

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Ученого совета  
факультета радиотехники и электроники

проф Небольсин В.А. \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_ 2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б3 Проектирование и технология электронной компонентной базы**  
(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки (специальности): **11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**  
(код, наименование)

Профиль подготовки: **«Приборы и устройства в микро- и нанoeлектронике»**  
(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения **очная** Срок обучения **нормативный**

Кафедра **полупроводниковой электроники и нанoeлектроники**  
(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработал: **Арсентьев А.В., к.т.н.**  
(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии **ФРТЭ**

Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Председатель методической комиссии **Коровин Е.Н.**  
(Ф.И.О)

Воронеж 2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Ученого совета  
 факультета радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А. \_\_\_\_\_  
 (подпись)  
 \_\_\_\_\_ 2017 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### **Б1.Б3 Проектирование и технология электронной компонентной базы** (наименование дисциплины по учебному плану ООП)

**Закреплена за кафедрой:** полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

**Направления подготовки (специальности):** 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника  
 (код, наименование)

**Профиль подготовки:** «Приборы и устройства в микро- и нанoeлектронике»  
 (название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

**Часов по УП:** 180; **Часов по РПД:** 180;

**Часов по УП (без учета часов на экзамены):** 144; **Часов по РПД:** 144;

**Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по УП:** 10

**Часов на интерактивные формы (ИФ) обучения по РПД:** 10

**Часов на самостоятельную работу по УП:** 54 (30%);

**Часов на самостоятельную работу по РПД:** 54 (30%)

**Общая трудоемкость в ЗЕТ:** 5;

**Виды контроля в семестрах (на курсах):** Экзамены – 2; Зачеты - 1; Зачет с оценкой – 0;

Курсовые проекты - 2; Курсовые работы - 0.

**Форма обучения:** очная;

**Срок обучения:** нормативный.

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах									
	1 / 18		2 / 18		3 / 18		4 / 18		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции	18	18	18	18						36
Лабораторные	18	18	18	18						36
Практические			18	18						18
Ауд. занятия	18	18	18	18						36
Сам. работа	18	18	36	36						54
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	<b>108</b>	<b>108</b>						<b>180</b>

**Сведения о ФГОС ВО, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» квалификация «магистр». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 30 октября 2014 г. №1407.**

**Программу составил:** \_\_\_\_\_ к.т.н., Арсентьев А.В.  
(подпись, ученая степень, ФИО)

**Рецензент (ы):** \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки магистров по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», магистерская программа ««Приборы и устройства в микро- и наноэлектронике».

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники

протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2017г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ \_\_\_\_\_ С.И. Рембеза

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	<b>Цель изучения дисциплины</b> состоит в формировании знаний физических и топологических основ оптоэлектронных микро и наноструктур на основе элементарных и сложных полупроводников.
1.2	<b>Для достижения цели ставятся задачи:</b>
1.2.1	– усвоение физических принципов и топологических основ оптоэлектронных микро и наноструктур;
1.2.2	– формирование у студентов на этой основе современных представлений о физике и технике сложных полупроводниковых материалов и структур;
1.2.3	– ознакомление студентов с видами перспективных оптоэлектронных материалов;
1.2.4	– изложение основных представлений о структуре и свойствах двойных, тройных и четверных полупроводниковых твердых растворов;
1.2.5	– описание оптических свойств твердых тел и неравновесных явлений в них;
1.2.6	– изложение особенностей влияния эффекта беспорядка на оптические свойства твердых тел, описание квантово-размерных эффектов;
1.2.7	– знакомство с топологией оптоэлектронных микро и наноструктур.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл (раздел) ООП: Б1	код дисциплины в УП: Б1.Б.3
<b>2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося</b>	
Для успешного освоения данной дисциплины студент должен освоить следующие предшествующие дисциплины	
<b>2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее</b>	
Б2.Б.1	Математика
Б3.Б.1	Информационные технологии
Б2.В.ДВ.2.2	Пакеты прикладных математических программ
Б3.Б.3	Теоретические основы электротехники
Б2.В.ДВ.3.1	Физика полупроводников
Б2.В.ДВ.3.2	Физика диэлектриков
Б3.Б.12	Схемотехника

## КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-4	способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области
ПКВ-2	теоретическая и практическая готовность к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства приборов и устройств

### В результате освоения дисциплины обучающийся должен

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств (ОПК-4);
3.1.2	общую характеристику процесса проектирования электронной компонентной базы (ОПК-4);
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	выбирать и описывать модели электронной компонентной базы на различных этапах проектирования; работать с техническими и программными средствами реализации процессов проектирования (ПКВ-2);
3.2.2	разрабатывать технологические маршруты их изготовления (ПКВ-2);
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	методами проектирования современной электронной компонентной базы и технологических процессов электроники и наноэлектроники (ОПК-4, ПКВ-2);
3.3.2	методами математического моделирования приборов и технологических процессов с целью оптимизации их параметров (ОПК-4, ПКВ-2).

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ П./п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Проектирование МОП транзисторов и МОП структур ИМС	1	1-4	4	-	4	4	12
2	Схемотехнический анализ и проектирование	1	5-18	14	-	14	14	42
<b>Итого</b>				<b>18</b>		<b>18</b>	<b>18</b>	<b>54</b>

№ П./П	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Функционально-логическое моделирование и проектирование	2	1-8	8	8	8	16	<b>40</b>
2	Проектирование топологии	2	9-18	10	10	10	20	<b>50</b>
<b>Итого</b>				<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>90</b>

#### 4.1 ЛЕКЦИИ

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)
<b>1 семестр</b>		<b>18</b>	
<b>Проектирование МОП транзисторов и МОП структур ИМС</b>		<b>4</b>	
2	Модель короткоканального МОП транзистора	2	
4	Структуры типа, LDD-MOS, D-MOS	2	
<b>Схемотехнический анализ и проектирование</b>		<b>14</b>	
6	Статические логические вентили	2	
8	Триггеры и защелки	2	
10	Схемотехника ячейки памяти типа SRAM на CMOS	2	
12	Комплексные логические вентили	2	
14	Динамические логические вентили	2	
16	Логические вентили на проходных ключах	2	
18	D-триггер на проходных ключах	2	
<b>2 семестр</b>		<b>18</b>	
<b>Функционально-логическое моделирование и проектирование</b>		<b>8</b>	
2	Моделирование схемотехники логических вентилях типа Precharge	2	
4	Моделирование схемотехники логических вентилях типа Domino	2	
6	Моделирование схемотехники логических вентилях типа Self-Resetting	2	
8	Моделирование схемотехники логических вентилях типа NORA		

<b>Проектирование топологии</b>		<b>10</b>	
10	Топологические нормы и правила, PDK	2	
12	Топология статических логических вентилей	2	
14	Топология комплексных логических вентилей	2	
16	Топология динамических логических вентилей	2	
18	Топология логических вентилей на проходных ключах	2	
<b>Итого часов</b>		<b>36</b>	

## 4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	В том числе, в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
<b>2 семестр</b>		<b>18</b>		
<b>Функционально-логическое моделирование и проектирование</b>		<b>8</b>		
2	Методы и задачи логического моделирования. Иерархия моделей сигналов и элементов логического проектирования ИС. Методы синхронного моделирования. <i>Самостоятельное изучение. Таблицы истинности для базовых логических элементов в двухзначной логике.</i>	2		
4	Асинхронное моделирование. Понятие статического и динамического “риска сбоя”. Выявление “риска сбоя” методами логического моделирования. Событийный алгоритм асинхронного моделирования. <i>Самостоятельное изучение. Сравнительная характеристика основных параметров синхронного и асинхронного алгоритмов моделирования</i>	2		
6	Событийный алгоритм асинхронного моделирования.	2		
8	Тестирование ИС. Виды неисправностей. Классификация методов тестового диагностирования ИС. Основные алгоритмы создания тестов выявления константных неисправностей методом булевых разностей и на основе D-алгоритма Рота. <i>Самостоятельное изучение. Составление тестов методом булевых разностей для одиночных и кратных неисправностей.</i>	2		
<b>Проектирование топологии</b>		<b>10</b>		
10	Стандартные задачи и методы проектирования топологии ИС. Проектирование топологии	2		

	ИС: постановка задачи, основные понятия, критерии оптимальности. Конструкторско-технологические ограничения. Основные правила проектирования топологии			
12	Классификация основных методов трассировки. Волновой алгоритм и его основные модификации.	2		
14	Лучевой алгоритм трассировки и его модификации. Трассировка ИС с регулярной структурой. Трассировка по каналам и магистралям	2		
16	Постановка задачи размещения компонентов. Классификация основных методов размещения. Матрица связности и расстояния. Размещение методом “ветвей и границ”.	2		
18	Критерии оптимальности. Оптимизация размещения методом парных перестановок	2		
<b>Итого часов</b>		<b>18</b>		

### 4.3 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	В том числе в интерактивной форме (ИФ)	Виды контроля
<b>1 семестр</b>		<b>18</b>		
<b>Проектирование МОП транзисторов и МОП структур ИМС</b>		<b>4</b>		
1 - 4	Работа с программой графического редактора электрических схем. Создание основных вариантов электрических схем МОП–инвертора в программе схемотехнического редактора Интерактивная форма: групповое обсуждение возможности редактора электрических схем, подключение и состав различных библиотек	4		отчет
<b>Схемотехнический анализ и проектирование</b>		<b>14</b>		
5-6	Анализ статического режима МОП – инвертора с нелинейной нагрузкой. Интерактивная форма: групповое обсуждение характеристик инвертора и возможности применения его МОП БИС	2		отчет
7-8	Анализ статического режима МОП – инвертора с квазилинейной нагрузкой. Интерактивная форма: групповое обсуждение характеристик инвертора и возможности применения его МОП БИС	2		отчет
9-10	Анализ статического режима МОП – инвертора с токостабилизирующей нагрузкой. Интерактивная форма: групповое обсуждение характеристик инвертора и возможности применения его МОП БИС	2		отчет
11-12	Анализ статического режима КМОП – инвертора.	2		отчет

	Интерактивная форма: групповое обсуждение характеристик инвертора и возможности применения его КМОП БИС			
13-14	Анализ переходного процесса МОП – инвертора с нелинейной нагрузкой. Интерактивная форма: групповое обсуждение характеристик инвертора и возможности применения его МОП БИС	2		отчет
15-16	Анализ переходного процесса МОП – инвертора с квазилинейной нагрузкой. Интерактивная форма: групповое обсуждение характеристик инвертора и возможности применения его МОП БИС	2		отчет
17-18	Анализ переходного процесса КМОП – инвертора. Интерактивная форма: групповое обсуждение характеристик инвертора и возможности применения его КМОП БИС	2		отчет
<b>2 семестр</b>		<b>18</b>		
<b>Функционально-логическое моделирование и проектирование</b>		<b>8</b>		
1 - 4	Моделирование схмотехники логических вентилях типа Precharge, Domino	4		отчет
5-8	Моделирование схмотехники логических вентилях типа Self-Resetting, NORA	4		отчет
<b>Проектирование топологии</b>		<b>10</b>		
9-12	Топология комплексных логических вентилях	4		отчет
13-16	Топология логических вентилях на проходных ключах	4		отчет
18	Отчетное занятие	2		отчет
<b>ИТОГО</b>		<b>36</b>		

#### 4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
<b>1 семестр</b>		<b>Зачет с оценкой</b>	<b>18</b>
1	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению работ	0,5
	Подготовка к защите лаб. работы	отчет	0,5
2	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению работ	0,5
	Подготовка к защите лаб. работы	отчет	0,5
3	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению работ	0,5
	Подготовка к защите лаб. работы	отчет	0,5
4	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению работ	0,5
	Подготовка к защите лаб. работы	отчет	0,5
5	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению работ	0,5
	Подготовка к защите лаб. работы	отчет	0,5
6	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению работ	0,5
	Подготовка к защите лаб. работы	отчет	0,5
7	Подготовка к выполнению лаб. работы	допуск к выполнению работ	0,5
	Подготовка к защите лаб. работы	отчет	0,5



## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	<b>В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:</b>
5.1	<b>Информационные лекции;</b>
5.2	<b>Практические занятия:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проведение контрольных работ;</li> <li>– обсуждение типовых ошибок домашних заданий</li> </ul>
5.3	<b>лабораторные работы:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выполнение лабораторных работ в соответствии с индивидуальным графиком,</li> <li>– защита выполненных работ;</li> </ul>
5.4	<b>самостоятельная работа студентов:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– изучение теоретического материала,</li> <li>– подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям,</li> <li>– работа с учебно-методической литературой,</li> <li>– оформление конспектов лекций, отчетов,</li> <li>– подготовка к текущему контролю успеваемости, к зачету и экзамену;</li> </ul>
5.5	<b>консультации</b> по всем вопросам учебной программы.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

<b>6.1</b>	<b>Контрольные вопросы и задания</b>
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: <ul style="list-style-type: none"> <li>– тесты;</li> <li>– контрольные вопросы;</li> <li>– отчет и защита выполненных лабораторных работ.</li> </ul>
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения входного, текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает примерные варианты контрольных работ, вопросы к экзаменам и зачету. Фонд оценочных средств представлен в учебно – методическом комплексе дисциплины.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

<b>7.1 Рекомендуемая литература</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Авторы, составители</b>	<b>Заглавие</b>	<b>Годы издания. Вид издания</b>	<b>Обеспеченность</b>
<b>7.1.1. Основная литература</b>				
7.1.1.1	Бордаков Е.В.	Основы проектирования топологии ИС	2010 печат.	0,5
<b>7.1.2. Дополнительная литература</b>				

7.1.2.1	Строгонов А.В.	Основы микросхемотехники интегральных схем	2012 Магнитный носитель	1
<b>7.1.4 Программное обеспечение</b>				
7.1.4.1	<b>Компьютерные лабораторные работы:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Создание основных вариантов электрических схем МОП–инвертора в программе схемотехнического редактора</li> <li>• Анализ статического режима МОП – инвертора с нелинейной нагрузкой.</li> <li>• Анализ статического режима МОП – инвертора с токостабилизирующей нагрузкой.</li> <li>• Анализ статического режима КМОП – инвертора.</li> <li>• Анализ переходного процесса МОП – инвертора с нелинейной нагрузкой.</li> <li>• Анализ переходного процесса КМОП – инвертора.</li> </ul>			

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

<b>8.1</b>	<b>Специализированная лекционная аудитория</b> , оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
<b>8.3</b>	<b>Дисплейный класс</b> , оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой**

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год издания. Вид издания.	Обеспеченность
<b>1. Основная литература</b>				
Л1.1	Бордаков Е.В.	Основы проектирования топологии ИС	2010 печат.	
<b>2. Дополнительная литература</b>				
Л2.1	Строгонов А.В.	Основы микросхемотехники интегральных схем	2012 Магнитный носитель	
<b>3. Методические разработки</b>				
ЛЗ.1				
ЛЗ.2				

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Директор НТБ \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /