

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович  
Должность: И.О. Ректора  
Дата подписания: 23.06.2025 12:25:24  
Уникальный программный ключ:  
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

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

«23.06.2025» 2024 г.

М.П.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Функциональная верификация»

Направление подготовки – 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»  
Направленность (профиль) – «Вычислительные системы и электронная компонентная база»

Программа разработана в Передовой инженерной школе  
«Средства проектирования и производства электронной компонентной базы»

Москва 2024 г.

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Компетенция ПК-3 Способен осуществлять функциональную верификацию и разрабатывать тесты функционального контроля интегральных схем с применением UVM методологии, сформулирована на основе профессионального стандарта 40.019 «Специалист по функциональной верификации и разработке тестов функционального контроля наноразмерных интегральных схем»

**Обобщенная трудовая функция С (7)** Выполнение работ по верификации моделей интегральной схемы и ее составных блоков

**Трудовая функция С/01.7** Разработка верификационных планов для ИС и составляющих ее СФ-блоков

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-3.ФВ Способен осуществлять функциональную верификацию и разрабатывать тесты функционального контроля интегральных схем	Проектирование интегральных схем и систем на кристалле на системном, функциональном, логическом и физическом уровнях описания; обеспечение качества и соответствия моделей всех уровней абстракции СнК заявленным спецификациям и характеристикам, подтверждение заявленных функциональных и электрических параметров изготовленных ИС	<b>Знания:</b> ООП в SystemVerilog, SystemVerilog Assertions, SystemVerilog функциональное покрытие. <b>Умения:</b> Проектирование верификационных окружений на SystemVerilog с применением ООП. <b>Опыт:</b> Проектирование верификационных окружений на SystemVerilog с применением ООП.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине – базовые знания цифровой схемотехники, базовые знания SystemVerilog.

## 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	4	144	16	32	-	60	Экз (36)

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
<b>Модуль 1.</b> System Verilog типы данных	2	4	-	16	Входное тестирование Защита ЛР
<b>Модуль 2.</b> SystemVerilog и параллельные процессы.	2	4	-	16	Защита ЛР Проверка выполнения индивидуального задания
<b>Модуль 3.</b> ООП в SystemVerilog.	2	4	-	16	Защита ЛР Проверка выполнения индивидуального задания
<b>Модуль 4.</b> SystemVerilog и ограничения рандомизации.	2	4	-	16	Защита ЛР Проверка выполнения индивидуального задания
<b>Модуль 5.</b> SystemVerilog Assertions, часть 1.	2	4	-	16	Защита ЛР Проверка выполнения индивидуального задания
<b>Модуль 6.</b> SystemVerilog Assertions, часть 2.	2	4	-	16	Защита ЛР Проверка выполнения индивидуального задания
<b>Модуль 7.</b> SystemVerilog функциональное покрытие, часть 1.	2	4	-	16	Защита ЛР Проверка выполнения индивидуального задания
<b>Модуль 8.</b> SystemVerilog функциональное покрытие, часть 2.	2	4	-	16	Итоговое тестирование Защита ЛР Проверка выполнения индивидуального задания

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	System Verilog типы данных
2	2.	2	SystemVerilog и параллельные процессы
3	3	2	ООП в System Verilog
4	4	2	System Verilog и ограничения рандомизации
5	5	2	System Verilog Assertions, часть 1
6	6	2	System Verilog Assertions, часть 2
7	7	2	System Verilog функциональное покрытие, часть 1
8	8	2	System Verilog функциональное покрытие, часть 2

#### 4.2. Практические занятия

*Не предусмотрены*

#### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Ввод по типам данных; Queue, array, open array; Typedef; Mailbox; Package; For, foreach; Mult.-dim. array Interface; Static cast;
	2	4	Таски, функции, программы. Параллельные процессы, примитивы синхронизации, автоматические переменные и таски. Task, function; Отличия task и function; Как передавать аргументы (дефолтные аргументы сюда же); Pass by value, by reference (и когда нужно ref); Typedef + function; Fork join (any, none); Disable fork (что делает, как безопасно использовать (обертка)); Automatic с примерами;

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
			Automatic и package; Event, semaphore(?), wait
	3	4	Классы, наследование. Пример тестбенча простого блока на объектах ООП (принципы и их реализация в SV); Virtual function, class (abstract class; Pure; Static; Typedef class; Class + package; Copy (shallow, deep); Interface base class (сложновато, но надо); \$cast() (dynamic casting);
	4	4	Управление рандомизацией (распределения, связанные ограничения, переопределение ограничений, рандомизация в классе) Std::randomize(); Class.randomize(); Идентификатор rand; Rand mode; Post, pre – randomize(); Constraints; With, foreach; Array randomization; If(!randomize); Constraint solver (принцип работы); Ф-ии в констрейнах; Аргументы ф-ий в констрейнах; Особенности рандомизации shallow copy; Constraint debug (tool specific!).
	5	4	SVA (простейшие операторы и последовательности) типовые ассерты
2	6	4	SVA (библиотека последовательностей, включение/выключение)
	7	4	Покрытие (сквозная разработка тестбенча для простого блока?) Covergroup, coverpoint; Bins, ф-ии в bins; Embedded covergroup; Class wrapper;
	8	4	Overcoverage (2**32 значений для int, как пример); Разные хитрости; Cross coverage;

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
			With function sample; Аргументы конструктора covergroup; Constraints + coverage;

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	4	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов на темы лекций.
	4	Выполнение самостоятельного индивидуального задания
	8	Подготовка к защите ЛР
2	4	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов на темы лекций.
	4	Выполнение самостоятельного индивидуального задания
	8	Подготовка к защите ЛР
3	4	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов на темы лекций.
	4	Выполнение самостоятельного индивидуального задания
	8	Подготовка к защите ЛР
4	4	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов на темы лекций.
	4	Выполнение самостоятельного индивидуального задания
	8	Подготовка к защите ЛР
5	4	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов на темы лекций.
	4	Выполнение самостоятельного индивидуального задания
	8	Подготовка к защите ЛР
6	4	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов на темы лекций.
	4	Выполнение самостоятельного индивидуального задания
	8	Подготовка к защите ЛР
7	4	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов на темы лекций.
	4	Выполнение самостоятельного индивидуального задания

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
	8	Подготовка к защите ЛР
8	4	Самостоятельное изучение дополнительной литературы и электронных ресурсов на темы лекций.
	4	Выполнение самостоятельного индивидуального задания
	4	Подготовка к тестированию
	4	Подготовка к защите ЛР

#### 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/>):

- Учебно методические рекомендации по дисциплине
- Ссылки на литературу по всей дисциплине
- Варианты заданий для экзамена.

### 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Литература

Логическое проектирование на System Verilog / 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: 01.12.2024). - ISBN 978-5-97060-619-3 : 0-00. - Текст : электронный.

#### Периодические издания

Актуальные проблемы информатизации в цифровой экономике и научных исследованиях. IV. Научно-практическая конференция с международным участием: тезисы докладов. – М. : МИЭТ, 2023. – 232 с.

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

1. IEEE/IEE Electronic Library (IEL) [Электронный ресурс] = IEEE Xplore : Электронная библиотека. - USA ; UK, 1998-. - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения : 10.12.2024). - 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: 10.12.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ

3. Юрайт : Электронно-библиотечная система: образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения: 10.12.2024); Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

4. eLIBRARY.RU : Научная электронная библиотека: сайт. - Москва, 2000 -. - URL: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 10.12.2024). - 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, в частности за счет использования онлайн тестирования, 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 формах тестирования в ОРИОКС и MOODLe.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются внешние электронные ресурсы в формах: внешних онлайн-курсов: <https://github.com/MPSU/DT-FVB>.

## 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 прототипирования и тестирования ИУС	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ.	Git for Windows, MinGW QuestaSim
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и	Операционная система Microsoft Windows Microsoft Office

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
	обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	браузер Acrobat reader DC

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

ФОС по подкомпетенции **ПК-3.ФВ** «Способен осуществлять функциональную верификацию и разрабатывать тесты функционального контроля интегральных схем»

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// <https://orioks.miet.ru/>

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **11.1. Особенности организации процесса обучения**

Материал представлен 2 модулями. В первом модуле рассматриваются инструменты разработчика ПО: Unix-оболочка, GNU Compiler Collection, система контроля версий git. Во втором модуле изучается принцип работы RTL-симулятора, архитектура верификационного окружения RTL-проектов.

Защита лабораторной работы проходит в устной форме. Защита состоит из рассказа обучающегося о выполненной работе и его ответов на дополнительные вопросы преподавателя.

Для закрепления полученных знаний и в качестве практической составляющей подготовки студентов, ими выполняется итоговое индивидуальное задание по тематике курса. Самостоятельное задание может выполняться как аудиторно (в аудитории для самостоятельной подготовки) так и дома, но без помощи преподавателя и выполняются каждым студентом индивидуально. По завершению обучения проводится представление результатов выполнения итогового индивидуального задания, оно может проводиться как на лабораторных работах, так и дистанционно (путем общения с преподавателем по средствам электронной связи). Критерием оценки самостоятельных работ является совокупность данных, реализованных и продемонстрированных в каждом конкретном случае.

Полученные знания на лекциях, а также на лабораторных работах, используются студентами при выполнении индивидуального задания, а также написании выпускных квалификационных работ. Опыт, полученный студентами при выполнении лабораторных работ, несомненно, пригодится при работе по специальности.

### **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 экзамена (25 баллов).

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

**РАЗРАБОТЧИКИ:**

Старший преподаватель Института МПСУ \_\_\_\_\_ / А.П. Солодовников/

Ассистент Института МПСУ \_\_\_\_\_ / С.А. Чусов/

Рабочая программа дисциплины «Функциональная верификация» по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», направленность (профиль) «Вычислительные системы и электронная компонентная база» разработана в Институте МПСУ и утверждена на заседании Ученого совета Института МПСУ «30» августа 2024 года, протокол № 13

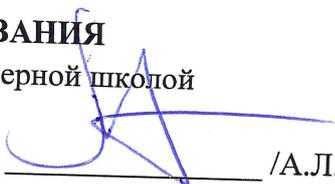
Зам. директора Института МПСУ по ОД

 /Д.В. Калеев /

### 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 /