

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
радиотехники и компьютерных  
технологий**

**А.В. Дворкович**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Радиотехника и схемотехника
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра радиотехники и систем управления
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 45 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составили:

Г.И. Донов, канд. техн. наук, доцент

А.А. Григорьев, канд. техн. наук, доцент, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры радиотехники и систем управления 24.04.2020

## Аннотация

Знакомство с элементной базой и схмотехникой полупроводниковых усилительных устройств.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

познакомить студентов с основами современной радиоэлектроники и с ее применением в физическом эксперименте.

#### Задачи дисциплины

- 1) разъяснение места и роли электронных средств наблюдения, регистрации и обработки данных в физическом эксперименте;
- 2) приобретение учащимися начальных навыков работы с электронными схемами и дальнейшее развитие умения работать с измерительными приборами;
- 3) ознакомление с методами анализа характеристик исследуемых устройств.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	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:

Принцип действия и свойства основных компонентов, образующих элементную базу аппаратных средств современной электроники.

уметь:

Проводить наблюдения и измерения с использованием аппаратных средств современной электроники.

владеть:

Основными методами теоретического рассмотрения свойств аппаратных средств современной электроники и учета влияния их характеристик на результаты экспериментального исследования.

#### 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	Пассивные электрические цепи			9	6
2	Усилители на биполярных транзисторах			12	8
3	Генераторы синусоидальных колебаний			6	8
4	Дифференциальные усилители			3	8
5	Операционные усилители			12	7
6	Резонансный усилитель			3	8
Итого часов				45	45
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 6 (Весенний)

###### 1. Пассивные электрические цепи

Коэффициенты усиления для дифференциального и синфазного сигналов, входные сопротивления. Схемы на биполярных транзисторах. Генераторы стабильного тока (ГСТ). Выходной ток и выходная проводимость ГСТ. Токовые зеркала. Дифференциальные усилители с динамическими нагрузками в виде токовых зеркал. Дифференциальные усилители на полевых транзисторах.

Дифференциальные усилители как входные каскады операционных усилителей (ОУ): схемы, методы повышения входного сопротивления.

###### 2. Усилители на биполярных транзисторах

Принцип обратной связи. Последовательная и параллельная обратные связи по току и по напряжению. Влияние обратной связи на характеристики усилителя. Схемы усилителей с отрицательной обратной связью. Частотная характеристика усилителя с отрицательной обратной связью.

Устойчивость усилителей с отрицательной на средних частотах обратной связью.

###### 3. Генераторы синусоидальных колебаний

Условия самовозбуждения LC-генераторов синусоидальных колебаний. Условия существования стационарных колебаний. Баланс фаз и баланс амплитуд в установившемся режиме. Применение автоматического смещения. Трехточечные генераторы. Схемы генераторов.

Стабильность частоты. Кварцевая стабилизация частоты. Схемы кварцевых генераторов. RC-генераторы: схема с мостом Вина, стабилизация амплитуды и частоты колебаний.

#### 4. Дифференциальные усилители

Схема операционного усилителя (ОУ) общего назначения. Основные параметры ОУ. Частотная коррекция ОУ. Схемы с применением ОУ: инвертирующий и неинвертирующий усилители, схемы сложения и вычитания, измерительный усилитель с регулируемым коэффициентом усиления, источник стабильного тока, стабилизатор напряжения, интегратор, дифференциатор, фазовращатель. Частотные характеристики линейных схем на основе операционных усилителей, диаграммы Боде.

Генераторы и формирователи сигналов на основе операционных усилителей: импульсные схемы. RC-генератор синусоидальных колебаний.

Токоразностный операционный усилитель (усилитель Нортон).

#### 5. Операционные усилители

Резисторные усилители на биполярных транзисторах. Вольтамперные характеристики транзисторов. Эффект Эрли. Эквивалентные схемы с  $h$ -параметрами, Т- и П-образные схемы. Усилители по схемам с общей базой и с общим эмиттером. Стабилизация начального режима транзистора. Эмиттерный повторитель.

Постоянные и переменные токи и напряжения в электронной схеме, теорема об эквивалентном генераторе.

Прохождение сигнала через линейный четырехполюсник: спектральный и временной подходы (интеграл Дюамеля). Примеры: дифференцирующая и интегрирующая цепи.

Поведение однокаскадного резисторного усилителя в области нижних и верхних частот, его частотная и переходная характеристики. Многокаскадный усилитель.

#### 6. Резонансный усилитель

Полевые транзисторы с управляющим р–п-переходом и МОП-транзисторы с индуцированным и встроенным каналом: вольтамперные характеристики, эквивалентные схемы. Усилители на полевых транзисторах: схемы с общим истоком, с общим затвором и с общим стоком (истоковый повторитель).

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

Необходимое лабораторное оснащение:

- 1) Информационно-измерительный комплекс на рабочем месте каждого студента, включающий компьютер, двухлучевой цифровой осциллограф и цифровой генератор сигналов, частотомер;
- 2) Сопрягаемые с компьютерными генератором и осциллографом макетные платы для собирания схем;
- 3) Необходимые радиоэлектронные компоненты: резисторы, конденсаторы, транзисторы, интегральные схемы, кварцевые резонаторы, микропроцессоры, кабели, соединительные провода;
- 4) Лабораторный инструмент.

### 6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Основы радиоэлектроники [Текст] : учебное пособие для вузов / Е. И. Манаев .— 4-е изд. / [учеб. изд.] .— М. : Книжный дом, 2013 .— 512 с.

2. Полупроводниковая схемотехника [Текст] : в 2 т. Т. 1 / У. Титце, К. Шенк ; пер. с нем. Г. С. Карабашева. — М. : Додэка-XXI, 2008. — 832 с.

3. Аналоговая электроника [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Л. Ларин ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т). — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : МФТИ, 2013. — 268 с.

#### Дополнительная литература

1. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст] : учебник для вузов / С. И. Баскаков. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 2000, 2005. — 466 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)**

Программное обеспечение: Micro-Cap.

Используется набор специальных учебных программ для Micro-Cap, разработанных на кафедре.

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

Преподавателям и студентам доступны (в том числе – в электронном виде) следующие методические материалы, содержащие указания, справочные сведения и рекомендации:

1. Куклев Л.П. Сборник задач по курсу «Радиотехника и схемотехника»: учеб. пособие. – М.: МФТИ, 2013.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра радиотехники и систем управления
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчики:**

Г.И. Донов, канд. техн. наук, доцент

А.А. Григорьев, канд. техн. наук, доцент, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Радиотехника и схемотехника» обучающийся должен:

### знать:

Принцип действия и свойства основных компонентов, образующих элементную базу аппаратных средств современной электроники.

### уметь:

Проводить наблюдения и измерения с использованием аппаратных средств современной электроники.

### владеть:

Основными методами теоретического рассмотрения свойств аппаратных средств современной электроники и учета влияния их характеристик на результаты экспериментального исследования.

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

Проводится обсуждением экспериментальных данных в конце лабораторного занятия.

Почему интегрирующая и дифференцирующая цепи так называются ?

Чем определяется коэффициент усиления каскада а биполярном транзисторе ?

Почему дифференциальный сигнал усиливается, а синфазный - нет ?

Как изготовить масштабный усилитель на ОУ с заданным усилением ?

Каковыми окажутся его частотные свойства ?

### **3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков**

Дифференцированный зачет производится по итогам обсуждения отчетов о выполненных работах и путем дополнительный опрос в устной форме по всему материалу семестра.

#### Коллоквиум по теме «Усиление электрических сигналов»:

Коллоквиум проводится путем опроса в устной форме по окончании выполнения соответствующей лабораторной работы.

Вопросы, которые могут быть заданы учащемуся на этом коллоквиуме, зависят от представленных им результатов выполнения лабораторной работы, относящейся к этой теме. В частности, преподаватель совместно со студентом убеждается в том, что результаты проведенных измерений количественно согласуются с теоретическими оценками и находятся в необходимом взаимном соответствии между собой.

Примеры других вопросов, которые могут быть заданы на этом коллоквиуме:

1. В чем заключаются достоинства и недостатки стабилизированной схемы усилителя на биполярном транзисторе по сравнению с нестабилизированной схемой?
2. Что происходит с частотной характеристикой усилителя при изменении режима транзистора по постоянному току?
3. Почему максимальный неискаженный сигнал на выходе оказывается меньшим при подключении внешней нагрузки?

#### Коллоквиум по теме «Обратные связи в схемах усилителей»:

Коллоквиум проводится путем опроса в устной форме по окончании выполнения соответствующей лабораторной работы.

Вопросы, которые могут быть заданы учащемуся на этом коллоквиуме, зависят от представленных им результатов выполнения лабораторной работы, относящейся к этой теме. В частности, преподаватель совместно со студентом убеждается в том, что результаты проведенных измерений количественно согласуются с теоретическими оценками и находятся в необходимом взаимном соответствии между собой.

Примеры других вопросов, которые могут быть заданы на этом коллоквиуме:

1. В чем заключаются различия схем с обратной связью по напряжению и обратной связью по току?
2. Что происходит с частотной характеристикой усилителя при включении отрицательной на средних частотах обратной связи?
3. При каких условиях усилитель с отрицательной на средних частотах обратной связью оказывается неустойчивым?

#### Коллоквиум по теме «Дифференциальные усилители»:

Коллоквиум проводится путем опроса в устной форме по окончании выполнения соответствующей лабораторной работы.

Вопросы, которые могут быть заданы учащемуся на этом коллоквиуме, зависят от представленных им результатов выполнения лабораторной работы, относящейся к этой теме. В частности, преподаватель совместно со студентом убеждается в том, что результаты проведенных измерений количественно согласуются с теоретическими оценками и находятся в необходимом взаимном соответствии между собой.

Примеры других вопросов, которые могут быть заданы на этом коллоквиуме:



1. Какие требования предъявляются к генераторам стабильного тока в дифференциальных каскадах?
2. Как можно повысить входное сопротивление дифференциального усилителя?
3. С какой целью в дифференциальных усилителях применяют схемные конструкции в виде токового зеркала?

#### Коллоквиум по теме «Операционные усилители»:

Коллоквиум проводится путем опроса в устной форме по окончании выполнения соответствующей лабораторной работы.

Вопросы, которые могут быть заданы учащемуся на этом коллоквиуме, зависят от представленных им результатов выполнения лабораторной работы, относящейся к этой теме. В частности, преподаватель совместно со студентом убеждается в том, что результаты проведенных измерений количественно согласуются с теоретическими оценками и находятся в необходимом взаимном соответствии между собой.

Примеры других вопросов, которые могут быть заданы на этом коллоквиуме:

1. С какой целью применяется частотная коррекция операционных усилителей?
2. Как используется представление об идеальном операционном усилителе при анализе различных схем на основе ОУ?

#### Коллоквиум по теме «Генераторы синусоидальных колебаний»:

Коллоквиум проводится путем опроса в устной форме по окончании выполнения соответствующей лабораторной работы.

Вопросы, которые могут быть заданы учащемуся на этом коллоквиуме, зависят от представленных им результатов выполнения лабораторной работы, относящейся к этим темам. В частности, преподаватель совместно со студентом убеждается в том, что результаты проведенных измерений количественно согласуются с теоретическими оценками и находятся в необходимом взаимном соответствии между собой.

Примеры других вопросов, которые могут быть заданы на этом коллоквиуме:

1. В чем заключаются условия самовозбуждения генераторов, построенных на основе усилителей с обратной связью?
2. Какими резонансными частотами обладает кварцевый резонатор частоты и как это учитывается при построении схем кварцевых генераторов?

## **4. Критерии оценивания**

Оценка «отлично (10)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на все 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «отлично (9)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 9 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «отлично (8)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 8 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «хорошо (7)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 7 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «хорошо (6)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 6 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «хорошо (5)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 5 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «удовлетворительно (4)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 4 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «удовлетворительно (3)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 3 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 2 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 1 из 10 заданных ему вопросов.

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

Каждый из разделов современной электроники, представленных отдельными темами в программе данного курса, содержит значительно больше сведений по сравнению с тем, с чем удастся познакомить учащихся в отведенное время. Поэтому существенно, как именно производится отбор учебного материала и с какой степенью подробности разбираются вопросы, рассмотрение которых предусмотрено программой.

Ответ на эти вопросы можно найти в описаниях лабораторных работ, выполнение которых сопровождает изучение студентами соответствующих тем, и в перечне упражнений, который содержится в заданиях к этим работам

Наименование темы	Номер лабораторной работы
1. Пассивные электрические цепи	18
2. Усиление электрических сигналов	28
3. Дифференциальные усилители	90
4. Операционные усилители	77
5. Генераторы синусоидальных колебаний	05

Кроме того, преподавателям и студентам доступны (в том числе – в электронном виде) следующие методические материалы, содержащие указания, справочные сведения и рекомендации:

1. Куклев Л.П. Сборник задач по курсу «Радиотехника и схемотехника»: учеб. пособие. – М.: МФТИ, 2013.