

Специализированные интегральные микросхемы (СИМС) регистрации для физики частиц

Э. Аткин², А. Воронин¹, И. Кудряшов¹, В. Шумихин²

1 - НИИЯФ МГУ, 2 – НИЯУ МИФИ

Введение

- СИМС для кремниевых детекторов
- Калориметрия, трековые и зарядовые системы
- Калориметрия: широкий динамический диапазон
1 – 40 000 мич, Сигнал/шум > 4
- Зарядовые системы (сепарация): средний динамический диапазон 1 – 3000 мич, сигнал/шум > 7
- Трековые системы: низкий динамический диапазон 1 – 20 мич, сигнал/шум > 10
- Высокое быстродействие (загрузка) ~ 5 – 40 МГц,
космические лучи – до 5 МГц
- Многоканальность ~ десятки – тысячи каналов в одной СИМС
- Низкое потребление на канал 1 – 10 мВт
- Мелкосерийная партия: 10 млн. каналов → несколько сотен пластин → десятки запусков

Поколения СИМС

1-ое поколение (~ до 2000 г.)

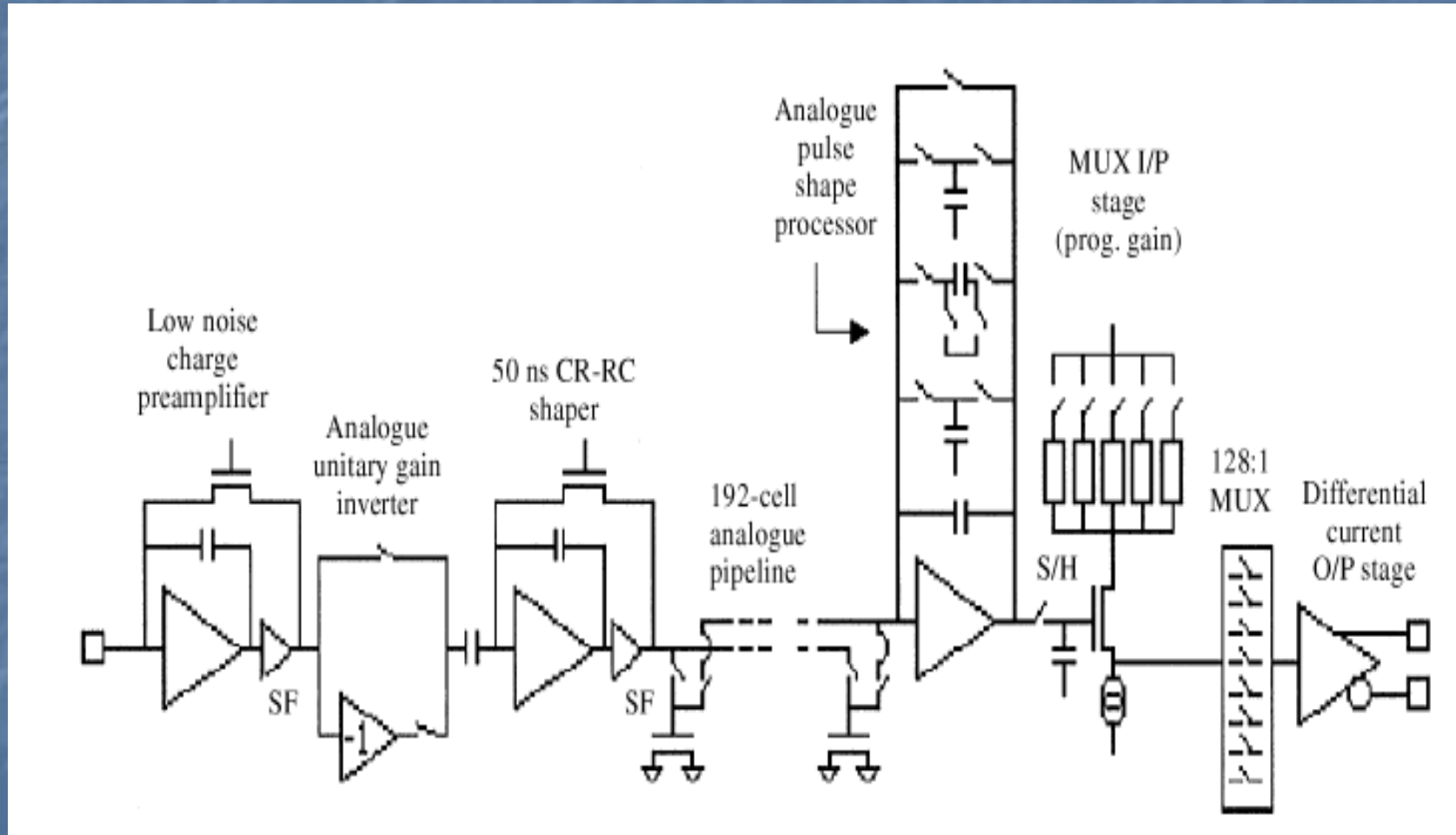
- биполярная и КМОП (БИКМОП) технологии микронного и субмикронного диапазонов, внешний триггер, значительное «мертвое» время (мсек – мксек), обработка (в основном – аналоговая): формирование формы импульса, фильтрация шума, BLR, аналоговая память, АЦП (не всегда)

2-ое поколение (настоящее время)

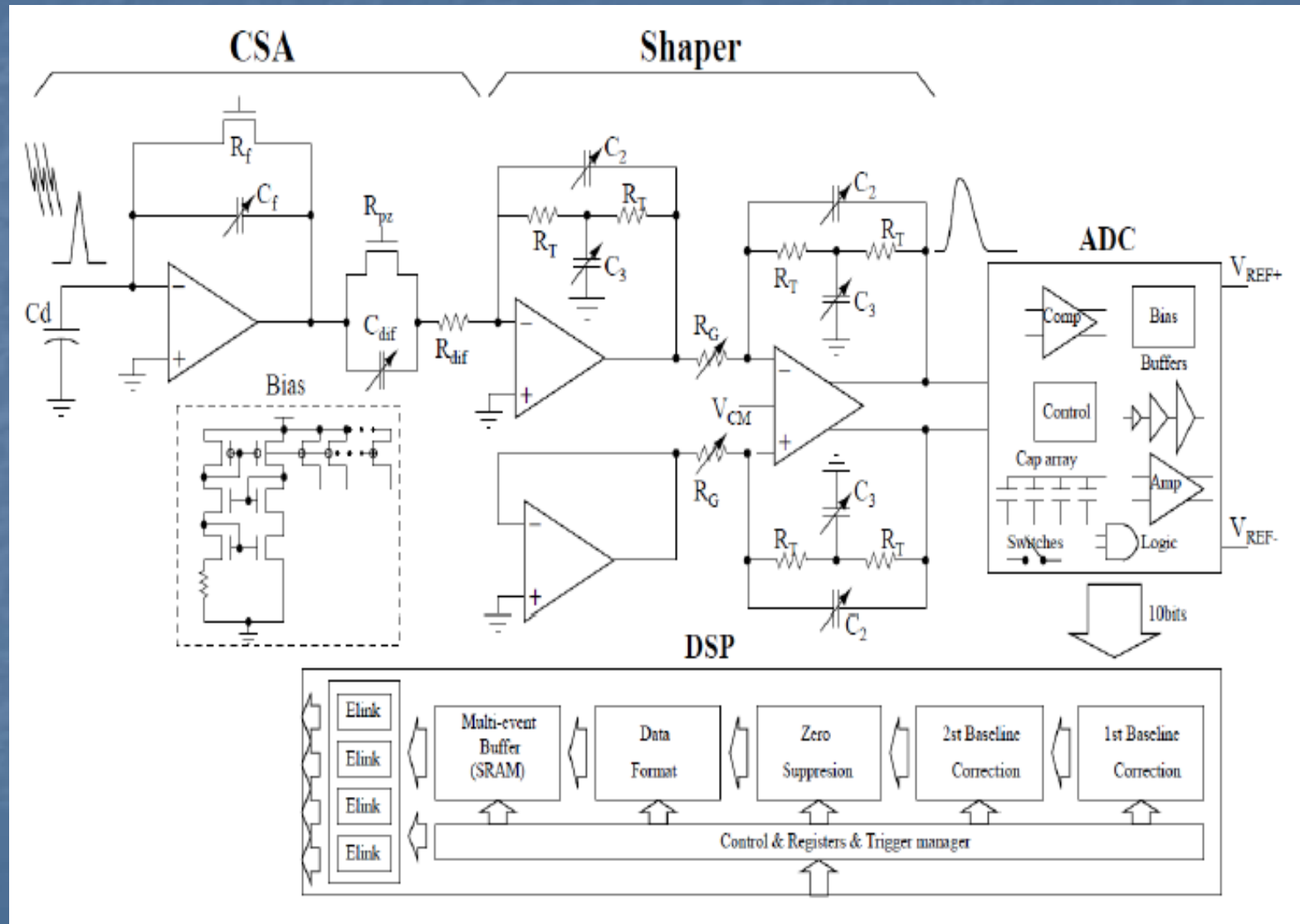
- КМОП (БИКМОП) технология субмикронного и нано диапазонов, внутренний триггер в каждом канале, «мертвое» время минимально (возможность работы онлайн), обработка минимальная - аналоговая и максимальная - цифровая, сниженная мощность потребления на канал, более высокое быстродействие, объединение данных одного события по метке времени, повышенная степень интеграции, низкое напряжение питания < 3,5 В

Архитектура СИМС APV 25

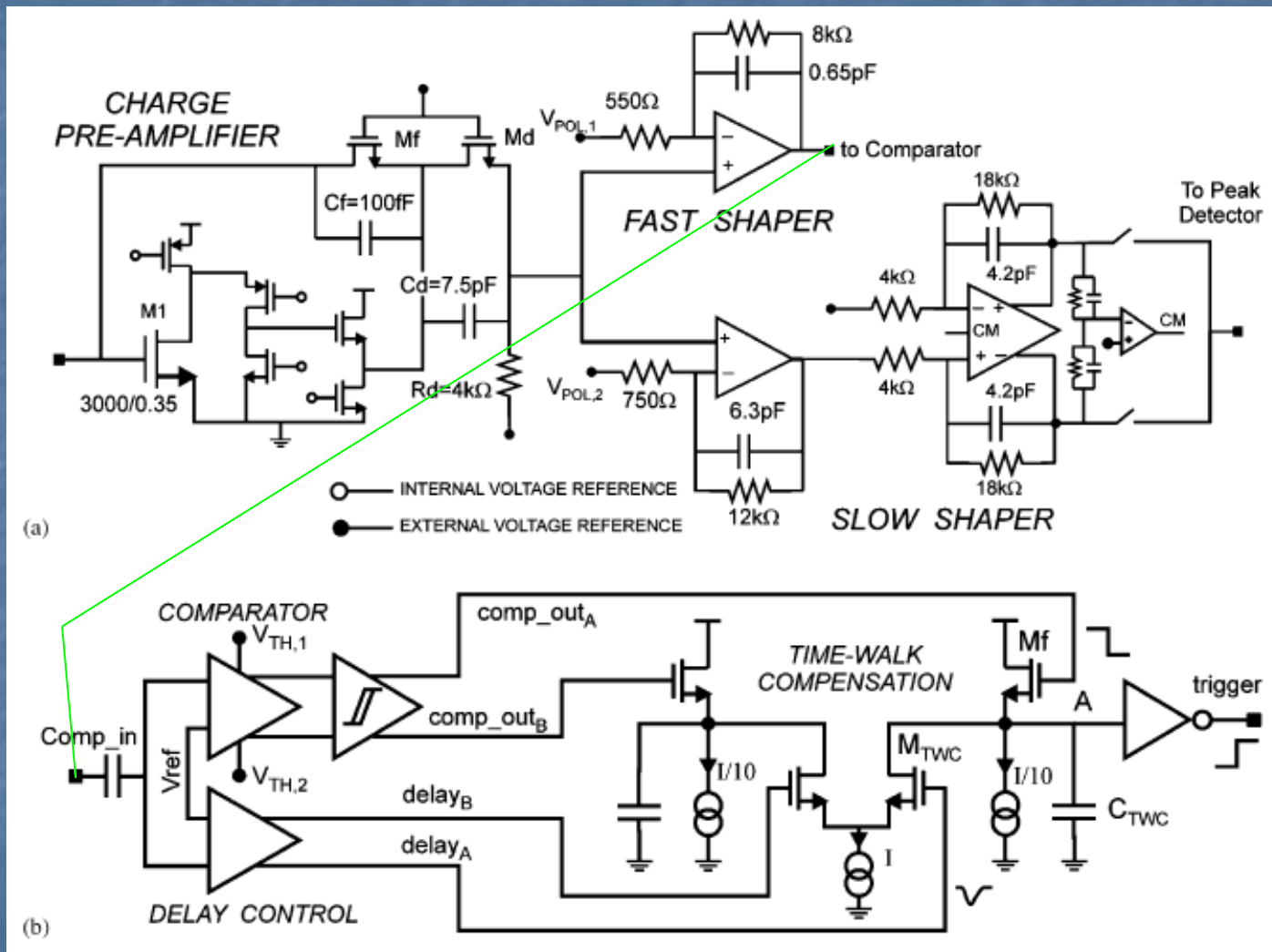
1-ое поколение



Архитектура СИМС SAMPA (2-ое поколение)



Архитектура СИМС n-ХУТЕР (2-ое поколение)



Амплитудный канал

Канал формирования метки времени

Проектирование СИМС объединенной группой НИИЯФ МГУ&НИЯУ МИФИ

- Создана ~ 10 лет назад, спроектировано ~ 10 СИМС различного назначения
- ПО -> пакет Cadence (UNIX – LINUX)
- Оба университета – члены международной организации EURORACTICE (представители EURORACTICE в НИИЯФ МГУ – А. Воронин, НИЯУ МИФИ – Э. Аткин)
- EURORACTICE объединяет научные организации (CERN, GSI и др.), а также университеты Европы.

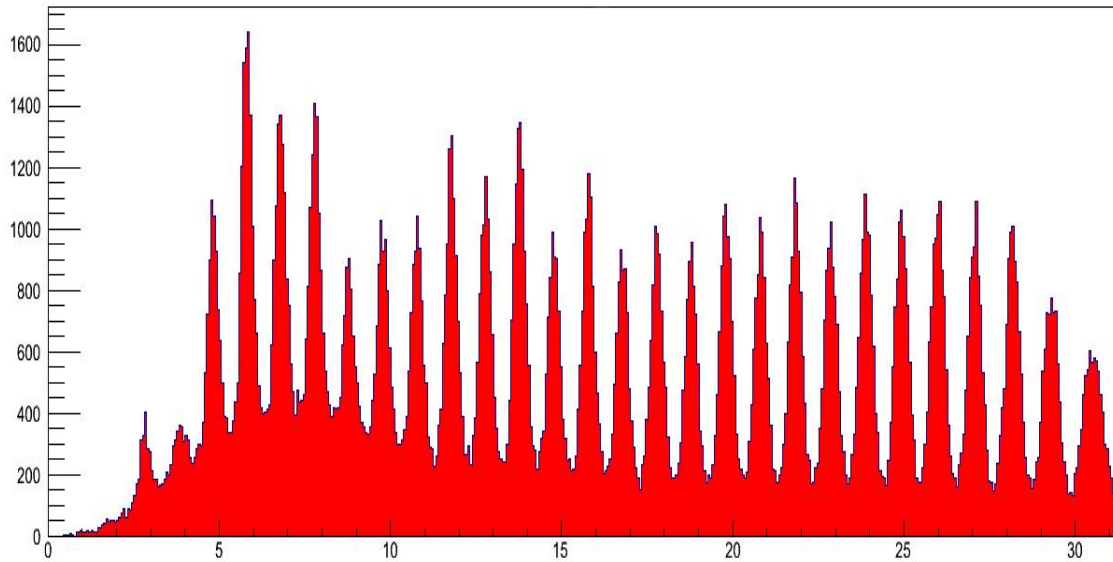
Обеспечивает ПО, его поддержку, поддержку проектирования, использование передовых технологий до 22 нм, производство СИМС в Европейских компаниях (ON-Semi, AMS) и на Тайване (UMC, TSMC).

Предлагает курсы по всем вопросам проектирования микроэлектроники.

Обеспечивает два вида производства СИМС:

- прототипирование
- мелкосерийная партия

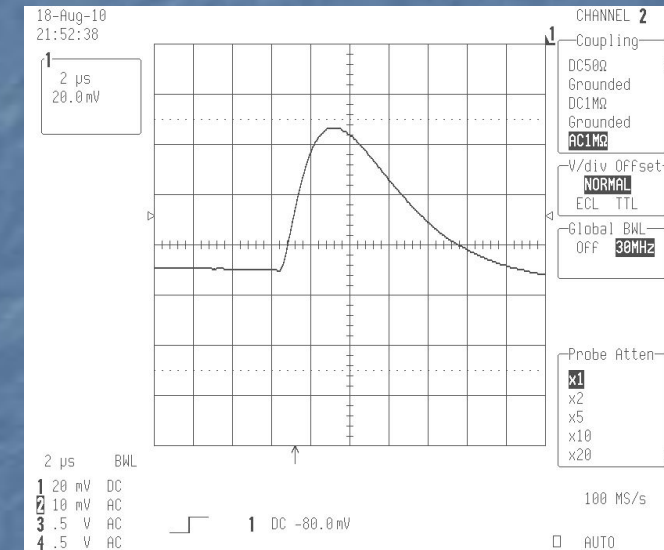
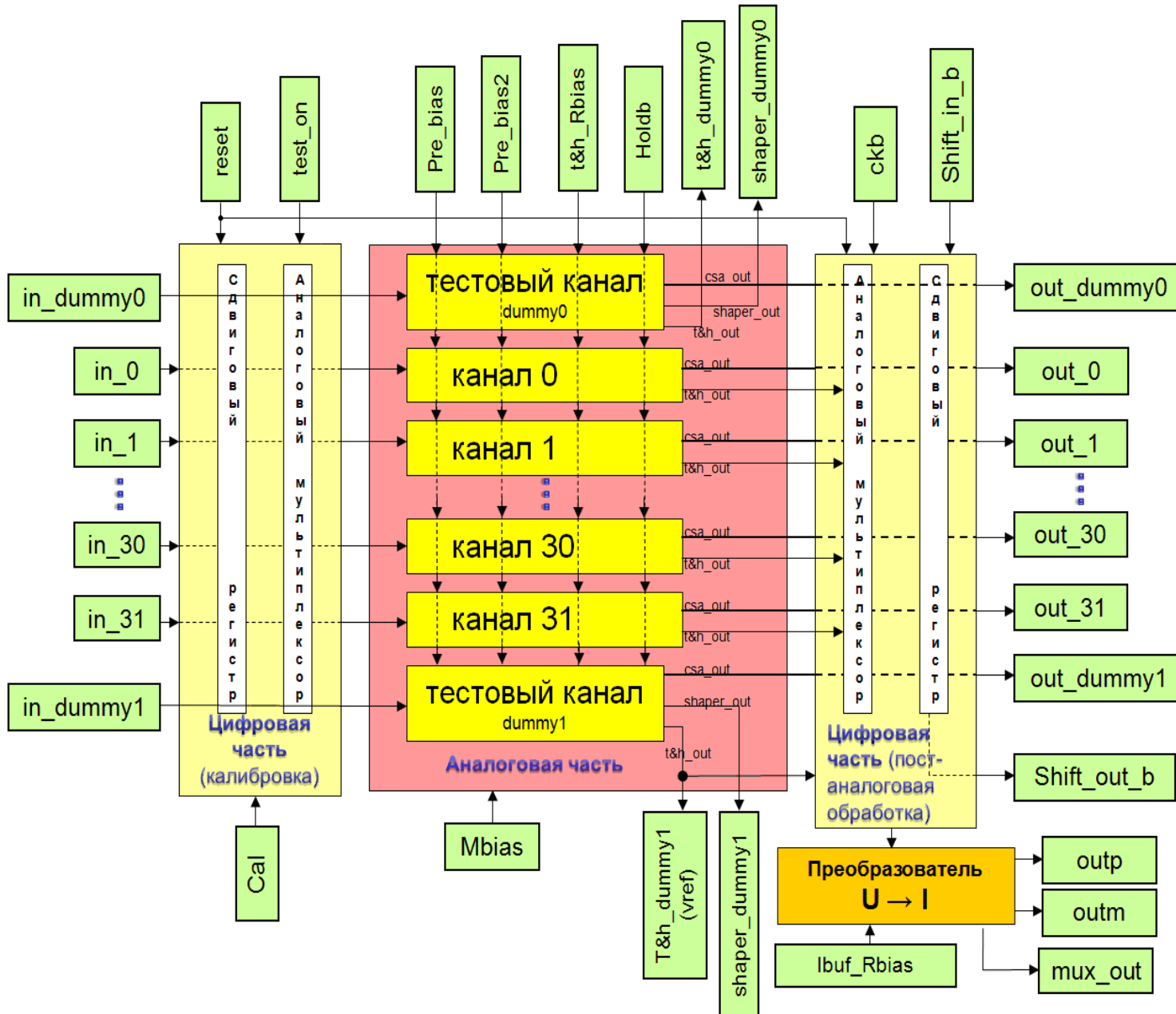
Испытания аппаратуры, включающей СИМС НУКЛОН на методическом сеансе в CERN



Разделение ядер продуктов фрагментации свинца с $E=13\text{ГэВ/нуклон}$ с помощью системы измерения заряда по результатам обработки данных сеанса с настройкой спектрометра на жесткость $\xi=28.6\text{ ГэВ}/Z$. По горизонтали - значение корня из полученного с помощью ранговой статистики среднего энерговыделения в ледерах системы измерения заряда, в условных единицах, нормированное значением "5" в максимуме распределения пика ядра бора ($Z=5$). Первый выделяющийся пик слева соответствует набранной статистике ядер лития ($Z=3$), последний правый пик - набранной статистике ядер цинка ($Z=30$). Малый вклад легкой компоненты - следствие высокого уровня триггера и сепарации спектрометром ядер с $A/Z=2.2$. При больших величинах заряда ядра Z электроника системы измерения заряда входит в насыщение, формируя единый пик от всех возможных ядер $Z>30$ (на рисунке не показан).

Архитектура СИМС НУКЛОН

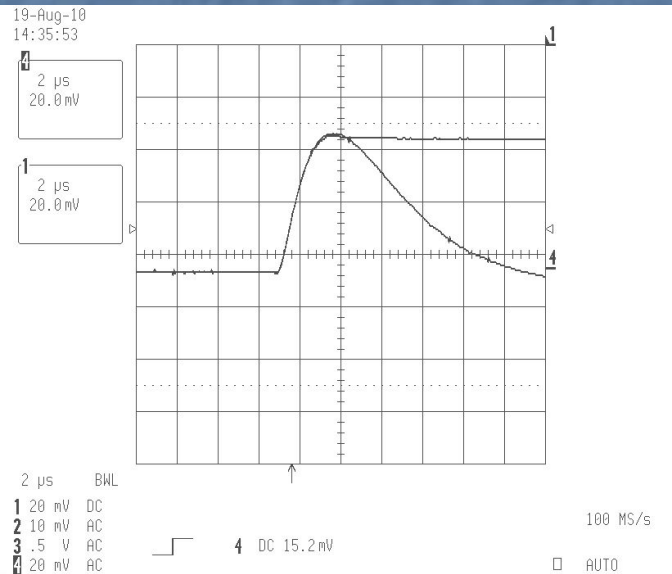
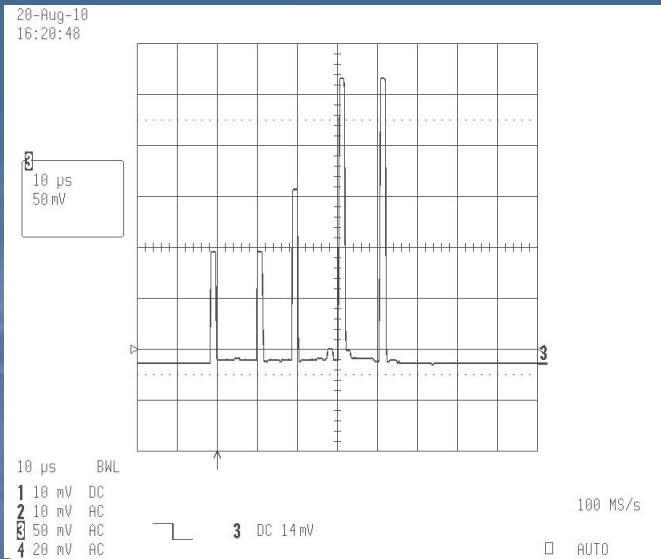
32 канала -> 1



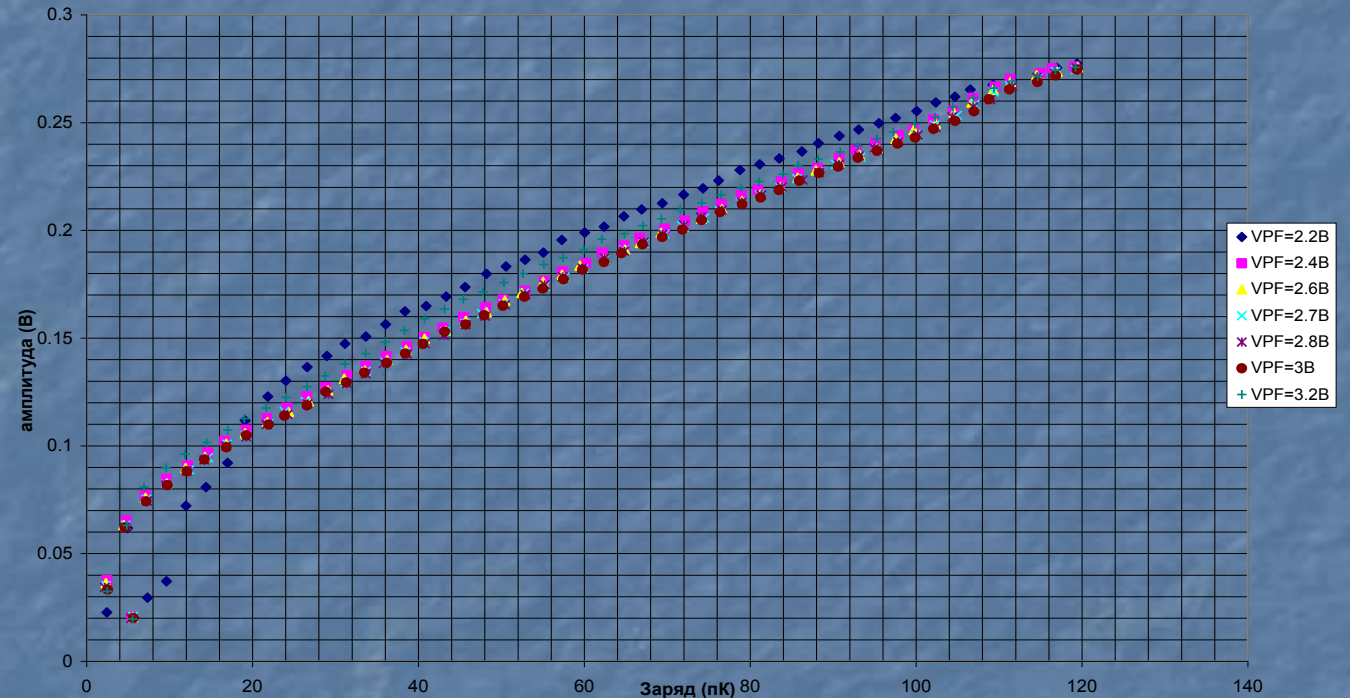
Осциллограмма отклика усилителя-формирователя на входное воздействие

Характеристики СИМС НУКЛОН

← Выходы СИМС в нормальном режиме

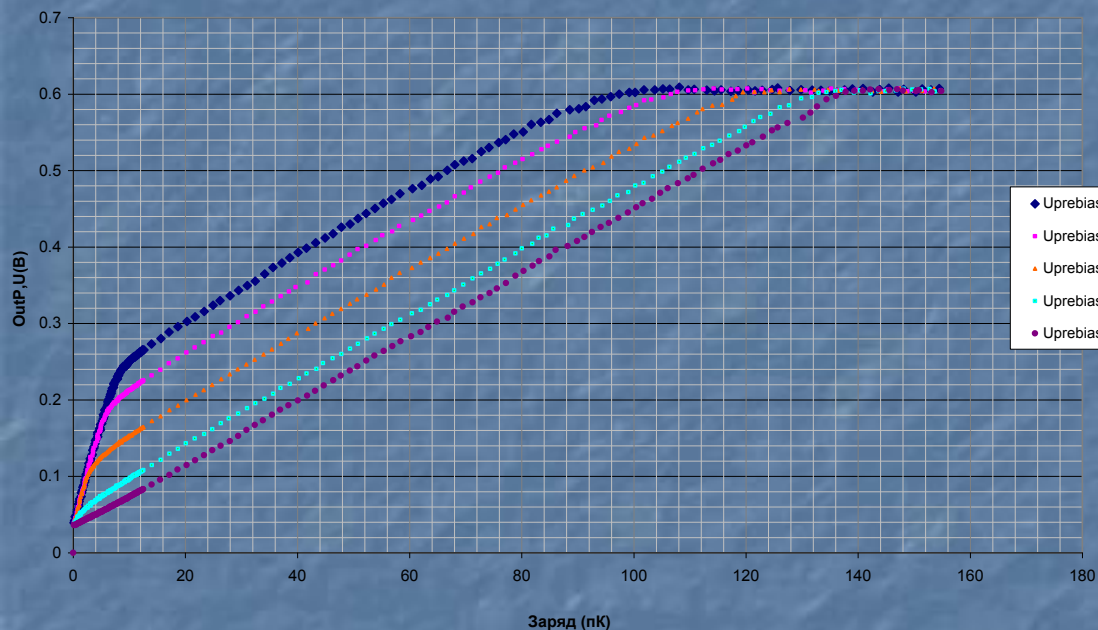


Осциллограмма усилителя-формирователя и устройства выборки-хранения

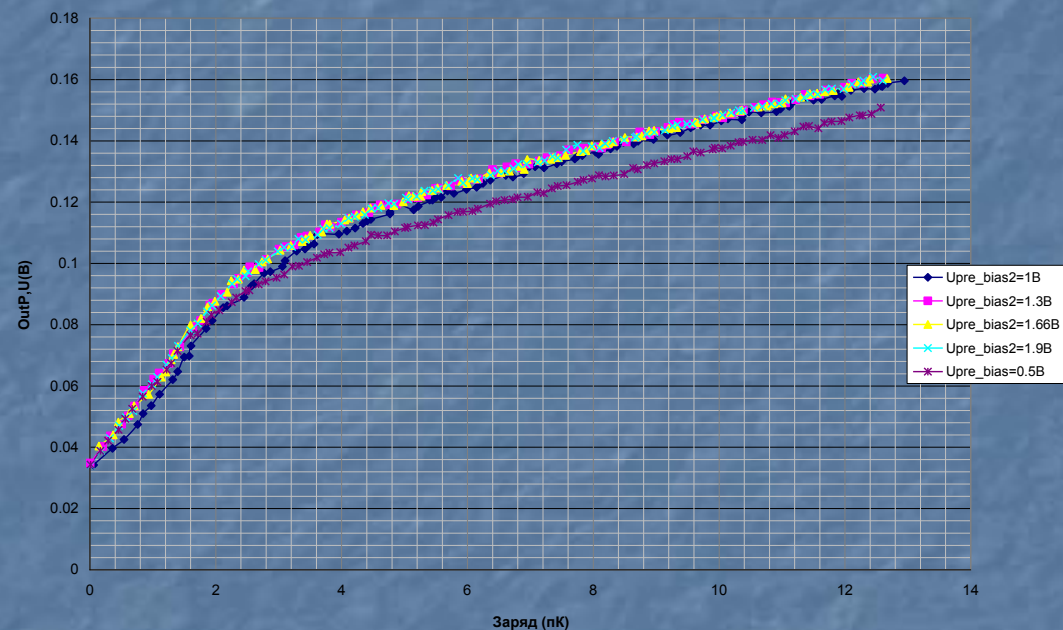


Семейство зависимости максимума шейпера от входного сигнала при различных VPF

Передаточная характеристика СИМС НУКЛОН

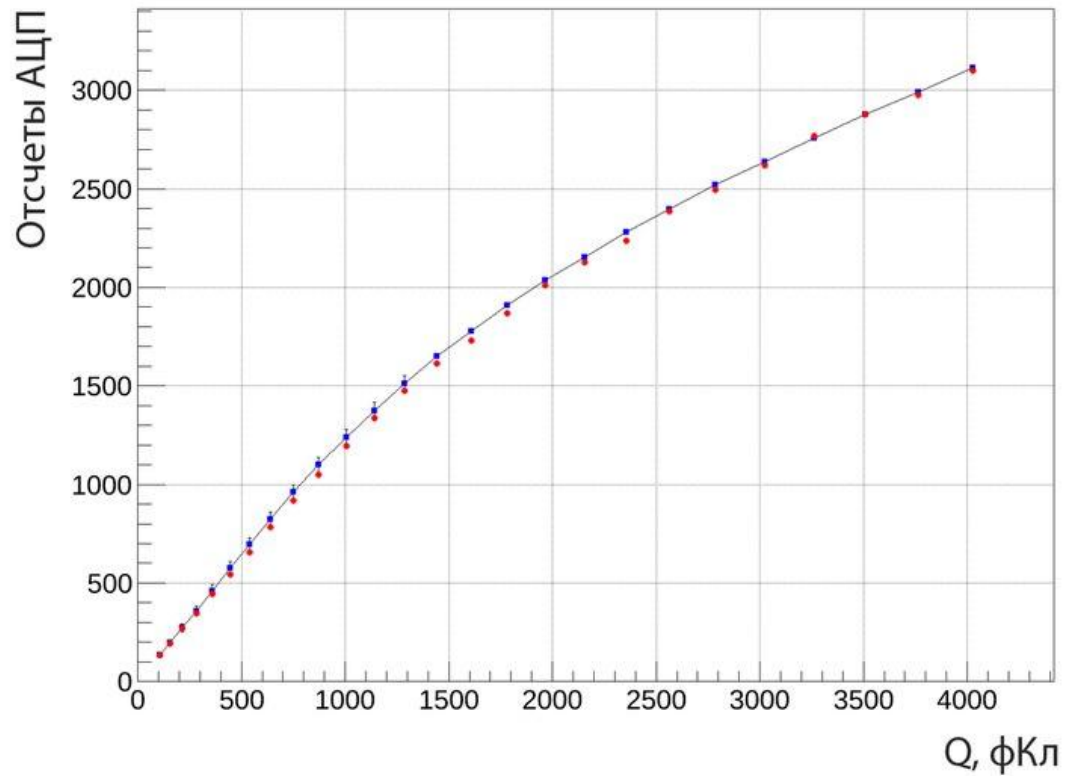


Зависимость формы переходной характеристики от значения prebias(V)



Начальный участок передаточной характеристики при различных величинах Pre_bias2

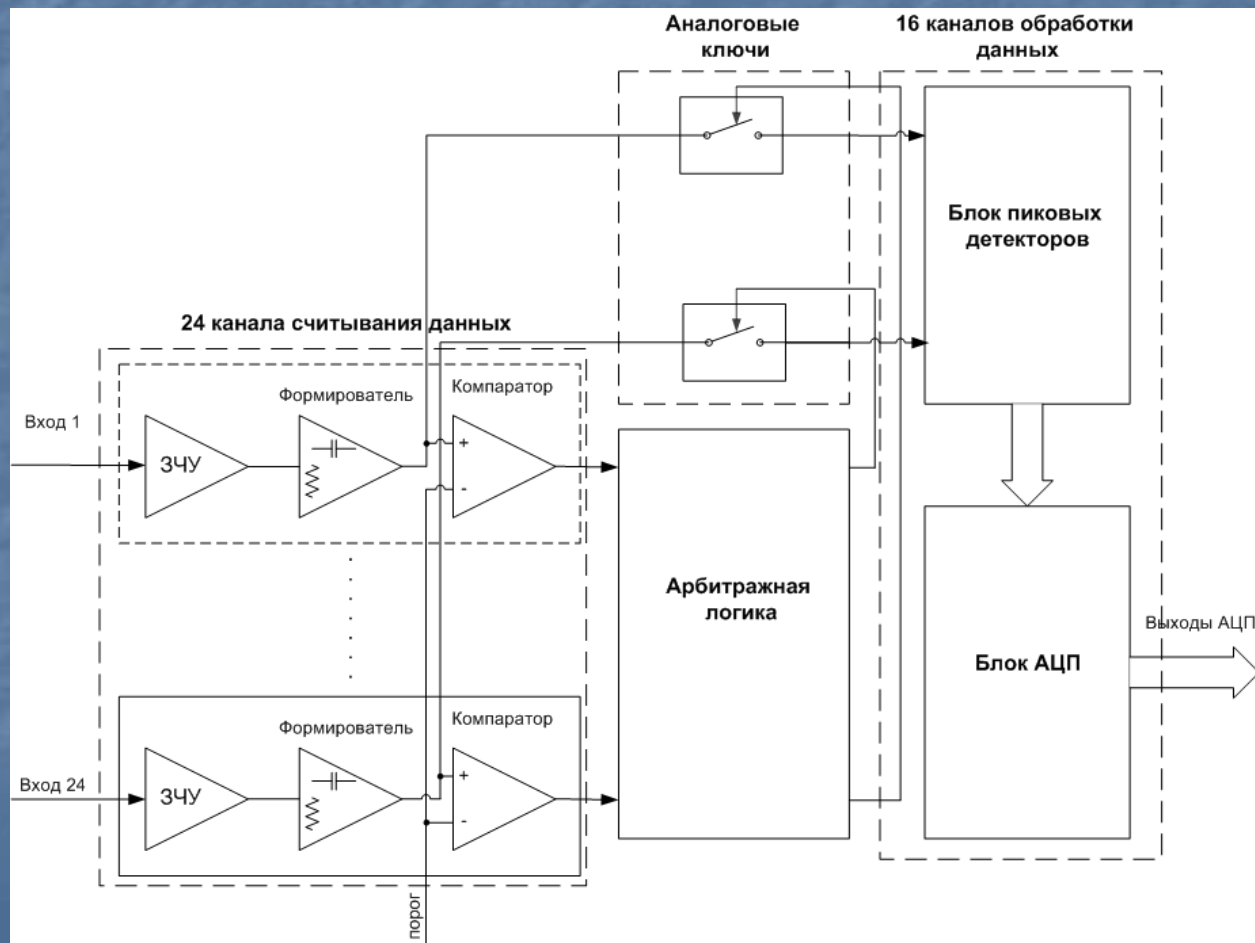
Испытания аппаратуры, включающей СИМС НУКЛОН на методическом сеансе в CERN



Калибровочная кривая, полученная при обработке данных с ускорительного теста на SPS CERN. Красные точки - результаты электронной калибровки, синие - экспериментальные данные

МНОГОКАНАЛЬНАЯ МИКРОСХЕМА ДЛЯ ТРЕКОВОЙ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТА СВМ

Э. Аткин, А. Воронин, Ключев, И. Кудряшов, Д. Семенов, А. Силаев, В. Шумихин



Размер кристалла: 3250×1520
мкм²;

Количество контактных
площадок: 90;

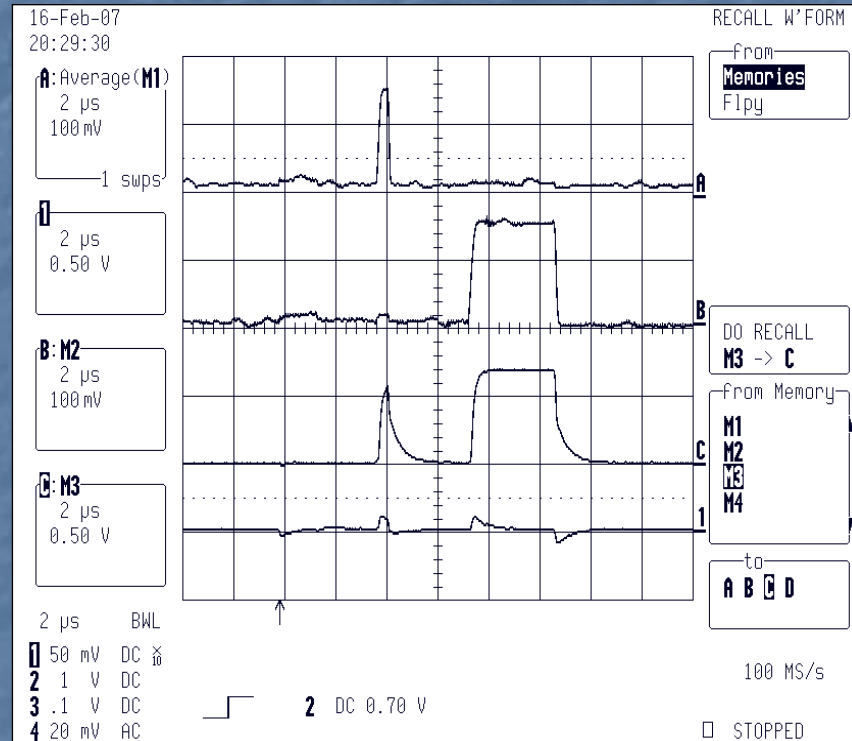
Количество аналоговых каналов:
24;

Потребляемая мощность: менее 2
мВт/канал;

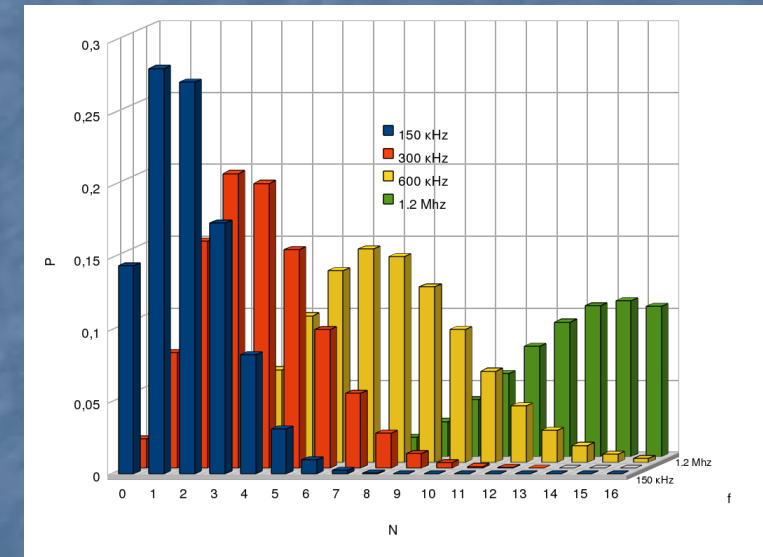
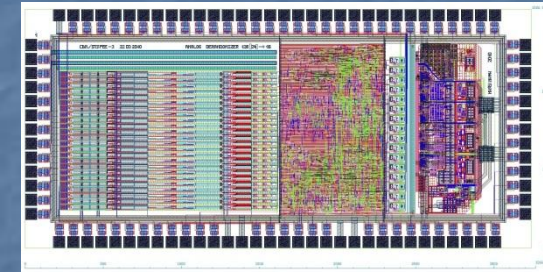
Усиление зарядочувствительного
усилителя: 50 мВ/фКл;

Емкость детектора: до 30пФ;
Динамический диапазон: не более
2 МИП

МНОГОКАНАЛЬНАЯ 128->24->16 МИКРОСХЕМА ДЛЯ ТРЕКОВОЙ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТА СВМ



Работа дерандомайзера



Вероятности одновременного
занятия N каналов

Спасибо за внимание !!!!