МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы проектирования СВЧ полупроводниковых устройств

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Автоматизация проектирования микро- и наноэлектронных устройств для радиотехнических систем**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФВС, Факультет вычислительных систем**
Кафедра: **КСУП, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	8	8	часов
2	Практические занятия	8	8	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Курсовая работа (проект)	16	16	часов
5	Всего аудиторных занятий	48	48	часов
6	Самостоятельная работа	60	60	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е.

Зачет: 2 семестр
Курсовая работа (проект): 2 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.12.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск 2018

Согласована на портале № 33029

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 11 от « 15 » 5 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КСУП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

к.т.н., доцент каф. КСУП	_____	М. В. Черкашин
Заведующий обеспечивающей каф. КСУП	_____	Ю. А. Шурыгин

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФВС	_____	Л. А. Козлова
Заведующий выпускающей каф. КСУП	_____	Ю. А. Шурыгин

Эксперты:

к.т.н., доцент каф. КСУП	_____	Н. Ю. Хабибулина
д.т.н., профессор каф. КСУП	_____	Л. И. Бабак

Согласована на портале № 33029

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью настоящего курса является приобретение студентами специальных знаний по методам построения, проектирования и моделирования СВЧ устройств в интегральном исполнении.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ОПК-1 - способность воспринимать математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания, умение самостоятельно приобретать, развивать и применять их для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте; ОПК-6 - способность анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями; ПК-3 - знание методов оптимизации и умение применять их при решении задач профессиональной деятельности; ПСК-1 - умение разрабатывать техническое задание на опытно-конструкторскую работу по созданию СВЧ МИС; ПСК-2 - умение разрабатывать структурные и принципиальные схемы СВЧ МИС, выполнять оптимизацию их параметров с учетом существующих технологических маршрутов производства и технологических ограничений; ПСК-3 - умение разрабатывать модели элементов СВЧ МИС и выполнять моделирование характеристик СВЧ МИС на основе применения современных САПР; ПСК-4 - умение разрабатывать схемы и топологии тестовых структур и СВЧ МИС, а также конструкторскую документацию для их производства.

1.2. Задачи дисциплины

– изучение современного состояния и тенденций развития элементной базы микро- и наноэлектроники СВЧ диапазона;

– изучение способов описания и методов анализа СВЧ устройств;

– изучение вопросов теории, построения и проектирования транзисторных СВЧ усилителей.

В ходе изучения дисциплины студенты должны ознакомиться с предоставленным курсом лекций, выполнить лабораторные, практические и курсовую работы. При этом значительная часть материала отводится для самостоятельного изучения, что требует умения пользоваться дополнительной литературой, поиском требуемой информации в сети Интернет и творческий подход при решении заданной технической задачи.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы проектирования СВЧ полупроводниковых устройств» (Б1.В.ДВ.1.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Полупроводниковые устройства СВЧ диапазона, СВЧ цепи, элементы и модели.

Последующими дисциплинами являются: Автоматизация проектирования СВЧ интегральных схем и систем на кристалле, Построение приемо-передающих модулей на основе СВЧ интегральных схем и систем на кристалле, Радиотехнические системы на основе СВЧ интегральных схем, Схемотехника СВЧ интегральных схем и систем на кристалле.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 способностью воспринимать математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания, умением самостоятельно приобретать, развивать и применять их для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте;

– ОПК-6 способностью анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями;

– ПК-3 знанием методов оптимизации и умение применять их при решении задач профессиональной деятельности;

– ПСК-1 умением разрабатывать техническое задание на опытно-конструкторскую работу

Согласована на портале № 33029

по созданию СВЧ МИС;

– ПСК-2 умением разрабатывать структурные и принципиальные схемы СВЧ МИС, выполнять оптимизацию их параметров с учетом существующих технологических маршрутов производства и технологических ограничений;

– ПСК-3 умением разрабатывать модели элементов СВЧ МИС и выполнять моделирование характеристик СВЧ МИС на основе применения современных САПР;

– ПСК-4 умением разрабатывать схемы и топологии тестовых структур и СВЧ МИС, а также конструкторскую документацию для их производства;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основные методы проектирования, описания и анализа СВЧ цепей и полупроводниковых устройств

– **уметь** использовать типовые методики расчета схем и характеристик СВЧ цепей и полупроводниковых СВЧ устройств

– **владеть** современными методами и программными средствами для анализа и проектирования радиоэлектронных схем и полупроводниковых СВЧ устройств

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	**Всего часов**	**Семестры**
		2 семестр
Аудиторные занятия (всего)	**48**	**48**
Лекции	8	8
Практические занятия	8	8
Лабораторные работы	16	16
Курсовая работа (проект)	16	16
Самостоятельная работа (всего)	**60**	**60**
Выполнение расчетных работ	4	4
Выполнение курсового проекта (работы)	8	8
Оформление отчетов по лабораторным работам	6	6
Проработка лекционного материала	10	10
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	20	20
Подготовка к практическим занятиям	12	12
Всего (без экзамена)	**108**	**108**
Общая трудоемкость, ч	**108**	**108**
Зачетные Единицы	**3.0**	**3.0**

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Согласована на портале № 33029

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Курс. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 Описание СВЧ устройств с помощью матрицы параметров рассеяния	1	2	4	28	16	35	ОПК-1, ОПК-6, ПСК-2, ПСК-3
2 Шумовые характеристики СВЧ цепей и устройств	1	2		18		21	ОПК-1, ОПК-6, ПСК-2, ПСК-3
3 Теория и методы построения линейных СВЧ усилителей	2	4	12	106		124	ОПК-1, ОПК-6, ПК-3, ПСК-1, ПСК-2, ПСК-3, ПСК-4
4 Теория и методы построения СВЧ усилителей мощности	2			8		10	ОПК-1, ОПК-6, ПСК-2
5 Теория и методы построения широкополосных СВЧ усилителей	2			8		10	ОПК-1, ОПК-6, ПСК-2
Итого	8	8	16	168	16	216	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
1 Описание СВЧ устройств с помощью матрицы параметров рассеяния	Волны мощности. Матрица рассеяния, физический смысл элементов, связь с классическими матрицами. Обобщение понятия волн мощности на случай комплексных нагрузок. Обобщенная матрица рассеяния, физический смысл элементов. Свойства матрицы рассеяния для различных классов СВЧ цепей. Взаимные и невзаимные цепи. Симметричные цепи. Активные, пассивные и ре-активные цепи. Матрица рассеяния реактивного четырехполюсника.	1	ОПК-1
	Итого	1	
2 Шумовые характеристики СВЧ цепей и устройств	Представление шумов двухполюсных элементов, тепловые шумы, дробовые шумы p-n перехода. Собственные и взаимные спектральные плотности источников шума. Эквивалентные шумовые схемы биполярного транзистора и полевого транзистора с	1	ОПК-1

Согласована на портале № 33029

	барьером Шоттки. Описание шумящих СВЧ многополюсников. Шумовые волны, матрица спектральных плотностей шумовых волн. Коэффициент шума (КШ) СВЧ усилителя в стандартном тракте. КШ усилителя с согласующими цепями. Минимальный КШ. Окружности постоянного КШ на плоскости коэффициента отражения генератора.		
	Итого	1	
3 Теория и методы построения линейных СВЧ усилителей	Устойчивость активных СВЧ четырехполюсников. Иммитансный критерий устойчивости. Условная и абсолютная устойчивость. Области устойчивости на комплексных плоскостях коэффициентов отражения генератора и нагрузки. Условия абсолютной устойчивости. Инвариантный коэффициент устойчивости. Передаточные характеристики СВЧ четырехполюсников. Анализ коэффициента усиления усилителя с согласующей цепью (СЦ) на входе (выходе). Коэффициент усиления усилителя с СЦ на входе и выходе: однонаправленный случай; случай двустороннего комплексно-сопряженного согласования; случай согласования на одном из входов. Графо-аналитическая методика выбора коэффициентов отражения СЦ.	2	ОПК-1, ПСК-2
	Итого	2	
4 Теория и методы построения СВЧ усилителей мощности	Основные режимы работы активных элементов (транзисторов). Общая формула для коэффициента усиления по мощности. Анализ коэффициента усиления усилителя с согласующей цепью (СЦ) на входе (выходе). Принципы построения СВЧ усилителей мощности. Принципы построения СВЧ высокоэффективных усилителей мощности.	2	ОПК-1, ПСК-2
	Итого	2	
5 Теория и методы построения широкополосных СВЧ усилителей	Основные способы построения широкополосных СВЧ усилителей. Методы расчета широкополосных согласующее-выравнивающих цепей. Способы расчета цепей обратной связи. Принципы распределенного усиления.	2	ОПК-1, ПСК-2
	Итого	2	
Итого за семестр		8	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	**№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Предшествующие дисциплины					
1 Полупроводниковые устройства СВЧ диапазона	+	+	+	+	+
2 СВЧ цепи, элементы и модели	+	+	+	+	+

Согласована на портале № 33029

Последующие дисциплины					
1 Автоматизация проектирования СВЧ интегральных схем и систем на кристалле			+	+	+
2 Построение приемо-передающих модулей на основе СВЧ интегральных схем и систем на кристалле	+	+	+	+	
3 Радиотехнические системы на основе СВЧ интегральных схем	+	+	+	+	+
4 Схемотехника СВЧ интегральных схем и систем на кристалле	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий					Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Курс. раб. (пр.)	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	+	+	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Защита курсовых проектов (работ), Зачет, Расчетная работа, Тест, Отчет по курсовой работе, Отчет по практическому занятию
ОПК-6				+	+	Конспект самоподготовки, Защита курсовых проектов (работ), Зачет, Расчетная работа, Тест, Отчет по курсовой работе
ПК-3		+	+	+	+	Домашнее задание, Отчет по лабораторной работе, Защита курсовых проектов (работ), Расчетная работа, Тест, Отчет по курсовой работе, Отчет по практическому занятию
ПСК-1				+	+	Защита курсовых проектов (работ), Расчетная работа, Тест, Отчет по курсовой работе
ПСК-2	+	+	+	+	+	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Защита курсовых проектов (работ), Зачет, Расчетная работа, Тест, Отчет по курсовой работе, Отчет по практическому занятию
ПСК-3		+	+	+	+	Домашнее задание, Отчет по лабораторной работе, Защита курсовых проектов (работ), Расчетная работа, Тест, Отчет по курсовой работе, Отчет по практическому занятию
ПСК-4		+	+	+	+	Домашнее задание, Отчет по лабораторной работе, Защита курсовых проектов (работ), Расчетная работа, Тест, Отчет по курсовой работе, Отчет по практическому занятию

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Согласована на портале № 33029

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
1 Описание СВЧ устройств с помощью матрицы параметров рассеяния	Анализ параметров СВЧ транзистора в САПР СВЧ устройств	4	ОПК-1, ПСК-2, ПСК-3
	Итого	4	
3 Теория и методы построения линейных СВЧ усилителей	Моделирование схемы СВЧ усилителя в САПР СВЧ устройств	4	ОПК-1, ПК-3, ПСК-2, ПСК-3, ПСК-4
	Построение топологии и анализ работы интегрального СВЧ усилителя в САПР СВЧ устройств	8	
	Итого	12	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
1 Описание СВЧ устройств с помощью матрицы параметров рассеяния	Расчет малосигнальных параметров СВЧ устройств	2	ОПК-1, ПСК-2, ПСК-3
	Итого	2	
2 Шумовые характеристики СВЧ цепей и устройств	Расчет шумовых параметров СВЧ устройств	2	ОПК-1, ПСК-2, ПСК-3
	Итого	2	
3 Теория и методы построения линейных СВЧ усилителей	Расчет схемы и параметров СВЧ усилителя на полевом транзисторе	4	ОПК-1, ПК-3, ПСК-2, ПСК-3, ПСК-4
	Итого	4	
Итого за семестр		8	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
1 Описание СВЧ устройств	Подготовка к практическим	4	ОПК-1,	Домашнее задание, Зачет,

Согласована на портале № 33029

с помощью матрицы параметров рассеяния	занятиям, семинарам		ПСК-2, ПСК-3, ОПК-6	Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4		
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	12		
2 Шумовые характеристики СВЧ цепей и устройств	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-1, ПСК-2, ПСК-3, ОПК-6	Домашнее задание, Зачет, Конспект самоподготовки, Отчет по практическому занятию, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4		
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	10		
3 Теория и методы построения линейных СВЧ усилителей	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-1, ПК-3, ПСК-2, ПСК-3, ПСК-4, ОПК-6, ПСК-1	Домашнее задание, Зачет, Защита курсовых проектов (работ), Конспект самоподготовки, Отчет по курсовой работе, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Расчетная работа, Тест
	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4		
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Выполнение курсового проекта (работы)	8		
	Выполнение расчетных работ	4		
	Итого	26		
4 Теория и методы построения СВЧ усилителей мощности	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-1, ОПК-6, ПСК-2	Зачет, Конспект самоподготовки, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	6		
5 Теория и методы построения широкополосных СВЧ усилителей	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса	4	ОПК-1, ОПК-6, ПСК-2	Зачет, Конспект самоподготовки, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	6		
Итого		60		

.10. Курсовая работа (проект)

Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта) представлены таблице 10.1.

Согласована на портале № 33029

Таблица 10.1 – Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта)

Наименование аудиторных занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Форма контроля
1. Анализ ТЗ, выбор активного элемента	2	ОПК-1, ОПК-6, ПК-3, ПСК-1, ПСК-2, ПСК-3, ПСК-4	Защита курсовых проектов (работ), Отчет по курсовой работе
2. Расчет схемы усилителя на идеализированных элементах	2		
3. Расчет схемы усилителя на реальных (SMD) элементах	2		
4. Построение топологии схемы усилителя	4		
5. Моделирование топологии усилителя	4		
6. Защита отчета по курсовой работе	2		
Итого за семестр	16		

10.1. Темы курсовых работ (проектов)

Примерная тематика курсовых работ (проектов):

– Расчет схемы, построение топологии и моделирование работы линейного СВЧ усилителя диапазона частот 2-3 ГГц

– Расчет схемы, построение топологии и моделирование работы линейного СВЧ усилителя диапазона частот 1-2 ГГц

– Расчет схемы, построение топологии и моделирование работы линейного СВЧ усилителя диапазона частот 5-7 ГГц

…

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Домашнее задание	5	5	5	15
Зачет			10	10
Защита курсовых проектов (работ)			10	10
Конспект самоподготовки	1	2	2	5
Отчет по курсовой работе			15	15
Отчет по лабораторной работе	10	10	10	30
Отчет по практическому занятию	5	5	5	15

Согласована на портале № 33029

Итого максимум за период	21	22	57	100
Нарастающим итогом	21	43	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Антенны и устройства СВЧ. Часть 1. Устройства СВЧ: Учебное пособие / Шостак А. С. 2012. – 124 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1219 (дата обращения: 16.06.2018).

2. Петров, М.Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем. / М.Н. Петров, Г.В. Гудков. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 464 с [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/661 (дата обращения: 16.06.2018).

3. Рафиков, Р.А. Электронные цепи и сигналы. Аналоговые сигналы и устройства: учебное пособие / Р.А. Рафиков. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 440 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/95135 (дата обращения: 16.06.2018).

12.2. Дополнительная литература

4. Воскресенский Д. И. и др. Устройства СВЧ и антенны: Учебник для вузов / под ред. Д. И. Воскресенского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радиотехника. 2006. – 375 с. – ISBN 5-88070-086-0 (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

5. Каплун В. А. и др. Радиотехнические устройства и элементы радиосистем : Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа. 2005. – 293 с. - ISBN 5-06-004043-7 (наличие в библиотеке ТУСУР - 60 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

6. Черкашин М.В. Основы проектирования СВЧ полупроводниковых устройств / учебно-методическое пособие. – Томск: ТУСУР. 2015. (описание лабораторных работ - стр. 4-5,

Согласована на портале № 33029

практических работ – стр.6, выполнение курсовой работы – стр.7, самостоятельная работа – стр.8-9). [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://new.kcup.tusur.ru/library/osnovy-proektirovanija-svch-poluprovodnikovyh-ustrojstv-op-svch-pu (дата обращения: 16.06.2018).

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

2. Электронная база данных учебно-методических разработок каф. КСУП: http://new.kcup.tusur.ru/library
3. Доступ к электронным ресурсам на научно-образовательном портале университета: http://edu.tusur.ru/
4. Доступ к электронному каталогу библиотеки университета: http://lib.tusur.ru
5. Электронная библиотечная система «Лань»: https://e.lanbook.com

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория – учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 326 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория САПР – учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 321 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Интерактивная доска SmartBOARD;

Согласована на портале № 33029

- Монитор SVGA;
- Монитор 17,0" LG FLATRON L1750SQ SN (10 шт.);
- Проектор LG RD-DX 130;
- ПЭВМ -"PENTIUM-386"- 7;
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-1 (2 шт.);
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-3;
- Экран;
- Доска маркерная;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Far Manager
- Foxit Reader
- MatLab&SimulinkR2006b
- Mathcad 13,14
- Microsoft EXCEL Viewer
- Microsoft PowerPoint Viewer
- Microsoft Visual Studio 2005 Professional
- Microsoft Visual Studio 2013 Professional
- Microsoft Word Viewer
- OpenOffice 4
- Windows 10 Enterprise
- КОМПАС 3DLT V12 SP1

Лаборатория информационных технологий – учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 323 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- ПТК На базе IBM PC/AT (4 шт.);
- ПЭВМ DURON SWS 40;
- ПЭВМ IBM PC-XT;
- ПЭВМ IBM/PC-386;
- ПЭВМ VIVO D 133 (2 шт.);
- Компьютер PWS2;
- ПЭВМ "AMSTRAD";
- Доска маркерная;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Far Manager
- Foxit Reader
- Keysight (ADS)
- Keysight System Vue
- MatLab&SimulinkR2006b
- Mathcad 13,14
- Microsoft EXCEL Viewer
- Microsoft PowerPoint Viewer
- Microsoft Visual Studio 2005 Professional
- Microsoft Visual Studio 2013 Professional
- Microsoft Word Viewer
- Windows Embedded 8.1 Industry Enterprise
- КОМПАС 3DLT V12 SP1

Согласована на портале № 33029

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1	Условие максимальной передачи мощности от генератора $Z_г = R_г + jX_г$ в нагрузку $Z_н = R_н + jX_н$ имеет вид (выберите правильное утверждение)	$Z_н = Z_г^*$
		$Z_н = Z_г$
		$R_г = R_н$
		$X_г = X_н$
		$R_г = R_н$ и $X_г = -X_н$
		$X_г = -X_н$
2	При построении широкополосных согласующих цепей (выберите верное утверждение)	можно получить коэффициент передачи равный 1 во всей полосе пропускания
		нельзя получить коэффициент передачи равный 1 во всей полосе пропускания

Согласована на портале № 33029

		можно получить коэффициент передачи равный 1 только в одной частотной точке полосы пропускания
		можно получить коэффициент передачи равный 1 в нескольких частотных точках полосы пропускания
3	Для построения цепи, трансформирующей 18 Ом в 100 Ом достаточно (выберите верное утверждение)	трех реактивных элементов
		двух реактивных элементов
		отрезка длинной линии с электрической длиной 90^o
		отрезка длинной линии с электрической длиной 180^o
4	Реактивные СЦ в составе усилителя (выберите верное утверждение)	обеспечивают согласование входа\выхода усилителя с трактом передачи сигнала
		позволяют выровнять АЧХ всего усилителя
		не позволяют выровнять АЧХ всего усилителя
		улучшают КПД усилителя
		повышают устойчивость усилителя
		уменьшают устойчивость усилителя
		не влияют на устойчивость усилителя
5	Диссипативные СЦ в составе усилителя (выберите верное утверждение)	обеспечивают согласование входа\выхода усилителя с трактом передачи сигнала
		позволяют выровнять АЧХ всего усилителя
		не позволяют выровнять АЧХ всего усилителя
		улучшают КПД усилителя
		повышают устойчивость усилителя
		уменьшают устойчивость усилителя
		не влияют на устойчивость усилителя
6	Применение ООС в усилителе (выберите верное утверждение)	позволяет расширить полосу пропускания
		не влияет на полосу пропускания
		позволяет повысить устойчивость усилителя
		не влияет на устойчивость усилителя
		повышает коэффициент усиления
		уменьшает коэффициент усиления
	Диаграмма Вольперта-Смита (выберите верное утверждение)	графическое отображение зависимости коэффициента отражения от полного сопротивления
		графическое отображение зависимости коэффициента отражения от полной проводимости
		графическое отображение зависимости падающих и отраженных волн мощности в линии передачи от волнового сопротивления
		графическое отображение зависимости КСВ от коэффициента отражения
		имеет вид круговой сетки
		имеет вид прямоугольной сетки
7	Для построения цепи, трансформирующей 10 Ом в 270 Ом необходимо использовать отрезок линии передачи с электрической длиной равной (выберите верное утверждение)	360^o
		90^o
		270^o
		180^o
		45^o
8	Если АЭ имеет значение инвариантного коэффициента устойчивости больше 1 (k>1) , то	АЭ является безусловно устойчивым
		АЭ является условно устойчивым

Согласована на портале № 33029

	(выберите верное утверждение)	АЭ является неустойчивым
9	Если АЭ имеет значение инвариантного коэффициента устойчивости меньше 1 (0 ≤ k <1) , то (выберите верное утверждение)	АЭ является безусловно устойчивым
		АЭ является условно устойчивым
		АЭ является неустойчивым
10	Диссипативные СЦ в составе усилителя (выберите верное утверждение)	состоят только из реактивных элементов (L и C)
		состоят только из резисторов (R)
		состоят из R, L , C элементов
		влияют на устойчивость усилителя
		не влияют на устойчивость усилителя
		ухудшают входной\выходной коэффициент отражения усилителя
		не влияют на входной\выходной коэффициент отражения усилителя
11	Линии равного коэффициента шума отображаются как (выберите верное утверждение)	круги на плоскости коэффициента отражения выходной СЦ
		круги на плоскости коэффициента отражения входной СЦ
		овалы на плоскости коэффициента отражения выходной СЦ
		овалы на плоскости коэффициента отражения входной СЦ
		линия производной формы на плоскости коэффициента отражения выходной СЦ
		линия производной формы на плоскости коэффициента отражения входной СЦ
12	Мощность теплового шума зависит от (выберите верное утверждение)	активного сопротивления цепи
		реактивного сопротивления цепи
		частоты сигнала
		от уровня входной мощности в цепи
		приложенного напряжения
		температуры окружающей среды
13	$\frlac{\|S_{21}\|}{\|S_{12}\|}$ формула позволяет рассчитать	максимально достижимый коэффициент усиления (MAG)
		максимально устойчивый коэффициент усиления (MSG)
		реальный коэффициент усиления TPG (transducer power gain)
		достижимый коэффициент усиления GA (available power gain)
		рабочий коэффициент усиления GP (operating power gain)
14	$\frac{\|S_{21}\|}{\|S_{12}\|}(k-\sqrt{k^2-1})$ формула позволяет рассчитать	максимально достижимый коэффициент усиления (MAG)
		максимально устойчивый коэффициент усиления (MSG)
		реальный коэффициент усиления TPG (transducer power gain)
		достижимый коэффициент усиления GA (available power gain)

Согласована на портале № 33029

		рабочий коэффициент усиления GP (operating power gain)
15	При каскадном соединении четырехполюсников (каскадов усиления) общий коэффициент шума (выберите правильный ответ)	определяется в основном коэффициентом шума первого ЧП
		равен сумме коэффициентов шума каждого ЧП
		равен произведению коэффициентов шума каждого из ЧП
		равен коэффициенту шума первого ЧП
		зависит от коэффициентов шума и усиления каждого из ЧП
		не зависит от коэффициентов шума и усиления второго и последующих ЧП
		зависит от коэффициента шума и усиления только первого ЧП
16	Коэффициент шума усилителя с реактивными СЦ на входе и выходе определяется (выберите верное утверждение)	настройками входной СЦ
		настройками выходной СЦ
		параметрами транзистора
		правильным выбором рабочей точки
		не зависит от выбора рабочей точки
17	Подключение к транзистору двухполюсной цепи отрицательной обратной связи (выберите верное утверждение)	увеличивает общий коэффициент усиления
		уменьшает общий коэффициент усиления
		повышает устойчивости усилителя
		не влияет на устойчивость
		уменьшает устойчивость
		позволяет расширить полосу пропускания
		не влияет на полосу пропускания
18	При аналитическом расчете реактивных СЦ на основе теории фильтров сопротивление нагрузки и генератора (выберите верные утверждения)	должны быть представлены в виде S-параметров
		должны быть представлены в виде эквивалентных RLC-цепочек
		должны быть чисто резистивными
		должны быть чисто реактивными
		должны быть частотно-независимыми
		могут зависеть от частоты
19	Для транзистора на частоте 1 ГГц $\|S_{21}\| = 10$, $\|S_{12}\| = 0.2$, $k = 1$. Какой коэффициент усиления можно реализовать на этом транзисторе на частоте 1 ГГц (максимальное значение) ?	10
		100
		50
		10
		20
		2
20	Применение диссипативных СЦ в составе СВЧ усилителей позволяет:	Выполнить выравнивание АЧХ
		Уменьшить коэффициент шума
		Повысить устойчивость усилителя в целом
		Повысить выходную мощность
		Снизить потребление тока АЭ
		Согласовать вход усилителя с трактом передачи сигнала
		Согласовать выход усилителя с трактом передачи сигнала

Согласована на портале № 33029

14.1.2. Вопросы для подготовки к практическим занятиям

- Расчет малосигнальных параметров СВЧ устройств
- Расчет шумовых параметров СВЧ устройств
- Расчет схемы и параметров СВЧ усилителя на биполярном транзисторе
- Расчет схемы и параметров СВЧ усилителя на полевом транзисторе
- Принципы построения широкополосных цепей коррекции и согласования

14.1.3. Зачёт

Вопросы по теоретической части курса:

Волны мощности. Матрица рассеяния, физический смысл элементов, связь с классическими матрицами. Обобщение понятия волн мощности на случай комплексных нагрузок. Обобщенная матрица рассеяния, физический смысл элементов. Свойства матрицы рассеяния для различных классов СВЧ цепей. Взаимные и невзаимные цепи. Симметричные цепи. Активные, пассивные и реактивные цепи. Матрица рассеяния реактивного четырехполюсника.

Представление шумов двухполюсных элементов, тепловые шумы, дробовые шумы p-n перехода. Собственные и взаимные спектральные плотности источников шума. Эквивалентные шумовые схемы биполярного транзистора и полевого транзистора с барьером Шоттки. Описание шумящих СВЧ многополюсников. Шумовые волны, матрица спектральных плотностей шумовых волн. Коэффициент шума (КШ) СВЧ усилителя в стандартном тракте. КШ усилителя с согласующими цепями. Минимальный КШ. Окружности постоянного КШ на плоскости коэффициента отражения генератора.

Устойчивость активных СВЧ четырехполюсников. Иммитансный критерий устойчивости. Условная и абсолютная устойчивость. Области устойчивости на комплексных плоскостях коэффициентов отражения генератора и нагрузки. Условия абсолютной устойчивости. Инвариантный коэффициент устойчивости.

Передаточные характеристики СВЧ четырехполюсников. Общая формула для коэффициента усиления по мощности. Анализ коэффициента усиления усилителя с согласующей цепью (СЦ) на входе (выходе). Коэффициент усиления усилителя с СЦ на входе и выходе: однонаправленный случай; случай двустороннего комплексно-сопряженного согласования; случай согласования на одном из входов.

Основные режимы работы активных элементов. Принципы построения СВЧ усилителей мощности.

Основные способы построения широкополосных СВЧ усилителей. Принципы распределенного усиления.

14.1.4. Темы домашних заданий

1. Расчет малосигнальных параметров СВЧ устройств
2. Расчет шумовых параметров СВЧ устройств
3. Расчет схемы и параметров СВЧ усилителя на биполярном транзисторе
4. Расчет схемы и параметров СВЧ усилителя на полевом транзисторе

14.1.5. Вопросы на самоподготовку

На самостоятельную проработку теоретического материала выносятся следующие темы:

1. Широкополосные СВЧ усилители с цепями обратной связи.
2. Широкополосные СВЧ усилители с диссипативными СЦ.
3. Усилители мощности СВЧ диапазона.
4. Ключевые усилители классов E и F. Методы уменьшения нелинейных искажений. Методы повышения эффективности работы.
5. Принципы построения распределенных усилителей

14.1.6. Темы расчетных работ

1. Расчет малосигнальных параметров СВЧ устройств
2. Расчет шумовых параметров СВЧ устройств
3. Расчет схемы и параметров СВЧ усилителя на биполярном транзисторе
4. Расчет схемы и параметров СВЧ усилителя на полевом транзисторе

Согласована на портале № 33029

14.1.7. Темы лабораторных работ

1. Анализ параметров СВЧ транзистора в САПР СВЧ устройств
2. Моделирование схемы СВЧ усилителя в САПР СВЧ устройств
3. Построение топологии и анализ работы интегрального СВЧ усилителя в САПР СВЧ устройств

14.1.8. Примерные темы курсовых проектов (работ)

- Расчет схемы, построение топологии и моделирование работы линейного СВЧ усилителя мощности
- Расчет схемы, построение топологии и моделирование работы малошумящего СВЧ усилителя
- Расчет схемы, построение топологии и моделирование работы балансного СВЧ усилителя
- Расчет схемы, построение топологии и моделирование работы широкополосного СВЧ усилителя

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах,

Согласована на портале № 33029

адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 33029