

# Sistemi di Elaborazione delle Informazioni



**Università degli studi di Napoli  
“Federico II”**

*ing. Antonio Fratini*



# Programma del corso

- **Definizione di informazione**
- **Origine e caratteristiche di segnali biomedici**
- **Generalità sui sistemi di acquisizione, sensori e trasduttori**
- **Rappresentazione dei segnali nel dominio del tempo, grafici, sinusoidi , ....**
- **Rumore, natura, rapporto segnale rumore**
- **Amplificazione del segnale**



# Programma del corso

- **Hardware e Software**
- **Conversione analogico/digitale di segnali**
- **Campionamento, scelta della frequenza di campionamento, problemi di aliasing**
- **Quantizzazione, analisi dell'errore, codifica binaria (memorizzazione digitale)**



# Programma del corso

- **Analisi dei segnali nel dominio della frequenza**
- **Serie di Fourier, trasformata di Fourier , esempi**
- **Filtraggio dei segnali**
- **La comunicazione delle informazioni**
- **Principi di reti di telecomunicazione**



# Esercitazioni

- **Filtri passa basso, Filtro passa alto, filtro passa banda, filtro elimina banda .**
- **Esempi di applicazione dei filtri su segnali biomedici ECG, EMG, EEG nel dominio del tempo e della frequenza**
- **Esempi di filtraggio numerico, media, derivatore , ...**



# Concetto di Informazione

- Il termine “informazione” è associato ad un’ ampia serie di significati
- Atto dell'informare o dell'informarsi
- Elemento necessario per venire a conoscenza di un “fatto” o per avere una conoscenza più approfondita del “fatto” stesso.
- **Notizia: dare, prendere informazioni**

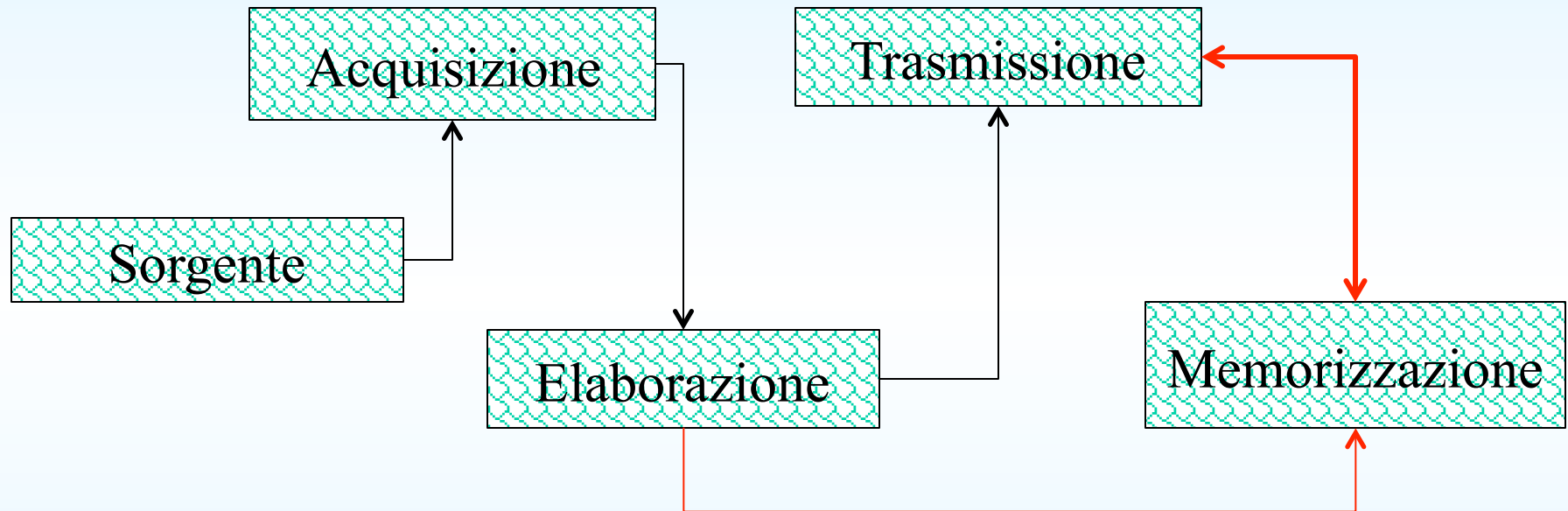


# Concetto di Informazione

- **Informazione come pubblicistica, giornalistica, televisiva**
- **Informazione come dato di interesse**



# Prelievo, trasmissione e memorizzazione





# Informazioni in Medicina

- **Anagrafica**
- **Anamnesi**
- **E più in generale record clinico (cartella clinica informatizzata)**
- **Terapia (farmacologica, riabilitativa)**

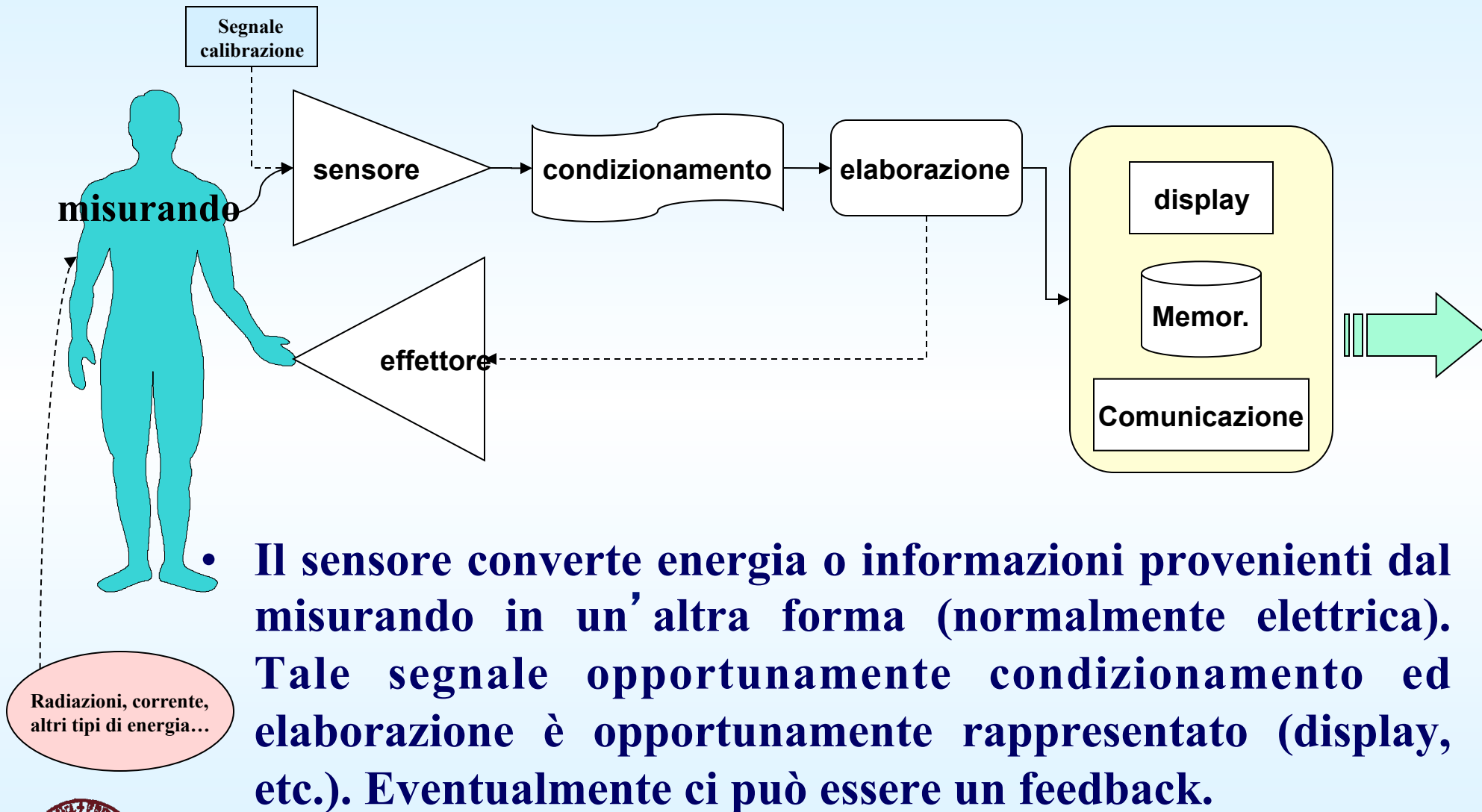


# Ricerca di informazioni mediche

- **Analisi cliniche**
- **Diagnostica (ECG, TC, RMN)**
- **Follow up**



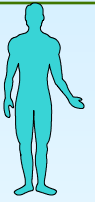
# Strumentazione biomedica generalizzata



Radiazioni, corrente,  
altri tipi di energia...



# Misurando



- La quantità fisica, la proprietà o la condizione che la strumentazione biomedica misura
- L'accessibilità del misurando è molto importante:
  - esso infatti può essere interno (ad es. pressione sanguigna), disponibile sulla superficie corporea (potenziali bioelettrici), può essere irraggiato dal corpo (emissione infrarossa), può essere ricavato da un campione di tessuto (prelievo di sangue, biopsia), etc.
- I misurandi di interesse biomedico possono essere così elencati: biopotenziali, pressione, flusso, dimensioni (bioimmagini), spostamenti (velocità, accelerazioni, forze), impedenza, temperatura, concentrazioni chimiche, etc.



# Condizionamento del segnale

- In generale, un sensore non può essere connesso direttamente all'unità di visualizzazione
- Ad esempio il segnale in uscita al sensore deve essere semplicemente amplificato, filtrato (per eliminare componenti indesiderate di segnale) o adattato (per adattarne l'impedenza verso gli stadi successivi, oppure convertito in segnali digitali per l'interfaccia con  $\mu p$ )
- Altre tecniche più sofisticate possono essere anche utilizzate in particolari misure o situazioni (ad es. media correlata, etc. )



# Sensore

- In genere, il termine trasduttore è definito come un dispositivo che converte una forma di energia in un'altra. Un sensore, generalmente, converte un misurando fisico in una grandezza elettrica (in maniera diretta o indiretta)
- Il sensore dovrebbe :
  - rispondere solo alla forma di energia presente nel misurando
  - Interfacciarsi al sistema biologico in maniera minimamente invasiva, minimizzando l'energia estratta.
  - ...



# Visualizzazione del segnale

- Il risultato del processo di misura deve poter essere opportunamente visualizzato in una forma tale che un operatore umano possa percepirlo.
- In generale, le forme di visualizzazione possono essere numeriche o grafiche, discrete o continue, permanenti o temporanee, etc.
- Si consideri anche di sfruttare anche altri sensi della persona come ad esempio l'udito, (ad es. fonoendoscopio, segnali velocimetrico doppler, etc.)
- Si ricordi a tal proposito anche i segnali di allarme (spesso ottico- acustici) largamente impiegati in varie strumentazioni biomediche.



# Elementi ausiliari

- **Un segnale di calibrazione (con le stesse proprietà del misurando) può essere particolarmente utile nell'effettuare una misura**
- **Varie forme di controllo e feedback possono essere utilizzate per stimolare la risposta del misurando, per variare le proprietà del sensore o altro, dirigere il flusso di uscita, etc...**
- **I segnali misurati possono essere registrati in modo permanente in modo da poter essere semplicemente richiamati o successivamente elaborati differentemente**
- **I dati e segnali ricevuti possono essere sempre più facilmente trasmessi anche avvalendosi delle moderne reti di telecomunicazioni**





# Modalità di funzionamento

- **Modalità diretta e indiretta:**
- **DIRETTA:** il misurando può essere interfacciato direttamente ad un sensore (direttamente accessibile o possibilità di misure invasive)
- **INDIRETTA:** il misurando non è accessibile. Si può utilizzare un altro misurando che contiene informazioni sul primo o forme di energia o materiali che interagiscono con il primo misurando generando un altro misurando accessibile.
  - Esempi: output cardiaco (volume di sangue pompato dal cuore al minuto) con tecniche di diluizione, morfologie di organi interni in radiografia (raggi X), volume polmonare determinato con variazioni di impedenza toracica.



# Modalità di funzionamento

- **Modalità a campioni e registrazione continua**
- **Misure in alcuni istanti temporali: Alcuni misurandi (ad es. temperatura, concentrazione ionica, etc.) variano molto lentamente e possono essere misurate un volta ogni tanto**
- **Misurazioni continue: Altri misurandi (ad es. ECG, flusso respiratorio, etc.) richiedono un misurazione continua (o molto frequente). In generale, contenuto frequenziale del misurando, le condizioni del paziente l'obiettivo della misura, etc. determinano la frequenza di acquisizione delle misure.**



# Modalità di funzionamento

- **Sensori che generano o modulano l'uscita**
- **Vi sono sensori che generano il segnale di uscita prelevando energia dal misurando (ad es. una cella fotovoltaica: si genera una differenza di potenziale che varia al variare dell'intensità di luce che incide sulla cella)**
- **In alternativa vi sono sensori che utilizzano il misurando per variare un flusso di energia proveniente da un'altra sorgente (ad es. un fotocellula: la luce modula la corrente che passa attraverso le fotocellula)**



# Modalità di funzionamento

- **Analogica / Digitale**
- **Una distinzione può essere fatta tra:**
  - **segnali intrinsecamente continui (analogici) che assumono valori in un range continuo (spazio e tempo)**
  - **segnali discreti (digitali) che possono assumere soltanto un numero finito di valori (in determinati istanti)**
- **Si considerino ad esempio gli indicatori analogici rispetto a quelli numerici**



# Modalità di funzionamento

- **Real-time / tempo differito**
- **Un sensore che fornisce immediatamente la stima del misurando si dice che agisce in real-time**
- **In alternativa se la misura è fornita con un certo ritardo, ad es. dovuto all'elaborazione del segnale la misura si dice in tempo differito:**
  - **Si considerino alcune misura di laboratorio analisi (ad es. colture cellulari) che necessitano di giorni per fornire la misura desiderata**



# Segnali

- **Grandezze di varia natura (elettrica/meccanica/acustica) che varia nel tempo e/o nello spazio e descrive/misura fenomeni che avvengono nel tempo e/o nello spazio;**
- **Forniscono informazioni sullo stato e sul funzionamento della sorgente**

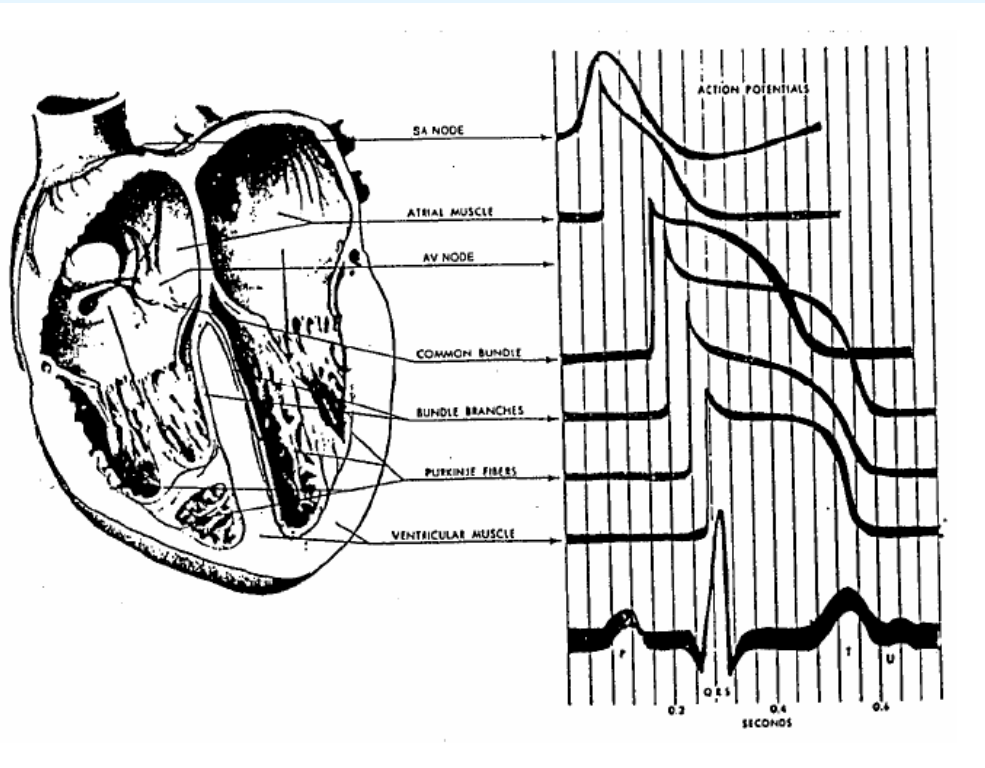


# Segnali Biomedici

- **La sorgente è un organismo vivente**
- **Consentono di reperire informazioni sullo stato di salute dell' organismo**
- **I segnali di origine biologica sono il risultato del funzionamento di uno o più sottosistemi. Un organismo vivente si serve di queste grandezze per trasferire controlli e comunicare con il mondo esterno (es. ECG)**
- **Altri segnali sono prodotti dall' interazione tra l' organismo e un agente esterno (es. bioimmagini)**



# Elettrocardiogramma

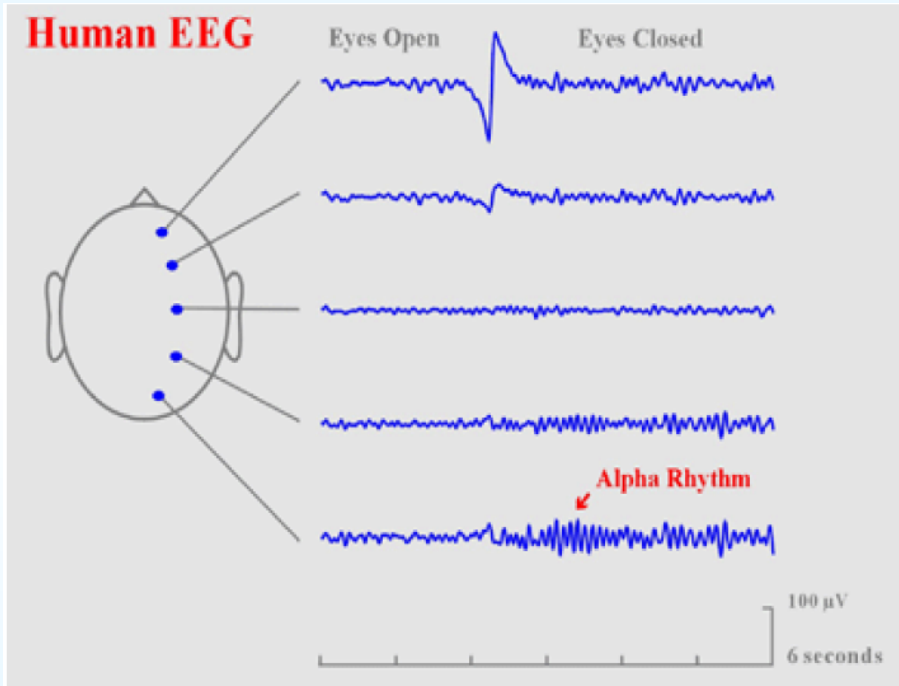


- L' elettrocardiogramma è la registrazione dell' attività elettrica cardiaca che ne determina la contrazione.
- È un segnale tempo variante





# ElettroEncefaloGramma



- L' elettroencefalogramma è la registrazione dell' attività elettrica post-sinaptica dei neuroni della corteccia.
- È un segnale tempo variante
- Ed anche spazio variante



# Tomografia Assiale Computerizzata

- Immagine tac di una sezione orizzontale del cervello
- L'immagine è prodotta da un fascio di raggi X che incide l'organo da analizzare
- Il livello di grigio dipende dall'assorbimento che i vari tessuti offrono alle radiazioni X
- È un segnale spazio variante
- Analizza le condizioni di un organo in un determinato istante



# Termografia

- Il livello di grigio è legato alla temperatura degli organi o di loro parti
- È una immagine che descrive la situazione in un istante
- È una immagine spazio variantea



# Termografia



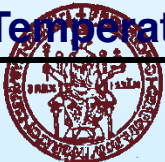
# Perché elaborare dati, segnali e immagini?

- **Un segnale biomedico contiene informazioni provenienti dai tessuti o dagli organi biologici sul loro funzionamento normale o patologico**
- **Tale informazione in genere non è immediatamente acquisibile**
- **Le procedure di elaborazione si adottano per estrarre “delle feature” (l’informazione utile) dai segnali registrati**
- **Le tecniche di elaborazione di segnali hanno fornito importanti informazioni, essenziali nell’interpretazione della natura dei processi fisiologici e nella soluzione di problemi di monitoraggio, diagnosi e terapia**



# Alcuni segnali fisiologici

Misurando	Ampiezza	Frequenza, Hz	Metodo
Flussi ematici	1 - 300 ml/s	0 – 20	Elettromagnetico, ultrasuoni
Pressione sanguigna	0 - 400 mmHg	0 – 50	strain gage o cuffia
Portata cardiaca	4 - 25 l/min	0 – 20	Fick, diluzione color. o term.
Elettrocardiografia(ECG)	0.5 - 4 mV	0.05 – 150	Elettrodi cutanei
Elettroencefalografia(EEG)	5 - 300 $\mu$ V	0.5 – 150	Elettrodi cutanei
Elettromiografia(EMG)	0.1 - 5 mV	0 – 10000	Elettrodi cutanei o ad ago
Elettroretinografia (ERG)	0 - 900 $\mu$ V	0 – 50	Lente Elettrodo
Elettrooculografia (EOG)	50 - 3500 $\mu$ V	0 – 50	Elettrodi cutanei
pH	3 - 13 pH units	0 – 1	Elettrodo per pH
$p\text{CO}_2$	40 - 100 mmHg	0 – 2	Elettrodo per $p\text{CO}_2$
$p\text{O}_2$	30 - 100 mmHg	0 – 2	Elettrodo per $p\text{O}_2$
Pneumotachography	0 - 600 L/min	0 – 40	Pneumotacometro
Frequenza respiratoria	2 - 50 atti/min	0.1 – 10	Impedenziometria, sens. dilataz. toracica, termistore nasale
Temperatura	32 to 40 $^{\circ}$ C	0 - 0.1	Termistori, termocoppie, etc.



# Caratteristiche di alcuni biopotenziali

