

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор института-заместитель  
директора ФАКТ**

**М.А. Кудров**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

<b>по дисциплине:</b>	Схемотехника
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Беспилотные авиационные системы Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра технологий проектирования сложных технических систем
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

5 (осенний) - Дифференцированный зачет

6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Программу составил: А.В. Трифонов, методист

Программа обсуждена на заседании кафедры технологий проектирования сложных технических систем  
11.03.2024

## Аннотация

Дисциплина посвящена основам схемотехники, главным образом применительно к современным методам проектирования электронных устройств. Рассматриваются основные виды электронных устройств аналоговой и цифровой техники, основные методы проектирования.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- изучение основных принципов построения современных типов электронных устройств;
- изучение методов анализа структуры и схемотехники электронных устройств с учетом особенностей их эксплуатации;
- изучение измерительных приборов;
- изучение методологии разработки электрических цепей и электронных схем, исходя из заданных параметров и условий использования.

#### Задачи дисциплины

- освоить основные определения и законы электрических цепей, параметры аналоговых и цифровых сигналов;
- освоить методы расчета и измерения основных параметров электрических и электронных цепей;
- изучить параметры и характеристики компонентов электронных устройств, изготовленных по различным технологиям;
- освоить методы анализа и тестирования аналоговых и цифровых схем; временные диаграммы работы различных аналоговых и цифровых элементов;
- научиться производить проверку электронных и электрических элементов.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
	ПК-1.9 Знает перечень ведущих периодических научных изданий и способен выделять актуальные научные публикации в профессиональной области
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины

данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные принципы построения современных типов электронных устройств;
- методы анализа структуры и схемотехники электронных устройств с учетом особенностей их эксплуатации;
- правила использования измерительных приборов;
- методологии разработки электрических цепей и электронных схем, исходя из заданных параметров и условий использования.

уметь:

- проводить расчет и измерения основных параметров электрических и электронных цепей;
- производить проверку электронных и электрических элементов;
- проводить тестирование аналоговых и цифровых схем; знать временные диаграммы работы различных аналоговых и цифровых элементов;
- пользоваться измерительными приборами и САПР по разработке электрических схем.

владеть:

- навыками по применению методов расчёта устройств аналоговой схемотехники и оформления технической документации в соответствии с ЕСКД;
- персональным компьютером на уровне квалитифицированного пользователя, с целью оформления конструкторской документации на разрабатываемые устройства аналоговой схемотехники;
- навыками по применению методов экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа

1	Физические основы электронной техники	15	15		15
2	Элементная база электронных устройств	15	15		15
3	Основы цифровой схемотехники	10	10		10
4	Функциональные узлы и блоки цифровой аппаратуры	10	10		10
5	САПР проектирование электронных устройств	10	10		10
Итого часов		60	60		60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

##### Семестр: 5 (Осенний)

###### 1. Физические основы электронной техники

История развития электроники. Место и значение электроники и схемотехники в современном мире. Основные сведения об электровакуумных и полупроводниковых приборах. Физические принципы работы полупроводниковых приборов. Выпрямители, классификация выпрямителей, принцип действия. Колебательные системы, антенны. Усилители напряжения, тока, мощности. Генераторы электрических сигналов.

###### 2. Элементная база электронных устройств

Общие сведения об элементной базе схемотехники. Детали электронной аппаратуры: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности. Виды и типы, эксплуатационные параметры, маркировка.

Полупроводниковые приборы: диоды, транзисторы. Конструкции, классификация, эксплуатационные параметры, маркировка, схемы включения.

Интегральные схемы (ИС). Классификация ИС, особенности, параметры и система обозначений.

Элементы оптоэлектроники: фотоэлемент, фоторезистор, фотодиод, фототранзистор. Светодиод, оптроны устройство, принцип действия.

##### Семестр: 6 (Весенний)

###### 3. Основы цифровой схемотехники

Логические основы цифровой схемотехники. Базовые логические операции «И», «ИЛИ», «НЕ» и способы их аппаратной реализации. Сведения об интегральных логических схемах. Физическое представление логических элементов и логическое проектирование в базисах микросхем

###### 4. Функциональные узлы и блоки цифровой аппаратуры

Функциональные узлы цифровой аппаратуры (дешифраторы, шифраторы, мультиплексоры, демультиплексоры, цифровые компараторы, сумматоры, триггеры регистры, счетчики). Назначение, устройство, принцип работы, обозначение на схемах. Запоминающие устройства на основе БИС/СБИС: классификация и параметры. Оперативное запоминающее устройство: принцип работы. Постоянное запоминающее устройство: принцип работы. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи. Принцип аналого-цифрового преобразования информации

## 5. САПР проектирование электронных устройств

Общие сведения о существующих САПР проектирования электронных устройств Altium Designer или др.

### 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для практических занятий: аудитория, компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

Обеспечение самостоятельной работы: электронные ресурсы, включая доступ к базам данных журналов по визуализации.

### 6. Перечень рекомендуемой литературы

#### Основная литература

1. Основы цифровой схемотехники [Текст] : Базовые элементы и схемы, методы проектирования / Ю. В. Новиков - М. Мир, 2001
2. Электротехника : Теоретические основы [Текст] / Е. А. Лоторейчук - М. Высшая школа, 2005
3. Система автоматизированного проектирования приборов микроэлектроники (САПР микроэлектроники) [Текст] / Ш. Абдулаев, - Махачкала, Наука, 2011

#### Дополнительная литература

1. Сборник задач по курсу "Радиотехника и схемотехника" [Текст] : учеб. пособие для вузов / Л. П. Куклев ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2013 .— 120 с.

### 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

### 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Для контроля и коррекции знаний, обучающиеся могут использовать компьютерное тестирование.

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;

– подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Беспилотные авиационные системы Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра технологий проектирования сложных технических систем
<b>курс:</b>	<u>3</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 5 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** А.В. Трифонов, методист

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.2 Имеет глубокое знание и понимание базовых математических дисциплин
	ПК-1.3 Владеет культурой постановки научной задачи и моделирования естественнонаучных объектов и систем
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
	ПК-1.5 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ПК-1.6 Знает основные правила поведения и работы в современной научной лаборатории
	ПК-1.8 Владеет навыками работы с современными языками программирования и программными пакетами для научных расчетов
	ПК-1.9 Знает перечень ведущих периодических научных изданий и способен выделять актуальные научные публикации в профессиональной области
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины
	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Схемотехника» обучающийся должен:

**знать:**



- основные принципы построения современных типов электронных устройств;
- методы анализа структуры и схемотехники электронных устройств с учетом особенностей их эксплуатации;
- правила использования измерительных приборов;
- методологии разработки электрических цепей и электронных схем, исходя из заданных параметров и условий использования.

**уметь:**

- проводить расчет и измерения основных параметров электрических и электронных цепей;
- производить проверку электронных и электрических элементов;
- проводить тестирование аналоговых и цифровых схем; знать временные диаграммы работы различных аналоговых и цифровых элементов;
- пользоваться измерительными приборами и САПР по разработке электрических схем.

**владеть:**

- навыками по применению методов расчёта устройств аналоговой схемотехники и оформления технической документации в соответствии с ЕСКД;
- персональным компьютером на уровне ква-лифицированного пользователя, с целью оформления конструкторской документации на разрабатываемые устройства аналоговой схемотехники;
- навыками по применению методов экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

1. Линейные цепи. Характеристики. Методы расчёта.
2. Общие характеристики усилительных устройств. Нелинейные цепи. Понятие ко-эффициента гармоник.
3. Нелинейные искажения в усилительных каскадах.
4. Классификация усилительных устройств.
5. Биполярный транзистор – активный элемент усилительных схем.
6. Способы задания рабочего режима по постоянному току усилительных каскадов.
7. Зависимость параметров биполярного транзистора от температуры. Источники температурной нестабильности.
8. Эквивалентная схема биполярного транзистора в области высоких частот.
9. Механизм действия отрицательной обратной связи в усилительных устройствах.
10. Работа усилительных каскадов на биполярном транзисторе. Каскад с общим эмит-тером. Входные и выходные характеристики.
11. Усилительный режим каскада с общим эмиттером.
12. Временные диаграммы каскада с общим эмиттером.
13. Эквивалентная схема каскада с общим эмиттером.
14. Каскад с общим эмиттером в области средних частот.
15. Каскад с общим эмиттером в области высоких частот.
16. Каскад с общим эмиттером в области низких частот.
17. Каскад с общим эмиттером и отрицательной обратной связью z- типа.
18. Каскад с общей базой.
19. Каскад с общим коллектором.
20. Эквивалентная схема каскада с общим коллектором в области низких частот.
21. Сравнение характеристик каскадов с ОЭ, ОБ и ОК.
22. Двухтактные каскады. Энергетические характеристики. Временные диаграммы.
23. Основные энергетические характеристики двухтактных каскадов. Способы зада-ния режимов по постоянному току.
24. Схема дифференциального каскада. Временные диаграммы токов и напряжений.
25. Влияние выходного сопротивления ГСТ на параметры ДК.
26. Способы повышения выходного сопротивления ГСТ.
27. Передаточная характеристика ДК.
28. Полевые транзисторы. Классификация, основные параметры.
29. Усилительные каскады на основе полевых транзисторов.

30. Операционные усилители (основные параметры, классификация, рекомендации по применению).
31. Влияние отрицательной обратной связи на параметры ОУ. Неинвертирующая схема включения операционного усилителя. Повторитель напряжения на основе ОУ.
32. Влияние отрицательной обратной связи на параметры ОУ. Инвертирующая схема включения операционного усилителя.
33. Источники стабильного тока с применением ОУ.
34. Источники стабильного напряжения с применением ОУ.
37. Цифро-аналоговые преобразователи. Классификация. ЦАП с суммированием взвешенных токов.
38. Цифро-аналоговые преобразователи. Классификация. ЦАП с перекидными ключами.

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

1. Источники температурной нестабильности. Способы минимизации влияния на параметры усилительных устройств.
2. Определения основных параметров усилительных устройств. Типовая АЧХ усилителей переменного тока. Каскады усилителей переменного тока. Режим малого сигнала. Режим для постоянного и переменного тока. Нагрузочные прямые каскада. Усилительный режим каскада.
3. Усилительные режимы и коэффициент усиления. Входное и выходное сопротивление. Частотные свойства.
4. Обратная связь в усилителях. Параметры усилителей с ОС. Каскад с ОС и ООС Z-типа. Схема каскада, способы соединения усилителя и четырехполюсника ОС.
5. Каскад с общим эмиттером. Схема каскада, режим по постоянному и переменному току. Усилительные режимы и коэффициент усиления. Входное и выходное сопротивление. Частотные свойства.
6. Классификация ОУ. Основные схемы включения ОУ. Инвертирующий, не инвертирующий и дифференциальный усилитель. Схемы, параметры и характеристики.
7. Схемы для нелинейной обработки сигналов. Интегрирующий и дифференцирующий усилители.
8. Классификация ЦАП. Схема перемножающего ЦАП.

#### **Критерии оценивания**

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.