

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 07.09.2023 11:16:20  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Организация и программирова-  
ние интеллектуальных систем»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

**«КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИФРОВЫХ  
СИСТЕМ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

по профилю

**«Организация и программирование интеллектуальных систем»**

Санкт-Петербург

2023

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

профессор, к.т.н., старший научный сотрудник Сафьянников Н.М.

доцент, к.т.н., доцент Зуев И.С.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТ

19.01.2022, протокол № 1

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией

ФКТИ, 24.02.2022, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФКТИ
Обеспечивающая кафедра	ВТ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	3
Семестр	5
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	75
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Дифф. зачет (курс)	3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ»**

Дисциплина позволяет сформировать представление о конструкторско-технологической среде проектирования средств вычислительной техники (ЦС) и осознать место конструкторско-технологического этапа в общем процессе проектирования и производства ЦС. Изучаются основные принципы модульного конструирования, методы преобразования схемы устройства в конструктивные модули. В результате студенты получают знания и навыки перехода от схемы устройства к его реализации, исходя из конструкторско-эксплуатационных и технологических требований для модулей всех уровней.

### **SUBJECT SUMMARY**

### **«DESIGN AND TECHNOLOGICAL SUPPORT OF DIGITAL SYSTEMS»**

The discipline allows you to form an idea of the design and technological environment for designing computer equipment (DS) and to realize the place of the design and technological stage in the overall process of designing and manufacturing DS. We study the basic principles of modular design, methods for converting a device circuit into structural modules. As a result, students gain knowledge and skills of transition from the device scheme to its implementation, based on the design, operational and technological requirements for modules of all levels.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Цели дисциплины: изучение конструкторско-технологической среды проектирования средств цифровых систем и выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.
2. Задачами дисциплины являются освоение знаний и умение использовать современные методы конструкторско-технологического проектирования средств цифровых систем. Выполнение работ по созданию (модификации) и сопровождению ИС. Разработка аппаратных компонентов компьютерных вычислительных систем и сетей, автоматизированных систем обработки информации.
3. Освоение знаний об особенностях современного этапа конструкторско-технологического проектирования средств цифровых систем.
4. Умения разрабатывать аппаратные компоненты компьютерных вычислительных систем и сетей, автоматизированных систем обработки информации и пользоваться современными средствами проектирования цифровых систем, а также управлять работами по созданию (модификации) и сопровождению ИС.
5. Формирования навыков конструкторско-технологической проектирования средств цифровых систем и выполнение работ по освоению соответствующих САПР.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Организация ЭВМ и систем»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Оптимизация и многокритериальный выбор в технических системах»
2. «Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая))»

практика)»

3. «Интерфейсы периферийных устройств»

4. «Цифровая обработка сигналов»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-1	Способен осуществлять проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы
<i>ПК-1.1</i>	<i>Осуществляет проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований</i>
<i>ПК-1.2</i>	<i>Осуществляет выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок</i>
СПК-3	Способен выполнять работы по созданию (модификации) и сопровождению ИС и интеллектуальных ИС
<i>СПК-3.4</i>	<i>Создает пользовательскую документацию к ИС</i>
СПК-6	Способен разрабатывать электрические схемы цифровых модулей
<i>СПК-6.1</i>	<i>Разрабатывает электрические схемы цифровых модулей</i>
<i>СПК-6.2</i>	<i>Проверяет и исследует функционирование электрических схем цифровых модулей при различных условиях</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение. Основные технологические операции получения интегральных схем.	7			8
2	Базовые технологии производства интегральных схем.	6			8
3	Базовые технологии производства печатных плат.	7			8
4	Электрические соединения.	7			8
5	Обеспечение тепловых режимов ЦС. Помехоустойчивость ЦС.	7			8
6	Проектирования КМОП КНС.	0	34	1	35
	Итого, ач	34	34	1	75
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение. Основные технологические операции получения интегральных схем.	Процессы создания ЦС. Модульная структура ЦС. Общая характеристика технологических процессов. Эпитаксия. Термическое выращивание диэлектрических пленок. Нанесение пленок. Диффузия. Ионное легирование. Металлизация. Литография.
2	Базовые технологии производства интегральных схем.	Биполярные ИС. МОП ИС. ИС памяти.
3	Базовые технологии производства печатных плат.	Основные технологические операции получения печатных плат. Способы нанесения защитного рисунка. Получение отверстий печатных плат. Односторонние печатные платы. Двухсторонние печатные платы. Многослойные печатные платы.
4	Электрические соединения.	Характеристики области касания твердых тел. Монтажная пайка. Сварка. Накрутка. Склеивание.
5	Обеспечение тепловых режимов ЦС. Помехоустойчивость ЦС.	Системы охлаждения. Основные элементы систем охлаждения. Микросистемные элементы охлаждения. Погружное охлаждение ЦС. Способы обеспечения помехоустойчивости. Экранирование. Обеспечение помехоустойчивости электромонтажных линий. Источники и приемники наводок.



<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
6	Проектирования КМОП КНС.	Проектирование фрагмента БИС на комплементарных МОП структурах на сапфировой подложке (КМОП КНС).

#### **4.2 Перечень лабораторных работ**

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### **4.3 Перечень практических занятий**

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Проектирования КМОП КНС	34
Итого	34

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### 4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет. Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины. Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Текущая СРС	Примерная трудоемкость, ач
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	10
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	20
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	35
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	10
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>75</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Зуев, Игорь Станиславович. Проектирование фрагментов цифровых БИС на комплементарных МОП-структурах [Текст] : учеб.-метод. пособие / И. С. Зуев, Н. М. Сафьянников, 2018. -120 с.	50
Дополнительная литература		
1	Зуев, Игорь Станиславович. Проектирование специализированных кремниевых компиляторов в САПР ТРАС [Текст] : учеб. пособие / И. С. Зуев, Н. М. Сафьянников, 2019. -116 с.	60

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Электроника НТБ журнал <a href="https://www.electronics.ru/">https://www.electronics.ru/</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=10604>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Конструкторско-технологическое обеспечение цифровых систем» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

#### Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

## Особенности допуска

Допуск к дифференцированному зачету осуществляется на основании выполнения и защиты всех лабораторных работ в соответствии с перечнем.

Дифференцированный зачет проводится в форме электронного тестирования в системе Moodle.

При выставлении общей оценки за курс учитываются оценки, выставленные за лабораторные работы и результат электронного тестирования. При этом соотношение вклада в итоговую оценку составляет 30% -оценка за тест, 70% -оценка за лабораторные работы.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Модули КМЗ-это ?
2	Какую структуру имеет кремний?
3	При использовании способа изоляции элементов с помощью обратно смещенного р-п перехода для изготовления транзисторов получают ?
4	Достоинства способа изоляции элементов с помощью обратно смещенного р-п перехода?
5	При изготовлении односторонних печатных плат в процессе экспонирования защитной паяльной маски используются?
6	Печать маркировочной краски при производстве ПП выполняется с помощью?
7	Последовательность физико-химических процессов при пайке: ...?
8	Наиболее распространенные припой?
9	По виду теплопередачи в системах обеспечения тепловых режимов ЦС используются подходы?
10	При проектировании электромонтажных линий необходимо?
11	При формировании электрических соединений используется связующий элемент...?
12	Пленки потускнения на контактирующих плоскостях являются ...?
13	Требование к флюсу...?
14	Последовательность операция при пайке волной припоя?
15	На формирование электрических соединений существенное влияние оказывает?
16	Пленки адгезионные на контактирующих плоскостях являются ...?
17	Пленки органические на контактирующих плоскостях являются ...?

18	На чем основан способ попарного прессования при изготовлении МПП?
19	Применяется ли способ попарного прессования для изготовления внутренних слоев сложных МПП ?
20	Как формируются слои при попарном прессовании?

### Вариант теста

Свойства кристалла кремния зависят от ... (выбрать правильный ответ)

- представления решетки
- регулярности структуры
- направления кристаллической решетки

Недостатки способа изоляции элементов с помощью обратно смещенного р-n перехода (выбрать правильный ответ)

- зависимость изоляции от температуры
- существенные ограничения по плотности упаковки элементов
- сложность технологических процессов

При изготовлении односторонних печатных плат финишное покрытие наносится (выбрать правильный ответ)

- на открытые от маски участки меди
- на закрытые маской поверхности

Основным назначением флюса является (выбрать правильный ответ)

- обеспечение смачивания припоем
- снижение температуры плавления припоя
- ограничение дефектов припоя

Принудительное воздушное охлаждение осуществляется (выбрать правильный ответ)

- продувом воздуха через внутренний объём

- обдувом внешней поверхности кожуха модуля ЦС
- всасыванием воздуха из модуля ЦС

## **Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

### **Вопросы к коллоквиумам**

**№ 1 Тема:** Эпитаксия. Термическое выращивание диэлектрических пленок.

1. Ограничения при эпитаксиальном наращивание.
2. Альтернативные подходы получения диэлектрических пленок.

**№ 2 Тема:** Литография.

1. Прецизионные методы литографии.

**№ 3 Тема:** Легирование.

1. Варианты легирование примесей.

**№ 4 Тема:** Базовые технологии производства интегральных схем.

1. Технологический процесс получения КМОП БИС.

**№ 5 Тема:** Печатные платы.

1. Технологические процессы получения многослойных печатных плат.

**№ 6 Тема:** Электрические соединения.

1. Виды монтажных паек.
2. Виды сварки.

**№ 7 Тема:** Тепловые режимы ЦС.

1. Системы охлаждения ЦС.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой



части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Проектирования КМОП КНС.	
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		Практическая работа
15	Введение. Основные технологические операции получения интегральных схем. Базовые технологии производства интегральных схем. Базовые технологии производства печатных плат. Электрические соединения. Обеспечение тепловых режимов ЦС. Помехоустойчивость ЦС.	
16		Тест

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифф. зачет.

#### на коллоквиуме

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), в ходе проведения коллоквиума оценивается правильность и соответствие ответа студента материалу: понимание темы и владение фактическим материалом. Глубина знаний по теме – плюсом будет, если студент сможет продемонстрировать, что изучил не только азы темы, а исследовал ее с разных сторон. Умение четко и последовательно аргументировать свою точку зрения. Умение грамотно и ясно излагать свои мысли.

### **на практических (семинарских) занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на дифф. зачет.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

Методика проектирования КМОП КНС схем очень подробно рассматривается на занятиях по практике. Далее выдается одно задание на бригаду в 3-4 человека (для номеров заданий 1–4 и 10–21) и на бригаду в 4-5 человек (для номеров заданий 5–9 (эти варианты, связанные с проектированием фрагмента Одноразрядного двоичного комбинационного сумматора, взяты из реального проекта БИС и, поэтому, немного сложнее). Номера заданий не должны повторяться для всех четырех групп. В итоге оформляется один отчет на бригаду и защищаете разработку. На защите должны присутствовать ВСЕ члены бригады.

Участие в коллоквиуме по оценивается по следующим критериям:

«отлично» – активное участие в дискуссиях, использование полученных знаний и дополнительного материала, исчерпывающие ответы на все вопросы преподавателя;

«хорошо» – участие в дискуссиях, адекватные ответы на большинство вопросов преподавателя, использование полученных знаний;

«удовлетворительно» – не активное участие в дискуссиях, ответы не на все вопросы преподавателя, полученные знания используются в незначительной степени.

«неудовлетворительно» – не участвует в дискуссиях, не отвечает на вопросы, не готов к выступлению.

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

Студент допускается до тестирования только после защиты разработки.

Оценка за дифференцированный зачет выставляется по результатам итогового тестирования. Оценка определяется числом правильных ответов на 5 вопросов теста:

- 5 правильных ответов      - оценка "отлично";
- 4 правильных ответа      - оценка "хорошо";
- 3 правильных ответа      - оценка "удовлетворительно";
- 0, 1, 2 правильных ответа      - оценка "неудовлетворительно".

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

<b>Тип занятий</b>	<b>Тип помещения</b>	<b>Требования к помещению</b>	<b>Требования к программному обеспечению</b>
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, экран, проектор, ноутбук.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, компьютер или ноутбук, проектор, экран, маркерная доска.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>
1	18.05.2023	Программа актуальна, изменение не требуется	18.05.2023, протокол №4	к.т.н., проф. Сафьянников Н.М.	