

Sistemi di elaborazione dell'informazione



**Univ. degli studi “Federico II”
di Napoli**

ing. Antonio Fratini

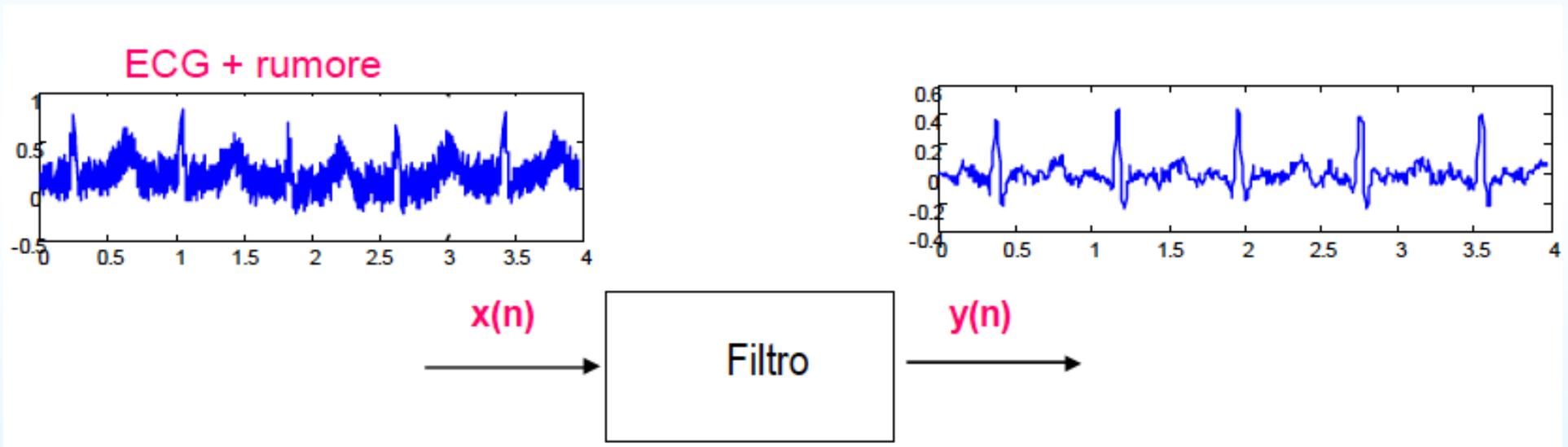


Filtraggio dei segnali

- Per migliorare la qualità dei segnali che prelevo dall' ambiente posso/devo utilizzare delle tecniche particolari dette di filtraggio dei segnali
- Filtrare il segnale significa depurarlo delle componenti a cui non sono interessato (rumore)



Filtraggio dei segnali



Il rumore

- Il rumore è un segnale (in genere di andamento casuale nel tempo) che si sovrappone al segnale utile e pertanto ne influenza l' intellegibilità.
- A causa del rumore si ha quindi un limite al di sotto del quale il segnale utile non è rilevabile in maniera soddisfacente
- **IL RAPPORTO SEGNALE /RUMORE (S/N signal to noise ratio)** è definito come il rapporto tra la potenza del segnale e la potenza del rumore; generalmente è espresso in decibel.



Il rumore

- **Il rumore si manifesta come una tensione (o un corrente) che varia casualmente nel tempo.**
- **Il suo valore medio in un intervallo di tempo sufficientemente lungo è nullo.**
- **Il quadrato del rumore ha invece valore medio definito e pertanto può essere preso come parametro che caratterizza il rumore (ad es. valore efficace della tensione di rumore =valore medio del quadrato della tensione istantanea di rumore)**

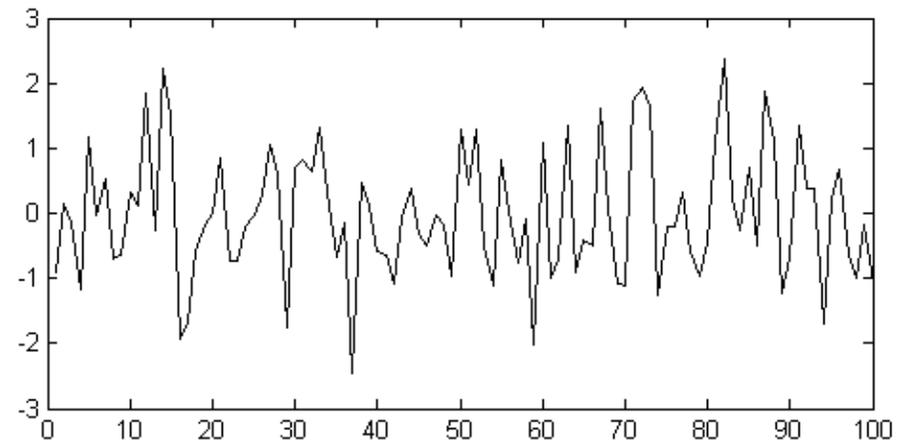


Il rumore termico

- Il rumore termico (o rumore Johnson) è causato dai movimenti caotici di agitazione termica degli elettroni in un conduttore.
 - Vi può essere infatti, in un istante, un eccesso di cariche ad un' estremità del conduttore rispetto all' altra e perciò la differenza di potenziale fra i due estremi è diversa da zero; dato il movimento casuale degli elettroni in un istante successivo la situazione può essere opposta.
- Il valore medio di tale tensione aleatoria ai capi di un conduttore (in un intervallo di tempo sufficientemente lungo) è nullo.
- La distribuzione spettrale è uniforme e dunque si tratta di un esempio di rumore bianco

Valore efficace della
tensione di rumore termico $\bar{v}_n^2 = 4kTR\Delta f$

k: costante di Boltzmann; **T:** temperatura assoluta;
Df: intervallo di frequenza; **R:** resistenza del conduttore



Il rumore di tipo shot

- Il rumore di tipo shot è causato dalle caratteristiche granulari delle cariche elettriche.
- La corrente è costituita da una successione di impulsi che hanno un andamento casuale nel tempo.
- Si ha rumore di tipo shot nell' emissione termoionica di un catodo o nella corrente che fluisce attraverso la giunzione di un semiconduttore.
- La distribuzione spettrale è uniforme (analogamente al caso del rumore termico) e dunque si tratta di un altro esempio di rumore bianco



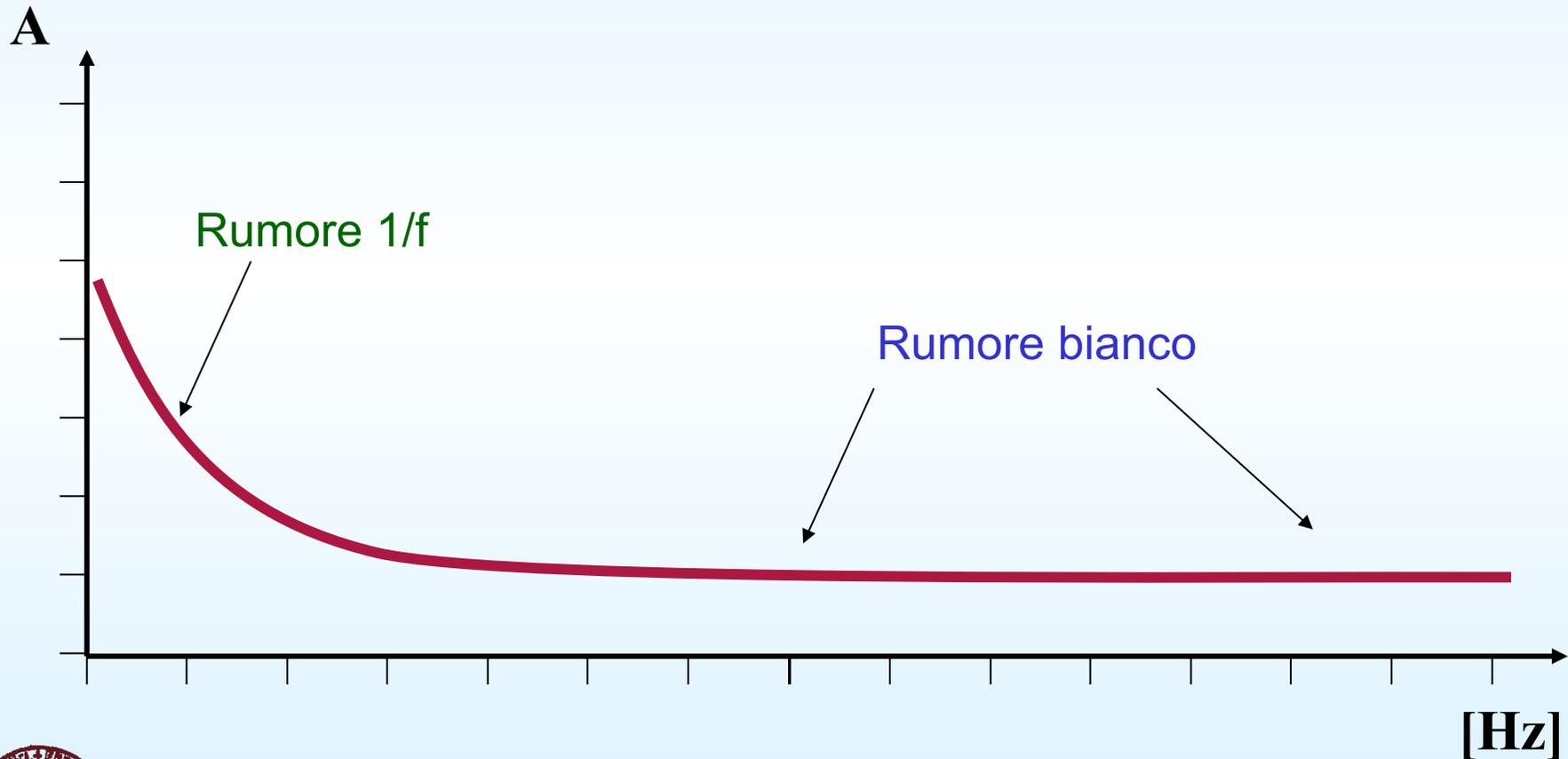
Il rumore 1/f (flicker)

- Il rumore di tipo 1/f è caratterizzato dal fatto di essere inversamente proporzionale alla frequenza.
- Ne deriva che produce effetti preponderanti alle bassissime frequenze.
- Nei semiconduttori è causato dalle fluttuazioni nella generazione e ricombinazione delle cariche.
- Nei resistori dipende dalla corrente che attraversa il resistore e dalle caratteristiche del rumore stesso.



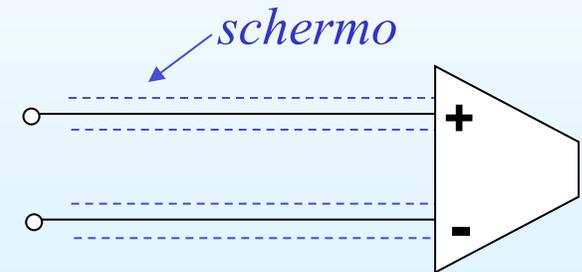
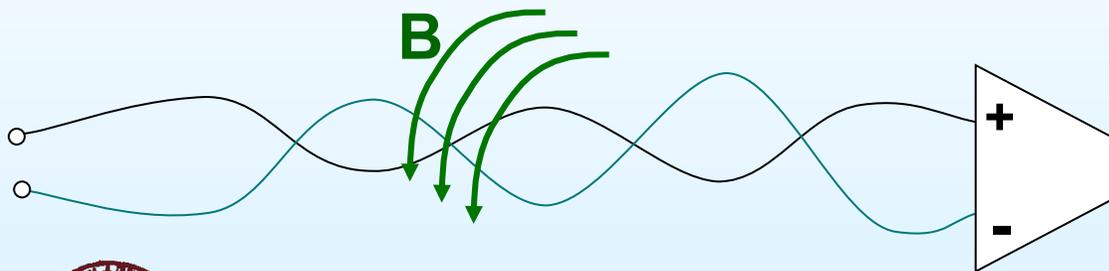
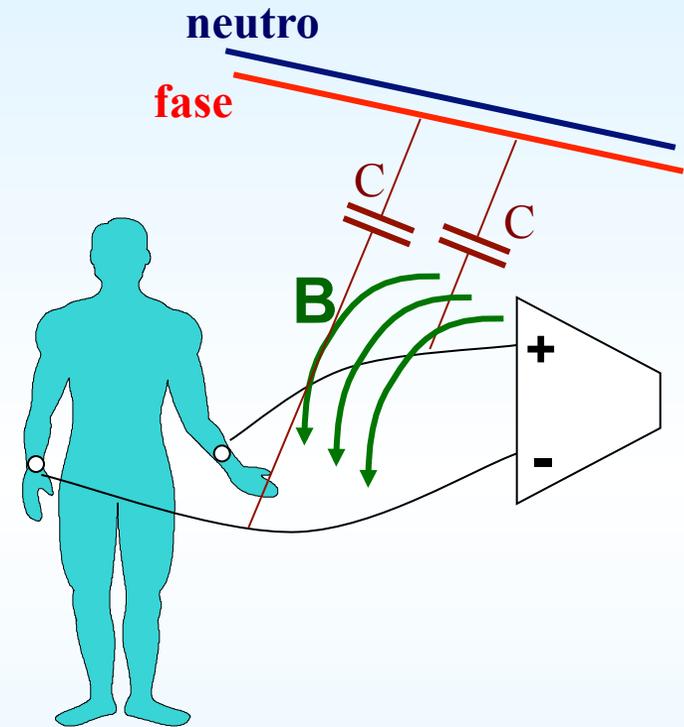
Rumore

- In frequenza



Disturbi EM durante registrazione biopotenziali

- Vari disturbi elettromagnetici possono interferire durante la misura di biopotenziali
- Vi sono varie alternative per ridurre tali interferenze
- Ad esempio si possono schermare i cavi o intrecciarli opportunamente



FILTRI

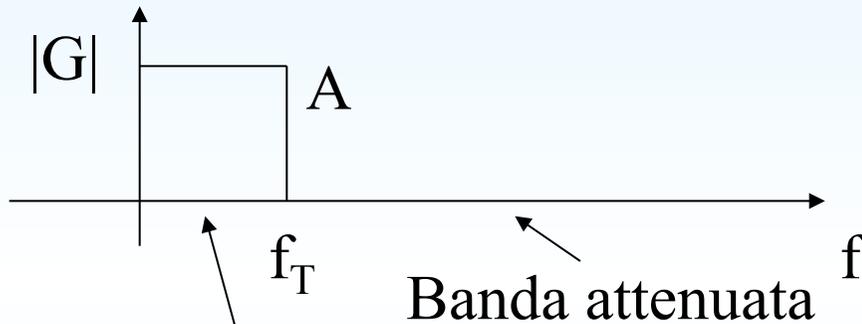
- **Cosa è un filtro?**
- **Un filtro è un sistema che amplifica della stessa quantità tutte le componenti spettrali del segnale di ingresso nella banda passante e attenua le componenti nella banda attenuata**
 - **(N.B. per un filtro passivo il guadagno nella banda passante e' sempre minore o uguale a uno, mentre per uno attivo puo' essere maggiore di uno (amplificatore).**



FILTRI

Filtri ideali

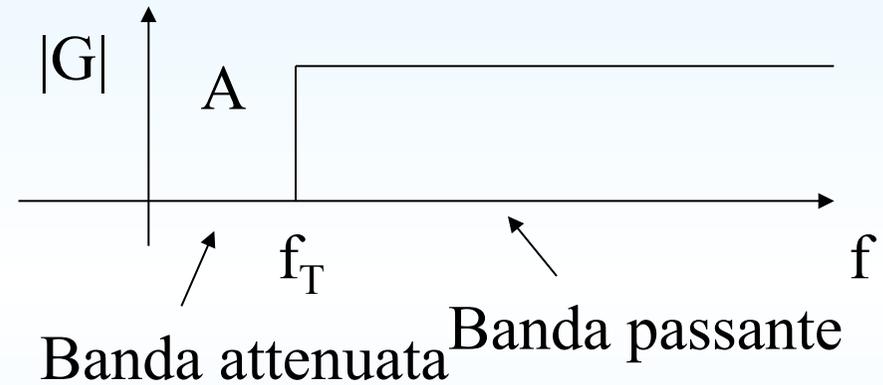
- **Passa basso**



Banda passante

- **Tutte le componenti spettrali da $f=0$ a $f=f_T$ vengono amplificate del fattore A , mentre quelle da f_T a ∞ vengono eliminate (moltiplicate per un guadagno pari a 0)**

- **Passa alto**



Banda attenuata Banda passante

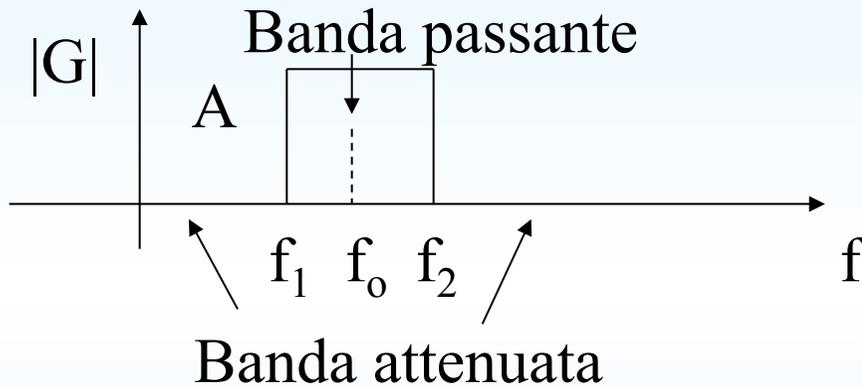
- **Tutte le componenti spettrali da $f=f_T$ a $f=\infty$ vengono amplificate del fattore A , mentre quelle da 0 a f_T vengono eliminate (moltiplicate per un guadagno pari a 0)**



FILTRI

Filtri ideali

- **Passa banda**

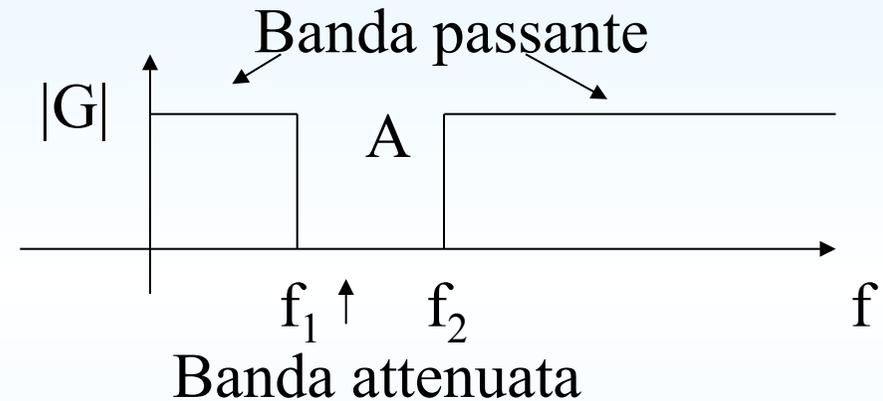


- **Tutte le componenti spettrali da $f=f_1$ a $f=f_2$ vengono amplificate del fattore A , mentre quelle esterne vengono eliminate (moltiplicate per un guadagno pari a 0).**

- **Banda $B=f_2-f_1$;**

Frequenza centrale f_0

- **Arresta banda**

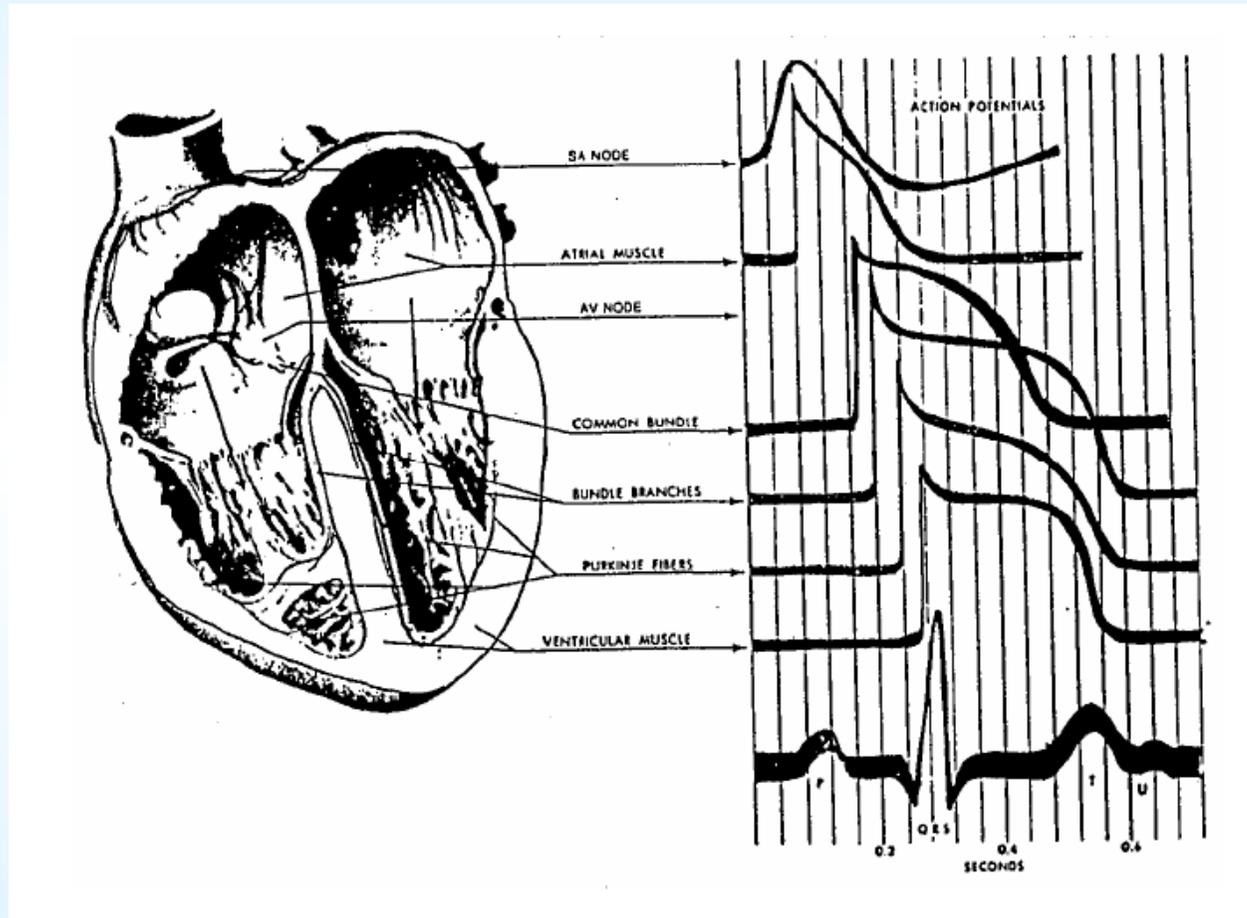


- **Tutte le componenti spettrali da $f=f_1$ a $f=f_2$ vengono eliminate (moltiplicate per un guadagno pari a 0)**

mentre quelle esterne vengono amplificate del fattore A

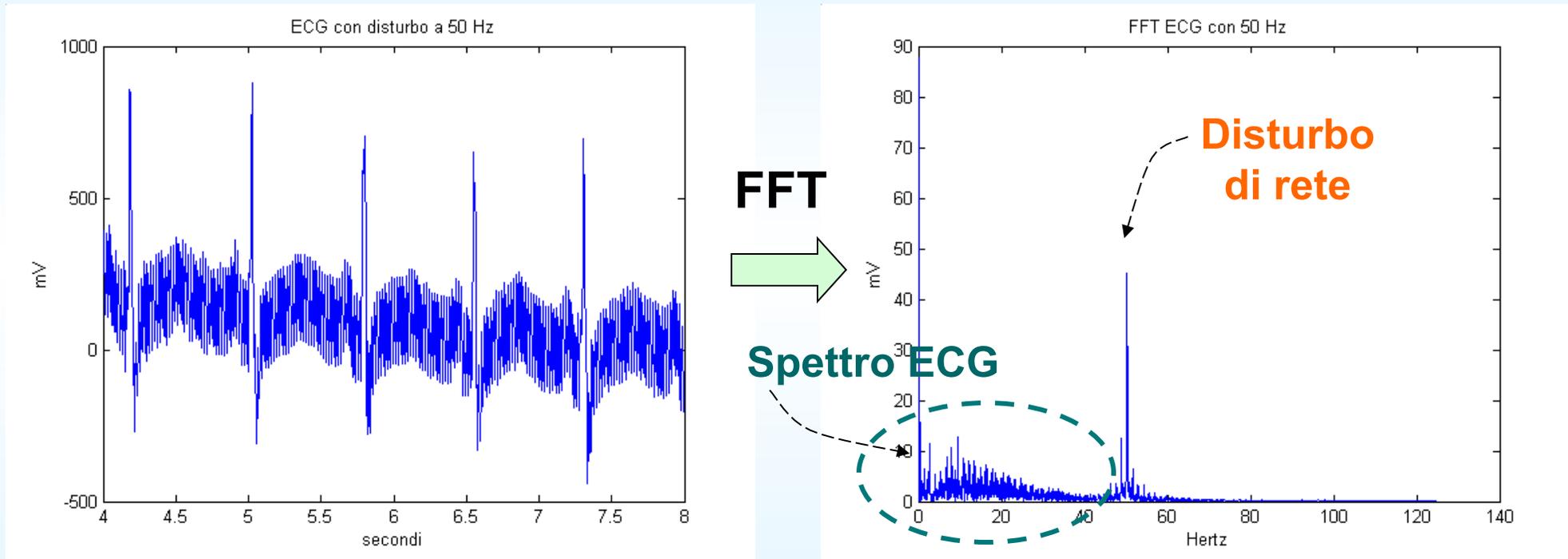


Esempio: Attività elettrica cardiaca



Rumore a 50 Hz su segnale ECG

- Il segnale rappresentato nel tempo ed in frequenza



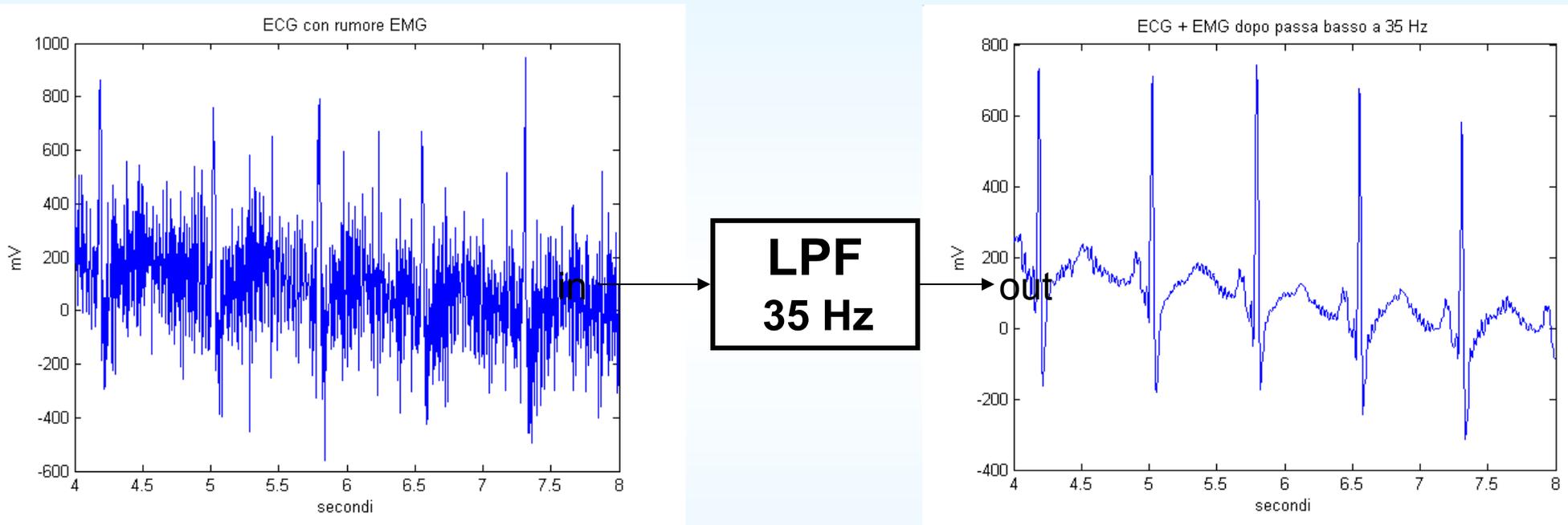
Dominio del tempo

Dominio della frequenza



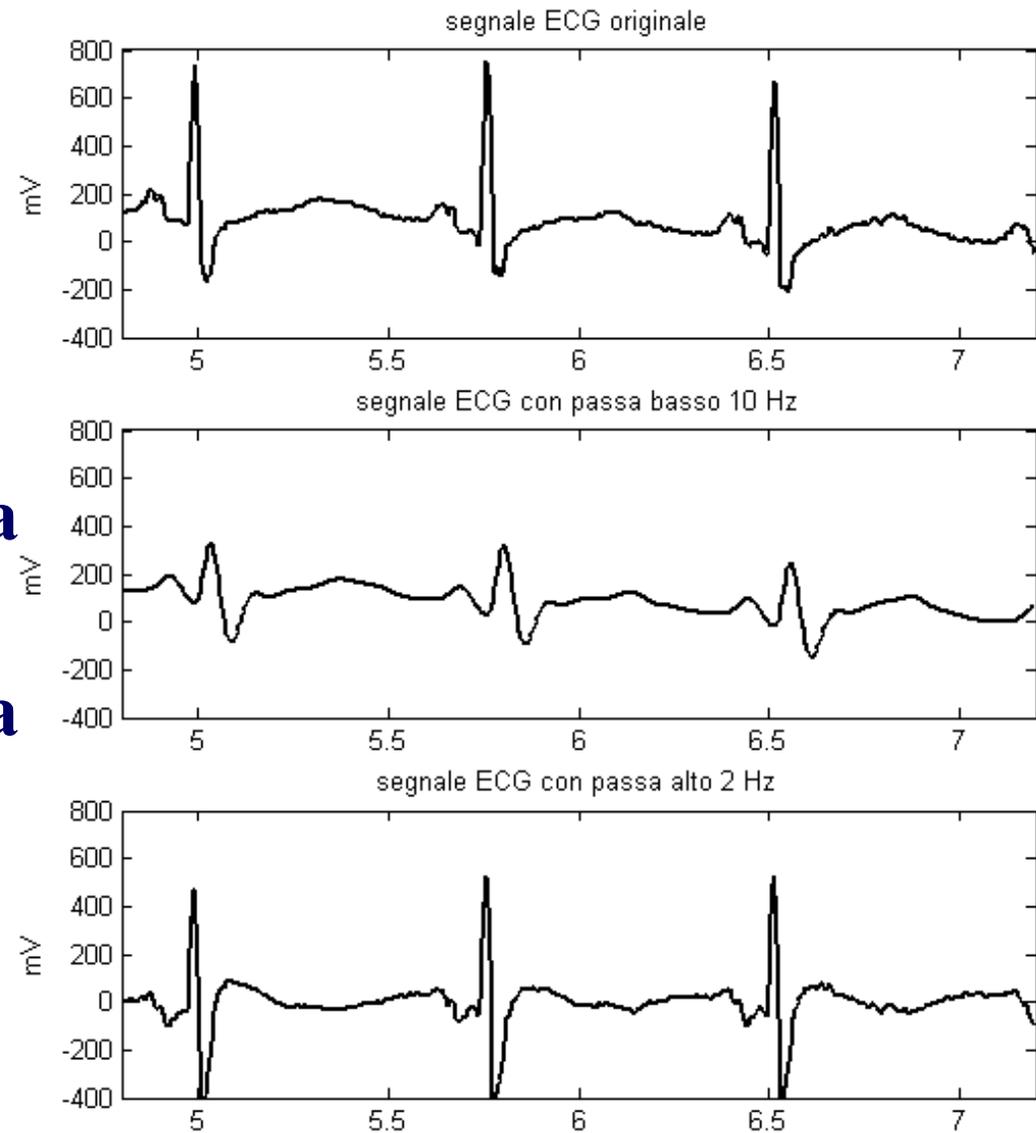
Effetto di un filtro passa basso

- Attenuazione dell' EMG su di un tracciato ECG



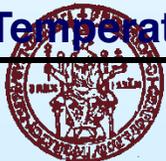
Alterazione dell' ECG per inadeguatezza della banda

- Segnale ECG originale (a)
- Lo stesso segnale con banda limitata a 0,05-10 Hz (b)
- Lo stesso segnale con banda limitata a 2-125 Hz (c)

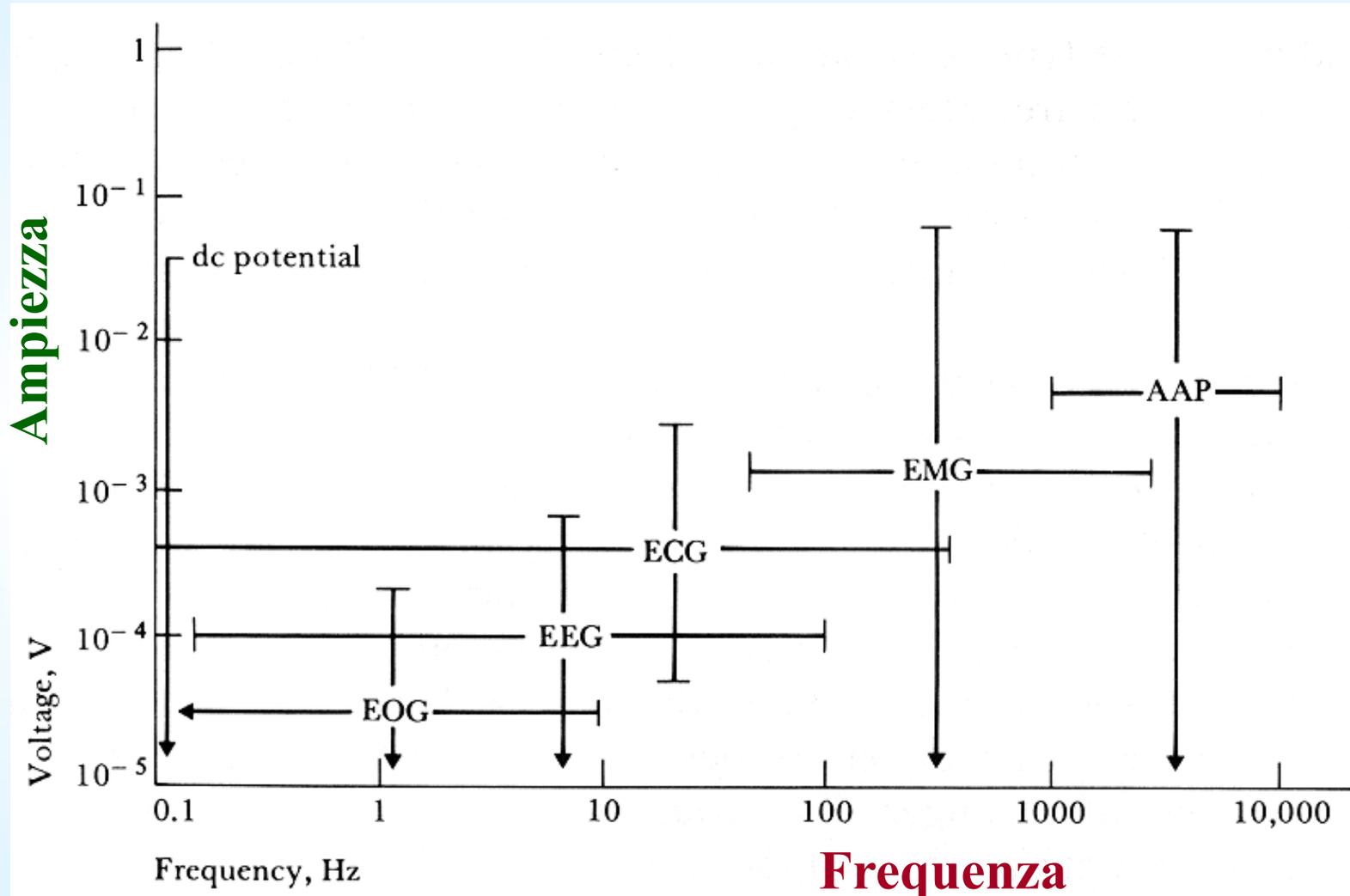


Alcuni segnali fisiologici

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 μ V	0.5 – 150	Elettrodi cutanei
Elettromiografia(EMG)	0.1 - 5 mV	0 – 10000	Elettrodi cutanei o ad ago
Elettroretinografia (ERG)	0 - 900 μ V	0 – 50	Lente Elettrodo
Elettrooculografia (EOG)	50 - 3500 μ 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.



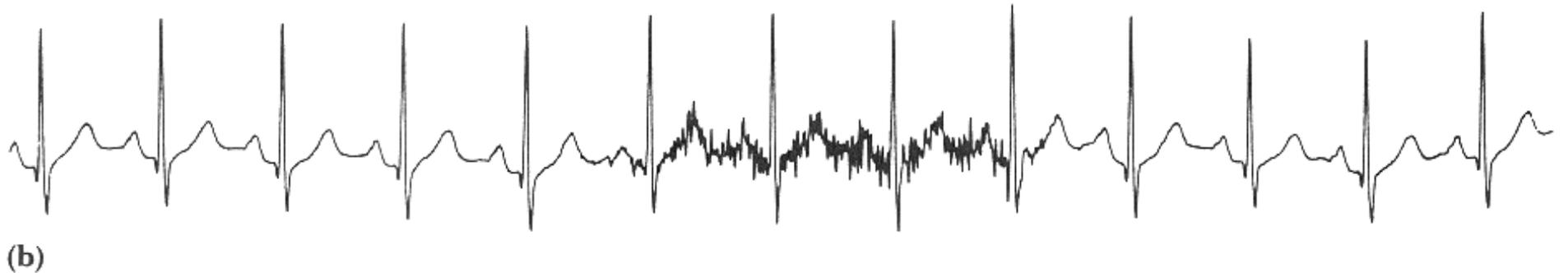
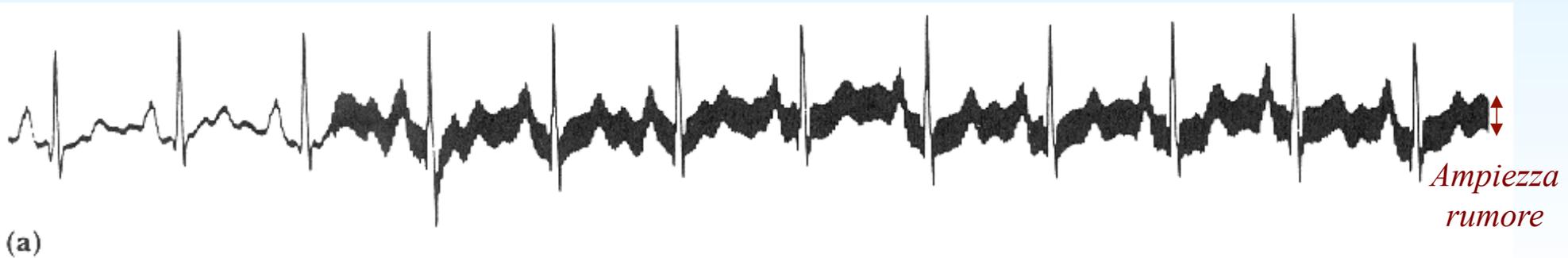
Caratteristiche di alcuni biopotenziali



Disturbi su tracciati ECG

- **Esempi:**

Disturbo a frequenza di rete (50 Hz)



Disturbo attività elettromiografica

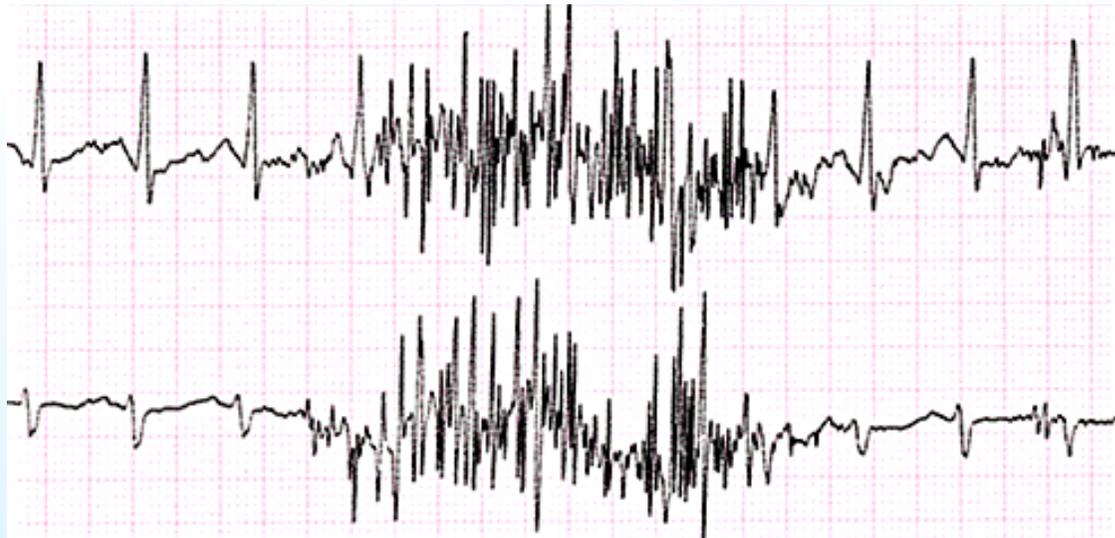
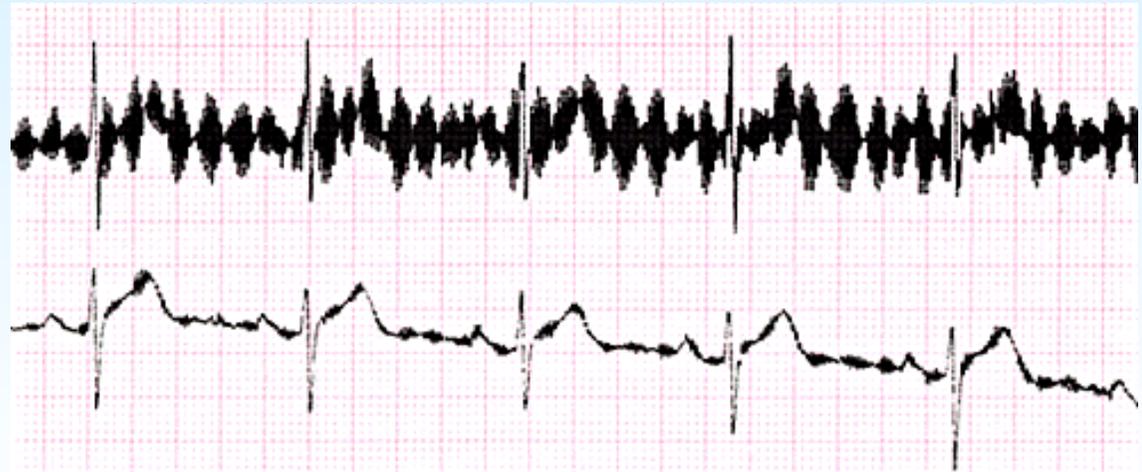
si consideri il rapporto segnale rumore



Disturbi su tracciati ECG

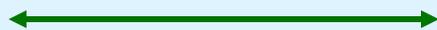
- **Esempi:**

Disturbo a frequenza di rete (60 Hz)



Disturbo EMG dovuto ad attività muscolare del paziente (visibile su 2 derivazioni)

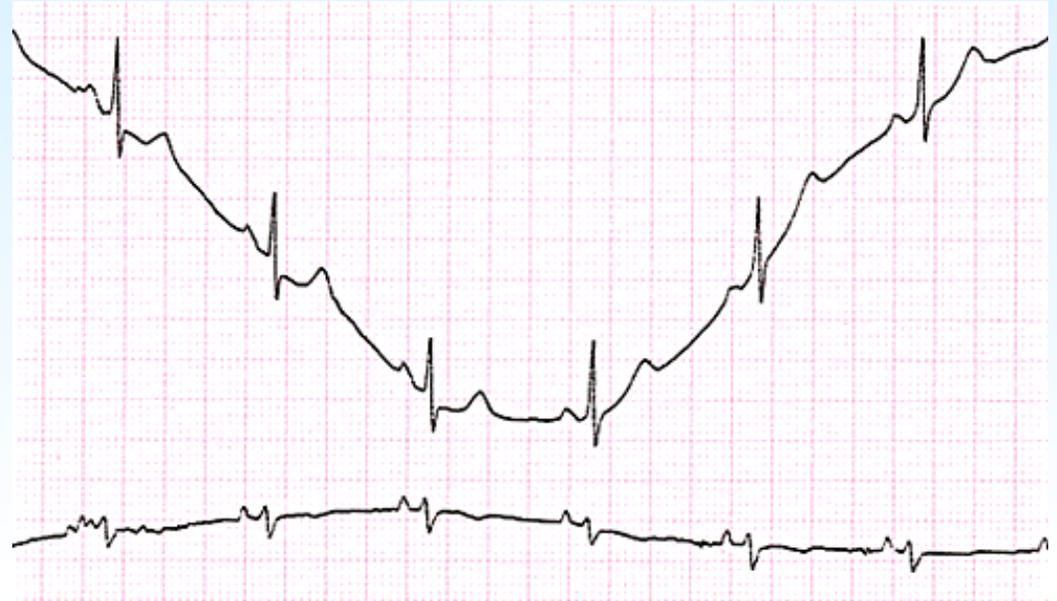
attività muscolare



Disturbi su tracciati ECG

- **Esempi:**

Oscillazione della linea di base



saturazione



Saturazione amplificatore

