

# Ядрена Електроника

(ТОТЕМ експеримент)

Георги Анчев

ИЯИЯЕ – БАН, София, България

[Gueorgui.Antchev@cern.ch](mailto:Gueorgui.Antchev@cern.ch)

- **Въведение**
- **Електроника при детектора**
- **Електроника в залата за обработка**
- **Видове системи**
- **Обобщение**

- **Въведение**
- Електроника при детектора
- Електроника в залата за обработка
- Видове системи
- Обобщение

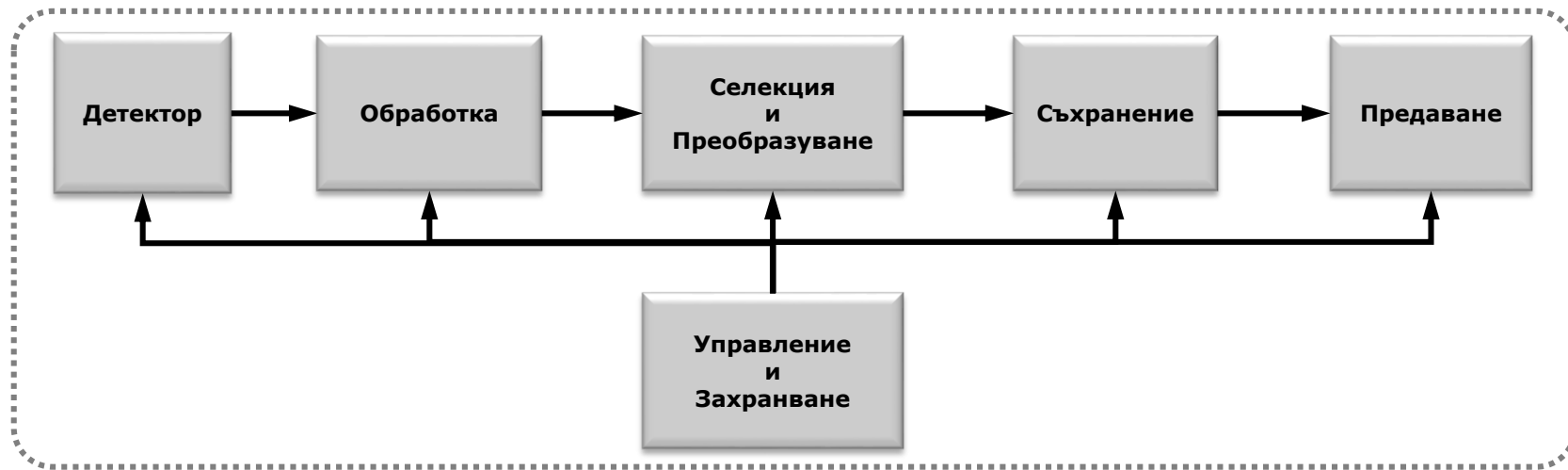
Освен ускорителите във физиката на високите енергии, две са основните групи от технически средства за провеждане на експериментални изследвания:

- Детектори на ядрени лъчения

Устройствата превръщащи измерваните параметри в електрически сигнали (сцинтилатори, газови броячи и йонизационни камери, полупроводникови детектори и т.н.).

- Електроника и системи

След множеството транзисторни устройства скок в развитието на електрониката се предизвика от напредъка на микроелектрониката. Широко се използват интегрални схеми, програмируеми устройства, микропроцесори и различни видове компютри.

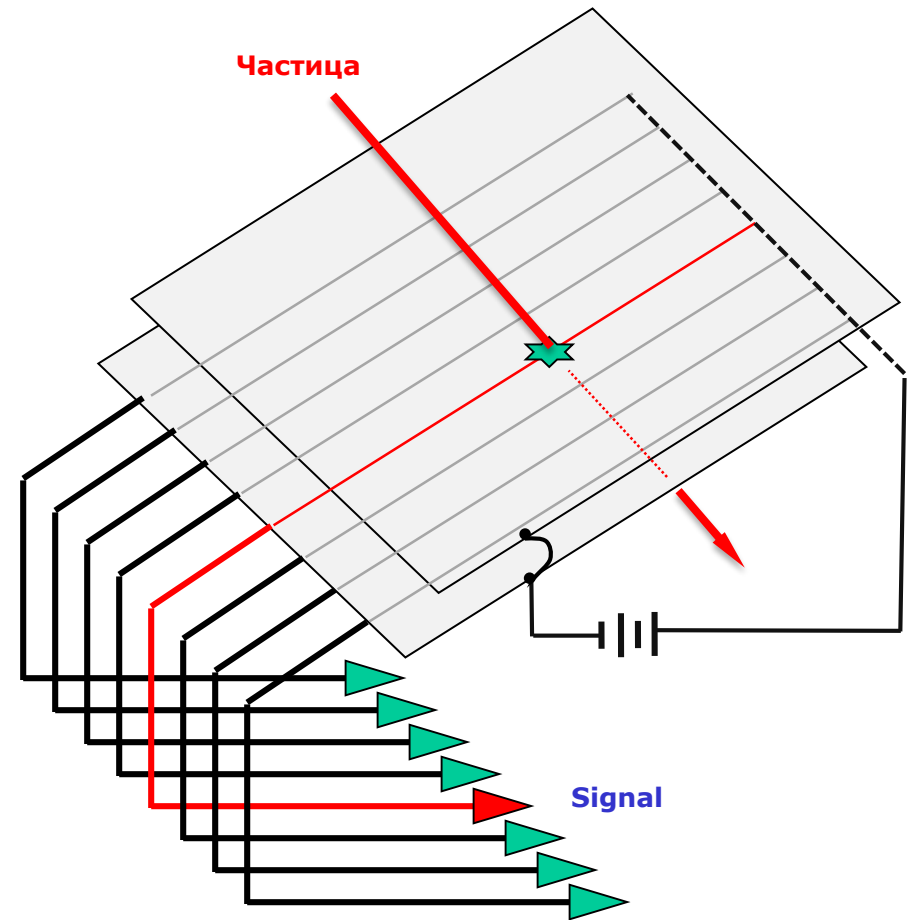
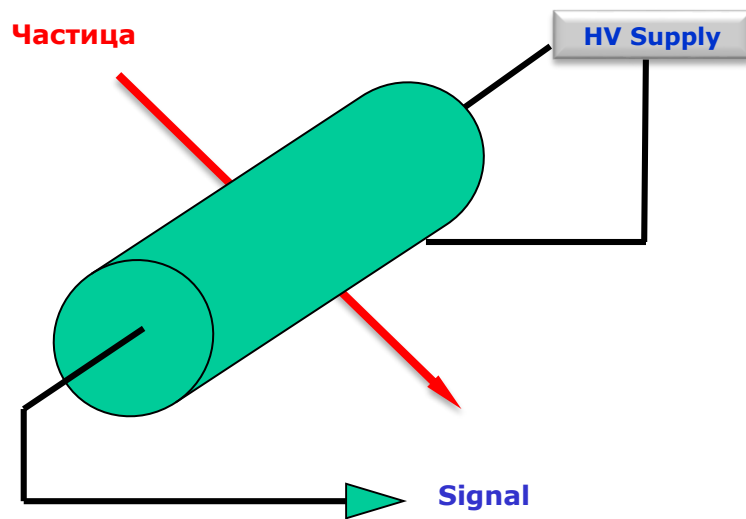


Общата структура съдържа следните основни блокове:

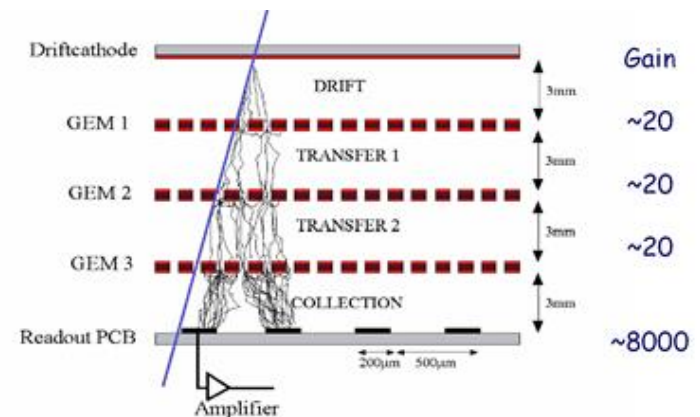
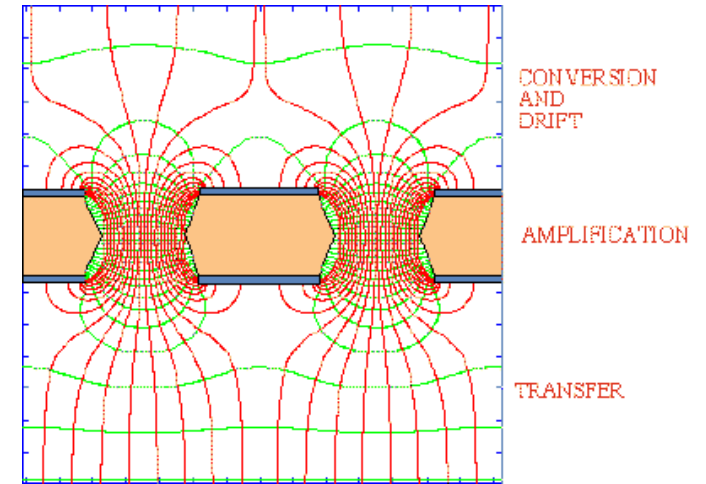
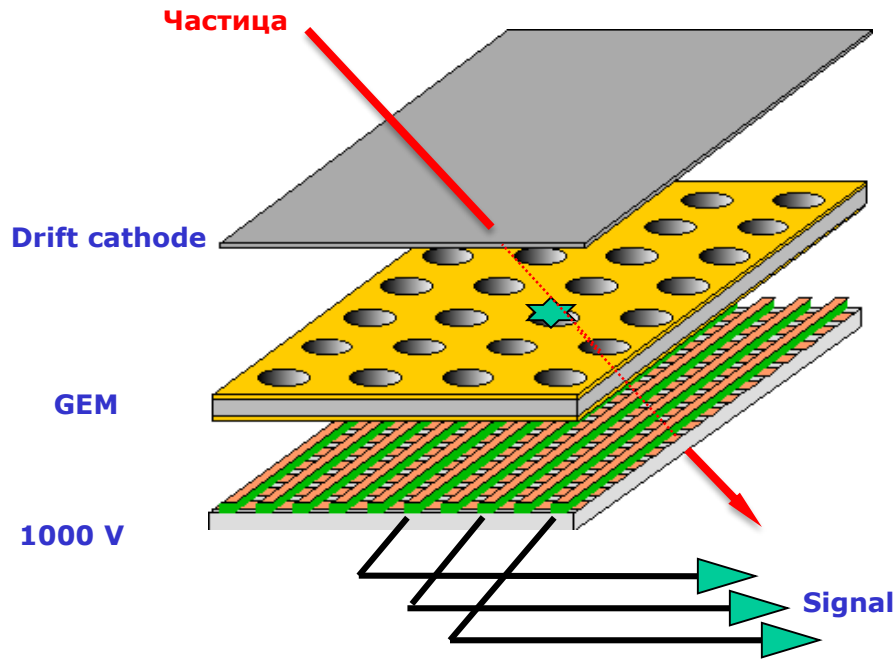
- Детектор – преобразува енергията на лъчението най-често в електрическа
- Блок за обработка – приема сигнала от детектора и променя формата му
- Селекция и преобразуване – сигналите от детектора се групират по параметри и често се преобразуват в цифров вид
- Съхранение – запомня се информацията за следващ етап
- Предаване – блок за форматиране на информацията, представяне във вид за предаване към друго устройство
- Управление и захранване – програмира параметри и задава начало и край на измерването

## Многожична газова камера

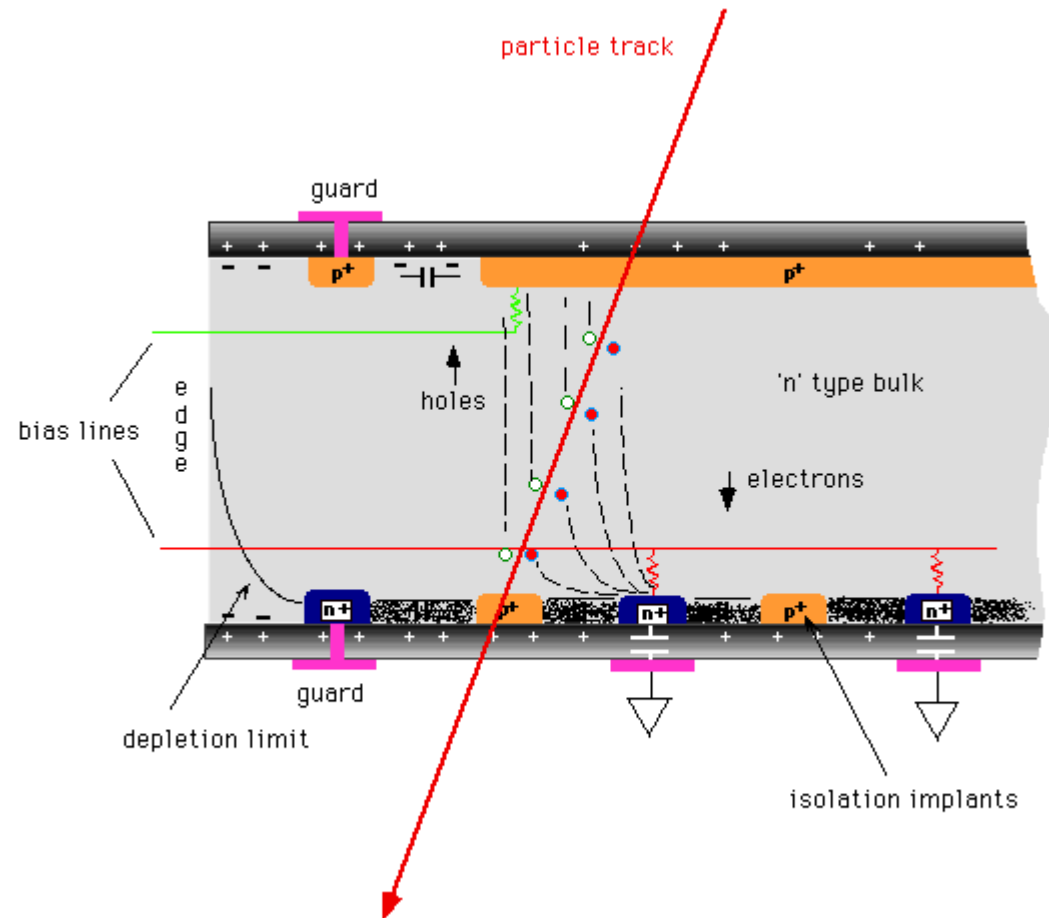
## Единична газова камера



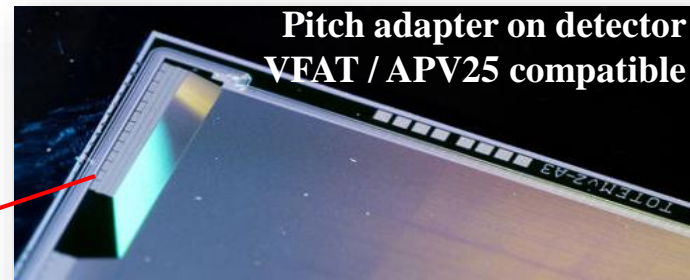
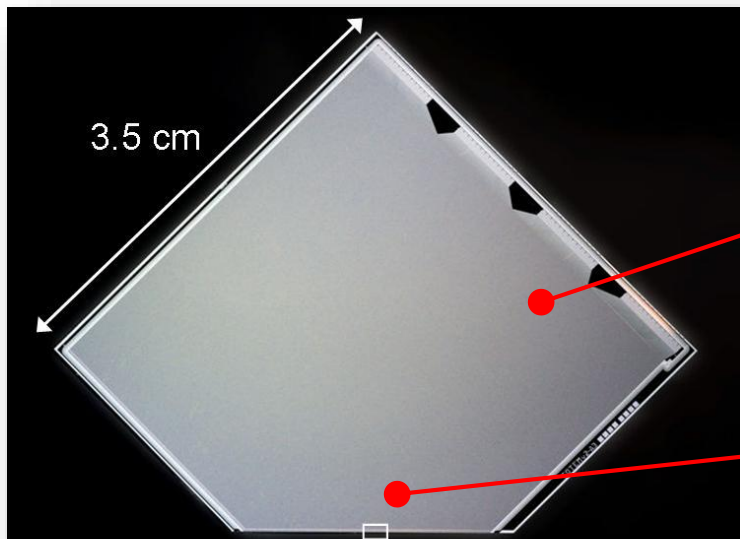
## Йонизационна мултипликационна камера (GEM)



## Силициев детектор





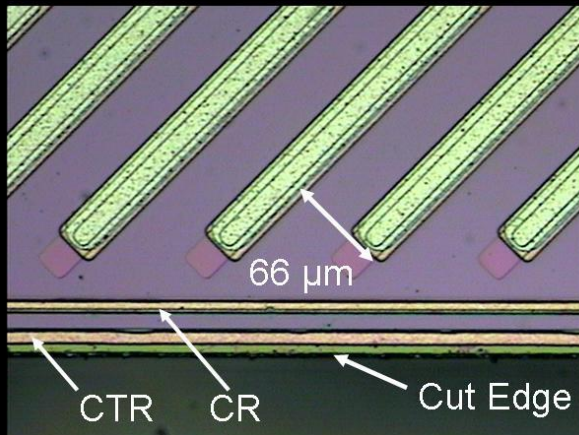


### Технология

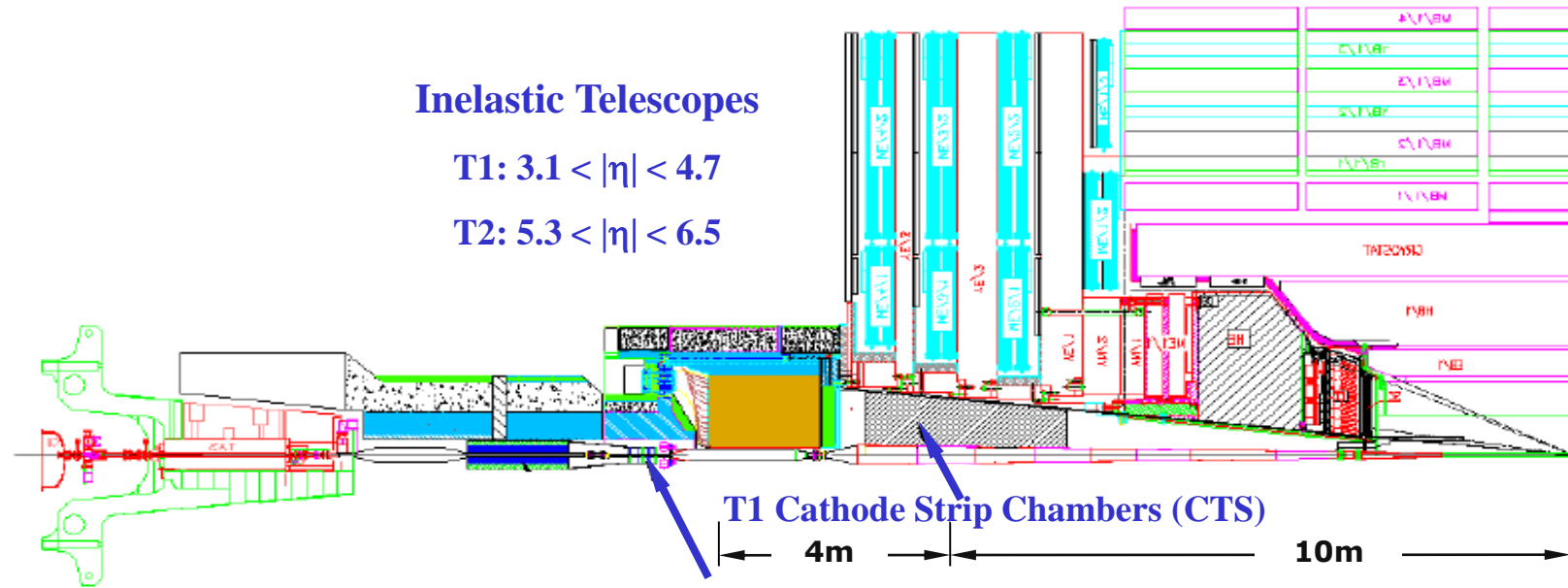
- Si n-тип, с дебелина 300um
- Стандартна планарна технология

### Дизайн

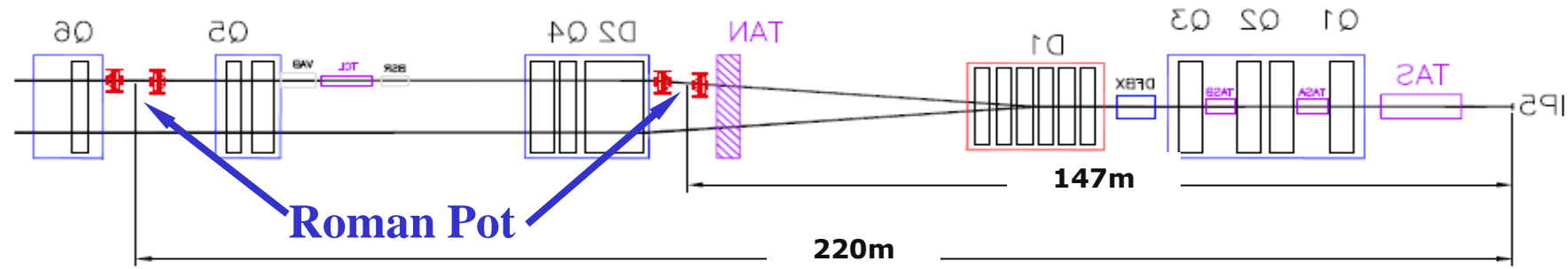
- Едностраниен детектор, 512 писти на 66  $\mu\text{m}$  и под 45° спрямо края на детектора
- Специални структури в края за по-голяма точност, намаляване на загубите и увеличаване на чувствителността (VTS), (CTS), (CTR) и (CR)



**Само 50 $\mu\text{m}$  от края на пистата до края на детектора!**

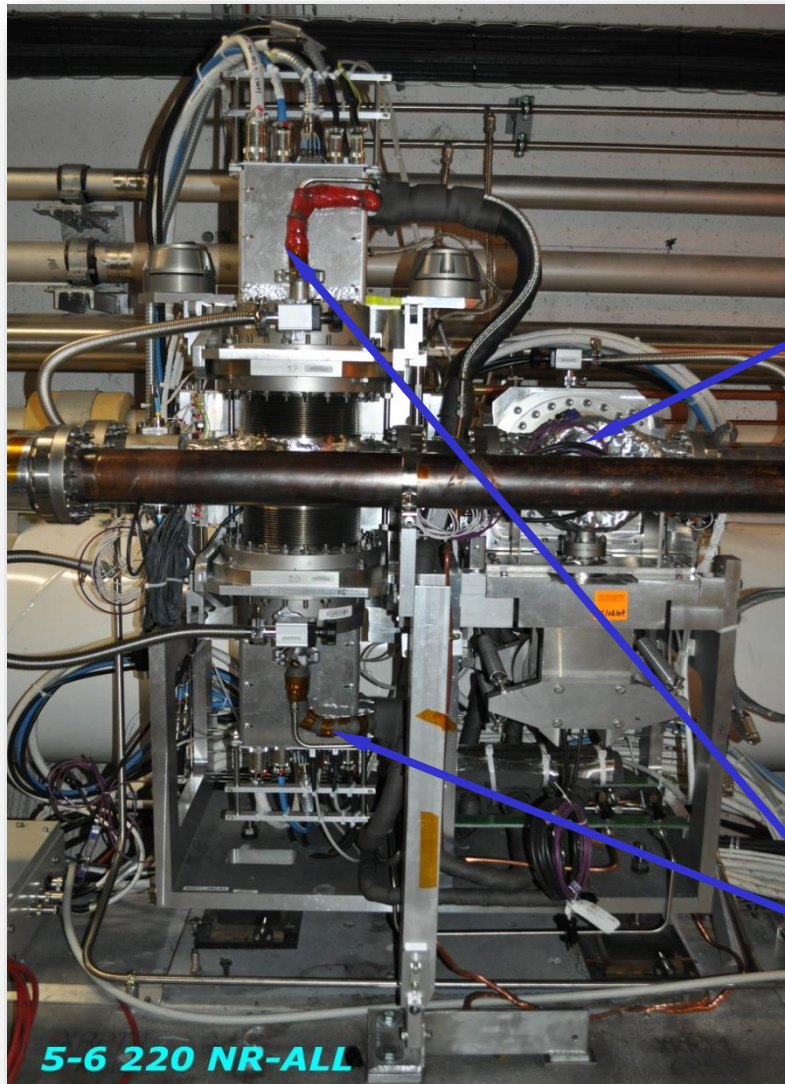


T2 Gas Electron Multiplier (GEM)



Същите детектори от другата страна на IP5

Снимка от сектор 56-220м



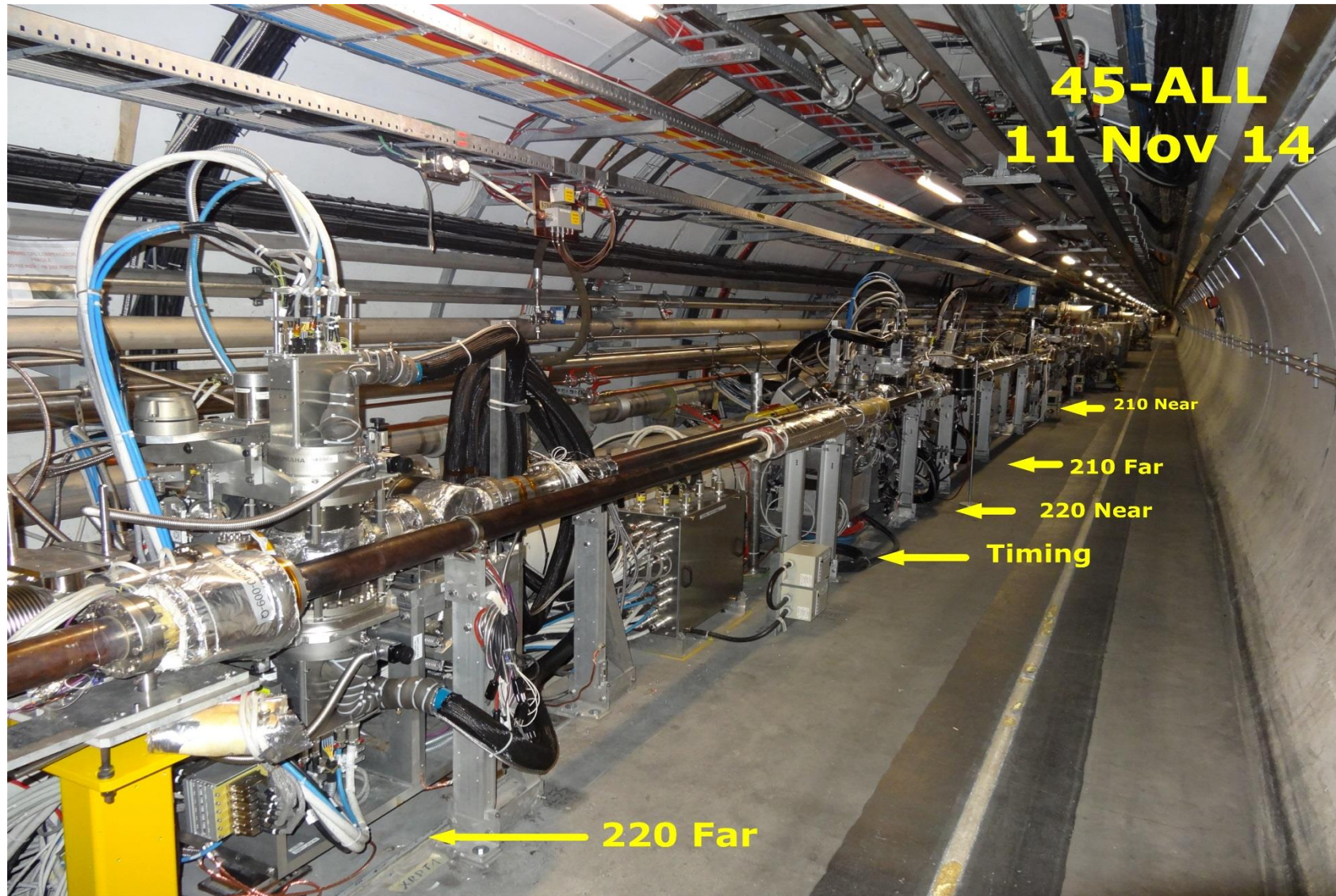
5-6 220 NR-ALL

Хоризонтален

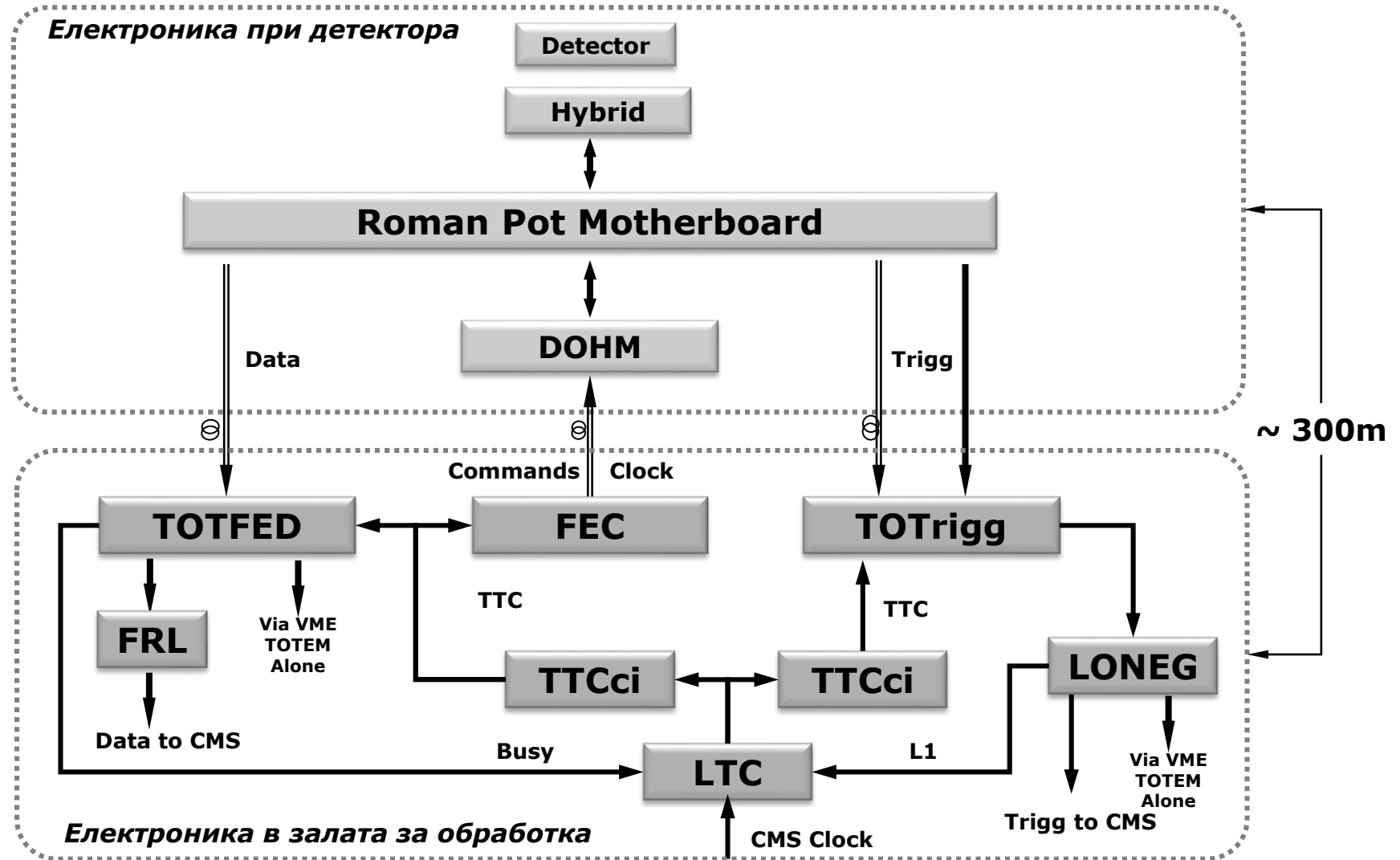
Вертикални





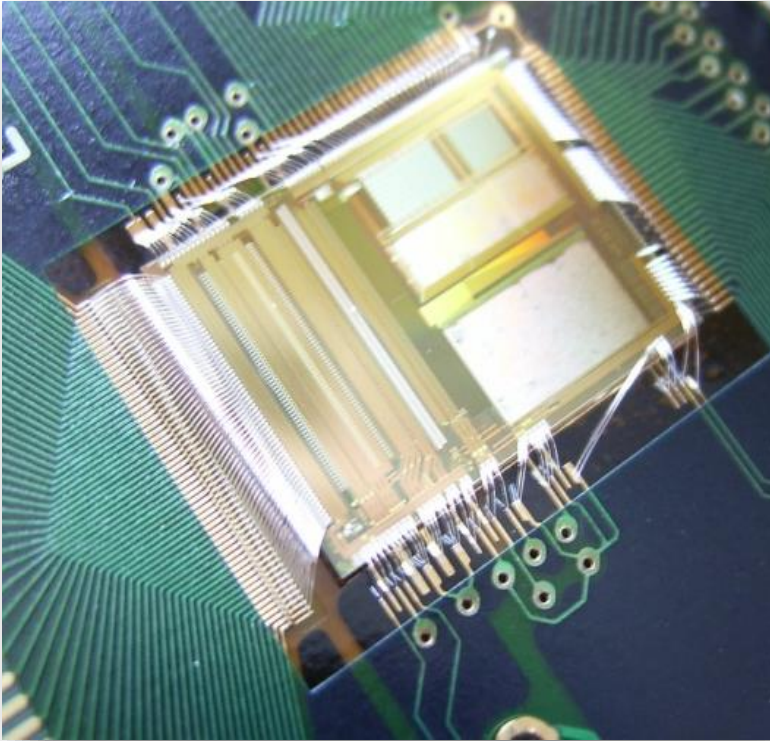


## Основни блокове



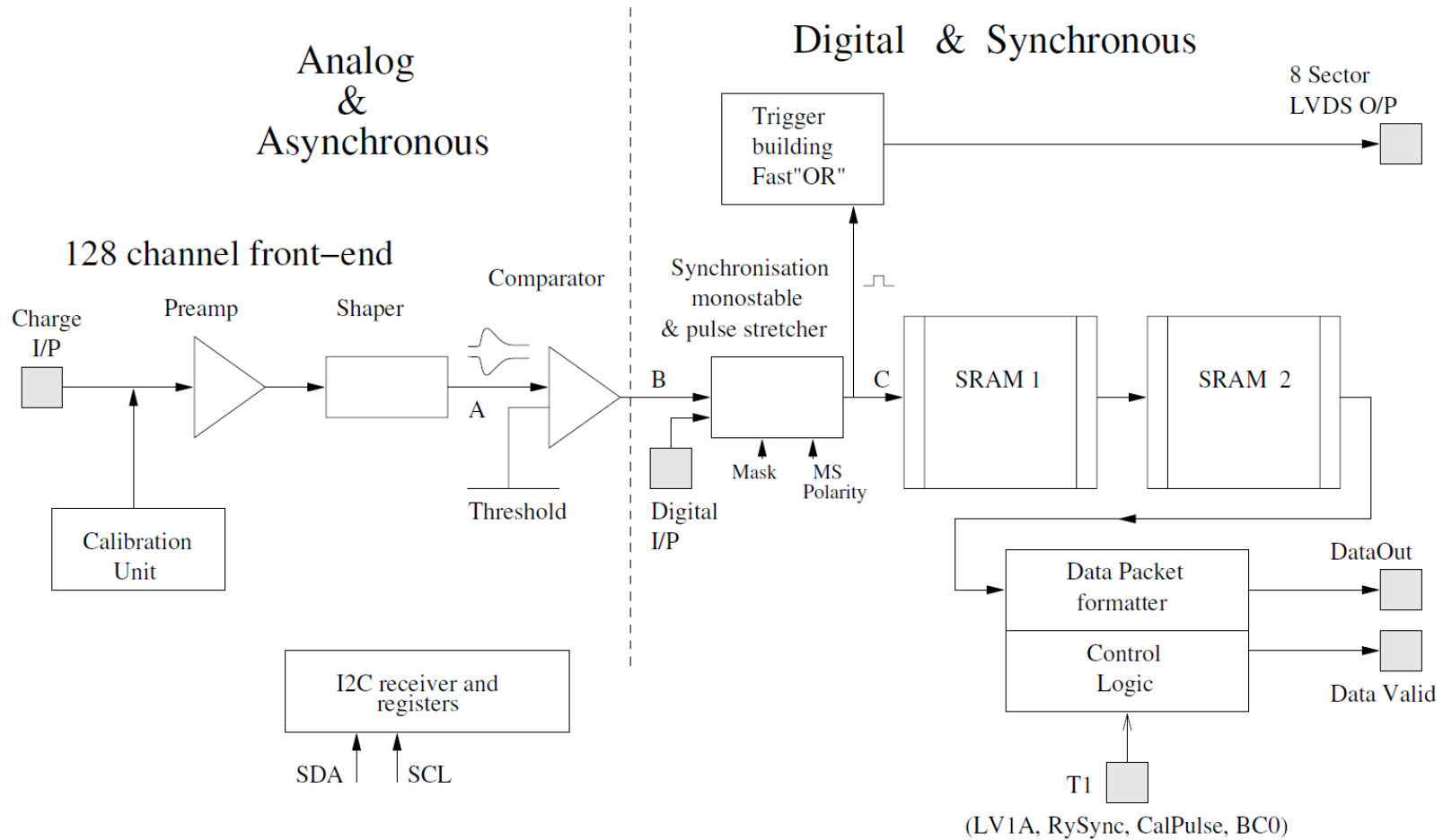
- Въведение
- **Електроника при детектора**
- Електроника в залата за обработка
- Видове системи
- Обобщение





- 128 канала, цифрово записване и предаване на информацията
- 8 програмируеми изхода за тригер
- Устойчив на радиация
- ~160 / 8 битови регистри с възможност за външно програмиране чрез I2C интерфейс
- Разработен в CERN

*Снимка на VFAT 2 чип монтиран на хибриден модул*

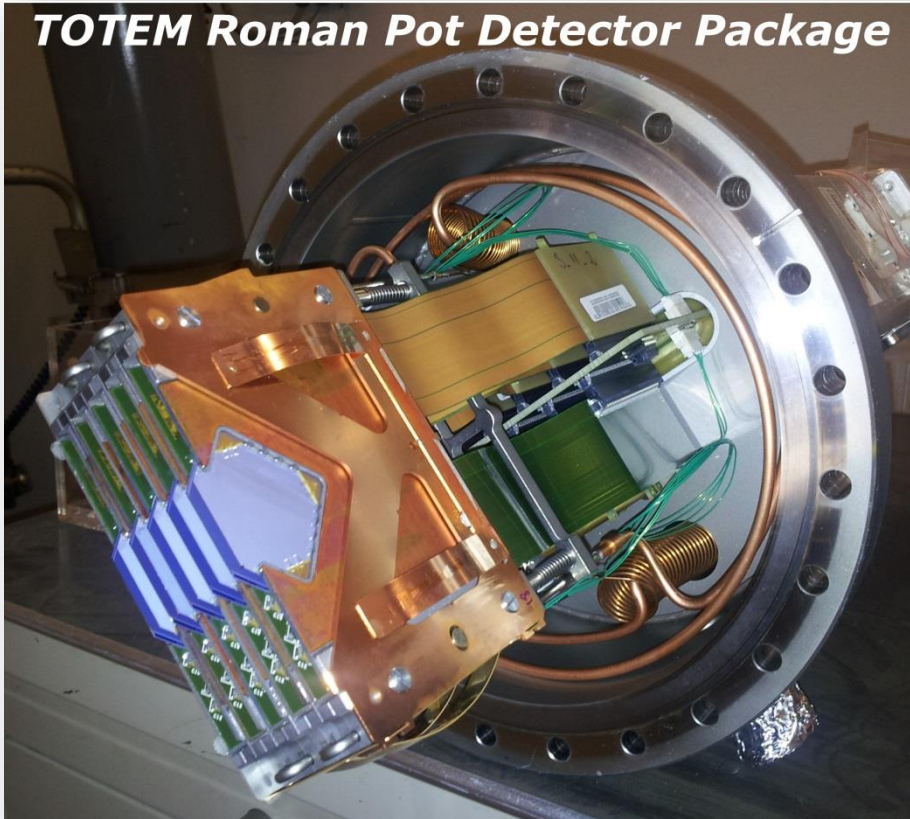




Снимка

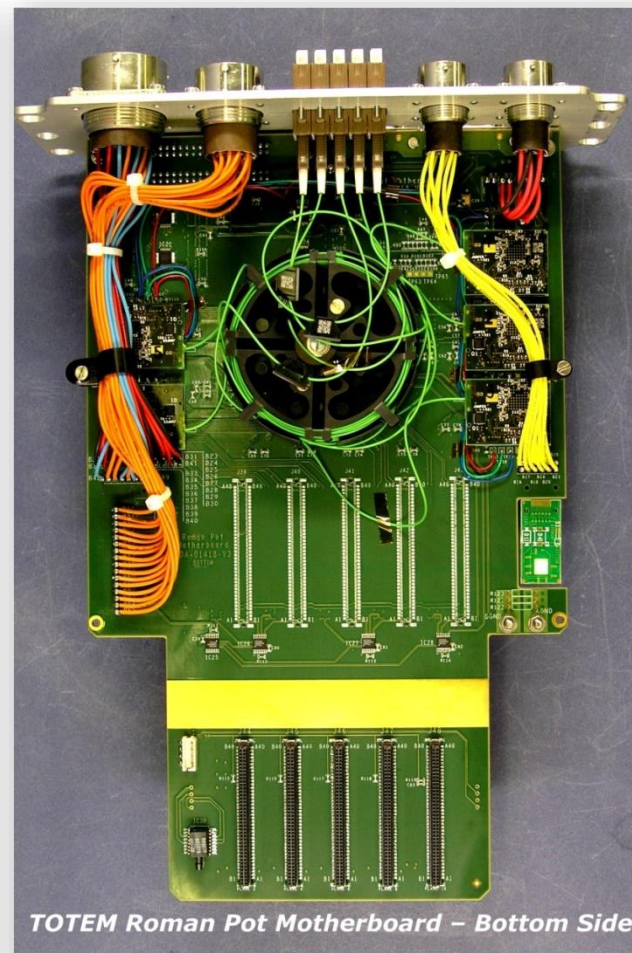


- Съдържа 4 чипа и устройство за контрол
- Свързва се към другата електроника с 80 пинов куплунг и плосък кабел
- По същия куплунг се подава ниско и високо напрежение, синхронизираща честота и се получават данните и тригерните сигнали
- Към 128-те писти на силициевия детектор се свързват директно входовете на чипа

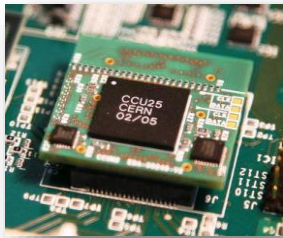
**TOTEM Roman Pot Detector Package**

- Съвкупност от 10 хибридни модула
- Фиксирани един срещу друг за да се образуват 2 координати от писти под  $45^\circ$
- Електронните компоненти са монтирани от една страна за да се намали разстоянието между хибридите





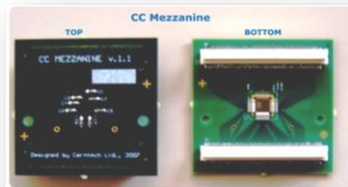
- Свързва детекторния пакет към системите за контрол, тригер и събиране на данни
- Използват се електрически и оптични интерфейси



→ Контролен модул – служи за управление на всички компоненти чрез I2C интерфейс



→ Тригерен модул – получава тригерна информация, дефинира как да бъде използвана и я предава на следващо ниво



→ Модул за съвпадение – прави съвпадение между информацията от две координати U и V

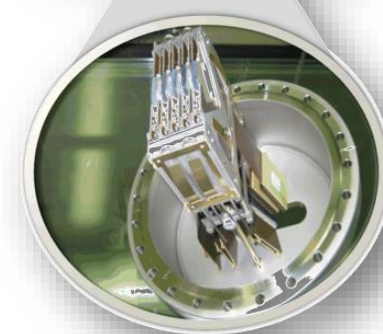
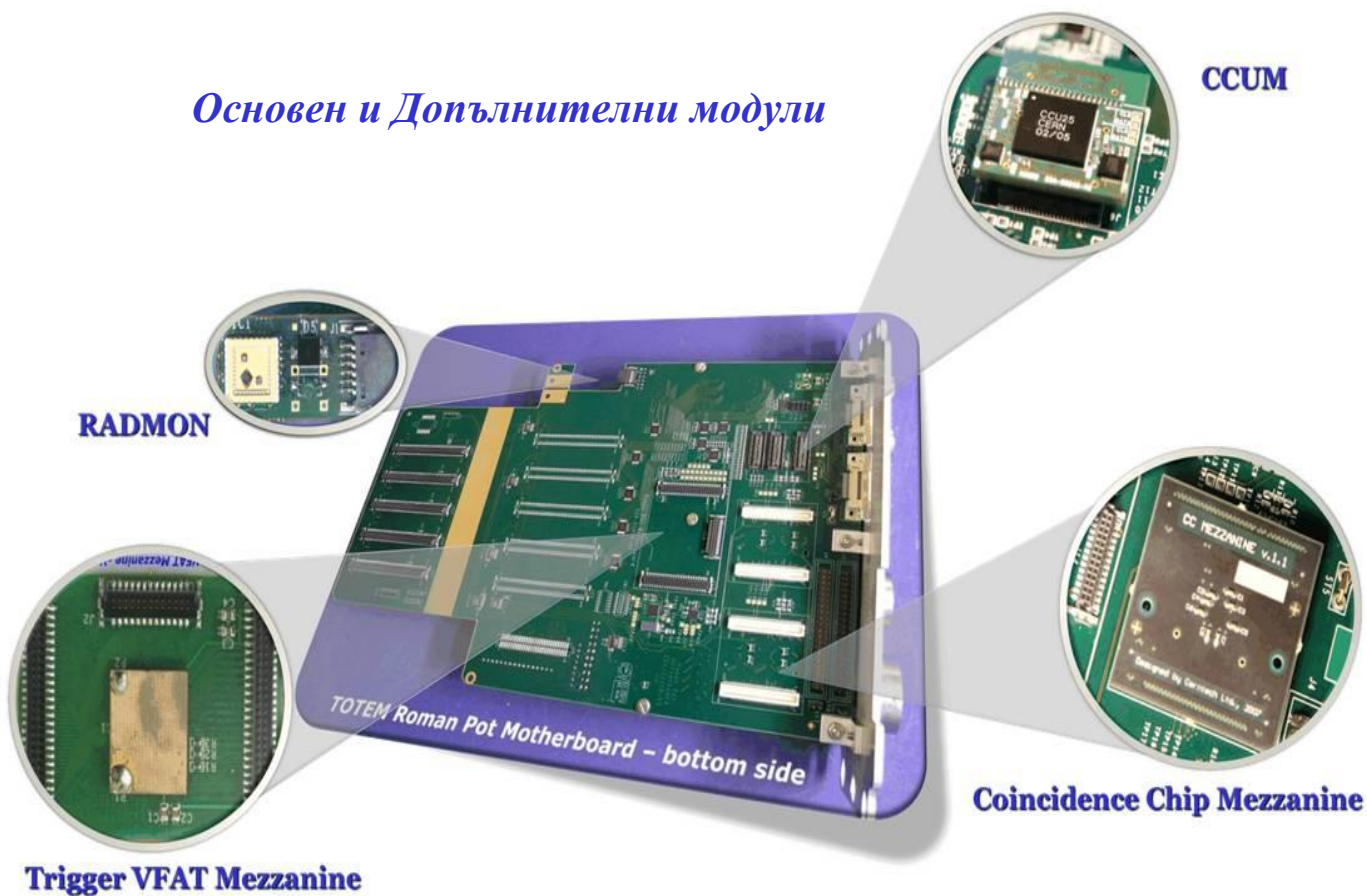


→ Модул за радиационно измерване – съдържа датчици за измерване на дозата, чиято информация се предава към компютър



*Основен модул и Детекторен пакет*

*Основен и Допълнителни модули*



- Въведение
- Електроника при детектора
- **Електроника в залата за обработка**
- Видове системи
- Обобщение

**Gigabit Optical INPUT**

640Mb/s/fiber x 12 = 7.68Gb/s

**S-Link64 OUTPUT**

480MB/s 64bit@60MHz

**USB2.0 OUTPUT**

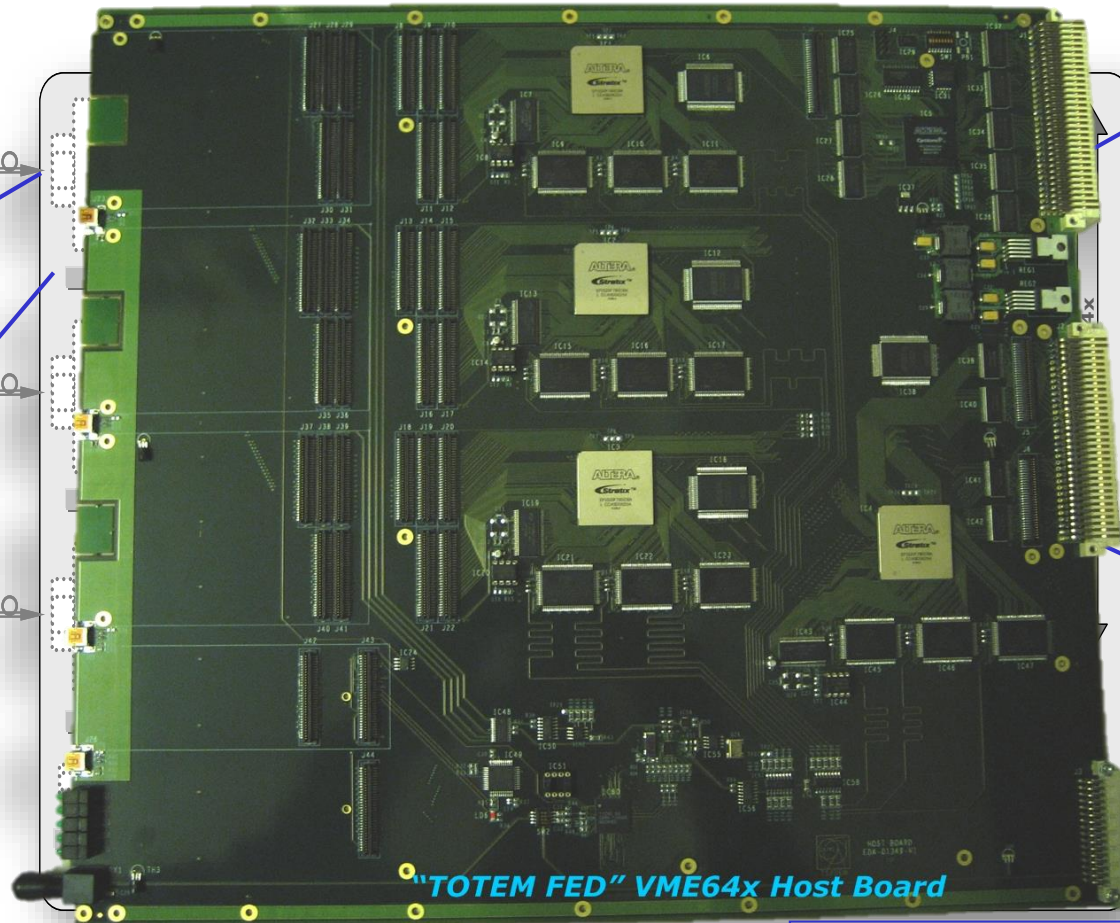
480Mb/s – high  
12Mb/s – full  
320Mb/s – effective

**VME64x OUTPUT**

40MB/s BLT

**S Link64 OUTPUT**

480MB/s 64bit@60MHz



**"TOTEM FED" VME64x Host Board**

**Data Bandwidth**

**TOTEM Experiment**

Trigger Rate - 1 kHz  
Event Size - 40 kBytes

**TOTFED has:**

**INPUT** - 3 x OptoRX -> 3 x 7.68Gb/s  
**OUTPUTS** - 4 x S\_Link64 -> 4 x 480MB/s  
- 4 x USB2.0 -> 4 x 320Mb/s  
- 1 x VME64x -> 40MB/s



*OptoRX12 – оптичен приемник*



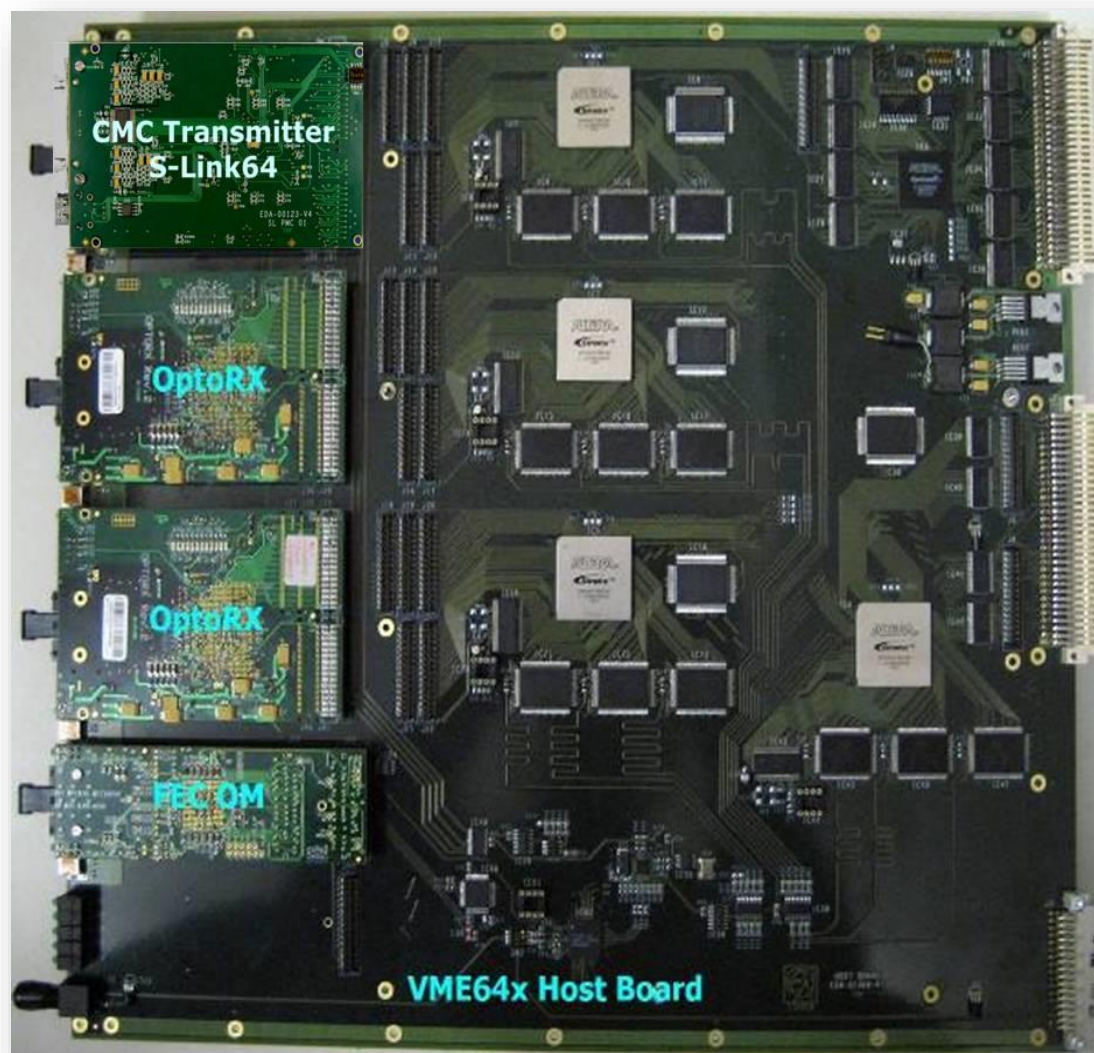
- Получава данните от 36 оптични интерфейса
- Преобразува информацията в цифров вид
- Пакетира и предава на следващото ниво



*S-Link64 - предавател*

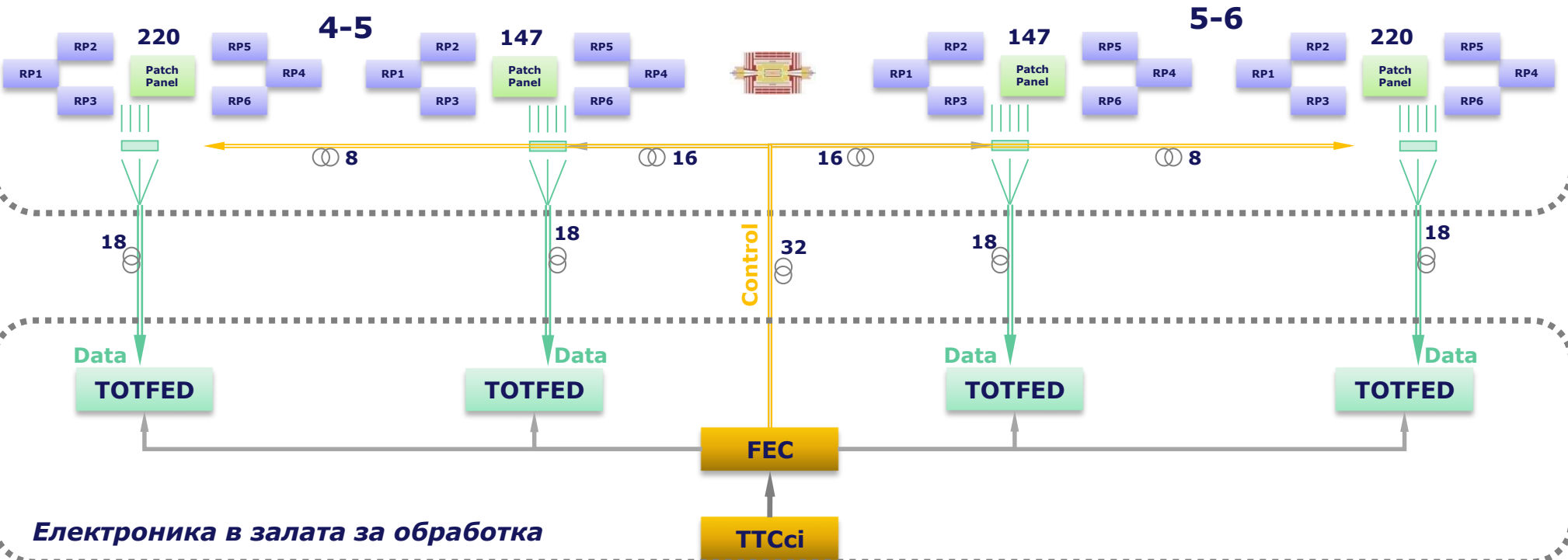
- Предава пакетите от данни към системата за събиране и обработка (DAQ) по определен протокол



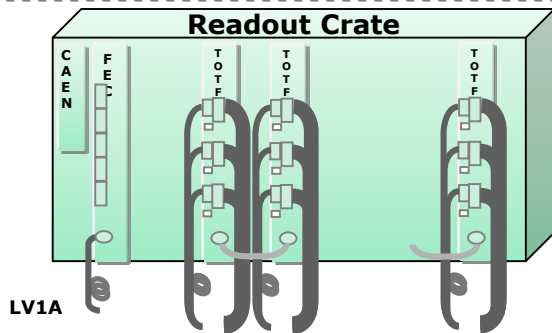


- Въведение
- Електроника при детектора
- Електроника в залата за обработка
- **Видове системи**
- Обобщение

## Електроника при детекторите



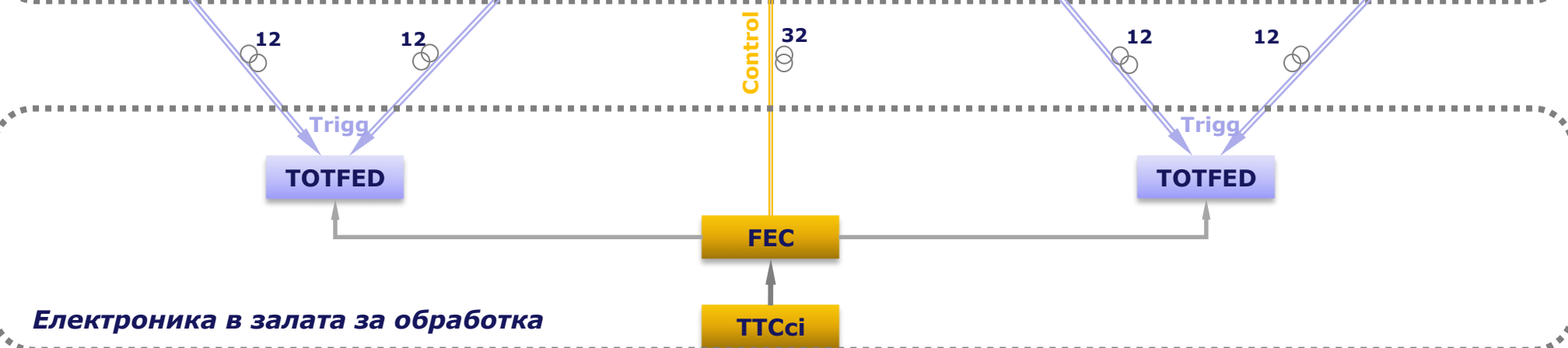
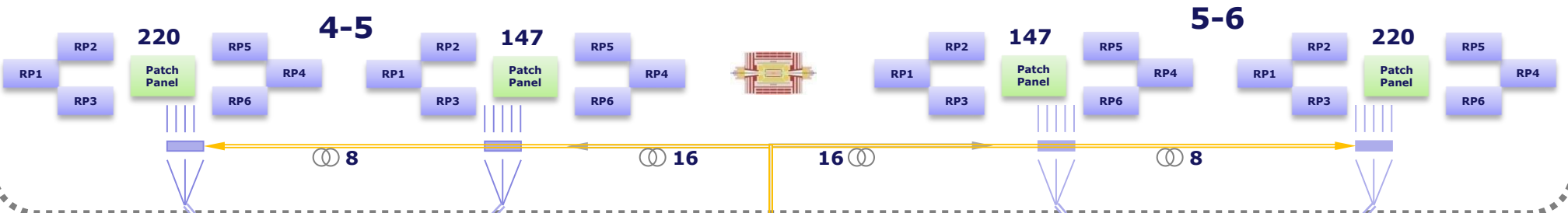
## Електроника в залата за обработка



## Система за събиране и обработка на данни

- Скорост до ~ 1KHz през VME64x от ~ 40MB/s
- S-Link64 към CMS от ~200MB/s
- 240 Si детектора с 122880 канала общо се покриват от 960 VFAT2 чипа

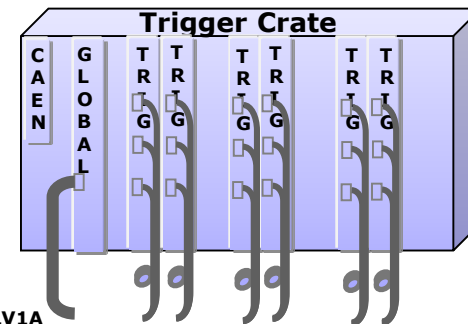
## Електроника при детекторите



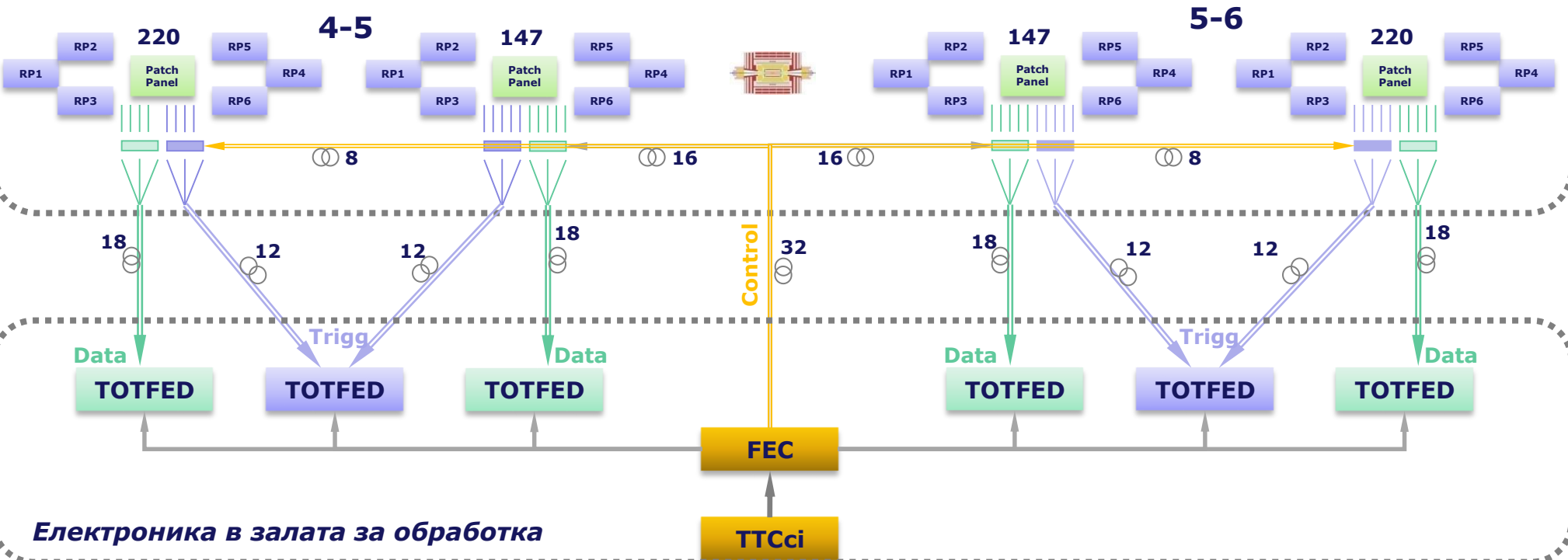
## Електроника в залата за обработка

### Тригерна Система

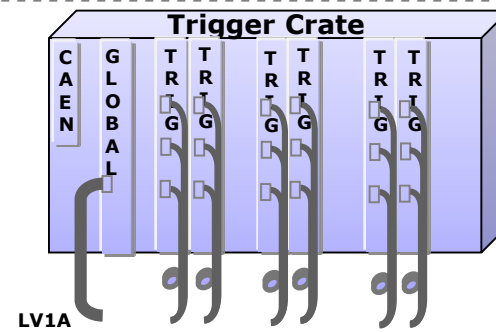
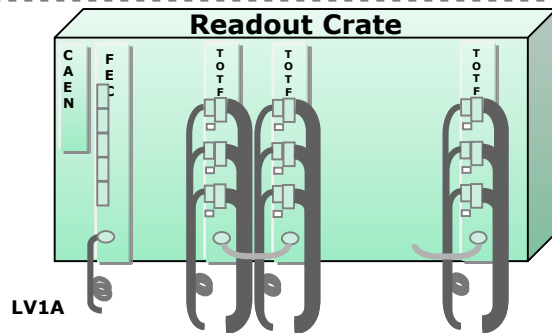
- 12 оптични интерфейса на станция за 2 основни модула TOTFED
- 2 електрически интерфейса на 1/2 станция за 4 основни модула TOTFED



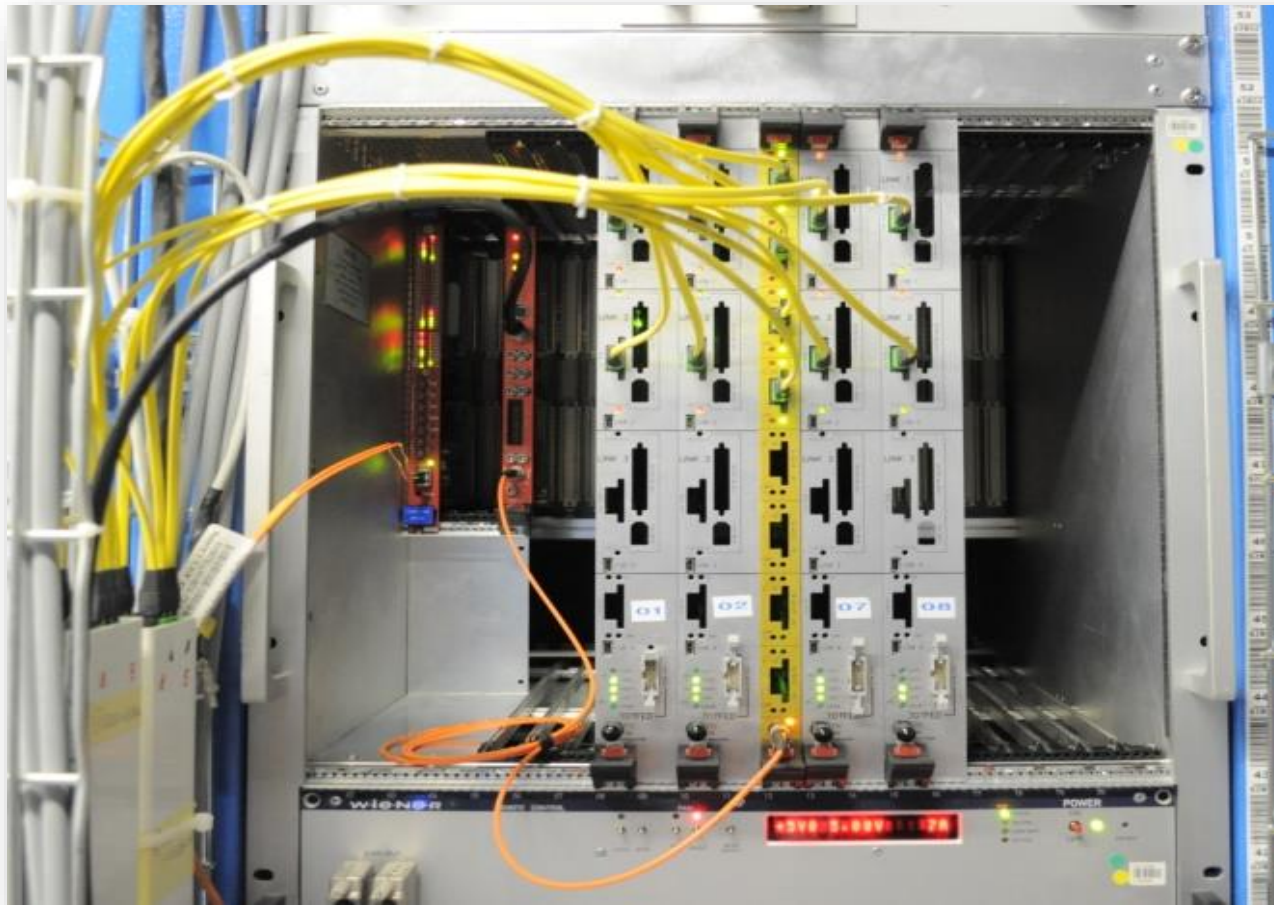
## Електроника при детекторите

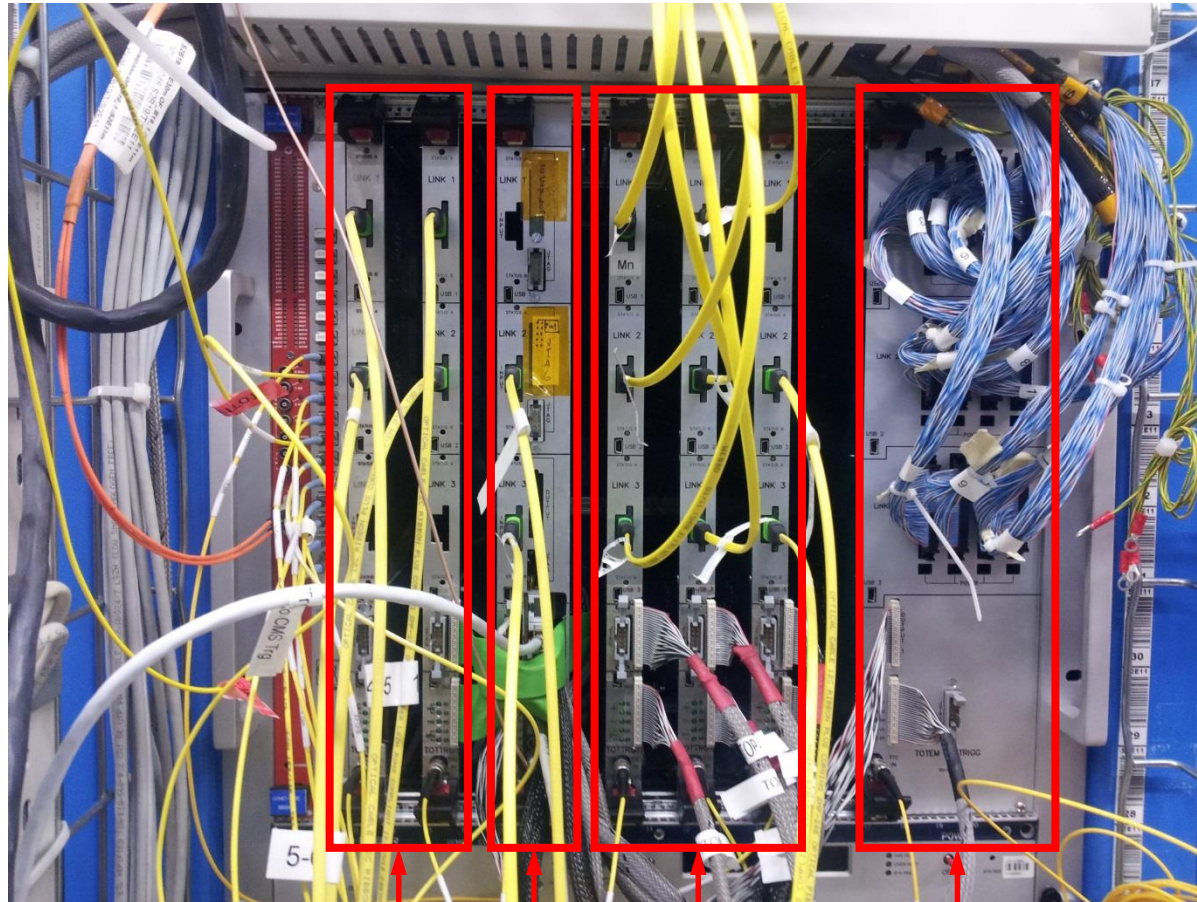


## Електроника в залата за обработка







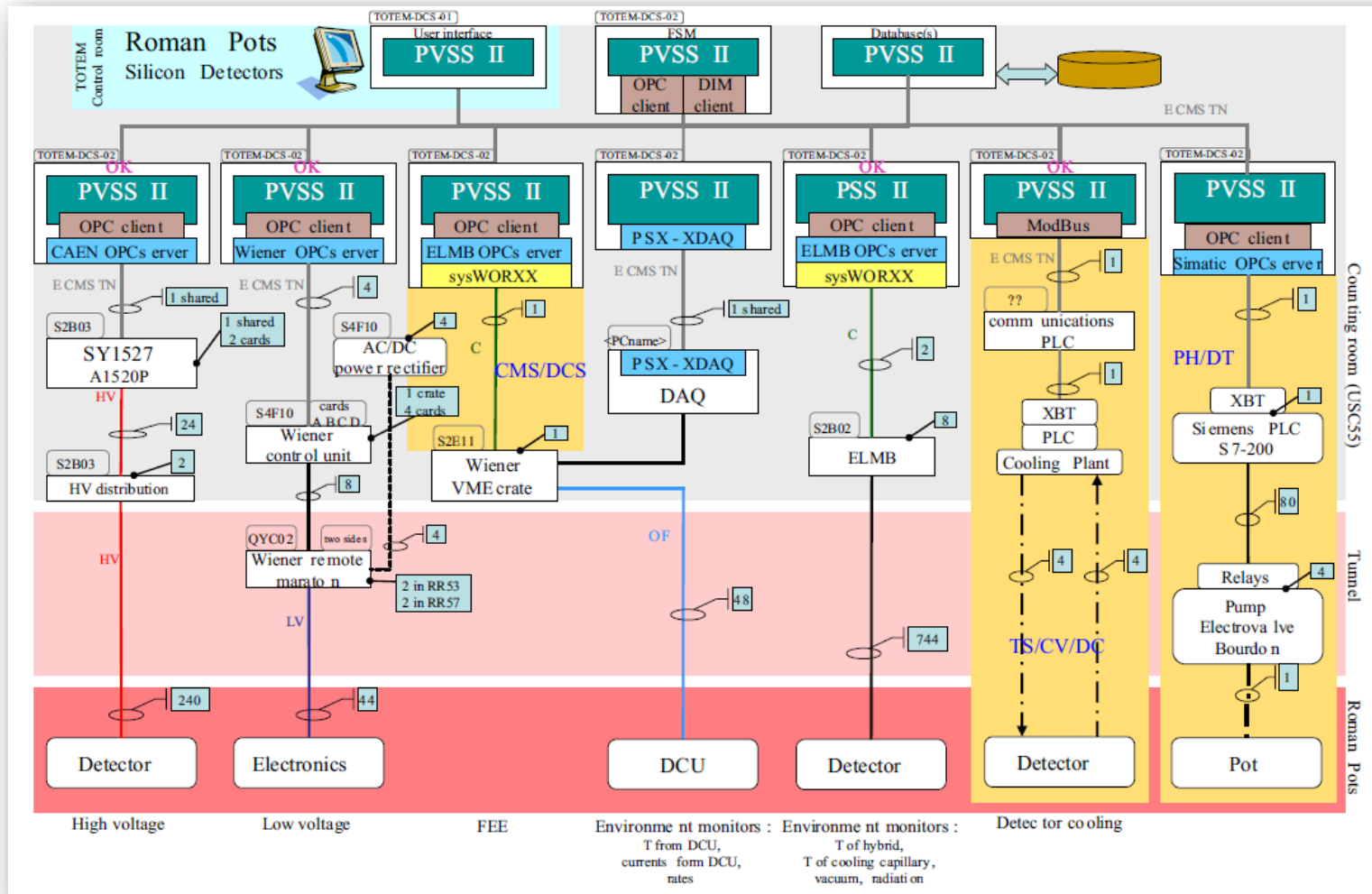


Roman Pot - optical

T1 and T2

Roman Pot - electrical

TOTEM GLOBAL Trigger Board



Предоставена от DCS екипа на TOTEM



- Въведение
- Електроника при детектора
- Електроника в залата за обработка
- Видове системи
- **Обобщение**

- Развитието и усъвършенстването на технологиите в области като микроелектроника, електроника, измервателна техника, системите за събиране и обработка на данни, комуникациите и т.н. позволяват да се създават съвременни системи за физични експерименти.
- Увеличеното бързодействие на предаване на данни в съвкупност с програмируемите компоненти, създаде възможността за изграждането на многоканални устройства за събиране на данни от експеримента.
- Експеримента TOTEM с неговите силициеви детектори беше създаден за сравнително кратък период от 2004 и успешно бяха събирани данни още през 2009 г.
- Създадената за Roman Pot електроника се използва успешно и за другите детектори на TOTEM а така също и за един от детекторите на CMS.
- Силициевите детектори за Roman Pot показват отлични качества и ще се използват за физическите измервания на TOTEM и след голямото спиране (LS1) на ускорителя.
- Усилия за създаването и изграждането на експеримента се отплащат с появата на първите физически резултати, публикувани в международни издания.