

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
электроники  
Усков Г.К.



31.01.2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.09 Радиоэлектроника**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

*03.03.03 Радиофизика*

**2. Профиль подготовки/специализация:**

*Радиофизика и электроника*

**3. Квалификация (степень) выпускника:**

*бакалавр*

**4. Форма обучения:** *очная*

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** *электроники*

**6. Составители программы:** *Жабин А. С., к.т.н.*

**7. Рекомендована:**

*НМС физического факультета 30.08.2021 протокол № 8*

**8. Учебный год:** *2026/2027*

**Семестр(ы):** *5*

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:** «Радиоэлектроника» является общим годовым курсом для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Радиофизика». Курс знакомит студентов с физическими принципами действия полупроводниковых приборов, основами теории цепей и сигналов, а также – с основными элементами цифровой и аналоговой схмотехники. Лекционный курс сопровождается лабораторным практикумом.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Радиоэлектроника» относится к обязательной части. Она опирается на следующие дисциплины: "Математический анализ", "Электричество и магнетизм" и "Теория функций комплексного переменного".

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-1	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	знать: основные соотношения алгебры логики, виды обратных связей.  уметь: применять радиофизические методы для решения задач в других областях физики.  владеть (иметь навык(и)): навык анализа дифференциальных уравнений, описывающие колебательные процессы.
ПК-3	готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических дисциплин	знать: основные понятия радиофизики и электроники.  уметь: пользоваться лабораторными измерительными приборами.  владеть (иметь навык(и)): навыком спектрального анализа сигналов.

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 4/144.

Форма промежуточной аттестации экзамен.

## 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		5		
Аудиторные занятия	68	682		
в том числе: лекции	34	34		
практические				
лабораторные	34	34		
Самостоятельная работа	40	40		
Форма промежуточной аттестации (экзамен – 36 час.)	36	36		
Итого:	144	144		

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Полупроводниковая электроника: диоды, биполярные и полевые транзисторы	Полупроводниковая электроника. Электронно-дырочный переход, прямое и обратное смещение. Разновидности диодов и их характеристики. Биполярные транзисторы р-п-р и п-р-п. Схемы включения. Уравнение коллекторного тока в схеме ОБ и ОЭ. Дифференциальные параметры, эквивалентные схемы. Полевые транзисторы: транзистор с управляющим р-п переходом; ВАХ; дифференциальные параметры; эквивалентные схемы. МДП-транзисторы.
1.2	Электронные усилители: типы каскадов, основные	Электронные усилители. Типы усилительных каскадов: инвертирующие, неинвертирующие, каскады-повторители.

	параметры усилителей	Режимы работы усилителей. Фиксация и термостабилизация рабочей точки. Основные параметры каскадов на биполярных и полевых транзисторах; АЧХ и ФЧХ. КПД. Операционный усилитель, дифференциальный каскад: инвертирующий и неинвертирующий входы, синфазный режим. Основные схемы включения ОУ. Обратные связи в усилителях: виды обратной связи; коэффициент усиления при наличии ОС. Примеры обратной связи.
1.3	Модуляция, демодуляция. Преобразование частоты	Метод полиномиальной аппроксимации характеристик НЭ; спектр тока при гармоническом и бигармоническом воздействии. Нелинейные эффекты в усилителях. Получение модулированных колебаний: амплитудная, частотная и фазовая модуляция. Демодуляция сигналов с амплитудной, частотной и фазовой модуляции.
1.4	Электронные генераторы гармонических и релаксационных колебаний; триггер	Электронные генераторы колебаний. Условия самовозбуждения: баланс фаз и амплитуд. Линейная теория LC-генератора с индуктивной связью, условие возбуждения. Кварцевая стабилизация частоты. RC-автогенераторы: с фазосдвигающей RC-цепочкой; мостовая схема генератора. Генераторы релаксационных колебаний: автоколебательный и ждущий режим работы. Триггер: два состояния устойчивого равновесия.
1.5	Вторичные источники питания: выпрямители, сглаживающие фильтры, стабилизаторы напряжения	Преобразователь частоты. Функциональная схема супергетеродинного приемника. Зеркальный канал приема. Синхронный детектор. Вторичные источники питания: выпрямители, сглаживающие фильтры, стабилизаторы напряжения; импульсные источники питания.
1.6	Цифровая электроника	Элементы цифровой электроники. Базовые логические элементы. Логические триггеры. Регистры сдвига и счетчики. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи.
2. Практические занятия		
2.1		
2.2		
3. Лабораторные работы		
3.1	Полупроводниковая электроника: диоды, биполярные и полевые транзисторы	Исследование характеристик биполярного транзистора.
3.2	Полупроводниковая электроника: диоды, биполярные и полевые транзисторы	Исследование характеристик полевого транзистора.
3.3	Электронные усилители: типы каскадов, основные параметры усилителей	Исследование операционного усилителя
3.4	Электронные усилители: типы каскадов, основные параметры усилителей	Исследование особенностей работы мультивибратор
3.5	Электронные усилители: типы каскадов, основные параметры усилителей	Исследование особенностей электронного усилителя с RC обратной связью
3.6	Электронные усилители: типы каскадов, основные параметры усилителей	Исследование триггера

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельн

				ая работа	
1	Полупроводниковая электроника: диоды, биполярные и полевые транзисторы	6		15	21
2	Электронные усилители: типы каскадов, основные параметры усилителей	5		10	15
3	Модуляция, демодуляция. Преобразование частоты	5		10	15
4	Электронные генераторы гармонических и релаксационных колебаний; триггер	5		8	13
5	Вторичные источники питания: выпрямители, сглаживающие фильтры, стабилизаторы напряжения	5		10	15
6	Цифровая электроника	6		15	21
	Итого:	34		68	102

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины необходима регулярная и планомерная работа с конспектом лекций и литературой.

Лекции представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в его тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. Рекомендуются записывать не каждое слово лектора, а постараться записать его основную мысль, используя понятные сокращения.

После окончания лекции нужно просматривать конспект для определения материала, вызывающего затруднения для понимания. После этого следует обратиться к рекомендуемой в настоящей программе литературе с целью углубленного изучения проблемного вопроса. В общем случае работа лишь с одним литературным источником часто является недостаточной для полного понимания, поэтому необходимо просматривать несколько источников для выбора того, который наиболее полно и доступно освещает изучаемый материал. В случае если проблемы с пониманием остались, необходимо обратиться к преподавателю на ближайшей лекции с заранее сформулированными вопросами.

Для успешного освоения лекционного курса рекомендуется регулярно повторять изученный материал.

Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка зачету.

Кроме литературы из основного списка рекомендуется самостоятельно использовать дополнительную. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

В процессе самостоятельной работы следует занимать активную позицию и пользоваться не только рекомендованной литературой, но и самостоятельно найденными источниками. При изучении дисциплины рекомендуется использовать возможности сети интернет для получения дополнительной информации по рассматриваемой теме.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

(список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

#### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Баскаков, Святослав Иванович. Радиотехнические цепи и сигналы : Учебник для студ. вузов / С.И. Баскаков .— 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 2000 .— 462 с. : ил. — ISBN 5-06-003843-2.
2	Гоноровский, Иосиф Семенович. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для студ. радиотехн. спец. вузов / И.С. Гоноровский .— 2-е изд., перераб. — М. : Советское радио, 1971 .— 671,[1] с. : ил.
3	Хорвиц, Роберт. Руководство для начинающих радиовещателей / Ин-т "Открытое о-во" .— М. : Магистр, 1998 .— 132,[1] с. : ил., схем., табл. — ISBN 5-89317-078-4 : 15.00.

#### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
	Потемкин, Василий Васильевич. Радиофизика : Учебное пособие для студентов физических специальностей вузов / В.В. Потемкин .— М. : Изд-во Московского университета, 1988 .— 259,[1] с. : ил., табл.

#### в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1.	<a href="https://lib.vsu.ru/zgate?lnit+elib.xml,simple_elib.xsl+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?lnit+elib.xml,simple_elib.xsl+rus</a>
2.	<a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1486">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1486</a>
3.	<a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457</a>
4.	<a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1436">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1436</a>
5.	<a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1401">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1401</a>
6.	<a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1360">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1360</a>
7.	<a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1344">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1344</a>
8.	<a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1343">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1343</a>
9.	<a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1336">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1336</a>
10.	<a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1310">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1310</a>

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

(учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 392с.
2	Зи С. Физика полупроводниковых приборов / С. Зи; Пер. с англ.; под ред. А. Ф. Трутко. – М. : Энергия, 1973. – 655с.

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Мультимедийные презентации

---

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Лекционная аудитория с проектором и оборудованным местом для подключения ноутбуков преподавателей. Маркерная доска, набор маркеров.

Аудитория для проведения лабораторных занятий с лабораторными стендами для выполнения работ: «Исследование характеристик биполярного транзистора», «Исследование характеристик полевого транзистора», «Изучение особенностей работы операционного усилителя», «Изучение особенностей работы мультивибратор», «Изучение особенностей работы электронного усилителя с RC обратной связью», «Изучения принципа работы триггера». 4 осциллографа, 10 источников питания, 3 вольтметра, два генератора синусоидального напряжения, генератор прямоугольных импульсов, генератор пилообразного напряжения.

---

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-1	Знать: основные соотношения алгебры логики, виды обратных связей.	Электронные усилители: типы каскадов. Стабилизаторы напряжения Цифровая электроника	Устный ответ на экзаменационный билет
	Уметь: применять радиофизические методы для решения задач в других областях физики.	Преобразование частоты	
	Владеть: навык анализа дифференциальных уравнений, описывающих колебательные процессы.	Электронные генераторы гармонических и релаксационных колебаний	

ПК-2	Знать: основные понятия радиофизики и электроники.	Основная задача радиоэлектроники. Электронные усилители: типы каскадов, основные параметры усилителей. Модуляция, демодуляция.	Устный ответ на экзаменационный билет
	Уметь: пользоваться лабораторными измерительными приборами.	Линейные и нелинейные операции, Вторичные источники питания: выпрямители, сглаживающие фильтры, стабилизаторы напряжения	
	Владеть: навык спектрального анализа сигналов.	Линейные и нелинейные операции, Электронные генераторы гармонических и релаксационных колебаний	
Промежуточная аттестация			КИМ

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами и фактами;
- 4) умение применять полученные знания на практике и при решении конкретных задач по проектированию устройств силовой электроники;

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено  
Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
При сдаче экзамена обучающийся получает билет с 2 вопросами. Для получения оценки отлично, обучающийся должен ответить правильно и полно на два вопроса. Обучающийся должен ответить на дополнительные вопросы и продемонстрировать владение понятийным аппаратом, способность применить полученные знания на практике.	Повышенный уровень	Отлично
Оценка хорошо выставляется, в случае коогда обучающийся может ответить на два вопроса. Обучающийся продемонстрировать владение понятийным аппаратом, способность применить полученные знания на практике.	Базовый уровень	Хорошо
Для получения оценки удовлетворительно, обучающийся должен ответить хотя бы на один вопрос из билета.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Оценка не зачтено ставится, когда обучающийся не смог дать ответ ни на один из двух вопросов билет, демонстрирует	–	Неудовлетворительно

### **19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### 19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

1. Правила Кирхгофа. Методы анализа линейных цепей;
2. Линейные цепи. Простейшие линейные элементы. Принцип суперпозиции.
3. Нелинейные цепи. Методы анализа нелинейных цепей;
4. Электронно-дырочный переход, прямое и обратное смещение. Формула Шокли;
5. Применение диодов (выпрямители, светодиоды, фотодиоды, стабилитрон, варикап);
6. Биполярные транзисторы р-п-р и п-р-п. Схемы включения. Режимы работы биполярного транзистора;
7. ВАХ транзистора. Дифференциальные параметры, эквивалентные схемы;
8. Полевые транзисторы с управляющим р-п переходом. МДП-транзисторы. Дифференциальные параметры, эквивалентные схемы;
9. Электронные усилители (инвертирующие, неинвертирующие, каскады-повторители);
10. Режимы работы усилителей. Основные параметры каскадов на биполярных и полевых транзисторах. АЧХ и ФЧХ. КПД;
11. Операционный усилитель, параметры ОУ;
12. Схемы включения ОУ;
13. Обратные связи в усилителях: виды обратной связи. Коэффициент усиления при наличии ОС;
14. Электронные генераторы колебаний. Условия самовозбуждения: баланс фаз и амплитуд, Анализ работы автогенератора на основе решения его дифференциального уравнения;
15. Кварцевая стабилизация частоты. RC-автогенераторы: с фазосдвигающей RC-цепочкой. Генераторы релаксационных колебаний: автоколебательный и ждущий режим работы;
16. Амплитудная модуляция/демодуляция. Спектр тока при гармоническом и бигармоническом воздействии;
17. Частотная и фазовая модуляция/демодуляция;
18. Радиоприемные устройства. Функциональные схемы приемника прямого усиления и супергетеродинного приемника;
19. Преобразователь частоты. Зеркальный канал приема;
20. Вторичные источники питания. Выпрямители. Сглаживающие фильтры;
21. Стабилизаторы напряжения;
22. Импульсные источники питания;
23. Элементы цифровой электроники. Базовые логические элементы;
24. Логические триггеры;
25. Регистры сдвига и счетчики;
26. Шифраторы и дешифратором;
27. Мультиплексором и демультиплексоры;
28. Цифро-аналоговые преобразователи;
29. Аналого-цифровые преобразователи;

#### 19.3.2 Перечень практических заданий

Исследование характеристик биполярного транзистора.

Исследование характеристик полевого транзистора.

Изучение особенностей работы операционного усилителя

Изучение особенностей работы мультивибратор

Изучение особенностей работы электронного усилителя с RC обратной связью

Изучения принципа работы триггера

19.3.4 Тестовые задания

19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

19.3.5 Темы курсовых работ

19.3.6 Темы рефератов

#### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах): *устного индивидуального опроса*; Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.