

# Електроника за експериментите в CERN

( CMS / TOTEM )

д-р инж. Георги Анчев

ИЯИЯЕ - БАН София / CERN Geneva

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

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

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

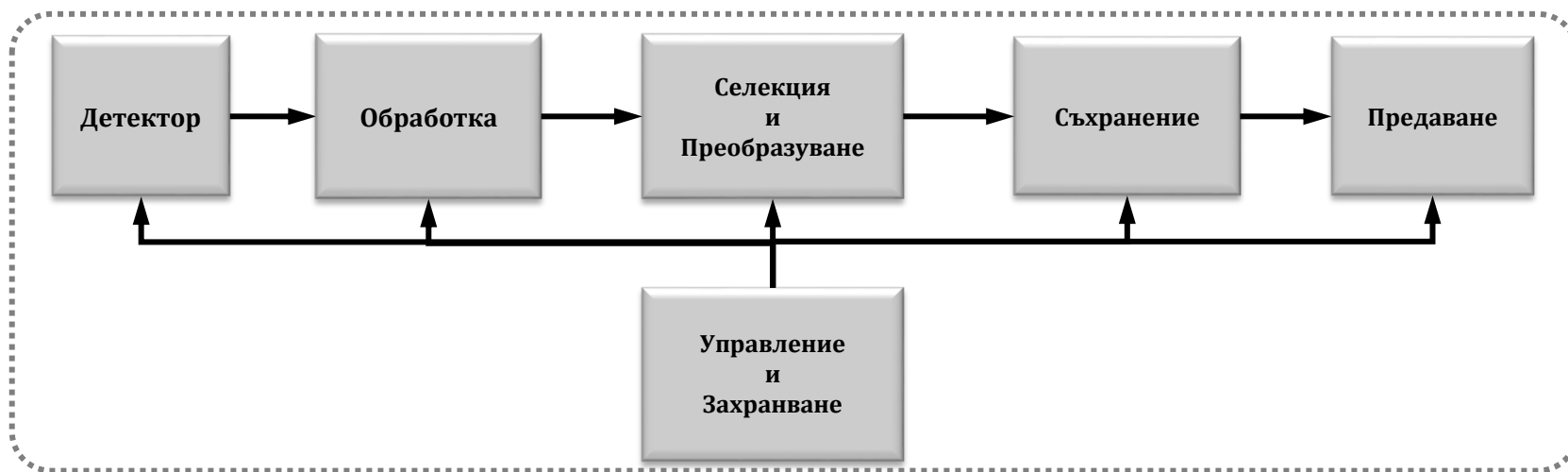
Освен ускорителите във физиката на високите енергии, две са основните групи от технически средства за провеждане на експериментални изследвания:

- *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*

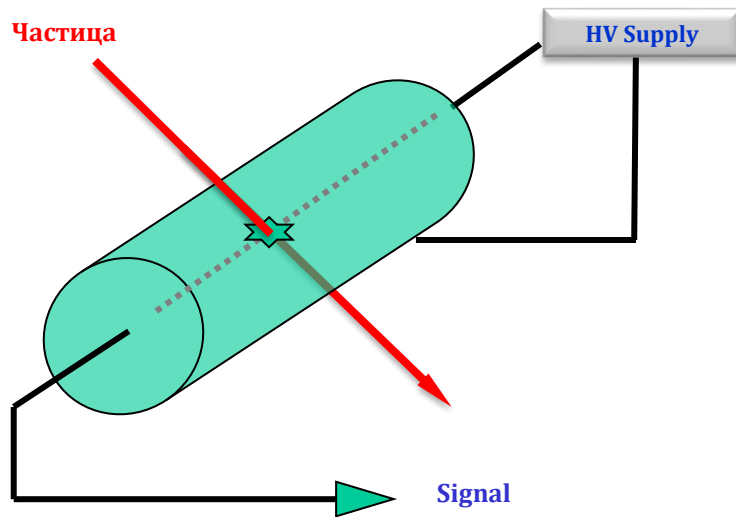
След множеството транзисторни устройства скок в развитието на електрониката се предизвика от напредъка на микроелектрониката. Широко се използват интегрални схеми, програмируеми устройства, микропроцесори и различни видове компютри.



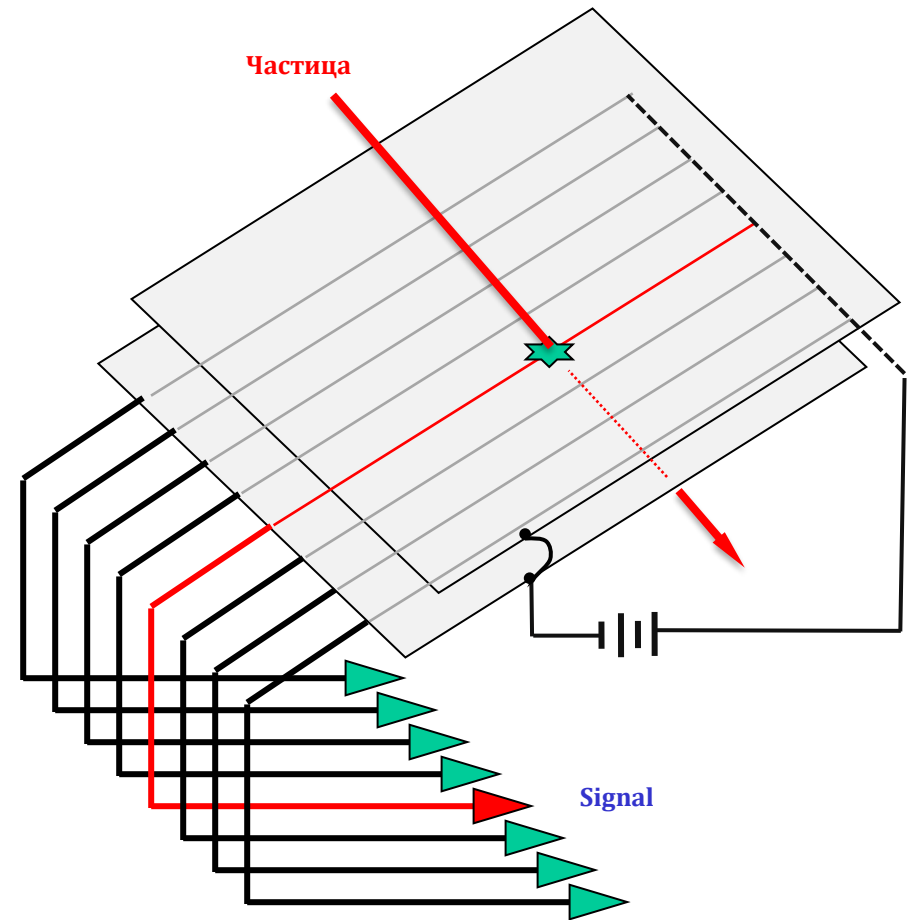
Общата структура съдържа следните основни блокове:

- 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

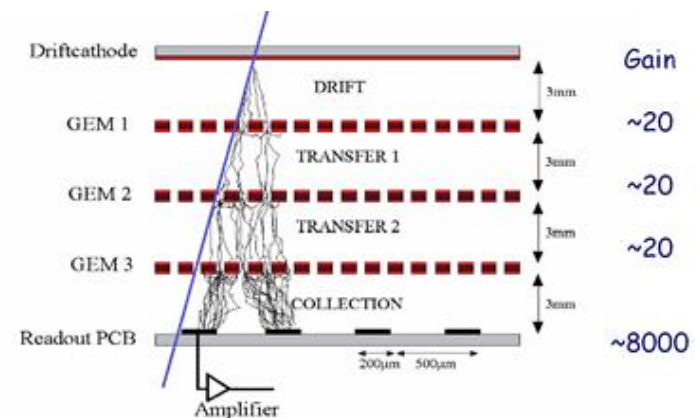
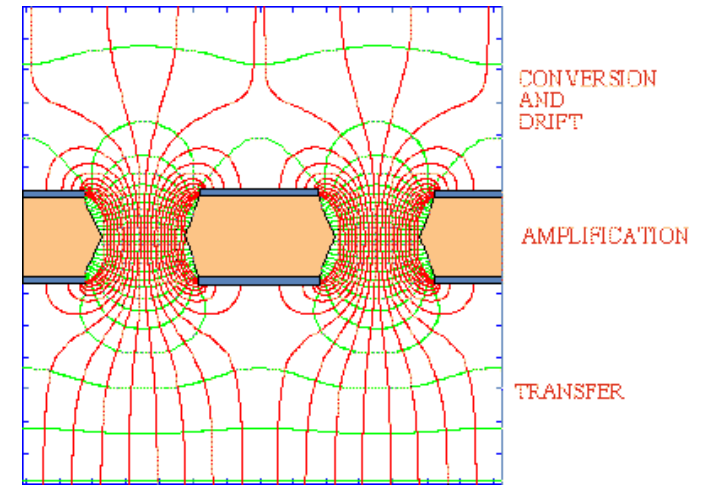
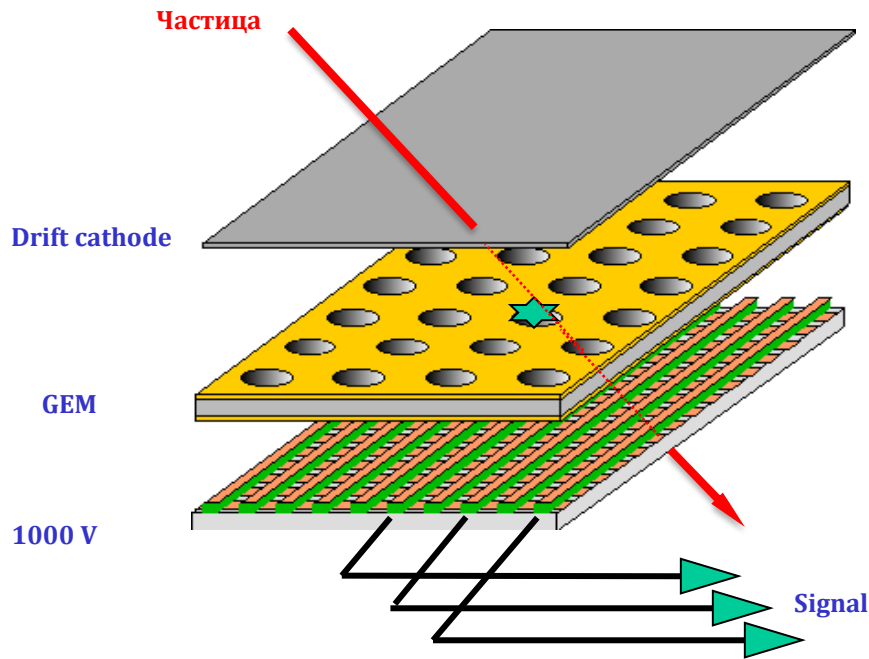
## Единична газова камера



## Многожична газова камера

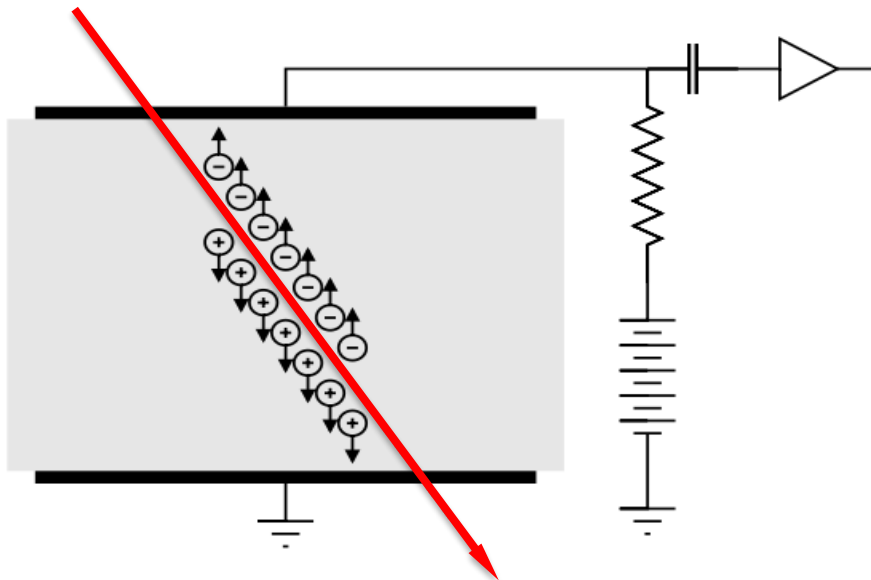


## Йонизационна мултипликационна камера (GEM)

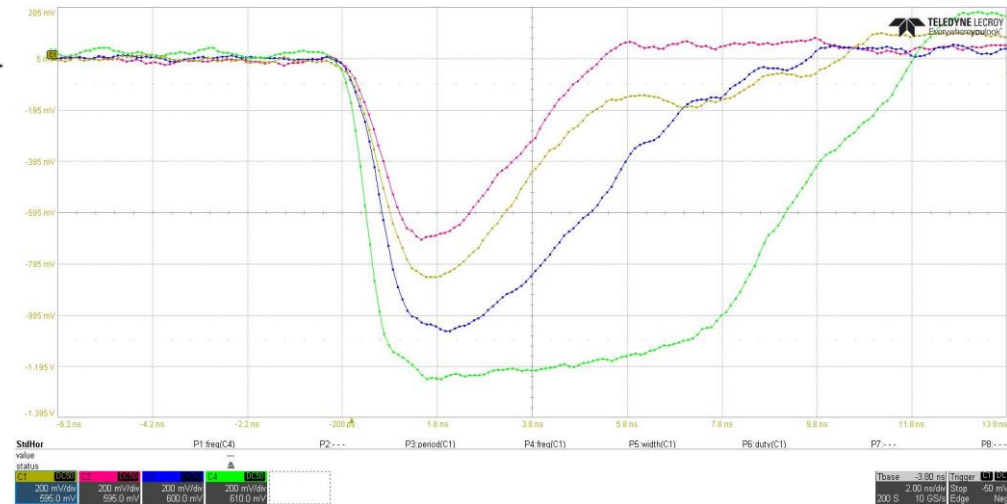


## Диамантен детектор

Частица



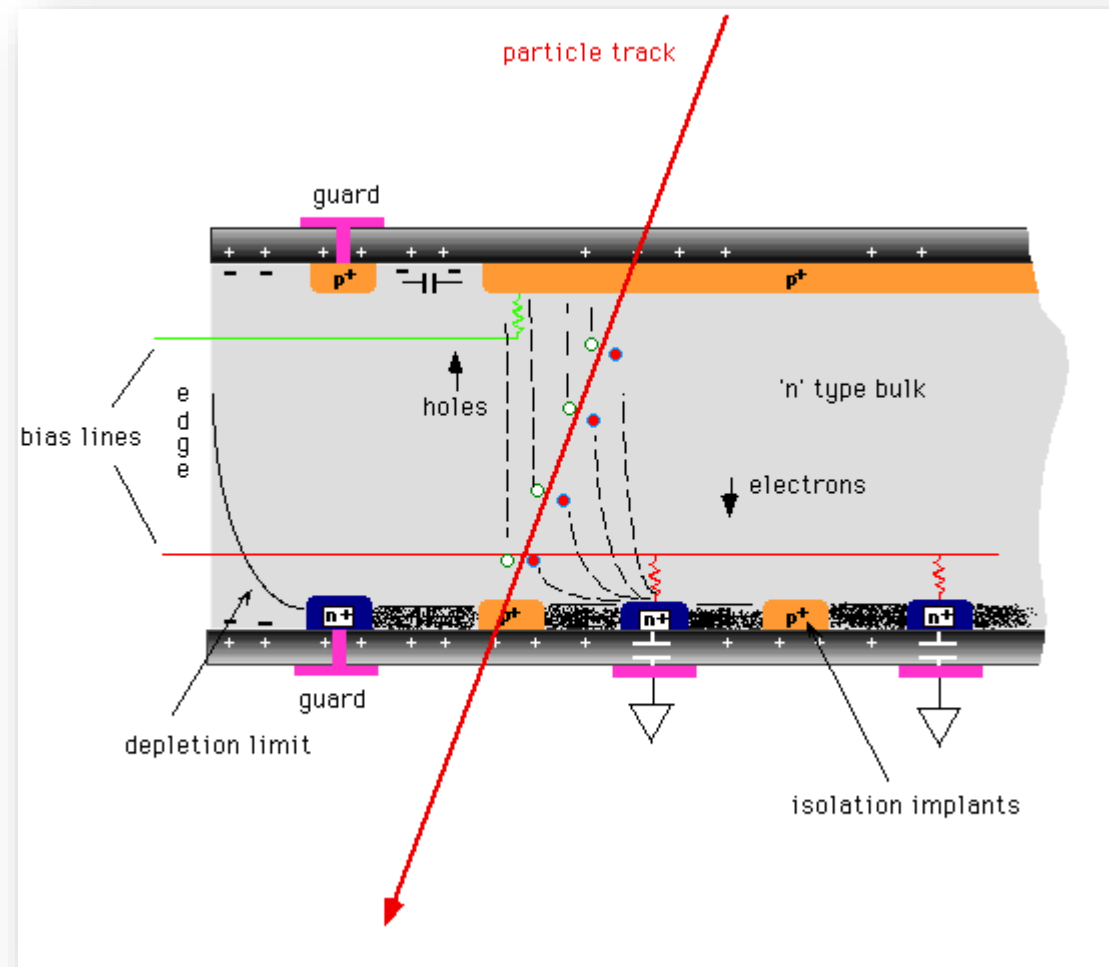
Signal

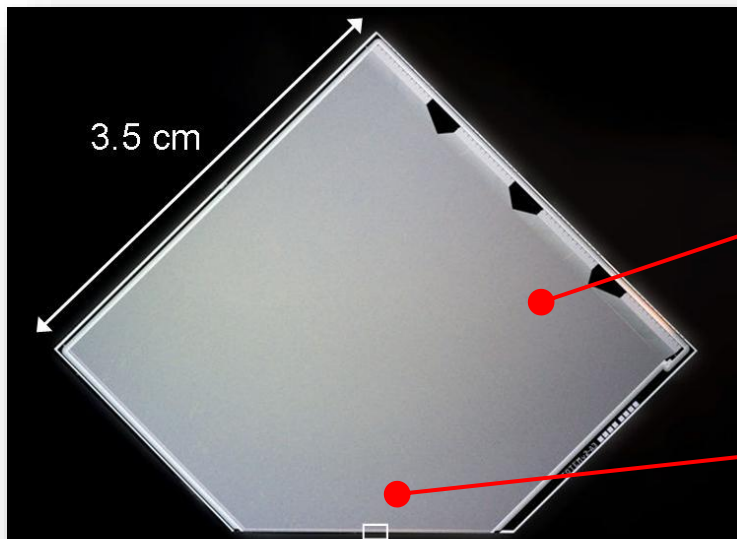


Предимства и приложение: бързодействие, за времеви детектори



## Силициев детектор



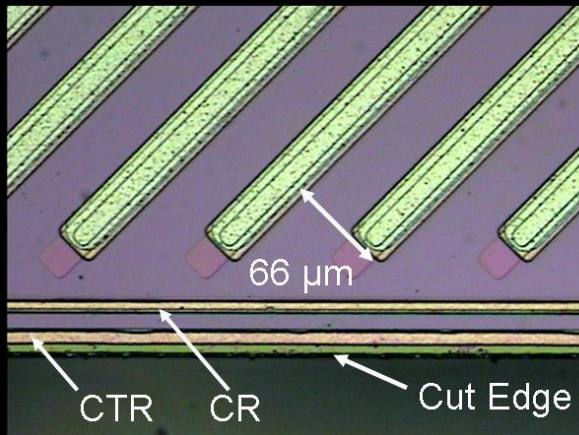


### Технология

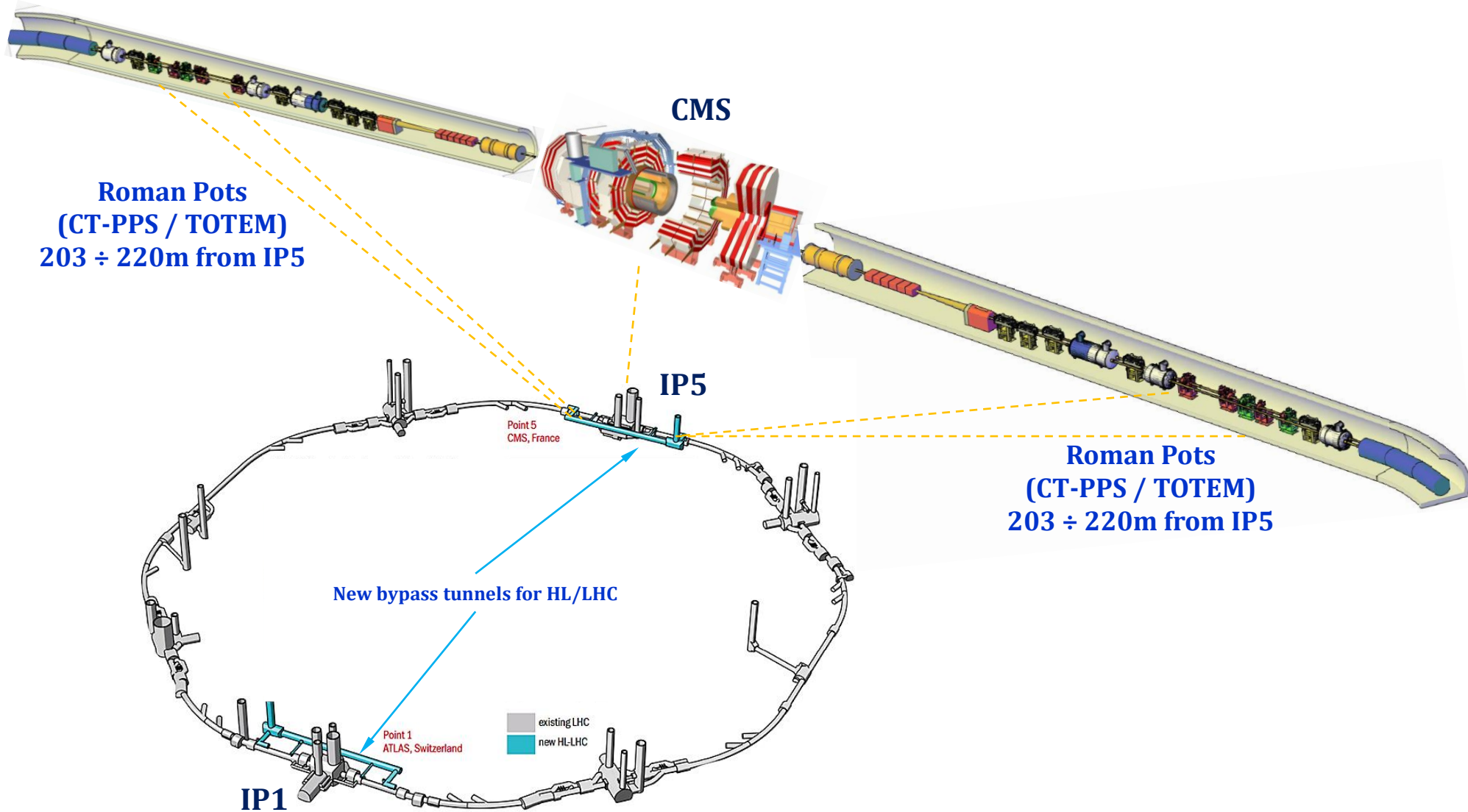
- Si n-тип, с дебелина 300 $\mu$ m
- Стандартна планарна технология

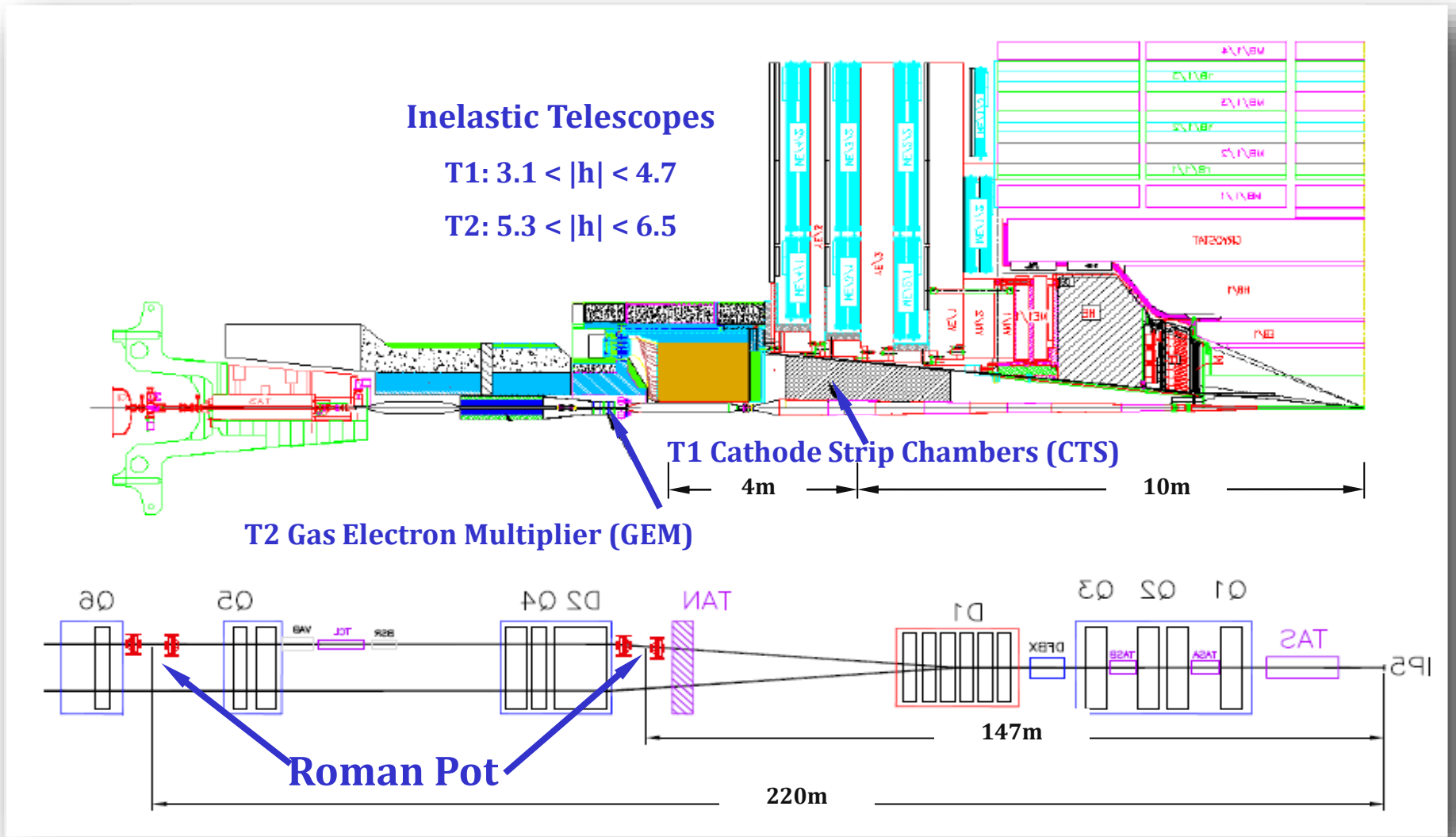
### Дизайн

- Едностранен 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)



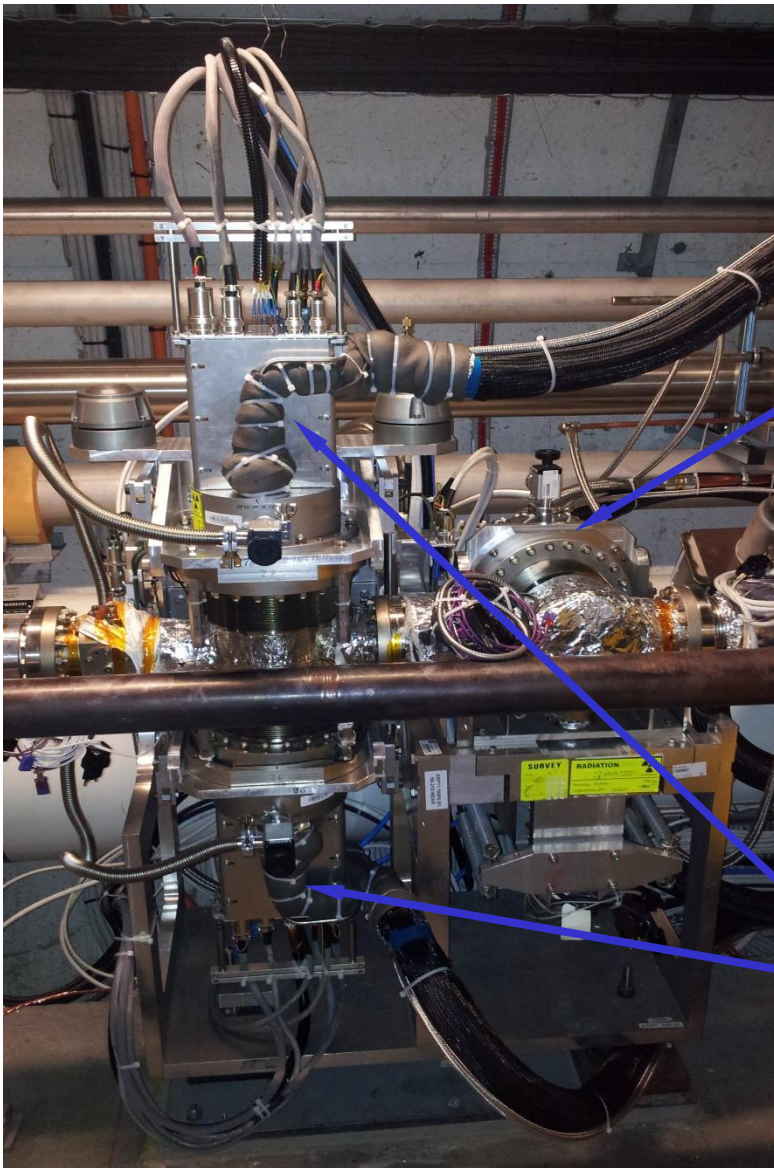
Само 50 $\mu$ m от края на пистата до края на детектора!





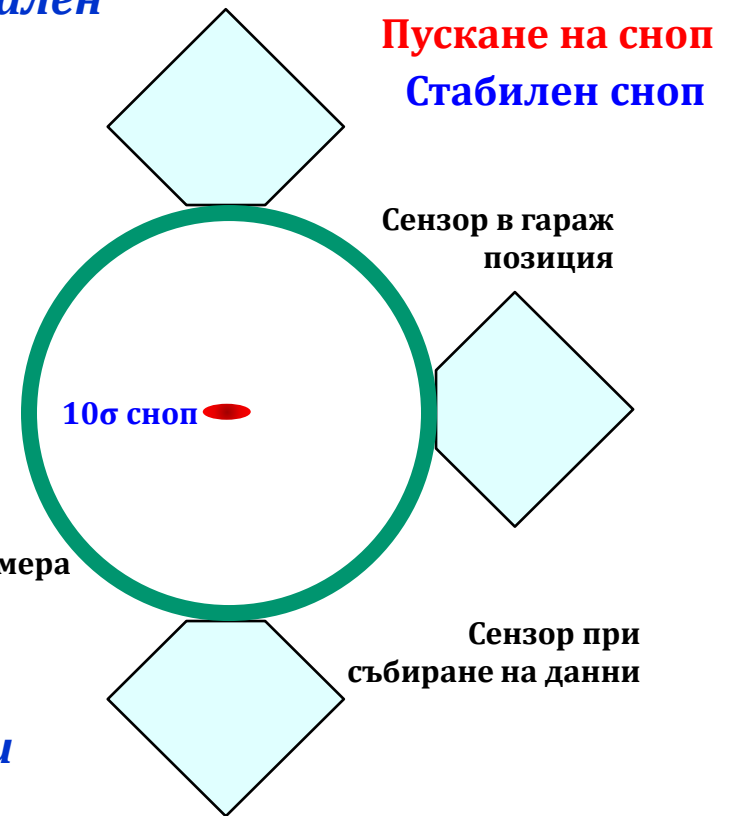
Същите детектори от другата страна на IP5

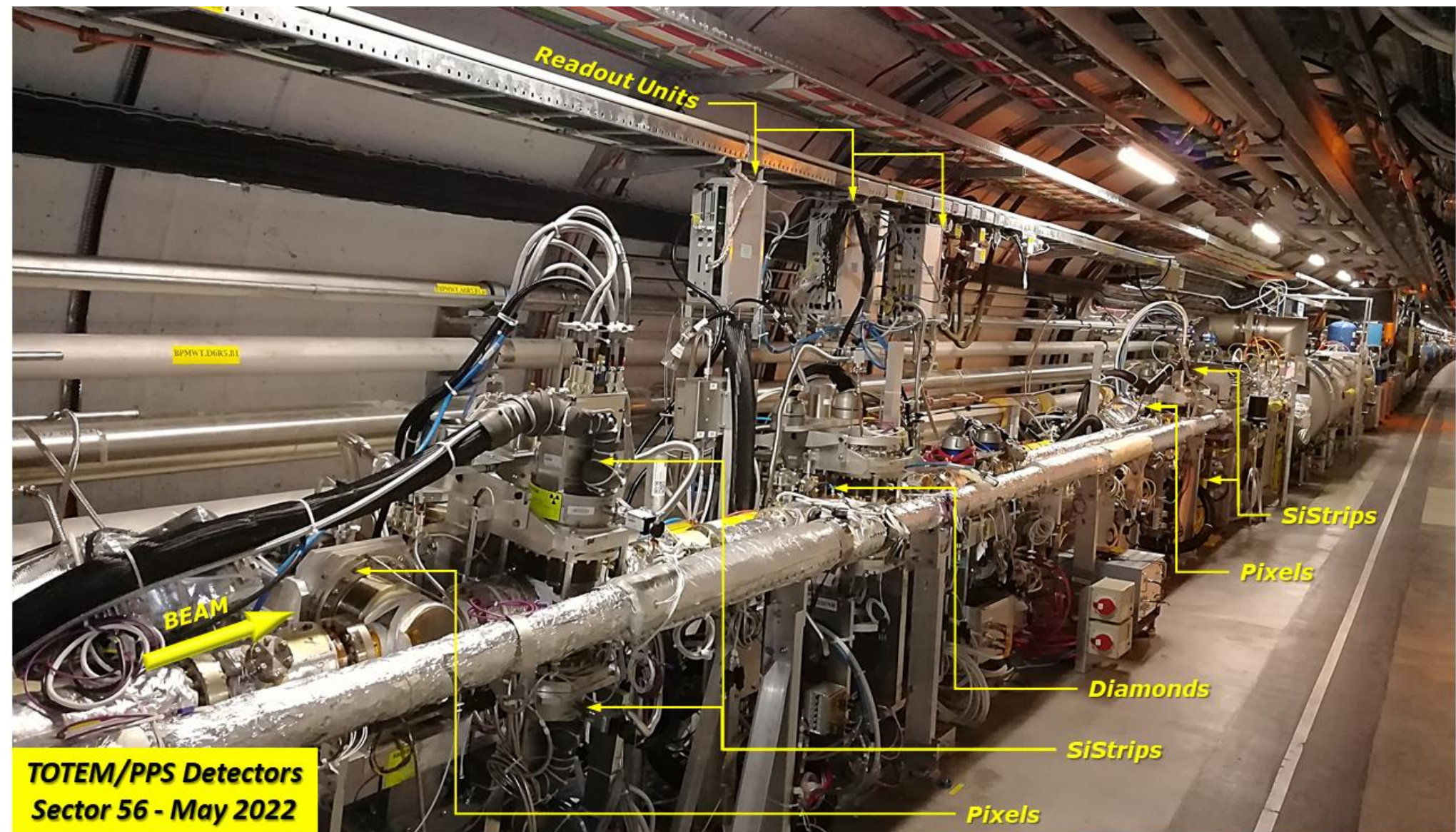
Снимка от сектор 56-220м



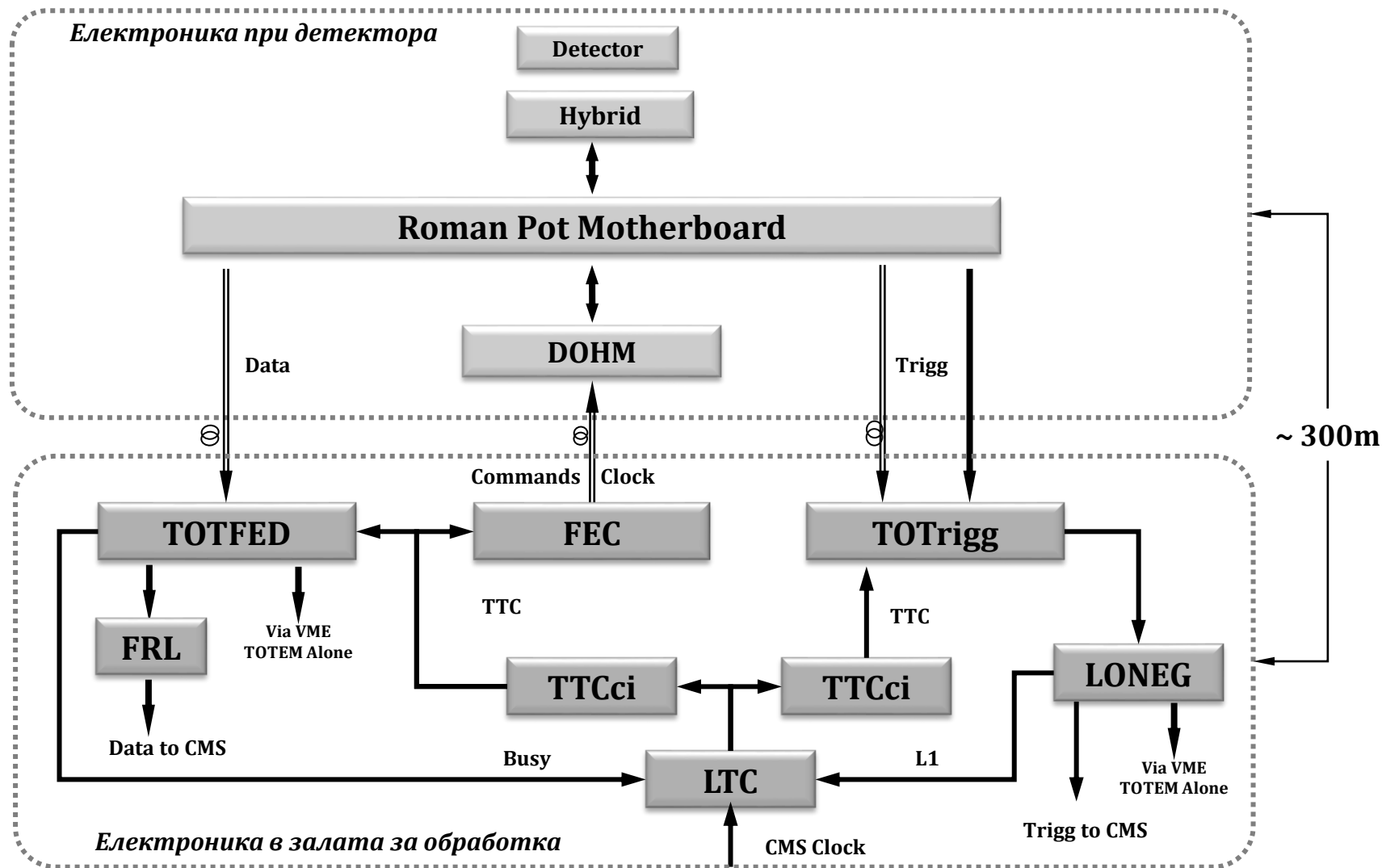
Хоризонтален

Вертикални



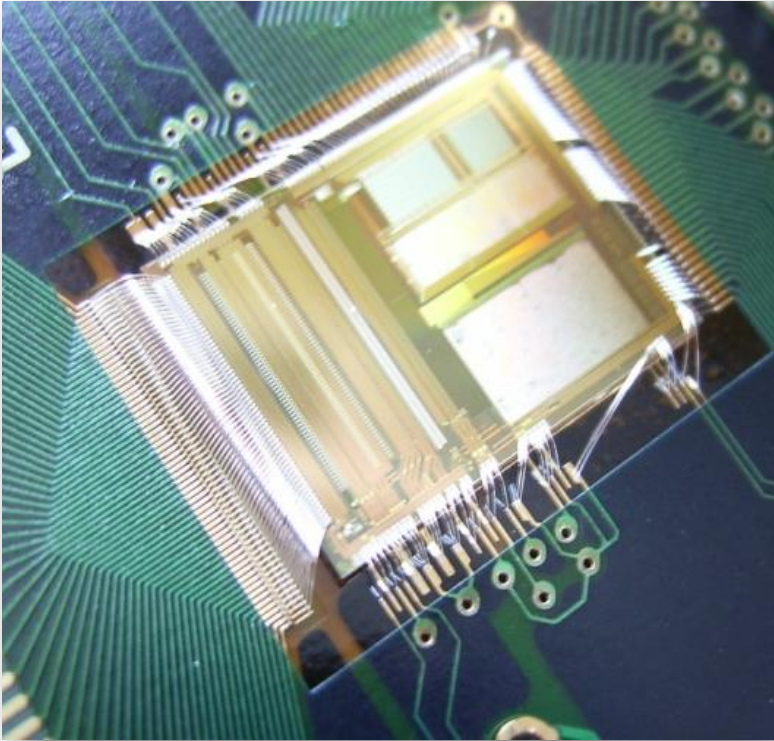


## Основни блокове



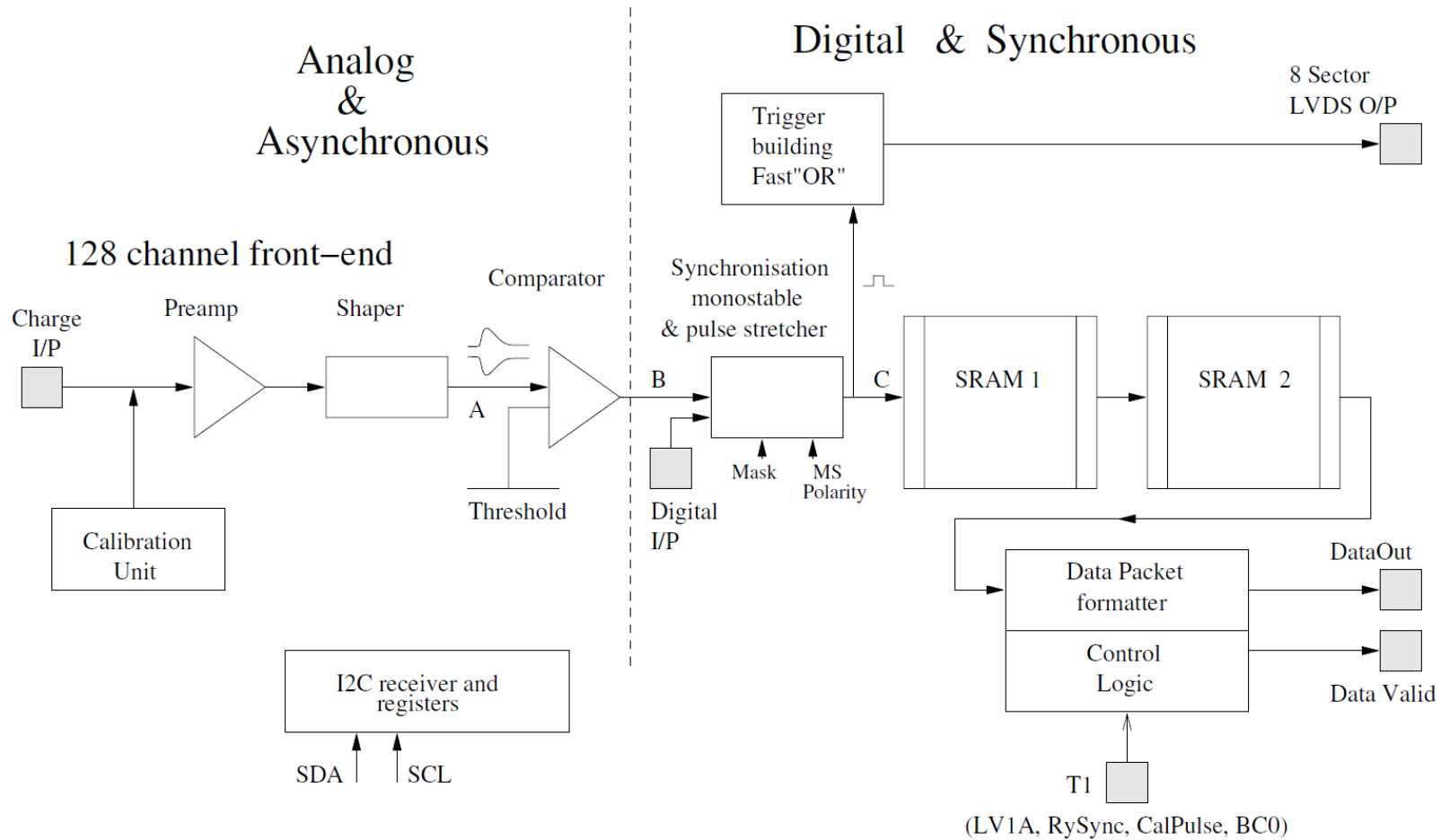
- Въведение
- **Електроника при детектора**
- Електроника в залата за обработка
- Видове системи
- Заключение





- 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
- Има нова версия вече VFAT 3

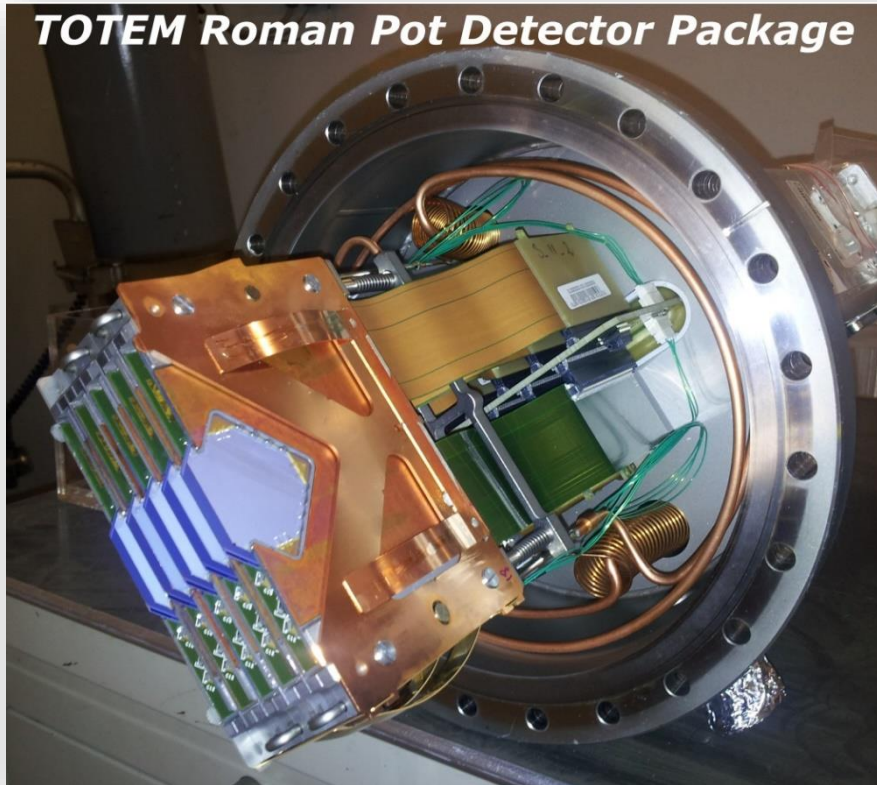
*Снимка на VFAT 2 чип монтиран на хибриден модул*



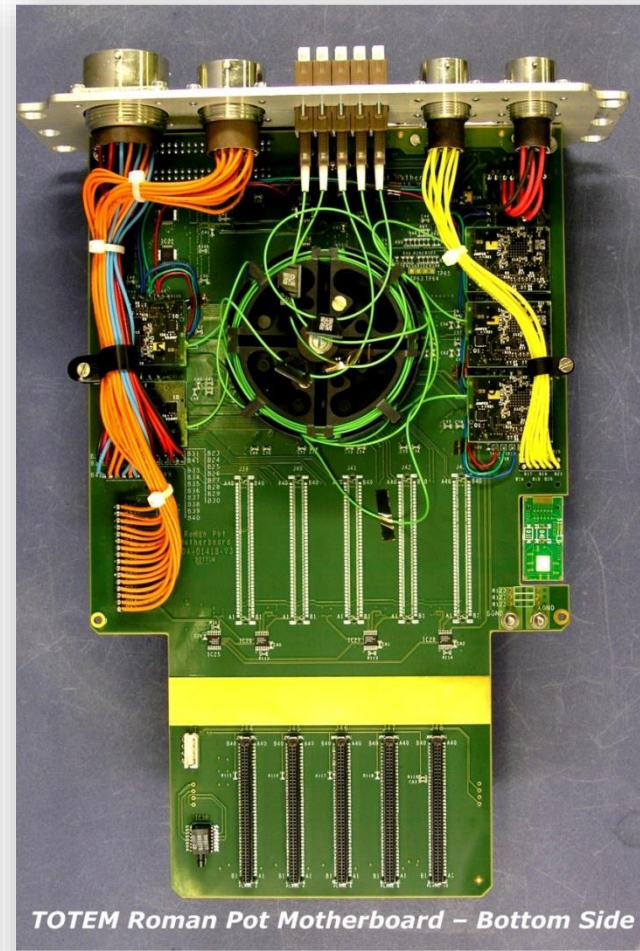
Снимка



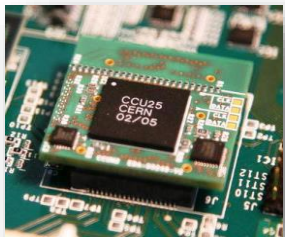
- Съдържа 4 чипа и устройство за контрол
- Свързва се към другата електроника с 80 пинов куплунг и плосък кабел
- По същия куплунг се подава ниско и високо напрежение, синхронизираща честота и се получават данните и тригерните сигнали
- Към 128-те писти на силициевия детектор се свързват директно входовете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



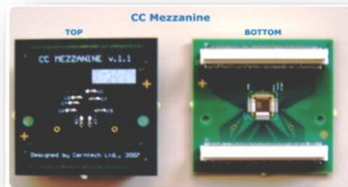
- Свързва детекторния пакет към системите за контрол, тригер и събиране на данни
- Използват се електрически и оптични интерфейси



→ 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



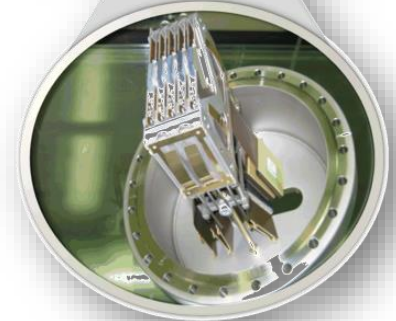
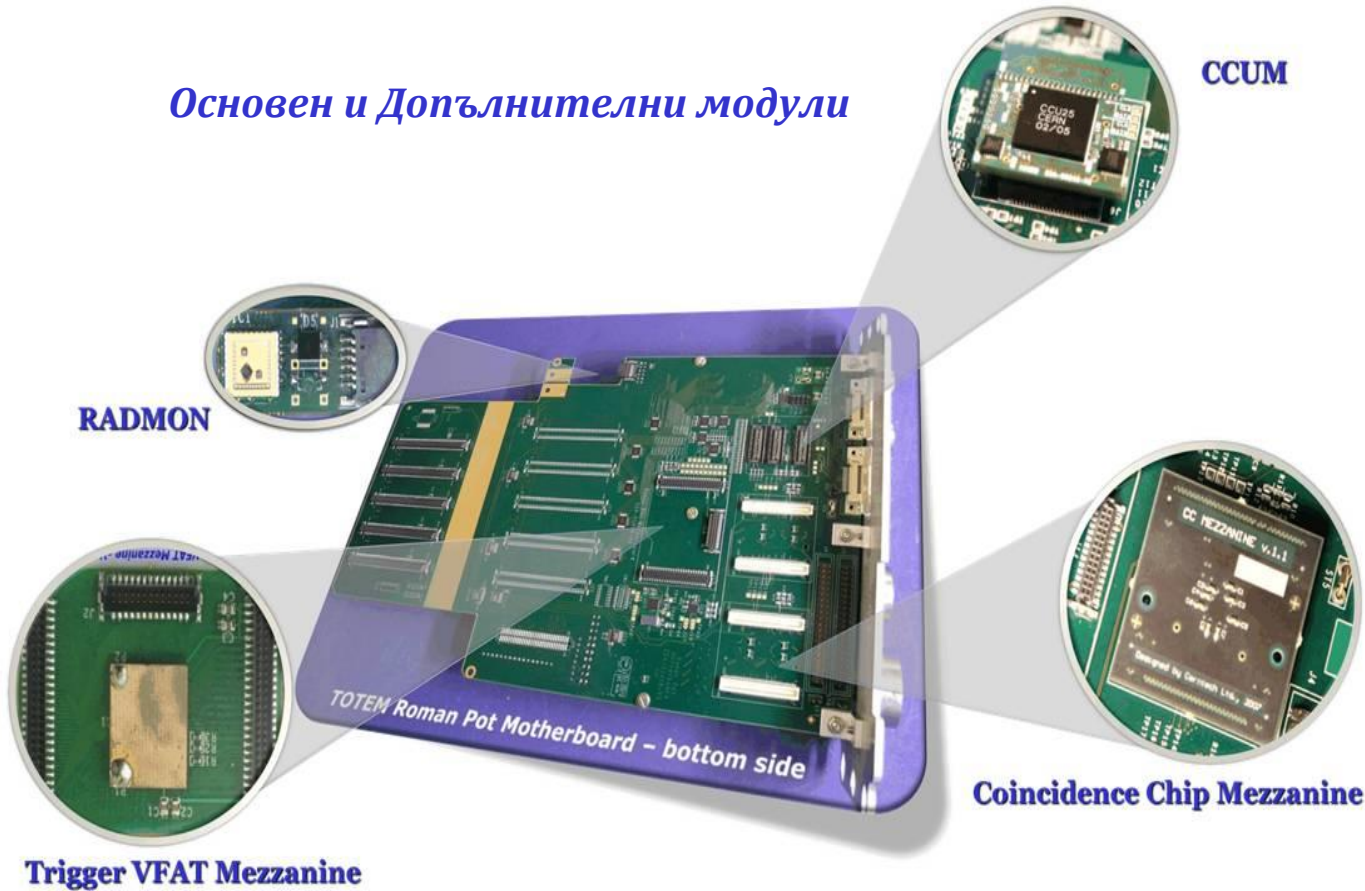
→ Модул за съвпадение – прави съвпадение между информацията от две координати U и V

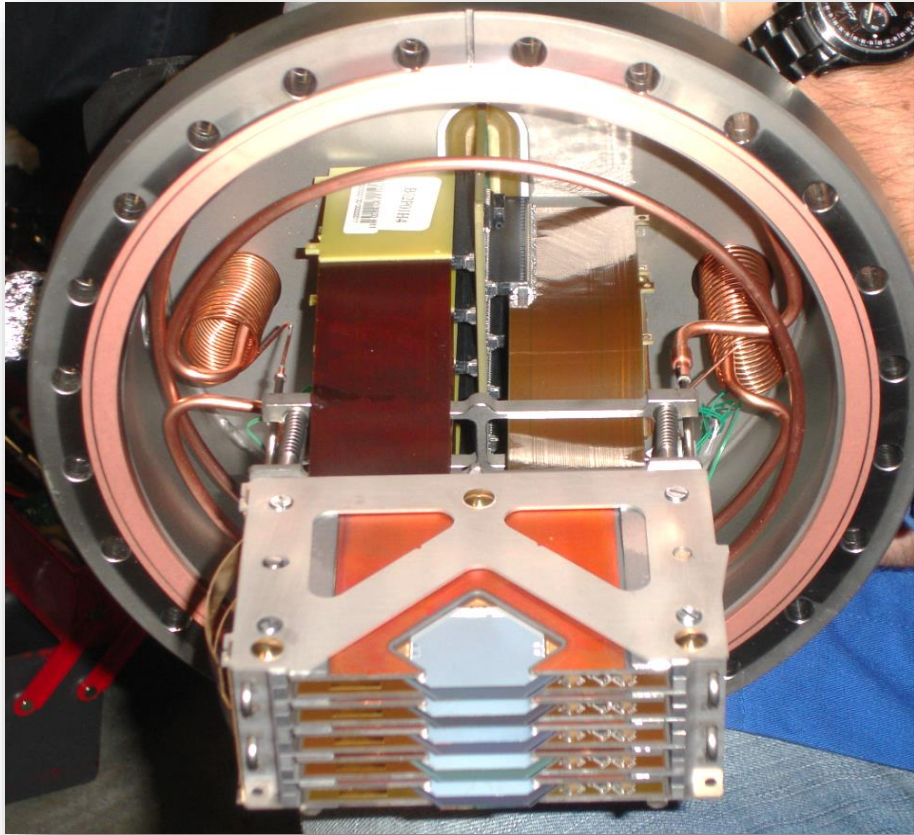


→ Модул за радиационно измерване – съдържа датчици за измерване на дозата, чиято информация се предава към компютър

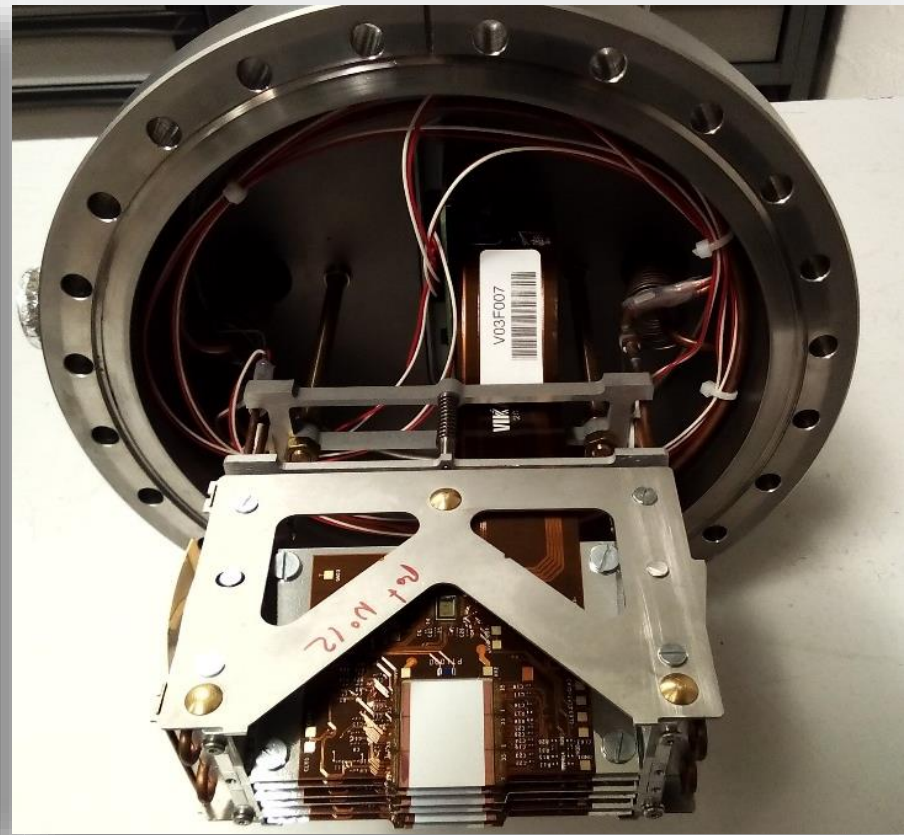
## Основен модул и Детекторен пакет

### Основен и Допълнителни модули



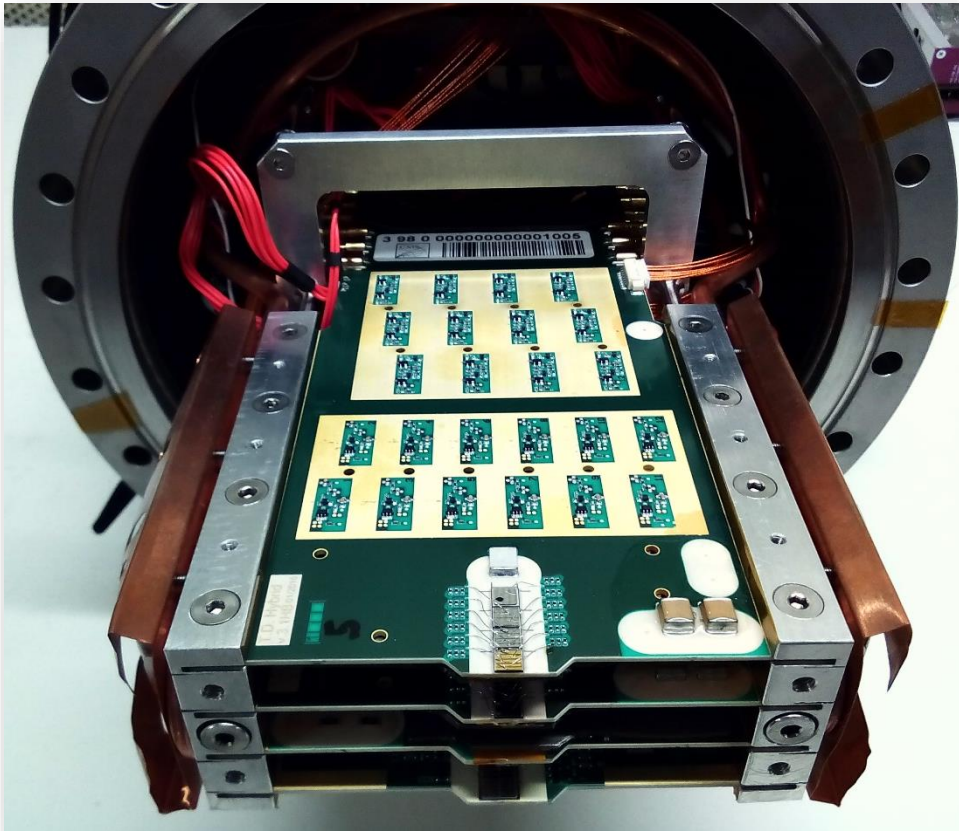


1) **Si-strip**: 10 layers of silicon microstrip plates; space resolution -  $10\ \mu\text{m}$ , angle resolution -  $1\ \mu\text{rad}$ ; "edgeless" on the beam side; expected lifetime  $\sim 10\text{fb}^{-1}$ ;  $t = -25 \div -32\ \text{°C}$ ,  $p = 10 \div 25\ \text{mbar}$ ; installed on LHC in 2008

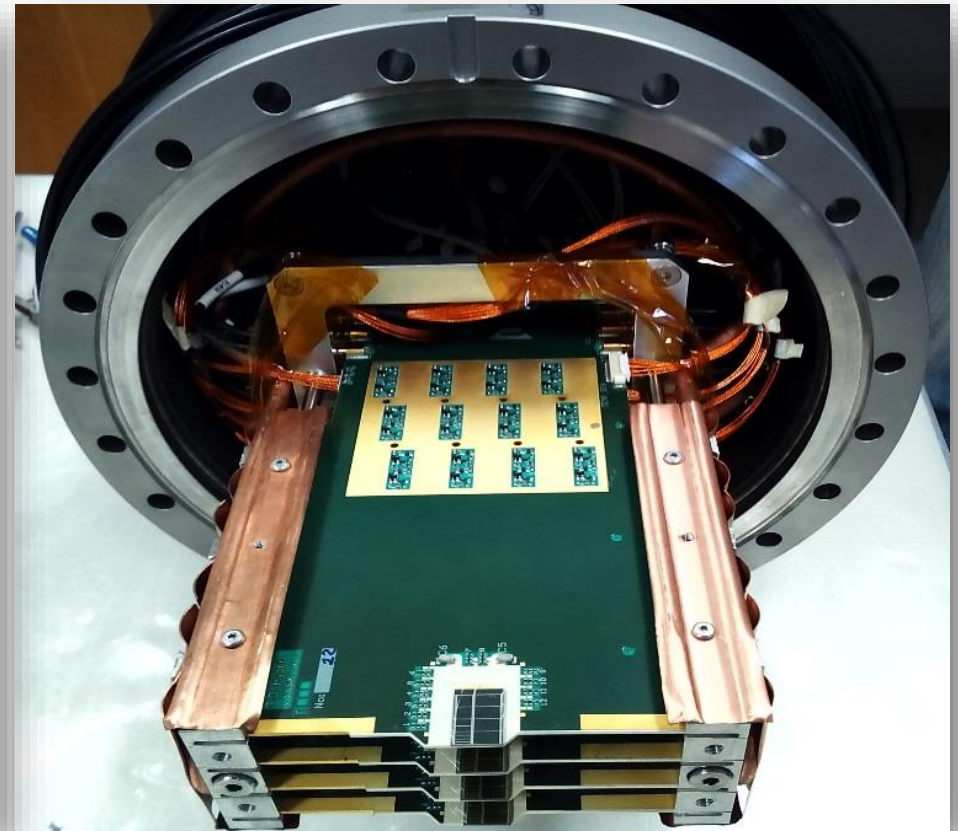


2) **RPIX (3D-Si)**: 6 layers; CNM 3D pixel sensor ( $230\ \mu\text{m}$  thickness); pixel size  $100 \times 150\ \mu\text{m}$ ; ROC (psi46dig), each module has  $160 \times 156$  pixels; expected lifetime  $\sim 15\text{fb}^{-1}$  ( $3 \times 10^{15}\ n_{\text{eq}}/\text{cm}^2$ ); spatial resolution  $10\ (30)\ \mu\text{m}$  along  $x\ (y)$  direction; "edgeless" -  $200\ \mu\text{m}$ ; installed in 2017





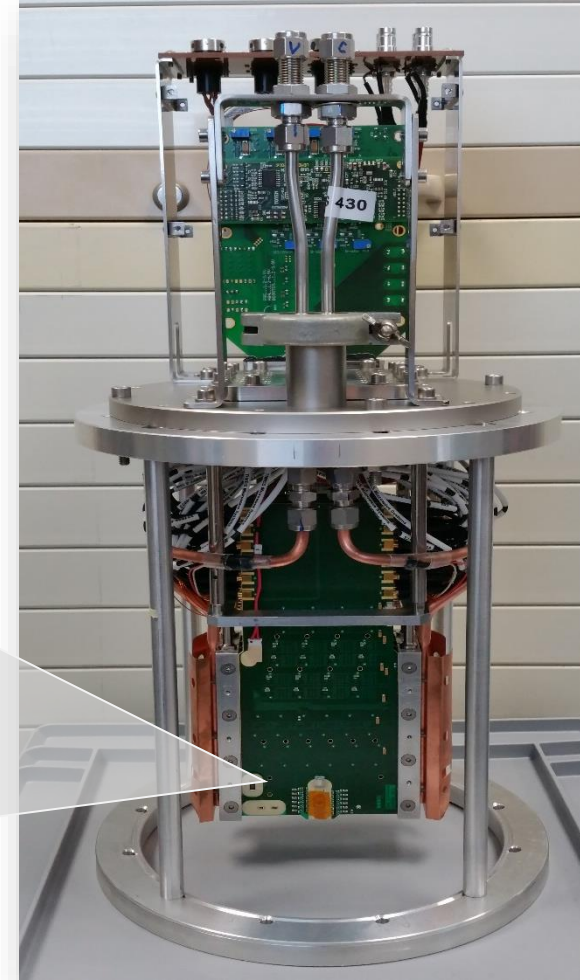
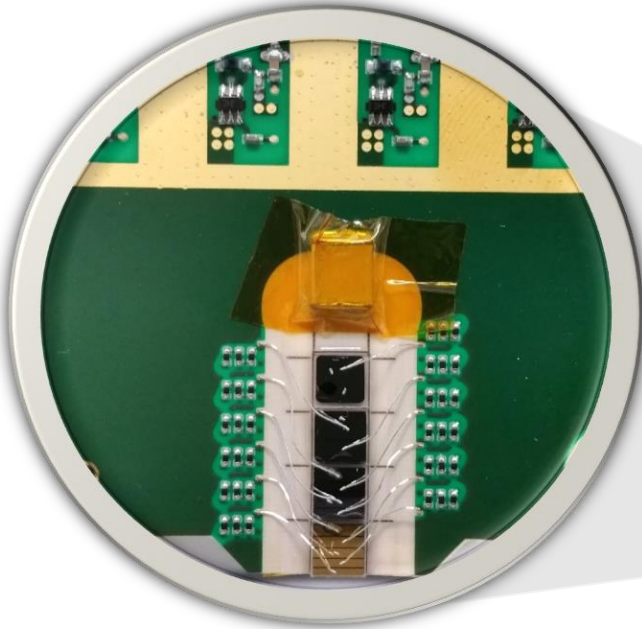
3) **Diamond**: 4 layers; time resolution up to 50ps per layer; high efficiency on the edge; irradiation limit up to  $5 \times 10^{15} \text{ n}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$ ;  $t = 0 \div +10^\circ\text{C}$ ,  $p = 50 \div 115 \text{ mbar}$ ; installed on LHC in 2016



4) **UFSD (Si-ultrafast)**: 4 layers; CNM  $50 \mu\text{m}$  sensors; time resolution  $\sim 30 \text{ ps}$  per layer; “edgeless” on the beam side; irradiation limit up to  $3 \times 10^{14} \text{ n}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$ ; installed on LHC in 2017

## Основен модул с Детекторен пакет

Детектори монтирани на хибридният модул



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

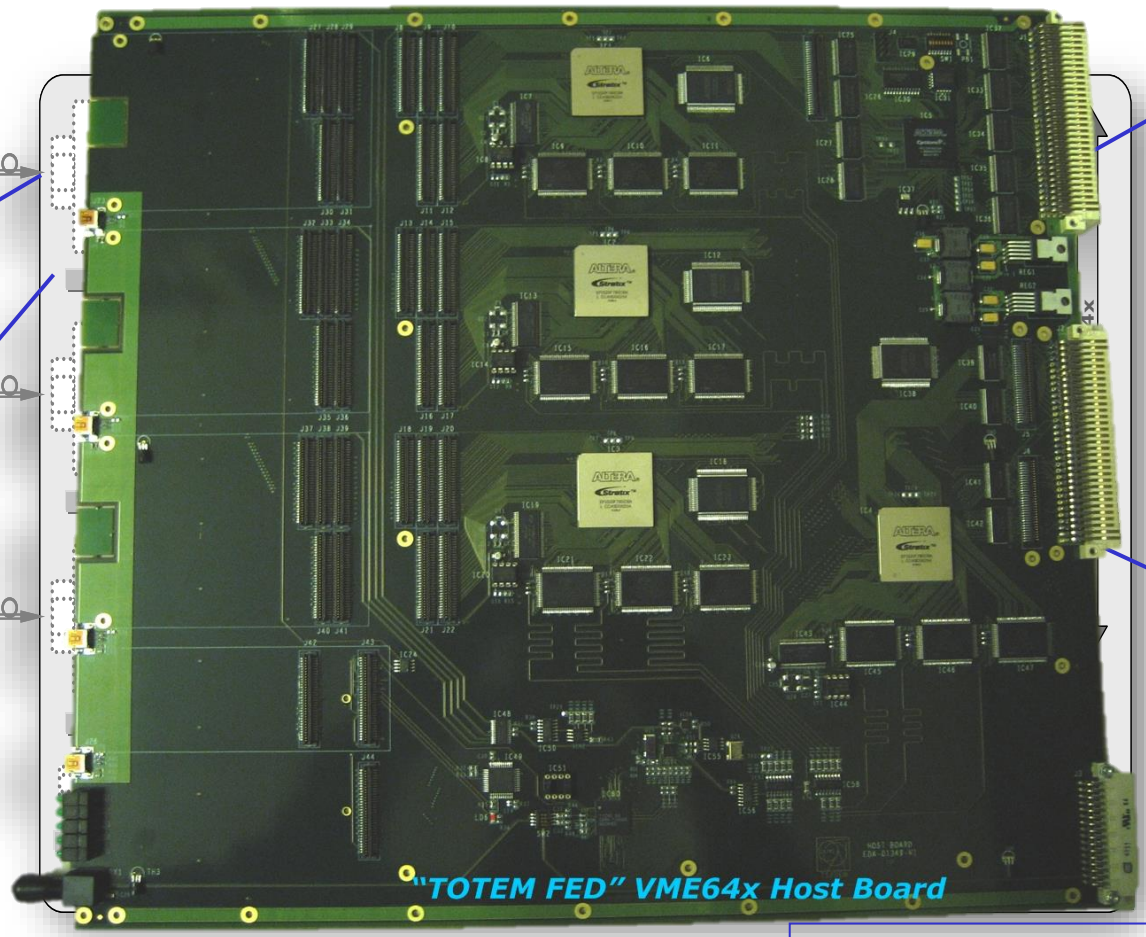
**Gigabit Optical INPUT**  
640Mb/s/fiber x 12 = 7.68Gb/s

**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*

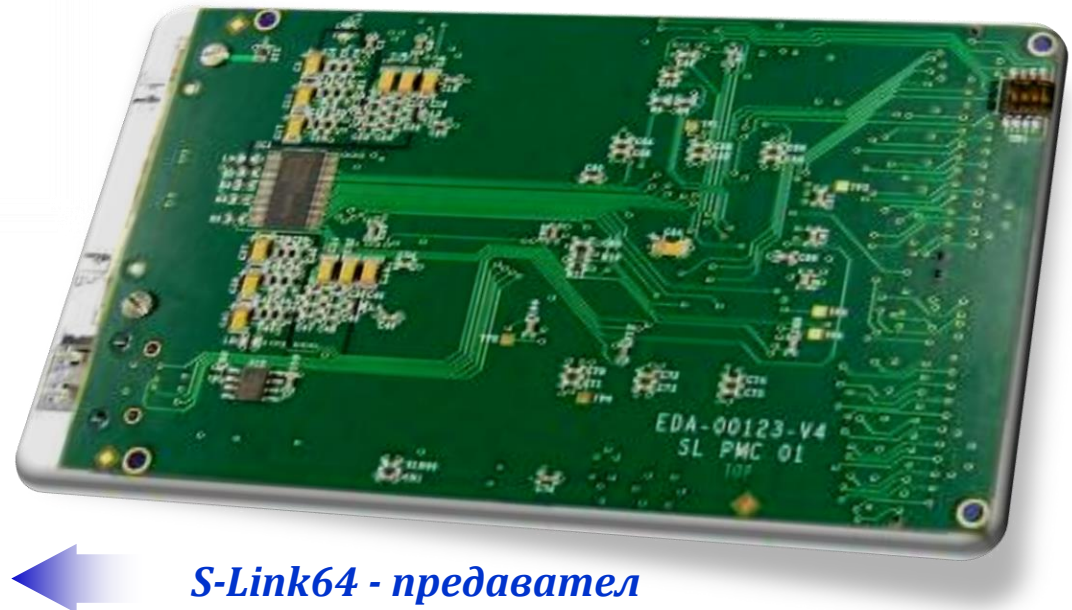
**TOTEM Experiment**  
Trigger Rate - 1 kHz  
Event Size - 40 kBytes

**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*

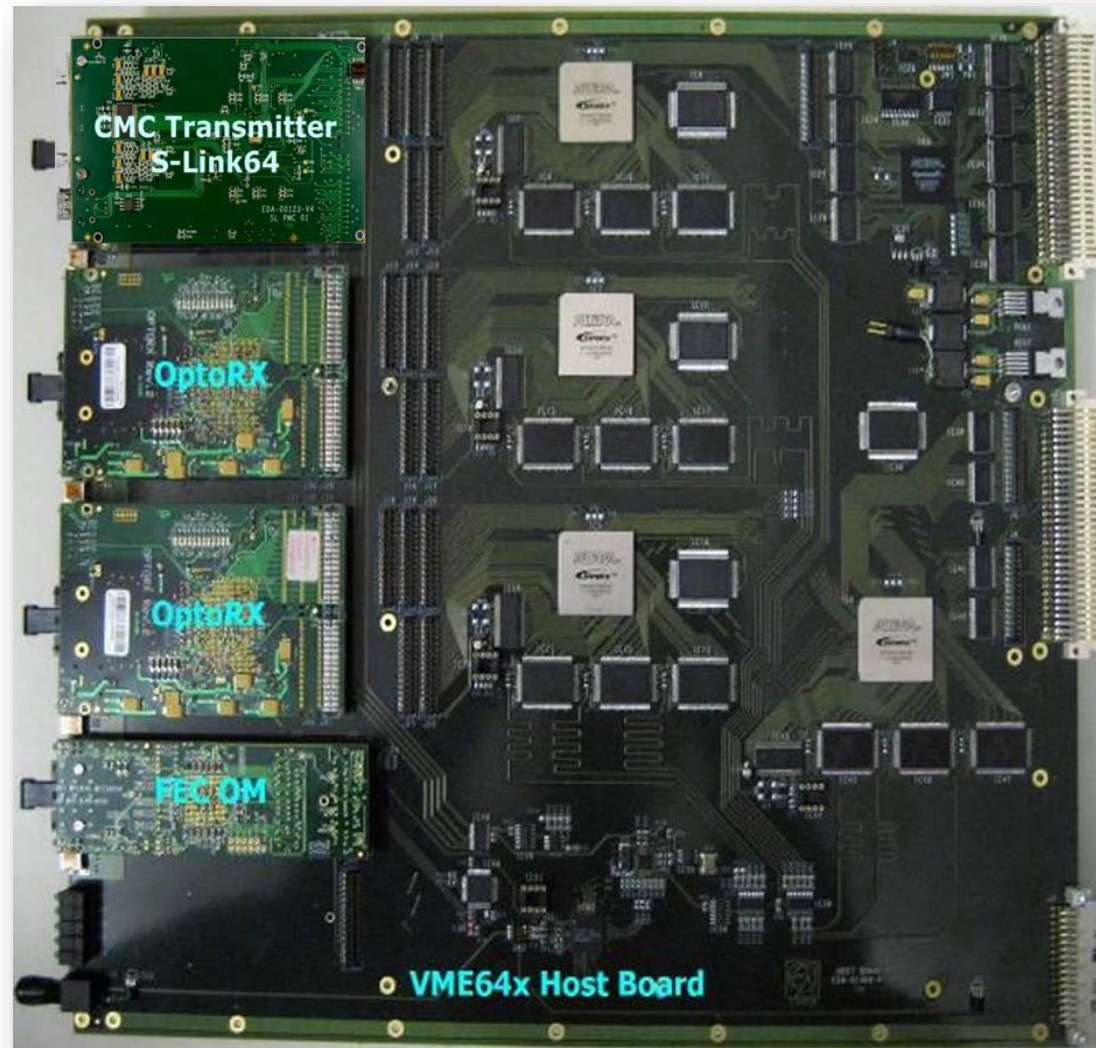


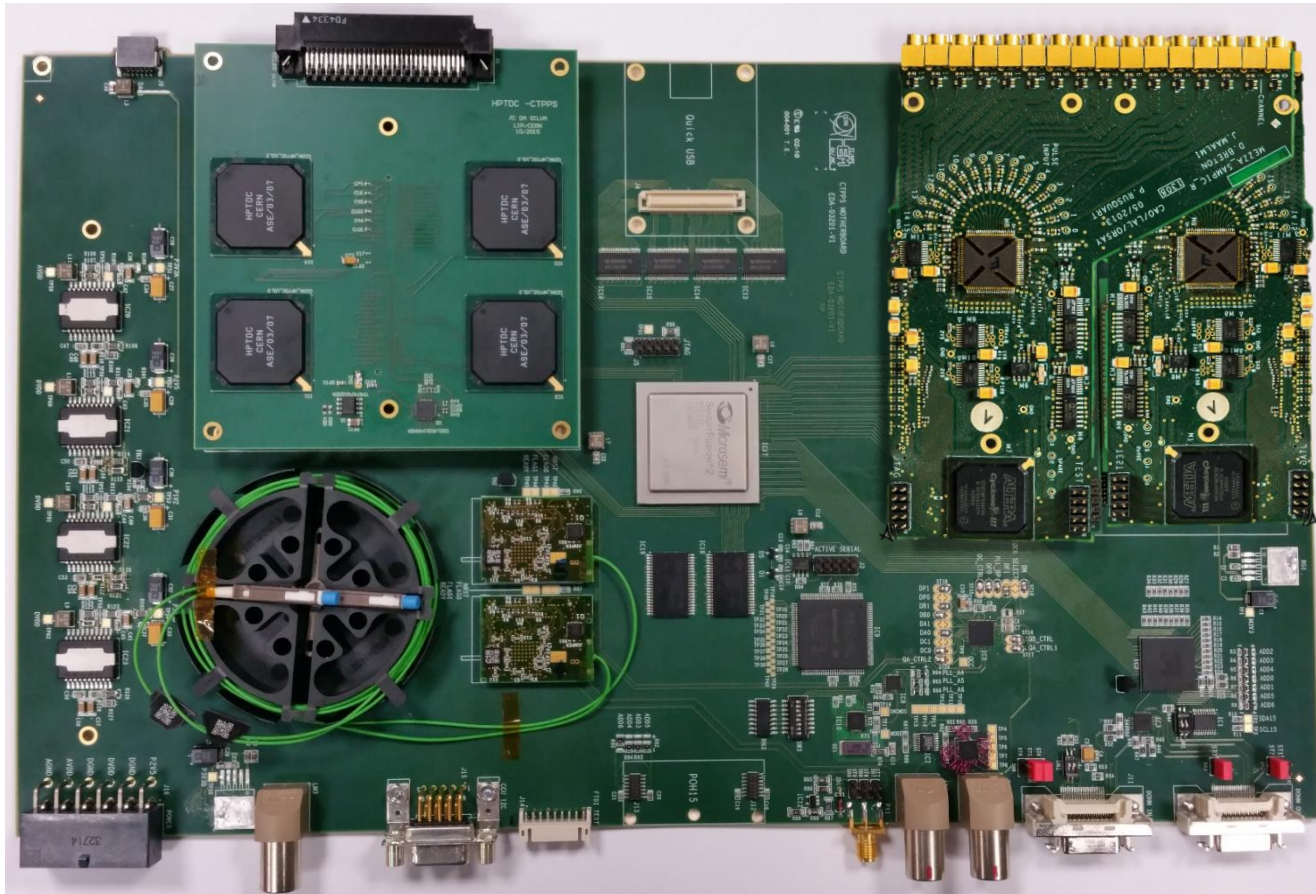
- Получава данните от 36 оптични интерфейса
- Преобразува информацията в цифров вид
- Пакетира и предава на следващото ниво



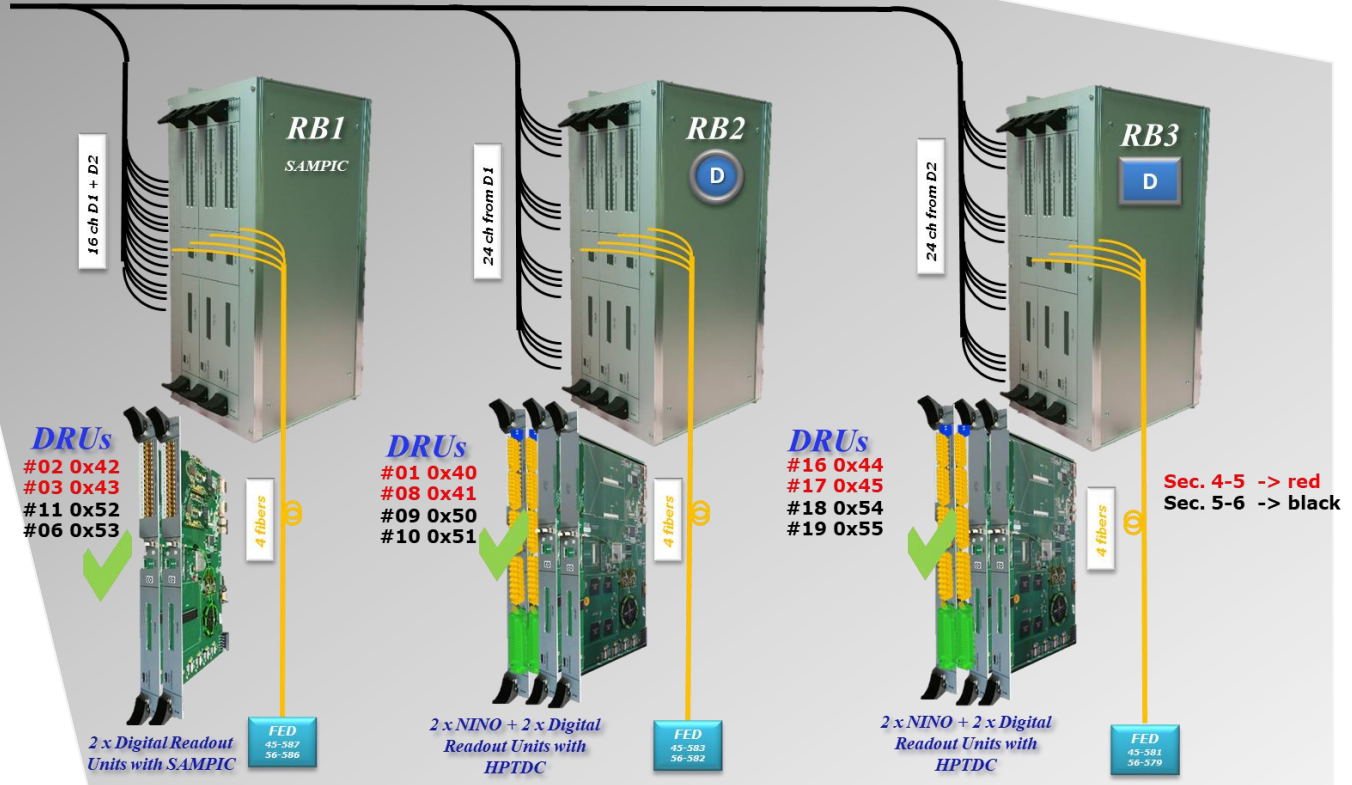
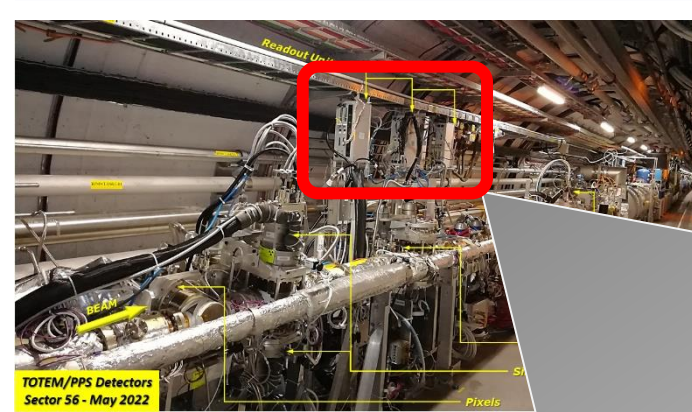
- Предава пакетите от данни към системата за събиране и обработка (DAQ) по определен протокол

*S-Link64 - предавател*



*CMS TOTEM - Proton Precision Spectrometer*

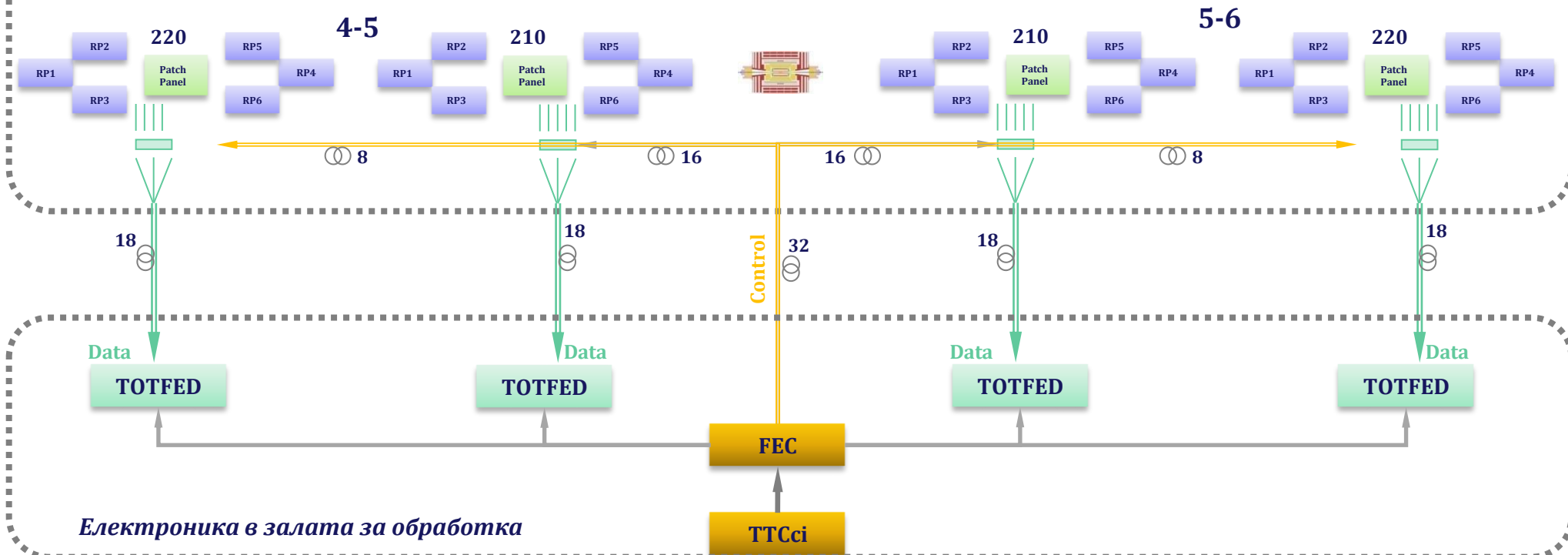
Приема информацията от детектора, преобразува я в цифров вид, обработва и предава на следващото ниво от системата за събиране на данни



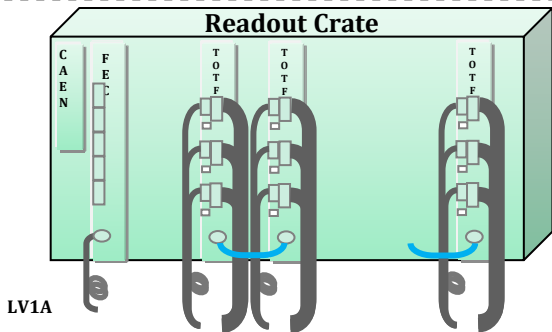


- Въведение
- Електроника при детектора
- Електроника в залата за обработка
- **Видове системи**
- Заключение

## Електроника при детекторите



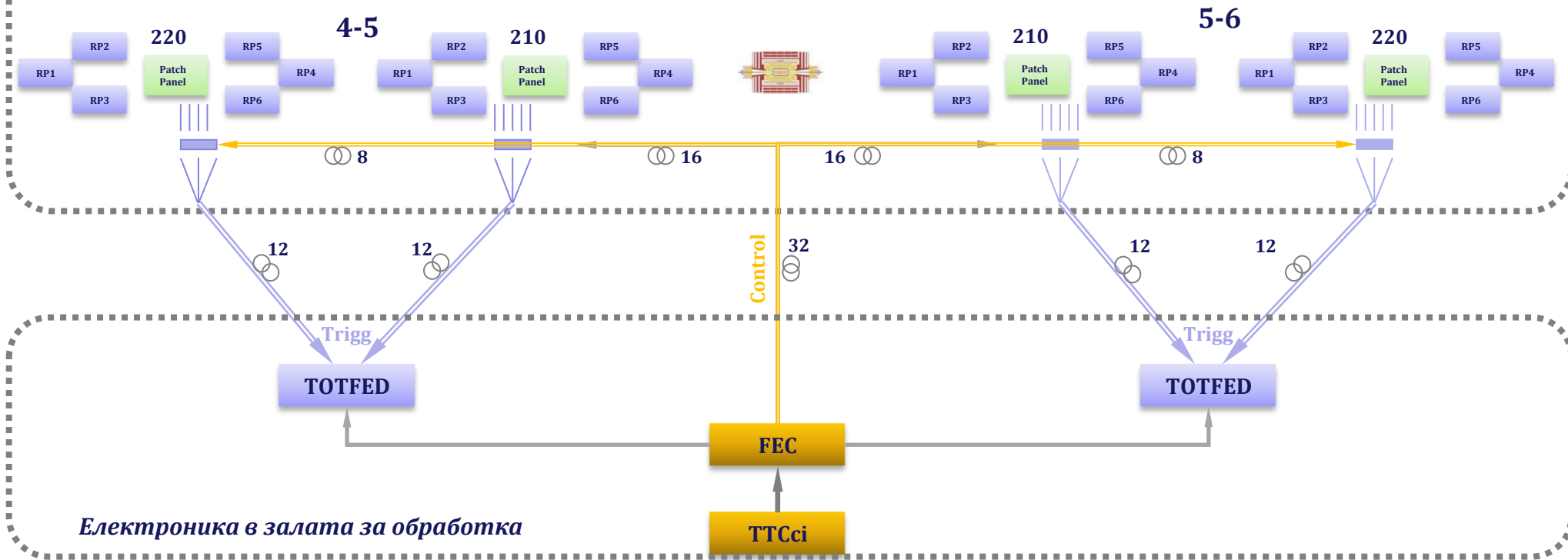
## Електроника в залата за обработка



## Система за събиране и обработка на данни

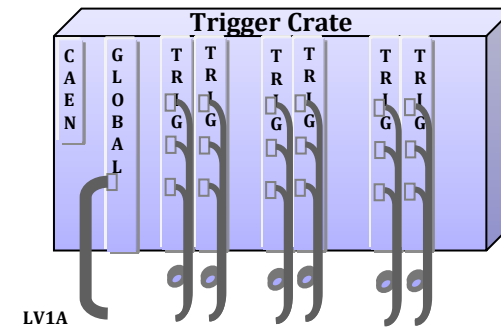
- Скорост до ~ 1KHz през VME64x от ~ 40MB/s
- S-Link64 към CMS от ~200MB/s
- 240 Si детектора с 122880 канала общо се покриват от 960 VFAT2 чипа

## Електроника при детекторите

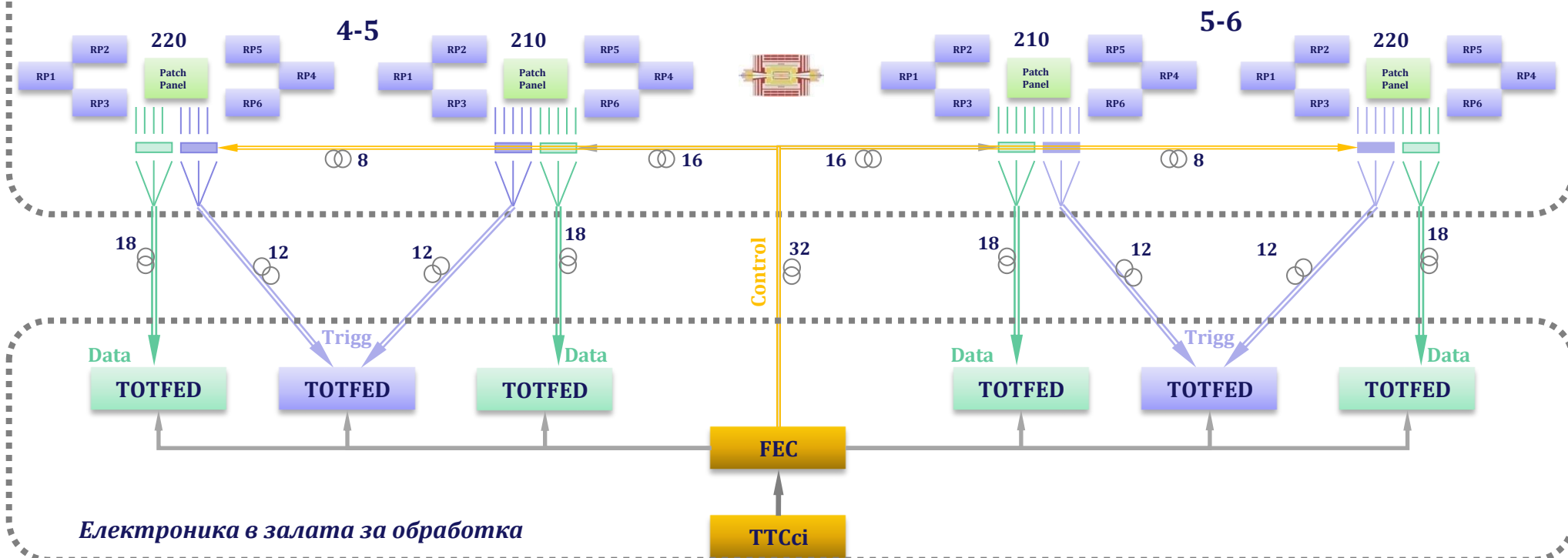


## Тригерна Система

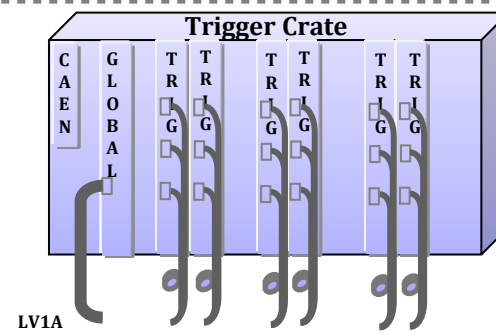
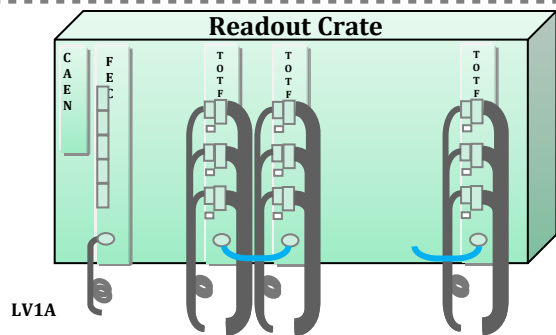
- 12 оптични интерфейса на станция за 2 основни модула TOTFED
- 2 електрически интерфейса на  $\frac{1}{2}$  станция за 4 основни модула TOTFED

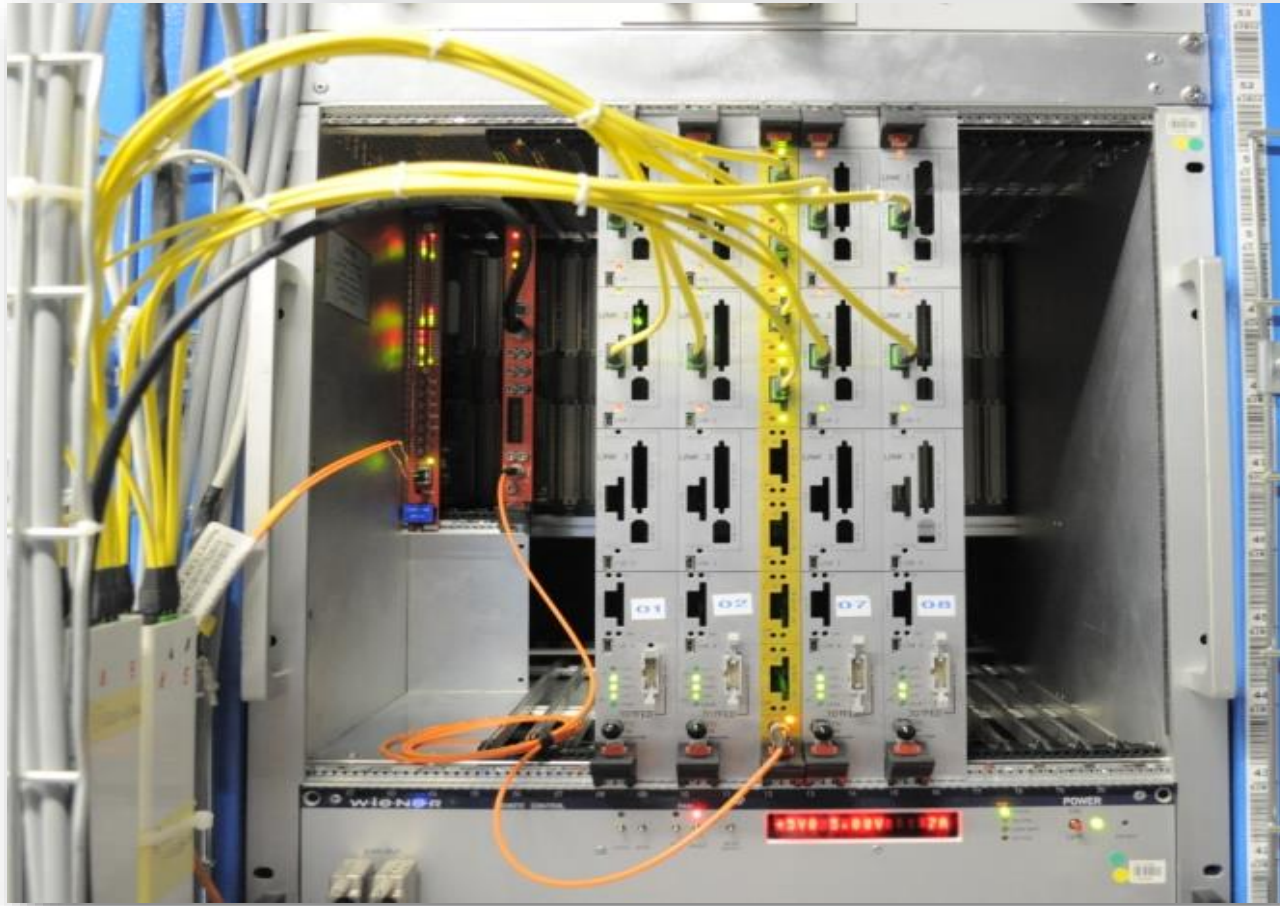


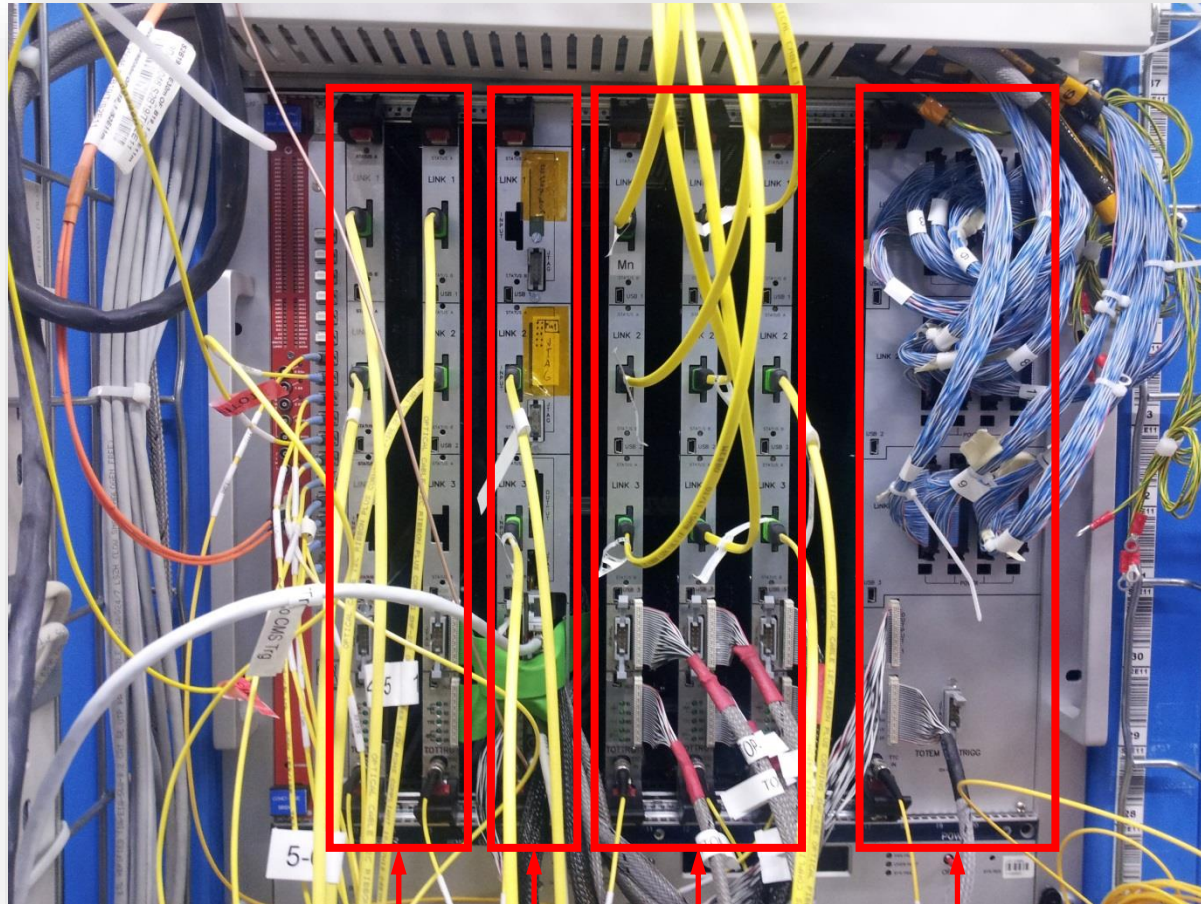
## Електроника при детекторите



## Електроника в зала за обработка







Roman Pot - optical

T1 and T2

Roman Pot - electrical

TOTEM GLOBAL Trigger Board

18/09/23      LHC: BEAM SETUP      DAQ State      Run Number      Lv1 Rate      Ev.Size      Dead Time [AB]      Stream N/A      Accepted [CPU]

Mon 05:08:32      Stable Beams [11:23]      Running      373577 [00:38]      33.374 kHz      60.59 kB      1.79 [0.13] %      N/A      N/A

### Data Flow

LHC RAMPING OFF
Tracker HV N/A
Pixel HV N/A
Physics NOT declared
Clock Source LHC
TIER0 TRANSFER ON

### DAQ components

FMM	FED	FRL	EVM	RU	BU
-1	765	513	1	58	59

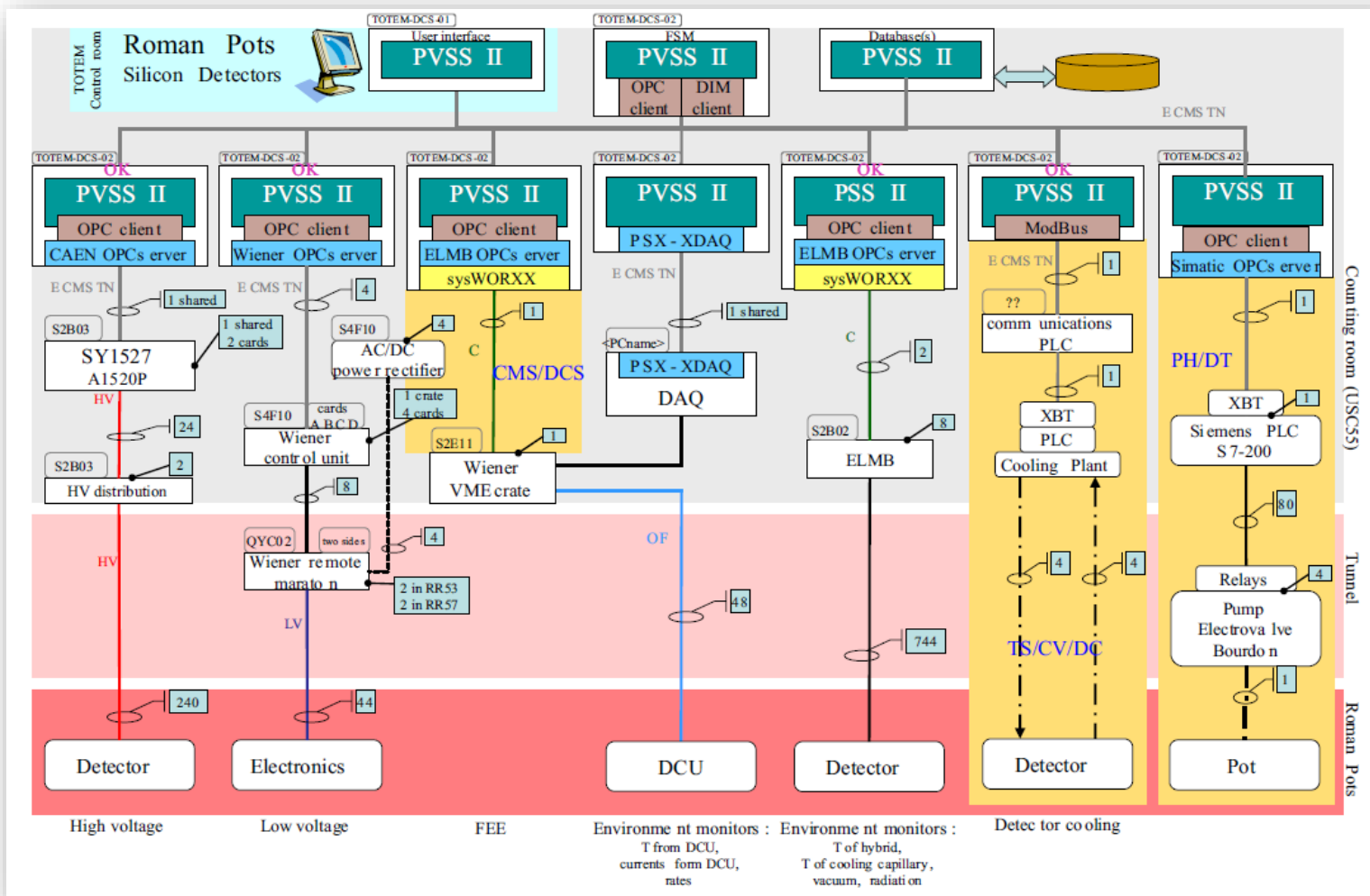
Sub-System	State	FRL	FED	IN
TCDS	Running	1	1	1
TRG	Running	14	14	1
PIXEL	Out	79	112	0
TRACKER	Out	249	436	0
ES	Out	26	40	0
ECAL	Out	54	54	0
HCAL	Running	42	42	7
GEM	Out	3	3	0
RPC	Out	3	3	0
DT	Out	9	9	0
CSC	Out	18	36	0
L1SCOUT	Running	0	0	0
DAQ	Running	0	0	0
DQM	Running	0	0	0
DCS	Connected	0	0	0
CTPPS	Running	2	2	2
CTPPS_TC	Running	13	13	4

CMS Experiment at LHC, CERN  
Data recorded: Mon Sep 18 05:06:16 2023 CEST  
Run/Event: 373577 / 72101534  
Lumi section: 81

### Beam & DCS states & DAQ history

LHC: BEAM SETUP, STABLE BEAMS

AlphaBatic Session 325788 <4.5 - 27.8 > sec. Started: 17/09/23 Sun 04:50. Machine: scx5scr33mac~cms.cern.ch - MEM 6256MB CPU95%      UTC time 18/09/23 03:08:31. Local time: Geneva 05:08, Los Angeles 20:08, Chicago 22:08, Moscow 07:08, Beijing 12:08



Предоставена от DCS екипа на TOTEM



Vision\_1: TOP

**05:07** 18-09-23

gantchev  
as:totem-dcs

DIST.1

**TOTEMCMS**  
ERROR

FSM

- << TOTEMCMS >>
- TOTEM
- CMS\_TOTEM
- LHC

**TOTEM MAIN SUPERVISOR**

run LOG

**SECTOR 45**      **CMS TOTEM-PPS**      **SECTOR 56**

## TOTEM Very High $\beta^*$ RUN 18 Sep 2023

**LHC**

Machine Mode	BEAM SETUP	Beam Present	SAFE	PROTON	Stable Beam	TRUE	Energy[GeV]	56661
Beam Mode	STABLE BEAMS	Beam 2	PRESENT	SAFE	PROTON	Mov D Allowed	Fill Number	9159

Page 1  
High beta fill with 3 nom. bunches

LHC Run Configuration	STATUS	LHC Run Configuration	STATUS
FILL_NO	9159	PARTICLE_TYPE_B1	PROTON
NO_BUNCHES	4	PARTICLE_TYPE_B2	PROTON
ACTIVE_INJECTION_SCHEME	Single_3b_3_0_0_highbeta	IP5-NO-COLLISIONS	3

LHC

BEAM SETUP  
**STABLE BEAMS**

Energy[GeV] 0.00

DCS self-test do not exists

INJECTION	STANDBY	VETO
ADJUST	STANDBY	VETO
DUMP	STANDBY	VETO
TOTEM Status	PHYSICS	

beam 1      beam 2

InjectionPermit

UserPermit1

ControlKeys

BypassKey

MotorCoil

S1E08 S2A02 S2A03 S2A04 S2A05 S2B02 S2B03 S2B04 S2B19

S2E11 S2F16 S4F05 X3L73 X3R73 X4E71 X4L71 X4R71 X4U71

FSM

cms\_sen\_dcs\_1    totem\_dcs\_1

CLOSE

# TOTEM-PPS DCS экран (2)

CtppsParameters29217: "DiamondHvTrip"

Ctpps Parameters

	452frtp	452frhr	452frbt	Rb01	Rb02	Rb03	452c1hr	Clk1	452nrhr	451frtp	451frhr	451frbt	561frbt	561frhr	561frtp	562nrhr	Clk1	562c1hr	Rb03	Rb02	Rb01	562frbt	562frhr	562frtp	
LvA [V]	2.51	1.80	2.63	2.53	0.04	0.05	0.02	0.09	0.01	2.42	1.82	2.60	2.53	1.80	2.54	0.07	0.05	0.02	0.01	0.04	2.48	2.55	1.85	2.56	
LvD [A]	5.09	0.52	5.21	1.23	0.28	0.33	0.29	0.07	0.25	4.74	0.24	4.68	5.08	0.86	5.01	0.33	0.07	0.23	0.30	0.27	1.21	5.08	0.71	5.09	
LvV [V]	2.52	2.84	2.53	0.04	0.05	0.08		0.15		2.46	2.71	2.48	2.52	2.87	2.53		0.04		0.06	0.00	0.06	2.51	2.80	2.55	
Lv [A]	6.27	1.47	6.39	0.29	0.29	0.30		0.08		5.74	1.29	6.05	6.52	1.84	6.58		0.07		0.31	0.00	0.28	6.35	1.73	6.27	
Lv [V]		2.61						0.04									0.03		0.02				2.62		
Lv [A]		0.84						0.33									0.30		0.26				0.79		
Hv [V]	120.00	50.20	0.00	120.00						120.00	0.00	14.70	120.00	120.00	50.10	50.00	120.00	0.00	0.00			120.00	49.90	49.90	120.00
Hv [uA]	212.80	0.50	0.00	438.02						222.27	0.00	16.50	294.27	234.70	1.40	2.30	645.13	0.00	0.00			227.43	0.80	1.40	204.80
Hv [V]		49.90	0.10									49.80	50.10					0.00	0.00			49.80	49.90		
Hv [uA]		0.70	0.00									0.40	0.40					0.00	0.00			0.40	0.40		
Hv [V]		49.80	49.80									49.90	49.80					0.00	0.00			50.00	49.90		
Hv [uA]		0.60	0.40									0.10	0.00					0.00	0.00			1.10	1.30		

Temp01 [°C] -22.68 -22.16 -16.61  
 DssTemp [°C] -22.32 -21.61 -17.90  
 CoolLeftIn [°C] -29.86 -24.57 -29.34  
 CoolLeftOut [°C] -33.57 -31.73 -31.19  
 CoolRightIn [°C] -32.45 -28.21 933.78  
 CoolRightOut [°C] -30.20 -27.75 -33.58  
 TempFlOut [°C] 19.37 18.47 19.89  
 Vacu01 [mbar] 16.54 167.73 15.14  
 Leak [ubar/s] 2.13 0.00 1.85  
 Pressure [mbar] 15.30

RPIn  
 RPHome  
 RPOut  
 RPMotorPowerOn  
 RPBackHome  
 RPAntiCollision  
 PackOut  
 PosSetting [um] +348 +2770 -401  
 LVDT [um] +458 +2823 -429  
 Motor [um] +343 +2769 -401  
 Resolver [um] +348 +2769 -401  
 InnWarning [um] -4900 -4900 +4900  
 InnCritical [um] -5000 -5000 +5000  
 InnLimit [um] -5000 -5000 +5000  
 OutWarning [um] +45000 +45000 -45000  
 OutCritical [um] +45000 +45000 -45000  
 RPState 1 1 1  
 RPWarning  
 RPError

Color Legend: RED - ERROR, CRITICAL, TRIPPED; YELLOW - WARNING; STD\_off - OFF; ORANGE - RAMP\_UP/DOWN; STD\_busy\_1 - BUSY; LIGHT GRAY - DEAD, DISABLED, MASKED; BLUE - OK, STANDBY; GREEN - OK, ON; MAGENTA - NO DATA POINT; 00.888 - INVALID

05:05 18-09-23

LHC BEAM SETUP  
 STABLE BEAMS  
 Energy[GeV] 0.00

EDIT LV LIMITS  
 EDIT HV RECIPES  
 HV RECIPE FSM STATE STBY  
 tot\_Rp Standby\_Mode  
 HV RECIPE FSM STATE ON  
 tot\_Rp Standby\_Mode

Heart Beat  
 PXIHeartBeat 71281  
 FESAHeartBeat85156134  
 DCSHeartBeat 70643

toRpInterlock  
 beam 1 beam 2  
 InjectionPermit

UserPermit1

DeviceAllowed

MovementPermit  
 PXI

MovementOverride  
 PXI  
 DCS

ManualInjectionPermit  
 PXI  
 DCS

ControlKeys  
 BypassKey  
 MotorCoil

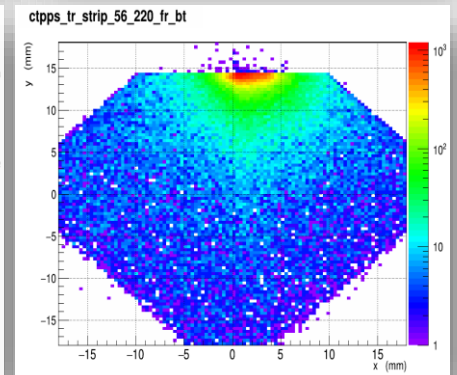
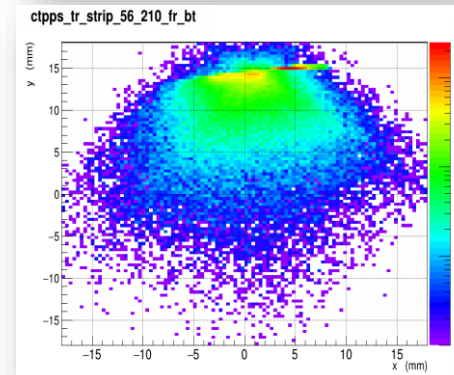
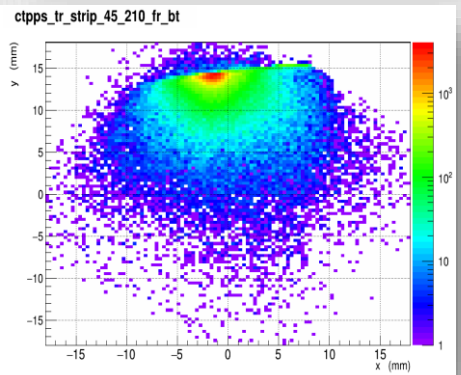
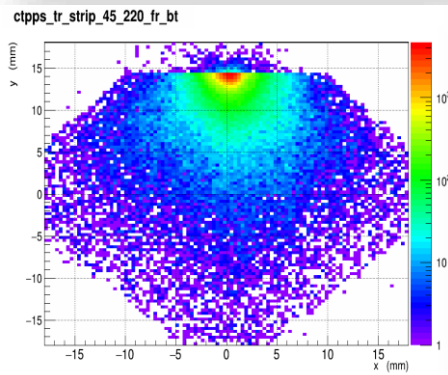
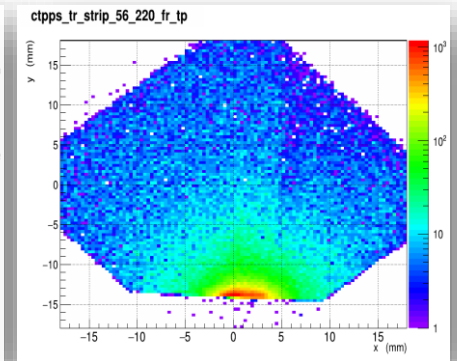
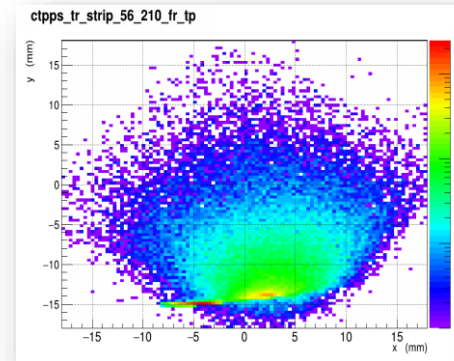
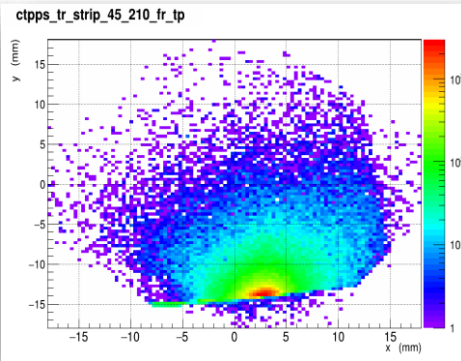
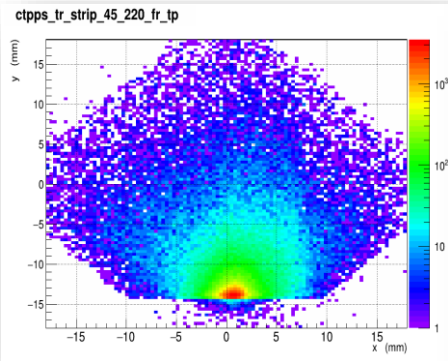
PXIStatus  
 toPXIInfoID 0  
 toPXIAlarmID 0

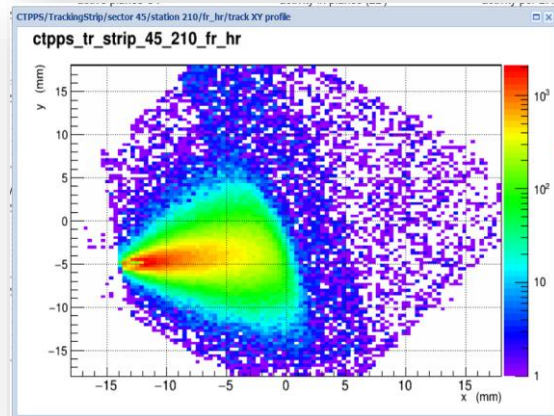
AlcoveTemp  
 Sector45 [°C] 39.98  
 Sector56 [°C] 0.00

## TOTEM Very High $\beta^*$ RUN 18 Sep 2023

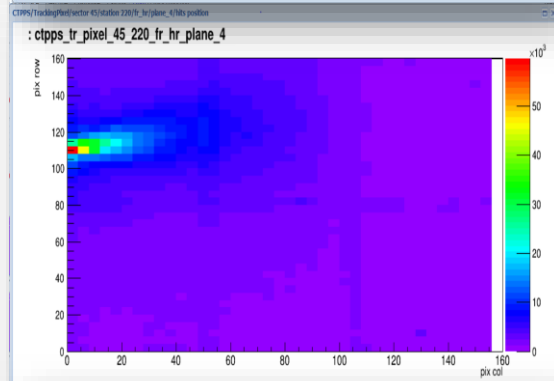
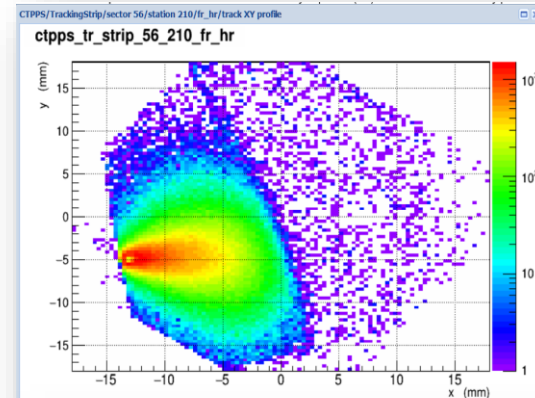


## TOTEM Very High Beta \* RUN 18 Sep 2023

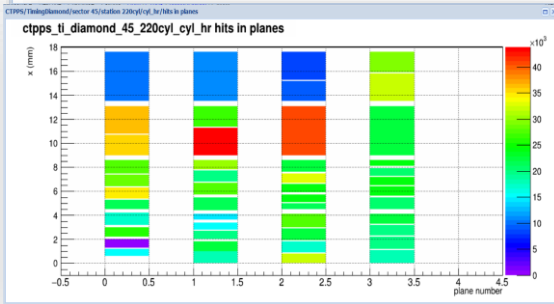
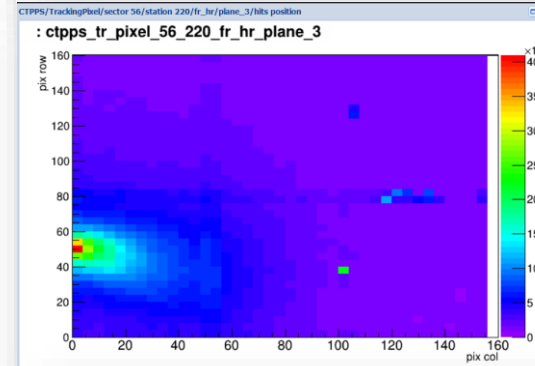




Силициеви  
Детектори



Pixels  
Детектори



Диамантни  
Детектори



*„Първо експериментално наблюдение на обмен на одерони при еластични протон-протонни и протон-антипротонни взаимодействия“.*

През август 2021 г. учените от ТОТЕМ (CERN), съвместно с колаборацията D0 (Fermi Lab) публикуваха статия, с която потвърдиха съществуването на Одерона [1] - неуловимата досега квази-частица, предречена преди 50 години. Статистическата значимост на комбинираните данни от анализ на  $p\bar{p}$  (протон-антипротон) (D0) и  $pp$  (протон-протонни) (ТОТЕМ) взаимодействия е по-голяма от 5 стандартни отклонения и се интерпретира като първото експериментално наблюдаване на обмен на фамилия от безцветни, зарядово нечетни комбинации от глюони – т.н. одерони. През септември 2021 статията е цитирана от публикация в Nature Reviews Physics [2].

[1] Abazov V. M., ... **Antchev G.**, **Atanassov. I.**, ... et al. Odderon exchange from elastic scattering differences between  $pp$  and  $p\bar{p}$  data at 1.96 TeV and from  $pp$  forward scattering measurements. [Phys. Rev. Lett. 127, 062003 \(2021\)](#)

[2] Leader E. et al. Discovery of the odderon. [Nat Rev Phys 3, 680 \(2021\)](#)



Начало БАН-Агм Академията Документи Дейности

Начало / Виртуално посещение

## Виртуално посещение в тунела на Големия адронен колайдер в ЦЕРН, Женева

петък, 17 декември 2021 | Категории: Енергийни ресурси и енергийна ефективност | Етикети: ИЯИЯЕ



На 15.12.2021 доц. Георги Анчев от Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика на БАН показва тунела на Големия адронен колайдер (LHC) и разказа за експеримента TOTEM/PPS.

ЦЕРН ( CERN от френски Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) е Европейската организация за ядрени изследвания и представлява най-голямата в света лаборатория по физика на елементарните частици. България се присъединява към ЦЕРН през 1999г.

TOTEM е един от новите експерименти, разположени в тунела на Големия адронен колайдер. Неговата програма включва изследване на еластичните и нееластични сечения на взаимодействие на елементарни частици при високи енергии /The Total, elastic and diffractive cross-section measurement/.

Виртуалното посещение е достъпно в youtube на този адрес: <https://youtu.be/yPHUcPgu7dU>

<https://www.bas.bg/?p=36923>

**Виртуалното посещение (55 мин. на български) е достъпно в YouTube на този адрес:**

<https://youtu.be/yPHUcPgu7dU>



Начало БАН-Агм Академията Документи Дейности

Начало / Ново откритие в ЦЕРН с участие на учени от ИЯИЯЕ

## Ново откритие в ЦЕРН с участие на учени от ИЯИЯЕ-БАН – първо експериментално наблюдение на одерони

сряда, 9 февруари 2022 | Категории: Енергийни ресурси и енергийна ефективност



На първо място в списъка с възбуждащи резултати в ЦЕРН за 2021 г. е експерименталното наблюдение на обмен на одерони при еластични протон-протонни и протон-антипротонни взаимодействия.

Един от водещите учени на този експеримент е д-р Георги Анчев от Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика на БАН. Той е автор на системите за събиране и обработка на данни и координатор както при инсталирането на тези системи в тунела на LHC, а така и при тестването на детекторите и въвеждане им в експлоатация.

Одероните (фамилия от виртуални, цветно-неутрални състояния, съставени от нечетен брой глюони) са предсказани теоретично през 1973 година. На експеримента TOTEM, провеждан на LHC в ЦЕРН, се изследва еластичното разсейване на протони, което носи важна информация за взаимодействието и структурата на тези елементарни частици. През 2021 г. експериментите TOTEM в ЦЕРН (Швейцария) и DØ във Фермилаб (САЩ) докладваха за първото експериментално наблюдение на обмен на одерони. Откритието е резултат от моделно независим анализ на данните от протон-протонни (TOTEM) и протон-антипротонни (DØ) взаимодействия, тъй като одеронът се проявява по различен начин в тези два случая.



Виртуално посещение в тунела на Големия адронен колайдер в ЦЕРН с д-р Георги Анчев може да намерите на [страницата](#) на БАН.

Експерименталното наблюдение на обмен на одерони при еластични протон-протонни и протон-антипротонни взаимодействия е и най-значимото научно постижение на Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика при БАН за 2021 година.

<https://www.bas.bg/?p=37427>

[Начало](#) > [Всички новини, както и Официални актове и съобщения](#)

# Д-р Георги Анчев от БАН участва в ново откритие в Европейската организация за ядрени изследвания – ЦЕРН

09.02.2022 17:47 (БТА)

VINP 17:48:31 09-02-2022

IS1745VI.022

БАН - учен - откритие - ЦЕРН

Д-р Георги Анчев от БАН участва в ново откритие в Европейската организация за ядрени изследвания – ЦЕРН

София, 9 февруари (Димитрина Ветова, БТА)

Д-р Георги Анчев от Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика на БАН (ИЯИЯЕ-БАН) участва в ново откритие в Европейската организация за ядрени изследвания – ЦЕРН, в Женева, Швейцария, което е за първото експериментално наблюдение на одерони. Това съобщил е пресцентърът на Българската академия на науките.

Големият адронен ускорител (LHC) е най-големият и мощен колайдер (ускорител на частици) в света, който се намира в Европейската организация за ядрени изследвания – ЦЕРН, в Женева. ЦЕРН е най-голямата в света лаборатория по физика на елементарните частици, към която България се присъединява през 1999 г.

От БАН информират, че "на първо място в списъка с възбудяващи резултати в ЦЕРН за 2021 г. е експерименталното наблюдение на обмен на одерони при еластични протон-протонни и протон-антипротонни взаимодействия". Един от водещите учени на този експеримент е д-р Георги Анчев от Института за ядрени изследвания и ядрена енергетика на БАН. Той е автор на системите за събиране и обработка на данни, и е

СПОДЕЛЕТЕ

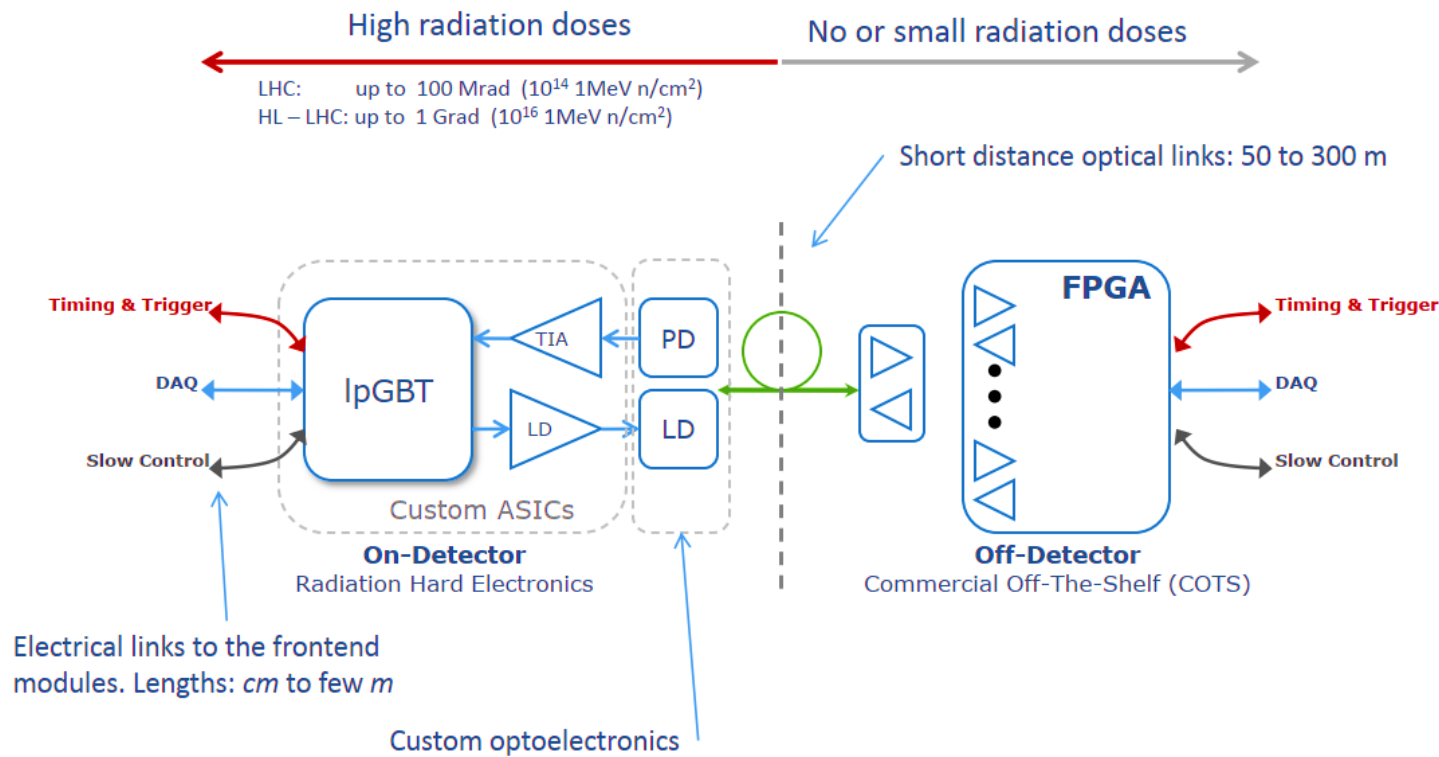


[Линк към публикацията в БТА](#)

## HL-LHC поставя нови изисквания и предизвикателства:

- По-голямо количество информация, скорост, бързодействие, устойчивост на радиация
- Детектори от нов тип с по-добри параметри и възможности
- CERN в колаборация с външни институти разработва специални ел. компоненти за това

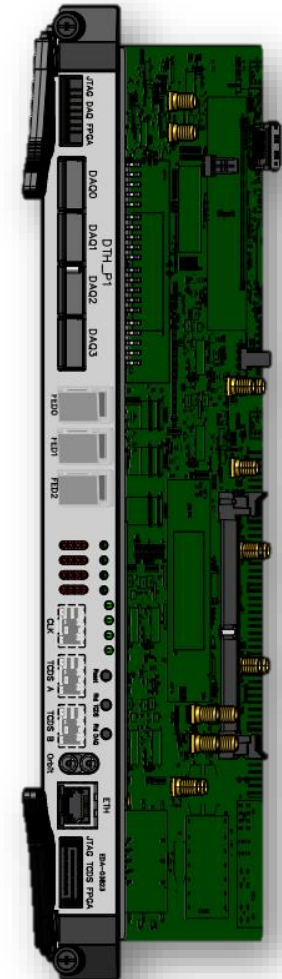
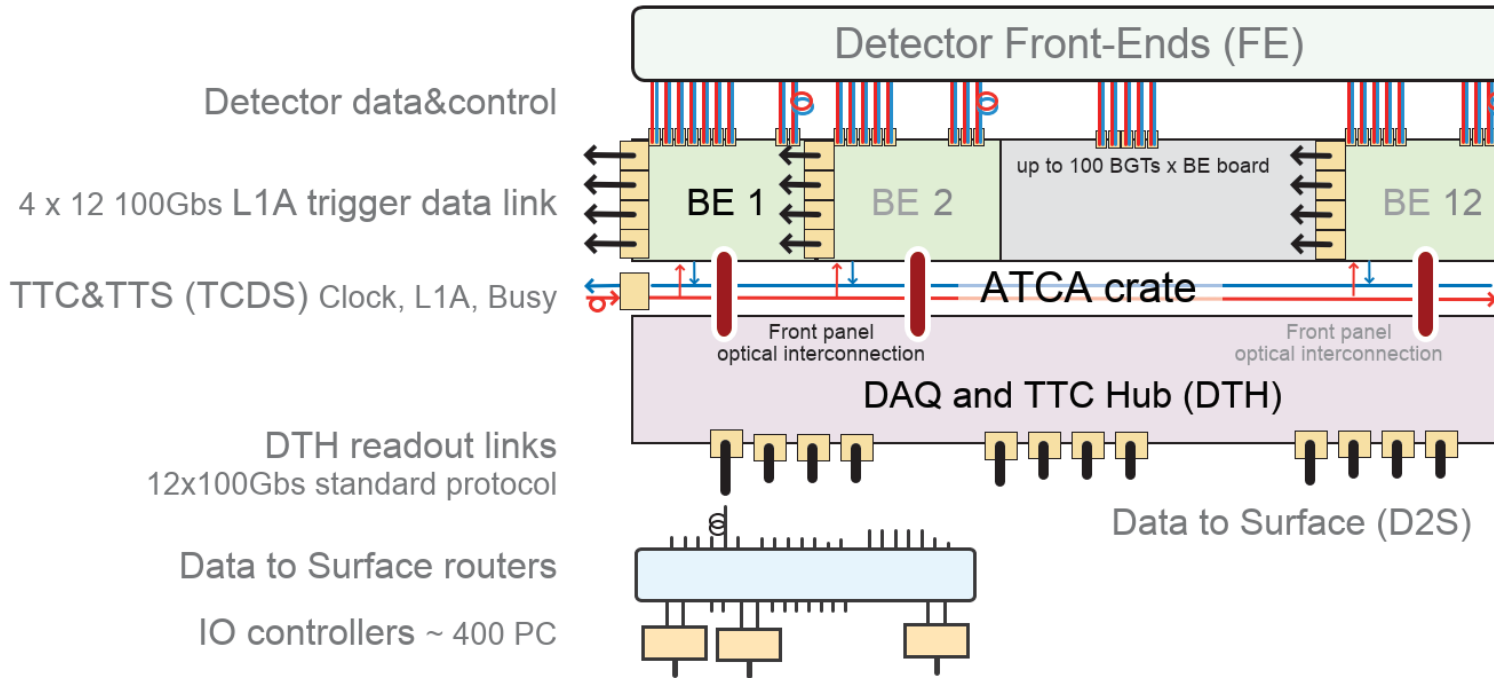
### *IpGBT Link Architecture*



### *Електроника при детекторите*



## Нова електроника в залата за събиране и обработка на данни, DAQ / Trigger системи



*DTH module CMS DAQ*

- **ATCA стандарт;**
- **контрол и данни по 100Gbs линкове;**
- **две нива на тригера;**
- **по-бързи оптични рутери и мощни PC станции**

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

- 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 кратък период 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 (LS2) на ускорителя.
- Усилия за създаването и изграждането на експеримента се отплащат с появата на първите физически резултати, публикувани в международни издания.

**Благодаря за вниманието**