

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

**Институт электроники, робототехники и искусственного интеллекта
Кафедра электроники и цифровых информационных технологий**

СОГЛАСОВАНО


Руководитель образовательной
программы


_____ **Р.Ш. Тешев**

«12» февраля 2026 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор института ЭР и ИИ


_____ **Шомахов З.В.**

«12» февраля 2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Б1.О.20 «Устройства генерирования и формирование сигналов»**

Специальность

11.05.01 Радиозлектронные системы и комплексы

Специализация

Радиозлектронные системы передачи информации

Квалификация (степень) выпускника

Инженер

Форма обучения

Очная

Нальчик 2025

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины, относящейся к обязательной части блока 1 студентам специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы в 6 семестре.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «09» февраля 2018 г. № 94.

Составитель _____ **О.А. Молоканов**

Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля).....	4
4. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	5
4.1. Содержание дисциплины	5
4.2 Структура дисциплины (модуля)	7
4.3 Лекционные занятия	8
4.4 Лабораторные работы.....	9
4.5 Практические (семинарские) занятия	9
4.6 Курсовая работа	10
4.7 Самостоятельное изучение разделов дисциплины	11
5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности	12
5.1. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке	12
5.2. Шкала оценивания планируемых результатов обучения.....	13
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)	16
6.1. Основная литература	16
6.2. Дополнительная литература	16
6.3. Периодические издания.....	17
6.4. Интернет-ресурсы	17
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	21
Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий	22
8. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.....	22

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью дисциплины является:

- освоение студентами теоретических основ генерирования и формирования сигналов; вопросов создания радиотехнических устройств генерирования и формирования сигналов;
- выработка теоретических и практических навыков исследования основных процессов генерирования и формирования сигналов;
- ознакомление студентов с основными свойствами устройств генерирования и формирования сигналов.

Основные задачи дисциплины:

- изучение современных методов генерирования и формирования сигналов;
- овладение методами анализа и расчета явлений при генерировании и формировании сигналов;
- приобретение навыков практического применения полученных знаний; способностей для самостоятельной работы.

Изучение дисциплины направлено на подготовку специалистов, способных решать проблемы, возникающие при эксплуатации радиоэлектронных систем передачи информации с учетом области, типов и задач профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Устройства генерирования и формирования сигналов» включена в обязательную часть учебного плана по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», специализация «Радиоэлектронные системы передачи информации». Изучение дисциплины базируется на дисциплинах «Математика», «Физика», «Радиоматериалы и радиокомпоненты», Основы теории цепей», «Схемотехника аналоговых устройств».

Освоение учебной программы курса необходимы для последующего изучения дисциплины «Основы теории радионавигационных систем и комплексов», «Основы теории радиосистем и комплексов управления», «Устройства приема и преобразования сигналов», Устройства функциональной электроники в радиоэлектронных системах и комплексах», «Основы теории систем и комплексов радиоэлектронной борьбы», «Основы теории радиолокационных систем и комплексов».

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Таблица 1

Код и формулировка компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВ)
ПК-2. Способен использовать контрольно-измерительную технику и работать с конструкторской, технической, эксплуатационной документацией	ПК-2.1. Способен работать с конструкторской, технической, эксплуатационной документацией по обслуживанию радиоэлектронных систем. ПК-2.2. Способен	Знать способы работы с конструкторской, технической, эксплуатационной документацией по обслуживанию радиоэлектронных систем.

	использовать возможности контрольно-измерительной аппаратуры и методы обработки результатов измерений. ПК-2.3. Способен применять современные пакеты прикладных программ для обработки результатов.	Уметь использовать возможности контрольно-измерительной аппаратуры и методы обработки результатов измерений.
		Владеть способами применения современных пакетов прикладных программ для обработки результатов.

4. Содержание и структура дисциплины (модуля)

4.1. Содержание дисциплины

Таблица 2

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Формируемая компетенция (часть компетенции)	Оценочные средства
1	Фундаментальные основы (4 лекции)	1. Введение. Классификация и основные требования к генераторам и формирователям сигналов. Обзор дисциплины. Делители и умножители частоты. 2. Физические основы генерирования колебаний. Условия самовозбуждения (Баланс амплитуд и баланс фаз). Анализ линейной и нелинейной моделей автогенератора. Критерии устойчивости. 3. Кварцевая стабилизация частоты. Пьезоэлектрический эффект. Эквивалентная схема кварцевого резонатора. Режимы работы (последовательный и параллельный резонанс). Схемы кварцевых автогенераторов. 4. Методы и системы автоподстройки частоты (АПЧ, PLL). Принцип фазовой автоподстройки частоты. Фазовый детектор, фильтр, УПЧ, ГУН. Линейная модель PLL. Режимы удержания и захвата. Применение для синтеза, демодуляции и восстановления тактовой частоты.	ПК-2	Коллоквиум, тестирование, выполнение и защита лабораторных работ
2	Аналоговые генераторы и формирователи (<i>классические и современные аналоговые</i>)	5. LC-генераторы синусоидальных колебаний. Трехточечные схемы (емкостная и индуктивная трехточки). Генераторы с трансформаторной связью. Вопросы стабильности амплитуды и частоты. Расчет режимов.	ПК-2	Коллоквиум, тестирование, выполнение и защита лабораторных работ

	<i>схемотехнические решения) (4 лекции)</i>	<p>6. RC-генераторы и генераторы специальной формы (релаксационные). Генераторы на основе моста Вина. Генераторы на операционных усилителях. Мультивибраторы, блокинг-генераторы. Формирование пилообразных и прямоугольных импульсов.</p> <p>7. Генераторы, управляемые напряжением. Принципы управления частотой: варактор, реактивное свойство транзистора. Схемная реализация ГУН в LC- и RC-контурах. Ключевые параметры: крутизна, линейность, диапазон перестройки.</p> <p>8. Формирователи и селекторы импульсов. Дифференцирующие и интегрирующие RC-цепи. Устройства на базе компараторов и триггеров Шмитта. Лимитеры, детекторы фронта, селекторы по длительности.</p>		х работ
3	Синтез частот и цифровые методы (<i>синтезаторы и цифровые генераторы</i>) (4 лекции)	<p>9. Архитектуры аналоговых и цифро-аналоговых синтезаторов частоты. Синтезаторы с петлей ФАПЧ (PLL). Синтезаторы прямого цифрового синтеза (DDS). Гибридные схемы (PLL + DDS). Сравнение параметров: скорость перестройки, разрешение, уровень побочных составляющих.</p> <p>10. Принцип прямого цифрового синтеза (DDS). Математическое обоснование. Блок-схема: аккумулятор фазы, ПЗУ синусного/косинусного преобразования, ЦАП, фильтр. Понятие о фазовом шуме и спектральной чистоте в DDS.</p> <p>11. Цифровые генераторы и формирователи сигналов на базе ПЛИС (FPGA). Реализация DDS-ядра в FPGA. Генерация сложных цифровых последовательностей (PN-коды, полиномиальные генераторы). Прямой цифровой синтез импульсных последовательностей (DDWS).</p> <p>12. Цифровая модуляция и манипуляция в формирователях сигналов. Формирование сигналов с цифровой амплитудной, фазовой и частотной манипуляцией (ASK, PSK, FSK) на последнем этапе синтеза. Использование цифровых фильтров (CIC, FIR) для формирования спектра.</p>	ПК-2	Коллоквиум, тестирование, выполнение и защита лабораторных работ
4	Сложные сигналы и современные архитектуры (<i>Углубление в</i>	<p>13. Формирование широкополосных и шумоподобных сигналов. Принципы расширения спектра (DSSS, FHSS). Генерация псевдослучайных последовательностей (ПСЦП) для</p>	ПК-2	Коллоквиум, тестирование, выполнение и защита

	<i>специализированные и передовые технологии</i>) (4 лекции)	помехоустойчивости и измерений. Устройства на базе регистров сдвига с обратной связью. 14. Генерация и формирование сверхвысокочастотных (СВЧ) сигналов. Особенности СВЧ-генераторов: диоды Ганна, лавинно-пролетные диоды (ЛПД), твердотельные генераторы на полевых транзисторах с высокой подвижностью электронов (рНЕМТ). Волноводные и микрополосковые резонаторы. 15. Генераторы на оптических и квантовых принципах. Оптические гетеродины. Генерация оптических гребенок. Атомные стандарты частоты (цезиевые, рубидиевые). Их роль как первичных и вторичных эталонов в системах формирования сигналов. 16. Векторные синтезаторы и формователи сигналов. Принцип IQ-модуляции. Генерация сигналов с произвольной модуляцией (QAM, OFDM). Архитектура векторных генераторов сигналов. Коррекция ошибок в усилителях мощности.		лабораторных работ
5	Системные аспекты и метрология (1 лекция)	17. Системные аспекты и контроль параметров. Заключение. Влияние источников питания и систем термостабилизации на качество сигнала. Метрологические характеристики генераторов: фазовый шум, дрожание фазы, нестабильность, гармоники, побочные составляющие. Методы их измерения. Выбор архитектуры генератора под конкретную прикладную задачу (системы связи, радиолокации, измерительные приборы).	ПК-2	Коллоквиум, тестирование, выполнение и защита лабораторных работ

4.2 Структура дисциплины (модуля)

Таблица 3

Вид работы	Трудоемкость, часы
	6 семестр
Общая трудоемкость (в зачетных единицах)	3
Контактная работа (в часах):	51
<i>Лекции (Л)</i>	34
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	17
Самостоятельная работа, в числе контактная внеаудиторная работа:	48
Курсовая работа	36
Самостоятельное изучение разделов/тем	12

Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	9
Вид промежуточной аттестации	Зачет

4.3 Лекционные занятия

Таблица 4

1	Введение. Классификация и основные требования к генераторам и формирователям сигналов. Обзор дисциплины. Делители и умножители частоты.
2	Физические основы генерирования колебаний. Условия самовозбуждения (Баланс амплитуд и баланс фаз). Анализ линейной и нелинейной моделей автогенератора. Критерии устойчивости.
3	Кварцевая стабилизация частоты. Пьезоэлектрический эффект. Эквивалентная схема кварцевого резонатора. Режимы работы (последовательный и параллельный резонанс). Схемы кварцевых автогенераторов.
4	Методы и системы автоподстройки частоты (АПЧ, PLL). Принцип фазовой автоподстройки частоты. Фазовый детектор, фильтр, УПЧ, ГУН. Линейная модель PLL. Режимы удержания и захвата. Применение для синтеза, демодуляции и восстановления тактовой частоты.
5	LC-генераторы синусоидальных колебаний. Трехточечные схемы (емкостная и индуктивная трехточки). Генераторы с трансформаторной связью. Вопросы стабильности амплитуды и частоты. Расчет режимов.
6	RC-генераторы и генераторы специальной формы (релаксационные). Генераторы на основе моста Вина. Генераторы на операционных усилителях. Мультивибраторы, блокинг-генераторы. Формирование пилообразных и прямоугольных импульсов.
7	Генераторы, управляемые напряжением. Принципы управления частотой: варактор, реактивное свойство транзистора. Схемная реализация ГУН в LC- и RC-контурах. Ключевые параметры: крутизна, линейность, диапазон перестройки.
8	Формирователи и селекторы импульсов. Дифференцирующие и интегрирующие RC-цепи. Устройства на базе компараторов и триггеров Шмитта. Лимитеры, детекторы фронта, селекторы по длительности.
9	Архитектуры аналоговых и цифро-аналоговых синтезаторов частоты. Синтезаторы с петель ФАПЧ (PLL). Синтезаторы прямого цифрового синтеза (DDS). Гибридные схемы (PLL + DDS). Сравнение параметров: скорость перестройки, разрешение, уровень побочных составляющих.
10	Принцип прямого цифрового синтеза (DDS). Математическое обоснование. Блок-схема: аккумулятор фазы, ПЗУ синусного/косинусного преобразования, ЦАП, фильтр. Понятие о фазовом шуме и спектральной чистоте в DDS.
11	Цифровые генераторы и формирователи сигналов на базе ПЛИС (FPGA). Реализация DDS-ядра в FPGA. Генерация сложных цифровых последовательностей (PN-коды, полиномиальные генераторы). Прямой цифровой синтез импульсных последовательностей (DDWS).
12	Цифровая модуляция и манипуляция в формирователях сигналов. Формирование сигналов с цифровой амплитудной, фазовой и частотной манипуляцией (ASK, PSK, FSK) на последнем этапе синтеза. Использование цифровых фильтров (СIC, FIR) для формирования спектра.
13	Формирование широкополосных и шумоподобных сигналов. Принципы расширения спектра (DSSS, FHSS). Генерация псевдослучайных последовательностей (ПСЦП) для помехоустойчивости и измерений. Устройства на базе регистров сдвига с обратной связью.
14	Генерация и формирование сверхвысокочастотных (СВЧ) сигналов. Особенности СВЧ-генераторов: диоды Ганна, лавинно-пролетные диоды (ЛПД), твердотельные генераторы на полевых транзисторах с высокой подвижностью электронов (pHEMT).

	Волноводные и микрополосковые резонаторы.
15	Генераторы на оптических и квантовых принципах. Оптические гетеродины. Генерация оптических гребенок. Атомные стандарты частоты (цезиевые, рубидиевые). Их роль как первичных и вторичных эталонов в системах формирования сигналов.
16	Векторные синтезаторы и формирователи сигналов. Принцип IQ-модуляции. Генерация сигналов с произвольной модуляцией (QAM, OFDM). Архитектура векторных генераторов сигналов. Коррекция ошибок в усилителях мощности.
17	Системные аспекты и контроль параметров. Заключение. Влияние источников питания и систем термостабилизации на качество сигнала. Метрологические характеристики генераторов: фазовый шум, дрожание фазы, нестабильность, гармоники, побочные составляющие. Методы их измерения. Выбор архитектуры генератора под конкретную прикладную задачу (системы связи, радиолокации, измерительные приборы).

4.4 Лабораторные работы

Таблица 5

№ п/п	Наименование лабораторных работ
1	Исследование условий самовозбуждения LC-автогенератора. Влияние нелинейности. Цель: Экспериментально (в модели) проверить условия баланса амплитуд и баланса фаз. Исследовать роль нелинейного элемента для установления стационарного режима.
2	Синтез и анализ кварцевого генератора. Исследование эквивалентной схемы кварца. Цель: Изучить особенности кварцевого резонатора как высокочастотного резонансного элемента.
3	Моделирование системы фазовой автоподстройки частоты (PLL). Цель: Исследовать динамические процессы в PLL: захват, удержание, переходные процессы.
4	Генераторы специальной формы: исследование и проектирование мультивибратора и ГЛИН. Цель: Освоить принципы формирования прямоугольных и пилообразных колебаний.
5	Принцип прямого цифрового синтеза (DDS). Генерация и анализ сигналов. Цель: Изучить архитектуру DDS и ее ключевые параметры на алгоритмическом уровне.
6	Формирование цифровых последовательностей и скремблирование. Цель: Изучить методы генерации псевдослучайных последовательностей (ПСП) и их применение.

4.4.1 Практическая подготовка

Практическая подготовка при изучении данной дисциплины не предусмотрена.

4.5 Практические (семинарские) занятия

Практические (семинарские) занятия по данной дисциплине не предусмотрены.

4.6 Курсовая работа

Примерные темы курсовых работ:

1. Проектирование и моделирование синтезатора частоты с дробным коэффициентом деления (Fractional-N PLL) для систем связи стандарта 5G NR.

2. Разработка и исследование широкополосного ГУН (Генератора, Управляемого Напряжением) на диапазон 2-6 ГГц.
3. Сравнительный анализ архитектур синтезаторов: PLL на основе выравнивания заряда (Charge-Pump PLL) и PLL на основе фазового детектирования (PFD) для тактовых генераторов с ультранизким джиттером.
4. Исследование методов подавления выбросов (spurs) в синтезаторах частоты с PLL.
5. Проектирование когерентного многоканального формирователя сигналов на основе одной опорной петли PLL.
6. Разработка ядра прямого цифрового синтеза (DDS) с повышенной спектральной чистотой для ПЛИС.
7. Проектирование формирователя сложных широкополосных сигналов (ЛЧМ, ФМн) на основе гибридной архитектуры DDS+PLL.
8. Синтез и анализ цифровых модуляторов (QPSK, 16-QAM) на базе DDS в ПЛИС.
9. Разработка алгоритма и структуры генератора псевдослучайных последовательностей (ПСП) с программируемыми свойствами в среде HDL.
10. Реализация произвольного формирователя сигналов (Arbitrary Waveform Generator - AWG) на основе высокоскоростного ЦАП и ПЛИС.
11. Проектирование высокостабильного кварцевого генератора (OCXO) с термостатированием и системой термокомпенсации.
12. Исследование и проектирование LC-генератора с низким фазовым шумом для гетеродина приемопередатчика диапазона 900 МГц.
13. Моделирование и анализ параметрического генератора/усилителя на варакторе для СВЧ-диапазона.
14. Исследование генераторов на диодах с накоплением заряда (SRD) для формирования субнаносекундных импульсов.
15. Проектирование формирователя тактовых импульсов с регулируемой скважностью и задержкой для систем цифровой обработки сигналов.
16. Разработка и моделирование системы формирования и управления мощными импульсами для ультразвукового пьезопреобразователя.
17. Исследование методов линейной частотной модуляции (ЛЧМ) сигналов в аналоговых и цифровых формирователях.
18. Проектирование квадратурного генератора (I/Q) для систем с квадратурной модуляцией.
19. Метрологическое исследование источников фазового шума и дрожания фазы (jitter) в тактовом тракте высокоскоростной цифровой системы (на примере интерфейса PCIe или Ethernet).
20. Анализ и проектирование системы формирования зондирующих сигналов для радара с синтезированной апертурой (РСА).

4.7 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 7

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	Математические модели генераторов. Сравнение подходов к анализу: метод укороченных уравнений Ван-дер-Поля для мягкого и жесткого режимов возбуждения vs. численное моделирование на основе уравнений состояния.
2	Термостабилизация и температурная компенсация генераторов. Изучение принципов работы термокомпенсированных (ТКГ) и термостатированных (ТСГ) кварцевых генераторов.
3	Дробный шум (Flicker Noise, 1/f) и его влияние на фазовый шум. Исследование физических источников дробового шума в активных компонентах (транзисторах, диодах). Как он преобразуется в близкий к несущей фазовый шум в генераторах и синтезаторах?
4	Генераторы на основе отрицательного сопротивления для СВЧ-диапазонов. Принцип работы и особенности генераторов на диодах Ганна и лавинно-пролетных диодах (ЛПД). Их ключевые различия с точки зрения выходной мощности, КПД, рабочей частоты и шумовых характеристик.
5	Гибридные и многоцепные синтезаторы частоты. Архитектуры, объединяющие PLL и DDS (например, DDS в качестве опорного генератора для PLL или наоборот).
6	Формирователи ультракоротких (субнаносекундных) импульсов. Методы формирования на основе ударной ионизации в лавинных транзисторах (SRD-диоды), использования ступенчатых восстановительных диодов, а также цифровые методы на основе параллельных выходных каскадов ПЛИС.
7	Оптоэлектронные генераторы и генераторы на связанных резонаторах. Принцип генерации СВЧ-сигналов с использованием длинной оптической линии задержки в качестве высокочастотного резонатора. Их главное преимущество по фазовому шуму на больших отстройках от несущей.
8	Методы коррекции ошибок в цифровых синтезаторах. Методы компенсации неидеальностей ЦАП в DDS: предискажение (pre-distortion), интерполяция, использование балансных ЦАП. «Зеркальные частоты» в выходном спектре DDS и как с ними борются.
9	Генерация и формирование сигналов с помощью Direct Digital Synthesis (DDS) на кристалле ПЛИС без специализированных ядер. Эффективная реализация DDS с полиномиальной аппроксимацией синуса вместо большой таблицы LUT. Компромисс между потреблением ресурсов ПЛИС и качеством сигнала.
10	Программируемые формирователи импульсов для квантовых вычислений и синхрофазотронов. Современные требования к формирователям импульсов (скорость нарастания, джиттер, многоканальность) в этих экзотических применениях.
11	Формирование зондирующих сигналов для современных радаров с синтезированной апертурой (РСА) и радаров с цифровым формированием луча (DBF). Требования, предъявляемые к линейности частотной модуляции (для ЛЧМ-сигналов) и к фазовой когерентности в многоканальных системах.
12	Генераторы опорных частот (ГОЧ) и тактовые генераторы для систем высокоскоростной цифровой связи (Ethernet, OTN, PCIe). Стандарты на джиттер (RJ, DJ, TJ) в этих интерфейсах.
13	Вопросы ЭМС в генераторных устройствах. Как конструкция (разводка печатной платы, тип корпуса, питание) влияет на спектральную чистоту выходного сигнала. Методы экранирования, развязки по питанию и использования изолированных преобразователей частоты для подавления паразитной модуляции.

14	Метрология: автоматизированные измерения параметров генераторов. Измерение фазового шума (метод дискриминатора, метод взаимных корреляций), выходной мощности, гармоник. Архитектура современного анализатора фазового шума.
15	Атомные часы и квантовые стандарты частоты в миниатюрном исполнении (chip-scale atomic clocks, CSAC). Принцип работы, основанный на квантовых переходах в атомах рубидия или цезия. Беспрецедентная долговременная стабильность, интеграция в современные системы (например, в навигационные комплексы БПЛА).
16	Генераторы на основе микромеханических систем (MEMS). Сравнение MEMS-резонаторов с кварцевыми. Их перспективы в плане интеграции с цифровыми схемами на одном кристалле (SoC). Их основные технологические и метрологические ограничения на сегодня.
17	Использование искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) для калибровки и компенсации нелинейностей в синтезаторах и формирователях сигналов. Исследование публикаций на тему применения нейросетей для цифровой предсказывающей коррекции (DPD) в широкополосных формирователях или для адаптивной подстройки параметров PLL.

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

5.1. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Таблица 8

Результаты обучения	Основные показатели оценки результатов	Оценочные средства
Знать современное состояние области профессиональной деятельности	Принципы работы устройства, возможности средств контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры.	Лабораторная работа, устный опрос, тесты, вопросы на зачет.
Уметь искать и представлять актуальную информацию о состоянии предметной области	Работа с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры.	Лабораторная работа, устный опрос, тесты, вопросы на зачет.
Владеть навыками работы за персональным компьютером, в т.ч. пакетами прикладных программ для разработки и представления документации	Работа с персональным компьютером, знание пакетов прикладных программ для разработки и представления документации.	Лабораторная работа, устный опрос, тесты, вопросы на зачет.
Знать основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации.	Обработка результатов измерений с использованием средств вычислительной техники.	Лабораторная работа, устный опрос, тесты, вопросы на зачет.
Уметь выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования.	Использование средств измерений для контроля технического состояния радиоэлектронной аппаратуры.	Лабораторная работа, устный опрос, тесты, вопросы на зачет.
Владеть способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.	Обработка результатов измерений, расчеты, построение графиков, АЧХ, ФЧХ и пр.	Лабораторная работа, устный опрос, тесты, вопросы на зачет.

5.2. Шкала оценивания планируемых результатов обучения

5.2.1. Текущий контроль

Оценка результатов текущей успеваемости в рамках контрольных точек в каждом семестре осуществляется посредством 70-балльной системы, при этом за добросовестное посещение занятий обучающийся может набрать до 10 баллов, за качественное прохождение оценочных мероприятий – до 60 баллов.

Таблица 9

Карта распределения рейтинговых баллов в рамках текущего контроля, 5 и 6 семестры

№	Оценочное средство	Форма проведения	Порядок проведения	Максимальное количество баллов	Критерии оценивания
1	Лабораторная работа № 1 «Исследование условий самовозбуждения LC-автогенератора. Влияние нелинейности»	Компьютерная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
2	Лабораторная работа № 2 «Синтез и анализ кварцевого генератора. Исследование эквивалентной схемы кварца»	Компьютерная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно

3	Лабораторная работа № 3 «Моделирование системы фазовой автоподстройки частоты (PLL)»	Компьютерная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
4	Лабораторная работа № 4 «Генераторы специальной формы: исследование и проектирование мультивибратора и ГЛИН»	Компьютерная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
5	Лабораторная работа № 5 «Принцип прямого цифрового синтеза (DDS). Генерация и анализ сигналов»	Компьютерная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе

					содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
6	Лабораторная работа № 6 «Формирование цифровых последовательностей и скремблирование»	Компьютерная	Работа включает в себя задание, выполняемое на компьютере	5	5 – все задания выполнены верно, выводы по работе обоснованы; 4 – все задания выполнены верно, выводы по работе содержат несущественные ошибки; 3 – задания выполнены частично, выводы по работе неполные; 2 –; задания выполнены частично, выводы по работе содержат существенные ошибки; 1 – задания выполнены частично, выводы содержат грубые ошибки; 0 – задания не выполнены или все задания выполнены неверно
7	Тест 1	Компьютерная	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС	8	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
8	Тест 2	Компьютерная	Студент проходит компьютерное тестирование в ЭИОС	8	Количество баллов пропорционально количеству правильных ответов
9	Коллоквиум 1	Компьютерная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	7	7-6– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична; 5-4 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки; 3- ответы недостаточно полные; 2 – ответы частичные, содержат ошибки или требуют наводящих

					вопросов; 1-ответы не на все вопросы, частичные. 0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.
10	Коллоквиум 2	Компьютерная	Студенты отвечают письменно на вопросы коллоквиума	7	7-6– ответы полные, точные, демонстрируют глубокое понимание темы, аргументация логична; 5-4 – ответы в основном правильные, но содержат незначительные ошибки; 3- ответы недостаточно полные; 2 – ответы частичные, содержат ошибки или требуют наводящих вопросов; 1-ответы не на все вопросы, частичные. 0 – ответы отсутствуют или полностью неверные.
	Итого:			60	

5.2.2. Промежуточная аттестация

Полный перечень оценочных средств промежуточной содержится в фонде оценочных средств.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература

1. Формирование колебаний и сигналов / А.Р. Сафин [и др.] ; под ред. Н. Н. Удалова, В. Н. Кулешова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 421 с. — ISBN 978-5-534-07982-1. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/0B380E2D-CBD5-4F75-B30F-9AD8554FFF85.
2. Радиопередающие устройства в системах радиосвязи : учебное пособие / Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Белоусов О. А., Рябов А. В., Головченко Е. В., Курносков Р. Ю.. — 3-е изд., стер. — СПб: Лань, 2019. — 176 с.. URL: <https://e.lanbook.com/book/112070>.
3. Сафин, А. Р. Транзисторные усилители мощности : сборник задач по курсу "Устройства генерирования и формирования сигналов" по направлениям "Радиотехника", "Радиоэлектронные системы и комплексы" / А. Р. Сафин, Н. Н. Удалов ; ред. Н. Н. Удалов ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"). — М. : Изд-во МЭИ, 2018 — 76 с. — ISBN 978-5-7046-2062-4. <http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10350>;

6.2. Дополнительная литература

1. Каганов, В.И. Основы радиоэлектроники и связи. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / В.И. Каганов, В.К. Битюков. — Электрон.дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2012. — 542 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5158>. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь, 1994.-480с., 1986.-512с.

2. Сафин, А. Р. Транзисторные автогенераторы : сборник задач по курсу "Устройства генерирования и формирования сигналов" по направлениям Радиотехника", "Радиоэлектронные системы и комплексы" / А. Р. Сафин, Н. Н. Удалов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"). – М. : Изд-во МЭИ, 2018 – 76 с. – ISBN 978-5-7046-1995-6. <http://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=10349>;
3. Савелькаев С. В.- "Теоретические основы построения имитаторов-анализаторов усилителей и автогенераторов СВЧ", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2019 - (100 с.) <https://e.lanbook.com/book/113914>;

6.3. Периодические издания

Перечень периодических изданий, получаемых библиотекой КБГУ, в которых студент может ознакомиться с современными достижениями в области электроники, радиотехники:

- Радиотехника
- Радиолокация и связь
- Электроника.
- Радиотехника и электроника
- Радио.

6.4. Интернет-ресурсы

Перечень актуальных электронных информационных баз данных, к которым обеспечен доступ пользователям КБГУ (2025-2026 уч.г.)

№п/п	Наименование электронного ресурса	Краткая характеристика	Адрес сайта	Наименование организации-владельца; реквизиты договора	Условия доступа
РЕСУРСЫ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ					
1.	ЭБС «Консультант студента»	13800 изданий по всем областям знаний, включает более чем 12000 учебников и учебных пособий для ВО и СПО, 864 наименований журналов и 917 монографий.	http://www.studmedlib.ru http://www.medcollege.ru	ООО «Консультант студента» (г. Москва) Договор №54КСЛ/08-2024 от 17.09.2024 г. Активен по 30.09.2025г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
2.	«Электронная библиотека технического вуза» (ЭБС «Консультант студента»)	Коллекция «Медицина (ВО) ГЭОТАР-Медиа. Books in English (книги на	http://www.studmedlib.ru	ООО «Политехресурс» (г. Москва) Договор №01ДКС/04-2025	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)

		английском языке)»		от 22.04.2025 г. Активен по 23.04.2025г.	
3.	ЭБС «Лань»	Электронные версии книг ведущих издательств учебной и научной литературы (в том числе университетских издательств), так и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://e.lanbook.com/	ООО «ЭБС ЛАНЬ» (г. Санкт-Петербург) Договор №62/ЕП-223 от 11.02.2025 г. Активен по 14.02.2026г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
4.	Национальная электронная библиотека РГБ	Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний	https://rusneb.ru/	ФГБУ «Российская государственная библиотека» Договор №101/НЭБ/166 6-п от 10.09.2020г. Бессрочный	Авторизованный доступ с АРМ библиотеки (ИЦ, ауд.№115)
5.	ЭБС «IPSMART»	185146 изданий, из них: книги – 54476; научная периодика – 21359 номеров; аудио-издания - 1171	http://iprbookshop.ru/	ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Красногорск, Московская обл.) №13331/25П/К от 09.04.2025 г. срок предоставления лицензии: 12 мес.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)

6.	ЭОР «РКИ» (Русский язык как иностранный)	Тематическая коллекция «Русский язык как иностранный» Издательские коллекции: «Златоуст»; «Русский язык. Курсы»; «Русский язык» (Курсы УМК «Русский язык сегодня» - 6 книг)	http://www.ros-edu.ru/	ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Москва) Договор №280/24 РКИ от 19.06.2024 г. срок предоставления лицензии: 1 год	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
7.	ЭБС «Юрайт» для СПО	Электронные версии учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для СПО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://urait.ru/	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва) Договор №481/ЕП-223 От 22.10.2024 г. Активен по 31.10.2025 г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
8.	ЭБС «Юрайт» для ВО	Электронные версии 8000 наименований учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для ВО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://urait.ru/	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва) Договор №57/ЕП-223 От 11.02.2025 г. Активен по 28.02.2026 г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
9.	ЭР СПО «PROФормование»	База данных электронных изданий учебной, учебно-	https://profspo.ru/	ООО «Профобразование» (г. Саратов) Договор	Полный доступ (регистрация по IP-адресам

		методической и научной литературы для СПО		№11634/24 PROF_FPU от 29.05.2024 г. Активен по 30.09.2025 г.	КБГУ)
РЕСУРСЫ ДЛЯ НАУКИ					
10.	ЭБД РГБ	Электронная библиотека диссертаций	https://diss.rsl.ru/	ФГБУ «РГБ» Договор №51/ЕП-223 от 07.02.2025 Активен до 31.12.2025	Авторизованный доступ с АРМ библиотеки (ИЦ, ауд.№115)
11.	Научная электронная библиотека (НЭБ РФФИ)	Электр. библиотека научных публикаций - около 4000 иностранных и 3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тыс. журналов, а также описания 1,5 млн. зарубежных и российских диссертаций; 2800 росс. журналов на безвозмездной основе	http://elibrary.ru	ООО «НЭБ» Лицензионное соглашение №14830 от 01.08.2014г. Бессрочное	Полный доступ
12.	База данных Science Index (РИНЦ)	Национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6 миллионов публикаций российских авторов, а также информацию об их цитировании из более 4500 российских	http://elibrary.ru	ООО «НЭБ» Лицензионный договор Science Index №SIO-741/2023 от 08.11.2024 г. Активен по 10.11.2025г.	Авторизованный доступ. Позволяет дополнять и уточнять сведения о публикациях ученых КБГУ, имеющих в РИНЦ

		журналов.			
13.	Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина	Более 500 000 электронных документов по истории Отечества, российской государственности, русскому языку и праву	http://www.prlib.ru	ФГБУ «Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина» (г. Санкт-Петербург) Соглашение от 15.11.2016г. Бессрочный	Авторизованный доступ из библиотеки (ауд. №115, 214)
14.	Polpred.com. Новости. Обзор СМИ. Россия и зарубежье	Обзор СМИ России и зарубежья. Полные тексты + аналитика из 600 изданий по 53 отраслям	http://polpred.com	ООО «Полпред справочники» Безвозмездно (без официального договора)	Доступ по IP-адресам КБГУ

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины имеются учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КБГУ.

Перечень материально-технического обеспечения дисциплины включает в себя:

Учебная аудитория для проведения учебных занятий – 238 (ул. Чернышевского, д. 175). Оснащена оборудованием и техническими средствами обучения (ноутбук, проектор, экран, доска стационарная). Комплект учебной мебели – 24 посадочных места.

Учебная аудитория для проведения учебных занятий – 319 (ул. Чернышевского, д. 175). Компьютерный класс. Оснащен комплектом учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КБГУ. 16 посадочных мест. Компьютерная техника обеспечена необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства. Электронно-библиотечные системы и электронная информационно-образовательная среда КБГУ обеспечивают доступ (удаленный доступ) обучающимся, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся – 115 (ул. Чернышевского, д. 173). Электронный читальный зал №1. Оснащен комплектом учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КБГУ. 28 посадочных мест. Компьютерная техника обеспечена необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства. Электронно-библиотечные системы и электронная информационно-образовательная среда КБГУ обеспечивают доступ (удаленный доступ) обучающимся, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся - 311 (ул. Чернышевского, д. 173). Электронный читальный зал №3. Читальный зал естественных и технических наук. Оснащен комплектом учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети

«Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КБГУ. 22 посадочных места. Компьютерная техника обеспечена необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства. Электронно-библиотечные системы и электронная информационно-образовательная среда КБГУ обеспечивают доступ (удаленный доступ) обучающимся, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

Студенты имеют доступ через Интернет к электронной обучающей системе «Moodle» (Открытый университет), которая позволяет размещать электронные учебные курсы в свободном доступе для студентов университета.

Для проведения занятий имеется необходимый комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Список лицензионного программного обеспечения

№	Наименование права на использование программы	Наименование страны происхождения	Номер реестровой записи о программном обеспечении в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 23.12.2024 г. № 1875	Кол-во (шт.)	Срок действи я лицензи и
1.	Антивирус Kaspersky Endpoint Security	Российская Федерация	Реестровая запись №205 от 18.03.2016	1200	1 год
2.	ContentReader PDF Программное обеспечение для работы с PDF- документами	Российская Федерация	Реестровая запись №17019 от 21.03.2023	30	1 год
3.	Операционная система РЕД ОС Простая (неисключительная) лицензия на право использования операционной системы. Конфигурация Рабочая станция.	Российская Федерация	Реестровая запись №3751 от 23.07.2017	100	1 год
4.	Операционная система РЕД ОС. Простая (неисключительная) лицензия на право использования операционной системы Конфигурация Сервер.	Российская Федерация	Реестровая запись №3751 от 23.07.2017	1	1 год
5.	P7-Офис. Офисное программное приложение	Российская Федерация	Реестровая запись №5256 от 26.02.2019	300	1 ГОД
6.	Renga Professional. Учебный комплект системы для комплексного проектирования зданий по технологии информационного моделирования на 50 мест.	Российская Федерация	Реестровая запись №19343 от 04.10.2023	1	1 ГОД

7.	Предоставление неисключительных прав на использование программного обеспечения SMath Studio.	Российская Федерация	Реестровая запись №12849 от 14.02.2022	5	Бессрочно
8.	ENGEE. Среда вычислений и модельно-ориентированного проектирования.	Российская Федерация	Реестровая запись №13508 от 11.05.2022	1	1 год
9.	АСМО-графический редактор. Неисключительная лицензия на право использования программного обеспечения Инструментальное средство разработки графических схем	Российская Федерация	Реестровая запись №3132 от 14.03.2017	60	1 год

свободно распространяемые программы:

7Zip;

DjVu Plug-in;

Система локальной сети КБГУ предоставляет возможность одновременной работы большого количества пользователей как в локальной сети вуза, так и через сеть «Интернет» с соблюдением требований информационной безопасности и ограничением доступа к информации. Электронная информационно – образовательная среда КБГУ позволяет осуществлять работу обучающихся из любой точки доступа, в том числе извне вуза.

8. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

для инвалидов по зрению:

- наличие адаптированной версии для программ экранного доступа официального сайта организации в сети «Интернет», ресурсов ЭИОС организации для незрячих и альтернативной версии сайта и ЭИОС для слабовидящих;
- размещение в доступных местах и в адаптированной форме (с учетом их особых потребностей) справочной информации о расписании учебных занятий (информация должна быть выполнена крупным рельефно-контрастным шрифтом (на белом или желтом фоне) и продублирована шрифтом Брайля), либо представлена в цифровом формате доступном для прочтения программами экранного доступа и средствами цифрового укрупнения текста;
- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт, цифровой образ, адаптированный для прочтения программами экранного доступа или аудиофайлы);
- обеспечение адаптации визуальных и графических дидактических материалов тифлокомментариями и текстовыми описаниями (в аудиоформате или цифровом тексте, доступном для прочтения программами экранного доступа и синтезаторами речи);
- обеспечение доступа обучающегося и использующего собаку-проводника, к зданию организации;

для инвалидов по слуху:

- дублирование звуковой справочной информации о расписании учебных занятий визуальной (установка мониторов с возможностью трансляции субтитров (мониторы, их размеры и количество необходимо определять с учетом размеров помещения));

- - обеспечение надлежащими звуковыми и визуальными средствами воспроизведения информации;

для инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:

- материально-

технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения организации, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, локальное понижение стоек-барьеров; наличие специальных кресел и других приспособлений).

- занятия с использованием ЭО и ДОТ проводятся с учетом особенностей обучающихся;

- форма и процедура проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и ГИА для обучающихся с инвалидностью и ОВЗ устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно, в форме тестирования и т. п.).