

LA MODULAZIONE

di Simona Ruffo

Classe V C

ARGOMENTI

- INTRODUZIONE
- IL SISTEMA AM
- DENSITA' SPETTRALE
- SUPERETERODINA
- LA RADIO TRASMITTENTE
- APPENDICE "A": Rappresentazione grafica dei vari tipi di modulazione
- APPENDICE "B": Esercizi
- FINE PRESENTAZIONE

INTRODUZIONE

Generalità sulla Modulazione

Introduzioni alle modulazioni analogiche



Torna ad "ARGOMENTI"

IL SISTEMA AM

Modulazione di ampiezza

Indice di modulazione

**Spettro del segnale modulato in
ampiezza**

**Esempio di dimensionamento e
commento dei risultati**



Torna ad "ARGOMENTI"

DENSITA' SPETTRALE

Densità spettrale FM con processo
aleatorio modulante

Indice di modulazione per processi

Modulazione a basso indice



Torna ad "ARGOMENTI"

SUPERETERODINA

Premessa

Schema a blocchi di un Radioricevitore Supereterodina AM

Schema a blocchi di un Radioricevitore Supereterodina FM

Differenze tra un ricevitore Eterodina ed un ricevitore Supereterodina



Torna ad "ARGOMENTI"

LA RADIO TRASMETTENTE

Descrizione

Tipi di modulazione

La radio a modulazione di frequenza

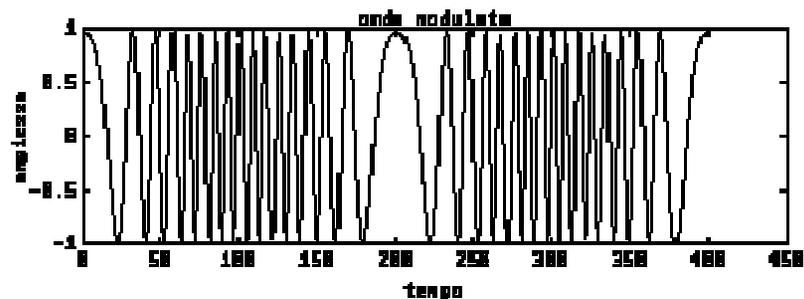
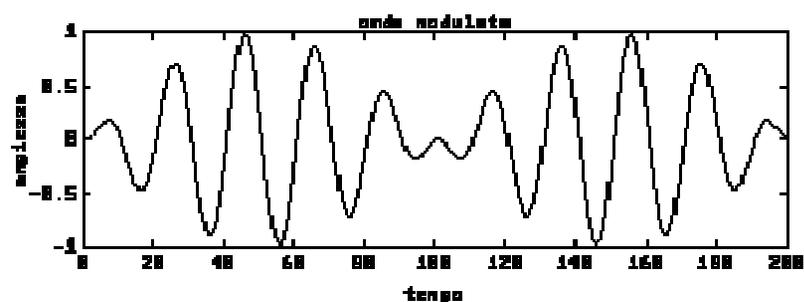
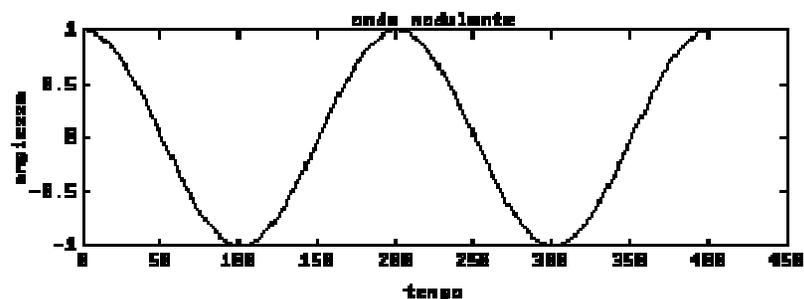
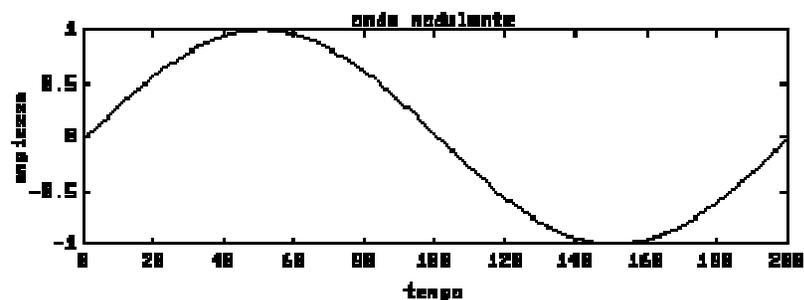
Schema a blocchi



Torna ad "ARGOMENTI"

Appendice "A"

Rappresentazione grafica dei vari tipi di modulazione (1)



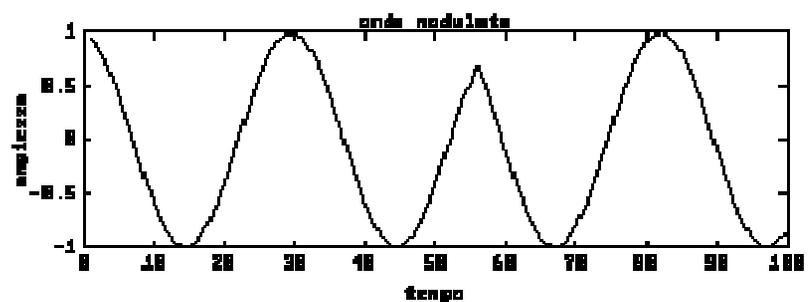
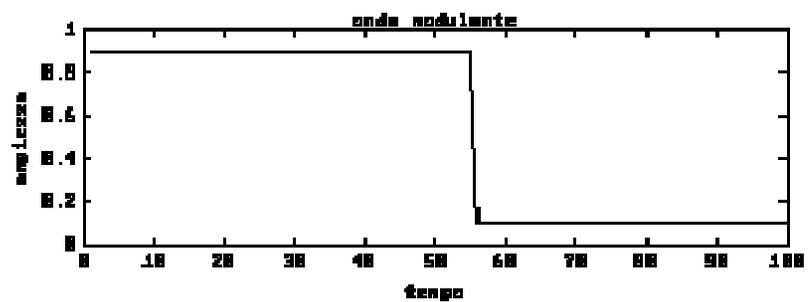
(Torna a "ARGOMENTI")



(segue)

Appendice "A"

Rappresentazione grafica dei vari tipi di modulazione (2)



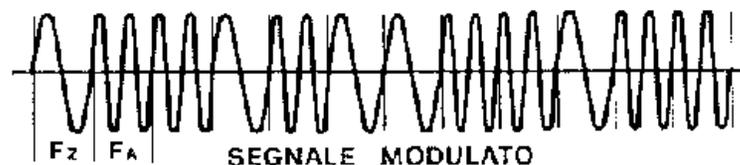
(torna a "Rappresentazione grafica... 1)



(segue)

Appendice "A"

Rappresentazione grafica dei vari tipi di modulazione (3)



Gamma delle Onde Radio

Sigla	Nome	range in metri	range in frequenza
OL	Onde Lunghe	600 ~ 3000	100~500 KHz
OM	Onde Medie	200~600	500~1500 KHz
OC	Onde Corte	25~100	3~12 MHz
OCS	Onde Cortissime	10~25	12~30 MHz
OUC	Onde Ultracorte	1~10	30~300 MHz



(torna a "Rappresentazione grafica... 2)

Appendice "B" – ESERCIZIO 1

Un segnale portante modulato in ampiezza presenta i valori massimi e i valori minimi variabili rispettivamente tra i $\oplus \infty$ Volt e $\oplus 20$ Volt. Dopo aver tracciato il modulatore e disegnato i segnali, calcolare: l'ampiezza della portante; l'indice di modulazione; la potenza associata a ciascuna componente spettrale del segnale modulato e la potenza totale sul carico puramente ohmico di 50 ohm. Commentare i risultati.

$$V_p = (A_{\max} + A_{\min})/2 = (60 + 20)/2 = 80/2 = 40 \text{ V}$$

$$m = (A_{\max} - A_{\min})/(A_{\max} + A_{\min}) = (60 - 20)/(60 + 20) = 40/80 = 0,5 \text{ V}$$

$$P_p = V_p^2/2R = 40^2/100 = 1600/100 = 16 \text{ W}$$

$$P_{BLS} = P_{BLD} = (m^2/4)P_p = [(0,5)^2/4]*16 = 1 \text{ W}$$

$$P_t = P_p + 2 P_{BLS} = 16 + 2 = 18 \text{ W}$$

N.B.: La potenza associata alla portante è notevolmente più elevata rispetto alla potenza associata alle bande laterali. La potenza associata alle bande laterali è piccola in quanto dipende dal quadrato dell'indice di modulazione



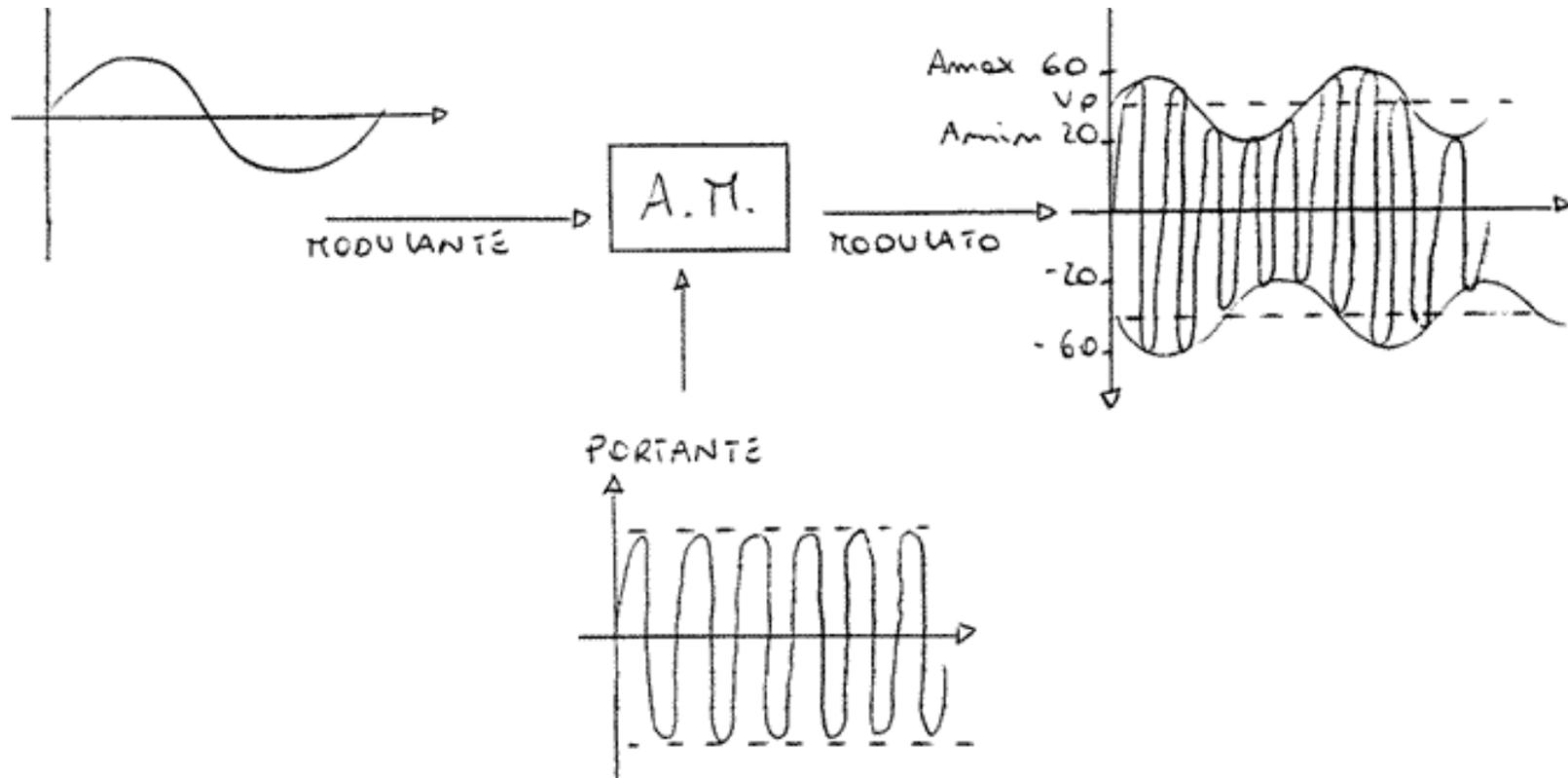
(Torna a "ARGOMENTI")

[\(visualizza il grafico\)](#)



(segue)

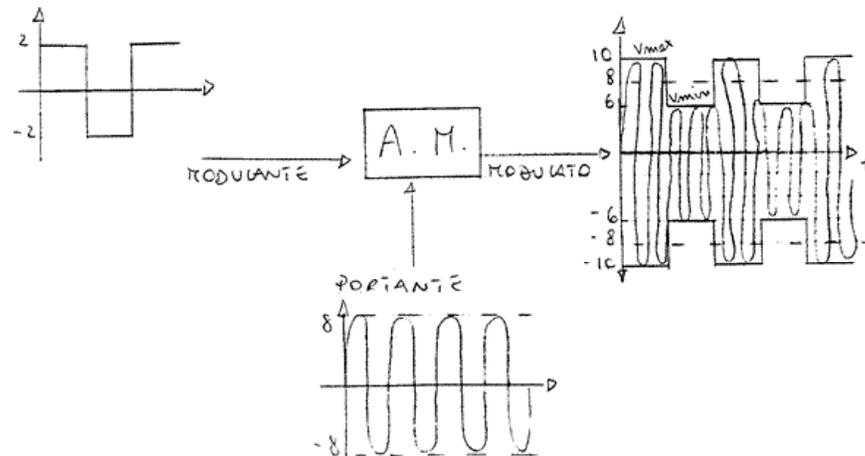
Appendice "B" – GRAFICO ESERCIZIO 1



(Torna a "ESERCIZIO 1")

Appendice "B" – ESERCIZIO 2

Un segnale sinusoidale avente ampiezza pari a 8 Volt subisce una modulazione AM da parte di un segnale ad onda quadra variabile tra ± 2 Volt. Dopo aver schematizzato il sistema di modulazione, tracciare l'andamento temporale del segnale modulato e calcolarne l'indice di modulazione



$$m = V_m/V_p = (V_{max} - V_{min})/(V_{max} + V_{min}) = (10 - 6)/(10 + 6) = 4/16 = 0,25$$



(Torna a "ESERCIZIO 1")

Generalità sulla modulazione (1)

La modulazione consiste nel modificare le caratteristiche di un segnale detto portante, in funzione di un altro segnale detto modulante. La forma d'onda che si ottiene, è detta segnale modulato. Lo scopo della modulazione è di:

- adattare il segnale che si vuole trasmettere al mezzo utilizzato e per fare ciò, si porta il segnale posto in una certa banda, ad una frequenza più elevata della precedente senza portare modifiche al segnale, quindi portando il tutto alla banda di frequenza del mezzo di trasmissione;
- adattare i segnali ai circuiti di rice-trasmissione facendo in modo che il segnale venga opportunamente filtrato ed amplificato durante il viaggio nel mezzo;
- garantire la multiplazione (distinguere i diversi segnali) dove si separano più segnali trasmessi in un unico mezzo, facendo in modo che all'arrivo siano separati e distinguibili l'uno dall'altro
- dimensionamento delle antenne: se entrassimo nel campo della trasmissione via etere, dovremmo aggiungere che il segnale che deve essere trasmesso da un'antenna, questa dovrà essere opportunamente dimensionata secondo la formula $\lambda=v/f$ che causa le basse frequenze dei segnali da trasmettere.



Torna a "INTRODUZIONE")



(segue)

Generalità sulla modulazione (2)

Nel campo delle modulazioni, esistono diverse tecniche di modulazione e come notiamo nello schema in figura, che queste tecniche possono essere analogiche e non analogiche.

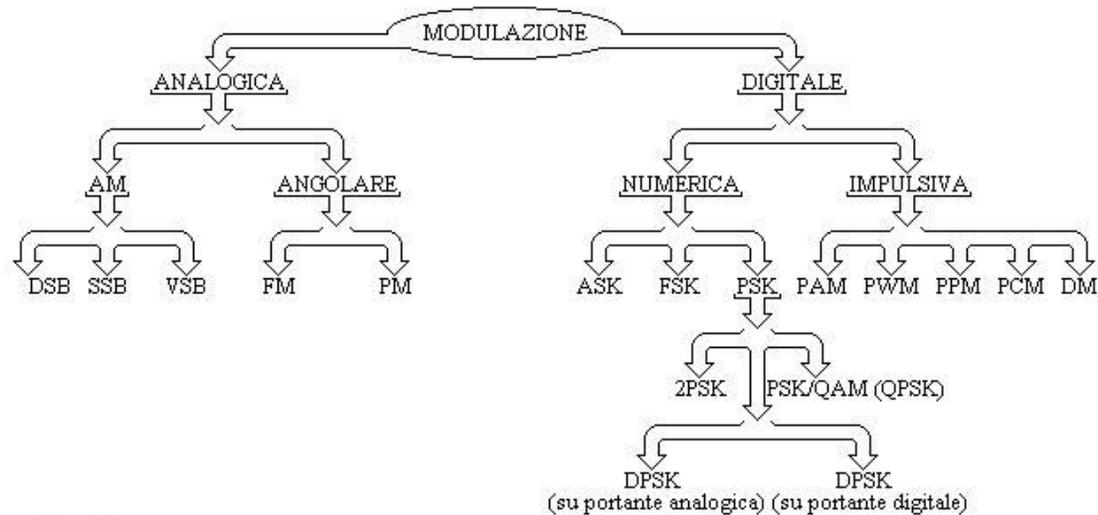


Figura 2

Osservando lo schema rappresentato ora possiamo dire che i metodi utilizzati quali: PM, FM per l'ANGOLARE ed, DSB, SSB, VSB per l'AM, vengono utilizzate con la generazione di una portante sinusoidale. Per quanto riguarda invece la modulazione, numerica abbiamo la ASK, FSK, PSK su portante analogica e DPSK che può essere effettuata anche su portante digitale. Per ultimo abbiamo la modulazione IMPULSIVA che usa la portante ad impulsi e le tecniche sono: PAM, PWM, PPM, PCM, DM.



(torna a "Generalità sulla modulazione 1)

Introduzione alle modulazioni analogiche

La modulazione analogica è un sistema di radiotrasmissione nel quale l'onda del segnale da trasmettere (onda modulante) viene associata a un'onda portante (onda modulata) che ha caratteristiche proprie più adatte alla trasmissione. Esistono tre diversi tipi di modulazione: di frequenza (FM, frequency modulation), di ampiezza (AM, amplitude modulation) e di fase (PM, phase modulation). Essi consistono nel trattamento dell'onda portante in modiche, istante per istante, la sua frequenza, la sua ampiezza o la sua fase, rispettivamente, varino in misura proporzionale alle relative variazioni del segnale da trasportare. La modulazione permette di adattare segnali diversi a uno stesso canale e di rendere la trasmissione più efficiente, con effetti di interferenza e attenuazione ridotti. Prima della ricezione, il segnale viene sottoposto all'operazione inversa a quella di modulazione, detta demodulazione.



(Torna a "INTRODUZIONE")

Modulazione di ampiezza

Il sistema AM fu il primo sistema di modulazione impiegato nel campo delle telecomunicazioni, in particolare per la trasmissione di segnali audio. La modulazione di ampiezza produce onde la cui ampiezza è massima nei punti in cui la modulante presenta i picchi positivi, minima in corrispondenza dei picchi negativi. Il sistema di trasmissione in AM è particolarmente soggetto a difetti di distorsione, interferenza e rumore, che non possono essere eliminati in fase di demodulazione. Prendiamo in considerazione due tipi di modulante:

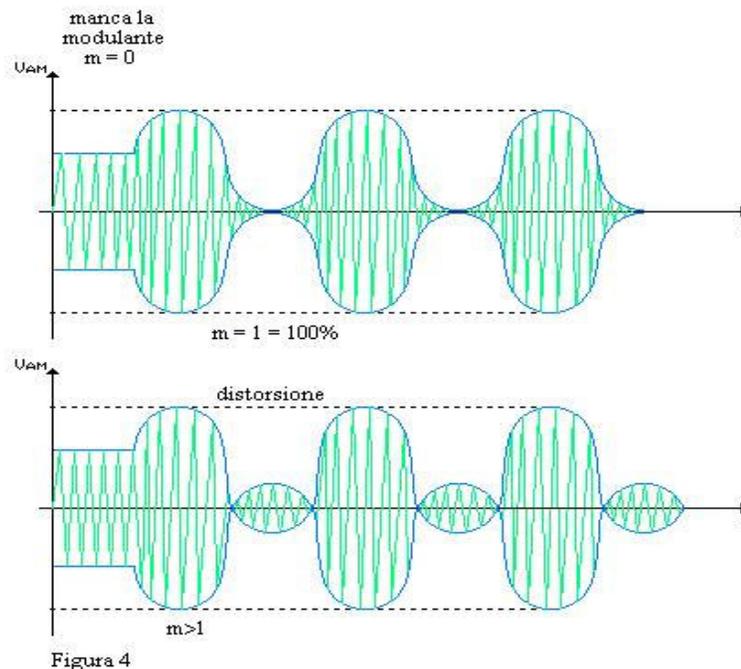
- Sinusoidale
- Complessa (tipo segnale audio)



(Torna a "IL SISTEMA AM")

Indice di modulazione (1)

Uno dei parametri fondamentali della modulazione di ampiezza, è l'indice di modulazione usato per definire il rapporto che c'è fra l'ampiezza del segnale modulante e quello dell'ampiezza della portante.



(Torna a "IL SISTEMA AM")



(segue)

Indice di modulazione (2)

L'indice di modulazione viene indicato con la lettera (m), è espresso in percentuale, e la formula matematica per calcolarlo è la seguente:

$$m = (V_{\max} - V_{\min}) / (V_{\max} + V_{\min}) * 100$$

L'indice di modulazione deve essere sempre compreso fra 0 ed 1.

Infatti se $m > 1$, abbiamo sovr modulazione cioè: veniamo a trovare nell'onda modulata una distorsione data dalle dimensioni dell'ampiezza del segnale modulante che viene a risultare maggiore di quella della portante rendendo non più sinusoidale l'involuppo. Quindi i picchi del segnale AM verranno tagliati dalla sovrapposizione degli involuppi.

Nel caso di $m = 0$, il segnale modulante risulta essere nullo e quindi in trasmissione troveremmo solamente il segnale portante naturalmente non modulato.

Infine nel caso in cui $m = 1$, le ampiezze della portante e della modulante risultano essere uguali ($V_p = V_m$). Qui gli involuppi sia negativi che positivi, si toccano in un punto ed in questa situazione ci troviamo nel limite della distorsione ancora non avvenuta (purtroppo in questo caso basterebbe una leggera variazione di tensione per entrare in distorsione).



(Torna a "Indice di Modulazione 1")

Spettro del segnale modulato in ampiezza (1)

Per quanto riguarda poi lo spettro del segnale AM, possiamo dire che questo è un modo di osservare i segnali su grafico, sostituendo sull'asse delle ascisse al tempo, la frequenza. Quindi possiamo dire che lo spettro è semplicemente un modo di porre su un grafico, un segnale del quale né vengono indicate le diverse componenti in funzione della frequenza evidenziando la sua larghezza di banda. Se definiamo V_p anche come $V_p = A \cos(2\pi f_p t)$ e $V_m = B \cos(2\pi f_m t)$ allora possiamo rappresentare lo spettro del segnale sviluppando la formula :

$$V_{AM} = A \cos(2\pi f_p t) + B \cos(2\pi f_m t) \cos(2\pi f_p t) =$$
$$= A \cos(2\pi f_p t) + m A [\cos(2\pi f_m t) \cos(2\pi f_p t)]$$

e sapendo che $\cos(a+b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$

e

$$\cos(a-b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$$

$$\cos(a+b) + \cos(a-b) = 2 \cos a \cos b$$

$$\cos a \cos b = \frac{1}{2} \cos(a+b) + \frac{1}{2} \cos(a-b)$$

e se consideriamo $a = 2\pi f_p t$ e $b = 2\pi f_m t$ sostituendo nella formula precedente:

$$V_{AM}(T) = A \cos(2\pi f_p t) + mA/2 \cos 2\pi (f_p + f_m) t + mA/2 \cos 2\pi (f_p - f_m) t$$



(Torna a "IL SISTEMA AM")



(segue)

Spettro del segnale modulato in ampiezza (2)

Evidenziare che tale segnale è composto dalla somma di tre termini

$A \cos(2\pi f_p t)$ → commento

$mA/2 \cos 2\pi (f_p + f_m) t$ → commento

$mA/2 \cos 2\pi (f_p - f_m) t$ → commento

Ora possiamo dire che il primo termine della formula si riferisce alla portante mentre gli altri due termini, rappresentano le due componenti sinusoidali di ampiezza $mA/2$ e frequenza ricavabile dalla somma $(f_p + f_m)$ e dalla differenza $(f_p - f_m)$ di ampiezza $mA/2$ (vedi figura)

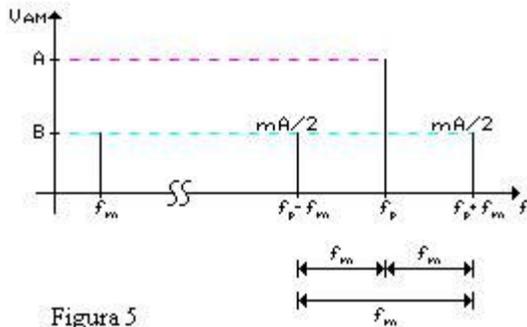


Figura 5

Le componenti $f_p + f_m$ e $f_p - f_m$, sono definite anche come banda laterale superiore (BLS) e banda laterale inferiore (BLI).

Osservando il grafico possiamo dire che nelle bande laterali vi è il segnale AM che si vuole trasmettere avendo così doppia informazione in trasmissione.

BANDA PASSANTE

$$B = F_{\max} - F_{\min} = \dots\dots\dots$$



(Torna a "Spettro del segnale modulato 1")



(segue)

La Potenza del segnale modulato in ampiezza (3)

Parlando ora della potenza del segnale modulato, sappiamo essere data dalla somma delle potenze delle tre parti che compongono lo spettro di frequenza del segnale. Quindi la formula matematica con la quale rappresentiamo la potenza totale è:

$$P_{\text{tot}} = P_p + P_{\text{BLS}} + P_{\text{BLI}}$$

Dalla suddetta formula, possiamo dire che P_p rappresenta la potenza del segnale portante, P_{BLS} rappresenta la potenza della banda laterale superiore e P_{BLI} la potenza della banda laterale inferiore. Perciò, per poter calcolare la P_{tot} bisogna prima sapere il valore delle rispettive potenze sommate nella precedente formula. Ciò si può fare tramite la formula generica che è: $P = V_{\text{RMS}}^2 / R = (V_{\text{max}} / \sqrt{2})^2 / R = V_{\text{max}}^2 / 2R$

dove V_{max} sta per valore di picco della tensione e V_{RMS} sta per valore efficace della tensione. Sostituendo a V_{max} con A per la portante e per le bande laterali V_{max} con $mA/2$, otteniamo che: $P_p = A^2 / 2R$; $P_{\text{BLS}} = m^2 A^2 / 8R = P_{\text{BLI}} = B^2 / 8R$; $P_{\text{BL}} = m^2 P_p / 2$

Da tutto ciò possiamo quindi dire che la P_{tot} si ricava tramite la formula:

$$P_{\text{tot}} = P_p + P_{\text{BL}} = P_p (1 + m^2 / 2)$$

Possiamo poi dire, che la potenza significativa in trasmissione del segnale, risulta essere quella della portante perché è quella maggiormente sfruttata contrariamente a quelle delle bande laterali. Bisogna poi dire che all'aumentare delle righe laterali, aumenta anche la potenza distribuita alle bande laterali, ma non alla portante che rimane di potenza costante.



(Torna a "Spettro del segnale modulato 2")

Esempio di dimensionamento e commento dei risultati

DSB doppia banda laterale con soppressione della portante

Conseguenze: banda del segnale modulato resta uguale; la potenza si ridurrà quella delle bande laterali e quindi molto più piccola rispetto alla modulazione AM.

Un aspetto notevolmente negativo riguarda il processo di demodulazione che non può essere eseguito senza la conoscenza della portante, che pertanto deve essere riprodotta dall'apparato ricevente, (più complesso e costoso)

SSB singola banda laterale

CONSEGUENZE (Senza soppressione): la banda si dimezza; non ci sono problemi di demodulazione; la potenza diminuisce di polo

CONSEGUENZE (Con soppressione): banda minima; potenza minima; problemi in fase di demodulazione per via della ricostruzione della portante sull'apparato ricevente (più complesso costoso)

VSB (con attenuazione della portante)

CONSEGUENZE: Diminuzione dell' ampiezza della portante che comporta una diminuzione della portante trasmessa.



(Torna a "IL SISTEMA AM")

Densità spettrale FM con processo modulante (1)

Riprendiamo il ragionamento relativo all'influenza di $p_M(m)$ su $P_x(f)$. Considerando che la frequenza istantanea ha espressione $f_i = f_0 + k_f m(t)$, la frazione di potenza tra f_1 ed f_2 sarà pari alla frazione di tempo che il segnale $m(t)$ si trova tra

$$m_1 = (f_1 - f_0)/k_f \bullet m(t) \bullet m_2 = (f_2 - f_0)/k_f.$$

Nel caso in cui $m(t)$ sia sinusoidale, con fase iniziale aleatoria a distribuzione uniforme, $m(t)$ è una realizzazione di un processo armonico, e la frazione di tempo su indicata equivale alla $Prob \{m_1 \bullet m(t) \bullet m_2\}$. Pertanto le righe spettrali, addensandosi, tendono a disporsi in accordo all'andamento della densità $p_M(m)$.

Il risultato a cui siamo pervenuti nel caso di modulante sinusoidale è generale, e pertanto si può affermare che qualora si generi un segnale FM ad alto indice, a partire da un processo con densità di probabilità nota, lo spettro di densità di potenza del segnale modulato acquisisce l'andamento proprio della densità di probabilità del processo modulante, indipendentemente dal suo spettro di densità di potenza. La conclusione riportata si mantiene valida purché $\beta \gg 1$.



(Torna a "DENSITA' SPETTRALE")



(segue)

Densità spettrale FM con processo modulante (2)

Esempio:

un processo uniforme $m(t)$ limitato in banda $\pm W$, con densità di probabilità $p_M(m) = 1/W \text{rect}_W(m)$, modula ad alto indice la frequenza di una portante, con frequenza f_0 ed ampiezza a , con un coefficiente di modulazione k_f . Determinare $P_x(f)$ del segnale modulato.

Notiamo subito che la frequenza istantanea f_i rimane limitata tra

$$f_0 - W/2 k_f \text{ e } f_0 + k_f W/2$$

Inoltre, la potenza totale deve risultare ancora pari a $a^2/2$. Pertanto si ottiene:

$$P_x(f) = a^2/(4Wk_f) [\text{rect}_{k_f W/2}(f - f_0) + \text{rect}_{k_f W/2}(f + f_0)]$$



(Torna a "Densità spettrale FM... 1")

Indice di Modulazione per processi

Ai fini dell'applicazione della regola di Carson, si è posto l'indice di modulazione $\delta = \sigma_f / W$, con $\sigma_f = k_f \max\{|m(t)|\}$. Nel caso di processi, può accadere che $m(t)$ non sia limitata in ampiezza, come ad esempio nel caso gaussiano, rendendo problematica la quantificazione di δ . Per risolvere la questione, l'indice di modulazione δ è ridefinito ancora una volta, e nel caso in cui $m(t)$ sia un generico processo si pone

$$\delta' = \begin{cases} \sigma_a & \text{(PM)} \\ \sigma_f / W & \text{(FM)} \end{cases}$$

in cui W è la banda a frequenze positive del segnale modulante, $\sigma_f = k_f (P_M)^{1/2}$ rappresenta la deviazione standard della frequenza istantanea, e $\sigma_a = k_{\phi} (P_M)^{1/2}$ è la deviazione standard della fase modulante. L'applicazione della regola di Carson con il nuovo valore di δ' , fornisce per la banda un risultato che non indica più la banda *totale* occupata, ma individua una *banda efficace* entro cui $P_x(f)$ è in larga parte (ma non completamente) contenuta. Nel caso in cui non risulti $\delta' \gg 1$, lo spettro di potenza del segnale modulato FM torna a dipendere da quello del segnale modulante, e si ricade nella trattazione che segue.



(Torna a "DENSITA' SPETTRALE")

Modulazione a basso indice

Ora l'indice di modulazione δ si assume piccolo a sufficienza, da far sì che lo sviluppo in serie dell'involuppo complesso del segnale modulato possa essere arrestato ai primi termini. Sotto opportune ipotesi, si può mostrare che vale il risultato

$$P_x(f) \approx a^2 e^{-\delta_a^2} \left[\delta_a^2 P_a(f) + P_a(f) + (1/2) P_a(f) \otimes P_a(f) + (1/3!) P_a(f) \otimes P_a(f) \otimes P_a(f) + \dots \right]$$

avendo indicato con δ_a^2 la varianza della fase modulata e con $P_a(f)$ il relativo spettro di densità di potenza, pari rispettivamente a

	$P_a(f)$	δ_a^2
PM	$k_x^2 P_M(f)$	$k_x^2 P_M$
FM	$k_f^2 [P_M(f)/f^2]$	$k_f^2 \int [P_M(f)/f^2] df$

Osserviamo che se k_x (o k_f) tendono a zero, $P_x(f)$ si riduce ad un impulso, corrispondente alla portante non modulata. All'aumentare di k_x (o k_f), aumenta anche δ_a^2 . Dato che risulta comunque $P_x = a^2$, la potenza residua si distribuisce sugli altri termini, rappresentati da $P_a(f)$ e le sue autoconvoluzioni. E' immediato notare come, al crescere di k_x (o k_f), cresca la banda.



(Torna a "DENSITA' SPETTRALE")

Premessa

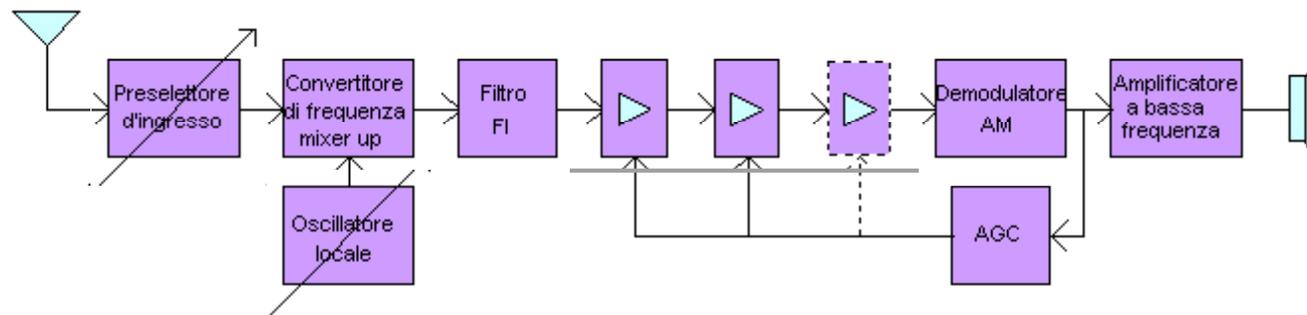
L'invenzione del circuito "eterodina", nel 1906, ma soprattutto del "supereterodina", nel 1930, è stato l'elemento che ha consentito lo sviluppo su vasta scala del ricevitore radio in quanto questa nuova tecnologia permise di realizzare apparecchi radiofonici di prestazioni superiori ai precedenti (ricevitori a larga banda) pur riducendo drasticamente gli ingombri e i costi. Questo circuito permette di trasformare un sistema a sintonia variabile caratterizzato da una amplificazione diretta del segnale captato dall' antenna, in un sistema a sintonia fissa in cui la suddetta amplificazione avviene a una frequenza costante chiamata F_i . La restrizione della banda di amplificazione, ottenuta tramite questo circuito, permette di ridurre notevolmente l'influenza del rumore termico nel ricevitore e di migliorare quindi la qualità del segnale.



(Torna a "SUPERETERODINA")

Schema a blocchi di un Radioricevitore Supereterodina AM

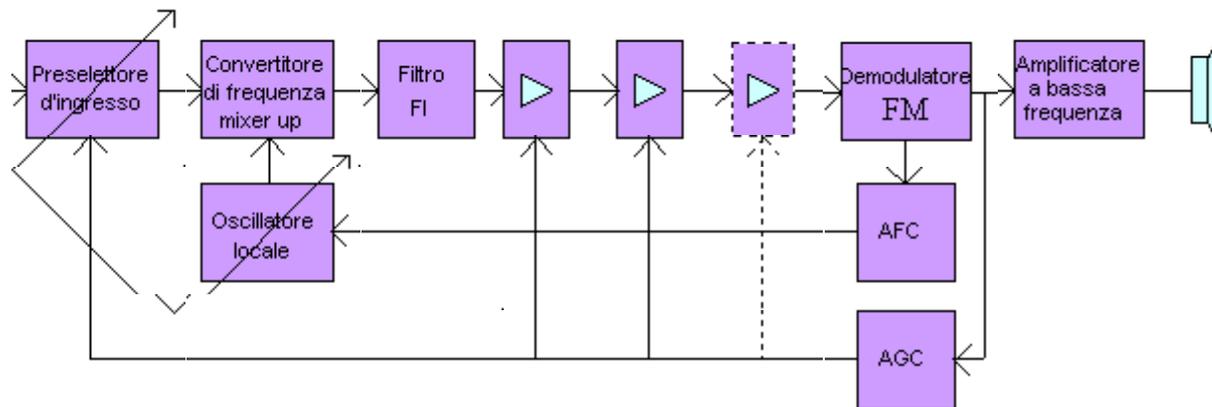
Qui di seguito è riportato lo schema a blocchi di un semplice ricevitore AM che riceve segnali modulati in ampiezza.



(Torna a "SUPERETERODINA")

Schema a blocchi di un Radioricevitore Supereterodina FM

Nella figura sottostante viene illustrato lo schema a blocchi di un semplice ricevitore FM che riceve segnali modulati in frequenza.



(Torna a "SUPERETERODINA")

Differenze tra un ricevitore Eterodina ed un ricevitore Supereterodina

La differenza del sistema eterodina rispetto a quello supereterodina consiste nel segnale prodotto dall' oscillatore locale che, anziché essere dato dalla somma tra F e F_i , è dato dalla differenza.

SUPERETERODINA

$$F_{i_{\min}} = 535 + 470 = 1005 \text{ KHz}$$

$$F_{i_{\max}} = 1600 + 470 = 2070 \text{ KHz}$$

$$\text{T.R.} = (F_{i_{\max}} - F_{i_{\min}}) / (F_{i_{\min}}) = (2070 - 1005) / (1005) = 1.06 \text{ decadi}$$

ETERODINA

$$F_{i_{\min}} = 535 - 470 = 65 \text{ KHz}$$

$$F_{i_{\max}} = 1600 - 470 = 1130 \text{ KHz}$$

$$\text{T.R.} = (F_{i_{\max}} - F_{i_{\min}}) / (F_{i_{\min}}) = (1130 - 65) / (65) = 16.38 \text{ decadi}$$

Dove T.R. è il TUNING RATIO cioè il coefficiente di variazione della frequenza dell'oscillatore locale in relazione alla banda di ricezione. Si può vedere che nel ricevitore eterodina il T.R. è molto maggiore rispetto a quello del sistema supereterodina. Questa notevole variazione non è particolarmente indicata per l' oscillatore locale in quanto il quarzo è tanto più stabile quanto minore è la variazione di frequenza che gli si impone.



(Torna a "SUPERETERODINA")

Descrizione

La radio trasmittente è un dispositivo in grado di convertire le voci e i suoni in frequenze e di irradiarle nell'etere. Le frequenze convertite dal segnale audio servono per modulare una frequenza base, chiamata *portante*. Poiché le "dimensioni" dell'onda radio sono tre:

- ampiezza
- frequenza
- fase

si intravedono tre tipi di modulazione:

- modulazione di ampiezza
- modulazione di frequenza
- modulazione di fase

La modulazione di ampiezza consiste nel far variare l'ampiezza delle onde radio in perfetta corrispondenza con le onde di tensione elettrica, ossia con quelle sonore. La frequenza rimane inalterata, varia solo l'ampiezza.



(Torna a "LA RADIO TRASMITTENTE")

Tipi di modulazione

Le emittenti radio mettono in onda i loro programmi utilizzando o la modulazione di ampiezza o la modulazione di frequenza in funzione del loro uso pratico. Le trasmissioni ad onde lunghe, medie, corte utilizzano tutte la modulazione di ampiezza, mentre la modulazione di frequenza è usata nelle trasmissioni ad onde ultracorte. Con le prime è possibile "servire" un vasto bacino di utenza, una Nazione o un intero Continente, le onde corte sono adatte per comunicazioni transoceaniche, in quanto esse sono riflesse dalla ionosfera ricadendo sulla Terra. Con le onde ultra corte si possono servire solo zone limitate, perché per la breve lunghezza d'onda ogni oggetto che incontrano nel loro cammino rappresenta un ostacolo ed, inoltre, esse non vengono riflesse dalla ionosfera; si diffondono, pertanto, in linea retta. L'ampiezza della banda di trasmissione determina la fedeltà ottenibile per un canale, le radio che trasmettono in OL, OM e OC, coprendo un vasto territorio, devono avere un'ampiezza limitata, che è di 9 KHz. Le emittenti a onde ultracorte, coprendo un bacino di utenza molto limitato, possono avere a disposizione un canale di trasmissione più ampio. La maggior ampiezza del canale delle radio FM è dovuto, anche, alla maggior estensione dell'intera gamma delle onde ultracorte. La gamma delle OM è compresa tra i 600 e i 200 metri, cioè tra i 500 e i 1500 KHz, avendo una larghezza di 1000 KHz. La banda associata alle radio FM, che va da 86 a 108 KHz è estesa ben 22 MHz. La larghezza di banda permessa per ogni stazione emittente è di ± 75 KHz.



(Torna a "LA RADIO TRASMITTENTE")

La radio a modulazione di frequenza (1)

Le emittenti a modulazione di frequenza utilizzano per la trasmissione audio monofonica i primi 15 KHz della banda loro concessa, essa è sufficiente in quanto l'orecchio umano è sensibile fino a frequenze di quest'ordine di grandezza e il complesso amplificatori e relative casse in ricezione hanno una banda passante minore, tranne per quelli più costosi dove, però, non si superano mai i 20 KHz. Le radio stereofoniche devono poter essere compatibili sia con i ricevitori stereo che con quelli monofonici. È stato proposto, come soluzione a questo problema, quello che è stato chiamato sistema FCC. Esso si basa su un principio fisico molto semplice. I fenomeni ondulatori possono essere sommati o sottratti l'uno all'altro in maniera abbastanza semplice, essendo fenomeni lineari. Le trasmissioni stereofoniche usano questo fenomeno. La somma del canale destro e di quello sinistro rappresenta il segnale monofonico con una banda passante di 15 KHz, si costruisce facilmente la differenza tra i due canali, che è anch'esso un solo segnale con stessa banda del primo. Con i due segnali così realizzati è possibile ricostruire i due canali originari, avendo a disposizione, anche, il segnale monofonico. Essendo il canale FM ampio, i due segnali, larghi ciascuno 15 KHz, possono essere ospitati entrambi; il segnale monofonico viene trasmesso nei primi 15 KHz, in modo da poter essere ricevuti da apparecchi mono; il segnale differenza viene trasmesso in modo da occupare il tratto non udibile della gamma di frequenze del canale FM.



(Torna a "LA RADIO TRASMITTENTE")



(segue)

La radio a modulazione di frequenza (2)

Il problema potrebbe considerarsi risolto, se non presentasse un inconveniente non trascurabile, la sottoportante assorbe buona parte dell'energia trasmessa a danno dei segnali audio. È possibile eliminare la portante a 38 KHz dopo averla utilizzata e trasmettere le sole bande laterali. Gli apparecchi in ricezione non possono demodulare un segnale se non conoscono la portante, possono però riprodurla con un oscillatore, ma una frequenza siffatta non sarebbe nella fase giusta e quindi non si aggancerebbe al segnale, è per questo che l'emittente irradia una *nota* a 19 KHz in fase con la portante soppressa a 38 KHz. La banda a disposizione di una radio FM è usata solo per i primi 53 KHz per trasmettere i programmi audio, un ulteriore intervallo della banda è occupata da *Radio Data System*, un canale digitale, che consente nuove e rivoluzionarie funzioni della radio. È possibile, per gli apparecchi che sono dotati di demodulatore RDS, accedere a nuove risorse informative, come per esempio la ricerca automatica della stazione preferita e del suo segnale più forte senza bisogno di operazioni manuali. Questo canale digitale occupa un intervallo di frequenze da 55 a 59 KHz, usa una modulazione di ampiezza con soppressione della portante e presenta una velocità di trasmissione dati di 1187,5 bit/s. Rimane, perciò, a disposizione un intervallo di frequenze da circa 60 KHz fino a circa 75 KHz determinata non tanto dalle leggi (la larghezza di banda permessa è ora di 100 KHz) quanto dalle apparecchiature utilizzate, è proprio in questo intervallo che opera Radiotel. Nella figura è illustrato l'utilizzo della banda di una stazione emittente, e la figura indica lo spettro di frequenza reale misurato.



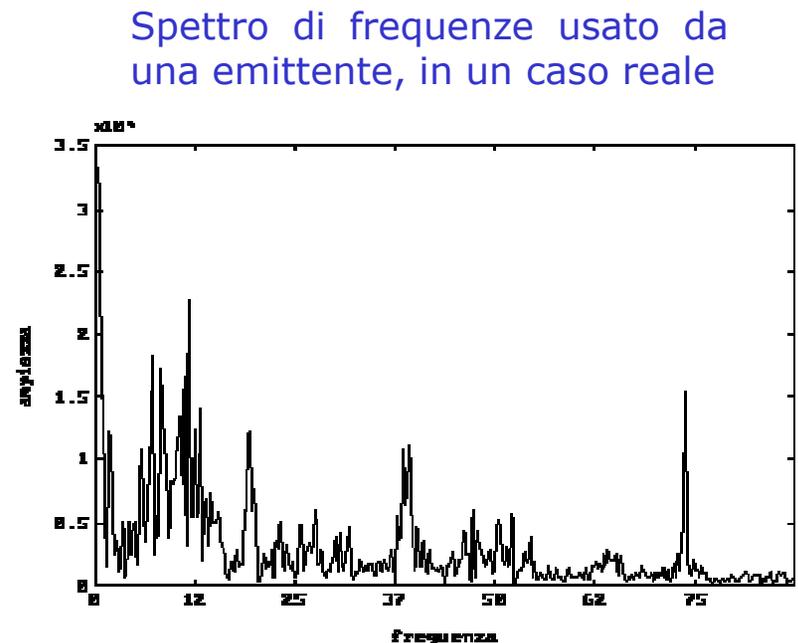
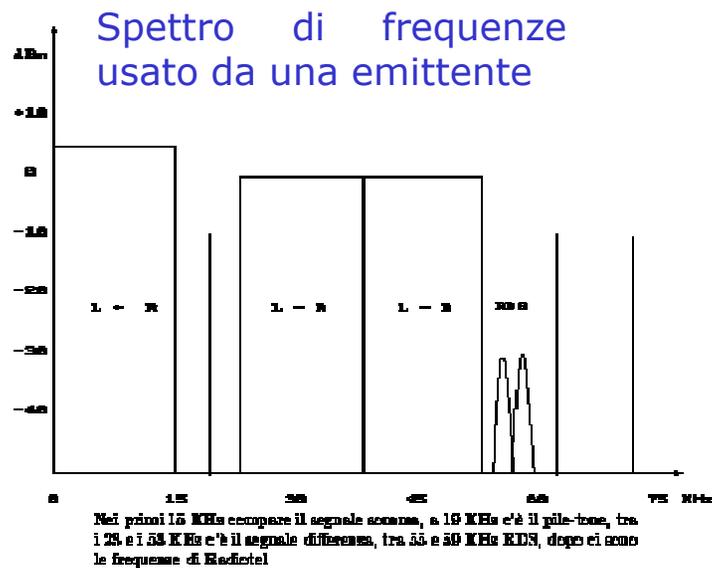
(Torna a "La radio a modulazione... 1")



(segue)

La radio a modulazione di frequenza (3)

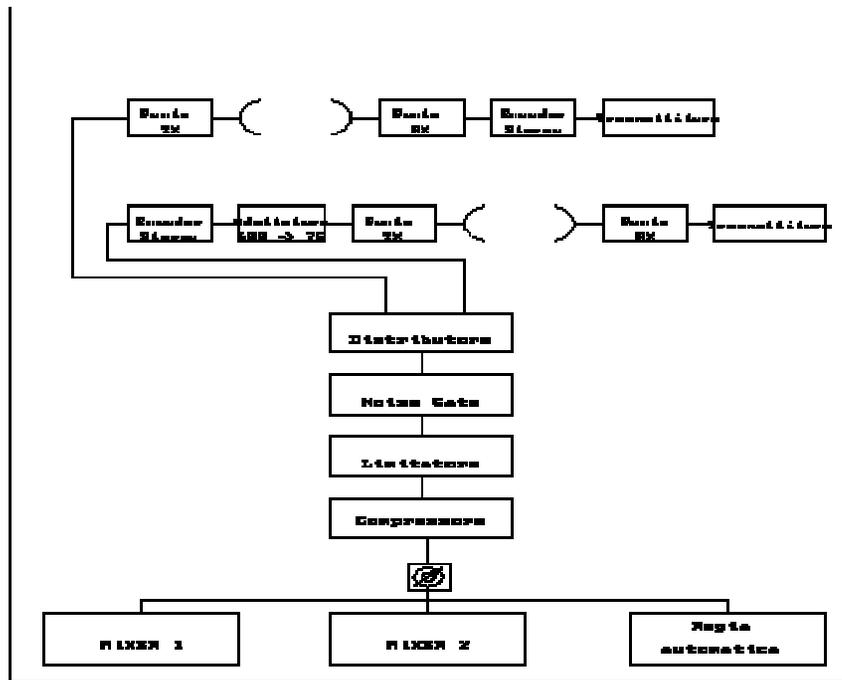
Nella figura è illustrato l'utilizzo della banda di una stazione emittente, e la figura indica lo spettro di frequenza reale misurato.



(Torna a "La radio a modulazione... 2")

Schema a blocchi (1)

In quel che segue si cercherà di dare una panoramica qualitativa del funzionamento dei vari blocchi costituenti una stazione emittente a modulazione di frequenza di tipo di quella utilizzata per le nostre prove.



Schema a blocchi della emittente radiofonica Nuova Radio Parma. Lo schema della radio è illustrato in figura. I segnali audio vengono ricevuti attraverso uno dei due mixer o la regia automatica, essa viene usata per trasmissioni in assenza di operatore, ed è composta da alcuni registratori a nastro pilotati da un'unica unità che mette in onda, secondo una precisa scaletta, le incisioni (musica, pubblicità...). I due mixer sono simili e costituiscono il *cuore* dell'emittente per quanto riguarda la composizione del segnale audio; hanno 16 ingressi e 5 tipi di uscita. In ingresso sono due i tipi di segnali, i segnali *di linea* provengono da registratori, Compact Disk, ... ed hanno ampiezza di 0 dBm equivalenti a $2,2 V_{pp} = 0,77 V_{EFF}$.



(Torna a "LA RADIO TRASMITTENTE")



(segue)

Schema a blocchi (2)

Perché il segnale differenza possa venir spostato nella zona superiore della banda permessa, esso modula una sottoportante di 38 KHz, il segnale viene ad occupare una banda di frequenze da 23 a 53 KHz. I segnali provenienti da microfono e giradischi sono molto più deboli ($5''10 \text{ m V}_{pp}$) e presentano, pertanto, problemi di rumorosità più marcati che si risolvono interponendo delle particolari schedine che eliminano le esse *sibilanti*, amplificano il segnale opportunamente e interdicono il microfono se non si supera un livello opportuno di segnale (questo è utile soprattutto se si hanno molti microfoni accesi contemporaneamente, come avviene nei dibattiti e nei concerti). Un altro espediente usato per ridurre i rumori è quello di utilizzare canali bilanciati, cioè cavi in cui il segnale viaggia non su due fili (segnale e riferimento), ma su tre fili. I disturbi si eliminano perchè, al contrario del segnale effettivo, si propagano in opposizione di fase sui due fili, e quindi, sommando con un operazionale i due segnali il rumore si elide. Per ogni ingresso del mixer si hanno 4 livelli di equalizzazione, uno sulle frequenze basse, uno sulle alte frequenze, e due, chiamati parametrici, in cui si regola la frequenza da equalizzare e l'intensità. Altre possibilità sono offerte dal mixer, come, per esempio, quando si ricevono le telefonate in diretta dai radioascoltatori: ad essi deve tornare solo l'audio dello speaker e non l'uscita totale del mixer; particolari uscite provvedono a questo. Non ci soffermiamo oltre nella descrizione del mixer anche se la materia trattata, richiederebbe un più ampio spazio; diciamo solo che i suoni miscelati dall'operatore sulla *console* escono in una uscita in forma bilanciata.



(Torna a "Schema a blocchi 1")



(segue)

Schema a blocchi (3)

Le uscite dei mixer e della regia automatica sono convogliate in un commutatore meccanico che collega il canale voluto al *limitatore e compressore* che hanno lo scopo, il primo, di *tosare* i segnali superiori ad un certo livello imposto dalle caratteristiche del ponte di trasmissione. Il suo intervento deve essere il più breve possibile, per non creare distorsioni eccessive in ricezione. Il suo intervento deve essere il più breve possibile, per non creare distorsioni eccessive in ricezione. Il compressore non è altro che un amplificatore a guadagno variabile, in cui è fissato il livello di soglia massimo raggiungibile; è imposto anche il tempo di intervento e di rilascio. I segnali audio, in questo modo trattati, passano attraverso un circuito, *noise gate*, che cerca di eliminare i rumori che si sono creati durante il trasporto del segnale. A questo punto, il segnale giunge ad un distributore che divide il segnale dirigendolo ad un ponte a microonde per inviarlo al ripetitore sul monte Canate, dove si ha il demiscelatore per la ricostruzione dell'audio, l' *encoder stereo* ed il trasmettitore per servire la pianura. Un secondo segnale va all' *encoder stereo* per costruire il segnale composto, in cui si ha il segnale somma, il segnale differenza e la nota a 19 KHz. Il segnale così costruito viene passato ad un adattatore di impedenza per poterlo iniettare sul trasmettitore a 12 GHz che ha una impedenza di ingresso di 75 ohm, invece dei 600 ohm usati dai vari componenti finora. Il segnale ricevuto da quest'ultima stazione viene irradiato sulla città.



(Torna a "Schema a blocchi 2")

FINE PRESENTAZIONE

**Grazie della Vostra
cortese attenzione**