

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**

---

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИКНК  
\_\_\_\_\_ Д.П. Зегжда  
«17» июня 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Автоматизация конструирования электронных устройств»**

Разработчик	Высшая школа компьютерных технологий и информационных систем
Направление (специальность) подготовки	09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Наименование ООП	09.03.01_01 Разработка компьютерных систем
Квалификация (степень) выпускника	<b>бакалавр</b>
Образовательный стандарт	<b>СУОС</b>
Форма обучения	<b>Очная</b>

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель ОП

\_\_\_\_\_ Р.В. Цветков  
«26» марта 2024 г.

Соответствует СУОС

Утверждена протоколом заседания  
высшей школы "ВШКТиИС"  
от «26» марта 2024 г. № 1

РПД разработал:

Доцент, к.т.н., доц. В.А. Сушников

# 1. Цели и планируемые результаты изучения дисциплины

## Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является получение практических навыков проектирования электронных узлов вычислительной техники в современных САПР, получение актуальных знаний о технологиях производства электронных устройств и изучение стандартов оформления конструкторской документации (ГОСТ).

## Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
<b>ПК-2</b>	<b>Способен разрабатывать конструкторскую и техническую документацию для программно-аппаратных комплексов</b>
ИД-1 ПК-2	Разрабатывает рабочую документацию в соответствии с требованиями стандартов и норм
ИД-2 ПК-2	Выполняет трехмерное моделирование для программно-аппаратных комплексов
<b>ПК-3</b>	<b>Способен проектировать специализированные цифровые и аналоговые элементы и устройства вычислительной техники</b>
ИД-2 ПК-3	Проводит оценочный расчет требований к характеристикам отдельных блоков с целью детализации технического задания
ИД-3 ПК-3	Разрабатывает электрические схемы отдельных аналоговых, цифровых и смешанных блоков устройства
ИД-4 ПК-3	Выполняет комплексирование и наладку устройства в соответствии с разработанным проектом
<b>ПК-5</b>	<b>Способен интегрировать систему-на-кристалле (СнК) в программно-аппаратную систему</b>
ИД-1 ПК-5	Определяет состав элементов и их параметров для системного окружения СнК
ИД-2 ПК-5	Выполняет конструирование печатной платы модуля, включающего СнК

## Планируемые результаты изучения дисциплины

### знания:

- стандарты ввода/ вывода современных интегральных схем и их номенклатуру

- требования к конструкции печатных плат
- основные характеристики типовых блоков
- принципы и стандарты конструирования и обеспечения электромагнитной совместимости
- основные методики проведения наладки электронных устройств
- методы разработки документации с использованием компьютерных технологий
- методы трехмерного моделирования и проектирования сложных технических объектов

#### **умения:**

- создавать схему устройства с СнК
- создавать топологию для схемы устройства с СнК
- производить оценочные расчеты основных параметров типовых блоков
- конструировать электронные устройства с высокой помехоустойчивостью
- использовать современные контрольно-измерительные приборы при проведении наладки
- разрабатывать рабочую документацию с использованием компьютерных технологий
- разрабатывать программу настройки и калибровки цифровых устройств сбора пространственной информации о структуре и форме технического объекта

#### **навыки:**

- использование средств автоматизированного проектирования для ввода схем уровня печатной платы
- использование средств автоматизированного проектирования для разводки печатной платы
- владение методикой расчета параметров основных функциональных узлов
- владение программными средствами сквозного проектирования (разработка, моделирование, изготовление)
- владение методиками проведения наладки электронных устройств
- оформление конструкторской документации в соответствии с Единой системой конструкторской документации
- применением методов трехмерного моделирования для построения технических объектов

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

В учебном плане дисциплина «Автоматизация конструирования электронных устройств» относится к модулю «Модуль цифровых компетенций».

Изучение дисциплины базируется на результатах освоения следующих дисциплин:

- Основы вычислительной техники
- Физика

### 3. Распределение трудоёмкости освоения дисциплины по видам учебной работы и формы текущего контроля и промежуточной аттестации

#### 3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоёмкость по семестрам
	Очная форма
Лабораторные занятия	45
Самостоятельная работа	95
Промежуточная аттестация (зачет)	4
Общая трудоёмкость освоения дисциплины	144, ач
	4, зет

#### 3.2. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации	Количество по семестрам
	Очная форма
Промежуточная аттестация	
Зачеты, шт.	1

### 4. Содержание и результаты обучения

#### 4.1 Разделы дисциплины и виды учебной работы

№ раздела	Разделы дисциплины, мероприятия текущего контроля	Очная форма	
		Лаб, ач	СР, ач
1.	Теоретическая часть:		
1.1.	Лекция №1: Введение.	3	4
1.2.	Лекция №2: Схемы принципиальные электрические.	4	4
1.3.	Лекция №3: Обзор элементной базы.	4	4
1.4.	Лекция №4: Печатные платы.	4	4
1.5.	Лекция №5: Схемотехника источников питания.	4	4
1.6.	Лекция №6: Линии передачи и их параметры.	4	4

1.7.	Лекция №7: Высокоскоростные интерфейсы. Полигоны питания.	4	4
1.8.	Лекция №8: Технологии проектирования современных электронных устройств. Подготовка к серийному производству.	2	4
2.	Практическая часть:		
2.1.	Входное тестирование.	2	8
2.2.	Лабораторная работа №1.	2	8
2.3.	Лабораторная работа №2.	2	6
2.4.	Лабораторная работа №3.	2	6
2.5.	Лабораторная работа №4.	2	6
2.6.	Лабораторная работа №5.	2	8
2.7.	Лабораторная работа №6.	2	8
2.8.	Лабораторная работа №7.	2	8
<b>Итого по видам учебной работы:</b>		45	95
Зачеты, ач			5
<b>Часы на контроль, ач</b>			0
<b>Промежуточная аттестация (зачет)</b>		4	
<b>Общая трудоёмкость освоения: ач / зет</b>		144 / 4	

## 4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
<b>1. Теоретическая часть:</b>	
<b>1.1. Лекция №1: Введение.</b>	Обзор различных САПР и их возможностей, обзор курса. Повторение основ схемотехники: закон Ома, законы Киргхофа. Основные элементы: резистор, конденсатор, катушка индуктивности.
<b>1.2. Лекция №2: Схемы принципиальные электрические.</b>	Краткий обзор правил оформления схемы принципиальной электрической по ЕСКД. Создание в САПР простейших элементов схемы. Улучшение читаемости схемы путем именования цепей, добавления параметров.
<b>1.3. Лекция №3: Обзор элементной базы.</b>	Обзор конструктивных исполнений компонентов, создание посадочного места и правильное его оформление. Привязка библиотеки посадочных мест к библиотеке УГО.
<b>1.4. Лекция №4: Печатные платы.</b>	Общие сведения о печатных платах: технология изготовления, стекапы. Создание контура платы и стекапа в САПР. Обзор стекапов резонита. Правила проектирования печатных плат. Обзор возможностей производства. Создание правил проектирования в САПР. Понятие Gerber файлов.
<b>1.5. Лекция №5: Схемотехника источников питания.</b>	Теория про понижающий и повышающий преобразователи. Разобрать схемотехнику источника питания из лабораторной. Реальные параметры элементов.
<b>1.6. Лекция №6: Линии передачи и их параметры.</b>	Понятие волнового сопротивления линии, опорного слоя, задержек распространения сигнала (на примере DRAM). Правила проектирования цепей питания: падение напряжения на полигоне питания.
<b>1.7. Лекция №7: Высокоскоростные интерфейсы. Полигоны питания.</b>	Основы проектирования высокоскоростных схем, обзор параметров сигнала LVDS. Импеданс полигона питания, принципы установки конденсаторов по питанию.
<b>1.8. Лекция №8: Технологии проектирования современных электронных устройств. Подготовка к серийному производству.</b>	Создание сложных правил для интерфейсов типа DDR3, задержки в пинах микросхемы, расстояние pin-to-pin. Правила проектирования ПП для автоматического монтажа: реперные точки, слой пасты. Трафареты.

<b>2. Практическая часть:</b>	
<b>2.1. Входное тестирование.</b>	Определение среднего уровня знаний студентов в вопросах схемотехники: тест от простого (закон Ома) к сложному (усилитель на транзисторе/ОУ, цифровая схемотехника).
<b>2.2. Лабораторная работа №1.</b>	Запуск САПР, создание библиотеки схемных элементов и добавление в неё резистора, катушки, конденсатора, диода, разъема и микросхемы.
<b>2.3. Лабораторная работа №2.</b>	Создать посадочные места для компонентов, созданных в ходе лабораторной работы №1. Добавить 3D модели компонентов. Привязать УГО к соответствующим посадочным местам.
<b>2.4. Лабораторная работа №3.</b>	Расчет и создание схемы принципиальной электрической понижающего DC-DC преобразователя 12В-3.3В. Добавление имен цепей и комментариев. Оформление схемы по ГОСТ.
<b>2.5. Лабораторная работа №4.</b>	Создать файл печатной платы. Задать стекап, проименовать слои, в т.ч. Mechanical. Задать контур печатной платы. Задать правила: Clearance, width, via size.
<b>2.6. Лабораторная работа №5.</b>	Поместить компоненты на плату и осуществить предварительную расстановку. Развести печатную плату в соответствии с правилами проектирования, установленными производителем печатных плат.
<b>2.7. Лабораторная работа №6.</b>	Сделать Gerber файлы, монтажный чертеж печатной платы, преобразовать схему в pdf через заранее настроенные скрипты.
<b>2.8. Лабораторная работа №7.</b>	На основе схемы и частично готовой ПП с отсутствующими дифпарами довести PCIe-Ethernet сетевую карту (RTL8211F): расставить имена цепей, учитывая диф. пары, задать правила для трассировки высокоскоростных сигналов и выполнить трассировку.

## 5. Образовательные технологии

Традиционные технологии: лекции в сочетании с лабораторными работами, выполняемыми на ПЭВМ, где установлено необходимое ПО.

## 6. Лабораторный практикум

№ раздела	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ач
		Очная форма
1.	Входное тестирование: Определение среднего уровня знаний студентов в вопросах схемотехники: тест от простого (закон Ома) к сложному (усилитель на транзисторе/ОУ, цифровая схемотехника).	2
2.	ЛР№1 Запуск САПР, создание библиотеки схемных элементов и добавление в неё резистора, катушки, конденсатора, диода, разъема и микросхемы.	4
3.	ЛР№2 Создать посадочные места для компонентов из ЛР№1.	7
4.	ЛР№3 Создание схемы понижающего DC-DC преобразователя 12-3.3В. Добавление имен цепей и комментариев.	6
5.	ЛР№4 Создать файл печатной платы. Задать стекап, проименовать слои, в т.ч. Mechanical. Задать контур печатной платы. Задать правила: Clearance, width, via size.	6
6.	ЛР№5 Поместить компоненты на плату и осуществить предварительную расстановку. Развести ПП.	8
7.	ЛР№6 Сделать Gerber файлы, чертеж ПП, схему в pdf через заранее настроенные скрипты.	6
8.	ЛР№7 На основе схемы и частично готовой ПП с отсутствующими диф. парами допривести PCIe-Ethernet сетевую карту (RTL8211F): расставить имена цепей, учитывая диф. пары, задать правила для трассировки высокоскоростных сигналов и выполнить трассировку.	6
Итого часов		45

## 7. Практические занятия

Не предусмотрено

## 8. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы



## Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоемкость, ач
	Очная форма
<b>Текущая СР</b>	
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	24
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	10
самостоятельное изучение разделов дисциплины	20
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	20
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
<b>Итого текущей СР:</b>	<b>74</b>
<b>Творческая проблемно-ориентированная СР</b>	
выполнение расчётно-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
исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах	0
анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных	16
<b>Итого творческой СР:</b>	<b>16</b>
<b>Общая трудоемкость СР:</b>	<b>95</b>

## 9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 9.1. Адрес сайта курса

<https://etk.spbstu.ru>

## 9.2. Рекомендуемая литература

### Основная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Хоровиц П., Хилл У., Бронин Б.Л. Искусство схемотехники: Москва: Мир, 1993.	1993	ИБК СПбПУ
2	Гоноровский И.С., Демин М.П. Радиотехнические цепи и сигналы: Москва: Радио и связь, 1994.	1994	ИБК СПбПУ

### Ресурсы Интернета

1. This document is a guideline for designing a carrier board with high speed signals.: <https://docs.toradex.com/102492-layout-design-guide.pdf>

## 9.3. Технические средства обеспечения дисциплины

Для проведения занятий необходим проектор с возможностью подключения к нему ноутбука преподавателя, полотно для проектора. Также необходима доска и маркеры, которыми можно писать по ней.

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения практических занятий по дисциплине требуется компьютерный класс, оборудованный не менее, чем 20 компьютерами со следующими параметрами:

ОС: Windows 10

ОЗУ: не менее 8ГБ

ЦПУ: не менее 4 ядер, работающих с частотой не менее 3ГГц.

На каждый компьютер должен быть установлен любая из перечисленных САПР: Altium Designer (версией не ниже 20), KiCad (версией не ниже 6).

На каждом компьютере должны быть установлены Microsoft Word и Microsoft Excel версией не ниже 2010.

## 11. Критерии оценивания и оценочные средства

### 11.1. Критерии оценивания

Для дисциплины «Автоматизация конструирования электронных устройств» формой аттестации является зачёт. Дисциплина реализуется с применением системы индивидуальных достижений.

#### Текущий контроль успеваемости

Максимальное значение персонального суммарного результата обучения (ПСРО) по приведенной шкале - 100 баллов

Максимальное количество баллов приведенной шкалы по результатам прохождения двух точек контроля - 80 баллов.

Подробное описание правил проведения текущего контроля с указанием баллов по каждому контрольному мероприятию и критериев выставления оценки размещается в СДО в навигационном курсе дисциплины.

#### Промежуточная аттестация по дисциплине

Максимальное количество баллов по результатам проведения аттестационного испытания в период промежуточной аттестации – 20 баллов приведенной шкалы.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с расписанием.

Для получения зачета по дисциплине необходимо посетить не менее 80% занятий и выполнить не менее 60% из запланированных на семестр лабораторных работ. Зачет проводится в форме беседы с преподавателем на темы, изученные в ходе лабораторных работ. При удовлетворительном ответе на все вопросы студенту ставится зачет.

Результаты промежуточной аттестации, определяются на основе баллов, набранных в рамках применения, СИД

Баллы по приведенной шкале в рамках применения СИД (ПСРО+ ПА)	Оценка по результатам промежуточной аттестации
	Экзамен/диф.зачет/зачет
0 - 60 баллов	Неудовлетворительно/не зачтено
61 - 75 баллов	Удовлетворительно/зачтено
76 - 89 баллов	Хорошо/зачтено

Баллы по приведенной шкале в рамках применения СИД (ПСРО+ ПА)	Оценка по результатам промежуточной аттестации
	Экзамен/диф.зачет/зачет
90 и более	Отлично/зачтено

## 11.2. Оценочные средства

Оценочные средства по дисциплине представлены в фонде оценочных средств, который является неотъемлемой частью основной образовательной программы и размещается в электронной информационно-образовательной среде СПбПУ на портале etk.spbstu.ru

## 12. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Степень понимания предмета сильно зависит от исходных знаний студента. На первом занятии предполагается провести входное тестирование, содержащее в себе вопросы из курсов Теоретические основы электротехники и Схемотехника операционных устройств.

По результатам тестирования определяется средний уровень знаний студента и, если он ниже ожидаемого, предполагается прочитать дополнительный теоретический материал и предложить дополнительную литературу по тем темам, где у них имеются пробелы в знаниях.

Если же уровень подготовки, напротив, выше ожидаемого, можно перейти сразу к более продвинутым темам и дать дополнительные задания к лабораторным работам.

Также, так как курс является практическим, считаю необходимым показывать студентам каждый этап их работы в САПР на реальном примере.

Пример: студенты разрабатывают в САПР схему электрическую и печатную плату по заданию преподавателя. Преподаватель же, показывает на своем компьютере разработанную им в САПР в качестве обучающего материала схему и плату, а так же демонстрирует физически изготовленную плату и ее работу.

## 13. 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.