29/09/2020

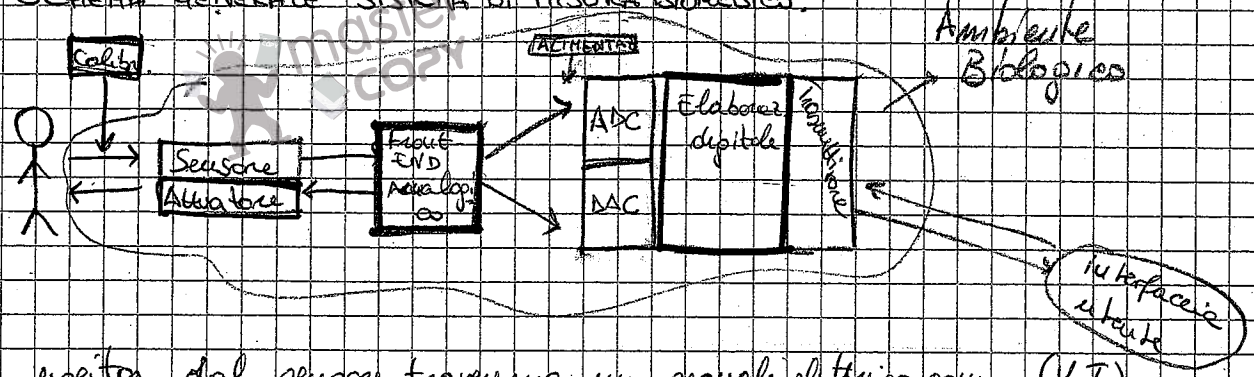
BIOSENSORI

SENSORE: Principale interfaccia col paziente. Servono per misurare le variabili di interesse.

TARATURA: Operazione di caratterizzazione del sensore → Analisi caratteristiche metrologiche sia dal punto di vista del progettista, ma da quello dell'utilizzatore.

Il sensore mi permette di valutare valori numerici relativi al paziente: Misura di parametri vitali in tempo reale, terapia, Diagnosi.

SCHEMA GENERALE SISTEMA DI MISURA BIOMEDICO.



Tra oggetto dal sensore troveremo un segnale elettrico come (V, I) grandezza fisica. In entrata al sensore ho invece una grandezza fisica che però emette una temperatura, una pressione o altro.

☐ Front-End Analogico: Sono delle operazioni analogiche che vengono fatte sui sensori: • Amplificazione
• Filtraggio Passa Basso, altrimenti ho problemi di aliasing. (*)

Conversione A → D e D → A.

(*) Per convertire il segnale A → D devo fare un campionamento. La relazione tra la frequenza di campionamento e la banda del segnale in uscita dal front-end analogico è:

$$f_c \geq 2 W_B \quad \text{(TEOREMA DI SHENNON)}$$

☐ Elaborazione digitale: può avere un ulteriore filtraggio o un'elaborazione di più alto livello

☐ Attuatore: Ho bisogno ad un feedback dal sistema di elaborazione, l'attuatore manda "energia" verso il paziente.
Ho bisogno di questa componente per 2 motivi:

1- Devo effettuare un intervento terapeutico

2- Le tante misure biomediche che facciamo non misuriamo un segnale proveniente dal pz., ma misuriamo qualche grandezza che è determinata dall'interazione di energia con il pz. Esempi: Ecografia → uso gli ultrasuoni per ricevere degli echo con i quali costruirò di un'immagine. Questo vale per tutte le diagnostiche per immagini.

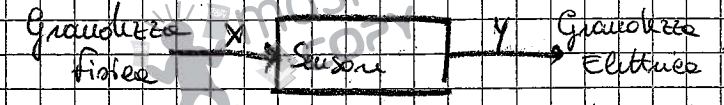
master copy

- **Calibrazione**: Serve per verificare che il nostro sistema di misura funzioni correttamente, quindi che l'errore di misura sia limitato e accettabile.

IMPORTANZA DEL SISTEMA DI CALIBRAZIONE: simulazione di un segnale biomedico di riferimento atto a verificare il corretto funzionamento della catena e ad apportare eventuali correzioni.

SENSORE

E' uno degli elementi più critici di un sistema biomedico. Ha lo scopo di convertire la variabile da misurare in una forma più facilmente e velocemente elaborabile → SEGNALE ELETTRICO.



L'obiettivo della misura è quello di valutare se una determinata variabile di importanza clinica sia dentro valori normali.

Ovviamente la nostra uscita Y dovrà variare in funzione della grandezza in ingresso, quindi vogliamo:

$Y = f(x)$; dove X = INGRESSO = Misurando
Y = USCITA.

L'obiettivo della misura è ovviamente ricavare l'ingresso partendo dalla grandezza fisica che poniamo fisicamente misurando (la Y).

PROBLEMATICHE:
- Interazioni con sistemi viventi (biochimico, fisiologico o psicologico).
- Effetto della misura sul sistema misurato, difficile da prevedere.

CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE

MISURE: → INVASIVE: Sonde endovascolari, glucosio, pressione intracranica, pressione intratoracica, ...

→ NON INVASIVE: Si preleva il segnale senza creare traumi, lesioni o alterazioni dei parametri vitali. Suoni Cardiaci, Elettromiografia, temperatura corporea, ...

MISURE: → ATTIVE: Il segnale che verrà elaborato viene emesso dall'apparecchiatura biomedica. ECOGRAFIA

→ PASSIVE: L'origine del segnale da elaborare deriva spontaneamente e direttamente dall'organismo. TERMOGRAFIA.

master COPY

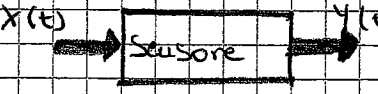
MISURE: → DIRETTE: Prelevo direttamente la quantità fisica da mi strumento semplicemente confrontandola con valori di riferimento. Misura di temp. pelle, resistenza elettrica pelle.

→ INDIRETTE: Si basano su relazioni matematiche che intercorrono tra la variabile biomedica di interesse e la quantità rilevata dal sensore.
Esempio: Misurare la portata sanguigna in vaso del cuore attraverso l'aorta attraverso il principio di diluizione dell'indicatore.
Mediante l'uso di cateteri si inietta un indicatore e si misura la variazione nel tempo della F.I dell'indicatore nel sistema cardiovascolare. Tale misura è chiaramente indiretta poiché facciamo uso delle relazioni tra la portata e la C.I dell'indicatore.

Altre classificazioni sono fatte in base:
- Grandezza Misurata
- Principio di Trasduzione
- Sistema Fisiologico analizzato
- Specialità medica.

SENSORE

dispositivo che prende una grandezza fisica in ingresso (MISURANDO) e la trasforma in una grandezza di tipo diverso (elettrica) che è l'uscita del vostro sensore.



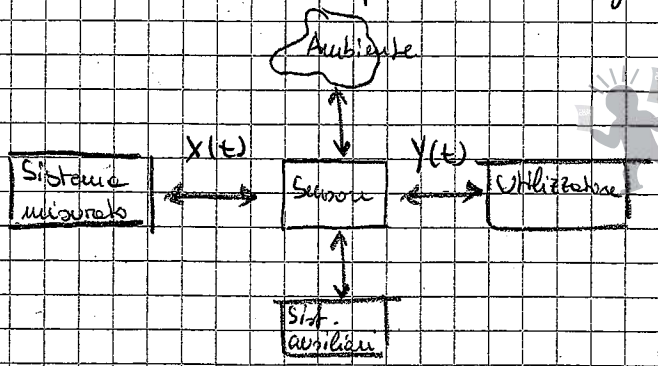
Y(t) è quella che possiamo misurare fisicamente, ne calcoliamo il valore.

Attraverso l'osservazione di Y(t) vogliamo ottenere il misurando X(t).

$$X(t) = \bar{f}(Y(t))$$

Dobbiamo avere una funzione matematica che ci permetta di ricavare X(t) a partire da Y(t)

Un sensore è un sistema complesso che interagisce con diversi fattori esterni



Per poter ricavare il misurando ho bisogno di una relazione matematica che è chiamata FUNZIONE DI CONVERSIONE DIRETTA

$$X(t) = f_D(Y(t))$$

Data l'uscita si ricava l'IN.

La Funzione di Conversione Inversa.

$$y(t) = f_i(x(t))$$

Dato il misurando si ricava l'out.

La mancata conoscenza di queste relazioni rende impossibile la misura.

Ma Cosa Vuol Dire Misurare?

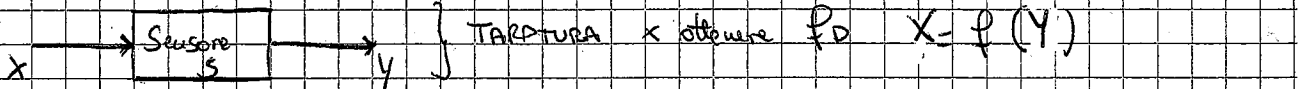
Ricavare in modo quantitativo una stima di $x(t)$. $x(t)$ non è direttamente "osservabile", ma si "manifesta" tramite l'uscita $y(t)$.

Taratura e Calibrazione.

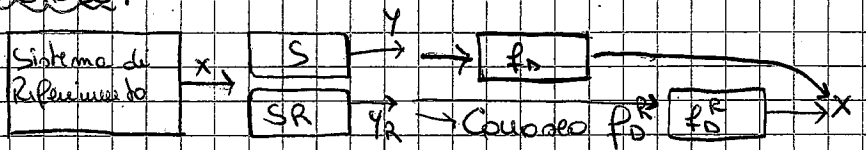
La taratura è una metodologia di caratterizzazione del sensore che ha come obiettivo la definizione delle caratteristiche metrologiche di un sensore.
È una misura di tipo sperimentale.
Con la taratura si calcolano la funzione di conversione diretta e/o inversa.
La taratura di norma avviene tramite un confronto di misure con uno strumento di riferimento.

Mentre la taratura è un'operazione che permette di definire le caratteristiche metrologiche di uno strumento, la CALIBRAZIONE ha come obiettivo quello di rendere lo strumento più accurato. 1.45

VEDIAMO COME SI POTREBBE FARE UN'OPERAZIONE DI TARATURA.



1° METODO.



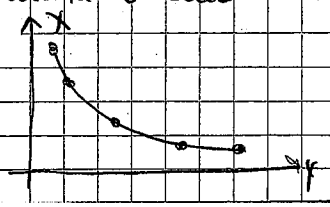
Grazie all'ausilio di un sensore di riferimento SR, a volte anche chiamato GROUND TRUTH, di cui conosco la funzione di conversione diretta, posso ricavare la x.

Dato che, del nostro sensore S, l'unica cosa che conosco è la y, posso ricavare la f_D.

2° METODO

Potrei sfruttare un sistema che mi permetta di imporre misurandi x noti. Ogni volta che impongo una x nota aspetto che la y vada a regime e metto in tabella tutti i dati. Adesso posso costruire un grafico per punti.

x	y
x_0	y_0
x_1	y_1
⋮	⋮
x_n	y_n



Posso ricavare una funzione che mi approssima la successione di tutti i punti e ho trovato la f_D 2.00

Il 1° metodo può essere usato anche per fare una caratterizzazione non solo statica del sensore. Questo vuol dire che posso ricavare una relazione $Y(t)$ e $X(t)$, ovvero la FUNZIONE DI TRASFERIMENTO.
Con il 2° metodo invece è molto più difficile andare a considerare le variazioni in funzione di t del misurando X, è quindi valido solo per condizioni QUASI STATICHE.

In questo caso, il modello del sensore dipenderà non solo dal misurando, ma anche dall'influenza di tutte le componenti con cui esso entra in contatto, quindi dipenderà da altre grandezze fisiche dette GRANDEZZE DI INFLUENZA.

$$X = f_0(y, g_1, g_2, \dots, g_m);$$
$$Y = f_i(x, g_1, \dots, g_m);$$

In poche parole:

- l'out del sensore dipende dal misurando e da grandezze che ne disturbano la risposta
- la presenza di grandezze di influenza fa sì che, a parità di misurando, il sensore possa rispondere in modo diverso
- la variazione di temperatura, l'effetto dell'ambiente esterno e le fluttuazioni di tensione sono grandezze di influenza.
- le grandezze di influenza rappresentano un aspetto negativo del nostro sensore che vorremmo essere ignorato, infatti dobbiamo cercare di minimizzare il disturbo che esse causano.

In generale possiamo esprimere una relazione che permette di evidenziare il contributo principale del misurando x e il contributo secondario delle grandezze di influenza.

$$Y = \underbrace{f(x)}_{\text{DIPENDE SOLO DAL MISURANDO}} + \underbrace{f'(x, g_1, \dots, g_m)}_{\text{DIPENDE DA } x \text{ E DALLE GRANDEZZE DI INFLUENZA.}}$$

Abbiamo preso in considerazione la funzione di conversione inversa, ma le stesse considerazioni valgono per la funzione diretta.

Poniamo ipotizzare che x sia indipendente dalle grandezze di influenza

$$Y = f(x) + f''(g_1, \dots, g_m)$$

Poniamo anche ipotizzare che ci sia indipendenza tra le grandezze di influenza

$$\left\{ Y = f(x) + f^1(g_1) + \dots + f^m(g_m) \right\} \qquad f^1 = \dots = f^m = \underline{\text{FUNZIONI DI INFLUENZA}}$$

Fino ad ora non abbiamo considerato l'effetto del tempo,

$$Y(t) = f(x(t)) + f^1(g_1(t)) + f^2(g_2(t)) + \dots + f^m(g_m(t)) + f^{m+1}(t)$$

dove $f^{m+1}(t)$ = il tempo viene considerato come grandezza di influenza.
La caratteristica IN/OUT del sensore può avere tempo variante.