



## ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA Repository Istituzionale

Caratterizzazione degli accelerometri di Thales Alenia Space per la missione JUICE

*Original*

Caratterizzazione degli accelerometri di Thales Alenia Space per la missione JUICE / Astrua, M.; Pisani, M.; Santiano, M.; Audrito, E.. - (2022).

*Availability:*

This version is available at: 11696/75219 since: 2023-01-13T10:47:59Z

*Publisher:*

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

*M. Astrua, M. Pisani, M. Santiano, E. Audrito*

**Caratterizzazione degli accelerometri di Thales Alenia Space  
per la missione JUICE**

R.T. 02/2022

Giugno 2022

RAPPORTO TECNICO I.N.R.I.M.

## Abstract in Italiano

Il presente rapporto tecnico descrive la stazione di misura realizzata in INRIM per la caratterizzazione degli accelerometri di volo di Thales Alenia Space per la missione ESA JUICE.

## Abstract in Inglese

This technical report describes the measurement station built at INRIM for the characterisation of Thales Alenia Space flight accelerometers for ESA JUICE mission.

## Indice

1.	<a href="#">Introduzione</a>	Pag. 2
2.	<a href="#">Set-up sperimentale e suoi componenti principali</a>	Pag. 2
3.	<a href="#">Posizioni set-up per caratterizzazione assi</a>	Pag. 5
4.	<a href="#">L'autocollimatore</a>	Pag. 9
5.	<a href="#">Termostatazione termica della stazione</a>	Pag. 10
6.	<a href="#">Allineamento e movimentazione</a>	Pag. 12
7.	<a href="#">Controllo remoto</a>	Pag. 13

## 1. Introduzione

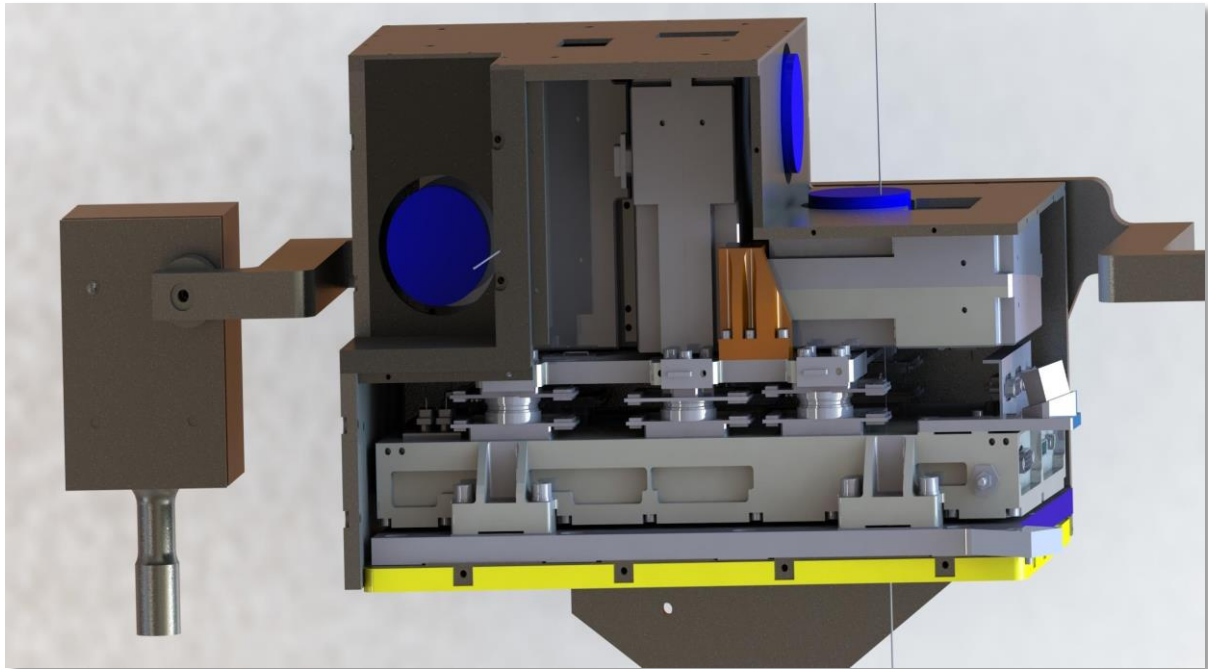
Il presente rapporto tecnico descrive la stazione di misura realizzata in INRIM per la caratterizzazione degli accelerometri di volo ADA PFM di Thales Alenia Space per la missione ESA JUICE.

La misura consiste nel confronto tra l'accelerazione misurata dallo strumento e l'accelerazione ottenuta inclinando la base di ADA di un angolo  $\alpha$ , in modo che la massa subisca un'accelerazione pari alla proiezione dell'accelerazione gravitazionale  $g$  sull'asse di misura:  $a = g \sin \alpha$ .

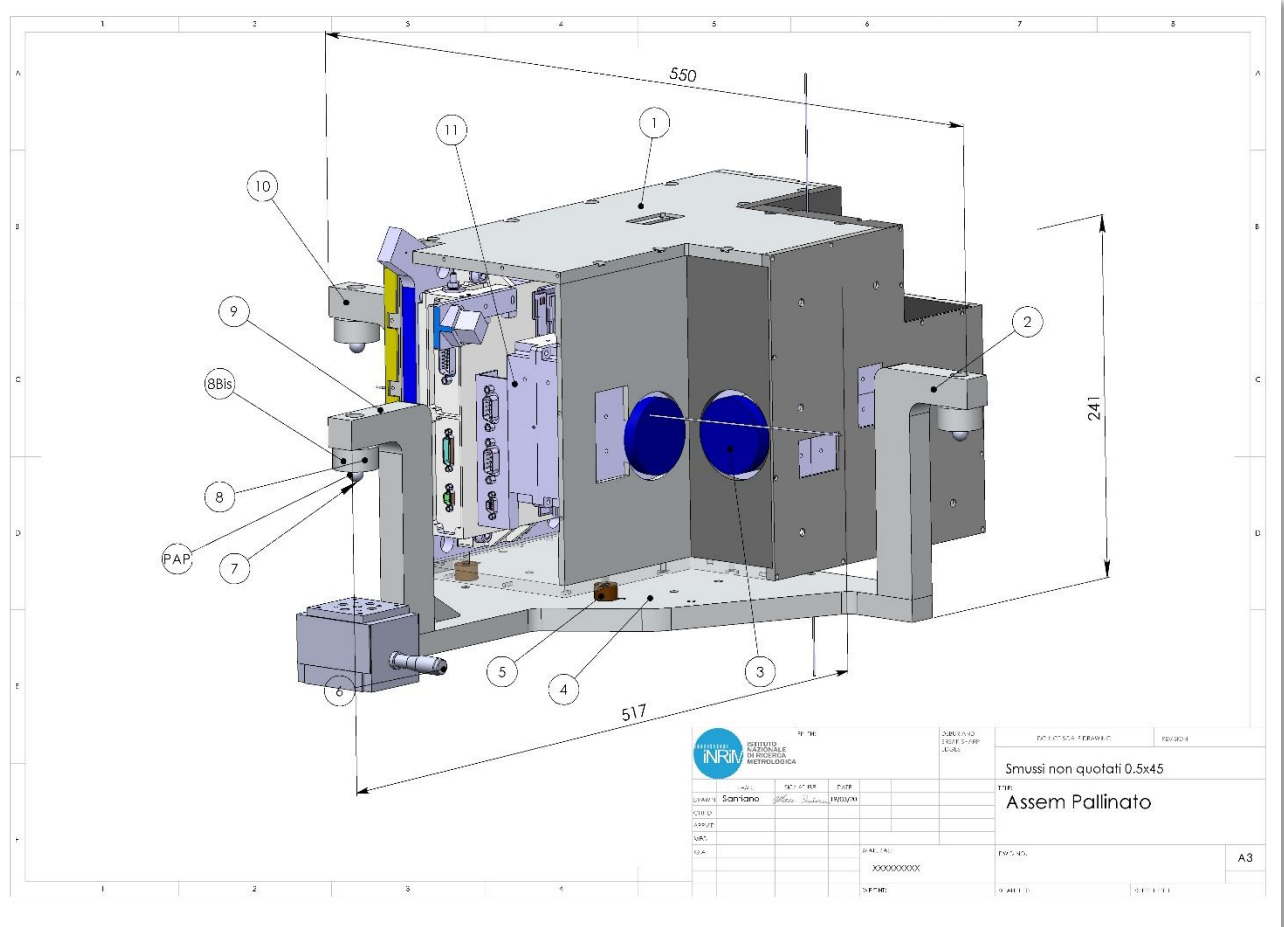
## 2. Set-up sperimentale e suoi componenti principali

Per la calibrazione, l'unità ADA è stata collocata all'interno di una scatola di alluminio termostatata appositamente progettata, come riportato in [figura 1](#).

In [figura 2](#) è riportato il complessivo del set-up con le principali dimensioni d'ingombro e la posizione dei vari componenti la cui lista è riportata in [Tabella 1](#).



*Fig.1 modello CAD dell'unità ADA all'interno del box*

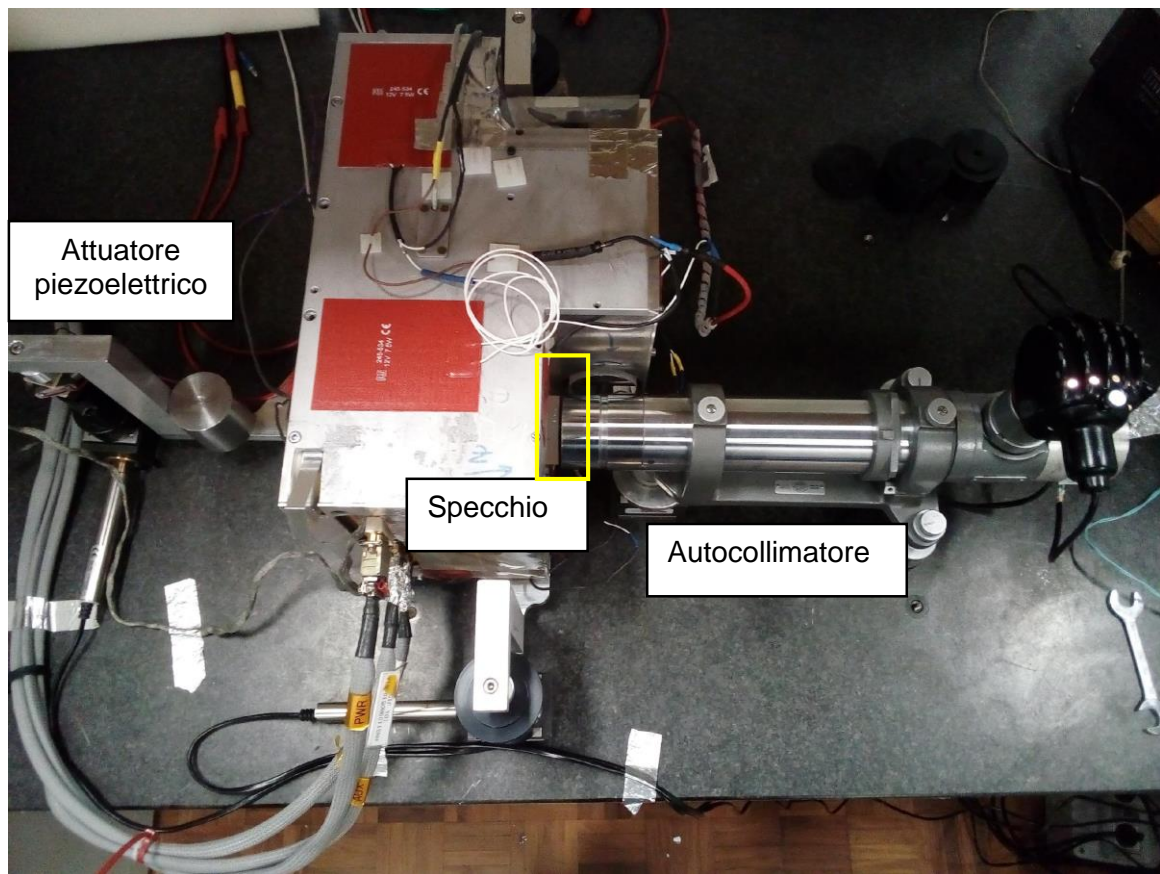


*Fig.2 complessivo unità ADA*

Ref.	Cod.	Descrizione	Materiale	Dimensioni	n°
1		Scatola ISA	EN AW 6061	338 x 224 x 216 mm	1
2		Elle 1 (L1)	EN AW 6061	152 x 80 x 20 mm	1
3	PF20-03-P01	Specchio		Ø <sub>e</sub> 50 mm	3
4		Piano appoggio	EN AW 6061	450 x 339 x 15 mm	1
5		Distanziale	Vespe <sup>l</sup> ®	Ø <sub>e</sub> 15 x 10 mm	3
6	- MVN50 - TRA12CC - Servo Controller CONEX-CC	Newport Vertical Linear Stage MVN50 con vite micrometrica Newport TRA12CC			1
7		Sfera	100CrMn6	Ø 10 mm	3
8		Spessore	EN AW 6061	Ø <sub>e</sub> 30 x 14.8 mm	3
8 Bis		Spessore	EN AW 6061	Ø <sub>e</sub> 30 x 41 mm	3
9		Elle 2 (L2)	EN AW 6061	152 x 80 x 20 mm	1
10		Elle 3 (L3)	EN AW 6061	152 x 80 x 20 mm	1
11		Unità ADA			1

Tab.1 Lista dei componenti principali

La scatola è montata su un piano (n. 4 tab.1) che poggia su 3 punti cinematici (n.7 e 8), in questo caso tre punti sfera sul piano. A seconda dell'asse da porre sotto indagine, il sistema viene mosso da un attuatore piezoelettrico posto nel punto "PAP" in modo che l'inclinazione  $\alpha$  della base possa essere variata tramite un segnale elettrico e si possa calibrare un accelerometro alla volta. Sia il piano di appoggio che la scatola sono stati realizzati in modo tale da consentire di passare da un accelerometro sotto esame ad un altro semplicemente ruotando e fissando la scatola rispetto a punti di appoggio predefiniti. La scatola presenta un'apertura circolare in prossimità di ogni accelerometro. Questa è necessaria per fissare sulla parte esterna degli accelerometri uno specchio ad alta planarità (n. 3). L'utilizzo di un autocollimatore di alta precisione fa sì che mirando allo specchio fissato sull'accelerometro in prova, si ottiene la misura dell'angolo di rotazione dell'accelerometro. Le aperture con gli specchi inutilizzati vengono sigillate per ottimizzare la distribuzione della temperatura all'interno della scatola.



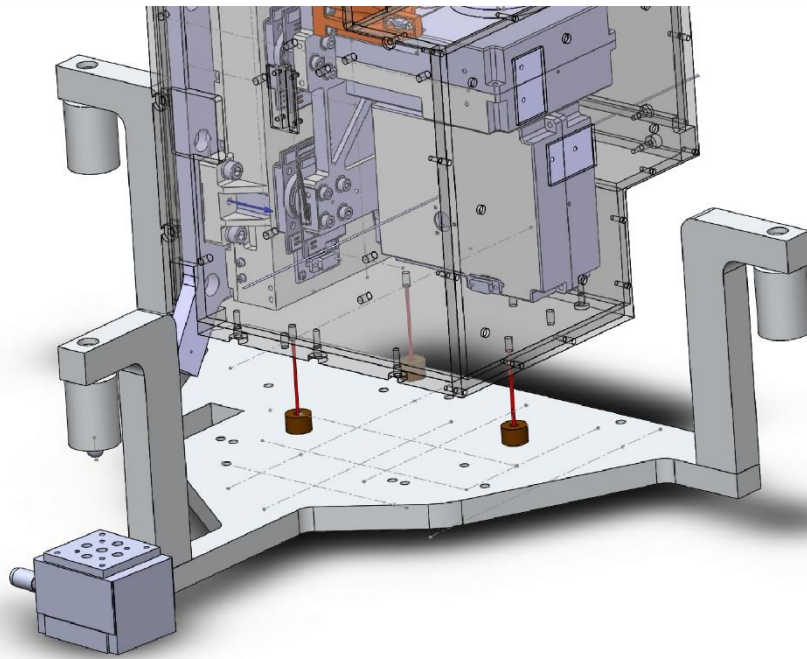
*Fig.3 visione dall'alto dell'intera stazione di misura*

### 3. Posizioni set-up per caratterizzazione assi

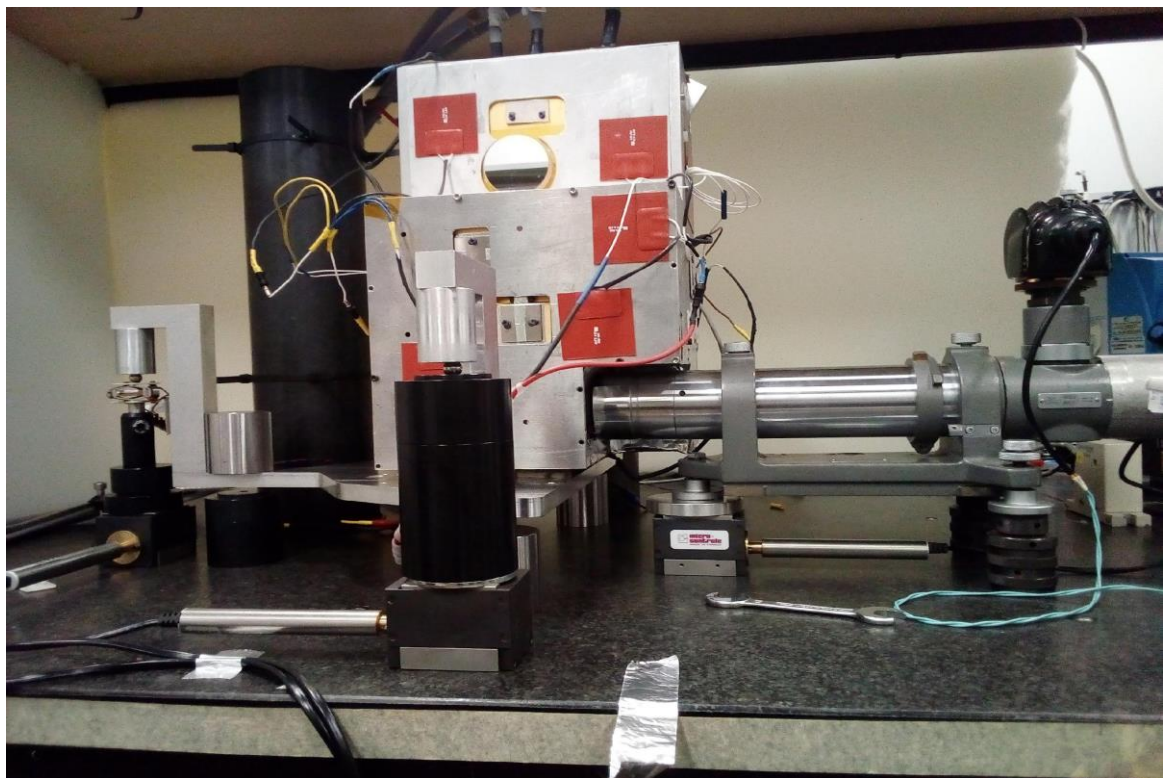
Ogni accelerometro definisce la rotazione del sistema intorno all'asse cartesiano a cui è stato associato. Il sistema meccanico utilizzato per la caratterizzazione degli accelerometri consente la verifica di un accelerometro alla volta posizionando l'unità ADA su punti predefiniti associati all'asse da porre sotto indagine.

La [figura 4](#) e la [figura 5](#) mostrano il posizionamento e il set-up utilizzato per la caratterizzazione dell'asse X; le figure [6](#) e [7](#) mostrano il posizionamento e il set-up utilizzato per la caratterizzazione dell'asse Y; infine le figure [8](#) e [9](#) mostrano il posizionamento e il set-up utilizzato per la caratterizzazione dell'asse Z.

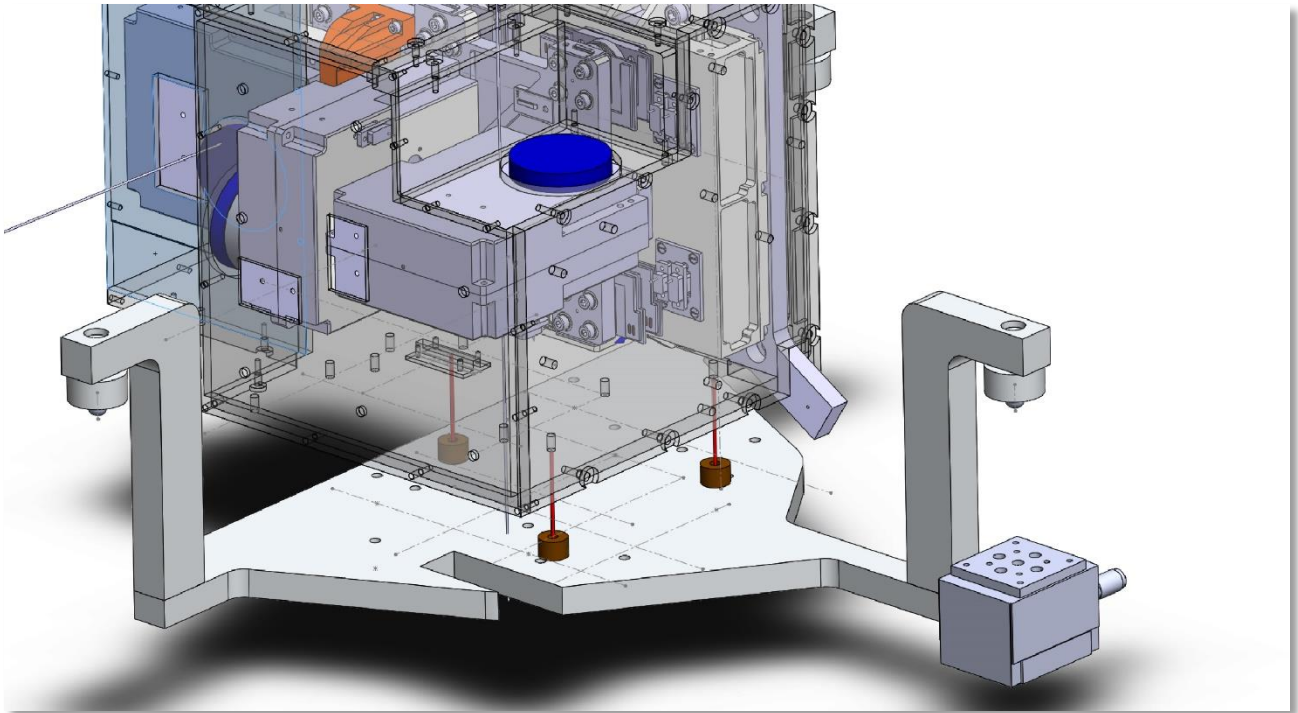
Dal momento che l'unità ADA è uno strumento estremamente sensibile, al fine di minimizzare il rumore e le vibrazioni meccaniche, l'attività di misura è stata eseguita nel "Laboratorio angoli e rotondità" dell'INRIM. L'unità ADA è stata posizionata su un piano di riscontro in granito nero che a sua volta poggia direttamente sulle fondamenta della galleria metrologica (ed. 8). In questo modo, si annullano le sollecitazioni meccaniche indotte dal calpestio del pavimento del laboratorio.



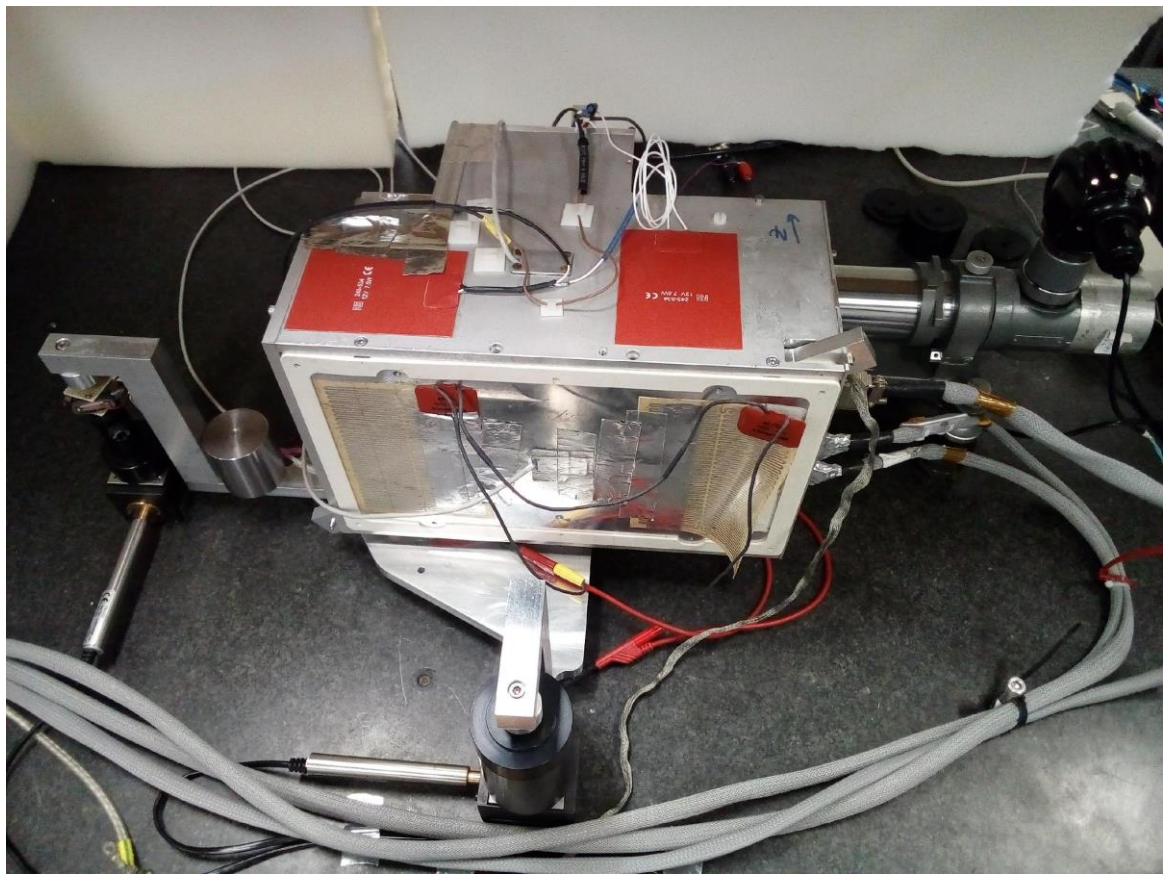
*Fig. 4 posizionamento per la caratterizzazione dell'accelerometro FMx (asse x)*



*Fig. 5 set-up per la caratterizzazione dell'accelerometro FMx (asse x)*

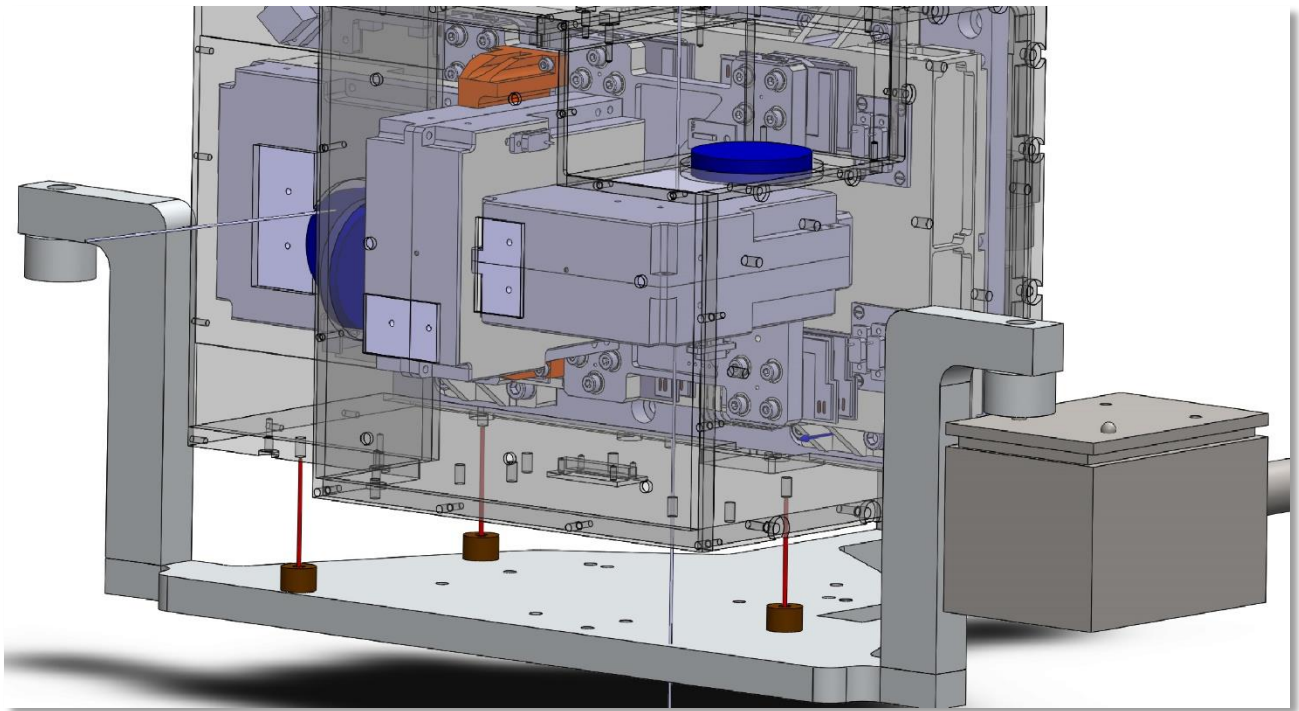


*Fig. 6 posizionamento per la caratterizzazione dell'accelerometro FMy (asse y)*

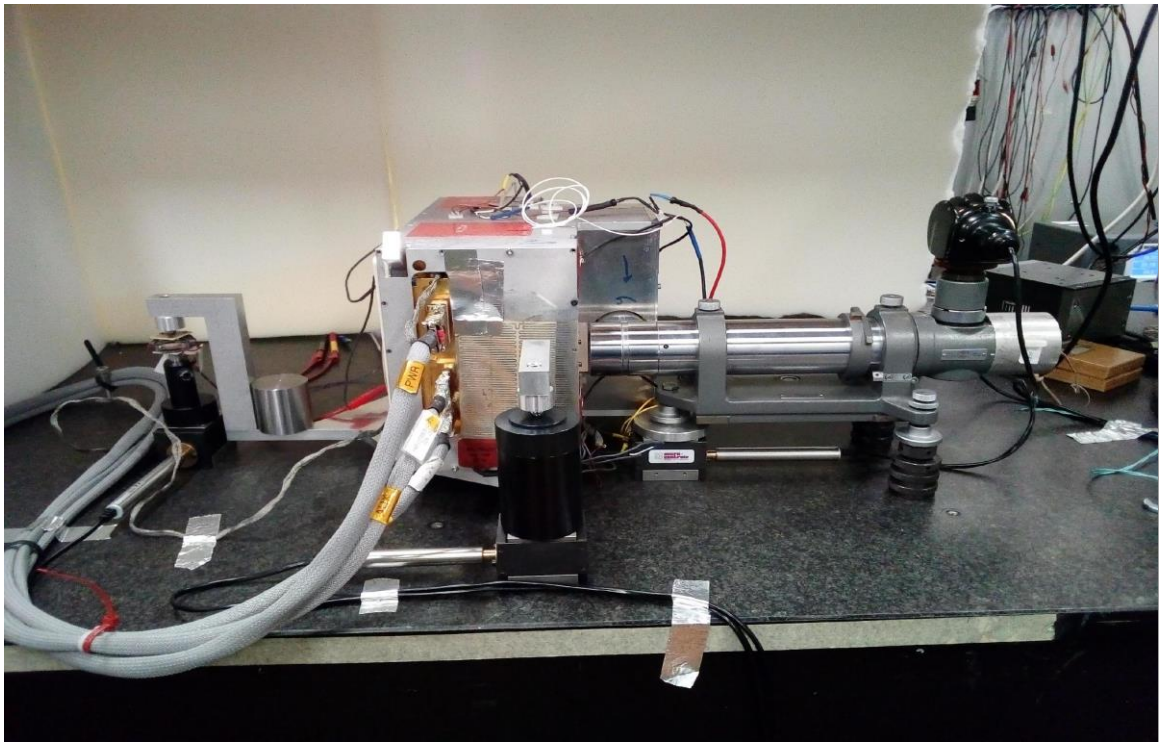


*Fig.7 set-up per la caratterizzazione dell'accelerometro FMy (asse y)*





*Fig. 8 posizionamento per la caratterizzazione dell'accelerometro FMz (asse z)*



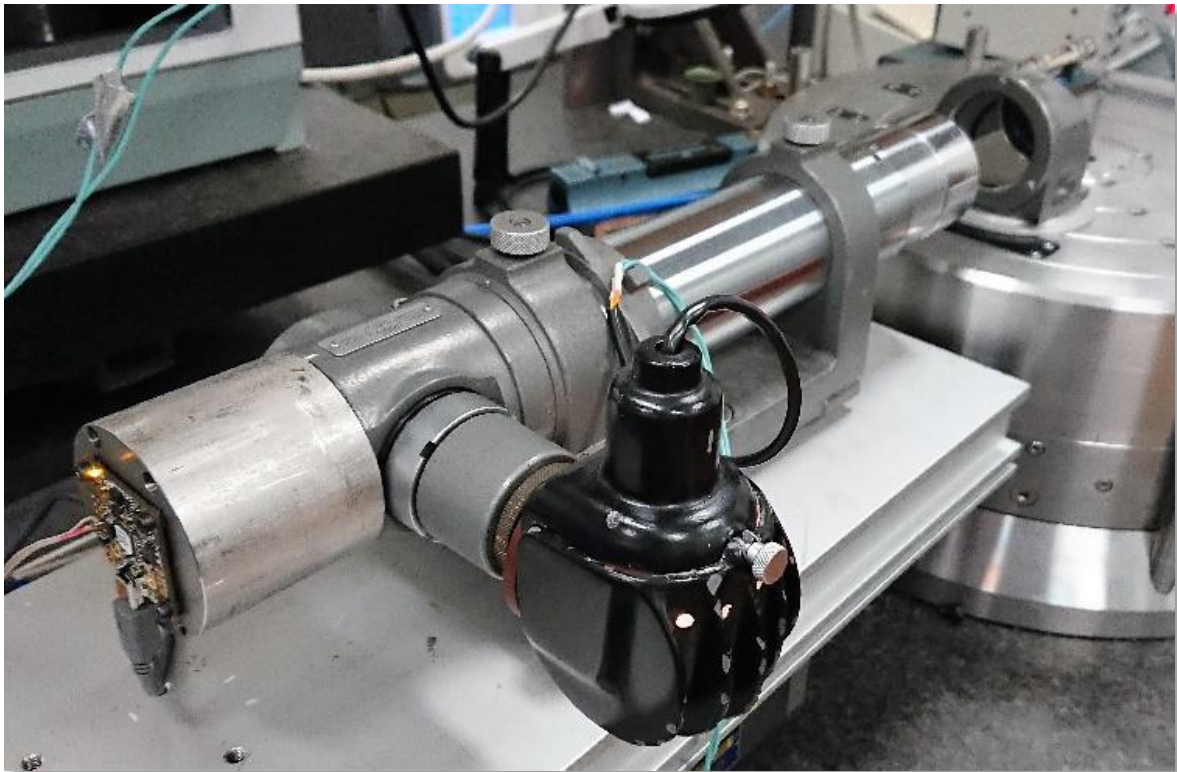
*Fig.9 set-up per la caratterizzazione dell'accelerometro FMz (asse z)*

#### 4. L'autocollimatore

La misura dell'angolo d'inclinazione degli accelerometri è un punto chiave della procedura. Lo strumento che effettua questa misura è un autocollimatore fotoelettrico Hilger & Watts, modello TA5, modificato in INRIM per migliorarne le prestazioni e renderlo adatto allo scopo.

Il campo di misura dello strumento è di 500" e la risoluzione angolare è dell'ordine di 0.01". Inoltre, è possibile acquisire i dati in maniera sincronizzata con un segnale di trigger esterno, per consentire un'analisi spettrale dei segnali.

Per garantire la riferibilità delle misure d'angolo, l'autocollimatore è stato tarato per confronto con il campione nazionale, REAC (Rotating Encoder Angle Comparator), come mostrato in [figura 10](#).



*Fig. 10 autocollimatore per la misura dell'angolo d'inclinazione degli accelerometri*

In [figura 11](#) è riportata la videata del software sviluppato in LabVIEW per l'acquisizione dati dell'autocollimatore.

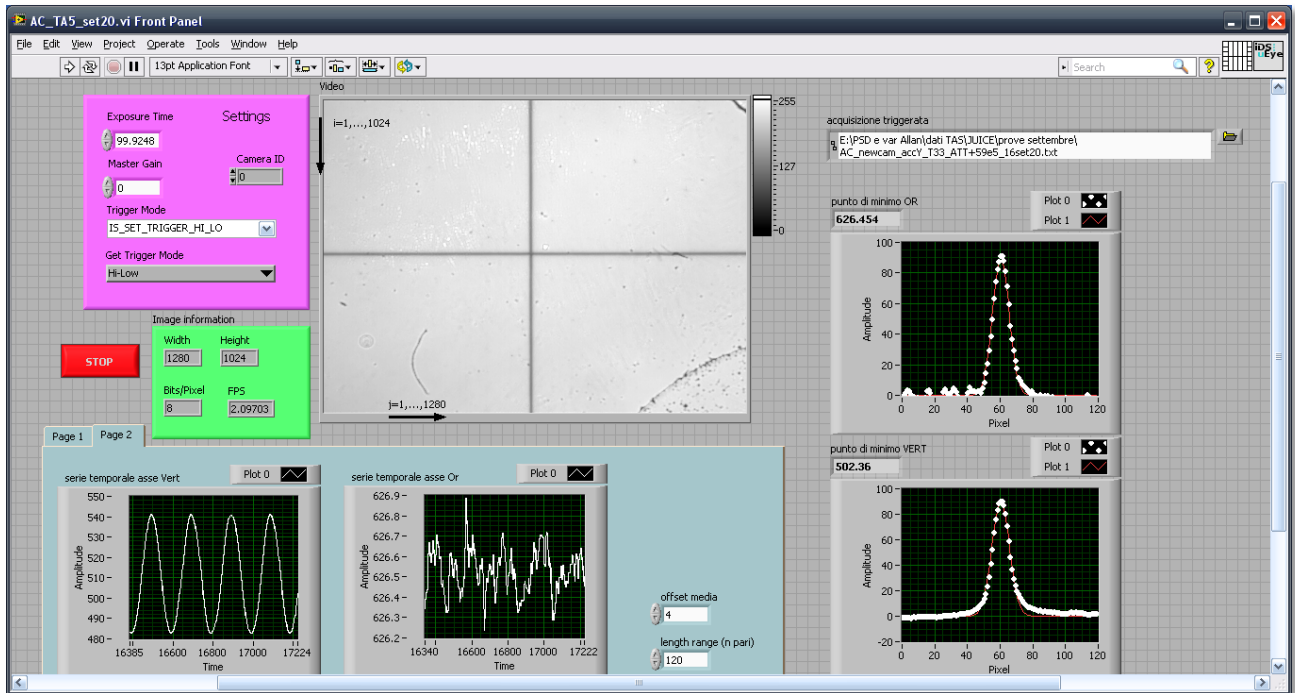


Fig 11: software di misura dell'autocollimatore

## 5. Termostatazione termica della stazione

La scatola è stata coperta da vari tappetini riscaldanti in silicone che permettono di variare la temperatura di lavoro degli accelerometri. I riscaldatori sono suddivisi in 3 gruppi:

- la base della scatola è ricoperta da 2 riscaldatori in serie, con una resistenza totale di 21  $\Omega$ ;
- due pareti laterali e parte della parete superiore sono coperte da 6 riscaldatori con resistenza totale pari a 60  $\Omega$ ;
- le altre due pareti laterali e la restante parte della parete superiore sono coperte da altri 6 riscaldatori con resistenza totale pari a 67  $\Omega$

Ogni gruppo di resistenze è collegato ad un controllore di temperatura Lakeshore, modello 330 o 340, che controlla la temperatura mediante un termometro a resistenza al platino, PT100, posto a contatto delle pareti della scatola. La [figura 12](#) mostra lo schema elettrico della termostatazione della scatola (punti b e c), vista dall'alto.

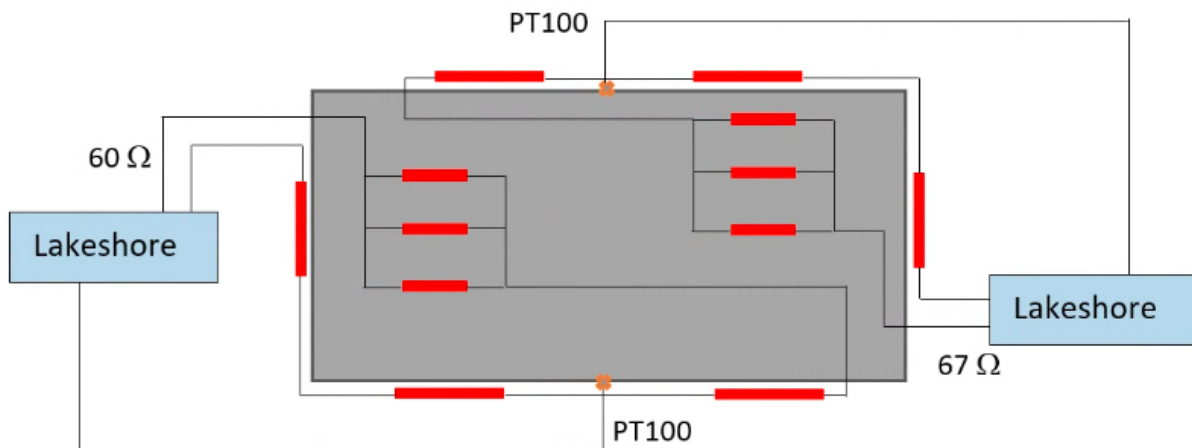


Fig 12: schema elettrico del circuito di termostatazione delle pareti della scatola

Un software scritto in LabVIEW permette di impostare il set-up di temperatura per ciascun gruppo di riscaldatori. Come si può osservare in [figura 13](#), la stabilità termica è dell'ordine di circa 0.05 °C picco-picco.

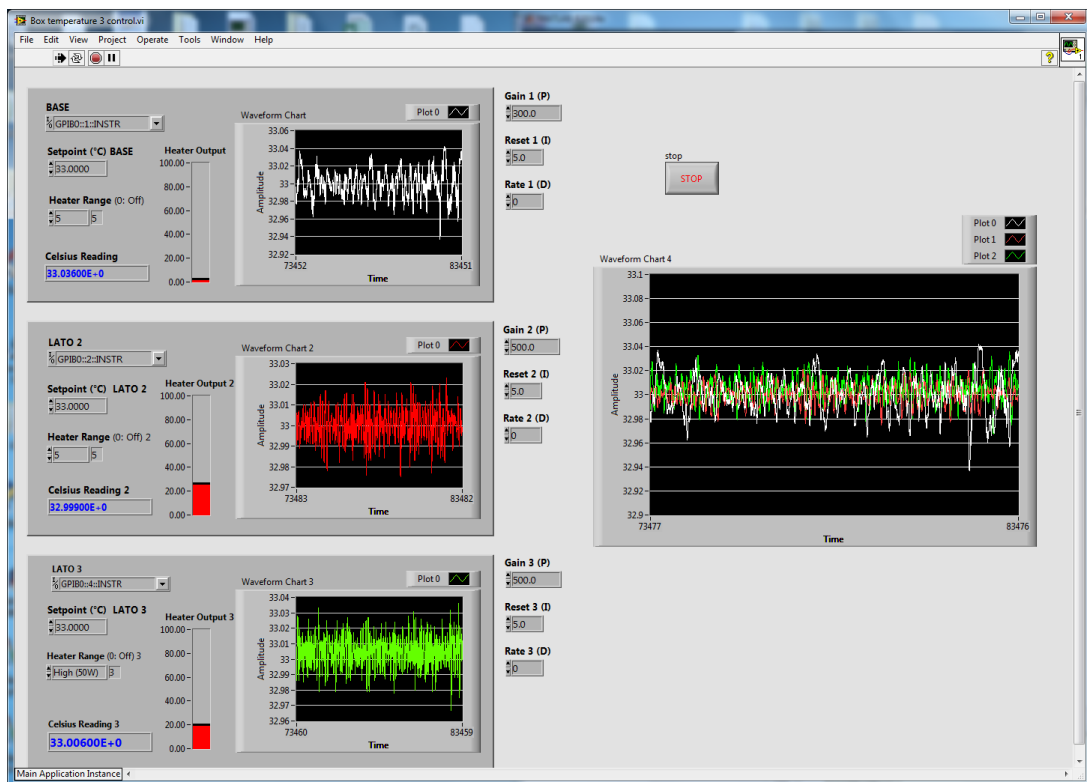


Fig.13 schermata del software per il controllo termico della scatola

## 6. Allineamento e movimentazione

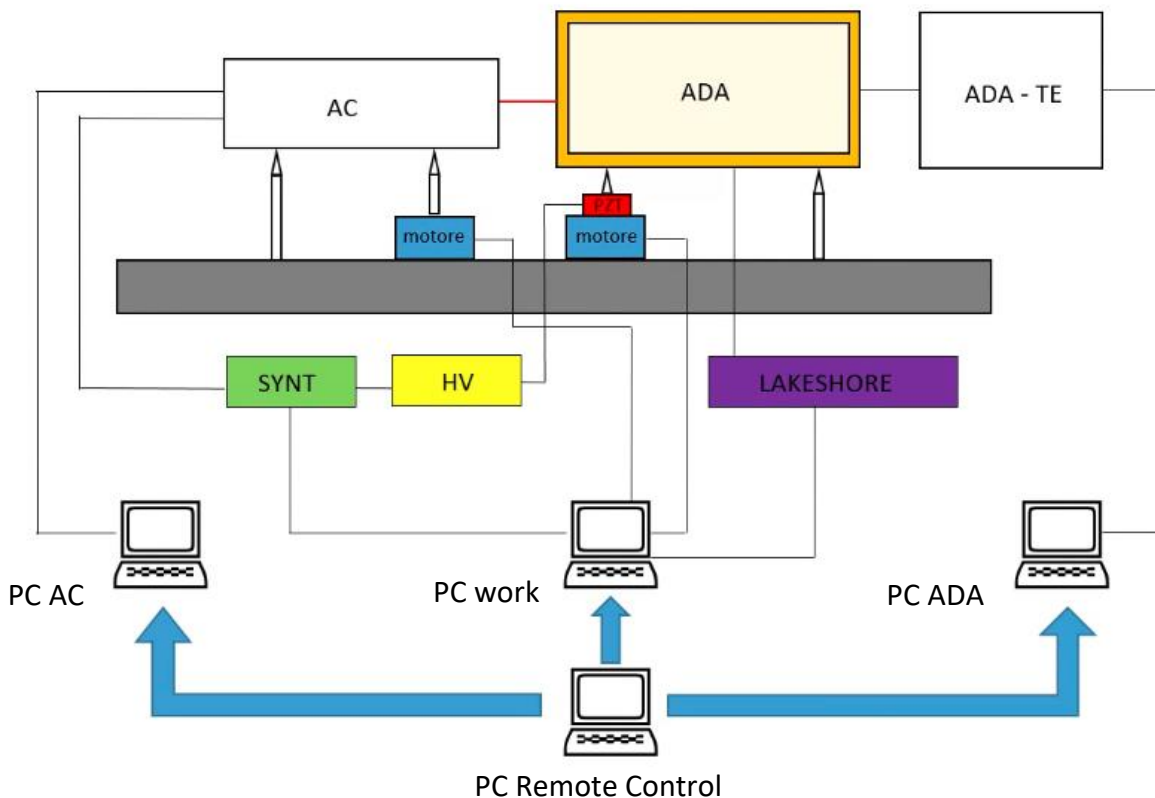
Per effettuare la caratterizzazione di un accelerometro, l'autocollimatore viene posizionato di fronte allo specchio incollato sul guscio esterno dell'accelerometro, in modo da essere centrato sullo specchio e perpendicolare ad esso. La struttura degli accelerometri appoggia su tre punti, uno dei quali viene movimentato da un attuatore piezoelettrico per poter variare l'inclinazione dell'accelerometro. L'attuatore piezoelettrico è stato realizzato inserendo tra due piastre una terna di attuatori modello Cedrat APA60S. L'allungamento dell'attuatore viene modulato con un segnale sinusoidale alla frequenza di 50 mHz, in modo da generare un angolo di circa 150  $\mu$ rad pp ( $\pm 3.8E8$  LSB). Tale segnale proviene da un generatore di segnali RIGOL DG4162 ed è amplificato da un modulo LVPZT-Amplifier E-501.00 della PI.

Sotto l'attuatore piezoelettrico, è presente uno stadio di movimentazione verticale che permette di effettuare la caratterizzazione dell'accelerometro in diverse posizioni. Questo stadio di movimentazione è azionato da un servo attuatore (modello TRA12CC CONEX) con risoluzione inferiore ad 1  $\mu$ m e permette di esplorare una corsa di 12 mm. Uno stadio analogo è presente anche sotto all'autocollimatore, per poter mantenere l'allineamento ottico.

La movimentazione di questi stadi avviene tramite comunicazione seriale mediante un programma scritto in Matlab.

## 7. Controllo remoto

Il set-up di calibrazione è abbastanza complesso, quindi l'intero sistema è controllato da quattro computer collegati via LAN. La [figura 14](#) mostra il diagramma a blocchi del set-up di calibrazione.



*Fig.14 diagramma a blocchi del set-up di calibrazione*

Un primo computer (nello schema "PC AC") è dedicato all'acquisizione dell'autocolliamatore alla frequenza di 2 Hz. Inoltre, è utilizzato per analizzare i dati di calibrazione in termini di spettri di Fourier.

Un secondo computer ("PC ADA") gestisce gli accelerometri, quindi controlla gli attuatori e legge i sensori di ADA.

Un terzo computer ("PC work") è usato sia per comandare le viti motorizzate che regolano l'assetto verticale dell'autocolliamatore e dell'accelerometro sia per comandare la generazione del segnale sinusoidale da inviare all'attuatore per mettere in oscillazione gli accelerometri. Allo stesso tempo il sintetizzatore genera un segnale di trigger per l'acquisizione dell'autocolliamatore in modo che i dati siano sincronizzati con il segnale di calibrazione. Tale computer, inoltre, gestisce la termostatazione del set-up.

Questi tre PC sono controllati a distanza da un quarto computer ("PC Remote Control"), che permette di eseguire tutte le operazioni necessarie senza la necessità di un operatore in laboratorio. Per maggiori dettagli sulla procedura applicata e sui risultati ottenuti, si veda il documento:

"Report on calibration of flight accelerometers embedded in ADA PFM at INRIM"