

Presentazione Riunione DUNE – Referees. Attività di Milano Statale

Massimo Lazzaroni
(on behalf of Milano-Statale group)

2023-09-06

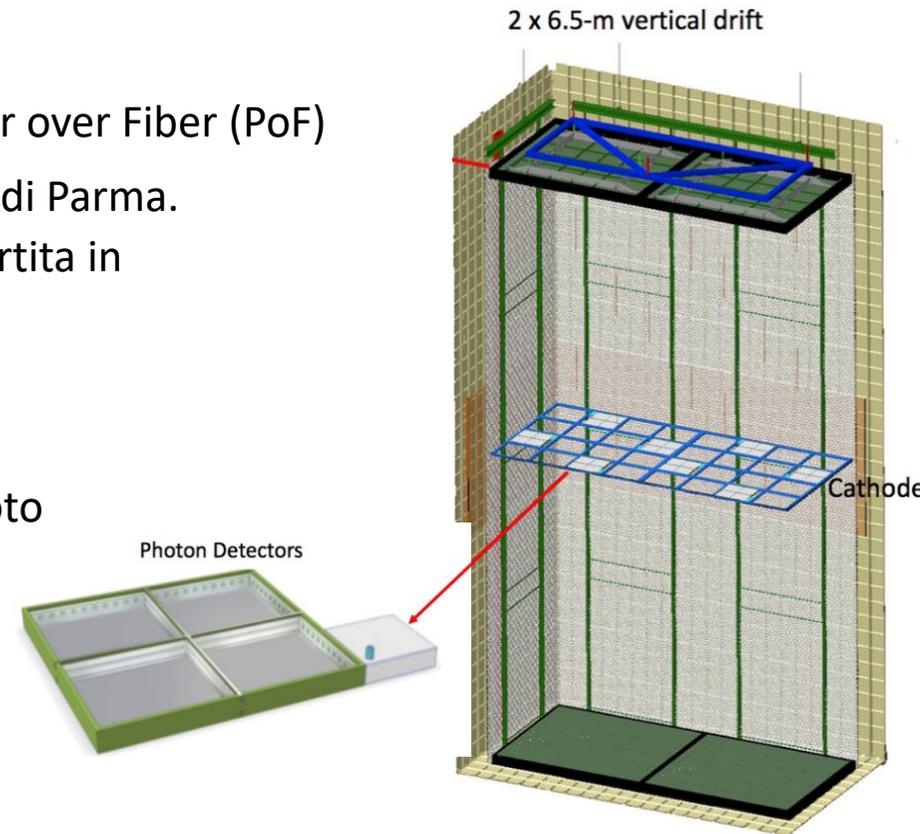
Attività

- DUNE Vertical Drift: Power over fiber
- DC-DC Converter
- Test component a temperature criogenica
- Sviluppi futuri
- DUNE/ProtoDUNE HD photon detectors: PDS/SiPM
- Richieste
- Anagrafica

DUNE Far Detector 2/ProtoDUNE VD

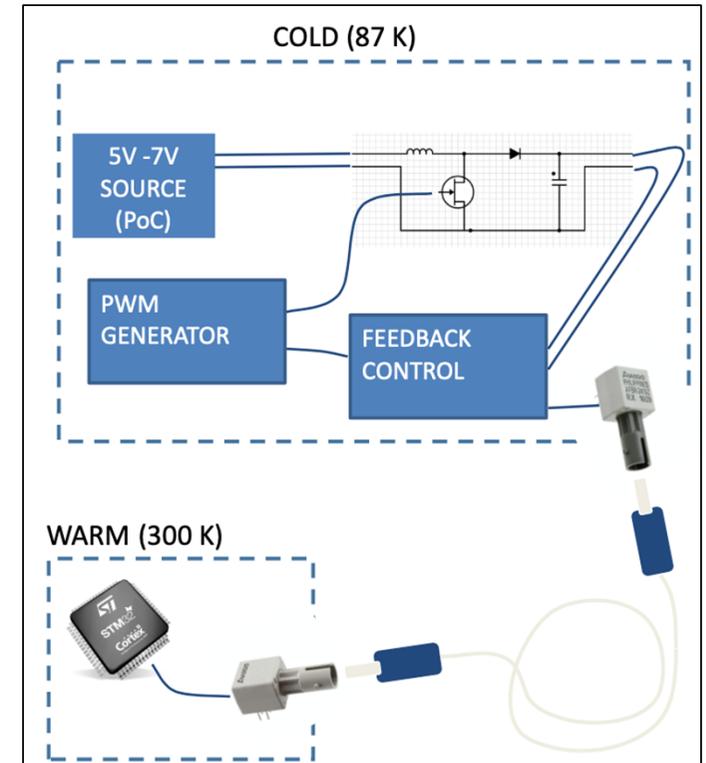
Secondo modulo del far detector DUNE: Vertical Drift

- Alimentazione e lettura con fibra ottica dei SiPM (PDS): Power over Fiber (PoF)
- Forte attività R&D a Milano con il coinvolgimento del gruppo di Parma.
- potenza fornita e convogliata attraverso fibre ottiche e convertita in potenza elettrica con un convertitore ottico-elettrico.
- Sviluppato circuito custom DC-DC boost converter in grado di lavorare a temperatura criogenica – **Terza revisione**
- Schema validato mediante immersione di un prototipo in Azoto liquido
- Produzione schede in corso (arrivate questa settimana), per interfacciarlo con i fotorivelatori di ProtoDUNE VD (vedi slide successiva).



PoF

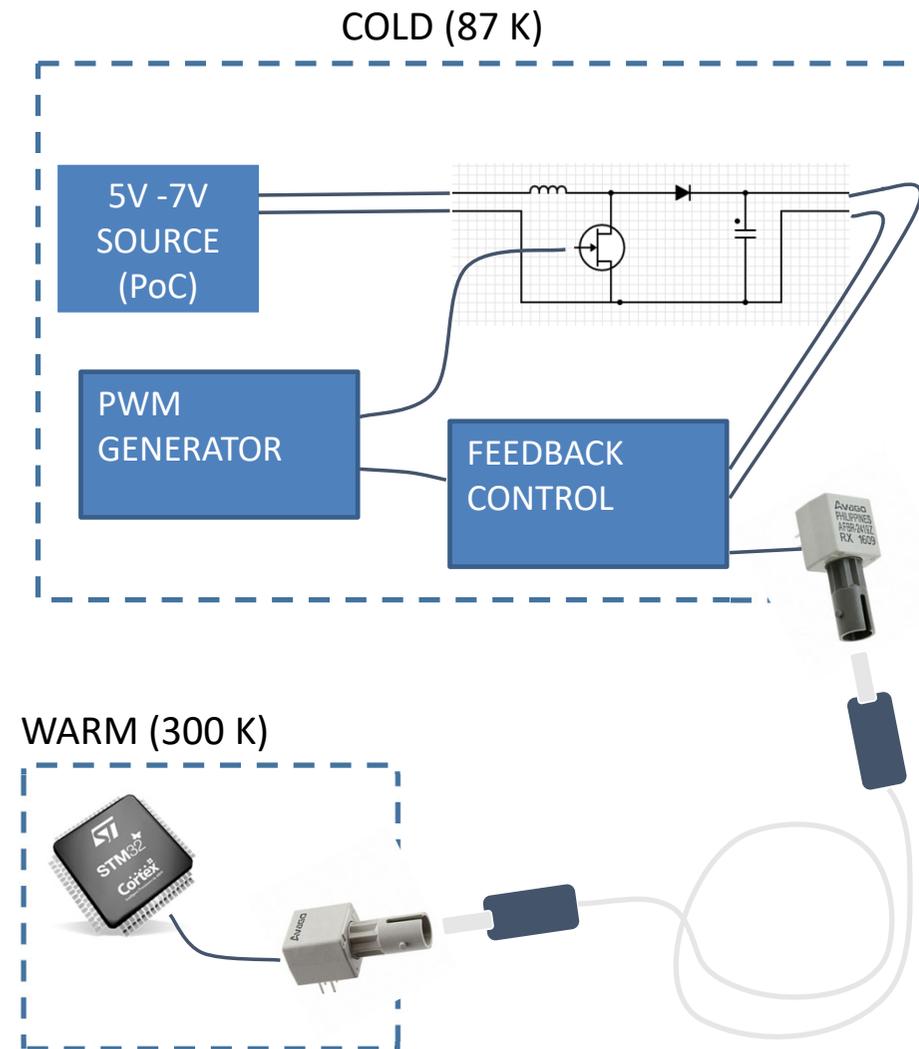
- Obiettivo: Generare alta tensione (intorno ai 50 V) per la polarizzazione dei SiPM a freddo per mezzo di un DC-DC boost converter
- Un PoC (Power Optical Converter, GaAs) con un range 5V-7V in ingresso fornisce tensione/corrente per il convertitore DC-DC
- Configurazione del DC-DC boost converter tipica, con transistor MOS, per portare la tensione di uscita fino a circa 50V
- Un generatore PWM pilota lo switch del MOS con due possibili metodi di controllo:
 - Retroazione interna (locale) che imposta la tensione di uscita su un valore nominale (es. 48 V);
 - Input esterno (per mezzo di una ulteriore fibra ottica) per modificare attivamente la tensione in un range di pochi volt intorno ai 50V.



- Sistema sviluppato: a) Selezionando e caratterizzando i componenti/dispositivi elettronici a freddo (LN₂; Milano-Parma)
b) Simulando il circuito per meglio comprenderne il comportamento (Parma)
c) Realizzazione primi prototipi → Prototipi consegnati questa settimana
d) Test sul campo Rev 3 (Milano e successivamente CERN - Cold box VD).

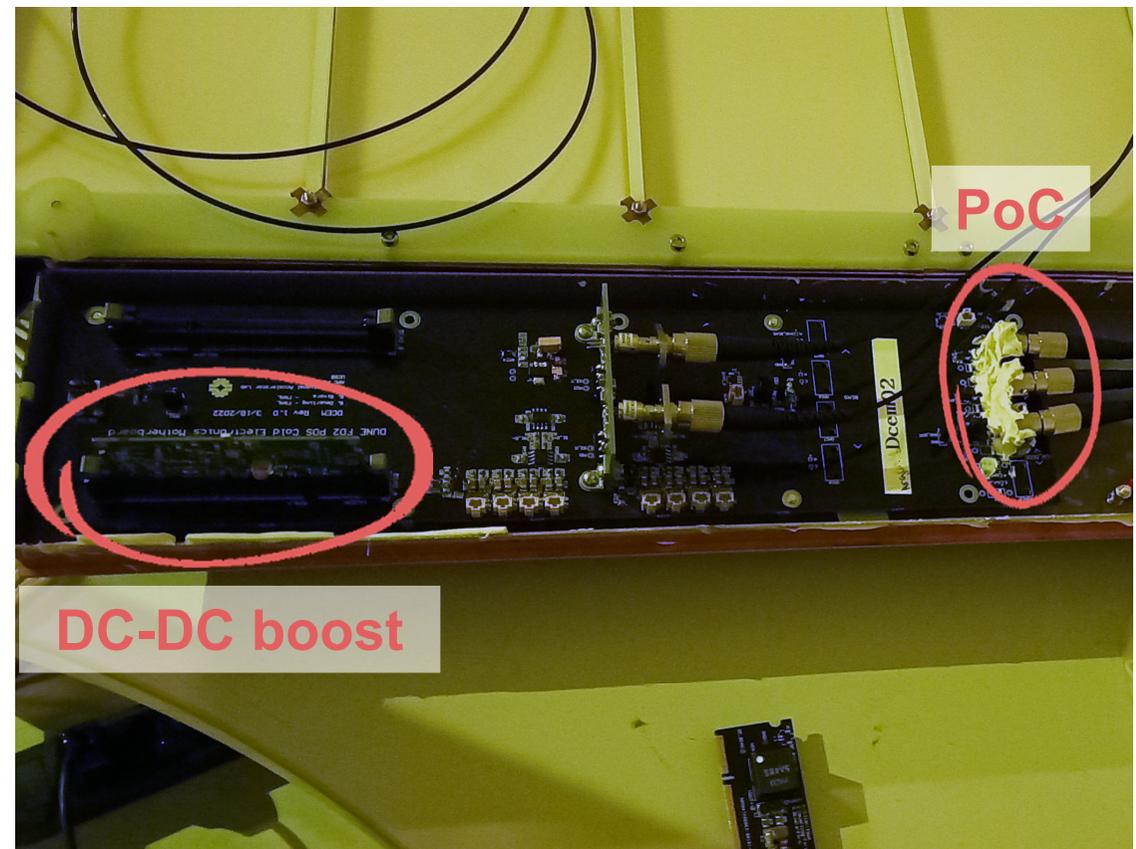
System overview

- DC-DC boost converter: HV for SiPM bias at cold
- Lunga evoluzione legata alle mutevoli necessità che via via sono maturate in seno alla collaborazione
- **Alimentazione fornita da un PoC (Power optical Converter): 5 V - 7 V**
- **Typical boost topology con MOS transistor:**
Tensione di uscita sino a 50 V
- **PWM** con due possibili controlli:
 - Feedback interno con set al valore nominale (e.g. 48 V)
 - Ingresso ottico per regolazione da remoto (pochi volt)



Il sistema di test al CERN

- GaAs Power optical Converter (PoC)
- DC-DC boost design
 - Caratterizzazione componenti
 - Prestazioni
- Control design
- OpAmp characterization



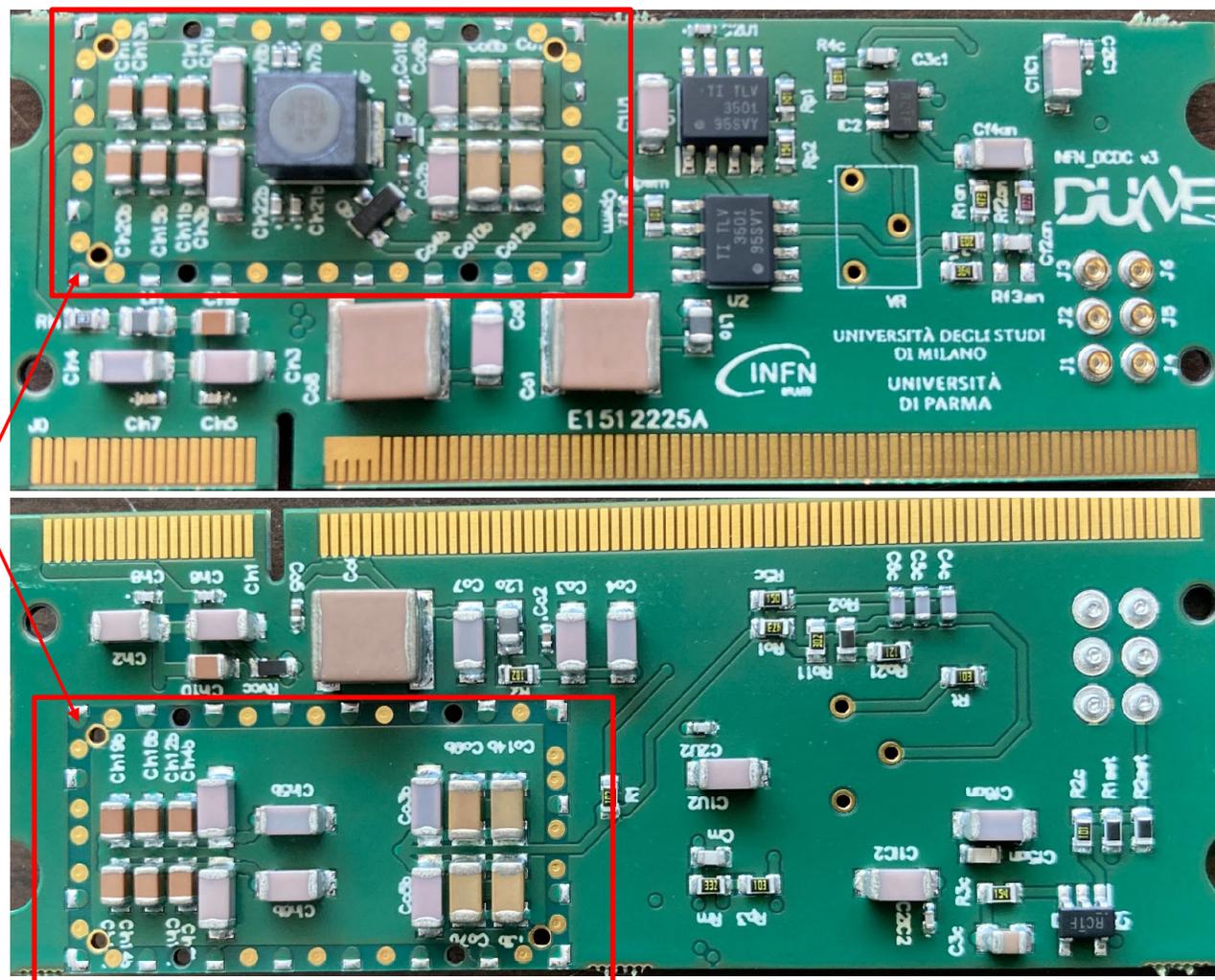
PoF – V2 → V3

Test al CERN (in Cold Box) in setup definitivo con V2

- Funzionalità OK
- Trimming dei filtri → miglioramenti sul rumore

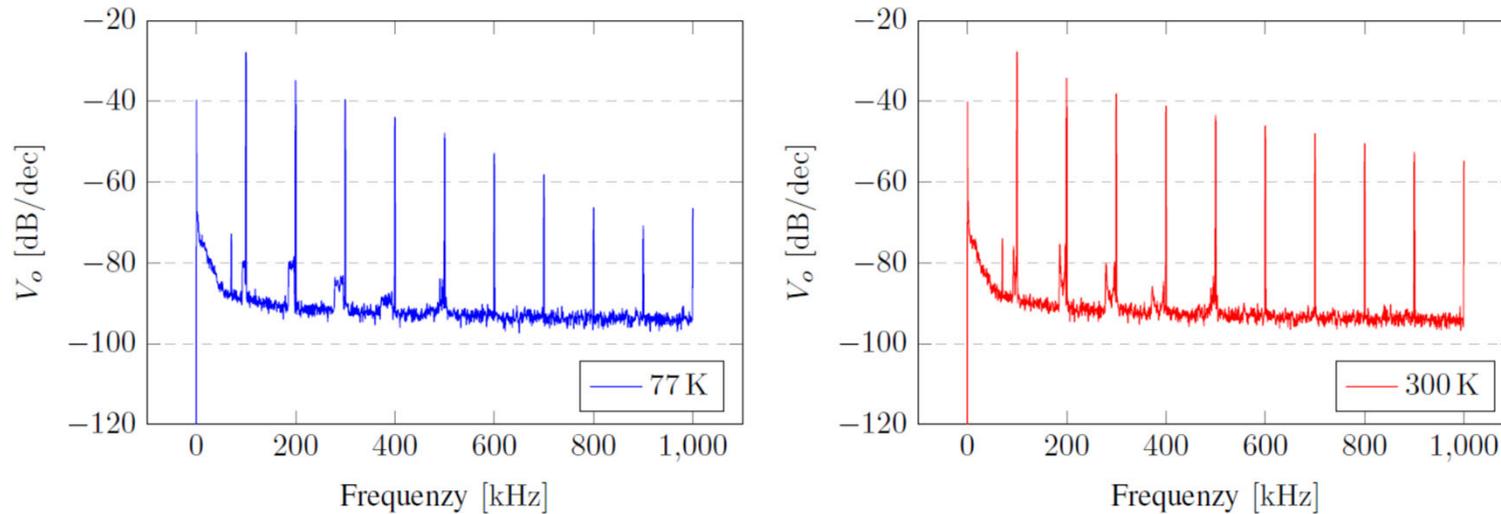
Nuova versione (V3)

- Primi di Giugno 2023
- 10 schede popolate
- 12 PCB di riserva
- Primi test iniziati (06/2023) con soddisfazione
 - Milano
 - Parma
- Nuovo design per eventuale schermatura (EMI shield)
 - Officina meccanica



- Il setpoint (tensione di uscita) può essere regolato anche mediante comunicazione da remote.

Risultati (Rev. 2) → Rev. 3 Ongoing



12: Output voltage FFT measurements at 77 K (blue) and 300 K (red).

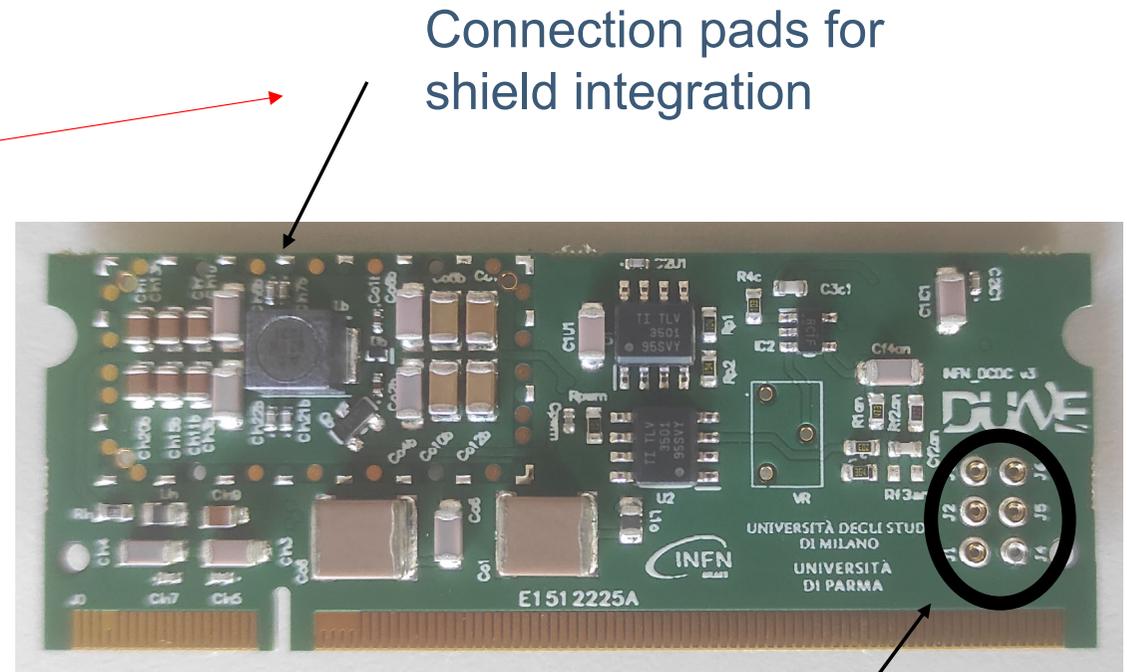
Figure show an evaluation of the output ripple FFT between warm and cryogenic temperatures. The tests have been done with a 37V output voltage.

	300 K	77 K
Calculated	0.16 V	0.14 V
Measured	0.13 V	0.12 V

Table: ripple values calculated and measured.

Future developments

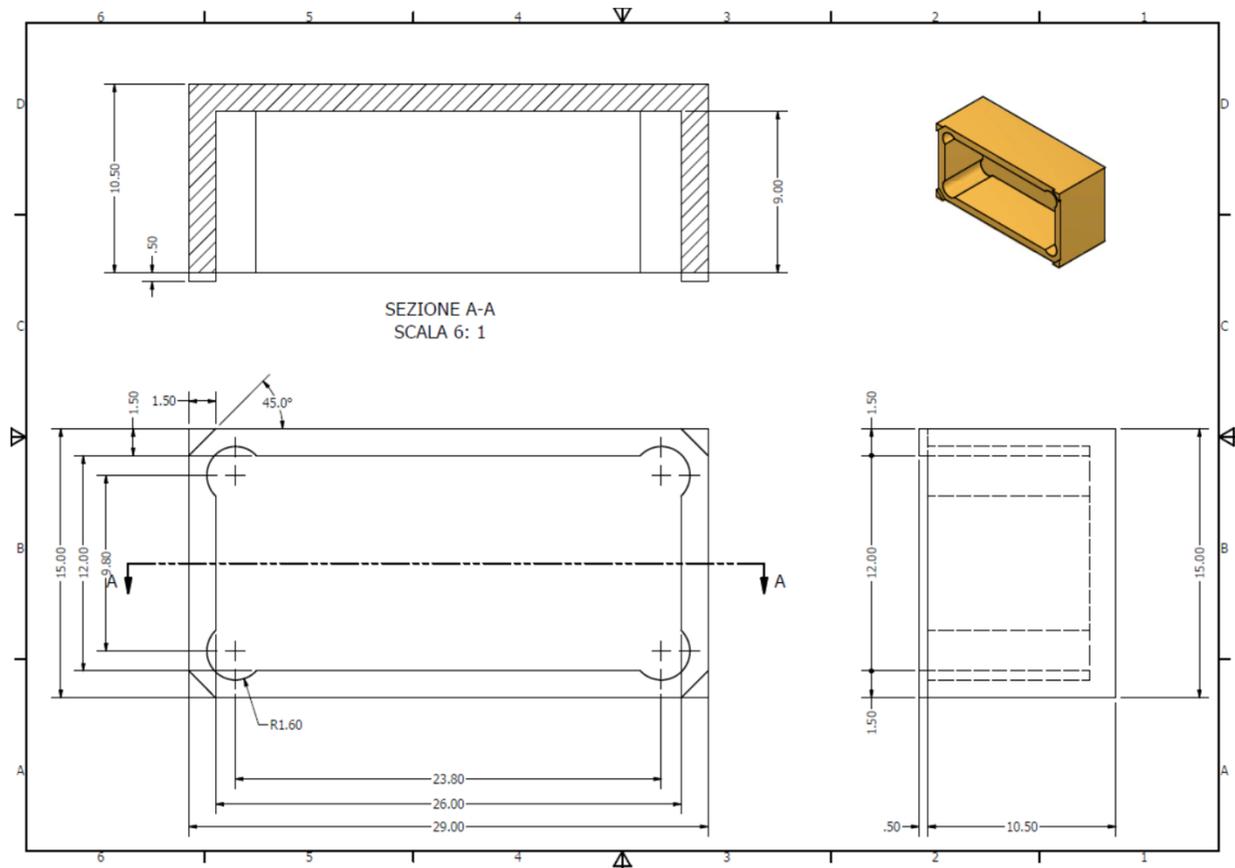
- Integrazione schermi per riduzione EMI
- Aggiunta della scheda esterna per controllare il DC-DC boost converter
- La scheda ha già la predisposizione



Connection pads for shield integration

External card slot

Shield (Progettazione e realizzazione)



2 coppie per il momento:

- Ottone
- Alluminio

Provata solo quella di ottone al momento

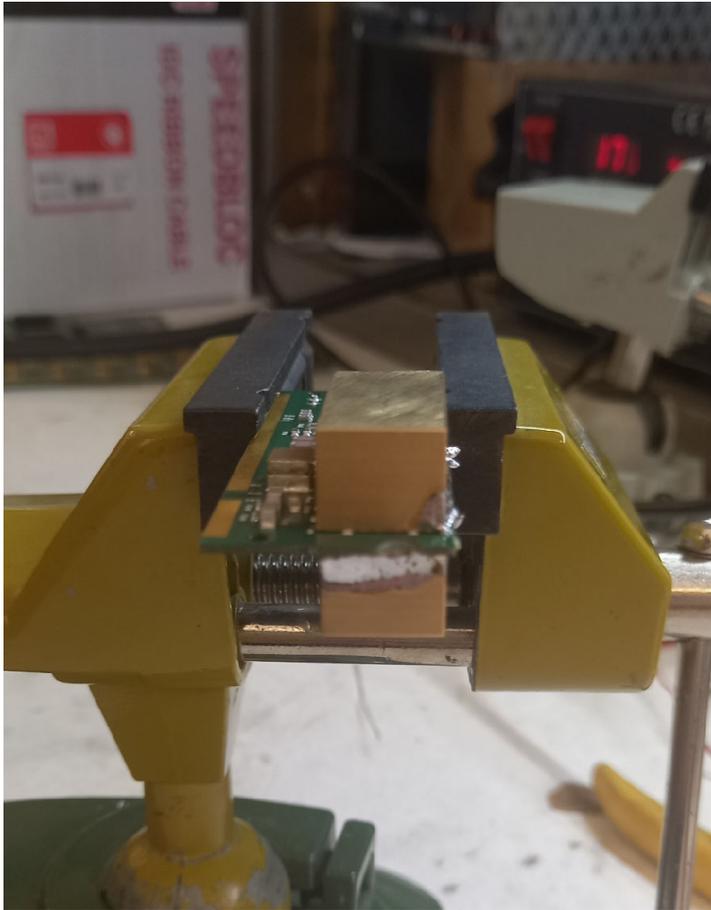
Shield (Test)

Sensibile miglioramento delle prestazioni in termini di rumore.

Risultati analoghi sulla versione 2 (e con una schermatura non realizzata ad hoc) era stato riscontrato da Marta Torti (Bicocca)

Nuove prove per verificare:

- comportamento dello schermo in alluminio
- Ripetibilità (test su diversi esemplari)



Grande interesse (e utilità)

FD2-PDS Longevity qualification and Stability test Workshop
 Wednesday 7 Jun 2023, 08:00 → 16:00 US/Central
 Flavio Cavanna (Fermilab)

Registration: FD2-PDS Workshop - Longevity and Stability qualifications | 40 | Register

Participants: Ajib Paudel, Alan Prosser, Alexander Kish, Ariel Cohen, Biswaranjan Behera, Claudio Gotti, Dante Totani, David Caratelli, David Christian, David Martinez Caicedo, David Warner, Diana Leon

08:50 → 09:00 Session 1 - PD Electronics Individual Component Longevity - Stress- Stability qualification Tests | 10m

09:00 → 09:35 SoF-LaserDiode Longevity&Stress test @PAB/FNAL | 35m
 Speakers: Alan Prosser (Fermilab), Alexander Kish (Fermilab), Jaime Dawson (APC CNRS/IN2P3)
 ColdTestLongTerm..., LaserDiodesTestPre...

09:35 → 09:45 Rate of saturating BEAM events (for SoF/LaserDiode high pulse stress test) | 10m
 Speaker: Frederic...
 saturatic...

09:45 → 10:15 Capacitor r...
 Speaker: Ma...

Typical Degradation Mechanisms

Board Warpage [1]

Most cracks happen close to the contacts resulting in capacitance change and noise

Cracks that cross both electrodes can short the capacitor

If warping happens while the component is active it can short it as it decreases its dielectric strength

HV Capacitor

HV Capacitor are less likely to short due to cracks

- Lower coefficient of thermal expansion
- Thinner geometrics are desirable

Cryogenic liquid fills the crack, further damaging it during thermal cycling

- <https://indico.fnal.gov/event/60034/contributions/268380/attachments/167818/224211/CapacitorsWorkshop.pdf>



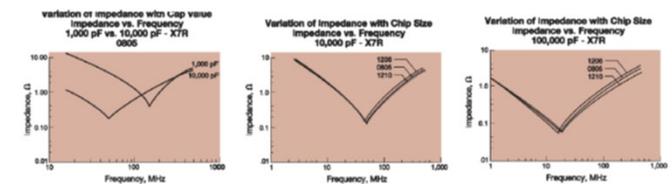
Typical Degradation Mechanisms

Type 2 capacitors

- Extreme increase of ESR capacitors can lead to failure due to heating caused by current or voltage spikes
- Current spikes with a duration of less than 1 μ s might cause rather significant increase in the temperature of small elements due to adiabatic conditions of heating, at which all energy generated in the element goes to increase its temperature proportional to the square of the current amplitude [7].

Capacitance and ESR measurements at 300 K, 77 K and 4 K normalized to 100 nF at 300 K

Capacitor type	Measured capacitance (100 nF at 300 K)		f \ T	Measured ESR		
	77 K	4 K		300 K	77 K	4 K
X7R ceramic	21.3 nF	3.4 nF	1 kHz	76 Ω	574 Ω	5.6 M Ω
			10 kHz	1.5 Ω	64 Ω	400 k Ω
			100 kHz	0.3 Ω	7.6 Ω	62 k Ω
NPO ceramic (NPO-COG/COH)	100.2 nF	99.7 nF	1 kHz	2.1 Ω	2 Ω	3 Ω
			10 kHz	0.3 Ω	0.4 Ω	0.1 Ω
			100 kHz	0.2 Ω	0.02 Ω	0.05 Ω



Goal

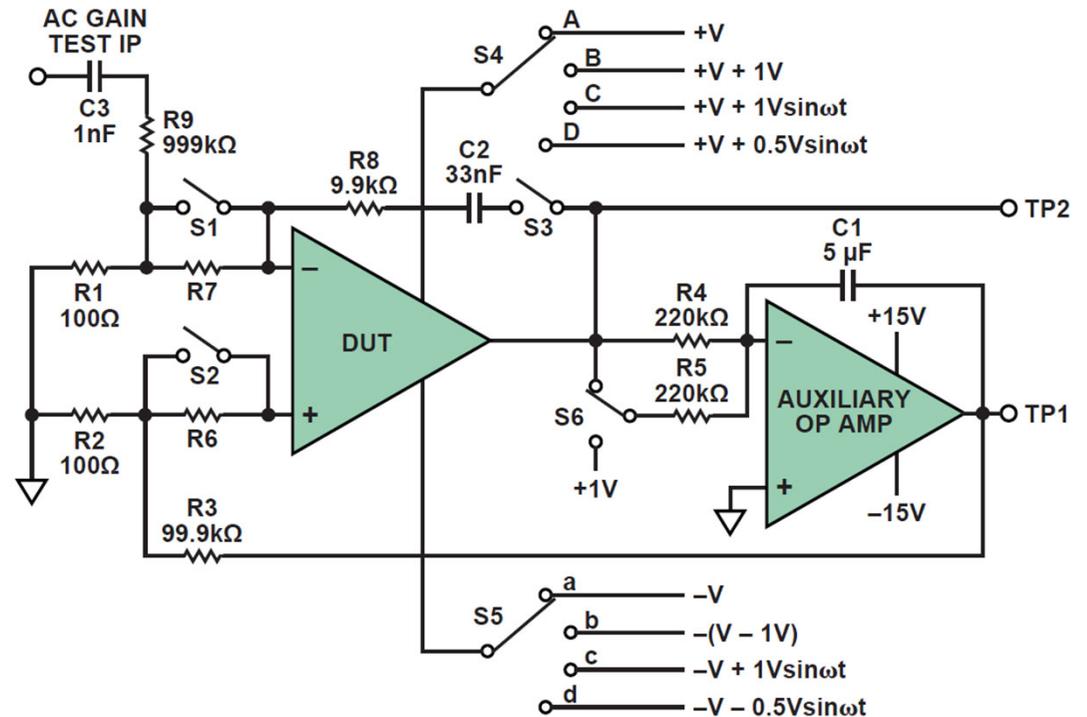
- Caratterizzazione dei differenti component, attivi e passive, su un ampi range di temperature (da temperatura criogenica sino a temperatura ambiente).
- Allo scopo di identificare un ampio set di component da poter essere utilizzati per la realizzazine di power converters in grado di lavorare a temperature criogeniche ma anche ...
- ... in differenti situazioni/applicazioni (DUNE)

È stata approntata una lista di dispositivi non ancora caratterizzati in modo soddisfacente in letteratura:

- OpAmps – alcuni campioni già acquistati:
 - MCP6291
 - MCP6N11
 - LMV321
 - TLC271
 - AD8293
- Transistor
- Induttori
- Condensatori

Revised characterization circuit

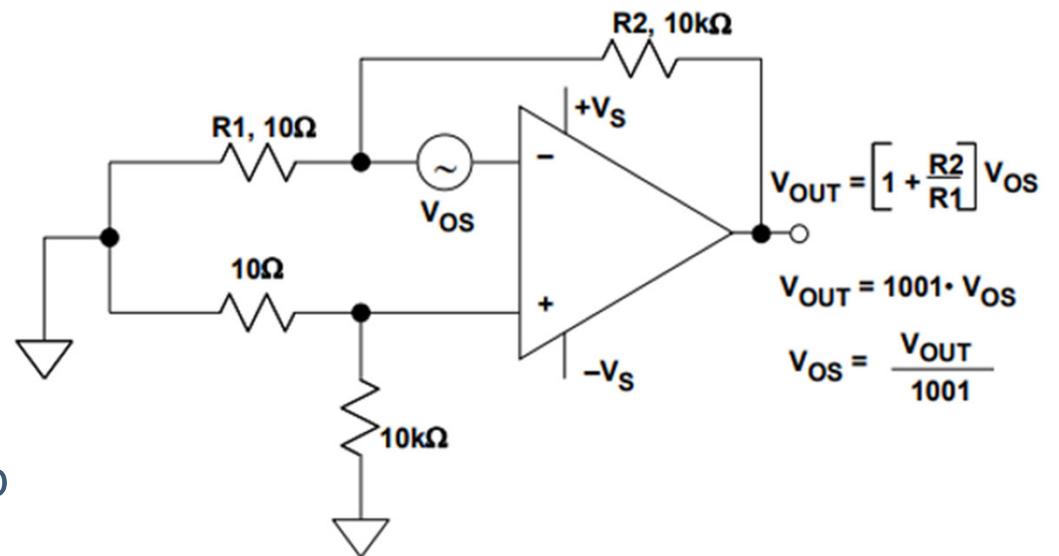
- OpAmp characterization for cyogenics:
 - **Input offset voltage;**
 - **Bias current**
 - **PSRR**
 - **Quiescent current**
- General circuit for all Op Amp parameters extraction
- OpAmps as DUT:
 - MCP6291
 - MCP6N11
 - LMV321
 - TLC271
 - AD8293



Component characterization: OpAmps

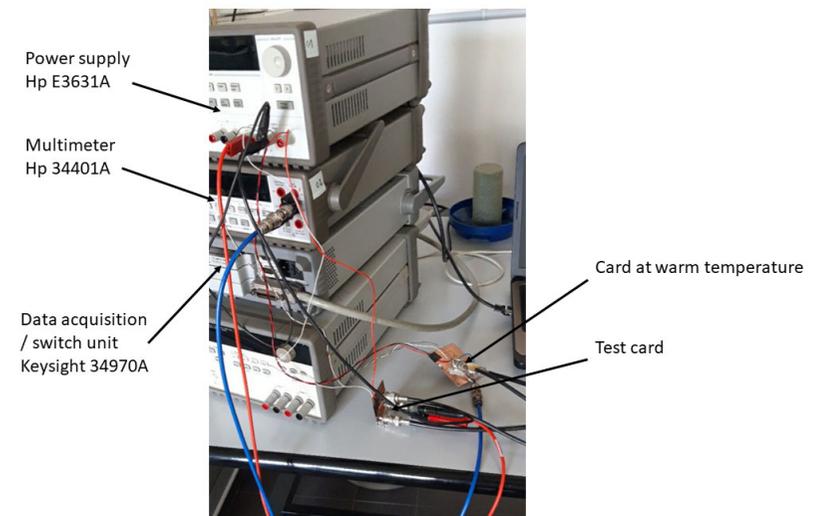
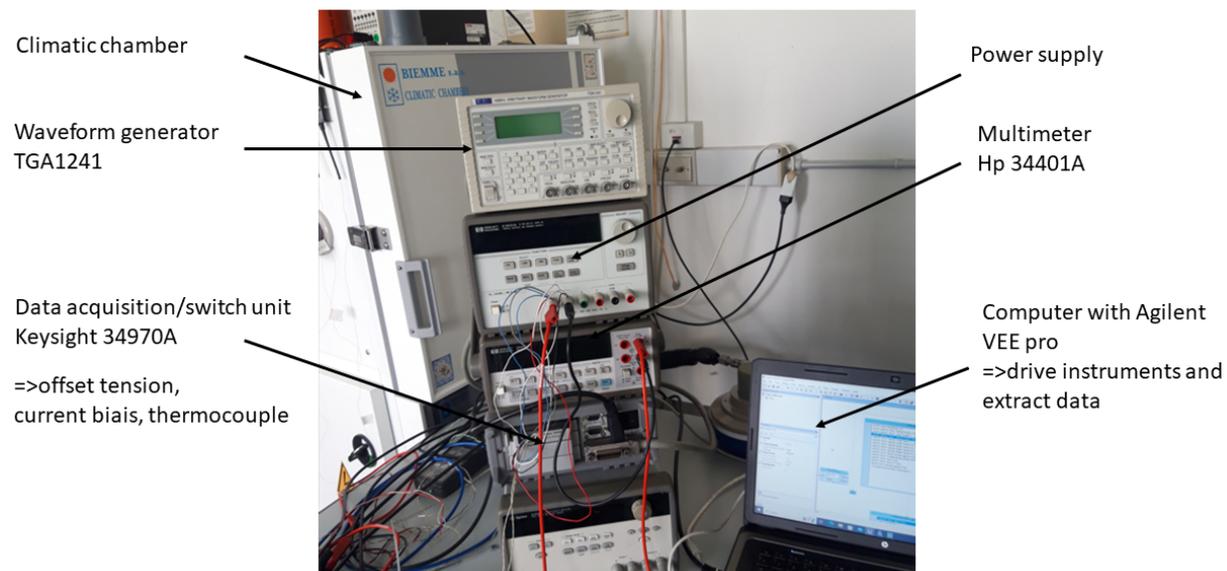
First characterization circuit for OpAmps

- DUT: OpAmp LMV321
- Input offset voltage test
- DUT in climate chamber with LN₂ injection
- Offset recovery at each temperature step
- Automatic test bench control

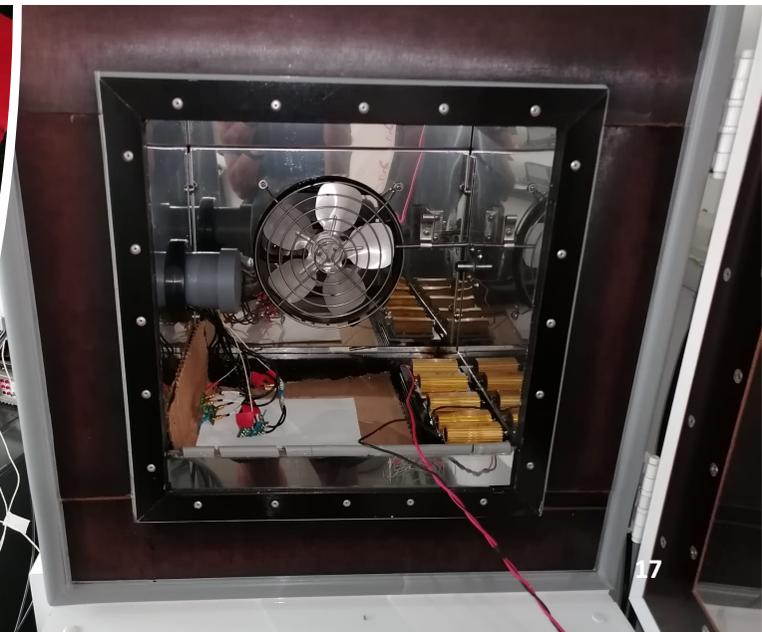
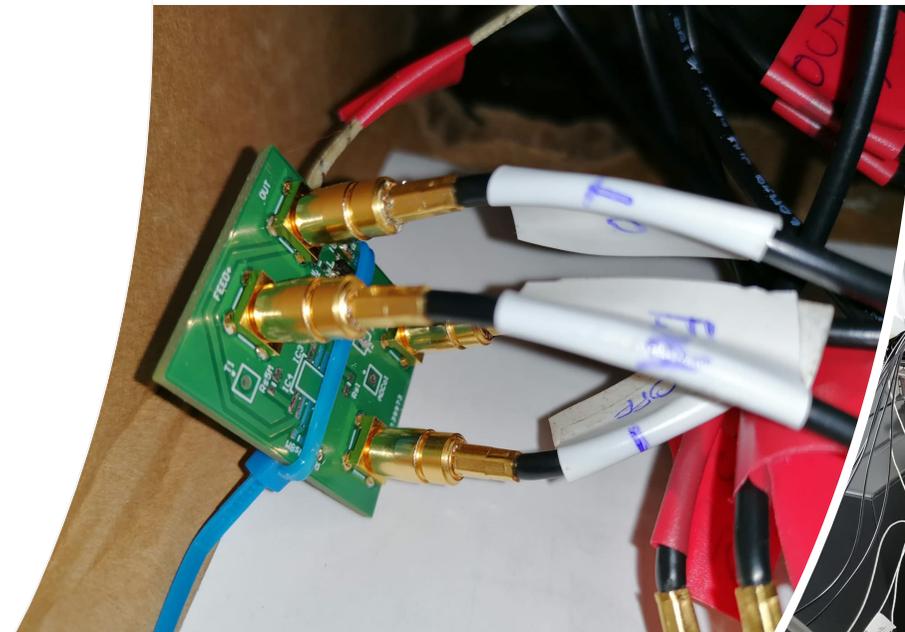
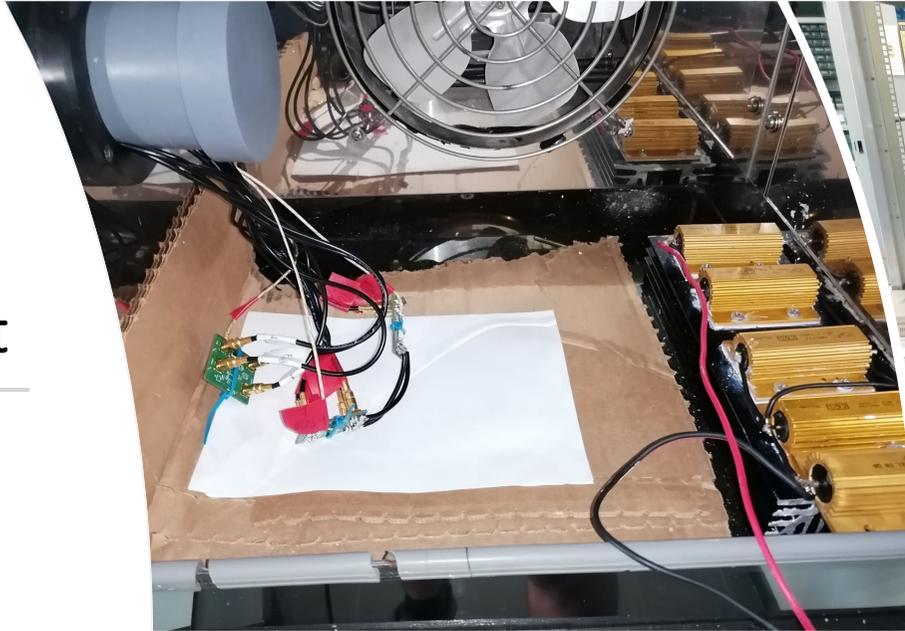


Characterization testbed

- Auxiliary Op Amp at room temperature
- DUT in climate chamber with LN₂ injection

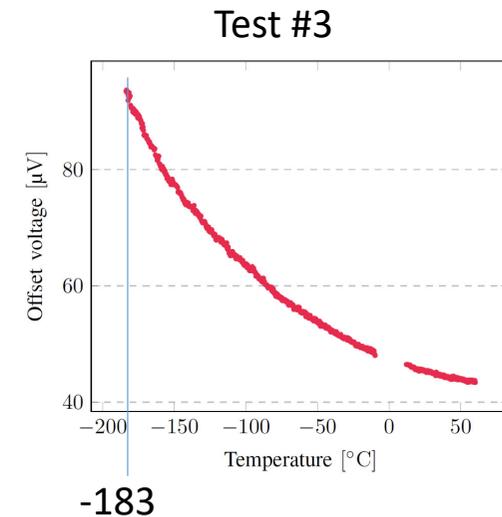
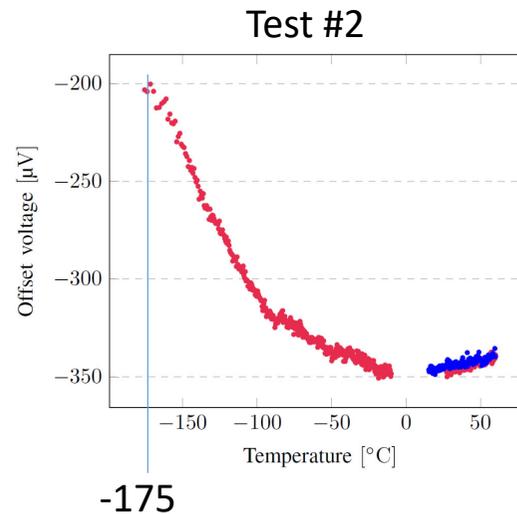
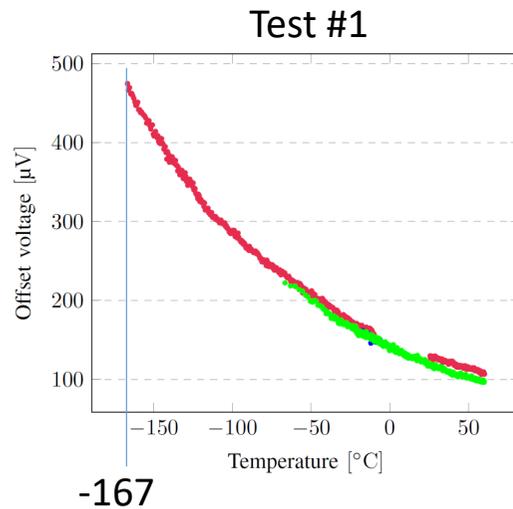


Alcune fasi del test



Primi risultati - 1

Un esempio - Offset voltage per **OPAMP LMV321** in climatic chamber cooled with liquid N₂



temperature coefficient of
input offset voltage
consistent with the average
one given in the datasheet

- Different behaviors and values changing the circuit: which one is good?
- Good repeatability with the same circuit and sample
- The minimum temperature is not always the same

Primi risultati

Grafici test OpAmp n.1 LMV321

Grafici test OpAmp n.2 LMV321

Grafici test OpAmp n.3 LMV321

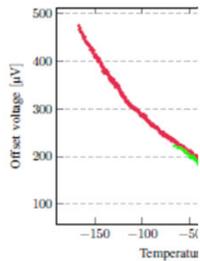


Fig. 1: Offset Voltage OpAmp LMV. from -167 °C to 60.8 °C.

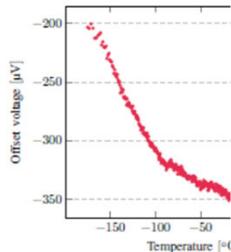


Fig. 1: Offset Voltage OpAmp LMV321 n. to 60.1 °C.

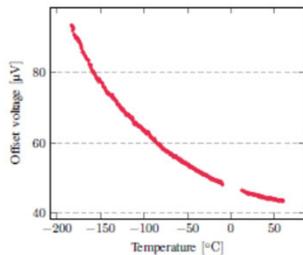


Fig. 1: Offset Voltage OpAmp LMV321 n.3, from -183.6 °C to 60.1 °C.

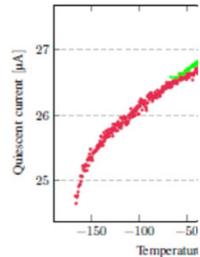


Fig. 2: Quiescent current with Vout LMV321 n.1, from -167 °C to 60.1 °C.

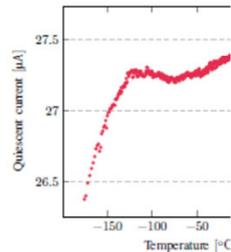


Fig. 2: Quiescent current with Vout equal to 0 °C to 60.1 °C.

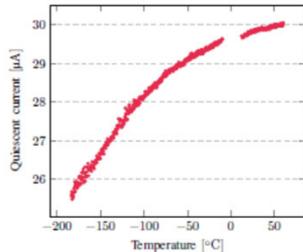


Fig. 2: Quiescent current with Vout equal to 0 V. OpAmp LMV321 n.3, from -183.6 °C to 60.1 °C.

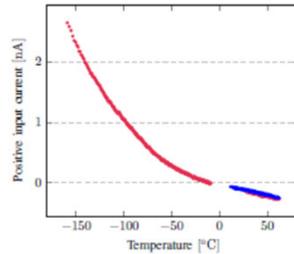


Fig. 3: Positive input current OpAmp LMV321 n.3, from -159.3 °C to 61.5 °C.

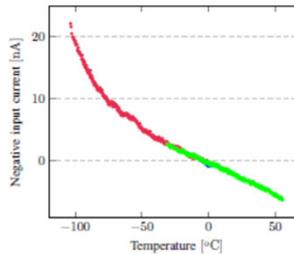


Fig. 4: Negative input current OpAmp LMV321 n.3, from -103.5 °C to 55.3 °C.

- Test OP AMP LMV 321
- 3 esemplari
- Offset Voltage
- Quiescent current with Vout equal to 0 V.
- Positive input current
- Negative input current
- Range Temperature misurate: -184 °C - 60 °C.

Sviluppi futuri

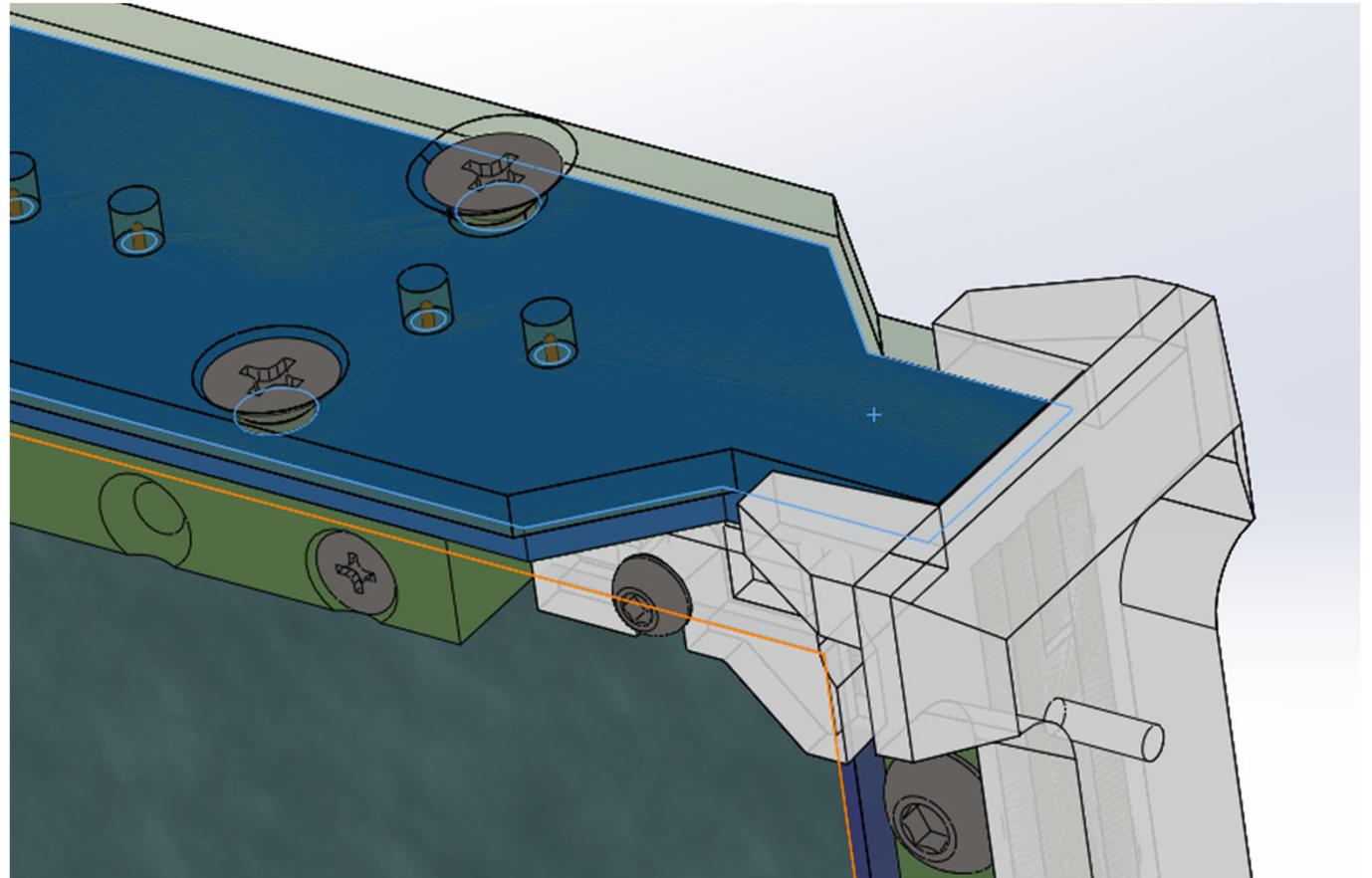
- Warm test card with Auxiliary OpAmp at 300 K → Fatto
- Cold test card in climate chamber with LMV321 → Test iniziati (primi risultati ottenuti anche se non statisticamente significativi)

Issues:

- Revised PCB in arrival (done in July)
- Dewar with more capacity and different characteristics is necessary (A bigger dewar to cool down the chamber always at the liquid N₂ temperatures is necessary) → Richiesta di finanziamento 2024 - Preventivo allegato
- To have statistical results in a reasonable time it is necessary to parallelize the measurement to test many samples at the same time (PCB boards to host many samples and one or more DAQ are necessary)
- High-rate multiplexer for data acquisition unit is necessary → Richiesta di finanziamento 2024 - Preventivi allegati (Cataloghi on line)

Ancora qualcosa da fare su HD - 1

Richieste alcune «piccole» modifiche dimensionali/geometriche e sulla scheda Signal Routing Board (Signal Lead Board).

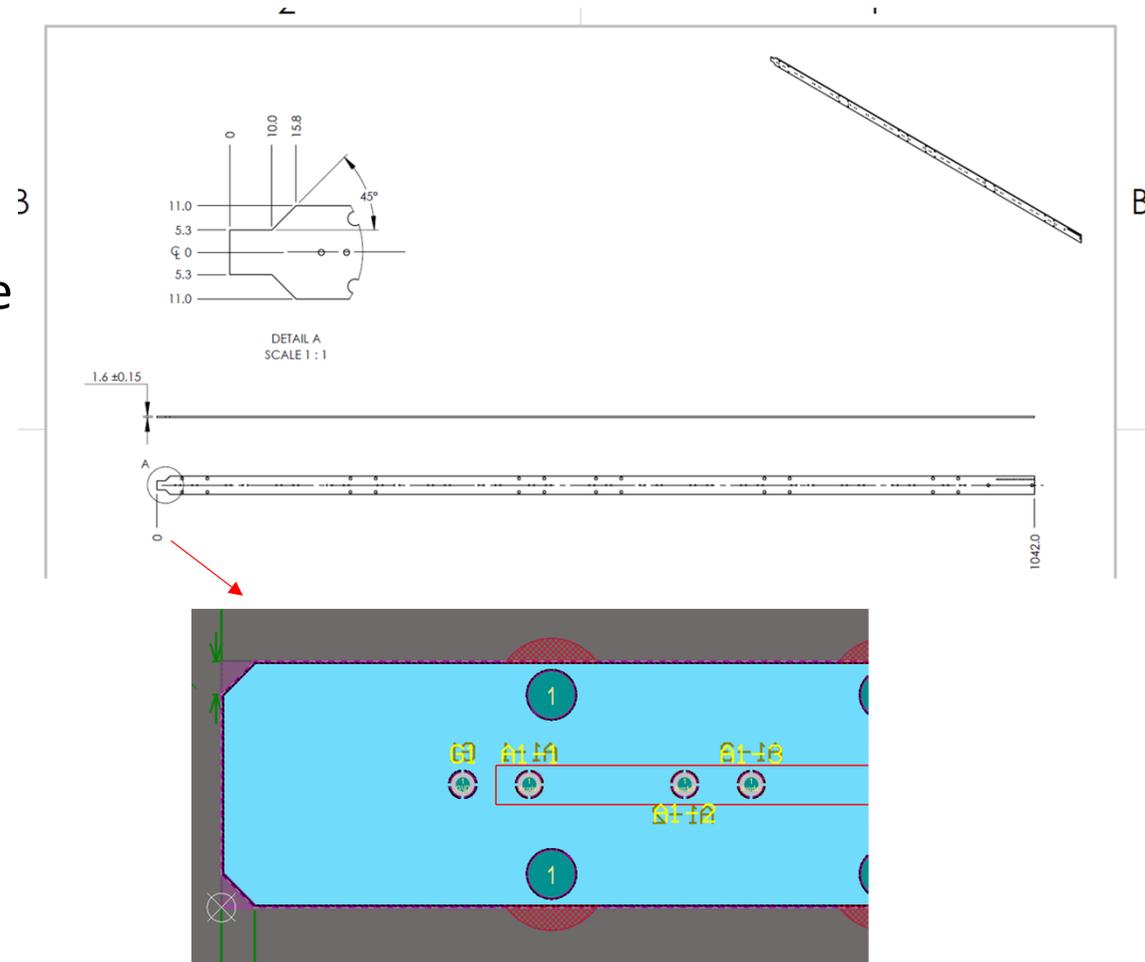


Ancora qualcosa da fare su HD - 2

- Primo tentativo con soluzione artigianale (in questi giorni). Attesi riscontri.
- Prima della produzione di massa si ritiene utile fare un ulteriore giro di prototipazione (per evitare sorprese!).
- Richiesta fondi per questa spesa nei preventivi 2024.

2 kE

- Ricordarsi produzione di massa nel 2024 (vedi slide successive)



Assegno di Ricerca → Dottorato di Ricerca

- Niccolò Gallice ha dato un grande contributo alle attività di NuatFNAI (DUNE).
- Dopo il Dottorato Niccolò ha continuato a rimanere in DUNE anche grazie ad un assegno di ricerca (finanziato da un mio PRIN).
- Purtroppo (per noi tutti) da giugno ci ha lasciati (per BNL). Continuano, ovviamente, i contatti.
- Con i risparmi (legati all'assegno di ricerca non completato) e ad una fortunata coincidenza è stato possibile attivare un bando di dottorato tematico → a breve avremo una nuova risorsa a Milano per 3 anni (entro metà settembre conclusione dei lavori della commissione).
- Obbligatorio: 6 mesi in centro di ricerca/Università all'estero (CERN e FNAL).
- Altra risorsa: un tesista da Giugno 2023.

Richieste 2024: Missioni (in kE)

Collaboration Meeting DUNE: 3 Collaboration Meeting (1 al CERN, 2 in US) n 1 Persone x 7 giorni.	6
TURNI al CERN per commissioning e presa dati: N 2 turni x 2 persone x 5 giorni	4
TURNI Test Power Over Fiber al CERN N 2 turni x 2 persone x 5 giorni	4
Missioni in USA per test affidabilità componenti in criogenia (PoF e altre schede).	4
In caso di attivazione dei turni di presa dati in presenza per l'esperimento ICARUS, si richiede la copertura per la permanenza al laboratorio per il periodo di turno. Si richiede di coprire due settimane per una persona, considerando che al momento – all'anno - si fanno 3 turni per persona da remoto, per un totale di 12 giorni/anno. Attività portata avanti da Andrea Zani	4 SJ
Partecipazione Meeting DUNE Italia 2024 (2 persone)	1
Missioni Italia per test (da Milano a Parma e viceversa)	2

Richieste 2024: Apparati e altri cons.(in kE)

Produzione di massa delle signal lead board FD1-HD	132
Azoto per test Criogenici al LASA	3
Componentistica per scheda controllo alimentazione SiPM tramite PoF	4
Produzione di pre-prototipo della Scheda denominata Signal Routing board (4 layer di dimensioni 1049 mm x 22 mm) necessaria per instradare i segnali provenienti dalle schede denominate SiPM Mounting board sino allo stadio di preamplificazione, Si ritiene necessaria la produzione di un prototipo finale prima della produzione di massa (si veda altra richiesta) per la recente sopravvenuta esigenza di lievi modifiche meccaniche (variazioni geometriche).	2
Test di affidabilità su componenti attivi e passivi, acquisto componenti	4

Richieste 2024: Inventario (in kE)

Waveform generator	11
Dewar completo di valvole per test affidabilita' presso laboratorio di Parma	4.5
Multiplexer a 16 canali (es. 34902A della Keysight Technologies) e 24972A	3.5
Attrezzatura per l'approntamento di un laboratorio per la verifica dell'affidabilità delle schede elettroniche (temperatura criogenica, stress, vibrazioni, stress meccanici dovuti alla bassa temperatura e/o cicli termici, etc...).	10

Rosso = disponibili a catalogo (per es. RS)

Blu = Preventivo richiesto e disponibile

Preventivi

Transportbehälter Typ SK

für tiefkalte verflüssigte Gase wie Stickstoff, Sauerstoff und Argon.

 **CRYO ANLAGENBAU GMBH**
Systeme für verflüssigte Gase



 **CRYO ANLAGENBAU GMBH**
Systeme für verflüssigte Gase

Cryo Anlagenbau GmbH
Bochumer Straße 6a
57234 Wilsdorf

Telefon: 0 27 39 - 89 67 - 0
Telefax: 0 27 39 - 36 70
E-Mail: info@cryoanlagenbau.de
Web: www.cryoanlagenbau.de

Angebot

Nummer **00000230299**
Datum **05.07.2023**
Kunde **10904**

[Cryo Anlagenbau GmbH | Bochumer Straße 6a | 57234 Wilsdorf](#)

Instituto Nazionale di Fisica Nucleare
Sezione Di Milano
Via G. Celoria, 16
20133 Milano
ITALIEN

Angebotsnummer 00000230299 vom 05.07.2023 Seite 2

Pos.	Artikel	LW	Menge	Einzel- preis	Preis- einheit	Gesamt-Steuer- preis	Steu- satz
	Übertrag					3.790,00	EUR
	Best regards						

2) Multiplexer:

Multiplexer a 16 canali (es. 34902A della Keysight Technologies) che ci permetterebbe di aumentare il numero di canali a disposizione per le nostre misure automatizzate a temperature criogeniche, oltre che velocizzare il numero di canali misurati al secondo rispetto all'apparecchiatura attualmente a disposizione.
Motivazione, la stessa del Dewar: Il lavoro rientra nella caratterizzazione a temperature criogeniche di componenti attivi (prevalentemente amplificatori operazionali) in una prima fase, componenti passivi (prevalentemente induttori e condensatori) e altri dispositivi in una seconda fase.

Si trova su RS a questo link (vedere pagina 22 del datasheet allegato [34902A.pdf](#))
[link](#).

Costo: circa 1.5 KEuro IVA inclusa.

3) Wavetform generator:

Reiterazione della richiesta già fatta in passato di un generatore di forme d'onda arbitrarie.
Seguono due esempi a catalogo (vedere anche datasheet allegato: [33622A.pdf](#))

33622A (preferibile)

<https://it.rs-online.com/web/p/generatori-forme-d-onda/8088691>

Anagrafica

Mauro Citterio	(INFN)	0.1 FTE
Paolo Cova	(PA)	0.3 FTE
Nicola Delmonte	(PA)	0.3 FTE
Danilo Santoro	(AR)	0.8 FTE
Marco Bassani	(Dott)	0.8 FTE
Massimo Lazzaroni	(PA)	0.3 FTE
Stefano Riboldi	(RU)	0.2 FTE
Andrea Zani	(INFN)	0.1 FTE
Davide D'Angelo	(PA)	0.2 FTE

	Total	2.9 FTE

Non è attualmente presente la posizione di dottorato prima descritta.

Servizio Elettronica: 2 mu

Grazie per l'attenzione.