



# Elettronica e rivelatori Attività @ IASFMI

---

M.Uslenghi

on behalf of

M. Alderighi, S. D'Angelo, M. Fiorini, S. Incorvaia, L. Schettini, G. Toso

# Personale coinvolto

---

## Ricercatori:

- Monica Alderighi (FPGA)
- Mauro Fiorini (elettronica)
- Michela Uslenghi (rivelatori)

## Tecnici:

- Sergio D'Angelo (FPGA)
- Salvatore Incorvaia (meccanica)
- Luca Schettini (elettronica digitale/software)
- Giorgio Toso (meccanica)

## AdR

- Daniele Faccini

## **System Eng. Project Man. PA/QA**

- Salvo Scuderi (Program Management): Program Manager ASTRI
- Nicola La Palombara (Quality Assurance): Product Assurance Manager ASTRI MA

# IASF-MI attrezzature

## Laboratorio di elettronica:

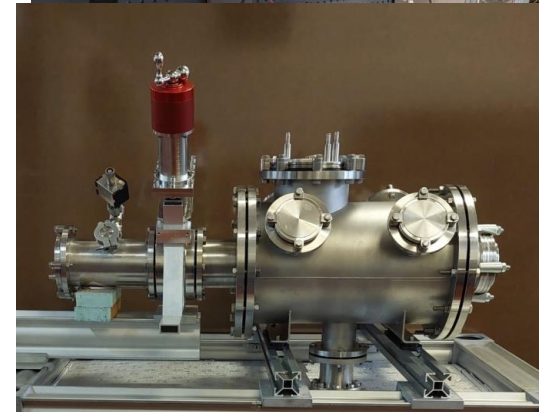
- Dotazioni di base per elettronica analogica e digitale: alimentatori programmabili in Bassa e Alta Tensione, vari oscilloscopi con diverse caratteristiche, multimetri, generatori di forme d'onda, analizzatore logico
- Attrezzature per la produzione di PCB a doppio strato, forno di rifusione SMD, stazioni di saldatura
- Strumenti di sviluppo FPGA, CAE (OrCAD Schematic Capture, Pspice Simulator e PCB Editor)

## Laboratorio rivelatori:

- 2 banchi ottici stabilizzati, con vari set di componenti ottici, sorgenti e rivelatori (dall'UV all' x, qualcosa anche per il visibile)
- Camera da vuoto, camera climatica per prove termiche (da aggiornare)
- Moduli NIM (shaper amplifier, linear amplifier, TAC, ADC, discriminators,...), National Instruments PXI/PXIe (FlexRIO, ADC, Digital I/O, Analog I/O, fast ADC), sistemi di acquisizione dati programmabili, MCA
- Microscopio
- Lavori in corso per recuperare locale di 110mq con camera pulita con zona ISO5 (2x2.5mq)

## Officina meccanica:

- torni, fresatrici, alesatrici, fresatrici a controllo numerico, stampante 3D



# Attività in corso

---

Sviluppo di rivelatori a conteggio di fotoni basati su MCP [[PLUS](#)]

Polarimetria imaging basata su coatings organici [[POSEIDON](#)]

Schede elettroniche per rivelatori SDD (Consorzio [REDSOX](#)) [[ADAM/RIGEL](#), [eXTP](#), [HERMES](#)]

Camera Ottica ASTRI [[ASTRI MA](#)]

Strumentazione accessoria per telescopi/misure di laboratorio [[ASTRI](#)]

Supporto alla realizzazione facilities di calibrazione (elettronica e rivelatori) [[BEaTriX](#), [VERT-X](#)]

Sviluppo di elettronica basata su FPGA (+ Deep learning) [[SKA](#)]

# Rivelatori MCP @ IASF-MI (storia)

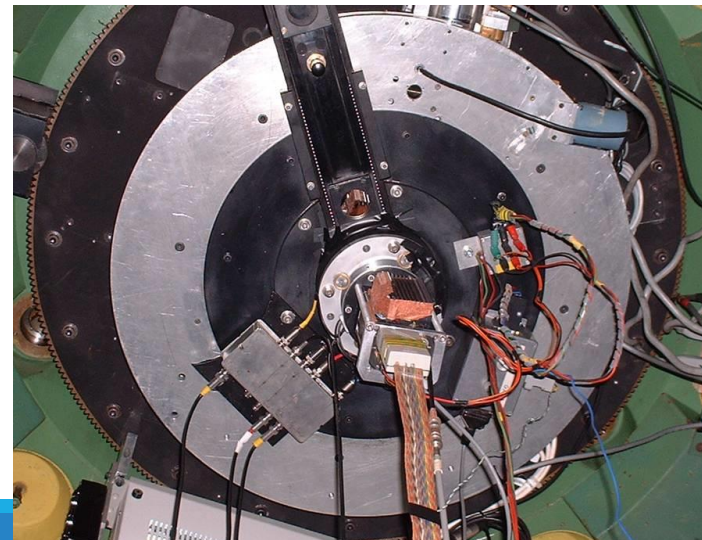
PC-ICCD e PC-IAPS, nell'ambito di studi di missioni di astronomia UV/fisica solare:

- UVISS
- WSO
- METIS/SOLO

Con OACt: processore real time implementato in FPGA, studiato per adattarsi facilmente a diversi sensori (fino a 500 Mpixel/s data rate)

Sviluppo e test di un prototipo di MCP con lettura ad anodi per ASCE

PC-ICCD ottimizzato per il visibile, utilizzato al telescopio di Asiago 182 cm per fotometria e spettroscopia ad alta risoluzione temporale (e a Serra La Nave 91 cm per la fotometria)



# Rivelatori MCP

## Pro:

- Risoluzione temporale  $\sim 10$  ps
- Risoluzione spaziale fino a  $\sim 10\mu\text{m}$
- Dimensioni fino a 20x20 cm
- Elevata reiezione dei fotoni meno energetici (**solar blindness per rivelatori UV**)
- Possibili array di nKxnK pixels
- Photon counting con 0 readout noise
- Dinamica globale elevata (anche GHz)

(ma non tutto insieme, dipende dal sistema di lettura...)

## Cons:

- Bassa QE (ma competitiva nel FUV/EUV)
- lifetime limitata (dipende dalla carica estratta,  $[\text{gain}] * [\text{fotoni}]$ )
- Dinamica locale limitata (ma dipende da  $[\text{gain}] * [\text{flusso di fotoni}]$ )
- HV necessario (tanto maggiore quanto **gain** elevato)

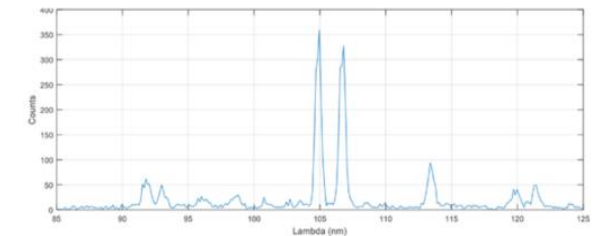
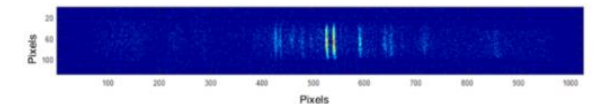
PLUS PLANETARY  
ULTRAVIOLET  
SPECTROMETER

Consiglio Nazionale  
delle Ricerche

POLITECNICO  
MILANO 1863

INAF  
ISTITUTO NAZIONALE  
DI ASTRONOMIA  
NATIONAL INSTITUTE  
FOR ASTRONOMY

"Attività di studio per la comunità scientifica per Sistema Solare ed Esopianeti" - Accordo ASI-INAF 2018-16



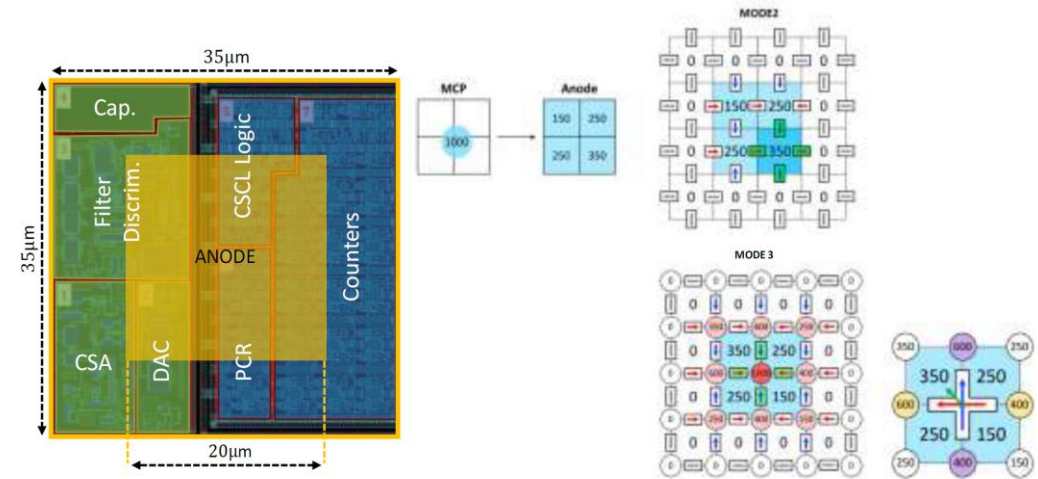
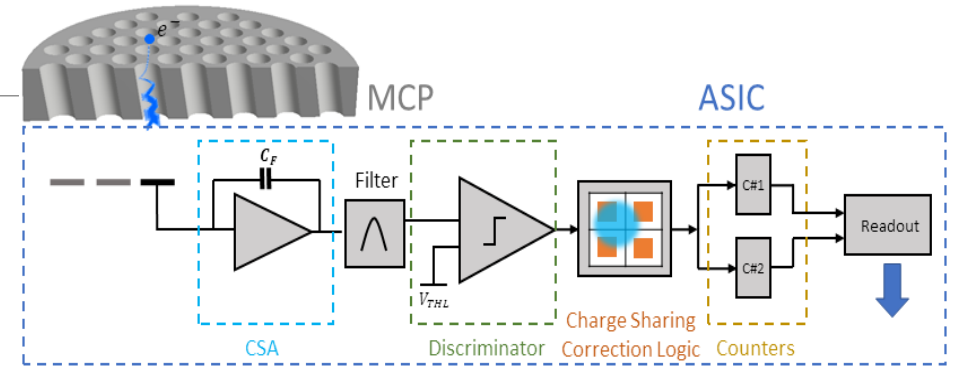
↓  
MCP ALD  
+  
ROIC ASIC a basso  
rumore -> **basso gain**

# Rivelatori MCP a conteggio di fotoni

(Uslenghi, Fiorini, Toso, Schettini, Faccini)

MCP di nuova generazione + ASIC MIRA- Microchannel plate  
 Readout ASIC disegnato da PoliMI ad hoc: array di anodi per la raccolta degli elettroni, ciascuno con la propria catena elettronica di lettura, sistema di riconoscimento degli eventi generati da fotoni e due matrici di contatori

- Pixel 35µm
- Basso rumore: ENC < 30 e- (17 e- in fast mode)
- Count rate massimo: 100,000 counts/pixel/s (~80 Mcounts/mm<sup>2</sup>/s)
- Risoluzione temporale: 1s
- 3 modi operativi: 1 di test, 2 con diversi metodi di rilevazione eventi (uno più semplice, ma con rumore più basso)
- FF 32%
- Tecnologia CMOS 65nm



E. Fabbrica et al.: The MIRA Low Noise Charge Sensitive Amplifier for the Readout of Micro-Channel Plates. IEEE NSS-MIC 2021 (Ottobre 2021)

# Rivelatori MCP a conteggio di fotoni

Messa a punto di camera a vuoto per test ( $5 \cdot 10^{-7}$  mbar)

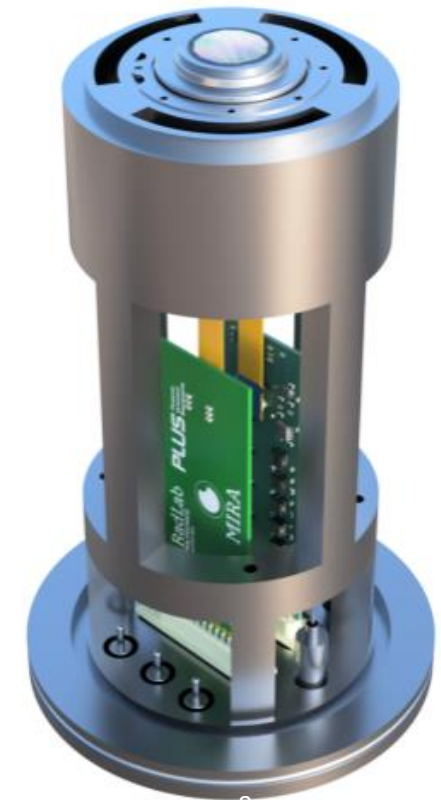
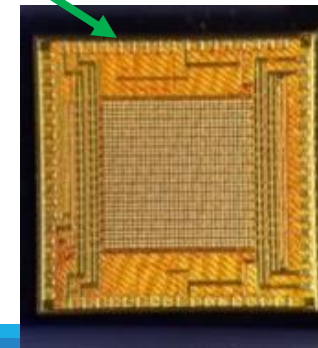
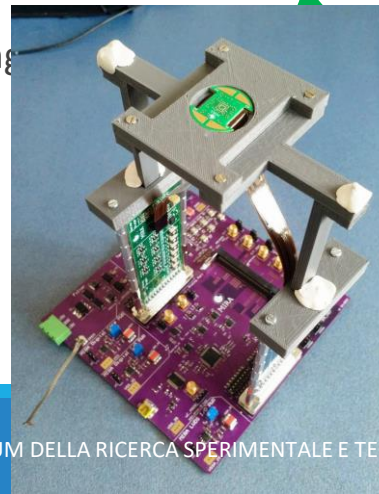
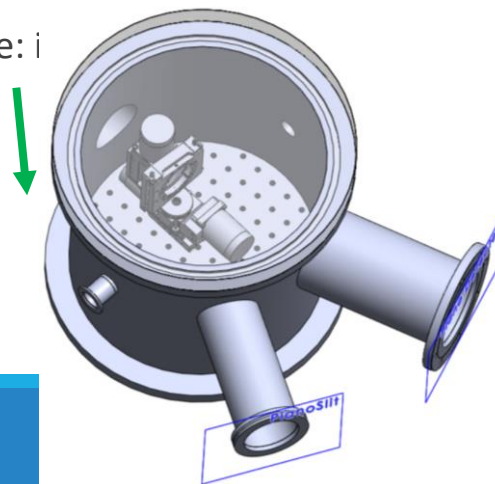
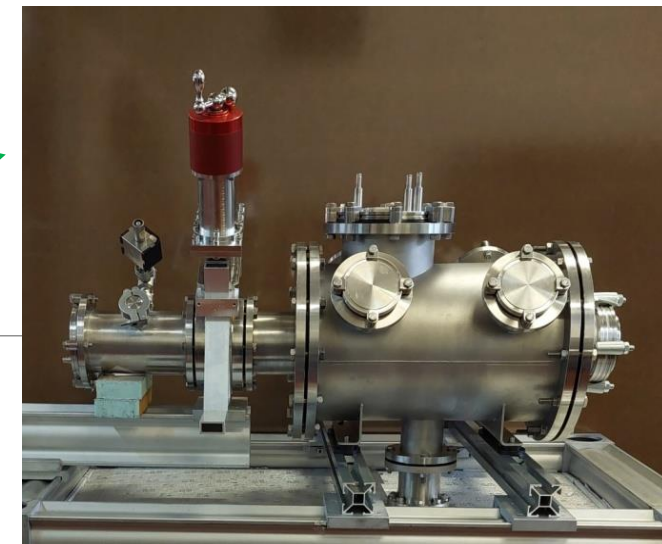
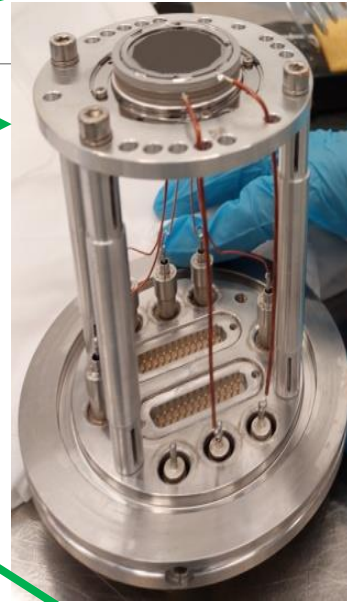
Realizzato un prototipo preliminare con scheda (meccanicamente simile a quella che monter  MIRA) ad anodi discreti -> prova di montaggio

Primo prototipo MIRA 32 x 32 pixels (1.12x1.12 mm area attiva) prodotto e in fase di test

Elettronica di FEE pronta e testata

Schedula successiva:

1. Luglio: integrazione ASIC con MCP
2. Caratterizzazione del rivelatore integrato
3. Met  settembre: i (@PD)





# POSEIDON - POLARIZATION-SENSITIVE Imaging

INAF/IASF-MI  
CNR SCITECH

## Detectors with Organic Nanostructured coatings

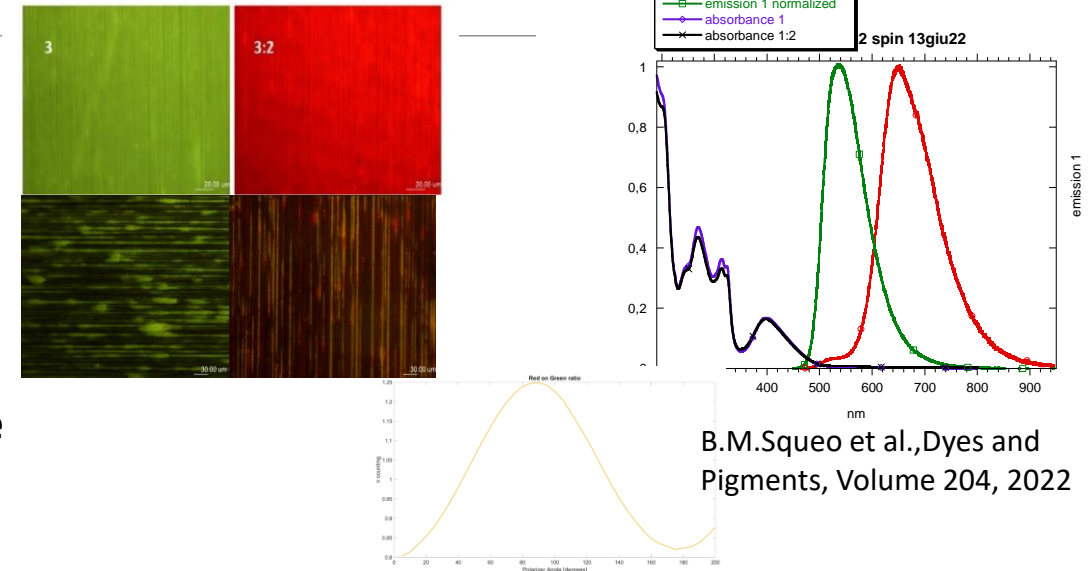
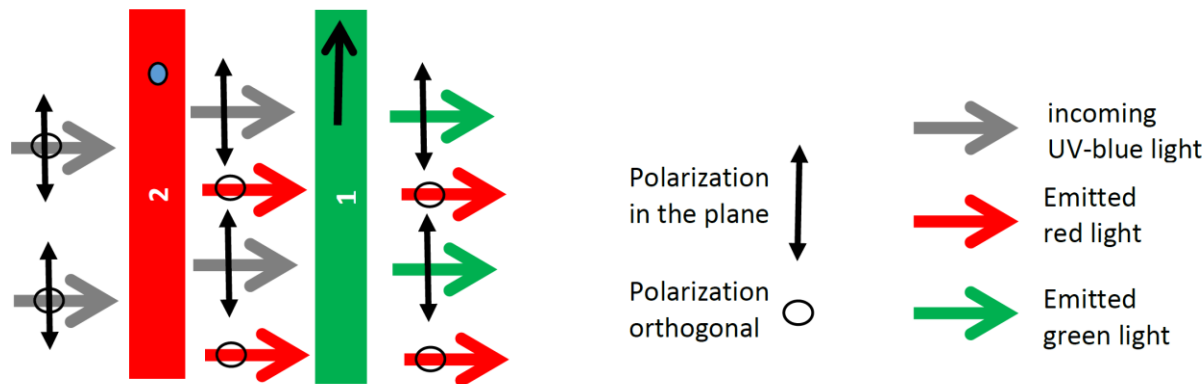
<https://phase1.attract-eu.com/showroom/project/polarization-sensitive-imaging-detectors-with-organic-nanostructured-coatings-poseidon/>

(Uslenghi, Faccini)

-> aggiungere capacità polarimetriche ai sensori di immagine mediante lo sviluppo di un film organico basato su materiali emissivi nanostrutturati anisotropi

Film a doppio strato di polimeri allineati uno ortogonale all'altro: trasforma informazioni sulla polarizzazione in colori → possibilità di realizzare **rivelatori imaging compatti in grado di misurare due componenti di polarizzazione in ogni pixel, campionandoli negli stessi punti sia in spazio che in tempo**

polymer orientation



B.M.Squeo et al., Dyes and Pigments, Volume 204, 2022

Finanziamento europeo/bando ATTRACT  
(breakthrough ideas)

attività@IASF:

- messa in opera di macchina per rubbing
- accoppiamento con camera cmos a colori
- realizzazione setup per misure cmos+film
- misure con varie combinazioni di materiali

# Progettazione di schede elettroniche per rivelatori (1)

**Consorzio REDSOX** (Fiorini)

Sviluppo di rivelatori Silicon Drift Detector su contratti ASI, INAF, EU...

ADAM

*Advanced Detectors for X-ray Astronomy*

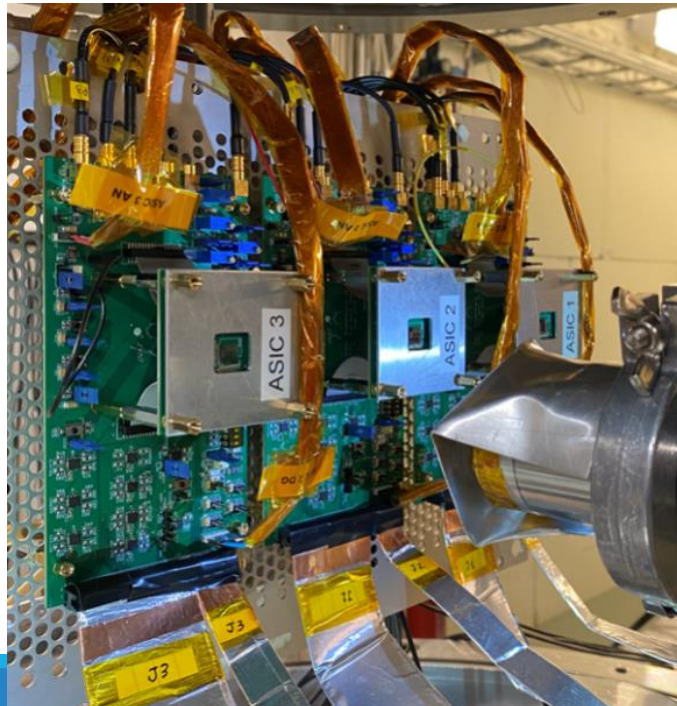
SDD 16x8 pixel bump- bonded all'ASIC RIGEL

eXTP

*X-ray Timing and Polarimetry mission*

Schede prototipali per il detector LAD di eXTP

Schede di Front end e Motherboard durante i test di Rad Hard dell'ASIC RIGEL presso la RADiation Effects Facility di Jyväskylä (Finlandia)



SDD di 120 x 72 mm,  
112+112 canali

Schede di Front End  
(162x132 mm) e  
Motherboard (200x200  
cm) durante i test  
presso lo IAPS Roma

# Progettazione di schede elettroniche per rivelatori (2)

Satellite HERMES (ASI, EU, rivelatori SDD REDSOX) *(Fiorini)*

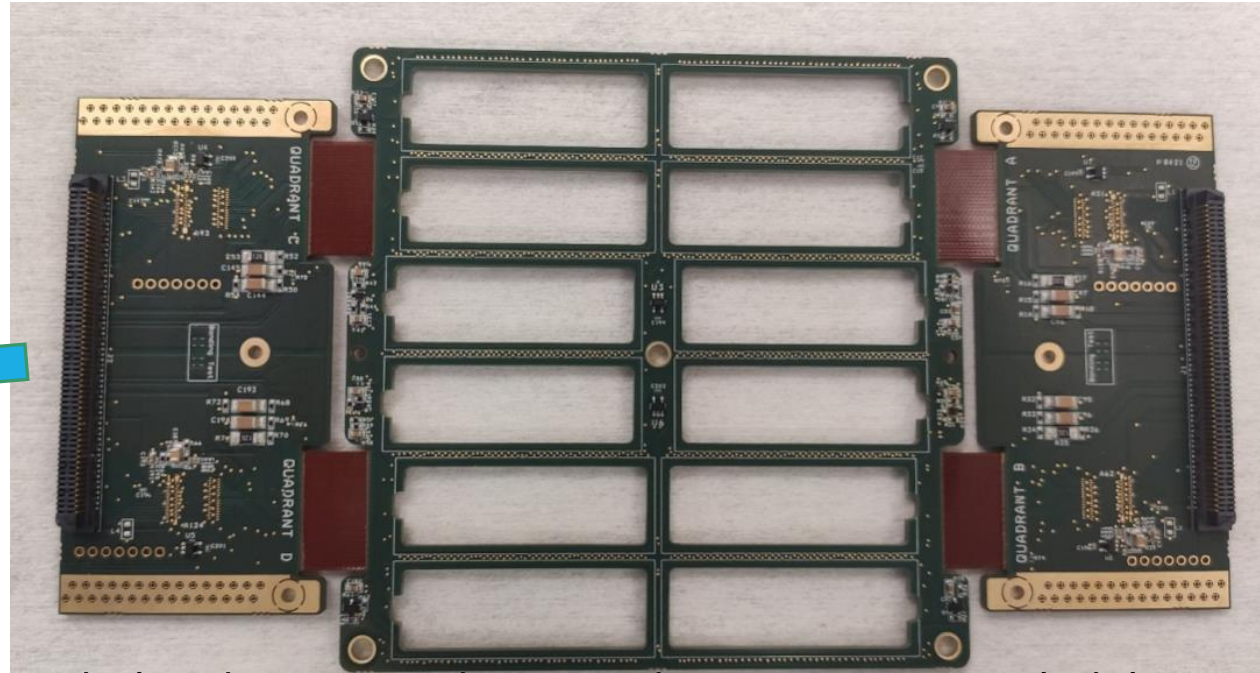
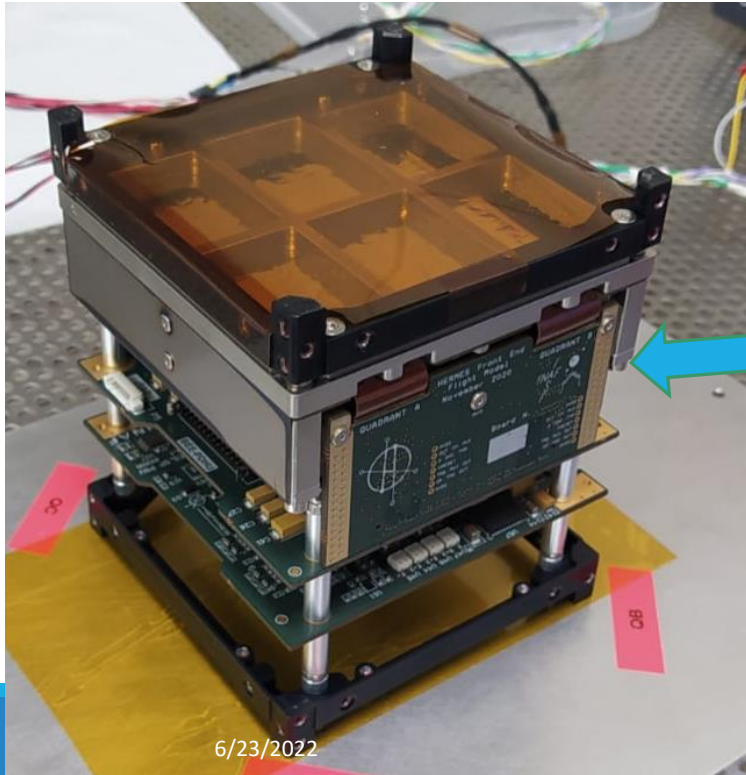
High Energy Rapid Modular Ensemble of Satellites

Costellazione di Nanosatelliti Cubesat (10 kg e 10x10x30 cm<sup>3</sup>)

Sei nanosatelliti, lancio a metà 2023



Schede di Front End per Qualification e Flight Models



Scheda Rigid-Flex di Front End con 12 detector, 120 canali di lettura, 10 strati

# Camera Ottica per ASTRI Mini-Array

(Fiorini, Incorvaia, Uslenghi, Scuderi)

Per allineamento degli specchi dei telescopi Cherenkov da installare presso l'ASTRI Mini-Array all'osservatorio Teide (Canarie)

Camera sCMOS Ximea MX377 (sensore GPIXEL6060, 6144x6144, 10x10 $\mu$ m pixel)

Movimentazione interna a due assi della camera sCMOS

Computer Nvidia Jetson AGX Xavier

In collaborazione con: P. Bruno (OA Catania), G. Sironi e S. Iovenitti (OA Brera), L. Lessio (OA Padova)



# Strumentazione ausiliaria per telescopi e laboratorio

(Fiorini)

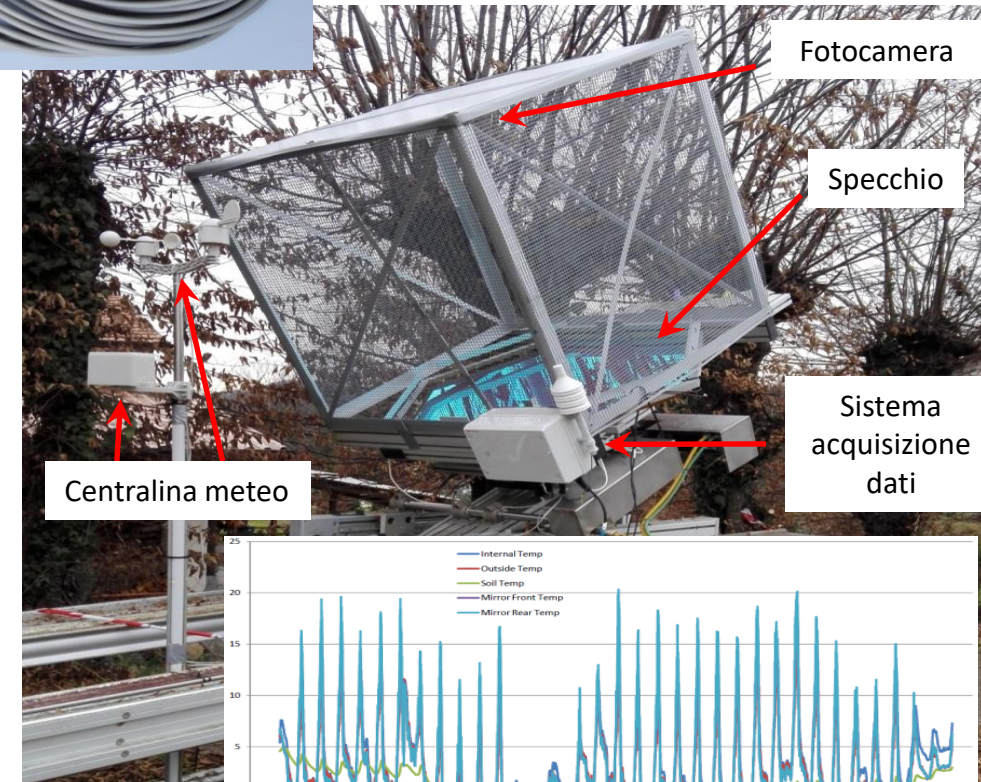
## Esempi:

Datalogger portatile con 4 sonde di temperatura, misure ogni 5s, registrate su SD card, utilizzato durante i test di riflettività degli specchi del telescopio ASTRI



Datalogger per misure di lunga durata dei parametri fisici e meteo, per la validazione di un modello sulla formazione di condensa sugli specchi del telescopio ASTRI:

- Due temperature su specchio + temperatura del suolo + dati meteo (P, T, RH, pioggia, velocità vento) + foto dello specchio sotto luce radente
- Dati + foto scaricabili via Ethernet



# SKA (SQUARE KILOMETER ARRAY) -LFAA

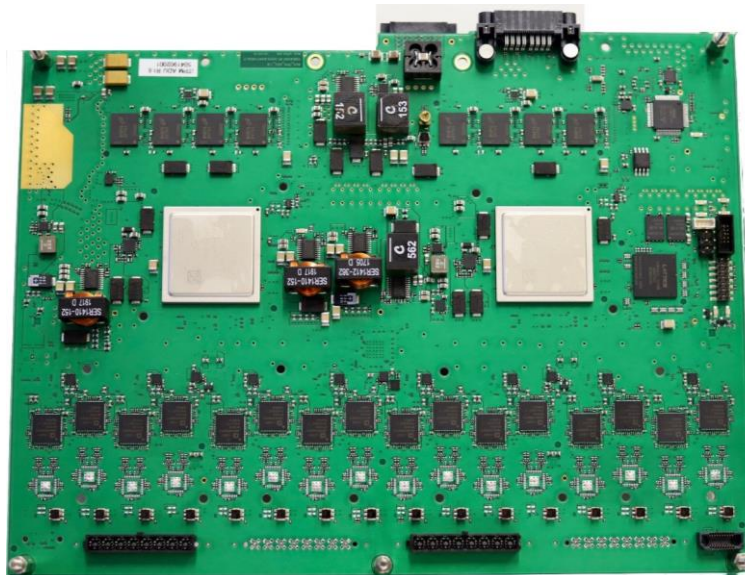
(Alderighi, D'Angelo, Schettini)

Low Frequency Aperture Array (LFAA) Telescope

LFAA (*Low Frequency Aperture Array*) è un radiotelescopio *all electronics* basato su antenne senza parti mobili (puntamento della tramite riconfigurazione del sistema di acquisizione) ed elevate capacità di elaborazione di segnali

Sistema di 131.000 antenne in bassa frequenza (50 – 650 MHz) nel deserto Australiano

I segnali analogici provenienti dalle antenne vengono acquisiti, convertiti in segnali digitali ed elaborati tramite una scheda *Tile Processing Module* (iTPM)



- ✓ 2 dispositivi Xilinx XCKU9P Kintex Ultrascale+
- ✓ 16 convertitori A/D dual-channel AD9695 Analog Devices
- ✓ 8 Gbyte DDR4 su scheda
- ✓ 2 interfacce 40Gbit Ethernet (QSFP+) per ogni FPGA

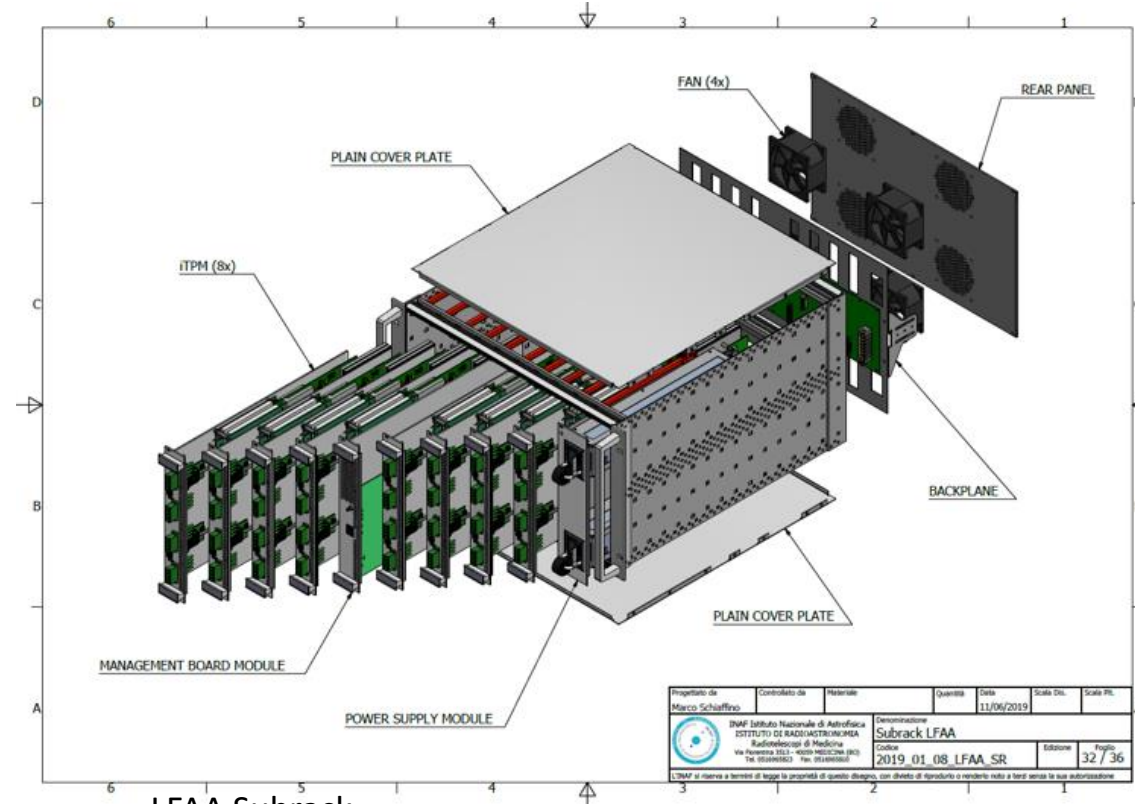


- ✓ acquisizione segnali RF da 16 antenne in doppia polarizzazione
- ✓ elevate qualità' del segnale digitalizzato
- ✓ basso cross-talk tra i canali
- ✓ elevato S/N

LFAA  8000 schede

# SKA (Square Kilometer Array)

## Low Frequency Aperture Array (LFAA) Telescope



LFAA Subrack

8 iTPM + 1 Management Board



16x8 = 128 antenne