



БУДУЩЕЕ
В НАШИХ
РУКАХ

2 марта 2024

Как построить ПЛИС-кластер для прототипирования и верификации разработок

Анатолий Лернер



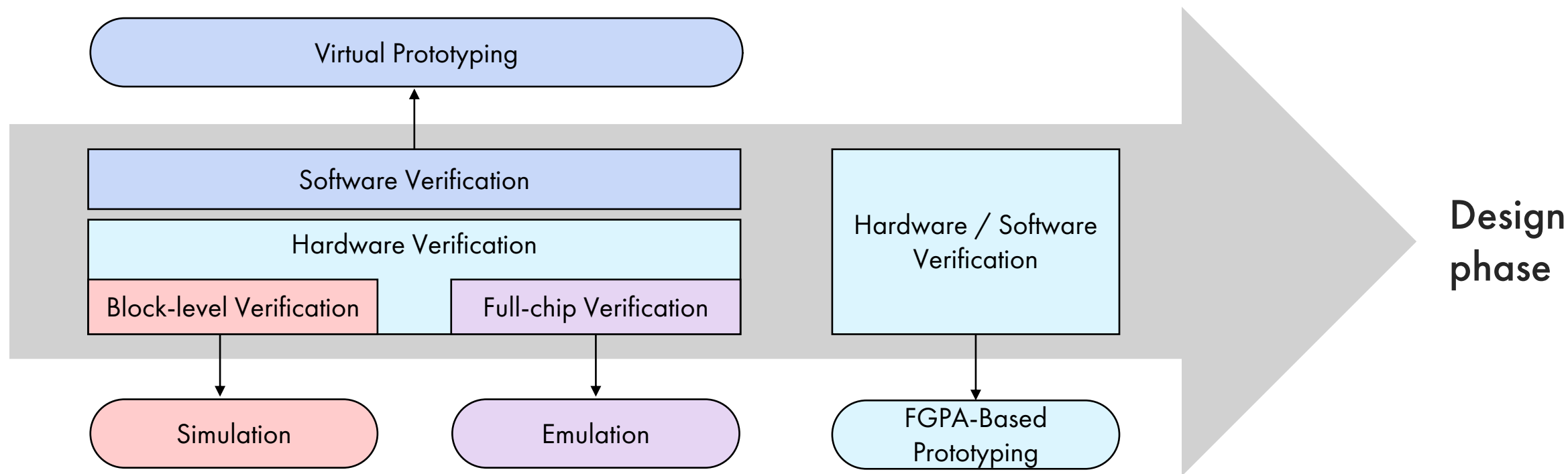
Анатолий Лернер

Инженер по FPGA-прототипированию
YADRO

- Зачем нужен ПЛИС-кластер?
- Коммерческие решения
- Самодельное решение
 - Платформа
 - Передача данных
 - Синхронизация
 - Управление
- Производительность



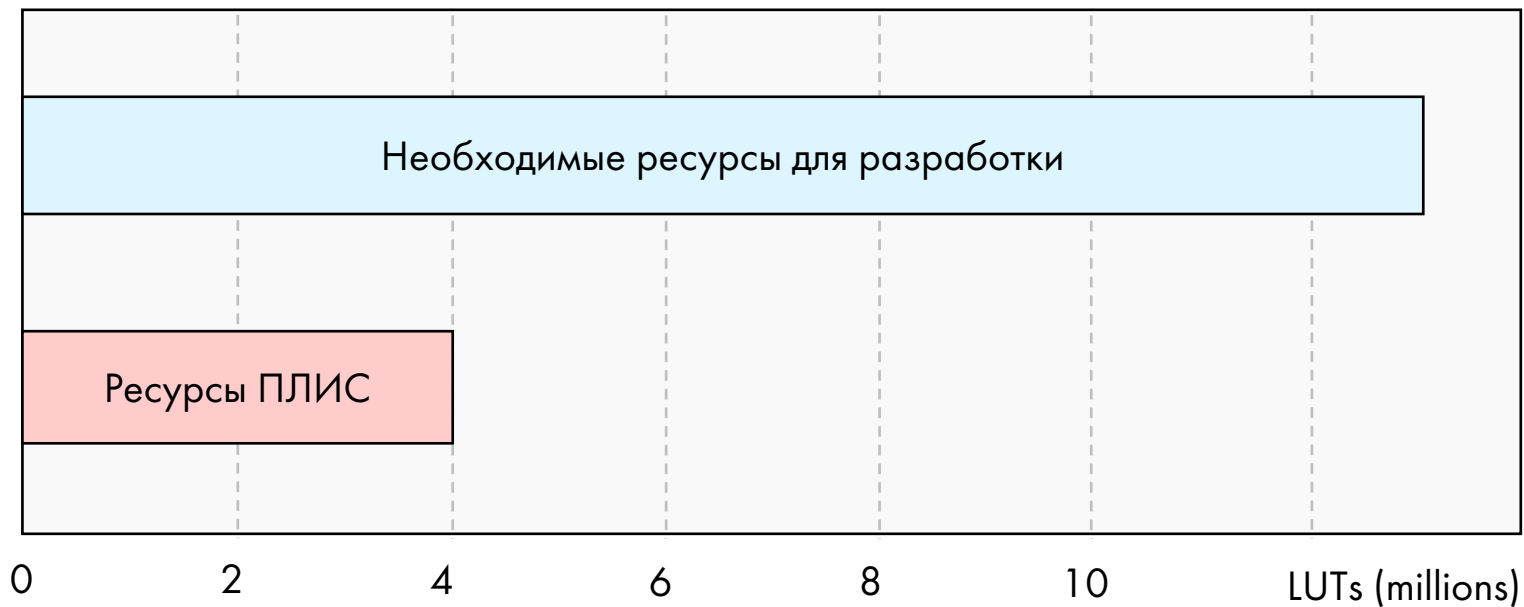
Прототипирование на ПЛИС





Прототипирование на ПЛИС

(Ресурсов одного ПЛИС недостаточно)



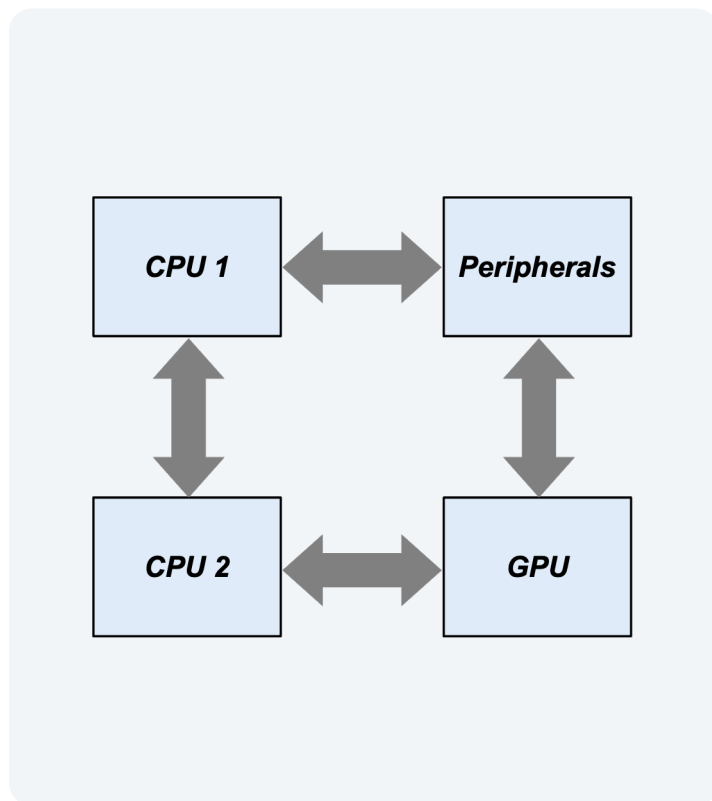
(ПЛИС : Virtex Ultrascale +)



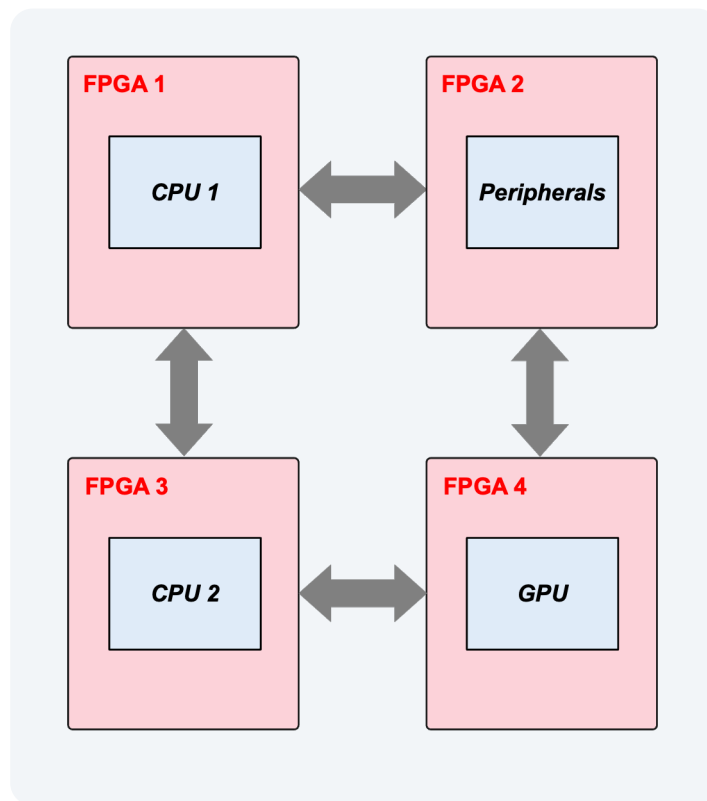


Концепция ПЛИС кластера

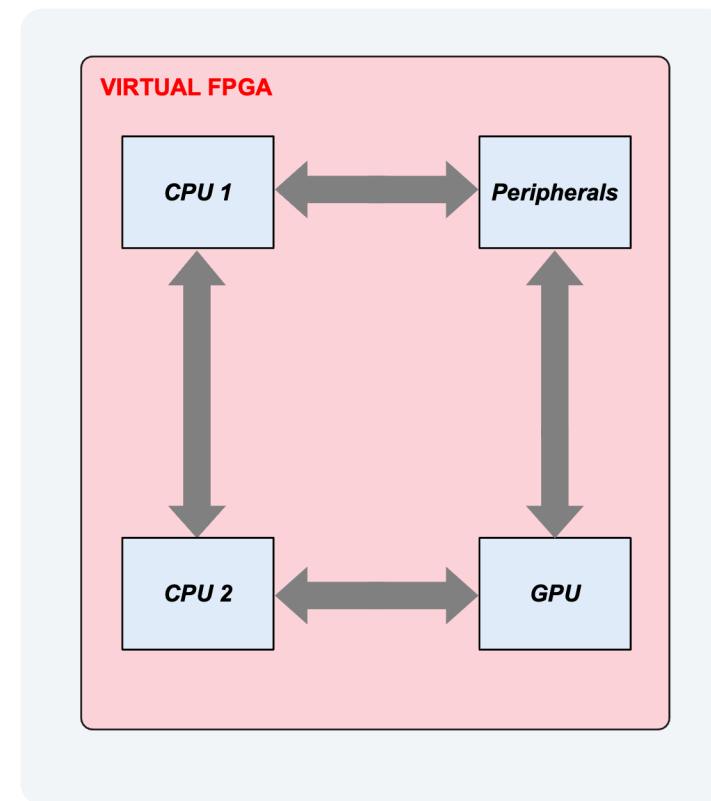
1. Прототип



2. Ресурсы



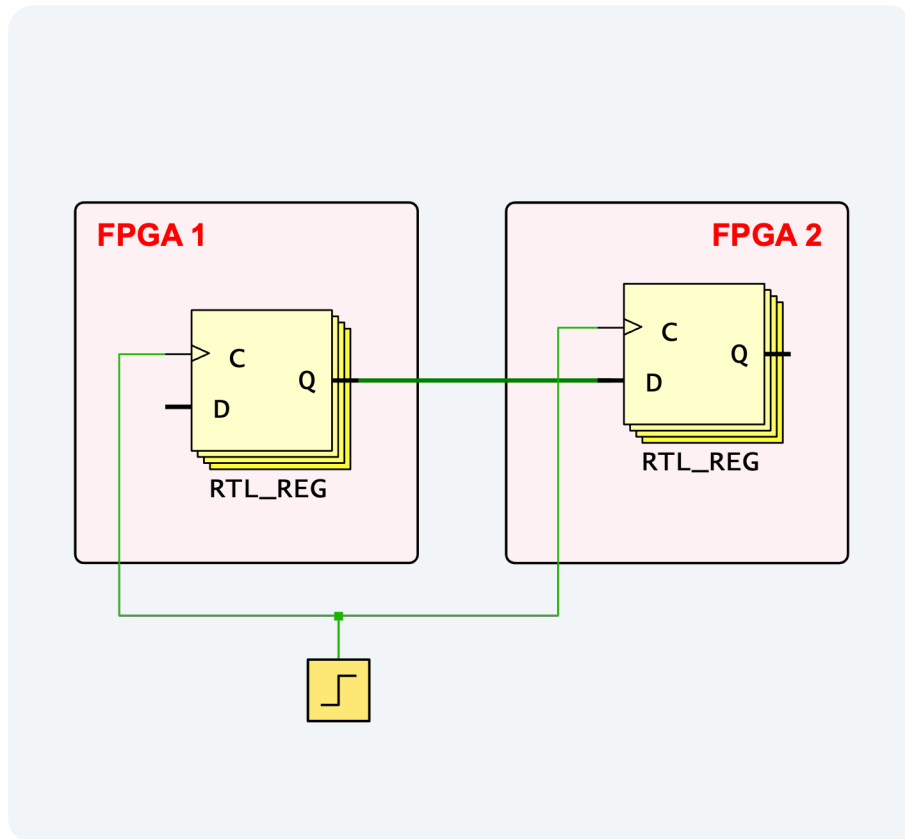
3. Эквивалент



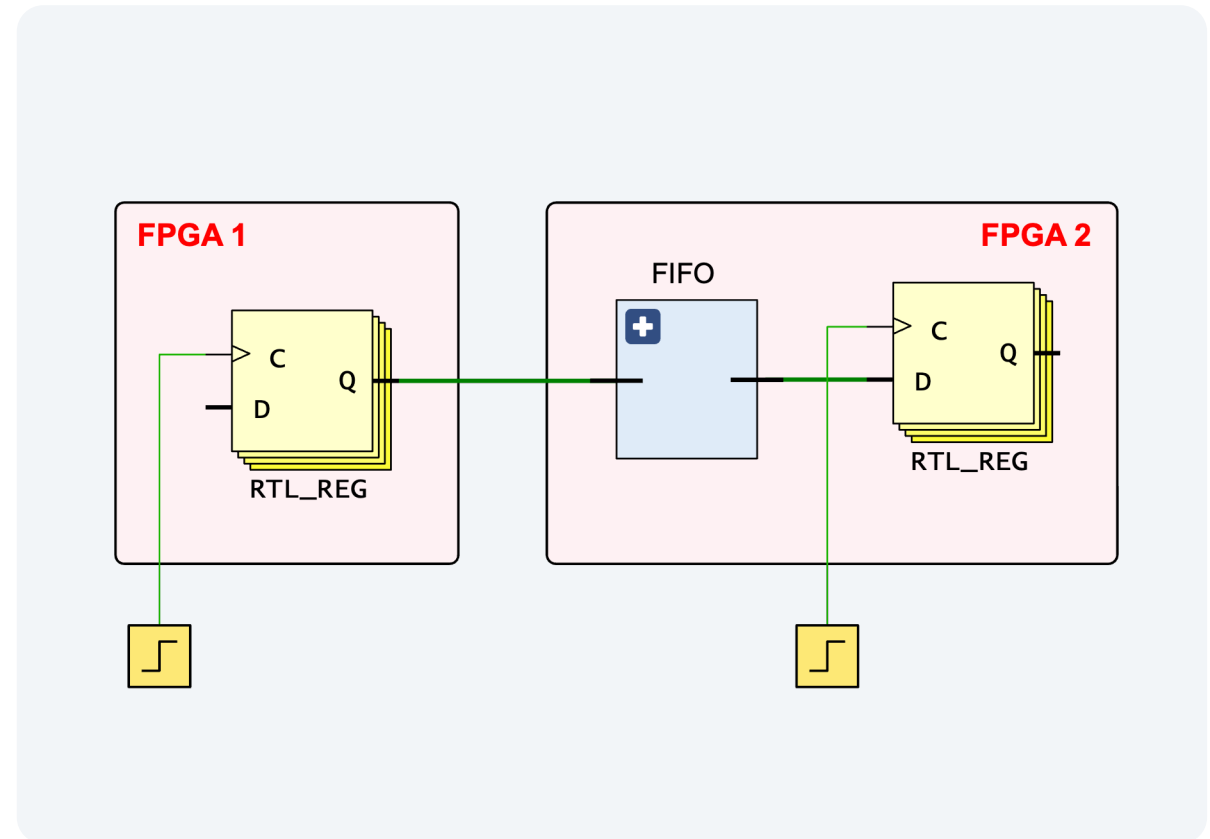
Режим прототипирования



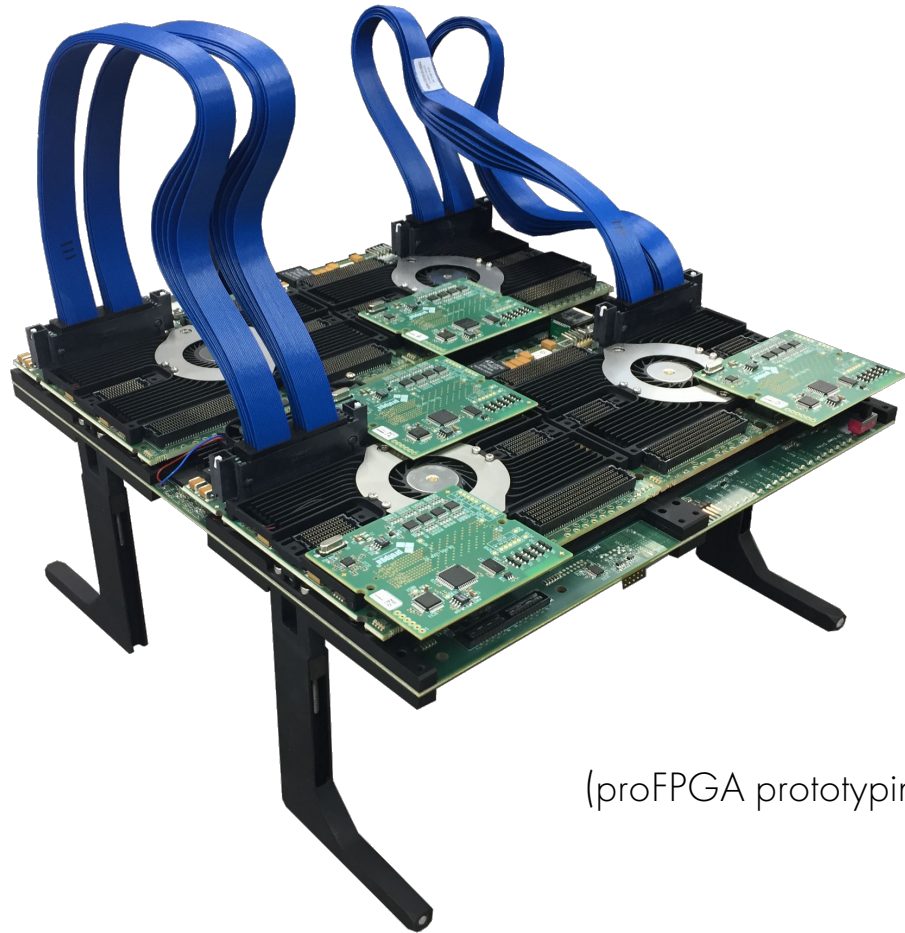
1. С циклической точностью



2. Без циклической точности



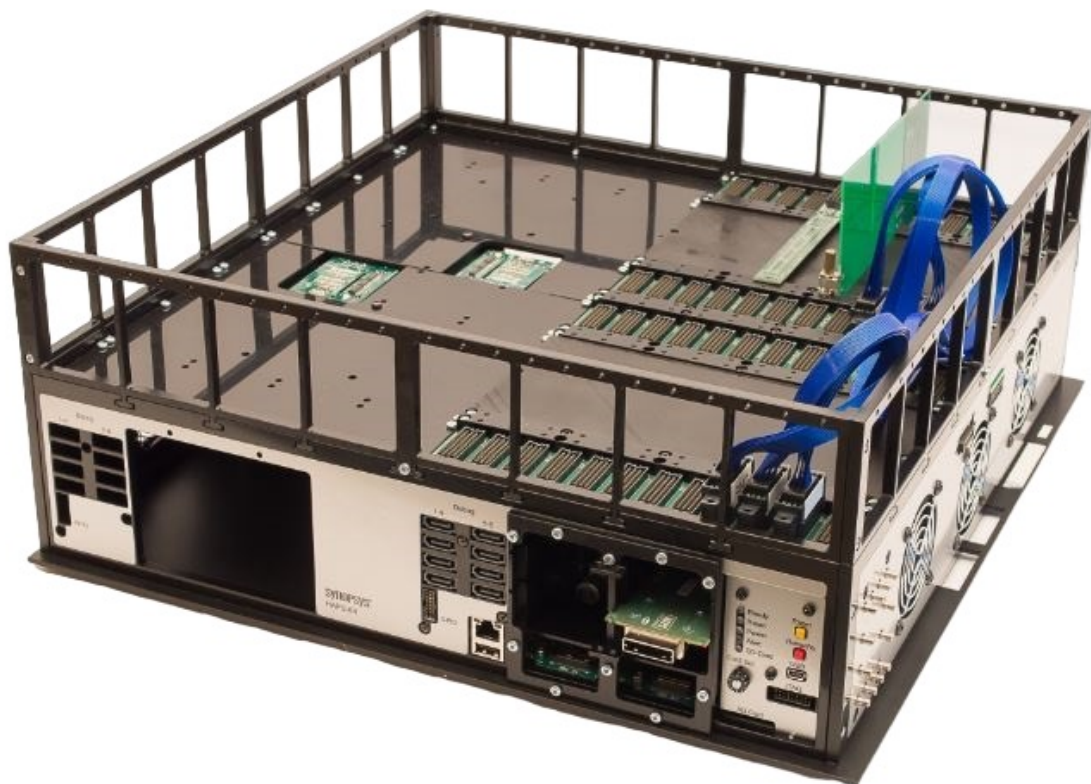
Коммерческие решения



(proFPGA prototyping system)

- Почему не купить?
- Пример: HAPS
- Недостатки

Существующие решение: HAPS



- Популярное решение сегодня
- Synopsys Certify
- Стенд из 1,2,3 или 4 Virtex-7 ПЛИС
- HapsTrak3 кабели соединяют ПЛИС
- Периферия подключается через адаптеры
- До 100 Mhz без сериализации
- До 30 Mhz с сериализацией

Существующие решение: HAPS



Две платформы HAPS-70_S48 в стеке. Фото Vaikal Electronics

- Стенды можно соединять вместе.
- Нужен специальный раздатчик синхросигнала для 6 стендов.
- Косимуляция с SystemC
- Deep trace Debug (DTD) для отладки.

Собственное решение

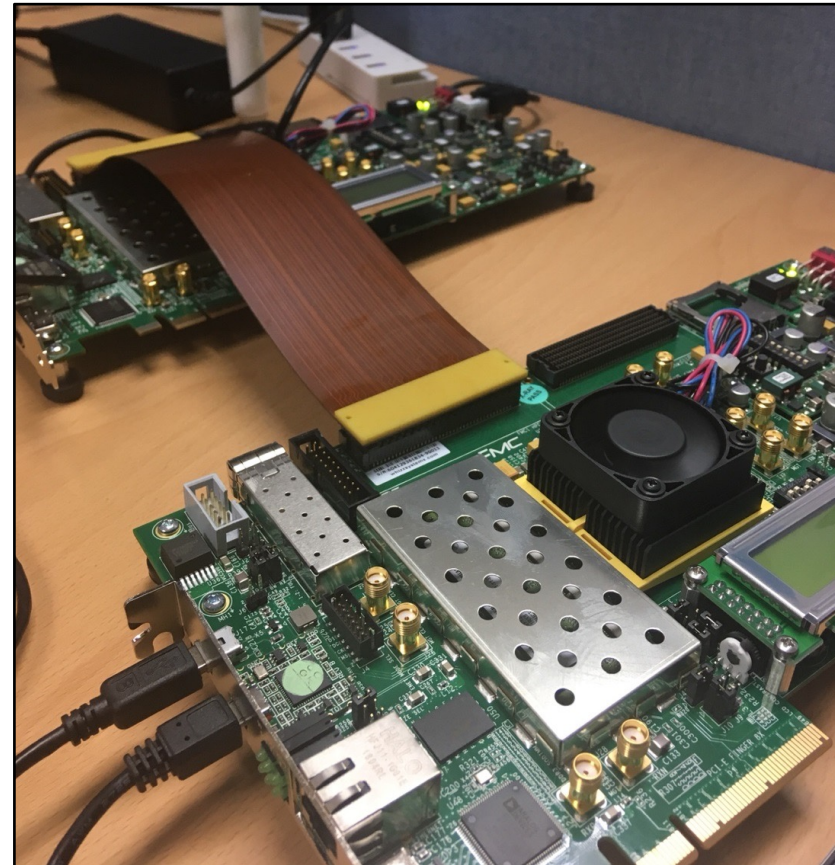


Преимущества

- Индивидуальное решение
- Большой выбор аппаратуры
- Схожая производительность

Недостатки

- Базовый функционал





Компоненты

01

Платформа

Монтаж и схематика ПЛИС кластера

02

Передача данных

Обмен данными между ПЛИС, сериализация и РНУ

03

Синхронизация

Обеспечение общего синхросигнала для ПЛИС

04

Управление

Запуск и мониторинг ПЛИС кластера

Платформа



Платформа

Передача данных

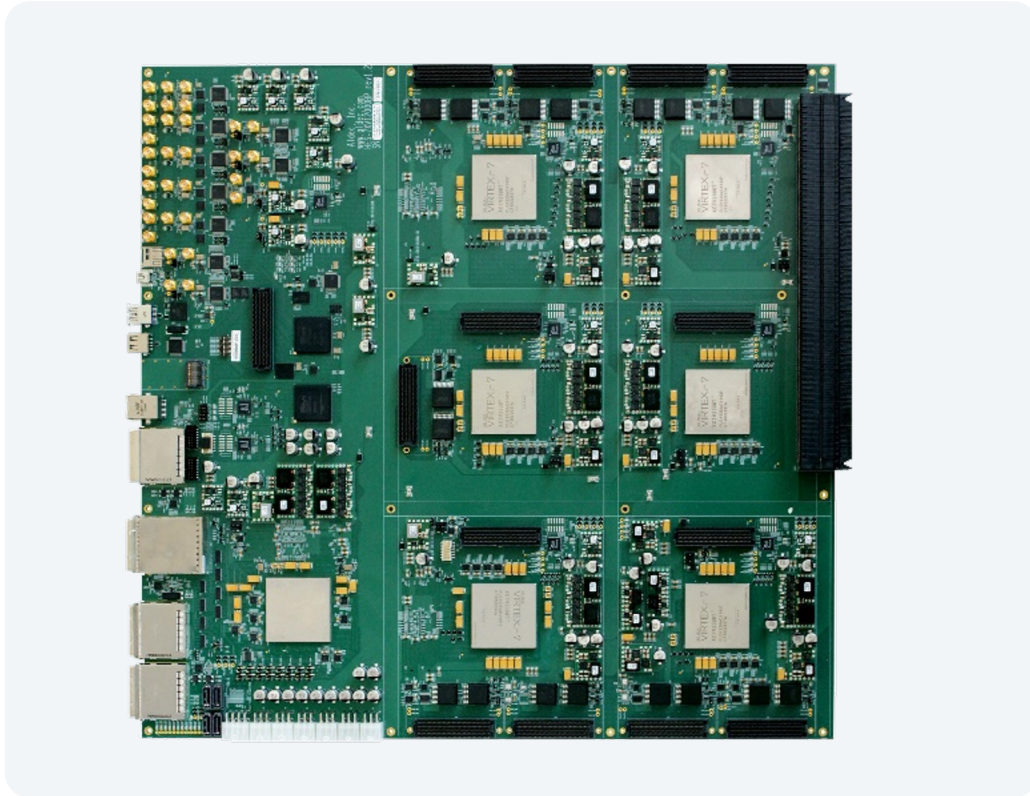
Синхронизация

Управление

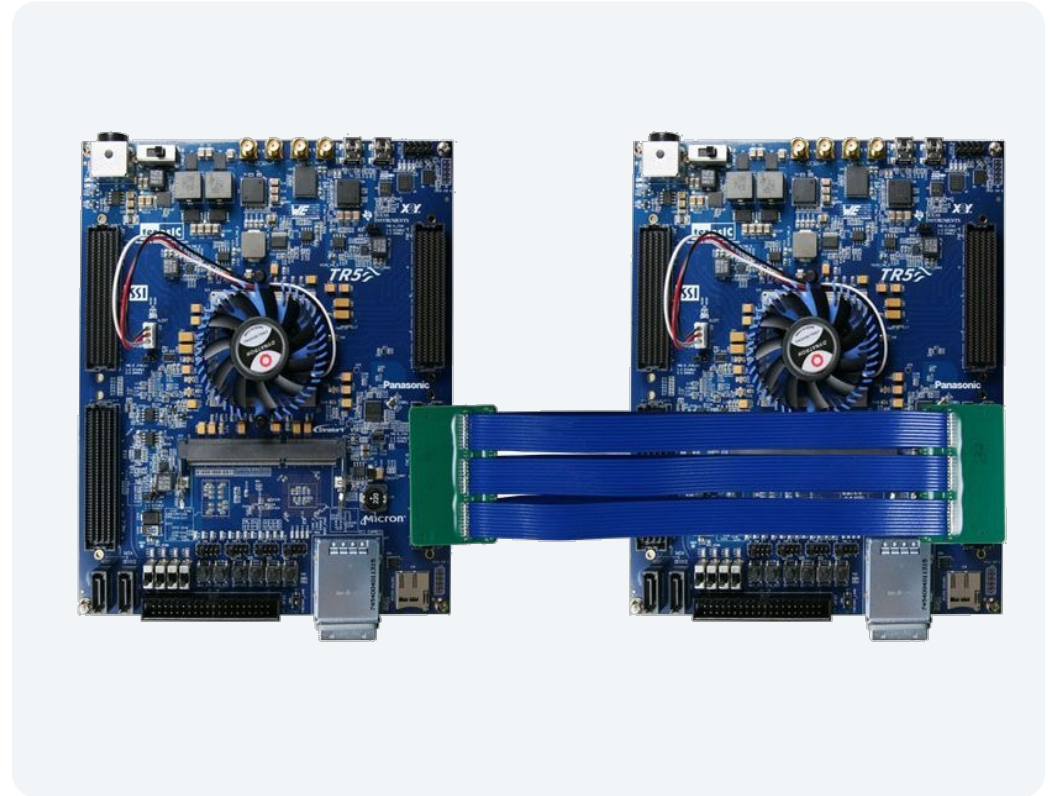
Платформа



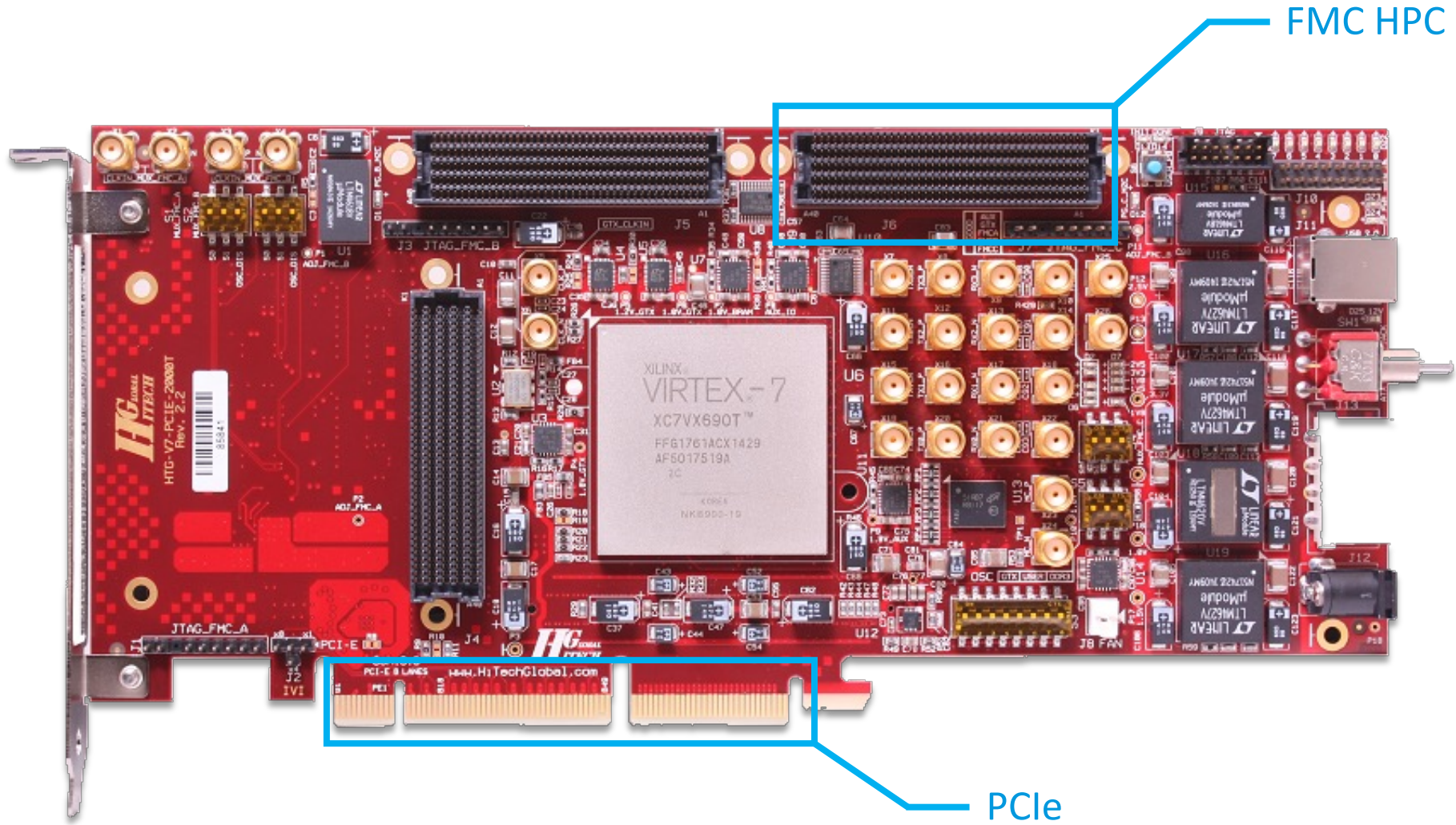
1. Единая печатная плата



2. Множество плат и кабелей



Соединение плат



Соединение плат: FMC



- 10 пар трансиверов (HPC)
- 24 пар трансиверов (HPC+)
- 160 пинов общего назначения
- Трансиверы: до 30 Gb/s
- Пины общего назначения: до 2 Gb/s

(Переходник FMC к SATA)



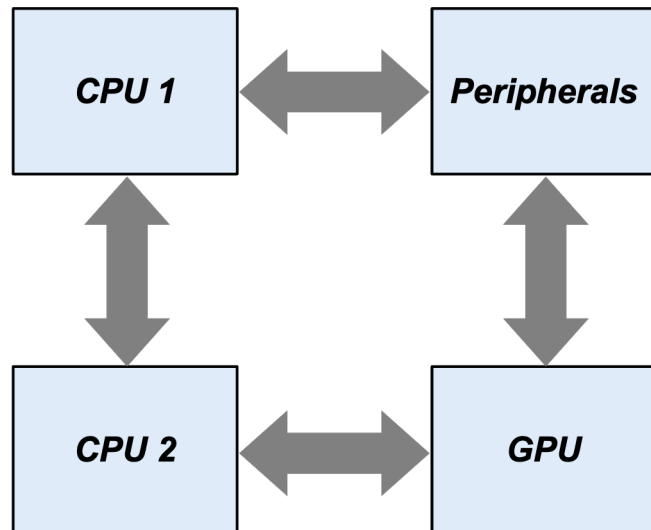
(FMC HPC+ кабель)



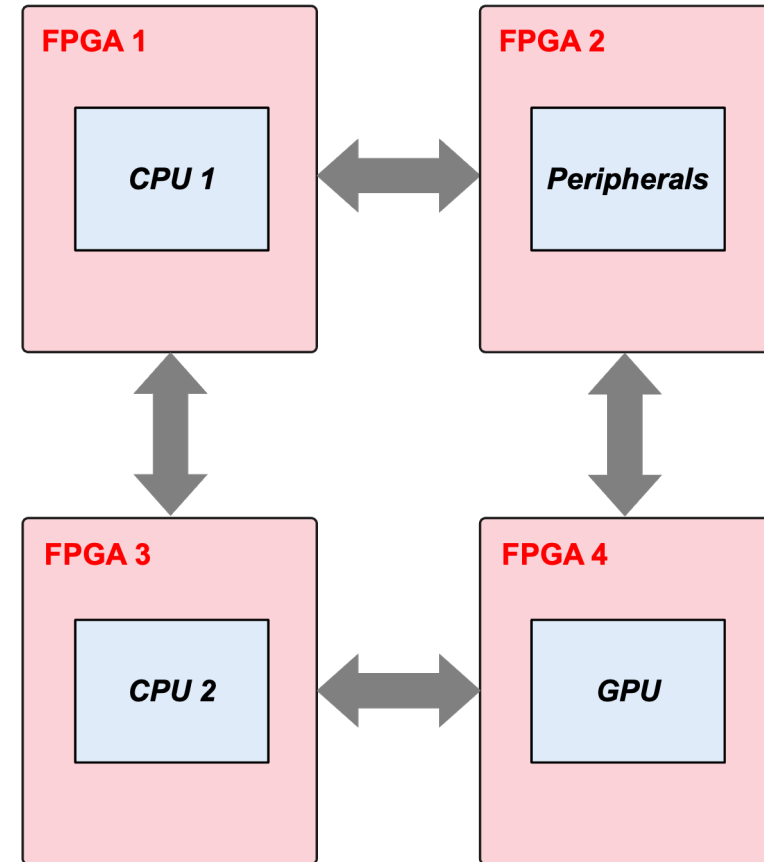


Топология соединения

(Разбиение проекта)

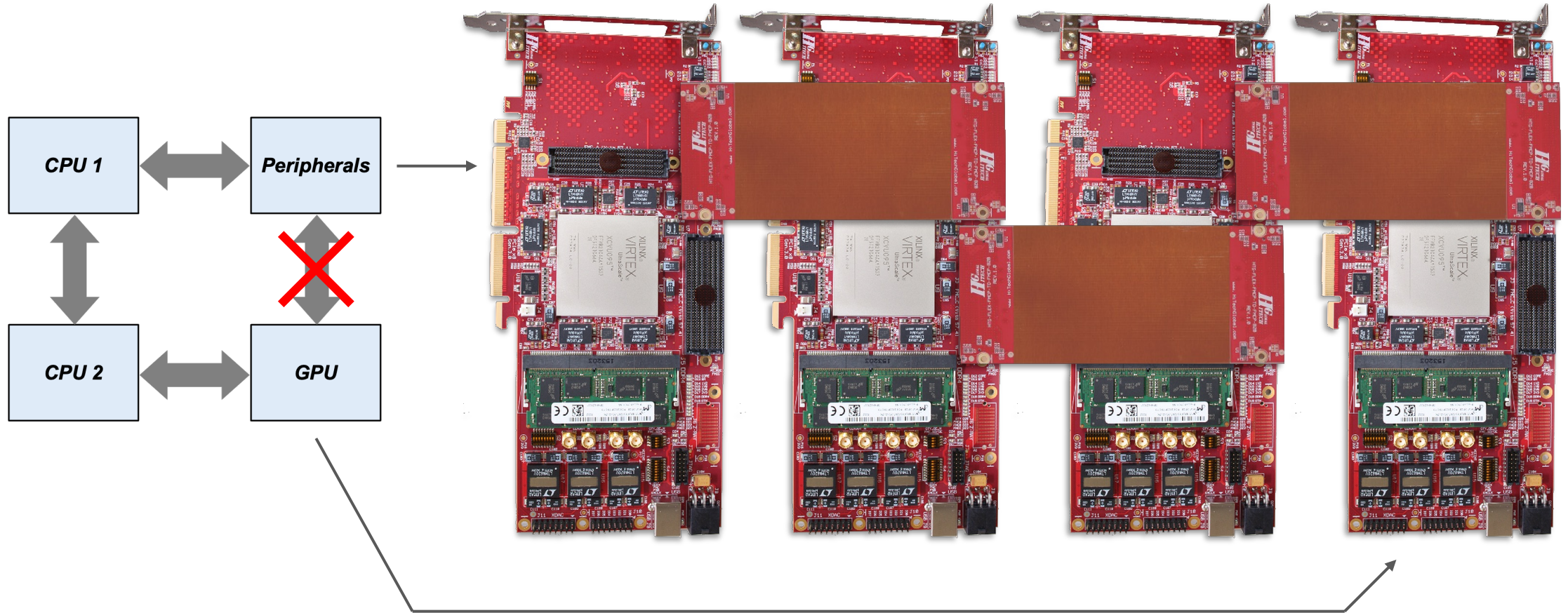


(Соединение ПЛИС плат)



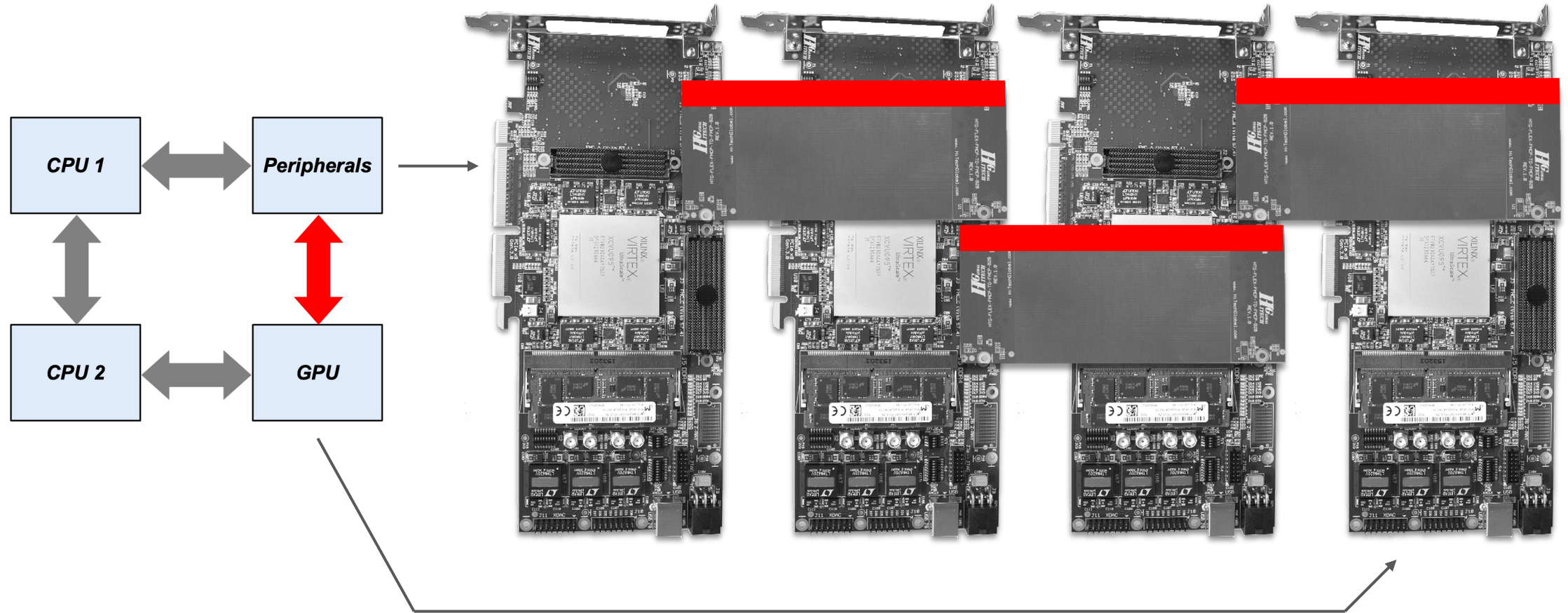


Топология соединения





Топология соединения: Hops



Передача данных



(FMC кабель)

Платформа

Передача данных

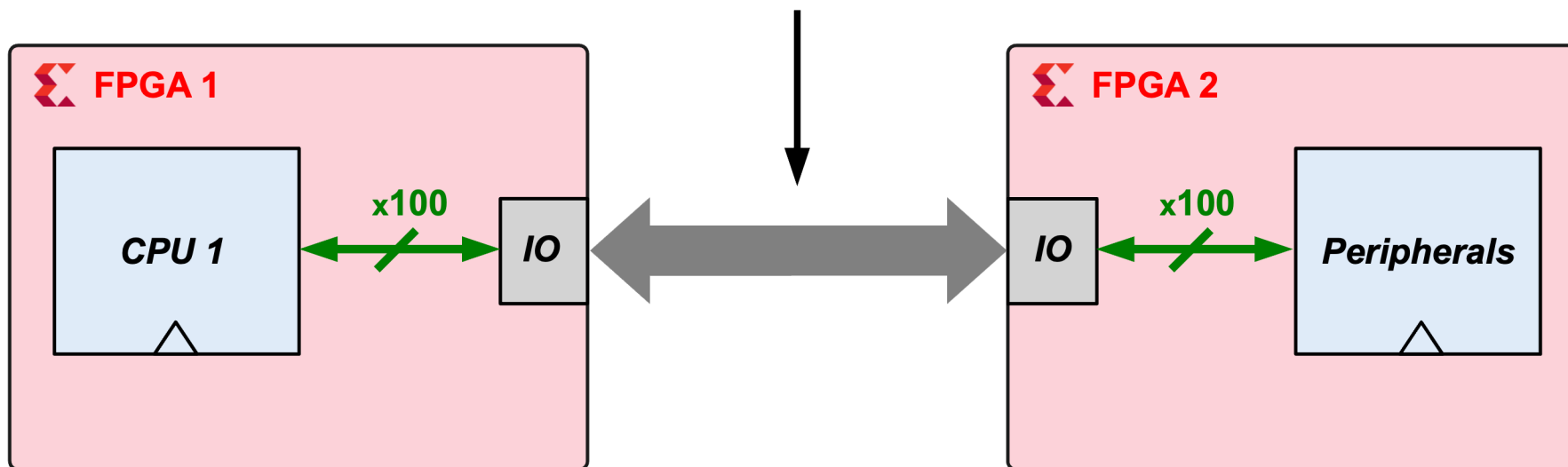
Синхронизация

Управление



Передача данных

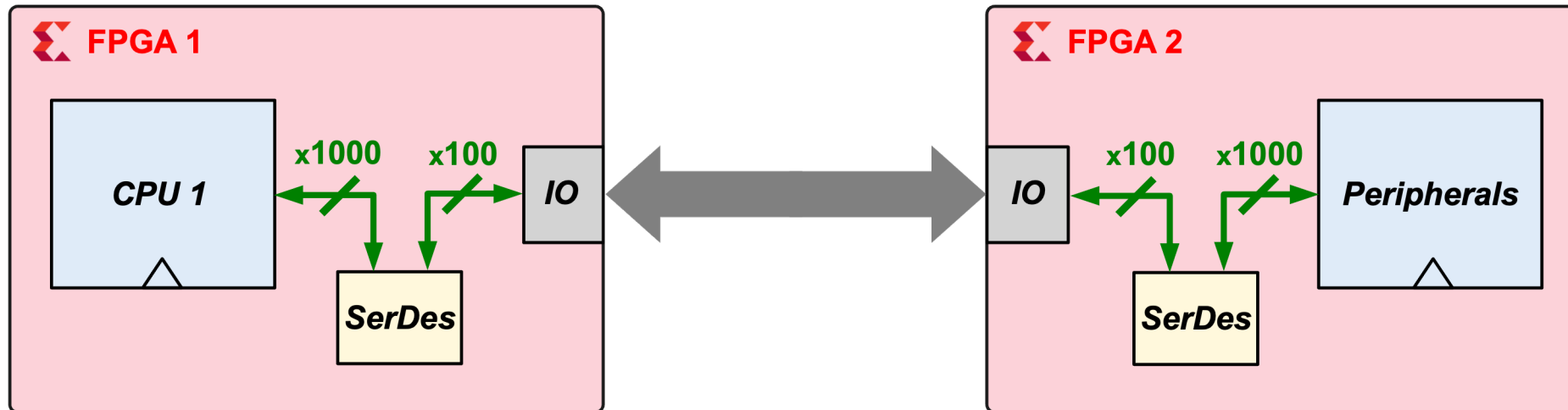
Прямое пин-пин соединение
(через кабель или плату)





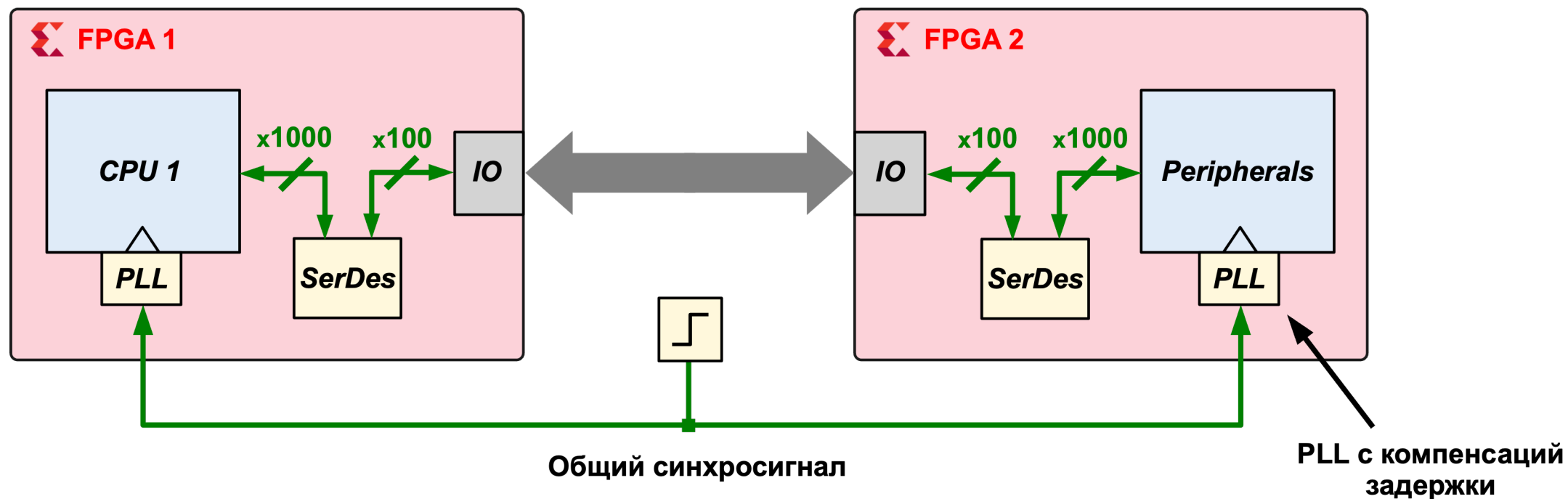
Передача данных

Две AXI шины ~ 2500 сигналов



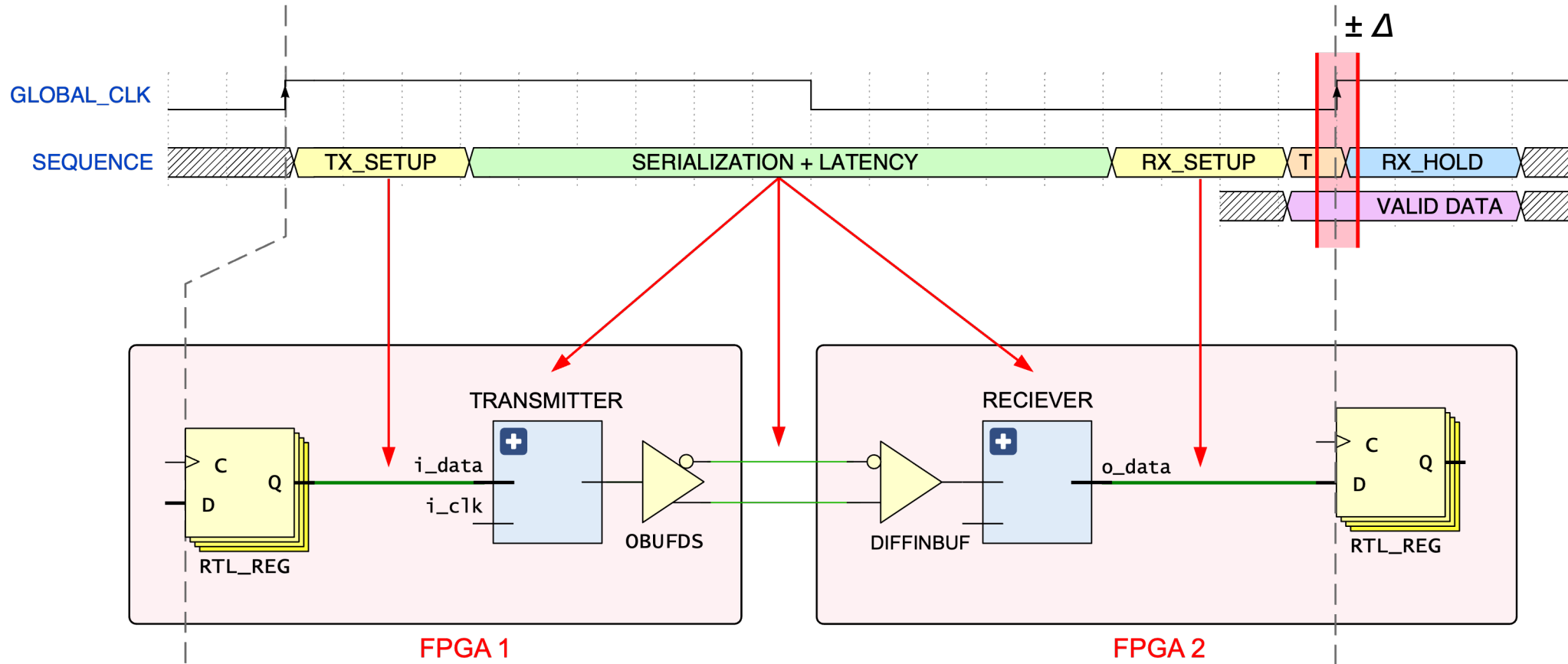


Синхросигнал (циклическая точность)





Путь между регистрами (циклическая точность)

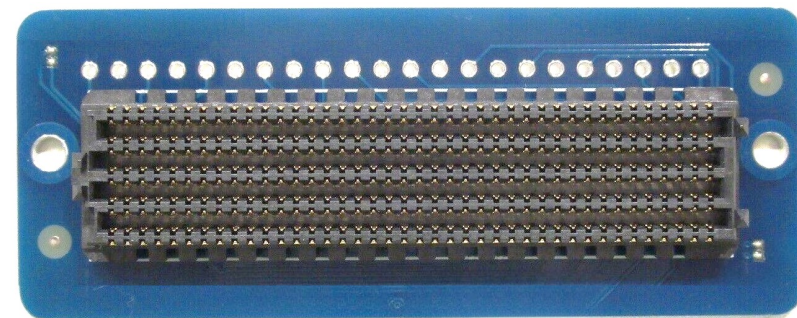
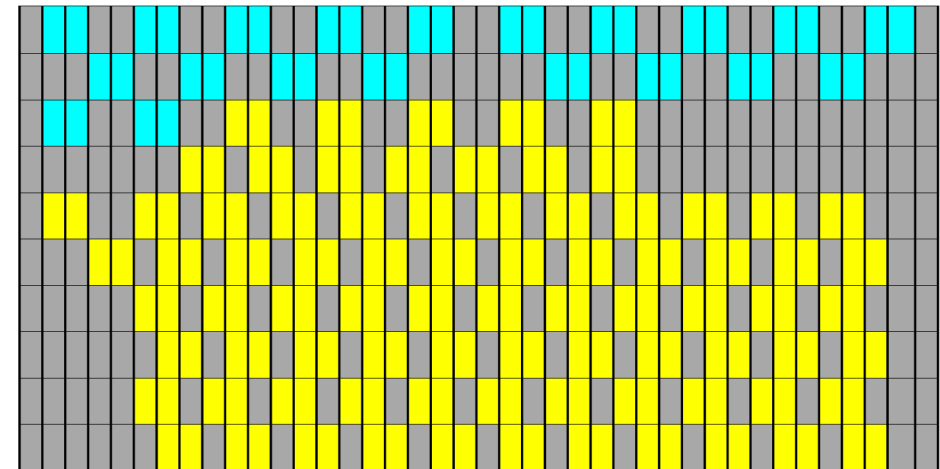




Сериализация

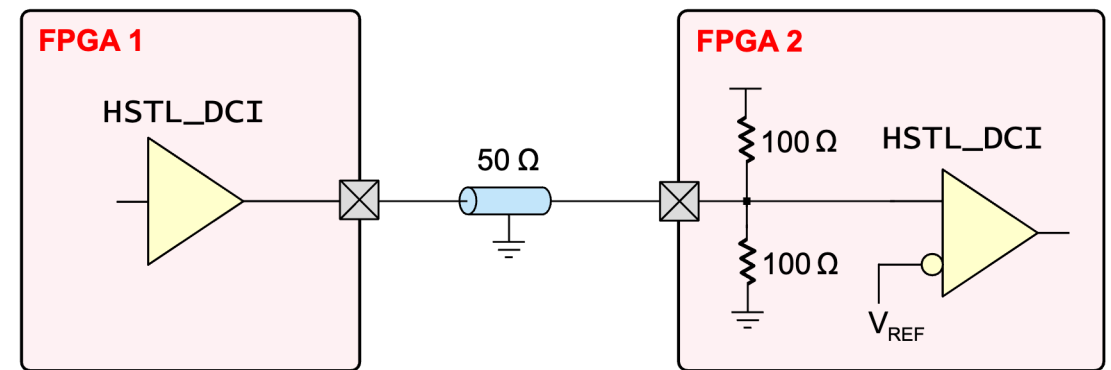
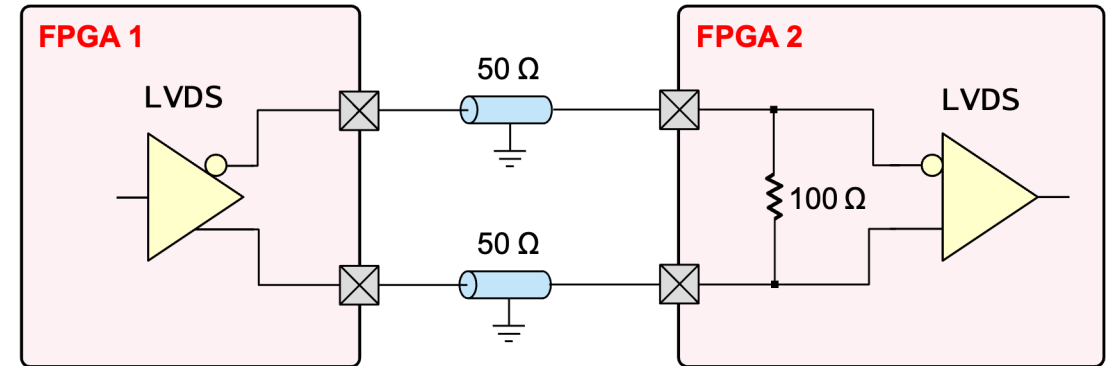
- Трансиверы
 - До 30 Gb/s
 - Десятки
 - Большая латентность
- GPIO : SerDes/Bitslices
 - До 2 Gb/s
 - Более сотни
 - Маленькая латентность

FMC HPC connector : Transceivers GPIO



Дифференциальный и односторонний IO

- Дифференциальный
 - Два пина на один канал
 - Более помехоустойчив
 - Пример: LVDS
- Односторонний
 - Один пин на один канал
 - Больше каналов
 - Пример: HSTL, SSTL



Распределение синхросигнала



(Clock distribution module)

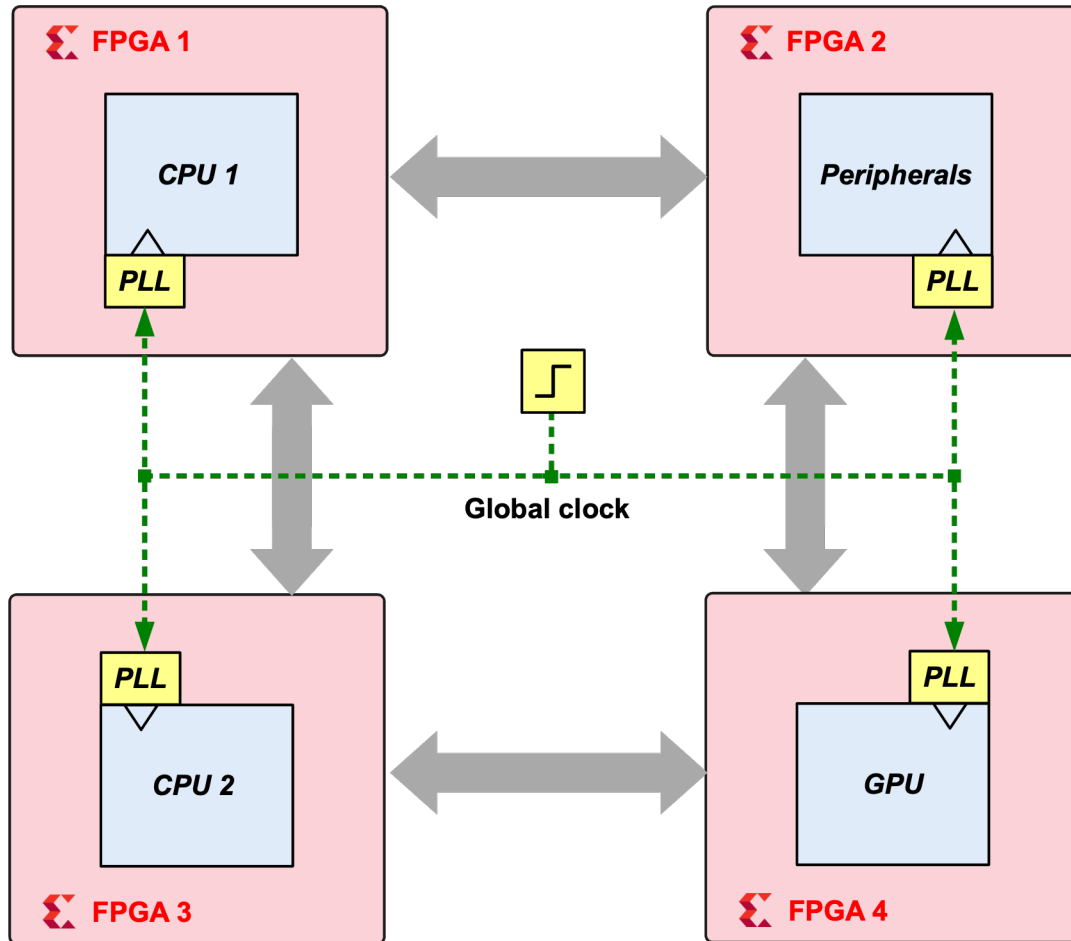
Платформа

Передача данных

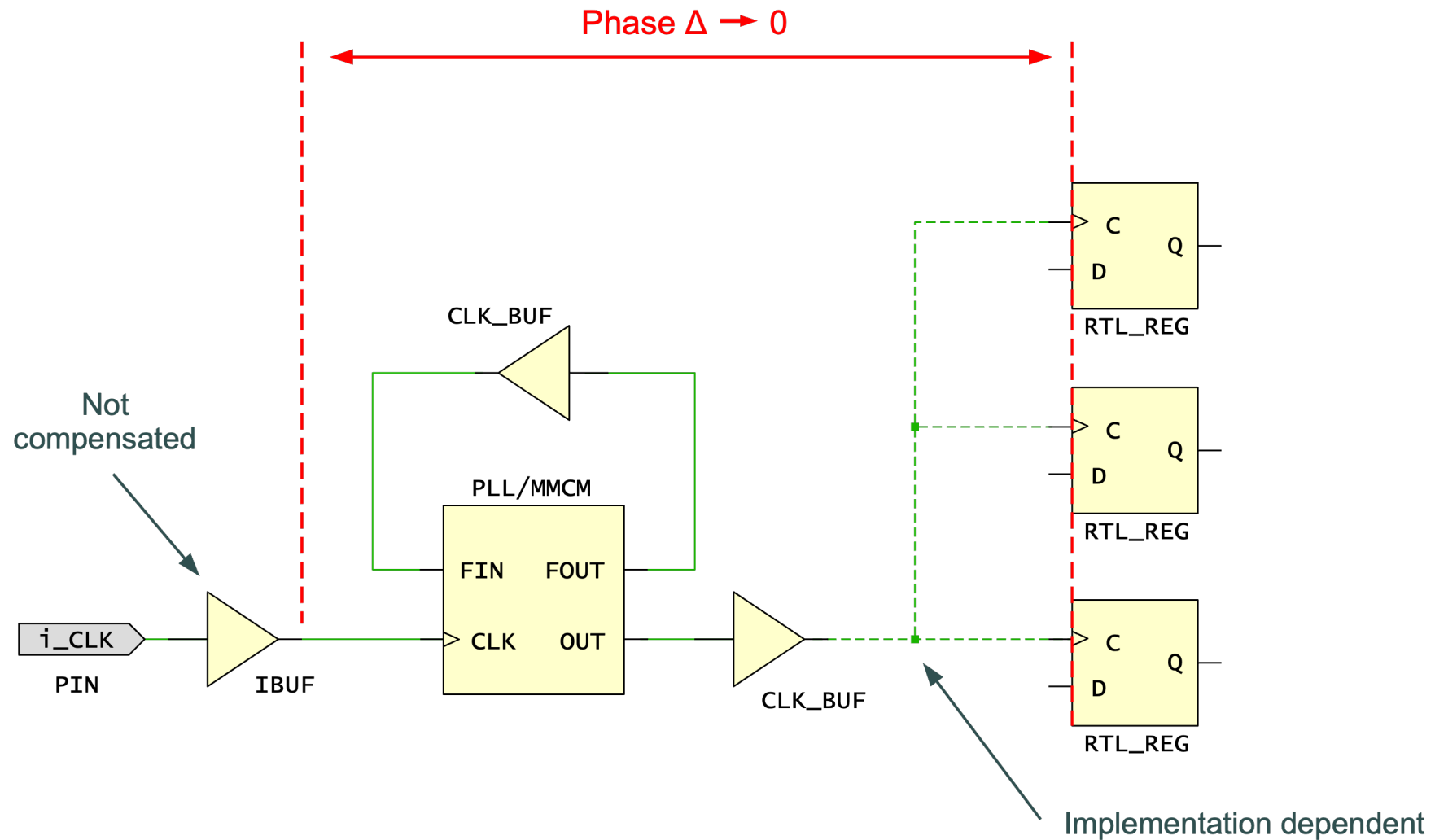
Синхронизация

Управление

Стандартная реализация

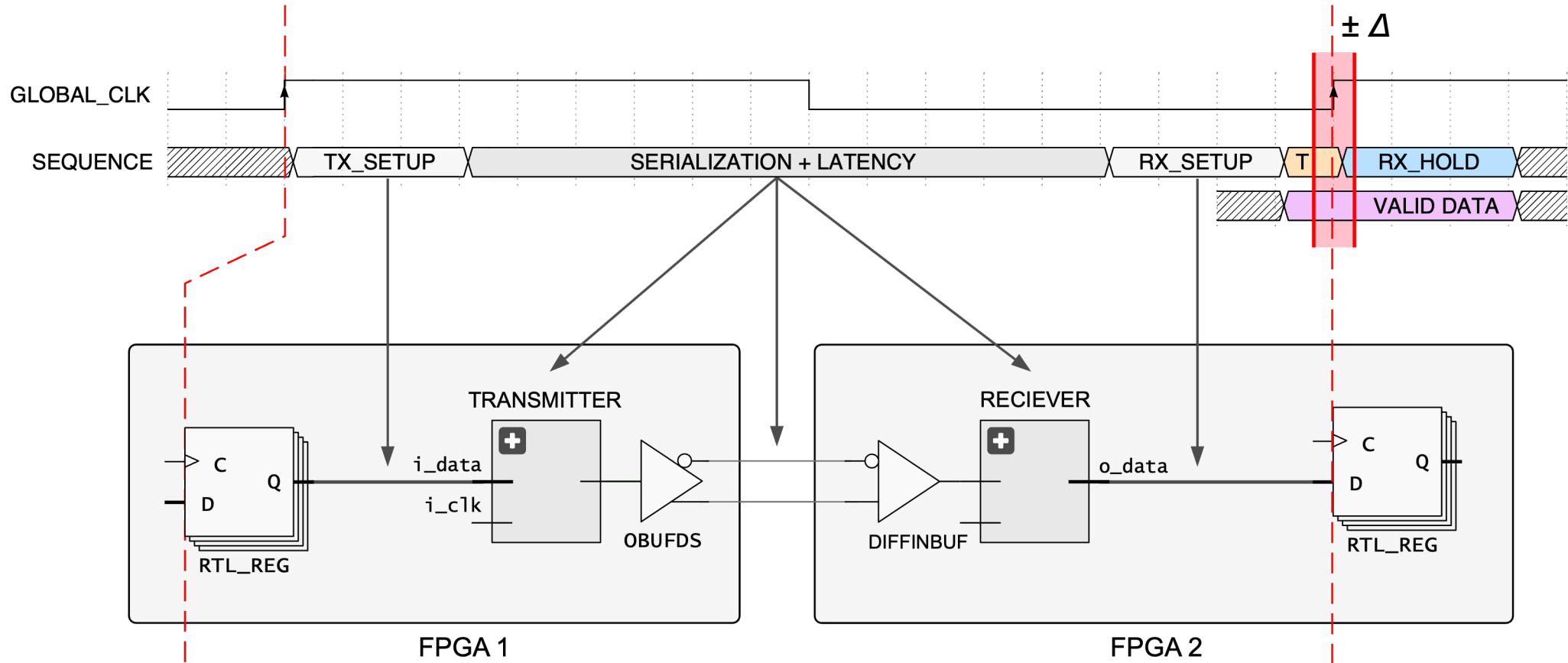


Компенсация задержек



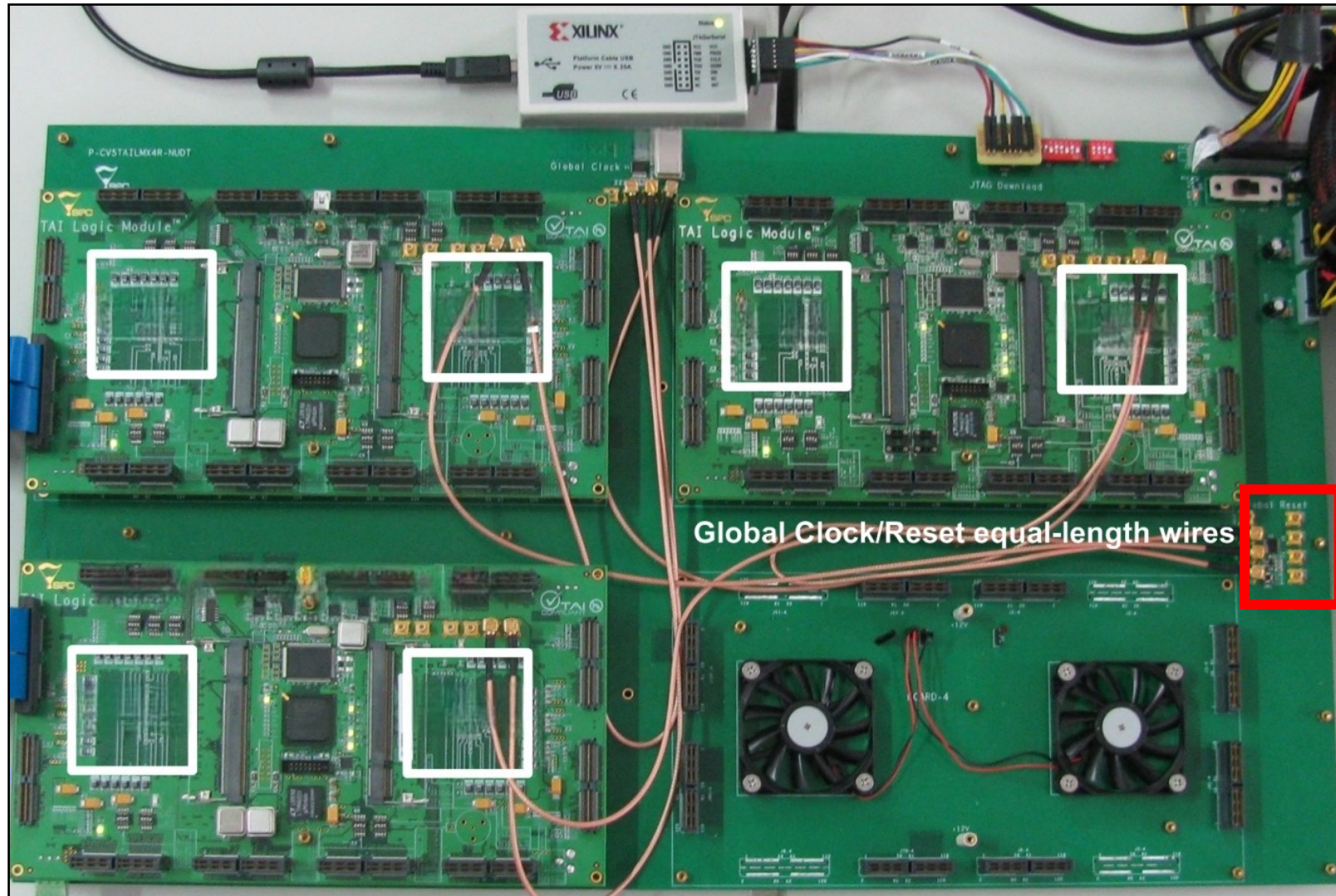


Погрешность



Пример

Multi-FPGA Implementation of a Network-on-Chip Based Many-core Architecture [DOI: 10.1109/NORCHIP.2010.5669430]



Generator

Управление



Платформа

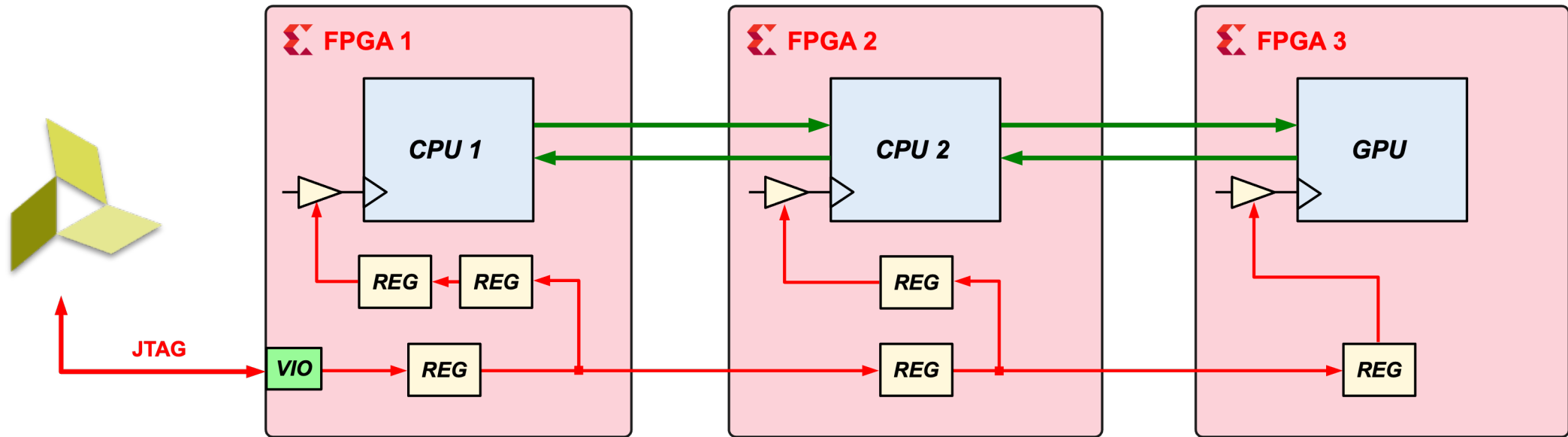
Передача данных

Синхронизация

Управление

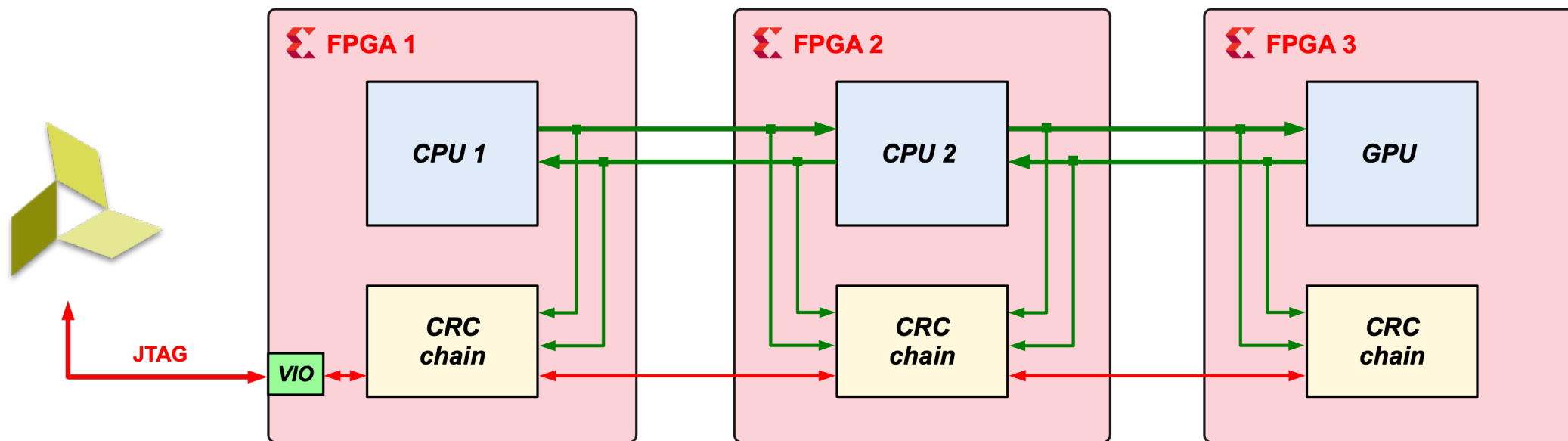


Одновременный запуск



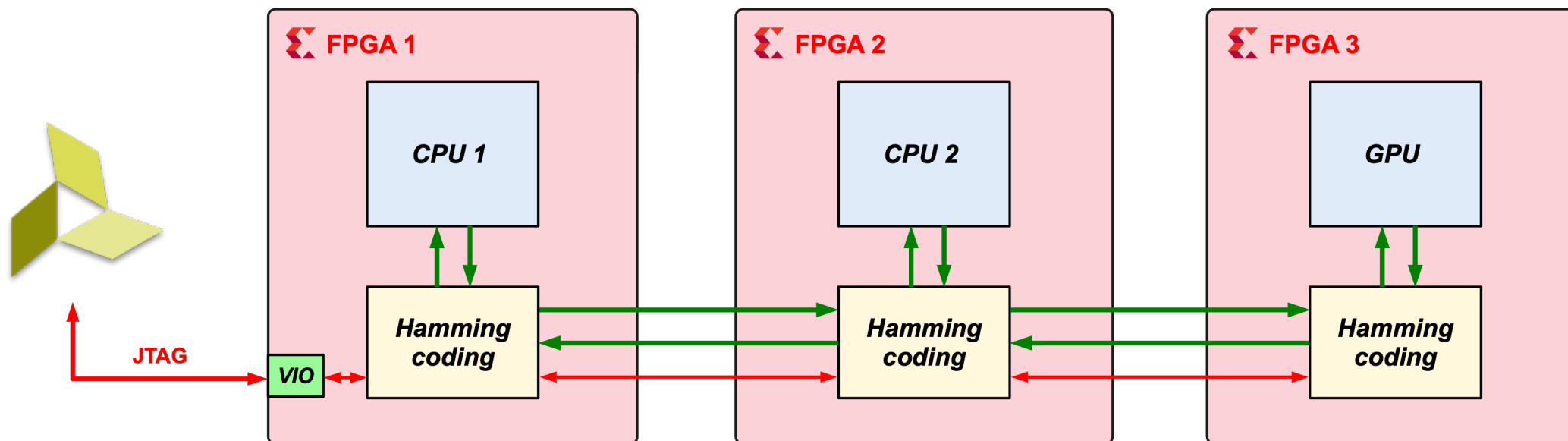


Целостность данных: проверка





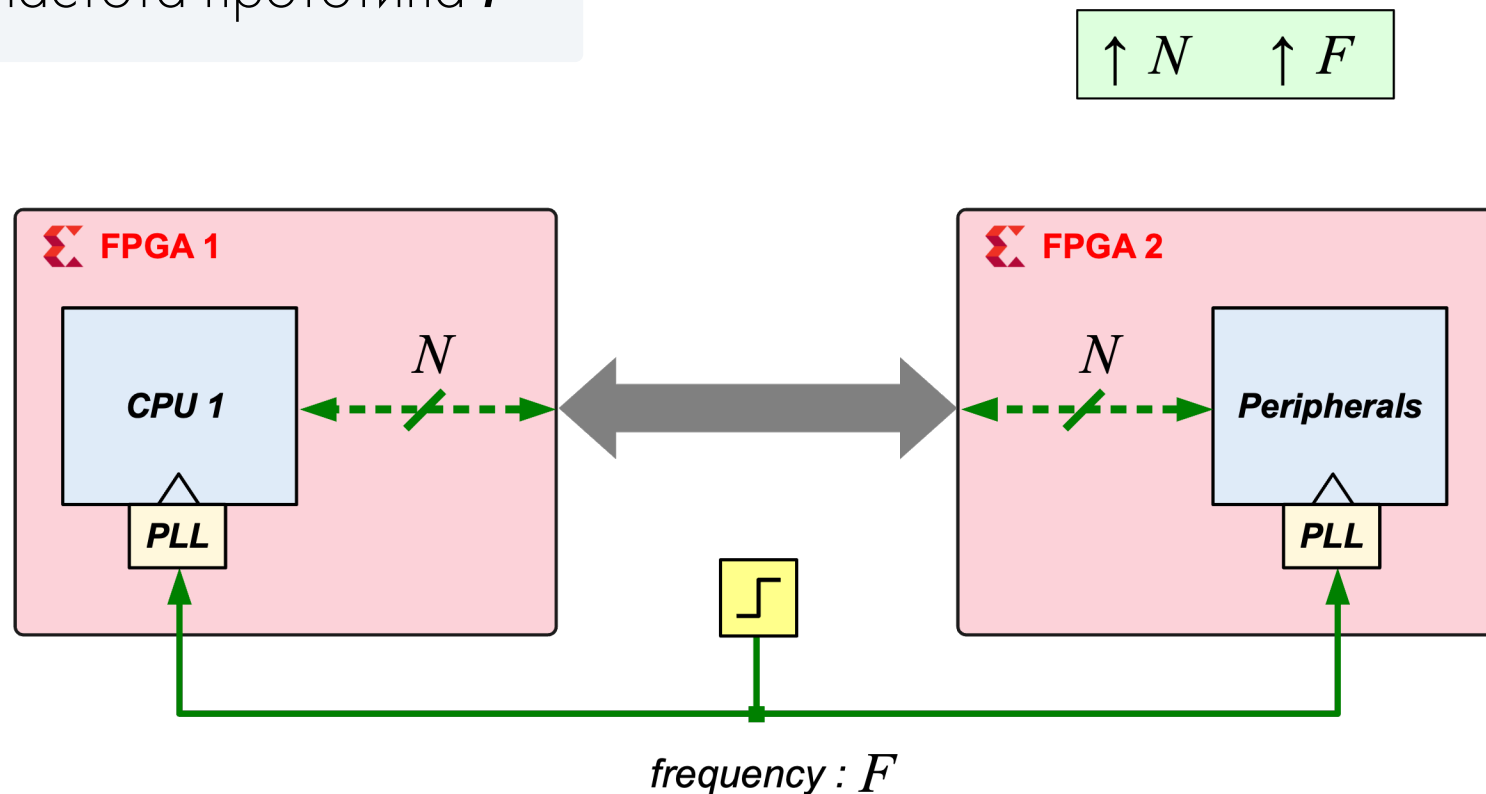
Целостность данных: проверка и коррекция





Как оценить производительность?

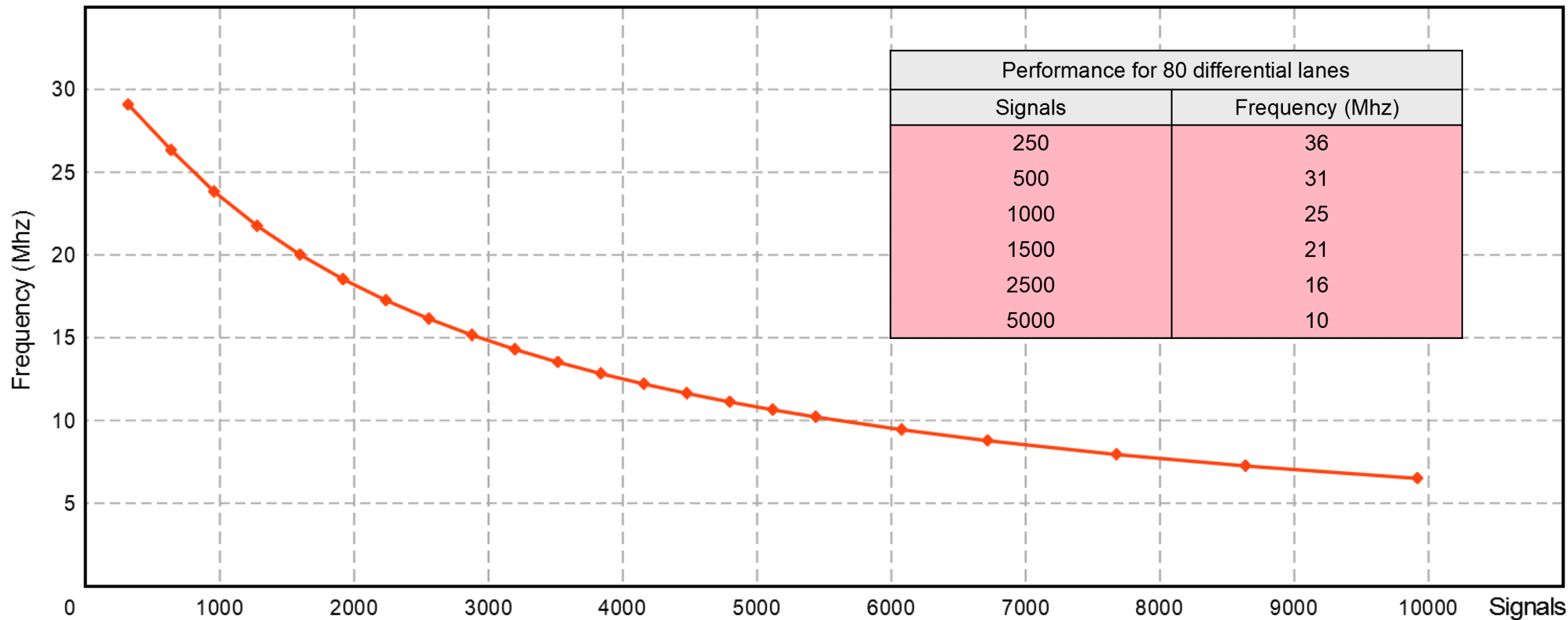
- Количество сигналов N
- Рабочая частота прототипа F





Производительность: HAPS

Signals vs Frequency



Итоги

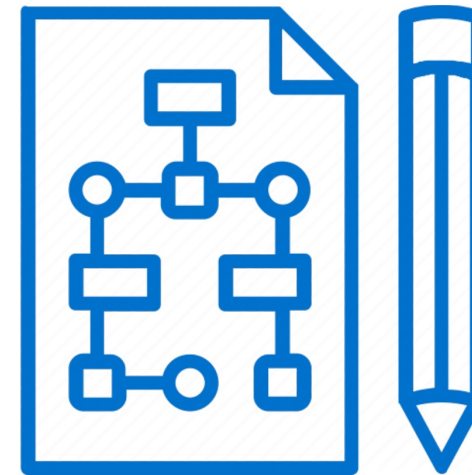


Преимущества

- Индивидуальное решение
- Большой выбор аппаратуры
- Схожая производительность

Недостатки

- Базовый функционал





БУДУЩЕЕ
В НАШИХ
РУКАХ