

RILEVAMENTO DEI SEGNALI, CIRCUITI ELETTRONICI E SETTAGGIO DEI FILTRI

A cura di:

**Elena Lucca, Federica Michelotti,
Luca Tarantino, Clara Villa, Giosuè Mascioli**

U.O. Elettrofisiologia - Cliniche Humanitas Gavazzeni - Bergamo

Si ringrazia l'Ing. **Fabiana Barbone** per l'aiuto fornito nella preparazione di questo modulo

QUALI SONO I COMPITI DI UN MODERNO PACEMAKER?

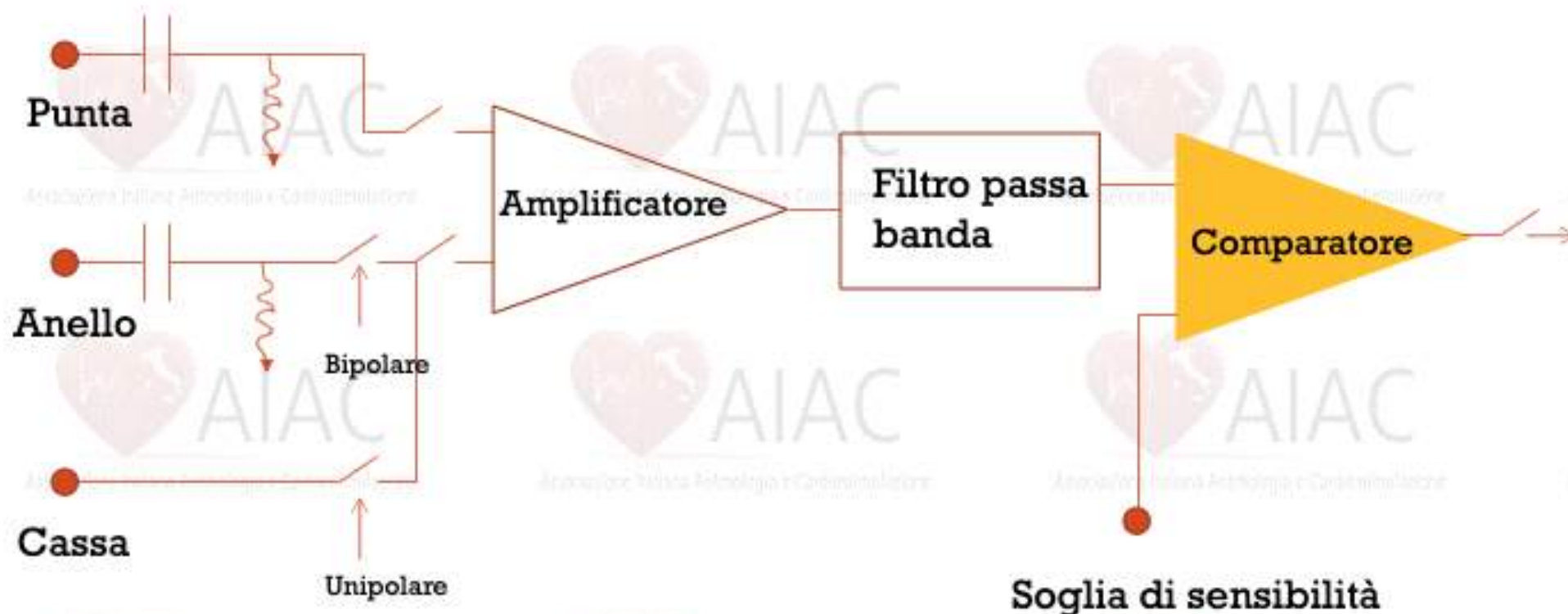
- **Sentire correttamente l'attività cardiaca spontanea.**
- **Stimolare il cuore quando necessario.**

L'attività di sensing è fondamentale perché:

- non vi sia stimolazione asincrona (possibili fenomeni di R su T);
- non vi sia mancanza di stimolazione legata a errato rilevamento di segnali "non cardiaci".



COME È FATTO UN CIRCUITO DI SENSING?



FUNZIONE DEL CIRCUITO DI SENSING - 1

- Amplificare i segnali di interesse cardiaco (**Amplificatore**)
- Attenuare i segnali cardiaci indesiderati (**Filtro passa – banda**)
- Attenuare i segnali provenienti dall'ambiente esterno (**Filtro passa – banda**)



FUNZIONE DEL CIRCUITO DI SENSING - 2

Un segnale è riconosciuto come cardiaco quando il segnale in ingresso, opportunamente amplificato e filtrato supera “l’esame del comparatore”, che è la parte del circuito di sensing deputata a comparare segnale in ingresso con il modello di segnale “inserito nella memoria del PM”.

Questo “modello di segnale” è la SENSITIVITY che noi programmiamo nel device.



MODELLO DI COMPARATORE



Modificata da: Dennis A Brumweel, Kai Kroll and Michael H Lehmann. "The amplifier: sensing the depolarization" in "Implantable cardioverter defibrillator therapy: the Engineering Clinical Interface", Springer Link Ed.



COME SI COMPORTA IL PM QUINDI?

- Il catetere registra il segnale endocavitario.
- Il segnale viene confrontato nel comparatore con un segnale di riferimento (in linea di massima la nostra sensitivity programmata).
- Se il segnale supera quello di riferimento allora il battito viene ritenuto “cardiaco” altrimenti viene rigettato.



**E allora a che servono
amplificatore e filtri?**



L'AMPLIFICATORE - 1

- Il problema principale è che il comparatore ha dei margini di errore possibili che superano i 3 mV e pertanto ci deve essere un amplificatore del segnale.
- Il gain dell'amplificatore (ovverosia il "moltiplicatore" del segnale reale) varia da device a device, essendo in genere più ampio per gli ICD e più basso per i PM.
- Anche il gain dell'amplificatore ha un limite, che è legato al voltaggio della batteria del device (che alimenta l'amplificatore).

Se ho una batteria con un voltaggio di 2.78 V, un segnale intrinseco di 31 mV e lo amplifico di 100 volte, ciò risulterà in un segnale in uscita dall'amplificatore di 3.10 V: per questo motivo il segnale uscirà in qualche modo tagliato e modificato (per stare dentro i 2.78 V) e questo potrebbe generare qualche problema...



L'AMPLIFICATORE - 2

Da un punto di vista fisico il gain si definisce come il rapporto tra voltaggio del segnale in uscita e voltaggio del segnale in entrata (nell'amplificatore).

Anche l'amplificatore ha un rumore intrinseco, dovuto a effetti meccanici e termici al suo interno: tale rumore è dell'ordine di $30\mu\text{V}$.

In un amplificatore tipico, con un rumore di fondo di $30\mu\text{V}$, una batteria di 3V e un gain di 100, il cosiddetto "range dinamico" ovvero il range di ampiezze entro cui l'amplificatore funziona correttamente va da 30 mV (massimo segnale correttamente percepibile, senza tagli o modifiche artefattuali, vd slide precedente) a $30\mu\text{V}$ pari quindi a un valore di 1000 ($30\text{ mV}/30\mu\text{V} = 1000$).

Questo valore è basso: basti pensare che un amplificatore audio ha un range dinamico che è di circa 100000!!!

Per far sì che il segnale resti sempre entro questo basso range intervengono degli aggiustamenti automatici del segnale, i più tipici dei quali sono il controllo automatico del gain dell'amplificatore (AGC) o il controllo automatico della soglia di sensing (ATC = automatic threshold control).



AGC E ATC

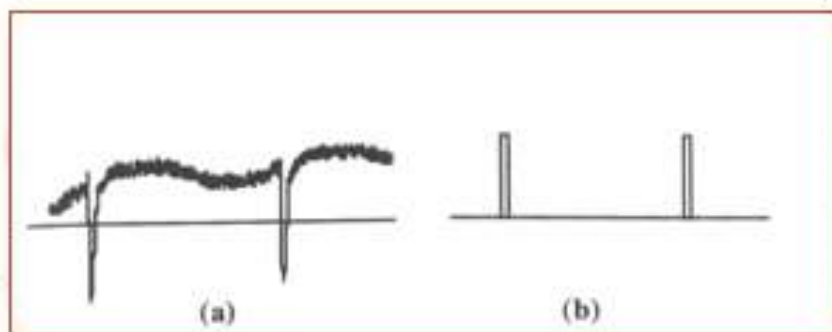
In estrema sintesi possiamo dire che:

- L'AGC (Automatic Gain Control) regola automaticamente il gain in modo che il valore di amplificazione (le volte per cui io moltiplico il segnale vero in ingresso) lo renda sempre ottimale per entrare nel range dinamico dell'amplificatore (riduco il gain se ho un segnale molto alto, lo aumento se il segnale si riduce).
- L'ATC (Automatic Threshold Control) modifica il valore soglia che viene preso come modello dal comparatore, così che aggiusto in modo automatico la sensitivity e non devo modificare il segnale tramite l'amplificatore.

Ma ci torneremo...



I FILTRI - 1



Un segnale biologico è l'insieme di diverse frequenze e non sarà mai “pulito” come il segnale che deve entrare nel comparatore.

Oltre ai rumori ad alta frequenza, ci sono problemi di spostamento dalla linea di base o interferenze di altre parti dell'onda (come ad esempio l'onda T).

Vi sono inoltre possibili interferenze legate al contatto metallo – cellula che possono generare dei segnali in corrente continua di background.

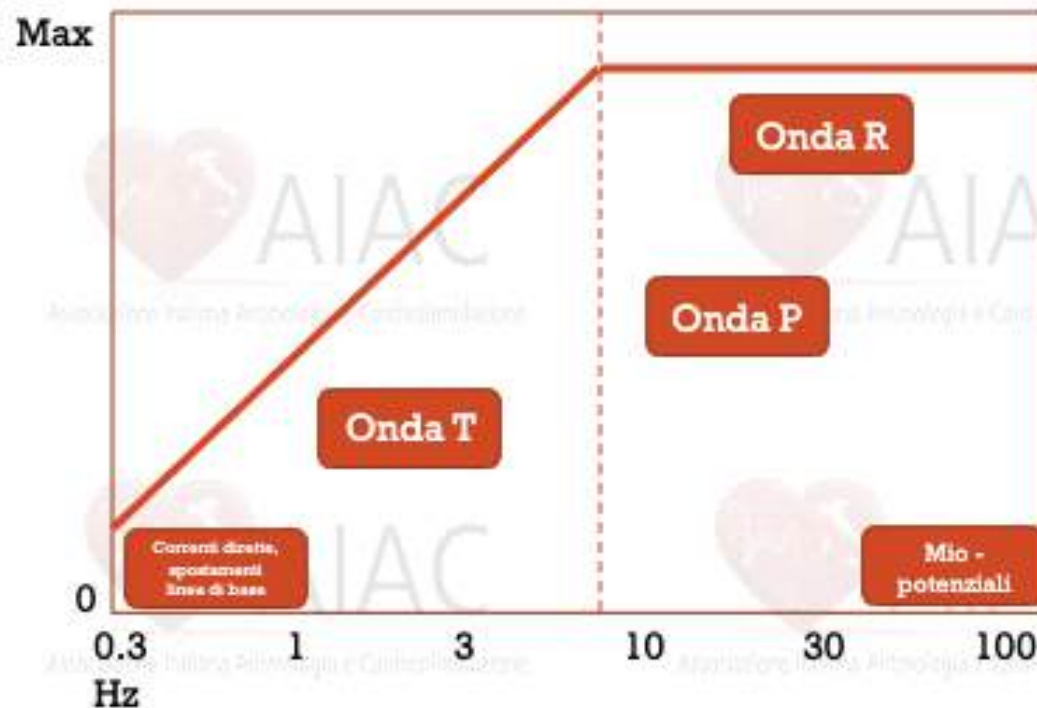


IL FILTRO PASSA-ALTO — 1

- È un filtro in grado di lasciare passare le componenti del segnale ad alta frequenza e bloccare quelle a bassa frequenza.
- È particolarmente utile nel risolvere problemi legati a sensing dell'onda T, degli spostamenti dalla linea di base e delle correnti continue in background.
- L'effetto sull'onda T è legato al fatto che il segnale dell'onda T ha più componenti a bassa frequenza dell'onda R.
- In genere parliamo di un filtro che lavora attorno ai 10 Hz.



IL FILTRO PASSA-ALTO – 2



Nella figura viene spiegato come funziona il filtro.

- Se io agisco sul gain posso tagliare le correnti dirette o i miopotenziali, ma magari rischio di non tagliare l'onda T.
- Utilizzando il filtro passa – alto sono certo di escludere T e corrente (ma SOLO con quello non elimino i miopotenziali che sono segnali ad alta frequenza).



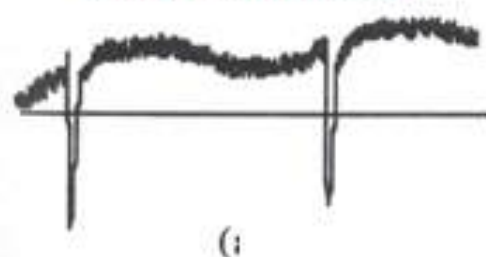
IL FILTRO PASSA-ALTO — 3

Effetti del filtro passa – alto sul segnale della figura precedente.

Si notano:

- la riduzione di ampiezza della T;
- la linea di base molto più stabile.

EGM non filtrato



EGM dopo applicazione di filtro passa - alto



QUALI APPARECCHIATURE POSSONO DARE SEGNALI AD ALTA FREQUENZA?

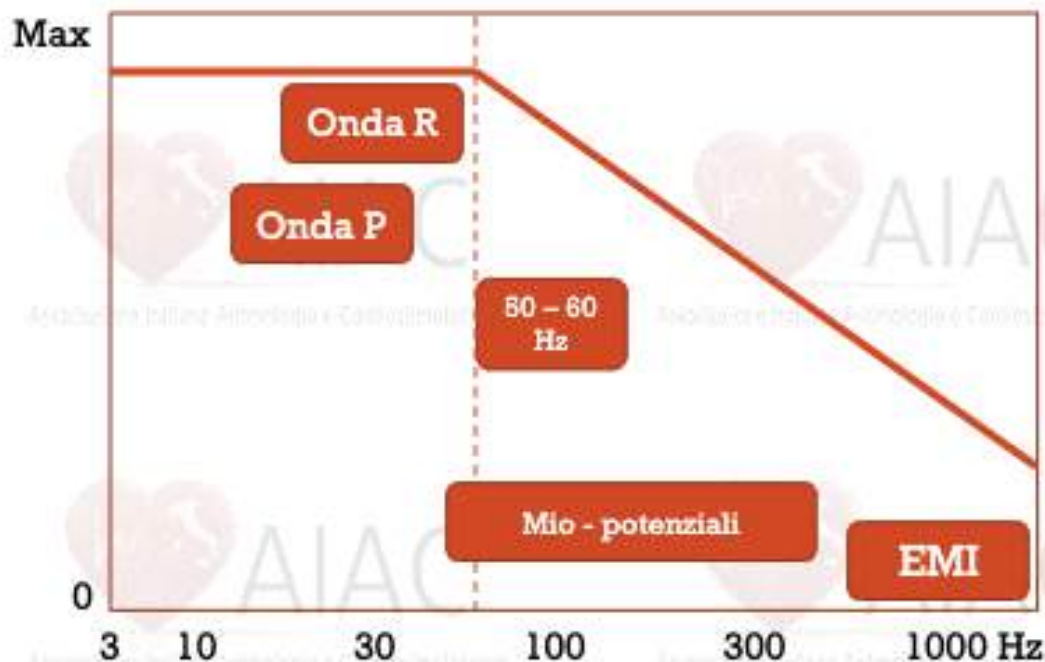
Diverse apparecchiature elettromedicali possono emettere segnali ad alta frequenza; ricordiamo, perché frequentemente usati:

- Litotritori
- Apparecchi per la TENS
- Elettrobisturi, specie se unipolari

I filtri passa-basso (ovverosia che permettono il passaggio dei segnali a bassa frequenza e bloccano quelli ad alta) sono attivi su queste interferenze, ma ricordiamo che il più semplice filtro passa-basso è l'utilizzo del sensing bipolare.



IL FILTRO PASSA-BASSO – 1



Il filtro passa – basso, settato in genere a 50 – 60 Hz permette il “sensing” di onda R e P.

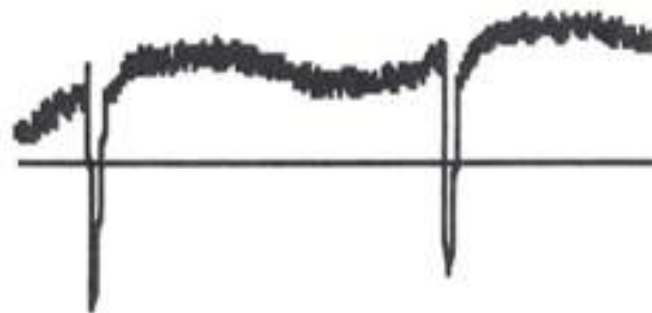
EMI (Electro Magnetic Interferences) e mio – potenziali, avendo una frequenza più alta del filtro, vengono invece ignorati.

IL GSM Europeo lavora sui 900 Hz e quindi non rappresenta un problema avendo il filtro passa – basso, ma alcune componenti lavorano a 22 Hz e quindi possono teoricamente interferire con il normale funzionamento del PM.

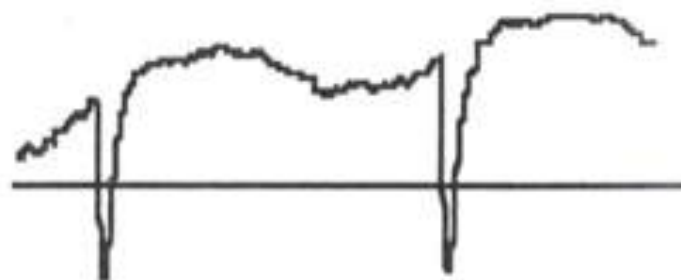


EFFETTI DEL FILTRO PASSA-BASSO

EGM non filtrato



EGM dopo applicazione di filtro passa - basso



DUE PAROLE SU AGC (AUTOMATIC GAIN CONTROL) E ATC (AUTOMATIC THRESHOLD CONTROL)

Nei due sistemi sono due aspetti differenti che variano:

- nell'AGC – ponendo una soglia fissa di 1V – il gain deve variare da 100 a 1000 per sentire un segnale che varia da 10 a 1 mV rispettivamente;
- nell'ATC il sistema tiene il gain fisso e per sentire un segnale che varia da 1 a 10mV quello che viene cambiato è il voltaggio di riferimento (il modello nel comparatore).



AUTOMATIC GAIN CONTROL

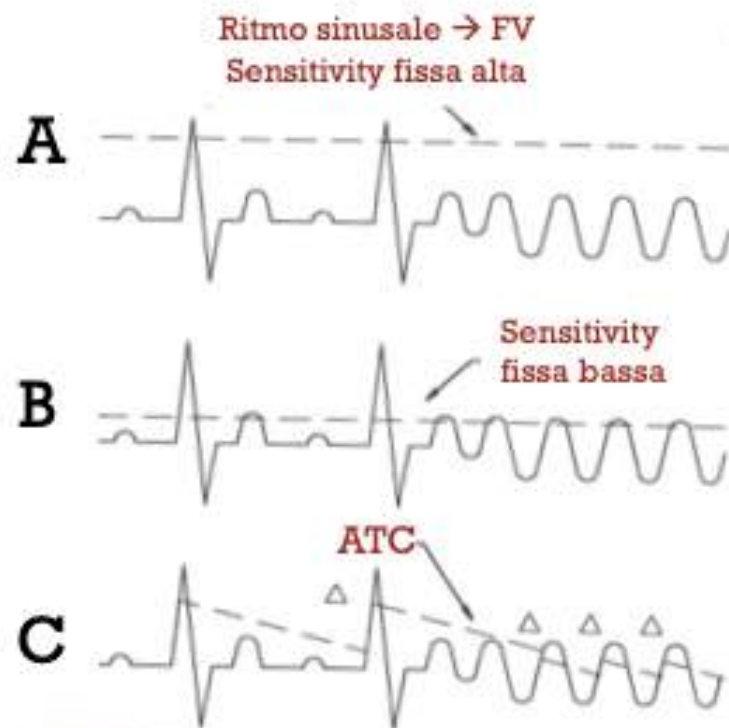


In questo caso nel device è stato attivato l'AGC.

Il sistema in pratica non fa altro che aumentare progressivamente l'amplificazione così da consentire che tutte le onde di FV vengano sentite.



AUTOMATIC THRESHOLD CONTROL



Nell'esempio in figura l'ATC lavora su una FV.

Se programmo un valore soglia troppo alto il device non sentirà tutti i battiti di FV (figura A).

Se lo programmo troppo basso sentirà anche le T (figura B).

Con l'ATC attivo, il sistema riduce automaticamente il valore di sensing di riferimento consentendo di sentire tutte le onde di fibrillazione (figura C).



RILEVAMENTO DEI SEGNALI, CIRCUITI ELETTRONICI E SETTAGGIO DEI FILTRI



Fine del modulo