

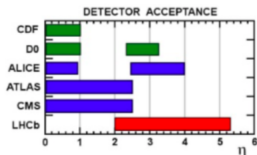
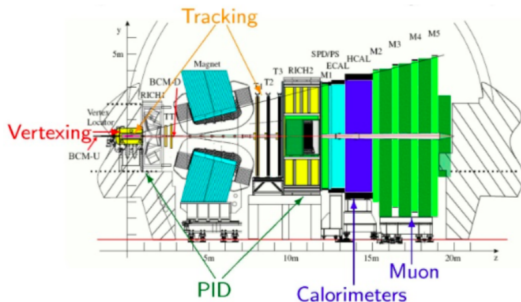


LHCb e LHCb @ Genova Preventivi 2020

Roberta Cardinale per il gruppo LHCb@Genova
Università degli studi di Genova & INFN

1 Luglio 2019

Il rivelatore LHCb



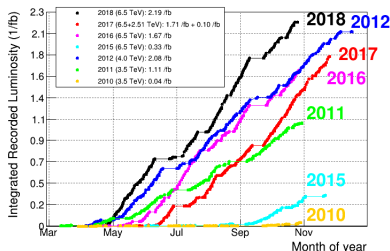
- LHCb è un rivelatore “general purpose” nella regione in avanti
- Performance
 - $\Delta p/p = 0.35\%-0.55\%$
 - Risoluzione massa = $10-20 \text{ MeV}/c^2$
 - Risoluzione parametro impatto: $20 \mu\text{m}$ per tracce con alto p_T
 - ECAL: $\sigma(E)/E = 10\%(E/\text{GeV})^{-1/2} \oplus 1\%$
 - Identificazione di particelle grazie ai rivelatori RICH e alle stazioni dei muoni

Presenza dati: Run1 + Run2

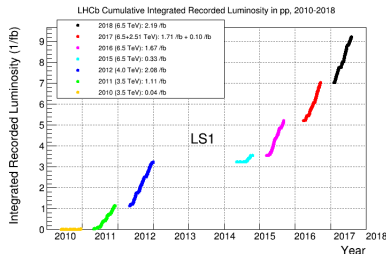
anno	fb ⁻¹	Energia [TeV]
2010	0.04	7
2011	1.11	7
2012	2.08	8
Run1	~ 3	
2015	0.33	13
2016	1.67	13
2017	1.71	13
2018	2.19	13
Run2	~ 6	
Run1 + Run2	~ 9	

- Presenza dati: 2010-2012 + 2015-2018
- Ora Long Shutdown 2
- Ripresa dati (Run3) in 2021: aumentare statistica per migliorare precisione su osservabili misurate e confermare possibili hint di tensioni con il modello Standard...

Luminosità totale per anno



Luminosità cumulata

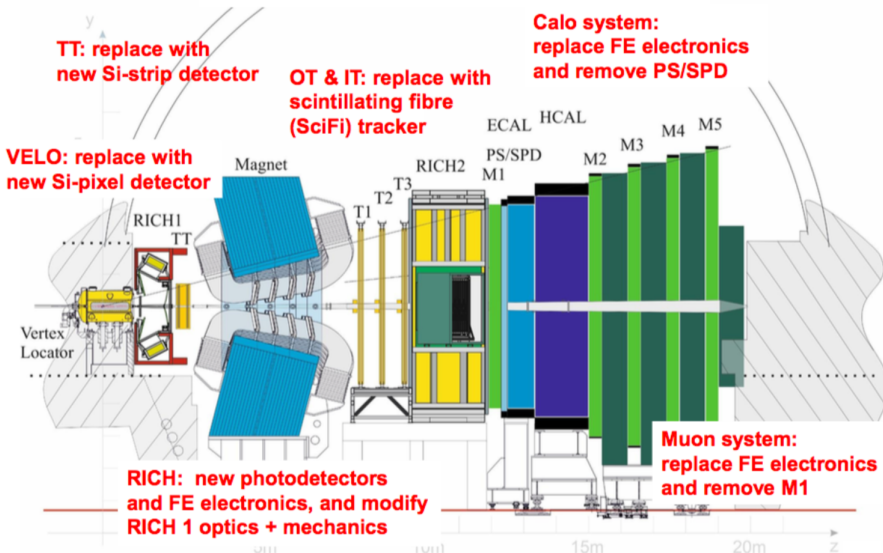


LHCb Upgrade

- LHCb Upgrade per Run-3: necessità di riprogettare i sub-detectors e il readout
 - LHC aumenterà la luminosità: aumento della luminosità a cui LHCb opererà a $2 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (attualmente $4 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
 - Lettura del rivelatore a 40MHz (limitata attualmente a 1 MHz)
 - Trigger completamente software che permetterà di operare ad una luminosità più elevata e con un'efficienza più elevata nei modi adronici

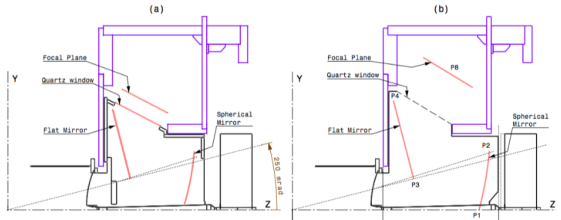
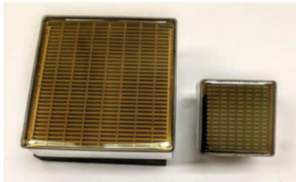
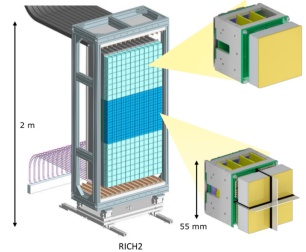


The LHCb upgrade detector

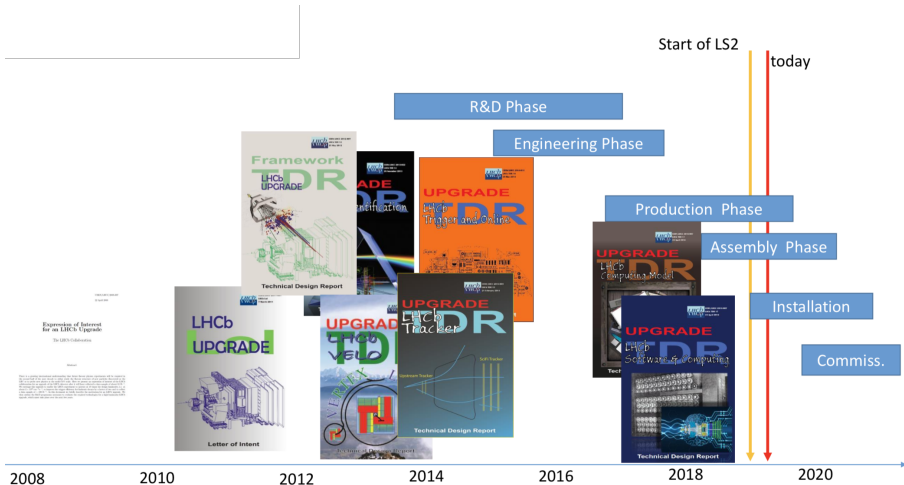


LHCb Upgrade - RICH

- Sostituire HPD con MaPMT con nuova elettronica esterna di readout
- Modifiche all'ottica e al piano focale di RICH1 per sopportare l'elevata occupancy

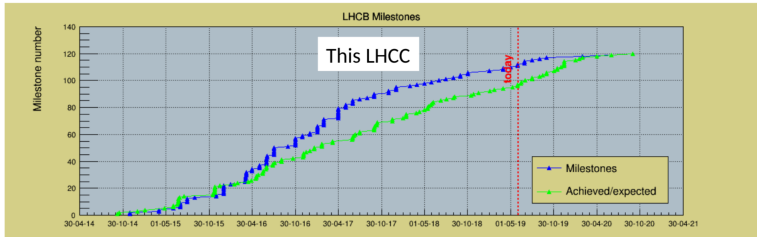


LHCb upgrade (phase-1) timeline



LHCb Upgrade - Milestones

Status review di LHCC Giugno 2019

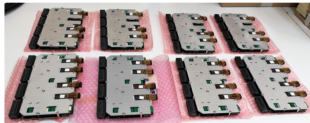
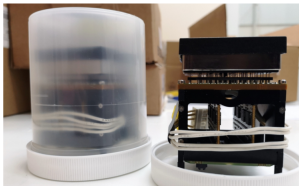


RICH:

“... overall OK, electronics boards and mechanics well in production. Started EC assembly and QA, first column...”

Prima colonna di RICH2

The first column



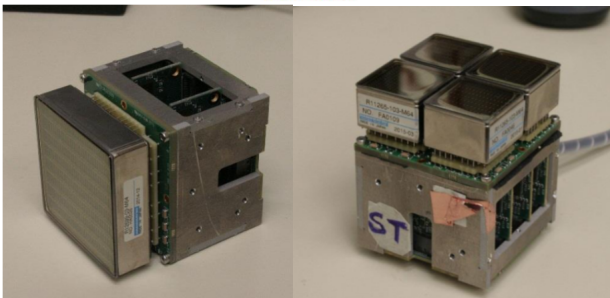
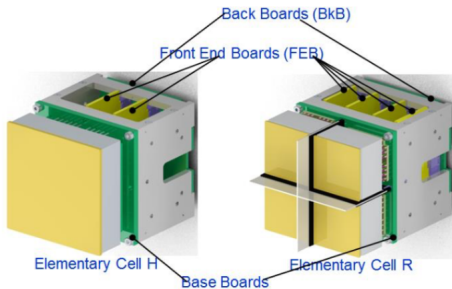
LHCb/RICH upgrade - contributo italiano all'upgrade dei rivelatori RICH

- Alloggiamento dei fotosensori (MaPMT), la Elementary Cell (GE)
- Caratterizzazione MaPMT (MiB)
- ECS e DCS (GE)
- Front-End chip e boards (MiB e FE)
- Meccanica di supporto del Photo-Detector Assembly (PD)
- Quality assurance (FE, GE, MiB, PD)
- Sistema HV (GE)
- ...

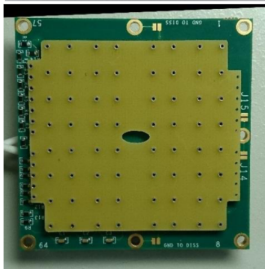
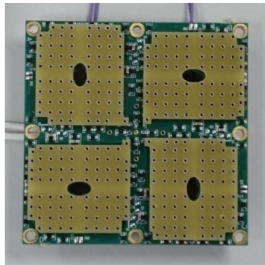
LHCb/RICH Upgrade - contributo Genova

- Riprogettazione dell'ottica del rivelatore RICH1
- Responsabilità sviluppo ingegnerizzazione e realizzazione dell'alloggiamento dei fotosensori (MaPMT)
- Design e sviluppo del sistema HV
- Design del sistema ottico del test-beam
- Preparazione, conduzione e analisi dei test dei prototipi su fasci di particelle
- Sviluppo database per inventory, bookkeeping e connectivity del rivelatore RICH per l'upgrade
- Sviluppo del sistema di controllo ECS
- Sistema di calibrazione e monitoraggio dei fotorivelatori e dell'elettronica di lettura per le colonne durante il commissioning e del rivelatore durante la presa dati
- Partecipazione al commissioning delle colonne e del rivelatore al CERN

Elementary Cell: alloggiamento dei fotosensori

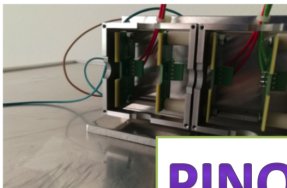
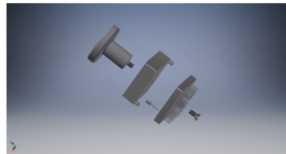
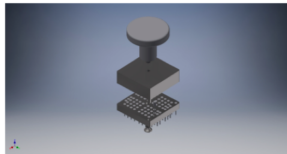


BaseBoard (BB)

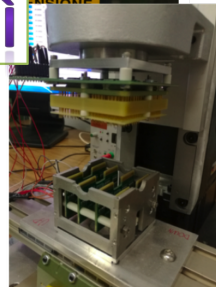
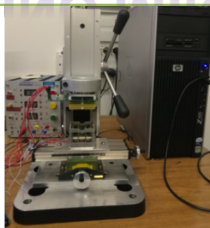


- Design e sviluppo @ Ge
- Test su prototipi @ Ge, CERN lab, su fascio: OK
- Setup per i test di QA sviluppato nel lab @ Ge per test sulla produzione e per la futura manutenzione
- Status: produzione finale e QA quasi completata (entro fine anno)

BaseBoard (BB)

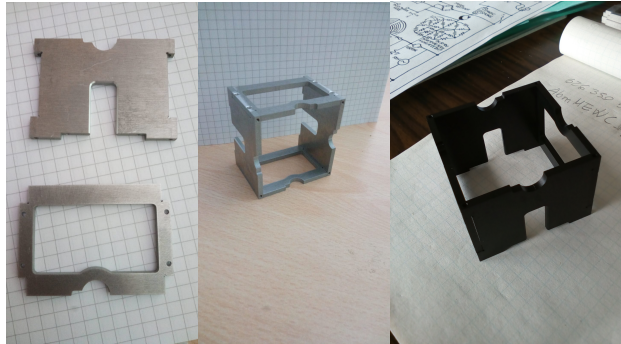


PINO MINI



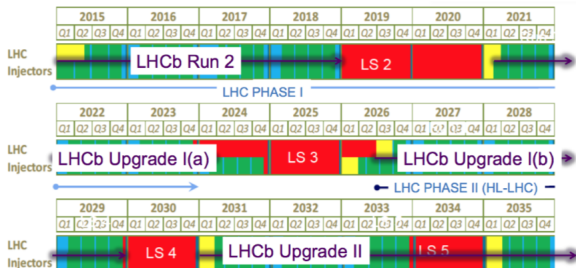
Case Metallico

- Progettazione meccanica: completata
- Produzione dei prelaborati in officina meccanica: completata
- Produzione esterna foratura e filettatura: completata
- Produzione esterna trattamento superficiale: ~ completata



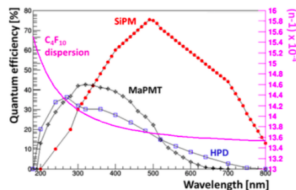
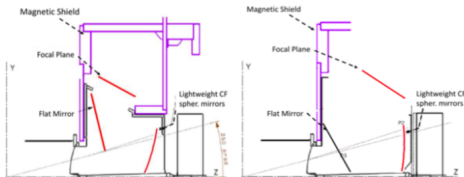
Phase-2 Upgrade

- Per sfruttare il potenziale della macchina LHC nell'era HL-LHC, si è iniziato a lavorare al progetto di phase-2 Upgrade (~ 2030)
- Expression of Interest sottomesso alla LHCC di febbraio 2017 + “Physics case document” da sottomettere al meeting LHCC di settembre
 - Installazione durante LS4 (~ 2030) dopo la Phase-1 Upgrade
 - Operare il rivelatore a $\sim 2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 - Raccogliere più di 300 fb^{-1}



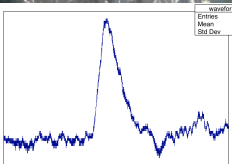
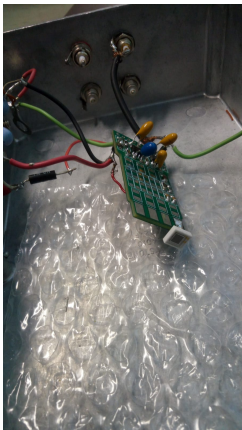
Phase-2 Upgrade: LHCb RICH

- Miglioramento dell'errore sulla risoluzione dell'angolo Cherenkov dovuto alle ottiche (ottimizzazione del layout ottico usando specchi CF in accettazione e dell'errore cromatico con fotorivelatori con alta QE nel verde): simulazioni @ Genova [C.D'Ambrosio, R. Cardinale, S.Easo, A. Petrolini, O. Ullaland "The future of RICH Detectors through the light of the LHCb RICH" arXiv: 1703.09927]
- Possibilità di utilizzare informazione temporale
- Possibilità di usare SiPM o MCP come fotorivelatori

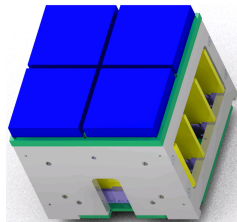
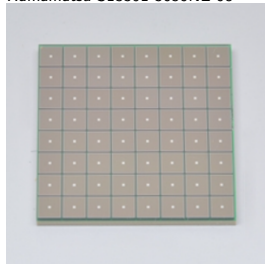


Phase-2 Upgrade: LHCb RICH

- Sviluppo setup @ GE per caratterizzazione SiPM
- Investigare la possibilità di disegnare una EC modificata in grado di leggere i segnali dal SiPM riciclando l'elettronica della fase-1 di upgrade



Hamamatsu S13361-3050NE-08



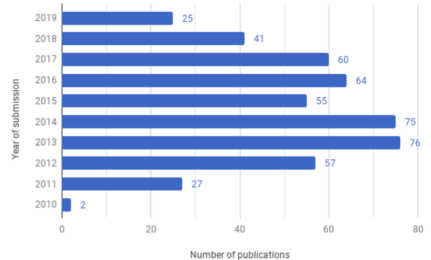
Processi fisici a LHCb

- Decadimenti rari o proibiti nel Modello Standard:
 - $B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$, $B^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$
 - $B \rightarrow K^{(*)} \ell^+ \ell^-$
 - $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$, $D^+ / D_s^+ \rightarrow \pi^- \mu^+ \mu^+$
- Violazione di CP, mixing e parametri della matrice CKM
 - $B_s - \bar{B}_s / D^0 - \bar{D}^0$ mixing
 - ricerca di violazione di CP nei decadimenti dei mesoni B/D: **recente osservazione di violazione di CP nei mesoni D!**
 - misura dell'angolo γ
- Produzione e spettroscopia di quark pesanti
 - massa, vita media, decadimenti: mesoni B_c , D^0 , D^+ , D_s^+ ; barioni Λ_b , Ξ_b^- , Ω_b^-
Scoperta barione doubly charmed: Ξ_{cc}
 - spettro degli stati eccitati: Λ_b^{0*} , B^{**} , D_J , D_{sJ}
 - nuovi stati di charmonio e stati charmonium-like: **Osservazione di un nuovo stato di charmonio: $X(3842)$**
 - stati esotici: tetraquark e pentaquarks (**osservazione di nuovi pentaquarks: $P_c^+(4312)$, $P_c^+(4440)$ e $P_c^+(4457)$**)
- Fisica degli ioni pesanti, fisica a bersaglio fisso

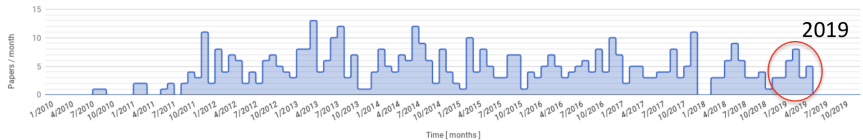
LHCb physics papers

- 482 papers in total 25 in 2019

Publications per year



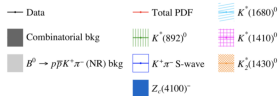
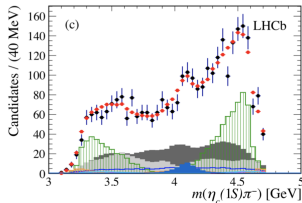
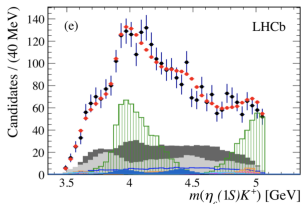
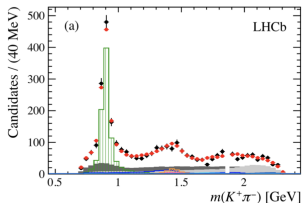
Papers submitted per month



- Studio di decadimenti di mesoni B in 3 e 4 corpi con barioni nello stato finale
- Per lo studio di diversi aspetti del Modello Standard e di possibile fisica oltre il Modello Standard
 - Misure di branching fractions di decadimenti barionici
 - Misure di asimmetria CP
 - Ricerca di stati di charmonio, charmonium-like, esotici

Ricerca di stati esotici

- Ricerca di stati esotici composti da quattro quarks nello spettro di massa invariante $\eta_c \pi^-$ nei decadimenti a quattro corpi $B^0 \rightarrow \eta_c(\rightarrow p\bar{p})K^+\pi^-$ [EPJC 78 (2018) 1019]
 - Analisi di Dalitz per investigare le strutture risonanti del decadimento includendo tutte le possibili risonanze K^*
 - Evidenza di uno stato esotico $Z_c(4100)^-$ nella massa invariante $\eta_c \pi^-$



Analisi in corso

- Studio della violazione di CP usando le osservabili T-odd nei decadimenti a 4 corpi senza charm in particolare nel canale $B^0 \rightarrow p\bar{p}K^+\pi^-$
 - Sistematiche piccole: osservabili non sensibili ad asimmetrie di produzione e ricostruzione
- Studio dello stato $h_c(1P)$: seguendo l'approccio degli studi recenti del decadimento $\chi_{c1,2} \rightarrow J/\psi\mu^+\mu^-$ [PRL 119 (2017) 22, 221801], idea di ricercare il corrispondente decadimento di Dalitz dell' $h_c(1P) \rightarrow \eta_c(1P) \rightarrow (p\bar{p}, 4K)\mu^+\mu^-$
 - Non molte informazioni sullo stato di singoletto $h_c(1P)$
 - Per alcuni stati di charmonio è possibile solo lo studio utilizzando decadimenti radiativi (χ_c, h_c, \dots) con i problemi di ricostruzione del fotone
 - Implementata nuova linea di trigger che ha runnato sui dati 2018

Personale LHCB@Genova per 2020

Matteo Bartolini	Dottorando	100%
Roberta Cardinale	RTDA	100%
Flavio Fontanelli	PA	70%
Alessandro Petrolini	PO	100%
Elena Santopinto	Ricercatore	20%

grazie a Pino Minì e buona pensione!

Saverio Minutoli 30%

Giovanni Cavallero → CERN Fellowship

LHCb@Genova - responsabilità

- HV system (Flavio Fontanelli)
- Coordination of the WP Elementary Cell of the photo-detector + responsabile case + responsabile Baseboard(Alessandro Petrolini)
- RICH upgrade testbeam coordinator (Roberta Cardinale)
- DCS and Database development (Alessandro Petrolini, Giovanni Cavallero)

Richieste supporto da servizi di sezioni

- Progettazione meccanica
 - progettazione e consulenza per meccanica cella elementare upgrade fase-1 completata
 - progettazione meccanica per sistema di calibrazione + HV patch panel + piccoli apparati che si rendessero necessari: ~ 1 mese uomo
- Officina meccanica
 - produzione pre-lavorati piastre per upgrade fase-1 completata
 - produzione sistema di calibrazione del rivelatore + HV patch panel + piccoli apparati che si rendessero necessari: ~ 1 mese uomo
- Progettazione elettronica
 - Piccoli progetti che si rendessero necessari: ~ 1 mese uomo
- Ringraziamento per l'ottimo lavoro e per il supporto!

Richieste fondi 2020: LHCb @ Ge

- Assegnazione residuale ~ 10 k€
- Altri consumi: 5 k€ per sviluppo sistema di calibrazione e monitoraggio
- Missioni: standard (criteri CNS1)
- Consumo metabolismo: criteri standard CNS1/LHCb
- MOF-B del RICH

Spare Slides

Stato della collaborazione LHCb-Italia

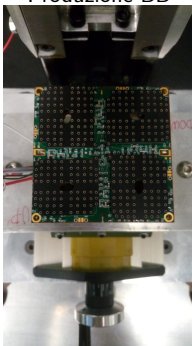
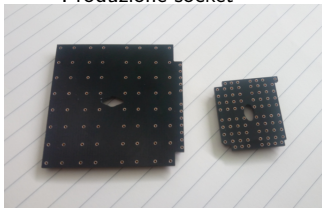
- Collaborazione sostanzialmente stabile
- FTE/persone: 0.7

	2014	2015	2016	2017
Ricercatori	95	101	109	109
Tecnologi	21	22	16	16
Ricercatori FTE	79	78	83	83
Tecnologi	6	8	7	7
Autori	89	97	97	104
Post-Doc	21	20	14	18
Dottorandi	9	13	22	19
MOF-A paganti	75	83	72	79

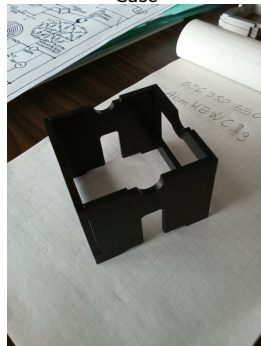
Stato delle gare per LHCb/RICH upgrade

- Socket per la Baseboard: completata via CERN, produzione completata
- Baseboard: completata via INFN, fine produzione per Autunno 2019
- Lavorazioni finali meccaniche: tender completato via CERN, produzione completata

Produzione socket



Case



LHCb upgrade - iter del progetto

- 26/09/2012: LHCC approva l'upgrade (CERN/LHCC 2012-017rev, LHCC-111).
- 28/11/2012: CERN Research Board approva l'upgrade (CERN-DG-Research Board-2012-433 Minutes-202, 21 December 2012).
- European Strategy Group report: LHCb appare come: "exploitation of the full LHC potential, including the HL-LHC upgrade for further exciting opportunities for the study of avor physics"
- RRB Ottobre 2012: sottomesso alle FA il FTDR ed una proposta di MoU per i Common Items.
- RRB Aprile 2013: presentazione prima money matrix con indicazioni dalle FA e primo feedback sull'MoU Common Items.
- RRB Aprile 2014: consolidamento money matrix e presentazione MoU common fund.
- Autunno 2014: approvazione TDR rivelatori e online.
- RRB Ottobre 2014: presentazione MoU sottosistemi.

LHCb upgrade - il progetto in Italia

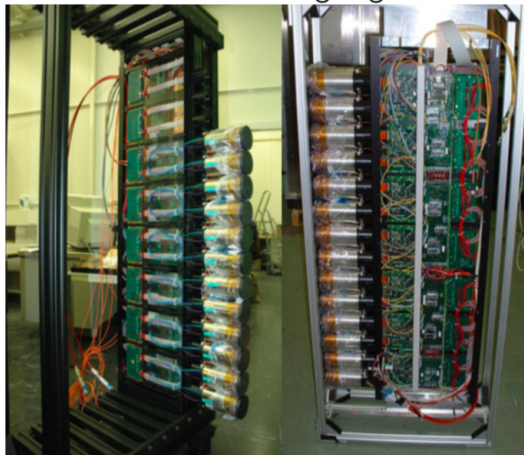
- 28/05/2012: prima presentazione in CSN1.
- 03/06/2013: via libera della CSN1 alla sottomissione al CTS.
- Approvazione CD INFN: 29 Gennaio 2014, su proposta CTS. The only warning is that other major Funding Agencies (CERN, France, Germany, Netherlands, Russia, Switzerland, UK, US) involved in the upgrade, will also agree to finance it.
- CD approva a Maggio 2017 MoU lhcb-infn

- Il costo complessivo dell'upgrade di LHCb 50 M€
- Il costo complessivo dell'upgrade di LHCb/RICH 10 M€
- Il contributo INFN di ~ 5.56 M€, 15% contingency inclusa, pari 11% del totale.
- La componente italiana pesa, in termini di FTE, $\sim 18\%$.

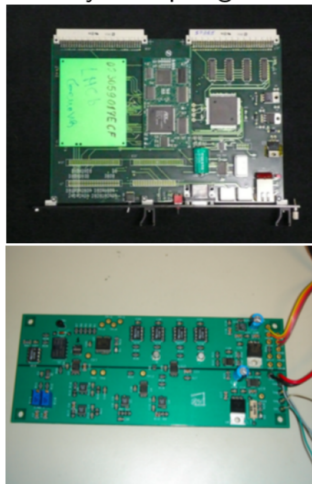
Responsabilità di LHCb@Genova nella costruzione del RICH di LHCb

- Progetto e realizzazione della meccanica di housing dei rivelatori di RICH2, riutilizzata dagli inglesi in RICH2, con interventi dei nostri tecnici meccanici
- Sviluppo dell'interfaccia tra bus PCI e schede di acquisizione L1 (Tell1)
- Sviluppo, realizzazione e manutenzione del sistema alta tensione (20 kV) per l'alimentazione dei fotorivelatori Hybrid Photon Detector (HPD):
 - hardware;
 - sviluppo di tutto il software di controllo.
- Coordinamento e sviluppo del sistema di controllo ECS = (DCS + DAQ):
 - coordinamento DCS;
 - coordinamento ECS;
 - sviluppo di vari componenti ECS (HV software, interfaccia DSS, interfaccia Configuration e Condition DB, controllo infrastruttura, allarmi, ...)
 - Sviluppo e realizzazione del sistema di monitoraggio del campo magnetico in RICH2
 - Partecipazione al commissioning di RICH e alla presa dati di LHCb

Meccanica di housing degli HPD



VHV system per gli HPD



LHCb Upgrade

- Misure precise e studio di processi soppressi nel settore del sapore stanno diventando sempre più attraenti dall'esperienza che segnali diretti dai dati di LHC sono elusivi...
- Necessario aumentare la precisione sulle misure per raggiungere l'incertezza teorica

Type	Observable	Current precision	LHCb 2018	Upgrade (50 fb ⁻¹)	Theory uncertainty
B_s^0 mixing	$2\beta_s(B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi)$	0.10 [139]	0.025	0.008	~0.003
	$2\beta_s(B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980))$	0.17 [219]	0.045	0.014	~0.01
	a_{sl}^s	6.4×10^{-3} [44]	0.6×10^{-3}	0.2×10^{-3}	0.03×10^{-3}
Gluonic penguins	$2\beta_s^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow \phi\phi)$	–	0.17	0.03	0.02
	$2\beta_s^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow K^{*0}\bar{K}^{*0})$	–	0.13	0.02	< 0.02
	$2\beta_s^{\text{eff}}(B^0 \rightarrow \phi K_S^0)$	0.17 [44]	0.30	0.05	0.02
Right-handed currents	$2\beta_s^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow \phi\gamma)$	–	0.09	0.02	< 0.01
	$\tau^{\text{eff}}(B_s^0 \rightarrow \phi\gamma)/\tau_{B_s^0}$	–	5 %	1 %	0.2 %
Electroweak penguins	$S_3(B^0 \rightarrow K^{*0}\mu^+\mu^-; 1 < q^2 < 6 \text{ GeV}^2/c^4)$	0.08 [68]	0.025	0.008	0.02
	$s_0 A_{\text{FB}}(B^0 \rightarrow K^{*0}\mu^+\mu^-)$	25 % [68]	6 %	2 %	7 %
	$A_1(K\mu^+\mu^-; 1 < q^2 < 6 \text{ GeV}^2/c^4)$	0.25 [77]	0.08	0.025	~0.02
	$B(B^+ \rightarrow \pi^+\mu^+\mu^-)/B(B^+ \rightarrow K^+\mu^+\mu^-)$	25 % [86]	8 %	2.5 %	~10 %
Higgs penguins	$B(B_s^0 \rightarrow \mu^+\mu^-)$	1.5×10^{-9} [13]	0.5×10^{-9}	0.15×10^{-9}	0.3×10^{-9}
	$B(B^0 \rightarrow \mu^+\mu^-)/B(B_s^0 \rightarrow \mu^+\mu^-)$	–	~100 %	~35 %	~5 %
Unitarity triangle angles	$\gamma(B \rightarrow D^{(*)}K^{(*)})$	~10-12° [252, 266]	4°	0.9°	negligible
	$\gamma(B_s^0 \rightarrow D_s K)$	–	11°	2.0°	negligible
	$\beta(B^0 \rightarrow J/\psi K_S^0)$	0.8° [44]	0.6°	0.2°	negligible
Charm CP violation	A_Γ	2.3×10^{-3} [44]	0.40×10^{-3}	0.07×10^{-3}	–
	$\Delta\mathcal{A}_{CP}$	2.1×10^{-3} [18]	0.65×10^{-3}	0.12×10^{-3}	–

Eur. Phys. J. C (2013) 73:2373

Ricerca di stati esotici

- Studio di decadimenti $B^+ \rightarrow p\bar{p}K^+$ a tre corpi senza charm per la ricerca di nuovi stati di charmonio: lo stato finale $p\bar{p}$ ha il vantaggio di essere prodotto attraverso una qualunque risonanza intermedia $c\bar{c}$
 - Prima osservazione del decadimento $\eta_c(2S) \rightarrow p\bar{p}$
 - Upper limit sul decadimento $X(3872) \rightarrow p\bar{p}$ per capire la natura dello stato
 - Misura della massa e della larghezza $\eta_c(1S)$
 - Analisi pubblicata [Phys. Lett. B 769 (2017) 305]
 - Previsto l'update dell'analisi con la statistica Run1 + Run2 per ricerca/upper limit dello stato charmonium-like $X(3872)$

