

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 05.02.2025 12:05:25

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73417608631e2837f8160c

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

А.Г. Балашов

«13» сентября 2024 г.

М.П.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Функциональная верификация»

Направление подготовки – 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль) – «Программные средства САПР сверхбольших интегральных
схем и систем на кристалле»

Программа разработана в Передовой инженерной школе

«Средства проектирования и производства электронной компонентной базы»

Москва 2024 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция ПК-1 «Способен проектировать интерфейсы прикладного ПО» сформулирована на основе профессионально стандарта 40.016 «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле».

Обобщенная трудовая функция: А – «Разработка функционального описания и технического задания на систему на кристалле».

Трудовая функция: А/06.7 – «Проведение верификации разработанного архитектурного решения».

Трудовая функция: А/07.7 – «Разработка общей концепции тестирования СнК, включая разработку тестовых векторов и стратегию кристалльного тестирования».

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций
ПК-1. ФВ Способен разрабатывать верификационный план, функциональные тесты и элементы среды верификации моделей интегральной схемы и ее составных блоков	Разработка верификационных планов, функциональных тестов и элементов среды верификации моделей интегральной схемы и ее составных блоков	Знания: методологии создания тестовых окружений, функциональных тестов и элементов среды верификации. Умения: разрабатывать тестовые окружения, функциональных тесты и элементы среды верификации с использованием высокоуровневых языков проектирования и верификации. Опыт: разработки и отладки тестовых окружений, функциональных тестов и элементов среды верификации с использованием высокоуровневых языков проектирования и верификации для решения профессиональных задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине – необходимы компетенции в области следующих ранее изучаемых дисциплин: математика, информатика, программирование на языке C/C++, цифровая схемотехника, проектирование на языке Verilog, «Программные

средства САПР». Для успешного усвоения дисциплины наиболее важными являются следующие разделы этих дисциплин: дискретная математика (математика), основы объектно-ориентированного программирования (информатика).

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)		
2	4	4	144	16	16	-	112	ЗаО

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
Модуль 1. Основы функциональной верификации, методология UVM.	4	4	-	26	Защита лабораторных работ
Модуль 2. Разработка элементов среды верификации на языке SystemVerilog с использованием методологии UVM.	4	4	-	26	Защита лабораторных работ
Модуль 3. Разработка тестовых окружений на языке SystemVerilog с использованием методологии UVM.	4	4	-	26	Защита лабораторных работ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
Модуль 4. Разработка верификационных планов и функциональных тестов на языке SystemVerilog.	4	4	-	26	Защита лабораторных работ
Модуль 1-4	-	-	-	8	Выполнение и сдача практико-ориентированного задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Понятие функциональной верификации. Маршрут функциональной верификации моделей СФ-блоков. Инструменты и методы функциональной верификации. Общие принципы методологии верификации: OVM, UVM. Введение в методологию UVM. Классы и методы UVM.
	2	2	Понятие фаз в UVM. Моделирование данных на основе UVM.
2	3	2	Классы, методы UVM-агента. Структура агента UVM-агента: драйвер, сиквенсер, монитор, интерфейс.
	4	2	Подходы к проектированию параметризованных UVM-агентов. Взаимодействие агента и RTL-модели.
3	5	2	Структура тестовых окружений: классы, методы. Взаимодействие агента, окружение и RTL-модели.
	6	2	Вложенные окружения. Повторное использование кода тестовых окружений. Универсализация тестовых окружений.
4	7	2	Понятие покрытия в верификации. Виды покрытия. Подходы к оценке покрытия. Инструмент разработки верификационных планов vManager. Инструмент анализа покрытия IMC. Разработка верификационных планов на основе спецификации и сценариев использования устройства.
	8	2	Понятие теста и тестового сценария. Разработка функциональных с использованием методологии UVM. Проблема достижения требований по покрытию функциональными тестами. Проблема повторного

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			использования кода тестов и тестовых сценариев.

4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Практическая подготовка. Моделирование данных на основе UVM.
2	2	4	Практическая подготовка. Разработка мастер-агента на основе UVM для модели устройства с системным интерфейсом.
3	3	4	Практическая подготовка. Разработка тестового окружения на основе UVM.
4	4	4	Практическая подготовка. Разработка функционального теста для модели устройства.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	20	Изучение учебно-методических материалов по теме лекций 1,2.
	6	Подготовка к лабораторным работам.
2	20	Изучение учебно-методических материалов по теме лекций 3,4.
	6	Подготовка к лабораторным работам.
3	20	Изучение учебно-методических материалов по теме лекций 5,6.
	6	Подготовка к лабораторным работам.
4	20	Изучение учебно-методических материалов по теме лекций 7,8.
	6	Подготовка к лабораторным работам.
1-4	8	Выполнение и сдача 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// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- Сценарий по дисциплине
- Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ
- Ссылки на литературу по всей дисциплине
- Варианты практико-ориентированного задания
- Варианты заданий для зачета.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

- 1 Томас, Д. Логическое проектирование на SystemVerylog / Д. Томас ; Науч. ред. А. С. Камкин, М. М. Чупилко; Пер. с англ. А. А. Слинкина [и др.]. - М. : ДМК Пресс, 2019. - 384. - URL: <https://e.lanbook.com/book/131680> (дата обращения: 23.03.2021). - ISBN 978-5-97060-619-3 : 0-00. - Текст : электронный.
- 2 Мурсаев А.Х. Специализированные вычислительные блоки в системах на кристалле : Проектирование и верификация / А.Х. Мурсаев. - Deutschland : Palmarium Academic Publishing, 2015. - 275 с. - ISBN 978-5-659-60023-4 : 5418-05.
- 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: 17.03.2021). - Режим доступа: по подписке. - ISBN 978-3-319-59417-0 (Print); 978-3-319-59418-7 (Online). - Текст : электронный.
- 4 Progress in VLSI Design and Test : 16th International Symposium, VDAT 2012, Shibpur, India, July 1-4, 2012. Proceedings / Hafizur Rahaman, Sanatan Chattopadhyay, Santanu Chattopadhyay, editors. - Springer, 2012. - (Lecture Notes in Computer Science. Volume 7373). - URL : <http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-642-31494-0> (дата обращения: 17.06.2021) . - ISBN 978-3-642-31493-3 (Print); 978-3-642-31494-0 (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 -.
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

3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: Теорет. и прикладной науч.-техн. журн. / Издательство "Новые технологии". - М. : Новые технологии, 1995 -.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. IEEE/IET Electronic Library (IEL) [Электронный ресурс] = IEEE Xplore : Электронная библиотека. - USA ; UK, 1998-. - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения : 10.01.2024). - Режим доступа: из локальной сети НИУ МИЭТ в рамках проекта «Национальная подписка»
2. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 10.01.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
3. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения : 10.01.2024); Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
4. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 10.01.2024). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации дисциплины используется **смешанное обучение**, в основе которого лежит интеграция технологий традиционного и электронного освоения компетенций, взаимодействие со студентами в электронной образовательной среде.

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

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, сервисы видеоконференцсвязи, социальные сети.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в ОРИОКС и MOODLe.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в формах:

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 учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Компьютер с мультимедийным оборудованием	Win pro от 7, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
Лаборатория	20 рабочих мест с ПК	OC Centos; Python Cadence Inc; LibreOffice
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows Microsoft Office браузер Acrobat reader DC

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции/подкомпетенции **ПК-1. ФВ** Способен разрабатывать верификационный план, функциональные тесты и элементы среды верификации моделей интегральной схемы и ее составных блоков».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: [HTTP://ORIOKS.MIET.RU/](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.

11.2. Система контроля и оценивания

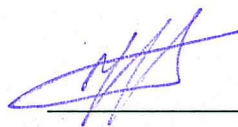
Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 75 баллов) и сдача зачета (25 баллов).

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

РАЗРАБОТЧИКИ:

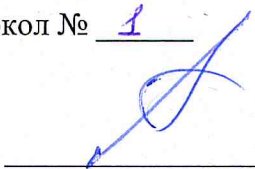
Преподаватель Института ИнЭл, к.т.н.



/К.А. Жезлов/

Рабочая программа дисциплины «Функциональная верификация» по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность (профиль) «Программные средства САПР сверхбольших интегральных схем и систем на кристалле» разработана в Институте ИнЭл и утверждена на заседании Ученого совета Института ИнЭл 06 09 2024 года, протокол № 1

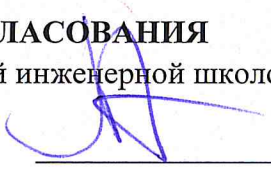
Директор Института ИнЭл

 /В.В. Лосев/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ

 /А.Л. Переверзев /

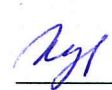
Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 /И.М. Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

 /Т.П. Филиппова/