

## Cenni Storici



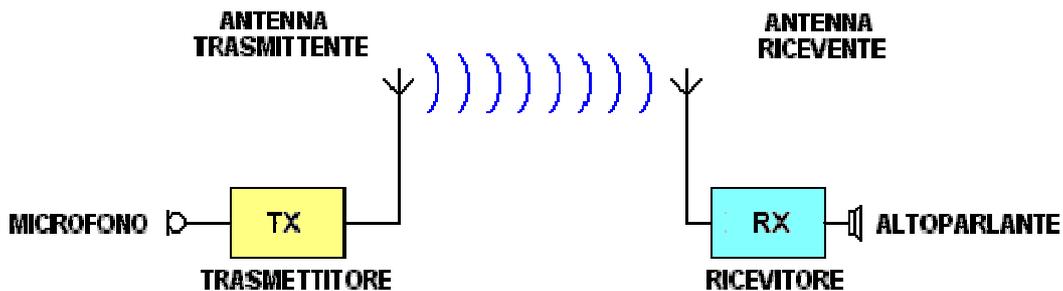
La **RADIO** oggi è intesa come quel dispositivo in grado di **trasmettere o di ricevere segnali audio via etere per mezzo di onde elettromagnetiche**. L'esistenza delle **onde elettromagnetiche**, generate dall'alternanza dinamica fra **campi elettrici e magnetici**, era stata intuita e dimostrata per la prima volta da **James Clerk Maxwell**, insigne fisico scozzese qui a destra, che, nel **1865**, aveva sintetizzato in quattro famose equazioni tutte le scoperte fin allora fatte, relative ai fenomeni elettrici e magnetici.



**Marconi**, invece, fece il suo esperimento a grande distanza, con una collina in mezzo, e subito dopo lo applicò realizzando stazioni radiotelegrafiche perché ci aveva visto importantissime applicazioni tecniche, come la storia poi gli diede ragione. Per questo si è sempre attribuita a **Marconi** l'invenzione della radio nonostante i suoi numerosi e validissimi precursori.

## Trasmissione Radio

### SCHEMA A BLOCCHI DI UN SISTEMA DI TRASMISSIONE RADIO



Tutti i sistemi di **trasmissione radiofonici** sono sempre costituiti da un **trasmettitore** che termina con un'**antenna** che irradia le **onde elettromagnetiche**, e da un **ricevitore**, che **capta** il segnale attraverso un'**altra antenna**.

Dal punto di vista delle lunghezze d'onda, le trasmissioni radiofoniche possono impiegare le onde **lunghe, medie, corte** cui corrisponde una **tabella delle frequenze** in cui sono descritti anche gli usi delle onde elettromagnetiche nelle Telecomunicazioni.

Dal punto di vista del tipo di **modulazione**, esistono trasmettitori radio in modulazione **di ampiezza**, e in modulazione di **frequenza**.

Con riferimento al tipo di trasmissione, esistono tre diversi modi di trasmettere: Vi sono trasmissioni di tipo **simplex**, cioè a senso unico, non essendo prevista la possibilità di rispondere, come ad esempio quelle di tipo **broadcast**, che avvengono da una sede centrale, la **RAI** di Roma che funge da trasmettitore, a tutte le radio dei singoli utenti italiani che fungono da ricevitori.

Esistono invece altri sistemi, come gli apparati dei radioamatori o dei **CB** (citizen band = banda cittadina) in cui la trasmissione è half duplex, cioè alternativamente nei due sensi.

Infine il sistema dei cellulari, è annoverato fra i sistemi radio, in cui la trasmissione è di tipo full duplex, potendosi trasmettere e ricevere contemporaneamente.

E' d'uso comune distinguere:

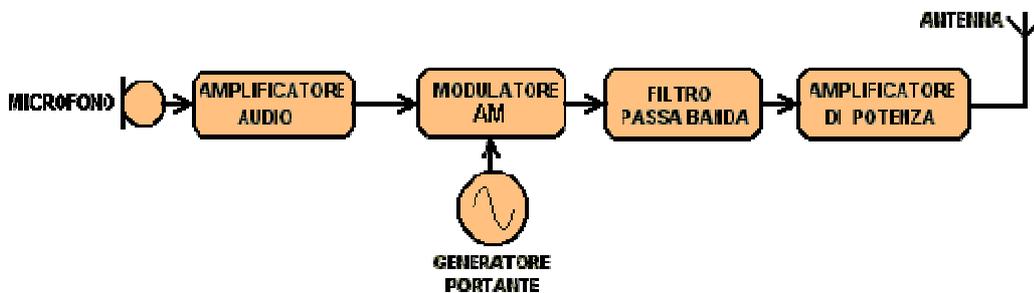
- **radio-frequenze** (le frequenze fino a 220 MHz);
- **microonde** (le frequenze al di sopra di 220 MHz).

Nella pratica le radio-onde vengono suddivise in:

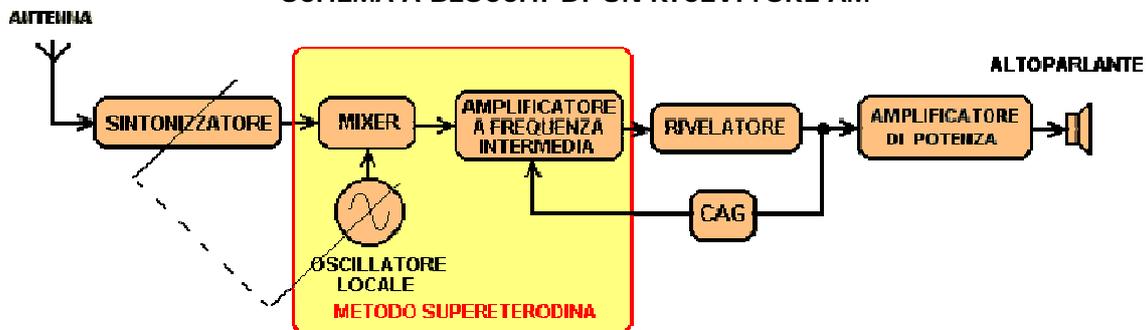
- **onde lunghe** (comprendendo le VLF e le LF);
- **onde medie** (corrispondenti alle MF);
- **onde corte** (corrispondenti alle HF);
- **onde ultracorte** (corrispondenti alle frequenze superiori e cioè VHF, UHF, SHF, EHF).

## Trasmittitore e Ricevitore AM

SCHEMA A BLOCCHI DI UN TRASMETTITORE AM

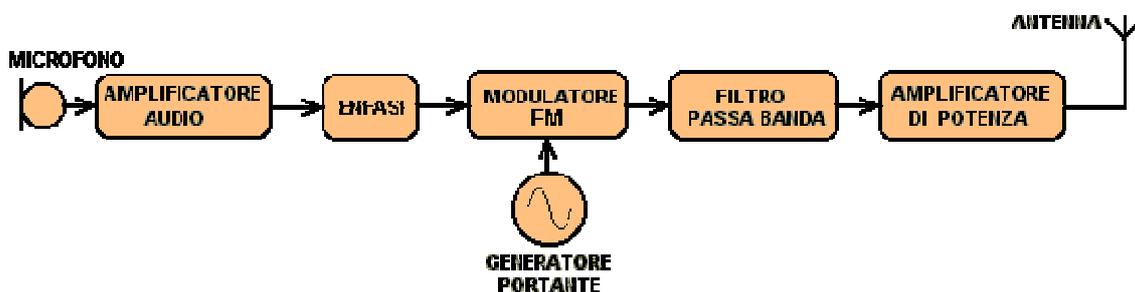


SCHEMA A BLOCCHI DI UN RICEVITORE AM

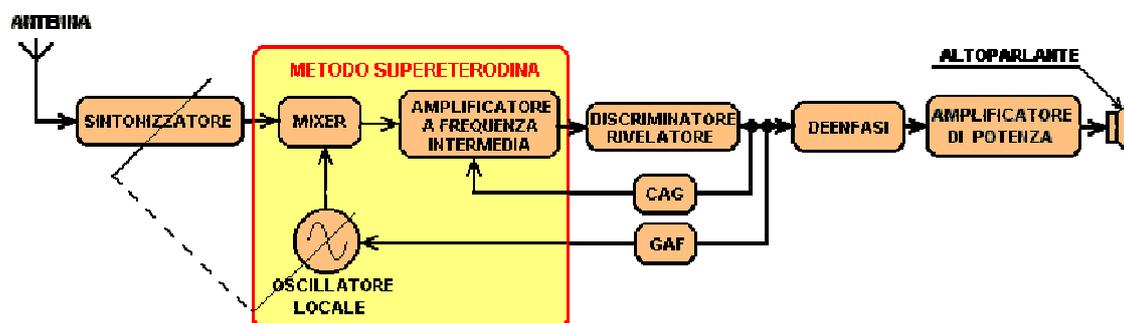


## Trasmettitore e Ricevitore FM

SCHEMA A BLOCCHI DI UN TRASMETTITORE FM

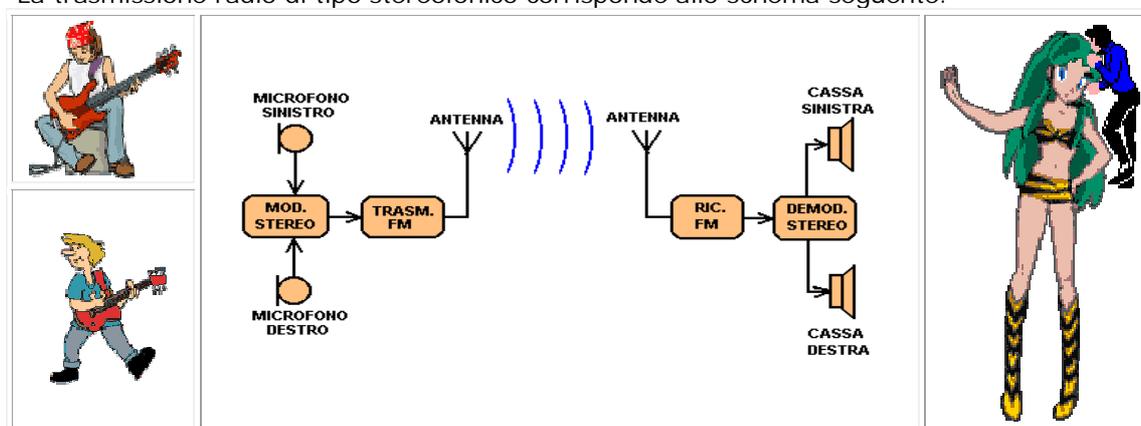


SCHEMA A BLOCCHI DI UN RICEVITORE FM



## Stereofonia

Con il perfezionarsi della tecnica e dei sistemi elettronici, intorno agli anni sessanta, si poté dare più spazio alle **esigenze audio - estetiche** di una **distribuzione spaziale del suono** consistente nella sensazione di essere al centro di un'orchestra con i violini a destra e i tamburi a sinistra, oppure nel bel mezzo di una foresta con suoni o rumori di ogni tipo provenienti da direzioni differenti. Questo effetto prese il nome di **stereofonia** e **stereofoniche** si chiamarono le **trasmissioni radio** che riproducevano a distanza questo effetto allorché le direzioni di provenienza dei suoni erano soltanto due, mentre vi furono successivamente numerosi tentativi, spesso falliti, perché troppo complicati, di riproduzioni e trasmissioni tetrafoniche, cioè con quattro direzioni di provenienza del suono. Quest'ultimo sistema si è successivamente evoluto fino alla più recente tecnica del **Dolby Surround** che produce l'effetto di sentirsi circondati del tutto, avvolti, (surround) dal suono. La trasmissione radio di tipo stereofonico corrisponde allo schema seguente.

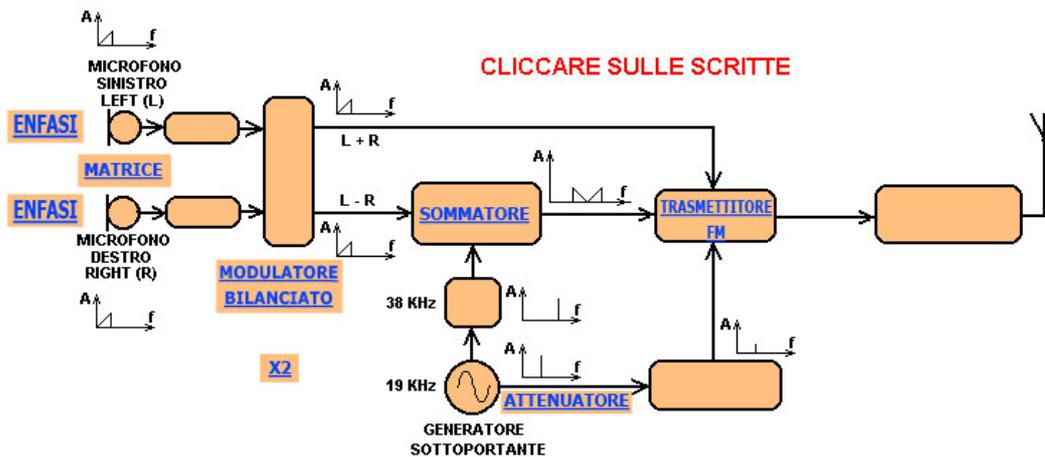


Due **microfoni diversi**, il **sinistro ed il destro**, immettono due diversi segnali elettrici nel **modulatore stereo** che li elabora opportunamente creando un nuovo segnale **multiplex stereofonico**, che comprende ambedue le informazioni del canale destro e del sinistro.

Questo segnale complesso, perfettamente compatibile sia con i ricevitori stereofonici che con quelli monofonici, andrà a modulare una sola portante a radiofrequenza (**RF**) in modulazione di frequenza (**FM**), trasmessa e ricevuta a distanza, via etere, tramite due antenne opportunamente sintonizzate sulla **gamma delle FM** che è **88 MHz - 108 MHz**.

Il ricevitore **FM**, riproduce fedelmente il segnale stereo complesso e lo immette nel demodulatore stereo che ne separa le componenti originarie, rinviando il segnale destro ed il sinistro alle rispettive casse per la riproduzione come schematicamente indicato nella figura qui sopra.

## Modulatore Stereo



### PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Due segnali audio differenti **L** ed **R** vengono trasformati in **segnali elettrici** dai due **microfoni** che, dopo averli sottoposti alla tecnica **dell'enfasi**, li immettono in una **matrice** che ne effettua la **somma e la differenza**.

La somma **L + R** costituisce il segnale **mono**, in quanto comprende ambedue i segnali, sia **destro che sinistro**, e verrà inviata, da sola, ai **ricevitori monofonici**.

La differenza **L - R** invece, costituisce la parte **stereo**, cioè la parte diversa dei due segnali e che verrà trasmessa, insieme al **segnale monofonico**, ai **ricevitori stereofonici**.

In questo modo è assicurata la compatibilità totale tra sistemi **monofonici**, nati prima del **1961**, e **sistemi stereofonici**, nati dopo il **1961**.

Questa compatibilità comporta che una stazione **trasmittente monofonica** è ricevuta sia dai **ricevitori mono che dai ricevitori stereo** e che, analogamente, una stazione **stereofonica** è ricevuta sia dai **ricevitori stereo che dai mono**.

Il **modulatore bilanciato** effettua una traslazione in frequenza del **segnale stereo** per mezzo di una sottoportante a **38 KHz** generata da un **oscillatore sinusoidale a 19 KHz** seguito da un moltiplicatore di frequenza per due.

Il segnale che esce dal modulatore bilanciato è privo di portante e spostato di **38 KHz** e costituisce l'informazione stereo modulata in **DSB**.

Viene effettuata poi la **somma** tra il segnale **mono** in banda base, di **0 - 15 KHz**, con il **segnale stereo** traslato in frequenza tra **23 KHz - 53 KHz** e modulato in **DSB** ed infine la sottoportante attenuata a **19 KHz** che servirà per effettuare in ricezione la ritraslazione del segnale stereo. Il segnale così ottenuto viene poi usato come **modulante base** e trasmesso in modulazione di frequenza (**FM**) nella gamma **88 MHz - 108 MHz**.

Nel disegno di sopra è indicato anche lo spettro di ogni segnale considerando che il segnale di ogni canale stereo ha larghezza **30 Hz - 15 KHz**, e rappresenta l'alta fedeltà in quanto molto simile alla banda di sensibilità media statistica dell'orecchio umano, circa: **20 Hz - 20 KHz**.

### ENFASI

Tecnica usata nel campo della **modulazione di frequenza**, allo scopo di trasmettere senza disturbi segnali in **alta fedeltà** costituiti da uno spettro alquanto grande.

Lo spettro di un segnale modulato in frequenza è composto da moltissime righe, di cui quelle relative alle componenti di alta frequenza del suono che rappresentano, sono particolarmente piccole di ampiezza.

Per evitare che proprio queste componenti, che costituiscono il pregio dell'alta fedeltà vengano disturbate dal rumore sempre presente durante la trasmissione, prima di esse trasmesse vengono esaltate (**ENFASI**) in modo da mantenere sempre un valore **maggiore del rumore** del canale che attraverseranno.

Questa operazione è svolta da opportuni filtri, ed in ricezione viene svolta l'operazione opposta (**DEENFASI**) per riportare le alte frequenze ai valori esatti originari.

#### MATRICE

Questo è un circuito elettronico composto da due **operazionali**, uno in configurazione **sommatore**, che dà luogo al segnale **monofonico**, ed uno in configurazione **sottrattore**, che dà luogo al segnale **stereofonico**.

La stessa matrice, viene usata anche in ricezione, dove riproduce i segnali originari, partendo dal segnale mono e dal segnale stereo, infatti:

$$\text{MONO (L + R) + STEREO (L - R) = 2 L}$$

$$\text{MONO (L + R) - STEREO (L - R) = 2 R}$$

#### MODULATORE BILANCIATO

Circuito elettronico, usatissimo in campo telefonico, per modulare in DSB (Double Side Band = doppia banda laterale).

Effettua la traslazione in frequenza di un segnale modulante  $f_m$ , utilizzando una portante ausiliaria  $f_p$  che viene contestualmente eliminata.

In uscita pertanto si presenta soltanto la modulante  $f_m$  spostata in frequenza del valore della portante  $f_p$ . Nel caso della **stereofonia**, la portante è a **38 KHz** per cui il segnale, originariamente a **0 - 15KHz**, viene traslato a **38 KHz - 53 KHz**.

#### MULTIPLICATORE DI FREQUENZA

Un **oscillatore sinusoidale** a **19 KHz** genera la frequenza della sottoportante, che viene moltiplicata per due da un opportuno dispositivo elettronico non lineare, in grado di produrre frequenze superiori dalle quali, dopo opportuno filtraggio, viene selezionata la sola frequenza doppia avente lo scopo di traslare in frequenza il segnale stereo per essere poi eliminata in uscita al fine di ridurre la potenza totale in trasmissione.

#### ATTENUATORE

L'**attenuatore resistivo** ha il compito ridurre il livello della sottoportante, per minimizzare la potenza del segnale complessivo in trasmissione, consentendo però la rigenerazione della portante partendo da quel piccolo valore di segnale a **19 KHz** che viene trasmesso.

La modulazione **DSB**, infatti, presenta il rendimento del **50 %** però presenta il difetto di non trasmettere la portante a **38 KHz**, se la trasmettesse sarebbe infatti una modulazione **AM** che ha un rendimento massimo del **17 %**.

Per consentire la ricostruzione della portante in ricezione, indispensabile per la demodulazione del segnale in arrivo, si trasmette un pezzetto di sottoportante a **19 KHz**.

L'attenuatore ha proprio il compito di ridurre al minimo il valore del segnale a **19 KHz**.

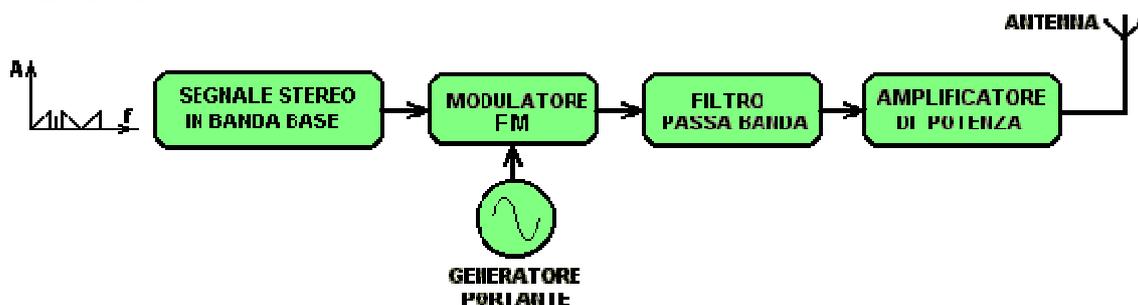
#### SOMMATORE

Si tratta di un amplificatore operazionale in configurazione sommatore, a tre ingressi ed una uscita. Il dispositivo consente, in pratica, la fusione dei tre segnali indicati al fine di trasmetterli tutti e tre insieme.

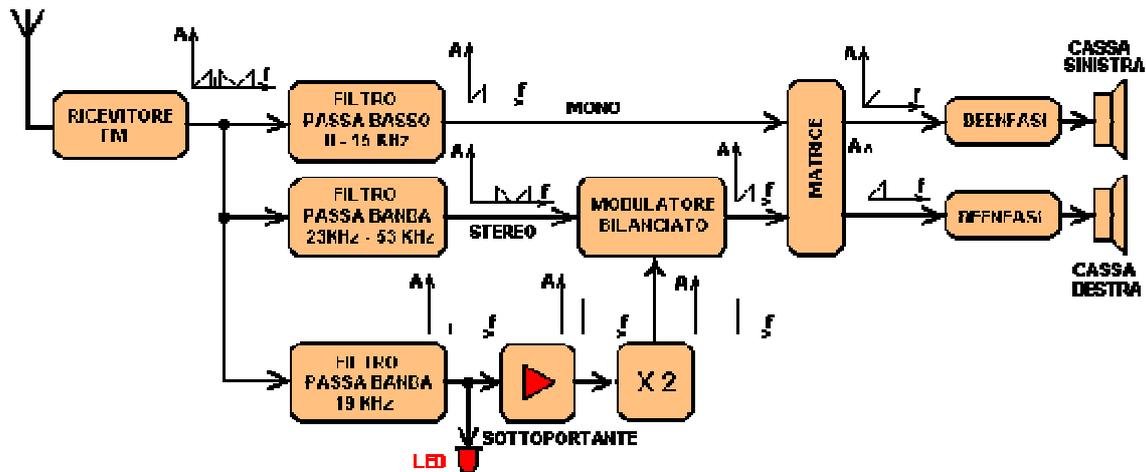
#### TRASMETTITORE FM

Si tratta di un comune trasmettitore radio in modulazione di frequenza, in cui il segnale di ingresso è costituito dal **segnale stereo in banda base**.

Lo schema seguente rappresenta appunto un esempio, scelto naturalmente fra i più semplici, di questo tipo di trasmettitore.



## Demodulatore Stereo



### PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

L'antenna riceve il segnale **modulato in FM** all'interno della gamma **88 MHz - 108 MHz** entro la quale avvengono le trasmissioni in **stereofonia**.

Il ricevitore, viene sintonizzato su di una singola stazione, dà luogo in uscita al segnale **multiplex stereo in banda base** che viene suddiviso, tramite i **tre filtri indicati sopra**, nei segnali originali: il **segnale mono**, che da solo è sufficiente per sentire la stazione **su di un solo altoparlante**, cioè in monofonia; il segnale **stereo** che, essendo modulato in **DSB e traslato in frequenza**, prima di essere mandato alle casse va allocato nella **banda originaria di 0 - 15 KHz**, mentre per adesso si trova tra **23 KHz e 53 KHz**; la sottoportante attenuata a **19 KHz**.

La sottoportante a **19 KHz** viene amplificata e spostata in frequenza tramite il moltiplicatore di frequenza, per poter agire sul modulatore bilanciato che, ricevendo il segnale stereo modulato in **DSB** al suo ingresso, lo trasla di **38 KHz** e sopprime la portante in uscita.

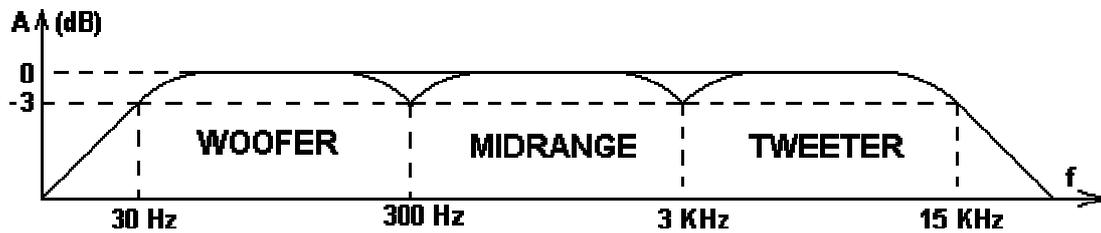
La presenza della sottoportante a **19 KHz** viene individuata all'esterno dell'apparecchio radio dall'accensione di un **LED** evidenziando quindi che la stazione che si sta ascoltando trasmette in stereofonia.

La mancanza di questa portante, invece, e la conseguente non accensione del **LED**, dimostrano che la stazione è di tipo mono.

All'uscita del modulatore bilanciato si ripresenta quindi il segnale stereo nella sua banda audio originaria, **0 - 15 KHz**, che assieme al segnale mono che non ha subito invece variazioni, viene inviato alla matrice che in uscita separa il canale destro e quello sinistro. Prima di arrivare alle casse i due segnali attraversano i filtri di deenfasi per restituire ai due suoni lo spettro originario, modificato in trasmissione dai filtri di enfasi. Questi filtri possono essere messi anche prima della matrice. Nel disegno sono indicati in ogni punto, gli spettri di ampiezza dei singoli segnali.

## FILTRI DI CROSSOVER

Le trasmissioni stereofoniche hanno lo scopo di migliorare la fedeltà di riproduzione di un segnale audio, ma un solo altoparlante, come si usava in passato, **non è in grado di rappresentare fedelmente tutte le frequenze dello spettro stereofonico 0 - 15 KHz.**



Pertanto al momento di riprodurre il suono, il segnale elettrico viene separato in **tre**, o anche **quattro** canali da filtri detti di **crossover** che li immettono in altrettanti altoparlanti che invece hanno alta fedeltà di risposta all'interno di una banda più limitata.

I tre altoparlanti hanno il nome di: **Woofers**; **Midrange**; **Tweeter** e si trovano tutti e tre all'interno di ognuna delle due casse.

Uno schema semplificato può essere quello indicato a destra dove sono indicati gli spettri del segnale in ogni punto.

