

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»
АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор АПИ НГТУ:

_____ Глебов В.В.
(подпись) (ФИО)

« 22 » июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФТД.02 Интегральные устройства электроники

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

(код и наименование направления подготовки)

Направленность: Проектирование и технология радиоэлектронных средств

(наименование профиля, программы магистратуры)

Форма обучения: очная, заочная

(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки: 2018

Объем дисциплины: 108 / 3

(часов/з.е.)

Промежуточная аттестация: зачет

(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Выпускающая кафедра: КиТ РЭС

(аббревиатура кафедры)

Кафедра-разработчик: КиТ РЭС

(аббревиатура кафедры)

Разработчик(и): Свердлов Р.В., к.т.н., доцент

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

г. Арзамас
2021г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного приказом Минобрнауки России от 19 сентября 2017г. № 928 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ,
протокол от 09.06.2021 г. № 4

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 15.06.2021 г. № 8

Заведующий кафедрой _____ Ямпурин Н.П.
(подпись) (ФИО)

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,
протокол от 22.06.2021 г. № 15

Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 11.03.03-59

Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)

Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
1.1 Цель освоения дисциплины (модуля)	4
1.2 Задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	6
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам	6
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам	7
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	10
5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания .	10
5.2 Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	13
5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости	13
5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе промежуточной аттестации	18
5.3 Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине	19
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	21
6.1 Основная литература.....	21
6.2 Дополнительная литература.....	21
6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям	21
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	21
7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы	21
7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины.....	21
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	22
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)	22
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	23
10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии	23
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа.....	24
10.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах	24
10.4 Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях	24
10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся	24
10.6 Методические указания по обеспечению образовательного процесса	25

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1 Цель освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины «Интегральные устройства электроники»: ознакомление студентов с основами конструкции и технологии изготовления интегральных микросхем и их компонентов, расчетами их параметров, способами их испытаний.

1.2 Задачи освоения дисциплины (модуля)

К основным задачам освоения дисциплины относятся:

- изучение материалов, применяемых для изготовления ИС и их элементов;
- изучение технологии изготовления ИС и их элементов разного типа;
- ознакомление с методами моделирования, анализа работы, синтеза, оптимизации параметров ИС и их элементов;
- ознакомление с методами проведения испытаний ИС и их элементов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Интегральные устройства электроники» включена в перечень дисциплин блока факультативов, определяющих направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математика», «Физика», «Основы электротехники», «Компоненты электронной техники», «Микропроцессорные устройства», «Схемотехника», «Физико-химические основы технологии электронных средств», «Цифровые устройства и элементы электронных средств», «Теоретические основы радиотехники», «Теория информации и кодирования», «Надежность электронных средств».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины «Интегральные устройства электроники», необходимы при освоении следующих дисциплин: «Компьютерное проектирование и моделирование электронных средств», «Проектирование СВЧ устройств», «Технология производства электронных средств».

Рабочая программа дисциплины «Интегральные устройства электроники» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины «Интегральные устройства электроники» направлен на формирование элементов профессиональных компетенций ПКС-1 и ПКС-2 в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств.

Таблица 3.1 – Формирование компетенций дисциплинами

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра / магистра							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов								
Введение в специальность								
Материалы электронной техники								
Специальные главы физики								
Физические основы микро- и нанoeлектроники								
Основы электротехники								
Проектирование механических узлов электронных средств								
Колебательные процессы в электронных средствах								
Специальные разделы математики								
Математические основы проектирования электронных средств								
Математические основы автоматизации								
Технологическая (проектно-технологическая) практика								
Физико-химические основы технологии электронных средств								
Управление техническими системами								
Цифровые устройства и элементы электронных средств								
Управление качеством электронных средств								
Схемотехника								
Теоретические основы радиотехники								
Теория информации и кодирования								
Проектирование функциональных узлов								
Технологическая (проектно-технологическая) практика								
Основы конструирования электронных средств								
Техническая электродинамика								
Теория цифровой обработки сигналов								
Компьютерное проектирование и моделирование электронных средств								
Преддипломная практика								
Выполнение и защита ВКР								
ПКС-2. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений								
Микропроцессорные устройства								
Правоведение								
Проектирование механических узлов электронных средств								
Технологическая (проектно-технологическая) практика								
Безопасность жизнедеятельности								
Компоненты электронной техники								
Управление техническими системами								
Основы финансовой грамотности								
Надежность электронных средств								
Цифровые устройства и элементы электронных средств								
Схемотехника								
Промышленные САПР								
Технологическая (проектно-технологическая) практика								
Методология синтеза конструкторско-технологических решений электронных средств								
Приборы и системы								
Теория цифровой обработки сигналов								
Компоненты устройств СВЧ								

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра / магистра							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Автоматизация технологических процессов								
Проектирование СВЧ устройств								
Компьютерное проектирование и моделирование электронных средств								
Преддипломная практика								
Выполнение и защита ВКР								

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Интегральные устройства электроники», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов	ИПКС-1.1. Определяет и анализирует научно-техническую информацию, требуемую для проектирования технических условий, программ и методик испытаний радиоэлектронных устройств и систем.	Знать: Технические условия, программы и методики испытаний интегральных схем, основные технологические процессы их изготовления.	Уметь: Проводить испытания основных параметров интегральных схем и их элементов.	Владеть: Навыками и методами проведения испытания интегральных схем, их элементов.
ПКС-2. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений	ИПКС-2.1. Оценивает современный уровень развития микропроцессоров, микропроцессорных систем, программируемых логических интегральных схем на основе анализа актуальной научно-технической литературы, в том числе на иностранном языке	Знать: Материалы, конструкции и структуры интегральных схем, их элементов, основные технологические процессы их изготовления.	Уметь: Проводить расчеты основных параметров конструкции интегральных схем.	Владеть: Навыками и методами проектирования структур интегральных схем, их элементов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. ед. или 108 часов, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очного обучения / заочного обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		7 семестр / 10 семестр
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	108/108	108/108
1. Контактная работа:	52/52	52/52
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	48/48	48/48
занятия лекционного типа (Л)	16/16	16/16
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)	16/16	16/16
лабораторные работы (ЛР)	16/16	16/16
1.2. Внеаудиторная, в том числе	4/4	4/4
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	–	–
текущий контроль, консультации по дисциплине	4/4	4/4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	–	–
2. Самостоятельная работа (СРС)	56/56	56/56
реферат/эссе (подготовка)	–	–
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	–	–
контрольная работа	–	–
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	–	–
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	46/46	46/46
Подготовка к экзамену (контроль)	–	–
Подготовка к зачету / зачету с оценкой (контроль)	10/10	10/10

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной/заочной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Содержание разделов, тем, занятий	Вид СРС
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов		
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия			
7 семестр / 10 семестр							
ПКС-1 ИПКС-1.1 ПКС-2 ИПКС-2.1	Раздел 1. Конструкции тонкоплёночных микросборок						
	Тема 1.1 Материалы МСБ	1/1			1/1	Материалы и структуры тонкоплёночных МСБ. Подложки. Резистивные материалы. Проводящие структуры.	Изучение теоретического материала [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]
	Тема 1.2. Конструкция ТПР	1/1			1/1	Конструкция и технология тонкоплёночного резистора. Элементы конструкции тонкоплёночного резистора. Способы изготовления ТПР	
	Тема 1.3 Сопротивление электродов ТПР	1/1			1/1	Сопротивление электродов ТПР. Сопротивление электродов прямоугольного ТПР с подключением КП к середине электрода. Сопротивление электродов гребенчатого ТПР.	Изучение теоретического материала [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]
	Тема 1.4 Влияния КПП на сопротивление ТПР	1/1			1/1	Исследование влияния исключения КПП на сопротивление ТПР. Расчет минимальных размеров КПП. Формирование погрешности сопротивления ТПР за счет исключения КПП.	
	Тема 1.5 Анализ погрешностей сопротивления ТПР	1,5/ 1,5			1,5/ 1,5	. Погрешности удельного поверхностного сопротивления. Погрешности формирования длины и ширины резистора.	Изучение теоретического материала [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]
	Тема 1.6 Математическая модель ТПР.	1/1			1/1	Математическая модель сопротивления ТПР. Классификация погрешностей Математическая модель номинального сопротивления допуска ТПР	
	Тема 1.7 Выбор конструкций ТПР	1/1			1/1	Выбор конструкций ТПР. Критерии выбора форм ТПР Анализ ТПР с формами первой, второй, третьей и четвертой группы.	
	Тема 1.8 Компенсации погрешностей ТПР	1/1			1/1	Способы компенсации систематических погрешностей тонкоплёночных элементов. Влияние систематических погрешностей сопротивления ТПР на выход годных плат. Способы компенсации систематических погрешностей.	Изучение теоретического материала [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]
	Тема 1.9 Тепловой режим тонкоплёночной платы	1,5/ 1,5			1,5/ 1,5	Стационарный тепловой режим тонкоплёночной платы. Электротепловая аналогия. Физические ограничения при построении тепловых моделей. Методы расчета наведенного и собственного перегревов	
	Тема 1.10 Многоуровневые платы	1/1			1/1	Многоуровневые платы с толстоплёночной полимерной изоляцией. Обоснование выбора материала и толщины изоляции. Конструкция и технология многоуровневых плат.	Изучение теоретического материала [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]
	Тема 1.11 Кремниевые платы	1/1			1/1	Кремниевая плата с металлизированными отверстиями. Конструкция платы. Технология платы.	
	Практическое занятие №1. Влияние конструктивных элементов тонкоплёночного резистора на его сопротивление			4/4	4/4	Выполнение заданий. Ответы на контрольные вопросы.	Подготовка к практическому занятию [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Содержание разделов, тем, занятий	Вид СРС
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов		
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия			
	Практическое занятие №2. Влияние технологических факторов на сопротивление тонкопленочного резистора			4/4	4/4	Выполнение заданий. Ответы на контрольные вопросы.	
	Лабораторная работа №1. Исследование погрешностей ТПР, вносимых конструктивными элементами		4/4		4/4	Выполнение заданий. Ответы на контрольные вопросы.	
	Лабораторная работа №2. Исследование погрешностей ТПР, вносимых технологическим процессом.		4/4		4/4	Выполнение заданий. Ответы на контрольные вопросы.	Подготовка к лабораторным работам [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]
	Лабораторная работа № 3 Исследование стационарного теплового режима тонкопленочной платы		8/8		6/6	Выполнение заданий. Ответы на контрольные вопросы	
	Итого по 1 разделу	12/12	16/16	8/8	38/40		
ПКС-1 ИПКС-1.1 ПКС-2 ИПКС-2.1	Раздел 2. Структуры полупроводниковых интегральных схем						
	Тема 2.1. Изоляция элементов биполярных ИС	1/1			1/1		Изучение теоретического материала [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]
	Тема 2.2. ИС с диодами Шоттки	1/1			1/1	ИС на базе транзисторов с диодом Шоттки	
	Тема 2.3 Пассивные компоненты полупроводниковых ИС	1/1			1/1	Диоды и пассивные компоненты. Интегральные диоды, стабилитроны, резисторы и конденсаторы.	
	Тема 2.4 Интегральные схемы на МДП-транзисторах	1/1			1/1	Структуры ИС на МДП-транзисторах. Структура ИС на транзисторах с каналами п-типа. Комплементарные структуры. Структуры «кремний на диэлектрике».	
	Практическое занятие № 3. Структуры биполярных ИС			4/4		Выполнение заданий. Ответы на контрольные вопросы.	Подготовка к практическому занятию [6.1.1], [6.1.2], [6.2.1]
	Практическое занятие №4. Структуры ИС на МДП транзисторах.			4/4	4/4	Выполнение заданий. Ответы на контрольные вопросы.	
	Итого по 2 разделу	4/4		8/8	8/8		
	ИТОГО за семестр	16/16	16/16	16/16	46/46		
	ИТОГО по дисциплине	16/16	16/16	16/16	46/46		

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

Вид занятий	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
Лекции	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии
Практические занятия	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии Тестовые технологии Технологии работы в малых группах Информационно-коммуникационные технологии

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Оценочные процедуры текущего контроля успеваемости по дисциплине «Интегральные устройства электроники» проводятся преподавателем дисциплины.

Для оценки текущего контроля **знаний** используются тесты, сформированные в системе MOODLE.

Тесты по разделам 1-2 содержат по 10 тестовых вопросов, время на проведение тестирования 10 минут. На каждый тест дается 2 попытки.

Для оценки текущего контроля **умений и навыков** проводятся практические и лабораторные занятия в форме выполнения заданий. При выполнении практического и лабораторного задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, ответы на вопросы преподавателя.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1.

Студент допускается к промежуточной аттестации (зачету), если в результате изучения разделов дисциплины в ходе текущего контроля ответил верно на 60% вопросов тестов и предоставил отчеты по всем практическим и лабораторным работам.

Билет для промежуточной аттестации содержит 2 теоретических вопроса, время на подготовку ответов и решение задания - 45 минут. В качестве дополнительного вопроса билет может также содержать практическое задание. Промежуточная аттестация считается пройденной, если студент набрал не менее 3 баллов.

Итоговая оценка по дисциплине формируется по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (таблица 5.2).

Таблица 5.1 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			1 балл	0 баллов	
ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов	ИПКС-1.1. Определяет и анализирует научно-техническую информацию, требуемую для проектирования технических условий, программ и методик испытаний радиоэлектронных устройств и систем.	Знать: Технические условия, программы и методики испытаний интегральных схем, основные технологические процессы их изготовления.	Верно выполнено 60 процентов и более вопросов каждого теста*	Верно выполнено менее 60 процентов вопросов каждого теста	Тестирование по разделам дисциплины в СДО MOODLE
		Уметь: Проводить испытания основных параметров интегральных схем и их элементов	Лабораторные задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме**	Лабораторные задания не выполнены и не оформлены	Контроль выполнения практических заданий ПЗ №1,2 (см. табл. 4.2)
		Владеть: Навыками и методами проведения испытания интегральных схем, их элементов.	Практические задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме**	Практические задания не выполнены и не оформлены	Контроль выполнения практического задания ПЗ №1, 2 (см. табл. 4.2)
ПКС-2. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений	ИПКС-2.1. Оценивает современный уровень развития микропроцессоров, микропроцессорных систем, программируемых систем, логических интегральных схем на основе анализа актуальной научно-технической литературы, в том числе на иностранном языке	Знать: Материалы, конструкции и структуры интегральных схем, их элементов, основные технологические процессы их изготовления.	Верно выполнено 60 процентов и более вопросов каждого теста*	Верно выполнено менее 60 процентов вопросов каждого теста	Тестирование по разделам дисциплины в СДО MOODLE
		Уметь: Проводить расчеты основных параметров конструкции интегральных схем.	Лабораторные задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме**	Лабораторные задания не выполнены и не оформлены	Контроль выполнения практических заданий ПЗ №1 (см. табл. 4.2)
		Владеть: Навыками и методами проектирования структур интегральных схем, их элементов.	Лабораторные задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме**	Лабораторные задания не выполнены и не оформлены	Контроль выполнения практического задания ПЗ №1,2 (см. табл. 4.2)

*) за каждый тест назначается по 1 баллу;

**) за каждое практическое занятие назначается по 1 баллу.

Таблица 5.2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (зачет)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			2 балла	1 балл	0 баллов	
ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов	ИПКС-1.1. Определяет и анализирует научно-техническую информацию, требуемую для проектирования технических условий, программ и методик испытаний радиоэлектронных устройств и систем	Знать: Базовые Технические условия, программы и методики испытаний интегральных схем, основные технологические процессы их изготовления. автоматики.	Представлен развернутый ответ на вопрос	Представлен не полный ответ на вопрос	Ответ на вопрос отсутствует	Ответ на теоретический вопрос билета
			Представлен развернутый ответ на вопрос	Представлен не полный ответ на вопрос	Ответ на вопрос отсутствует	Ответ на дополнительные вопросы
ПКС-2. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений	ИПКС-2.1. Оценивает современный уровень развития микропроцессоров, микропроцессорных систем, программируемых логических интегральных схем на основе анализа актуальной научно-технической литературы, в том числе на иностранном языке	Знать: Навыками и методами проектирования структур интегральных схем, их элементов.	Представлен развернутый ответ на вопрос	Представлен не полный ответ на вопрос	Ответ на вопрос отсутствует	Ответ на дополнительные вопросы

Промежуточная аттестация по дисциплине пройдена, если слушатель набрал не менее 2 баллов за зачет.

Таблица 5.3 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию (зачет)

Баллы за текущую успеваемость**	Баллы за промежуточную аттестацию	Оценка
	Суммарное количество баллов***	
0..5 баллов	0..1 балл	«неудовлетворительно»
6..11 баллов	2..3 балла	«удовлетворительно»
12..17 баллов	4..5 баллов	«хорошо»
18 баллов	6 баллов	«отлично»

**) – количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.1.;

***) – количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

Зачет считается сданным при оценке за промежуточную аттестацию «отлично» или «хорошо» При оценке «удовлетворительно» решение по сдаче зачета принимается по ответу студента на дополнительный вопрос. При оценке «неудовлетворительно» зачет считается несданным.

5.2 Оценочные средства для контроля освоения дисциплины

5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний и умений студентов по дисциплине проводится комплексная оценка, включающая:

выполнение лабораторных работ (выполнение заданий по вариантам с использованием ПК, ответы на контрольные вопросы) и практических заданий (решение задач, ответы на контрольные вопросы), оформление отчетов по лабораторным работам и практическим занятиям; тестирование в СДО MOODLE по различным разделам дисциплины.

Типовые контрольные вопросы для лабораторных работ

Раздел 1. Конструкции тонкоплёночных микросборок.

Лабораторная работа №1. Исследование погрешностей ТПР, вносимых конструктивными элементами

1. Основные параметры подложек.
2. Основные параметры резистивных материалов.
3. Основные параметры проводящих структур МСБ.
4. Какие основные элементы конструкции ТПР Вы знаете?
5. Как рассчитывается сопротивление электродов прямоугольного ТПР с КП, соединенными с концами электродов?
6. Как рассчитывается сопротивление электродов прямоугольного ТПР с КП, расположенными по середине электродов?
7. Как рассчитывается сопротивление электродов гребенчатого резистора, с нечетным числом резистивных элементов?
8. Как рассчитывается сопротивление электродов гребенчатого резистора, с четным числом резистивных элементов?
9. Каковы формулы систематической, случайной и температурной погрешности, вносимой сопротивлением электродов?
10. Каким образом исключение КПП влияет на сопротивление ТПР?
11. Назовите критерии, при которых допустимо исключение КПП.
12. Какой вид имеет относительная погрешность $\delta K_{\phi} = f(K_{\phi})$? Каков характер этой погрешности: систематический или случайный?

13. Каковы критерии выбора конструкций ТПР?
14. Приведите конструкции перспективных ТПР с $K_{\phi} > 0,1$.
15. Приведите конструкции перспективных ТПР с $K_{\phi} \leq 0,1$.

Лабораторная работа №2. Исследование погрешностей ТПР, вносимых технологическим процессом

1. Что такое градиентная погрешность?
2. Что представляет собой погрешность удельного поверхностного сопротивления по осям X и Y подложки?
3. Как формируются погрешности размеров ТПР при фотолитографии и травлении?
4. Перечислите основные виды погрешностей, вносимые конструктивными элементами ТПР.
5. Перечислите основные виды технологических погрешностей.
6. Дайте геометрическую интерпретацию систематических погрешностей толщины, ширины и длины ТПР.
7. Приведите математическую модель номинального сопротивления ТПР.
8. Приведите математическую модель погрешности сопротивления ТПР.
9. Что представляет собой первый способ изготовления ТПР?
10. Что представляет собой второй способ изготовления ТПР? Какова причина значительной систематической погрешности ширины ТПР?
11. Что представляет собой третий способ изготовления ТПР?
12. Назовите преимущества и недостатки всех трех способов изготовления ТПР.
13. Как формируются систематические погрешности сопротивления ТПР?
14. В чем заключается первый способ компенсации систематических погрешностей сопротивления ТПР?
15. В чем заключается второй способ компенсации систематических погрешностей сопротивления ТПР?
16. В чем заключается третий способ компенсации систематических погрешностей сопротивления ТПР?
17. Опишите технологический процесс формирования ТПР на кремнии.
18. Каковы физические пределы размеров ТПР при их изготовлении методами фотолитографии и жидкостного травления?
19. Каковы физические пределы размеров ТПР при их изготовлении методами фотолитографии и плазмохимического травления?
20. В чем состоит особенность подгонки сопротивления ТПР с размерами менее 50 мкм?

Лабораторная работа №3. Исследование стационарного теплового режима тонкоплёночной платы.

1. В чем состоит сущность электротепловой аналогии?
2. В чём состоит несостоятельность расчётов размеров ТПР по заданной мощности? Какова формула теплового сопротивления? Какова формула удельного теплового сопротивления?
3. Какие исходные данные задают для расчета теплового режима тонкоплёночной платы?
4. Проведите анализ экспериментальных результатов тепловых параметров для монтажных структур ситалл-клей и поликор-клей.
5. Какие физические ограничения положены в основу построения тепловой модели платы?
6. Какова тепловая модель и схема для расчета наведенного перегрева?
7. Какова тепловая модель и схема для расчета собственного перегрева?
8. Что представляет собой объемная тепловая модель для расчета собственного перегрева?
9. Какова математическая модель для расчета теплового сопротивления верхней части платы?
10. Какова математическая модель для расчета теплового сопротивления нижней части платы и СС1?
11. Что такое зона теплового влияния? Как рассчитать ее размеры?
12. Как рассчитать собственный и общий перегрев плоского источника тепла?
13. Как зависит удельная мощность рассеивания от площади источника тепла и теплопроводности подложки?

14. Приведите пример зависимости теплового сопротивления от площади источника тепла при разных значениях d ?

15. Каков алгоритм проверочного расчета тепловых режимов компонентов и ТПР?

Полный перечень вопросов приведен в [6.3.2].

Типовые контрольные вопросы для практических занятий

Раздел 1. Конструкции тонкоплёночных микросборок.

Практическое занятие №1. Влияние конструктивных элементов тонкопленочного резистора на его сопротивление.

1. Назовите основные параметры подложек.
2. Назовите основные параметры резистивных материалов.
3. Назовите основные параметры проводящих структур МСБ.
4. Какие основные элементы конструкции ТПР Вы знаете? Как они влияют на сопротивление ТПР?
5. Что представляет собой модель контактного сопротивления ТПР?
6. Как рассчитывается сопротивление электродов прямоугольного ТПР с КП, соединенными с концами электродов? Нарисуйте эквивалентную электрическую схему.
7. Как рассчитывается сопротивление электродов прямоугольного ТПР с КП, расположенными по середине электродов? Нарисуйте эквивалентную электрическую схему.
8. Как рассчитывается сопротивление электродов гребенчатого резистора, с нечетным числом резистивных элементов? Нарисуйте эквивалентную электрическую схему.
9. Как рассчитывается сопротивление электродов гребенчатого резистора, с четным числом резистивных элементов? Нарисуйте эквивалентную электрическую схему.
10. Каковы формулы систематической, случайной и температурной погрешности, вносимой сопротивлением электродов? Что такое ТКС?
11. Каким образом исключение КПП влияет на сопротивление ТПР? Назовите критерии, при которых допустимо исключение КПП.
12. Какой вид имеет относительная погрешность $\delta K_\phi = f(K_\phi)$? Каков характер этой погрешности: систематический или случайный?
13. Каковы критерии выбора конструкций ТПР? Приведите конструкции перспективных ТПР с $K_\phi > 0,1$.
14. Каковы критерии выбора конструкций ТПР? Приведите конструкции перспективных ТПР с $K_\phi \leq 0,1$.

Практическое занятие №2. Влияние технологических факторов на сопротивление тонкопленочного резистора

1. Термическое вакуумное испарение. Ионно-плазменное распыление. Высокочастотное распыление.
2. Назовите основные параметры процесса травления.
3. Что такое градиентная погрешность?
4. Что представляет собой погрешность удельного поверхностного сопротивления по осям X и Y подложки?
5. Конструкция фотошаблона. Фоторезисты. Основные операции фотолитографии.
6. Как формируются погрешности размеров ТПР при фотолитографии?
7. Как формируются погрешности размеров ТПР при травлении?
8. Перечислите основные виды погрешностей, вносимые конструктивными элементами ТПР. Дайте геометрическую интерпретацию этих погрешностей. Приведите упрощенную математическую модель номинального сопротивления ТПР.
9. Перечислите основные виды технологических погрешностей. Дайте геометрическую интерпретацию этих погрешностей. Приведите упрощенную математическую модель погрешности ТПР.
10. Что представляет собой первый способ изготовления ТПР?
11. Что представляет собой второй способ изготовления ТПР? Какова причина значительной систематической погрешности ширины ТПР?
12. Что представляет собой третий способ изготовления ТПР?

13. Назовите преимущества и недостатки всех трех способов изготовления ТПР.
14. Каков характер формирования систематических погрешностей сопротивления ТПР? Могут ли они компенсировать друг друга?
15. В чем заключается первый и второй способы компенсации систематических погрешностей сопротивления ТПР?
16. В чем заключается третий способ компенсации систематических погрешностей сопротивления ТПР?

Раздел 2. Структуры полупроводниковых интегральных схем

Практическое занятие № 3. Структуры биполярных ИС

1. Какие методы изоляции биполярных ИС Вы знаете?
2. Что представляет собой конструкция ИС на основе биполярных транзисторов с комбинированной изоляцией?
3. Технология ИС на основе биполярных транзисторов с комбинированной изоляцией.
4. Зачем нужен скрытый p⁺-слой?
5. Зачем нужны противоканальные области p⁺-типа?
6. Зачем нужен верхний p⁺-слой эмиттера и коллектора?
7. Структура ИС с многоэмиттерным транзистором.
8. Что представляет собой конструкция ИС с диодом Шоттки? Для чего применяют эту структуру?
9. Разновидности технологического процесса формирования карманов изоляции.
10. Формирование диодов в ИС.
11. Формирование стабилитронов в ИС.
12. Интегральные полупроводниковые резисторы. Каковы типичные значения основных параметров полупроводниковых резисторов?
13. Интегральные МДП-конденсаторы. Каковы типичные значения основных параметров полупроводниковых конденсаторов?

Практическое занятие № 4. Структуры ИС на МДП транзисторах.

1. Что представляет собой конструкция ИС на МДП транзисторах с каналом p-типа?
2. Технология ИС на основе МДП-транзисторов p-типа.
3. Что представляет собой конструкция ИС с комплементарной структурой?
4. Что представляет собой конструкция ИС КНД?
5. Что представляет собой конструкция ИС КНС?

Типовые задачи для практических занятий

Раздел 1. Конструкции тонкоплёночных микросборок.

Практическое занятие №1. Влияние конструктивных элементов тонкоплёночного резистора на его сопротивление.

1. Нарисуйте трёхслойную и четырёхслойную структуру плёнок МСБ и приведите примеры этих структур.
2. Нарисуйте топологию рекомендованных форм ТПР с $K_f = 1$; $K_f = 10$; $K_f = 64,2$.
3. Нарисуйте топологию рекомендованных форм ТПР минимальных размеров с $K_f = 1$; $K_f = 10$; $K_f = 0,1$.
4. Сопротивление электродов гребенчатого ТПР равно 0,49 Ом, при этом ширина электродов равна длине резистивного элемента. ТПР содержит пять резистивных элементов. Удельное поверхностное сопротивление проводящей пленки равно 0,035 Ом/□. Найдите коэффициент формы ТПР.
5. Рассчитайте абсолютную и относительную погрешность коэффициента формы ТПР без КПП, если известно, что $K_f = 1$, а относительная погрешность смещения второго ФШ относительно проводящего слоя платы составляет 40%.

Практическое занятие №2. Влияние технологических факторов на сопротивление тонкоплёночного резистора

1. Изобразите систематические и случайные погрешности размеров ТПР: толщины, длины,

ширины.

2. Случайная погрешность длины ТПР составляет 6 мкм, а систематическая 10 мкм. Точность совмещения ФШ с рисунком ИС составляет 22 мкм. Найдите минимальную ширину КПП.

3. Погрешности длины ТПР составляют: систематическая 10 мкм, а случайная 6 мкм. Точность совмещения ФШ с рисунком ИС составляет 18 мкм. Найдите минимальную длину КПП.

4. Удельное поверхностное сопротивление резистивной пленки равно 1000 Ом/□. Измеренное сопротивление ТПР равно 131,3 Ом, а его длина и ширина по ФШ составляют 50 и 500 мкм. Систематическая погрешность ширины ТПР равна 5 мкм. Найдите систематическую погрешность длины ТПР.

5. Используя второй метод компенсации систематической погрешности, для ТПР с коэффициентом формы равным 12 рассчитайте его минимальную длину, если систематическая погрешность ширины составляет 10 мкм, а размер клетки эскиза топологии равен 100 мкм. Найдите относительную погрешность реализации заданного коэффициента формы.

6. Для ТПР с коэффициентом формы равным 0,25 рассчитайте его минимальную ширину, если удельное поверхностное сопротивление резистивной пленки равно 1000 Ом/□, систематические погрешности длины и ширины составляют 15 и 5 мкм, а размер клетки эскиза топологии равен 100 мкм. Найдите относительную погрешность реализации номинального сопротивления ТПР. Как ее можно уменьшить?

Раздел 2. Структуры полупроводниковых интегральных схем

Практическое занятие № 3. Структуры биполярных ИС

1. Ширина окна в маске оксида кремния составляет 2 мкм. Толщина диффузионного слоя составляет 3 мкм. Найдите максимальную ширину диффузионного слоя.

2. Ширина окна в маске нитрида кремния составляет 4 мкм. Толщина выращенного слоя оксида кремния в этом окне составляет 1 мкм. Найдите ширину выращенного в кремнии оксида.

3. Ширина окна в маске оксида кремния, предназначенного для формирования металлического контакта, составляет 3 мкм. Точность совмещения ФШ с рисунком ИС составляет 1 мкм. Найдите минимальную ширину легированной области.

4. Разрешающая способность ФЛ составляет 1000. Размер р-области равен 3 мкм. Рассчитайте точность совмещения ФШ с квадратным отверстием в оксиде кремния и стороной квадрата равной минимальной ширине линии.

Практическое занятие № 4. Структуры ИС на МДП транзисторах.

Конструирование двухуровневой платы:

Техническое задание

Вариант	1	2	3	4
Соединение выводов компонентов	Сварка	Пайка конденсаторов, сварка выводов	Пайка	Пайка
Конденсаторы	Пленочные	Навесные	Навесные	Навесные
Резисторы	Пленочные	Пленочные	Навесные	Навесные

Вариант 1-3 с толстопленочной полимерной изоляцией. Вариант 4 – кремниевая плата с металлизированными переходными отверстиями и четырьмя крепежными отверстиями. На кремниевую плату компоненты устанавливаются с двух сторон.

Размеры компонентов: конденсаторы 1,5х1,4 мм; резисторы 1,5х1,0 мм; микросхемы

Требования к разработке топологии.

1. Площадь платы должна быть не более 90 мм².

2. Удельное поверхностное сопротивление резистивной пленки 1 кОм/□.

3. Удельная емкость 30 пФ/мм².

4. Минимальное расстояние между компонентами 0,5 мм.

5. Минимальное расстояние пленочных элементов от края платы 0,2 мм.

6. Размеры КП: м/с 0,3х0,25 мм; периферийных КП не менее 0,3х0,3 мм. Периферийные КП должны занимать все свободное пространство платы.

7. Если образуются пустоты около КП, то увеличьте её размеры.

8. Эскиз выполнять на миллиметровке, формата А4. Масштаб в 1 мм: 50мкм.
 9. Окна в МИ и ЗИ на 50 мкм больше по контуру, чем КП.
- Полный перечень задач приведен в [6.3.1], а также в [6.2.6].*

Типовые тестовые задания для текущего контроля

Тесты для текущего контроля знаний обучающихся сформированы в системе MOODLE и находятся в свободном доступе на странице курса «Интегральные устройства электроники» по адресу: <https://sdo.api.ntnu.ru/course/view.php?id=43>.

5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе промежуточной аттестации

Вопросы к зачету

1. Подложки и резистивные материалы МСБ.
2. Резистивно-проводящие структуры МСБ.
3. Термическое вакуумное испарение.
4. Ионно-плазменное распыление.
5. Высокочастотное распыление.
6. Что такое градиентная погрешность?
7. Что представляет собой погрешность удельного поверхностного сопротивления по осям X и Y подложки?
8. Конструкция фотошаблона. Фоторезисты.
9. Основные операции фотолитографии.
10. Назовите основные параметры процесса травления.
11. Как формируются погрешности размеров ТПР при фотолитографии?
12. Как формируются погрешности размеров ТПР при травлении?
13. Первый и третий способы изготовления ТПР, их достоинства и недостатки.
14. Второй и третий способы изготовления ТПР, их достоинства и недостатки.
15. Эпитаксия кремния.
16. Диффузия примесей.
17. Ионное легирование.
18. Термическое окисление и свойства плёнки диоксида кремния.
19. Химическое осаждение пленок из газовой фазы и водных растворов.
20. Травление сквозных отверстий в кремнии.
21. Какие основные элементы конструкции ТПР Вы знаете? Как они влияют на сопротивление ТПР?
22. Сопротивление электродов прямоугольного ТПР с КП, соединенными с концами электродов. Нарисуйте эквивалентную электрическую схему.
23. Сопротивление электродов прямоугольного ТПР с КП, расположенными по середине электродов. Нарисуйте эквивалентную электрическую схему.
24. Сопротивление электродов гребенчатого резистора, с нечетным числом резистивных элементов. Нарисуйте эквивалентную электрическую схему.
25. Сопротивление электродов гребенчатого резистора, с четным числом резистивных элементов. Нарисуйте эквивалентную электрическую схему.
26. Каким образом исключение КПП влияет на сопротивление ТПР? Назовите критерии, при которых допустимо исключение КПП. Какой вид имеет относительная погрешность $\delta K_\phi = f(K_\phi)$?
27. Обоснование математической модели сопротивления ТПР и его погрешности.
28. Каковы критерии выбора конструкций ТПР? Приведите конструкции перспективных ТПР.
29. Каков характер формирования систематических погрешностей сопротивления ТПР? Могут ли они компенсировать друг друга? В чем заключается первый и второй способы компенсации систематических погрешностей сопротивления ТПР?
30. В чем заключается третий способ компенсации систематических погрешностей

сопротивления ТПР?

31. Электротепловая аналогия. Физические ограничения при построении тепловых моделей МСБ.

32. Тепловая модель и схема для расчета наведенного перегрева.

33. Тепловая модель и схема для расчета собственного перегрева.

34. Что представляет собой объемная тепловая модель для расчета собственного перегрева?

В чём состоит несостоятельность действующих расчётов размеров ТПР по заданной мощности?

35. Как зависит удельная мощность рассеивания от площади источника тепла и теплопроводности подложки? Нарисуйте эту зависимость на одном графике для подложек из ситалла, поликора и кремния. Проведите анализ экспериментальных результатов тепловых параметров для монтажных структур ситалл-клей и поликор-клей.

36. Требования, предъявляемые к тонкопленочным платам с многоуровневой коммутацией. Проблемы создания данных плат. Обоснование выбора материала и толщины межуровневой изоляции.

37. Первый КТВ двухуровневой тонкопленочной платы с толстопленочной изоляцией.

38. Второй КТВ двухуровневой тонкопленочной платы с толстопленочной изоляцией.

39. Третий КТВ двухуровневой тонкопленочной платы с толстопленочной изоляцией.

40. Двусторонняя плата с металлизацией переходных отверстий и монтажных поверхностей методом HAL.

41. Структура ИС на основе биполярных транзисторов с изоляцией диэлектриком.

42. Структура ИС на основе биполярных транзисторов с комбинированной изоляцией.

43. Технология ИС на основе биполярных транзисторов с комбинированной изоляцией.

44. Разновидности технологического процесса формирования карманов изоляции.

45. Структура ИС на базе транзисторов с диодом Шотки.

46. Сравнение работы обычных транзисторов и транзисторов с диодом Шотки.

47. Формирование диодов в ИС и их параметры.

48. Формирование стабилитронов в ИС и их параметры.

49. Структура и параметры интегрального полупроводникового резистора.

50. Структура и параметры интегрального МДП-конденсатора.

51. Структура ИС с МДП-транзисторами *n*-типа.

52. Технология ИС на основе МДП-транзисторов *n*-типа.

53. Комплементарные структуры ИС.

54. Структуры ИС: «кремний на сапфире», «кремний на диэлектрике».

Итоговый тест для проведения промежуточной аттестации

Итоговый тест для проведения промежуточной аттестации обучающихся сформирован в системе MOODLE и находятся в свободном доступе на странице курса «Интегральные устройства электроники» по адресу: <https://sdo.api.ntnu.ru/course/view.php?id=43>.

Регламент проведения промежуточной аттестации в форме тестирования в MOODLE

Кол-во заданий в банке вопросов	Кол-во заданий, предъявляемых студенту	Время на тестирование, мин.
93	30	45

5.3 Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине

Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине «Интегральные устройства электроники» состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, задания в п. 5.2.1).

2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2 и 5.3, задания в п. 5.2.2).

Для элементов компетенций ПКС-1 и ПКС-2, формируемых в рамках дисциплины, приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.4).

Таблицы 5.4 – Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания
	1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение «отлично»	
ПКС-1. Способен применять физические и математические законы и модели для проектирования схем, конструкций и технологических процессов ИПКС-1.1. Определяет и анализирует научно-техническую информацию, требуемую для проектирования технических условий, программ и методик испытаний радиоэлектронных устройств и систем.					
Знать: Технические условия, программы и методики испытаний интегральных схем, основные технологические процессы их изготовления.	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: Проводить испытания основных параметров интегральных схем и их элементов.	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение лаброаторных работ
Владеть: Навыками и методами проведения испытания интегральных схем, их элементов.	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение ПЗ
ПКС-2. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений ИПКС-2.1. Оценивает современный уровень развития микропроцессоров, микропроцессорных систем, программируемых логических интегральных схем на основе анализа актуальной научно-технической литературы, в том числе на иностранном языке					
Знать: Материалы, конструкции и структуры интегральных схем, их элементов, основные технологические процессы их изготовления.	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: Проводить расчеты основных параметров конструкции интегральных схем.	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение лаброаторных работ
Владеть: Навыками и методами проектирования структур интегральных схем, их элементов.	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение лаброаторных работ

При отмеченном результате «отлично» или «хорошо» зачет считается сданным. При результате «удовлетворительно» студент получает дополнительный вопрос, по результатам ответа на который принимается решение о сдаче зачета. При результате «неудовлетворительно» зачет считается несданным.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература

6.1.1 Спирин В.Г. Тонкопленочные микросборки высокой плотности упаковки: монография / В.Г. Спирин. НГТУ.– Нижний Новгород, 2015. –296 с.

6.1.2 Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебное пособие. – 3-е изд., стер. Рекомендовано УМО. – СПб.: Лань, 2009.– 400 с.

6.2 Дополнительная литература

6.2.1 Спирин В.Г. Тонкопленочные резисторы многокристалльных модулей: Учебное пособие.–Рекомендовано УМО вузов РФ. – Арзамас: Издательство ОО «Ассоциация ученых», 2007. – 112 с.

6.2.2 Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп.- М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2003.- 488 с.

6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.3.1 Спирин В.Г. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Интегральные устройства электроники». Для студентов высших учебных заведений всех форм обучения направления 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств / В.Г. Спирин. – 10 с., 2015 г. Утверждено на заседании кафедры КиТ РЭС 22 сентября 2015 г. протокол №12.

6.3.2 Спирин В.Г. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Интегральные устройства электроники». Для студентов высших учебных заведений всех форм обучения направления 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств / В.Г. Спирин. – 6 с., 2015 г. Утверждено на заседании кафедры КиТ РЭС 22 сентября 2015 г. протокол №12.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы

7.1.1 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». Режим доступа: www.iprbookshop.ru.

7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com>

7.1.3 Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU». Режим доступа: <http://elibrary.ru>.

7.1.4 Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>.

7.1.5 Информационный портал «INGENERYI.INFO». Режим доступа: <https://ingeneryi.info>.

7.1.6 Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Режим доступа: <http://protect.gost.ru>.

7.1.7 Профессиональный сайт «РадиоЛоцман. Электронные схемы». Режим доступа: <https://www.rlocman.ru>.

7.1.8 Новостной портал «Записки радиолюбителя». Режим доступа: <https://radio-blog.ru>.

7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

7.2.1 AutoCAD v.15.

7.2.2 LCAD v.5.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
ЭБС «IPRbooks»	Специальное мобильное приложение IPR BOOKS WV-Reader
ЭБС «Лань»	Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине (модулю), оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине (модулю)

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
220 – компьютерный класс для проведения лекционных, лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации г. Арзамас, ул. Калинина, 19	Комплект демонстрационного оборудования: - ПК с выходом на мультимедийный проектор и подключением к сети Интернет: Intel(R)Core(TM) i5, 2.67 GHz, ОЗУ: 2Гб – 1 шт. - Мультимедийный проектор – 1 шт. - Экран для проектора – 1 шт. - Доска маркерная – 1 шт. - Колонки – 2 шт. Комплект рабочего оборудования: - ПК с подключением к сети Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС института: Intel(R)Core(TM) i3, 2.93GHz, ОЗУ: 2Гб – 12шт. - Стол рабочий – 15 шт. Посадочных мест – 24.	• Microsoft Windows 7; • Microsoft Office; • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19) • Opera • Altium Designer Release 10 • Компас • T-FLEX CAD Учебная Версия 14
226 – компьютерный класс – помещение для СРС г. Арзамас, ул. Калинина, 19	Комплект демонстрационного оборудования: - ПК с выходом на мультимедийный проектор и подключением к сети Интернет: Pentium 7500/2x1024Mb/500Gb/AD52 40S/GA-	• Microsoft Windows 7; • Microsoft Office; • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19) • Opera

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
	G31M-ES2L/ATX450 – 1 шт. - Мультимедийный проектор BenQ MX764 – 1 шт. - Экран для проектора – 1 шт. Комплект рабочего оборудования: - ПК с подключением к сети Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС института: Pentium 7500/2x1024Mb/500Gb/AD52 40S/GA-G31M-ES2L/ATX450 – 19 шт. - Сканер HP – 1 шт. - Принтер HPLaserJet – 1 шт. Посадочных мест – 19.	
316 - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Комплект демонстрационного оборудования: - ПК с выходом на телевизор LG – 1шт. Комплект рабочего оборудования: - ПК с подключением к сети Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС института – 5 шт. Посадочных мест – 26.	• Microsoft Windows 7; • Microsoft Office; • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19) • Opera

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины «Интегральные устройства электроники», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса находится в свободном доступе в системе MOODLE на странице курса «Интегральные устройства электроники» по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=43> и могут быть проработаны студентами до чтения лекций в ходе самостоятельной работы. Это дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

Методические рекомендации к выполнению лабораторных и практических занятий находится в свободном доступе в системе MOODLE на странице курса «Управление техническими системами» по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=43> и используются студентами для подготовки и выполнения заданий на соответствующих занятиях.

На лекциях, лабораторных и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно

разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта СДО MOODLE.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2 и 5.3.

10.2 Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (см. табл. 4.1, 4.2). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к лабораторным и практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3 Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ находится в свободном доступе в системе MOODLE на странице курса «Интегральные устройства электроники» по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=43> и используются студентами для подготовки и выполнения заданий в соответствии с учебным планом и расписанием занятий.

10.4 Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров в аудиторных условиях.

Практические занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- развитие умений и навыков дискуссионного обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины и решения задач по основным разделам курса;
- подведение итогов занятий (результаты тестирования, готовность отчетов по практическим занятиям, готовность домашних заданий, выполненных в ходе самостоятельной работы).

Методические рекомендации к выполнению практических заданий находится в свободном доступе в системе MOODLE на странице курса «Интегральные устройства электроники» по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=43> и используются студентами для подготовки и выполнения заданий в соответствии с учебным планом и расписанием занятий.

10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине.

Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной учебной и справочно-библиографической литературы, представленной в разделе 6.

Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через Интернет к электронной информационно-образовательной среде института и электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

10.6 Методические указания по обеспечению образовательного процесса

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:

https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF.

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF.

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf.

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf.

Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины
на 20 ____/20 ____ уч. г.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

« ____ » _____ 20 ____ г. Глебов В.В.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1)

2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный
год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от _____ № _____
Заведующий кафедрой _____
(подпись) (ФИО)

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от _____ № _____
Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Согласовано:

Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)