

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

И.Г. Игнатова

2021

ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
«Комплексное проектирование печатных плат с учетом требований по целостности
сигналов в маршруте САПР Mentor Graphics»

Программа повышения квалификации разработана в Центре НТИ «Сенсорика»

Москва - 2021

1. Цель реализации программы

Разработка сложных высокоскоростных электронных микросистем, к которым безусловно, относятся интеллектуальные сенсоры, не мыслима без применения современных систем автоматизированного проектирования (САПР). САПР PADS Professional в сочетании со средством анализа высокоскоростных цепей HyperLynx является мощным инструментом для комплексной разработки микросистем и сенсоров, и позволяет объединить широкий функционал сквозного маршрута проектирования и доступную стоимость.

Цель реализации программы является получение новой компетенции: проектирование систем/микросистем на печатных платах с учетом требований по целостности сигналов в маршруте PADS Professional компании Mentor Graphics, соответствующей отдельным трудовым функциям (ТФ) профстандарта 29.006 «Специалист по проектированию систем в корпусе»:

ОТФ С. Разработка и моделирование конструкции и топологии изделий "система в корпусе":

С/02.7 Расчет, моделирование и трассировка отдельных частей изделий «система в корпусе».

С/03.7 Проведение трассировки и компоновки изделий "система в корпусе".

С/04.7 Проверка топологии на соответствие технологическим нормам.

2. Требования к результатам обучения

Формируемая профессиональная компетенция – проектирование систем/микросистем на печатных платах и анализ целостности сигналов в маршруте PADS Professional с HyperLynx SI/PI/Thermal компании Mentor Graphics.

В результате освоения данной программы слушатель должен:

знать:

- решения компании Mentor Graphics для проектирования интеллектуальных сенсоров;
- основные понятия, термины, определения САПР печатных плат;
- структуру и программы сквозного маршрута проектирования PADS Professional для создания систем/микросистем на печатных платах;
- комплекс HyperLynx для анализа целостности сигналов, перекрестных помех и электромагнитной совместимости
- структуру, способы формирования и поддержки центральной библиотеки проектов микросистем на печатных платах (Library Tools);
- основы создания схем электрических принципиальных, упаковки и передачи данных в топологию;
- основные приёмы размещения элементов и компонентов, приёмы ручной и автоматической разводки топологии, ориентированные на высокую степень интеграции и производительность;
- методы обеспечения целостности сигналов и электромагнитной совместимости в

- системах на печатных платах;
- основы технологической подготовки к производству микросистем на печатных платах.
- уметь:**
- создавать компоненты электрорадиоизделий (ЭРИ) для библиотеки проектов микросистем на печатных платах в Library Tools;
 - создавать схемы электрические принципиальные в PADS Designer;
 - проводить предтопологический анализ систем на печатных платах в редакторе LineSim;
 - проводить посттопологический анализ систем на печатных платах в редакторе BoardSim;
 - анализировать результаты моделирования и проводить оптимизацию проектов систем на печатных платах
 - проектировать двухсторонние и многослойные печатные платы микросистем в PADS Layout;
 - подготавливать проект печатной платы к производству.
- иметь практический опыт** по проектированию систем на печатных платах средствами маршрута PADS Professional компании Mentor Graphics

3. Содержание программы

Учебный план

программы повышения квалификации

Комплексное проектирование печатных плат с учетом требований по целостности сигналов в маршруте САПР Mentor Graphics

Категория слушателей – сотрудники предприятий, профессиональной деятельностью которых является проектирование электронных средств (инженер-электроник, инженер-конструктор, ведущий инженер-электроник, ведущий инженер-конструктор и другие инженеры, деятельность которых связана с проектированием систем/микросистем на печатных платах).

Срок обучения – 72 часа

Форма обучения очная/очно-заочная/электронное обучение

№ п/ п	Наименование модулей и микромодулей	Всего, час	В том числе			Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ
			Аудиторных		Самостоятельная работа	
			Лекции	Практические и лабораторные занятия		
1	Создание и сопровождение	8	3	5	-	ЭО

	центральной библиотеки компонентов ЭРИ					
2	Основы схемотехнического проектирования	10	4	6	-	ЭО
3	Топологическое проектирование	18	6	12	-	ЭО
4	Анализ целостности сигналов с помощью HyperLynx	22	6	16	-	ЭО
5	Технологическая подготовка к производству	10	4	6	-	ЭО
6	Итоговая аттестация (индивидуальное задание)	4	-	-	4	ЭО
	ИТОГО	72	23	45	4	

**Учебно-тематический план
программы повышения квалификации
Комплексное проектирование печатных плат с учетом требований по целостности
сигналов в маршруте САПР Mentor Graphics**

№	Наименование модулей и микромодулей	Всего, час	В том числе			Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ
			Лекции	Практические и лабораторные занятия	Самостоя тельная работа	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Создание и сопровождение центральной библиотеки компонентов ЭРИ	8	3	5	-	ЭО
1.1	Создание и настройка центральной библиотеки проекта	2	1	1	-	ЭО
1.2	Создание символов, посадочных мест, компонентов ЭРИ	6	2	4	-	ЭО
2	Основы схемотехнического проектирования	10	4	6	-	ЭО
2.1	Создание и настройка проекта	3	1	2	-	ЭО

2.2	Создание и редактирование схемы	4	2	2	-	ЭО
2.3	Проверка и упаковка схемы	3	1	2	-	ЭО
3.	Топологическое проектирование	18	6	12	-	ЭО
3.1	Настройка проекта и создание геометрии печатной платы	3	1	2	-	ЭО
3.2	Конструктивно-технологические ограничения	3	1	2	-	ЭО
3.3	Размещение компонентов	6	2	4	-	ЭО
3.4	Трассировка межсоединений	6	2	4	-	ЭО
4.	Анализ целостности сигналов с помощью HyperLynx	22	6	16	-	ЭО
4.1	Основные понятия целостности сигналов	6	2	4	-	ЭО
4.2	Пред-топологический анализ	8	2	6	-	ЭО
4.3	Пост-топологический анализ	8	2	6	-	ЭО
5	Технологическая подготовка к производству	10	4	6	-	ЭО
5.1	Проверка топологии на соблюдение конструктивно-технологических ограничений	4	2	2	-	ЭО
5.2	Подготовка и генерация данных для производства	4	1	3	-	ЭО
5.3	Подготовка и генерация данных для конструкторской документации	2	1	1	-	ЭО

	Итоговое индивидуальное задание	4	-	-	4	ЭО
	Всего	72	23	45	4	

**Учебная программа
повышения квалификации**

Комплексное проектирование печатных плат с учетом требований по целостности сигналов в маршруте САПР Mentor Graphics

Модуль 1. Создание и сопровождение центральной библиотеки компонентов ЭРИ (8 часов)

Микромодуль 1.1 Создание и настройка центральной библиотеки проекта (2 часа).

- 1) Введение в сквозной маршрут проектирования PADS Professional. Назначение и структура программы. Редакторы и подпрограммы в Library Tools.
- 2) Создание центральной библиотеки. Основные настройки. Формирование разделов ЭРИ. Сопровождение единой библиотеки ЭРИ на сервере предприятия. Администратор библиотеки.

Микромодуль 1.2 Создание символов, посадочных мест, компонентов ЭРИ (6 часов).

- 1) Создание символов компонентов в Symbol Editor.
- 2) Создание символов компонентов в Symbol Wizard. Импорт данных о пинах символа из DataSheet в Symbol Wizard через Excel.
- 3) Общие рекомендации по созданию посадочных мест компонентов. Уровни плотности топологии для компонентов поверхностного монтажа.
- 4) Формирование контактных площадок, переходных и монтажных отверстий (Padstack Editor). Custom Pads&Drill Symbols.
- 5) Создание посадочных мест для компонентов со штыревыми, планарными и смешанными выводами (Cell Editor). Создание посадочных мест с помощью импорта графики в формате dxf.
- 6) Калькулятор создания посадочных мест LP Wizard.
- 7) Создание компонентов. Назначение альтернативных посадочных мест с учетом применяемой технологии изготовления печатных плат.
- 8) Создание сложных компонентов. Назначение разрешенных перестановок вентиляей и выводов в элементах с целью повышения качества трассировки.

Модуль 2. Основы схемотехнического проектирования (10 часов)

Микромодуль 2.1 Создание и настройка проекта (3 часа).

- 1) Создание и настройка нового проекта в PADS Designer.
- 2) Настройка PADS Designer под требования ЕСКД.

Микромодуль 2.2 Создание и редактирование схемы (4 часа)

- 1) Добавление схемы в проект, использование «горячих клавиш».
- 2) Размещение символов и компонентов на схеме (Symbol, PADS DataBook).

- 3) Атрибуты компонентов, задание атрибутов, уровни атрибутов.
- 4) Добавление, редактирование соединений (цепи, шины).
- 5) Методологии проектирования иерархических проектов. Блоки и символы иерархических проектов.

Микромодуль 2.3 Проверка и упаковка схемы (3 часа).

- 1) Проверка схемы DRC.
- 2) Методы верификации PADS DataBook.
- 3) DRC верификация.
- 4) Упаковка схемы. Интеграция PADS Designer и PADS Layout.

Модуль 3. Топологическое проектирование (18 часов)

Микромодуль 3.1 Настройка проекта и создание геометрии печатной платы (3 часа)

- 1) Установка параметров топологии. Команды управления экраном. Создание видовых схем экрана.
- 2) Введение геометрии печатной платы, зон трассировки, запретов. Редактирование контуров. Работа с точками привязки.
- 3) Интеграция PADS Layout с PADS Designer.

Микромодуль 3.2 Конструктивно-технологические ограничения (3 часа)

- 1) Конструктивно-технологические ограничения в CES. Назначение модуля, задание ограничений для связей и компонентов.
- 2) Задание особых технологических ограничений в локальных зонах печатной платы (Schemes).
- 3) Задание структуры печатной платы (Layer Stackup).
- 4) Задание дифференциальных пар.

Микромодуль 3.3 Размещение компонентов (6 часов)

- 1) Загрузка данных электрической схемы. Размещение компонентов. Использование команд key-in в процессе размещения.
- 2) Интеграция со схемным редактором при размещении компонентов.
- 3) Команды свопирования.
- 4) Назначение альтернативных посадочных мест.
- 5) Интеграция с MCAD-системами.

Микромодуль 3.4 Трассировка межсоединений (6 часов)

- 1) Интерактивная трассировка межсоединений. Редактирование трасс. Передача в электрическую схему результатов разрешенных перестановок при размещении и трассировке.
- 2) Создание и редактирование экранных областей, зон запретов.
- 3) Автоматическая трассировка.
- 4) Групповая интерактивная трассировка (Xtreme PCB).

Модуль 4. Анализ целостности сигналов с помощью HyperLynx (22 часа)

Микромодуль 4.1 Основные понятия целостности сигналов (6 часов)

- 1) Электрическое и магнитное поле. Пассивные компоненты и линии передачи.

- 2) Помехи и методы их устранения.

Микромодуль 4.2 Пред-топологический анализ (8 часов)

- 1) Использование LineSim.
- 2) Исследование 4-х Т.

Микромодуль 4.3 Пост-топологический анализ (8 часов)

- 1) Пост-топологическое моделирование, оценка и верификация.
- 2) Дифференциальные пары и многоплатный анализ.

Модуль 5. Технологическая подготовка к производству (10 часов)

Микромодуль 5.1 Проверка топологии на соблюдение конструктивно-технологических ограничений (4 часа)

- 1) Проверка топологии на соблюдение технологических ограничений (DRC). Работа с визуализатором ошибок.
- 2) Генерация шелкографии.

Микромодуль 5.2 Подготовка и генерация данных для производства (4 часа)

- 1) Генерация данных для производства. Подготовка информации для сверлильных станков (drill) и изготовления послойных фотошаблонов (gerber). Верификация текущего проекта с данными производства.
- 2) Получение документации и данных для монтажа.
- 3) Назначение программы FabLink XE. Типы мультизаготовок. Панелизация одной или нескольких плат в виде мультизаготовки.

Микромодуль 5.3 Подготовка и генерация данных для конструкторской документации (2 часа)

- 1) Создание данных по проекту и документации в PDF.
- 2) Экспорт и импорт данных в DXF и IDF.
- 3) Печать проектов и архивирование.

Перечень практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

Перечень лабораторных работ

Номер микромодуля	Наименование лабораторной работы	Кол-во часов
1.1-1.2	Создание центральной библиотеки Library Tools. Формирование символов, посадочных мест и компонентов ЭРИ.	5
2.1-2.3	Создание схемы электрической принципиальной в PADS Designer	6
3.1-3.4	Разработка топологии микросистемы на печатной плате средствами PADS Layout	12
4.1-4.3	Анализ целостности сигналов с помощью HyperLynx	16
5.1-5.3	Технологическая подготовка к производству микросистемы на	6

	печатной плате	
--	----------------	--

4. Материально-технические условия реализации программы

4.1 Очная формы обучения

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, HDD 1 Тб. - мультимедийный проектор; - экран; - МФУ; 2. Программное обеспечение: - операционная система Windows 7, 64; - Adobe Reader; - Microsoft Office 2007; - Маршрут PADS Professional (Library Tools, PADS Designer, Constraint Manager, PADS Layout); - AutoCAD Viewer.
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом	Лабораторные работы	

4.2 Очно-заочная форма обучения

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и доступом в интернет	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, HDD 1 Тб, монитор 19 дюймов - мультимедийный проектор; - видео-аудио гарнитура; - экран;
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и доступом в интернет	Лабораторные работы	

		- МФУ; 2. Программное обеспечение: - операционная система Windows 7, 64; - TeamViewer (для дистанционного обучения); - Skype (для дистанционного обучения); - Adobe Reader XI; - Microsoft Office 2007; - Маршрут PADS Professional (Library Tools, PADS Designer, Constraint Manager, PADS Layout); - AutoCAD Viewer.
--	--	--

4.3 Электронная форма обучения

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
-	Лекции	1. Аппаратное обеспечение: - компьютер с параметрами не хуже: системный блок с процессором Intel Core i5, 3.33 ГГц, ОЗУ 4 Гб, HDD 500 Гб, сетевая карта Ethernet, монитор 19 дюймов 2. Программное обеспечение (версий не ниже указанных): - операционная система Windows 7, 64; - Adobe Reader XI; - Microsoft Office 2007 (или аналогичным офисным пакетом с текстовым и графическим редакторами); - интернет браузер (например, google chrome, internet explorer, mozilla)
Компьютерный класс с мультимедийным комплексом и доступом в интернет	Лабораторные работы	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, HDD 1 Тб, монитор 19 дюймов - видео-аудио гарнитура. 2. Программное обеспечение:

		- операционная система Windows 7, 64; - TeamViewer (для удаленной работы); - Skype (для консультаций); - Adobe Reader XI; - Microsoft Office 2007; - Маршрут PADS Professional (Library Tools, PADS Designer, Constraint Manager, PADS Layout); - AutoCAD Viewer.
--	--	---

5. Учебно-методическое обеспечение программы

Основная литература:

1. Вертянов Д.В., Сикоев В.Г., Горюнова Е.П., Тимошенко С.П. Центральная библиотека Library Manager. Часть 1. Комплексное проектирование микросистем на печатных платах в САПР Mentor Graphics - М.: МИЭТ, 2019. - 172 с.
2. Проектирование систем на печатных платах на САПР Mentor Graphics: Топологическое проектирование систем на печатных платах средствами Expedition PCB (Mentor Graphics) / В.Г. Сикоев, М-во образования и науки РФ, Федеральное агентство по образованию, МГИЭТ (ТУ); Под ред. С.П. Тимошенко. - М. : МИЭТ, 2008. - 164 с.
3. Белоус А.И. Основы конструирования высокоскоростных электронных устройств. Краткий курс "белой магии" [Текст] : Под общ. ред. А.И. Белоуса / А.И. Белоус, В.А. Солодуха, С.В. Шведов. - М. : Техносфера, 2017. - 872 с.

Дополнительная литература:

1. 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.
2. Руководство пользователя Happy Holden. The HDI Handbook. First Edition. Mentor Graphics. - 2009. - 631 с.
3. Уваров, А.С. Проектирование печатных плат. 8 лучших программ. - М.: ДМК Пресс, 2009. - 288 с.
4. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. - М.: Форум, Инфра-М, 2005. - 560 с.
5. Овчинников В.А., Васильев А.Н., Лебедев В.В. Проектирование печатных плат: Учебное пособие. - Тверь: ТГТУ, 2005. - 116 с. - URL: <http://window.edu.ru/resource/642/58642/files/tstu-tver45.pdf> (дата обращения 12.05.19).
6. Медведев А., Мылов Г. Технология в производстве электроники. Ч.3. Гибкие печатные платы. - М.: Группа ИДТ, 2008. – 488 с.
7. Малюх В.Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 192 с.

8. Муромцев Ю.Л., Муромцев Д.Ю., Тюрин И.В. Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств. - М.: Академия, 2010. - 384 с.
9. Хайнеман Р. Визуальное моделирование электронных схем в PSPICE. - М.: ДМК Пресс, 2009 - 336 с.

Перечень ресурсов сети «Интернет»

1. www.mentor.com - The EDA Technology Leader - Mentor Graphics
2. www.pcdandf.com - The PCB Magazine is published by BR Publishing
3. www.sustainabledevelopmentmagazine.com - Sustainable Development Magazine
4. www.megratec.ru - Сайт официального дистрибьютора компании Mentor Graphics в России и СНГ
5. www.electronix.ru - Портал разработчиков электроники
6. www.ipc.org – Сайт международного института по сборке и монтажу электронных схем

6. Оценка качества освоения программы

Текущий контроль проводится по завершению времени, выделенного на выполнение лабораторного задания, которое предусмотрено в каждом разделе путем опроса (для очно/очно-заочной формы обучения) или тестирования (для очно/очно-заочной и электронной формы обучения). Обучающийся может перейти к выполнению задания следующей лабораторной работы только после успешного завершения текущего задания (Приложение 1).

Итоговый контроль проводится комиссией, состоящей из преподавателей и представителей профессионального сообщества по результатам защиты выполненного итогового индивидуального задания (Приложение 2) на основе оценки:

- правильности создания центральной библиотеки электрорадиоизделий (символы, посадочные места, компоненты) для изделий модуля питания или модуля компенсационного акселерометра;
- правильности создания схемы электрической принципиальной в редакторе PADS Designer изделий модуля питания или модуля компенсационного акселерометра. Схема должна пройти верификацию и упаковку;
- правильности создания топологии систем на печатных платах модуля питания или модуля компенсационного акселерометра;
- отсутствия проблем с целостностью сигналов на критических цепях в схеме.

За успешное выполнение каждого задания лабораторной работы (соответствует микромодулю) обучающийся получает максимум 4 балла. Итоговое индивидуальное задание оценивается максимум в 40 баллов. Структура и сроки сдачи контрольных мероприятий, а также схема начисления баллов представлена в таблице ниже.

Структура и график контрольных мероприятий

№ микро-модуля	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Итоговое инд. задание	Итого
Мак. балл	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40*	100

*Итоговое индивидуальное задание является обязательным для получения положительной итоговой оценки

При выставлении итоговой оценки используется следующая шкала:

Сумма баллов	Оценка
Менее 60	Не зачтено
60 и выше	Зачтено

7. Составители программы

Вертянов Д.В.

ст. преподаватель, руководитель УНЦ МГ Института НМСТ

Евстафьев С.С.

к.т.н., доцент Института НМСТ МИЭТ



Согласовано:

Директор ДРОП

Н.Ю. Соколова

Контрольные вопросы для лабораторных работ

Лабораторная работа №1.

1. В чем отличие понятий Part, Cell, Symbol, Padstack?
2. Назовите типы контактных площадок, их состав, назначение, критерии выбора геометрических размеров.
3. Как создать контактную площадку нестандартной формы?
4. Что задаётся в поле «Technology» в редакторе Padstack Editor, приведите примеры?
5. Перечислите варианты посадочных мест компонентов.
6. Назовите виды посадочных мест компонентов поверхностного монтажа, какие параметры посадочного места требуются для серийного производства, как они задаются?
7. Как вводится буквенно-цифровая нумерация выводов посадочного места?
8. Как обеспечивается взаимодействие между различными центральными библиотеками?
9. Как переместить, скопировать или удалить данные внутри центральной библиотеки?
10. Как импортировать/экспортировать данные о компонентах, посадочных местах, контактных площадках и других объектах в виде бинарных файлов?
11. Назовите назначение программы LP Wizard.
12. Что такое компонент в PADS Layout, назовите его составные части?
13. В каких случаях компоненту присваивают несколько символов?
14. Как задаются правила свопирования слотов?
15. Как задаются правила свопирования выводов?
16. В каких случаях применяются альтернативные посадочные места, как они задаются?

Лабораторная работа №2.

1. Назначение менеджера проектов?
2. Назовите этапы и основные настройки проекта в PADS Designer для создания схем электрических принципиальных по требованиям ЕСКД?
3. Что происходит при упаковке схемы в PADS Designer? Назовите основные настройки окна Packager.
4. Как создаются дифференциальные пары в маршруте PADS Professional?
5. В чем назначение прямой и обратной аннотаций при взаимодействии с электрической схемой?
6. Какая настройка отвечает за двухстороннюю интеграцию между проектом печатной платы и проектом электрической схемы?

7. Создание цепей и шин в PADS Designer.
8. Создание иерархических проектов. Разработка проекта Сверху-Вниз.
9. Повторные блоки.
10. Упаковка схемы электрической принципиальной.
11. Редактор Constraint Manager. Типы и способы задания конструкторско-технологических ограничений.
12. Импорт и экспорт данных в PADS Designer.
13. Схемотехническая документация по проекту электронного устройства в PADS Designer.
14. Создание плат, схем и листов схем в проекте PADS Designer. Размещение символов компонентов. Окно PADS DataBook.
15. Соединение символов компонентов. Электрические цепи и шины. Инструменты PADS Designer по созданию электрической схемы.

Лабораторная работа №3.

1. Назовите основные исходные настройки проекта печатной платы.
2. Как осуществляется управление экраном?
3. Какое применение имеют штрихи (Strokes)? Приведите несколько примеров их использования.
4. Каково назначение видовых схем. Как они создаются?
5. Назовите три основных режима программы PADS Layout. Какие объекты доступны для редактирования в каждом из них?
6. Какие виды контуров существуют в программе PADS Layout? Их назначение?
7. Покажите работу с использованием точек привязки.
8. Как используются данные машиностроительной САПР (например, AutoCAD) для построения геометрически сложной конфигурации печатной платы?
9. Назовите способы размещения компонентов из электрической схемы на печатную плату.
10. Каково назначение функциональных клавиш при размещении компонентов.
11. Преимущества и недостатки автоматической трассировки.
12. Для чего используется выбрасывание переходных отверстий от планарных контактных площадок (Fanout)?
13. Покажите основные настройки режима автоматической трассировки, объясните их назначение.
14. Назовите способы оптимизации «резиновых» связей (Netlines)?
15. Что такое альтернативное посадочное место и как его добавить на плату?
16. Объясните назначение экранных областей
17. Что такое сквозные, «слепые» и «глухие» переходные отверстия. Назовите способы их создания.

Лабораторная работа №4.

1. Чем становится проводник при работе на высоких частотах?
2. С чем связано влияние проводника на прохождение сигнала при повышении частоты?
3. Каково основное свойство линии передачи?
4. От чего зависит энергия W , накапливаемая конденсатором?
5. При проектировании печатной платы, к каким значениям для диэлектрической проницаемости для применяемых диэлектриков стоит стремиться, чтобы снизить паразитную емкость?
6. Что является необходимым условием для формирования индуктивности и магнитного поля?
7. Как меняется импеданс катушки индуктивности с ростом частоты?
8. Как называется способ электрической передачи информации с помощью двух противофазных сигналов?
9. Что определяет приемник дифференциального сигнала?
10. Что определяет скорость распространения электромагнитной волны в линии передачи, состоящей из прямого проводника, обратного проводника и диэлектрика между ними?
11. В области каких частот необходимо учитывать потери сигнала в диэлектрике, отражения от неоднородностей с формированием резонансов и излучения от проводников и их частей, как от эффективных антенн?
12. Как влияет скорость фронта передатчика на время установки сигнала
13. Рассчитайте критическую длину для передатчика со скоростью фронта в 3 нс и скоростью распространения сигнала в 8 дюймов/нс
14. Резистор какого номинала нужно поставить при параллельном согласовании со стороны нагрузки в линии с импедансом в 70 Ом и сопротивлением передатчика в 10 Ом?
15. Как называется компонент HyperLynx, который позволяет подбирать быстрое согласование для моделируемых цепей?

Лабораторная работа №5.

1. Почему в программе PADS Layout используется два вида контроля технологических ограничений?
2. Как на плате можно визуально отобразить местоположение нарушений, выявленных в ходе проверок?
3. Назовите назначение слоя шелкографии и требования к нему.
4. Какие данные рабочего проекта необходимы для изготовления печатной платы? Какими командами они выводятся?
5. Назовите состав и содержание конструкторской документации на печатную плату и устройство на ее основе.
6. Как подготовить и разместить заготовки стандартных листов чертежей в проекте платы?
8. Как осуществить простановку размеров в пользовательском слое?
9. Как поместить таблицу сверления в определенное место чертежа?

10. Назовите способ электронного документирования рабочего проекта и команду его выполнения.
11. Для чего необходимо взаимодействие проекта печатной платы и проектов машиностроительных САПР? Как оно осуществляется?
12. Чем обусловлена необходимость формирования многоплатных панелей?
13. Для чего используется медная заливка свободной площади панели (Copper Balancing)?
14. Какие данные проекта панели необходимы для ее изготовления? Какими командами они выводятся?
15. Получение данных для автоматической сборки модуля печатной платы.
16. Как синхронизируются данные панели и печатной платы после внесения изменений в топологию?

Пример вопросов в форме теста

1. Укажите назначение редактора Reusable Blocks Editor?
 - а) создание унифицированных (т.е. повторяющиеся по размерам, расположению выходных разъемов и т.п.) шаблонов печатных плат
 - б) создание и подключение поведенческих IBIS-моделей компонентов для последующего моделирования электрических сигналов
 - в) формирование в виде блоков (особых компонентов) постоянно повторяющихся фрагментов электрических схем и соответствующих им печатную топологию
 - г) формирование компонентов электрорадиоизделий
2. Как называется программа для генерации посадочных мест для компонентов электрорадиоизделий в соответствии с международным стандартом IPC7351?
 - а) Valor NPI
 - б) I/O Designer
 - в) HALT
 - г) LP Wizard
3. Какой диаметр отверстий необходимо сделать в плате для монтажа компонента со штыревыми выводами диаметром 0,5 мм (плата средней плотности)?
 - а) 0,6 мм
 - б) 0,5 мм
 - в) 0,8 мм
 - г) 1 мм
4. На основе какого стандарта программа LP Wizard создает посадочные места?
 - а) ГОСТ Р 53429-2009
 - б) IPC7351

- в) IPC2221
- г) IPC-A-600G

5. Для чего используются слои Assembly?

- а) для оформления сборочного чертежа;
- б) для вскрытия защитной маски;
- в) для нанесения краски;
- г) для передачи в трехмерное моделирование.

6. Выберите типы контактных площадок, которые можно сделать в Library Tools

- а) Pin-SMD
- б) Pin-Die
- в) Mounting Hole
- г) Bondpad
- д) Pin-Through
- е) Via
- ж) Tooling Hole
- з) Fiducial
- к) Все правильные

7. Что такое Library Services?

- а) сервис для редактирования имен пинов у символа и выводов у корпуса;
- б) подпрограмма, которая позволяет управлять форматом свойств-атрибутов;
- в) модуль, который позволяет управлять модулями (инструментальными средствами) и функциями, которые используются в процессе проектирования;
- г) подпрограмма обмена внутри и между различными библиотеками, а также вывода информации о компонентах в виде бинарных файлов.

8. Укажите назначение редактора Material/Process Editor

- а) создание унифицированных (т.е. повторяющиеся по размерам, расположению выходных разъемов и т.п.) шаблонов печатных плат
- б) создание и подключение поведенческих IBIS-моделей компонентов для последующего моделирования электрических сигналов
- в) задание исходных данных для проектирования многоуровневой структуры печатной платы со встраиваемыми (сформированными) пассивными элементами (Embedded Elements)
- г) формирование компонентов электрорадиоизделий

9. Встраиваемые элементы числятся в списке физических компонентов в отчете Bill of Material (BOM) или нет?

- а) да, так как являются частью процесса сборки и монтажа
- б) нет, так как являются частью процесса изготовления

10. Что не является составной частью посадочного места Cell?

- а. Контактная площадка;
- б. Точка привязки;
- в. Данные об эквивалентности выводов;
- г. Точка приклейки.

Приложение 2

Примерные темы для итогового индивидуального задания

1. Разработка проекта микросистемы на печатной плате изделия «Модуль питания» и технологическая подготовка его к производству.
2. Разработка проекта микросистемы на печатной плате изделия «Модуля компенсационного акселерометра» и технологическая подготовка его к производству.

Исходные данные для выполнения проекта

Описание на электрорадиоизделия (Datasheet), библиотека с недостающими компонентами, схема электрическая принципиальная, контур платы в формате dxf.

Требования к выполнению проекта

1. Выполненный проект (в электронном виде) в соответствии с заданием (см. ниже).
2. Данные для производства – для сверления и изготовления ф/шаблонов (в электронном виде).
3. Данные для оформления комплекта конструкторской документации (ЭЗ, ВОМ, топология) на печатную плату в виде Pdf-файла (в электронном виде).

Задание к проекту

1. Создайте центральную библиотеку для компонентов модуля питания или модуля компенсационного акселерометра в Library Tools.
2. Сформируйте контактные площадки для всех посадочных мест проекта в редакторе Padstack Editor.
3. Создайте посадочные места для всех компонентов проекта в редакторе Cell Editor.
4. Создайте все компоненты проекта в редакторе Part Editor.
5. Если в проекте печатной платы модуля питания или модуля компенсационного акселерометра присутствуют компоненты со штыревыми выводами, то создайте для них посадочные места в соответствии с требованиями ГОСТ 29137-91.
6. Создайте схему электрическую принципиальную в редакторе PADS Designer изделий модуля питания или модуля компенсационного акселерометра.

7. Создайте топологию проекта печатной платы модуля питания или модуля компенсационного акселерометра.
8. Проведите анализ на целостность сигнала для критических цепей проекта.
9. Подготовьте проект к производству. Вывести данные в формате gerber-файлов и drill-файлов. Представить данные топологии в формате dxf.