Обзор зарубежных и отечественных САПР радиоэлектроники каф. МЭ НИУ МИЭТ

Тимошенков Сергей Петрович, д.т.н.,
профессор, зав. каф. МЭ,
Вертянов Денис Васильевич,
вед. инженер каф. МЭ НИУ МИЭТ

Применение САПР в учебном процессе

Программа магистратуры «Комплексное системное проектирование средствами Mentor Graphics

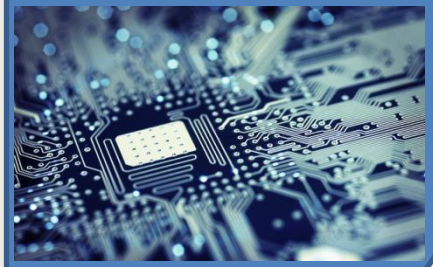
Выпускающая кафедра «МЭ»

Применение САПР в учебном процессе

Основные учебные направления

Проектирование систем на кристалле

Проектирование систем на печатных платах

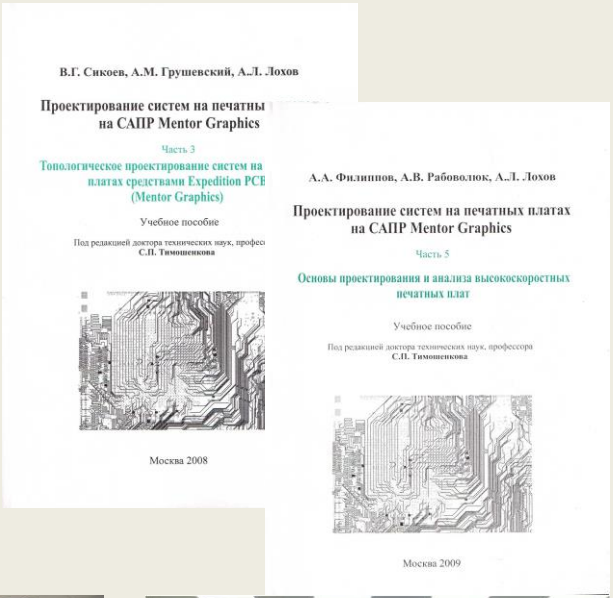


Применение САПР в учебном процессе

Инфраструктура

- Учебно-научный центр проектирования Mentor Graphics
- Учебно-научный центр проектирования PTC

Учебное пособие в 5-ти частях «Проектирование систем на печатных платах на САПР Mentor Graphics»

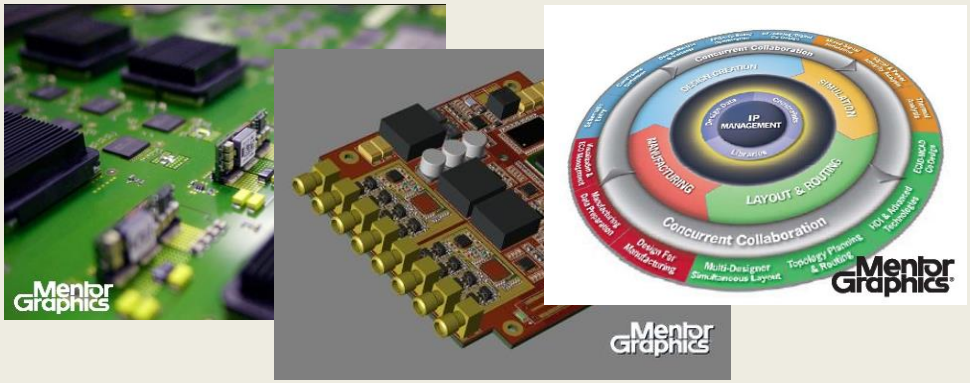


- 10 учебно-научных лабораторий

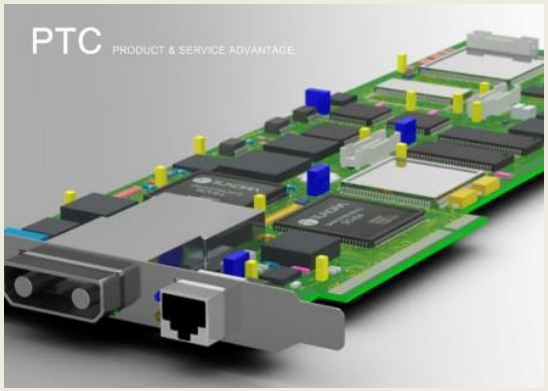
Применение САПР в учебном процессе

Инфраструктура

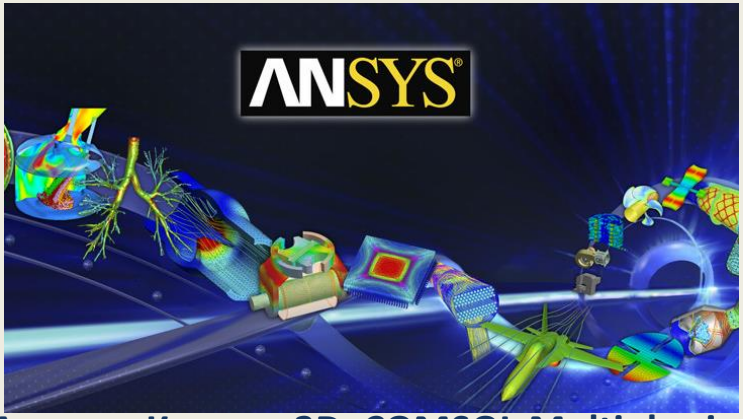
- Комплекс САПР одного из мировых лидеров в области **ECAD** компании **Mentor Graphics**;



- Комплекс САПР одного из мировых лидеров в области **MCAD** компании **PTC**;



- Комплекс САПР одного из мировых лидеров в области **CAE-систем** компании **Ansys**;



- **PDM/PLM**-система одного из ведущих отечественных разработчиков компании **Интермех**;

А также Компас 3D, COMSOL Multiphysics, SolidWorks, MathCAD, MATLAB и другие

Применение САПР в учебном процессе

Блок I. Проектирование систем на печатных платах

Согласование тем КР и КП на кафедре

каф. МЭ

«НТЦ ЭЛИНС»

«НИИМЭ» и завод Микрон

"НПП Оптэкс"

«ПКК Миландр»

«Завод «Компонент»

Схемотехническое проектирование средствами **DxDesigner**

Результаты:
- проект схемы;
- КД (ЭЗ, ПЭЗ)

Топологическое проектирование средствами **Expedition PCB**

Результаты:
- проект топологии;
- КД (СП, СБ, чертежи)

Анализ и основы проектирования высокоскоростных ПП (**HyperLynx**)

Результаты моделирования:
-целостность сигналов, наводки, ЭМС и др.

Основы трёхмерного проектирования (**PTC**)

Результаты:
- 3D модель

База данных PDM

Основы автоматизации инженерных задач в PDM (**Search, Интермех**)

Объекты разработки с мест практики

ВКР магистров

Применение САПР в учебном процессе

Блок II. Проектирование систем на кристалле

Схемотехническое проектирование электронных средств (**ModelSim, Verilog, VHDL**)

Основы топологического проектирования с использованием **Pyxis**

Проектирование аналогово-цифровых блоков и систем с использованием **ADMS**

Физическая и формальная верификация проекта средствами **Calibre**

Согласование тем КР и КП на кафедре

Результаты:
- проект схемы

Результаты:
- проект топологии

Результаты моделирования

Результаты верификации

каф. МЭ

База данных PDM

Основы автоматизации инженерных задач в PDM (**Search, Интермех**)

Объекты разработки с мест практики

ВКР магистров

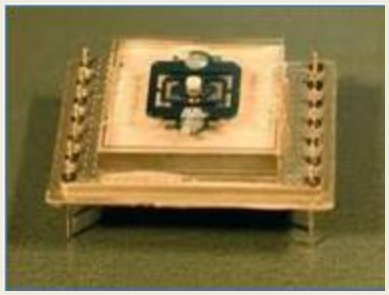
Применение САПР в научной деятельности

Основные научные направления

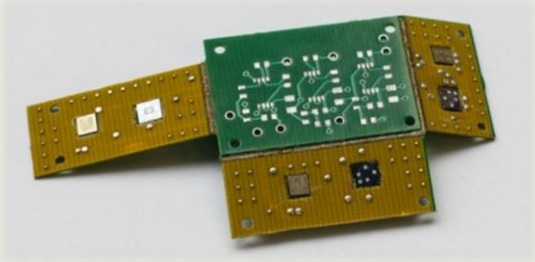
- МЭМС
- 3D Микросборки
- Гибкая, гибко-жесткая и гибко-пластичная электроника
- Робототехника
- Оптоэлектроника

Исследование → Проектирование → Конструирование → Технология

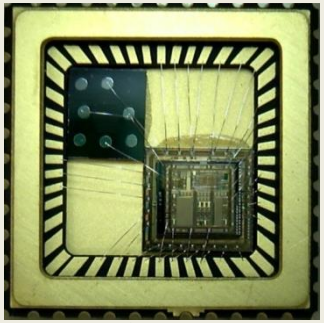
МЭМС, инерциальные измерительные системы и блоки датчиков



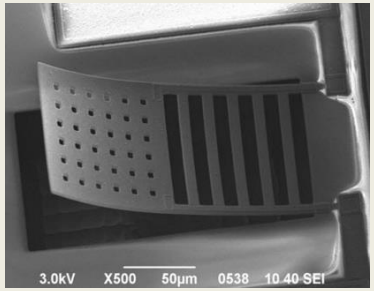
Гироскоп



Датчик измерения линейных ускорений на гибко-жесткой печатной плате с внутренним монтажом кристаллов

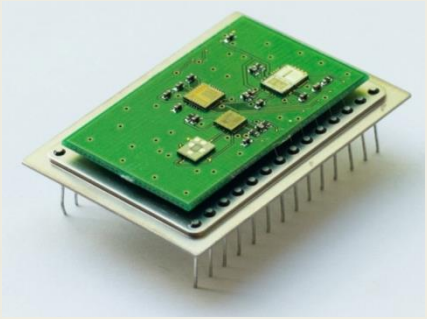


Малогабаритный многокристальный модуль для систем ориентации в пространстве



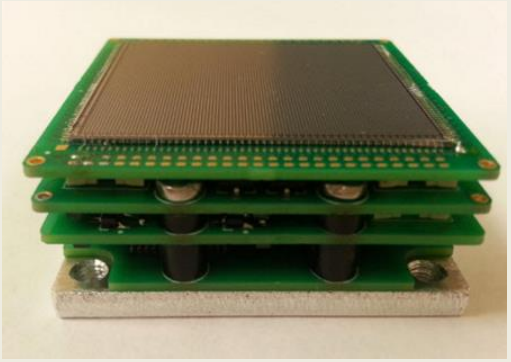
Микрозеркальный элемент, приводимый в движение тепловыми микроактюаторами

Датчик измерения угловых скоростей на гибко-жесткой печатной плате



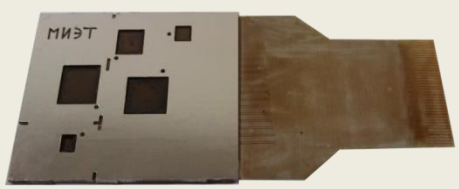
Микромеханический акселерометр, состоящий из чувствительного элемента и модуля обработки сигналов

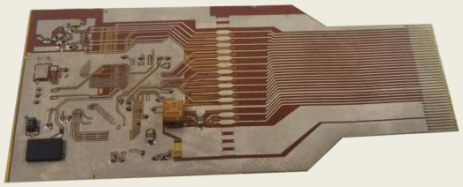
Блок инерциальных датчиков



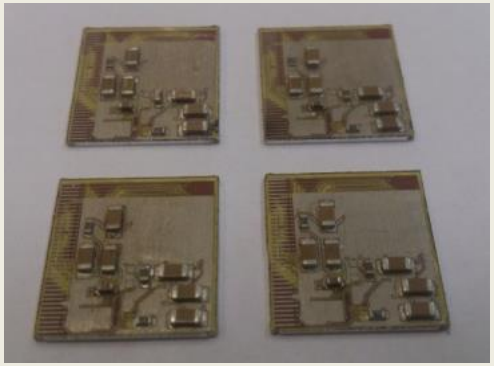
Матрица из 10 000 микромеханических зеркал с системой управления

3D микросборки, высокоинтегрированные модули

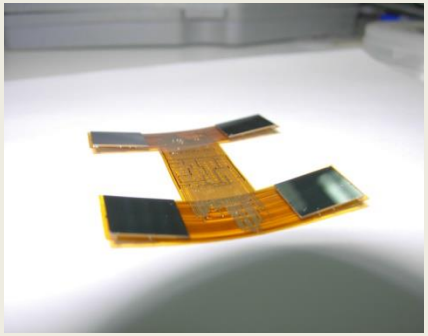


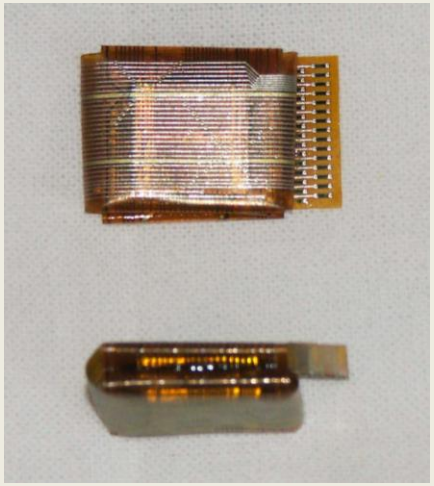


Многокристальные модули беспроводной системы связи, изготовленные по технологии внутреннего монтажа

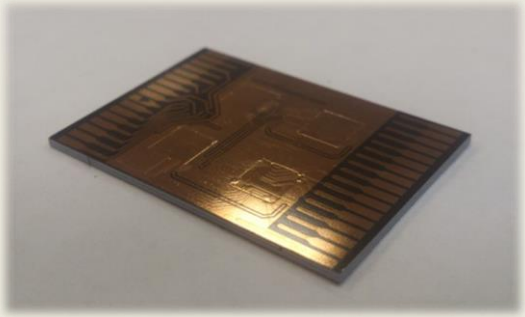


Многокристальный модуль вычислительного устройства

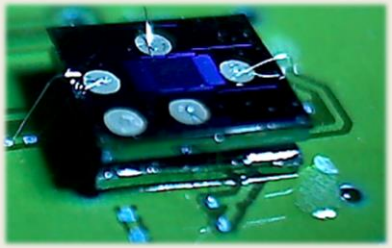




Трёхмерные высокоинтегрированные модули памяти на гибком носителе



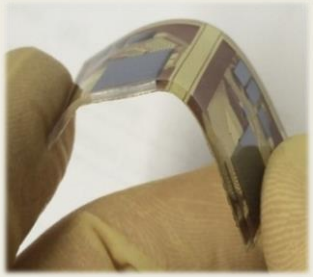
Модуль памяти с встроенными кристаллами в кремниевом основании

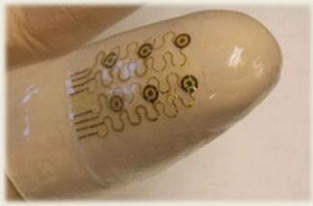


Чувствительные элементы, установленные с помощью технологии пространственной сборки

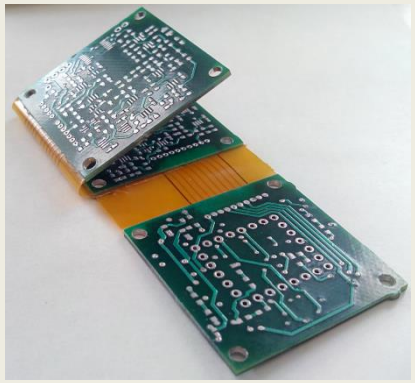
Гибкая, гибко-жесткая и гибко-пластичная электроника

Гибкая многослойная печатная плата (6 слоёв) размером 120х220 мм

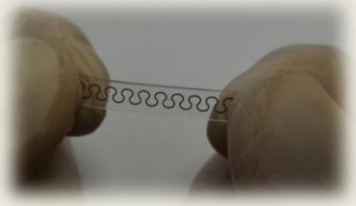


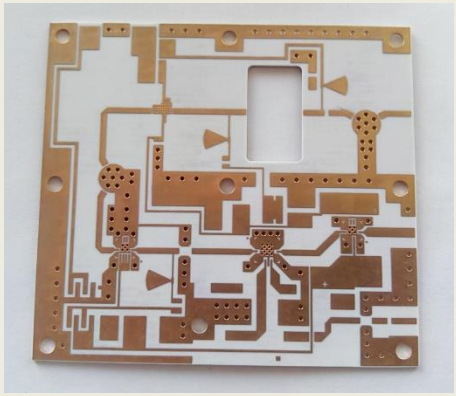


Образцы гибко-пластичных элементов и модулей

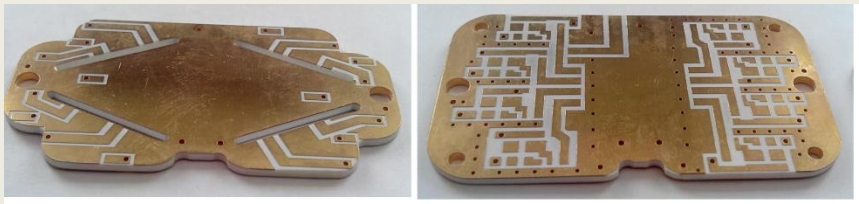


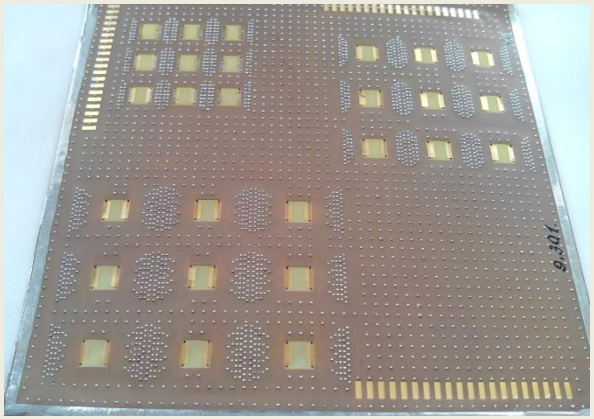
Гибко-жесткая печатная плат на отечественных материалах





СВЧ печатные платы со сложными контурами и отверстиями под внутренний монтаж



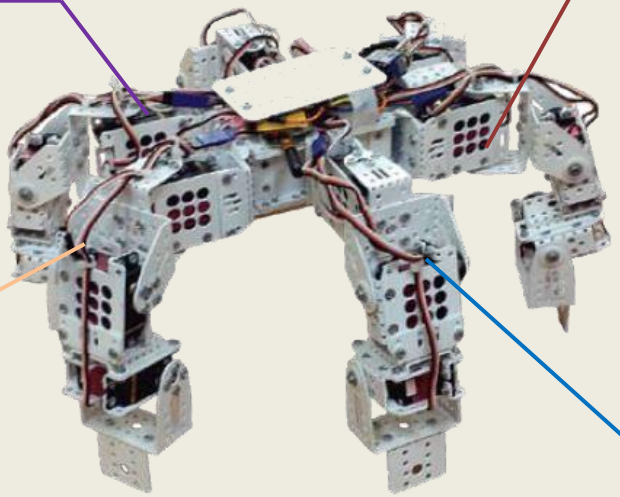


ПП, выполненная по технологии вакуумной пайки с групповым внутренним размещением бескорпусных кристаллов

Робототехника/Оптоэлектроника

Система питания
- модули питания;
- модули согласования

Система управления
- многокристальные вычислительные модули в 2D и 3D исполнении;
- высокоинтегрированные микросхемы в высокоплотных корпусах;
- микроэлектронные узлы на гибких и гибко-жестких основаниях;



Система связи
- СВЧ-микросборки;
- модули беспроводной передачи данных

Система приводов
- гибкие и гибко-жесткие коммутационные модули;
- пластичные микроузлы;
- чувствительные элементы

Широкополосный микрооптоэлектромеханический переключатель

Применение САПР в научной деятельности

Опытно-конструкторские работы

- *проектирование изделия*
- *выполнение инженерных расчетов*
- *разработка КД*
- *создание опытного образца*

Научно-исследовательские работы

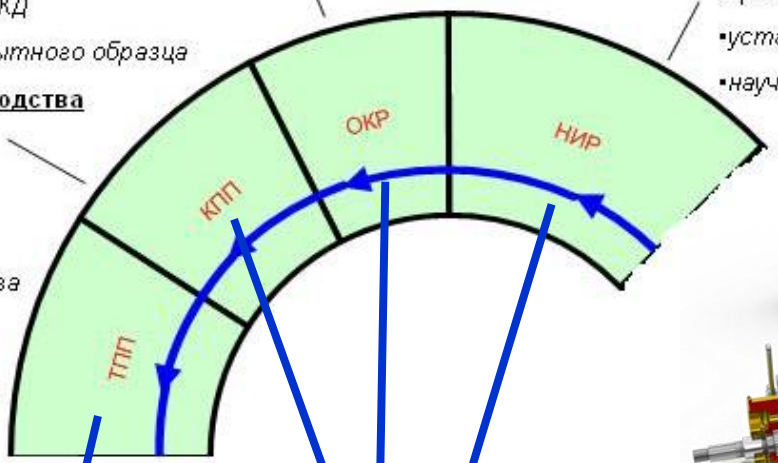
- *проведение прикладных исследований и экспериментов*
- *проверка научных гипотез*
- *установление и обобщение закономерностей*
- *научное обоснование проектов*

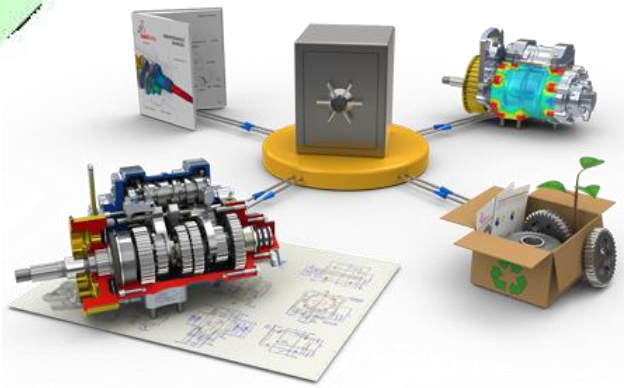
Конструкторская подготовка производства

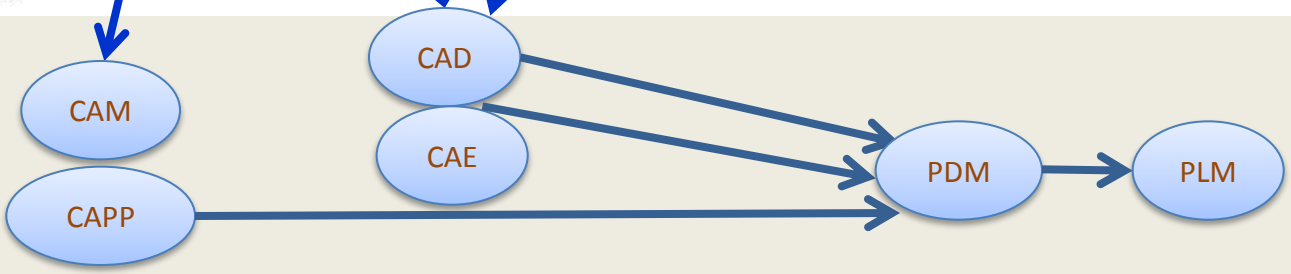
- *адаптация КД*
- *унификация составов изделий*
- *управление изменениями*
- *конструкторское сопровождение пр-ва*

Технологическая подготовка производства

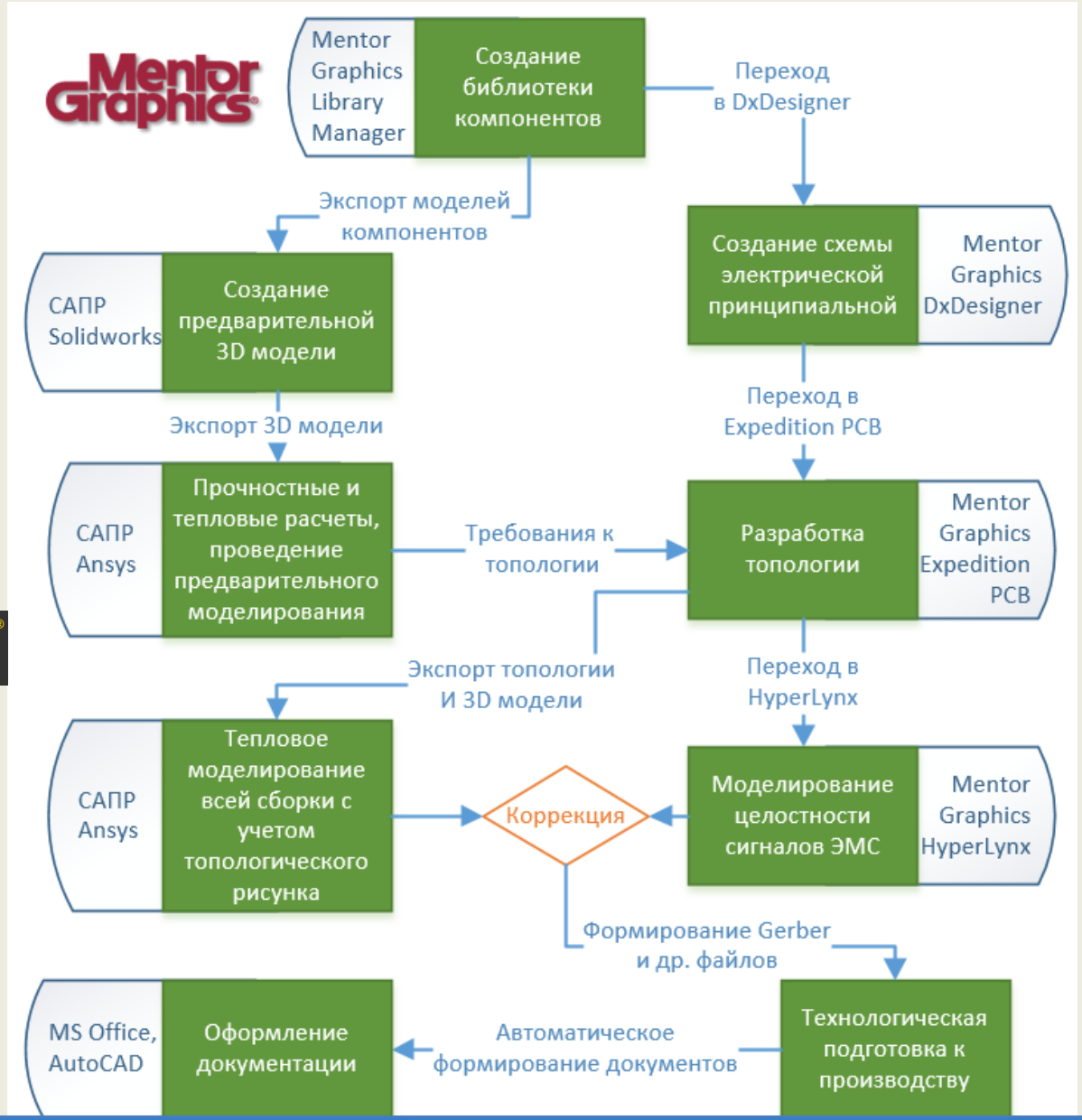
- *отработка технологичности*
- *проектирование ТП и ТМ*
- *проектирование оснастки*
- *создание программ ЧПУ*
- *технолог-е сопровождение пр-ва*







Пример маршрута проектирования электронного модуля



SOLIDWORKS

ANSYS

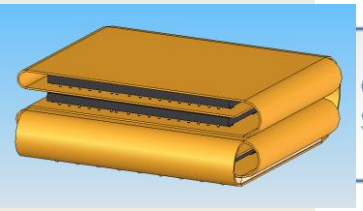
AUTODESK AUTOCAD

DxDesigner™

Xpedition

HyperLynx™ Signal Integrity and EMC Analysis for High-Speed PCB Design

Гибкая полиимидная плата для многокристального микромодуля памяти МКМ-64М-МВ



Mentor Graphics

Mentor Graphics Library Manager — Создание библиотеки компонентов

Переход в DxDesigner

Экспорт моделей компонентов

САПР Solidworks — Создание предварительной 3D модели

Создание схемы электрической принципиальной — Mentor Graphics DxDesigner

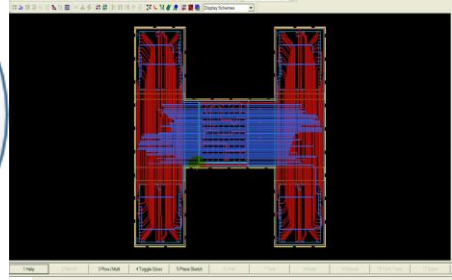
Переход в Expedition PCB

Экспорт 3D модели

САПР Ansys — Прочностные и тепловые расчеты, проведение предварительного моделирования

Требования к топологии

Разработка топологии — Mentor Graphics Expedition PCB



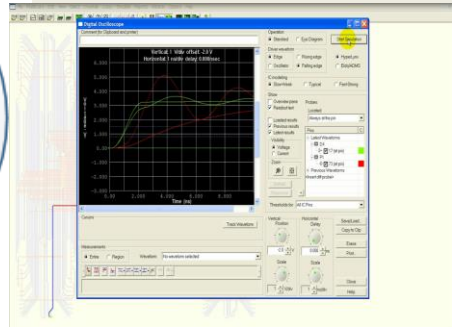
ANSYS

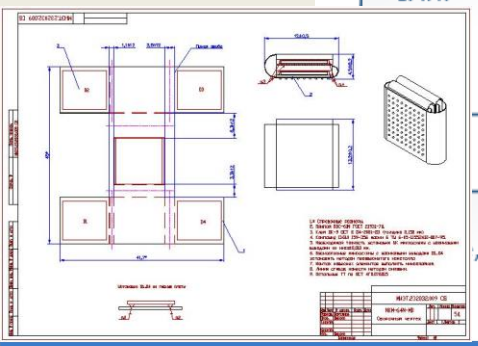
Экспорт топологии И 3D модели

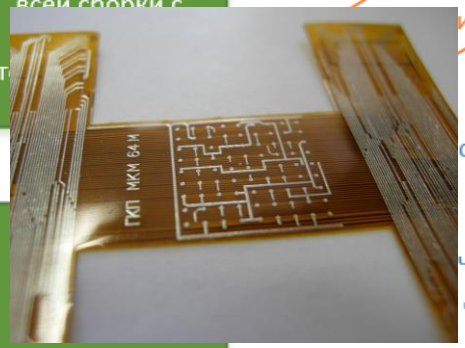
Переход в HyperLynx

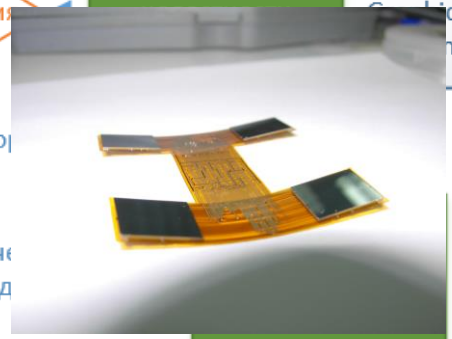
САПР — Тепловое моделирование всей сборки с

Моделирование — Mentor Graphics ... nx



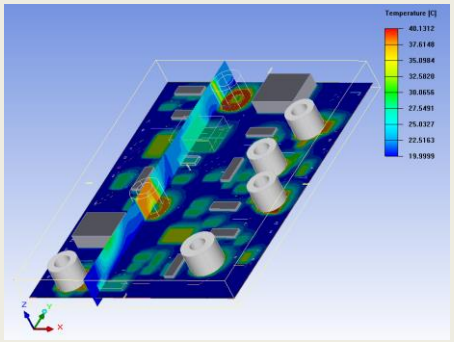


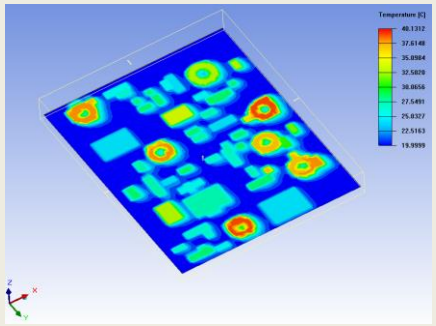


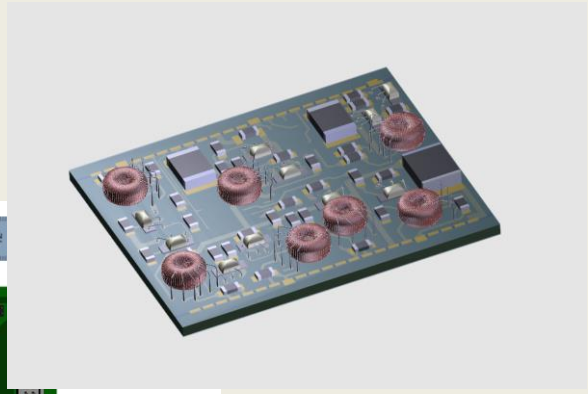


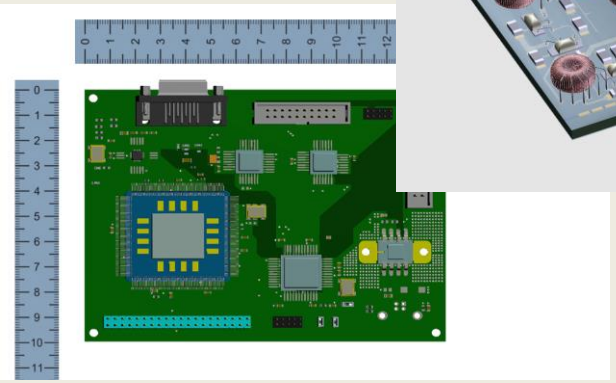
Применение САПР в научной деятельности

Микросборки со встроенными элементами

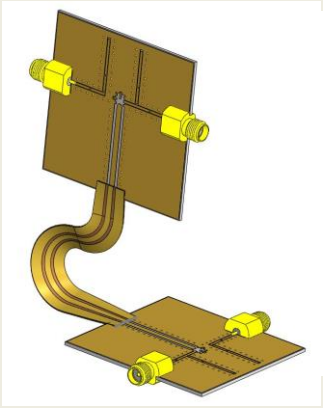


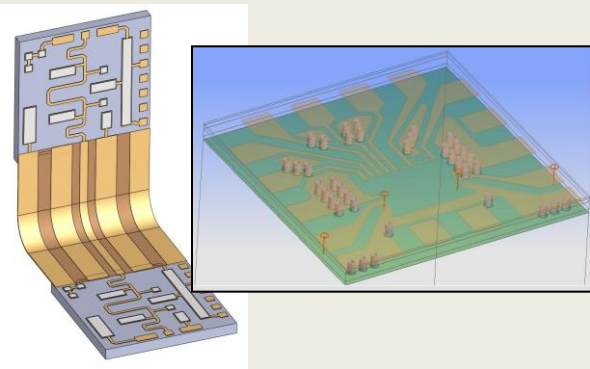




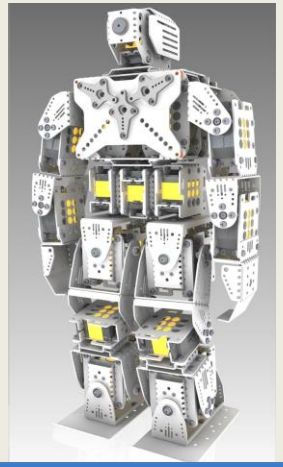


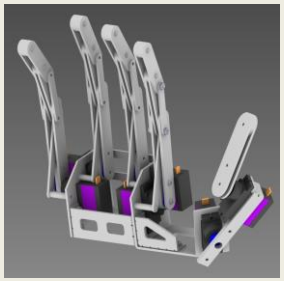
Микросборка с СВЧ элементами





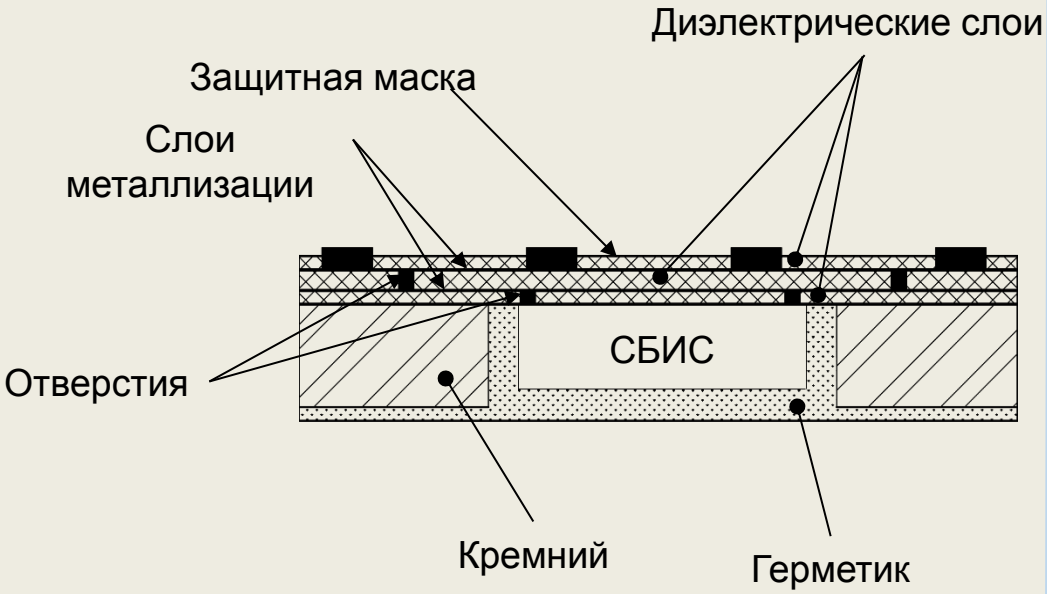
Модели робототехнических систем



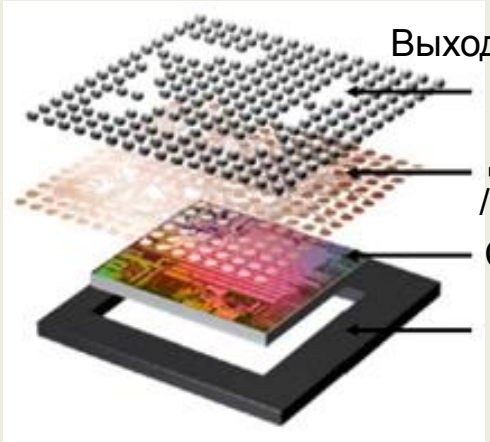


Применение САПР в научной деятельности

Поперечное сечение корпуса

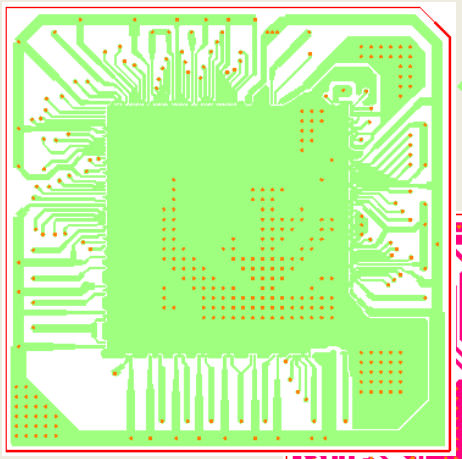


3D модель корпуса

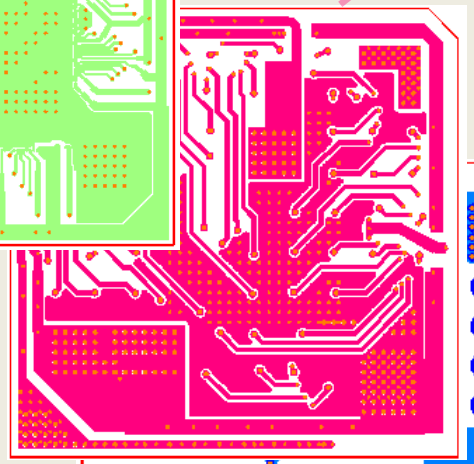


Топология цифрового корпуса СБИС СнК

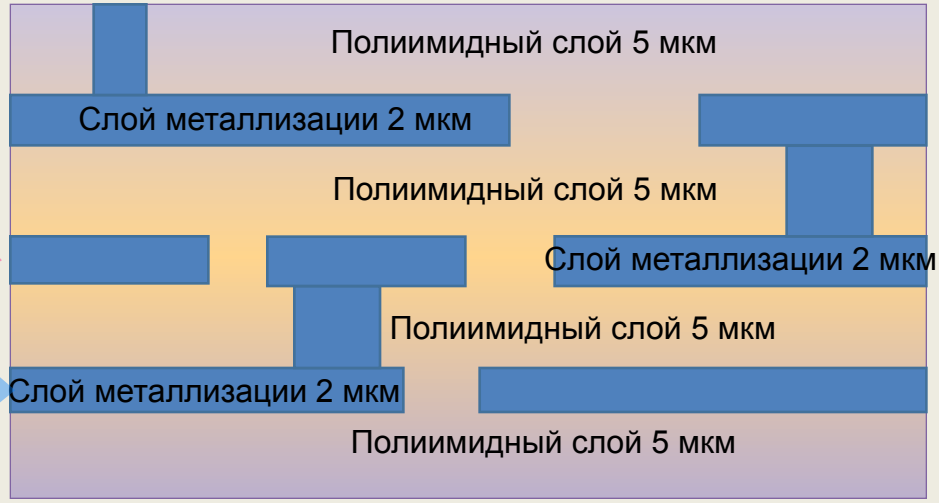
Цифровой корпус
1 топологический слой

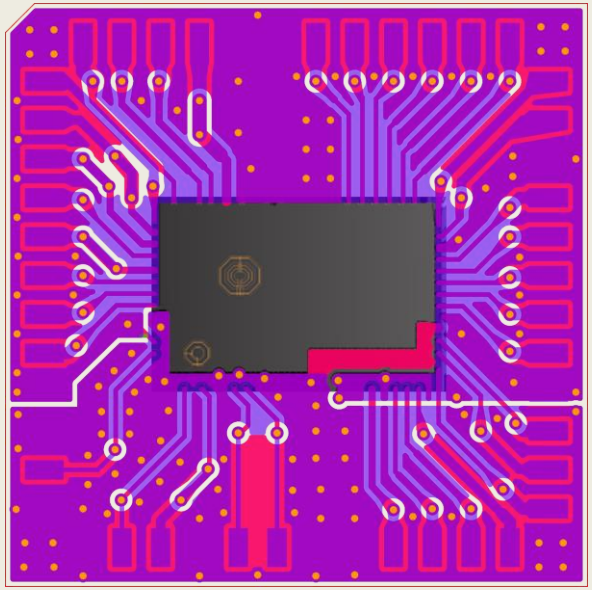


Цифровой корпус
2 топологический слой



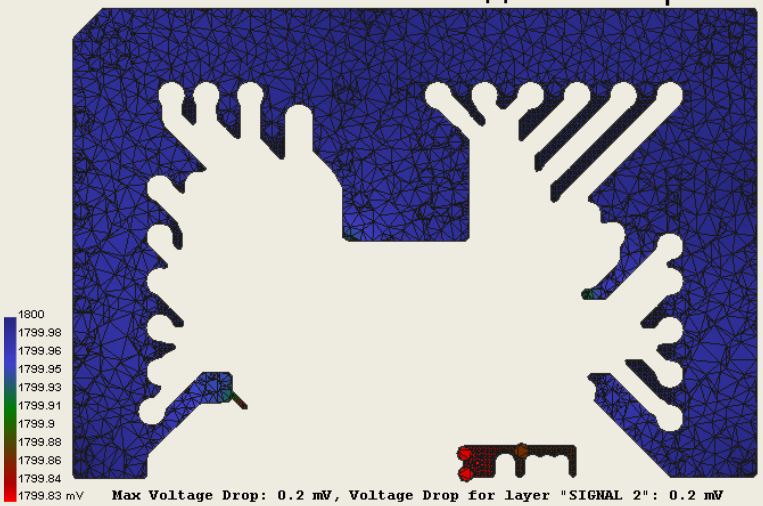
Цифровой корпус
3 топологический слой



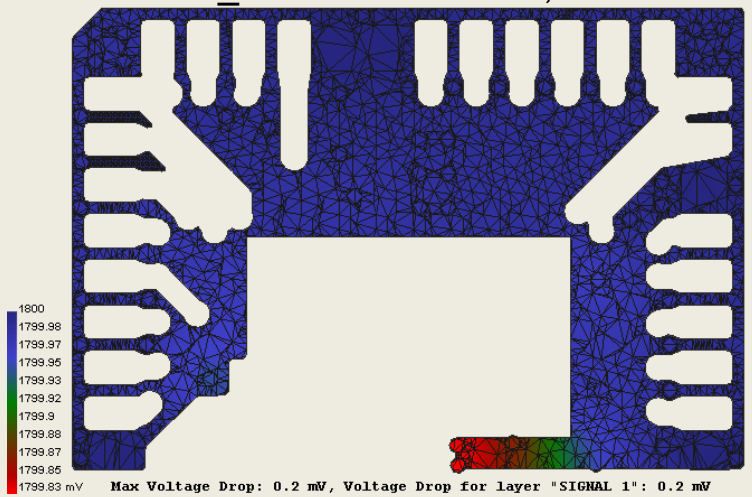


Моделирование падения напряжения

Максимальное падение напряжения на полигоне D_GND составило 0,2 мВ

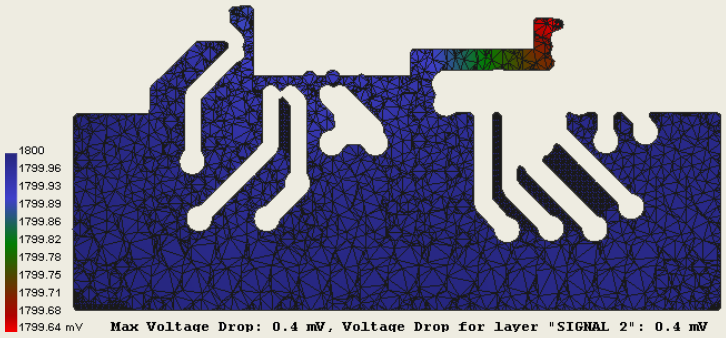


Падение напряжения на полигоне D_GND на слое 1 равно 0,2 мВ

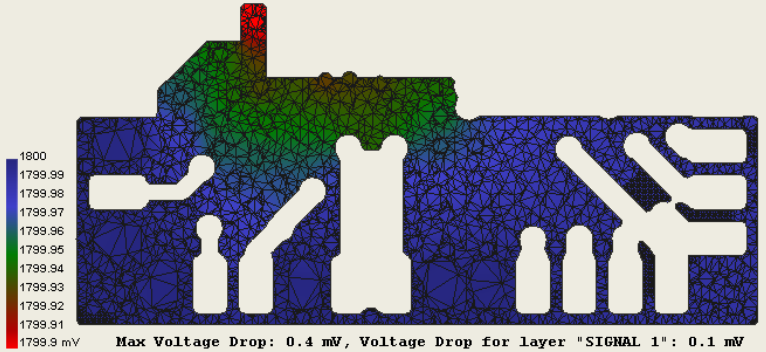


Падение напряжения на полигоне D_GND на слое 2 равно 0,2 мВ

Максимальное падение напряжения на полигоне A_GND составило 0,4 мВ



Падение напряжения на полигоне A_GND на



Падение напряжения на полигоне A_GND на

Повышения квалификации (САПР)

Программа ПК	Базируется на дисциплинах	Предприятия потребители
1. Введение в САПР печатных плат Mentor Graphics	Основы САПР Mentor Graphics	Региональный Центр «АСКОН-Поволжье» (г. Нижний Новгород), РФЯЦ-ВНИИЭФ (г. Саров)
2. Схемотехническое проектирование средствами DxDesigner	Схемотехническое проектирование средствами DxDesigner	ОАО «НПП «Рубин» (г. Пенза), ОАО «НПК «КБМ» (г. Коломна), ООО «Наносети» (г. Петрозаводск), АО «НПО «Радиоэлектроника» им. Шимко (г. Казань), ГУ "ВЧ 35533«, АО «УЛМ» (г. Ульяновск)
3. Топологическое проектирование средствами Expedition PCB	Топологическое проектирование средствами Expedition PCB	ОАО «НПП «Радиосвязь» (г. Красноярск), ОАО «НПП «Рубин» (г. Пенза), ОАО «НПК «КБМ» (г. Коломна), ООО «Наносети» (г. Петрозаводск), НИИП им. Тихомирова (г. Жуковский), АО «НПО «Радиоэлектроника» им. Шимко (г. Казань), ГУ "ВЧ 35533«, АО «УЛМ» (г. Ульяновск), НИИ РЭТ МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва)
4. Анализ целостности сигналов, перекрестных помех и электромагнитной совместимости с помощью программного пакета HyperLynx	Анализ и основы проектирования высокоскоростных печатных плат	ОАО «НПП «Рубин» (г. Пенза), ОАО «НПК «КБМ» (г. Коломна), ООО «Наносети» (г. Петрозаводск), НПОО «ОКБ ТСП» (г. Минск), АО «НПО «Радиоэлектроника» им. Шимко (г. Казань), ГУ "ВЧ 35533"
5. Проектирование систем на печатных платах в маршруте Expedition Enterprise	- Схемотехническое проектирование средствами DxDesigner - Топологическое проектирование средствами Expedition PCB - Анализ и основы проектирования высокоскоростных печатных плат	ОАО «НПП «Рубин» (г. Пенза), ОАО «НПК «КБМ» (г. Коломна), ООО «Наносети» (г. Петрозаводск), АО «НПО «Радиоэлектроника» им. Шимко (г. Казань), АО «ГНПП «Регион» (г. Москва), НИИ «Радио» (г. Москва), ГУ «ВЧ 35533», НПП "ЭКРА« (г. Чебоксары), АО «УЛМ» (г. Ульяновск), РФЯЦ-ВНИИЭФ (г. Саров)
6. Разработка устройств микроэлектроники на основе ПЛИС средствами FPGA Advantage	Логический и физический синтез ПЛИС типа PLD/FPGA	АО «НПО «Радиоэлектроника» им. Шимко (г. Казань), АО «УЛМ» (г. Ульяновск)
7. Проектирование микросборок по технологии внутреннего монтажа элементов	- Проектирование систем на печатных платах в маршруте Expedition Enterprise - Компьютерные интегрированные	АО «НПО «Радиоэлектроника» им. Шимко (г. Казань), «НПП «Геофизика-Космос» (г. Москва)

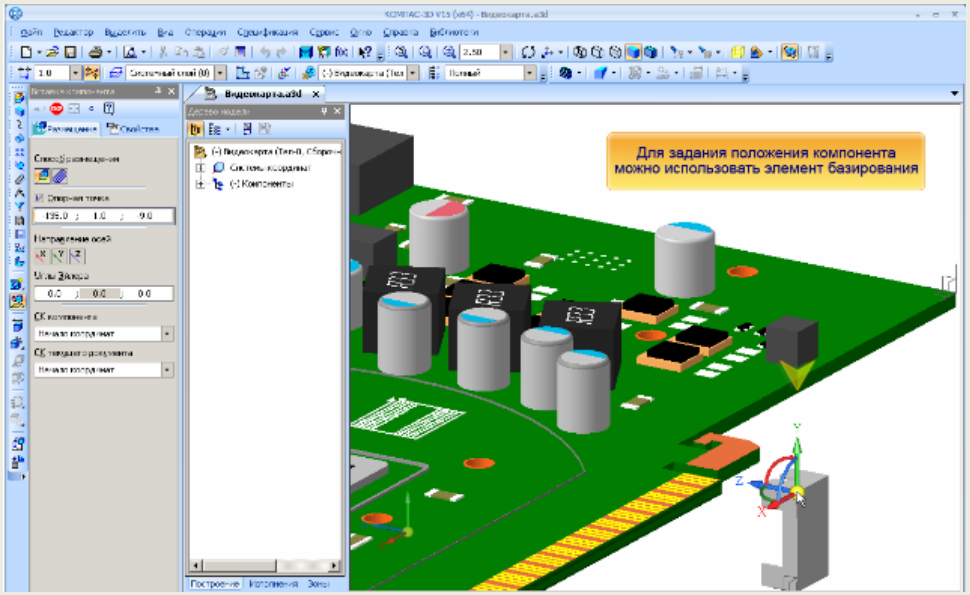
Повышения квалификации (САПР)

Программа ПК	Базируется на дисциплинах	Предприятия потребители
8. Технологии производства микросборок	- Компьютерные интегрированные системы - Технологии производства ЭС - Технология и конструктивно-технологические ограничения при проектировании коммутационных плат	«НПП «Геофизика-Космос» (г. Москва), АО «Авиаавтоматика» имени В.В. Тарасова» (г. Курск), «РМЗ» (г. Рязань)
9. Схемотехническое проектирование электронных средств	Схемотехническое проектирование электронных средств	«НПП «Геофизика-Космос» (г. Москва), ТиМАиС НИИ космических технологий (г. Томск), ТУСУР, ООО «Наносети» (г. Петрозаводск), ЦНИИ Электроприбор (г. Санкт-Петербург), «ЛЭТИ» (г. Санкт-Петербург)
10. Проектирование аналогово-цифровых блоков и систем с использованием ADMS	Проектирование аналогово-цифровых блоков и систем с использованием ADMS	«НПП «Геофизика-Космос» (г. Москва), ТиМАиС НИИ космических технологий (г. Томск), ООО «Наносети» (г. Петрозаводск), ЦНИИ Электроприбор (г. Санкт-Петербург), «ЛЭТИ» (г. Санкт-Петербург)
11. Основы топологического проектирования с использованием Pyxis	Основы конструирования и технологии электронных средств с использованием Pyxis	«НПП «Геофизика-Космос» (г. Москва), ТиМАиС НИИ космических технологий (г. Томск), ООО «Наносети» (г. Петрозаводск), ЦНИИ Электроприбор (г. Санкт-Петербург), «ЛЭТИ» (г. Санкт-Петербург)
12. Физическая и формальная верификация проекта средствами Calibre	Функциональное проектирование и верификация систем на кристалле	«НПП «Геофизика-Космос» (г. Москва), ТиМАиС НИИ космических технологий (г. Томск), ООО «Наносети» (г. Петрозаводск), ЦНИИ Электроприбор (г. Санкт-Петербург), «ЛЭТИ» (г. Санкт-Петербург)

Перспектива отечественных САПР

АСКОН группа компаний

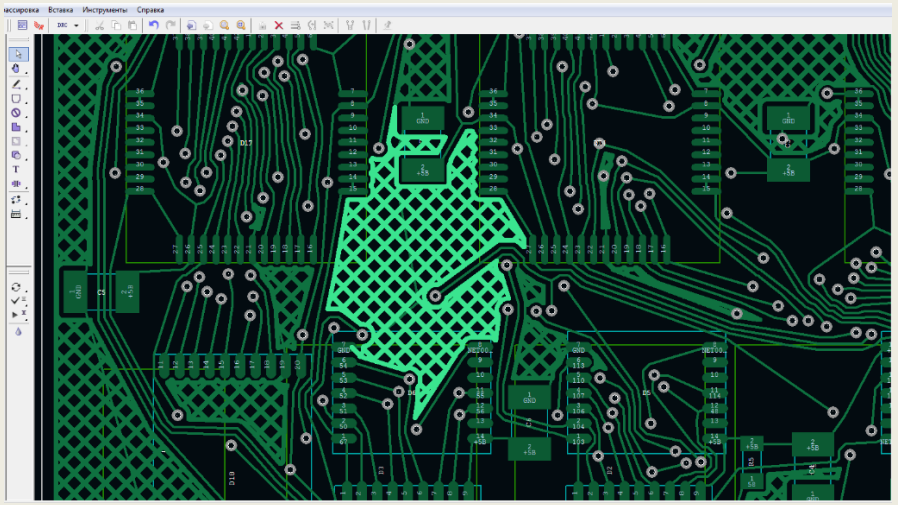
Компас 3D



EREMEX

DELTA DESIGN

Сквозной маршрут проектирования ПП
Delta Design, TopoR



- Создание учебных центров подготовки выпускников радиоэлектронных специальностей на отечественных САПР;
- Поэтапный переход на отечественные САПР в НИР и ОКР