

Введение

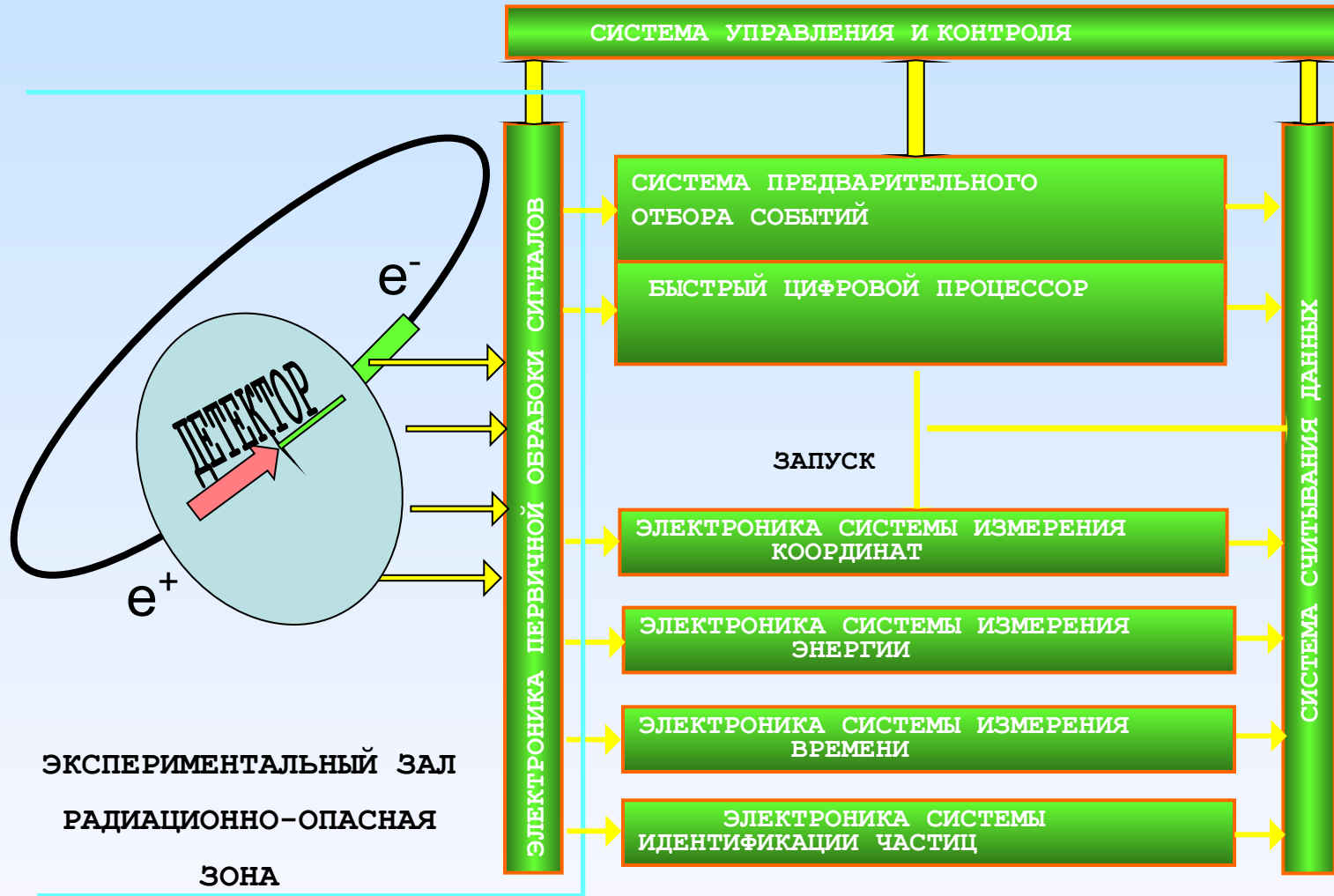
Лекции по курсу
«Электроника систем регистрации элементарных частиц»

Жуланов Владимир Викторович
тел. 329-47-32
e-mail: zhulanov@inp.nsk.su

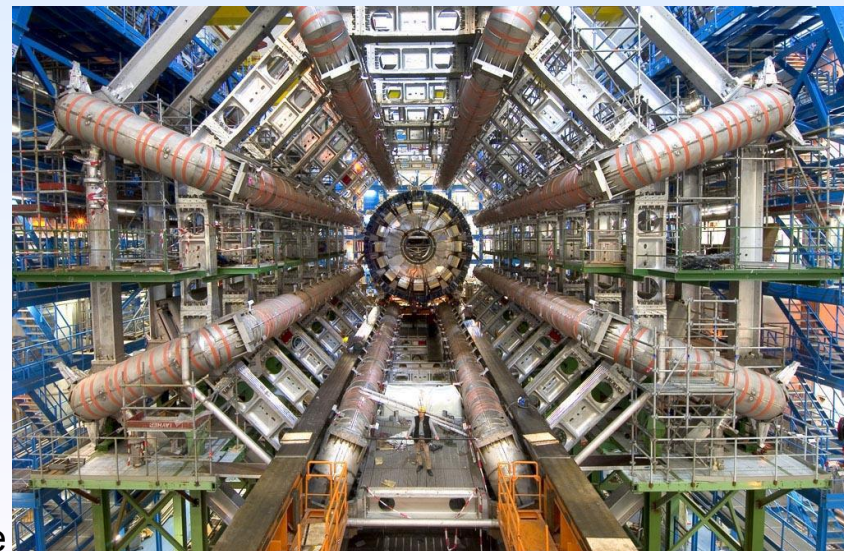
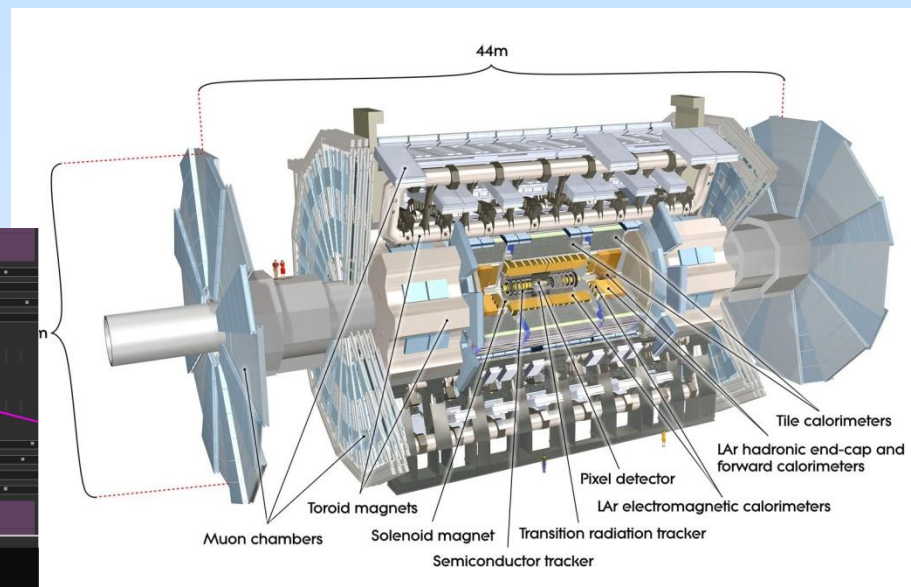
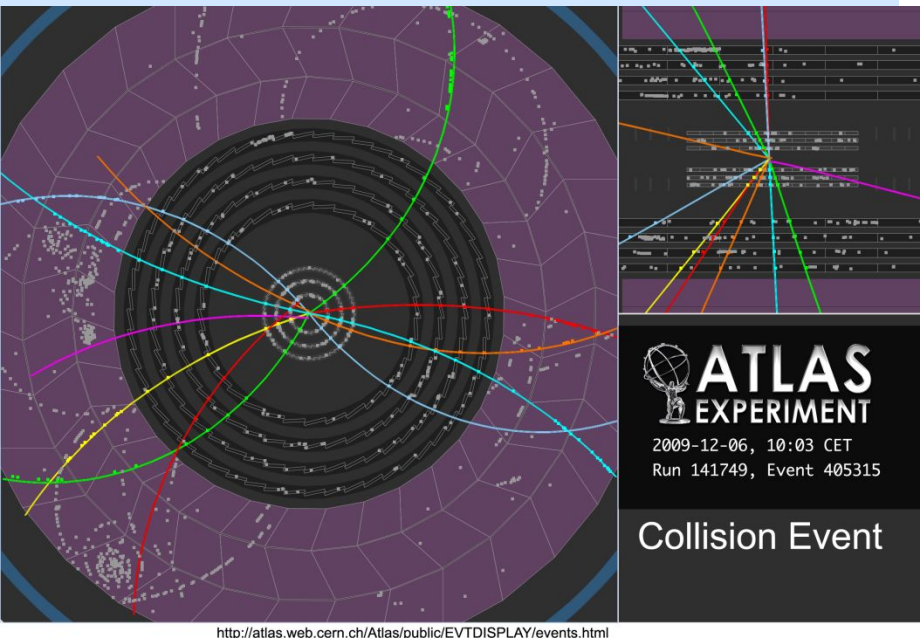
Эксперимент по физике высоких энергий

- Ускорительный комплекс – **столкновение элементарных частиц** □
рождение новых. Основные показатели ускорительного комплекса:
 - Тип первичных частиц: электроны, позитроны, протоны, ядра частиц
 - Энергия частиц 1 ГэВ ... 14 ТэВ ($1.4 \cdot 10^{12}$ эВ)
 - Светимость: количество частиц в секунду в ед. площади:
 $1 \cdot 10^{34} \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-2}$ (БАК), $2.2 \cdot 10^{34} \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-2}$ (КЕКВ), $8 \cdot 10^{35} \text{ с}^{-1} \text{ см}^{-2}$ (Проект SuperKEKB)
- Детектор – регистрация продуктов рассеяния первичных частиц
- **Регистрирующая электроника**
- Система сбора и обработки данных

Основные элементы системы регистрации в эксперименте по физике высоких энергий (элементарных частиц)



ATLAS – пример большой физической установки

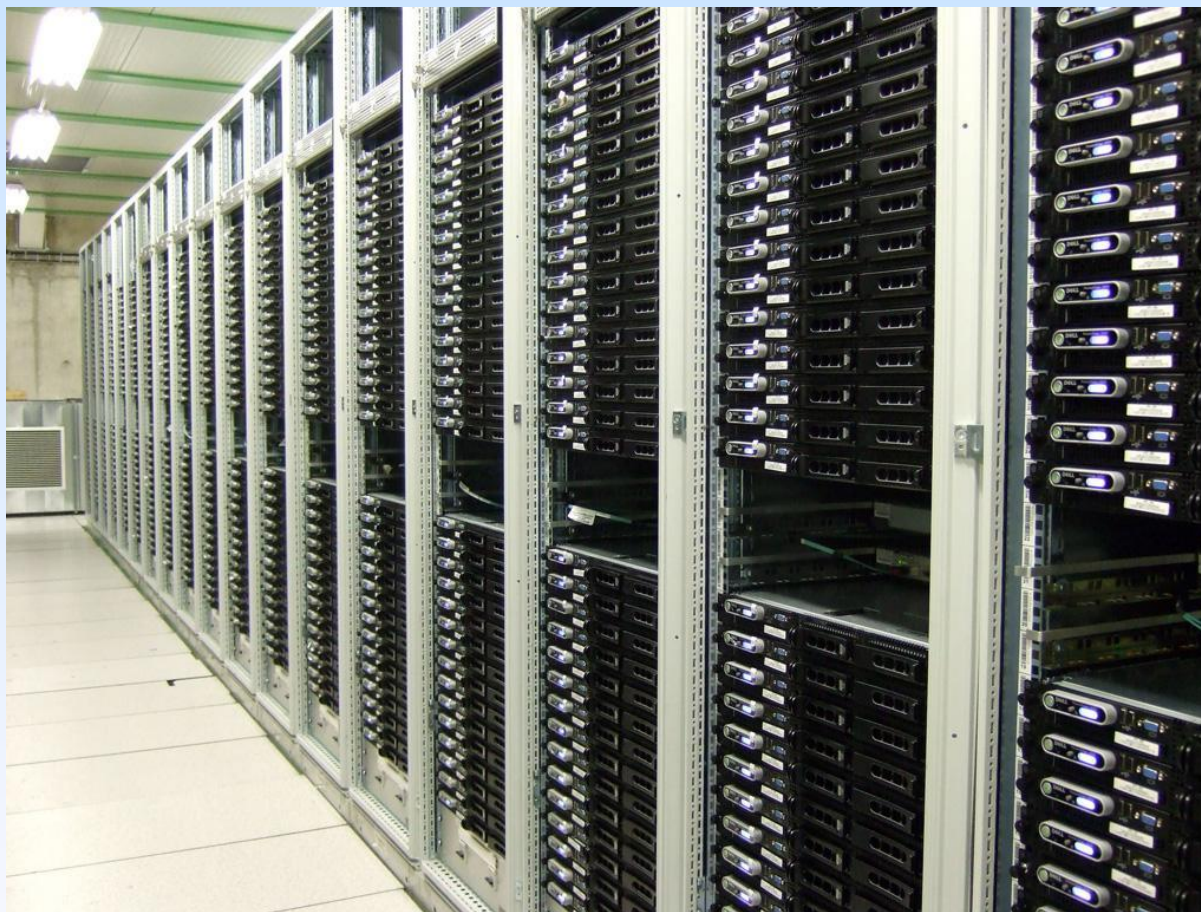


Введение

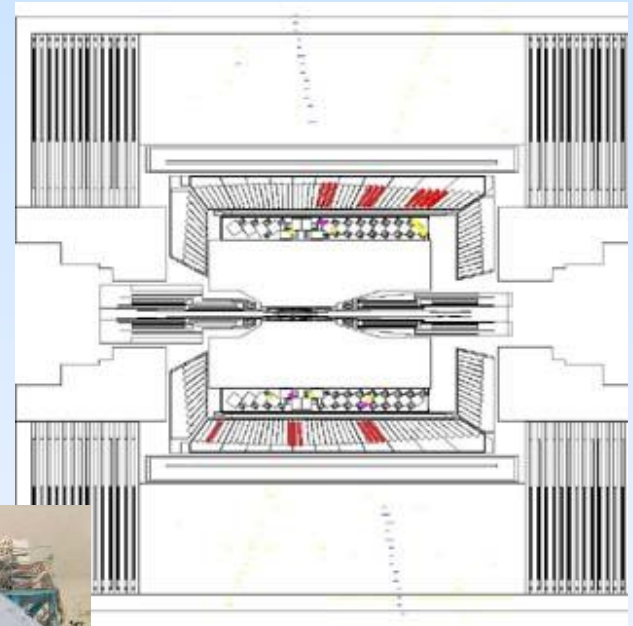
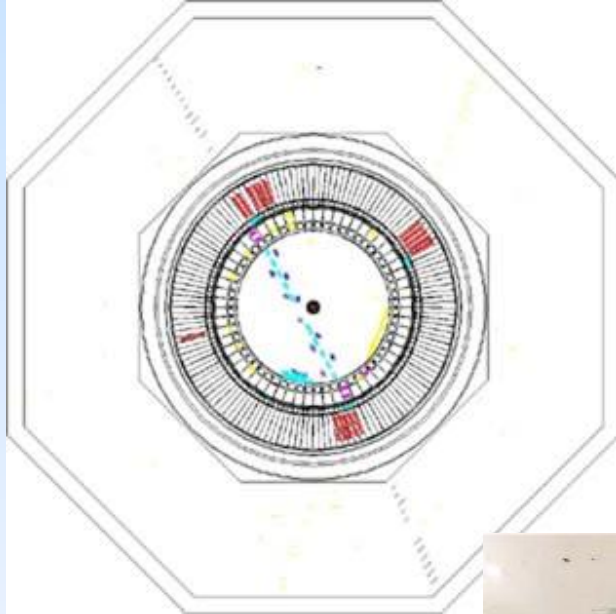
Электроника первичных детекторов



Обработка данных – фермы вычислительных машин + глобальные вычислительные сети (GRID)



BELLE



Основные функции электронной аппаратуры в современно ядерной физике

1. Съём сигналов с детекторов — получение аналоговой информации о событии
2. Селекция искомых событий по определенному алгоритму как аналоговым, так и цифровым способом
3. Преобразование всей информации в цифровой вид
4. Способность к перестройке структуры и изменению характеристик — в основном по каналам управления

Особенности экспериментов по физике элементарных частиц

1. Импульсный вид и случайный по времени характер поступления данных
2. Особенности, связанные с типом используемых детекторов, видом и распределением сигналов с их выходов
3. Большой объем информации
4. Высокий уровень фона
5. Из большого числа элементарных детекторов в каждом конкретном эксперименте срабатывает лишь их небольшая часть в произвольной комбинации

План курса

1. Анализ сигналов

- Импульсные сигналы
- Периодические сигналы
- Случайные сигналы
- Стационарные случайные процессы
- Постоянная и переменная составляющие
- Четная и нечетная составляющие
- Действительная и мнимая составляющие
- Сравнение сигналов
- Корреляционная функция
- Свертка
- Тригонометрический ряд Фурье для периодических сигналов
- Экспоненциальный ряд Фурье
- Интеграл Фурье для импульсных сигналов

2. Передача сигнала через линейные системы

- Линейная передающая система
- Классический метод
- Метод интеграла Фурье
- Интеграл суперпозиции
- Интеграл суперпозиции, как корреляционная функция

3. Элементы аналоговой электроники

- Основные схемы включения биполярных транзисторов. *Схема с общим эмиттером. Схема с общим коллектором. Схема с общей базой. Дифференциальный усилительный каскад*
- Основные типы ООС. *ООС последовательная по напряжению (неинвертирующий усилитель). ООС параллельная по напряжению (инвертирующий усилитель). Влияние ООС на входное и выходное сопротивления. Влияние ООС на амплитудно-частотную характеристику усилителя. Проблема устойчивости усилителя с ООС. Классификация усилителей по входному/выходному сопротивлениям.*
- Транзисторные двойки

4. Шумы в усилительных каскадах

- Тепловой шум
- Дробовой шум
- Шум $1/f$
- Приведение шумов к входу. Эквивалентное шумовое сопротивление
- Эквивалентный шумовой заряд

5. Фильтрация шумов

- Оптимальная фильтрация
- Сравнительный анализ фильтров методом шумовых индексов. *RC-CR* фильтр. *Время-инвариантный трапецеидальный фильтр*. *Время-вариантный фильтр*. *Фильтр «RC-CR+управляемый интегратор»*
- *Оптимальный фильтр*

6. Зарядо-чувствительный усилитель

- Назначение зарядо-чувствительного усилителя и его основные характеристики.
- Сброс ёмкости обратной связи ЗЧУ
- Влияние частотной характеристики на ЗЧУ

7. Дискриминаторы сигналов

- Назначение дискриминаторов и их типы
- Амплитудный дискриминатор
- Временные измерения и временные дискриминаторы
- Типы временной привязки
- Точность временной привязки

8. Аналого-цифровые преобразователи

- Задачи аналого-цифровых преобразователей
- Типы и устройство аналого-цифровых преобразователей
- Передаточная характеристика АЦП

9. Схемы на переключаемых емкостях

- Двойная коррелированная выборка
- Матрицы аналоговой памяти

Литература

1. *Аульченко В.М.* Анализ сигналов. Элементы аналоговой электроники, Новосибирск: НГУ, 2001
2. *Гоноровский И.С.* Радиотехнические цепи и сигналы. Москва: Мир, 1986
3. *Гоноровский И.С.* Радиосигналы и переходные явления в радиоцепях. Москва: Радио и связь, 1954
4. *Давенпорт В.Б., Руут В.Л.* Введение в теорию случайных сигналов и шумов, Москва: Иностранная литература, 1960
5. *Букенгеи М.*, Шумы в электронных приборах и системах, Москва: Мир, 1986