**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
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# МИКРОСХЕМОТЕХНИКА

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Программирование микропроцессорной техники**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**
Курс: **2, 3**
Семестр: **4, 5**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 4 семестр | 5 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 26 | | 26 | часов |
| Практические занятия | 18 | | 18 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 4 | | 4 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | | 16 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 4 | | 4 | часов |
| Курсовой проект | | 18 | 18 | часов |
| Самостоятельная работа | 48 | 54 | 102 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 108 | 72 | 180 | часов |
| | 3 | 2 | 5 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Зачет с оценкой | 4 |
| Курсовой проект | 5 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 69131

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Ознакомление с основными направлениями развития современной микроэлектроники.
2. Приобретение знаний по принципам разработки и исследования микроэлектронной аппаратуры различного функционального назначения, включая устройства и системы промышленной электроники.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Формирование знаний о предмете, принципах, современных и перспективных направлениях развития микросхемотехники интегральных схем.
2. Формирование знаний о назначении, характеристиках и параметрах цифровых и аналоговых интегральных микросхем.
3. Формирование навыков синтеза, анализа и моделирования микроэлектронной аппаратуры с использованием средств автоматизированного проектирования, а также расчета электрических параметров и характеристик базовых логических элементов и их экспериментального исследования.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.01.02.
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** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 69131

| | | |
|---|---|---|
| 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 принципы схемотехники аналоговых интегральных схем. |
| | ПК-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов | Умеет проводить оценочные расчеты характеристик и параметров базовых схем элементов ТТЛ-логики, элементов на переключателях тока, элементов на МДП-транзисторах, а также функциональных элементов аналоговых интегральных микросхем. |
| | ПК-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем | Владеет навыками составления схем электрических структурных, функциональных и принципиальных. Владеет навыками составления монтажных схем, на которых указывается геометрическое расположение отдельных узлов электронной техники и связь между ними. |

## 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 5 зачетных единиц, 180 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 | |
|---|---|---|---|
| | | 4 семестр | 5 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 78 | 60 | 18 |
| Лекционные занятия | 26 | 26 | |
| Практические занятия | 18 | 18 | |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | |
| Курсовой проект | 18 | | 18 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 102 | 48 | 54 |
| Подготовка к зачету с оценкой | 16 | 16 | |
| Подготовка к тестированию | 18 | 18 | |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 14 | 14 | |
| Написание отчета по курсовому проекту | 54 | | 54 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 180 | 108 | 72 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 5 | 3 | 2 |

## 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

Согласована на портале № 69131

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Курс. пр. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | | | | | |
| 1 Методологические основы анализа и проектирования интегральных микросхем. | 2 | 2 | - | - | 4 | 8 | ПК-3 |
| 2 Характеристики и параметры интегральных микросхем. | 2 | - | - | - | 4 | 6 | ПК-3 |
| 3 Элементы интегральных микросхем. | 2 | 2 | - | - | 4 | 8 | ПК-3 |
| 4 Функциональные узлы цифровых интегральных микросхем. | 4 | 2 | - | - | 4 | 10 | ПК-3 |
| 5 Схемотехника цифровых микроэлектронных структур. | 6 | 6 | - | - | 6 | 18 | ПК-3 |
| 6 Комбинационные и последовательностные микроэлектронные структуры. | 4 | 2 | 4 | - | 8 | 18 | ПК-3 |
| 7 Основные функциональные узлы аналоговой интегральной микроэлектроники. | 4 | 4 | 12 | - | 14 | 34 | ПК-3 |
| 8 Цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи. | 2 | - | - | - | 4 | 6 | ПК-3 |
| Итого за семестр | 26 | 18 | 16 | 0 | 48 | 108 | |
| **5 семестр** | | | | | | | |
| 9 Курсовое проектирование. | - | - | - | 18 | 54 | 72 | ПК-3 |
| Итого за семестр | 0 | 0 | 0 | 18 | 54 | 72 | |
| Итого | 26 | 18 | 16 | 18 | 102 | 180 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | |
| 1 Методологические основы анализа и проектирования интегральных микросхем. | Основные и специальные функции микроэлектронных структур. Принципы схемотехники интегральных микросхем. Процесс проектирования интегральных микросхем. Классификация интегральных микросхем. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 69131

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 Характеристики и параметры интегральных микросхем. | Схемотехнические и конструктивные параметры ЦИМС. Статические характеристики и параметры ЦИМС. Динамические характеристики и параметры ЦИМС. Энергетические характеристики и параметры ЦИМС. Характеристики и параметры интегральных операционных усилителей. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Элементы интегральных микросхем. | Резисторы и конденсаторы интегральных микросхем. Диоды интегральных микросхем. Многоэмиттерный транзистор. Составные транзисторы. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Функциональные узлы цифровых интегральных микросхем. | Элементарный диодный ключ. Многовходовой диодный ключ. Транзисторные ключи на биполярных транзисторах. МДП-транзисторные ключи. Переключатель тока. Бистабильные ячейки. | 4 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Схемотехника цифровых микроэлектронных структур. | Диодно-транзисторные логические элементы. Транзисторно-транзисторные логические элементы. Логические элементы ТТЛ с диодами и транзисторами Шоттки. Транзисторные логические элементы на переключателях тока. Логические элементы на комплементарных МДП-транзисторах. | 6 | ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 6 Комбинационные и последовательностные микроэлектронные структуры. | Элементы анализа и синтеза цифровых микроэлектронных структур. Цифровые микроэлектронные структуры комбинационного типа. Цифровые микроэлектронные структуры последовательностного типа. Особенности выходов логических элементов ТТЛ. | 4 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Основные функциональные узлы аналоговой интегральной микроэлектроники. | Источники постоянного тока. Источники постоянного напряжения. Дифференциальные усилители. Выходные каскады. Интегральные операционные усилители и их основные свойства. | 4 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 69131

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 Цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи. | Параметры и характеристики АЦП и ЦАП. ЦАП на базе двоично-взвешенных резисторов. ЦАП на базе резисторной матрицы типа R-2R. АЦП последовательного приближения. Параллельный АЦП. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 26 | |
| **5 семестр** | | | |
| 9 Курсовое проектирование. | Разработка схемотехники ЦИМС. Определение схемотехнических и конструктивных параметров ЦИМС. Расчет статических характеристик и параметров ЦИМС. Определение динамических характеристик и параметров ЦИМС. Определение энергетической эффективности ЦИМС. | - | ПК-3 |
| | Итого | - | |
| Итого за семестр | | - | |
| Итого | | 26 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | |
| 1 Методологические основы анализа и проектирования интегральных микросхем. | Преобразование, минимизация и техническая реализация булевых функций. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Элементы интегральных микросхем. | Определение параметров интегральных резисторов и конденсаторов. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Функциональные узлы цифровых интегральных микросхем. | Расчет статических параметров транзисторных ключей интегральных микросхем на биполярных и МДП-транзисторах. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Схемотехника цифровых микроэлектронных структур. | Расчет статических параметров цифровых микроэлектронных структур: базового логического транзисторно-транзисторной логики с корректирующей цепочкой, элемента И-НЕ на МДП-транзисторах, базовых логических элементов на переключателях тока. | 6 | ПК-3 |
| | Итого | 6 | |

Согласована на портале № 69131

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 Комбинационные и последовательностные микроэлектронные структуры. | Методика синтеза микроэлектронной структуры последовательностного типа. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Основные функциональные узлы аналоговой интегральной микроэлектроники. | Расчет источников постоянного тока и постоянного напряжения. | 4 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | |
| 6 Комбинационные и последовательностные микроэлектронные структуры. | Синтез синхронного счетчика с заданной последовательностью смены состояний. | 4 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Основные функциональные узлы аналоговой интегральной микроэлектроники. | Исследование интегральных источников постоянного тока на биполярных транзисторах. | 4 | ПК-3 |
| | Исследование интегральных источников постоянного напряжения. | 4 | ПК-3 |
| | Исследования интегрального дифференциального усилителя на составных транзисторах с источниками тока в эмиттерных цепях. | 4 | ПК-3 |
| | Итого | 12 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 16 | |

### 5.5. Курсовой проект

Содержание, трудоемкость контактной аудиторной работы и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Содержание контактной аудиторной работы и ее трудоемкость

| Содержание контактной аудиторной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|
| **5 семестр** | | |

Согласована на портале № 69131

| | | |
|---|---|---|
| Общие указания по выполнению курсового проекта, план выполнения курсового проекта, требования к содержанию и оформлению пояснительной записки. Тематика курсовых проектов. Анализ и синтез цифровых микроэлектронных структур. Анализ статического режима базового логического элемента ТТЛ-типа, элемента на переключателях тока, элемента на МДП-транзисторах. Методики расчета характеристик и параметров микроэлектронных структур комбинационного и последовательностного типов. | 18 | ПК-3 |
| Итого за семестр | 18 | |
| Итого | 18 | |

Примерная тематика курсовых проектов:

1. Генератор линейно-нарастающего напряжения со стабилизацией тока.
2. Ждущий генератор прямоугольных импульсов.
3. ЦАП на базе двоично-взвешенных резисторов.
4. ЦАП на базе резистивной матрицы R-2R.
5. RS-триггер с прямыми информационными входами и статическим управлением.

### 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 |
|---|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | | |
| 1 Методологические основы анализа и проектирования интегральных микросхем. | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 2 Характеристики и параметры интегральных микросхем. | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 3 Элементы интегральных микросхем. | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 4 Функциональные узлы цифровых интегральных микросхем. | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |

Согласована на портале № 69131

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 Схемотехника цифровых микроэлектронных структур. | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 4 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 6 | | |
| 6 Комбинационные и последовательностные микроэлектронные структуры. | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 4 | ПК-3 | Лабораторная работа |
| | Итого | 8 | | |
| 7 Основные функциональные узлы аналоговой интегральной микроэлектроники. | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 10 | ПК-3 | Лабораторная работа |
| | Итого | 14 | | |
| 8 Цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи. | Подготовка к зачету с оценкой | 2 | ПК-3 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| Итого за семестр | | 48 | | |
| **5 семестр** | | | | |
| 9 Курсовое проектирование. | Написание отчета по курсовому проекту | 54 | ПК-3 | Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту |
| | Итого | 54 | | |
| Итого за семестр | | 54 | | |
| Итого | | 102 | | |

### 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Курс. пр. | Сам. раб. | |

Согласована на портале № 69131

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ПК-3 | + | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Курсовой проект, Лабораторная работа, Отчет по курсовому проекту, 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 |
|---|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | | |
| Зачёт с оценкой | 0 | 0 | 30 | 30 |
| Лабораторная работа | 0 | 10 | 30 | 40 |
| Тестирование | 5 | 10 | 15 | 30 |
| Итого максимум за период | 5 | 20 | 75 | 100 |
| Нарастающим итогом | 5 | 25 | 100 | 100 |

Балльные оценки для курсового проекта представлены в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Балльные оценки для курсового проекта

| 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 |
|---|---|---|---|---|
| **5 семестр** | | | | |
| Отчет по курсовому проекту | 10 | 60 | 30 | 100 |
| Итого максимум за период | 10 | 60 | 30 | 100 |
| Нарастающим итогом | 10 | 70 | 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) |
|---|---|---|

Согласована на портале № 69131

| | | |
|---|---|---|
| 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) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Легостаев Н.С. Микросхемотехника: учеб. пособие / Н.С. Легостаев. - Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2022. - 263 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://miel.tusur.ru/dwn/umo/id/2613a062ab88/f/MS.pdf.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Кожухов, В. В. Электронные цепи и микросхемотехника. Импульсные и цифровые устройства. Конспект лекций: учебное пособие / В. В. Кожухов. — Новосибирск: НГТУ, 2021. — 166 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/306452 .

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Легостаев Н.С. Микросхемотехника. Цифровая микросхемотехника: учеб-метод.пособие /Н.С. Легостаев, К.В. Четвергов; под ред. П.Е. Трояна.- Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. - 123 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 100 экз.).
2. Шарапов А.В. Микроэлектроника. Цифровая схемотехника: Уч. пособие / А.В. Шарапов. – Томск: Томский гос. ун-т систем упр.и радиоэлектроники, 2007 – 162 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 90 экз.).
3. Легостаев Н.С. Микросхемотехника: методические указания по выполнению курсового проекта / Н.С. Легостаев. - Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022. - 58 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://miel.tusur.ru/dwn/umo/id/2609295edf72/f/MSKP.pdf.
4. Дыбко М.А. Цифровая микроэлектроника: Учебное пособие / М.А. Дыбко, А.В. Удовиченко, А.Г. Волков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 200 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/152139#2.

#### 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

Согласована на портале № 69131

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 лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### 8.2. 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 Г3-54 (2 шт.);
- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (12 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- ASIMEC;
- Far Manager;
- Google Chrome;
- LTspice 4;
- Microsoft Visio 2010;
- Mozilla Firefox;
- Windows XP Pro;

### 8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Вычислительная лаборатория: 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, 201б ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Персональные компьютеры (16 шт.);
- Интерактивная доска – «Smart-board» DViT (1 шт.);
- Мультимедийный проектор NEC (1 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Asimec;
- Far Manager;
- Google Chrome;
- LTspice 4;
- Microsoft Visio 2013;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Windows XP;
- Анализатор трафика Wireshark;

Согласована на портале № 69131

### 8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для курсового проекта

Вычислительная лаборатория: 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, 201б ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Персональные компьютеры (16 шт.);
- Интерактивная доска – «Smart-board» DViT (1 шт.);
- Мультимедийный проектор NEC (1 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Asimec;
- Far Manager;
- Google Chrome;
- LTspice 4;
- Mathworks Simulink 6.5;
- Microsoft Visio 2013;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Windows XP;

### 8.5. 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.

### 8.6. 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**

Согласована на портале № 69131

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 Методологические основы анализа и проектирования интегральных микросхем. | ПК-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Характеристики и параметры интегральных микросхем. | ПК-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Элементы интегральных микросхем. | ПК-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Функциональные узлы цифровых интегральных микросхем. | ПК-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Схемотехника цифровых микроэлектронных структур. | ПК-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 6 Комбинационные и последовательностные микроэлектронные структуры. | ПК-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 7 Основные функциональные узлы аналоговой интегральной микроэлектроники. | ПК-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 8 Цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи. | ПК-3 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Согласована на портале № 69131

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9 Курсовое проектирование. | ПК-3 | Отчет по курсовому проекту | Примерный перечень тематик курсовых проектов |

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 (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. |

Согласована на портале № 69131

| | |
|---|---|
| 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

1. Указать этап проектирования интегральных микросхем, на котором проверяется правильность
   функционирования синтезированной структуры.
   а) структурный синтез; б) структурный анализ; в) схемный синтез; г) схемный анализ.
2. Определить коэффициент функциональной интеграции счетчика, содержащего четыре триггера, в структуре
   каждого из которых выделяется 10 логических элементов И-НЕ.
   а) 1,218; б) 1,312; в) 1,602; г) 1,904.
3. Конъюнкция - это
   а) булева функция, которая принимает единичное значение только на одном логическом наборе значений
   аргументов, а на остальных логических наборах обращается в нуль.
   б) булева функция, которая принимает нулевое значение только на одном логическом наборе значений
   аргументов, а на остальных логических наборах обращается в единицу.
   в) булева функция, которая обращается в нуль только в том случае, когда все аргументы равны нулю, и в единицу
   на всех остальных наборах аргументов.
   г) булева функция, которая обращается в единицу только в том случае, когда все аргументы равны единице, и в
   нуль на всех остальных наборах аргументов.
4. Запись булевой функции в форме дизъюнкции отдельных членов, каждый из которых, в свою очередь, есть
   некоторая функция, содержащая только конъюнкции и инверсии, является …
   а) алгебраическим представлением булевой функции в дизъюнктивной форме.
   б) алгебраическим представлением булевой функции в конъюнктивной форме.
   в) дизъюнктивной нормальной формой представления булевой функции.
   г) конъюнктивной нормальной формой представления булевой функции.
5. Определить в вольтах логический перепад, если значение выходного порогового напряжения логической "1"
   14,9 В, а значение выходного порогового напряжения логического "0" 0,1 В.
   а) 7,5 В; б) 9,3 В; в) 14,8 В; г) 15,0 В.
6. Определить в вольтах помехозащищенность по уровню логической «1», если уровень напряжения логической
   "1" 14,9 В, а пороговое напряжение 9,2 В.
   а) 3,4 В; б) 5,7 В; в) 9,2 В; г) 14,9 В.
7. Определить в наносекундах среднее время задержки распространения сигнала, если время задержки
   распространения сигнала при включении составляет 10 нс, а время задержки распространения сигнала
   при выключении 12 нс.
   а) 2 нс; б) 10 нс; в) 11 нс; г) 12 нс.
8. Определить в мА средний ток, потребляемый интегральной микросхемой от источника питания, если средняя
   статическая мощность потребления составляет 100 мВт, а напряжение источника питания 5 В.
   а) 10 мА; б) 20 мА; в) 25 мА; г) 30 мА.
9. Определить ток коллектора составного p-n-p-транзистора, если ток базы составного

Согласована на портале № 69131

транзистора 1 мкА,
статический коэффициент передачи тока базы p-n-p-транзистора 30, а статический коэффициент передачи
тока базы n-p-n-транзистора 49.
а) 1200 мкА; б) 1500 мкА; в) 3000 мкА; г) 4900 мкА.

10. Определить коэффициент передачи тока базы транзистора n-p-n-типа составного p-n-p-транзистора. Ток базы
составного транзистора 1,2 мкА, ток коллектора составного транзистора 1800 мкА, коэффициент передачи тока
базы p-n-p-транзистора в структуре составного 30.
а) 29; б) 31; в) 49; г) 51.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Функция Пирса - это
а) булева функция, которая обращается в нуль только в том случае, когда все аргументы равны нулю, и в
единицу на всех остальных наборах аргументов.
б) булева функция, которая обращается в единицу только в том случае, когда все аргументы равны единице,
и в нуль на всех остальных наборах аргументов.
в) булева функция, которая обращается в единицу только в том случае, когда все аргументы равны нулю,
и в нуль на всех остальных наборах аргументов.
г) булева функция, которая обращается в единицу только в том случае, когда все аргументы равны нулю,
и в нуль на всех остальных наборах аргументов.
2. Если каждый член дизъюнктивной нормальной формы булевой функции от L аргументов содержит все L
аргументов, то такая форма представления является …
а) дизъюнктивной нормальной формой представления булевой функции.
б) конъюнктивной нормальной формой представления булевой функции.
в) совершенной дизъюнктивной нормальной формой представления булевой функции.
г) совершенной конъюнктивной нормальной формой представления булевой функции.
3. Определить коэффициент функциональной интеграции регистра, содержащего четыре триггера, в структуре
каждого из которых выделяется 4 логических элементов И-НЕ.
а) 0,9; б) 1,2; в) 1,8; г) 2,4.
4. Определить помехоустойчивость по уровню логической «1», если напряжение логической единицы 15 В,
пороговое напряжение 8,1 В, а логический перепад 14,6 В.
а) 0,29 В; б) 0,47 В; в) 0,83 В; г) 0,94 В.
5. Определить динамическую мощность на частоте переключения 5 МГц, если на частоте переключения 1 МГц
динамическая мощность составляет 2 мВт.
а) 5 мВт; б) 10 мВт; в) 12 мВт; г) 15 мВт.

### 9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсового проекта

1. Какой алгоритм реализуется при переводе отрицательного числа из дополнительного кода в прямой?
а) инвертируются все разряды числа, кроме знакового, и прибавляется единица;
б) инвертируются все разряды числа, включая знаковый, и прибавляется единица;
в) все разряды числа, включая знаковый, инвертируются;
г) все разряды числа, кроме знакового, инвертируются.
2. Что реализуется на стадии структурного проектирования интегральных микросхем?
а) создается структурная схема;
б) проверяется правильность функционирования синтезированной структуры;

Согласована на портале № 69131

в) определяются основные электрические параметры синтезированной структуры;
г) определяются электрические соединения отдельных элементов и компонентов.

3. Если логический элемент в положительной логике реализует логическую функцию «И», то какую функцию этот элемент реализует в отрицательной логике?
а) И-НЕ; б) НЕ; в) ИЛИ; г) ИЛИ-НЕ.
4. Какой режим работы биполярного транзистора конъюнктора обеспечивают диоды смещения
логического элемента И-НЕ диодно-транзисторной логики?
а) режим насыщения;
б) режим отсечки;
в) нормальный активный режим;
в) инверсный активный режим.
5. Как должны быть смещены переходы всех транзисторов токового зеркала Уилсона при правильной работе схемы?
а) эмиттерные переходы смещены в прямом направлении, а коллекторные переходы в обратном направлении;
б) эмиттерные переходы смещены в обратном направлении, а коллекторные переходы в прямом направлении;
в) эмиттерные и коллекторные переходы смещены в обратном направлении;
г) эмиттерные и коллекторные переходы смещены в прямом направлении.

### 9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых проектов

1. Генератор линейно-нарастающего напряжения со стабилизацией тока.
2. Ждущий генератор прямоугольных импульсов.
3. ЦАП на базе двоично-взвешенных резисторов.
4. ЦАП на базе резистивной матрицы R-2R.
5. RS-триггер с прямыми информационными входами и статическим управлением.

### 9.1.5. Темы лабораторных работ

1. Синтез синхронного счетчика с заданной последовательностью смены состояний.
2. Исследование интегральных источников постоянного тока на биполярных транзисторах.
3. Исследование интегральных источников постоянного напряжения.
4. Исследования интегрального дифференциального усилителя на составных транзисторах с источниками тока в эмиттерных цепях.

## 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

Согласована на портале № 69131

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:**

Согласована на портале № 69131

– 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.

Согласована на портале № 69131

**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, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко | Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a |
| И.О. начальника учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**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:**

| | | |
|---|---|---|
| Профессор, каф. ПрЭ | Н.С. Легостаев | Разработано, 6332ca5f-c16e-4579-bbc4-ee49773dfd8d |

Согласована на портале № 69131