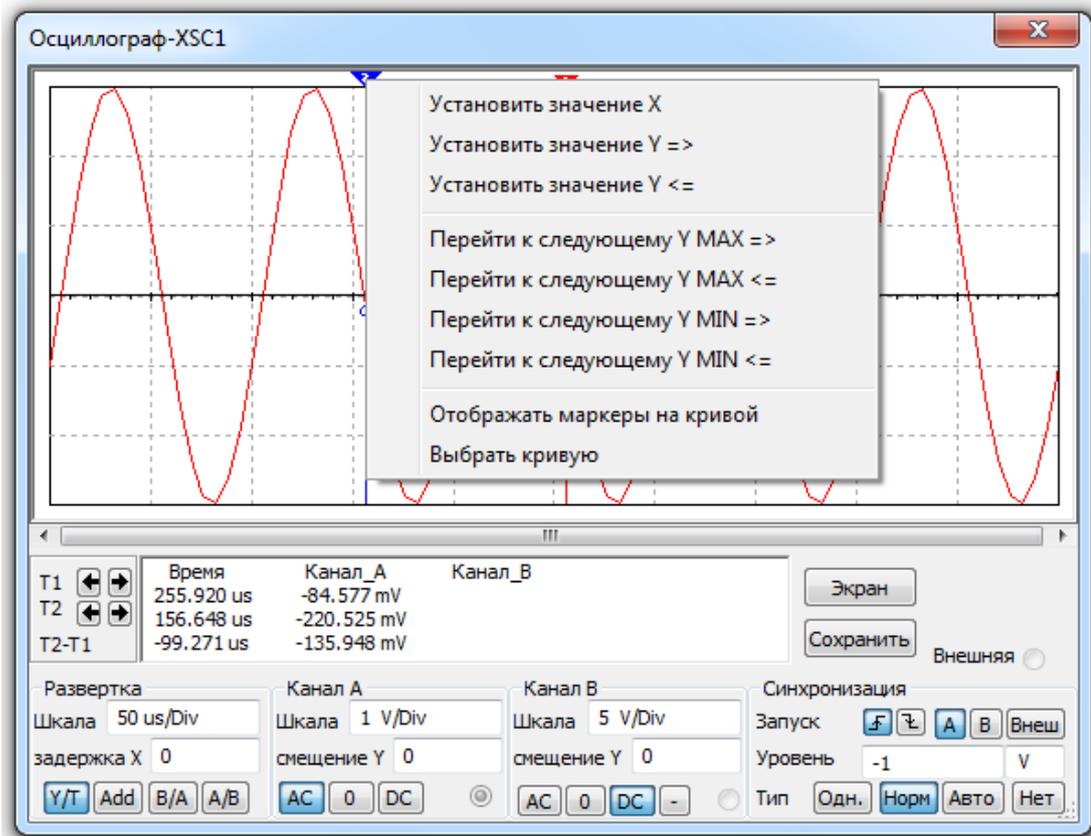


Удерживая кнопку мыши нажатой, переместим курсор. Будет перемещен курсор 1. Когда будет отпущена кнопка мыши, курсор 1 переместится.

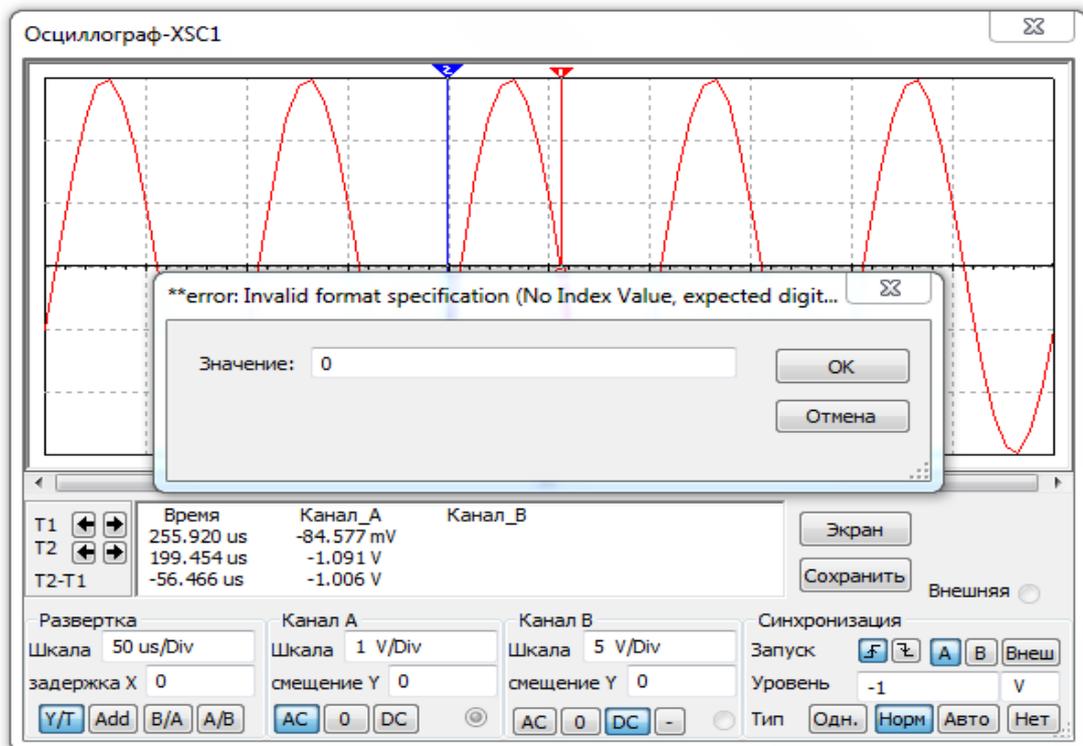
Можно перемещать каждый курсор по отдельности. Чтобы переместить курсор 1, щелкнем по красному треугольнику, чтобы курсор 2 — по синему треугольнику. Сначала измерим период данного колебания. Поместим курсор 1 (красный) максимально близко к нулевой точке. Затем рядом поместим курсор 2. Примерное размещение курсоров показано ниже:



Курсор 1 находится очень близко от нулевой точки. Программа Multisim предлагает ряд инструментов, которые позволяют попасть именно в нулевую точку. Щелкнем правой кнопкой мыши по синему треугольнику курсора 2. Откроется контекстное меню:



Выберем опцию Set Y_Value => (Установить значение Y), чтобы указать значение для поиска. Курсор будет расположен справа от найденного значения. Выберем значение 0:



Когда будет нажата кнопка ОК, курсор переместится в нулевую точку. Воспользуемся этой методикой, чтобы поместить курсор 1 (красный) в следующую нулевую точку:

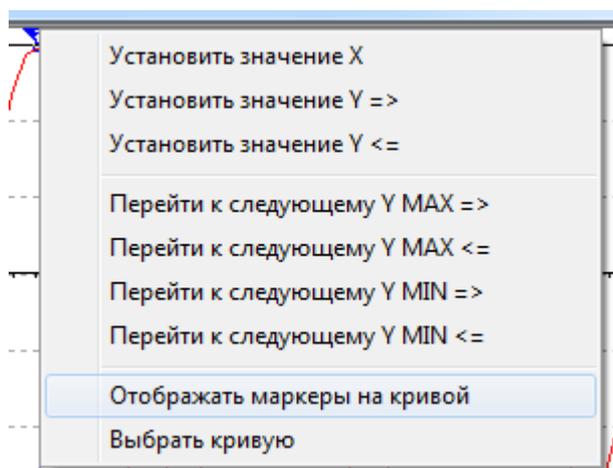
Информация о курсоре отобразится в текстовом окне под экраном осциллографа. Видны координаты всех кривых для каждого курсора:

Информация о курсоре отобразится в текстовом окне под экраном осциллографа. Видны координаты всех кривых для каждого курсора:

	Время	Канал_A	Канал_B
T1	305.467 us	-3.109 fV	
T2	205.467 us	1.221 fV	
T2-T1	-100.000 us	4.330 fV	

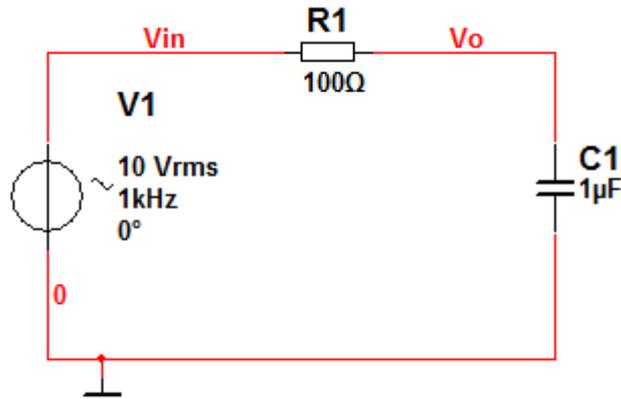
T1 и T2 это координаты курсоров 1 и 2 соответственно. В столбце Time (Время) приведены координаты каждого курсора по времени. В столбцах Channel_A и Channel_B указаны значения напряжения каналов A и B соответственно для позиции каждого курсора. Так как у канала B нет осциллограммы, этот столбец пуст. В поле T2-T1 показана разность между значениями для курсоров 2 и 1. Видно, что разность моментов времени составляет 100 мкс. Это и есть период колебания, соответствующий частоте 10 кГц.

Возможности по использованию курсора видны в контекстном меню:



2 Измерение фазы в емкостной схеме

В качестве примера измерим амплитуду и фазу напряжения на конденсаторе в следующей схеме:



Перед тем как воспользоваться осциллографом, выполним ряд расчетов. Комплексное сопротивление конденсатора при частоте 1000 Гц равно:

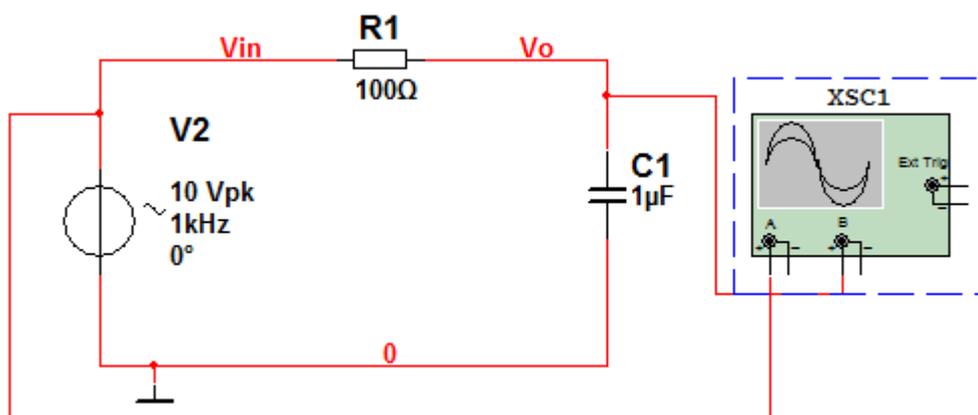
$$z_c = 1/j\omega C = 1/(j2\pi(1000 \text{ Гц})(10^{-6}\text{Ф})) = -j159,155 \text{ Ом} = 159,155 \angle 90^\circ.$$

Будем использовать входное напряжение в качестве опорного. Его начальная фаза равна нулю, а комплексное значение можно записать в виде $V_{IN} = 10 \angle 0^\circ \text{ В}$. Используя формулу для делителя напряжения, можно рассчитать напряжение на конденсаторе:

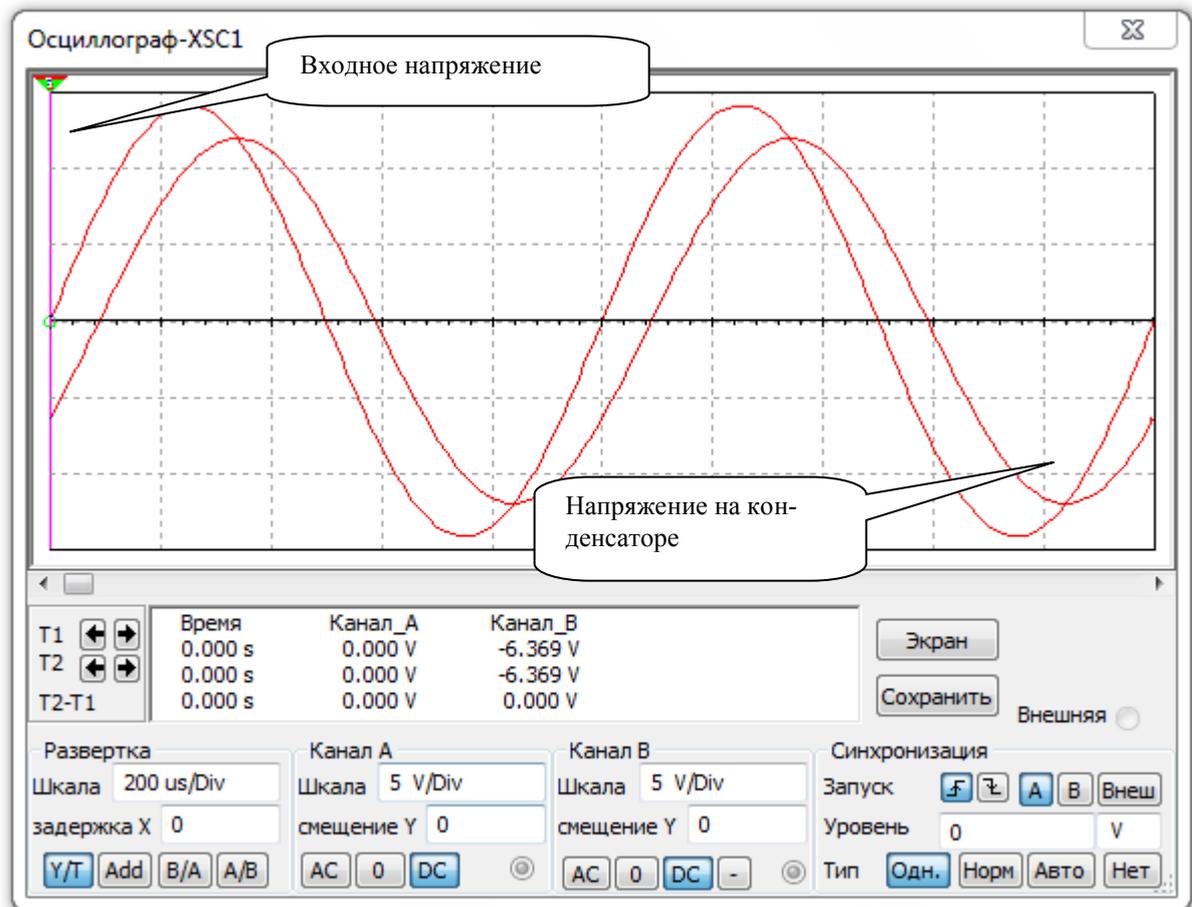
$$v_c = v_{in}[z_c/(z_c + R)] = (10 \angle 0^\circ \text{ В})[-j159,155 \text{ Ом}/(-j159,155 \text{ Ом} + 100 \text{ Ом})] = (7,17 - j4,505) \text{ В} = 8,467 \angle 32,142^\circ \text{ В}.$$

Из этих вычислений видно, что напряжение на конденсаторе составляет около 8,5 в, отставая от входного напряжения на 32° .

Сначала измерим амплитуду напряжения на конденсаторе. Подключим осциллограф, как показано ниже:

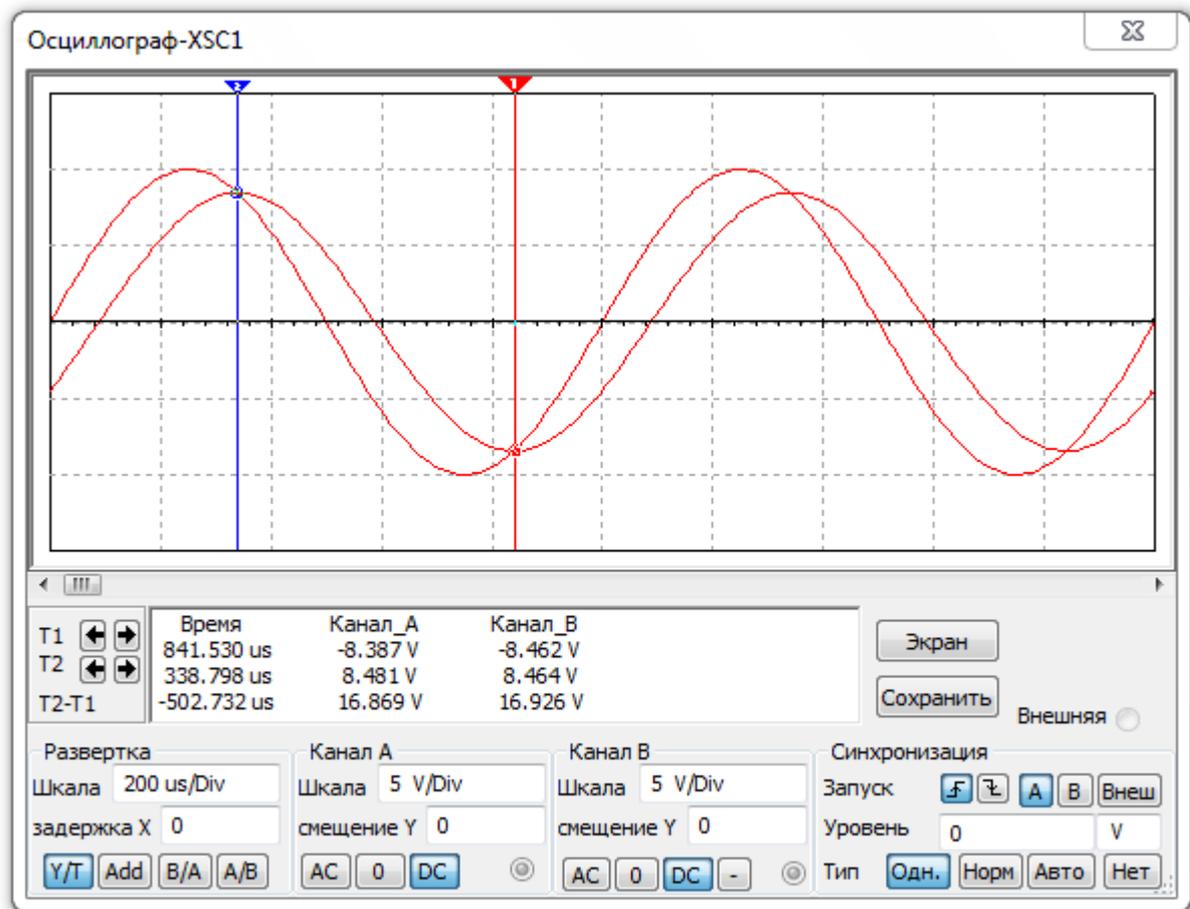


Подадим входное напряжение на канал А, а напряжение на конденсаторе — на канал В. Нажмем кнопку Run/stop simulation, чтобы начать моделирование. Дважды щелкнем по изображению осциллографа, чтобы открыть его окно:



Различить кривые на экране может оказаться непросто. Из расчетов известно, что амплитуда напряжения на конденсаторе меньше, чем амплитуда входного напряжения. Следовательно, можно идентифицировать кривые по амплитуде.

Воспользуемся курсорами и измерим амплитуду напряжения на конденсаторе. Поместим курсоры так, как показано ниже:



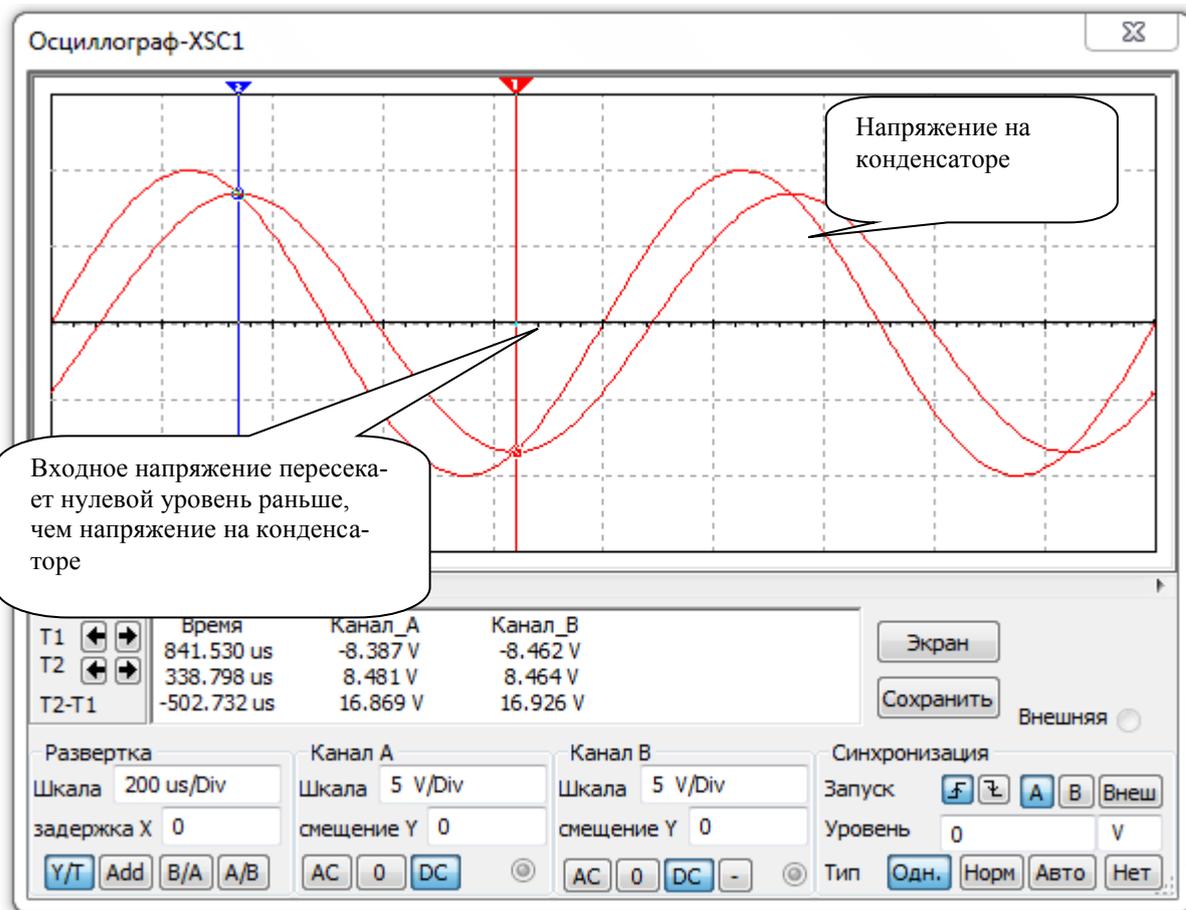
Курсоры размещены в точках максимума и минимума осциллограммы напряжения на конденсаторе. Данные для курсоров показаны ниже:

	Время	Канал_A	Канал_B
T1	841.530 us	-8.387 V	-8.462 V
T2	338.798 us	8.481 V	8.464 V
T2-T1	-502.732 us	16.869 V	16.926 V

Мы измеряем напряжение конденсатора с помощью канала В, следовательно, значение T2-T1 соответствует размаху напряжения на конденсаторе, который составляет, как это видно, 1926 В. Размах вдвое превышает амплитуду, следовательно, при размахе 16,926 В амплитуда составит 8,463 В, как и расчетное значение. Это значит, что расчет подтверждается результатами измерений.

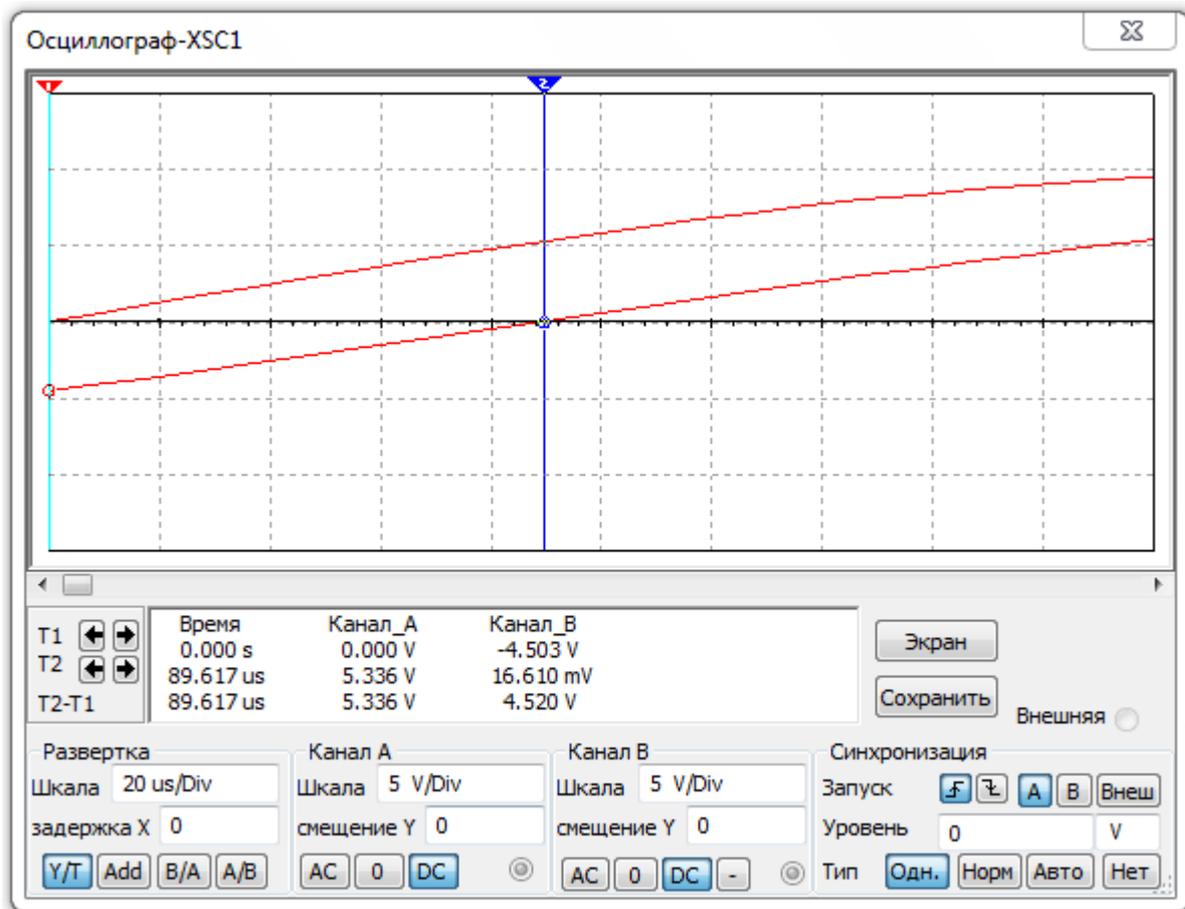
Далее измерим фазу напряжения на конденсаторе относительно фазы входного напряжения. Сначала посмотрим на экран осциллографа и определим, которая из кривых является опережающей:





Мы идентифицируем напряжение на конденсаторе по меньшей амплитуде. Из осциллограмм видно, что входное напряжение опережает напряжение на конденсаторе (или что напряжение на конденсаторе отстает от входного напряжения). При расчете фазы напряжения на конденсаторе будем использовать отрицательное значение, так как напряжение на конденсаторе является отстающим по отношению к входному напряжению.

Чтобы измерить фазу, надо определить разность между моментами пересечения нуля двумя кривыми. Для того чтобы сделать это точнее, увеличим масштаб кривых по оси времени. Изменим значение параметра **Timebase** на **20 $\mu\text{s}/\text{Div}$** (мкс/дел.) и поместим курсоры в нулевые точки:



Разность моментов времени используется для расчета фазы. Данные для курсоров показаны на схеме:

	Время	Канал_A	Канал_B
T1	0.000 s	0.000 V	-4.503 V
T2	89.617 us	5.336 V	16.610 mV
T2-T1	89.617 us	5.336 V	4.520 V

Как видим, разность положения курсоров составляет $\Delta t = 89,617 \mu\text{s}$ (мкс). Теперь необходимо преобразовать эту разность в разность фаз. Один период, или цикл, осциллограммы составляет 360° . Нам известен период сигнала, и можно использовать отношение:

$$\Delta t/T = \Theta/360^\circ,$$

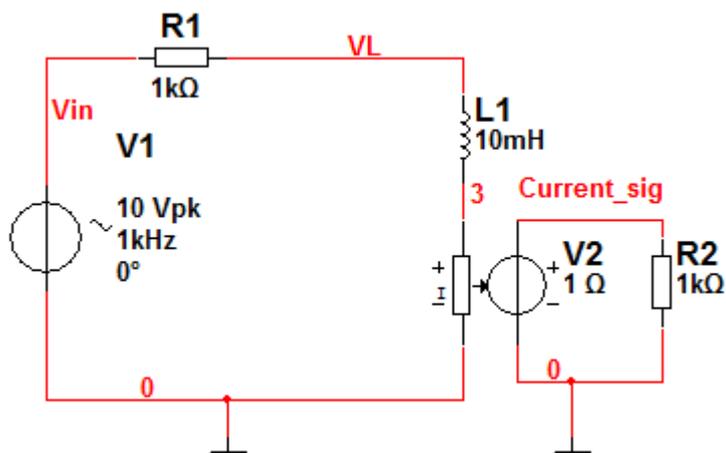
где T — это период, с; а Θ — это фаза, град. Источник имеет частоту 1 кГц, следовательно, период осциллограммы составляет 1 мс. Решим уравнение:

$$0 = 360^\circ(\Delta t/T) = 360^\circ(89,617 \text{ мкс}/1 \text{ мс}) = 32,15^\circ.$$

Ранее было показано, что напряжение на конденсаторе является отстающим по отношению к входному напряжению, следовательно, фаза будет иметь отрицательное значение. Таким образом, фаза составляет $-32,15^\circ$. Расчетное значение равно $-31,14^\circ$. Это значит, что результат измерений соответствует расчетному значению.

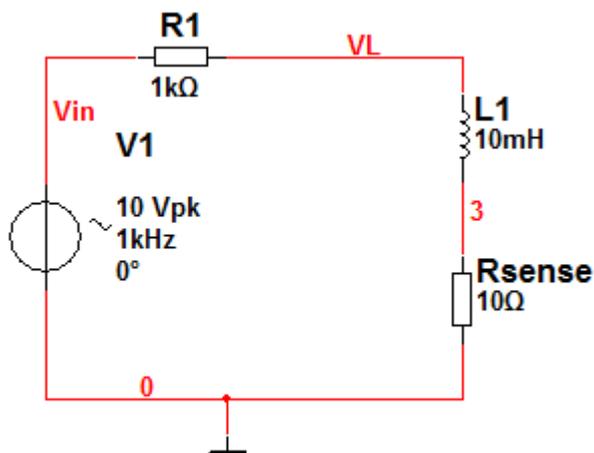
3 Измерение фазы в индуктивной схеме

Проведем измерения амплитуды и фазы в индуктивной схеме. С точки зрения моделирования вычисление амплитуды и фазы индуктивной схемы выполняется так же, как описано в предыдущем разделе. Чтобы показать различие, мы отобразим ток, а не напряжение на катушке индуктивности. Для этого необходимо включить в схему датчик тока и создать сигнал напряжения, соответствующий значению тока. Руководство по программе Multisim рекомендует использовать для этой цели источник напряжения, управляемый током с коэффициентом передачи в 1 Ом. При этом устройство будет реагировать на ток, а его выходное напряжение, измеряемое осциллографом, будет численно равно величине тока:



Компонент **V2** — это источник напряжения, управляемый током. Выходное напряжение **V2** равно измеряемому току (в данном случае это ток катушки индуктивности). Коэффициент передачи источника равен 1 Ом. Он выражается в Омах, так как выходное напряжение датчика равно коэффициенту передачи, умноженному на ток (измеренный в амперах). Чтобы выходное напряжение измерялось в вольтах, а ток — в амперах, необходимо коэффициент передачи выразить в Омах. В схему добавлен резистор **R2**, чтобы избежать ошибки, которая возникнет, если к узлу подключен только один компонент. Значение резистора **R2** никак не влияет на схему, то есть является произвольным.

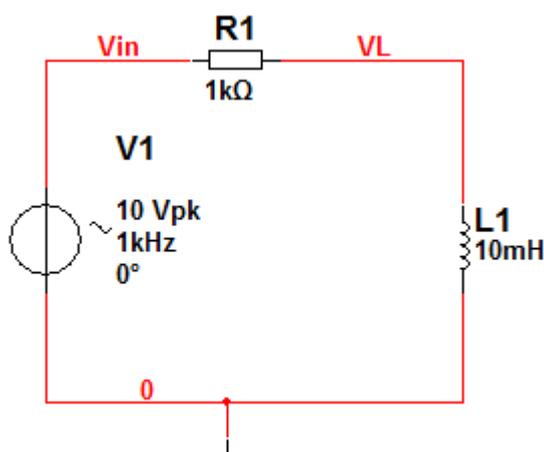
Сложность применения данного метода состоит в том, что большинство таких датчиков тока на рынке стоит достаточно дорого а без него виртуальная модель не будет соответствовать настоящей модели схемы. Можно использовать очень дешевый датчик, который называется резистивным датчиком тока (current-sensing resistor):



В схему добавлен резистор датчика (R_{sense}). Напряжение данного датчика невелико, поэтому он не сможет существенно повлиять на работу схемы. Ток, проходящий через датчик R_{sense} , соответствует значению, которое мы будем измерять. Чтобы определить ток, измерим напряжение на резисторе, а затем разделим его на сопротивление.

Сопротивление датчика тока зависит от двух факторов. Во-первых, оно должно быть достаточно мало по сравнению с сопротивлением схемы и не влиять на расчетное значение силы тока. Во-вторых, оно не должно быть настолько мало, чтобы сложно было бы измерить напряжение на нем с помощью имеющихся инструментов. Таким образом, сопротивление датчика тока определяется его воздействием на схему, а также значением измеряемого тока. В данном примере значение R_{sense} равно 10 Ом, а значение $R1$ — 1 кОм. Следовательно, наличие датчика тока приводит к погрешности в измерениях, которая составляет 1 %. Сила тока составляет около 10 мА, а напряжение на датчике R_{sense} — около 100 мВ. Такое напряжение несложно измерить с помощью осциллографа.

Рассчитаем амплитуду и фазу тока через катушку индуктивности. Не будем учитывать сопротивление датчика, так как нас интересует значение параметров для исходной схемы. Датчик R_{sense} был введен только для измерения силы тока. Рассчитаем значение тока:



Сопротивление катушки при частоте 10 кГц равно:

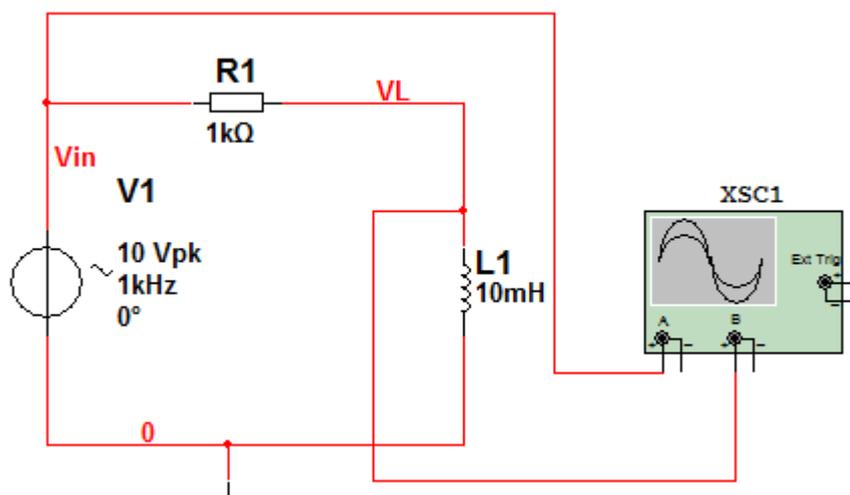
$$Z_L = j\omega L = j2\pi(10000 \text{ Гц})(0,01 \text{ Гн}) = j628,319 \text{ Ом} = 159,155 \angle 90^\circ.$$

В расчетах использовано входное напряжение, фаза которого равна 0. Это значит, что $V_{IN} = 10 \angle 0^\circ \text{ В}$. Схема последовательная, поэтому

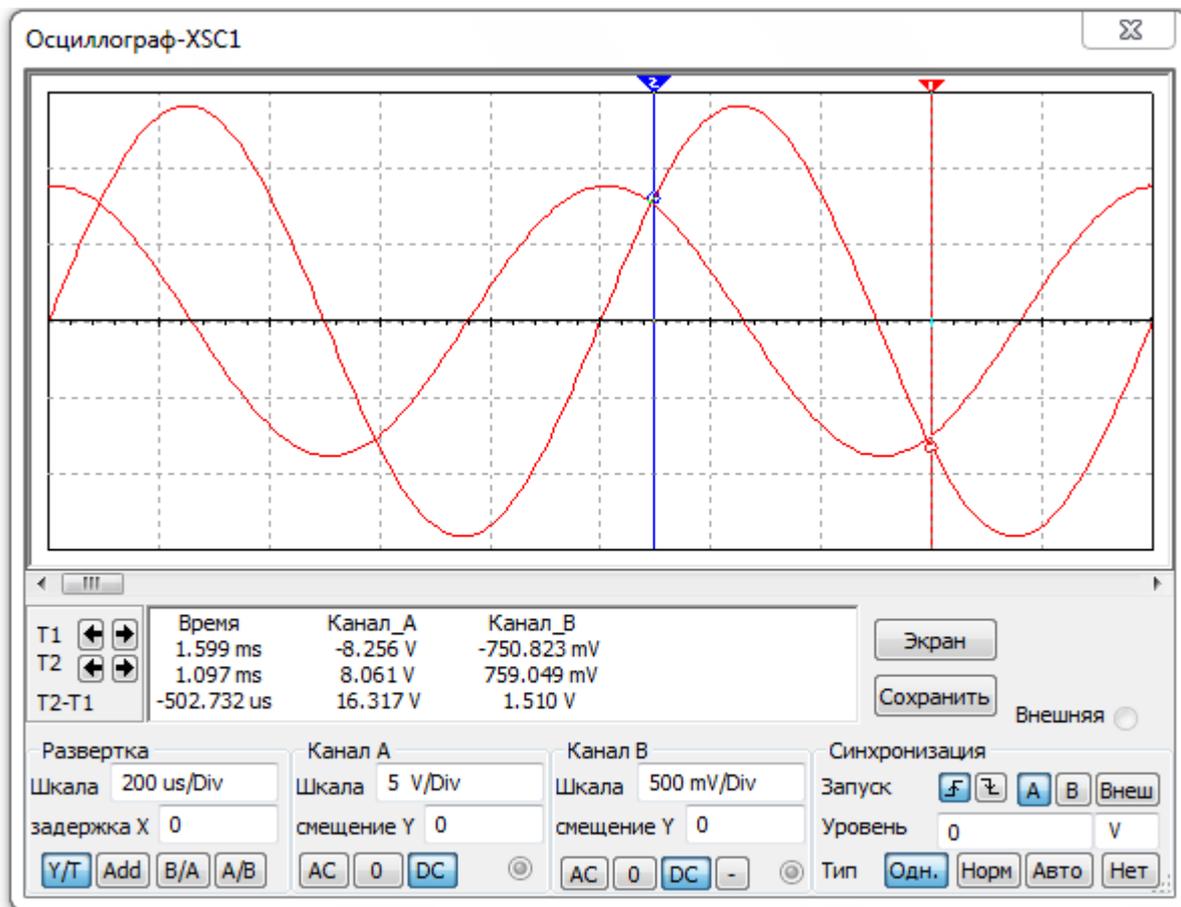
$$I_L = V_{IN} / (Z_L + R) = 10 \angle 0^\circ \text{ В} / (1000 \text{ Ом} + j628,319 \text{ Ом}) = (7,17 - j4,505) \text{ мА} = 8,467 \angle -32,142^\circ \text{ мА}.$$

Как видно из расчетов, амплитуда тока составляет около 8,5 мА, а фаза тока отстает от входного напряжения приблизительно на 32°.

Сначала измерим амплитуду тока. Подключим, как показано, осциллограф и датчик тока:

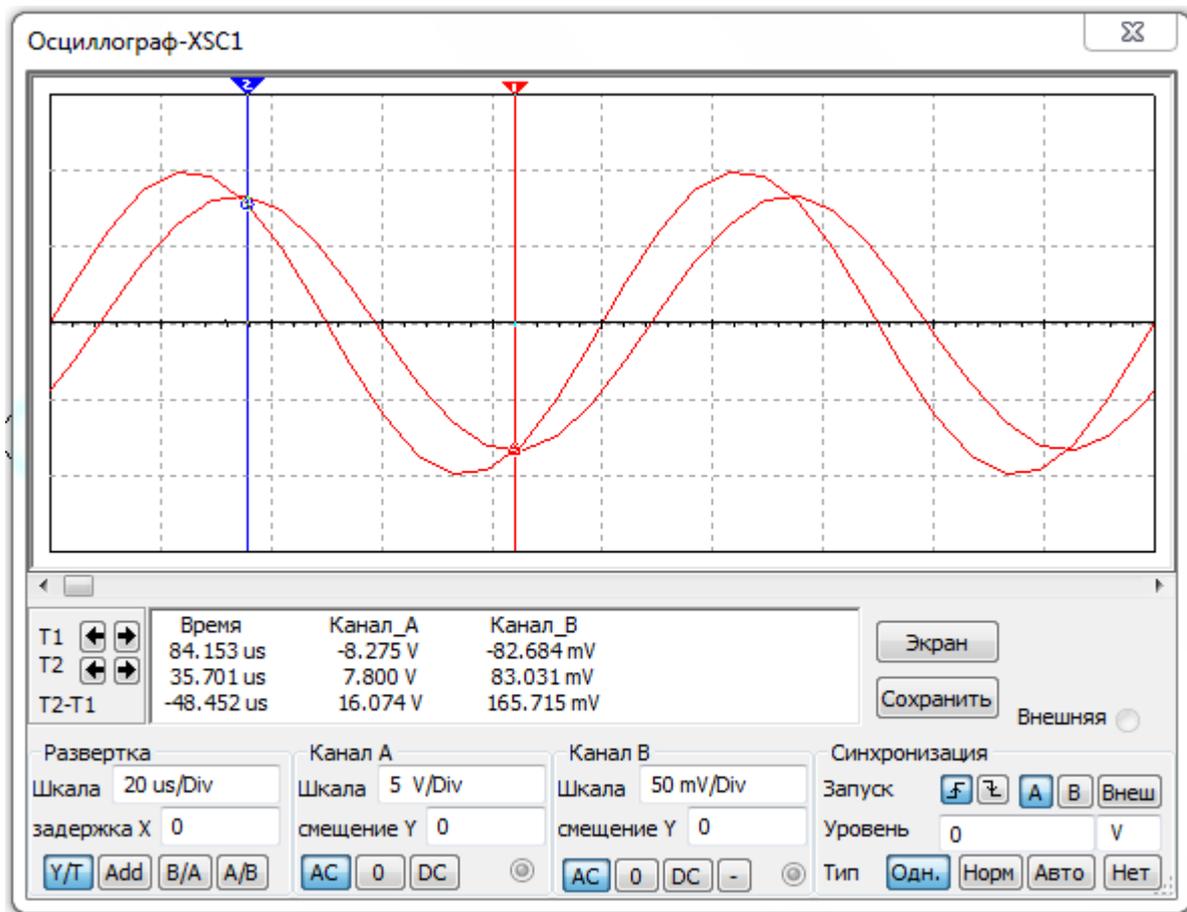


Входное напряжение подано на канал **A**, а напряжение с датчика тока — на канал **B**. Нажмем кнопку **Run/stop simulation**, чтобы начать моделирование. Дважды щелкнем по осциллографу, чтобы открыть окно:



Две кривые удобно сравнивать при изменении масштаба напряжения для канала **В**. Напряжение на датчике тока очень невелико. При изменении масштаба видно, что кривая тоже изменится.

Теперь измерим амплитуду тока с помощью курсоров. Поместим курсоры так, как показано ниже:



Курсоры размещены в максимуме и минимуме осциллограммы тока. Координаты, соответствующие положениям курсоров, показаны ниже:

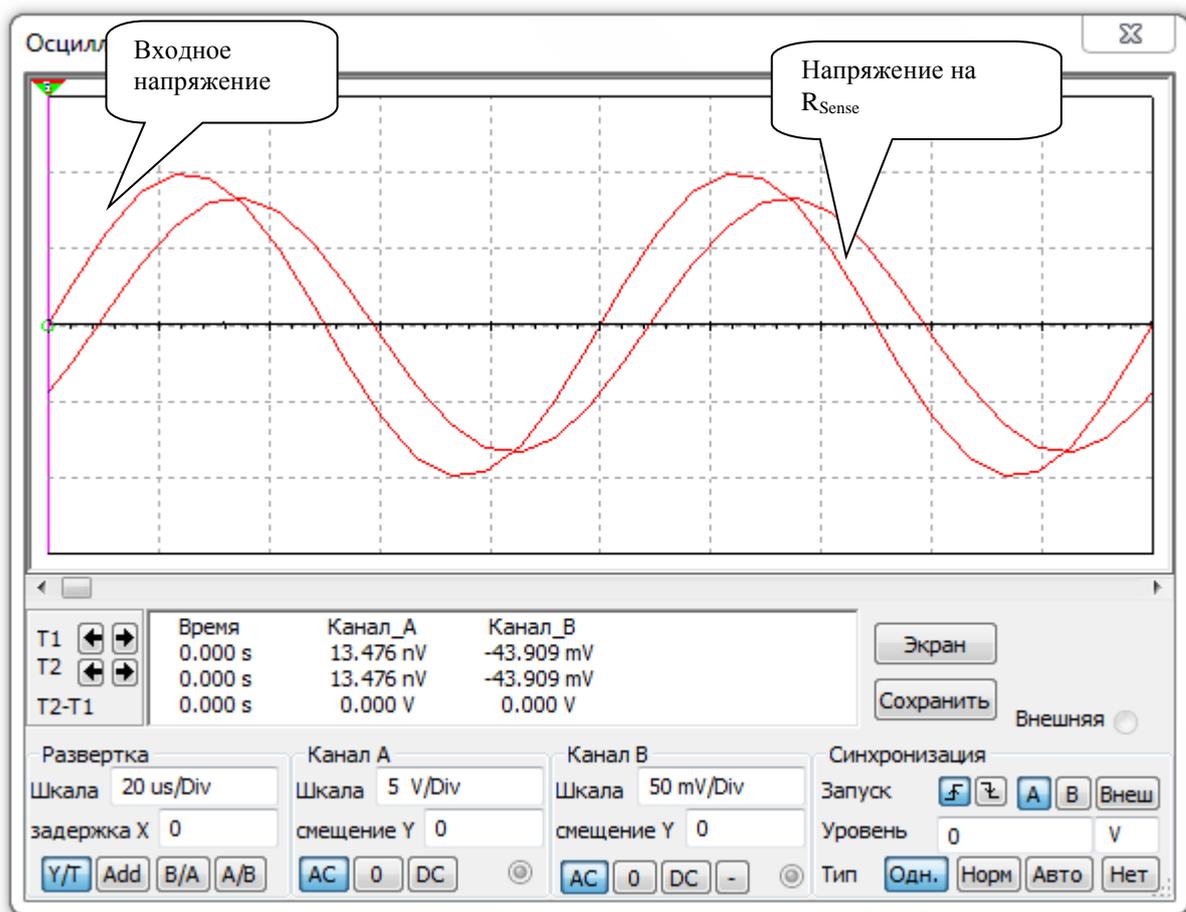


С помощью канала В измеряем напряжение датчика тока, следовательно, значение V_B соответствует току. Размах тока в два раза превышает амплитуду, следовательно, при размахе напряжения в 165.715 мВ (мВ) амплитуда составит 82,7 мВ (мВ). Чтобы определить ток I , нужно разделить напряжение датчика тока на его сопротивление:

$$I = V_{R_{Sense}} / R_{Sense} = 82,7 \text{ мВ} / 10 \text{ Ом} = 8,27 \text{ мА}.$$

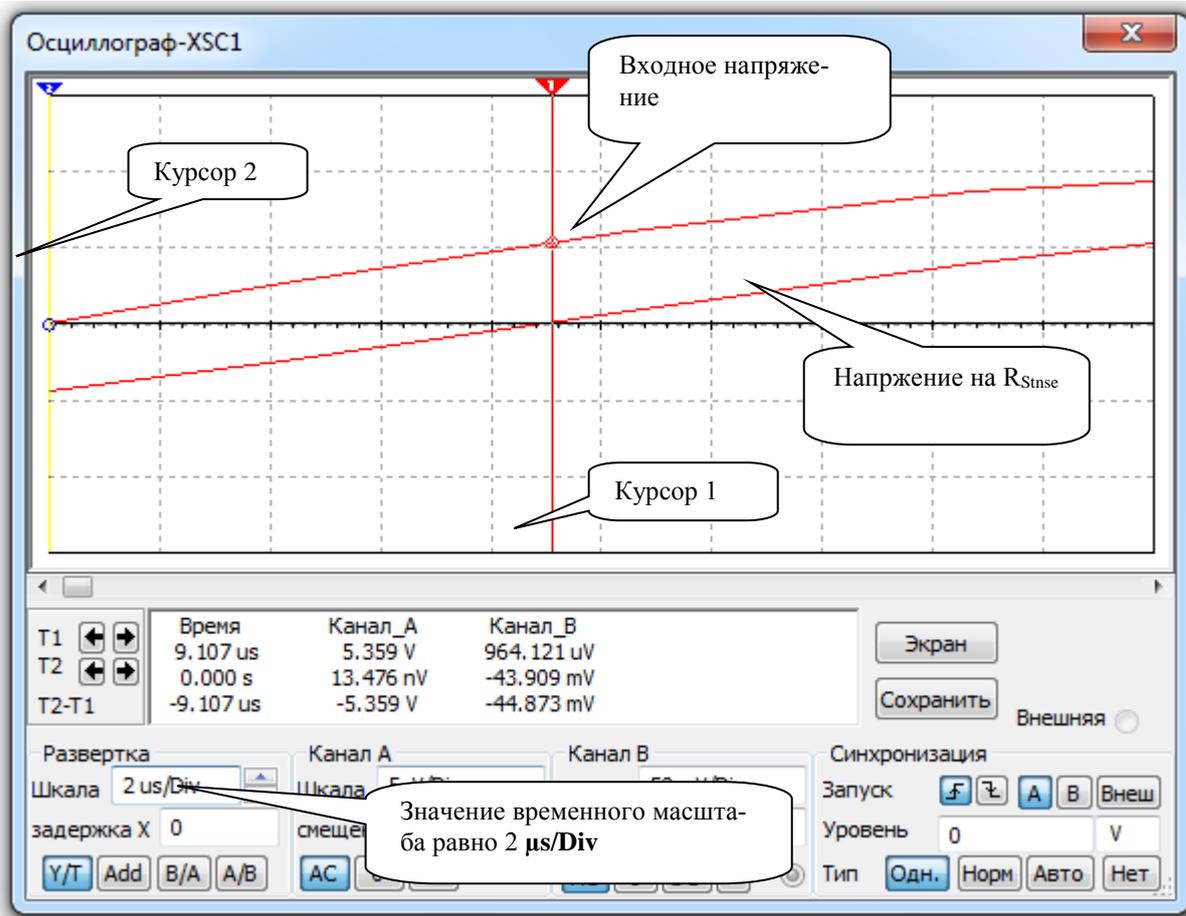
Расчетное значение амплитуды тока равнялось 8,467 мА. Результат измерения (8,27 мА) отличается от расчетного значения на 1,5 %. Ошибка появилась вследствие того, что было проигнорировано сопротивление датчика тока в наших расчетах, а также потому, что измерялся достаточно слабый сигнал. Помните о том, что при добавлении в схему датчика тока в расчетах появляется ошибка, составляющая 1 %.

Далее измерим фазу тока относительно фазы входного напряжения. Сначала посмотрим на экран осциллографа и определим, какая кривая является опережающей:

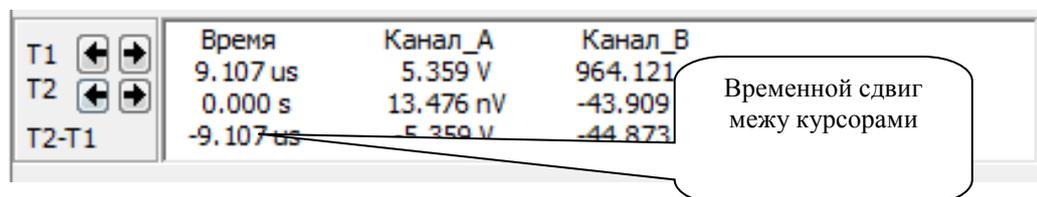


Как следует из рисунка, входное напряжение опережает ток (или, что то же самое, ток отстает от входного напряжения). При таком расположении кривых фазовый угол тока будет отрицательным. Чтобы измерить фазу, необходимо определить разность моментов пересечения кривыми нулевой линии (оси времени).

Для удобства измерений изменим масштаб по оси времени. Для этого введем значение параметра Timebase, равное 2 us/Div (мкс/дел.), и поместим курсоры в нулевые точки:



Для расчета фазы используется разность времени пересечения для двух кривых. Данные для курсоров показаны ниже:



Как видно, разность значений времени, показываемых курсорами, равна: $\Delta t = 9.107$ мкс. Преобразуем Δt в разность фаз. Один период, или цикл, осциллограммы составляет 360° . Зная период сигнала можно использовать отношение:

$$\Delta t/T = \Theta/360^\circ,$$

где T — период в с, а Θ — фазовый угол, град. Источник имеет частоту

10 кГц, следовательно, период осциллограммы составляет 0,1 мс. Решим уравнение:

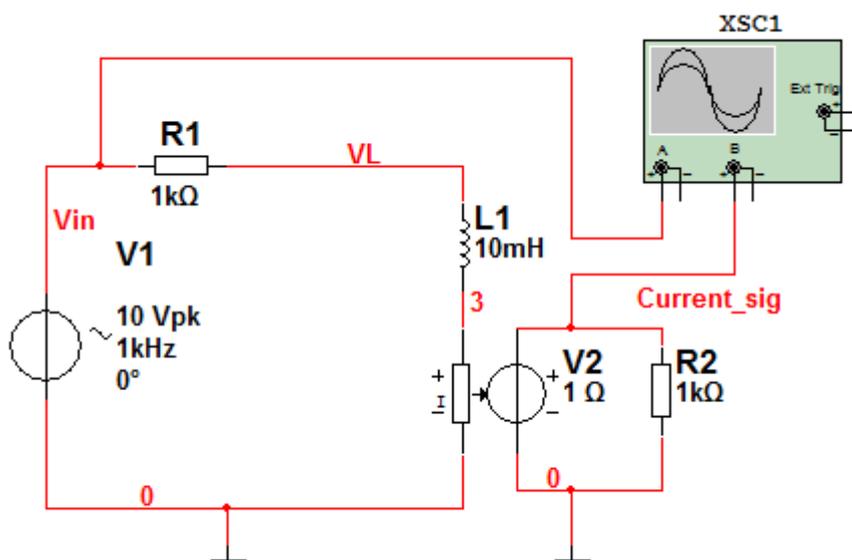
$$\Theta = 360^\circ \Delta t/T = 360^\circ * (9.107 \text{ мкс}/0,1 \text{ мс}) = 32,12^\circ.$$

Ранее мы выяснили, что ток отстает от входного напряжения, из чего следует, что фаза будет иметь отрицательное значение. Таким образом, фаза со-

ставляет $-32,12^\circ$. Расчетное значение равно $-31,14^\circ$. Это значит, что результат измерений соответствует расчетному значению.

УПРАЖНЕНИЕ 1: Проведите моделирование для RL-цепи, описанной в данном разделе. Вместо датчика тока используйте источник напряжения, управляемый током, с коэффициентом передачи в 10 Ом. Покажите, что значения очень близки к расчетным значениям, полученным в этом разделе.

РЕШЕНИЕ: Проведите моделирование для схемы, показанной ниже:



5. Задание :

Изучить возможности применения **виртуального осциллографа** для **получения временных диаграммы с целью анализа** виртуальных электронных устройств

Решить задачи в приложении методических указаний

6. Порядок выполнения работы:

Изучение возможностей применения **виртуального осциллографа** для **получения временных диаграммы с целью анализа** в цепях виртуальных электронных устройств **на примерах представленных в теоретических положениях**

7. Содержание отчета:

1 Папка на рабочем столе ПК с решениями задач

8. Контрольные вопросы:

Уметь выполнить любую задачу из представленных в приложении **методических указаний** (по указанию преподавателя)

1. Гришин В.Н., Панфилов Е.Е. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. -416 с.
2. Михеева Е.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Технические специальности 2018 ОИЦ «Академия»
3. Хомоненко А.Д., ред. Основы современных компьютерных технологий. Корона Принт. 2017. 672с.
4. Multisim 11. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2018. – 488 с; ил.
5. Чернова О.А. , Методическое пособие по работе в программе Multisim РГКРИПТ, 2021 г;

Дополнительные источники

1. Симонович С. В., Мураховский И. В. Популярный самоучитель работы на компьютере — М.: “ДЕСС КОМ”, 2008. — 576с.
2. Википедия
3. DATA SHEET. COM
4. Презентации по темам дисциплины в электронном виде

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

Измерение амплитудно-частотных характеристик и полосы пропускания виртуальных усилителей с помощью Боде-плоттера и функции AC Analysis

1. Цель работы:

Научиться **измерять** амплитудно-частотные характеристики и полосы пропускания виртуальных усилителей с помощью Боде-плоттера и функции AC.

Приобрести практические навыки в измерении амплитудно-частотных характеристик и полосы пропускания виртуальных усилителей с помощью Боде-плоттера и функции AC Analysis2

2.Время выполнения работы – 2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

1. Персональный компьютер
2. Программа **Multisim 11**

4. Краткие теоретические сведения

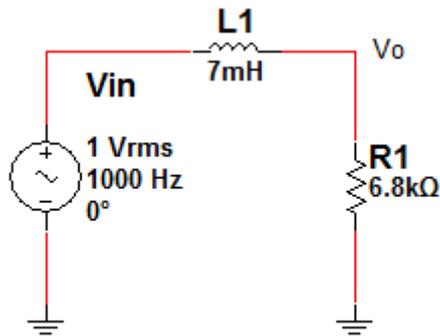
В программе Multisim, можно исследовать схему с помощью Боде-плоттера или воспользоваться функцией AC Analysis. Боде-плоттер можно использовать только для формирования графиков Боде, функция же SPICE AC Analysis обладает более широкими возможностями.

5. Задание

Изучить возможности Боде-плоттера и функции AC Analysis для измерения амплитудно-частотных характеристик и полосы пропускания виртуальных усилителей на примерах приведенных в теоретических положениях

6. Порядок выполнения работы

6.1 Смоделируйте схему, представленную ниже:



6.1.1 . В данной схеме воспользуйтесь Бode-плоттером, чтобы создать графики Бode для амплитуды и фазы V_o/V_{in} . С помощью курсоров определите значение частоты при условии, что усиление уменьшается на 3 дБ

6.1.2. Для данной схемы воспользуйтесь функцией SPICE AC Sweep Analysis, чтобы создать графики Бode для амплитуды и фазы V_o/V_{in} .

С помощью курсоров определите значение частоты при условии, что усиление уменьшается на 3 дБ. Чему равны коэффициент усиления и фаза при этой частоте?

С помощью курсоров определите значение частоты при условии, что усиление уменьшается на 20 дБ. Чему равны коэффициент усиления и фаза в этой точке

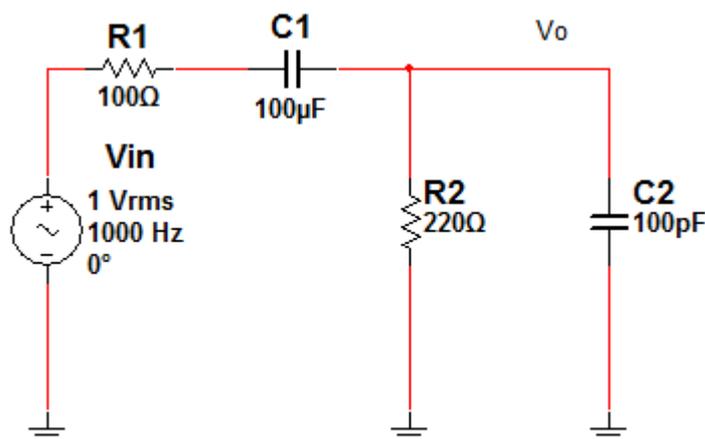
6.1.3. Для данной схемы воспользуйтесь функцией SPICE AC Sweep Analysis, чтобы создать графики Бode для амплитуды и фазы V_o/V_{in} .

С помощью курсоров определите значение частоты при условии, что фаза составляет -45° . Чему равны коэффициент усиления и фаза в этой точке?

С помощью курсоров определите значение частоты при условии, что фаза составляет -22° . Чему равны коэффициент усиления и фаза в этой точке?

С помощью курсоров определите значение частоты при условии, что фаза составляет -75° . Чему равны коэффициент усиления и фаза в этой точке?

6.2. Смоделируйте схему, представленную ниже:



6.2.1. В данной схеме воспользуйтесь Бode-плоттером, чтобы создать графики Бode для амплитуды и фазы V_o/V_{in} . С помощью курсоров определите значение частоты при условии, что усиление уменьшается на 3 дБ по сравне-

нию с коэффициентом усиления на средней частоте. Смоделируйте схему для диапазона частоты от 10 мГц до 10 ГГц.

6.2.1. Для данной схемы воспользуйтесь функцией SPICE AC Sweep Analysis, чтобы создать графики Боде для амплитуды и фазы V_o/V_{in} . С помощью курсоров определите значение частоты при условии, что усиление уменьшается на 3 дБ по сравнению с коэффициентом усиления на средней частоте. Чему равны коэффициент усиления и фаза в этой точке? Смоделируйте схему для диапазона частоты от 10 мГц до 10 ГГц.

С помощью курсоров определите значение частоты при условии, что усиление уменьшается на 40 дБ по сравнению с коэффициентом усиления на средней частоте. Чему равны коэффициент усиления и фаза в этой точке?

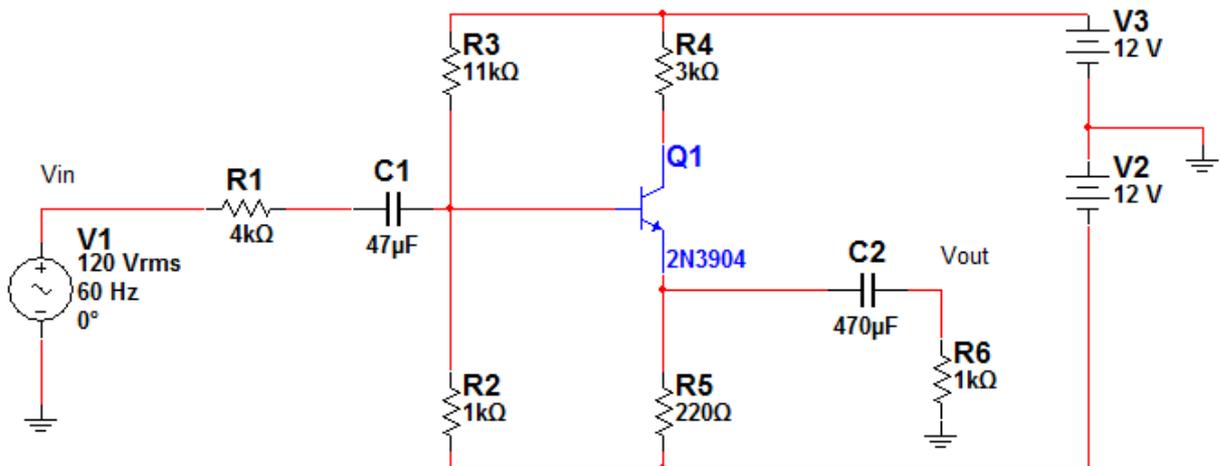
С помощью курсоров определите значение частоты при условии, что усиление уменьшается на 60 дБ по сравнению с коэффициентом усиления на средней частоте. Чему равны коэффициент усиления и фаза в этой точке?

6.2.1. Для данной схемы воспользуйтесь функцией SPICE AC Sweep Analysis, чтобы создать графики Боде для амплитуды и фазы V_o/V_{in} . С помощью курсоров определите значение частоты при условии, что фаза равна -45° . Чему равны коэффициент усиления и фаза в этой точке? Смоделируйте схему для диапазона частоты от 10 мГц до 10 ГГц.

С помощью курсоров определите значение частоты при условии, что фаза равна $+22^\circ$. Чему равны коэффициент усиления и фаза в этой точке?

. С помощью курсоров определите значение частоты при условии, что фаза равна $+75^\circ$. Чему равны коэффициент усиления и фаза в этой точке?

6.3.. Смоделируйте схему, представленную ниже:



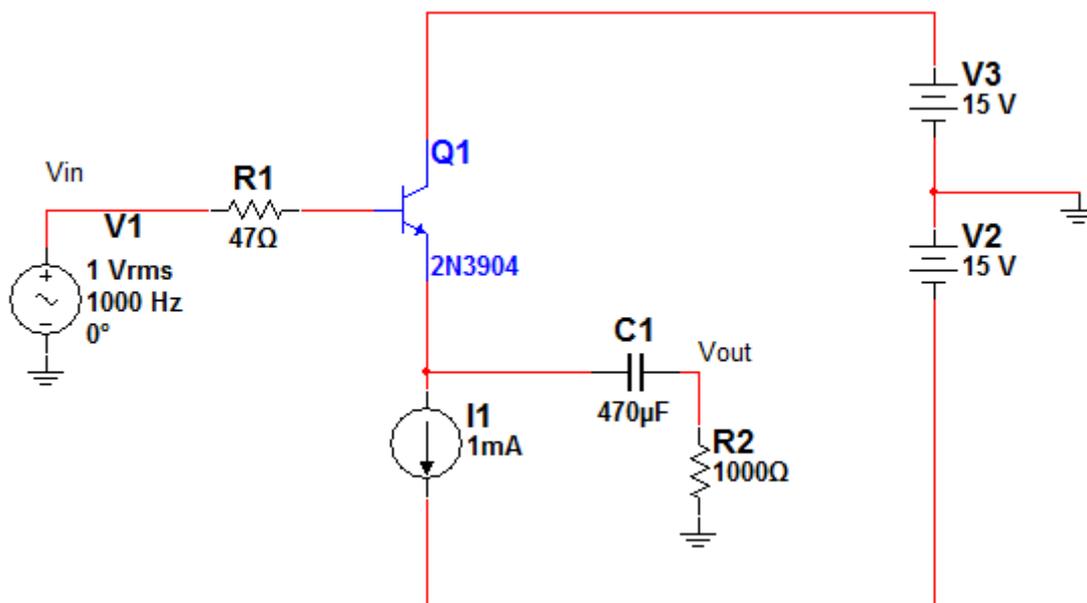
6.3.1. Для данной схемы воспользуйтесь Боде-плоттером, чтобы создать график амплитуды. Определите усиление (V_{out}/V_{in}), а также верхнее и нижнее значение частоты -3 дБ для усилителя.

6.3.2. Для данной схемы воспользуйтесь функцией SPICE AC Sweep Analysis, чтобы создать АЧХ и определить коэффициент усиления (V_{out}/V_{in})

на средней частоте, а также верхнее и нижнее значение частоты -3 дБ для усилителя.

6.3.3. Для данной схемы воспользуйтесь функцией SPICE AC Sweep Analysis, чтобы создать АЧХ и определить коэффициент усиления (V_{out}/V_{in}) на средней частоте, при условии, что R2 равно 10 кОм, 100 и 10 Ом.

6.4.. Смоделируйте схему, представленную ниже:

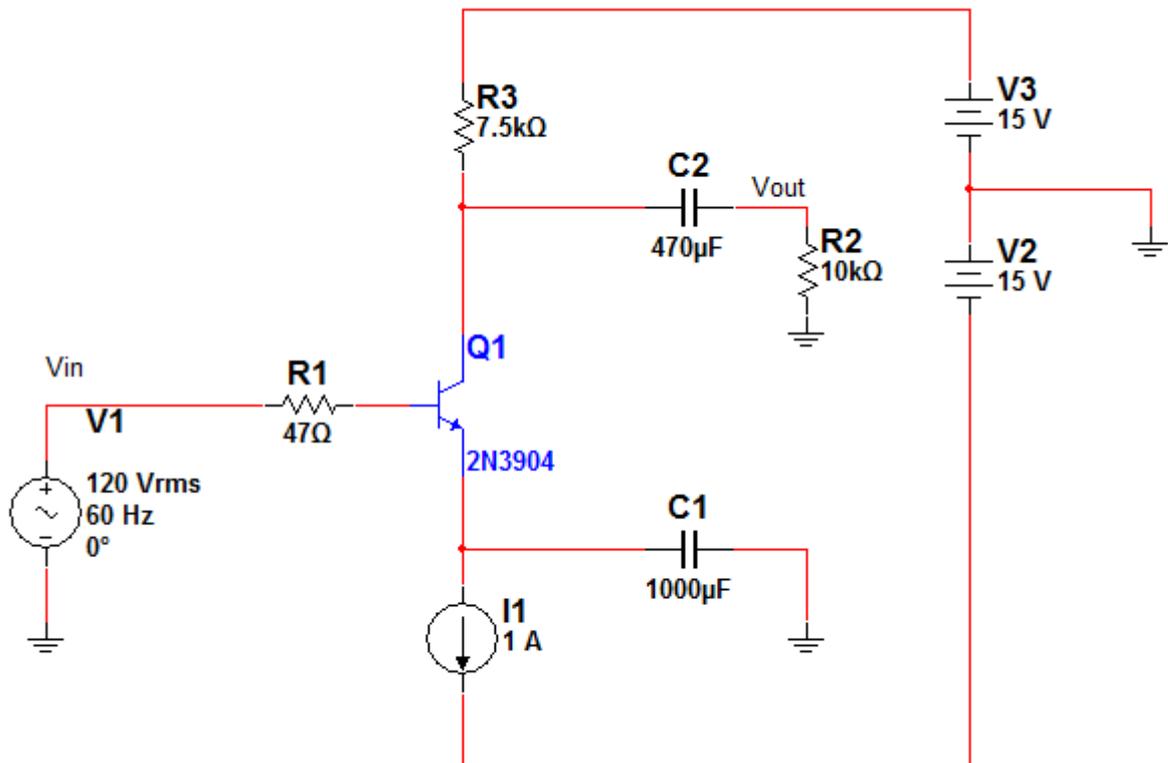


6.4.1. Для данной схемы воспользуйтесь Бode-плоттером, чтобы создать график амплитуды. Определите усиление (V_{out}/V_{in}), а также верхнее и нижнее значение частоты -3 дБ для усилителя.

6.4.2. Для данной схемы воспользуйтесь функцией SPICE AC Sweep Analysis, чтобы создать АЧХ и определить коэффициент усиления (V_{out}/V_{in}) на средней частоте, а также верхнее и нижнее значение частоты -3 дБ для усилителя.

6.4.3. Для данной схемы воспользуйтесь функцией SPICE AC Sweep Analysis, чтобы создать АЧХ и определить коэффициент усиления (V_{out}/V_{in}) на средней частоте, при условии, что R2 равно 10 кОм, 100 и 10 Ом.

6.5.. Смоделируйте схему, представленную ниже:

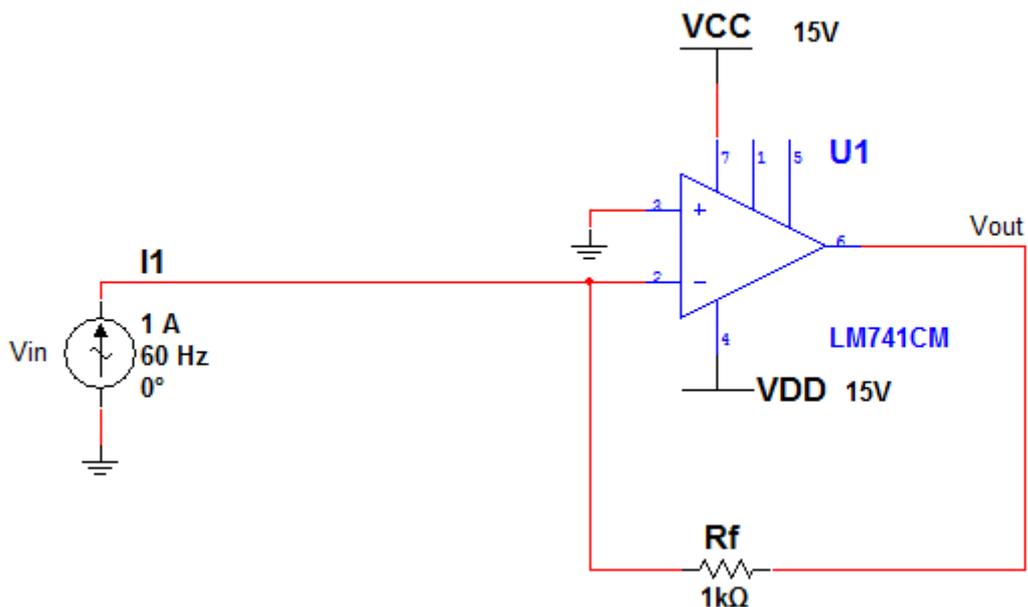


6.5.1. Для данной схемы воспользуйтесь Бode-плоттером, чтобы создать график амплитуды. Определите усиление (V_{out}/V_{in}), а также верхнее и нижнее значение частоты -3 дБ для усилителя.

6.5.2. Для данной схемы воспользуйтесь функцией SPICE AC Sweep Analysis, чтобы создать АЧХ и определить коэффициент усиления (V_{out}/V_{in}) на средней частоте, а также верхнее и нижнее значение частоты -3 дБ для усилителя.

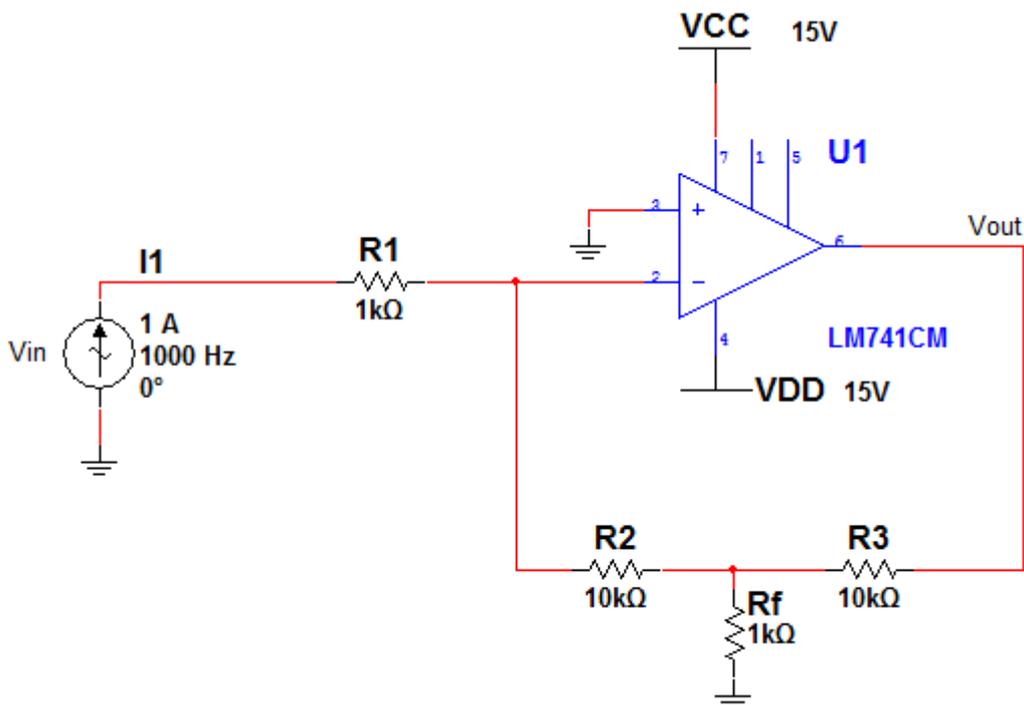
6.5.3. Для данной схемы воспользуйтесь функцией SPICE AC Sweep Analysis, чтобы создать АЧХ и определить коэффициент усиления (V_{out}/V_{in}) на средней частоте, при условии, что R2 равно 10 кОм, 100 и 10 Ом.

6.6.. Смоделируйте схему, представленную ниже:



6.6 .1. Для данной схемы воспользуйтесь опцией Parameter Sweep, чтобы отобразить усиление V_{out}/V_{in} в децибелах при условии, что параметр RF равен, соответственно, 1, 10 100 кОм и 1 МОм.

6.7.. Смоделируйте схему, представленную ниже:



6.7.1 Для данной схемы воспользуйтесь опцией Parameter Sweep, чтобы отобразить усиление V_{out}/V_{in} децибелах при условии, что параметр RF равен, соответственно, 1, 10 100 кОм и 1 МОм.

6.8. Подготовить ответы на контрольные вопросы

7. Контрольные вопросы

7.1 Как можно исследовать амплитудно-частотные характеристики схемы в программе Multisim?

7.2 Как подключить к схеме Бode-плоттер?

7.3 Как получить амплитудно-частотные характеристики с помощью функции **AC Analysis**?

7.4. Как определить полосу пропускания схемы усилителя?

7.5. Как определить полосу пропускания схемы на ОУ при различных уровнях отрицательной обратной связи?

8. Содержание отчета

8.1 Папка на рабочем столе ПК с выполненным заданием

8. Литература и средства обучения:

1. Гришин В.Н., Панфилов Е.Е. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. -416 с.
2. Михеева Е.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Технические специальности 2018 ОИЦ «Академия»
3. Хомоненко А.Д., ред. Основы современных компьютерных технологий. Корона Принт. 2017. 672с.
4. Multisim 11. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2018. – 488 с; ил.
5. Чернова О.А. , Методическое пособие по работе в программе Multisim РГКРИПТ, 2021 г;

Дополнительные источники

1. Симонович С. В., Мураховский И. В. Популярный самоучитель работы на компьютере — М.: “ДЕСС КОМ”, 2008. — 576с.
2. Википедия
3. DATA SHEET. COM
4. Презентации по темам дисциплины в электронном виде

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

Измерение мощности переменного тока и полного комплексного сопротивления в схемах виртуальных электронных устройств с помощью программы Multisim

1 Цель работы:

Научиться измерять мощность переменного тока и полное комплексное сопротивление в схемах виртуальных электронных устройств с помощью программы Multisim

2.Время выполнения работы – 2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа Multisim 11

4. Краткие теоретические сведения

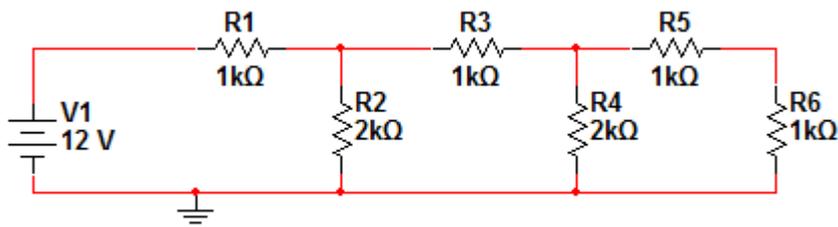
С помощью ваттметра Wattmeter программы Multisim можно измерить мощность переменного тока, рассеиваемую в нагрузке, и коэффициент мощности (power factor).). Используя функцию **анализ SPICE**, можно измерять полное комплексное сопротивление между двумя узлами. В схемах с активным сопротивлением можно использовать мультиметр. Измерение сопротивления в схеме с активными элементами можно выполнять **с помощью анализа SPICE**

5. Задание

Измерить мощности переменного тока и полного комплексного сопротивления в схемах виртуальных электронных устройств с помощью программы Multisim

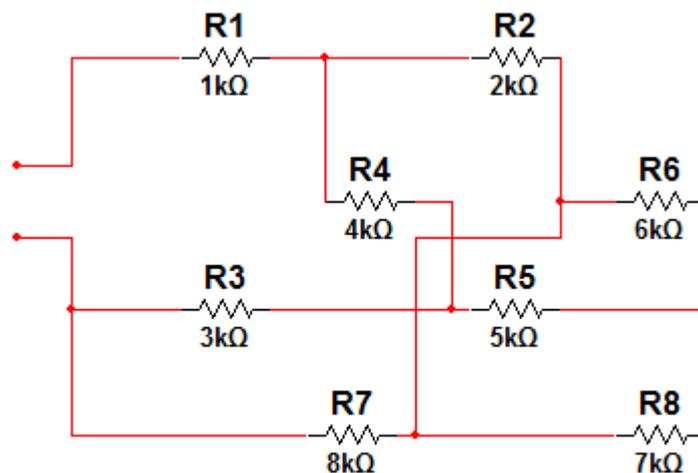
6. Порядок выполнения работы:

6.1.С помощью программы Multisim определите мощность, рассеиваемую нагрузкой и коэффициент мощности, в схеме, показанной ниже . Рассчитайте коэффициент мощности вручную. Сравните полученные результаты

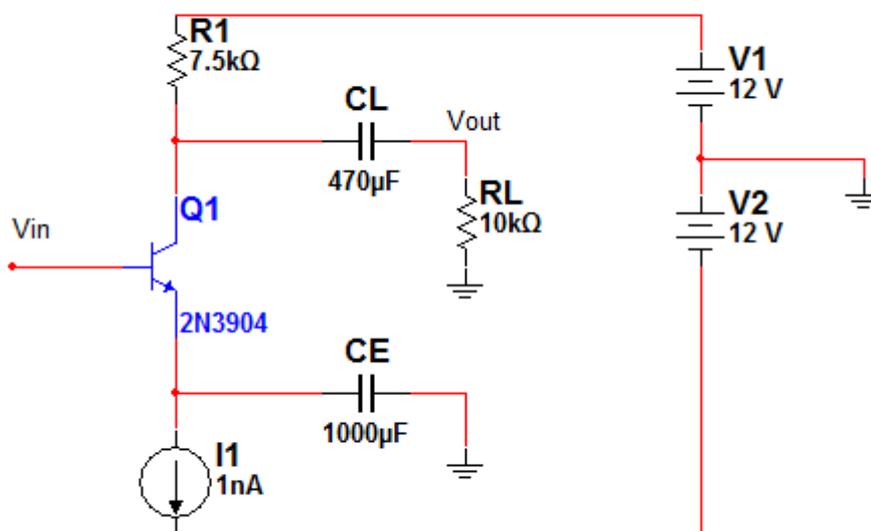


6.2 С помощью программы Multisim определите мощность, рассеиваемую нагрузкой и коэффициент мощности, в схеме, показанной ниже. Рассчитайте коэффициент мощности вручную. Сравните полученные результаты

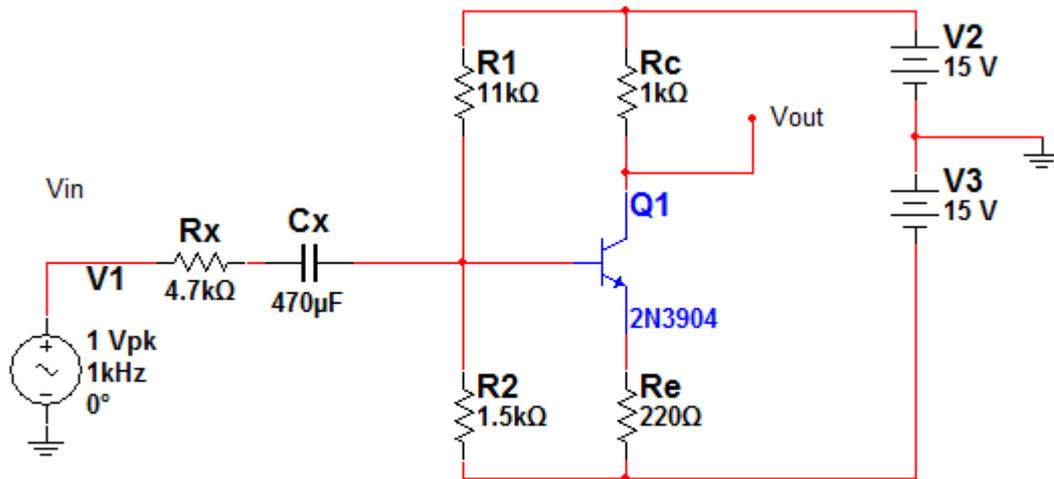
6.3 Используя функцию **AC Sweep Analysis**, определите сопротивление в схеме, показанной ниже:



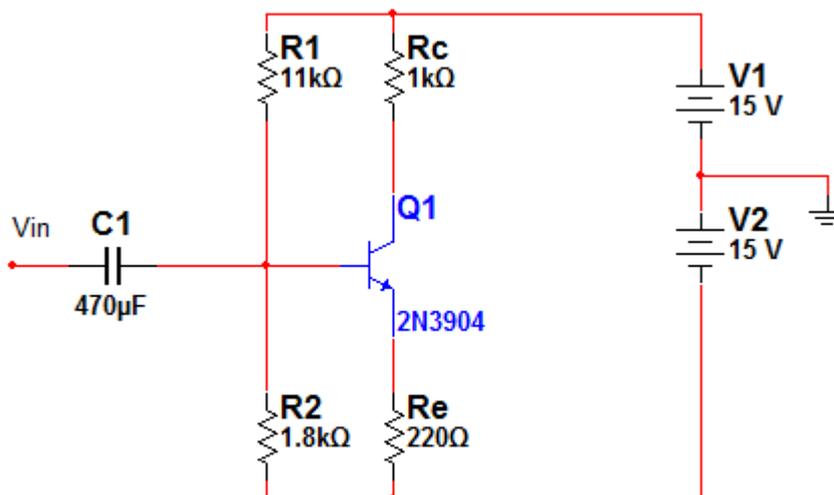
6.4 Используя функцию **SPICE AC Analysis**, определите полное входное сопротивление для переменного тока между узлом **Vin** и заземлением в схеме, показанной ниже:



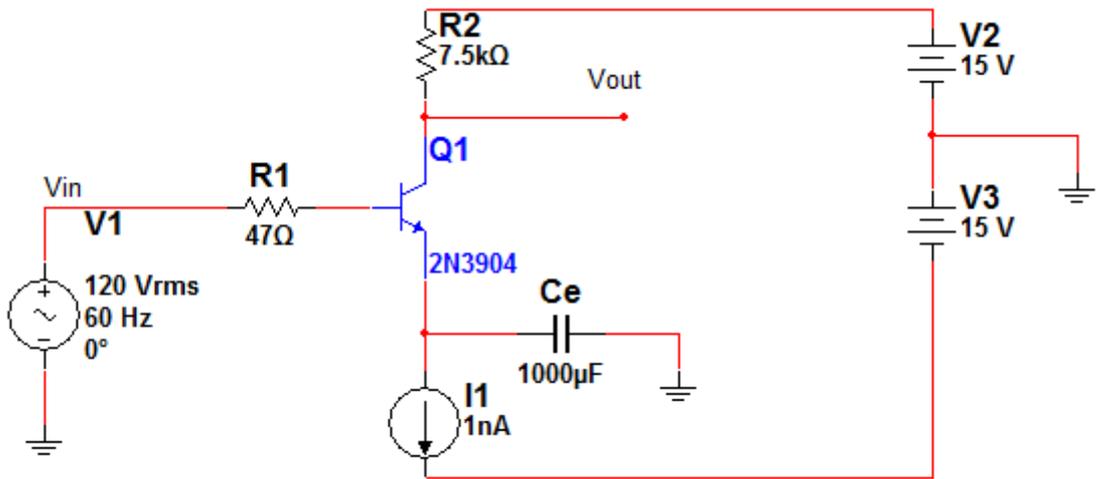
6.5 Используя функцию **SPICE AC Analysis**, определите полное выходное сопротивление для переменного тока между узлом V_{out} и заземлением в схеме, показанной ниже:



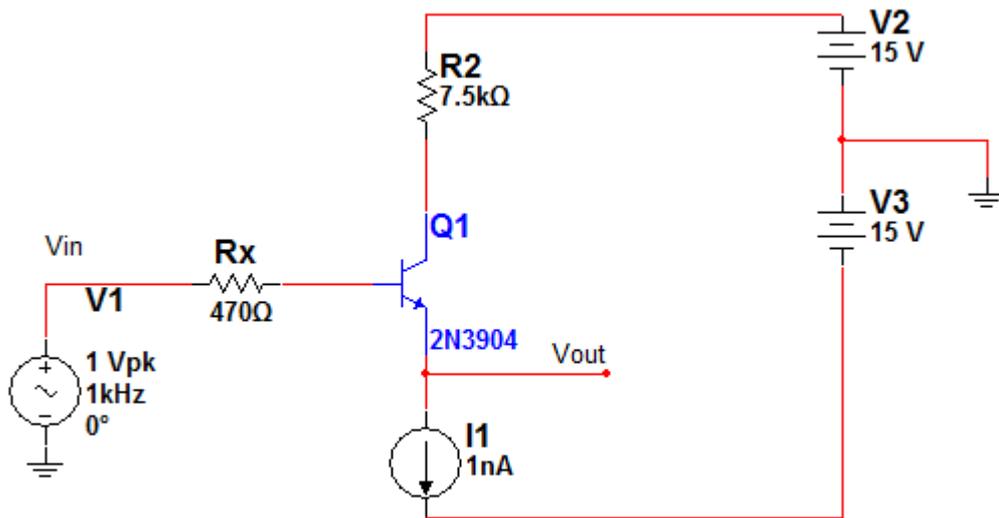
6.6 Используя функцию **SPICE AC Analysis**, определите полное входное сопротивление для переменного тока между узлом V_{IN} и заземлением в схеме, показанной ниже:



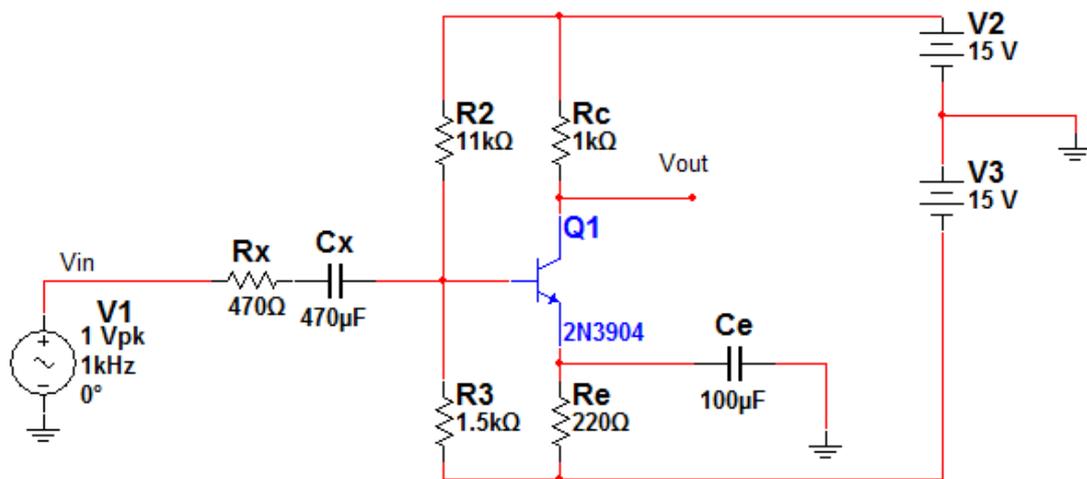
6.7 Используя функцию **SPICE AC Analysis**, определите полное выходное сопротивление для переменного тока между узлом V_{out} и заземлением в схеме, показанной ниже:



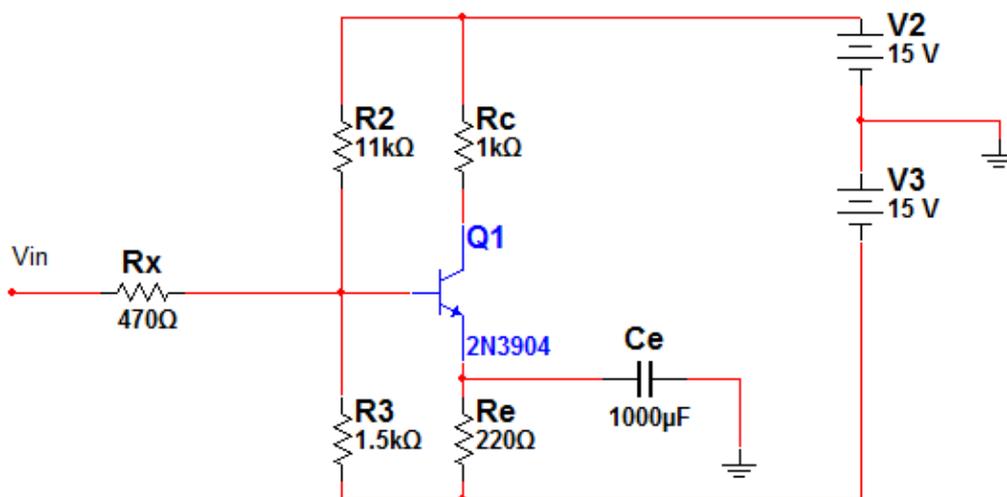
6.8 Используя функцию SPICE AC Analysis, определите полное выходное сопротивление для переменного тока между узлом Vout и заземлением в схеме, показанной ниже:



6.9 Используя функцию SPICE AC Analysis, определите полное выходное сопротивление для переменного тока между узлом V₀out и заземлением в схеме, показанной ниже:



6.10. Используя функцию SPICE AC Analysis, определите полное входное сопротивление для переменного тока между узлом V_{IN} и заземлением в схеме,



7. Содержание отчета:

7.1 Папка на рабочем столе ПК с выполненным заданием

1. Литература и средства обучения

Литература

Основные источники:

1. Михеева Е.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Технические специальности 2014 ОИЦ «Академия»
2. Гохберг Г.С., Зафиевский А.В., Короткин А.А. Информационные технологии 2014 ОИЦ «Академия»

Дополнительные источники

1. Гришин В.Н., Панфилов Е.Е. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. -416 с.
2. Е.В. Михеева Информационные технологии в профессиональной деятельности
3. Multisim 11. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2007. – 488 с; ил.
4. Чернова О.А. , Методическое пособие по работе в программе Multisim РГКРИПТ, 2013 г;

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

Измерение параметров электрических сигналов в цепях виртуальных электронных устройств содержащих цифровые компоненты

1. Цель работы:

Научиться измерять параметры электрических сигналов в цепях виртуальных электронных устройств содержащих цифровые компоненты

Приобрести практические навыки в измерении параметров электрических сигналов в цепях виртуальных электронных устройств содержащих цифровые компоненты

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Оборудование:

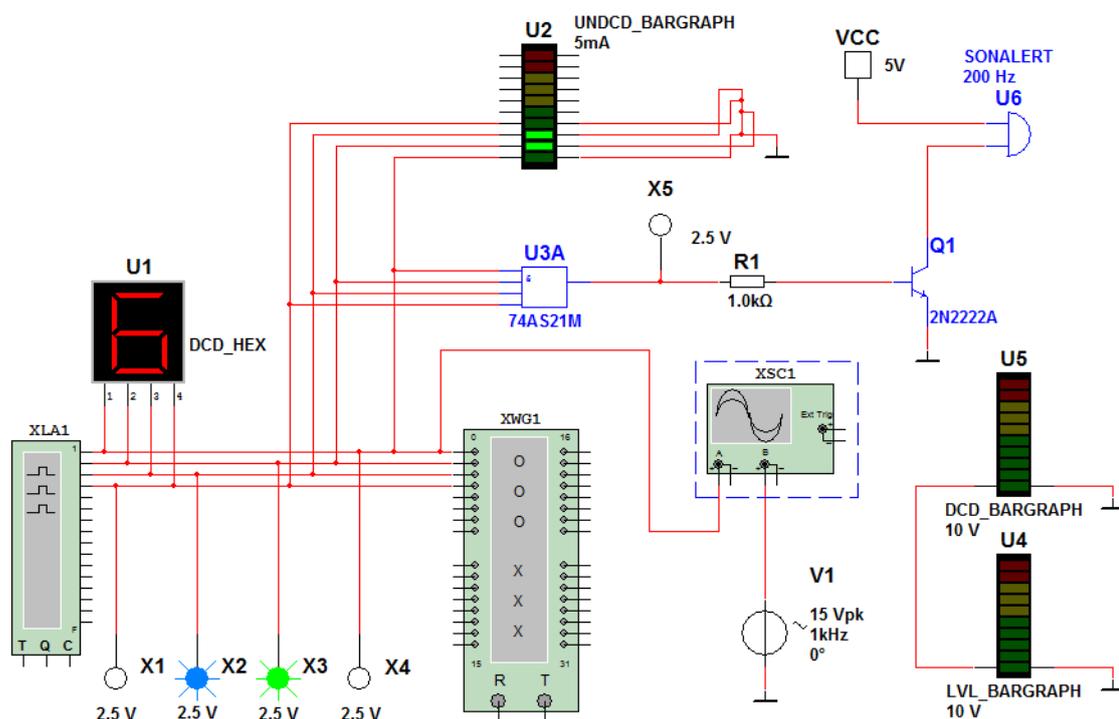
- 1 Персональный компьютер
- 2 Программа Multisim 11

4. Теоретические положения

Программа Multisim может моделировать аналоговые, аналогово-цифровые и цифровые схемы. Рассмотрим, как выполнять цифровое и аналогово-цифровое моделирование. Примеры схем достаточно просты, но их можно использовать и при работе с более сложными схемами, применяя анализ переходных процессов или работая в виртуальной лаборатории.

4.1 Цифровые индикаторы, генераторы сигнала и инструменты

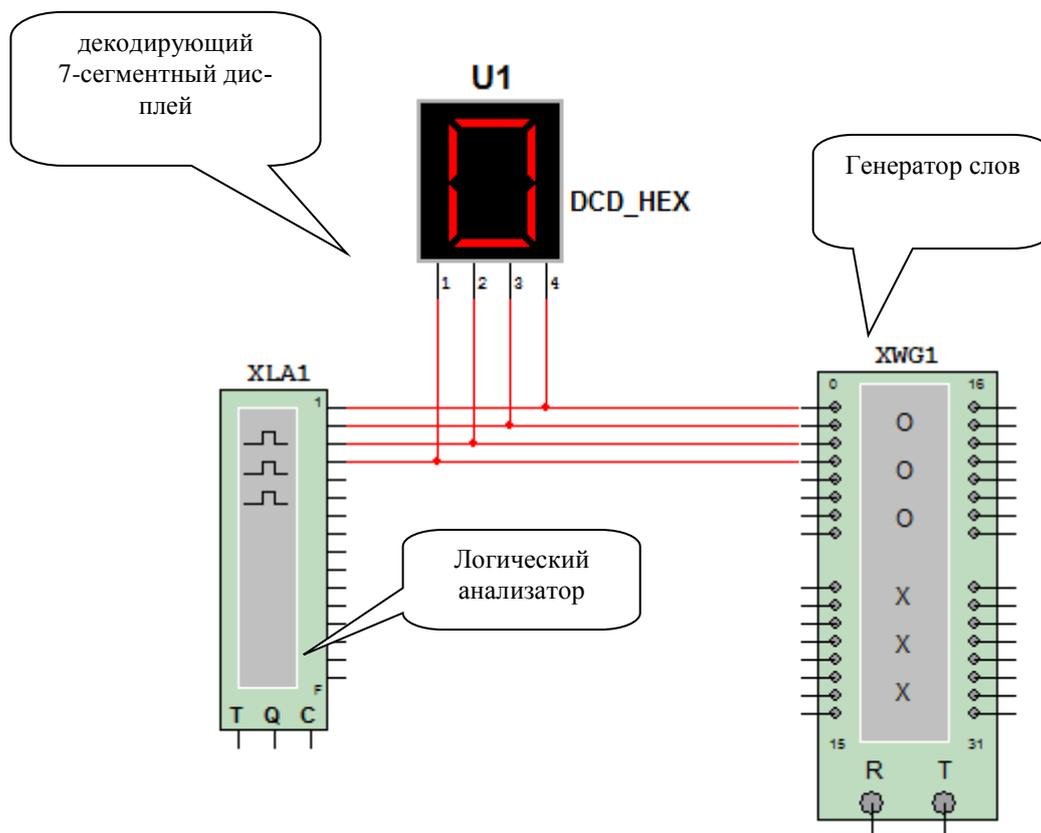
Чтобы продемонстрировать работу с различными инструментами и индикаторами цифровых моделей, проведем анализ данной схемы:



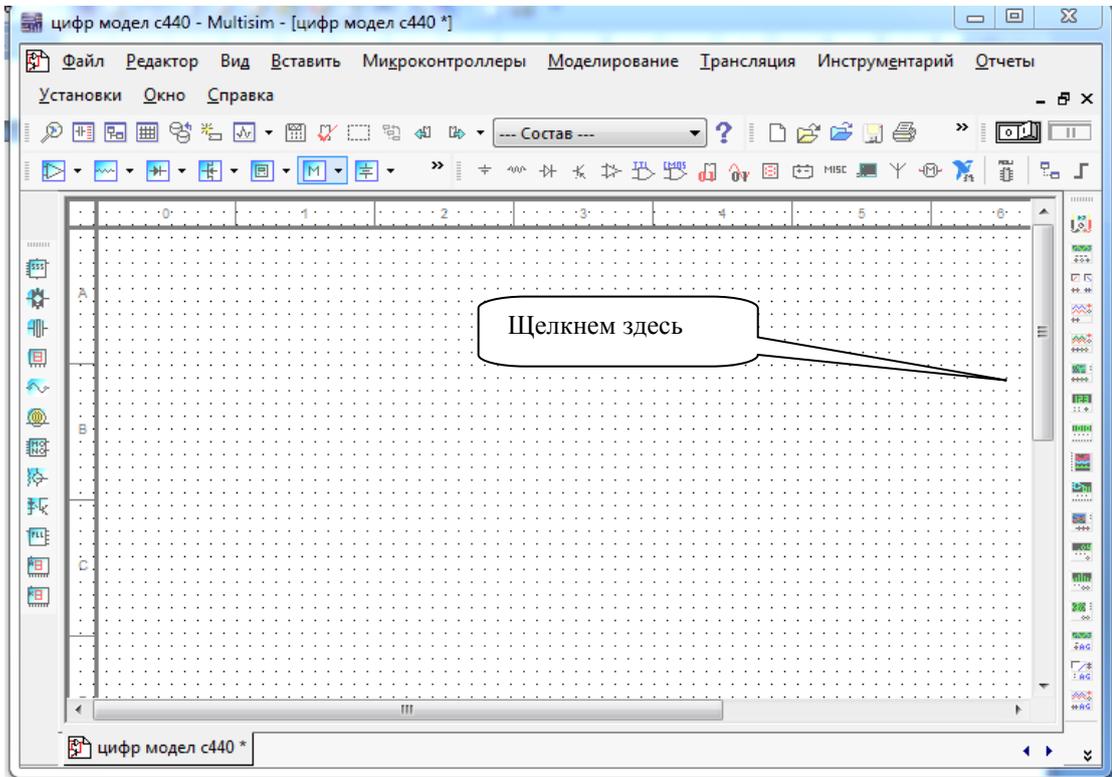
Это довольно большая схема, поэтому будем создавать ее постепенно, проводя подробный анализ после каждого шага. Схема содержит инструменты Word Generator, Logic Analyzer и Oscilloscope, индикаторы, зуммер (buzzer), логический элемент и несколько диаграмм. С помощью данных компонентов будем моделировать и изучать поведение цифровых схем.

4.1.1 Инструменты Word Generator и Logic Analyzer

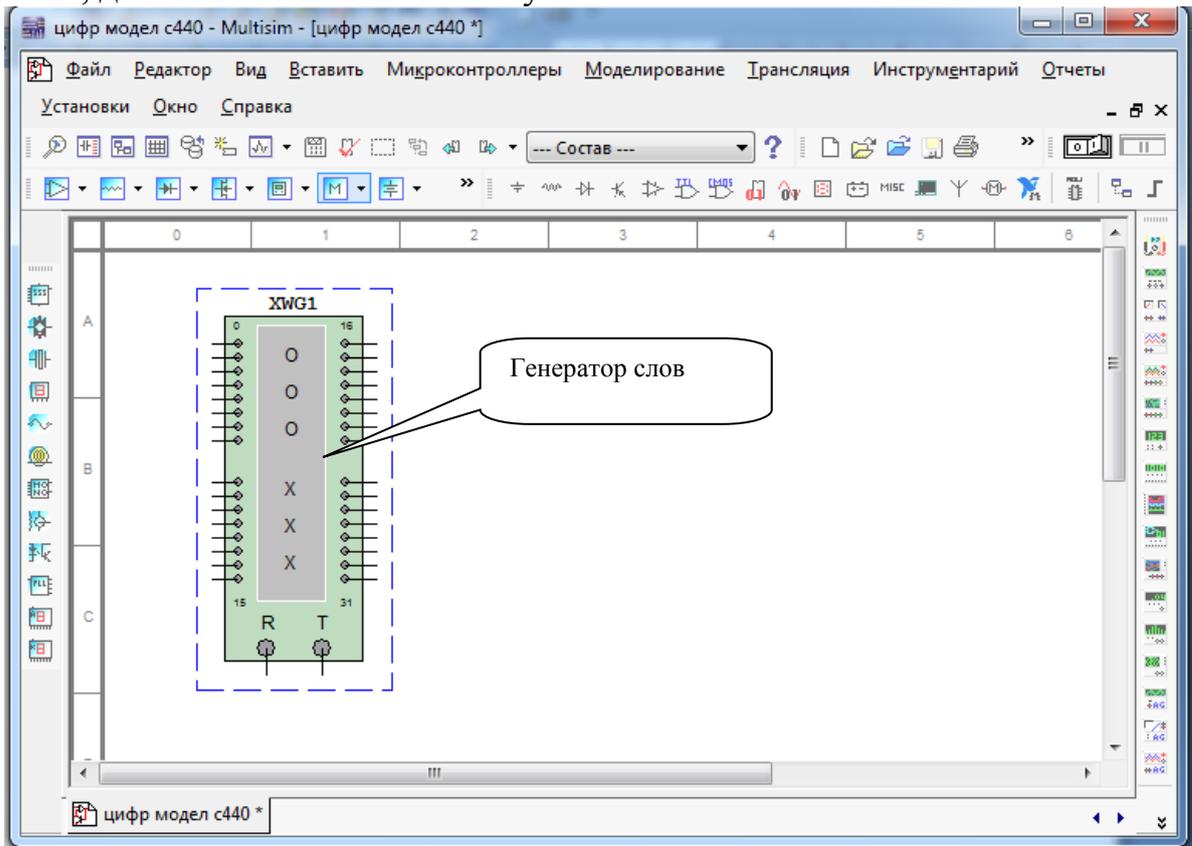
Сначала сформируем часть данной схемы:



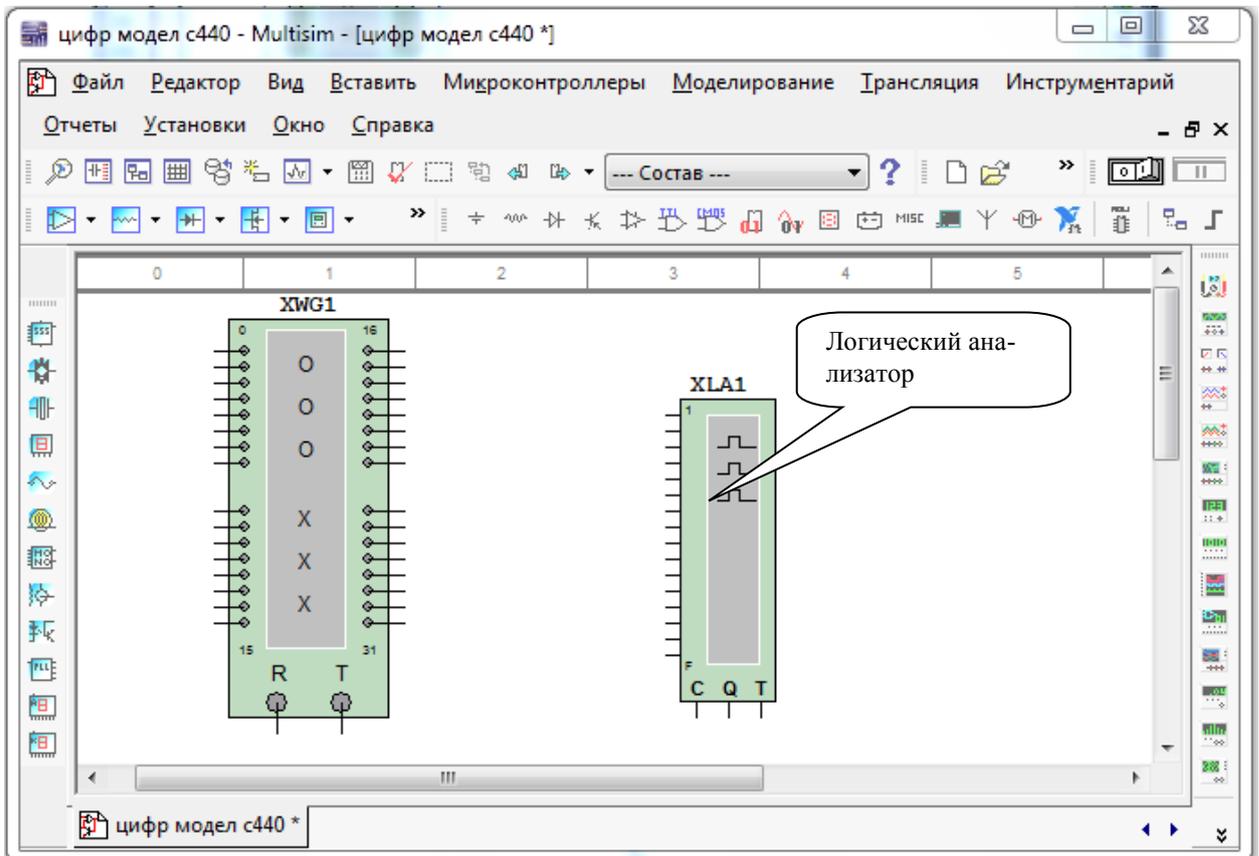
Инструменты **Word Generator** (генератор слов) и **Logic Analyzer** (логический анализатор) находятся на панели инструментов **Instruments**. Чтобы добавить инструмент **Word Generator**, щелкнем кнопку **Word Generator**. Инструмент будет «привязан» к курсору мыши:



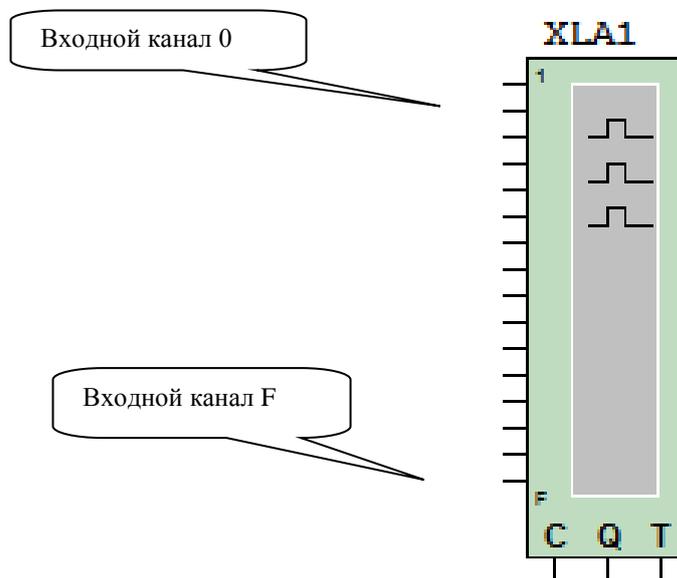
Переместим курсор мыши в нужное положение и щелкнем **ЛЕВОЙ** кнопкой мыши, добавив компонент в схему:



Аналогично добавим в схему инструмент **Logic Analyzer**.

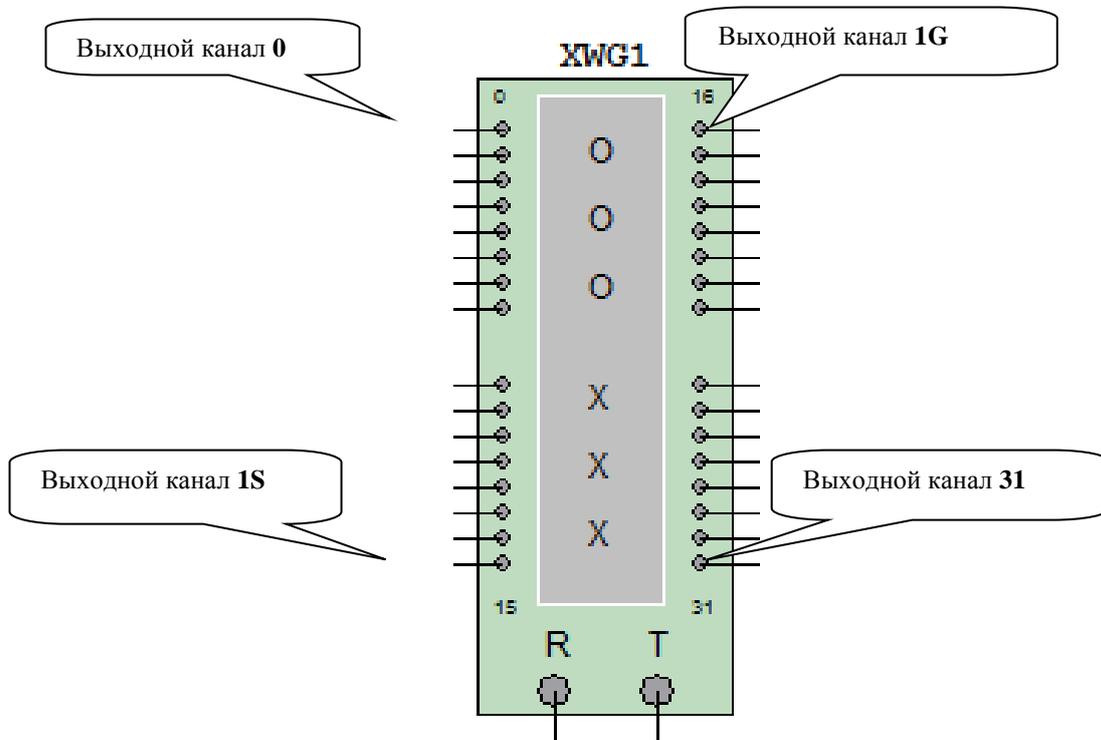


Рассмотрим более внимательно условные изображения инструментов **Logic Analyzer** и **Word Generator**. Изображение инструмента **Logic Analyzer** показано ниже:



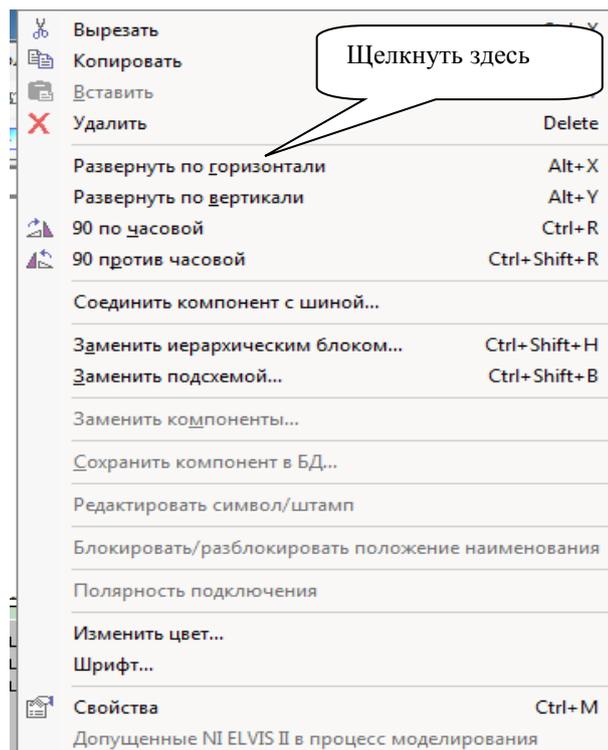
Он имеет 16 входов, помеченных цифрами от **1** до **F** (а не от 0 до F). При работе с логическими схемами учтите, что **F** — это шестнадцатеричное число, которое соответствует числу 15 в десятичной системе исчисления или числу 1111 в двоичной системе. Можно одновременно отобразить все 16 входов инструмента **Logic Analyzer**. С помощью ярлыков **1** и **F** определим, какой вход является первым, а какой — последним.

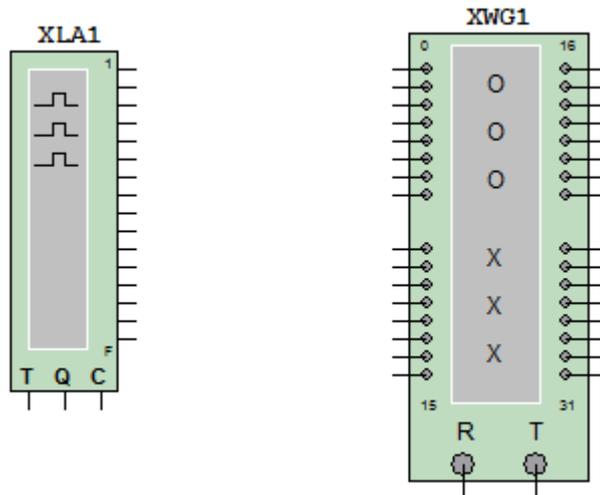
Условное изображение инструмента **Word Generator** показано ниже



Он имеет 32 выхода, помеченных от 0 до 31. Каждый выход создает логический сигнал, который может использоваться как входной для логической схемы. Выход любого канала является независимым от других каналов.

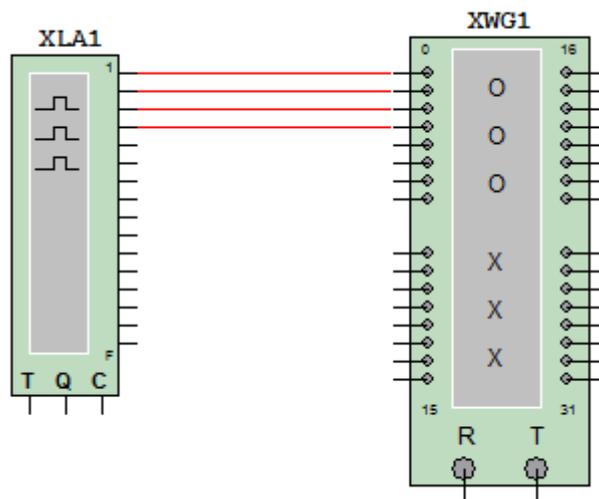
В данном примере будут использоваться первые 4 вывода инструментов **Word Generator** и **Logic Analyzer**. Чтобы упростить работу с инструментами, надо перевернуть **Logic Analyzer** по горизонтали, направив входные контакты в сторону инструмента **Word Generator**. Щелкнем правой кнопкой мыши по иконке **Logic Analyzer**. Появится меню:



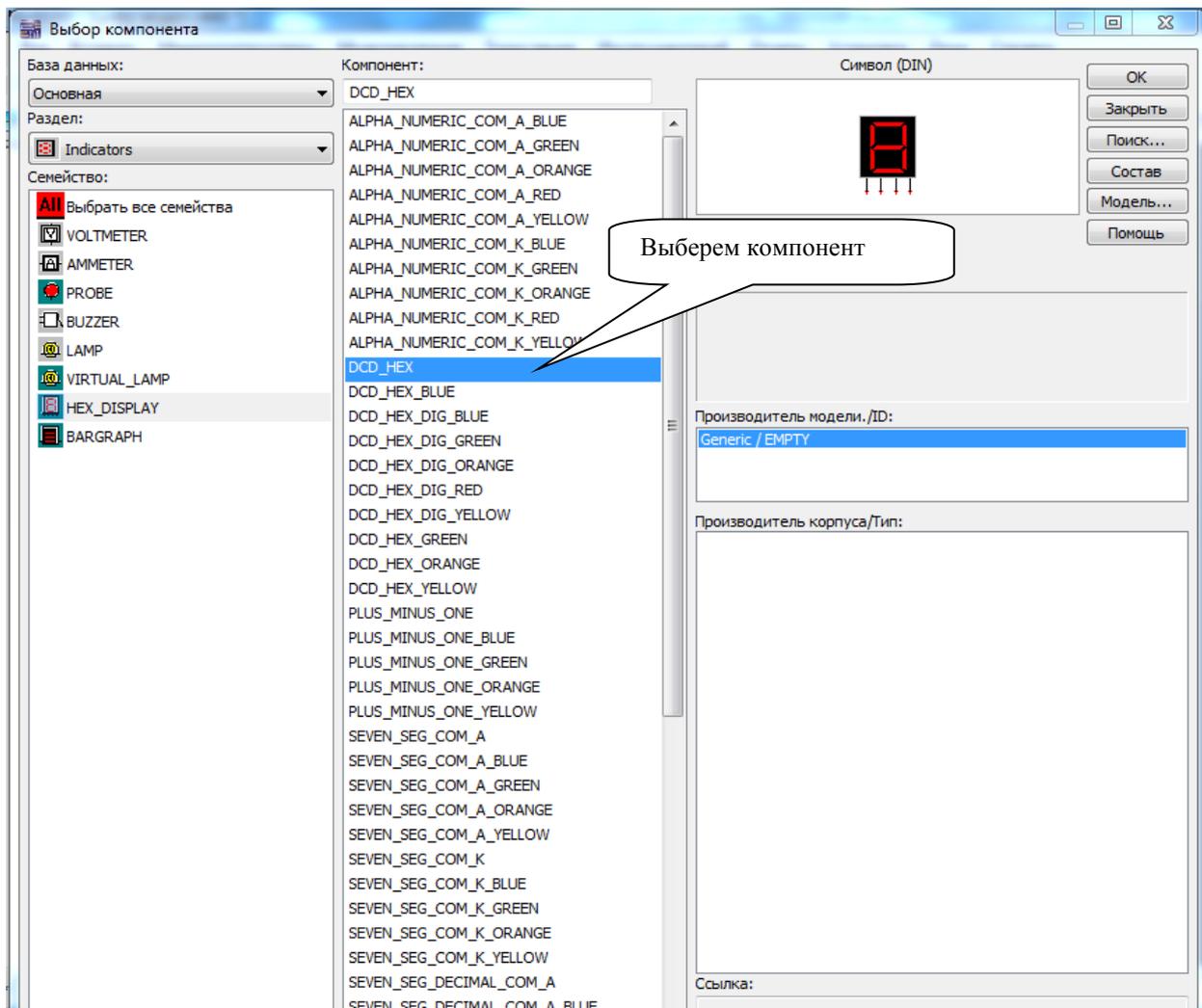


Теперь входные контакты инструмента **Logic Analyzer** находятся справа.

Далее соединим инструменты **Logic Analyzer** и **Word Generator**. Возможно, понадобится переместить один из инструментов вверх или вниз:

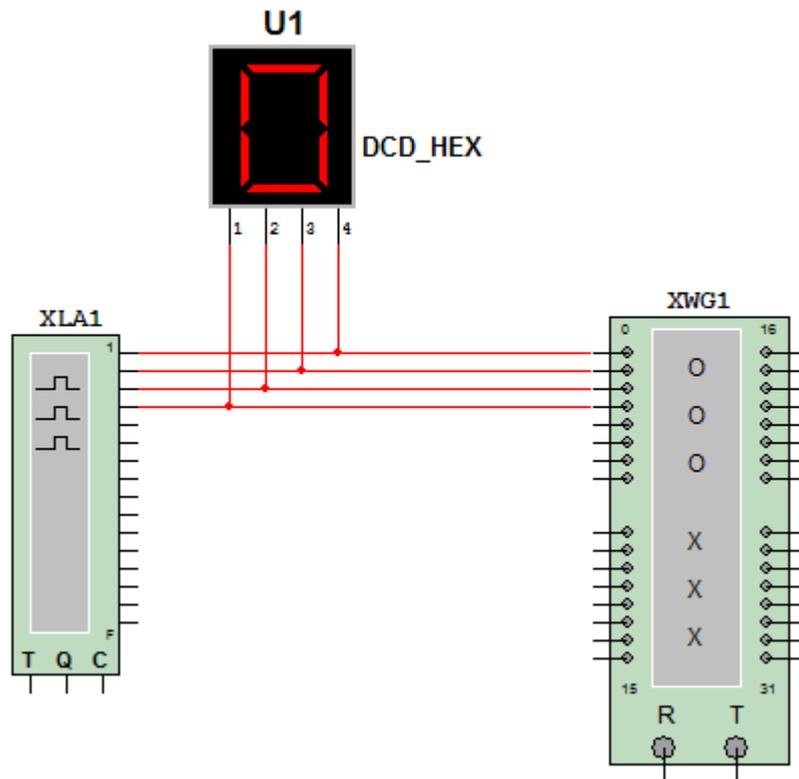


Теперь введем в схему декодирующий 7-сегментный дисплей. Этот компонент находится в группе **Indicator (Индикатор)**. Нажмем кнопку **Indicator** в окне **Выбор компонента**:

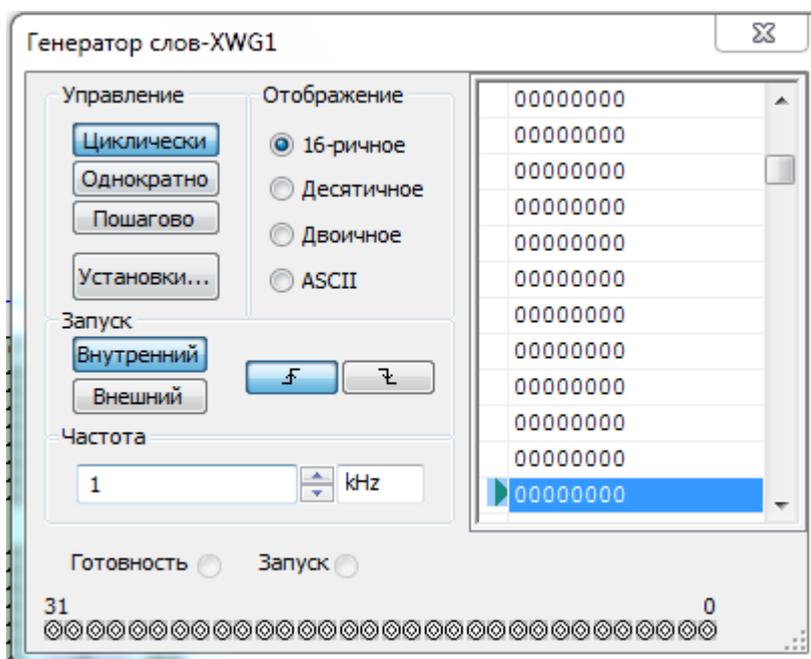


Компонент **DCD_HEX** представляет собой индикатор с 7 сегментами. Это позволяет подать на 4 входа двоичный код от 0000 до 1111 и на буквенно-цифровом дисплее получить его шестнадцатеричный эквивалент от 0 до F. Система преобразования входных двоичных сигналов встроена в компонент.

Подключим компонент так, как показано:

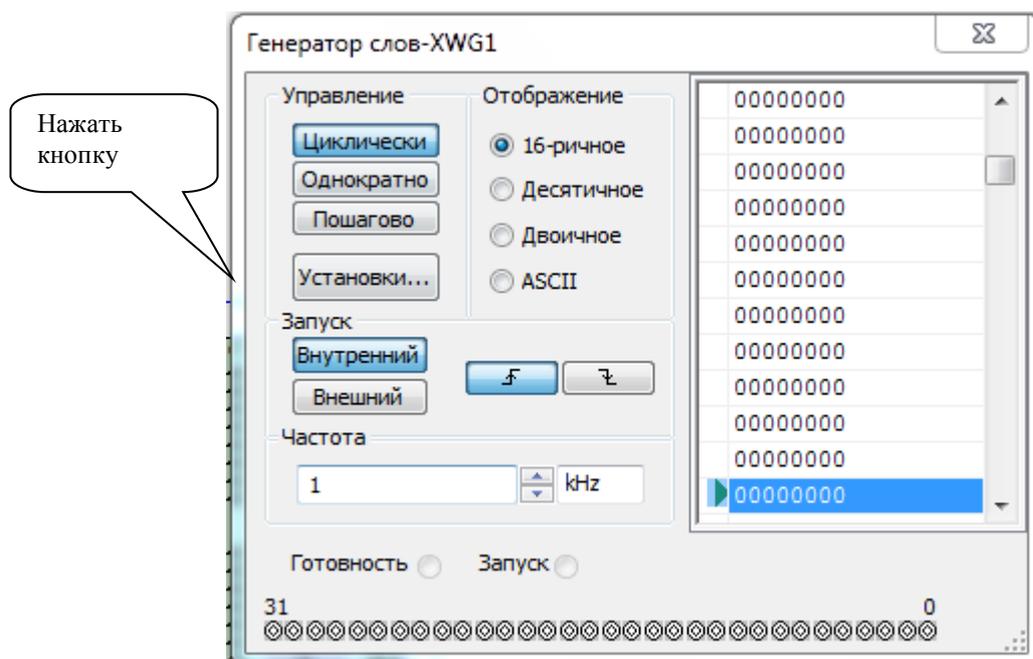


Последнее, что следует сделать до моделирования, — это запрограммировать инструмент **Word Generator**. Дважды щелкнем по компоненту **Word Generator**:

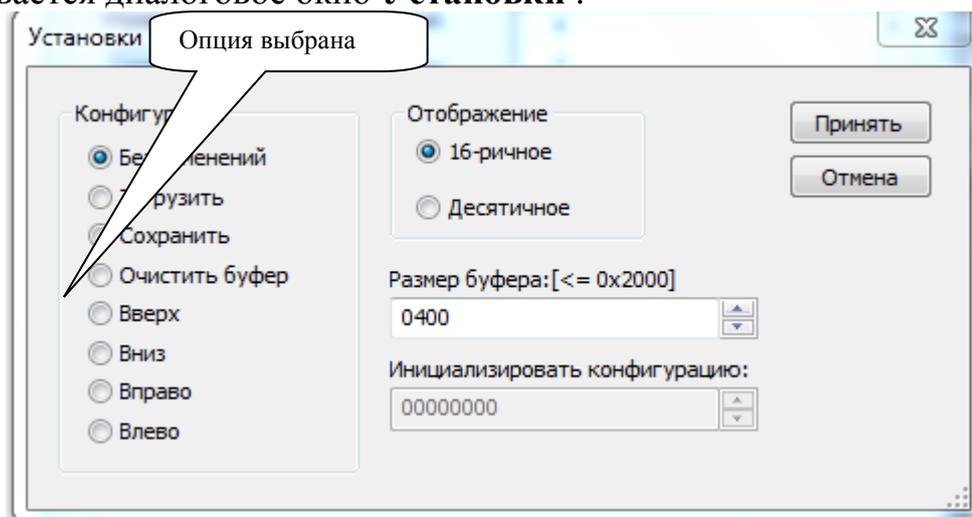


Чтобы инструмент **Word Generator** выполнял счет от 0 до 15 (P) и обратно, нам потребуется 30 (1E) значений, которые займут 30 ячеек памяти инструмента **Word Generator**. Необходимы только 30 ячеек, поскольку придется возвращаться к ячейке, в которой записан 0.

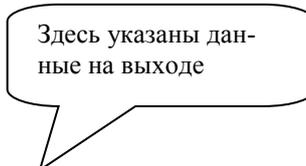
Можно автоматически создать возрастающие значения. Нажмем кнопку **Set (Установки)**:

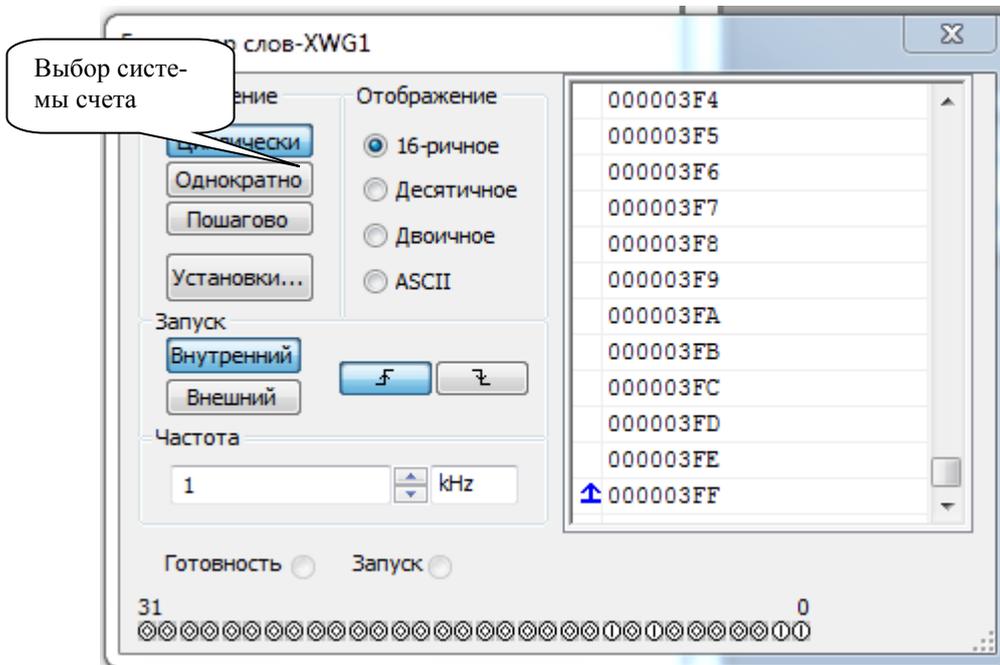


Открывается диалоговое окно **Установки** :



Это диалоговое окно позволяет загрузить и сохранить данные в файл, а также создать стандартные системы счета. Выберем опцию **Up Counter (Вверх)** и нажмем кнопку **Ассерт (Принять)**.

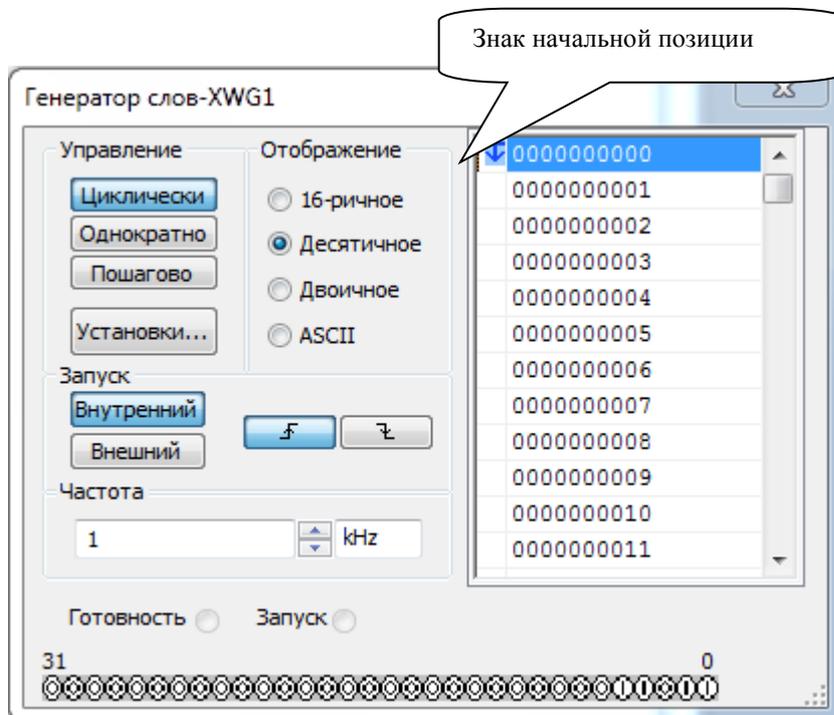




Для создания нисходящей системы счета необходимо выбрать опцию **Down Counter (Вниз)**.

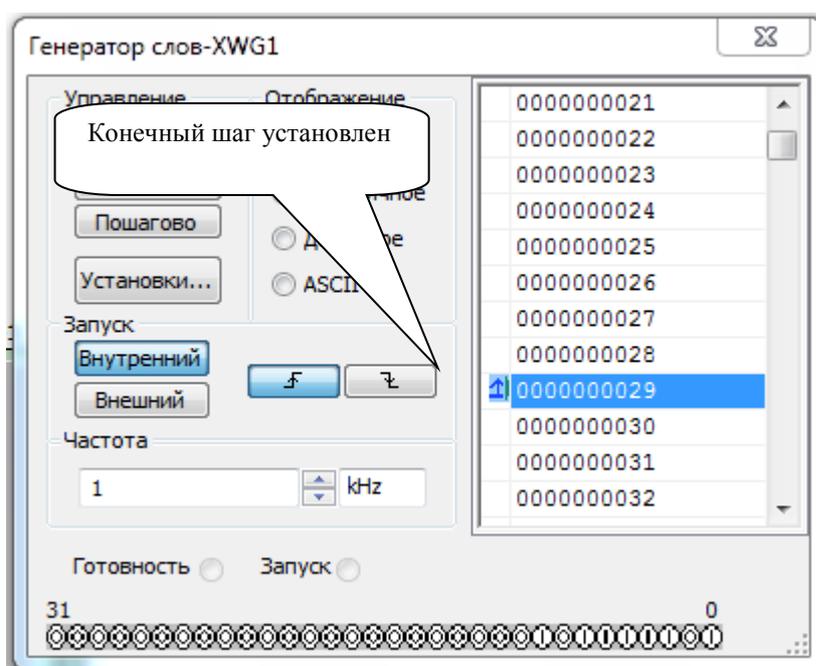
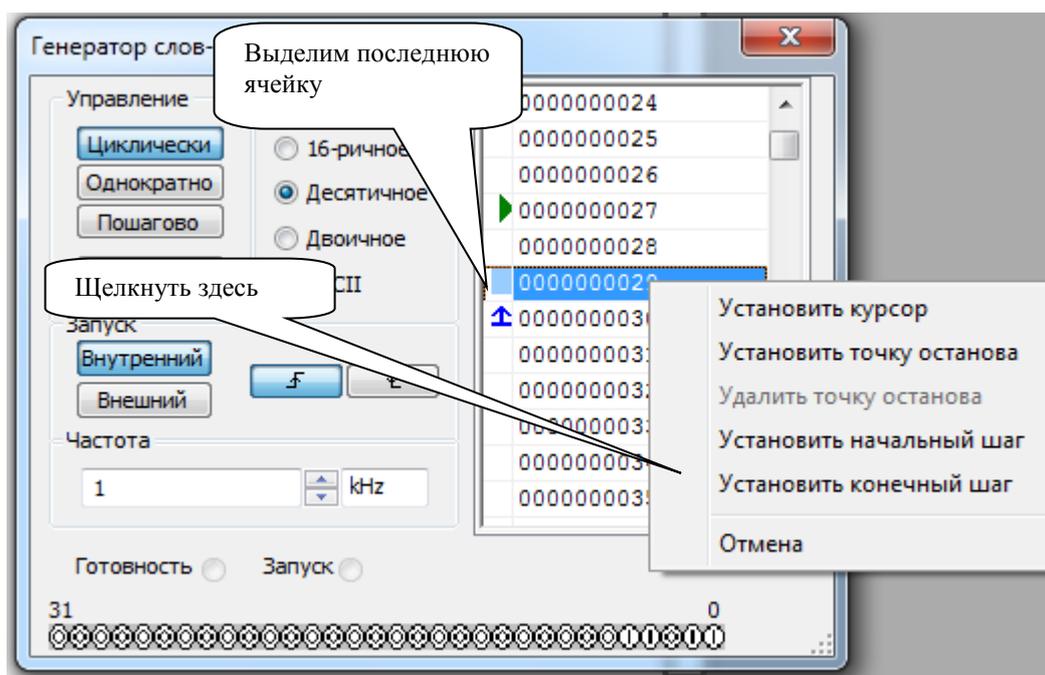
На табло **Отображение** можно изменять систему счета, нажимая соответствующую кнопку.

Далее сообщим инструменту **Word Generator**, где находятся начальная и конечная ячейки данных. Моделирование начинается в начальной ячейке данных и завершается в конечной. По умолчанию начальная ячейка имеет значение 0 и обозначается синей стрелкой, направленной вниз.



Новый цикл моделирования начнется в ячейке, которая содержит индикатор начального положения.

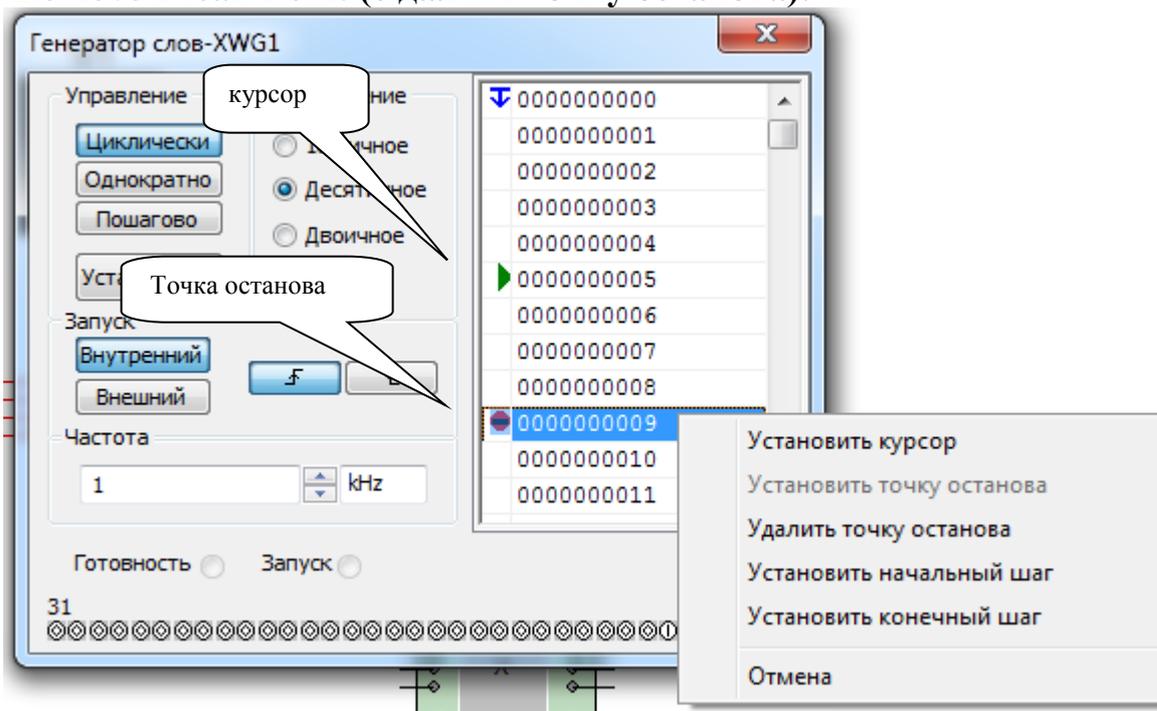
По умолчанию конечная ячейка данных располагается после всех 1024 ячеек. В данном примере используются только 30 ячеек данных (с адресами от 0 до 29), поэтому необходимо переместить индикатор конечной ячейки. Найдем последнюю ячейку в последовательности и щелкнем по ней правой кнопкой мыши:



Видно, что индикатор конечного положения появился рядом с последней запрограммированной ячейкой памяти. При выполнении моделирования ин-

инструмент **Word Generator** будет проходить цикл только для данных, расположенных между индикаторами начального и конечного положения.

Запрограммировав **Word Generator**, надо выбрать режим его работы. Режим **Cycle (Цикл)** обозначает, что инструмент **Word Generator** последовательно выводит содержимое каждой ячейки памяти от начальной до конечной. Когда инструмент достигает конечной ячейки, он возвращается к начальной и повторяет цикл. В режиме **Cycle** цикл будет повторяться до тех пор, пока не будет остановлено моделирование. В режиме **Burst (однократно)** цикл будет повторен только один раз. В режиме **Step (Пошагово)** будет выведено содержимое лишь одной ячейки. При щелчке по кнопке **Step** инструмент **Word Generator** будет переходить к следующей ячейке, выводя ее содержимое. Индикатор будет указывать на данную ячейку, пока вновь не будет нажата кнопка **Step**. Этот режим полезен при отладке схем. Если во время программирования инструмента **Word Generator** щелкнуть по ячейке памяти правой кнопкой мыши и выбрать опцию **Set Break-Point (Настроить точку останова)**, данная ячейка будет настроена как точка прерывания. **Word Generator** остановится в точке прерывания в режиме **Cycle** или **Burst**. Процесс перемещения по ячейкам не возобновится до тех пор, пока не будет нажата кнопка **Cycle, Burst** или **Step**. Чтобы удалить точку прерывания, щелкнем по ячейке памяти и выберем команду **Remove Break-Point (Удалить точку останова)**:

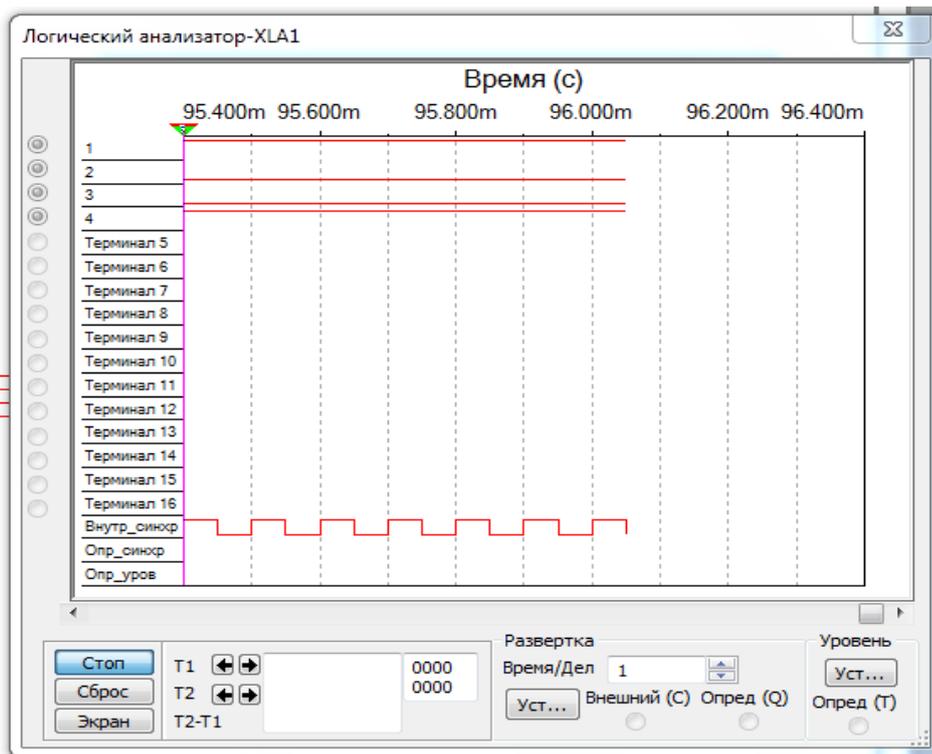


Во время моделирования курсор в окне **Word Generator** указывает на текущую ячейку: В начале моделирования инструмент **Word Generator** начнет вывод данных с текущей ячейки. В процессе моделирования курсор будет перемещаться по ячейкам, которые обрабатываются инструментом **Word Generator**. Остановив моделирование, можно щелкнуть по ячейке и выбрать команду **Set Cursor (Настроить курсор)**, чтобы изменить положение курсора. Все готово к моделированию. Убедимся в том, что окно **Word Generator** не закрывает

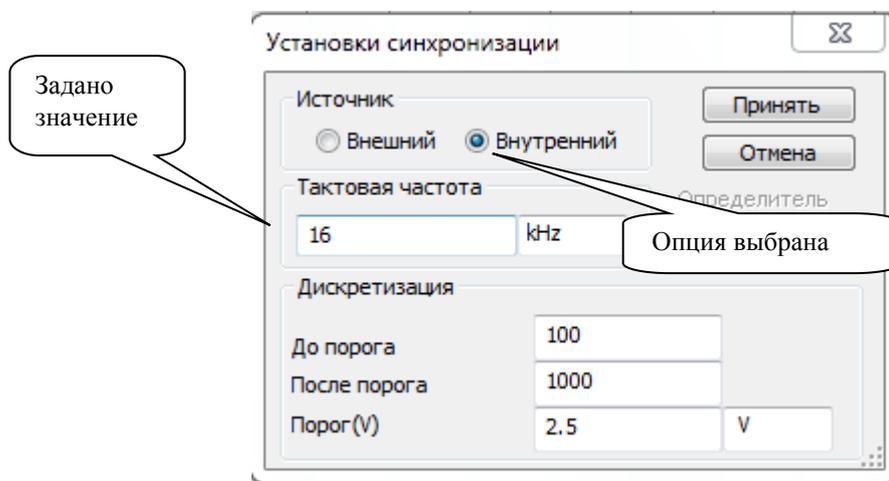
цифробуквенный дисплей **U1**, и нажмем кнопку **Cycle**. При нажатии этой кнопки начнется моделирование. Будет видно, как дисплей изменит значение от 0 до F, а потом — обратно до 0. Будет подсвечиваться также текущая ячейка памяти.

Пользуясь кнопками **Burst** и **Step**, можно изучить работу инструмента **Word Generator**. Помните, что в режиме **Step** для перехода к новой ячейке памяти надо каждый раз нажимать кнопку **Step**.

С помощью функции **Logic Analyzer** будем изучать диаграммы логических сигналов. Дважды щелкнем по иконке **Logic Analyzer**, чтобы открыть окно, показанное ниже:

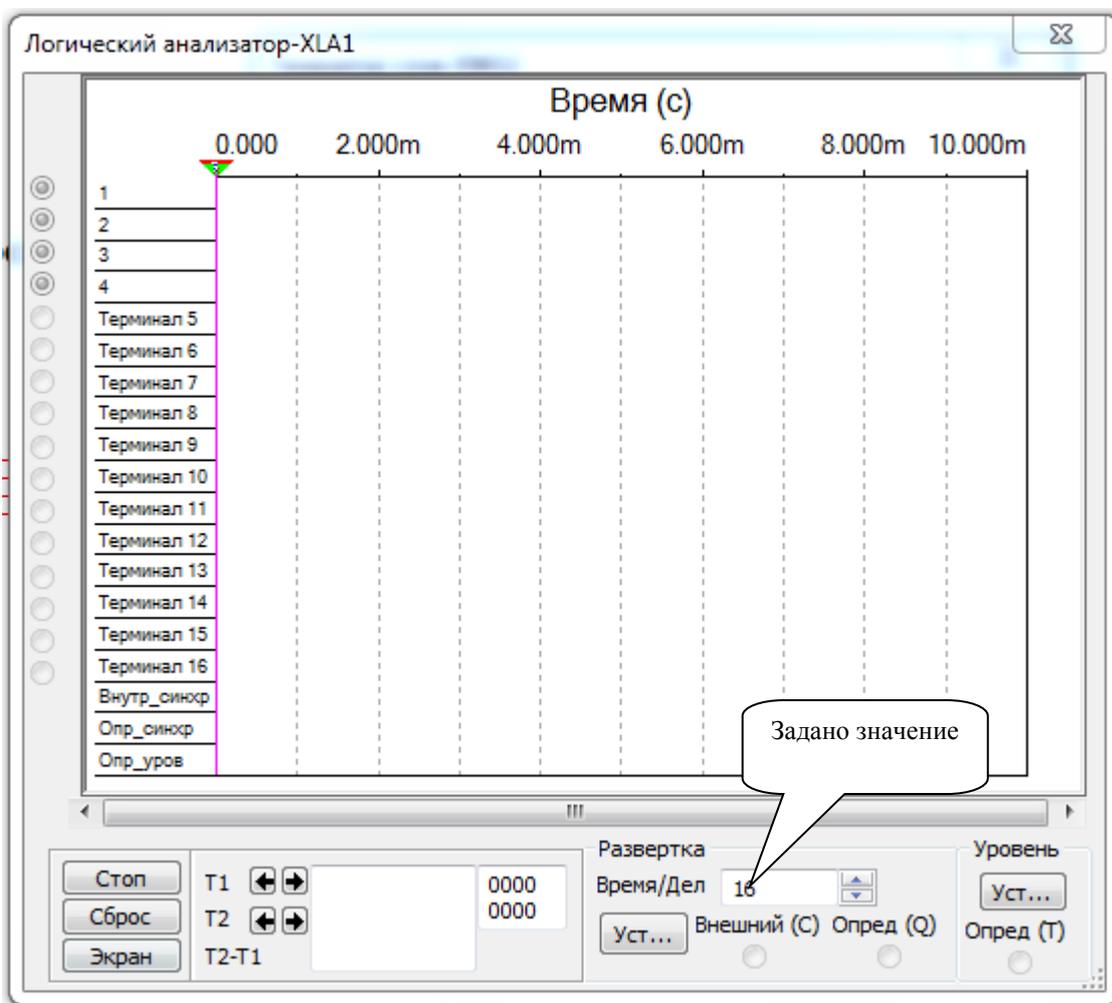


В окне некоторые диаграммы отображаются неверно, поскольку инструмент **Logic Analyzer** пока не настроен. Щелкнем по кнопке **Set (Уст...)** в разделе **Clock (Синхронизация)**, чтобы изменить частоту выборки:



Таймер задает частоту выборки (sample rate) инструмента. В каждом цикле таймера **Logic Analyzer** анализирует состояние входных каналов и отображает его на экране. Даже если входные значения изменятся, значения на экране сохранятся до следующего цикла. Это значит, что частота выборки должна намного превышать частоту изменения входного сигнала. Инструмент **Word Generator** был настроен на частоту 1 кГц, следовательно, параметр **Clock Rate (Тактовая частота)** инструмента **Logic Analyzer** должен иметь более высокое значение. Выберем частоту, которая превышает значение 1 кГц в 2^N раз. Почему так надо сделать, будет ясно позднее. Выберем значение 16 кГц.

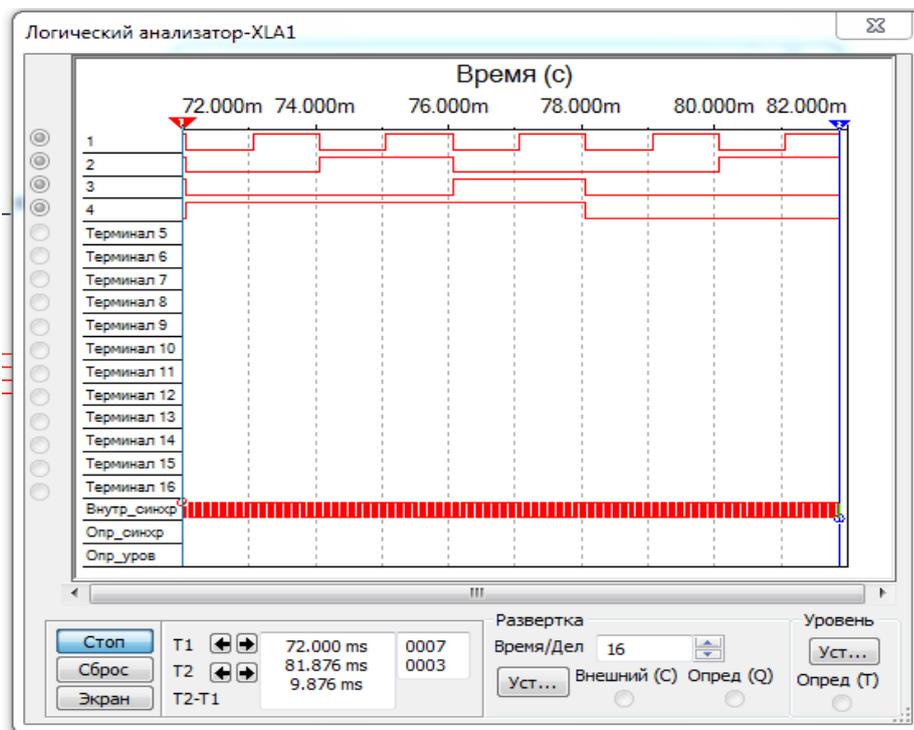
Убедимся, что параметр **Clock Source (Источник)** настроен на режим **Internal (Внутренний)**. Мы не обеспечиваем синхронизацию, поэтому **Logic Analyzer** самостоятельно сформирует необходимый сигнал. После этого нажмем кнопку **Accept (принять)**.



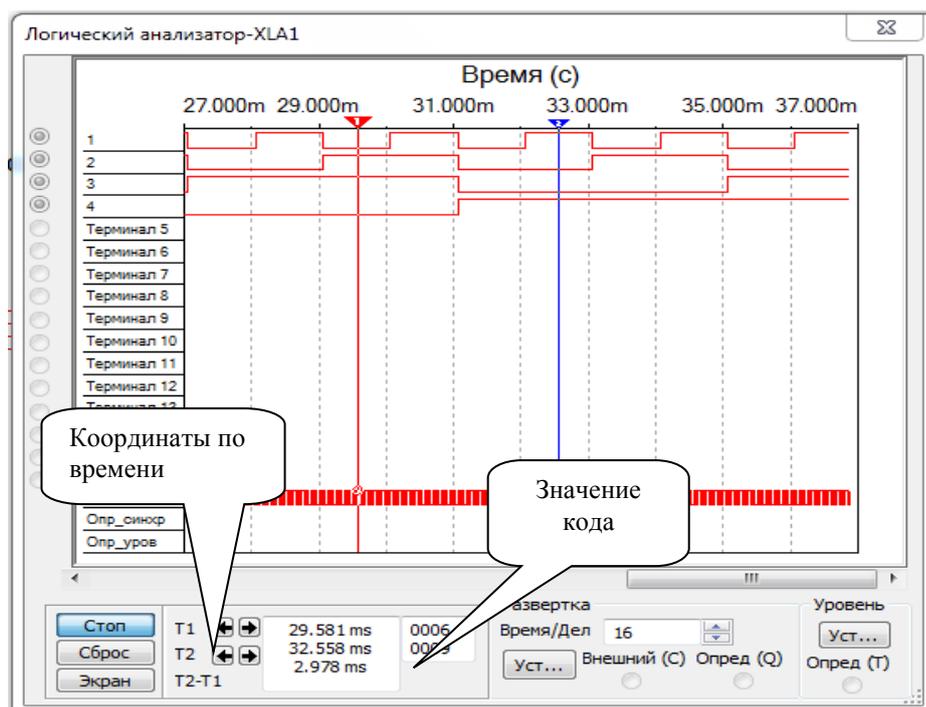
Настроим дисплей анализатора. На дисплее имеются деления, следовательно, необходимо указать количество импульсов таймера, приходящихся на деление (**Clocks/Div**). Можно выбрать значение 1, 2, 4, 8, 16 и так далее — до 128. Именно по этой причине выбрана частота таймера, превосходящая в 2^N раз частоту **Word Generator**. Для параметра **Clocks/Div (Время/Дел)** мы выберем значение 16. Так как частота таймера **Logic Analyzer** составляет 16 кГц, деле-

ние по времени будет равно 1 мс, что соответствует периоду частоты **Word Generator**.

Все готово к моделированию. Нажмем кнопку **Моделирование**. Начнется моделирование, и на экране **Logic Analyzer** появятся данные:



Если остановить моделирование, то можно измерить значения на экране с помощью курсоров. Курсор **1** — красный, а курсор **2** — синий. Чтобы переместить курсор, переместим символ в виде треугольника на курсоре. Курсорами управляем так же, как в других практических занятиях. Ниже показан экран с курсорами:



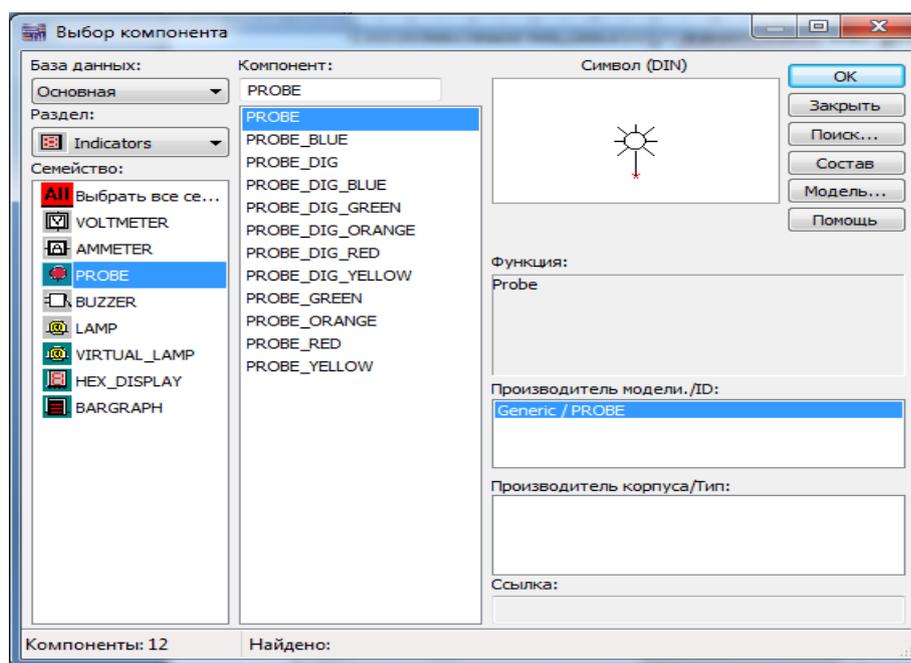
Курсоры показывают координаты по времени, а также временной сдвиг между курсорами. Кроме того, с помощью курсоров можно получить входные значения. Если вход **0** будем считать самым младшим разрядом, а вход **15** — самым старшим, то состояние входов Logic Analyzer может быть представлено **16**-разрядным двоичным кодом. Соответствующий ему шестнадцатеричный код отображен в окне курсора. Если посмотреть на курсор 1, то видно, что входы 1 и 4 находятся на низком логическом уровне, а входы 2 и 3 — на высоком. Все прочие входы не используются, и диаграммы для них не выводятся. Таким образом, состояние входов в момент, соответствующий положению курсора 1, отображается числом 0110, то есть 6 (в шестнадцатеричном коде). Если посмотрим на курсор 2, то заметим, что входы 1 и 4 находятся на высоком уровне, а входы 2 и 3 — на низком. Таким образом, состояние входов, соответствующее положению курсора 2, отображается двоичным числом 1001, то есть 9 в шестнадцатеричном коде. Эта информация и показана в окне курсора.

Измерения завершены и можно закрыть окна.

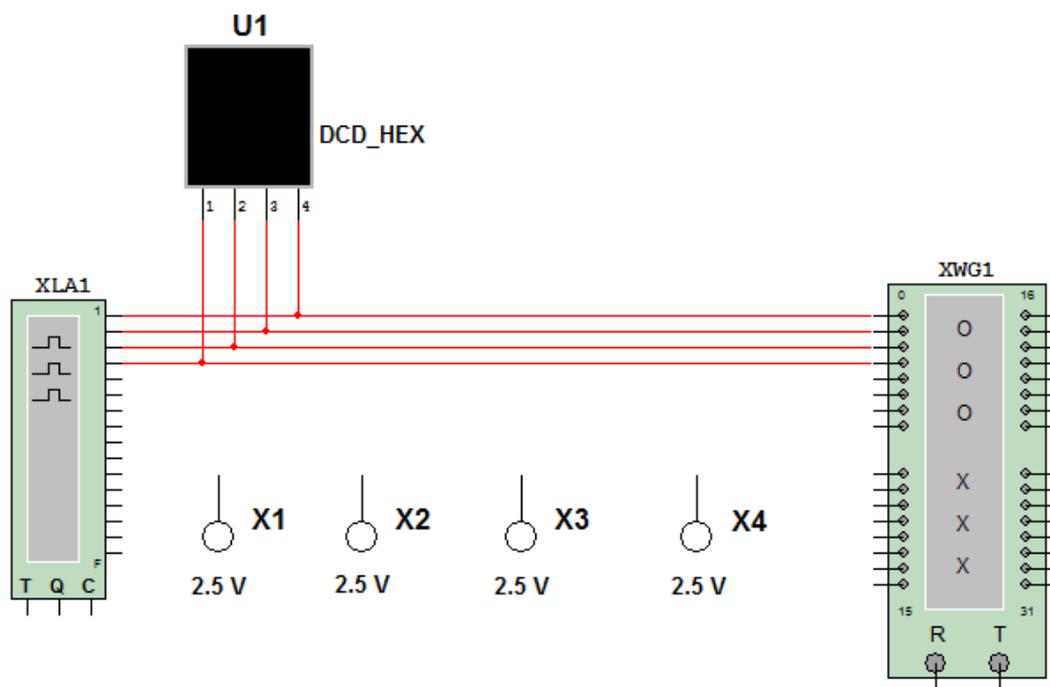
4.1.2 Цифровой пробник и недешифрующие столбиковые индикаторы

Далее рассмотрим два индикатора, которые могут использоваться для просмотра состояния одного бита. Логический пробник (**digital probe**) напрямую подключается к проводу и показывает его уровень. Недешифрующий столбиковый индикатор (**undecoded bar graph**) представляет собой набор из десяти диодов, аналогичный набору светодиодов. Он подключается так же, как и набор светодиодов, но отличается от него по ряду параметров. Диоды обладают внутренним сопротивлением и требуют тока 5 мА. Позднее об этом будет рассказано подробно.

Логический пробник расположен в группе Indicators. Щелкнем кнопку Indicator:



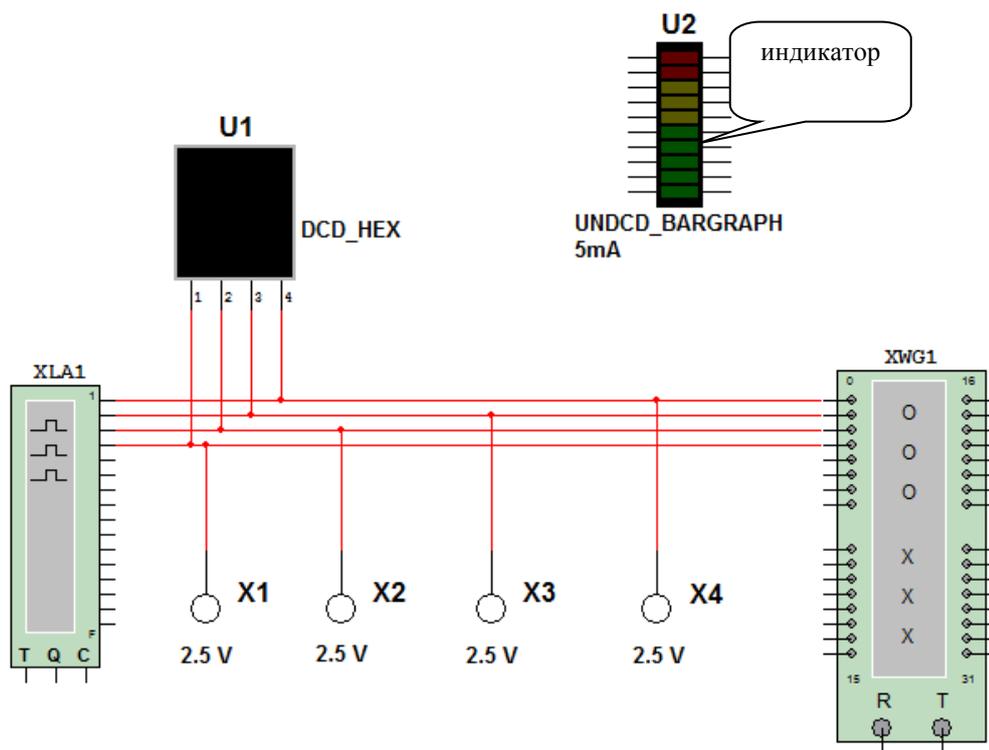
Нам доступны пять пробников. Один из них серый, другие — цветные. Выберем пробник и нажмем кнопку ОК. Условное обозначение пробника будет «привязано» к курсору мыши. Введем в схему четыре пробника. Чтобы повернуть компонент, нажмем клавиши **CTRL+R**. Добавим в схему четыре разноцветных пробника:



Обратите внимание на запись **2.5 V** около условного обозначения пробника.

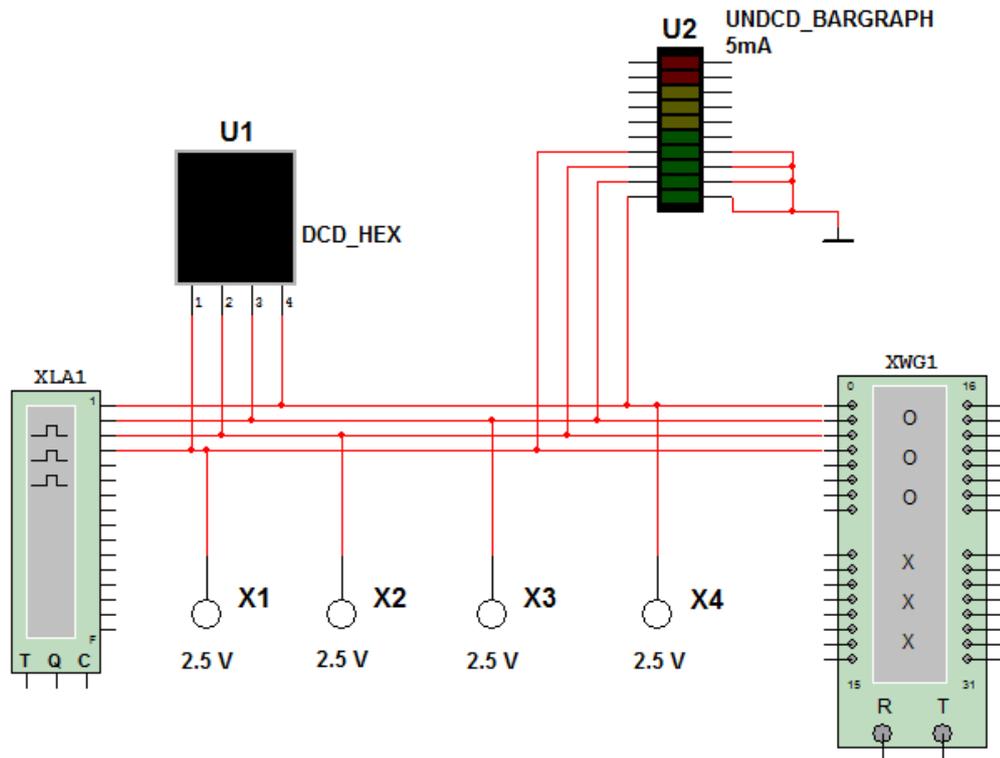
Это — пороговое значение напряжения для пробника. Он не будет светиться, если напряжение на нем меньше порогового, и засветится при достижении напряжением порогового значение, которое будет показано на схеме, что упрощает настройку. Для нашего примера пороговое значение **2,5 В** является идеальным, поэтому не будем его изменять. Пробник не потребляет тока, следовательно, не нужно беспокоиться о его воздействии на схему. Подключим пробники, как показано ниже:

Диалоговое окно отобразит список всех доступных индикаторов. Нам необходимо использовать индикатор **UNDCD_Bargraph**. Выделим его и нажмем кнопку **ОК**. Компонент будет «привязан» к курсору мыши:

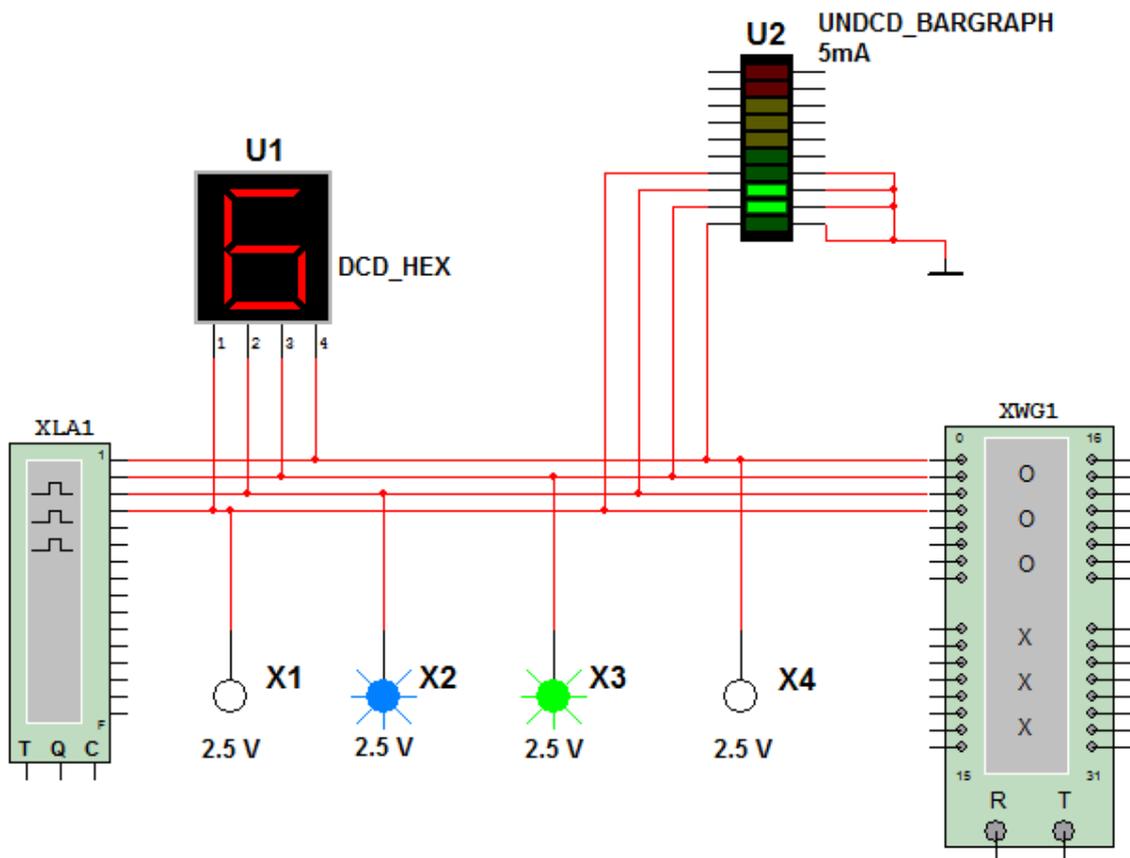


Он представляет собой набор из десяти диодов. Однако они не являются светодиодами. Ток может проходить через них в обоих направлениях, причем они не имеют прямого падения в 1,5 В, характерного для светодиодов. Вместо этого, каждый диод имеет внутреннее сопротивление 500 Ом и характеризуется определенным пороговым значением тока. Как показано выше, когда ток, не превышающий 5 мА, входит в левый контакт диода и выходит из правого контакта (то есть движется слева направо), диод не будет светиться. Эта функция аналогична функции светодиода, хоть и не полностью. Можно изменять как пороговое значение, так и сопротивление компонента. Если перевернуть компонент, то контакты также перевернутся. При начальном размещении компонента расположение контактов известно. Следите за ним при вращении компонента.

Добавим индикатор в схему и подключим его, как показано ниже. Нам не понадобятся дополнительные последовательные резисторы (ограничивающие ток через светодиоды), так как компонент обладает внутренним сопротивлением:



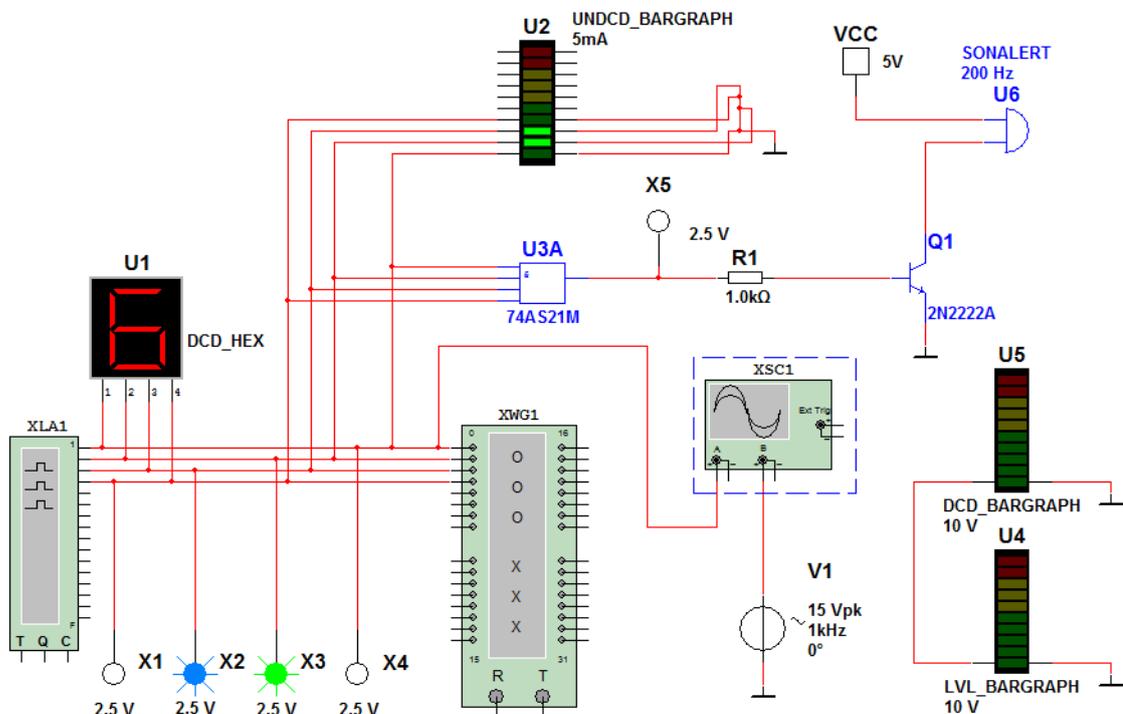
Нет необходимости использовать управляющие схемы, потому что инструмент **Word Generator** может создавать ток, достаточный для свечения диодов. Теперь все готово к моделированию. Нажмем кнопку **Cycle**, чтобы начать его. Индикатор и пробники отобразят двоичные коды, которые соответствуют данным в окне с информацией:



Цифре **6** соответствует код 0110 (светящийся индикатор соответствует 1).

4.1.3 Различные индикаторы сигналов

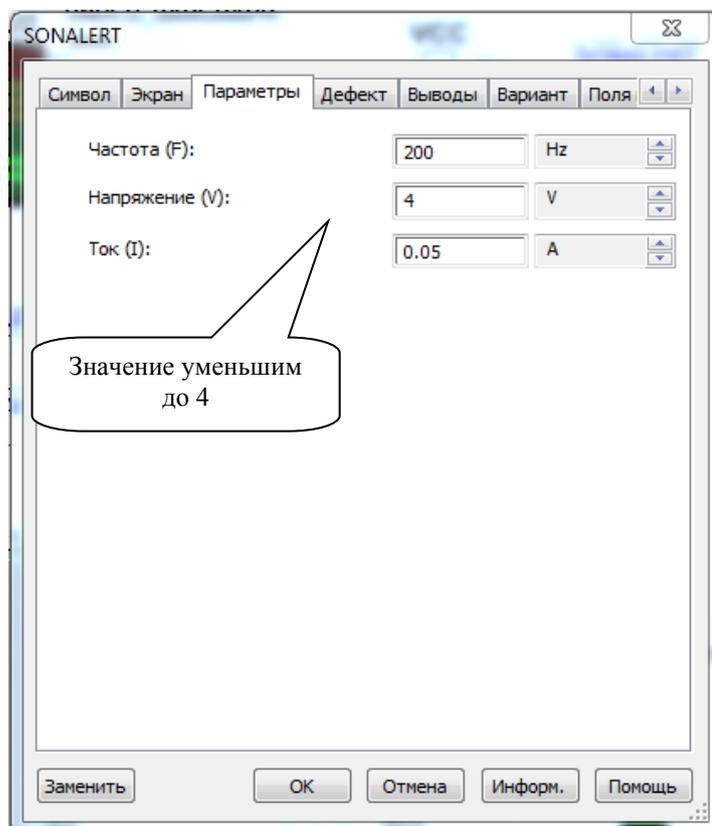
Добавим еще в схему зуммер и проверим работу индикаторов. Воспользуемся также осциллографом, чтобы получить две осциллограммы. Создадим следующую схему:



Зуммер (**U6**) находится в группе **Indicators**; добавим два столбиковых индикатора с помощью методики, которая использовалась при добавлении индикаторов в предыдущем разделе. Компоненты **U4** и **U5** называются **LVL_Bargraph** и **DCD_Bargraph** и находятся в семействе **Bargraph** группы **Indicators**. Компонент **U3A** (ячейка **&**) расположен в группе **TTL**.

Добавим также источник переменного напряжения, транзистор **Q1**.

Теперь соединим все компоненты. Рассмотрим некоторые из них подробнее. Изменим настройки зуммера. Дважды щелкнем по его изображению, чтобы изменить параметры. Частота зуммера равна 200 Гц, рабочее напряжение — 9 В при токе 50 мА. Изначально схема была настроена на напряжение 4 В; изменим его значение:

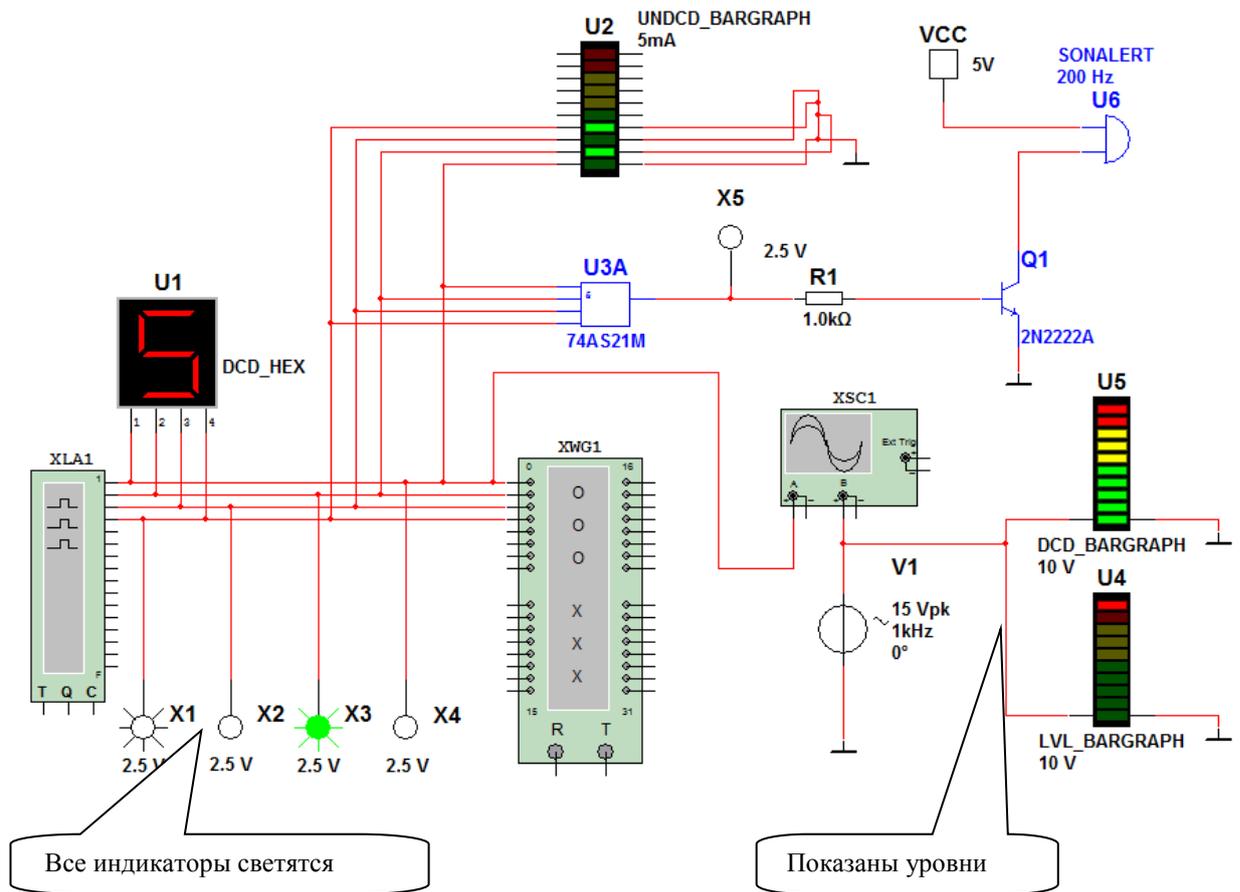


При желании можно изменить частоту и ток зуммера. Однако слишком большое значение тока может вызвать проблемы при работе с транзистором 2N2222A. Нажмем кнопку ОК, чтобы принять изменения. Если инструмент **Word Generator** создаст код 1111, схема И определит это, и зуммер издаст сигнал.

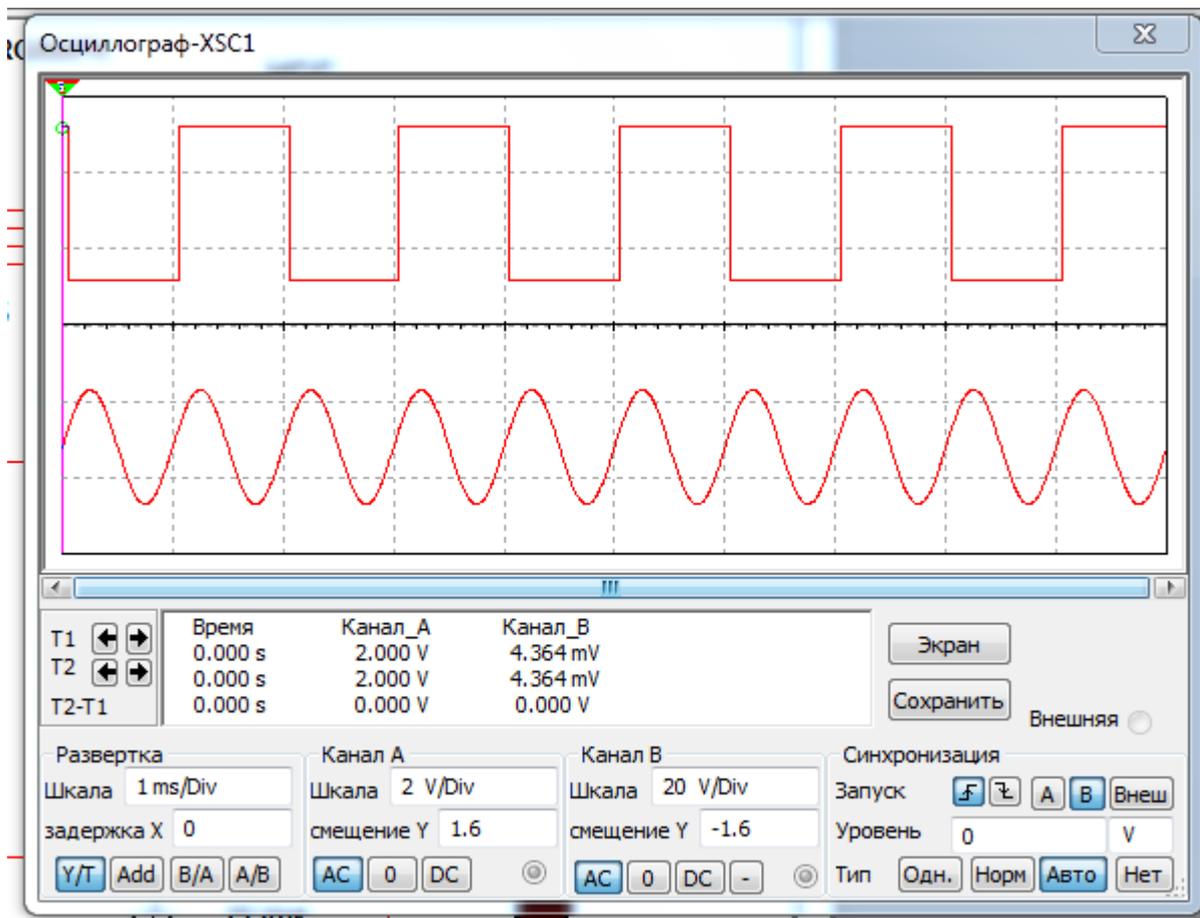
Компоненты **LVL_BARGRAPH** и **DCD_BARGRAPH** являются аналоговыми индикаторами. Это индикаторы с одним аналоговым входом, которые преобразуют входной сигнал в уровень столбика на дисплее. В них встроены логические схемы, позволяющие преобразовать аналоговый сигнал в десять цифровых сигналов, а также дополнительные схемы, отображающие логические сигналы на дисплее. Необходимо лишь поместить компоненты в схему и подключить входы к заземлению и измеряемому сигналу. В нашей схеме индикаторы подключены к синусоидальному источнику напряжения 15 В, поэтому показания будут изменяться в соответствии с синусоидой напряжения.

Перейдем теперь к моделированию. Нажмем кнопку Cycle. Каждый раз при считывании кода 1111 зуммер должен издавать звук. Высота столбиков в индикаторах повторяет изменения в синусоиде напряжения. Изображения, помещенные ниже, отображают этот процесс:





Рассмотрим, наконец, временные диаграммы на экране осциллографа и осциллограммы.



Осциллограммы выполняют две функции. Во-первых, с помощью осциллографа можно измерить мгновенные значения сигналов в цифровой схеме. (Это полезно при соединении цифровой схемы с аналоговой.) Во-вторых, что надо подчеркнуть, источник напряжения переменного тока не синхронизирован с инструментом **Word Generator**. Если увеличить масштаб по оси времени и воспользоваться курсорами, то можно увидеть, что границы окна инструмента **Word Generator** не совпадают с нулевыми значениями источника переменного напряжения:

5. Задание:

Изучить способы измерения параметров электрических сигналов в цепях виртуальных электронных устройств содержащих цифровые компоненты

6. Порядок выполнения работы:

Выполнить примеры по измерению параметров электрических сигналов в цепях виртуальных электронных устройств содержащих цифровые компоненты

7. Содержание отчета:

1 Папка на рабочем столе ПК с решениями задач

8 Литература

Основные источники:

1. Михеева Е.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности. Технические специальности 2014 ОИЦ «Академия»
2. Гохберг Г.С., Зафиевский А.В., Короткин А.А. Информационные технологии 2014 ОИЦ «Академия»

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10

Знакомство с интерфейсом программы Delta Design Создание и редактирование схем виртуальных электронных устройств в программе Delta Design

1. Цель занятия:

Получить практические навыки создания и редактирования электрических и электронных схем с помощью программы **Delta Design**

2. Время выполнения работы – 4 часа

3. Оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа **Delta Design**

4. Краткие теоретические сведения

В Delta Design проектирование электронных устройств основывается на Радиоэлектронных компонентах. Вся необходимая информация о компонентах хранится в базе данных. Разработчик выбирает нужные данные (компоненты) из базы, используя их для проектирования электрической схемы и печатной платы.

Общая база данных радиоэлектронных компонентов разделяется на отдельные библиотеки. Библиотеки предназначены для работы с отдельными группами компонентов, хранящихся в общей базе.

Каждая библиотека является функционально завершенным хранилищем данных о компонентах, иными словами, если компонент занесен в библиотеку, то в библиотеке должны содержаться все данные, необходимые для использования данного компонента

Разработка электрических схем выполняется с использованием библиотек УГО электронных компонентов, форматов и штампов чертежных документов, шрифтов и пр., подготовленных и аттестованных на соответствие требованиям ГОСТ

Средства разработки электрических схем обеспечивают:

Соответствие требованиям ГОСТ, предъявляемым к оформлению документов электрических схем,

а именно:

соблюдение минимальных расстояний на чертежах ЭЗ между условными графическими обозначениями электронных компонентов и линиями электрической связи, требований по вычерчиванию линий электрической связи, установки обозначений соединителей и т.д.

Принципы построения электрических схем

В среде Delta Design принципиальная схема или принципиальная электрическая схема (ЭЗ) – это графическое изображение (модель), служащее для передачи с помощью условных графических и буквенно-цифровых обозначений (пиктограмм) состава элементов электрического устройства и

связей между ними. Электрическая схема является важным звеном проекта печатной платы, т.к. работа над проектом во многом определяется разработкой электрической схемы.

Принципиальная схема, в отличие от разводки печатной платы, не показывает взаимного (физического) расположения элементов, а лишь указывает на то, какие выводы реальных элементов (например, микросхем) с какими соединяются. При разработке электрической схемы составляется перечень радиодеталей, входящих в плату и последовательность соединения радиодеталей цепями (список соединений).

Процесс создания электрической схемы в среде Delta Design совмещен с подготовкой документации. Схемы сразу строятся на отдельных листах,

с заданным размером и выбранным штампом. Большие схемы могут быть созданы с использованием нескольких листов. Каждый лист схемы может иметь свой формат и штамп.

Выбор готового штампа листа

В функциональной панели «Стандарты» содержатся унифицированные штампы, созданные в соответствии со следующими стандартами:

- ГОСТ (ГОСТ 2.701-84);
- ANSI;
- Параметры оформления, заданные проектировщиком.

При создании проекта, лист схемы по умолчанию оформляется по стандарту ГОСТ 2.701-84 (формат А3). Если для электрической схемы создается новый лист, то в момент создания проектировщик задает настройки оформления листа. Настройки оформления листа могут быть изменены в процессе проектирования.

Смена штампа листа электрической схемы осуществляются в окне «Формат и штамп», см. Рис. 1. Данное окно отображается при создании нового листа схемы

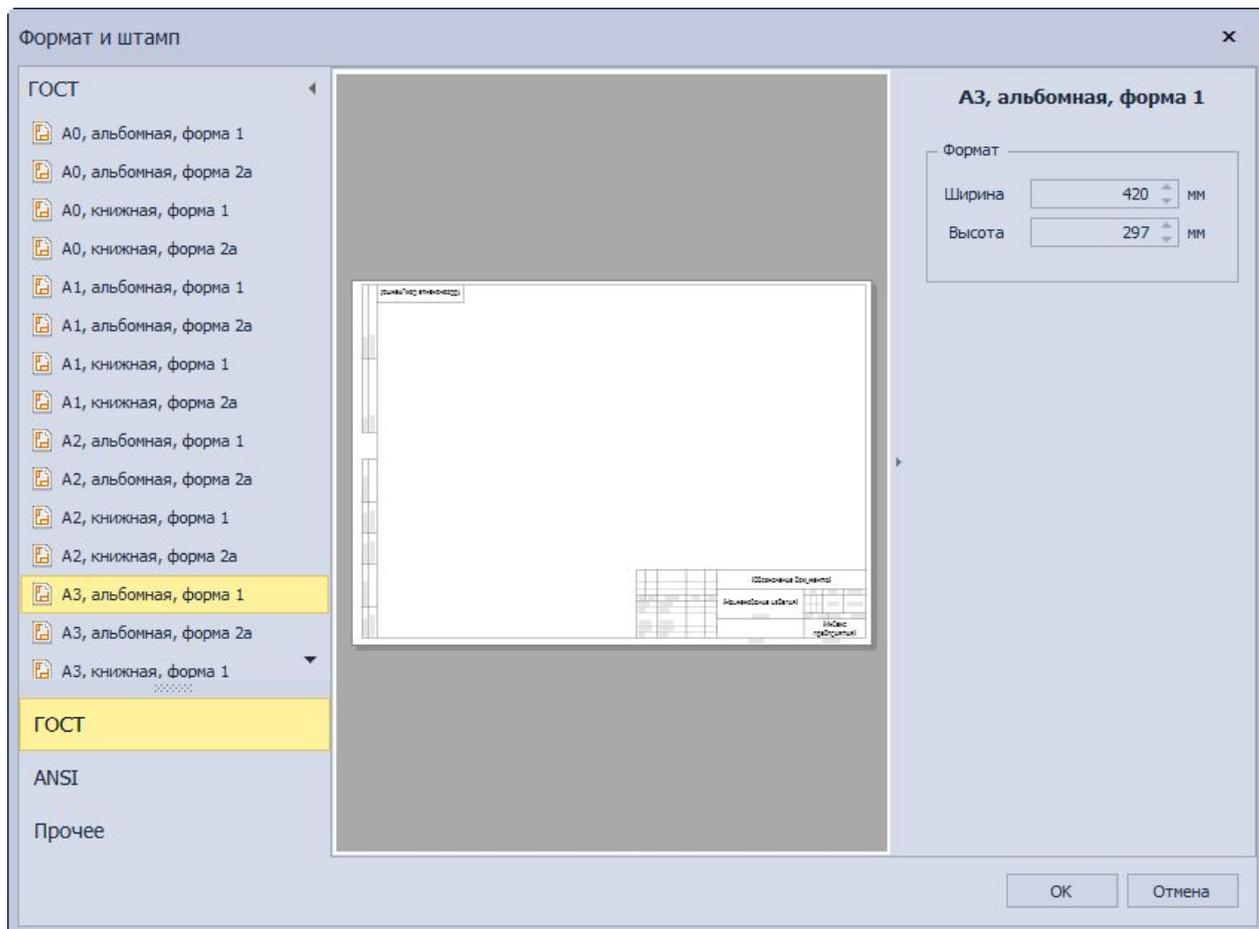


Рис. 1 Выбор формата для листа в окне «Формат и печать»

В левой части окна список разделен на соответствующие группы. В группах расположен перечень форматов и штампов согласно ГОСТ, а так же ANSI

В Delta Design на схеме основными объектами являются радиодетали, а не компоненты в целом. Радиодеталь – это конкретная физическая реализация компонента, которая обладает заданными характеристиками (посадочным местом (корпусом), рабочим напряжением, номиналом и т.п.

Радиодетали на схеме представлены в виде УГО

Радиодетали размещаются на схеме по одной, возможность располагать на схеме несколько радиодеталей одновременно отсутствует.

Радиодетали могут быть размещены на схеме из библиотеки и функциональной панели «Менеджер проекта».

Размещение радиодеталей с помощью контекстного меню работает следующим образом:

1. Выбрать нужный элемент в библиотеке и вызвать контекстное меню.
2. В отобразившемся контекстном меню необходимо выбрать пункт «Разместить на схеме».
3. Переместить курсор на рабочее пространство схемы и выбрать место для размещения радиодетали. При этом на схеме будет отображаться предполагаемый вид УГО радиодетали.
4. Нажать кнопку мыши для размещения радиодетали.

Схематический механизм размещения с помощью контекстного меню показан на Рис.2

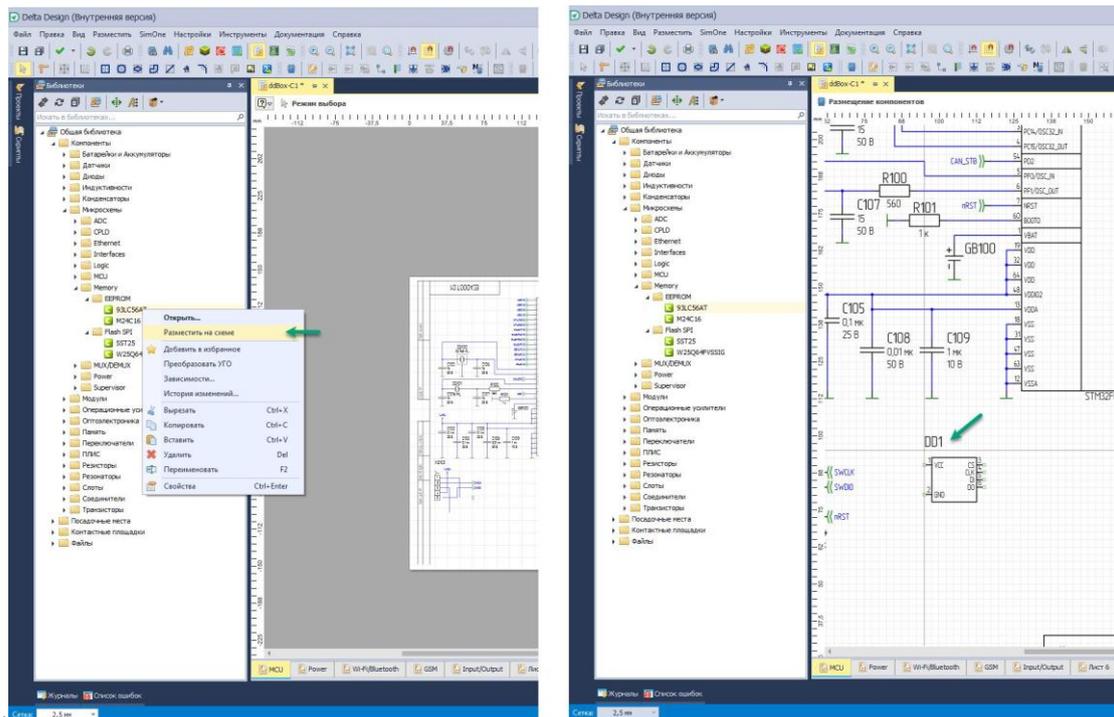


Рис. 2 Размещение радиодеталей на схеме

При размещении радиодетали на схеме в функциональной панели «Свойства» отображаются значения атрибутов радиодетали и сведения о компоненте, в состав которого входит размещаемая радиодеталь.

В программе Delta Design, цепи - это имеющие одинаковое имя проводники, ограниченные выводами и точками соединений, объединяющие УГО радиодеталей на схеме. Принадлежность проводника к той или иной цепи определяется именем, которое ему задается.

Размещение цепей на схеме осуществляется с помощью инструмента «Разместить проводник», который обозначается кнопкой . Инструмент доступен на панели инструментов «Схема» и в контекстном меню рабочей области листа. После того, как инструмент «Разместить проводник» выбран, курсор в рабочей области изменит свой вид, см. Рис. 3. Текущее положение курсора дополнительно отмечается вертикальной и горизонтальной линиями, образующими крест. Текущие координаты курсора указываются в правом нижнем углу окна программы.

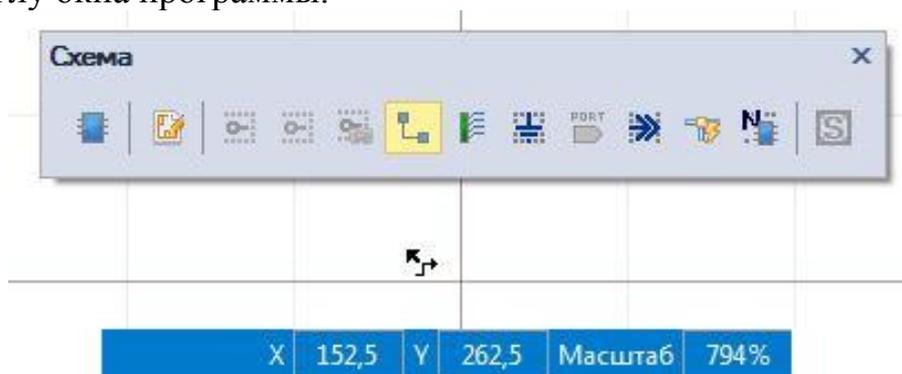


Рис. 3 Вид курсора при использовании инструмента
«Разместить проводник»

Цепи в правильно построенной электрической схеме, должны быть подключены к выводам УГО радиодеталей, поэтому в программе Delta Design, для первичного размещения цепи доступны только выводы радиодеталей или уже размещенные цепи (или шины).

В Delta Design, на электрических схемах доступен специальный объект – шина.

Размещение шин на схеме осуществляется с помощью инструмента «Разместить шину», который обозначается кнопкой . Инструмент доступен на панели инструментов «Схема» и в контекстном меню рабочей области листа схемы.

Один и тот же компонент на схеме может быть представлен в нескольких вариациях. Разные вариации компонента могут быть представлены различными радиодеталями, поэтому настройка свойств на схеме привязана к конкретному УГО конкретной радиодетали.

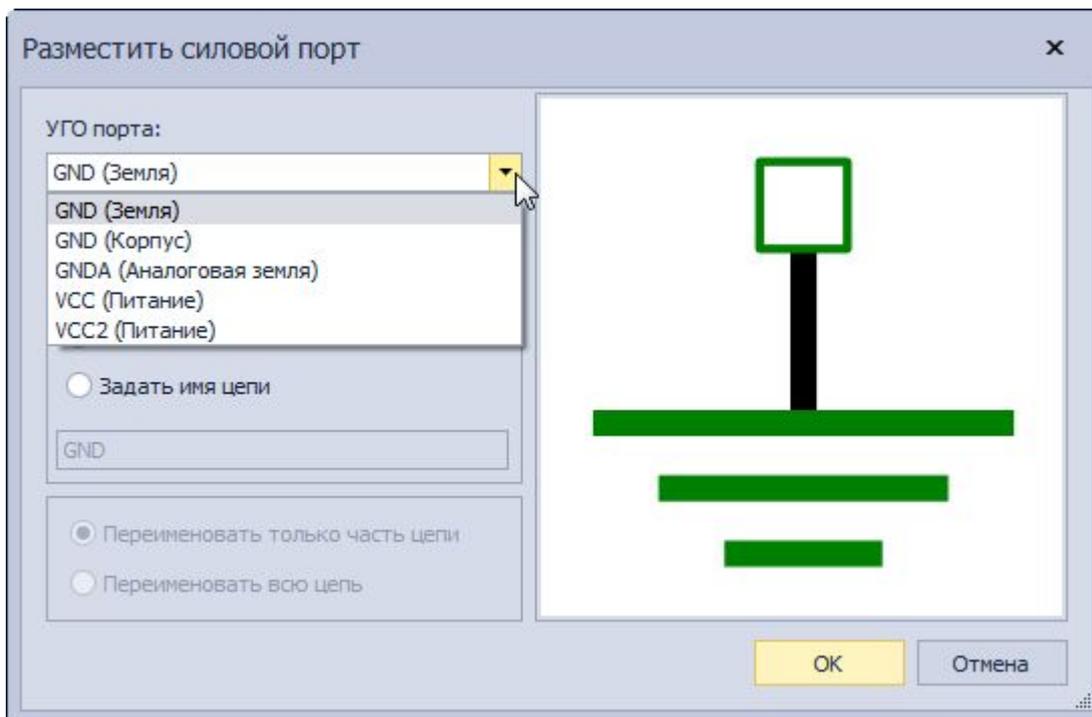
Свойства радиодетали, размещенной на схеме, отображаются и редактируются с помощью панели «Свойства». На панели отображаются свойства выбранной радиодетали.

Свойства цепи на схеме отображаются и редактируются с помощью панели «Свойства». На панели отображаются свойства выбранного проводника.

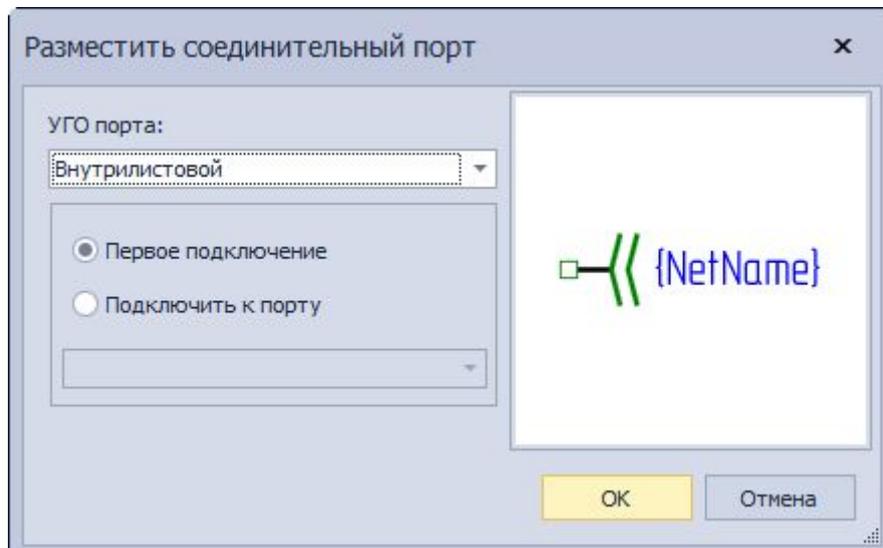
В момент размещения цепи на схеме для нее создается имя. Имена цепей задаются автоматически, по шаблону «NET000N», где «000N» номер цепи. Настроить шаблон имени цепи возможно из окна «Панель управления». Имя цепи может быть изменено. Изменение имени цепи осуществляется в окне «Переименование цепи».

Свободное окончание незавершенной цепи может заканчиваться портом. Соединительные порты используются для создания логических соединений вместо непосредственного построения соединительных линий. Такие порты используются в тех случаях, когда проведение соединительных линий либо принципиально невозможно (в случаях соединений между компонентами, расположенными на разных листах ЭЗ), либо перегружает чертеж электрической схемы.

Силовые порты используются для подключения выводов компонентов схемы к цепям земли и питания. При выборе размещения порта питания из контекстного меню цепи схемы на экран будет выведено окно «Разместить силовой порт»



При выборе размещения соединительного порта из контекстного меню цепи, на экран будет выведено окно «Разместить соединительный порт»



Задание:

Ознакомьтесь с интерфейсом программы **Delta Design** создать электрические и электронные схемы по заданным образцам.

5. Порядок выполнения работы:

5.1. Включите компьютер, убедитесь в наличии на рабочем столе программы Delta Design.

5.2. Запустите программу Delta Design.

5.3. Ознакомьтесь с интерфейсом программы Delta Design.

- 5.4. Выберите компоненты для схемы на рис. 1 (Приложение А)
- 5.5. Разместите компоненты схемы в удобном порядке
- 5.6. После размещения компонентов соедините их между собой
- 5.7. Произведите разметку узлов схемы
- 5.8. Повторите все действия п.п. 5.4 -5.7 для схем, представленных на рис. 2-9 (Приложение А).
- 5.9. Сохранить на диске папки с созданными схемами
- 5.10. Подготовить ответы на контрольные вопросы

6. Контрольные вопросы

- 6.1.Что подразумевается под компонентами в программе Delta Design?
- 6.2.Что подразумевается под радиодеталью в программе Delta Design ?
- 6.3.Чем могут отличаться независимые источники переменного напряжения?
- 6.4.Каким образом на схеме отображаются названия узлов?
- 6.5.Как поменять название узла?
- 6.6.Каким образом на схеме можно отличить друг от друга реальные и виртуальные компоненты?
- 6.7.Каким образом осуществляется перемещение компонентов?
- 6.8.Каким образом осуществляется подключение компонентов?
- 6.9.Для чего необходимо обязательно заземлять схемы?
- 6.12.Для чего применяются трехмерные компоненты?

7. Содержание отчета:

- 7.1. Сохранить на диске папку с созданными схемами

8 Литература и средства обучения:

Основные источники:

1. Овечкин Г.В., Овечкин В.П. Компьютерное моделирование 2015
ОИЦ «Академия»
- 2.Компьютерное моделирование: Учебник для вузов / В.М. Градов, Г.В. Овечкин и др.- М.: КУРС 2018 ЭБС Знаниум 2018
3. Методические указания для выполнения практического занятия

Дополнительные источники

Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2006. – 488 с; ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

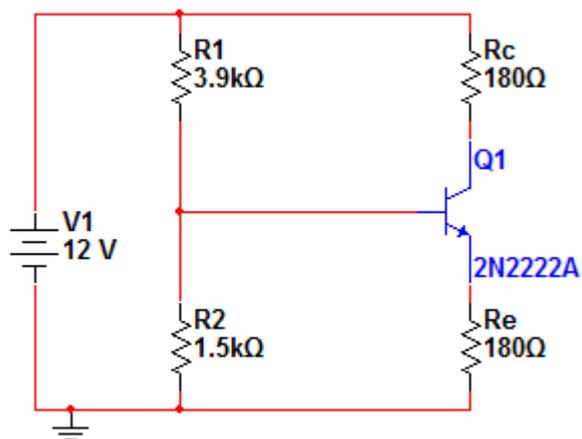


Рис .1

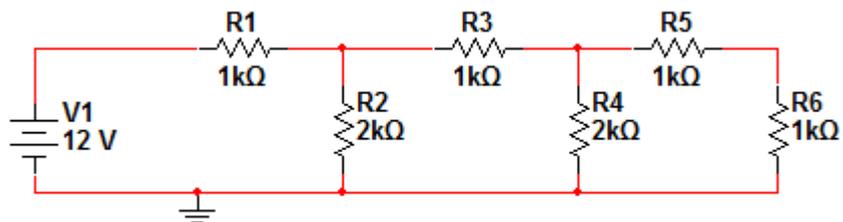


Рис .2

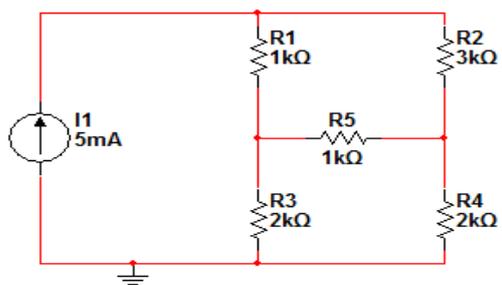


Рис .3

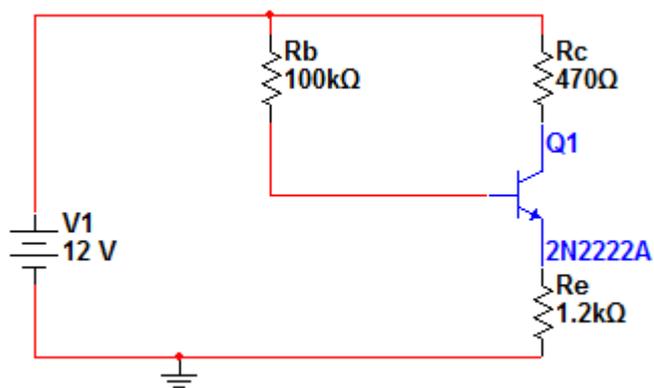


Рис .4

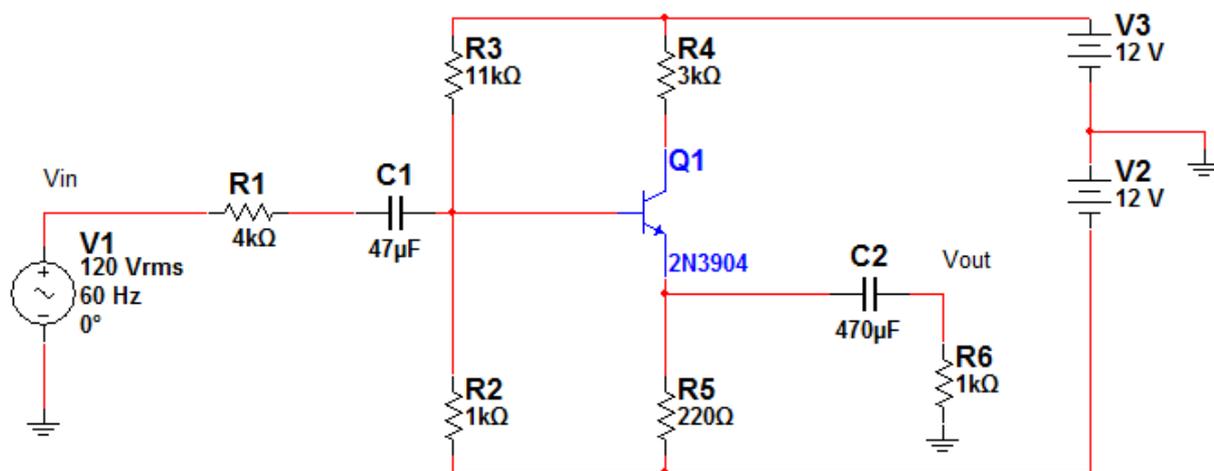


Рис .5

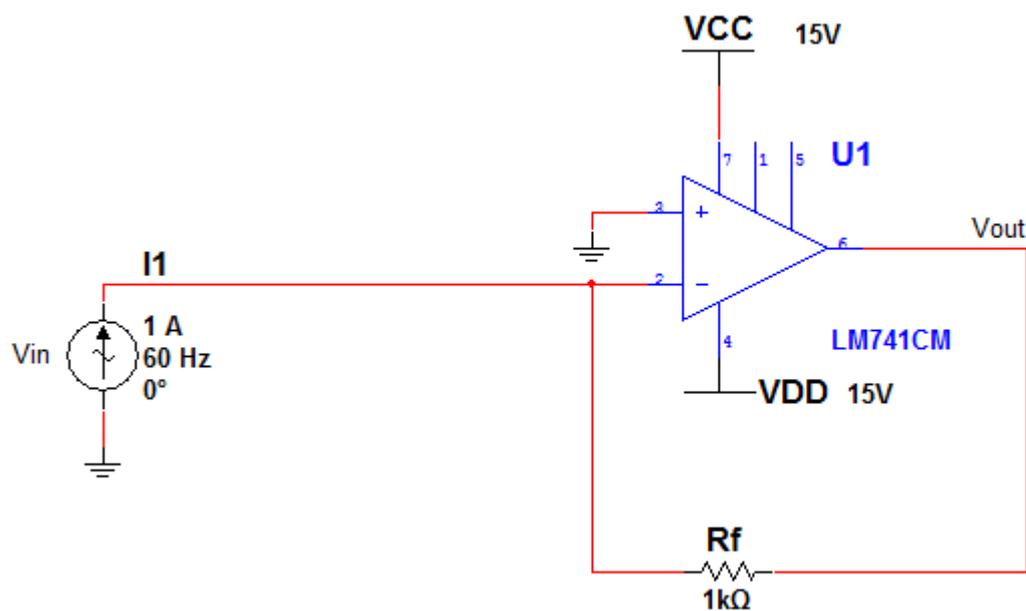


Рис .6

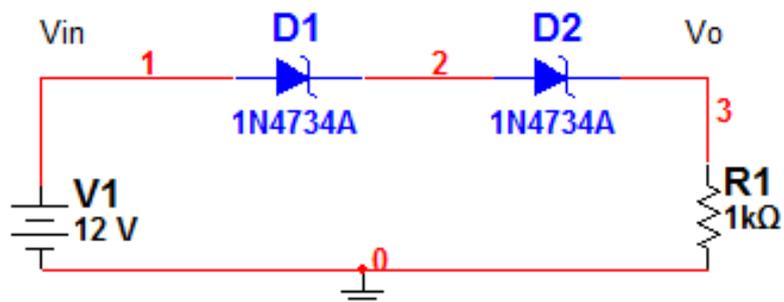


Рис .7

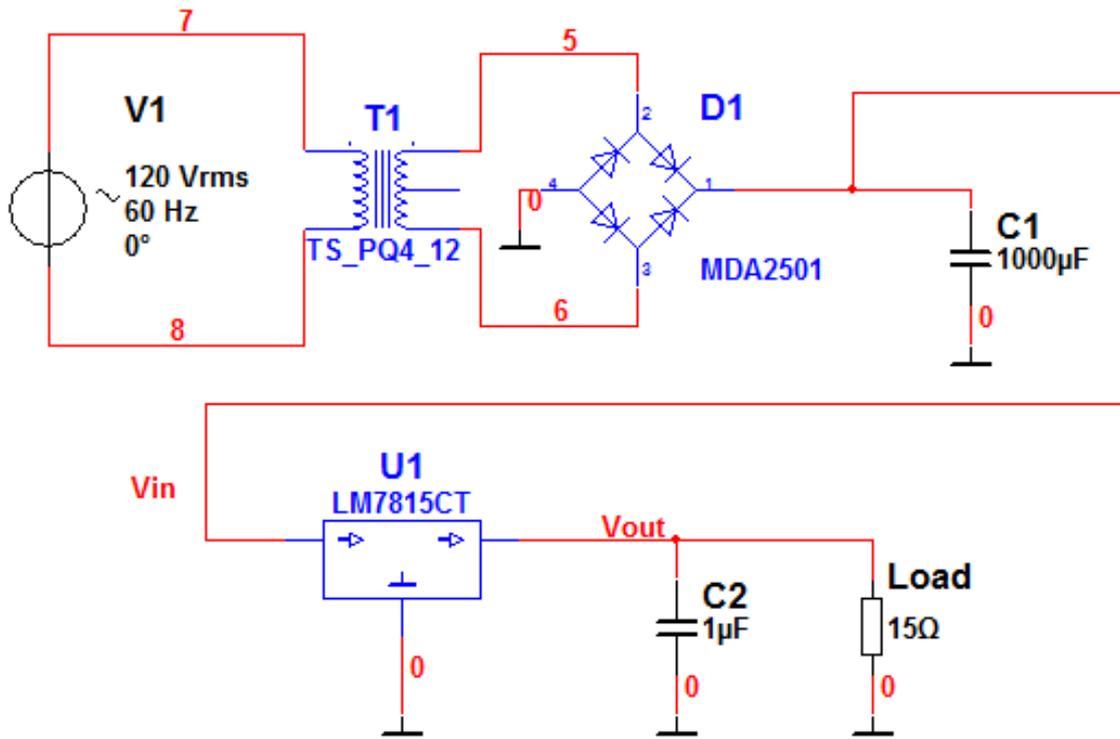


Рис. 8

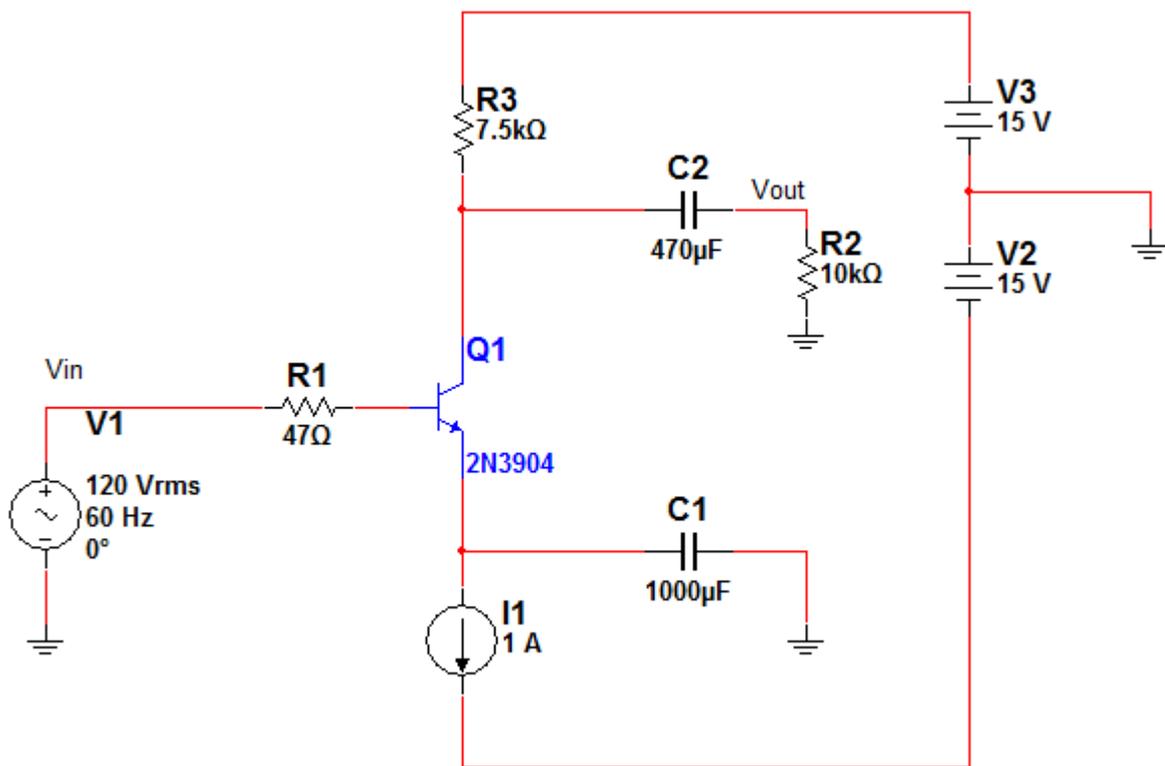


Рис. 9

Практическое занятие № 11

Моделирование схем в программе Delta Design

1 Цель работы:

научиться моделировать электрические схемы и приобрести практические навыки в измерении параметров электрических сигналов в цепях виртуальных электронных устройств

2.Время выполнения работы –4 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа Delta Design

4. Краткие теоретические сведения

4.1. В системе Delta Design имеется возможность с помощью функционала аналогового моделирования SimOne построить и промоделировать схему. Моделирование схем в программе Delta Design осуществляется в модуле SimOne. SimOne представляет собой встроенный модуль Delta Design. Благодаря высокоэффективному пакету схмотехнического редактора SimOne возможно проводить полнофункциональное SPICE-моделирование, а также исследование устойчивости схемы при изменении различных входных параметров. SimOne является встроенным модулем системы Delta Design. Все операции доступные для SimOne могут быть вызваны из главного и контекстного меню системы.

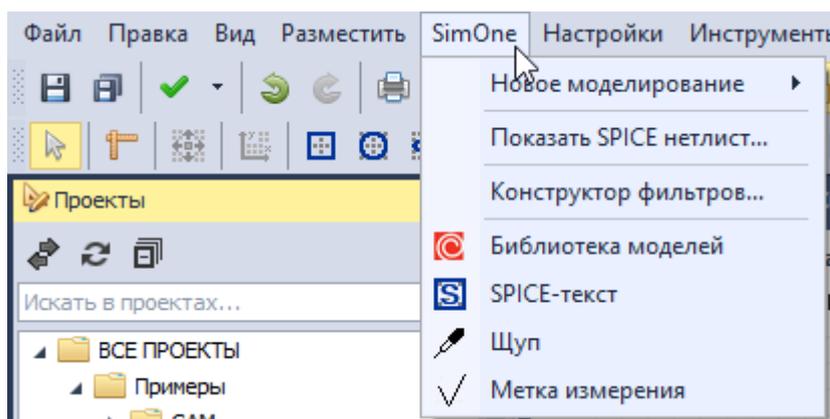


Рис. 1 Переход в меню команд SimOne

В создании проекта моделирования можно использовать как библиотечные компоненты SimOne, так и задействовать компоненты библиотеки Delta Design. Для корректного использования библиотечных компонентов Delta Design внутри компонента необходимо "привязать" SPICE-модель.

При создании проекта моделирования SimOne для работы со схемой

доступны те же панели инструментов, что и при работе со схемой проекта платы Delta Design. Также доступными становятся панели SimOne, инструменты которых направлены на работу с моделированием- панель инструментов «SimOne» и панель инструментов «SimOne Graphics».

Выбор моделирования вызывается из главного меню -> раздел «SimOne» -> «Новое моделирование», см. Рис. 2.

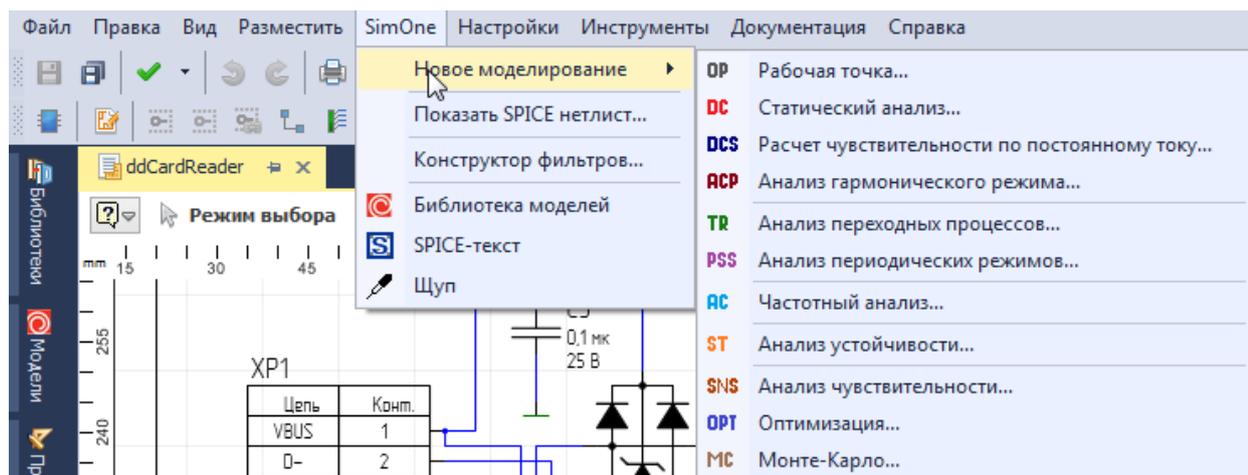


Рис. 2 Вызов списка доступных симуляций из главного меню

4.2. Сигналы

Сигналы – это функции временного аргумента, с помощью которых подаются входные воздействия на схему. Сигналы используются в схеме двумя компонентами – независимым источником напряжения и независимым источником тока. Сигналы могут быть созданы следующими способами:

- Для установленного на схему источника вызвать контекстное меню и выбрать пункт «Задать сигнал...», что вызовет диалоговое окно управления сигналами; Для установленного на схему источника в панели «Свойства» выбрать SPICE-параметр SIGNAL, см. Рис.3

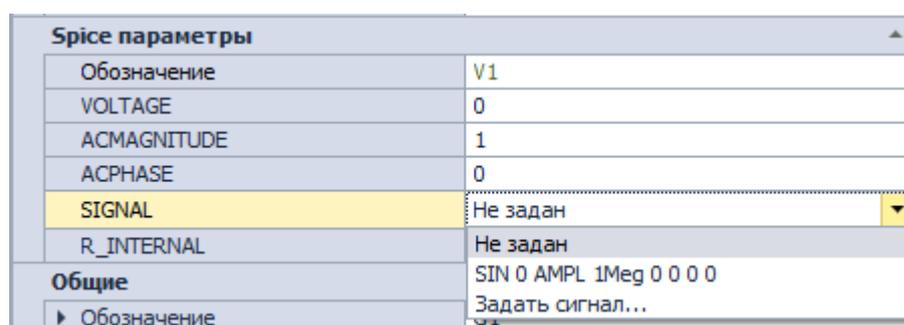


Рис. 3 Создание сигнала через панель «Свойства»

4.3. В модуле SimOne представлены различные виды анализа электронных схем.

4.3.1. Расчёт рабочей точки схемы

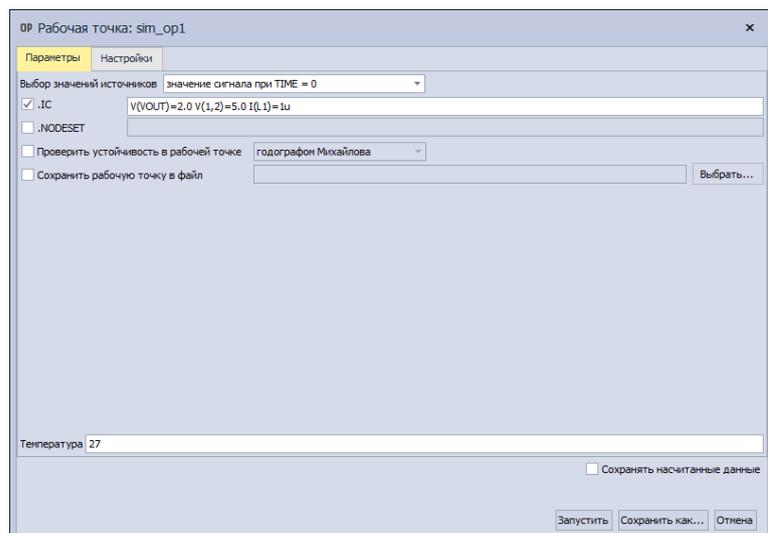


Рис. 4 Окно задания параметров симуляции расчёта рабочей точки схемы

4.3.2. Анализ гармонического режима схемы

Анализ гармонического режима схемы включает в себя расчёт малосигнальных параметров моделей компонентов, значений токов, напряжений, мощностей схемы.

На Рис. 4 приведено окно задания параметров анализа гармонического режима схемы

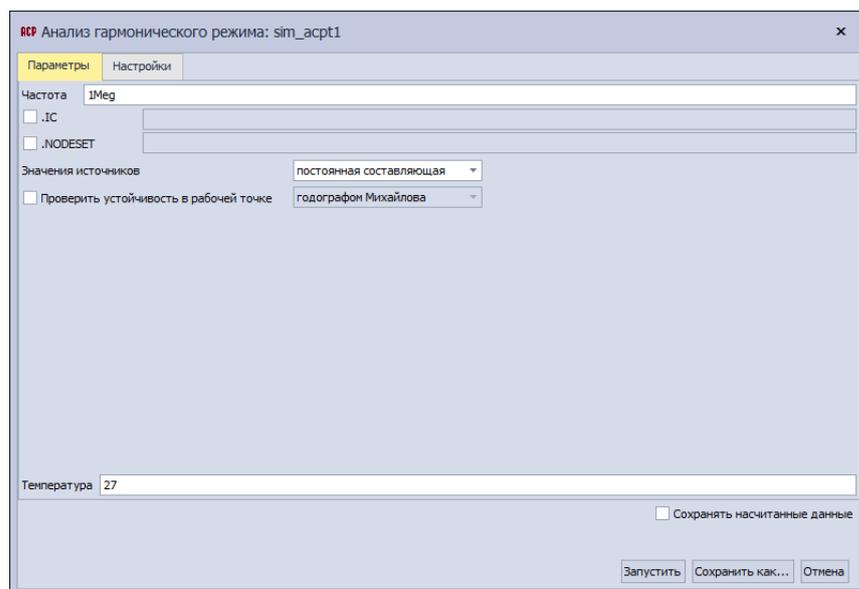


Рис.5 Окно задания параметров анализа гармонического режима схемы

При отображении результатов расчёта в таблице пользователь может выбрать варианты отображения:

потенциалы узлов (только внешние узлы схемы);
токи ветвей (только внешние ветви схемы);
потенциалы всех узлов схемы
отображать токи всех ветвей схемы
амплитуда-Фаза;

4.3.3. Частотный анализ

Частотный анализ позволяет исследовать частотные свойства схемы с помощью следующих характеристик:

- амплитудно-частотной характеристики (АЧХ);
- логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ);
- фазо-частотной характеристики (ФЧХ);
- логарифмической фазо-частотной характеристики (ЛФЧХ);
- амплитудно-фазовой характеристики (АФХ).

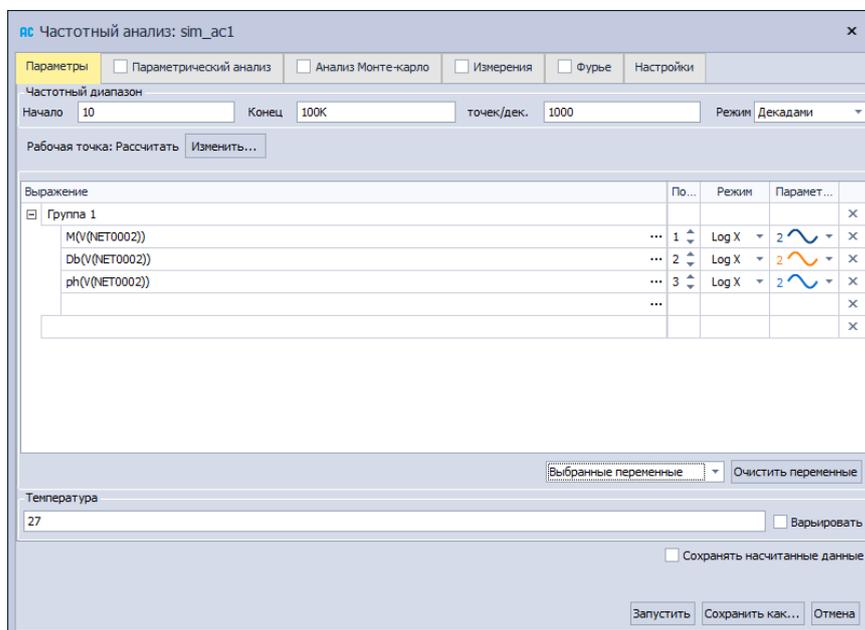


Рис. 6 Окно задания параметров симуляции расчёта частотных характеристик

Анализ переходных процессов

4.3.4. Анализ переходных процессов позволяет исследовать поведение схемы во временной области при подаче на неё воздействий с помощью источников сигналов. В качестве выходных переменных схемы могут быть использованы, например, потенциалы узлов, падения напряжений на элементах, токи через них, потребляемая мощность и т.п. и любые выражения от них.

Результаты анализа представляются в виде временных диаграмм

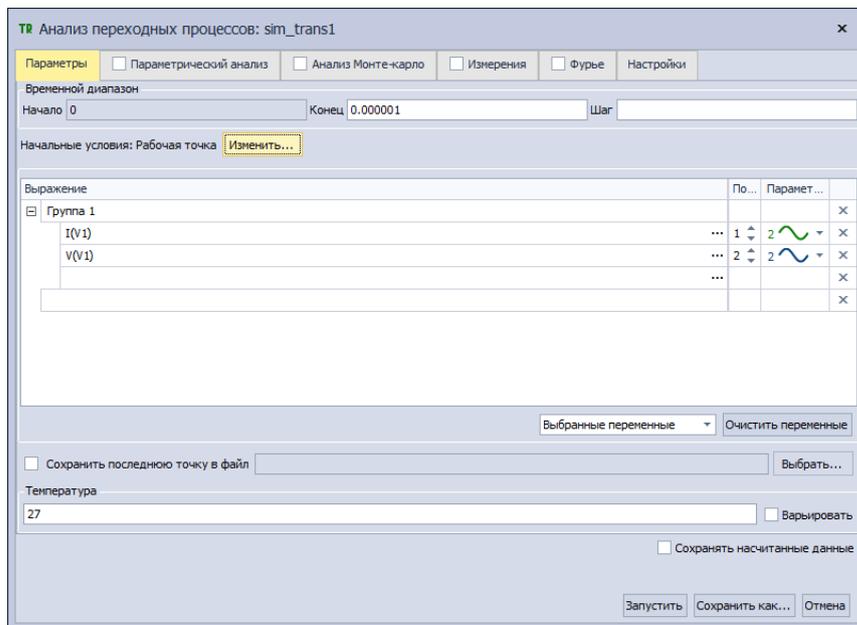


Рис. 7 Окно задания параметров симуляции расчёта переходного процесса схемы

4.3.5. Анализ периодических режимов

Анализ периодических процессов позволяет исследовать поведение схемы в установившемся периодическом режиме.

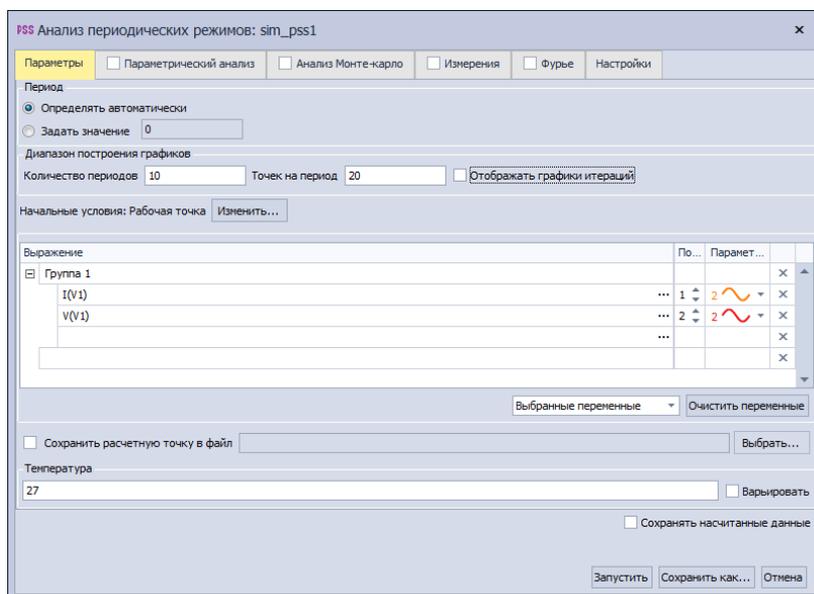


Рис. 8 Окно задания параметров симуляции расчёта периодического процесса схемы

5. Порядок выполнения работы:

5.1 Собрать схемы, из приложения 1 Multisim

5.2. Выполнить моделирование схем по п.п.4.3.1-4.35

6. Содержание отчета:

6.1 Папка на рабочем столе ПК с решениями задач

7. Литература и средства обучения:

1 Multisim . Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2008. – 488 с; ил.

2 Методические указания для выполнения практического занятия

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 12

Проектирование плат в режиме автотрассировщика TopoR программы Delta Design

1. Цель занятия:

Получить практические навыки создания и проектирования печатной платы в программе **Delta Design**

2. Оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа **Delta Design**

3. Краткие теоретические сведения

Систем Delta Design обеспечивает автоматизированное проектирование конструкций однослойных, двухслойных и многослойных печатных плат, с двусторонней установкой электронных компонентов с планарными и штыревыми выводами.

Структура слоев печатной платы изначально формируется при создании проекта на основе заданного шаблона слоев. Впоследствии, состав слоев может быть изменен на любом этапе проектирования платы.

Основная часть работ по проектированию платы выполняется в редакторе печатных плат RightPCB™. Редактор позволяет в интерактивном режиме размещать компоненты, формировать и проверять корректность проводящего рисунка печатной платы на соответствие установленным правилам проектирования, учитывая регионы изменения правил

4. Порядок выполнения работы

Перед началом работы в редакторе необходимо выполнить настройки

1. Общие

Окно редактора плат имеет вкладку «Общие» для установки общих настроек по редактированию плат

2. Трассировка

Окно редактора плат имеет вкладку «Трассировка» для установки настроек по прокладке трек на плате

3 Слои печатной платы

Для настройки слоев печатной платы в системе Delta Design

предусмотрен специализированный Редактор слоев платы, который

вызывается из дерева проекта с помощью контекстного меню узла «Плата»

Работа со слоями печатной платы выполняется в отдельном окне, общий вид которого представлен на [Рис 1](#)

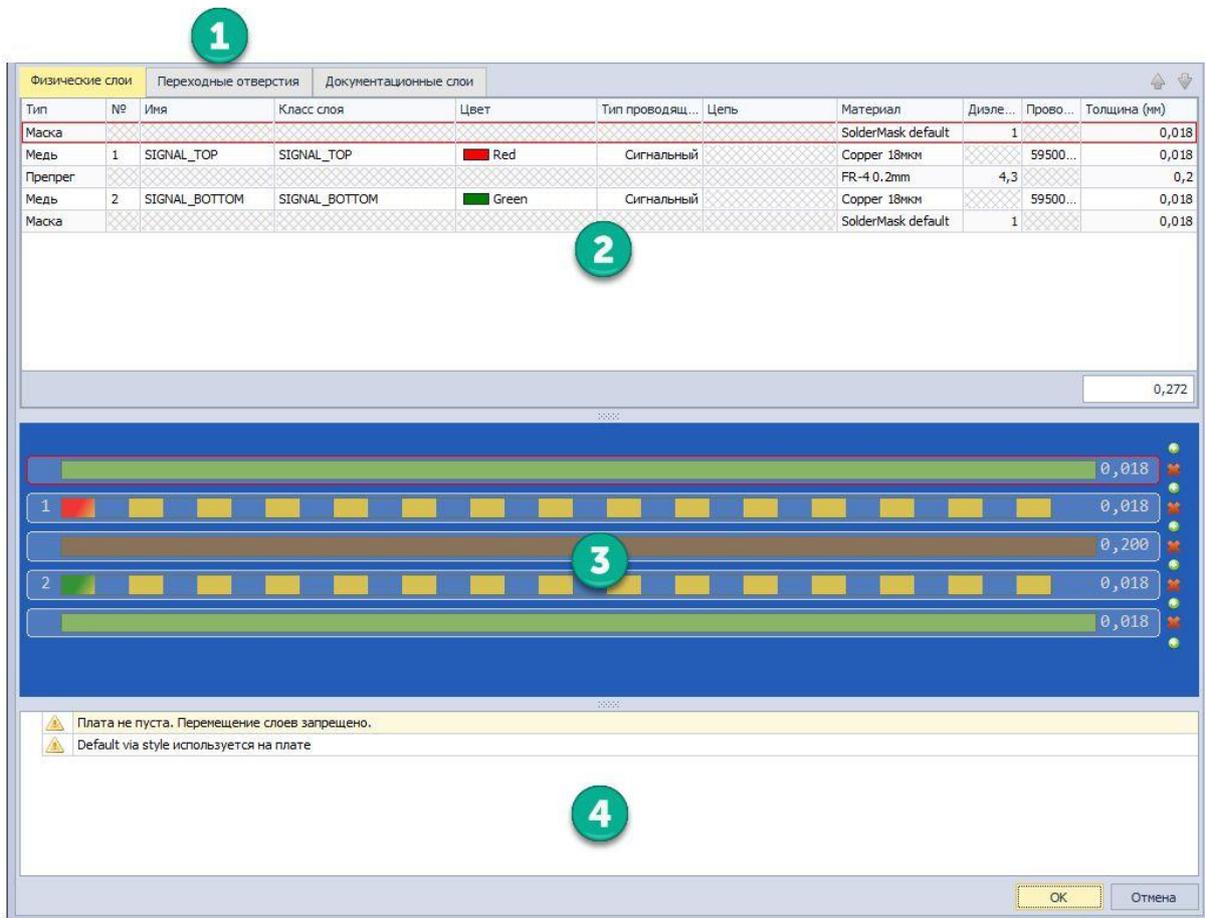


Рис 1

Цифрами на рисунке цифрами обозначены следующие элементы окна редактора:

1 - Вкладки – переключение типов данных в рабочей области.

2 - Таблица свойств – отображение детальной информации о слоях и межслойных переходах.

3 - Интерактивная схема структуры слоев – создание слоев печатной платы

и межслойных переходов.

4 - Информационная область – вывод информационных сообщений о работе редактора слоев.

К доступным слоям и группам относятся:

- Медь – проводящий слой, обычно представлен в виде металла (фольги);

- Препрег – диэлектрический слой;

- Медь+Препрег – пара слоев: проводящий и диэлектрический;

Основа – единая группа из трех слоев: проводящий, диэлектрический и проводящий (выполнена в виде единого комбинированного материала);

- RCC – цельная группа из двух слоев: диэлектрического и проводящего. RCC – это комбинированный материал (проводящая

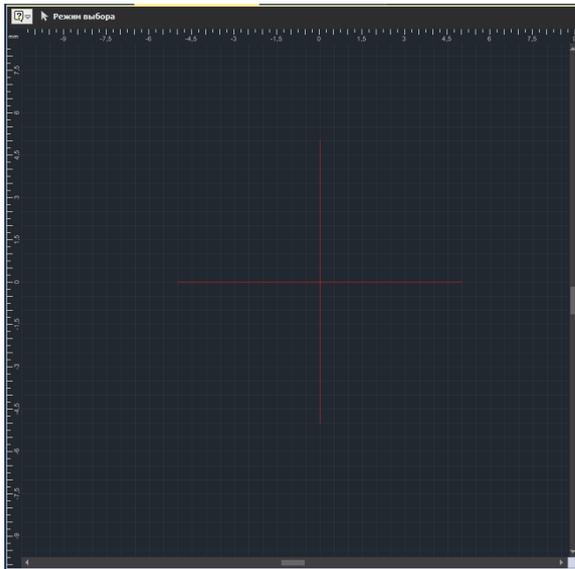


Рис. 3.

Информация о печатной плате отображается в редакторе RightPCB™ на различных слоях, Отображение слоев настраивается с помощью функциональной панели «Слой»,

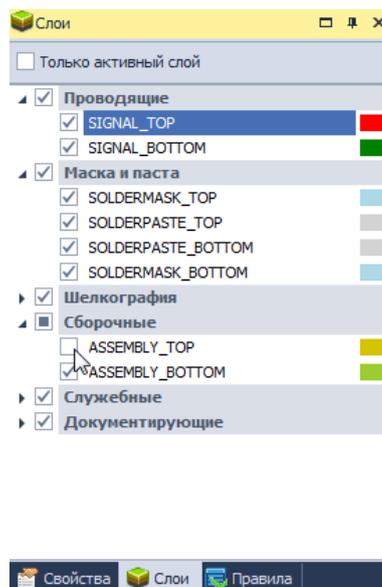


Рис. 4.

Редактор печатных плат позволяет выстроить работу с группами слоев так, что информация по определенным (требуемым) слоям будет отображаться в текущий момент, в то время как информация по другим слоям будет скрыта

Слой, с которым осуществляется работа в данный момент, называется активным слоем. Инструменты редактора, как правило, взаимодействуют только с теми объектами, которые расположены на активном слое

1. Создание границ платы

Границы платы задаются на слое «BOARD_OUTLINE» с помощью инструментов графического редактора.

Чтобы задать границы платы необходимо:

1.1 Выбрать в редакторе плат «BOARD_OUTLINE» в качестве активного слоя

1.2. Построить замкнутый контур платы, используя инструменты графического редактора

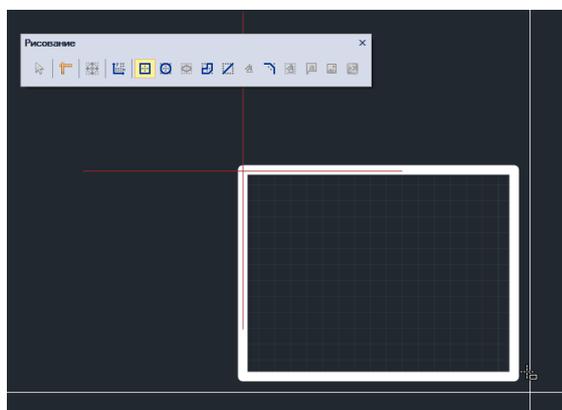


Рис. 5.

Размещение объектов на плате

К объектам, которые размещаются в редакторе и непосредственно присутствуют на плате, относятся:

- Посадочные места компонентов (сокращенно компоненты);
- Треки (печатные проводники);
- Области металлизации;
- Переходные и монтажные отверстия, реперные точки;
- Элементы шелкографии;
- Паяльная маска (в редакторе отображаются вырезы в маске)

2. Размещение компонентов

2.1. Компоненты (радиодетали) размещаются на внешних слоях печатной платы в виде своих посадочных мест. Размещать компоненты можно в пределах границ платы, если они уже созданы, либо в любой точке, если границ еще нет.

Группа компонентов для размещения может быть выбрана непосредственно на электрической схеме. Для этого на схеме с помощью инструмента «Выбрать» нужно отметить необходимые компоненты, вызвать контекстное меню и выполнить команду группового размещения «Разместить в области на плате», см. Рис. 6

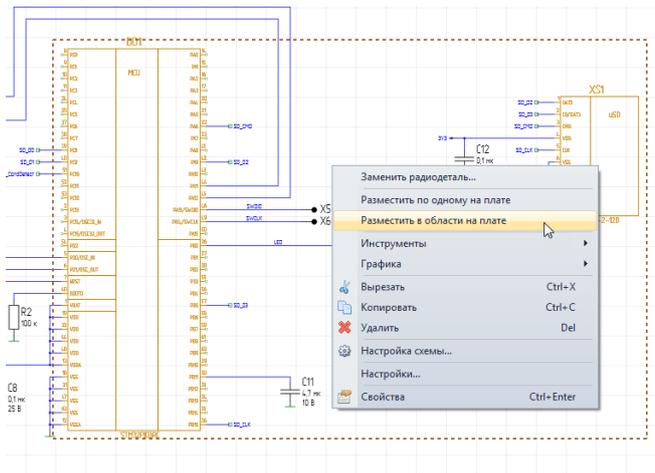


Рис. 6.

2.2. В процессе размещения компонентов их посадочные места могут быть перенесены на другую сторону платы и/или повернуты. Для этого необходимо вызвать контекстное меню и выбрать один из пунктов «Перенести на другую сторону» («Повернуть против часовой стрелки», «Повернуть по часовой стрелке»),

2.3. При размещении компонентов рекомендуется включить для отображения в редакторе слой «NETLINES» (линии соединения), для примерной оценки длины будущих соединений между контактными площадками посадочных мест различных компонентов.

3. Размещение регионов

3.1. Регионы – это выделенные зоны на плате, которые позволяют локально изменять правила проектирования и/или запрещать размещение объектов.

3.2 Регионы размещаются на плате с помощью инструмента «Разместить регион», который обозначается кнопкой , расположенной на панели инструментов «Плата». Выбрать слой, на котором будет размещен регион. Это делается с помощью пункта «Слой» в панели «Свойства».

4. Размещение переходных отверстий

4.1 Типы переходных отверстий (далее - ПО), используемых в проекте, задаются в редакторе слоев.

4.1. Во время размещения трека (печатного проводника) редактор позволяет перейти на другой слой платы с автоматической установкой ПО. Чтобы разместить на плате переходное отверстие, необходимо:

а. Вызвать инструмент «Разместить переходное отверстие», который обозначается значком на панели инструментов «Плата», также инструмент доступен в разделе «Разместить» главного меню и в пункте «Инструменты» в контекстном меню

б. . Выбрать стиль ПО в панели «Свойства» (панель «Свойства» -> раздел «Общие» -> пункт «Стиль VIA»),

в. Перевести курсор в нужную точку рабочей области редактора и

нажать левую кнопку мыши. Переходное отверстие будет размещено в указанной точке

г. Для того чтобы ПО можно было размещать непосредственно на КП (контактной площадке), необходимо включить это разрешение в Правилах трассировки.

5. Размещение монтажных отверстий

5.1. Чтобы разместить монтажное отверстие, необходимо:

Вызвать инструмент «Разместить монтажное отверстие», который обозначается значком на панели инструментов «Плата», а также доступен в пункте «Инструменты» в контекстном меню и в разделе «Разместить» главного меню. Выбрать тип монтажного отверстия в окне «Выбор контактной площадки» и нажать кнопку «Выбор». В окне отображаются монтажные отверстия, созданные во всех доступных библиотеках. Перевести курсор в нужную точку рабочей области редактора и нажать левую кнопку мыши. Монтажное отверстие будет размещено.

6. Размещение реперных точек

6.1. Реперная точка – это открытая, контактная площадка, у которой отсутствует подключение к какой-либо цепи. Реперные точки служат для позиционирования оборудования автоматизированных линий производства печатных плат.

6.2. Чтобы разместить реперную точку, необходимо:

Чтобы разместить реперную точку, необходимо:

Вызвать инструмент «Разместить реперную точку», который обозначается значком  на панели инструментов «Плата», а также доступен в пункте «Инструменты» в контекстном меню и в разделе «Разместить» главного меню.

Выбрать тип реперной точки в окне «Выбор контактной площадки» и нажать кнопку «Выбор».

7. Трассировка платы .

7.1. Работа в режиме автотрассировщика TopoR

7.2.1. Переключение между режимами трассировки RightPCB и TopoR происходит из панели инструментов «RightPCB/TopoR», см. Рис. 7

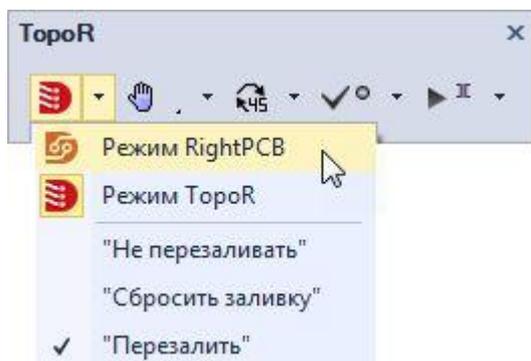


Рис. 7 Переключение между режимами Трассировки

После включения режима трассировки ТороR, при открытом документе плата, происходит автоматическая DRC-проверка платы (ТороR). По завершению синхронизации, все ошибки откроются в окне «Список ошибок».

Перечень доступных с платой действий отображается в разделе ТороR главного меню, Рис. 8.

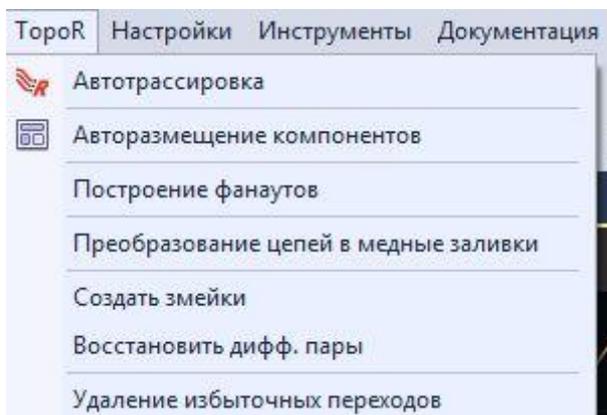


Рис. 8 Доступные из главного меню функции в режиме ТороR

5. Задание:

1. Выполнить трассировку и создать топологию платы схем, представленных ниже **в режиме автотрассировщика ТороR**

7. Содержание отчета:

- 1 Папка на рабочем столе ПК с выполненными заданиями

Практическое занятие № 13

Создание условного графического обозначения транзисторов, резисторов, диодов, катушек индуктивности в программе Delta Design

1 Цель работы:

Научиться создавать УГО элементов в среде **Delta Design** и формировать собственную элементную базу

2. **Время выполнения работы – 2 часа**

3. **Используемое оборудование и программное обеспечение**

1 Персональный компьютер

2 Программа **Delta Design**

4. Краткие теоретические сведения

4.1. Условное графическое обозначение (УГО) - это представление компонента на электрической схеме. По внешнему виду УГО происходит идентификация компонента на схеме.

Условное графическое обозначение (УГО) состоит из следующих частей, которые отмечены цифрами на [Рис. 179](#):

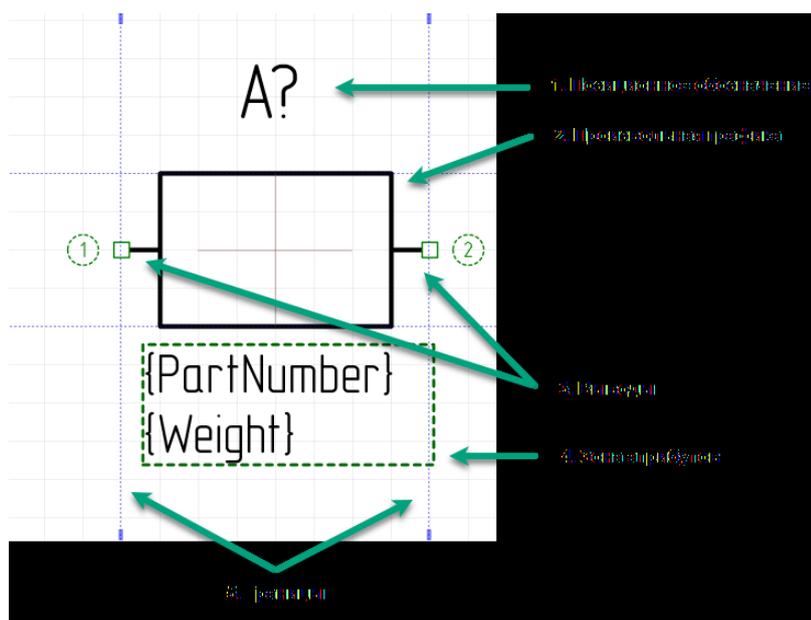


Рис. 1 Структурные элементы УГО

1. Позиционное обозначение
2. Произвольная графика
3. Выводы
4. Зона атрибутов
5. Границы

4.2. Запуск создания УГО

УГО создаются в отдельном редакторе, который запускается с помощью контекстного меню на узле УГО в Стандартах системы, см. Рис. 2

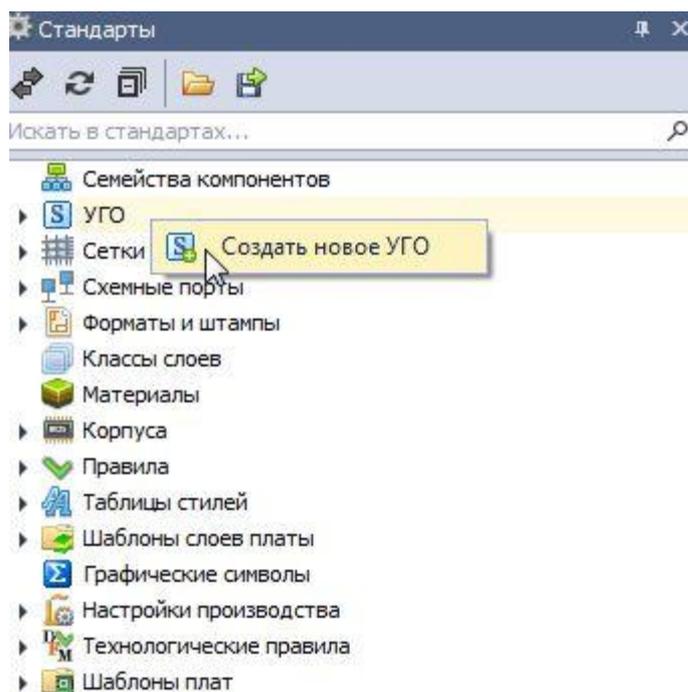


Рис. 2 Запуск редактора УГО

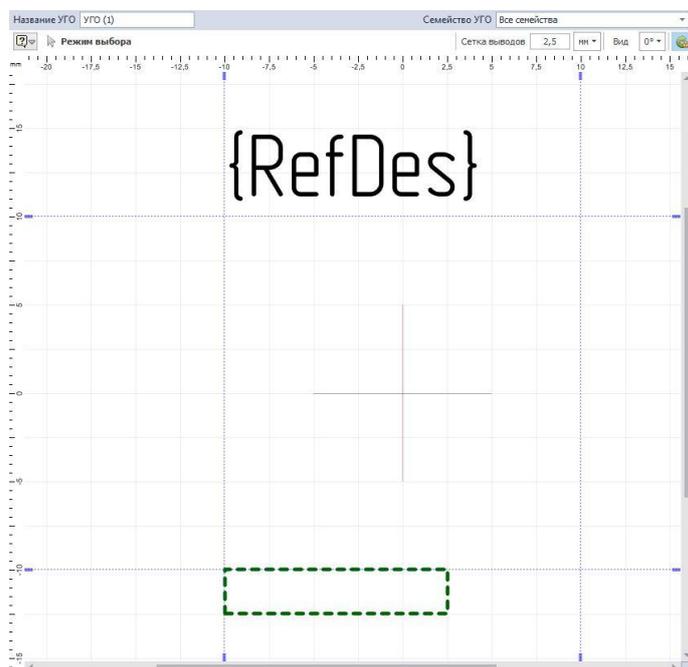


Рис. 3 Общий вид редактора УГО семейств

4.3. Этапы создания УГО

4.3.1. Создание произвольной графики

Создание произвольной графики осуществляется с помощью графического редактора.

4.3.2. Размещение выводов

Выводы УГО должны располагаться в узлах базовой сетки. Размещение выводов осуществляется с помощью инструмента «Разместить вывод», который активируется с помощью кнопки , расположенной на панели инструментов «Схема», или из раздела Инструменты» контекстного меню см. Рис.4.

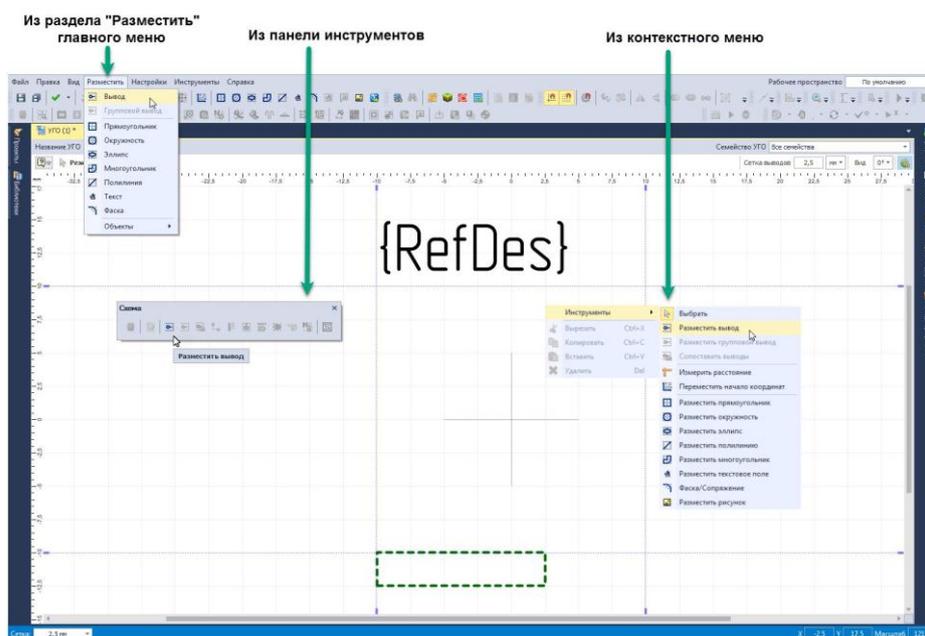


Рис. 4 Вызов инструмента «Разместить вывод»

Для того, чтобы разместить вывод на отдельное УГО:

1. Выберите инструмент «Разместить вывод». На Рис. 5 показан курсор , которым отображается инструмент «Разместить вывод»

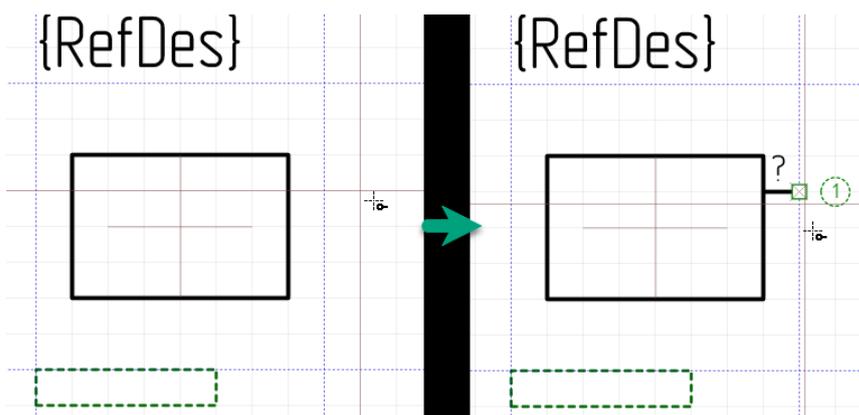


Рис. 5 Курсор, при использовании инструмента «Разместить вывод»

2. Установите вывод в нужную позицию на границе, нажав левую кнопку мыши. После установки одного вывода инструмент «Разместить вывод» продолжает быть активным - он готов для размещения новых выводов.

3. Разместите на УГО необходимое число выводов. После этого завершить работу с инструментом - нажмите клавишу «Отмена»

4.3.3. Настройка границ

Положение линии границы можно изменить, поместив курсор на линию (его вид должен измениться) и нажав левую кнопку мышки см. Рис. 6. После этого граница может быть перемещена в другое место.

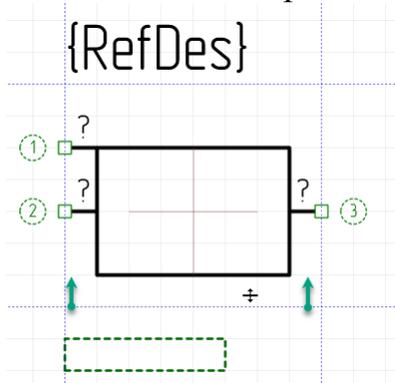


Рис. 6 Перемещение линии границы

4.3.4.. Настройка позиционного обозначения

Позиционное обозначение это текстовое поле с текстом «{RefDes}». Этот текст заменяется буквенным обозначением семейства, когда УГО добавляется в описание компонента в библиотеке, Настройка позиционного обозначения осуществляется с помощью панели «Свойства», см. Рис. 7

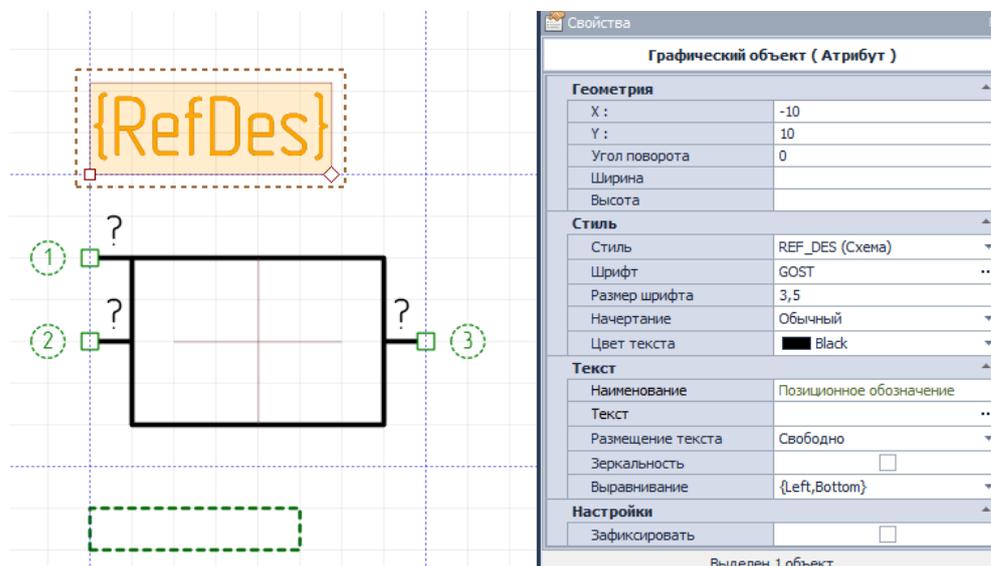


Рис. 7 Настройка позиционного обозначения

4.3.4. Настройка атрибутов

Настройка атрибутов (дополнительных данных), отображаемых на УГО осуществляется следующим образом:

1. Выбирается место для атрибутов (зона, обозначенная с помощью прямоугольника, изображенного пунктиром), и открывается панель «Свойства», см. Рис. 8.

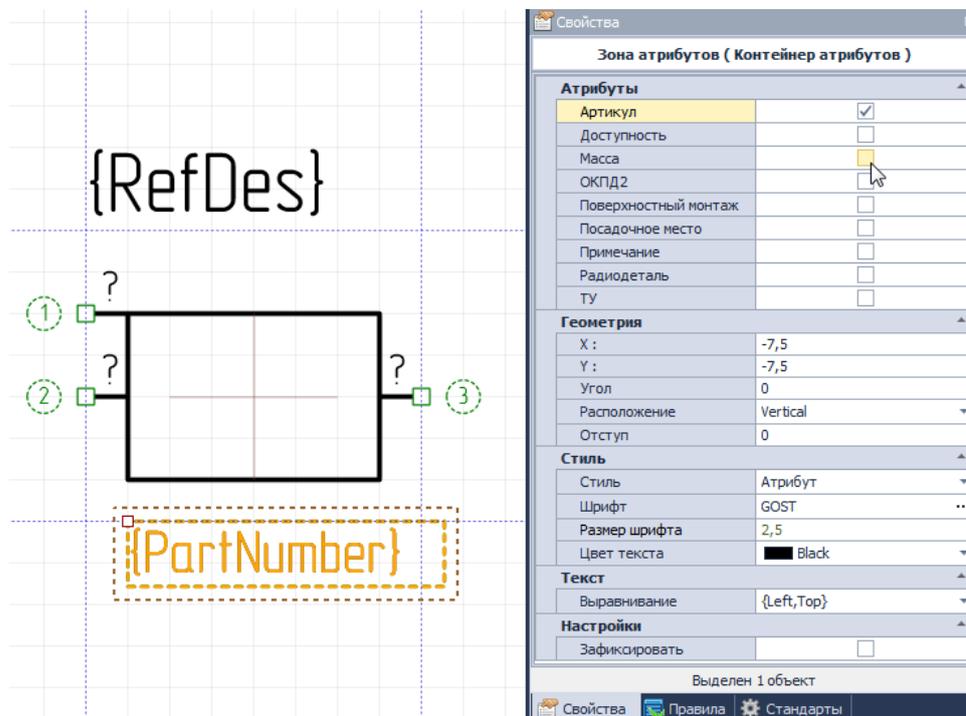


Рис. 8 Настройка зоны атрибутов УГО

2. Отмечаются флажком те атрибуты, которые должны быть отображены. Создайте графику УГО, разместите выводы, заполните всю необходимую информацию по атрибутам и стилю их отображения и нажмите «Сохранить» на панели инструментов «Общие», Рис. 9

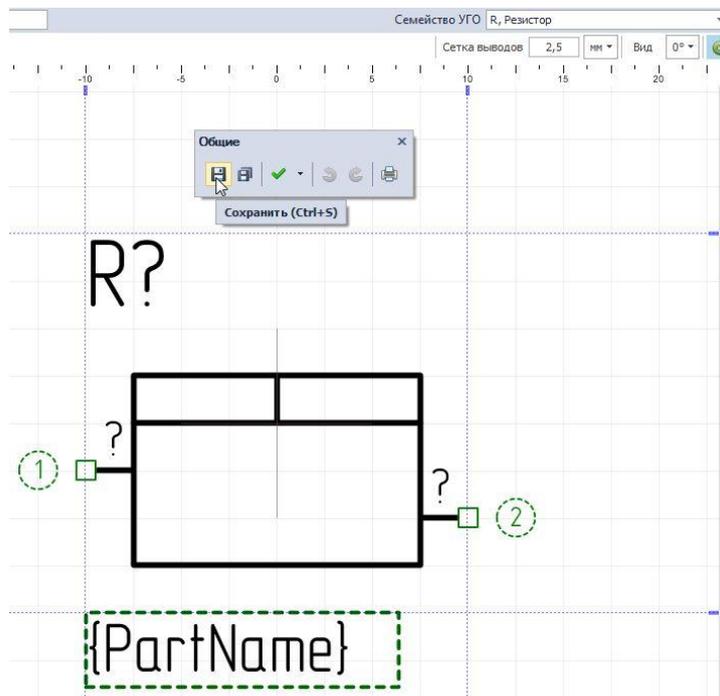


Рис. 9 Создание и сохранение УГО для базового типа представления

5. Задание:

1. Создать УГО транзистора, резистора, диода, катушки индуктивности в программе Delta Design.

2. Создать УГО микросхемы по заданию преподавателя

6. Порядок выполнения работы:

6.1. Открыть программу Delta Design.

6.2. Вызвать редактор из панели инструментов Создатель УГО

6.3. Создать УГО компонентов.

7. Содержание отчета:

1 Папка на рабочем столе ПК с выполненными заданиями

8. Литература и средства обучения:

1 Multisim . Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2008. – 488 с; ил.

2. Разработка печатных плат в NI Ultiboard:/Певницкий С. Изд. ДМК-Пресс, 2012. — 256 с.

Практическое занятие № 14

Создание компонента в программе Delta Design

1 Цель работы:

Научиться создавать **компоненты в программе Delta Design** и формировать собственную элементную базу

2. Время выполнения работы – 2 часа

3. Используемое оборудование и программное обеспечение

1 Персональный компьютер

2 Программа **Delta Design**

4. Краткие теоретические сведения

4.1. Структура компонента

Каждый компонент должен содержать в себе набор данных, которые необходимы для его использования в разработке. К этим данным относятся:

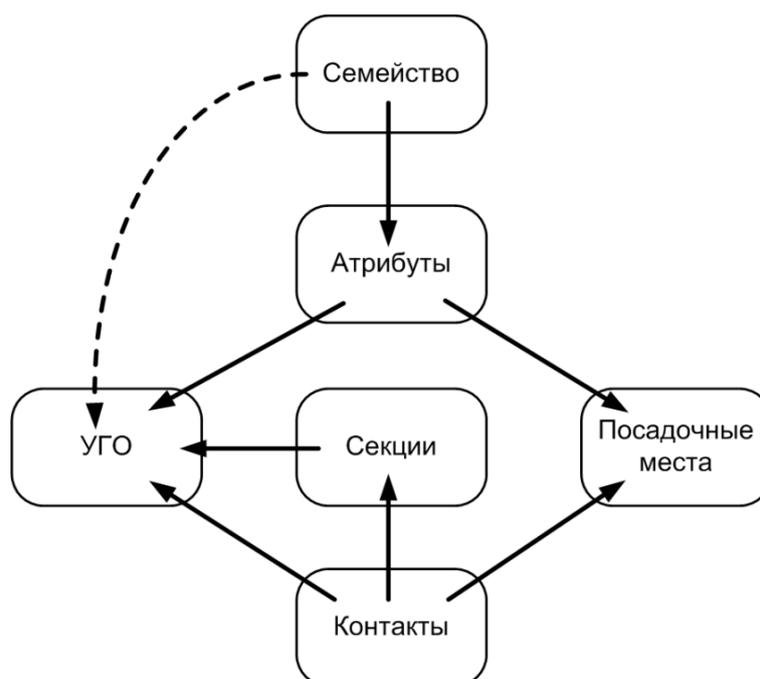


Рис. 1 Схема структуры компонента

Ключевым моментом в создании компонента является сопоставление различных типов данных: УГО, посадочных мест, атрибутов и контактов компонента.

4.2. Компоненты создаются в дереве библиотек. Для того чтобы создать компонент, необходимо выполнить следующие действия:

1. Перейти в дерево библиотек на панели навигации.
2. Выбрать нужную библиотеку.
3. Перейти на узел «Компоненты».

4. Выбрать папку, в которой должен быть создан компонент.
 5. Вызвать контекстное меню для выбранной папки и активизировать
- См. Рис. 2

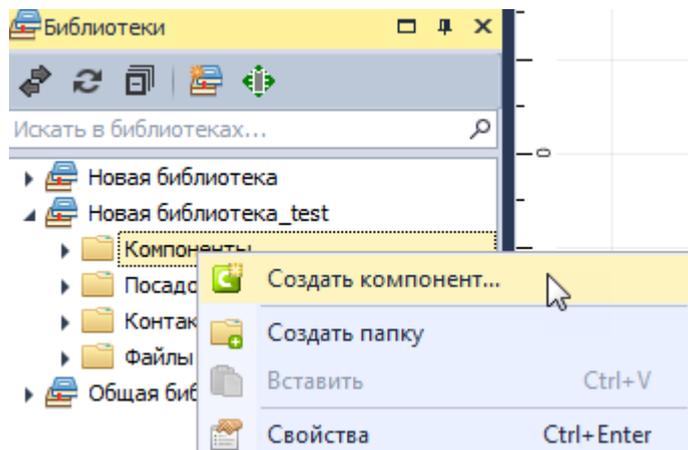


Рис. 2. Создание компонента

4.2.1 Или с помощью главного меню:

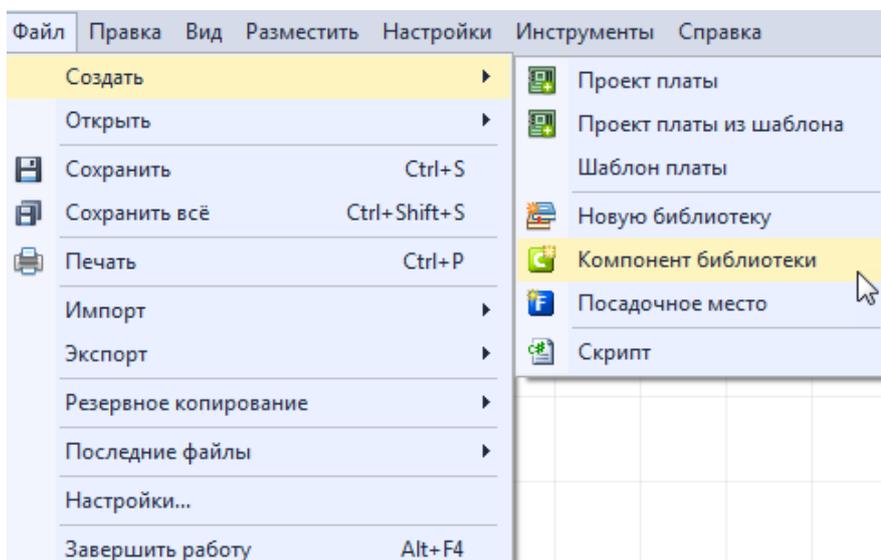


Рис. 3 Запуск создания компонента с помощью главного меню

- 4.2.2. Выбрать библиотеку, в которой будет создаваться компонент
- 4.2.3. Выбрать папку, в которой будет сохранен компонент

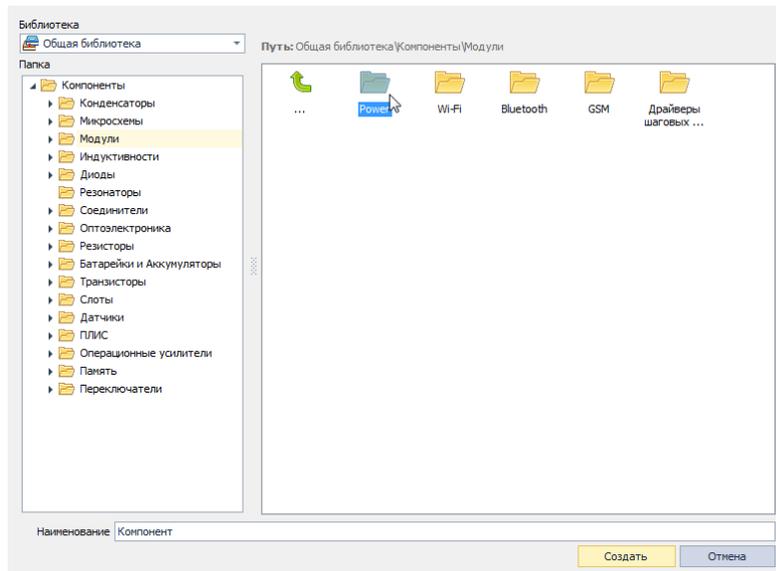


Рис. 4 Выбор папки

4.2.4. Ввести имя создаваемого компонента в поле «Наименование»,

4.2.5. Нажать на кнопку «Создать».в рабочей области будет открыт редактор компонентов.

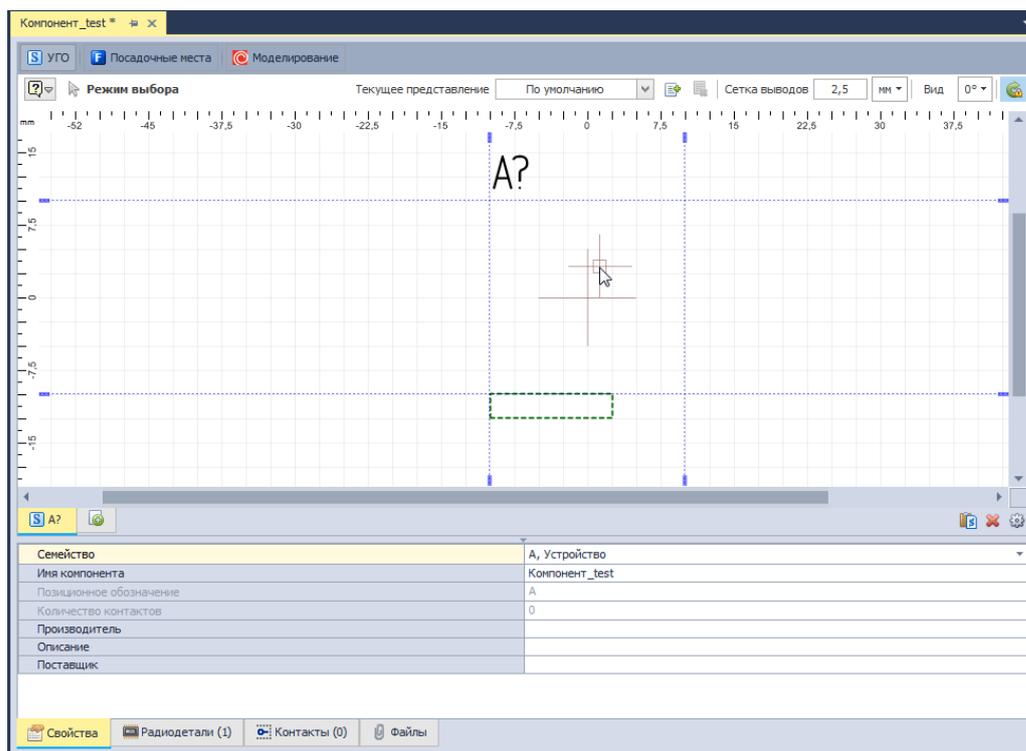


Рис. 5 «Стартовое» окно редактора компонентов

4.3. Редактор компонентов

В редакторе компонентов расположены несколько вкладок, которые позволяют переключаться между различными типами данных

1. УГО – вкладка для работы с УГО;

2. Посадочные места – вкладка для работы с посадочными местами;
3. Сопоставление – вкладка для сопоставления контактов УГО и контактных площадок посадочных мест;
4. Моделирование - вкладка для работы со SPICE-моделями;
5. Свойства – вкладка с общими свойствами компонента;
6. Радиодетали – вкладка для работы с радиодеталями компонента;
7. Контакты – вкладка для работы с контактами компонента;
8. Файлы – вкладка для работы с дополнительными документами, включенными в состав компонента.

4.4 Работа с УГО из Стандартов

Что бы использовать типовое УГО из Стандартов, в нижней левой части окна на вкладке (секции компонента), обозначенной значком , необходимо вызвать контекстное меню, см.

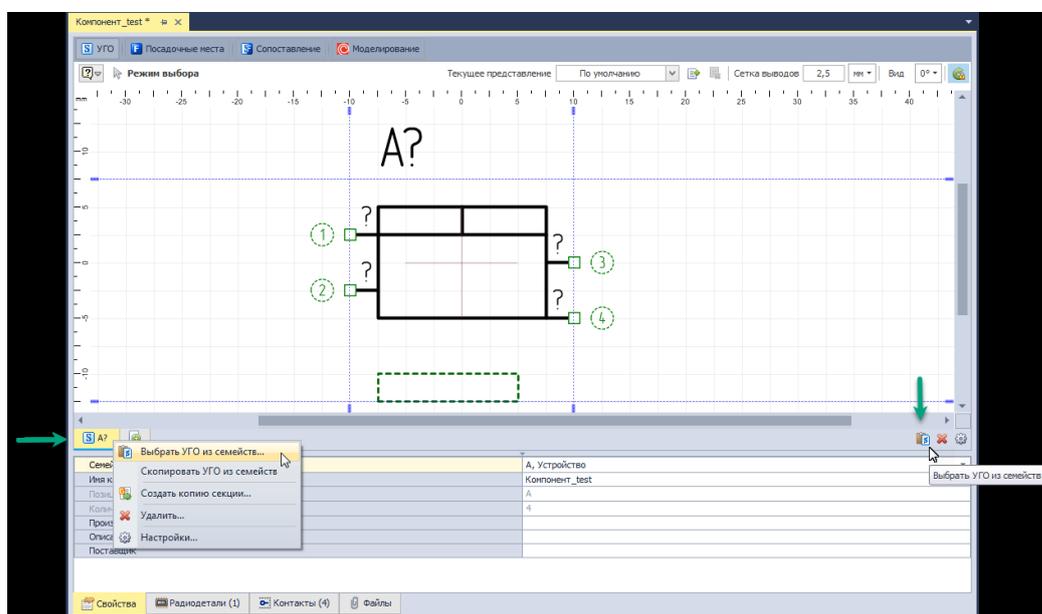


Рис.6 Кнопки для работы с УГО из Стандартов

При выборе пункта «Выбрать УГО из семейств...», обозначенного значком , на экране появится окно для выбора УГО, см. Рис.7.

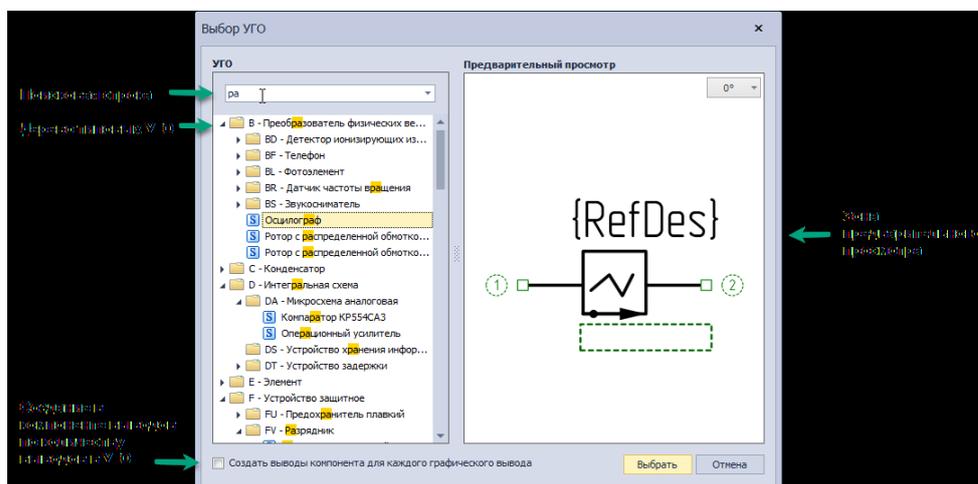


Рис. 9 Окно «Выбор УГО»

В левой части окна отображается область с деревом типовых УГО доступных в Стандартах. Над ним расположена строка поиска. В правой части окна расположена область предварительного просмотра.

Для того, чтобы создать в компоненте контакты по количеству выводов УГО необходимо отметить флагом поле «Создать выводы компонента для каждого графического вывода», расположенное в нижней части окна. В этом случае новые контакты будут создаваться даже если какие-либо контакты для компонента уже были созданы.

После выбора УГО из списка (в правой части окна) необходимо нажать кнопку «Выбрать», расположенную, расположенную в левом нижнем углу окна. После этого произойдет изменение УГО.

4.5. Посадочные места

Для работы с посадочными местами компонента необходимо перейти во вкладку «Посадочные места», расположенную в верхней части окна редактора, см. Рис. 10.

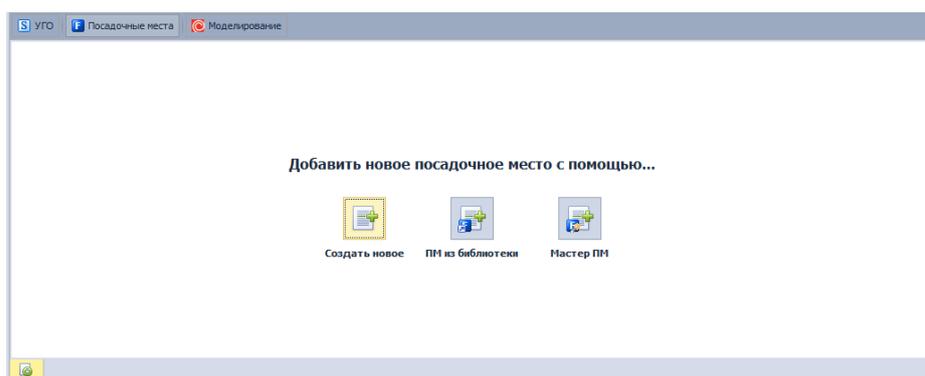


Рис. 10 Изначальный вид вкладки «Посадочные места»

На вкладке «Посадочные места» будут предложены следующие способы создания посадочного места:

- Создать новое;
- ПМ из библиотеки;
- Мастер ПМ.

При выборе пункта «ПМ из библиотеки» к компоненту прикрепляется уже готовое посадочное место из текущей библиотеки. Для использования готового посадочного места:

1. Перейдите на вкладку «Посадочные места».
2. Выберите пункт «Использовать посадочное место» в контекстном меню, вызываемом на кнопке «Создание/Использование посадочных мест»
- 3.. Выберите необходимое посадочное место из списка,

представленного в отобразившемся на экране окне «Использовать посадочное место», см. Рис. 11.

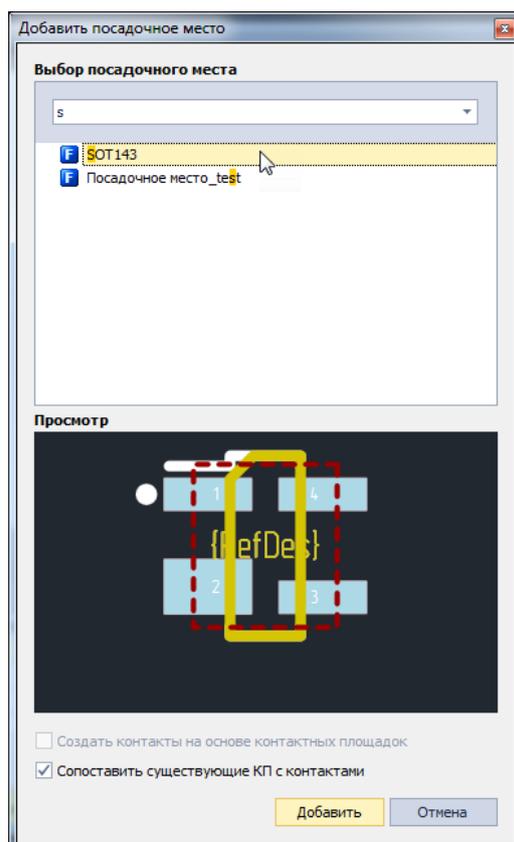


Рис. 11 Окно «Использовать посадочное место»

4. Подтвердите использование посадочного места, нажав, кнопку «Добавить».

4. 6. Контакты

4.6.1. Контакты – это описание электрических подключений компонента. Они описывают сигналы, которые передаются выводами компонента и служат для сопоставления контактных площадок, входящих в состав посадочных мест и выводов, входящих в состав УГО компонента.

4.6.2. Работа с контактами осуществляется с помощью закладки «Контакты», расположенной в нижней части редактора компонентов, см.

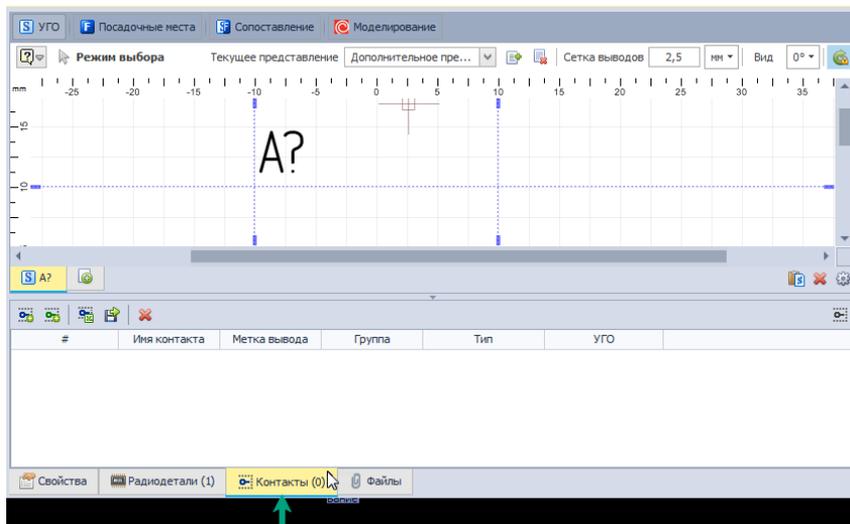


Рис. 12 Вкладка «Контакты»

Каждый контакт компонента представляется в виде строки таблицы. Состав колонок таблицы зависит от активной вкладки («УГО», «Посадочное место» и др. в верхней части окна редактора). Тем не менее, существует ряд колонок, которые всегда отображаются в таблице контактов. К их числу относятся:

- Номер контакта в таблице, колонка «#»;
- Имя контакта – текстовое обозначение контакта, колонка «Имя контакта»;
- Текстовое обозначение контакта/вывода на УГО, колонка «Метка вывода»;
- Поле для указания эквивалентности контактов, колонка «Группа», раздел Группы контактов;
- Указание типа сигналов, передаваемых через данный контакт, колонка «Тип», раздел Типы контактов.

При активной вкладке «УГО» в таблице контактов дополнительно отображается колонка «УГО», в которой указывается соответствие выводов УГО и контактов компонента, см. Рис.13.

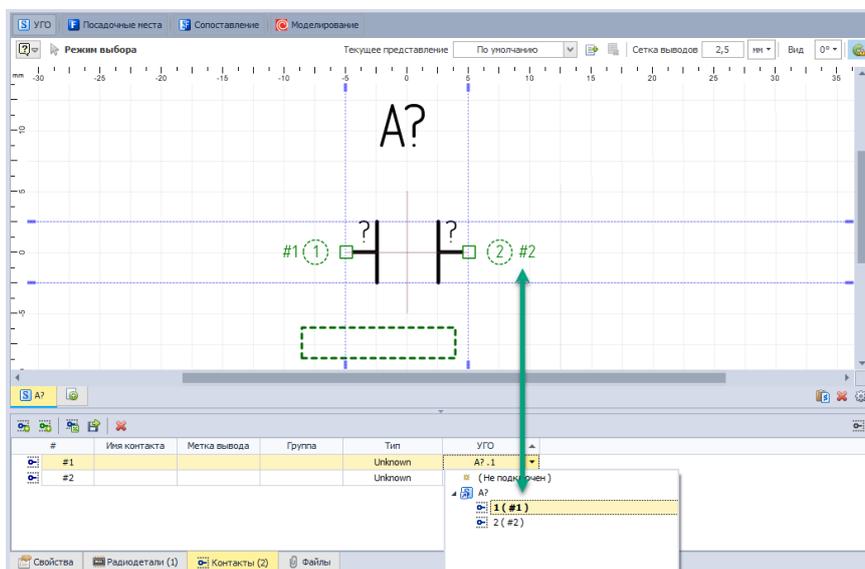


Рис. 13 Колонки «УГО»

При активной вкладке «Посадочное место» в таблице контактов дополнительно отображается колонка «Посадочное место», в которой указывается соответствие контактных площадок посадочного места и контактов компонента, см. Рис. 14.

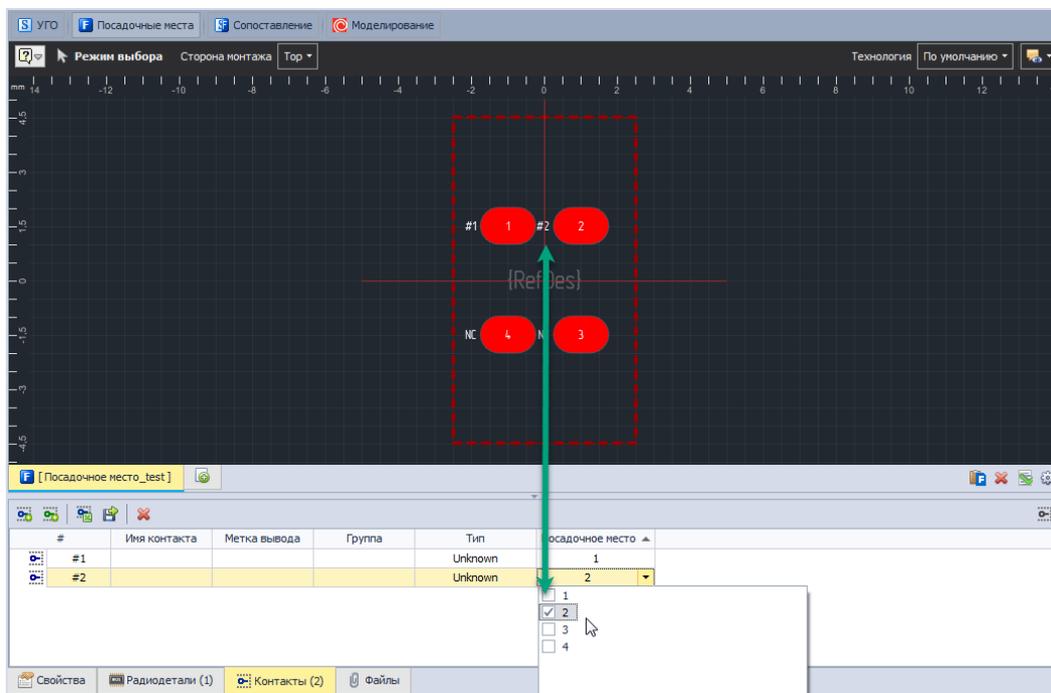


Рис. 14 Колонка «Посадочное место»

4.7. Сопоставление

Сопоставление УГО, посадочных мест и контактов компонента обеспечивает взаимосвязь электрической схемы и платы. Сопоставление определяет пары вывод УГО – контактная площадка. При построении схемы цепи соединяют выводы компонентов. При проектировании платы треки соединяют контактные площадки. Сопоставление между выводами и контактными площадками позволяет проводить треки на плате в полном соответствии с цепями электрической схемы.

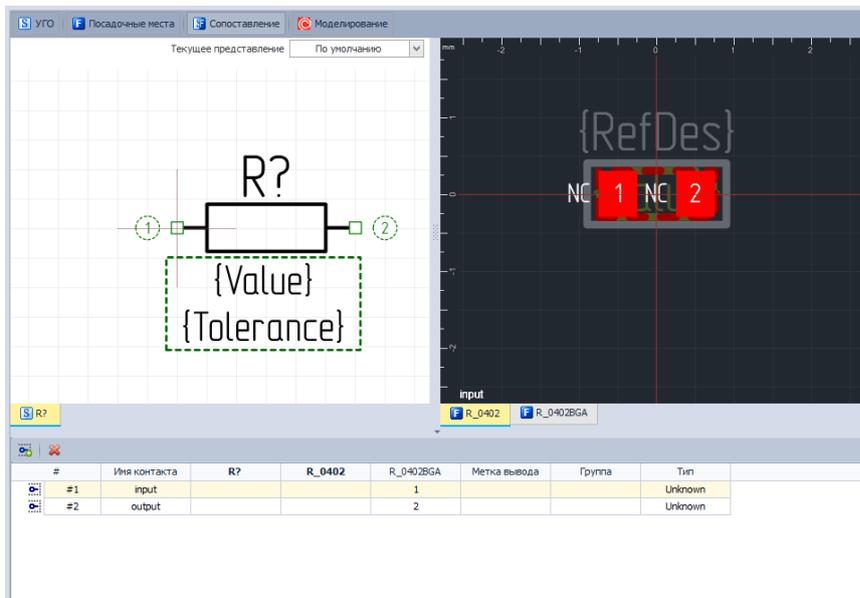


Рис.15 Вкладка «Сопоставление»

4.8. Моделирование

4.8.1 SPICE-модель

Для создания SPICE-модели:

1. В редакторе компонента перейдите во вкладку «Моделирование», обозначенную кнопкой  «Моделирование»,
2. В открывшемся окне нажмите «Добавить модель», см. [Рис. 16](#).

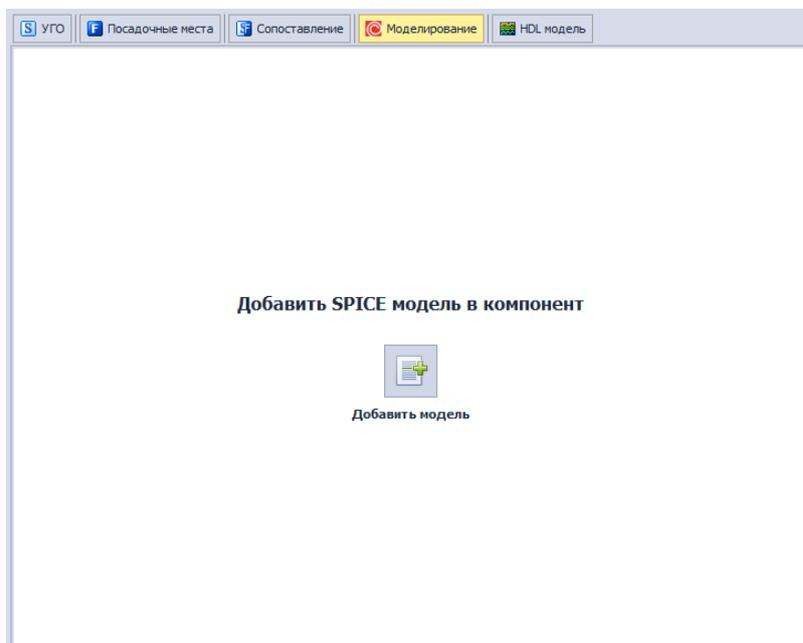


Рис. 16 Добавление Spice-модели

3. Выберите из списка Тип модели, [Рис.17](#) :

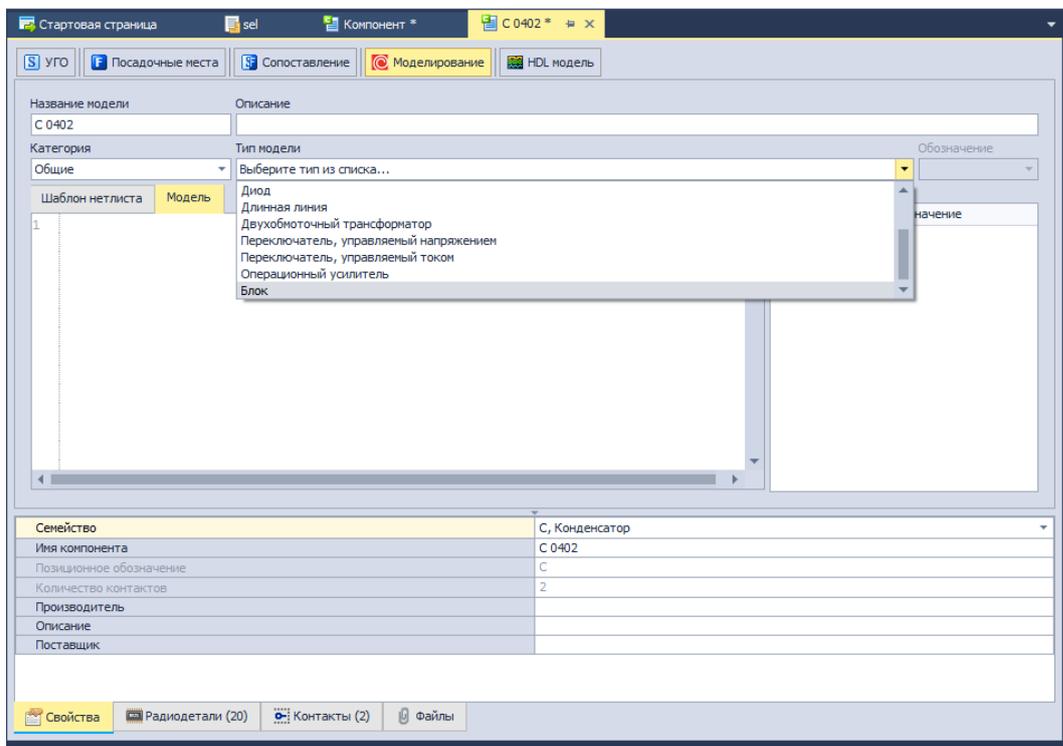


Рис. 17 Выбор типа модели

4. Введите нетлист (список соединений) модели в текстовом окне вкладки «Модель», см. Рис. 18

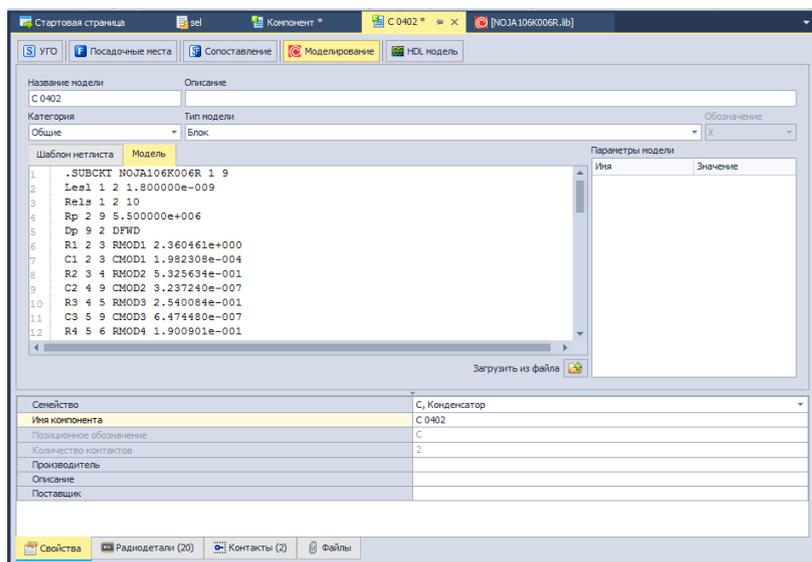


Рис. 18 Ввод списка соединений модели в текстовом окне вкладки «Модель»

5. Перейдите на вкладку «Шаблон нетлиста» и удостоверьтесь, что программа корректно «прочитала» модель и сгенерировала шаблон.
6. Перейдите на вкладку «Контакты» и сопоставьте контакты УГО с выводами SPICE-модели.
7. Выполните проверку компонента, см. Рис. 19:

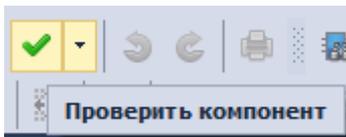


Рис. 19 Запуск проверки компонента

4.8. Свойства

4.8.1. Компоненты обладают общими свойствами, которые указывают основную информацию о компоненте и определяют его тип. Общие свойства компонента доступны на закладке «Свойства» в нижней части редактора компонентов. К общим свойствам компонента относятся:

- Наименование;
- Позиционное обозначение;
- Количество контактов;
- Производитель;
- Описание;
- Поставщик.

Семейство	A, Устройство
Имя компонента	Компонент
Позиционное обозначение	A
Количество контактов	8
Производитель	
Описание	
Поставщик	

Свойства | Радиодетали (1) | Контакты (8) | Файлы

Рис. 20 Вкладка «Свойства»

4.8.1. Наименование

Имя компонента предназначено для однозначной идентификации компонента в пределах библиотеки компонентов, поэтому оно уникально. В поле «Имя компонента», отображается имя компонента, которое было введено при создании компонента.

Пункты- Описание Производитель; Поставщик.- не обязательны для заполнения

4.9. Проверка компонента

Для проверки правильности описания компонента в программе Delta Design предусмотрена функция проверки. Проверка компонента может быть выполнена для всех компонентов библиотеки как созданных в программе Delta Design, так и импортированных из внешних источников. Список проверяемых параметров приведен в [Приложении](#).

Проверка компонента запускается по нажатию кнопки - «Проверить», которая расположена на панели инструментов «Общие», см. [Рис. 21](#).

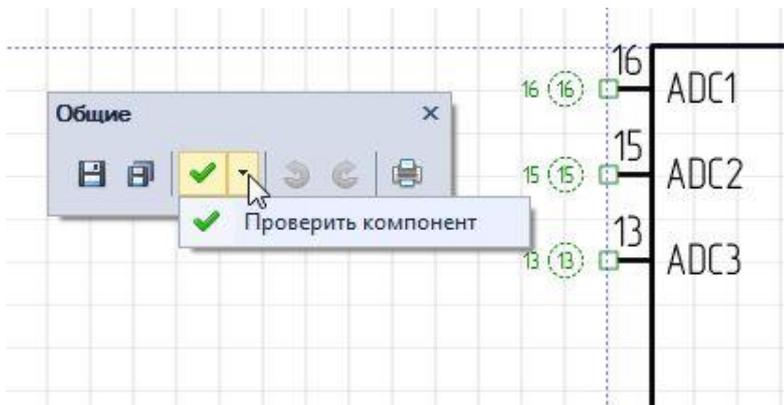


Рис. 21 Запуск проверки компонента

Если при проверке компонента не было обнаружено ошибок, то на экран будет выведено соответствующее сообщение, см. Рис. 22.

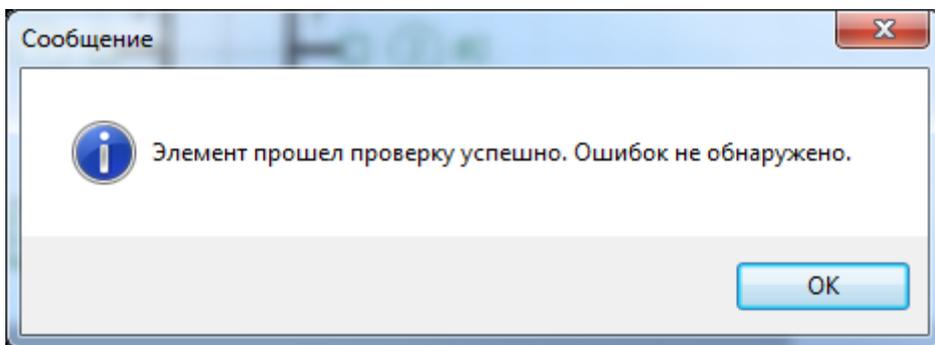


Рис. 22 Сообщение об отсутствии ошибок.

5. Задание:

1. Создать резисторы с различной мощностью в соответствии с номером варианта по заданию преподавателя

Тип	Размеры, (мм)				мах. рабочее напряжение
	H	D	L	d	
C1-4-0,062 Вт	3,2	1,5	28	0,48	200
C1-4-0,125 Вт mini	3,2	1,5	28	0,48	250
C1-4-0,125 Вт	6,0	2,3	28	0,60	250
C1-4-0,25 Вт mini	3,2	1,5	28	0,48	250
C1-4-0,25 Вт	6,0	2,3	28	0,60	250
C1-4-0,5 Вт	9,0	3,2	28	0,60	350
C1-4-1 Вт	11,0	4,5	35	0,80	500
C1-4-2 Вт	15,0	5,0	35	0,80	500

2. Создать корпус микросхемы по заданию преподавателя из приложения

1

6. Порядок выполнения работы:

6.1. Открыть программу **Delta Design** .

6.2. Вызвать из панели инструментов Создатель корпуса компонента.

6.3. Создать резистор в соответствии с примером.

6.4. Создать микросхему по выбору преподавателя.

7. Содержание отчета:

1 Папка на рабочем столе ПК с выполненными заданиями

8. Литература и средства обучения:

1 Multisim . Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств (Пер. с англ.) / Пер. с англ. Осипов А.И. – М.; Издательский дом ДМК – пресс, 2008. – 488 с; ил.

2. Разработка печатных плат в NI Ultiboard:/Певницкий С. Изд. ДМК-Пресс, 2012. — 256 с.