

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный  
университет им. Н.И. Лобачевского»**

Физический факультет  
Кафедра физики полупроводников, электроники и наноэлектроники

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол № 4 от «14» декабря 2021г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Основы проектирования электронной компонентной базы**

Уровень высшего образования  
бакалавриат

Направление подготовки: 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленности (профили): материалы микро- и наносистемной техники

Форма обучения: очная

Нижний Новгород, 2022 год

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Основы проектирования электронной компонентной базы» относится к дисциплинам по выбору формируемой участниками образовательных отношений части основной образовательной программы по направлению подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника». Данная дисциплина преподаётся в восьмом семестре.

Для усвоения курса необходимы знания, полученные при изучении таких дисциплин, как «Физика» (общий курс), «Математическая физика», «Физические основы электроники», «Схемотехника», «СВЧ-электроника», «Технология создания электронной компонентной базы». Всестороннее овладение данной дисциплиной является важным условием для полноценной профессиональной подготовки по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника».

Целями освоения дисциплины " Основы проектирования компонентной базы " являются следующие.

- Изучение алгоритмов функционально-логического, схемотехнического, физико-топологического проектирования. Изучение моделей элементов и программы схемотехнического проектирования PSpice, Quartus. Изучение алгоритмов топологического проектирования и поиска неисправностей.
- Формирование у студентов умений и навыков, необходимых для проектирования и оптимизации электронных схем.
- Получение углубленного профессионального образования по физике и идеологии электронной компонентной базы, обеспечивающего возможность быстрого и самостоятельного приобретения новых знаний, необходимых для успешной профессиональной деятельности в области микро- и наноэлектроники.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1. Способен применять фундаментальные представления о	ПК-1.1. Знает физические явления и процессы, лежащие в основе	<i>Знать</i> принципы проектирования комбинационных и последовательностных	Вопросы по темам/разделам дисциплины.

физических явлениях и процессах, лежащих в основе работы приборов, схем и устройств электроники, наноэлектроники, нано- и микросистемной техники для достижения требуемых функциональных характеристик.	работы приборов и устройств электроники, наноэлектроники, нано- и микросистемной техники. ПК-1.2. Применяет фундаментальные представления о физических явлениях и процессах для достижения требуемых функциональных качеств приборов и устройств электроники, наноэлектроники, нано- и микросистемной техники.	логических схем <b>Уметь</b> составлять описание логических схем на языках описания аппаратуры <b>Владеть</b> навыками синтеза логических схем в программе Quartus.	Комплект заданий к лабораторному практикуму.  Фонд тестовых заданий
---	--	---	---

### 3. Структура и содержание дисциплины «Основы проектирования электронной компонентной базы»

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	26
- занятия семинарского типа	26
- контроль самостоятельной работы	1
самостоятельная работа	19 (работа в семестре)
Промежуточная аттестация	8 семестр – зачет

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе					
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Физические ограничения на предельные размеры и быстродействие ИС	6	4	-	-	-	4	2
2. Физико-топологическое моделирование	6	4	-	-	-	4	2
3. Схемотехническое проектирование	14	4	-	8	-	12	2
4. Базовые логические схемы.	13	4	-	6	-	10	3
5. Функционально-логическое проектирование.	14	4	-	6	-	10	4
6. Минимизация логических функций, проектирование цифровых схем.	12	4	-	6	-	10	2
7. Автоматизация поиска неисправностей и топологического проектирования.	6	2	-	-	-	2	4
<b>Зачет – 1 час</b>							-

#### Содержание разделов дисциплины:

1. Физические ограничения на предельные размеры и быстродействие ИС.
2. Физико-топологическое моделирование.
  - 2.1. Пределы применимости диффузионно-дрейфового приближения.
  - 2.2. Итерационный метод Гуммеля для решения системы уравнений.
  - 2.3. Физико-топологическая модель ПТШ на GaAs.
3. Схемотехническое проектирование.
  - 3.1. Метод узловых потенциалов.
  - 3.2. Математическая модель ПТШ, методы измерения параметров модели.
  - 3.3. Программа SPICE. Quartus.
4. Базовые логические схемы.
  - 4.1. Инвертор. схемы “И-НЕ”, “ИЛИ-НЕ” на ПТШ.
  - 4.2. Схемы “И-НЕ”, “ИЛИ-НЕ” на ПТШ..
5. Функционально-логическое проектирование.
  - 5.1. Алгебра логики.
  - 5.2. Геометрическое и кубическое представление логических функций.
  - 5.3. Совершенная дизъюнктивная и конъюнктивная форма представления логических функций.
  - 5.4. Минимизация логических функций с помощью карты Карно.
  - 5.5. Статический риск сбоя “0” и “1”. Устранение статического риска сбоя.
6. Цифровые схемы.
  - 6.1. Полусумматор, сумматор.

- 6.2. Дешифратор.
- 6.3. Компаратор.
- 6.4. RS - триггер.
- 6.5. D - триггер.
- 6.6. ИС памяти.
- 6.7. Мультиплексор. Реализация произвольной логической функции на мультиплексоре.
- 8. Поиск неисправностей в цифровых схемах.
  - 8.1. Виды неисправностей. Разностная неисправная функция. Тестовая последовательность.
  - 8.2. Процедура D - прохода для поиска неисправностей.
- 9. Топологическое проектирование.
  - 9.1. Топология ПТШ на GaAs.
  - 9.2. Волновой алгоритм автоматической трассировки. Введение в дисциплину

### Лабораторный практикум

Практическая часть курса построена в виде лабораторного практикума, позволяющего привить практические навыки работы, направленные на определение параметров твердых тел и изучение эффектов в этих телах:

№п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1.	3	Освоение программы схемотехнического проектирования PSPICE (Quartus) для IBM PC.
2	3,4	Расчет пассивных элементов ИС.
3	3,4	Расчет транзисторного ключа на ПТШ с линейной и нелинейной нагрузкой.
4	5,6	Проектирование ИС инвертора на ПТШ на GaAs.
5	5,6	Ячейка БМК на GaAs. Проектирование ИС на базе ячейки БМК. Схемы “И - НЕ”, “ИЛИ - НЕ”, “2ИЛИ - И - НЕ”, “2И - ИЛИ - НЕ” .
6	6	Проектирование цифровой схемы по заданной логической функции.

### 4. Образовательные технологии

Занятия по дисциплине проходят в лекционной форме и в форме практических занятий, в форме самостоятельной работы студентов, а также в форме курсового проектирования. На лекциях студенты активно воспринимают вывод всех основных формул. На практических занятиях студенты проводят схемотехническое моделирование интегральных схем по заданиям преподавателя. Самостоятельная работа студентов включает активное изучение лекционного материала вместе с соответствующими разделами учебных пособий, выполнение расчетно-проектных работ.

### 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя текущие оценки в ходе регулярной и равномерной для каждой группы обучаемых индивидуальной работы над задачами и её обсуждение вместе со всей группой на практических занятиях, индивидуальную оценку всех задач в контрольных работах по итогам разделов курса

При подготовке к итоговой аттестации используются следующие контрольные вопросы (ПК -1):

1. Физические ограничения на предельные размеры и быстродействие ИС.
2. Волновой алгоритм автоматической трассировки.
3. Физико-топологическое моделирование. Пределы применимости диффузионно-дрейфового приближения.
4. Итерационный метод Гуммеля для решения системы уравнений.
5. Физико-топологическая модель ПТШ на GaAs.
6. Разностная неисправная функция. Виды неисправностей.
7. Процедура D - прохода для поиска неисправностей.
8. Схемотехническое моделирование. Метод узловых потенциалов.
9. Топология ПТШ.
10. Минимизация логических функций с помощью карты Карно.
11. Истоковый повторитель на ПТШ.
12. ПТШ как источник тока.
13. Ключ на ПТШ, схема смещения уровней.
14. Схемы “И - НЕ”, “ИЛИ - НЕ” на ПТШ на GaAs.
15. Алгебра логики.
16. Совершенная дизъюнктивная и конъюнктивная форма представления логических функций.
17. Геометрическое и кубическое представление логических функций.
18. Статический режим сбоя.
19. Полусумматор, сумматор.
20. Дешифратор.
21. Компаратор.
22. Мультиплексор.
23. RS - триггер.
24. D - триггер.
25. ИС памяти.
26. Дифференциальный усилитель.
27. Операционный усилитель.
28. Инвертор.

## 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина, с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений) приведён выше (раздел 2). Ниже приведена таблица образовательных дескрипторов (отличительных признаков уровней освоения компетенций).

Уровень сформированности и компетенций (индикатор достижения компетенции)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				

ций)							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельным и несущественным недочетом, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

## 6.2. Описание шкал оценивания.

Оценка «зачтено» ставится при полностью выполненных лабораторных заданиях и сданных отчетах.

## 6.3. Критерии оценивания результатов обучения для проведения аттестации обучающихся по дисциплине.

Зачтено	Полностью выполнены задания лабораторных работ. Сданы отчеты по лабораторным работам. Студент способен объяснить
---------	--

	полученные результаты и сделать соответствующие выводы.
Незачтено	Не выполнены задания лабораторных работ.

6.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Пример практического задания (ПК-1)

1. Получить у преподавателя функционально-логическую схему.
2. Согласно полученной схеме составить таблицу истинности.
3. Составить принципиальную схему.
4. Нарисовать графики входных и выходного импульсов.
5. Согласно принципиальной схеме создать входной файл описания схемы и процесса моделирования для программы PSPICE (Quartus).
6. Провести моделирование в программе PSPICE, результат представить преподавателю.

Контрольные вопросы (ПК-1)

1. Какой тип проектирования осуществляется с помощью программы PSPICE ?
  1. физико-топологическое
  2. схемотехническое
  3. функционально-логическое
  4. топологическое
2. Что вычисляет программа PSPICE?
  1. величину сопротивления
  2. величину емкости
  3. узловые потенциалы
  4. ширину транзистора
3. Базовыми логическими схемами в логике полевых транзисторов с затвором Шоттки на GaAs являются:
  1. «И»
  2. «ИЛИ»
  3. «ИЛИ-НЕ»
4. Цепь смещения в инверторе в логике полевых транзисторов с затвором Шоттки на GaAs служит для смещения:
  1. частоты



2. времени
  3. температуры
  4. потенциалов
5. По какому параметру согласуют цифровые интегральные схемы?
1. температуре
  2. времени
  3. уровням сигналов
  4. частоте
6. С какой точки выгоднее начинать автоматическую трассировку схемы волновым алгоритмом?
1. с середины схемы
  2. с края схемы
7. Чем отличаются схемы сумматора и полусумматора?
1. количеством входов
  2. количеством выходов
8. С помощью карты Карно получаем:
1. совершенную нормальную дизъюнктивную форму логической функции
  2. минимальную дизъюнктивную форму логической функции
9. Какой тип моделирования дает наиболее точные характеристики полупроводниковых приборов?
1. физико-топологическое
  2. схемотехническое
  3. функционально-логическое
  4. топологическое
10. Чем обусловлен риск сбоя единицы?
1. неисправностью в схеме
  2. неправильными сигналами
  3. разной задержкой сигналов
  4. сбоем нуля

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Основы проектирования электронной компонентной базы»**

а) основная литература:

1. Проектирование микросистем. Программные средства обеспечения САПР: учебное пособие. Левицкий А.А., Маринушкин П.С. <https://e.lanbook.com/book/6046#authors> - доступ с компьютеров ННГУ.
2. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и программное обеспечение, М.: Мир, 1998. — 575 с. <https://www.twirpx.com/file/2211896/>

б) дополнительная литература:

1. Демиховский В.Я., Вугальтер Г.А. Физика квантовых наноразмерных структур. М., Логос, 2000.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Фонд интернет-изданий ННГУ <http://www.unn.ru/books/resources.html>)
2. Программа PSPICE, открытая версия [https://en.freedownloadmanager.org/users-choice/Pspice\\_9.1\\_Student\\_Version.html](https://en.freedownloadmanager.org/users-choice/Pspice_9.1_Student_Version.html)
3. Журнал «Нано- и микросистемная техника» <http://www.microsystems.ru>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Основы проектирования электронной компонентной базы»**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Материально-техническое обеспечение дисциплины обусловлено оснащением лабораторного практикума оборудованием, предназначенным для выполнения лабораторных работ. При выполнении некоторых расчетов студенты могут воспользоваться техническими возможностями одного из имеющихся на физическом факультете ННГУ терминал-классов с установленным лицензионным программным обеспечением.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями установленного ННГУ образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Автор:

к.ф.-мат. наук, доцент кафедры  
физики полупроводников, электроники  
и наноэлектроники

А.П. Горшков

Рецензент:

заведующий кафедрой  
теоретической физики, д.ф.-м.н.

В.А. Бурдов

Заведующий кафедрой

физики полупроводников, электроники  
и нанoeлектроники д.ф.-м.н. профессор

Д. А. Павлов

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии физического факультета ННГУ, протокол б/н от «14» декабря 2021 г.

Председатель  
Учебно-методической комиссии  
физического факультета ННГУ

Перов А.А.