# Електроника

# TOTEM експеримент

**Георги Анчев**

**ИЯИЯЕ – БАН, София, България**

Gueorgui.Antchev@cern.ch

# Съдържание

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

# Съдържание

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

# Въведение

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

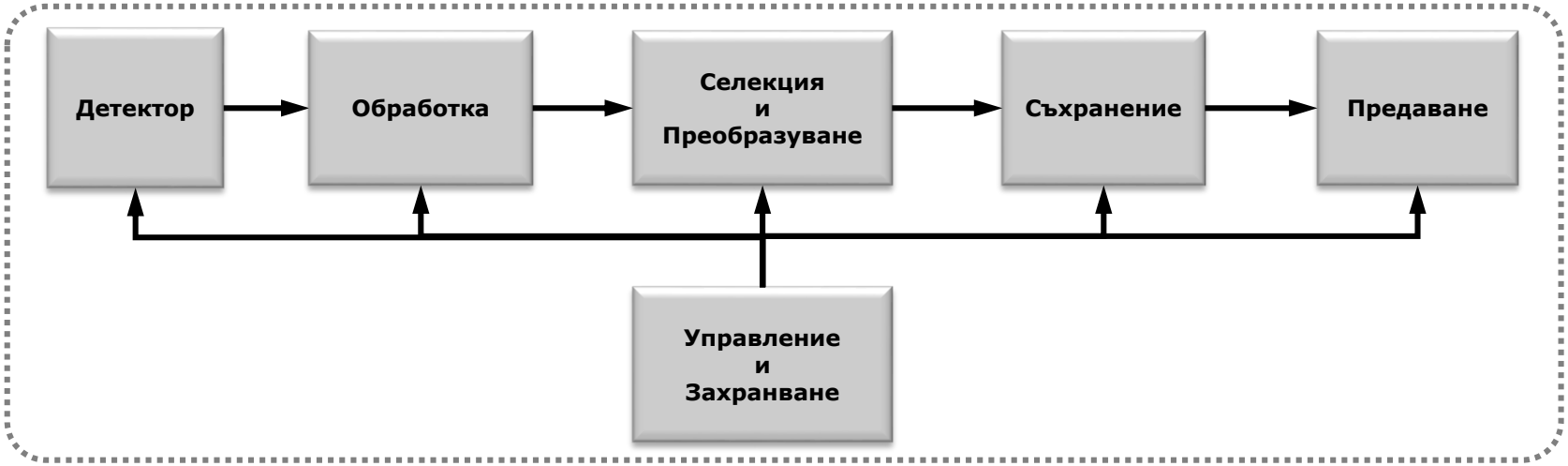
- <u>Детектори на ядрени лъчения</u>

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

- <u>Електроника и системи</u>

  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.

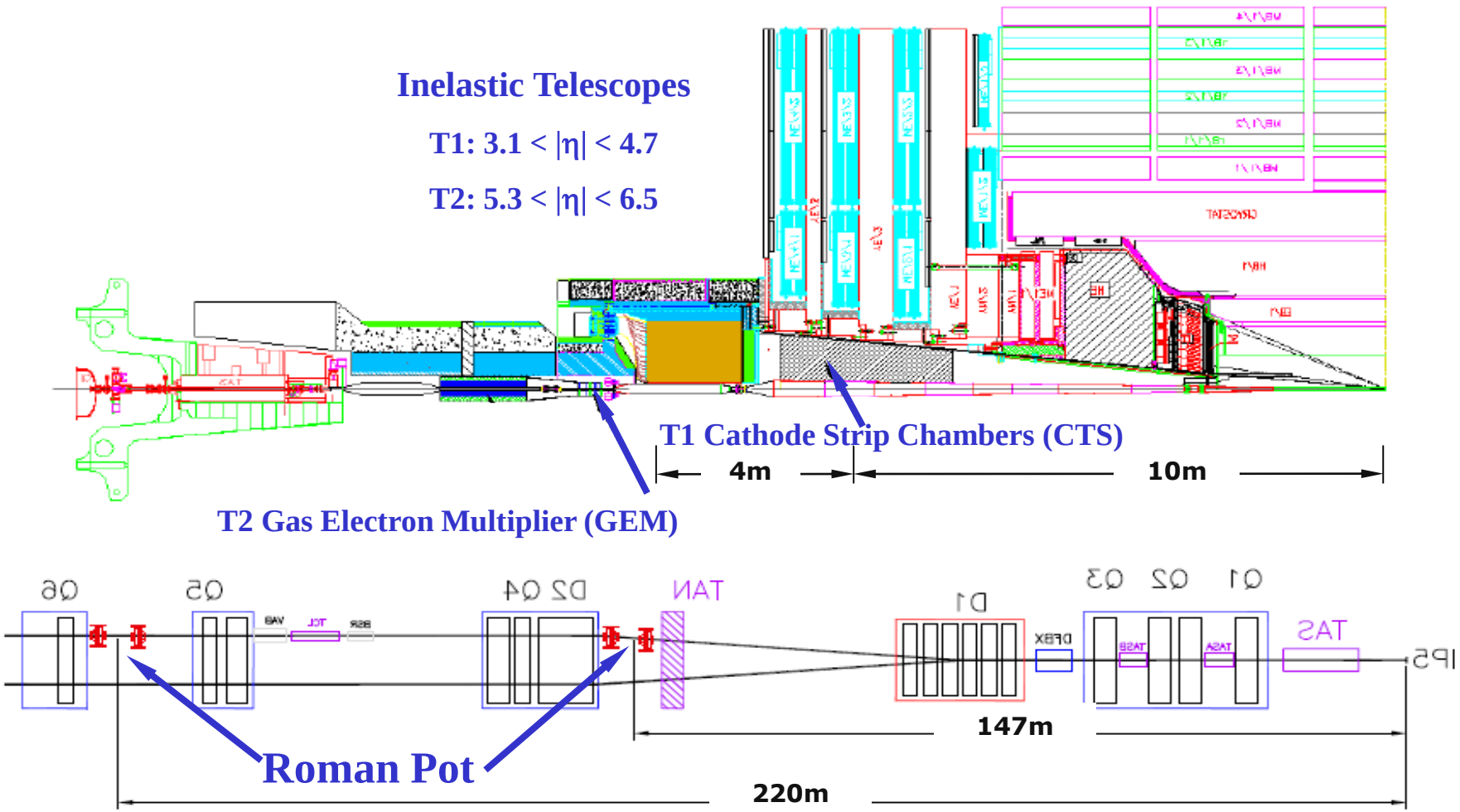
# Ядрени Устройства - Структура




Общата структура съдържа следните основни блокове:

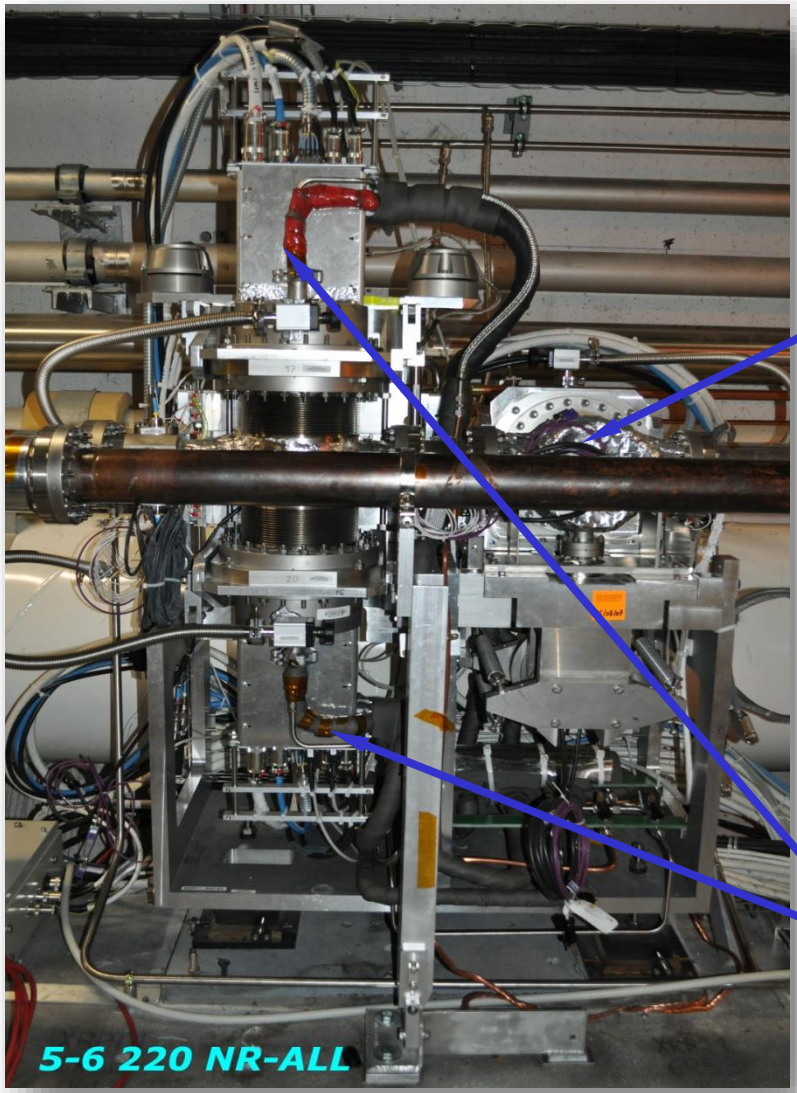
- Детектор – преобразува енергията на лъчението най-често в електрическа
- Блок за обработка – приема сигнала от детектора и променя формата му
- Селекция и преобразуване – сигналите от детектора се групират по параметри и често се преобразуват в цифров вид
- Съхранение – запомня се информацията за следващ 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

# TOTEM Детектори




## Същите детектори от другата страна на IP5

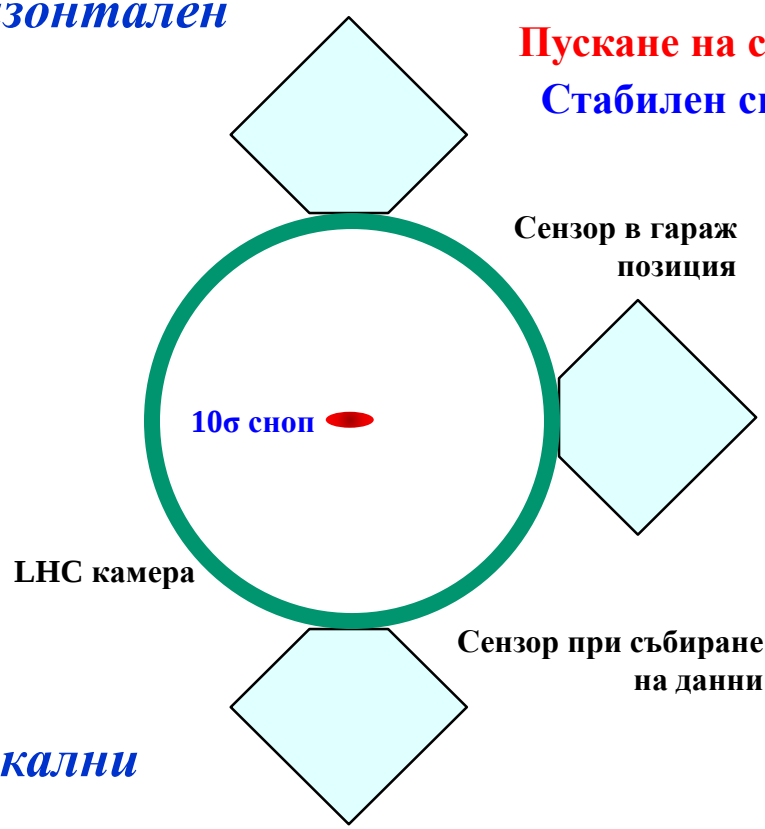
# Roman Pot



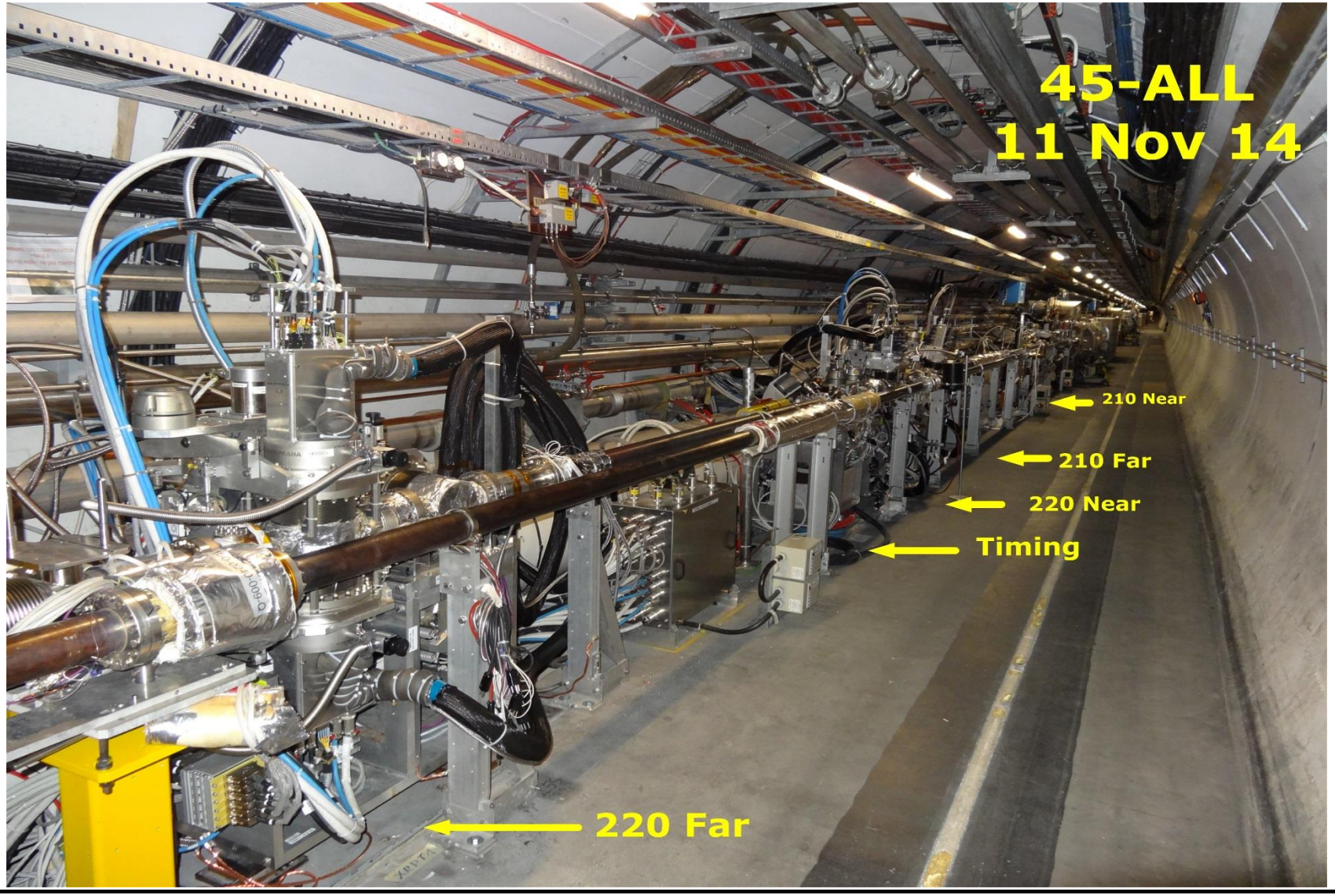

*Снимка от сектор 56-220м*

*Хоризонтален*

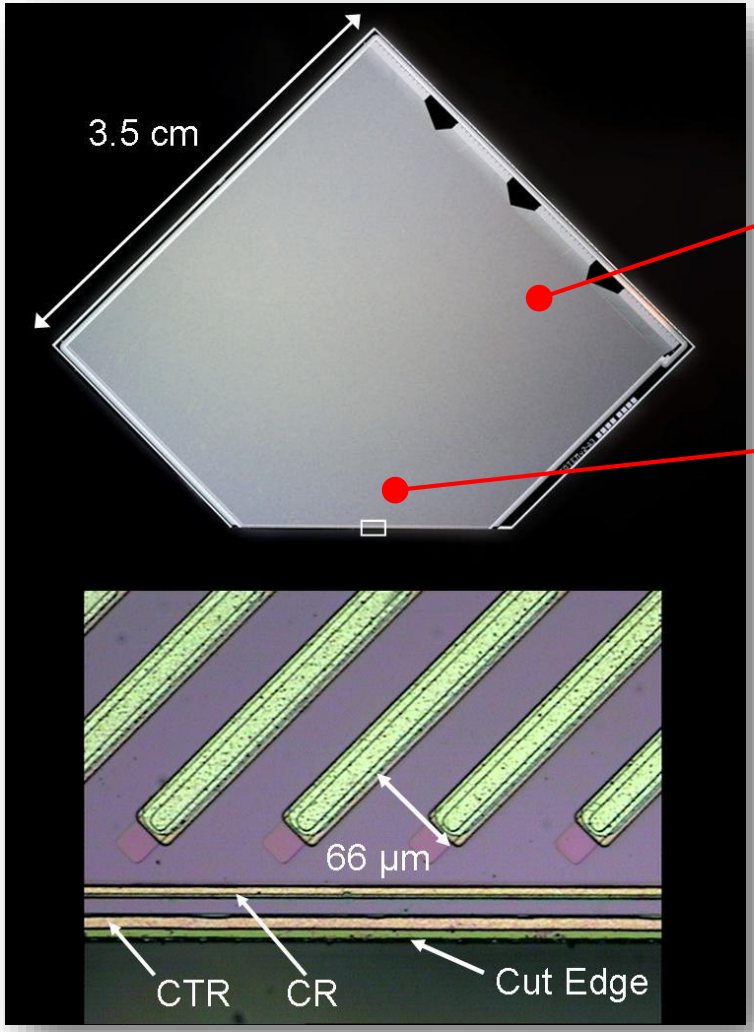
*Вертикални*



# Roman Pot - Инсталация



# Силициев Детектор




**Само 50µm от края на пистата до края на детектора!**

## Технология

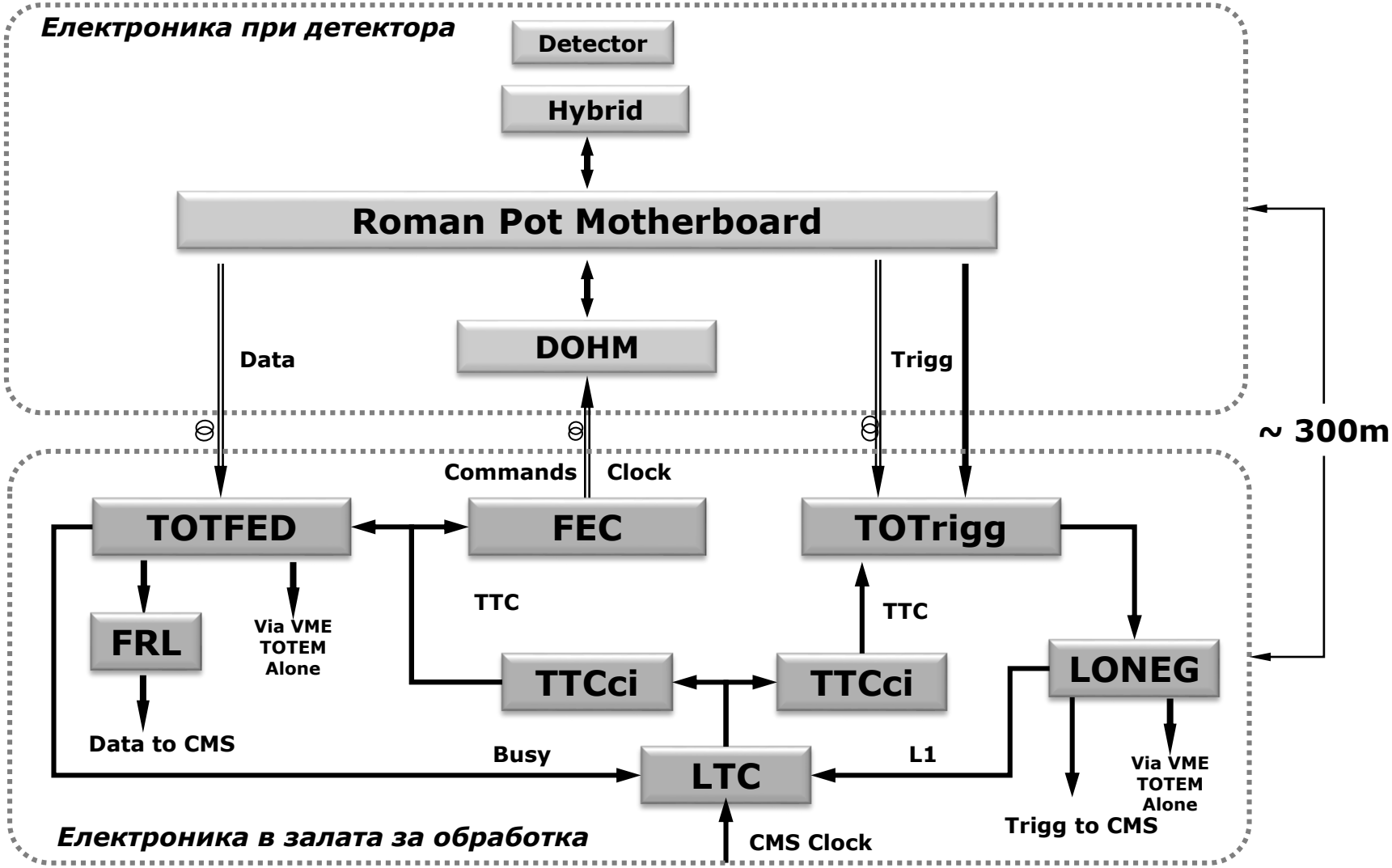
- Si n-тип, с дебелина 300um
- Стандартна планарна технология

## Дизайн

- Едностранен детектор, 512 писти на 66 µm 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)

# Roman Pot - Електроника

*Основни блокове*



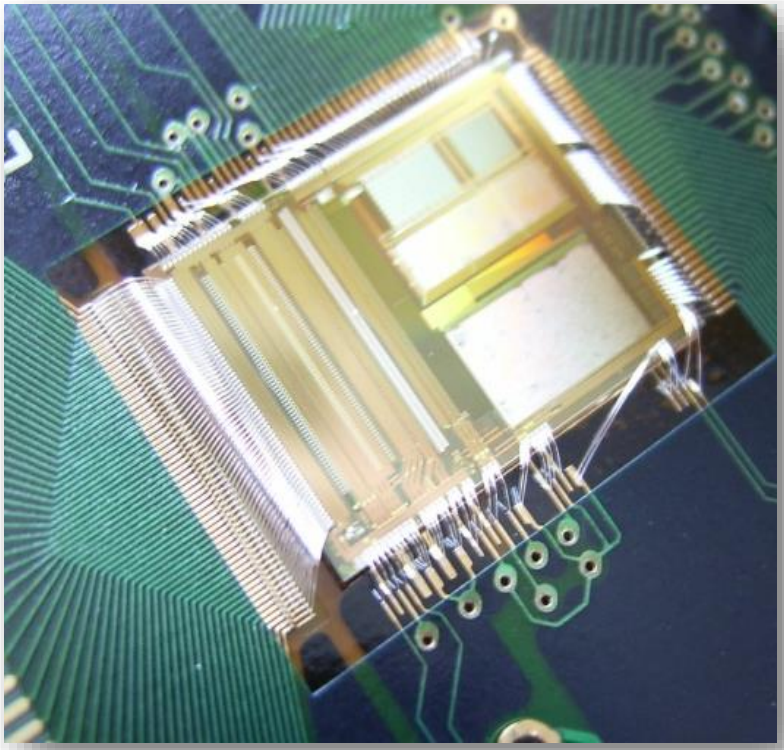
# Съдържание

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

# Основни Изисквания

- 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

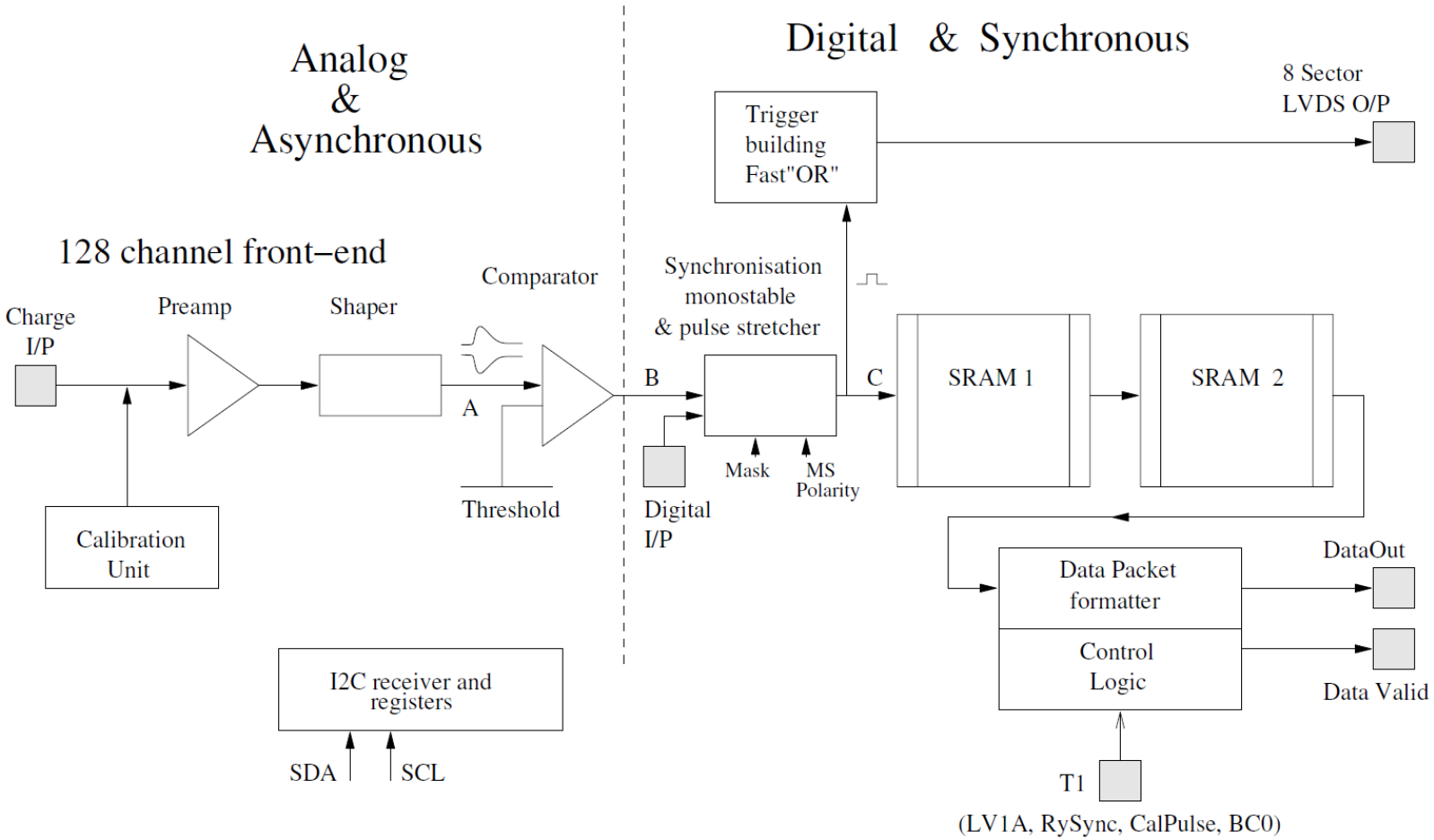
# Основен чип – VFAT 2



*Снимка на VFAT 2 чип монтиран на хибриден модул*

- 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

# VFAT 2 – Блокова схема

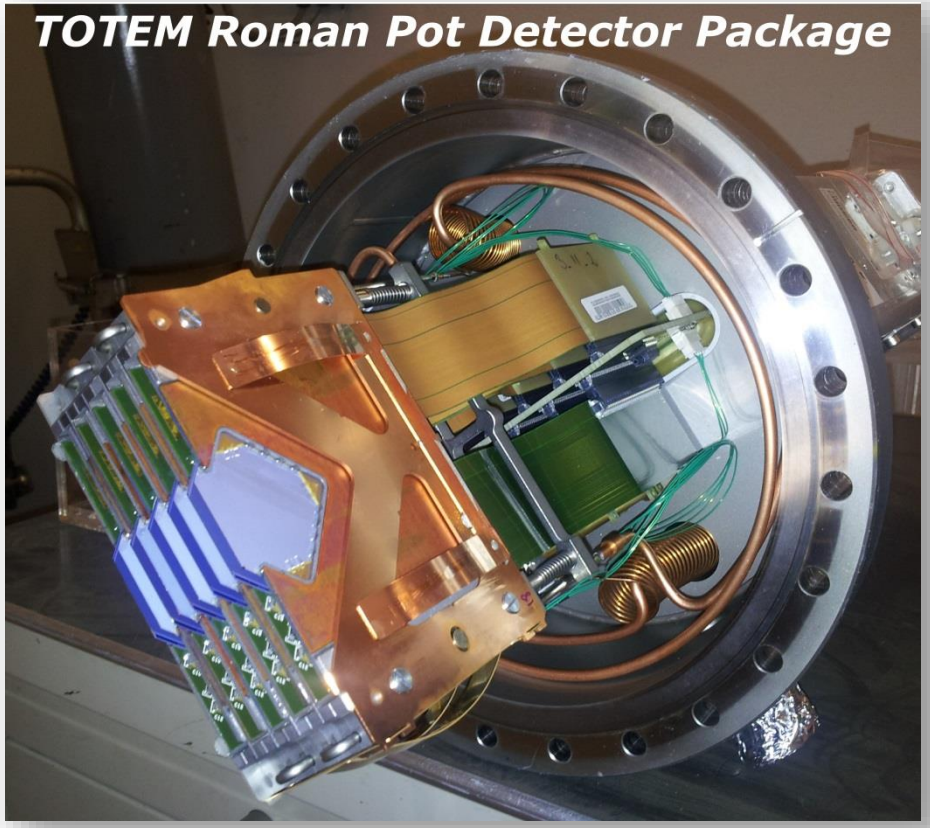


# Roman Pot – Хибриден модул

*Снимка*

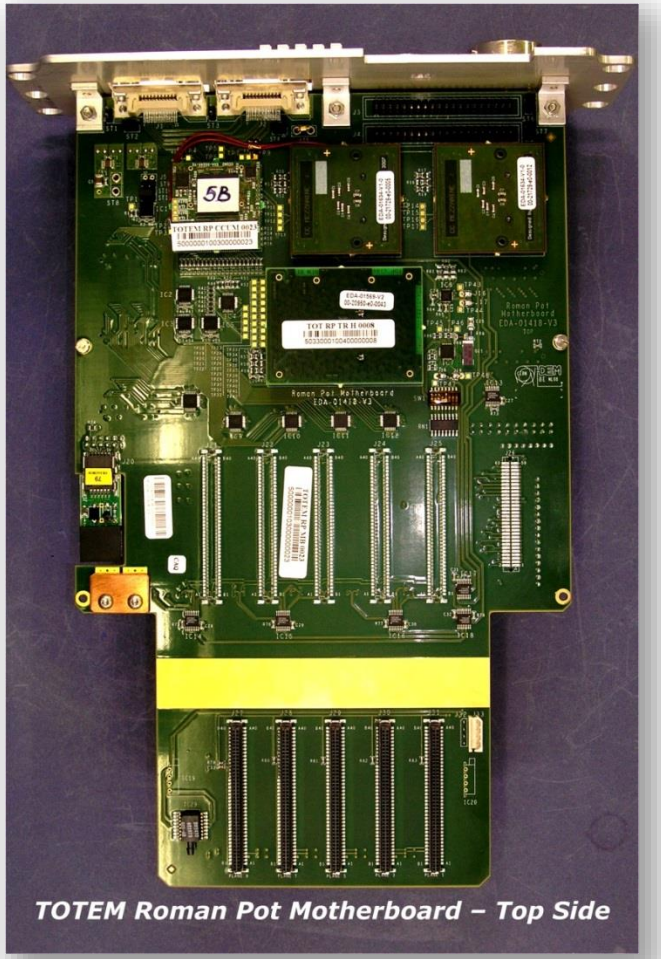
- Съдържа 4 чипа и устройство за контрол
- Свързва се към другата електроника с 80 пинов куплунг и плосък кабел
- По същия куплунг се подава ниско и високо напрежение, синхронизираща честота и се получават данните и тригерните сигнали
- Към 128-те писти на силициевия детектор се свързват директно входовете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

# Детекторен пакет

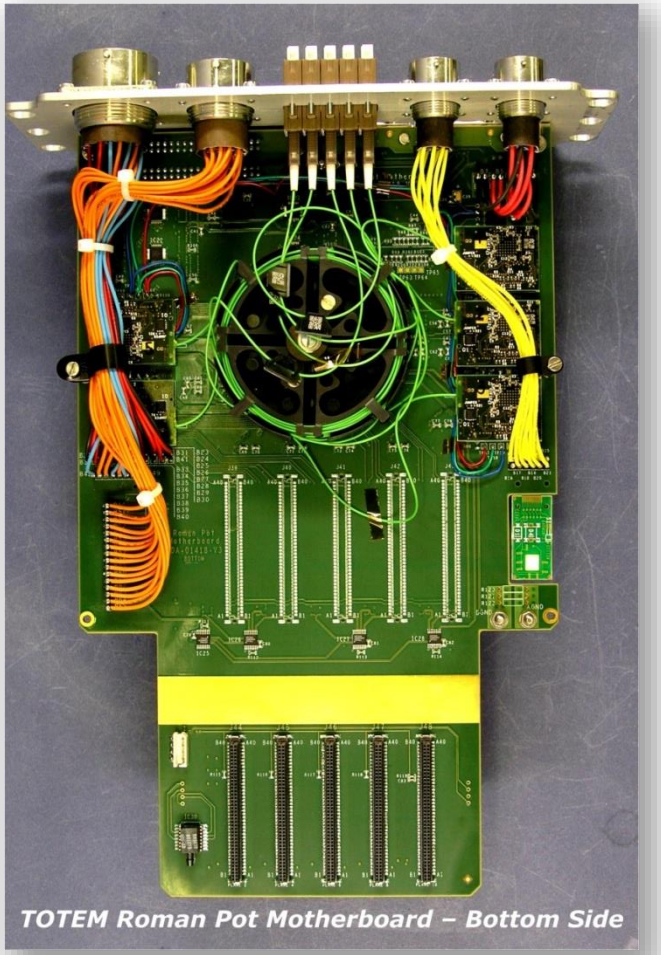



- Съвкупност от 10 хибридни модула
- Фиксирани един срещу друг за да се образуват 2 координати от писти под 45°
- Електронните компоненти са монтирани от една страна за да се намали разстоянието между хибридите

# Основен модул (RPMB)



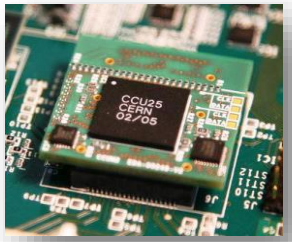

TOTEM Roman Pot Motherboard – Top Side



TOTEM Roman Pot Motherboard – Bottom Side

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

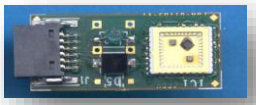
# Допълнителни модули




**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

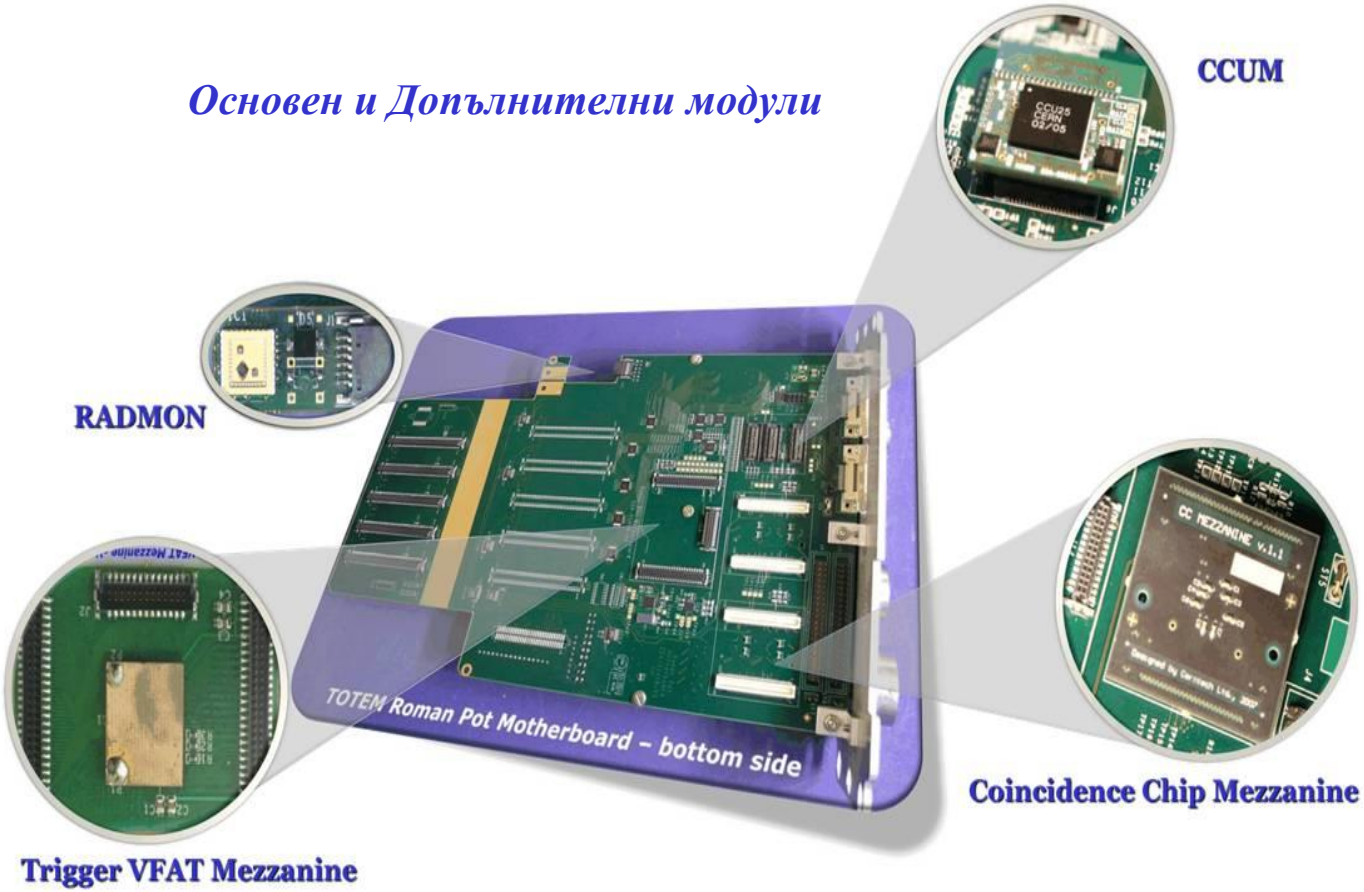


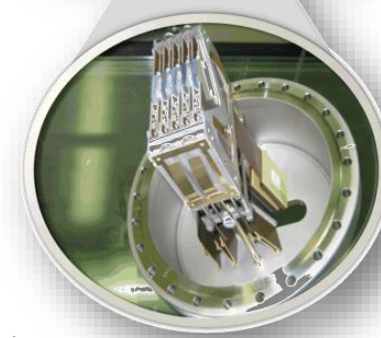
**Модул за радиационно измерване** – съдържа датчици за измерване на дозата, чиято информация се предава към компютър

# Съвкупност от модули

*Основен модул и Детекторен пакет*

*Основен и Допълнителни модули*





# Съдържание

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

# Основни изисквания

- 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

# Основен модул

**Gigabit Optical INPUT**

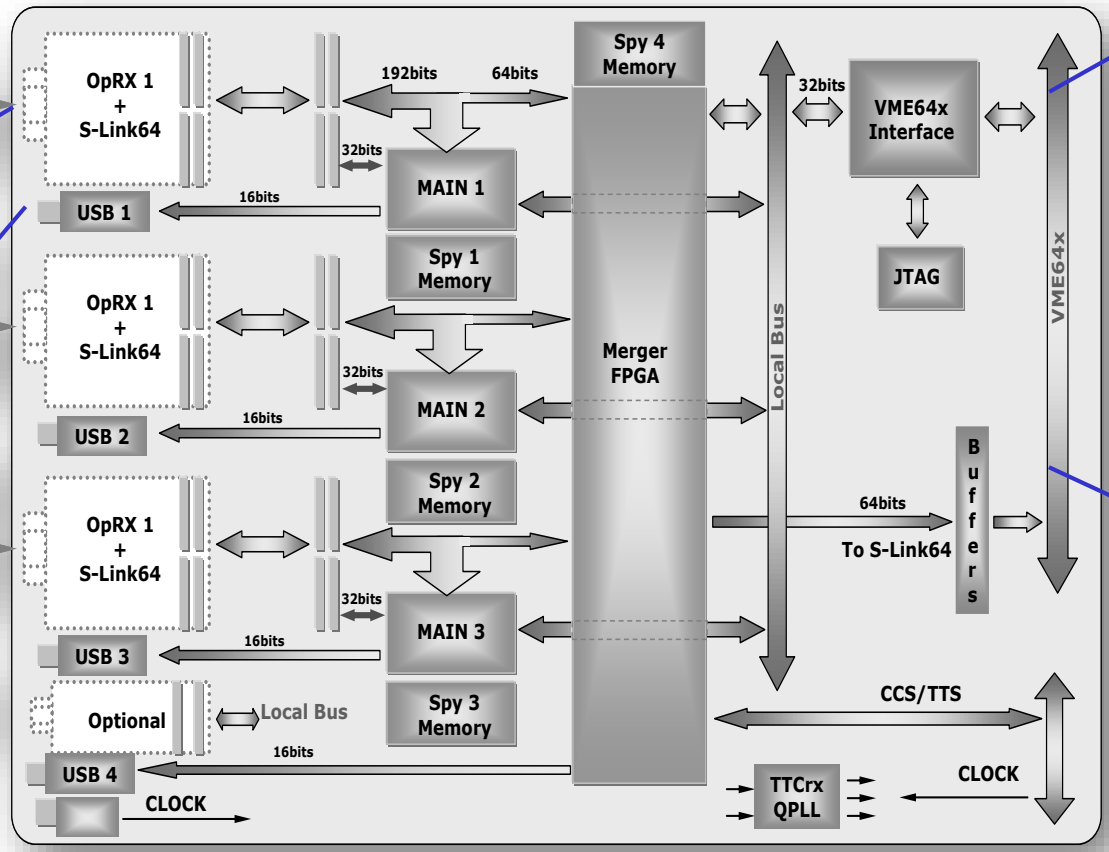
640Mb/s/fiber x 12 = 7.68Gb/s

**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* |

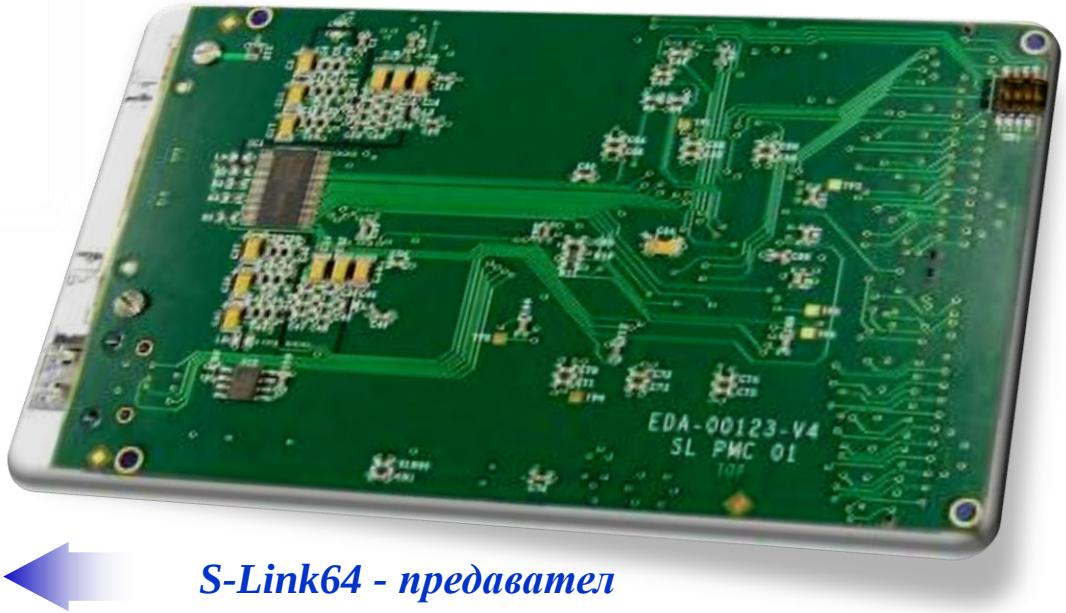
***TOTFED has:***

| | | |
|---|---|---|
| *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* |

# Допълнителни модули

*OptoRX12 – оптичен приемник*

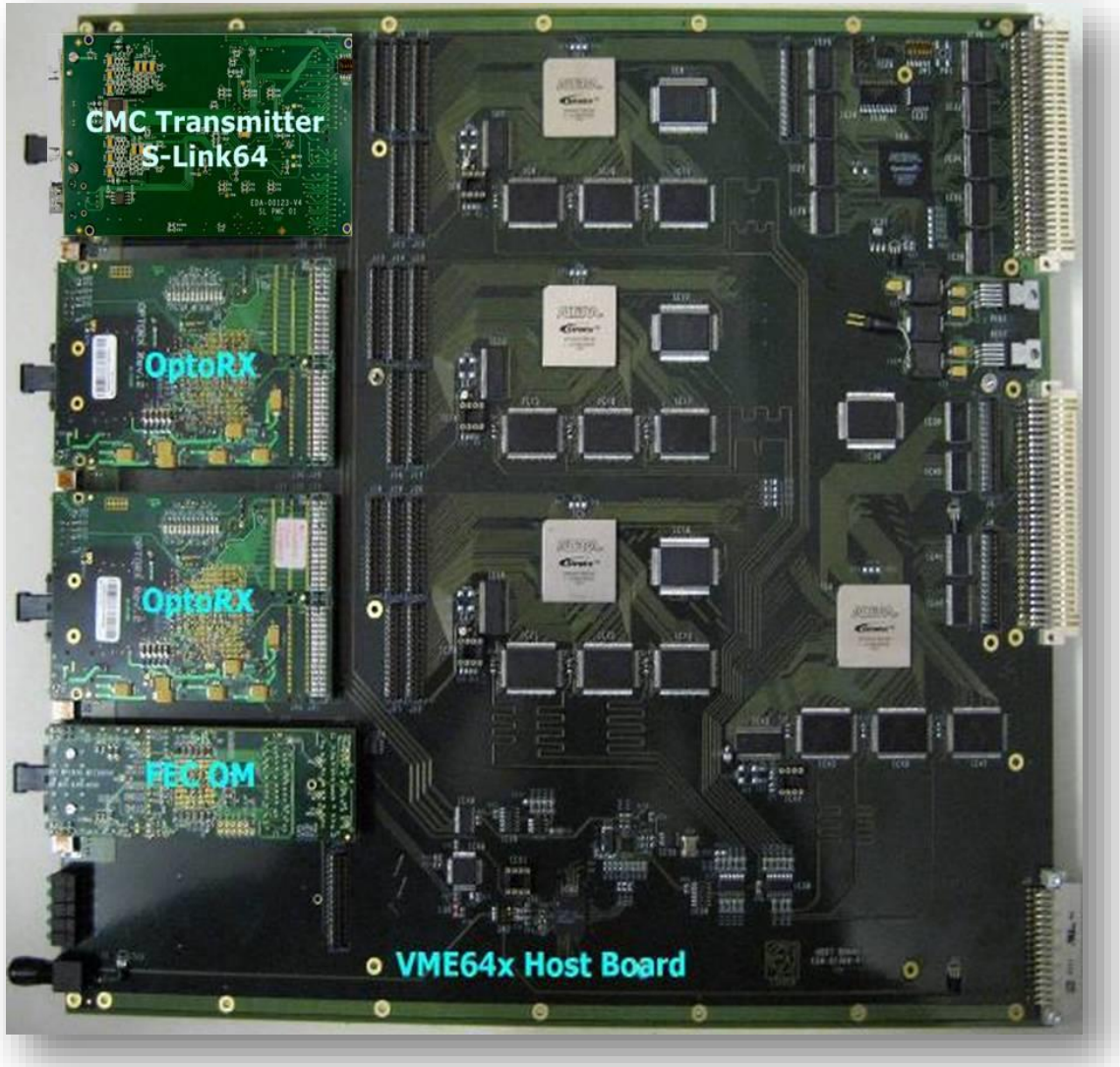
- Получава данните от 36 оптични интерфейса
- Преобразува информацията в цифров вид
- Пакетира и предава на следващото ниво




*S-Link64 - предавател*

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

# Съвкупност от модули



# Съдържание

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

# Основни изисквания

- 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

# Система (DAQ)

Електроника при детекторите

4-5 | 5-6

220 | 147 | 147 | 220

RP1 RP2 RP3 RP4 RP5 RP6

Patch Panel

8 | 16 | 16 | 8

18 | 18 | 32 | 18 | 18

Control

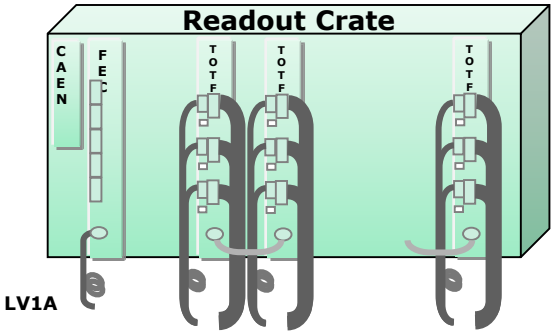
Data

TOTFED

FEC

TTCci

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

# Система (Trigger)

Електроника при детекторите

4-5 | 5-6

220 | 147 | 147 | 220

RP1 RP2 RP3 RP4 RP5 RP6

Patch Panel

8 | 16 | 16 | 8

12 | 12 | 32 | 12 | 12

Control

Trigg | Trigg

TOTFED | TOTFED

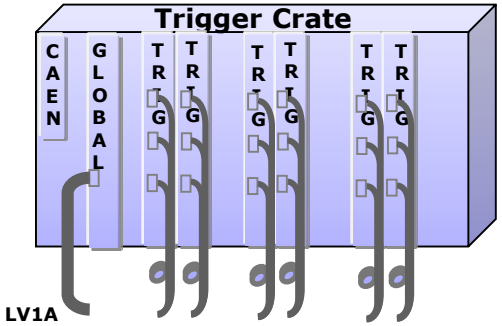
FEC

TTCci

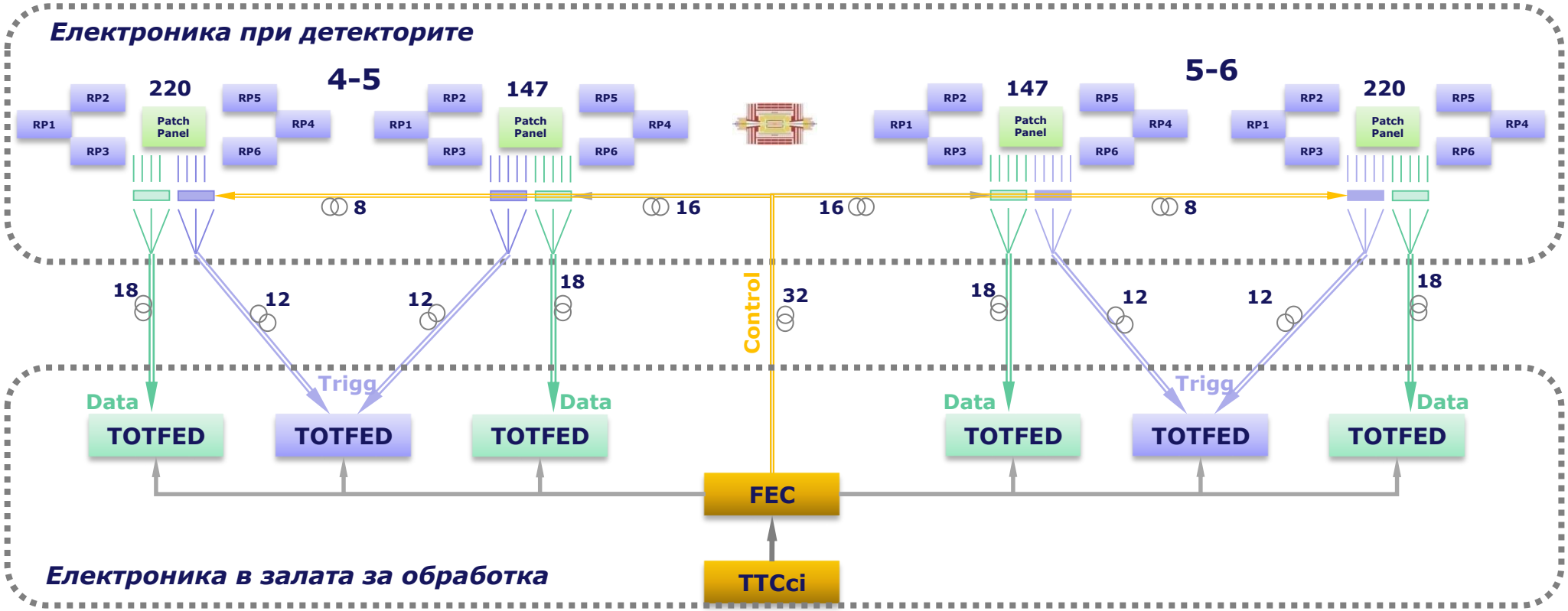
Електроника в залата за обработка

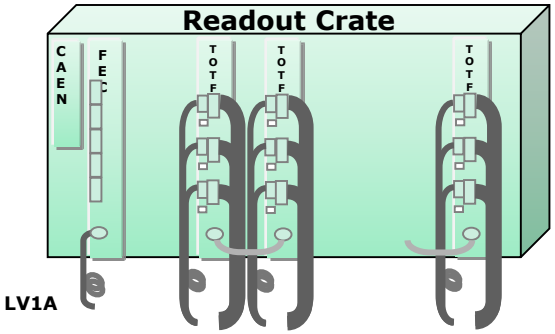
## Тригерна Система

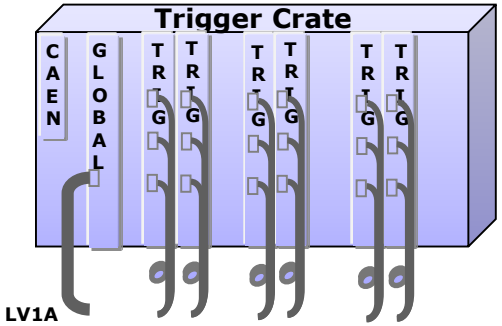
- 12 оптични интерфейса на станция за 2 основни модула TOTFED
- 2 електрически интерфейса на ½ станция за 4 основни модула TOTFED



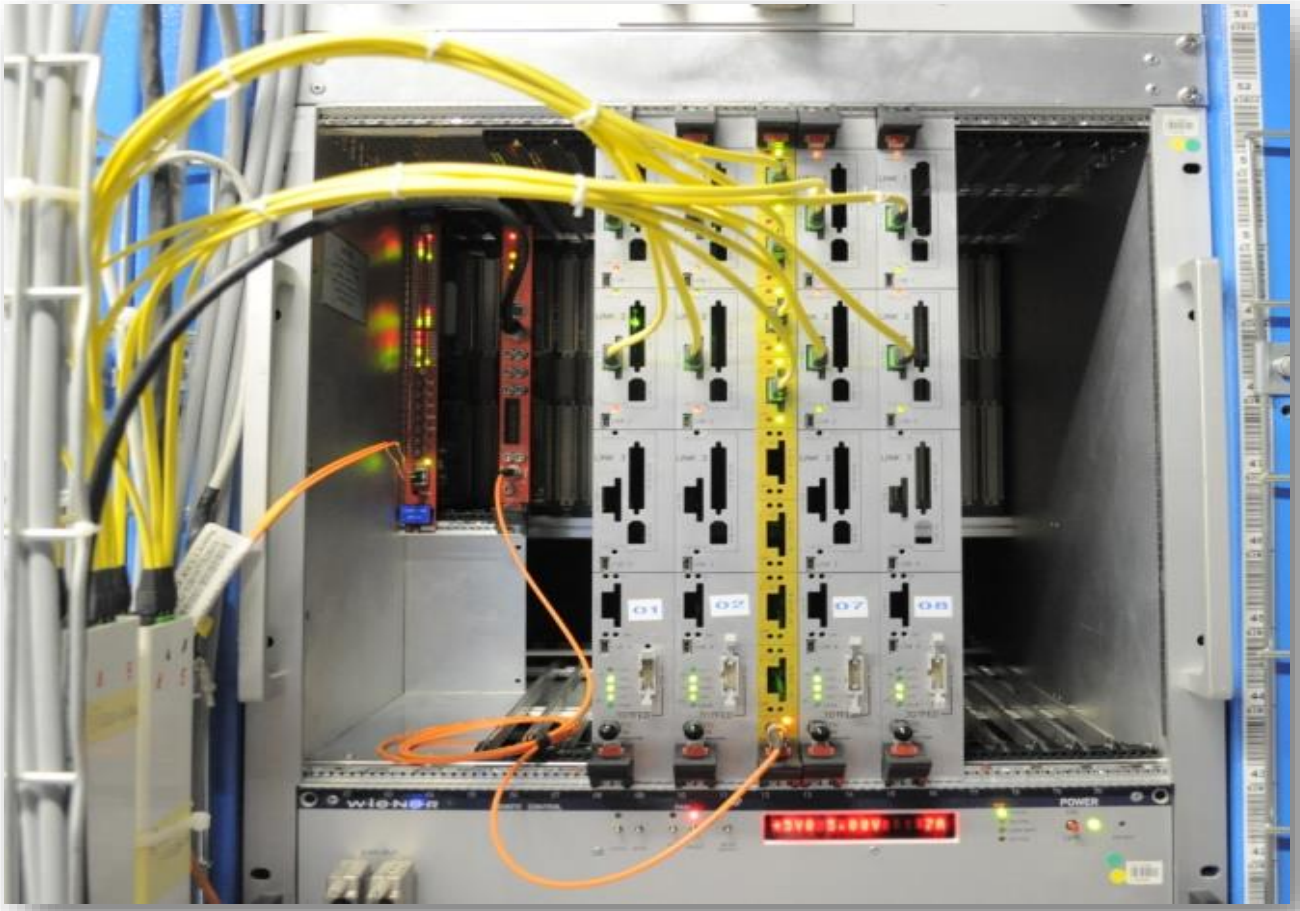
# DAQ + Trigger


Електроника при детекторите
4-5
5-6
220
147
147
220
RP1
RP2
RP3
RP4
RP5
RP6
Patch Panel
8
16
16
8
18
12
12
18
Control
32
18
12
12
18
Data
Trigg
Data
Data
Trigg
Data
TOTFED
FEC
TTCci
Електроника в залата за обработка

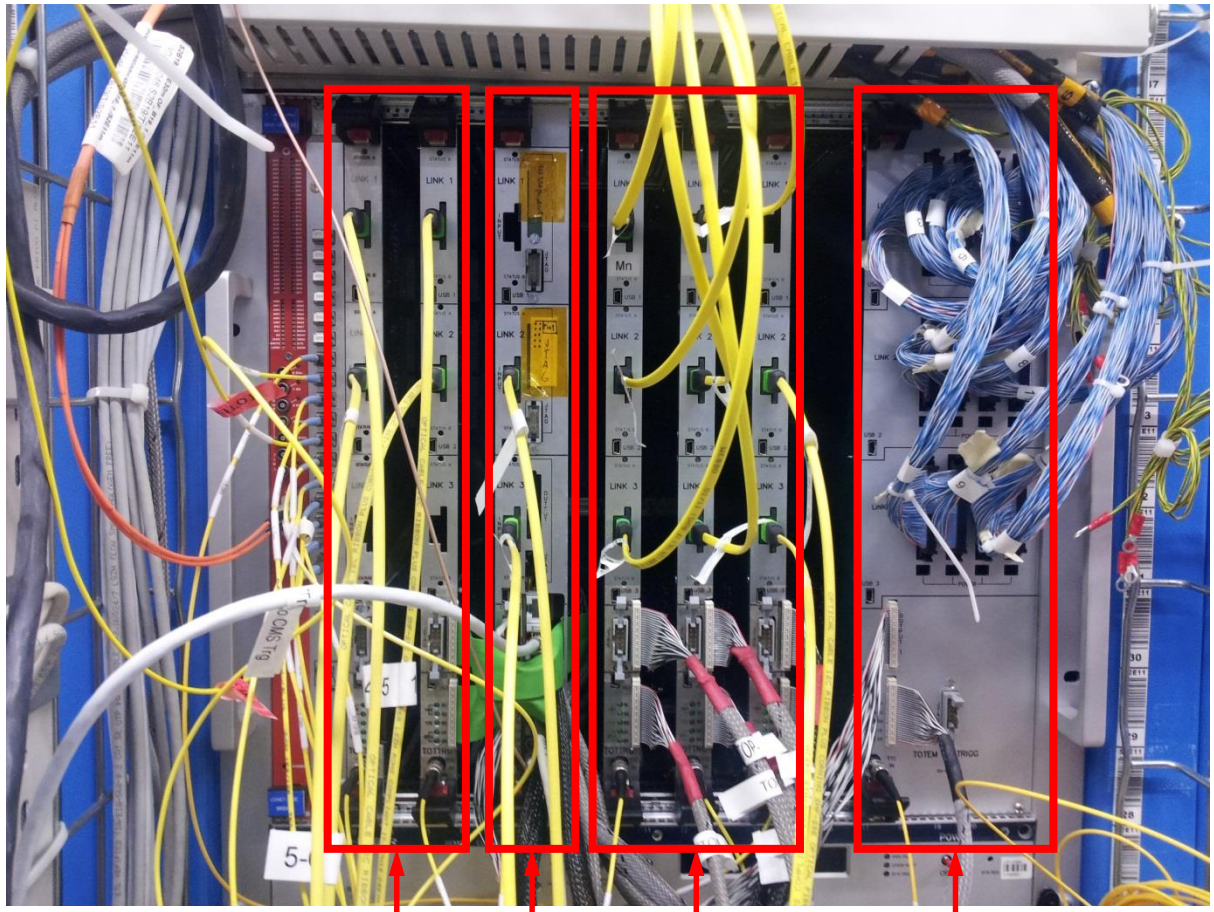

Readout Crate
CAEN
FEC
TOTF
LV1A


Trigger Crate
CAEN
GLOBAL
TRG
LV1A

# Снимка на DAQ крейт



# Снимка на Trigger крейт



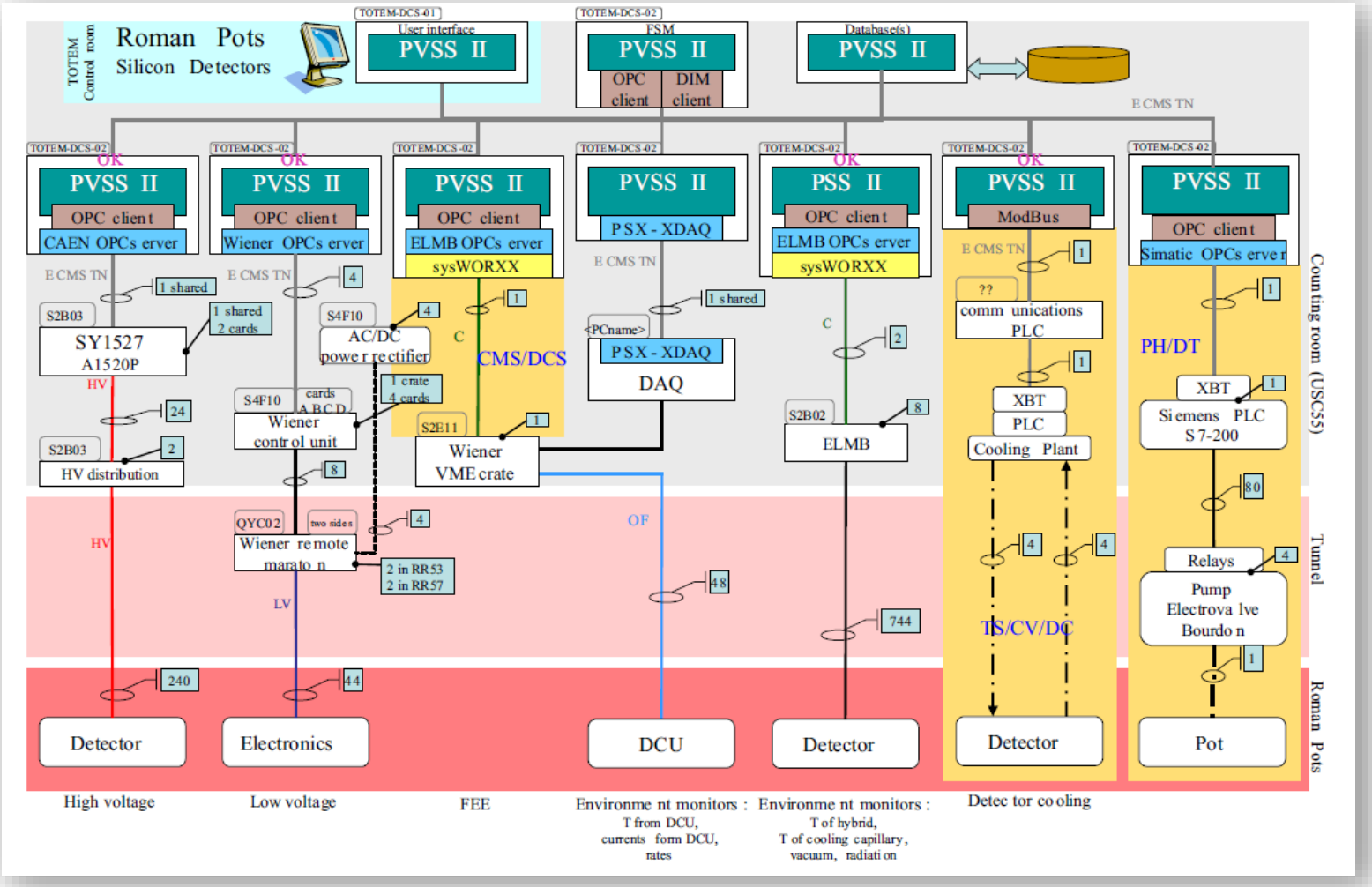
Roman Pot - optical

T1 and T2

Roman Pot - electrical

TOTEM GLOBAL Trigger Board

# Система за контрол (DCS)




## Предоставена от DCS екипа на TOTEM

# Съдържание

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

# 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.