Strumentazione Biomedica

→ e' utilizzabile negli ambiti:
- diagnostici: ECG, EEG, TAC...
- terapeutici / di monitoraggio: defibrillatore, pacemaker...
- riabilitativi: organi artificiali, protesi...

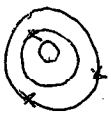
→ Le caratteristiche della strumentazione si distinguono in base all'uso:

- Clinico (dati da mantenere per 5-10 e più anni): semplice da usare, precisione sufficiente, alta affidabilità
- Ricerca: alta versatilità, buona precisione, sufficiente/bassa affidabilità

→ Le strumentazioni possono essere di tipo analogico o digitale

→ Alcune definizioni:

- Precisione → e' legata alla dispersione; indica quanto i dati sono dispersi rispetto al valor medio (rimanda al concetto di deviazione standard → e' un errore casuale
- Accuratezza → differenza tra valore vero e valore misurato = media delle differenze = errore sistematico



non preciso, non accurato



preciso, non accurato



non preciso, accurato

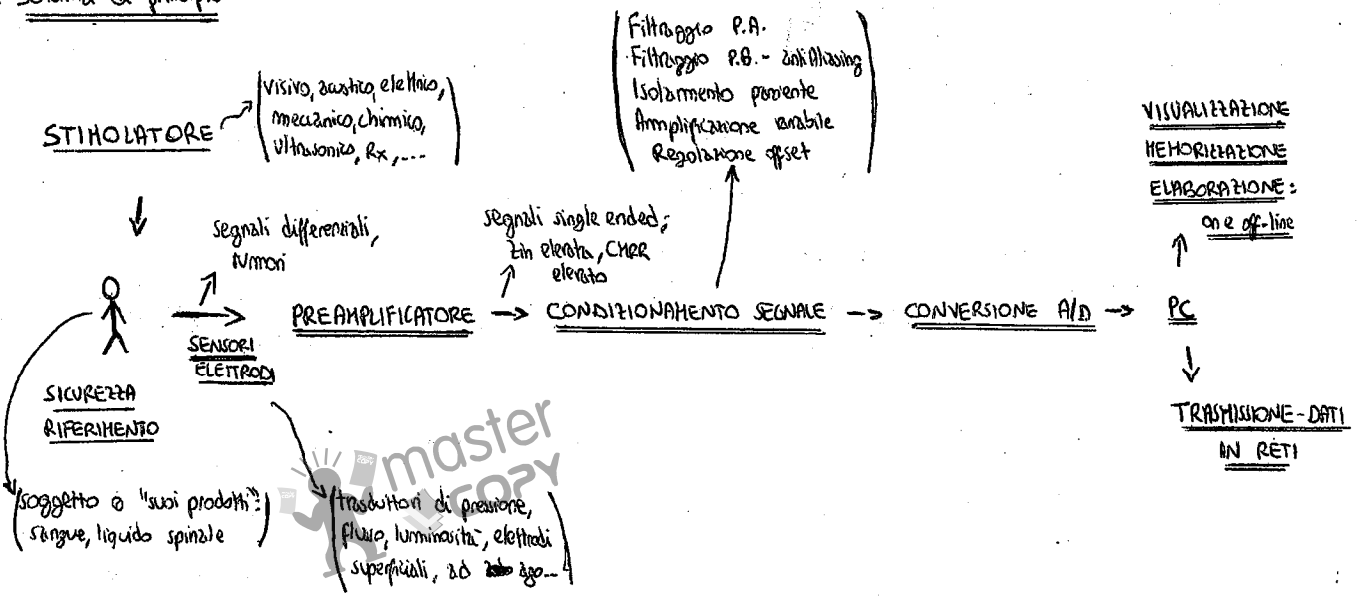


preciso, accurato

- Offset e deriva → parametro da tenere sottocontrollo
- Risoluzione → qual'e' la quantità più piccola che riesco a misurare; ovvero la minima variazione dell'ingresso apprezzabile all'uscita
- Soglia di sensibilità (sensitivity) → minima variazione dell'ingresso per cui l'uscita e' apprezzabilmente $\neq 0$
- Riproducibilità → stessa uscita, anche non accurata, nel tempo
- Isteresi → aumento l'ingresso fino ad un certo punto in cui lo decremento. Supponendo che l'andamento dell'ingresso sia lineare, allora ho un'isteresi nel caso in cui l'uscita abbia un andamento diverso.

→ I principi base della progettazione della strumentazione:
- Assicurare non alterazione della quantità da misurare
- Salvaguardare la sicurezza del paziente

→ Schema di principio



→ Caratteristiche dei segnali biologici:

- Piccole ampiezze (5μV - 5mV) → necessità di amplificazione (di 10^6) (per questo è necessario il pre-amplificatore)
- Bassi rapporti S/N → preamplificatori con alto CMRR, filtri passa banda analogici, filtraggi digitali
- Bande in bassa frequenza (< 10KHz)

→ (Isolamento = evitare che ci siano ritorni sul paziente)

→ Caratteristiche di alcuni segnali bioelettrici:

Tecnica	Intervallo	Frequenza, Hz	Metodo di misura
Elettrocardiografia	± 0.5 - 4mV	0.01 - 250	Elettrodi di superficie
Elettroencefalografia	± 5 - 300μV	0.5 - 40/150	Elettrodi di superficie
Elettromiografia	± 0.1 - 5mV ± 50 - 3000μV	0 - 10000 0.1 - 300	Elettr. ad ago Elettrodi di superficie
Elettroretinografia	± 0 - 900μV	0 - 50	Elettr. di contatto
Frequenza respiro	2 - 50 respiri/minuto	0.1 - 10	Strain gage sul petto, impedenza mobile
Temperatura	32 - 40°C	0 - 0.1	Termistori, termometri

→ I preamplificatori per biosegnali hanno come caratteristiche:

- Alto CMRR (> 80 dB)
- Alta impedenza ingresso (> 10MΩ)
- Gain 100 / 10000
- Ingressi differenziali
- Larghezza di banda non elevata
- eventuale isolamento

→ Terminologia:
- Strumentazione: complesso di strumenti che occorrono per certe attività
- Segnale: qualsiasi forma di messaggio od effetto di uno specifico processo atto al trasferimento di informazioni

→ Origine dei segnali biologici:
- Basali: legati alla fisiopatologia, cioè al funzionamento normale o in presenza di malattia dell'organismo vivente
  (es: attività elettrica cerebrale e cardiaca, pressione arteriosa, ...)
- Evocati: sono segnali ottenuti come risposta ad uno stimolo esterno

→ Classificazione dei segnali biologici

1) classificazione per variabile indipendente:
- segnali temporali: ECG, EEG (segnali bioelettrici)
- segnali spaziali: radiografie, mappe di temperatura (bioimmagini, mappe)
- segnali spazio-temporali: (ecocardiografia dinamica, fMRI funzionale)

2) classificazione per natura della grandezza caratterizzante:
- segnali elettrici
- segnali chimici
- segnali magnetici
- segnali meccanici
- segnali termici

3) classificazione per sistema biologico che li ha generati:
- sistema cardiovascolare
- sistema nervoso
- sistema endocrino
- apparato muscolo-scheletrico

4) classificazione per proprietà chimico-fisiche dei tessuti che li generano:
- impedenza acustica
- potere di assorbimento delle radiazioni
- proprietà istologiche
- proprietà metaboliche
- proprietà termiche
- proprietà elettriche, magnetiche

→ 1 Biopotenziali

→ I segnali elettrici di origine biologica rappresentano le variabili biomediche che meglio si prestano ad una analisi effettuata con strumentazioni di tipo elettronico

→ I potenziali bioelettrici rappresentano il risultato dell'attività elettrochimica delle cellule "eccitabili"
↳ (cellule muscolari, nervose e alcune cellule ghiandolari)

→ Esempi di applicazioni dei Biopotenziali:

- Elettromiografia (EMG): analisi della funzionalità dell'attivazione muscolare
  ⇓
  può essere utilizzata, per esempio, per misurare la fatica muscolare

- Elettro Neurografia (ENG): analisi della funzionalità del Sistema nervoso periferico

- Elettrocardiografia (ECG): analisi della funzionalità cardiaca. Noi siamo interessati alla distanza fra le fasi sistoliche del cuore (picchi R)

  NB: [questa non è la frequenza cardiaca]

  ⇓
  Si basa su un modello semplificato dell'attività elettrica del cuore, considerandolo come un dipolo di carica immerso in un mezzo parzialmente conduttivo (il torace)

  ⇓
  Il campo elettrico è variabile in funzione del tempo con l'attività del cuore e viene rappresentato con un vettore M (momento di dipolo)

  ⇓
  Il potenziale elettrico cardiaco appare lungo tutto il corpo e sulla sua superficie. Ponendo una coppia di elettrodi in corrispondenza di due punti anatomici diversi, misuro una ΔV tra i due elettrodi.

- Elettro Encefalografia (EEG): analisi delle funzionalità del SNC

  ↙ (potenziali corticali evocati)

  ↘ un esempio è l'analisi del sonno, della crisi epilettica o, addirittura, della predizione dell'attacco epilettico

→ In campo riabilitativo, esempi sono il Pacemaker (dispositivo per il controllo della pulsatilità cardiaca) e il Deep Brain Stimulation

⇓ stimola elettronicamente la contrazione del cuore quando questa non viene assicurata in maniera normale dal tessuto cardiaco (nodo senoatriale)

⇓ invia impulsi elettrici a zone ben definite dell'encefalo

→ Bioimmagini → [riguardano lo sviluppo di metodi di registrazione, elaborazione e trattamento di immagini biologiche e mediche]

↓ [sono immagini create a partire da un essere vivente, ossia una figura relativa all'anatomia o alla fisiologia di una parte del corpo (umano o animale)]

→ Tipi di Bioimmagini: 1) Mappe: rappresentazioni di una grandezza riferita alla superficie corporea a partire da misure in punti diversi

2) Proiezioni: immagini su di un piano di proiezione a partire da un centro; ogni punto rappresenta l'integrale di una grandezza fisica sulla linea di proiezione che attraversa il volume da misurare (Rx)

3) Tomografie: immagini ricostruite di sezioni virtuali del corpo a partire da misure esterne (TAC, SPECT, PET)

• La catena di acquisizione

↳ di un segnale (biomedico)

[Sensore ⇒ Pre-amplificatore → Filtro ⇒ Amplificatore principale ⇒ Convertitore A/D ⇒ PC / DSP / µP-µC]

⇒ Pre - Amplificatore

→ I segnali biologici hanno ampiezza piccola e quindi serve amplificarli riducendo il rumore

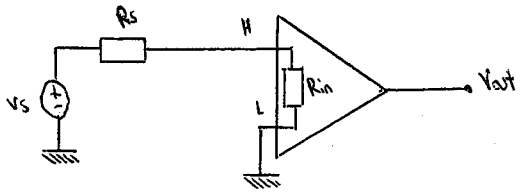
↳ sono molto rumorosi

⇓ deve essere aumentato il rapporto segnale/rumore

→ Gli stadi di ingresso

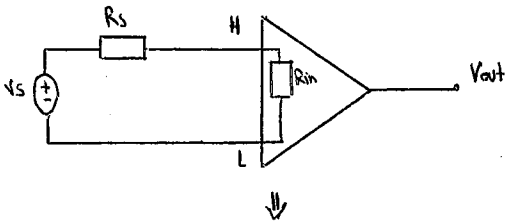


A) Single - ended



⇓ In termini pratici non sempre è possibile realizzarlo

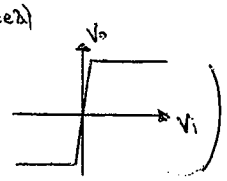
B) Differenziali ⇝ quando si vuole una Δ tra due segnali

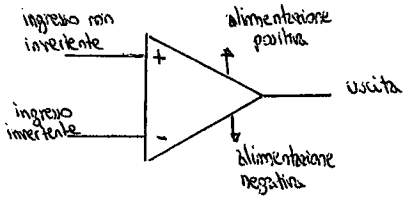


⇓ Più usato perché in molti casi si ha bisogno di misurare la Δ tra due punti

→ OpAmp ↳ serve per avere un alto guadagno (è nato con questa idea)

⇓ caratteristica I/O :

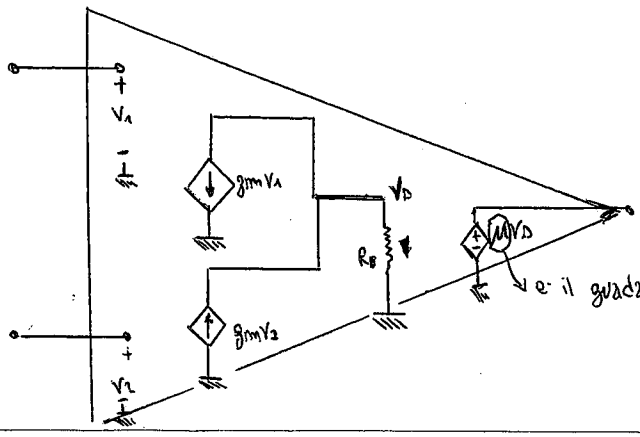




⇓ Le caratteristiche di quello ideale sono:

- ingresso differenziale e uscita singola ("single ended")
- guadagno infinito
- resistenza di ingresso infinita ($R_{in} = \infty$)
- resistenza di uscita nulla ($R_{out} = 0$)

⇓ (nel particolare)



↳ è il guadagno

