**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П.Е. Троян
«19» 12 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ УСТРОЙСТВ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2019 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Практические занятия | 72 | 72 | часов |
| Самостоятельная работа | 72 | 72 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 144 | часов |
| | 4 | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Зачет с оценкой | 7 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 19.12.2018
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск

Согласована на портале № 62008

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Формирование у студентов знаний работы электронных ключей различного типа и навыков проектирования электронных устройств с их применением. Изучение различных видов электронных ключей, их схем замещения. Расчет электрических схем, содержащих электронные ключи.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Обеспечить студентам знания, связанные с электронными ключами различных видов. Усвоение различия идеальных и реальных электронных ключей. Усвоение методик расчета, применимых к различным видам электронных ключей.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Индекс дисциплины: Б1.В.ДВ.04.02.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 62008

| | | |
|---|---|---|
| ОПК-3. Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности | ОПК-3.1. Знает принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации, а также методы и средства обеспечения информационной безопасности | Знает методики расчета входных и выходных элементов, знает методы повышения быстродействия биполярных транзисторов. |
| | ОПК-3.2. Умеет работать с источниками информации и базами данных, а также решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации | Умеет рассчитывать потери в транзисторах различного типа, умеет выделять необходимую информацию для расчета транзисторов работающих в ключевом режиме. |
| | ОПК-3.3. Владеет практическими навыками поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате необходимой информации и обеспечения информационной безопасности при решении задач в области профессиональной деятельности | Владеет навыками расчета потерь транзисторов в режимах отсечки, насыщения и переключения транзистора. |
| **Профессиональные компетенции** | | |
| ПКР-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | ПКР-3.1. Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов. | Знает методики расчета входных и выходных элементов, знает методы повышения быстродействия биполярных транзисторов. |
| | ПКР-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов. | Умеет проводить расчет ключей на биполярных и полевых транзисторах, расчет параметров диодов, тиристоров и симисторов, выбор и расчет драйверов управления MOSFET- транзисторов. |
| | ПКР-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем. | Владеет навыками выбора и расчета активных электронных компонентов, работающих в ключевом режиме, расчет выделяемой мощности. |

Согласована на портале № 62008

| | | |
|---|---|---|
| ПКР-4. Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам | ПКР-4.1. Знает принципы построения технического задания при разработке электронных блоков. | Знает принципы построения схем, работающих в ключевом режиме, возможных аварийных ситуаций, возникающих при переключении элементов. |
| | ПКР-4.2. Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации. | Умеет использовать справочные данные элементов с учетом коэффициента запаса для повышения надежности работы схемы. |
| | ПКР-4.3. Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами. | Владеет способами уменьшения вероятности появления аварийных ситуации и способами их устранения и оформления документации и инструкции эксплуатации. |

## 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 7 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 72 | 72 |
| Практические занятия | 72 | 72 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 72 | 72 |
| Подготовка к зачету с оценкой | 35 | 35 |
| Подготовка к тестированию | 31 | 31 |
| Подготовка к контрольной работе | 2 | 2 |
| Подготовка к коллоквиуму | 4 | 4 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 144 | 144 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 4 | 4 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Прак. зан., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | |
| 1 Виды электронных ключей и их характеристики. | 6 | 6 | 12 | ОПК-3, ПКР-3 |

Согласована на портале № 62008

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 Работа ключа на активную, индуктивную и емкостные нагрузки. | 8 | 10 | 18 | ОПК-3, ПКР-3 |
| 3 2 Биполярный транзистор в режиме ключа. Входные и выходные характеристики биполярного транзистора. | 10 | 8 | 18 | ОПК-3, ПКР-3 |
| 4 Режимы работы биполярного транзистора в режиме ключа. | 12 | 9 | 21 | ОПК-3, ПКР-3 |
| 5 Способы повышения быстродействия биполярного транзистора. | 12 | 10 | 22 | ОПК-3, ПКР-3 |
| 6 Полевые транзисторы в качестве ключа. MOSFET-Транзисторы, их основные параметры.. | 10 | 10 | 20 | ОПК-3, ПКР-3 |
| 7 Диоды, динисторы, тиристоры, запираемые тиристоры. | 8 | 12 | 20 | ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4 |
| 8 Электронные ключи в микроэлектроном исполнении. | 6 | 7 | 13 | ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4 |
| Итого за семестр | 72 | 72 | 144 | |
| Итого | 72 | 72 | 144 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.
Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | |
| 1 Виды электронных ключей и их характеристики. | Основные параметры электронных ключей и использование их в расчетах. | - | ОПК-3, ПКР-3 |
| | Итого | - | |
| 2 Работа ключа на активную, индуктивную и емкостные нагрузки. | Расчет параметров ключа при работе на различные типы нагрузок. | - | ОПК-3, ПКР-3 |
| | Итого | - | |
| 3 2 Биполярный транзистор в режиме ключа. Входные и выходные характеристики биполярного транзистора. | Параметры биполярного транзистора, его работа в статическом режиме. | - | ОПК-3, ПКР-3 |
| | Итого | - | |
| 4 Режимы работы биполярного транзистора в режиме ключа. | Режим отсечки, активный режим и режим насыщения. Параметры режима насыщения биполярного транзистора. Динамический режим. | - | ОПК-3, ПКР-3 |
| | Итого | - | |

Согласована на портале № 62008

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 Способы повышения быстродействия биполярного транзистора. | Динамические потери и повышение быстродействия биполярного транзистора. Область безопасное работы биполярного транзистора. | - | ОПК-3, ПКР-3 |
| | Итого | - | |
| 6 Полевые транзисторы в качестве ключа. MOSFET-Транзисторы, их основные параметры.. | Полевые транзисторы, МДП-транзисторы со встроенным и индуцированным каналами, их. параметры. IGBT-транзисторы. Драйверы управления MOFSET- транзисторов. | - | ОПК-3, ПКР-3 |
| | Итого | - | |
| 7 Диоды, динисторы, тиристоры, запираемые тиристоры. | Параметры диодов, динисторов, тиристоров в режиме ключа, их применение. | - | ОПК-3, ПКР-3 |
| | Итого | - | |
| 8 Электронные ключи в микроэлектроном исполнении. | Применение ключей в микроэлектронном исполнении. | - | ОПК-3, ПКР-3 |
| | Итого | - | |
| | Итого за семестр | - | |
| | Итого | - | |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | |
| 1 Виды электронных ключей и их характеристики. | Механические и электромеханические ключи. Виды контакторов и реле. Герконы. | 6 | ОПК-3, ПКР-3 |
| | Итого | 6 | |
| 2 Работа ключа на активную, индуктивную и емкостные нагрузки. | Расчет ключа на активную и индуктивную нагрузки. Токи и на пряжения, возникающих в ключе. | 8 | ОПК-3, ПКР-3 |
| | Итого | 8 | |
| 3 2 Биполярный транзистор в режиме ключа. Входные и выходные характеристики биполярного транзистора. | Биполярный ключ, основные характеристики. Графики зависимостей напряжения и тока в транзисторе. | 10 | ОПК-3, ПКР-3 |
| | Итого | 10 | |
| 4 Режимы работы биполярного транзистора в режиме ключа. | Режим отсечки, активный режим и режим насыщения. Параметры режима насыщения, статические потери в транзисторе. | 12 | ОПК-3 |
| | Итого | 12 | |

Согласована на портале № 62008

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5 Способы повышения быстродействия биполярного транзистора. | Методы повышения переключения биполярного транзистора. RC- входная цепь, цепь с обратной связью, демпфирующая RCD- цепь. Динамические потери в транзисторе. Контрольная работа: определение параметров биполярного транзистора в обратноходовом преобразователе и расчет демпфирующей RCD-цепи. | 12 | ОПК-3 |
| | Итого | 12 | |
| 6 Полевые транзисторы в качестве ключа. MOSFET-Транзисторы, их основные параметры.. | Устройство MOSFET-транзисторов, их основные характеристики при расчете ключей. достоинства и недостатки по сравнению с биполярными транзисторами. Драйверы управления MOSFET-транзисторами. | 10 | ОПК-3 |
| | Итого | 10 | |
| 7 Диоды, динисторы, тиристоры, запираемые тиристоры. | Применение диодов, динисторов и тиристоров, их основные характеристики. | 8 | ОПК-3, ПКР-4 |
| | Итого | 8 | |
| 8 Электронные ключи в микроэлектроном исполнении. | Ключи в микроэлетронном исполнении, их характеристики и применение.. | 6 | ОПК-3, ПКР-4 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 72 | |
| Итого | | 72 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | |

Согласована на портале № 62008

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 Виды электронных ключей и их характеристики. | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ОПК-3, ПКР-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-3, ПКР-3 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 2 Работа ключа на активную, индуктивную и емкостные нагрузки. | Подготовка к зачету с оценкой | 6 | ОПК-3, ПКР-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ОПК-3, ПКР-3 | Тестирование |
| | Итого | 10 | | |
| 3 2 Биполярный транзистор в режиме ключа. Входные и выходные характеристики биполярного транзистора. | Подготовка к зачету с оценкой | 6 | ОПК-3, ПКР-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ОПК-3, ПКР-3 | Тестирование |
| | Итого | 8 | | |
| 4 Режимы работы биполярного транзистора в режиме ключа. | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ОПК-3, ПКР-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 5 | ОПК-3, ПКР-3 | Тестирование |
| | Итого | 9 | | |
| 5 Способы повышения быстродействия биполярного транзистора. | Подготовка к зачету с оценкой | 4 | ОПК-3, ПКР-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ОПК-3, ПКР-3 | Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 2 | ОПК-3 | Контрольная работа |
| | Итого | 10 | | |
| 6 Полевые транзисторы в качестве ключа. MOSFET-Транзисторы, их основные параметры.. | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ОПК-3, ПКР-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ОПК-3, ПКР-3 | Тестирование |
| | Подготовка к коллоквиуму | 4 | ОПК-3, ПКР-3 | Коллоквиум |
| | Итого | 10 | | |
| 7 Диоды, динисторы, тиристоры, запираемые тиристоры. | Подготовка к зачету с оценкой | 6 | ОПК-3, ПКР-4 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 6 | ОПК-3, ПКР-4 | Тестирование |
| | Итого | 12 | | |
| 8 Электронные ключи в микроэлектроном исполнении. | Подготовка к зачету с оценкой | 3 | ОПК-3, ПКР-4 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ОПК-3, ПКР-4 | Тестирование |
| | Итого | 7 | | |
| Итого за семестр | | 72 | | |
| Итого | | 72 | | |

**5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины,**

Согласована на портале № 62008

**и видов учебной деятельности**

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | Формы контроля |
|---|---|---|---|
| | Прак. зан. | Сам. раб. | |
| ОПК-3 | + | + | Зачёт с оценкой, Коллоквиум, Контрольная работа, Тестирование |
| ПКР-3 | + | + | Зачёт с оценкой, Коллоквиум, Тестирование |
| ПКР-4 | + | + | Зачёт с оценкой, Тестирование |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | 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 |
|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | |
| Зачёт с оценкой | 10 | 10 | 20 | 40 |
| Коллоквиум | 0 | 10 | 10 | 20 |
| Контрольная работа | 0 | 10 | 0 | 10 |
| Тестирование | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Итого максимум за период | 20 | 40 | 40 | 100 |
| Нарастающим итогом | 20 | 60 | 100 | 100 |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 2 |

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

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка | 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) |

Согласована на портале № 62008

| | | |
|---|---|---|
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 – 69 | |
| | 60 – 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Воронин А.И. Схемотехника. Учебно-методическое пособие для проведения практических работ / А.И. Воронин, Ю.Н. Тановицкий, А.В. Топор; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://ie.tusur.ru/docs/vai/st_ump.pdf.
2. Коновалов Б. И., Мишуров В. С. Основы преобразовательной техники: учебное пособие. — Томск: Факультет дистанционного обучения, ТУСУР, 2015. — 197 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://ie.tusur.ru/docs/kbi/optup.pdf.

### 7.2. Дополнительная литература

1. В.М. Герасимов, В.А. Скворцов ЭЛЕКТРОННЫЕ ЦЕПИ И МИКРОСХЕМОТЕХНИКА Часть 2 Схемотехника ключевых устройств формирования и преобразования сигналов Учебное пособие [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://ie.tusur.ru/docs/sva/st2.pdf.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ РЕЗОНАНСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В СРЕДЕ LTSPICE ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОММУТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ Методическое пособие по курсу «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://ie.tusur.ru/docs/svd/ppk.rar.
2. Рулевский В.М., Шиняков Ю.А., Юдинцев А.Г. ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://ie.tusur.ru/docs/ee1.rar.

#### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и 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.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория микропроцессорных устройств и систем / Лаборатория ГПО: учебная

Согласована на портале № 62008

аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 333 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные макеты (10 шт.);
- Микропроцессорный модуль «SDK-1.1» (8 шт.);
- Осциллографы (12 шт.);
- Генератор сигналов Г3-54 (2 шт.);
- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (12 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

### 8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

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

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Согласована на портале № 62008

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Виды электронных ключей и их характеристики. | ОПК-3, ПКР-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Работа ключа на активную, индуктивную и емкостные нагрузки. | ОПК-3, ПКР-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 2 Биполярный транзистор в режиме ключа. Входные и выходные характеристики биполярного транзистора. | ОПК-3, ПКР-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Режимы работы биполярного транзистора в режиме ключа. | ОПК-3, ПКР-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Способы повышения быстродействия биполярного транзистора. | ОПК-3, ПКР-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Полевые транзисторы в качестве ключа. MOSFET-Транзисторы, их основные параметры.. | ОПК-3, ПКР-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Коллоквиум | Примерный перечень вопросов для коллоквиума |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 7 Диоды, динисторы, тиристоры, запираемые тиристоры. | ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 8 Электронные ключи в микроэлектроном исполнении. | ОПК-3, ПКР-3, ПКР-4 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Согласована на портале № 62008

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 62008

1. Определить выделяемую статическую мощность транзистора КТ828А при токе Ik=2.2А, частоте переключения=20кГц и коэффициенте заполнения 0.5.
   a) 1,2 Вт;
   b) 1,5 Вт;
   c) 1,8 Вт;
   d) 2,1 Вт;
2. Определить выделяемую статическую мощность транзистора КТ841А при токе Ik=3.2А, частоте переключения=25кГц и коэффициенте заполнения 0.45.
   a) 1,5 Вт;
   b) 1,8 Вт;
   c) 2,1 Вт;
   d) 2,4 Вт;
3. Определить выделяемую статическую мощность транзистора КТ872А при токе Ik=4.2А, частоте переключения=22кГц и коэффициенте заполнения 0.47.
   a) 1,7 Вт;
   b) 1,9 Вт;
   c) 2,2 Вт;
   d) 2,7 Вт;
4. Определить выделяемую динамическую мощность транзистора КТ828А при токе Ik=2.2А, частоте переключения=20кГц и коэффициенте заполнения 0.5.
   a) 1,2 Вт;
   b) 1,5 Вт;
   c) 1,7 Вт;
   d) 1,9 Вт;
5. Определить выделяемую динамическую мощность транзистора КТ841А при токе Ik=3.2А, частоте переключения=25кГц и коэффициенте заполнения 0.45.
   a) 1,5 Вт;
   b) 1,7 Вт;
   c) 1,95 Вт;
   d) 2,1 Вт;
6. Определить выделяемую динамическую мощность транзистора КТ872А при токе Ik=4.2А, частоте переключения=22кГц и коэффициенте заполнения 0.47.
   a) 1,8 Вт;
   b) 1,95 Вт;
   c) 2,15 Вт;
   d) 2,25 Вт;
7. Рассчитать емкость конденсатора драйвера управления транзистором КП707А, на частоте 22 кГц
   a) 0,7 мкФ;
   b) 1,2 мкФ;
   c) 1,7 мкФ;
   d) 2,2 мкФ;
8. Рассчитать емкость конденсатора драйвера управления транзистором IRF840, на частоте 25 кГц
   a) 0,4 мкФ;
   b) 0,7 мкФ;
   c) 1,2 мкФ;
   d) 1,6 мкФ;
9. Рассчитать емкость конденсатора драйвера управления транзистором IRF845, на частоте 28 кГц
   a) 0,9 мкФ;
   b) 1,3 мкФ;
   c) 1,8 мкФ;
   d) 2,3 мкФ;
10. Какой транзистор имеет квадратичную зависимость статических потерь от протекающего тока
    a) биполярный;

Согласована на портале № 62008

b) IGBT;
c) MOSFET;

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. ОБР биполярного транзистора.
2. Драйверы управления MOSFET- и IGBT-транзисторами.
3. Режимы работы биполярного транзистора в динамическом режиме.
4. Статические характеристики биполярного транзистора и режим отсечки.
5. Основные характеристики MOSFET для расчета электронного ключа.

### 9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Рассчитать параметры биполярного транзистора и демпфирующей RCD-цепи в обратноходовом преобразователе при значениях Uпит=200В, fпр=32кГц, Кзапимп=0.48, Lтрсф= 0.32мГн, Ls=0.15мГн, β=11
2. Рассчитать параметры биполярного транзистора и демпфирующей RCD-цепи в обратноходовом преобразователе при значениях Uпит=100В, fпр=22кГц, Кзапимп=0.44, Lтрсф= 0.22мГн, Ls=0.15мГн, β=25
3. Рассчитать параметры биполярного транзистора и демпфирующей RCD-цепи в обратноходовом преобразователе при значениях Uпит=400В, fпр=28кГц, Кзапимп=0.46, Lтрсф= 0.12мГн, Ls=0.1мГн, β=15
4. Рассчитать параметры биполярного транзистора и демпфирующей RCD-цепи в обратноходовом преобразователе при значениях Uпит=250В, fпр=20кГц, Кзапимп=0.4, Lтрсф= 0.17мГн, Ls=0.12мГн, β=4
5. Рассчитать параметры биполярного транзистора и демпфирующей RCD-цепи в обратноходовом преобразователе при значениях Uпит=180В, fпр=25кГц, Кзапимп=0.49, Lтрсф= 0.25мГн, Ls=0.095мГн, β=8

### 9.1.4. Примерный перечень вопросов для коллоквиума

1. Характеристики MOSFET и IGBT при расчете ключей.
2. ОБР биполярного транзистора, вторичный пробой.
3. Расчет статических и динамических потерь в электронных ключах.
4. Способы повышения быстродействия биполярного транзистора.
5. Методика расчета элементов драйвера MOSFET.

## 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

Согласована на портале № 62008

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### 9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | 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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов 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.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся 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 лиц с ограниченными возможностями здоровья и 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;

Согласована на портале № 62008

– в печатной форме.

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

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ
протокол № 3 от «27» 9 2018 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко | Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко | Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a |
| Начальник учебного управления | Е.В. Саврук | Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Профессор, каф. ПрЭ | Н.С. Легостаев | Согласовано, 6332ca5f-c16e-4579-bbc4-ee49773dfd8d |
| Доцент, каф. ПрЭ | Д.О. Пахмурин | Согласовано, ce9e048a-2a49-44a0-b2ab-bc9421935400 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель, каф. ПрЭ | А.И. Муравьев | Разработано, 5bdc982e-fa97-462b-a463-9fb92c83b318 |

Согласована на портале № 62008