

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»



А.Г. Балашов

2024

**ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ
«КОМПЛЕКСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕНСОРОВ И МИКРОСИСТЕМ
В КОРПУСЕ»**

Программа разработана в Передовой инженерной школе
«Средства проектирования и производства
электронной компонентной базы»

Москва – 2024

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

_____ А.Г. Балашов

« ____ » _____ 2024

**ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ
«КОМПЛЕКСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕНСОРОВ И МИКРОСИСТЕМ
В КОРПУСЕ»**

Программа разработана в Передовой инженерной школе
«Средства проектирования и производства
электронной компонентной базы»

Москва – 2024

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

2.

1.1. Цель реализации программы

Формирование у слушателей компетенций, необходимых для выполнения профессиональных задач в области проектирования подложек, корпусов микросхем и систем в корпусе в рамках нового вида профессиональной деятельности «Проектирование изделий микро- и наноэлектроники типа «система в корпусе»; приобретение новой квалификации «Специалист по проектированию систем в корпусе».

1.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации

Научный проект ПИШ, в котором востребованы компетенции, сформированные в результате обучения по программе - «Исследование методов, конструкций и технологических процессов объёмной коммутации кристаллов для создания нового типа импортонезависимых гетерогенных микросборок».

При разработке программы учтено мнение следующих высокотехнологичных компаний – АО НПЦ «ЭЛВИС», АО «ЗНТЦ», ООО «ТС Интеграция».

Наименование нового вида деятельности: «Проектирование изделий микро- и наноэлектроники типа «система в корпусе»

Область профессиональной деятельности: 29 Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования.

Объекты профессиональной деятельности: конструкция и технология производства корпусов и подложек микросхем, систем в корпусе.

Задачи профессиональной деятельности: проектирование, моделирование и конструирование корпусов и подложек микросхем, систем в корпусе.

Квалификация: «Специалист по проектированию систем в корпусе».

Вид экономической деятельности: деятельность в области информации и связи.

Укрупненная группа специальностей: 11.00.00. Электроника, радиотехника и системы связи.

1.3. Требования к результатам освоения программы

Планируемые результаты освоения модуля:

Компетенции определены на основании профессионального стандарта 29.006 «Специалист по проектированию систем в корпусе».

Код и формулировка компетенции	Трудовая функция в соответствии с ПС		Индикаторы достижения компетенций
	Наименование	Код	
ПК-1. Способен выполнять проектирование и моделирование конструкции корпусов микросхем и систем в корпусе	Расчет, моделирование и трассировка отдельных частей изделий «система в корпусе».	С2/02.7	<p>Знания: основы конструирования и технологии производства корпусов и подложек микросхем, систем в корпусе.</p> <p>Умения: применение методов моделирования и прототипирования при проектировании корпусов микросхем и систем в корпусе.</p> <p>Опыт деятельности: проектирование, моделирование и конструирование корпусов и подложек микросхем, систем в корпусе.</p>
ПК-2. Способен разрабатывать комплект конструкторской документации на корпус микросхемы и системы в корпусе	Разработка комплекта рабочей конструкторской документации по результатам измерений и испытаний опытных образцов изделий "система в корпусе"	В/02.6	<p>Знания: нормативных требований к разработке комплекта конструкторской документации на подложку и корпус микросхемы, многокристальный модуль и систему в корпусе</p> <p>Умения: использовать стандарты ЕСКД при разработке комплекта конструкторской документации на подложку и корпус микросхемы, многокристальный модуль и систему в корпусе</p> <p>Опыт деятельности: по разработке комплекта конструкторской документации на подложку и корпус микросхемы, многокристальный</p>

			модуль и систему в корпусе для организации производства.
ПК-3. Способен осуществлять организацию выполнения работ по проектированию корпусов микросхем и систем в корпусе	Организация выполнения работ по проектированию изделий "система в корпусе"	Е/01.7	<p>Знания: нормативно-технической документации и стандартов по разработке, сопровождению конструкторской документации в электронной форме с применением PDM/PLM-систем и автоматизации инженерных задач в рамках выполнения НИОКР.</p> <p>Умения: создание план-графиков выполнение работ по разработке корпусов микросхем и систем в корпусе средствами PLM</p> <p>Опыт деятельности: организации выполнения работ по разработке корпусов микросхем и систем в корпусе средствами PLM</p>

1.4. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимому для освоения программы

К освоению Программы допускаются лица:

- получающие высшее образование, лица, освоившие основную профессиональную образовательную программу (далее - ОПОП ВО) бакалавриата.

1.5. Трудоемкость обучения

Нормативная трудоемкость обучения по данной программе – 270 часов, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

1.6. Форма обучения

Форма обучения: очная и/или с использованием дистанционных образовательных технологий.

1.7. Режим занятий

Без отрыва от работы. При любой форме обучения учебная нагрузка устанавливается не более 54 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя. Продолжительность одного часа занятий 45 минут.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план программы переподготовки

№ п/ п	Наименование учебных дисциплин (модулей), практик/стажировок	Общая трудоем кость, час	Контактная работа, час			СРС, час	Проме жуточ ная аттест ация
			Лекции	Лаборатор ные занятия	Практич еские занятия		
1.	Технологии производства подложек, корпусов и микросборок	38	17	8	-	13	ЗаО
2.	Проектирование подложек корпусов микросхем и микросборок средствами САПР Хredition Enterprise	40	22	18	-	-	ЗаО
3.	Анализ целостности сигналов и питания печатных плат и подложек с помощью HyperLynx	40	2	24	-	14	ЗаО
4.	Трёхмерное проектирование конструкции корпуса микросхемы, системы в корпусе (Компас 3D)	32	6	16	-	10	ЗаО
5.	Тепловой анализ систем в корпусе	30	4	16	-	10	ЗаО
6.	Технологическое оборудование для корпусирования, сборки и монтажа микросхем, систем в корпусе	18	12	-	6	-	ЗаО
7.	Основы	40	16	16	-	8	ЗаО

	проектирования систем на кристалле						
8.	Организация работ по разработке корпусов микросхем и систем в корпусе в PLM-системе	18	12	6	-	-	3аО
9	Практика	8				8	3аО
	Итоговая аттестация – демонстрационный экзамен	6					
	Итого по программе	270	91	104	6	69	

2.2. Календарный учебный график

№ п/п	Наименование дисциплин (модулей)	Учебные недели																																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35			
1	Технологии производства подложек, корпусов и микросборок	■	■	■	■																																		
2	Проектирование подложек корпусов микросхем и микросборок средствами САПР Xpedition Enterprise					■	■	■	■	■	■	■																											
3	Анализ целостности сигналов и питания печатных плат и подложек с помощью HyperLynx												■	■	■	■																							
4	Трёхмерное проектирование конструкции корпуса микросхемы, системы в корпусе (Компас 3D)																■	■	■	■																			
5	Тепловой анализ систем в корпусе																						■	■	■														
6	Технологическое оборудование для корпусирования, сборки и монтажа микросхем, систем в корпусе																							■	■	■													
7	Основы проектирования систем на кристалле																											■	■	■	■	■							
8	Организация работ по разработке корпусов микросхем и систем в корпусе в PLM-системе																																		■	■	■		
9	Практика																																					■	
	Итоговая аттестация																																						■

3. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ МОДУЛЕЙ

3.1. Рабочая программа модуля «Технологии производства подложек, корпусов и микросборок»

3.1.1. Цели и задачи модуля

Цель освоения модуля - научить слушателей проводить выбор технологии изготовления корпуса или системы в корпусе исходя из бескорпусной электронной компонентной базы, функционального назначения, характеристик изделий, технико-экономических требований.

3.1.2. Требования к результатам освоения модуля

Планируемые результаты освоения модуля:

Модуль участвует в формировании компетенций:

ПК-1 Способен выполнять проектирование и моделирование конструкции корпусов микросхем и систем в корпусе

ПК-2 Способен разрабатывать комплект конструкторской документации на корпус микросхемы и системы в корпусе

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

знания:

- нормативно-технической документации (ГОСТ, ОСТ, РД, IPC, ISO, JEDEC и другие) и технической литературы (книги, статьи, патенты, дорожные карты) по технологиям производства корпусов, микросборок и подложек;
- классификации конструкции корпусов (металлокерамические, металlostеклянные, металлополимерные и другие), а также основных отличий в технологии их производства;
- технологий производства оснований, подложек для корпусов микросхем и микросборок (керамические подложки, кремниевые подложки, органические подложки, substrate BGA, strip, SAP, mSAP и другие);
- технологических операций и особенностей изготовления различных типов корпусов, микросборок и подложек (PBGA, FC-BGA, HFCBGA, CSP BGA, FOCoS, MCM, SiP, PoP, flip-chip C2-C4, UBM, RDL, 3D SiP, FI WLP, FO WLP, TSV, interposer, embedded die, TMV, 2,5/3D Heterogeneous Integration, LTCC, HTCC, 3D PLUS и другие);
- методов микромонтажа кристаллов на коммутационные подложки (wire bonding, flip-chip, TSV, беспаячный и беспроволочный монтаж);

умения:

- формировать правильную последовательность технологических операций изготовления многослойных органических подложек;
- понимать основные принципы разварки микропровода бескорпусных микросхем при работе на технологическом оборудовании УЗ-сварки;
- понимать основные принципы формирования шариковых выводов на подложке, сборки и монтажа микросхем по методу перевернутого кристалла;

- выбирать оптимальные режимы обработки в рамках отдельных операций техпроцесса, основываясь на типе, конструкции и материале корпуса или микросборки;
- осуществлять технологическую подготовку к производству;
- правильно читать технологическую документацию на изготовление подложек, корпусов, микросборок.

иметь практический опыт:

- выбора технологии изготовления корпуса или системы в корпусе исходя из бескорпусной электронной компонентной базы, функционального назначения, характеристик изделий, технико-экономических требований.

3.1.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1	Технологии корпусирования интегральных микросхем и производства микросборок, систем в корпусе	20	9	4	-	7
1.1	Государственные, отраслевые и международные стандарты по корпусированию микросхем, производству систем в корпусе	2	1	-	-	1
1.2	Технологии корпусирования интегральных микросхем	6	4	-	-	2
1.3	Методы микромонтажа бескорпусных микросхем на коммутационные подложки	8	2	4	-	2
1.4	Технологии производства многокристальных модулей, микросборок и систем в корпусе	4	2	-	-	2
2	Технологии производства оснований, подложек для корпусов микросхем и микросборок	14	6	4	-	4

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
2.1	Технологии изготовления выводных рамок для полимерных корпусов	4	2	-	-	2
2.2	Технологии изготовления многослойных органических подложек для корпусов микросхем	10	4	4	-	2
3	Технологии изготовления коммутационных подложек из керамики, из кремния для корпусов микросхем	4	2	-	-	2
	Всего	38	17	8	-	13
Промежуточная аттестация: <i>дифференцированный зачет</i>						

3.1.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1	Технологии корпусирования интегральных микросхем и производства микросборок, систем в корпусе	9
1.1	Государственные, отраслевые и международные стандарты по корпусированию микросхем, производству систем в корпусе	1
1.2	Технологии корпусирования интегральных микросхем (корпусные и бескорпусные микросхемы, классификация корпусов, конструкции и материалы корпусов, металlostеклянные, металлокерамические, металлополимерные, SOIC, QFP, QFN, PGA, LGA, BGA и другие)	4

1.3	Методы микромонтажа бескорпусных микросхем на коммутационные подложки (микропроволочный монтаж (wire bonding), монтаж методом перевернутого кристалла (flip-chip), монтаж через сквозные металлизированные отверстия в подложке (TSV), безопасный и беспроволочный монтаж)	2
1.4	Технологии производства многокристальных модулей, микросборок и систем в корпусе (обзор зарубежных технологий, мировые тенденции в области 2,5 и 3D микросборок, многокристальных модулей, решения на основе технологий wire bond, flip-chip, embedded die, RDL, UBM, WLP, SiP, TSV, интерпозеры, 3D PLUS и другие, гетерогенная интеграция,)	2
2	Технологии производства оснований, подложек для корпусов микросхем и микросборок (технологии изготовления выводных рамок, высокоинтегрированных коммутационных подложек из кремния, из керамики, из органических материалов)	6
2.1	Технологии изготовления выводных рамок для полимерных корпусов (рамки, технологическая оснастка, пресс-формы, SOIC, SOP, QFN, QFP, ...)	2
2.2	Технологии изготовления многослойных органических подложек для корпусов микросхем (классификация подложек, конструкции и материалы, технологические процессы и конструкционные материалы, процессы формирования и металлизации микропереходов, процессы фотолитографии и получения топологического рисунка, технологические процессы и материалы формирования многослойных структур, технологии встраивания пассивных и активных элементов, компонентов в структуру печатной платы, подложки, защитные маски и финишные покрытия подложек, разделение мультизаготовок)	4
3	Технологии изготовления коммутационных подложек из керамики, из кремния для корпусов микросхем	2

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.3	Разварка микропроволокой бескорпусных микросхем	2
1.3	Формирование шариковых выводов на подложке корпуса, сборка и монтаж методом перевернутого кристалла	2
2.2	Технологические операции производства полимерных подложек	4

Перечень практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1.1	Изучение материалов из литературных источников по теме: “Нормативные документы в области конструирования, технологий, производства и испытаний корпусов микросхем и микросборок”	1
1.2	Изучение материалов из литературных источников по теме: “Технологии корпусирования интегральных микросхем”	2
1.3	Изучение материалов из литературных источников по теме: “Методы микромонтажа бескорпусных микросхем”	2
1.4	Изучение материалов из литературных источников по теме: “Технологии производства многокристальных модулей, микросборок и систем в корпусе”	2
2.1	Изучение материалов из литературных источников по теме: “Технологии изготовления выводных рамок для полимерных корпусов”	2
2.2	Изучение материалов из литературных источников по теме: “Технологии изготовления многослойных органических подложек для корпусов микросхем”	2

3	Изучение материалов из литературных источников по теме: “Технологии изготовления коммутационных подложек из керамики, из кремния для корпусов микросхем”	2
---	---	---

3.1.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Белоус А.И., Паньков А.А. Корпусирование микроэлектронных приборов. Технологии, конструкции, оборудование. Москва: Техносфера, 2023. - 558 с. ISBN 978-5-94836-668-5.
2. Белоус А.И., Емельянов В.А. Основы технологии микромонтажа интегральных схем. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 316 с. ISBN 978-5-94074-864-9.
3. Кондрашин А.А., Лямин А.Н., Слепцов В.В. Современные технологии изготовления трёхмерных электронных устройств: Учеб. Пособие. Издание 2-е. Москва: Техносфера, 2019. – 210 с. ISBN 978-5-94836-504-6.
4. Мылов Г.В. Печатные платы: выбор базовых материалов [Электронный ресурс] / Г.В. Мылов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2016. – 172 с. – Доступ к электронной версии книги открыт на сайте https://e.lanbook.com/book/90138#book_name (дата обращения 01.05.24)
5. Печатные платы: Справочник: В 2-х кн. Кн. 1 / Под ред. К.Ф. Кумбза; Пер. с англ. А.М. Медведева. – М.: Техносфера, 2011. - 1016 с. – (Мир электроники). – ISBN 978-5-94836-258-8.
6. Грушевский А.М. Сборка и монтаж многокристальных микромодулей: Учеб. пособие / А.М. Грушевский; Под ред. Л.А. Коледова. - М. : МИЭТ, 2003. - 196 с.
7. Франке Й. 3D MID. Материалы, технологии, свойства: пер. с англ.яз.; под ред. И.А. Волкова. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2014. – 336 с. ISBN 978-5-91884-062-7.
8. Технологическая дорожная карта IPC по электронике и радиоэлектронике. Москва: Техносфера, 2014. – 664 с. ISBN 978-5—94836-362-2.
9. Юрков Н.К. Технология производства электронных средств [Текст]: Учебник / Н.К. Юрков. – 2-е изд., испр. и доп. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2014. - 480 с. – (Учебник для вузов. Специальная литература). – Доступ к электронной версии книги открыт на сайте https://e.lanbook.com/book/41019#book_name.
10. Lu, D. Materials for advanced packaging: second edition / D. Lu, C. P. Wong – Springer, 2017. – 974 p.
11. Yan Li, Deepak Goal. 3D Microelectronic Packaging. From fundamentals to Applications / Springer. 2017. – 465 p. – ISBN 978-3-319-44584-7.
12. Swaminathan, M. WSPC Series in Advanced Integration and Packaging: Volume 2. Design and Modeling for 3D ICs and Interposers / M. Swaminathan, Ki Jin Han. – World Scientific, 2013. – 380 p.
13. Richard K. Ulrich, William D. Brown. Advanced Electronic Packaging, 2nd Edition. Wiley-IEEE Press, New York, 2006. – 840 p.

Дополнительная литература:

1. Дмитриев, В. Д. Технология микросборок специального назначения [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / В. Д. Дмитриев, М. Н. Пиганов, С. В. Тюлевин, 2012. – 87 с.
2. Пиганов, М.Н. Технологические основы обеспечения качества микросборок: Учеб. Пособие / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1999. – 231 с. – ISBN 5-7883-0088-6.
3. Медведев А., Мылов Г. Технология в производстве электроники. Ч.3. Гибкие печатные платы. – М.: Группа ИДТ, 2008. – 488 с.
4. International Technology Roadmap for Semiconductors. Assembly and packaging. – 2022.
5. Yan Li, Deepak Goyal. 3D Microelectronic Packaging. 2017 - 465. ISBN 978-3-319-44584-7.
6. John H. Lau. Fan-Out Wafer-Level Packaging. 2018. - 319. ISBN 978-981-10-8883-4.
7. Ho-Ming Tong, Yi-Shao Lai, C.P. Wong. Advanced Flip Chip Packaging. 2013. - 562.
8. Kim S. Siow. Die-Attach Materials for High Temperature Applications in Microelectronics Packaging. 2019. - 292. ISBN 978-3-319-99255-6.
9. James E. Morris. Nanopackaging. 2018. - 1007. ISBN 978-3-319-90361-3
10. Mark Fretz. Flip-chip bonding technologies for hybrid integration. 2009. – 166 p.
11. McPherson, R. J. Flexible, Ultra-Thin, Embedded Die Packaging [Текст]: дис. на соиск. учён. степ. Doctor of Philosophy (13.12.2010)/ R. G. McPherson; Graduate Faculty of Auburn University. – Auburn, Alabama, USA, 2010. – 106 p.
12. Abadie, M.M. High performance polymers – polyimides based – from chemistry to applications/ M. M. Abadie. – Croatia, Rijeka: Janeza Trdine 9, 2012. – 256 p.
13. Караблинов В. В. Технология изготовления печатных плат с использованием пленочного фоторезиста / М: Ижевск, 2015. - 124 с.
14. Garrou P., Bower Ch., Ramm P. Handbook of 3D Integration. Technology and Applications of 3D Integrated Circuits. 2008.
15. Технологическая дорожная карта ИРС по электронике и радиоэлектронике. Москва: Техносфера, 2013. – 664 с.
16. Иванова Ю. Печатные платы класса HDI - реальная перспектива для отечественных производств // Технологии в электронной промышленности. - 2018. - №7(107). - С. 42-47 – Доступ к электронной версии книги открыт на сайте https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17968254_24457681 (дата обращения 01.05.24)
17. Медведев А. Технологии выполнения переходов в платах HDI // Технологии в электронной промышленности. - 2012. - №7(59). - С. 14-19. – Доступ к электронной версии книги открыт на сайте https://www.elibrary.ru/download/elibrary_36883759_42748544 (дата обращения 01.05.24)
18. Пахомов Н.П., Перцель Я.М. Особенности технологии изготовления многослойных печатных плат для СВЧ-устройств на основе жидкокристаллического полимера (LCP) // Техника радиосвязи. - 2013. - №2(20). - С. 99-106. – Доступ к электронной версии книги открыт на сайте https://www.elibrary.ru/download/elibrary_21594392_40942666 (дата обращения 01.05.24)

19. Шульц-Хардер Ю. Медно-керамические подложки DBC - основа современной силовой электроники. новые возможности технологии dbc, перспективы и проблемы создания нового поколения изделий силовой электроники // Компоненты и технологии. - 2005. - №3(47). - С. 72-75. – Доступ к электронной версии открыт на сайте https://www.elibrary.ru/download/elibrary_15135131_25778787 (дата обращения 01.05.24)
20. ГОСТ 26975-86. Микросборки. Термины и определения.
21. ГОСТ Р 54844-2011 Микросхемы интегральные. Основные размеры.
22. ГОСТ Р 53429-2009 Платы печатные. Основные параметры конструкции.
23. ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Виды и комплектность конструкторских документов.

Перечень ресурсов сети «Интернет»

1. www.rezonit.ru - производство печатных плат (дата обращения 01.05.24)
2. www.pcdandf.com - The PCB Magazine is published by BR Publishing (дата обращения 01.05.24)
3. www.sustainabledevelopmentmagazine.com - Sustainable Development Magazine (дата обращения 01.05.24)
4. www.ipc.org – Сайт международного института по сборке и монтажу электронных схем (дата обращения 01.05.24)
5. <https://epra.ru/news/kontraktная-sborka/montazh-komponentov-na-pechatnuyu-platu/> - Разработка и производство электроники (дата обращения 01.05.24)
6. www.electronix.ru - Портал разработчиков электроники (дата обращения 01.05.24)
7. <https://www.nextpcb.com/blog/flexible-printed-circuit-board-production-of-printed-circuit-boards> (дата обращения 01.05.24)
8. https://tech-e.ru/2015_01_06.php - Электронное пособие по САМ350 (дата обращения 01.05.24)
9. <https://www.pcbmay.com/ru/rf-and-microwave-pcb-design-guide/> - руководство по проектированию ВЧ и СВЧ печатных плат (дата обращения 01.05.24)
10. <https://c-component.ru/technologies/metallizatsiya/tekhnologiya-dbc/> - Технологии DBC и АМВ (дата обращения 01.05.24)
11. <https://ase.aseglobal.com/wafer-level-packaging/> - технологии корпусирования кристаллов на уровне пластины одной из ведущих компаний по сборке ASE GROUP

3.1.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом	Лекции	1. Аппаратное обеспечение: - 14 компьютеров, системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 500 Гб; сервер, Intel Core i7, 3.4 ГГц, ОЗУ 4 Гб,
Компьютерный класс с	Лабораторные	

<p>мультимедийным комплексом</p>	<p>работы</p>	<p>HDD 1 Тб. - мультимедийный проектор; - экран; - МФУ; 2. Программное обеспечение: - операционная система Windows 10, 64; - Adobe Reader; - Microsoft Office 2007; - AutoCAD Viewer. 3. Оборудование: - Паяльно-ремонтный центр ERSA IR550A с инфракрасной системой и станцией Digital 2000A; - Установка полуавтоматической разварки кристаллов микропроволокой K&S 4500.</p>
----------------------------------	---------------	--

3.1.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Работа проводится по следующей схеме:

- каждое занятие начинается с ознакомления с теоретическими основами темы занятия. Слушатель открывает изучаемый в настоящий момент раздел занятия и знакомится с теоретической частью. В этом ему помогает преподаватель: очно, объясняя излагаемые в материале элементы, или дистанционно путем ответа на вопросы по Skype, в системе ОРИОКС или по электронной почте;

- завершив усвоение теоретического материала слушатель переходит к тестированию по данной тематике. Тестирование включает в себя от 10 до 20 вопросов, которыми проверяется степень усвоения материала. В случае удачного прохождения тестирования слушатель переходит к следующей части занятия – выполнению лабораторной работы. В противном случае он должен заново ознакомиться с материалом и выполнить тест повторно;

- лабораторные работы включают в себя выполнение задания, представленного в разделах модуля. Слушатель должен выполнить поставленное задание и представить результаты преподавателю.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценки результатов выполнения тестирования (проверка знаний) и практических заданий лабораторных работ (проверка умений). Обучающийся может перейти к выполнению заданий следующего раздела только после успешного завершения заданий текущего модуля. Контроль проводит преподаватель.

Условия начисления баллов за прохождение теста (из 20 вопросов) по модулям 1 и 2:

- наличие 100% верных ответов, 14 баллов;
- наличие 50% верных ответов, 6 баллов;

- менее 50% верных[ответов, 0 баллов.

Условия начисления баллов за прохождение теста (из 10 вопросов) по модулю 3:

- наличие 100% верных ответов, 6 баллов;

- наличие 50% верных ответов, 3 баллов;

- менее 50% верных[ответов, 0 баллов.

Максимальное количество баллов за прохождение тестов в 3-х разделах (максимальное количество баллов за разделы 1 и 2 – 14 баллов, за раздел 3 – 6 баллов) – 34 балла.

Условия начисления баллов за выполнение и защиту лабораторной работы:

- наличие 100% выполненного задания, 22 балла;

- наличие 50% выполненного задания, 11 баллов;

- наличие одного выполненного правильно задания, 5 баллов;

- ни одного выполненного правильно задания, 0 баллов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторных работ в разделах – 66 баллов.

Промежуточная аттестации по модулю - дифференцированный зачет. Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система. График сдачи контрольных мероприятий представлен в таблице ниже.

Структура и график контрольных мероприятий

Контрольные мероприятия	T1	Лаб1	T2	Лаб2	T3	Лаб3	ИТОГО
Максимальный балл	14	22	14	22	6	22	100

T1 – T3, тесты разделов №1-3.

Лаб1 – Лаб3, лабораторные работы №1-3.

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице ниже.

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка</i>
<i>Менее 50</i>	<i>2</i>
<i>50-69</i>	<i>3</i>
<i>70-85</i>	<i>4</i>
<i>86-100</i>	<i>5</i>

Примеры вопросов для тестирования

1. Расшифруйте аббревиатуру mSAP.
2. Назовите основные технологии микромонтажа бескорпусных микросхем на подложку корпуса?
3. Перечислите основные материалы основания, используемые при производстве жёстких ПП и подложек?
4. Расшифруйте аббревиатуру BGA.
5. Что такое скрайбирование?
6. Что такое Strip?
7. Достоинства аддитивного метода изготовления печатных плат, подложек?
8. Какой материал используется в качестве основания гибких подложек?
9. Что такое метод монтажа flip-chip?
10. Что такое негативный фотошаблон?
11. Какими методами может наноситься жидкий фоторезист?
12. Операции подготовки оснований печатных плат и подложек.
13. Что такое тентинг-метод?
14. Как металлизуют сквозные отверстия?
15. Что такое мультизаготовка?
16. Что такое трафаретная печать?
17. Методы формирования отверстий.
18. Назовите тип материала, который используется для уменьшения механических напряжений, попадания загрязнений, повышения прочности и теплоотвода и заполняет подкристалльное пространство?
19. Расшифруйте аббревиатуру HDI.
20. Какому классу точности соответствуют HDI платы?
21. Какой из типов корпусов обладает наилучшей теплопроводностью?
22. Какие вещества используют для травления медной фольги?
23. Какой из типов корпусов обладает лучшей влагопроницаемостью?
24. Для чего нужна активация поверхности?
25. Расшифруйте аббревиатуру SiP.
26. Зачем на контактные площадки наносят защитные покрытия?
27. Расшифруйте аббревиатуру WLP.
28. Как металлизуют скрытые отверстия?
29. Назовите методы изготовления фотошаблонов.
30. Что может произойти с внешним слоем металлизации при наличии сквозных отверстий.

Примеры типовых заданий для практических занятий

1. Расположите в правильном порядке технологические операции изготовления подложки корпуса микросхемы по технологии SAP (полуаддитивный процесс).

2. Установите правильное соответствие между изображением установки и наименованием операции, которая на ней должна выполняться.
3. Установите соответствие между изображением двух методов формирования коммутации печатной платы/подложки.
4. Установите правильное соответствие между рисунками и наименованиями методов нанесения фоторезиста.
5. Расположите в правильном порядке технологические операции изготовления подложки корпуса микросхемы по технологии mSAP (модифицированный полуаддитивный процесс).

3.2. Рабочая программа учебного модуля «Проектирование подложек корпусов микросхем и микросборок средствами САПР Xpedition Enterprise»

3.2.1. Цели и задачи модуля

Цель реализации модуля - научить слушателей проектировать подложки корпусов микросхем и микросборки на основе технологий встроенного монтажа бескорпусных пассивных, активных элементов и методов 2,5D, 3D интеграции средствами маршрута Xpedition Enterprise.

3.2.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

Планируемые результаты освоения модуля

Модуль участвует в формировании компетенции

ПК-1. Способен выполнять проектирование и моделирование конструкции корпусов микросхем и систем в корпусе.

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

Знания:

- нормативно-технической документации и технической литературы по проектированию подложек корпусов микросхем, микросборок, систем в корпусе;
- функциональных возможностей современных САПР для разработки подложек и систем в корпусе;
- исходных данных для проектирования подложек и систем в корпусе;
- принципов конструирования подложек микросхем, систем в корпусе;
- сквозного маршрута проектирования подложек корпусов микросхем и микросборок Xpedition Enterprise;
- правил проектирования подложек микросхем и систем в корпусе в соответствии с технологическими возможностями производства;
- особенностей технологической подготовки данных для производства микросборки,

Умения:

- создавать элементы (символы, посадочные места, компоненты, механические элементы корпуса) бескорпусной ЭКБ для проектирования систем в корпусе в Library Manager;
- проводить расчет и выбор структуры подложки;
- осуществлять настройки конструктивно-технологических ограничений в соответствии с технологическими возможностями производства и требованиями ТЗ;
- осуществлять компоновку, планировку выводов корпуса микросхемы;
- проводить трассировку цепей от наиболее критических к менее требовательным с соблюдением требований по целостности сигналов;
- осуществлять DFM-анализ подложки,

Опыт деятельности:

- проектирования подложек корпусов микросхем и систем в корпусе с применением маршрута Xpedition Enterprise.

3.2.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Введение в проектирование подложек корпусов микросхем и систем в корпусе	1	1	-	-	-
1.1.	Современные САПР для разработки высокоплотных печатных плат, подложек, многокристальных модулей и 2D, 2,5D, 3D микросборок	1	1	-	-	-
2.	Исходные данные для проектирования подложек, многокристальных модулей и микросборок. Методология проектирования	2	2	-	-	-
2.1.	Конструкторская документация на изделие, выполненное по традиционным технологиям сборки и монтажа компонентов и элементов. Выбор и анализ отечественной бескорпусной ЭКБ, документация на кристаллы	1	1	-	-	-
2.2.	Отечественные стандарты, регламентирующие основные этапы разработки, изготовления и испытания многокристальных модулей и микросборок. Методы проектирования высокоинтегрированных модулей	1	1	-	-	-
3.	Создание библиотеки ЭРИ для проектирования высокоинтегрированных модулей в Library Manager	8	4	4	-	-

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
3.1.	Центральная библиотека ЭРИ Library Manager и её основные подразделы. Программа LP Wizard для разработки посадочных мест в соответствии с международными стандартами IPC	3	1	2	-	-
3.2.	Формирование контактных площадок под компоненты и проволочный монтаж. Создание микропереходов	2	1	1	-	-
3.3	Формирование компонентов (Part Editor)	2	1	1	-	-
3.4	Встраиваемые пассивные компоненты	1	1	-	-	-
4	Переработка схемы электрической принципиальной под бескорпусную ЭКБ в Xpedition Designer	2	2	-	-	-
4.1.	Основы создания электрической схемы в Designer	1	1	-	-	-
4.2	Задание ограничений в Constraint Manager в соответствии с требованиями технологии	1	1	-	-	-
5.	Оптимизация путей прохождения сигналов от кристалла до выводов на корпусе в Xpedition Substrate Integrator и Xpedition Package Integrator	12	4	8	-	-
5.1	Работа в Substrate Integrator, оптимизация расположения контактных площадок на кристалле.	6	2	4	-	-

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самосто ятельна я работа, час
			Лек ции	Лабора торные заняти я	Практ ически е заняти я	
5.2	Добавление кристалла и создание корпуса для него в Package Integrator.	6	2	4	-	-
6.	Разработка топологии печатной платы подложки/микросборки в Xpedition Layout	13	7	6	-	-
6.1	Создание нового проекта печатной платы.	3	2	1	-	-
6.2	Введение геометрии печатной платы. Размещение компонентов и элементов.	4	2	2	-	-
6.3	Трассировка межсоединений с микропереходами. Интерактивная и автоматическая трассировка. Редактирование трасс.	4	2	2	-	-
6.4	Создание и редактирование экранных областей, зон запретов.	2	1	1	-	-
7	Особенности подготовки данных для производства микросборки	2	2	-	-	-
7.1	Проверка топологии на соблюдение конструктивно-технологических ограничений. Подготовка данных для производства	1	1	-	-	-
7.2	Особенности оформления КД на микросборки со встроенными компонентами и элементами	1	1	-	-	-
	Всего	40	22	18	-	-
Промежуточная аттестация: <i>дифференцированный зачет</i>						

3.2.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1	Введение в проектирование подложек корпусов микросхем и высокоплотные технологии производства электронных модулей	1
1.1	Современные САПР для разработки высокоплотных печатных плат, подложек, многокристальных модулей и 2D, 2,5D, 3D микросборок	1
2	Исходные данные для проектирования подложек, многокристальных модулей и микросборок. Методология проектирования	2
2.1	Конструкторская документация на изделие, выполненное по традиционным технологиям сборки и монтажа компонентов и элементов. Выбор и анализ отечественной бескорпусной ЭКБ, документация на кристаллы (примеры, особенности, типовые ошибки)	1
2.2	Отечественные стандарты, регламентирующие основные этапы разработки, изготовления и испытания многокристальных модулей и микросборок. Методы проектирования систем в корпусе	1
3	Создание библиотеки ЭРИ для проектирования систем в корпусе в Library Manager	4
3.1	Центральная библиотека ЭРИ Library Manager и её основные подразделы. Формирование символов компонентов (Symbol Wizard). Импорт данных о пинах символа в Symbol Wizard через Excel. Переработка символа под бескорпусное исполнение. Программа LP Wizard для разработки посадочных мест в соответствии с международными стандартами IPC	1
3.2	Формирование контактных площадок (КП) под SMD компоненты, Pin-Die для бескорпусных компонентов. Формирование КП Bondpad под проволочный монтаж бескорпусного компонента. Подготовка топологии кристалла в	1

	формате DXF и импорт данных в редактор Cell Editor. Создание посадочных мест для бескорпусных компонентов IC-Bare Die. Утилита Die wizard. Создание микропереходов	
3.3	Формирование компонентов (Part Editor). Свапирование. Задание альтернативных посадочных мест под различные варианты высокоплотных технологий	1
3.4	Встраиваемые пассивные компоненты (резисторы, конденсаторы, индуктивности). Настройка Material and Process Editor. Управление параметрами материалов - емкостные, проводящие, изоляционные и резистивные. Задание параметров под тонкопленочные и толстопленочные технологии	1
4	Переработка схемы электрической принципиальной под бескорпусную ЭКБ в Xpedition Designer	2
4.1	Основы создания электрической схемы в Designer. Размещение элементов. Databook. Создание цепей и шин. Адаптация Designer под требования ЕСКД	1
4.2	Задание ограничений в Constraint Manager в соответствии с требованиями технологии. Верификация, компиляция и упаковка схемы. Связь Designer и Layout	1
5	Оптимизация путей прохождения сигналов от кристалла до выводов на корпусе в Xpedition Substrate Integrator и Xpedition Package Integrator	4
5.1	Работа в Substrate Integrator, оптимизация расположения контактных площадок на кристалле. Добавление корпуса и дополнительных системных компонентов. Настройка правил назначения сигналов в Rule Editor. Оптимизация межсоединений между кристаллом, корпусом и компонентами на печатной плате	2
5.2	Добавление кристалла и создание корпуса для него в Package Integrator. Организация работы с выводами и сигналами. Настройка правил назначения сигналов в Rule Editor. Добавление вспомогательных компонентов, оптимизация распиновки, сквозное проектирование в Layout, прямая и обратная аннотация. Многокристальные модули	2

6	Разработка топологии печатной платы подложки/микросборки в Xpedition Layout	7
6.1	Создание нового проекта печатной платы. Установка параметров топологии (Setup Parameters). Расширение возможностей Layout. Advanced Interconnect, Advanced Technology Pro и другие. Создание видовых схем для удобства работы с проектами высокоплотных изделий. Создание и анализ структуры платы по высокоплотным технологиям. Задание микропереходов. Выбор материалов для встроенных пассивных компонентов (Embedded Planner)	2
6.2	Введение геометрии печатной платы. Импорт контура платы из механических САПР. Размещение компонентов и элементов. Взаимодействие с Designer. Задание углублений (cavities) в структуре печатной платы под встраиваемые компоненты, элементы. Использование инструмента BGA Fanout & Escape для высокоплотной разводки	2
6.3	Трассировка межсоединений с микропереходами. Интерактивная и автоматическая трассировка. Редактирование трасс. Особенности высокоплотной трассировки. Преимущества трассировки по высокоплотным технологиям. Редактирование проволочных выводов в Wire Model Editor. Установка Bondpad на плату и Wire Pattern Generator. Настройка и размещение встраиваемых пассивных элементов	2
6.4	Создание и редактирование экранных областей, зон запретов. Генерация окончательной «заливки» экранов	1
7	Особенности подготовки данных для производства микросборки	2
7.1	Проверка топологии на соблюдение конструктивно-технологических ограничений. Подготовка данных для производства	1
7.2	Особенности подготовки данных для изготовления пленочных и стеклянных фотошаблонов. Выходные форматы. Особенности оформления КД на микросборки со встроенными компонентами и элементами	1

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
3.1, 3.2, 3.3	Создание библиотеки ЭРИ для проектирования систем в корпусе в Library Manager	4
5.1	Проектирование подложек в Xpedition Package Integrator	4
5.2	Проектирование подложек в Xpedition Substrate Integrator	4
6.1,6.2, 6.3, 6.4	Проектирование системы в корпусе с бескорпусными микросхемами с монтажом методом wire bonding в Xpedition Enterprise	6

Перечень практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

Самостоятельная работа слушателей

Самостоятельная работа слушателей не предусмотрена.

3.2.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Вертянов Д.В. Комплексное проектирование микросистем на печатных платах в САПР Mentor Graphics [Текст]: Учеб. пособие. Ч. 1: Центральная библиотека Library Manager / Д.В. Вертянов, В.Г. Сикоев, Е.П. Горюнова, С.П. Тимошенко; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. С.П. Тимошенко. - М.: МИЭТ, 2019. - 172 с.
2. Сикоев В.Г. Проектирование систем на печатных платах на САПР Mentor Graphics [Текст]: [В 5-ти ч.]: Учеб. пособие. Ч. 3: Топологическое проектирование систем на печатных платах средствами Expedition PCB (Mentor Graphics) В.Г. Сикоев, А.М. Грушевский, А.Л. Лохов /; М-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, МГИЭТ (ТУ); Под ред. С.П. Тимошенко. - М.: МИЭТ, 2008. - 164 с

Дополнительная литература:

1. Тютюков С. Практические рекомендации по разработке печатных плат. https://vk.com/doc-47490520_490323382?hash=hKJCsDpwFnVjfH7USEs6tbfqoNrxEjc3yiJ1xTb3GfX&dl=ELmoTA_ZffjpKL1N15fXk6A62SsJFnKCAxmCeJ6SMqqH [Электронный ресурс] (дата обращения 01.05.2024)
2. Belous A. High-Speed Digital System Design, Art, Science and Experiens. – Springer Nature, 2020. – 938 p.
3. Белоус А.И., Солодуха В.А. Основы проектирования высокоскоростных электронных устройств. Краткий курс «белой магии». – М.: Техносфера, 2021.

4. Кофанов Ю.Н. Автоматизация проектирования РЭС. Топологическое проектирование печатных плат. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Ю. Н. Кофанов, А. В. Сарафанов, С. И. Трегубов. – Электрон. дан. (4 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008
5. Говард Д., Мартин Г. Конструирование высокоскоростных цифровых устройств. Начальный курс черной магии. 2006. - 620 с.
6. Меткин Н.П., Лапин М.С., Деньдобренко Б.Н., Доморацкий И.А. Автоматизация проектирования и производства микросборок и электронных модулей. 1986. – 280 с.
7. Harry H. The HDI Handbook. First Edition. 2009. – 631 p.
8. Поляков В.И., Стародубцев Э.В. Проектирование гибридных тонкопленочных интегральных микросхем: учебное пособие по модулю «Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ» - Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. – 80 с.
9. Компоновка и конструкции микроэлектронной аппаратуры: Справочное пособие/ П.И. Овсищер, И.И. Лившиц, А.К. Орчинский и др. – М.: Радио и связь, 1982. – 208 с.
10. ГОСТ 26975-86. Микросборки. Термины и определения.
11. ГОСТ Р 54844-2011 Микросхемы интегральные. Основные размеры.
12. ГОСТ Р 53429-2009 Платы печатные. Основные параметры конструкции.
13. ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Виды и комплектность конструкторских документов.

Перечень ресурсов сети «Интернет»

1. www.ipc.org – Сайт международного института по сборке и монтажу электронных схем (дата обращения 01.05.24)
2. <https://epra.ru/news/kontraktная-sborka/montazh-komponentov-na-pechatnuyu-platu/> - Разработка и производство электроники
3. <https://c-component.ru/technologies/metallizatsiya/tehnologiya-dbc/> - Технологии DBC и AMB (дата обращения 01.05.24)
4. <https://www.pcbmay.com/ru/hdi-%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D0%B0/> - Производство HDI плат
5. <https://www.mentor.com/pcb/xpedition/> - официальный сайт компании «Mentor Graphics Corporation» раздел Xpedition Enterprise.
6. Уваров А.С. Проектирование печатных плат. 8 лучших программ. - М.: ДМК Пресс, 2009. - 288 с. Доступ к электронной версии книги открыт на сайте <https://e.lanbook.com/book/3020>.
7. www.electronix.ru - Раздел «Mentor-ExpeditionPCB» на портале разработчиков электроники

3.2.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом	Лекции	1. Аппаратное обеспечение: - 14 компьютеров, системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 16 Гб, HDD 500 Гб; сервер, Intel Core i7, 3.4 ГГц, ОЗУ 16 Гб, HDD 1 Тб. - мультимедийный проектор; - экран; - МФУ;
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом	Лабораторные работы, самостоятельная работа	2. Программное обеспечение: - операционная система Windows 10, 64; - Adobe Reader; - Microsoft Office 2007; - Маршрут Xpedition Enterprise VX.2.6; - Xpedition Substrate Integrator; - Xpedition Package Integrator; - AutoCAD Viewer

3.2.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Работа проводится по следующей схеме:

- каждое занятие начинается с ознакомления с теоретическими основами темы занятия. Слушатель открывает изучаемый в настоящий момент раздел занятия и знакомится с теоретической частью. В этом ему помогает преподаватель: очно, объясняя излагаемые в материале элементы, или дистанционно путем ответа на вопросы по Skype, в системе ОРИОКС или по электронной почте;

- завершив усвоение теоретического материала слушатель переходит к тестированию по данной тематике. Тестирование включает в себя от 10 до 20 вопросов, которыми проверяется степень усвоения материала. В случае удачного прохождения тестирования слушатель переходит к следующей части занятия – выполнению лабораторной работы. В противном случае он должен заново ознакомиться с материалом и выполнить тест повторно;

- лабораторные работы включают в себя выполнение задания, представленного в разделах модуля. Слушатель должен выполнить поставленное задание и представить результаты преподавателю.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценки результатов выполнения тестирования (проверка знаний) и лабораторных работ (проверка умений). Примеры вопросов для тестирования представлены ниже. Обучающийся может перейти к выполнению заданий следующего раздела только после успешного завершения заданий текущего модуля. Контроль проводит преподаватель.

Условия начисления баллов за прохождение теста (из 20 вопросов) в каждом разделе:

- наличие 100% верных ответов, 5 баллов;
- наличие 50% верных ответов, 3 балла;
- менее 50% верных ответов, 0 баллов.

Максимальное количество баллов за прохождение тестов в 7-х разделах – 35 баллов.

Условия начисления баллов за выполнение и защиту лабораторных работ №1-3:

- наличие 100% выполненного задания, 15 баллов;
- наличие 50% выполненного задания, 8 баллов;
- наличие одного выполненного правильно задания, 3 балла;
- ни одного выполненного правильно задания, 0 баллов.

Условия начисления баллов за выполнение и защиту лабораторной работы №4:

- наличие 100% выполненного задания, 20 баллов;
- наличие 50% выполненного задания, 10 баллов;
- наличие одного выполненного правильно задания, 5 баллов;
- ни одного выполненного правильно задания, 0 баллов.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторных работ в разделах – 65 баллов.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система. Структура и сроки сдачи контрольных мероприятий, а также детальная схема начисления баллов представлена в таблице ниже.

Структура и график контрольных мероприятий

Контрольные мероприятия	T1	Лаб 1	T2	Лаб 2	T3	T4	Лаб 3	T5	T6	Лаб 4	T7	ИТОГО
Максимальный балл	5	15	5	15	5	5	15	5	5	20	5	100

T1 – T7, тесты разделов №1-7.

Лаб1 – Лаб4, лабораторные работы №1-4.

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице ниже.

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка</i>
<i>Менее 50</i>	<i>2</i>
<i>50-69</i>	<i>3</i>
<i>70-85</i>	<i>4</i>
<i>86-100</i>	<i>5</i>

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

Примеры вопросов для тестирования

1. На рисунке приведена формула, характеризующая импеданс микрополосковой линии.

$$Z_0 = \left(\frac{87}{\sqrt{\epsilon_r + 1.41}} \right) \cdot \ln \left(\frac{5.98 D 1}{0.8 W + H} \right)$$

Что характеризует переменная Н в данной формуле?

- а) Длина проводника
- б) Высота проводника
- в) Площадь поперечного сечения проводника
- г) Толщина печатной платы

2. В комплект КД на микросборку должны входить? а) Спецификация; б) Сборочный чертеж; в) Схема электрическая принципиальная; г) Любой из вышеперечисленных.

3. Элемент микросборки – это

- а) часть платы, выполненная нераздельно от неё;
- б) часть микросборки, которая реализует функцию электрорадиоизделия, выполнена нераздельно от платы и не может быть выделена как самостоятельное изделие с точки зрения требований к испытаниям, приемке и поставке;
- в) часть микросборки, которая реализует функцию электрорадиоизделия, выполнена раздельно от платы и может быть выделена как самостоятельное изделие с точки зрения требований к испытаниям, приемке и поставке;
- г) часть микросборки, которая не реализует никакую функцию и выполнена нераздельно от платы и не может быть выделена как самостоятельное изделие.

4. Какие существуют способы разделения путей обратных токов?

- а) Прямое разделение аналоговой и цифровой земли
- б) Виртуальное разделение аналоговой и цифровой земли
- в) Физическое разделение аналоговой и цифровой земли
- г) Мнимое разделение аналоговой и цифровой земли

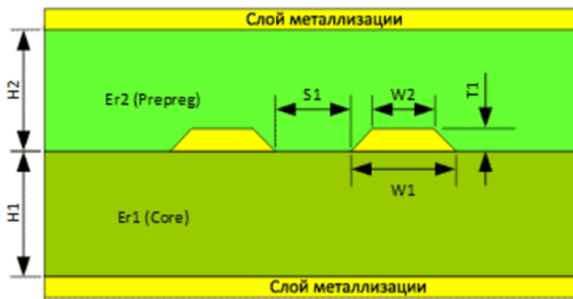
5. Заполните пропуски, выбрав из предложенных вариантов:

«Микросборка (МСБ) – микроэлектронное изделие, выполняющее определенную функцию преобразования и обработки сигнала, состоящее из _____ и (или) _____, размещенных на общей _____, разрабатываемое для конкретной радиоэлектронной аппаратуры с целью улучшения показателей её _____ и рассматриваемое как единое целое с точки зрения требований к приёмке, поставке и эксплуатации»

Стойкости/ Подложке/ Элементов/ Компонентов / Конденсаторов/ Миниатюризации/ Резисторов/ Температурной устойчивости

6. Какие существуют особенности подготовки данных для производства микросборки?

7. Что изображено на рисунке ниже?



- а) Полосковая линия
 - б) Микрополосковая линия
 - в) Дифференциальная полосковая линия
 - г) Дифференциальная микрополосковая линия
8. Для какой цели используются согласующие меандры?
- а) Коррекция длин проводников
 - б) Оптимизация топологии платы
 - в) Обход компонентов, препятствующих согласованию линий
 - г) Минимизация перекрестных помех
9. Для чего используется медная заливка свободной площади панели Copper Balancing?
10. Импеданс линии передачи зависит от:
- а) Толщины и свойств диэлектрика
 - б) Расстояния между проводником и опорным слоем
 - в) Ширины и высоты проводника
 - г) Площади печатной платы

Примеры типовых заданий для защиты лабораторных работ

1. Расположите правильно номера напротив соответствующих типов отверстий в структуре коммутационной подложки микросистемы на рисунке ниже:
- стандартное сквозное отверстие (1);
 - стандартное скрытое (слепое) отверстие (2);
 - стандартное глухое отверстие (3);
 - глухое отверстие (выполненное лазером) (4);
 - обратное глухое отверстие (5);
 - высверленное отверстие с контролируемой глубиной (6);
 - отверстие, выполненное с помощью фотолитографии (7).

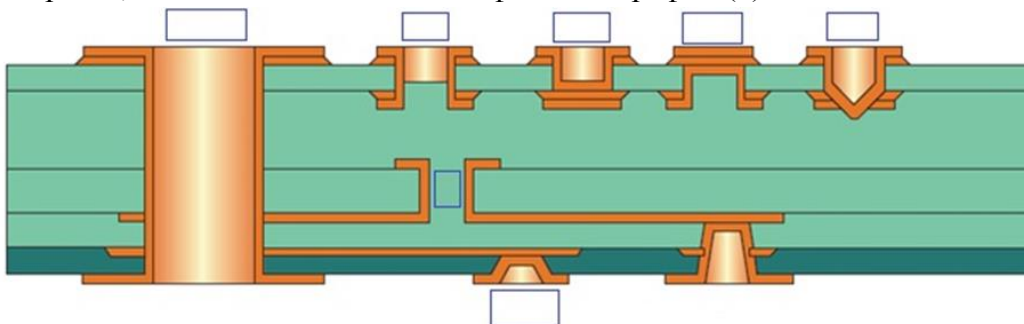
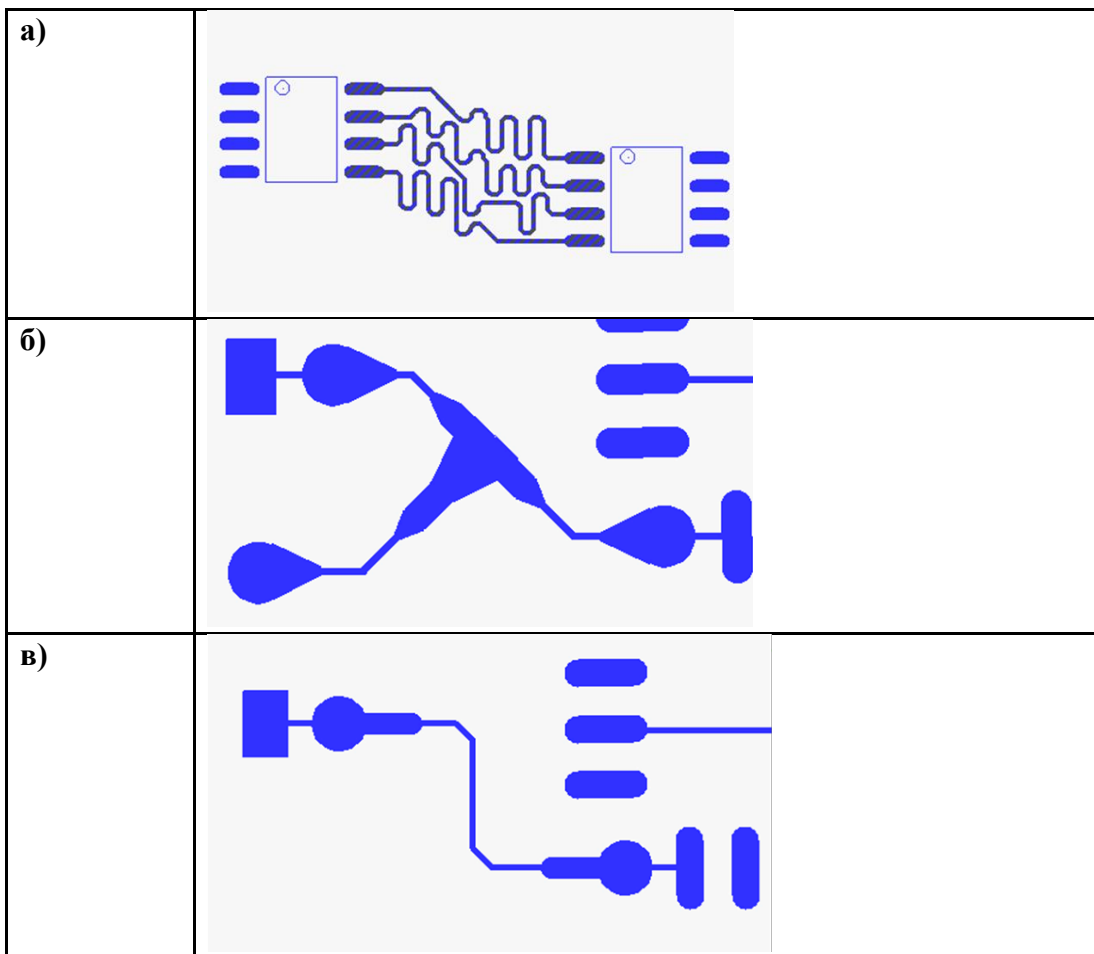


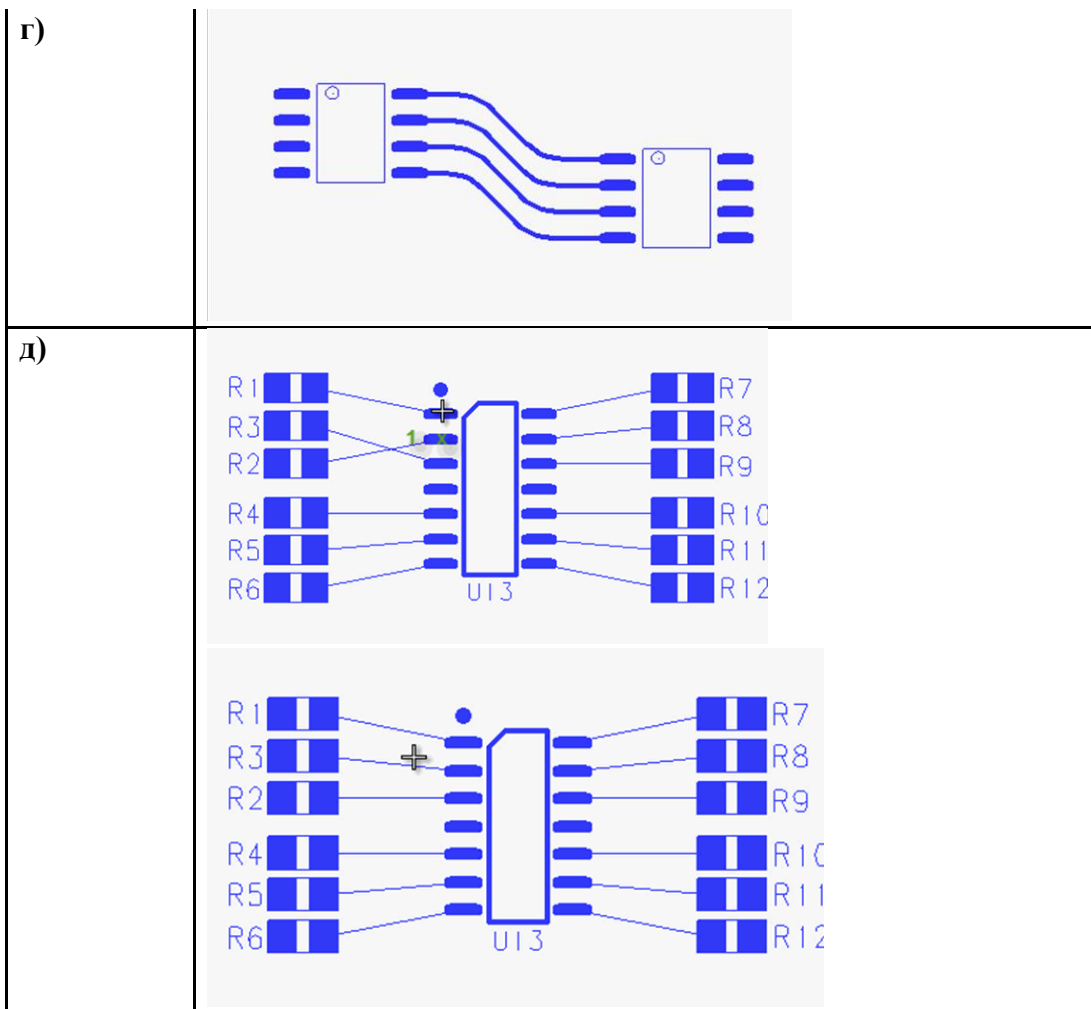
Рисунок – Структура многослойной коммутационной подложки микросистемы с различными типами отверстий

2. Выберите и правильно соотнесите наименование команд для создания/изменения топологии подложки в программе Xpedition Layout с соответствующими изображениями, показывающие результаты выполнения данных команд.

Наименование команд для создания/изменения топологии подложки в программе Xpedition Layout:

- 1) Modify Corners;
- 2) Teardrops;
- 3) Fanout patterns;
- 4) Tune;
- 5) Plane Assignments;
- 6) Tracedrops;
- 7) Sketch Route;
- 8) Swap pins;
- 9) Change width;
- 10) Hug trace





3.3. Рабочая программа учебного модуля «Анализ целостности сигналов и питания печатных плат и подложек с помощью HyperLynx»

3.3.1. Цели и задачи модуля

Цель реализации модуля – формирование базовых знаний и умений для выполнения анализа целостности сигналов и питания для печатных плат и подложек для систем в корпусе для устранения помех, улучшения качества сигналов и оптимизации работы электронных устройств.

3.3.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

Планируемые результаты освоения модуля:

Модуль участвует в формировании компетенций:

ПК-1. Способен выполнять проектирование и моделирование конструкции корпусов микросхем и систем в корпусе.

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

Знания:

- Основ анализа целостности сигналов и питания на печатных платах и подложках.

- Принципов моделирования электрических схем для выявления и устранения помех и перекрываний сигналов.

- Требований стандартов и нормативов, регулирующих процессы анализа целостности сигналов и питания.

- Методов оптимизации и улучшения работы электронных устройств через анализ целостности сигналов и питания.

Умения:

- применения программного обеспечения HyperLynx для моделирования и анализа целостности сигналов и питания.

Опыт деятельности: проведение анализа электрических схем, оценка качества сигналов и питания на печатных платах и подложках для устранения помех, улучшения качества сигналов и оптимизации работы электронных устройств.

3.3.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.1	Основные понятия целостности сигналов	4	2	-	-	2
1.2.	Пред-топологический анализ	12	-	8	-	4
1.3.	Пост-топологический анализ	12	-	8	-	4
1.4	Анализ питания в Hyperlynx	6	-	4	-	2
1.5	Особенности анализа целостности сигналов и питания на подложках систем-в-корпусе	6	-	4	-	2
	Всего	40	2	24	-	14
Промежуточная аттестация: <i>дифференцированный зачет</i>						

3.3.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1	Целостность сигналов. Определение понятия, факторы влияния, методы анализа. Практические примеры. Значение соблюдения целостности питания для надежной работы электроники.	2

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.2	Использование LineSim в цикле проектирования электронных изделий	4
1.2	Исследование 4-х Т для решения проблем с целостностью сигналов	4
1.3	Пост-топологическое моделирование, оценка и верификация	4
1.3	Дифференциальные пары и многоплатный анализ	4
1.4	Предтопологический анализ питания. Пакетный анализ питания. Результаты быстрого анализа развязки. Анализ по переменному току	4
1.5	Особенности анализа целостности сигналов и питания на подложках систем-в-корпусе	4

Перечень практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1	Прохождение тестирования модуля 1	2
1.2	Подготовка к лабораторной работе №1	2
1.2	Подготовка к лабораторной работе №2	2
1.3	Подготовка к лабораторной работе №3	2
1.3	Подготовка к лабораторной работе №4	2

1.4	Подготовка к лабораторной работе №5	2
1.5	Подготовка к лабораторной работе №6	2

3.3.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Белоус, А. И. Основы конструирования высокоскоростных электронных устройств. Краткий курс «белой магии» : монография / А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. В. Шведов; под редакцией А. И. Белоуса. — Москва : Техносфера, 2017. — 872 с. — ISBN 978-5-94836-500-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110950> (дата обращения: 10.05.2024)
2. Проектирование систем на печатных платах на САПР Mentor Graphics: [В 5-ти ч.] : Учеб. пособие. Ч. 5 : Основы проектирования и анализа высокоскоростных печатных плат / М-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, МГИЭТ(ТУ); Под ред. С.П. Тимошенкова. - М. : МИЭТ, 2009. - 364 с.
3. Уваров, А. С. Проектирование печатных плат. 8 лучших программ : сборник / А. С. Уваров. — Москва : ДМК Пресс, 2009. — 288 с. — ISBN 978-5-94074-483-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3020> (дата обращения: 10.05.2024)
4. Комплексное проектирование микросистем на печатных платах в САПР Mentor Graphics : Учеб. пособие. Ч. 1 : Центральная библиотека Library Manager / Д.В. Вертянов [и др.]; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ"; Под ред. С.П. Тимошенкова. - М. : МИЭТ, 2019. - 172 с. - ISBN 978-5-7256-0908-0

Дополнительная литература:

1. Лемешко Н.В., Кечиев Л.Н., Захарова С.С. IBIS-модели и их применение в задачах ЭМС / - М.: Грифон, 2016. - 192 с.
2. Wei X.-C. Modeling and Design of Electromagnetic Compatibility for High-Speed Printed Circuit Boards and Packaging. — 2017. — 341 p.

3.3.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом	Лекции	1. Аппаратное обеспечение: - 14 компьютеров, системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 16 Гб, HDD 500 Гб;
Компьютерный класс с	Лабораторные	

мультимедийным комплексом	работы, самостоятельная работа	сервер, Intel Core i7, 3.4 ГГц, ОЗУ 16 Гб, HDD 1 Тб. - мультимедийный проектор; - экран; - МФУ; 2. Программное обеспечение: - операционная система Windows 10, 64; - Adobe Reader; - Microsoft Office 2007; - Маршрут Xpedition Enterprise VX.2.6 - Hyperlynx VX.2.6
---------------------------	--------------------------------	---

Лабораторные работы, а также консультации могут проводиться в дистанционном формате. Слушатели могут использовать свои персональные компьютеры при выполнении заданий лабораторных работ, либо использовать удаленный доступ к компьютерам в Университете.

3.3.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценки результатов выполнения тестирования (проверка знаний) и практических заданий лабораторных работ (проверка умений). Обучающийся может перейти к выполнению заданий следующего раздела только после успешного завершения заданий текущего модуля. Контроль проводит преподаватель.

Условия начисления баллов за прохождение теста:

- наличие 100-50% верных ответов, 10-5 баллов;
- меньше 50%, 0 баллов.

Условия начисления баллов за выполнение практического задания лабораторных работ:

- Лабораторная выполнена полностью, замечаний нет, 15 баллов;
- Лабораторная выполнена полностью, но есть замечания/ выполнена частично, 14-7 баллов;

Промежуточная аттестация по модулю - дифференцированный зачет. Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система. График сдачи контрольных мероприятий представлен в таблице ниже.

Структура и график контрольных мероприятий

КМ	ЛР1	ЛР2	ЛР3	ЛР4	ЛР5	ЛР6	Т	ИТОГО
Максимальный балл	15	15	15	15	15	15	10	100

Т - тест

ЛР - выполнение лабораторных работ

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице ниже.

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка</i>
<i>Менее 50</i>	<i>2</i>
<i>50-69</i>	<i>3</i>
<i>70-85</i>	<i>4</i>
<i>86-100</i>	<i>5</i>

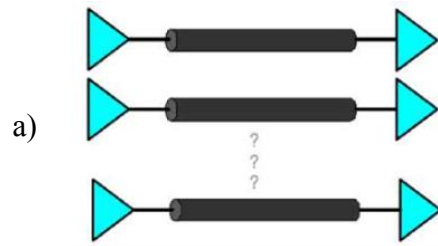
Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

Примеры вопросов для тестирования

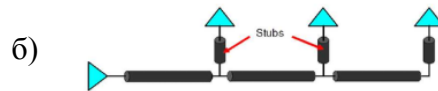
1. С чем связано влияние проводника на прохождение сигнала при повышении частоты?
2. Назовите характеристики конденсатора и катушки индуктивности
3. Как изменяется импеданс конденсатора с понижением частоты сигнала
4. Чем определяется эффективность колебательного контура?
5. Что определяет скорость распространения электромагнитной волны в линии передачи, состоящей из прямого проводника, обратного проводника и диэлектрика между ними?
6. Какая линия передачи называется электрически короткой?
7. Как влияет скорость фронта передатчика на время установки сигнала
8. Какое согласование применяется для повышения помехоустойчивости к синфазной помехе и формирования опорного напряжения с помощью добавления делителя напряжения?
9. Как называется компонент HyperLynx, который позволяет подбирать быстрое согласование для моделируемых цепей?
10. Какие модели называют макромоделями?

Примеры типовых практических заданий

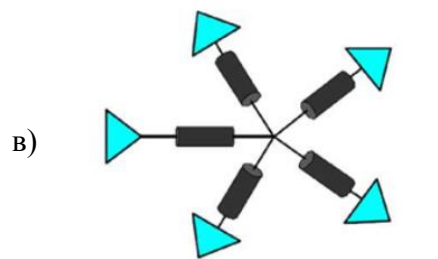
1. Сопоставьте иллюстрации различных топологий с их типами.



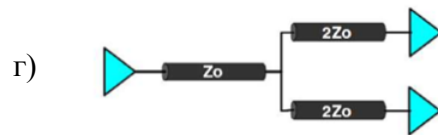
T-топология



Топология цепочка

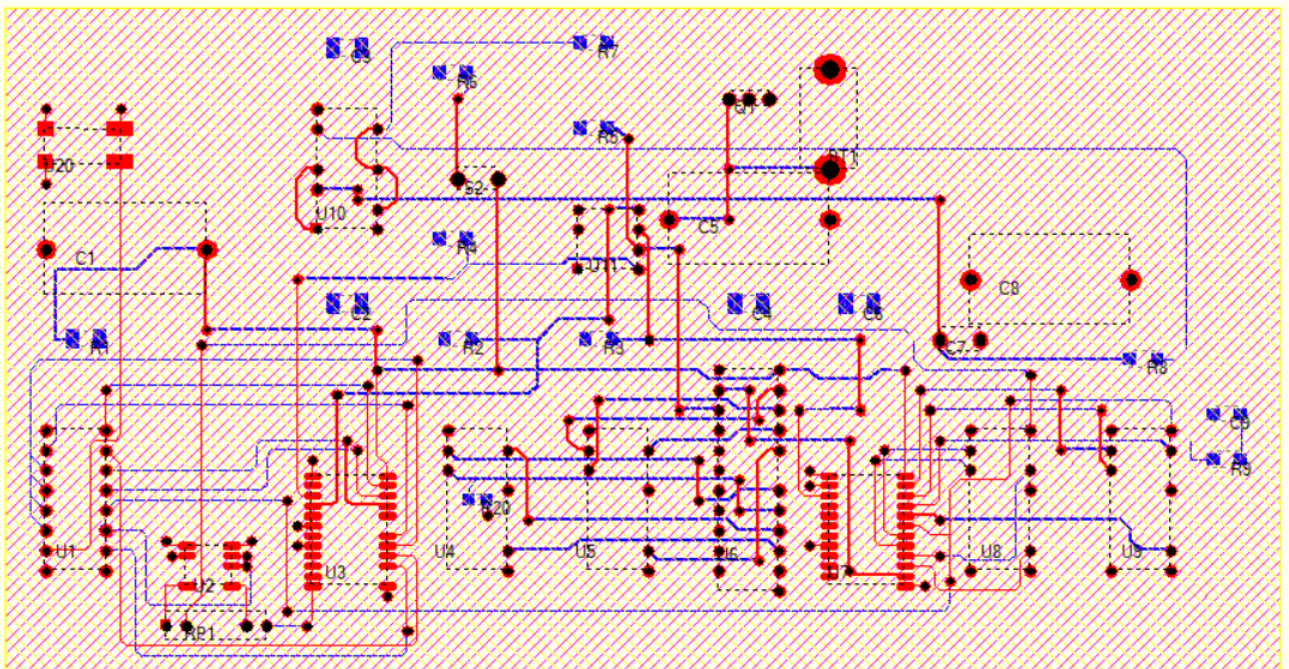


Топология «звезда»



Точка в точку

2. 1) Открыть проект печатной платы для анализа



2) Провести быстрый анализ, выбрать наиболее критические цепи.

- 3) Проверить назначение моделей для компонентов;
- 4) Провести анализ целостности сигнала;
- 5) Выбрать способ оптимизации целостности сигнала;
- 6) Провести повторное моделирование;
- 7) Отобразить выполненные действия в отчете.

Отчет должен включать в себя:

- описание и внешний вид платы;
- результаты быстрого анализа с перечнем цепей, которые вызвали предупреждения по целостности сигналов;

- результаты работ над критическими цепями с описанием того, каким способом (изменением компонентной базы, топологии устройства или технологии изготовления) были получены результаты.

- итоговый вывод относительно наиболее оптимального пути оптимизации устройства с учетом сложности предлагаемых изменений, временных и финансовых затрат на устранение проблем.

3.4. Рабочая программа учебного модуля «Трёхмерное проектирование конструкции корпуса микросхемы, системы в корпусе в САПР»

3.4.1. Цели и задачи модуля

Цель реализации модуля - научить слушателей выполнять трехмерное проектирование конструкции корпусов микросхем и систем в корпусе в САПР Компас 3D.

3.4.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

Планируемые результаты освоения модуля:

Модуль участвует в формировании компетенций:

ПК-1 Способен выполнять проектирование и моделирование конструкции корпусов микросхем и систем в корпусе

ПК-2 Способен разрабатывать комплект конструкторской документации на корпус микросхемы и системы в корпусе

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

Знания:

- Современных САПР для разработки корпусов микросхем.
- Требований ЕСКД для оформления конструкторской документации.
- Технологических процессов и материалов, используемых при создании корпусов микросхем.
- Особенности проектирования оснастки для заливки в пресс-формы, которая используется при изготовлении корпусов микросхем.

Умения:

- Использовать САПР для построения твердотельных элементов конструкций корпусов микросхем;
- Использовать САПР для сборки деталей корпусов микросхем

Опыт деятельности:

- Создавать трехмерные модели корпусов микросхем с использованием специализированного программного обеспечения.
- Оформлять конструкторскую документацию на конструкцию корпусов микросхем.

3.4.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Проектирование конструкции и разработка документации металлостеклянного корпуса микросхемы	8	2	4	-	2
2.	Проектирование конструкции и разработка документации металлополимерного корпуса микросхемы на основе выводных рамок (корпуса типа SOIC, TO, QFN) и органических подложек (корпуса типов BGA - PBGA, FC-BGA, HFCBGA)	14	2	8	-	4
3.	Проектирование конструкции и разработка документации металлокерамического корпуса микросхемы (корпуса типа PGA, CLCC)	10	2	4	-	4
	Всего	32	6	16	-	10
Промежуточная аттестация: <i>дифференцированный зачет</i>						

3.4.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1	Современные САПР, особенности работы с трехмерными моделями. Знакомство с САПР Компас-3D.	2
2	Требования ЕСКД для оформления конструкторской документации: виды, разрезы и сечения на чертеже, размеры и предельные отклонения, основные требования к чертежам, текстовые документы (спецификация), указания на чертежах	2
3	Типы корпусов микросхем. Технологические процессы, оснастки и материалы, используемые при создании корпусов микросхем	2

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1	Проектирование конструкции и разработка документации металлостеклянного корпуса микросхемы	4
2	Проектирование конструкции и разработка документации металлополимерного корпуса микросхемы на основе выводных рамок (корпуса типа SOIC, TO, QFN) и органических подложек (корпуса типов BGA - PBGA, FC-BGA, HFCBGA)	8
3	Проектирование конструкции и документации металлокерамического корпуса микросхемы (корпуса типа PGA, CLCC)	4

Перечень практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1	Подготовка к лабораторной работе №1	2
2	Подготовка к лабораторной работе №2	4
3	Подготовка к лабораторной работе №3	2
	Подготовка к Тестированию	2

3.4.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

- Методические указания для слушателей по организации изучения модуля
- Методические указания по выполнению контрольного мероприятия - тестирования

Модуль 1. “Проектирование конструкции и разработка документации металлостеклянного корпуса микросхемы”

- Описание лабораторной работы №1

Модуль 2. “Проектирование конструкции и разработка документации металлополимерного корпуса микросхемы на основе выводных рамок (корпуса типа SOIC, TO, QFN) и органических подложек (корпуса типов BGA - PBGA, FC-BGA, HFCBGA)”

- Описание лабораторной работы №2

Модуль 3. “Проектирование конструкции и разработка документации металлокерамического корпуса микросхемы (корпуса типа PGA, CLCC)”

- Описание лабораторной работы №3

Основная литература

1. Белоус А.И. Полупроводниковая силовая электроника / А.И. Белоус, С.А. Ефименко, А.С. Турцевич. - Москва : Техносфера, 2013. - 216 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/73530> (дата обращения: 01.07.2024). - ISBN 978-5-94836-367-7 : 0-00.

Периодические издания

1. Электронный журнал “Electronic Design” [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.electronicdesign.com/magazine/50248> (дата обращения: 31.05.2024)
2. System I/O Optimization with SoC, SiP, PCB Co-Design / Lance Wang // IMAPS 2019 - 52nd International Symposium on Microelectronics - Boston, MA USA - Sep. 30-Oct. 3, 2019 (<https://imapsource.org/article/56247-system-i-o-optimization-with-soc-sip-pcb-co-design/attachment/120989.pdf>)

Дополнительная литература

1. Г.Тозелло. Микролитье под давлением : пер. с англ. яз. под ред. В.Г. Дувидзона. - Санкт-Петербург : ЦОП “Профессия”, 2021. - 400 с., ил.

2. Г. Менгес. Как делать литьевые формы : пер. с англ. 3-го изд. под ред. В.Г. Дувидзона и Э.Л. Калинчева / Менгес Г., Микаэли В., Морен П. - Санкт-Петербург : ЦОП “Профессия”, 2007. - 614 с., ил.

3.4.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и доступом в интернет	Лекции	1. Аппаратное обеспечение: - от 14 до 26 компьютеров, системный блок с комплектующими не хуже: процессор Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 16 Гб, HDD 500 Гб; сервер, Intel Core i7, 3.4 ГГц, ОЗУ 16 Гб, HDD 1 Тб. - мультимедийный проектор; - экран; - МФУ; 2. Программное обеспечение: - операционная система Windows 10, 64; - Adobe Reader; - Microsoft Office; - Компас-3D.
	Лабораторные работы, самостоятельная работа	

3.4.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценки результатов выполнения тестирования (проверка знаний) и практических заданий лабораторных работ (проверка умений). Обучающийся может перейти к выполнению заданий следующего раздела только после успешного завершения заданий текущего раздела. Контроль проводит преподаватель.

Условия начисления баллов за прохождение теста:

- наличие 80-100% верных ответов, 31-40 баллов;
- наличие 50-70% верных ответов, 20-30 баллов;
- меньше 50%, 0 баллов.

Условия начисления баллов за выполнение практического задания лабораторных работ в каждом разделе:

- Лабораторная работа выполнена полностью без замечаний, получена модель корпуса и документация на него, 20 баллов;

- Лабораторная работа выполнена частично, есть замечания, 10-19 баллов;
- Лабораторная работа не выполнена, 0 баллов.

Промежуточная аттестации по модулю - дифференцированный зачет. Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система. График сдачи контрольных мероприятий представлен в таблице ниже.

Структура и график контрольных мероприятий

КМ	ЛР1	ЛР2	ЛР3	Т	ИТОГО
Максимальный балл	20	20	20	40	100

*Итоговое индивидуальное задание является обязательным для получения положительной итоговой оценки.

Т - тест

ЛР - выполнение лабораторных работ

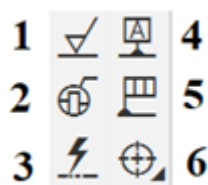
При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице ниже.

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка</i>
<i>Менее 50</i>	<i>2</i>
<i>50-69</i>	<i>3</i>
<i>70-85</i>	<i>4</i>
<i>86-100</i>	<i>5</i>

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

Примеры вопросов для тестирования

1. На основе каких принципов должна выполняться разработка конструкции электронных приборов при электронном документообороте?
2. В соответствии с ГОСТ 2.104 в основном штампе чертежа указывается материал детали?
3. Укажите номер области, на которой показана команда для простановки базы на чертеже в САПР Компас-3D

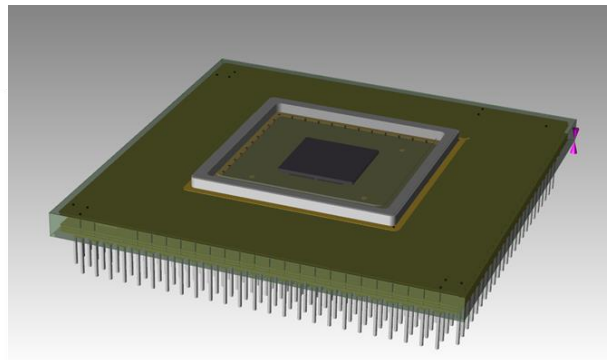
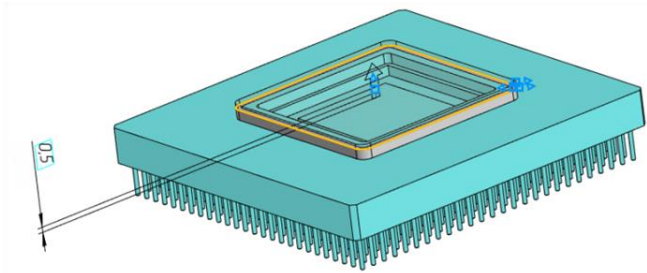


4. В соответствии с ГОСТ 2.102-2013 в зависимости от способа выполнения и характера использования конструкторские документы подразделяются только на оригиналы и подлинники?
5. В соответствии с ГОСТ 2.307-2011 на чертеже различают размеры проставляются в:

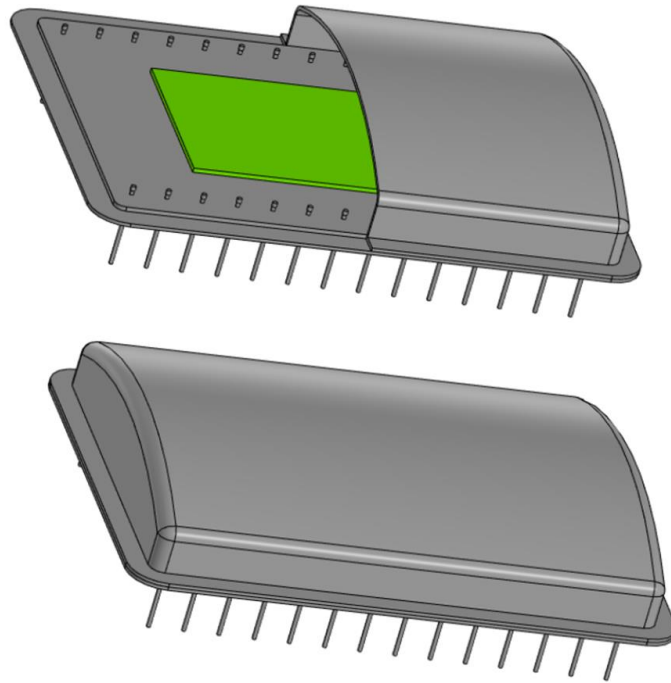
- 1) миллиметрах
- 2) дюймах
- 3) километрах
6. При создании чертежа в соответствии с ГОСТ 2.302-68 можно использовать масштаб 1:2?
7. В САПР Компас-3D, при создании стандартного резьбового отверстия можно выбрать тип резьбы ГОСТ?
8. В САПР Компас 3D при помощи операции «Вытянуть» можно добавлять (вытягивать) и удалять материал?
9. В САПР Компас 3D команда «Перестроить» служит для обновления геометрии модели после изменения ее размеров?
10. В САПР Компас 3D на каком этапе обязательно должны применяться базовые плоскости для построения эскиза?

Примеры типовых заданий для лабораторных занятий

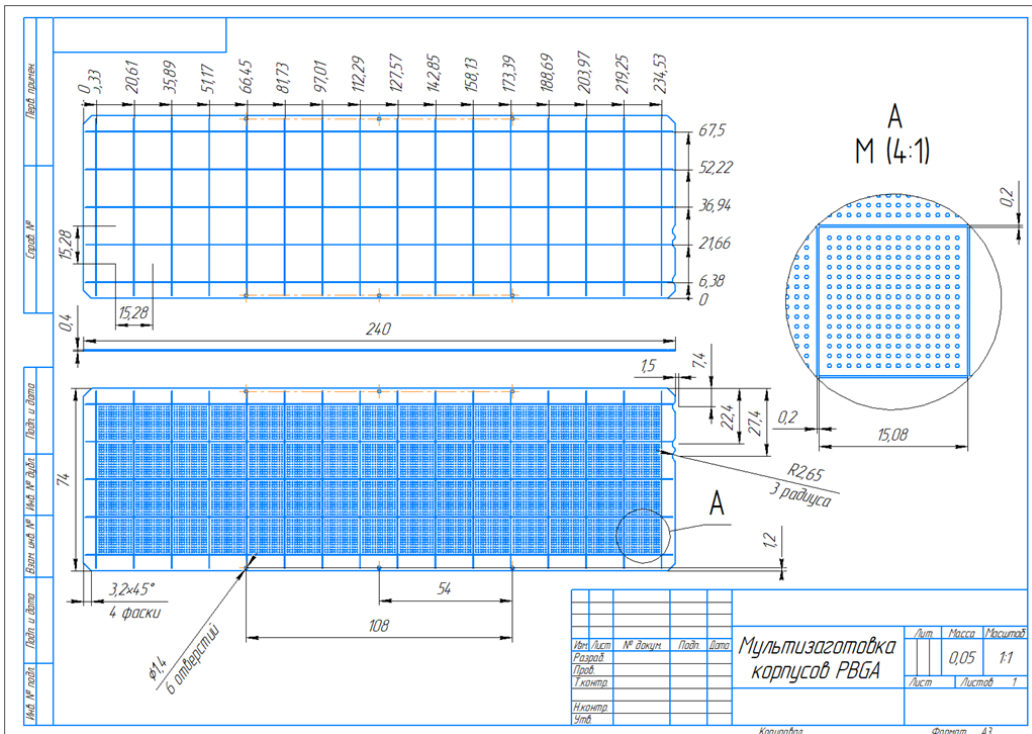
- 1) Разработка трёхмерной модели металлокерамического корпуса микросхемы, как показано на рисунке



- 2) Разработка трехмерной модели металлостеклянного корпуса микросборки, как показано на рисунке



3) Разработка конструкторской документации на мультизаготовку подложек микросхемы для корпуса PBGA. Результат показан ниже на рисунке.



3.5. Рабочая программа учебного модуля «Тепловой анализ систем в корпусе»

3.5.1. Цели и задачи модуля

Цель реализации модуля - формирование базовых знаний и умений для выполнения теплового анализа конструкции корпусов микросхем и систем в корпусе.

3.5.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

Планируемые результаты освоения модуля:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-1 Способен выполнять проектирование и моделирование конструкции корпусов микросхем и систем в корпусе.

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

Знания:

- Основ теплового моделирования и принципов построения расчетных моделей.
- Основ гидрогазодинамики, используемых при создании расчетных моделей.

Умения:

- Создавать расчетные модели корпусов микросхем с использованием специализированного программного обеспечения САПР CADFLO.

Опыт деятельности:

- Анализировать результаты теплового расчета и оптимизировать конструкцию корпусов микросхем на основе анализа.

3.5.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Тепловой анализ систем в корпусе с использованием методов вычислительной гидрогазодинамики (CFD)	30	4	16	-	10
1.1	Решение задач теплообмена методом CFD в САПР CADFLO	4	4	-	-	-
1.2	Мастер проекта, работа с моделью, теплопроводность в твердых телах, излучение	6	-	4	-	2

1.3	Естественная и вынужденная конвекция	6	-	4	-	2
1.4	Импорт структуры коммутационной подложки в проект	6	-	4	-	2
1.5	Оптимизация структуры конструкции корпуса для улучшения теплоотвода	8	-	4	-	4
	Всего	30	4	16	-	10
Промежуточная аттестация: <i>Дифференцированный зачет</i>						

3.5.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1	Решение задач теплообмена методом CFD в САПР CADFLO	4

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
1.2	Мастер проекта, работа с моделью, теплопроводность в твердых телах, излучение	4
1.3	Естественная и вынужденная конвекция	4
1.4	Импорт структуры коммутационной подложки в проект	4
1.5	Оптимизация структуры конструкции корпуса для улучшения теплоотвода	4

Перечень практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1.2	Изучение теоретического материала для лабораторной работы №1	2
1.3	Изучение теоретического материала для лабораторной работы №2	2
1.4	Изучение теоретического материала для лабораторной работы №3	2
1.5	Изучение теоретического материала для лабораторной работы №4	2
	Подготовка к тестированию	2

3.5.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература

1. Дульнев Г. Н., Тихонов С. В. Основы теории тепломассообмена, – СПб: СПбГУИТМО, 2010. – 93с
2. Белоус, А. И. Основы проектирования субмикронных микросхем / А. И. Белоус, Г. Я. Красников, В. А. Солодуха. – Москва : Рекламно-издательский центр "Техносфера", 2020. – 782 с.
3. Никитюк Ю. В. Введение в технологии компьютерного моделирования. CALS/PLM, CAE-системы: практическое руководство/ Ю. В. Никитюк, А. А. Серeda, А. Л. Самофалов ; Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2023. - 30 с.

Перечень ресурсов сети «интернет»

1. <https://cadflo.ru/> - официальный сайт CADflo
2. <https://cadflo.ru/product/cadflo> - возможности CADflo
3. <https://cadflo.ru/manual/mgchelp.htm> - руководство пользователя CADflo

Дополнительная литература

1. <https://z-lib.org/> - Thermal Stress and Strain in Microelectronics Packaging (John H. Lau (auth.), John H. Lau PhD, PE (eds.)

3.5.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом	Лекции	1. Аппаратное обеспечение: - 14 компьютеров, системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 16 Гб, HDD 500 Гб; сервер, Intel Core i7, 3.4 ГГц, ОЗУ 16 Гб, HDD 1 Тб. - мультимедийный проектор; - экран; - МФУ; 2. Программное обеспечение: - операционная система Windows 10, 64; - Adobe Reader; - Microsoft Office 2007; - CADFLO; - AutoCAD Viewer.
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом	Лабораторные работы, самостоятельная работа	

3.5.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценки результатов выполнения тестирования (проверка знаний) и практических заданий лабораторных работ (проверка умений). Обучающийся может перейти к выполнению заданий следующего раздела только после успешного завершения заданий текущего раздела. Контроль проводит преподаватель.

Условия начисления баллов за прохождение теста (из 20 вопросов):

- наличие 100-80% верных ответов, 20 баллов;
- наличие 70-50% верных ответов, 10 баллов;
- меньше 50%, 0 баллов.

Условия начисления баллов за выполнение практического задания лабораторных работ (от 3 до 5 упражнений в форме теста) в каждой теме:

- Лабораторная выполнена полностью, получены результаты анализа, 20 баллов;
- Лабораторная выполнена частично, назначены граничные условия **и** выбран тип и условия анализа, 15 баллов;
- Лабораторная выполнена частично, назначены граничные условия **или** выбран тип и условия анализа, 10

- в остальных случаях, 0 баллов.

Промежуточная аттестации по модулю - дифференцированный зачет. Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система. График сдачи контрольных мероприятий представлен в таблице ниже.

Структура и график контрольных мероприятий

Контрольные мероприятия	ЛР1	ЛР2	ЛР3	ЛР4	Т	ИТОГО
Максимальный балл	20	20	20	20	20	100

*Итоговое индивидуальное задание является обязательным для получения положительной итоговой оценки.

Т - тест

ЛР - выполнение лабораторных работ

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице ниже.

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка</i>
<i>Менее 50</i>	<i>2</i>
<i>50-69</i>	<i>3</i>
<i>70-85</i>	<i>4</i>
<i>86-100</i>	<i>5</i>

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

Примеры вопросов для тестирования

1. Что будет с сеткой, если уменьшить максимальный размер элемента сетки?
2. К чему приведет увеличение числа элементов в сетке?
3. Для какого типа теплового расчета нужна теплоемкость материала?
4. Общепринятое международное обозначение систем, предназначенных для численного моделирования физических процессов.
5. Укажите верную последовательность работы программ инженерного анализа.
6. Установите верную последовательность применения основных частей программ анализа в процессе решения задач анализа.

Примеры типовых практических заданий

1. Используя подготовленную геометрию корпуса микросхемы/микросборки назначит граничные условия для теплового анализа используя мастер проекта.
2. Используя подготовленную геометрию корпуса выполнить тепловой анализ и выявить зависимость температуры микросхемы от толщины корпуса или его материала.

3.6. Рабочая программа учебного модуля «Технологическое оборудование для корпусирования, сборки и монтажа микросхем, систем в корпусе»

3.6.1. Цели и задачи модуля

Цель реализации модуля - формирование базовых знаний и умений по корпусированию микросхем для формирования систем в корпусе, включая процессы сборки и монтажа, а также основное технологическое оборудование.

3.6.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

Планируемые результаты освоения модуля:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-1 Способен выполнять проектирование и моделирование конструкции корпусов микросхем и систем в корпусе.

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

Знания:

- типов корпусов и особенностей корпусирования микроэлектронных изделий;
- технологического оборудования для сборки и монтажа современных микросхем и систем в корпусе;
- требований к производственным помещениям для корпусирования микросхем,

Умения:

- собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа для разработки и проектирования производственных помещений для технологического оборудования;

3.6.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Корпусирование микроэлектронных изделий. Оборудование для корпусирования.	18	12	-	6	-
1.1	Производственные помещения для оборудования.	4	2	-	2	-

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.2	Технологическое оборудование для утонения и резки пластин на кристаллы.	2	2	-		-
1.3	Wire Bond монтаж. Технологическое оборудование для создания микросварных соединений.	2	2	-		-
1.4	Flip-chip монтаж. Технологическое оборудование для создания шариковых выводов.	4	2	-	2	-
1.5	Полимерные материалы, заполняющие пространство между шариками припоя и установленным кристаллом. Номенклатура и состав. Способы нанесения. Оборудование.	2	2	-		-
1.6	Литье под давлением. Способы контроля герметичности. Контроль качества и эксплуатационная надежность. Основные параметры. Оборудование.	4	2	-	2	-
	Всего	18	12	-	6	-
Промежуточная аттестация: <i>Дифференцированный зачет</i>						

3.6.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1.1	Производственные помещения для оборудования.	2
1.2	Технологическое оборудование для утонения и резки пластин на кристаллы.	2
1.3	Wire Bond монтаж. Технологическое оборудование для создания микросварных соединений.	2
1.4	Flip-chip монтаж. Технологическое оборудование для создания шариковых выводов.	2
1.5	Полимерные материалы, заполняющие пространство между шариками припоя и установленным кристаллом. Номенклатура и состав. Способы нанесения. Оборудование.	2
1.6	Литье под давлением. Способы контроля герметичности. Контроль качества и эксплуатационная надежность. Основные параметры. Оборудование.	2

Перечень лабораторных занятий

Не предусмотрены.

Перечень практических занятий

Номер раздела и темы	Наименование практического занятия	Количество часов
1.1	Проектирование производственных помещений.	2
1.4	Формирование перечня технологического оборудования для корпусирования микросхем в металлокерамических корпусах на основе исходных данных об изделии и требований	2
1.6	Формирование перечня технологического оборудования для корпусирования микросхем в металлополимерных корпусах на основе исходных данных об изделии и требований	2

Самостоятельная работа слушателей

Не предусмотрена.

3.6.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература

1. John H. Lau. Flip Chip, Hybrid Bonding, Fan-In, and Fan-Out Technology. - Springer Nature Singapore, 2024 – 501 p.
2. Белоус А.И, Паньков А.А. Корпусирование микроэлектронных приборов. Технологии, конструкции, оборудование - М.:Техносфера, 2023. – 558 с.
3. Li Y., Deepak Goyal. 3D Microelectronic Packaging from Architectures to Applications. 2021. Book 57. – p. 622
4. Печатные платы: Справочник / под редакцией К.Ф. Кумбза. Книга 1. – М.: Техносфера, 2011.- 1016 с.
5. Печатные платы: Справочник / под редакцией К.Ф. Кумбза. Книга 2. – М.: Техносфера, 2011.- 1016 с.

Перечень ресурсов сети «Интернет»

1. ОСТЕК. – URL: <https://ostec-materials.ru/> (дата обращения 05.06.24)
2. Shibuya. – URL: <https://www.shibuya.co.jp/> (дата обращения 05.06.24)
3. EastBond. – URL: <https://eastbond.ru/> (дата обращения 05.06.24)
4. www.ipc.org – Сайт международного института по сборке и монтажу электронных схем (дата обращения 05.06.24)
5. <https://epra.ru/news/kontraktная-sborка/montazh-komponentov-na-pechatnuyu-platu/> - Разработка и производство электроники (дата обращения 05.06.24)
6. Palomar. – URL: <https://www.directindustry.com/> (дата обращения 05.06.24)
7. EMEA. – URL: <https://emeaelectrosolutions.com/> (дата обращения 05.06.24)

3.6.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом	Лекции	1. Аппаратное обеспечение: - 14 компьютеров, системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 16 Гб, HDD 500 Гб; сервер, Intel Core i7, 3.4 ГГц, ОЗУ 16 Гб, HDD 1 Тб. - мультимедийный проектор;
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом	Практические занятия, самостоятельная	

	работа	- экран; - МФУ; 2. Программное обеспечение: - операционная система Windows 10, 64; - Adobe Reader; - Microsoft Office 2007; - AutoCAD Viewer
--	--------	--

3.6.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценки результатов выполнения тестирования (проверка знаний) и заданий практических занятий. Контроль проводит преподаватель.

Условия начисления баллов за прохождение теста (из 20 вопросов):

- наличие 100-80% верных ответов, 10 баллов;
- наличие 70-50% верных ответов, 5 баллов;
- меньше 50%, 0 баллов.

Условия начисления баллов за выполнение заданий практических занятий:

- задание выполнено полностью, 30 баллов;
- задание выполнено частично, 15 баллов;
- в остальных случаях, 0 баллов.

Промежуточная аттестации по модулю - дифференцированный зачет. Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система. График сдачи контрольных мероприятий представлен в таблице ниже.

Структура и график контрольных мероприятий

Контрольные мероприятия	ПЗ1	ПЗ2	ПЗ3	Т	ИТОГО
Максимальный балл	30	30	30	10	100

Т - тест

ПЗ - выполнение задания практического занятия

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице ниже.

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка</i>
<i>Менее 50</i>	<i>2</i>
<i>50-69</i>	<i>3</i>
<i>70-85</i>	<i>4</i>
<i>86-100</i>	<i>5</i>

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

Примеры вопросов для тестирования

1. ТПП, назначение и решаемые задачи.
2. Единая система ТПП и ее назначение,
3. Что определяют отраслевые стандарты?
4. Что определяют стандарты предприятия?
5. На основании, какого документа выполняется планировка производственных помещений?
6. На основании, каких материалов разрабатываются нормы технологического проектирования помещений предприятия?
7. Какие принципы положены в основу организации производственных подразделений?
8. Что такое производственная мощность цехов, участков и как она определяется?
9. Какие производственные площади относят к основным и вспомогательным? Каким образом они определяются?
10. На основании каких сведений и с какой целью разрабатываются нормы удельных производственных площадей на единицу оборудования и рабочего места, а также нормы расстановки оборудования и рабочих мест? Как определяют численность работающих при проектировании производственных подразделений?
11. Какие герметизирующие конструкции можно отнести к конструкциям, содержащим замкнутые газовые полости?
12. По каким причинам возможны повреждения герметизирующей оболочки в конструкциях, содержащих замкнутые газовые полости?
13. Какова причина появления дефектов в герметизирующей оболочке при герметизации конструктивов ЭС компаундами, не содержащими растворители?
14. Какими мерами можно уменьшить величину $\square P_T$?
15. Можно ли получить $\square P_T = 0$ в период отверждения герметизирующего компаунда?
16. В чем сущность закона Рауля?
17. Назовите технологические средства уменьшения общего давления в замкнутой полости, содержащей полимерный материал, при повышении температуры.
18. Какими мерами можно уменьшить величину P_{PC} ?
19. Можно ли получить $\square P_P = 0$ в период отверждения герметизирующего раствора полимера?
20. При каких технологических условиях процесса герметизации нельзя использовать в составе герметизирующего компаунда растворитель?
21. Зависит ли образование дефектов от вида герметика?
22. На какой стадии термообработки при герметизации (с применением полимерных материалов) изделия наиболее вероятно образование дефектов в оболочке?
23. Какова основная причина появления дефектов герметизирующей оболочки при герметизации ЭС и их конструктивов компаундами, не содержащими растворителя?

24. Какое математическое соотношение является основополагающим для регулирования давления в замкнутых газовых полостях?
25. В чем состоит сущность решения основной практической задачи при разработке процесса бездефектной герметизации, если для этого используют растворы полимеров?
26. Как влияет повышение температуры кипения растворителя на давление P_p в газовой полости при постоянной температуре и в состоянии равновесия?
27. Как влияет температура кипения растворителя на изменение давления P_p ?
28. Как изменяется P_p при повышении вязкости герметизирующей оболочки?
29. Как изменяется P_p в полости при увеличении влагосодержания герметика?
30. В каких случаях применим закон Рауля?

Примеры типовых заданий для практических занятий

Номер варианта	Задание для выполнения эскиза планировки участков
1	Участок напыления тонкопленочных элементов микросборок
2	Участок фотолитографии с автоматизированным оборудованием
3	Участок сборки и монтажа микросборок
4	Участок изготовления толстопленочных элементов микросборок
5	Участок сборки и монтажа ячейки ЭС
6	Участок для проведения испытаний (климатических, механических и др.)
7	Участок сборки и монтажа кристаллов ИС
8	Участок герметизации микросборок лазерной сваркой
9	Участок герметизации ЭС пайкой
10	Участок герметизации ИС опрессовкой

3.7. Рабочая программа учебного модуля «Основы проектирования систем на кристалле»

3.7.1. Цели и задачи модуля

Цель реализации модуля - освоение принципов проектирования систем на кристалле с учетом заданных требований в современных САПР, подготовка проекта к производству, а также формирование знаний и умений в части проектирования элементов ввода-вывода и электростатической защиты на кристалле в зависимости от типа корпуса (Wire Bond, Flip Chip) в соответствии с выбранной технологией производства.

3.7.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

Планируемые результаты освоения модуля:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-1. Способен выполнять проектирование и моделирование конструкции корпусов микросхем и систем в корпусе

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

Знания: современных комплектов средств проектирования, типов интерфейсов, активных и пассивных интегральных элементов, принципов подготовки технических заданий на разработку топологии интегральной схемы, маршрутов Digital on Top, Analog on Top, принципов построения межсоединений кристалл-корпус .

Умения: строить маршрут проектирования и верификации аналого-цифровой интегральной схемы, строить готовить дизайн к передаче на фабрику.

Опыт деятельности: в части проектирования, верификации и подготовки к производству топологии аналого-цифровой интегральной схемы, проектирование элементов ввода-вывода и электростатической защиты на кристалле под разные типы корпуса (Wire Bond, Flip Chip).

3.7.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Типы современных интегральных схем для различного применения	2	2	-	-	-
2.	Типы интерфейсов интегральных схем	2	2	-	-	-
3.	Понятие о комплекте средств проектирования (КСП). Состав, особенности. Выбор технологических опций для проекта. Элементная база для проектирования аналоговых и смешанных блоков интегральных схем	2	2	-	-	-
4.	Построения маршрута проектирования топологии аналого-цифровой интегральной схемы. Типовой маршрут проектирования СнК с использованием современных САПР.	4	4	-	-	-
4.1.	Топологическое проектирование СФ-блоков и верхнего уровня интегральной схемы в современных САПР. Топологические методы борьбы с шумами и помехами	2	2	-	-	-

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
4.2.	Принципы построения элементов ввода-вывода и элементов электростатической защиты в зависимости от выбранного типа корпуса. Обоснованный выбор корпуса.	2	2	-	-	-
5.	Построения маршрута верификации аналого-цифровой интегральной схемы	28	4	16		8
5.1.	Проверка на соответствие технологическим нормам и требованиям (DRC)	14	2	8		4
5.2.	Проверка на соответствие электрической схеме (LVS). Процедура экстракции паразитных составляющих (PEX)	14	2	8		4
6.	Подготовка к производству интегральной схемы с учетом дальнейшей интеграции в корпус. Хранение и организация данных	2	2			
	Всего	40	16	16		8
Промежуточная аттестация: <i>дифференцированный зачет</i>						

3.7.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1	Типы современных интегральных схем для различного применения	2
2	Типы интерфейсов интегральных схем	2
3	Понятие о комплекте средств проектирования (КСП). Состав, особенности. Выбор технологических опций для проекта. Элементная база для проектирования аналоговых и смешанных блоков интегральных схем. Понятие основных представлений для блоков (GDSII/CDL/LEF).	2
4.1	Топологическое проектирование СФ- блоков и верхнего уровня интегральной схемы в современных САПР	2
4.2	Топологические методы борьбы с шумами и помехами. Методы и приемы, снижающие влияние цифровой части на чувствительные аналоговые блоки.	2
5.1	Проверка на соответствие технологическим нормам и требованиям (DRC). Процедура проверки. Правила. Настройка необходимых опций для проведения проверки DRC с использованием современных САПР. Особенности проверки для больших по площади и высокоплотных ИС. Основные категории ошибок. Понятие SVRF для правил проверки. Пользовательские настройки правил DRC.	2
5.2	Проверка на соответствие электрической схеме (LVS). ERC проверка. Основные категории ошибок. Пользовательские настройки правил LVS. Процедура экстракции паразитных составляющих (PEX). Типы нетлистов, получаемых в результате выполнения PEX. Возможности и ограничения САПР. Пользовательские настройки правил PEX.	2
6	Подготовка к производству интегральной схемы с учетом дальнейшей интеграции в корпус. Финализация. Добавление финишных структур. Подготовка финального GDSII для	2

	производства. Хранение и организация данных.	
--	--	--

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
5.1	Лабораторная работа 1. Проверка на соответствие технологическим нормам и требованиям (DRC).	8
5.2	Лабораторная работа 2. Проверка на соответствие электрической схеме (LVS). Процедура экстракции паразитных составляющих (PEX).	8

Перечень практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
5.1	Подготовка к лабораторной работе 1 по теме “Проверка на соответствие технологическим нормам и требованиям (DRC)”.	4
5.2	Подготовка к лабораторной работе 2 по теме “Проверка на соответствие электрической схеме (LVS). Процедура экстракции паразитных составляющих (PEX)”.	4

3.7.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

1. Смирнов, Ю. А. Основы нано- и функциональной электроники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 320 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - URL: <https://e.lanbook.com/book/211205> (дата обращения: 04.05.2023). - ISBN 978-5-8114-1378-2. - Текст : электронный.
2. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Интегральные схемы : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. И. Иванов, П. А. Лучников, А. С. Сигов, А. П. Суржиков ; под редакцией Ю. В. Гуляева. - Москва : Юрайт, 2023. - 460 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/512259> (дата обращения: 06.07.2023). - ISBN 978-5-534-03170-6.

3. Зебрев Г.И. Физические основы кремниевой наноэлектроники : Учеб. пособие / Г.И. Зебрев. - 4-е изд. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2020. - 243 с. - (Нанотехнологии). - URL: <https://e.lanbook.com/book/66216> (дата обращения: 16.11.2020). - ISBN 978-5-00101-830-8.

3.7.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом	Лекции	3. Аппаратное обеспечение: - 14 компьютеров, системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 16 Гб, HDD 500 Гб;
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом	Лабораторные работы, самостоятельная работа	сервер, Intel Core i7, 3.4 ГГц, ОЗУ 16 - мультимедийный проектор; - экран; - МФУ; 4. Программное обеспечение: - операционная система Windows 10, 64; - Adobe Reader; - Microsoft Office 2007; - Tanner EDA - ModelSim - AutoCAD Viewer

3.7.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и итоговую аттестацию обучающихся.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценки результатов выполнения лабораторных работ (проверка опыта деятельности), для оценки знаний и умений проводится тестирование в конце обучения.

Лабораторные работы и тестирование являются обязательными контрольными мероприятиями.

Условия начисления баллов за прохождение теста (из 20 вопросов):

- наличие 100-86% верных ответов, 40 баллов;
- наличие 70-85% верных ответов, 30 балла;
- наличие 50-69% верных ответов, 20 балла;
- менее 50% верных ответов, 0 баллов.

Условия начисления баллов за выполнение и защиту лабораторных работ:

- наличие 100% выполненного задания, 20 баллов;

- наличие 50% выполненного задания, 15 баллов;
- наличие одного выполненного правильно задания, 10 баллов;
- ни одного выполненного правильно задания, 0 баллов.

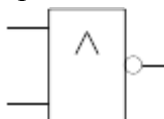
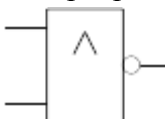
Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система. Структура и сроки сдачи контрольных мероприятий, а также детальная схема начисления баллов представлена в таблице ниже.

Структура и график контрольных мероприятий

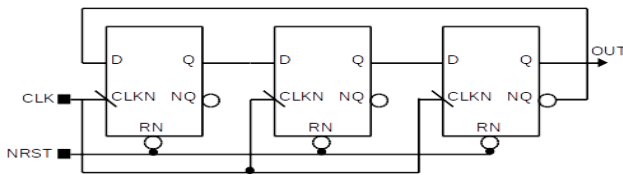
Контрольные мероприятия	ЛР1	ЛР2	Итоговое тестирование	ИТОГО
Максимальный балл	30	30	40	100

Примеры вопросов для тестирования

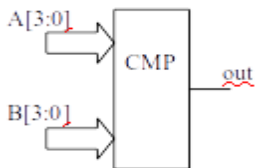
1. Какой из перечисленных блоков не является аналоговым?
 - а) компаратор;
 - б) операционный усилитель;
 - в) стабилизатор напряжения;
 - г) триггер
2. Какой из перечисленных блоков не является цифровым?
 - а) компаратор;
 - б) триггер;
 - в) счетчик;
 - г) операционный усилитель
3. В каком формате передается топология кристалла на фабрику?
 - а) GDSII;
 - б) doc;
 - в) eps;
 - г) pdf
4. Что относится к методам экономии потребляемой мощности?
 - А) Снижение рабочей частоты блоков.
 - Б) Уменьшение напряжения питания блоков.
 - В) Экранирование блоков
5. Как изменяется ток утечки в МОП-транзисторах при уменьшении длины канала?
 - А) Уменьшение длины канала не влияет на ток утечки.
 - Б) Ток утечки уменьшается.
 - В) Ток утечки увеличивается.
6. Дано два элемента Искключающее ИЛИ-НЕ. Реализуйте на основе одного элемента инвертор, а на основе второго буфер.



7. На языке описания аппаратуры Verilog разработать схему, представленную ниже. Выполнить моделирование разработанной схемы.



8. На языке описания аппаратуры Verilog разработать схему, которая определяет, что два четырехбитных сигнала (на выходе устанавливается 1) одинаковы. Выполнить моделирование разработанной схемы.



9. Закончите предложение:

Топология интегральной схемы – множество геометрических фигур, расположенных в различных _____.

10. Впишите недостающие слова в текст (в соответствии с ГОСТ 17021-88. Микросхемы интегральные. Термины и определения):

Неиспользуемый вывод интегральной микросхемы – вывод интегральной микросхемы, который не используется при обычной эксплуатации интегральной микросхемы и может иметь или не иметь _____ с контактной площадкой кристалла.

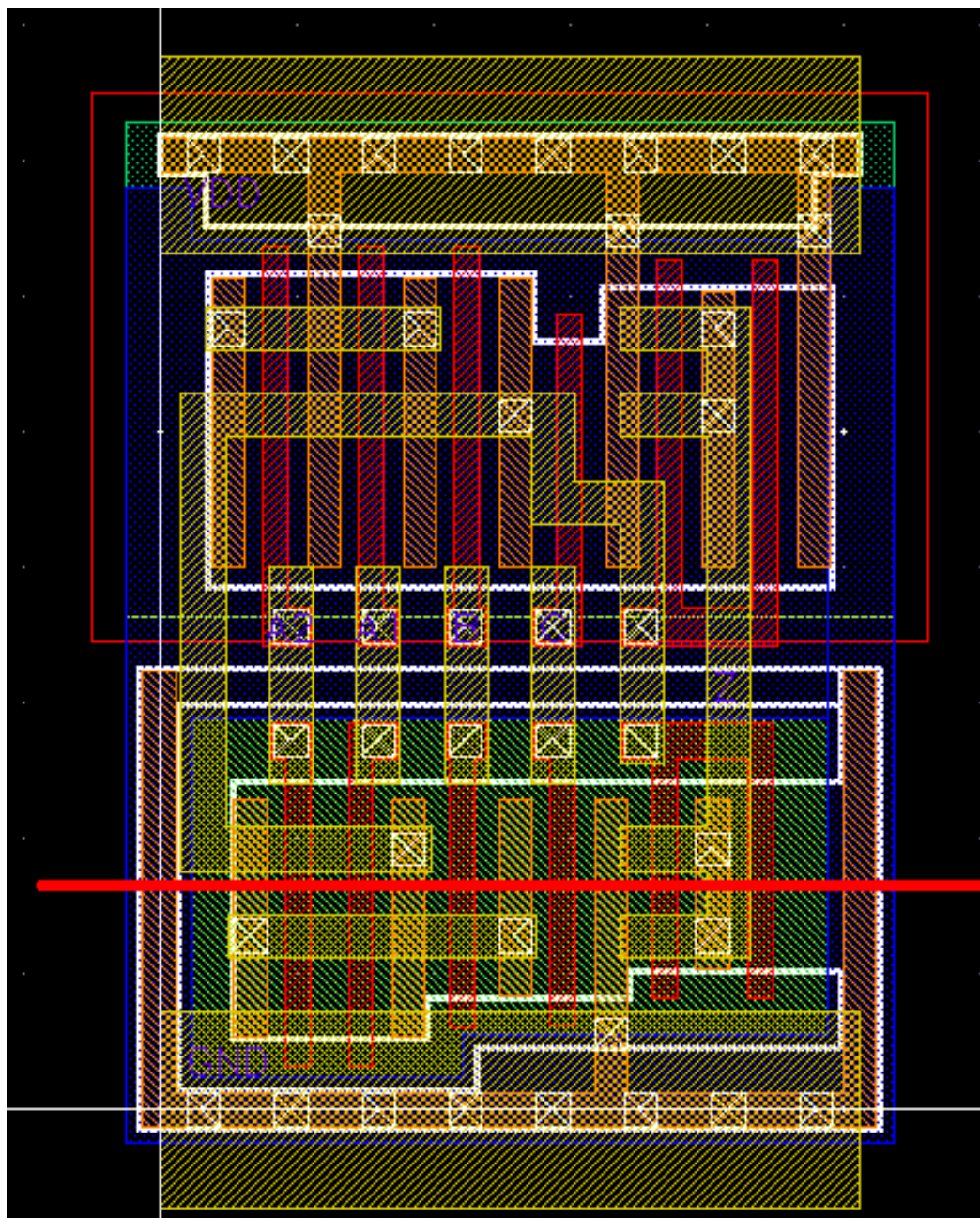
Примеры типовых заданий

1. Нарисовать поперечное сечение структуры по линии сечения, представленной на рисунке красной линией. Восстановить электрическую схему.

Слои обозначают следующее слева направо:

желтый штрих -металл 1, зеленый горошек - p+ -диффузия, синий горошек - p- - диффузия, красная штриховка -поликремний, белый квадрат с перекрестьем - контактное окно, рыжий штрих - слой металла, который с помощью отжига внедрен в поверхность подложки, красный контур - Nwell, белый контур - границы активной области.





По cdl-нетлисту восстановить электрическую схему.

```
.SUBCKT VAR1 Z A1 A2 B C
```

```
*.PININFO A1:I A2:I B:I C:I Z:O
```

```
MM8 Z net038 GND GND N W=1.40u L=0.18u M=2
```

```
MM7 net3 C GND GND N W=1.60u L=0.18u M=1
```

```
MM6 net038 B net3 GND N W=1.60u L=0.18u M=1
```

```
MM5 net9 A2 net3 GND N W=1.90u L=0.18u M=1
```

```
MM4 net038 A1 net9 GND N W=1.90u L=0.18u M=1
```

```
MM9 Z net038 VDD VDD P W=2.20u L=0.18u M=2
```

```
MM3 net038 C VDD VDD P W=1.80u L=0.18u M=1
```

```
MM2 net038 B net24 VDD P W=2.30u L=0.18u M=1
MM1 net24 A2 VDD VDD P W=2.30u L=0.18u M=1
MM0 net24 A1 VDD VDD P W=2.30u L=0.18u M=1
.ENDS
```

Установить, соответствует ли топология данному нетлисту.

2. Разработать Verilog описание мультиплексора из 4 в 1 с использованием конструкции assign. Разработать блок тестовых воздействий. Входы: IN[3:0] - шина данных; SEL[1:0] - шина сигналов управления (выбора одного из входов для трансляции на выход). Выход: OUT.

3.8. Рабочая программа учебного модуля «Организация работ по разработке корпусов микросхем и систем в корпусе в PLM-системе»

3.8.1. Цели и задачи модуля

Цель реализации модуля - формирование базовых знаний для работы в едином информационном пространстве при выполнении НИОКР, первичных умений по организации работ по разработке систем в корпусе на основе решений Союз-PLM, имеющих интеграцию с САПР типа MCAD и ECAD.

3.8.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

Планируемые результаты освоения модуля:

Формируемая профессиональная компетенция:

ПК-3. Способен осуществлять организацию выполнения работ по проектированию корпусов микросхем и систем в корпусе.

В результате освоения данного модуля обучающийся должен:

знать:

- нормативно-техническую документацию и техническую литературу по использованию систем PDM/PLM;
- назначение и функционал систем PDM/PLM (на примере системы Союз-PLM, а также модулей интеграции с САПР типа MCAD (на примере SolidWorks), ECAD (на примере Altium Designer) и с офисными приложениями (на примере MS Office));
- этапы жизненного цикла изделия электронной техники;
- методы автоматизации процессов управления конструкторско-технологических работ в едином информационном пространстве;
- роль PDM/PLM-систем в разработке современных изделий на предприятиях;
- примеры зарубежных и отечественных PDM/PLM-решений;
- квалификацию САПР;
- средства просмотра и аннотирования данных САПР;
- механизмы проверки и согласования документации в электронной форме;
- этапы внедрения систем управления жизненным циклом изделия и данными об изделии на приборостроительных предприятиях;
- способы создания различных видов документов (на примере системы Союз-PLM);

- способы коммуникации между сотрудниками в PLM-системе.

уметь:

- использовать внутренние инструменты обмена информацией (почта, чат, средства оповещения и напоминаний);
- пользоваться средствами предварительного и подробного просмотра документации, данных САПР (электронных моделей деталей и сборочных единиц, графических и текстовых видов документов, электрических схем, топологии печатных плат, различных растровых изображений и др.);
- создавать и отслеживать проекты по выполнению НИОКР средствами PLM (на примере Союз-PLM);
- создавать и настраивать бизнес-процессы (workflow).

Иметь опыт по организации выполнения работ по разработке корпусов микросхем и систем в корпусе средствами PLM

3.8.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Нормативно-техническая документация. Классификация САПР. PDM/PLM-системы.	2	2	-	-	-
1.1	Определения. Стандарты по разработке технической документации в электронной форме с применением PDM/PLM-систем и автоматизации инженерных задач в рамках выполнения НИОКР. Классификация САПР. Зарубежные и отечественные PDM/PLM-системы.	2	2	-	-	-
2.	Ведение единой базы данных технической документации. НСИ.	4	2	2	-	-
2.1	Электронная структура изделия. Система Союз-PLM. Интерфейс. Основные настройки и принципы работы в системе. Работа с модулем интеграции MS Office. НСИ (материалы, стандартные изделия,	2	2	2	-	-

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
	прочие изделия).					
3.	Информационная поддержка жизненного цикла систем в корпусе.	8	4	4	-	-
3.1	Этапы жизненного цикла систем в корпусе. Основные инструменты создания и настройки бизнес-процессов (workflow). Интеграция с внешними почтовыми сервисами.	4	2	2	-	-
3.2	Принципы создания и сопровождения проектов в среде Союз-PLM.	4	2	2	-	-
4.	Оформление конструкторской документации на систему в корпусе средствами САПР в PLM.	2	2	-	-	-
4.1	Оформление конструкторской документации на систему в корпусе (создание графических и текстовых видов документов) средствами САПР в PLM	2	2	-	-	-
5.	Согласование документации. Служба технической документации. Внедрение PDM/PLM-систем.	2	2	-	-	-
5.1	Работа с инструментами согласования Союз-PLM и работа со службой технической документацией. Этапы внедрения систем управления жизненным циклом изделия и данными об изделии. Интерактивные электронные технические руководства	2	2	-	-	-
	Всего	18	12	6		-

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
Промежуточная аттестация: дифференцированный зачет						

3.8.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Номер раздела и темы	Краткое содержание	Количество часов
1	Нормативно-техническая документация. Классификация САПР. PDM/PLM-системы.	2
1.1	<p>Определения. Стандарты по разработке технической документации в электронной форме с применением PDM/PLM-систем и автоматизации инженерных задач в рамках выполнения НИОКР. Классификация САПР. Зарубежные и отечественные PDM/PLM-системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - термины и определения по PDM/PLM; - стандарты ЕСКД по созданию, хранению и сопровождению технической документации в электронной форме; - классификация САПР; - задачи и функции PDM и PLM; - обзор рынка систем автоматизации и управления конструкторских, технологических работ, зарубежных и отечественных PDM/PLM-системы в области электронного приборостроения. 	2
2	Ведение единой базы данных технической документации. НСИ.	2
2.1	<p>Электронная структура изделия. Система Союз-PLM. Интерфейс. Основные настройки и принципы работы в системе. Работа с модулем интеграции MS Office. НСИ (материалы, стандартные изделия, прочие изделия):</p> <ul style="list-style-type: none"> - состав изделия; - средства эффективного поиска; - нормативно-справочная информация PLM-систем. 	2

	<ul style="list-style-type: none"> - интерфейс системы Союз-PLM; - авторизация в системе; - работа с внутренней почтой (электронные письма, рабочий чат); - работа с офисными документами с интеграцией с программным пакетом Microsoft Office; - работа с поисковой системой; - средства просмотра данных САПР. 	
3.	Информационная поддержка жизненного цикла систем в корпусе	4
3.1	<p>Этапы жизненного цикла изделия электронной техники. Основные инструменты создания и настройки бизнес-процессов (workflow). Интеграция с внешними почтовыми сервисами:</p> <ul style="list-style-type: none"> - этапы жизненного цикла изделия электронной техники; - автоматизация процессов управления конструкторско-технологических работ в едином информационном пространстве; - электронный документооборот; - виды электронных подписей. 	2
3.2	<p>Принципы создания и сопровождения проектов в среде Союз-PLM:</p> <ul style="list-style-type: none"> - интеграция систем управления проектами с PDM-системами; - средства просмотра и аннотирования данных из САПР; - разработка бизнес-процессов. 	2
4.	Оформление конструкторской документации на систему в корпусе средствами САПР в PLM	2
4.1	<p>Оформление конструкторской документации на систему в корпусе (создание графических и текстовых видов документов) средствами САПР в PLM:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оформление электрических схем; - оформление перечня элементов и ведомости покупных изделий; - оформление чертежей деталей, сборочных единиц и спецификаций на печатную плату и электронный модуль. 	2
5.	Согласование документации. Служба технической документации. Внедрение PDM/PLM-систем.	2
5.1	Работа с инструментами согласования Союз-PLM и работа со	2

	<p>службой технической документацией. Этапы внедрения систем управления жизненным циклом изделия и данными об изделии. Интерактивные электронные технические руководства:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выполнение задач через бизнес-процесс; - процедура согласования через бизнес-процесс; - служба ведения технической документации; - интерактивные электронные технические руководства; - этапы внедрения систем управления жизненным циклом изделия и данными об изделии на приборостроительных предприятиях. 	
--	--	--

Перечень лабораторных занятий

Номер раздела и темы	Наименование лабораторного занятия	Количество часов
2.1	Получение базовых навыков работы в Союз-PLM	2
3.1	Работа с модулем workflow	2
3.2	Работа с модулем управления проектами	2

Перечень практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

Самостоятельная работа слушателей

Самостоятельная работа слушателей не предусмотрена.

3.8.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература

1. Малюх В. Н. [Электронный ресурс]: Курс лекций / В.Н. Малюх. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 192 с. - Доступ к электронной версии книги открыт на сайте <http://e.lanbook.com/> по ссылке https://e.lanbook.com/book/1314#book_name (дата обращения: 28.03.2024)
2. Достанко А.П. Технология и автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов / Под ред. А.П. Достанко, Ш.М. Чабадарова. - М.: Радио и связь, 1989. - 623 с.
3. Бондаренкова И. В., Интегрированные системы управления жизненным циклом продукции: учебно-методическое пособие / И. В. Бондаренкова. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – 55 с.
4. Синельников А.В. Автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства радиоэлектронных средств. Основы технического документооборота: учебное пособие / А.В. Синельников. - Новосибирск: НГТУ, 2020. - 84 с.

5. Ездаков А.Л. Экспертные системы САПР: Учеб. пособие / А.Л. Ездаков. - М.: МИЭТ, 2008. - 159 с.
6. Гардан И. Машинная графика и автоматизация конструирования: Пер. с фр. / Гардан И., Люка М.. - М.: Мир, 1987. - 272 с.
7. Райан Д. Инженерная графика САПР: Пер. с англ. / Райан Д.. - М.: Мир, 1989. - 391 с.
8. Никитюк Ю. В. Введение в технологии компьютерного моделирования. CALS/PLM, CAE-системы: практическое руководство/ Ю. В. Никитюк, А. А. Серeda, А. Л. Самофалов ; Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2023. - 30 с.
9. Stark J. Product lifecycle management (PLM) //Product Lifecycle Management (Volume 1) 21st Century Paradigm for Product Realisation. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – С. 1-32.
10. Гельмерих Р. Введение в автоматизированное проектирование: Пер. с нем / Гельмерих Р., Швиндт П.. - М.: Машиностроение, 1990. - 173 с.

Периодические издания

1. САПР И ГРАФИКА: Журнал об автоматизации проектирования, компьютерном анализе, техническом документообороте. / КомпьютерПресс, 2000-2023 гг.
2. CADmaster: Журнал для профессионалов в области САПР, 2000-2023 гг.
3. Никитюк Ю. В. Введение в технологии компьютерного моделирования. CALS/PLM, CAE-системы: практическое руководство/ Ю. В. Никитюк, А. А. Серeda, А. Л. Самофалов ; Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2023. - 30 с.

Нормативные документы

1. ГОСТ 2.001-2013 Единая система конструкторской документации. Общие положения
2. ГОСТ 2.051-2013 Единая система конструкторской документации. Электронные документы.
3. Общие положения
4. ГОСТ 2.055-2014 Единая система конструкторской документации. Электронная спецификация.
5. Общие положения
6. ГОСТ 2.058-2016 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения реквизитной части электронных конструкторских документов
7. ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов
8. конструкторской документации. Правила передачи электронных конструкторских документов. Общие положения
9. ГОСТ 2.512-2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения пакета данных для передачи электронных конструкторских документов. Общие положения
10. ГОСТ Р 54089-2018 Электронное дело изделия. Основные положения и общие требования

11. ГОСТ Р 54471-2011/ISO/TR 15801:2009 Системы электронного документооборота. Управление документацией. Информация, сохраняемая в электронном виде. Рекомендации по обеспечению достоверности и надежности
12. ГОСТ Р 56863-2016 Система управления полным жизненным циклом изделий высокотехнологичных отраслей промышленности. Требования к организации работ по разработке электронных конструкторских
13. документов на этапах изготовления и испытания опытного образца изделия и утверждения рабочей конструкторской документации для организации серийного производства. Общие положения
14. ГОСТ Р 56874-2016 Система управления полным жизненным циклом изделий высокотехнологичных отраслей промышленности. Требования к организации работ по разработке электронных конструкторских
15. документов на этапе разработки рабочей конструкторской документации для изготовления опытных образцов. Общие положения
16. ГОСТ Р 58299-2018 Управление данными об изделии. Порядок представления результатов проектно-конструкторских работ в электронной форме. Общие требования
17. ГОСТ Р 58300-2018 Управление данными об изделии. Термины и определения
18. ГОСТ Р 58675-2019 Автоматизированная система управления данными об изделии. Общие требования
19. ГОСТ Р 58676-2019 Электронная конструкторская документация. Виды преобразований
20. ГОСТ Р 59192-2020 Электронная технологическая документация. Основные положения
21. ГОСТ Р 59194-2020 Управление требованиями. Основные положения.
22. ГОСТ Р 2.058-2023 Правила выполнения реквизитной части электронных конструкторских документов.

Перечень ресурсов сети «интернет»

1. www.programsoyuz.ru – официальный сайт компании "Програмсоюз".
2. www.cadmaster.ru - электронный консультант для всех, кто любит инновации: инженеров и конструкторов, архитекторов и дизайнеров, геодезистов и картографов, специалистов по ГИС и многих других.
3. www.cadreview.ru - технологии САПР.
4. www.plmtwine.com - think tank Product Lifecycle Management by Oleg Shilovitsky.
5. www.plmig.com - PLM interest group.
6. www.plm-conference.com - международная конференция по PLM/PDM/ERP/Workflow.
7. www.isicad.ru - ведущий российский информационный ресурс, посвященный автоматизации инженерной деятельности, САПР, CAD/CAM/CAE, PLM.
8. <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
9. <http://e.lanbook.com/> - ЭБС издательства ЛАНЬ

10. www.intermech.ru - официальный сайт компании "Интермех". Разработка и внедрение систем автоматизации процессов конструкторской и технологической подготовки производства на машиностроительных и приборостроительных предприятиях.

3.8.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и доступом в интернет	Лекции	<p>1. Аппаратное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 14 компьютеров, системный блок с параметрами не хуже: процессор Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 16 Гб, HDD 500 Гб; сервер, Intel Core i7, 3.4 ГГц, ОЗУ 16 Гб, HDD 1 Тб, монитор 19 дюймов - мультимедийный проектор; - видео-аудио гарнитура; - экран; - МФУ; <p>2. Программное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - операционная система Windows 10; - БИС Союз-PLM; - Программы Microsoft Office; - Solid Works 2020; - Altium Designer 2020. <p>Интерактивные комплексы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - «Согласование комплекта КД в электронном виде» - «Интерактивные презентации с тестированием»
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и доступом в интернет	Лабораторные работы, самостоятельная работа	

3.8.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Текущий контроль состоит из проверки знаний в соответствии с контрольными вопросами лекций и лабораторных работ в каждом разделе и из оценивания выполнения заданий лабораторных работ. Проверка знаний и оценивание выполнения заданий проводится в очном режиме после проведения первой лекции и завершения выполнения каждой из лабораторных работ в рамках процедуры защиты заданий. Защита заданий по разделу 1 дает 10 баллов, защита заданий по разделам 2, 3 и 5 – 20 баллов, 4 – 30 баллов (100 баллов за все).

Перечень контрольных мероприятий, критерии оценивания и максимальные баллы за их выполнения приведены ниже в таблице.

Детальная схема начисления баллов представлена в таблице ниже.

Наименование	Критерий оценивания	Условия начисления баллов	Количество баллов
Нормативно-техническая документация. Классификация САПР. PDM/PLM-системы.	Знание стандартов по разработке технической документации в электронной форме и классификации САПР.	Верные ответы на 100% вопросов	10
		Наличие половины верных ответов	5
		Ни одного верного ответа	0
Ведение единой базы данных технической документации. НСИ.	Знание теории ведения технической документации.	Верные ответы на 100% вопросов	10
		Наличие половины верных ответов	5
		Ни одного верного ответа	0
	Освоение способов создания различных объектов, освоение почтовой и поисковой систем.	Все задания лабораторной работы выполнены правильно	15
		Задания лабораторной работы выполнены с ошибками	5
		Задания лабораторной работы не выполнены	0
Информационная поддержка жизненного цикла систем в корпусе.	Знание теории о поддержке жизненного цикла изделия и автоматизации технического документооборота	Верные ответы на 100% вопросов	15
		Наличие половины верных ответов	5
		Ни одного верного ответа	0

	Создание проекта с отслеживанием дат и временем выполнения	Все задания лабораторной работы выполнены правильно	15
		Задания лабораторной работы выполнены с ошибками	5
		Задания лабораторной работы не выполнены	0
	Создание бизнес-процесса с назначением ролей	Все задания лабораторной работы выполнены правильно	10
		Задания лабораторной работы выполнены с ошибками	5
		Задания лабораторной работы не выполнены	0
Оформление конструкторской документации на систему в корпусе средствами САПР в PLM.	Знание теории об интеграции конструкторских САПР, о параметрическом создании стандартных и прочих изделий, создании материалов и сортаментов, а также создание электронных компонентов.	Верные ответы на 100% вопросов	15
		Наличие половины верных ответов	10
		Ни одного верного ответа	0
Согласование документации. Служба технической документации. Внедрение PDM/PLM-систем.	Знание теории о внедрении систем PLM/PDM.	Верные ответы на 100% вопросов	10
		Наличие половины верных ответов	5
		Ни одного верного ответа	0

Промежуточная аттестации по модулю - дифференцированный зачет. Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система. График сдачи контрольных мероприятий представлен в таблице ниже.

Структура и график контрольных мероприятий

Контрольные мероприятия	T1	Лаб1	T2	Лаб2	T3	Лаб3	T4	T5	ИТОГО
Максимальный балл	10	15	10	15	15	10	15	10	100

T1 – T5, тесты разделов №1-5.

Лаб1 – Лаб3, лабораторные работы №1-3.

При выставлении оценки используется шкала, приведенная в таблице ниже.

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка</i>
<i>Менее 50</i>	<i>2</i>
<i>50-69</i>	<i>3</i>
<i>70-85</i>	<i>4</i>
<i>86-100</i>	<i>5</i>

Примеры контрольных вопросов для тестирования

Раздел 1.

1. Основное назначение стандартов ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПП.
2. Основные электронные виды КД.
3. Содержательная и реквизитная части электронного документа.
4. Состав и структура САПР.
5. Что такое PDM.

Раздел 2.

6. Понятия PDM и PLM. Отличие этих двух видов систем.
7. Возможные модули интеграции с PDM/PLM системами.
8. Инструменты расширенного поиска.
9. Понятие НСИ.

Раздел 3

10. Основные этапы ЖЦИ для изделий.
11. Методы управления жизненным циклом изделия.
12. Понятие диаграммы Ганта.
13. Понятие WorkFlow (бизнес-процессов).
14. Средства просмотра и аннотирования данных САПР.

Раздел 4

15. Функционал современных 3D-систем и способы представления 3D моделей.
16. Типы объектов в системах PDM/PLM.

17. Атрибуты основной надписи схемы, чертежа.
18. Определения ревизии, версии, исполнения.

Раздел 5

19. Этапы внедрения PDM/PLM-систем.
20. Проблемы внедрения PDM/PLM-систем.
21. Интерактивные электронные технические руководства.

Примеры типовых заданий в лабораторных работах

1. Проведите с помощью бизнес-процесса в Союз-PLM согласование комплекта конструкторской документации на систему в корпусе.
2. Создайте с помощью модуля “Управление проектами” в Союз-PLM задачи с этапами разработки подложки корпуса микросхемы FC-BGA в ECAD-системе.

3.9. Рабочая программа практики

3.9.1. Цели и задачи практики

Целью практики является знакомство с участком корпусирования микросхем и микросборок на предприятии, слушатели на практике ознакомятся с технологической линейкой, процессами и технологиями корпусирования.

3.9.2. Требования к результатам освоения практики

Планируемые результаты освоения практики:

Практика участвует в формировании компетенции:

ПК-1. Способен выполнять проектирование и моделирование конструкции корпусов микросхем и систем в корпусе

В результате прохождения практики обучающийся должен иметь:

Опыт деятельности: иметь представление по работе на технологическом оборудовании по корпусированию микросхем и микросборок на предприятии микроэлектроники

3.1.4. Учебно-тематический план практики

№	Наименование разделов и тем	Всего, час	Контактная работа, час			Самостоятельная работа, час
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Практика	8	-	-	-	8
	Всего	8	-	-	-	8

№	Наименование разделов и тем	Всего , час	Контактная работа, час			Самост оятельн ая работа, час
			Лек ции	Лабора торн ые заняти я	Практич еск ие заняти я	
Промежуточная аттестация: дифференцированный зачет						

3.9.5. Содержание практики

Самостоятельная работа слушателей

Номер раздела и темы	Вид работы или краткое содержание работы	Количество часов
1	Изучение функциональных возможностей технологического оборудования для корпусирования микросхем в металлокерамические корпуса	2
1	Изучение функциональных возможностей технологического оборудования для корпусирования микросхем в металлополимерные корпуса	4
1	Изучение функциональных возможностей технологического оборудования для корпусирования микросхем в металlostеклянные корпуса	2

3.9.6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

1. John H. Lau. Flip Chip, Hybrid Bonding, Fan-In, and Fan-Out Technology. - Springer Nature Singapore, 2024 – 501 p.
2. Белоус А.И, Паньков А.А. Корпусирование микроэлектронных приборов. Технологии, конструкции, оборудование - М.: Техносфера, 2023. – 558 с.
3. Li Y., Deepak Goyal. 3D Microelectronic Packaging from Architectures to Applications. 2021. Book 57. – p. 622.
4. Белоус А.И., Емельянов В.А. Основы технологии микромонтажа интегральных схем. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 316 с. ISBN 978-5-94074-864-9.
5. Дмитриев, В. Д. Технология микросборок специального назначения [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / В. Д. Дмитриев, М. Н. Пиганов, С. В. Тюлевин, 2012. – 87 с.
6. Yan Li, Deepak Goal. 3D Microelectronic Packaging. From fundamentals to Applications / Springer. 2017. – 465 p. – ISBN 978-3-319-44584-7.

7. Swaminathan, M. WSPC Series in Advanced Integration and Packaging: Volume 2. Design and Modeling for 3D ICs and Interposers / M. Swaminathan, Ki Jin Han. – World Scientific, 2013. – 380 p.
8. Richard K. Ulrich, William D. Brown. Advanced Electronic Packaging, 2nd Edition. Wiley-IEEE Press, New York, 2006. – 840 p.

3.9.7. Материально-техническое обеспечение модуля

Место прохождения практики должно быть оснащено техническими и программными средствами необходимыми для выполнения целей и задач практики: портативными и/или стационарными компьютерами с необходимым программным обеспечением и выходом в Интернет, в том числе предоставляется возможность доступа к информации, размещенной в открытых и закрытых специализированных базах данных.

3.9.8. Система контроля и оценивания

Промежуточная аттестация по практике - дифференцированный зачет, проводится комиссией. Оценка качества освоения заданий практики проводится по отчету и выступлению слушателей с ответами на вопросы.

Показатель оценки	Критерий оценивания достижения показателя	Количество баллов
Отчет	Содержит полное описание технологической линейки предприятия	30
		0
Доклад и ответы на вопросы	Слушатель показал знание технологий корпусирования используемых на предприятии	30
		0
	Даны грамотные и полные ответы на вопросы по проделанной работе	40
		0

При выставлении оценки используется шкала, приведенная в таблице ниже.

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50-69	3
70-85	4
86-100	5

4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Описание учебно-методического и материально-технического обеспечения программы переподготовки приведено в рабочих программах учебных дисциплин (модулей), практик/стажировок.

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Оценка качества освоения программы переподготовки включает текущую, промежуточную аттестацию в модулях, практике и итоговую аттестацию обучающихся в виде демонстрационного экзамена. Итоговый контроль проводится комиссией, состоящей из преподавателей и представителей профессионального сообщества по результатам защиты выполненного итогового индивидуального задания (проверка опыта деятельности). Задания для демонстрационного экзамена предоставляются представителями предприятий-партнеров. На выполнение и защиту задания слушателям отводится 6 часов. Задание представляет собой решение реальной производственной задачи специалиста по проектированию систем в корпусе, в ходе выполнения которой слушатель показывает как он умеет применить на практике полученные в ходе обучения знания и умения.

Пример индивидуального задания для итоговой аттестации:

Скорректировать проект и конструкторскую документацию изделия микросхемы в металлополимерном корпусе PBGA согласно исходным данным и требованиям, выполнив необходимые изменения в топологии органической подложки в САПР ECAD и конструкции корпуса в САПР MCAD.

Исходные данные:

- тип микросхемы: микроконтроллер;
- количество контактных площадок на кристалле: 174;
- планарные размеры кристалла: не более 8x8 мм;
- толщина кристалла: 460 мкм;
- способ монтажа кристалла на подложку: wire bonding;
- планарные размеры подложки: не более 18x18 мм;
- количество слоев подложки: не более 4;
- тип расположения внешних выводов: матричное, по всей площади подложки;
- шаг внешних выводов на подложке: не более 1 мм;
- диаметр внешних выводов на подложке: не более 0,6 мм;
- топологические нормы на подложке: не меньше чем 30 мкм.

В результате выполнения задания демонстрационного экзамена слушатели должны показать что они умеют проводить моделирование и конструирование корпусов/подложек микросхем/систем в корпусе под различные требования ТЗ, способны разрабатывать комплект конструкторской документации на корпус микросхемы и системы в корпусе, использовать в процессе разработки средства PLM.

Критерии оценки итогового демонстрационного экзамена

Код и формулировка компетенции	Критерии оценивания	Условия начисления баллов	Количество баллов
ПК-1. Способен выполнять проектирование и моделирование конструкции корпусов микросхем и систем в корпусе	Разработан корпус/подложка микросхемы/система в корпусе	в полном объеме, без ошибок	30
		частично/ с ошибками	15
		не проведено	0
	Проведено моделирование процессов	в полном объеме, без ошибок	30
		частично/ с ошибками	15
		нет	0
ПК-2. Способен разрабатывать комплект конструкторской документации на корпус микросхемы и системы в корпусе	Подготовлен комплект КД	в полном объеме, без ошибок	20
		частично/ с ошибками	10
		нет	0
ПК-3. Способен осуществлять организацию выполнения работ по проектированию корпусов микросхем и систем в корпусе	Результаты размещены в PLM и подписаны электронной подписью	да	20
		нет	0

Оценивание итогового демонстрационного экзамена проводится комиссией, подсчитывается средний балл по каждому критерию. При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице ниже.

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка</i>
<i>Менее 50</i>	2
<i>50-69</i>	3
<i>70-85</i>	4
<i>86-100</i>	5

Лицам, успешно освоившим Программу и прошедшим итоговую аттестацию, выдается документ о квалификации: диплом о профессиональной переподготовке.

Лицам, не прошедшим итоговую аттестацию или получившим на итоговой аттестации неудовлетворительные результаты, а также лицам, освоившим часть Программы и (или) отчисленным из Университета, выдается справка об обучении или о периоде обучения по образцу, самостоятельно устанавливаемому Университетом.

Разработчики программы:

канд. техн. наук, доцент Института НМСТ, нач. НИЛ ТКПМ	Д.В. Вертянов
канд. техн. наук, доцент Института НМСТ, научный сотрудник НИЛ ТКПМ	С.С. Евстафьев
канд. техн. наук, доцент Института НМСТ	П.Н. Разживалов
канд. техн. наук, доцент Института НМСТ	В.А. Лавренов
канд. техн. наук, доцент Института НМСТ	Н.М. Горшкова
ст. преподаватель Института НМСТ, ведущий инженер НИЛ ТКПМ	А.Ю. Титов

Согласовано:

И.О. директора ДРОП	И.М. Никулина
Руководитель направления «Электронное машиностроение»	А.В. Щагин
Директор Института НМСТ	С.П. Тимошенко

Лицам, успешно освоившим Программу и прошедшим итоговую аттестацию, выдается документ о квалификации: диплом о профессиональной переподготовке.

Лицам, не прошедшим итоговую аттестацию или получившим на итоговой аттестации неудовлетворительные результаты, а также лицам, освоившим часть Программы и (или) отчисленным из Университета, выдается справка об обучении или о периоде обучения по образцу, самостоятельно устанавливаемому Университетом.

Разработчики программы:

канд. техн. наук, доцент Института НМСТ,
нач. НИЛ ТКПМ



Д.В. Вертянов

канд. техн. наук, доцент Института НМСТ,
научный сотрудник НИЛ ТКПМ



С.С. Евстафьев

канд. техн. наук, доцент Института НМСТ



П.Н. Разживалов

канд. техн. наук, доцент Института НМСТ



В.А. Лавренов

канд. техн. наук, доцент Института НМСТ



Н.М. Горшкова

ст. преподаватель Института НМСТ,

ведущий инженер НИЛ ТКПМ



А.Ю. Титов

Согласовано:

И.О. директора ДРОП



И.М. Никулина

Руководитель направления «Электронное машиностроение»



А.В. Щагин

Директор Института НМСТ



С.П. Тимошенко