



Направление деятельности ОРЭ

Уваров Л.Н.

25 декабря 2025 года



Цели и задачи ОРЭ

- **разработка и внедрение** аппаратных, микропрограммных и программных средств обработки информации с детекторов частиц в экспериментах физики высоких энергий;
- **сопровождение** и оптимизация в условиях пучковых нагрузок разработанных электронных средств **путем участия** в экспериментах физики высоких энергий на ускорительном комплексе Института и других центров ядерных исследований.
- осуществление текущей деятельности ОРЭ ОФВЭ в соответствии с тематическими планами и ежегодными заданиями, утвержденными Ученым советом ОФВЭ и руководителем ОФВЭ



Виссарион Белинский:

**«Надо знать прошлое, чтобы понимать
настоящее и предвидеть будущее»**

или

как мы выполняли, выполняем

и планируем выполнять

наши задачи



Этапы большого пути



январь 1971 года - дата создания ОРЭ, т.е. нам 54+ года!!

Ссылка: https://hepd.pnpi.nrcki.ru/hepd/red/history/RED_history.pdf

Этап 1: с 1970-х по 1990-е годы

разработка электронных модулей общего применения и программного обеспечения для систем сбора и отображения информации с детекторов частиц на **отечественной** элементной базе для обслуживания **«домашних» экспериментов**:

Этап 2: с 1990-х по 2010-е годы

разработка систем электронных модулей, микропрограммного и программного обеспечения для экспериментов в **зарубежных научных центрах** на **зарубежной элементной базе**

Этап 3: с 2010-х годов и далее...

разработка систем электронных модулей, микропрограммного и программного обеспечения для обслуживания **«домашних» экспериментов** на **зарубежной элементной базе**



Этап 1



Эпоха создания и внедрения электроники в стандарте КАМАК

- Физики ОФВЭ очень активно ставили эксперименты на СЦ-1000
- ОРЭ разрабатывал системы логических, программно-управляемых, аналогово-цифровых и цифро-аналоговых, модулей для решения типовых задач обработки сигналов со сцинтилляционных счётчиков, пропорциональных, дрейфовых и ионизационных камер, построения триггерной логики, например:
 - программно-управляемые модули для формирования и логического отбора сигналов в телескопах и годоскопах сцинтилляционных счётчиков, позволившие автоматизировать процедуры снятия загрузочных и пороговых характеристик канала, а также кривых задержанных совпадений;
 - модули для время-амплитудных измерений: формирователи, логика отбора, преобразователи время-код и заряд-код, элементы привязки к пучку;
 - модули общего применения: счётчики, кварцевые генераторы, установочные счётчики, входные ворота, входной регистр, клавишный регистр, регистр выходной, ворота, разветвитель, кросс, генератор ворот;
 - модули для отображения графической и текстовой информации на экране серийного телевизора.



Этап 1 - продолжение



- электронные модули и программное обеспечение создавала большая (30+) группа специалистов;
- удачные разработки, созданные по заказу ведущей физической группы, тиражировались и становились доступны всем «нуждающимся»;
- за эти годы в ЛИЯФ для ОФВЭ было изготовлено не менее 3000 модулей КАМАК, и на это **выделялись соответствующие ресурсы**;
- количество разработанных типов модулей превысило 200;
- специальная служба занималась хранением и обслуживанием неиспользуемых в данный момент модулей (пул);
- в результате, время на обеспечение очередного эксперимента электроникой существенно сокращалось;

в 1985 г. достижения отмечены Премией Совета Министров СССР «За разработку на основе международного стандарта КАМАК и организацию производства аппаратуры для создания систем автоматизации научных и научно-технических исследований» (Неустроев П.В.)



Этап 1 - иллюстрации



информационные буклеты на модули КАМАК

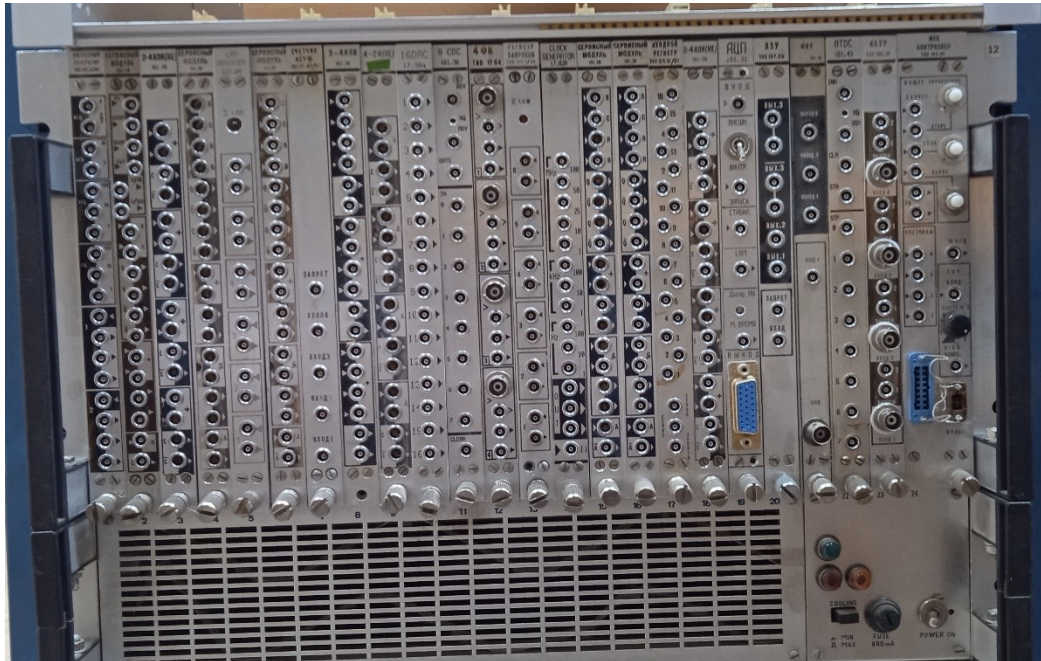




Этап 1 - иллюстрации



- большой парк модулей КАМАК сохранился до сих пор, спустя 30-40 лет после их разработки и производства;
- однако, официально ОРЭ более не поддерживает их хранение и обслуживание;
- неутилизированные пока модули, в основном, находятся в распоряжении лабораторий.





Этап 2



- физики ОФВЭ переориентировались на участие в экспериментах в зарубежных научных центрах;
- почти для каждого эксперимента в ускорительных центрах CERN, Saclay, Fermilab, BNL, DESY, PSI, GSI и других разрабатывалась уникальная электроника;
- специалисты ОПЭ освоили разработку модулей в стандартах FASTBUS, VME, VME64, просто в формате евромеханики, а также плат детекторной электроники;
- разработки производились исключительно с использованием зарубежных электронных компонент;
- широко применялись большие программируемые интегральные схемы (CPLD, FPGA) и микропроцессоры, требующие написания соответствующих загружаемых кодов;
- впервые нашим специалистом была разработана интегральная микросхема CMP16-G2 для катодных стриповых камер установки CMS в CERN;
- сформировалось и развивалось новое направление по разработке и изготовлению систем распределения высоковольтного питания для газоразрядных детекторов и фотоумножителей;



Этап 2 - продолжение



- за редким исключением вся изготавливаемая нашими специалистами электроника **навечно оставалась** в зарубежных научных центрах;
- пример такого исключения – использование микросхемы CMP16-G2 для системы CROS-3M, предназначенной для сбора данных с многопроводочных координатных камер спектрометра МАП;
- естественно, приобретённый опыт разработок также оставался нашим достоянием;
- однако, за эти годы парк электронных модулей ОФВЭ практически не увеличился..



Этап 3



- разработанные электронные модули (платы с передней панелью, вставляемые в крейт) и платы (как правило крепятся на детекторе или рядом с ним) придетекторной электроники успешно работают в экспериментах зарубежных научных центров;
- модули и платы либо более не требуют сопровождения, либо мы лишены возможности его осуществлять;
- количество разработчиков в ОРЭ уменьшилось с 16 (в начале этапа) до 5 (в настоящее время);
- ОРЭ отказался от создания модулей общего пользования в стандартах КАМАК, VME, VME64 и других подобных;
- платы обработки цифровых сигналов и сбора данных переносятся непосредственно к платам придетекторной электроники;
- связь с компьютером либо по Ethernet, либо по USB с гальванической развязкой (развитие идеологии CROS-3);



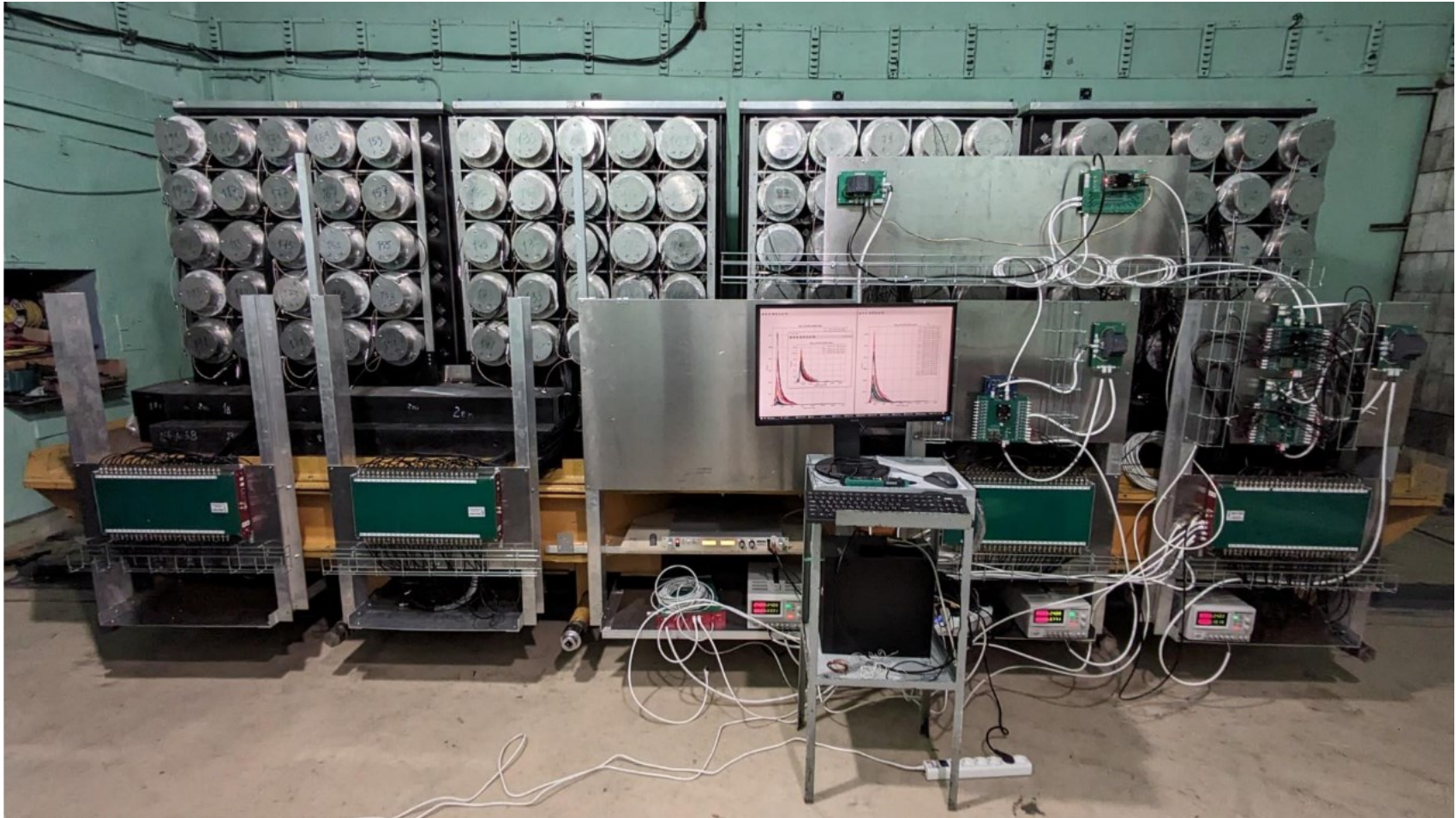
Этап 3 - продолжение



- например, для экспериментов PolFusion, Протон, Нейтрино-4 разработаны многоканальные платы электроники, предназначенные для оцифровки сигналов с полупроводниковых детекторов, пропорциональных камер, ионизационных камер, сцинтилляционных детекторов...
 - для каждого типа детектора и условия его использования в эксперименте специфичны:
 - аналоговая (придетекторная) часть;
 - алгоритмы сбора, кодирования и передачи информации (загружаются в FPGA);
 - сбор информации осуществляется либо по триггеру (Протон), либо без триггера, т.е. потоковый (PolFusion и Нейтрино-4);
-
- РНФ, Код ГРНТИ 29.05.00, Номер проекта 24-12-00091
 - В ПИЯФ были разработаны **новые версии системы распределения высоковольтного напряжения и системы сбора данных для работы с быстрыми сигналами и увеличенным потоком данных**

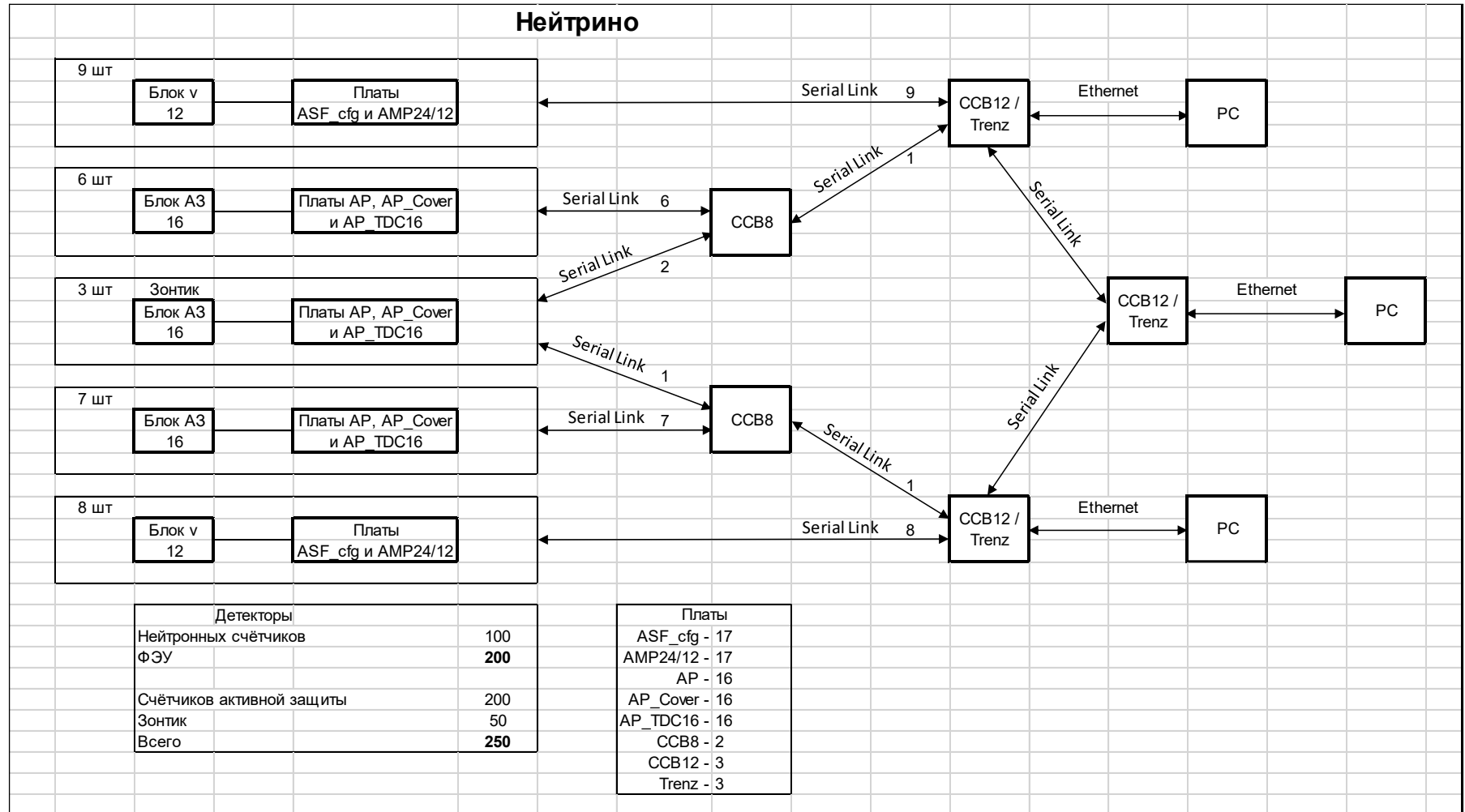


Нейтрино-4





Электроника Нейтрино-4





Алгоритм работы Нейтрино-4



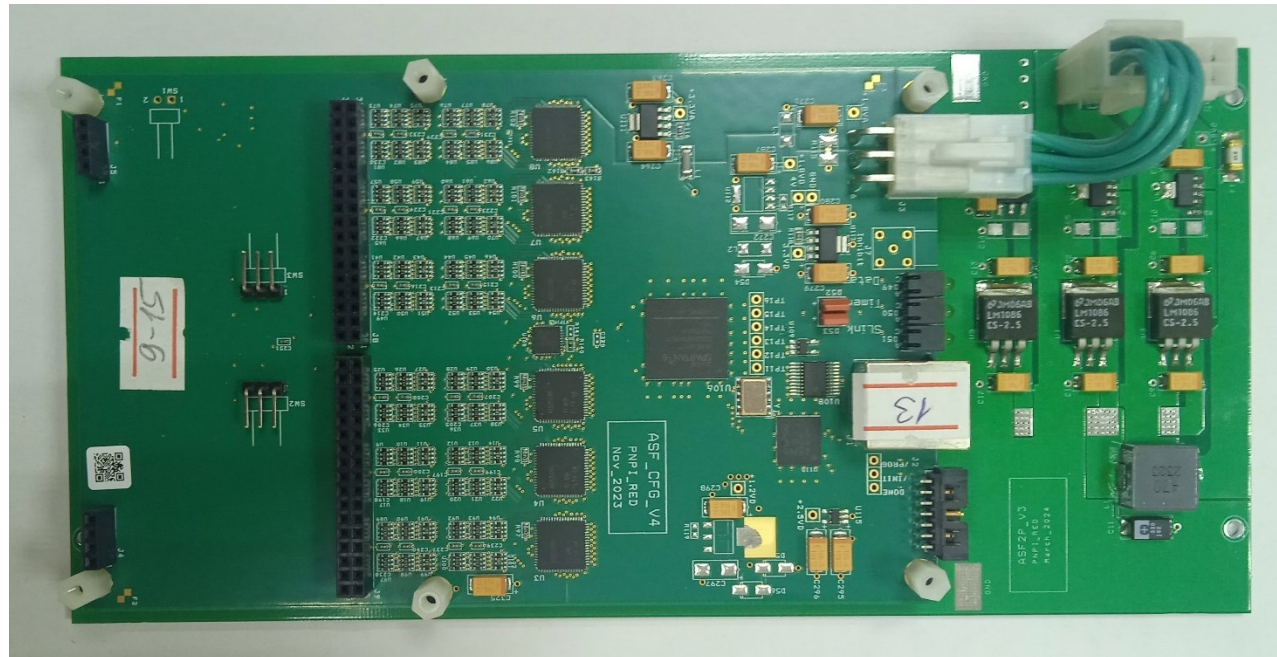
- сигналы МКП-ФЭУ нейтронных счётчиков оцифровываются платами ASF_CFG (10-бит, 5 нс) и через концентратор CCB12 передаются в компьютер; каждый надпороговый сигнал представлен массивом от 50 до 100 выборок и сопровождается номером сработавшего канала и временной отметкой от системных часов (10 нс, ёмкость счётчика около 2 суток);
- логические сигналы счётчиков активной защиты через плату AP поступают на плату AP_TDC16, где также получают временную отметку от системных часов; кроме того, AP_TDC16 по всем каналам мониторирует стабильность загрузок; данные через концентраторы CCB8 и CCB12 передаются в компьютер;
- запуск копий системных часов во всех измерительных платах системы происходит одновременно;
- учёт наличия сигналов счётчиков активной защиты при наличии сигнала в нейтронном счётчике производится на основе временных отметок off-line;



24-канальный оцифровщик

10 бит, 200 МГц,
поточный режим сбора данных,
временные метки события

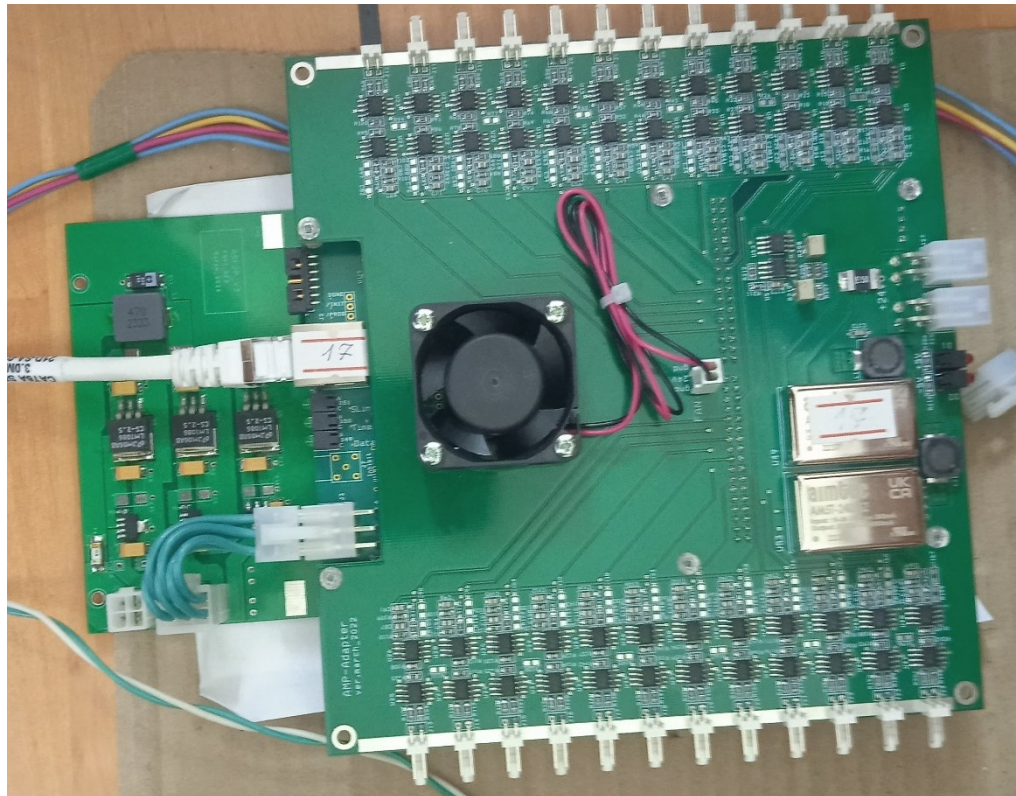
ASF_CFG





24-канальный адаптер

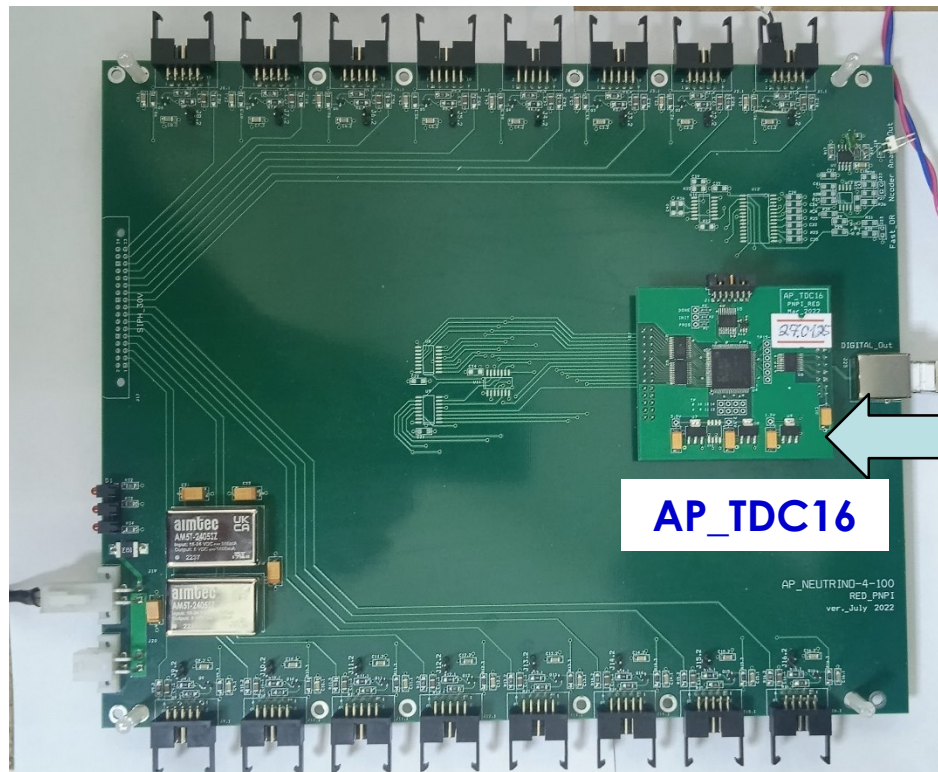
переводит сигналы МКП-ФЗУ в
требуемый для оцифровщика
диапазон



AMP



16-канальная плата для счетчиков активной защиты



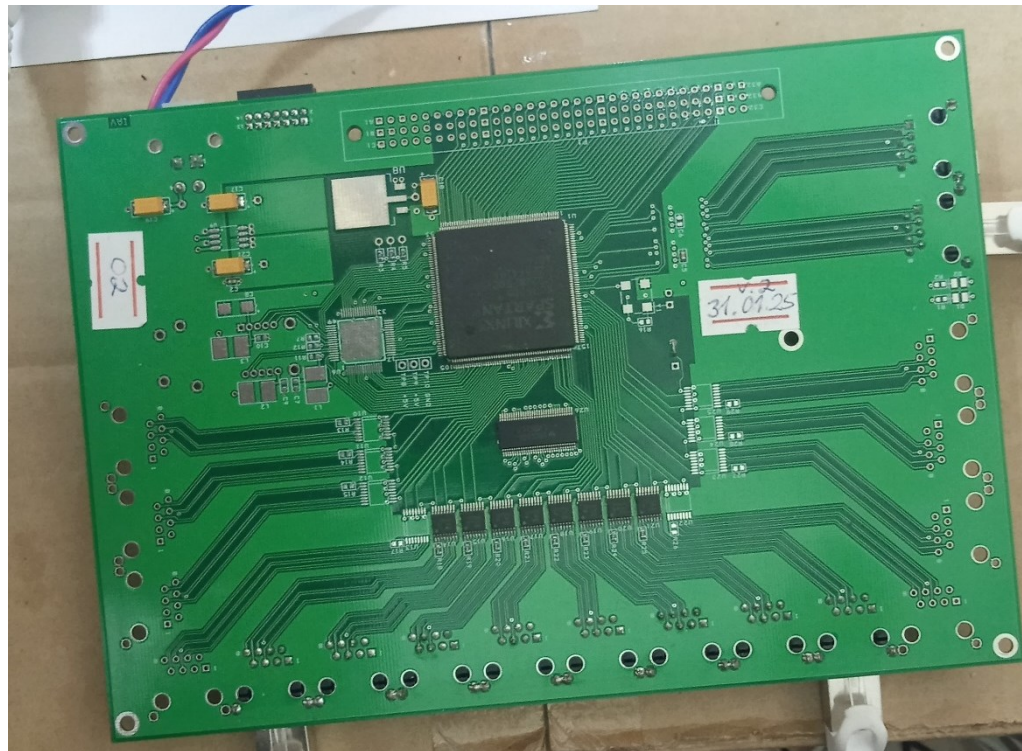
AP

16-канальная плата
постановки временных
меток на сигналы
счётчиков активной
защиты

AP_TDC16



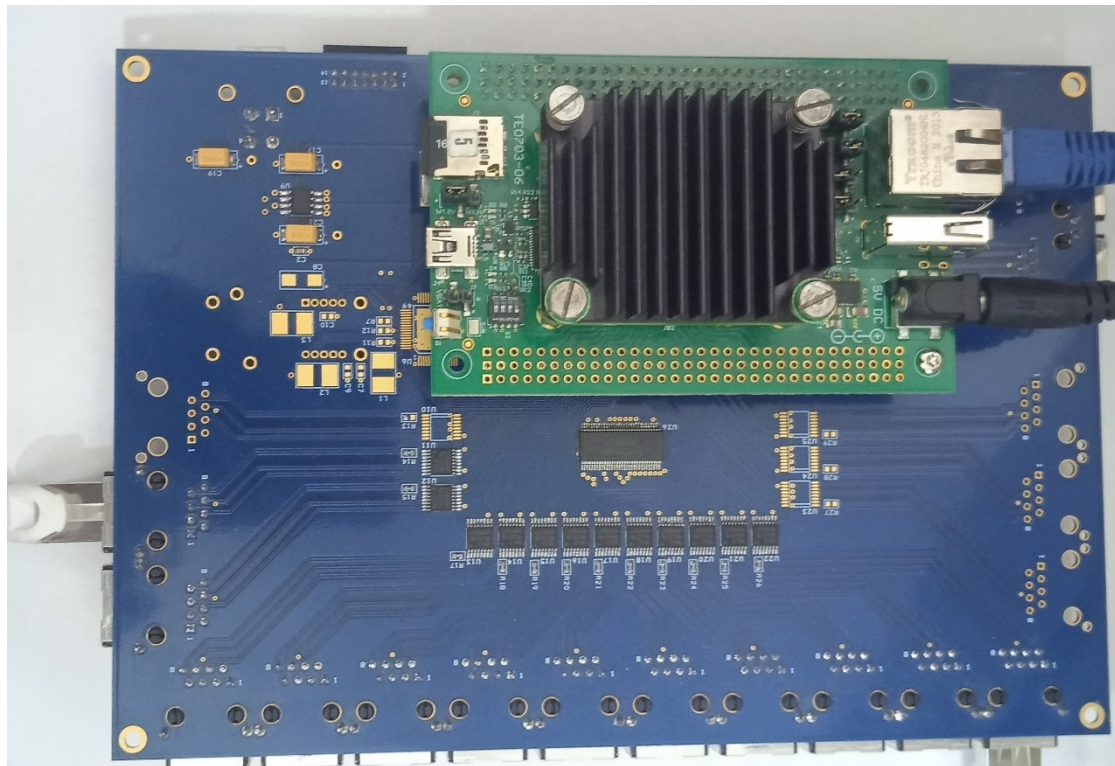
8-канальный концентратор



CCB8



12-канальный концентратор



CCB12



Этап 3 - планы



- ОРЭ планирует развивать системы сбора данных на основе уже использованного подхода:
 - ✓ состоят из плат (не модулей!), располагаемых вблизи детектора;
 - ✓ связь с компьютером либо по Ethernet, либо по USB с гальванической развязкой (развитие идеологии CROS-3);
- ОРЭ планирует развивать системы распределения высоковольтного питания, и/или многоканальные модули высоковольтного питания (обеих полярностей) для питания газоразрядных детекторов (пропорциональных и дрейфовых камер), фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) и микроканальных ФЭУ (МКП-ФЭУ); :
 - ✓ исполнение в евромеханике для корзины или для стойки;
 - ✓ управление по Ethernet;
- ОРЭ планирует осуществлять разработку программируемых плат для построения триггерной логики на замену модулей в стандарте КАМАК 1980-х годов;



заклучение

Разработки и производство плат требуют
финансирования!

С Новым Годом!

**В 2026 году
надеемся на плодотворное
сотрудничество с физиками
ОФВЭ!**