

BIOSENSORI

Sensori Fisici

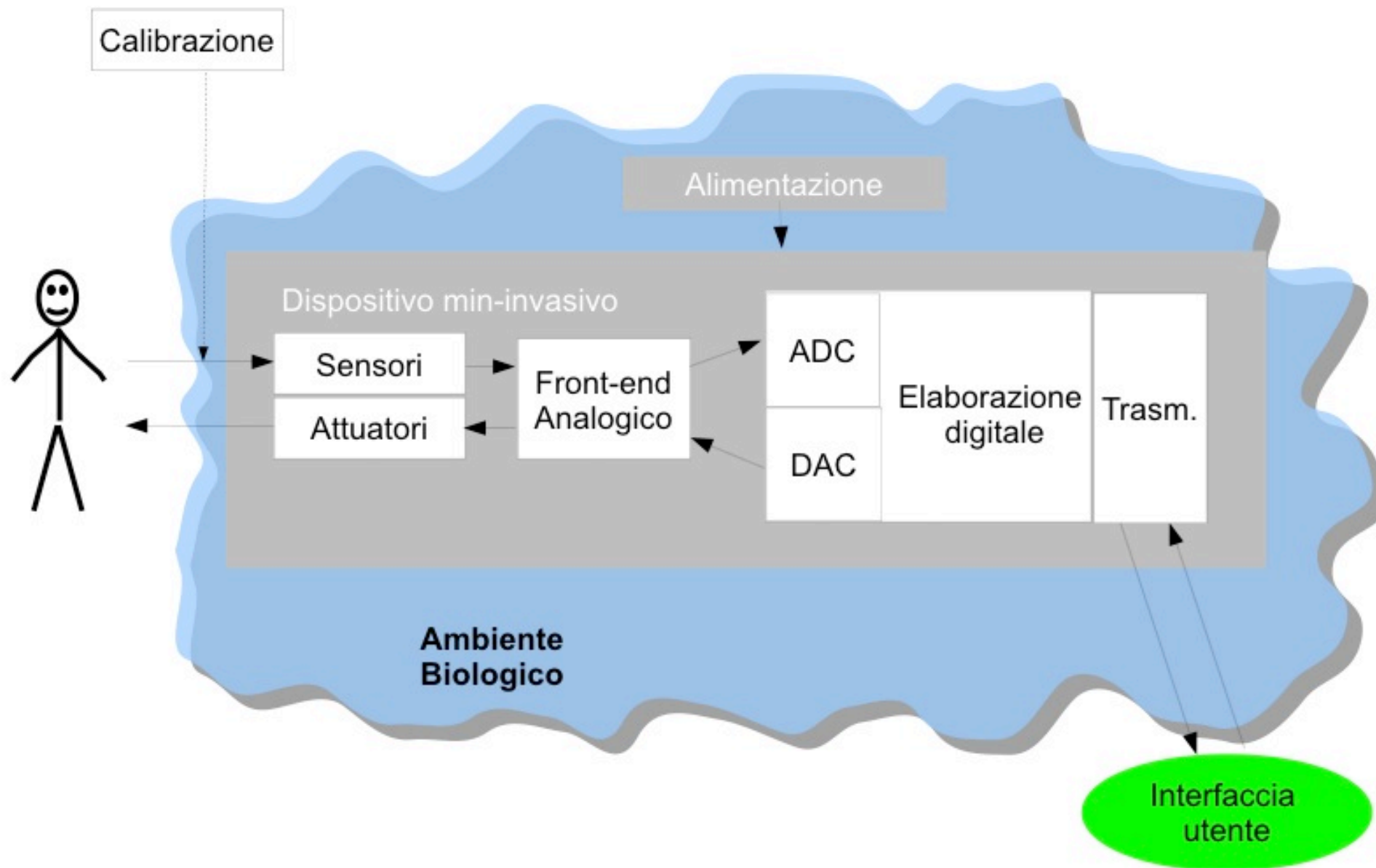
Esercitazione su misura di Forza/Pressione

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

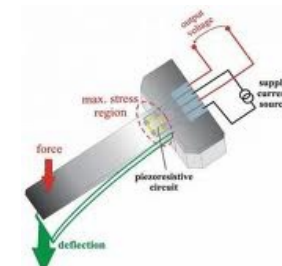
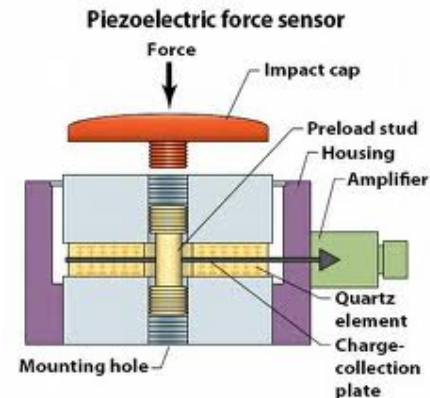
- La maggior parte dei sensori di forza impiega un elemento sensibile che converte la forza applicata in:

- Spostamento meccanico

- in genere una deformazione di un elemento elastico

- Variazione di grandezza elettrica

- Resistenza, Capacità

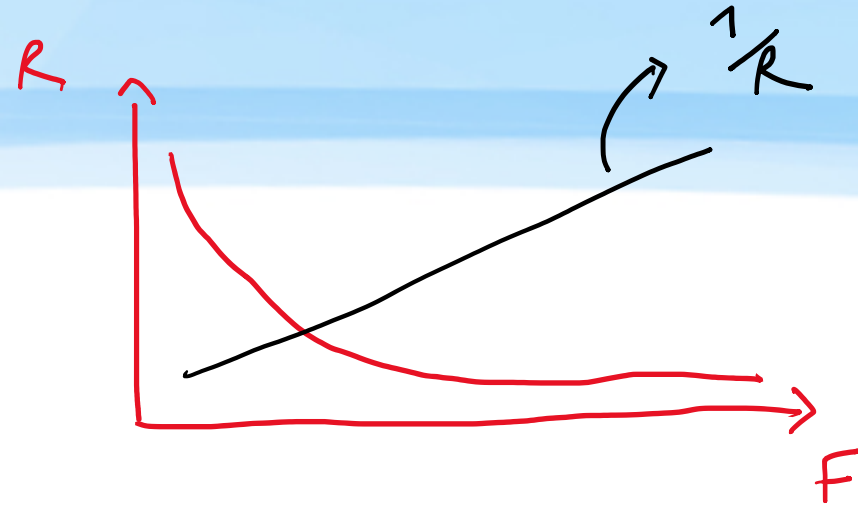


- Nota l'area della superficie su cui agisce la forza, si può risalire alla forza per unità di area (N/m^2) \rightarrow pressione (Pa)

- 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

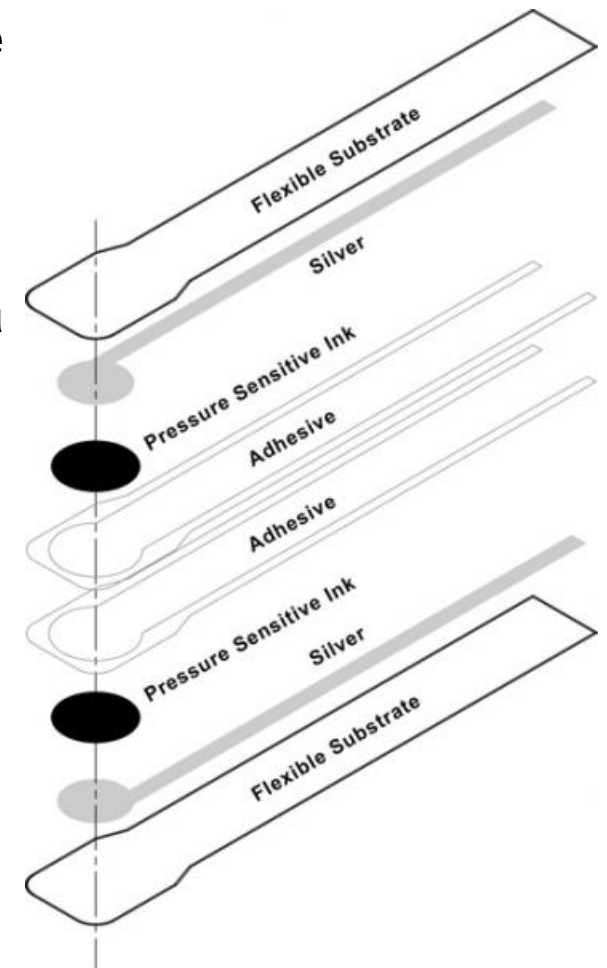
- Rilevare e misurare il cambiamento relativo di forza o del carico applicato
- Rilevare e misurare la frequenza della variazione di forza applicata
- Identificare valori specifici di forza (soglie) per attivare specifiche azioni
- Rilevare il contatto o il tocco della superficie del sensore



Specifiche del sensore

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

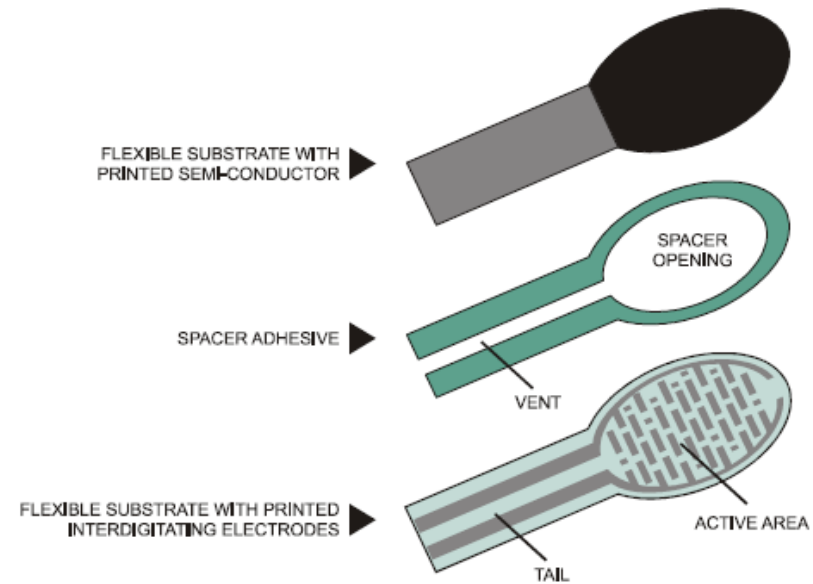
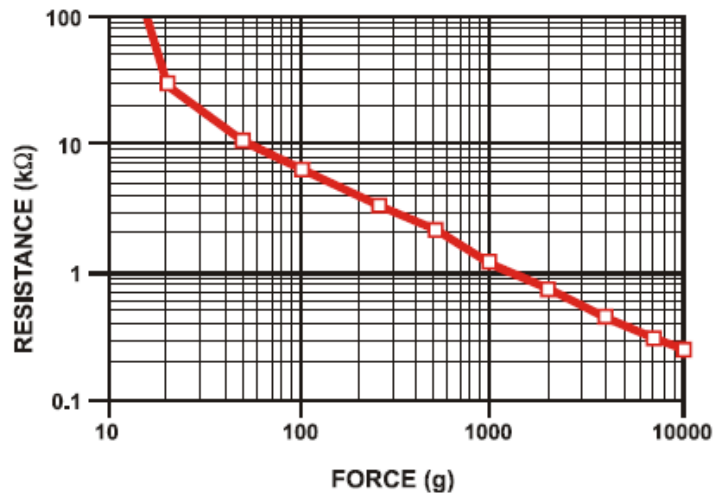
- Zero Forza = nessun carico applicato → Resistenza del sensore elevata (circuitto aperto)
- Forza applicata al sensore → Resistenza del sensore decresce
- Legame Forza misurata / Resistenza inversamente proporzionale



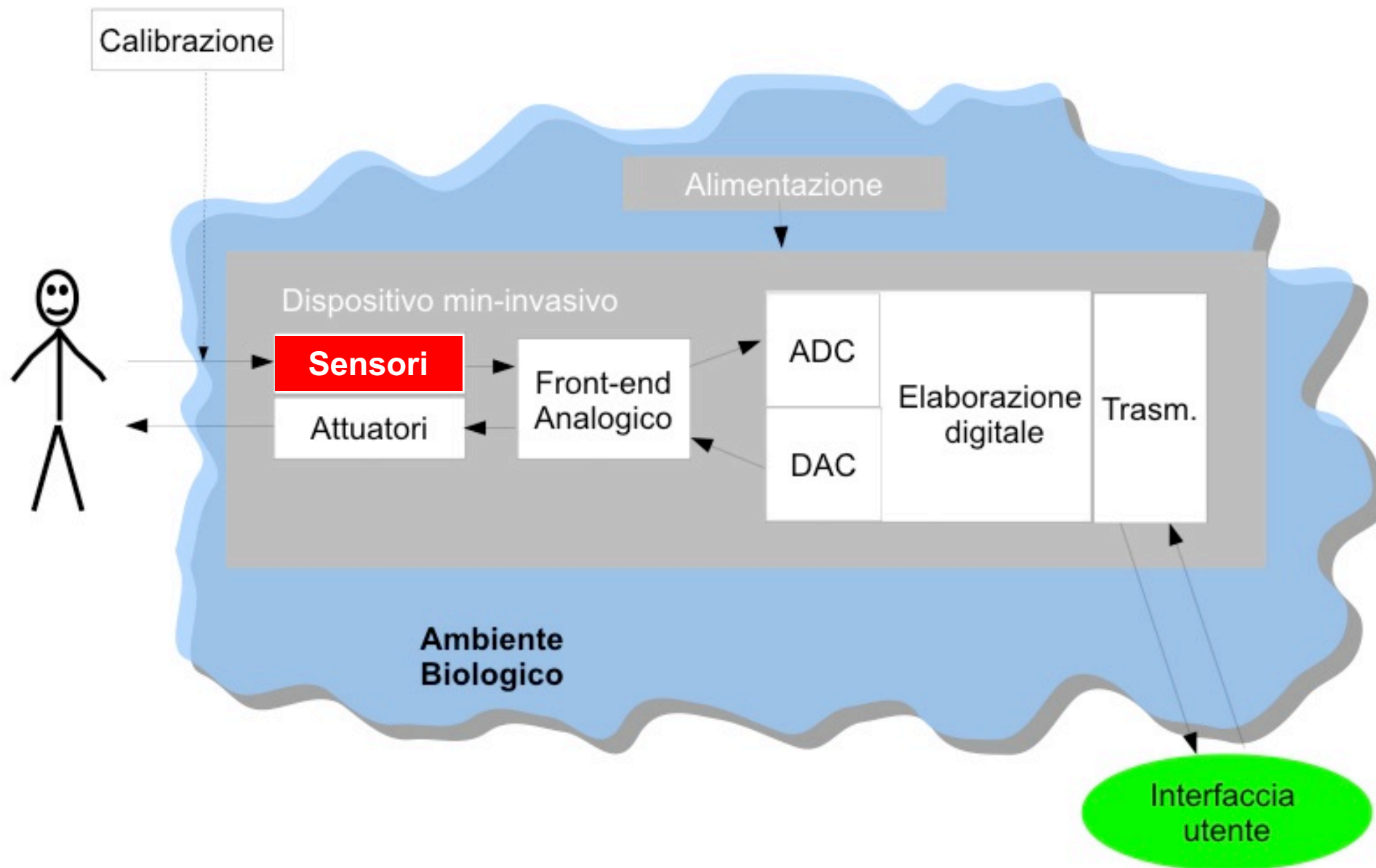
Sensori di Forza (II)

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

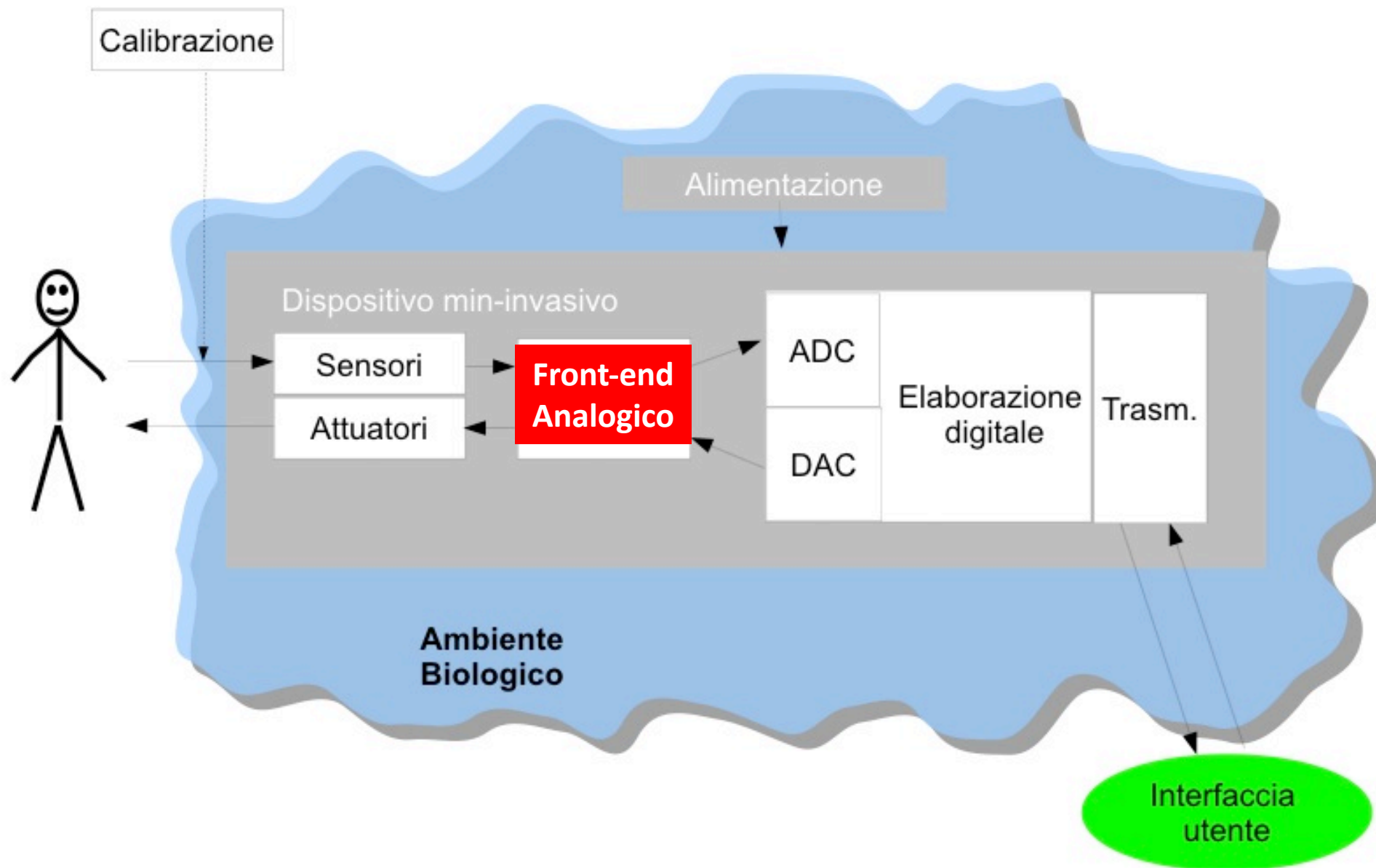
Sensori FlexiForce® della Tekscan

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

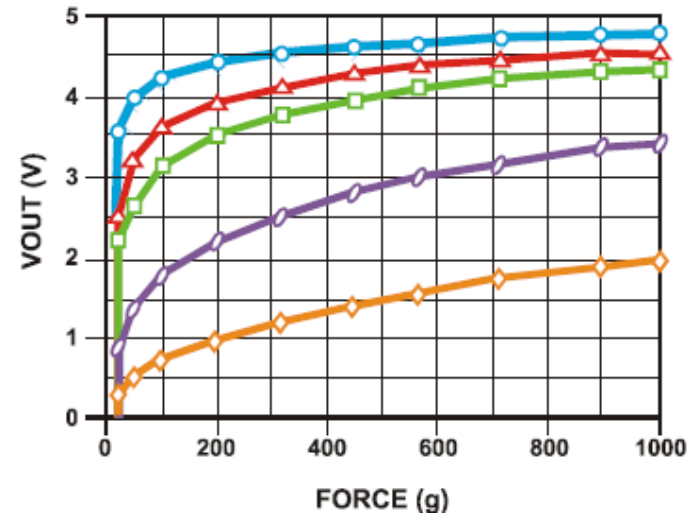
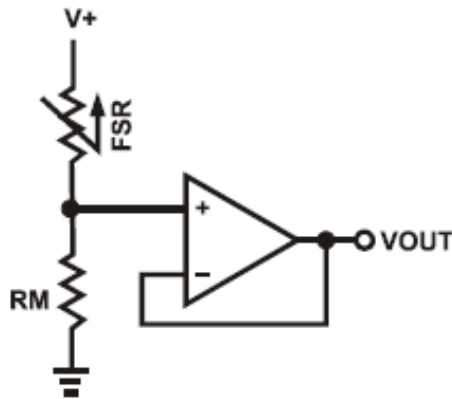


Progettazione Front-end

Dobbiamo leggere una variazione di Resistenza del sensore

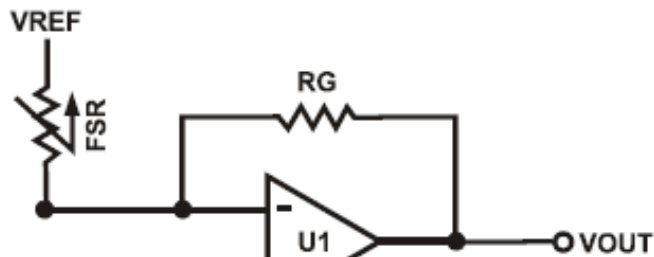
- Schema a partitore

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

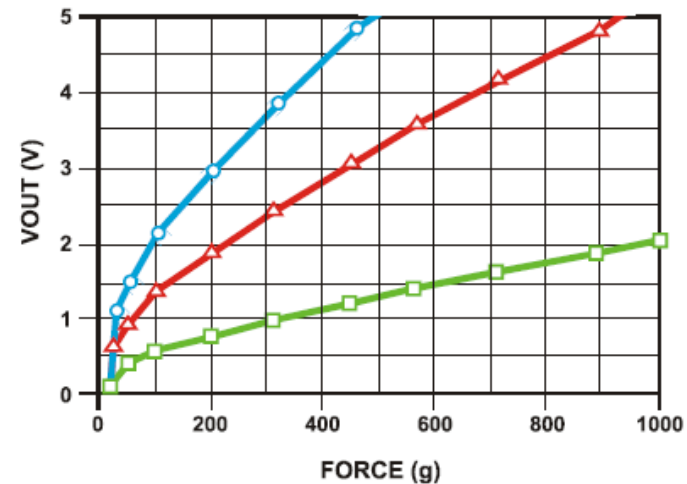


- Schema convertitore corrente-tensione

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

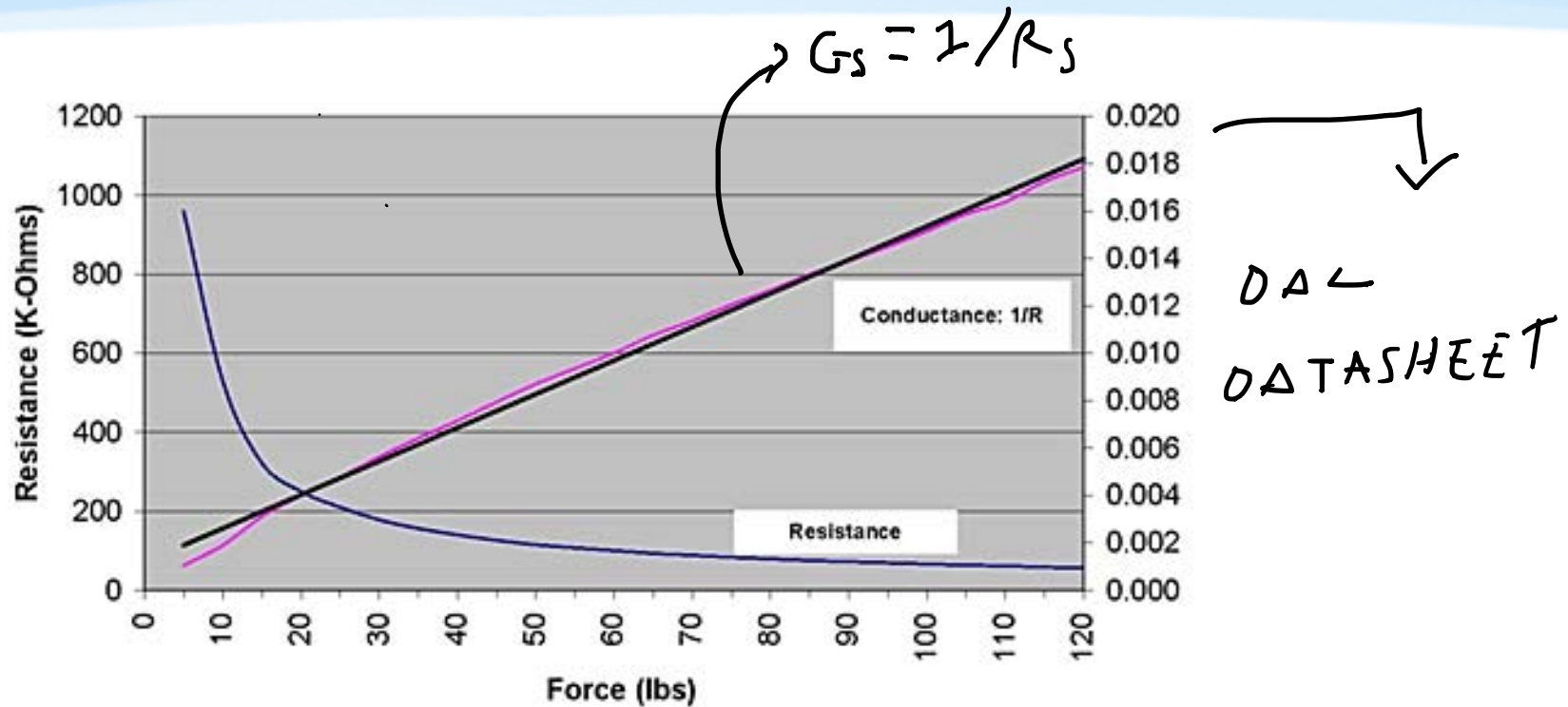


 \rightarrow OPTELEB - VT



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:

$$1/R_s = G_s = S_\sigma \cdot F$$

$$S_\sigma = \frac{0.018 \text{ k}\Omega^{-1}}{120 \text{ lbs}} \quad \rightarrow \quad \frac{3.3 \cdot 10^{-8} \Omega^{-1}/N}{120 \cdot 0.45 \cdot 10 \text{ N}}$$

Dimensionamento dei parametri circuitali (2)

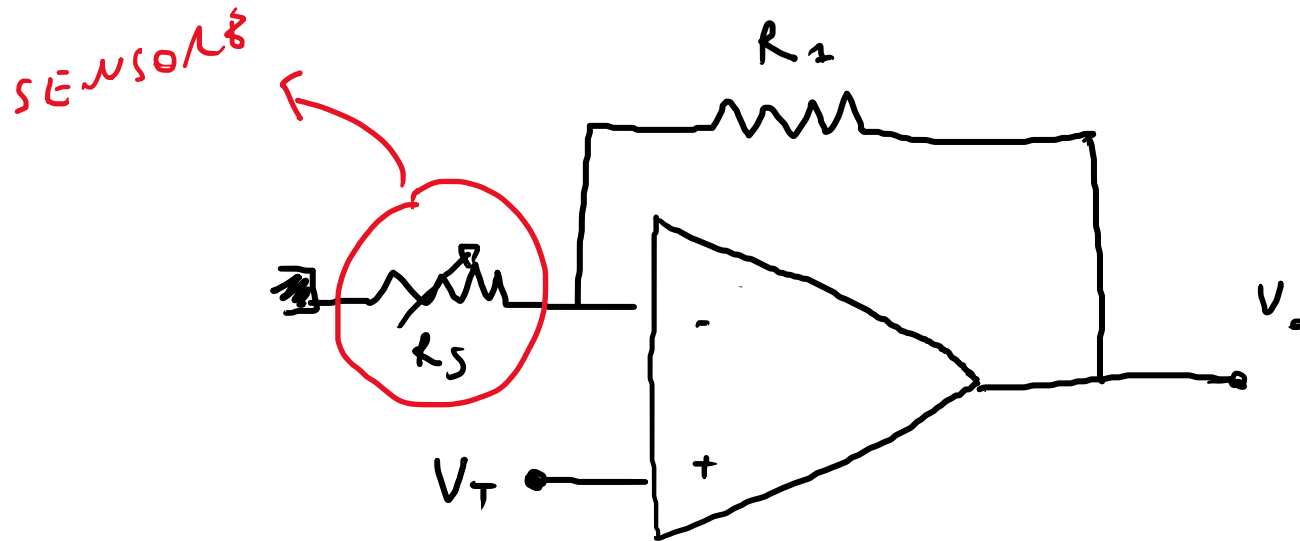
Ricaviamo S_σ (linearità agli estremi)

- $S_\sigma = 0.018 \text{ K}\Omega^{-1} / 120\text{lbs} = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ K}\Omega^{-1} \text{ lbs}^{-1}$
 - Sapendo che $1\text{lbs} = 0.45 \text{ Kg}$

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

- Inoltre, volendo riportare il tutto in funzione della Forza espressa in Newton
 - $1\text{Kg} \approx 10 \text{ N} \rightarrow S_\sigma = \mathbf{3.33 \cdot 10^{-8} \Omega^{-1} \text{ N}^{-1}}$

Front-end Analogico



$$V_{out} = V_T \left(1 + \frac{R_1}{R_s} \right) = V_T + \frac{V_T R_1}{R_s}$$

$$\frac{1}{R_s} \hat{=} S_G F \quad S_G = R^{-2} / N$$

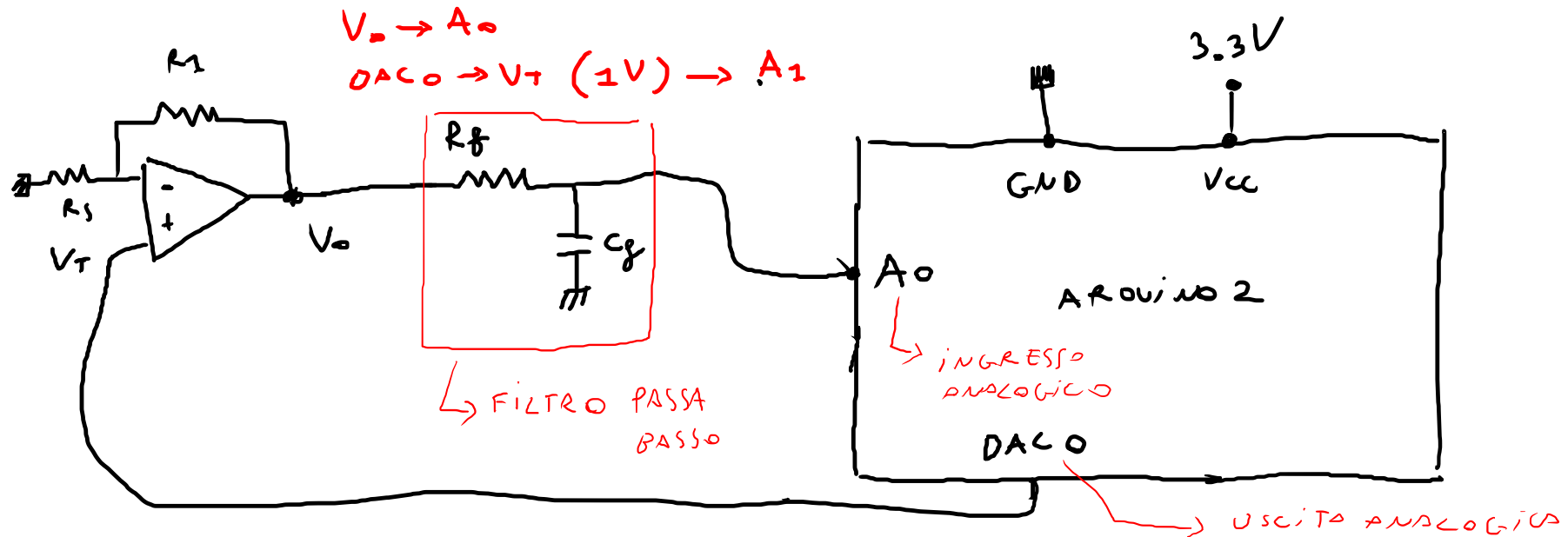
$$V_{out} = \underbrace{V_T}_Q + \underbrace{V_T R_1 S_G F}_S$$

$$V_{out} = S F + Q$$

$$S = V_T R_1 S_G \rightarrow \text{SENSIBILITÀ}$$

$$Q = V_T \rightarrow \text{OFFSET}$$

Front-end Analogico



ELABORAZIONE

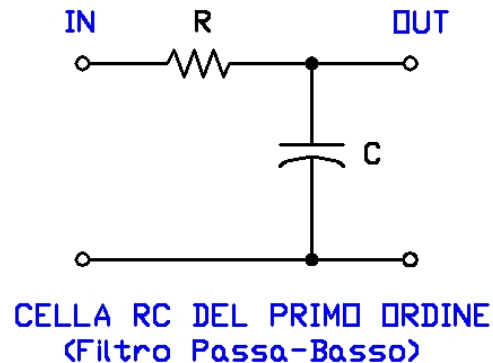
$$A_0 \text{ su } 10 \text{ bit} \Rightarrow 2^{10} \text{ LIVELLI LOGICI} \quad \begin{matrix} 0V \\ \uparrow \\ [0 - 1023] \end{matrix} \quad \begin{matrix} 3.3V \\ \uparrow \end{matrix} \Rightarrow V_{A0} = I_{NA0} \cdot \frac{3.3}{1023} \quad (V_{A0})$$

$$\left. \begin{matrix} V_{A0} \\ V_{A1} \end{matrix} \right\} \rightarrow \text{FILTRAGGIO + ASSA BASSO} \quad X = \frac{Y - 0}{S} = \frac{V_{A0} - V_T}{S}$$

$$\left. \begin{matrix} \text{SCELGO } R_1 = 100K \\ V_T = 1V \end{matrix} \right\} \Rightarrow S = S_0 \cdot V_T \cdot R_1 = S_0 \cdot 100K\Omega = 3.33 \cdot 10^{-3} [V/V]$$

Filtraggio Analogico

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



- Dimensionamento del filtro

$$C_f = 2.2 \cdot 10^{-7} \text{ F}$$
$$\omega_T = \frac{1}{R_f C_f} = 2\pi f_T$$

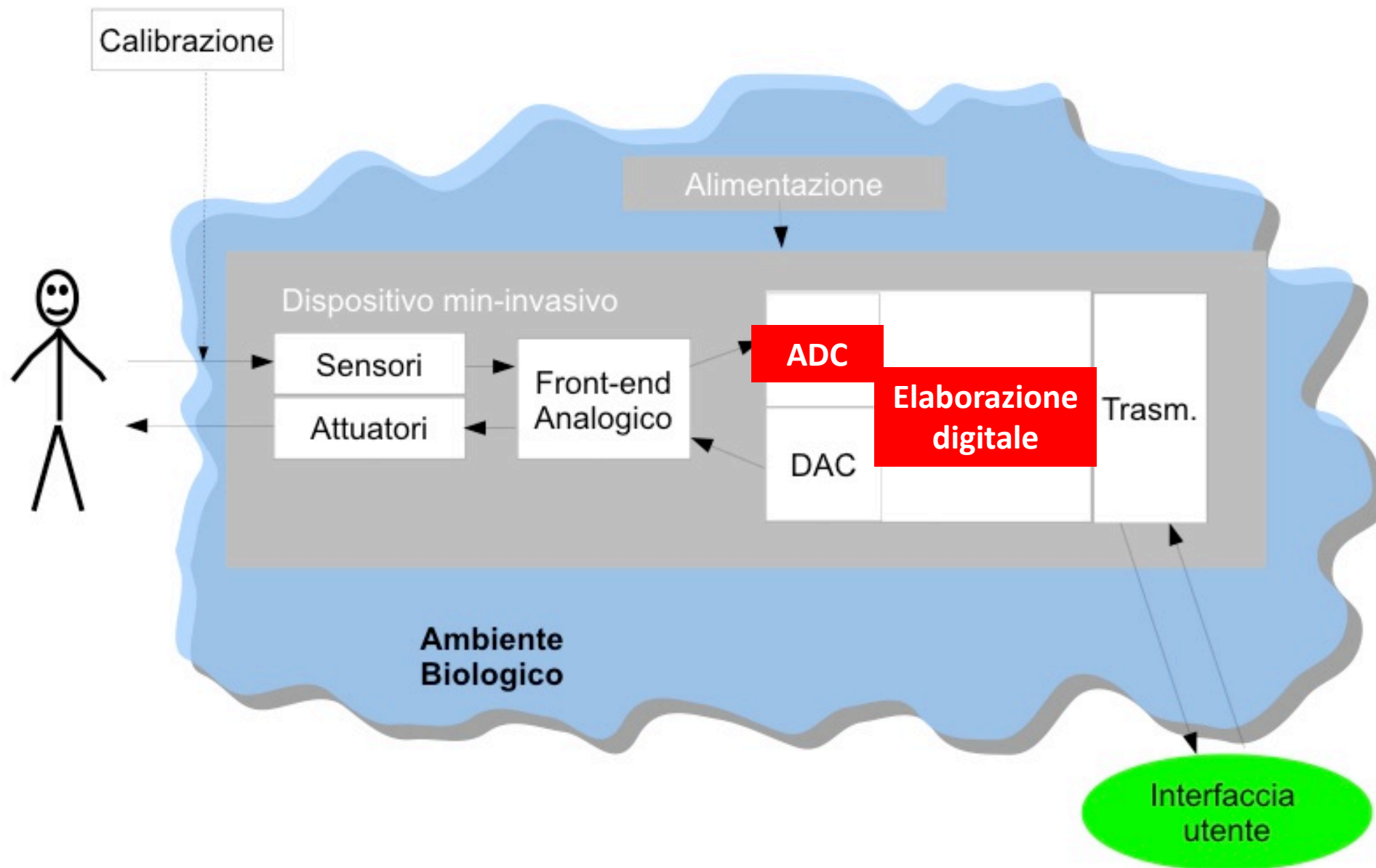
$$f_T = 10 \text{ Hz}$$
$$f_T = \frac{1}{2\pi R_f C_f}$$

$$R_f = \frac{1}{2\pi f_T C_f}$$

511
72 KΩ

(SCEGLIAMO $R = 68 \text{ K}\Omega$)

Conversione A/D e Elaborazione

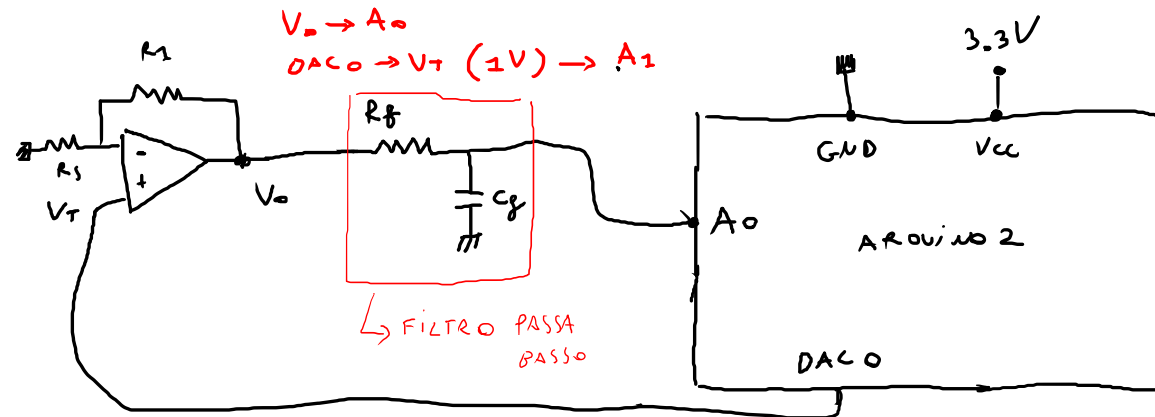


Conversione A/D e Elaborazione (2)

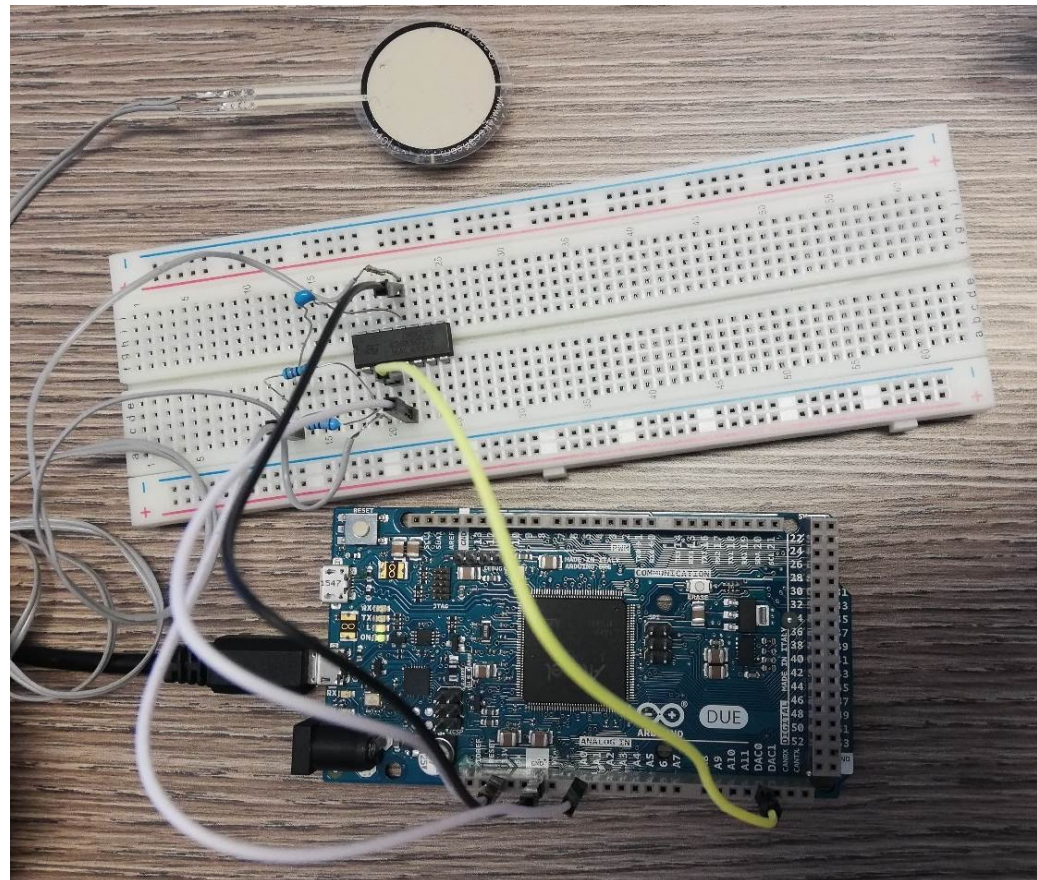
- **Acquisizione del segnale analogico e campionamento via scheda ARDUINO DUE**
 - scheda di acquisizione dati a basso costo
 - 12 input analogici con risoluzione a 10 bit
 - Utile per acquisire il segnale di uscita del sensore
 - 2 Uscite Analogiche (DAC0 e DAC1)
 - Utile per fornire la tensione V_t 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

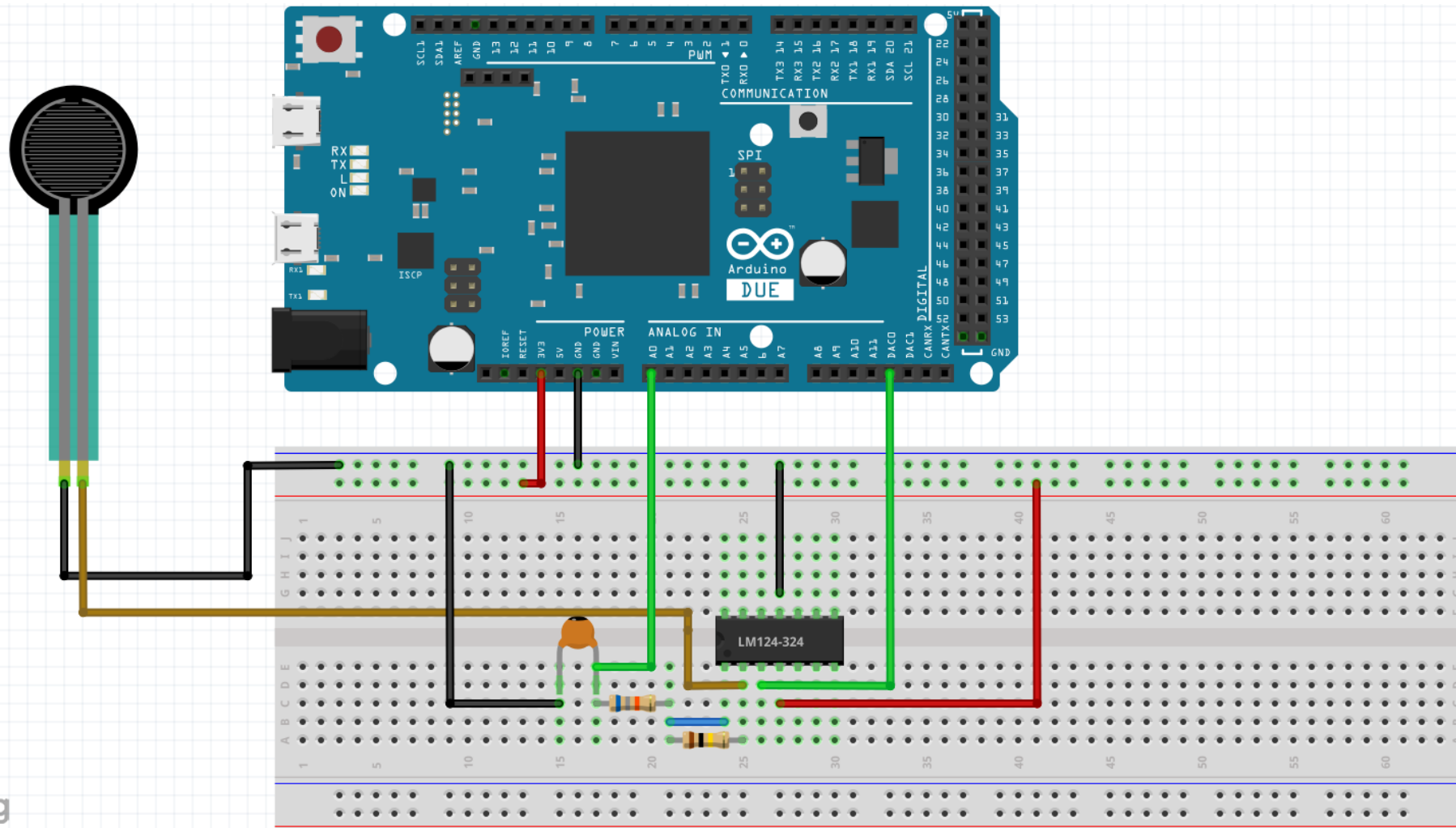
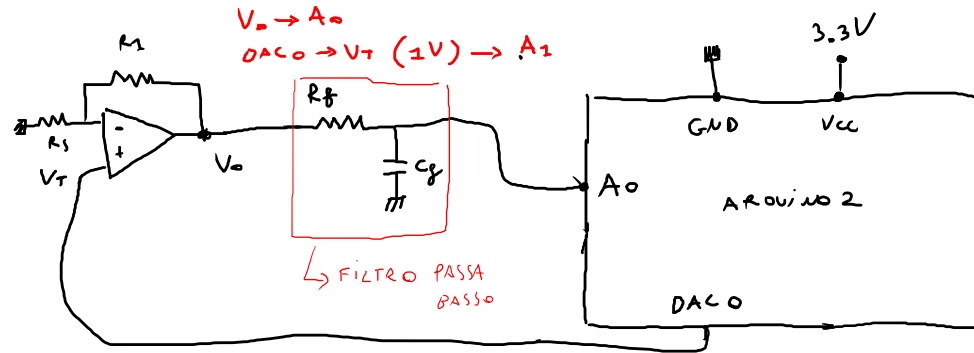
Lo schema elettrico reale



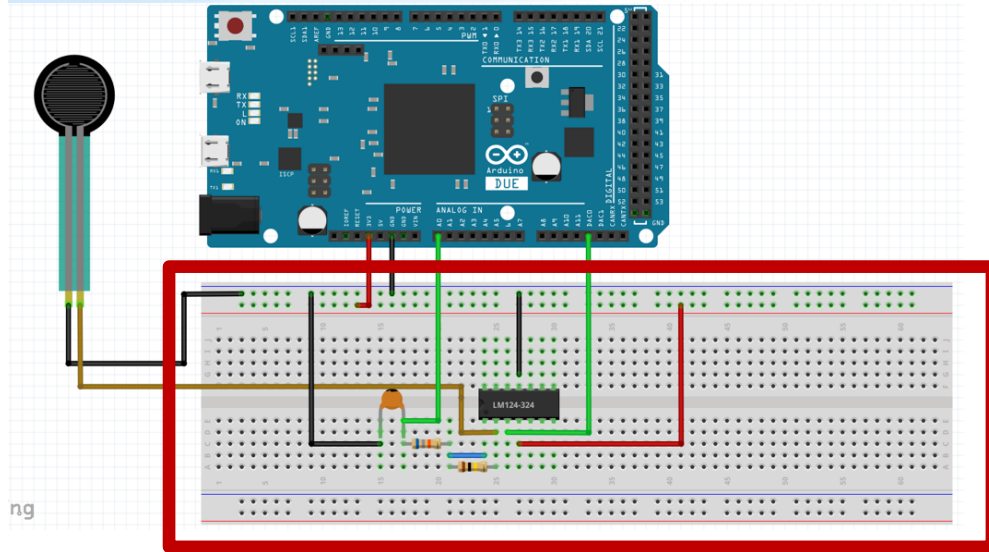
+



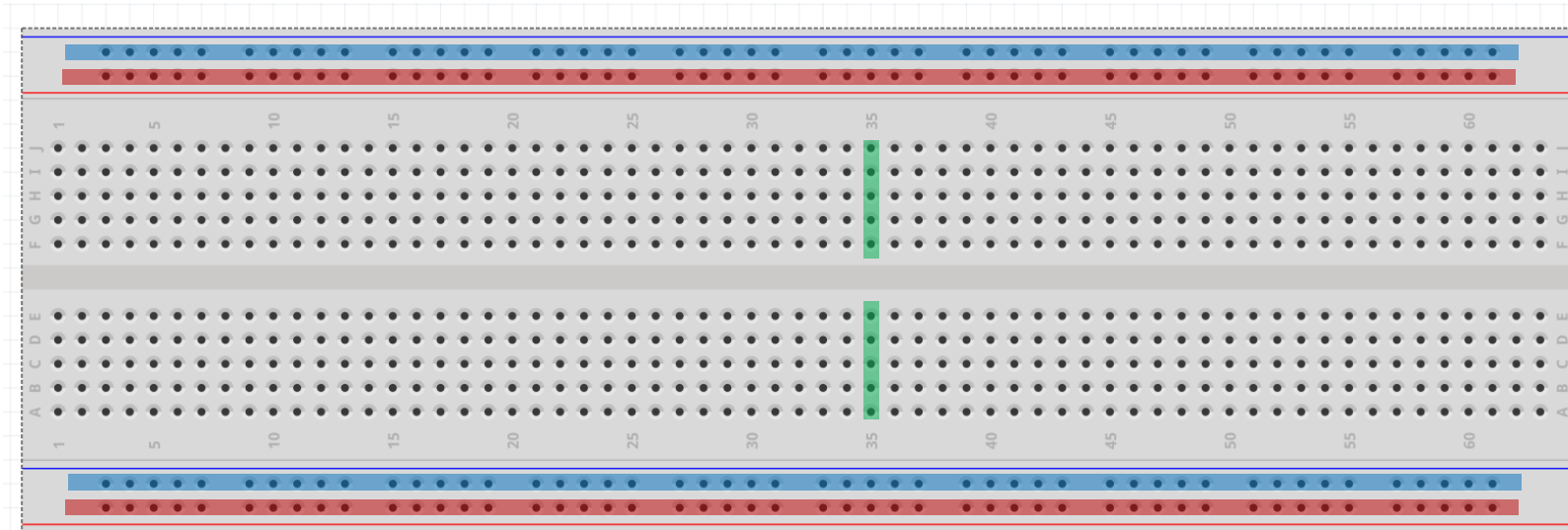
Lo schema elettrico reale



Lo schema elettrico

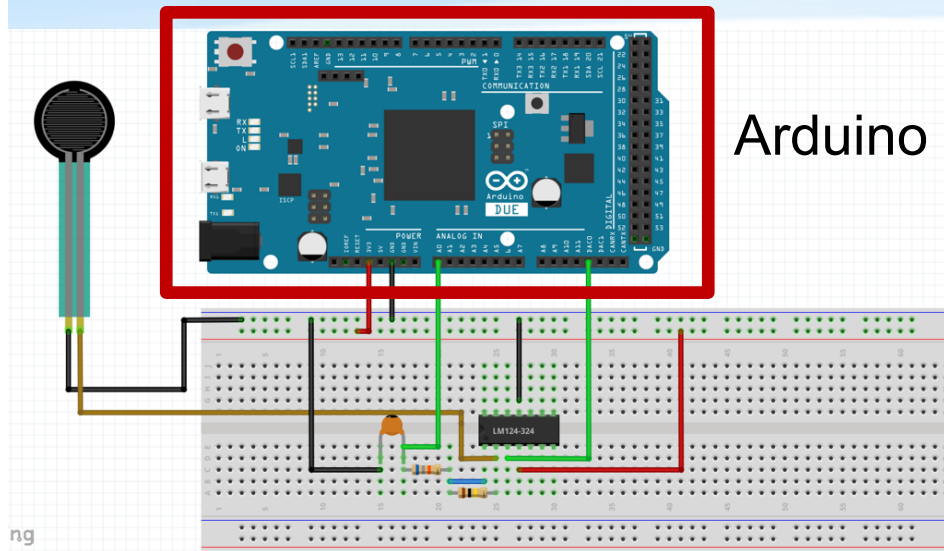


La Breadboard



Righe
pre-collegate

Lo schema elettrico



Arduino DUE board

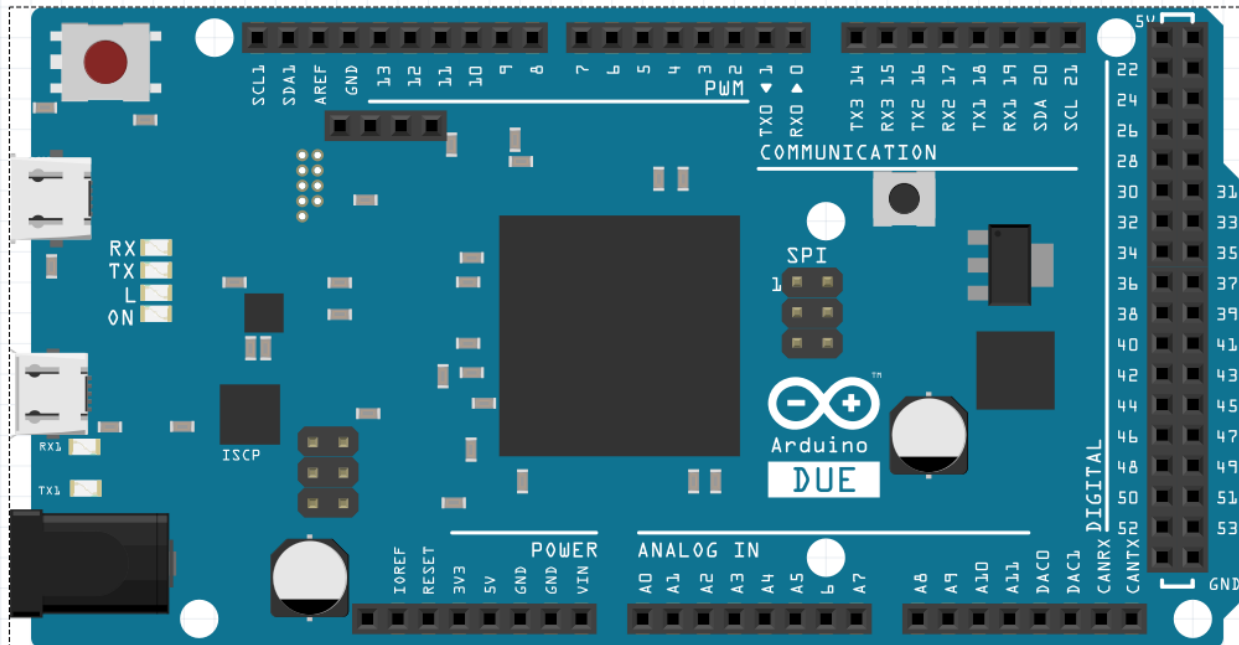
Due porte USB

Tensione 3.3 V

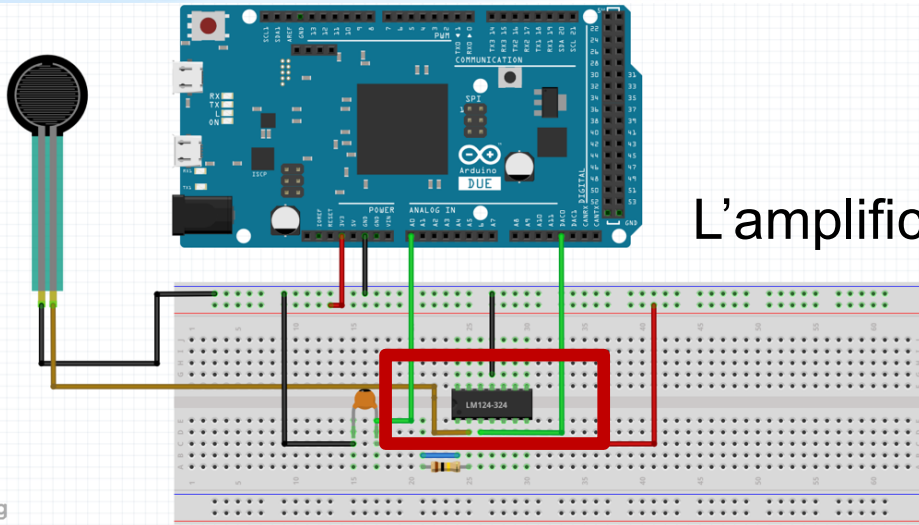
12 Pin Analogici

54 Pin Digitali

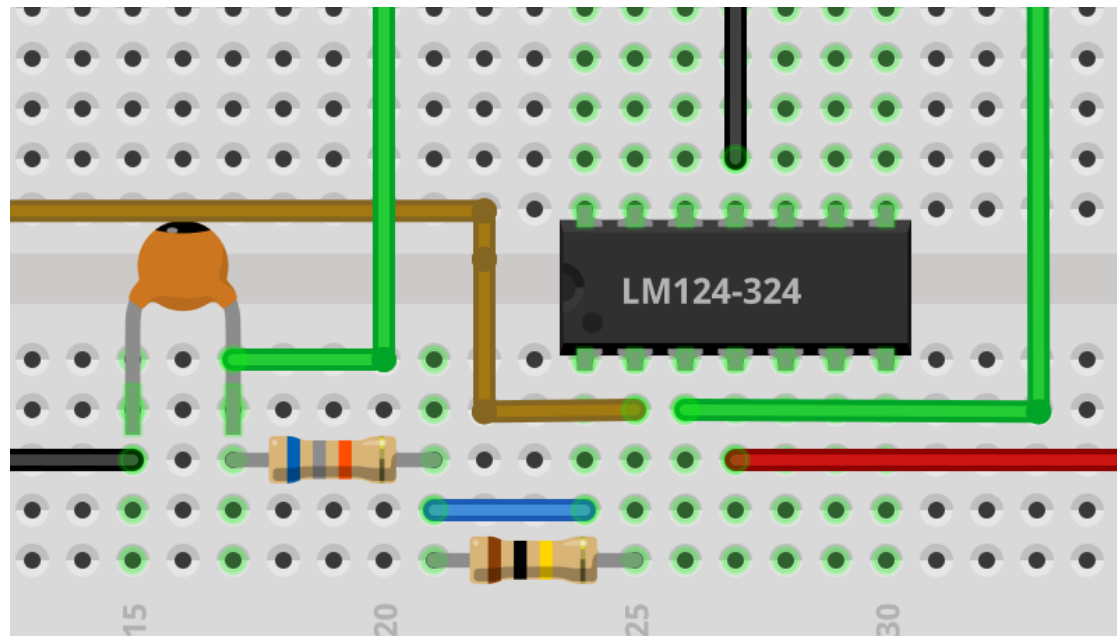
2 DAC



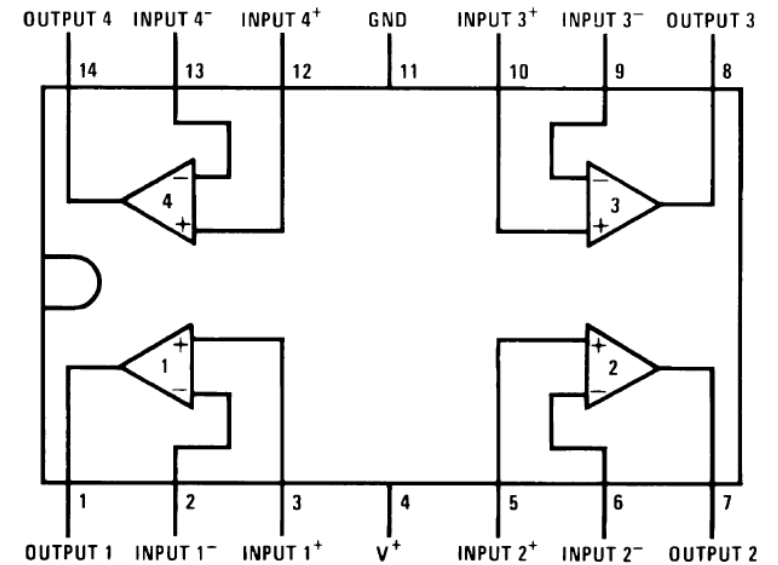
Lo schema elettrico



L'amplificatore LM324



J Package
14-Pin CDIP
Top View



Lo schema elettrico reale

