

# Обзор инструментов ANSYS для разработки устройств 5G.

Круглов Александр Игоревич  
[Alexander.Kruglov@cadfem-cis.ru](mailto:Alexander.Kruglov@cadfem-cis.ru)  
+7(926)963-8486





## Основные технические сложности создания технологий 5G

- Производительность
- Безопасность
- Стоимость

	Количество пользователей	20 млн устройств, 1 трлн IoT терминалов
	Снижение задержки	< 1 мс
	Широкополосный прием	> 1 Гбит/с на мобильных устройствах
	Надежная и безопасная связь	Стандарты безопасности 3GPP 5G
	Расширенные возможности внутри соты	Разработка Massive MIMO
	Повышенная спектральная эффективность	30+ бит/с/Гц
	«Всегда на связи»	Возможность поддержки IoT и AI

> 10 лет



## Влияние моделирования на проектирование оборудования 5G в цифрах

Производительность

5x

Улучшение характеристик антенн при сокращении цикла разработки на 25% \*

Сокращение времени цикла проектирования

50%

уменьшение времени разработки \*

Снижение стоимости компонентов

67%

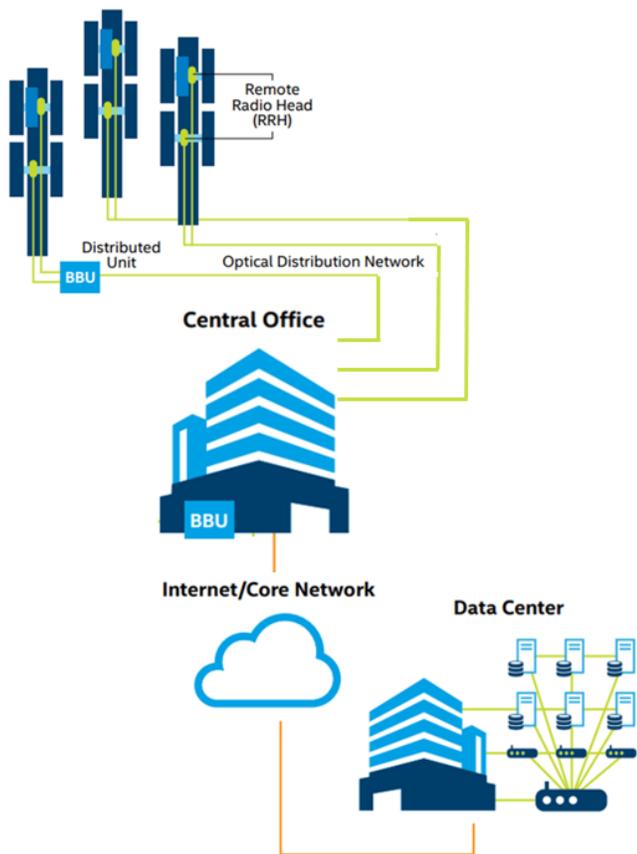
Улучшение при снижении массы на 90% \*

\*Статья Ansys 5G Simulations Solutions Brief

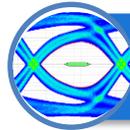


## Необходимые для реализации инструменты моделирования

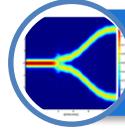
Масштабируемые, многодоменные и мультидисциплинарные расчеты для 5G



Анализ на уровнях чипа, упаковки и системы



Целостность сигнала / питания высокоскоростных систем



Анализ оптической целостности



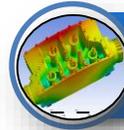
Разработка антенных систем пользовательского оборудования и БС



ЭМС



Моделирование распространения сигналов в реальных условиях



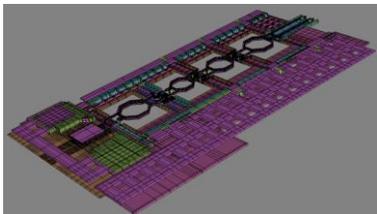
Мультифизические расчеты для систем 5G



## Анализ на уровнях чипа, упаковки и системы

### Инженерные задачи

- Разработка SoC для очень высоких частот
- Интеграция и плотность размещения
- Масштабирование на технологическом уровне (неравномерное масштабирование FinFet)
- Современные типы упаковок, включая InFO, WoW, CoWoS и т.д.
- Надежность
- КПД
- Шумы на уровне кристалла связанные с наводками / развязкой



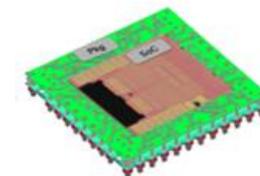
### Возможности Ansys

- Обработка и анализ всех современных кремниевых нанометровых узлов с помощью различных ЭМ решателей
- Доступ ко всем требованиям производств по стандартам шифрования технических файлов
- Выполнение анализа 3DIC
- Точный анализ сети распределения питания (PDN), включающий модели на уровне чипа
- Температурный анализ и анализ ЭСР на уровне CPS
- Синтезирование IP компиляторов для пассивных устройств на кристалле для поуровневого размещения элементов
- Анализ перекрестных электромагнитных помех
- Анализ межблочной электромагнитной развязки в нанометровых SoC
- Моделирование мощности шумов на уровне транзистора для заказных ИС со смешанными сигналами
- Использование платформы RTL-уровня для анализа, отладки и снижения уровней мощности на ранних этапах проектирования
- Экстракция RLC-параметров

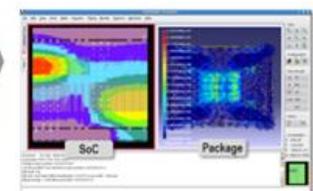
### Результаты

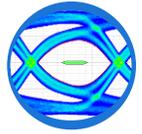
- S-параметры
- SPICE модели
- Температурные модели чипов
- Мощностные модели чипов
- ESD модели
- IBIS модели
- Расчет в DC, временной и частотной областях
- Различные графики и таблицы

IC-Package Setup



IC-Package Co-analysis

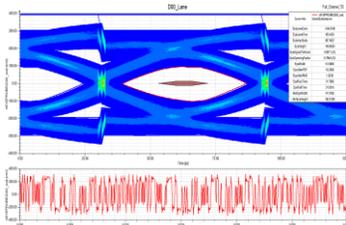




# Целостность сигнала / питания высокоскоростных цифровых устройств

## Инженерные задачи

- Проверка производительности сигналов с чрезвычайно высокой скоростью передачи данных (SERDES и DDR5)
- Подавление скачков импеданса, возникающих у широкополосных сигналов в линиях передач
- Подавление помех по цепям питания и колебаний напряжения, наблюдаемых в чувствительных микросхемах
- Оптимизация развязки
- Уменьшение эмиссии и шумов
- Тепловой анализ

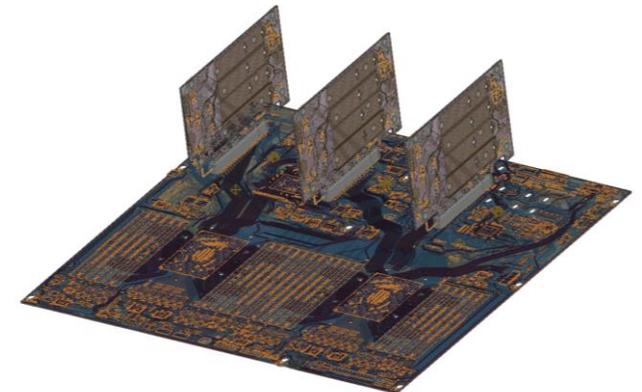


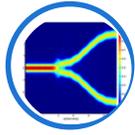
## Возможности Ansys

- Анализ мощности чипа и создание модели мощности чипа (CPM = chip power model).
- Применение CPM в комплексном системном анализе для проверки электрической эксплуатационной надёжности (чип-упаковка-система, CPS)
- Анализ чрезвычайно быстрых сигналов с использованием полноволновых решателей
- Совместное использование MCAD и ECAD для проведения полного анализа системы
- Возможность совместное использование различных полноволновых решателей для ускорения анализа без потери точности
- Тепловой анализ чипа и создание тепловых моделей чипа (CTM = chip thermal model) с последующей интеграцией CTM в тепловой анализ всей системы
- Проектирование теплораспределительных конструкций для отвода тепла

## Результаты

- Сканирование перекрестных помех и импеданса
- Сканирование EMI
- Оптимизация развязки
- S, Y, Z параметры
- Анализ во временной области (TDR, глазковые диаграммы)
- Построение электромагнитных полей
- Тепловой анализ
- Данные для передачи в производство

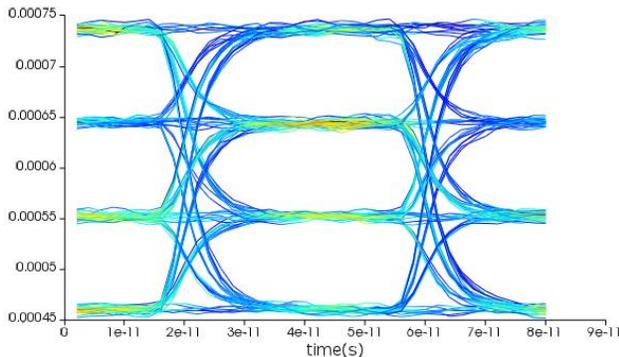




## Анализ оптической целостности

### Инженерные задачи

- Декомпозиция системы на отдельные компоненты
- Отсутствие надежных комплектующих
- Нелинейности при моделировании оптического волокна

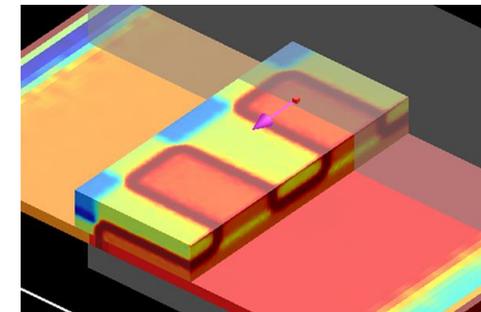


### Возможности Ansys

- Автоматизированный процесс проектирования EPDA
- Поддержка PDK и CML производств
- Использование имитатора S-параметров и переходных процессов в одной схеме с преобразователями для ускорения моделирования нелинейностей

### Результаты

- QPSK систем оптоволоконной связи по PDK производств
- Система связи SMF-28 с линейной и нелинейной дисперсией





# Разработка антенных систем пользовательского оборудования и БС

## Инженерные задачи

- Разработка многодиапазонных антенных решеток с формированием луча и MIMO на компактной платформе в условиях работы других РЭА
- Оптимизация отдельных компонентов вплоть до топологии ИС на уровне микросхем
- Поддержка более высоких скоростей передачи данных до 10 раз по сравнению с предыдущими мобильными сетями
- Моделирование влияния на производительность устройств обтекателей и тела человека

## Возможности Ansys

- Моделирование и оптимизация антенн любых частотных диапазонов, в том числе миллиметровый
- Формирования луча фазированными антенными решетками и MIMO
- Интеграция и размещение антенны на целевой платформе
- Прогнозирование характеристик передачи данных и взаимодействия тела человека с устройством
- Анализ расположения на эффективность излучения, анализ вибраций и усталостной долговечности
- Температурный анализ с учетом излучаемой мощности

## Результаты

- Робастные результаты проектирования многодиапазонных антенн с учетом влияния
- Оптимизированные характеристики материала корпуса и расстояние от элементов излучения для лучшей производительности продукта
- Massive MIMO и формирование луча антенны
- Покрытие данных с расчетом кумулятивной функции распределения
- Эффект взаимодействия человека с устройством через оценку плотности мощности





# Электромагнитная совместимость

## Инженерные задачи

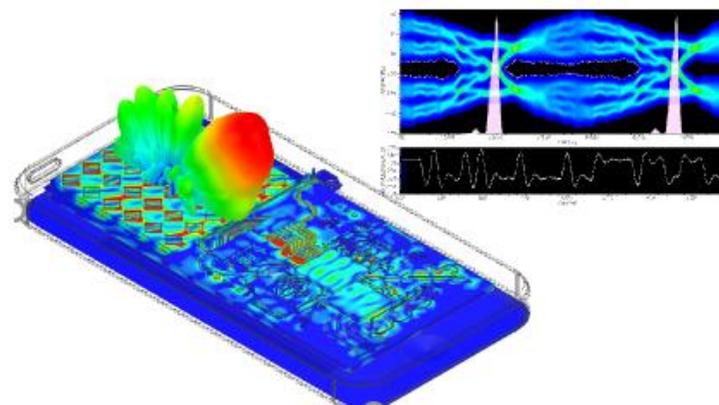
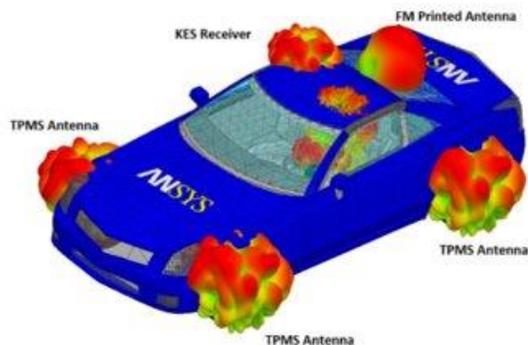
- EMI, RFI, совместная работа РЭА и снижение чувствительности
- Помехи от антенн других передающих устройств
- Размещение нескольких антенн на небольшом объекте
- Помехи от антенн на схемы
- Наводки на кабель

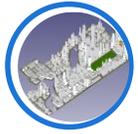
## Возможности Ansys

- Оценка развязок и сканер EMI
- Надежность, EMI, RFI и устранение снижения чувствительности
- Встроенные инструменты анализа ЭМС на основе шаблонов
- Динамическая связь между схемными и полевыми решателями

## Результаты

- Влияние на антенну ВЧ и широкополосных помех, прогнозирование RFI и EMI на ранней стадии проектирования
- Отчеты по результатам разработки и данные о проверке производительности каналов или о сбоях
- Принятие мер по устранению снижения чувствительности и взаимного влияния
- Диаграммы излучения
- S-параметры





# Моделирование распространения сигналов в реальных условиях

## Инженерные задачи

- Электрические размеры и сложность окружающей среды
- Динамический характер окружающей среды
- Влияние платформы на диаграмму направленности антенны
- Моделирование каналов
- Снижение отношения сигнал / шум из-за помех

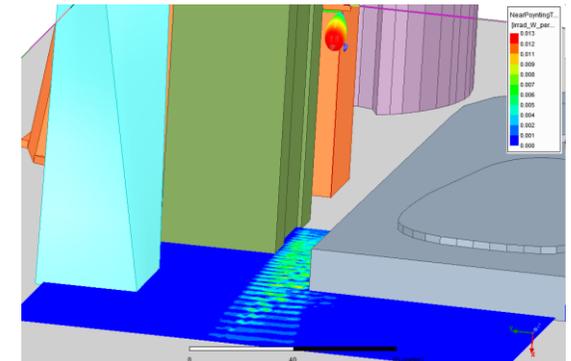


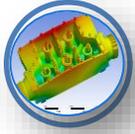
## Возможности Ansys

- Высокоточный асимптотический решатель SBR +
  - ДН установленной антенны
  - Динамическая среда
- Анализ характеристик каналов распространения
- Интерактивный скрипт для адаптивного формирования луча
- Ускоренная доплеровская обработка (ADP = accelerated doppler processing) нескольких радиолокационных сигналов
- Анализ энергетического запаса

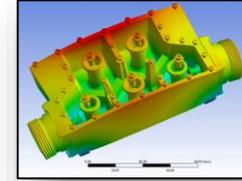
## Результаты

- Адаптивное формирование луча MIMO фазированной решетки в городских условиях
- Точная диаграмма направленности антенны базовой станции
- Испытания виртуального радара
- Планирование размещения антенн БС сотовой связи





## Мультифизические расчеты для систем 5G



### Инженерные задачи

- Температурная-зависимость характеристик электроники
- Термодеформация, расслоение, отказ элементов, усталость паяных соединений и т.д.
- Прогнозирование срока службы и надежности для критически важной аппаратуры
- Воздействие окружающей среды: ветровая нагрузка, солнечная нагрузка и т.д.

### Возможности Ansys

- Двустороннее моделирование DC/тепло и ВЧ/тепло
- Связка решателей ЭМ-тепло-механика для прогнозирования теплового напряжения
- Обратная связь с сеткой механических деформаций, влияющих на электрические характеристики
- Интеграция уровня микросхемы с мультифизикой на уровне упаковки/платы/системы
- Прогноз срока службы электроники

### Результаты

- Прогнозирование дрейфа электрических характеристик при различных температурных условиях
- Управление пиковой мощностью передающих систем большой мощности
- Усталость контактов от термо напряжения
- Точное прогнозирование температуры высокоинтегрированной конструкции от микросхемы до уровня системы
- Кривые наработки на отказ и жизненного цикла электроники
- Тепловое воздействие на энергетический запас линий систем связи



# Матрица инструментов для разработки 5G

## Расчетные возможности

## Области применения

		Ansys Redhawk-SC	Ansys Totem	Ansys RaptorH	Ansys Pharos	Ansys VeloceRF	Ansys Exalto	Ansys HFSS	Ansys Siwave	Ansys Q3D Extractor	Ansys Maxwell	Ansys/Lumerical INTERCONNECT	ANSYS/EMA	Ansys Icepak	Ansys Sherlock	Ansys Mechanical	Ansys Fluent	Ansys OptiSlang
Chip, Package, System Design & Analysis	Chip/Package/3DIC Power Integrity	•	•															
	Chip/Package signal integrity			•	•		•	•										
	Complex package analysis	•		•				•										
	RF/mmWave Chip/Package level analysis			•	•	•	•	•										
Signal/Power Integrity of High Bitrate Systems	Busbar/Transformer/Power System Design and Analysis									•	•							
	Chip/Package/System Power Integrity							•	•									
	Chip/Package/System High-speed signal analysis							•	•									
Optical Integrity Analysis	Physical electro-optical integrated circuit components design/analysis											•						
	Advanced Modulation Formats											•						
	Full Optical Data Channel Analysis											•						
User Equipment Antenna System Design	Antenna design, analysis and optimization							•										•
	Antenna Interaction with Surroundings							•										
	Virtual regulatory compliance testing and validation							•										
RFI, EMI, Cable Radiated Susceptibility Effect & Desense Mitigation	EMI/ESD							•	•	•								
	EMI/RFI Cable Systems							•		•			•					
	RFI & Desense							•										
Full Communication Analysis in Electrically Large & Complex Environment	Complex Antenna Array Design							•										
	Antenna placement and interactions with large environments							•										
	MIMO beamforming and interaction with physical channel							•										
Multiphysics Applications for 5G Systems	Chip/Package level thermal integrity/reliability													•				
	Chip/Package/System level thermal/mechanical integrity/reliability analysis													•	•	•		
	Antenna system thermal/mechanical integrity/reliability analysis							•						•	•	•	•	
	Communications Link Budget Analysis including Multiphysics							•						•		•		
	Wind/Mechanical Stress Analysis															•	•	
	Optimization across materials, designs, costs and physics																	•



# XVII Конференция CADFEM/Ansys

В ФОКУСЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

[ansysconference.ru](https://ansysconference.ru)



**КРУГЛОВ АЛЕКСАНДР ИГОРЕВИЧ**

**[ALEXANDER.KRUGLOV@CADFEM-CIS.RU](mailto:ALEXANDER.KRUGLOV@CADFEM-CIS.RU)**

**+7(926)963-8486**

