

# *Let's look at muons !!!*

## *Come costruire un rivelatore...*

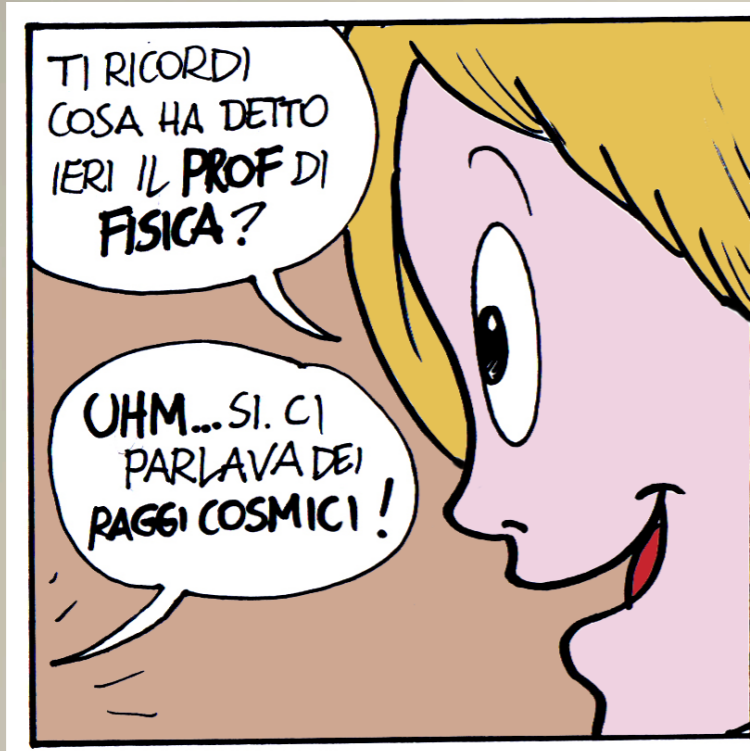
### *1a parte*



*LNGS, 8-12 Aprile 2024*

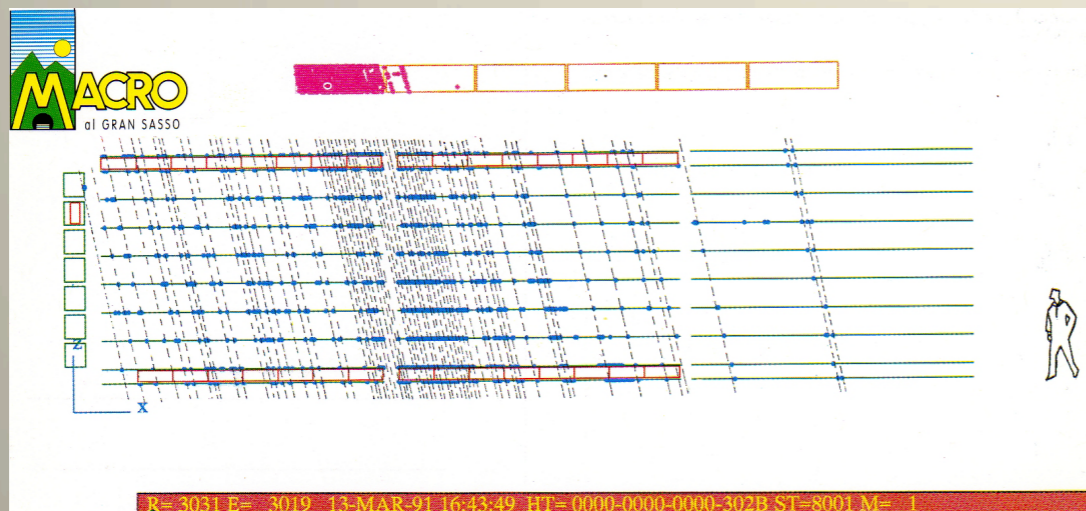
*Attanasio Candela  
Laboratori Nazionali del Gran Sasso  
candela@lngs.infn.it*

# UN MONDO INVISIBILE





# NON TUTTO CIO' CHE ESISTE SI VEDE



Gruppo di oltre 40 muoni osservati simultaneamente dall'esperimento MACRO in un volume di circa 1300 m<sup>3</sup> di rivelatore. In media nei laboratori sotterranei abbiamo un flusso di  $\mu \sim 1 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$

## I raggi comici:

- scoperti circa 110 anni fa;
- dopo oltre 1 secolo dalla loro scoperta ancora esattamente non sappiamo tutto sui raggi cosmici;
- nel 1979, circa 45 anni fa, qualcuno si chiedeva se esistesse un dispositivo portatile in grado "raccoliere" queste particelle!

Sydney, Australia.  
October 29th, 1979.



Sir/Gentlemen,

Recently, a lot has been reported in the media about cosmic rays' particles. Being very interested in this fascinating subject, I'd appreciate it very much if you were kind enough to answer the following questions:

1. Is it possible to collect effectively and use practically cosmic rays' particles in the form as they come from the space and galaxies and, if the answer is "yes", for what purposes?
2. Is there in existence any portable equipment capable of collecting these cosmic rays' particles in the form as they come from the space and galaxies?

If possible, I'd also appreciate very much if you could refer me to most recent (and understandable to a layman) information on cosmic rays in general. Thank you.

Sincerely yours,

I. GRAY  
P.O. Box 213  
DARLINGHURST, 2010  
N.S.W. Australia  
Tel: SYDNEY (02) 38 6774



# TELESCOPI IN COINCIDENZA





# IL MUONE IN PILLOLE



- ❑ Il “*muone*” è una particella molto penetrante. Viaggia quasi alla velocità della luce (300.000 km/s). Ha carica elettrica positiva o negativa. E’ una delle particelle descritte dal Modello Standard.
- ❑ Il “*muone*” ha una massa pari a circa 200 volte quella dell’elettrone. Se un elettrone pesasse quanto un gatto...il muone peserebbe quanto una mucca!!!
- ❑ Il “*muone*” è particella instabile che decade mediamente in 2,2  $\mu$ s. Quando decade si trasforma in un “terzetto” costituito da un elettrone, un neutrino muonico ed un antineutrino elettronico.



# I RIVELATORI DI PARTICELLE

Il più antico rivelatore di particelle è

*l'occhio umano*

Un rivelatore è un oggetto dove parte dell'energia ceduta da una particella viene convertita in qualche altra forma più accessibile alle percezioni umane.

✓ Noi vediamo un oggetto perché viene colpito da fotoni (particelle elementari di cui è costituita la luce) che poi vengono riflessi e rivelati dal nostro occhio. Il potere risolutivo dell'occhio umano è circa 0,1 mm.

✓ Come tutti i sensori biologici, l'occhio non risponde in modo proporzionale allo stimolo, ma al logaritmo dello stimolo, in questo modo risulta molto efficiente nel rilevare la luce emessa da sorgenti con luminosità molto diverse (9-10 ordini di grandezza!!!)

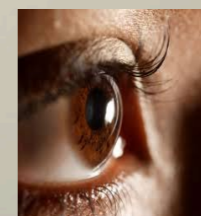
✓ In linea di principio però l'occhio la luce la misura piuttosto male. L'efficienza quantica dell'occhio è almeno un ordine di grandezza inferiore a quella dei moderni rivelatori elettronici (*ma in compenso ha un intervallo di funzionamento decisamente più ampio!*)



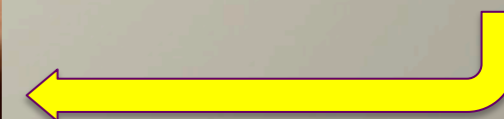
*sorgente*



*oggetto*

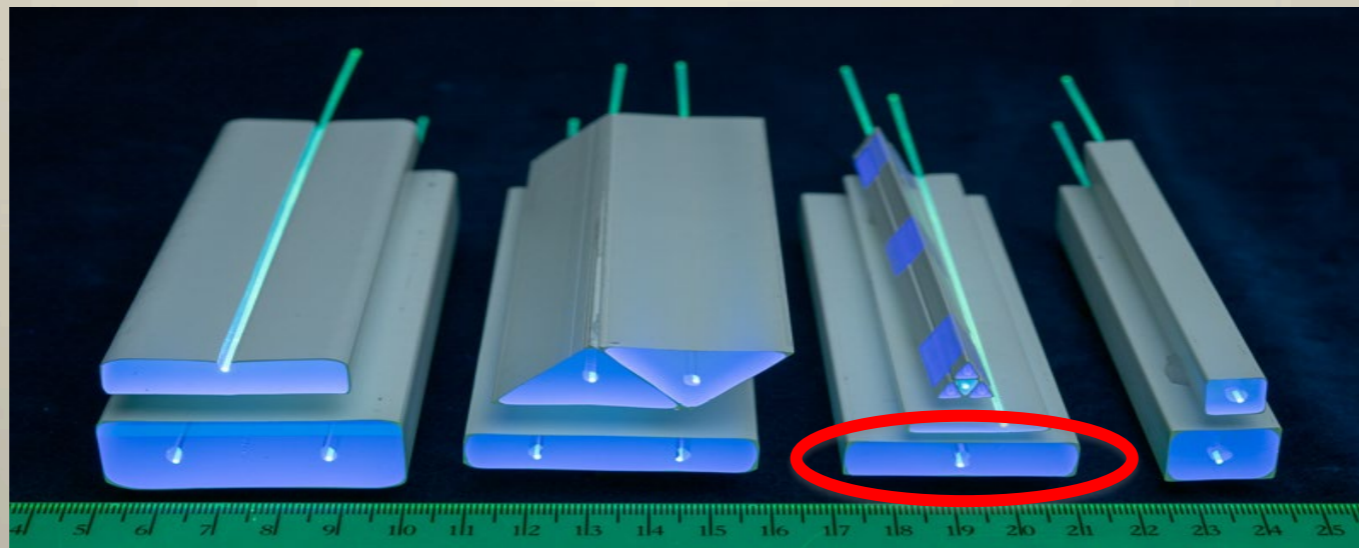


*occhio*



# QUALI RIVELATORI UTILIZZIAMO PER OSSERVARE I RAGGI COSMICI?

- Elettroscopio
- Camera a nebbia
- Tubi a drift
- RPC
- Emulsioni fotografiche
- Scintillatori plastici (materiali che quando sono attraversati da particelle cariche ionizzanti convertono l'energia rilasciata in luce)*





# UN TELESCOPIO PER RAGGI COSMICI



La parola **“telescopio”** porta a pensare al classico strumento ottico che raccoglie la luce (o *altre radiazioni elettromagnetiche*) proveniente da “oggetti” lontani e le concentra in un punto riproducendone un’immagine ingrandita.

...il **“nostro telescopio”** è uno strumento realizzato con i classici “rivelatori” che si usano negli esperimenti di fisica delle particelle. Con esso, anziché osservare la radiazione visibile, osserviamo altri messaggeri dell’universo:

## **LE PARTICELLE SUBNUCLEARI**

Quelle più penetranti sono in grado di arrivare al suolo ed essere osservate da questi sofisticati strumenti.

Era una notte buia e tempestosa sul Gran Sasso. All’improvviso un neutrino muonico divenne tau...



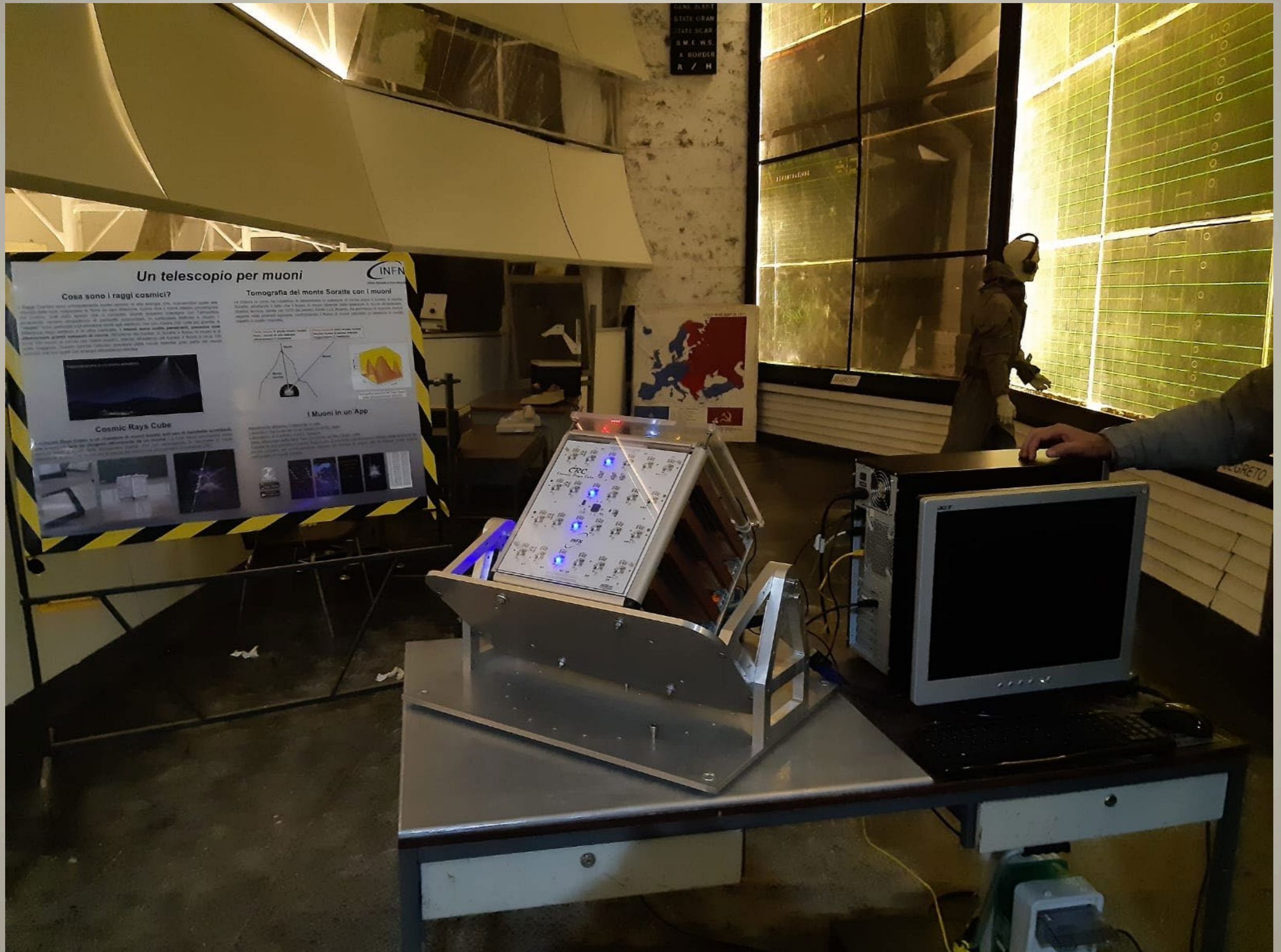
# PERCHE' UN TELESCOPIO PER RAGGI COSMICI PORTATILE?

Nasce dall'idea di:

- realizzare qualcosa che avesse una valenza didattica;
- fosse esteticamente attraente per poter essere utilizzato in mostre o eventi di natura scientifica;
- fosse «facilmente» realizzabile da chiunque;
- consentisse di fare semplici esercizi di fisica; scaricate l'App «*Cosmic Rays Live*»;
- fosse portatile e funzionante anche a batteria;
- fosse in grado di fare della fisica (leggi «*muografia*»).



# MISURE AL MONTE SORATTE



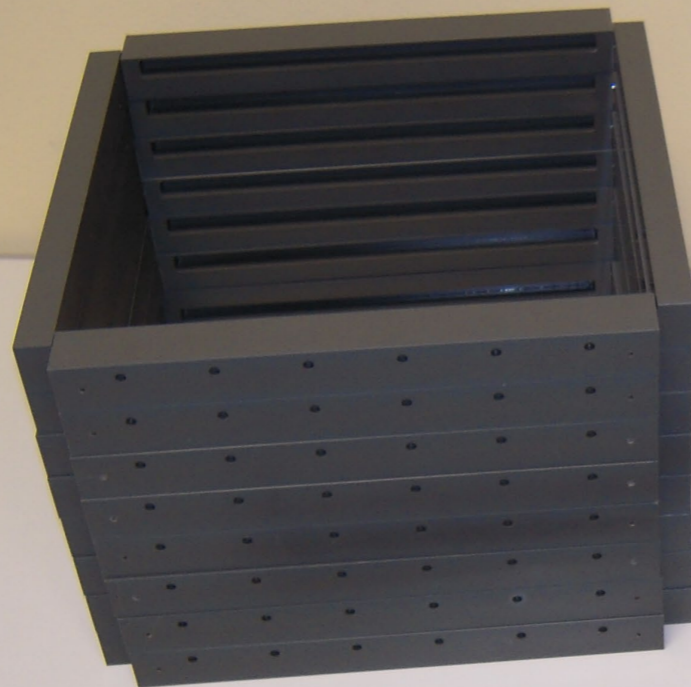
## **GLI INGREDIENTI DEL COSMIC RAYS CUBE (CRC)**

- ✓ Scintillatore plastico estruso
- ✓ Fibra Wave-Lenght Shifter (WLS)
- ✓ Silicon PhotoMultiplier (SiPM)
- ✓ Struttura meccanica
- ✓ Frame in PVC di sostegno degli scintillatori
- ✓ Elettronica di read-out e di acquisizione



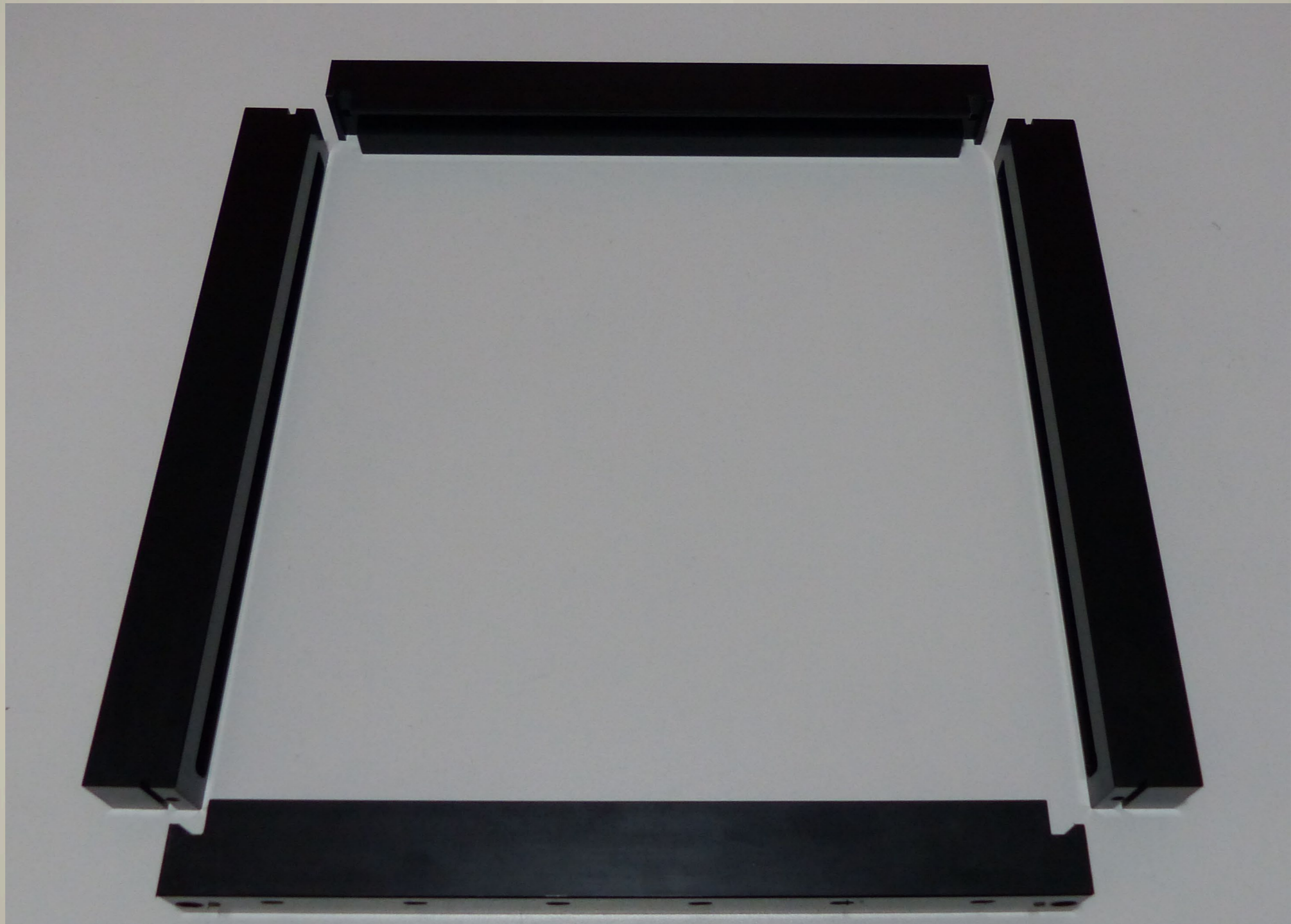
# REALIZZAZIONE PRATICA DEL TELESCOPIO

Profilati di alluminio  
di tipo commerciale





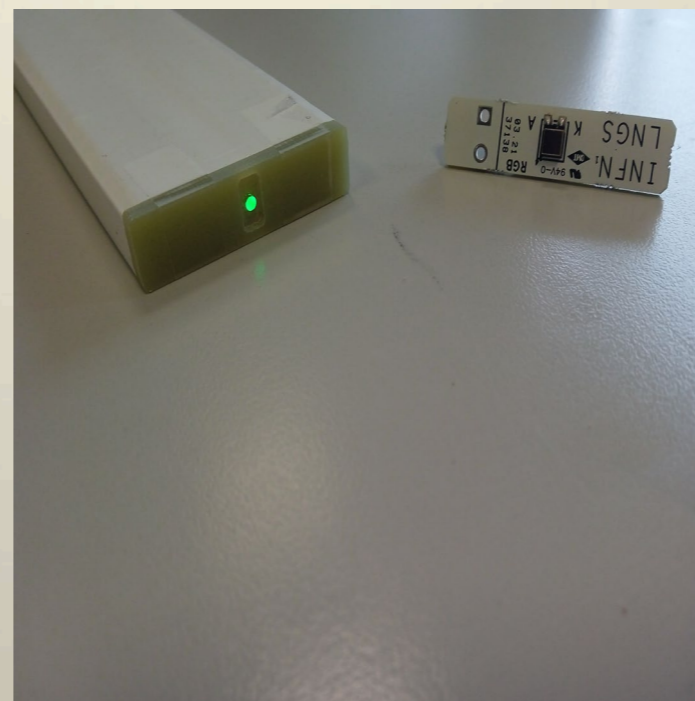
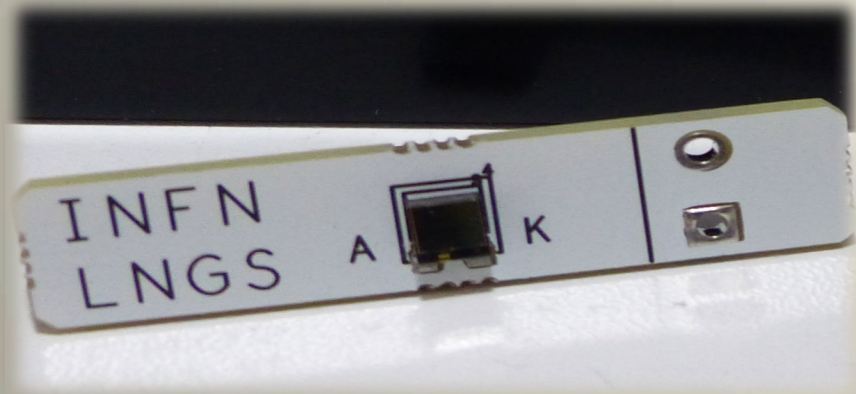
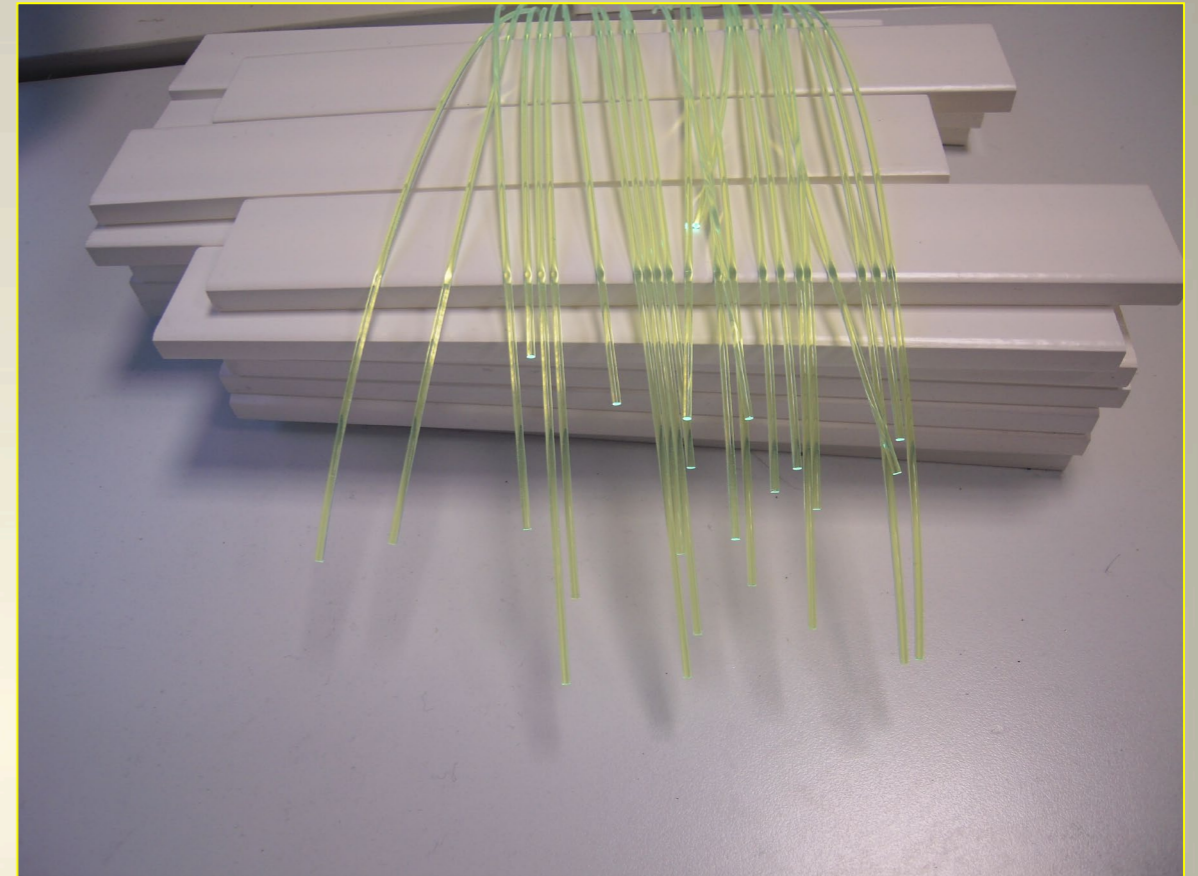
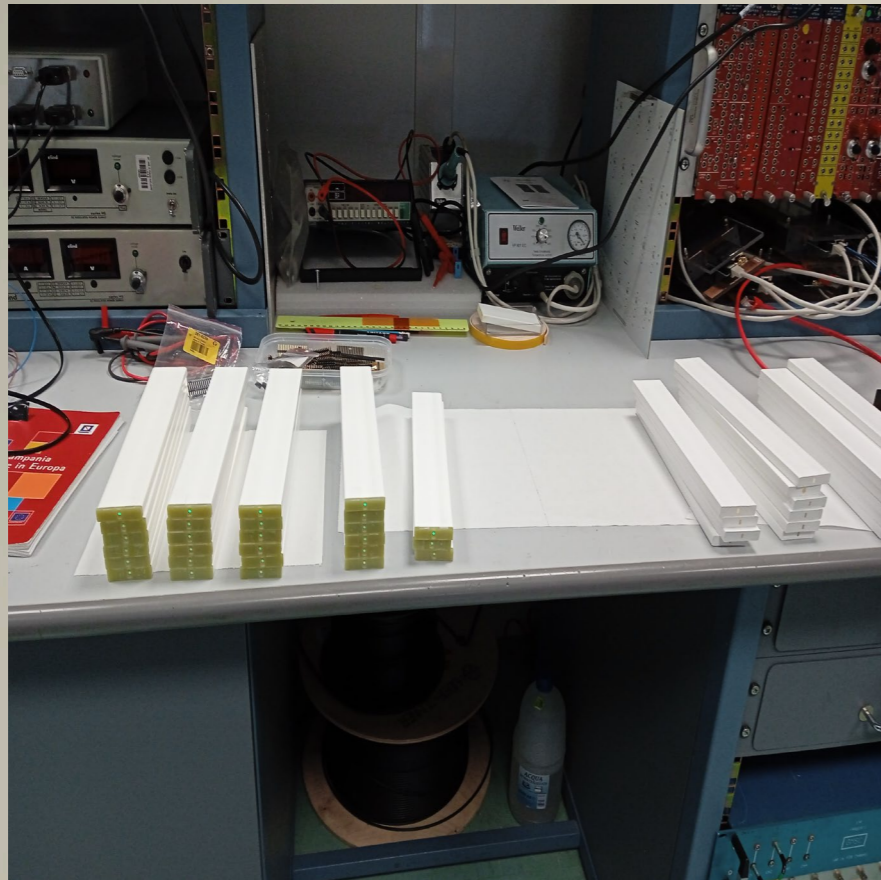
# REALIZZAZIONE PRATICA DEL TELESCOPIO



**Supporti dello scintillatore:  
4 pezzi di PVC  
(lavorati con fresatrice a controllo numerico)**

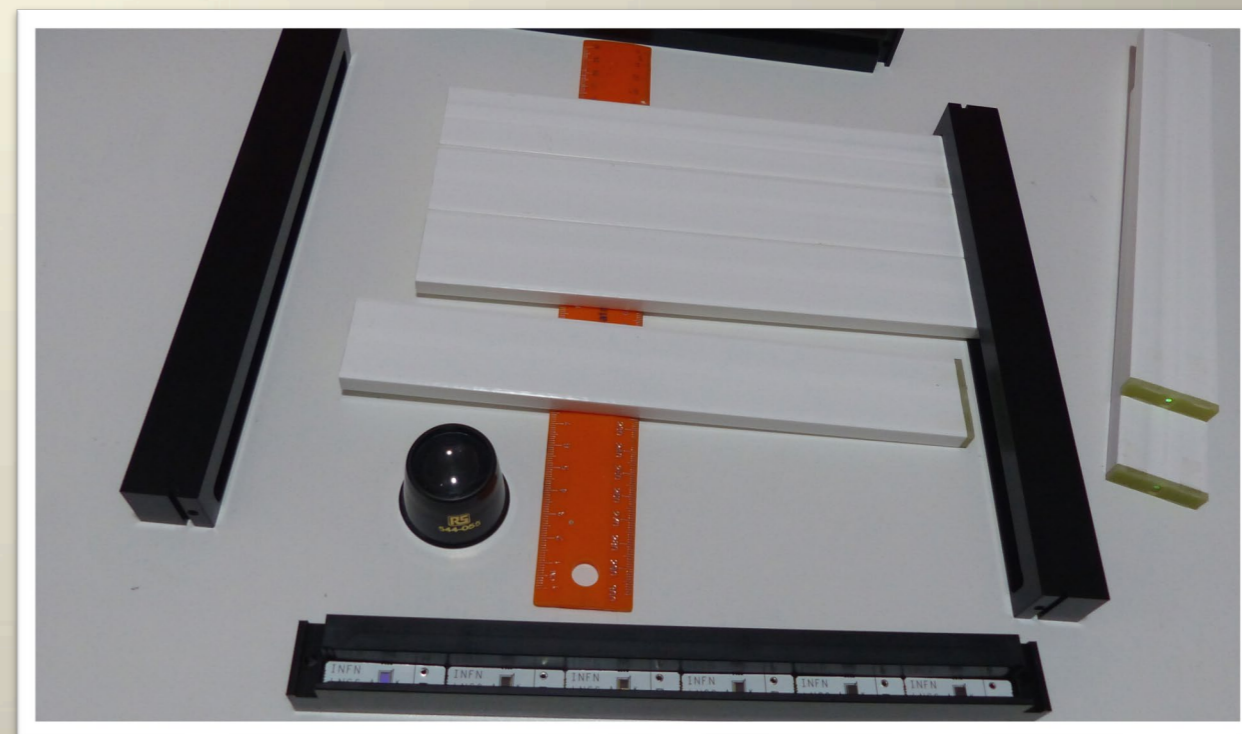
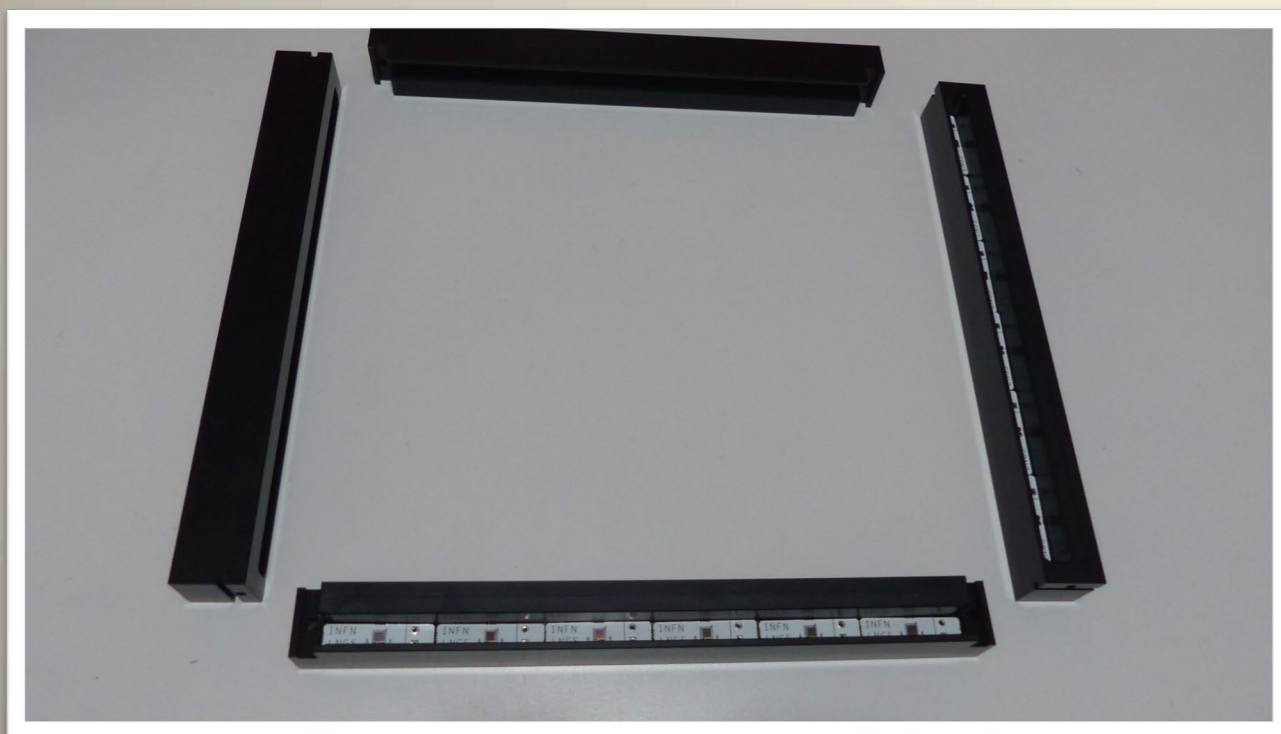
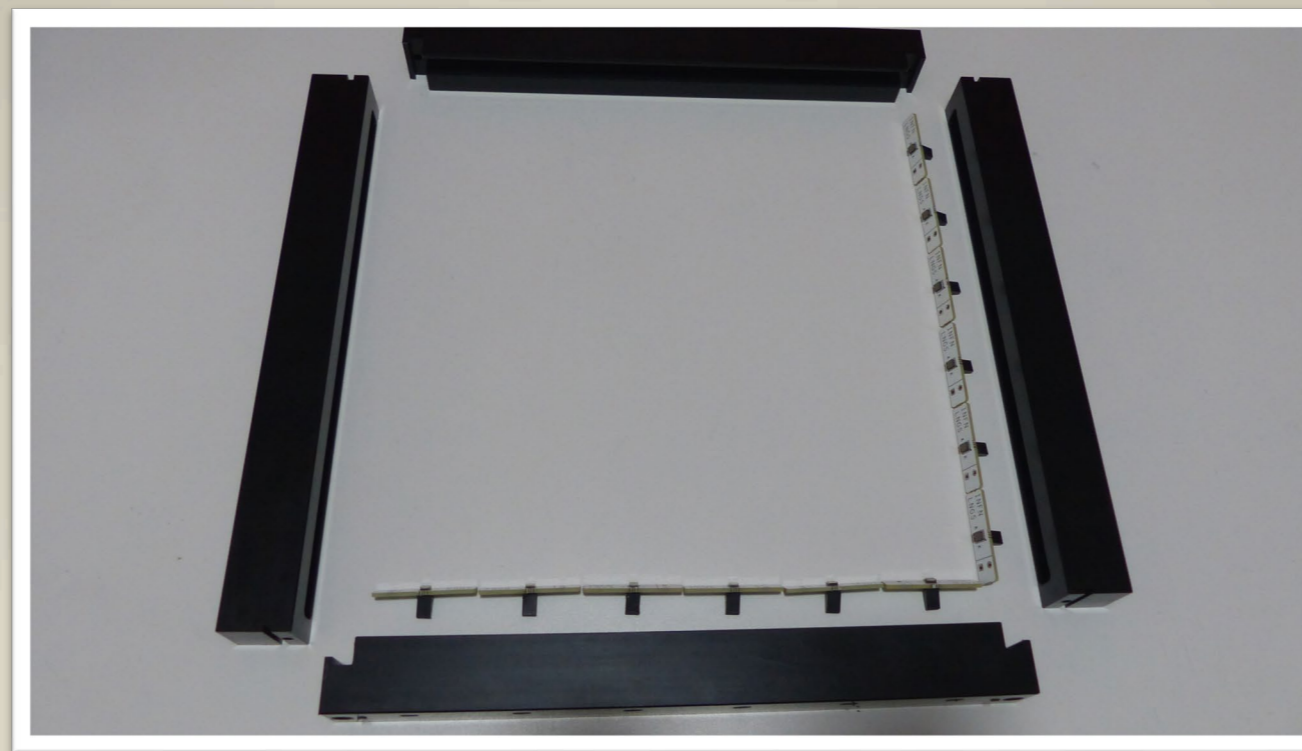


# REALIZZAZIONE PRATICA DEL TELESCOPIO



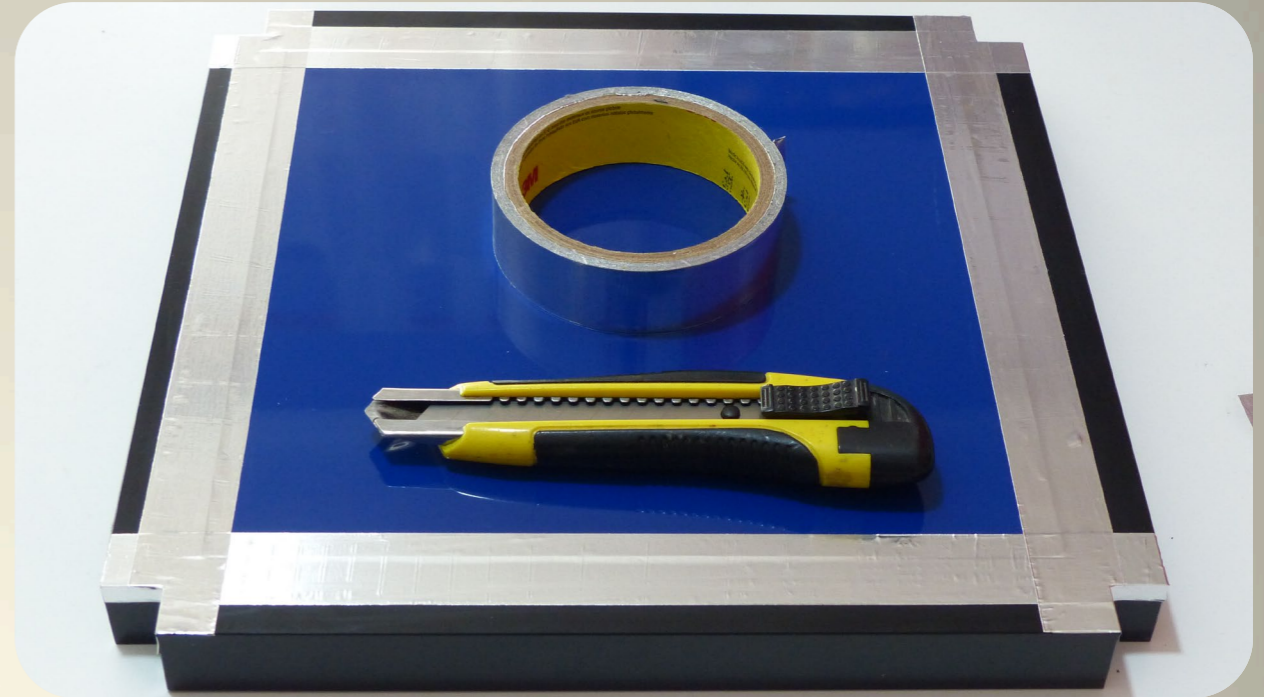
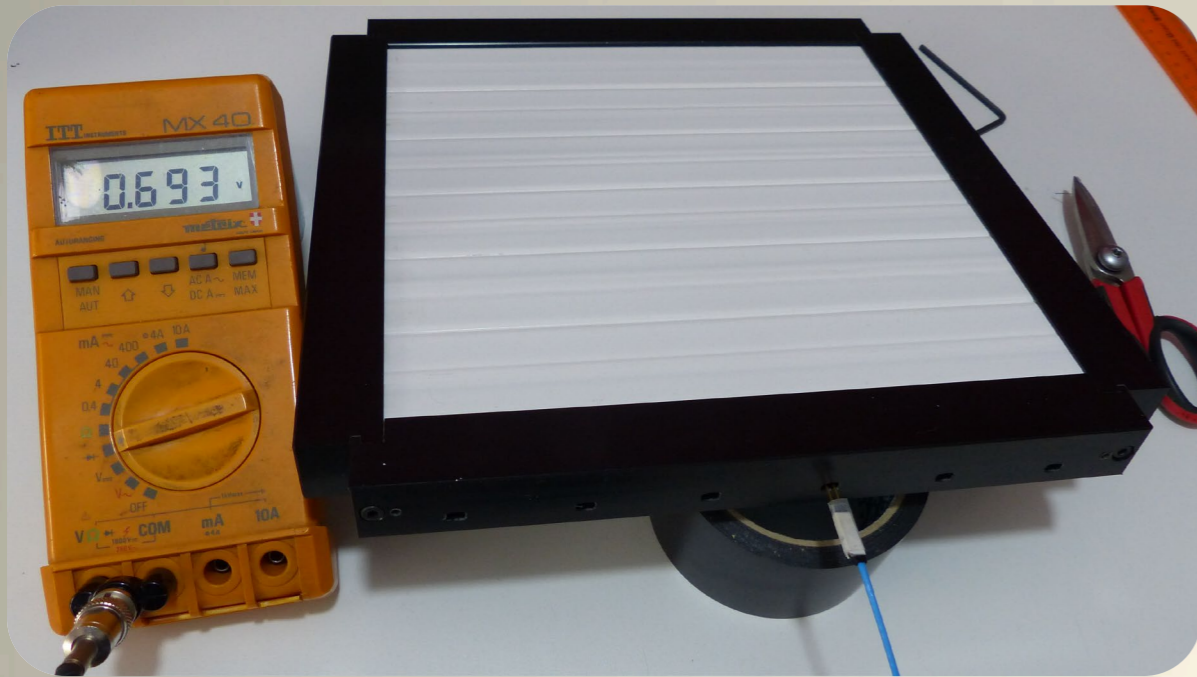


# REALIZZAZIONE PRATICA DEL TELESCOPIO



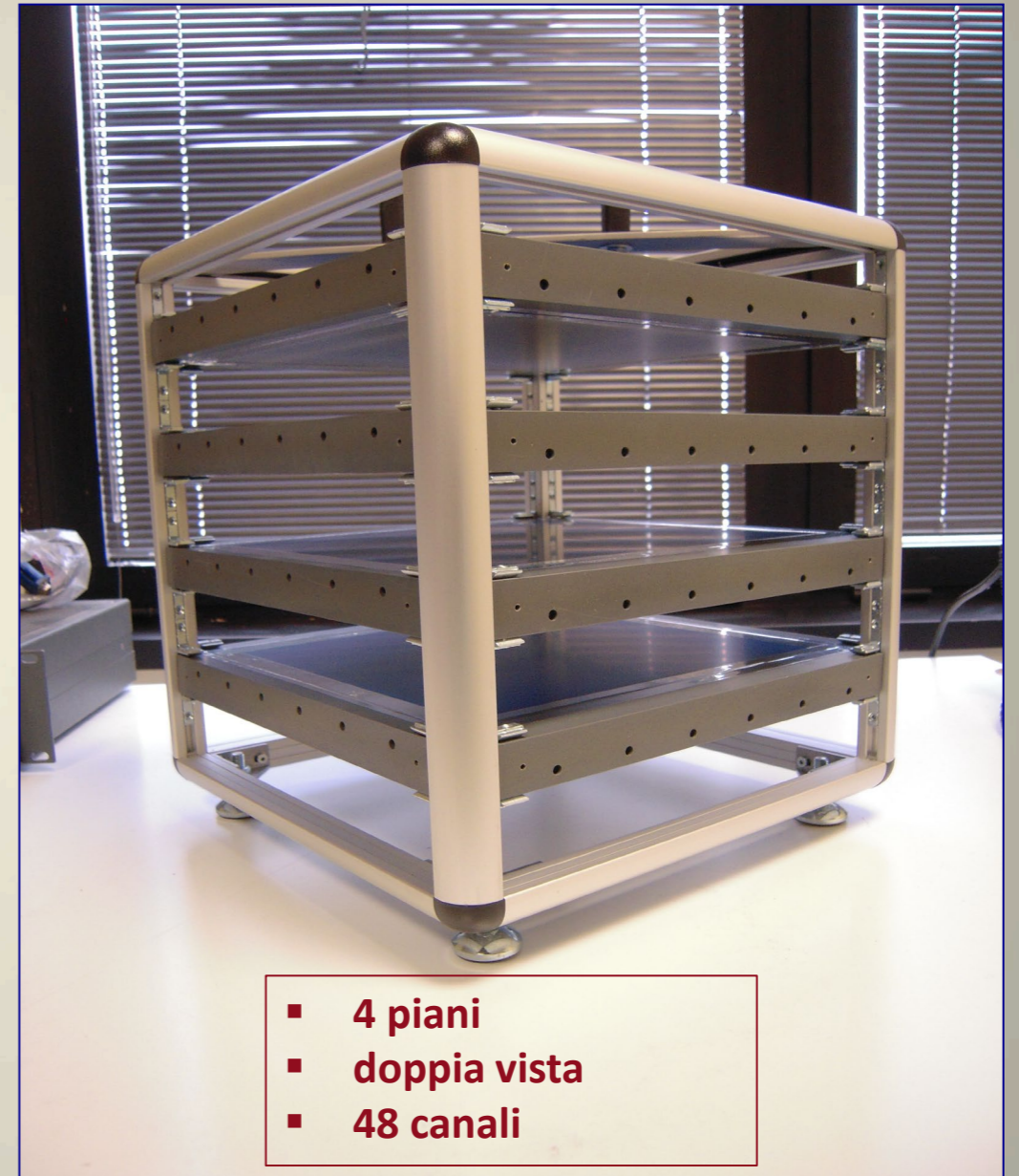
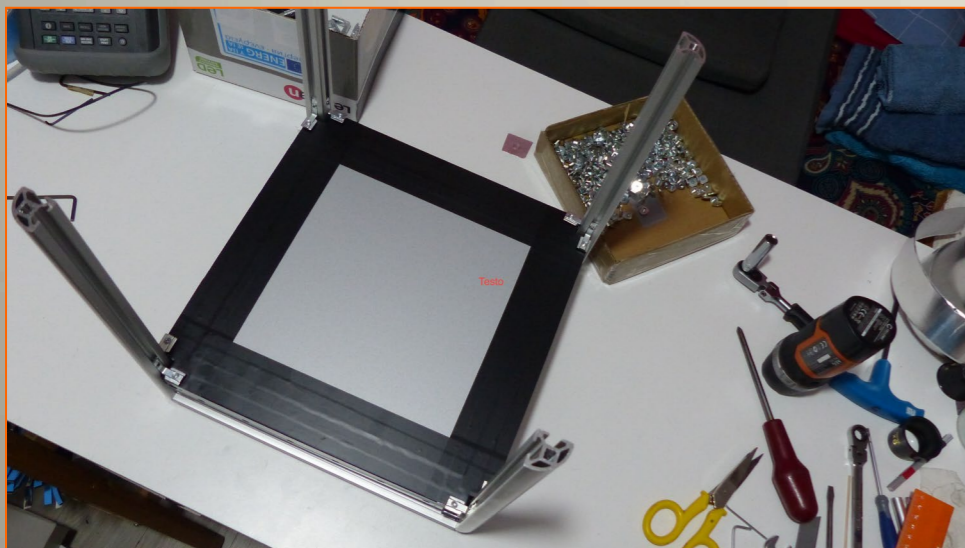
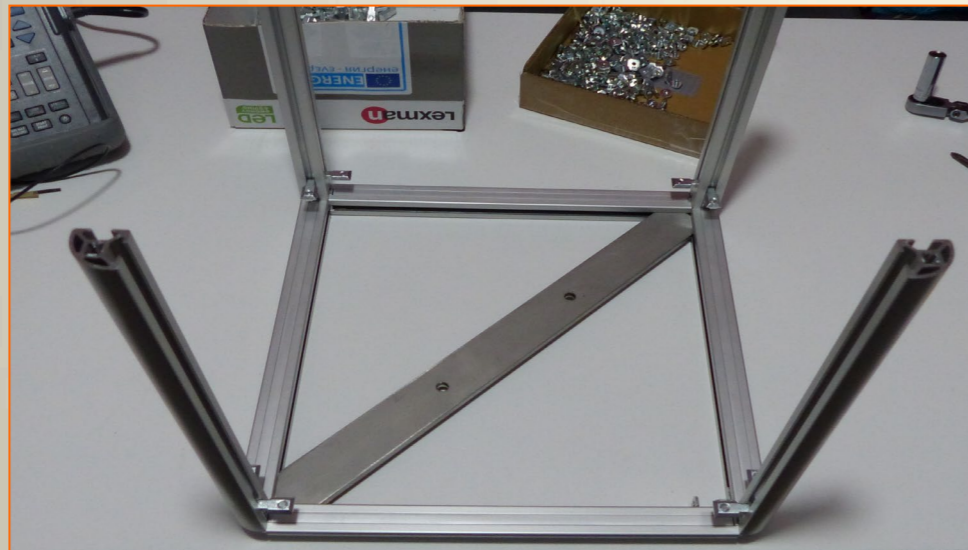
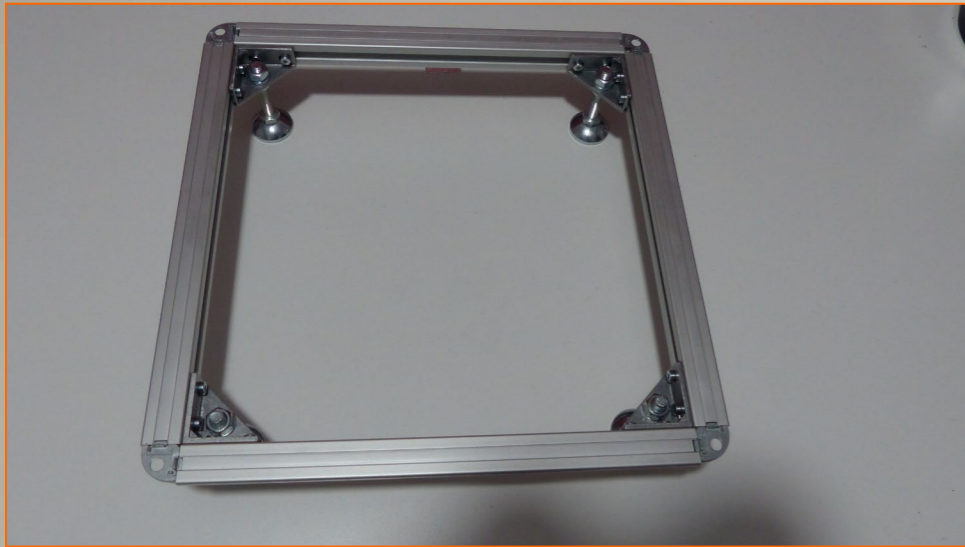


# REALIZZAZIONE PRATICA DEL TELESCOPIO





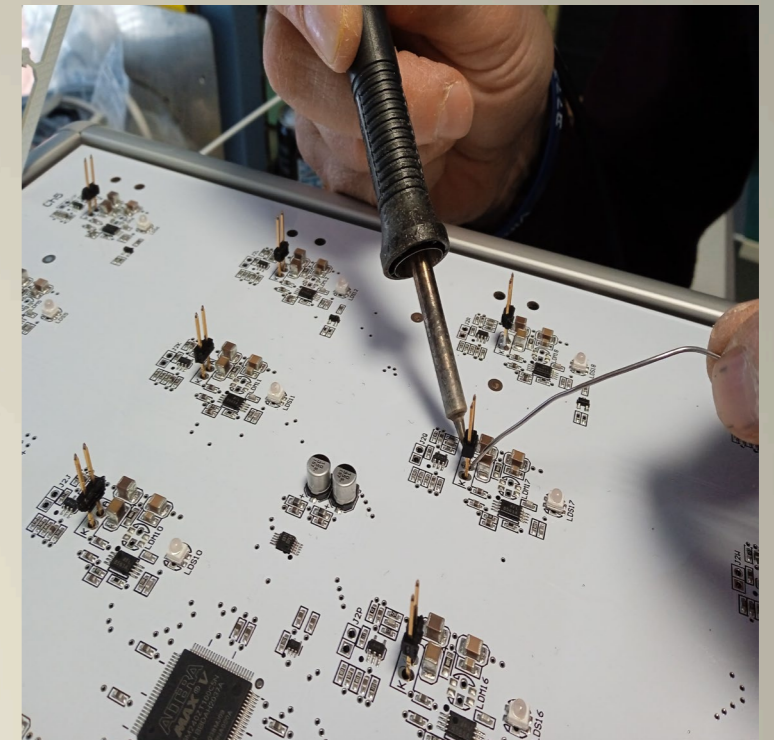
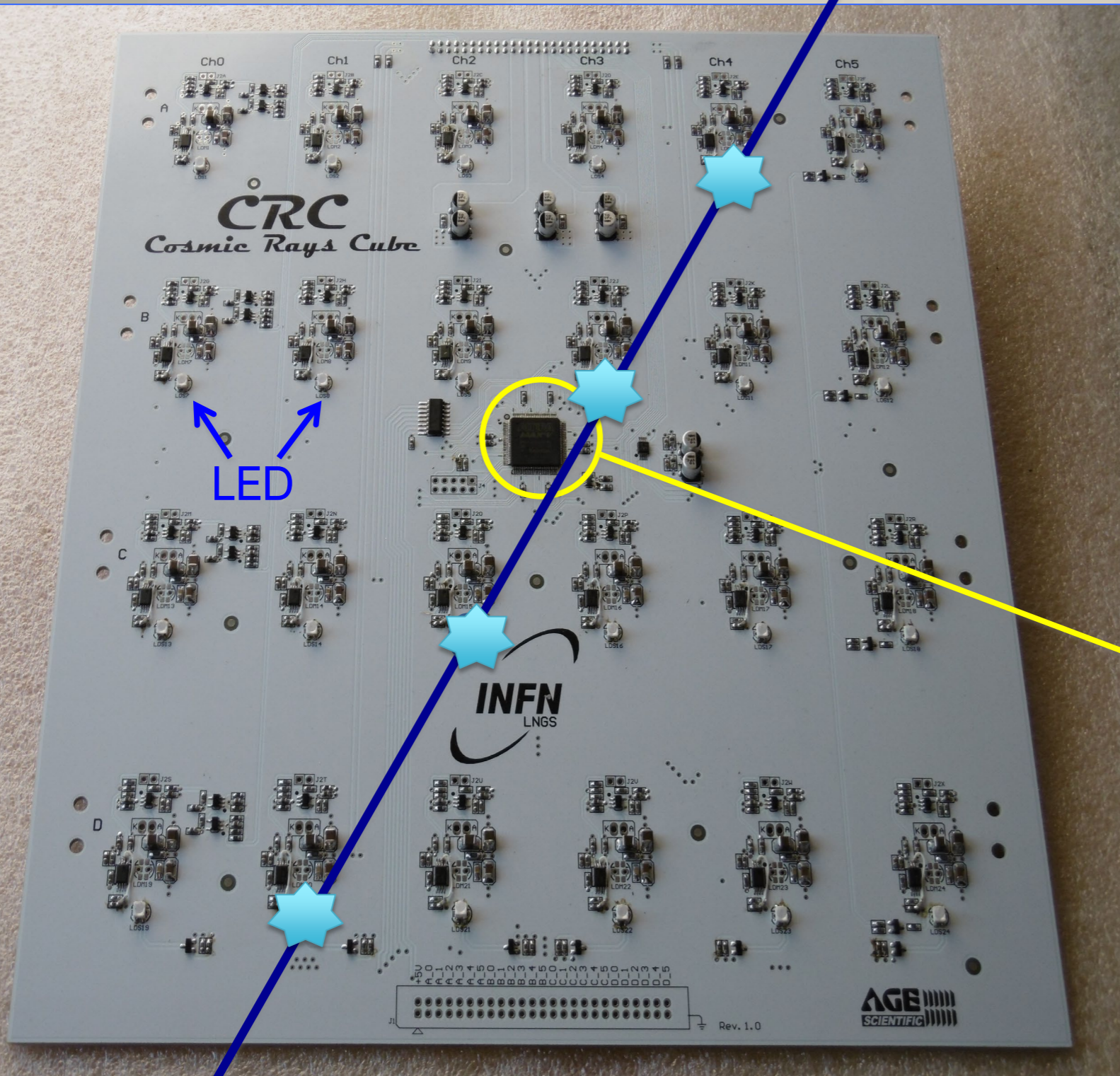
# REALIZZAZIONE PRATICA DEL TELESCOPIO



**Tutti i piani devono essere a tenuta di luce**



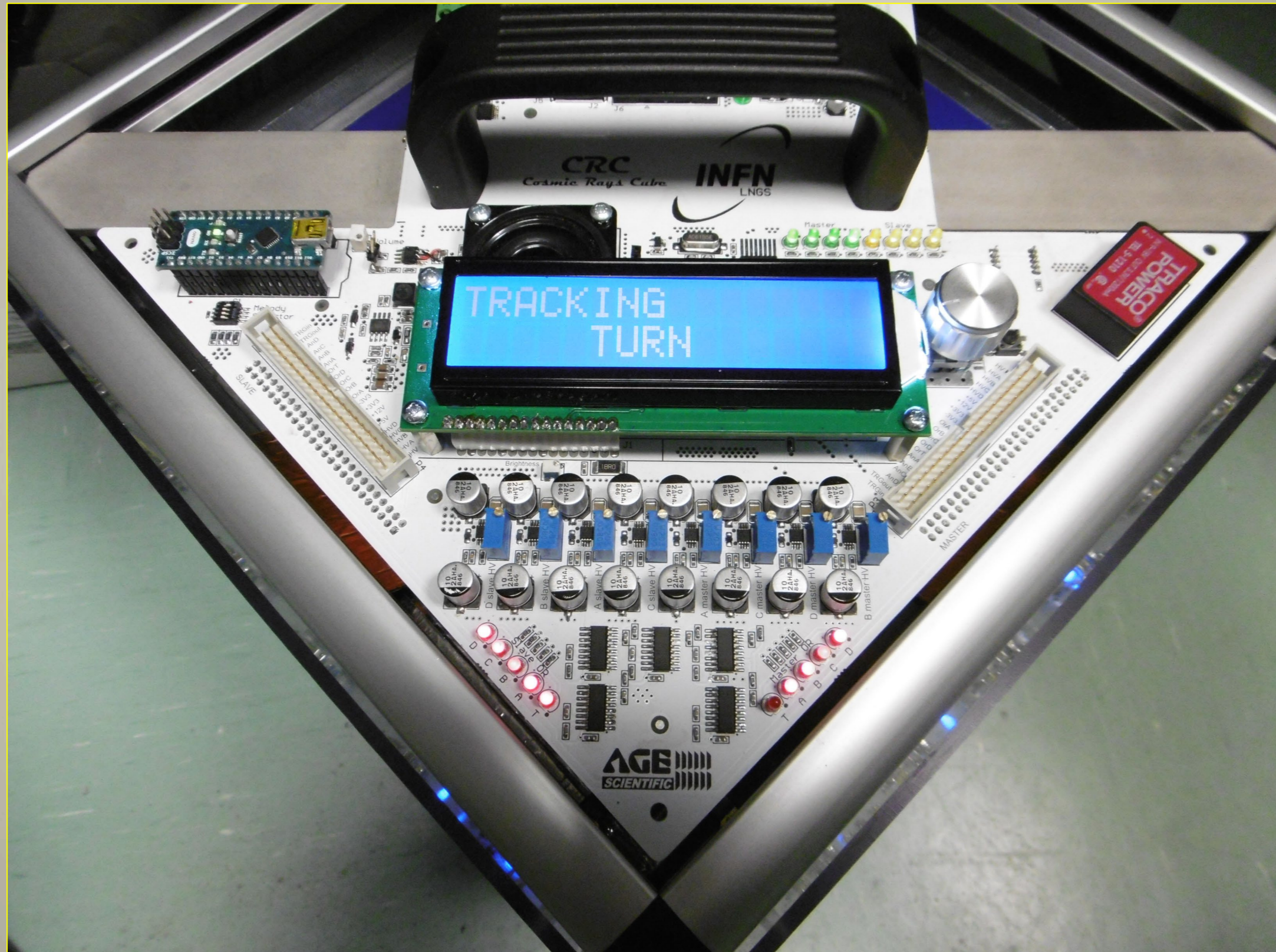
# L'ELETTRONICA DI FRONTEND



**CPLD (Complex Programmable Logic Device)**  
Altera MAX V: 192 macrocelle, 79 I/O, 240 blocchi logici, 100 Pin, ritardo di propagazione circa 8 ns



# SCHEDA CONTROLLER PER IL SETTAGGIO DEI PARAMETRI DEL CRC E PER MISURE DI FLUSSO







**PERO'  
CHE  
FISICA!**

**E ADESSO TOCCA A  
VOI COSTRUIRE UN  
NUOVO  
TELESCOPIO**



**GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE**