



# Система сбора данных эксперимента SPD на коллайдере NICA

Сессия ОЯФ РАН, посвящённая 70-летию В.А.Рубакова

Александр Бойков

от имени группы DAQ SPD

*E-mail: Boikov@jinr.ru*

18.02.25

# Эксперимент SPD

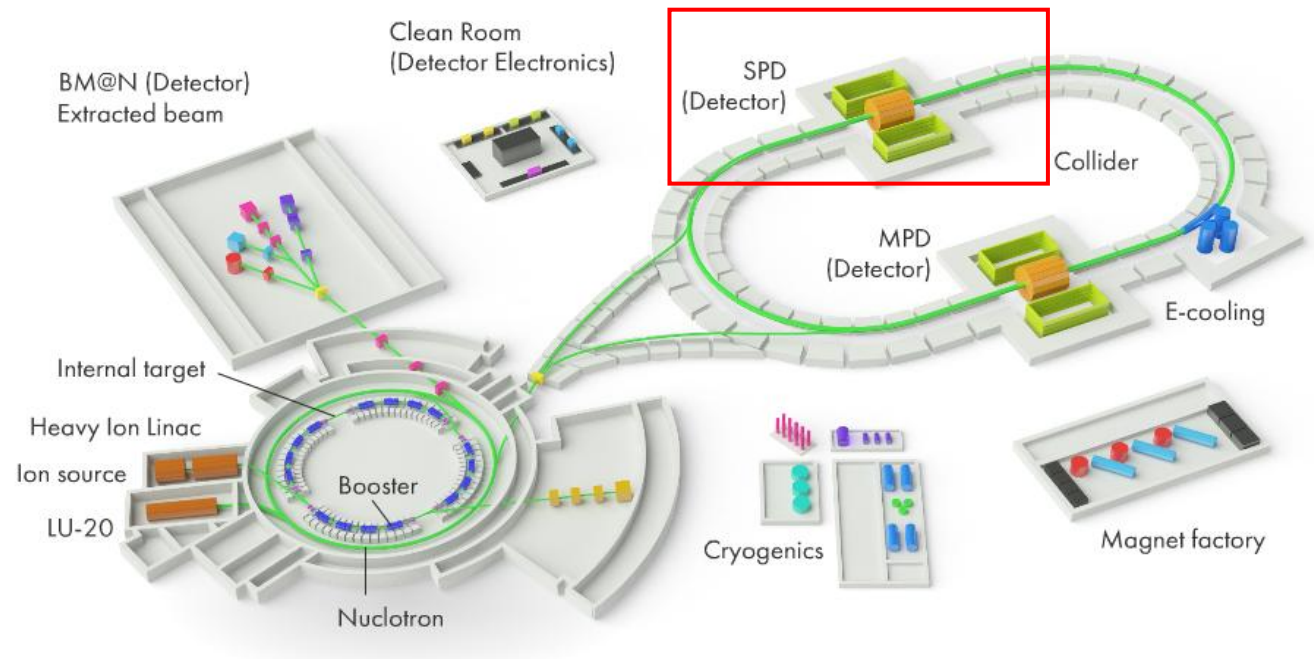
**Цель эксперимента** – изучение спиновой структуры нуклонов и глюонного вклада в их спин.

Поляризованные pp и dd столкновения при  $\sqrt{s}$  до 27 ГэВ и светимостью до  $10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ .

SPD нацелен на **комплексное исследование спиновой структуры протона и процессов с глюонами**

Коллаборация:  
Более 30 институтов (с каждым годом расширяется)

Более 400 участников



# Детектор SPD

## ФАЗА 1:

6 детекторных подсистем

Interaction rate  $4 \times 10^5$

Поток данных 1 ГБ/с

## ФАЗА 2:

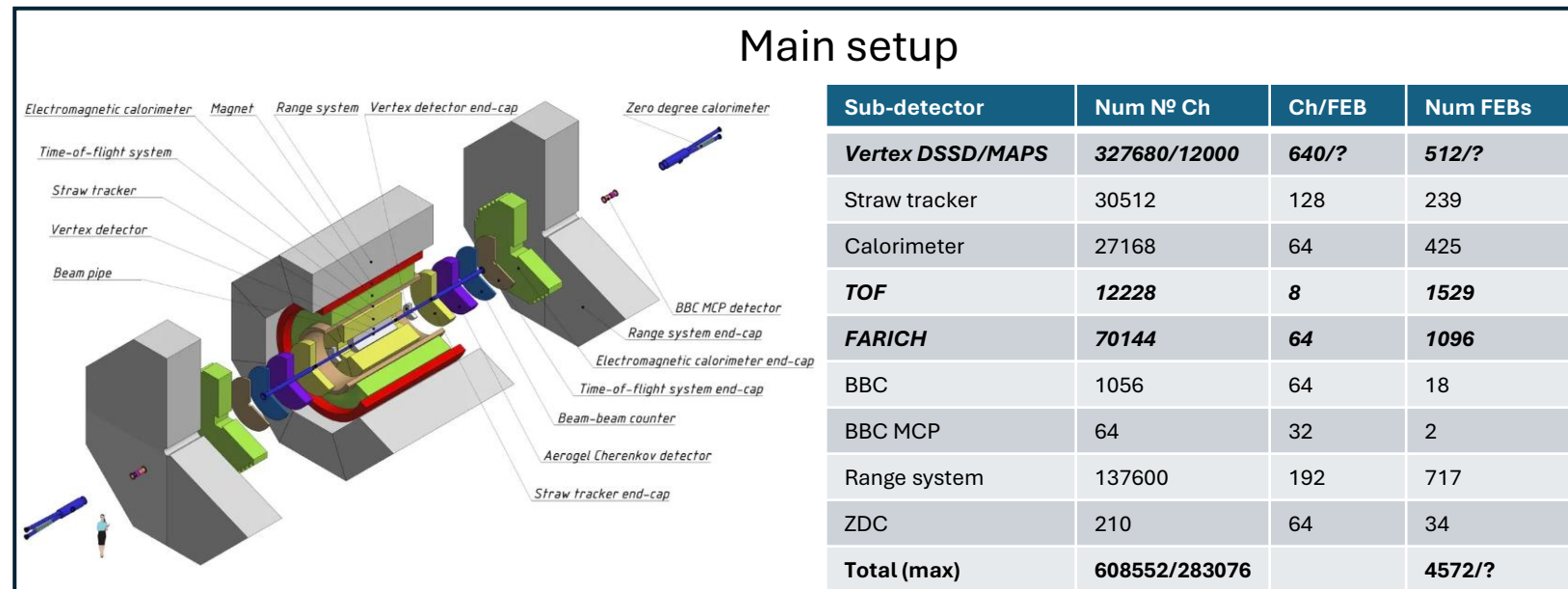
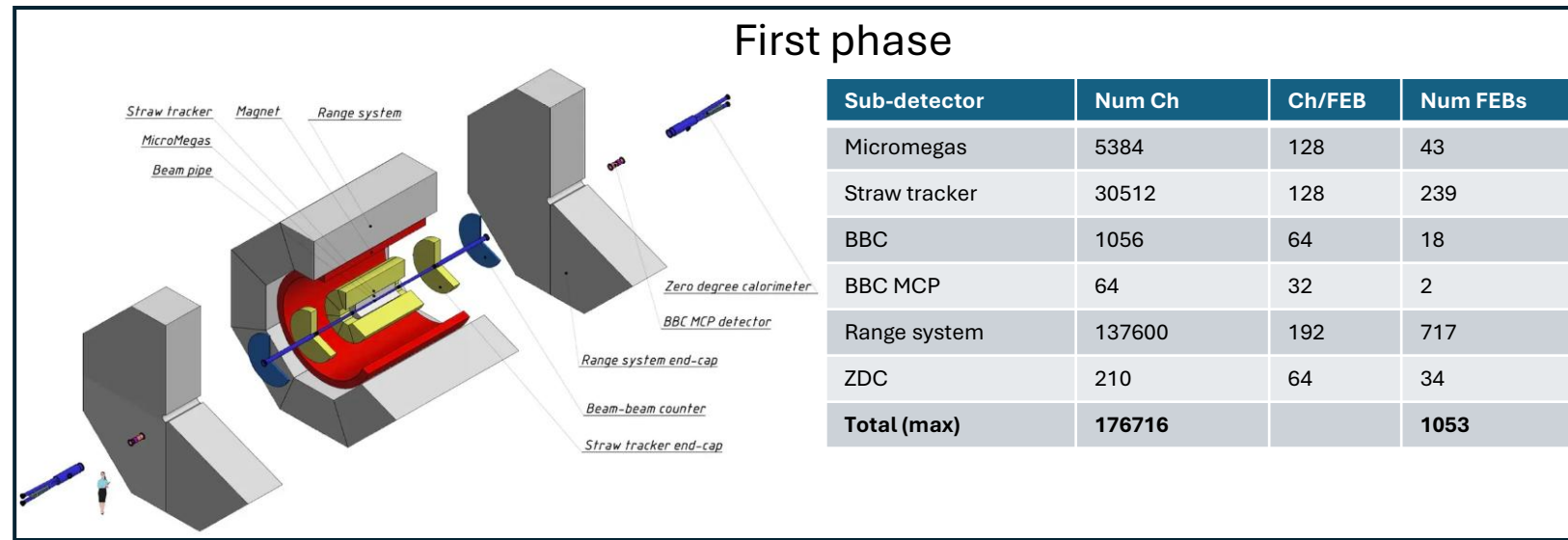
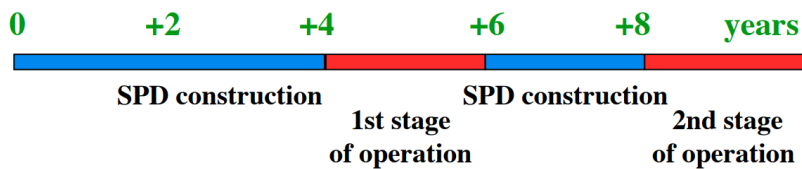
9 детекторных подсистем

Interaction rate  $4 \times 10^6$

Поток данных 20 ГБ/с

Bunch crossing: 76 нс

Частота синхронизации 125 МГц



# Free-running (Triggerless) DAQ

Такая концепция предполагает минимальную задержку в передачи данных до считывающих компьютеров.

Части слайсов с каждой подсистемы объединяются в один блок данных. Онлайн фильтр занимается отбором событий для сохранения в постоянное хранилище

Slice: 10÷100 мксек.

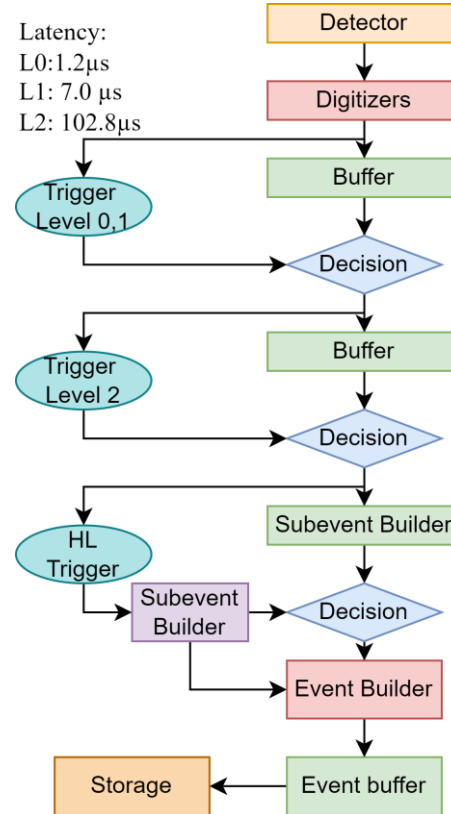
Frame: 0.1÷10 с

Требуется хорошая система синхронизация, способная управлять набором данных с помощью синхронных команд

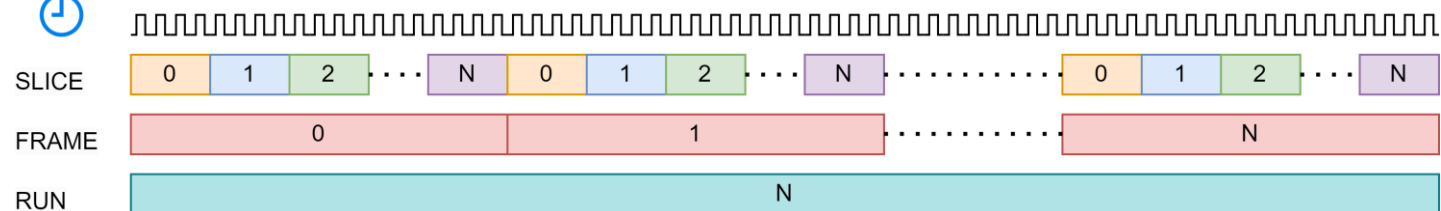
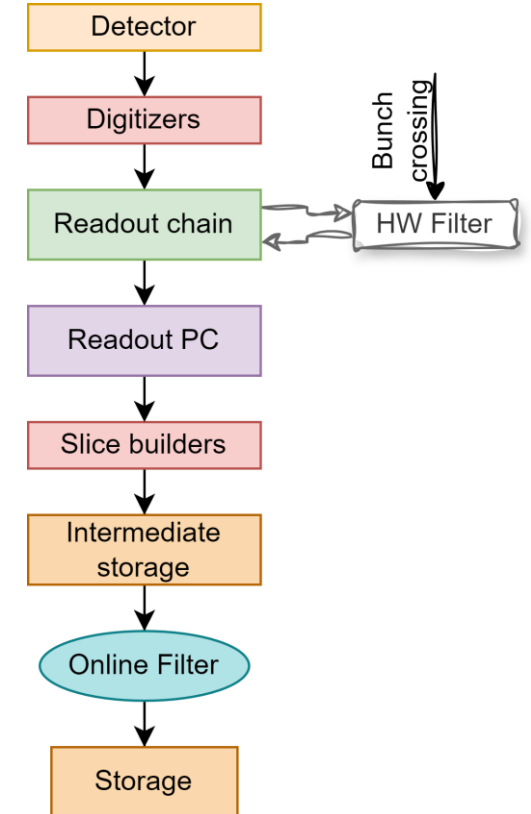
Синхронные команды:

- Set Next Frame (SNF),
- Start of Frame (SOF),
- Start of Slice (SOS).

## Триггерная(классическая) DAQ



## Triggerless DAQ





# Система синхронизации

## Технология White Rabbit:

- Открытая технология с лицензией CERN-OHL
- Синхронизация с точностью 1 нс или лучше
- Стабильно поддерживает сети с длиной связи до 10 Км
- *Потенциально* нет ограничений в размере сети

## Задачи системы синхронизации:

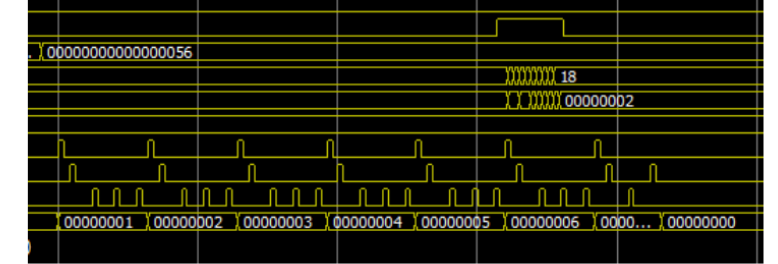
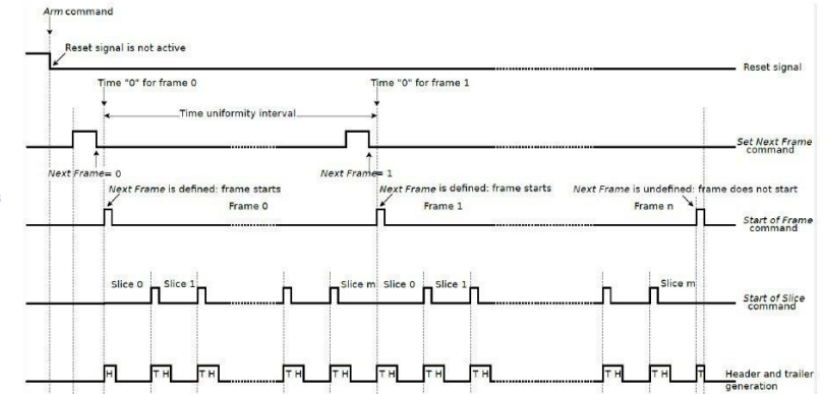
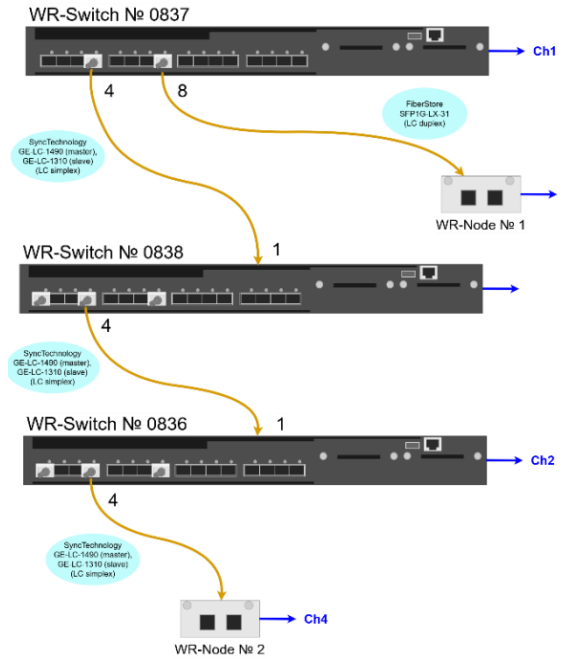
- Генерация и распределение тактовой частоты 125 МГц с точностью лучше 1 нс и джиттером лучше 50 пс для конечного FEB
- Генерация и распределение синхронных команд по детектору
- Распределение информации о текущем Slice и Frame

Достигнуто для сети WR из нескольких коммутаторов:

- <300 ps PPS skew
- <20 ps PPS jitter

Температурный эффект:

- 30 ps/°C skew error
- Незначительный jitter error



Accuracy as average clock skew:

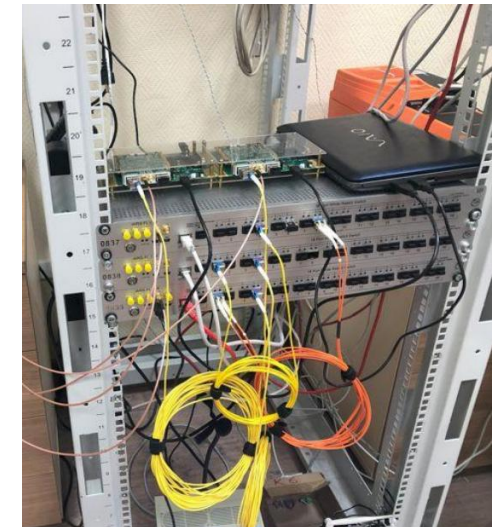
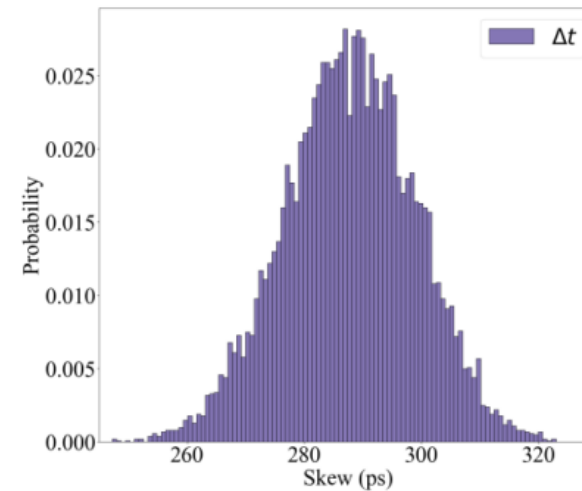
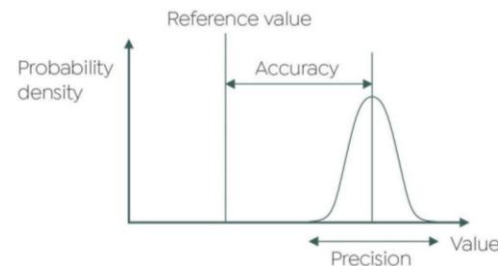
$$\overline{\Delta t} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (t_{ref} - t)$$

Precision as relative rms jitter:

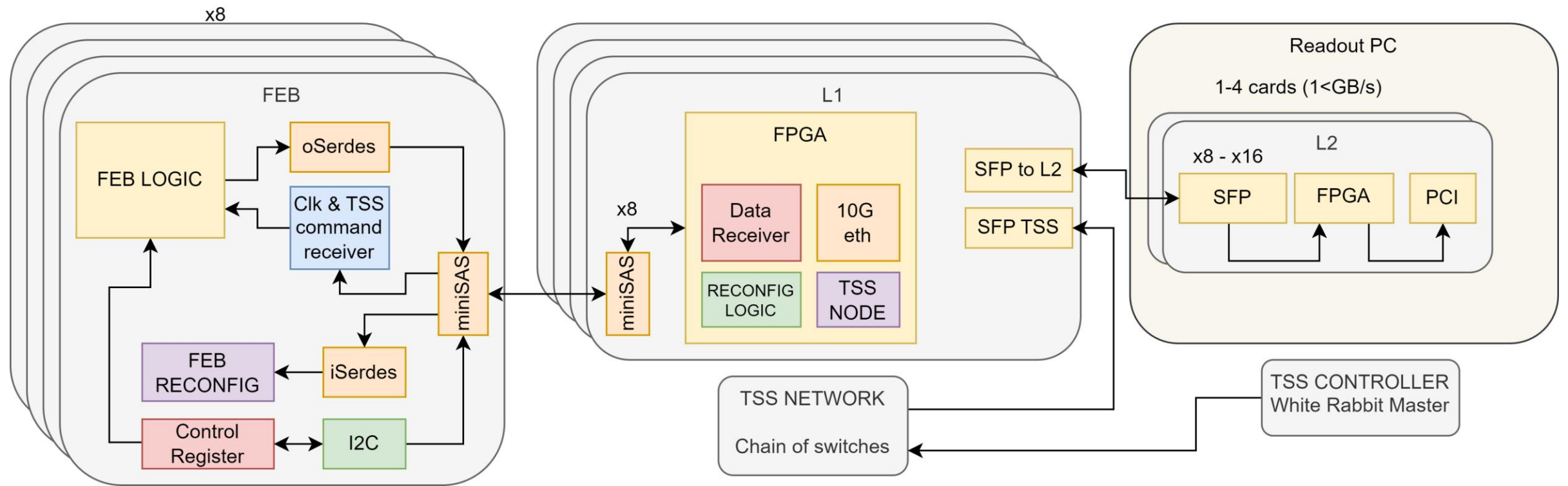
$$\sigma_N = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (\Delta t_i - \overline{\Delta t})^2}$$

SPD  
requires:  
< 1 ns

< 50 ps



# Цепочка чтения



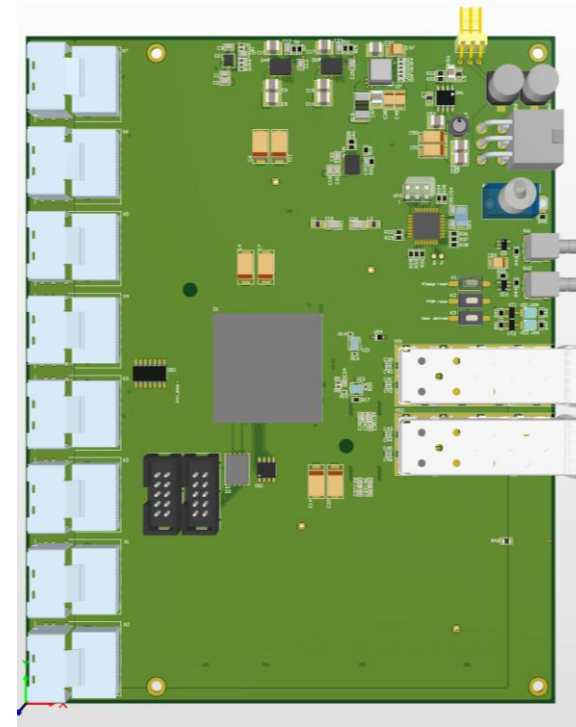
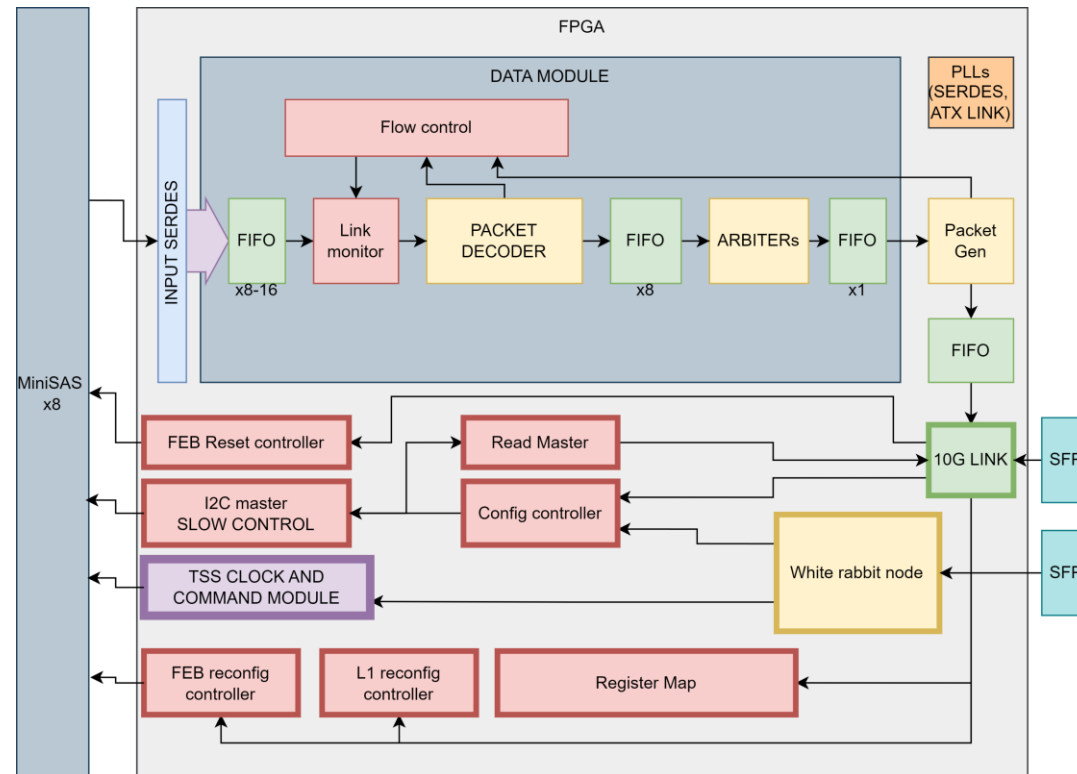
# L1 концентратор

Аппаратная платформа:

- Целевая FPGA Cyclone 10GX (105YF780E6G)
- Опциональная FPGA Pangomicro Titan 2
- 8x разъемов MiniSAS (8 дифференциальных пар и 8 однополярных линий на 1 разъем)
- SFP+ 10Gb приемопередатчик для подключения к L2 концентратору
- SFP+ Приемопередатчик для организации работы TSS
- Пропускная способность 1 Gb/s между FEB и L1

Задачи концентратора:

- Сбор данных с FEB, контроль целостности данных, контроль потока данных
- Прием и распределение глобального тактового сигнала и команд от TSS контроллера
- Переконфигурирование FEB и реконфигурация FEB Firmware







# Компьютерная часть DAQ

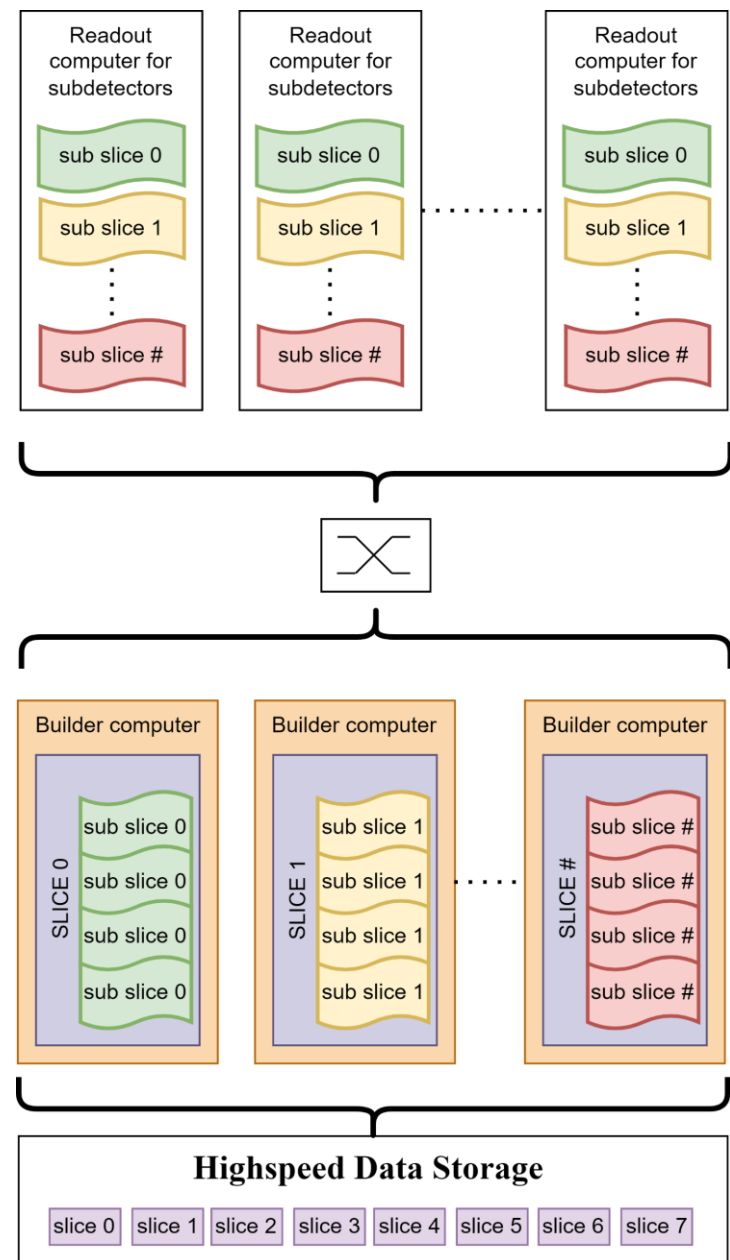
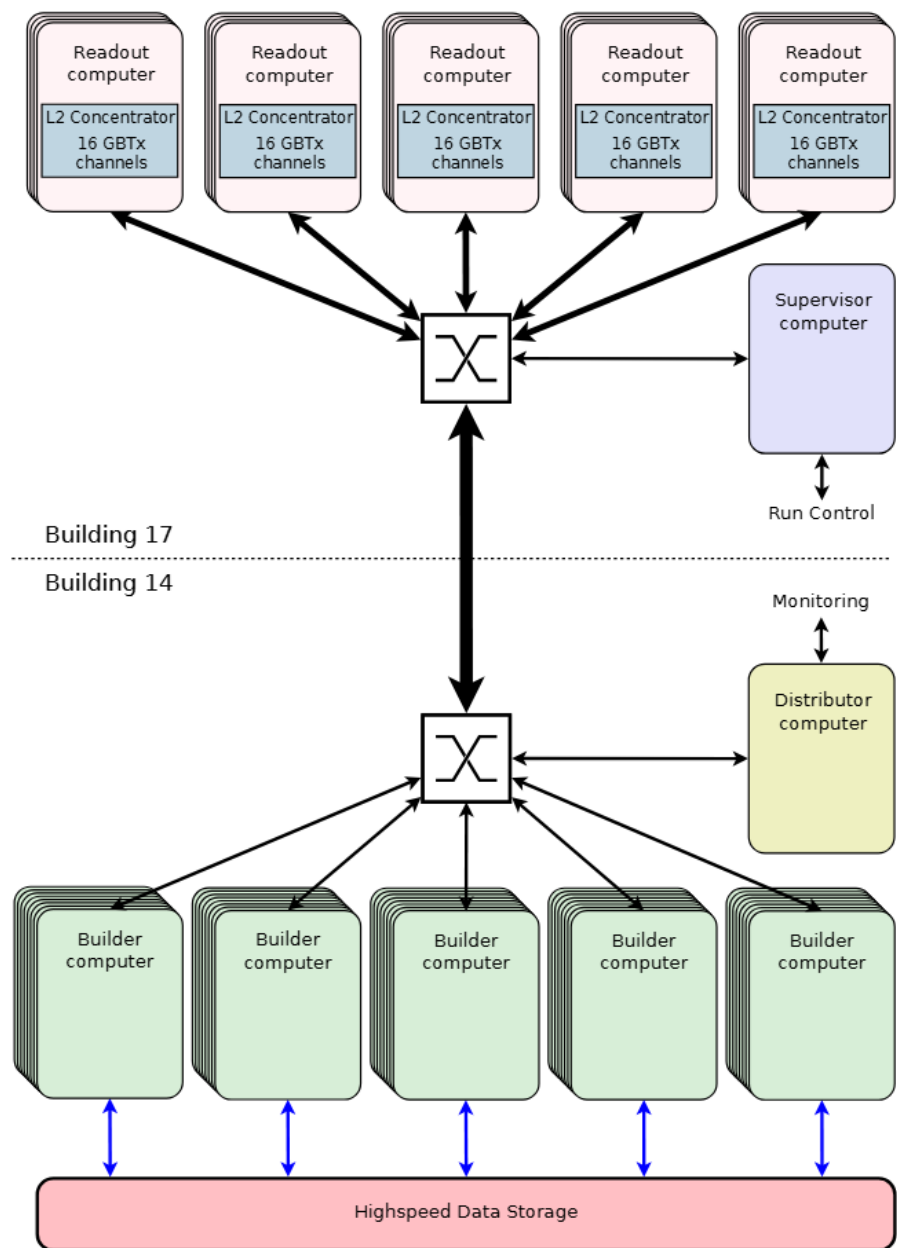
**Readout computer** – Формирование и буферизация части slice, относящихся к конкретной группе детекторов,

**Builder computer** – Формирование цельного slice из данных каждого readout computer и сохранение в промежуточное хранилище

**Distributor computer** – организация мониторинга работы системы

**Supervisor computer** – Управление набором данных и цепочками чтения

**Highspeed Data Storage** – промежуточное хранилище объемом 2-4 PByte для хранения данных подготовленных для онлайн фильтра.



# Заключение

Разрабатываемая система сбора данных строится на базе современных и коммерчески доступных технологиях. Что упрощает её масштабируемость и исключает необходимость *“зависеть от тяжело доступных технологий”*.

Ожидается, что такой тип DAQ способен обеспечить необходимую пропускную способность до 20 ГБ/с и при этом сохранить все интересующие физические данные.

Система синхронизации, в частности технология White Rabbit способна обеспечить необходимую точность выставление временной метки для последующего группирования данных.



МЕЖДУНАРОДНАЯ  
МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**



Национальный  
исследовательский

**Томский  
государственный  
университет**



**ПОЛИТЕХ**

Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого



Спасибо за внимание