



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BRESCIA

Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale

Laboratorio di Misure Industriali



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BRESCIA



Pesatura **Dinamica**

Referente: **Davide Botturi**

Studenti: **Giovanni Alghisi**
Francesco Campregher
Marco Milanese
Edoardo Mirandola
Abdelghani Msaad



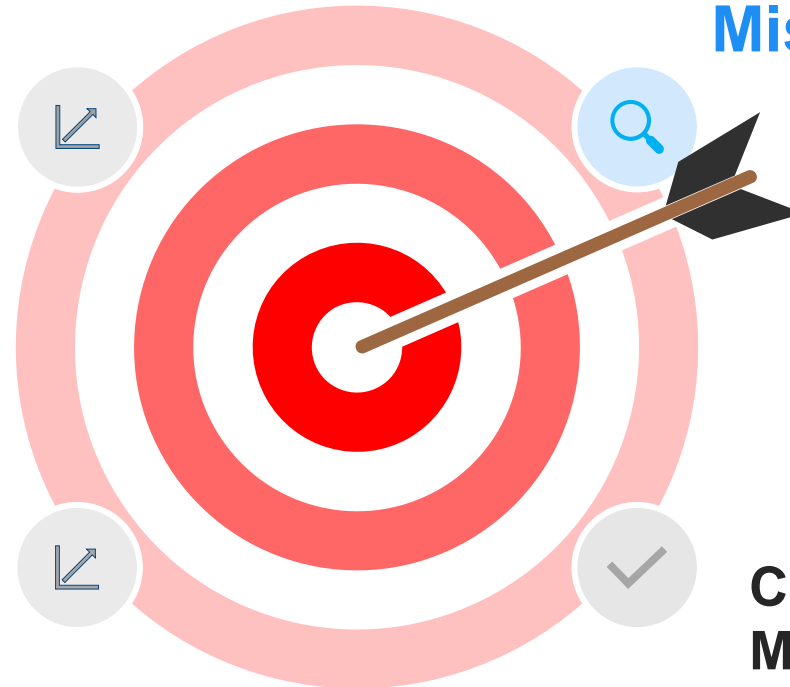
Gruppo H

Anno Accademico 2021-2022

Obiettivi

**Caratterizzazione
cella di carico**

**Caratterizzazione
sistema di
acquisizione**



Misura della massa

**Creazione modello
Machine Learning**

Contenuti

01

Obiettivi del Progetto

02

Strumentazione

03

Acquisizione

04

Analisi Dati ed Estrazione Features

05

Stima della Massa

06

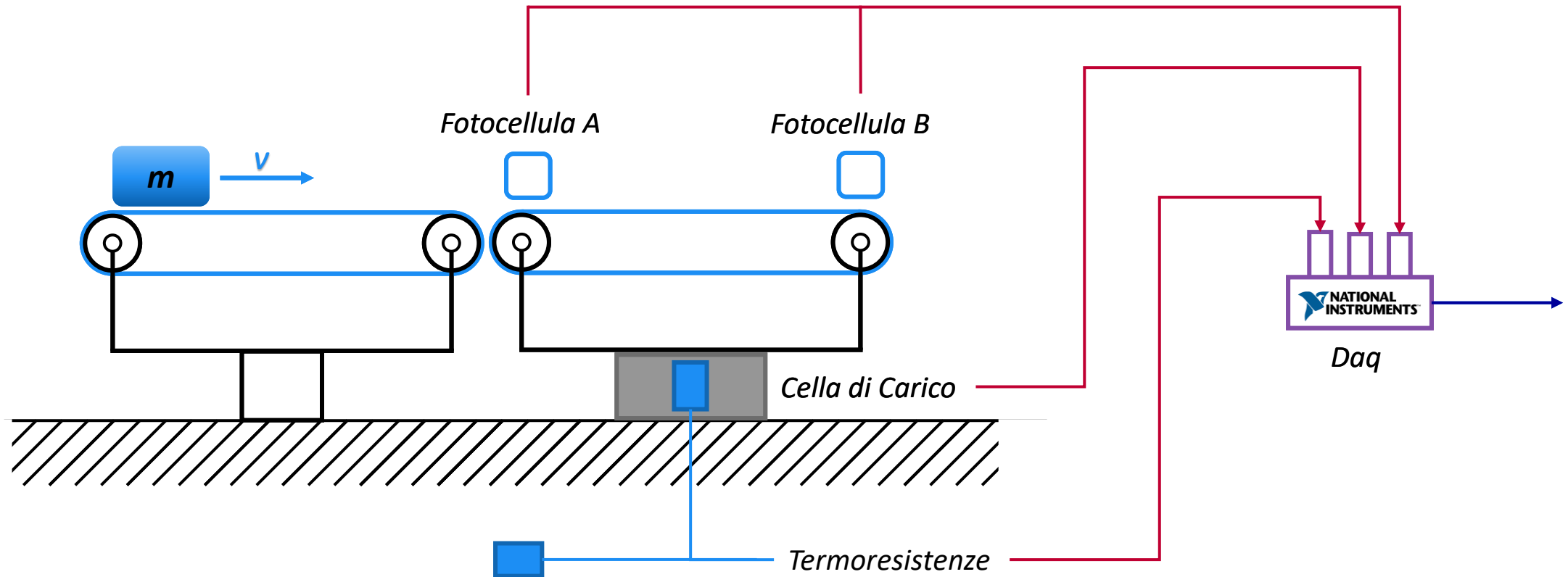
Conclusioni

07

Sviluppi Futuri

Strumentazione

Set-up di **Misura**



Strumentazione

Sensori

Cella di carico HBM PW22C3



Carico massimo	10 Kg
Vmin	1 g
Sensitività (Cn)	$(1,9 \pm 0,1) \text{ mV/V}$
Effetto temperatura	$\pm 0,01475 \% \text{ Cn}$
Deviazione lineare	$\pm 0,0166\% \text{ Cn}$

Fotocellule SICK GL6

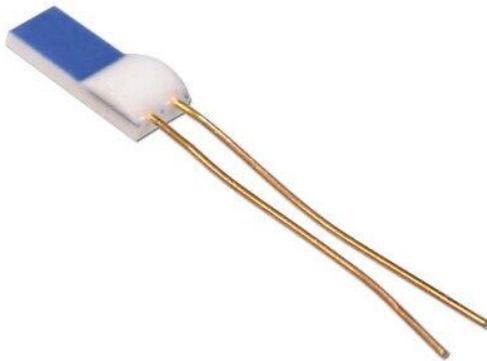


Distanza rilevamento	5 m
Frequenza commutazione	1 kHz
Tempo di risposta	$< 625 \mu\text{s}$

Strumentazione

Sensori - Bilancia

Termoresistenze PT100



Bilancia



°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100,00	100,39	100,78	101,17	101,56	101,95	102,34	102,73	103,12	103,51
10	103,90	104,29	104,68	105,07	105,46	105,85	106,24	106,63	107,02	107,40
20	107,79	108,18	108,57	108,96	109,35	109,73	110,12	110,51	110,90	111,28
30	111,67	112,06	112,45	112,83	113,22	113,61	113,99	114,38	114,77	115,15
40	115,54	115,93	116,31	116,70	117,08	117,47	117,85	118,24	118,62	119,01

Fondoscala	3 kg
Risoluzione	0.01 g

Strumentazione

NiDaq e **Schede Acquisizione**



National Instruments CompactDaq

Analogico NI 9237

Per lettura cella di carico

Analogico NI 9215

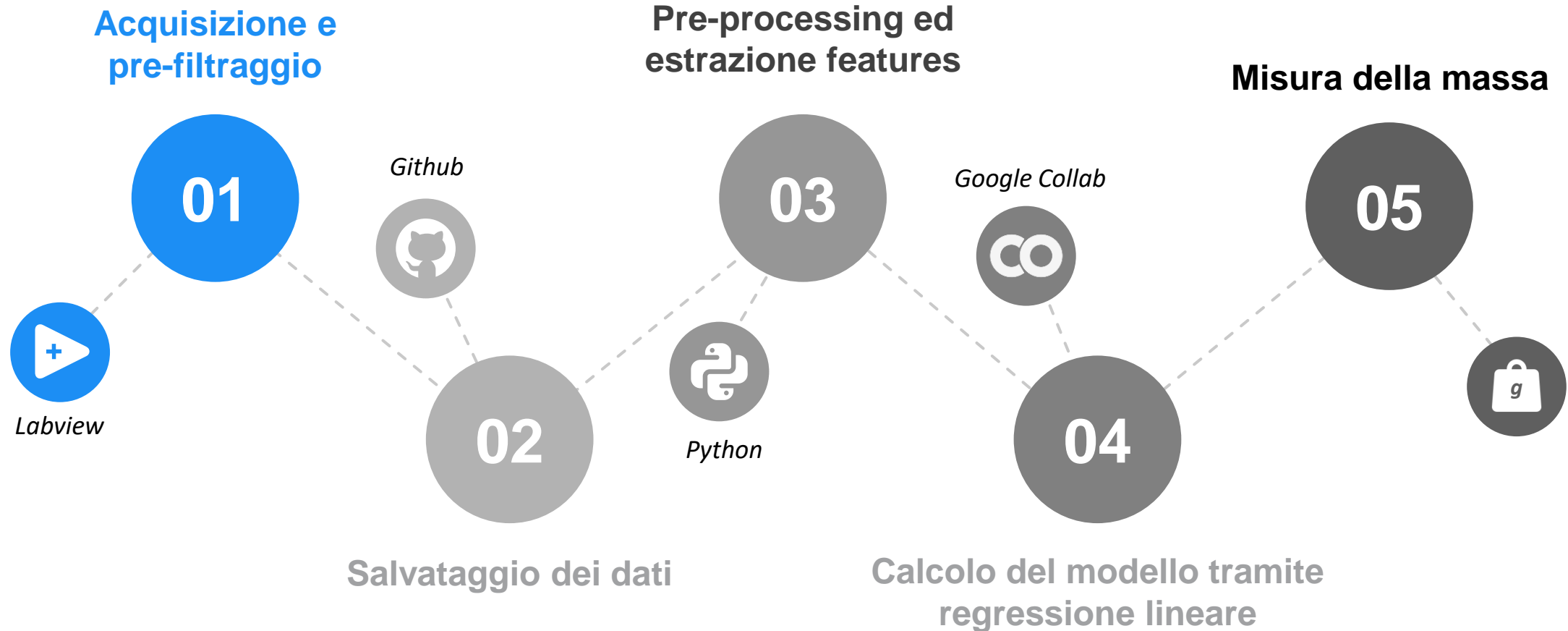
Lettura segnali analogici e fornisce l'alimentazione alle fotocellule

Analogico NI 9219

Sviluppato per sensori RTD (rilevatore di temperatura a resistenza)

Strumentazione

Fasi del Progetto



Contenuti

01

Obiettivi del Progetto

02

Strumentazione

03

Acquisizione

04

Analisi Dati ed Estrazione Features

05

Stima della Massa

06

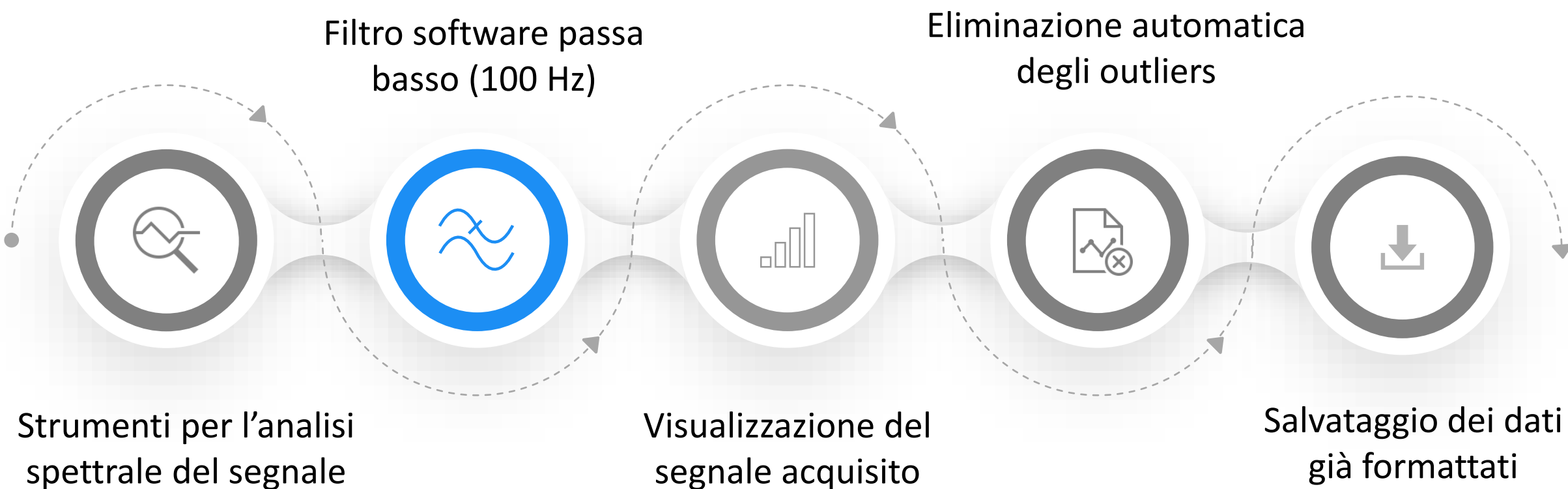
Conclusioni

07

Sviluppi futuri

Acquisizione

Sistema di **Acquisizione** Tramite LabVIEW



Acquisizione

Le Fasi di **Acquisizione**

Acquisizioni

1) Statiche

- ✓ Taratura cella di carico
- ✓ Taratura sistema di acquisizione
 - ↳ Conversione V/V a g

2) Dinamiche

- ✓ Creazione del dataset
 - ↳ Algoritmi di Machine Learning

Acquisizione

Protocollo Acquisizioni **Statiche**

01

Protocollo di Misura

- 20 campioni di massa $10 \div 1500 \text{ g}$
- 5 cicli di carico e scarico

02

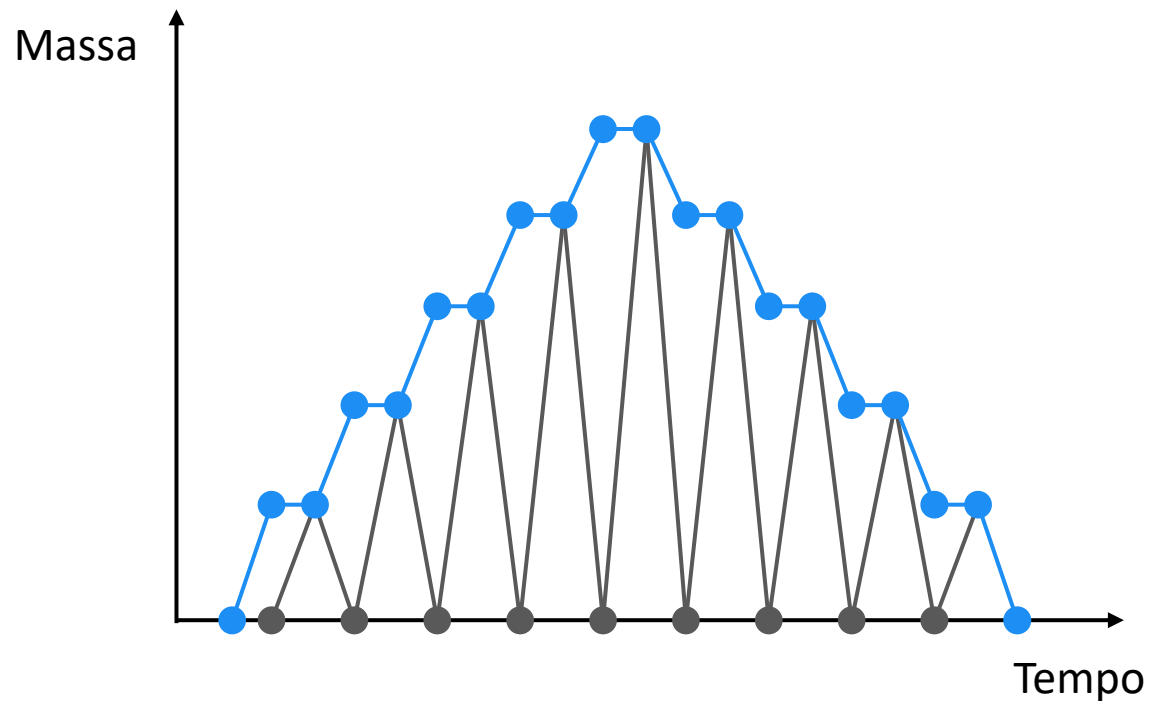
Problematiche Ricontrate

- Condizioni ambientali non controllabili
- Non idealità del protocollo rispetto l'isteresi

Acquisizione

Applicazione Monotona dei Carichi

—●— Protocollo corretto —●— Protocollo non corretto



Protocollo corretto

- ✓ Considera al meglio l'isteresi del sensore
- ✗ Richiesti campioni con ridotta incertezza

Protocollo non corretto

- ✓ Evita l'accumulo dell'errore di misura
- ✗ Non caratterizza al meglio l'isteresi

Acquisizione

Acquisizioni e **Taratura**

01

Statica cella

100 campioni di tensione per massa

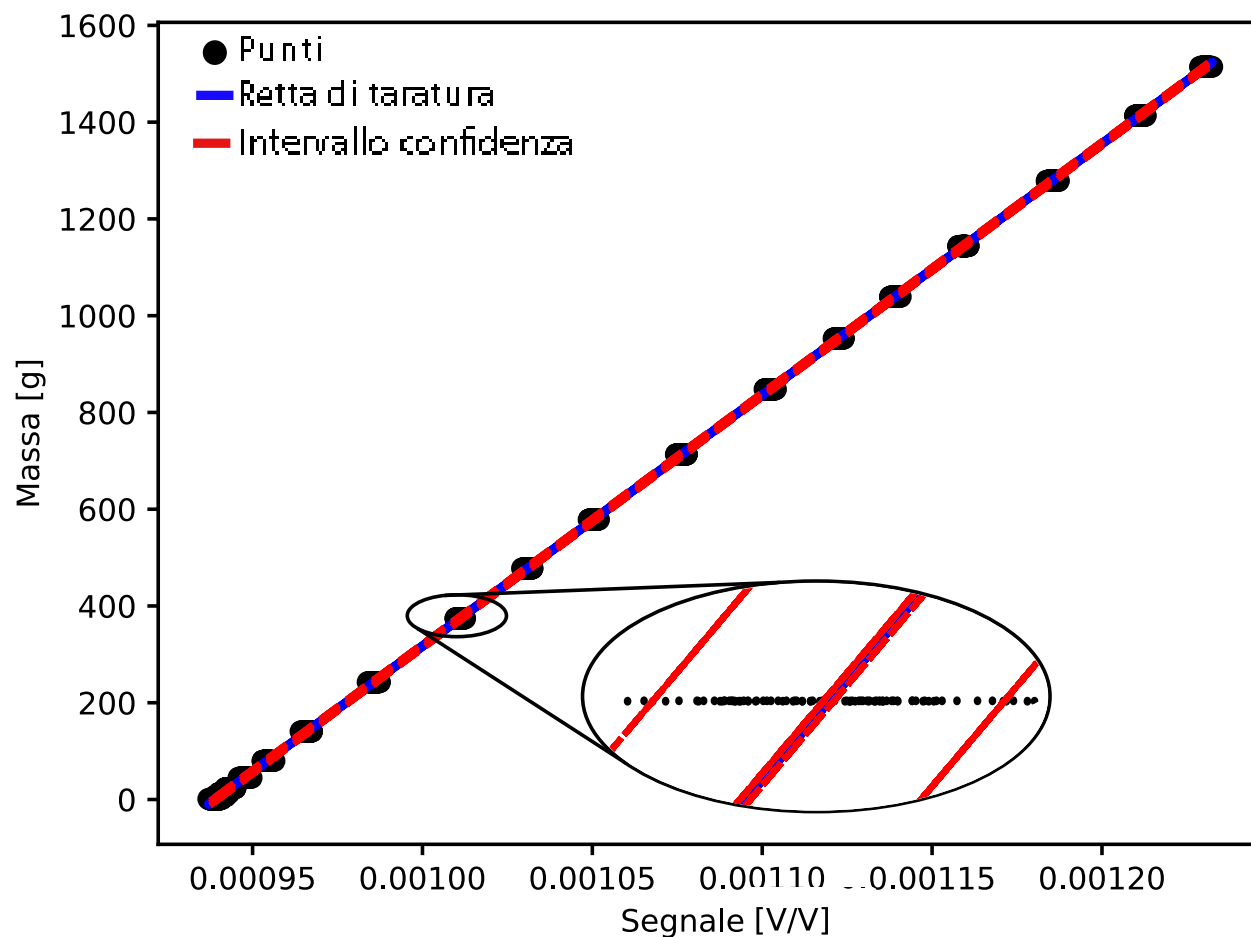
Per ovviare al problema del
rumore elettrico

02

Statica Sistema di Acquisizione

Media dei campioni acquisiti su 30s

Taratura della Cella di Carico



$$y = m \cdot x + q \quad C.I._{(95\%)} = \pm 2\sigma$$

Coefficiente	Valore	Std Err
--------------	--------	---------

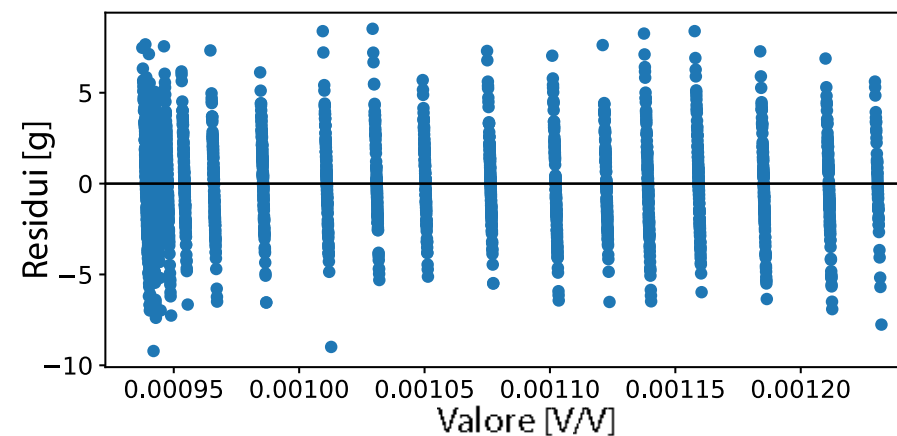
q [g]	-4877.52	0.30
---------	----------	------

m [g · V/V]	5191550	$28 \cdot 10$
---------------	---------	---------------

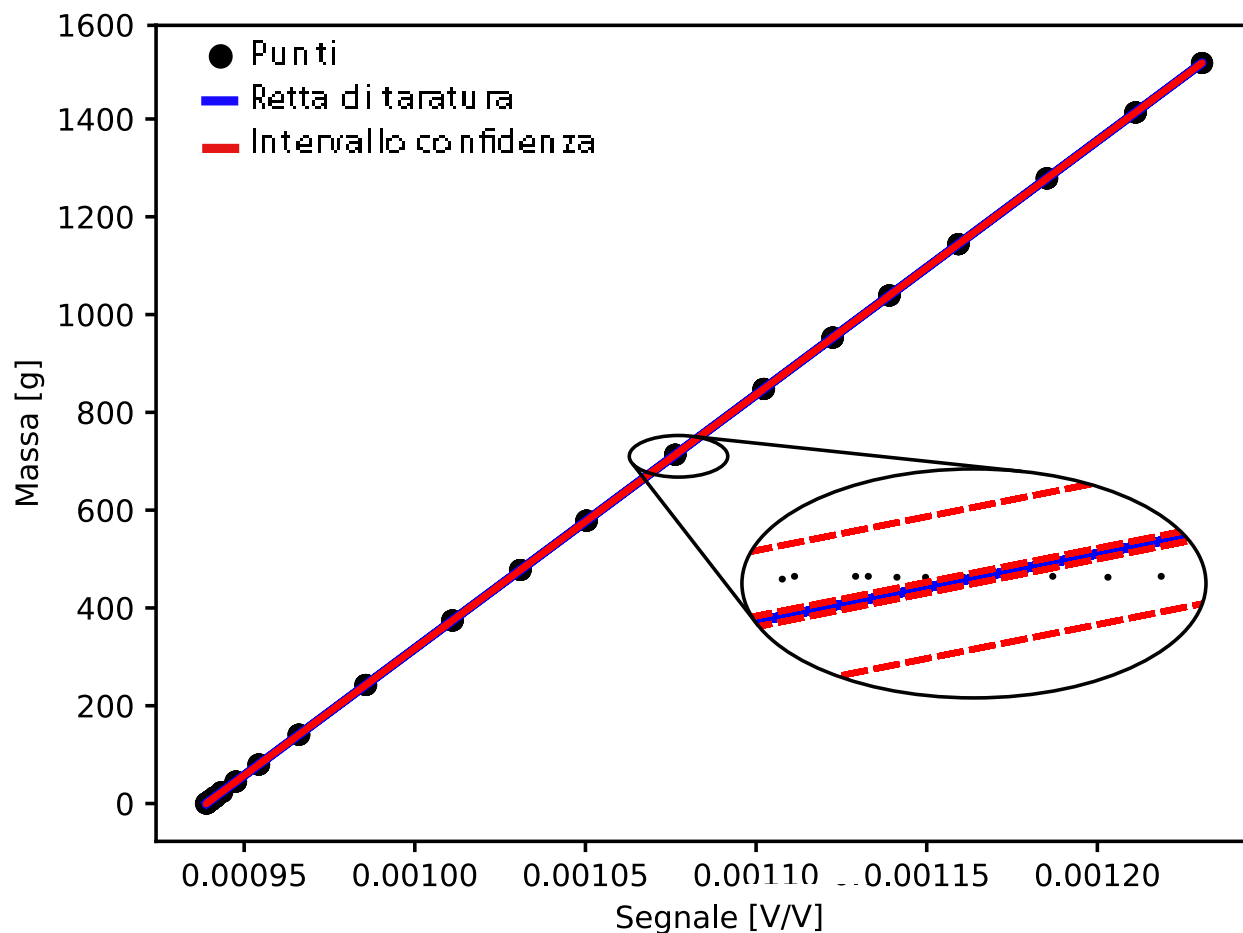
Coefficiente	Valore
--------------	--------

σ [g]	2.7
--------------	-----

R^2	0.99
-------	------



Taratura del Sistema di Acquisizione



$$y = m \cdot x + q \quad C.I._{(95\%)} = \pm 2\sigma$$

Coefficiente	Valore	Std Err
--------------	--------	---------

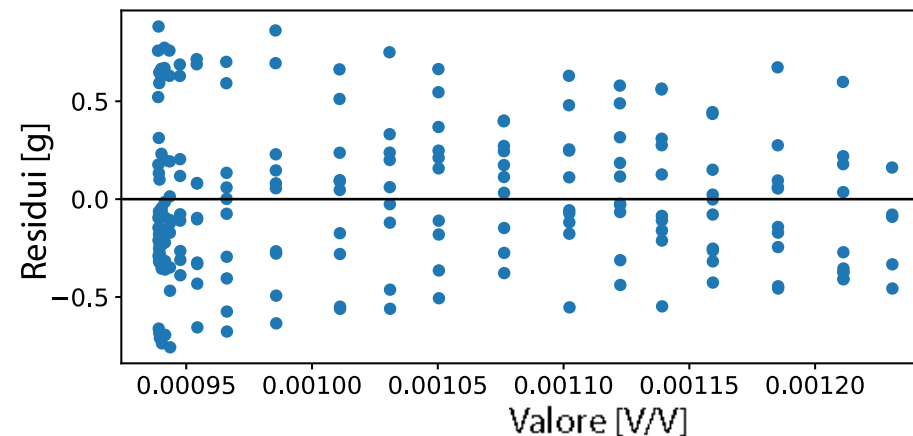
q [g]	-4878,38	0.29
---------	----------	------

m [$g \cdot V/V$]	5191420	$28 \cdot 10$
-----------------------	---------	---------------

Coefficiente	Valore
--------------	--------

σ [g]	0.38
--------------	------

R^2	0.99
-------	------



Acquisizione

Protocollo Acquisizioni **Dinamiche**

- 4 velocità differenti
- 20 campioni di massa $10 \div 1500 \text{ g}$
- 35 acquisizioni in moto per campione
- 1 acquisizione statica all'inizio e 1 alla fine



Problemi riscontrati

Influenza non trascurabile delle condizioni ambientali

Contenuti

01

Obiettivi del Progetto

02

Strumentazione

03

Acquisizione

04

Analisi Dati ed Estrazione Features

05

Stima della Massa

06

Conclusioni

07

Sviluppi futuri

Calcolo Features

1

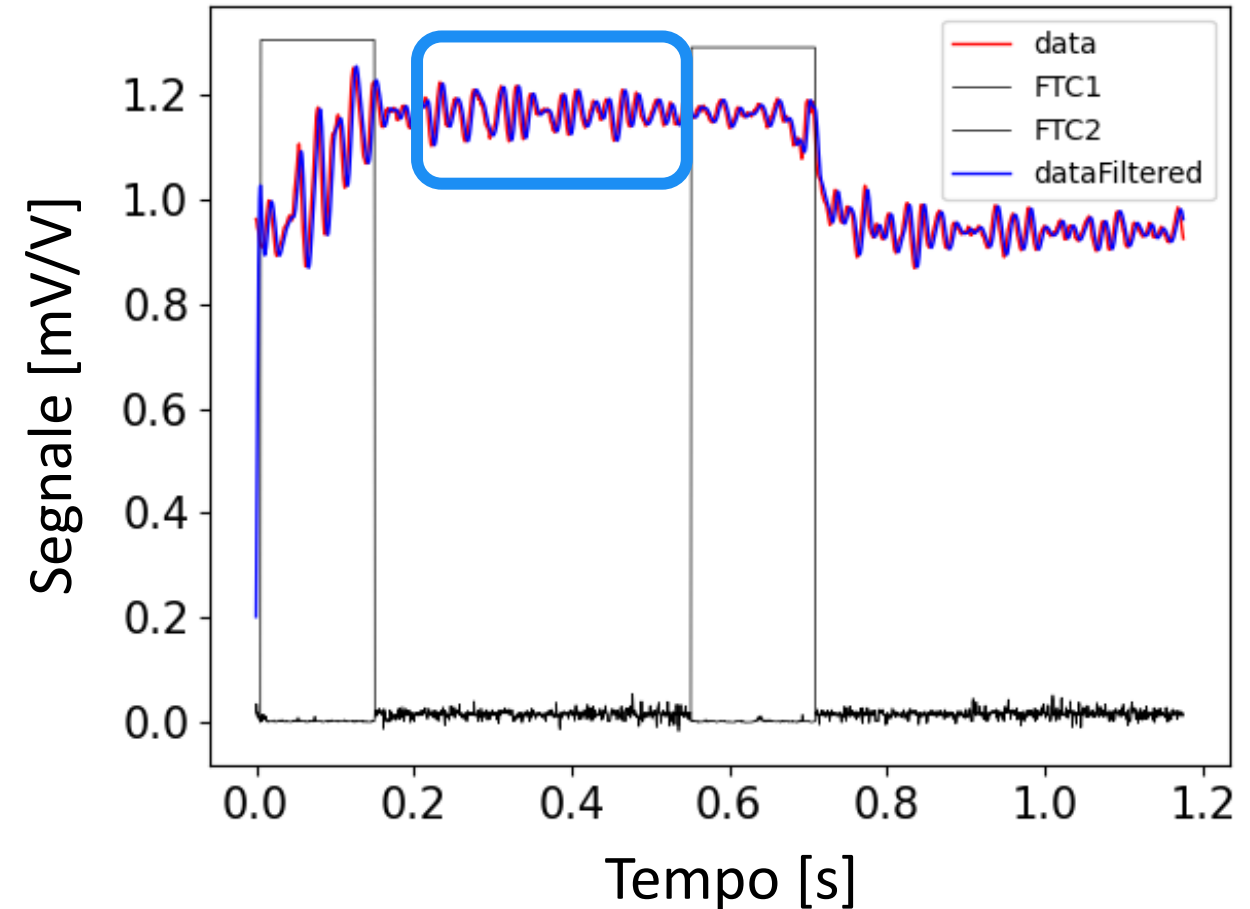
Segnale completo

Per valutare la natura del disturbo ed eventualmente filtrare il segnale

2

Media tra FC1 e FC2

Rimuovere picco di overshoot e il transitorio di salita/discesa sul nastro

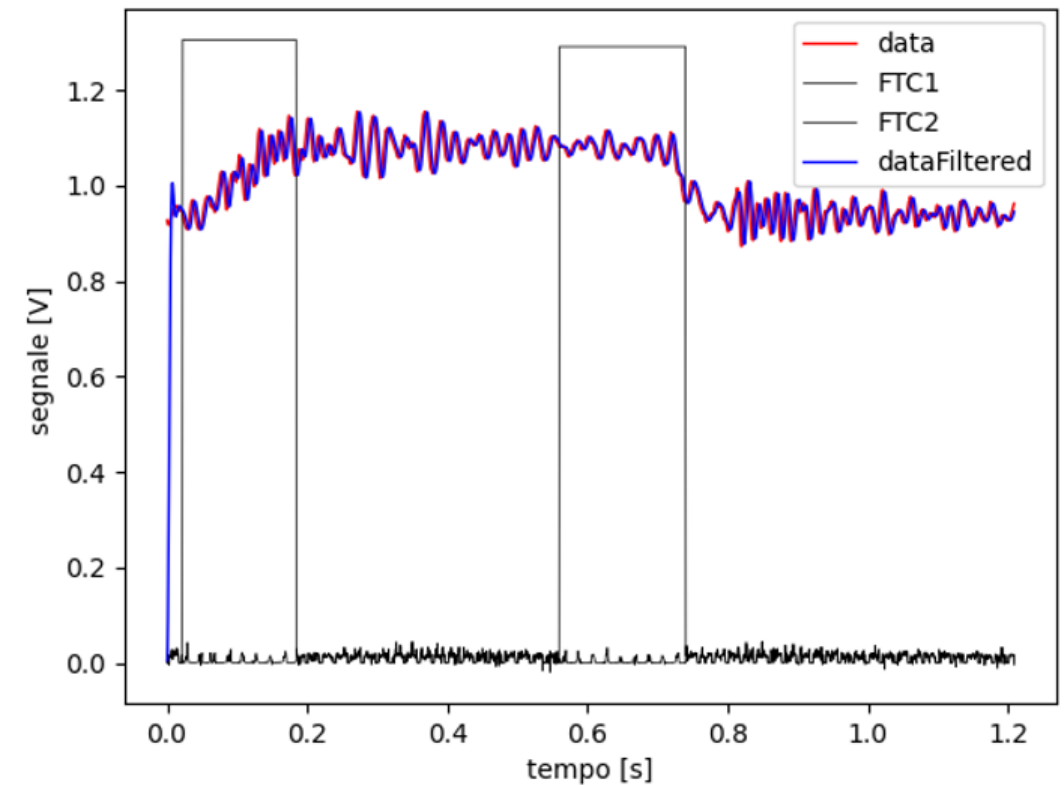
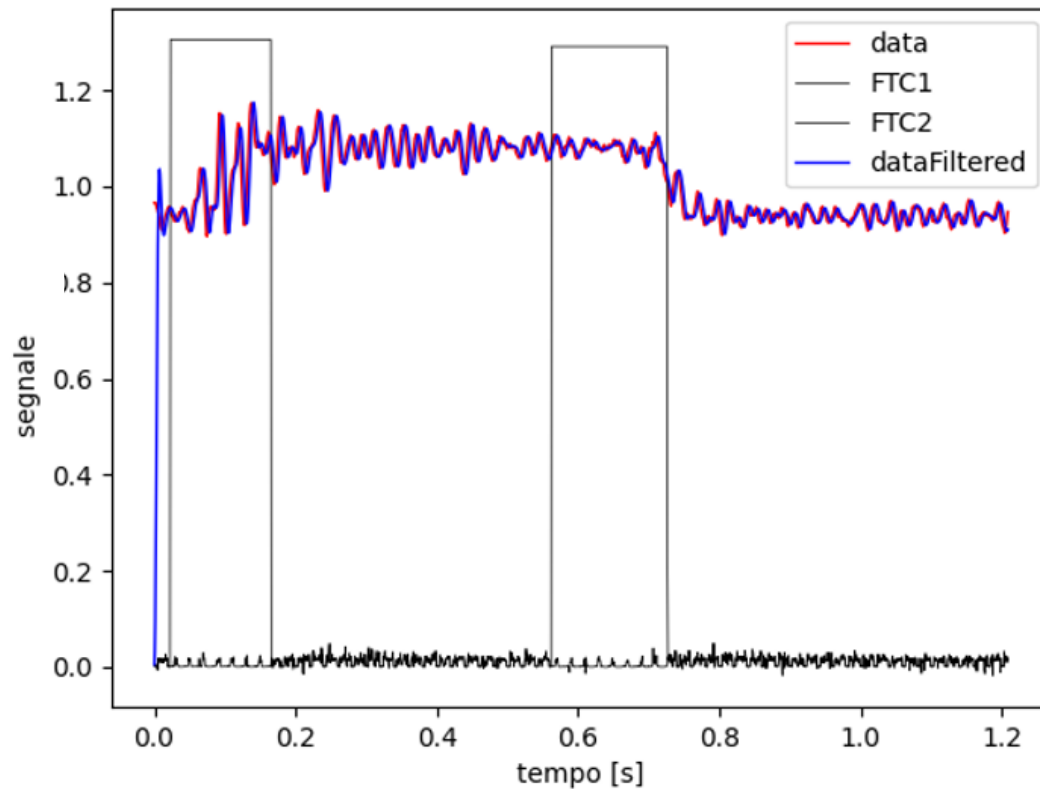


Analisi dati ed estrazione Features

Diverso Orientamento

Massa, velocità e geometria costanti

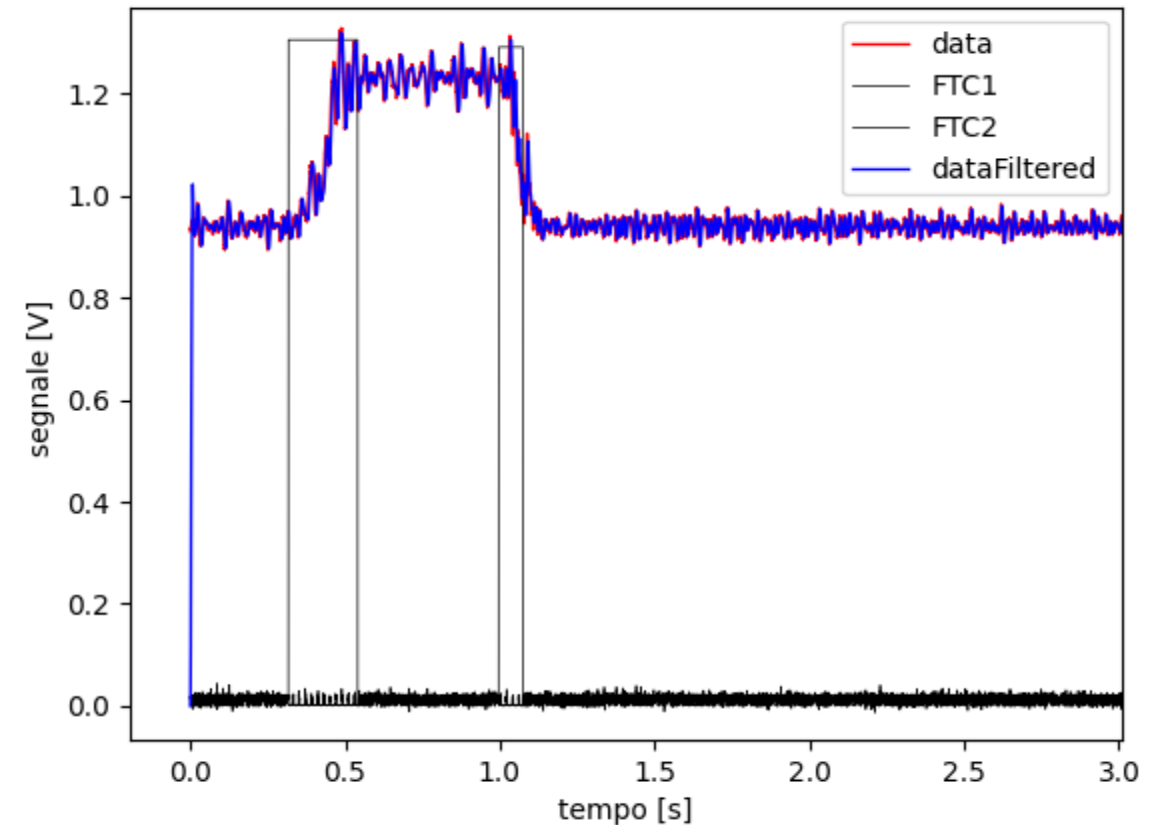
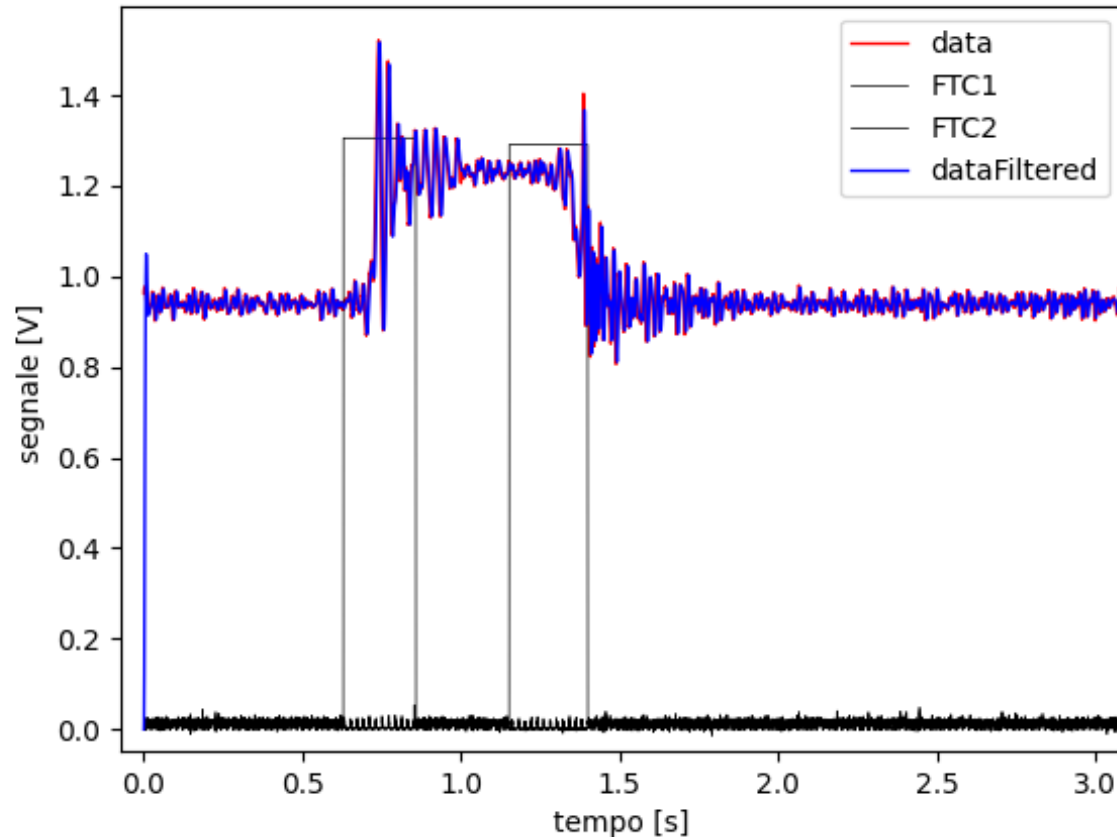
Diverso transitorio di salita e discesa



Diversa Distribuzione Massa

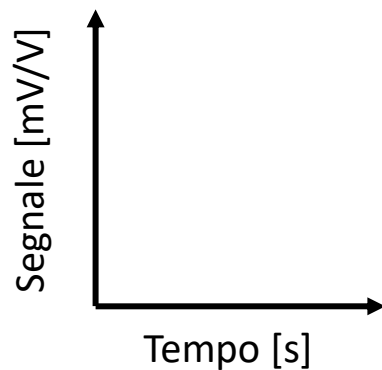
Massa, velocità e geometria costanti

Diversa sovra-elongazione e sotto-elongazione

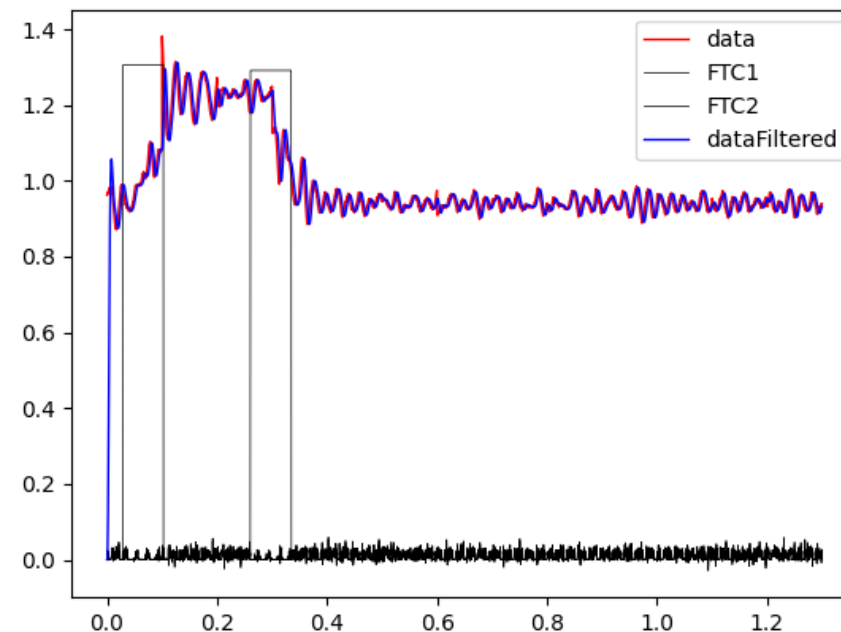
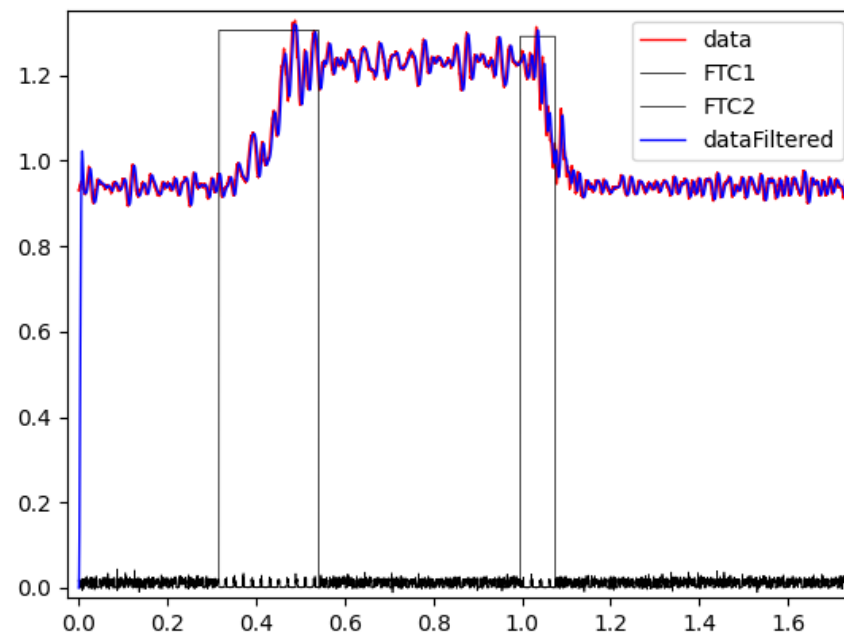
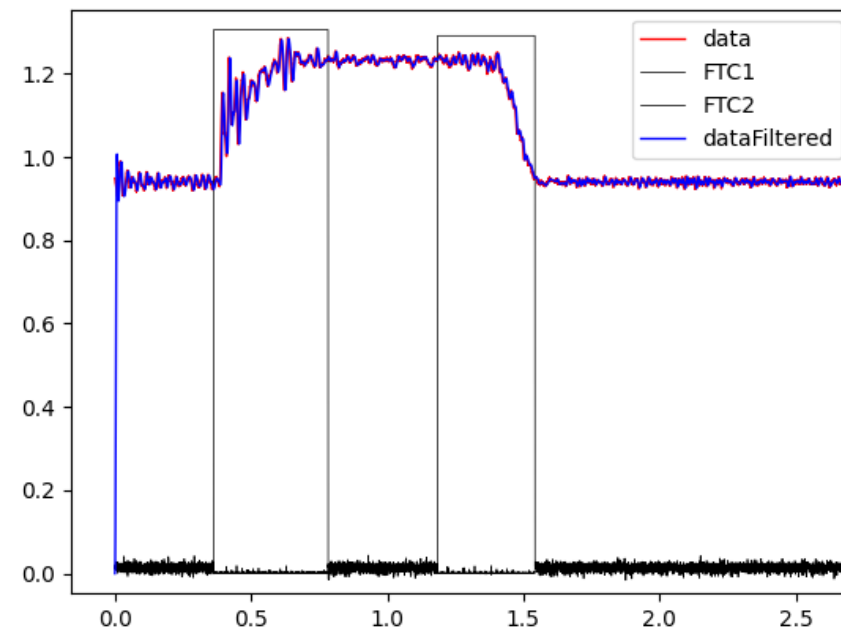
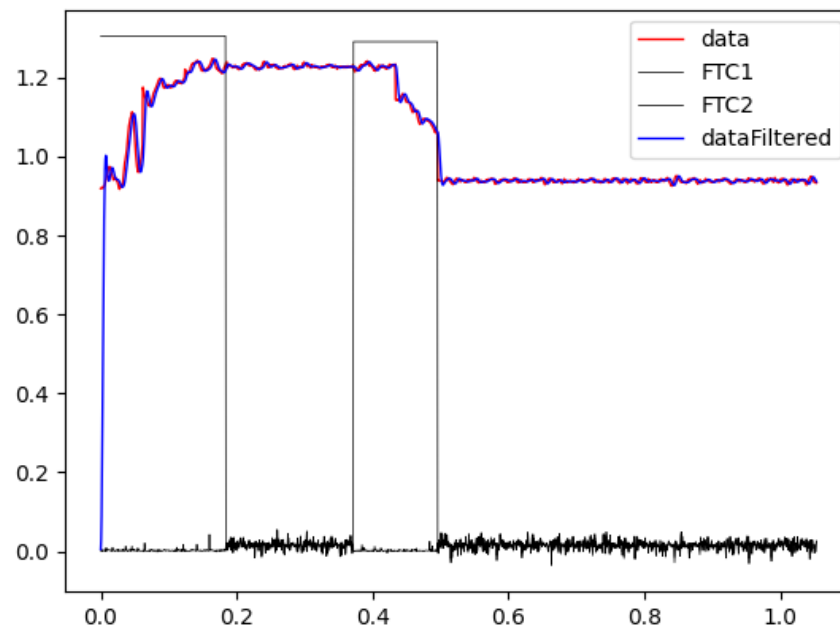
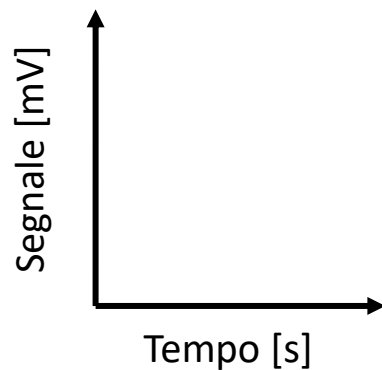


Diverse Velocità

Cella di Carico



Fotocellule



Dataset

Label		Features		
Massa reale [mV/V]	Velocità [m/min]	x_1	...	x_n
0.940722	80	0.935596	...	0.946579
0.940729	80	0.942221	...	0.930874
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1.229057	45	1.218411	...	1.230474

Label

Media ponderata $M_{iniziale}$ e M_{finale}
(Temperatura, Distensioni/Estensione Cella)

Features

- ✓ Medie intervalli
- ✓ Stima velocità
- ✗ Velocità «reale»

Creazione di 5 datasets con
10,15, 20, 25,30 intervalli

Contenuti

01

Obiettivi del Progetto

02

Strumentazione

03

Acquisizione

04

Analisi Dati ed Estrazione Features

05

Stima della Massa

06

Conclusioni

07

Sviluppi Futuri

Regressione **Lineare**

- Regressore lineare implementato tramite scikit-learn
- Suddivisione del dataset in dati di training e di test

70 %
Training

30 %
Test

- Il regressore è stato costruito in 2 modalità:
 1. Dataset
 2. Dataset + PCA

Vantaggi

Algoritmi PCA



Visualizzazione dei dati e riduzione della dimensionalità

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n \longrightarrow y = \beta_0 + \beta_1 x_1$$



Minore tempo per il training e il test dell'algoritmo di Machine Learning



Riduzione del rumore e del rischio di over fitting

Stima della massa

Stima della Massa

Regressione a partire dal segnale in V/V affinché sia più robusta

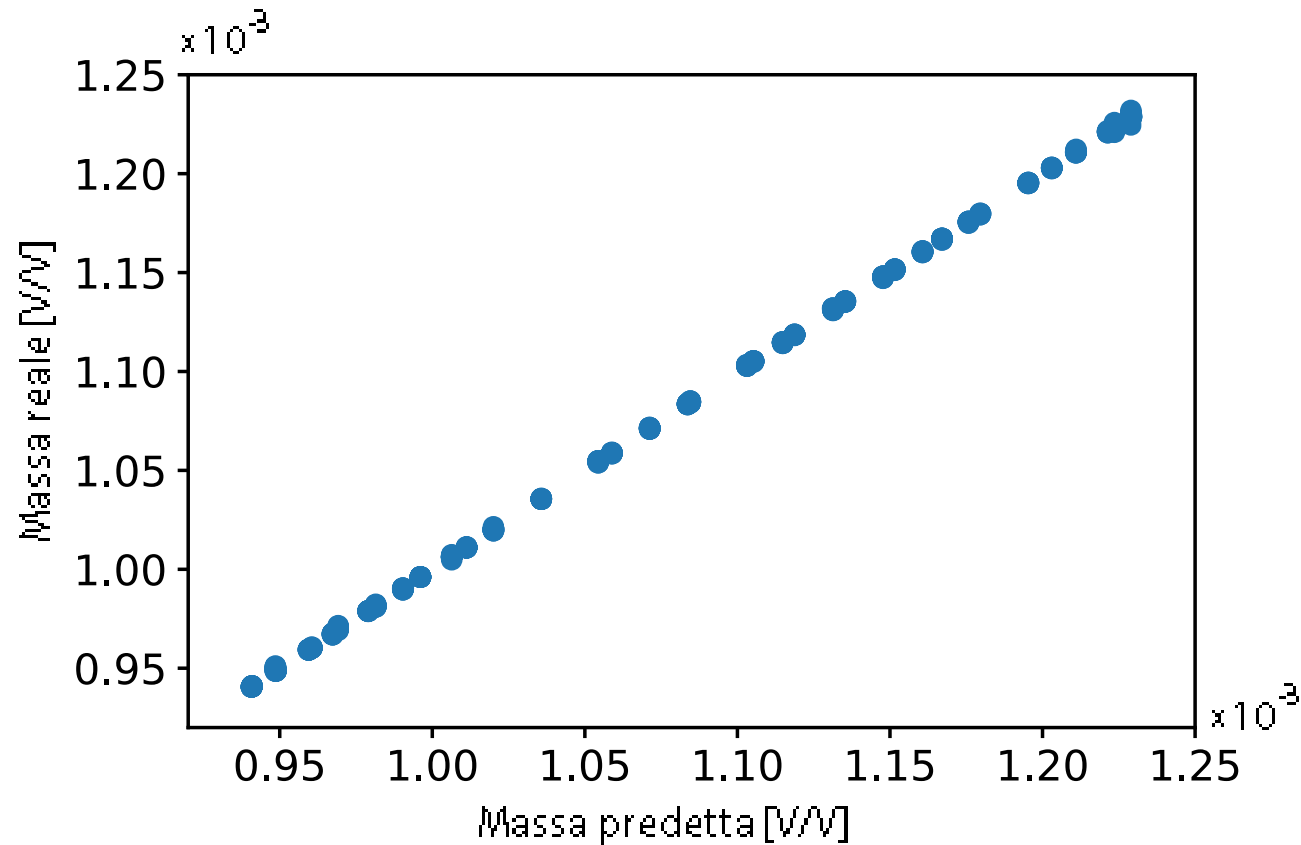


FIG1 - Relazione tra valore reale e predetto

Stima della massa

Regressore Lineare

Il regressore lineare sarà quindi del tipo

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

Dove:

- y : massa predetta in V/V
- β_0 : intercetta
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$: coefficienti identificati dall'algoritmo
- x_1, x_2, \dots, x_n : features del dataset

Stima della massa

Post Processing

1

A partire dalla taratura del sistema di acquisizione:

$$m \begin{bmatrix} V \\ \overline{V} \end{bmatrix} \xrightarrow{y = m \cdot x + q} m [g]$$

2

Per quantificare la bontà del regressore lineare sono stati scelti 2 parametri: 1) R^2 2) $RMSE$

Risultati Ottenuti

Datasets

N Features	R^2	$RMSE$ [g]
11	1.0	4.6
16	1.0	4.5
21	1.0	4.5
26	1.0	4.5
31	1.0	4.7

TAB1 - Confronto modelli ottenuti tramite regressore lineare

21 features + PCA

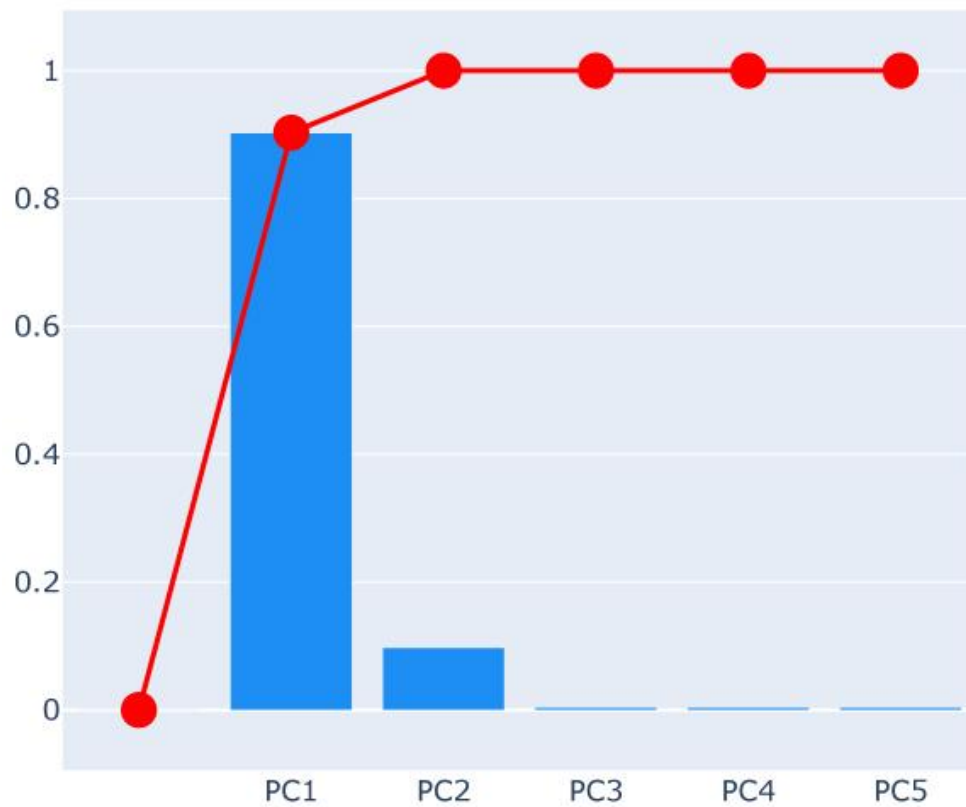
Numero di componenti PCA	R^2	$RMSE$ [g]
5	1.0	6.8
10	1.0	5.6
15	1.0	4.5

TAB2 - Confronto modelli ottenuti in seguito a PCA con n componenti applicato al dataset con 21 features

Stima della massa

Applicazione PCA

—●— Varianza Cumulativa ■ Varianza Componente Principale



PC	Varianza campionaria	Varianza Cumulativa
PC 1	0.9027	0.9027
PC 2	0.0972	0.9999
PC 3	0.0001	1.000
PC 4	0.0000	1.000
PC 5	0.0000	1.000

Applicazione di PCA con 5 componenti al dataset con 21 features

Contenuti

01

Obiettivi del Progetto

02

Strumentazione

03

Acquisizione

04

Analisi Dati ed Estrazione Features

05

Stima della Massa

06

Conclusioni

07

Sviluppi Futuri

Conclusioni

Analisi **Variazione Dati**

Analisi riduzione del segnale

N Features	R^2	$RMSE [g]$
21	1.00	4.5
11	1.00	6.5
6	1.00	25

*TAB1 - Confronto modelli ottenuti
riducendo il segnale*

Influenza velocità sulla dev.std.

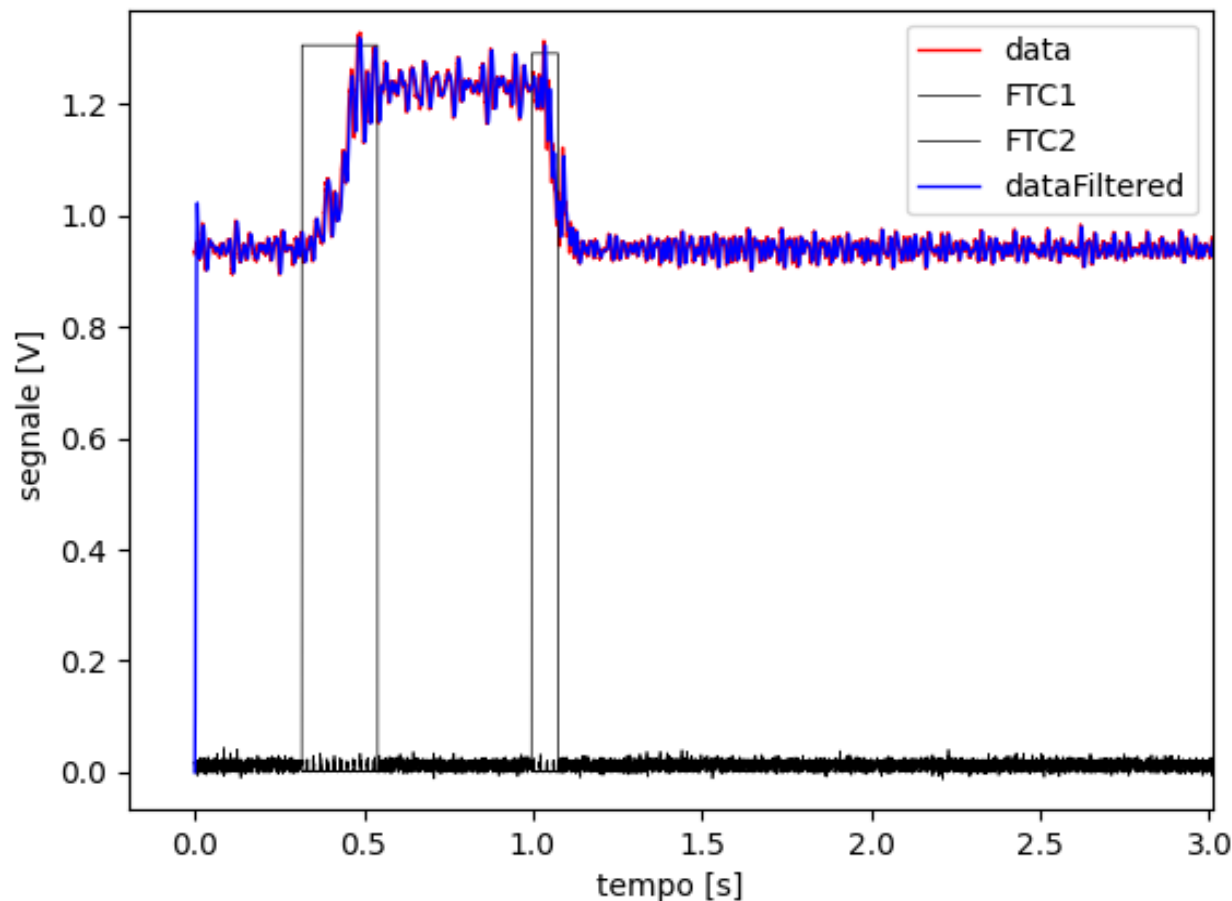
N Features	$RMSE [g]$	
	Senza velocità	Con velocità
11	4.6	4.3
21	4.5	4.2
31	4.7	4.5

*TAB2 - Confronto modelli ottenuti con
e senza utilizzo velocità*

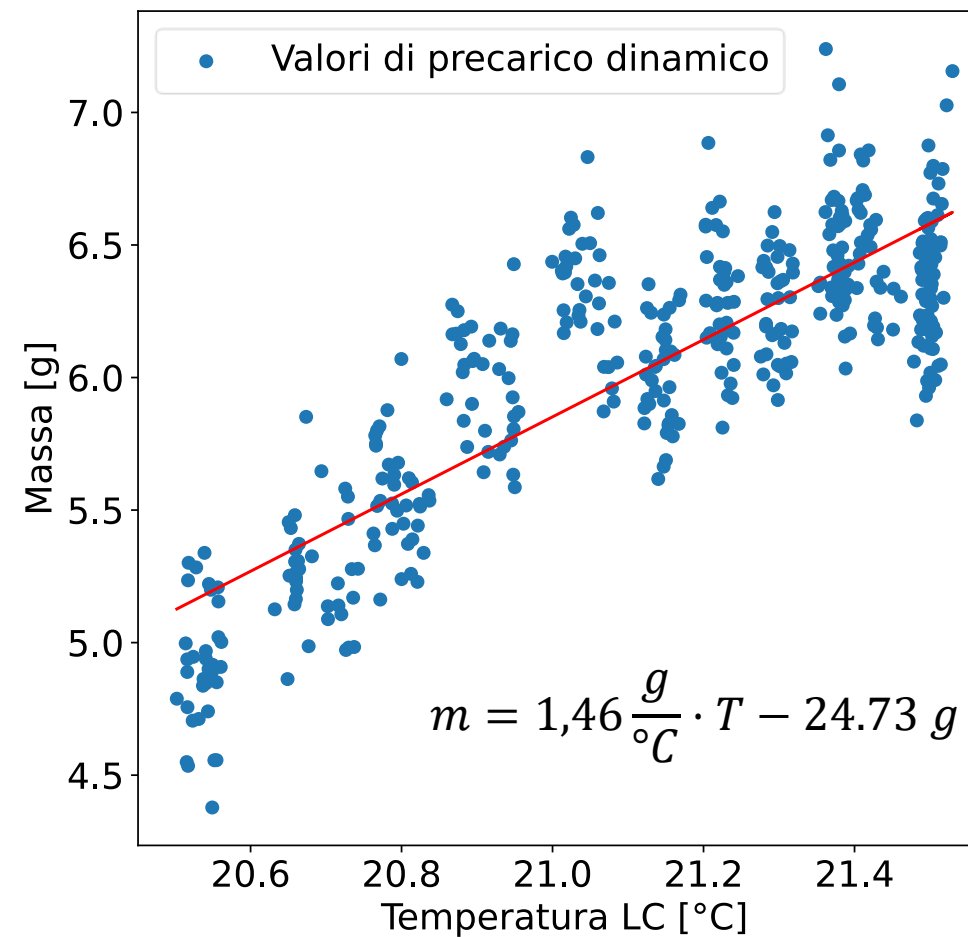
Conclusioni

Dipendenza dalla Temperatura

Relazione temperatura ambiente e LC

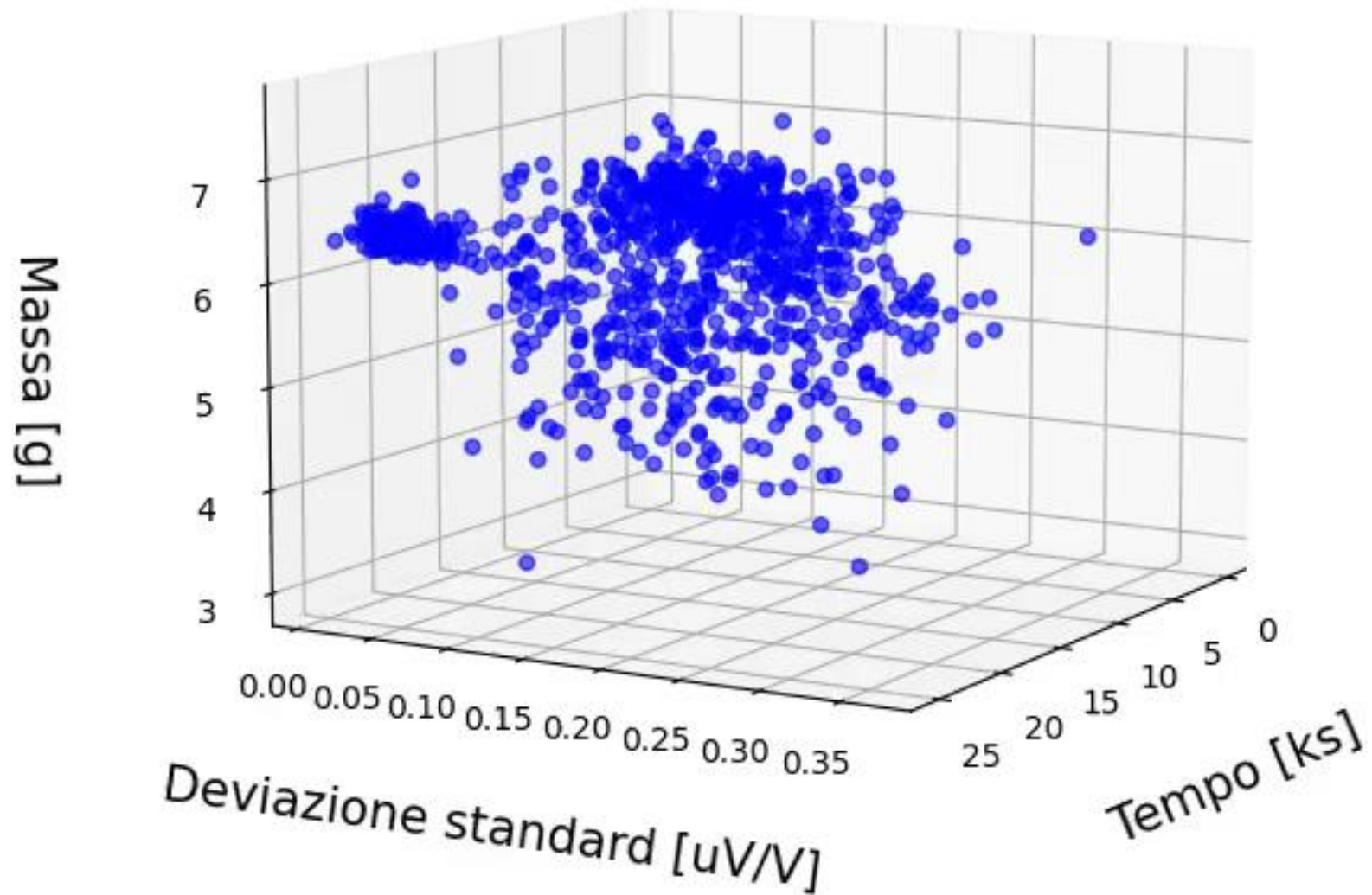


Regressione lineare massa-temperatura



Conclusioni

Dipendenza dalle **Vibrazioni**



Contenuti

01

Obiettivi del Progetto

02

Strumentazione

03

Acquisizione

04

Analisi Dati ed Estrazione Features

05

Stima della Massa

06

Conclusioni

07

Sviluppi Futuri

Sviluppi Futuri



Impiego di motori
corrente continua



Estensione e
allineamento dei nastri



Raccordo in teflon
tra i nastri



Controllo delle variabili
ambientali (temperatura,
vibrazioni)



Caratterizzazione cella
di carico rispetto alla
temperatura



Features aggiuntive
(geometria del pezzo,
variabili ambientali)





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BRESCIA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BRESCIA



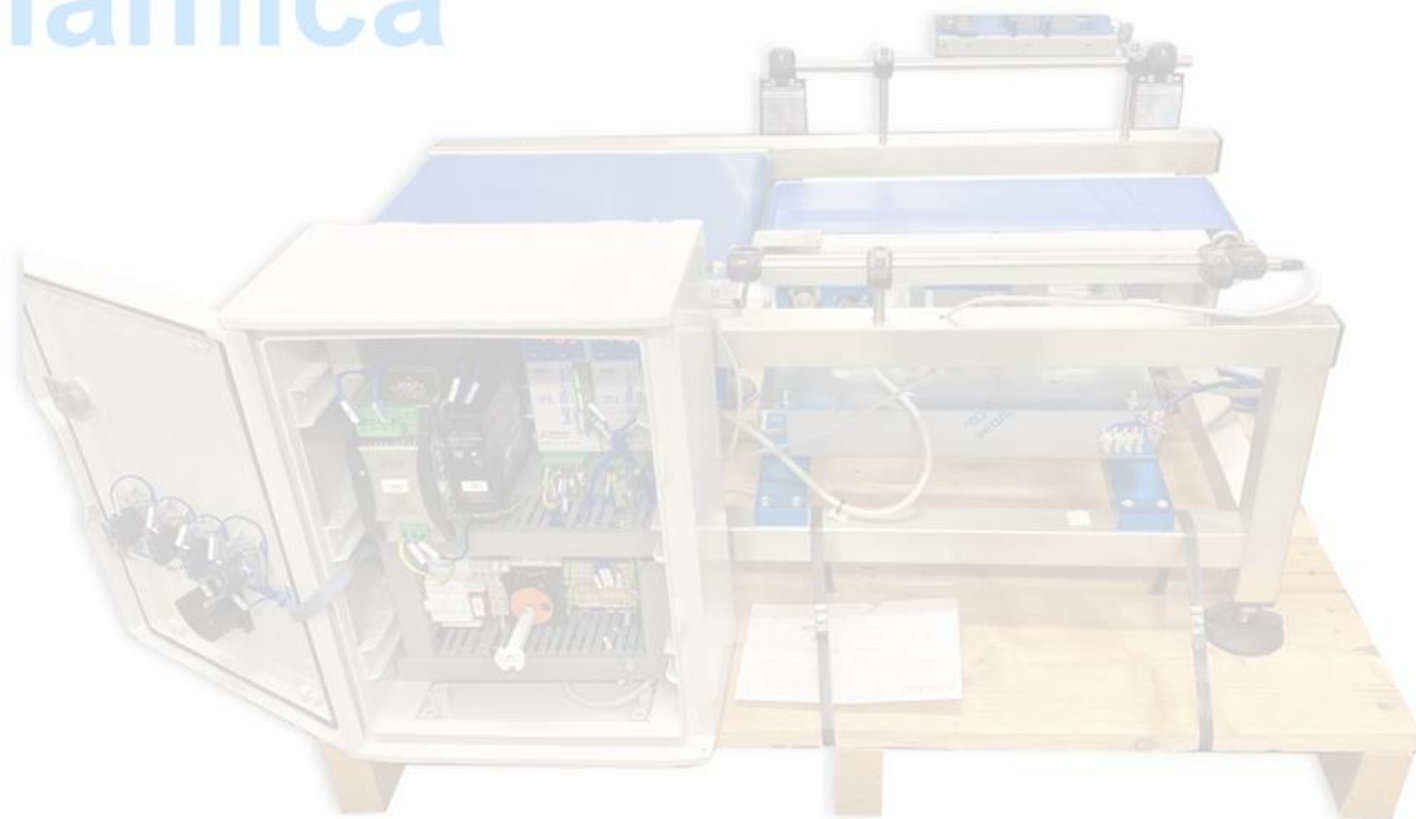
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale

Laboratorio di Misure Industriali

Pesatura **Dinamica**

Referente: **Davide Botturi**

Studenti: **Giovanni Alghisi**
Francesco Campregher
Marco Milanese
Edoardo Mirandola
Abdelghani Msaad



Vi ringraziamo per l'attenzione