



NIDays ENGINEER
NEXT

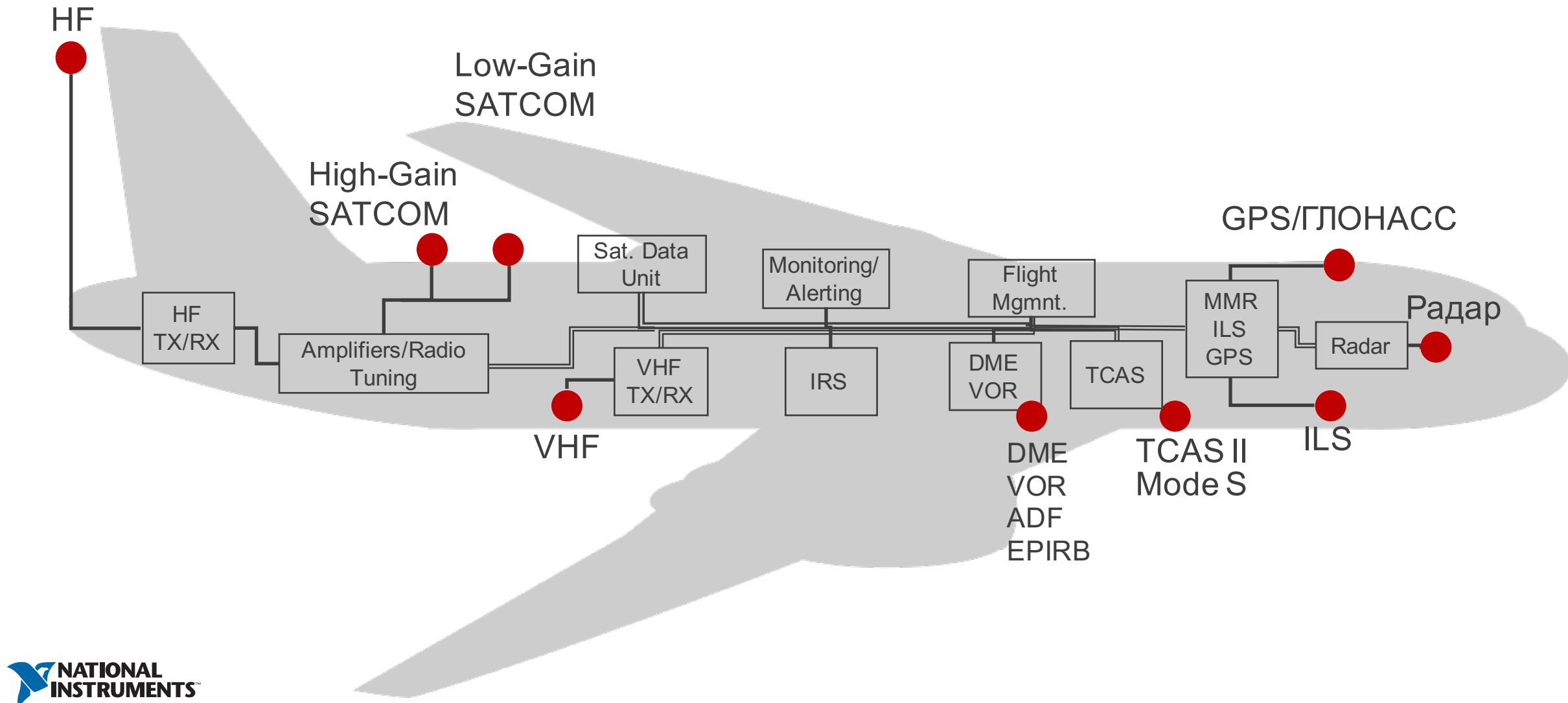
The logo features the text "NIDays" in white inside a white rectangular box, positioned to the left of the words "ENGINEER" and "NEXT". "ENGINEER" is in a smaller, white, sans-serif font, while "NEXT" is in a larger, bold, white, sans-serif font. A yellow graphic element, consisting of three parallel lines forming a stylized arrow or chevron shape, points towards the "NEXT" text. The entire logo is set against a background of diagonal stripes in various shades of blue, green, and orange.

Технологии NI в авиационной и космической промышленности

Заказчики НИ в авиации и космосе



Современный самолет имеет множество взаимосвязанных авиационных подсистем



Динамика изменения характеристик авионики

Функциональность



Строки кода (ПО)



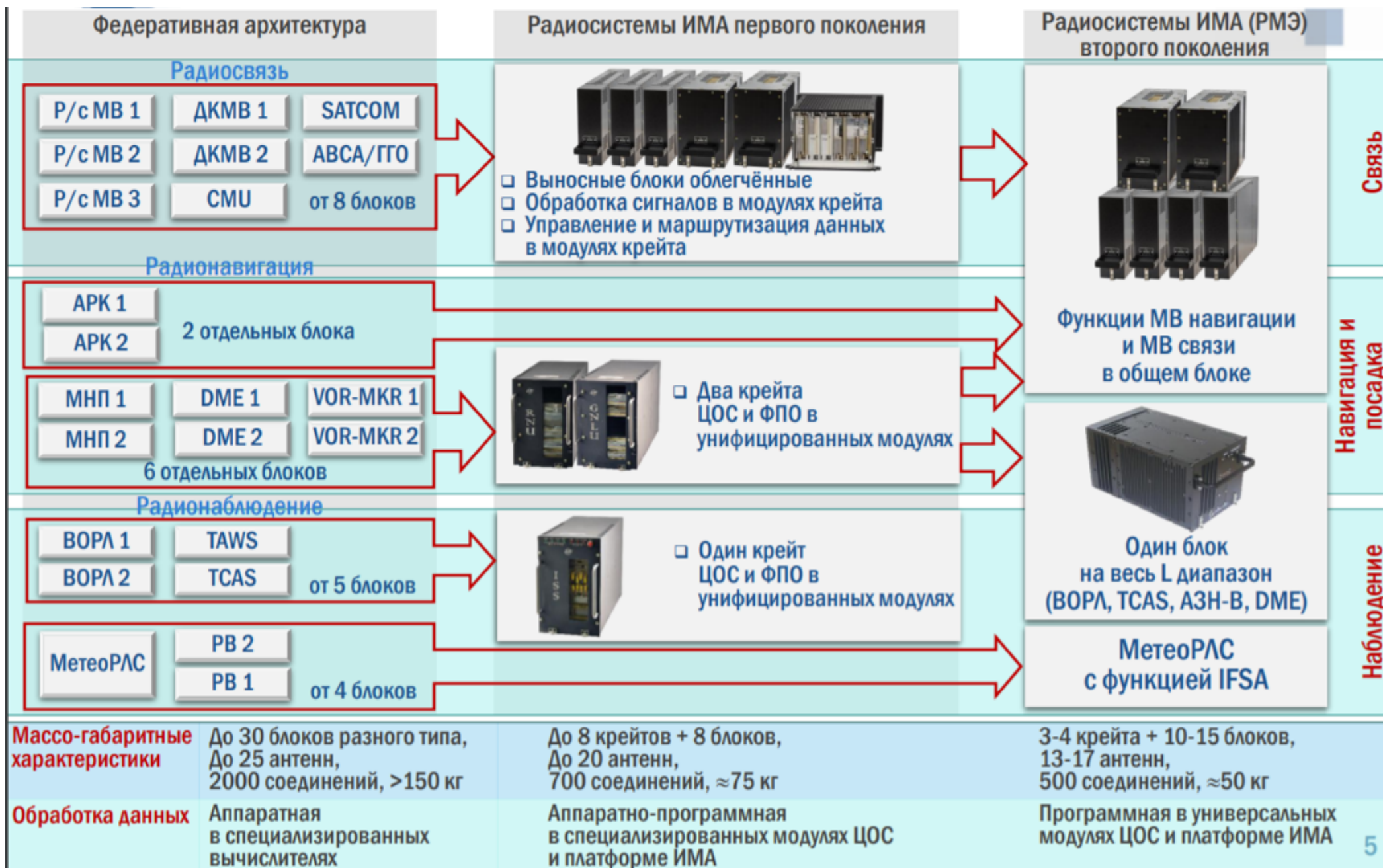
Удельные временные затраты на проектирование ВС



Удельная стоимость разработки ПО



4-я Международная конференция «Перспективные направления развития бортового оборудования гражданских воздушных судов»
20 июля 2017 г.



Решения NI для авиации и космоса



Тестирование
авионики



Навигация



Связь



Радар



HiL

Производство

ГНСС

SATCOM

Тест радаров,

HiL

Входной и
выходной контроль

Навигационные
системы

Радио связь

транспондеров

Стендовые

ВЧ

Имитация целей

испытания

Транспондеры

Телеметрия

Спектральный

Летные испытания

Внешние
воздействия

SDR

мониторинг

Верификация

Вызовы современных разработок



УВЕЛИЧЕНИЕ
ТРУДОЕМКОСТИ



СМЕНА
ТРЕБОВАНИЙ

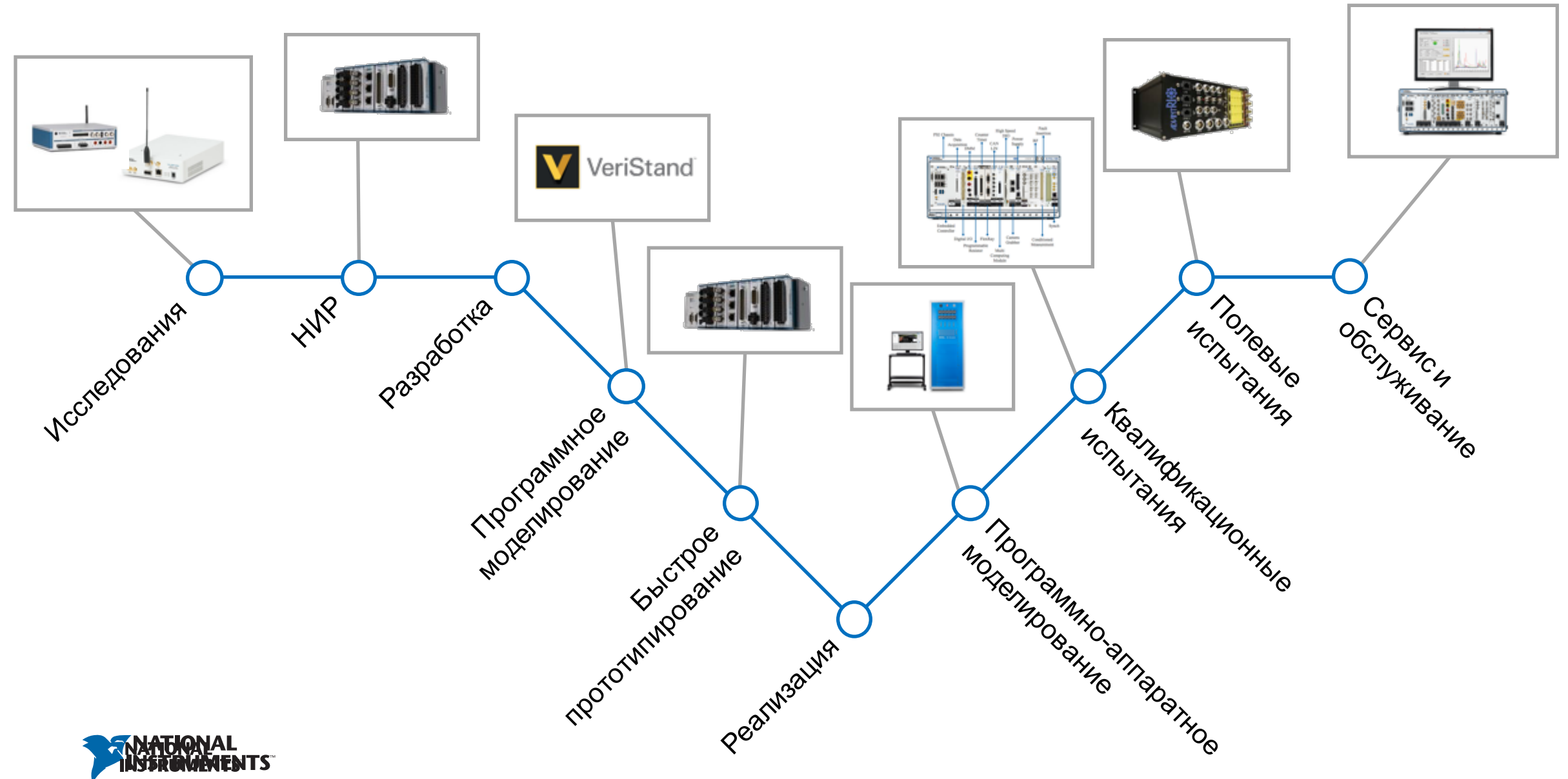


КАДРОВЫЕ
РЕСУРСЫ



ЖЕСТКИЕ
СРОКИ

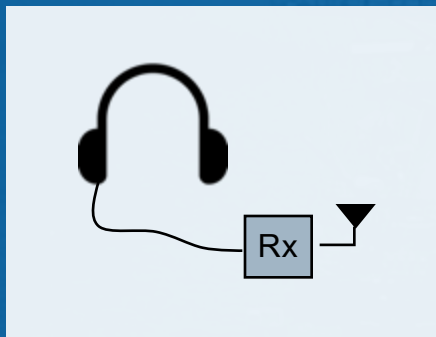
NI как партнер на всех инженерных этапах



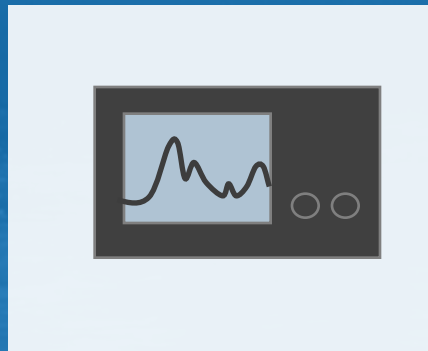
Стенды прототипирования требований

Применение SDR технологий

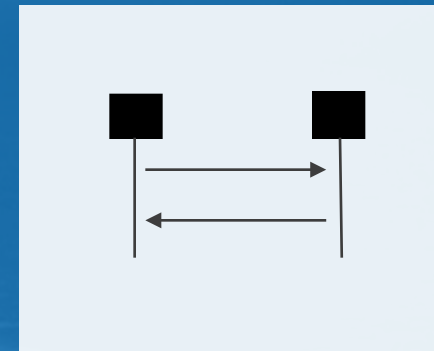
Мониторинг спектра



Алгоритмы ЦОС



Разработка протоколов связи



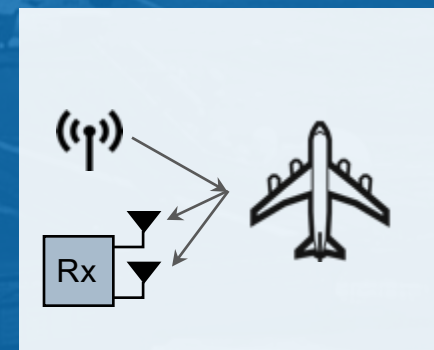
Мониторинг спутникового сигнала



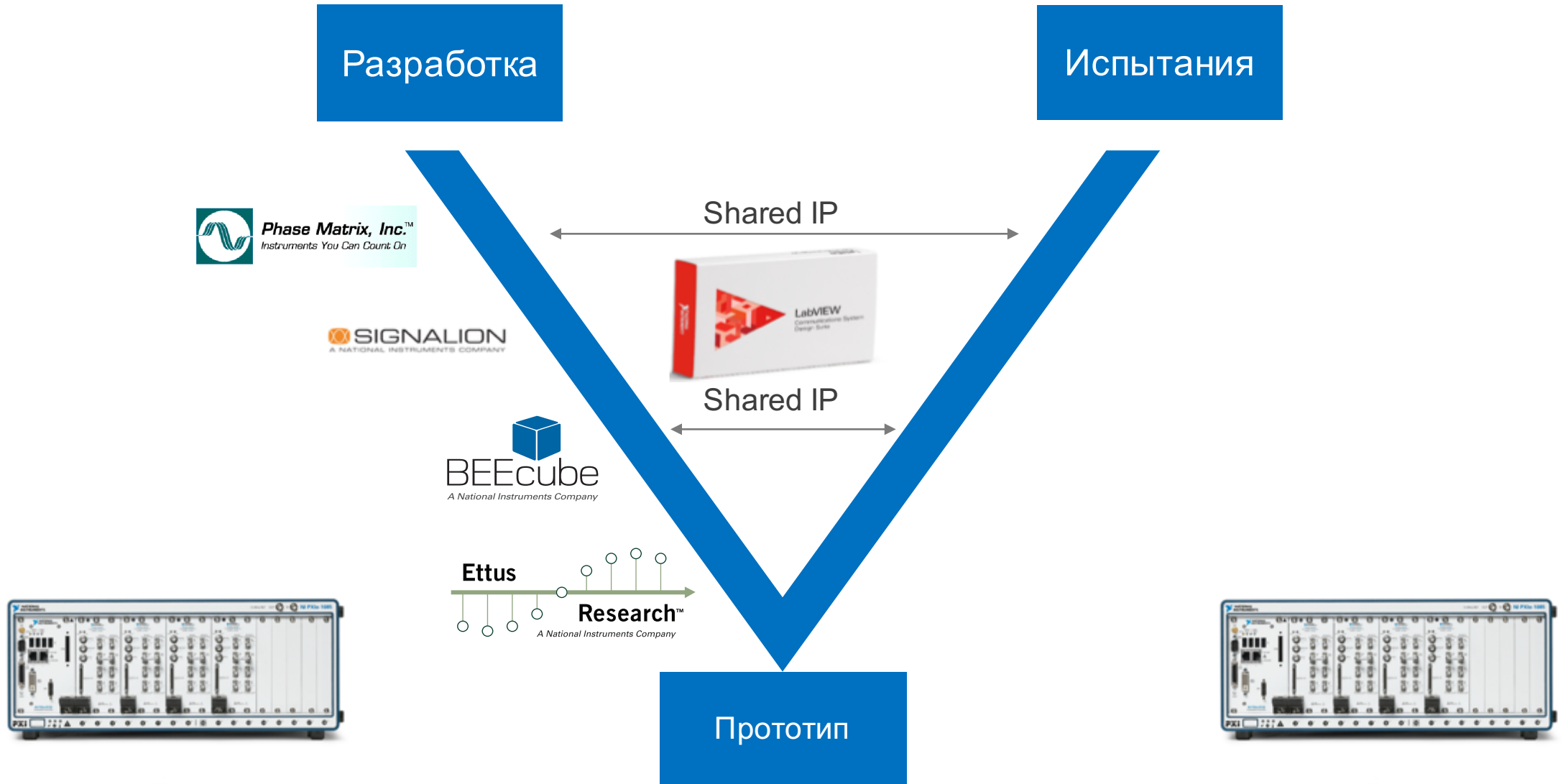
Имитация целей



Прототипирование радаров



NI инвестирует в процесс разработки



NI SDR Platform

Открытая программная среда



Широкий спектр аппаратных решений



Успешные решения по всему миру

**First 28GHz mm-wave 5G transceiver
demoed in US**

-Electronics Weekly

Bristol and Lund set a new world record in 5G wireless spectrum efficiency

-Bristol University

Massive MIMO gets a boost from National Instruments

-RCR Wireless

**World's Most Powerful Emulator of Radio-Signal
Traffic Opens for Business**

-DARPA

Архитектура Software Defined Radio

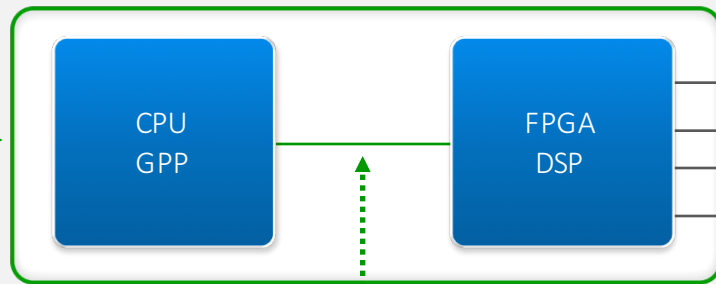
Мульти-процессорная обработка

Хост процессор

- Управление с уровня MAC
- Многоядерные процессоры

Реального времени

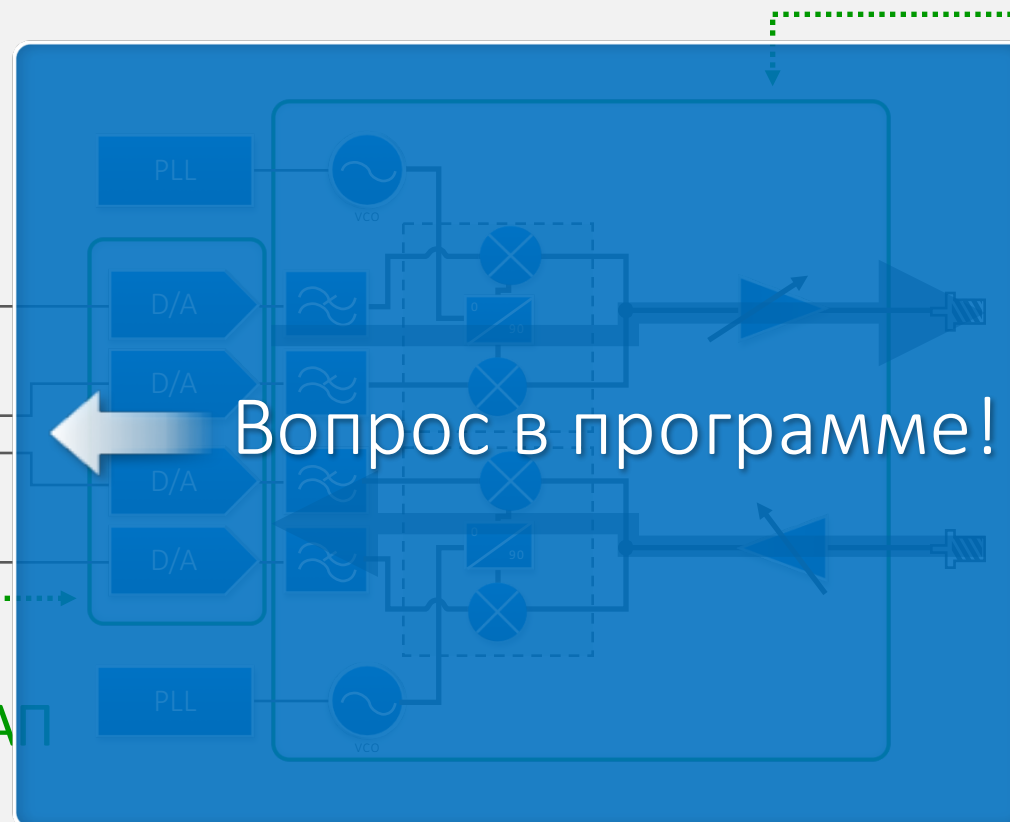
- Физический уровень (PHY)
- Пример: FPGA, DSP



Связь между процессорами

Определяет пропускную способность
Пример: Gigabit E-net, PCIe

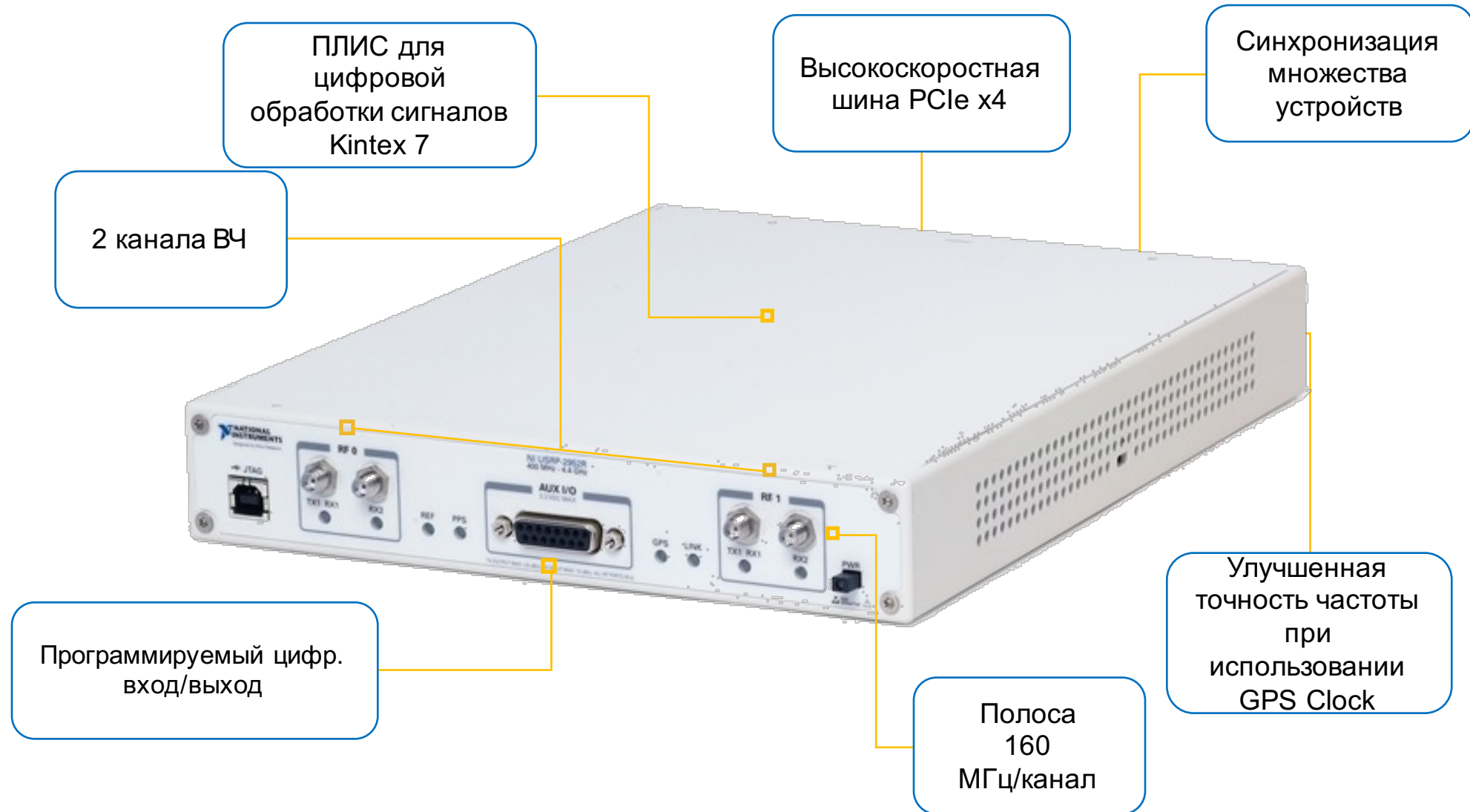
АЦП и ЦАП



ВЧ тракт

- Универсальные ВЧ входы-выходы
- Два гетеродина
- Непрерывный частотный диапазон

Возможности USRP RIO

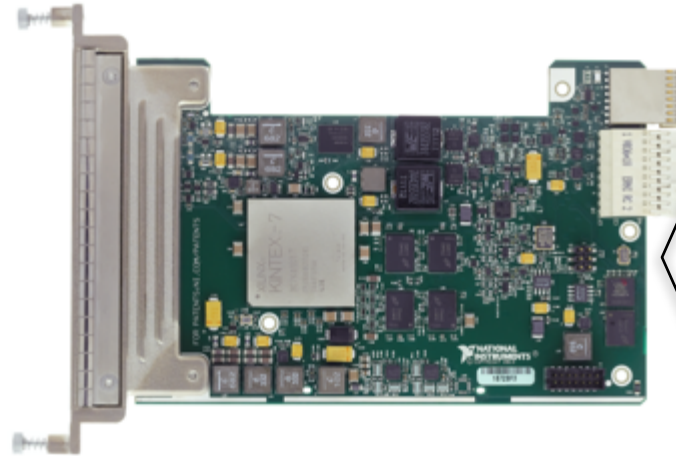


Архитектура NI FlexRIO



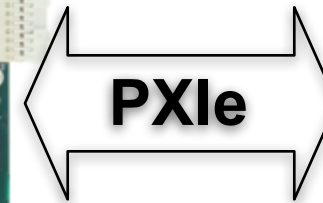
Адаптерный модуль NI FlexRIO

- Аналоговые или цифровые вх/вых каналы
- Набор разработчика NI FlexRIO Adapter Module Development Kit (MDK)



Модуль NI FlexRIO

- Virtex-5, Kintex-7 FPGA
- 132 цифровые линии
- До 2 ГБ DRAM

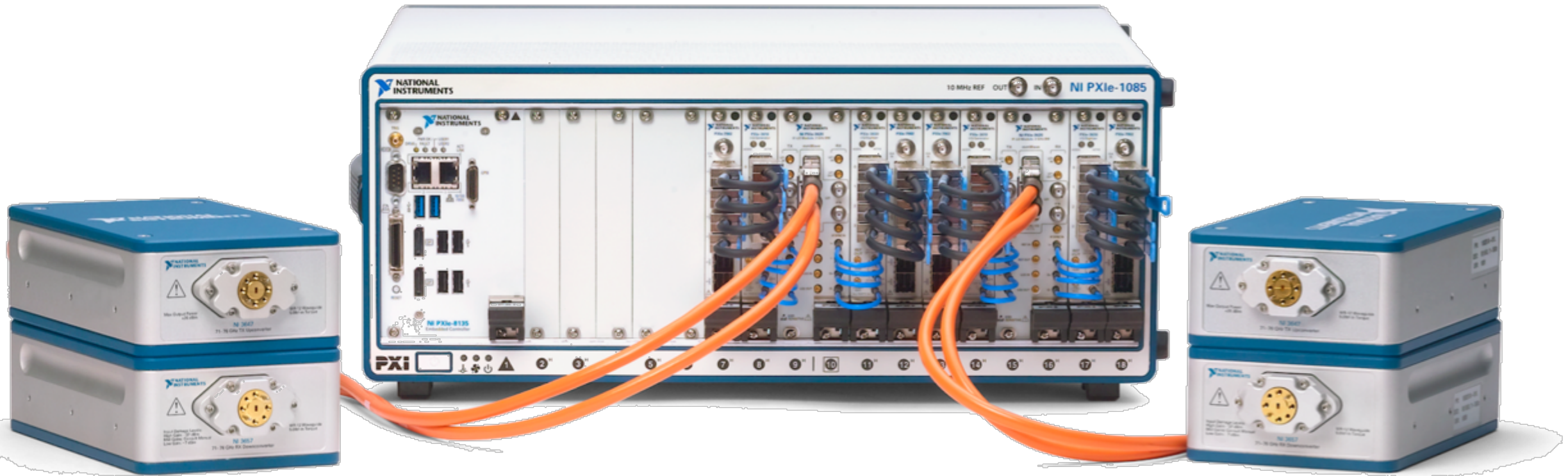


Платформа PXI

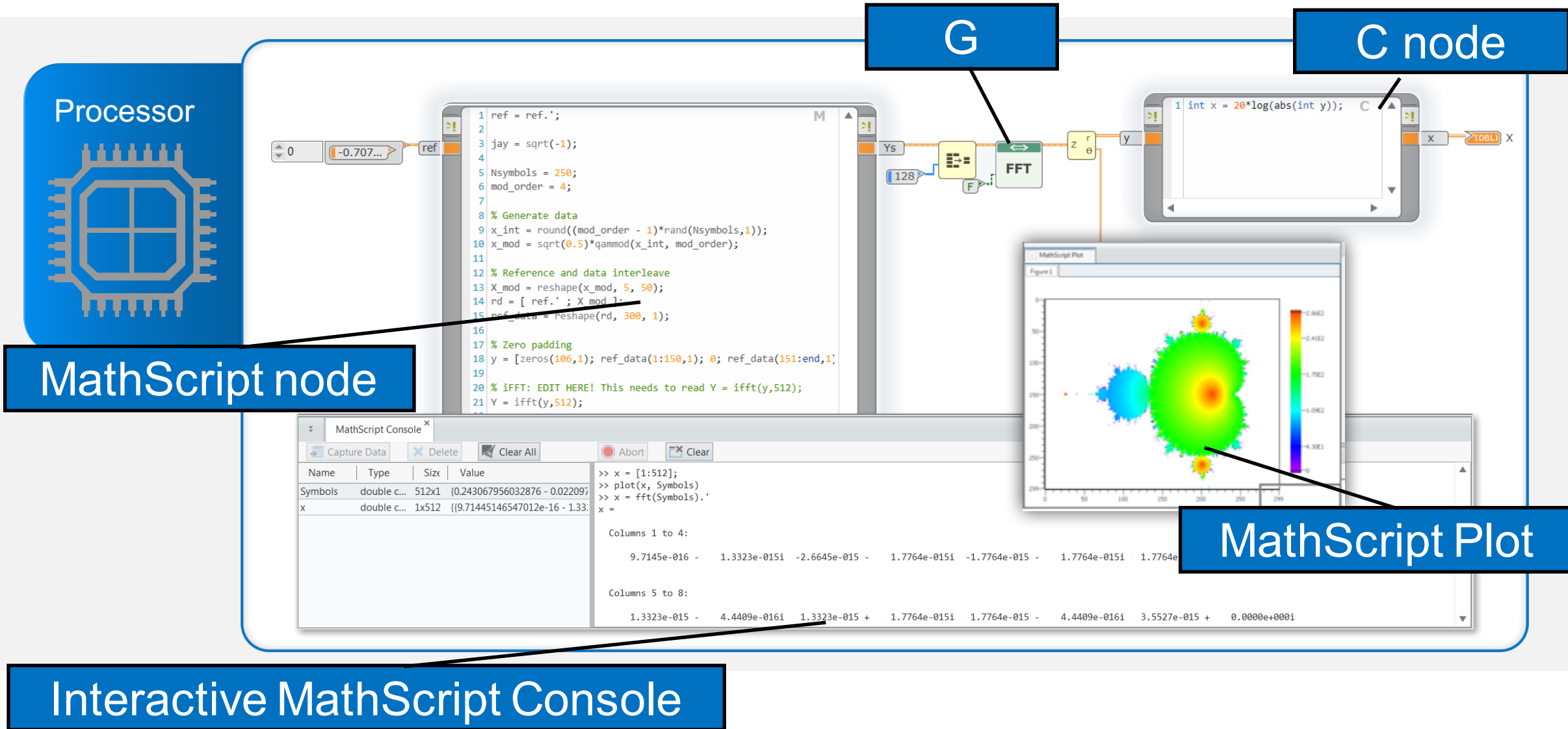
- Синхронизация
- Тактирование / триггеры
- Питание/охлаждение
- Поточковая обработка данных

NI mmWave Transceiver System

Первый в мире трансивер с полосой 2 ГГц в диапазоне 28, 56, 71-76 ГГц для тестирования канала и двусторонней связи MIMO в реальном времени



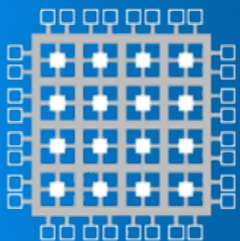
Интеграция различного кода для процессора





Интеграция кода VHDL для ПЛИС

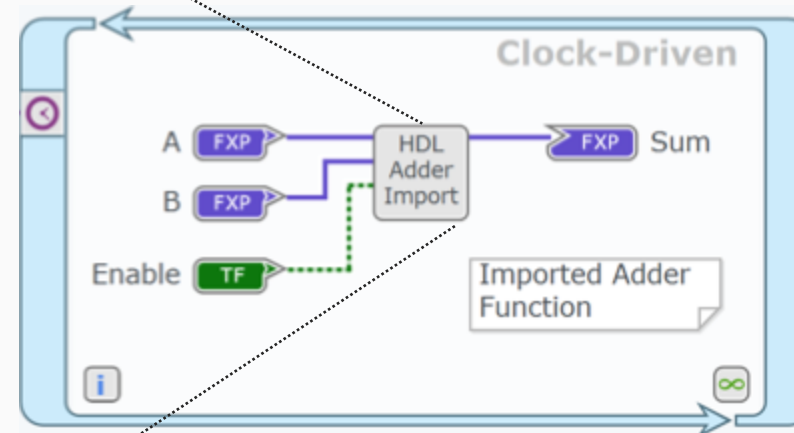
FPGA



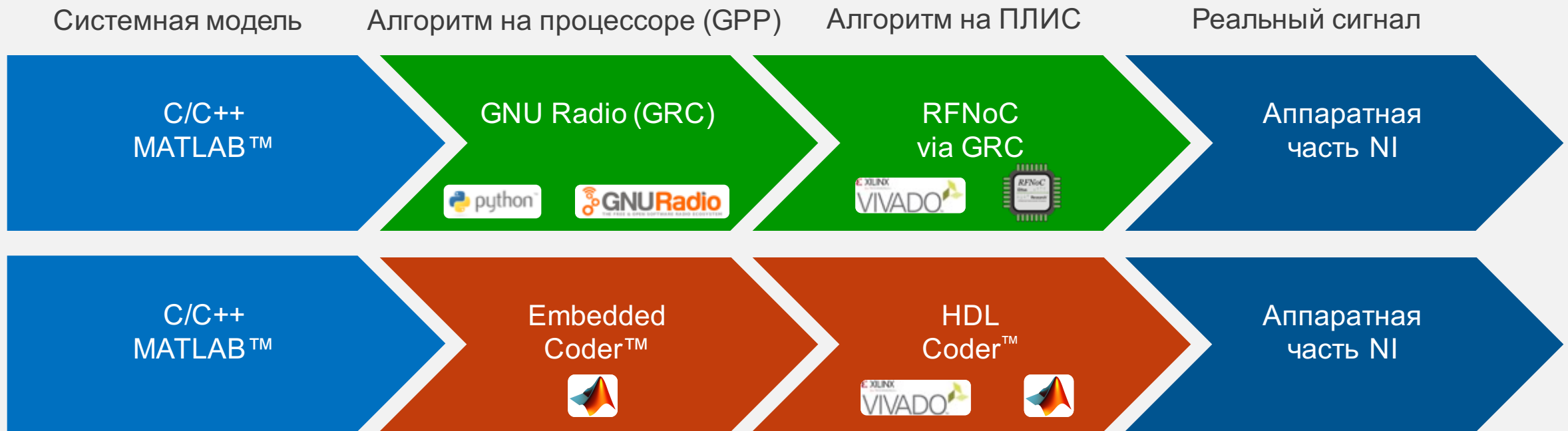
```
use IEEE.NUMERIC_STD.ALL;

entity SimpleAdd is
|   Generic ( kwidth : integer := 8 );
|   Port ( cInput0 : in  std_logic_vector (kwidth - 1 downto 0);
|         cInput1 : in  std_logic_vector (kwidth - 1 downto 0);
|         cOutput  : out std_logic_vector (kwidth - 1 downto 0)
|         Clk      : in  std_logic;
|         cEnable  : in  std_logic;
|         aReset   : in  std_logic);
end SimpleAdd;

architecture rtl of SimpleAdd is
    signal cTemp : signed (kwidth - 1 downto 0);
begin
    cTemp <= signed(cInput0) + signed(cInput1);
    process (aReset, Clk) begin
        if aReset = '1' then
            cOutput <= (others => '0');
        elsif rising_edge(Clk) then
            if cEnable = '1' then
                cOutput <= std_logic_vector(cTemp);
            end if;
        end if;
    end process;
end rtl;
```



NI поддерживает различные подходы в моделировании



Навигация



7 миллиардов навигационных устройств к 2019



AGRICULTURE



AVIATION



LOCATION BASED
SERVICES (LBS)



MAPPING &
SURVEYING



MARITIME



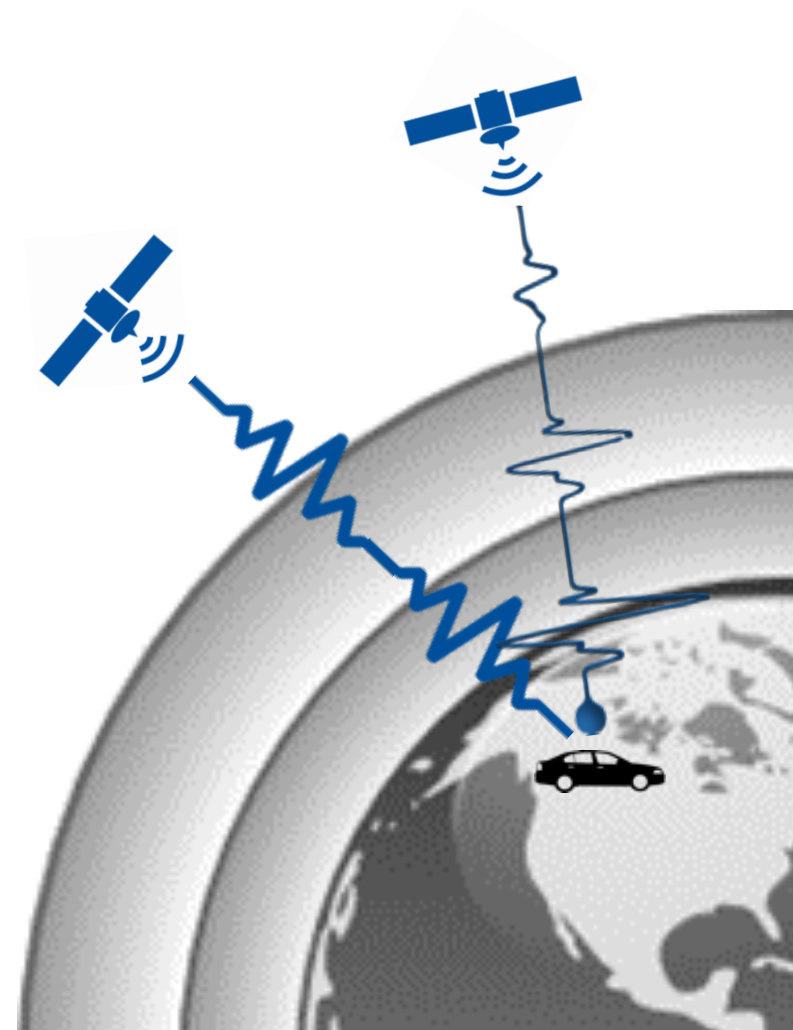
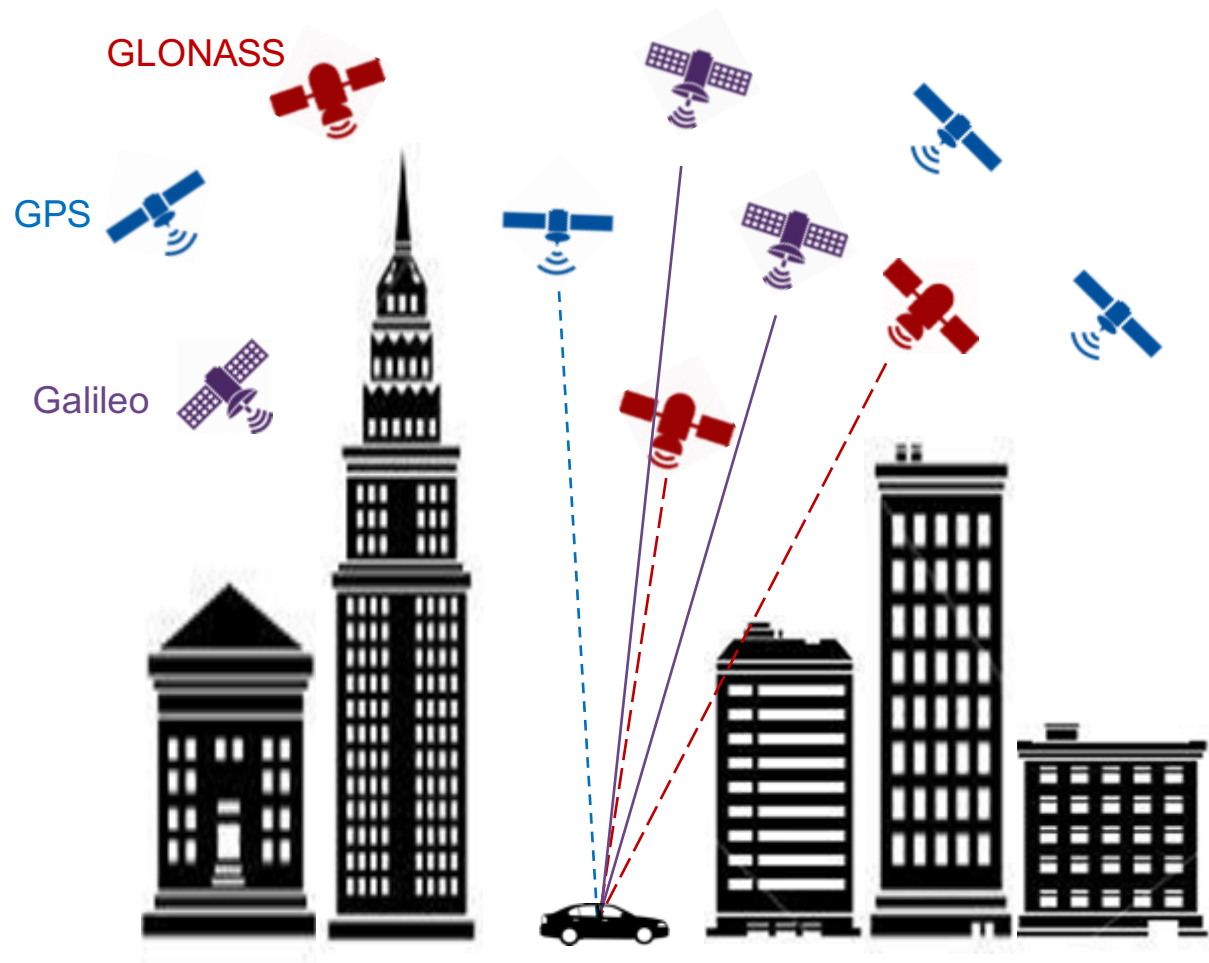
RAIL



ROAD

Навигация – вектор развития №1

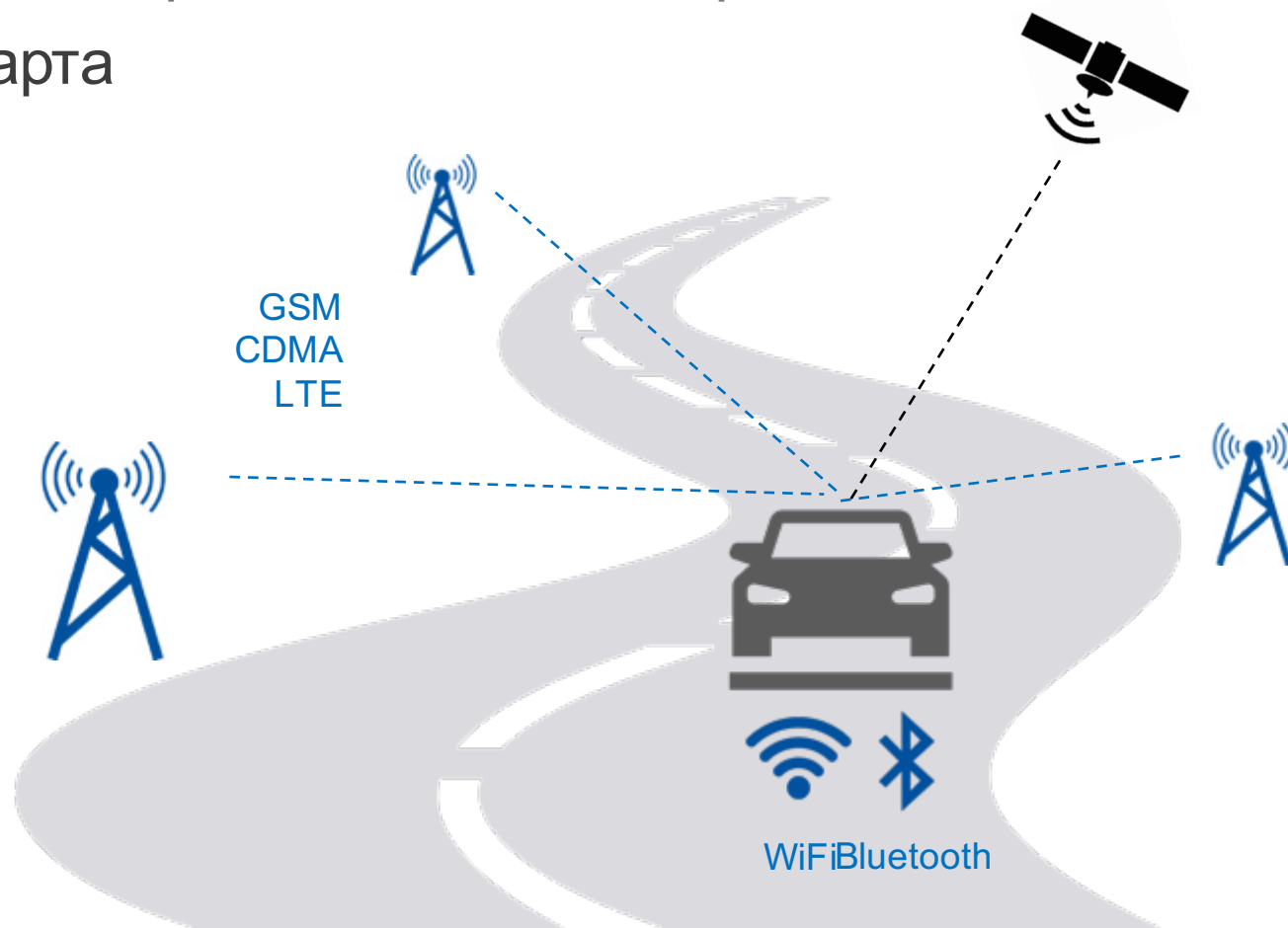
Поддержка одновременно нескольких систем и частот



Навигация – вектор развития №2

Совместная работа ГНСС систем с беспроводными стандартами связи

- Снижение времени холодного старта
- Повышение точности
- Обеспечивать резервирование



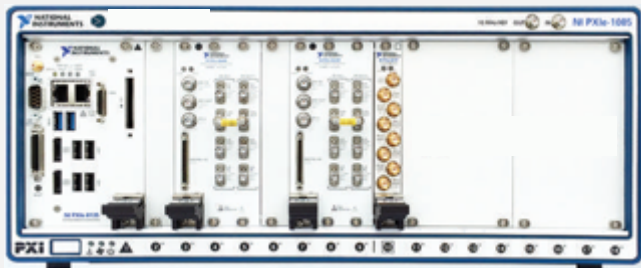
Навигация – вектор развития №3

Слабый уровень сигнала, помехи и незащищенность ГНСС сигналов



National Instruments для навигации

Аппаратная часть



PXI-модули с открытым ПО:
Точная конфигурация зависит от ТЗ

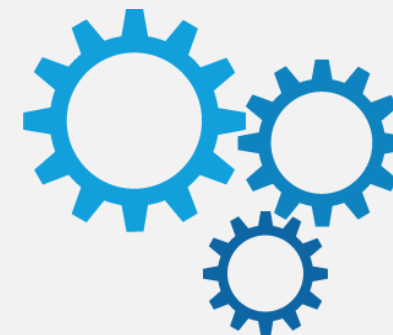
Программная часть



**Поддержка генерации
навигационных нескольких
систем и частот**

- GPS
- ГЛОНАСС
- GALILEO
- SBAS, QZSS, BEIDOU

Поддержка и Сервис



**Системная интеграция для
помощи на начальном этапе
или подготовки всей
системы под ключ**

Отработочные комплексы для навигации

Готовые системы или наборы для разработки



Навигационные системы:

- GPS, Galileo, GLONASS, QZSS, BEIDOU, SBAS
- Частоты L1/L2/L5, E1/E5/E6, G1/G2, B1/B2

Масштабируемость и функциональность:

- Полная настройка с собственным сценарием движения
- N-каналов генерации
- Смена координат на лету (RF HIL) - 10 Гц...10 кГц
- Настройка диаграммы направленности приемной антенны
- Запись и воспроизведение навигационного сигнала
- Модели ионосферы и т.д.

Система записи и воспроизведения GNSS сигналов

Компания: АО НТЦ "Интернавигация"

Задача: Система потоковой записи и воспроизведения сигналов GPS, Глонасс и других навигационных систем.

Описание:

Система позволяет одновременно записывать до 3 каналов с полосой 10 МГц каждый или один канал с полосой до 90 МГц, а затем воспроизводить их. Частотный диапазон от 200 МГц до 4.4 ГГц покрывает полосы GPS (L1, L2, L5), ГЛОНАСС (L1, L2, L3), BeiDou (B1, B2, B3), Galileo (E1, E2, E5, E6).

Измеряются параметры сигнала (мощность, спектр, IQ).

Возможна когерентная работа каналов.

Используемое оборудование: PXIe-1082; PXIe-8115; Модули: PXIe-7962R+ 5791 (x3), PXIe-6674T, PXIe-8260 SSD, антенна Trimble



Результаты :

Решение на базе NI позволило получить систему дешевле аналогов при таких же характеристиках. При этом гибкость ПО позволяет проводить более сложные измерения, в том числе в процессе записи.

Сверхширокополосные сигналы

Векторный Трансивер с ПЛИС (VST)

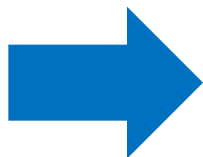
1^е Поколение

2^е Поколение



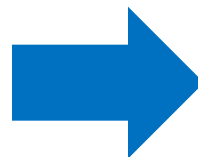
2012: PXIe-5644/45R

- 80 МГц полоса
- 65 МГц - 6 ГГц



2014: PXIe-5646R

- 200 МГц полоса
- 65 МГц - 6 ГГц



2016: PXIe-5840

- 1 ГГц полоса
- 9 кГц - 6.5 ГГц

VST 2^{го} Поколения от NI

Всего 2 Слота PXI

6.5 ГГц векторный генератор с
мгновенной полосой 1 ГГц

Выходная мощность +23 дБ

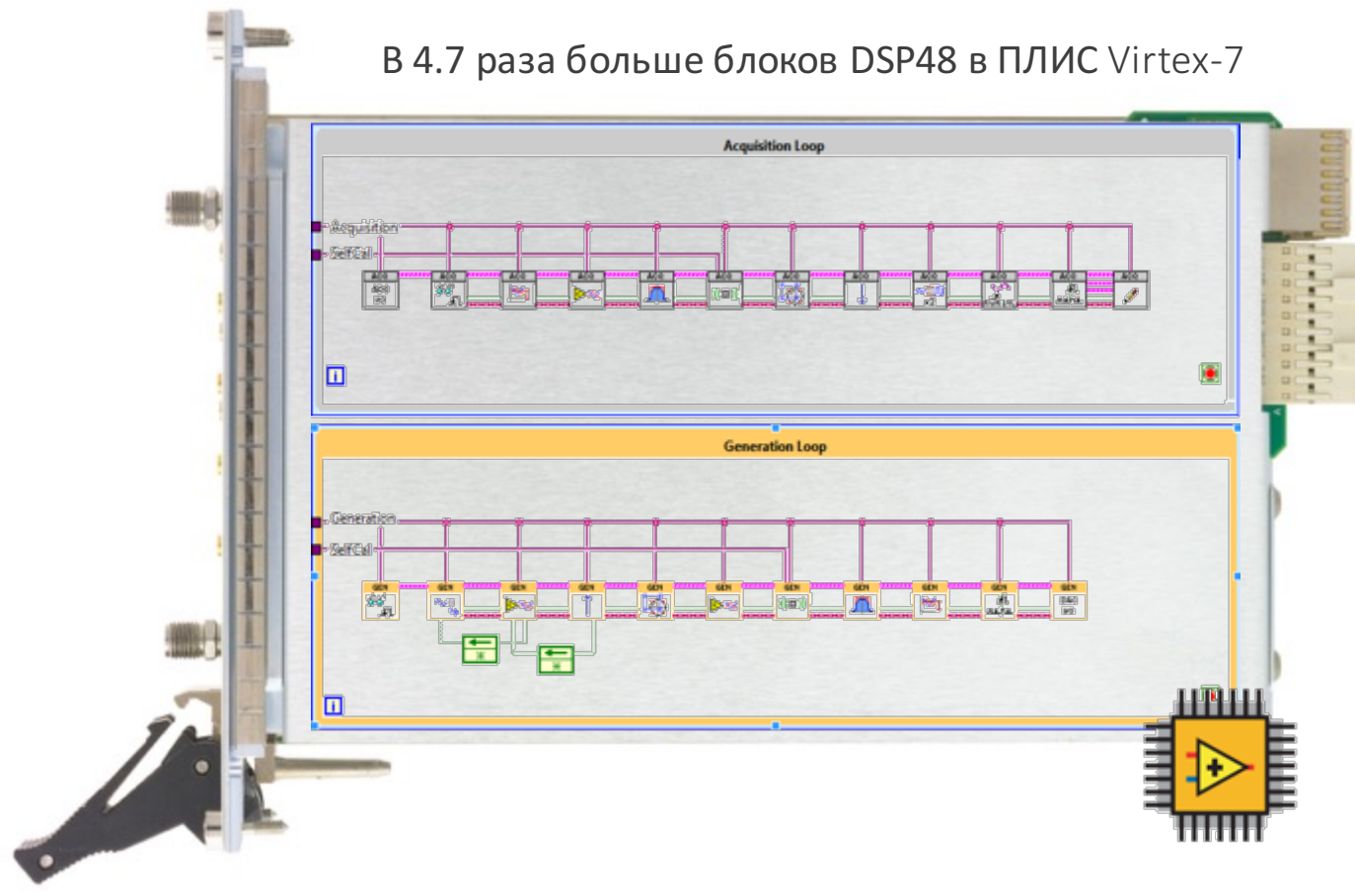
60 МГц, высокоскоростной
параллельный цифровой
интерфейс 8 портов

Новый Последовательный интерфейс
(12 Гб/с, 4 канала)

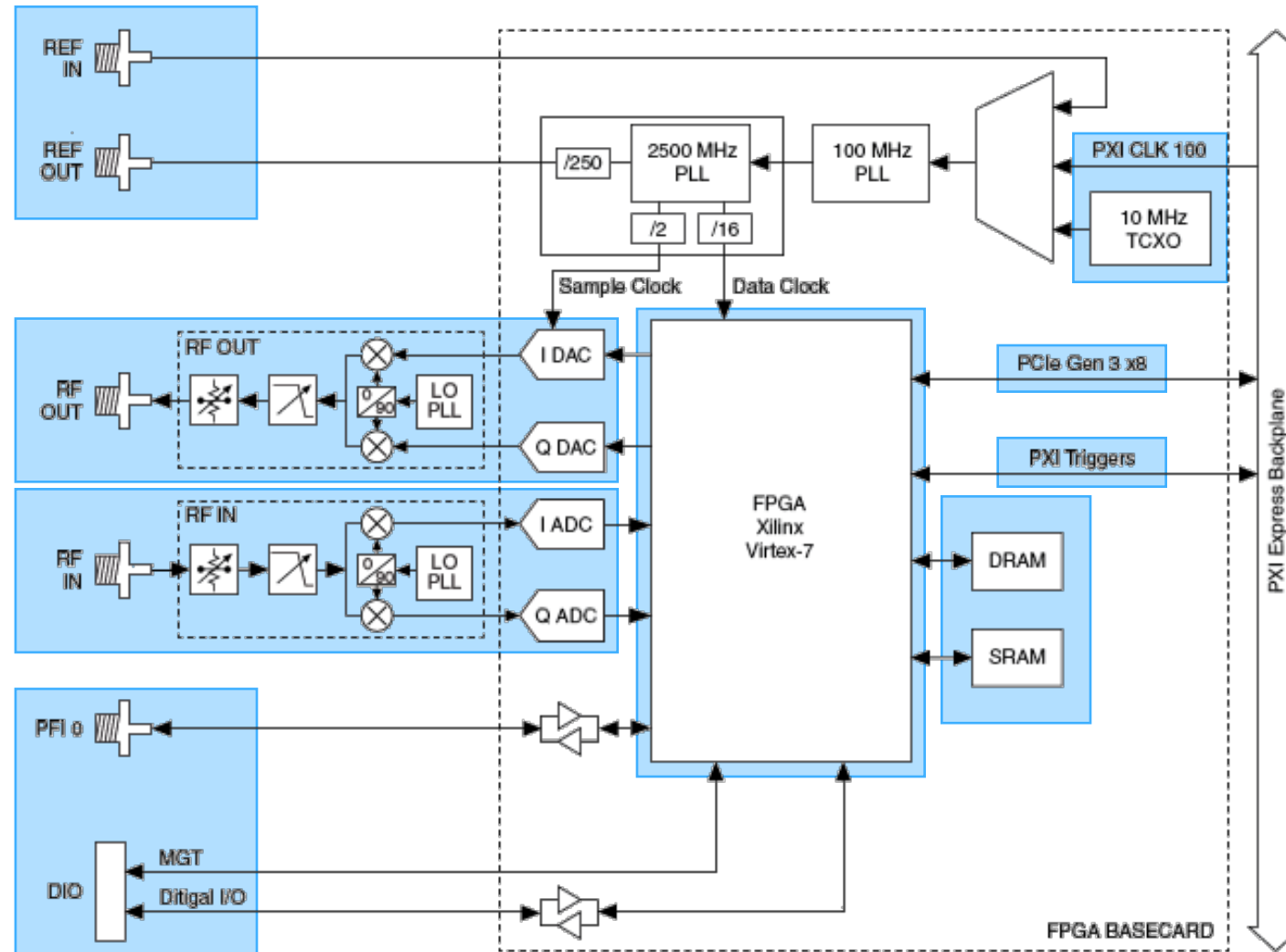
6.5 ГГц векторный анализатор с
мгновенной полосой 1 ГГц

Меньше вектор ошибки

В 4.7 раза больше блоков DSP48 в ПЛИС Virtex-7



Блок-схема PXIe-5840



Сигналы авионики

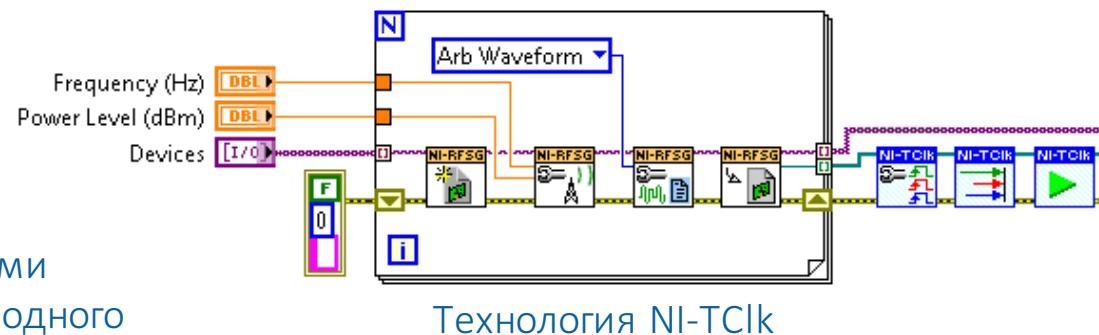
Маркерный радиомаяк	75 МГц
VOR	108.00 – 117.95 МГц
ILS	108.10 – 111.95 МГц 329.15 – 335.00 МГц
NDB	190 – 513 кГц
DME	962 – 1213 МГц
TACAN	960 – 1215 МГц
TCAS	1030 МГц, 1090 МГц
ADS-B	1090 МГц, 978 МГц
IFF	1030 МГц, 1090 МГц
GNSS	GPS, GLONASS, GALILEO



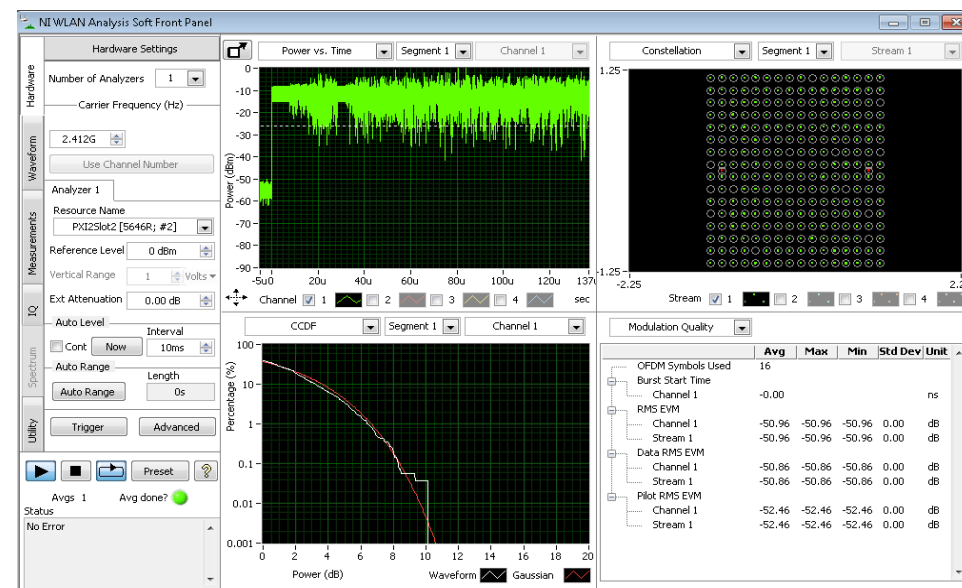
Многоканальные приложения

Распределение сигнала гетеродина для многоканальных приложений

Синхронизация 8-ми трансиверов в рамках одного шасси

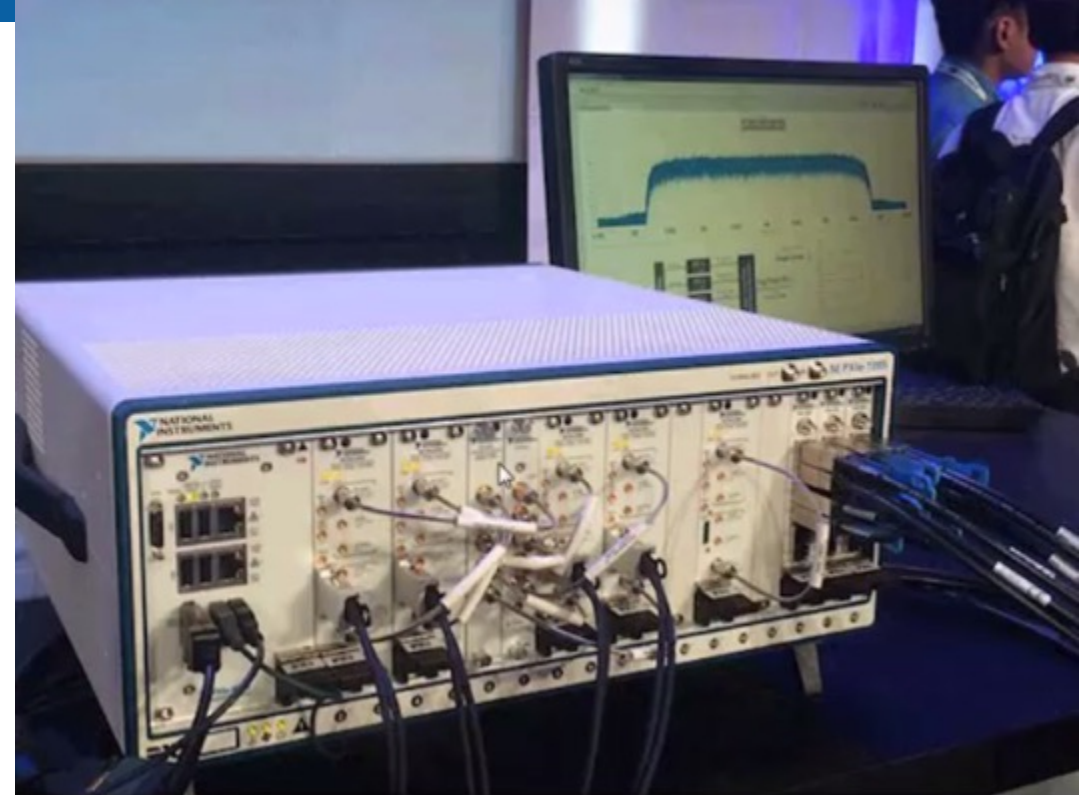
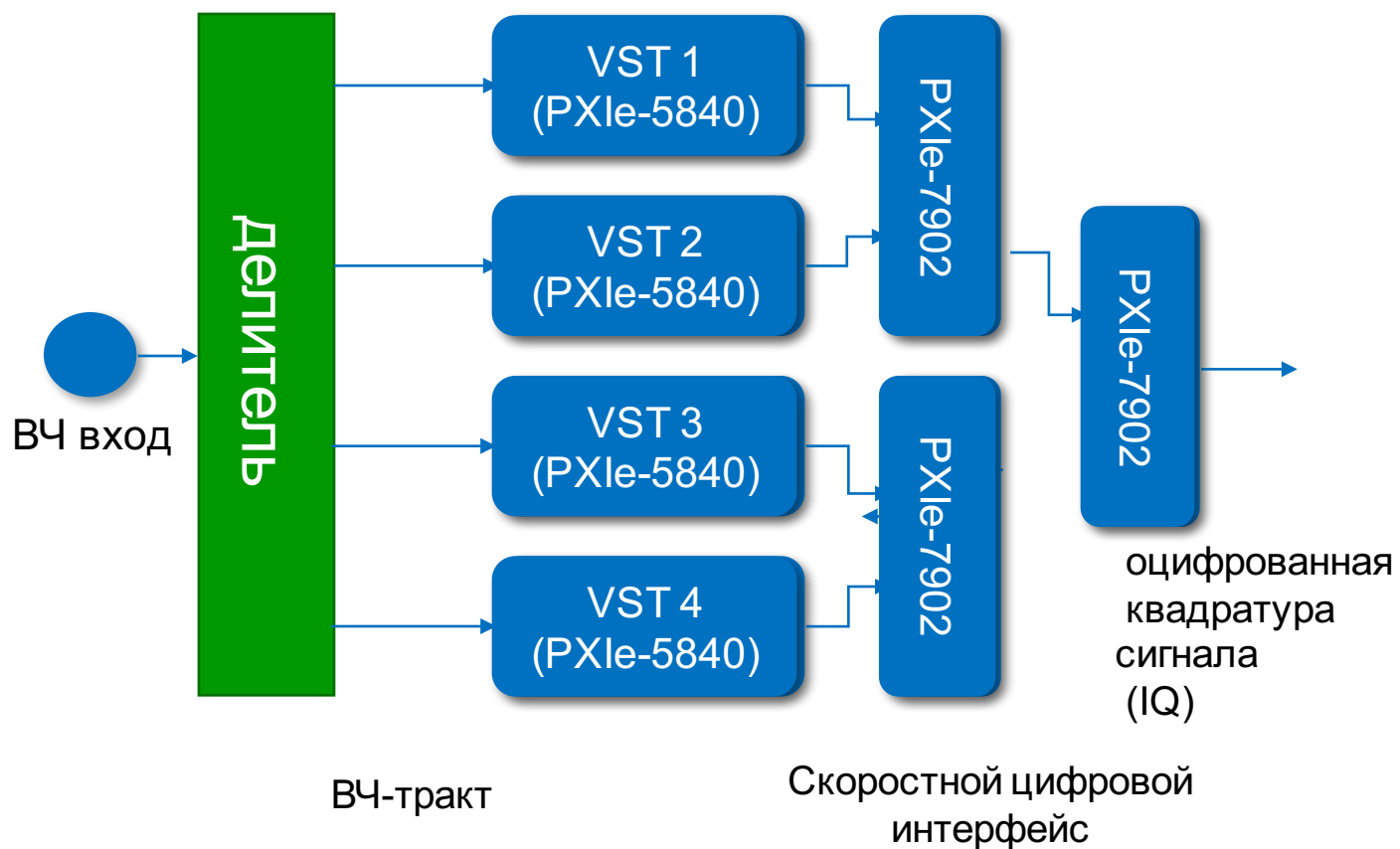


Технология NI-TCik



Готовые программы для 8x8 MIMO

СШП система



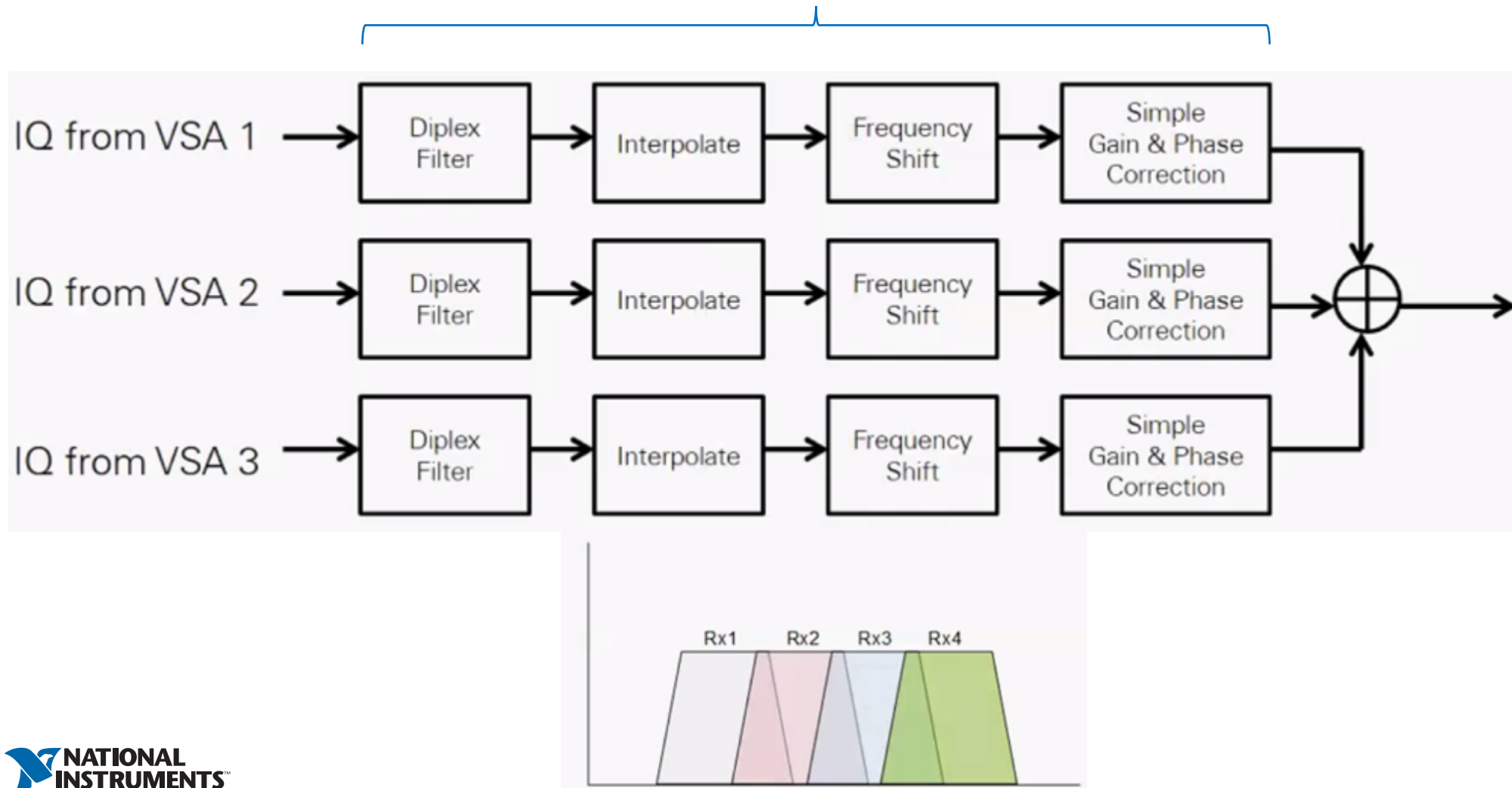
- Количество приемников в демонстрации - 4
- Демонстрируемая полоса - 3,5 ГГц
- Программируемый модуль с ПЛИС PXIe-7902 сшивает сигналы с двух приемников
- Цифровая обработка сигнала на ПЛИС

Основные технические характеристики

- Диапазон рабочих частот – 9 кГц...6 ГГц
- Максимальная мгновенная полоса – **4.8 ГГц**
- Пропускная способность системы - **24 ГБайт/сек**
- Запатентованная технология сшивания спектра (Spectral Stitching)
- Непрерывная запись на твердотельный RAID-массив
- Обработка сигнала на массиве ПЛИС в реальном масштабе времени

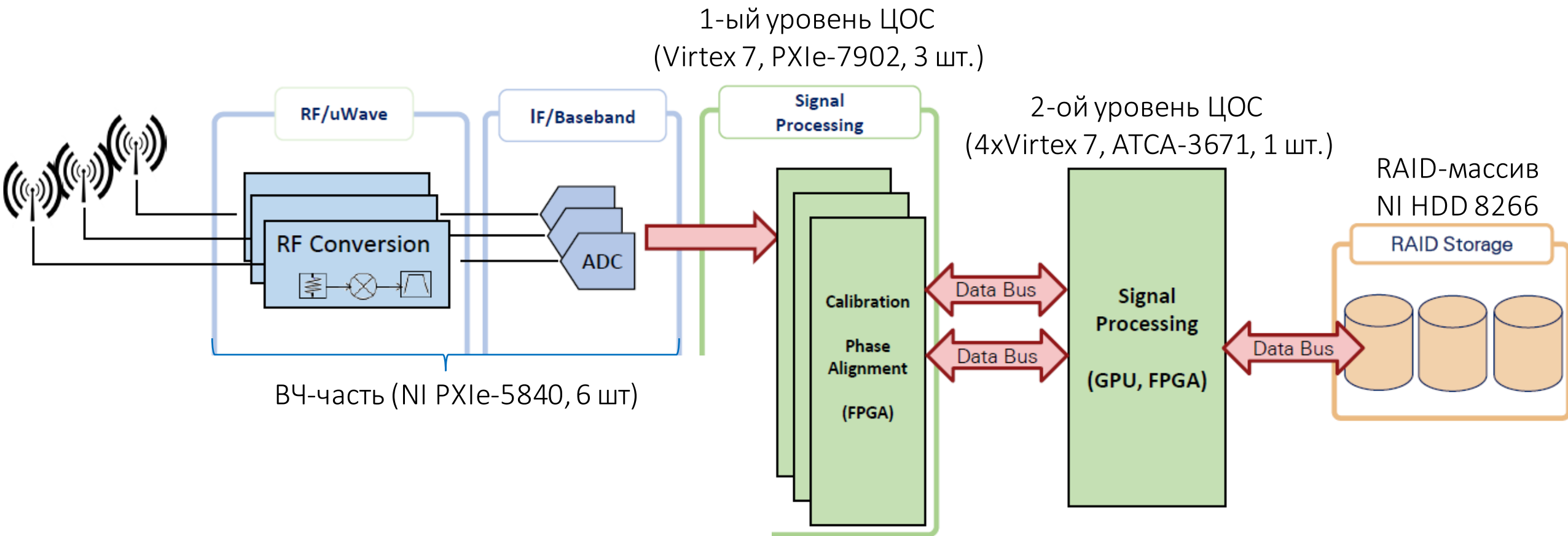
Архитектура алгоритма многоканальной ЦОС

Алгоритм, размещенный на ПЛИС



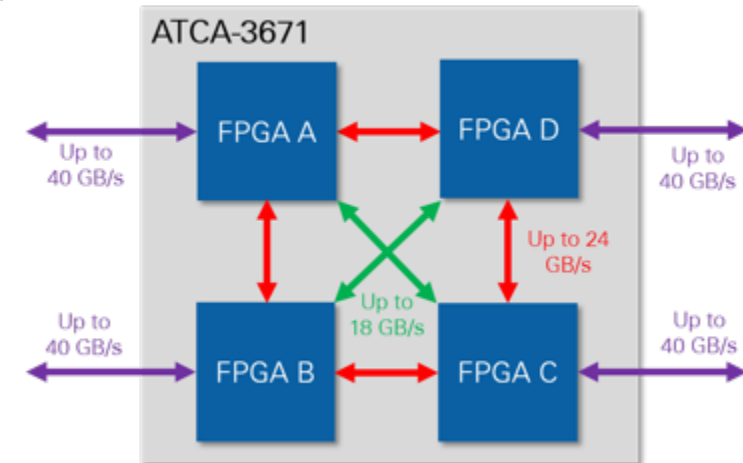
Архитектура комплекса

Комплекс представляет собой 6-канальный фазосогласованный ВЧ-приемник



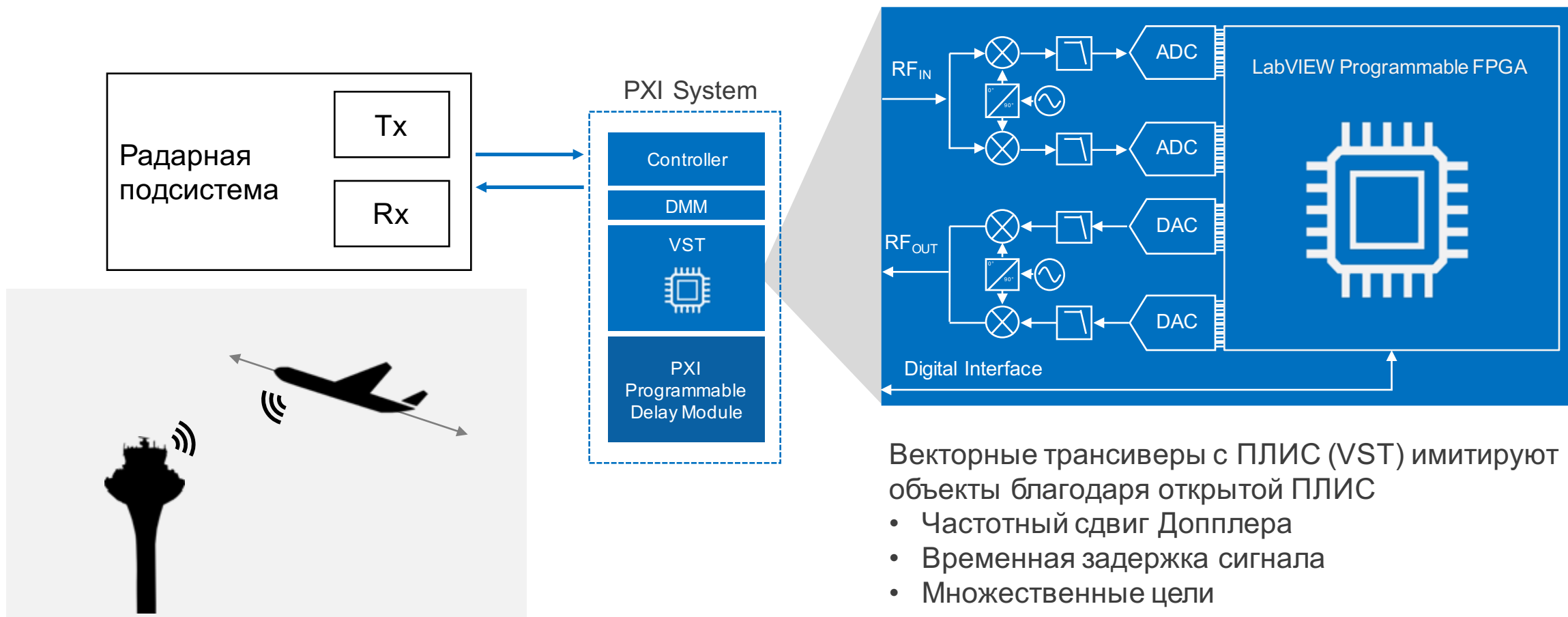
2ой уровень ЦОС – - высокопроизводительный модуль с ПЛИС ATCA-3671

- ПЛИС – 4 чипа Virtex-7 690T FPGAs
 - 14,400 total DSP slices
 - 64 GB DDR3 DRAM
- Интерфейс подключения PCI Express Gen. 3 x8
- Суммарная пропускная способность - 160 ГБайт/сек
- Открытая платформа для ЦОС



Радарная часть

Блок диаграмма активного имитатора целей для радара

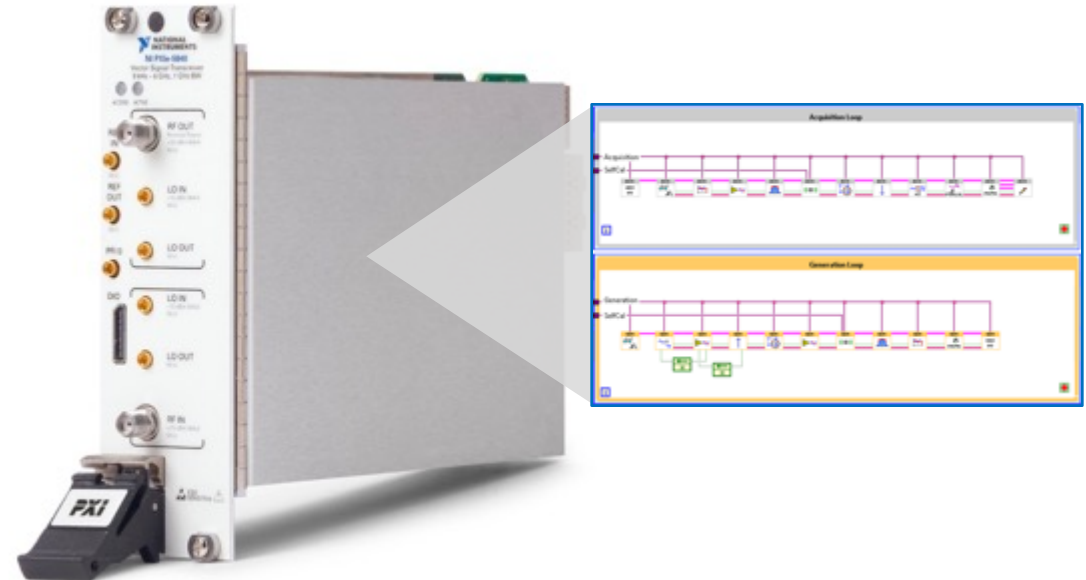


Векторные трансиверы с ПЛИС (VST) имитируют объекты благодаря открытой ПЛИС

- Частотный сдвиг Допплера
- Временная задержка сигнала
- Множественные цели
- ЭПР объекта

Отработочный комплекс NI для радаров

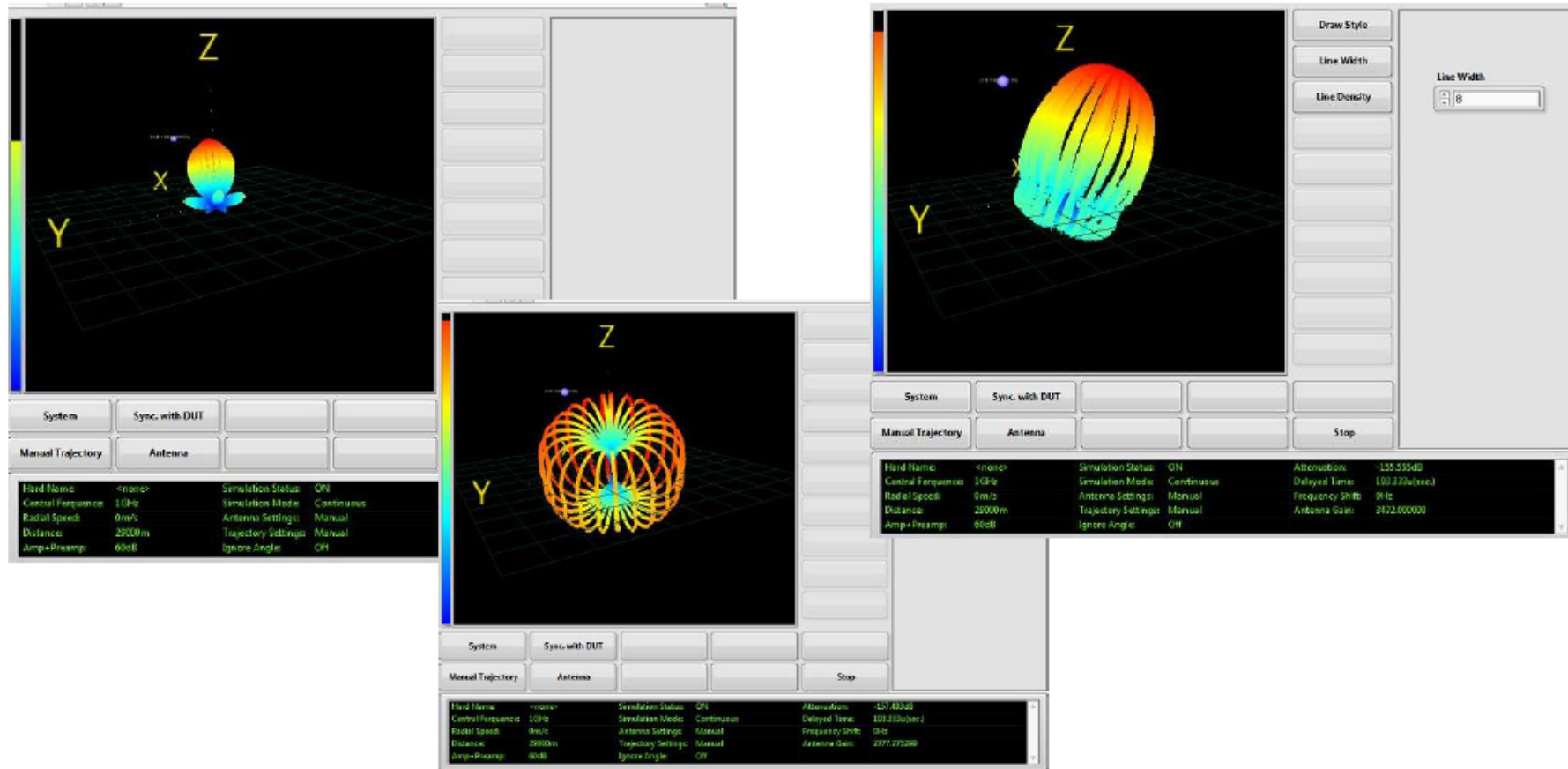
- Генерация целей на VST с настройками, включающими скорость, ЭПР, дальность
- Измерения – ДН, фазовый шум, спектральные измерения, ширина луча, анализ модуляции (ЛЧМ)
- Гибкое программное обеспечение позволяет задавать пользовательские сценарии движения



Имитация Антенно Фидерного Тракта

Во время имитации в ручном режиме возможно подгружать шаблон диаграммы направленности и управлять следующими параметрами:

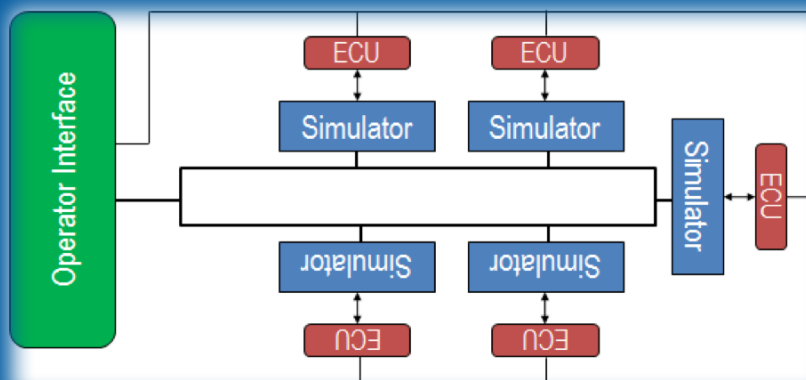
- высота
- угол
- скорость вращения



Бортовые интерфейсы

	AFDX (ARINC 664)	TTEthernet (SAE AS6802)	SpaceWire	Fibre Chanel
Топология	звезда	звезда	звезда	звезда
Максимальная длина кадра	1518 байт	1518 байт	1024 байт	2112 байт
Максимальная скорость текущих реализаций	100 Мбит/с	10/100/1000 Мбит/с	2–400 Мбит/с	1, 2, 4, 8 Гбит/с
Максимальная длина сегмента	100 м	100 м	10 м	На одномодовом волокне 10 км
Задержка (латентность)	Случайная ограниченная	<100 мкс	Зависит от скорости передачи	Зависит физической среды и загрузки сети
Стратегия при ошибке	Контроль CRC, прием первого годного из дублированных каналов	Контроль CRC, прием первого годного из дублированных каналов	Контроль четности, отбрасывание кадра с ошибкой	Контроль CRC, несколько стратегий
Линии передачи	Витая пара или оптические волокна	Витая пара или оптические волокна	Витая пара или оптические волокна	Витая пара или оптические волокна

*4-я Международная конференция «Перспективные направления развития бортового оборудования гражданских воздушных судов»
20 июля 2017 г.*



Бортовые интерфейсы и рефлексивная память

- Поддержка около 30 типов интерфейсов
- 10/100 Mbit/сек, 1 Gbit/сек, & 10 Gbit/сек Ethernet
- 1, 2, & 4 Gbit/сек Fibre Channel
- Временная синхронизация IRIG-B, IEEE1588, PPS, GPS
- Поток записи с временными отметками
- Имитация данных и межканальная синхронизация
- Анализ протокола используя
- Комбинированные модули PXI Fibre Channel/Ethernet

Bus interfaces

CAN, LIN, FlexRay, SpaceWire

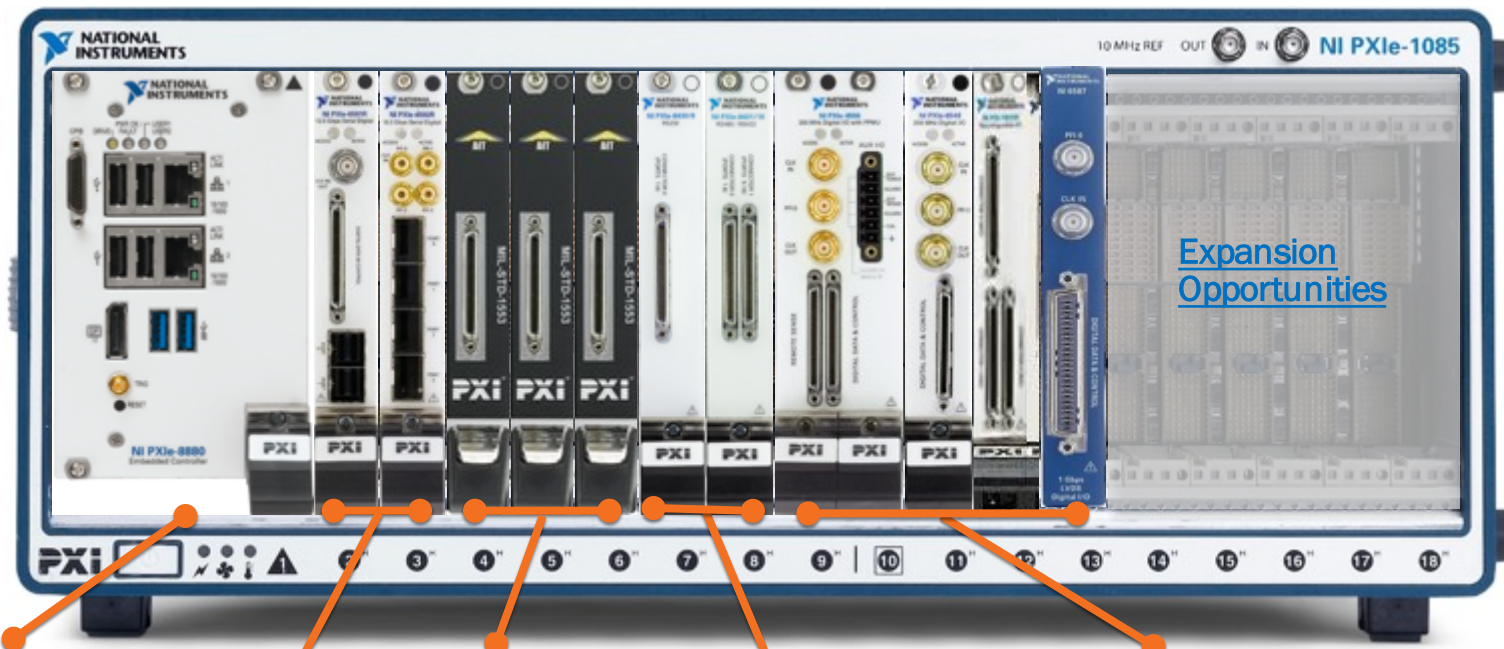
ARINC-429, ARINC-664 AFDX, MIL-STD-1553

Fibre Channel, Gbit Ethernet

FPGA для гибких решений



Пример испытательной системы для бортовых интерфейсов



Контроллер

PXIe-8880

- 8-Core
- 2.3GHz
- 3.4GHz Turbo
- 24GB/s BW

Борт. инт

AIT

- 4 Ch: 1553
- 32 Ch: 429

Послед. инт.

PXIe-6591R

- 8Tx+8Rx (500Mb/s-12.5Gb/s)
- Mini-SAS HD connectivity

PXIe-6592R

- 4Tx+4Rx (500Mb/s-10.3Gb/s)
- SFP+ Connectivity (Optical)

GPDIO

NI-6587 (Open FPGA)

- 1Gb/s, 20ch, LVDS

PXIe-6556

- 200MHz, 24ch, -2-7V, 122uV inc, PPMU

PXIe-6548

- 200MHz, 32ch, 1.2-3.3V, 100mV inc

PXI-782xR (Open FPGA)

- 80MHz, 128ch, 1.2/1.5/1.8/2.5/3.3V

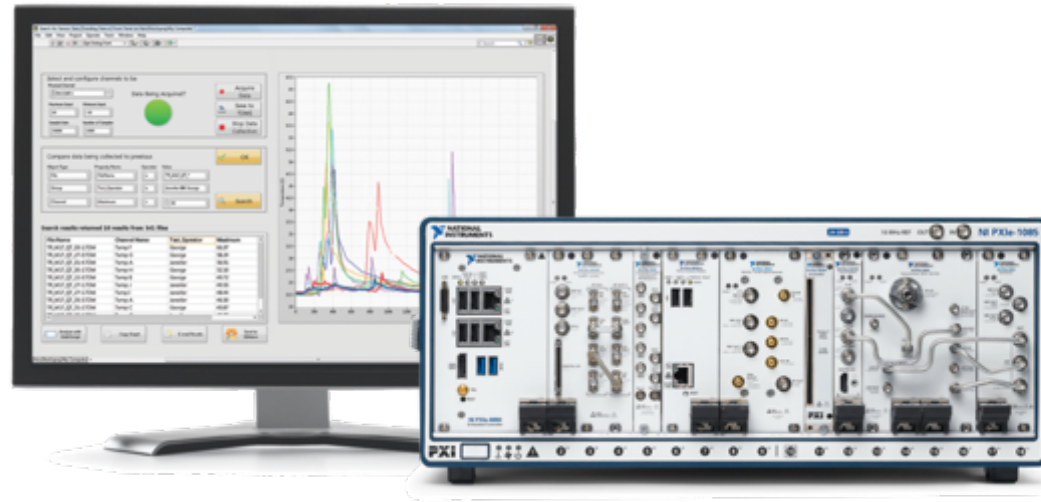
Serial Comms

PXI-8430/31

- 16Ch: RS-232
- 16Ch: RS-422/485

Автоматизированные измерения

Аппаратная часть RF HIL-систем



БОЛЬШОЙ ОБЪЕМ
ДАННЫХ



PCI Express Gen 3

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ
ВЫЧИСЛЕНИЯ



Многоядерные процессоры

УСКОРЕНИЕ
ИЗМЕРЕНИЙ



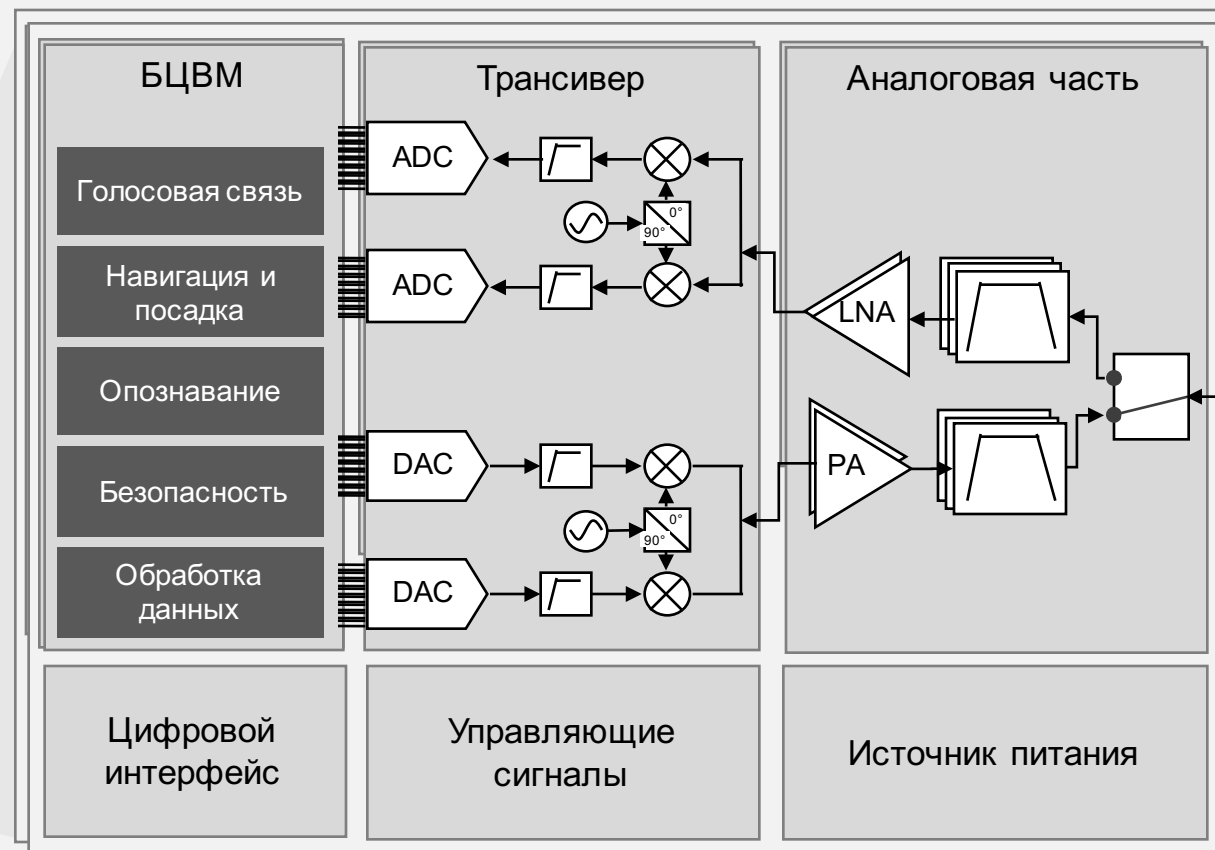
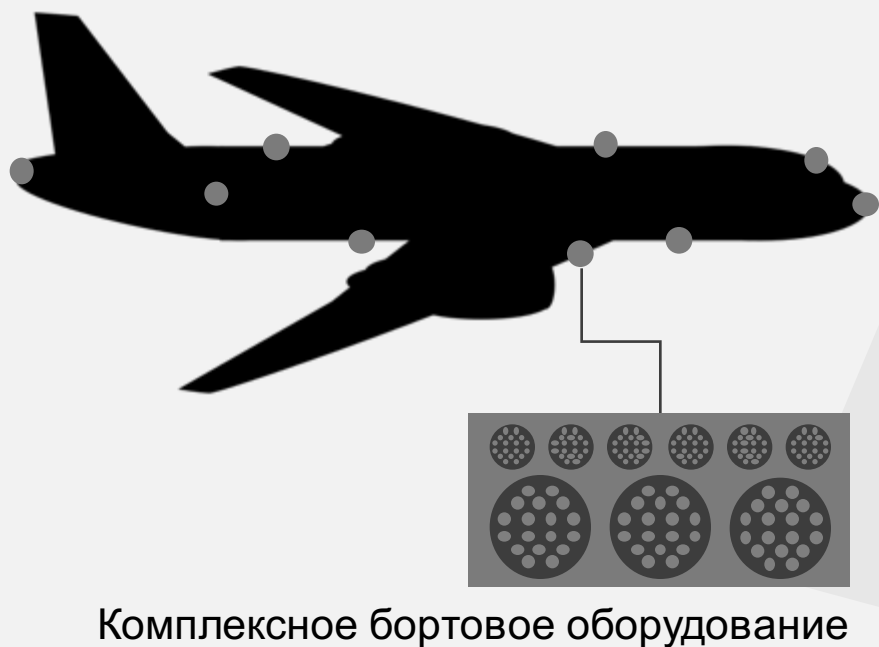
ПЛИС

ПОВЫШЕННЫЙ ДИАПАЗОН
ИЗМЕРЕНИЙ

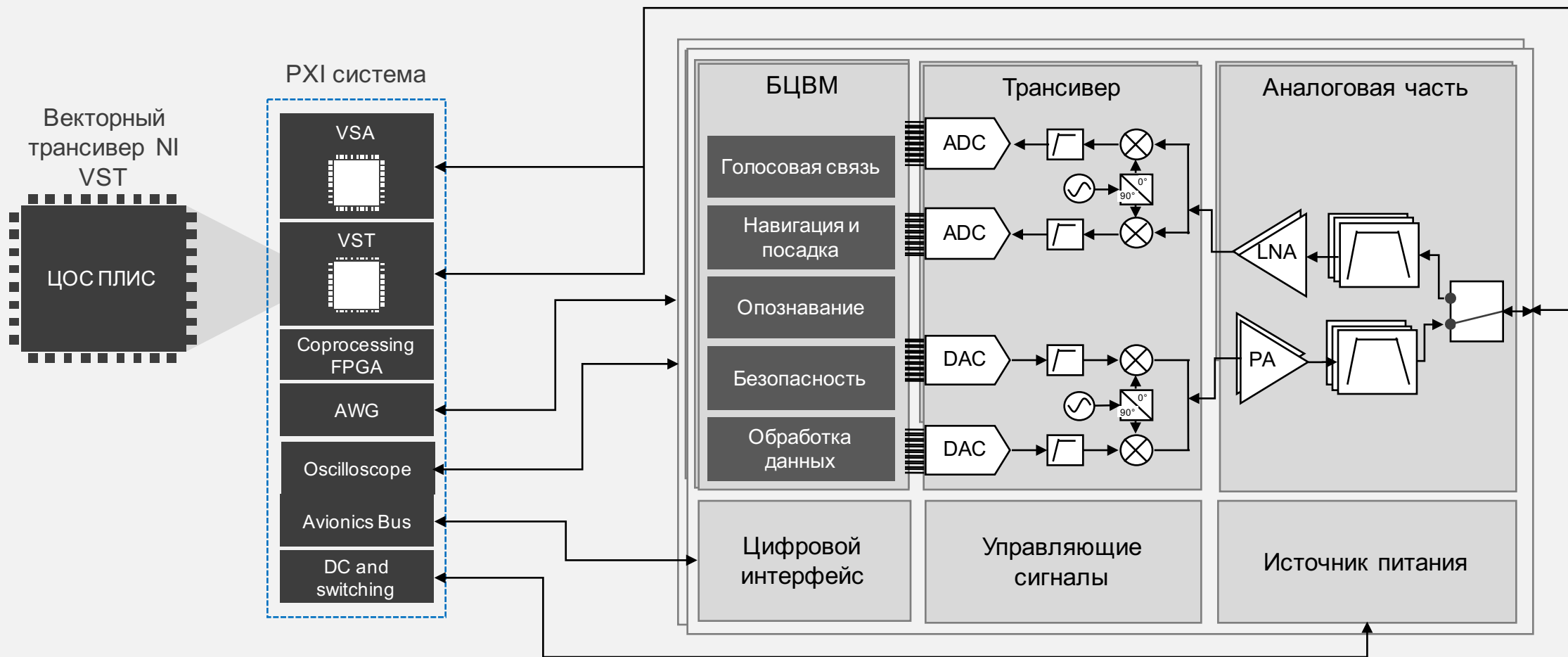


ЦАП и АЦП

Блок диаграмма современных авиационных радиосистем

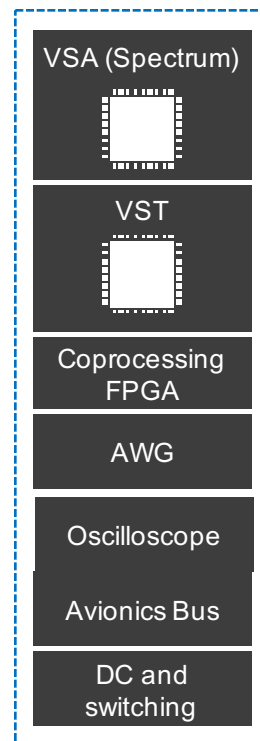


Тестовая система для бортового оборудования



Тестовая система – это больше чем просто набор приборов

PXI система



19" Стойка

Сенсорная панель

ПО интерфейса оператора

ПО тестовых последовательностей

Тестовая оснастка

Кабельные сборки

Источники питания

Резервное питание и охлаждение

Стендовая отработка радиоэлектронных систем

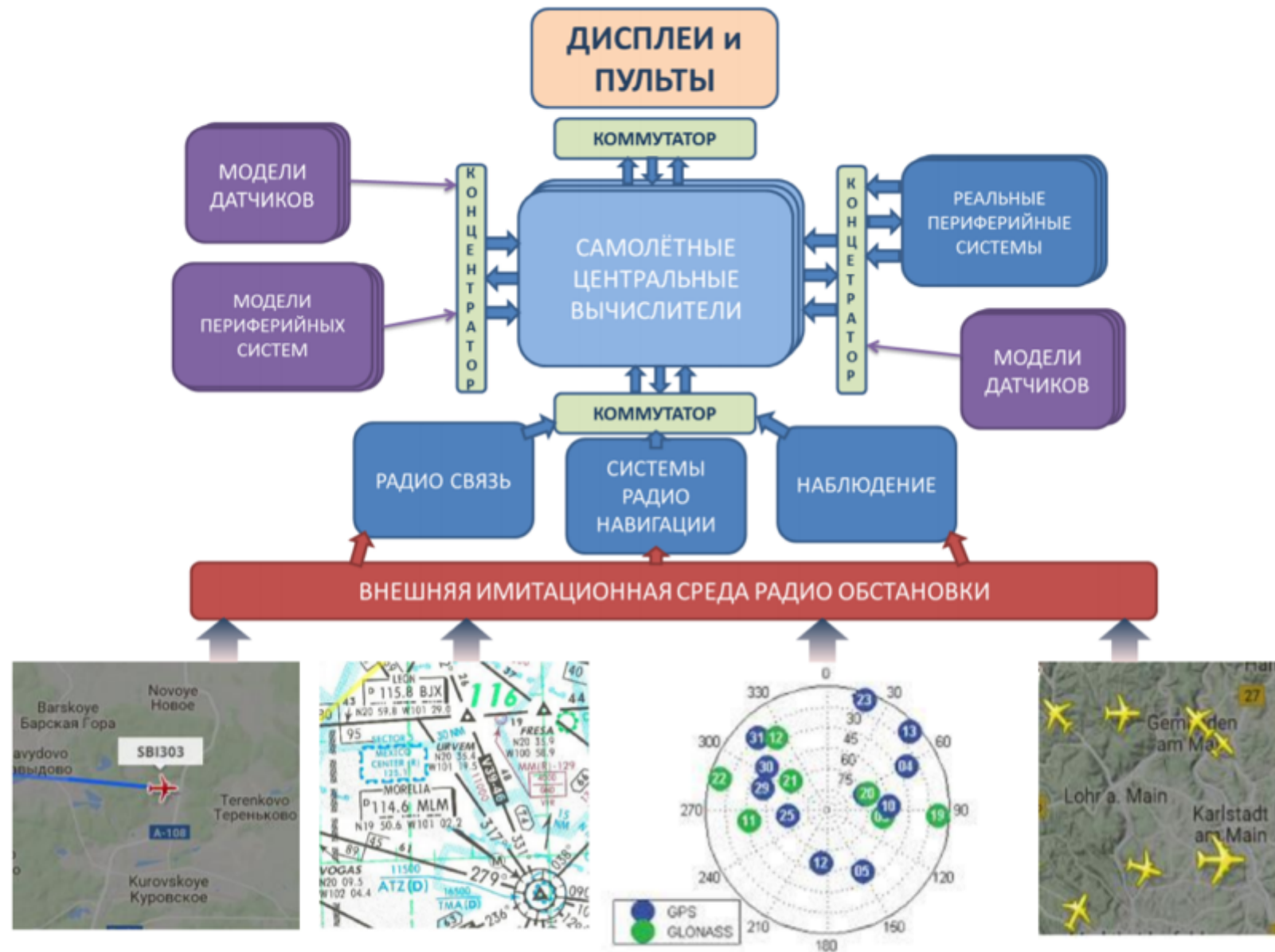
Задачи стендовой отработки

- Интеграция комплектующих изделий на уровне выполняемых функций для проверки соответствия спецификациям и ТЗ на комплектующие изделия
- Проведение функционального тестирования
- Оработка информационного воздействия комплектующих комплекса путем исполнения совокупности тестовых процедур как в нормальных условиях эксплуатации, так и при имитации отказов оборудования

Стенд динамического моделирования МС-21

Системы навигации и посадки		
Инструментальная система посадки	ILS-LOC, ILS-GS	108-112 МГц, 329-335 МГц
Угломерный маяк	VOR	108-118 МГц
Маркерный маяк	MB	75 МГц
Радиокомпас	NDB	0.2 – 2 МГц
Дальномерный маяк	DME	962-1215 МГц
Спутниковая навигационная система	GPS, GLONASS	1.5, 1.6 МГц
Системы связи		
Радиосвязь MB	Речь, Selcal, VDL 2, ACARS	118-136 МГц
Радиосвязь ДКМВ	Речь, Selcal, HF DL	2.2 - 24 МГц
Системы наблюдения		
Бортовая система предупреждения столкновений	TCAS	1030 / 1090 МГц
Автоматическое зависимое наблюдение	ADS-B	1090 МГц
Ответчик ВРОЛ	SSR	1030 / 1090 МГц





Уровень функций воздушного судна (КБО):

- Симуляция радиообстановки в реальном времени
- Симуляция помех и эффектов прохождения
- Произвольные тесты уровня КБО

Интеграционный стенд КБО

Стенд
прототипирования
функций связи
в радиосистеме ИМА

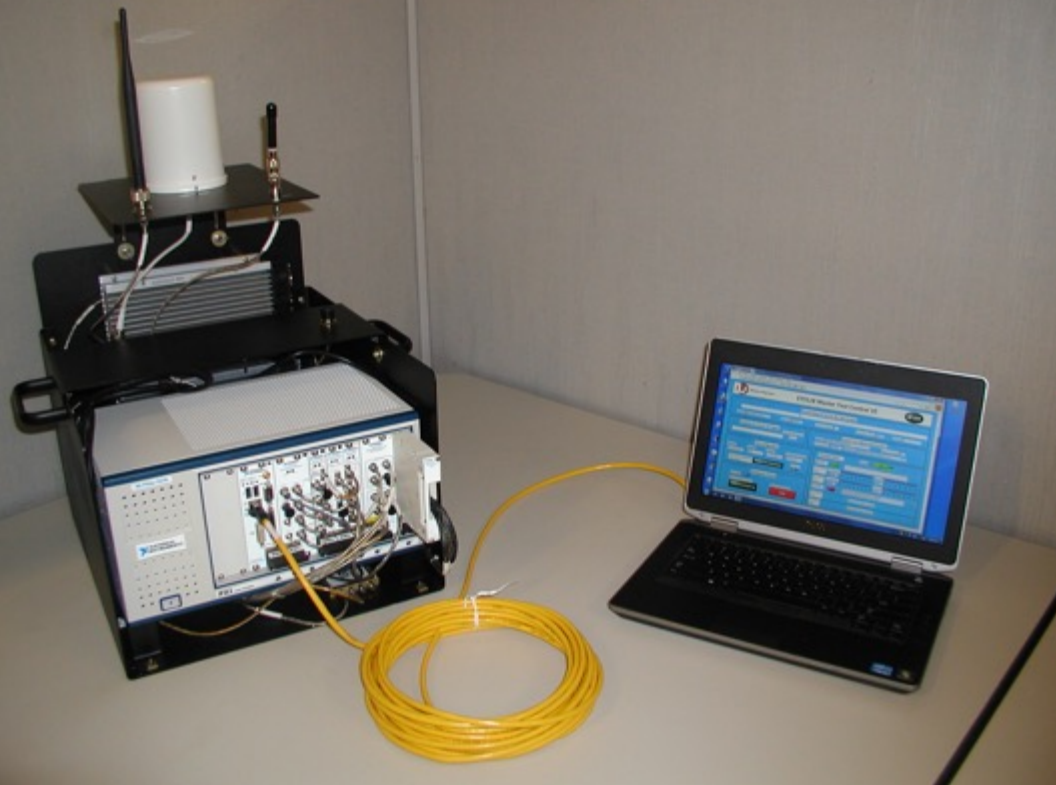
Стенд
прототипирования
функций навигации
в радиосистеме ИМА

Стенд
прототипирования
функций наблюдения
в радиосистеме ИМА

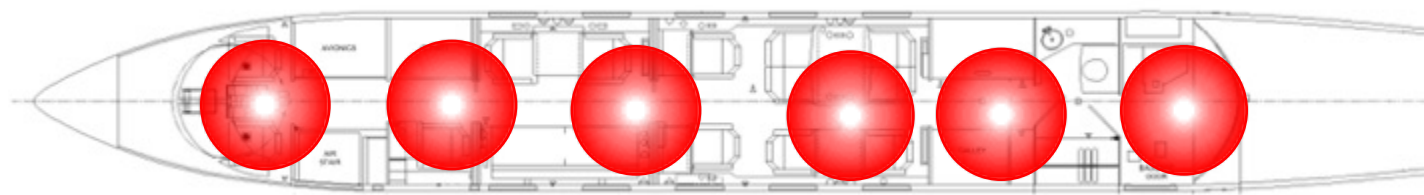
Уровень системы:

- Интеграция аппаратных и программных компонентов системы
- Квалификационные испытания по DO/ED/КТ
- Произвольные тесты уровня системы

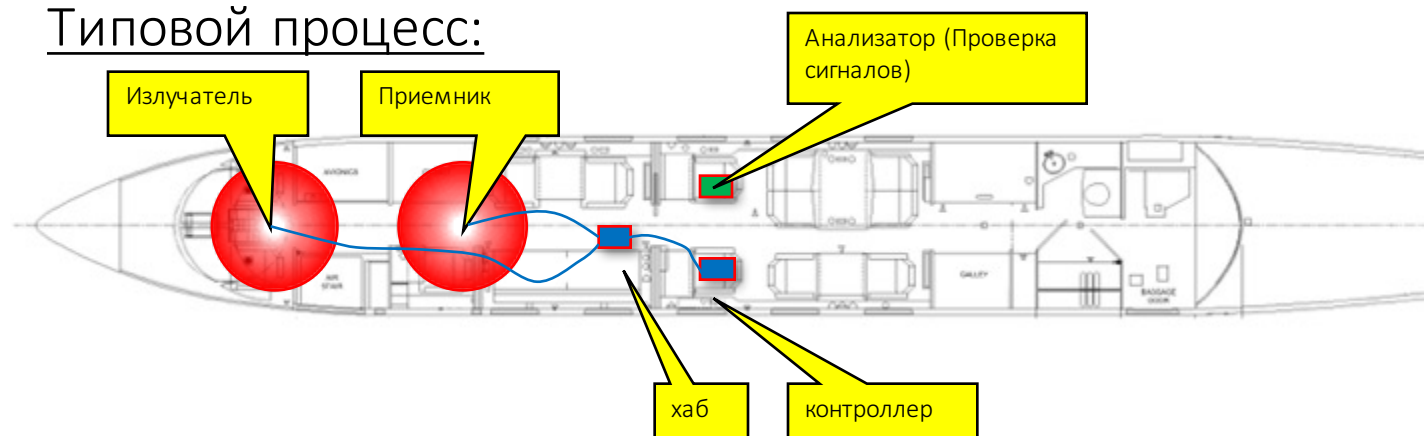
Обслуживание и ремонт



Тестовые точки на борту:



Типовой процесс:



Автоматизированная система сертификационных испытаний радиоэлектронного оборудования воздушных судов с помощью модульных генераторов и анализаторов реального времени в формате PXIe

Введение: необходимость испытаний

- Системы беспроводной связи используются на большинстве воздушных судов
 - Пассажирами - для работы и развлечений,
 - Экипажем - электронные карты, обновления данных,
 - Авиакомпаниями частными и корпоративными владельцами ВС, военными ВС.
 - Все размеры и типы ВС.
- Беспроводные системы связи используются на ВС во время полета.
- Системы беспроводной связи нужно тестировать на совместимость с критическим оборудованием, бортовым оборудованием. Типовые критические системы:
 - Радиосвязь (борт-борт; борт-земля).
 - Радионавигация (системы посадки, предотвращения столкновений).
- Проверке должны подвергаться все системы беспроводной связи, все протоколы:
 - Установленные в ВС,
 - Принесенные пассажирами и членами экипажа,
 - Обычно каждое устройство содержит 2-3 излучателя, включая мобильную связь, WiFi, Bluetooth и т.п.

Детали теста RTCA

- Тест на устойчивость к ЭМП (Wireless Immunity Test)
 - На земле внутри ВС запускается сигнал с мощностью на 10 дБ выше допустимого уровня для данного беспроводного стандарта и наблюдаются отказы оборудования
 - Тестовые сигналы не совпадают с ожидаемыми частотами критического оборудования
 - Тест на устойчивость к постановке помехи, «взлому»
 - Тестовые сигналы – урезанные типовые сигналы (wi-fi, GSM и т.д.)
 - Решение на основе качества оборудования ВС
- Interference Path Loss (IPL) Test
 - Измеряются потери мощности при проходе из салона к приемникам оборудования
 - Тестовые сигналы не совпадают с ожидаемыми частотами критического оборудования
 - Тест на отказоустойчивость, чувствительность к ЭМП
 - Тестовые сигналы – тональные
 - Решение на основе сравнения потерь с графиками в RTCA DO-307 (из данных ряда ВС)

Типовое размещение



В кабине

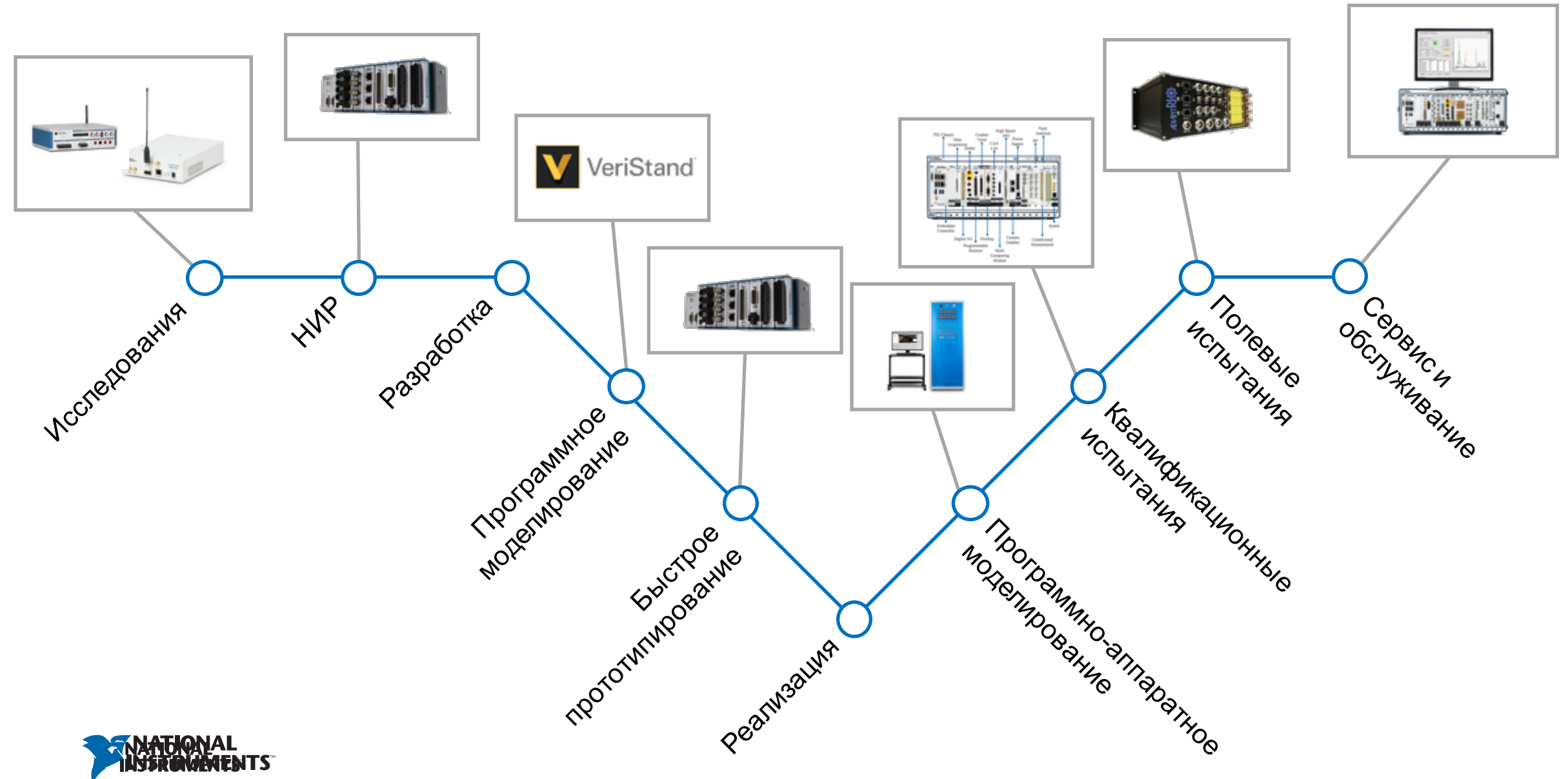


В салоне

ИТОГИ

- Система используется при официальной сертификации ВС
- Система производит тестирование на соответствие всем необходимым требованиям RTCA DO-307 & DO-294C
- Система генерирует сигналы следующих стандартов:
 - GSM/EDGE, PCS, 3G, 4G LTE
 - 2.5 GHz WiFi: IEEE 802.11 b/g/n
 - 5.8 GHz WiFi: IEEE 802.11 a/h/j/n
 - 5 GHz WiFi IEEE 802.11ac.
 - Дуплексное радио
 - Возможно добавление любых новых стандартов и тестов программным способом
- Тестирование IPL
 - Частотный диапазон – до 6 ГГц
 - Типовой динамический диапазон - более 80 дБ.
- Повторное использование компонентов системы
 - Модули -41 используются как основной передатчик в тесте на устойчивость к ЭМП (Wireless Immunity), затем как источник сигналов для тестов IPL
 - Модули -42 используются как дополнительный передатчик в тесте на устойчивость к ЭМП, а затем как приемник в тесте IPL

NI как партнер на всех инженерных этапах



Вопросы?