

VARIABILITÀ DELLA RESISTENZA ELETTRICA DI UNA LEGA A MEMORIA DI FORMA DURANTE LA TRASFORMAZIONE DI FASE: VALUTAZIONE SPERIMENTALE SU UN FILO DI NITINOL

Relatore: Prof. Ferdinando Auricchio

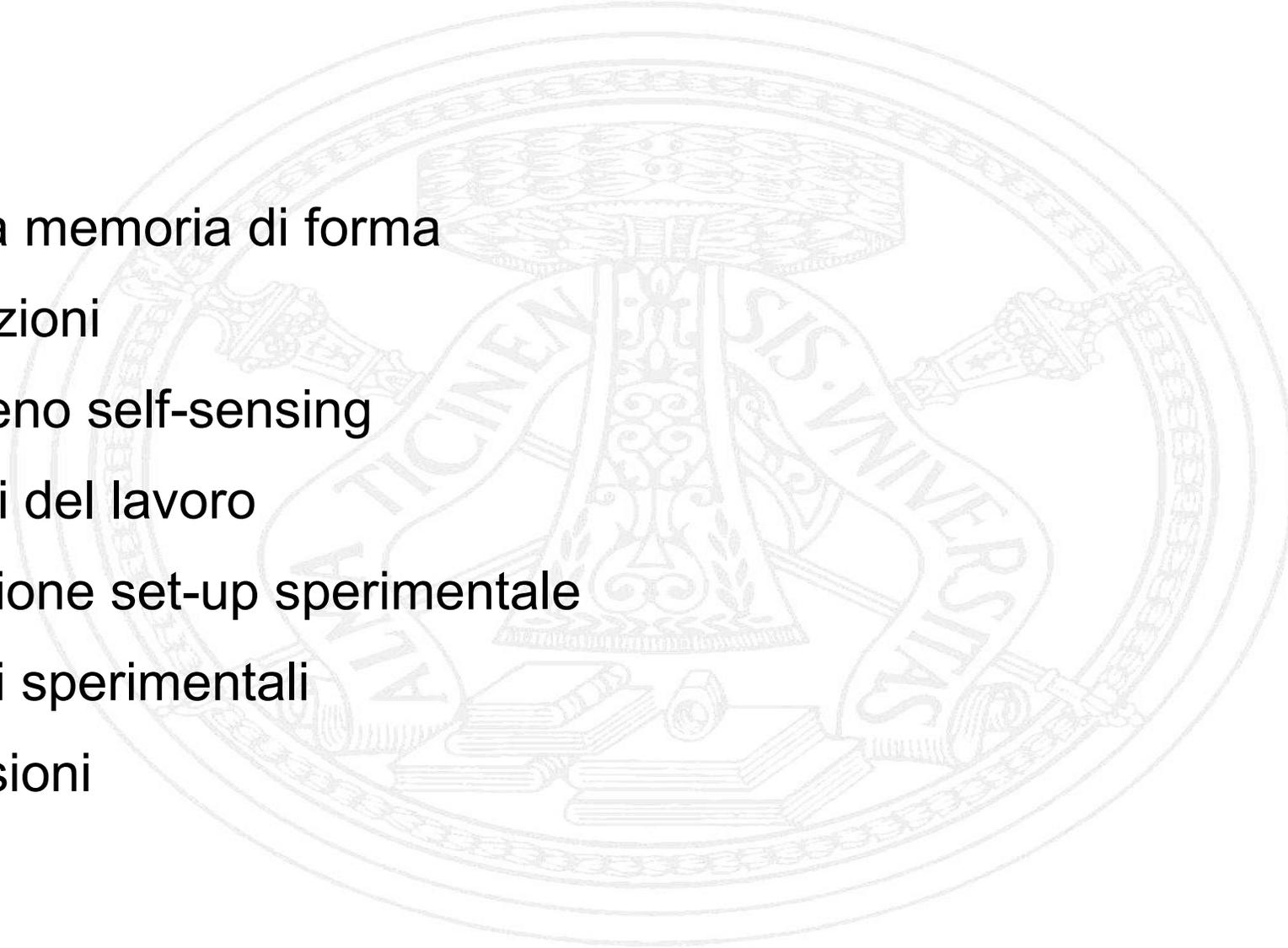
Correlatore: Ing. Boatti Elisa, Ing. Marconi Stefania

Tesi di Laurea di:
Andrea Bacchetta

LEGHE A MEMORIA DI FORMA

Outline:

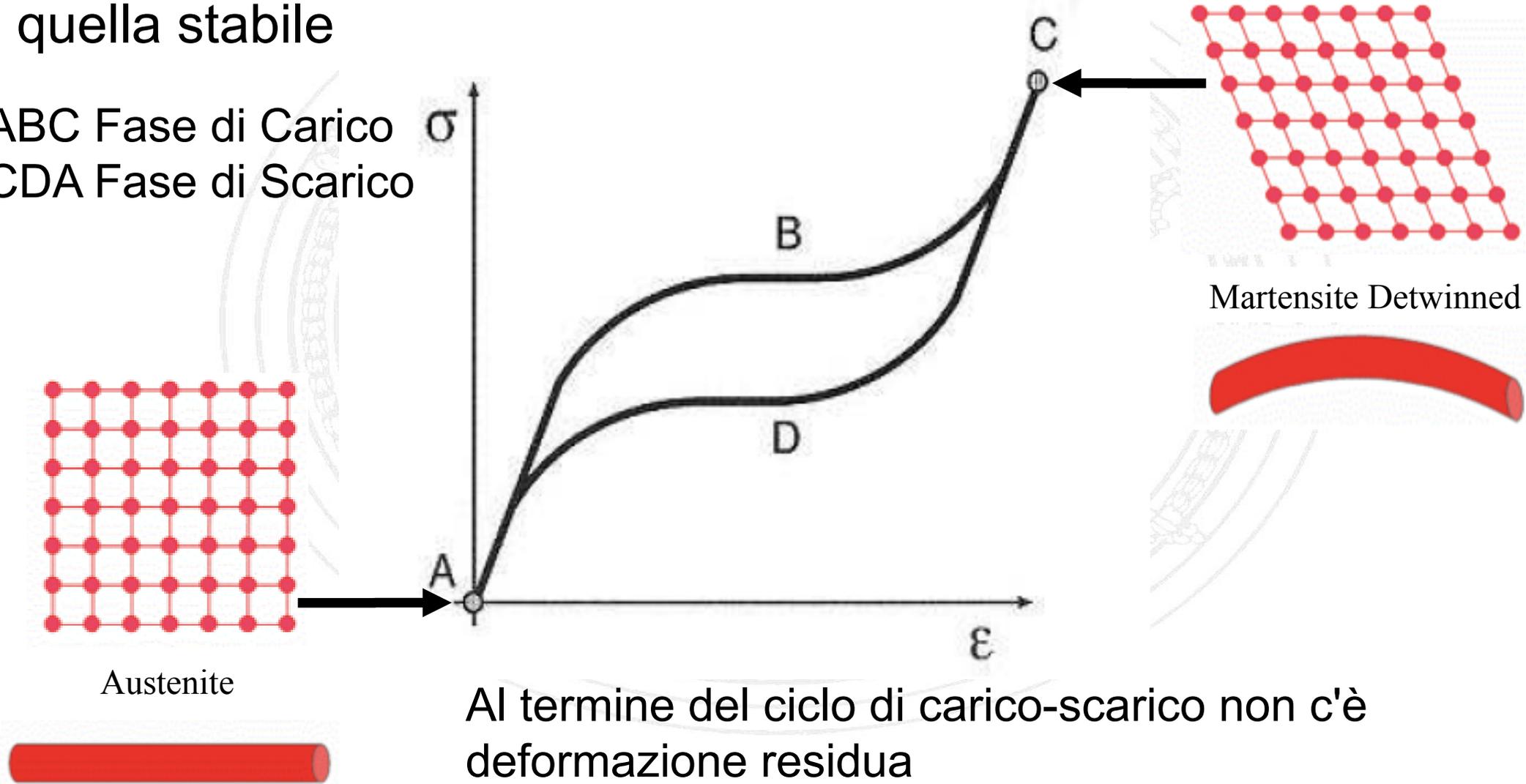
- Leghe a memoria di forma
- Applicazioni
- Fenomeno self-sensing
- Obiettivi del lavoro
- Descrizione set-up sperimentale
- Risultati sperimentali
- Conclusioni



EFFETTO SUPERELASTICO

Avviene a temperature abbastanza alte, per cui la struttura austenitica sia quella stabile

- ABC Fase di Carico
- CDA Fase di Scarico

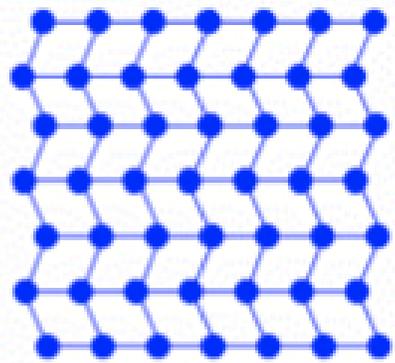


Austenite

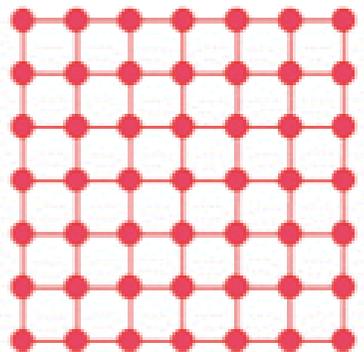
Martensite Detwinned

Al termine del ciclo di carico-scarico non c'è deformazione residua

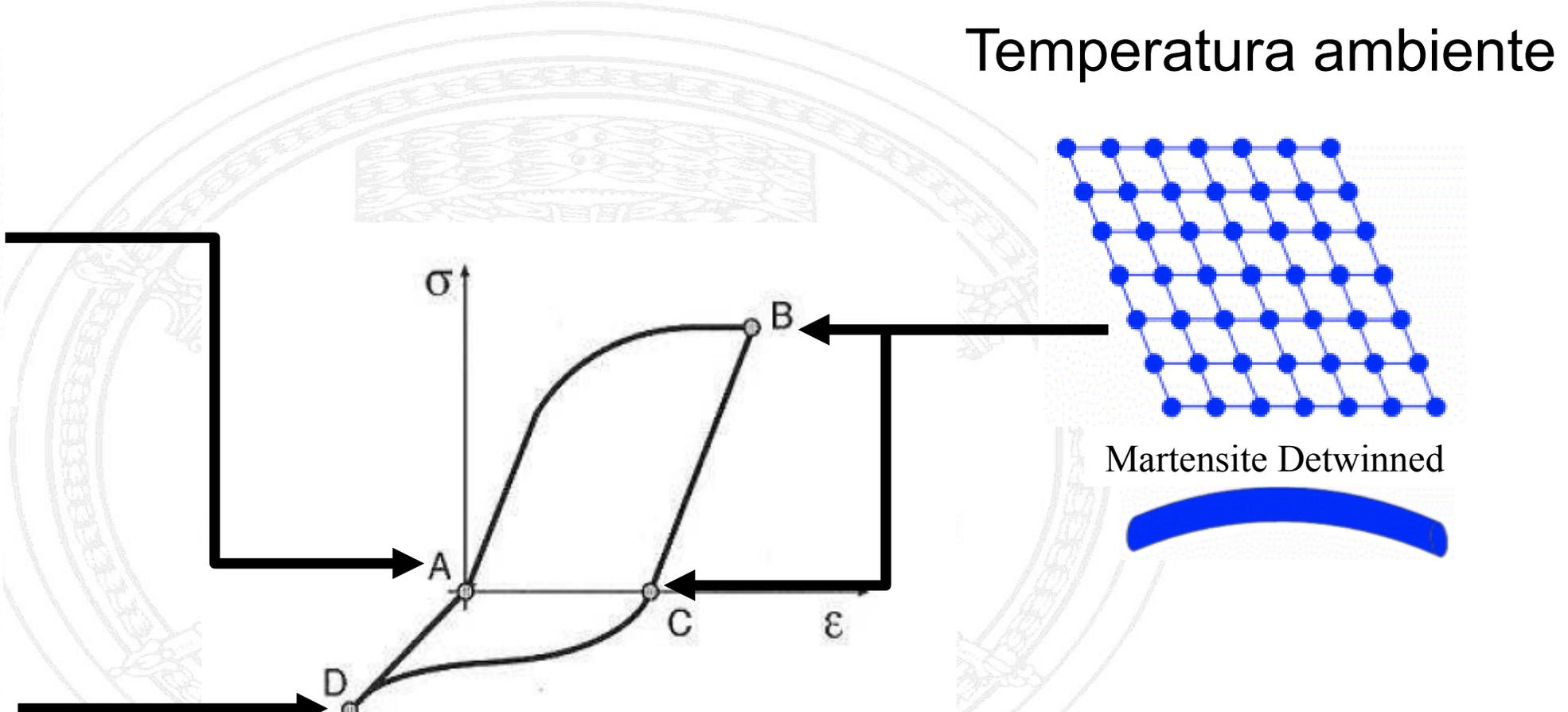
EFFETTO A MEMORIA DI FORMA



Martensite Twinned



Austenite



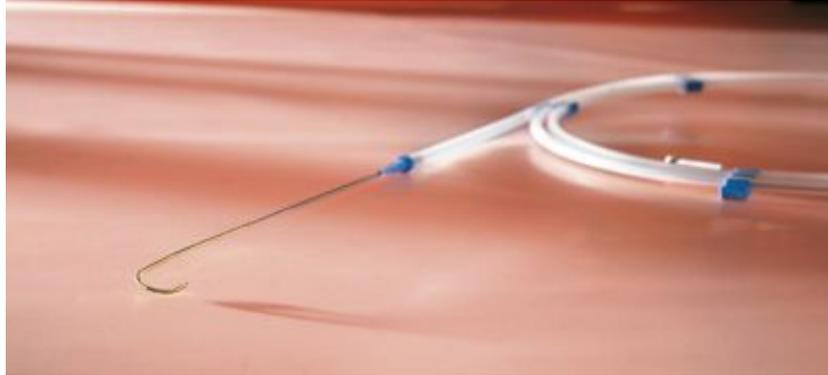
Temperatura ambiente

Martensite Detwinned

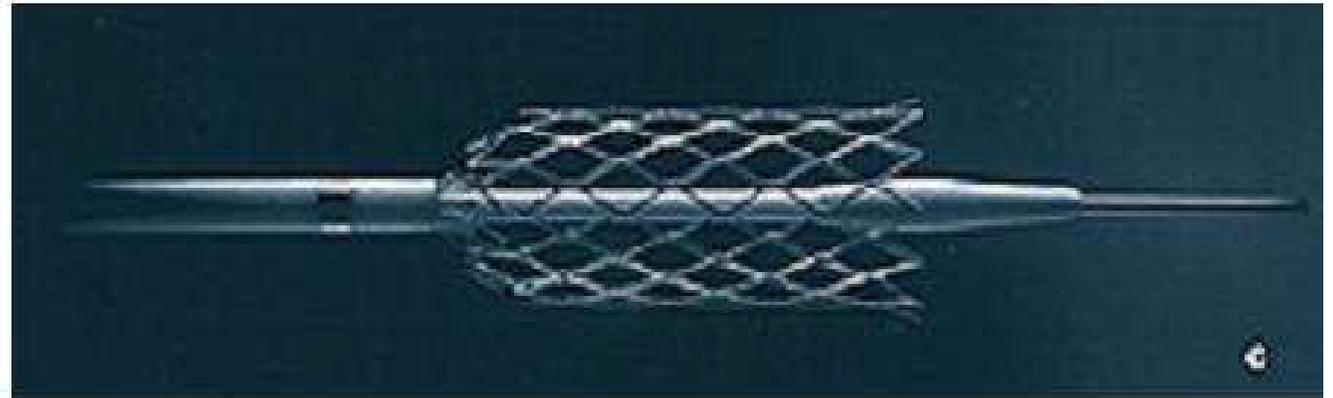
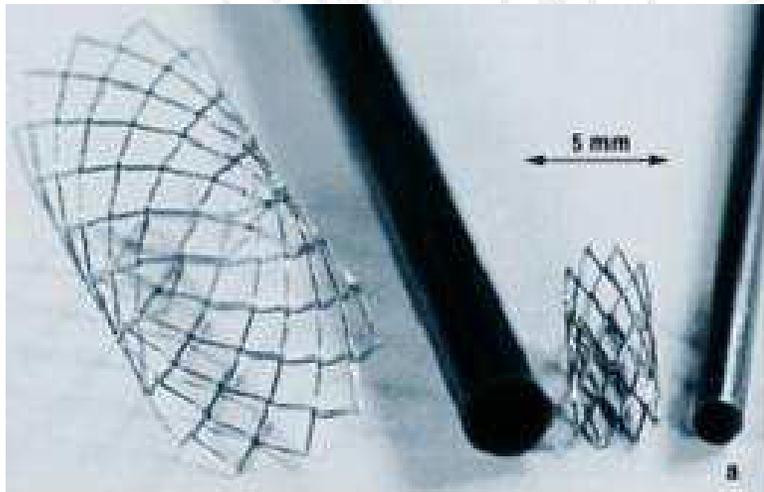


- AB fase di Carico
- BC fase di Scarico, con deformazione residua CA
- CD fase di Riscaldamento
- DA fase di Raffreddamento

APPLICAZIONI



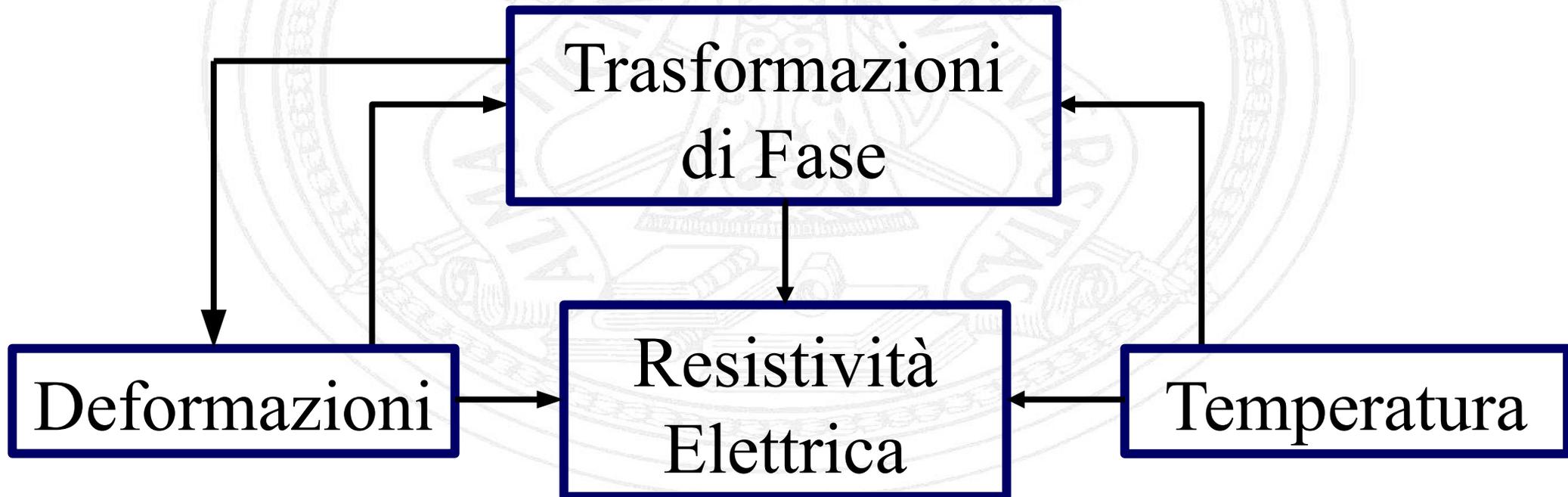
- Cateteri
- Stents
- Apparecchi ortodontici



- La chiave per un'efficace applicazione degli attuatori è la facilità di lettura degli output (closed loop)
- Metodi Convenzionali di Controllo:
 - Sensori interni
 - Modelli predittivi
 - Attuatori SMA → **Self-Sensing**

SELF SENSING

- Un sistema costituito da SMA non richiede elementi aggiuntivi:
può infatti costituire sia il sensore che l'attuatore
- È possibile utilizzare la variazione di resistenza elettrica dell'attuatore per ricavare la corsa di attuazione



Vantaggi

- Riduzione costi
- Riduzione ingombro/complessità
- Eliminazione sensori di spostamento
- Maggior affidabilità rispetto ai modelli predittivi
(**misure istantanee** legate direttamente al materiale)

- **Realizzare un Setup Sperimentale** per lo Studio del Self-Sensing nelle Leghe a Memoria di Forma
- **Studiare il legame tra la deformazione di un Filo SMA e la sua Resistenza Elettrica**

SETUP SPERIMENTALE

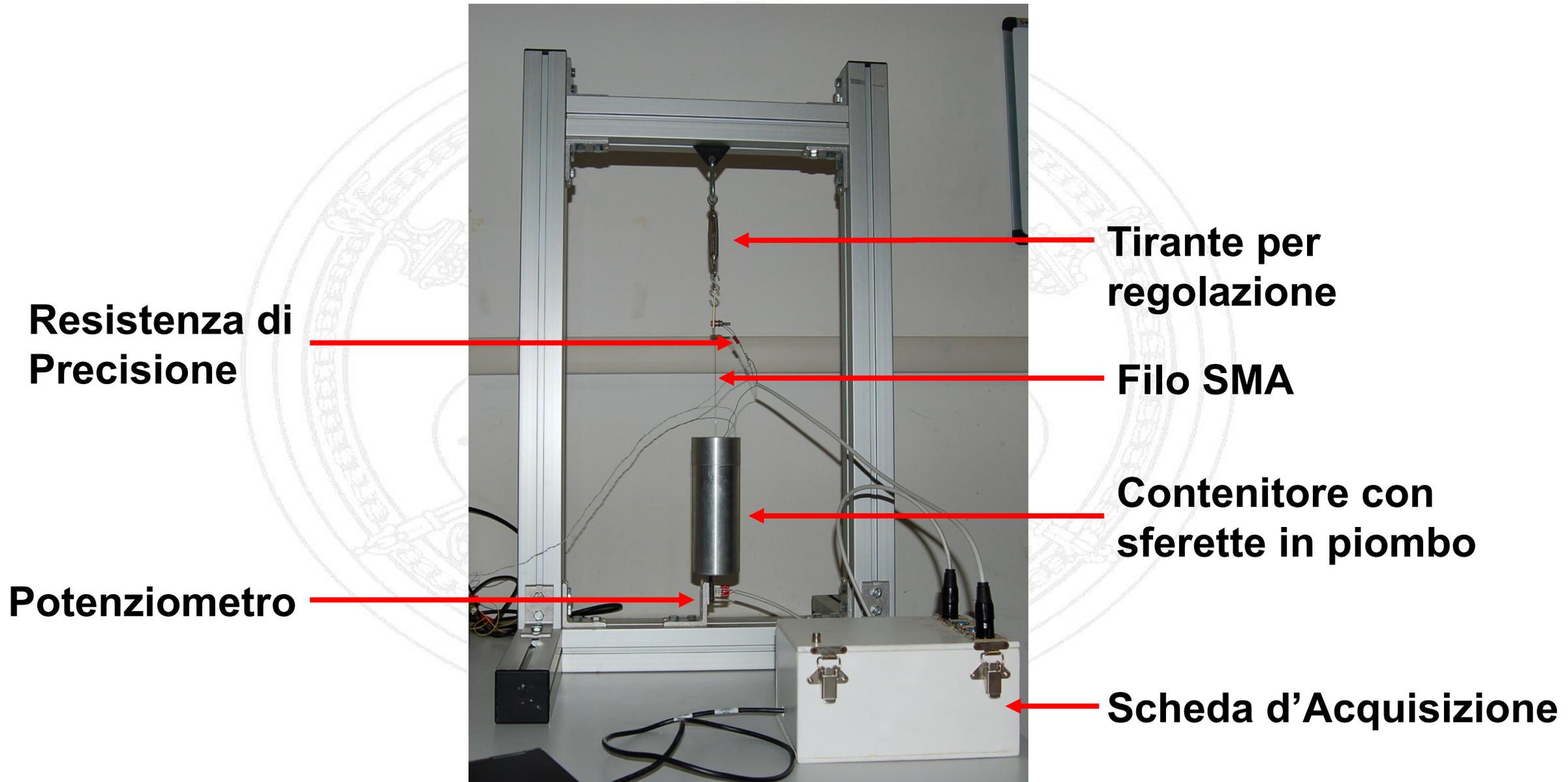
Materiali e Strumenti

- ✓ Filo SMA (diametro: 300 μm , lunghezza: 15 cm)

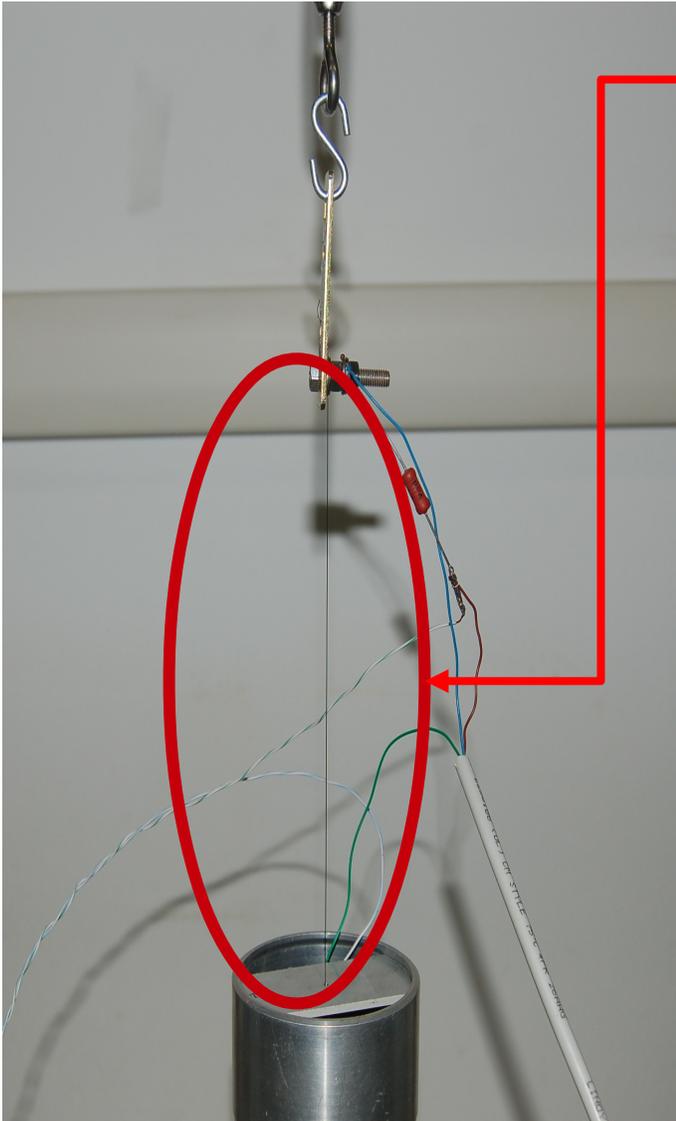
Prodotto	Diametro [μm]	Forza Massima [N]	Elongazione Massima	Forza Applicata Suggesta [N]	Elongazione Applicata Suggesta
SmartFlex02	200	19	5%	5	<3,5%
SmartFlex03	300	42		12	
SmartFlex04	400	75		21	
SmartFlex05	500	118		33	

- ✓ Multimetro Agilent 34410A
- ✓ Generatore Elektro-Automatik – PS 3000 b
- ✓ Resistenza di Precisione da 1 [Ω], con una tolleranza del $\pm 1\%$
- ✓ Potenzziometro Lineare
- ✓ Scheda d'Acquisizione USB-6210 della National Instruments

SETUP SPERIMENTALE



SETUP SPERIMENTALE



Filo in NiTiNOL

Il NiTiNOL è una lega a memoria di forma composta da **Nichel e Titanio**.

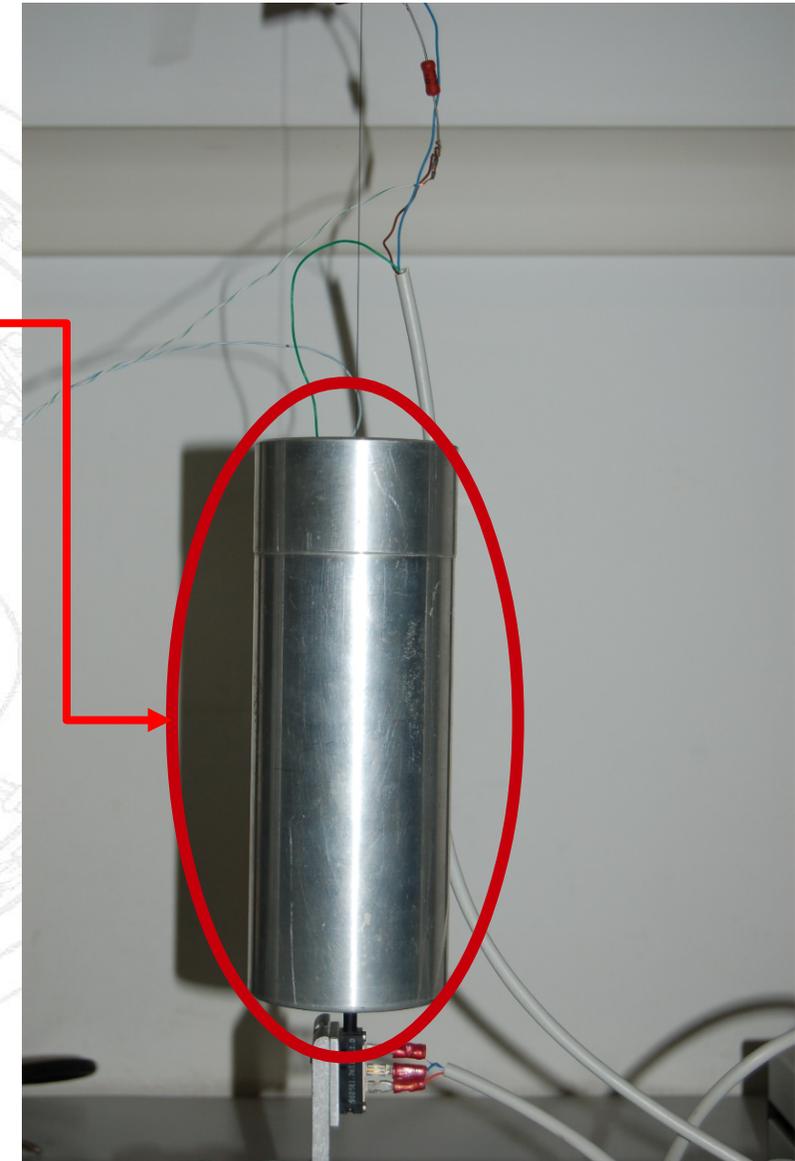
Paragonato ad altre leghe SMA possiede:

- un'alta stabilità in applicazioni cicliche
- resistenza alla corrosione
- un'elevata resistenza elettrica

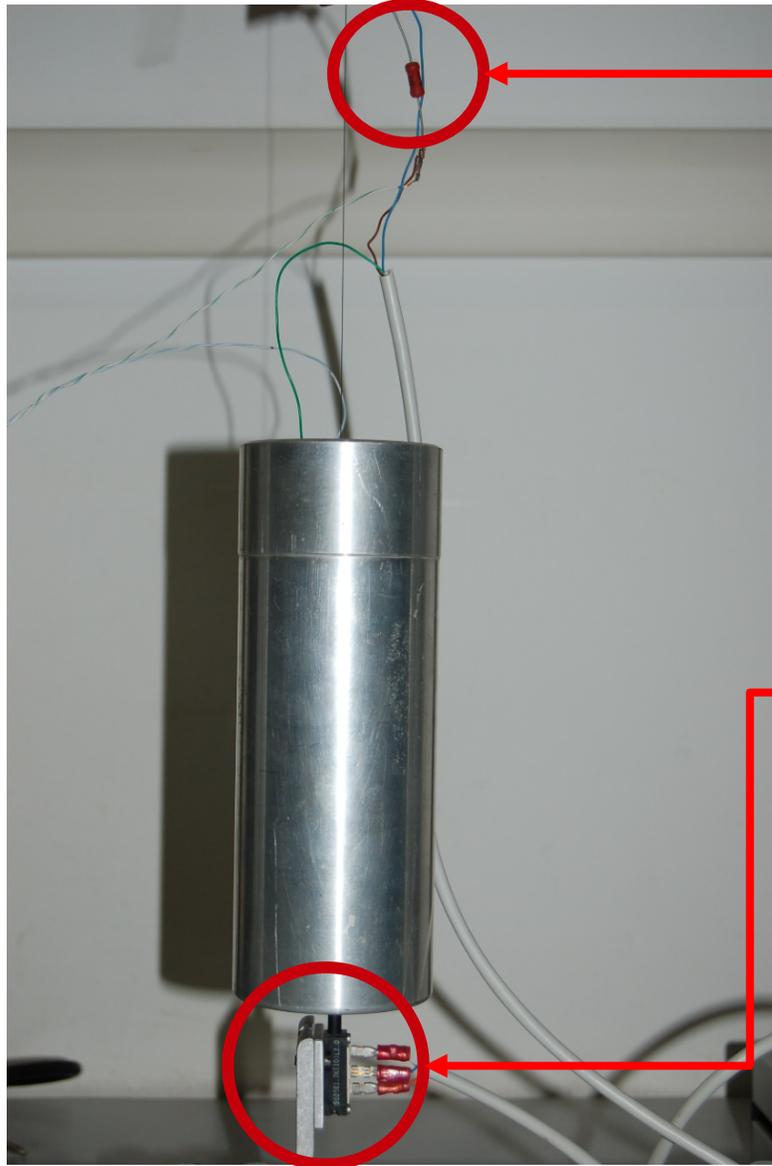
SETUP SPERIMENTALE

Contenitore con sferette in piombo

Per ottenere una deformazione sul filo SMA è stata applicata una **forza peso** tramite un cilindro cavo riempito di sferette in piombo.



SETUP SPERIMENTALE



Resistenza di Precisione

Una **resistenza di precisione** da 1Ω è posta in serie al filo SMA ed è usata come valore di riferimento per calcolare la corrente presente nel circuito

Potenziometro lineare

Permette di tradurre l'accorciamento del filo in una misura elettrica.

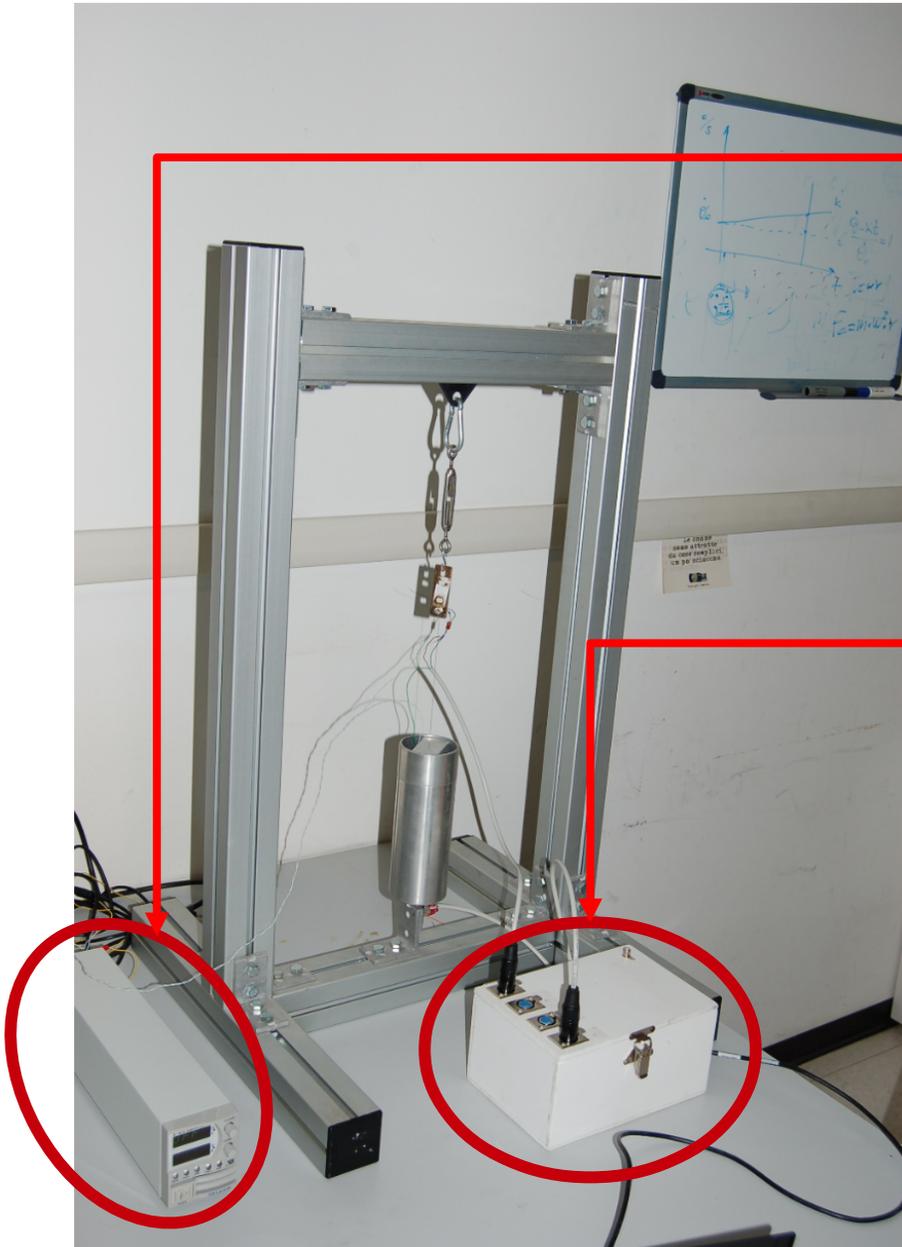
SETUP SPERIMENTALE

Generatore di Tensione

Per imporre una tensione elettrica tale da riscaldare adeguatamente il filo per effetto Joule

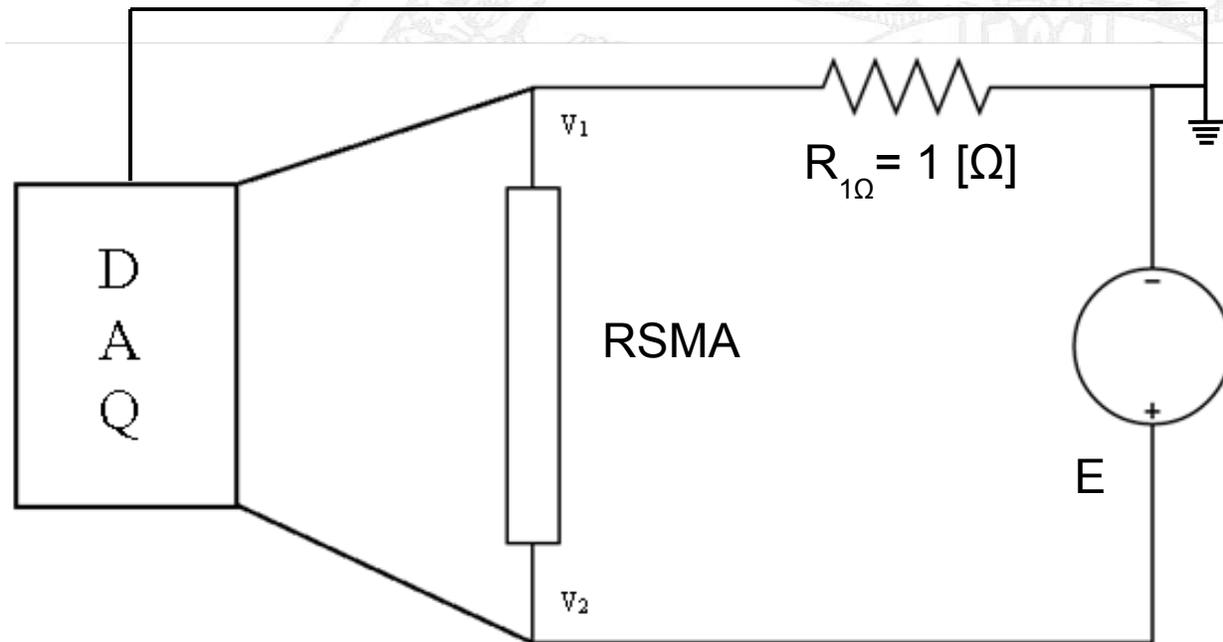
Scheda di Acquisizione

Permette di acquisire la tensione elettrica sul filo SMA e l'output del potenziometro.



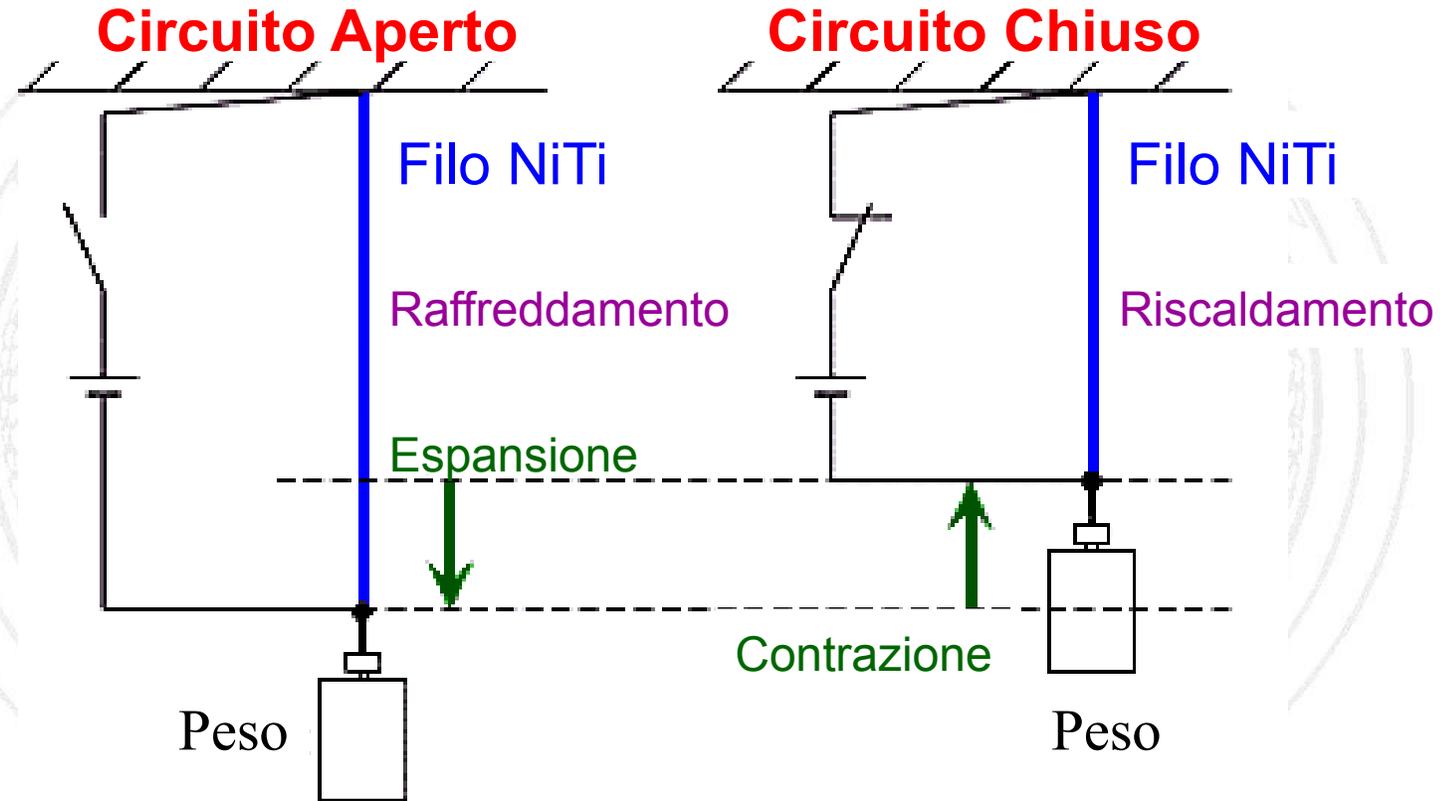
SETUP SPERIMENTALE

Acquisizione dei Dati



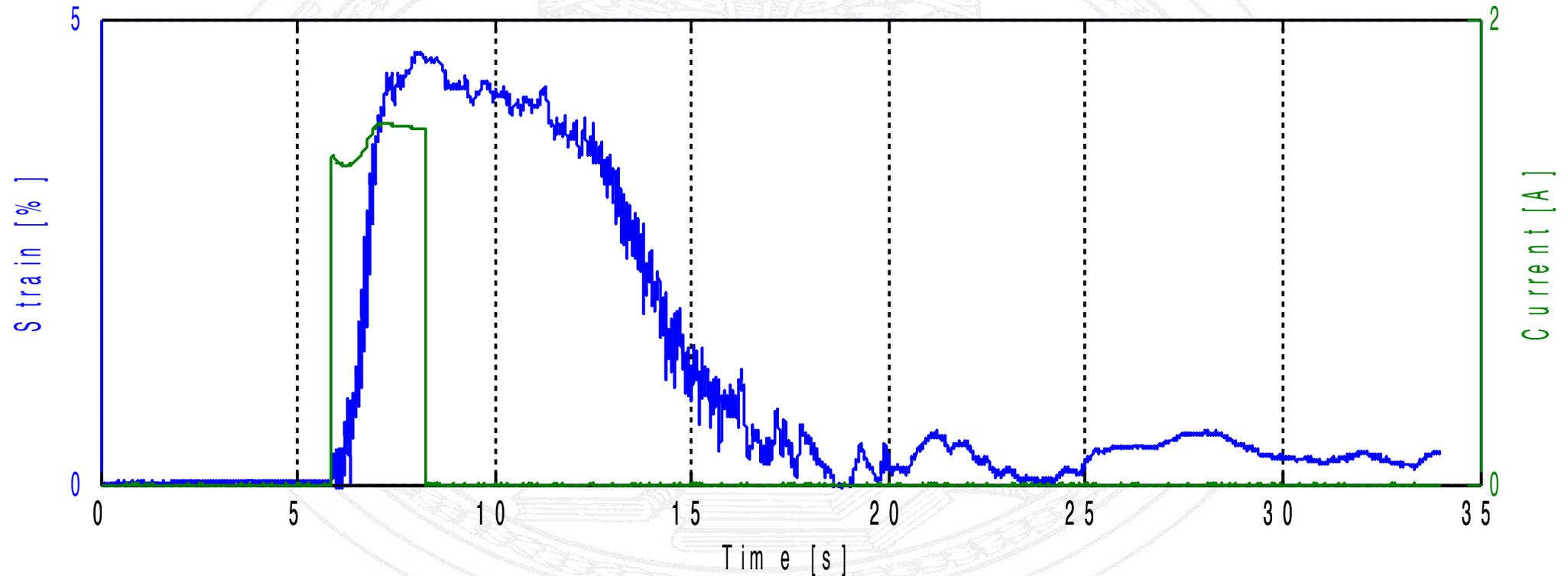
La tensione è stata impostata per avere la corrente consigliata dal produttore del filo SMA nel circuito

SETUP SPERIMENTALE



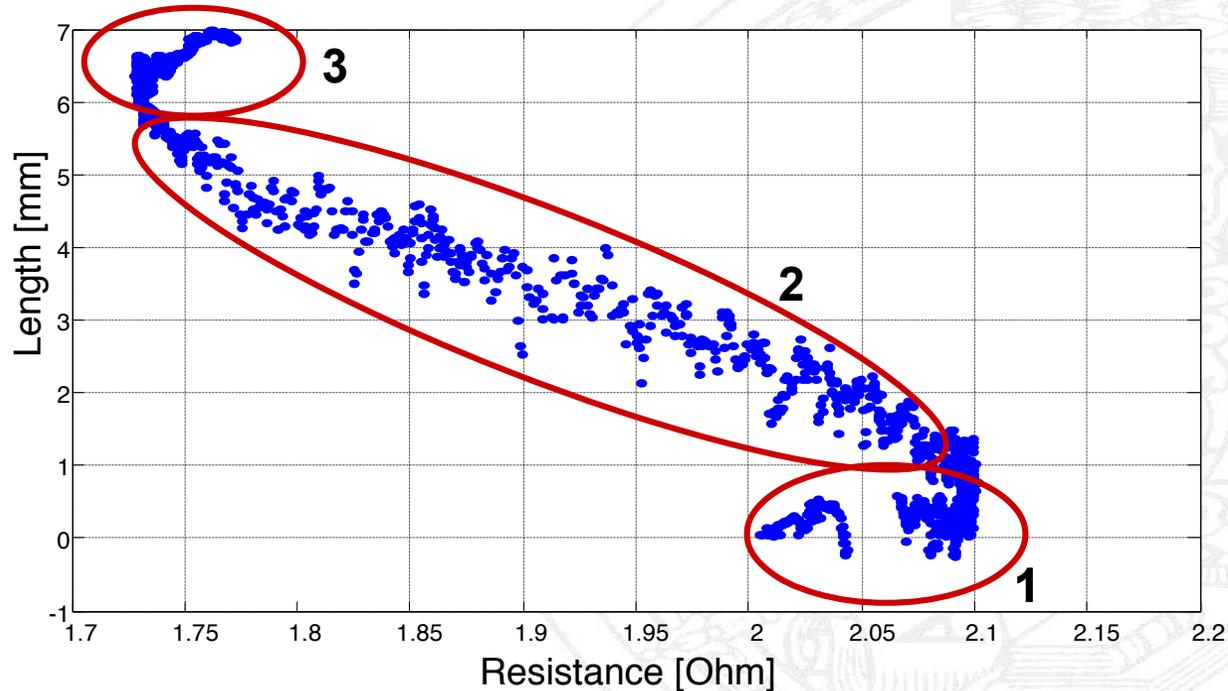
RISULTATI SPERIMENTALI

Deformazione - Corrente Elettrica



RISULTATI SPERIMENTALI

Deformazione – Resistenza Elettrica

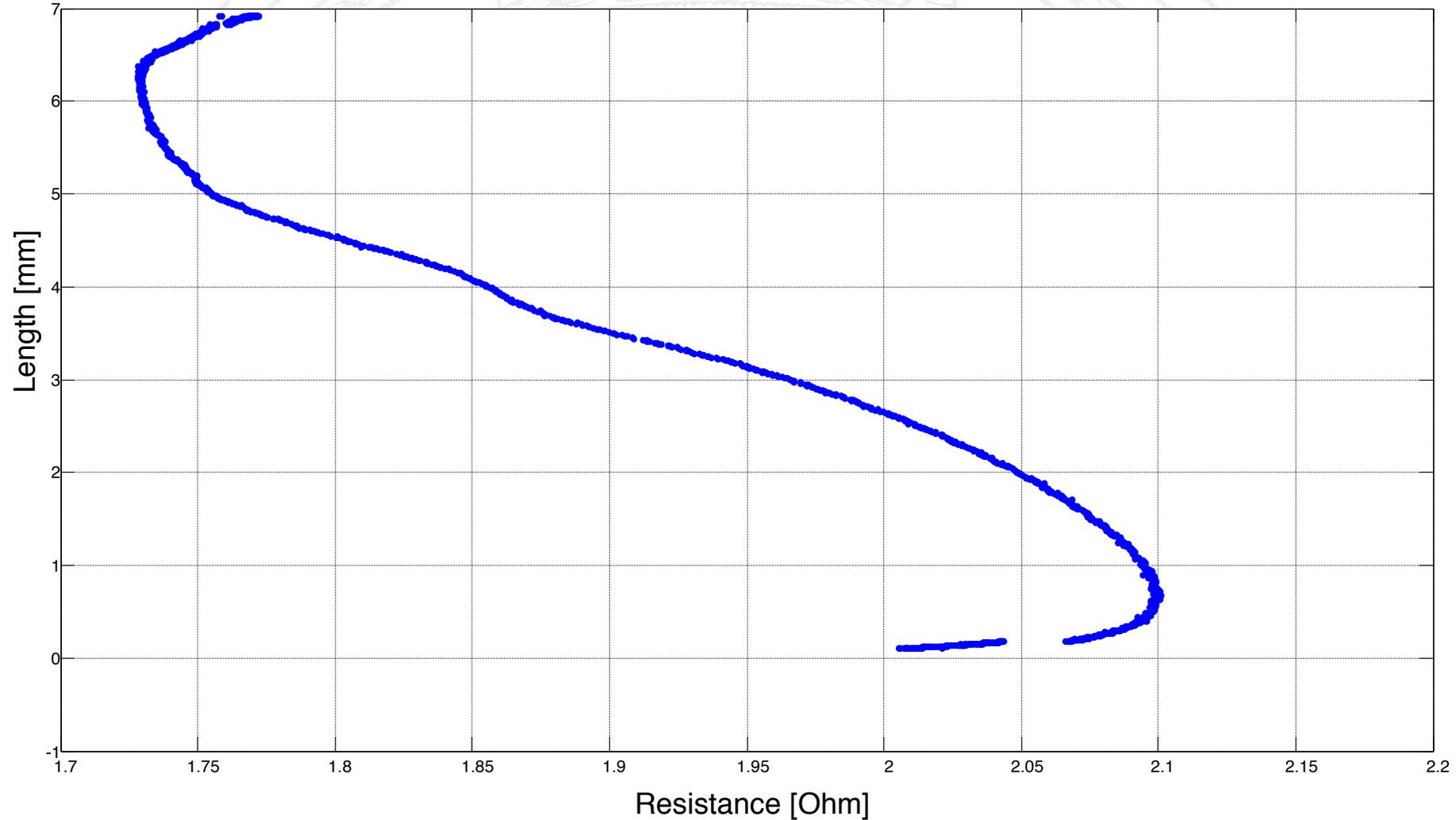


- Dati ottenuti in fase di riscaldamento
- **Prima Fase:** l'aumento della temperatura porta ad un aumento della resistenza elettrica
- **Seconda Fase:** inizia la trasformazione da Martensite Detwinned ad Austenite; ciò porta ad un accorciamento del filo e ad una diminuzione della resistenza elettrica
- **Terza Fase:** terminata la trasformazione, la resistenza elettrica subisce **solo gli effetti della temperatura** e la sua resistenza elettrica aumenta nuovamente

RISULTATI SPERIMENTALI

Deformazione – Resistenza Elettrica

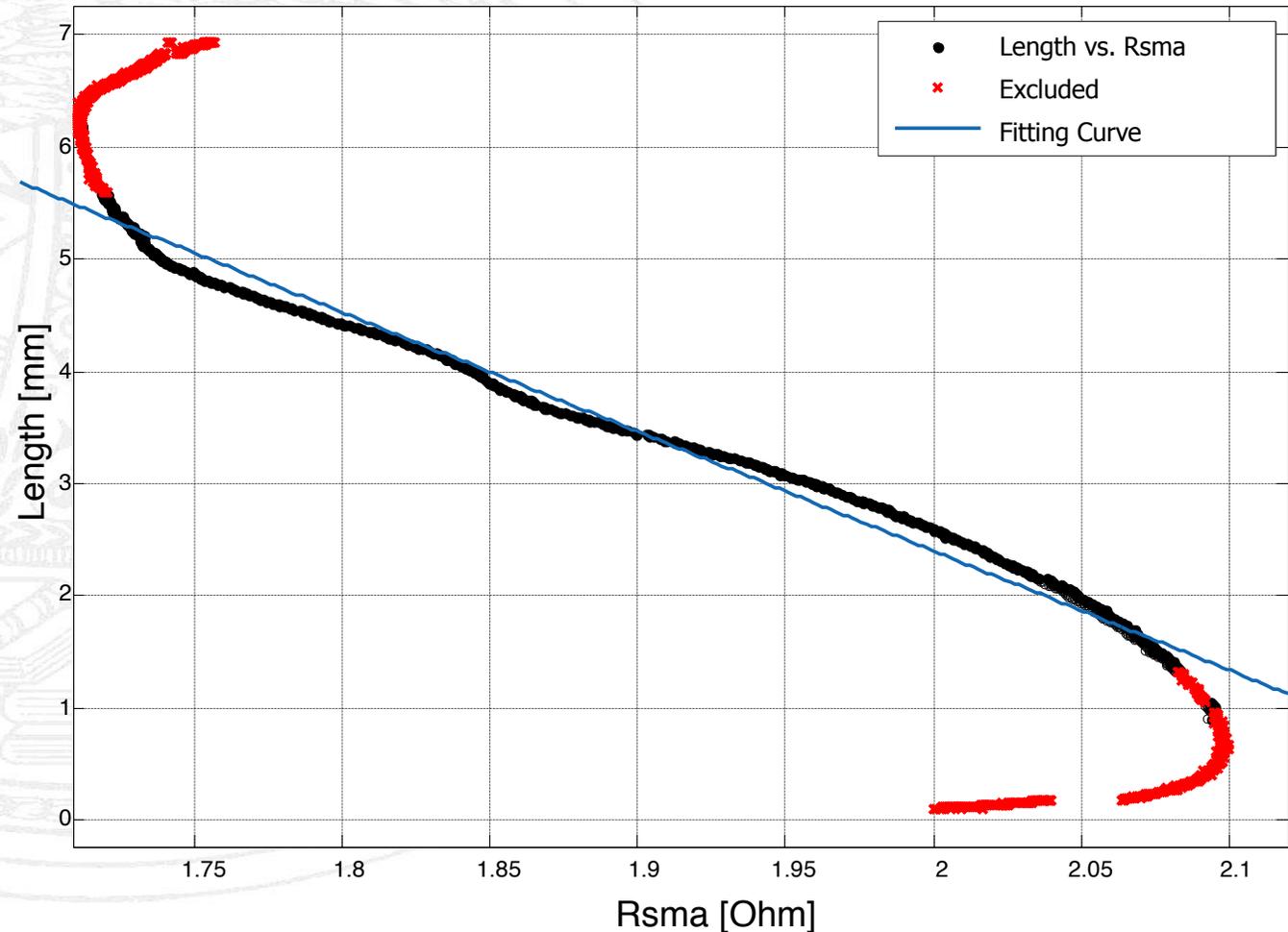
Applicazione di un filtro mediante MATLAB



RISULTATI SPERIMENTALI

Correzione Dati

- Interpolazione dei dati tramite il tool di MatLAB 'Curve Fitting'
- Entro un certo range è osservabile un **legame lineare** tra la resistenza elettrica e la lunghezza del filo SMA



CONCLUSIONI

- Abbiamo verificato che **il setup realizzato è in grado di ottenere le misure necessarie allo studio** delle relazione tra deformazione e resistenza elettrica su semplici attuatori (fili/molle)
- Tramite l'analisi dei dati è stato possibile riscontrare una **relazione lineare tra la resistenza elettrica del filo SMA e la sua contrazione**

SVILUPPI FUTURI

- **Aumentare le variabili allo studio** (ad esempio temperatura)
- **Sviluppare un modello** che definisca il legame tra la resistenza elettrica di un componente SMA e la sua lunghezza
- **Sviluppare l'elettronica di controllo degli attuatori tramite il self-sensing**

The background features a large, faint, circular seal of the University of Insubria. The seal contains a central emblem with a crown on top, a shield with a cross, and a banner with the text 'ALMA MATER UNIVERSITAS'. Below the shield are several books and a quill pen. The entire seal is rendered in a light gray color.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE