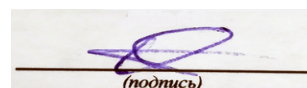


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра микроэлектроники и общей физики

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета



(подпись)

И.С.Огнев

« 23 » мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины  
«Электроника в физическом эксперименте»**

Направление подготовки  
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль)  
«Интегральная электроника и нанoeлектроника»

Форма обучения  
очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от «17» апреля 2023 года, протокол № 5

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года

Ярославль

## **1. Цели освоения дисциплины**

Цель курса – познакомить студентов, специализирующихся в области общей и прикладной физики, с основными идеями электроники с точки зрения ее использования в физическом эксперименте.

Задачами данного курса являются:

- разъяснение места и роли электронных средств наблюдения, регистрации и обработки данных в физическом эксперименте;
- приобретение учащимися начальных навыков работы с электронными схемами и дальнейшее развитие умения работать с измерительными приборами;
- ознакомление с особенностями методов анализа характеристик средств современной электроники и их влияния на качество результатов измерений.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Электроника в физическом эксперименте» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1, и включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативной части, к курсам по выбору.

Для освоения данной дисциплины студенты должны решать дифференциальные уравнения, знать основы комплексного анализа, теоретические основы электрических цепей. Дисциплина «Электроника в физическом эксперименте» использует знания, полученные при изучении дисциплин «Электричество и магнетизм», «Физика полупроводников и низкоразмерных систем», «Теоретические основы электротехники».

Дисциплина «Электроника в физическом эксперименте» создает предпосылки для более глубокого освоения последующих дисциплин: «Микроэлектроника», «Наноэлектроника», «Физика и технология микроэлектромеханических систем».

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

| Формируемая компетенция<br>(код и формулировка)  | Индикатор достижения компетенции<br>(код и формулировка)  | Перечень планируемых результатов обучения  |
|--|---|--|
| <b>Профессиональные компетенции</b>  |   |  |
| <b>ПК-5.</b> Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники | <b>ИД_ПК-5.1.</b> Знает физические характеристики материалов и изделий электронной техники.                               | <b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– принцип действия и свойства основных компонентов, образующих элементную базу аппаратных средств современной электроники;</li> <li>– параметры и характеристики приборов, схем, устройств и установок;</li> <li>– методы статистической обработки результатов измерения.</li> </ul>  |
|  | <b>ИД_ПК-5.2.</b> Знает технологические процессы создания материалов, приборов и устройств электроники и нанoeлектроники. | <b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить наблюдения и измерения с использованием аппаратных средств современной электроники;</li> <li>– в простейших случаях самостоятельно собирать и отлаживать электронные схемы, необходимые для наблюдения, регистрации и обработки данных;</li> <li>– применять на практике эффективную методику экспериментального исследования с применением устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.</li> </ul> |
|  | <b>ИД_ПК-5.3.</b> Осуществляет настройку приборов и оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации.     | <b>Владеть навыками:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применения основных методов теоретического рассмотрения свойств аппаратных средств современной электроники и учета влияния их характеристик на результаты экспериментального исследования;</li> <li>– подготовки и проведения физического эксперимента, обеспечивая необходимое взаимодействие с участниками, ответственными за профессиональное решение задач, относящихся к применению электроники.</li> </ul>                                 |

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

| №<br>п/п | Темы (разделы)<br>дисциплины,<br>их содержание  | Семестр | Виды учебных занятий,<br>включая самостоятельную<br>работу студентов,<br>и их трудоемкость<br>(в академических часах) |              |              |              |                                    |                           | Формы текущего кон-<br>троля успеваемости<br><br>Форма промежуточной<br>аттестации<br>(по семестрам) |
|----------|---|---------|---|--------------|--------------|--------------|------------------------------------|---------------------------|--|
|          |   |         | Контактная работа   |              |              |              |                                    | самостоятельная<br>работа |  |
|          |   |         | лекции  | практические | лабораторные | консультации | аттестацион-<br>ные испыта-<br>ния |                           |  |
| 1        | Регистрация сигналов в физическом эксперименте  | 8       | 4   |              | 4            | 1            |                                    | 5                         | Коллоквиум по теме   |
| 2        | Усиление электрических сигналов. Применения операционных усилителей. Обратные связи в схемах усилителей | 8       | 4   |              | 4            |              |                                    | 5                         | Коллоквиум по теме   |
| 3        | Схемы на основе колебательных LC-контуров. Измерение времени и частоты                                  | 8       | 4   |              | 4            | 1            |                                    | 5                         | Коллоквиум по теме   |
| 4        | Элементы цифровой электроники   | 8       | 4   |              | 4            |              |                                    | 5                         | Коллоквиум по теме   |
| 5        | Применение средств вычислительной техники   | 8       | 4   |              | 4            | 1            |                                    | 8,7                       | Коллоквиум по теме   |
|          |   |         |   |              |              |              | 0.3                                |                           | Зачёт  |
|          | Всего   |         | 20  |              | 20           | 3            | 0,3                                | 28,7                      |  |

#### Содержание разделов дисциплины:

##### 1. Регистрация сигналов в физическом эксперименте

Датчики электрических сигналов. Аналоговые и цифровые схемы преобразования сигналов. Программные методы обработки данных.

##### 2. Усиление электрических сигналов. Применения операционных усилителей. Обратные связи в схемах усилителей

Резисторные усилители на биполярных транзисторах. Минимальные сведения о транзисторах. Постоянные и переменные токи и напряжения в электронной схеме, теорема об эквивалентном генераторе. Нестабилизированная и стабилизированная схемы: режим по постоянному току, оценка значений коэффициентов усиления и входных сопротивлений.

Задача о прохождении сигнала через линейный четырехполюсник: спектральный и временной подходы (интеграл Дюамеля), их взаимные соответствия. Примеры: дифференцирующая и интегрирующая цепи.

Представление об эквивалентных схемах транзисторов. Поведение однокаскадного резисторного усилителя в области нижних и верхних частот, его частотная и переходная характеристики. Многокаскадный усилитель.

Минимальные сведения об операционном усилителе, представление об идеальном операционном усилителе. Усилители на основе операционных усилителей; частотные характеристики линейных схем на основе операционных усилителей, диаграммы Боде. Выполнение арифметических операций над аналоговыми сигналами, интегрирование и дифференцирование. Фильтры. Генераторы и формирователи сигналов на основе операционных усилителей: импульсные схемы. RC-генератор синусоидальных колебаний.

Принцип обратной связи. Последовательная и параллельная обратные связи по току и по напряжению. Влияние обратной связи на характеристики усилителя. Устойчивость усилителей с отрицательной на средних частотах обратной связью.

### **3. Схемы на основе колебательных LC-контуров. Измерение времени и частоты**

Параллельный LC-контур с добротностью, много большей 1: модуль и аргумент полного сопротивления вблизи резонансной частоты, параллельная схема замещения. Резонансный усилитель. Принцип действия и характеристики LC-генераторов синусоидальных колебаний: баланс фаз и баланс амплитуд в установившемся режиме, условие самовозбуждения. Использование кварцевых резонаторов для стабилизации частоты.

Роль стабильности частоты при измерении времени в физическом эксперименте.

### **4. Элементы цифровой электроники**

Принцип действия и электрические свойства логических схем, схемы И-НЕ и ИЛИ-НЕ в комплементарной МОП-логике. Комбинационные логические схемы: ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ-ИЛИ, шифратор и дешифратор, мультиплексор и демультиплексор, логический компаратор, сумматор.

RS- и D-защелки, D-триггер с динамическим входом синхронизации, триггер со счетным входом. Цифровые схемы последовательного действия: счетчики, регистры.

Методы аналого-цифрового преобразования.

### **5. Применение средств вычислительной техники**

Структура микроконтроллера. Взаимодействие процессорного ядра с функциональными узлами. Принцип прерываний. Сопряжение микроконтроллера с внешними источниками сигналов и исполнительными механизмами. Протоколы обмена сигналами.

## **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Академическая лекция (или лекция общего курса)** – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

**Лабораторное занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению знаний, полученных на лекциях и практических занятиях. Это форма организации обучения, когда студенты по заданию и под руководством преподавателя выполняют одну или несколько лабораторных работ. Основные дидактические цели лабораторных работ – экспериментальное подтверждение изученных теоретических положений, проверка формул, ознакомление с методикой проведения экспериментов, исследований. В ходе работы студенты вырабатывают умения наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков. Одновременно у студентов формируются профессиональные умения и навыки обращения с приборами, аппаратурой и другими техническими средствами для проведения опытов. В соответствии с дидактическими целями определяется содержание лабораторных работ: изучение свойств веществ, их качественных характеристик, количественных показателей, изучение устройства и работы приборов, оборудования, их испытание, снятие характеристик и т. д.

**Лабораторная работа** – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программа Wolfram Mathematica;
- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

### **а) основная литература:**

1. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 2003.

2. Клаассен К. Основы измерений: датчики и электронные приборы. Долгопрудный: Интеллект, 2012.

**б) дополнительная литература:**

1. Манаев Е. И. Основы радиоэлектроники. М.: Радио и связь, 1990.
2. Алексеев В. П. Датчики (Первичные преобразователи). Ярославль: ЯрГУ, 1999.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/19990709.pdf> (электронный ресурс)

**8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

старший преподаватель кафедры микроэлектроники

и общей физики , к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_ Романов Д.Н.

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Электроника в физическом эксперименте»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**Контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущей аттестации**  
(Проверка сформированности компетенции ПК-5 (индикаторы ИД\_ПК-5.2, ИД\_ПК-5.3))

Коллоквиум по каждой из тем по окончании выполнения соответствующей лабораторной работы.

Коллоквиум по теме “Регистрация сигналов в физическом эксперименте”

1. Дайте определения аналогового, дискретного и цифрового сигналов.
2. Как реализуется дискретизация аналогового сигнала?
3. Какова связь между средней мощностью дискретного и исходного континуального сигналов?
4. Как связаны между собой спектры дискретного и аналогового сигналов?
5. Дайте определение амплитудного и фазового спектра дискретного сигнала.
6. Какие свойства дискретного сигнала и его спектра лежат в основе зональной обработки?
7. При каких соотношениях нижней и верхней частоты в спектре аналогового сигнала и частоты его дискретизации спектр дискретного сигнала не будет искажаться?
8. Назовите основные свойства дискретного сигнала и его спектра.

Коллоквиум по теме “ Усиление электрических сигналов. Применения операционных усилителей. Обратные связи в схемах усилителей”

1. Чем отличаются выходные каскады, построенные на простейшем и комбинаторном эмиттерных повторителях ?
2. Приведите определения усилителей постоянного тока, широкополосных и избирательных усилителей.
3. Какими параметрами оцениваются частотные свойства усилителей ?
4. Что такое дрейф усилителя, чем он вызывается ?
5. Для чего служат схемы сдвига уровней напряжения в усилительных каскадах ?
6. Что такое дифференциальный усилитель ?
7. Для чего в схему дифференциального усилителя вводится генератор стабильного тока ?
8. Какие напряжения являются синфазными ?
9. Каким входом ДУ присваивают названия «инвертирующий» и «неинвертирующий» ?
10. Для чего в ДУ применяется двухполярный источник питания ?
11. Что называется ОУ ?



12. Каковы основные функциональные узлы ОУ ?
13. Дайте определение идеального ОУ.
14. Приведите три схемы включения ОУ.

Коллоквиум по теме “Схемы на основе колебательных LC-контуров. Измерение времени и частоты”

1. Колебательные контуры их применение и основные параметры?
2. Объяснить процессы, происходящие в свободном колебательном в LC контуре?
3. Объяснить процессы, происходящие в последовательном LC контуре?
4. Объяснить процессы, происходящие в параллельном LC контуре?
5. Привести схемы использования колебательных контуров?

Коллоквиум по теме “Элементы цифровой электроники”

1. Что такое ограничения целостности?
2. В чем важность задания ограничений целостности?
3. Какие виды ограничений целостности существуют? Приведите примеры ограничений целостности каждого вида.
4. Какие способы задания ограничений целостности существуют?
5. Объясните роль триггеров для контроля целостности данных.
6. Перечислите правила, которые формируются при установлении типа связи для соответствующих операций в таблице.
7. Какие события последуют, если внутри тела триггера произойдет ошибка?
8. В каких случаях срабатывают триггеры, созданные с помощью Referential Integrity Builder?
9. Для чего используются хранимые процедуры?
10. Перечислите способы хранения функций правил.

Коллоквиум по теме “ Применение средств вычислительной техники ”

1. Как называется изучаемый вами микроконтроллер?
2. Перечислите основные характеристики микроконтроллера.
3. Как называется и что собой представляет порт ввода /вывода микроконтроллера?
4. Какие виды функций могут быть заданы для линий порта?
5. Опишите органы управления и коммутации отладочной плат.

**Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**  
(Проверка сформированности компетенции ПК-5 (индикаторы ИД\_ПК-5.1))

Вопросы, которые могут быть заданы учащемуся на коллоквиуме, зависят от представленных им результатов выполнения данной лабораторной работы. В частности, преподаватель совместно со студентом убеждается в том, что результаты проведенных измерений количественно согласуются с теоретическими оценками и находятся в необходимом взаимном соответствии между собой.

## **2. Описание процедуры выставления оценки**

По итогам зачёта выставляется одна из оценок: «зачет» или «незачет».

**Оценка «зачет»** выставляется студенту, который знает основные электронные компоненты, умеет пользоваться предоставленными приборами, владеет навыками практического применения.

**Оценка «незачтено»** выставляется студенту, который не знает основные электронные компоненты, не умеет пользоваться предоставленными приборами, не владеет навыками практического применения.

## **Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Электроника в физическом эксперименте»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

- В первую очередь советуем ознакомиться с программой дисциплины, понять ее роль в процессе образования, осознать, что Вы должны знать, уметь и о чём иметь представление по итогам изучения дисциплины. К этому вопросу следует возвращаться по мере изучения предмета.
- Вам в электронном виде на двух дисках выдаются методические материалы, которые полностью обеспечивают Вашу самостоятельную работу. Постарайтесь также пользоваться другими учебниками, пособиями, указанными в программе дисциплины, Интернет.
- Дисциплина трудоёмкая и многоплановая. По этой причине не оставляйте изучение на «потом», регулярно читайте теорию, не отставайте от преподавателя.
- Задание для самостоятельного выполнения должно быть представлено преподавателю.
- При сдаче лабораторного практикума обращайтесь внимание на контрольные вопросы. Вы обязательно должны готовить на них ответы. Главное то, что Вы должны понимать физику процессов, происходящих в цифровых электронных устройствах, уметь строить принципиальные схемы и проводить анализ их работы. Оформление лабораторных работ стандартное, как на физпрактикуме. Сдача работ проводится в индивидуальном порядке. После сдачи теории выполняется одно из заданий самостоятельной работы.
- Работая со схемами цифровых устройств на ЭВМ, обращайтесь внимание на возможности компьютерного эксперимента, научитесь подключать приборы. Сначала разберитесь со схемой, а потом «жмите кнопки».

В конце семестра изучения дисциплины студенты сдают зачеты. Зачет выставляется по результатам сдачи коллоквиумов.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Электроника в физическом эксперименте» самостоятельно студенту сложно. Это связано с особенностями изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра подтвердить компетентность практически невозможно.