

*Отдел Радиоэлектроники*  
*2019-2020*  
*Отчёт и Планы*

**В.А. Головцов**  
**Научная Сессия Отделения Физики Высоких Энергий**  
**НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ**  
**26.12.2019**

## Отдел радиоэлектроники 2019. Основные работы

N	Наименование	Проект	Функции	2019 / План 2020
1	432-канальная система распределения высоковольтного питания станции ME1/1 TMC	Модернизация мюонной системы KMC – Фаза2	Распределение высоковольтного питания на сегменты катодных стриповых камер	Подготовка серийного производства/ <b>Серийное производство</b>
2	342-канальная система источников высоковольтного питания станций ME2-ME4 TMC	Модернизация мюонной системы KMC – Фаза2	Высоковольтное питание катодных стриповых камер	Подготовка серийного производства/ <b>Серийное производство</b>
3	6000 –канальная система распределения высоковольтного питания HVDS NeuLAND	Установка R3B – NeuLAND Нейтронный спектрометр	Распределение высоковольтного питания на фотоумножители	Изготовление 3000 каналов системы/ <b>Запуск в эксплуатацию</b>
4	Система регистрации и считывания данных - 1200 каналов	Установка эксперимента ПРОТОН	Считывание данных время-пролетного и трекового спектрометров	Изготовление и тестирование модулей / <b>Изготовление системы</b>
5	2000 канальная подсистема усиления и формирования сигналов 50-канальная высоковольтная система	Straw-детектор спектрометра R <sup>3</sup> B – PAS	Усиление и формирование сигналов. Высоковольтное питание Straw- трубок	Пилотная серия и высоковольтная система/ <b>Изготовление 640 каналов</b>
6	18000-канальная система регистрации и считывания данных Высоковольтная система	SST-спектрометр эксперимента SHiP	Считывание данных SST-спектрометра Высоковольтное питание Straw-трубок	Концептуальный дизайн/ <b>T3, первые прототипы узлов</b>



# Отдел радиоэлектроники 2019. Основные работы

## Модернизация высоковольтной системы EMU CMS . Фаза 2

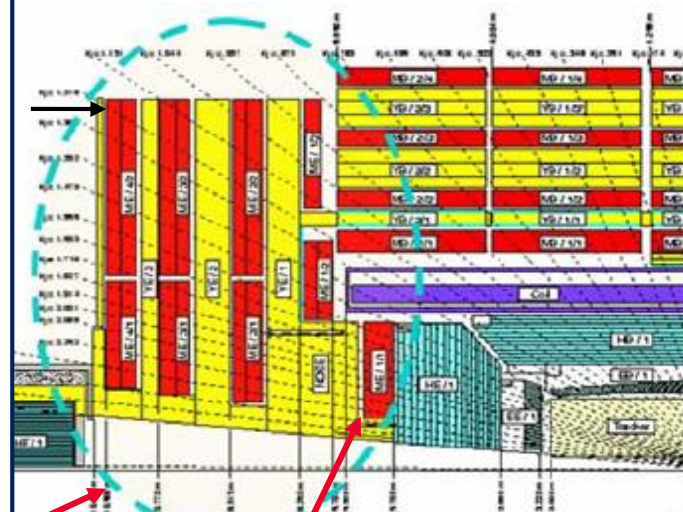
2010 – 2013 гг. создана 11016-канальная UF/PNPI HV System станций ME2 - ME4 CMS EMU

5 лет успешной работы на пучке

В связи с переходом коллайдера на повышенную и высокую светимость требуется модернизация UF/PNPI HV и полная замена 432- канальной CAEN HV (станция ME1/1)

Модернизация UF/PNPI HV: замена промышленных источников высоковольтного питания и 8- канальных модулей головных дистрибьюторов 9-канальными модулями с встроенными регулируемыми источниками питания.

В итоге после завершения модернизации число рабочих каналов UF/PNPI HV достигнет 11448



Фаза 2. 342-канальная система источников высоковольтного питания станций ME2-ME4 TMC

Фаза 2. 432-канальная система высоковольтного питания станции ME1/1 (замена системы CAEN)



**HVPS** – 9-канальный источник высоковольтного питания  
4000 В / 2.5 мА на канал  
Поканальное регулирование напряжения 0 ÷ 4000 В, 0.1%  
Мониторинг тока и напряжения, 0.1%

**DB36** – 36-канальный дистрибьютор высоковольтного питания  
Поканальное регулирование напряжения  $V_{max} \div (V_{max} - 1000)$  В, 0.1%  
Мониторинг тока и напряжения, 0.1%



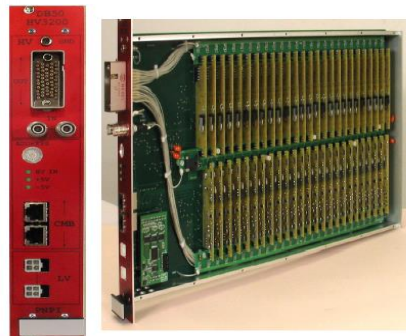
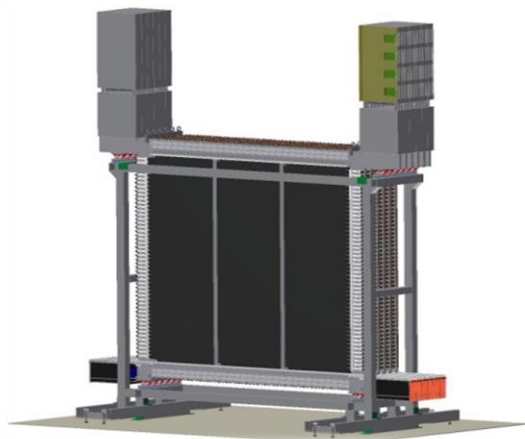
Фаза 2. Разработка, изготовление, тестирование, ввод в эксплуатацию :

- 432-канальная система станции ME1/1 (**HVPS – 2, DB36-12**)
- 342- канальная система станций ME2-4 (**HVPS - 38**)



## Система распределения высоковольтного питания детектора NeuLAND экспериментальной установки R3B коллаборации NUSTAR

Работа проводится в соответствии с Соглашением о сотрудничестве между FAIR GmbH и ФГБУ «ПИАФ» (в настоящее время НИЦ «Курчатовский институт» - ПИАФ)



DB50 - 50-канальный модуль распределения высоковольтного питания для фотоумножителей (PMTs) нейтронного времяпролетного спектрометра NeuLAND с индивидуальным регулированием напряжения и мониторингом напряжения и тока для каждого канала.  
Размер: 6U x 9HP x 520 мм (ВxШxД)

Один из двух идентичных модулей детектора NeuLAND – 3000 фотоумножителей

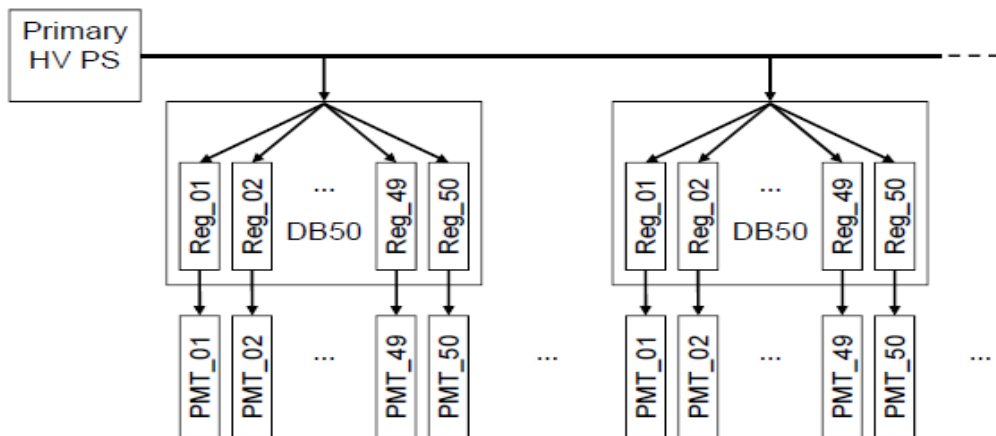


HVCB- модуль управления системой. 100BASE-T ETHERNET  
Размер 33 x 482 x 225 мм (ВxШxД)

Таблица поставок оборудования системы HVDS 6200

	Поставка	Состав		Дата
		DB50	HVCB	
1	Пресерия 200 каналов	4	1	12/2014
2	Серия 1000 каналов	20	1	03/2016
3	Серия 2000 каналов	40		11/2017
4	<b>Серия 3000 каналов</b>	<b>60</b>	<b>1</b>	<b>11/2019</b>

## Система распределения высоковольтного питания детектора NeuLAND экспериментальной установки R3B коллаборации NUSTAR



Структура системы

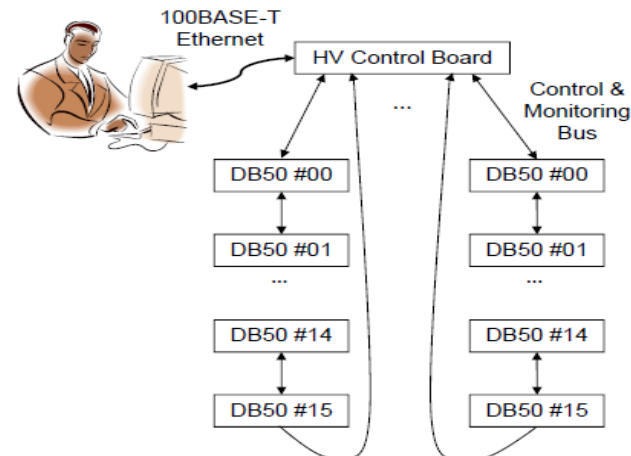


Схема управления системой

### В каждом канале HVDS3200:

- Регулировка напряжения 0...1500 В; 0,1%
- Максимальный ток 0,5 мА
- Мониторинг тока / напряжения 0,1%
- Стабильность ( за 24 часа) 0,1%

### Характеристики PMT Hamamatsu R8619:

- Напряжение анод- катод (max) 1500 В
- Средний ток анода(max) 0.1 мА
- Максимальный ток делителя при 1500 В 8 мкА

### Программное обеспечение:

1. Штатное EPICS IOC для FAIR/ GSI,
2. Платформонезависимое (Python) для калибровки и мониторинга

### План 2020

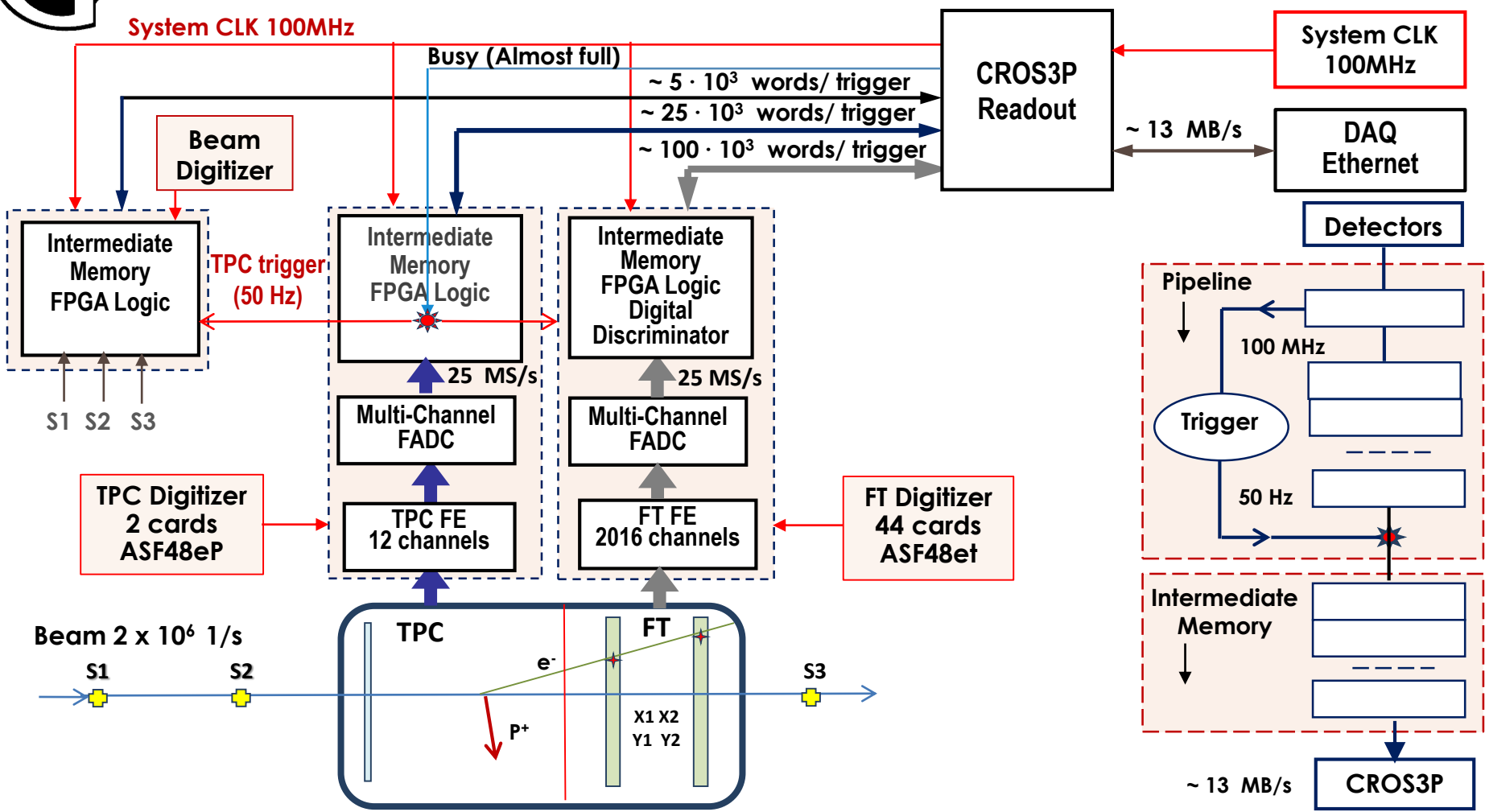
1. Установка и запуск 3000 каналов HVDS
2. Изготовление 1200 каналов регуляторов PMT





# Отдел радиоэлектроники 2019. Основные работы

## Эксперимент PROTON. Система регистрации и считывания данных



Комбинированный детектор протона отдачи и электрона рассеяния:

FT – детектор электрона рассеяния :  $\sigma_X = \sigma_Y = 30 \text{ мкм}$

TPC – детектор протона отдачи =  $\sigma_Z = 150 \text{ мкм}$

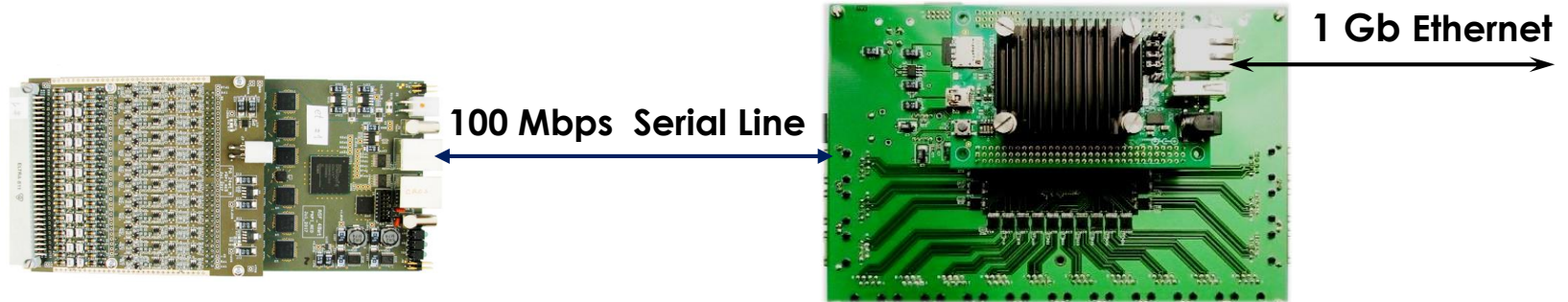
$\sigma(\theta_s) \leq 5 \cdot 10^{-4}$

Системный триггер вырабатывается логикой TPC. Сопутствующие событию данные всех спектрометров хранятся в промежуточной памяти для последующей передачи на систему CROS3P



# Отдел радиоэлектроники 2019. Основные работы

## Эксперимент PROTON: система регистрации и считывания данных



ASF48eT – 48-канальная карта сбора аналоговой информации FT-детектора  
**Карты ASF48eT прошли стадию серийного производства**

Концентратор CCB16 системы CROS3P. Оперировать с двенадцатью ASF48eT – картами через LVDS 100 Мб/с интерфейс. 1 Gb Ethernet для системы DAQ



Цифровая часть карт ASF48ep и ASF48eT идентичны, за исключением того, что карта ASF48ep использует более мощную FPGA-микросхему для алгоритма триггера. Предусилитель карты ASF48ep находится в стадии конструирования, где главным вопросом является спецификация изделия.

Космический стенд эксперимента ПРОТОН  
Исследование камеры FT-спектрометра с использованием карт ASF48eT и концентратора CROS3P.  
28.10.2019

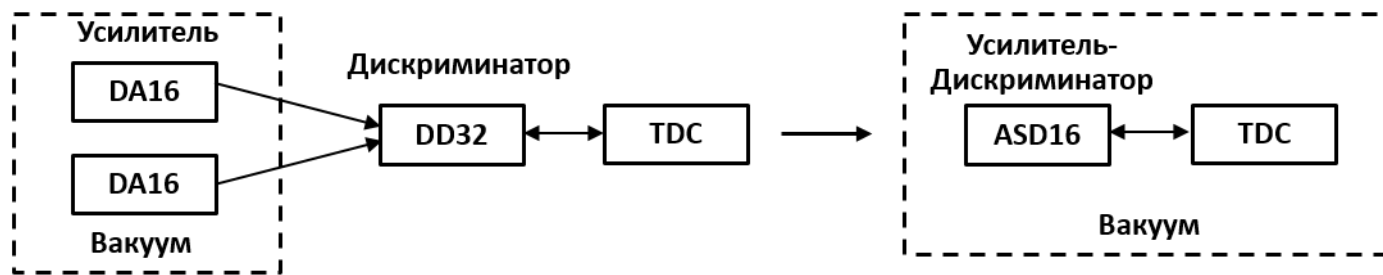
Карта сбора аналоговой информации BD-спектрометра находится в стадии разработки



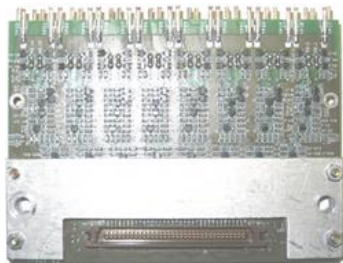
Работа проводится в соответствии с Соглашением о сотрудничестве между FAIR GmbH и НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ от 01.04.2018

2019 – технический дизайн электроники усилителя-формирователя и системы высоковольтного питания установки straw- трубок спектрометра PAS. Изготовление пилотной серии 64-каналов усилителей-формирователей и полного комплекта системы высоковольтного питания

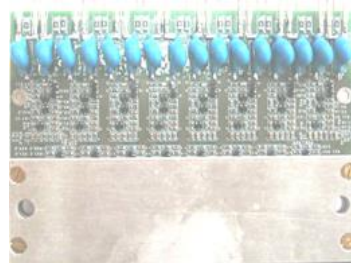
### 1. Динамика T3



Разработана новая версия придетекторной электроники. В новой версии объединены два типа плат - предусилитель DA16 и дискриминатор DD32 - в один 16-канальный модуль ASD16, который крепится непосредственно на раме детектора в вакууме.



Внешний вид платы ASD16



#### Технические характеристики ASD16:

1. Размер платы 105 x 78 mm
2. Вход зарядо-чувствительный
3. Входное сопротивление 250 Ohm
4. Коэффициент усиления 5 mV/fC
5. Время формирования 8.5 ns
6. Разрешение по парным импульсам 100 ns
7. Контроль порогов поканальный
8. Стандарт выходного сигнала LVDS.
9. Выходной разъем 68-con. Low Profile IDC Header (совместим с разъемом TDC)
10. Рассеиваемая мощность +3.3 V/190 mA

Изготовлены опытные образцы модуля ASD16 для 64-канальной системы считывания данных PAS тестового стенда отдела детекторов.

## *Отдел радиоэлектроники 2019. Основные работы*

### **Создание подсистемы усиления и формирования сигналов и системы высоковольтного питания установки спектрометра PAS**

Проведены испытания опытных образцов ASD16 в вакууме. Измеренная температура наиболее горячих элементов на плате ASD16 не превышает 45°C, что должно обеспечить долговременную стабильную работу в вакууме без активного охлаждения.

В ноябре 2019 г. проведены тестовые испытания опытных образцов ASD16 на стенде и по методике отдела трековых детекторов. Испытания дали для большинства тестов удовлетворительные результаты.

Тесты кросс-токов для двух опытных образцов ASD16 дали неудовлетворительные результаты. Есть вопросы по методике испытаний, которые должны быть обсуждены.

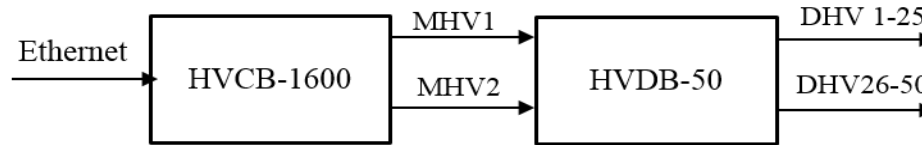
Проведена коррекция входной части ASD16. Платы изготовлены, монтируются и будут готовы для проверки в начале января.

В 2020 году планируется изготовить 640 каналов системы усиления и формирования сигналов установки спектрометра PAS

# Отдел радиоэлектроники 2019. Основные работы

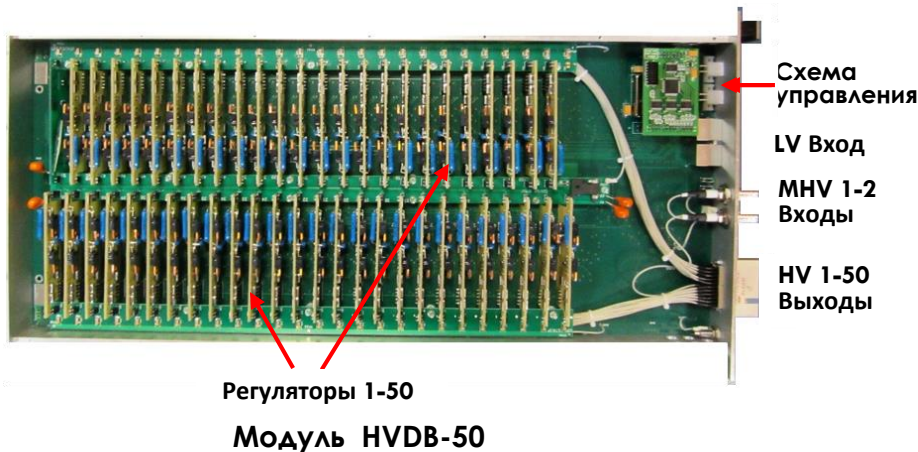
## Создание подсистемы усиления и формирования сигналов и системы высоковольтного питания установки спектрометра PAS

### Статус высоковольтной системы установки Straw-детекторов PAS



Для установки Straw-детекторов PAS требуется 44 канала высоковольтного питания. Это обеспечивают модуль головного высоковольтного источника HVDC (High Voltage Control Board) и 50-канальный модуль регулирования и распределения высоковольтного напряжения HVDB50 (High Voltage Control Board). Модуль HVCB-1600 содержит два регулируемых источника питания, вырабатывающих выходные напряжения MHV1 и MHV2 в диапазоне до 3.0 кВ.

Принцип работы модуля HVDB-50 заключается в понижающем регулировании выходных напряжений модуля HVCB-1600 в двух 25-канальных группах DHV1-25 и DHV26-50 напряжений высоковольтного питания в диапазоне 3.0 кВ, а также – в мониторинге напряжения и тока. Система работает под управлением компьютера с использованием встроенного в модуль HVCB-1600 Ethernet-контроллера.



#### Технические характеристики:

1. Максимальное выходное напряжение канала +3.0 кВ.
2. Максимальный выходной ток канала 240 мкА.
3. Диапазон регулирования канала 3.0 кВ вниз
4. Шаг установки напряжения 1В
5. Шаг мониторинга напряжения 1В
6. Шаг мониторинга тока 10 нА
7. Уровень трипов значения тока программируемый
8. Скорость изменения напряжения программируемая

Модуль HVCB-1600 в настоящее время не закомплектован полностью. Ориентировочно полная комплектация будет в течение января 2020 г.

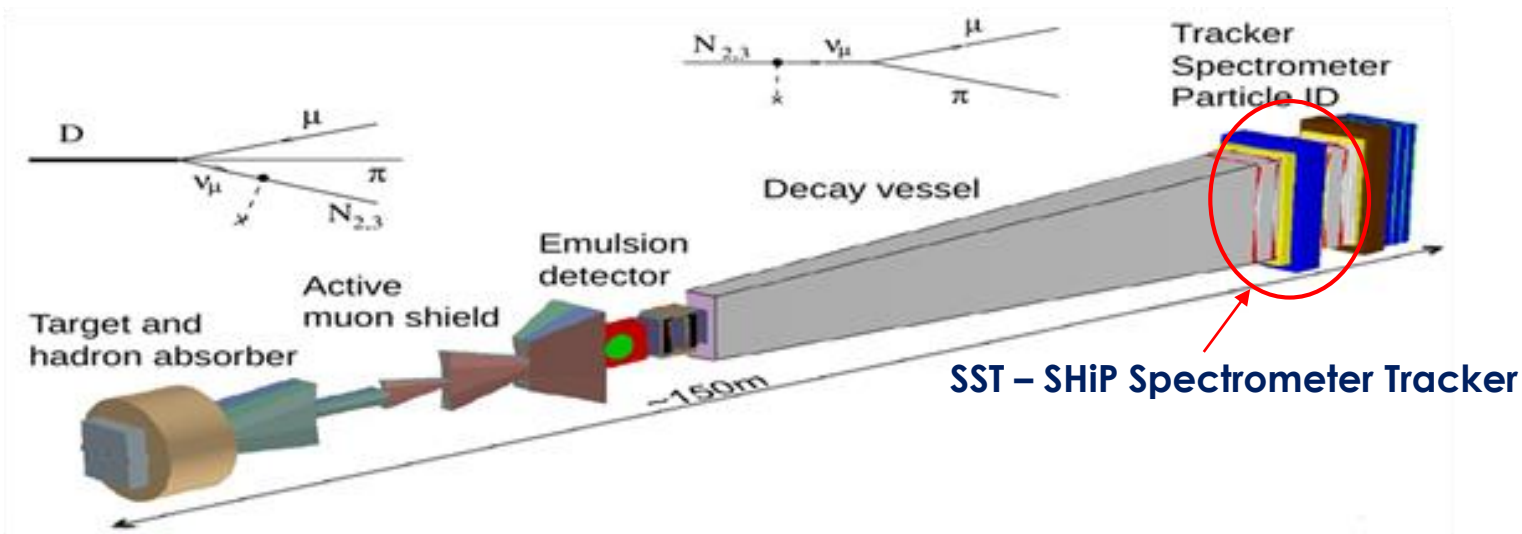
В 2020 году планируется ввести в строй высоковольтную систему в полном комплекте



# Отдел радиоэлектроники 2019. Основные работы

## Система считывания данных Straw-трекера эксперимента SHiP

**Эксперимент SHiP – на ускорителе ЦЕРН SPS предлагается новая установка с фиксированной мишенью общего назначения для исследования области скрытых частиц и проведения измерений с тау-нейтрино**



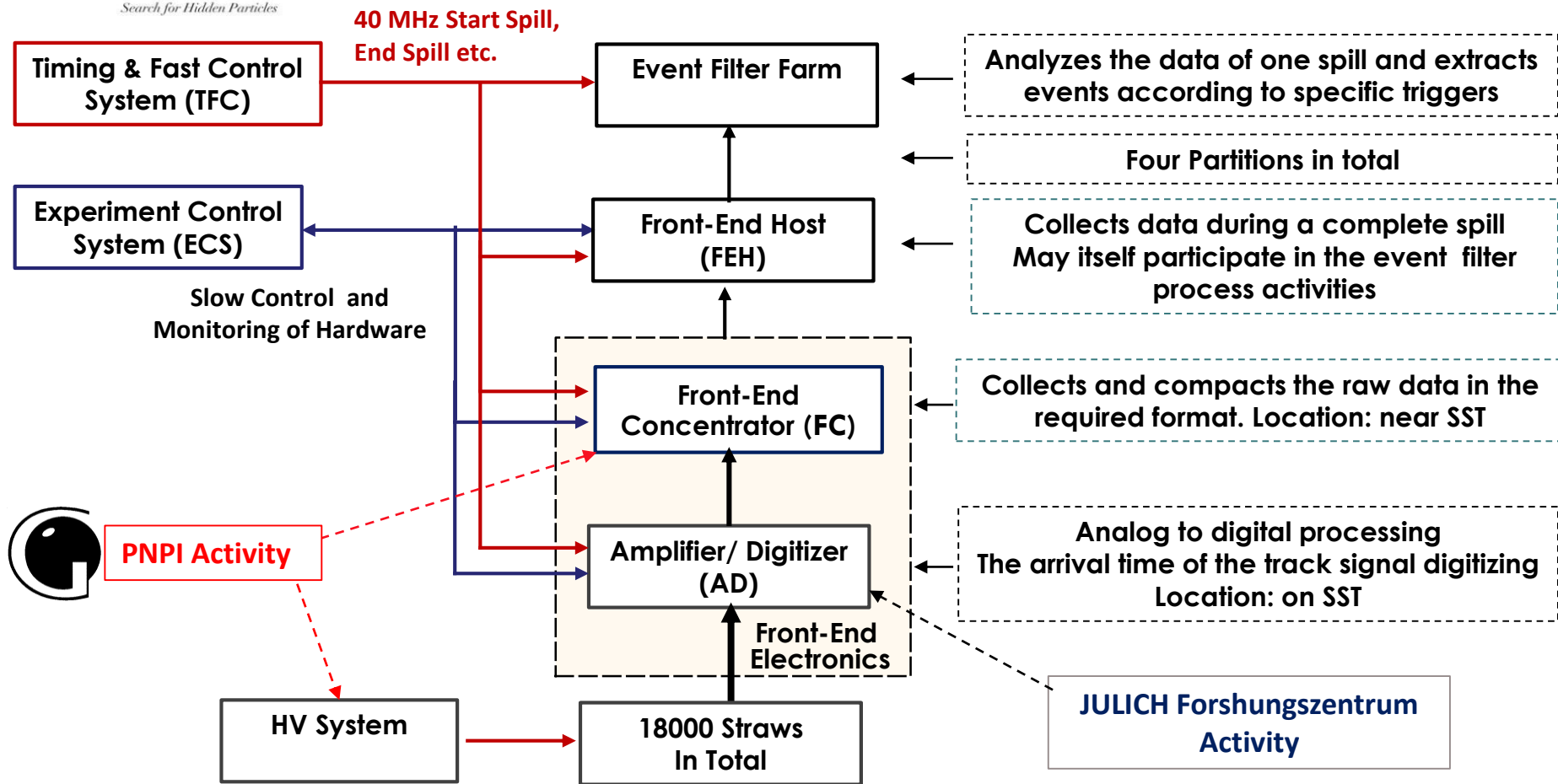
**Спектрометр SST – это сверхлегкие детекторные straw в вакууме, четыре станции с суммарным количеством 18 K straw, R = 10 мм, L = 5 м.  
Цель - пространственное разрешение ~ 0,12 мм, эффективность > 99%.**

Number of Stations/ Layers	Number of Channels	Number of Partitions	Time Window, ns	Data Size Bytes/ hit	Hits/ particle	Resolution ns	Tracks per Spill	Channels hits per Spill	Data per Spill Mbyte	Tracks/ Event	Event overlap fraction
4/ 16	18000	4	600	3	40	3	1.0E + 0.6	4.0E + 0.7	120.0	2	12.5 %



# Отдел радиоэлектроники 2019. Основные работы

## Система считывания данных Straw-трекера эксперимента SHiP



### SHiP Data Acquisition System

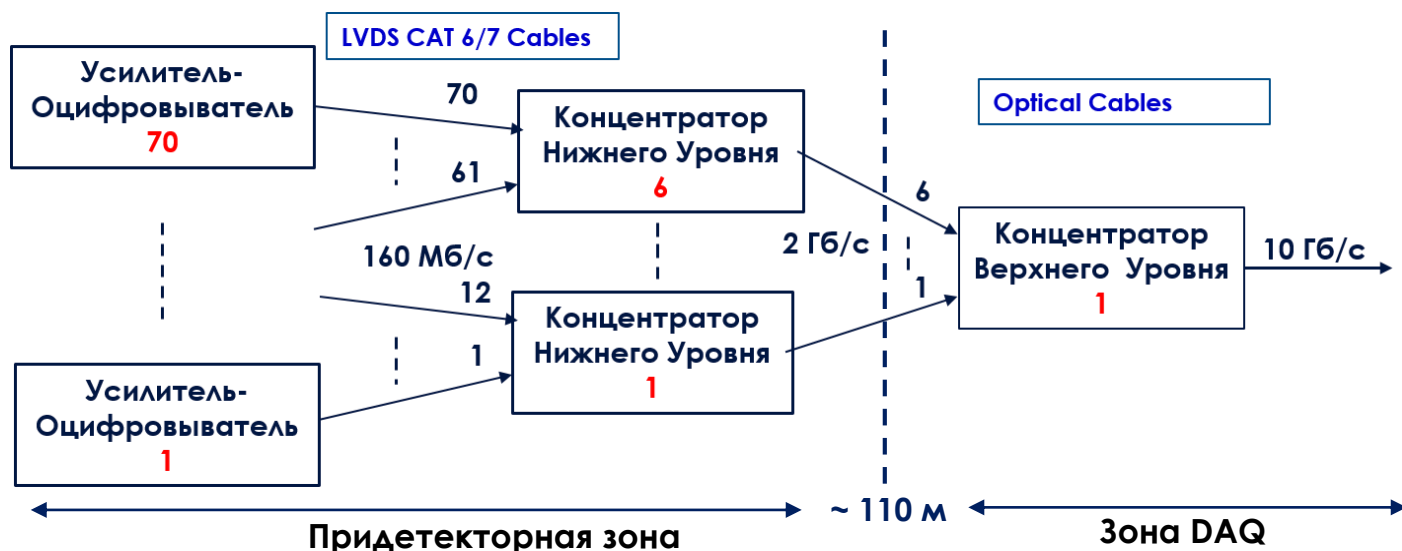
It is a triggerless processing.  
A continuous flow of data is directed from SST Front-End electronics to event filter processes in a central processing farm.



# Отдел радиоэлектроники 2019. Основные работы

## Система считывания данных Straw-трекера эксперимента SHiP Концепция двухуровневого концентратора

При исходной  
гранулярности  
Front-End 64  
каждая из 4 ветвей  
содержит  
70 усилителей –  
оцифровывателей



Шесть концентраторов нижнего уровня принимают данные по 12 последовательным дифференциальным LVDS- каналам с оцениваемой скоростью 160 Мб/с. Результирующая скорость передачи на выходе 12-канальных концентраторов нижнего уровня - 2 Гб/с, а на выходе 6-канального концентратора верхнего уровня – 10 Гб/с.

На текущем уровне концептуального дизайна для данной функциональной структуры определены форматы транслируемых данных, состав элементной базы, включая интегральные микросхемы, интерфейсы передачи данных, кабели. Сделана оценка стоимости.





# *Отдел радиоэлектроники 2019. Основные работы*

## **Система считывания данных Straw-трекера эксперимента SHiP**

### **Продолжение работ**

**Переход к составлению Технического задания**

**Разработка прототипов отдельных узлов системы считывания и высоковольтной системы**

**Развитие тестового стенда в ПИЯФ**

**Развитие тестового стенда в ЦЕРН до 64 каналов и продолжение исследований Straw – трубок**



Спасибо за внимание

С наступающим Новым Годом!