



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ НА КРИСТАЛЛАХ***

Направление подготовки (специальность)

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль/специализация) программы

Промышленная электроника Индустрии 4.0

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения

очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроники и микроэлектроники
Курс	1
Семестр	2

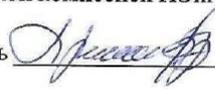
Магнитогорск  
2023 год

Программа практики/НИР составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и микроэлектроника (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 959)

Программа практики/НИР рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Электроники и микроэлектроники  
17.01.2023 г. протокол №5

Зав. кафедрой  Д.Ю. Усатый

Программа практики/НИР одобрена методической комиссией ИЭиАС  
10.02.2023 г. Протокол № 7

Председатель  В.Р. Храмшин

Программа составлена:

доцент кафедры ЭиМЭ, канд.техн.наук  Н.В. Швидченко

Рецензент:

директор СЦ ООО "ТЕХНОАП Инжиниринг" канд. техн. наук  Е.С. Суспицын

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Д.Ю. Усатый

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Электроники и микроэлектроники

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Д.Ю. Усатый

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Изучение основ проектирования систем на кристалле, формирование умений использования технологии "Система на кристалле" для решения прикладных задач, освоение навыков программирования и разработки сложно-функциональных блоков с использованием современных САПР

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Устройства электронной техники на кристаллах входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Учебная - научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Системы сбора, обработки и передачи данных

Цифровая обработка сигналов

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Устройства электронной техники на кристаллах» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен разрабатывать инновационные схемотехнические решения для составных частей радиоэлектронных средств различного функционального назначения.
ПК-2.1	Способен определить режимы работы и условия эксплуатации радиоэлектронных средств и составных частей, подлежащих модернизации
ПК-2.2	Способен экспертно оценивать ТЗ на проектирование модернизируемого радиоэлектронного средства
ПК-2.3	Разрабатывает архитектуру, функциональные, структурные и принципиальные схемы изделий Интернета вещей (IoT)

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетных единиц 36 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 20,05 акад. часов;
- аудиторная – 19 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,05 акад. часов;
- самостоятельная работа – 15,95 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Проектирование систем на кристалле								
1.1 Что такое система на кристалле (СнК). История развития СнК. Термины и определения СнК. Типовая структура встраиваемой системы на базе СнК. Классификация СнК.	2	3			2,95	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к текущему контролю знаний по данному разделу.	Контрольная работа по текущему разделу	
1.2 Методы и средства проектирования СнК. Общий маршрут проектирования СнК. Концептуальный уровень проектирования. Архитектурно-ориентированное проектирование СнК.		4			4	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к текущему контролю знаний по данному разделу.	Контрольная работа по текущему разделу	
1.3 Программное обеспечение для проектирования СнК. САПР системного уровня и язык описания проектов. САПР регистрового уровня и язык описания аппаратуры.		4			4	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к текущему контролю знаний по данному разделу.	Контрольная работа по текущему разделу	
1.4 Программируемые системы на кристалле. Семейство Zynq-7000. Состав и основные характеристики. Маршрут проектирования СнК на базе платформы Zynq-		8				5	Самостоятельное изучение учебной литературы.	Контрольная работа по текущему разделу

Итого по разделу	19			15,95			
Итого за семестр	19			15,95		зачёт	
Итого по дисциплине	19			15,95		зачет	

## **5 Образовательные технологии**

Лекционные занятия по дисциплине «Устройства электронной техники на кристаллах» проводятся в традиционной форме с использованием мультимедийного оборудования. Теоретический материал, освоенный студентами самостоятельно, закрепляется на занятиях, на которых выполняются индивидуальные и групповые задания по пройденной теме. Часть занятий проводится в виде традиционных семинаров с целью более глубокого и полного усвоения теоретического материала по данной теме. Защита результатов практических заданий проходит в виде написания контрольных работ и устной защиты, где преподавателем задаются контрольные вопросы с целью выяснения глубины знаний студента по данному разделу, при этом пробелы в знаниях студента восполняются дополнительными пояснениями, комментариями преподавателя.

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются контрольные работы. Самостоятельная работа студентов заключается в проработке материала при подготовке к занятиям.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Сухачев, К. И. Особенности проектирования цифровой электроники на базе программируемой логики : учебное пособие / К. И. Сухачев, Д. В. Родин, А. С. Дорофеев. — Самара : Самарский университет, 2022. — 200 с. — ISBN 978-5-7883-1732-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/336611> (дата обращения: 01.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Мурсаев, А. Х. Практикум по проектированию на языках VerilogHDL и SystemVerilog : учебное пособие для вузов / А. Х. Мурсаев, О. И. Буренева. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 120 с. — ISBN 978-5-8114-9560-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/200474> (дата обращения: 01.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Тарасов, И. Е. Инструментальные средства разработки программно-аппаратных комплексов : учебное пособие / И. Е. Тарасов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 42 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/182496> (дата обращения: 01.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **в) Методические указания:**

1. Мусихин, А. Г. Проектирование систем на кристалле : методические указания / А. Г. Мусихин, В. А. Морозов, Д. С. Кочетов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 41 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/310808> (дата обращения: 01.07.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционная аудитория (ауд. 458.): Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Аудитория для самостоятельной работы (ауд. 460): компьютерный класс  
Персональные компьютеры с доступом в интернет.

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.**

В течение семестра предусмотрено выполнение письменных контрольных работ в качестве текущего контроля знаний пройденного материала.

Основная часть заданий выполняется на занятиях. Самостоятельная работа предусматривает:

- подготовку к занятиям, изучение необходимых разделов в конспектах, учебных пособиях и методических указаниях; работу со справочной литературой, подготовку к контрольным работам.

Контрольные вопросы по итогам освоения темы 1:

1. Что такое система на кристалле.
2. Какие интерфейсы и контроллеры входят в типовую СнК.
3. Классификация СнК по процессорному ядру.
4. Классификация СнК по производительности ядра и частоте системной шины.
5. Классификация СнК по набору интерфейсов.
6. Классификация СнК по сфере применения.
7. Преимущества использования СнК.
8. Сфера применения СнК.
9. Что такое ASIC.
10. Что такое ASSP.
11. Что такое SoC.
12. Что такое SLI.
13. Что такое SOPC.
14. Что значит конфигурируемая SoC.
15. Что такое SiP.
16. Что значит аппаратно-зависимые программы HdS.
17. Понятие платформы и платформенного проектирования.

Контрольные вопросы по итогам освоения темы 2:

1. Перечислите основные этапы производства ИС
2. Что включает в себя спецификация на разрабатываемую ИС
3. Какова иерархия проектирования СБИС.
4. Что такое кремниевый уровень проектирования. Какие примитивы применяются на данном уровне.
5. Что такое транзисторный уровень проектирования. Какие примитивы применяются на данном уровне.
6. Что такое вентильный уровень проектирования. Какие примитивы применяются на данном уровне.
7. Что такое регистровый уровень проектирования. Какие примитивы применяются на данном уровне.
8. Что такое процессорный уровень проектирования. Какие примитивы применяются на данном уровне.
9. Что такое системный уровень проектирования. Какие примитивы применяются на данном уровне.
10. В чём заключается принцип управления сложностью (абстрагирование) при разработке электроники.

11. Какова современная инфраструктура производства ИС.
12. Что представляют собой кремниевые фабрики.
13. Что такое IP-блок.
14. Классификация IP-блоков
15. В чём отличие программных IP-блоков от аппаратных IP-блоков.
16. Что представляют собой топологические IP-блоки.
17. Этапы проектирования заказной ИС.
18. Этапы проектирования ИС на стандартных ячейках.
19. Этапы проектирования схемы на базе ПЛИС.
20. Уровень проектирования RTL.
21. Уровень проектирования ESL.
22. Общий маршрут проектирования СнК.
23. Что такое GDSII формат?
24. В чём заключается этап концептуального проектирования.
25. Что такое функциональная верификация.
26. Этапы физического проектирования.
27. В чём заключается этап планирования кристалла.
28. В чём заключается этап иерархического временного планирования.
29. В чём заключается временной анализ.
30. Что такое язык описания аппаратуры HDL.
31. Что такое логический синтез схемы.

Контрольные вопросы по итогам освоения темы 3:

1. Описание архитектуры с использованием UML-подобных языков.
2. Описание архитектуры с использованием ADL и PDL языков.
3. Какие САПР разработки ИС вы знаете?
4. Какие САПР для разработки схем на базе ПЛИС вы знаете?
5. Что такое язык описания аппаратуры HDL.
6. Библиотека визуализации TLM.
7. Среда моделирования ModelSim.
8. Язык описания системного уровня SystemC. Сфера применения.
9. Язык описания системного уровня SystemVerilog. Сфера применения.
10. Язык описания аппаратуры VHDL. Сфера применения.
11. Язык описания аппаратуры Verilog. Сфера применения.
12. Методология проектирования SystemC.
13. Уровни моделирования в SystemC.
14. Поток SystemC, их использование.
15. Модели вычислений SystemC.
16. Аппаратные потоки в SystemVerilog.
17. Синхронное взаимодействие между потоками в SystemVerilog.
18. Асинхронное взаимодействие между потоками в SystemVerilog.
19. Интерфейсы в SystemVerilog.

Контрольные вопросы по итогам освоения темы 4:

1. Обобщённая архитектура систем на кристалле Zynq-7000.

2. Структурная схема контроллера прямого доступа к памяти DMA на кристалле Zynq-7000.
3. Система прерываний процессорного блока APU на кристалле Zynq-7000.
4. Интерфейса внешней оперативной синхронной динамической памяти на кристалле Zynq-7000.
5. Структурная схема контроллера интерфейса внешней статической памяти SMC на кристалле Zynq-7000.
6. Структурная схема контроллера интерфейса Quad-SPI на кристалле Zynq-7000.
7. Структурная схема контроллера интерфейса SD/SDIO на кристалле Zynq-7000.
8. Структурная схема контроллера интерфейса USB 2.0 на кристалле Zynq-7000.
9. Структурная схема контроллера Tri-mode Gigabit Ethernet Controller на кристалле Zynq-7000.
10. Структурная схема контроллера интерфейса SP Ina на кристалле Zynq-7000.
11. Структурная схема контроллера интерфейса UART на кристалле Zynq-7000.
12. Структурная схема контроллера интерфейса I<sup>2</sup>C на кристалле Zynq-7000.
13. Структурная схема контроллера CAN-интерфейса на кристалле Zynq-7000.
14. Организация портов ввода/вывода общего назначения GPIO на кристалле Zynq-7000.
15. Структурная схема порта ввода/вывода общего назначения GPIO на кристалле Zynq-7000.
16. Структурная схема блока формирования тактовых сигналов процессорной системы на кристалле Zynq-7000.

**7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.**

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине (модулю) за определенный период обучения (семестр) и может проводиться в форме зачета, зачета с оценкой, экзамена, защиты курсового проекта (работы).

Данный раздел состоит их двух пунктов: а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации. б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-2: Способен разрабатывать инновационные схемотехнические решения для составных частей радиоэлектронных средств различного функционального назначения.		
ПК-2.1	Способен определить режимы работы и условия эксплуатации радиоэлектронных средств и составных частей, подлежащих модернизации	<p><b>Вопросы для подготовки к зачету:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Что такое система на кристалле.</li> <li>– Какие интерфейсы и контроллеры входят в типовую СнК.</li> <li>– Классификация СнК по процессорному ядру.</li> <li>– Классификация СнК по производительности ядра и частоте системной шины.</li> <li>– Классификация СнК по набору интерфейсов.</li> <li>– Классификация СнК по сфере применения.</li> <li>– Преимущества использования СнК.</li> <li>– Сфера применения СнК.</li> <li>– Что такое ASIC.</li> <li>– Что такое ASSP.</li> <li>– Что такое SoC.</li> <li>– Что такое SLI.</li> <li>– Что такое SOPC.</li> <li>– Что значит конфигурируемая SoC.</li> <li>– Что такое SiP.</li> <li>– Что значит аппаратно-зависимые программы HdS.</li> <li>– Понятие платформы и платформенного проектирования.</li> <li>– Описание архитектуры с использованием UML-подобных языков.</li> <li>– Описание архитектуры с использованием ADL и PDL</li> </ul>

		<p>языков.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Какие САПР разработки ИС вы знаете?</li> <li>– Какие САПР для разработки схем на базе ПЛИС вы знаете?</li> <li>– Что такое язык описания аппаратуры HDL.</li> <li>– Библиотека визуализации TLM.</li> <li>– Среда моделирования ModelSim.</li> <li>– Язык описания системного уровня SystemC. Сфера применения.</li> <li>– Язык описания системного уровня SystemVerilog. Сфера применения.</li> <li>– Язык описания аппаратуры VHDL. Сфера применения.</li> <li>– Язык описание аппаратуры Verilog. Сфера применения.</li> <li>– Методология проектирования SystemC.</li> <li>– Уровни моделирования в SystemC.</li> <li>– Поток SystemC, их использование.</li> <li>– Модели вычислений SystemC.</li> <li>– Аппаратные потоки в SystemVerilog.</li> <li>– Синхронное взаимодействие между потоками в SystemVerilog.</li> <li>– Асинхронное взаимодействие между потоками в SystemVerilog.</li> <li>– Интерфейсы в SystemVerilog.</li> </ul>
<p>ПК-2.2</p>	<p>Способен экспертно оценивать ТЗ на проектирование модернизируемого радиоэлектронного средства</p>	<p><b>Вопросы для подготовки к зачету:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Перечислите основные этапы производства системы на кристалле</li> <li>– Что включает в себя спецификация на разрабатываемую систему на кристалле.</li> <li>– Что включает в себя высокоуровневая спецификация архитектуры системы на кристалле.</li> <li>– Функциональные требования к системе на кристалле. Приведите примеры.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Детали имплементации в спецификации системы на кристалле. Приведите примеры.</li> <li>– Какова иерархия проектирования системы на кристалле.</li> <li>– Что такое кремниевый уровень проектирования. Какие примитивы применяются на данном уровне.</li> <li>– Что такое транзисторный уровень проектирования. Какие примитивы применяются на данном уровне.</li> <li>– Что такое вентиляльный уровень проектирования. Какие примитивы применяются на данном уровне.</li> <li>– Что такое регистровый уровень проектирования. Какие примитивы применяются на данном уровне.</li> <li>– Что такое процессорный уровень проектирования. Какие примитивы применяются на данном уровне.</li> <li>– Что такое системный уровень проектирования. Какие примитивы применяются на данном уровне.</li> <li>– В чём заключается принцип управления сложностью (абстрагирование) при разработке электроники.</li> <li>– Какова современная инфраструктура производства системы на кристалле..</li> <li>– Что представляют собой кремниевые фабрики.</li> <li>– Что такое IP-блок.</li> <li>– Классификация IP-блоков</li> <li>– В чём отличие программных IP-блоков от аппаратных IP-блоков.</li> <li>– Что представляют собой топологические IP-блоки.</li> <li>– Этапы проектирования заказной ИС.</li> </ul>
--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Этапы проектирования ИС на стандартных ячейках.</li> <li>– Этапы проектирования схемы на базе ПЛИС.</li> <li>– Уровень проектирования RTL.</li> <li>– Уровень проектирования ESL.</li> <li>– Общий маршрут проектирования СнК.</li> <li>– Что такое GDSII формат?</li> <li>– В чём заключается этап концептуального проектирования.</li> <li>– Что такое функциональная верификация.</li> <li>– Этапы физического проектирования.</li> <li>– В чём заключается этап планирования кристалла.</li> <li>– В чём заключается этап иерархического временного планирования.</li> <li>– В чём заключается временной анализ.</li> <li>– Что такое язык описания аппаратуры HDL.</li> <li>– Что такое логический синтез схемы.</li> </ul>
<p>ПК-2.3</p>	<p>Разрабатывает архитектуру, функциональные, структурные и принципиальные схемы изделий Интернета вещей (IoT)</p>	<p><b>Вопросы для подготовки к зачету:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Обобщённая архитектура систем на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– Структурная схема контроллера прямого доступа к памяти DMA на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– Система прерываний процессорного блока APU на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– интерфейса внешней оперативной синхронной динамической памяти на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– Структурная схема контроллера интерфейса внешней статической памяти SMC на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– Структурная схема контроллера интерфейса Quad-SPI на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– Структурная схема контроллера интерфейса SD/SDIO на кристалле Zynq-7000.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Структурная схема контроллера интерфейса USB 2.0 на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– Структурная схема контроллера Tri-mode Gigabit Ethernet Controller на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– Структурная схема контроллера интерфейса SP Ina на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– Структурная схема контроллера интерфейса UART на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– Структурная схема контроллера интерфейса I2C на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– Структурная схема контроллера CAN-интерфейса на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– Организация портов ввода/вывода общего назначения GPIO на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– Структурная схема порта ввода/вывода общего назначения GPIO на кристалле Zynq-7000.</li> <li>– Структурная схема блока формирования тактовых сигналов процессорной системы на кристалле Zynq-7000.</li> </ul>
--	--	--

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Устройства электронной техники на кристаллах» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачёта.

Показатели и критерии оценивания зачёта:

- на оценку «**зачтено**» – обучающийся демонстрирует высокий или средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку «**не зачтено**» – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.