

# 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

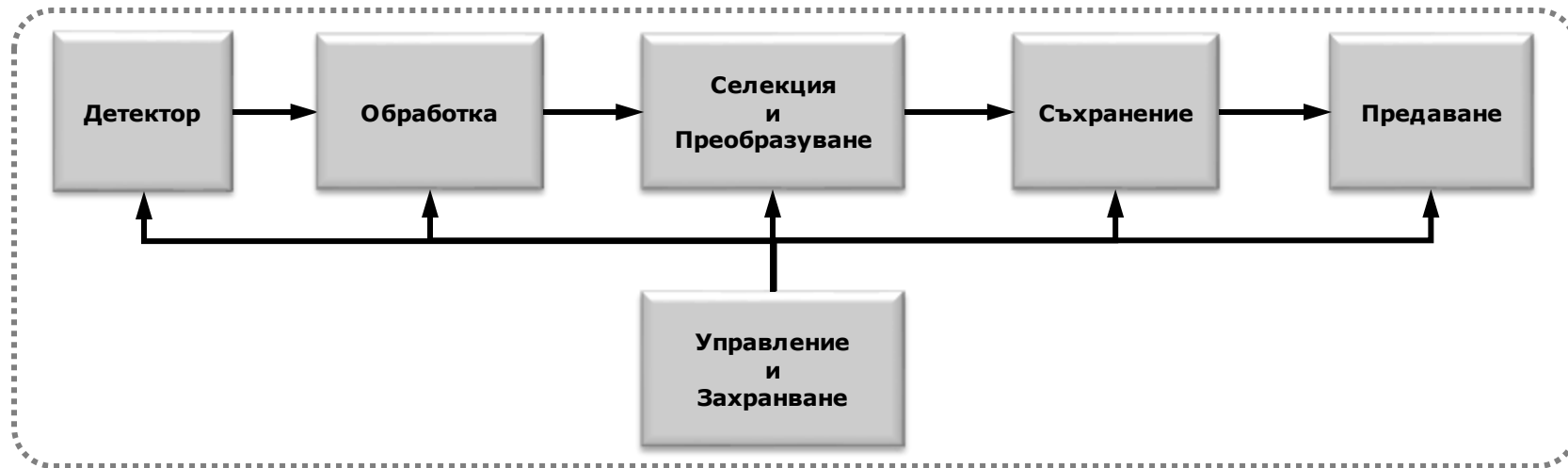
Освен ускорителите във физиката на високите енергии, две са основните групи от технически средства за провеждане на експериментални изследвания:

- Детектори на ядрени лъчения

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

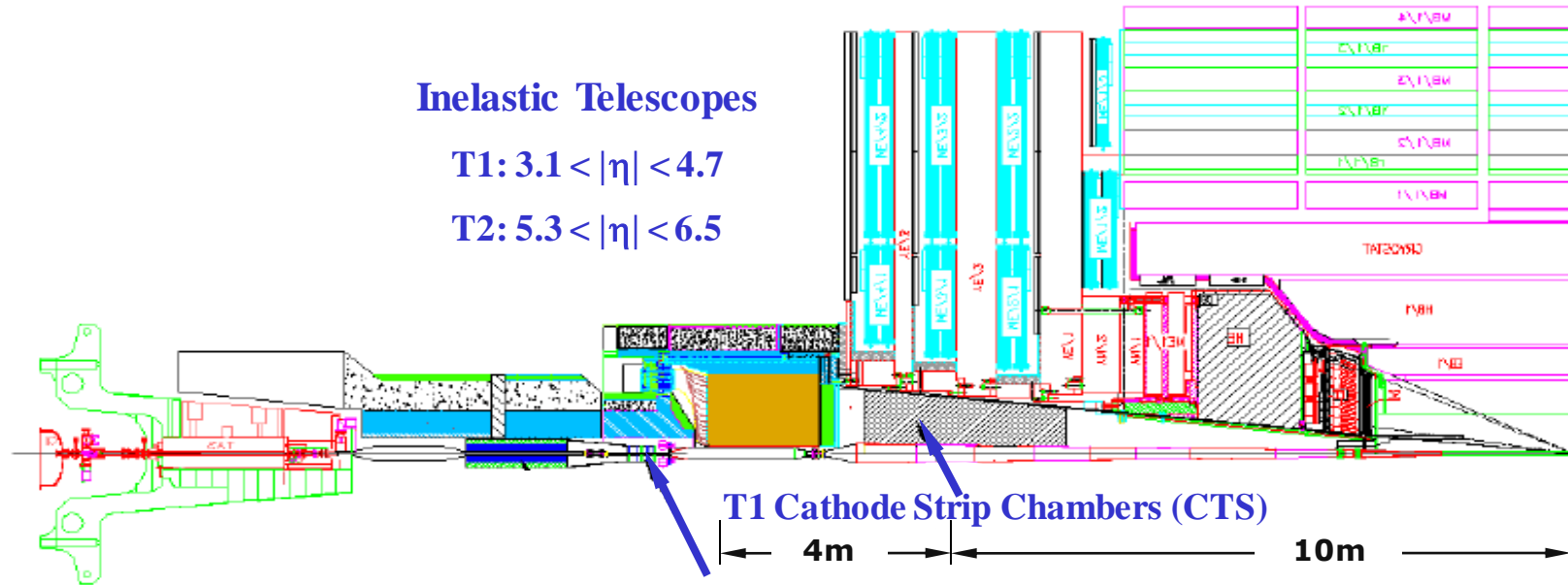
- Електроника и системи

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



Inelastic Telescopes

T1:  $3.1 < |\eta| < 4.7$

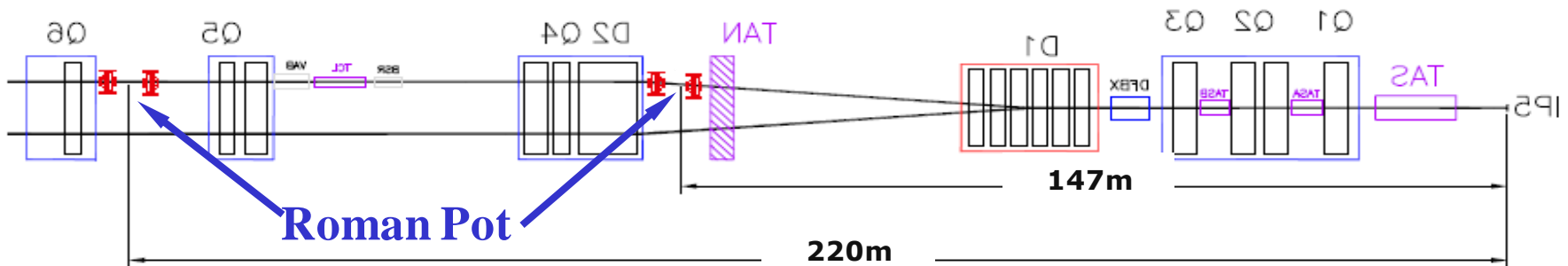
T2:  $5.3 < |\eta| < 6.5$

T1 Cathode Strip Chambers (CTS)

4m

10m

T2 Gas Electron Multiplier (GEM)



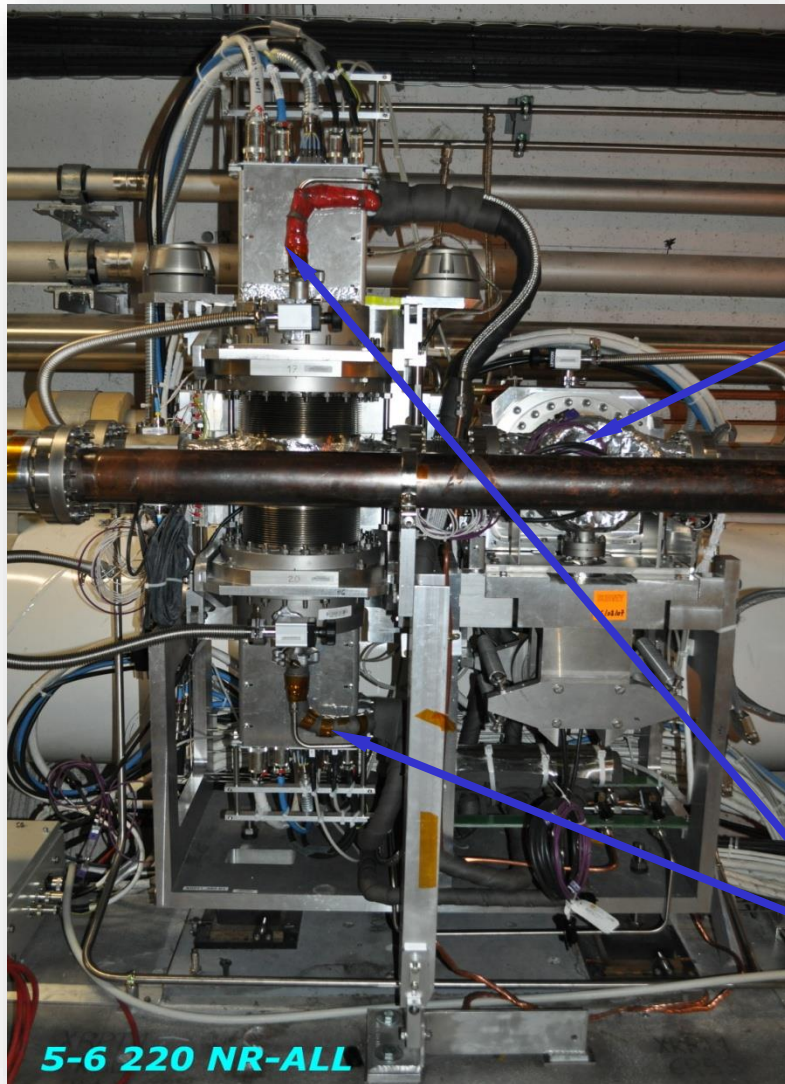
Roman Pot

220m

147m

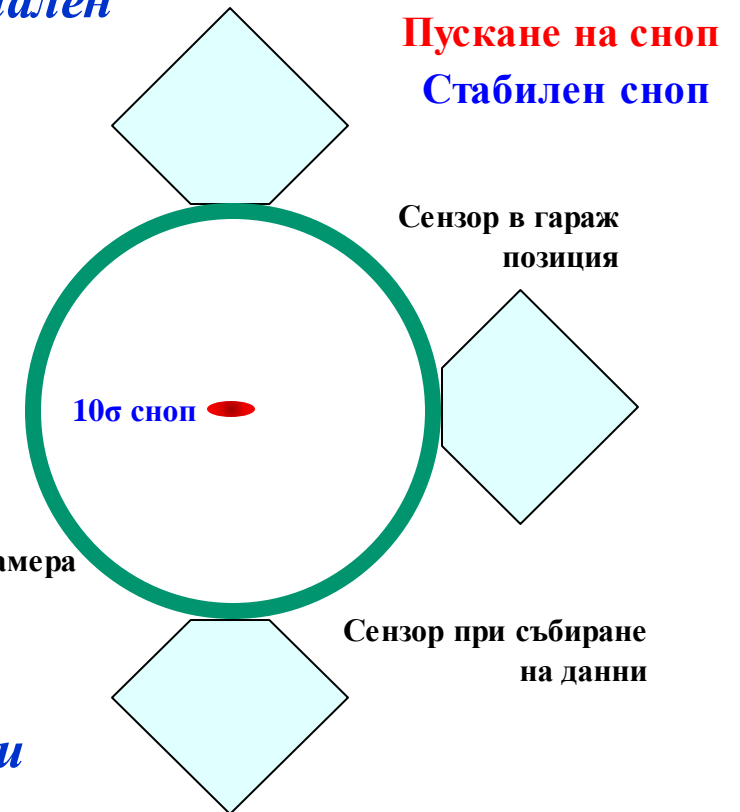
Същите детектори от другата страна на IP5

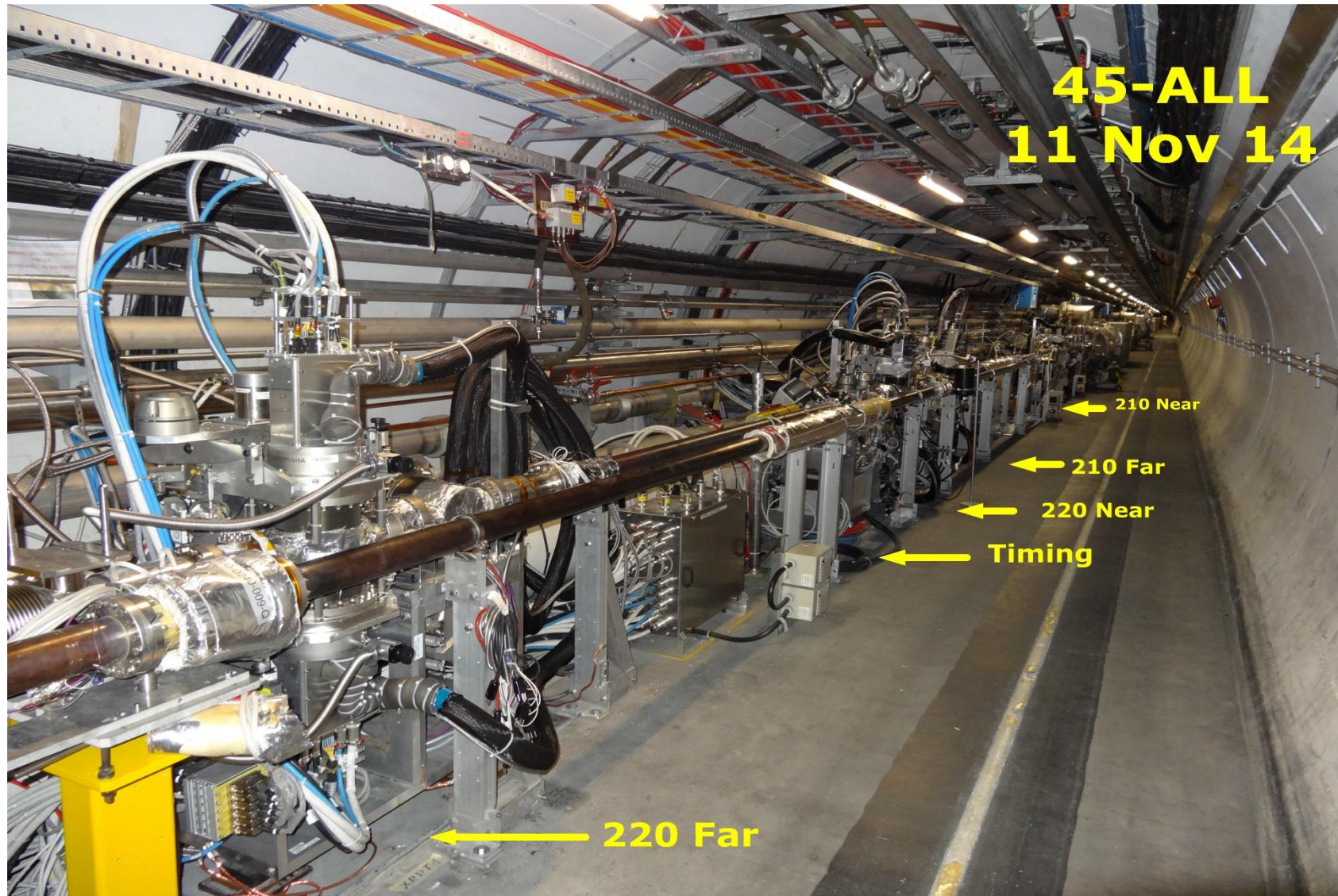
Снимка от сектор 56-220м



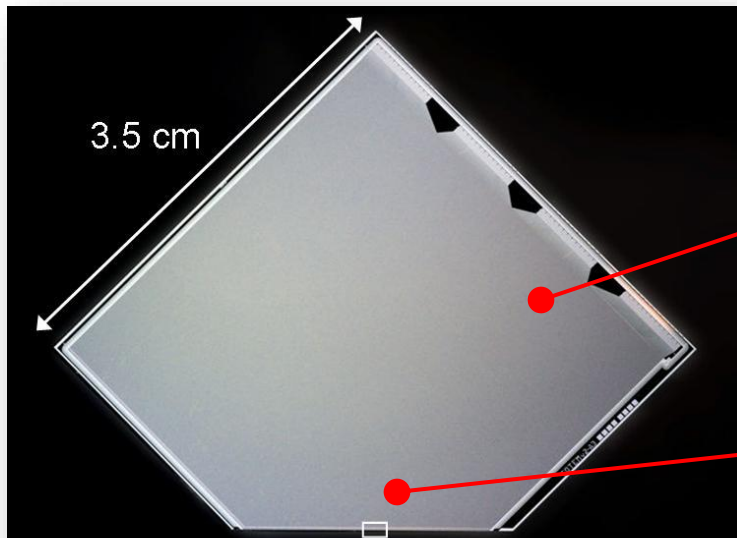
*Хоризонтален*

*Вертикални*







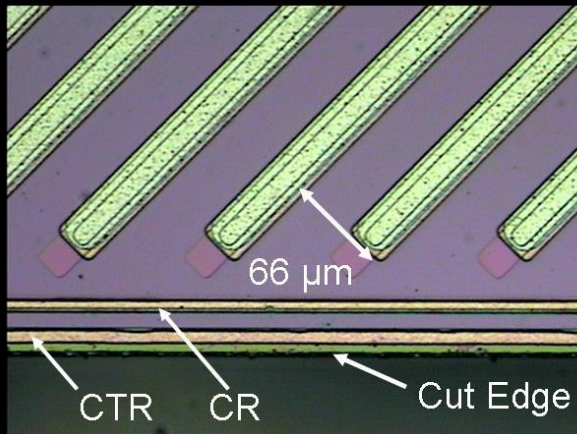


## Технология

- Si n-тип, с дебелина 300 $\mu$ m
- Стандартна планарна технология

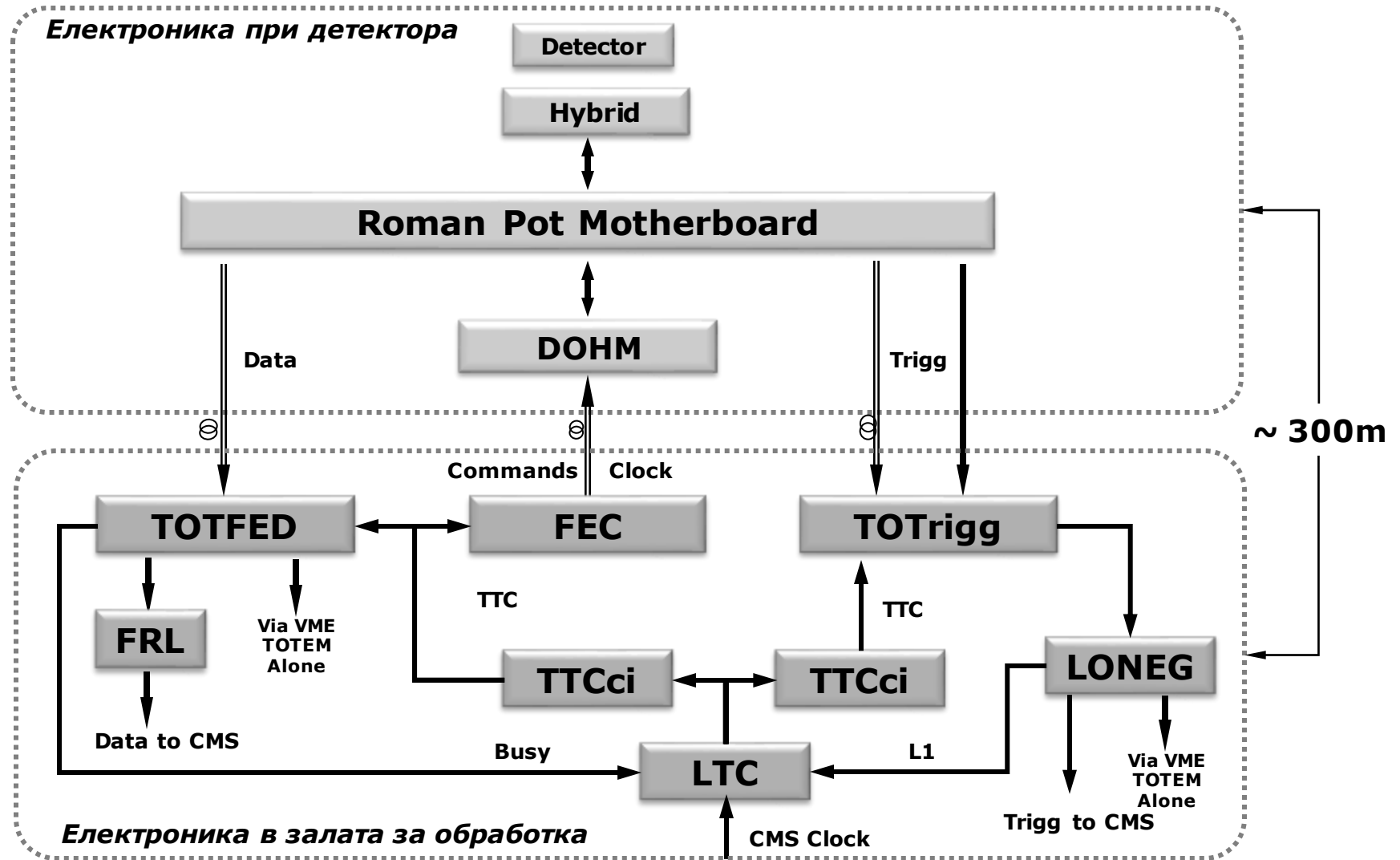
## Дизайн

- Едностраниен детектор, 512 писти на 66  $\mu$ 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)



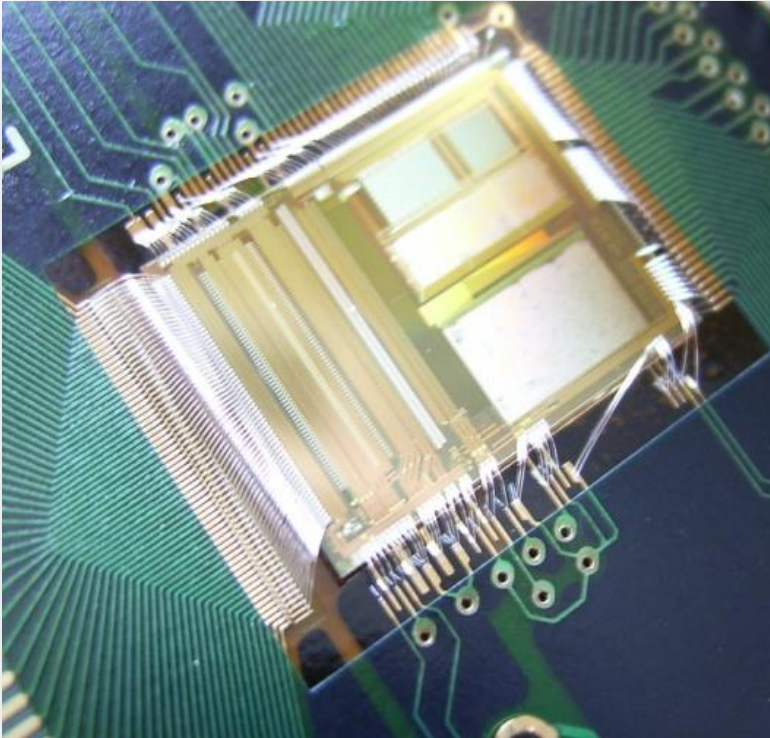
**Само 50 $\mu$ m от края на пистата до края на детектора!**

## Основни блокове



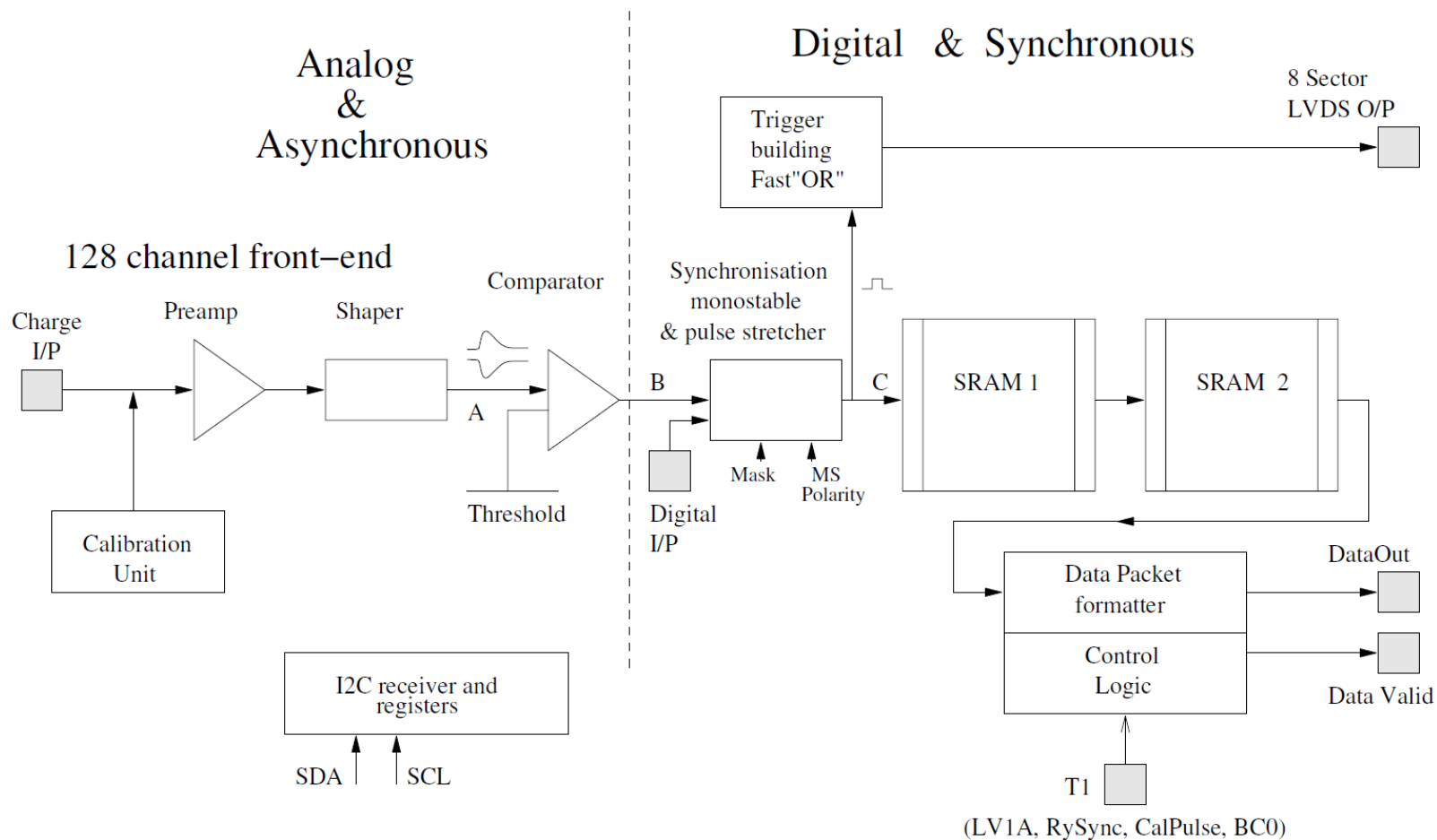
- Въведение
- **Електроника при детектора**
- Електроника в залата за обработка
- Видове системи
- Обобщение

- Съвместима със CMS експеримент, използва компоненти от CERN
- Устойчива на радиация – без програмируеми матрици и т.н.
- Достатъчно бърза за да предаде данни и тригер до залата за събиране на информация ~300м
- Компактна – голямо количество канали
- Хибридна – да интегрира детектор и електроника
- Лесна за управление
- Възможност за програмно изключване на дефектен канал/модул
- Да не пречи на работата на ускорителя



- 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

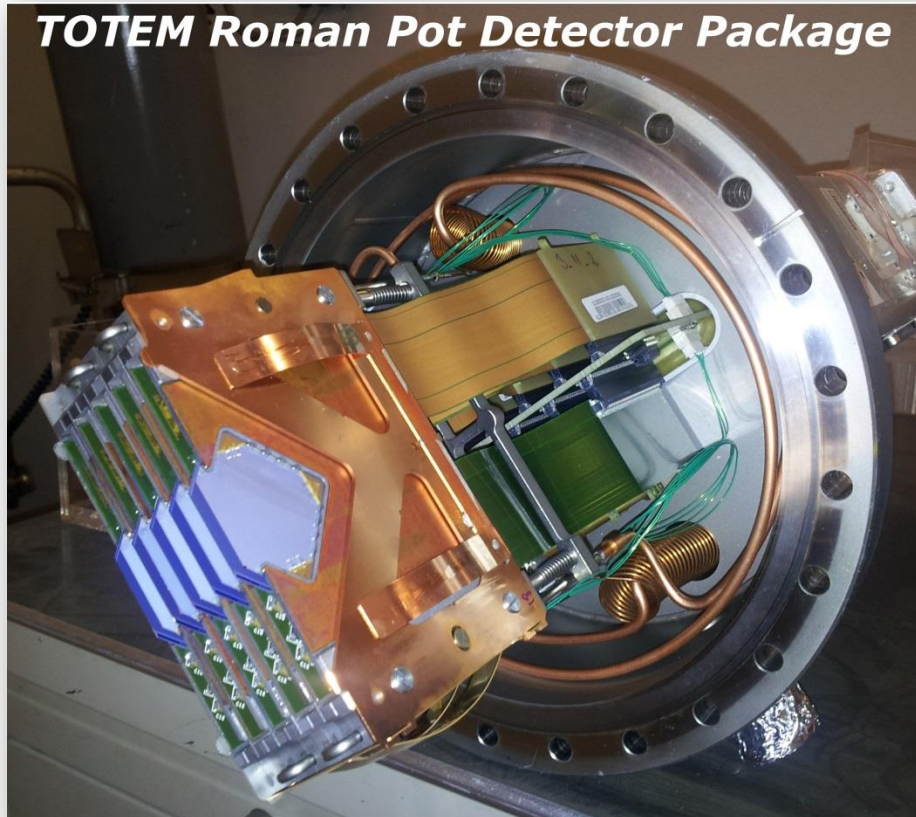
*Снимка на VFAT 2 чип монтиран на хибриден модул*



Снимка

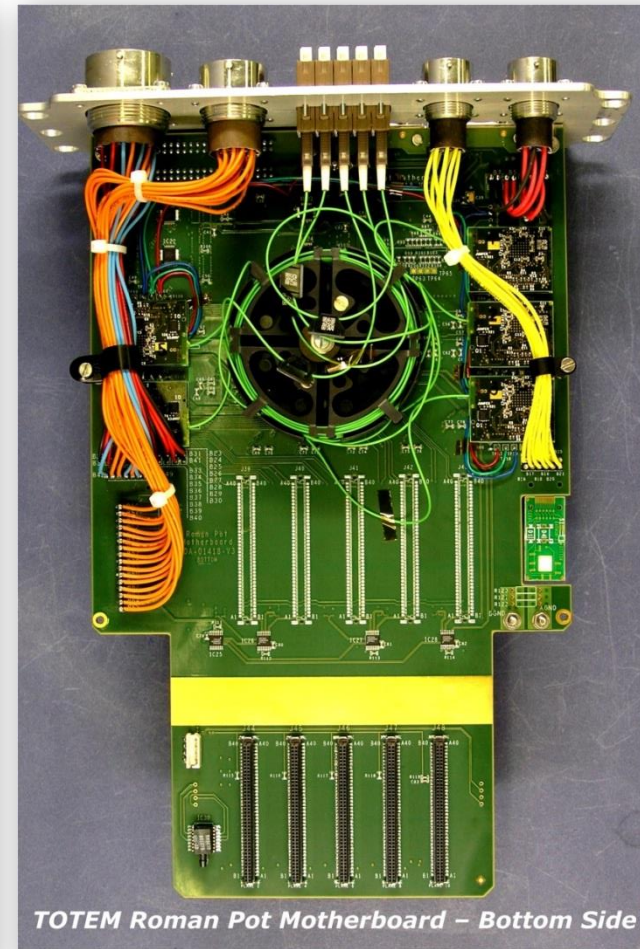


- Съдържа 4 чипа и устройство за контрол
- Свързва се към другата електроника с 80 пинов куплунг и плосък кабел
- По същия куплунг се подава ниско и високо напрежение, синхронизираща честота и се получават данните и тригерните сигнали
- Към 128-те писти на силициевия детектор се свързват директно входовете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

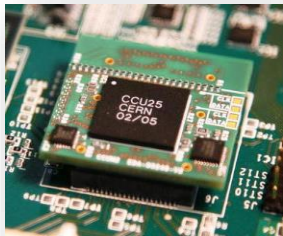


- Съвкупност от 10 хибридни модула
- Фиксирани един срещу друг за да се образуват 2 координати от писти под  $45^\circ$
- Електронните компоненти са монтирани от една страна за да се намали разстоянието между хибридите





- 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



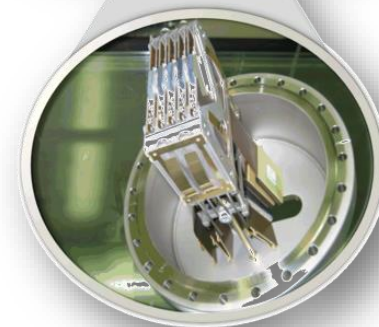
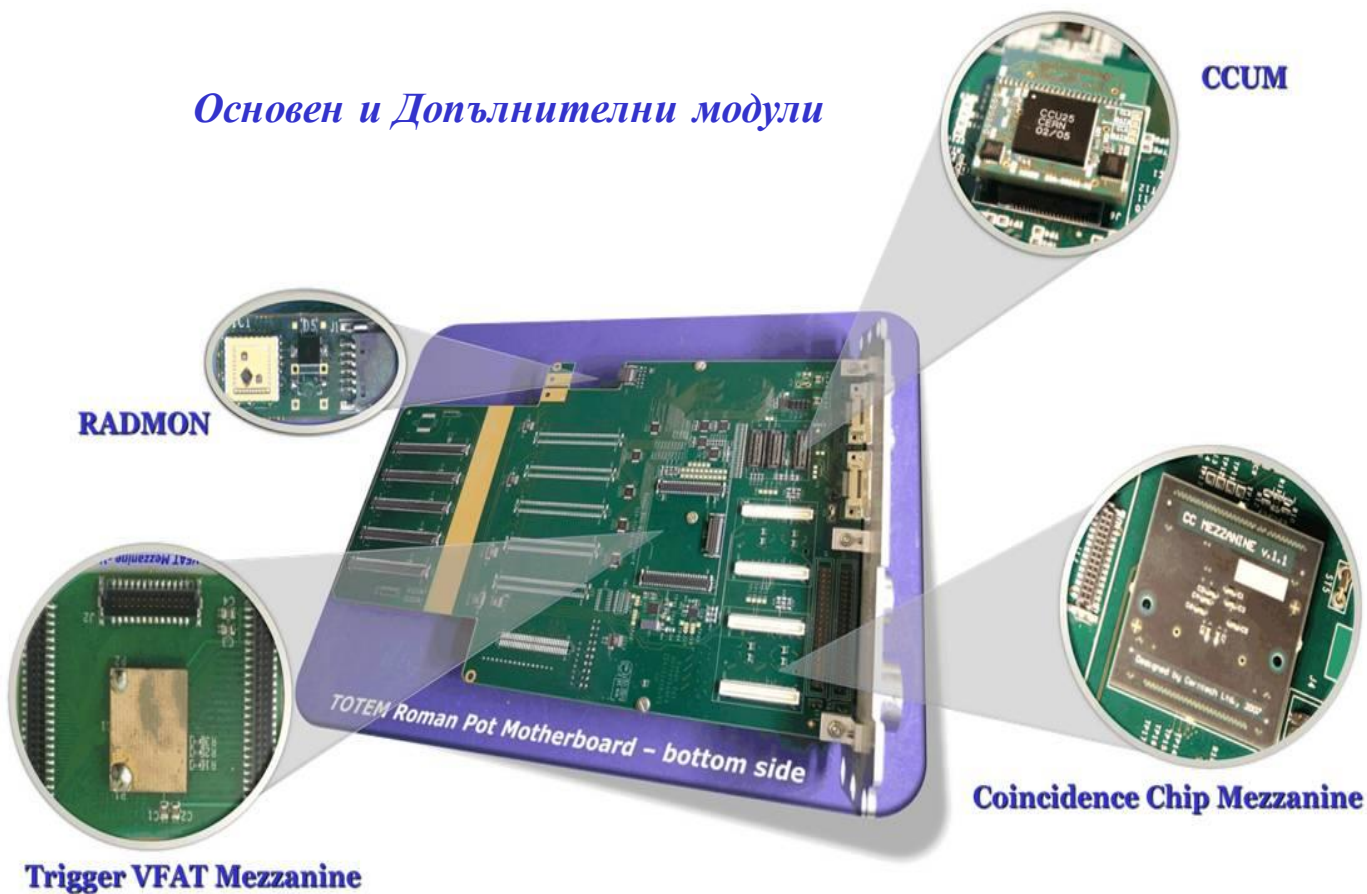
→ **Модул за съвпадение** – прави съвпадение между информацията от две координати U и V



→ **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

- Да получава и обработва данни и тригерна информация от TOTEM детекторите
- Да се използва в системата за събиране и обработка на данни (DAQ) и в тригерната система
- Да използва стандартен интерфейс – в случая VME64x
- Да бъде програмируем в зависимост от нуждите на различните детектори
- Да се използва по възможност за времето на целият експеримент
- Получава данни от 36 оптични интерфейса:
  - Извършва проверка, редукция и пакетиране на данните
  - Предава данните на следващото ниво чрез няколко вида интерфейса
- Съвместимост със CMS:
  - Осигурява работа в индивидуален режим на TOTEM а така също и със CMS

### Gigabit Optical INPUT

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

### S-Link64 OUTPUT

480MB/s 64bit@60MHz

### USB2.0 OUTPUT

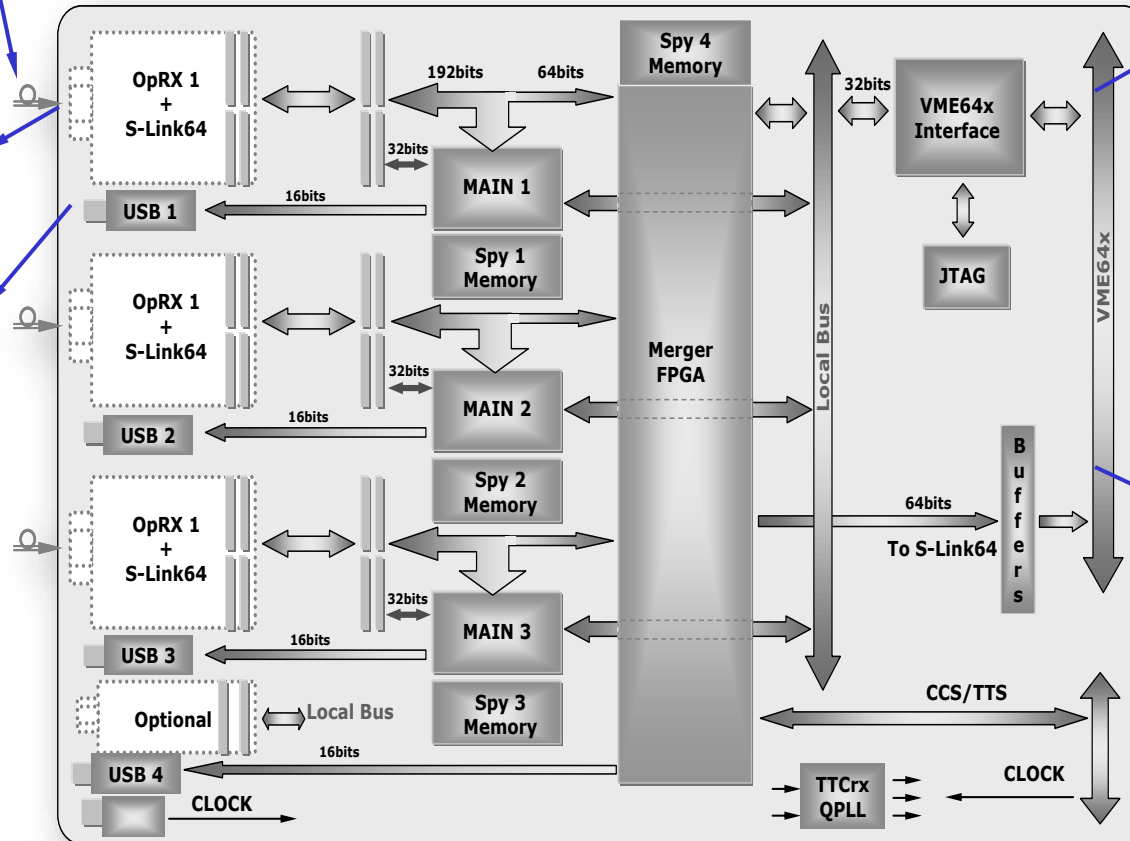
480Mb/s – high  
12Mb/s – full  
320Mb/s – effective

### VME64x OUTPUT

40MB/s BLT

### S\_Link64 OUTPUT

480MB/s 64bit@60MHz



### 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*

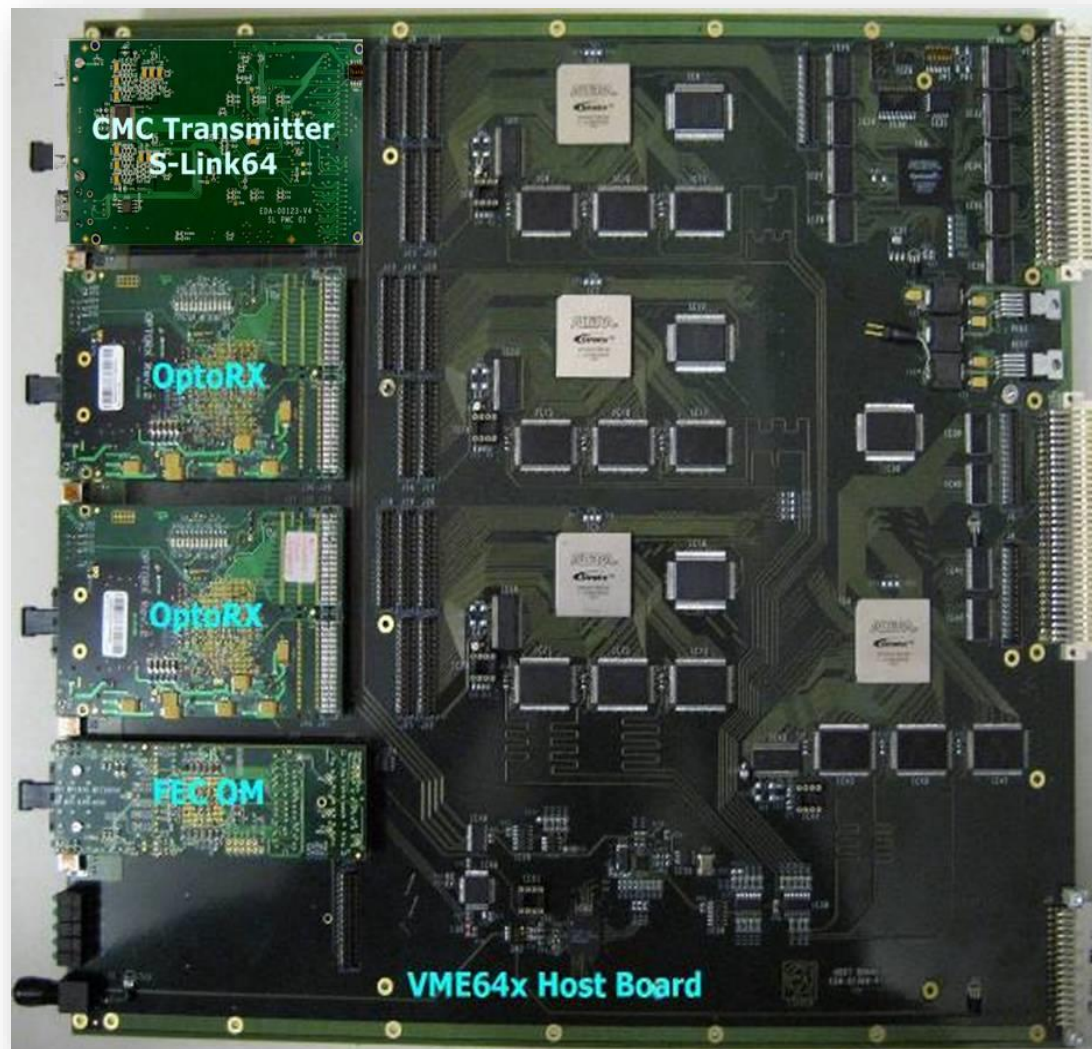


- Получава данните от 36 оптични интерфейса
- Преобразува информацията в цифров вид
- Пакетира и предава на следващото ниво



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

*S-Link64 - предавател*

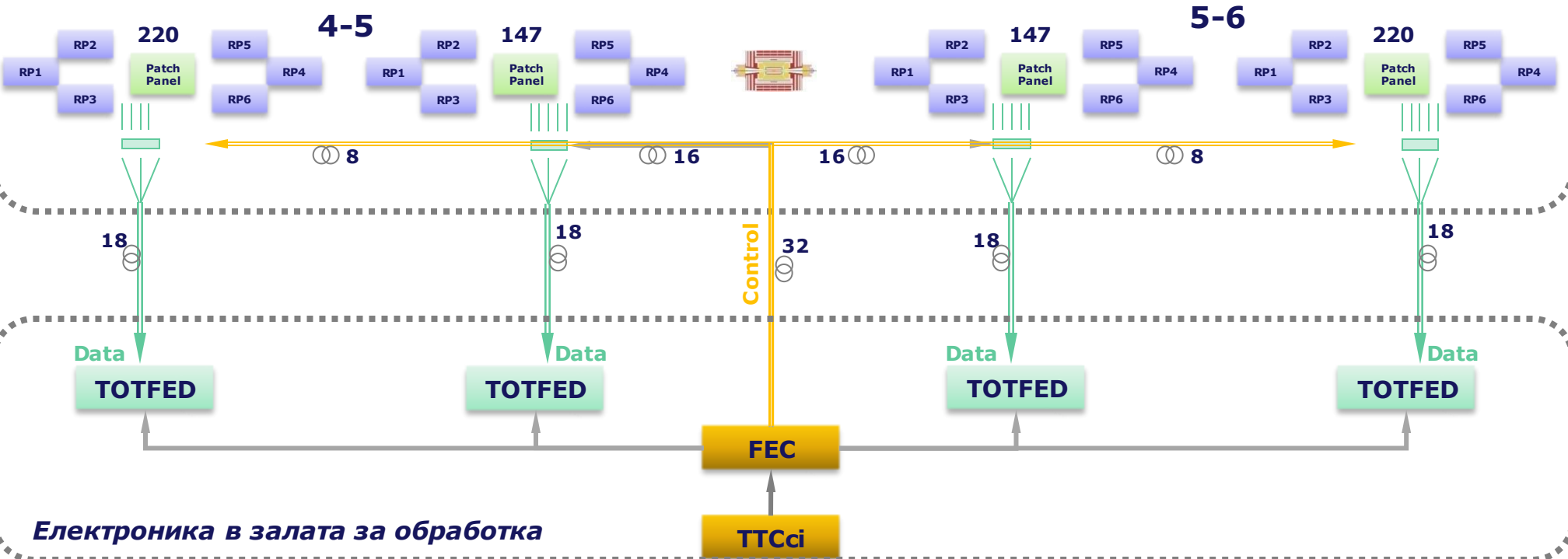




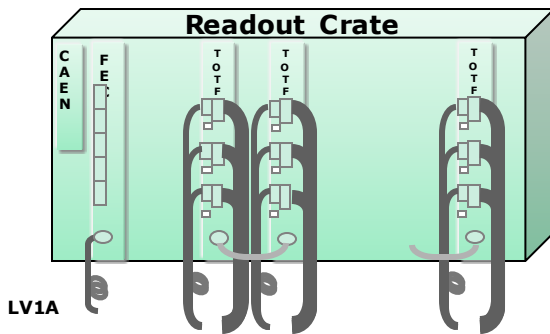
- Въведение
- Електроника при детектора
- Електроника в залата за обработка
- **Видове системи**
- Обобщение

- Да са модулни, базирани на VME64x стандарт
- Да са съвместими със CMS:
  - За работа в индивидуален режим на TOTEM а така също и със CMS
  - Използвайки общи компоненти за:
    - Синхронизация и разпределение на командите
    - Контрол
    - Предаване на данни и тригер информация
- Компонентите да се използват в системите за DAQ и Тригер
  - Програмна съвместимост между различните TOTEM детектори

## Електроника при детекторите



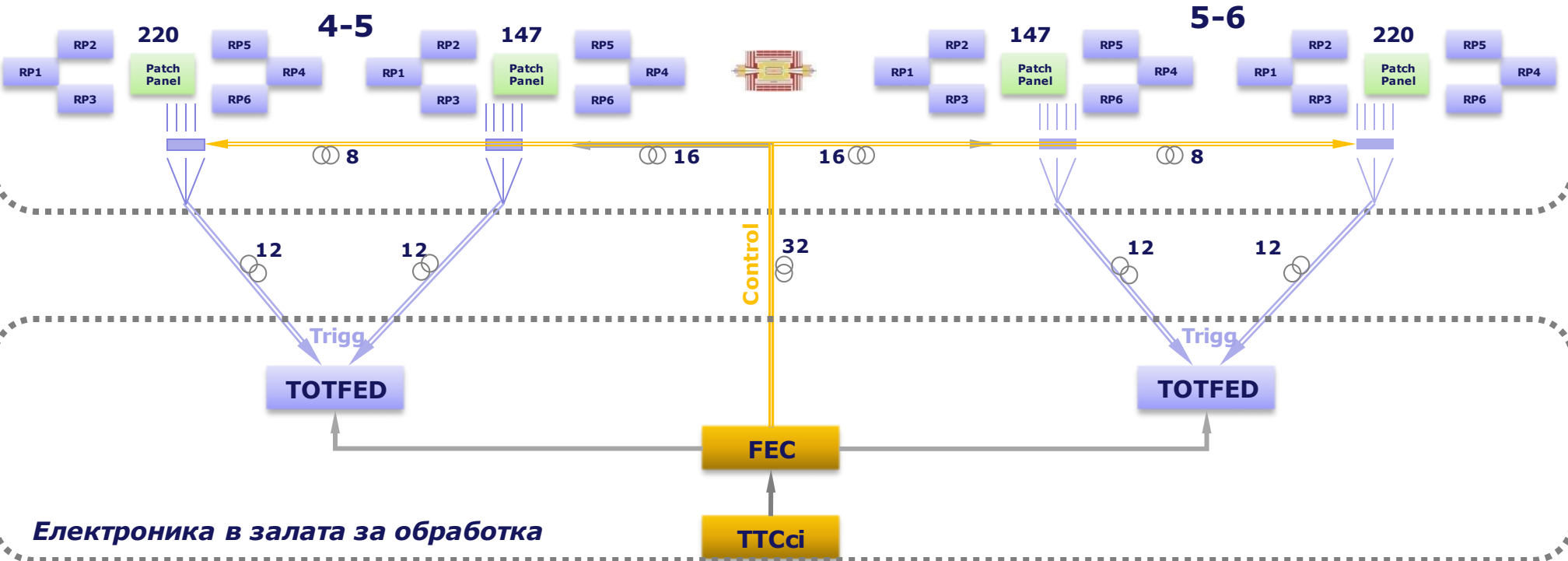
## Електроника в залата за обработка



## Система за събиране и обработка на данни

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

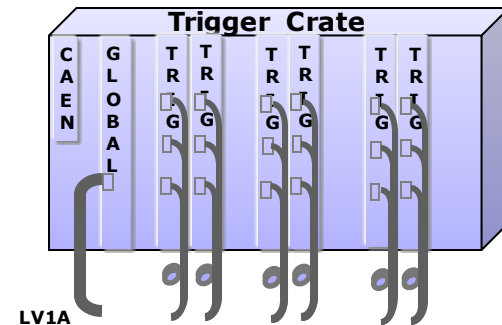
## Електроника при детекторите



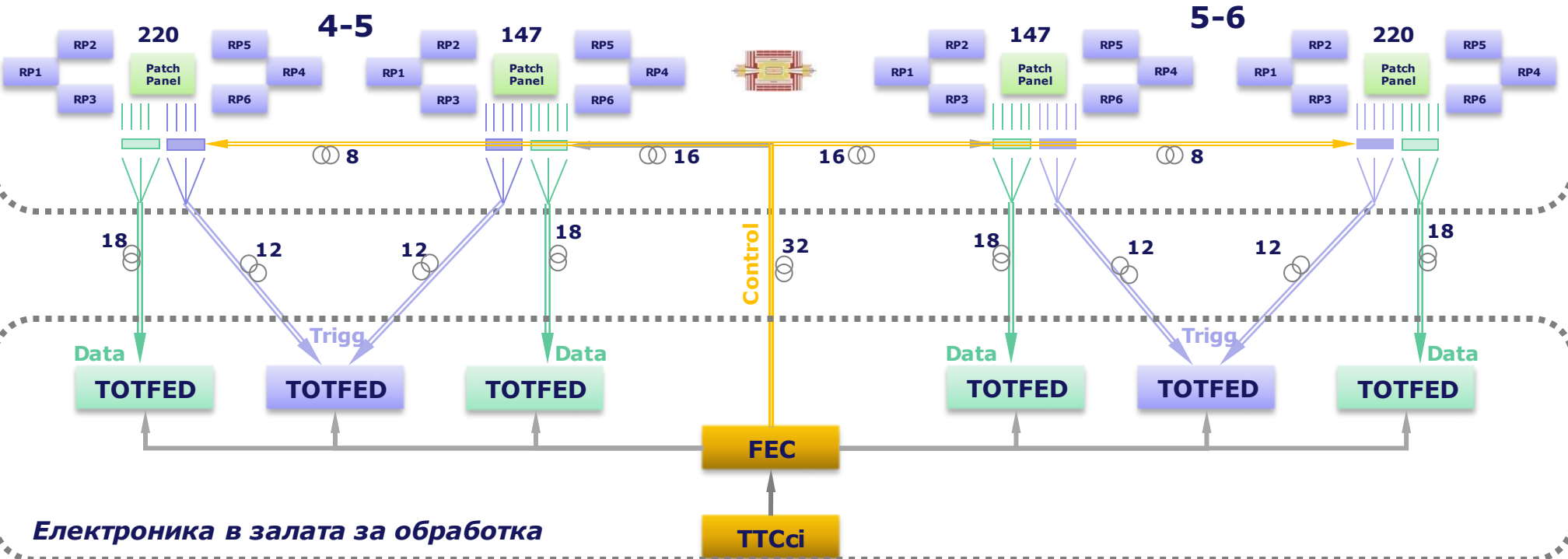
## Електроника в залата за обработка

### Тригерна Система

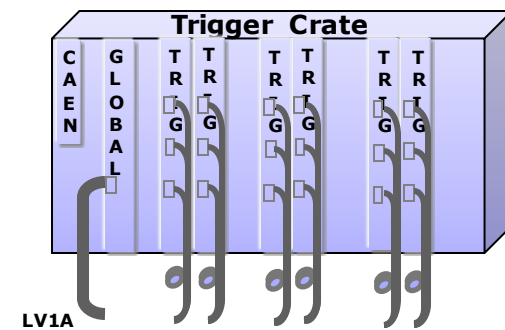
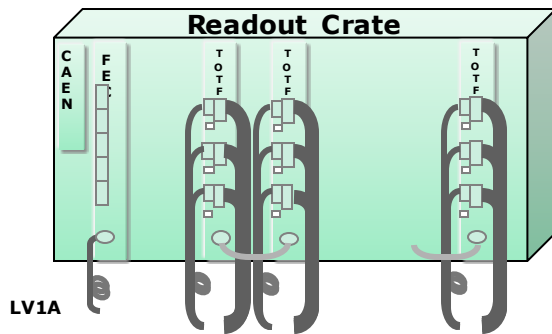
- 12 оптични интерфейса на станция за 2 основни модула TOTFED
- 2 електрически интерфейса на  $\frac{1}{2}$  станция за 4 основни модула TOTFED

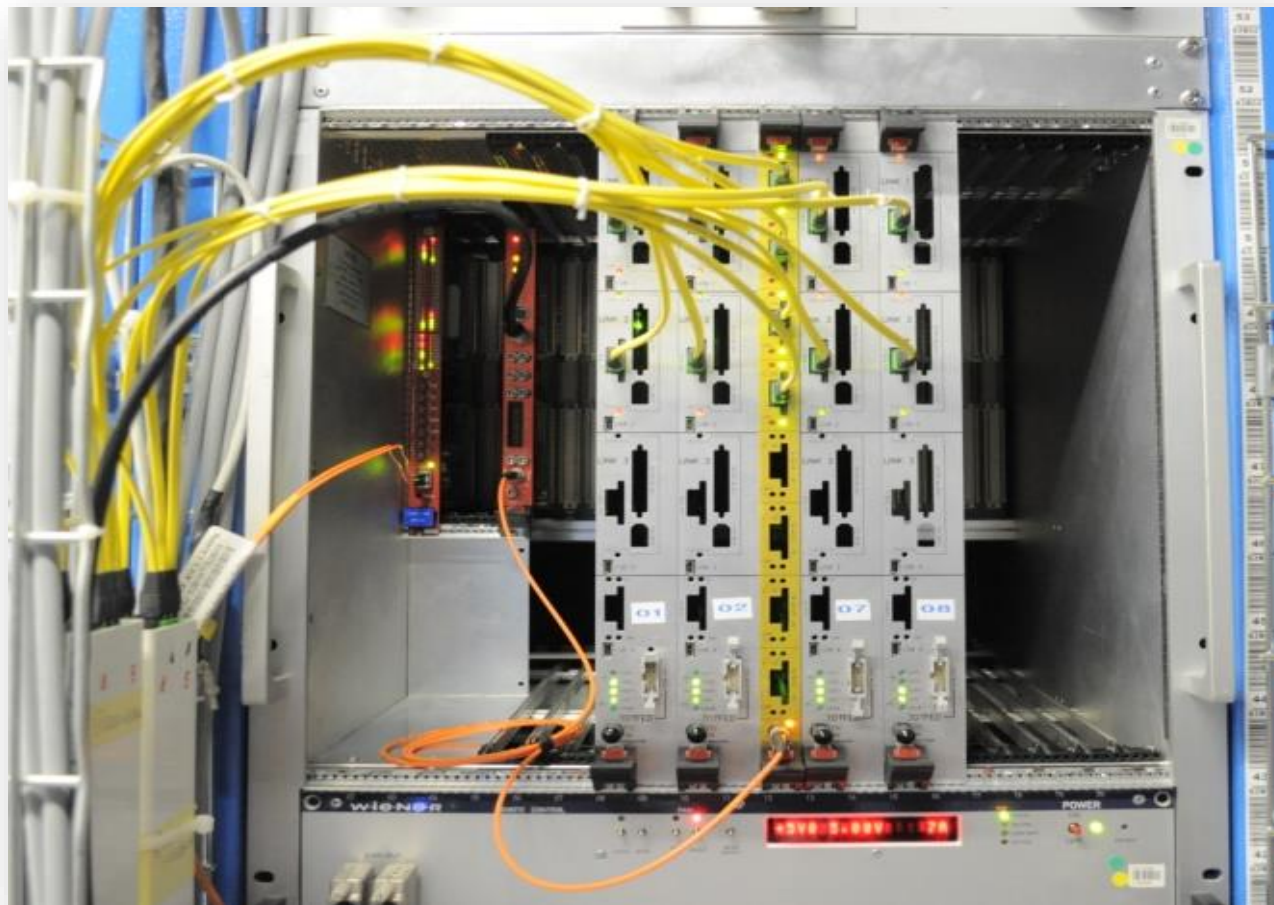


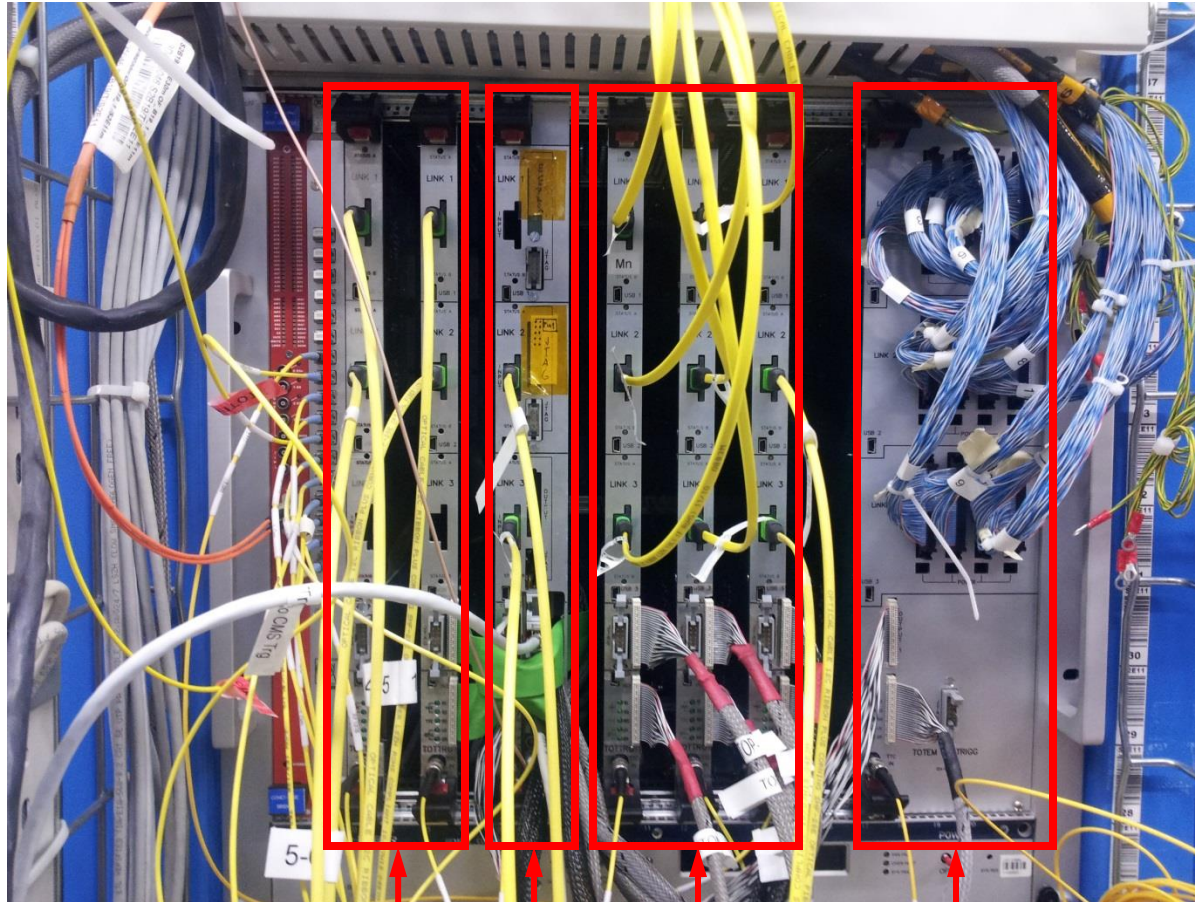
## Електроника при детекторите



## Електроника в залата за обработка





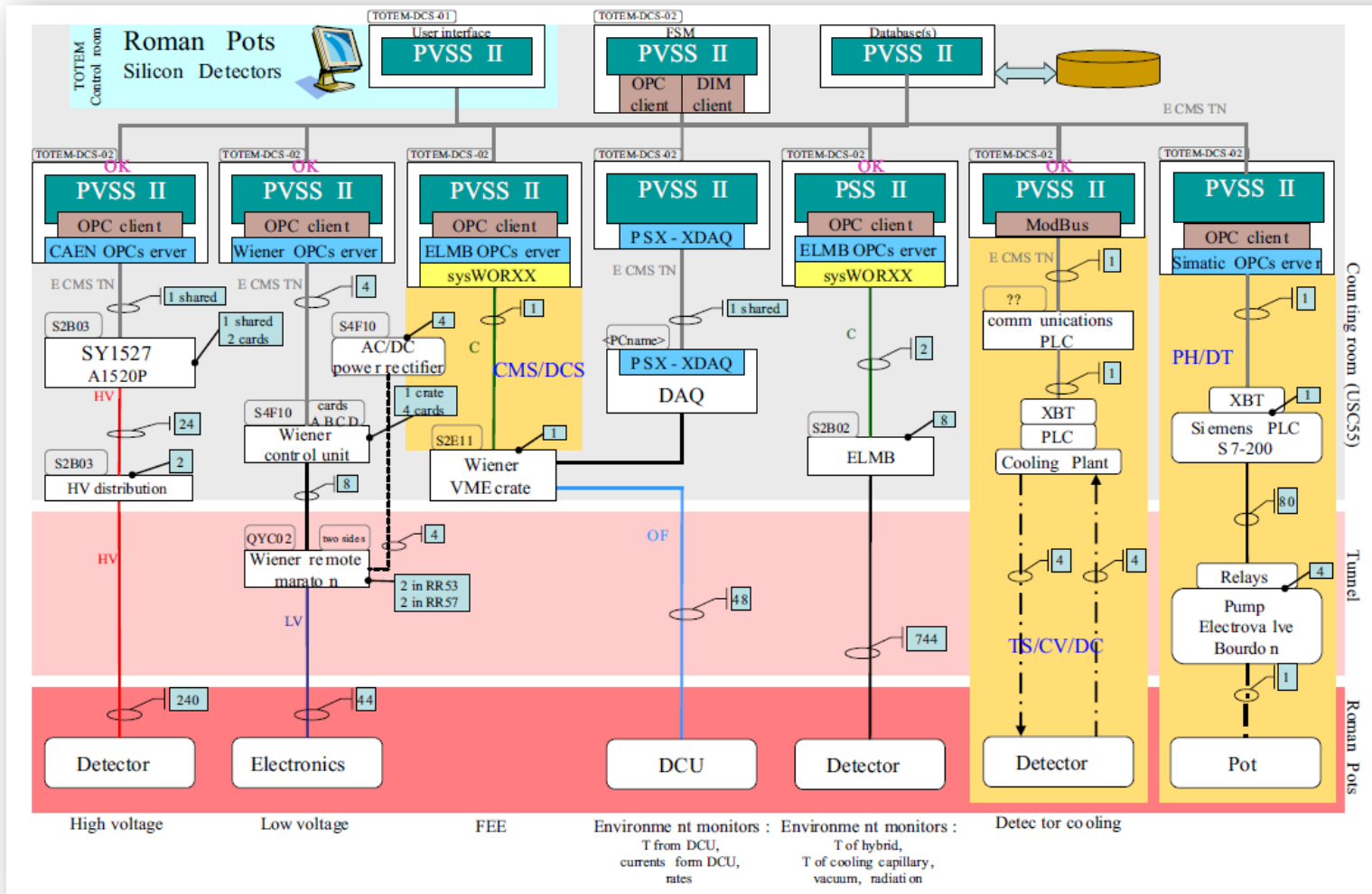


Roman Pot - optical

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.