

BIOSENSORI

Sensori Fisici

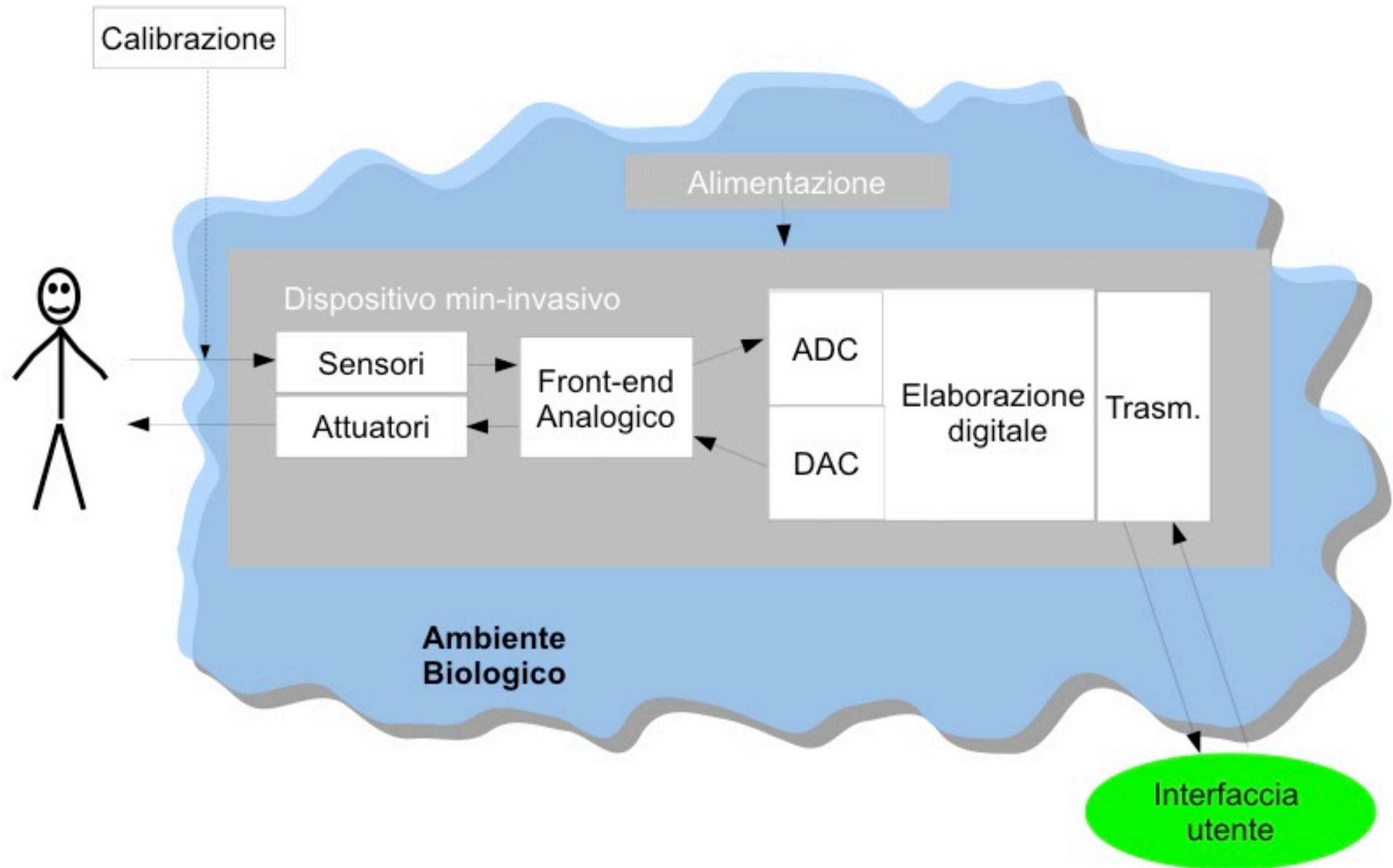
Esercitazione su misura di Forza/Pressione

Problema

Voglio misurare una forza F con caratteristiche:

- range [0 – 10 N]
- Frequenza di lavoro [0 – 10 Hz]
- Si vuole realizzare un sistema che acquisisca il segnale analogico “forza”, lo converta in digitale e visualizzi la “ F ” nominale e la stima della forza
 - Provare a generare un Allarme nel caso che la forza superi il valore di 6N per più 2 secondi

Schema generale di un sistema di misura



Sensori di Forza – Concetti Base

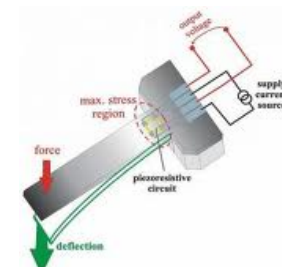
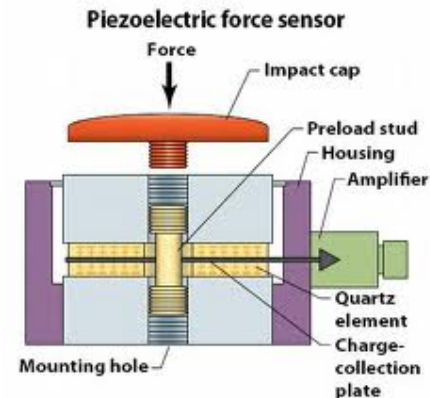
- La maggior parte dei sensori di forza impiega un elemento sensibile che converte la forza applicata in:

- Spostamento meccanico

- in genere una deformazione di un elemento elastico

- Variazione di grandezza elettrica

- Resistenza, Capacità



- Nota l'area della superficie su cui agisce la forza, si può risalire alla forza per unità di area (N/m^2) → pressione (Pa)

- L'unità di misura del Sistema Internazionale (SI) per la pressione è il pascal

- $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

Sensori di Forza

Sensori FlexiForce® della Tekscan

■ Principali applicazioni

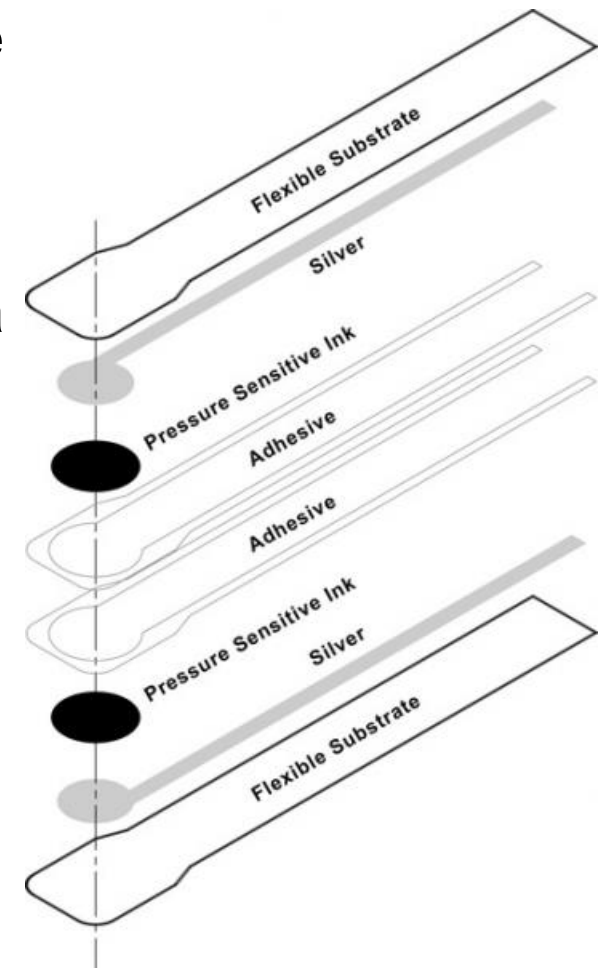
- Rilevare e misurare il cambiamento relativo di forza o del carico applicato
- Rilevare e misurare la frequenza della variazione di forza applicata
- Identificare valori specifici di forza (soglie) per attivare specifiche azioni
- Rilevare il contatto o il tocco della superficie del sensore



Specifiche del sensore

Il sensore FlexiForce è costruito in modo da generare variazioni della sua resistenza nominale al variare della forza applicata

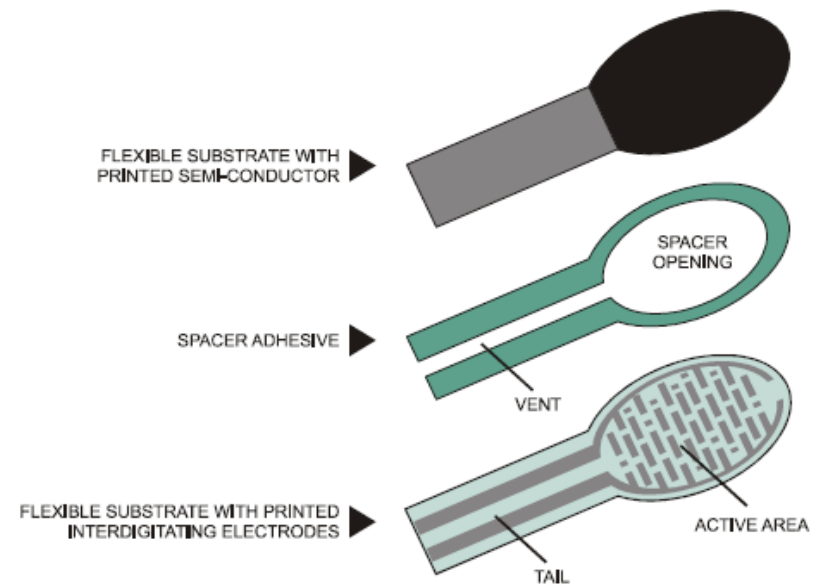
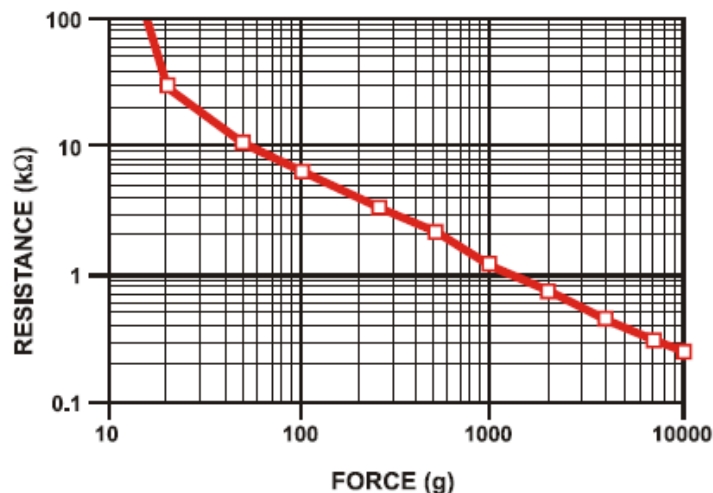
- Zero Forza = nessun carico applicato → Resistenza del sensore elevata (circuitto aperto)
- Forza applicata al sensore → Resistenza del sensore decresce
- Legame Forza misurata / Resistenza inversamente proporzionale



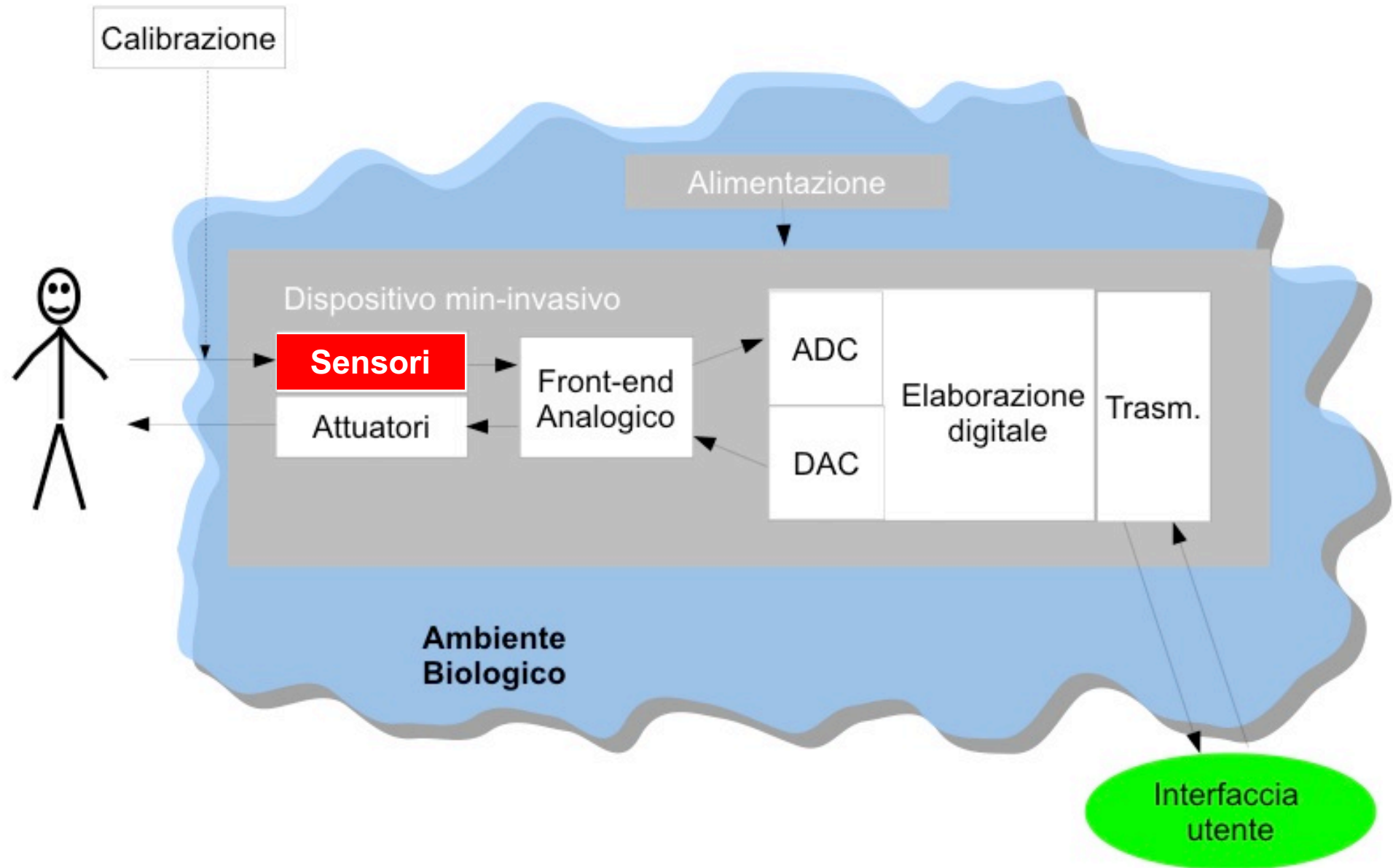
Sensori di Forza (II)

Sensore FSR della Interlink

- FSR, force sensing resistors, disponibile dal sito (<http://www.interlinkelectronics.com/>)
 - Sensore che all'aumentare della forza applicata diminuisce la resistenza
 - Non possono essere utilizzati per misure di precisione
 - Celle di carico o strain gauge



Selezione del sensore



Sensori di Forza

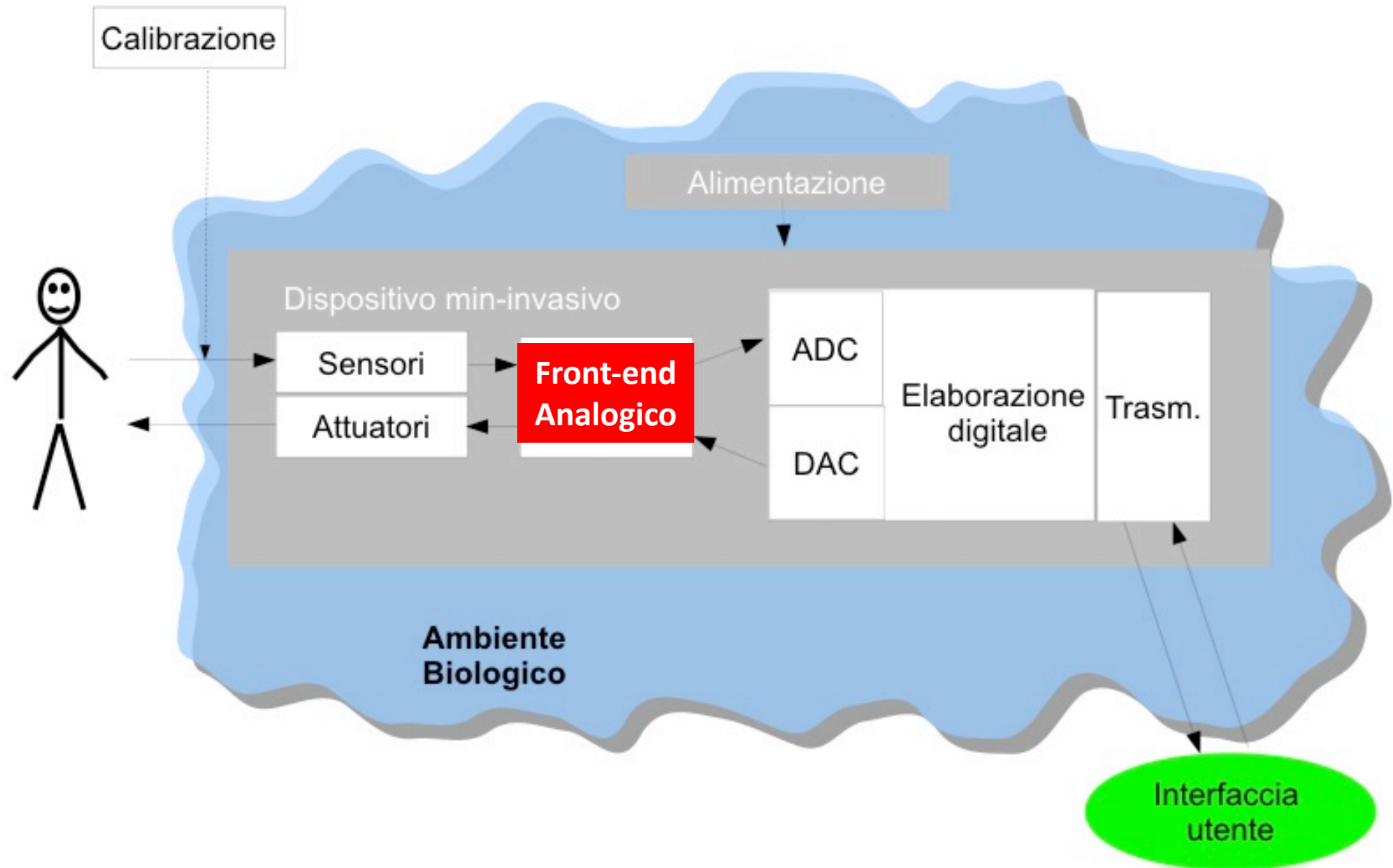
Sensori FlexiForce® della Tekscan

Datasheet disponibile dal sito (<http://www.tekscan.com/flexible-force-sensors>)

	A201 MODEL (Spec Sheet)	HT201 (HIGH-TEMP) MODEL (Spec Sheet)	A301 MODEL (Spec Sheet)	A401 MODEL (Spec Sheet)
Force Ranges	0-1 lb (4.4 N) 0-25 lb (110 N) 0-100 lb (440 N)**	Low: 0-30 lb (133 N) High: 0-100 lb (440 N)**	≈ 0-1 lb (4.4 N) ≈ 0-25 lb (110 N) ≈ 0-100 lb (440 N)**	0-25 lb (110 N)***



Selezione del sensore

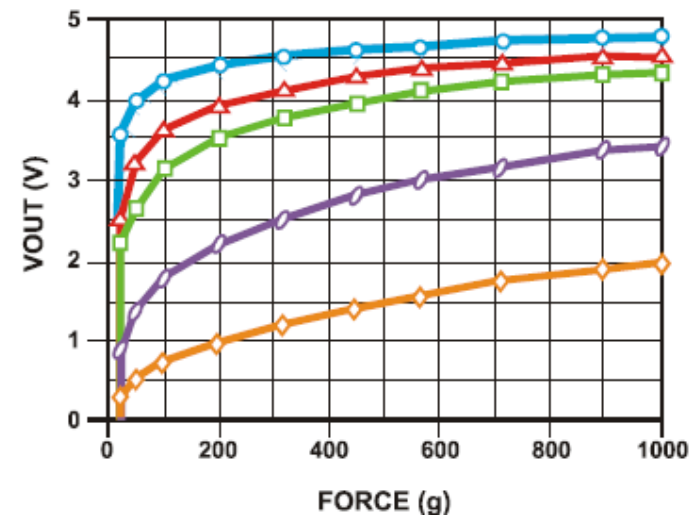
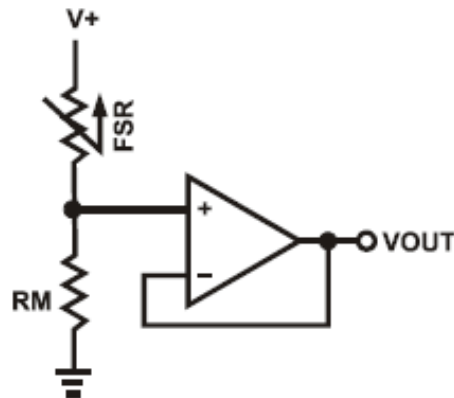


Progettazione Front-end

Dobbiamo leggere una variazione di Resistenza del sensore

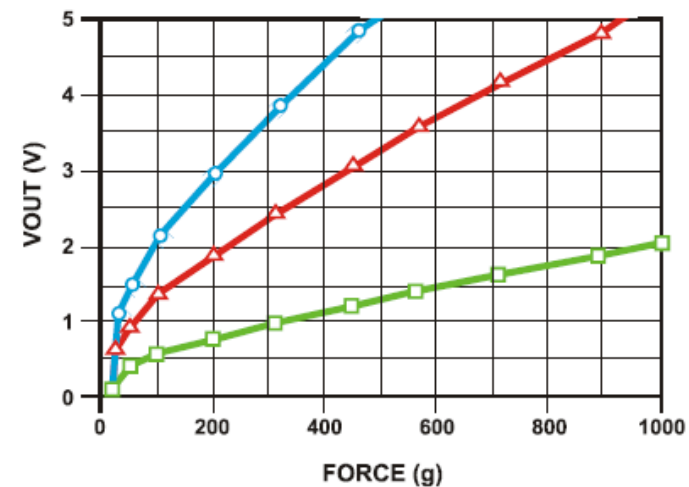
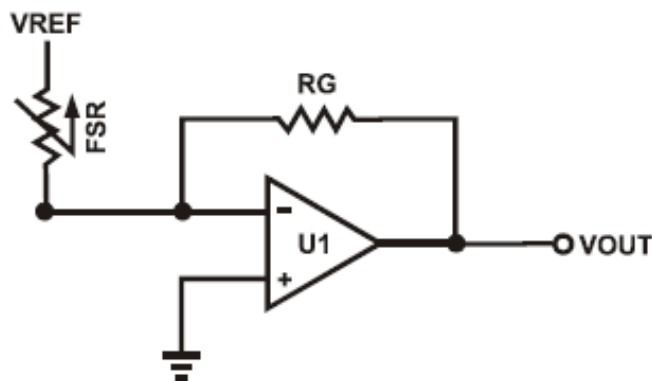
- Schema a partitore

- $V_{OUT} = (V+) / [1 + R_{FSR}/R_M]$.



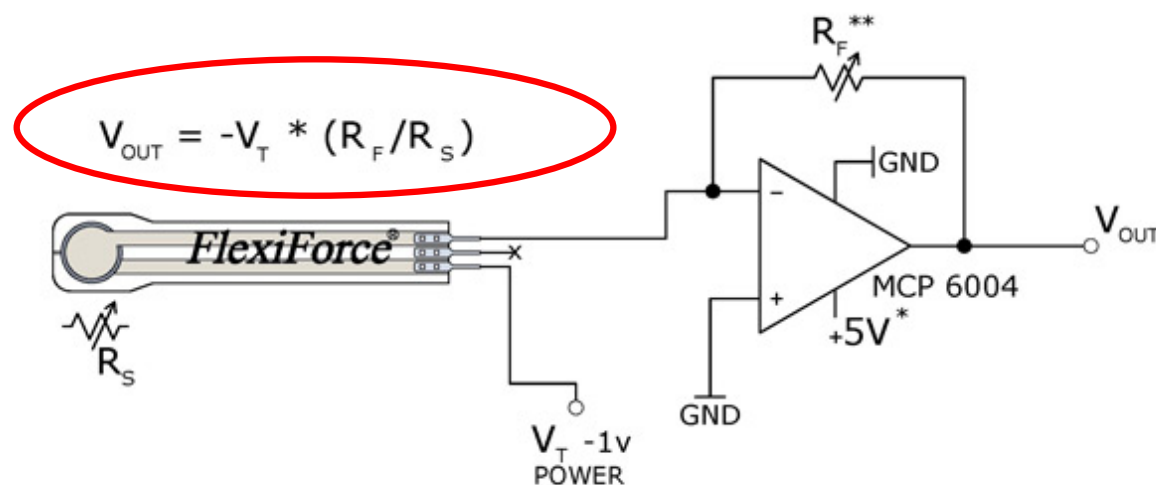
- Schema convertitore corrente-tensione

- $V_{OUT} = V_{REF} \cdot [-R_G/R_{FSR}]$.



Front-end Analogico

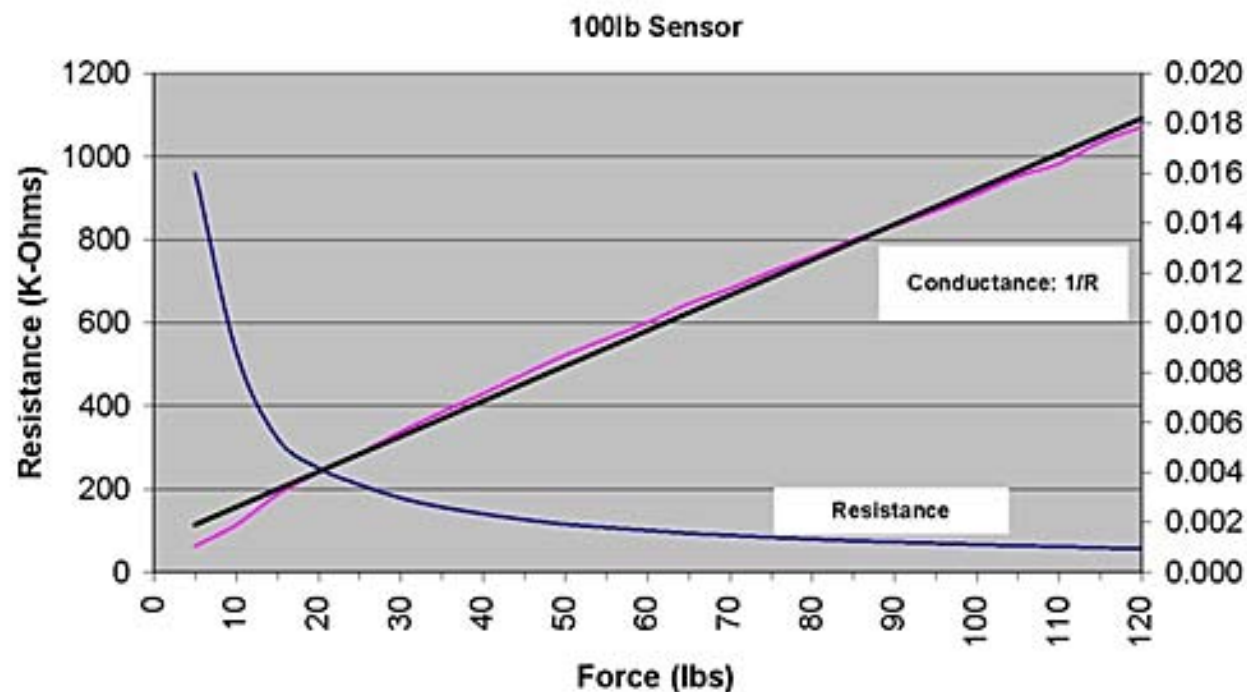
- Utilizziamo il front-end consigliato nel datasheet
 - Montaggio con operazionale invertente ([LM324](#))



- * Supply Voltages should be constant
- ** Reference Resistance R_F is 1k Ω to 100k Ω
- Sensor Resistance R_S at no load is >5M Ω
- Max recommended current is 2.5mA

Dimensionamento dei parametri circuitali

- Relazione tra tensione misurata (V_{out}) e forza (F) ??



- Per la linearità relativa agli estremi, prendiamo i due punti estremi della caratteristica *Conduttanza* (σ)/*Forza*, assumendo la retta passante per l'origine degli assi, si ottiene la relazione:

$$Gs = 1/Rs = s F$$

Dimensionamento dei parametri circuitali (2)

Ricaviamo m

- $s = G_s / F = 0.018 \text{ K}\Omega^{-1} / 120 \text{ lbs} = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ K}\Omega^{-1} \text{ lbs}^{-1}$

- Sapendo che $1 \text{ lbs} = 0.45 \text{ Kg}$

$$s = 3.33 \cdot 10^{-7} \Omega^{-1} \text{ Kg}^{-1}$$

- Inoltre, volendo riportare il tutto in funzione della Forza espressa in Newton

- $1 \text{ Kg} \approx 10 \text{ N} \rightarrow s = 3.33 \cdot 10^{-8} \Omega^{-1} \text{ N}^{-1}$

Quindi riprendendo la relazione dell'operazionale invertente

$$V_{out} = -R_F / R_S * V_T = R_F * G_s [V] \quad \text{ricordando che } V_T = -1[V]$$

Dimensionamento dei parametri circuitali (3)

- Si ottiene la relazione lineare tra V_{out} e F

dove possiamo definire s_v

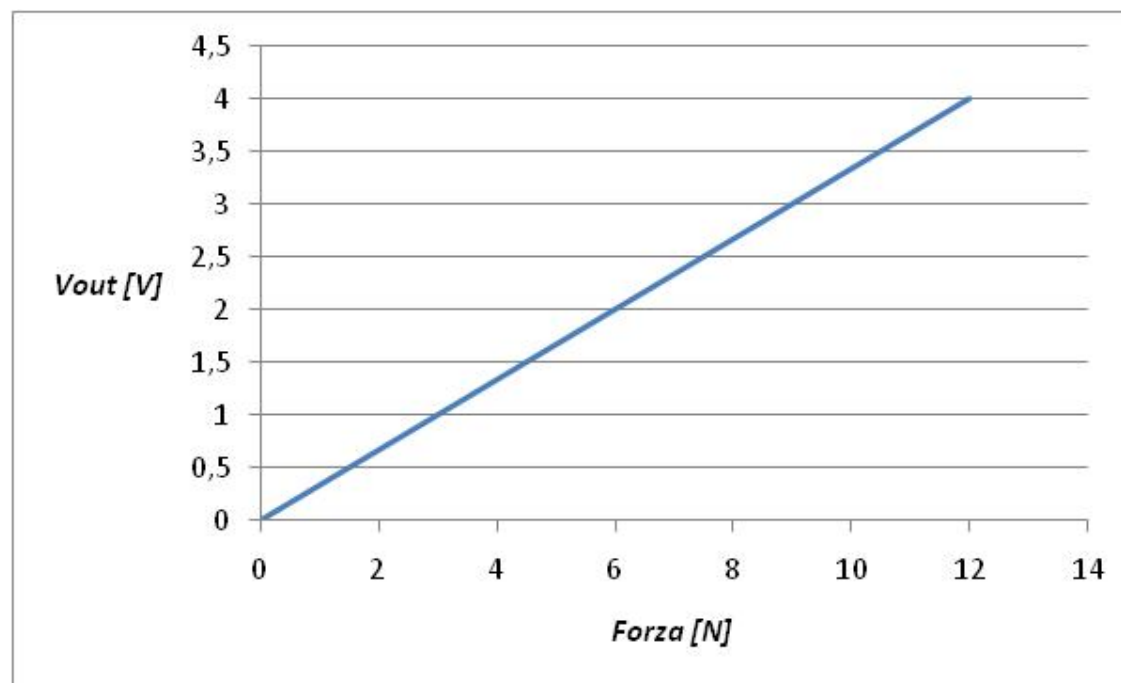
$$s_v = R_F * s \text{ [V]} = 3.33 \cdot 10^{-3} \text{ [V/N]}$$

- *Sensibilità dello strumento*
- *Considerando $R_F = 100\text{K}\Omega$*

$$V_{out} = s_v * F \rightarrow F = V_{out} / s_v$$

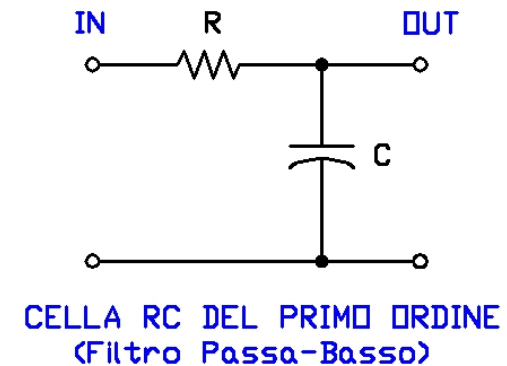
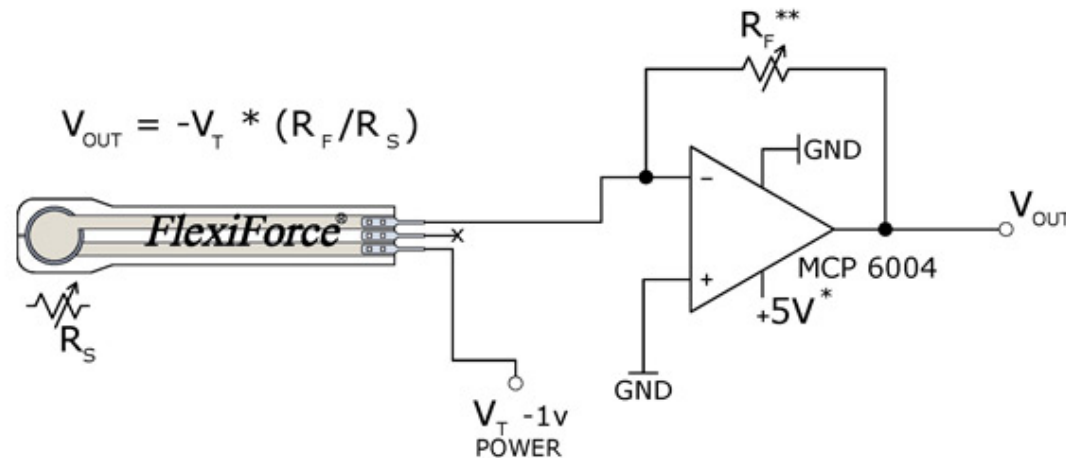
dove $1 / s_v = c$

- *Costante di taratura [N / V]*



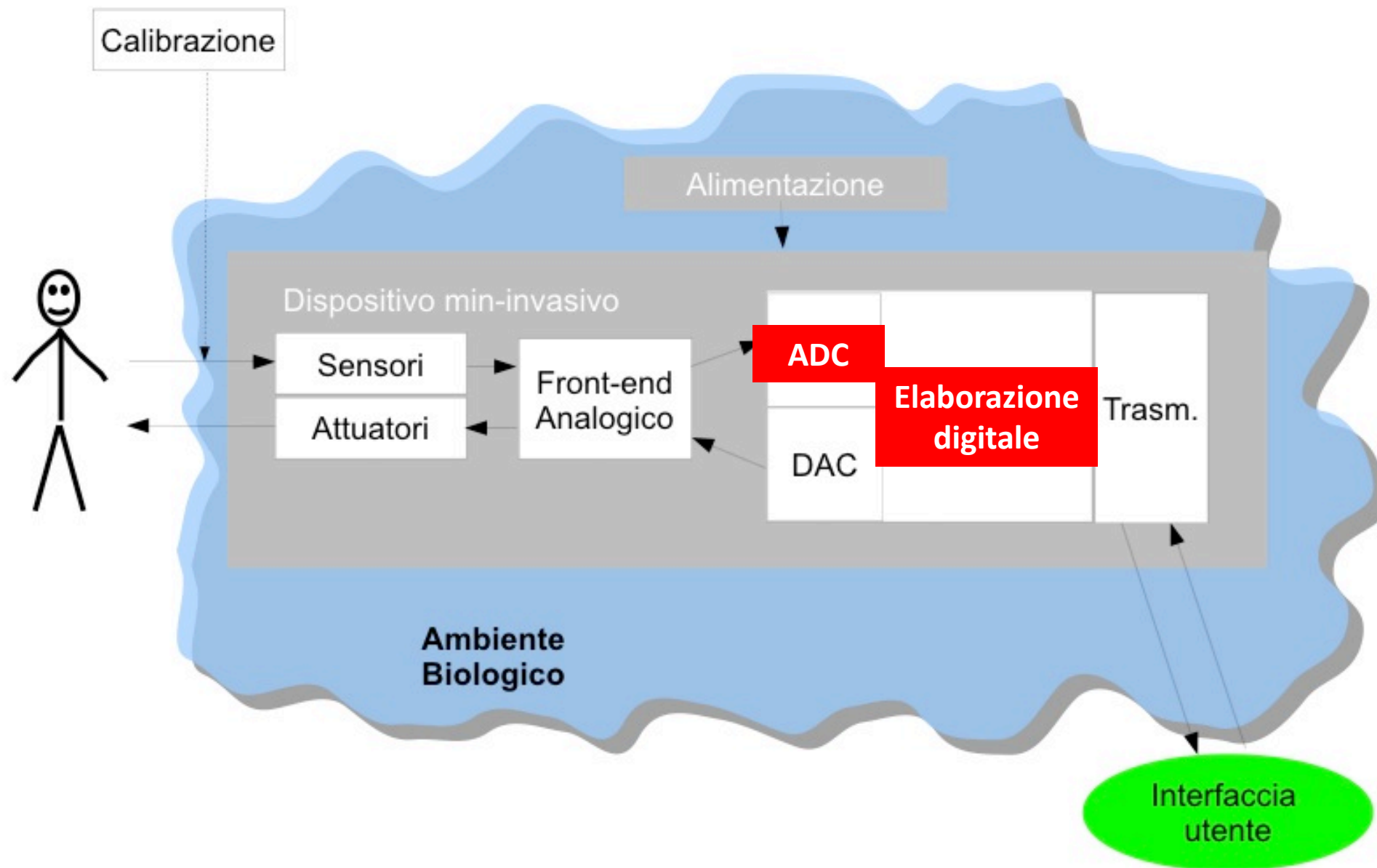
Filtraggio Analogico

- Filtraggio passa-basso del segnale prima della conversione digitale (anti-aliasing)



- Dimensionamento del filtro
 - Vogliamo $f_c = 10\text{Hz} \rightarrow f_c = 1 / 2\pi RC$, fissiamo un valore e otteniamo l'altro
 - $C = 100\text{nF} \rightarrow R = 156\text{ K}\Omega$

Conversione A/D e Elaborazione



Conversione A/D e Elaborazione (2)

- **Acquisizione del segnale analogico e campionamento via scheda ARDUINO DUE**
 - scheda di acquisizione dati a basso costo
 - 12 input analogici con risoluzione a 10 bit
 - Utile per acquisire il segnale di uscita del sensore
 - 2 Uscite Analogiche (DAC0 e DAC1)
 - Utile per fornire la tensione V_t al circuito di lettura
- **Elaborazione del segnale via Matlab/Simulink**
 - Si crea un modello con i vari parametri di interesse e i diversi blocchi relativi all'elaborazione richiesta per il segnale
 - Parametri relativi alla curva di taratura
 - Salvataggio e Acquisizione in tempo reale del segnale Forza