

# MA0748 - FISICA PER I DISPOSITIVI IOT

Lorenzo Santi

*AA 2022/23 – Esercitazione 7*

*Taratura di un sensore di temperatura e caratterizzazione del tempo di  
risposta*

Come abbiamo visto nella lezione 17, la taratura di un sensore viene effettuata misurando i valori della grandezza trasdotta in corrispondenza del valore della grandezza da trasdurre, misurata in maniera indipendente.

Nel caso del sensore di temperatura che useremo in questa esperienza (a differenza di quanto detto nella lezione 18, è un termistore NTC), la grandezza da trasdurre è la temperatura  $T$  di un bagno termico, misurata con un termometro a fluido termometrico, mentre quella trasdotta è la resistenza  $R$  del termistore, il cui valore è fornito dal sistema di acquisizione del sensore.

La funzione di trasferimento tra le due grandezze è approssimata dalla relazione

$$T = A \ln R + B$$

Cioè lineare tra la temperatura del bagno e il logaritmo naturale di  $R$ .

Finalità dell'esperienza è quella di determinare esplicitamente i valori di tali costanti di taratura.

Come bonus facoltativo dell'esperienza si determinerà il tempo di risposta dei sensori

L'esperienza verrà svolta nel LAB FISICA I (stanza B03 ) nella stecca centrale, piano terra.

Il tutor vi accompagnerà nel laboratorio.

Nel tempo che impiegherò a muovermi dal laboratorio di Informatica, scegliete una postazione di lavoro di fronte ad un computer.

I computer abilitati sono quelli con un foglio intitolato «Fisica per Dispositivi IoT» di fronte, contenente le istruzioni per accedere al computer ed avviare il programma di acquisizione: provvedete a farlo, segnalando eventuali problemi al tutor.

Inoltre, nella postazione ove c'è l'apparato sperimentale, c'è un foglio con le indicazioni di sicurezza per lo svolgimento della prova: leggetele.

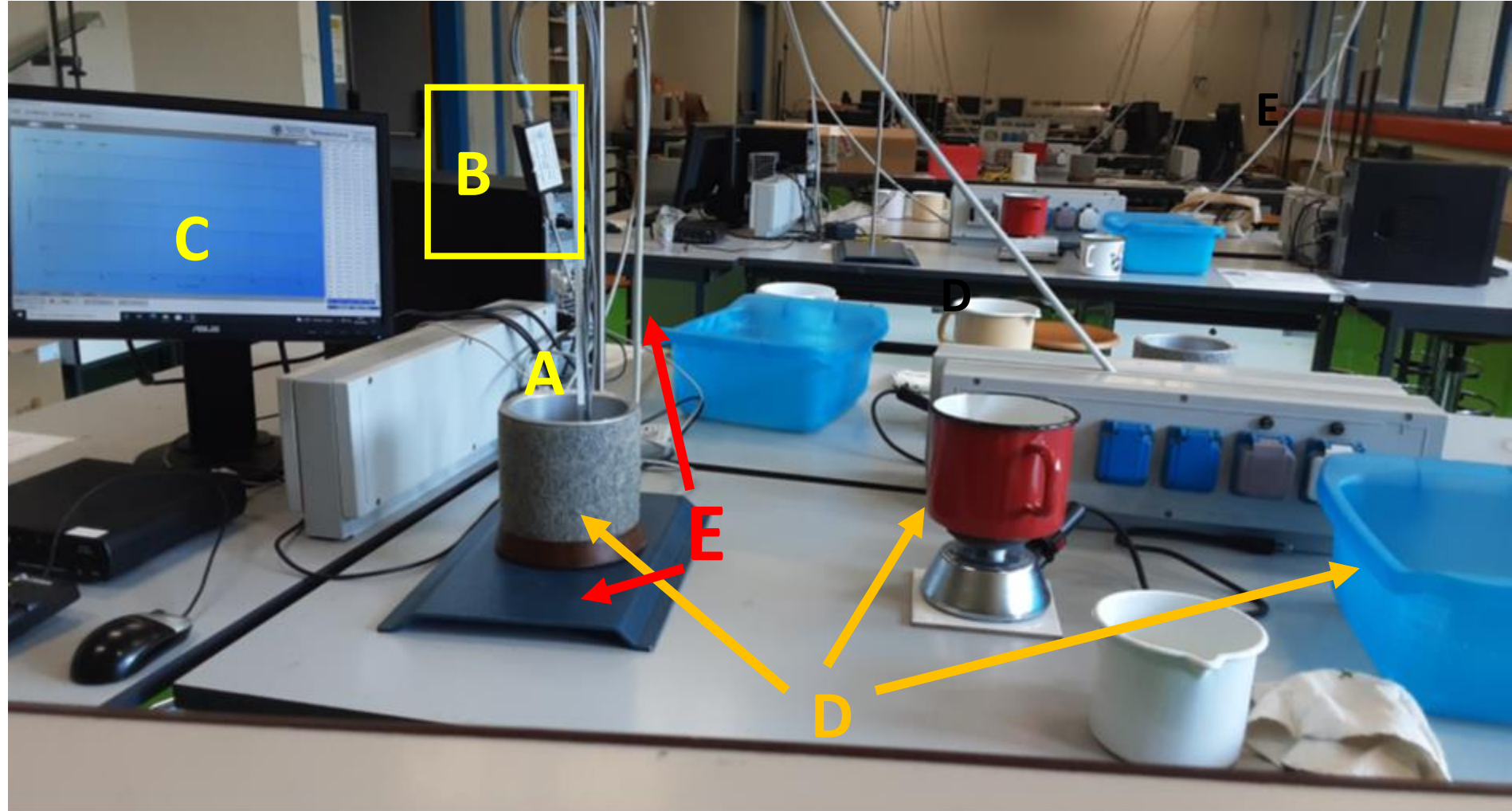
In caso di dubbio, domandate al docente o al tutor

**NON TOCCATE ALTRO FINO AL MIO ARRIVO, IN SPECIE IL FORNELLO ED IL TERMOMETRO.**

L'apparato sperimentale è mostrato in foto.

A. I quattro sensori, incapsulati in metallo, fissati all'estremità di un termometro ad alcool,  $0^{\circ}$ - $100^{\circ}$ , con divisioni a  $0.1^{\circ}$

B. L'interfaccia HW che effettua la lettura delle sonde, la conversione ADC e colloquia con il sistema di acquisizione (computer) via USB



C. L'interfaccia software del sistema di acquisizione

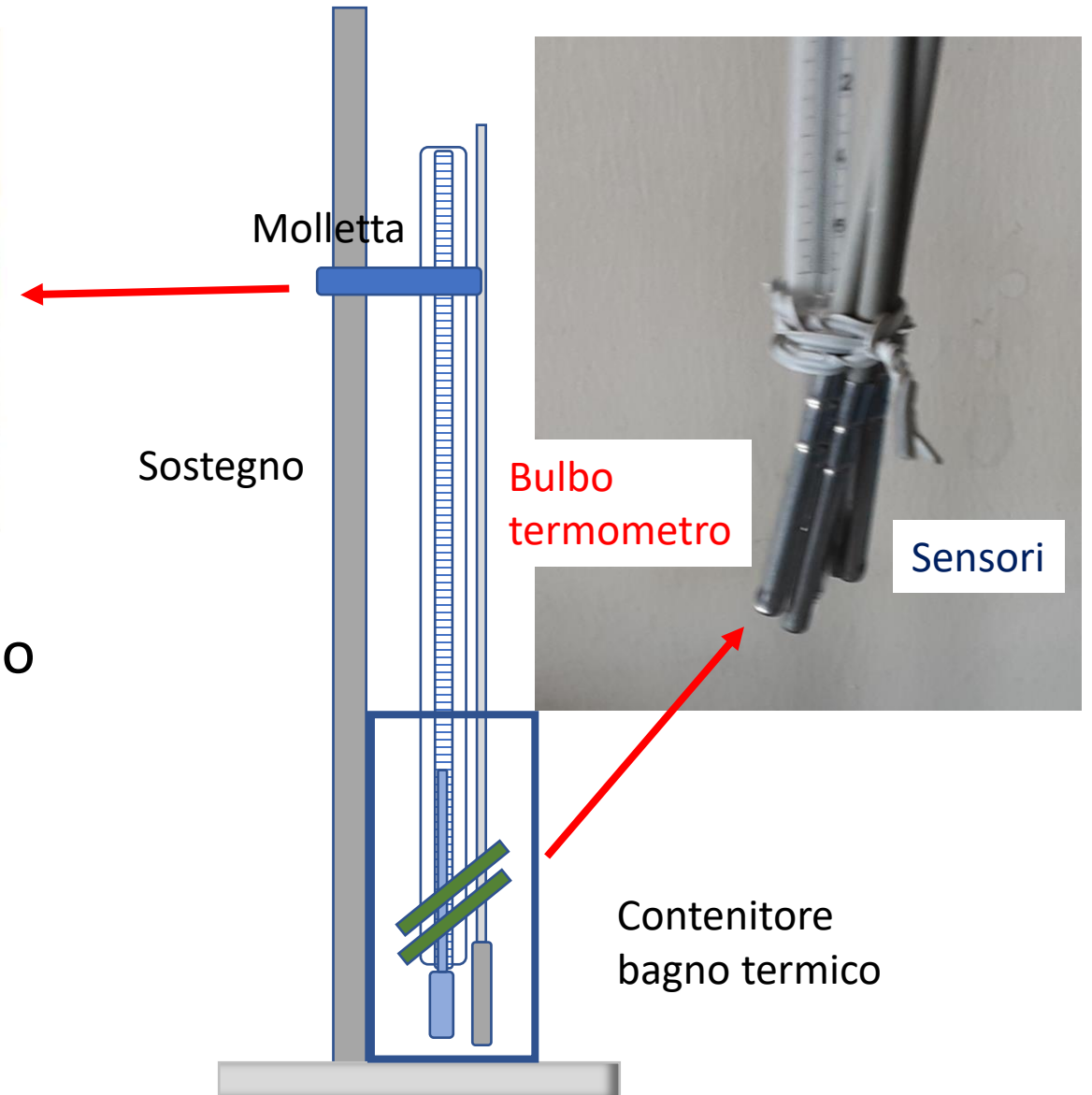
D. Contenitori per vari bagni d'acqua e fornello

E. Sostegno per le misure di taratura



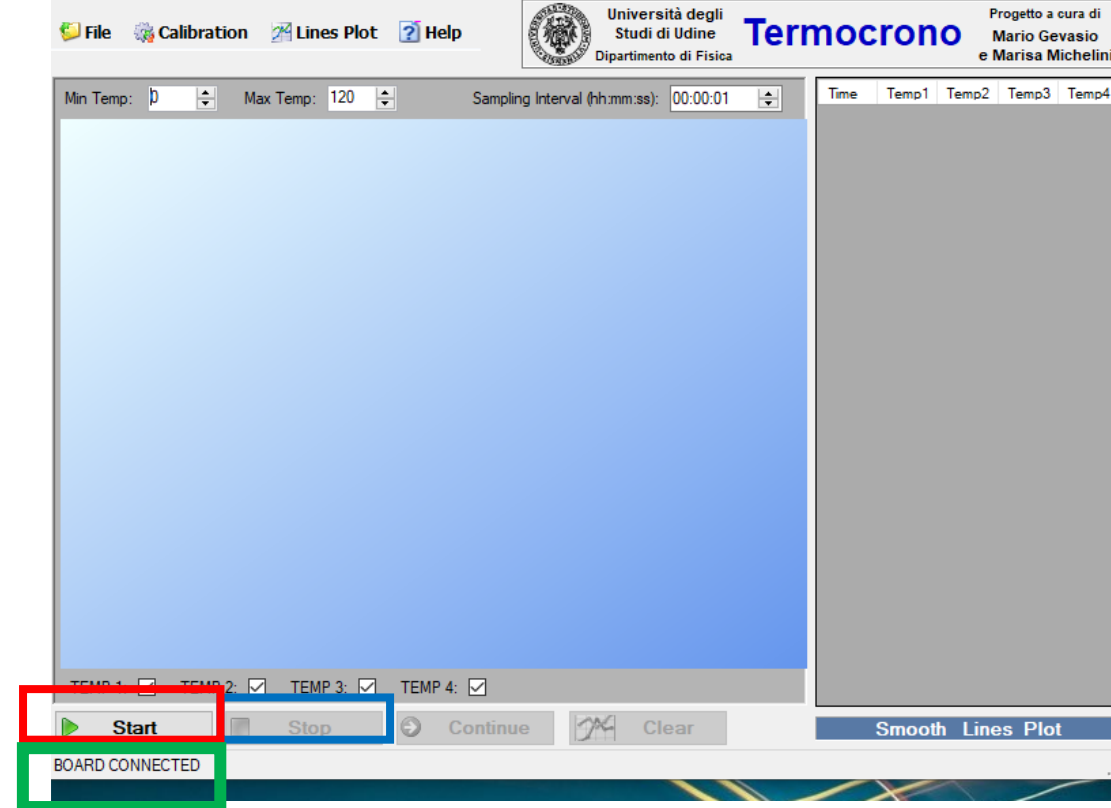
I sensori sono fissati accanto al bulbo di un termometro, ed il tutto verrà immerso in un bagno d'acqua.

Nella fase di taratura, il sistema termometro + sensori è sospeso ad un sostegno, tramite una molletta. IN QUESTA FASE NON STACCATE IL TERMOMETRO DALLA MOLLETTA.



I sensori vengono acquisiti tramite l'interfaccia HW, i segnali acquisiti vengono convertiti ed inviati ad un sistema di acquisizione, la cui interfaccia utente è mostrata in figura.

Se tutto è in ordine, all'avvio del programma dovrete vedere nell'angolo sinistro in basso la scritta «Board connected» (riquadro verde).



Premendo «Start» (riquadro rosso), dovrebbe partire l'acquisizione e la tabella sulla destra dovrebbe popolarsi di dati, mentre alla sua sinistra dovrebbe apparire l'andamento temporale delle temperature delle sonde.

Se uno di questi test fallisce, chiamate il docente o il tutor.

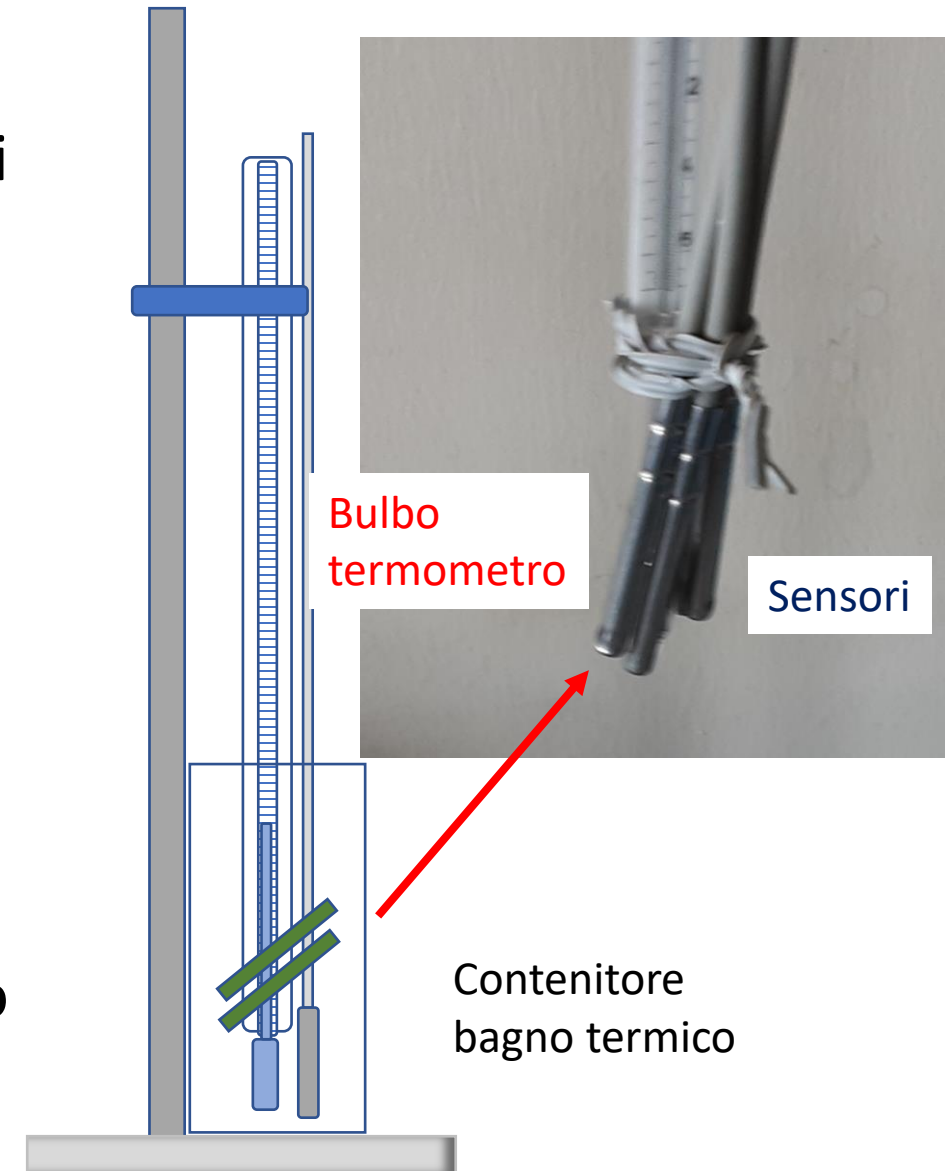
Alla fine premete «Stop» (riquadro blu)

Nella prima parte dell'esperienza procederemo alle misure dimostrative della procedura con cui vengono tarati i quattro sensori. Ciò viene effettuato preparando successivamente quattro bagni termici alle temperature (circa) di  $0^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $40^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ .

Per la temperatura a circa  $0^{\circ}$  dovrete preparare una miscela acqua-ghiaccio per il bagno termico.

Per temperature superiori, aggiungete acqua calda a piccole dosi, fino a raggiungere circa la temperatura desiderata. CHIEDETE ASSISTENZA AL DOCENTE O AL TUTOR QUANDO COMINCIATE QUESTA FASE

Se con i rabbocchi, il contenitore diventa troppo pieno (anche quando avete troppa acqua più fredda nel contenitore), questo va svuotato. CHIEDETE ASSISTENZA AL DOCENTE O AL TUTOR LA PRIMA VOLTA CHE FATE CIO'





Preparate una tabella in cui registrare i valori di temperatura e di resistenza per uno dei sensori

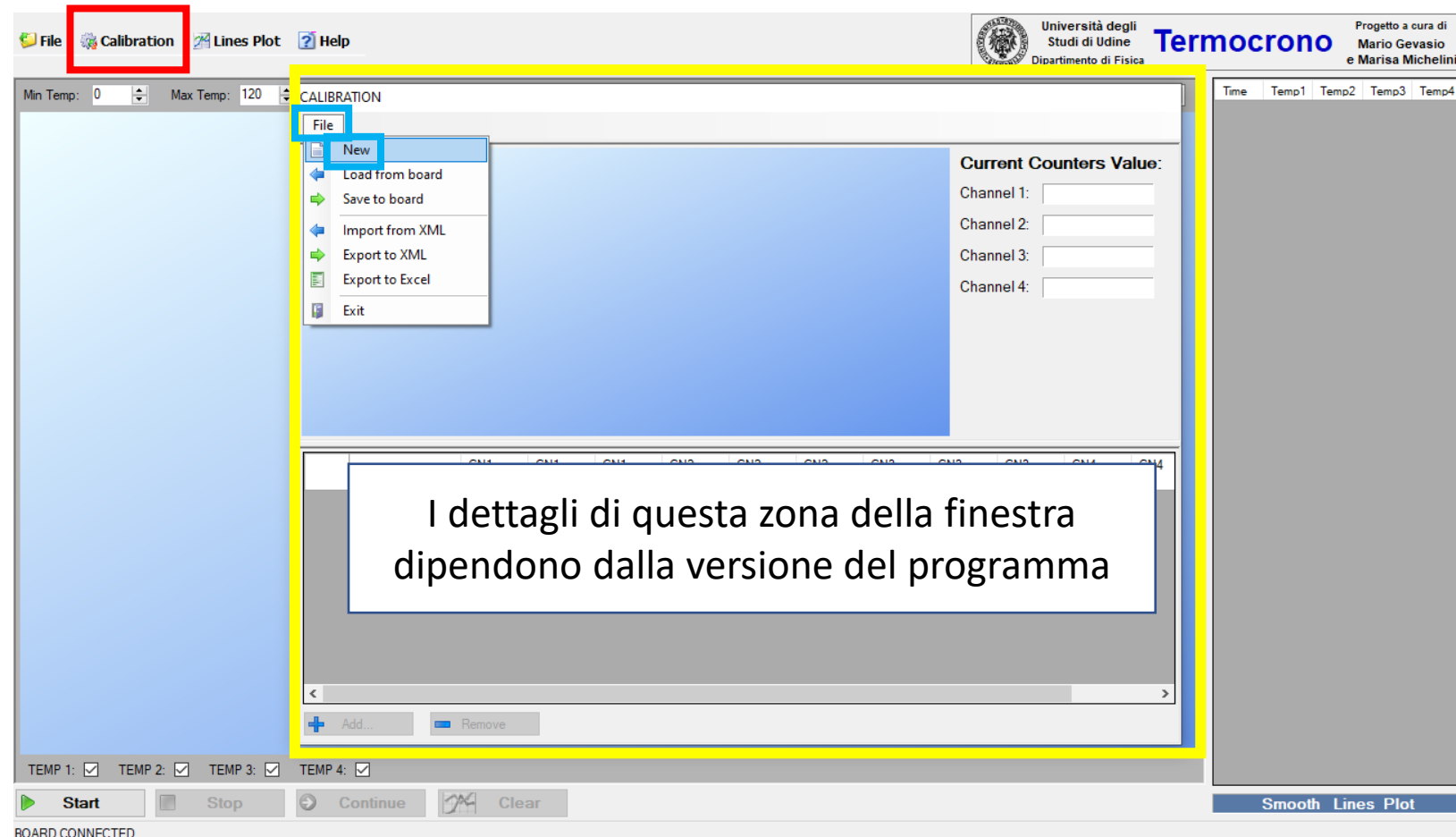
Per effettuare le misure per la taratura, avviare la procedura selezionando «Calibration» (riquadro rosso). Di seguito vengono illustrati i comandi per la versione del programma «**Tsens**»

Temperatura (C)	Resistenza ( $\Omega$ )

Comparirà una finestra (riquadro giallo) con un grafico e la visualizzazione dei valori di resistenza misurata per i quattro sensori (a destra).

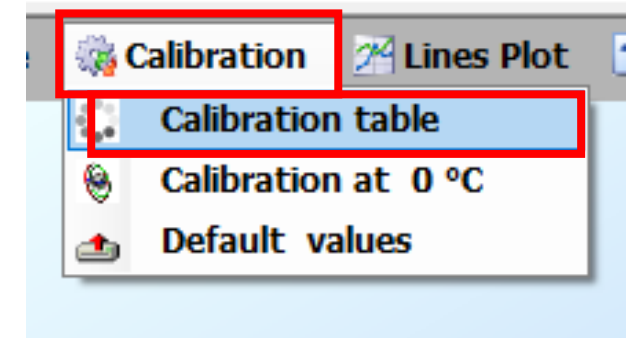
Per attivare la misura, selezionate «File» (riquadro blu) e dal pop down menu «New» (riquadro blu).

Il grafico comincerà a popolarsi e la tabella dei valori di resistenza ad aggiornarsi





Con la versione del programma  
«**Termochrono**» selezionando «Calibration»  
(riquadro rosso) compare un menu in cui va  
selezionato «Calibration table» (riquadro rosso)

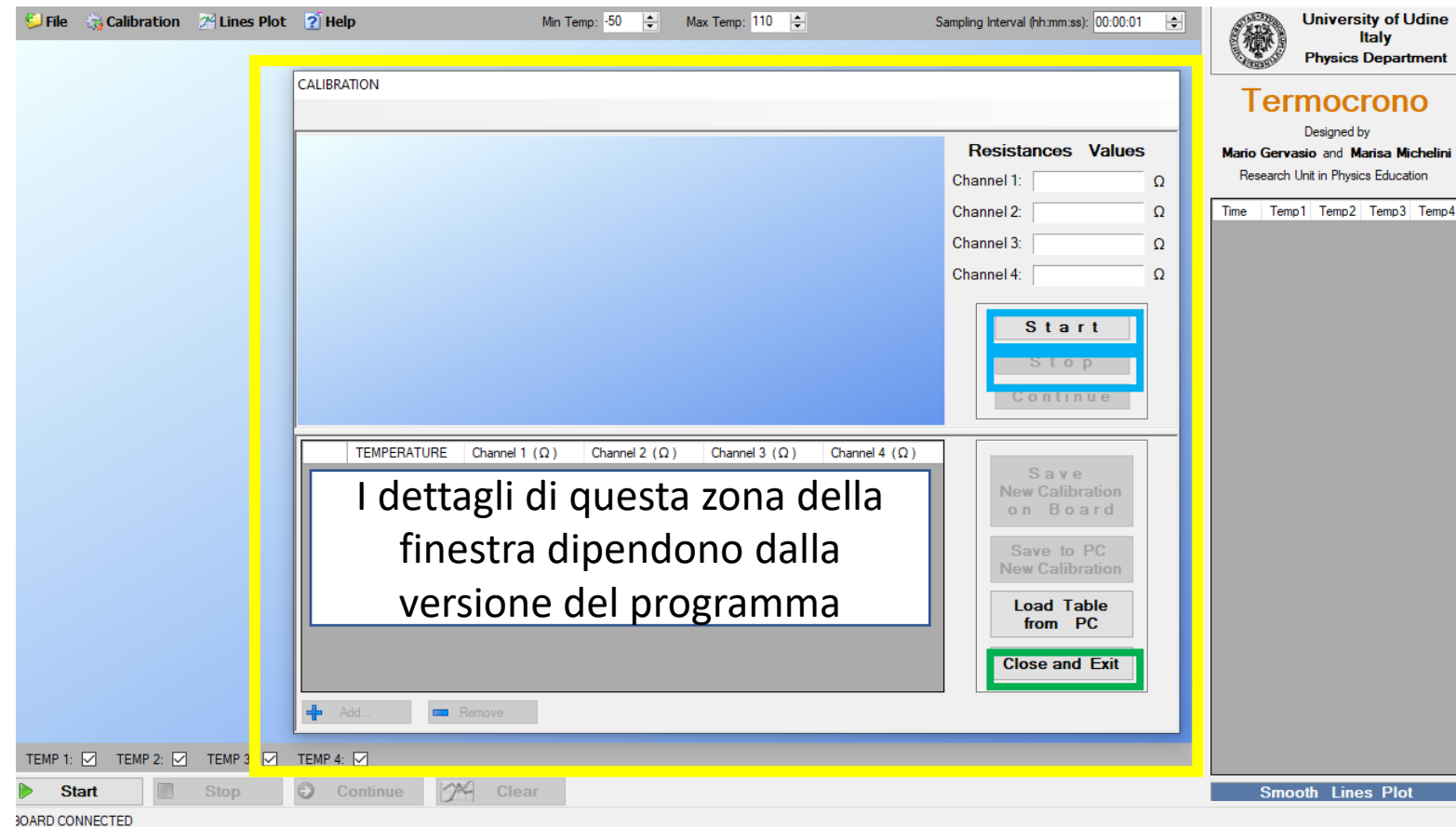


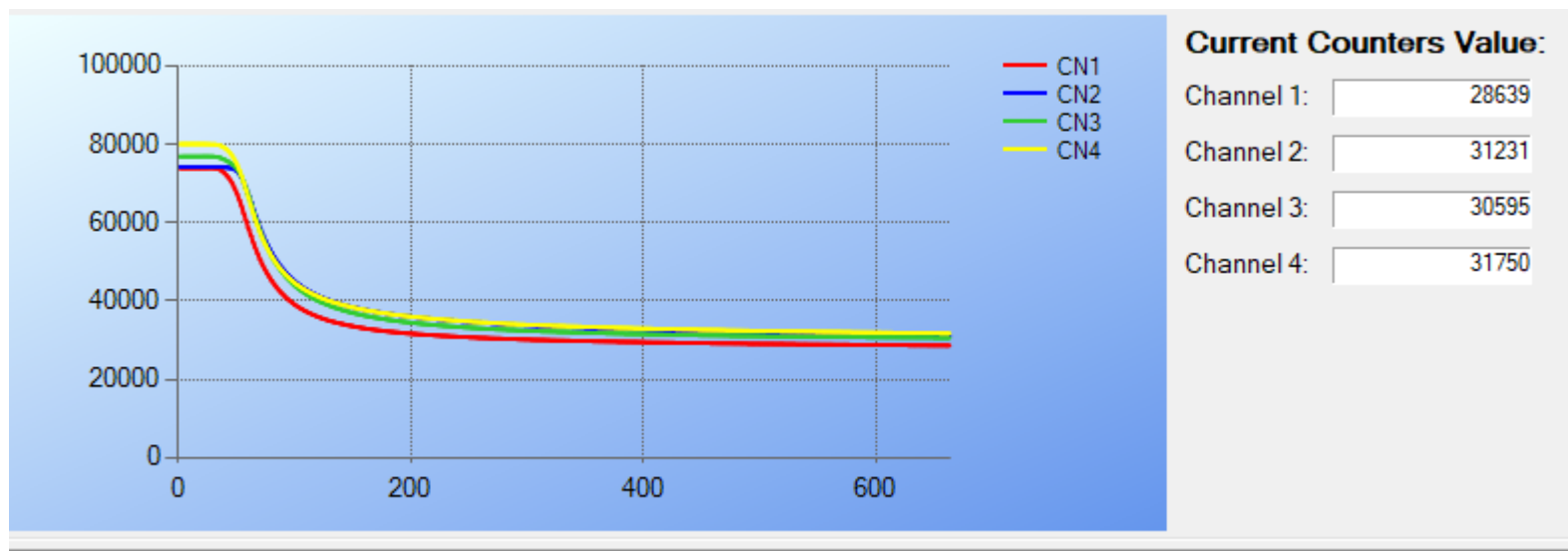
Comparirà una finestra  
(riquadro giallo) con un  
grafico e la visualizzazione  
dei valori di resistenza  
misurata per i quattro  
sensori (a destra).

Per attivare la misura,  
selezionate «Start»  
(riquadro blu)

Il grafico comincerà a  
popolarsi e la tabella dei  
valori di resistenza ad  
aggiornarsi

Alla fine di tutte le misure,  
fare «Stop» (riquadro blu) e  
«Close and Exit» (riquadro  
verde) senza salvare





Realizzato il bagno alla temperatura desiderata (più o meno), attendete che i valori delle resistenze si stabilizzino (non impiegate comunque più di 10 minuti per ciascun punto)

Temperatura bagno (C)	Resistenza ( $\Omega$ )
1	25310
19	12413
36.8	6674
57.7	4262

Quando i valori delle resistenze si sono stabilizzati, registrare il valore della temperatura segnata dal termometro e quello della resistenza per il sensore scelto.

Procedete così per gli altri punti di misura

N.B. Alcuni sensori non possono essere usati per la misura, a causa di problemi di isolamento. Verificate che il sensore scelto sia effettivamente utilizzato

Analizziamo i dati di taratura. Riportati i dati su un foglio elettronico, si crea un grafico a dispersione *Resistenza vs T* per una delle sonde.

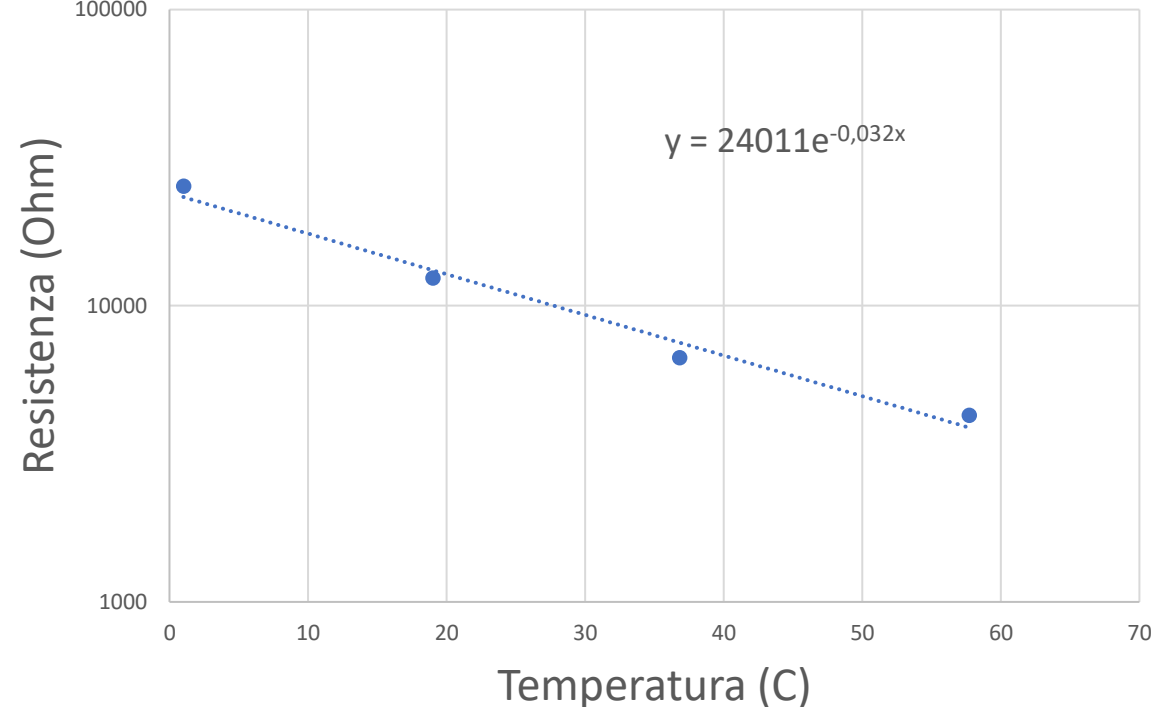
Per meglio evidenziare la correlazione esponenziale tra le due variabili, impostare la scala logaritmica per l'asse verticale

Si aggiunga una linea di tendenza esponenziale, che fornirà come equazione una espressione del tipo

$$y = y_0 e^{m x}$$

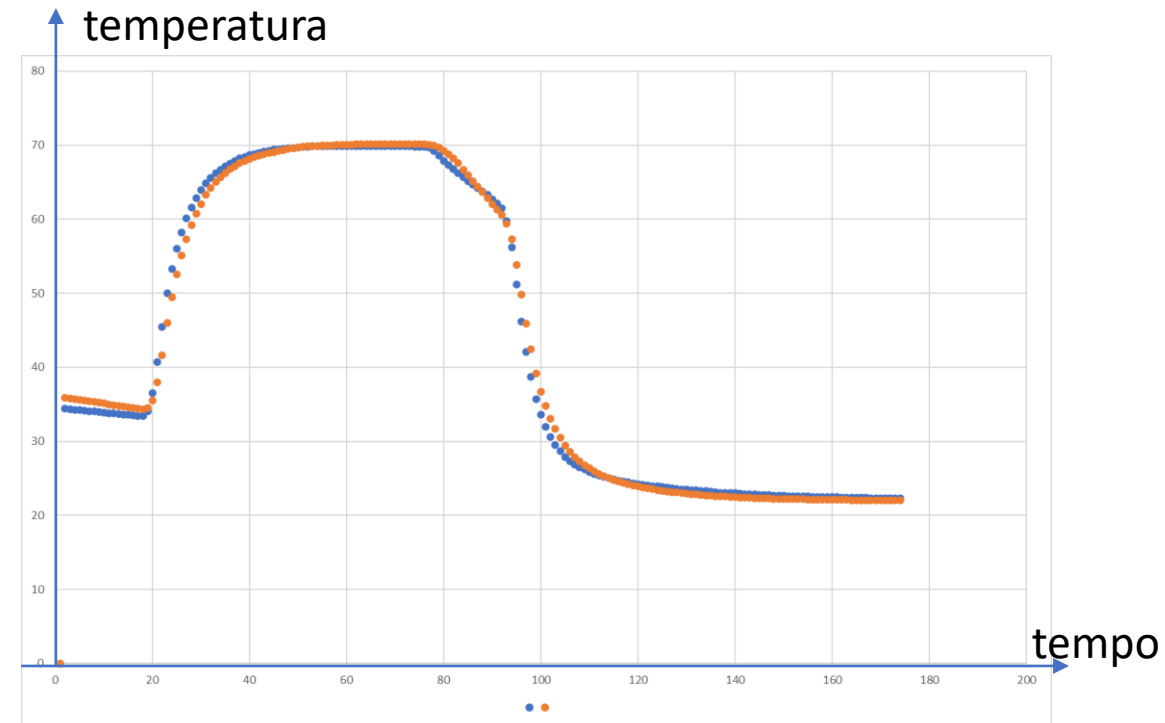
La funzione di trasferimento per il sensore (nell'approssimazione esponenziale) sarà così

$$T = \left( \frac{1}{m} \right) [\ln(\text{Resistenza}(\Omega)) - \ln(y_0)]$$



Passiamo ora alla parte bonus dell'esperienza, in cui verrà caratterizzato il tempo di risposta dei sensori.

In questa parte analizzeremo l'andamento nel tempo di uno solo dei sensori.  
(Scegliete ad esempio quello che avete usato per raccogliere i dati per la taratura)



Preparate un bagno d'acqua ad una temperatura di 60°-80° ed uno a temperatura ambiente (può bastare la bacinella-serbatoio).

Con l'ausilio del docente o del tutor, staccate il termometro dal sostegno.

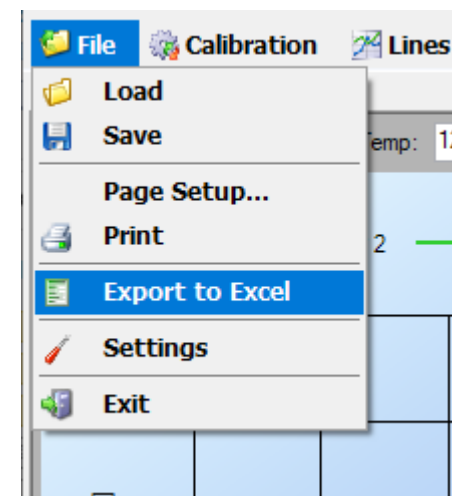
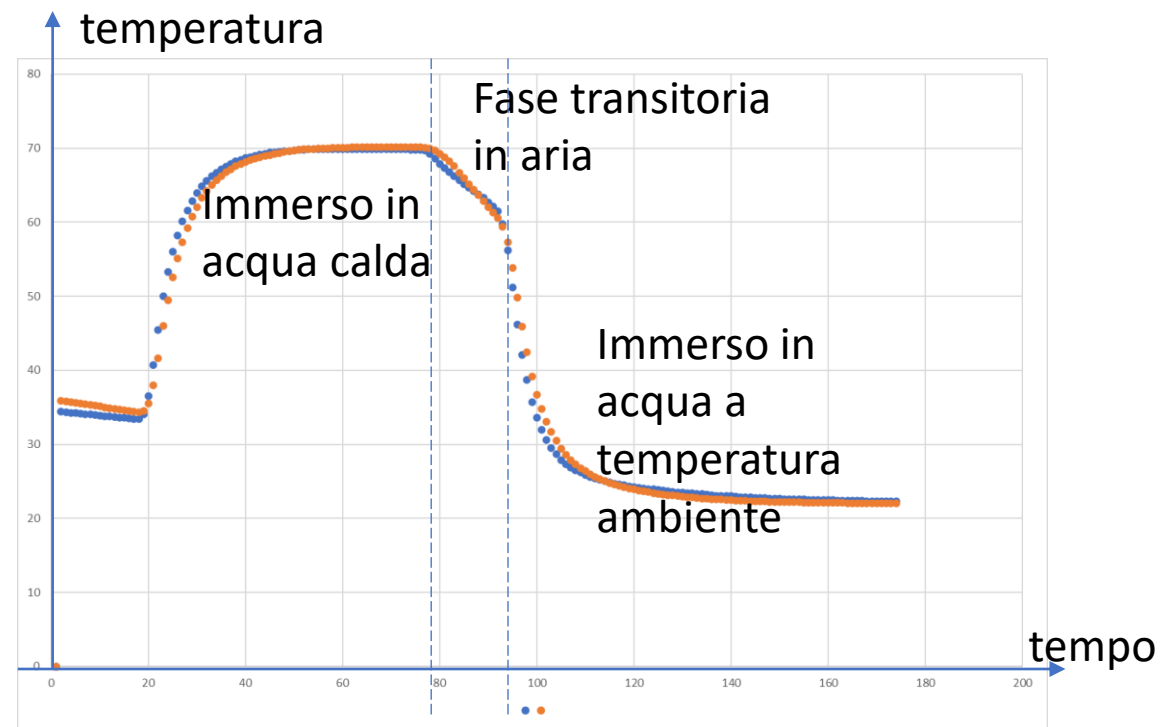
Avviate l'acquisizione dei valori di temperatura e poi immergete i sensori fissati all'estremità del termometro.

Dopo che i valori di temperatura si sono stabilizzati, immergete termometro più sensori nel bagno a temperatura ambiente. Continuate l'acquisizione fino a che si raggiunge un nuovo equilibrio termico.

Fate questo, interrompete l'acquisizione e salvate i dati acquisiti sul desktop del computer.

Con la versione TSens, utilizzate la funzione «Export to Excel» del menu «File» (produce un file csv leggibile da Excel).

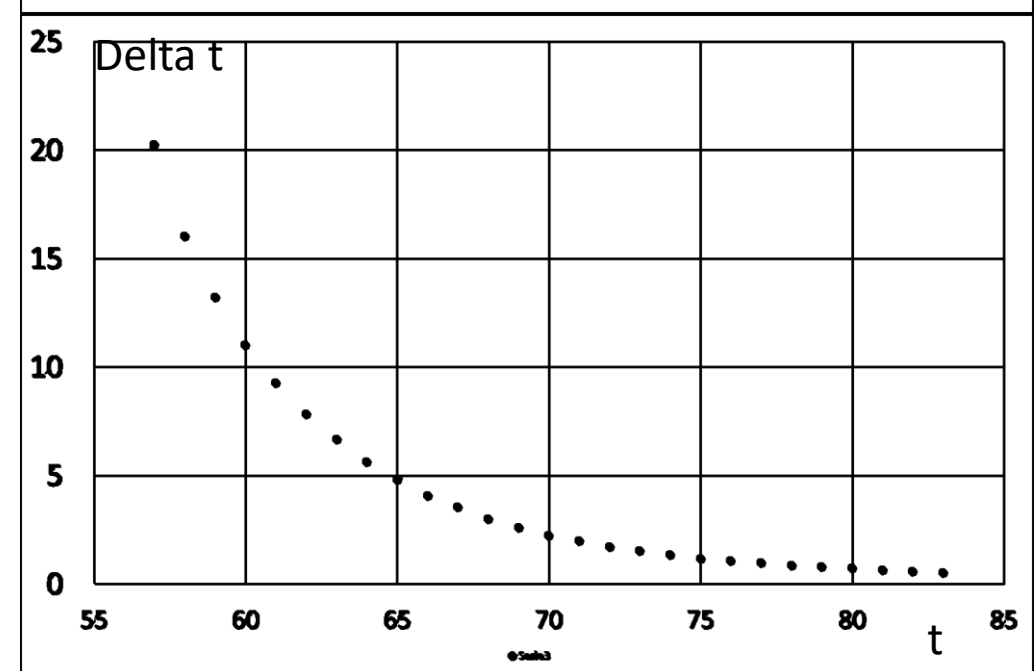
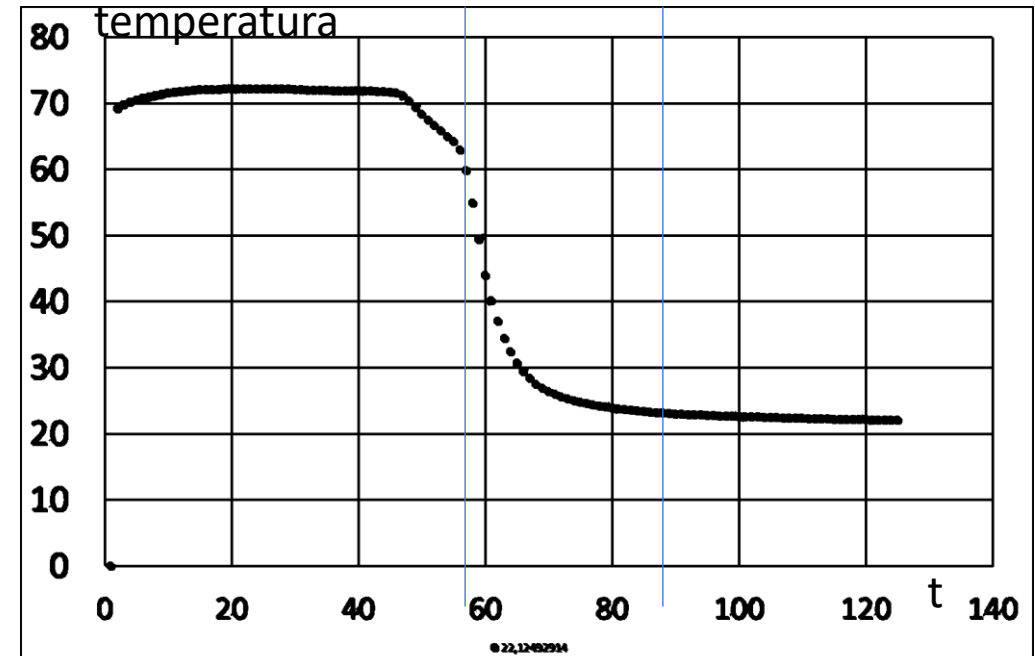
Con la versione «Termocrono», utilizzate la funzione «Save» del menu «File» (produce un file XML leggibile da Excel).



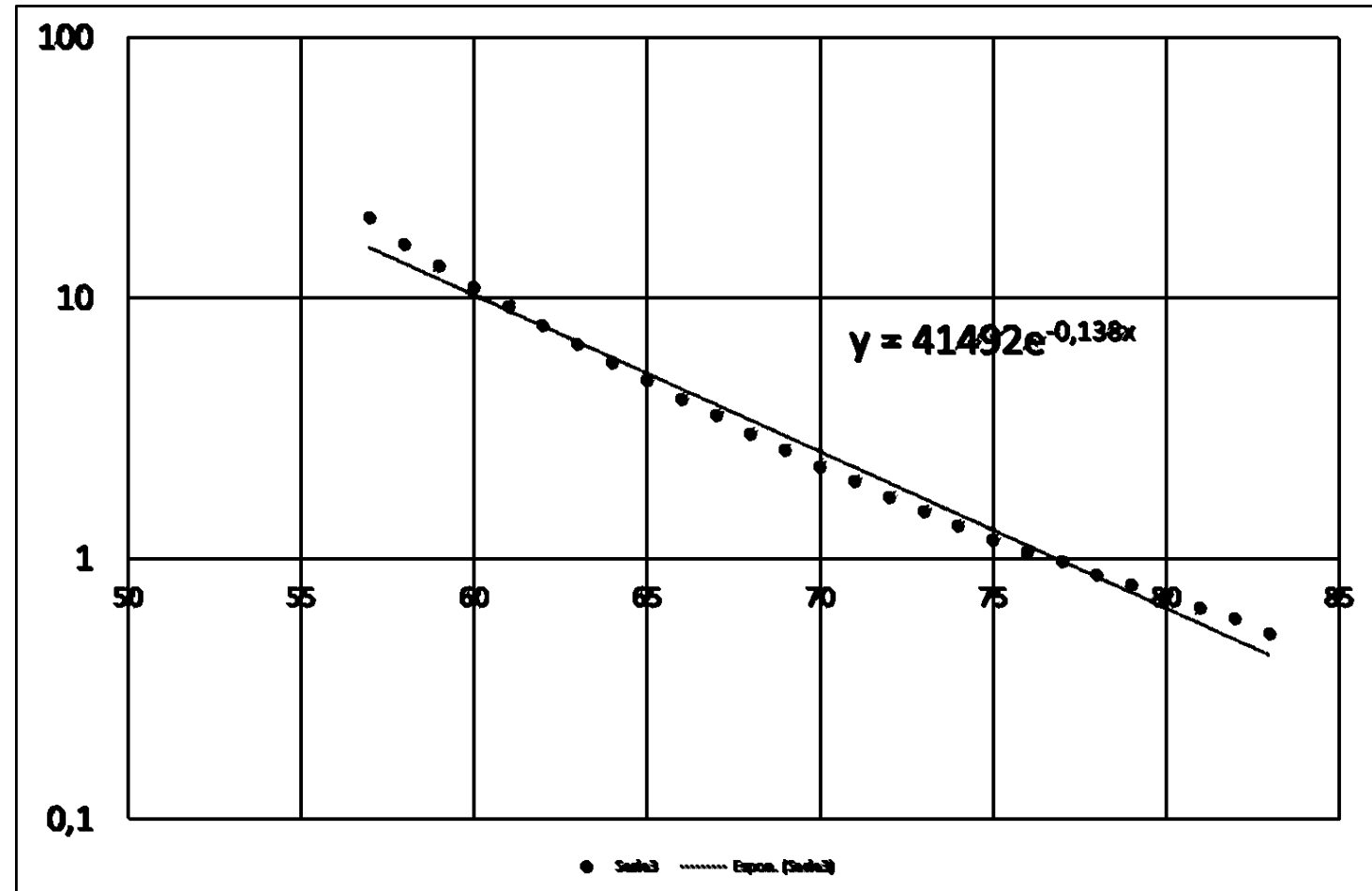
Analizziamo i dati per il tempo di risposta, scegliendo una delle sonde. Si calcola innanzitutto la media delle temperature degli ultimi punti (che si suppone corrisponda alla temperatura di equilibrio finale nel bagno a temperatura ambiente).

Si sottrae tale media a tutti i dati, creando una nuova colonna («Delta T»).

Facendo un grafico a dispersione Delta T vs t, selezioniamo una regione temporale che inizi dopo che il sensore è stato immerso nell'acqua tiepida e finisca quando Delta t arriva a 1° o poco meno (quest'ultimo limite per evitare di essere influenzati dall'errore con cui è stata valutata la temperatura di equilibrio)



Aggiungere una linea di tendenza di tipo esponenziale (notate la scala logaritmica dell'asse verticale): nell'equazione il coefficiente nell'esponenziale risulta essere pari al reciproco del tempo caratteristico  $\tau$  del decadimento esponenziale.  $\tau$  è il tempo di risposta del sensore.



Nell'esempio in figura risulta  
 $\tau = 1/0.138 \text{ s} = 7.2 \text{ s}$