



## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-2** «Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.019** «Специалист по функциональной верификации и разработке тестов функционального контроля наноразмерных интегральных схем»

**Обобщенная трудовая функция: С** – «Выполнение работ по верификации моделей интегральной схемы и ее составных блоков»

**Трудовая функция: С/03.7** – «Исследование функциональных и электрических параметров моделей СФ-блоков и ИС в предельно-допустимых и предельных режимах»

| Подкомпетенции, формируемые в дисциплине  | Задачи профессиональной деятельности   | Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций  |
|---|--|---|
| <b>ПК-2.ЦИС</b><br>Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения задач проектирования цифровых схем с использованием специализированных языков | Разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере; | <b>Знания</b> методов разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач<br><b>Умения</b> использовать алгоритмы решения исследовательских задач использованием современных языков программирования<br><b>Опыт</b> разработки стратегии и методологии исследования изделий микро- и наноэлектроники |

**Компетенция ПК-6** «Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.040** «Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков»

**Обобщенная трудовая функция: Д** – «Разработка электрических схем, характеристика сложнофункциональных блоков (СФ-блоков)»

**Трудовая функция: Д/03.7** – «Определение основных статических и динамических характеристик СФ-блока»

| Подкомпетенции, формируемые в дисциплине   | Задачи профессиональной деятельности   | Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций   |
|--|--|--|
| <b>ПК-6.ЦИС</b><br>Способен проектировать блоки ЦИС с учетом заданных требований | Проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований; разработка проектно-конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными требованиями; | <b>Знания</b> схем и устройств изделий микро- и наноэлектроники различного функционального назначения<br><b>Умения</b> разрабатывать приборы и системы электронной техники в соответствии с методическими и нормативными требованиями<br><b>Опыт</b> разработки изделий микро- и наноэлектроники различного функционального назначения |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: «Основы электротехники», «Радиоэлектроника», «Физика полупроводников и полупроводниковых приборов», «Автоматизация схмотехнического проектирования», «Автоматизация функционально-логического проектирования», «Модели и методы анализа проектных решений».

На материалах, изучаемых в данной дисциплине, базируются следующие дисциплины учебного плана, изучаемые позднее: «Цифровые интегральные схемы. Проектирование сложно-функциональных блоков», «Проектирование схем со смешанными сигналами», «Цифровые интегральные схемы. Энергоэффективное проектирование»

Материалы, изучаемые в данной дисциплине, используются при прохождении практик и подготовке выпускной квалификационной работы.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Курс | Семестр | Общая трудоёмкость (ЗЕ) | Общая трудоёмкость (часы) | Контактная работа |  |                             | Самостоятельная работа (часы) | Промежуточная аттестация |
|------|---------|-------------------------|---------------------------|-------------------|--|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
|      |         |                         |                           | Лекции (часы)     | Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы) | Практические занятия (часы) |                               |                          |
| 1    | 1       | 4                       | 144                       | -                 | 32   | 16                          | 60                            | Экз (36)                 |

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| № и наименование модуля                               | Контактная работа |                      |  | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля                             |
|---|-------------------|----------------------|--|------------------------|---|
|   | Лекции            | Практические занятия | Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы) |                        |   |
| 1. Система моделей при проектировании схем и с систем | -                 | 6                    | 12   | 20                     | Защита лабораторных работ                           |
|   |                   |                      |  |                        | Прохождение устного опроса на практических занятиях |
| 2. Методы проектирования и анализа схем и с систем    | -                 | 10                   | 20   | 36                     | Защита лабораторных работ                           |
|   |                   |                      |  |                        | Прохождение устного опроса на практических занятиях |
| 1, 2  | -                 | -                    | -  | 4                      | Сдача практико-ориентированного задания             |

#### 4.1. Лекционные занятия

*Не предусмотрены*

#### 4.2. Практические занятия

| № модуля дисциплины | № практического занятия | Объем занятий (часы) | Наименование занятия  |
|---------------------|-------------------------|----------------------|---|
| 1                   | 1                       | 2                    | Физико-структурные, схемотехнические, топологические модели. Модели различного уровня на примере КМОП вентиля.  |
|                     | 2                       | 2                    | Поведенческие, HDL и функционально-логические модели. Модели на системном уровне проектирования. Модели различного уровня на примере КМОП вентиля и СФ-блока. |
|                     | 3                       | 2                    | Библиотеки стандартных и параметризованных блоков и их модели. Структура КМОП СФ-блоков, характеристики и параметры.  |
| 2                   | 4                       | 2                    | Основные типы и виды базовых элементов. Модели библиотечных элементов и их параметры. Правила проектирования.   |
|                     | 5                       | 2                    | Модели временных характеристик КМОП элементов. Влияние размеров транзисторов на характеристики КМОП элементов.  |
|                     | 6                       | 2                    | Методы определения параметров модели библиотечных элементов на примере (И-НЕ, ИЛИ-НЕ, сложные вентили).   |
|                     | 7                       | 2                    | Методики и средства проектирования цифровых устройств в современных САПР на различных уровнях иерархии. Особенности моделей для каждого уровня.               |
|                     | 8                       | 2                    | Методы анализа проектных решений на схемотехническом уровне. Учет энергопотребления при анализе схем. Особенности SPICE симуляторов.                          |

#### 4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

| № модуля дисциплины | № лабораторной работы | Объем занятий (часы) | Наименование работы  |
|---------------------|-----------------------|----------------------|--|
| 1                   | 1                     | 4                    | Проектирование и параметрическая оптимизация КМОП-буфера, и кольцевого генератора.   |
|                     | 2                     | 4                    | Исследование КМОП-транзисторов в проходном режиме. Моделирование проходного вентиля  |
|                     | 3                     | 4                    | Разработка оптимизированных КМОП библиотечных элементов И-НЕ и ИЛИ-НЕ.   |
| 2                   | 4                     | 4                    | Методы структурного синтеза КМОП СБИС. Построение сложных вентилях АОИ и ОАИ   |
|                     | 5                     | 4                    | Сравнительный анализ эффективности логики на проходных ключах и С <sup>2</sup> MOS логики на примере мультиплексоров и XOR-элементов |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
|  | 6 | 4 | Методы проектирования статических КМОП триггеров-защелок   |
|  | 7 | 4 | Проектирование и анализ временных ограничений для триггера, управляемого фронтом/срезом                      |
|  | 8 | 4 | Параметрическая оптимизация и синхронные/асинхронные управляющие входы триггера, управляемого фронтом/срезом |

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

| № модуля дисциплины | Объем занятий (часы) | Вид СРС   |
|---------------------|----------------------|---|
| 1                   | 6                    | Работа с учебной литературой и ресурсами Интернет по теме «Назначение и классификация ЦИС. Макромодели и основные параметры ЦИС». Подготовка доклада (написание эссе).  |
|                     | 10                   | Работа с учебными ресурсами ОРИОКС и подготовка к лабораторным работам.   |
|                     | 4                    | Подготовка к опросу по теме «Базовые элементы и СФ-блоки цифровых МОП СБИС»   |
| 2                   | 22                   | Работа с учебной литературой и ресурсами Интернет по теме «Цифровые интегральные схемы комбинационной и последовательностной логик. Проведение характеристики библиотечных элементов. Подготовка к опросу, экзамену |
|                     | 10                   | Работа с учебными ресурсами ОРИОКС и подготовка к лабораторным работам.   |
|                     | 4                    | Подготовка к опросу по теме «Проектирование ЦИС с использованием различных схемотехник»   |
| 1, 2                | 4                    | Выполнение практико-ориентированного задания  |

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Не предусмотрены*

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

**Методические указания студентам** по изучению дисциплины «Цифровые интегральные схемы»: [https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id\\_science=1786459](https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=1786459)

**Модуль 1 «Система моделей при проектировании схем и с систем»**

✓ Методические материалы для СРС:

[http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/2012\\_1/4fd9d7e49972b/srs\\_m1\\_pkims\\_pkims\\_pbe\\_210100.68.doc](http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/2012_1/4fd9d7e49972b/srs_m1_pkims_pkims_pbe_210100.68.doc)

✓ Материалы для изучения теории в рамках подготовки к лабораторным занятиям:

[http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/2012\\_1/4fd9d61e91458/lab\\_m1\\_pkims\\_pkims\\_pbe\\_210100.68.doc](http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/2012_1/4fd9d61e91458/lab_m1_pkims_pkims_pbe_210100.68.doc)

## **Модуль 2 «Методы проектирования и анализа схем и с систем»**

✓ Методические материалы для СРС:

[http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/2012\\_1/4fd9da60e2258/srs\\_m2\\_pkims\\_pkims\\_pbe\\_210100.68.doc](http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/2012_1/4fd9da60e2258/srs_m2_pkims_pkims_pbe_210100.68.doc)

✓ Материалы для изучения теории в рамках подготовки к лабораторным занятиям:

[http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/2012\\_1/4fd9da3d30ad8/lab\\_m2\\_pkims\\_pkims\\_pbe\\_210100.68.doc](http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/2012_1/4fd9da3d30ad8/lab_m2_pkims_pkims_pbe_210100.68.doc)

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Литература**

1. Проектирование энергоэффективных цифровых схем : учебное пособие / А. В. Коршунов, П. С. Волобуев, В. М. Дьяконов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Нац. исслед. ун-т «МИЭТ». - Москва : МИЭТ, 2012. - 116 с.
2. Трубочкина Н.К. Нанoeлектроника и схемотехника : В 2-х ч. : Учеб. для академического бакалавриата. Ч. 1 / Н.К. Трубочкина. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2019. - 281 с. - (Бакалавр. Академический курс). - URL: <https://biblio-online.ru/book/nanoelektronika-i-shemotehnika-v-2-ch-chast-1-433848> (дата обращения: 01.11.2020). - ISBN 978-5-9916-7735-6; 978-5-9916-7736-3.
3. Трубочкина Н.К. Нанoeлектроника и схемотехника : В 2-х ч. : Учеб. для академического бакалавриата. Ч. 2 / Н.К. Трубочкина. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2019. - 262 с. - (Бакалавр. Академический курс). - URL: <https://biblio-online.ru/book/nanoelektronika-i-shemotehnika-v-2-ch-chast-2-434225> (дата обращения: 01.11.2020). - ISBN 978-5-9916-7737-0; 978-5-9916-7736-3.
4. Электроника интегральных схем. Лабораторные работы и упражнения : Учеб. пособие / Под ред. К.О. Петросянца; Рец. М.А. Королев. - М. : СОЛОН-Пресс, 2017. - 556 с.
5. Белоус А.И. Основы конструирования высокоскоростных электронных устройств. Краткий курс "белой магии" : Под общ. ред. А.И. Белоуса / А.И. Белоус, В.А. Солодуха, С.В. Шведов. - М. : Техносфера, 2017. - 872 с. - (Мир электроники). - URL: <https://e.lanbook.com/book/110950> (дата обращения: 10.11.2020). - ISBN 978-5-94836-500-8
6. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника (для бакалавров): Учеб. пособие / В.Г. Гусев. - М. : Кнорус, 2018. - URL: <https://www.book.ru/book/926521> (дата обращения: 01.11.2020). - ISBN 978-5-406-06106-0.
7. Новожилов О.П. Электротехника и схемотехника: В 2-т. : Учебник для академического бакалавриата / О. П. Новожилов. - М. : Юрайт, 2015. - 804 с. - (Бакалавр. Академический курс). - URL: <https://urait.ru/bcode/387359>

## Нормативная литература

Не требуется

## Периодические издания

1. ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ЭЛЕКТРОНИКА: Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 -.
2. IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER AIDED DESIGN OF INTERGRATED CIRCUITS & SYSTEMS . - USA : IEEE, [б.г.] - URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=43> (дата обращения: 12.12.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Лань : электронно-библиотечная система. - Санкт-Петербург, 2011 - . - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 30.10.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
2. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения: 05.11.2020); Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
3. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 30.09.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
4. ФИПС : Информационно-поисковая система: сайт. - Москва, 2009 - . - URL: <https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/index.php> (дата обращения: 30.09.2019)
5. ProQuest : сайт. - URL: <http://search.proquest.com/> (дата обращения: 30.10.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
6. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 30.10.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей
7. IEEE/ИЕТ Electronic Library (IEL) = IEEE Xplore : электронная библиотека. - USA ; UK, 1998 - . - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения: 28.10.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение**, которое предполагает использование внешних электронных ресурсов сети Интернет для самостоятельной работы по освоению дополнительного материала дисциплины.

Материал электронного курса посвящен проблематике проектирования цифровых схем на основе дискретных элементов, в то время как основной курс рассматривает только проектирование цифровых блоков в составе СБИС. Студенту требуется изучать материалы курса параллельно с основным материалом. Электронный курс содержит 15



лекций. Студенту необходимо самостоятельно изучить материал лекций №1-8 и выполнить тестовые задания по каждой лекции.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** (<http://orioks.miet.ru>).

При проведении занятий и для самостоятельной работы используется **внешний электронный ресурс** в форме внешнего онлайн-курса:

<https://intuit.ru/studies/courses/104/104/info>

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы                             | Перечень программного обеспечения      |
|---|---|--|
| Учебная аудитория   | Мультимедийное оборудование   | Microsoft (Azure),<br>Microsoft Office |
| Учебно-образовательный центр SYNOPSIS-МИЭТ каф. ПКИМС ауд.7207        | ПЭВМ Intel LGA1156 Core i7-3770k с мониторами Dell  | ОС Centos<br>САПР Synopsys Inc.        |
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся                      | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС | ОС Centos                              |

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-2.ЦИС** «Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения задач проектирования цифровых схем с использованием специализированных языков»
2. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-6.ЦИС** «Способен проектировать блоки ЦИС с учетом заданных требований»

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

Студенты, изучающие дисциплину, обязаны:

- выполнить лабораторные работы (подтверждается сдачей каждой лабораторной работы);
  - принять участие в опросах во время практических занятий;
- выполнить задание на опыт деятельности.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при подготовке к практическим занятиям, лабораторным работам, использование основной и дополнительной литературы, интернет-ресурсов.

С целью качественной организации самостоятельной работы студентов проводятся разъяснения материала. Вводное разъяснение проводится лектором дисциплины в начале первой лекции и включает: информацию о структуре и графике контрольных мероприятий, содержании и порядке проведения контрольных мероприятий, правилах оценивания согласно НБС МИЭТ, учебной литературе и дополнительных информационных источниках, основных требованиях по оценке качества освоения дисциплины, самостоятельной работе студентов, организации и назначении консультаций.

Для студентов проводятся консультации. Студентам рекомендуется активно пользоваться консультациями преподавателя: это единственная возможность обучаться индивидуально и выяснить все возникшие вопросы. Кроме этого на консультациях можно защитить лабораторную работу, если не успели на занятии.

В конце семестра студентами выполняется практико-ориентированное задание, по результатам которого происходит публичное представление результатов заданий СРС на опыт деятельности.

По завершению изучения дисциплины предусмотрена промежуточная аттестация в виде экзамена.


### 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется балльная накопительная система.


Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 64 балла), и сдача дифференцированного зачета (максимум 36 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступны в ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru/>).

**РАЗРАБОТЧИК:**


Доцент кафедры ПКИМС, к.т.н.  /А.В. Коршунов/

Рабочая программа дисциплины «Цифровые интегральные схемы» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Автоматизированное проектирование субмикронных СБИС и систем на кристалле» разработана на кафедре ПКИМС и утверждена на заседании кафедры 27 ноября 2020 года, протокол № 8

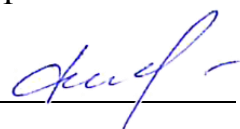
Заведующий кафедрой ПКИМС \_\_\_\_\_  /С.В. Гаврилов/

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК \_\_\_\_\_  /И.М. Никулина/

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки \_\_\_\_\_  / Т.П. Филиппова/