

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и менеджменту качества

_____ Е.Н. Живицкая

22.09.2015 г.

Регистрационный № УД-4-276/р

«Проектирование аналоговых интегральных устройств»

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине
для специальностей
1-39 01 01 Радиотехника (по направлениям)

Кафедра *информационных радиотехнологий*

Всего часов по
дисциплине 162 часа

Зачетных единиц 4,5

2015 г.

Учебная программа учреждения высшего образования составлена на основе типовой учебной программы «Проектирование аналоговых интегральных устройств», утвержденной Министерством образования Республики Беларусь “_____” _____ 2015 г., регистрационный номер № ТД – _____ /тип. и учебных планов направлений специальности 1-39 01 01

Составитель:

В.Л.Свирид, доцент кафедры информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент

Рассмотрена и рекомендована к утверждению:

Кафедрой информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (протокол № 10 от 27.04.2015)

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (протокол № 1 от 18.09.2015)

СОГЛАСОВАНО

Эксперт-нормоконтролер Е.П.Сапогова

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

План учебной дисциплины в дневной форме обучения:

Код специальности	Название специальности	Курс	Семестр	Аудиторных часов				Академ. часов на курс. работу (проект)	Форма текущей аттестации
				Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия, семинары		
1-39 01 01	Радиотехника (по направлениям)	3	5	66	34	16	16	40	экзамен

План учебной дисциплины в заочной форме обучения:

Код специальности	Название специальности	Курс	Семестр	Аудиторных часов				Академ. часов на курс. работу (проект)	Контрольные работы	Форма текущей аттестации
				Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия, семинары			
1-39 01 01-01	Радиотехника (программируемые радиоэлектронные средства)	3	6	16	8	4	4	40	-	экзамен

Место дисциплины:

Учебная дисциплина «Проектирование аналоговых интегральных устройств» является одной из первых специальных учебных дисциплин в подготовке специалистов радиотехнического направления, предусматривающая изучение теоретических основ аналоговых интегральных устройств (АИУ), методов и принципов их системо- и схмотехнической реализации на интегральных схемах (ИС) различного назначения.

Цель преподавания учебной дисциплины:

Формирование у студентов знаний и компетенций, позволяющих умело использовать изделия электронной промышленности как элементную базу при проектировании АИУ, грамотно формировать технические требования на их реализа-

цию, заложить основы овладения методами и принципами системо- и схемотехнического проектирования АИУ на ИС различного назначения.

Задачи изучения учебной дисциплины:

- изучение теоретических основ аналоговой и интегральной схемотехники различных АИУ;
- приобретение знаний и умений в области анализа различных АИУ на основе дифференциального метода оценки их эквивалентных параметров и характеристик;
- приобретение навыков моделирования и экспериментального исследования различных АИУ с использованием современной измерительной и компьютерной техники;
- овладение способами реализации заданных параметров и характеристик аналоговых функциональных блоков (ФБ) АИУ на основе целенаправленного использования обратных связей.

В результате изучения учебной дисциплины «Проектирование аналоговых интегральных устройств» формируются следующие компетенции:

академические:

- умение применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владение системным и сравнительным анализом;
- владение исследовательскими навыками;
- умение работать самостоятельно;
- владение междисциплинарным подходом при решении проблем;
- приобретение навыков, связанных с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации с использованием компьютерной техники;
- владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.

социально-личностные:

- обладание качествами гражданственности;
- способность к социальному взаимодействию;
- умение работать в команде;

профессиональные:

- умение разрабатывать и внедрять технологические процессы настройки, испытания и контроля качества изделий;
- умение обеспечивать сопровождение разрабатываемых устройств и систем на этапах проектирования и выпуска их опытных образцов;

- способность формулировать цели и ставить задачи проектирования;
- умение проводить проектные расчёты и технико - экономическое обоснование принимаемых решений;
- умение разрабатывать модели объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследования, включая стандартные пакеты прикладных программ;
- способность разрабатывать структурные, функциональные схемы радиоэлектронных систем и сетей передачи данных, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования;
- умение проводить испытания аппаратных и программных средств радиоэлектронных устройств и систем, сетей передачи данных;
- умение разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы;
- способность контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации техническим регламентам, национальным стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;
- осуществление качественной эксплуатации, ремонта и настройки радиоэлектронных устройств различного назначения;
- выполнение профилактической работы с информационными системами различного назначения с целью обеспечения их надежного функционирования;
- владение методами диагностики и тестового контроля радиоэлектронных устройств и систем, сетей передачи данных, методами анализа их характеристик;
- способность осуществлять наладку, настройку, регулировку и испытание оборудования и тестирование, настройку и обслуживание аппаратно-программных средств;
- умение оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологий;
- обладание способностью анализировать состояние научно технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников;
- способность составлять обзоры и отчеты по результатам проводимых исследований;
- умение учитывать результаты научно-исследовательских и опытно- конструкторских работ в процессе разработки технических заданий (ТЗ) на проектируемые радиоэлектронные и информационные системы;
- умение применять знания требований отечественных и зарубежных стандартов и технических условий, технических характеристик и экономических показателей образцов современных радиоэлектронных систем, сетей передачи данных;
- способность анализировать и оценивать собранные данные.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

знать:

- основные принципы, особенности и возможности интегральной схемотехники и технологии;
- методы системо- и схемотехнического проектирования радиоэлектронных устройств на основе ИС;

уметь:

- проектировать аналоговые и электропреобразовательные устройства (ЭПУ) по заданным параметрам;
- анализировать сложные аналоговые устройства на основе дискретной и интегральной схемотехники с использованием методов машинного проектирования;
- моделировать и экспериментально исследовать различную микроэлектронную аппаратуру с использованием современной измерительной техники;

владеть:

- методами инженерного проектирования и расчета аналоговых и ЭПУ.

Перечень учебных дисциплин, усвоение которых необходимо для изучения данной учебной дисциплины.

№ п.п.	Название дисциплины	Раздел, темы
1	Математика	Дифференциальное исчисление, Комплексные числа, Числовые и функциональные ряды, Ряды Фурье, Интеграл Фурье
2	Физика	Явление электромагнитной индукции, Электромагнитные колебания, Электромагнитные волны
3	Схемотехника аналоговых устройств	Теоретические основы схемотехники аналоговых устройств. Аналоговые устройства на ИС
4	Теория электрических цепей	Основные понятия и законы теории электрических цепей, методы расчета электрических цепей на постоянном токе, Основные свойства и эквивалентные параметры электрических цепей при синусоидальных токах, Четырехполюсники
5	Электронные приборы	Биполярные транзисторы, Полевые транзисторы, Аналоговые интегральные схемы

1. Содержание учебной дисциплины

№ тем	Наименование раздела, темы	Содержание тем
	Введение	Цель и задачи курса, связь с другими дисциплинами, методические указания по изучению, источники информации. Определение аналоговой интегральной схемотехники и АИУ. Их роль в формировании специалиста радиотехнического направления. Области применения, тенденции и перспективы развития АИУ.
Раздел 1. Системотехническое проектирование аналоговых интегральных устройств		
1	Тема 1. Системотехника как научное направление проектирования сложных систем	Теоретические основы, области применения, задачи системотехники. Макро- и микропроектирование – основа системотехнического проектирования сложных технических систем. Основные этапы и особенности системотехнического проектирования. Критерии эффективности, системный анализ, реализация. Испытания проектируемых систем на предмет оценки основных параметров и обеспечения технологии их реализации.
2	Тема 2. Системотехническое проектирование совершенно нового изделия измерительной техники	Измеритель напряжения отсечки полевых транзисторов (ПТ) как пример системотехнического проектирования совершенно нового изделия измерительной техники. Дифференциальный метод измерения напряжения отсечки ПТ. Оценка точности и эффективности метода. Принципы построения устройства для измерения напряжения отсечки и его системотехническая реализация. Особенности интеграции устройства. Системотехническое проектирование как непрерывный процесс. Недостатки спроектированного устройства и необходимость его усовершенствования в виде метода измерения параметров аппроксимации характеристик нелинейных элементов (НЭ). Системотехническая реализация метода. Оценка точности и эффективности, особенности интеграции.
3	Тема 3. Системотехническое проектирование электронно-	ПТ как элемент с управляемой проводимостью. Элементы с электронным управлением параметров. Характеристики ПТ и их аппроксимация.

№ тем	Наименование раздела, темы	Содержание тем
	управляемых образцовых проводимостей	<p>Оценка температурной стабильности параметров ПТ. Метод термокоррекции характеристик ПТ и его реализация. Особенности термостабилизаций характеристик ПТ. Теоретические основы, системотехническая реализация, оценка точности и эффективности метода. Повышение точности и эффективности реализации метода. Термостабилизация подложки ИС как глобальный способ повышения термостабильности характеристик множества НЭ. Метод линеаризации и термостабилизации характеристик НЭ. Способы коррекции характеристик НЭ. Линеаризации выходных характеристик ПТ. Теоритические основы, оценка точности и диапазона коррекции характеристик, сисистематехническая реализация метода. Геометрическая сущность коррекции и особенности реализации электронноуправляемых образцовых проводимостей (ЭОП). Сравнительная оценка эффективности метода. Основы метрологического обеспечения технологии реализации ЭОП. Методы измерения параметров ПТ – основа метрологического обеспечения. Методы измерения координат термостабильной точки (ТСТ) и температурных коэффициентов (ТК) ПТ и их системотехническая реализация. Расчет ЭОП. Исходные данные и последовательность расчёта ЭОП по методу термокоррекции характеристик ПТ и методу линеаризации и термостабилизации характеристик НЭ.</p>
	Раздел 2. Теоретические основы интегральной схемотехники и схемотехническое проектирование аналоговых интегральных устройств	
4	Тема 4. Теоретические основы интегральной схемотехники	Схемотехника как научно-техническое направление синтеза схем АИУ. Теоритическая база, направления совершенствования схемотехники. Задачи, основные этапы и особенности схемотехнического проектирования. Основные принципы интегральной схемотехники. Структуры активных элементов (АЭ) интегральной схемотехники. Транзисторные структуры(ТС), БТ и ПТ как элементы схемотехники. Теоретические основы структур АЭ.

№ тем	Наименование раздела, темы	Содержание тем
		<p>Анализ структур на БТ и ПТ, включая биполярно-униполярные.</p> <p>Диодно-транзисторные структуры (ДТС) как отражатели тока. Отражатель тока Уилсона. Биполярно-униполярные структуры. Отражатели тока на ПТ, включая составные структуры.</p> <p>Проблемы непосредственной связи в полупроводниковых ИС. Согласование импедансов и уровней постоянного тока. Стабилизация уровней напряжения и тока в интегральной схемотехнике.</p> <p>Основные типы каскадов и особенности их реализации в полупроводниковых ИС: однотактные, двухтактные, дифференциальные. Интегральные ДУ на БТ и ПТ как АЭ интегральной схемотехники. Разновидности схемотехники интегральных ДУ с оценкой их основных параметров. ДУ на МОП-транзисторах с активной нагрузкой.</p>
5	Тема 5. Схемотехническое проектирование интегральных широкополосных усилителей и перемножителей сигналов	<p>Проектирование ИС для широкополосного усиления напряжения и тока. Особенности проектирования интегральных широкополосных усилителей напряжения (ШУН). Однокаскадные и двухкаскадные ШУН с ООС. Широкополосные усилители типа «двойка» и «тройка». ДУ как базовый элемент для широкополосного и линейного преобразования сигналов. Усилители тока. Токовый элемент. ШУН на основе токового элемента. Электронно-управляемые масштабные преобразователи сигналов. Особенности расчета широкополосных масштабных преобразователей с электронным управлением и термостабилизацией параметров.</p> <p>Проектирование ИС для аналогового перемножения сигналов. ДУ как базовый элемент для перемножения сигналов. Исключение влияния синфазной составляющей сигнала. Линеаризация характеристик ПС в виде полупроводниковых ИС.</p>
6	Тема 6. Схемотехническое проектирование и расчет операционных усилителей	<p>Проектирование базовой модели ОУ. Особенности схемотехники базовой двухкаскадной модели ОУ. Формирование коэффициента передачи. Тепловая ООС в ОУ и способы снижения ее влияния.</p>

№ тем	Наименование раздела, темы	Содержание тем
		<p>Схемотехническое проектирование реальной модели ОУ. Схемотехника модели. Формирование малосигнальных параметров. Формирование неискаженной амплитуды и нагрузочной способности. Обеспечение режима работы ОУ по постоянному току и защиты от случайных коротких замыканий (КЗ). Формирование АЧХ и ФЧХ ОУ и их коррекция. Определение параметров статических ошибок ОУ.</p> <p>Расчет реальной модели ОУ. Исходные данные и последовательность расчета. Расчет эмиттерного повторителя, ДУ, формирователя амплитуды, параметров АЧХ, ФЧХ и элементов их коррекции.</p>
7	Тема 7. Схемотехническое проектирование интегральных формирователей и преобразователей испытательных сигналов	<p>Формирование синусоидальных сигналов с повышенной стабильностью амплитуды и линейностью характеристик управления по частоте. Проектирование микроэлектронных управляемых автогенераторов. Теоретические основы управляемых высокочастотных и низкочастотных автогенераторов. Схемотехническая реализация микроэлектронных автогенераторов на высоких и низких частотах с линеаризацией характеристик управления по амплитуде и частоте.</p> <p>Проектирование микроэлектронных преобразователей испытательных сигналов. Широкополосный амплитудный демодулятор. Преобразователь частоты импульсов в напряжение (ПЧН) и порядок его расчета. Формирователи импульсных сигналов из синусоидальных. Прецизионный амплитудный модулятор (АМ). Расчет АМ и методика его испытания. Линейный частотный модулятор и цифровой частотно-фазовый демодулятор (ЦЧФД) в его составе.</p> <p>Проектирование формирователей измерительной информации и частотно-модулированных испытательных сигналов с адаптацией параметров, включая ускоренную. Оценка быстродействия формирователей. Расчет функциональных блоков(ФБ) формирователей: времяамплитудного преобразо-</p>

№ тем	Наименование раздела, темы	Содержание тем
		<p>вателя (ВАП), синхронных демодуляторов (СД) в виде устройств выборки – хранения информации (УВХ), цифрового элемента задержки, формирователя импульсов, преобразователя частоты, генератора запускающих импульсов, управляемого по частоте генератора, широкополосного амплитудного демодулятора, экстрематора сигналов, ЦЧФД, широкополосного управляемого аттенюатора. Экспериментальное исследование ФБ: ВАП, широкополосного управляемого аттенюатора, коммутаторов аналоговых сигналов, прецизионного ИОН, управляемого генератора импульсов.</p>
8	Тема 8. Схемотехническое проектирование электропреобразовательных устройств	<p>Стабилизаторы напряжения (СН) на основе ОУ. СН как элемент схемотехники и его основные параметры. Однополярные СН с опорными стабилитронами. СН с повышенной нагрузочной способностью и ограничением по току. Расчет данного СН и измерение его основных параметров. Получение разнополярных напряжений. Следящий СН. Проектирование ГСТ на основе ОУ. ГСТ с изолированной нагрузкой. Оценка параметров и точности формирования тока с реальным ОУ. ГСТ с заземленной нагрузкой. Анализ генераторов втекающего и вытекающего стабильных токов с повышенным значением формируемых токов. ВАП на основе ГСТ и оценка его точности. Особенности проектирования и расчета ГСТ и ВАП.</p> <p>Источники опорного напряжения (ИОН) на БТ и ПТ. ИОН с умножением напряжения база-эмиттер БТ. Повышение коэффициента фильтрации питающего напряжения. ИОН с термокомпенсацией. Масштабный преобразователь опорного напряжения. ТК напряжения база-эмиттер БТ.</p> <p>ПТ как источник термостабильного тока и опорного напряжения. Теоретические основы ПТ в режиме ГСТ и ИОН. Составная структура на ПТ как высокоэффективный источник термостабильного тока и опорного напряжения. Методика измерения статических параметров ПТ и основных па-</p>

№ тем	Наименование раздела, темы	Содержание тем
		<p>раметров ГСТ и ИОН. Прецизионные ИОН на основе ПТ и ОУ. Теоретические основы ИОН. Методика измерения основных параметров ОУ и прецизионного ИОН. Особенности проектирования и расчёта ИОН.</p>
	<p>Раздел 3. Проблема индуктивности в микроэлектронике и пути ее решения</p>	
9	<p>Тема 9. Активные фильтры как средства решения проблемы индуктивности в микроэлектронике</p>	<p>Современное состояние проблемы индуктивности в МЭ. Реализация активных фильтров (АФ). Методы синтеза АФ и их сравнительная оценка. Аппроксимация нормированной АЧХ фильтров нижних частот (ФНЧ). Преобразование АЧХ ФНЧ в АЧХ фильтров верхних частот (ФВЧ) и в АЧХ полосовых фильтров (ПФ). Реализация простейшего ПФ второго порядка.</p> <p>Усилители с ограниченным коэффициентом передачи в АФ. Типовые структуры АФ на ОУ. Режекторно-полосовые фильтры и их свойства. Ограничительные свойства АФ.</p> <p>Специализированные АФ. Синхронный фильтр с коммутируемыми конденсаторами и его свойства. Система фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) как высокоэффективный синхронный фильтр. Синхронные фазочувствительные и фазонечувствительные АФ. Синхронный фазочувствительный фильтр-демодулятор. Реализация синхронных фазонечувствительных фильтров. Принципы построения синхронного фазонечувствительного режекторно-полосового АФ и его использование при проектировании формирователя высших производных, включая четвертую, характеристик НЭ. Расчет ФБ формирователя. Фазовый фильтр первого порядка и электронно-управляемые фазовращатели на его основе. Особенности проектирования и расчёта электронно-управляемых фазовращателей.</p>
10	<p>Тема 10. Схемотехническое проектирование и расчет кон-</p>	<p>Проектирование конверторов отрицательного (КОС) и положительного (КПС) сопротивлений. КОС и КПС как активные четырехполюсники.</p>

№ тем	Наименование раздела, темы	Содержание тем
	верторов сопротивлений	<p>Практическая реализация и разновидности схемотехники КОС и КПС. Моделирование широкодиапазонных конвертируемых емкостей и оценка их добротности. КПС на основе КОС. Моделирование частотно-зависимых отрицательных сопротивлений (ЧОС) и проводимостей (ЧОП), незаземленных и электронно-управляемых конвертируемых сопротивлений (ЭКС) и емкостей (ЭКЕ).</p> <p>Измерение эквивалентных параметров КОС и КПС. Конвертируемые параметры и особенности их измерения. Измерение составляющих полных проводимостей и добротности КПС. Измерение эквивалентных параметров КОС. Расчет конверторов сопротивлений. Исходные данные для проектирования и особенности расчета. Последовательность расчета. Расчет ФБ измерителей.</p>
11	Тема 11. Схемотехническое проектирование и расчет гираторов	<p>Проектирование инверторов отрицательного (ИОС) и положительного (ИПС) сопротивлений. Гиратор (ИОС или ИПС) как активный четырехполюсник. Разновидности схемотехники гираторов. Моделирование гираторной индуктивности с независимой регулировкой эквивалентных параметров и оценкой эффективности.</p> <p>Моделирование отрицательной индуктивности и обеспечение ее устойчивости в реальных условиях. Получение высокодобротных гираторных индуктивностей и оценка предела их добротности. Моделирование незаземленных и электронно-управляемых гираторных индуктивностей (ЭГИ).</p> <p>Измерение эквивалентных параметров гираторов. Инвертируемые параметры и особенности их измерения. Измерение составляющих полных сопротивлений и добротности ИПС. Измерение эквивалентных параметров ИОС. Расчет гираторов. Исходные данные для проектирования и особенности расчета. Последовательность расчёта. Расчет ФБ измерителей.</p>
	Заключение	Перспективы развития аналоговой интегральной схемотехники и АИУ.

2. Информационно-методический раздел

2.1 Литература

2.1.1 Основная

1. Свирид, В. Л. Проектирование аналоговых микроэлектронных устройств: учеб. пособие для студентов вузов по радиотех. спец./ В. Л. Свирид. – Минск: БГУИР, 2010. – 296 с.

2. Свирид, В. Л. Микросхемотехника аналоговых электронных устройств: учеб. пособие для радиотех. спец. вузов / В. Л. Свирид. – Минск : ДизайнПРО, 1998. – 256 с.

3. Свирид, В. Л. Аналоговая микросхемотехника : учеб. пособие для студ. спец. «Радиотехника» всех форм обуч. В 3 ч. Ч.1: Интегральные микросхемы. Системотехническое проектирование радиоэлектронной аппаратуры/ В. Л. Свирид. – Минск: БГУИР, 2003. – 232 с.

4. Свирид, В. Л. Микроэлектронные и преобразовательные устройства : учеб. пособие для радиотехн. спец. учреждений, обеспечивающих получение высшего образования. В 2 ч. Ч.1-2 / В. Л. Свирид. – Минск : БГУИР, 2005; 2007. – 134 с. ; 136 с.

5. Свирид, В. Л. Проектирование микроэлектронных устройств : учеб. пособие по курсу «Микросхемотехника». В 4 ч. Ч.4: Проектирование и расчет измерительных преобразователей электрических сигналов / В. Л. Свирид. – Минск : БГУИР, 2000. –131 с.

2.1.2 Дополнительная

6. Корис, Р. Справочник инженера-схемотехника / Р. Корис, Х. Шмидт-Вольтер. – М. : Техносфера, 2006. – 608 с.

7. Наундорф, У. Аналоговая электроника. Основы, расчет, моделирование/ Уве Наундорф. – М.:Техносфера, 2008. – 472 с.

2.2 Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов, технических средств обучения, оборудования для выполнения лабораторных работ

1. Пакет прикладных программ MicroCAP 8.
2. Пакет прикладных программ Workbench 8.
3. Лабораторные установки.
4. Радиоизмерительная аппаратура.
5. Демонстрационный материал.

6. Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Аналоговая схемотехника и микроэлектронные устройства» /В.Л. Свирид. – Минск: БГУИР, 2013.

2.3. Перечень тем практических занятий, их название

Цель ПЗ: закрепление теоретического материала, прослушанного на лекциях, приобретение практических навыков инженерного расчета как самих ИС, так и МЭУ на их основе, при реализации ТЗ на КП. Темы ПЗ должны, прежде всего, быть сориентированы на расчет тех основных ФБ, которые запланированы в ТЗ на КП.

№ темы по п.1	Название практического занятия	Содержание	Обеспеченность по пункту 2.2
3	Расчет широкодиапазонной ЭОП с линеаризацией и термостабилизацией характеристик	Обеспечение режима работы ПТ в составе ЭОП с оценкой мощности и диапазоном коррекции, а также эффективности ЭОП и ее схемотехнической реализации	6
4	Расчет параметров составной ТС на ПТ и ДТС как источников тока	Определение эквивалентных параметров составной ТС на ПТ, внутреннего сопротивления ДТС и их схемотехнической реализации	6
7	Расчет широкополосного электронно-управляемого аттенюатора	Определение схемотехнической реализации аттенюатора с оценкой ДД регулировки и полосы пропускания	6
6	Расчет микроэлектронного ДУ на БТ в составе ОУ	Определение схемотехнической реализации ДУ с оценкой основных его параметров (коэффициентов передачи для дифференциального и синфазного сигналов, входного и выходного сопротивлений, частот среза АЧХ)	6
7	Расчет управляемого по частоте и амплитуде высокочастотного автогенератора	Определение структурной схемы микроэлектронного автогенератора, режима работы ПТ и варикапов в его составе с оценкой точности формирования частоты и выходного напряжения	6
8	Расчет СН с повышенной нагрузоч-	Определение основных параметров СН (внутреннего сопротивления, коэффици-	6

№ темы по п.1	Название практического занятия	Содержание	Обеспеченность по пункту 2.2
	ной способностью и ограничением по току	ентов фильтрации и стабилизации напряжений, защиты от КЗ)	
10	Расчет незаземленной образцовой ЭКЕ с линейризацией и термостабилизацией характеристик	Оценка основных параметров ЭКЕ (точности реализации, ДД регулировки, термостабильности) и определение режима работы ПТ при линейризации и термостабилизации его выходной характеристики	6
11	Расчет незаземленной образцовой ЭГИ с линейризацией и термостабилизацией характеристик	Оценка основных параметров ЭГИ (точности реализации, ДД регулировки, термостабильности) и определение режима работы ПТ при линейризации и термостабилизации его выходной характеристики	6
5	Расчет прецизионных ИОН и ГСТ на основе ПТ, ОУ и составной структуре ПТ	Определение схемотехнической реализации ИОН и ГСТ с оценкой точности формирования токов и напряжения, а также внутреннего сопротивления, коэффициентов фильтрации и стабилизации, ТК составляющих дрейфа параметров	6

2.4. Перечень тем лабораторных занятий, их название

Цель лабораторных занятий: закрепление теоретического материала, приобретение практических навыков в проведении экспериментальных исследований, освоение методики оценки количественных показателей аналоговых МЭУ с использованием современной измерительной и компьютерной техники.

№ темы по п.1	Наименование лабораторной работы	Содержание	Обеспеченность по пункту 2.2
3,10, 11	Исследование преобразователя полных проводимостей (сопротивлений) в напряжение и ПТ как	Исследование основных параметров и характеристик составляющих полных проводимостей (сопротивлений) в напряжение, включая их калибровку, и ПТ в режиме управляемой проводимо-	3,4,6

№ темы по п.1	Наименование лабораторной работы	Содержание	Обеспеченность по пункту 2.2
	элемента с управляемой проводимостью	сти, включая линейризацию его выходной характеристики с оценкой ее влияния на линейность характеристики проводимости канала	
4	Исследование мало-сигнальных параметров и характерных режимов работы интегральных ДУ на БТ и ПТ (виртуальная лабораторная работа)	Расчет и измерение основных мало-сигнальных параметров ДУ на БТ и ПТ. Компьютерное моделирование характерных режимов работы ДУ (ширины активной области, ограничения, перемножения, регулировки усиления)	2,5,6
8	Исследование ПТ как источника термостабильного тока и опорного напряжения и прецизионного ИОН на основ ПТ и ОУ	Измерение основных параметров ИОН (коэффициентов фильтрации и стабилизации, выходного сопротивления) и ОУ (коэффициента передачи, частоты единичного усиления, напряжения смещения нуля, ослабления влияния питающего напряжения, выходного сопротивления)	3,4,6
8	Исследование СН с повышенной нагрузочной способностью и ограничением по току и параметрического ИОН в его составе.	Расчет и измерение основных параметров исследования СН и параметрического ИОН в его составе, включая оценку нагрузочной способности и защиты от КЗ	3,4,5
9	Исследование микроэлектронных фильтрующих устройств	Расчет и измерение основных параметров и характеристик АФ в виде ФНЧ и ПФ второго порядка, синхронных фильтров с коммутируемыми конденсаторами и фильтра-демодулятора	3-6
9-11	Исследование устройств с электронно-управляемыми параметрами (фазовращателя,	Измерение параметров и характеристик электронно-управляемого фазовращателя, ЭКЕ, ЭГИ, ИОС	3-6

№ темы по п.1	Наименование лабораторной работы	Содержание	Обеспеченность по пункту 2.2
	ЭКЕ, ЭГИ) и отрицательной гираторной индуктивности		

2.5 Курсовой проект, его характеристика

Изучение учебной дисциплины «Проектирование аналоговых интегральных устройств» сопровождается выполнением КП.

КП нацелен на обеспечение непрерывного процесса получения новых знаний, их трансформации на разработку реальных АИУ, на развитие творческой активности студентов в части проектирования и реализации конкретных технических решений в рамках изучаемой дисциплины и побуждать их к изучению дополнительной научно-технической и патентной информации.

Тематику КП следует расширить и предлагать конкретную тему с различными исходными данными не всей группе студентов, а 2-3 студентам. При таком подходе темы КП с усложнением ТЗ могут перерасти в дальнейшем в темы дипломных проектов. Это позволит студентам приобретать необходимые компетенции и становится высококлассными специалистами радиотехнического направления в избранной области техники.

Проектирование выполняется в соответствии с индивидуальным ТЗ, которое формулируется преподавателем, ведущим КП, и при необходимости с участием студента. В ТЗ оговариваются технические требования к разрабатываемому АИУ, сроки выполнения отдельных разделов и объем отчетной документации. Преподаватель должен помочь студенту проникнуть в существо решаемой проблемы, сориентировать его на нестандартные способы решения задачи, способствовать всеми имеющимися средствами успешному выполнению ТЗ и защите проекта.

Темы КП могут быть связаны с разработкой различных АИУ, пригодных для интегрального исполнения, включая различного рода преобразователи и устройства аналоговой обработки сигналов, а также функционально законченные узлы и блоки, например, ОУ, ЭКС (КОС), ЭКЕ (КПС), ЭОП, ЭГИ (ИПС, ИОС) и т.д.

Количество зачетных единиц по КП – 1.

Перечень тем курсовых проектов

1. Операционный усилитель с защитой от короткого замыкания и оптимально скорректированной АЧХ.

2. Генератор радиосигналов с повышенной линейностью модуляционных характеристик.
3. Генератор низкочастотных сигналов с линеаризацией характеристик управления по амплитуде и частоте.
4. Формирователь частотно-модулируемого испытательного сигнала с адаптацией (ускоренной адаптацией) параметров для высокоточного контроля параметров радиоэлектронных средств.
5. Функциональное устройство для формирования характеристик высших производных НЭ, включая четвертую.
6. Синхронный фазонечувствительный АФ для контроля аппаратуры многоканальной связи.
7. Устройство для линеаризации и термостабилизации характеристик НЭ.
8. Преобразователь составляющих полных проводимостей в напряжение широкодиапазонных конвертируемых емкостей.
9. Преобразователь составляющих полных сопротивлений в напряжение высокочастотных гираторных индуктивностей.
10. Автоматизированное устройство для измерения напряжения отсечки ПТ.
11. Автоматизированное устройство для измерения параметров аппроксимации характеристик НЭ.
12. Устройство для измерения координат ТСТ характеристик ПТ.
13. Устройство для измерения ТК составляющих дрейфа параметров ПТ.
14. Устройство для исследования интегральных ИОН и термостабильного тока на составной структуре ПТ.
15. Подсистема управления для автоматического измерителя частотных параметров устройств радиосвязи.
16. Устройство для исследования СН микроэлектронной аппаратуры.

3. 1 Учебно-методическая карта учебной дисциплины в дневной форме обучения

Номер раздела, темы по п.1	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний студентов
		ЛК	ПЗ	Лаб. зан.		
	Введение	2			2	ИО*
Раздел 1. Системотехническое проектирование аналоговых интегральных устройств						
1	Системотехника как научное направление проектирования сложных систем	2			6	ИО
2	Системотехническое проектирование совершенно нового изделия измерительной техники	2			6	ИО
3	Системотехническое проектирование электронно-управляемых образцовых проводимостей	4	2	4	10	ИО, ЗЛР **
Раздел 2. Теоретические основы интегральной схемотехники и схемотехническое проектирование аналоговых интегральных устройств						
4	Теоретические основы интегральной схемотехники	4	2	4	10	ИО, ЗЛР
5	Схемотехническое проектирование интегральных широкополосных усилителей и переменных усилителей сигналов	2	2		8	ИО,
6	Схемотехническое проектирование и расчет операционных усилителей	4	2		8	ИО
7	Схемотехническое проектирование интегральных формирователей и преобразователей испытательных сигналов	4	2		8	ИО, КР***
8	Схемотехническое проектирование электропреобразовательных устройств	2	2	4	10	ИО, ЗЛР
Раздел 3. Схемотехническое проектирование электропреобразовательных устройств						
9	Активные фильтры как средства решения проблемы индуктивности в микроэлектронике	2		4	10	ИО, ЗЛР
10	Схемотехническое проектирование и расчет конверторов сопротивлений	2	2		8	ИО, КР
11	Схемотехническое проектирование и расчет гираторов	2	2		8	ИО
	Заключение	2			2	
	Текущая аттестация					экзамен
	Итого:	34	16	16	96	

*Индивидуальный опрос

**Защита лабораторных работ

***Контрольная работа

3. 2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины в заочной форме обучения

Номер раздела, темы по п.1	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний студентов
		ЛК	ПЗ	Лаб. зан.		
	Введение				2	ИО*
Раздел 1. Системотехническое проектирование аналоговых интегральных устройств						
1	Системотехника как научное направление проектирования сложных систем				10	
2	Системотехническое проектирование совершенно нового изделия измерительной техники	2			12	ИО
3	Системотехническое проектирование электронно-управляемых образцовых проводимостей				18	ИО
Раздел 2. Теоретические основы интегральной схемотехники и схемотехническое проектирование аналоговых интегральных устройств						
4	Теоретические основы интегральной схемотехники	2			18	ИО
5	Схемотехническое проектирование интегральных широкополосных усилителей и перемножителей сигналов				12	ИО
6	Схемотехническое проектирование и расчет операционных усилителей	2	2		12	ИО
7	Схемотехническое проектирование интегральных формирователей и преобразователей испытательных сигналов		2		12	ИО
8	Схемотехническое проектирование электропреобразовательных устройств			2	14	ИО, ЗЛР *
Раздел 3. Схемотехническое проектирование электропреобразовательных устройств						
9	Активные фильтры как средства решения проблемы индуктивности в микроэлектронике			2	12	ИО, ЗЛР
10	Схемотехническое проектирование и расчет конверторов сопротивлений	2			12	ИО
11	Схемотехническое проектирование и расчет гираторов				10	ИО
	Заключение				2	
	Текущая аттестация					экзамен
	Итого:	8	4	4	146	

*Индивидуальный опрос

**Защита лабораторных работ

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ УЧЕБНЫМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Перечень учебных дисциплин	Кафедра, обеспечивающая учебную дисциплину	Предложения об изменениях в содержании по изучаемой учебной дисциплине	Подпись заведующего кафедрой, обеспечивающей учебную дисциплину с указанием номера протокола и даты заседания кафедры
«Радиоприемные устройства» «Формирование и генерирование сигналов в цифровой радиосвязи»	Кафедра информационных радиотехнологий	Предложений и замечаний нет	_____ Н.И.Листопад Протокол № 10 от 27.04.2015

Заведующий кафедрой

Н.И.Листопад