

Appunti per sostenere l'esame da radioamatore.

" Parte Sesta "

**(Amplificatori-Oscillatori-Modulazione AM-FM-PM-SSB-
Alimentatori-Circuiti integrati-RX generico-TX generico-Stadio
finale lineare)**

Di IU5HIV , Maurizio Diana

AMPLIFICATORI

-AMPLIFICATORE CON EMETTITORE, SOURCE O CATODO COMUNE :viene usato per amplificazioni elevate su valori di impedenza abbastanza alti ,il suo è esteso sia agli amplificatori di tensione che di potenza.

-AMPLIFICATORE CON BASE,GRIGLIA O GATE COMUNE: molto stabile ,viene usato per frequenze molto alte per le quali l'effetto della capacità ingresso/uscita sarebbe intollerabile .Oltre che come amplificatore di tensione viene usato anche come amplificatore di potenza a RF .

-AMPLIFICATORE A COLLETTORE COMUNE(o inseguitore di emettitore),CATODO O SOURCE: è usato come adattatore d'impedenza p separatore, esso permette di adattare un carico di valore molto basso(collegato all'uscita) ad un generatore di impedenza molto alta(applicato all'ingresso) senza che quest'ultimo ne venga inadeguatamente caricato e senza che ne derivi una sostanziale attenuazione di tensione, come invece succederebbe adottando un normale trasformatore.

-IMPEDENZA DI INGRESSO :l'impedenza d'ingresso di un amplificatore è l'impedenza vista dalla sorgente di segnale quando viene collegata ai suoi terminali d'ingresso .Se è un amplificatore a valvole la sua impedenza(per la classe A) è data dalla reattanza della sua capacità d'ingresso ; se invece la valvola è pilotata fino alla regione della corrente di griglia, in parallelo a quella reattanza c'è anche una componente resistiva il cui valore è dato da V^2/P , dove V è la tensione di pilotaggio e P la potenza assorbita dalla griglia. Idem per i FET trattandosi di un altro tipo di

dispositivo comandato in tensione. Con amplificatori a transistori a giunzione la componente resistiva è sempre presente con bassi valori d'impedenza all'ingresso.

-IMPEDEZZA DI USCITA: l'impedenza di uscita di un amplificatore consiste nel valore della resistenza di carico shuntata dalla capacità d'uscita(per le valvole)e dalla resistenza equivalente di conduzione per i transistori e i Fet.

-IMPEDEZZA CIRCUITI RISONANTI A RF: nei circuiti risonanti a RF le impedenze di ingresso e uscita sono resistenze pressoché pure ,in quanto le componenti reattive si compensano entrando a far parte dei parametri di risonanza.

-TIPI DI AMPLIFICATORI: a R/C , L/C , RF, A PIU' STADI. In quelli a più stadi il guadagno per un singolo stadio è di massimo un centinaio per un FET o un Triodo, massimo un paio di centinaia per un Pentodo e poco più di un paio di centinaia al massimo per un transistor bipolare a giunzione. Ciascun stadio è accoppiato al precedente e al seguente tramite un condensatore la cui capacità deve essere dimensionata come un cortocircuito per i segnali in gioco e per isolare gli stadi in tensioni e polarizzazioni; le varie impedenze non devono disturbarsi tra di loro ,ovvero la R d'ingresso di ogni stadio deve caricare il meno possibile quella d'uscita dello stadio precedente per non modificarne amplificazione e risposta.

-AMPLIFICATORE TIPO DARLINGTON(Tipica dei transistori bipolari a giunzione): si dice che due transistori sono in connessione Darlington quando la corrente di emettitore del primo è anche la corrente di base del secondo essendo i due collettori collegati fra di loro .E' un amplificatore a emettitore comune il cui guadagno complessivo β (o HFE) è dato da $\beta_1 \times \beta_2$; è a elevato valore di amplificazione di corrente; ha una resistenza d'ingresso elevata; viene tipicamente usato negli stadi di potenza di amplificatori audio e stabilizzatori di tensione.

-AMPLIFICATORE DIFFERENZIALE: si ha quando è dotato di due ingressi ed un'uscita, il guadagno di ciascun ingresso è uguale all'altro ma di fase opposta ,per questo uno degli ingressi viene chiamato invertente e l'altro non invertente; è un circuito molto importante nel campo della strumentazione e della maggior parte dei circuiti integrati. In un amplificatore operazionale invertente il segnale in uscita viene sfasato di 180° rispetto a quello di entrata, non invertente invece rimane in fase.

-AMPLIFICATORE CASCODE: è un circuito costituito da due amplificatori(a triodo) collegati in cascata .Il primo è un emettitore a massa e il secondo una base a massa

.Risulta molto stabile e adatto in VHF con guadagno complessivo pari o superiore a quello di un catodo a massa.

-AMPLIFICATORE PUSH-PULL(o in controfase/opposizione di fase): visto che nelle varie classi di funzionamento mano a mano che ci si sposta dalla A alla C il segnale d'ingresso viene ritrovato in uscita di volta in volta dimezzato o di più, per ovviare ed avere in uscita fedelmente riprodotti gli ampi segnali d'ingresso si usano due dispositivi collegati in modo che ,allo stesso carico ,uno dei due fornisca una semionda del segnale applicato e l'altro fornisca l'altra semionda.

-NOTE: raddoppiando la tensione del segnale all'ingresso di un amplificatore in classe B ,la potenza di uscita si quadruplica perché varia col quadrato del potenziale di griglia .Gli amplificatori in classe C sono tipicamente usati per amplificare segnali in CW .

OSCILLATORI

-A REAZIONE(o retroazione): sono circuiti che generano i segnali e che determinano la frequenza su cui funziona un ricevitore o trasmettitore ,uno strumento di misura .Sono una particolare versione di amplificatori dove un'opportuna percentuale del segnale d'uscita dal dispositivo di amplificazione viene riportata indietro ,quindi in retroazione ,all'ingresso dello stesso dispositivo in modo tale che una volta riamplicata vada a sommarsi al segnale presente ,ovvero ne sia in fase.

Si può anche dire che un oscillatore è un amplificatore che si autopilota ,cioè è autoeccitato.

-OSCILLATORI LC: ci sono diversi tipi circuitali tra cui: oscillatore Meissner ,Hartley , Colpitts .

-OSCILLATORI A CRISTALLO(Quarzo): hanno frequenza di oscillazione stabile, equivalenti a un circuito LC ma con un Q elevatissimo tra le 10.000 e 100.000 volte e oltre. In un circuito a cristallo la frequenza alla quale sono uguali le reattanze X_c e X_l è la cosiddetta risonanza serie e corrisponde alla sua frequenza naturale di oscillazione .Invece a frequenza appena più alta la reattanza del ramo serie diventa leggermente induttiva ed eguaglia quella di C_p , in questo modo si dice che il quarzo funziona in risonanza parallelo .Sopra i 20 MHz (che è la frequenza massima di

risonanza del cristallo) si utilizzano oscillatori in armonica ,ovvero moltiplicatori di frequenza .L'armonica più usata è la terza ma si usa anche la quinta e settima (sono detti anche oscillatori overtone).

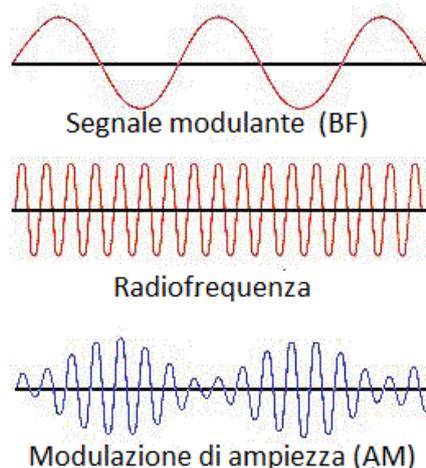
-OSCILLATORI RC: usati nei casi in cui la frequenza di oscillazione sia bassa ,in genere sotto i 100kHz.Fra i vari tipi quello a doppio T e Multivibratore(col quale si ottengono segnali a dente di sega).

-OSCILLATORI MOLTIPLICATORI DI FREQUENZA(ad armonica): operano in classe C e generano armoniche .Sono duplicatori di frequenza a livelli di potenza anche elevati di circa il 50% e triplicatori di circa il 30%. Gli stadi in controfase attenuano fortemente le armoniche pari mentre hanno una discreta uscita sulle dispari ,specie sulla terza. Un elevato rendimento sulla seconda armonica si ottiene con un particolare circuito detto push-pull .

Pure un semplice diodo ,data la sua caratteristica di condurre su mezzo ciclo e interdizione sull'altro mezzo ciclo, costituisce un discreto moltiplicatore di frequenza in quanto la sua caratteristica di conduzione ,specie per segnali di una certa ampiezza ,è fortemente non lineare.

MODULAZIONE DI AMPIEZZA(AM o DSB)

In AM un segnale ad audiofrequenza (BF) ottenuto tipicamente da un microfono va a modulare(cioè ad imprimere il suo stesso ritmo di variazione) l'ampiezza di un'onda sinusoidale a radiofrequenza, tale segnale mantiene inalterata la frequenza e la fase



La frequenza più alta varia i suoi parametri al ritmo di quella più bassa .L'ampiezza della portante (RF) varia al ritmo della modulante a (BF).

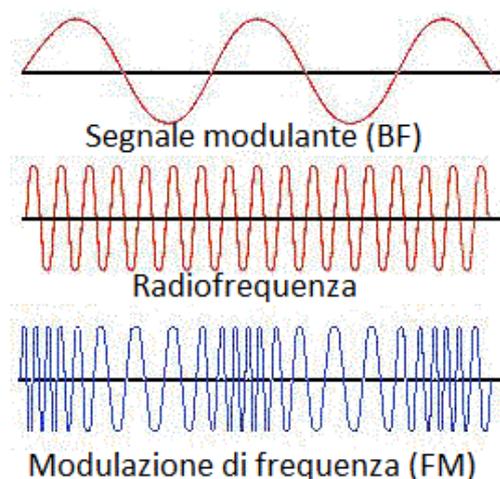
L'AM è caratterizzata dalla presenza della portante e di due bande laterali simmetriche. Dato che l'informazione del segnale è tutta contenuta in ognuna delle bande laterali si può sopprimere sia l'altra banda laterale che la portante volendo, ottenendo così la SSB .

-PROFONDITA' DI MODULAZIONE: la profondità di modulazione è data dal **rapporto** $m\% = V_m/V_p$ ed è la percentuale di modulazione, può variare tra 0(0%) e 1(100%), sopra il 100%(1) si ha il fenomeno della sovr modulazione. Se la profondità di modulazione ,ad esempio ,viene ridotta dal 100% al 50% la potenza irradiata si riduce del 25% .

-DEMODULAZIONE O RIVELAZIONE: consiste nell'estrazione da un'onda a RF modulata dell'informazione audio (o di altra natura) a questa sovrapposta .Il rivelatore più classico ed elementare è quello a diodo ,composto da un diodo più un circuito RC con costante di tempo opportunamente scelta.

MODULAZIONE DI FREQUENZA(FM) E DI FASE (PM)

Nella FM l'ampiezza del segnale resta costante mentre è la frequenza a variare al ritmo del segnale audio modulante(BF) e con essa pure la fase.



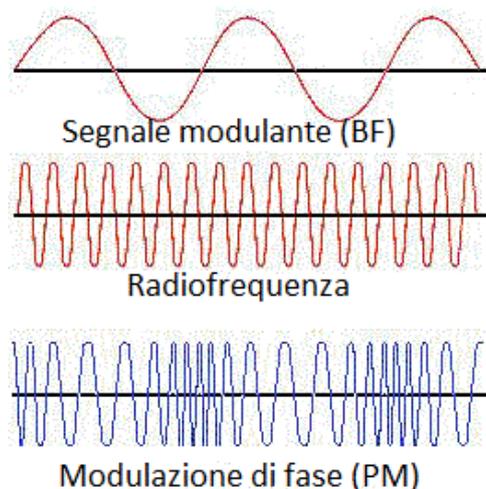
La sua banda passante è superiore a quella AM(a causa di elevato numero di frequenze laterali)però è molto meno sensibile ai rumori e ai disturbi di tipo impulsivo. La sua variazione di frequenza è modesta e corrisponde all'ampiezza delle

sue bande laterali .Se ad esempio un circuito che genera una portante a 8 MHz ha la sua frequenza spostata(a causa della modulazione) fra 7995 e 8005 kHz vuol dire che la sua deviazione è di + o – 5kHz quindi **l'indice di modulazione = deviazione portante/frequenza modulante** ,pertanto nell'esempio di sopra se la deviazione di 5kHz corrisponde a una frequenza audio(BF) di 1kHz **l'indice di modulazione sarà: $im= 5000/1000 = 5$** . Sulle bande radiantistiche è normalmente autorizzata(data l'ampiezza di banda occupata) solo il tipo di FM (o PM) a banda stretta (NBFM).Più l'indice di modulazione è basso e più la banda laterale più importante(la seconda) risulta attenuata, nel contempo indici di modulazione bassi comportano efficienze di modulazione scarse. La pre-enfasi viene usata in FM.

-CIRCUITI DI MODULAZIONE: può essere quello a reattanza con circuito LC, ma quello che interessa per le nostre apparecchiature è quello nella versione di oscillatore Colpitts a cristallo di quarzo.

-CIRCUITI DI RIVELAZIONE: discriminatore Foster-Seeley che alla portante o frequenza centrale produce un'uscita zero ,mentre ai lati di essa fornisce una tensione di polarità e ampiezza dipendente dalla direzione e dall'entità dello spostamento di frequenza(e non quindi dell'ampiezza) del segnale.

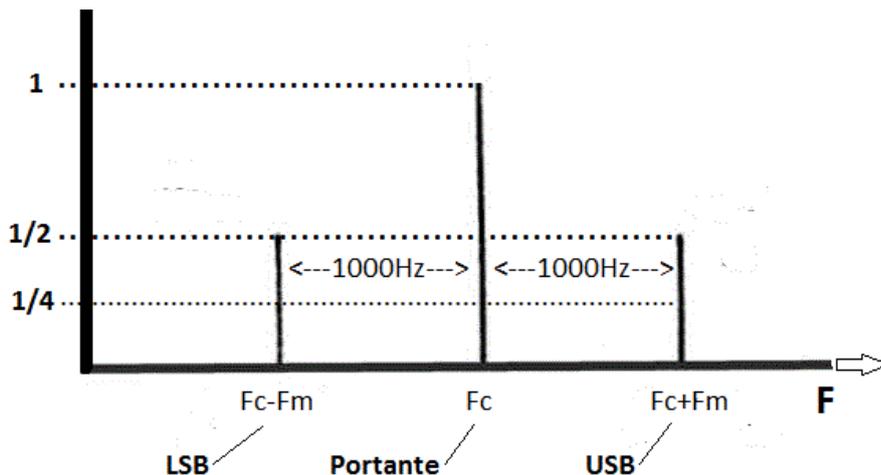
-MODULAZIONE DI FASE(PM):l'unica differenza tra FM e PM è che nella FM la deviazione di frequenza è proporzionale solo all'ampiezza del segnale modulante, per la PM invece la deviazione di frequenza è proporzionale sia all'ampiezza che alla frequenza del segnale audio.



MODULAZIONE A BANDA LATERALE UNICA (SSB)

Si utilizza una sola banda laterale, per convenzione in ambito radioamatoriale generalmente dai 7MHz compresi in giù si utilizza la LSB e sopra i 7MHz la USB.

-RAPPORTI DI POTENZA TRA PORTANTE E BANDE LATERALI: La tensione in ciascuna banda laterale è la metà di quella a RF e la potenza in ognuna delle bande laterali è $\frac{1}{4}$ di quella della portante.



Esempio di modulazione al 100% di una portante da parte di una singola nota a 1000Hz con percentuale di modulazione $m=1$ (cioè tensione modulante uguale a quella della portante e quindi suddivisa metà in una banda e metà nell'altra). La potenza complessiva presente sulle due bande laterali è il 50% della potenza della portante.

-MODULATORE BILANCIATO: serve a manipolare la portante a RF e l'informazione audio (BF) in modo da rendere disponibile all'uscita ambedue le bande laterali ma non la portante a RF. Un esempio di modulatore bilanciato è quello ad anello di diodi simmetrico e bilanciato in maniera tale che in presenza della sola portante a RF non si abbia in uscita nessun segnale in quanto i diodi risultano come interruttori N.A. che vengono azionati (chiusi) solo dal segnale modulante e al suo ritmo in uscita si hanno le due bande laterali (in questo circuito il segnale audio è applicato in push-pull, ovvero controfase, il segnale RF in parallelo e l'uscita di nuovo in push-pull). È di tipo passivo, si presta bene per applicazioni su larghe bande di frequenza ma presenta una certa perdita di segnale, sui 6-10 dB circa.

-MODULATORE BILANCIATO A FET: è sempre bilanciato in quanto sia l'audio che la portante sono applicati separatamente e simmetricamente.

-FILTRI ELIMINA BANDA (a cristallo): dopo l'uscita dal modulatore per eliminare/attenuare una delle due bande laterali servono appunto circuiti accordati

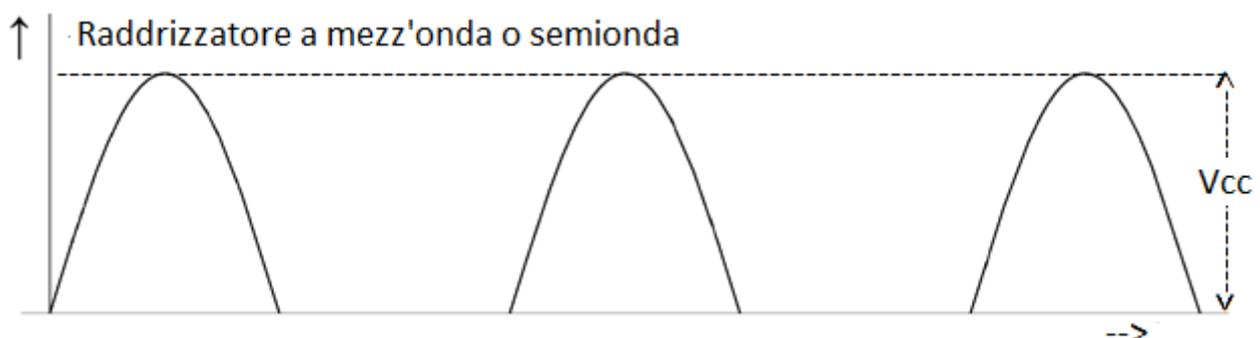
sulla banda laterale che vogliamo conservare con caratteristiche elevate non facilmente ottenibili da circuiti accordati convenzionali bensì solo da filtri a cristallo.

-RIVELATORI A PRODOTTO: in questo circuito la sua uscita corrisponde in qualche modo al prodotto dei due segnali entranti, il segnale SSB di una banda laterale più una portante sostitutiva di quella originaria che viene fornita dal BFO(Beat-Frequency-Oscillator : oscillatore a frequenza di battimento) e la mancanza di uno dei due segnali provoca l'assenza di qualsiasi segnale audio all'uscita. Questi rivelatori a prodotto possono essere costituiti da diodi(ovvero passivi) o da mosfet(ovvero attivi).

ALIMENTATORI

Tutti i dispositivi bisognosi di alimentazione (valvole o transistor che siano)devono operare in CC, sia se sono necessari pochi o migliaia di volt di tensione. Se questa tensione viene prelevata dalla rete di luce bisogna prima trasformarla al valore di tensione richiesto(sia più alto che più basso)e poi convertita in tensione continua.

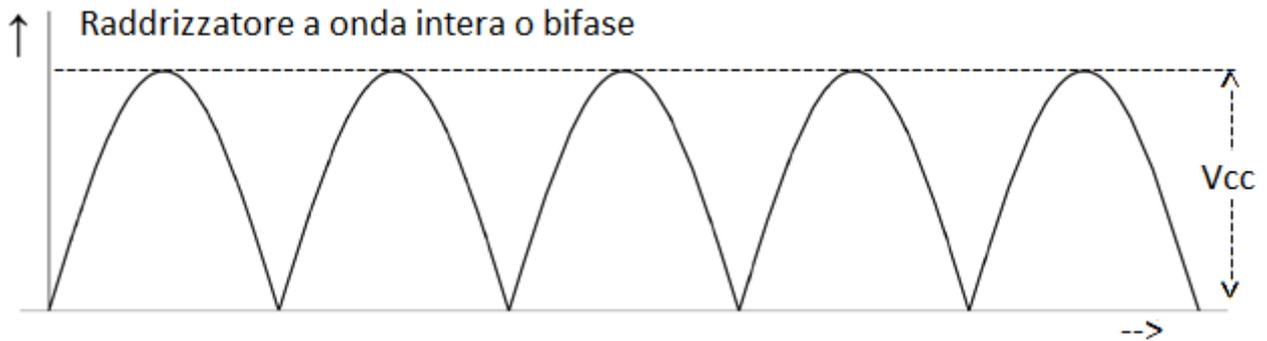
-RADDRIZZATORE A MEZZ'ONDA O SEMIONDA: basta un diodo, è la più semplice versione di rettificatore e rende disponibile in uscita una sola delle semionde(quella positiva) del segnale sinusoidale di partenza.



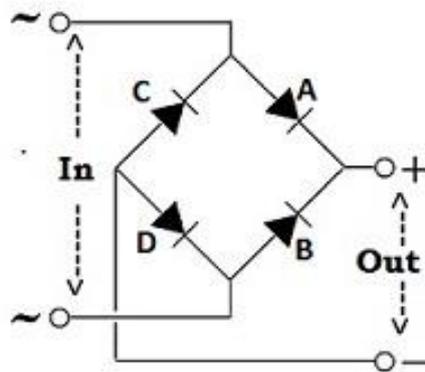
Misurando con un voltmetro la tensione in uscita ,lo strumento sentendo solo la metà del segnale(visto che misura il valore medio) ovvero per metà del ciclo, darà un'indicazione pari a metà del valore previsto, cioè 0,318 la tensione di picco anziché 0,636 .

-RADDRIZZATORE A ONDA INTERA O BIFASE: formato da due diodi da in uscita la disponibilità di tutte e due le semionde in quanto una delle due semionde viene raddrizzata e allineata con l'altra .Durante metà del ciclo conduce un diodo e

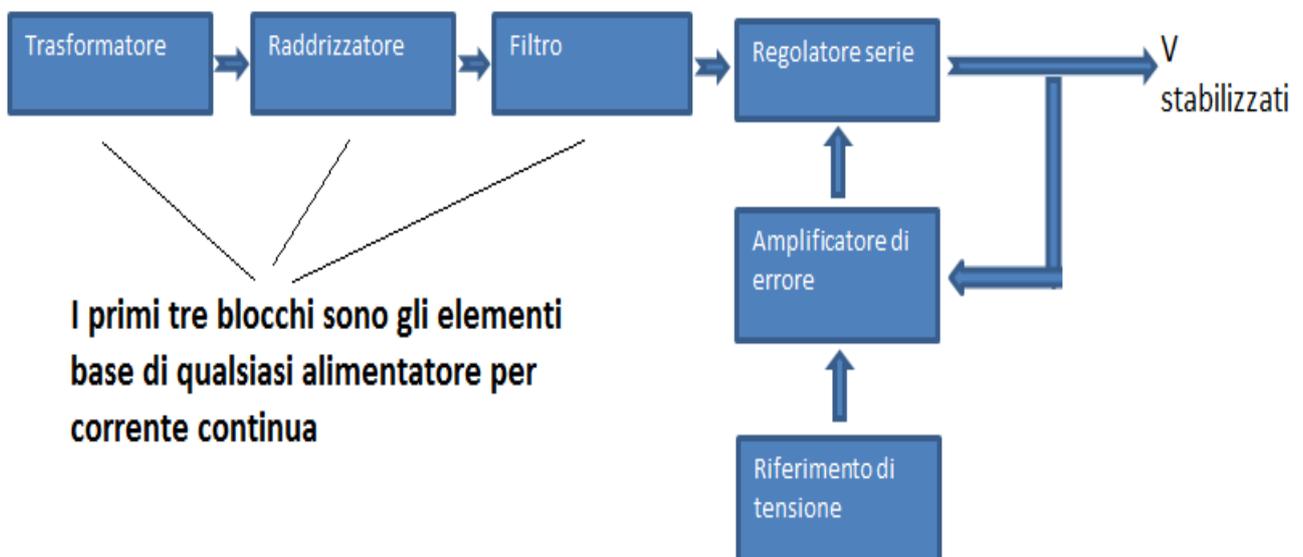
durante l'altra metà del ciclo conduce l'altro diodo e misurando avremo in uscita un valore pari all'intero valore medio.



-RADDRIZZATORE A PONTE(di Graetz): formato da un ponte di quattro diodi, funzionante anche questo a onda intera, quando arriva il ciclo positivo conducono i diodi A e D ,quando arriva il ciclo negativo conducono i diodi B e C .



-SCHEMA A BLOCCHI:



-DUPLICATORI DI TENSIONE: sono circuiti raddrizzatori che sfruttando le caratteristiche dei condensatori eseguono al contempo un rialzo nella tensione di uscita con fattore di moltiplicazione pari ai multipli interi della tensione disponibile al trasformatore.

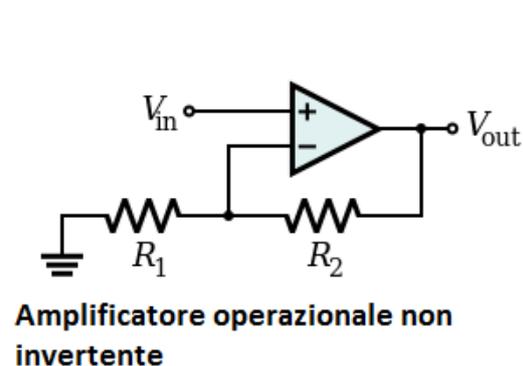
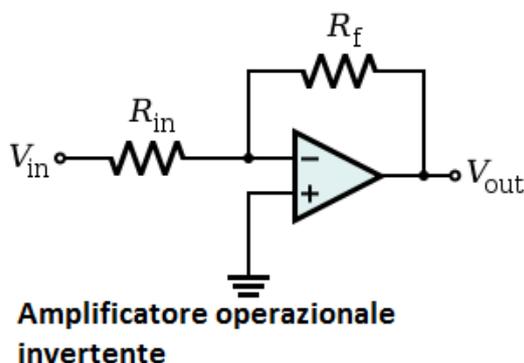
-STABILIZZATORI DI TENSIONE(stabilizzatori serie): nel caso degli Rtx per evitare slittamenti di frequenza ,distorsioni ,diminuzioni di potenza ,serve che la tensione sia stabile e questo si può ottenere inserendo negli alimentatori circuiti stabilizzatore appositi che per modeste potenze possono essere costituiti con diodi Zener più apposita resistenza limitatrice in serie alla corrente erogata ,per questi diodi i valori della tensione stabilizzata variano da 3 a oltre 100 V e la loro potenza da 400 mW ad alcune decine di Watt al massimo . Se si vogliono prestazioni migliori per potenza e stabilità si aggiunge un transistor collegato a emitter-follower.

CIRCUITI INTEGRATI

Sono microcircuiti composti da transistori/diodi messi assieme su un piccolissimo cristallo(substrato) di silicio con varie tecniche di metallizzazione e drogaggio.

-INTEGRATI LINEARI: la loro uscita è lineare, ovvero sempre proporzionale al segnale presente in ingresso.

-L'AMPLIFICATORE OPERAZIONALE: è un amplificatore differenziale ad accoppiamento diretto e alto guadagno e ha: elevata impedenza d'ingresso ,impedenza d'uscita molto bassa ,guadagno in tensione molto alto ,risposta di frequenza piatta entro tutta la banda di lavoro ,assoluta stabilità di funzionamento .Esso è costituito da: stadio d'ingresso ad amplificatore differenziale ,accoppiato direttamente in CC ,amplificatore d'uscita in controfase estremamente bilanciato ,alcuni stadi intermedi che oltre ad amplificare il segnale mantengono gli adattamenti ottimali d'impedenza.



-INTEGRATI DIGITALI: contengono circuiti di tipo logico che eseguono operazioni algebriche particolari e la cui uscita dipende dalla presenza e combinazione di particolari segnali d'ingresso senza proporzionalità con la loro ampiezza

SISTEMA BINARIO: due soli stati logici

0 = Niente → Basso → Aperto

1 = Tutto → Alto → Chiuso

Bit 0 = quando la tensione è zero

Bit 1 = quando la tensione è +5V

-OSCILLATORI RF A SINTESI DI FREQUENZA: sono fatti con circuiti integrati sia lineari che digitali combinati insieme e danno segnali RF molto stabili. Quello più usato è il cosiddetto a sintesi indiretta, nel senso che la frequenza di uscita è generata non da un oscillatore vero e proprio di opportune caratteristiche (a sintesi diretta) ma utilizzando un oscillatore variabile sintonizzato in tensione.

-IL P.L.L. (Phase-Locked Loop): ovvero anello ad aggancio di fase, è formato da

→ VCO (oscillatore a frequenza variabile controllato in tensione)

→ Divisore programmabile

→ Rivelatore di fase

→ Filtro sul controllo in retroazione

→ generatore di frequenza di riferimento

-MODEM: è un'interfaccia in grado di trasformare l'uscita analogica del Rtx in un segnale digitale da applicare all'ingresso del computer, oppure trasformare l'uscita digitale del computer in un segnale analogico per l'ingresso nel Rtx.

RICEVITORE GENERICO

I suoi parametri fondamentali sono sensibilità, stabilità, selettività.

-SELETTIVITA': separa i segnali vicino alla frequenza in esame, la misura va da -6dB a un massimo di -60dB. La protezione da canale adiacente è la capacità del ricevitore di funzionare con regolarità anche se ci sono segnali molto forti vicino alla frequenza

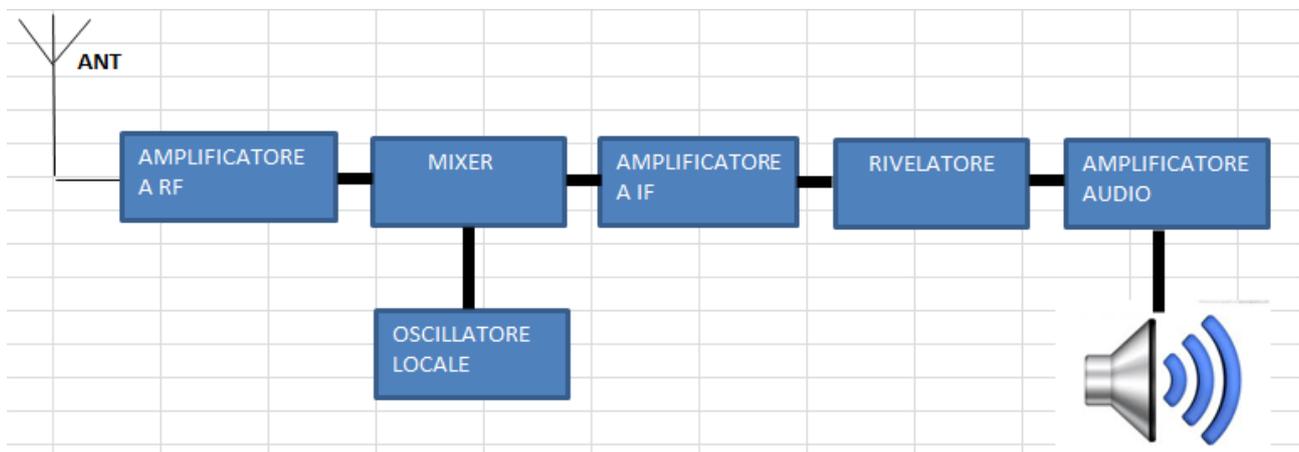
che si sta ascoltando, ovvero semplicemente è l'abilità di distinguere tra due segnali estremamente vicini l'un l'altro in termini di frequenza.

-SENSIBILITA': è la capacità di captare segnali molto deboli. Indica il livello minimo di potenza del segnale ricevuto che può essere rivelato ed è espresso o comunque dipende strettamente dal rapporto segnale/rumore.

-STABILITA': è l'attitudine a rimanere sintonizzato su un segnale fisso senza che sia necessario ritoccare periodicamente certi controlli legati alla frequenza degli oscillatori di sintonia, ovvero indica la capacità di mantenere costante nel tempo la frequenza voluta anche al variare della temperatura e dell'alimentazione.

-INTERMODULAZIONE: poiché i componenti utilizzati hanno caratteristiche di non linearità, all'uscita del ricevitore, oltre alla frequenza voluta si avranno anche altre frequenze: in questo caso si parla di intermodulazione o distorsione di intermodulazione.

-RICEVITORE CON CIRCUITO A SUPERETERODINA: A una o più frequenze intermedie MF (o IF). Converte i segnali RF ricevuti in una frequenza di valore fisso e ben definito detta MF(IF).



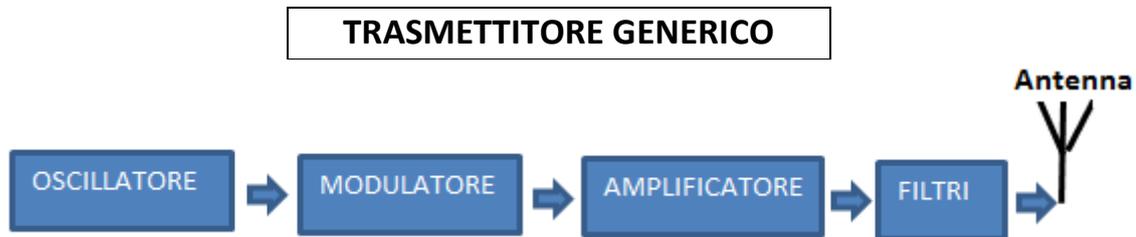
-FILTRI DI MF(IF) PER RX: per FM = 10-20kHz di banda passante; per SSB = 2-3kHz di banda passante; per CW = 500Hz; per AM = 5-6kHz

-S-METER: Misura l'intensità del segnale RF all'ingresso del ricevitore, l'entità di questo segnale può variare da frazioni di μV fino a qualche mV e misura 6dB per ogni punto di lettura, ma la linearità non è reale ed è solo per praticità che si adotta questo tipo di scala. Dopo lo S9 lo S-Meter procede di 20dB alla volta sino a 60dB. In genere si classifica i segnali sino a S5 come deboli, sino a S9 come forti, oltre S9 come fortissimi.

-SQUELCH: in assenza di segnale fa sì che la radio rimanga in silenzio senza fruscio.

-CLARIFIER: usato negli RX per correggere un tipo di voce troppo acuta o grave.

-RIT: nei ricevitori consente di spostare la frequenza di 5-10kHz .



-OSCILLATORE: genera l'onda portante sulla quale viaggerà il segnale informativo vero e proprio.

-MODULATORE: modula l'onda portante in base al segnale informativo da trasmettere sia analogico che digitale.

-AMPLIFICATORE: necessario per ovviare all'attenuazione del segnale utile introdotta dal canale di trasmissione.

-FILTRI: per eliminare le componenti indesiderate di rumore e disturbi vari.

-PARAMETRI:

-STABILITA': per far rimanere invariata nel tempo la frequenza di lavoro.

-LARGHEZZA DI BANDA: l'ampiezza dello spettro occupata dal segnale .

NON LINEARITA': se i segnali non sono elaborati uniformemente al variare della loro ampiezza si verifica una non linearità.

-POTENZA DI USCITA: è la grandezza in watt della potenza di uscita a RF dell'amplificatore ,si misura correttamente con un carico fittizio adeguato.

-INDICE DI MODULAZIONE: indica quanto un segnale è modulato per lo più in percentuale. Nelle telecomunicazioni può variare tra 0(0%) e 1(100%) ,oltre avviene il fenomeno di distorsione denominato sovr modulazione.

-XIT: nei TX consente di spostare la frequenza di 5-10kHz .

-DEVIAZIONE DI FREQUENZA: è la massima differenza tra la frequenza della portante modulata e la frequenza della portante non modulata.

-IRRADIAZIONI PARASSITE: sono emissioni su frequenze diverse da quella del segnale utile e sono prodotte dai generatori presenti o da schermature insufficienti.

-CLICK DI MANIPOLAZIONE: sono disturbi tipici della telegrafia.

-IRRADIAZIONI DELLA STRUTTURA: a causa di errori di costruzione o progettuali del TX possono manifestarsi problemi in trasmissione causati da "cabinet radiation" e cioè la struttura irradia similmente a un'antenna.

STADIO FINALE LINEARE

Stadio finale lineare

$$\text{Rendimento "N"} = \frac{\text{Potenza resa(in uscita)}}{\text{Potenza assorbita}}$$

$$\text{Potenza assorbita} = \text{Potenza perduta(dissipata)} + \text{Potenza resa(di uscita)}$$

Ovvero:

$$\text{" N " } = \frac{\text{Potenza resa(in uscita)}}{\text{Potenza resa(in uscita)} + \text{Potenza perduta(dissipata)}}$$