

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Баламирзоев Назим Лиодинович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 20.02.2025 11:59:33  
Уникальный идентификатор:  
5cf0d6f89e80f49a334f6a4ba58e91f3326b9926

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»**

Кафедра радиотехники, телекоммуникаций и микроэлектроники

**Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине**  
**«Основы компьютерного проектирования РЭС»**  
(для бакалавров направления 11.03.01. «Радиотехника»)

Махачкала 2024

УДК 621.396

Основы компьютерного проектирования РЭС радиоэлектронных средств:  
Лабораторный практикум. Махачкала, ДГТУ, 2024. с. 34.

Приводятся краткие теоретические сведения, необходимые для подготовки к выполнению лабораторных работ по курсу «Основы компьютерного проектирования РЭС», а также описание работ и порядок их выполнения.

Методические указания к выполнению лабораторных работ разработаны на основе Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования для бакалавров направления 11.03.01. «Радиотехника».

Составитель: к.т.н., доцент Мирзаев З.Н.

Рецензенты:

генеральный директор ООО «Каспий-Телеком», Абдулаев М.А.

д.т.н., профессор кафедры ТиОЭ Саркаров Т.Э.

Печатается по постановлению Совета Дагестанского государственного  
технического университета от

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Студенты направления 11.03.01. «Радиотехника» выполняют четыре лабораторные работы. К выполнению задания студенты допускаются только после проверки преподавателем их подготовленности. Для проведения лабораторных работ комплектуется бригада из 6-10 человек (по 2 студента на рабочее место).

Рабочее место представляет собой стол, на котором расположен персональный компьютер (ПК) типа IBM PC-AT. На одном рабочем месте может быть выполнена любая из лабораторных работ, поэтому порядок проведения занятий может быть произвольным. При выполнении работ должны соблюдаться правила техники безопасности при работе с персональным компьютером. После окончания лабораторной работы студенты должны выключить все блоки ПК.

Отчет о выполненных работах оформляется в тетради индивидуально каждым студентом. Экспериментальные и расчетные данные следует оформлять в виде таблиц, графиков и распечаток с принтера в соответствии с указаниями, приведенными в описаниях работ; графики и распечатки должны быть аккуратно вклеены в соответствующие места отчета. Кривые на графиках могут быть вычерчены тушью, карандашом или фломастером. На графиках и распечатках внизу должны быть приведены принятые обозначения и ссылки на таблицы, согласно которым построены кривые. Каждый пункт отчета, помимо таблиц и графиков, должен содержать краткое объяснение полученных результатов с выводом о проделанной работе.

На обложке отчета следует указать название университета и кафедры, год, фамилию, имя, отчество студента, специальность, шифр, УКП и группу, а также название дисциплины, по которой выполнены лабораторные работы.

При сдаче зачета студент должен знать назначение всех блоков ПК, правил работы с клавиатурой, должен проявить умение работать с программами анализа различных режимов радиоэлектронных устройств, с библиотеками элементов, должен знать математические модели элементов, используемые при анализе, уметь объяснить ход кривых, полученных при математическом моделировании.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

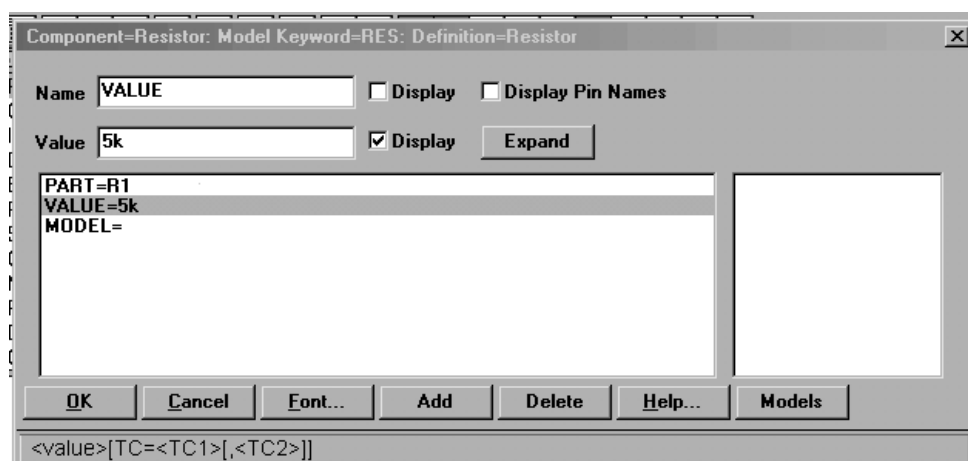
### СОЗДАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ В MICRO - CAP VIII

*Цель работы: знакомство с интерфейсом программы, системой меню, режимами работы редактора схем, приобретение навыков создания, редактирование и моделирование простейших аналоговых схем.*

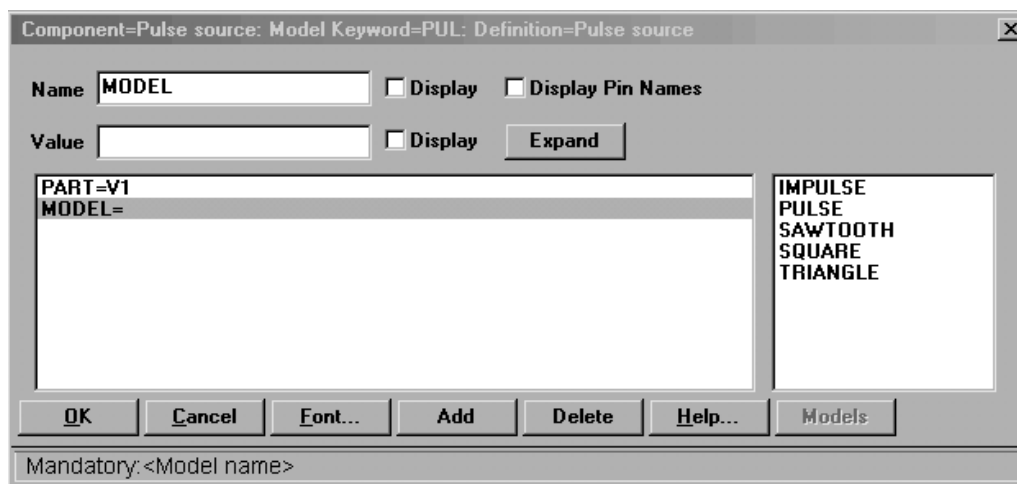
#### 1. Теоретическая часть

После вызова программы МС8 на экран выводится окно редактора схем. Схемы создаются и редактируются с помощью набора команд, сгруппированных в системе ниспадающих меню. Наиболее употребительные команды вызываются нажатием на пиктограммы или комбинации «горячих» клавиш. Имеется несколько основных режимов редактора схем, в каждом из которых доступны определенные команды. Доступные команды и соответствующие им пиктограммы ярко высвечиваются, недоступные затемнены. Список пиктограмм приведен в приложении 1.

Элементы для построения схемы выбираются из меню **Component** и размещаются на схеме щелчком мыши. После ввода компонента появляется диалоговое окно атрибутов. Список атрибутов располагается в центральной области окна, количество атрибутов зависит от типа компонента. Простейшие компоненты, такие как резистор, конденсатор, и т.д. имеют минимальный набор атрибутов, к которым относятся позиционное обозначение **PART** (например, R1, R2, C1) и номинальное значение параметра **VALUE** (например, 2.2k, 100p, 15u). Набор суффиксов, применяемых при записи номинальных значений, приведен в приложении 2.



Более сложные компоненты имеют атрибут имени модели **MODEL**. Список моделей, находящихся в доступных библиотеках, располагаются справа от окна атрибутов. Список моделей выводится автоматически, когда компонент впервые размещается на схеме. При необходимости изменении имени модели компонента этот список выводится нажатием кнопки **MODEL**.



Ввод/вывод редактирование имен и значений атрибутов осуществляется в строках **Name** и **Value**. С помощью панелей управления **Display** создается видимость имени и значения атрибута на схеме, а панель **Display Pin Names** создает видимость имен выводов компонента.

Если значение атрибута занимает много места, то с помощью кнопки **Expand** можно открыть дополнительное окно для ввода текста.

Каждому компоненту можно добавить ряд атрибутов, не оказывающих влияние на результаты моделирования; например, тип корпуса, допустимая рассеиваемая мощность. Для добавления нового атрибута нажимается кнопка **Add**, а для удаления выбранного атрибута нажимается кнопка **Delete**. Изменение шрифта атрибута, его размера и стиля выполняется после нажатия кнопки **Font**.

После размещения всех компонентов схемы на рабочем поле выполняется их соединение проводниками. Режим ввода проводников включается щелчком мыши на соответствующих пиктограммах. Начало проводника отмечается щелчком мыши на выводе компонента, и, далее, не отпуская левую клавишу мыши, наносят проводник на чертеж.

Электрические соединения образуются, когда проводник заканчивается в средней части другого проводника, образуя Т-образную цепь. Наличие такого соединения обозначается точкой, как на обычных принципиальных электрических схемах. Если в процессе проведения проводника он пересекает другой проводник, не останавливаясь в точке пересечения, электрическое соединение не образуется, и точка не проставляется.

На схему можно наносить текстовые надписи, например, имена цепей, описание моделей компонентов и любые произвольные текстовые комментарии. Активизировать режим ввода текстовых надписей можно щелчком мыши по пиктограмме с буквой **T**. Курсор помещается в точку схемы, должен начинаться текст, и нажимается левая клавиша мыши. Текст заносится в открывающемся окне, завершение его ввода производится клавишей **Enter**. При вводе имен цепей необходимо курсор подвести к любой точке выбранной цепи. Присваивание цепям имен упрощает читаемость схемы. Целесообразно присваивать имена наиболее характерным цепям схемы (вход, выход и. т. п.).

После того как нарисована принципиальная схема, можно приступить к расчету характеристик, выбирая в меню **Analysis** один из видов анализа:

**Transient Analysis, Alt+1**-расчет переходных процессов;

**AC Analysis, Alt+2**-расчет частотных характеристик;

**DC Analysis, Alt+3**-расчет передаточных функций по постоянному току.

## 2. Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите теоретическую часть.

2. Загрузите **Micro-CapVIII**, уясните назначение отдельных элементов интерфейса программы. Используя приложение №1, изучите назначение пиктограмм строки инструментов.

3. Войдите в меню **Component** и изучите структуру и состав каталога библиотек аналоговых и цифровых компонентов.

4. Получите у преподавателя номер варианта и выпишите из таблицы №1 свои данные.

Вариант параметр	№1	№2	№3	№4	№5	№6
$R^*$ , кОм	10	100	50	100	50	100
$C^*$ , мкФ	0,1	0,01	0,1	0,1	0,05	0,25
$T_u$ , мкс	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

5. Рассчитайте емкости и сопротивления по следующим формулам.

$$C_1 = \frac{0.1 \cdot t_u}{R^*} \quad C_2 = \frac{0.5 \cdot t_u}{R^*} \quad C_3 = \frac{(1 \div 2) \cdot t_u}{R^*}$$

$$R_1 = \frac{(1 \div 2)t_u}{C^*} \quad R_2 = \frac{0.5t_u}{C^*} \quad R_3 = \frac{0.1t_u}{C^*}$$

6. Выбрав из меню **Component** нужные компоненты, соберите интегрирующую RC цепь (выходное напряжение должно сниматься с конденсатора). Значение сопротивления установите  $R^*$ , а емкость конденсатора  $C1$ . В качестве источника сигнала используйте импульсный генератор (**Pulse source** из меню **Waveform sources**). Для импульсного генератора выберете встроенную модель **Pulse**, которая имеет следующие параметры: амплитуда-5в, период-1мкс. Для выполнения моделирования каждая схема должна иметь элемент **Ground** (“Земля”) из меню **Connectors** (“Соединители”).

7. Войдите в меню **Analysis** и выберите команду **Transient Analysis**. В появившемся окне задания параметров расчета переходных процессов задайте интервал моделирования (**Time Range**), количество точек (**Number of points**) и щелкните на опции **Auto scale Ranges** для автоматического масштабирования по осям X и Y, затем выберете команду **RUN**. Зарисуйте полученные графики, после чего нажмите клавишу F3 для возврата в окно редактирования.

8. Измените, номинал емкости, сначала на значения  $C2$ , а затем  $C3$ . Каждый раз повторяйте моделирование и зарисовывайте график.

9. Соберите дифференцирующую RC цепь (выходное напряжение должно сниматься с резистора). Значение емкости конденсатора установите равным  $C^*$ , а сопротивление резистора- $R1$ . В качестве источника сигнала возьмите такой же, как в предыдущей схеме импульсный генератор.

10. Выполните моделирование переходных процессов и зарисуйте полученные графики. Затем повторите моделирование для других значений сопротивлений  $R2$  и  $R3$ , каждый раз, зарисовывая графики.

### 3. Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Исследуемые схемы.
3. Расчеты емкостей и сопротивлений.
4. Графики, полученные в результате моделирования .
5. Буквенные суффиксы, используемые в MC5 для обозначения различных степеней.
6. Окно задания атрибутов компонента.

### 4. Контрольные вопросы












1. Какие пиктограммы применяются при создании и редактировании схем?
2. Расскажите о структуре и составе каталога библиотек.
3. Расскажите о назначении отдельных элементов, окна задания, атрибутов, компонентов.
4. Как осуществляется ввод и редактирование компонентов схемы?
5. Как осуществляется ввод и редактирование текстовых надписей?
6. Какие виды модулирования можно выполнить в системе MC5?
7. Расскажите о порядке выполнения работы.
8. Объясните результаты моделирования.

### 5. Рекомендуемая литература

1. Система схемотехнического моделирования **Micro-CapVIII** Разевиг В.Д.



## Приложение 1.

Режим	Назначение
<b>Редактирование и опрос</b>	
 Select mode (Выбор)	Выбор объектов для выполнения следующих операций: редактирование, очистка (без копирования в буфер обмена), удаление (с копированием в буфер обмена), перемещение, вращение, мультиплицирование, зеркальное отражение. Отдельный объект выбирается щелчком мыши. Для добавления объекта в группу предварительно нажимается клавиша Ctrl
 Component mode (Компоненты)	Добавление компонента в схему
 Text mode (Текст)	Нанесение на схему текстовых надписей: имен цепей, описание моделей компонентов, комментариев
 Wire mode (Цепи)	Ввод ортогональных проводников (Цепей)
 Diagonal wire mode (Диагональные цепи)	Ввод цепей под произвольным углом
 Graphics mode (Графика)	Рисование графических объектов: линий, прямоугольников, ромбов, эллипсов, дуг, секторов круга
 Flag mode (Флаги)	Ввод маркеров для быстрой навигации на схеме
 Info mode (Информация)	Вывод информации о параметрах выбранного щелчком мыши компонента с возможностью редактирования
 Help mode (Помощь)	Вызов текстовой информации о модели компонента, выбранного щелчком курсора. Нажатие Alt+F1 выводит описание синтаксиса директивы, указанной курсором в окне текста, в формате SPICE или схемного ввода
 Point to End Paths (Все связи)	Расчет задержек сигналов во всех путях, подходящих к выбранному цифровому компоненту
 Point to Point Paths (Связи между двумя компонентами)	Расчет задержек сигналов путей, соединяющих два выбранных цифровых компонента

<b>Отображение информации</b>	
 Grid text mode (Текст)	Высвечивание всех текстовых надписей
 Attribute text mode (позиционные обозначения)	Высвечивание позиционных обозначений всех компонентов
 Node numbers (Номера узлов)	Вывод номеров узлов схемы
 Node voltage / states (Узловые потенциалы / логические состояния)	Вывод узловых потенциалов аналоговых узлов и логических состояний цифровых узлов в режиме по постоянному току
 Pin connections (Выводы компонентов)	Обозначение выводов всех компонентов
 Command text mode (Команды)	Высвечивание всех команд, размещенных на схеме
 Cross – hair cursor (Курсор в виде перекрестья)	Изображение курсора в виде перекрестья на весь экран
 Grid (Сетка)	Высвечивание сетки
 Border (Рамка сетки)	Заключение чертежа схемы в рамку
 Title (Угловой штамп)	Нанесение изображения углового штампа (основной надписи).

## Приложение 2.

F	фемто	$10^{-15}$
P	пико	$10^{-12}$
N	нано	$10^{-9}$
U	микро	$10^{-6}$
M	милли	$10^{-3}$
K	кило	$10^3$
MEG	мега	$10^6$
G	гига	$10^9$
T	тера	$10^{12}$

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

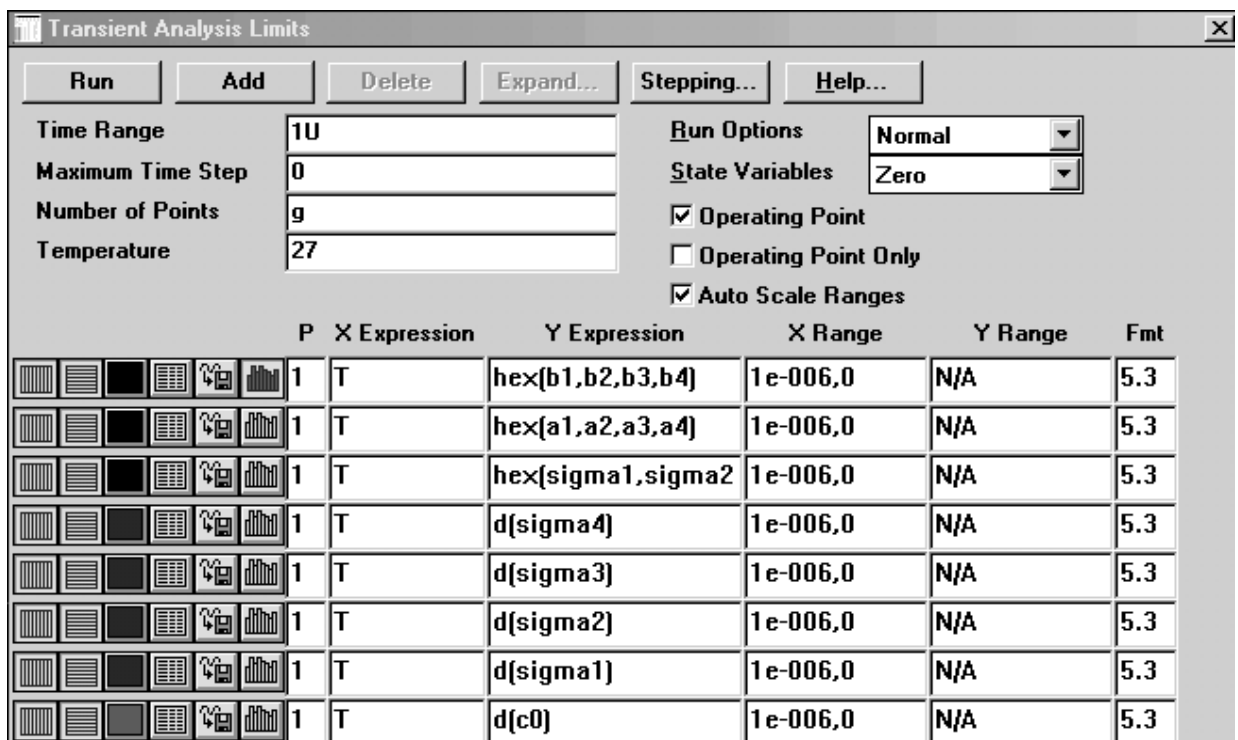
### АНИЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

*Цель работы: приобретение навыков моделирования аналоговых схем во временной области, ознакомление с заданием параметров моделирования.*

#### 1. Теоретическая часть

##### 1.1. Задание параметров моделирования.

После того как нарисована принципиальная схема, переходят к расчету характеристик, выбирая в меню *Analysis* один из видов анализа. Для выполнения моделирования схемы во временной области выбирается команда *Transient Analysis* (Alt+1).



После перехода в режим анализа переходных процессов программа MS8 проверяет правильность составления схемы. При наличии ошибок выводится информационное сообщение. При отсутствии ошибок в схеме программа составляет её топологическое описание, выполняет подготовку к численному расчету переходных процессов и открывает окно задания параметров

моделирования *Transient Analysis Limits*. В верхней части окна расположены кнопки с командами:

**Run** – начало моделирования.

**Add** – добавление еще одной строки спецификации вывода результатов, отмеченной курсором.

**Delete** – удаление строки спецификации вывода результатов, отмеченной курсором.

**Expand** – открытие дополнительного окна для вывода текста большого размера.

**Stepping** – открытие диалогового окна задания вариации параметров.

**Help** – вызов раздела Transient Analysis системы помощи.

Ниже команд расположены 4 строки для ввода численных параметров:

- **Time Range** – спецификация конечного и начального времени расчета переходных процессов по формату Tmax[,Tmin]. По умолчанию Tmin=0.

- **Maximum Time Step** – максимальный шаг интегрирования. Если шаг не задан, то максимальный шаг интегрирования полагается равным  $(T_{max}-T_{min})/50$ .

- **Number of Points** – количество точек, выводимых в таблице. по умолчанию принимается 51, минимальное значение 6.

- **Temperature** – диапазон изменения температуры; формат High [,Low [,Step]]. Если параметр Step (шаг) опущен, то анализ выполняется при двух значениях температуры: Low (минимальной) и High (максимальной). Если опущены оба параметра Low и Step, то расчет проводится при единственной температуре, равной High.

Правее раздела "Численные параметры" располагается список опций:

**Run Options** – управление выдачей результатов расчетов:

**Normal** – результаты расчетов не сохраняются,

**Save** – сохранение результатов расчетов в бинарном дисковом файле;

**Retrieve** – считывание последних результатов расчета из дискового файла, созданного ранее.

**State Variables** – установка начальных условий:

*Zero* – установка нулевых начальных условий для потенциалов всех аналоговых узлов и токов через индуктивности;

*Read* – чтение начальных условий из бинарного дискового файла <имя схемы>.TOP, созданного ранее с помощью State Variables Editor.

*Leave* – установка в качестве начальных условий значений, полученных при окончании расчета предыдущего варианта.

**Operation Point** – включение режима расчета по постоянному току перед началом каждого расчета переходных процессов.

**Operation Point Only** – расчет только режима по постоянному току (расчет переходных процессов не производится);

**Auto Scale Ranges** – присвоение признака автоматического масштабирования "Auto" по осям X, Y для каждого нового варианта расчетов.

Ниже раздела "Численные параметры" располагаются строки, отвечающие за вывод результатов моделирования. Каждая строка начинается с набора пиктограмм, которые определяют характер вывода данных, задаваемых в той же строке. Первая пиктограмма служит для переключения между логарифмической и линейной шкалой по оси X, вторая пиктограмма такой же переключатель, но по оси Y. Третья пиктограмма выводит меню для выбора одного из 16 цветов окрашивания графиков. Кнопка окрашивается в выбранный цвет. Четвертая пиктограмма заносит в текстовый выходной файл таблицу отсчетов функции, заданной в графе *Y Expression*. Запись проводится в файл <имя схемы>.TNO. Таблица просматривается в окне *Numeric Output*. Количество отсчетов функции задается параметром *Number of Points* в разделе "Числовые параметры". Следующая пиктограмма создает файл с расширением .USR, в которой заносятся отсчеты функции, заданной в графе *Y Expression*. В дальнейшем при анализе другой цепи эта функция может служить входным сигналом, если в разделе *Waveform sources* выбрать тип сигнала User source. Таким образом, могут быть записаны только аналоговые сигналы. Последняя пиктограмма позволяет провести статический анализ по методу Монте-Карло.

После пиктограмм идет графа *P* (Plot Group), в которой указывается номер графического окна (от 1 до 9) для построения данной функции. Все функции, помеченные одним и тем же номером, выводятся в одном окне.

В графе *X Expression* задается имя переменной, откладываемой по оси *X*. Обычно при анализе переходных процессов по этой оси откладывается время.

В графе *Y Expression* задается математическое выражение для переменной, откладываемой по оси *Y*. В этой графе может задаваться простая переменная одного из следующих типов:

**D(A)** – логическое состояние цифрового узла *A*;

**V(A)** – напряжение между узлом *A* и "землей", которой программа присваивает номер 0;

**V(A, B)** – разность потенциалов между узлами *A* и *B*;

**V(D1)** – напряжение между выводами двухполюсного компонента *D1*;

**I(D1)** – ток через компонент *D1*;

**I(A, B)** – ток через ветвь между узлами *A* и *B*;

**IR(Q1)** – ток, втекающий в вывод *R* активного устройства *Q1*;

**VRS(Q1)** – напряжение между выводами *R* и *S* устройства *Q1*;

**CRS(Q1)** – емкость между выводами *R* и *S* устройства *Q1*;

**QRS(Q1)** – заряд ёмкости между выводами *R* и *S* устройства *Q1*;

**R(R1)** – сопротивление резистора *R1*;

**C(X1)** – емкость конденсатора или диода *X1*;

**Q(X1)** – заряд конденсатора или диода *X1*;

**L(X1)** – индуктивность катушки или сердечника *X1*;

**H(L1)** – напряженность магнитного поля в сердечнике *L1*.

В графах *Xrange* и *Yrange* задаются максимальные и минимальные значения переменных *X* и *Y* на графиках по формату *High [,Low]*. Если минимальное значение *Low* равно нулю, его можно не указывать. Для автоматического выбора диапазона переменных в этих графах указывается *Auto*.

В последней графе *Fmt* задается формат представления числовых данных при построении таблиц. Числа представляются в двух форматах: инженерная и

научная нотации. В инженерной нотации в графе *Fmt* используется формат L.R, где L указывает число знаков слева от десятичной точки, а R – справа, например 5.3. В научной нотации используется формат RE, где R указывает число знаков справа от десятичной точки, например 3E или 5e; при этом количество знаков слева от десятичной точки всегда полагается равным единице.

После перехода в режим расчета переходных процессов меняется состав меню команд. Появляется новый режим *Transient*, имеющий следующие команды:



Run (F2) – выполнение моделирования;



Limits (F9) – задание пределов моделирования и построения графиков



Stepping (F11) – вариация параметров;



Analysis Plot (F4) – открытие графического окна результатов

моделирования;



Numeric output (F5) – вывод на экран численных результатов;



State Variable Editor (F12) – вызов редактора значений

переменных состояния;

Exit Analysis (F3) – завершение режима анализа и возвращение в окно схем;

### 1.2. Задание начальных значений и редактирование переменных состояния.

Состояние электрической схемы полностью описывается потенциалами её аналоговых узлов, токами через индуктивности и логическими состояниями цифровых узлов. Перед началом расчета переходных процессов их значения должны быть определены. В программе MC5 для этого используются следующие возможности. Перед первым расчетом переходных процессов какой-либо схемы, если не используется редактор *State Variables Editor*, все переменные состояния полагаются равными нулю, а состояния цифровых узлов присваивается состояние неопределенности "X".

При последующих расчетах той же схемы начальные значения устанавливаются в соответствии со значениями параметра *State Variable*, установленного в окне *Analysis Limits*. Используя эти начальные условия, производят расчет режима по постоянному току при включении источников питания, далее начальные условия переопределяются и затем рассчитываются переходные процессы при включении источников переменных сигналов, если, конечно включена опция *Operation Point*.

при включении опции *Operation Point Only* переменные состояния принимают значения, определенные в режиме по постоянному току, и отображаются в окне *State Variables Editor*. Это окно имеет три колонки, в которых располагаются значения узловых потенциалов *Node Voltages*, токов через катушки индуктивностей *Inductor Currents* и логических состояний цифровых узлов *Node Levels*.

В нижней части окна расположены кнопки команд:

- Close – закрытие диалогового окна;
- Clear – присвоение нулевых значений всем переменным состояниям;
- Read – чтение переменных состояний из файла <имя схемы>.TOP;
- Write – запись в бинарный файл <имя схемы>.TOP переменных состояний;
- Print – запись в текстовый файл <имя схемы>.SVV;
- Help – вызов системы помощи.

## 2. Задание.

1. Внимательно изучите теоретическую часть методического указания.
2. Получите у преподавателя вариант задания.
3. Нарисуйте первую схему. Перепишите в отчет директивы **.MODEL** для источника сигнала и диода.
4. Задайте параметры моделирования таким образом, чтобы в графическое окно выводились два графика: входной и выходной сигнал. Время



наблюдения установите не менее трех периодов входного колебания. Зарисуйте окно задания параметров моделирования в отчет.

5. Выполните моделирование. Зарисуйте полученные графики в отчет.

6. Нарисуйте вторую схему, Ниже схемы напишите её название.

7. Задайте параметры моделирования таким образом, чтобы в графическое окно выводились графики входного и выходного сигнала и график изменения напряжения на диоде. Каждый график должен выводиться в отдельное окно своим цветом. Отсчеты функции напряжения на диоде должны быть помещены в файл.

8. Выполните моделирование. Зарисуйте полученные графики в отчет.

9. Выведите на экран численные результаты моделирования.

Перепишите результаты в отчет.

10. Выведите на экран окно редактора переменных состояния *State Variable Editor*.

## 2. Содержание отчета.

1. Название и цель работы.

2. Исследуемые схемы.

3. Модели источника сигнала и диода.

4. Окно задания пределов моделирования.

5. Численные результаты моделирования второй схемы.

6. Графики, полученные при моделировании обеих схем.

## 3. Контрольные вопросы.

1. Какие команды доступны в окне *Transient Analysis Limits*.

2. Какие численные параметры задаются для анализа во временной области?

3. Каково назначение опций в окне временного анализа?

4. Назначение пиктограмм в строке вывода результатов моделирования?

5. Что задается в графах строки вывода результатов моделирования?

6. Какие команды доступны в режиме *Transient*?
7. Как задаются начальные значения и редактируются переменные состояния?
8. какими параметрами характеризуется модель диода?
9. Поясните принцип работы исследуемых схем по полученным графикам.

#### 4. Литература.

1. Разевиг В.Д. Система схемотехнического моделирования **MICRO-CAP VIII.** – М.; "Солон", 2007 г.

Вариант 1.

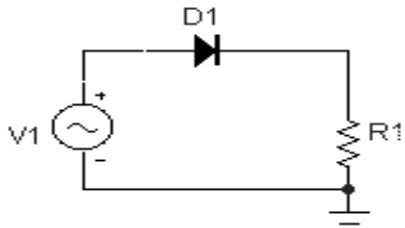


Схема 1. Диодный  
ключ.  
V1 – 100 Гц, 5В  
D1 – 1N3017A;  
R1 – 1k

Вариант 2.

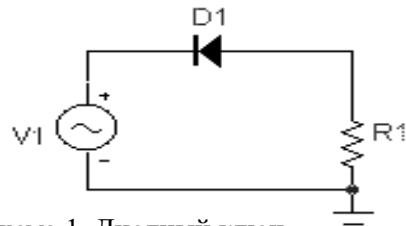


Схема 1. Диодный ключ.  
V1 – 80 Гц, 6В  
D1 – 1N3017A;  
R1 – 1k

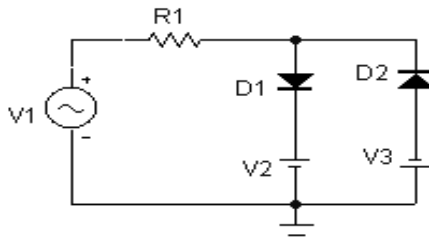


Схема 2. Двухсторонний  
ограничитель.  
V1 – 100 Гц, 5В  
D1, D2 – 1N3017A;  
V1, V2 – 3В;  
R1 – 1k

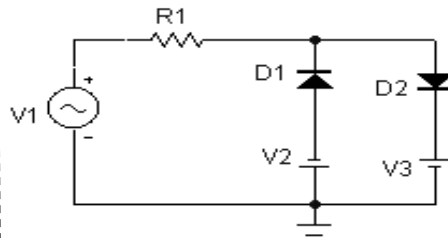


Схема 2. Двухсторонний  
ограничитель.  
V1 – 30 Гц, 6В  
D1, D2 – 1N3017A;  
V1, V2 – 4В;  
R1 – 1k

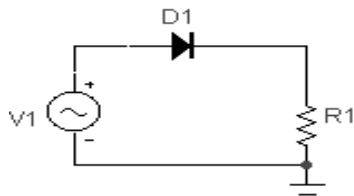


Схема 1. Диодный ключ.  
V1 – 60 Гц, 2В  
D1 – 1N3017A;  
R1 – 1k

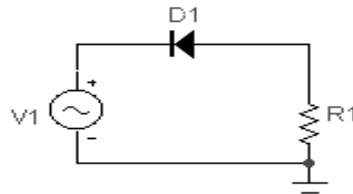


Схема 1. Диодный ключ.  
V1 – 90 Гц, 4В  
D1 – 1N3017A;  
R1 – 1k

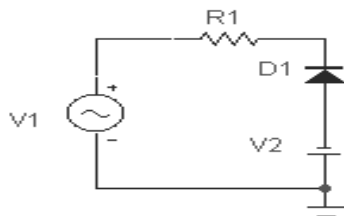


Схема 2. Односторонний  
ограничитель.  
V1 – 60 Гц, 2В      V2 – 1В  
D1 – 1N3017A;  
R1 – 1k

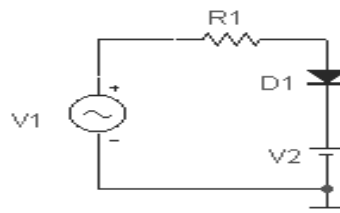


Схема 2. Односторонний  
ограничитель.  
V1 – 90 Гц, 4В  
D1 – 1N3017A;  
V2 – 2В;  
R1 – 1k

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

## РАСЧЕТ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ

### DC Analysis

*Цель работы: приобретение навыков в проведении расчета передаточных характеристик, изучение элементов окна задания параметров DC Analysis, приобретение навыков в обработке результатов моделирования.*

#### 1. Теоретическая часть

##### 1.1. Задание параметров расчета в режиме DC

В режиме DC рассматриваются передаточные характеристики по постоянному току. Ко входам цепи подключаются один или два независимых источника постоянного напряжения или тока. В качестве выходного сигнала может рассматриваться разность узловых потенциалов или ток через ветвь, в которую включен резистор. При расчете режима DC программа закорачивает индуктивности, исключает конденсаторы и затем рассчитывает режим по постоянному току при нескольких значениях входных сигналов. Например, при подключении одного источника постоянного напряжения рассчитывается передаточная функция усилителя, а при подключении двух источников – семейство статических выходных характеристик транзистора.

После перехода в режим DC программа MC5 проверяет правильность схемы. При отсутствии ошибок в схеме программа составляет её топологическое описание, выполняет подготовку к численному расчету нелинейных уравнений и открывает окно задания параметров моделирования DC Analysis Limits.

*Сверху окна расположены кнопки с командами:*

**Run** – начало моделирования;

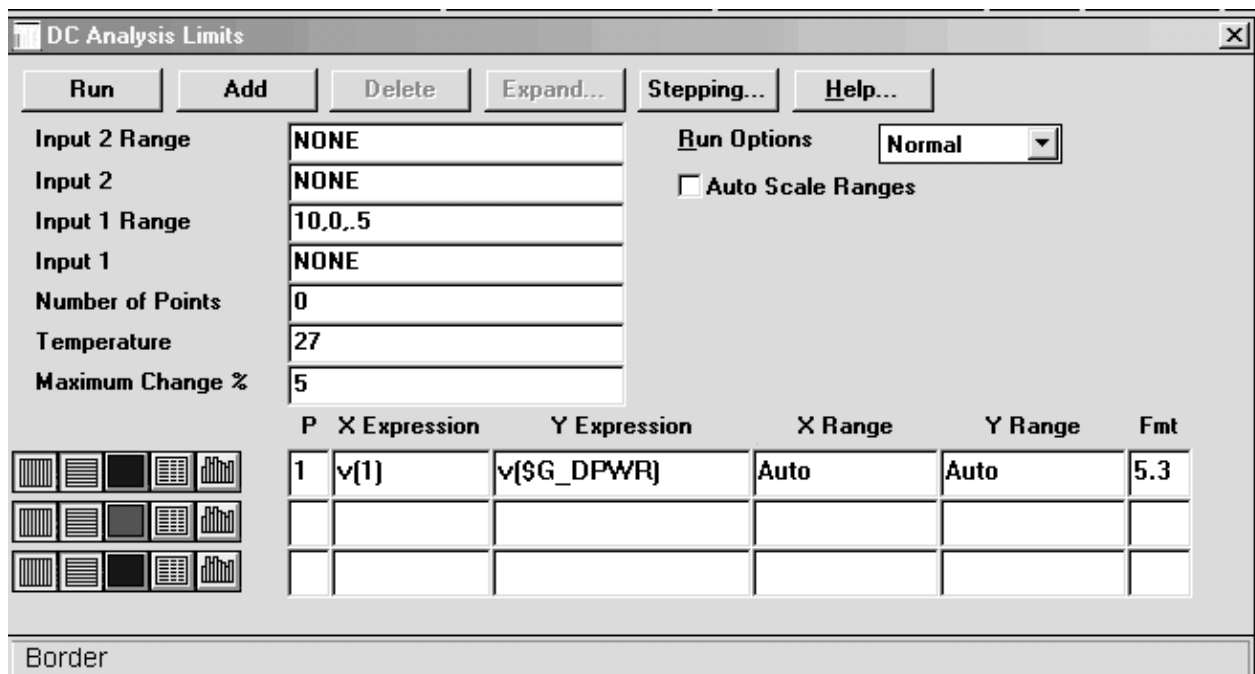
**Add** – добавление еще одной строки спецификации вывода результатов после строки, отмеченной курсором;

**Delete** – удаление строки спецификации вывода результатов, отмеченной курсором;

**Expand** – открытие дополнительного окна для ввода текста большого размера;

**Stepping** – открытие диалогового окна задания вариации параметров;

**Help** – вызов раздела DC Analysis системы помощи.



*Ниже расположены численные параметры:*

**Input 2 range** – пределы изменения второго варьируемого источника тока или напряжения; формат Final [,Initial [,Step]]. Если опущен параметр Step (шаг), то шаг будет принят равным Final – Initial. Если опущен параметр Initial, то начальное значение будет принято равным нулю. Если изменяется только один источник, то можно оставить строку пустой.

**Input 2** – имя второго источника постоянного напряжения или тока. Если источник один, то в этой строке записывается NONE.

**Input 1 range** – пределы изменения основного источника тока или напряжения, формат Final [,Initial[,MaxStep]]. Первые два параметра задают конечное и начальное значение его величины, а третий – максимальный шаг изменения. Если параметр MaxStep опущен, то шаг изменения будет полностью определяться параметром Maximum change.

**Input 1** – имя основного источника постоянного напряжения или тока.

**Number of Points** – количество точек, выводимых в таблицы

**Temperature** – диапазон изменения температуры; формат High[,Low[,Step]].

Если параметр Step опущен, то анализ выполняется при двух значениях температуры: Low (минимальной) и High (максимальной). Если опущены оба параметра Low и Step, то расчет проводится при единственной температуре, равной High.

Maximum change, % - максимально допустимое приращение графика первой функции на интервале шага изменения первого источника Input 1 (в процентах от полной шкалы). Если график функции изменяется быстрее, то шаг приращения величины первого источника автоматически уменьшается.

Правее раздела "Численные параметры" располагаются опции:

**Run Options** – управление выдачей результатов расчетов:

*Normal* – результаты расчетов не сохраняются;

*Save* – сохранение результатов расчетов в бинарном дисковом файле <имя схемы>.DSA;

*Retrieve* – считывание последних результатов расчета из дискового файла <имя схемы>.DSA, созданного ранее.

**Auto Scale Ranges** – присвоение признака автоматического масштабирования "Auto" по осям X,Y для каждого нового варианта расчетов. Если эта опция выключена, то принимаются во внимание масштабы, указанные в графах X Range, Y Range.

Ниже раздела "Численные параметры" расположены строки, в которых определяется характер вывода данных. Для каждого выводимого данного своя строка. Вначале каждой строки расположены пиктограммы.

После перехода в режим расчета передаточных функций меняется состав меню команд. Появляется новый режим DC, имеющий следующие команды:

*Run* (F2) – выполнение моделирования;

*Limits* (F9) – задание пределов моделирования и построения графиков;

*Stepping* (F11) – вариация параметров;

*Analysis Plot* (F4) – открытие графического окна результатов моделирования;

*Numeric output* (F5) – вывод на экран численных результатов;

*State Variable Editor* (F12) – вызов редактора значений переменных состояния.

*Exit Analysis* (F3) – завершение режима анализа и возвращение в окно схем.

## 1.2. Просмотр и обработка результатов моделирования.

После завершения моделирования в графическом окне выводятся графики характеристик схемы. В меню инструментов графического окна имеются пиктограммы, которые позволяют осуществлять просмотр, обработку сигналов и нанесение надписей на их графики. Нажатие пиктограммы включает соответствующий режим:

*Scale* (F7) – Вывод на весь экран части графика, заключенного в рамку.

*Cursor* (F8) – Режим электронного курсора для считывания координат одной или двух точек на графике, имя переменной которой подчеркнуто. Расположение точек на графике изменяются их буксировкой правой и левой кнопками мыши.



**Text Abs** – ввод текста в абсолютных координатах. Точка привязки текста задается курсором при щелчках мыши.



**Text Rel** – ввод текста в относительных координатах.



**Point Tag** – нанесение на график значений координат X и Y выбранной точки.



**Horizontal Tag** – нанесение расстояния по горизонтали между двумя выбранными точками графика.



**Vertical Tag** – нанесение расстояния по вертикали между двумя выбранными точками графика.

Окно результатов моделирования можно панорамировать и масштабировать. Панорамированием называется перемещение окна без изменения масштаба изображения. Одновременное нажатие клавиши **Ctrl+<клавиша стрелок>** перемещает графики активного окна в направлении

стрелки. Щелчок и удержание правой кнопки мыши позволяет перемещать график движением мыши.

Масштабирование графиков выполняется с помощью команд меню в режиме электронной лупы Score или с помощью функциональных клавиш:

*Auto Scale*, F6 – автоматическое масштабирование графиков выбранного окна так, чтобы они заняли все окно.

*Restore Limit Scale*, Ctrl+Home – перечеркивание всех графиков в масштабе, указанном в окне Analysis Limits.



Ctrl + "-" – уменьшение масштаба изображения.



Ctrl + "+" – увеличение масштаба изображения.

### 1.3. Вывод графиков характеристик в режиме Probe

В MC8 имеется специальный режим Probe для создания файла данных, в который заносятся потенциалы всех узлов схемы, что позволяет после завершения моделирования построить график любой переменной. Просмотр графиков Probe производится в следующем порядке. В меню команды Analysis выбирается один из видов анализа и заполняются все графы окна Analysis Limits. Далее в меню команды Analysis выбирается режим Probe тем же видом анализа: Probe Transient Analysis, Probe AC Analysis, Probe DC Analysis. В этом режиме экран делится на две части. Справа размещается окно с изображением схемы, а слева – окно построения графиков. При этом содержание строки команд изменяется. В меню команды Probe выбирается строка New run для выполнения моделирования, все результаты которого заносятся в дисковый файл, что позволяет вывести на экран график любой характеристики. Тип переменных, откладываемых по осям графиков, предварительно выбирается в пунктах меню Vertical и Horizontal. Если при этом в окне не видна нужная часть схемы, то окно схемы можно открыть



полностью. После выбора нужного узла окно схемы минимизируется и вновь появляется окно графиков с нанесенной новой характеристикой.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

### РАСЧЕТ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В СИСТЕМЕ Micro-Cap VIII

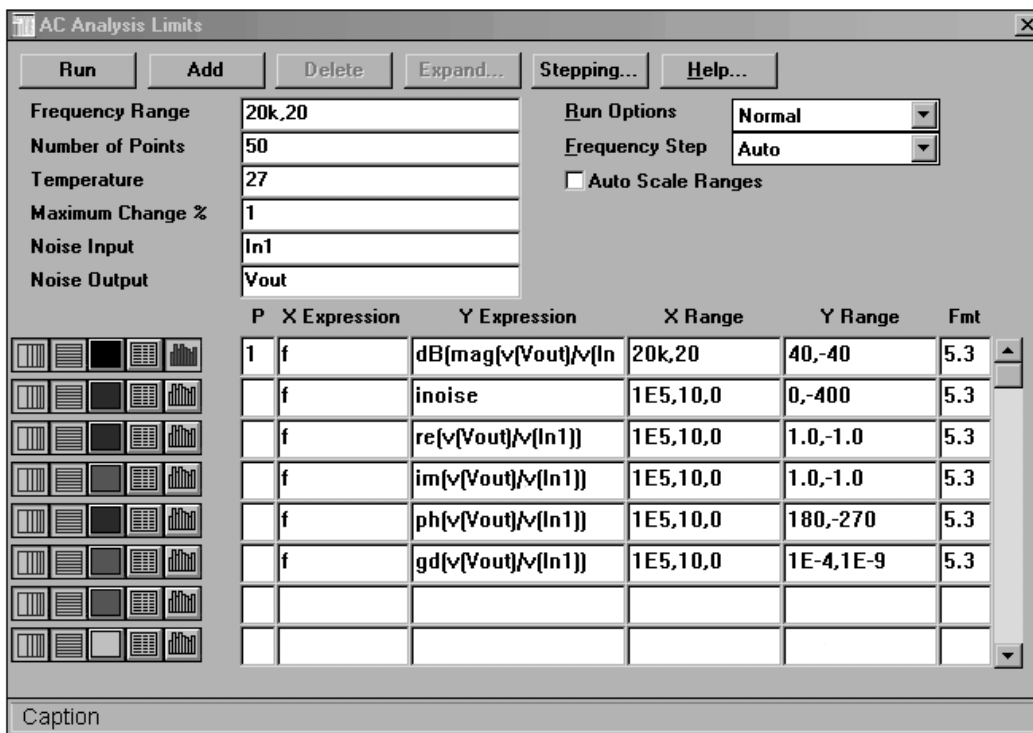
#### AC Analysis

*Цель работы: приобретение навыков в проведении анализа частотных характеристик, изучение элементов окна задания параметров AC анализа приобретение навыков проведения многовариантного анализа.*

#### 1. Теоретическая часть

В режиме AC сначала рассчитывается режим схемы по постоянному току, затем линеаризуется все нелинейные компоненты (пассивные компоненты с нелинейными параметрами, диоды, транзисторы, нелинейные управляемые источники) и выполняется расчет комплексных амплитуд угловых потенциалов и токов ветвей.

К входу схемы должен быть подключён источник синусоидального **SIN** или импульсного сигнала **PULSE** или сигнал **USER**, форма которого задается пользователем. При расчете частотных характеристик комплексная амплитуда этого сигнала полагается равной 1в, начальная фаза нулевая (независимо от того, как заданы значения параметров модели сигнала), а частота меняется в пределах, задаваемых в меню **AC Analysis Limits**. Если имеется один источник сигнала, то выходные напряжения будут совпадать с частотными характеристиками устройства. Если же источников сигнала несколько, то отклики от каждого сигнала будут складываться. После перехода в режим анализа частотных характеристик программа MC5 проверяет правильность составления схемы. При отсутствии ошибок в схеме программа составляет её топологическое описание, выполняет подготовку к численному решению системы линейных алгебраических уравнений и открывает окно задание параметров моделирования **AC Analysis Limits**.



В верхней части окна расположены кнопки с командами:

**RUN** - начало моделирования;

**ADD** - добавление еще одной строки спецификации вывода результатов после строки, отмеченной курсором;

**DELETE** - удаление строки спецификации вывода результатов, отмеченной курсором;

**EXPAND** - открытие дополнительного окна для ввода текста большого размера при расположении курсора в одной из граф, содержащих выражение, например Y Expression;

**STEPPING** - открытие диалогового окна задания вариации параметров;

**HELP** - вызов раздела **AC Analysis** системы помощи.

Под кнопками с командами располагается область для задания численных параметров:

**FREQUENCY RANGE** - спецификация конечной и начальной частоты по формату Fmax, Fmin. Например, 25к, 5к. В этом случае частотная характеристика

строится для частотного диапазона от 5кГц до 25кГц. Отрицательные значения частоты не допускаются. Если значения  $F_{min}$  не указано, то расчет не производится;

**NUMBER OF POINTS** - количество точек по частоте, в которых приводится расчет частотных характеристик. Минимальное значение равно 5.

**TEMPERATURE** - диапазон изменения температуры; формат **High [Low [Step]]**. Температура указывается в градусах Цельсия. Если параметр **Step(Шаг)** опущен, то анализ выполняется при двух значениях температуры. Если опущены оба параметра **Low** и **Step**, то расчет проводится при единственной температуре, равной **High**.

**MAXIMUM CHANGE%** - максимально допустимое приращение графика первой функции на интервале шага по частоте (в процентах от полной шкалы). Принимается во внимание только при выборе опции **Auto**.

**NOIS INPUT** - имя источника сигнала, подключенного к входным зажимам цепи.

**NOISE OUTPUT** - номера узлов выходных зажимов цепи, в которых вычисляется спектральная плотность напряжения выходного шума цепи. Формат узел 1[,узел2].

Справа от числовых параметров располагаются опции:

**RUN OPTIONS** - управление выдачей результатов расчета:

**NORMAL** - результаты расчетов не сохраняются;

**SAVE** - сохранение результатов расчетов в бинарном дисковом файле <имя схемы>.ASA;

**RETRIEV** - считывание последних результатов расчета из дискового файла <имя схемы>.ASA, созданного ранее.

**FREQUENCY STEP** - шаг изменения частоты:

**AUTO** - автоматический выбор шага по частоте, выбираемого на основе контроля максимального приращения функции первого графика;

**FIXED LINEAR** - расчет с постоянным линейным шагом по частоте;

**FIXED LOG** - расчет с постоянным шагом на логарифмической шкале частоты.

**AUTO SCALE RANGES** - присвоение признака автоматического масштабирования "AUTO" по осям X, Y для каждого нового варианта расчетов. Если это опция выключена, то принимается во внимание масштабы, указанные в графах **X RANGE**, **Y RANGE**.

Ниже раздела "Числовые параметры" располагаются строки, отвечающие за вывод результатов моделирования. Каждая строка начинается группой пиктограмм. Нажатие каждой пиктограммы определяет характер вывода данных, задаваемых в той же строке. Первая пиктограмма (**X Log/Linear Scale**) осуществляем переключение между логарифмической и линейной шкалой по оси X. При выборе логарифмической шкалы диапазон изменения переменной должен быть положительным. Вторая пиктограмма (**Y Log/Linear Scale**) осуществляет переключение между логарифмической и линейной шкалой по оси Y. Третья пиктограмма (**Color**) осуществляет вызов меню для выбора одного из 16 цветов окрашивания графиков. Сама пиктограмма окрашивается в выбранный цвет. Четвертая пиктограмма (**Numeric Output**) включает режим, в котором в текстовой выходной файл заносится таблица отчетов функции, заданной в графе **Y Expression**. Запись производится в файл <имя схемы>.ANO.

Таблица просматривается в окне **Numeric Output** (открывается нажатием клавиши F5). Количество отчетов функции (число строк в таблице) задается параметром **Number of Points** в разделе Числовые параметры. Пятая пиктограмма (**Monte Carlo**) позволяет выбрать функцию, для которой производится статический анализ по методу Монте-Карло.

После пиктограммы расположены следующие поля:

**PLOT GROUP** - в графе P числом от 1 до 9 указывается номер графического окна, в котором должна быть построена данная функция. Все функции, помеченные одним и тем же номером, выводятся в одном окне.

**X EXPRESSION** - имя переменной, откладываемой по оси X. Обычно при AC анализе по этой оси откладывается частота.

**Y EXPRESSION**- Математическое выражение для переменной, откладывается по оси Y. Это может быть модуль напряжения в узле (например, V(1)), модуль напряжения в узле в децибелах (например, db (V(1))), фаза напряжения в градусах (например, ph (v))). Для расчета уровня внутреннего шума в графе **Y EXPRESSION** помещают имена переменных **ONISE, INOISE**.

**X RANGE** - максимальное и минимальное значение переменной X на графике по формату High [, Low]. Если минимальное значение Low равно нулю, его можно не указывать. Автоматического выбора диапазона в этой графе указывается Auto.

**Y RANGE** - Максимальное и минимальное значение переменной Y на графике.

**Fmt** - Формат представления числовых данных при построении таблиц, при выводе текущего значения переменных X и Y при нажатии клавиши P и при работе с электронной лупой.

В меню всех видов анализа, в том числе AC анализа, имеется раздел **STEPPING**, с помощью которого указывается имя варьируемого параметра и пределы его изменений. Окно **STEPPING** содержит следующие строки.

**STEP WHAT** - на верхних двух строках указывается имя компонента и имя его варьируемого параметра. Содержание этих строк зависит от выбранного ниже типа **COMPONENT** или **MODEL**.

**From** - начальное значение параметра.

**STEP VALUE** - Величина шага параметра. При линейной шкале оно прибавляется к начальному значению, а при логарифмической шкале умножается на текущее значение параметра.

**STATUS** - Включение режима вариации параметров (on) или его выключения (off) при следующем сеансе моделирования.

**Method**-метод изменения параметра:

**Linear**-линейная шкала;

**LOG**-логарифмическая шкала.

**TYPE**- тип вариации параметров:

**COMPONENT** - В списке компонентов **STEP WHAT** выбирается имя компонента, чьи параметры должны варьироваться. Если выбран простой компонент, имеющий единственный параметр, например конденсатор, то на второй строке появится стандартное имя **VALUE**. Если же выбранный компонент имеет модель, то на второй строке нужно выбрать имя её параметра (например, параметр BF биполярного транзистора Q1).

**MODEL** - в списке **STEP WHAT** выбирается имя модели, чьи параметры должны варьироваться. Например, в первой строке **STEP WHAT** указан тип модели D (означает диод), а во второй строке имя параметра модели RS (объемное сопротивление). По этому способу варьируются параметры всех компонентов, имеющих выбранную модель.

## 2. Задание

1. Внимательно изучите теоретическую часть методического указания.
2. Получите у преподавателя вариант задания.
3. Создайте на рабочем поле принципиальную схему, соответствующую варианту задания (схема 1).
4. Изучите модель операционного усилителя, заданного директивой **MODEL**. Выпишите в отчет следующие параметры выбранного ОУ:
  - коэффициент усиления;
  - коэффициент подавления синфазного сигнала;
  - потребляемая мощность;
  - напряжение смещения нуля;
  - разность входных токов смещения;
  - напряжение питания.
5. Используя режим **AC** получите амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики усилителя. Зарисуйте в отчет полученные графики и окно задания параметров моделирования (окно **AC ANALYSIS LIMITS**).
6. Создайте на рабочем поле вторую принципиальную схему (схема 2).

7. Проведите многовариантный анализ в режиме АС, варьируя указанные в задании параметры.

8. Зарисуйте в отчете полученные графики и окно **STEPPING**.

### 3. Содержание отчета

1. Название и цель работы

2. Исследуемые схемы

3. Окно **АС ANALYSIS LIMITS** окно **STEPPING**

4. Полученные графики

5. Выводы по проделанной работе

2. Контрольные вопросы

1. Особенности АС анализа

2. Какие численные параметры задаются для АС анализа?

3. Каково назначение опций АС анализа?

4. Какие команды доступны в окне **АС ANALYSIS LIMITS**?

5. Расскажите о элементах строки, отвечающей за вывод результатов моделирования

6. Как поводится многовариантный анализ?

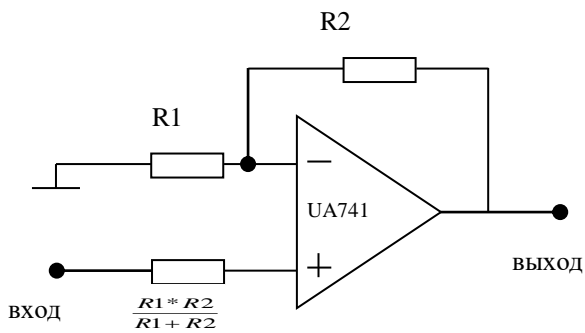
7. Расскажите, как выполняется работа и проанализируйте полученные результаты.

### 4. Рекомендуемая литература

1. Разевиг В.А. Система схемотехнического моделирования **MICRO-CAP VIII: "САЛОН", 1997**".

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Вариант 1



Неинвертирующий усилитель

$K=10$

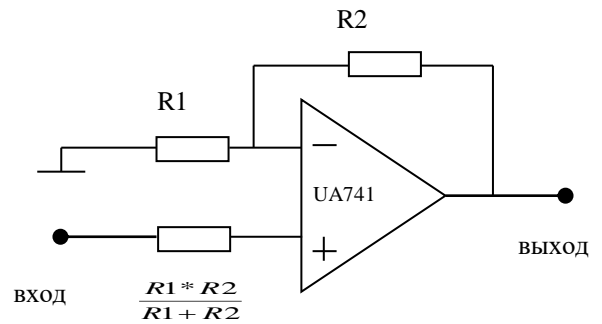
$R1=1 \text{ k}\Omega$

$R2=9 \text{ k}\Omega$

Полоса=100 кГц

$U_{\Pi}=\pm 15\text{В}$

### Вариант 2



Неинвертирующий усилитель

$K=100$

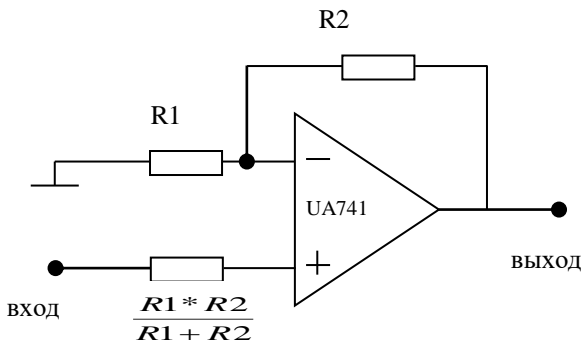
$R1=100 \Omega$

$R2=9.9 \text{ k}\Omega$

Полоса=10 кГц

$U_{\Pi}=\pm 15\text{В}$

### Вариант 3



Неинвертирующий усилитель

$K=1000$

$R1=100 \Omega$

$R2=99.9 \text{ k}\Omega$

Полоса=1 кГц

$U_{\Pi}=\pm 15\text{В}$



## СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ.....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1	
СОЗДАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ В MICRO - CAP VIII.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2	
АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК .....	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3	
РАСЧЕТ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ	
DC Analysis.....	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4	
РАСЧЕТ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В СИСТЕМЕ MICRO - CAP VIII	
AC Analysis.....	25

**Гусейнов Мурад Саидович**  
**Мирзаев Зайнудин Нурмагомедович**

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы компьютерного проектирования РЭС» для подготовки бакалавров направления 11.03.01. «Радиотехника».

Редактор Меджидова Л.М.

Формат 60x84. Бумага газетная. Печать ротاپринт. Усл. п.л. 2,0. Тираж 100 экз. Заказ №...

---

Отпечатано в ИПЦ ДГТУ

367015. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70.