

ISTITUTO  
DI TECNOLOGIE DELLA  
COMUNICAZIONE,  
DELL'INFORMAZIONE  
E DELLA  
PERCEZIONE



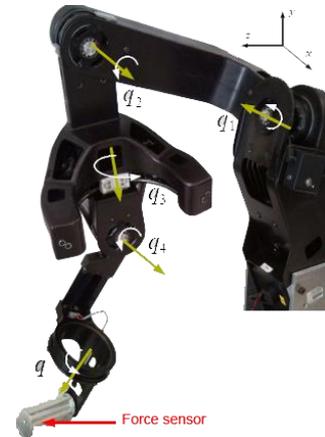
PERCRO Perceptual  
Robotics Laboratory

Scuola Superiore  
Sant'Anna

## Elementi di FEM

Prof. Antonio Frisoli, Ing. Massimiliano Solazzi

*PERCRO, TeCIP Institute, Scuola Superiore Sant'Anna*



# Design di sensori di forza

- Applicazioni:
- Misurare la forza che un manipolatore sta applicando all' end effector
- Sviluppare un controllo ad ammettenza (anello chiuso sulla forza generata)
- Misurare la coppia esercitata da un giunto
  - Aumentare l'osservabilità di un sistema, ad es. per controllo nello spazio degli stati

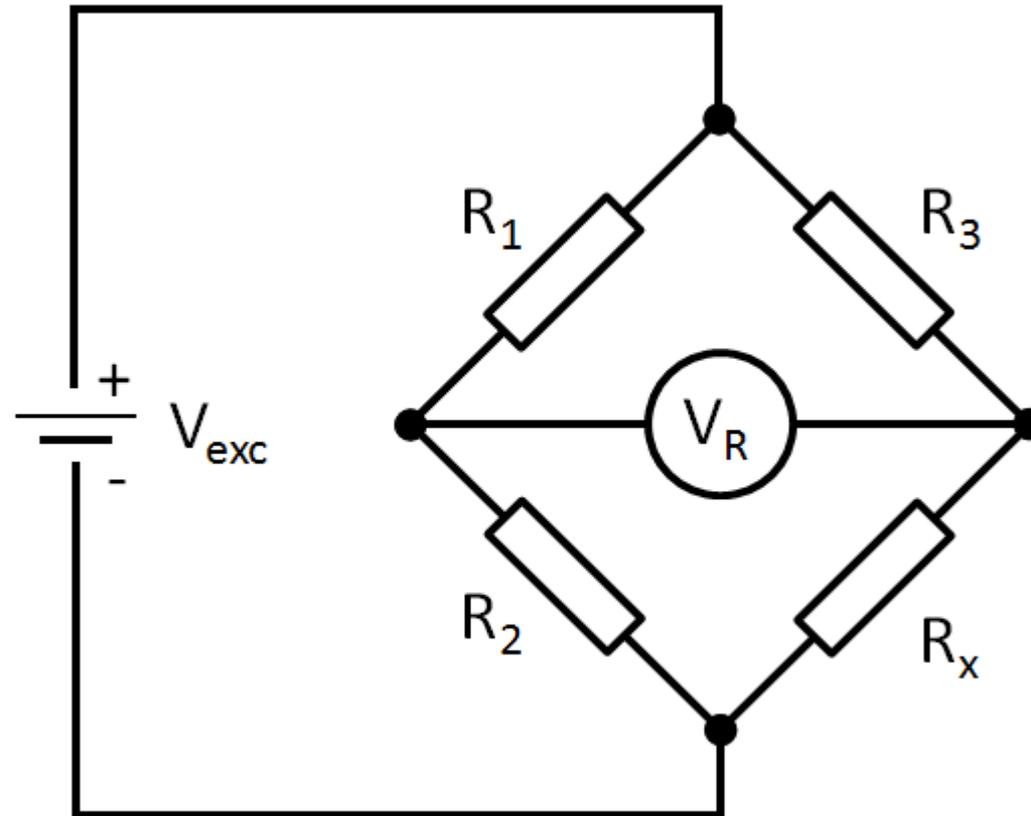
# Sensori commerciali



# Cos'è un sensore di forza?

- Un sensore di forza è costituito da una struttura deformabile in determinate direzioni e da strain gages (estensimetri) opportunamente collocati
- Le direzioni lungo le quali la struttura si deforma sono i gradi di libertà (o assi) del sensore di forza
- Gli strain gages sono resistenze di alta precisione che modificano la loro resistenza in base alla deformazione che subiscono (linearmente)

# Ponte di Wheatstone



- $$V_R = \left( \frac{R_x}{R_3 + R_x} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{exc}$$

# Ponte di Wheatstone completo

- I resistori sono quattro strain gages di uguale resistenza  $R$
- Sono montati in modo che, per il carico da misurare, due siano in trazione e due in compressione
- La tensione misurata sarà

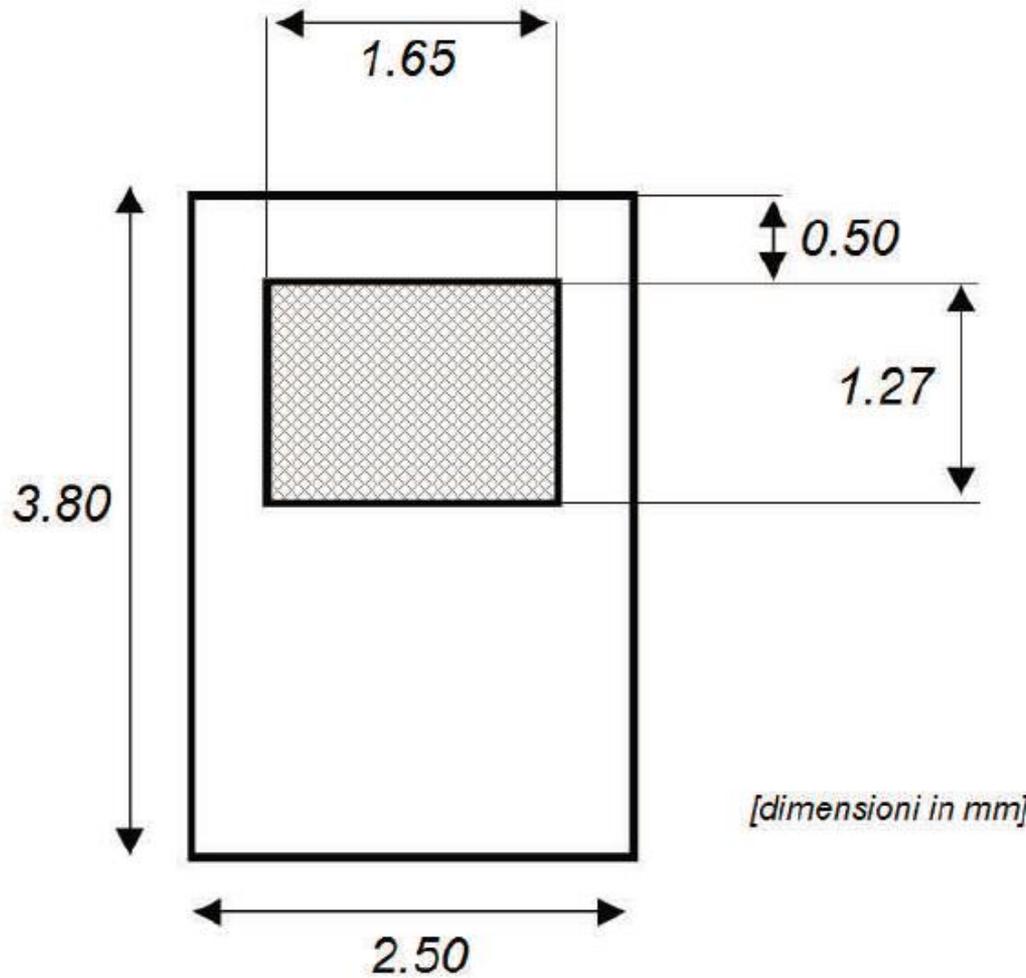
$$V_R = (\Delta R / R) V_{exc}$$

- Fattore di taratura, gage factor

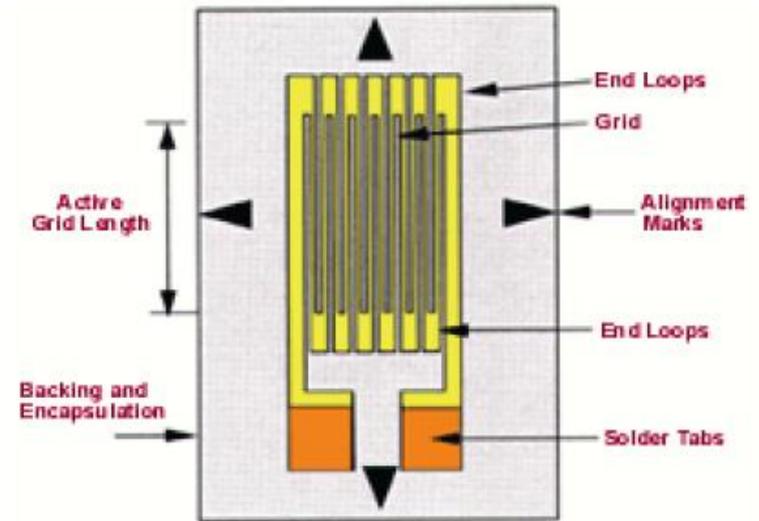
$$G_F = \frac{\Delta R/R}{\varepsilon}$$

- Solitamente si ha  $G_F = 2 \sim 2.2$
- Deformazione massima, es.  $2000 \mu\varepsilon$ 
  - Per migliorare la risoluzione del sensore, bisogna avvicinarsi il più possibile a questo valore

# Strain gages



[dimensioni in mm]



# Criticità nel dimensionamento

- Per dimensionare un sensore di forza bisogna tenere conto:
- Posizionamento degli strain gages
- Deformazione massima nel punto di montaggio degli strain gages
- Reiezione di altri carichi, particolarmente importante nel caso si tratti di un sensore strutturale