

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Схемотехника

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

11.03.04 - Электроника и нанoeлектроника

Направленность образовательной программы

Радиофотоника и оптоэлектроника

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2021 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.12 Схемотехника относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и наноэлектроники	<p>ПК-1.1: Знает физические явления и процессы, лежащие в основе работы приборов и устройств электроники и наноэлектроники</p> <p>ПК-1.2: Умеет применять фундаментальные представления о физических явлениях и процессах для достижения требуемых функциональных качеств приборов и устройств электроники и наноэлектроники</p>	<p>ПК-1.1: Знать теорию линейных и нелинейных цепей, элементную базу аналоговой и цифровой электроники, методы расчета усилителей, стабилизаторов постоянного напряжения и тока, генераторов электрических сигналов.</p> <p>ПК-1.2: Уметь анализировать воздействие сигналов на линейные и нелинейные цепи, рассчитывать усилители, стабилизаторы и генераторы электрических сигналов, применять аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, синтезировать аналоговые и цифровые устройства на основе данных об их функциональном назначении, электрических пара-метрах и условиях эксплуатации</p> <p>Владеть современными методами расчета, моделирования и проектирования электронных устройств на основе аналоговой и цифровой элементной базы.</p>	Допуск к лабораторной работе	Зачёт: Отчет по лабораторным работам Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	23
Промежуточная аттестация	0 зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
1. Введение. Общие вопросы, определения и методология практической схемотехники	4	2		2	2
2. Диодные схемы	5	2		2	3
3. Усилители сигналов на полупроводниковых компонентах	13	2	8	10	3
4. Операционные усилители	5	2		2	3
5. Обратная связь	5	2		2	3
6. Триггеры и мультивибраторы	13	2	8	10	3
7. Электронные ключи	13	2	8	10	3
8. Цифровая электроника	13	2	8	10	3
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	32	49	23

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

1. Биполярный транзисторный ключ: практикум/ Сост. Н.В. Федосеева.– Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2008. – 16с.

2. Мультивибратор на биполярных транзисторах: практикум/ Сост. А.П. Горшков.– Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2020. – 17с.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Лабораторная работа «Биполярный транзисторный ключ»

Вопросы

1. Пояснить работу электронной схемы, выполняющей режим работы ключа.
2. Нарисовать статические характеристики (входные и выходные) для биполярного транзистора в схеме с ОЭ. Основные режимы работы схемы. Характеристики остаточного тока и остаточного напряжения. Уравнение нагрузочной прямой. Понятие степени насыщения транзистора.
3. Нарисовать и объяснить топологию интегрального БП $n - p - n$ транзистора без скрытого слоя и со скрытым слоем.
4. Оценить величину остаточного напряжения $U_{ост}$ в интегральном транзисторе.
5. Переходные процессы в транзисторных ключах. Количественная оценка переходных процессов.
6. Преимущества и недостатки БП ключа с барьером Шоттки. Нарисовать топологию данного ключа. Пояснить работу схемы.
7. Объяснить методику измерения, используемую в данной работе.

Лабораторная работа «Исследование характеристик мультивибратора на биполярных транзисторах»

Вопросы

1. Нарисовать и качественно объяснить входные и выходные статические характеристики $p-n-p$ транзистора в схеме с общим эмиттером.
2. Указать на характеристиках участки, соответствующие активному режиму и области насыщения.
3. Описать работу мультивибратора в автоколебательном режиме с точки зрения двухкаскадного усилителя с положительными обратными связями.
4. Что называется петлевым коэффициентом усиления?
5. Как выполняются условия самовозбуждения, баланс фаз и амплитуд? В чем принципиальное отличие релаксационных и гармонических автогенераторов?
6. Какими параметрами определяется крутизна фронта нарастания и длительность спада импульсов в стадии опрокидывания схемы?
7. Какие элементы схемы определяют время нахождения в каждом из состояний квазиравновесия?
8. Качественно обсудите вопрос о стабильности длительности импульсов (в частности о температурной стабильности частоты автоколебаний).

9. Укажите возможные способы регулировки длительности амплитуды импульсов.

10. Исследовать работоспособность мультивибратора с эмиттерно-базовыми связями.

Критерии оценивания (оценочное средство - Допуск к лабораторной работе)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Владение программным материалом, понимание сущности работы электрических схем, ответы на вопросы, приведенные в методическом пособии.
не зачтено	Полное непонимание сущности работы простейших электрических схем.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
---------------	--	---	--	--	--	--	---

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Отчет по лабораторным работам

Зачёт

Критерии оценивания (Отчет по лабораторным работам - Зачёт)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все задания лабораторной работы. Могут присутствовать незначительные недочёты.

Оценка	Критерии оценивания
не зачтено	Отсутствие отчета по лабораторной работе.

Типовые задания (Отчет по лабораторным работам - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ПК-1 (Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и микроэлектроники)

Лабораторная работа «Биполярный транзисторный ключ»

Задания

1. Ознакомиться с паспортными данными исследуемого транзистора.
2. Снять входную вольт - амперную характеристику транзисторного ключа для схемы с ОЭ в статическом режиме при $U_K = \text{const}$ (нормальное включение).
3. Проследить смещение рабочей точки ключа вдоль нагрузочной прямой, измеряя I_K и $U_{KЭ}$ при различных значениях входного напряжения $E_Б$.
4. Измерить остаточные параметры транзисторного ключа – $U_{KЭ \text{ ост}}$ и $I_{\text{ост}}$ при степени насыщения $S=2$, рассчитав соответственно необходимый базовый ток.
5. Оценить минимальное значение остаточного напряжения ($U_{KЭ \text{ ост min}}$) для нормального включения транзистора, используя формулы (1). Сравнить полученное значение с измеренным. Коэффициенты усиления тока определить прибором Л2-22.
6. Исследовать переходные процессы в транзисторном ключе. Проследить зависимость внешнего вида осциллограмм от величины входного импульса тока базы $I_Б$.
7. Рассчитать время жизни неосновных носителей в базе транзистора (t_p), используя формулу (21). Значение емкости взять из справочных данных.
8. Задания (2-5) повторить для инверсного включения транзистора.
9. Объяснить полученные результаты.

Лабораторная работа «Исследование характеристик мультивибратора на биполярных транзисторах»

Задания

1. Ознакомиться со схемой симметричного автоколебательного мультивибратора.
2. Зарисовать формы импульсов напряжений на коллекторе и базе одного из транзисторов при $E_K = -10$ В $C = 0.01$; $C = 0.1$.
3. Измерить частоты, амплитуды и длительности спада коллекторного напряжения генерируемых импульсов. Определить их зависимость от напряжения коллекторного питания $|E_K| < 15$ В. Построить график $T(E_K)$ и $f(E_K)$.
4. Используя параметры схемы вычислить по приведенным выше формулам частоту, амплитуду и длительность импульсов. Полученные значения сравнить с экспериментальными.

5. Синхронизовать схему мультивибратора, подавая на базу триода Т от генератора 26И отрицательные импульсы с амплитудой – 0.5 В. Снять осциллограммы коллекторного и базового напряжений одного из триодов. Объяснить полученные закономерности.

Оценочное средство - Контрольные вопросы

Зачёт

Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Зачёт)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Знание основных принципов работы аналоговой и цифровой полупроводниковой электроники.
не зачтено	Неудовлетворительное знание основ курса и базовых понятий.

Типовые задания (Контрольные вопросы - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ПК-1 (Способность применять фундаментальные представления о физических явлениях для достижения требуемых функциональных качеств приборов, схем и устройств электроники и нанoeлектроники)

1. Свойства и применение интегрирующих и дифференцирующих цепей.
2. Применение диодных ограничителей.
3. Характеристики и применение варисторов.
4. Биполярный транзистор (БТ), режимы работы.
5. Чем отличаются каскады ОЭ, ОБ, ОК на биполярном транзисторе?
6. В каких случаях применяются положительная и отрицательная обратные связи?
7. Система статических параметров, формальные и физические эквивалентные схемы БТ.
8. Работа каскада на БТ общий эмиттер.
9. Работа каскада на БТ общая база.
10. Усилители. Общие характеристики (входное и выходное сопротивления, коэффициент передачи, КПД, полоса пропускания, коэффициент нелинейных искажений).
11. Режим работы усилителей (А, АВ, В, С, Д). Выбор рабочей точки.
12. Частотные характеристики каскада на БТ. Область нижних, средних и верхних частот.
13. Работа каскада общий коллектор (эмиттерный повторитель).
14. Компараторы напряжения.
15. Входное и выходное сопротивления ОУ.
16. Операционные усилители, основные понятия.
17. Сумматор напряжений на ОУ.
18. Триггер Шмидта.
19. Виды обратной связи.
20. Влияние обратной связи на характеристики усилителя.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Манаев Евгений Иванович. Основы радиоэлектроники : [учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1985. - 504 с. : ил. - 1.30., 117 экз.
2. Степаненко Игорь Павлович. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергия, 1973. - 608 с. - 30.00., 96 экз.

3. Полупроводниковая схемотехника. Том I / Титце У., Шенк К. - Москва : ДМК-пресс, ., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=636645&idb=0>.
4. Полупроводниковая схемотехника. Том II / Титце У., Шенк К. - Москва : ДМК-пресс, ., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=636648&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Фрике К. Вводный курс цифровой электроники : учеб. пособие для студентов, специализирующихся в обл ; проектирования цифровых интегральных схем / пер. с нем., под ред. и с доп. В. Я. Кремлева. - М. : Техносфера, 2003. - 432 с. : ил. - (Мир электроники). - ISBN 5-94836-015-6. - ISBN 3-528-13861-0 : 144.00., 10 экз.
2. Джонс М. Х. Электроника - практический курс / пер. с англ. Воронова Е. В., Ларина А. Л. - М. : Постмаркет, 1999. - 528 с. - (Библиотека современной электроники). - 130.00., 24 экз.
3. Хоровиц Пауль. Искусство схемотехники : в 2 т. с доп. [Т.] 1 / пер. с англ. под ред. М. В. Гальперина. - 3-е изд., стер. - М. : Мир, 1986. - 598 с. : ил. - 3.20., 4 экз.
4. Хоровиц Пауль. Искусство схемотехники : в 2 т. с доп. [Т.] 2 / пер. с англ. под ред. М. В. Гальперина. - 3-е изд., стер. - М. : Мир, 1986. - 590 с. : ил. - 3.20., 3 экз.
5. Суханова Н. В. Основы электроники и цифровой схемотехники / Суханова Н. В. - Воронеж : ВГУИТ, 2017. - 95 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ВГУИТ - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-00032-226-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=718727&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Научная электронная библиотека (электронная библиотека периодических изданий - доступ через компьютеры, подключенные к сети ННГУ): <https://elibrary.ru/defaultx.asp>.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: При выполнении некоторых математических расчетов студенты могут воспользоваться техническими возможностями учебно-лабораторного комплекса National Instruments с установленным лицензионным программным обеспечением LabView и терминал-класса с установленным лицензионным программным обеспечением.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 11.03.04 - Электроника и нанoeлектроника.

Автор(ы): Горшков Алексей Павлович, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Павлов Дмитрий Алексеевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 20.05.2023, протокол № б/н.