**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# Электроника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль): **Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **ТОР, Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники**
Курс: **2**
Семестр: **3**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 3 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 36 | 36 | часов |
| 2 | Практические занятия | 36 | 36 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 36 | 36 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 108 | 108 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 72 | 72 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 180 | 180 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 216 | 216 | часов |
| | | 6.0 | 6.0 | З.Е |

Экзамен: 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 18015

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 39 от «22» 3 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 Радиотехника, утвержденного 06 марта 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

| | | |
|---|---|---|
| профессор каф. ТУ | _____ | В. А. Шалимов |
| Заведующий обеспечивающей каф. ТУ | _____ | Т. Р. Газизов |

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

| | | |
|---|---|---|
| Декан РТФ | _____ | К. Ю. Попова |
| Заведующий выпускающей каф. ТОР | _____ | А. А. Гельцер |

Эксперты:

| | | |
|---|---|---|
| доцент кафедра ТУ | _____ | А. Н. Булдаков |

Согласована на портале № 18015

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины является изучение студентами принципов работы, параметров, вольт-амперных характеристик, элементной базы, применяемой в многоканальных телекоммуникационных системах, телевизионной, радиорелейной, тропосферной, космической и радиолокационной связи

### 1.2. Задачи дисциплины

– Основными задачами дисциплины являются: 1. изучение принципов действия, характеристик, параметров и особенностей устройства важнейших полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов, используемых в аудиовизуальной технике. К их числу относятся диоды, биполярных и полевые транзисторы, приборы с отрицательной дифференциальной проводимостью, оптоэлектронные и электровакуумные приборы, элементы интегральных схем и основы технологии их производства; 2.изучение главных элементов цифровой и аналоговой схемотехники ,выполненных на основе полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Электроника» (Б1.Б.18) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Основы теории цепей, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Радиотехнические цепи и сигналы, Цифровые устройства и микропроцессоры.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 способностью выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** Студент должен знать: устройство и принцип действия, условные графические обозначения транзисторных ключей, логических элементов «И», «ИЛИ» на дискретных и интегральных компонентах. - устройство и принцип действия, условные графические обозначения усилителей и преобразователей аналоговых электрических сигналов на полевых и биполярных транзисторах, операционных усилителях. микросхемотехнику, принципы работы базовых каскадов логических элементов цифровых схем и выполнять их моделирование по типовым методикам

– **уметь** Студент должен уметь: объяснять физическое назначение элементов аналоговых и цифровых схем и их влияние на параметры базовых каскадов. - проводить электрические расчеты элементов отдельных каскадов с использованием стандартных пакетов прикладных программ

– **владеть** Студент должен владеть: навыками измерения характеристик и параметров цифровых и аналоговых интегральных схем и методами математического моделирования компонентов и схем; - навыками объективной оценки возможностей функциональной электроники.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 3 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 108 | 108 |
| Лекции | 36 | 36 |
| Практические занятия | 36 | 36 |
| Лабораторные работы | 36 | 36 |

Согласована на портале № 18015

| | | |
|---|---|---|
| Самостоятельная работа (всего) | 72 | 72 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 20 | 20 |
| Проработка лекционного материала | 28 | 28 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 24 | 24 |
| Всего (без экзамена) | 180 | 180 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость ч | 216 | 216 |
| Зачетные Единицы | 6.0 | 6.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | | | |
| 1 1. Введение в физику полупроводников. | 2 | 0 | 0 | 2 | 4 | ПК-1 |
| 2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход). | 4 | 20 | 0 | 12 | 36 | ПК-1 |
| 3 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики. | 4 | 4 | 8 | 10 | 26 | ПК-1 |
| 4 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики. | 4 | 8 | 8 | 12 | 32 | ПК-1 |
| 5 Физические основы управления током канала с помощью управляющего перехода. | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | ПК-1 |
| 6 Фотоэлектрические явления в полупроводниках. | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | ПК-1 |
| 7 Физические основы электровакуумных приборов | 2 | 0 | 0 | 2 | 4 | ПК-1 |
| 8 Классификация логических элементов. Основные характеристики и параметры логических элементов. | 2 | 0 | 0 | 2 | 4 | ПК-1 |
| 9 Схема логического отрицания на биполярных транзисторах. | 2 | 4 | 4 | 10 | 20 | ПК-1 |

Согласована на портале № 18015

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 Элементы транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). | 3 | 0 | 8 | 6 | 17 | ПК-1 |
| 11 Схема логического отрицания на полевых транзисторах. | 3 | 0 | 8 | 6 | 17 | ПК-1 |
| 12 Логические элементы динамического типа. | 3 | 0 | 0 | 4 | 7 | ПК-1 |
| 13 Запоминающие логические элементы | 3 | 0 | 0 | 1 | 4 | ПК-1 |
| 14 Основы функциональной электроники. Перспективы развития микроэлектроники, наноэлектроника. | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | ПК-1 |
| Итого за семестр | 36 | 36 | 36 | 72 | 180 | |
| Итого | 36 | 36 | 36 | 72 | 180 | |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины по лекциям | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 1 1. Введение в физику полупроводников. | Зонная модель твердых тел. Классификация твердых тел (металлы, полупроводники, диэлектрики). Кристаллическая решетка полупроводников. Собственный полупроводник. Энергетическая (зонная) диаграмма собственного полупроводника. Электроны и дырки. Примесные полупроводники. Доноры и акцепторы. Проводимости n- и p-типа. Зонные диаграммы, уровни доноров и акцепторов. Компенсированные полупроводники. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход). | Классификация переходов. Структура p-n перехода. Понятие нейтральности перехода. Анализ перехода в равновесном состоянии. Анализ перехода в неравновесном состоянии. Статические вольтамперные характеристики идеального диода. Понятие обратного тока диода. Характеристические сопротивления диода. Статические вольтамперные характеристики реальных диодов. Модуляция сопротивления базы. Переходные характеристики диода. Барьерная ёмкость (ёмкость перехода) диода. Диффузионная ёмкость перехода. Од- | 4 | ПК-1 |

Согласована на портале № 18015

| | | | |
|---|---|---|---|
| | носторонние p-n переходы. Контакты металл-полупроводник. Омические контакты. Выпрямляющие контакты. | | |
| | Итого | 4 | |
| 3 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики. | Физические принципы работы биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов. Формулы Молла-Эберса. Идеализированные статические и динамические параметры биполярных транзисторов. Схемы включения. Зависимость параметров биполярных транзисторов от температуры и режима. Составные биполярные транзисторы. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики. | МДП-транзисторы с изолированным затвором, встроенным и индуцированным каналами. Принцип работы, основные параметры. Статические вольтамперные характеристики для каждого типа полевых транзисторов. Эквивалентные схемы полевых транзисторов | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Физические основы управления током канала с помощью управляющего перехода. | Полевые транзисторы с управляющим p-n переходом. Принцип работы, основные параметры. Статические вольт-амперные характеристики для каждого типа полевых транзисторов. Эквивалентные схемы полевых транзисторов. | 1 | ПК-1 |
| | Итого | 1 | |
| 6 Фотоэлектрические явления в полупроводниках. | Оптоэлектронные приборы: светоизлучающие диоды, фотодиоды, оптопары диодные, транзисторные, тиристорные. Принцип работы, основные параметры. Статические вольтамперные характеристики | 1 | ПК-1 |
| | Итого | 1 | |
| 7 Физические основы электровакуумных приборов | Основы эмиссионной электроники. Виды эмиссии: термоэлектронная, вторичная электронная, электростатическая, фотоэлектронная. Принцип электростатического управления плотностью электронного потока в электронных лампах. Вакуумные диоды, триоды, тетроды, пентоды. Классификация, параметры, статические вольтамперные характеристики. Электронно-лучевые трубки. Электронные и квантовые | 2 | ПК-1 |

Согласована на портале № 18015

| | | | |
|---|---|---|---|
| | приборы СВЧ. | | |
| | Итого | 2 | |
| 8 Классификация логических элементов. Основные характеристики и параметры логических элементов. | Логические схемы «И», «ИЛИ», «НЕ», принципы функционирования. Основные характеристики и параметры логических элементов. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Схема логического отрицания на биполярных транзисторах. | Принципиальная схема насыщенного ключа. Статические режимы насыщенного ключа. Переходные процессы в насыщенном ключе при открывании транзистора. Переходные процессы в насыщенном ключе при закрывании транзистора. Методы и схемные решения позволяющие уменьшить время переходного процесса в насыщенном ключе | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 10 Элементы транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). | Базовые элементы ТТЛ. Элементы эмиттерно-связанной логики (ЭСЛ). Достоинства и недостатки ЭСЛ. Базовые элементы ЭСЛ. | 3 | ПК-1 |
| | Итого | 3 | |
| 11 Схема логического отрицания на полевых транзисторах. | Инвертор на n-канальных МДП-транзисторах. Инвертор на комплементарных МДП-транзисторах. Базовые логические элементы на полевых транзисторах. | 3 | ПК-1 |
| | Итого | 3 | |
| 12 Логические элементы динамического типа. | Логические элементы динамического типа на МДП-транзисторах. | 3 | ПК-1 |
| | Итого | 3 | |
| 13 Запоминающие логические элементы | Триггеры на биполярных и полевых транзисторах, флэш-память. | 3 | ПК-1 |
| | Итого | 3 | |
| 14 Основы функциональной электроники. Перспективы развития микроэлектроники, наноэлектроника. | Основы функциональной электроники. Перспективы развития микроэлектроники, наноэлектроника. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 36 | |

**5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин |
|---|---|

Согласована на портале № 18015

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 Основы теории цепей | | | + | | | | | + | + | + | + | | | |
| 2 Физика | + | + | | + | | + | + | | | | | | | |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 Радиотехнические цепи и сигналы | | | | | | | | | | | | + | + | + |
| 2 Цифровые устройства и микропроцессоры | | | | | | | | | | | | + | + | |

**5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий**

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | |
| ПК-1 | + | + | + | + | Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию |

**6. Интерактивные методы и формы организации обучения**

Не предусмотрено РУП

**7. Лабораторные работы**

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 3 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики. | Исследования вольт-амперных характеристик биполярных транзисторов | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 4 Физические процессы в структуре | Исследования вольт-амперных харак- | 8 | ПК-1 |

Согласована на портале № 18015

| | | | |
|---|---|---|---|
| металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики. | теристик MDP транзисторов | | |
| | Итого | 8 | |
| 9 Схема логического отрицания на биполярных транзисторах. | Исследование насыщенного транзисторного ключа | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 10 Элементы транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). | Исследование элементов ТТЛ | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 11 Схема логического отрицания на полевых транзисторах. | Исследование логических элементов на КМДП структуре | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| Итого за семестр | | 36 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | |
| 2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход). | Расчет величины контактной разности потенциалов (диффузионного потенциала) при изменении концентрации примеси в одной из областей перехода. | 4 | ПК-1 |
| | Расчет ширины перехода в зависимости от модуля и полярности приложенного напряжения. | 4 | |
| | Расчет тепловых токов и токов термогенерации в переходах из полупроводниковых материалов с различной шириной запрещенной зоны от температуры | 4 | |
| | Расчет вольт-амперных характеристик идеализированных переходов при различной температуре. | 4 | |
| | Расчет барьерной и диффузионной емкостей перехода. | 4 | |
| | Итого | 20 | |
| 3 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики. | Расчет параметров биполярных транзисторов | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики. | Расчет параметров полевых транзисторов | 4 | ПК-1 |
| | Расчет элементов логических схем на | 4 | |

Согласована на портале № 18015

| | | | |
|---|---|---|---|
| | полевых транзисторах | | |
| | Итого | 8 | |
| 9 Схема логического отрицания на биполярных транзисторах. | Расчет элементов схем логического отрицания на биполярных транзисторах | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 36 | |

## 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | |
| 1 1. Введение в физику полупроводников. | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-1 | Опрос на занятиях |
| | Итого | 2 | | |
| 2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n- переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход). | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1 | Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | | |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | | |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | | |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 12 | | |
| 3 Физические процессы в структуре с двумя взаимодействующими переходами и её статические характеристики. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-1 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 10 | | |

Согласована на портале № 18015

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник и её статические характеристики. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1 | Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 12 | | |
| 5 Физические основы управления током канала с помощью управляющего перехода. | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-1 | Отчет по индивидуальному заданию |
| | Итого | 2 | | |
| 6 Фотоэлектрические явления в полупроводниках. | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-1 | Опрос на занятиях |
| | Итого | 2 | | |
| 7 Физические основы электровакуумных приборов | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-1 | Опрос на занятиях |
| | Итого | 2 | | |
| 8 Классификация логических элементов. Основные характеристики и параметры логических элементов. | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-1 | Опрос на занятиях |
| | Итого | 2 | | |
| 9 Схема логического отрицания на биполярных транзисторах. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-1 | Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 10 | | |
| 10 Элементы транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-1 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 11 Схема логического отрицания на полевых транзисторах. | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-1 | Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 6 | | |

Согласована на портале № 18015

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 12 Логические элементы динамического типа. | Проработка лекционного материала | 4 | ПК-1 | Опрос на занятиях |
| | Итого | 4 | | |
| 13 Запоминающие логические элементы | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Отчет по индивидуальному заданию |
| | Итого | 1 | | |
| 14 Основы функциональной электроники. Перспективы развития микроэлектроники, наноэлектроника. | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Опрос на занятиях |
| | Итого | 1 | | |
| Итого за семестр | | 72 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 108 | | |

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 3 семестр | | | | |
| Опрос на занятиях | | 5 | 5 | 10 |
| Отчет по индивидуальному заданию | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Отчет по лабораторной работе | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Отчет по практическому занятию | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Итого максимум за период | 20 | 25 | 25 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 20 | 45 | 70 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |

Согласована на портале № 18015

| | |
|---|---|
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Учебное пособие «Микроэлектроника» : Для направления подготовки 210100.62 «Электроника и наноэлектроника». Профиль: «Промышленная электроника» / Легостаев Н. С. - 2013. 172 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4280, дата обращения: 05.04.2017.

### 12.2. Дополнительная литература

1. 1. Гусев В.Г. Электроника: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1991. – 622 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 73 экз.)

2. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем: научное издание. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1977. – 671 с. (81) (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.)

3. 4. Жеребцов И.П. Основы электроники. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с. (53) (наличие в библиотеке ТУСУР - 53 экз.)

4. 5. Аваев Н.А. Основы микроэлектроники: рекомендовано Министерством образования. – М.: Радио и связь, 1991. – 287 с. (87) (наличие в библиотеке ТУСУР - 87 экз.)

5. 9. Ицкович В.М. Электроника. Учебное пособие для вузов. – Томск: Издательство Томского университета, 2006. – 358 с. (114) (наличие в библиотеке ТУСУР - 114 экз.)

### 12.3 Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. 2. Исследование вольтамперных характеристик биполярных транзисторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный [Электронный ресурс]. -

2. 3. Исследование вольт-амперных характеристик полевых транзисторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный]. [Электронный ресурс]. -

3. 5. Исследование базового элемента транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф. – Томск: ТУСУР, 2012. – 26 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный]. [Электронный ресурс]. -

Согласована на портале № 18015

4. 6. Исследование логического элемента на комплементарных полевых транзисторах с индуцированным каналом (КМДП) [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторным работам / Коновалов В.Ф. – Томск: ТУСУР, 2012. – 26 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный]. [Электронный ресурс]. -

5. 7. Электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие по проведению практических занятий / Коновалов В.Ф. – Томск: ТУСУР, 2012. – 9 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный]. [Электронный ресурс]. -

6. 8. Легостаев Н.С., Четвергов К.В. Микросхемотехника: Руководство к организации самостоятельной работы. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 46 с. Режим доступа: http://www.ie.tusur.ru/docs/lns/mst.zip [Электронный ресурс]. -

**12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. 1. Сайт кафедры ТУ http://tu.tusur.ru
2. 2. Ресурсы кафедр ПЭ, ЭСАУ
3. 3. Научно-образовательный портал ТУСУР http://edu.tusur.ru/

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### 13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 100, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 2этаж, ауд. 218 . Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная.

#### 13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 2 этаж, ауд. 218. Состав оборудования: Учебная мебель;лабораторные макеты со сменными лицевыми панелями в количестве 6 шт. лицевых панелей 18шт.

#### 13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 47, 2 этаж, ауд. 218. Состав оборудования: учебная мебель; лабораторные макеты, методические указания

Согласована на портале № 18015

### 13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 14. Фонд оценочных средств

### 14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

### 14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

| Категории студентов | Виды дополнительных оценочных средств | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Согласована на портале № 18015

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 18015

**Приложение 1**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

# Электроника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль): **Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **ТОР, Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники**
Курс: **2**
Семестр: **3**

Учебный план набора 2016 года

Разработчики:
- профессор каф. ТУ В. А. Шалимов

Экзамен: 3 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 18015

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| ПК-1 | способностью выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ | Должен знать Студент должен знать: устройство и принцип действия, условные графические обозначения транзисторных ключей, логических элементов «И», «ИЛИ» на дискретных и интегральных компонентах. - устройство и принцип действия, условные графические обозначения усилителей и преобразователей аналоговых электрических сигналов на полевых и биполярных транзисторах, операционных усилителях. микросхемотехнику, принципы работы базовых каскадов логических элементов цифровых схем и выполнять их моделирование по типовым методикам; Должен уметь Студент должен уметь: объяснять физическое назначение элементов аналоговых и цифровых схем и их влияние на параметры базовых каскадов. - проводить электрические расчеты элементов отдельных каскадов с использованием стандартных пакетов прикладных программ; Должен владеть Студент должен владеть: навыками измерения характеристик и параметров цифровых и аналоговых интегральных схем и методами математического моделирования компонентов и схем; - навыками объективной оценки возможностей функциональной электроники. ; |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы |
| Хорошо (базовый | Знает факты, принципы, | Обладает диапазоном | Берет ответственность за |

Согласована на портале № 18015

| | | | |
|---|---|---|---|
| уровень) | процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | • Устройство и принцип действия, условные графические обозначения полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, оптоэлектронных приборов, транзисторных ключей, логических элементов «И», «ИЛИ» на дискретных и интегральных компонентах,элементов памяти и выполнять их математическое моделирование по типовым методикам | • Проводить электрические расчеты элементов отдельных каскадов с использованием стандартных пакетов прикладных программ. | • Навыками измерения характеристик и параметров полупроводниковых и оптоэлектронных приборов,цифровых и аналоговых интегральных схем и их компонентов пр типовым методикам. |
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Практические занятия;<br>• Лабораторные работы;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа; | • Лабораторные работы;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Экзамен; | • Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Экзамен; | • Отчет по лабораторной работе;<br>• Отчет по индивидуальному заданию;<br>• Отчет по практическому занятию;<br>• Экзамен; |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в та-

Согласована на портале № 18015

блице 4.
Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • принципы действия, характеристики, параметры и особенности устройства важнейших полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов, главные элементы цифровой и аналоговой схемотехники ,выполненные на основе электровакуумных и оптоэлектронных приборов,устройство и принцип действия, условные графические обозначения транзисторных ключей, логических элементов «И», «ИЛИ» на дискретных и интегральных компонентах, элементов памяти.; | • • Объяснять физическое назначение элементов аналоговых и цифровых схем и их влияние на параметры базовых каскадов, проводить электрические расчеты элементов отдельных каскадов с использованием типовых методик. ; | • • Навыками измерения характеристик и параметров цифровых и аналоговых интегральных схем и их компонентов в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.; |
| Хорошо (базовый уровень) | • принципы действия, основные характеристики, параметры и особенности устройства важнейших полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов, главные элементы цифровой и аналоговой схемотехники ,выполненные на основе электровакуумных и оптоэлектронных приборов,устройство и принцип действия, условные графические обозначения транзисторных ключей, основных логических элементов «И», «ИЛИ» на дискретных и интегральных компонентах, элементов памяти.; | • • Объяснять физическое назначение основных элементов аналоговых и цифровых схем и их влияние на параметры базовых каскадов, проводить электрические расчеты основных элементов отдельных каскадов с использованием типовых методик.; | • • Навыками измерения основных характеристик и параметров цифровых и аналоговых интегральных схем и их компонентов в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • иметь представление о принципах действия, | • • иметь представление о физическом на- | • • в составе команды навыками измерения |

Согласована на портале № 18015

| | | | |
|---|---|---|---|
| | основных характеристиках, параметрах и особенностях устройства важнейших полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов, главные элементы цифровой и аналоговой схемотехники ,выполненные на основе электровакуумных и оптоэлектронных приборов,устройство и принцип действия, условные графические обозначения транзисторных ключей, основных логических элементов «И», «ИЛИ» на дискретных и интегральных компонентах, понятия о элементах памяти.; | значении основных элементов аналоговых и цифровых схем и их влияние на параметры базовых каскадов, проводить в составе команды электрические расчеты основных элементов отдельных каскадов с использованием типовых методик.; | основных характеристик и параметров цифровых и аналоговых интегральных схем и их компонентов в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.; |

## 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

### 3.1 Темы индивидуальных заданий

– Полупроводниковые диоды; биполярные и полевые транзисторы. Ключи на биполярных и полевых транзисторах.

### 3.2 Темы опросов на занятиях

– Зонная модель твердых тел. Классификация твердых тел (металлы, полупроводники, диэлектрики). Кристаллическая решетка полупроводников. Собственный полупроводник. Энергетическая (зонная) диаграмма собственного полупроводника. Электроны и дырки. Примесные полупроводники. Доноры и акцепторы. Проводимости n- и p-типа. Зонные диаграммы, уровни доноров и акцепторов. Компенсированные полупроводники.

– Классификация переходов. Структура p-n перехода. Понятие нейтральности перехода. Анализ перехода в равновесном состоянии. Анализ перехода в неравновесном состоянии. Статические вольтамперные характеристики идеального диода. Понятие обратного тока диода. Характеристические сопротивления диода. Статические вольтамперные характеристики реальных диодов. Модуляция сопротивления базы. Переходные характеристики диода. Барьерная ёмкость (ёмкость перехода) диода. Диффузионная ёмкость перехода. Односторонние p-n переходы. Контакты металл-полупроводник. Омические контакты. Выпрямляющие контакты.

– Физические принципы работы биполярных транзисторов. Эквивалентные схемы биполярных транзисторов. Формулы Молла-Эберса. Идеализированные статические и динамические параметры биполярных транзисторов. Схемы включения. Зависимость параметров биполярных транзисторов от температуры и режима. Составные биполярные транзисторы.

– Оптоэлектронные приборы: светоизлучающие диоды, фотодиоды, оптопары диодные, транзисторные, теристорные. Принцип работы, основные параметры. Статические вольтамперные характеристики

Согласована на портале № 18015

– Основы эмиссионной электроники. Виды эмиссии: термоэлектронная, вторичная электронная, электростатическая, фотоэлектронная. Принцип электростатического управления плотностью электронного потока в электронных лампах. Вакуумные диоды, триоды, тетроды, пентоды. Классификация, параметры, статические вольтамперные характеристики. Электронно-лучевые трубки. Электронные и квантовые приборы СВЧ.

– Логические схемы «И», «ИЛИ», «НЕ», принципы функционирования. Основные характеристики и параметры логических элементов.

– Базовые элементы ТТЛ. Элементы эмиттерно-связанной логики (ЭСЛ). Достоинства и недостатки ЭСЛ. Базовые элементы ЭСЛ.

– Логические элементы динамического типа на МДП-транзисторах.

– Основы функциональной электроники. Перспективы развития микроэлектроники, наноэлектроника.

### 3.3 Экзаменационные вопросы

– –Логические элементы «И», «ИЛИ», «НЕ» на полевых и биполярных транзисторах, элементах ТТЛ и КМДП. Логические элементы динамического типа. Запоминающие логические элементы.Разновидности полупроводниковых диодов. Схемы включения, параметры и характеристики биполярных и полевых транзисторов.Оптоэлектронные приборы. Элементы памяти.

### 3.4 Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

– Расчет величины контактной разности потенциалов (диффузионного потенциала) при изменении концентрации примеси в одной из областей перехода.

– Расчет ширины перехода в зависимости от модуля и полярности приложенного напряжения.

– Расчет тепловых токов и токов термогенерации в переходах из полупроводниковых материалов с различной шириной запрещенной зоны от температуры

– Расчет вольт-амперных характеристик идеализированных переходов при различной температуре.

– Расчет барьерной и диффузионной емкостей перехода.

– Расчет параметров биполярных транзисторов

– Расчет параметров полевых транзисторов

– Расчет элементов схем логического отрицания на биполярных транзисторах

– Расчет элементов логических схем на полевых транзисторах

### 3.5 Темы лабораторных работ

– Исследования вольт-амперных характеристик биполярных транзисторов

– Исследования вольт-амперных характеристик MDP транзисторов

– Исследование элементов ТТЛ

– Исследование логических элементов на КМДП структуре

– Исследование насыщенного транзисторного ключа

## 4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. Учебное пособие «Микроэлектроника» : Для направления подготовки 210100.62 «Электроника и наноэлектроника». Профиль: «Промышленная электроника» / Легостаев Н. С. - 2013. 172 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4280, свободный.

### 4.2. Дополнительная литература

1. 1. Гусев В.Г. Электроника: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1991. – 622 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 73 экз.)

Согласована на портале № 18015

2. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем: научное издание. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1977. – 671 с. (81) (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.)

3. 4. Жеребцов И.П. Основы электроники. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с. (53) (наличие в библиотеке ТУСУР - 53 экз.)

4. 5. Аваев Н.А. Основы микроэлектроники: рекомендовано Министерством образования. – М.: Радио и связь, 1991. – 287 с. (87) (наличие в библиотеке ТУСУР - 87 экз.)

5. 9. Ицкович В.М. Электроника. Учебное пособие для вузов. – Томск: Издательство Томского университета, 2006. – 358 с. (114) (наличие в библиотеке ТУСУР - 114 экз.)

### 4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. 2. Исследование вольтамперных характеристик биполярных транзисторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный [Электронный ресурс]. -

2. 3. Исследование вольт-амперных характеристик полевых транзисторов [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф., Шалимов В.А. – Томск: ТУСУР, 2012. – 11 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный]. [Электронный ресурс]. -

3. 5. Исследование базового элемента транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ) [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторной работе / Коновалов В.Ф. – Томск: ТУСУР, 2012. – 26 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный]. [Электронный ресурс]. -

4. 6. Исследование логического элемента на комплементарных полевых транзисторах с индуцированным каналом (КМДП) [Электронный ресурс]: Руководство к лабораторным работам / Коновалов В.Ф. – Томск: ТУСУР, 2012. – 26 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный]. [Электронный ресурс]. -

5. 7. Электроника [Электронный ресурс]: Учебное пособие по проведению практических занятий / Коновалов В.Ф. – Томск: ТУСУР, 2012. – 9 с. [Электронный ресурс, доступ http://tu.tusur.ru/upload/liblink/elect.rar свободный]. [Электронный ресурс]. -

6. 8. Легостаев Н.С., Четвергов К.В. Микросхемотехника: Руководство к организации самостоятельной работы. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 46 с. Режим доступа: http://www.ie.tusur.ru/docs/lns/mst.zip [Электронный ресурс]. -

### 4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. 1. Сайт кафедры ТУ http://tu.tusur.ru
2. 2. Ресурсы кафедр ПЭ, ЭСАУ
3. 3. Научно-образовательный портал ТУСУР http://edu.tusur.ru/

Согласована на портале № 18015