

Документ подписан электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сенченко Павел Васильевич  
Должность: Проректор по учебной работе  
Дата подписания: 11.11.2023 12:18:10  
Уникальный программный ключ:  
27e516f4c088deb62ba68945f4406e13fd454355

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР

Документ подписан электронной подписью  
Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c  
Владелец: Сенченко Павел Васильевич  
Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**УЧЕБНО-ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ (УПД-4)**

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 2023 года

**Объем дисциплины и виды учебной деятельности**

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

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

## 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).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль проектной деятельности (minor).

Индекс дисциплины: Б1.В.03.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  |
|---|---|--|
| <b>Универсальные компетенции</b>  |   |  |
| -   | -   | -  |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>   |   |  |
| -   | -   | -  |
| <b>Профессиональные компетенции</b>   |   |  |
| ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | ПК-3.1. Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов | Знает методики расчета входных и выходных элементов, знает методы повышения быстродействия биполярных транзисторов.  |
|   | ПК-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. |
|   | ПК-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.  |

|  |   |  |
|--|---|--|
| ПК-4. Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам | ПК-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.                  |
|  | ПК-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.                                   |
|  | ПК-4.3. Владеет навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами         | Владеет способами уменьшения вероятности появления аварийных ситуаций 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 |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>   | 72          | 72        |
| Практические занятия  | 72          | 72        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 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         |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>   | 144         | 144       |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 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 |
|---|---------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>7 семестр</b>  |               |              |                            |                         |
| 1 Виды электронных ключей и их характеристики.                | 6             | 6            | 12                         | ПК-3, ПК-4              |
| 2 Работа ключа на активную, индуктивную и емкостные нагрузки. | 8             | 10           | 18                         | ПК-3                    |

|  |    |    |     |            |
|--|----|----|-----|------------|
| 3 Биполярный транзистор в режиме ключа. Входные и выходные характеристики биполярного транзистора. | 10 | 8  | 18  | ПК-3       |
| 4 Режимы работы биполярного транзистора в режиме ключа.  | 12 | 9  | 21  | ПК-3       |
| 5 Способы повышения быстродействия биполярного транзистора.  | 12 | 10 | 22  | ПК-3       |
| 6 Полевые транзисторы в качестве ключа. MOSFET-Транзисторы, их основные параметры..                | 10 | 10 | 20  | ПК-3       |
| 7 Диоды, динисторы, тиристоры, запираемые тиристоры.   | 8  | 12 | 20  | ПК-3       |
| 8 Электронные ключи в микроэлектронном исполнении.   | 6  | 7  | 13  | ПК-3, ПК-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 |
|--|--|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>7 семестр</b>   |  |                                      |                         |
| 1 Виды электронных ключей и их характеристики.   | Основные параметры электронных ключей и использование их в расчетах.   | -                                    | ПК-3, ПК-4              |
|  | Итого  | -                                    |                         |
| 2 Работа ключа на активную, индуктивную и емкостные нагрузки.                                      | Расчет параметров ключа при работе на различные типы нагрузок.   | -                                    | ПК-3                    |
|  | Итого  | -                                    |                         |
| 3 Биполярный транзистор в режиме ключа. Входные и выходные характеристики биполярного транзистора. | Параметры биполярного транзистора, его работа в статическом режиме.  | -                                    | ПК-3                    |
|  | Итого  | -                                    |                         |
| 4 Режимы работы биполярного транзистора в режиме ключа.  | Режим отсечки, активный режим и режим насыщения. Параметры режима насыщения биполярного транзистора. Динамический режим.   | -                                    | ПК-3                    |
|  | Итого  | -                                    |                         |
| 5 Способы повышения быстродействия биполярного транзистора.  | Динамические потери и повышение быстродействия биполярного транзистора. Область безопасной работы биполярного транзистора. | -                                    | ПК-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. | - | ПК-3       |
|   | Итого   | - |            |
| 7 Диоды, динисторы, тиристоры, запираемые тиристоры.                                | Параметры диодов, динисторов, тиристоров в режиме ключа, их применение.   | - | ПК-3       |
|   | Итого   | - |            |
| 8 Электронные ключи в микроэлектронном исполнении.                                  | Применение ключей в микроэлектронном исполнении.  | - | ПК-3, ПК-4 |
|   | 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 |
|--|--|-----------------|-------------------------|
| <b>7 семестр</b>   |  |                 |                         |
| 1 Виды электронных ключей и их характеристики.   | Механические и электромеханические ключи. Виды контакторов и реле. Герконы.                                    | 6               | ПК-3, ПК-4              |
|  | Итого  | 6               |                         |
| 2 Работа ключа на активную, индуктивную и емкостные нагрузки.                                      | Расчет ключа на активную и индуктивную нагрузки. Токи и напряжения, возникающих в ключе.                       | 8               | ПК-3                    |
|  | Итого  | 8               |                         |
| 3 Биполярный транзистор в режиме ключа. Входные и выходные характеристики биполярного транзистора. | Биполярный ключ, основные характеристики. Графики зависимостей напряжения и тока в транзисторе.                | 10              | ПК-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              | ПК-3                    |
|  | Итого  | 12              |                         |

|   |   |    |            |
|---|---|----|------------|
| 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 обратном преобразователе и расчет демпфирующей RCD-цепи. | 12 | ПК-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 | ПК-3       |
|   | Итого   | 10 |            |
| 7 Диоды, диодисторы, тиристоры, запираемые тиристоры.                               | Применение диодов, диодисторов и тиристоров, их основные характеристики.  | 8  | ПК-3       |
|   | Итого   | 8  |            |
| 8 Электронные ключи в микроэлектронном исполнении.                                  | Ключи в микроэлектронном исполнении, их характеристики и применение..   | 6  | ПК-3, ПК-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 |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| <b>7 семестр</b>                   |                             |                 |                         |                |

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

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

## 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. |   |
| ПК-3                    | +                         | +         | Зачёт с оценкой, Коллоквиум, Контрольная работа, Тестирование |
| ПК-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 |
|--------------------------|--|---|---|------------------|
| <b>7 семестр</b>         |  |   |   |                  |
| 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   | А (отлично)           |
| 4 (хорошо) (зачтено)  | 85 – 89  | В (очень хорошо)      |
|                       | 75 – 84  | С (хорошо)            |
|                       | 70 – 74  | D (удовлетворительно) |



|                                      |                |                         |
|--------------------------------------|----------------|-------------------------|
| 3 (удовлетворительно) (зачтено)      | 65 – 69        | Е (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64        |                         |
| 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](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. Герасимов, Виктор Михайлович Электронные цепи и микросхемотехника : учебное пособие / В. М. Герасимов, В. А. Скворцов; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2004. - . - ISBN 5-86889-116-3. Ч. 2 : Схемотехника ключевых устройств формирования и преобразования сигналов. - Томск : ТУСУР, 2004. - 209 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 207-208. - ISBN 5-86889-118-X (наличие в библиотеке ТУСУР - 99 экз.).

### 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: <https://cloud.tusur.ru/index.php/s/aJ4cx8A6ByW7LK6>.

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: <https://cloud.tusur.ru/index.php/s/sBxaXfWgSNNaCyF>.

#### 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 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 ГЗ-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, 209 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

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.   | ПК-3, ПК-4              | Зачёт с оценкой    | Перечень вопросов для зачета с оценкой                   |
|  |                         | Тестирование       | Примерный перечень тестовых заданий                      |
| 2 Работа ключа на активную, индуктивную и емкостные нагрузки.                                      | ПК-3                    | Зачёт с оценкой    | Перечень вопросов для зачета с оценкой                   |
|  |                         | Тестирование       | Примерный перечень тестовых заданий                      |
| 3 Биполярный транзистор в режиме ключа. Входные и выходные характеристики биполярного транзистора. | ПК-3                    | Зачёт с оценкой    | Перечень вопросов для зачета с оценкой                   |
|  |                         | Тестирование       | Примерный перечень тестовых заданий                      |
| 4 Режимы работы биполярного транзистора в режиме ключа.  | ПК-3                    | Зачёт с оценкой    | Перечень вопросов для зачета с оценкой                   |
|  |                         | Тестирование       | Примерный перечень тестовых заданий                      |
| 5 Способы повышения быстродействия биполярного транзистора.  | ПК-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..                | ПК-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.   | ПК-3                    | Зачёт с оценкой    | Перечень вопросов для зачета с оценкой                   |
|  |                         | Тестирование       | Примерный перечень тестовых заданий                      |
| 8 Электронные ключи в микроэлектронном исполнении.   | ПК-3, ПК-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

| Оценка                     | Баллы за ОМ                                | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения |   |  |
|----------------------------|--|---|---|--|
|                            |  | знать   | уметь   | владеть  |
| 2<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков              |
| 3<br>(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<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , 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<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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

1. Определить выделяемую статическую мощность транзистора КТ828А при токе  $I_k=2.2\text{А}$ , частоте переключения= $20\text{кГц}$  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  $I_k=3.2\text{А}$ , частоте переключения= $25\text{кГц}$  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  $I_k=4.2\text{А}$ , частоте переключения= $22\text{кГц}$  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  $I_k=2.2\text{А}$ , частоте переключения= $20\text{кГц}$  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  $I_k=3.2\text{А}$ , частоте переключения= $25\text{кГц}$  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  $I_k=4.2\text{А}$ , частоте переключения= $22\text{кГц}$  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  $22\text{кГц}$ 
  - 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  $25\text{кГц}$ 
  - 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  $28\text{кГц}$ 
  - 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;

- 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 обратнoходовом преобразователе при значениях  $U_{пит}=200В$ ,  $f_{пр}=32кГц$ ,  $K_{запимп}=0.48$ ,  $L_{трсф}=0.32мГн$ ,  $L_s=0.15мГн$ ,  $\beta=11$
2. Рассчитать параметры биполярного транзистора и демпфирующей RCD-цепи в обратнoходовом преобразователе при значениях  $U_{пит}=100В$ ,  $f_{пр}=22кГц$ ,  $K_{запимп}=0.44$ ,  $L_{трсф}=0.22мГн$ ,  $L_s=0.15мГн$ ,  $\beta=25$
3. Рассчитать параметры биполярного транзистора и демпфирующей RCD-цепи в обратнoходовом преобразователе при значениях  $U_{пит}=400В$ ,  $f_{пр}=28кГц$ ,  $K_{запимп}=0.46$ ,  $L_{трсф}=0.12мГн$ ,  $L_s=0.1мГн$ ,  $\beta=15$
4. Рассчитать параметры биполярного транзистора и демпфирующей RCD-цепи в обратнoходовом преобразователе при значениях  $U_{пит}=250В$ ,  $f_{пр}=20кГц$ ,  $K_{запимп}=0.4$ ,  $L_{трсф}=0.17мГн$ ,  $L_s=0.12мГн$ ,  $\beta=4$
5. Рассчитать параметры биполярного транзистора и демпфирующей RCD-цепи в обратнoходовом преобразователе при значениях  $U_{пит}=180В$ ,  $f_{пр}=25кГц$ ,  $K_{запимп}=0.49$ ,  $L_{трсф}=0.25мГн$ ,  $L_s=0.095мГн$ ,  $\beta=8$

### 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;

– 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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;

– 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 № 19 от «16» 12 2022 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                           | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|-------------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ПрЭ     | С.Г. Михальченко  | Согласовано,<br>706957f1-d2eb-4f94-<br>b533-6139893cfd5a |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ  | С.Г. Михальченко  | Согласовано,<br>706957f1-d2eb-4f94-<br>b533-6139893cfd5a |
| И.О. начальника учебного управления | И.А. Лариошина    | Согласовано,<br>c3195437-a02f-4972-<br>a7c6-ab6ee1f21e73 |

### ЭКСПЕРТЫ:

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

### РАЗРАБОТАНО:

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