CLASSIFICAZIONE DEI SEGNALI BIOLOGICI

In generale le caratteristiche di interesse di un segnale sono ampiezza e banda.
I segnali biologici possono essere classificati in diversi modi:
Esiste una diversa **origine** dei segnali biologici:

- **Basali** : sono segnali legati alla fisiopatologia e vengono generati spontaneamente dal corpo, cioè non sono provocati da qualcosa, e possono essere indotti dalla patologia.
- **Evocati**: sono segnali ottenuti come risposta ad un determinato stimolo esterno (per esempio i potenziali evocati).

I segnali elettrici di origine biologica sono il risultato dell'attività elettrochimica delle cellule eccitabili (muscolari, nervose, ghiandolari); esse sono caratterizzate da un potenziale di riposo e da un potenziale di azione e sono dunque sorgenti di biopotenziali. Il potenziale di transmembrana è influenzato dalla differenza di concentrazione interna ed esterna della cellula dei diversi ioni, in particolare K, Na, e Cl.
Il potenziale di membrana a riposo può essere espresso dalla equazione di Goldman nel seguente modo: 1*

$$E = \frac{RT}{F} \ln \left\{ \frac{P_K [K]_o + P_{Na} [Na]_o + P_{Cl} [Cl]_i}{P_K [K]_i + P_{Na} [Na]_i + P_{Cl} [Cl]_o} \right\}$$

I segnali biologici possono essere classificati in diversi modi:
1) Classificazione per variabile indipendente che più caratterizza il segnale:

- **segnali temporali**: TEMPO, per esempio: segnali bioelettrici come ECG, EEG ecc.
- **segnali spaziali**: SPAZIO, per esempio: bioimmagini e mappe.
- **segnali spazio-temporali**: SPAZIO E TEMPO entrambi concorrono come variabili, ed è il caso di ecocardiografia dinamica e RMN funzionale.

2) Classificazione per natura della grandezza caratterizzante:

- elettrici
- chimici
- magnetici
- meccanici
- 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, elettriche e magnetiche

ECG ±0,5 - 4 mV $f = 0,01 \div 2$ Hz e.s.
EEG ±5 - 300 μV $f = 0,5 \div 40/150$ Hz e.s.
EMG ±0,1 - 5 mV $f = 2$ kHz e.a.
±50 - 300 μV $f = 0,1 \div 500$ Hz e.s.
ERG ±0 - 900 μV $f = 0 \div 50$ e di contatto
freq. respiro 2 - 50 respiri/min $f = 0,1 - 10$ Hz strain gauge
T 32 - 40 °C $f = 0 - 0,1$ sensori di T

master COPY COPISTERIA
050/8312126 388/9837715

CLASSIFICAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE BIOMEDICA

Può essere:

- **Orizzontale**, cioè secondo all'area di impiego:
  - Strumentazione diagnostica: bioimmagini, valutazione funzionale, diagnostica clinica.
  - Strumentazione per terapia-riabilitazione: terapia chirurgica, organi artificiali e protesi per riabilitazione e supporto.
- **Verticale**, cioè secondo la tecnologia:
  - dispositivi → elettrocardiografo, ventilatore
  - materiali → radioisotopi, ossigeno
  - componenti → elettrodi, amplificatori e filtri
- **Fisica**, cioè secondo i principi e quindi in base alle proprietà di : Resistenza, Induttanza, Capacità, Piezoelettricità, Fotoelettricità, Elettrochimica.
- **Clinica**, cioè secondo il sistema: vascolare, respiratorio, nervoso, endocrino-metabolico, sensoriale.

VINCOLI DI PROGETTO PER LA STRUMENTAZIONE BIOMEDICA

L'ingegnere biomedico ha a che fare con segnali molto piccoli (ordine del millivolt e microvolt), di conseguenza si ha un rapporto segnale-rumore sfavorevole che vorremmo alto, e, tali segnali sono caratterizzati da un banda in bassa frequenza. Bisogna considerare poi, che ci sono variabili accessibili direttamente solo in modo invasivo e quindi occorre trovare altre variabili di correlazione e usare misure indirette. Occorre tener conto inoltre che i sistemi viventi presentano grande variabilità che comporta una certa complessità diagnostica. Vi sono poi delle limitazioni all'energia applicabile dall'esterno alla strumentazione e gli strumenti richiedono grande affidabilità, soprattutto per i dispositivi critici per la vita. E' fondamentale il vincolo di sicurezza elettrica (bisogna capire quali sono le grandezze elettriche più pericolose per l'uomo: per esempio la corrente è più pericolosa della tensione),il vincolo di isolamento del dispositivo, la salvaguardia del personale e del paziente (per sicurezza elettrica ed esposizione a radiazioni ionizzanti).
Riassumendo i vincoli di progetto sono:

- valori di misura dei segnali molto piccoli
- rapporto segnale-rumore sfavorevole
- bande in bassa frequenza
- valori inaccessibili direttamente
- diagnostica complessa dovuta ad alta variabilità del sistema(in quanto vivente)
- limitazioni all'energia applicabile dall'esterno
- richiesta di grande affidabilità
- norme di sicurezza elettrica
- salvaguardia personale e pazienti
- semplicità di utilizzo da parte degli operatori non tecnici

Oltre ai vincoli di progetto ci sono anche le NORMATIVE. Ogni dispositivo per essere impiegato in ambito clinico deve avere una certificazione emessa da un ente.
Ci sono in particolare tre tipi di ambiti:
→ internazionale : ISO (internation standard organization) e IEC(international electrotechnical committee)
→ europeo: CEN(comitato europeo di normazione) e CENELEC(comitato europeo di normazione elettrotecnica)
→ italiano: UNI(ente per l'unificazione dell'industria) e CEI(comitato elettrotecnico italiano)

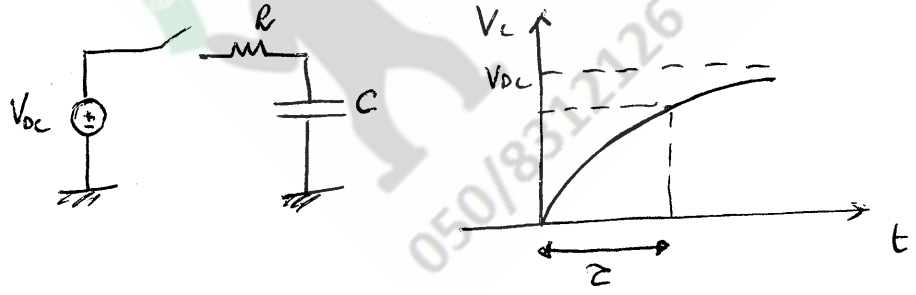
sicurezza elettrica: IEC 60601-1 → CEI 62-5

SPECIFICHE GENERALIZZATE

→ **Specifiche dei sensori e dell'ingresso**:

- Misurando: quantità fisica, proprietà o condizione misurata
- Misura differenziale o assoluta: misura tra due quantità o riferita a un riferimento assoluto. Il riferimento assoluto è qualcosa che non è influenzato dalla cosa che vado a misurare, per esempio l'elettrodo indifferente che deve stare lontano dal sito di misura. Anche in una misura differenziale si fa uso di un riferimento solo che questo poi si elide: V1 → Vr, V2 → Vr , (V1-V2)=(V1-Vr)-(V2-Vr)
- Reiezione al modo comune: guadagno differenziale diviso guadagno rispetto al riferimento assoluto. Dipende dalla frequenza e dallo sbilanciamento delle impedenze. Voglio reiettare il più possibile i disturbi a modo comune (PARAMETRO CHE VOGLIO ALTO)
- campo operativo: campo fisso o regolabile della grandezza di ingresso
- campo di sovraccarico: campo di ingresso tollerato senza danni alo strumento
- tempo di recupero del sovraccarico: tempo richiesto per il ritorno alla regione operativa lineare dopo un sovraccarico
- Sensitività: è uscita dello strumento per ingresso unitario, oppure può essere definita come il rapporto delle variazioni di output rispetto alle variazioni di ingresso. Per esempio una sensitività alta significa che piccole variazioni di input provocano grandi variazioni di output.
- Impedenza di Ingresso: è il rapporto tra la variabile FORZA(tensione, forza, pressione) e la variabile FLUSSO(corrente, velocità, flusso). Il prodotto rappresenta una potenza. E' un parametro che vogliamo alto (teoricamente infinito) per non caricare la sorgente.
- Principio operativo del sensore: principio fisico del sensore. Può essere espresso come FdT(funzione di trasferimento?)
- Costante di tempo o risposta ai transitori: la costante di tempo è identificabile solo per strumenti del primo ordine, per quelli di ordine superiore può essere dato il polo dominante(polo più lento del circuito ?). La costante di tempo rappresenta quanto è veloce il mio sistema. "Quante costanti di tempo occorrono affinché in sistema vada a regime? 4 o 5."

*3



- Risposta in frequenza: si considera la funzione di trasferimento definita come il rapporto tra output e input $H(s) = Out(s)/In(s)$? Nota la risposta impulsiva di un sistema lineare e tempo invariante conosco l'uscita per ogni input. Della risposta in frequenza del sistema si considera il modulo per vedere la stabilità del sistema e la fase la si vuole lineare e con frequenza nella banda di utilizzo. Data la linearità della fase, tutte le frequenza in input al sistema, vengono tutte ritardate in uscita di una stessa quantità. Si ha un ritardo di gruppo. In assenza di linearità si hanno distorsioni di fase.
- Eccitazione del sensore: frequenza e ampiezza dell'eccitazione richiesta dal sensore . Valori tipici, massimi e minimi tollerabili.
- Isolamento:fa si che ci sia una discontinuità ohmica tra il circuito e il paziente, è dunque un metodo di protezione da micro e macro shock elettrico per i componenti degli strumenti a contatto con il paziente

- Dimensioni: dimensioni e metodi di accoppiamento del sensore primario al misurando
- Cure Particolari per l'utilizzo: alcuni sensori possono essere danneggiati da un uso scorretto, come accelerometri danneggiati da urti,altri sensori danneggiati da campi magnetici o elettrostatici o danneggiati dalla corrosione dovuta ai fluidi corporei.

→ **Specifiche di elaborazione del segnale**

- Metodo di elaborazione: elaborazione analogica(circuitale) e numerica(circuitale e software). Può anche essere espressa come funzione di trasferimento e rumore aggiunto.
- Compensazione: compensazione delle caratteristiche dei sensori; spesso si fa una compensazione di temperatura.
- Azzeramento: Eliminazione in corrente continua delle derive(offset), le quali sono segnali che si hanno a prescindere anche per input nullo e che dunque vogliamo minimizzare.
- Filtraggio: Risposta il frequenza dell'elaboratore del segnale. Si vuole limitare il segnale e filtrarlo nella banda utile

→ **Specifiche dell'uscita**

- Quantità di uscita: può essere analogica o digitale, è la quantità (tensione o corrente) che pilota un sistema di visualizzazione
- Campo di variabilità dell'uscita: è lineare e presenta livelli di saturazione
- Potenza di uscita: Max potenza trasferibile al carico caratterizzato da una determinata impedenza. E' il prodotto VI che riesce a generare il nostro sitema
- Impedenza di uscita: è il rapporto tra la variabile FORZA(tensione, forza, pressione) e la variabile FLUSSO(corrente, velocità, flusso). Il prodotto rappresenta una potenza. La vogliamo piccola, teoricamente nulla.
- Velocità di presentazione: massima frequenza di rappresentazione del dato in uscita. Risposta in frequenza del visualizzatore.
- Temporizzazione dell'uscita: ritardo di elaborazione, campionamento dei dati, intervallo di rappresentazione.
- Interfacciamento: Capacità di interfacciamento con altri strumenti.

→ **Errori e Affidabilità**

- Precisione: dispersione standard delle misure rispetto al valor medio (dispersione piccola).
- Accuratezza globale: differenza tra la quantità misurata(è la media delle differenze) e la quantità vera. E' un errore sistematico, intrinseco al sistema.
- Ripetibilità nel tempo: variazione dell'uscita nel tempo per ingresso costante
- Non linearità: deviazione dal funzionamento lineare – isteresi *5
  - zona morta
  - saturazione
- Suscettibilità alle interferenze:vi è una certa sensibilità a interferenze esterne, di conseguenza la strumentazione va schermata.
- Rumore: massimo valore picco-picco del rumore elettrico e non elettrico riportato all'ingresso(quale sarebbe il rumore di ingresso che causerebbe il rumore rilevato in uscita)
- Rapporto segnale-rumore (SNR): Rapporto tra il valore di picco e quello efficace del segnale e quello del rumore. Lo si può esprimere in frazione 10:1 o in decibel

*6 $20 \log_{10}(S/N)$ → Rapporto di potenza • 20dB = 10:1 , 40dB = 100:1
→ Rapporto di tensione • 10dB = 10:1

INDICAZIONE: per gli altri punti di errore e affidabilità, specifiche fisiche e varie, metodologie di misura e problematiche nelle misure, VEDI SLIDES PROF. E' andato molto velocemente su questa parte ed ha letto le slides.

master COPY COPISTERIA

INTRODUZIONE ALLA STRUMENTAZIONE BIONEDICA

-DEFINIZIONI PRELIMINARI-

① STRUMENTAZIONE (DEF) è il complesso degli strumenti, attrezzature, impianti, dispositivi, che occorrono per certe attività.
Deputato all'acquisizione e al trattamento dei segnali e a MISURARE.

② MISURA
DEF: numero che esprime l'estensione di una grandezza rispetto a un'altra convenzionalmente assunta come unitaria.
La misura caratterizza l'oggetto acquisito e ha determinate dimensioni.
Essa stessa (la misura) può essere un segnale.

③ SEGNALE
DEF: Qualsiasi forma di messaggio od effetto ~~che~~ di uno specifico processo atto al trasferimento di informazioni.
Il segnale viene misurato ed è quindi ciò che il sistema in qualche modo acquisisce e che viene misurato.

④ TRASDUTTORE
DEF: elemento che trasforma un segnale di input in uno di natura differente.

input di 1 tipo —trasformazione→ output di un altro tipo

⑤ SENSORE
DEF: generico elemento, strumento o apparato sensibile a variazioni di grandezze fisica e atto a convertirla in un segnale di input utile ad un sistema di trasmissione di informazione.
(segnale utile → ELETTRICO)

input di 1 tipo —trasformazione→ segnale elettrico

Esempio di sensore: ELETTRODI PER BIOPOTENZIALI, costituiscono l'interfaccia tra il corpo e l'apparecchiatura elettrica di misura. Essi devono consentire il passaggio di corrente tra il corpo e il circuito elettrico di misura. In particolare l'elettrodo è un convertitore o un trasduttore di correnti ioniche ed elettroniche
Un tipico elettrodo è (Ag/AgCl)
- Ag: metallo a contatto con la strumentazione
- AgCl: CLORURO DI ARGENTO è il sale a contatto con il corpo. Il sale fa una redox con il Cl^- arrivati in superficie e con la redox si ne crea una di elettroni (e^-) che vengono captati dalla strumentazione

S. PASSIVI necessitano di 1 sorgente di energia ext x effettuare la conversione.
Gli ATTIVI no.

⑥ ATTUATORE
dispositivo in grado di convertire un segnale elettrico in una grandezza fisica.

master COPY COPISTERIA