

L'upgrade di CMS:
gli interessi dei gruppi italiani
Sestri Levante, 13 Nov. 2008

M. de Palma
INFN/Univ. Bari

Indice

- 1) L'upgrade di CMS
- 2) Attività di interesse del gruppi INFN
 - Tracciatore
 - Sistema dei mu
- 3) Costi per la fase di R&D

Per il punto 1) sintetizzo le informazioni ufficiali di CMS presentate da J. Nash al LHCC del 23/9/08,

Limitazioni per tracker in fase I/fase II

Limitazioni nella Fase I (per il pixel system)

Danni da radiazioni indotti dalla luminosità integrata

Dead time (~12%) dovrebbe aumentare con l'aumento della luminosità di picco
(aumento dell'inefficienza)

Material budget elevato soprattutto nella zona endcap e barrel/enadcap

L'inserzione dei Pixel può essere fatta in poco tempo (ore) ⇒

Il sistema Pixel sarà sostituito per la fase I

Limitazioni nella Fase II (per tutto il tracciatore)

Danni da radiazioni indotti dalla luminosità integrata

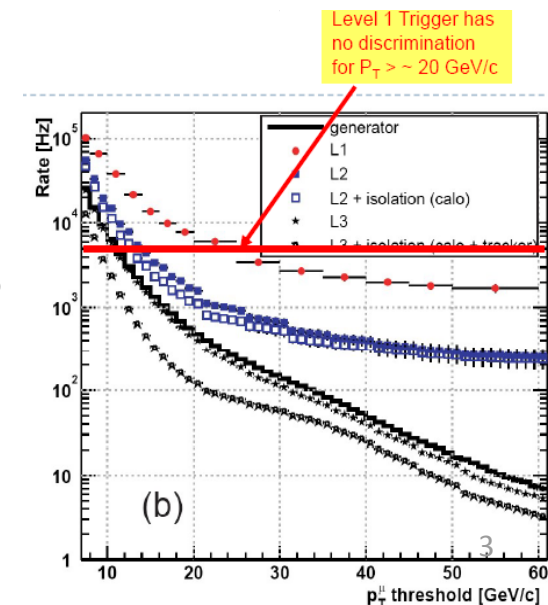
Mantenere la stessa occupancy, ad ogni R

→ celle 10 volte più piccole.

Per tenere la rate di trigger a valori adeguati, sarà necessario includere le informazione del tracciatore al L1Trigger



Tutto il tracciatore deve essere sostituito



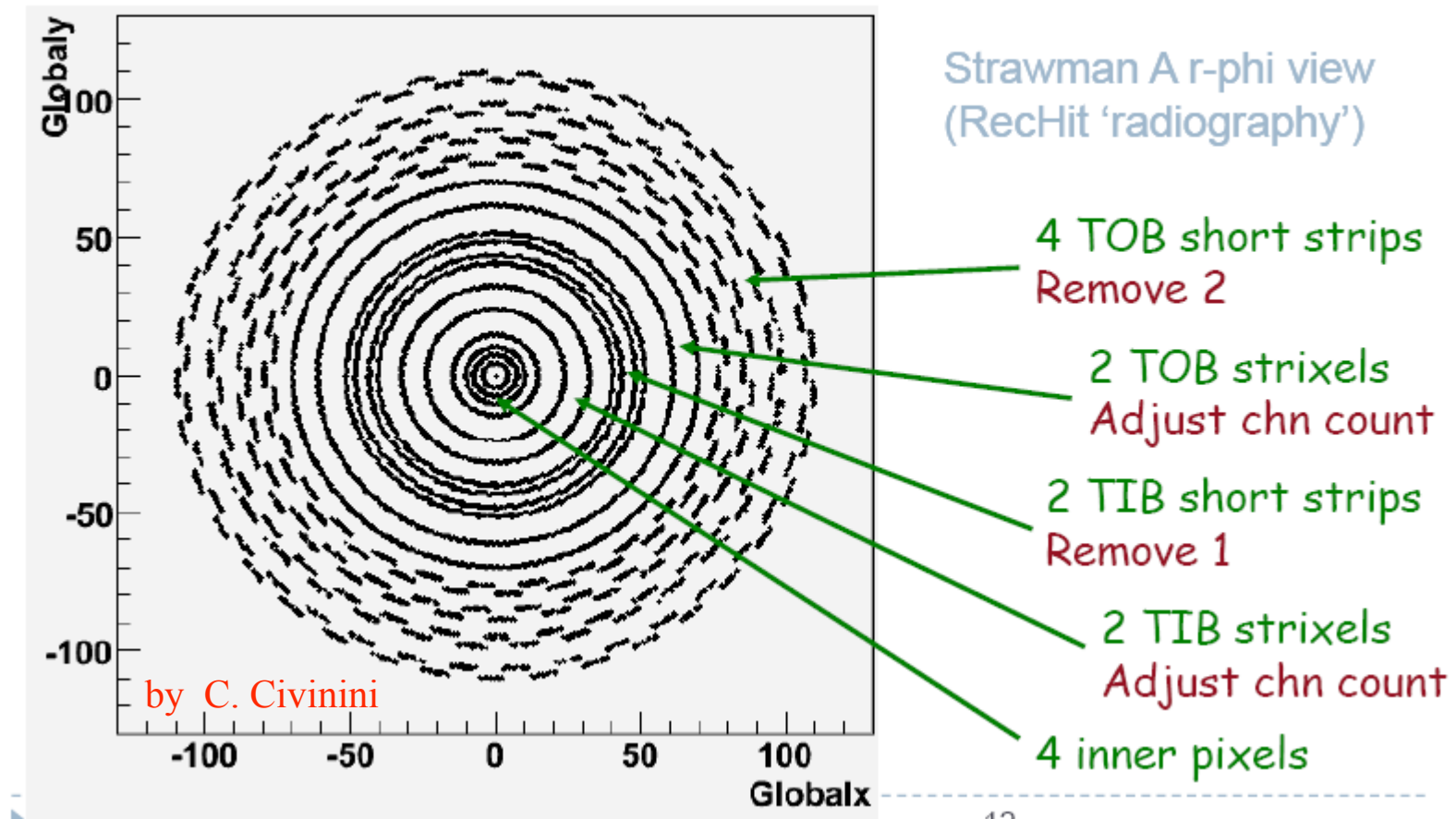
BPIX Options

for 2013 replacement/upgrade – R. Horisberger

To be ready in 2013

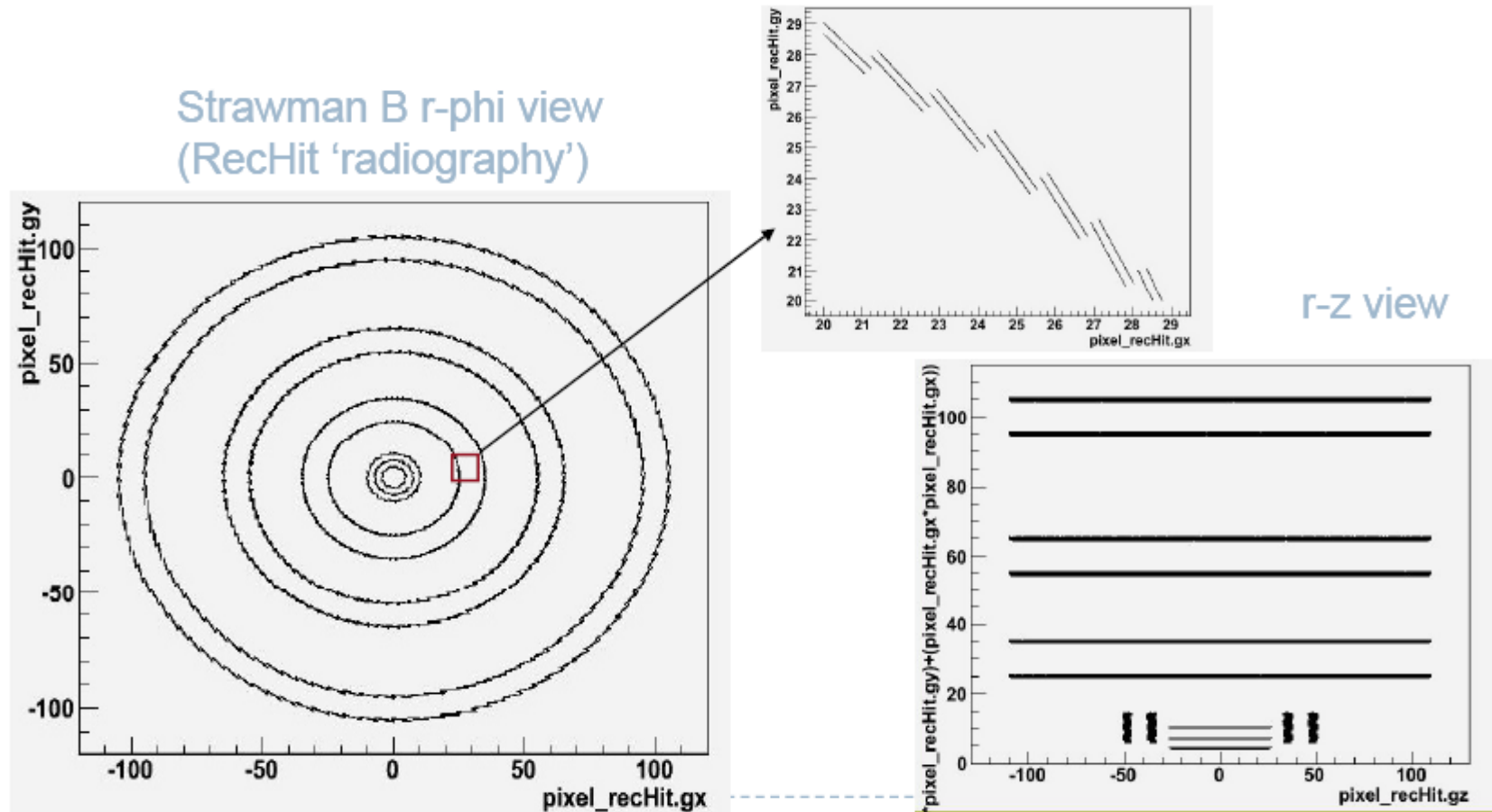
	<u>Option</u>	<u>Layer/Radii</u>	<u>Modules</u>	<u>Cooling</u>	<u>Pixel ROC</u>	<u>Readout</u>	<u>Power</u>	
as 2008	0	4, 7, 11cm	768	C ₆ F ₁₄	PS46 as now	analog 40MHz	as now	Start 8/10
	1	4, 7, 11cm	768	C ₆ F ₁₄	2x buffers	analog 40MHz	as now	Start 11/09
Propose for 2013	2	4, 7, 11cm	768	CO ₂	2x buffers	analog 40MHz	as now	Start 11/09
	3	4, 7, 11cm	768	CO ₂	2x buffers	analog 40MHz μ-tw-pairs	as now	Start 11/09
	4	4, 7, 11cm	768	CO ₂	2xbuffer, ADC 160MHz serial	digital 320MHz μ-tw-pairs	as now	
Fase II	5	4, 7, 11, 16cm	1428	CO ₂	2xbuffer, ADC 160MHz serial	digital 640 MHz μ-tw-pairs	DC-DC new PS	

Fase II Tracker: Strawman A, J. Nash, LHCC - 23/9/2008



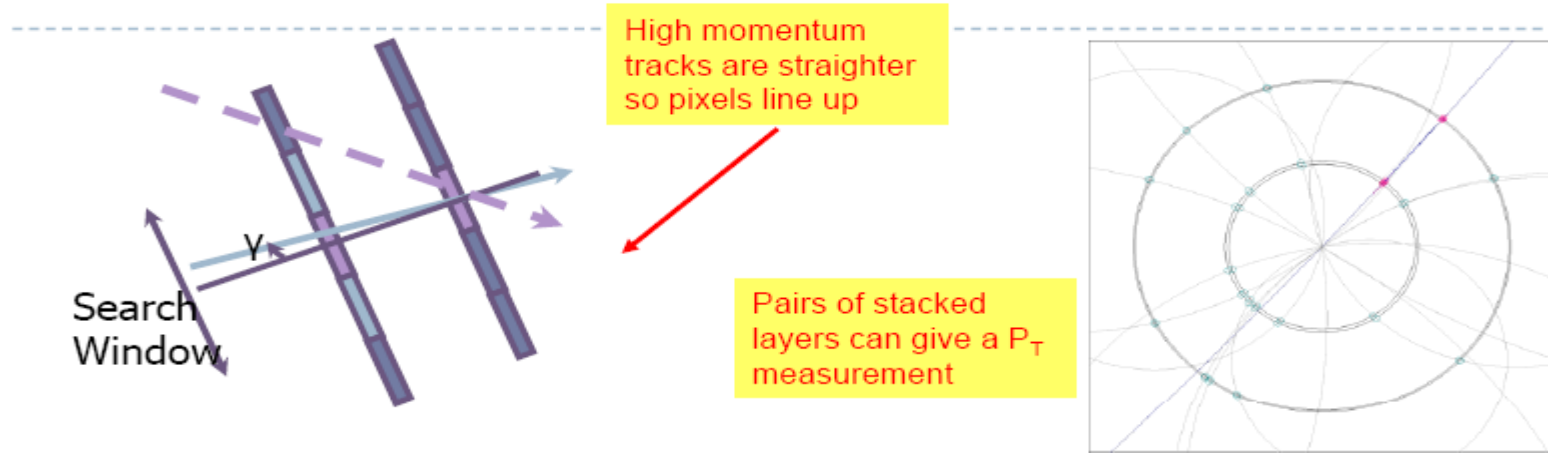
Fase II Tracker Strawman B, J. Nash, LHCC - 23/9/2008

- ▶ Adjust granularity (channel count) of Strawman B layers
 - ▶ Keep the TEC for now until someone can work on the endcaps



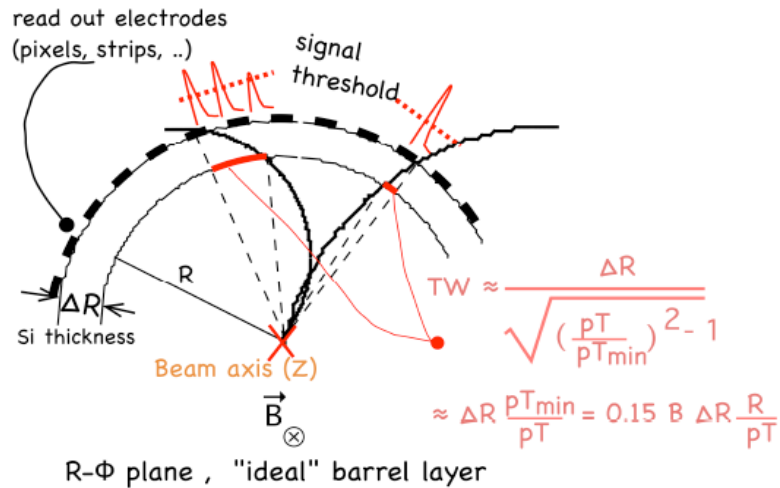
13
CMS SLHC Issues LHCC - 23/9/2008

Fase II - Tracking Trigger



Geometrical p_T -cut - [J. Jones](#), [A. Rose](#), [C. Foudas](#) LECC 2005

Strawman B



Two particles with different momenta cross the “cylindrical” sensor layer at distance R from the interaction point. The lowest p_T one intersects the layer producing a cluster of larger track width (TW).

Strawman A

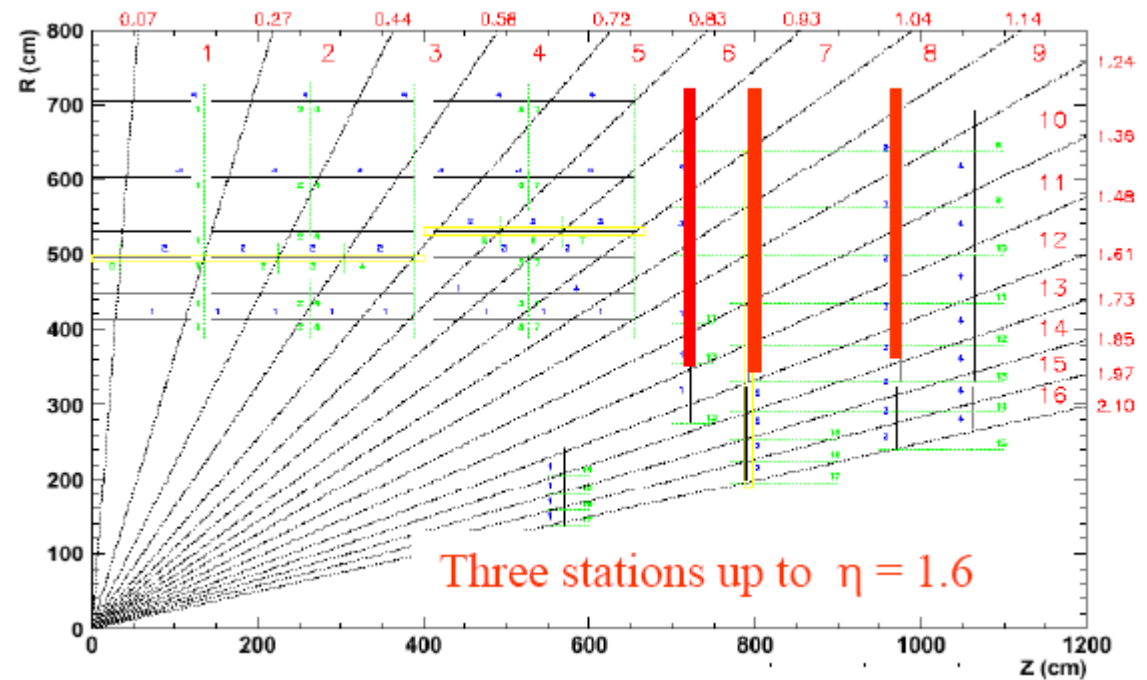
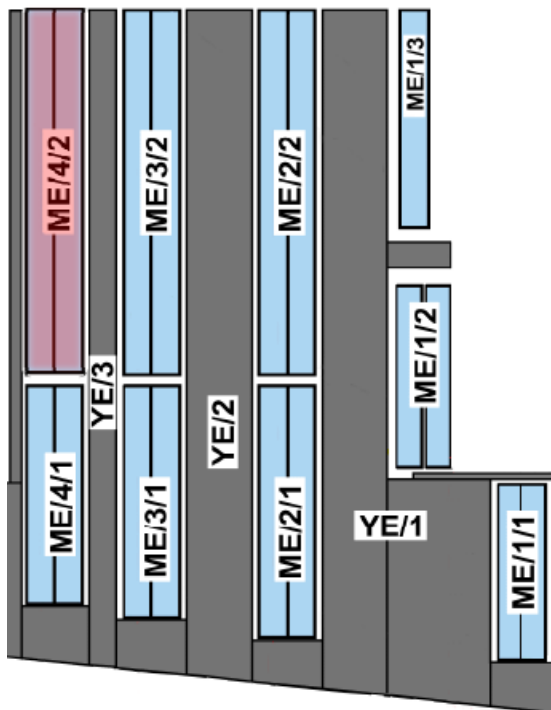
Cluster width method, [G. Parrini](#), [F. Palla](#), TWEPP-07, Prague 2007

Altri upgrade per fase I

Installazione negli Endcap
di CSC Muon (ME4/2)
Slot ora vuota

Completamento del sistema RPC
negli endcap

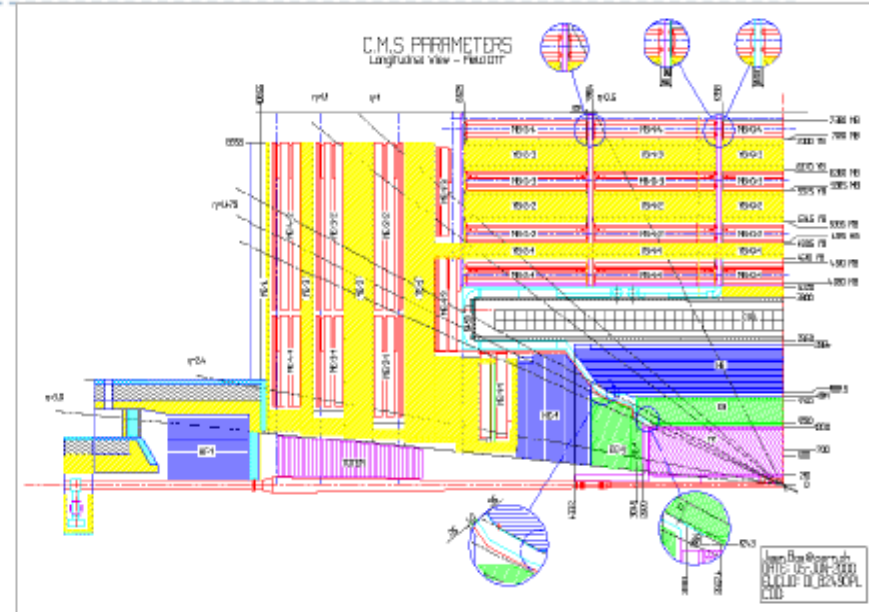
R-Z cross-section



Entrambi portano miglioramenti nella muon trigger efficiency/ trigger rate.

Calorimetri e Muon System - Fase II

- ▶ ECAL
 - ▶ Crystal calorimeter electronics designed to operate in SLHC conditions
 - ▶ VPT in Endcap and Endcap crystals themselves may darken at SLHC
 - ▶ Very difficult to replace – Highly activated
- ▶ HCAL
 - ▶ HF may be blocked by potential changes to the interaction region
 - ▶ HF/HE vital in looking for WW scattering
- ▶ Both Calorimeters suffer degraded resolution at SLHC
 - ▶ affects electron ID, Jet resolutions –
 - ▶ simulations needed
 - ▶ Increased segmentation for HCAL may help – SiPM



• MUON

- system front end electronics look fairly robust at SLHC
 - Cathode Strip Chambers/RPC Forward : Drift Tubes /RPC Barrel
- Trigger electronics for the muon systems would most likely need to be replaced/updated
 - Some Electronics is “less” radiation hard (FPGA)
 - Coping with higher rate/different bunch crossing frequency
 - May have to limit coverage in η ($\eta > 2$) due to radiation splash
 - This effect will be known better after first data taking, potential additional cost of chamber replacement

▶ 42

J. Nash - CMS SLHC Issues SPC - 15/9/2008

Trigger upgrade - Fase I & II

Fase I

Nuove informazioni dall'uso di una riorganizzazione più granulare delle informazioni dai calorimetri, del forward muon system, di nuovi e più efficienti algoritmi di selezione

Fase II

Nuove informazioni introducendo il tracking trigger

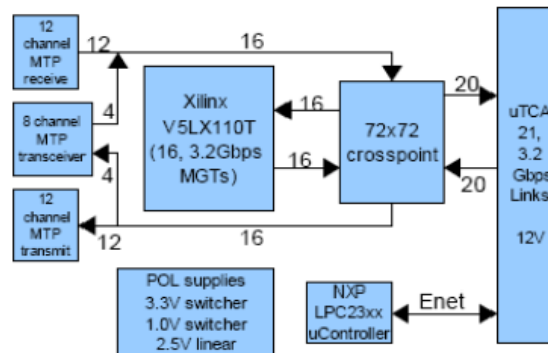
L'upgrade di fase I, deve essere progettato per permettere una naturale introduzione del tracking trigger

Cambiamenti

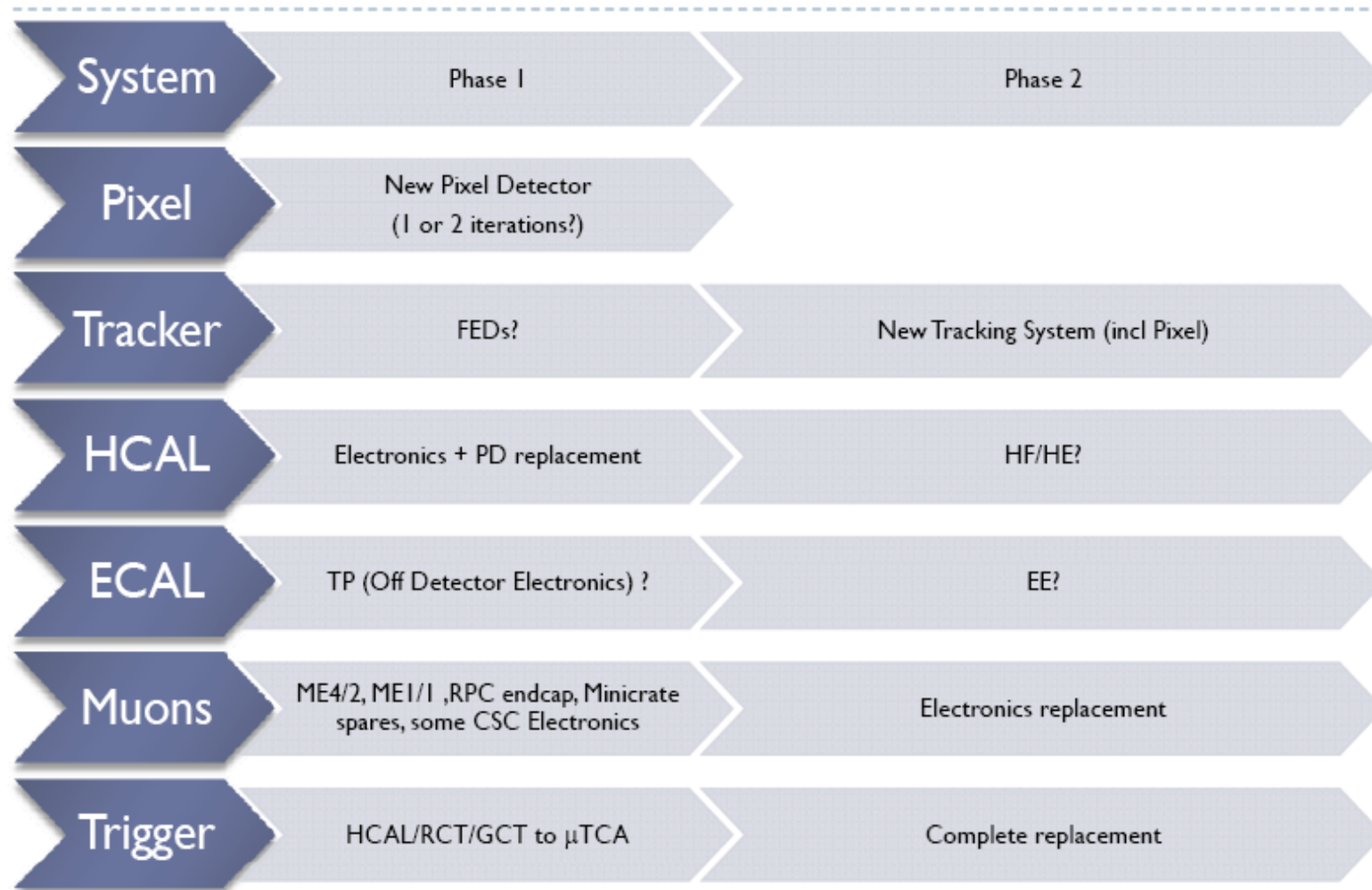
Fase I: cambio dell'hardware

Fase II: completo rifacimento

Concept for Main Processing Card ----- uTCA Crate and Backplane -----



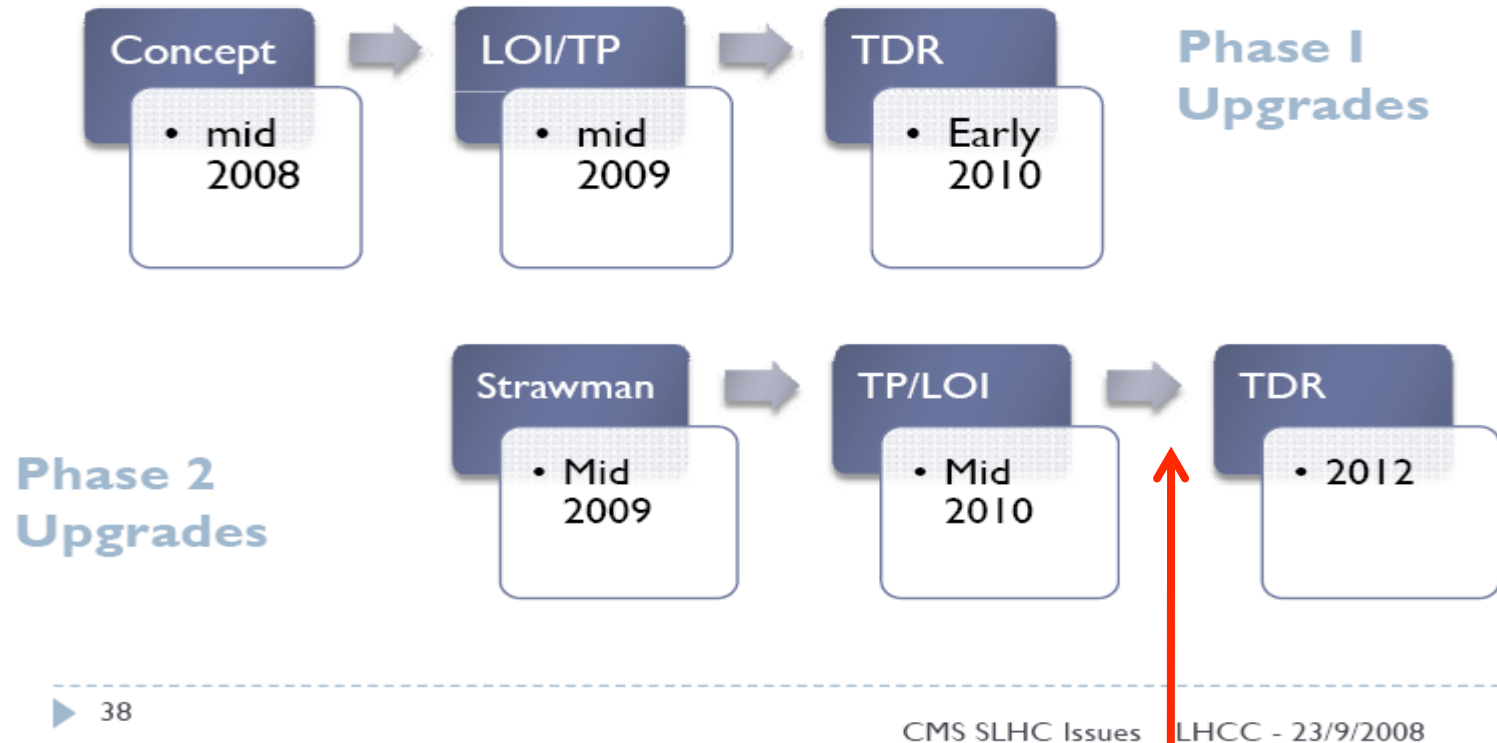
CMS Upgrade – In sintesi



▶ 37

CMS SLHC Issues LHCC - 23/9/2008

CMS Upgrade- Documenti



Attività di R&D dovrebbe dare risultati già per la fine 2011.

Quello che segue, è in fase con questo sviluppo temporale

Possibili attività dei gruppi INFN: sintetizzabile con le proposal di R&D presentate a CMS:

1) Upgrade of CMS Barrel Muon Detector

Contact person: **P. Zotto, A.Montanari**

Istitution: CIEMAT, Universidad de Cantabria, Torino, Bologna, Padova, Bari, Pavia,
Napoli, RWTH Aachen, Madrid, Legnaro, Frascati, Vienna

Status: **Approved**

2) R&D for Thin Single-Sided Sensors with HPK

Contact Person: **M. Mannelli**

Istitution: CERN, UCSB, Purdue, FNAL, Perugia, Bari, Pisa, Karlsruhe, Vienna, PSI

Status: **Approved**

3) Development of pixel and micro-strip sensors on radiation tolerant substrates for the tracker upgrade at SLHC

Contact Person: **M. de Palma**

Istitution: Bari, Catania, Firenze, Padova, Perugia, Pisa, Torino, PSI, Fnal, Purdue

Status **Approved**

4) Proposal for a First Level Trigger based on Tracking

Contact Person: **F. Palla**

Istitution: Lyon, Pisa, Firenze, Bari, Barcellona, Minnesota, Brown Univ, Boston Univ.

Status **Submitted on 30 Oct.**

La fase I del tracciatore

L'idea corrente (ma in continua evoluzione) è di sostituire il sistema Pixel:

- **BPIX** secondo l'opzione 3 (vedi slide 4) ovvero di ricostruirlo secondo la tecnologia attuale ma con miglioramenti sull'FE, cooling (bi-phase CO₂), read-out (μ -tw pairs)
- **FPIX** ancora con 3 dischi, ma forse con sensori innovativi (n-on-p)

Nella precedente ipotesi di minimo cambiamento rispetto all'attuale sistema pixel, **non siamo interessati a coinvolgerci con impegni realizzativi ma vediamo un nostro impegno per la fase II.**

Possibili implicazioni per il tracciatore fase I

E' ragionevole assumere che le scelte per il tracciatore-fase II saranno pilotate dall' esperienza ad LHC, dagli R&D e dalle soluzioni adottate già per la fase I.

⇒ Se vogliamo essere incisivi nella fase II, **dobbiamo avere una minima implicazione nella fase di sviluppo del Pixel-fase I.** (MI vorrà continuare a partecipare con impegni paragonabili agli attuali, ma ci sono interessi per studi comuni di PI, e forse di Ba).

⇒ Per fare cosa?

- R&D dei pixels n-on-p (con ai colleghi dei FPIX, ma già in corso con SMART(GV), RD50, CMS proposal),
- R&D dei 3D (con i colleghi dei FPIX, ma già in corso con TRIDEAS(GV)),
- Cooling e Meccanica: (a PI con SLIM e attività SuperB, e fase II),
- Preparazioni moduli prototipo e eventuale partecipazioni a test beam (in sinergia proposal sensori per fase II) ,
- Impegno sul test o sulla qualifica dei moduli (MI?)

Possibili attività per il tracciatore fase II

Nel progetto del nuovo tracciatore e del relativo schema di trigger vorremmo essere parte attiva (e lo stiamo già facendo.....)

Nell' immediato, vorremmo contribuire :

- “Radiation hardness” (CMS-proposal 2 e 3)
 - Sensor design
 - Material/Device study
- Architettura trigger L1 (CMS proposal 4)
 - Algoritmi di discriminazione di preselezione alti p_T
 - High rate data transmission
 - Off detector trigger processors
- Tracker Layout (gruppo di simulazione)

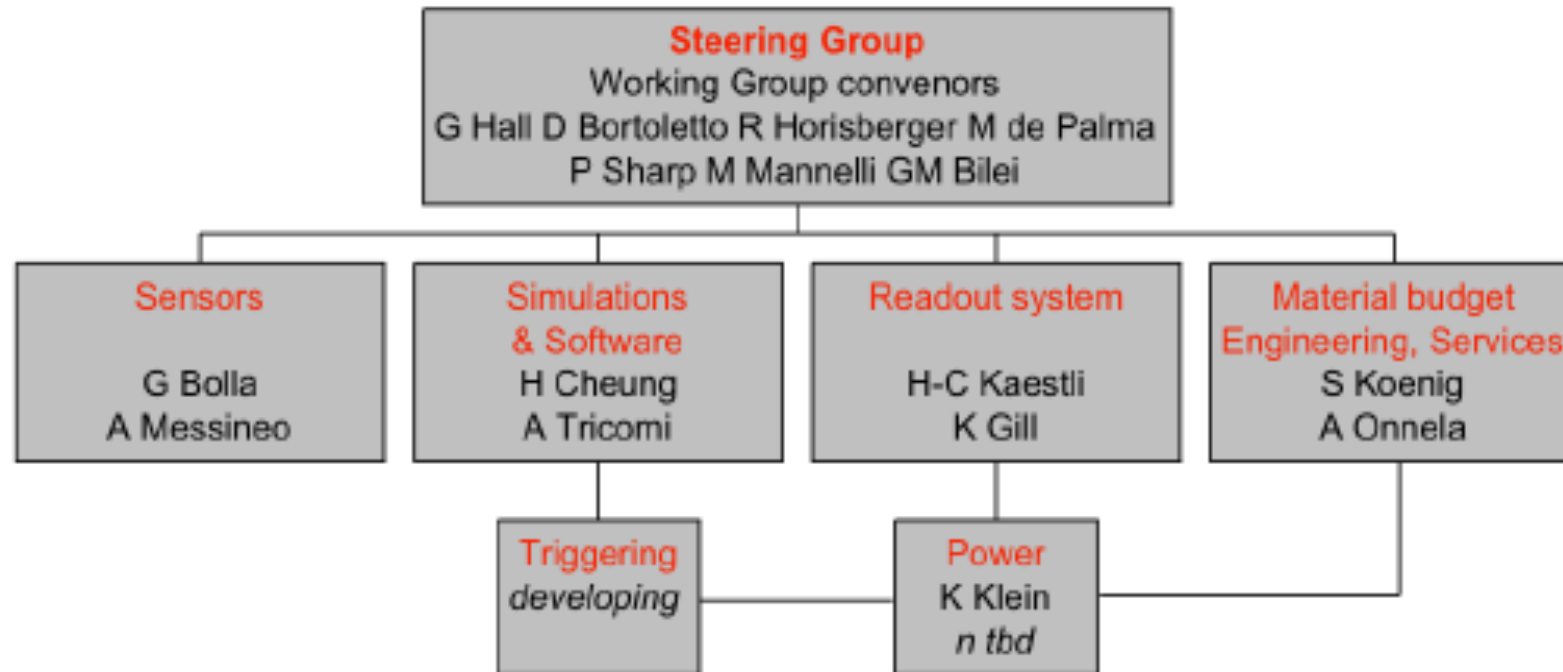
Successivamente:

Module Prototyping/integration, Cooling e Meccanica layer/sistema

**Altre iniziative utili per fase I/fase II: GBT, optolink veloci, TMB
(già in GV)**

INFN nell'organizzazione del tracker upgrade

...negli ultimi 2 anni



Attualmente in evoluzione, con la costituzione di 3 task force su [Power](#)
[Layout](#)
[Trigger](#)

Per tracciatore fase II – sensori (a)

(dettagli vedi talk A. Messineo)

Proposal 2) The goals are to determine the characteristics of Thin (<300um) Single-Sided Silicon Sensors, and establish production techniques and capabilities suitable for high quality, large scale and low cost production. (with HPK)

		N-FZ	P-FZ	P-FZ	n-MCZ	P-MCZ	P-MCZ	N-epi	P-epi	P-epi
			pspray	pstop		pspray	pstop		pspray	pstop
200 um thick by thinning	QTY	9	6	6	9	6	6	0	0	0
100 um thick on carrier substrate	QTY	9	6	6						
100 um thick epitaxial	QTY							9	6	6
50 um thick epitaxial	QTY							9	6	6
200 um thick on carrier substrate & double metal	QTY	6		6						

Per tracciatore fase II – sensori (b)

Proposal 3) The goals are to improve and optimize the production technology radiation tolerant silicon sensors up to SLHC fluences. **General program.**

Act. 1: Framework definition for sensors upgrade

Act. 2: Sensor design and wafer layout.

Act. 3: Wafer processing.

Act. 4: Device and production qualification.

Act. 5: Device irradiation

Act. 6: Sensor-ROC interconnection

Act. 7: Beam tests

Act. 8: Module assembly

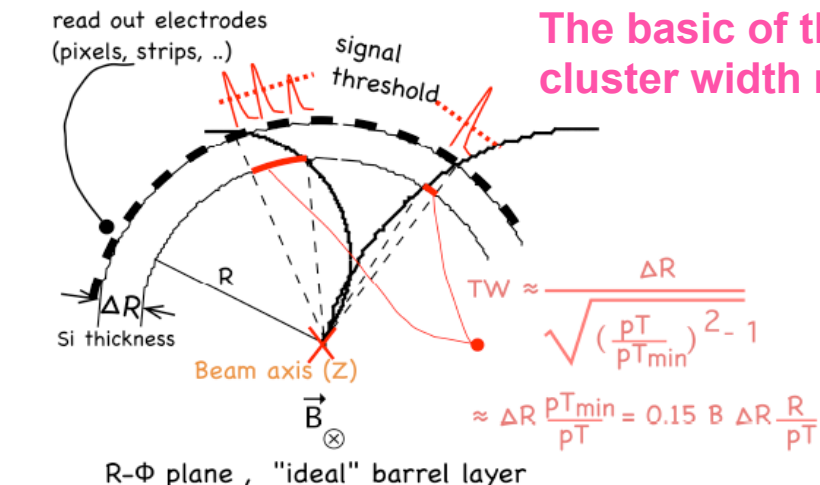
Material Thickness	Fz-p	Fz-n	MCz-p	MCz-n	Epi-p	Epi-n
300 um	H	H	H	H	-	-
200 um	L	-	H	H	-	-
100 um	L	-	L	-	L	L

Table 1 : Activity Matrix

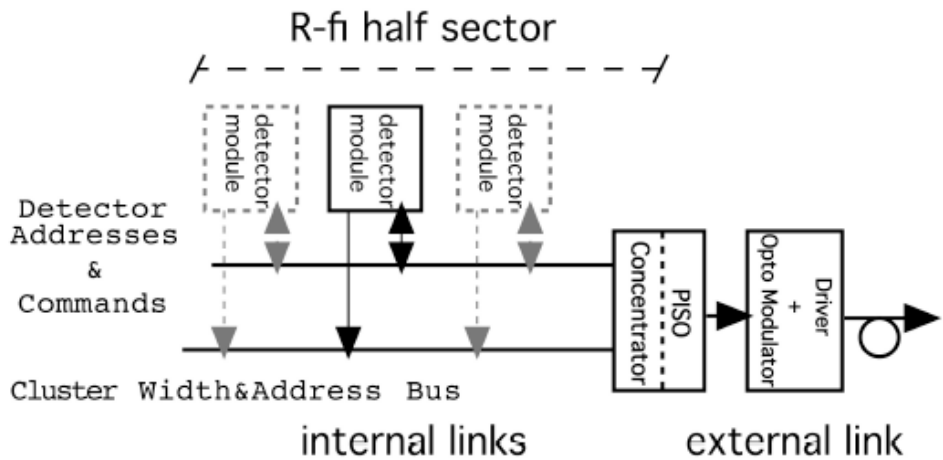
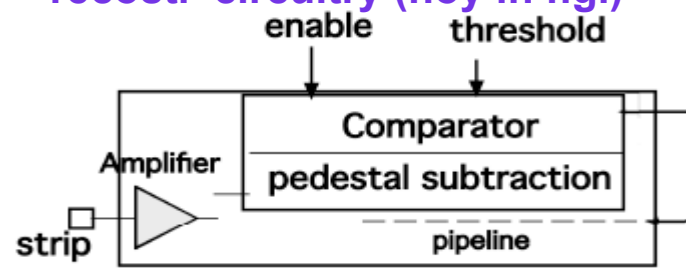
Institution	Act. 1	Act. 2	Act. 3	Act. 4	Act. 5	Act. 6	Act. 7	Act. 8
INFN-Bari	X	X	X	X	X		X	
INFN-Catania	X			X	X		X	
INFN-Firenze	X	X		X	X		X	X
INFN-Padova				X	X		X	
INFN-Perugia	X	X	X	X	X		X	X
INFN-Pisa	X	X	X	X	X	X	X	X
INFN-Torino				X	X		X	X
PSI	X	X		X	X	X		
FNAL	X	X		X	X	X	X	X
Purdue University	X	X		X		X	X	

Per tracciatore fase II – Trigger(a)

Vedi talk di F. Palla



Functional block diagram of on-detector elec.: the comparator output is the input of the cluster recost. circuitry (noy in fig.)



OFF DETECTOR

1 AM for each enough-small $\Delta\phi$ Patterns

Hits: position+time stamp

All patterns inside a single chip

N chips for N overlapping events (identified by the time stamp)



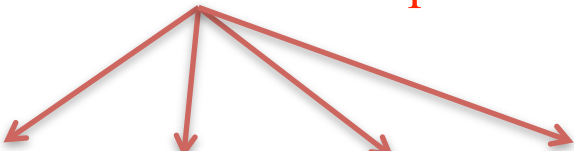
The two-step process for the transmission to the trigger logic off detector processor. High speed modulators and drivers are part of the goals.

Conceptual scheme for a Trigger using AM

Per tracciatore fase II – Trigger (b)

Il progetto è organizzato in 4 item su un profilo temporale di 3 anni.

Table 2. Participant Institutions



Institute/Item	Cluster width Simulation & Validation	AM chip, off-detector trigger processors and switch	Links	Electronics
Lyon IN2P3	X	X		X
Bari INFN	X			X
Florence INFN/CNR	X		X	X
Pisa INFN	X	X		
Barcelona ICFO			X	
Boston University		X		
University of Minnesota			X	
Brown University	X	X	X	

Sono previsti una serie di obiettivi intermedi, che permettono la sincronizzazione dei sviluppi nei vari item. Alcuni di questi obiettivi sono di interesse generale e potrebbero trovare applicazione già in fase I
(dettagli nel talk di F. Palla)

Per tracciatore fase II – layout

E' nostro interesse partecipare alla definizione e al progetto, nonchè contribuire alla realizzazione, del nuovo tracciatore.

Per questo stiamo **già collaborando al WG di simulazione**

(vedi talk di A. Tricomi).

Il trigger sarà la vera novità dei tracciatori di prossima generazione **e il layout sarà imposto dalla schema di trigger scelto.**

Definito lo schema di trigger, esso **determinerà pesantemente la scelta delle parti di sistema di cui eventualmente avere da responsabilità ovvero da realizzare.**

E' difficile essere quindi precisi ma vorremmo seguire:

Module Prototyping/integration

Meccanica per layers

Cooling e Meccanica sistema

Per DT per la fase I

La luminosità massima prevista per questa prima fase ($2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) sarà sostenibile dalle camere e dal loro sistema di trigger (da confermare con i primi dati relativi a rate e background a LHC).

Le problematiche sono legate alla elettronica di front-end:

Invecchiamento dell'elettronica

montata sulle camere (Minicrates):

- mortalità dei componenti del trigger
- limite massimo di radiazione assorbita



Alcuni componenti
(ad es. BTI modules)
devono essere sostituiti

Piano per la fase I:

graduale sostituzione dei componenti montati sui minicrate con dispositivi compatibili con i preesistenti e **progettati per funzionare anche per la fase II**, riducendo l'impatto su un sistema che all'epoca sarà ben capito e testato.

(primi test con FPGA e ASIC nel 2009).

In generale si cerca di minimizzare i cambiamenti rispetto al sistema esistente, con modifiche che siano back-compatibili e flessibili.

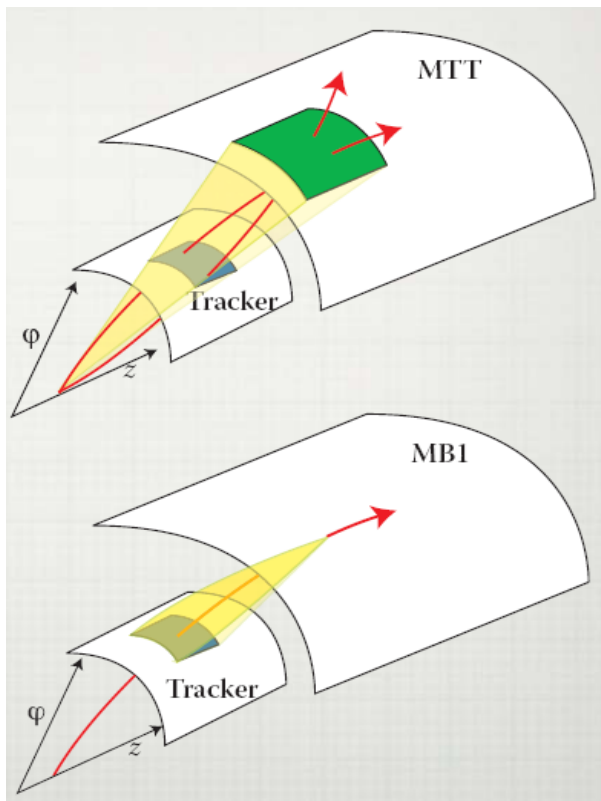
Per DT fase II

Come già detto: necessita di introdurre il tracciatore al LV1

La **rate di ghosts** nella prima stazione MB1 problematico \Rightarrow **Occorre una coincidenza esterna per risolvere i ghosts** (nuovo rivelatore 2D con lettura a pad)

R&D (CMS proposal n. 1) per la Fase II: (vedi talk di A. Montanari)

Si investigano varie possibilità per integrare selettivamente informazioni del Tracker al fine di migliorare la risoluzione in p_T :



- nuovo rivelatore basato su tiles di scintillatore lette da Silicon PM (*MTT, Muon Track fast Tag*) posto vicino alla prima stazione DT: selezione veloce di regioni di interesse nel Tracker, risoluzione dei ghost, rafforzamento del trigger degli RPC (primi prototipi di singole tiles nel 2009)

- studio della possibilità di definire regioni di interesse utilizzando algoritmi che elaborano le primitive di trigger fornite dalle DT in stadi successivi (attività preparatoria di simulazione nel 2009)

Trigger RPC, fase II (a)

Ipotesi lavoro del Gruppo INFN–RPC , **non ancora formalizzata in una CMS proposal**

Alcune opzioni:

- una nuova stazione RB1 con rivelatori a lettura 2D e risoluzione circa 30 x 30 cm² per risolvere “ghosts” nelle DT. In questo caso i sistemi DT-RPC fornirebbero un unico trigger
- nuovo rivelatore aggiuntivo (scintillatore) per risolvere i “ghosts” nelle DT e sostituzione della stazione RB1 con una doppia stazione con logica AND per ridurre il fondo e mantenere la capacità del sistema RPC di fornire trigger in stand alone

Una doppia stazione riduce il rumore correlato



Strategia R&D

- minimizzare le modifiche al sistema attuale
- nuovi rivelatori facilmente integrabili con i servizi esistenti
- piano di attività fra 2009-2012
- test di fattibilità nel 2013

Costi per INFN nella fase di R&D

Stima dei costi per i primi 3 anni di R&D (in K€)

Dettagli nei talk delle singole attività.

Attività	I° anno	II° anno	III° anno
Sensori pixel/ strip CMSproposal n 2,3	200	400	400
LV1 tracker trigger CMSproposal n 4	30	60	60
DT upgrade CMSproposal n 1	100	150	150*
RPC upgrade	10	10	50
Totali	440	620	660

I° anno ≤ 2010
con i tempi in
slide 12 !

* Sono da aggiungere i costi della sostituzione delle schede di trigger theta già in fase I (stima ~ 400K€ per la soluzione più economica)

Conclusioni

- **I gruppi INFN sono pronti ad iniziare programmi di R&D, finalizzati alla fase II, approvati e condivisi da CMS.**

Visti i tempi per il DTR (2012) e l'attività delle altre Istituzioni in CMS, è fondamentale partire al più presto. Ogni ritardo, considerata la presenza di Istituzioni aggressive e già finanziate, si rifletterà negativamente, soprattutto per il tracciatore, sul peso dell'INFN sull'upgrade.

- **Gli impegni costruttivi per la fase II (ed i costi) a cui siamo interessati non possono essere ancora definiti in dettaglio.** Essi dipendono dagli studi sugli eventi ad LHC, dalle simulazioni e dai risultati degli R&D. E' pertanto indispensabile partecipare a questi studi per avere poi un progetto condiviso e non semplicemente subito.

Ovviamente, la nostra potenzialità di azione dipende dalle risorse che l'INFN potrà e vorrà mettere sull'iniziativa e dai tempi con cui questo eventualmente si verificherà.

Domanda

in concreto:

Cosa diciamo ai nostri colleghi, già dal prossimo Upgrade Workshop del 19/11 a FNAL, circa la nostra implicazione nell'upgrade?

- Altre

dalla CSN1 del 16/5/2006
conclusione del WG-SLHC della Road Map

	K€	anni 2007,2008	anni 2009,2010
		R&D	Prototipizzazione
ATLAS			
PIXEL	nuovo	500	700
RPC	elet. upgrade (10 nsec)		300
MDT+RPC	Test invecchiamento	500	500
MDT	elettr. upgrade	100	150
LAr Elett.	nuovo (12,5 nsec)	110	130
LAr HV	nuovo	30	70
Tile Cal	elettr. upgrade	30	70
	Totale ATLAS	1270	1920
CMS			
Tracker	nuovo (pixel)	700	1300
Tracker	elett. f.e. nuovo	150	350
DT	upgrade Trigger e cont	250	490
DT	upgrade Readout (12,5 nsec)	20	40
Ecal	studi sulla degnadazione	50	
RPC	Test Invecchiamento	50	50
	Totale CMS	1220	2230
	TOTALE	2490	4150

Roma, 16 Maggio 06

M de Palma, WG SLHC

7

Costi generali dell'upgrade (fase I)

Rivelatore	Costo (Meuro)
Pixel	8.1
CSC	2.3
RPC	3
DT	0.4
HCAL	2.8
ECAL	0.6
Trigger	2.3
DAQ	1
Totale	20.5

Costi generali dell'upgrade (fase II)

Sub-Detector	Estimated Cost
Inner Tracker	30 MCHF
Outer Tracker	90 MCHF
Level-1 Trigger	20 MCHF
DAQ	10 MCHF
Muons and Calorimeters	10 MCHF
Infrastructure	15 MCHF
Total	175 MCHF

From CMS EoI: **CERN/LHCC 2007-014**

FPIX Cost Detail

- **FY08 total cost \$ 30.2M (Labor \$19 M, M&S \$11 M)**
- **Use experience from Fpix which was completed in FY08**
- **3 disks on each side= 8.16 M\$ (including engineering & labor + some contingency):**
 - **Sensors** \$ 862,320
 - **ROC & TBM** \$ 237,600
 - **Bump Bonding** \$ 1,200,000
 - **Mechanics** \$ 3,321,840
 - **Electronics** \$ 2,542,560

**FY08
dollars**

Costi di produzione dei sensori pixel:

BPIX (4 layers) 1.5 M CHF , FPIX 862K \$

- **Baseline: 3 layers (4 layer option) 3 disk in each endcap**
 - Detector technology
- Single sided n-on-p sensors (more rad-hard) instead of n-on-n (fallback)
- Evaluating 3D sensors industrialization for innermost layer at 4 cm.
 - Readout Chip
- **Double buffer size (in 250 nm CMOS extra 0.8 mm needed for chip periphery)**
 - Minimal R&D. Design, verification, testing at high beam rates 8-10 months
 - Mechanical changes
- **Further gains possible with 130 nm CMOS but R&D needed**
 - **Layout, mechanical assembly, and cooling (aim at material reduction of about a factor of 3 in barrel and 2 in forward)**
- **CO₂ cooling (as in VELO for LHCb)**
- **Low mass module construction and simplified thermal interfaces**
- **Further material reduction can be achieved with on module digitization:**
 - R&D needed: It requires new ADC and Token Bit Manager changes

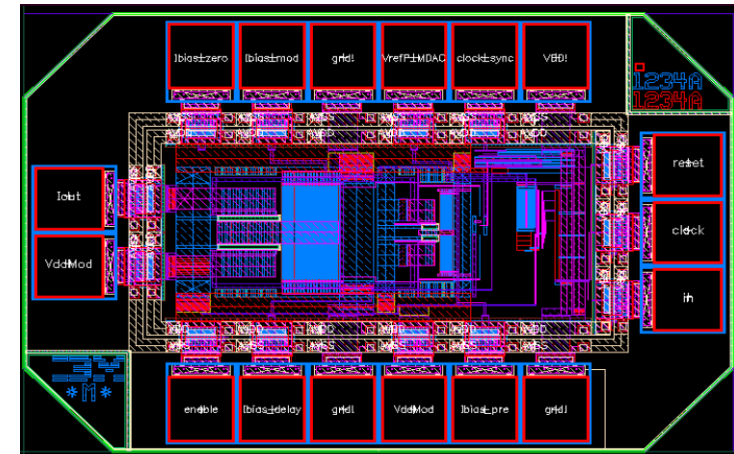
Il progetto GBT

Servizio Progettazione Elettronica



in corso nel gruppo V dell'INFN

1. Sviluppo di un ASIC in tecnologia CMOS da 130 nm, (chip GBT-Laser Driver) e definizione di architetture cosiddette di “Link Ottici Versatili”.
2. disegno e sviluppo di un chip “general-purpose” in tecnologia CMOS da 130 nm, di interfaccia tra i sistemi di “slow-control” e di distribuzione dei segnali di Clock, Trigger e Dati in vista degli upgrade degli apparati a SLHC (chip GBT-SCA)..

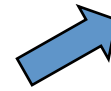


Problematiche delle DT per la fase II

Queste riguardano il funzionamento del sistema di trigger:

Il rate di trigger di LV1 non sarà più controllabile alzando la soglia in p_T :

occorre una migliore risoluzione in p_T per evitare che muoni di basso momento mal misurati passino nella regione ad alto momento



Forse qualcosa può essere migliorato a livello di Track Finder, ma il Multiple Scattering impone delle limitazioni



Aggiungere informazioni del Tracker

Il rate di ghosts nella prima stazione MB1 diventerà problematico



Occorre una coincidenza esterna per risolvere i ghosts
(nuovo rivelatore 2D con lettura a pad)

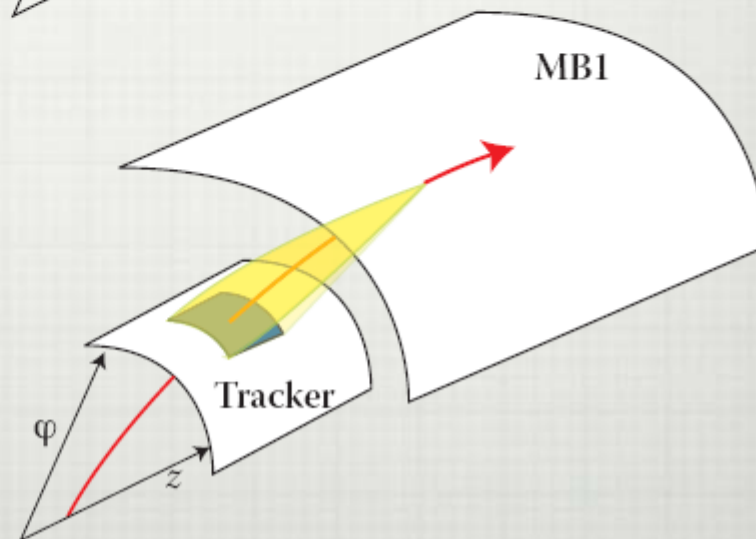
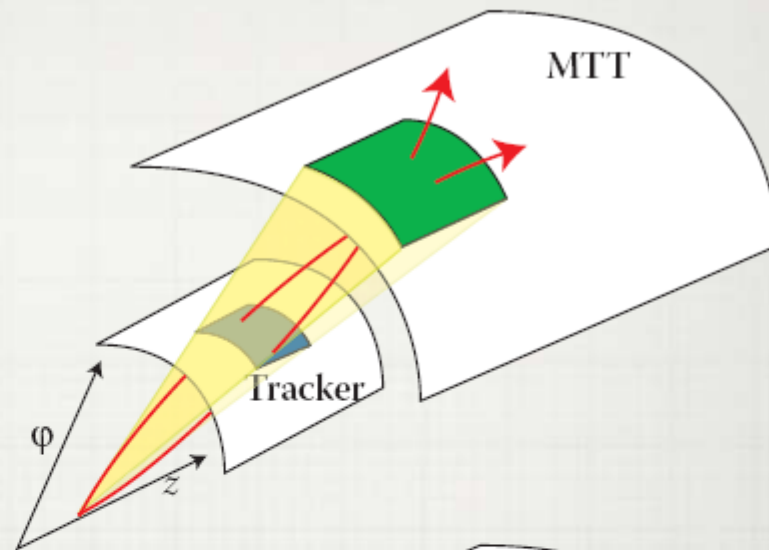
CONNECTING TO TRACKER

STATIC MAPPING

- NEW DETECTOR PROVIDING HITS IN FRONT OF MUON CHAMBERS: NO INFORMATION ON MOMENTUM OR CHARGE
- FIDUCIAL REGION DEFINED BY DEVIATION AND MULTIPLE SCATTERING ASSUMING ITS VALUE FOR A MUON WITH $p_T = 10$ GEV
- SENSOR TO SENSOR FIXED HARDWARE MAPPING : FAST

DYNAMIC MAPPING

- USE POSITION AND DIRECTION OF MUON TRIGGER PRIMITIVES (φ , θ , φ_B)
- EXTRAPOLATE TO ANY TRACKER LAYER
- FIDUCIAL REGION DEFINED AS A FUNCTION OF MUON ESTIMATED MOMENTUM
- LOGIC ASSOCIATION BETWEEN MUON CHAMBER AND TRACKER LAYER: REQUIRES POSITION TO SENSORS CONVERSION LOCALLY ON TRACKER VOLUME IF THE TRACKER IS PASSIVE.



Trigger RPC per SLHC

Problematiche

Rate di trigger di primo livello molto alta

La rate di “fake trigger” nella prima stazione può rappresentare un problema

Il firmware dell’elettronica di trigger probabilmente non adeguato

Proposte

Necessaria una migliore risoluzione in p_T (muoni a basso momento possono venire classificati come muoni ad alto momento)

Necessaria una coincidenza DT-RPC per abbattere il livello di “fake trigger”

Ridurre la rate di fondo degli RPC con coincidenze multiple

Strategia R&D

- minimizzare le modifiche al sistema attuale
- nuovi rivelatori facilmente integrabili con i servizi esistenti
- test di fattibilità nel 2013

Trigger RPC, fase II (b)

Simulazione:

- geometria del rivelatore
- rate ad alta luminosità
- performance del trigger RPC

Studi di ingegneria:

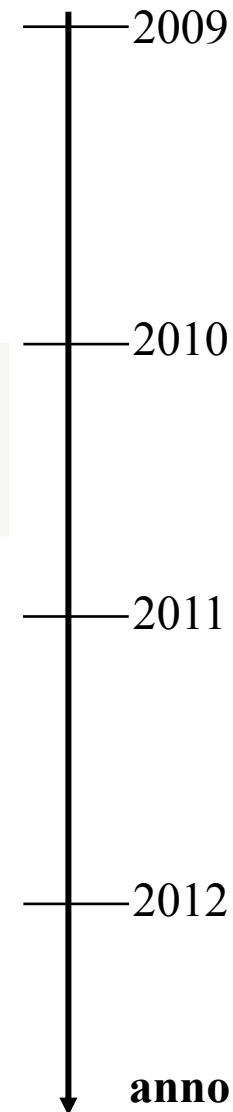
- Integrazione di una stazione 2D in CMS.
- Sviluppo di Front-end con logica AND

Studi prototipali:

- costruzione e test di piccoli prototipi
- Certificazione delle performance ad alta rate

produzione di una stazione prototipo :

- installazione nello shut-down 2013



Possibile
piano
attività