

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Страхов С. Ю.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЧ УСТРОЙСТВ

Направление/специальность подготовки	11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Специализация/профиль/программа подготовки	Радиолокационные системы и комплексы
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Кафедра-разработчик рабочей программы	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	5	180	51	34	0	17	129	0	0	129	экз.
4	8	4	144	51	34	0	17	93	0	0	93	диф. зач.
ВСЕГО		9	324	102	68	0	34	222	0	0	222	

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

**11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
Чебачев Вадим Олегович, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЧ УСТРОЙСТВ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-1 — способность осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования
ПСК-2 — способность разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ
ПСК-3 — способность осуществлять проектирование конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ
ПСК-4 — способность разрабатывать цифровые радиотехнические устройства на современной цифровой элементной базе с использованием современных пакетов прикладных программ
ПСК-5 — способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
ПСК-6 — способность решать задачи оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной необходимости с применением пакетов прикладных программ

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-1**

*знания:*

Знает устройство, технологию и принцип работы СВЧ-тракта современных радиоэлектронных устройств;

*умения:*

Умеет разрабатывать технические задания на СВЧ-модули;

*навыки:*

Имеет навык разработки протоколов сопряжения СВЧ-модулей.

### **ПСК-2**

*знания:*

Знает особенности схемотехники планарных устройств с распределенными параметрами;

*умения:*

Умеет применять для разработки СВЧ-устройств современные пакеты САПР;

*навыки:*

Имеет навык разработки принципиальных электрических схем и топологий СВЧ-устройств.

### **ПСК-3**

*знания:*

Знает конструктивные ограничения при проектировании РЛС с АФАР;

*навыки:*

Имеет навык разработки конструкторской документации на СВЧ-модули с помощью современных пакетов САПР.

### **ПСК-4**

*знания:*

Знает основы цифровой обработки сигнала в импульсно-доплеровской РЛС;

*умения:*

Умеет сопрягать СВЧ-тракт радиоэлектронных систем с АЦП и ЦАП;

*навыки:*

Имеет навык составления частотного плана РЛС и разработки каналов формирования сигналов синхронизации цифровых микросхем.

### **ПСК-5**

*знания:*

Знает особенности моделирования основных СВЧ-узлов в современных пакетах САПР;

*умения:*

Умеет использовать современные пакеты САПР для схемотехнического и электродинамического моделирования планарных СВЧ-устройств;

*навыки:*

Имеет навык схемотехнического и электродинамического моделирования СВЧ-фильтров.

### **ПСК-6**

*знания:*

Знает современные тенденции развития радиоэлектронной аппаратуры;

*навыки:*

Имеет навык разработки составных частей современных РЛС с АФАР.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЧ УСТРОЙСТВ** является дисциплиной **части**, формируемой участниками образовательных отношений блока 1, программы подготовки по направлению *11.05.01 Радиополупроводниковые системы и комплексы*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ, СХЕМОТЕХНИКА АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ, РАДИОМАТЕРИАЛЫ И РАДИОКОМПОНЕНТЫ, ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ВЫПОЛНЕНИЕ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
- ОПК-2 — Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения
- ОПК-3 — Способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий
- ОПК-4 — Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных
- ОПК-5 — Способен выполнять опытно-конструкторские работы с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий
- ОПК-6 — Способен учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ
- ОПК-8 — Способен использовать современные программные и инструментальные средства компьютерного моделирования для решения различных исследовательских и профессиональных задач
- ПСК-1 — Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования
- ПСК-2 — Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ
- ПСК-3 — Способен осуществлять проектирование конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ
- ПСК-5 — Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
- ПСК-6/23 — Способен решать задачи оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности с применением пакетов прикладных программ

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 з.е., 324 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %					
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1	ПСК-2	ПСК-3	ПСК-4	ПСК-5	ПСК-6
4	7	<b>Раздел 1. Назначение импульсно-доплеровской РЛС с АФАР.</b> <b>Структурная схема импульсно-доплеровской РЛС с АФАР.</b> Классификация радиолокационных систем Назначение импульсно-доплеровской РЛС с АФАР Структурная схема импульсно-доплеровской РЛС с АФАР Формирование сигнала в импульсно-доплеровской РЛС Аналоговый и цифровой перенос частоты Синтезатор сетки частот Передающий тракт РЛС Блок коммутаторов АФАР Приемный тракт РЛС АЦП Цифровая обработка сигнала с помощью ПЛИС.	27	10	8	2	17	10	10	10	10	10	10
4	7	<b>Раздел 2. Распространение сигналов в импульсно-доплеровской РЛС.</b> Формирование сигнала промежуточной частоты Формирование сигнала гетеродина и тактовых сигналов Распространение сигнала в передающем тракте РЛС Преобразования сигнала в АФАР Распространение сигнала в приемном тракте РЛС Преобразование сигналов в АЦП Заметки о фильтрах Цифровая фильтрация сигнала Согласованная фильтрация Построение РЛИ дальность-доплер Свойства РЛИ дальность-доплер Определение углов.	27	10	8	2	17	10	10	10	10	10	10
4	7	<b>Раздел 3. Построение приемо-передающего тракта. Математическое моделирование приемо-передающего тракта.</b> Режимы работы транзисторов Компрессия коэффициента передачи усилителей мощности Основные параметры СВЧ-устройств Сопряжение СВЧ-устройств Подбор компонентов СВЧ-тракта Математическое моделирование элементов СВЧ-тракта.	76	16	8	8	60	18	18	18	18	18	18
4	7	<b>Раздел 4. Сигналы РЛС. Генераторы сигналов РЛС.</b> Модуляция сигналов в РЛС Расширяющие последовательности БФМ-сигналов Частотный план Опорные генераторы Фазовый шум Прямой цифровой синтез Синтезатор с ФАПЧ ЦАП.	42	12	8	4	30	10	10	10	10	10	10
4	7	<b>Раздел 5. Линии передачи СВЧ.</b> Волноводы, коаксиальные и микрополосковые линии. Переходы между ними Устройства радиофотоники.	8	3	2	1	5	2	2	2	2	2	2
<b>Всего за 7 семестр</b>			180	51	34	17	129	50	50	50	50	50	50
4	8	<b>Раздел 6. Пассивные элементы СВЧ-тракта.</b> Технологии изготовления СВЧ-устройств на микрополосковых линиях R, L, C-компоненты в микрополосковых устройствах Неоднородности в СВЧ-тракте и согласование волновых сопротивлений Фильтры СВЧ Делители и сумматоры мощности.	44	14	8	6	30	14	14	14	14	14	14
4	8	<b>Раздел 7. Активные элементы СВЧ-тракта.</b> Технологии изготовления активных полупроводниковых СВЧ-устройств Цепи питания и управления СВЧ-устройств Полупроводниковые усилители мощности СВЧ-диапазона Смесители и умножители частоты Амплитудные детекторы Переключатели Атенуаторы и фазовращатели Ферритовые устройства Влияние внешних воздействующих факторов на параметры СВЧ-устройств.	35	16	12	4	19	18	18	18	18	18	18
4	8	<b>Раздел 8. Антенны.</b> Параметры антенн Виды антенн для Радаров Разновидности антенных решеток Синтез апертуры.	15	8	6	2	7	8	8	8	8	8	8
4	8	<b>Раздел 9. Измерительная аппаратура СВЧ-диапазона.</b> Анализаторы цепей	23	8	6	2	15	6	6	6	6	6	6

		Измерительная аппаратура СВЧ Имитаторы.											
4	8	Раздел 10. Разработка электрических схем и топологий СВЧ-устройств. Разработка схем Разработка топологий.	27	5	2	3	22	4	4	4	4	4	4
Всего за 8 семестр			144	51	34	17	93	50	50	50	50	50	50
Всего по дисциплине			324	102	68	34	222	100	100	100	100	100	100

### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Назначение импульсно-доплеровской РЛС с АФАР. Структурная схема импульсно-доплеровской РЛС с АФАР.	Структура РЛС с АФАР	2
2	Раздел 2. Распространение сигналов в импульсно-доплеровской РЛС.	Выбор АЦП и ЦАП	2
3	Раздел 3. Построение приемо-передающего тракта. Математическое моделирование приемо-передающего тракта.	Составление технического задания на проектирование	2
4		Подбор компонентов СВЧ-тракта	2
5		Математическое моделирование компонентов СВЧ-тракта	2
6		Разработка эскиза топологии СВЧ-тракта	2
7	Раздел 4. Сигналы РЛС. Генераторы сигналов РЛС.	Расчет частотного плана	2
8		Математическое моделирование частотного плана	2
9	Раздел 5. Линии передачи СВЧ.	Математическое моделирование микрополосковой линии	1
Всего за 7 семестр			17
10	Раздел 6. Пассивные элементы СВЧ-тракта.	Разработка LC-фильтров	2
11		Разработка микрополосковых фильтров	4
12	Раздел 7. Активные элементы СВЧ-тракта.	Математическое моделирование транзисторных усилителей	2
13		Разработка модулей СВЧ	2
14	Раздел 8. Антенны.	Разработка модуля ППМ АФАР	2
15	Раздел 9. Измерительная аппаратура СВЧ-диапазона.	Математическое моделирование модулей СВЧ	2
16	Раздел 10. Разработка электрических схем и топологий СВЧ-устройств.	Разработка схем и топологий	3
Всего за 8 семестр			17

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Назначение импульсно-доплеровской РЛС с АФАР. Структурная схема импульсно-доплеровской РЛС с АФАР.	Подготовка к экзамену	8
2		Решение кейса	3
3		Подготовка к тесту	6
4	Раздел 2. Распространение сигналов в импульсно-доплеровской РЛС.	Подготовка к экзамену	8
5		Выполнение расчетно-графической работы	3
6		Подготовка к тесту	6

7	Раздел 3. Построение приемо- передающего тракта. Математическое моделирование приемо-передающего тракта.	Подготовка к экзамену	8
8		Подготовка к тесту	6
9		Выполнение расчетно-графической работы	46
10	Раздел 4. Сигналы РЛС. Генераторы сигналов РЛС.	Подготовка к экзамену	8
11		Подготовка к тесту	6
12		Выполнение кейс-задачи	8
13		Выполнение расчетно-графической работы	8
14	Раздел 5. Линии передачи СВЧ.	Подготовка к экзамену	2
15		Выполнение расчетно-графической работы	3
Всего за 7 семестр			129
16	Раздел 6. Пассивные элементы СВЧ- тракта.	Подготовка к тесту	6
17		Выполнение расчетно-графической работы по расчету СВЧ-фильтров	20
18		Выполнение расчетно-графической работы по разработке СВЧ-модулей в части реализации топологических устройств	4
19	Раздел 7. Активные элементы СВЧ- тракта.	Подготовка к тесту	9
20		Выполнение расчетно-графической работы по разработке СВЧ-модулей в части подключения активных устройств	10
21	Раздел 8. Антенны.	Подготовка к тесту	5
22		Выполнение расчетно-графической работы по разработке приемо-передающих модулей для активных фазированных антенных решеток	2
23	Раздел 9. Измерительная аппаратура СВЧ-диапазона.	Подготовка к тесту	5
24		Выполнение расчетной-графической работы по математическому моделированию СВЧ- устройств	10
25	Раздел 10. Разработка электрических схем и топологий СВЧ-устройств.	Подготовка к тесту	2
26		Выполнение расчетно-графической работы по разработке СВЧ-модуля в части разработки электрической схемы	10
27		Выполнение расчетно-графической работы по разработке СВЧ-модуля в части разработки топологии	10
Всего за 8 семестр			93

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7			Кейс		РГР	ДР	Кейс			ДР					РГР	ДР	Вопр. Экз
8					РГР	ДР			РГР	ДР					РГР	ДР	РГР, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Кейс – кейс-задача;
- РГР – расчетно-графическая работа;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- кейс-задача;
- расчетно-графическая работа;
- вопросы к экзамену.



**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен;
- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Выполнение чертежей радиотехнических схем в пакете "Компас". СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003, эл. рес.
2. . Радиотехнические цепи и сигналы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002, эл. рес.
3. . Справочник по радиолокации. М.: Техносфера, 2015, 5 экз.
4. А. И. Белоус, М. К. Мерданов, С. В. Шведов. . СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. Москва: Техносфера, 2018, эл. рес.
5. А. Ю. Виноградов, Р. В. Кабетов, А. М. Сомов. . Устройства СВЧ и малогабаритные антенны. Москва: Горячая линия-Телеком, 2012, эл. рес.
6. И. В. Лютиков, А. Н. Фомин, В. А. Леусенко. . Метрология и радиоизмерения. Красноярск: СФУ, 2016, эл. рес.
7. О. В. Головин. . Устройства генерирования, формирования, приема и обработки сигналов. Москва: Горячая линия-Телеком, 2017, эл. рес.
8. П. Хоровиц, У. Хилл. . Искусство схемотехники. М.: Мир, 1998, эл. рес.
9. С.Г. Филатова. . Радиотехнические системы. Новосибирск: НГТУ, 2018, эл. рес.
10. Ф. Сечи, М. Буджатти. . Мощные твердотельные СВЧ-усилители. Москва: Техносфера, 2015, эл. рес.
11. Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов. . Антенны. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов. М.: Питер, 2006, 3 экз.
2. А. И. Братчиков, В. И. Васин, О. О. Василенко. . Активные фазированные антенные решётки. М.: Радиотехника, 2004, 3 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Радиотехника – XXI век.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. [https://www.bsuir.by/m/12\\_100229\\_1\\_85526.pdf](https://www.bsuir.by/m/12_100229_1_85526.pdf).

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Microsoft Windows.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Интерактивная доска;
2. Microsoft Windows.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЧ УСТРОЙСТВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы*. Дисциплина реализуется на факультете И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1 способность осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования;

ПСК-2 способность разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ;

ПСК-3 способность осуществлять проектирование конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ;

ПСК-4 способность разрабатывать цифровые радиотехнические устройства на современной цифровой элементной базе с использованием современных пакетов прикладных программ;

ПСК-5 способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;

ПСК-6 способность решать задачи оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной необходимости с применением пакетов прикладных программ.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проектированием аналогового тракта радиопередающей и радиоприемной аппаратуры и ее сопряжения с устройствами цифровой обработки сигналов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- кейс-задача;
- расчетно-графическая работа;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен;
- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **9 з.е., 324 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**68 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**222 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 324 ч., из них 102 ч. аудиторных занятий, и 222 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Назначение импульсно-доплеровской РЛС с АФАР. Структурная схема импульсно-доплеровской РЛС с АФАР.</b>		
Подготовка к экзамену	. Справочник по радиолокации: М.: Техносфера, 2015 (*) А. И. Братчиков, В. И. Васин, О. О. Василенко. . Активные фазированные антенные решётки: М.: Радиотехника, 2004 (*)	8
Решение кейса	С.Г. Филатова. . Радиотехнические системы: Новосибирск: НГТУ, 2018 (*) А. И. Белоус, М. К. Мерданов, С. В. Шведов. . СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи: Москва: Техносфера, 2018 (*)	3
Подготовка к тесту		6
Итого по разделу 1		17
<b>Раздел 2. Распространение сигналов в импульсно-доплеровской РЛС.</b>		
Подготовка к экзамену	. Справочник по радиолокации: М.: Техносфера, 2015 (*) А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (*)	8
Выполнение расчетно-графической работы	. Радиотехнические цепи и сигналы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002 (*)	3
Подготовка к тесту		6
Итого по разделу 2		17
<b>Раздел 3. Построение приемо-передающего тракта. Математическое моделирование приемо-передающего тракта.</b>		
Подготовка к экзамену	П. Хоровиц, У. Хилл. . Искусство схемотехники: М.: Мир, 1998 (*) Ф. Сечи, М. Буджатти. . Мощные твердотельные СВЧ-усилители: Москва: Техносфера, 2015 (*)	8
Подготовка к тесту	А. И. Белоус, М. К. Мерданов, С. В. Шведов. . СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи: Москва: Техносфера, 2018 (*)	6
Выполнение расчетно-графической работы		46
Итого по разделу 3		60
<b>Раздел 4. Сигналы РЛС. Генераторы сигналов РЛС.</b>		
Подготовка к экзамену	О. В. Головин. . Устройства генерирования, формирования, приема и обработки сигналов: Москва: Горячая линия-Телеком, 2017 (*)	8
Подготовка к тесту		6
Выполнение кейс-задачи		8

Выполнение расчетно-графической работы	. Справочник по радиолокации: М.: Техносфера, 2015 (*)	8
Итого по разделу 4		30
<b>Раздел 5. Линии передачи СВЧ.</b>		
Подготовка к экзамену	А. Ю. Виноградов, Р. В. Кабетов, А. М. Сомов. . Устройства СВЧ и малогабаритные антенны: Москва: Горячая линия-Телеком, 2012 (*)	2
Выполнение расчетно-графической работы	Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов. . Антенны: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (*)	3
Итого по разделу 5		5
<b>Раздел 6. Пассивные элементы СВЧ-тракта.</b>		
Подготовка к тесту	А. Ю. Виноградов, Р. В. Кабетов, А. М. Сомов. . Устройства СВЧ и малогабаритные антенны: Москва: Горячая линия-Телеком, 2012 (*)	6
Выполнение расчетно-графической работы по расчету СВЧ-фильтров	Ф. Сечи, М. Буджатти. . Мощные твердотельные СВЧ-усилители: Москва: Техносфера, 2015 (*)	20
Выполнение расчетно-графической работы по разработке СВЧ-модулей в части реализации топологических устройств		4
Итого по разделу 6		30
<b>Раздел 7. Активные элементы СВЧ-тракта.</b>		
Подготовка к тесту	Ф. Сечи, М. Буджатти. . Мощные твердотельные СВЧ-усилители: Москва: Техносфера, 2015 (*)	9
Выполнение расчетно-графической работы по разработке СВЧ-модулей в части подключения активных устройств		10
Итого по разделу 7		19
<b>Раздел 8. Антенны.</b>		
Подготовка к тесту	А. Ю. Виноградов, Р. В. Кабетов, А. М. Сомов. . Устройства СВЧ и малогабаритные антенны: Москва: Горячая линия-Телеком, 2012 (*)	5
Выполнение расчетно-графической работы по разработке приемно-передающих модулей для активных фазированных антенных решеток	А. И. Братчиков, В. И. Васин, О. О. Василенко. . Активные фазированные антенные решетки: М.: Радиотехника, 2004 (*) Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов. . Антенны: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (*)	2
Итого по разделу 8		7
<b>Раздел 9. Измерительная аппаратура СВЧ-диапазона.</b>		
Подготовка к тесту	И. В. Лютиков, А. Н. Фомин, В. А. Леусенко. . Метрология и радиоизмерения: Красноярск: СФУ, 2016 (*)	5
Выполнение расчетно-графической работы по математическому моделированию СВЧ-устройств		10
Итого по разделу 9		15
<b>Раздел 10. Разработка электрических схем и топологий СВЧ-устройств.</b>		
Подготовка к тесту		2
Выполнение расчетно-графической работы по разработке СВЧ-модуля в части разработки электрической схемы	. Выполнение чертежей радиотехнических схем в пакете "Компас": СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2003 (*)	10
Выполнение расчетно-графической работы по разработке СВЧ-модуля в части разработки топологии		10
Итого по разделу 10		22

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- кейс-задача;
- вопросы к экзамену;
- расчетно-графическая работа;
- экзамен;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Кейс-задача

Задача №1 Выбор АЦП и ЦАП

Необходимо выбрать АЦП или ЦАП с максимально возможной рабочей частотой. Для АЦП найти входную мощность, при которой АЦП будет перегружен и входную мощность, при которой АЦП будет выведен из строя.

Для ЦАП посчитать выходную мощность.

За правильное выполнение 5 баллов

Задача №2 Энергетический расчет РЛС

Необходимо нарисовать структурную схему аналогового тракта РЛС и подписать мощность и частоту на входе и выходе каждого модуля.

За правильное выполнение 5 баллов.

#### Вопросы к экзамену

1. Классификация радиолокационных систем.
2. Назначение импульсно-доплеровской РЛС с АФАР.
3. Формирование сигнала в импульсно-доплеровской РЛС. Образ. Модулятор. ЦАП.
4. Аналоговый и цифровой перенос частоты.
5. Синтезатор сетки частот РЛС.
6. Передающий тракт РЛС от ЦАП до блока коммутаторов.
7. Блок коммутаторов приемного, передающего и приемно-передающего каналов РЛС.
8. Принцип работы АФАР.
9. Приемно-передающий модуль АФАР с Core Chip.
10. Приемный тракт РЛС от блока коммутаторов до АЦП.
11. Высокоскоростные АЦП.
12. Фильтрация сигнала. Аналоговые фильтры на LC-элементах. Аналоговые фильтры с распределенными параметрами. Цифровые фильтры.
13. Согласованная фильтрация сигнала.
14. Радиолокационное изображение в координатах дальность-доплер.
15. Пеленгация цели.
16. Зондирующие сигналы, используемые в РЛС.
17. М-последовательность. Генератор М-последовательности.
18. Модульный принцип построения РЛС.
19. Настройка режима работы полевого транзистора в схеме с общим истоком управляющими напряжениями.
20. Компрессия коэффициента передачи усилителей мощности.
21. Важнейшие параметры СВЧ-устройств.
22. Электрические параметры передающих модулей СВЧ.
23. Электрические параметры приемных модулей СВЧ.
24. Электрические параметры модулей ППМ.

25. Электрические параметры генераторов и синтезаторов частот.
26. Частотный план РЛС.
27. Опорные кварцевые генераторы.
28. Фазовый шум.
29. Прямой цифровой синтез частоты.
30. Фазовая автоподстройка частоты.
31. Синтезаторы частот с фазовой автоподстройкой частоты.
32. Линии передачи СВЧ-мощности.
33. Микрополосковые линии передачи СВЧ-мощности.
34. Технологии изготовления СВЧ-модулей на примере модулей ППМ АФАР разных поколений.

### **Расчетно-графическая работа**

Расчетно-графическая работа №1 (семестр 7) Расчет промежуточной частоты

Студенту задана радиочастота, ширина полосы сигнала и частота опорного генератора. Требуется разработать частотный план РЛС с получением максимально чистого спектра на передачу и на прием. За правильное выполнение 10 баллов

Расчетно-графическая работа №2 (семестр 7) Аванпроект по разработке СВЧ-модуля

Требуется уточнить электрические параметры модуля, разработать протокол сопряжения, подобрать основные микросхемы, провести математическое моделирование, разработать эскиз топологии модуля. По результатам работы выполняется Научно-технический отчет.

За правильное выполнение до 40 баллов, по разделам:

- Приведены исходные данные и протокол сопряжения – 5 баллов.
- Приведено описание принципа работы устройства – 5 баллов.
- Подобраны основные электронные компоненты – 15 баллов.
- Приведена математическая модель устройства и результаты моделирования – 10 баллов.
- Оценены габаритные размеры, в которые поместится устройство, и оценена топология плат на предмет возможных пересечений – 5 баллов.

Расчетно-графические работы за 8-й семестр по ссылке

Расчетно-графические работы нужно показать лично, либо прислать на почту преподавателю. Расчетно-графическую работу №2 за семестр 7 обязательно прислать на почту.

### **Экзамен**

В экзамене три вопроса: два из списка, один по разрабатываемому в семестре СВЧ-модулю

Студент прекрасно разбирается в материале - оценка отлично

Студент разбирается в материале - оценка хорошо

Студент может ответить на несложные вопросы - оценка удовлетворительно

Студент не разбирается в материале - оценка неудовлетворительно

Студенту гарантирована оценка, которую он получит за баллы в течение семестра по шкале:

51-74 балла - удовлетворительно

75-84 балла - хорошо

85-100 баллов - отлично

### **Дифференцированный зачет**

0-50 баллов - неудовлетворительно

51-74 балла - удовлетворительно

75-84 балла - хорошо

85-100 баллов - отлично



КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %						НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1	ПСК-2	ПСК-3	ПСК-4	ПСК-5	ПСК-6	
4	7	Раздел 1. Назначение импульсно-доплеровской РЛС с АФАР. Структурная схема импульсно-доплеровской РЛС с АФАР.	27	10	8	2	17	10	10	10	10	10	10	Вопросы к экзамену, Кейс-задача
4	7	Раздел 2. Распространение сигналов в импульсно-доплеровской РЛС.	27	10	8	2	17	10	10	10	10	10	10	Вопросы к экзамену, Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 3. Построение приемопередающего тракта. Математическое моделирование приемопередающего тракта.	76	16	8	8	60	18	18	18	18	18	18	Вопросы к экзамену, Расчетно-графическая работа
4	7	Раздел 4. Сигналы РЛС. Генераторы сигналов РЛС.	42	12	8	4	30	10	10	10	10	10	10	Вопросы к экзамену, Расчетно-графическая работа, Кейс-задача
4	7	Раздел 5. Линии передачи СВЧ.	8	3	2	1	5	2	2	2	2	2	2	Вопросы к экзамену, Расчетно-графическая работа
Всего за 7 семестр			180	51	34	17	129	50	50	50	50	50	50	
4	8	Раздел 6. Пассивные элементы СВЧ-тракта.	44	14	8	6	30	14	14	14	14	14	14	Расчетно-графическая работа
4	8	Раздел 7. Активные элементы СВЧ-тракта.	35	16	12	4	19	18	18	18	18	18	18	Расчетно-графическая работа

4	8	<b>Раздел 8. Антенны.</b>	15	8	6	2	7	8	8	8	8	8	8	Расчетно- графическая работа
4	8	<b>Раздел 9. Измерительная аппаратура СВЧ-диапазона.</b>	23	8	6	2	15	6	6	6	6	6	6	Расчетно- графическая работа
4	8	<b>Раздел 10. Разработка электрических схем и топологий СВЧ- устройств.</b>	27	5	2	3	22	4	4	4	4	4	4	Расчетно- графическая работа
<b>Всего за 8 семестр</b>			144	51	34	17	93	50	50	50	50	50	50	
<b>Всего по дисциплине</b>			324	102	68	34	222	100	100	100	100	100	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-1

- Вопросы открытого типа:
- № 1 Какие из указанных типов фильтров не имеют окон прозрачности?
- А) Аналоговые на сосредоточенных элементах
  - Б) Аналоговые на распределенных элементах
  - В) Цифровые
  - Г) Аналоговые на сосредоточенных и распределенных элементах
- № 2 Что показывает коэффициент шума радиочастотного тракта?
- А) Во сколько раз ухудшится отношение сигнал-шум после прохождения радиочастотного тракта
  - Б) Отношение теплового шума устройства при комнатной температуре к тепловому шуму при абсолютном нуле
  - В) Отношение уровня шума к уровню сигнала на выходе радиочастотного тракта
  - Г) Отношение уровня шума к уровню сигнала на входе радиочастотного тракта
  - Д) Минимальный уровень сигнала, ниже которого сигнал не может быть принят и обработан
- № 3 Какой из этих параметров важен только для приемного тракта?
- А) Неравномерность коэффициента передачи по мощности
  - Б) Спектральная плотность мощности фазового шума
  - В) Импульсная мощность
  - Г) Точка одностенной компрессии по входу
  - Д) Ток потребления
- № 4 Каким из этих параметров обычно характеризуют только передающий тракт?
- А) Неравномерность коэффициента передачи по мощности
  - Б) Коэффициент шума
  - В) Относительный уровень побочных спектральных составляющих
  - Г) Точка одностенной компрессии
  - Д) Импульсная мощность
- № 5 Что произойдет с РЛИ дальность-доплер при уменьшении скважности следования импульсов?
- А) Ухудшится разрешение по дальности
  - Б) Ухудшится разрешение по скорости
  - В) Увеличится расстояние, на котором дальность определится однозначно
  - Г) Уменьшится время сканирования цели
  - Д) Увеличится мертвая зона
- № 6 Чем определяется величина мертвой зоны радара?

- А) Периодом следования импульсов
- Б) Длительностью излучаемого импульса
- В) Скоростью движения цели
- Г) Изменением скорости движения цели
- № 7 Д) Полосой пропускания цифрового фильтра  
Выберете неверное утверждение, что произойдет с РЛИ дальность-доплер при уменьшении скважности следования импульсов?
- А) Уменьшится расстояние, на котором дальность определится однозначно
- Б) Будет перегреваться усилитель мощности
- В) Уменьшится время сканирования цели
- Г) Увеличится разрешение по скорости
- № 8 Д) Все утверждения верны  
От чего на РЛИ дальность-доплер зависит разрешение по скорости?
- А) От полосы частот сигнала
- Б) От количества импульсов в пачке
- В) От периода следования импульсов
- Г) От количества импульсов в пачке и периода следования импульсов
- Д) От количества импульсов в пачке, периода следования импульсов и полосы частот сигнала
- № 9 Сложные сигналы используются в РЛС потому что
- А) позволяют увеличить разрешение по дальности, не уменьшая энергию сигнала
- Б) сокращают мертвую зону РЛС
- В) увеличивают мертвую зону РЛС
- Г) увеличивают энергию сигнала
- Д) увеличивают разрешение по дальности
- № 10 Какой способ получения частоты из опорной даст минимальный фазовый шум?
- А) Аналоговое умножение частоты
- Б) Прямой цифровой синтез
- В) Фазовая автоподстройка частоты
- Г) Комбинация прямого цифрового синтеза и фазовой автоподстройки частоты
- Д) Любой из приведенных способов даст одинаковый фазовый шум
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Для чего нужно разделение принятого сигнала на две квадратурные составляющие I и Q?
- № 2 Чему равно минус 6 дБм в милливаттах?
- № 3 В РЛС с АФАР часто используется перестраиваемый по частоте гетеродин. Зачем его нужно перестраивать?
- № 4 Чем на РЛИ дальность-доплер определяется разрешение по дальности?
- № 5 Чем на РЛИ дальность-доплер определяется максимальная однозначно измеряемая скорость?
- № 6 Чем на РЛИ дальность-доплер определяется максимальная однозначно измеряемая

- дальность?
- № 7 РЛС использует для зондирования прямоугольный радиоимпульс. Что нужно сделать с сигналом, чтобы увеличить разрешение по дальности?
- № 8 Как изменится спектральная плотность мощности фазового шума на заданной отстройке от несущей при умножении частоты на 4?
- № 9 Сколько градусов должен быть равен суммарный фазовый набег усилителя и цепи обратной связи для устойчивой генерации?
- № 10 С каким параметром связана преобразованием Фурье спектральная плотность мощности фазового шума?

## ПСК-2

### Вопросы открытого типа:

- № 1 Какой из параметров цели в импульсно-доплеровской РЛС определяется при вторичной обработке?
- А) Скорость цели
- Б) Ускорение цели
- В) Дальность до цели
- Г) Пеленг на цель
- Д) Все перечисленные
- № 2 Какой из этих типов соединителей не имеет резьбы?
- А) SMA
- Б) Тип 3,5 мм
- В) N-тип
- Г) SMP
- Д) тип IX
- № 3 Каким образом фильтруется помеха по зеркальному каналу?
- А) С помощью аналогового фильтра перед переносом частоты с высокой на промежуточную
- Б) С помощью аналогового фильтра после переноса частоты с высокой на промежуточную
- В) С помощью цифрового фильтра
- Г) Помеха по зеркальному каналу не может быть отфильтрована
- Д) Сложением помехи и зеркального канала в противофазе с помощью сумматора мощности
- № 4 О чем говорит выражение «усилитель мощности находится в трехдецибелльной компрессии»?
- А) Коэффициент усиления усилителя мощности составляет 3 дБ
- Б) Усилитель мощности ослабляет сигнал на 3 дБ
- В) Коэффициент усиления усилителя мощности уменьшился на 3 дБ по сравнению с линейным режимом
- Г) Выходная мощность усилителя ниже максимальной на 3 дБ
- Д) Коэффициент усиления усилителя мощности увеличился на 3 дБ по сравнению с линейным режимом
- № 5 На коэффициент шума оказывает максимальное влияние

- А) первый усилитель в передающем тракте  
 Б) первый усилитель в приемном тракте  
 В) последний усилитель в передающем тракте  
 Г) последний усилитель в приемном тракте  
 Д) АЦП
- № 6 Какой элемент ППМ АФАР обычно не входит в состав Core Chip?  
 А) Фазовращатель  
 Б) Переключатель  
 В) Аттenuатор  
 Г) Общий каскад усиления  
 Д) Оконечный каскад усиления
- № 7 В составе ППМ АФАР X-диапазона обычно используется Core Chip. Какой элемент СВЧ-тракта входит в его состав?  
 А) Циркулятор  
 Б) Фазовращатель  
 В) Оконечный каскад усиления  
 Г) Направленный ответвитель  
 Д) Полосовой фильтр
- № 8 Оконечный каскад усиления ППМ АФАР как правило работает в нелинейном режиме. Почему после него не ставится полосовой фильтр?  
 А) Фильтр не выдержит выходную мощность окончного каскада  
 Б) Фильтр ухудшит коэффициент шума  
 В) Фильтр ослабит выходной сигнал  
 Г) Волновое сопротивление окончного каскада и фильтра трудно согласовать  
 Д) Все утверждения верны
- № 9 По сравнению с термокомпенсированным кварцевым генератором термостатированный кварцевый генератор  
 А) имеет меньшие размеры  
 Б) обладает худшей стабильностью частоты  
 В) потребляет меньшую мощность  
 Г) имеет ненулевое время выхода на рабочий режим  
 Д) Все утверждения верны
- № 10 Чем обычно ограничивается уровень полезного сигнала, который можно подавать на смеситель в приемном тракте?  
 А) Уровень сигнала должен быть меньше уровня гетеродина  
 Б) Уровень сигнала должен быть на порядок меньше уровня гетеродина  
 В) Уровень сигнала должен быть меньше параметра P1dB смесителя  
 Г) Уровень сигнала должен быть на порядок меньше параметра P1dB смесителя

Д) Ничем не ограничен

*Вопросы закрытого типа:*

- № 1 Какой тип антенны позволяет совершать обзор окружающего пространства в двух плоскостях без механического сканирования?
- № 2 Каким фильтром является звено электрической цепи, представляющее собой последовательное включение катушки индуктивности и конденсатора
- № 3 Каким фильтром является звено электрической цепи, представляющее собой параллельное включение катушки индуктивности и конденсатора
- № 4 Каким фильтром является звено электрической цепи, представляющее собой параллельное включение катушки индуктивности и конденсатора, включенное в общую цепь параллельно, является для общей цепи
- № 5 Фильтр состоит из следующих идущих подряд звеньев: последовательно включенная катушка индуктивности, параллельно включенный конденсатор, последовательно включенная катушка индуктивности, параллельно включенный конденсатор, последовательно включенная катушка индуктивности. Какой это фильтр?
- № 6 Фильтр состоит из следующих идущих подряд звеньев: последовательно включенный конденсатор, параллельно включенная катушка индуктивности, последовательно включенный конденсатор, параллельно включенная катушка индуктивности, последовательно включенный конденсатор. Какой это фильтр?
- № 7 Что показывает параметр P1dB усилителей мощности?
- № 8 Какая полярность управляющих напряжений Затвор-Исток и Сток-Исток у полевого транзистора n-типа проводимости?
- № 9 Какая схема включения полевых транзисторов дает наибольший коэффициент усиления по мощности?
- № 10 Что показывает параметр IP3 активных устройств?

**ПСК-3**

*Вопросы открытого типа:*

- № 1 Как называется система стандартов, регламентирующая правила оформления конструкторских документов?
- А) ЕСТД
- Б) ЕСКД
- В) ЕСПД
- Г) ISO
- Д) СМК
- № 2 Какая техническая характеристика изделия указывается в основной надписи?
- А) Габаритные размеры
- Б) Масса
- В) Присоединительные размеры
- Г) Ток потребления
- Д) Волновое сопротивление
- № 3 Что такое Э4?
- А) Схема электрическая структурная
- Б) Схема электрическая соединений
- В) Схема электрическая функциональная
- Г) Схема электрическая подключений
- Д) Схема электрическая принципиальная
- № 4 Чем определяется гендер СВЧ-соединителя?

- А) Наличием-отсутствием гайки
- Б) Наличием-отсутствием штыря центральной жилы
- В) Наличием-отсутствием гайки, при отсутствии резьбы наличием-отсутствием штыря центральной жилы
- Г) Наличием-отсутствием штыря центральной жилы, при отсутствии центральной жилы наличием-отсутствием гайки
- Д) Наличием-отсутствием штыря центральной жилы, при отсутствии резьбы наличием-отсутствием гайки
- № 5 Буквами VD на принципиальной электрической схеме обозначается
- А) Диод
- Б) Транзистор
- В) Тиристор
- Г) Источник питания
- Д) Микросхема
- № 6 Какую информацию содержит десятичный номер (несколько вариантов)?
- А) Организацию-разработчика изделия
- Б) Литерность
- В) Технические характеристики изделия
- Г) Функциональное назначение изделия
- Д) Порядковый номер изделия
- № 7 Где в конструкторской документации указывается топология направленного ответвителя?
- А) В схеме электрической принципиальной
- Б) В сборочном чертеже
- В) В габаритном чертеже
- Г) В технических условиях
- Д) В чертеже на плату, при отсутствии отдельного чертежа в сборочном чертеже
- № 8 Как правильно указываются пины микросхем на принципиальных электрических схемах?
- А) Слева входы, справа выходы
- Б) Справа входы, слева выходы
- В) Слева входы, справа выходы, сверху сигналы управления, снизу земли и неиспользуемые контакты
- Г) Слева входы, справа выходы, снизу сигналы управления, сверху земли и неиспользуемые контакты
- Д) Расположение входов и выходов безразлично
- № 9 На какие размеры не указывается допуск?
- А) На габаритные
- Б) На установочные



	В) На присоединительные
	Г) На линейные
	Д) На угловые
№ 10	Перечень элементов является
	А) схемой
	Б) чертежом
	В) текстовым документом
	Г) программным документом
	Д) технологическим документом
	<i>Вопросы закрытого типа:</i>
№ 1	В каком документе указываются наименования всех соединителей системы, протоколов передачи данных, частота и мощность на входе и выходе каждого соединителя?
№ 2	Что такое схема Э2?
№ 3	Что такое схема Э3?
№ 4	По какому принципу нумеруются элементы на схеме Э3?
№ 5	Как называется рамка вокруг чертежа, в которой указывается его автор, наименование изделия, количество страниц в чертеже?
№ 6	Что обозначается на принципиальной электрической схеме буквой «Х»?
№ 7	Как определить, что микросхема аналоговая?
№ 8	Что на принципиальной электрической схеме обозначает плюс справа и сверху от конденсатора?
№ 9	По какому принципу устанавливаются позиционные обозначения на чертежах?
№ 10	Что обозначает надпись на принципиальной электрической схеме Х1 “Вход ПЧ”
<b>ПСК-4</b>	
	<i>Вопросы открытого типа:</i>
№ 1	Какие из этих микросхем обычно не применяют для формирования и приема сигналов в РЛС с АФАР на промежуточной частоте?
	А) АЦП
	Б) ЦАП
	В) DDS
	Г) ПЛИС
	Д) ФАПЧ
№ 2	При определенных соотношениях частот входного сигнала АЦП и частоты дискретизации сигнал может быть успешно оцифрован, но частота оцифрованного сигнала уменьшится относительно исходной. В каком случае это произойдет?
	А) Если максимальная частота входного сигнала не превышает половины частоты дискретизации
	Б) Если максимальная частота входного сигнала не превышает частоты дискретизации
	В) Если частота входного сигнала превышает частоту дискретизации, а полоса сигнала полностью укладывается в окно Найквиста
	Г) Если частота входного сигнала превышает частоту дискретизации, а полоса сигнала не превышает половины частоты дискретизации
	Д) Если максимальная частота входного сигнала не превышает половины частоты дискретизации, а полоса входного сигнала не укладывается в окно Найквиста

- № 3 Какие из этих функций не реализуют в современных микросхемах АЦП?
- А) Согласованная фильтрация
  - Б) Разложение сигнала на квадратурные составляющие I и Q
  - В) Фильтрация сигнала
  - Г) Перенос частоты сигнала
- № 4 Какая из этих функций не может отсутствовать в АЦП?
- А) Оцифровка сигнала
  - Б) Перенос частоты сигнала
  - В) Децимация сигнала
  - Г) Фильтрация сигнала
- № 5 Какие из этих микросхем являются аналоговыми?
- А) АЦП
  - Б) ЦАП
  - В) Усилитель мощности
  - Г) Прямого цифрового синтеза
- № 6 Какой тип сигнала может быть получен с помощью микросхемы прямого цифрового синтеза?
- А) ЛЧМ-сигнал
  - Б) БФМ-сигнал
  - В) Сигнал с бинарной амплитудной модуляцией
  - Г) КАМ-64
- № 7 Как с помощью микросхемы ФАПЧ получить ЛЧМ-сигнал?
- А) Нужно подать на вход ГУН пилообразное напряжение
  - Б) Нужно подать на вход обратной связи фазового детектора пилообразное напряжение
  - В) Нужно подать на вход опорной частоты меандр
  - Г) Нужно подать на вход обратной связи фазового детектора меандр
- № 8 Как с помощью микросхемы ФАПЧ получить ЛЧМ-сигнал?
- А) Нужно подать на вход ГУН меандр
  - Б) Нужно подать на вход обратной связи фазового детектора пилообразное напряжение
  - В) Нужно подать на вход опорной частоты ЛЧМ-сигнал

- Г) Нужно подать на вход обратной связи фазового детектора меандр
- Д) Никак
- № 9 Зачем в синтезаторе частот использовать микросхемы DDS и PLL одновременно?
- А) Чтобы уменьшить фазовый шум
- Б) Чтобы увеличить выходную частоту сигнала сложной формы
- В) Чтобы уменьшить шаг частоты DDS
- Г) Чтобы уменьшить количество побочных спектральных составляющих в спектре выходного сигнала
- Д) Чтобы увеличить выходную мощность
- № 10 Какую опорную частоту ФАПЧ лучше использовать, чтобы легче было отфильтровать ее комбинационные составляющие в спектре выходного сигнала?
- А) 10 МГц
- Б) 20 МГц
- В) 24,5454354 МГц
- Г) 50 МГц
- Д) 100 МГц
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Частота дискретизации составляет 1 ГГц. Как будет выглядеть спектр дискретного синусоидального сигнала с частотой 200 МГц, записанного в показательной форме (через функцию exp)?
- № 2 Частота дискретизации составляет 1 ГГц. Как будет выглядеть спектр дискретного синусоидального сигнала с частотой 200 МГц?
- № 3 Частота дискретизации составляет 1 ГГц. В спектре дискретного сигнала присутствуют составляющие на частотах 200 МГц и 800 МГц. Что произойдет, если умножить этот сигнал на экспоненту с частотой 50 МГц?
- № 4 Сигнал с какой максимальной полосой может быть оцифрован АЦП?
- № 5 На вход опорной частоты микросхемы ФАПЧ поступает сигнал с частотой 100 МГц. Выходная частота ФАПЧ составляет 2 ГГц. Что произойдет с фазой выходного сигнала, если начальную фазу входного сигнала увеличить на 4 градуса?
- № 6 Какой коэффициент умножения частоты в ФАПЧ позволяет получить наиболее чистый спектр?
- № 7 На что влияет разрядность ЦАП?
- № 8 На что влияет разрядность АЦП?
- № 9 Для чего предназначен вывод микросхем REF или FREF
- № 10 Для чего предназначен вывод микросхем CLK или FCLK

#### **ПСК-5**

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Какое из этих устройств не описывается с помощью S-параметров?
- А) Фильтр
- Б) Усилитель мощности
- В) Смеситель
- Г) Направленный ответвитель
- Д) Фазовращатель
- № 2 Аналоговый сигнал физически реализуем, если
- А) его вещественная часть равна нулю

- Б) его мнимая часть равна нулю
- В) вещественная часть его спектра равна нулю
- Г) мнимая часть его спектра равна нулю
- № 3 Д) его мнимая часть и вещественная часть его спектра равна нулю  
При моделировании устройств в СВЧ-пакетах в каком режиме нужно оценивать передаточные характеристики смесителей?
- А) В режиме Harmonic Balance
- Б) В режиме S-параметров
- В) В режиме Y-параметров
- Г) В режиме Z-параметров
- № 4 Д) Во всех вышеперечисленных  
При моделировании устройств в СВЧ-пакетах в каком режиме нужно оценивать коэффициент передачи по мощности в нелинейном режиме?
- А) В режиме Harmonic Balance
- Б) В режиме S-параметров
- В) В режиме Y-параметров
- Г) В режиме Z-параметров
- № 5 Д) Во всех вышеперечисленных  
Коэффициент передачи S-матрицы четырехполюсника  $S_{21}(j\omega)$  и комплексный коэффициент передачи электрической цепи  $K(j\omega)$  – это
- А) Один и тот же коэффициент
- Б) Несвязанные между собой коэффициенты
- В) Разные коэффициенты, но  $S_{21}(j\omega)$  можно пересчитать в  $K(j\omega)$ , зная всю S-матрицу
- Г) Разные коэффициенты, но из  $K(j\omega)$  можно вычислить S-матрицу
- № 6 Д) Разные коэффициенты, но  $S_{21}(j\omega)$  и  $K(j\omega)$  можно пересчитать из одного в другой  
При сканировании каких целей фазовый шум будет определять предельную дальность обнаружения?
- А) Воздушных
- Б) Морских надводных
- В) Морских подводных
- Г) Наземных
- № 7 Д) Наземных в плотной городской застройке  
Принятый радиосигнал РЛС записывается в кадр, где каждый столбец соответствует одному периоду сигнала. Что нужно сделать с кадром, чтобы получить РЛИ дальность-доплер?
- А) Произвести согласованную фильтрацию по строкам
- Б) Произвести преобразование Фурье по строкам и согласованную фильтрацию по строкам

- В) Произвести согласованную фильтрацию по строкам и преобразование Фурье по столбцам
- Г) Произвести согласованную фильтрацию по столбцам и преобразование Фурье по строкам
- Д) Произвести согласованную фильтрацию по столбцам и преобразование Фурье по столбцам
- № 8 Для чего в пакетах для СВЧ-моделирования предназначен режим Transient?
- А) Для моделирования спектра
- Б) Для моделирования нелинейности усилителей
- В) Для моделирования переходных процессов
- Г) Для моделирования фазового шума
- Д) Для моделирования S-параметров
- № 9 Откуда и куда в пакетах для СВЧ-моделирования передается сигнал при моделировании S-параметров?
- А) Из 50-омного порта в 50-омный порт
- Б) Из 50-омного порта в 50-омный резистор
- В) Из источника напряжения в 50-омный порт
- Г) Из источника напряжения в 50-омный резистор
- Д) Из источника тока в 50-омный резистор
- № 10 Какое (какие) средство (средства) измерений имитирует моделирование S-параметров?
- А) Генератор сигналов и анализатор спектра
- Б) Генератор сигналов и измеритель мощности
- В) Векторный генератор сигналов и анализатор спектра
- Г) Векторный генератор сигналов и измеритель мощности
- Д) Векторный анализатор цепей
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Какое волновое сопротивление обычно имеют элементы СВЧ-тракта?
- № 2 100 нВт – это сколько в дБм?
- № 3 Сигнал с какой максимальной полосой может быть оцифрован АЦП?
- № 4 На каком участке динамической характеристики транзистора должен работать маломощный усилитель?
- № 5 На каком участке динамической характеристики транзистора должен работать усилитель, чтобы спектр выходного сигнала был максимально чистым?
- № 6 На каком участке динамической характеристики транзистора должен работать усилитель для получения наибольшего усиления?
- № 7 На каком участке динамической характеристики транзистора должен работать усилитель для получения наибольшей выходной мощности?
- № 8 На каком участке динамической характеристики транзистора обычно выбирают рабочую точку выходных усилителей мощности в модулях ППМ АФАР
- № 9 Чему равен модуль  $S(1,2)$  идеального трехдецибельного делителя мощности (в размах)?
- № 10 Чему равен модуль  $S(1,1)$  идеального делителя мощности?

#### **ПСК-6**

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Зачем разработчики радиоэлектронной аппаратуры стремятся использовать АЦП с

- наибольшей тактовой частотой?
- А) Чтобы уменьшить шум АЦП
- Б) Чтобы увеличить полосу частот входного сигнала
- В) Чтобы избежать второго переноса частоты для подавления помехи по зеркальному каналу
- Г) Чтобы увеличить полосу частот входного сигнала и избежать второго переноса частоты для подавления помехи по зеркальному каналу
- № 2 Д) Чтобы уменьшить шум АЦП
- Чем ограничена максимальная частота помехи на входе АЦП, которую АЦП пропустит, оцифрует и передаст в дальнейшую обработку?
- А) Полосой встроенных в АЦП фильтров низких частот
- Б) Частотой дискретизации
- В) Ничем
- Г) Частотой согласования входа АЦП с 50-омным трактом
- № 3 Д) Опорной частотой
- Какой из этих сигналов не является сложным
- А) Прямоугольный радиоимпульс
- Б) Сигнал с линейной частотой модуляции
- В) Сигнал с бинарной фазовой модуляцией, модулированный кодом Баркера
- Г) Сигнал с бинарной частотной модуляцией, модулированный кодом Баркера
- Д) Сигнал с бинарной фазовой модуляцией, модулированный М-последовательностью
- № 4 Зачем в РЛС используют контрольный канал?
- А) Для самотестирования РЛС без излучения в эфир
- Б) Чтобы иметь резервный передающий канал
- В) Для сравнения его параметров с параметрами принятого сигнала
- Г) Для обеспечения полностью аналоговой обработки сигнала
- Д) Контрольный канал исторически остался от РЛС предыдущих поколений
- № 5 Уровень отраженного от цели сигнала уменьшается при увеличении дальности до цели. Диапазон изменения уровня сигнала может превышать динамический диапазон АЦП. Каким образом динамический диапазон АЦП может быть увеличен?
- А) Регулировкой максимального напряжения входного сигнала АЦП
- Б) С помощью устройства АРУ, представляющего собой управляемый аттенюатор в передающем тракте
- В) С помощью устройства АРУ, представляющего собой управляемый усилитель в передающем тракте
- Г) С помощью устройства АРУ, представляющего собой управляемый аттенюатор в приемном тракте
- Д) С помощью устройства АРУ, представляющего собой управляемый усилитель в приемном тракте

- № 6 Где в приемном тракте обязательно нужно ставить полосовой фильтр?
- А) После смесителя и перед смесителем в любом месте тракта
  - Б) После смесителя и перед смесителем в любом месте тракта, но так, чтобы не ухудшить коэффициент шума
  - В) После смесителя и после каждого усилителя мощности
  - Г) Перед смесителем, но так, чтобы не ухудшить коэффициент шума
  - Д) Перед смесителем в любом месте тракта
- № 7 Где в передающем тракте обязательно нужно ставить полосовой фильтр?
- А) После смесителя
  - Б) После смесителя и после всех усилителей
  - В) Перед и после смесителя
  - Г) После смесителя и после каждого усилителя мощности
  - Д) Перед и после смесителя, и после каждого усилителя мощности
- № 8 М-последовательность какой длины существует?
- А) 29 символов
  - Б) 30 символов
  - В) 31 символ
  - Г) 32 символа
  - Д) 33 символа
- № 9 Как изменится спектральная плотность мощности фазового шума на заданной отстройке от несущей при усилении сигнала на 10 дБ?
- А) Не может измениться
  - Б) Увеличится на 10 дБ
  - В) Увеличится на 20 дБ
  - Г) Уменьшится на 10 дБ
  - Д) Может увеличиться в случае генерации усилителя
- № 10 Использование какого сигнала даст наилучшие корреляционные характеристики при базе сигнала меньше 10?
- А) БФМ-сигнала, модулированного кодом Баркера
  - Б) БФМ-сигнала, модулированного М-последовательностью
  - В) ЛЧМ-сигнала
  - Г) Сигнала с амплитудной модуляцией, модулированного кодом Баркера
  - Д) Сигнала с амплитудной модуляцией, модулированного М-последовательностью
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Какой материал используют для изготовления большинства полупроводниковых устройств СВЧ-тракта РЛС?
- № 2 Какой материал предпочтителен для изготовления усилителя мощности и маломощного усилителя ППМ АФАР?
- № 3 Предельные габаритные размеры модулей ППМ АФАР в ширину и в высоту как правило составляют сколько длин волн?

- № 4 РЛС осуществляет пеленгацию только по углу места. Сколько ей нужно приемных каналов?
- № 5 При приеме сигнала после оцифровки и переноса частоты на нулевую с радиосигналом как правило производится операция децимации, уменьшающая частоту дискретизации. До какой частоты обычно уменьшают частоту дискретизации?
- № 6 Какая максимальная длина кода Баркера?
- № 7 Какая максимальная длина М-последовательности?
- № 8 В чем состоит основной функционал векторного анализатора цепей?
- № 9 В чем состоит основной функционал скалярного анализатора цепей?
- № 10 Какой тип кварцевого генератора обеспечивает наилучшую стабильность частоты?