

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
электроники, фотоники и  
молекулярной физики**

**В.В. Иванов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Введение в микроэлектронику. Основы схемотехники
<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 микро- и нанoeлектроники
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: В.В. Эннс, канд. техн. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники 29.05.2020

## **Аннотация**

Курс "Введение в микроэлектронику. Основы схемотехники" предусматривает изучение студентами особенностей построения и работы аналоговых и цифровых схем.

Задачи курса:

- обладать базовыми знаниями в области интегральной микроэлектроники;
- знать принципы работы основных цифровых и аналоговых интегральных схем.
- знать и уметь применять на практике метод исследования аналоговых электронных устройств, работающих в режиме малых сигналов;
- знать сущность отрицательной и положительной обратной связи (ОС) в электронных устройствах и принципы построения схем с ОС.
- уметь выполнять расчеты по обеспечению требуемого режима работы и показателей изучаемых электронных устройств;
- иметь представление о компьютерном моделировании, проектировании и оптимизации цифровых и аналоговых электронных устройств

По результатам освоения курса студент должен:

Знать:

- основные принципы, особенности и возможности интегральной схемотехники;
- методы системо- и схемотехнического проектирования на основе ИС.

Уметь:

- характеризовать современные тенденции проектирования различных видов ИС;
- характеризовать специфические особенности проектирования ИС;
- анализировать аналоговые и цифровые интегральные микросхемы с использованием методов машинного проектирования.

Владеть:

- навыками инженерного проектирования и расчета;
- навыками моделирования и экспериментального исследования интегральных схем.

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. Лекция 1. Практика проектирования аналоговых ИС. Аналоговые и дискретные сигналы и цепи.
2. Лекция 2. Элементная база микроэлектроники. Состав и принципы работы
3. Лекция 3. Цифровые схемы. Основные типы и принципы работы (часть 1)
4. Лекция 4. Цифровые схемы. Основные типы и принципы работы (часть 2)
5. Лекция 5. Малосигнальный анализ в моделировании АИС. Малосигнальные эквивалентные схемы.
6. Лекция 6. Вопросы проектирования операционных усилителей (часть 1)
7. Лекция 7. Вопросы проектирования операционных усилителей (часть 2)
8. Лекция 8. Проектирование компараторов напряжения.

## **1. Цели и задачи**

### **Цель дисциплины**

- изучение студентами особенностей построения и работы аналоговых и цифровых схем.

### **Задачи дисциплины**

- обладать базовыми знаниями в области интегральной микроэлектроники;
- знать принципы работы основных цифровых и аналоговых интегральных схем;
- знать и уметь применять на практике метод исследования аналоговых электронных устройств, работающих в режиме малых сигналов;
- знать сущность отрицательной и положительной обратной связи (ОС) в электронных устройствах и принципы построения схем с ОС;

- уметь выполнять расчеты по обеспечению требуемого режима работы и показателей изучаемых электронных устройств;
- иметь представление о компьютерном моделировании, проектировании и оптимизации цифровых и аналоговых электронных 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-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
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-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные принципы, особенности и возможности интегральной схемотехники;
- методы системо- и схемотехнического проектирования на основе ИС.

уметь:

- характеризовать современные тенденции проектирования различных видов ИС;
- характеризовать специфические особенности проектирования ИС;
- анализировать аналоговые и цифровые интегральные микросхемы с использованием методов машинного проектирования.

владеть:

- навыками инженерного проектирования и расчета;
- навыками моделирования и экспериментального исследования интегральных схем.

## 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	Практика проектирования аналоговых ИС. Аналоговые и дискретные сигналы и цепи.	4			1
2	Элементная база микроэлектроники. Состав и принципы работы.	4			2
3	Цифровые схемы. Основные типы и принципы работы (часть 1).	4			2
4	Цифровые схемы. Основные типы и принципы работы (часть 2).	4			1
5	Малосигнальный анализ в моделировании АИС. Малосигнальные эквивалентные схемы.	4			1

6	Вопросы проектирования операционных усилителей (часть 1).	4			2
7	Вопросы проектирования операционных усилителей (часть 2).	4			4
8	Проектирование компараторов напряжения.	2			2
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

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

Семестр: 7 (Осенний)

##### 1. Практика проектирования аналоговых ИС. Аналоговые и дискретные сигналы и цепи.

Рассматривается как теоретические, так и практические аспекты разработки ИС. Кратко затрагиваются технологии изготовления. Предметом настоящей лекции является рассмотрение ряда основных теоретических положений аналоговых и дискретных сигналов и цепей.

##### 2. Элементная база микроэлектроники. Состав и принципы работы.

В этой лекции рассматривается современная элементная база микроэлектроники: активные компоненты – транзисторы, тиристоры и диоды; пассивные компоненты – резисторы, конденсаторы, индуктивность. Разбираются принципы работы и состав элементной базы микроэлектроники.

##### 3. Цифровые схемы. Основные типы и принципы работы (часть 1).

В данной лекции приводятся основные понятия цифровой схемотехники. Рассматриваются различные цифровые схемы. Предметом этой лекции являются элементы комбинационной логики, которые составляют основу понимания работы цифровых схем. Элементы комбинационной логики: инверторы, и-не / или-не, сложные комбинационные элементы – и-или / или-и.

##### 4. Цифровые схемы. Основные типы и принципы работы (часть 2).

В этой лекции рассматривается теоретические и практические принципы работы более сложных цифровых схем. В этой лекции рассматриваются триггеры, их классификация, способы их применения.

##### 5. Малосигнальный анализ в моделировании АИС. Малосигнальные эквивалентные схемы.

Предметом настоящей лекции является рассмотрение с теоретической и практической сторон малосигнального анализа. Типы узлов: каскад с общим истоком, коэффициент усиления каскада с общим затвором, каскад с общим стоком, транзистор в диодном включении, каскод и дифференциальный усилитель.

##### 6. Вопросы проектирования операционных усилителей (часть 1).

В этой лекции рассматривается состав операционных усилителей, а также принципы работы базовых функциональных блоков, дифференциальных пар, источников тока и токовых зеркал.

##### 7. Вопросы проектирования операционных усилителей (часть 2).

Виды ОС. Основные способы обеспечения отрицательной ОС и ее влияние на показатели и характеристики усилителей аналоговых сигналов. Устойчивость усилителей, охваченных отрицательной ОС. Оценка устойчивости усилителя на основе физических представлений (баланс амплитуд и фаз). Частотный критерий Найквиста. Запасы устойчивости.

#### 8. Проектирование компараторов напряжения.

Предметом рассмотрения этой лекции будут компараторы, основные параметры компараторов, блоки компараторов. Будут рассмотрены примеры построения предусилителя, блоков принятия решения, выходного буфера и электрических схем компараторов.

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

Необходимое оборудование для лекций: учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

Обеспечение самостоятельной работы: доступ в сеть Интернет, доступ к рекомендованной литературе.

### **6. Перечень рекомендуемой литературы**

#### Основная литература

1. Эннс В.И. Проектирование аналоговых КМОП микросхем: краткий справочник разработчика. М.: Горячая линия – Телеком. – 2005. – 454 с.
2. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. СПб.: БХВ-Петербург, 2004..
3. Травин Г.А. Основы схемотехники устройств радиосвязи, радиовещания и телевидения. Ч.1. Учебное пособие для вузов и факультетов связи. Новосибирск, СибГУТИ, 2001. – 196с.
4. Травин Г.А. Основы схемотехники устройств радиосвязи, радиовещания и телевидения. Ч.2. Учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов. Новосибирск, СибГУТИ, 2002. – 354с.

#### Дополнительная литература

1. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988.
2. Букреев И.Н., Горячев В.И., Мансуров Б.М. Микроэлектронные схемы цифровых устройств. 4-изд. перераб. доп. 2006 год.
1. Бонни Бэйкер. Что нужно знать цифровому разработчику об аналоговой электронике. 2010 год
2. Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. 2005 год

### **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)**

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

Студент, прослушавший курс лекций, должен овладеть общим понятийным аппаратом и научиться применять теоретические знания на практике.

Успешное освоение курса требует:

- 1) посещения всех лекций, предусмотренных учебным планом; ведение конспектов занятий; активное участие в обсуждении лекций;
- 2) важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультацией к преподавателю на лекции.

**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 микро- и нанoeлектроники
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	В.В. Эннс, канд. техн. наук

## 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-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
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-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Введение в микроэлектронику. Основы схемотехники» обучающийся должен:

### знать:

- основные принципы, особенности и возможности интегральной схемотехники;
- методы системо- и схемотехнического проектирования на основе ИС.

### уметь:

- характеризовать современные тенденции проектирования различных видов ИС;
- характеризовать специфические особенности проектирования ИС;
- анализировать аналоговые и цифровые интегральные микросхемы с использованием методов машинного проектирования.

### владеть:

- навыками инженерного проектирования и расчета;
- навыками моделирования и экспериментального исследования интегральных схем.

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

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

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

Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету:

1. Практика проектирования аналоговых ИС.
2. Аналоговые и дискретные сигналы и цепи.
3. Элементная база микроэлектроники. Состав и принципы работы .
4. Цифровые схемы. Основные типы и принципы работы.
5. Малосигнальный анализ в моделировании АИС.
6. Малосигнальные эквивалентные схемы.
7. Вопросы проектирования операционных усилителей.
8. Проектирование компараторов напряжения.

### Критерии оценивания

10 баллов — (ПРЕВОСХОДНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;



- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

9 баллов — (ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы, полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

8 баллов — (ПОЧТИ ОТЛИЧНО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач; способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку с позиций государственной идеологии (по дисциплинам социально-гуманитарного цикла);
- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

7 баллов — (ОЧЕНЬ ХОРОШО):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

6 баллов — (ХОРОШО):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач; способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;

- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку; активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

5 баллов — (ПОЧТИ ХОРОШО):

- достаточные знания в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

4 балла — (УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), ЗАЧТЕНО:

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

3 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО), НЕЗАЧТЕНО:

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

2 балла — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;
- знания отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответе грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

1 балл — (НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО):

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

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

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать двух астрономических часов в устной и (или) письменной форме.