



**ЭКСПОНЕНТА**  
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
И МОДЕЛИРОВАНИЯ

**VII ВСЕРОССИЙСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ**

# Разработка физического уровня 5G базовой станции

 **RadioGigabit**

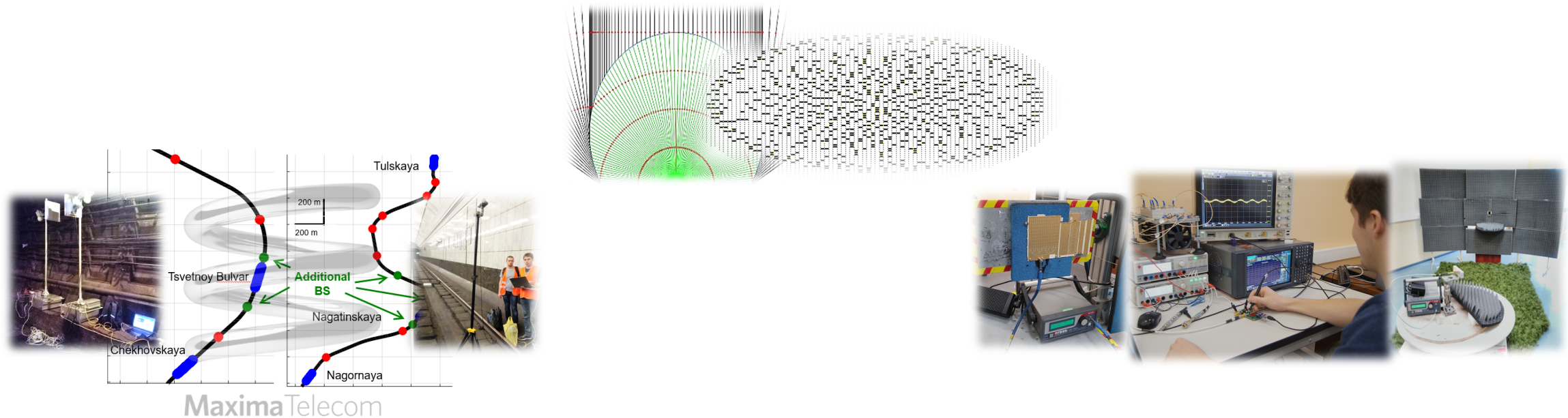
Олег Сойкин  
Технический маркетолог  
ООО «Радио Гигабит»

# ООО «Радио Гигабит»

- Один из лидеров в разработке современных высокоскоростных систем связи:
  - Радиорелейные станции миллиметрового диапазона (60/70/80 ГГц);
  - Приложения “точка-точка/многоточка” (5/11/28 ГГц);
  - Системы связи на транспорте (5 ГГц);
  - Системы радиопланирования/эмуляции канала и др.
- Экспертиза мирового уровня в области беспроводных технологий и полный набор компетенций для разработки 5G систем:
  - Системный дизайн (архитектура, алгоритмы, моделирование);
  - Дизайн цифровых модемов (ПЛИС-реализация);
  - Разработка программного и аппаратного обеспечения;
  - Разработка антенн, СВЧ компонент и РЧ модулей вплоть до 100 ГГц.

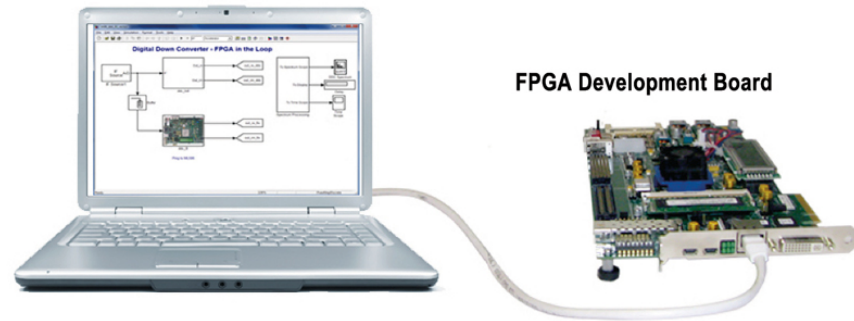
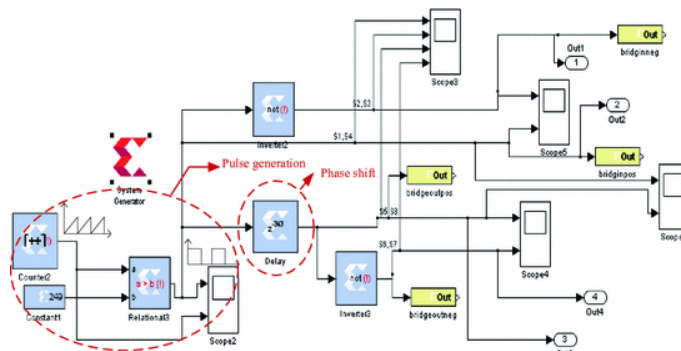


# Опыт использования инструментов Matlab

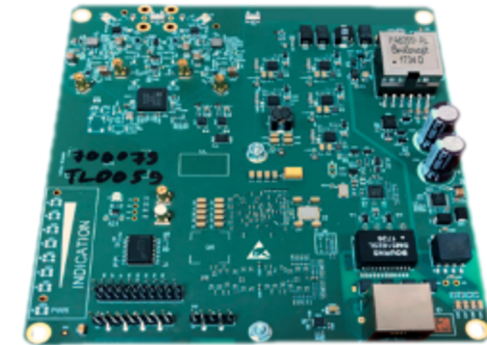


- Универсальные инструменты разработки
  - Радиопланирование
  - Синтез/расчет антенн
  - Управление комплексами тестирования

# Опыт использования среды Matlab/Simulink



FPGA Development Board



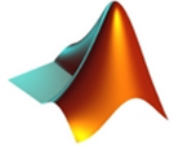
- Автоматическая генерация RTL-кода;
- Адаптация под конкретную ПЛИС;
- Программно-аппаратное моделирование.

# Используемые подходы к разработке ПЛИС



XILINX  
SYSTEM  
GENERATOR™  
For DSP

HDL®  
Height Dedicated Leading



HDL Coder  
MATLAB Experts

- Низкоуровневый подход Verilog/VHDL RTL:
  - Традиционный подход с широким спектром применений;
  - Однако, высокая сложность и трудоемкость разработки/верификации;
  - Необходимость использования нескольких инструментов разработки.
- Высокоуровневые подходы Simulink:
  - Единая среда проектирования;
  - Высокая скорость разработки и верификации;
  - Готовые встроенные модули/соответствие базовым элементам ПЛИС;
  - Автоматизированный перевод моделей в арифметику с фиксированной точкой.

# Пример разработки радиорелейной системы связи диапазона 5 ГГц

- Высокоскоростная система связи “точка-точка” для широкополосного доступа диапазона 4.9–6 ГГц, разработанная для российской компании Инфинет:
  - Дуплекс 2×2 MIMO с временным разделением и компенсацией кросс-поляризации;
  - Оптимизированная база компонент системы;
  - Встроенная двухполяризационная антенна 18/23 дБи.

*Система связи “Vector-5” компании Инфинет*

Пропускная способность	До 460 Мбит/с, агрегированная
Спектральная эффективность	11.5 бит/с/Гц
Пакетная производительность	900 000 пакетов/с
Модуляция	SC-FDE
Модуляционно-кодовые схемы	14 схем: от QPSK до QAM256
Полоса сигнала	3.5...40 МГц
Максимальная дальность	До 40 км

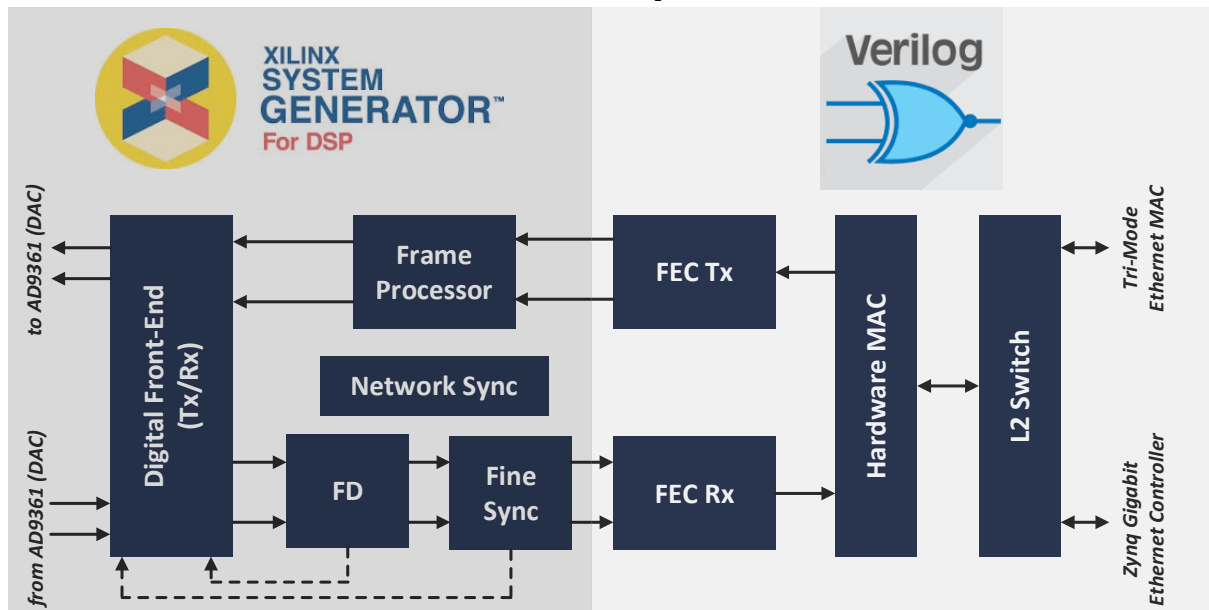


**Продажи по всему миру: 1000+ образцов  
5000+ в производстве**

# Пример разработки радиорелейной системы связи диапазона 5 ГГц: Модем

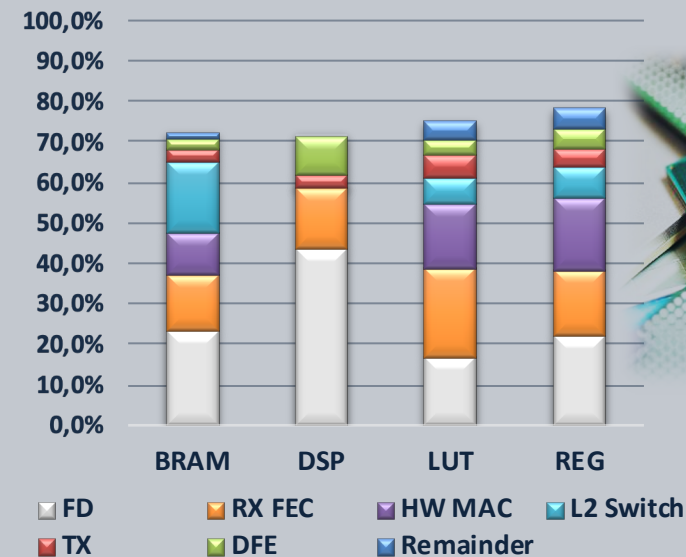
- Платформа: низкостоимостная ПЛИС Xilinx Zynq 7-020:
  - Высокий уровень интеграции и утилизации ресурсов;
  - Эффективная реализация: **признана Xilinx**;
  - Проприетарные протоколы физического и канального уровней.

**Блок-диаграмма**



## Утилизация ресурсов ПЛИС

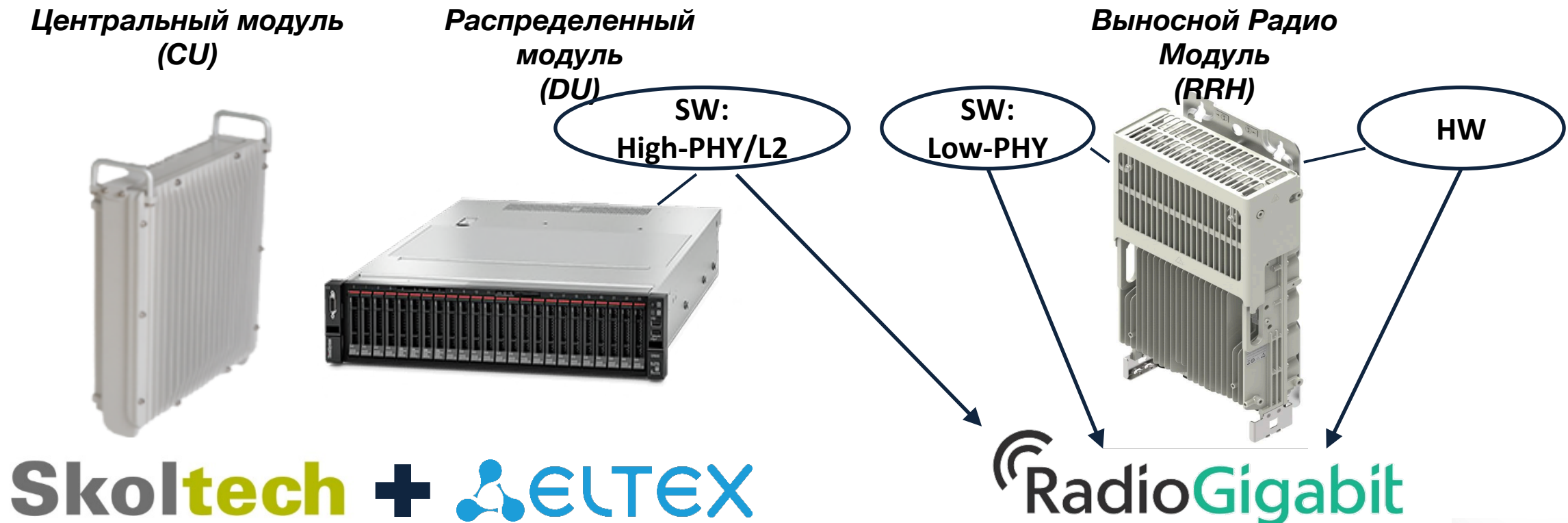
Поддержка  
256-QAM



**XILINX**  
ALLIANCE PROGRAM  
MEMBER

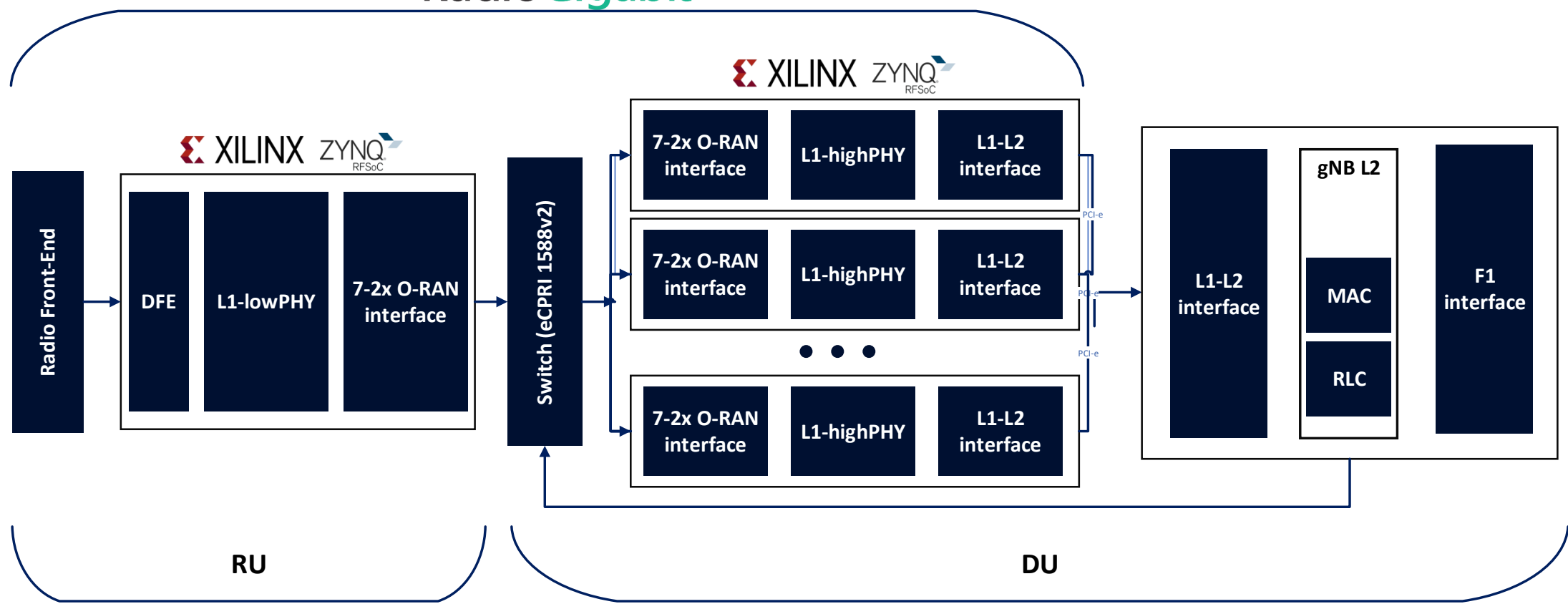
# Проект по разработке физического уровня базовой станции 5G New Radio (NR)

Лидирующий исследовательский центр (ЛИЦ)  
«Сеть радиодоступа 5G с открытой архитектурой»



# Архитектура системы OpenRAN RU/DU

RadioGigabit



# Элементная база для реализации физического уровня

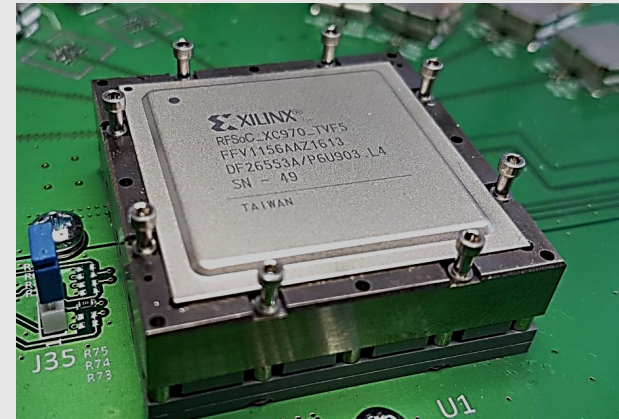
## Потенциально подходящие платформы для реализации проекта

### Xilinx MPSoC



- Многопроцессорная система-на-кристалле;
- Обработка данных на мощном процессоре;
- Высокий уровень производительности, гибкости и масштабируемости;
- Возможность интеграции периферии и ускорителей для конкретного приложения.

### Xilinx RFSoc



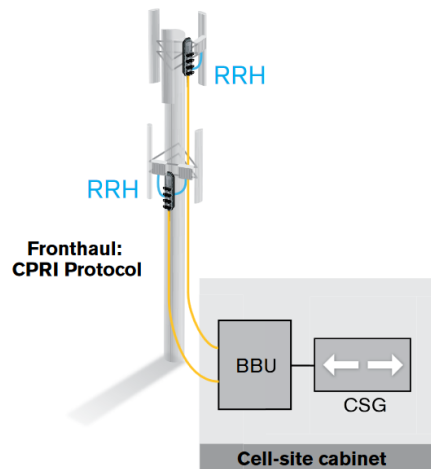
- Программируемая логика (FPGA);
- Процессоры для обработки сигналов и пользовательских приложений (ARMx6);
- До восьми 12-разрядных АЦП с частотой дискретизации до 4 ГГц;
- До восьми 14-разрядных ЦАП с верхней частотой до 6.4 ГГц.

# Сложности проекта

*Сложность/гибкость стандарта*



*Поддержка протокола eCPRI*



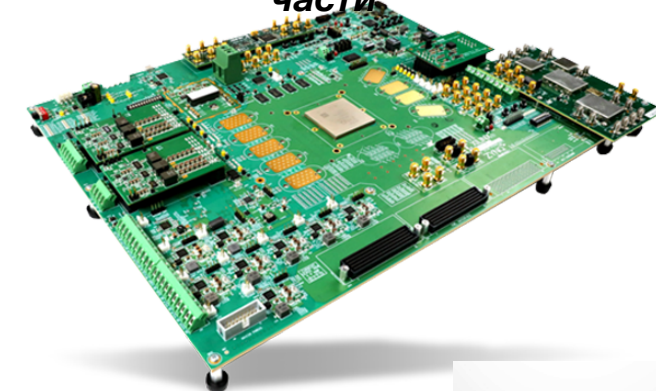
*Тестирование/отладка всей системы связи*



*Блок РЧ усилителей:  
~1 кВт вых. мощности  
~600 Вт рассеиваемой мощности*



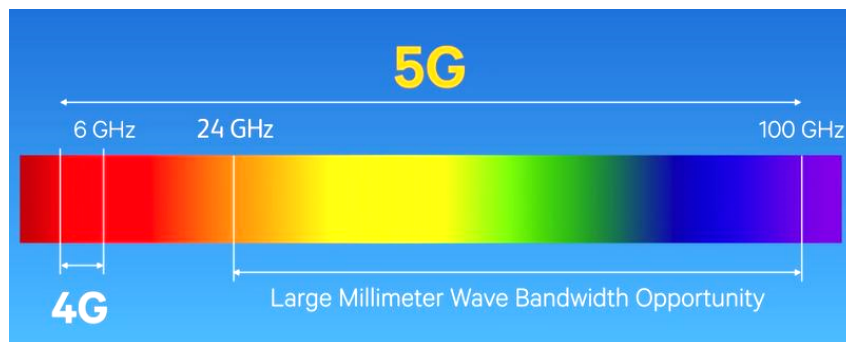
*Дизайн аналого-цифровой  
части*



# План работы над проектом и варианты развития

- План работы:
  - Макет – Q1 2021;
  - Прототип – Q4 2021;
  - Экспериментальный образец – Q3 2022.
- Направления развития:

**Поддержка различных частотных диапазонов: sub-6, mm-wave**



**Внедрение технологии Massive MIMO: применение цифровых антенных решеток**

