

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

к практическим занятиям студентов

по дисциплине

**«ПРОГРАММНЫЕ СРЕДЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ
УСТРОЙСТВ И ПРИБОРОВ»**

для студентов направления подготовки

11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

профиль: «Интеллектуальные программируемые системы и устройства»

Ставрополь

2026

Введение

Работы проводятся в виртуальной лаборатории на IBM PC с использованием компьютерной программы PSpice 9 Student.

В настоящем материале в предельно доступной форме рассмотрены возможности пакета PSpice 9 Student. На примерах наиболее применимых базовых электронных устройств представлена методика проектирования и анализа этих устройств.

PSpice 9.1 Student - мощный схемотехнический инструмент с широкими возможностями в области моделирования и анализа различных схем. Программный комплекс включает все необходимое для решения широкого спектра задач схемотехнического моделирования. От конкурирующих продуктов PSpice отличается гибким интерфейсом, простотой и удобством использования. Стоит отметить бесплатные условия распространения.

PSpice 9.1 Student позволяет производить расчет режима по постоянному току (с вариацией параметров), рассчитывать частотные характеристики и переходные процессы, определять передаточные функции, чувствительность схемы, исследовать влияние температуры и многое другое.

Порядок проведения практических занятий

Каждое лабораторное занятие должно включать в себя следующие этапы:

1. Подготовка к работе (проводится студентом до начала лабораторного занятия).

1.1. Изучение теоретических сведений и примеров решения задач по теме занятия.

1.2. Подготовка необходимых материалов (заготовки отчета, таблиц, графиков и т.д.).

2. Допуск к лабораторной работе.

Проводится преподавателем после личной беседы с каждым студентом. Вопросы, знание которых необходимо для выполнения работ, приведены в конце каждой лабораторной работы.

Если в результате опроса выяснится неподготовленность студента по теме, он не допускается к работе и направляется на доработку материала. До окончания занятий студент должен находиться в лаборатории.

3. Выполнение лабораторной работы.

После допуска студенты приступают к выполнению лабораторной работы в соответствии с данными методическими указаниями. При выполнении работы необходимо обязательно соблюдать правила техники безопасности, с которыми должен ознакомиться каждый студент.

По окончании выполнения работы студент должен сообщить об этом преподавателю, после чего приступить к обработке результатов и составлению отчета.

4. Оформление отчета и защита.

Отчет оформляется индивидуально каждым студентом. Он должен содержать:

4.1. Цель работы.

4.2. Задание на выполнение.

4.3. Чертежи всех использованных и отработанных схем (каждая схема должна иметь название).

4.4. Расчетные формулы и результаты измерений.

4.5. Анализ результатов полученных экспериментально зависимостей.

Работа считается выполненной при наличии в отчете всех результатов измерений и необходимых вычислений, а также всех необходимых схем и графиков.

По завершении оформления отчета студент должен защитить данную работу.

На защите студент обязан представить преподавателю отчет о проделанной работе. По отчету проводится обсуждение проделанной работы, по результатам которого преподаватель ставит отметку о зачете работы или отправляет студента на доработку данной темы.

Практическая работа №1

«Исследование схем на полупроводниковых элементах»

Цель работы

Целью работы является изучение основных параметров полупроводниковых диодов и транзисторов, а также получение навыков проектирования основных схем на основе данных элементов в среде PSpice.

Краткие теоретические сведения

Диод – полупроводниковый прибор с одним р-п переходом и двумя выводами, обладающий вентильным свойством (ток в одном из направлений проводится значительно лучше, чем в другом).

Р-п переход возникает в небольшой зоне соединения полупроводника р-типа и полупроводника п-типа, в которой происходит диффузия электронов из п-области в р-область.

Вольт-амперная характеристика диода (зависимость тока, протекающего через диод от приложенного к нему напряжения) описывается выражением:

$$I = I_s (e^{\frac{U_D}{\varphi_t}} - 1),$$

где I_s – значение тока насыщения, теплового или обратного тока;

U_D – напряжение на р-п переходе (на диоде);

$\varphi_t = k \cdot T / q$ – тепловой потенциал, равный контактной разности потенциалов на границе р-п перехода при отсутствии внешнего напряжения (при нормальной температуре $\varphi_t = 0.025 \text{ В}$);

k – постоянная Больцмана;

T – абсолютная температура;

Q – заряд электрона.

Все диоды можно разбить на две большие группы – выпрямительные и специальные.

Выпрямительный диод использует вентильные свойства р-п перехода и применяется в выпрямителях переменного тока. Он представляет собой электронный ключ, управляемый приложенным к нему напряжением. При прямом напряжении ключ замкнут, а при обратном – разомкнут.

Основными параметрами выпрямительных диодов являются:

$I_{пр ср max}$ – максимальное (за период входного напряжения) значение среднего прямого тока диода;

$U_{\text{обр доп}}$ – наибольшее допустимое значение постоянного обратного напряжения диода;

f_{max} – максимальная допустимая частота входного напряжения;

$U_{\text{пр}}$ – прямое падение напряжения на диоде при заданном прямом токе;

U_{max} – максимальное обратное напряжение на диоде.

Выпрямители напряжения, построенные с использованием полупроводниковых диодов, можно разделить на однополупериодные, двухполупериодные со средней точкой и двухполупериодные мостовые.

В лабораторной работе рассмотрена схема двухполупериодного мостового выпрямителя. Основные расчетные формулы для данного класса выпрямителей:

$$U_{\text{ср}} = U_{\text{вх}} * 2 \sqrt{2/\pi} = 0,9 * U_{\text{вх}};$$

$$U_{\text{вх}} = 1,11 * U_{\text{ср}}; I_{\text{ср}} = U_{\text{ср}}/R_{\text{н}}; \varepsilon = 0,67;$$

$$U_{\text{обр max}} = \sqrt{2} * U_{\text{вх}} = \pi * U_{\text{ср}}/2; I_{\text{д ср}} = 1/2 * I_{\text{ср}};$$

$$I_{\text{д max}} = \sqrt{2} * U_{\text{вх}}/R_{\text{н}} = I_{\text{ср}} * \pi/2; f_{\text{вых}} = 2 * f_{\text{вх}},$$

где $U_{\text{ср}}$ и $I_{\text{ср}}$ – среднее значение напряжения и тока выпрямителя;

$U_{\text{обр}}$ – максимальное значение обратного напряжения на диоде (при воздействии отрицательной полуволны);

ε – коэффициент пульсации выходного напряжения;

$I_{\text{д ср}}$ – среднее значение тока диода;

$I_{\text{д max}}$ – максимальное значение тока диода;

$f_{\text{вх}}$ – входная частота;

$f_{\text{вых}}$ – выходная частота.

На мостовом двухполупериодном выпрямителе частота выходного сигнала в два раза больше частоты входного сигнала. Кроме того, максимальное обратное напряжение в два раза меньше, чем у однополупериодного и двухполупериодного со средней точкой. Это позволяет диодам работать в более “щадящем” режиме. Поэтому мостовая схема выпрямителя самая распространённая.

Транзистор - это активный преобразователь с несколькими (обычно двумя) р-п переходами, имеющий три (от эмиттера, базы и коллектора) или более выводов.

Транзистор представляет собой монокристалл, имеющий три области с различным типом проводимости. Транзистор с чередованием р-п-р называют

транзистором прямой проводимости, а транзистор п-р-п типа - транзистором обратной проводимости.

Основной величиной, характеризующей качество биполярного транзистора, является коэффициент передачи эмиттерного тока, приближённо:

$$\alpha = \frac{I_k}{I_{\text{э}}} \approx 0.94 - 0.995, \text{ т.е. меньше единицы.}$$

Возможны три схемы включения в зависимости от того, какой из электродов является общей точкой по переменному току для входной и выходной цепей:

- с общей базой (ОБ);
- с общим эмиттером (ОЭ);
- с общим коллектором (ОК).

Наибольшее усиление входного сигнала дает схема с ОЭ (по току и по напряжению). Схема с ОБ дает усиление только по напряжению, но благодаря хорошим частотным характеристикам широко используется в высокочастотных схемах. Схема с ОК дает усиление только по току, и в основном используется как выходной каскад в усилителях мощности, для согласования сопротивления усилителя и нагрузки.

Полевой транзистор - это полупроводниковый прибор, в котором выходной ток управляется входным напряжением. Полевой транзистор еще называют униполярным, поскольку его работа основана на использовании только основных носителей заряда – либо электронов, либо дырок.

Существуют два типа полевых транзисторов:

- 1) с управляющим р-п переходом;
- 2) с изолированным затвором (МОП -, МДП-транзисторы).

Основные отличия от биполярных транзисторов: высокое входное сопротивление (практически бесконечность) по постоянному току и на высокой частоте, низкий коэффициент шума, почти полное разделение выходного сигнала от входного, обусловленность рабочего тока только основными носителями.

Транзистор называется полевым, так как входное напряжение создает электрическое поле, которое в свою очередь влияет на выходной ток.

Основными параметрами, характеризующими полевой транзистор как нелинейный элемент, являются:

- коэффициент усиления по напряжению

$$K_u = dU_{\text{си}} / dU_{\text{зи}} \text{ при } I_c = \text{const};$$

- крутизна (определяется по передаточной характеристике)

$$s = dI_c / dU_{зи} \text{ при } U_{си} = \text{const};$$

- дифференциальное выходное (внутреннее R_i) сопротивление

$$R_{вых} = R_i = dU_{си} / dI_c \text{ при } U_{зи} = \text{const};$$

- дифференциальное сопротивление участка затвор-сток

$$R_{зс} = dU_{зс} / dI_c.$$

Это сопротивление учитывает обратную связь между выходом и входом полевого транзистора.

Входное сопротивление $R_{вх}$ полевого транзистора очень велико, так как значение тока затвора I_z очень мало.

Значение параметра R_i можно определить при работе транзистора в режиме насыщения как котангенс угла наклона выходной характеристики.

Крутизна s передаточной характеристики отражает степень влияния входного напряжения на выходной ток. Этот параметр транзистора лежит в пределах 1 - 5 мА/В.

Порядок выполнения работы

Диоды

1. Частотные характеристики полупроводникового диода

В окне Schematics соберите схему, указанную на рис. 1. (Основы его использования описаны в [1]). Для выполнения частотного анализа схемы зайдите в меню Analysis/Setup и выберите пункт AC Sweep. В открывшемся окне установите параметры, как показано на рис. 2. После этого запустите моделирование нажатием клавиши . Зарисуйте полученный график.

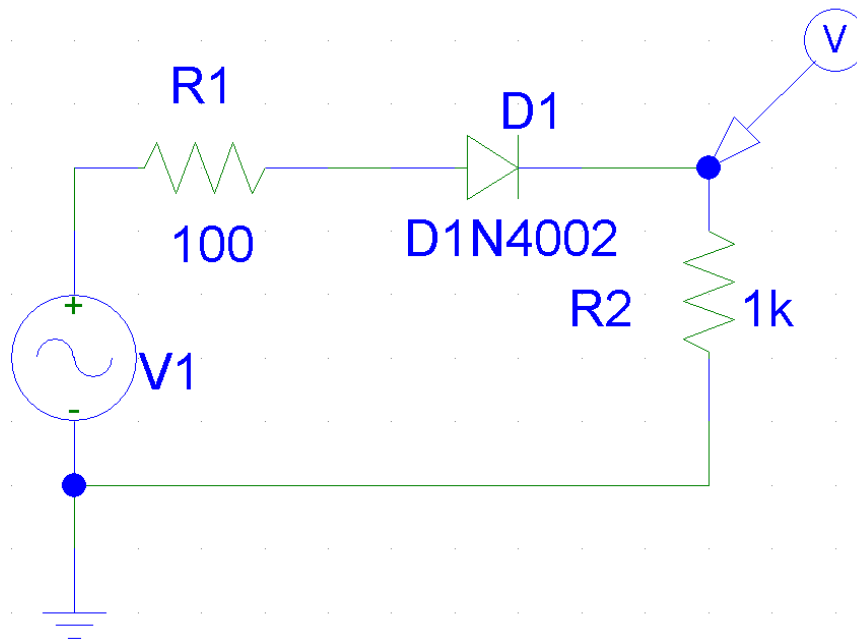


Рис. 1. Схема включения диода

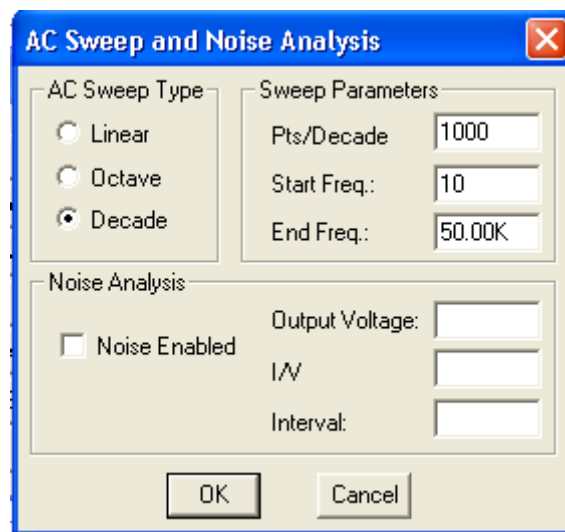


Рис. 2. Параметры анализа AC Sweep

2. Двухполупериодный мостовой выпрямитель

В окне Schematics соберите схему, указанную на рис. 3. Для построения осциллограммы входного и выходного напряжений зайдите в меню Analysis/Setup и выберите пункт Transient. В открывшемся окне введите параметры, как показано на рис. 4. После этого запустите моделирование нажатием клавиши . Зарисуйте полученный график. Удалите из схемы

конденсатор C1 и повторите моделирование. Зарисуйте график. Проведите теоретический расчет параметров выпрямителя и сравните с полученными в ходе моделирования.

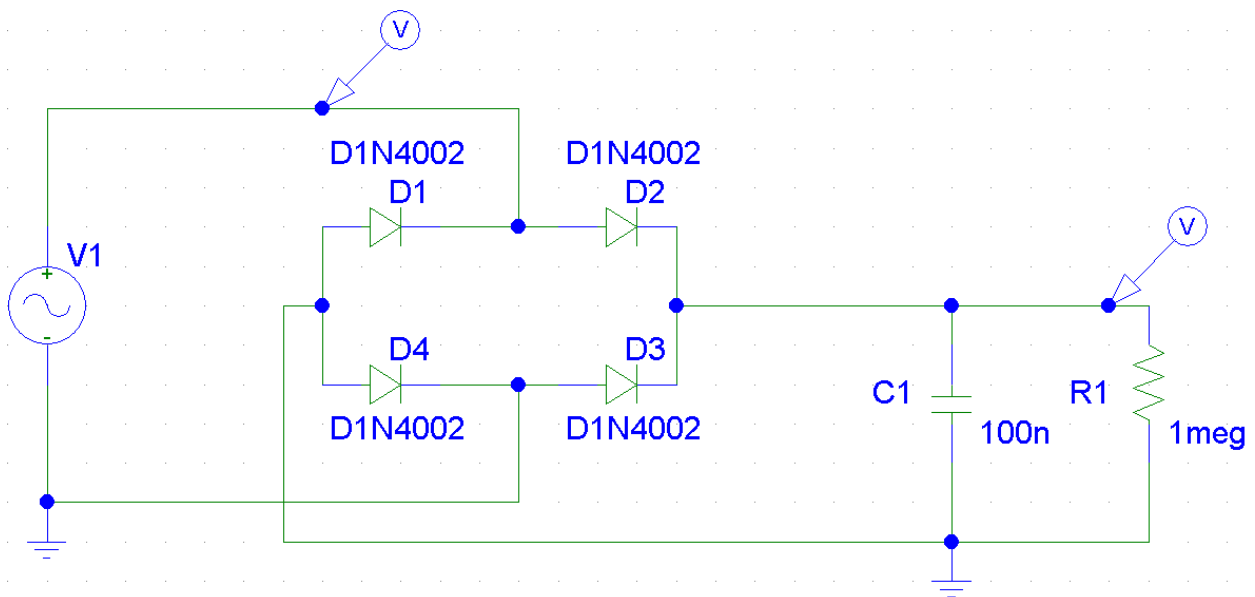


Рис. 3. Схема двухполупериодного мостового выпрямителя

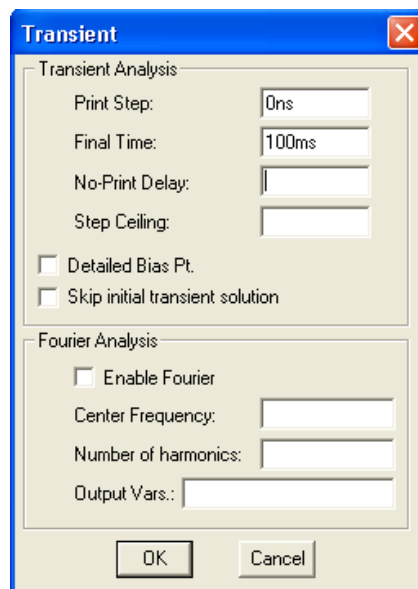


Рис. 4. Параметры анализа Transient

Биполярные транзисторы

1. Схема включения с ОЭ

В окне Schematics соберите схему, указанную на рис. 5. Проведите частотный (AC Sweep) анализ и постройте осциллограмму входного и выходного напряжений (Transient).

По осциллограмме определите фактический коэффициент усиления каскада. Зарисуйте графики. Параметры AC Sweep и Transient представлены на рис. 6.

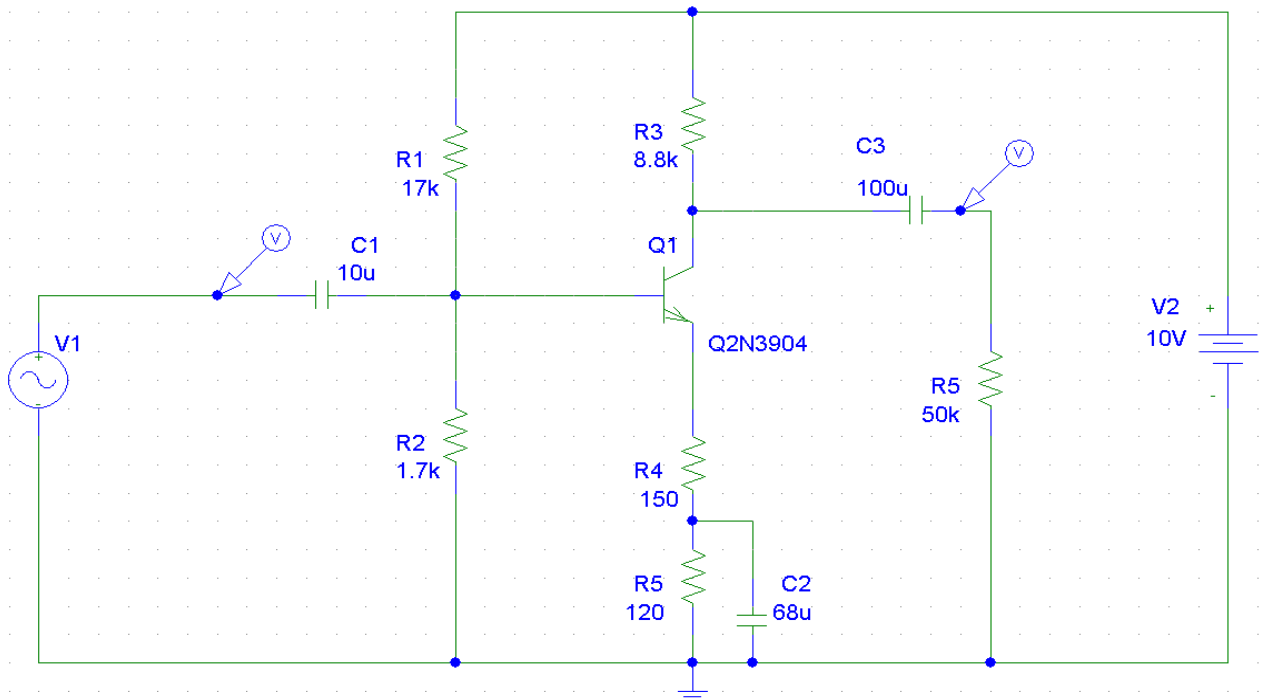


Рис. 5. Схема включения биполярного транзистора с общим эмиттером

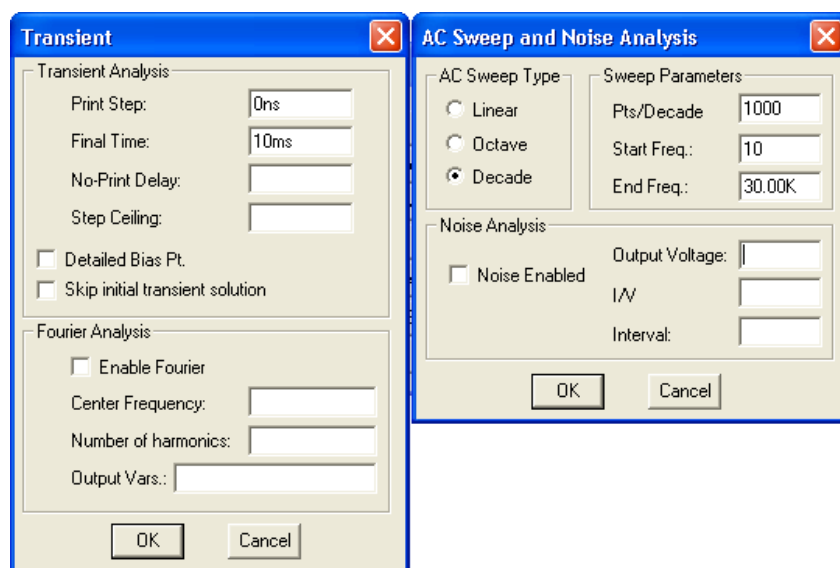


Рис. 6. Параметры AC Sweep и Transient

2. Схема включения с ОБ

В окне Schematics соберите схему, указанную на рис. 7. Повторите все действия, описанные для схемы включения с ОЭ. Параметры AC Sweep и Transient используются те же, что и в прошлом пункте.

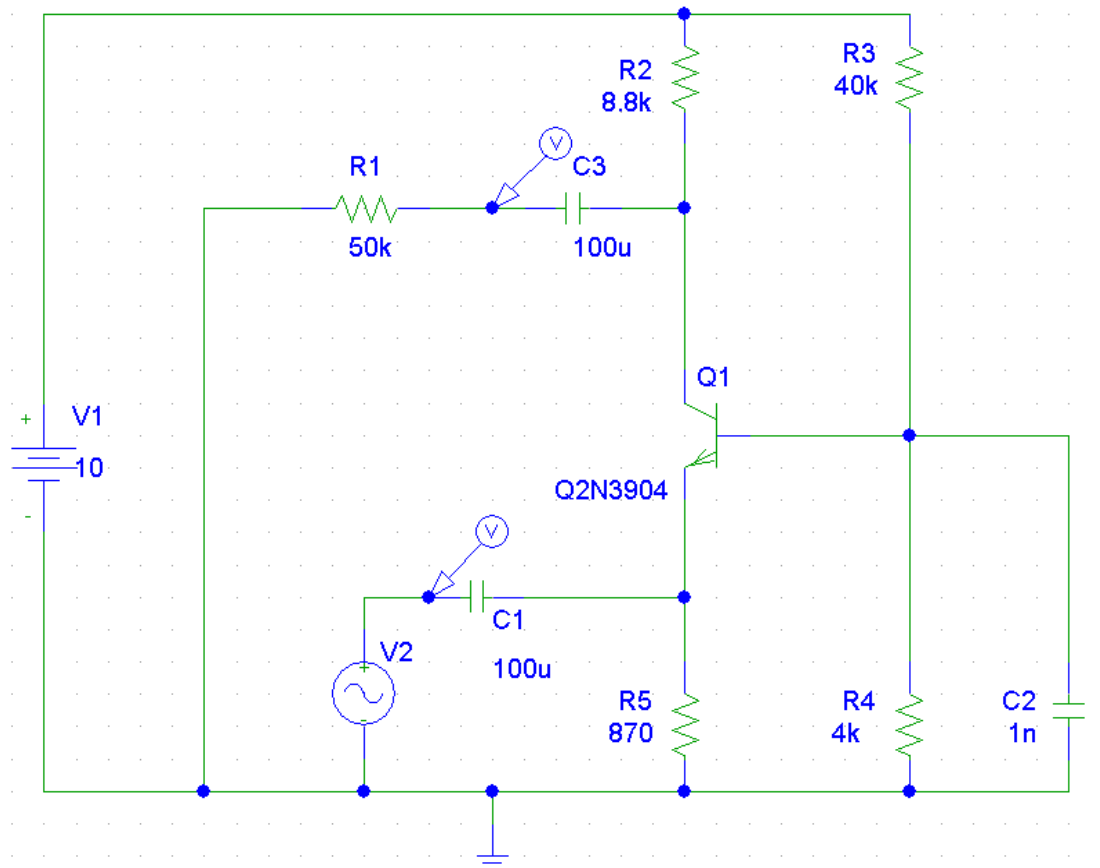


Рис. 7. Схема включения биполярного транзистора с общей базой

Полевые транзисторы

1. Схема включения с общим истоком (ОИ)

В окне Schematics соберите схему, указанную на рис. 8. Повторите все действия, описанные для схемы включения с ОЭ. Параметры AC Sweep и Transient совпадают.

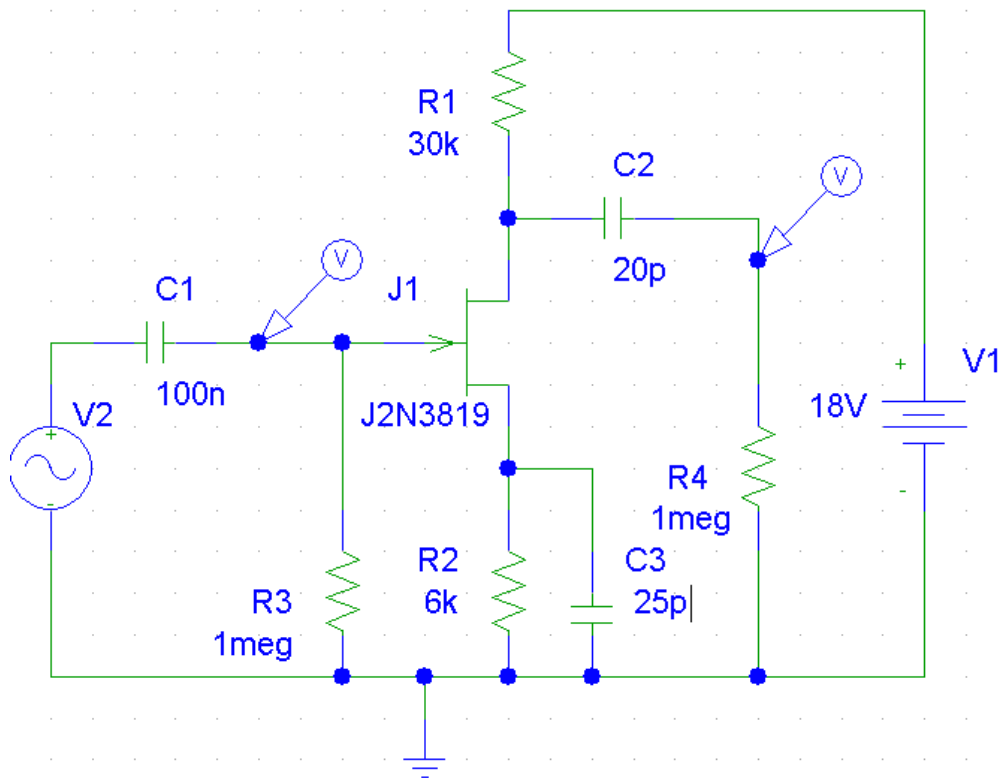


Рис. 8. Схема включения полевого транзистора с общим истоком

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой полупроводниковые приборы?
2. Что такое вольт-амперная характеристика (ВАХ)?
3. В чём различие выходных характеристик различных схем выпрямителей?
4. По каким соотношениям необходимо рассчитывать эти схемы?
5. Зачем нужен стабилитрон?
6. Перечислите основные параметры выпрямительных диодов?
7. Какие типы транзисторов вы знаете? В чём заключаются их принципиальные отличия?
8. Поясните принцип усиления в транзисторном каскаде.
9. Какое условие необходимо выполнить, чтобы перевести транзистор в режим отсечки?
10. Какую роль играют параллельно соединённые резистор и конденсатор в цепи эмиттера?
11. Какова разность фаз между входными и выходными синусоидальными сигналами в усилителе с ОЭ, ОБ, ОИ?

Практическая работа №2

«Исследование параметров операционных усилителей»

Цель работы

Целью данной лабораторной работы является освоение студентами методов моделирования основных типов схем, использующих операционные усилители, в среде **PSpice**, а также расчетов этих схем.

Краткие теоретические сведения

Операционный усилитель (ОУ) – унифицированный многокаскадный усилитель постоянного тока, выполненный на интегральной схеме и удовлетворяющий следующим требованиям к электрическим параметрам:

- коэффициент усиления по напряжению стремится к бесконечности ($K_U \rightarrow \infty$);
- входное сопротивление стремится к бесконечности ($R_{ВХ} \rightarrow \infty$);
- выходное сопротивление стремится к нулю ($R_{ВЫХ} \rightarrow 0$);
- если входное напряжение стремится к нулю, то выходное напряжение также равно нулю ($U_{ВХ} = 0 \rightarrow U_{ВЫХ} = 0$);
- бесконечная полоса усиливаемых частот ($f_B \rightarrow \infty$).

Являясь, по существу, идеальным усилительным элементом, ОУ составляет основу всей аналоговой электроники, что стало возможным в результате достижений современной микроэлектроники, позволившей реализовать достаточно сложную структуру ОУ в интегральном исполнении на одном кристалле и наладить массовый выпуск подобных устройств. Все это позволяет рассматривать ОУ в качестве простейшего элемента электронных схем подобно диоду, транзистору и т.п. Следует отметить, что на практике ни одно из перечисленных выше требований ОУ не может быть удовлетворено полностью.

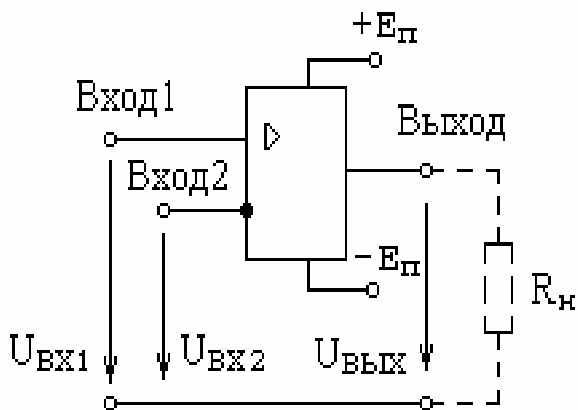


Рис. 1. Условное графическое обозначение ОУ

Операционный усилитель – это аналоговая интегральная схема, снабженная, как минимум, пятью выводами. Ее условное графическое изображение приведено на рис. 1.

Два вывода ОУ используются в качестве входных, один вывод является выходным, два оставшихся вывода используются для подключения источника питания ОУ. С учетом фазовых соотношений входного и выходного сигналов один из выводов (вход 1) называется

неинвертирующим, а другой (вход 2) – инвертирующим. Выходное напряжение $U_{\text{ВЫХ}}$ связано с входными напряжениями $U_{\text{ВХ1}}$ и $U_{\text{ВХ2}}$ соотношением

$$U_{\text{ВЫХ}} = K_{U0} (U_{\text{ВХ1}} - U_{\text{ВХ2}}),$$

где K_{U0} – собственный коэффициент усиления ОУ по напряжению.

Питание операционного усилителя осуществляется от двух разнополюсных источников. В реальных ОУ напряжение питания лежит в диапазоне $\pm 3 \text{ В} \dots \pm 18 \text{ В}$.

Основные типы схем на базе ОУ

Инвертирующий усилитель

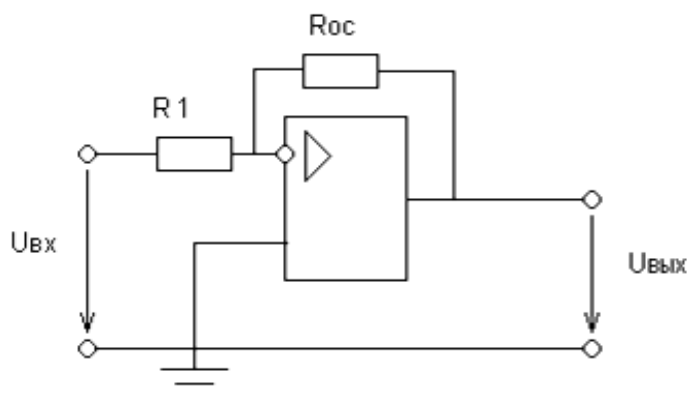


Рис. 2. Схема инвертирующего усилителя

Подаваемое на $R1$ входное напряжение находится в противофазе с выходным напряжением.

R_{oc} – сопротивление обратной связи.

$$K_y = - \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = - \frac{R_{oc}}{R_1}.$$

С увеличением частоты входного сигнала коэффициент усиления значительно снижается. Поэтому инвертирующий усилитель применяется для усиления сигналов с частотой, меньшей некоторой граничной.

Граничная частота — это частота, при которой коэффициент усиления ухудшается не более чем на 30% от своего максимального значения (при постоянном входном сигнале).

Неинвертирующий усилитель

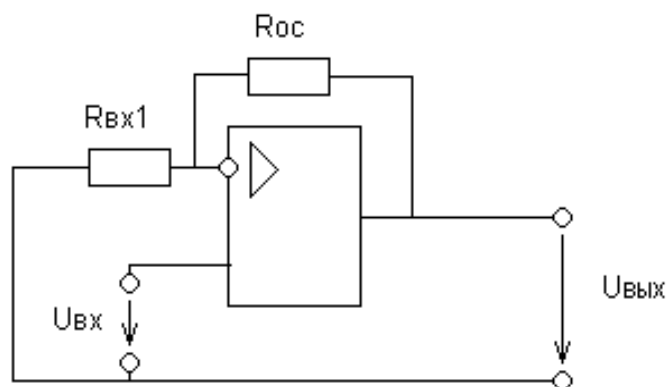


Рис. 3. Схема неинвертирующего усилителя

Основное отличие от инвертирующего усилителя заключается в том, что входной и выходной сигналы совпадают по фазе.

Коэффициент усиления: $K_y = 1 + \frac{R_{oc}}{R_{вх1}} = \frac{1}{\gamma}$; $\gamma = \frac{U_{oc}}{U_{вых}}$.

Постоянная составляющая выходного напряжения $U_{0вых} = U_{см} \cdot K_y$.

При изменении значения сопротивления обратной связи, изменяется передаточная характеристика ОУ (зависимость выходного напряжения от входного напряжения).

Суммирующий усилитель

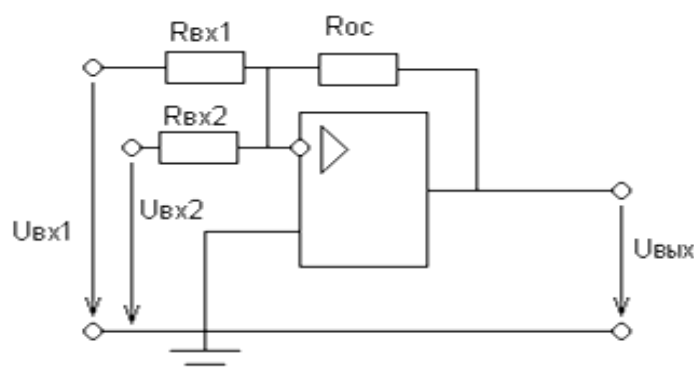


Рис. 4. Схема суммирующего усилителя

Количество входных напряжений не ограничено: $U_{вых} = -R_{oc} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{u_{вхi}}{R_i}$.

Интегрирующий усилитель

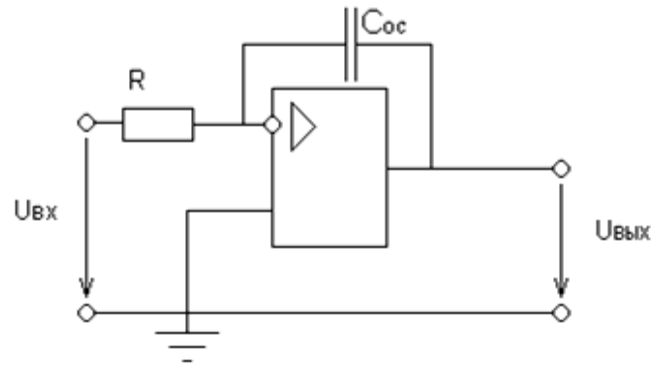


Рис. 5. Схема интегрирующего усилителя

$V = -\frac{U_{\text{ВЫХ}}}{RC_{\text{ос}}} \text{ (В/с)}$ — скорость изменения выходного напряжения.

$$U_{\text{ВЫХ}} = -\frac{1}{RC_{\text{ос}}} \cdot \int_0^1 U_{\text{ВХ}} dt.$$

$$K_y = \frac{X_c}{R_{\text{ВХ}}} = \frac{1}{2\pi fRC} \text{ (для синусоидального сигнала).}$$

Дифференцирующий усилитель

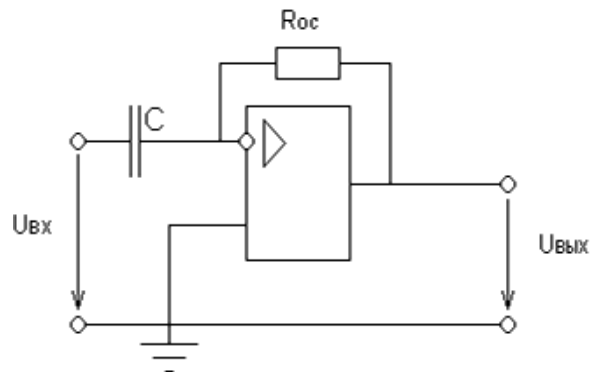


Рис.6. Схема дифференцирующего усилителя

$$U_{\text{ВЫХ}} = -R_{\text{ос}} C \cdot \frac{dU_{\text{ВХ}}}{dt}.$$

При подаче на вход синусоидального сигнала, напряжение на выходе также будет изменяться по синусоидальному закону с той же частотой, что и входной сигнал.

Дифференциальный усилитель

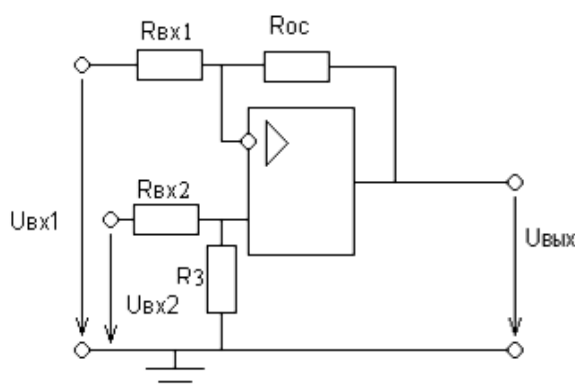


Рис. 7. Схема дифференциального усилителя

При $R_1=R_2$

$$U_{\text{вых}} = -\frac{R_{\text{ос}}}{R_1} (U_1 - U_2).$$

Компараторы

Компараторы – особый класс электронных схем, основная функция которых — сравнение входного сигнала с эталонным. В них состояние выходного сигнала изменяется при превышении входным сигналом порогового значения (рис. 8а). Компараторы могут выполняться на базе различных элементов, в том числе и на операционных усилителях. При этом усиление входного сигнала значительно лишь вблизи порога, в основном работа ОУ происходит в области ограничения выходного напряжения (отрицательной или положительной).

Основной характеристикой компаратора является зависимость “Вход-Выход” (зависимость выходного напряжения от входного напряжения), представленная на рис. 8б.

Схема простейшего компаратора — детектора нулевого уровня (пороговое напряжение достаточно близко к нулю).

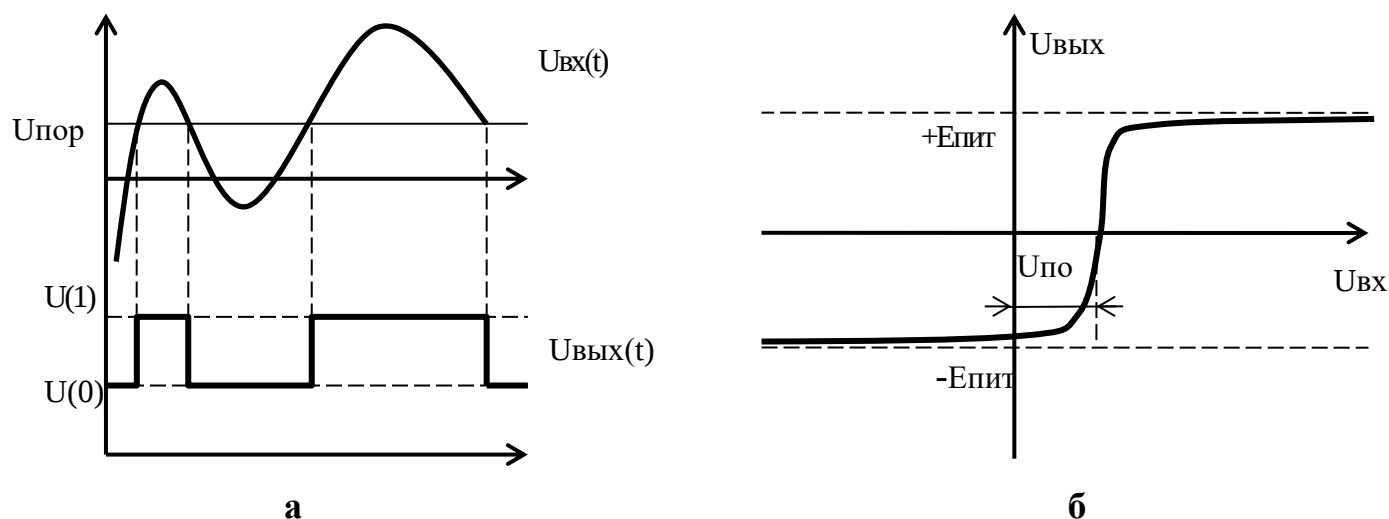


Рис. 8. Выходные параметры компаратора:
а – принцип работы компаратора;
б - общий вид зависимости «Вход-Выход»

Порядок выполнения работы

1. Основные типы схем

Соберите поочередно 6 типов схем и компаратор, представленные на рис. 9 – 15. Для каждой схемы выполните анализ Transient и зарисуйте полученные осциллограммы. По осциллограмме определите коэффициент усиления для инвертирующего и неинвертирующего усилителей. Параметры анализа Transient одинаковы для всех схем и представлены на рис. 16.

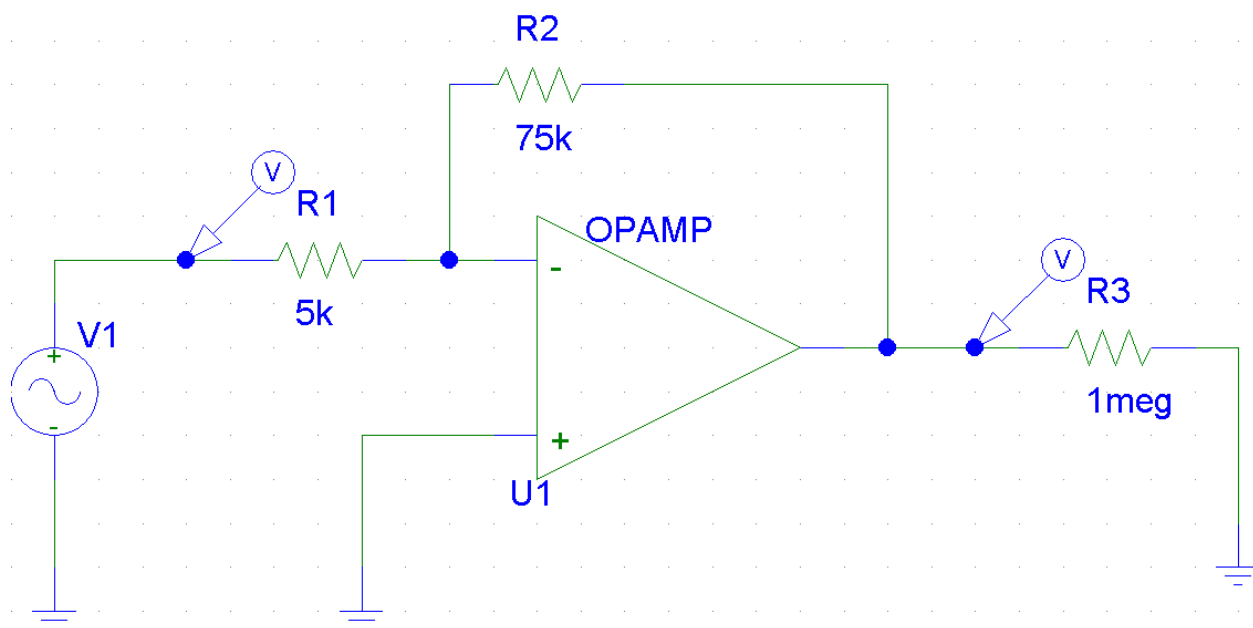


Рис. 9. Схема инвертирующего усилителя

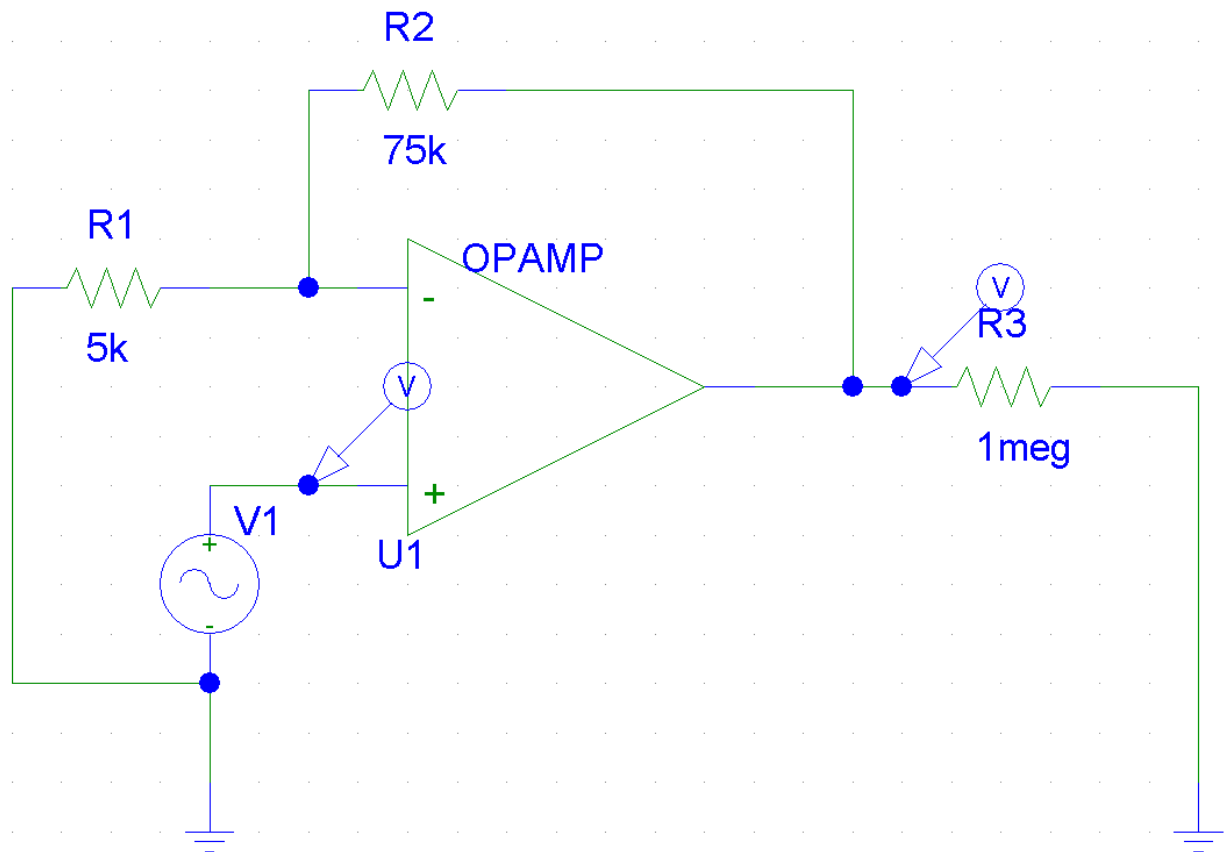


Рис. 10. Схема неинвертирующего усилителя

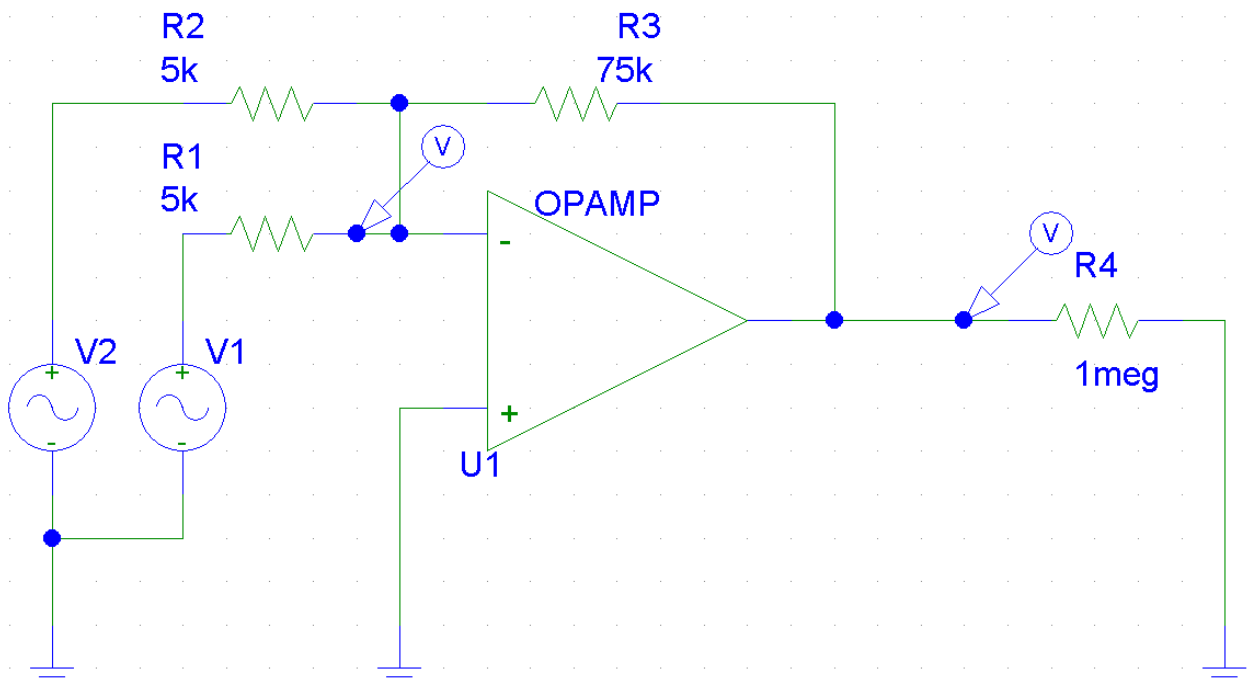


Рис. 11. Схема суммирующего усилителя

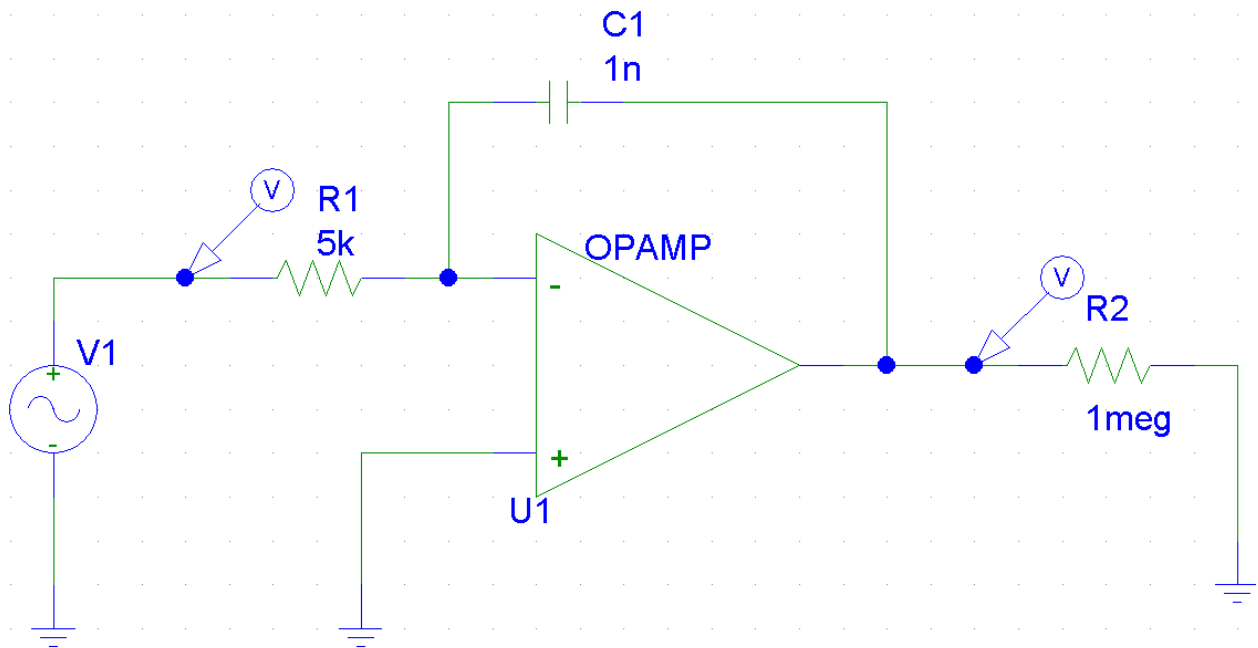


Рис. 12. Схема интегрирующего усилителя

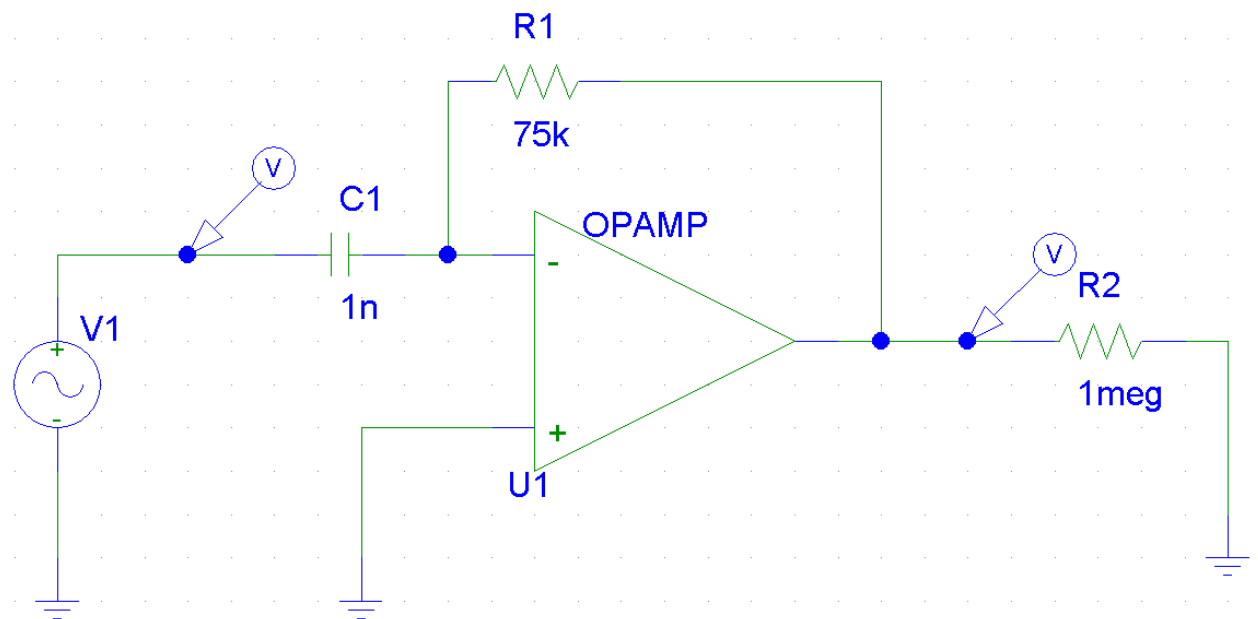


Рис. 13. Схема дифференцирующего усилителя

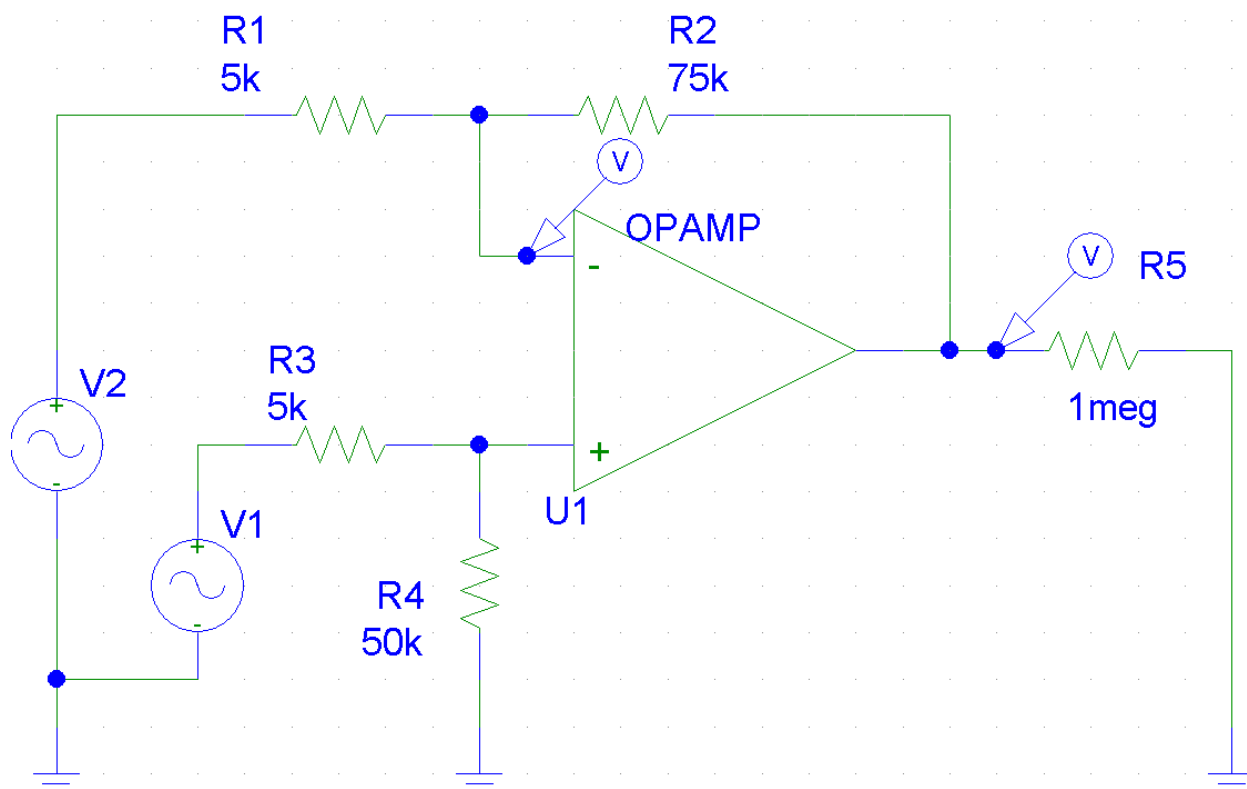


Рис. 14. Схема дифференциального усилителя

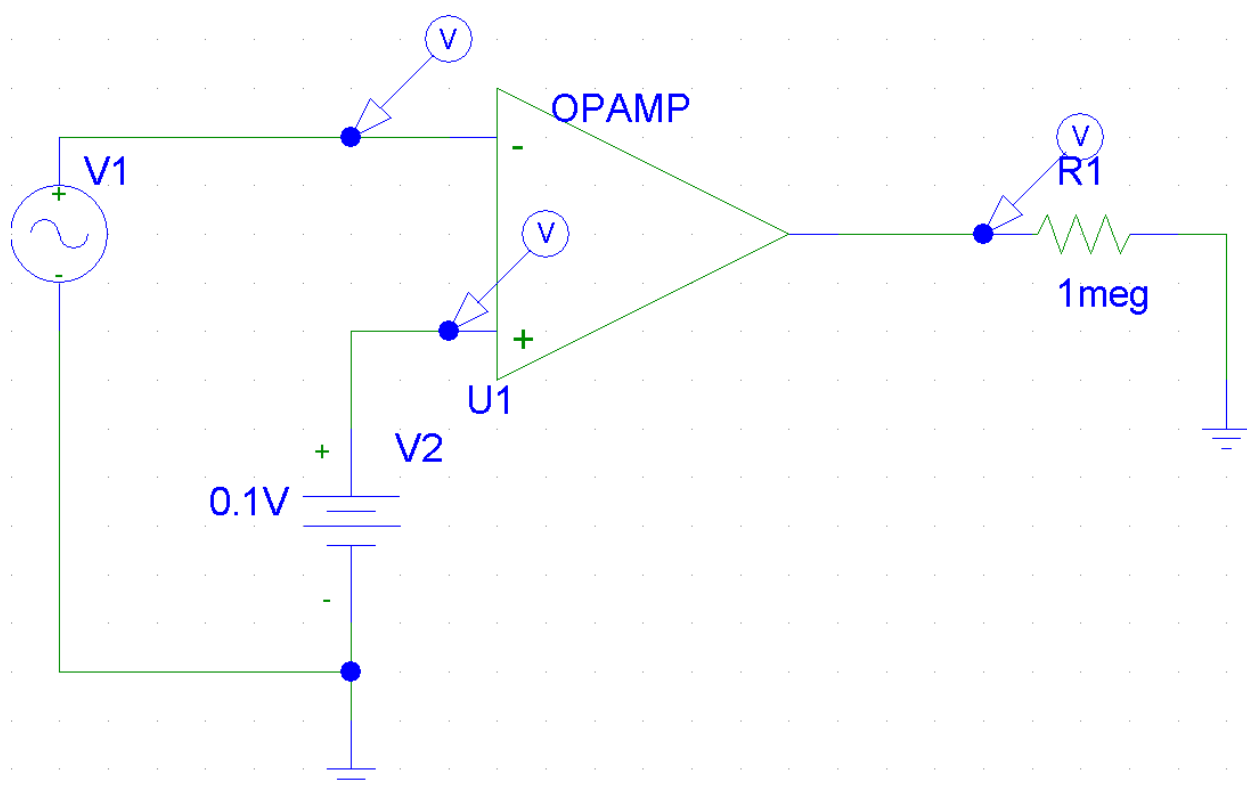


Рис. 15. Схема компаратора

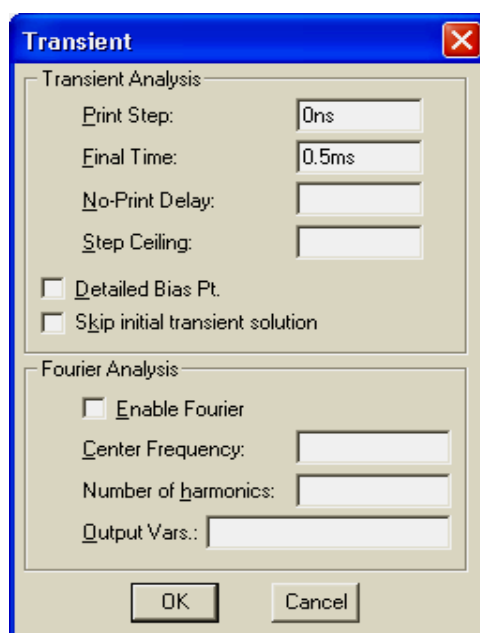


Рис. 16. Параметры анализа Transient

2. Активный полосовой фильтр

Соберите схему, указанную на рис. 17. Это активный полосовой фильтр на базе двух ОУ. Одной из наиболее важных характеристик подобных схем является её частотная характеристика. Проведите анализ AC Sweep. Зарисуйте полученный график. Какие выводы можно сделать по этому графику? Параметры для анализа AC Sweep приведены на рис. 18.

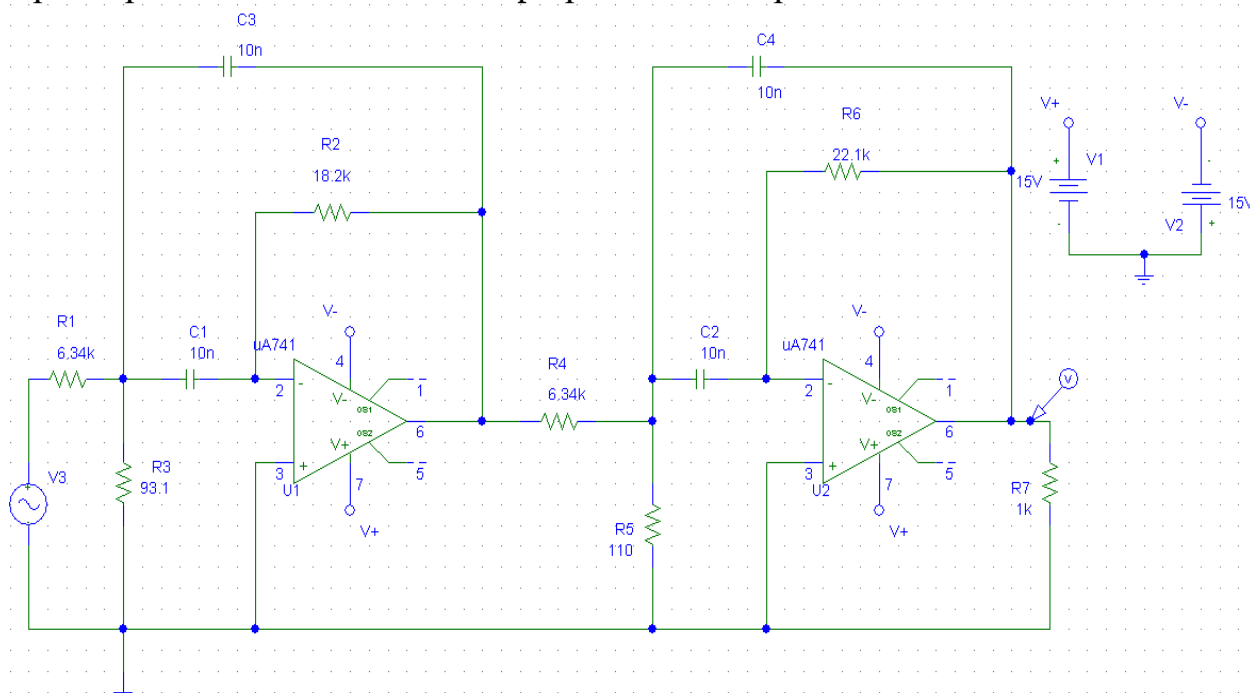


Рис. 17. Активный полосовой фильтр

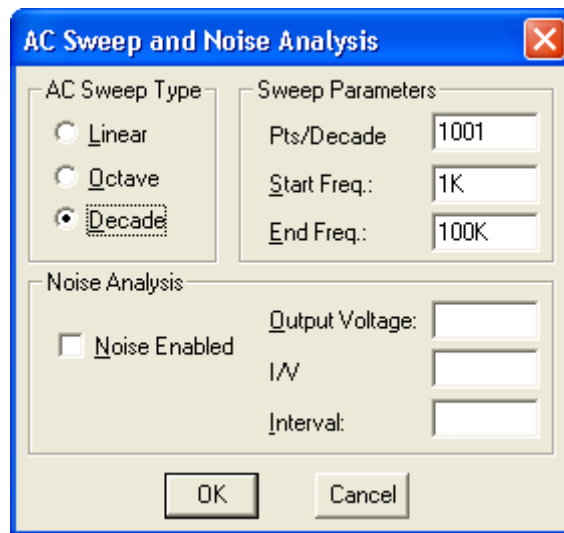


Рис. 18. Параметры анализа AC Sweep

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой операционный усилитель?
2. Приведите порядок величины коэффициента усиления ОУ.
3. Где используются ОУ?
4. Приведите основные характеристики ОУ.
5. Какие типы усилителей, использующих ОУ, вам известны?
6. По каким соотношениям необходимо рассчитывать эти схемы?
7. Что такое амплитудно-частотная характеристика ОУ?
8. Что такое компаратор?
9. Какие особенности применения ОУ в схемах компараторов вы знаете?
10. Как избежать появления нелинейных искажений выходного сигнала?

Практическая работа N3

«Базовые логические схемы»

Цель работы

Целью работы является изучение базовых логических схем, а также овладение навыками конструирования этих схем и их анализа при помощи среды **PSpice 9.1 Student**.

Краткие теоретические сведения

Для реализации основных логических функций имеется ряд различных схем, которые отличаются по потребляемой мощности, напряжению питания, значениям высокого и низкого уровней выходного напряжения, времени задержки распространения сигнала и нагрузочной способности. Чтобы правильно выбрать тип схемы, необходимо, по крайней мере, в общих чертах знать их структуру. С этой целью в лабораторной работе будут рассмотрены важнейшие типы логических элементов.

При соединении интегральных схем иногда к одному выходу подключается большое число входов логических элементов. Максимальное количество входов схем данного типа, подключаемых к выходу без уменьшения гарантируемого запаса помехоустойчивости, характеризуется нагрузочной способностью элемента (коэффициентом разветвления по выходу). Коэффициент разветвления по выходу, равный 10, означает, что можно подключить 10 входов логических элементов. Если нагрузочная способность стандартного элемента оказывается недостаточной, вместо него применяют элемент с повышенной мощностью (буфер).

Порядок выполнения работы

1. Резистивно – транзисторная логика (РТЛ)

Соберите схему, представленную на рис. 1. Проведите анализ переходных процессов с параметром Final Time = 20ms.

Параметры элемента DSTM1: ONTIME = 4ms, OFFTIME = 4ms, STARTVAL = 0, OPPVAL = 1.

Параметры элемента DSTM2: ONTIME = 2ms, OFFTIME = 2ms, STARTVAL = 0, OPPVAL = 1.

Зарисуйте полученные осциллограммы. По осциллограммам определите, какую логическую функцию реализует данный элемент.

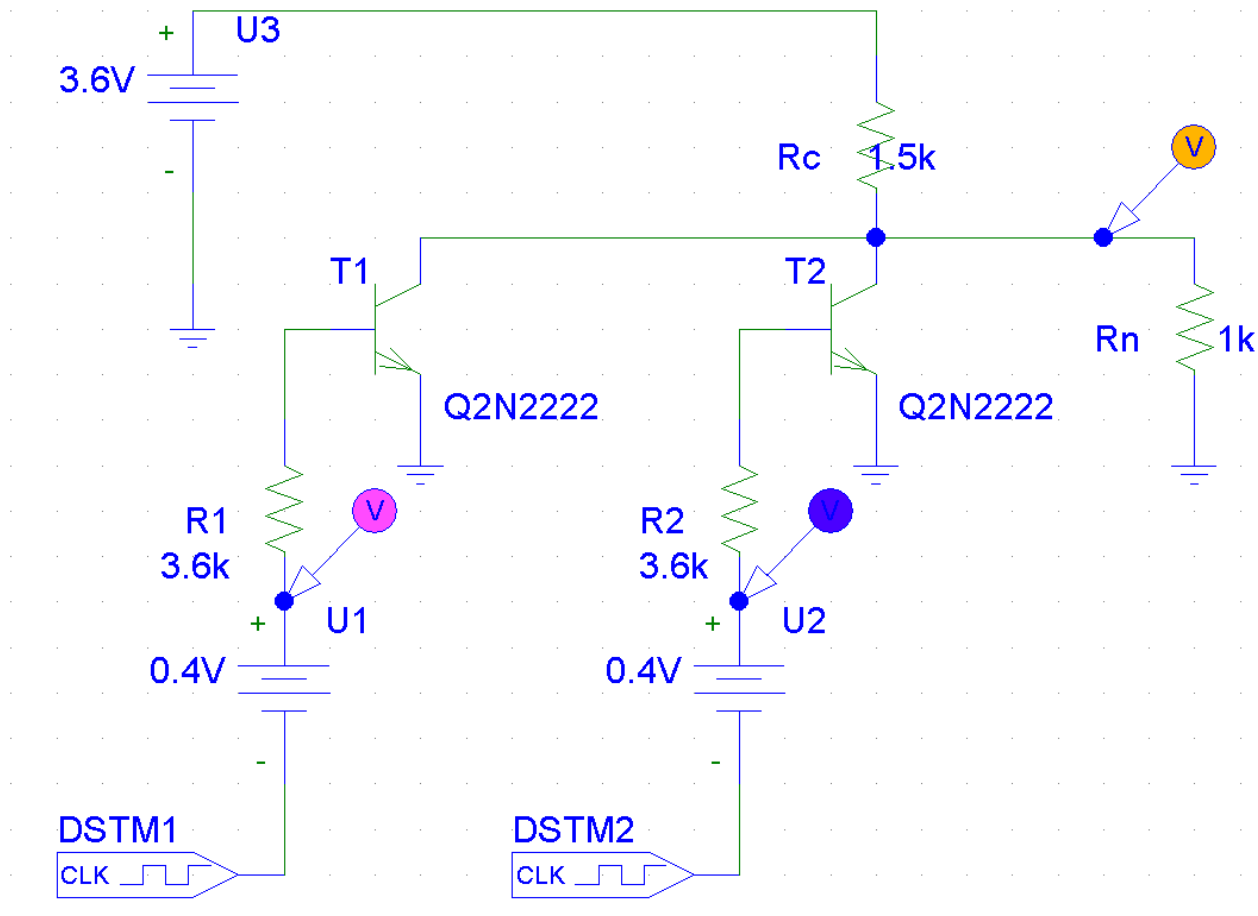


Рис. 1. Элемент ИЛИ-НЕ типа РТЛ

Простейшим элементом РТЛ является схема ИЛИ-НЕ. Если входное напряжение имеет высокий уровень, то соответствующий транзистор открывается и на выходе формируется низкий уровень. Следовательно, в позитивной логике реализуется функция ИЛИ-НЕ. Относительно низкоомное базовое сопротивление обеспечивает полное открывание транзисторов при малом потреблении тока. Однако это приводит к весьма малой нагрузочной способности элемента. В этом отношении рассматриваемые далее схемы значительно лучше.

2. Диодно – транзисторная логика (ДТЛ)

Соберите схему, представленную на рис. 2. Проведите анализ переходных процессов с параметром Final Time = 20ms.

Параметры элемента DSTM1: ONTIME = 4ms, OFFTIME = 4ms, STARTVAL = 0, OPPVAL = 1.

Параметры элемента DSTM2: ONTIME = 2ms, OFFTIME = 2ms, STARTVAL = 0, OPPVAL = 1.

Зарисуйте полученные осциллограммы. По осциллограммам определите, какую логическую функцию реализует данный элемент.

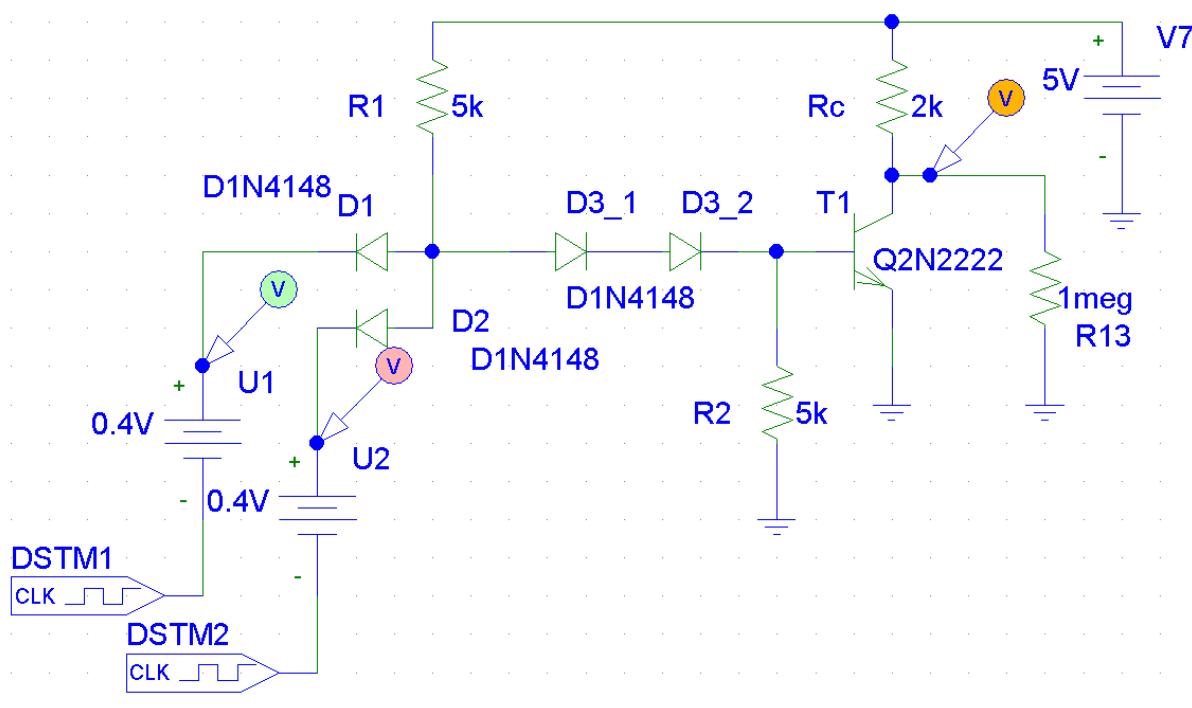


Рис. 2. Элемент И-НЕ типа ДТЛ

В схеме ДТЛ базовый ток выходного транзистора проходит через резистор R_1 только в том случае, если заперты оба входных диода D_1 и D_2 , т.е. если все входные напряжения имеют высокий уровень. В этом случае транзистор T_1 открыт и выходное напряжение находится на низком уровне. Следовательно, по позитивной логике реализуется функция И-НЕ.

Ток, протекающий по резистору R_1 , вызывает на двойном диоде D_3 падение напряжения около 1.2 В. Вместе с напряжением на базе открытого транзистора это составит $V_3 = 1.2 \text{ В} + 0.6 \text{ В} = 1.8 \text{ В}$. Если входное напряжение не превышает 1.2 В, соответствующий диод открывается, а потенциал V_3 снижается. При этом закрывается диод D_3 , а вместе с ним и транзистор T_1 . Следовательно, наибольшее напряжение, при котором транзистор надёжно заперт, составляет около 1 В. Это значение определяет максимальную величину уровня логического нуля U_L . Так как низкий уровень выходного напряжения схемы составляет 0.1 В, то запас помехоустойчивости для логического нуля S_L получается равным 0.9 В.

Если к выходу этой схемы подключаются такие же элементы И-НЕ, то при высоком уровне выходного напряжения выход не будет нагружен. Поэтому высокий уровень выходного напряжения всегда будет равен значению напряжения питания V_+ . Минимальный уровень логической единицы U_H составляет около 2 В, поэтому запас помехоустойчивости для логической

единицы получается равным $S_H = V_+ - 2 \text{ В}$. Следовательно, напряжение питания должно составлять минимум 3 В. Как правило, выбирается $V_+ = 5 \text{ В}$.

3. Транзисторно – транзисторная логика (ТТЛ)

Соберите схему, представленную на рис. 3. Проведите анализ переходных процессов с параметром Final Time = 20ms.

Параметры элемента DSTM1: ONTIME = 4ms, OFFTIME = 4ms, STARTVAL = 0, OPPVAL = 1.

Параметры элемента DSTM2: ONTIME = 2ms, OFFTIME = 2ms, STARTVAL = 0, OPPVAL = 1.

Зарисуйте полученные осциллограммы. По осциллограммам определите, какую логическую функцию реализует данный элемент.

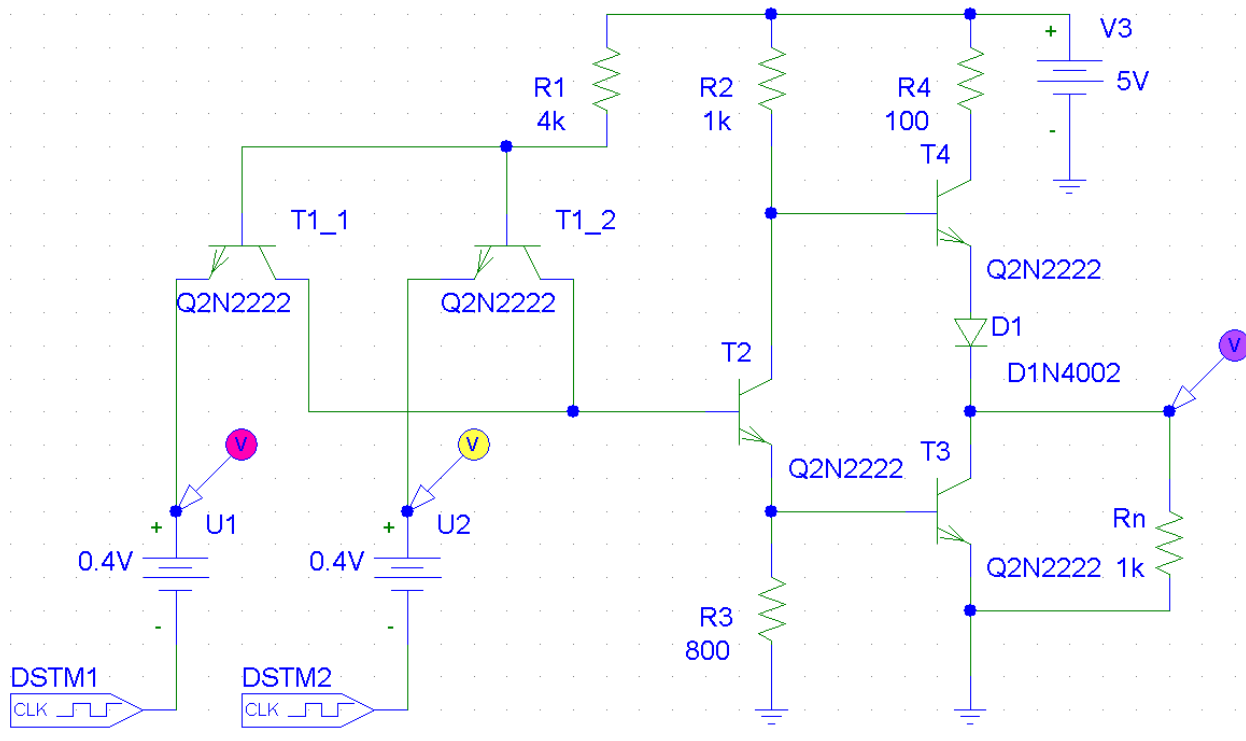


Рис. 3 Элемент И-НЕ типа ТТЛ

Схема ТТЛ во многом напоминает схему ДТЛ. Лишь только диоды входной схемы И в ней заменены одним транзистором с несколькими эмиттерами (в лабораторной работе использовано несколько транзисторов с одним эмиттером). Если все входные напряжения имеют высокий уровень, ток, проходящий через резистор R_1 по открытому в прямом направлении переходу база-коллектор входного транзистора, течет в базу транзистора T_2 и приводит его в открытое состояние. При этом напряжение на коллекторе входного транзистора составляет около 0.6 В. Если только на один из входов подано низкое напряжение, то соответствующий переход база-эмиттер открывается и

отбирает базовый ток транзистора Т2. При этом транзистор Т2 запирается и выходное напряжение принимает значение, соответствующее высокому уровню.

Известно, что в каждом транзисторе коллектор с эмиттером можно поменять местами. При этом переход база-коллектор оказывается включенным в прямом направлении, а переход база-коллектор – в обратном. Этот способ включения транзистора называется инверсным. Инверсное включение отличается от прямого лишь незначительной величиной коэффициента усиления по току, который в данном случае будем называть коэффициентом усиления по току для инверсного включения. Итак, ток эмиттера равен $I_E = V_{инв} I_{B1}$. Коэффициент усиления потоку обычного транзистора, включенного инверсно, составляет около 10. Следовательно, в данном случае это приводит к недопустимо большой величине входного тока. Однако в многоэмиттерном транзисторе применяется особая геометрия р-п – перехода, с помощью которой коэффициент усиления по току для инверсного включения снижается почти до 0.1. Многоэмиттерные транзисторы отдельно не выпускаются, а используются только в интегральных схемах.

В интегральных схемах ТТЛ транзистор Т2 заменяется, как правило, выходным каскадом (что и сделано в схеме, использованной в лабораторной работе), который имеет большой выходной ток, или, иначе говоря, обеспечивает более высокий запас помехоустойчивости для логического нуля. Если транзистор Т2 закрыт, то потенциал его эмиттера равен нулю и транзистор Т3 также закрыт. Через эмиттерный повторитель Т4 на выход схемы подается высокий уровень напряжения. Благодаря эмиттерному повторителю выход схемы в единичном состоянии также является низкоомным и обладает высокой нагрузочной способностью.

Если транзистор Т2 открыт, падение напряжения на нем мало. При этом базовый ток транзистора Т3 достигает такой величины, что он остается в состоянии насыщения даже при больших значениях выходного тока. Выходное напряжение составляет в этом случае около 0.1 В. Потенциалы баз транзисторов Т3 и Т4 лежат в интервале 0.6 – 0.7 В. Чтобы предотвратить открытие транзистора Т4 при нулевом сигнале на выходе, включается диод D1.

Однако в момент переключения схемы на короткое время открываются оба транзистора. В этом случае потребление тока ограничивается только защитным резистором R4. Такой импульс тока вызывает высокочастотные помехи на шине питания и общей шине. Для устранения этого эффекта используются низкоомные шины питания и конденсаторы для сглаживания питающего напряжения.

4. Эмиттерно - связанная логика (ЭСЛ)

Соберите схему, представленную на рис. 4. Проведите анализ переходных процессов с параметром Final Time = 20ms.

Параметры элемента DSTM1: ONTIME = 4ms, OFFTIME = 4ms,
STARTVAL = 0, OPPVAL = 1.

Параметры элемента DSTM2: ONTIME = 2ms, OFFTIME = 2ms,
STARTVAL = 0, OPPVAL = 1.

Зарисуйте полученные осциллограммы. По осциллограммам определите, какую логическую функцию реализует данный элемент.

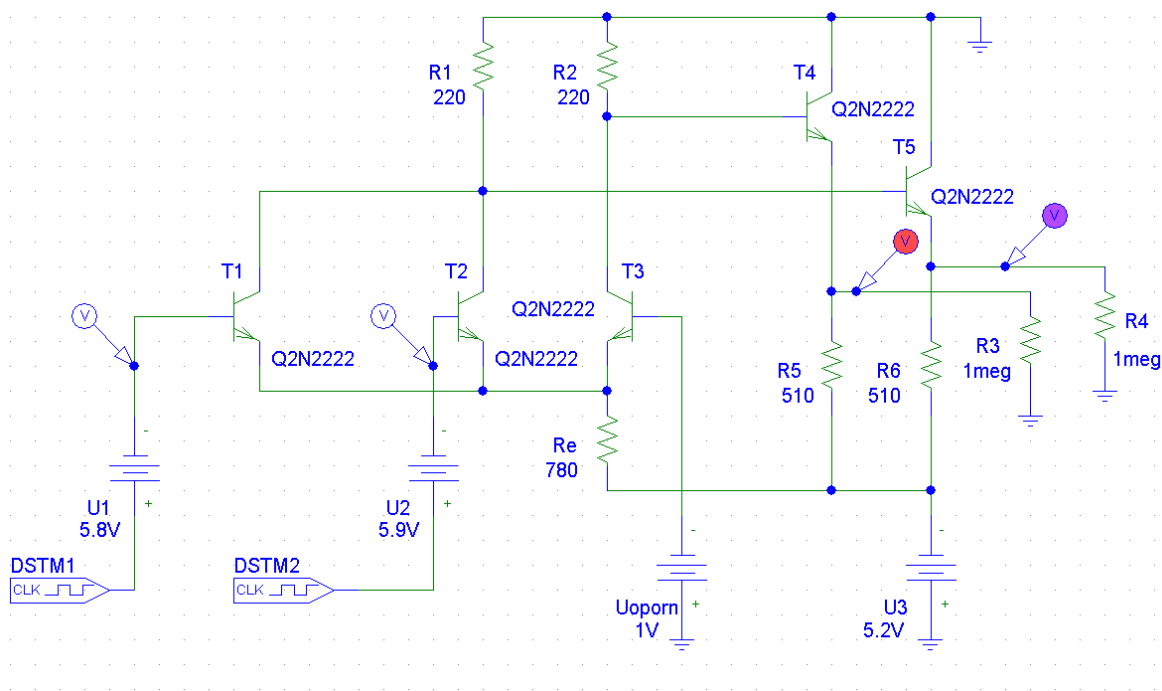


Рис. 4. Элемент ИЛИ – ИЛИ-НЕ типа ЭСЛ

В дифференциальном усилителе, представленном на схеме транзисторами Т2 и Т3, ток I_k переключается с одного транзистора на другой при разности входных напряжений около ± 100 мВ. Следовательно, этот усилитель может находиться в двух различных состояниях, а именно $I_c = I_k$ или $I_c = 0$. Поэтому его называют также переключателем тока. Если выбрать низкоомные параметры схемы таким образом, чтобы изменение напряжения на коллекторном сопротивлении было достаточно мало, можно предотвратить насыщение открытого транзистора.

На схеме показан типичный логически элемент ЭСЛ. На базу транзистора Т3 со средней точки делителя напряжения подается постоянное напряжение $V_{\text{опорн}}$. Если все входные напряжения имеют низкий уровень, транзисторы Т1 и Т2 закрыты. В этом случае эмиттерный ток, проходя по транзистору Т3, вызывает падение напряжения на резисторе R2. Выходное напряжение U_{a1} находится при этом на низком уровне, а U_{a2} – на высоком. Если хотя бы одно входное напряжение будет иметь высокий уровень, состояние выходных транзисторов поменяется. Следовательно, по позитивной логике здесь реализуется для выхода U_{a1} функция ИЛИ, а для выхода U_{a2} – функция ИЛИ-НЕ.

Схемы ЭСЛ обладают наименьшими значениями времени переключения по сравнению со всеми типами логических элементов. Эти значения лежат в области нескольких наносекунд и составляют в ряде случаев менее одной наносекунды. Несмотря на малые значения времени переключения, импульсные помехи в цепях питания незначительны, так как потребление тока в этой схеме не изменяется при её переключении.

5. КМОП-логика

Соберите схемы, представленные на рис. 5, 6, 7. Проведите анализ переходных процессов с параметром Final Time = 20ms.

Параметры элемента DSTM1: ONTIME = 4ms, OFFTIME = 4ms, STARTVAL = 0, OPPVAL = 1.

Параметры элемента DSTM2: ONTIME = 2ms, OFFTIME = 2ms, STARTVAL = 0, OPPVAL = 1.

Зарисуйте полученные осциллограммы. По осциллограммам определите, какую логическую функцию реализует данный элемент.

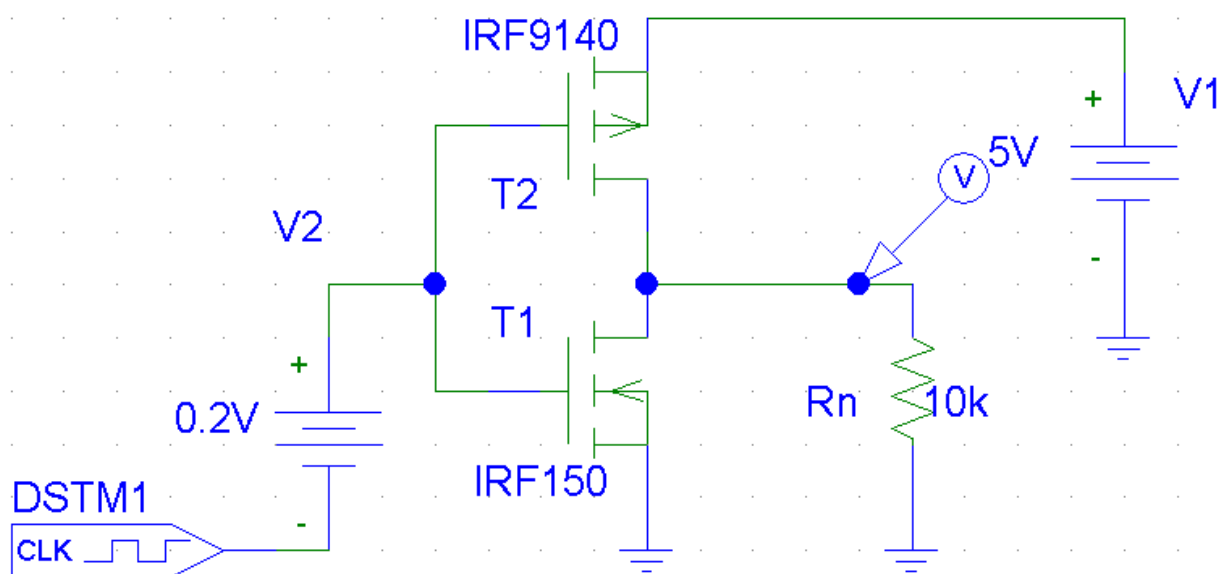


Рис. 5 Инвертор КМОП

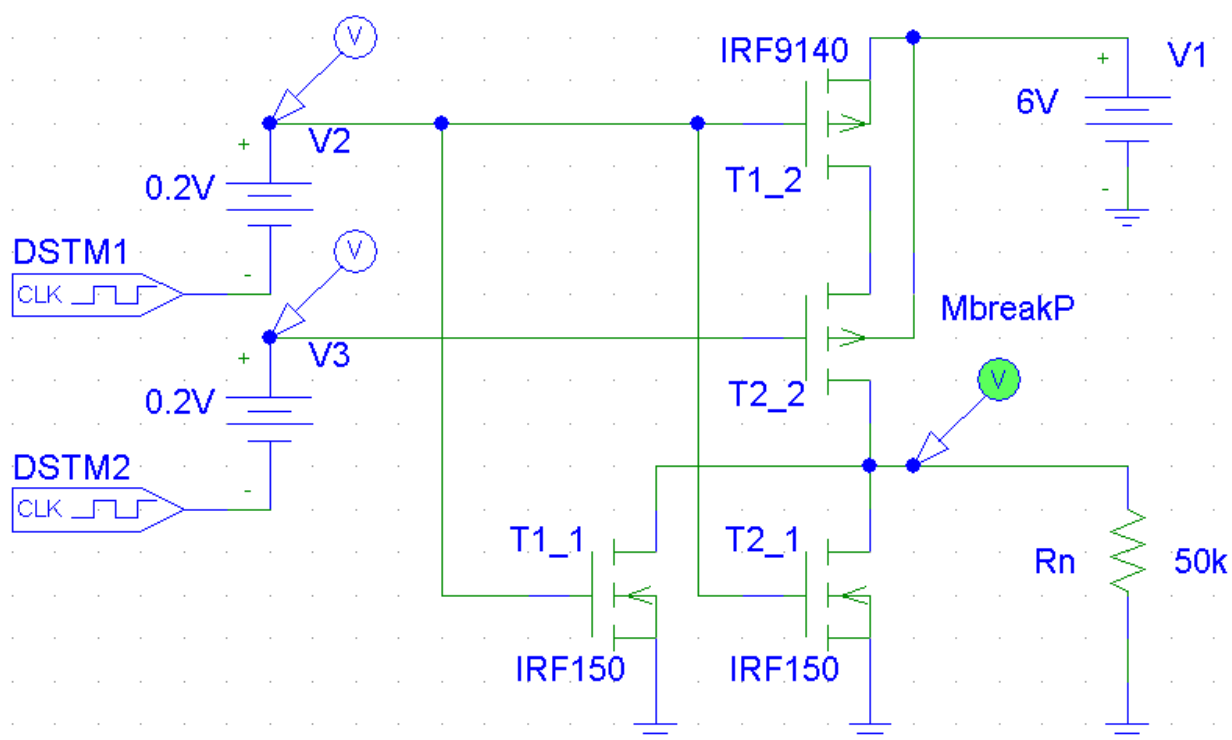


Рис. 6. Элемент ИЛИ-НЕ типа КМОП

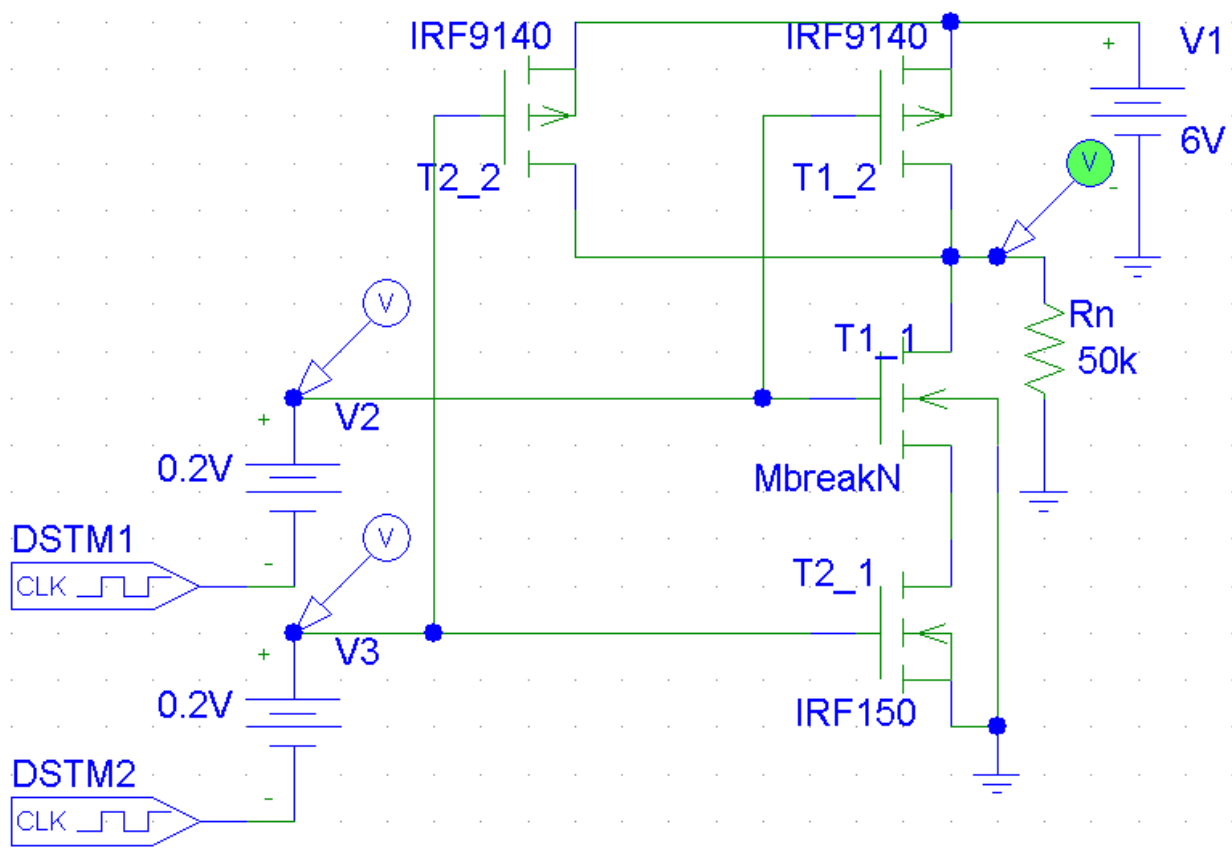


Рис. 7. Элемент И-НЕ типа КМОП

Рассмотрим принцип действия схем КМОП на примере инвертора, изображенного на рис. 5. Пороговое напряжение обоих транзисторов составляет, как правило, 1.5 В. Если $V_{вх} = 0$, то открыт р-канальный МОП-транзистор T_2 , а п-канальный МОП-транзистор T_1 заперт. При этом выходное напряжение равно V_1 . Если $V_{вх} = V_1$, то транзистор T_2 заперт, а T_1 открыт и выходное напряжение равно нулю. Напряжение питания можно произвольно выбирать в диапазоне от 3 до 15 В. Очевидно, что в статическом режиме потребление тока данной схемой будет равно нулю. Лишь в момент переключения существует небольшой ток утечки.

Потребление тока этой схемой определяется в основном процессами перезаряда паразитных емкостей. Если к одному выходу подключать несколько КМОП-элементов, то при каждом изменении состояния все входные емкости должны перезаряжаться через выход одного элемента. Когда выходное напряжение переходит в состояние логической единицы, емкостная нагрузка через транзистор T_2 заряжается до величины V_1 . При этом от источника питания отбирается заряд $Q = CV_1$.

Если выходное напряжение достигает низкого уровня, емкостная нагрузка разряжается через транзистор T_1 . Следовательно, в течение каждого периода T входного сигнала, имеющего форму прямоугольного импульса, из шины питания на общую шину стекает заряд Q . Среднее значение этого тока определяется как $I = CV_1 / T = fCV_1$.

Здесь f – частота входного напряжения. Таким образом, мощность, потребляемая этой схемой, пропорциональна частоте.

Напряжение логической единицы зависит от выбранного напряжения питания. При переключении этой схемы ее выходное напряжение изменяется симметрично относительно уровня половины напряжения питания. С увеличением напряжения также увеличивается и запас помехоустойчивости. Если $V_1 = 5$ В, достигается совместимость с уровнями ТТЛ. При этом один элемент КМОП может управлять, как правило, одним стандартным элементом ТТЛ.

На рис. 6 изображен логический элемент КМОП ИЛИ-НЕ, работающий на том же принципе, что и описанный выше инвертор. Чтобы всегда можно было обеспечить большое управляемое сопротивление нагрузки, когда любое из входных напряжений будет иметь высокий уровень, соответствующее число р-канальных транзисторов включается последовательно. Не смотря на то, что при этом выходное сопротивление схемы возрастает, выходное напряжение логической единицы остается на уровне V_1 , так как в стационарном режиме ток не течет. Путем изменения параллельного включения транзисторов на последовательное (и наоборот) из схемы ИЛИ-НЕ можно получить логический элемент И-НЕ, представленный на рис. 7.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы базовой логики.
2. В чём недостаток резистивно – транзисторной схемы?
3. Что понимается под нагрузочной способностью элемента?
4. Что делать, если нагрузочной способности элемента оказывается недостаточно?
5. Поясните принцип работы элемента И-НЕ типа ДТЛ.
6. Какая проблема решена в многоэмиттерных транзисторах?
7. Для чего в элементе И-НЕ типа ТТЛ нужен диод D1?
8. Поясните принцип работы элемента ИЛИ – ИЛИ-НЕ типа ЭСЛ.
9. Поясните принцип работы инвертора КМОП.

Практическая работа № 4.

Основы работы с программным обеспечением Multisim

Цель работы: ознакомиться с интерфейсом программы Multisim, научиться создавать проект и программный файл.

2.1.1. Интерфейс пользователя

2.1.1.1. Основные элементы пользовательского меню

После установки программы в компьютере ее запуск осуществляется следующим образом: *Пуск – Все программы – National Instruments – Circuit Design Suite 10.0 – Multisim.*

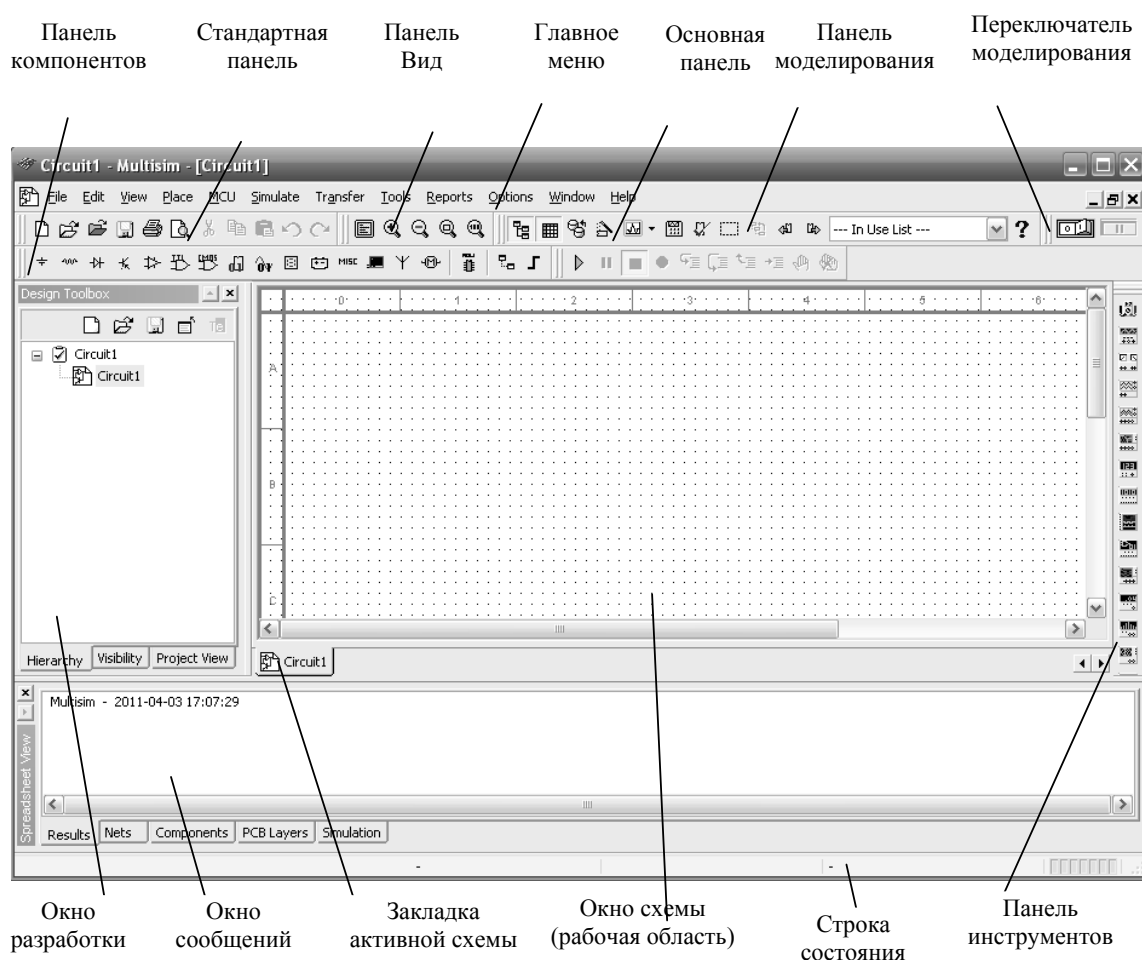


Рис. 2.1. Основные элементы пользовательского интерфейса

Открывающееся окно программы Multisim (рис. 2.1) выглядит стандартно для современного интерактивного программного про-

дукта. Основными элементами пользовательского интерфейса являются: главное меню, панель инструментов, строка состояния, полосы прокрутки и другие стандартные элементы окна программы Windows. Особенности работы с элементами меню программы Multisim 10 приводятся, например, в [5].

Для активизации окна сообщений необходимо нажать на основной панели значок  либо выбрать в пункте меню View-Spreadsheet View.

Главное меню программы Multisim обладает большим набором инструментов для подготовки схемы и проведения анализа.

Пункты главного меню File, Edit, View являются обычными меню с набором команд для работы с файлами и проектами, печати (File), редактирования и изменения свойств чертежа, ориентирования, удаления, выделения, перемещения элементов схем (Edit), настройки пользовательского интерфейса с возможностью изменения набора инструментальных панелей, масштабирования рабочей области (View).

Пункт меню Place:

Component... – предназначен для выбора и размещения компонентов схемы;

Wire – нанесение соединительных проводов;

Bus – построение информационных шин;

Junction – определение электрических узлов-соединителей;

Comment – определение комментария в схеме;

Connectors – введение соединителей;

Text – введение пояснительного текста;

Graphics – вставка элементарных графических элементов и графических изображений из внешнего файла;

Title Block – задание параметров штампа для схемы.

Пункт меню MCU позволяет записать программный код для работы выбранного микропроцессора и отладить программу.

Пункт меню Simulate задает типы проводимого анализа, позволяет выбрать встроенные приборы, сохранить результаты и провести их обработку. В этом меню можно изменить временной шаг моделирования при помощи пункта Interactive Simulation Settings (рис. 2.2).

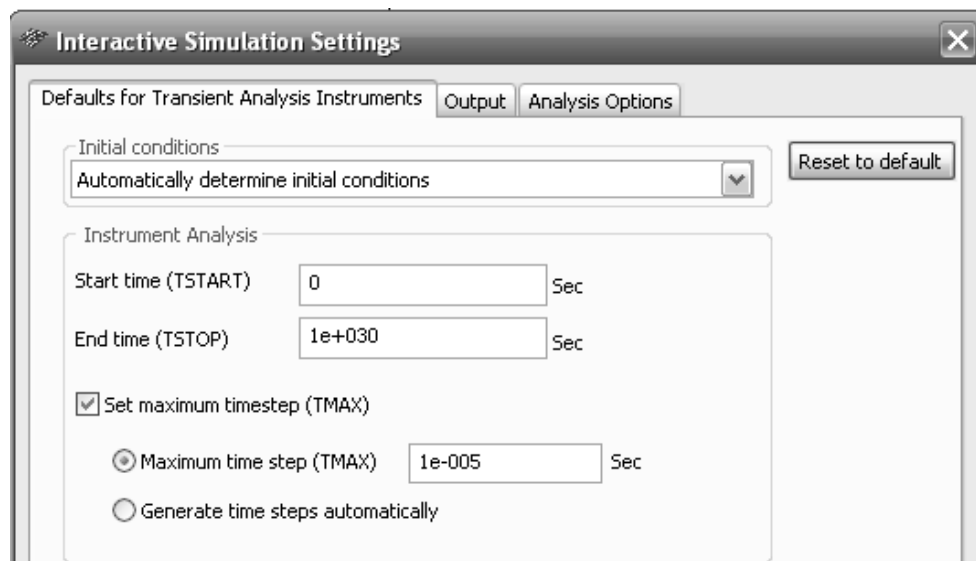


Рис. 2.2. Окно настройки временного шага моделирования

В программе по умолчанию выбрана автоматическая генерация шага моделирования (10^{-5} с). Для изменения временного шага моделирования нужно активировать строчку Maximum time step (TMAX) и указать необходимый шаг.

Пункт меню Transfer – здесь можно передать исходные данные для трассировки печатных плат в программу Ultiboard.

Меню Tools позволяет работать с базой данных компонентов программы, использовать возможности автоматизированного проектирования, мастера проектирования имеющихся типовых устройств на основе таймера 555 серии, полосовых фильтров, операционных усилителей и каскадов усиления на биполярных транзисторах, для которых можно выбрать требуемые выходные параметры.

В этом меню также можно подобрать исходные данные для многовариантного анализа исследуемой схемы, проверить схему на ошибки, редактировать имена электронных компонентов и даже реализовать дальнейшее сохранение полученной картинки в виде графического файла.

Пункт меню Reports предлагает детальный отчет о схеме: числе и типе компонентов, их параметрах, сведения об узлах схемы и многое другое. Кроме этого полученную информацию можно передать в офисные программы для дальнейшего использования.

Пункт меню Option задает условия работы по подготовке и сохранению схемы, определения внешнего вида схемы и условий ввода и размещения элементов при рисовании. Он содержит следующие

подменю: Global Preferences..., Sheet Properties... и Customize User Interface...

Подменю Global Preferences определяет режимы и условия работы программы как в процессе ввода схемы, так и при сохранении введенной схемы в виде файла. Так, на закладке Paths (рис. 2.3) дается путь до папок хранения файлов схем, файлов конфигурации и баз данных.

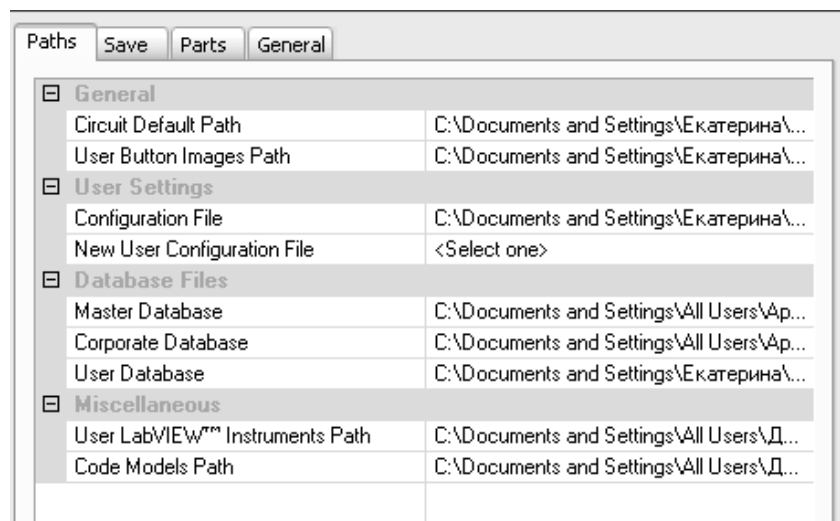


Рис. 2.3. Закладка Paths подменю Global Preferences пункта меню Option

На закладке Save (рис. 2.4) определяются режимы сохранения и размеры файла данных.

На закладке Parts (рис. 2.5) определяются действия программы при выборе и установке компонента в рабочую область схемы, выбор стандарта вида компонента, параметры автоматизации измерения результатов анализа, параметры моделирования цифровых устройств.

На закладке General (рис. 2.6) определяются действия при движении колесика мыши, задаются возможности автоматизации соединения проводников и возможности выбора выделяемых движением курсора областей.

Подменю Sheet Properties определяет внешний вид подготовленной, нарисованной схемы. На ее закладке Circuit (рис. 2.7) можно указать, какая информация будет отображаться на поле схемы возле введенного компонента.

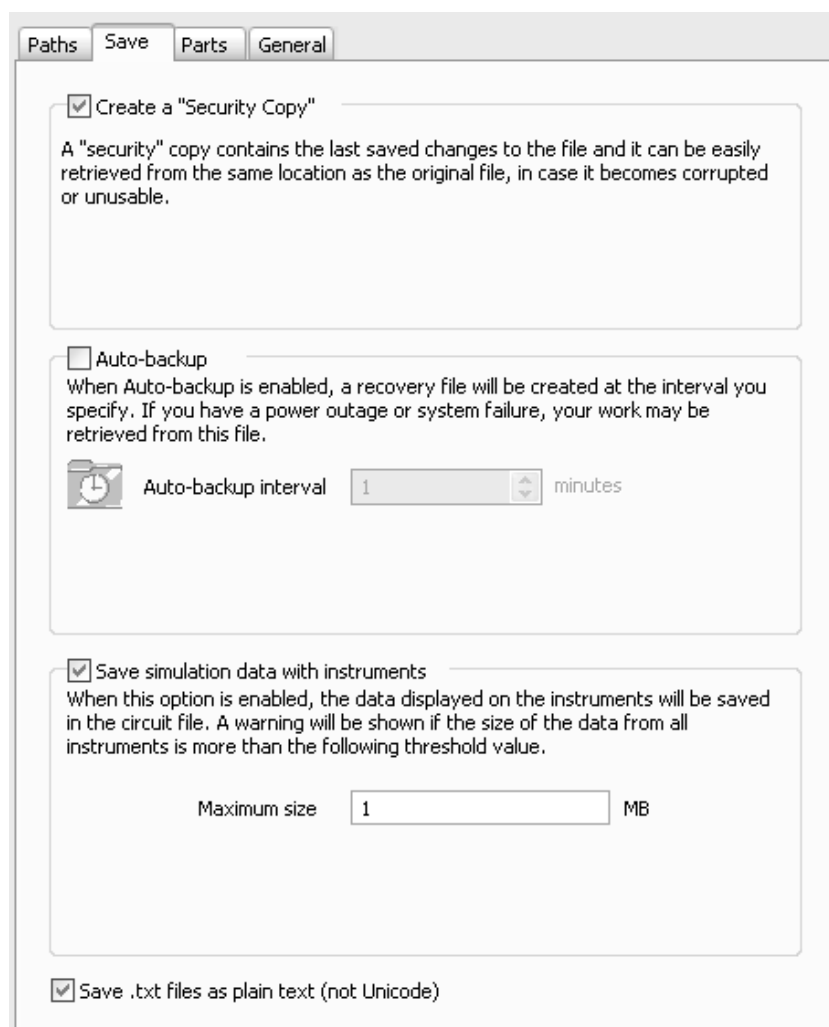


Рис. 2.4. Закладка Save подменю Global Preferences пункта меню Option

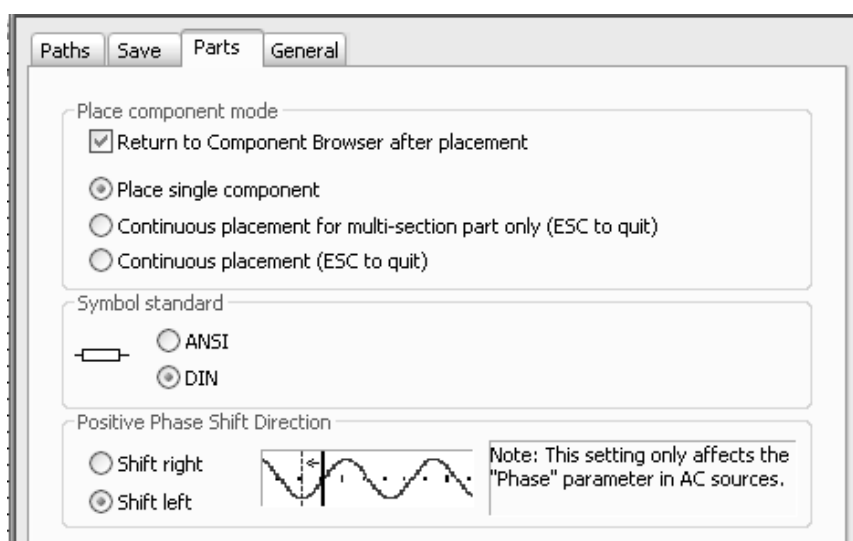


Рис. 2.5. Закладка Parts подменю Global Preferences пункта меню Option

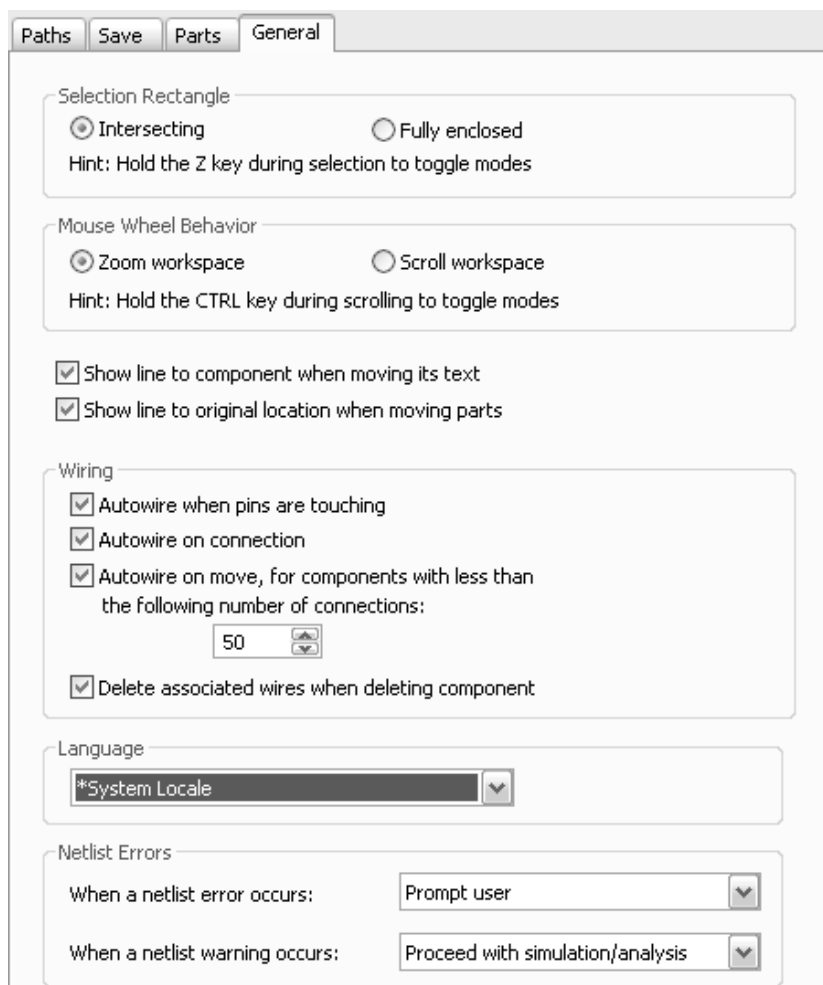


Рис. 2.6. Закладка General подменю Global Preferences пункта меню Option

Рекомендуется оставить для отображения только самую необходимую информацию: текстовые метки (Labels), позиционное обозначение (RefDes), его значение (Values). С помощью этой же закладки можно задать также цветовое решение элементов, соединительных проводов, фона схемы из стандартных наборов или же задать пользовательскую цветовую палитру (Color). Если затем нажать экранную кнопку окна ОК, то все выбранные настройки сохранятся только для текущей схемы и не будут использоваться в следующих схемах. Для сохранения настроек для следующих схем необходимо отметить флажок Save as default и уже после этого нажать ОК.

Закладка Workspace (рис. 2.8) позволяет установить видимость сетки, границы чертежа, показ границы страницы, определить размер страницы для схемы из стандартных наборов, ее ориентацию

или же определить нестандартные размеры страницы и метрику размеров.

Закладка Wiring (рис. 2.9) определяет толщину линий соединительных проводов и толщину изображения шин.

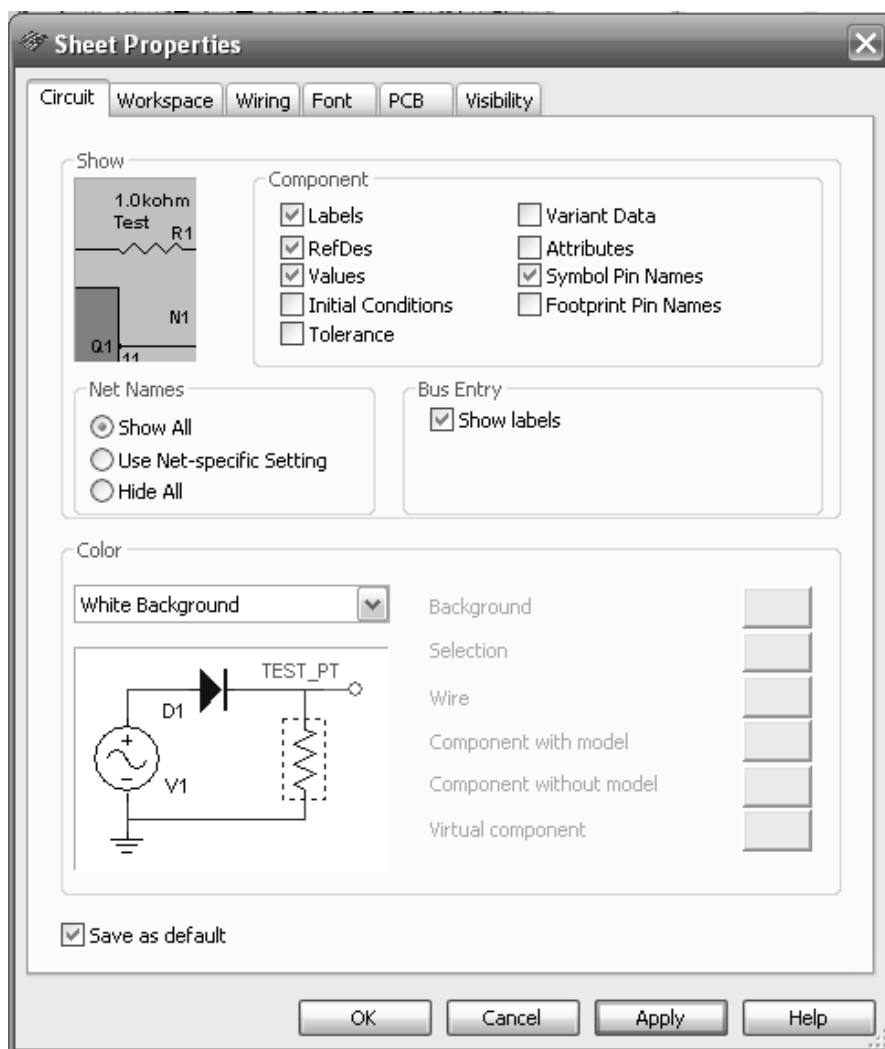


Рис. 2.7. Закладка Circuit подменю Sheet Properties пункта меню Option

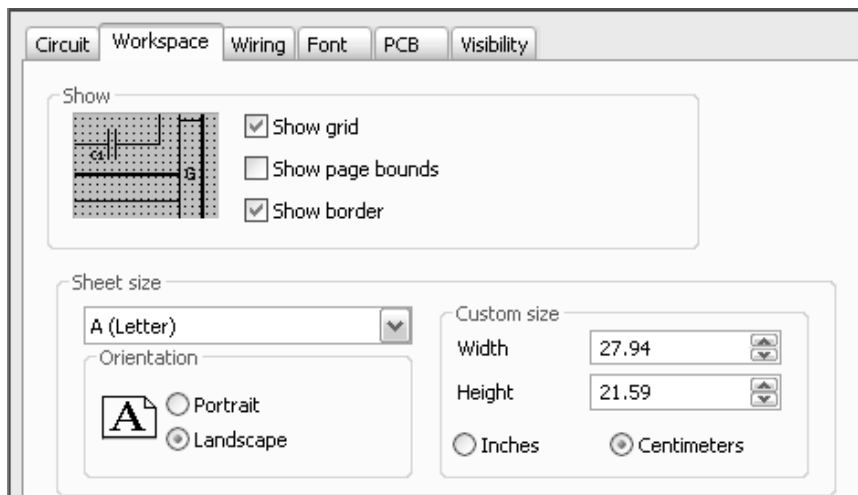


Рис. 2.8. Закладка Workspace подменю Sheet Properties пункта меню Option

Пункт меню Window – стандартный, осуществляет навигацию между внутренними окнами программы и регулирует расположение этих окон. Аналогичное можно сказать и о пункте меню Help.

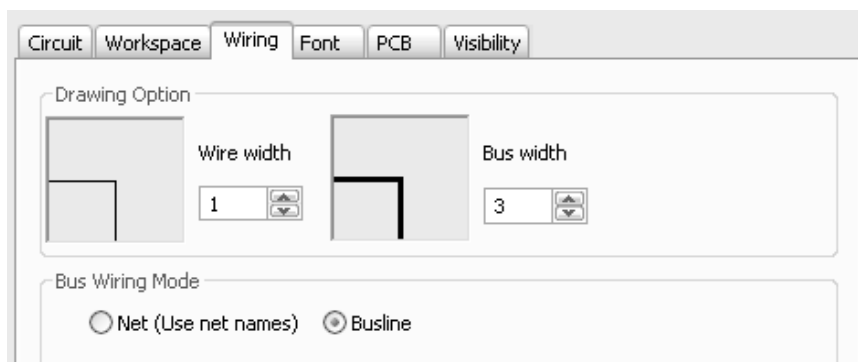


Рис. 2.9. Закладка Wiring подменю Sheet Properties пункта меню Option

2.1.1.2. Виртуальные инструменты

Программа Multisim содержит большое число виртуальных измерительных приборов (инструментов), которые можно использовать с целью проведения измерения или же исследования схемотехнических решений. Виртуальные измерительные приборы по своему действию соответствуют реальным приборам. С их помощью можно не только визуализировать информацию, но и сохранить ее в виде файла данных, который в дальнейшем можно будет использовать для обмена с другими программами, например **LabVIEW**.

Панель инструментов на экране может быть расположена произвольно, но, как правило, она закрепляется у границ окна. Вид панели представлен на рис. 2.10.



Рис. 2.10. Вид панели инструментов

Измерительные приборы могут иметь разный внешний вид, в зависимости от того, какую задачу ставит перед собой пользователь и где расположен сам прибор (на панели инструментов или на поле схемы), пример показан в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Представление виртуальных приборов в Multisim

Форма представления	Описание	Внешний вид
Иконка	Представляет инструмент в панели инструментов Multisim's NI	
Символ	Представляет инструмент в цепи схемы. Для подсоединения к схеме необходимо использовать внешние выводы инструмента. Для открытия приборной панели необходимо дважды щелкнуть ЛКМ на символе инструмента	
Инструментальная панель (панель прибора)	Открывается двойным щелчком ЛКМ на символе инструмента. Позволяет пользователю взаимодействовать с инструментом – установить параметры измерения. Отображает результаты измерения	

Приборы Multisim позволяют пользователю измерять параметры моделируемой схемы, даже если он не знаком с основами языка моделирования SPICE. Если пользователь изменяет настройки прибора, тут же автоматически изменяются и параметры моделирования.

При проведении моделирования показания приборов постоянно изменяются. В одной и той же схеме может быть несколько экземпляров прибора. Атрибуты настройки прибора и соответствующие этим настройкам параметры моделирования могут быть сохранены в конфигурационном файле. Полученные при моделировании данные при использовании встроенных приборов могут быть обработаны постпроцессором и показаны в окне Grapher View. Внешний вид (размеры) инструментальной панели прибора могут быть изменены

в соответствии с требуемым разрешением экрана и способом отображения данных. Данные, полученные в результате анализа, могут быть сохранены в формате файлов TXT, LVM, и TDM.

NI Electronics Workbench Group имеет тесные партнерские связи с представителями ведущих фирм в области измерительной техники, таких Agilent® и Tektronix®, поэтому приборы, размещенные на панели инструментов Multisim, выглядят и работают абсолютно так же, как и реальные физические приборы этих производителей.

Встроенные в программу Multisim приборы могут быть сгруппированы по шести категориям (табл. 2.2–2.7).

Таблица 2.2

Инструменты для анализа напряжения и токов

Тип прибора	Функциональные возможности	Иконка
1	2	3
Функциональные генераторы (Function generator)	Генерирование синусоидальных, трапецидальных и импульсных сигналов. Установка частоты, скважности, амплитуды сигнала	
Мультиметр (Multimeter)	Измерение постоянного и переменного тока, напряжения и потерь.	
2-канальный осциллограф (Oscilloscope)	Измерение сигнала в двух каналах. Масштабирование Y и X осей. Смещение по Y оси. Синхронизация	
4-канальный осциллограф (4 channel scilloscope)	Измерение сигнала в четырех каналах. Масштабирование Y и X осей. Смещение по Y оси. Синхронизация	
Ваттметр (Wattmeter)	Измерение мощности сигнала	
Измеритель ВАХ (IV-analysis)	Исследуются диоды, биполярные PNP и NPN-транзисторы (BJT). Канальные транзисторы (PMOS), (NMOS) и полевые. КМОП структуры (CMOS)	
Счетчики (Frequency counter)	Измеряются частота, период, фронты импульсов, АЧХ, фазовые сдвиги. Поддерживается частота измерений свыше 10 ГГц, синхронизация, развязка по постоянному току	
Построитель графика Бode (Bode plotter)	Исследуются частотная характеристика, фазовые сдвиги. Поддерживается частота измерений свыше 10 ГГц	
Измеритель частотных искажений (Distortion analyzer)	Измеряются интермодуляционные искажения, суммарный коэффициент гармонических искажений (коэффициент гармоник)	

Таблица 2.3

Логические инструменты

Тип прибора	Функциональные возможности	Иконка
Логический анализатор (Logic analyzer)	Измеряются 16 каналов, история измерений. Поддерживается синхронизация. Внешняя/внутренняя опорная частота	
Логический конвертер (Logic converter)	Цифровые схемы, построенные по таблицам истинности и логическим выражениям. Таблицы истинности для цифровых схем. Логические выражения для цифровых схем. Реализуются циклы, обновление шага, сброс. HEX, DEC, Boolean, ASCII-коды	
Генератор слов (Word generator)	Реализуются HEX, DEC, Boolean, ASCII представление данных, синхронизация, временная селекция. Режимы: циклы, обновление шага, сброс	

Таблица 2.4

Приборы радиочастотного диапазона

Тип прибора	Функциональные возможности	Иконка
Анализатор спектра (Spectrum analyzer)	Измеряются спектр, компоненты спектра (мощность, частота), непрерывный и дискретный спектр	
Прибор для анализа электрических цепей в обобщенном виде (Network analyzer)	Построение по цифровой схеме таблицы истинности или логического выражения. Обратное преобразование таблицы истинности или логического выражения в цифровую схему	

Таблица 2.5

Инструменты, моделирующие измерительные приборы фирм-производителей измерительных устройств

Тип прибора	Функциональные возможности	Иконка
Генератор Agilent (Agilent function generator)	Тип генератора 33120A. Моделирование реального прибора	
Мультиметр DMM Agilent (Agilent multimeter)	Тип генератора 34401A. Моделирование реального прибора	
Осциллограф Agilent (Agilent oscilloscope)	Тип осциллографа 54622D. Моделирование реального прибора.	
Осциллограф Tektronix (Tektronix oscilloscope)	Тип осциллографа TDS 2024. Моделирование реального прибора	

Таблица 2.6

Измерительные пробники

Тип прибора	Функциональные возможности	Иконка
Пробник	Измерения тока, напряжения и частоты относительно земли	
Пробник	Измерения тока, напряжения и частоты относительно другого пробника	
Пробник	Имитация поведения токовых измерителей (токовых клещей)	

В приложении рассматриваются основы настройки часто используемых виртуальных приборов: генератора слов, логического анализатора, функционального генератора.

Таблица 2.7

Инструменты, базирующиеся на виртуальных приборах NI LabVIEW

Имя прибора	Функциональные возможности	Иконка
Микрофон	Подключение к звуковой плате компьютера. Запись звука	
Динамик	Подключение к звуковой плате компьютера	
Анализатор сигнала	Анализ сигнала во временной области. Спектр мощности	
Генератор сигнала	Гармонический, импульсный, пилообразный, треугольный сигналы	

2.1.1.3. Организация базы данных Multisim

Элементы схемы выбираются из базы данных и размещаются на рабочем поле тремя способами:

- 1) Через Главное меню (Place – Component...);
- 2) Через контекстное меню рабочей области (Place Component...);
- 3) Через панель компонентов (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Панель компонентов

Имеются следующие группы элементов:

**Группа Sources – источники энергии и сигналов**

Power sources – источники питания (AC – источник питания переменного тока, DC – источник питания постоянного тока, DGND – циф-

ровая земля, GROUND – аналоговая земля, Vcc, Vdd – положительное напряжение питания, Vee, Vss – отрицательное напряжение, земля).

Аналоговое заземление используется во всех процессах моделирования за исключением моделирования цифровых устройств в реальном времени (в этом режиме, кроме задержки в логическом элементе, моделируется время фронта и время спада, выходное напряжение имеет сглаженные фронты, а сам процесс моделирования требует большего времени).

Signal voltage sources – сигнальные источники напряжения.

Signal current sources – сигнальные источники тока.

Controlled voltage sources – регулируемые источники напряжения.

Controlled current sources – регулируемые источники тока.

Control function blocks – функциональные блоки управления.



Группа Basic – группа с базовыми элементами

Rpack – резистивная сборка.

Switch – переключатели (ключи, push button – кнопка, блоки с 2–10 переключателями).

Transformer – трансформатор.

Non linear transformer – нелинейный трансформатор.

Relay – реле.

Connectors – соединители, разъемы.

Sockets – сокет.

Resistor – резисторы.

Capacitor – конденсаторы.

Inductor – катушки индуктивности.

Cap electrolit – электролитические конденсаторы.

Variable capacitor – переменные конденсаторы.

Variable inductor – переменные катушки индуктивности.

Potentiometer – потенциометры.



Группа Diodes – диоды

Diode – диоды.

Zener – стабилитроны (диоды Зенера).

Led – светодиоды.

FWB – диодные мосты.

Schootky diode – диоды Шоттки.

Scr – тиристоры триодные, запираемые в обратном направлении с управлением по катоду.

Diac – диоды двунаправленные.

Triac – тиристоры триодные симметричные (двунаправленные).

Varactor – варикапы (емкостные диоды).

Pin diod – pin диоды (содержат область собственной проводимости между сильнолегированными областями).



Группа Transistors – транзисторы

BJT NPN – биполярные транзисторы типа NPN.

BJT PNP – биполярные транзисторы типа PNP.

BJT ARRAY – микросборки транзисторов.

DARLINGTON NPN – транзисторы Дарлингтона NPN (составные транзисторы).

DARLINGTON PNP – транзисторы Дарлингтона PNP.

DARLINGTON ARRAY – массив транзисторов Дарлингтона.

MOS 3TDN – транзистор канальный с встроенным каналом N-типа.

MOS 3TEN – транзистор канальный с изолированным затвором обогащенного типа с N-каналом, с внутренним соединением истока и подложки (индуцированный канал).

MOS 3TEP – транзистор канальный с индуцированным каналом P-типа.

JFET N – транзистор полевой с проводимостью типа N.

JFET P – транзистор полевой с проводимостью типа P.

POWER MOS N – мощный канальный транзистор с каналом N-типа.

POWER MOS P – мощный канальный транзистор с каналом P-типа.

POWER MOS COM – мощный канальный транзистор (комплементарная технология).

UJT – тиристор триодный, запираемый в обратном направлении с управлением по аноду.

THERMAL MODELS – температурные модели.



Группа Analog – аналоговые компоненты

Opamp – операционные усилители.

Comparator – компараторы.

Wideband amps – широкополосные усилители.

Special function – компоненты, реализующие специальные функции.



Группа TTL – элементы транзисторно-транзисторной логики 74-серии



Группа CMOS – комплементарная МОП-структура (комплиментарные транзисторы)



Группа MCU

Микроконтроллеры – МК (805х, PIC.

Микросхемы памяти – RAM, ROM (HM-65642-883 (8k x 8), HM61116A120(2k x 8)), ПЗУ (27C128-12L(16k x 8), 27C256-15L (32K x8)), ППЗУ (27C64Q350-883)).



Группа Advanced peripherals

Усовершенствованные периферийные устройства, такие как виртуальная цифровая клавиатура (4x4, 4x5), LCD-дисплей, светофор.



Группа Misc digital – различные цифровые микросхемы

DSP – устройства DSP (цифровые сигнальные процессоры).

FPGA – устройства FPGA (программируемая пользователем вентиляционная матрица).

PLD – программируемые логические устройства.

CPLD – комплементарные программируемые логические схемы.

Microcontrollers – микроконтроллеры.

Microprocessors – микропроцессоры.

Memory – микросхемы памяти.

Line driver – линейный формирователь.

Line receiver – линейный приемник.

Line transceiver – линейные приемопередатчики.



Группа Mixed – устройства смешанного сигнала

Analog switch – аналоговые переключатели.

Analog switch IC – интегральная схема аналогового переключателя.

Timer – таймер.

ADC, DAC – АЦП (ADS8364Y, AD16), ЦАП (DAC7643_FP32).

Multivibrators – мультивибраторы.



Группа Indicators – индикаторы

Voltmeter – вольтметры.

Ammeter – амперметры.

Probe – пробники.

Buzzer – автоматические прерыватели.

Lamp – лампы.

Hex display – дисплеи (светоиндикаторы – 15-сегментные, семи-сегментные, с общим катодом, с общим анодом, с десятичной точкой, без точки, дисплеи с «+» или «-», 7 сегментные дисплеи с двумя цифрами (с десятичной точкой, с общим анодом или с общим катодом).

Bargraph – столбцовая диаграмма.



Группа Power – компоненты, относящиеся к источникам питания и связанные с ними:

Fuse – плавкие предохранители.

Voltage reference – источники опорного напряжения.

Voltage regulator – потенциометры.

Voltage suppressor – ограничительные диоды.

Power supply controller – контроллеры источников питания

Misc power – прочие источники питания.

PWM controller – широтно-импульсный модулятор.



Группа Misc – прочее

Optocoupler – оптроны.

Crystal – кварцевые резонаторы.

Vacuum tube – электронные лампы.

Boost converter – усилители-преобразователи.

Lossy transmission line – линия передачи с потерями.

Lossless line type1 – линия без потерь, тип 1.

Lossless line type2 – линия без потерь, тип 2.

Filters – фильтры.

Mosfet driver – драйвер полевого транзистора.

Net – сеть связи.



Группа RF – радиочастотные устройства

RF capacitor – радиочастотные конденсаторы.

RF inductor – радиочастотные катушки индуктивности.

RF BJT NPN – радиочастотные биполярные транзисторы типа NPN.

RF BJT PNP – радиочастотные биполярные транзисторы типа PNP.

RF MOS 3TDN – радиочастотные полевые транзисторы с встроенным каналом N-типа.

Tunnel diode – радиочастотные туннельные диоды.

Strip line – полосковые линии.



Группа Electro Mechanical – электромеханические устройства

Sensing switches – сенсорные переключатели.

Momentary switches – мгновенные переключатели.

Supplementary contacts – дополнительные контакты.

Timed contacts – синхронизированные контакты.

Coils relays – реле.

Protection devices – элементы защиты (предохранители).

Output devices – устройства вывода.

Все рассмотренные выше компоненты являются реальными (промышленными) и имеют определенные, неизменяемые значения параметров. В схеме по умолчанию они обозначаются синим цветом. В базе данных есть также и виртуальные компоненты, имеющие в своем названии приставку VIRTUAL (неявно отображаются на схеме черным цветом). Виртуальные компоненты необходимы для исследований, так как пользователь может назначить им произвольные значения параметров.

2.1.2. Создание проекта и программного файла

При открытии программы Multisim автоматически создается проект схемы под названием Circuit1. Для изменения имени схемы необходимо сохранить его через пункт меню File-Save As, желательно использовать в директории английские буквы. Для создания проекта и программного файла следует выбрать микроконтроллер для программирования. В программе Multisim программируются микроконтроллеры, расположенные в БД в группе MCU, при этом МК выбирается двумя способами:

- через пункт меню Place – Component – MCU – 805x – 8051;
- через панель компонентов:  – 805x – 8051.

Устанавливаем микроконтроллер на рабочей области, появляется всплывающее окно «Мастер по созданию программного файла», которое предлагает выполнить три шага для создания проекта и программного файла.

Шаг 1. Определение рабочего пространства (рис. 2.12)

В первой строке всплывающего окна указывается путь рабочего пространства для выбранного МК. Используя кнопку «Browse», можно изменить путь рабочего пространства, предложенный программой.

В следующей строке окна предлагается ввести имя рабочего пространства.



Рис. 2.12. Окно задания рабочего пространства

Шаг 2. Создание проекта для микроконтроллера (рис. 2.13)

В этом окне предлагается установить следующие настройки для будущего проекта:

- 1) тип проекта: Standard или Use External Hex File;
- 2) язык программирования: C, Assembly;
- 3) компилятор;
- 4) имя проекта.

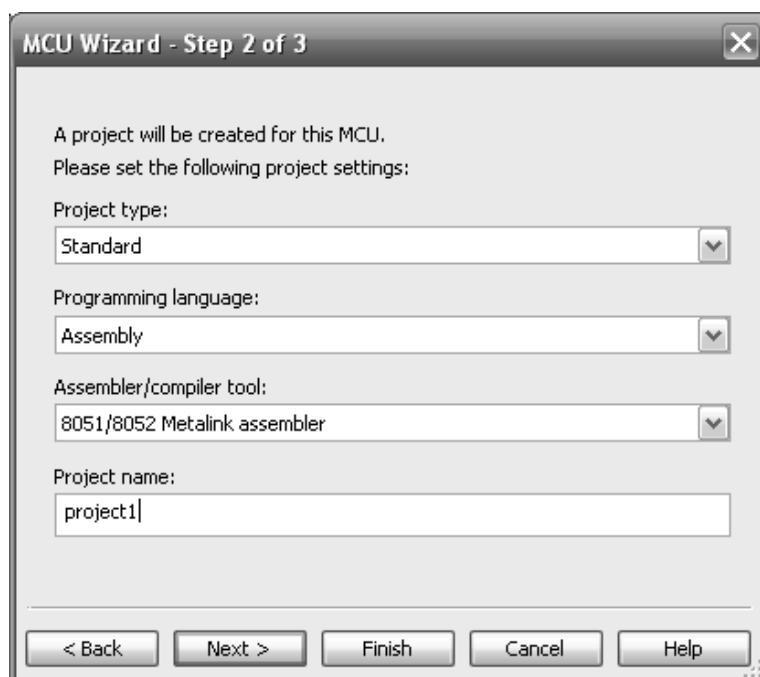


Рис. 2.13. Создание проекта для микроконтроллера

Шаг 3. Создание программного файла (рис. 2.14)

В этом окне предлагается создать либо пустой проект, то есть без программного файла, либо добавить исходный программный файл, указав его имя. Работа с Мастером заканчивается нажатием кнопки Finish.



Рис. 2.14. Создание программного файла

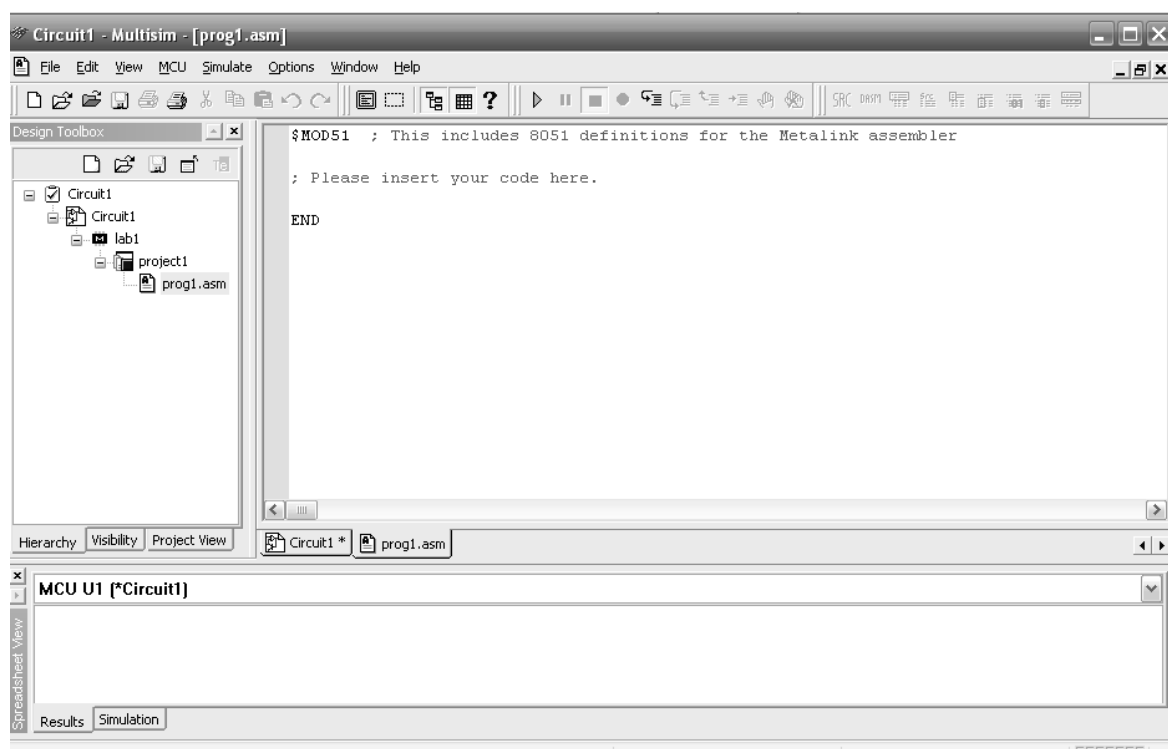


Рис. 2.15. Окно программного файла

В окне Design Toolbox (рис. 2.15) на закладке Hierarchy возможно просмотреть структуру созданного проекта. Открытие программного файла осуществляется двойным щелчком ЛКМ по его названию в окне Design Toolbox.

2.1.3. Задания для лабораторной работы

Согласно варианту задания нарисовать схему с использованием МК-51 и указанных элементов (табл. 2.8). Выполнить соединения элементов (произвольно), ввести позиционные обозначения и нумерацию цепей. При выполнении задания использовать следующие стандарты: ГОСТ 2.702-75 «Правила выполнения электрических схем»; ГОСТ 2.710-81 «Правила выполнения схем». Соединения элементов с МК обозначить зеленым цветом. Также сравнить реальный и виртуальный компоненты, указанные в задании (объяснить, в чем состоит их отличие). Элементы схемы выбрать самостоятельно из базы данных Multisim.

Размещение компонентов производится через пункт меню Place или горячую клавишу Ctrl-W, которые вызывают обращение к проводнику компонентов (рис. 2.16).

В проводнике компонентов отображается текущая база данных со схемными элементами. В Multisim они организованы в группы (groups) и семейства (families). Также в проводнике компонентов отображается описание компонента (поле Function), модель и печатная плата или производитель.

Для поиска нужного элемента схемы необходимо набрать название компонента в поле Component, и проводник автоматически подберет подходящие элементы. Также требуемый элемент схемы можно найти в соответствующей ему группе (Group). При помощи подменю «Поиск» (Search) открывается расширенный поиск элементов.

Символ звездочки («*») в названии компонента заменяет любой набор символов. Например, среди результатов запроса на элемент "74LS*N" будут микросхемы «74LS01N» и «74LS183N».

При работе с компонентами следует иметь в виду, что любому компоненту соответствует определенная модель в БД, учитывающая различные физические характеристики компонента. Например, операционный усилитель LM358M имеет 5 внешних контактов, но в этой модели БД из них используется только 3, контакты питания не задействованы (неявно заданы). Информация об особенностях используемой модели элемента находится в поле проводника «Производи-

тель/идентификатор» (Model Manuf.\ID), для этого необходимо выделить ЛКМ «Модель» (Model).

Двойной щелчок ЛКМ по компоненту или нажатие кнопки ОК в окне проводника компонентов прикрепит его к курсору. После этого компонент помещается на схему в желаемом месте рабочего пространства при помощи ЛКМ. До установки или после установки элемента в схему его можно повернуть по/против часовой стрелки при помощи горячей клавиши Ctrl-R/Ctrl-R-Shift или выбрать в контекстном меню пункт «90 Clockwise» или «90 Counter CW» соответственно.

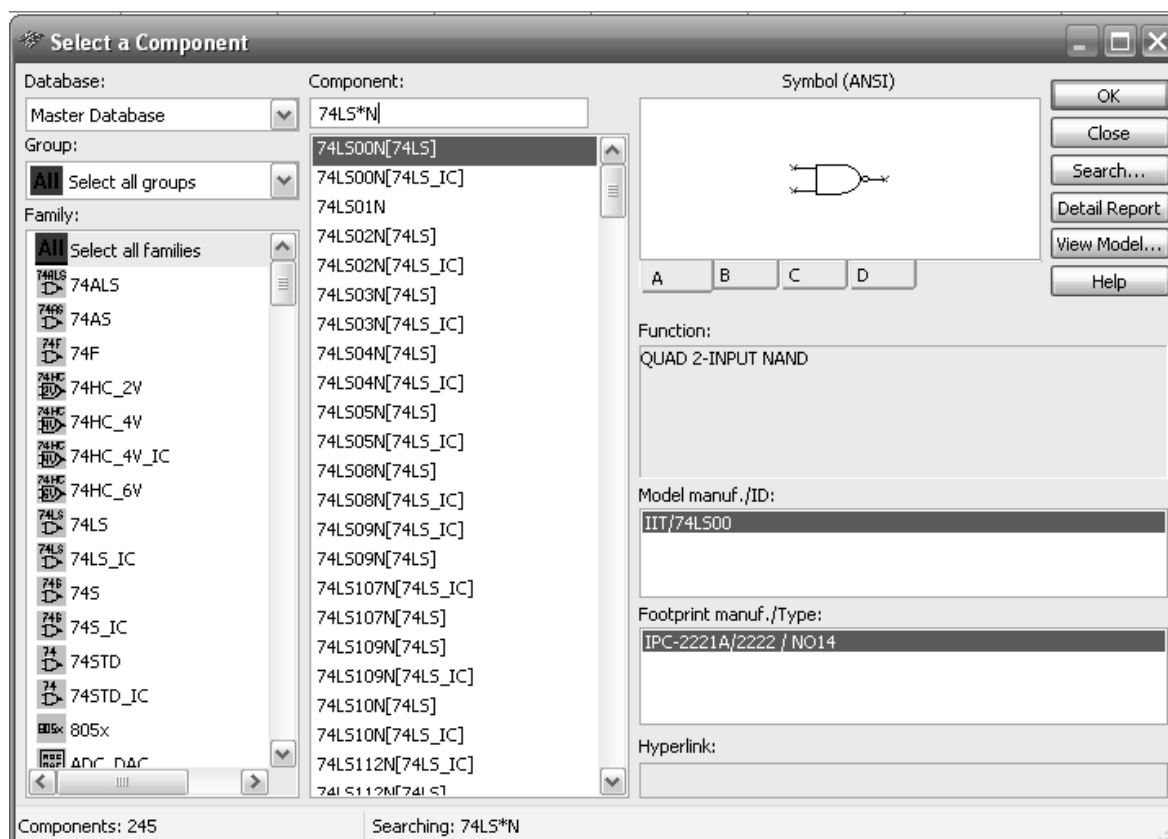


Рис. 2.16. Проводник компонентов

Чтобы выбрать компонент на схеме, необходимо щелкнуть по нему ЛК мыши. Для одновременного выбора нескольких компонентов требуется прижать ЛК мыши и перемещать ее, рисуя прямоугольник вокруг нужных компонентов. Выбранные на схеме компоненты выделяются пунктирной линией. Выделение отдельных атрибутов компонента, например значения или метки, осуществляется одинарным щелчком по соответствующему атрибуту. Клавиша Shift позволяет добавлять или снимать выделение с нескольких компонентов.

Выбранные компоненты из БД можно заменить на другие, подобные компоненты с помощью их контекстного меню, пункта Replace Components, при этом открывается окно проводника компонентов. После замены элемента Multisim восстановит соединения с остальными элементами схемы.

Таблица 2.8

Варианты задания

№	Компоненты схемы	Элемент для сравнения
1	8-разрядный регистр защелка, биполярный транзистор PNP	реле
2	JK-триггер, кнопка	конденсатор
3	EPROM 16Kx8, операционный усилитель	Биполярный транзистор NPN
4	RAM 2Kx8, конденсатор	светодиод
5	дешифратор для семисегментного индикатора источник напряжения V_{cc}	катушка индуктивности
6	потенциометр, RAM 8Kx8	диод Шотки
7	четыре элемента 2 И-НЕ, светодиод	транзистор биполярный PNP
8	компаратор, биполярный транзистор NPN	резистор
9	катушка индуктивности, D-триггер	операционный усилитель
10	Диодный мост, регистр сдвига	кварцевый резонатор
11	АЦП, пробник	оптрон
12	15- сегментный индикатор с общим катодом, предохранитель	ЦАП

2.1.4. Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Перечень элементов, использованных в схеме, с их краткими характеристиками.
3. Копия окна схемного файла с позиционными обозначениями и нумерацией цепей.
4. Выводы по работе.

2.1.5. Вопросы для самоконтроля

1. Как изменить цветовое решение схемы?
2. Чем отличаются реальные (промышленные) компоненты от виртуальных?
3. Возможно ли изменить время моделирования процесса? Ответ пояснить.

4. Привести примеры многовентильных логических компонентов, имеющих в БД Multisim.
5. Какие виртуальные приборы используются для анализа схем по току?
6. В БД Multisim представлены цифровое и аналоговое заземления. В чем их отличие?
7. Каким образом можно отредактировать цепи?
8. Какие программируемые устройства представлены в Multisim, и какие языки программирования они используют?
9. Какие типы дешифраторов имеются в БД Multisim?
10. Какие опции ПО позволяют уменьшить количество выводимой информации для элементов схемы и исключить показ сетки?
11. Расскажите об особенностях работы генератора слов.
12. Расскажите об особенностях работы логического анализатора.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине
«ПРОГРАММНЫЕ СРЕДЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ
УСТРОЙСТВ И ПРИБОРОВ»
для студентов направления подготовки
11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»
профиль: «Интеллектуальные программируемые системы и устройства»

**Ставрополь
2026**

УДК
ББК

Рецензент:

Настоящие методические рекомендации предназначены для организации самостоятельной работы по дисциплине «Программные среды для моделирования электронных устройств и приборов» для студентов очной формы обучения направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, профиль Интеллектуальные программируемые системы и устройства. В методических рекомендациях приведён план график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, представлены вопросы для обсуждения, а также задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями и список основной литературы, рекомендуемой для самостоятельной работы. Представленный список дополнительной литературы, позволяющий студентам более глубоко познакомиться с изучаемым предметом.

Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов Программные среды для моделирования электронных устройств и приборов составлены в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, профиль Интеллектуальные программируемые системы и устройства, рабочими учебными планами и программами дисциплины «Программные среды для моделирования электронных устройств и приборов».

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОГРАММНЫЕ СРЕДЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ И ПРИБОРОВ».....	5
1.1 Цель и задачи самостоятельной работы студентов.....	5
1.2 Тематика выполнения СРС, указания по форме контроля.....	9
2 ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ СРС.....	11
3 КОНТРОЛЬНЫЕ ТОЧКИ И ВИДЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО НИМ.....	11
4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.....	12
4.1 Работа с литературой.....	12
4.2 Критерии оценки для проверки уровня обученности в рамках текущего контроля.....	19
6 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	21
6.1 Основная литература.....	21

Введение

Современные стандарты подготовки специалистов предусматривают значительный объем внеаудиторной работы. Освоение программы курса предполагает получение как теоретических знаний по проблемам моделирования, так и формирование навыков практической работы. Поэтому самостоятельная работа в рамках курса ориентирована как на теоретический, так и на практический аспект.

Самостоятельная работа студентов - это выполнение теоретических и практических заданий студентами по усвоению изучаемой дисциплины «Программные среды для моделирования электронных устройств и приборов».

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОГРАММНЫЕ СРЕДЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ И ПРИБОРОВ»

1.1 Цель и задачи самостоятельной работы студентов

Целью самостоятельной работы является закрепление и углубление знаний, полученных студентами на лекциях, подготовке к текущим лабораторным и практическим занятиям, промежуточным формам контроля знаний и к итоговому контролю.

Дидактические цели самостоятельных занятий:

- формирование профессиональных умений;
- формирование умений и навыков самостоятельного умственного труда;
- мотивирование регулярной целенаправленной работы по освоению специальности;
- развитие самостоятельности мышления;
- формирование убежденности, волевых черт характера, способности к самоорганизации;
- овладение технологическим учебным инструментом.

Задача самостоятельной работы студентов - систематическое изучение дисциплин в течение семестра, закрепление и углубление полученных знаний и навыков, подготовка к предстоящим занятиям, а также формирование культуры умственного труда и самостоятельности в поиске и приобретении новых знаний и умений, и, в том числе, формирование компетенций.

Основная тенденция инноваций в области образования определяется как переход от «научения к изучению»

Именно систематическое изучение учебной дисциплины позволяет студенту достигнуть уровня требований федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) к профессиональной подготовленности, которые сформулированы следующим образом: знать, уметь, владеть.

В современной науке существует несколько классификаций самостоятельной работы студентов. Один из вариантов такой классификации представлен в табл. 1.

Таблица 1.

Виды самостоятельной работы студентов

Виды	Содержание
Репродуктивная	Повторение учебного материала, самостоятельный просмотр, прочтение, конспектирование учебной литературы; прослушивание, запоминание, заучивание и пересказ магнитофонных записей лекций, Интернет-ресурсы и др.
Познавательльно-поисковая	Написание курсовых, контрольных работ и рефератов. Разработка сообщений, эссе, докладов, докладов с презентациями. Подготовка выступлений на практических и семинарских занятиях, проработка литературы по дисциплинарным проблемам, и др.
Творческая	Подготовка дипломной работы (дипломного проекта), научных статей, рефератов, участие в научно-исследовательской работе, в студенческих и научно-практических конференциях.

Студенты в ходе выполнения самостоятельной работы должны руководствоваться ориентировочной основой деятельности на каждом этапе:

- 1 этап - определить цели самостоятельной работы;
- 2 этап - конкретизировать познавательные (практические или проблемные) задачи;
- 3 этап - оценить собственную готовность к самостоятельной работе по решению познавательных задач;
- 4 этап - выбрать оптимальный способ действий (технологии, методы и средства), ведущий к достижению поставленной цели через решение конкретных задач;
- 5 этап - спланировать (самостоятельно или с помощью преподавателя) программу самостоятельной работы;
- 6 этап - реализовать программу самостоятельной работы.

Планирование и контроль преподавателем самостоятельной работы студентов необходим для успешного ее выполнения. Преподаватель заранее планирует систему самостоятельной работы, учитывает все ее цели, формы, отбирает учебную и

научную информацию и методические средства коммуникаций, продумывает свое участие и роль студента в этом процессе.

Вопросы для самостоятельной работы студентов, указанные в рабочей программе дисциплины, предлагаются преподавателями в начале изучения дисциплины. Студенты имеют право выбирать дополнительно интересующие их темы для самостоятельной работы.

Содержание деятельности преподавателя и студента при выполнении самостоятельной работы представлено в табл. 2.

Таблица 2

Содержание деятельности при выполнении самостоятельной работы

Основные характеристики	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
Цель выполнения СР	• объяснить смысл и цель самостоятельной работы; • дать подробный инструктаж о требованиях, предъявляемых к самостоятельной работе и методах ее выполнения; • продемонстрировать образец самостоятельной работы	• понять и принять цель самостоятельной работы как личностно значимую; • познакомиться с требованиями и образцами самостоятельной работы
Мотивация	• раскрыть теоретическую и практическую значимость выполнения самостоятельной работы, • сформировать познавательную потребность студента и готовность к выполнению самостоятельной работы; • мотивировать студента на достижение цели	• сформировать у себя познавательную потребность в выполнении самостоятельной работы; • сформировать целевую установку и принять решение о выполнении самостоятельной работы
Управление	• осуществлять управление через воздействие на каждом этапе процесса выполнения самостоятельной работы; • дать оптимальные технологии выполнения самостоятельной работы	самому осуществлять управление самостоятельной работой (проектировать, планировать, рационально распределять время и т.д.) на основе предложенных технологий

Продолжение таблицы 2

Основные характеристики	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
Контроль и коррекция выполнения	• осуществлять входной контроль, предполагающий выявление начального уровня готовности студента к выполнению самостоятельной работы; • намечать дальнейшие пути выполнения самостоятельной работы; • осуществлять итоговый контроль конечного результата выполнения самостоятельной работы	• осуществлять текущий и итоговый операционный самоконтроль за ходом выполнения самостоятельной работы; • самоанализ и исправление допущенных ошибок и внесение корректив в работу; • ведение поиска оптимальных способов выполнения самостоятельной работы; • осуществлять рефлексию к собственной деятельности
Оценка	• давать оценку самостоятельной работе на основе сличения результата с образцом; • давать методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы выявлять затруднения и типичные ошибки; подчеркивать положительные и отрицательные стороны; • устанавливать уровень и определять уровень продвижения студента и тем самым сформировать у него мотивацию достижения успеха в учебной деятельности	дать оценку собственной работе, своим познавательным возможностям и способностям сопоставляя достигнутый результат с целью самостоятельной работы

Самостоятельная работа включает те разделы курса, которые не получили достаточного освещения на лекциях по причине ограниченности лекционного времени и большого объема изучаемого материала.

Методическое обеспечение самостоятельной работы состоит из:

- 1) Определения учебных вопросов, которые студенты должны изучить самостоятельно;
- 2) Подбора необходимой учебной литературы, обязательной для проработки и изучения;
- 3) Поиска дополнительной научной литературы, к которой студенты могут обращаться по желанию, если у них возникает интерес в данной теме;
- 4) Определения контрольных вопросов, позволяющих студентам самостоятельно проверить качество полученных знаний;

5) Организации консультаций преподавателя со студентами для разъяснения вопросов, вызвавших у обучающихся затруднения при самостоятельном освоении учебного материала.

1.2 Тематика выполнения СРС, указания по форме контроля

Тематика СРС соответствует рабочей программе дисциплины «Программные среды для моделирования электронных устройств и приборов» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», профиль «Промышленная электроника». Темы разделов дисциплины и виды самостоятельной работы даны в таблице 3.

Таблица 3 – Темы разделов дисциплины и виды самостоятельной работы

№	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание; вид самостоятельной работы	Форма контроля	Зачетные единицы (часы)
4 семестр			
	Подготовка к лекционным занятиям	Выборочный опрос	0,148 (1,20)
	Подготовка к практическим занятиям	Опрос в рамках допуска к работе	0,089 (2,4)
1	Моделирование в системе MathCad		0,287 (7,75)
	Самостоятельное изучение темы «Программирование в MathCad».	Выборочный опрос	0,287 (7,75)
2	Язык моделирования радиоэлектронных компонентов PSpice		0,6481 (17,5)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Модели пассивных компонентов».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Модели биполярных транзисторов».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
	Самостоятельное изучение дополнительное темы «Модели МОП-транзисторов».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
	Самостоятельное изучение дополнительное темы «Макромодели».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
	Самостоятельное дополнительное изучение темы «Источники сигналов и питания».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)

	Самостоятельной дополнительное изучение темы «Директивы управления заданием».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
	Самостоятельной дополнительное изучение темы «Моделирование цифро-аналоговых устройств в систем PSpice».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
3	Язык описания аппаратуры VHDL		0,3704 (10,0)
	Самостоятельной дополнительное изучение темы «Типы данных языка VHDL».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
	Самостоятельной дополнительное изучение темы «Синтаксис языка VHDL».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
	Самостоятельной дополнительное изучение темы «Описание VHDL-объекта».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
	Самостоятельной изучение дополнительное темы «Описание цифровых микросхем на языке VHDL».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
4	САПР OrCAD		0,3019 (8,15)
	Самостоятельной дополнительное изучение темы «Моделирование цифровых и цифро-аналоговых схем в ANALOG OR MIXED-SIGNAL CIRCUIT.».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
	Самостоятельной дополнительное изучение темы «Моделирование цифровых схем в проекте PC BOARD и PROGRAMMABLE LOGIC».	Выборочный опрос	0,1167 (3,15)
	Самостоятельной дополнительное изучение темы «Проектирование печатных плат в модуле LAYOUT PLUS».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
5	Среда проектирования MultiSim.		0,3704 (10,0)
	Самостоятельной дополнительное изучение темы «Интерфейс программы MultiSim».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
	Самостоятельной дополнительное изучение темы «Виртуальные приборы MultiSim».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
	Самостоятельной дополнительное изучение темы «Виртуальные компоненты MultiSim».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
	Самостоятельной дополнительное изучение темы «Виды анализа в MultiSim».	Выборочный опрос	0,0923 (2,5)
	Выполнение расчетно-графической работы	опрос	0,555(15)
	Итого		2,67 (72,0)

2 ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ СРС

Подготовка к лекциям и практическим занятиям осуществляется непосредственно перед каждым занятием. План-график выполнения самостоятельной работы

Таблица 4 - План-график выполнения самостоятельной работы

Код реализуемой компетенции	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объём часов
4 семестр				
ПК-1	Подготовка к лекционным занятиям	конспект	собеседование	1,2
ПК-1	Подготовка к практическим занятиям	конспект	собеседование	2,4
ПК-1	Самостоятельное изучение источников и литературы по разделу №№1-5	конспект	собеседование	53,95
ПК-1	Выполнение расчетно-графической работы	Расчетно-графическая работа	собеседование	15
Итого:				72,00

3 КОНТРОЛЬНЫЕ ТОЧКИ И ВИДЫ ОТЧЕТНОСТИ ПО НИМ

приведен в таблице 4.

Контроль знаний студентов включает формы текущего и итогового контроля. Текущий контроль осуществляется в процессе изучения курса и включает в себя оценку работы студентов на лабораторных занятиях, а также защиту контрольной работы. Рейтинговая оценка знаний студентов в рамках текущего контроля приведена в таблице 5.

Таблица 5 - Рейтинговая оценка знаний студентов.

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
4 семестр			
1.	Зачетное занятие по практическим занятиям № 1–6 с проверкой выполнения разноуровневых индивидуальных заданий по моделированию.	7 неделя	10

2.	Зачетное занятие по практическим занятиям № 7–11 с проверкой выполнения разноуровневых индивидуальных заданий по моделированию. 1-е тестирование.	12 неделя	12
3.	Зачетное занятие по практическим занятиям № 12–16 с проверкой выполнения разноуровневых индивидуальных заданий по моделированию. 2-е тестирование.	16 неделя	23
4.	Выполнение расчетно-графической работы	16 неделя	20
	Итого за 4 семестр		55
	Итого		55

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Опрос по темам, изученным самостоятельно, может проходить в интерактивной форме в виде дискуссий или презентаций.

Выполнение заданий ведется в тетрадях для СРС или в электронном виде. Второй вид может быть использован для конспектирования.

Подготовка к практическим занятиям представляет собой внеаудиторную самостоятельную работу студентов и заключается в чтении:

- конспекта соответствующей лекции (если она читалась по данной теме);
- соответствующего раздела учебника и первоисточников (основная и дополнительная литература, интернет-ресурсы).

4.1 Работа с литературой

Важной составляющей самостоятельной внеаудиторной подготовки является работа с литературой ко всем видам занятий: семинарским, практическим, при подготовке к зачетам, экзаменам, тестированию, участию в научных конференциях.

Умение работать с литературой означает научиться осмысленно пользоваться источниками. Прежде чем приступить к освоению научной литературы, рекомендуется чтение учебников и учебных пособий.

Существует несколько методов работы с литературой.

Один из них - самый известный - метод повторения: прочитанный текст можно заучить наизусть. Простое повторение воздействует на память механически и поверхностно. Полученные таким путем сведения легко забываются.

Наиболее эффективный метод - метод кодирования: прочитанный текст нужно подвергнуть большей, чем простое заучивание, обработке. Чтобы основательно обработать информацию и закодировать ее для хранения, важно произвести целый ряд мыслительных операций: прокомментировать новые данные; оценить их значение; поставить вопросы; сопоставить полученные сведения с ранее известными.

Для улучшения обработки информации очень важно устанавливать осмысленные связи, структурировать новые сведения.

Изучение научной, учебной и иной литературы требует ведения рабочих записей.

Форма записей может быть весьма разнообразной: простой или развернутый план, тезисы, цитаты, конспект.

План - первооснова, каркас какой-либо письменной работы, определяющие последовательность изложения материала.

План является наиболее краткой и потому самой доступной и распространенной формой записей содержания исходного источника информации. По существу, это перечень основных вопросов, рассматриваемых в источнике. План может быть простым и развернутым. Их отличие состоит в степени детализации содержания и, соответственно, в объеме.

Преимущество плана состоит в следующем.

Во-первых, план позволяет наилучшим образом уяснить логику мысли автора, упрощает понимание главных моментов произведения.

Во-вторых, план позволяет быстро и глубоко проникнуть в сущность построения произведения и, следовательно, гораздо легче ориентироваться в его содержании.

В-третьих, план позволяет - при последующем возвращении к нему - быстрее обычного вспомнить прочитанное.

В-четвертых, с помощью плана гораздо удобнее отыскивать в источнике нужные места, факты, цитаты и т. д.

Выписки - небольшие фрагменты текста (неполные и полные предложения, отдельные абзацы, а также дословные и близкие к дословным записи об излагаемых в нем фактах), содержащие в себе квинтэссенцию содержания прочитанного.

Выписки представляют собой более сложную форму записей содержания исходного источника информации. По сути, выписки - не что иное, как цитаты, заимствованные из текста. Выписки позволяют в концентрированной форме и с максимальной точностью воспроизвести в произвольном (чаще последовательном) порядке наиболее важные мысли автора, статистические и даталогические сведения. В отдельных случаях — когда это оправданно с точки зрения продолжения работы над текстом - вполне допустимо заменять цитирование изложением, близким к дословному.

Тезисы - сжатое изложение содержания изученного материала в утвердительной (реже опровергающей) форме.

Отличие тезисов от обычных выписок состоит в следующем. *Во-первых*, тезисам присуща значительно более высокая степень концентрации материала. *Во-вторых*, в тезисах отмечается преобладание выводов над общими рассуждениями. *В-третьих*, чаще всего тезисы записываются близко к оригинальному тексту, т. е. без использования прямого цитирования.

Исходя из сказанного, нетрудно выявить основное преимущество тезисов: они незаменимы для подготовки глубокой и всесторонней аргументации письменной работы любой сложности, а также для подготовки выступлений на защите, докладов и пр.

Аннотация - краткое изложение основного содержания исходного источника информации, дающее о нем обобщенное представление. К написанию аннотаций прибегают в тех случаях, когда подлинная ценность и пригодность исходного источника информации исполнителю письменной работы окончательно неясна, но в то же время о нем необходимо оставить краткую запись с обобщающей характеристикой. Для указанной цели и используется аннотация.

Характерной особенностью аннотации наряду с краткостью и обобщенностью ее содержания является и то, что пишется аннотация всегда после того, как (хотя бы в предварительном порядке) завершено ознакомление с содержанием исходного источника информации. Кроме того, пишется аннотация почти исключительно своими словами и лишь в крайне редких случаях содержит в себе небольшие выдержки оригинального текста.

Резюме - краткая оценка изученного содержания исходного источника информации, полученная, прежде всего, на основе содержащихся в нем выводов. Резюме весьма сходно по своей сути с аннотацией. Однако, в отличие от последней, текст резюме концентрирует в себе данные не из основного содержания исходного источника информации, а из его заключительной части, прежде всего выводов. Но, как и в случае с аннотацией, резюме излагается своими словами - выдержки из оригинального текста в нем практически не встречаются.

Конспект - сложная запись содержания исходного текста, включающая в себя заимствования (цитаты) наиболее примечательных мест в сочетании с планом источника, а также сжатый анализ записанного материала и выводы по нему.

Для работы над конспектом следует:

- определить структуру конспектируемого материала, чему в значительной мере способствует письменное ведение плана по ходу изучения оригинального текста;
- в соответствии со структурой конспекта произвести отбор и последующую запись наиболее существенного содержания оригинального текста — в форме цитат или в изложении, близком к оригиналу;
- выполнить анализ записей и на его основе - дополнение записей собственными замечаниями, соображениями, "фактурой", заимствованной из других источников и т. п. (располагать все это следует на полях тетради для записей или на отдельных листах-вкладках);
- завершить формулирование и запись выводов по каждой из частей оригинального текста, а также общих выводов.

Систематизация изученных источников позволяет повысить эффективность их анализа и обобщения. Итогом этой работы должна стать логически выстроенная система сведений по существу исследуемого вопроса.

Необходимо из всего материала выделить существующие точки зрения на проблему, проанализировать их, сравнить, дать им оценку.

Обзор - краткое точное изложение сущности какого-либо вопроса, темы на основе одной или нескольких книг, монографий или других первоисточников. Обзор

должен содержать основные фактические сведения и выводы по рассматриваемому вопросу.

Обзор выполняет следующие функции:

- информативная;
- поисковая;
- справочная;
- сигнальная;
- индикативная;
- коммуникативная.

Степень выполнения этих функций зависит от содержательных и формальных качеств обзора, а также от того, кто и для каких целей их использует. Язык обзора должен отличаться ясностью, точностью, краткостью и простотой. Содержание следует излагать объективно от имени автора.

При оценке обзора учитывается не только качество реферирования прочитанной литературы, но и аргументированное изложение собственных мыслей студента по рассматриваемому вопросу. Результат работы студента оценивается преподавателем по бальной системе. Также допускается оценивать работы, удовлетворяющие или не удовлетворяющие предъявляемым требованиям, «зачтено» или «не зачтено» соответственно.

Письменный обзор должен содержать следующие структурные элементы: титульный лист, заполненный по единой форме; оглавление с указанием всех разделов обзора и номерами страниц; введение объемом не более 1,5-2 печатные страницы; основная часть, которая содержит одну или несколько глав, состоящих из 23 параграфов (пунктов, разделов); заключение, которое содержит главные выводы основной части, и в котором отмечается выполнение задач и достижение цели, сформулированных во введении; приложения, включающие график и таблицы (если таковые имеются); библиографическое описание использованных источников оформленных по ГОСТ 7.82-2001, ГОСТ 7.1-2003. В тексте обзора обязательны ссылки на первоисточники.

Печатный вариант работы выполняется на белой бумаге формата А4 (210х297 мм). Текст работы излагается на одной стороне листа. Все линии, цифры, буквы и знаки работы должны быть черного цвета.

Текст обзора, рисунки, формулы, таблицы, а также номера страниц не должны выходить за пределы двухсантиметровой рамки листа А4. Номера страниц должны быть проставлены внизу по центру. При использовании текстового редактора Word, для выполнения этих условий необходимы следующие настройки:

- размер бумаги А4;
- поля слева, сверху, справа по 2 см, нижнее поле 2,5 см, расстояние от нижнего края страницы до нижнего колонтитула 2 см;
- номер страницы - внизу по центру.

Основной текст обзора быть должен быть набран шрифтом Times New Roman, размер 14 пт, начертание обычное, через полуторный интервал, выравнивание по ширине страницы. Для оформления таблиц и подписей к рисункам допускается Times New Roman, размер 12 пт.

Название каждой главы начинается с новой страницы, объем главы не может быть меньше 5 страниц. Заголовки и подзаголовки должны быть выделены и отличаться от основного текста (шрифтом, жирностью, курсивом и пр.). Подзаголовки следует отделять от основного текста сверху двумя строками, снизу - одной. В тексте должны отсутствовать сокращения, кроме общепринятых ГОСТ 7.88-2003, общепринятые или необходимые сокращения при первоначальном употреблении должны быть расшифрованы. Каждый рисунок, график или таблица в письменном обзоре должны быть пронумерованы и иметь заголовки или подпись. При наличии в обзоре ссылок на использованные научные или нормативные источники, ссылки должны быть оформлены в соответствии с установленной формой по ГОСТ 7.32-2001.

Письменный обзор должен быть переплетен в обложку или помещен в папку-скоросшиватель (картонную или пластиковую).

Письменный обзор должен быть предоставлен в установленный преподавателем срок. В случае несвоевременного представления работы, Письменный обзор не проверяется преподавателем и не зачитывается как выполненный.

В процессе работы над обзором можно выделить 4этапа:

- вводный - выбор темы, работа над планом и введением;
- основной - работа над содержанием и заключением обзора;
- заключительный - оформление обзора;
- защита обзора (на практическом занятии, экзамене, студенческой конференции и т.д.)

Работа над обзором начинается с выбора темы исследования. Заинтересованность автора в проблеме определяет качество проводимого исследования и соответственно успешность его защиты. Выбирая круг вопросов своей работы, не стоит спешить воспользоваться списком тем, предложенным преподавателем. Надо попытаться сформулировать проблему своего исследования самостоятельно. При определении темы обзора нужно учитывать и его информационную обеспеченность. С этой целью, во-первых, можно обратиться к библиотечным каталогам, а во-вторых, проконсультироваться с преподавателем и библиотекарем.

Выбрав тему обзора и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план обзора. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно надо думать над составлением плана: необходимо четко соотносить цель и план работы.

План - это точный и краткий перечень положений в том порядке, как они будут расположены в обзоре, этапы раскрытия темы. Существует два основных типа плана: простой и сложный (развернутый). В простом плане содержание обзора делится на параграфы, а в сложном на главы и параграфы. При работе над планом обзора необходимо помнить, что формулировка пунктов плана не должна повторять формулировку темы.

При работе над введением необходимо опираться на навыки, приобретенные при написании изложений и сочинений. В объеме обзора введение, как правило, составляет 1 -2 машинописные страницы. Введение обычно содержит вступление, обоснование актуальности выбранной темы, формулировку цели и задач обзора, краткий обзор литературы и источников по проблеме, историю вопроса и вывод. Содержание обзора должно соответствовать теме, полно ее раскрывать. Все рас-

суждения нужно аргументировать. Обзор показывает объективное отношение автора к излагаемому материалу. Следует стремиться к тому, чтобы изложение было ясным, простым и точным.

Заключение - самостоятельная часть обзора. Оно не должно быть переложением содержания работы. Заключение должно содержать основные выводы в сжатой форме, а также оценку полноты и глубины решения тех вопросов, которые вставали в процессе изучения темы.

Объем заключения не должен превышать 2 печатных страниц.

Типичными ошибками, допускаемыми студентами при подготовке обзора, являются:

- недостаточное обоснование актуальности, практической и теоретической значимости полученных результатов, поверхностный анализ используемого материала;
- неглубокие критические оценки и рекомендации по решению исследуемой проблемы;
- поверхностные выводы и предложения;
- нарушение требований к оформлению письменного обзора;
- использование информации без ссылок на источник.

4.2 Критерии оценки для проверки уровня обученности в рамках текущего контроля

Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент показал глубокое, прочное и аргументированное освоение программного учебного материала, при этом поставленный вопрос раскрыт последовательно, четко и логически стройно, в полном исчерпывающем объеме, основные категории, понятия и термины учебного курса формулировались правильно, не допущено при ответе ошибок

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент показал твердое знание программного учебного материала, при этом поставленный вопрос раскрыт грамотно и по существу, в достаточно полном объеме, основные категории, понятия и термины

учебного курса формулировались правильно, допущены при ответе отдельные неточности или одна ошибка

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент показал знание только основной части учебного материала без его частных деталей, при этом поставленный вопрос раскрыт с нарушением логической последовательности, не в полном объеме; были допущены неточные формулировки основных категорий, понятий и терминов учебного курса, а также ошибки (не более двух) или ряд незначительных неточностей, не исказивших существенно суть ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки (более двух), существенно исказившие его суть. Оценка неудовлетворительно выставляется также, если отсутствует ответ на вопрос, либо студент отказался его сдавать.

По результатам опроса в рамках текущего контроля выставляется рейтинговый балл по каждому рейтинговому мероприятию. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Таблица 6 – Расчет рейтинговых баллов по результатам текущего контроля

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Конкретное значение рейтингового балла определяется распределением рейтинговых баллов по контрольным мероприятиям.

6 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

6.1 Основная литература

1. Афонин В.В. Моделирование систем / Афонин В.В., Федосин С.А.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 269 с. [Электронный ресурс]
2. Сильвашко, С.А. Программные средства компьютерного моделирования элементов и устройств электроники : учебное пособие / С.А. Сильвашко, С.С. Фролов - Оренбург : ОГУ, 2014. - 170 с. : ил., схем. - Библиогр.: с. 162163 [Электронный ресурс].
3. Болотовский Ю.И. OrCAD. Моделирование: учебное пособие/ Болотовский Ю.И., Таназлы Г.И.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009.— 200 с. [Электронный ресурс]

6.2. Дополнительная литература:

1. Поляков А.К. Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры: учебное пособие/ Поляков А.К.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009.— 314 с.— [Электронный ресурс]
2. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров / Дьяконов В.П.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009.— 577 с. [Электронный ресурс]
3. Перельройзен Е.З. Проектируем на VHDL [Электронный ресурс]/ Перельройзен Е.З.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008.— 448 с.— [Электронный ресурс]
4. Бибило П.Н. Синтез логических схем с использованием языка VHDL [Электронный ресурс]/ Бибило П.Н.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009.— 384 с.— [Электронный ресурс]
5. А. А. Самарский, А. П. Михайлов Математическое моделирование. Москва: Физматлит, 2001. 320 с.
6. Антипенский Р. В. Схемотехническое проектирование и моделирование радиоэлектронных устройств / Р. В. Антипенский, А. Г. Фадин. - М.: Техносфера, 2007. - 128 с.

7. Плис А. И., Сливина Н.А. MathCAD: математический практикум для экономистов и инженеров. М.: Финансы и статистика, 1999. - 656 с.

Методические рекомендации для студентов по организации
самостоятельной работы по дисциплине
ПРОГРАММНЫЕ СРЕДЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ И ПРИБОРОВ

по направлению подготовки

11.03.04 Электроника и наноэлектроника
профиль Интеллектуальные программируемые системы
и устройства

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»
355029, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 2

Издательство Северо-Кавказского федерального университета Отпечатано
в типографии СКФУ