

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Севастопольский государственный университет»

Система симулирования электронных и микропроцессорных систем Proteus VSM

Методические указания

к выполнению лабораторных работ

для студентов, обучающихся по направлению

09.03.02 «Информационные системы и технологии»

и 09.03.03 «Прикладная информатика»

дневной и заочной формы обучения

Севастополь 2020

УДК 004.732

Система симулирования электронных и микропроцессорных систем Proteus VSM. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Инфокоммуникационные системы и сети» / Сост. В.С. Чернега — Севастополь: Изд-во СевГУ, 2020 — 19 с.

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ по дисциплине «Инфокоммуникационные системы и сети». Целью методических указаний является помощь студентом в освоении методов построения электрических и электронных схем элементов телекоммуникационных систем и сетей и исследования их параметров и характеристик. Излагаются практические рекомендации по построению эквивалентных схем линий связи и функциональных узлов обработки сигналов в инфокоммуникационных системах, а также способов определения параметров сигналов в различных точках схем.

Методические указания рассмотрены и утверждены на методическом семинаре и заседании кафедры информационных систем (протокол № 1 от 31 августа 2020 г)

Допущено учебно-методическим центром СевГУ в качестве методических указаний.

Рецензент: Кротов К.В., канд. техн. наук, доцент кафедры ИС

Лабораторная работа

Изучение лабораторной установки «Система симулирования электронных и микропроцессорных систем Proteus VSM»

1. Цель работы

Изучить систему симулирования электрических и электронных схем инфокоммуникационных систем. Приобретение практических навыков построения электрических и электронных схем и измерения электрических параметров сигналов с помощью виртуальных электро- и радиоизмерительных приборов.

2. Основные теоретические положения

Лабораторная установка состоит из персонального компьютера, на котором установлены система симулирования электронных и микропроцессорных систем Proteus VSM. Proteus VSM по умолчанию устанавливается в папку C:\Program\Files\ Labcenter Electronics\Proteus. При запуске программы **ISIS.exe** появляется основное окно (Рисунок 2.1). Оно в свою очередь состоит из нескольких окон.

Самое большое пространство отведено под Рабочее окно, в котором выполняются все основные процессы создания, редактирования и отладки схемы устройства. Слева вверху маленькое окно предварительного просмотра (Overview Window) с его помощью можно перемещаться по окну редактирования (щелкая левой кнопкой мыши по окну предварительного просмотра, можно перемещать окно редактирования по схеме, если схема не помещается в окно).

Все возможные функции и инструменты Proteus VSM доступны через меню, расположенное в самом верху основного окна программы, через пиктограммы находящиеся под меню и в левом углу основного окна, а также через горячие клавиши, которые могут переназначаться пользователем.

В самом низу основного окна расположены: слева направо кнопки вращения и разворота объекта вокруг своей оси, панель управления интерактивной симуляцией (функции: ПУСК-ПОШАГОВЫЙ РЕЖИМ-ПАУЗА-СТОП). В строке журнала событий отображаются ошибки, подсказки, текущее состояние процесса симуляции и т.д., а также координаты курсора, которые отображаются в дюймах.

Перед созданием и моделированием исследуемой схемы необходимо сначала на бумаге начертить эту схему, затем выполнить следующие действия:

1. Создать новый проект, для чего в меню Файл выбрать соответствующую опцию (при запуске ISIS.exe он создаётся по умолчанию, как и в любой другой программе).

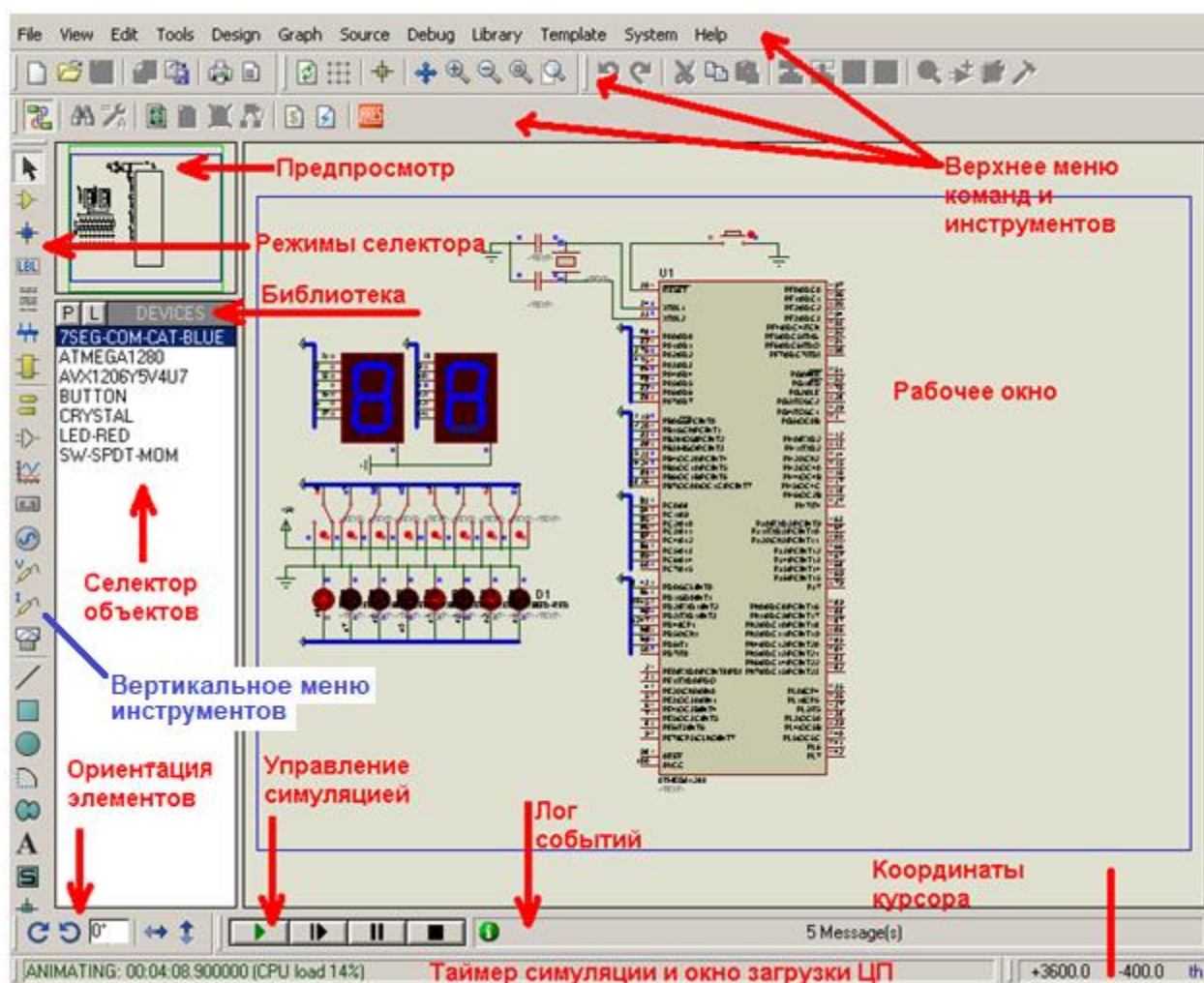


Рисунок 2.1 – Главное окно системы Proteus VSM

2. Зайти в библиотеку компонентов через клавиши меню «Библиотека-Выбор устройства» или нажав кнопку «P» в окне DEVICES (Рисунок 2.2).

3. Выбрать нужные компоненты. При выборе элементов можно воспользоваться группами элементов (в библиотеке элементы сгруппированы по классам), а можно поиском, для чего в строку keywords (Маска) необходимо ввести имя требуемого элемента, после выбора каждого элемента нажать ОК, после чего снова можно зайти в библиотеку. Компоненты набираются по одному экземпляру, размножить их можно уже потом просто выбирая в списке Object Selector .

Для того чтобы изменять параметры объектов, их нужно сначала выделить, что можно сделать только на остановленном проекте. Для выделения одного объекта надо щелкнуть по нему правой кнопкой мыши. Для выделения группы выделить первый элемент, затем нажать CTRL и последовательно щелкать левой кнопкой мыши по всем необходимым объектам. Выделять объекты надо осторожно, повторный щелчок правой кнопкой мыши по выделенному объекту удалит его, (удалить выделенные объекты можно еще, нажав кнопку DELETE) . После выбора всех элементов схемы осуществляется переход к следующему пункту.

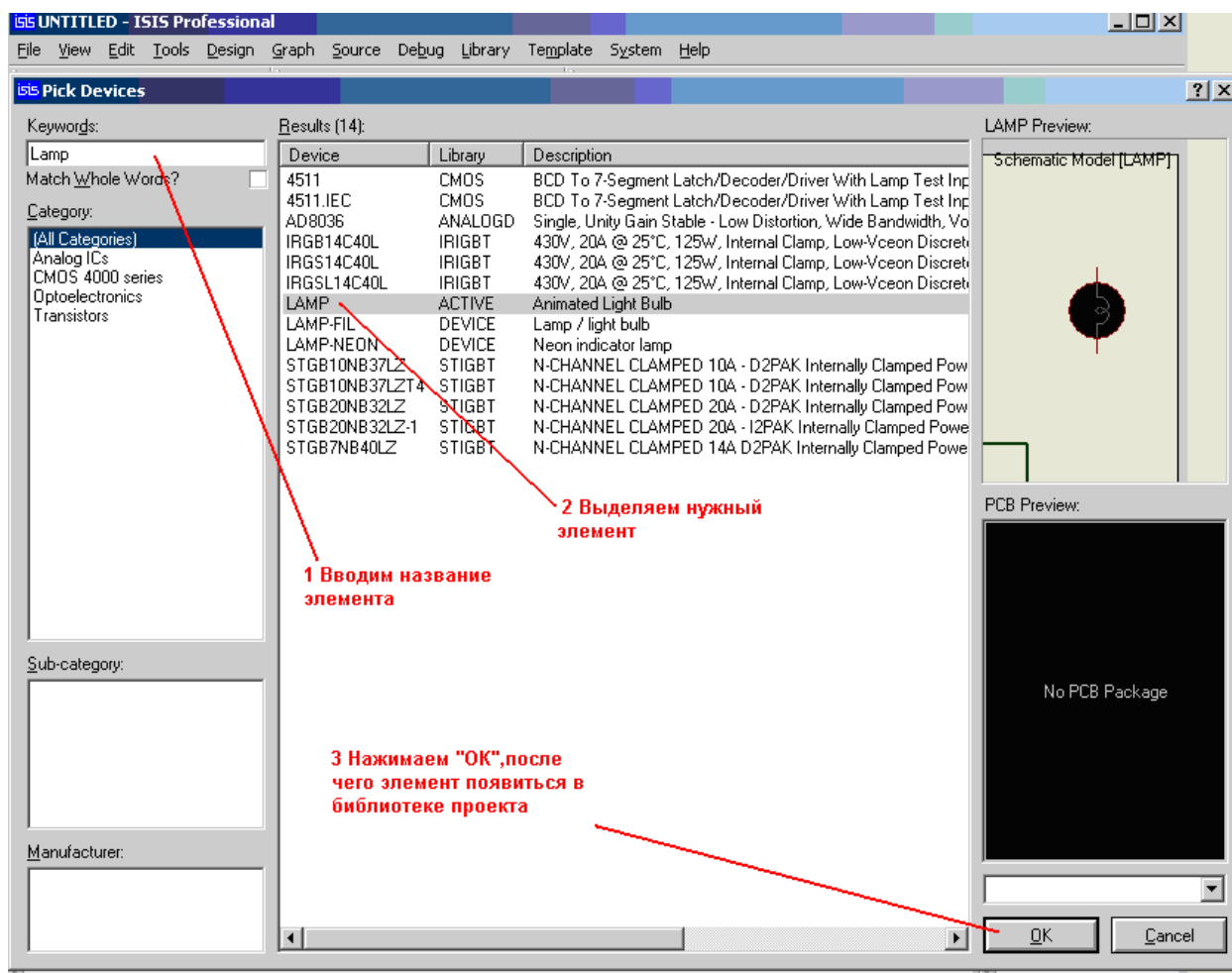


Рисунок 2.2 – Выбор элементов из библиотеки

4. Добавить терминальные элементы питания и сигнальной земли. В окне выбора режима селектора нажать на кнопку «Терминалы» (terminals), выделить Ground (земля) и поместить её на рабочем поле также, как и предыдущие элементы. Аналогично выделить терминал Power (источник питания) и поместить на поле схемы.

5. Задать параметры терминалу Power. Двойным щелчком левой кнопки мыши по элементу Power (источник питания) открыть окно его свойств (рисунок 2.3), в появившемся окне во вкладке Label в графе string задать «+5V» или другое требуемое напряжение и нажать «ОК».

6. Соединить элементы согласно разработанной схеме. Подвести курсор мыши к проводнику, выходящему из элемента (курсор поменяет цвет на зелёный), нажать левой кнопкой мыши и подвести проводник к элементу, с которым нам необходимо его соединить, после чего нажать левую кнопку мыши ещё раз.

Пример подключения генератора сигналов и измерительных устройств (вольтметра, осциллографа и анализатора частотных характеристик показан на рисунке 2.4. Следует учесть, что в процессе выполнения лабораторной работы при моделировании на рабочем поле должна быть только одна из схем: либо для измерения

временных характеристик с помощью осциллографа, либо частотных характеристик с помощью частотного анализатора.

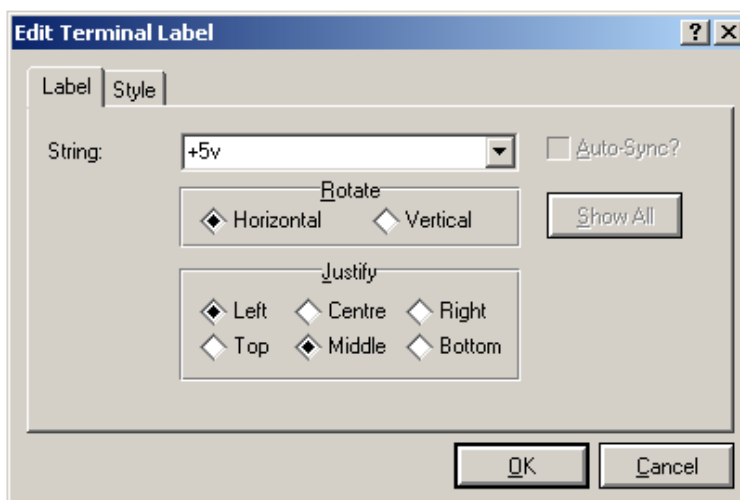


Рисунок 2.3 – Пример задания требуемого напряжения источника питания

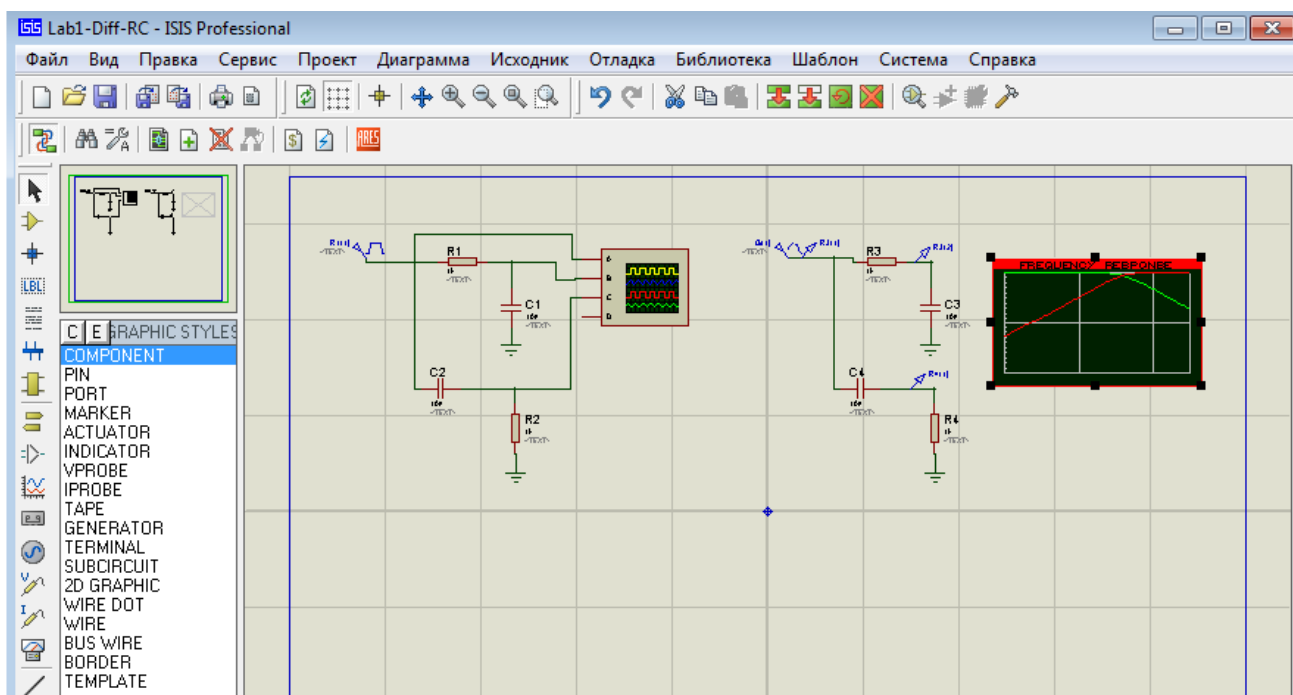


Рисунок 2.4 – Пример изображения схем исследования импульсных и частотных характеристик RC -цепей

7. Запустить процесс симуляции. Для этого в меню Отладка (DEBUG) выбрать опцию «Запуск» или нажать внизу на кнопку «Воспроизвести».

8. Затем, в зависимости от вида проводимого эксперимента, записать показания измерительных приборов, зарисовать осциллограммы сигналов либо АЧХ и ФЧХ исследуемых схем.

Примечание:

а) источники питания выбираются в библиотеке в категории Miscellaneous, подкатегории BATTERY;

б) переключатели выбираются в библиотеке в категории Switches&Relais, элемент BUTTON;

в) регулируемый резистор выбирается в библиотеке в категории Resistors, подкатегории VARIABLE, элемент POT-HG;

г) трансформаторы и катушки индуктивности выбираются в категории Inductors, для трансформатора – элемент TRAN;

д) измерительные приборы, щупы и другие виртуальные инструменты выбираются в левом крайнем столбце селекторов, в частности, анализатор частотных характеристик выбирается в селекторе Диаграмма, элемент FREQUENCY. Инструкция по использованию этого инструмента приведена в приложении В.

3. Методические рекомендации по работе с виртуальными инструментами

3.1. Генераторы сигналов

Для настройки и тестирования функциональных устройств вычислительных и инфо-телекоммуникационных систем широко используются **генераторы сигналов** различной формы: синусоидальной, прямоугольной и др.

Генераторы располагаются на вертикальной панели инструментов в группе



. При щелчке мышкой по этой иконке откроется меню GENERATORS, и которого можно выбрать и установить в поле рабочего окна симулятора генератор желаемой формы сигналов. С генератора идет один сигнальный провод, а второй провод, по умолчанию, уже соединен с сигнальной землей. При необходимости наличия симметричного выхода с генератора (не соединенного с землей) нужно воспользоваться трансформатором.

Для задания параметров генерируемых сигналов нужно щелкнуть правой кнопкой мышки по изображению генератора и в выпадающем меню выбрать «Редактирование свойств» и в меню свойств генератора установить желаемые параметры (амплитуду, частоту, длительность импульсов и др.).

В состав системы моделирования Proteus входит также универсальный сигнал генератор (VSM Signal Generator). Он может генерировать выходные сигналы синусоидальной и импульсной (прямоугольной, пилообразной, треугольной) формы с параметрами:

- выходная частота 0-12 МГц в 8 диапазонах;
- выходная амплитуда 0-12 В в 4 диапазонах.

Имеются входы осуществления амплитудной и частотной модуляции.

Вид лицевой панели генератора показан на рисунке 3.1.

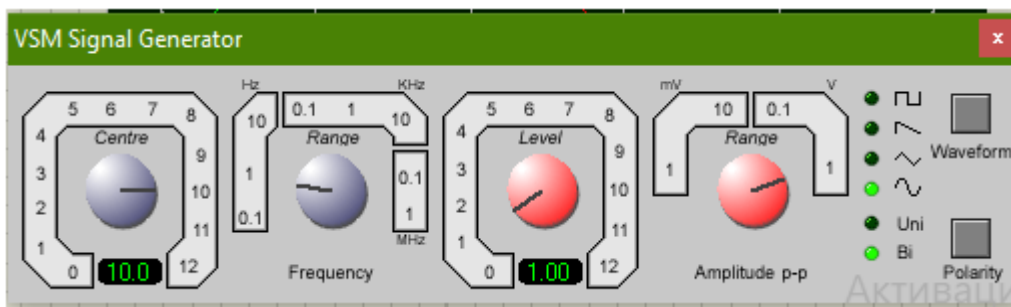


Рисунок 3.1 – Лицевая панель универсального генератора сигналов

Чтобы сгенерировать требуемый сигнал:

1. Щёлкните по иконке вертикальной панели инструментов *Virtual Instruments Mode*; выберите SIGNAL GENERATOR в окне выбора объектов, поместите его на схему и соедините его выход со входом схемы. В большинстве случаев, при использовании несимметричного входа (сигнальный провод + сигнальная земля), понадобится заземлить клемму -ve генератора.

Входы амплитудной и частотной модуляции можно оставить без подключения, пока оно вам не потребуется.

2. Запустите интерактивную симуляцию, используя кнопку **Play** на *панели управления анимацией*. Появится всплывающее окно генератора.

3. Установите частотный диапазон, который вам подходит. Значение диапазона показывает частоту, которая генерируется, когда центр верньера управления находится в положение 1.

4. Установите амплитуду сигнала, подходящую для вашей схемы. Значение диапазона показывает амплитуду, которая генерируется, когда верньер управления установлен в положение 1. Значение амплитуды представляет пиковый уровень выхода.

5. Нажимайте кнопку **Waveform**, пока индикатор рядом с изображением подходящей формы сигнала не засветится.

Использование входов AM & FM Modulation

Модель сигнал-генератора поддерживает и амплитудную и частотную модуляцию выходного сигнала. Оба входа, амплитудной и частотной, модуляции имеют следующие возможности:

- усиление входа модуляции в терминах Hz/V или V/V задаются с помощью управления Frequency Range и Amplitude Range, соответственно;
- входное напряжение модуляции ограничено в пределах +/- 12V;
- входы модуляции имеют бесконечное входное сопротивление;
- напряжение на входе модуляции добавляется к установкам управления верньером до умножения установками диапазона, чтобы определить мгновенное значение частоты амплитуды. Например, если частотный диапазон выбран в 1 кГц, а частотный верньер установлен в 2.0, тогда уровень 2V частоты модуляции даст выходную частоту 4 кГц.

3.2. Работа с виртуальным осциллографом

Одним из основных измерительных приборов, используемых при исследовании и настройке электронных схем является осциллограф. В системе Proteus применяется четырехканальный осциллограф. Выбор его осуществляется из вертикальной панели **Instruments**, которая располагается в крайнем левом столбце симулятора. Имя виртуального осциллографа **Oscilloscope**.

Четыре канала осциллографа имеют разные цвета, которым соответствуют цвета надписей на панелях и переключателях, что облегчает поиск ручек управления и положения переключателей для каждого из каналов. Каждый из каналов может быть выключен, достаточно перевести его переключатель в положение OFF. Это даёт возможность более внимательно просматривать сигналы, если их один или два, используя смещение положения луча работающих каналов с помощью дискового регулятора Position.

Каждый входной канал может быть непосредственно подключён к точке наблюдения (DC соединение) или подключён через конденсатор (AC соединение). Последний способ полезен тогда, когда входной сигнал имеет маленький уровень переменной составляющей и большой уровень постоянной. Вход может также кратковременно подключаться к земле (переключатель в положении GND) при настройке координатной сетки перед измерением.

Сигналы на экране осциллографа изображаются в координатах «Напряжение» (ось ординат – Y) и «Время» (ось абсцисс – X). Вид сигналов на экране осциллографа показан на рисунке 3.2.

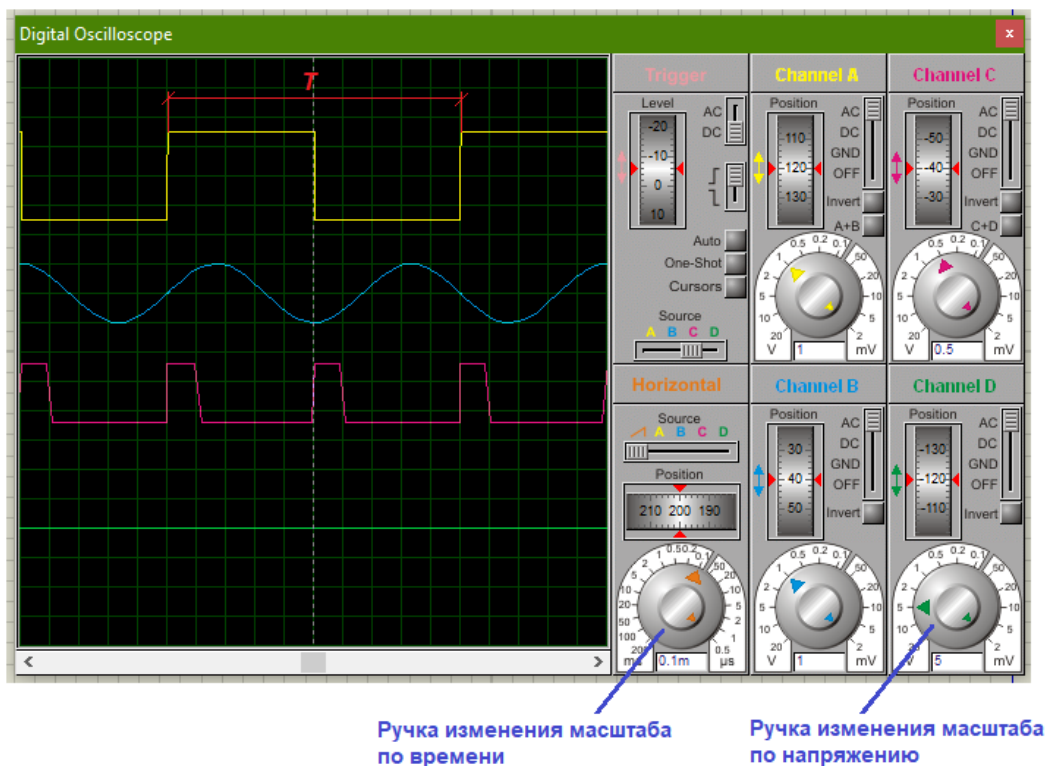


Рисунок 3.2 – Вид сигналов на экране виртуального осциллографа

Экран осциллографа разграфлен на клеточки. Размер клетки по горизонтали измеряется в миллисекундах (m) или микросекундах (u). Цена деления (масштаб времени) отображается в прямоугольном окошке под ручкой синхронизации (нижняя, крайняя левая рукоятка). Вращая рукоятку, можно изменять масштаб горизонтальной развертки по времени.

Осциллограф может работать в следующих режимах.

1) Отдельные каналы — при этом развёртка запускается автоматически, выбранным каналом. Уровень запуска (Level) определяет, при каком уровне входного сигнала выбранного канала происходит запуск развёртки (панель Trigger). Положение каналов по оси X на экране определяется дисковой шкалой Position.

Время развёртки определяется ручкой выбора масштаба (время/деление) в нижней части блока управления развёрткой. В этом режиме удобно наблюдать за фазовыми и временными сдвигами сигналов (например, на входе и на выходе).

2) Снимок экрана — для этого режима на панели Trigger используется кнопка One-Shot.

В сложных случаях, если не удаётся синхронизировать изображение, когда «картинка» на экране не статична, можно произвести снимок экрана и разобраться с происходящим.

Последняя кнопка в этом ряду, Cursors, позволяет уточнить величину сигнала и время его появления. При нажатой кнопке на экране появляются курсоры, перемещая которые в нужные точки, можно уточнить данные.

Запуск (Triggering). Осциллограф VSM поддерживает механизм автоматического запуска, что позволяет синхронизировать базовое время с входящим сигналом. Какой входной канал используется для запуска, определяется переключателем на панели Horizontal.

Диск переключения (Level на панели Trigger) последовательно вращается на 360 градусов и задаёт уровень, на котором происходит переключение. Фронт переключения определяется переключателем рядом с диском.

Если переключение не обнаруживается в течение одного базового интервала времени, базовый интервал будет «освобождён».

Для измерения частоты периодических сигналов необходимо измерить период T в секундах и затем разделить 1 с на длительность периода, т.е. $F = 1/T$.

3.3. Измерение амплитудно-частотной (АЧХ) и фазочастотной (ФЧХ) характеристик в системе Proteus

Для измерения АЧХ и ФЧХ электрических цепей и устройств в системе симулирования Proteus необходимо использовать следующие инструменты, которые выбираются из вертикального меню инструментов:

- генераторы (Generator Mode), генератор синусоидальных сигналов “sine”;
- приборы, работающие в графическом режиме (Graf Mode), анализатор частотных характеристик “Frequency”;
- пробник (Probe Mode). щуп напряжения (Voltage).

Процесс выбора и подключения виртуальных инструментов показан на рисунке 3.3.

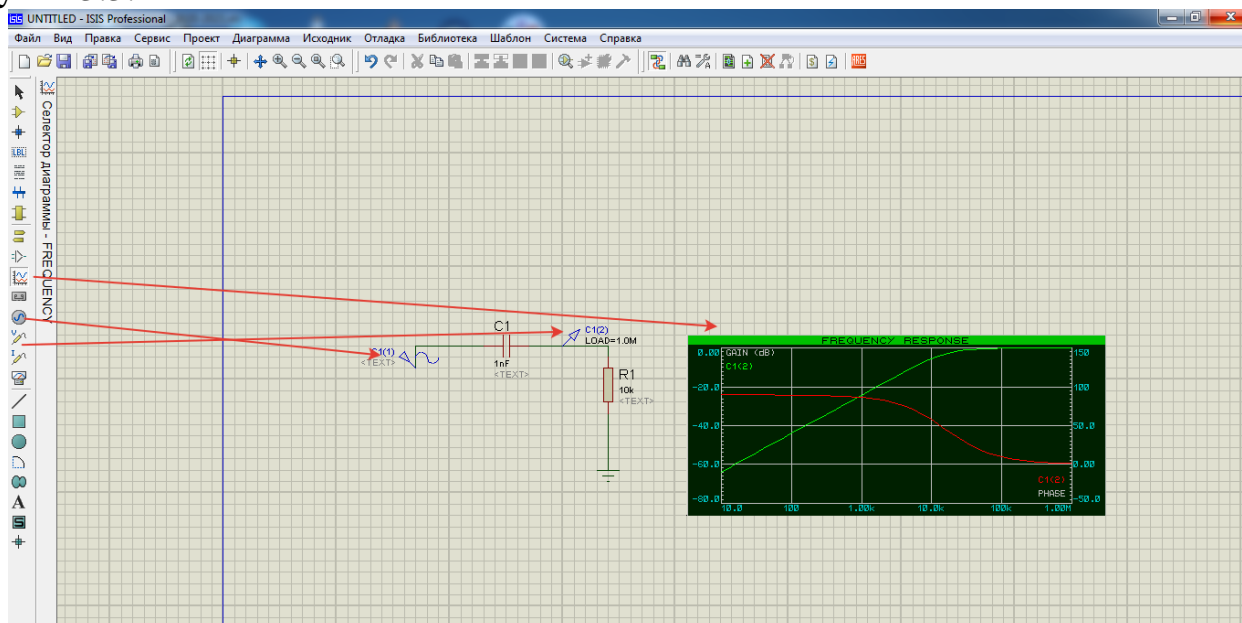


Рисунок 3.3 – Общий вид рабочего окна системы моделирования в режиме измерения АЧХ, и ФЧХ

Прежде чем приступить к измерениям, необходимо собрать исследуемую схему, подключив к ее входу генератор (источник сигнала). Его настройки по умолчанию показаны на рисунке 3.4.

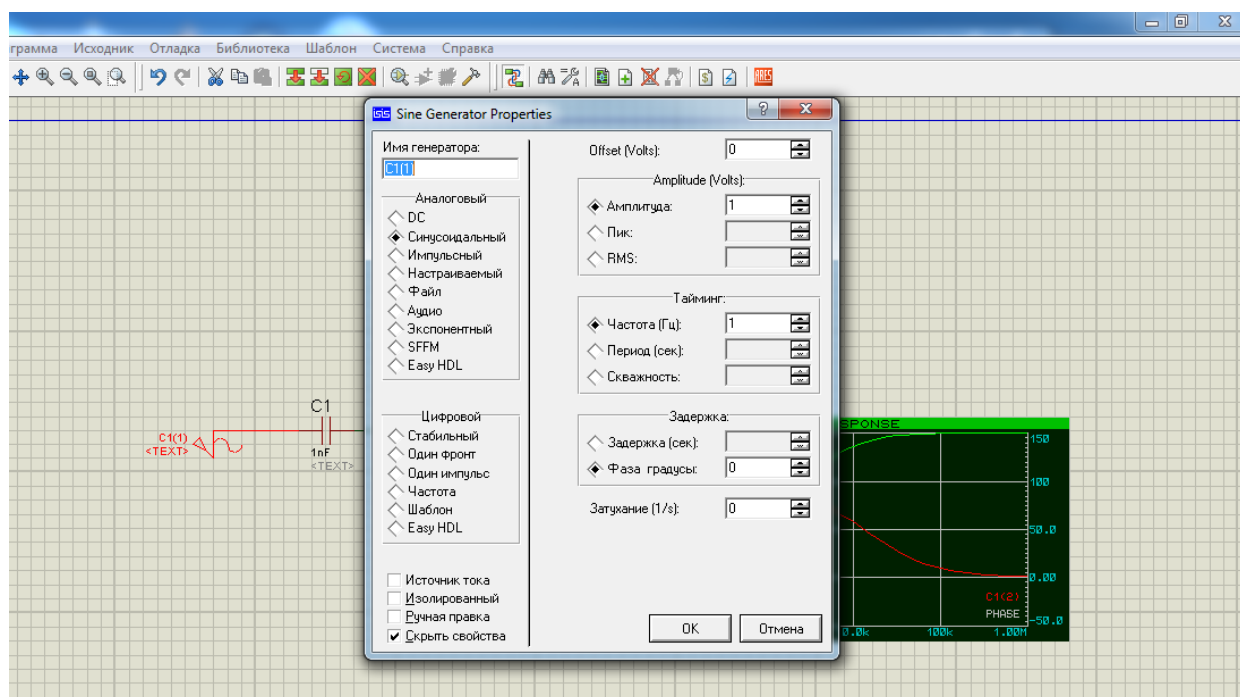


Рисунок 3.4 – Стандартные настройки генератора

Вместо осциллографа применим анализатор частотных характеристик (инструмент “Graf Mode”, устройство “Frequency”). Чтобы разместить анализатор частотных характеристик на рабочем столе, активируем пиктограмму “Graf Mode”, выбираем режим “Frequency”, наводим курсор в нужное место и, удерживая левую кнопку мышки, перемещаем его в диагональном направлении. Отпускаем левую кнопку и получаем прямоугольник экрана анализатора частотных характеристик, который нужно будет активировать.

Чтобы анализатор показывал сигналы в требуемых точках цепи, применяем пробник (щуп напряжения). Количество пробников зависит от того, в каких точках схемы необходимо измерить сигналы. В данном примере нам достаточно выполнить измерение на выходе схемы (точка между правой обкладкой конденсатора C1 и верхним выводом резистора R1). Устанавливаем пробник в данной точке.

Для активирования анализатора частотных характеристик, выделяем щуп напряжения (появится крестик рядом с изображением) и, удерживая левую кнопку мышки, перетаскиваем его на экран анализатора. Если бросить изображение пробника возле левой вертикальной границы диаграммы, то это позволит измерять коэффициент передачи (усиления) схемы. Если возле правой, то можно будет измерять сдвиг фаз между входным и выходным сигналами. Так как нам нужны и АЧХ (коэффициент передачи) и ФЧХ (сдвиг фаз), то выполняем данную процедуру дважды. Коэффициент передачи может измеряться в относительных или логарифмических (децибеллах) единицах. Размерность коэффициента передачи можно изменить путем настройки параметров анализатора. В процессе измерений анализатор изменяет частоту генератора синусоидальных сигналов в заданных пределах, которые по умолчанию равны 10 Гц – 1 МГц. Эти пределы также могут быть изменены в процессе настройки анализатора частотных характеристик.

И, наконец, чтобы можно было произвести измерения, необходимо указать анализатору элемент, который будет являться источником сигнала. Для этого следует щелкнуть правой кнопкой мыши по экрану анализатора и в открывшемся окне выбрать опцию редактирования свойств (Edit Property), а затем в окне параметров указать источник сигналов. В нашем случае – это генератор, обозначенный C1(1). В этом же окне указаны стартовая и конечная частота генератора качающейся частоты. Если все сделано правильно, то для запуска режима симуляции достаточно навести курсор на экран анализатора и нажать клавишу «пробел».

Запускается программа симуляции измерения амплитудно-частотной характеристики и в установленном частотном диапазоне можно наблюдать частотную характеристику исследуемой цепи (рисунок 3.5). Для удобства анализа характеристик можно увеличить размер экрана анализатора, щелкнув правой кнопкой мышки по экрану и выбрав опцию Maximize. В этом случае на экране появляется курсор в виде вертикальной линии, по которому можно точно определить частоту и фазу в любой точке графика.

Из графика АЧХ видно, что коэффициент передачи РС-цепи возрастает с увеличением частоты сигнала на входе от 0 до 1 (от -45 до 0 дБ). Начиная с частоты 1,6 кГц коэффициент передачи не будет опускаться ниже, чем на 3 дБ от

максимального уровня. Полоса частот электрической цепи, при которой коэффициент передачи не падает ниже чем на 3 дБ (или до уровня 0,707 от максимального, в относительных единицах), называется полосой пропускания четырехполюсника. В нашем случае полоса пропускания RC-цепи при $R=10\text{ кОм}$ и $C=10\text{ нФ}$ от 1,6 кГц до 1 МГц. Из графика ФЧХ видно, что сдвиг фазы выходного сигнала по отношению к фазе входного изменяется от 90° до 0° .

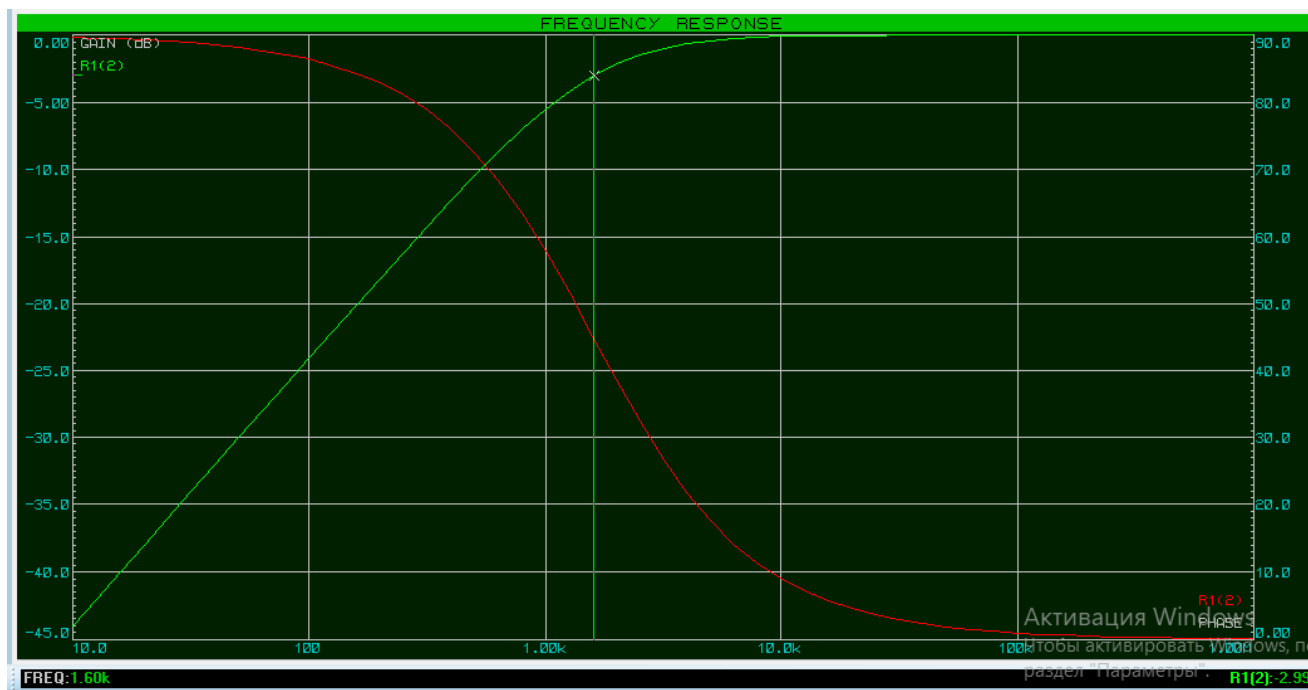


Рисунок 3.5 – Вид АЧХ и ФЧХ исследуемой RC-цепи

Следует заметить, что при наличии в четырехполюснике емкостных и индуктивных элементов АЧХ и ФЧХ могут иметь произвольный вид.

4. Программа выполнения лабораторной работы

- 4.1. Составить в среде моделирования Proteus схему (Рисунок П.1) и исследовать параметры сигналов генераторов синусоидальных и импульсных сигналов с различной амплитудой, частотой и скважностью.
- 4.2. Составить в среде моделирования Proteus схему (Рисунок П.2) и исследовать параметры колебаний универсального генераторов сигналов различной формы с различной амплитудой, частотой.
- 4.3. Составить в среде моделирования Proteus схему (Рисунок П.3) и исследовать форму и измерить параметры колебаний универсального генераторов сигналов при амплитудной и частотной модуляции.
- 4.4. Составить в среде моделирования Proteus схему (Рисунок П.4) и исследовать амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики цепи,

изображенной на схеме с помощью универсального генератора сигналов и осциллографа.

- 4.5. Составить в среде моделирования Proteus схему (Рисунок П.4) и исследовать амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики цепи, изображенной на схеме с помощью универсального генератора сигналов и осциллографа. Провести аналогичные измерения при увеличении параметров цепи в два раза.
- 4.6. Составить в среде моделирования Proteus схему (Рисунок П.5) и исследовать амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики цепи, изображенной на схеме с помощью анализатора частотных характеристик. Провести аналогичные измерения при увеличении параметров цепи в два, три и четыре раза.

5. Содержание отчета

- 5.1. Цель и программа работы.
- 5.2. Принципиальные электрические схемы исследуемых устройств.
- 5.3. Осциллограммы и параметры сигналов, полученных при проведении экспериментальных исследований.
- 5.4. Выводы по результатам экспериментов.

6. Контрольные вопросы

- 6.1. Дайте определение сигнала и приведите примеры различных видов сигналов.
- 6.2. Как с помощью осциллографа определить амплитуду, длительность и частоту сигналов?
- 6.3. Каким образом можно снять амплитудно-частотную характеристику четырехполюсника? Продемонстрируйте эту процедуру на практике.
- 6.4. Каким образом можно снять фазо-частотную характеристику четырехполюсника? Продемонстрируйте эту процедуру на практике.
- 6.5. Какие линии связи называются симметричными, а какие несимметричными? В каких случаях применяются тот и другой вид линий связи.
- 6.6. Что называется коэффициентом передачи четырехполюсника и в каких единицах измеряется этот параметр?
- 6.7. Назовите основные параметры импульсов и периодической импульсной последовательности. Покажите, как на практике измерить такие параметры.
- 6.8. В каких единицах измеряется напряжение и уровень сигнала?
- 6.9. Почему с увеличением частоты сигнала на входе RLC-четырёхполюсника напряжение на его выходе уменьшается?
- 6.10. Какими тремя способами в системе Proteus можно измерить напряжение в заданной точке схемы?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крухмалев В.В. Цифровые системы передачи / В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 351
2. Основы формирования, передачи и приема цифровой информации: Учебное пособие / В. И. Лузин, Н.П. Никитин, В.И. Гадзиковский. – М.: СОЛОН-Пр., 2014. – 316 с.: 70х100 1/16. (обложка) ISBN 978-5-321-01961-0. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=493066>
3. Сети и телекоммуникации: учебник и практикум для академического бакалавриата / Под ред. К.Е. Самуйлова, И.А. Шалимова, Д.С. Кулябова. – М.: Изд-во Юрайт, 2016. – 363 с. <https://biblio-online.ru/book/seti-i-telekommunikacii-432824>
4. Proteus по-русски. Радиоежегодник, 2013. Выпуск 24. – 443 с. <http://www.radioprofessional.info/radioezhegodnik-vypusk-24.php>
5. Чернега В.С. Расчет и проектирование технических средств обмена и передачи информации / В.С. Чернега, В.А. Василенко, В.Н. Бондарев. – М.: Высшая школа, 1990. – 224 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

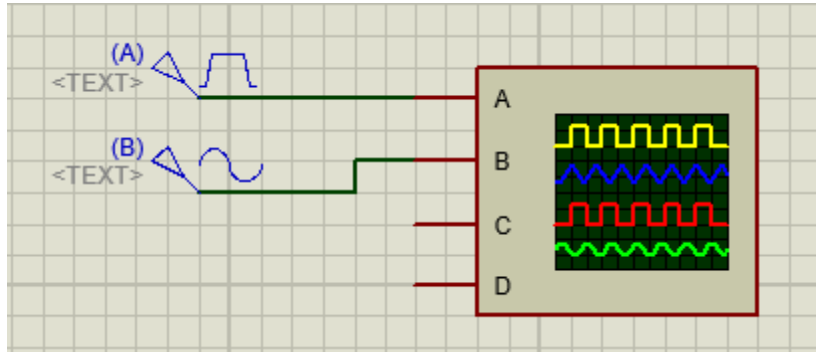


Рисунок П.1 – Схема исследования генераторов сигналов

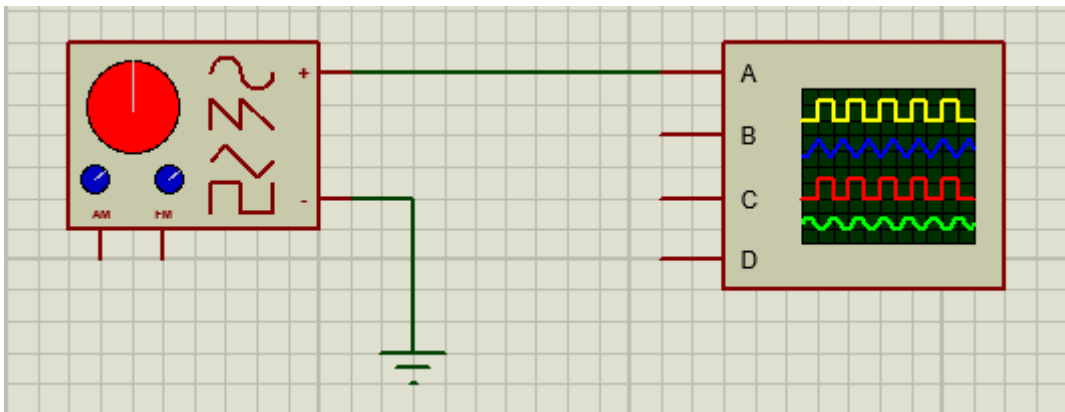


Рисунок П.2 – Схема исследования универсального генераторов сигналов

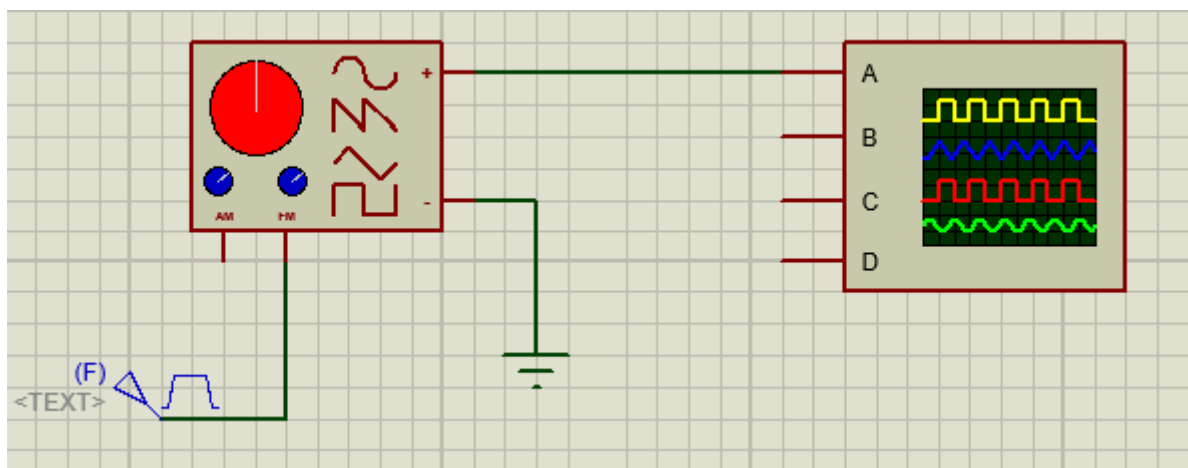


Рисунок П.3 – Схема исследования генераторов сигналов при частотной модуляции

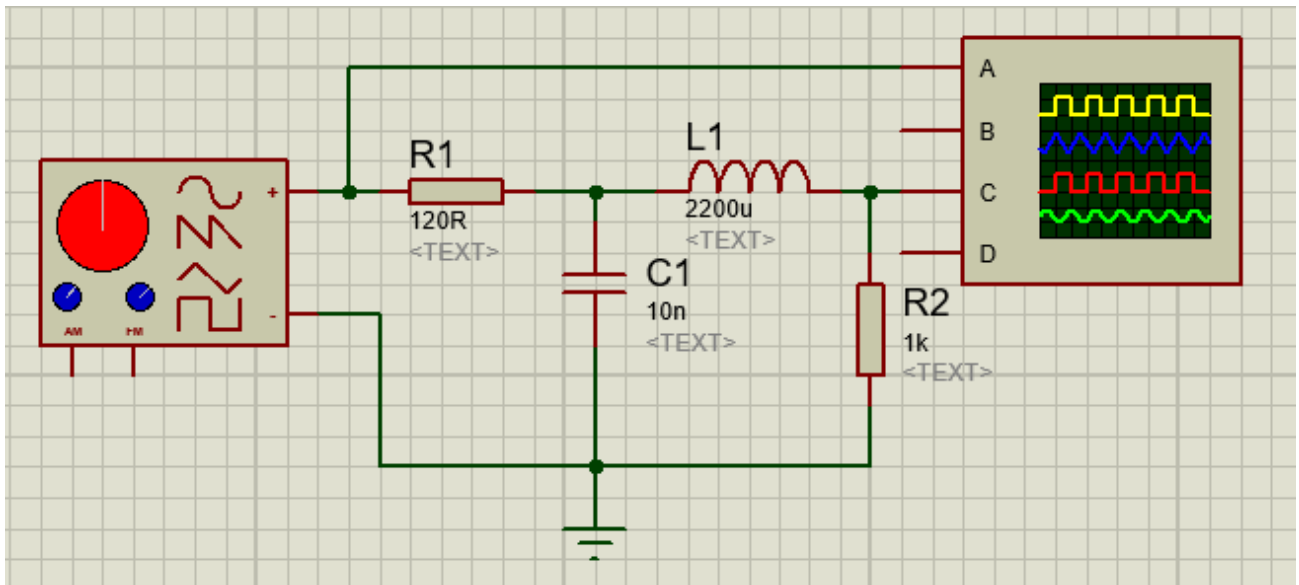


Рисунок П.4 – Схема исследования АЧХ и ФЧХ четырехполюсника

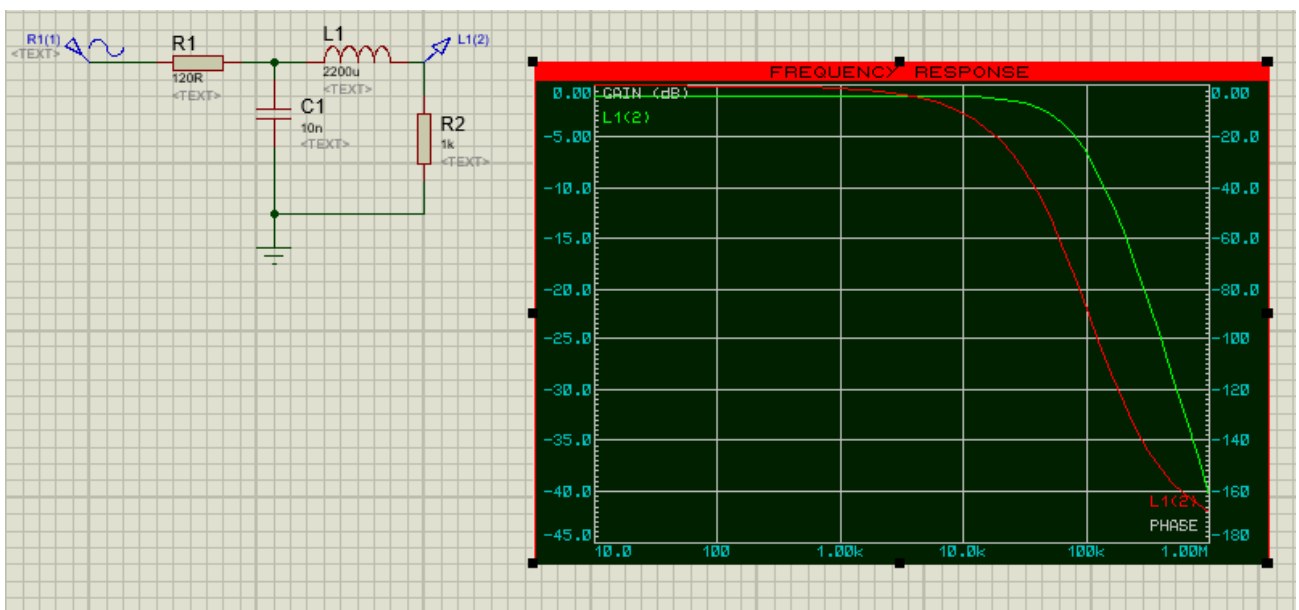


Рисунок П.5 – Схема исследования АЧХ и ФЧХ четырехполюсника с помощью анализатора частотных характеристик

