

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

Д.А. Гаврилов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Электронные методы физических исследований
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика и педагогика
	Физтех-школа физики и исследований им. Ландау центр образовательных программ ФРКТ
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Количество контрольных работ, заданий: 4

Программу составили:

А.А. Григорьев, канд. техн. наук, доцент, доцент

А.М. Бибилов, доцент

Программа обсуждена на заседании центра образовательных программ ФРКТ 08.11.2024

Аннотация

Ознакомление с принципами применения методов аналоговой и цифровой электроники в физическом эксперименте. Основы теории электрических цепей, усилительная техника, шумы в электронных схемах. Комбинаторные и триггерные цифровые схемы. Принципы дасеретизации сигналов, цифровая обработка. Программируемые контроллеры и большие интегральные схемы.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- познакомить студентов, специализирующихся в области общей и прикладной физики, с основными идеями аналоговой и цифровой электроники с точки зрения ее применения для регистрации и обработки данных в физическом эксперименте.

Задачи дисциплины

- 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;
- ознакомление с принципами работы цифровых средств регистрации на базе микроконтроллеров и программируемых СБИС.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	УК-6.2 Способен планировать самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач; подвергать критическому анализу проделанную работу; находить и творчески использовать имеющийся опыт в соответствии с задачами саморазвития
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации

ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принцип действия и свойства основных компонентов, образующих элементную базу аппаратных средств современной электроники.

уметь:

- проводить наблюдения и измерения с использованием аппаратных средств современной электроники.

владеть:

- основными методами теоретического рассмотрения свойств аппаратных средств современной электроники и учета влияния их характеристик на результаты экспериментального исследования.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Основы теории электрических цепей	2	2		2
2	Цепи с сосредоточенными параметрами	6	6		6
3	Цепи с распределенными параметрами	4	4		4
4	Полупроводниковая усилительная техника	6	6		6
5	Дифференциальная схемотехника	4	4		4
6	Операционный усилитель	8	8		8
7	Шумы в электронных схемах	6	6		6
8	Комбинаторная логика	2	2		2
9	Конечные автоматы	8	8		8
10	Теория дискретизации времени, БПФ	6	6		6
11	Микроконтроллеры	4	4		4
12	Программируемая логика	4	4		4
Итого часов		60	60		60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Основы теории электрических цепей

Методы контурных токов и узловых потенциалов. Теоремы Тевенина и Нортона. Системы параметров линейных трехполюсников.

2. Цепи с сосредоточенными параметрами

Передающая функция, импеданс. Импульсная реакция и переходная характеристика.

3. Цепи с распределенными параметрами

Телеграфные уравнения. Представление о бегущих волнах. Коэффициент отражения. Зависимость входного импеданса линии от ее длины. Четверть-волновой отрезок как резонатор.

Переходные процессы в длинной линии.

4. Полупроводниковая усилительная техника

Биполярный и полевой транзисторы. Схемы усилителей. Задание начального режима. Эквивалентные схемы. Оценивание малосигнальных параметров усилителей. Частотные свойства.

5. Дифференциальная схемотехника

Представление о дифференциальном сигнале. Дифференциальная пара. Дифференциальный усилитель. Схемы генераторов тока. Токовое зеркало. Динамическая нагрузка.

6. Операционный усилитель

Операционный усилитель (ОУ) как компонент петли обратной связи, его частотные свойства. Схемы масштабных усилителей на ОУ. Активные фильтры. Конверторы и инверторы сопротивления. Схемы с положительной обратной связью - триггеры Шмидта и мультивибраторы.

Семестр: 8 (Весенний)

7. Шумы в электронных схемах

Корреляционная теория шумов - функции корреляции и спектральные плотности. Сложение спектральных плотностей некоррелированных шумов. Преобразование плотности шума при линейной фильтрации - теория Винера-Хинчина. Отношение сигнал/шум. Коэффициент шума.

8. Комбинаторная логика

Логические функции. Булева алгебра. Элементарные вентили.

Нормальные формы реализации булевых функций. Дешифраторы, мультиплексоры.

Арифметические структуры - инкрементор/декрементор, сумматор, умножитель.

9. Конечные автоматы

Концепция конечного автомата. Регистровая логика. Сдвиговые регистры, Счетчики. Накапливающие сумматоры. Логика поразрядного уравнивания.

10. Теория дискретизации времени, БПФ

Дискретизация времени, спектры дискретизованных сигналов. Теорема о выборках. Дискретное преобразование Фурье как метод спектрального анализа. Быстрые алгоритмы вычисления дискретного преобразования Фурье.

11. Микроконтроллеры

Структурная схема микроконтроллера - ядро, адресные пространства, периферийные блоки. Представление о системе команд. Элементы программирования микроконтроллеров.

12. Программируемая логика

Программируемые логические схемы FPGA. Схемы элементарных ячеек, Трассировочные ресурсы. Принципы разработки больших интегральных схем на FPGA

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для занятий:

- 1) Учебная аудитория.
- 2) Компьютер, беспроводной проектор, экран.
- 3) Локальная сеть, обеспечивающая доступ к учебно-методическому обеспечению.
- 4) Информационно-измерительный комплекс на рабочем месте каждого студента, включающий компьютер, двухлучевой цифровой осциллограф и цифровой генератор сигналов, частотомер.
- 5) Сопрягаемые с компьютерными генератором и осциллографом макетные платы для сборки схем.
- 6) Необходимые радиоэлектронные компоненты: резисторы, конденсаторы, транзисторы, интегральные схемы, кварцевые резонаторы, микропроцессоры, кабели, соединительные провода.
- 7) Лабораторный инструмент.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Аналоговая электроника [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Л. Ларин ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) . — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : МФТИ, 2013 . — 268 с.
2. Основы цифровой электроники [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Л. Ларин ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) . — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : МФТИ, 2014 . — 281 с.
3. Полупроводниковая схемотехника [Текст] : в 2 т. Т. 1 / У. Титце, К. Шенк ; пер. с нем. Г. С. Карабашева . — М. : Додэка-XXI, 2008 . — 832 с.
4. Полупроводниковая схемотехника [Текст] : в 2 т. Т. 2 / У. Титце, К. Шенк ; пер. с нем. Г. С. Карабашева . — М. : Додэка-XXI, 2008 . — 942 с.

Дополнительная литература

1. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст] : учебник для вузов / С. И. Баскаков . — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 2000, 2005 . — 466 с.
2. Случайные сигналы и шумы. Моделирование в среде MATLAB [Текст] : учеб. пособие для вузов / Е. В. Воронов ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) . — М. : МФТИ, 2012 . — 124 с.
3. Начала цифровой обработки сигналов [Текст] : для студентов-физиков с упражнениями в MATLAB : учеб. пособие для вузов / Е. В. Воронов ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) . — М. : МФТИ, 2010 . — 160 с.
4. Проектирование цифровых устройств [Текст] : в 2 т. Т. 1 : [учеб. пособие для вузов] / Дж. Ф. Уэйкерли ; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. П. Ларина . — М. : Постмаркет, 2002 . — 528 с.
5. Проектирование цифровых устройств [Текст] : в 2 т. Т. 2 : [учеб. пособие для вузов] / Дж. Ф. Уэйкерли ; пер. с англ. Е. В. Воронова, А. Л. Ларина . — М. : Постмаркет, 2002 . — 528 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Программное обеспечение: Micro-Cap, AVR Studio, PonyProg, MATLAB.

Следующие учебные программы, разработанные на кафедре:

- 1) Набор специальных учебных программ для Micro-Cap.
- 2) Набор специальных учебных программ для AVR Studio.
- 3) Набор специальных учебных программ для MATLAB.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Методические указания для обучающихся предоставляются в электронном виде (файлы Word и PDF) в форме подробного описания теоретической и практической частей каждого лекционно-семинарского занятия.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика и педагогика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау центр образовательных программ ФРКТ
курс:	<u>4</u>
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

7 (осенний) - Дифференцированный зачет

8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

А.А. Григорьев, канд. техн. наук, доцент, доцент

А.М. Бибилов, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	УК-6.2 Способен планировать самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач; подвергать критическому анализу проделанную работу; находить и творчески использовать имеющийся опыт в соответствии с задачами саморазвития
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.1 Владеет методами статистической обработки и анализа научных данных
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Электронные методы физических исследований» обучающийся должен:

знать:

- принцип действия и свойства основных компонентов, образующих элементную базу аппаратных средств современной электроники.

уметь:

- проводить наблюдения и измерения с использованием аппаратных средств современной электроники.

владеть:

- основными методами теоретического рассмотрения свойств аппаратных средств современной электроники и учета влияния их характеристик на результаты экспериментального исследования.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль проводится устным опросом по результатам прошедшего занятия ---- лекционной и семинарской частей.

Курсовая работа 7 семестра

1. Расчет и реализация аналогового фильтра
2. Расчет и реализация усилителя с обратной связью.
3. Реализация автогенератора на операционном усилителе.

Курсовая работа 8 семестра

1. Расчет и реализация цифрового фильтра.
2. Реализация программы для микроконтроллера по выбору преподавателя.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Дифференцированный зачет производится по итогам коллоквиумов (по итогам сдачи практических работ). При необходимости организуется специальный опрос в устной форме по всему материалу.

В течение семестра проводятся коллоквиумы по темам 1, 2, 3, 4, 5 и 6.

Коллоквиум по теме «Усиление электрических сигналов»:

Коллоквиум (сдача работы) проводится путем опроса в устной форме по окончании выполнения лабораторной работы № 28.

Вопросы, которые могут быть заданы учащемуся на этом коллоквиуме, зависят от представленных им результатов выполнения лабораторной работы, относящейся к этой теме. 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.

Примеры других вопросов, которые могут быть заданы на этом коллоквиуме:

1. В чем заключаются достоинства и недостатки стабилизированной схемы усилителя на биполярном транзисторе по сравнению с нестабилизированной схемой?
2. Что происходит с частотной характеристикой усилителя при изменении режима транзистора по постоянному току?
3. Почему максимальный неискаженный сигнал на выходе оказывается меньшим при подключении внешней нагрузки?

Коллоквиум по теме «Применения операционных усилителей»:

Коллоквиум (сдача работы) проводится путем опроса в устной форме по окончании выполнения лабораторной работы № 77.

Вопросы, которые могут быть заданы учащемуся на этом коллоквиуме, зависят от представленных им результатов выполнения лабораторной работы, относящейся к этой теме. 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.

Примеры других вопросов, которые могут быть заданы на этом коллоквиуме:

1. При каких условиях сигнал на выходе интегратора близок по форме к интегралу от сигнала на входе?
2. Как простейшим способом изменить схему самовозбуждающегося мультивибратора для того чтобы сигнал на его выходе принял форму периодически повторяющихся коротких прямоугольных импульсов?
3. В чем заключается роль полевого транзистора в схеме RC-генератора гармонических колебаний, изучаемой в данной лабораторной работе?

Коллоквиум по теме «Генерирование гармонических колебаний»:

Коллоквиум (сдача работы) проводится путем опроса в устной форме по окончании выполнения лабораторной работы № 05.

Вопросы, которые могут быть заданы учащемуся на этом коллоквиуме, зависят от представленных им результатов выполнения лабораторной работы, относящейся к этим темам. 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.

Примеры других вопросов, которые могут быть заданы на этом коллоквиуме:

1. В чем заключаются принцип действия трехточечной схемы LC-генератора?
2. Каковы достоинства схемы LC-генератора на основе дифференциального усилителя по сравнению со схемами LC-генераторов на одном биполярном транзисторе?
3. Где на оси частот располагается частота генерируемых колебаний LC-генератора с кварцевой стабилизацией частоты в случае, когда частота настройки LC-контура отличается от частоты последовательного резонанса кварца?

Коллоквиум по теме «Цепи с распределенными параметрами»:

Коллоквиум (сдача работы) проводится путем опроса в устной форме по окончании выполнения лабораторной работы № 79.

Вопросы, которые могут быть заданы учащемуся на этом коллоквиуме, зависят от представленных им результатов выполнения лабораторной работы, относящейся к этой теме. 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.

Примеры других вопросов, которые могут быть заданы на этом коллоквиуме:

1. Как выглядит стоячая волна напряжения вдоль разомкнутой линии с потерями (выполнено условие Хевисайда) при синусоидальном воздействии на входе?
2. Форма сигнала на выходе линии с потерями (выполнено условие Хевисайда) при единичном скачке напряжения на входе и сопротивлении нагрузки, не равном волновому сопротивлению линии?
3. Реакция линии без потерь (форма сигнала на входе и на выходе линии), когда нагрузкой на выходе линии служит емкость C , а на вход подается единичный скачок от источника напряжения с выходным сопротивлением, равным волновому сопротивлению линии?

Коллоквиум по теме «Элементы цифровой электроники»:

Коллоквиум (сдача работы) проводится путем опроса в устной форме по окончании выполнения лабораторной работы № 01.

Вопросы, которые могут быть заданы учащемуся на этом коллоквиуме, зависят от представленных им результатов выполнения лабораторных работ, относящихся к этим темам. 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.

Примеры других вопросов, которые могут быть заданы на этом коллоквиуме:

1. Объяснить принцип действия логических схем И-НЕ и ИЛИ-НЕ в комплементарной МОП-логике.
2. Как с помощью двоичных счетчиков реализует счет по модулю, не равному целой степени 2?
3. Каковы свойства последовательностей максимальной длины, генерируемых регистрами сдвига с обратной связью?
4. В чем заключается достоинство аналого-цифрового преобразователя последовательных приближений по сравнению с аналого-цифровыми преобразователями другого типа?

Коллоквиум по теме «Применение средств вычислительной техники»:

Коллоквиум (сдача работы) проводится путем опроса в устной форме по окончании выполнения лабораторной работы № 02.

Вопросы, которые могут быть заданы учащемуся на этом коллоквиуме, зависят от представленных им результатов выполнения лабораторных работ, относящихся к этим темам. 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.

Примеры других вопросов, которые могут быть заданы на этом коллоквиуме:

1. Каково назначение функциональных узлов в микроконтроллере?
2. Как осуществляется обмен данными между микроконтроллером и внешним миром посредством портов?
3. Какова последовательность действий, реализуемых в микроконтроллере при обработке прерываний?
4. Как можно управлять частотой генерируемых микроконтроллером прямоугольных колебаний?

Критерии оценивания

Оценка «отлично (10)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на все 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «отлично (9)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 9 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «отлично (8)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 8 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «хорошо (7)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 7 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «хорошо (6)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 6 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «хорошо (5)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 5 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «удовлетворительно (4)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 4 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «удовлетворительно (3)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 3 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 2 из 10 вопросов, заданных ему на коллоквиуме.

Оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется обучающемуся, если он правильно отвечает на 1 из 10 заданных ему вопросов.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного опроса обучающемуся предоставляется 30 мин. на подготовку. Опрос обучающегося не превышает двух астрономических часов.