

# Preventivi 2026

## Attività DUNE di Milano Statale

Massimo Lazzaroni

(on behalf of Milano-Statale group)

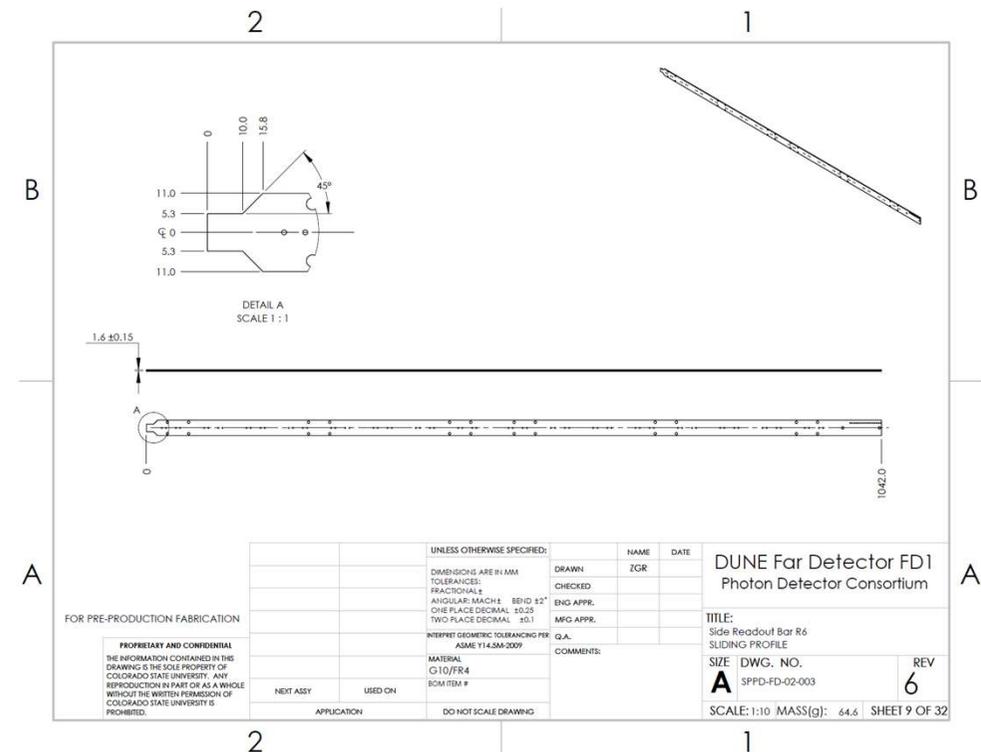
Consiglio di Sezione del 10 luglio 2025

# Attività

- Produzione di massa Signal Routing Board di FD1-HD
- CACTUS VD
- DC-Dc converter (PoF)
- Test su componenti a temperature criogenica

# Signal Routing Board

- Ordinate le prime 2500 schede (1250 di tipo Left e 1250 di tipo Right)
- Primo lotto consegnato a fine giugno (in ritardo)
  - 30 schede Left + 30 schede Right
- Test effettuati a Milano
  - Una scheda non conforme → inviata al costruttore → dovrebbe tornare a breve (spedita ieri)
- Se OK → consegne al ritmo di circa 300 schede al mese
- Attività che continuerà presumibilmente anche per tutto il 2026 (→ **Richiesta fondi per produzione 2026**)
- Tempo di test: circa 3 minuti a scheda
  - Lettura Codice (QR code) per SN
  - Test
  - Registrazione risultati



# CACTUS VD

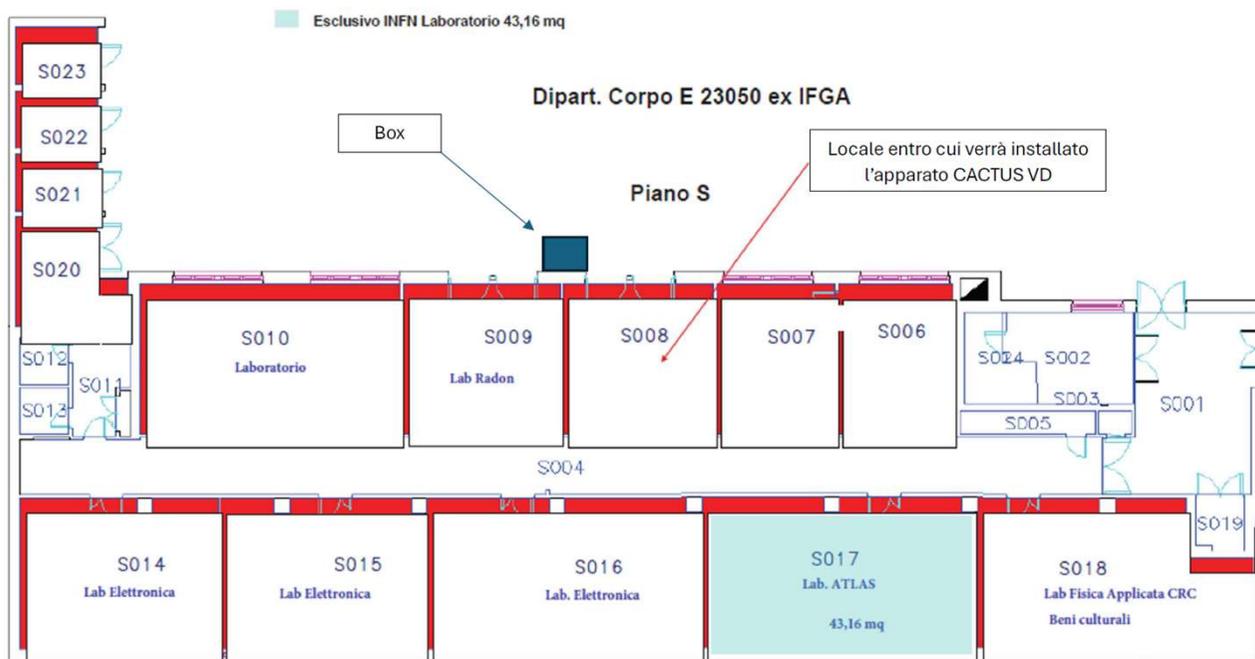
- The expected production for FD2-VD is 107520 SiPM mounted in flexi of 20 SiPM each (the device to be tested is the board denoted as “flexes”, not the single SiPM)



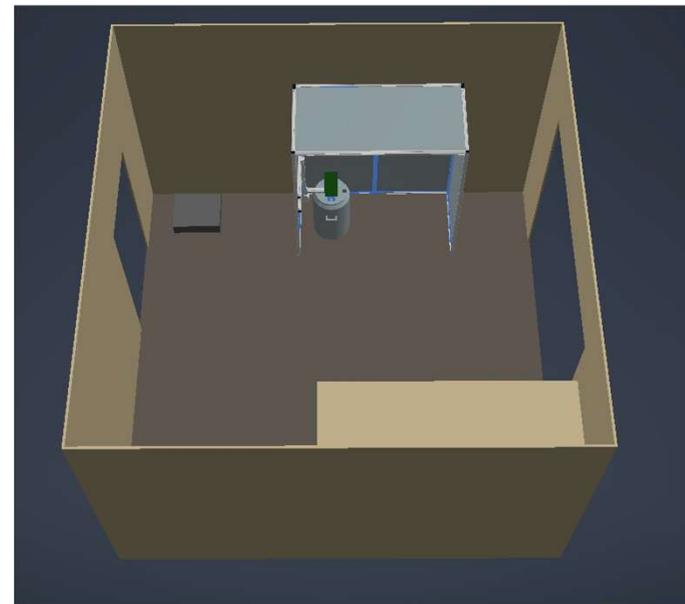
- That is 5376 flexes plus approximately 5% of spares (269 flexes)
- Therefore, it is reasonable to think of a number close to 5800 flex
- We rounded up generously because in our opinion there are always preliminary tests on pre-series to be done and some waste to predict worst case
- HD situation (for a comparison): to get an idea of the present situation, and to be able to make a comparison, the FD1-HD situation is as follows: 288000 SiPMs are installed in boards of 6 SiPM each, for a total of 48000 "SiPM boards". Also in this case, approximately 5% of spares must be added to these values (total of 300000 SiPMs to be tested for HD)

Circa 150 giorni di lavoro

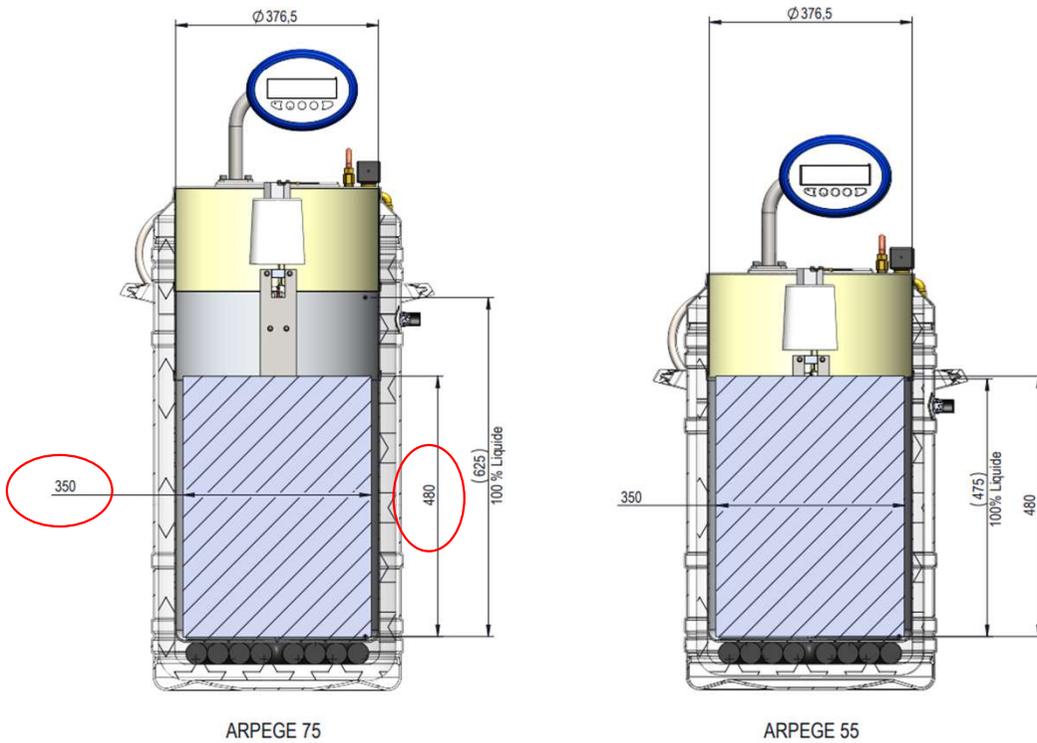
# Individuazione Locale



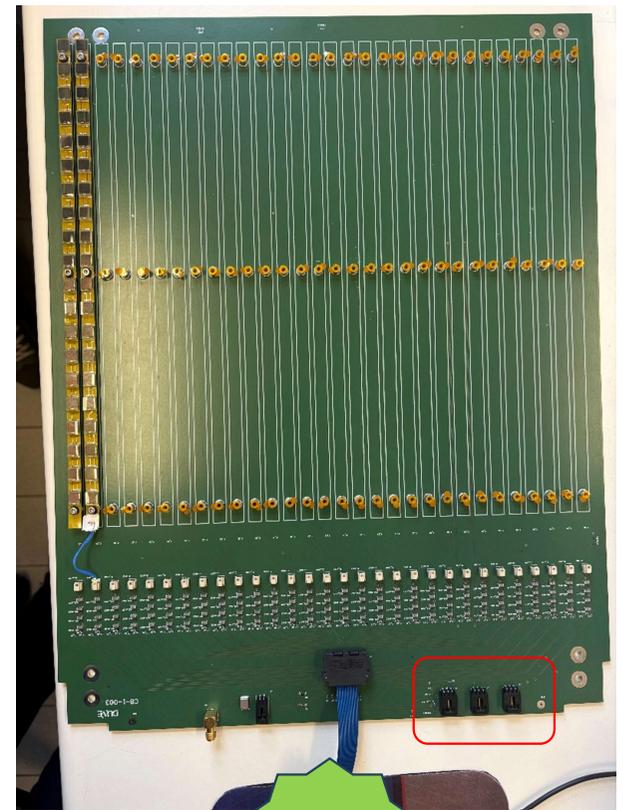
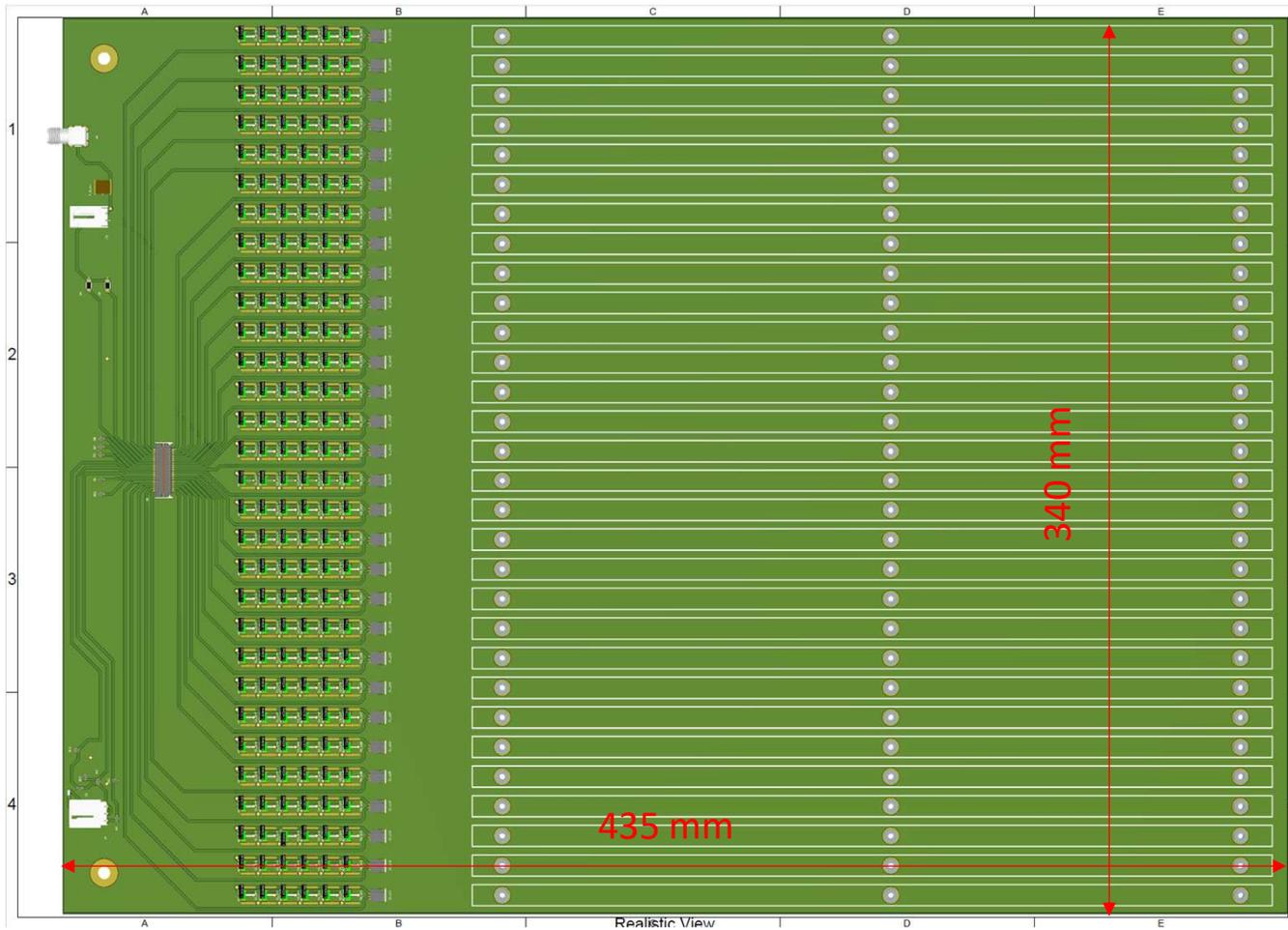
Le misure e la posizione del box sono approssimative e non in scala



# Dewar 75L



# Cold Board



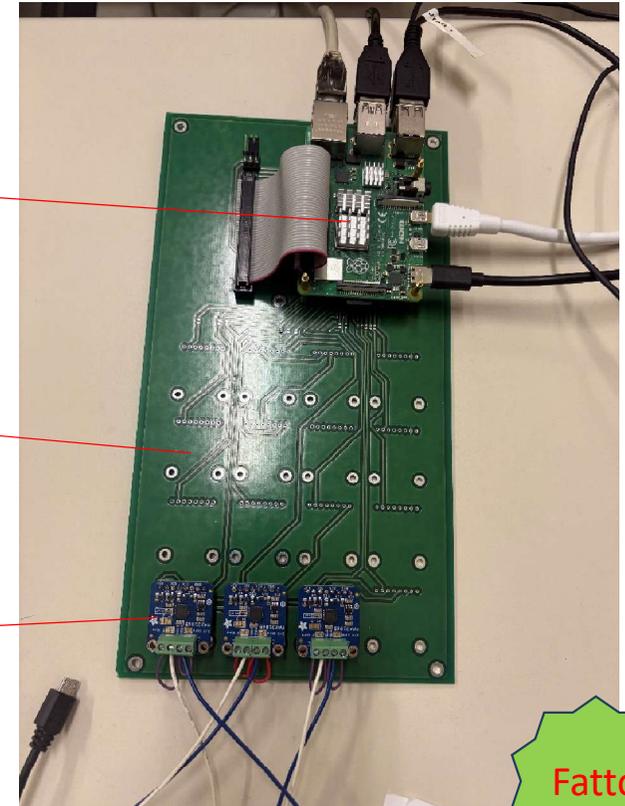
Fatto

# Scheda PT100

Scheda Rasperry

Scheda Pt100 fornita da Ferrara (Grazie, Marco Guarise)

Schede ADAFRUIT per lettura PT100 (su Scheda freddo)



Fatto

# Scheda a Caldo

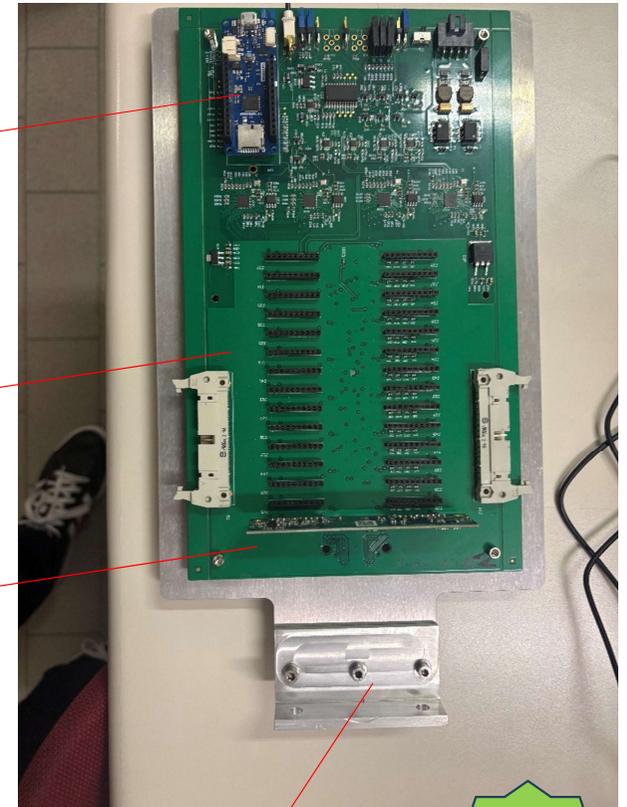
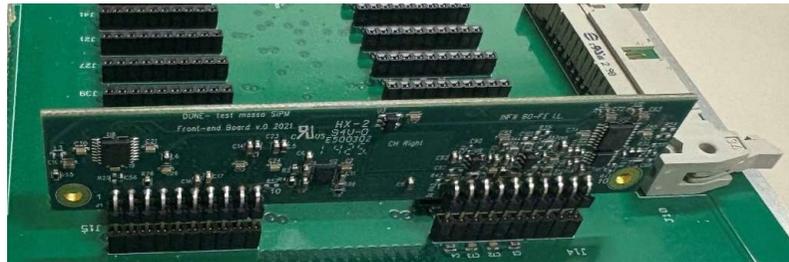
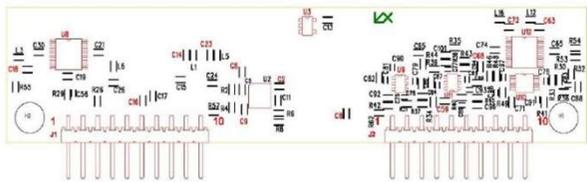
Scheda Arduino



Scheda a caldo fornita da Ferrara (Grazie, Marco Guarise)



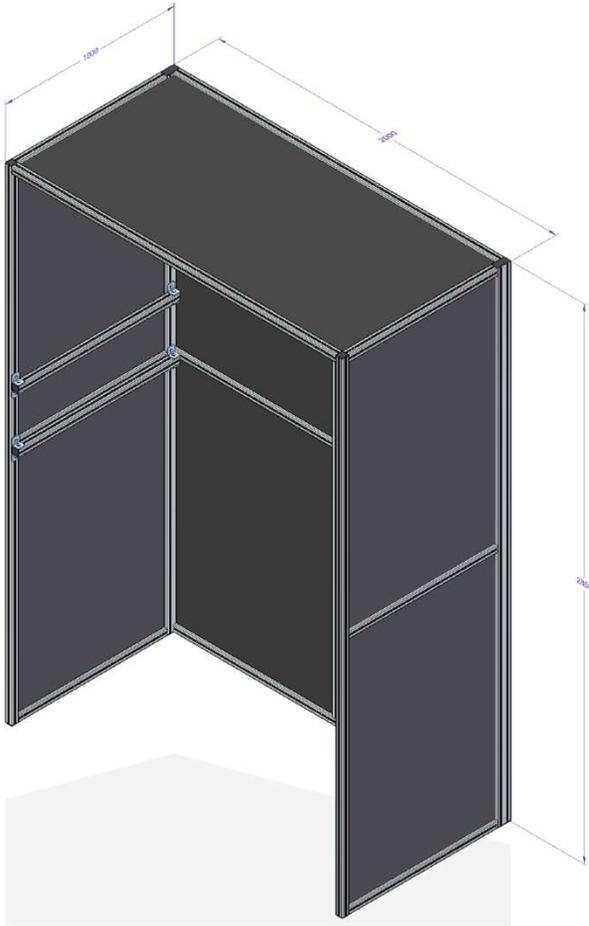
Schede Front – End (15 da installare sulla Scheda a Caldo + spare)



Piastra di supporto



# Struttura





# Movimentatore

- Ordinato
- Non ancora consegnato
- LEFS32B-1000B-R1C917

# Alimentatori

- Acquistati
- Consegnati
  
- Altri componenti (RS Components)
  
- Stiamo lavorando sul software di controllo della Facility



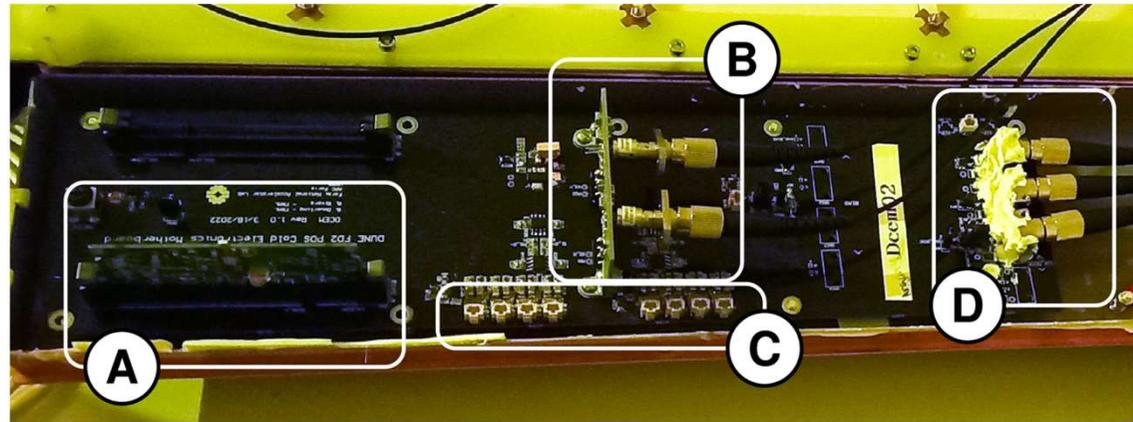
Richiesta fondi 2026 per misure, spare etc..  
(non per costruzione che si conclude nel 2025)

# DC-DC Converter (Pof)

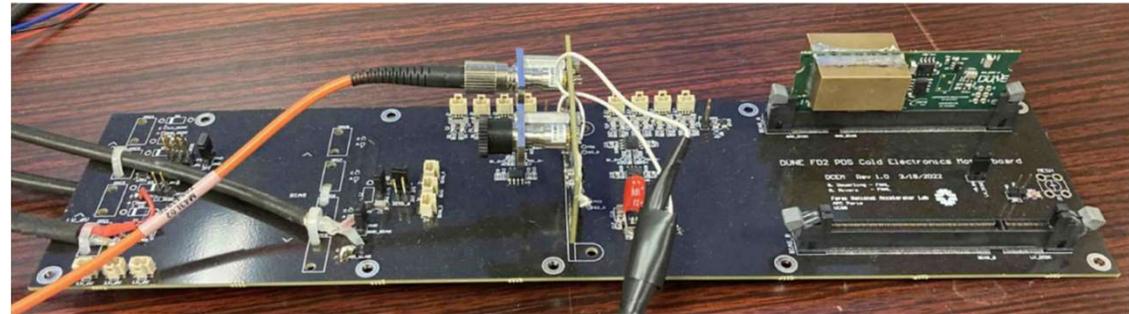
- Continua la ricerca sul DC-DC converter
- Verificato funzionamento del link ottico (attività sperimentale)
- Funzionamento verificato → sembra ragionevole cercare di migliorare la sensibilità del controllo (range migliorabile e pendenza soprattutto a temperatura criogenica)
- Prossimi passi: integrazione dei circuiti del link ottico sulla scheda.

Richiesti fondi (modesta) per avanzamento ricerca

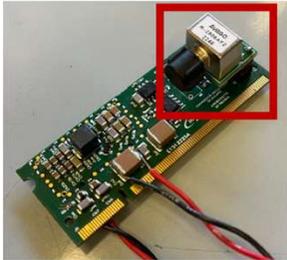
È una attività che appare utile in prospettiva → Si cercherà di realizzare un prototipo finale (con nuovi connettori, link incorporato, miglioramento del filtraggio anche se non necessario) e di (ri)fare una ampia compagna sperimentale per arrivare ad una pubblicazione che dimostri la disponibilità di un **DC-DC converter regolabile utile per DUNE**.



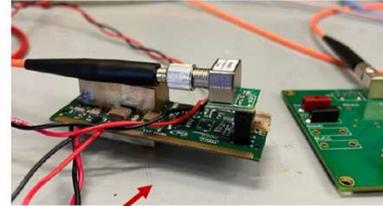
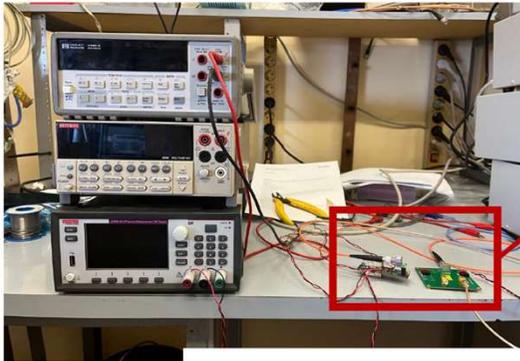
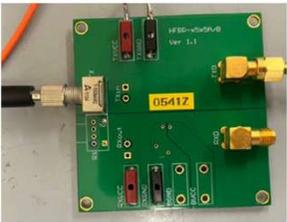
Motherboard attuale: (A) DC-DC, (B) *electronic readout* PCB e connettori, (C) connettori del SiPM, (D) Connettori PPC e PoF.



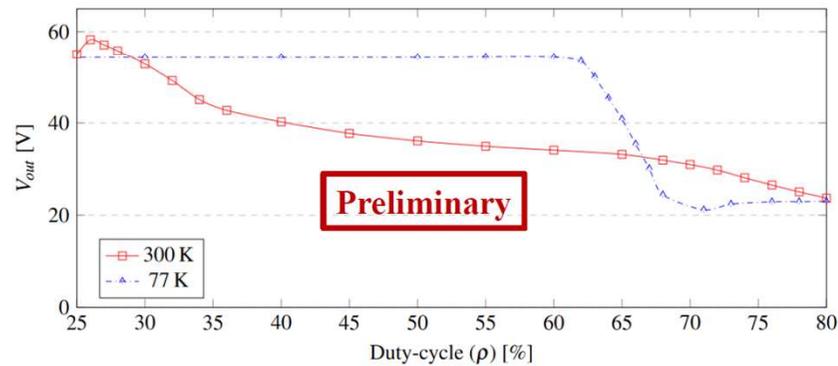
# Link ottico



Experimental set-up for the study of the DC-DC Boost Converter **response with optical link.**



**Interfaced board** mounted on the DC-DC Converter. Preliminary tests performed at room temperature and 77 K.



## Test Results:

- **Linear trend** in the output voltage with the external duty-cycle
- **Steeper slope** at 77 K: saturation of the curve before room temperature case
- **Limit** for output voltage at 77 K:  $V_{out} = 54$  V
- Tests have to be further performed to investigate the performance

# Possibili ulteriori step

- **Miglioramento dell'efficienza**

- **Attualmente:** Efficienza massima del 40% a 48 V in uscita.
- **Possibili migliorie:**
  - Utilizzo di un **MOSFET con  $R_{DS(on)}$  ancora più basso** e soglia di commutazione più bassa per ridurre le perdite di conduzione.
  - Questa miglioria potrebbe essere portata a valle di studi su componenti a temperature criogeniche, che potrebbero essere focalizzate anche sulla caratterizzazione di MOSFET di potenza

- **Riduzione del rumore EMI**

- **Attualmente:**
  - i) EMI irradiato ridotto con schermatura in ottone.
  - ii) Lo spettro del rumore in uscita rientra nelle attuali specifiche.
- **Miglioramenti possibili:**
  - Ottimizzazione del **layout di massa e ritorni di corrente** per minimizzare le correnti di modo comune.
  - Riduzione delle interferenze condotte in uscita con **filtro differente** da quello attualmente applicato.

- **Modifica del connettore alla motherboard**

- Sarà aggiornata la connessione con la scheda madre (tipo nuovo). Ciò può essere eseguito modificando opportunamente il layout della PCB, anche per permettere le migliorie indicate ai punti seguenti.

- Per lo svolgimento di questa attività si può prevedere una spesa di 7000 € per l'acquisizione di nuovi componenti e la produzione di nuove PCB.

# Attività di test su componenti

**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 Calcedo, 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)  
 ColdTest.LongTerm..., LaserDiodesTestPre...

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

09:45 → 10:15 Capacitor r... | 30m  
 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

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

**HV Capacitor**

HV Capacitor are less likely to short due to cracks

- Lower coefficient of thermal expansion
- Thinner geometrics are desirable

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



## Typical Degradation Mechanisms

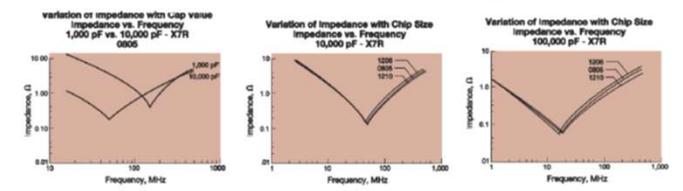
### Type 2 capacitors

- 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  $\mu$ 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 $\Omega$	574 $\Omega$	5.6 M $\Omega$
			10 kHz	1.5 $\Omega$	64 $\Omega$	400 k $\Omega$
			100 kHz	0.3 $\Omega$	7.6 $\Omega$	62 k $\Omega$
NPO ceramic (NPO-COG/COH)	100.2 nF	99.7 nF	1 kHz	2.1 $\Omega$	2 $\Omega$	3 $\Omega$
			10 kHz	0.3 $\Omega$	0.4 $\Omega$	0.1 $\Omega$
			100 kHz	0.2 $\Omega$	0.02 $\Omega$	0.05 $\Omega$



# Goal

- Caratterizzazione dei differenti componenti, attivi e passive, su un ampio range di temperature (da temperatura criogenica sino a temperatura ambiente).
- ... allo scopo di identificare un ampio set di componenti da poter essere utilizzati per la realizzazione di power converters in grado di lavorare a temperature criogeniche.

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

- OpAmps (alcuni già acquistati e testati, altri solo acquistati)
- Transistor
- Induttori
- Condensatori
- MOSFET (slides precedenti)

# 1. Affidabilità OpAmp

Il lavoro svolto finora in merito a questo argomento ha portato alla pubblicazione dei seguenti articoli:

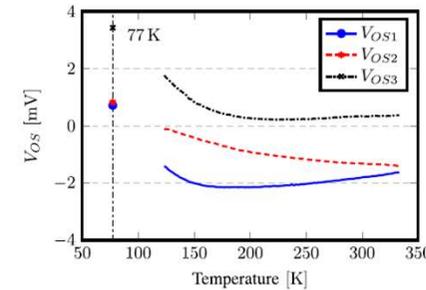
- D. Santoro, G. Chiorboli, M. Bassani, A. Andreani, P. Cova, N. Delmonte, M. Lazzaroni, A. Riminucci, V. Trabattoni, A. Zani (2024), "Operational Amplifier Characterization at Cryogenic Temperatures," In: Proceedings of 2024 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC). IEEE, Glasgow (Scotland), 20-23 May 2024, doi: 10.1109/i2mtc60896.2024.10560704

<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&number=10560704>

- D. Santoro, G. Chiorboli, M. Bassani, T. Baudry, A. Andreani, P. Cova, N. Delmonte, M. Lazzaroni, V. Trabattoni, A. Zani (2025), "Investigation of Static and Dynamic Behavior of Off-the-Shelf Operational Amplifiers at Cryogenic Temperatures," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 74, p. 1-12, doi: 10.1109/tim.2025.3547515

<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&number=10909432>

- **Attualmente: Sono in corso** stress test accelerati con campi elettrici elevati per verificare se vi è un degrado di alcuni di questi componenti a temperature criogeniche (**prove di lunga durata**).
- Siamo in attesa di ricevere gli alimentatori che possono sostituire la SMU utilizzata finora che ha subito un guasto irreparabile.
  - Ordine effettuato.
  - Sono stati sbloccati i fondi SJ per questo acquisto
- Lavoro futuro: Per portare a compimento gli studi previsti si dovrà rivedere il banco di misura in funzione dei nuovi alimentatori di cui sopra. Per questo si prevede che sarà necessario un nuovo cablaggio e la progettazione e realizzazione di nuove schede elettroniche di interfaccia e condizionamento per una spesa complessiva di 2000 € (2025).



This full-text paper was peer-reviewed at the direction of IEEE Instrumentation and Measurement Society prior to the acceptance and publication.

## Operational Amplifier Characterization at Cryogenic Temperatures

<p>Daniilo Santoro Dept. of Engineering and Architecture Università degli Studi di Parma Parma, Italy daniilo.santoro@unipr.it</p>	<p>Giovanni Chiorboli Dept. of Engineering and Architecture Università degli Studi di Parma Parma, Italy giovanni.chiorboli@unipr.it</p>	<p>Marco Bassani Dept. of Engineering and Architecture Università degli Studi di Parma Parma, Italy marco.bassani@unipr.it</p>
<p>Alessandro Andreani Dept. of Physics Università degli Studi di Milano Milano, Italy alessandro.andreani@unimi.it</p>	<p>Paolo Cova Dept. of Engineering and Architecture Università degli Studi di Parma Parma, Italy paolo.cova@unipr.it</p>	<p>Nicola Delmonte Dept. of Engineering and Architecture Università degli Studi di Parma Parma, Italy nicola.delmonte@unipr.it</p>
<p>Massimo Lazzaroni Dept. of Physics Università degli Studi di Milano Milano, Italy massimo.lazzaroni@unimi.it</p>	<p>Andrea Riminucci Dept. of Physics Università degli Studi di Milano Milano, Italy andrea.riminucci@studenti.unimi.it</p>	<p>Valeria Trabattoni Dept. of Physics Università degli Studi di Milano Milano, Italy valeria.trabattoni@unimi.it</p>
		<p>Andrea Zani Sezione di Milano INFN Milano, Italy andrea.zani@mi.infn.it</p>

**Abstract**—Within the development of the second Deep Underground Neutrino Experiment (DUNE) for detector module, based on the Liquid Argon Time Projection Chamber (LAr-TPC) technology, new solutions for the Photon Detection System (PDS) readout and bias have been proposed. The Vertical Drift (VD) design presents a PDS installed on the cathode plane that is biased at high voltage (300 kV), thus preventing any electrical connection between Silicon PhotoMultipliers (SiPMs), located in the PDS, and the outside of the interface. The chosen solution is to provide power through optical fibers, implementing Power over Fiber (PoF) technology in the field of cryogenic experiments. The optical-to-electrical converters commercially available give an output voltage of a few volts and a step-up converter is needed to provide SiPM with a supply voltage that can be set around 48 V. A boost DC-DC converter has been chosen for the voltage step-up. This solution requires an analog feedback loop control with discrete components working at cryogenic temperatures. This paper presents the characterization of operational amplifiers needed for the analog control scheme. Due to the requirements of the application, quiescent current, offset voltage, offset input current, and bias input current have been measured in function of the temperature, from around 170 K to 330 K. Finally, the measurement uncertainty has been calculated and presented in this paper.

**Index Terms**—cryogenic electronics, operational amplifier, SiPM, LArTPC

**I. INTRODUCTION**

In the last few years, the interest in developing power electronics technology operating at cryogenic temperatures has been growing due to the progress achieved in particle physics detectors [1], [2]. Low temperatures are a consequence of the presence of noble liquids detectors and cryogenic

## Investigation of Static and Dynamic Behavior of Off-the-Shelf Operational Amplifiers at Cryogenic Temperatures

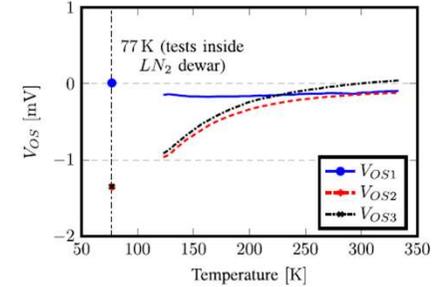
Daniilo Santoro<sup>1</sup>, Member, IEEE, Giovanni Chiorboli<sup>2</sup>, Marco Bassani<sup>3</sup>, Téó Baudry<sup>4</sup>, Alessandro Andreani<sup>5</sup>, Paolo Cova<sup>6</sup>, Nicola Delmonte<sup>6</sup>, Senior Member, IEEE, Massimo Lazzaroni<sup>7</sup>, Senior Member, IEEE, Valeria Trabattoni<sup>8</sup>, and Andrea Zani<sup>9</sup>

**Abstract**—In modern particle physics experiments, various electronic devices are frequently required to operate within noble liquids at cryogenic temperatures. Within the framework of the deep underground neutrino experiment (DUNE), a need for power electronics for the bias of the silicon photo-multiplier (SiPM) discrete components, all capable of functioning at cryogenic temperatures. Consequently, operational amplifiers (OpAmps) must also be adapted to meet these requirements. However, there is no existing literature on off-the-shelf OpAmps with the required characteristics for cryogenic temperatures, and no circuit-ready measurement setups applicable for obtaining these characteristics for the selected OpAmps. For this reason, this article explores a measurement setup and the characterization of control scheme. Due to the current, offset voltage, open-loop voltage gain, measured in function of the temperature, and the required stability of the interface between the read-out electronics inside the cryostat. The new design integrates light sensors inside the Liquid Argon Time Projection Chamber (LAr-TPC) [7], [8]; therefore power electronics for the bias of the silicon photo-multipliers (SiPMs) is also expected to operate in a cryogenic environment [9], [10], [11].

SiPMs are solid-state devices advanced photon detectors. They are able to operate at low bias voltage, are not sensitive to magnetic fields (this characteristic can be very useful in some experimental environment typically present in particle physics at CERN for example), and provide excellent response uniformity. Moreover, these devices, demonstrating an exceptional resolution in counting the number of incident photons and a very low radioactivity, have established themselves in many experiments in particle and astroparticle physics. SiPMs generally behave as capacitive loads, requiring very rapid pulse currents during triggering events.

PoF technology has been presented to solve insulation issues from the high-voltage cathode inside the detector (HV = -300kV) by using optical fibers [12], [13], [14].

Taking into account the aforementioned facts that there is a tendency to introduce the read-out electronics inside the cryostat and that the power supply of these electronics must be guaranteed by optical means (traditional copper wires are not a possible solution), it follows the need to design the electronics serving the SiPMs and its power supply in such a way as to be suitable for working at cryogenic temperature. For this reason, the approach of incorporating both power electronic circuitry and analog feedback control is based on practical considerations rather than on reducing noise or other factors. As a result, both the components and the electronic circuits are required to function at cryogenic temperatures in LAr at (87 K). Cryogenic electronic components are designed to operate at temperatures below 218K (the standard minimum



## 2. Altri componenti: stress test per la verifica dell'affidabilità a temperature criogeniche

Oltre agli amplificatori operazionali, nell'ambito del progetto DUNE vi è l'interesse per questo tipo di attività con diversi componenti.

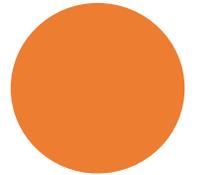
Si può puntare l'attenzione su FET di potenza, per l'implementazione/aggiornamento del convertitore DC/DC per l'alimentazione dei SiPM di ProtoDUNE, e su condensatori di varie tecnologie (vedi slide precedenti)

Come per la caratterizzazione e l'analisi di affidabilità degli amplificatori operazionali, si dovranno realizzare banchi di test appositi in modo da poter condurre le caratterizzazioni e gli stress di tipo elettrico in maniera automatizzata e con la possibilità di poter processare più componenti in ogni test. Ciò per consentire un'analisi di tipo statistico sui modi e meccanismi di guasto dei componenti da analizzare.

- Per le misure in parallelo di più componenti è di fondamentale importanza l'acquisizione di una switch unit (e.g. Rigol M300) con le proprie schede di multiplexing di segnale e le relative interfacce. Gli strumenti per la caratterizzazione dei componenti sono già a disposizione del gruppo di lavoro.
- Anche in questo caso si dovranno progettare e realizzare schede di interfaccia e condizionamento, oltre che assemblare i cablaggi e i connettori necessari fra strumenti e componenti.

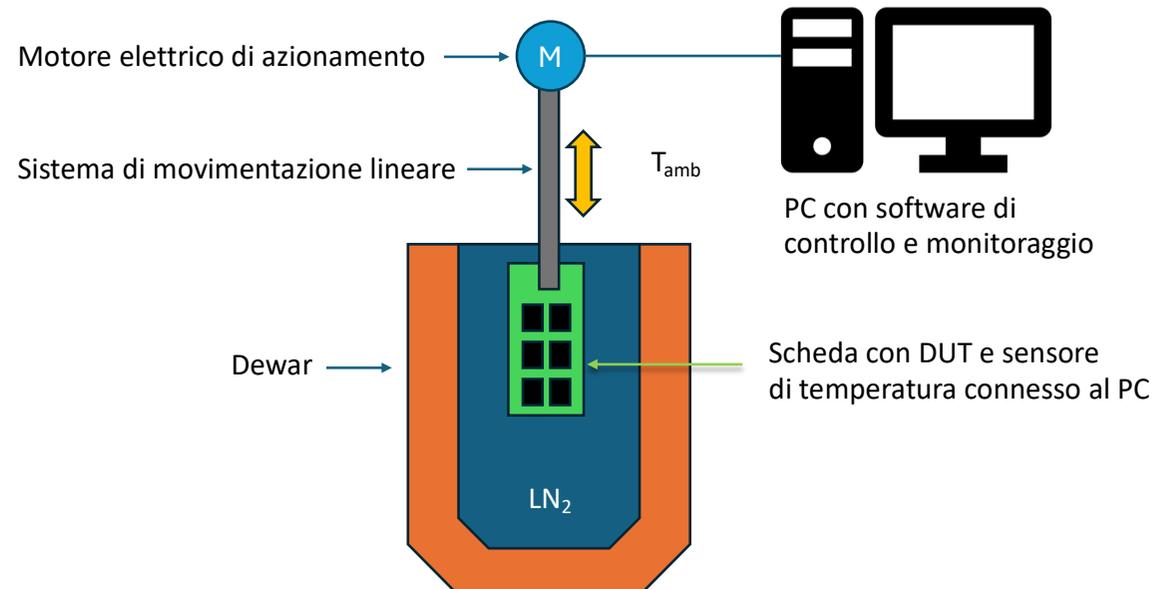
# Spese per questi test

- Le spese che si possono prevedere sono le seguenti:
  - Switch unit e suoi accessori 3400 €
  - Componenti, sia da analizzare, sia per circuiti di condizionamento e interfaccia, 1200 €
  - PCB 1500 €
  - Cavi e connettori e altro materiale di consumo 600 €
- Il totale di spesa previsto è pari a **6700 €**.



# Altri stress

- Oltre agli stress di tipo elettrico si coglierà l'occasione di svolgere **stress di tipo termomeccanico** accelerati approntando un apposito banco per avere shock termici con un sistema di movimentazione automatizzato per il passaggio di componenti assemblati su PCB da un bagno criogenico a temperatura ambiente in maniera ciclica. Per questo banco di prova e la conduzione delle prove si può prevedere una piccola **spesa per materiali di consumo pari 1 k€**.
- Il resto dovrebbe già disponibile a Parma.
- Per l'analisi dei meccanismi di guasto si dovrà usufruire di attrezzature specifiche per verificare la nascita e l'evoluzione di deformazioni morfologiche e strutturali, piuttosto che di crepe. Si cercheranno di indentificare i laboratori che potranno fornire questo servizio in economia o a costi contenuti (**massimo 2 k€**), piuttosto che acquisire la strumentazione necessaria sostenendo spese molto elevate.



## Richieste 2026: Apparati (in kE)

Descrizione	Parziali (K-EUR)	Parziali SJ (K-EUR)
CACTUS VD (Rottura di schede e/o apparecchi da ripristinare). <b>NB. CACTUS VD è un esemplare unico, in caso di guasto si ferma tutto.</b>	2.50	2.50
CACTUS VD (Materiale di consumo, costi di manutenzione sulla base dell'esperienza maturata con CACTUS HD, Spare etc ...)	2.00	1.00
PDS/FD1/ELECTRONICS Signal lead boards secondo lotto	227.00	0.00
Produzione di massa delle signal lead board FD1-HD (secondo lotto): spese di metabolismo (imprevisti)	2.00	0.00
<b>Totale</b>	<b>233,50</b>	<b>3,50</b>

## Richieste 2026: Consumo (in kE)

<b>Descrizione</b>	<b>Parziali (K-EUR)</b>	<b>Parziali SJ (K-EUR)</b>
Azoto per CACTUS VD funzionamento anno 2026	15.00	0.00
Metabolismo consumo 1.5 kE/FTE	5.5	0.00
<b>Totale</b>	<b>20.50</b>	<b>0.00</b>

## Richieste 2026: Altri consumi(in kE)

<b>Descrizione</b>	<b>Parziali (K-EUR)</b>	<b>Parziali SJ (K-EUR)</b>
Attività per PoF per la fase II (terzo e quarto modulo): produzione nuova versione e costi attività sperimentale.	7.00	0.00
<b>Totale</b>	<b>7.00</b>	<b>0.00</b>

<https://preventivi.dsi.infn.it/#/2026/priv/i:infn:mi:csn1:dune/richieste>

# Richieste 2026: Inventario(in kE)

<b>Descrizione</b>	<b>Parziali (K-EUR)</b>	<b>Parziali SJ (K-EUR)</b>
Attrezzatura per l'approntamento di un laboratorio per la verifica della affidabilità delle schede elettroniche (temperatura criogenica, stress, vibrazioni, stress meccanici dovuti alla bassa temperatura e/o cicli termici, etc...).	9.50	0.00
<b>Totale</b>	<b>9.50</b>	<b>0.00</b>

## Richieste 2026: Trasporti (in kE)

<b>Descrizione</b>	<b>Parziali (K-EUR)</b>	<b>Parziali SJ (K-EUR)</b>
Spese di spedizione delle Signal Routing Board (produzione 2026)	15.00	0.00
Trasporti verso FERMILAB del materiale delle mass production (SIPM FD2-VD)	12.00	0.00
<b>Totale</b>	<b>27.00</b>	<b>0.00</b>

# Richieste 2026: Missioni (in kE)

<b>Missione</b>	<b>Parziali (K-EUR)</b>	<b>Parziali SJ (K-EUR)</b>
Partecipazione meeting di collaborazione USA (Rapid City) per 2 persone: resp. locale (anche rappresentante IB) + 1	4.00	0.00
Partecipazione Meeting DUNE Italia 2025 (2 persone)	2.00	0.00
TURNI Test Power Over Fiber al CERN N 2 turni x 2 persone x 3 giorni	1.50	1.50
Conferenze (2 conferenze x 1 persona)	5.00	0.00
Missioni Italia per test (da Milano a Parma e viceversa) per tutto l'anno	2.50	0.00
1 CERN x 2 persone 4k (General Meeting)	2.00	0.00
Metabolismo Missioni 1 kE/FTE	3.50	0.00
TURNI al CERN per presa dati protoDUNE: 4 turni x 1 persona x 5 giorni (prevalentemente Valeria Trabattoni)	5.00	2.00
Missioni FERMILAB: contributo ai test dell'elettronica (DAPHNE e mezzanini) durante la mass production (1 persona x 2 week in due differenti volte)	6.00	0.00
<b>Totale</b>	<b>31.50</b>	<b>3.50</b>

# Preventivi 2025 DUNE Milano Totali

Capitolo	Totale (kE)	Totale SJ (kE)
Apparati	233.50	3.50
Consumo	20.50	0.00
Altri consum. (PoF, Azoto, materiale di consumo)	7.00	0.00
Inventario	9.50	0.00
Trasporti	27.00	0.00
Missioni	31.50	3.50
Totale	329.00	7,00

- Chiesto sblocco del SJ 2025 delle spese di spedizione per le SRB 2025.

# Anagrafica 2026

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	(AR)	1.0 FTE	
Massimo Lazzaroni	(PA)	0.3 FTE	
Stefano Riboldi	(PA)	0.2 FTE	
Andrea Zani	(INFN)	0.1 FTE	
Valeria Trabattoni	(Dottoranda)		0.7 FTE
		-----	
	Total	3.8 FTE	

Servizio Elettronica: 3 mu

Officina Meccanica: 2 mu

Grazie per l'attenzione.

Slide di riserva

# Tempistiche della fase di test (a grandi linee)

- Calcoli basati sulla esperienza maturate a Milano Bicocca
- 2 cicli di misura al giorno (mattina e pomeriggio) – 20 SiPM boards
- I test attuali sono probabilmente più time consuming perchè è possibile accedere al singolo SiPM → Ciò non è possibile sulle Flex
- Tuttavia, proprio perchè il singolo SiPM non è accessibile, stiamo valutando una procedura di test per verificare (semi-manuale o automatica) per verificare che il singolo SiPM stia lavorando propriamente (ongoing → pevisione costi difficile “a forfait”)
- Da un semplice e rudimentale calcolo abbiamo stimato circa 130 giorni per completare i test
- Considerando gli arrotondaenti fatti (test da rifare ... capita, spare parts, test preliminari etc...) arriviamo a considerare 150 giorni (su una singola stazione o su due?)
- Nei preventivi non è presente nessuna richiesta di manodopera aggiuntiva (2026 + Bicocca + Palermo/Catania).

**150 giorni**

- **Richiesta fondi 2026 per misure (non per costruzione)**

# Alcuni test

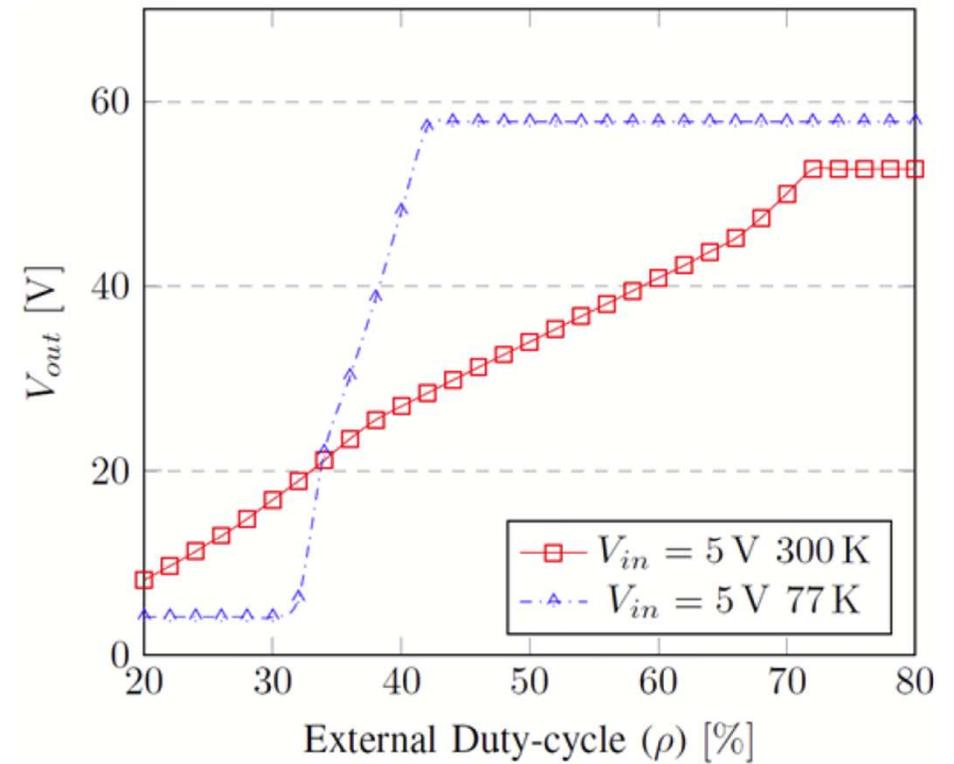


Room temperature

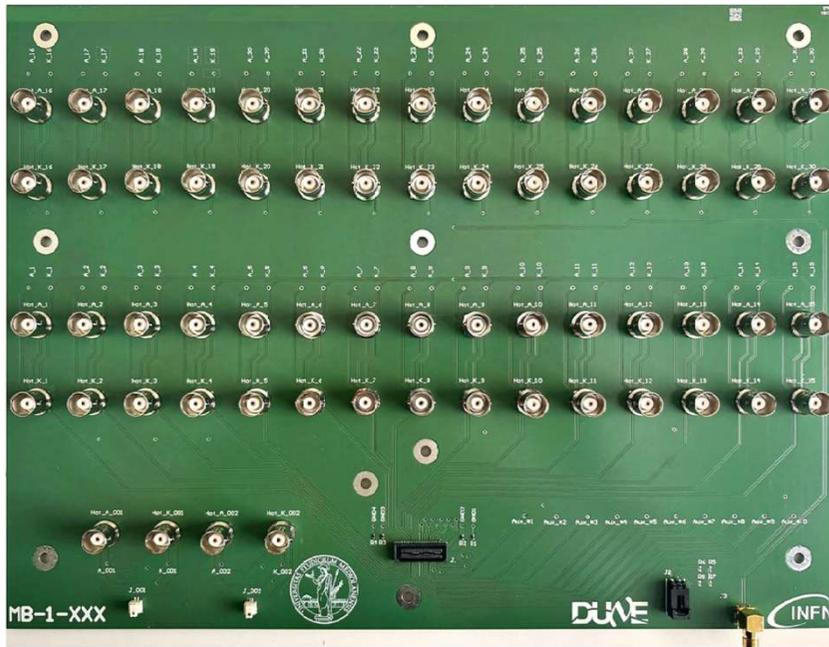


LN<sub>2</sub> temperature

**Waveform generator**  
for the external  
signal



# Scheda Test



Dimensioni PCB: 340 x 254 x 1,60 mm

Componenti sulla PCB per esemplare

Componente	Produttore	Codice produttore	Codice RS	Quantità
Connettore per scheda a caldo, 40 vie, 2 file, passo 0.8mm	Santec	QSE-020-01-X-D-A	401-4069	1
Resistenza 0 ohm 0603	Vishay / Dale	CRCW06030000ZDE	678-9670	4
Connettore Vbias aux, 2 vie, 1 fila, passo 2.54mm maschio	Molex	70553-0001	161-9625	1
Connettore Vbias aux, coassiale SMA femmina	Amphenol RF	901-145-4		1
Connettore BNC femmina	TE Connectivity / Linx Technologies	CONBNC001	304-796	64
Connettore per flexi, maschio, 2 vie, 1 fila, passo 1.0mm	Santec	TJM-02-F-5H-L	206-5866	2

Componenti esterni dalla PCB

Componente	Produttore	Codice produttore	Codice RS	Quantità	Note
Distanziali/torrette per appoggiare la PCB. Diametro su PCB di 4 mm	Essentra	SFCB5-M4-14M-01	507-3227	30	
Cavo connessione femmina femmina 30 cm per SMU con i connettori 70553-0001	Molex	2162701023		2	
Cavo connessione femmina femmina 60cm per SMU con i connettori 70553-0001	Molex	2162701024		2	
Cavo coassiale Mueller Electric RG316, SMA / SMA, L. 12poli (30,5cm), 50 ohm	Mueller Electric	BU-4150029012	251-2178	2	
Cavo coassiale Mueller Electric RG316, SMA / SMA, L. 48poli (122cm), 50 ohm	Mueller Electric	BU-4150029048	251-2181	2	
Connettore a banana Hirschmann Test & Measurement, Maschio, Nero, 16A, 4 mm	Hirschmann Test & Measurement	934099100	190-2670	5	
Connettore a banana Hirschmann Test & Measurement, Maschio, Rosso, 16A, 4 mm	Hirschmann Test & Measurement	934099101	190-2671	5	
Schede per lettura PT100 Adafruit max32865	ADAFRUIT INDUSTRIES <a href="https://www.adafruit.com/product/3328">https://www.adafruit.com/product/3328</a>	3328 (no al 3648 che è per le pt 1000)	288-1850 (no al 287-6623 che è per le pt1000)	4	Provare ad acquistarlo direttamente sul sito adafruit che è disponibile
PT100 di prova 3 fili	<a href="https://www.adafruit.com/product/3290">https://www.adafruit.com/product/3290</a>	3290		1	Provare ad acquistarlo direttamente sul sito adafruit che è disponibile
PT100 di prova 2 fili	RS-PRO		666-7355	2	
Cavo connessione scheda di misura direttamente con flexi, 2 pin lunghezza totale 30,5 cm, con mantenimento della posizione dei pin nei connettori per non incrociare i fili manualmente	Santec	5155T-02-28-GF-12.00-L1		2	
Cavo connessione tra scheda a freddo e scheda di misura lunghezza di un metro, 40 pin distanziati di 0,8 mm	Santec	EQCD-020-40.00-STR-TTL-1		2	

