

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Механико-математический факультет

**УТВЕРЖДАЮ**
декан механико-
математического факультета
_____/А.И.
Шафаревич /
«_14_»_октября_2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Инструментарий разработки интегральных схем

Уровень высшего образования:

магистратура

Направление подготовки / специальность:

02.04.01 "Математика и компьютерные науки" (3++)

Направленность (профиль)/специализация ОПОП:

Интеллектуальные системы. Теория и приложения

Форма обучения:

очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании Ученого совета механико-математического факультета
(протокол № 7 от 14 октября 2021 года)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 02.04.01 "Математика и компьютерные науки" программы магистратуры в редакции приказа МГУ от _____20__ г.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

дисциплина относится к блоку профессиональной подготовки вариативной части ОПОП ВО.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть):

Для того чтобы изучение дисциплины было возможно, обучающийся должен иметь представление об основных понятиях теории автоматов и иметь навыки программирования на C++.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
Содержание и код компетенции.	Индикатор (показатель) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с индикаторами достижения компетенций
ПК-4. Способен адаптировать и применять методы и алгоритмы машинного обучения для решения прикладных задач в различных предметных областях	ПК-4.1. Ставит задачи по адаптации или совершенствованию методов и алгоритмов для решения комплекса задач предметной области	ПК-4.1. З-1. Знает классы методов и алгоритмов машинного обучения ПК-4.1. У-1. Умеет ставить задачи и адаптировать методы и алгоритмы машинного обучения
ПК-7. Способен руководить проектами по созданию комплексных систем на основе аналитики больших данных в различных отраслях со стороны заказчика	ПК-7.1. Руководит проектами по построению комплексных систем на основе аналитики больших данных в различных отраслях со стороны заказчика	ПК-7.1. З-1. Знает методологию и принципы руководства проектами по созданию, поддержке и использованию комплексных систем на основе аналитики больших данных со стороны заказчика ПК-7.1. З-2. Знает специфику сфер и отраслей, для которых реализуется проект по аналитике больших данных ПК-7.1. У-1. Умеет решать задачи по руководству коллективной проектной деятельностью для создания, поддержки и использования комплексных систем на основе аналитики больших данных со стороны заказчика ПК-7.1. У-2. Умеет выявлять небольшие по масштабу проекты аналитики, которые потенциально могут представлять интерес для ряда подразделений / служб или для организации в целом ПК-7.1. У-3. Умеет выявлять области деловой деятельности, которые потенциально могут получить отдачу от аналитики

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе 48 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 60 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося			Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы		
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа			
Тема 1. Основные понятия теории автоматов применительно к синтезу интегральных систем	2	2	3	7	опрос
Тема 2. Языки описания схем. Основные понятия	5	5	13	23	решение задач
Тема 3. Библиотека CA_MODEL	5	5	13	23	решение задач
Тема 4. Реализация простейших аппаратных модулей	5	5	13	23	решение задач
Тема 5. Реализация шифратора Магма	7	7	18	32	решение задач
Другие виды самостоятельной работы (отсутствуют)	—	—			—
Промежуточная аттестация (экзамен)					
Итого	24	24	60	108	—

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Тема 1. Основные понятия теории автоматов применительно к синтезу интегральных систем	Понятие конечного автомата. Способы представления конечного автомата. Задача синтеза автомата. Примеры синтеза простых автоматов. Представление решения в виде схем. Представление смех в виде программ.
2.	Тема 2. Языки описания схем. Основные понятия	Уровень регистровых передач (RTL). Основные концепции. Тактовый сигнал (Clock). Регистры (Flip-Flop). Языки описания схем verilog и vhdl. Синтаксис. Verilog: wire, reg, блок always, assign, основные операторы. Vhdl: signal, блок process, основные операторы. Понятие аппаратного модуля. Интерфейс аппаратного модуля. Тактовый сигнал. Понятие регистра (задержки). Понятие комбинационной логики.
3.	Тема 3. Библиотека CA_MODEL	Библиотека CA Model, назначение, основные возможности. Синтаксис CA Model. Создание CA модулей на примере BUS_DECODER + FIFO. Тестирование модуля с помощью Driver. Тестирование модуля с помощью selfTest. Базовые классы библиотеки. CA_ITEM, DataItem, TypedItem, TypedWire, TypedReg, Expression, E. Класс CA_MODEL. Методы init, compute, reset, Test, genVerilog. Автоматическая генерация Verilog, генерация параметров модулей.
4.	Тема 4. Реализация простейших аппаратных модулей	Создание CA модулей на примере BUS_DECODER + FIFO. Примеры описания модулей. Модуль вычисления среднего AVERAGE. Оптимизированная версия BUS_DECODER. Использование модуля RU_MEMORY для реализации задержки. Отладочная печать. Форматы txt, vcd. Иерархия модулей. Автоматическая оценка аппаратной сложности модулей в CA Model.
5.	Тема 5. Реализация шифратора Магма	Реализация модуля шифрования Магма на языке CA Model. Базовые модули. Алгоритм верхнего уровня и инициализация. Отладка модулей на примере модуля Магма.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Примеры заданий для практических занятий

1. Описать автомат, на вход которого поступает последовательность из нулей и единиц, а на выходе появляется число, равное сумме по модулю 2 последних трех поступивших символов. Описание дать в виде системы канонических уравнений, диаграммы Мура и автоматной схемы.
2. Предположим, что имеется чиновница, которая принимает посетителей и визирует их документы. Если чиновница находится в добром расположении духа и посетитель говорит ей комплимент, то она ставит свою визу. Если же посетитель не говорит ей комплимент, то она не ставит свою визу и при этом впадает в недоброе расположение духа, и чтобы вернуться обратно в доброе расположение духа надо, чтобы три посетителя подряд сказали ей комплименты. В недобром расположении духа она не ставит свою визу, даже если посетитель говорит комплимент. Построить автомат, реализующий описанную чиновницу, в виде канонических уравнений, диаграммы Мура и автоматной схемы.
3. Пусть входная последовательность представляет собой последовательность нулей и единиц. Построить автомат, который при наличии во входной последовательности трех одинаковых символов меняет последний из этих символов на его отрицание, а во всех остальных случаях сохраняет входную последовательность. Описание автомата дать в виде системы канонических уравнений, диаграммы Мура и автоматной схемы.
4. Построить автомат, распознающий наличие во входной последовательности слов из множества {110, 001, 0010} и выдающий на выходе единицу в точности в те моменты, когда на входе появляется последняя буква одного из этих слов. Предполагается, что входная и выходная последовательности состоят только из нулей и единиц.
5. Реализовать аппаратный модуль на языке Verilog или CA_MODEL:
 1. crc16 serial - последовательность поступает по 1 биту, требуется посчитать crc16 последовательности
in START [1]
in DATA [1]
out RES [16]
 2. crc16 parallel - последовательность поступает по 1 байту, требуется посчитать crc16 последовательности
in START [1]
in DATA [8]
out RES [16]
 3. crc32 parallel - последовательность поступает по 1 байту, требуется посчитать crc32 последовательности
in START [1]
in DATA [8]
out RES [32]
 4. lfsr_serial - Регистр сдвига с линейной обратной связью, точки обратной связи задаются параметром-массивом a[i] размерности d
in IN[d]

in LOAD[1]
out OUT [1]

5. hibit - вычислить номер старшего бита двоичного числа. Номер выдавать также в виде двоичного числа

in IN [w]
out OUT [$\log_2(w)$]

6. count_bits - посчитать число единичных бит в входном векторе. Результат выдавать в виде двоичного числа

in IN [w]
out OUT [$\log_2[w]$]

7. add_saturate - сложение двух чисел с сатурацией (при переполнении на выходе должен быть maxval)

in IN1 [w]
in IN2 [w]
out OUT [w]

8. div_const - деление на константу с - параметр модуля

in IN [w1]
out OUT [w2]

9. shift_left - сдвиг влево

in IN [2^s]
in SHIFT [s]
out OUT

10. cshift_left - циклический сдвиг влево

in IN [2^s]
in SHIFT [s]
out OUT

11. shift_right - сдвиг влево

in IN [2^s]
in SHIFT [s]
out OUT

12. cshift_right - циклический сдвиг влево

in IN [2^s]
in SHIFT [s]
out OUT

13. gray_counter - генерирует последовательность gray кода (каждый такт после START выдает следующее значение, начинает с 00..0)
in START [1]
out OUT [w]
14. average - вычисляет среднее арифметическое последних 2^k поданных чисел (k - параметр)
in RESET [1]
in PUSH [1]
in IN [w]
out OUT [w]

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине, критерии и шкалы оценивания

Программа экзамена:

1. Понятие конечного автомата. Способы представления конечного автомата.
2. Задача синтеза автомата. Примеры синтеза простых автоматов.
3. Уровень регистровых передач (RTL). Основные концепции. Тактовый сигнал (Clock). Регистры (Flip-Flop).
4. Языки описания схем verilog и vhdl. Синтаксис. Verilog: wire, reg, блок always, assign, основные операторы. Vhdl: signal, блок process, основные операторы.
5. Понятие аппаратного модуля. Интерфейс аппаратного модуля. Тактовый сигнал. Понятие регистра (задержки). Понятие комбинационной логики.
6. Библиотека CA Model, назначение, основные возможности. Синтаксис CA Model.
7. Создание CA модулей на примере BUS_DECODER + FIFO.
8. Тестирование модуля с помощью Driver.
9. Тестирование модуля с помощью selfTest.
10. Базовые классы библиотеки. CA_ITEM, DataItem, TypedItem, TypedWire, TypedReg, Expression, E.
11. Класс CA_MODEL. Методы init, compute, reset, Test, genVerilog.
12. Автоматическая генерация Verilog, генерация параметров модулей.
13. Примеры описания модулей. Модуль вычисления среднего AVERAGE. Оптимизированная версия BUS_DECODER.

14. Реализация модуля шифрования Магма на языке СА Model. Базовые модули.
15. Реализация модуля шифрования Магма на языке СА Model. Алгоритм верхнего уровня и инициализация.
16. Отладка модулей на примере модуля Магма.
17. Использование модуля RU_MEMORY для реализации задержки.
18. Отладочная печать. Форматы txt, vcd.
19. Иерархия модулей. Автоматическая оценка аппаратной сложности модулей в СА Model.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
виды оценочных средств				
Знания (виды оценочных средств: опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: выполнение и защита курсовой работы, отчет по практике, отчет по НИР и т.п.)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Перечень основной и дополнительной учебной литературы:

- 1) Кудрявцев В.Б., Гасанов Э.Э., Подколзин А.С. Теория интеллектуальных систем: в 4 кн. Книга четвертая. Теория автоматов. – М.: Издательские решения. 2018. – 302 с. – ISBN 978-5-4493-5160-9 (т. 4), ISBN 978-5-4493-5157-9.
- 2) А.К. Поляков Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры – М., Солон-Пресс, 2003.
- 3) С. Емец Verilog – инструмент разработки цифровых электронных схем. Компоненты и технологии, 2001.
- 4) Thomas Moorby, The Verilog Hardware Description Language, 5 th Ed, Kluwer, 2002.
- 5) Lilja Sapatnekar, Designing Digital Computer Systems with Verilog, Cambridge, 2005.
- 6) Doug Williams, Digital VLSI Design with Verilog, Springer, 2008.
- 7) Samir Palnitkar, Verilog HDL: A Guide to Digital Design and Synthesis, 2 nd Edition, Prentice-Hall, 2003.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства нет

7.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем нет

7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://intsys.msu.ru/>
2. <http://intsys.msu.ru/science/books/>
3. https://fermi.intsys.msu.ru/hw_tools

7.5. Описание материально-технического обеспечения.

Аудитории для проведения лекционных занятий с проекторами и с выходом в интернет.

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

9. Разработчик (разработчики) программы.

д.ф.-м.н., проф. Э.Э.Гасанов.

к.ф.-м.н., м.н.с. Ю.С.Шуткин