

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
_____ Турилова Е.А.
"___" _____ 20__ г.

Программа дисциплины
Теория и применение сигнальных процессоров

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика
Направленность (профиль) подготовки: Квантовая и СВЧ электроника
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Гумеров Р.И. (Кафедра радиоэлектроники, Высшая школа киберфизических систем и прикладной электроники), Rustem.Gumerov@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования
ПК-4	способностью использовать базовые знания в области математики для решения радиофизических задач

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- преимущества цифровых сигналов и их роль в проектировании приборов, устройств и узлов телекоммуникационных и информационно-измерительных систем;
- математический аппарат для описания цифровых сигналов и систем;
- различные способы и алгоритмы цифровой фильтрации;
- области применения цифровой обработки сигналов;
- современную элементную базу для реализации систем цифровой обработки сигналов.

Должен уметь:

- математически описывать цифровые сигналы и системы их обработки;
- проектировать (проводить синтез и рассчитывать параметры) цифровых фильтров различного типа;
- разрабатывать программные приложения для реализации систем цифровой обработки сигналов для процессоров ЦОС.

Должен владеть:

- математическими и алгоритмическими методами проектирования систем цифровой обработки сигналов на основе процессоров ЦОС;
- программным обеспечением для проектирования блоков и систем цифровой обработки сигналов на основе процессоров ЦОС в телекоммуникационных и информационно-измерительных комплексах.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- обладать теоретическими знаниями об основных методах и алгоритмах ЦОС;
- программно реализовывать цифровые фильтры различных типов;
- владеть информационными технологиями и программным обеспечением для проектирования блоков и систем цифровой обработки сигналов на основе процессоров ЦОС;
- ориентироваться в современной литературе по цифровой обработке сигналов и процессорам ЦОС
- работать со специализированными средствами цифровой обработки - процессорами ЦОС с архитектурами SHARC, Blackfin, TigerSharc

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.07.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.03 "Радиофизика (Квантовая и СВЧ электроника)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 7 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 32 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 14 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 22 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 семестре.

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

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тель-ная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Тема 1. Введение. Сигнальные микропроцессоры, области применения, архитектура (гарвардская, супергарвардская). Лаборатория. Учебные модули EVK1100, AS-Sam7X.	7	2	0	2	0	0	0	2
2.	Тема 2. Тема 2. Сигналы и системы. Сигналы и их представление. Преобразование сигналов. Линейные системы, их описание. Лаборатория. Учебные модули ADDS-BF-533-EZLITE, программаторы, цифровые осциллографы.	7	2	0	2	0	0	0	2
3.	Тема 3. Тема 3. Основные методы ЦОС. Цифровые фильтры. БИХ, КИХ -фильтры. Методы синтеза фильтров. Дискретное преобразование Фурье, вэйвлет преобразование, применение в цифровой обработке сигналов. Лаборатория. Задание 1. Управление вводом/выводом сигнала.	7	4	0	2	0	0	0	4
4.	Тема 4. Тема 4. Процессоры ЦОС. Свойства сигнальных процессоров и особенности архитектуры. Компромиссы, параллелизм, конвейеризация. Параллельные и последовательные структуры. Быстрые алгоритмы. Круговая буферизация. Лаборатория. Задание 2. MAC- операции. Сглаживание скользящим средним.	7	4	0	2	0	0	0	4

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
5.	Тема 5. Функциональные блоки сигнальных процессоров. Умножители; умножители-аккумуляторы; арифметико-логические блоки; параллельные сдвигатели: управление форматом данных; адресный генератор; формирователи потока команд; структура памяти. Лаборатория. Задание 3. MAC- операции. БИХ фильтр 2-го порядка.	7	2	0	2	0	0	0	4
6.	Тема 6. Система команд Сигнальные микропроцессоры ADSP21xx и ADSP21xxx: введение, системная конфигурация, архитектура, системакоманд. Лаборатория. Задание 4.Круговая буферизация. КИХ фильтр.	7	2	0	2	0	0	0	4
7.	Тема 7. Применение процессоров ЦОС. Разработка прикладных программ для сигнальных процессоров; средства и подходы. Применение сигнальных процессоров. Цифровое детектирование; цифровое гетеродинирование, децимация и интерполяция. Мультипроцессорные системы. Лаборатория. Задание 5. Полосовой фильтр.	7	2	0	2	0	0	0	2
Итого			18	0	14	0	0	0	22

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение. Сигнальные микропроцессоры, области применения, архитектура (гарвардская, супергарвардская). Лаборатория. Учебные модули EVK1100, AS-Sam7X.

Процессоры ЦОС и особенности их применения. Требования к производительности и системам ввода/вывода сигнала. Режим "жесткого " реального времени. Особенности архитектуры (гарвардская, супер гарвардская), двух-портовая память. Наиболее широко представленные на рынке процессоры ЦОС (Analog Devices, Texas Instruments, Lucent Technologies ...)

Тема 2. Сигналы и системы. Сигналы и их представление. Преобразование сигналов. Линейные системы, их описание. Лаборатория. Учебные модули ADDS-BF-533-EZLITE, программаторы, цифровые осциллографы.

Непрерывные (аналоговые) и дискретные (цифровые) сигналы. Назначение и области применения цифровых сигналов и систем цифровой обработки сигналов (ЦОС). Преобразование аналоговых сигналов в цифровые и обратное восстановление аналоговых сигналов. Теорема Котельникова. Верхняя граничная частота дискретизации и частота Найквиста. Спектр дискретного сигнала. Влияние формы АЧХ фильтра на результат восстановления непрерывного сигнала по дискретной последовательности. Эффект наложения спектра и появление ложных частот на примере одиночного гармонического сигнала. Дискретные системы. Линейные стационарные системы.

Тема 3. Основные методы ЦОС. Цифровые фильтры. БИХ, КИХ -фильтры. Методы синтеза фильтров. Дискретное преобразование Фурье, вэйвлет преобразование, применение в цифровой обработке сигналов. Лаборатория. Задание 1. Управление вводом/выводом сигнала.

Основные структуры БИХ- и КИХ- систем. Прямые формы, каскадные формы, параллельные формы, обратная связь. Проектирование БИХ- и КИХ -фильтров, основанное на непрерывных фильтрах. Краткий обзор методов решения аппроксимационной задачи. Импульсная инвариантность, билинейное преобразование. .

Тема 4. Тема 4. Процессоры ЦОС. Свойства сигнальных процессоров и особенности архитектуры. Компромиссы, параллелизм, конвейеризация. Параллельные и последовательные структуры. Быстрые алгоритмы. Круговая буферизация. Лаборатория. Задание 2. MAC- операции. Сглаживание скользящим средним.

Свойства сигнальных процессоров и особенности архитектуры (скоростной контроллер ввода/вывода, двух-портовая память; автономные вычислительные блоки, адресные формирователи для данных и команд.). Компромиссы, параллелизм, конвейеризация. Параллельные и последовательные структуры. Быстрые алгоритмы. Круговая буферизация. Лаборатория.

Тема 5. Тема 5. Функциональные блоки сигнальных процессоров. Умножители; умножители-аккумуляторы; арифметико-логические блоки; параллельные двигатели: управление форматом данных; адресный генератор; формирователи потока команд; структура памяти. Лаборатория. Задание 3. MAC- операции. БИХ фильтр 2-го порядка.

Сигнальные микропроцессоры. Основные элементы архитектуры и их свойства: умножитель-аккумулятор, арифметико-логическое устройства (ALU), управление масштабированием чисел - сдвигатель барабанного типа, генераторы адреса данных, формирователь последовательности команд, память...

Сигнальный процессор ADSP BF533 и его свойства, особенности системы команд. Среда разработки приложений VisualDSP.

Тема 6. Тема 6. Система команд Сигнальные микропроцессоры ADSP21xx и ADSP21xxx: введение, системная конфигурация, архитектура, системакоманд. Лаборатория. Задание 4.Круговая буферизация. КИХ фильтр.

Особенности системы команд процессоров ЦОС на примере команд семейства ADSP21XX и ADSP21xxx. Команды умножителя - аккумулятора (MAC- команды), команды арифметико-логического устройства (команды ALU), команды сдвигового устройства барабанного типа (SHIFTER): команды арифметических и логических сдвигов, команды нормализации и денормализации чисел, команды блоковых преобразований. Использование "круговой буферизации" в КИХ фильтрах.

Тема 7. Тема 7. Применение процессоров ЦОС. Разработка прикладных программ для сигнальных процессоров; средства и подходы. Применение сигнальных процессоров. Цифровое детектирование; цифровое гетеродинирование, децимация и интерполяция. Мультипроцессорные системы. Лаборатория. Задание 5. Полосовой фильтр.

Цифровое детектирование; цифровое гетеродинирование, децимация и интерполяция. Разработка прикладных программ для сигнальных процессоров; средства и подходы. Применение сигнальных процессоров. Этапы разработки и отладки приложений. Мультипроцессорные системы. Лаборатория. Задание 5. Полосовой фильтр.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

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

VisualDSP++5.0 Руководство - -

http://www.analog.com/static/imported-files/software_modules/VDSP5.0-GettingStartedGuideRev3.0.pdf

Процессоры Blackfin. Руководство - -

http://www.analog.com/static/imported-files/processor_manuals/bf533_hwr_Rev3.4.pdf

Среда разработки. VisualDSP++5. Начало. - -

http://www.analog.com/static/imported-files/software_manuals/719705850_ug.pdf

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать последующие пометки (свои комментарии, поясняющие и/или дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.
практические занятия	Результатом работы является отчет, состоящий из следующих разделов: 1. Задача. 2. Теоретические предпосылки для ее решения. 3. Блок-алгоритм решения. 4. Код программы. 5. Полученные результаты и их анализ .

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>На лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.</p> <p>Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам.</p>
экзамен	<p>По итогам каждой работы преподаватель выставляет оценку, учитывающую предварительную подготовку, качество решения и оформление работы.</p> <p>Ответы должны отвечать высоким квалификационным требованиям в отношении научности содержания и оформления. Излагая вопросы темы, следует строго придерживаться плана. Работа не должна представлять пересказ отдельных глав учебника или учебного пособия. Необходимо изложить собственные соображения по существу излагаемых вопросов. Общие положения должны быть подкреплены и пояснены конкретными примерами. Излагаемый материал при необходимости следует проиллюстрировать таблицами, схемами, диаграммами и т.д.</p> <p>В заключении кратко должны быть сформулированы полученные результаты исследования и даны выводы.</p>

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.03.03 "Радиофизика" и профилю подготовки "Квантовая и СВЧ электроника".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.07.02 Теория и применение сигнальных процессоров

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика
Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Гадзиковский В.И. Цифровая обработка сигналов: Практическое пособие Учебное пособие / Гадзиковский В.И. - М.:СОЛОН-Пр., 2014. - 766 с. ISBN 978-5-91359-117-3
ЭБС 'Знаниум' - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=883840>
2. Гумеров Р.И., Когогин Д.А. Программируемые микроэлектронные системы. Часть III. Цифровые сигнальные процессоры. Руководство к практикуму. Электронное учебное пособие / Р.И. Гумеров, Д.А. Когогин. - Казань: Институт физики КФУ, 2019. - 85 с.
- Режим доступа: https://repository.kpfu.ru/?p_id=195653
3. Микушин, А. В. Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. пособие / А. В. Микушин, А. М. Сажнев, В. И. Сединин. - СПб.: БХВ-Петербург, 2010. - 832 с.: ил. - (Учебная литература для вузов).
ЭБС 'Знаниум' - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=350706>

Дополнительная литература:

1. Ролдугин С.В. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие / Ролдугин С.В., Паринов А.В., Голубинский А.Н. - Воронеж: Научная книга, 2016. - 144 с. ISBN 978-5-4446-0908-8
ЭБС 'Знаниум' - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=923327>
2. Першин В.Т. Формирование и генерирование сигналов в цифровой радиосвязи: Учебное пособие / В.Т. Першин. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 614 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет)
ISBN 978-5-16-006703-2, 600 экз. - Режим доступа:
<http://znanium.com/bookread.php?book=405030>

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 03.03.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовая и СВЧ электроника

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.