

**Программа учебной дисциплины**  
**«Программное обеспечение автоматизированных систем»**

Утверждена  
Академическим советом ОП<sup>1</sup>  
Протокол № 3 от  
29.08.2019 г.

Разработчик	Романов А.Ю., к.т.н., доцент ДКИ МИЭМ НИУ ВШЭ, <a href="mailto:a.romanov@hse.ru">a.romanov@hse.ru</a>
Число кредитов	7
Контактная работа (час.)	80
Самостоятельная работа (час.)	186
Курс, Образовательная программа	4 курс Информатика и вычислительная техника
Формат изучения дисциплины	Без использования онлайн курса

**1. Цель, результаты освоения дисциплины и пререквизиты**

Целями освоения дисциплины «Программное обеспечение автоматизированных систем» являются:

- приобретение теоретических и практических навыков по разработке, проектированию и программированию автоматизированных цифровых систем (портативных систем, систем управления и контроля, видео-/аудио-систем и пр.). При этом акцент в данной дисциплине сделан на программную составляющую автоматизированных систем и разработку программного обеспечения для них;
- изучение особенностей языка программирования и верификации цифровых систем SystemVerilog и интерфейса DPI;
- изучение применения Искусственного интеллекта в автоматизированных системах;
- изучение использования современных библиотек OpenCV, OpenCL для проектирования автоматизированных систем;
- изучение использования различных аппаратных платформ (одноплатных компьютеров, ПЛИС и др.) и особенностей разработки ПО под них для проектирования автоматизированных систем;
- изучение особенностей проектирования многопроцессорных систем и разработки ПО для них.

В результате освоения дисциплины студент должен:

- Знать:
  - подходы к описанию и верификации цифровых систем;
  - аппаратное устройство ПЛИС и одноплатных компьютеров и основы проектирования систем на кристалле;
  - принципы проектирования многоядерных систем;
  - методы программирования автоматизированных систем;

---

<sup>1</sup> Для ПУД из общеуниверситетского пула – Руководитель Департамента.

- особенности применения библиотек OpenCV, OpenCL для проектирования автоматизированных систем.
- Уметь:
  - вести разработку программной части автоматизированной системы с применением современных методов Искусственного интеллекта, библиотек обработки медиа-данных и проектирования гетерогенных многоядерных вычислительных систем.
- Иметь навыки (приобрести опыт):
  - синтеза процессорных ядер MIPS, Nios II, ARM (HPS) и их программирования;
  - работы в ОС реального времени для встраиваемых систем;
  - проектирования в специализированном программном обеспечении Intel Quartus Prime;
  - работы в среде моделирования ModelSim и проектирования/верификации цифровых систем на языке SystemVerilog совместно с высокоуровневыми языками с использованием интерфейса DPI.
  - разработки под чипы Intel FPGA и платформу OpenVINO, а также Raspberry PI.

### **Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Настоящая дисциплина относится к циклу математических и естественнонаучных дисциплин и блоку дисциплин, обеспечивающих профессиональную подготовку.

Для специализации «Системы автоматизированного проектирования», настоящая дисциплина является базовой.

Изучение данной дисциплины базируется на знании студентами основ программирования и электроники, полученных в ходе обучения на 1, 2 и 3 курсах.

Для освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- знание языка программирования C++;
- знание базовых алгоритмов и структур данных, ООП и процедурного программирования;
- иметь опыт работы в конструкторских САПР и САПР для проектирования электронных схем;
- иметь базовые навыки проектирования в САПР Intel Quartus Prime и ModelSim;
- знание основ языка Verilog;
- знание основ устройства MIPS процессоров.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

- Б.3.В.3-4** Проектирование интерфейсов для САПР.
- Б.3.В.7** Проектирование информационных систем.
- Б.3.В.9.1** Микропроцессорные системы.
- Б.3.В.10.1** Интеллектуальные подсистемы САПР.

## 2. Содержание учебной дисциплины

№	Название раздела	Все го час ов	Аудиторные часы			Самостоятельн ая работа
			Лекци и	Семинар ы	Практическ ие занятия	
1	Место дисциплины в образовательном треке студента и его будущей карьере	10	2			8
2	Особенности проектирования программного обеспечения для автоматизированных систем (ПО АС)	10	2			8
3	Особенности реализации ИНС на уровне аппаратуры	22	2		12	8
4	Высокоуровневая программная верификация цифровых систем	66	10		8	48
5	Разработка ПО для одноплатных компьютеров	24	4		6	14
	Выполнение домашнего задания	14				14
6	OpenCL и OpenCV для проектирования ПО АС	34	6		6	22
7	Разработка и программирование гетерогенных многоядерных систем	74	14		8	52
	Подготовка к экзамену (итоговому контролю)	12				12
	Итого	266	40		40	186

## Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	4 год			Департамент	Параметры
		1	2	3		
Текущий (неделя)	Домашнее задание		14		ДКИ	Индивидуальное задание или групповое задание
Итоговый	Экзамен			*	ДКИ	Решение задачи на компьютере 30 минут. Защита работы.

Формы и методы проведения лекционных занятий предусматривают изложение материала с использованием презентаций, а также оперативный контроль усвоения знаний путем письменного и устного опроса при необходимости.

При защите практических работ и домашних заданий предусмотрено оформление и защита отчета. Форма отчета приведена в методических рекомендациях по выполнению практических работ. Преподаватель обсуждает со студентом полученные результаты, проверяет правильность оформления отчета и требует от студента демонстрации выполнения отдельных частей работы и ответы на вопросы по работе.

### 1. Вводная лекция. Место дисциплины в образовательном треке студента и его будущей карьере

#### **Лекции**

1. Вводная лекция. Место дисциплины в образовательном треке студента и его будущей карьере (2 часа)

#### **Самостоятельная работа**

Подготовка к лекциям и практическим работам. Освоение программного обеспечения. Выполнение этапов домашней работы.

### 2. Особенности проектирования программного обеспечения для автоматизированных систем (ПО АС)

#### **Лекции**

1. Особенности проектирования программного обеспечения для автоматизированных систем (ПО АС) (2 часа)

#### **Самостоятельная работа**

Подготовка к лекциям и практическим работам. Освоение программного обеспечения. Выполнение этапов домашней работы.

### 3. Особенности реализации ИНС на уровне аппаратуры.

Содержание тем

#### **Лекции**

1. Типы ИНС. Области применения ИНС. CNN. Инструменты для создания и ИНС. Особенности аппаратной реализации ИНС. Специализированные чипы для разработки проектов с ИНС (2 часа).

#### **Самостоятельная работа**

Подготовка к лекциям и практическим работам. Освоение программного обеспечения. Выполнение этапов домашней работы.

4. Высокоуровневая программная верификация цифровых систем.

Содержание тем

#### **Лекции**

1. SystemVerilog, отличия от Verilog HDL. Типы данных в SystemVerilog, специализированные конструкции. (2 часа)
2. ООП в SystemVerilog. (2 часа)
3. Инструменты assertion в SystemVerilog. (2 часа)
4. Совместная верификация с языками высокого уровня. Интерфейсы PLI/VPI и DPI. Косимуляция. (4 часа)

#### **Самостоятельная работа**

Подготовка к лекциям и практическим работам. Освоение программного обеспечения. Выполнение этапов домашней работы.

5. Разработка ПО для одноплатных компьютеров.

Содержание тем

#### **Лекции**

1. Одноплатные компьютеры: отличия от ПЛИС, ПК, серверных решений и облачных платформ. Особенности применения одноплатных компьютеров для разработки автоматизированных систем. (2 часа)
2. Программирование одноплатных компьютеров. ОС для встраиваемых систем. Особенности организации низкоуровневого взаимодействия системного и пользовательского ПО с аппаратной частью встраиваемой системы. (2 часа)

#### **Самостоятельная работа**

Подготовка к лекциям и практическим работам. Освоение программного обеспечения. Выполнение этапов домашней работы.

6. OpenCL и OpenCV для проектирования ПО АС.

Содержание тем

#### **Лекции**

1. OpenCL для проектирования гетерогенных многоядерных систем и встраиваемых систем. (4 часа)
2. OpenCV для обработки медиа-данных в прикладном ПО для встраиваемых автоматизированных систем. (2 часа)

#### **Самостоятельная работа**

Подготовка к лекциям и практическим работам. Освоение программного обеспечения. Выполнение этапов домашней работы.

## 7. Разработка и программирование гетерогенных многоядерных систем.

Содержание тем

### **Лекции**

1. Понятие системы на кристалле. Место систем на кристалле в проектировании автоматизированных систем. Понятие многоядерной гетерогенной системы. Понятие сети на кристалле. (2 часа)
2. Системные шины. Подсистемы связи в сетях на кристалле. Синхронные и асинхронные цифровые системы. Методы организации передачи сетевого трафика в сетях на кристалле. (4 часа)
3. Топологии сетей на кристалле. Проекция графа вычислительной задачи на сеть на кристалле. Методы арбитража трафика. (2 часа)
4. Типы сетевого трафика в сетях на кристалле. Методы обеспечения QoS. (2 часа)
5. Верификация сетей на кристалле. Моделирование сетей на кристалле. Высокоуровневые и HDL модели сетей на кристалле. Наиболее известные модели сетей на кристалле. (2 часа)
6. Разработка ПО для работы в многоядерных системах на кристалле. (2 часа)

### **Самостоятельная работа**

Подготовка к лекциям и практическим работам. Освоение программного обеспечения. Выполнение этапов домашней работы.

### **Лабораторный практикум**

#### **1 модуль**

1. Проектирование аппаратной реализации нейронной сети на ПЛИС.
2. Реализация нейронной сети MobileNet на ПЛИС.

#### **2 модуль**

3. Верификация HDL проектов. DPI, PLI/VPI.
4. Проектирование автоматизированных систем с использованием Raspberry Pi.

#### **3 модуль**

5. Знакомство с OpenCL.
6. Проектирование многопроцессорных систем на ПЛИС.

### **Семинарские занятия**

Не предусмотрены.

### **3. Оценивание**

Преподаватель оценивает работу студентов и усвоение материала лекций, выполнение лабораторных работ и своевременность защиты отчетов (при сдаче отчетов после дедлайна, результирующая оценка снижается). Все эти виды работ влияют на оценку промежуточного контроля.

Накопленная оценка по 10-ти балльной шкале за работу на практических занятиях определяется перед промежуточным или итоговым контролем – *Оаудиторная*.

Накопленная оценка за текущий контроль учитывает результаты студента по текущему контролю следующим образом:

$$O_{\text{накопленная}} = 0,2 \cdot O_{\text{текущий}} + 0,8 \cdot O_{\text{аудиторная}}$$

где  $O_{\text{текущий}}$  составляет оценку за домашнюю работу (от 0 до 10 баллов):

$$O_{\text{текущий}} = O_{\text{д/з}}$$

Работа на экзамене оценивается по 10-ти балльной шкале. На экзамене студент может получить дополнительный вопрос, ответ на который оценивается в 1 балл.

Результирующая оценка за дисциплину рассчитывается следующим образом:

$$O_{\text{результатирующая}} = 0,8 \cdot O_{\text{накопленная}} + 0,2 \cdot O_{\text{экзамен}}$$

В диплом выставляется оценка  $O_{\text{результатирующая}}$ .

Способ округления результирующей оценки по учебной дисциплине: арифметический.

#### **Условия для отсутствующих по болезни или уважительной причине**

Наличие справки по болезни освобождает от штрафов при наступлении дедлайна при оценке практических работ. Остальные вопросы решаются в индивидуальном порядке по согласованию с преподавателем. Наличие уважительной причины не освобождает студента от сдачи пропущенных практических работ и промежуточного/итогового контроля.

Блокирующие элементы отсутствуют.

## **4. Примеры оценочных средств**

### **Тематика заданий текущего контроля**

Индивидуальные задания по выполнению практических работ сформулированы в методических указаниях.

В первом модуле студенты выполняют домашнее задание, которое оценивается по 10-балльной шкале. Критерии оценивания работы и баллы за выполнение задания приведены ниже.

### **Примеры заданий промежуточного / итогового контроля**

Приведены примеры заданий промежуточного и итогового контроля, а также сформулированы критерии их оценивания.

## Домашнее задание (2 модуль)

### Задание и критерии оценивания

**Задача.** Разработка программного обеспечения для автоматизированной системы на основе одноплатного компьютера/ПЛИС.

Задание состоит в разработке автоматизированной системы и программного обеспечения для нее на основе ПЛИС или одноплатного компьютера. Разрабатываемая система должна быть обеспечена внешней периферией и датчиками и осуществлять автоматизированное управление. Оценивается: успешность реализации системы (3 балла), код программы (должен быть документирован), схема устройства и файлы проекта (загружаются на git, 4 балла), мануал описывает работу системы, имеет четкую и понятную структуру, оформлен по ГОСТ (3 балла).

Подробное описание задания дано в методических рекомендациях к работе.

## Экзамен (3 модуль)

### Задание и критерии оценивания

**Задача.** Разработка тестового окружения для верификации цифровой системы с использованием SystemVerilog DPI.

Для решения задачи на компьютере необходимо используя Quartus Prime / Modelsim + SystemVerilog DPI спроектировать тестовое окружение для верификации цифровой системы (например, АЛУ, сдвигового регистра и т.п.). Оценивается: правильность полнота тестового окружения (3 балла), корректность и оптимальность кода (3 балла), правильность и полнота созданных Вейвформ и отчетов тестирования (3 балла), полнота комментариев к коду (1 балла).

**Блокирующие элементы не предусмотрены.**

## 5. Ресурсы

### 5.1. Рекомендуемая основная литература

№п/п	Наименование
1	Основным материалом, используемым при изучении курса, являются презентации лекций и методические указания к лабораторным работам.

### 5.2. Рекомендуемая дополнительная литература

№п/п	Наименование
1	Харрис, Д.М., Харрис, С.Л. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера / Д.М. Харрис, С.Л. Харрис. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 772 с.



2	Томас Д. Логическое проектирование и верификация систем на SystemVerilog / М.: ДМК Пресс, 2019. – 384 с.
3	Altera Educational Materials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="https://www.altera.com/support/training/university/materials.html">https://www.altera.com/support/training/university/materials.html</a> (дата обращения: 30.08.2019 г.).
4	Мануалы технические описания к отладочным платам MAX 10 NEEK/MAX 10 Plus, De1-SoC, De10-Standard, DE10-nano, DE10-Lite, C5P (Open Vino), Raspberry Pi.
5	1800–2012 – IEEE Standard for SystemVerilog – Unified Hardware Design, Specification, and Verification Language. – NY: The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2012.

### 5.3. Программное обеспечение

№п/п	Наименование	Условия доступа/скачивания
1	<i>Quartus Prime 15.1 (включая Modelsim AE, Qsys, Qsys IDE)</i>	<i>из внутренней сети университета</i>

5.4. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

№п/п	Наименование	Условия доступа/скачивания
1	<a href="https://marsohod.org/">https://marsohod.org/</a>	Свободный доступ
2	<a href="https://www.intel.com/content/www/us/en/programmable/downloads/download-center.html">https://www.intel.com/content/www/us/en/programmable/downloads/download-center.html</a>	Свободный доступ
3	<a href="https://www.altera.com/support/training/university/materials.html">https://www.altera.com/support/training/university/materials.html</a>	Свободный доступ

### 5.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При проведении лекций и семинаров используется аудитория, оборудованная проектором для отображения презентаций. Необходимым программным обеспечением является MS PowerPoint и Prezi.

Для проведения лекций, семинаров и лабораторных работ на компьютерах должны быть установлены САПР Quartus Prime, Modelsim. Для проведения лабораторных работ используются ресурсы УПЛ САПР (отладочные комплекты, платы расширения, осциллографы, вспомогательное оборудование и пр.).

## 6. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

6.1.1. для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); индивидуальные задания и консультации.

6.1.2. для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные задания и консультации.

6.1.3. для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

## **7. Дополнительные сведения**

Все презентации лекций, задания, результаты обучения, статистика по домашним работам и другие материалы размещаются в Google Classroom на корпоративном домене МИЭМ ВШЭ.