

Biosensori e Microtecnologie

1.1 Sensori e caratteristiche

Si definisce:

- *Sensore*: trasduttore che converte una quantità che deve essere misurata in una informazione
- *Trasduttore*: dispositivo che trasforma una quantità fisica in un'altra, anche un attuatore

La natura del segnale di uscita dal sensore può essere meccanica, elettrica ed ottica (ultima generazione, non subisce interferenze elettromagnetiche). Vengono sfruttati in due modalità:

- misura e visualizzazione, ex. dispositivi diagnostici
- misura e controllo (mantenimento di una variabile, forzatura di un valore richiesto), ex. temperatura negli incubatori, interruttore bimetallico

I sensori vengono classificati:

- in base al misurando (*meccanici, termici, elettromagnetici, di radiazioni, chimici, biologici*)
- in base all'interazione (*fisici, chimici, biologici*)

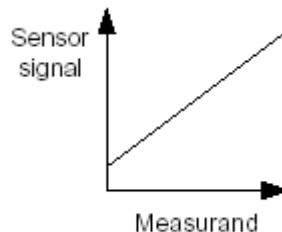
Classificazione e caratteristiche

I sensori vengono suddivisi in:

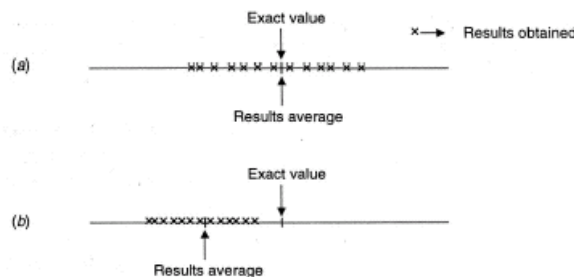
- generanti: danno il segnale senza alimentazione esterna (passivi)
- modulanti: richiedono alimentazione esterna per fornire un'uscita

Le caratteristiche statiche del sistema riguardano la capacità di individuare il parametro di ingresso a partire da quello di uscita, si possono individuare:

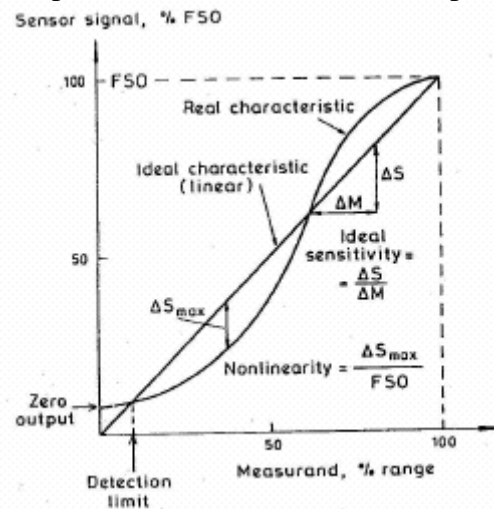
1. *relazione ingresso-uscita*: lineare, logaritmica, esponenziale
2. *fondo scala di ingresso (Span)*: range di valori in cui l'ingresso può essere convertito da un sensore, per intervalli ampi viene espresso in dB $\Rightarrow \text{dB} = 10 \log P_2/P_1 = 20 \log V_2/V_1$
3. *fondo scala di uscita (Fso)*: differenza algebrica tra segnale elettrico in uscita quando lo stimolo d'ingresso è massimo e segnale d'uscita quando lo stimolo d'ingresso è minimo
4. *sensitività*: pendenza della relazione ingresso-uscita $\Rightarrow S(x_A) = \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x_A}$



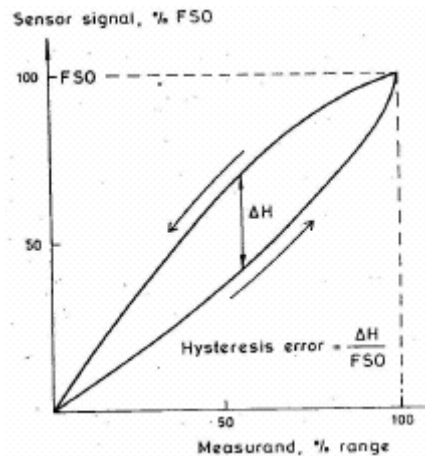
5. *accuratezza*: capacità di fornire un risultato vicino al valore vero del misurando, che potresti trovare con uno strumento di misura perfetto, quindi per sua natura indeterminato
6. *precisione*: capacità di un sensore nel fornire la stessa lettura a seguito di misure ripetute della stessa quantità nelle stesse condizioni. Implica accordo tra risultati ottenuti in successive letture ed un elevato numero di cifre nel risultato stesso. È condizione necessaria ma non sufficiente per l'accuratezza
7. *ripetibilità*: grado di vicinanza tra successivi risultati ottenuti con lo stesso metodo nelle stesse condizioni ed in un breve intervallo di tempo



8. *linearità*: vicinanza della curva di calibrazione del sensore ad una retta specificata espressa come %FSO(deviazione del punto di calibrazione dal corrispondente punto sulla retta)



9. *isteresi*: differenza massima dell'uscita, per valori ottenuti prima a misurando crescente poi decrescente



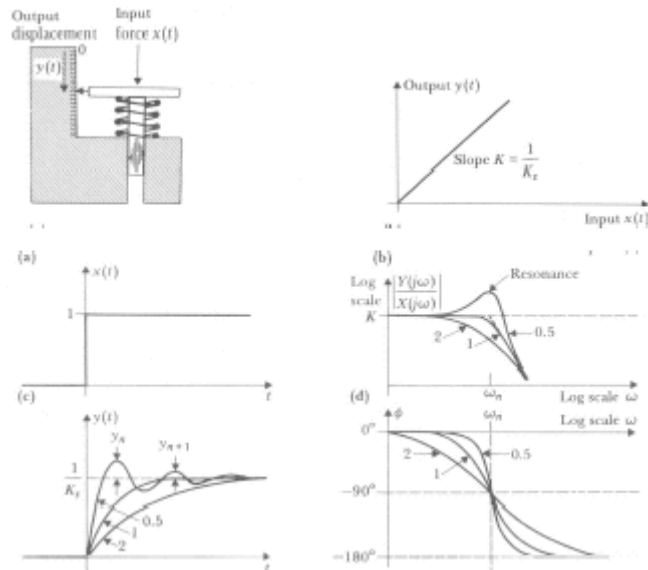
10. *risoluzione*: minimo incremento del misurando rilevabile

11. Calibrazione del sensore

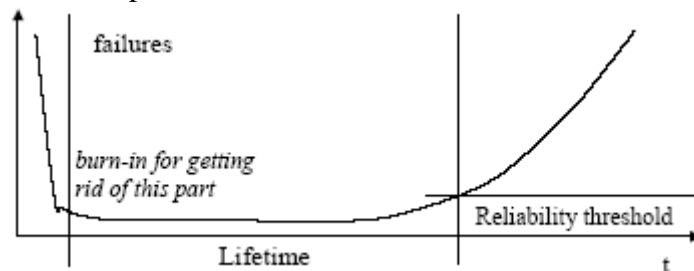
- *zero(offset)*: uscita del sensore quando il misurando ha valore nullo
- *full scale input(Span)*: massimo valore del misurando
- *drift*: variazione dello zero sotto specifiche condizioni
- *shift di sensitività*: variazione della sensitività sotto specifiche condizioni

Inoltre si possono individuare le seguenti caratteristiche dinamiche:

1. *costante di tempo*: tempo che il sensore impiega a fornire in uscita il valore che corrisponde all'ingresso
2. *ordine del sistema*: se esso cresce aumenta la velocità di risposta al gradino, ma possono nascere problemi di sovraoscillazione. Ad esempio:



3. *smorzamento*: buon comportamento a regime riducendo le oscillazioni, ma scarsa risposta a scalino
4. *vita attesa*: biosensori monouso vengono progettati per garantire il funzionamento ottimale in una ristretta finestra temporale



1.2 Sensori integrati e multifunzione

L'integrazione fra più sensori può avvenire in diverse modalità:

- *Array di sensori*: più sensori con le stesse caratteristiche. Ad esempio nell'ultrasonografia si usano array di piezoelettrici per generare onde con un determinato angolo di convergenza/divergenza modulando lo sfasamento di attivazione dei sensori
- *Multisensore*: assemblaggio di sensori con caratteristiche differenti
- *Sensore multifunzione*: elemento unico in grado di monitorare diverse grandezze fisiche in differenti condizioni

e con diversi livelli di complessità:

- *primo livello*: bilanciamento dell'offset, compensazione delle derivate termiche
- *secondo livello*: amplificazione, filtraggio, demodulazione
- *terzo livello*: presenza di microprocessori e memoria (conversione analogico-digitale, taratura statica, autocalibrazione, registrazione dati, elaborazione segnale), requisito di basso costo per applicazioni usa e getta, compatibilità fisica (con ICs) ed elettrica (con componenti digitali) ⇒ *sensori intelligenti (smart)*

1.3 Requisiti per applicazioni biomedicali

I sensori vengono impiegati nel settore biomedico per:

- *Diagnostica*: misurazione del parametro quando richiesto dall'operatore, ex. imaging (PET, CT). Sensori a basso costo, ma elevata affidabilità e ripetibilità
- Monitoraggio:
 - piccole applicazioni di controllo parametri biofisici (basso costo, monouso, intercambiabile, affidabilità a breve termine)