

MIBELETRONICA

Paolo Carniti

Claudio Gotti

Gianluigi Pessina

Davide Trotta

8 Luglio 2024

Di cosa ci siamo occupati e ci stiamo occupando:

Gr.I: CMS; 

Gr.I: DUNE; 

Gr.I: LHCb; 

Gr.II: CUORE; 

Gr.II: CUPID, CROSS;   

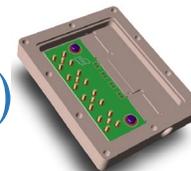
Gr.II: RES-NOVA (mini-supperto 

TT; 

Didattica;

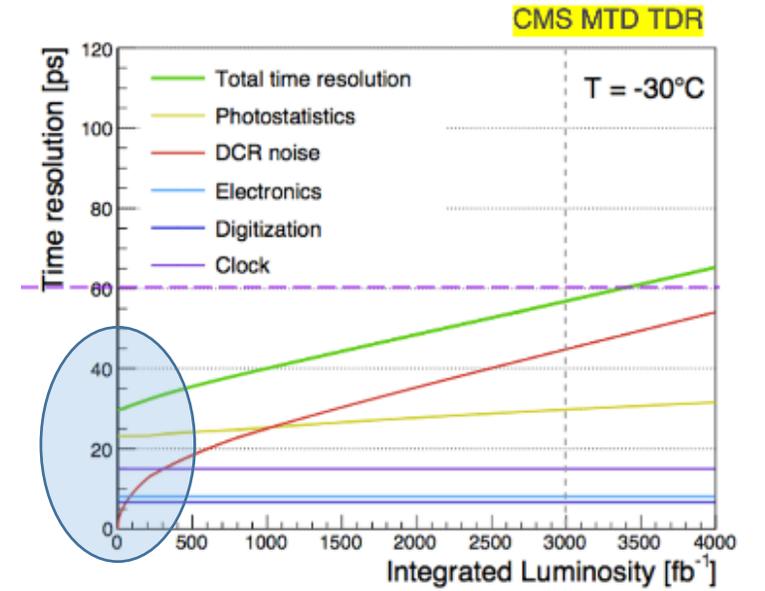
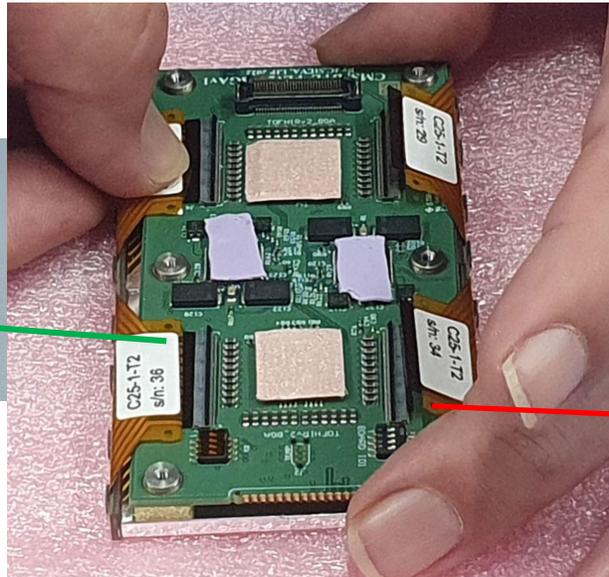
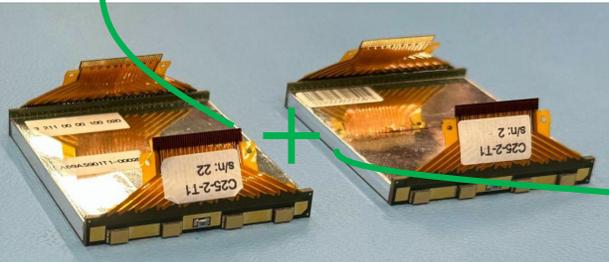
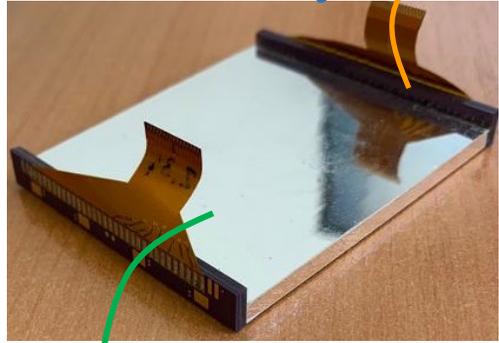
Outreach;

Extra: Dip. Di Eccellenza (mini-supperto)

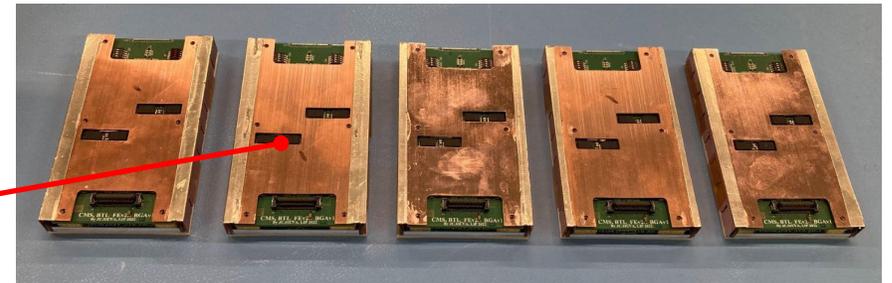


MTD-BTL=MIP Timing Detector-Barrel Timing Layer

SiPM+Lyso

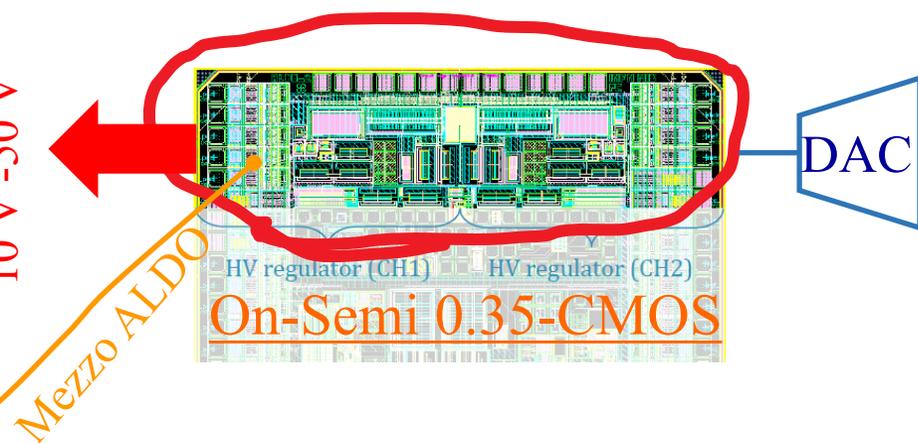
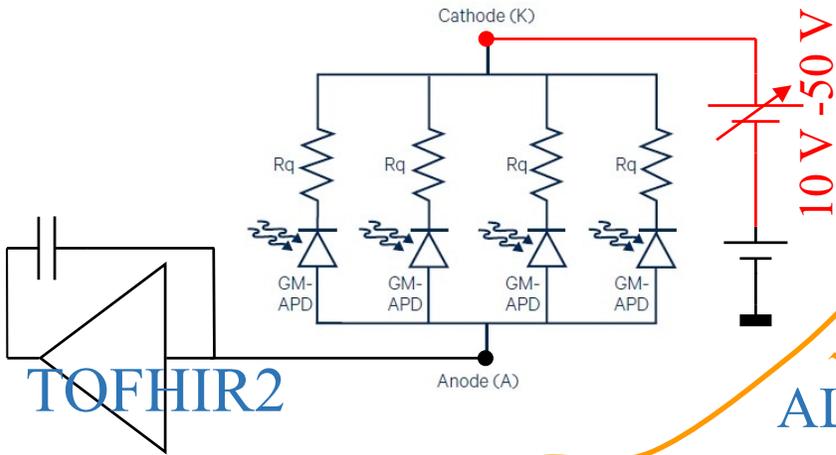


Risoluzione temporale Lyso+SiPM+Front-end (temperatura operativa -30°C (ambiente) -10°C (peltier aggiuntiva su SiPM))



Dettagli nella presentazione di Andrea B.

Gr.I: CMS (2)

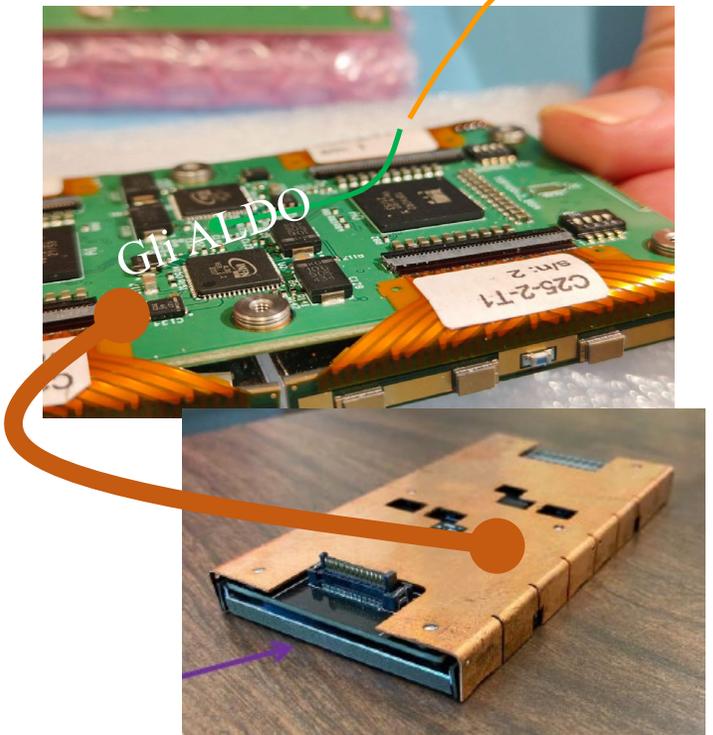


A Multi-Function Radiation-Hardened HV and LV Linear Regulator for SiPM-based HEP Detectors
Paolo Carniti, Claudio Gotti, and Gianluigi Pessina
DOI 10.1109/TNS.2024.3409820

ALDO ha **doppia** funzionalità, sono 2 regolatori di tensione lineari in un singolo chip: 2 chip in un chip.

Un regolatore livella l'alta tensione necessaria alla polarizzazione dei SiPM. La tensione è aggiustabile esternamente e consente di compensare l'effetto della radiazione sui SiPM. La corrente è monitorabile.

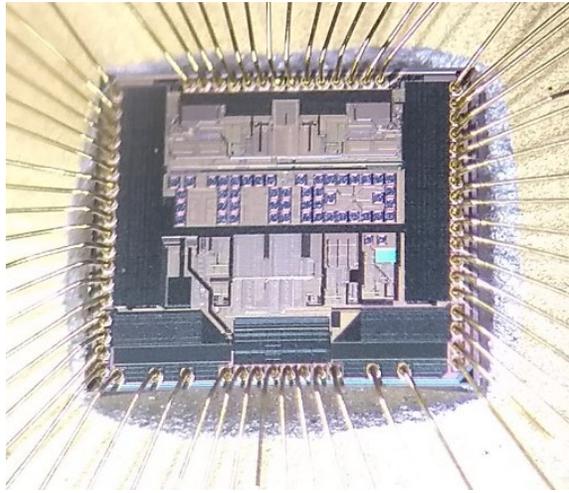
Il secondo regolatore consente di mantenere stabile la tensione di alimentazione del sistema di amplificazione del segnale dei SiPM. Questa funzione è importante per mantenere l'alta precisione di misura dei tempi di arrivo, precisione che va mantenuta entro qualche decina di ps.



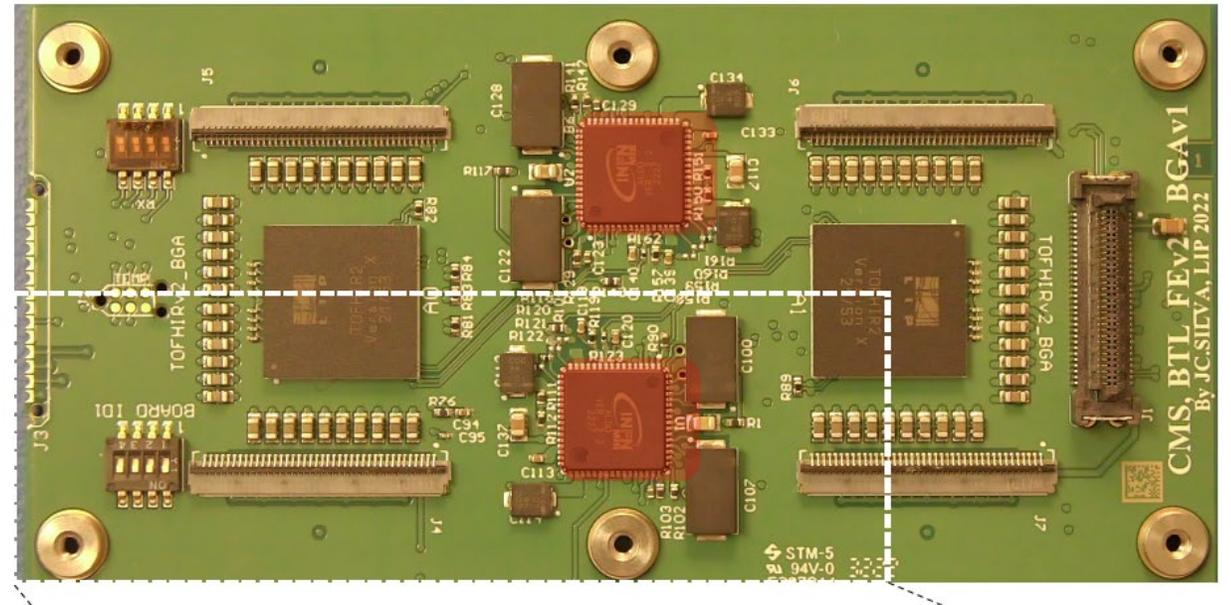
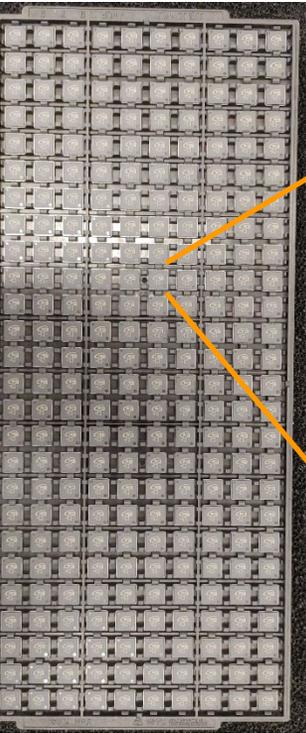
Responsabile Paolo C

La produzione del nostro ALDO2:

- 12250 chip sono usati dal BTL
- 9900 chip sono per il rivelatore HGICAL (Desy)



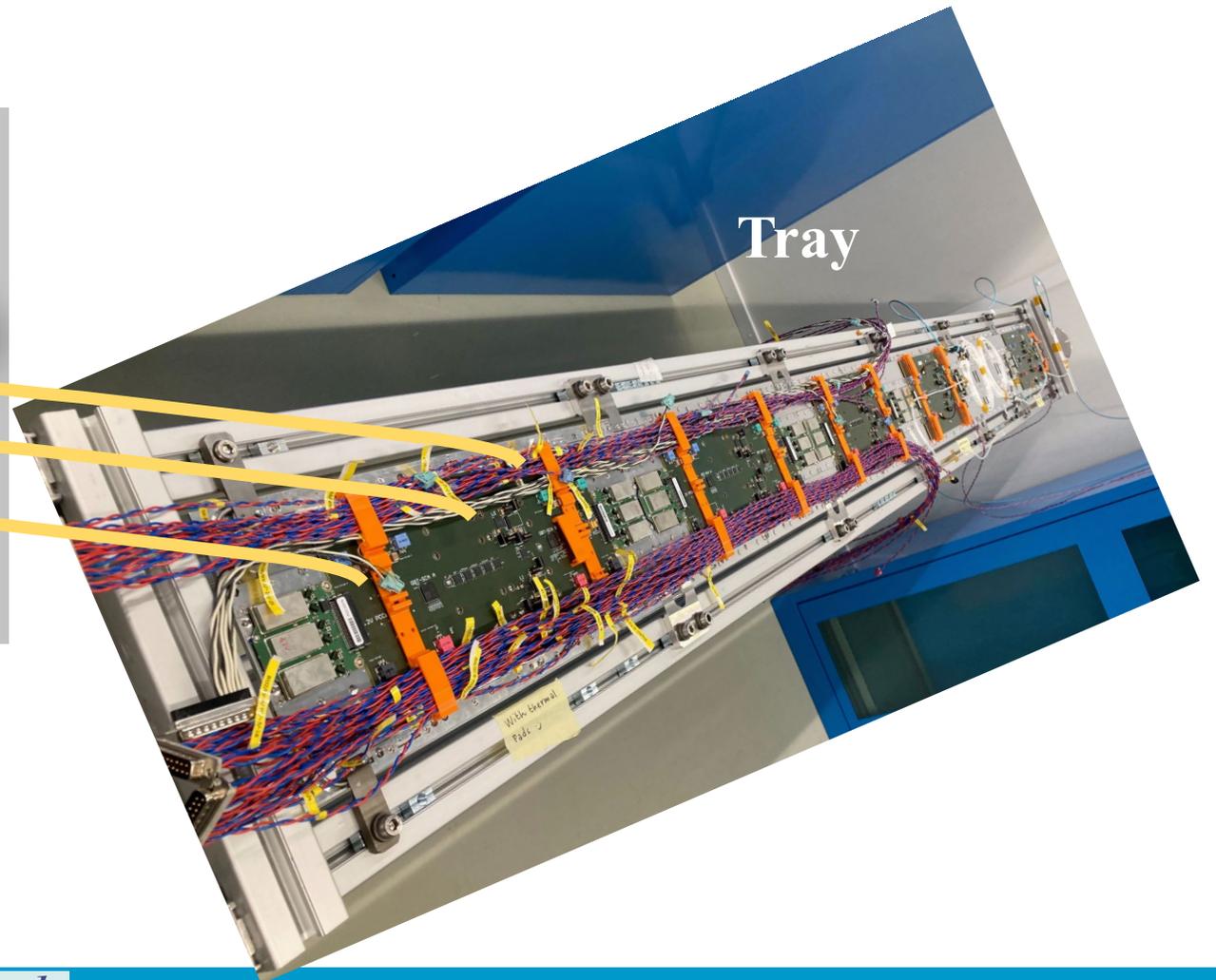
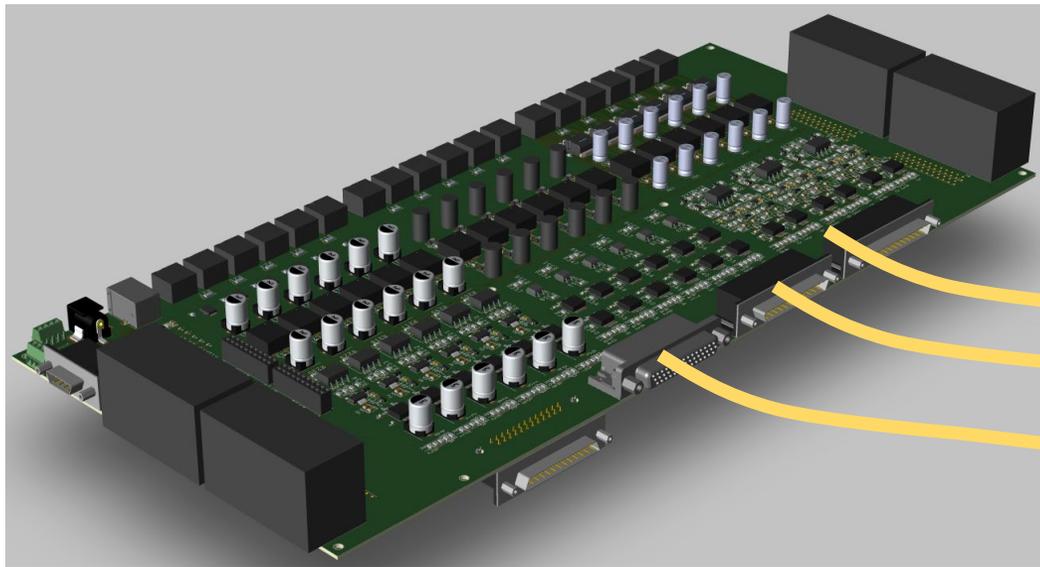
Le schede di front-end del BTL sono entrate nella fase finale di produzione-test:



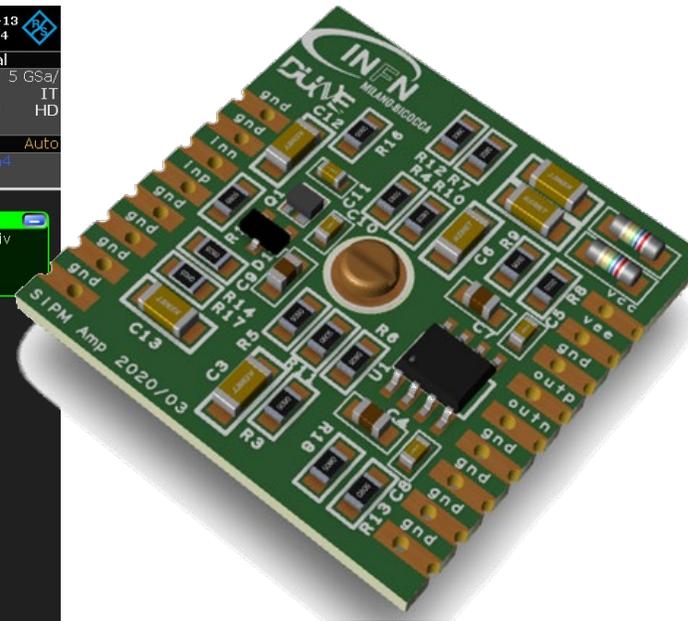
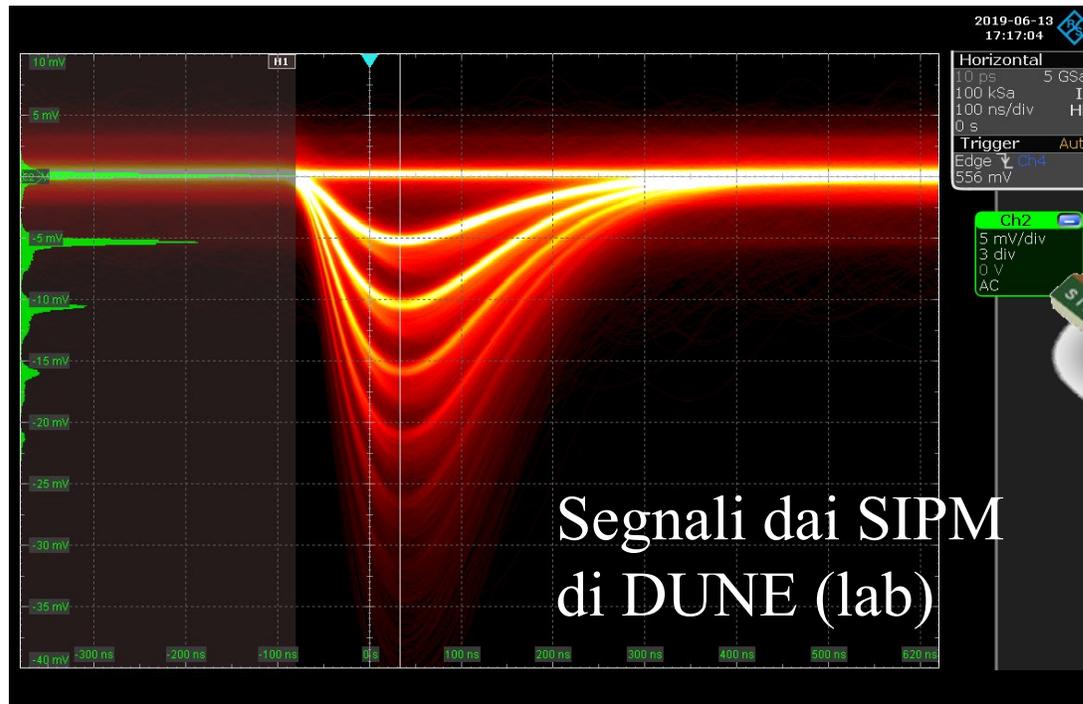
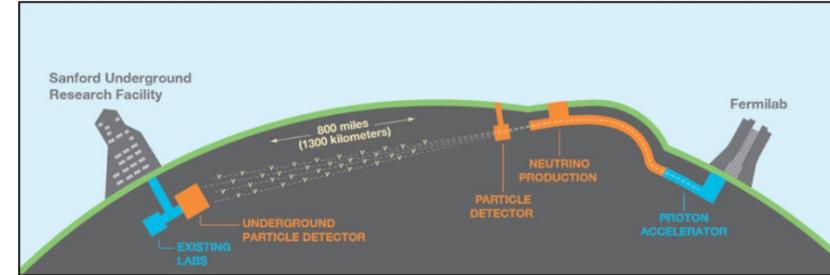
Gr.I: CMS (4)

Alla fine dello scorso anno abbiamo realizzato questa scheda che consente di distribuire, monitorare ed attivare l'alimentazione dei *tray* in produzione.

Una serie di queste schede è in uso ed è impiegata anche per sopperire al ritardo di consegna degli alimentatori finali del BTL.



Il nostro amplificatore criogenico sta cominciando la fase di produzione



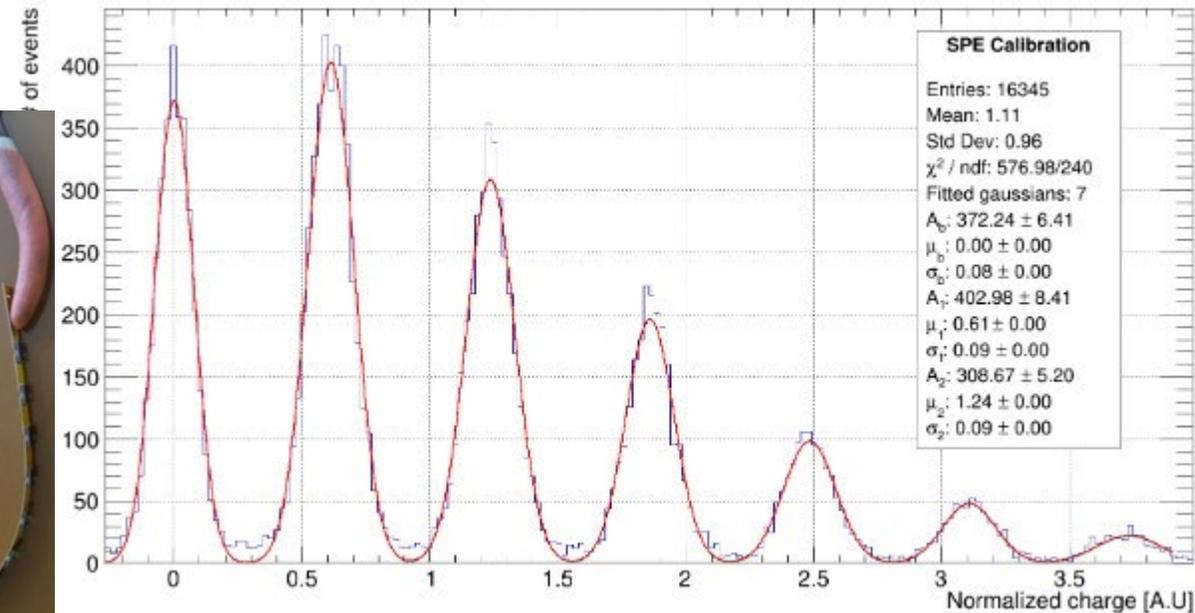
Claudio Gotti:
Convener dell'Electronics working group del Sistema di Foto-rilevazione;
Paolo Carniti:
ingegnere dell'integrazione.

DUNE= Deep Underground Neutrino Experiment

ProtoDUNE (CERN)

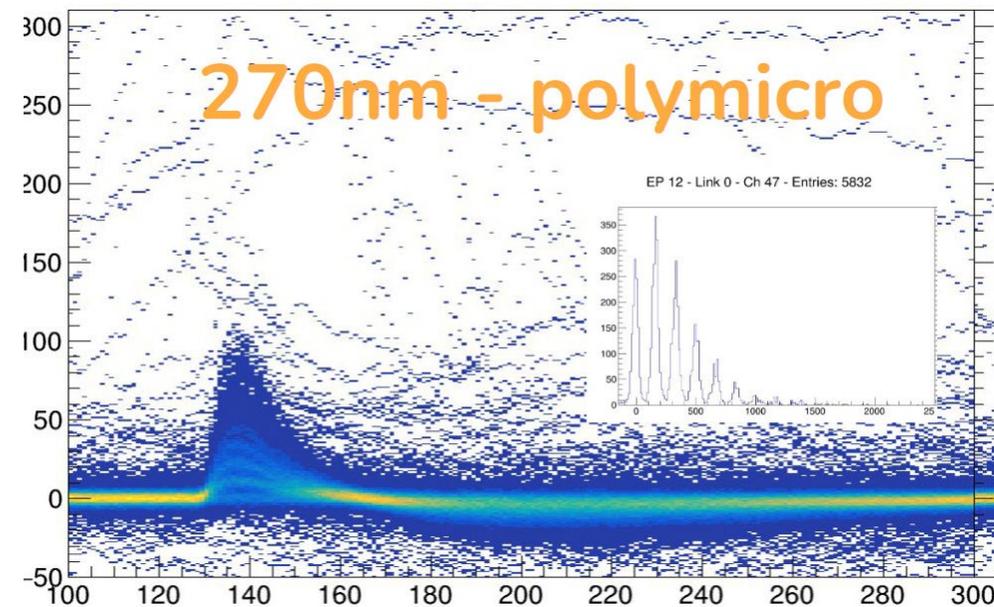


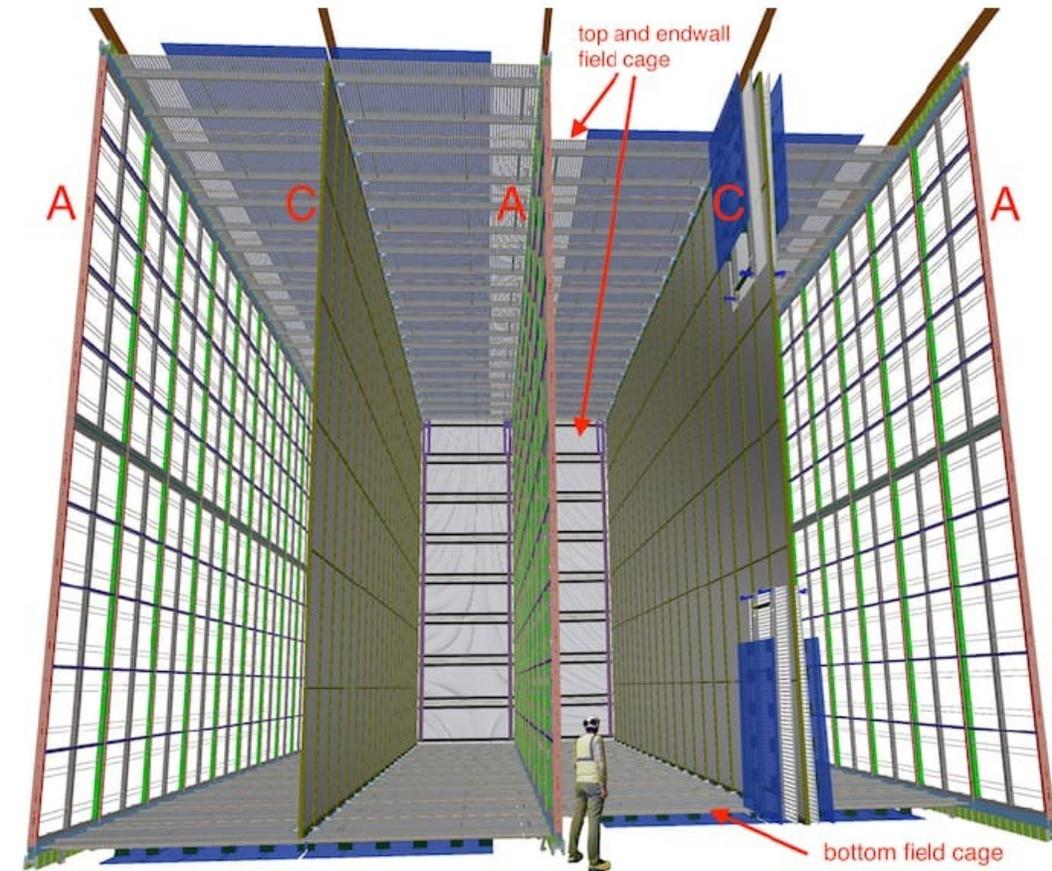
Flex-SiPM



Nel run in corso sono stati testati 160 nostri amplificatori nella configurazione di lettura dei SiPM

In briciole la soluzione: amplificatore ottenuto mischiando la tecnologia SiGe discreta con Amplificatori Operazionali tradizionali.





Il Far Detector 1 Horizontal-drift sarà equipaggiato con 6000 nostri amplificatori.

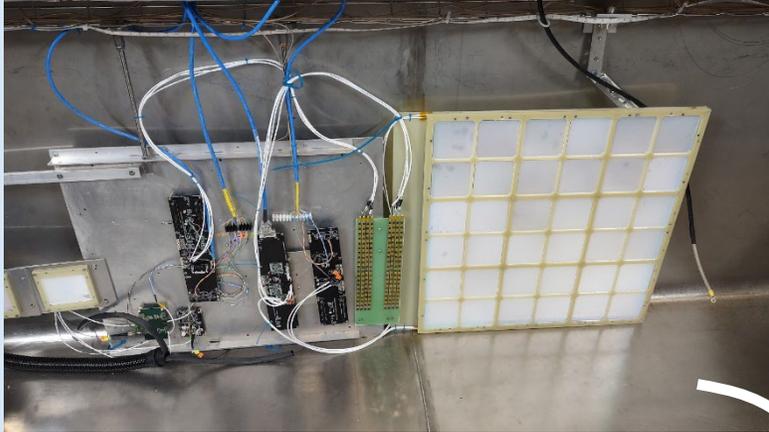
La gara per la produzione è stata appena aggiudicata.

Vedi Francesco T.

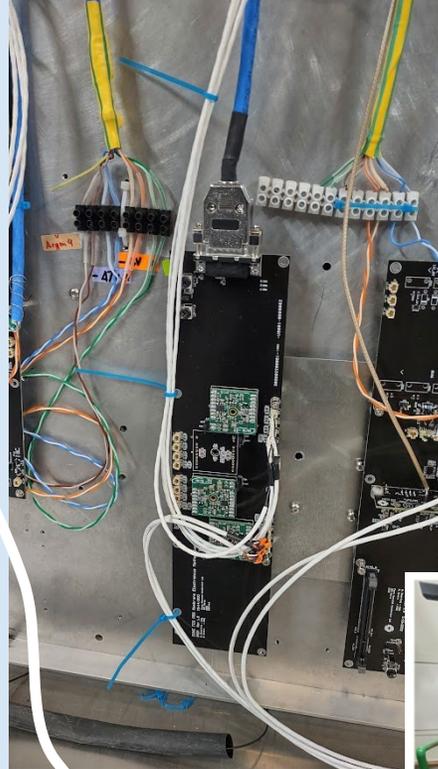
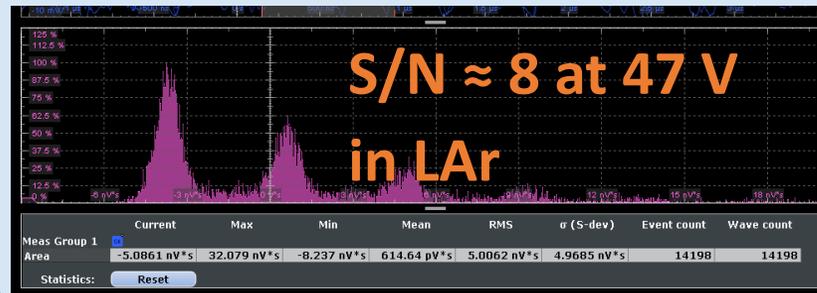
Front-End Electronics and Optimal Ganging Schemes for Single Photon Detection With Large Arrays of SiPMs in Liquid Argon, IEEE TNS, 70, 2524, 2023, DOI: 10.1109/TNS.2023.3321955

Gr.II: DUNE (4)

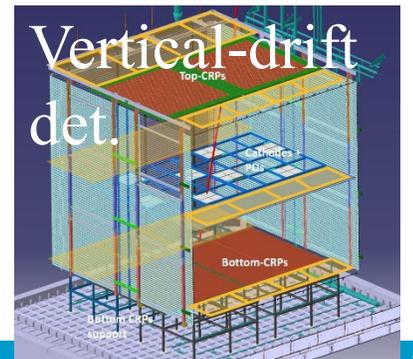
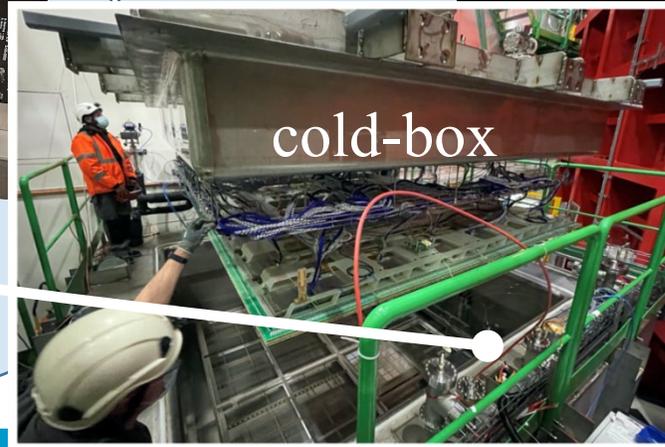
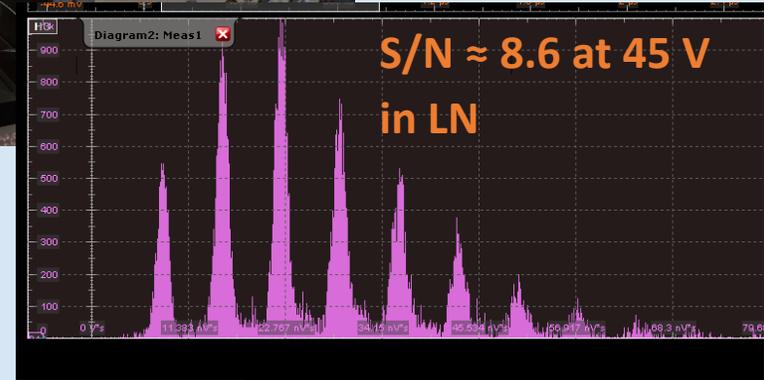
La nostra serie di amplificatori si è mostrata adeguata anche a soddisfare le richieste del Far Detector 2 Vertical-Drift: siamo nella fase di selezione della soluzione finale.



Test finale in cold-box al CERN

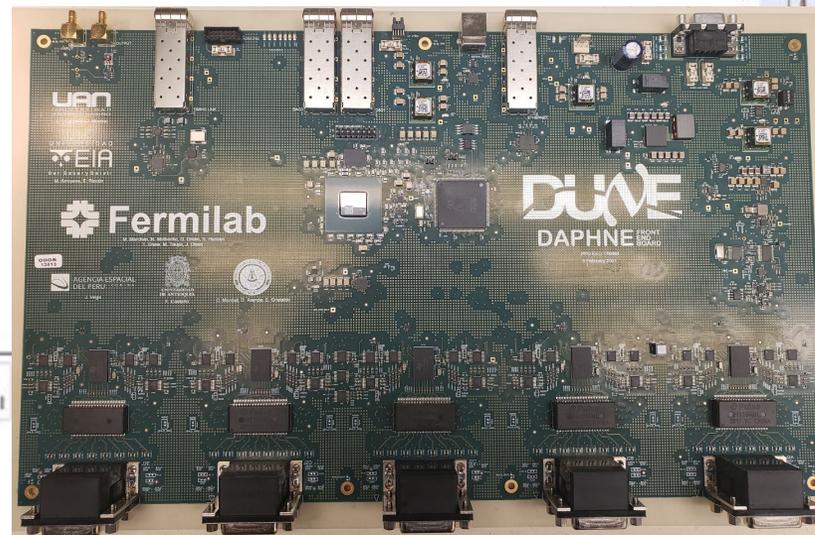
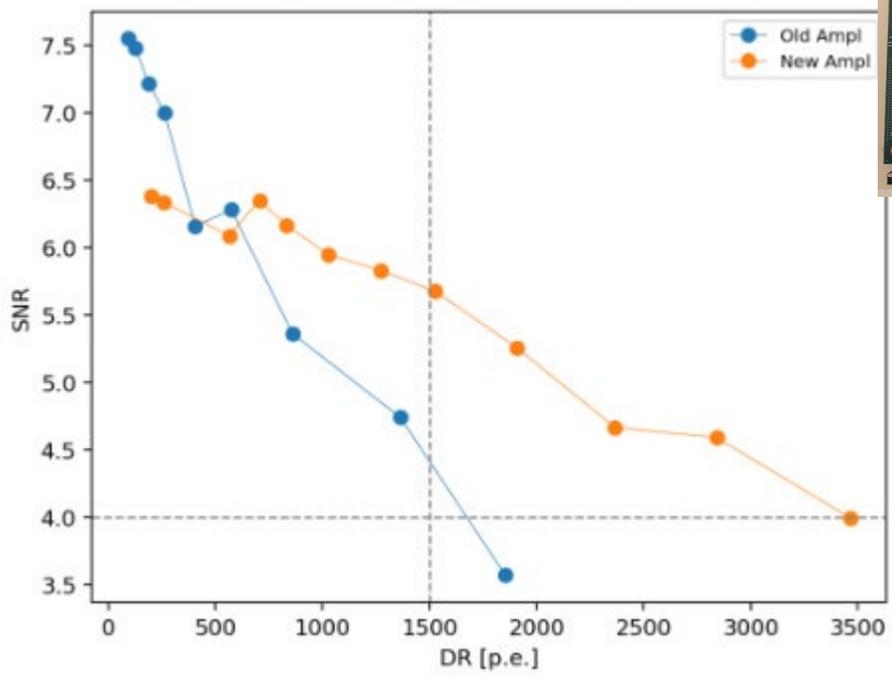


Nel nostro lab

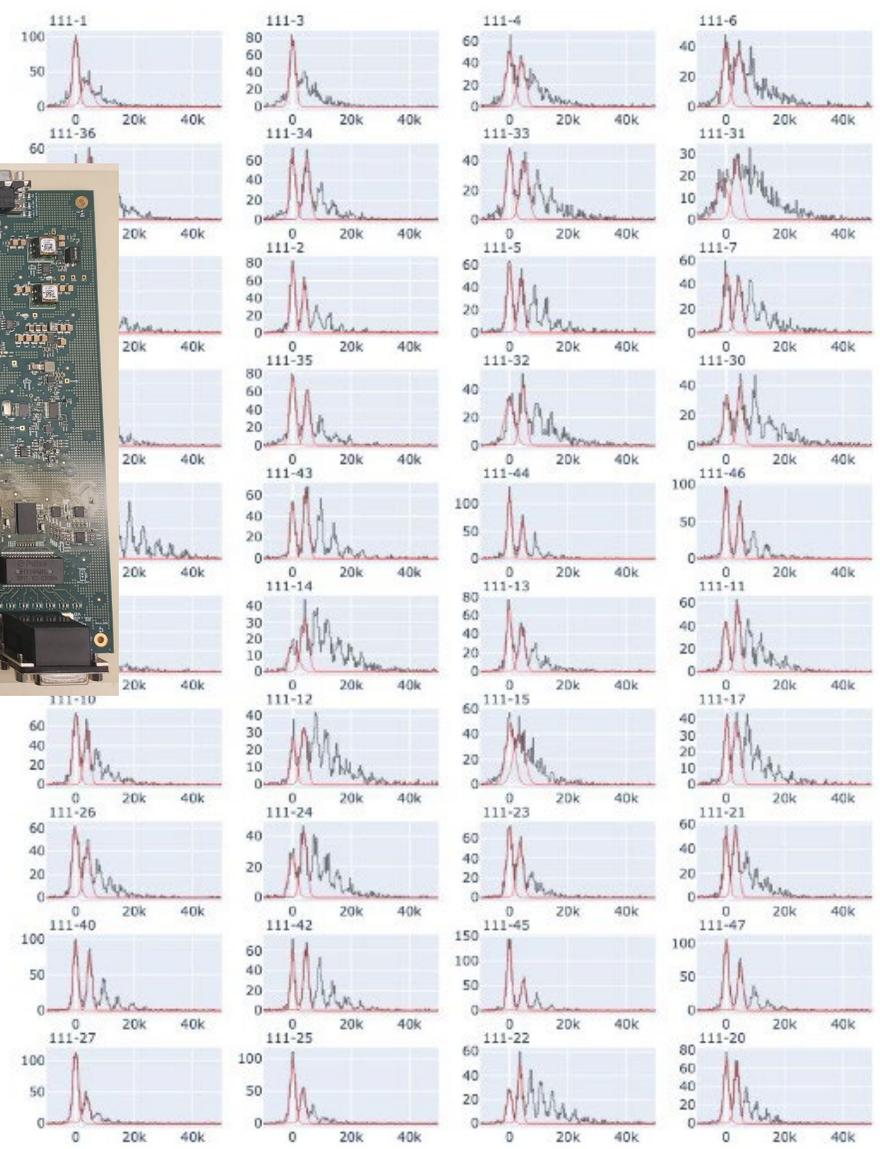


Gr.II: DUNE (5)

Ottimizzazione del DAQ a MIB da parte di Esteban Cristaldo



APA 3 - Runs 27562-27565, 27567, 27569



Gr.I: LHCb (1)

La costruzione del nuovo RICH di LHCb è terminata e l'installazione completata.

Il very-front è il nostro chip **CLARO** (poco meno di 30000 chip):

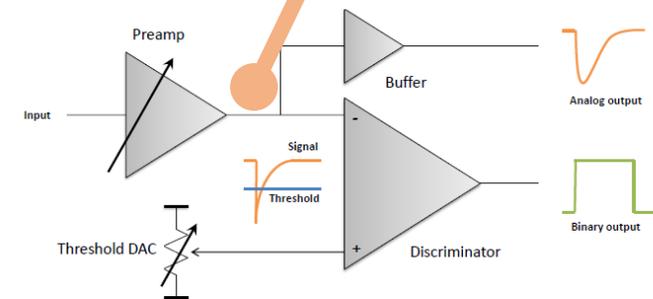
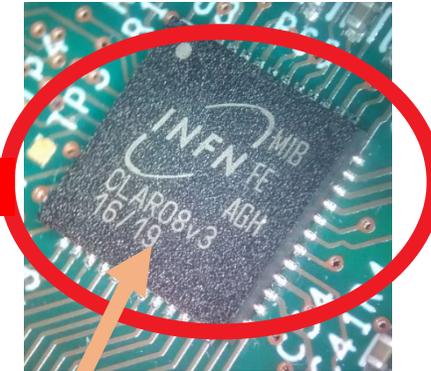
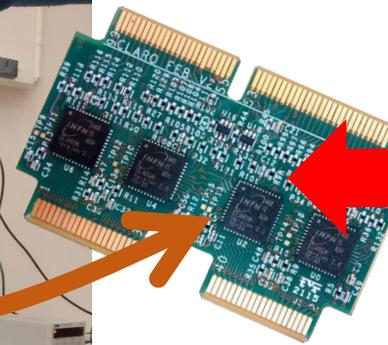
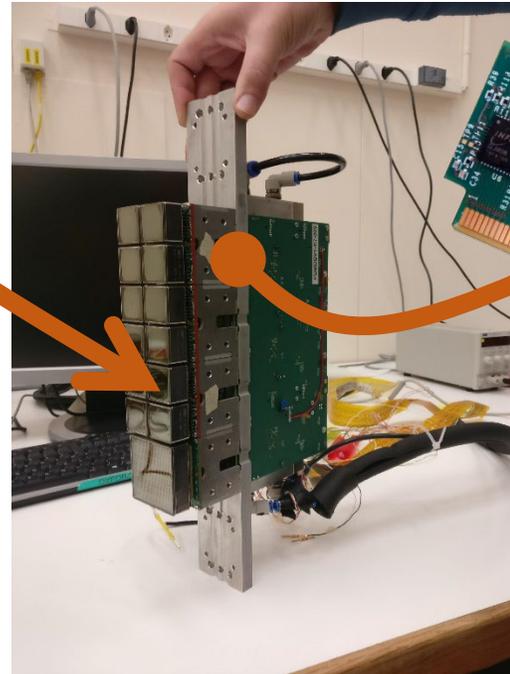
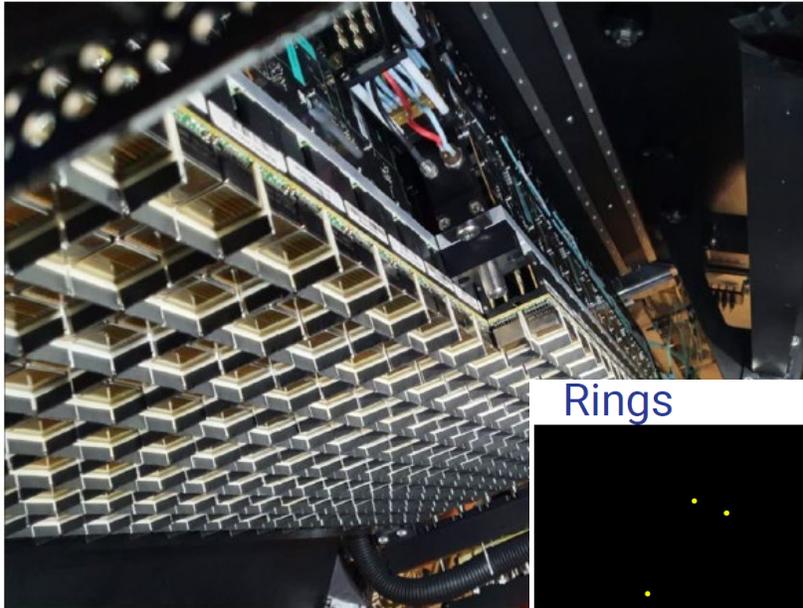


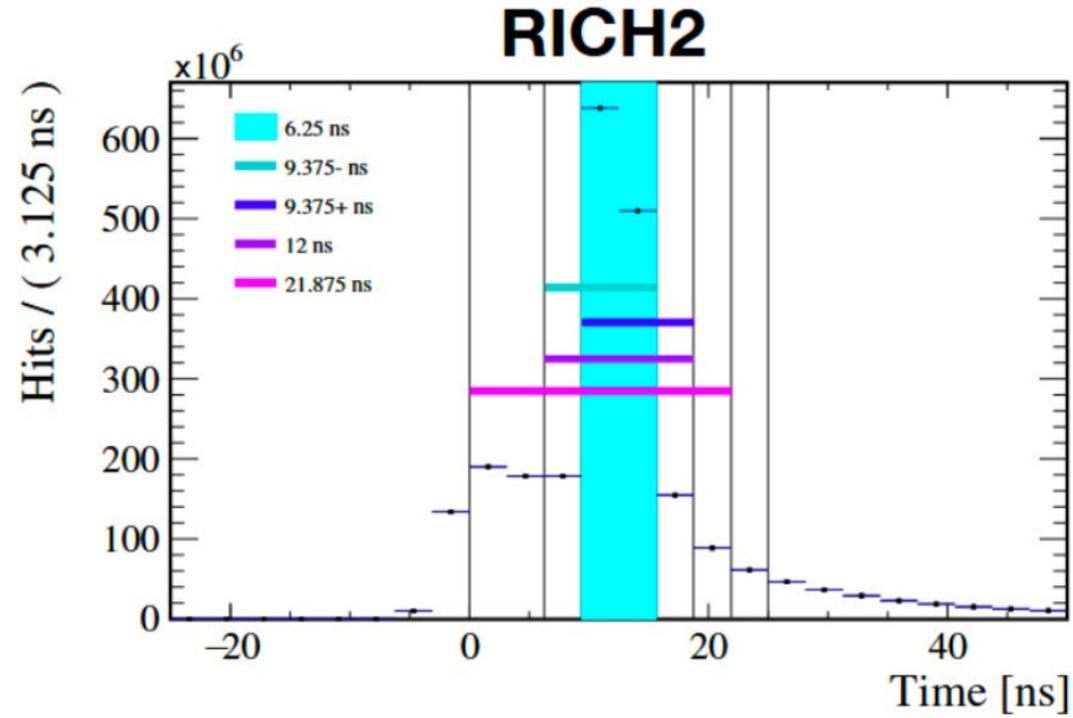
Figure 1. Block schematic of a CLARO-CMOS channel.

Deputy project leader Claudio G

Vista dall'alto

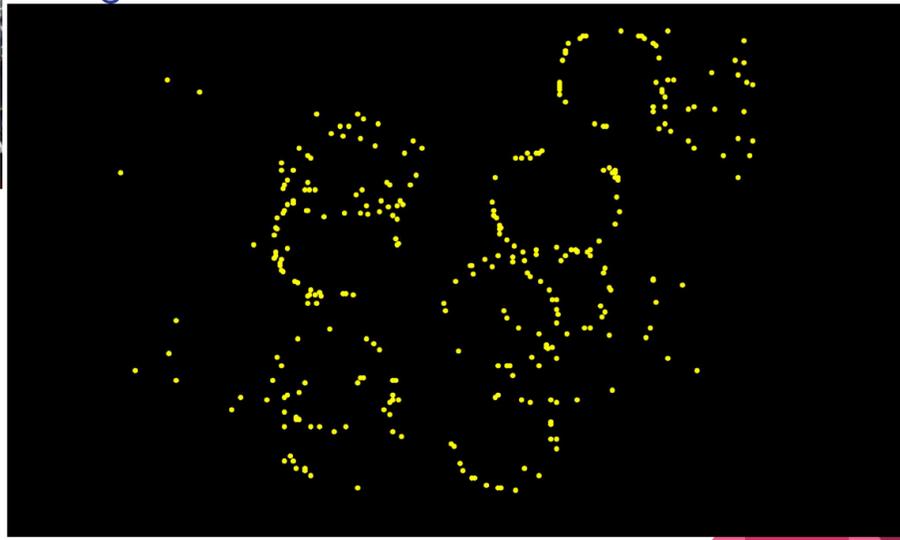


Rings



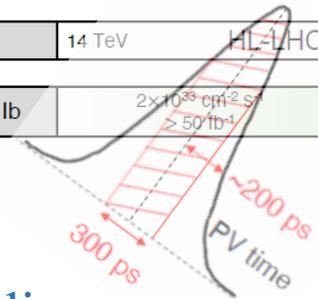
Sebbene non richiesto inizialmente in questa fase, una minima informazione sul timing è stata aggiunta nella selezione degli eventi confinati nella opportuna finestra di arrivo.

Il nuovo RICH



	Run 2	LS2	Run 3	LS3	Run 4	LS4	Run 5 - 6
	LHC			13 TeV	14 TeV	HL-LHC	
LHCb	$4 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 9 fb ⁻¹	Upgrade Ia	$2 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ > 25 fb ⁻¹	Upgrade Ib	$2 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ > 50 fb ⁻¹	Upgr. II	$1.5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ > 300 fb ⁻¹

Enhanced (Run 4)



Nelle fasi di aggiornamento future si prevede di cambiare il tipo di sensore per cercare di conseguire una informazione temporale più precisa.

Si sta studiando la possibilità di usare SiPM a temperatura molto bassa, $\sim 100 \text{ K}$: è necessario essere sensibili al singolo fotone, dark-count non ce ne devono quasi essere per effetti della radiazione.

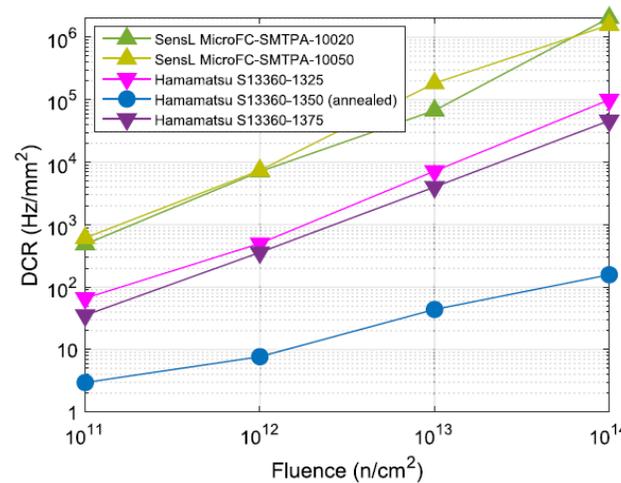
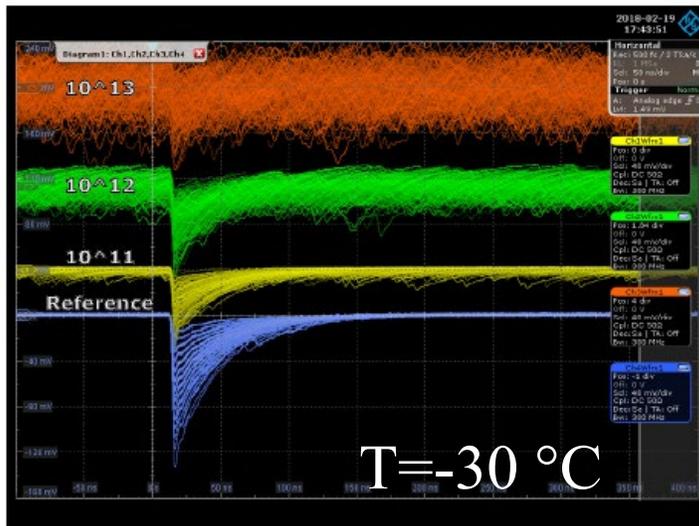
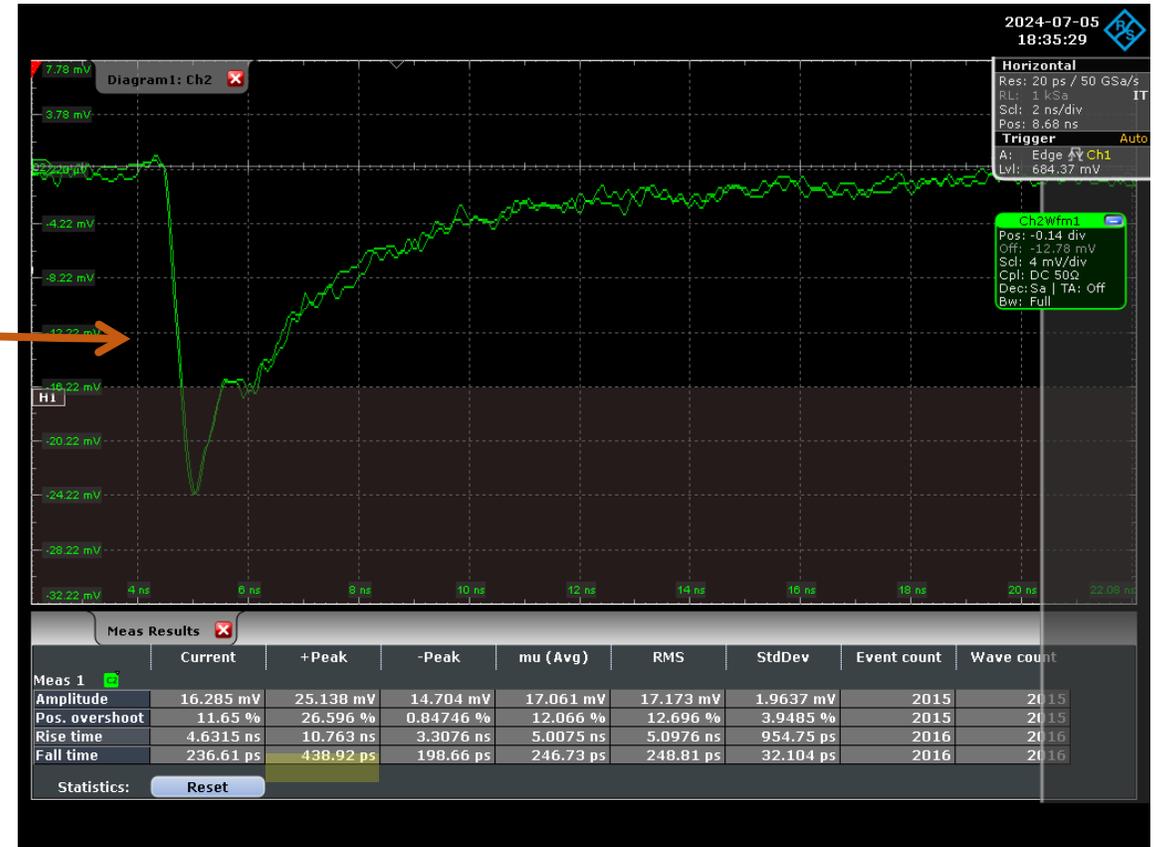
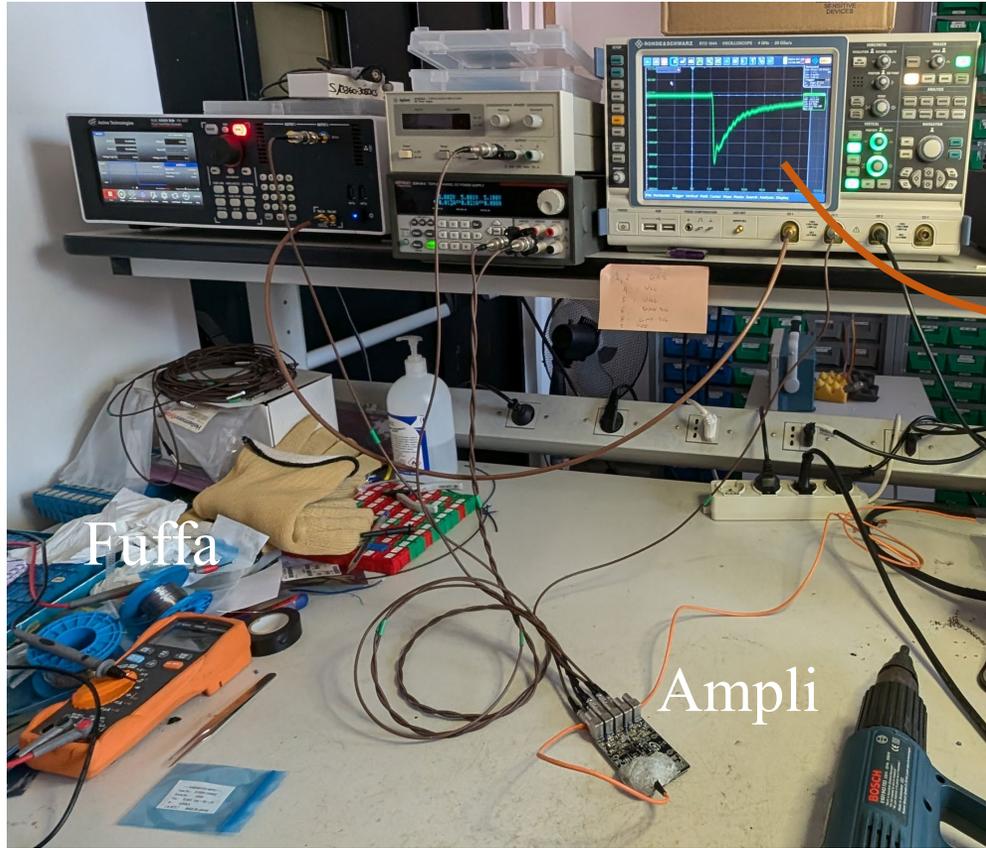


Fig. 12. DCR at 77 K versus neutron fluence for all irradiated devices.

Single photon detection with SiPMs irradiated up to 10^{14} cm^{-2} 1-MeV-equivalent neutron fluence
 M. Calvi, P. Carniti, C. Gotti, C. Matteuzzi, G. Pessina,
 NIMA, 922 (2019) 243–249.

Gr.I: LHCb (4)

Per studiare l'effetto della temperatura anche sul comportamento temporale. Abbiamo sviluppato un amplificatore super-veloce capace di operare da temperatura ambiente a 80K:



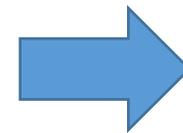
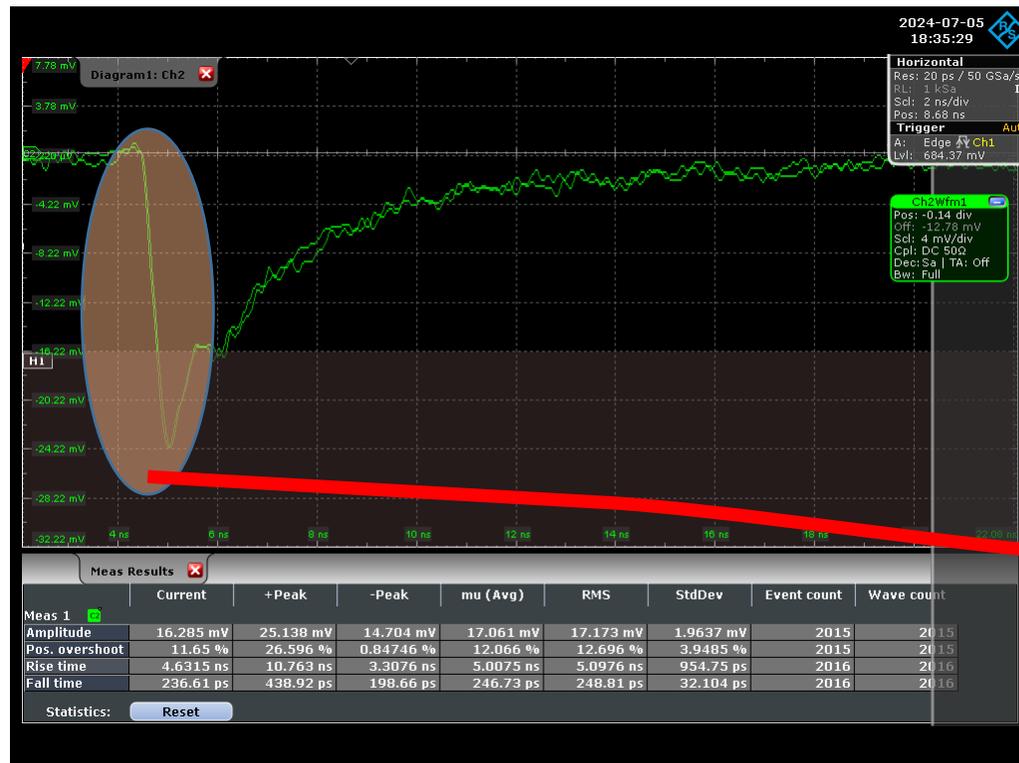
In briciole la soluzione: amplificatore ottenuto mischiando la tecnologia SiGe discreta con Amplificatori Operazionali tradizionali con compensazione in frequenza sagomata.

Risultato di Davide T.

Gr.I: LHCb (5)

Espansione della scala orizzontale per la misura della risoluzione temporale (jitter): misura effettuata con ampiezza simulata del singolo fotone da SiPM. Attenzione che il jitter non ha carattere assoluto, ma dipende dall'ampiezza, Q_s del segnale, oltreché dalla sua velocità:

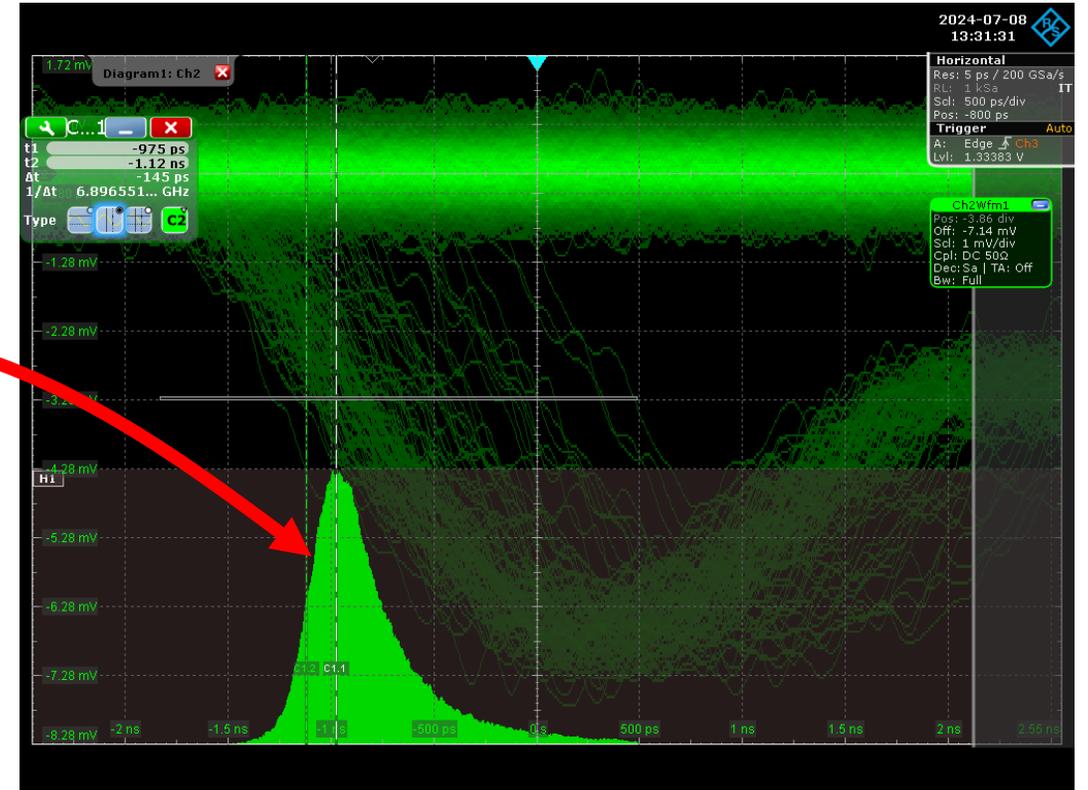
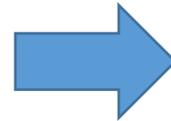
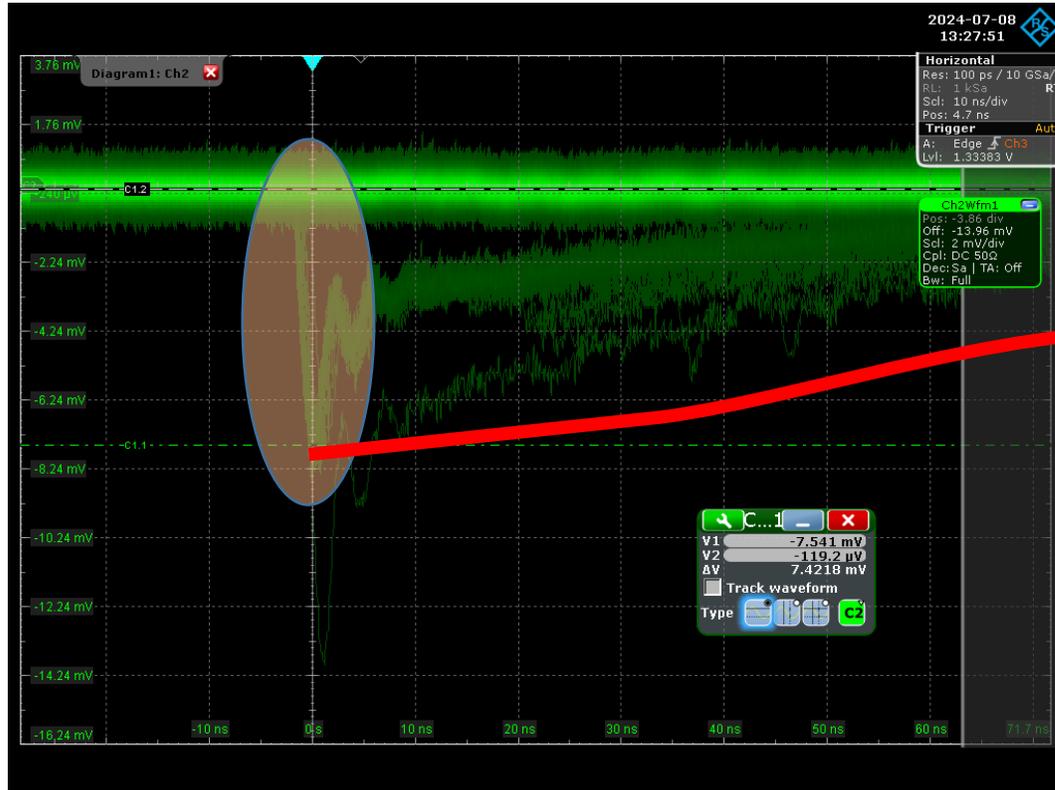
$$\sigma_t = \frac{\sigma_v}{Q_s f'(t_m)}$$



Jitter reale a 300 K, considerando 10.3 ps_{RMS} strumentali: 8.7 ps_{RMS} (a 77 K ~ 21 ps_{RMS})

Gr.I: LHCb (6)

Segnale a singolo fotone da SiPM a 77 K a minimo over-voltage, +3 V:



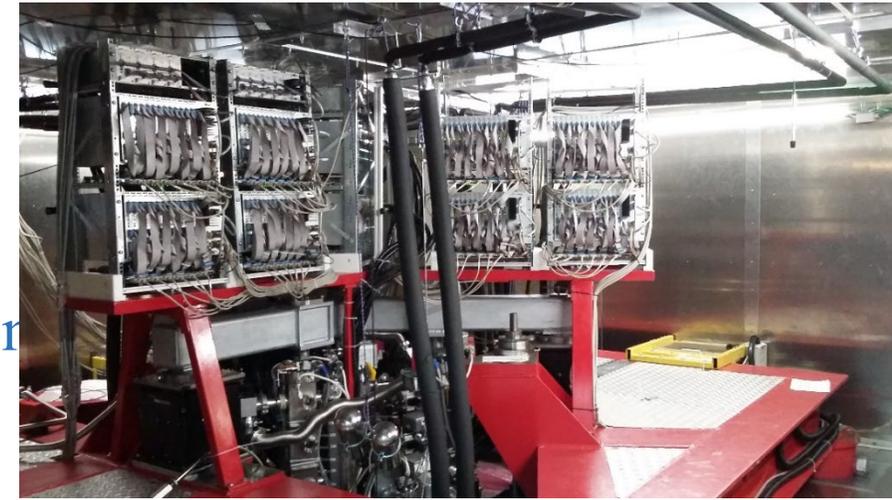
Preliminare: ampiezza singolo fotone 8 mV, jitter 145 ps_{RMS}

Gr.II: CUORE

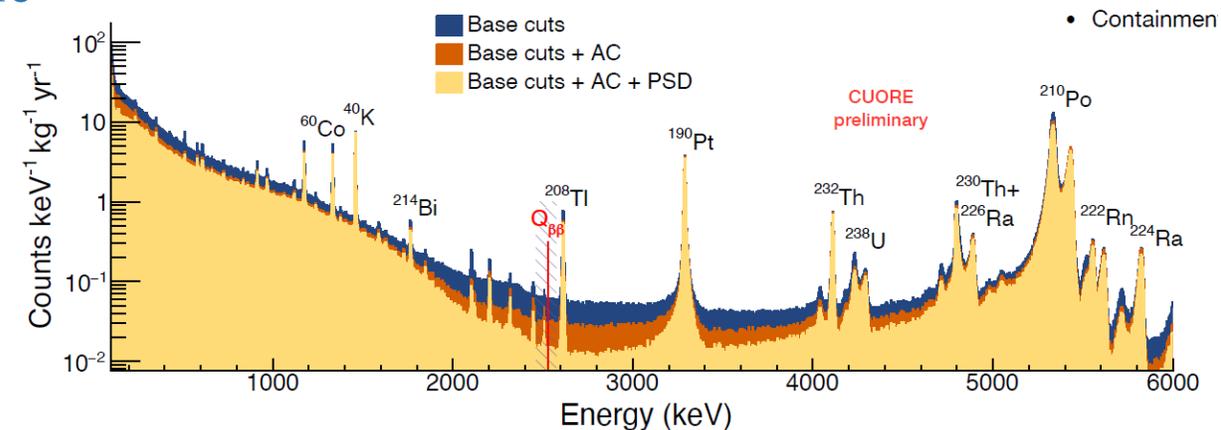
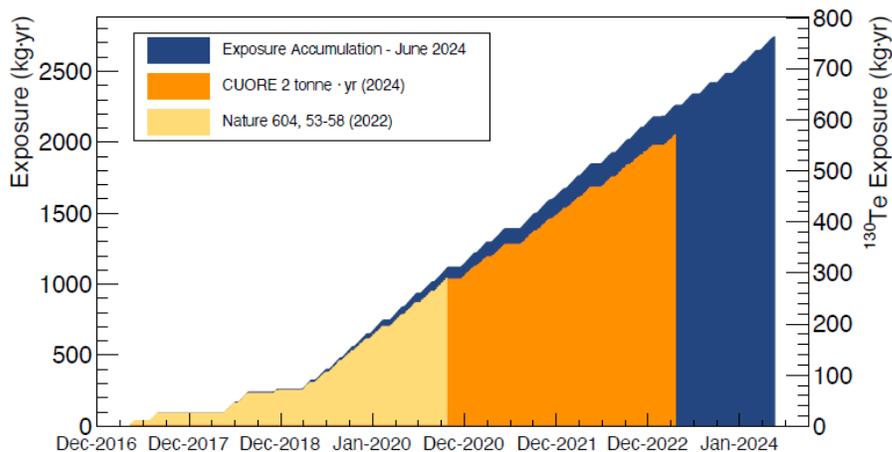
CUORE è in presa dati dal 2017 per lo studio del decadimento $0\nu\beta\beta$ (del ^{130}Te) (sta subendo uno stop per un pulse-tube a fine vita).

Consiste di 1000 rivelatori bolometrici equipaggiati con elettronica sviluppata a **MIB**.

Fino ad ora non ci sono stati problemi sul front-end, a parte qualche ventola di raffreddamento dei nostri alimentatori DCDC che ha raggiunto la fine vita: le abbiamo sostituite tutte.



Si veda Silvia C.



Plots da Carlo Bucci a neutrino2024

CUORE=Cryogenic Underground Observatory on Rare Events

Gr.II: CUPID ed altro (2)

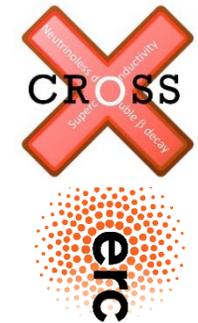
Dove è usata la nostra elettronica per bolometri:

- ✓ Berkeley;
- ✓ Canfranc (Spagna);
- ✓ Orsay (Parigi);
- ✓ Fudan University (Shanghai Cina);
- ✓ USTC (Hefei, Cina) (Versione vintage) ;
- ✓ Milano-Bicocca;
- ✓ LNGS Sala A, CUORE;
- ✓ LNGS Sala A;
- ✓ LNGS Sala C.

Gr.II: CUPID ed altro (3)



CUPID (CUORE Upgrade with PID) ha l'obiettivo di studiare lo $0\nu\beta\beta$ a «fondo zero» con cristalli bolometrici di Mo arricchito. Per questo la nuova strategia è di affiancare al canale di lettura termico tradizionale anche un canale sensibile alla luce prodotta nel cristallo, avente risposta dipendente dal tipo di particella (discriminazione α).



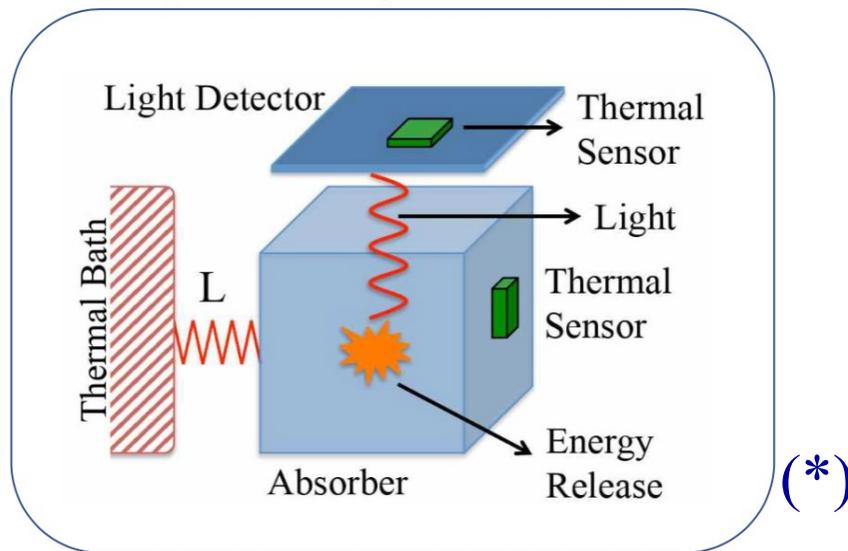
Sulla stessa linea di CUPID, **CROSS**, **C**ryogenic **R**are-event **O**bservatory with **S**urface **S**ensitivity, è un ERC Advanced grant (francese) ubicato nel laboratorio sotterraneo di Canfranc, in Spagna. CROSS sta anche affrontando caratterizzazioni di cristalli per CUPID.

Paolo Carniti: L2 dell'Integrazione del sistema front-end di CUPID; G.Pessina L3 del very front-end di CUPID

Gr.II: CUPID ed altro (4)

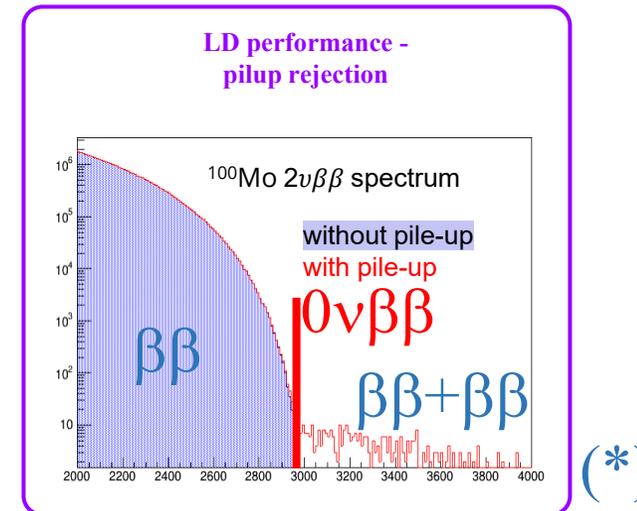
(#)

CUPID ^{100}Mo
heat + light
(scintillating bolometer)



I **Bolometri** per lo studio dello $0\nu\beta\beta$ a fondo zero operano col doppio canale termico e di luce prodotta dalla scintillazione, tenue, del cristallo che contiene i candidati al decadimento.

Il canale di luce consente di ottenere 2 obiettivi: la discriminazione degli eventi di fondo grazie alla differente resa di luce, α/γ , e discriminare eventi di pile-up da segnali $\beta\beta$:



La frequenza degli eventi è bassa ed i segnali lenti. Tuttavia il pile-up, sebbene raro, per essere riconosciuto ($\sim 100 \mu\text{s}$) necessita di un alto S/N.

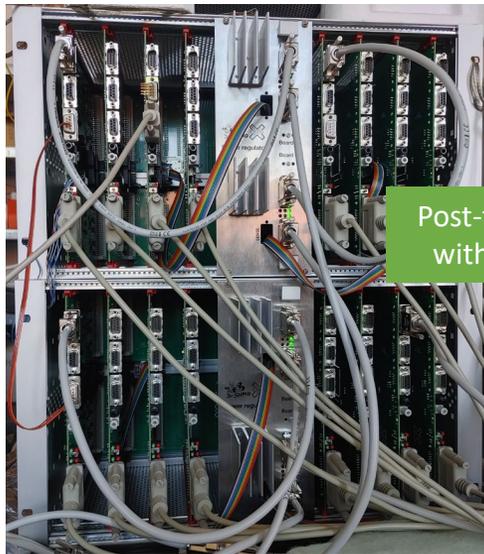
(#): PID+t=Particle IDentification + timing

(*): MatteoB al Comitato scientifico dei LNGS 2023

Gr.II: CUPID ed altro (5): CROSS

Si diceva di CROSS a CANFRANC... il front-end è stato tutto installato. Fino ad ora c'è stato un run breve (per problemi criogenici) con metà canali.

Sono previsti 200 canali. Il numero operativo, entro fine anno, dipenderà dai cristalli disponibili.



Post-frontend boards with digital control

Secondo stadio e gestore



Singolo modulo di front-end a 6 canali



Frontend boxes (preamp and bias), ready to be directly attached to the cryostat

I 32 moduli

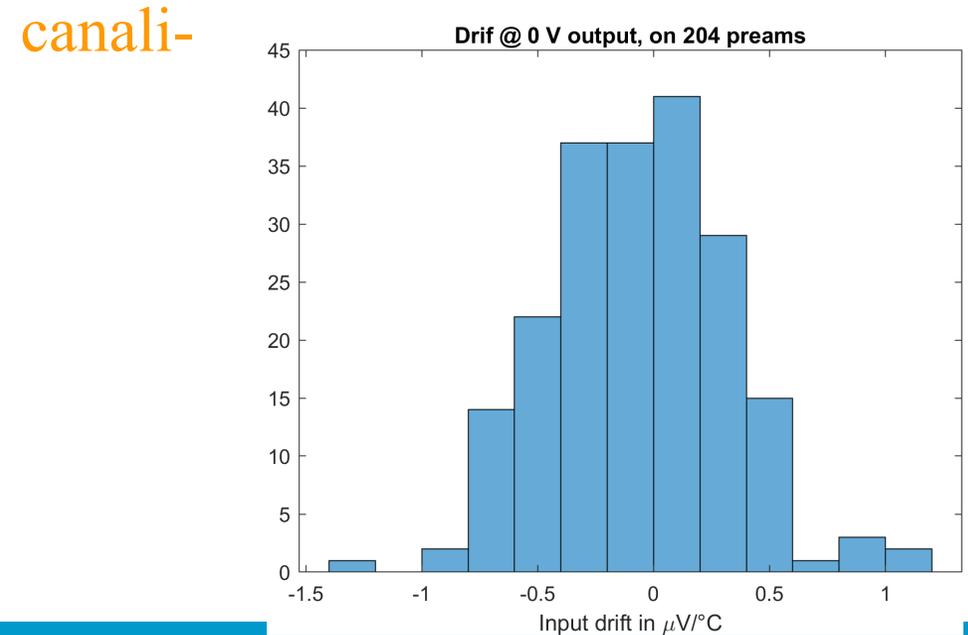
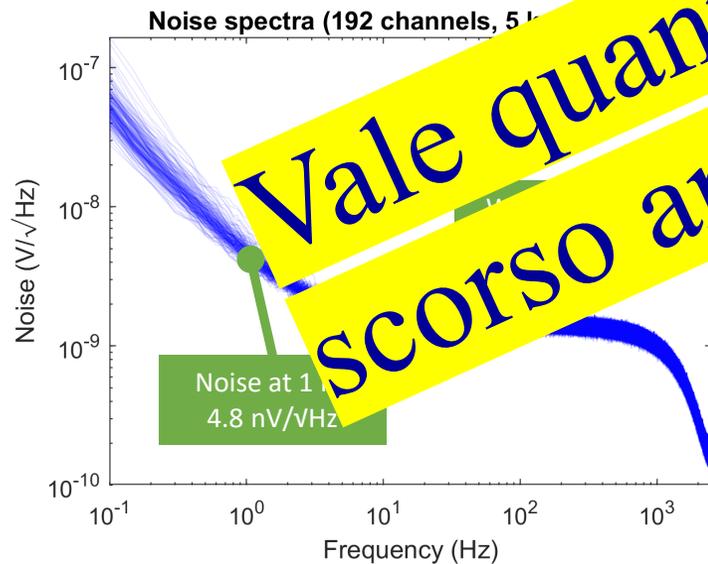
Gr.II: CUPID ed altro (6): CROSS

Risoluzione temporale ed energetica necessitano entrambe basso rumore.

In CROSS e CUPID le richieste sono più stringenti rispetto a CUORE e per questo abbiamo lavorato per ottenere un rumore del front-end di almeno un fattore 2 più basso.

Anche la deriva termica deve essere molto contenuta per richieste sperimentali ed anche per il fatto che è fonte di rumore di bassa frequenza:

Sovrapposizione del rumore dei 200 canali - Distribuzione della deriva termica dei 200 canali-



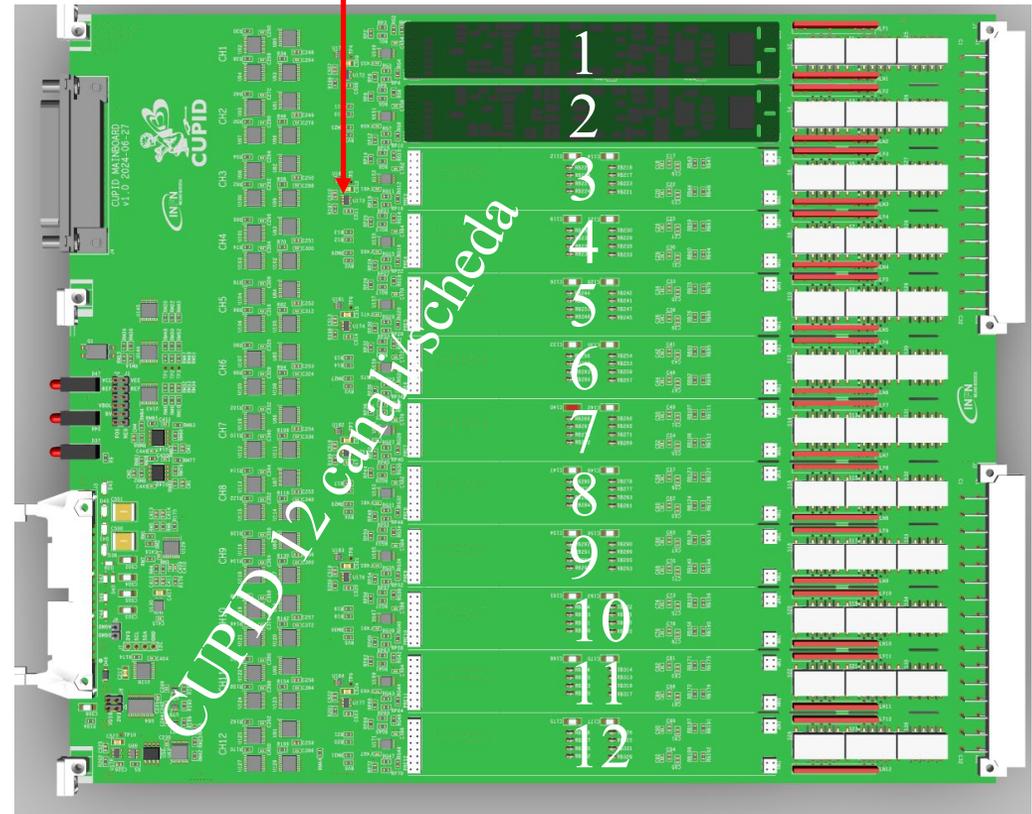
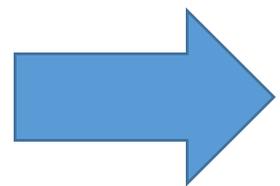
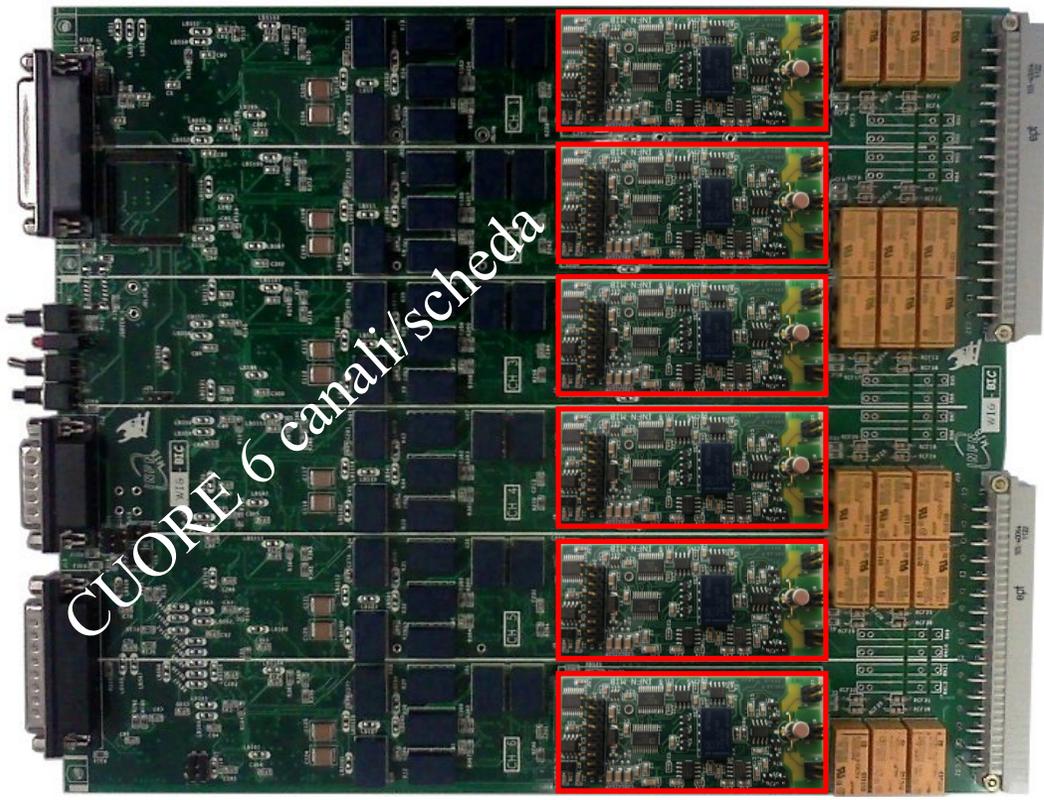
Vale quanto riferito lo scorso anno

Gr.II: CUPID (1)

CUPID avrà un numero di canali quasi quadruplicati rispetto a CUORE. Per cercare di contenere lo spazio necessario abbiamo raddoppiato la densità dei canali.

Quest'anno è stata finanziata la produzione del front-end per circa il 10% dell'esperimento (è in predicato un'opzione al 33%, ma per tutto il setup sperimentale).

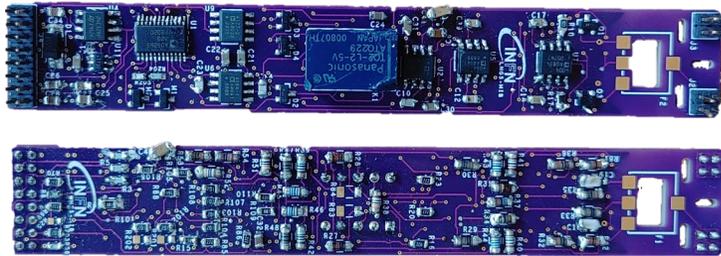
La prima mini-serie della scheda base è appena stato mandato in produzione.



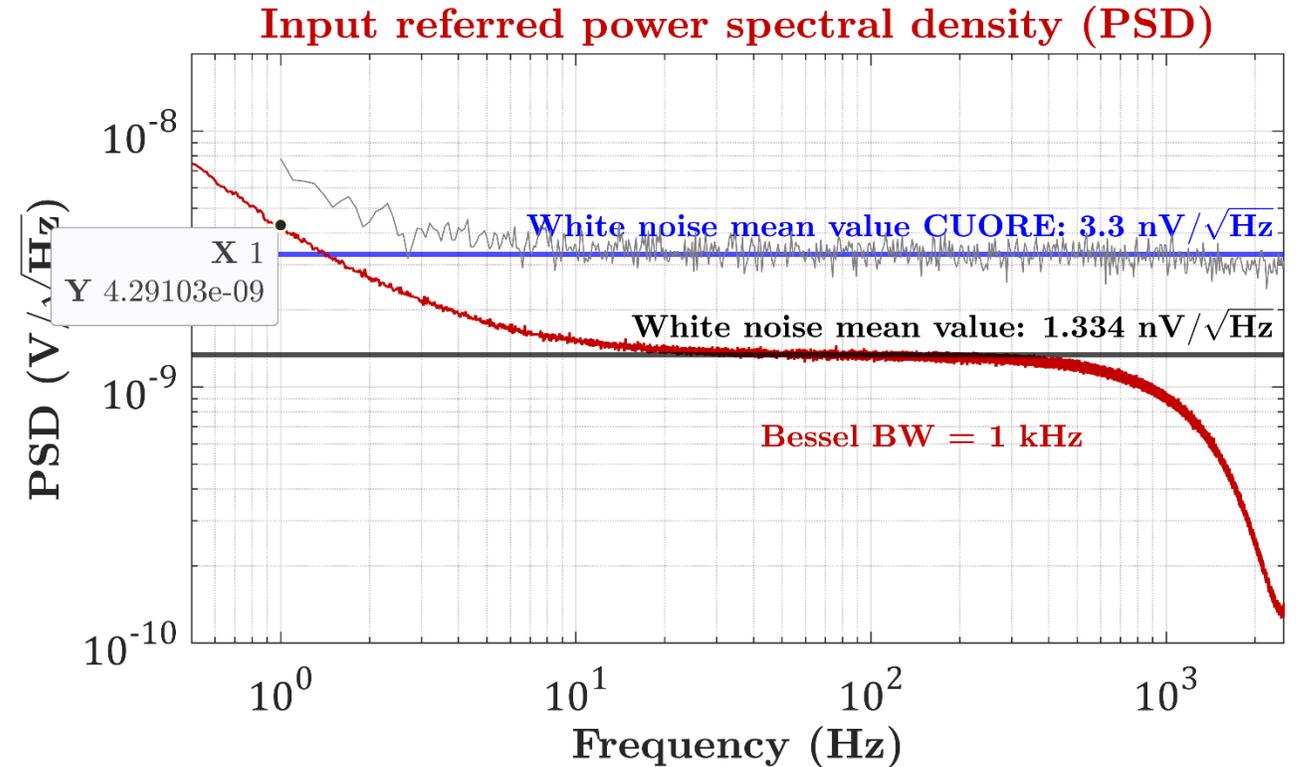
Gr.II: CUPID (2)

Il preamplificatore è stato ridimensionato ed anche ri-progettato con caratteristiche dinamiche e di rumore migliorate.

Mini-produzione appena sottoposta.



Il rumore è ridotto di un fattore maggiore di 2 rispetto a CUORE.

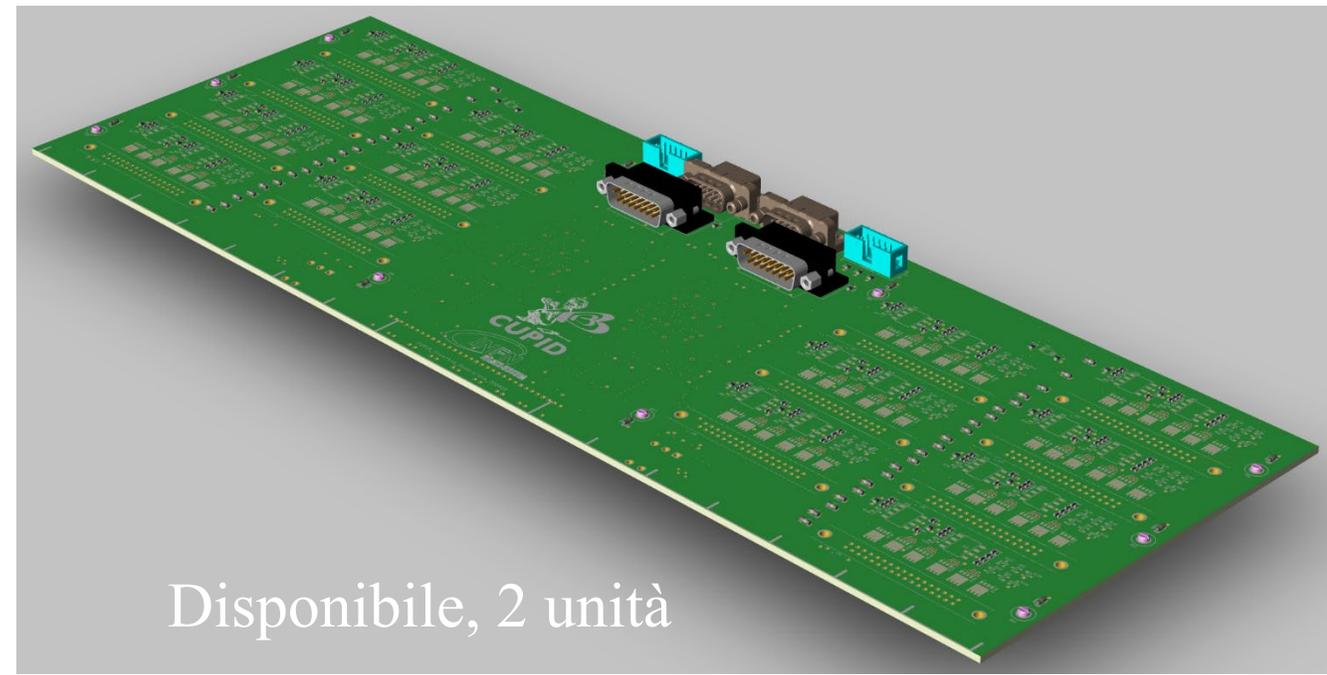
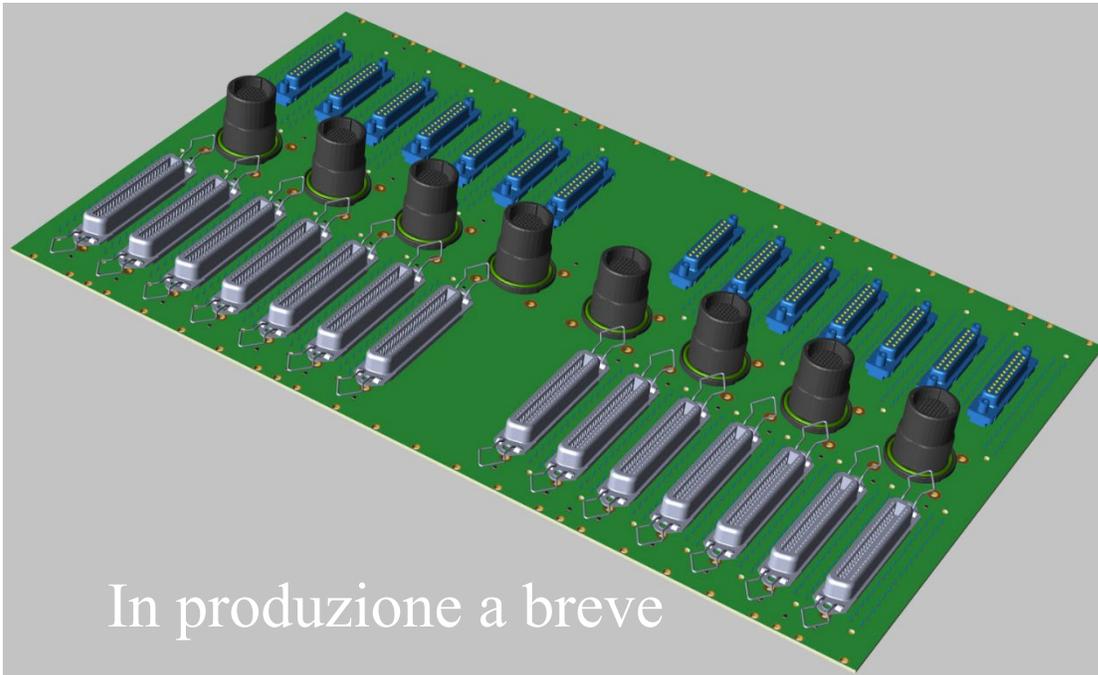


Risultato di Davide T.

Gr.II: CUPID (3)

Ulteriore sviluppo hanno avuto anche altre schede fondamentali: la scheda che gestisce alimentazioni e controllo delle schede madri e la scheda che contempla gli ingressi dai rivelatori.

Mini-produzione in partenza per la scheda di ingresso, già disponibile l'altra.

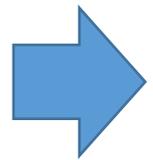


Gr.II: Studio per ET-LNGS (1)

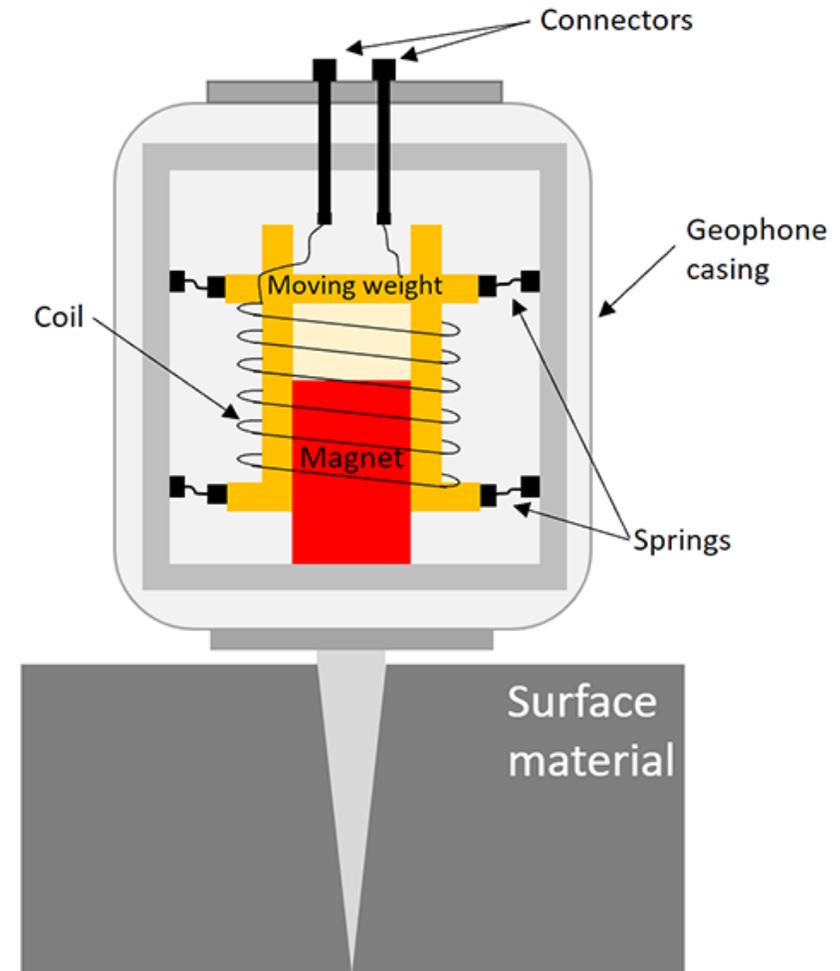
Le antenne richiedono misure vibrazionali molto sensibili a bassa frequenza ed i Geophoni/Geofoni si prestano a questo.

Il principio del Geophono è equivalente a quello di un microfono, salvo che in luogo di avere un piatto di un condensatore fisso ed uno libero di vibrare, nel Geophono si ha un magnete fisso ed una bobina coassiale che può muoversi. La sensibilità che si può ottenere a bassa frequenza è molto elevata.

Il segnale è molto lento e l'impedenza della bobina molto piccola.

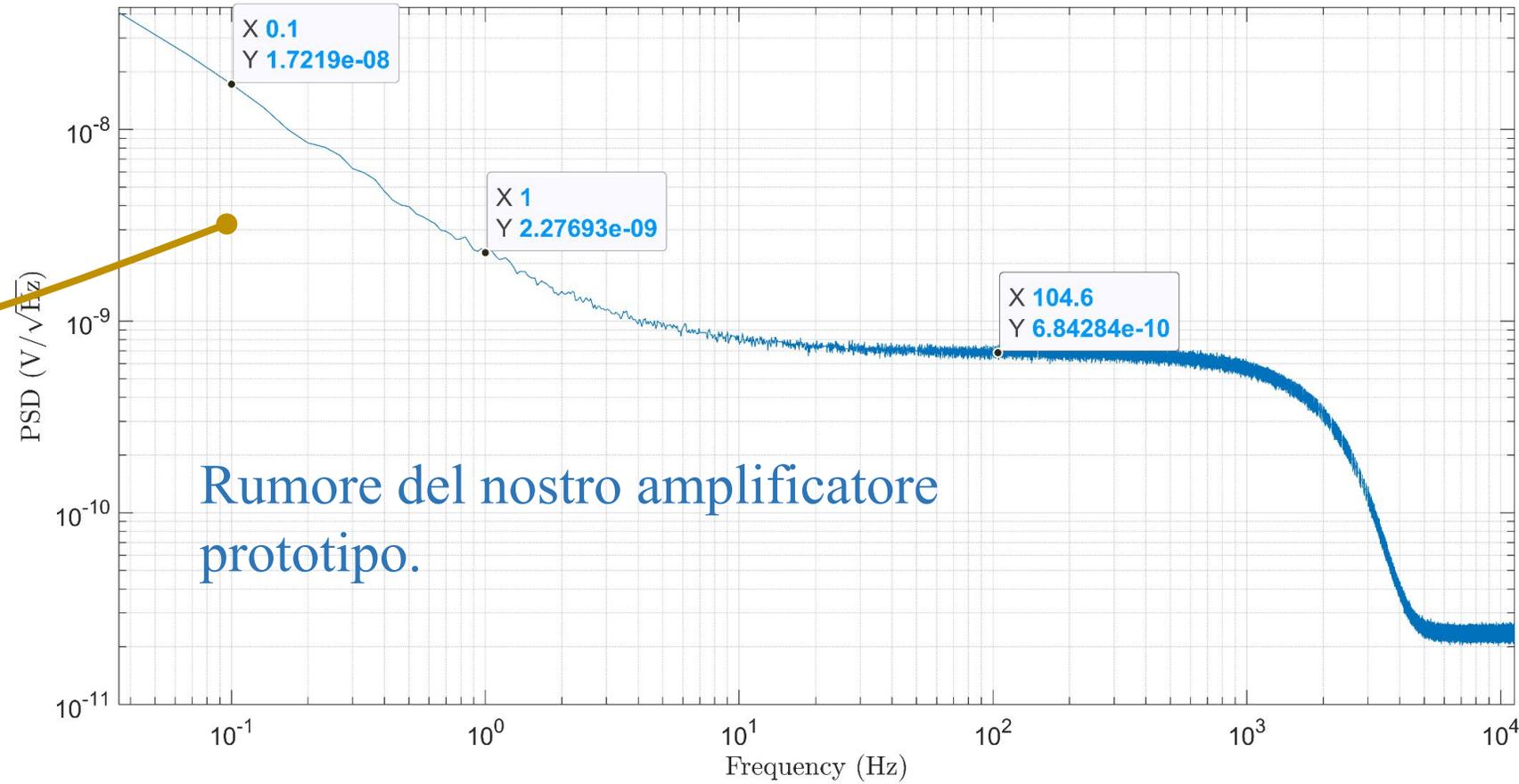


L'amplificatore deve mostrare un rumore serie bianco e $1/f$ molto bassi.



<https://www.guidelinegeo.com/help-articles/what-do-i-need-to-know-about-geophones/>

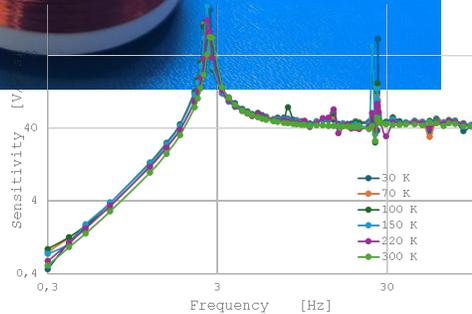
Gr.II: Studio per ET-LNGS (2)



Rumore del nostro amplificatore prototipo.

Il Geophono studiato ai LNGS è capace di operare a temperature criogeniche (quelli commerciali non hanno questa predisposizione).

A breve il test del setup Geophono + nostro amplificatore



Divulgazione:

1. **Corso di Formazione Interstruttura di 8 ore, 12 - 13 Settembre 2023 presso la sede INFN di bologna:**
Progettazione Di Circuiti Elettronici In Criogenia;
2. **Seminario di 1.5 ore presso l'Università USTC, Hefei, Cina il 14 Marzo 2024:**
Electronics For Cryogenic Detectors;
3. **Fiera Didacta Italia, Firenze, 20 - 22 Marzo 2024,**
Esposizione Virtuale Del Laboratorio Didattico:
Esperimentazioni Di Elettronica;
4. **Masterclass LHCb@UNIMIB.**

1. **Laboratorio di Esperimentazioni di Elettronica, III anno (8 cfu);**
2. **Elettronica (I Magistrale) (6 cfu);**
3. **Laboratorio di Fisica 1 (8 cfu);**
4. **Laboratorio di Fisica 2 (4 cfu);**
5. **Elettronica (Dottorato), 2 cfu.**

Gli FTE pienamente efferenti MIBELETTRONICA...

Totale: 4 FTE (allocati)

Strumentazione desiderata

Necessità:

- ✓ 1/2 PC, costo circa 1500/3000 € (laboratorio);
- ✓ Metabolismo, qualche k€

Occorre pensarci:

- ✓ Il nostro RTO1044 (4 GHz, 20 Gs/s) ha 11 anni: serve un sostituto?
(RTO6 a 4 GHz, 20 Gs/s: circa 42 k €, RTO6 a 6 GHz: circa 54 k €.)

