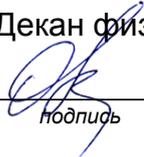


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета

  
подпись (Овчинников О.В.)  
расшифровка подписи

05.06.2025

## ПРОГРАММА ПРАКТИКИ

*Б2.В.02(У) Учебная практика, проектно-конструкторская*

*Код и наименование(тип) практики/НИР в соответствии с учебным планом*

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 11.03.04

Электроника и наноэлектроника

2. Профиль подготовки/специализация: \_\_\_\_\_

Интегральная электроника и наноэлектроника

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию практики: \_\_\_\_\_

физики полупроводников и микроэлектроники

6. Составители программы: \_\_\_\_\_

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

Богатилов Е.В., к.ф.-м.н.

7. Рекомендована: НМС физического факультета, 04.06.2025, протокол № 6

*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,*

*отметки о продлении вносятся вручную)*

8. Учебный год: 2029-2030

Семестр(ы): 7

## 9. Цель практики

Формирование навыков, необходимых для прохождения полного маршрута проектирования СФ-блоков аналоговых и цифровых интегральных схем с применением средств автоматизированного проектирования.

### Задачи практики:

- формирование навыка анализа технического задания с целью обоснованного выбора путей его реализации;
- знакомство с этапами полного цикла проектирования СФ-блоков;
- формирование навыка схмотехнического моделирования и улучшения параметров СФ-блоков;
- формирование навыков разработки топологических чертежей СФ-блоков;
- формирование навыков учета влияния паразитных элементов;
- формирования навыка работы с конструкторской документацией.

## 10. Место практики в структуре ОПОП

Место практики в структуре ОПОП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, блока Б2.

Освоение практики базируется на предшествующих дисциплинах Б1.В.03 Твердотельная электроника, Б1.В.04 Основы проектирования электронной компонентной базы, Б1.В.07 Интегральная схмотехника.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения обобщенных трудовых функций А «Разработка принципиальных электрических схем отдельных аналоговых блоков и всего аналогового СФ-блока» и В «Моделирование, анализ и верификация результатов моделирования разработанных принципиальных схем аналоговых блоков и СФ-блока» профессионального стандарта 40.035 «Инженер-конструктор аналоговых сложно-функциональных блоков (СФ-блоков)».

Знания и навыки, полученные при освоении практики, используются при освоении дисциплин Б1.В.9 Проектирование интегральных схем, Б1.В.10 Топологическое проектирование интегральных схем, Б2.В.04(П) Производственная практика, проектно-конструкторская.

## 11. Вид практики, способ и форма ее проведения

Тип практики (ее наименование): *учебная, проектно-конструкторская*

Способ проведения практики: *стационарная, без выезда*

Форма проведения практики: *дискретная.*

## 12. Планируемые результаты обучения при прохождении практики (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен выполнять расчет и проектирова-	ПК-1.1	Проводит сравнительный анализ существующих способов реализа-	Знать: - элементную базу цифровых и аналоговых ИС;

	ние электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования		ции цифровых и аналоговых СФ-блоков и на его основе разрабатывает общую архитектуру проектируемых СФ-блоков	- временные, мощностные, частотные характеристики СФ-блоков; Уметь: - разбивать функциональное и поведенческое описание аналоговых блоков на практически используемые технические реализации;
ПК-2	Способен выполнять моделирование схем отдельных аналоговых блоков и принимать решения об уточнении первичного схемотехнического описания на основе результатов анализа и верификации результатов моделирования	ПК-2.1	Применяет средства САПР для реализации основных методов схемотехнического моделирования	Владеть: - графическим схемным вводом элементов блоков с использованием стандартных библиотек элементов и библиотек из состава используемой технологической платформы; - разработкой тестовых окружений СФ-блоков; - средствами автоматизации схемотехнического моделирования; - проведением оценки функциональных, статических, динамических, временных, частотных характеристик СФ-блоков методом компьютерного моделирования; - методами совершенствования характеристик аналоговых и цифровых схем;
		ПК-2.2	Анализирует результаты схемотехнического моделирования и формирует отчеты о временных, частотных и мощностных характеристиках цифровых и аналоговых СФ-блоков	
		ПК-2.3	Разрабатывает на основании результатов схемотехнического моделирования предложения о смене электрической схемы СФ-блока и коррекции первичного технического задания	
ПК-5	Способен разрабатывать эскизные топологические представления отдельных аналоговых блоков	ПК-5.1	Разрабатывает и применяет набор ограничений на конфигурации топологических представлений цифровых и аналоговых блоков для заданного технологического процесса	Знать: - набор ограничений на конфигурации топологических представлений субблоков для выбранного технологического процесса; Владеть: - приемами разработки топологических чертежей средствами САПР с соблюдением набора ограничений; - методами физической и электрической верификации топологических представлений блоков средствами САПР; - методами экстракции паразитных параметров требуемого уровня детализации; - моделированием списка цепей, содержащего паразитные элементы блоков
		ПК-5.2	Разрабатывает топологические представления цифровых и аналоговых блоков средствами САПР с применением методов согласования параметров элементов аналоговых блоков	
		ПК-5.3	Осуществляет физическую и электрическую верификацию топологического представления СФ-блоков средствами САПР	

ПК-6	Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	ПК-6.1	Читает и интерпретирует проектно-конструкторскую документацию	Знать: - требования единой системы конструкторской документации; - требования к сопроводительной нормативной документации; Уметь: - читать и интерпретировать требования спецификации и документацию по разработке
------	--	--------	---	--

**13. Объем практики в зачетных единицах / ак. час. – 4 зет / 144 ак. часа.**

**Форма промежуточной аттестации - зачет.**

#### 14. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		7 семестр	ч.
Всего часов	144	144	48
в том числе:			
Контактная работа	2	2	
Самостоятельная работа	142	142	48
Форма промежуточной аттестации		зачет	
Итого:	744	744	48

#### 15. Содержание учебной практики

№ п/п	Разделы (этапы) практики	Виды работ на учебной практике	Объем учебной работы, ч	
			Контактные часы	Самостоятельная работа
1	Организационные мероприятия	Проведение инструктажа по технике безопасности при работе в лабораториях и по порядку прохождения практики.	1	
2	Ознакомительный этап	Ознакомление с техническим заданием на проектирование цифровых и аналоговых элементов ИС, программным обеспечением	1	8
3	Практический этап	Сравнительный анализ способов реализации требований технического задания, выбор схмотехнических решений		16
		Разработка схмотехнического представления разрабатываемого СФ-блока и тестового окружения		16

		Проведение схемотехнического моделирования, анализ результатов и оптимизация параметров СФ-блока		32
		Топологическое проектирование, процедура верификации и экстракции паразитных параметров		38
		Схемотехническое моделирование с учетом паразитных параметров, внесение изменений в проект		16
4	Представление отчетной документации	Оформление отчетной документации. Публичная защита отчета на итоговом занятии.		16

## 16. Перечень учебной литературы, ресурсов сети «Интернет», необходимых для прохождения практики

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной практики определяется исходя из предметной области и практических задач, поставленных перед студентами.

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Дыбко, М. А. Цифровая микроэлектроника : учебное пособие : / М. А. Дыбко, А. В. Удовиченко, А. Г. Волков ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 200 с. : граф., схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=573770">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=573770</a> – Библиогр.: с. 169-170. – ISBN 978-5-7782-3834-3. – Текст : электронный.
2	Дуркин, В. В. Схемотехника аналоговых электронных устройств : учебно-методическое пособие : / В. В. Дуркин, С. В. Тырыкин, Р. Ю. Белоруцкий ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 88 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575380">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575380</a> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3937-1. – Текст : электронный.
3	Малюков, С. П. Схемотехническое проектирование электронных средств : учебное пособие : / С. П. Малюков, А. В. Саенко, А. В. Палий ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2019. – 94 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=598617">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=598617</a> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3380-0. – Текст : электронный.
4	Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника : полный курс : учебник для студ. вузов, обуч. по специальности "Проектирование и технология радиоэлектрон. средств" / Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров; под ред. О. П. Глудкина. — М. : Горячая линия-Телеком, 2007. — 768 с. [20]

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
	Легостаев, Н. С. Микросхемотехника. Аналоговая микросхемотехника : учебное пособие / Н. С. Легостаев, К. В. Четвергов. - Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2014. - 238 с. - ISBN 978-5-86889-677-4. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://znanium.com/catalog/product/1850089">https://znanium.com/catalog/product/1850089</a> – Режим доступа: по подписке.
	Аналого-цифровые устройства : учебно-методическое пособие / С. Н. Гончаров, М. В. Марунин, Э. В. Запонов, А. А. Мартынов. - Саров : РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2019. - 128 с. - ISBN

	978-5-9515-0435-7. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://znanium.com/catalog/product/1230811">https://znanium.com/catalog/product/1230811</a> – Режим доступа: по подписке.
	Кравец, А. В. Учебное пособие по курсу «Схемотехника аналоговых электронных устройств» / А. В. Кравец ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. - 184 с. - ISBN 978-5-9275-2741-0. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://znanium.com/catalog/product/1021769">https://znanium.com/catalog/product/1021769</a> – Режим доступа: по подписке.
	Угрюмов Е. П. Цифровая схемотехника : [учебное пособие для студ. вузов] / Е.П. Угрюмов .— 3-е изд. — Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2010 .— 797 с.
5	Харрис Д. М. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера = Digital design and computer architecture : пер. с англ. / Дэвид М. Харрис, Сара Л. Харрис .— Москва : ДМК Пресс, 2017 .— 791 с.
	Хоровиц П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл ; Пер. с англ. Б.Н. Бронина [и др.]. — Изд.7-е. — Москва : Мир : БИНОМ, 2011. — 704 с.
	Казеннов Г.Г. Основы проектирования интегральных схем и систем / Г.Г. Казеннов. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. — 295 с.
6	Шебанов А. Н. Основы схемотехнического моделирования в NGSPICE : учебно-методическое пособие / А. Н. Шебанов, Е. В. Богатиков. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021. — 61.
7	Базовые основы проектирования аналоговых усилителей : учебно-методическое пособие / Д. В. Колесников, Е. В. Сухотерин, Е. В. Богатиков, А. Н. Шебанов .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019 .— 195 с.
8	Невежин Е. В. Анализ аналоговых интегральных структур в малосигнальном приближении : учебно-методическое пособие / Е. В. Невежин, А. С. Мамонов, Е. В. Богатиков .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020 .— 85 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

7	<a href="https://lib.vsu.ru">https://lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
8	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
9	<a href="https://www.elibrary.ru">https://www.elibrary.ru</a> - Научная электронная библиотека
10	<a href="https://peardrop.co.uk">https://peardrop.co.uk</a> - Peardrop Design Systems

## 17. Образовательные технологии, применяемые при проведении практики и методические указания для обучающихся по прохождению практики

Практика проводится в форме контактной и самостоятельной работы. В начале практики обучающимся выдаются рекомендации по порядку прохождения практики, по выполнению заданий, по организации самостоятельной работы, по формированию и представлению отчетов.

Учебная практика реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

В соответствии с конкретными решаемыми задачами обучающиеся используют:

- √ развивающие проблемно-ориентированные технологии;
- √ личностно-ориентированные технологии;
- √ информационные технологии.

При организации практики используются следующие образовательные и профессионально-ориентированные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- информационные технологии: компьютерные технологии, в том числе доступ в Интернет для получения профессиональной информации, представленной на сайтах отечественных и зарубежных компаний, занимающихся разработкой интегральных схем; программные продукты, имеющиеся в учебных лабораториях кафедры физики полупроводников и микроэлектроники;

– развивающие проблемно-ориентированные технологии (постановка и решение проблемных задач, допускающих различные пути их разработки; «междисциплинарное» обучение, предполагающее при решении профессиональных задач использование знаний из разных научных областей, группируемых в контексте конкретной решаемой задачи);

– личностно ориентированные обучающие технологии, позволяющие выстраивать для студента индивидуальную образовательную траекторию на практике с учетом его научных интересов и профессиональных предпочтений;

- использование технологий презентации и самопрезентации при представлении студентом итогов прохождения практики, определение студентом путей профессионального самосовершенствования;

– рефлексивные технологии, позволяющие практиканту осуществлять самоанализ научно-исследовательской работы, осмысление достижений и итогов практики.

## **18. Материально-техническое обеспечение практики**

Для прохождения практики используются вычислительные комплексы, свободно распространяемое прикладное программное обеспечение Glade лаборатории микропроцессорных систем; компьютеры Lenovo V520-15IKL – 8 шт.

Учебная лаборатория микропроцессорных систем: отладочные комплекты микроконтроллера K1986BE92QI - 6 шт., отладочные комплекты ПЛИС Altera MAX II - 8 шт., компьютеры Lenovo V520-15IKL - 8 шт., цифровые осциллографы UTD2025CL - 3 шт., функциональные генераторы UTG2025A - 3 шт., источники питания QJ1503C – 3 шт., мультиметры цифровые UT39B – 3 шт., телевизор LED 48” – 1 шт.; Microsoft Windows 10, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; свободно распространяемое ПО Quartus Prime 18.1 Lite Edition

Аудитория для самостоятельной работы студентов: сервер на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт. , подключенные к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ; Microsoft Windows 7, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019

При прохождении студентом производственной практики, преддипломной на предприятиях и в организациях для выполнения научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ используется оборудование и специализированное программное обеспечение по месту прохождения данного вида производственной практики согласно договорам:

- АО «НИИЭТ», договор о практической подготовке обучающихся № 825 от 11.06.2021, срок действия до 31.12.2026;
- АО «ВЗПП-Микрон», договор о практической подготовке обучающихся № 120/25 25/05-120 от 29.05.2025, срок действия до 22.05.2030;
- АО «ВЗПП-Сборка», договор о практической подготовке обучающихся № 25/05-82 от 29.05.2025, срок действия до 31.08.2030;
- АО «ПКК Миландр», договор о практической подготовке обучающихся № 2028-СОС-0822 - 22/09-4 от 19.09.2022, срок действия до 31.08.2027;
- ЗАО «Тезис-Интехна», договор о практической подготовке обучающихся № 25/05-52 от 23.05.2025, срок действия до 31.12.2030;
- АО «КТЦ Электроника», договор о практической подготовке обучающихся № 219 от 24.02.2021, срок действия до 01.12.2026.

Для подготовки отчётов и презентаций по результатам прохождения учебной практики могут быть использованы аудитории для самостоятельной работы студентов и электронно-библиотечная система (электронная библиотека) Воронежского государственного университета.

Реализация практики с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

### 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по учебной практике

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Организационные мероприятия	-	-	-
2	Ознакомительный этап	ПК-1, ПК-6	ПК-1.1, ПК-6.1	Текущий контроль результатов с использованием дистанционных образовательных технологий на базе образовательного портала "Электронный университет ВГУ"
3	Практический этап	ПК-1	ПК-1.1	
		ПК-2	ПК-2.1	
			ПК-2.2	
			ПК-2.3	
ПК-5	ПК-5.1			
	ПК-5.2			
ПК-5	ПК-5.3			
	4	Представление отчетной документации	ПК-6	ПК-6.1
Промежуточная аттестация: форма контроля – зачет				Защита отчета по практике

### 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

#### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Пример задания:

С использованием программы Glade и технологии CNM25 необходимо создать схемотехническое и топологическое представление каскодного токового зеркала. Используя программу SpiceOpus, необходимо оценить величину выходного сопротивления и крутизны выходного транзистора токового зеркала. Исходя из полученных результатов необходимо подобрать такие размеры транзисторов, при которых выходное сопротивление токового зеркала составит величину не менее 10 Гом. Проверить результаты оценки сопротивления моделированием.

Анализ результатов текущей аттестации включает оценку:

- выполнения обучающимися всех видов работ, предусмотренных рабочими планами по практике;
- степени освоения разделов, темы практики;

- имеющих в процессе прохождения практики недостатков и определение путей их устранения;
- уровня овладения соответствующими компетенциями, навыками самостоятельной работы, путей и средств их развития;
- посещаемости занятий обучающимися.

Обработку и анализ результатов текущей аттестации обучающихся осуществляет руководитель практики, который предоставляет результаты анализа в обобщенном виде заведующему кафедрой.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме зачета осуществляется руководителем учебной практики от кафедры.

В конце практики студент обязан оформить отчет и сдать его на проверку руководителю от кафедры. Объем отчета 10-15 страниц формата А4, включая иллюстрации. Руководитель составляет отзыв с оценкой работы студента. Защита отчета происходит на студенческой конференции. Студент готовит доклад с презентацией о проделанной работе продолжительностью 5 мин.

Рекомендуемая последовательность размещения материала в отчете:

- титульный лист (Приложение);
- содержание;
- введение;
- аналитическая часть с разбивкой на главы и разделы;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Каждому студенту задаются вопросы по всем разделам практики.

Требования к выполнению заданий, критерии оценивания

При определении оценки учитываются следующие показатели:

- уровень профессиональной подготовки;
- качество и своевременность выполнения профессиональных задач по практике;
- содержание и качество оформления отчета;
- ответы на вопросы;
- характеристика работы студента руководителем практики.

Уровень профессионализма (профессиональные знания, умения, навыки и компетенции) оценивается по следующим показателям:

- работоспособность разработанного устройства;
- оптимальность использованного решения;
- качество оформления результатов.

При прохождении практики студент должен выполнять организационные и дисциплинарные требования:

- посещение занятий и консультаций руководителя практики;
- полнота и своевременность реализации программы практики;
- своевременное предоставление отчетной документации в полном объеме (не позднее даты окончания практики) и в полном соответствии с предъявляемыми программой практики требованиями к ее содержанию и качеству оформления.

Критерии оценки работы студентов на учебной практике:

- оценка «зачтено» выставляется при соответствии работы студентов всем вышеуказанным показателям. Компетенции в целом сформированы. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются частично. Данный уровень обязателен для всех

осваивающих ОПОП;

- оценка «*не зачтено*» выставляется в случае несоответствия работы студента всем требуемым показателям, неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении заданий, предусмотренных программой практики.

Приложение  
(обязательное)

Образец титульного листа отчета об учебной практике

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

Физический факультет

Кафедра физики полупроводников и микроэлектроники

Отчет

о прохождении \_\_\_\_\_ практики  
*вид практики*

студентом \_\_\_\_ курса \_\_\_\_\_ формы обучения физического факультета  
*очной, очно-заочной*

по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и микроэлектроника

\_\_\_\_\_  
*фамилия, имя, отчество студента*

В \_\_\_\_\_  
*место и время прохождения практики*

\_\_\_\_\_ с \_\_\_\_\_.20\_\_ по \_\_\_\_\_.20\_\_ .

Отчет проверен:

\_\_\_\_\_  
*подпись руководителя*

\_\_\_\_\_  
*расшифровка подписи*

\_\_\_\_\_.20\_\_  
*дата*

Воронеж 20\_\_