

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 18.08.2025 15:52:50
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf735483e0c9e0c3a812b8c0

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.Г. Игнатова

« 2 » декабря 2020 г.

М.П.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Высокоуровневые языки проектирования и верификации»

Направление подготовки 11.04.04- «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль)- «Автоматизированное проектирование субмикронных СБИС и систем на кристалле»

Москва 2020

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 подкомпетенций |
|---|---|---|
| ПК-2.ВУЯ Способен решать задачи в области электроники с использованием современных языков | Разработка функциональных тестов для моделей сложнофункциональных блоков (СФ-блоков) и ИС на языках описания и верификации аппаратуры | Знания методов разработки эффективных решения задач с использованием высокоуровневых языков Умения решать исследовательские задачи с использованием современных языков Опыт разработки стратегии и методологии решения научных проблем с использованием высокоуровневых языков |

Компетенция ПК-3 «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных автоматизированных средств и методов» **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/04.7 – «Проведение предварительного анализа результатов тестов»

| Подкомпетенции, формируемые в дисциплине | Задачи профессиональной деятельности | Индикаторы достижения подкомпетенций |
|---|--|---|
| ПК-3.ВУЯ Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с использованием высокоуровневых языков | Выполнение работ по созданию сред верификации моделей, сопровождению разработки прототипов ИС и составляющих ее блоков | Знания способов организации и проведения экспериментальных исследований с использованием высокоуровневых языков Умения самостоятельно проводить экспериментальные исследования с использованием высокоуровневых языков Опыт проведения исследования с применением современных высокоуровневых языков |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, изучается на 1 курсе, во 2 семестре и на 2 курсе, в 3 семестре (очная форма обучения).

Изучение дисциплины базируется на следующих ранее изучаемых дисциплинах: «Информатика», «Объектно-ориентированное программирование», «Цифровая схемотехника», «Лингвистические средства САПР», «Программные средства САПР».

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Курс | Семестр | Общая трудоёмкость (ЗЕ) | Общая трудоёмкость (часы) | Контактная работа | | | Самостоятельная работа (часы) | Промежуточная аттестация |
|------|---------|-------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | | | | Лекции (часы) | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) | | |
| 1 | 2 | 2 | 72 | 16 | 16 | - | 40 | ЗаО |
| 2 | 3 | 3 | 108 | 16 | 16 | - | 40 | Экз (36) |

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| № и наименование модуля | Контактная работа | | | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля |
|---|-------------------|----------------------|----------------------|------------------------|---|
| | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | | |
| 1. Введение в высокоуровневые языки проектирования и верификации. Основы языка Python. Введение в язык SystemC. | 8 | - | 4 | 10 | Защита лабораторных работ |
| 2. Проектирование и моделирование с помощью языка Python. | 4 | - | 8 | 18 | Защита лабораторных работ |
| 3. Верификация с помощью языка Python. | 4 | - | 4 | 10 | Защита лабораторных работ |
| 4. Основы языка SystemVerilog. Введение в язык проектирования Chisel (Scala). | 8 | - | 4 | 10 | Защита лабораторных работ |
| 5. Проектирование и моделирование с помощью языка SystemVerilog. | 4 | - | 8 | 18 | Защита лабораторных работ |
| 6. Верификация с помощью языка SystemVerilog. | 4 | - | 4 | 10 | Защита лабораторных работ |
| 1-6 | - | - | - | 4 | Сдача практико-ориентированного задания |

4.1. Лекционные занятия

| № модуля дисциплины | № лекции | Объем занятий (часы) | Краткое содержание |
|---------------------|----------|----------------------|---|
| 1 | 1,2 | 4 | Маршрут проектирования наноэлектронных систем на кристалле. Этапы маршрута проектирования: их цели, задачи и средства проектирования. Высокоуровневые языки проектирования систем на кристалле. Язык SystemC: общая характеристика и применение на этапе архитектурного проектирования СнК. |

| | | | |
|---|-------|---|--|
| | 3,4 | 4 | Базовые принципы, лежащие в основе языков описания аппаратуры (HDL языков). Отличия HDL языков от языков программирования. Использование высокоуровневых языков при проектировании СнК. Общая характеристика языка Python. |
| 2 | 5 | 2 | Синтаксис и функциональные возможности языка Python. Строки. Условия. Цикл for. Цикл while и команды управления циклами. Списки (массивы). Вложенные списки (2-мерные массивы). |
| | 6 | 2 | Настройка функции print(). Функции. Методы работы со списками. Кортежи. Множества. Словари. |
| 3 | 7 | 2 | Модули и пакеты. Пространства имен и области видимости. Классы. Ошибки и исключения. |
| | 8 | 2 | Генерация RTL-кода. Использование пакета NumPy. |
| 4 | 9,10 | 4 | История создания языка SystemVerilog. Новые типы данных в языке SystemVerilog по сравнению с Verilog. Структура языка SystemVerilog. Общая характеристика языка Scala. Язык Chisel и его использование для проектирования интегральных схем. |
| | 11,12 | 4 | Общие принципы методологии верификации UVM. Цикл верификации. Иерархия и компоненты UVM. UVM как библиотека классов. Компоненты тестового окружения (testbench) и их назначение. Верификационный агент и его структура. Направленное и случайное тестирование. Виды кодового покрытия: linecoverage, pathcoverage, togglecoverage, FSMcoverage. |
| 5 | 13 | 2 | Операторы always, always_comb, always_latch, always_ff. Операторы case, casex, casez. Модификаторы priority, unique, unique0. Тип enum: синтаксис, методы, примеры применения. Упакованные и неупакованные структуры (structure). Интерфейсы (interface) в SystemVerilog и их использование при проектировании. Модификаторы интерфейсов (modport). |
| | 14 | 2 | Общие сведения об утверждениях (assertion) в SystemVerilog и их применении. Непосредственные утверждения (immediateassertion). Параллельные утверждения в SystemVerilog (concurrentassertion) и их применение. Свойства (property) в SystemVerilog, их описание и проверка. |
| 6 | 15 | 2 | Основы методологии функционального покрытия (SFC). Измерение функционального покрытия. Покрытие значений переменной и покрытие переходов. Группа покрытия (covergroup), точка покрытия (coverpoint), накопители (bins). Перекрестное покрытие (crosscoverage). |
| | 16 | 2 | Основы методологии случайной верификации с ограничениями (CRV). Случайные переменные с возвратом и без возврата: определение и свойства. Метод randomize(). Введение ограничений на случайные значения. Случайный выбор (randcase). |

| | | |
|--|--|--|
| | | Случайная последовательность (randsequence): правила формирования. |
|--|--|--|

4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

4.3. Лабораторные занятия

| № модуля дисциплины | № лабораторной работы | Объем занятий (часы) | Краткое содержание |
|---------------------|-----------------------|----------------------|---|
| 1 | 1 | 4 | Реализация функций ввода-вывода данных и простых вычислительных функций на языке Python. |
| 2 | 2,3 | 8 | Разработка программы для расчета задержек библиотечных элементов с использованием языка Python. |
| 3 | 4 | 4 | Прототипирование генератора синусоидального сигнала с амплитудной модуляцией на языке Python. |
| 4 | 5 | 4 | Дискретизация и спектральный анализ сигналов с использованием библиотеки scipy языка Python. |
| 5 | 6,7 | 8 | Разработка компонентов процессорного ядра с архитектурой RISC на языке SystemVerilog: блок регистров с параллельным интерфейсом; арифметико-логическое устройство (АЛУ); счетчик с флагами. Реализация на языке SystemVerilog процессорного ядра в целом. |
| 6 | 8 | 4 | Разработка верификационного окружения для проверки функционирования процессорного ядра с архитектурой RISC на языке SystemVerilog. |

4.4. Самостоятельная работа студентов

| № модуля дисциплины | Объем занятий (часы) | Вид СРС |
|---------------------|----------------------|---|
| 1 | 10 | Изучение основных элементов синтаксиса языка Python. Разработка кода простых вычислительных функций с использованием базовых конструкций языка Python. Подготовка домашних заданий по лабораторным работам. |
| 2 | 18 | Изучение принципов разработки программ обработки данных на языке Python с использованием списков (массивов), циклов for и while. Подготовка домашних заданий по лабораторным работам. |
| 3 | 10 | Подготовка домашних заданий по лабораторным работам. Подготовка к |

| | | |
|-----|----|--|
| | | зачёту. |
| 4 | 10 | Изучение принципов разработки программ на языке Python с использованием пакетов и библиотек. Подготовка домашних заданий по лабораторным работам. |
| 5 | 18 | Изучение принципов разработки устройств ввода-вывода и вычислительных устройств с использованием языка SystemVerilog. Подготовка домашних заданий по лабораторным работам. |
| 6 | 10 | Изучение принципов разработки верификационных окружений на языке SystemVerilog Подготовка домашних заданий по лабораторным работам. Подготовка к экзамену. |
| 1-6 | 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/>), а также электронные компоненты по дисциплине:

Методические указания студентам по изучению дисциплины «Высокоуровневые языки проектирования и верификации»: https://orioks.miet.ru/prepare/ir-science?id_science=2433730

Модуль 1 «Введение в высокоуровневые языки проектирования и верификации»

- ✓ Материалы для освоения содержания лекций (учебная литература - см.п.1) включают изложение теоретического материала модуля
- ✓ Материалы для выполнения лабораторных работ (учебная литература - см.п.1)
- ✓ Электронные компоненты: интернет ресурс <https://pythontutor.ru/>

Модуль 2 «Проектирование и моделирование с помощью языка Python»

- ✓ Материалы для освоения содержания лекций (учебная литература - см.п.1) включают изложение теоретического материала модуля
- ✓ Материалы для выполнения лабораторных работ (учебная литература - см.п.1)
- ✓ Электронные компоненты: интернет ресурс <https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>

Модуль 3 «Верификация с помощью языка Python»

- ✓ Материалы для освоения содержания лекций (учебная литература - см.п.1) включают изложение теоретического материала модуля
- ✓ Материалы для выполнения лабораторных работ (учебная литература - см.п.1)
- ✓ Электронные компоненты: интернет ресурс <http://www.myhdl.org/>

Модуль 4 «Основы языка SystemVerilog. Введение в язык проектирования Chisel (Scala)»

- ✓ Материалы для освоения содержания лекций (учебная литература - см.п.2) включают изложение теоретического материала модуля
- ✓ Материалы для выполнения лабораторных работ (учебная литература - см.п.2)
- ✓ Электронные компоненты: интернет ресурс <http://systemverilog.ru/>

Модуль 5 «Проектирование и моделирование с помощью языка SystemVerilog»

- ✓ Материалы для освоения содержания лекций (учебная литература (см.п.2) включают изложение теоретического материала модуля
- ✓ Материалы для выполнения лабораторных работ (учебная литература (см.п.2)
- ✓ Электронные компоненты: интернет ресурс <http://systemverilog.ru/>

Модуль 6 «Верификация с помощью языка SystemVerilog»

- ✓ Материалы для освоения содержания лекций (учебная литература - см.п.3,4) включают изложение теоретического материала модуля
- ✓ Материалы для выполнения лабораторных работ (учебная литература - см.п.3,4)
- ✓ Электронные компоненты: интернет ресурс https://ecee.colorado.edu/~mathys/ecen2350/IntelSoftware/pdf/IEEE_Std1800-2017_8299595.pdf

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Сузи Р.А. Язык программирования Python / / Р.А. Сузи. - 2-е изд. - М. : ИНТУИТ.РУ, 2016. - 350 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/100546> (дата обращения: 16.11.2020). - ISBN 5-9556-0058-2
2. Федотова Е.Л. Информатика. Курс лекций: Учеб.пособие / Е. Л. Федотова, А. А. Федотов ; Рец. Л.Г. Гагарина. - М.: Форум : Инфра-М, 2011. - 480 с.
3. Mehta, A. B. (Ashok B. Mehta). ASIC/SoC Functional Design Verification : A Comprehensive Guide to Technologies and Methodologies / A. B. Mehta. - USA : Springer, 2018. - URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-59418-7> (дата обращения: 17.03.2020). - Режим доступа: по подписке МИЭТ. - ISBN 978-3-319-59417-0 (Print); 978-3-319-59418-7 (Online). - Текст : электронный.
4. Spear, C. (Chris Spear). System Verilog for Verification : A Guide to Learning the Testbench Language Features / C. Spear. - 2nd edition. - USA : Springer, 2008. - URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-76530-3> (дата обращения: 17.03.2020). - Режим доступа: по подписке МИЭТ. - ISBN 978-1-4419-4561-7 (Print); 978-0-387-76530-3 (Online). - Текст : электронный.

Периодические издания

1. ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ЭЛЕКТРОНИКА: Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 -.

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/ (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/IET 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, применяется модель смешанного обучения «расширенная виртуальная модель», которая предполагает обязательное присутствие студентов на очных учебных занятиях (лекциях и лабораторных работах) с последующим самостоятельным выполнением индивидуального задания (индивидуальные задания к лабораторным работам и задание на опыт деятельности).

Обучение может реализовываться с применением дистанционных образовательных технологий.

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

Для взаимодействия студентов с преподавателем могут использоваться сервисы обратной связи, такие как электронная почта, социальная сеть ВКонтакте, система видеоконференций Zoom.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах материалов в системе ОРИОКС: URL: <https://orioks.miet.ru/>

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в виде доступа к видео лекциям и заданиям для СРС

1. ЭБС издательства Лань - <http://e.lanbook.com/>
2. <http://ru.wikipedia.org> – определения, теоремы, исторические сведения
3. <http://techlibrary.ru> – книги по математике, физике и другим дисциплинам

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень программного обеспечения |
|---|---|--|
| Учебная мультимедийная аудитория для проведения лекционных занятий | Аудитория, вмещающая 50 человек с возможностью демонстрации презентаций | Microsoft (Azure), Microsoft Office |
| Учебно-образовательный центр SYNOPSIS-МИЭТ каф. ПКИМС, ауд. 7207. | 20 рабочих мест с ПК | OS Centos; Python Synopsys Inc; LibreOffice |
| Помещение для самостоятельной работы | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС | Microsoft (Azure) |

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-2.ВУЯ** «Способен решать задачи в области электроники с использованием современных языков».
2. ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-3.ВУЯ** «Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с использованием высокоуровневых языков».

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:

- посетить лекции;
- выполнить лабораторные работы (подтверждается сдачей каждой лабораторной работы);
- выполнить практико-ориентированное задание на опыт деятельности;
- принять участие в дискуссиях во время лабораторных работ.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при выполнении заданий лабораторных работ, использование 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 обучения дисциплине 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 зачёта оценкой (2 семестр) и экзамена (3 семестр).

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система (НБС). Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре.

В течение 2-го семестра может быть набрано в сумме максимум 90 баллов, и сдача зачёта с оценкой - максимум 10 баллов.

В течение 3-го семестра может быть набрано в сумме максимум 90 баллов, и сдача экзамена - максимум 10 баллов.

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


РАЗРАБОТЧИК:

Профессор кафедры ПКИМС, д.т.н. _____



/А.А. Беляев/

Рабочая программа дисциплины «Высокоуровневые языки проектирования и верификации» 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

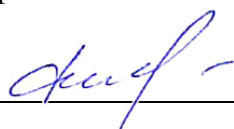
Заведующий кафедрой ПКИМС  /С.В. Гаврилов/

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/