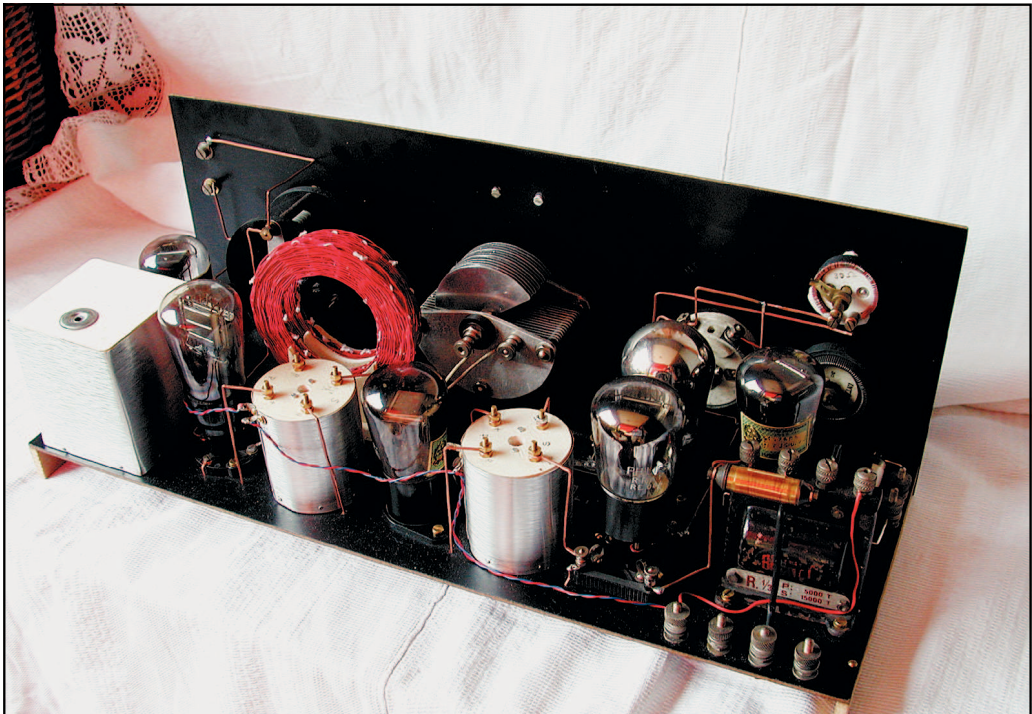


Come costruire le radio degli anni '20

*Supereterodina e Neutrodina,
(Teoria e Pratica)*



supplemento al n. 3-2004 de "La Scala Parlante"

dott. ing. Claudio Gatti

PREMESSA

Quello che leggerete in queste pagine, non può, essere pane per “tutti i denti”. Per costruire “macchine” degli anni '20 ci vogliamo, oltre a nozioni tecniche, due doti personali:

- Pazienza
- Curiosità per la ricerca della soluzione “sperimentale”

Questo perché, negli schemi di riferimento per queste “macchine” d'epoca, sono fissati solo gli elementi costruttivi di massima: il valore dei componenti non è univoco, ma risultato di prove sperimentali ed i vari stadi del progetto sono soggetti a comportamenti che dipendono spesso da fattori occasionali ed imprevedibili che vanno, con pazienza, identificati e corretti. Se non si hanno queste “predisposizioni” è meglio lasciare stare. Non di leggere (un poco di cultura non fa mai male), ma di addentrarsi nei meandri del progetto. Anche perché l'obiettivo principale non deve essere solo quello di costruire una radio che funzioni; ma, piuttosto, di realizzare una “base” per verificare soluzioni sperimentali. Una precisazione per i “puristi”: il testo vuole essere pratico e, quindi, potrà esserci, nella stesura, qualche dimenticanza sulle date o sui protagonisti. Me ne scuso in anticipo. Con queste premesse, buona lettura.

Dimenticavo: grazie a Neri e Bramanti per la paziente rilettura del testo ed i preziosi suggerimenti, da me prontamente attuati.

Indice:

Premessa

La Supereterodina

La trasmissione di un segnale

La modulazione

La conversione di frequenza

La scelta dello schema

Il cuore del problema: le bobine ed i trasformatori

Amplificatori di media frequenza

Le grandezze fisiche di riferimento

Il triodo

La favolosa bi-griglia

La realizzazione pratica

La sezione di alta frequenza

La sezione miscelatrice

La media frequenza

La rivelazione

Lo stadio di bassa frequenza

L'antenna

L'altoparlante

L'alimentazione

Le tabelle delle tensioni/correnti

Dettagli costruttivi, prove e collaudi

La Neutrodina:

Teoria e pratica

Allegati:

La conversione di frequenza

Costruzione di un avvolgitore per bobine

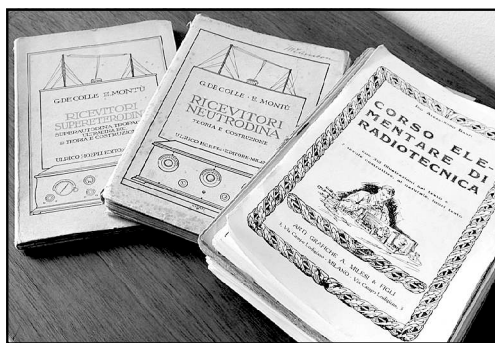
Segni convenzionali

Bibliografia

... l'obiettivo principale non deve essere solo quello di costruire una radio che funzioni ...

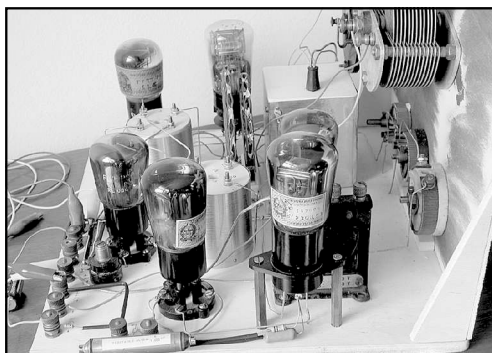
La Supereterodina

Consultando vecchi testi di radiotecnica, mi è venuta spesso la voglia di ricostruire, sulla base di uno schema interessante, delle radio d'epoca. Ho così, negli anni, realizzato radio ad amplificazione diretta oppure a reazione, quasi sempre con risultati soddisfacenti in funzione del tempo e dell'impegno dedicato. Costruire una supereterodina "d'annata" è, però, sempre stato il costante sogno nel cassetto. E questo per vari motivi: la difficoltà di disporre di uno schema collaudato; la scarsa reperibilità di componenti d'epoca in buono stato ed a prezzi accessibili; la necessità di doversi auto-costruire alcuni componenti critici come le bobine e le medie frequenze, con le caratteristiche tipiche del tempo. In definitiva la vera remora è stata la frammentaria documentazione tecnico-pratica, alla quale riferirsi per realizzare il sogno. Finalmente l'aiuto determinante mi è stato fornito dalla lettura di tre testi "sacri" della fine degli anni '20: Corso elementare di radiotecnica dell'ing. A. Banfi; Ricevitori supereterodina e Ricevitori neutrodina di G. De Colle e E. Montù.



L'interesse e l'originalità di questi testi risiede proprio nella estrema praticità della pure presente parte teorica. Infatti ho potuto rendermi conto di come si potevano auto-costruire sia le bobine di alta frequenza, sia quelle della parte oscillatrice ed i vari

trasformatori di media frequenza, attraverso suggerimenti pratici sperimentali che nascevano dalla esperienza costruttiva diretta degli autori. Poi, fatto non trascurabile, ho capito come la supereterodina poteva, anche, essere costruita con un solo stadio di media frequenza (contro i tre normalmente previsti), comunque, con risultati accettabili, ma riducendo, drasticamente, il numero dei trasformatori di media frequenza a due soli. Inoltre, dati i valori in gioco per la media frequenza (60/150 kHz) dalle indicazioni del testo risultava meno difficoltosa la realizzazione di questo elemento critico, soprattutto per quanto riguardava la precisione e la regolarità di costruzione degli avvolgimenti. I restanti componenti (pochi in verità) ed in particolare i variabili (con il dispositivo di demoltiplica) erano ormai già stati trovati su un banchetto a Vimercate: quindi non potevo che gettarmi nell'avventura per vedere come sarei riuscito a tirare fuori dal cassetto il mio sogno a lungo cullato.



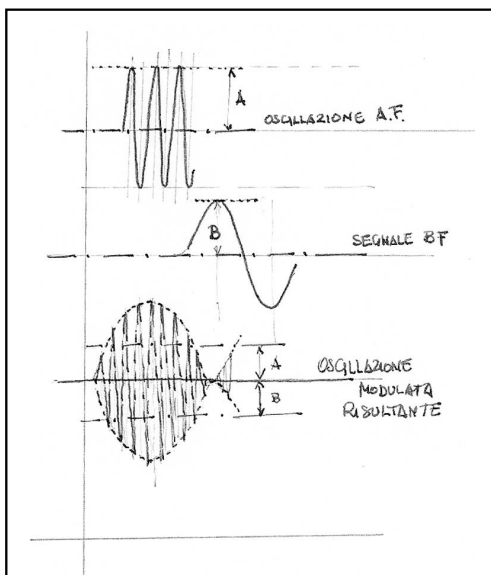
La trasmissione di un segnale

Anche se la storia della radio segna un punto importante nel suo sviluppo con la scoperta della reazione, nel testo non dedicherò spazio a realizzazioni pratiche di questo tipo di ricevitore. Va comunque detto che

la reazione è un primo passo nell'utilizzo della conversione di frequenza per migliorare le caratteristiche della ricezione. Per capire, in modo intuitivo, come funzioni questa conversione, bisogna fare un accenno a come si realizza la trasmissione dei segnali radio. Perché una informazione (segnale telegrafico, voce, musica o altro) viaggi, da un punto ad un altro, bisogna "metterla" in un contenitore (l'onda a radiofrequenza che può viaggiare nello spazio) e, quindi, variare nel tempo una delle grandezze fisiche (ampiezza del segnale, frequenza, fase) che caratterizzano l'onda stessa, facendole seguire lo stesso andamento del segnale da trasmettere.

Tale processo, mediante il quale ad una oscillazione ad alta frequenza viene impressa una oscillazione a bassa frequenza, prende il nome di **modulazione**. Qui parleremo solo di variazione della ampiezza dell'onda, cioè della sua **modulazione in ampiezza**. È importante, anche, ricordare che una buona ricezione musicale non è possibile con uno spettro acustico troppo ridotto: alcuni strumenti non sarebbero distinguibili o addirittura sfalsati nel tono. Quindi l'informazione contenuta in un'onda acustica (normalmente non sinusoidale pura) può essere

rappresentata, in prima approssimazione, da un involuppo di onde sinusoidali: un'onda **fondamentale** e delle **armoniche**. Quelle a più bassa frequenza contengono una notevole parte della informazione, mentre quelle a frequenza più elevata, non portano un contributo sensibile e possono essere, normalmente, trascurate.



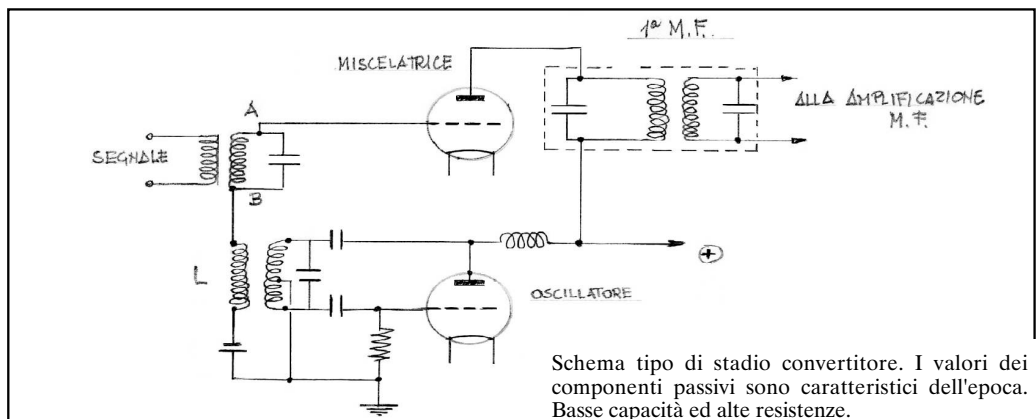
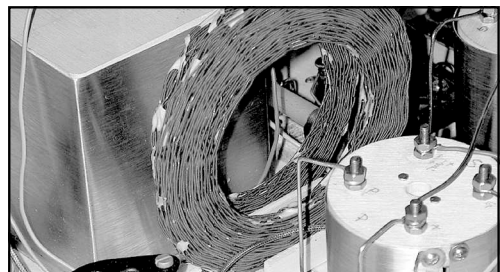
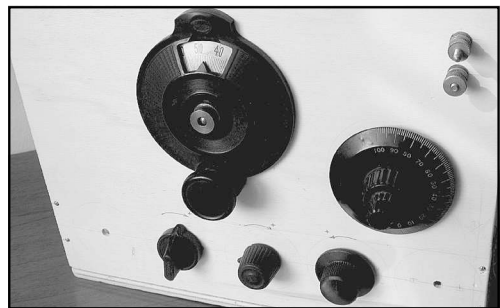
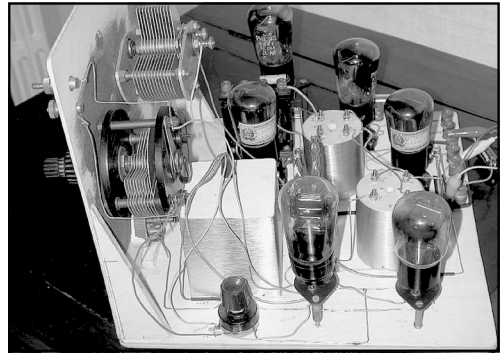
La modulazione

La modulazione di ampiezza, definita in termini elementari, consiste nel fare variare la potenza a radio frequenza di uscita di un trasmettitore in modo dipendente dall'informazione da trasmettere. Un'onda acustica, lo ripetiamo, è periodica ma quasi mai sinusoidale. Tuttavia, grazie all'applicazione di un procedimento analitico, chiamato sviluppo di Fourier, essa equivale ad una serie di onde sinusoidali armoniche, di frequenza crescente e multipla dell'onda fondamentale, essa pure sinusoidale. È importante sottolineare come l'operazione della modulazione non sia un semplice processo

di addizione di due onde sinusoidali. Infatti in questo caso le due onde continuerebbero a manifestarsi singolarmente ed un semplice filtro (un condensatore) potrebbe eliminare una delle due. La modulazione impone, invece, una operazione specifica per estrarre dall'onda modulata, l'onda modulante. Il processo mediante il quale dall'oscillazione modulata viene estratto il segnale di bassa frequenza, si dice **rivelazione** o, più raramente demodulazione. Va inoltre tenuto presente come, la cosiddetta modulazione, si manifesti quando le due frequenze in gioco (portante e modulante) sono molto differenti tra loro.

Ma, in pratica, come si effettuava ed ancora si opera, sia pure con mezzi più moderni, per modulare un segnale? Riporto un breve brano del libro di Montù (**Radiotecnica** ed.1946).

“Il dispositivo che serve a convertire l'energia sonora in elettrica è, come tutti sanno, il microfono. In questo le vibrazioni dell'aria producono vibrazioni analoghe di un diaframma che, modificando le caratteristiche di un complesso elettromeccanico ad esso collegato permette di ottenere una tensione variabile nel ritmo della vibrazione sonora. Le tensioni così ottenute vengono generalmente amplificate sino al grado voluto mediante un amplificatore microfonico. La quantità di potenza in bassa frequenza necessaria per modulare la portante in alta frequenza dipende essenzialmente dal sistema di modulazione usato”.



Schema tipo di stadio convertitore. I valori dei componenti passivi sono caratteristici dell'epoca. Basse capacità ed alte resistenze.

La conversione di frequenza

Vediamo, ora, di mettere a fuoco un concetto base su cui si fonda il funzionamento della supereterodina: la **conversione di frequenza**. Questo argomento si basa su molte assunzioni matematiche e quindi, qui, tratteremo l'argomento prevalentemente in modo intuitivo. Nell'allegato a fine testo è, comunque, disponibile un approfondimento per chi ne vorrà sapere di più e meglio. La conversione di frequenza è, di fatto, una applicazione della rivelazione eterodina e consiste in un sistema per cambiare il valore della frequenza (f) del segnale captato dal radiorecettore, in un nuovo valore f_i (frequenza intermedia o media frequenza). Per realizzare ciò, sappiamo che occorre sovrapporre, all'oscillazione f in arrivo, una oscillazione generata localmente ed avente frequenza f_0 tale che risulti $f_0 - f = f_i$, cioè il valore della media frequenza desiderata. L'importanza della conversione di frequenza risiede nel fatto che, anche quando un ricevitore è destinato a funzionare su una ampia gamma di frequenze, qualunque sia il loro valore, esso viene sempre ricondotto al valore costante f_i in quanto, essendo $f_i = f_0 - f$ basterà, al variare di f , fare variare il valore di f_0 in modo che f_i rimanga costante. In definitiva gli stadi che seguono il convertitore di frequenza, lavorano a frequenza fissa con sostanzialmente due vantaggi: **sensibilità** costante per tutta la gamma di sintonia e **selettività**, in quanto si può ottenere per le bobine dei trasformatori di media frequenza (filtri di banda), un Q (fattore di "bontà") più elevato. Vediamo, ora, più da vicino il processo della conversione di frequenza. Un circuito di principio per la conversione è quello nella figura precedente.

Il primo triodo lavora come **oscillatore** di conversione che nel nostro caso è del tipo Hartley; esso genera una oscillazione in alta frequenza (A.F.) di valore f_0 . Questa oscillazione si trasferisce, per mutua induzione

nella bobina L_a in modo che essa (oscillazione) risulta in serie a quella di frequenza f in arrivo, proveniente dall'antenna e disponibile agli estremi A-B del circuito accordato. Ne consegue che sul circuito di griglia del secondo triodo, si ha la "sovrapposizione" delle due frequenze f e f_0 (**battimento**) che produce l'oscillazione e , cioè, la tensione di pilotaggio della griglia del tubo stesso. L'involuppo dell'oscillazione di battimento ha una frequenza $f_i = f_0 - f$ (con $f_0 > f$) e costituisce la frequenza intermedia o **media frequenza**. Può essere interessante verificare come la variazione di ampiezza di detta media frequenza è identica a quella posseduta dall'oscillazione AF in arrivo che, nel nostro esempio, risulta appunto modulata in ampiezza. Ci si può rendere conto di quanto sopra attraverso un esempio numerico. Consideriamo che l'oscillazione in arrivo abbia una frequenza $f = 1000$ kHz e sia modulata con un segnale di bassa frequenza $f_m = 2$ kHz. Si avrà (con valori in kHz.):

osc. in arrivo	osc. locale	battimento
$f + f_m = 1002$	$f_0 = 1100$	$f_0 - (f + f_m) = 98$
$f = 1000$	$f_0 = 1100$	$f_0 - f = 100$
$f - f_m = 998$	$f_0 = 1100$	$f_0 - (f - f_m) = 102$

E' così dimostrato che la oscillazione del battimento in media frequenza è ancora modulata in ampiezza con frequenza di 2 kHz. Il secondo triodo fa parte di un circuito amplificatore in AF, il quale compie, anche, la fondamentale funzione di rivelare il battimento (prima rivelazione). La corrente anodica avrà l'andamento dei diagrammi; poiché il carico anodico è costituito da un trasformatore a circuiti accordati sulla media frequenza f_i , la tensione di uscita al secondario avrà l'andamento di una oscillazione a frequenza f_i modulata identicamente a quella in arrivo.

Possiamo così delineare il funzionamento complessivo di un ricevitore supereterodina: in aggiunta a quanto già detto nelle pagine precedenti, l'oscillazione di media fre-

Caratteristiche tecniche:

Progetto: 1928 Ing. A. Banfi

Autocostruito (2003) con componenti d'epoca

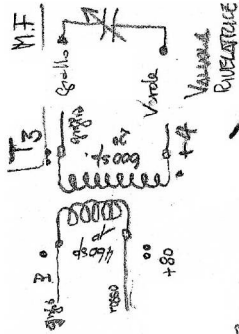
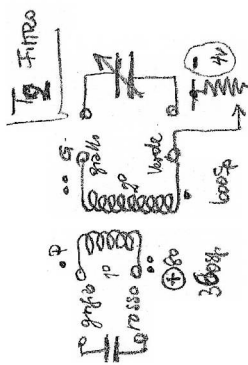
Circuito: Supereterodina (con bi-griglia)

Oscillatore: (1250-450 KHz)...M.F. 120 KHz

Valvole: n° 6

Funzioni: 1 A.F., 1 Osc./Mod., 1 M.F., 1 Rinv. 2B.F.

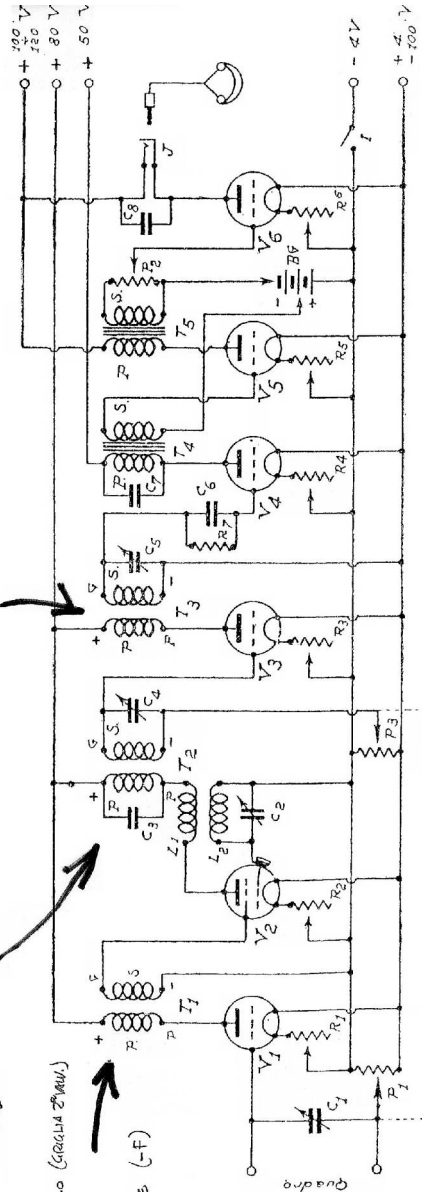
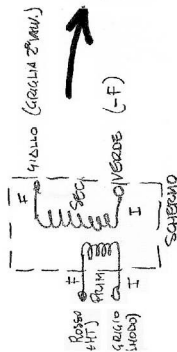
Tensioni: Fil. 4.0 volt; Anodica 67.0 e 135.0 volt.

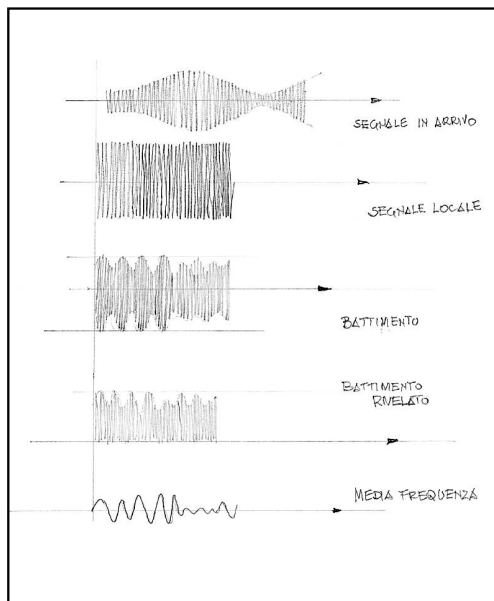


FREQU. OSC 1250 ÷ 1500 kHz

Nota:
 • Capco in bianco
 • •••• H. Batteria

TRASFORMATORE A.F. (T₁)





quenza verrà, successivamente, amplificata con stadi accordati sulla frequenza fissa f_1 , e quindi rivelata (seconda rivelazione). Infine, il segnale di bassa frequenza, opportunamente amplificato, giungerà alla cuffia o all'altoparlante.

La scelta dello schema

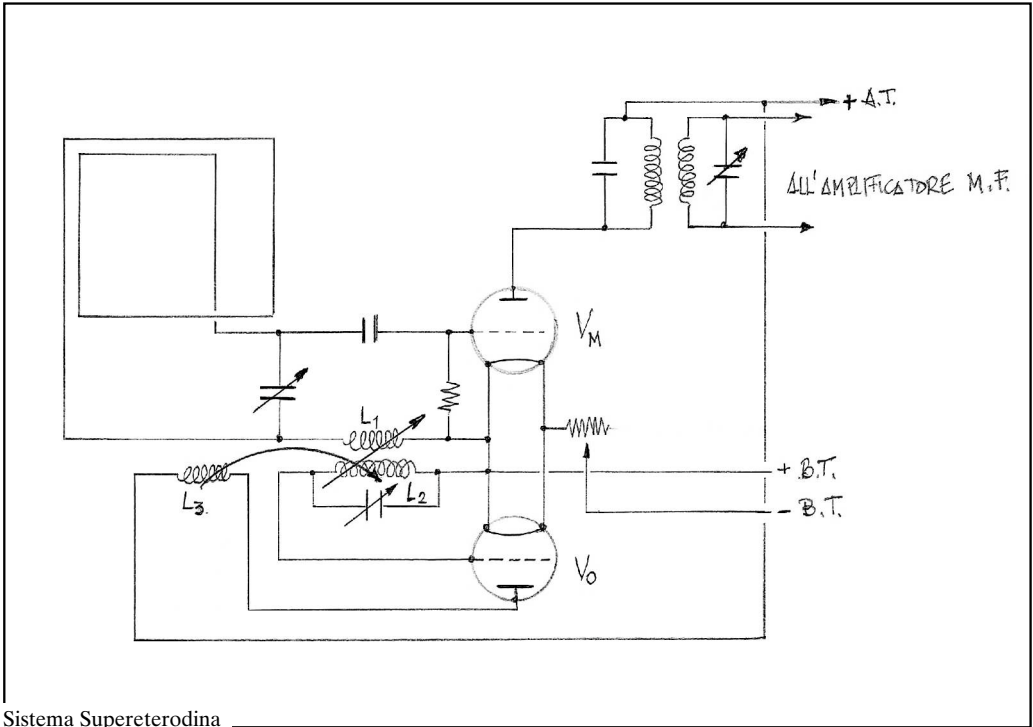
Le supereterodine della fine degli anni '20 si differenziano, nella realizzazione pratica, in base al modo con cui viene effettuato il "battimento", cioè la fusione tra il segnale in arrivo e quello generato dall'oscillatore locale. Il "padre" riconosciuto di questa diavoleria è certamente l'americano E.H. Armstrong (1918) anche se altri inventori, tra i quali alcuni europei, furono altrettanto innovativi. Sinteticamente possiamo così riassumere i principali tipi di supereterodina, caratterizzati dal tipo di circuito oscillante:

- supereterodina classica
- superautodina
- tropadina
- ultradina
- modulazione con valvola bi-griglia

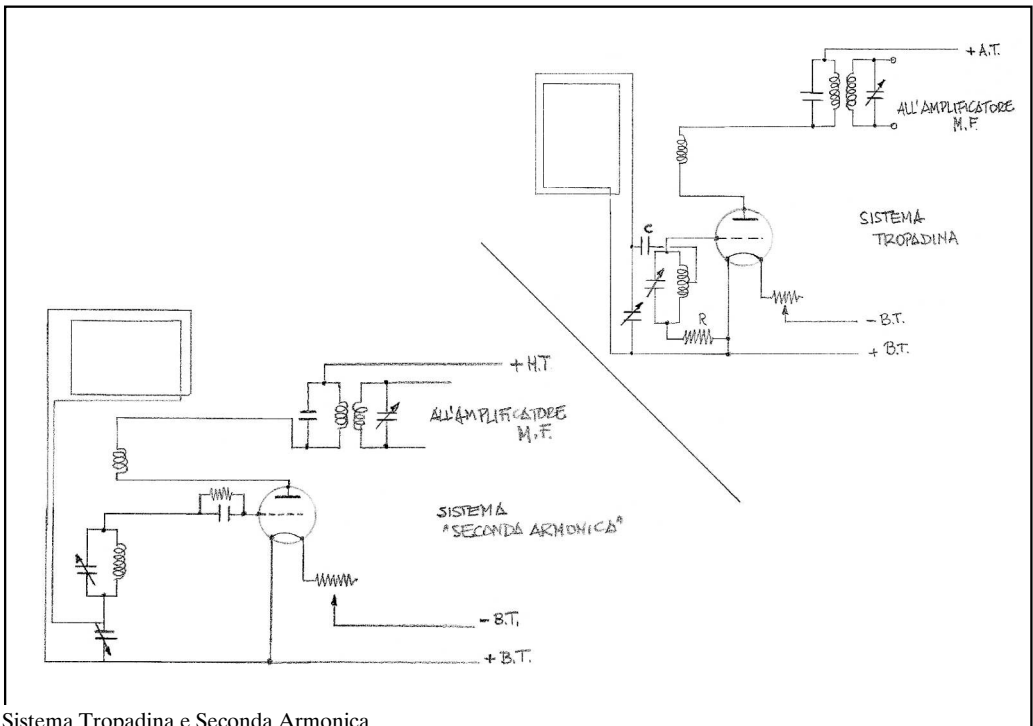
In estrema sintesi, possiamo dire che il circuito classico (supereterodina) è quello con due triodi, uno dei due produce le oscillazioni locali, mentre l'altro riceve i segnali in arrivo e rettifica i battimenti. Dal tentativo di concentrare le due funzioni (ricevere i segnali e produrre le oscillazioni locali) in una sola valvola, nasce lo schema superautodina. Le varianti in questo caso sono due: utilizzo della seconda armonica come oscillazione "base"; oppure circuito tropadina con utilizzo della frequenza fondamentale per l'oscillatore locale. Un concetto completamente diverso per la conversione di frequenza (di nuovo si utilizzano due triodi) è applicato nel circuito ultradina. In esso la placca della prima valvola, che riceve i segnali in arrivo, è alimentata (invece che da una tensione continua) dalle oscillazioni prodotte dall'oscillatore locale. La tensione anodica della prima valvola oscilla, quindi, tra valori negativi e positivi, ma solo per questi ultimi avverrà il passaggio degli elettroni e si avrà corrente di placca. Questa verrà così modulata dai segnali in arrivo nella prima valvola, producendo i battimenti rettificati. In termini concettuali, analogo è il funzionamento del circuito che utilizza la valvola bi-griglia.

A questo punto mi pare utile richiamare l'attenzione sul fatto che, nel classico circuito supereterodina, si effettuano due rivelazioni legate al principio che ciò avviene ogni volta che nel circuito si cambia frequenza di funzionamento. Abbiamo così una prima "rivelazione" (così come è identificata chiaramente sui testi anglo-sassoni) alla creazione dei battimenti ed una seconda quando il segnale si rende udibile in cuffia od in altoparlante.

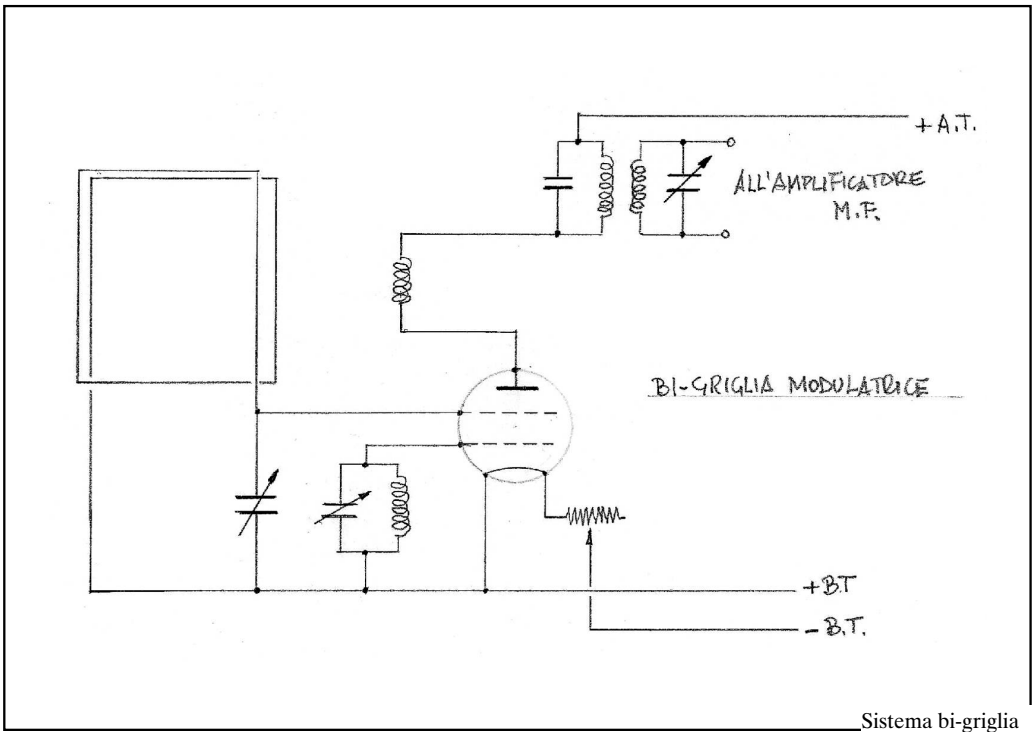
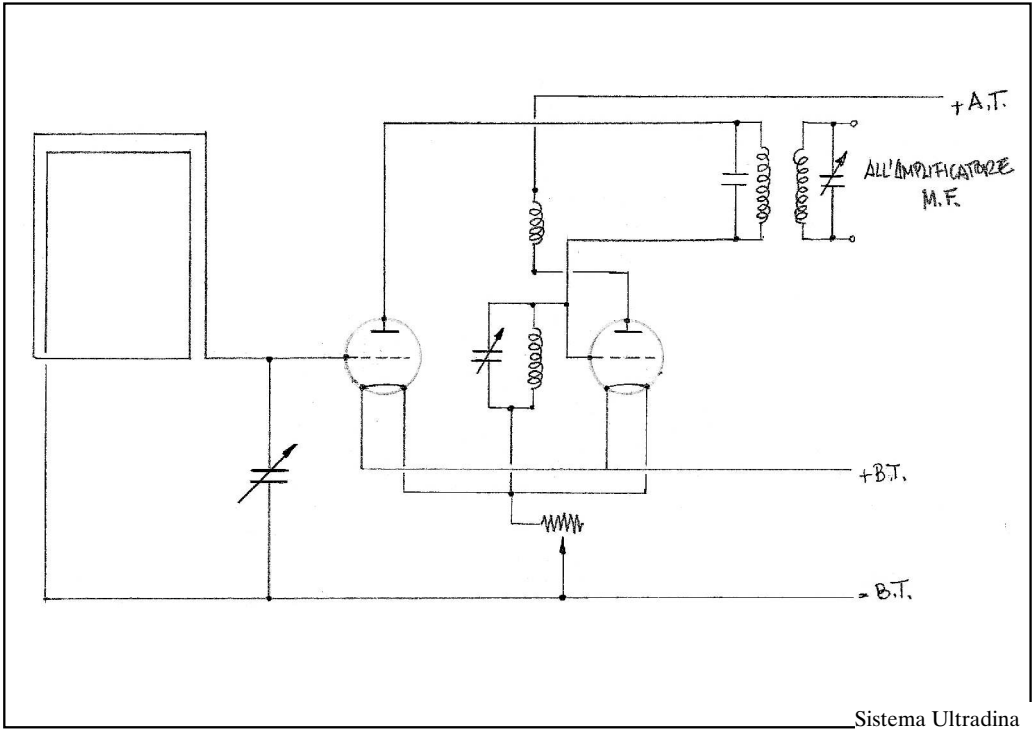
Tornando al tema dirò che, dopo diverse ed interessanti realizzazioni pratiche di oscillatori, ho trovato più conveniente scegliere uno schema basato sull'impiego di una valvola bi-griglia (le cui caratteristiche, vedremo meglio tra qualche pagina).



Sistema Supereterodina

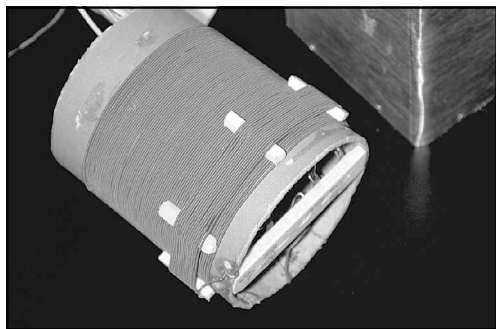


Sistema Tropadina e Seconda Armonica



Il cuore del problema: le bobine ed i trasformatori

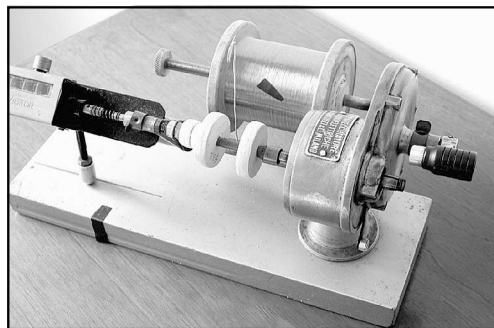
In effetti il primo problema che mi sono trovato ad affrontare è stato quello o di trovare tutto già fatto oppure, costruire le varie induttanze ricercando valori ed accorgimenti costruttivi tra le pagine dei libri “storici”. Ho scelto questa seconda soluzione non solo per motivi economici, ma anche per la curiosità di ripercorrere strade del sapere in parte dimenticate. Il filtro di alta frequenza (T_1) è costruito su un semplice tubo di cartone (diam.70mm), con l'avvolgimento primario di sole 15 spire, avvolte sovrapposte al secondario (60 spire filo 0,4 copertura seta) sul lato “freddo” (massa).



Questo componente è importante perché opera da filtro di ingresso del ricevitore, garantendo una buona selettività ed un certo guadagno in funzione della maggiore o minore precisione nella sua costruzione. Il diametro del filo, in pratica, non è critico; un poco di esperimenti permetterà, per tentativi, di trovare la soluzione più adatta. Una variante può essere: 30 spire di primario e 120 di secondario.

Altro discorso per il gruppo oscillatore. Qui la scelta è più critica per gli effetti induttivi che si possono verificare su altri componenti circuitali, valvole incluse. Le due bobine debbono poi agire affiancate per garantire il funzionamento. Per tutti questi motivi, ed altri, la scelta è caduta sulla costruzione di bobine a doppio fondo di

paniere. L_1 (lato griglia) sarà di 35 spire (0,4 copertura cotone), mentre L_2 (lato placca) sarà di 65/75 spire, stesso filo. La ulteriore complicazione è la necessità di fissare saldamente, tra di loro, le spire avvolte per evitare che si scompongano, col tempo, dando luogo a noiose instabilità di funzionamento (fischi e fruscio).



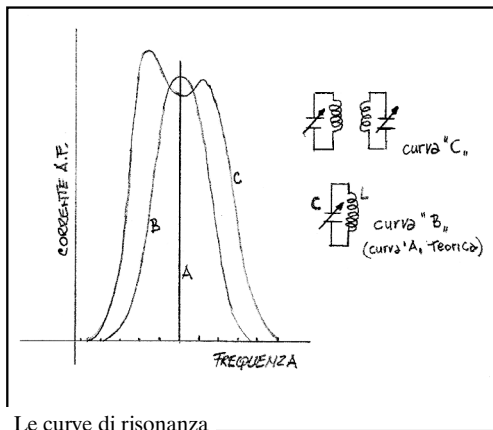
Da ultimo parliamo degli avvolgimenti di media frequenza. Avvolgere, a mano su un tubo di cartone di pochi centimetri di diametro, un filo di 0,1 mm. (smaltato) è uno dei sistemi moderni, per suicidarsi. Occorre quindi una semplice “macchinetta” che semplifichi il lavoro, ma dia anche il conteggio esatto delle spire che, via via, si avvolgono (bisogna trovare un amico che te la presti). Ho così, in pratica, sperimentato due tipi di avvolgimenti: primario e secondario in due gole separate ed affiancate; oppure il secondario diviso a metà tra due gole esterne che racchiudono, tra di loro, l'avvolgimento primario. Questa seconda soluzione si è rivelata, infine, quella migliore in fatto di rendimento

In entrambe i casi le spire sono: T_2 (trasformatore di filtro) 360 per il primario e 600 per il secondario; T_3 (trasformatore di media frequenza) 460 per il primario e 600 per il secondario. Gli avvolgimenti dovranno essere ordinati, ma non è richiesta nessuna particolare cura nella loro regolarità. Come si vede dallo schema, entrambe i secondari sono dotati di compensatore variabile da 400 pF per una indispensabile taratura della curva caratteristica di ciascuno dei due

trasformatori di media (la curva di risonanza). A questo punto della storia facciamo una breve digressione teorica sul funzionamento degli amplificatori di media frequenza.

Amplificatori di media frequenza

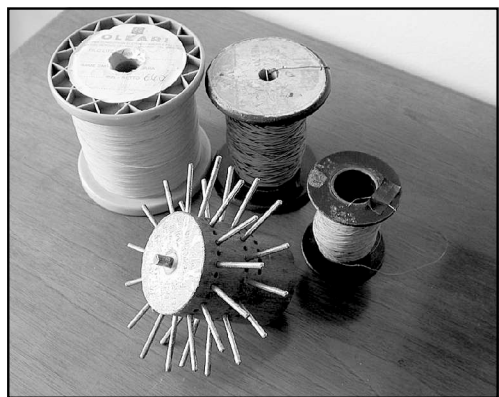
Per rimanere sugli aspetti facilmente comprensibili anche dai neofiti, diciamo innanzitutto cosa è un circuito accordato a radiofrequenza e cosa, invece, sia l'accoppiamento di due circuiti accordati. In un radoricevitore un circuito accordato è generalmente composto da una induttanza L (un avvolgimento in aria di un certo numero di spire) e da una capacità C . Il circuito avrà, quindi, una certa frequenza di risonanza (una retta verticale, A nella figura, in ipotesi di assenza di resistenza nel circuito).



Le curve di risonanza

Nel caso di due circuiti accordati induttivamente, alla medesima frequenza ed accoppiati in modo "lasco" (poco vicini), sarà possibile la risonanza ad una medesima frequenza. Se l'accoppiamento è reso più stretto sarà possibile accordare i due circuiti su due frequenze diverse, anche se contigue e simmetriche alla frequenza comune di risonanza; si otterrà così una curva con due "corni". Se però, definiamo per i vari accoppiamenti intervalvolari, una frequen-

za di riferimento intermedia (la media frequenza, appunto) avremo la possibilità di calibrare i due circuiti, sia pure su un valore medio. Agli albori delle supereterodine il valore della media frequenza era basso (anche dell'ordine dei 30 kHz.), perché questo migliorava la selettività, ma esaltava il fastidioso fenomeno della frequenza immagine, cioè la ricezione della stessa stazione in più punti della scala. Poi si dovette, anche, fare i conti con la qualità del suono e, sfruttando, appunto, le caratteristiche offerte dai circuiti accordati, si sono costruiti trasformatori tali da consentire curve di accordo, derivate da un giusto compromesso tra le due citate necessità (selettività e qualità del suono). All'atto pratico è importante che la curva risultante abbia un andamento come è mostrato nella figura (curva C), per avere il compromesso di cui sopra. Il problema pratico è che, rilevare con gli strumenti (non di normale dotazione) tale curva, non è facile per l'appassionato "fai da te". Una valutazione empirica della situazione si può comunque fare verificando se la sintonia della stazione ricevuta si mantiene in uno spazio ristretto della corsa del variabile di comando dell'oscillatore locale. In caso affermativo si può ritenere che, nel suo complesso, il circuito di media è realizzato in modo soddisfacente.



Le grandezze fisiche di riferimento

Quando si parla di circuiti oscillanti si considerano, come grandezze fisiche di riferimento, il periodo del fenomeno **T** (durata dello stesso in secondi) e la sua frequenza **F**, legati dal rapporto:

$$F = \frac{1}{T}$$

Il periodo **T** è anche dato da un'altra importante relazione:

$$T = 2\pi\sqrt{L \times C}$$

Ove **L** e **C** sono rispettivamente il valore della impedenza del circuito oscillante e quello della capacità associata.

Sostituendo questa seconda formula nella prima, si capisce come conoscendo il periodo **T**, o la frequenza **F**, ed una delle due grandezze del circuito risonante (**L** oppure **C**) si possa determinare (con opportuni passaggi di calcolo che vi risparmio) l'altra. Per esempio:

$$L = \frac{25.000}{F^2 \times C}$$

Con **L** in μH , **C** in pF e **F** in MHz .

In pratica se possiedo un condensatore variabile ad aria di circa 400 pF (tutto chiuso) e voglio calcolarmi la induttanza necessaria per avere una frequenza di oscillazione di 695 kHz (0,695 MHz), applicando le formule appena viste, avremo, per l'impedenza, un valore di circa 130 μH .

Un'altra formula interessante ci dice come calcolare, il numero di spire per una bobina cilindrica che abbia il valore di impedenza appena calcolato:

$$n^\circ \text{ spire} = \sqrt{\frac{1000 \times 130}{K \times C}}$$

K è una costante che si ricava da una tabella, ove sono poste in relazione il diametro

(**D**) del tubo di cartone o bachelite e la sua lunghezza (**L**). Nel caso di impedenze maggiori di 100 μH . questo rapporto deve essere **2D < L < 10D**. Se ho **D** determino **L**, calcolando, così, il n° di spire. Ma anche la sezione del filo, conoscendo la lunghezza del tubo ed il n° di spire. Analogamente di calcolo dovrò effettuare per verificare se la bobina è in grado di oscillare anche alla frequenza più alta che corrisponderà al valore più basso di capacità del condensatore variabile dell'oscillatore (circa una decina di pF). Posso così realizzare, sulla base di calcoli, la bobina adatta alle caratteristiche del circuito scelto. Ma quello che è relativamente facile per avvolgimenti cilindrici, diviene più complesso per altre tipologie di bobine. Questo vale, anche, per le molto comuni bobine a nido d'ape ed a fondo di panierino.

Ecco perché è indispensabile potere consultare testi pratici, proprio per evitare complessi calcoli, destinati a probabile insuccesso.

In appendice è possibile avere suggerimenti su come costruirsi gli strumenti, semplici, per realizzare alcuni tipi di bobine, molto comuni ed oggetto di questa auto-costruzione.

Il triodo

Costruite le bobine, i due trasformatori di media e scelti i pochi altri componenti, vediamo di fare qualche considerazione sulle valvole da utilizzare che, negli anni '20, periodo al quale la nostra radio appartiene, erano prevalentemente triodi. In linea di massima qualsiasi triodo va bene. Basta che sia in buone condizioni di funzionamento e, soprattutto non esaurito. Quello che consiglio è di "girare" le valvole in modo di trovare quella che va meglio per una determinata funzione. Per la bi-griglia il discorso, che affronteremo tra breve, è analogo, ma non bisogna confonderla con i tetrodi amplificatori che hanno caratteristiche tutte

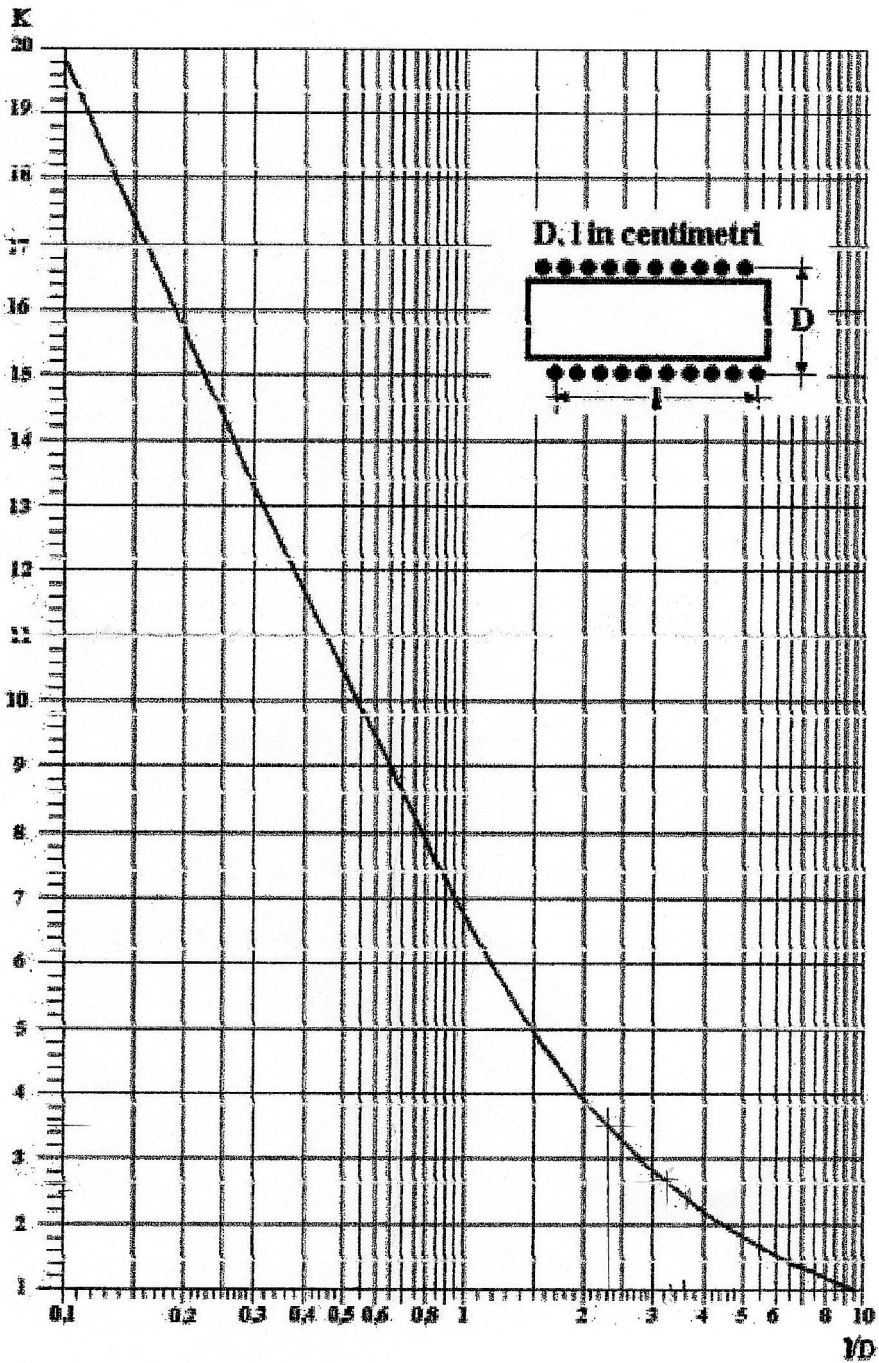


Tabella per il calcolo del coefficiente K

diverse e non adatte per funzionare in radiofrequenza. Per lo stadio in alta frequenza, ho utilizzato, quindi, dei triodi Philips ed uno Marconi, mentre la bi-griglia è pure Marconi. Avendo il rimorso di avere semplificato troppo, aggiungerò qualche ulteriore considerazione.

I triodi, almeno da un certo periodo in poi, sono stati costruiti dando agli elementi interni della valvola caratteristiche costruttive che meglio li adattavano alla tipologia dei circuiti nei quali venivano inseriti. Ecco, quindi che un **triodo** da utilizzare in un circuito **oscillatore** dovrà, per dare i migliori risultati, avere una bassa resistenza interna, ma anche un elevato coefficiente di amplificazione. Questi due valori non sono indipendenti, ma bensì legati da un rapporto chiamato mutua conduttanza:

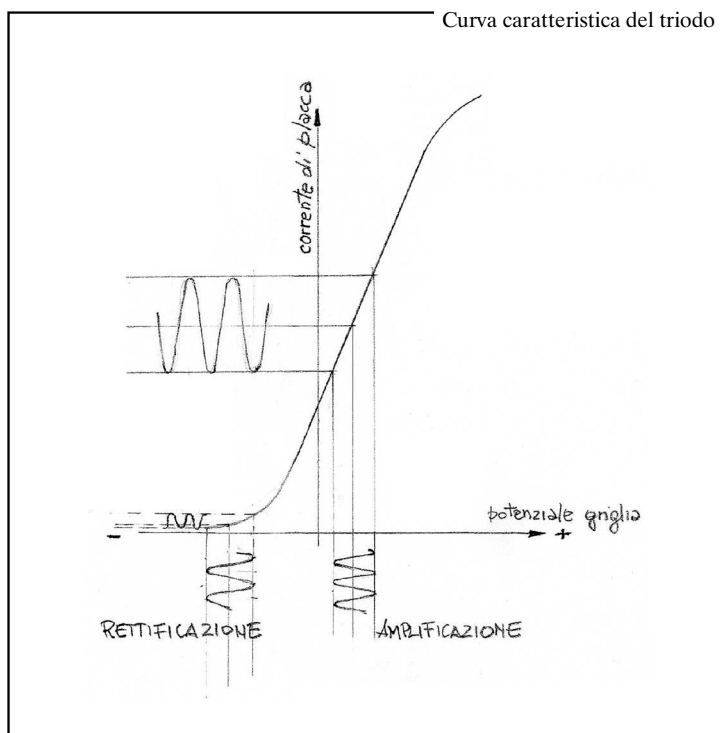
mutua cond. = coeff. amplif./resistenza int.

Ciò vuole dire che un triodo per essere un buon oscillatore, dovrà avere un valore di mutua conduttanza il più elevato possibile.

Invece, un **triodo** da usare come **amplificatore in alta frequenza** (le considerazioni valgono anche per le frequenze medie), dovrà avere una curva caratteristica di griglia la più ripida possibile (**pendenza**) per assicurare una elevata variazione della corrente di placca, a fronte di una minima variazione del potenziale applicato alla griglia. Inoltre bisognerà porre la massima attenzione alle resistenze esterne di carico sull'anodo (circuiti accordati, bobine aperiodiche, trasformatori, ecc...), affinché il loro valore si avvicini a quello

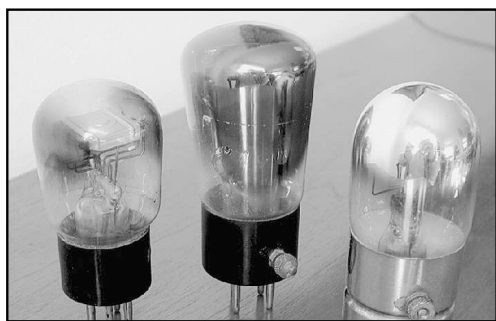
della impedenza caratteristica della valvola. Bisogna, però, sempre ricordare che i valori di pendenza della valvola, il coefficiente di amplificazione e la resistenza interna, non sono grandezze indipendenti tra loro. Se aumentano pendenza e coefficiente di amplificazione, aumenta anche la resistenza interna. Un **triodo** utilizzato come **rivelatore** dovrà avere una caratteristica molto ripida e, quindi, un coefficiente di amplificazione ed una resistenza interna elevati. Inoltre il gomito inferiore della curva caratteristica dovrà essere molto accentuato (il che dipenderà dalle caratteristiche costruttive del triodo).

Dare suggerimenti per la scelta dei triodi da usare in **bassa frequenza** è molto difficile perché complessi sono i criteri che intervengono nella valutazione. Mi limito quindi a sottolineare come, nella bassa frequenza, non sia vincolante che il rapporto tra resistenza del circuito anodico e la resistenza interna della valvola sia uguale all'unità.



La favolosa bi-griglia

Voglio aggiungere alcuni ulteriori accenni alla differenza strutturale e di utilizzo tra la valvola bi-griglia e quella a griglia schermo. Ciò può essere estremamente utile per non confondersi nella scelta tra tetrodi apparentemente simili. La **bi-griglia** ha due griglie che assumono un potenziale “medio” prossimo a quello del filamento. Come conseguenza la placca dovrà assumere un potenziale elevato (sino ad un centinaio di volt). Entrambe le griglie potranno essere alimentate con tensioni oscillanti di controllo. Nel secondo tipo di valvola (il **tetrodo** vero e proprio) la griglia più vicina alla placca prende il nome di **griglia schermo**. Alimentando questo elettrodo con una tensione relativamente alta (ma comunque inferiore anche alla metà di quella dell’anodo), si comporta come una placca, raccogliendo la maggiore parte della emissione del filamento. Questo permette di diminuire il potenziale con cui alimentare l’anodo, con un risparmio nel consumo delle batterie. Inoltre l’introduzione di questo elemento porta alla separazione elettrica della placca dagli altri elettrodi, diminuendo le capacità inter-elettrodiche tipiche del triodo. L’altra griglia funziona da normale elettrodo di controllo.

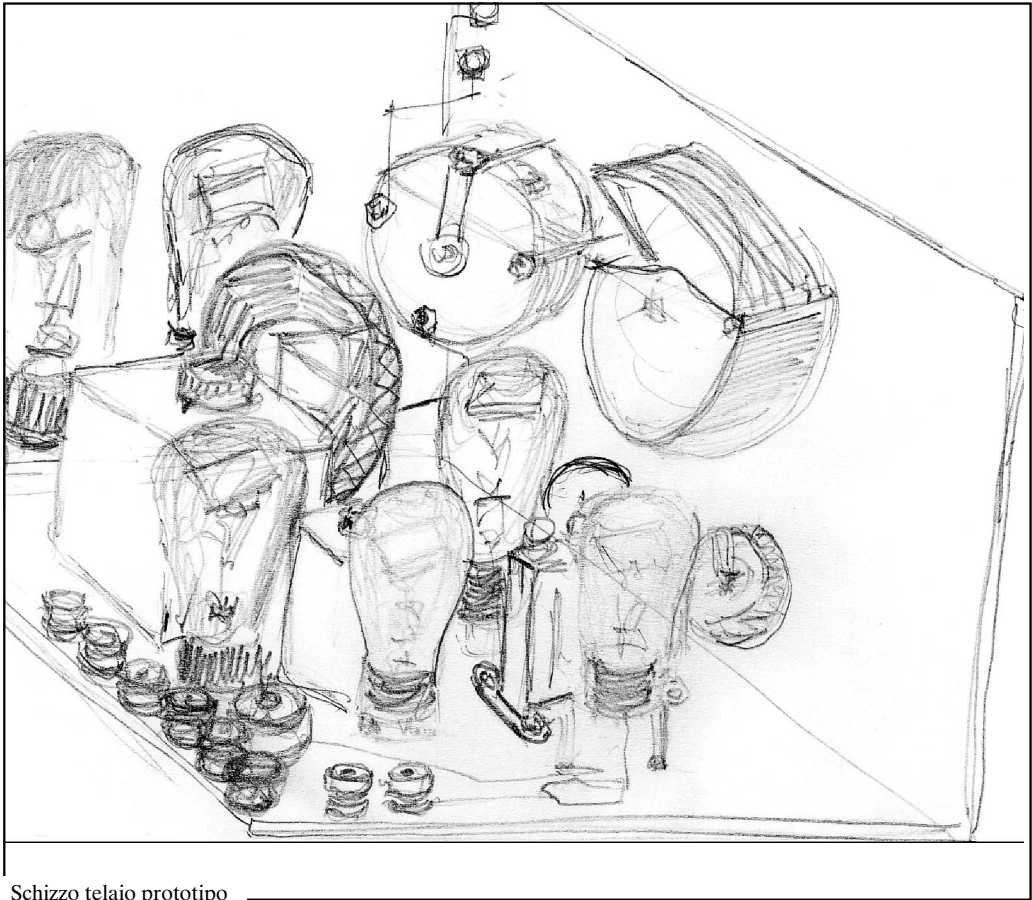


La realizzazione pratica

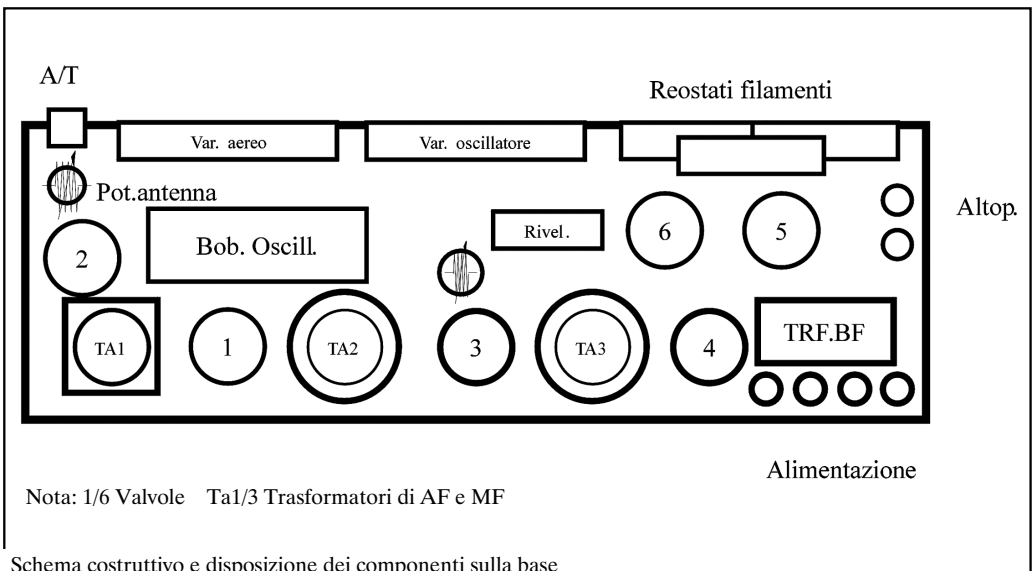
I momenti della realizzazione del progetto sono stati due: una prima fase di studio e di sperimentazione che mi ha portato a realizzare un telaio prototipo. Ed una seconda

fase, nella quale ho realizzato il telaio definitivo, tenendo anche conto di esigenze estetiche. Di questa seconda parte del progetto, ora parleremo. Lo schizzo dello schema costruttivo nella figura che segue, vuole dare una idea di come disporre i componenti sia per realizzare un andamento ordinato dei collegamenti, sia per ridurre la possibilità di accoppiamenti indesiderati, molto facili in montaggi come questo. Come si può notare (veduta posteriore) la parte di alta frequenza è sulla sinistra: V_1 è l’amplificatrice di alta frequenza (A.F.), mentre V_2 è la bi-griglia miscelatrice. TA_1 è il trasformatore di A.F che, oltre a svolgere un ruolo di filtro di frequenza, permette un guadagno di segnale in entrata sulla V_2 . Deve essere collocato all’interno di una schermo metallico, per evitare fastidiose interferenze. Importante è il potenziometro da 600Ω che fornisce una polarizzazione alla griglia della V_1 , permettendo di variare la sensibilità dell’antenna e, quindi, agire sul volume sonoro. Molta cura va posta nella collocazione del gruppo oscillatore (di cui parleremo più avanti) e nella sua costruzione pratica. Le prese di terra e di aereo debbono, così come i due variabili (di aereo ed oscillatore), essere poste nella posizione indicata per ridurre al massimo la lunghezza dei collegamenti e, quindi di nuovo, per ridurre la possibilità di accoppiamenti indesiderati. La parte centrale del telaio è dedicata alla sezione di media frequenza ed a quella rivelatrice. TA_2 è il primo trasformatore di media frequenza, detto di filtro (frequenza di risonanza $130kHz$), mentre il secondo trasformatore (TA_3 , stessa frequenza di funzionamento) è posto subito dopo la unica valvola di media frequenza V_3 .

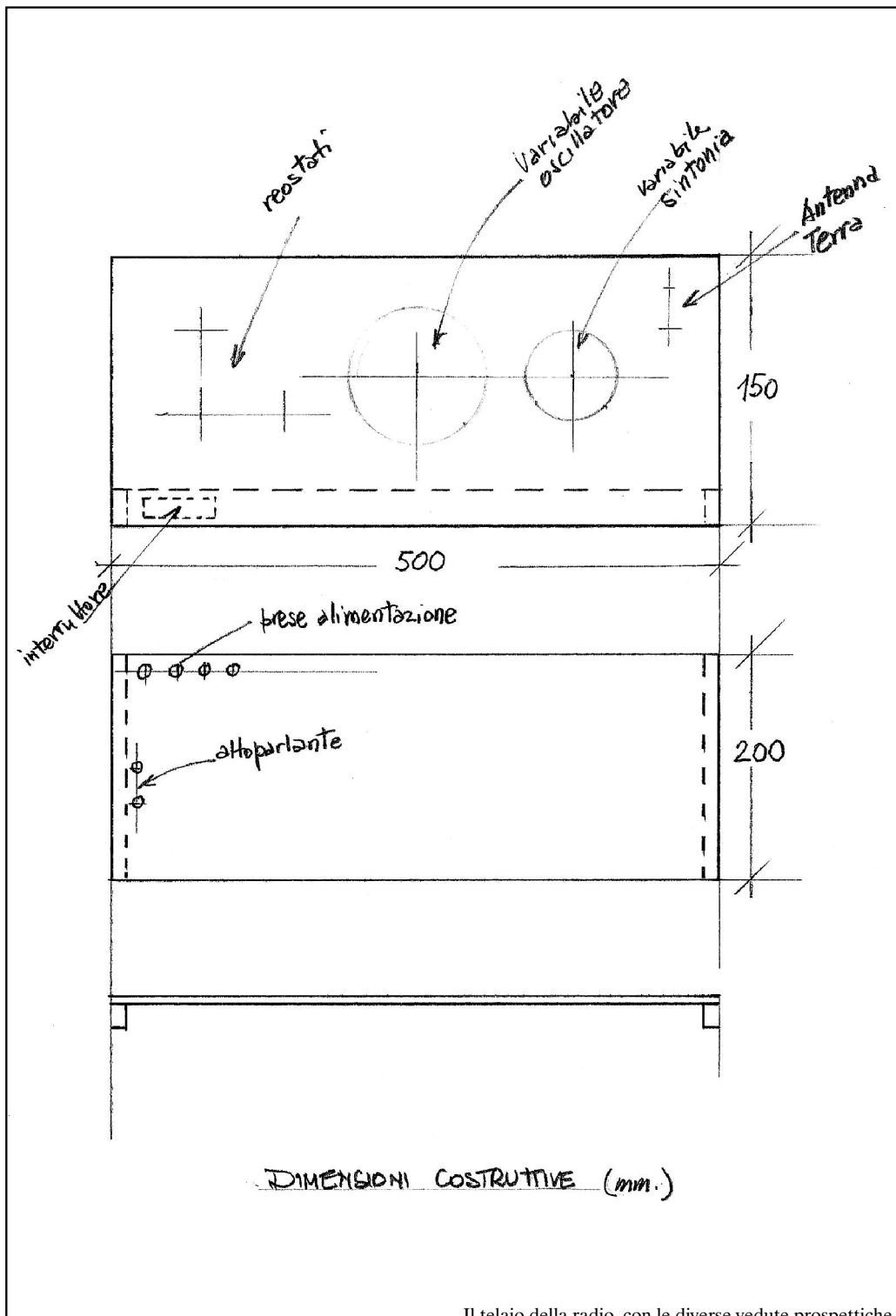
La successiva valvola V_4 rivela il segnale, con il classico dispositivo di “**grid-leak**“. Sulla estrema destra della base, trova posto la parte di bassa frequenza costituita da un trasformatore con rapporto $1/3$, le due finali V_5 e V_6 , ed i morsetti di alimentazione (4 volt per il filamento, +67 volt per l’alimentazione della parte di alta e media frequen-



Schizzo telaio prototipo



Schema costruttivo e disposizione dei componenti sulla base



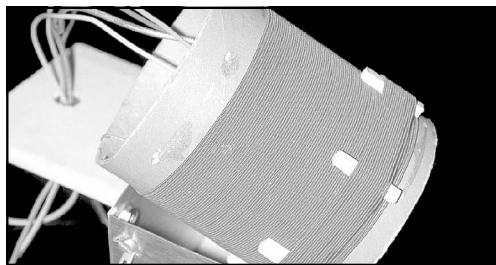
Il telaio della radio, con le diverse vedute prospettiche

za, +90 volt per la sezione finale; mentre il ritorno del negativo di AT. sarà al positivo del filamento). Nella stessa sezione, trovano posto, anche i morsetti di collegamento dell'altoparlante ad alta impedenza. Sul pannello frontale collocheremo, da destra a sinistra, gli attacchi antenna (telaio) e terra, i due variabili (aereo ed oscillatore), i tre reostati per la regolazione dei filamenti, rispettivamente, della valvola miscelatrice V_2 , della V_3 e della rivelatrice V_4 , nonché l'interruttore bipolare a levetta.

Le dimensioni del pannello frontale saranno di 50 cm di lunghezza e di 15 cm di altezza, mentre la profondità della base potrà essere di circa 20 cm. Capiremo meglio il significato di queste misure quando prenderemo in considerazione le dimensioni di alcuni componenti, come le bobine con i loro schermi.

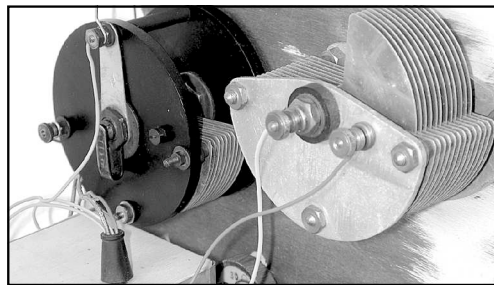
La sezione di alta frequenza

E' la parte più semplice del circuito, in quanto riprende concetti già noti in altri circuiti tradizionali. L'antenna a telaio permette di ricevere le onde medie ed il suo circuito si chiude tra antenna e terra. Un condensatore ad aria di 500 pF in parallelo, permetterà di sintonizzare agevolmente tutta la gamma utile. Il segnale a radiofrequenza viene così portato alla griglia della V_1 che provvederà alla sua amplificazione. Il potenziometro P_1 , permetterà di variare convenientemente la polarizzazione di griglia della valvola, controllando la possibilità che entri in oscillazione. Non è prevista la regolazione della tensione del filamento



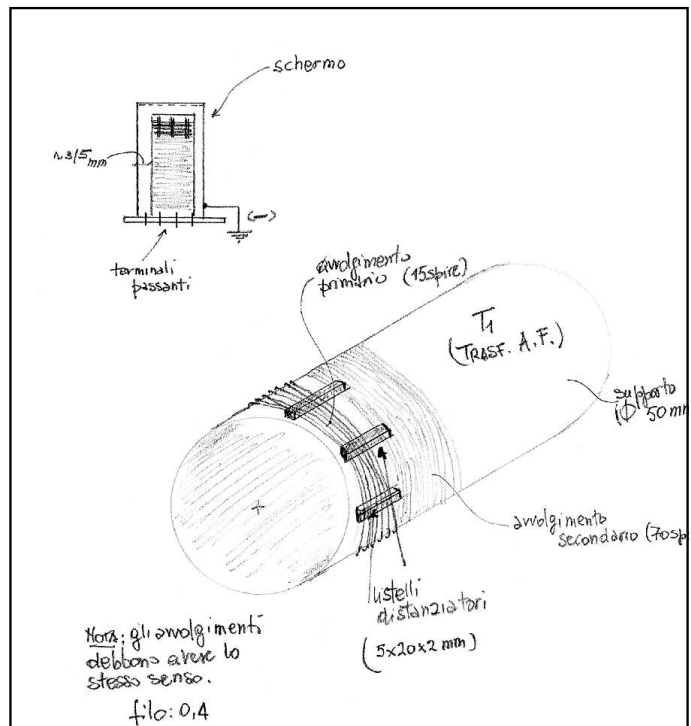
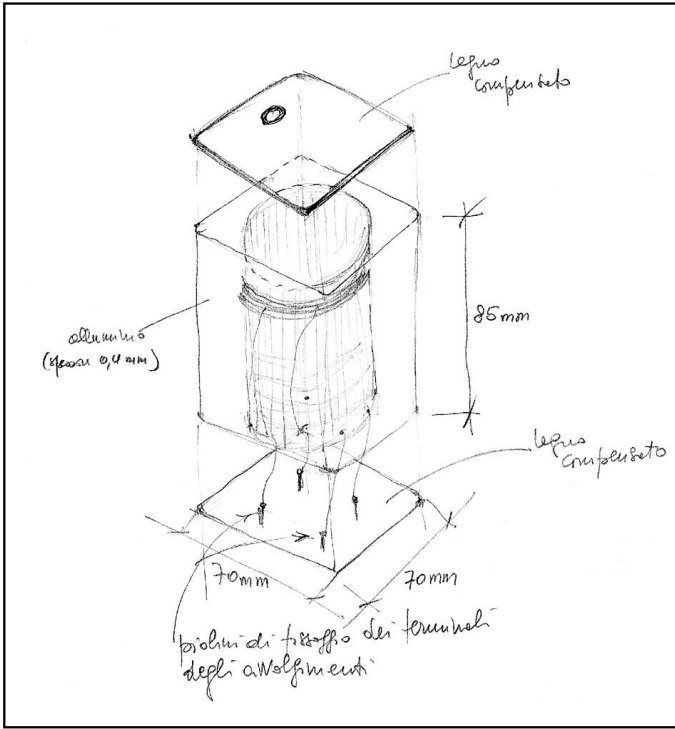
per semplificare un poco la manovra di messa a punto. Il trasformatore T_1 può essere critico, ma se costruito con i suggerimenti dati, non ci saranno problemi. Quindi, ripeto, 15 spire di primario e 70/75 di secondario, avvolti su un tubo di cartone da 50/70 mm. La lunghezza utile del tubo dipenderà dal filo che si userà per l'avvolgimento (si consiglia filo di rame ricoperto in cotone di 0,4 mm). Importante è tenere traccia degli inizi e fine degli avvolgimenti, per collegarli in modo corretto nel loro circuito (il flusso magnetico deve essere concordante).

In caso di difficoltà, provare ad invertire i



collegamenti di uno solo degli avvolgimenti. Altro suggerimento importante è quello di avvolgere il primario sull'estremo del secondario che viene collegato al negativo del circuito, tenendolo discosto di qualche millimetro con un cartoncino separatore, oppure con dei piccoli pezzetti di legno posti a corona sulla circonferenza del tubo (ne basteranno 7/9 di circa 20 mm. di lunghezza). La valvola non è critica e può essere un qualsiasi triodo (l'unica cosa veramente utile sarebbe averne diversi per provare quello che risponde meglio alle caratteristiche dello specifico circuito). Il problema della schermatura si risolve costruendo una scatola con lamierino di alluminio, così da creare attorno alla bobina una protezione che sarà sufficiente anche se il fondo ed il coperchio saranno di legno compensato, per facilitare la costruzione. Va comunque ricordata la regola canonica di disporre le varie bobine sempre con gli assi ortogonali, e mai paralleli, tra loro.

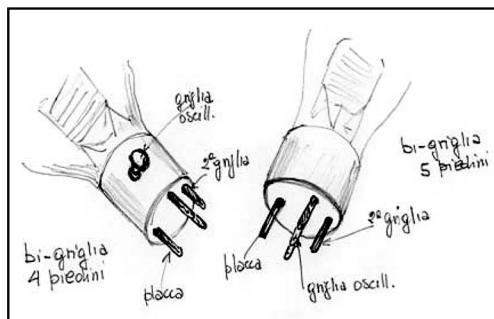
La schermatura di T1



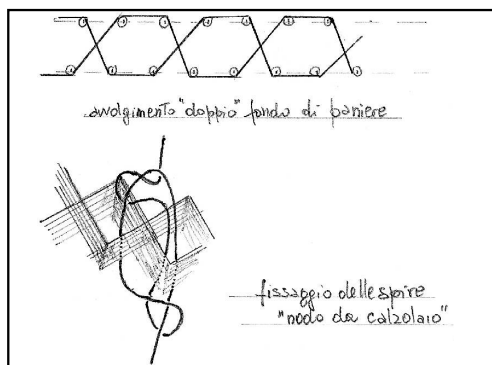
Costruzione della bobina di ingresso in alta frequenza (T1)

La sezione miscelatrice

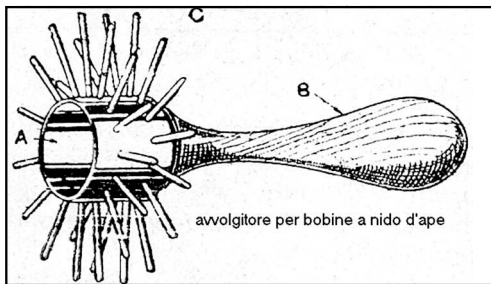
La parte più impegnativa dell'apparecchio è, senza dubbio, quella dell'oscillatore. L'utilizzo di un triodo, con i problemi creati dalle capacità tra gli elettrodi interni, pone una serie di problemi nella realizzazione del circuito, che si riducono notevolmente con l'utilizzo di una valvola bi-griglia. Ci avviciniamo, così, al funzionamento tradizionale dei circuiti a valvola degli anni successivi, abbinando nella stessa valvola le due funzioni di oscillatrice e di miscelatrice con il segnale in arrivo, al fine di creare i necessari battimenti a frequenza udibile, dopo la rivelazione. Perché la valvola svolga la funzione ora descritta in modo corretto (dovrà oscillare in un campo di frequenze compreso tra 1300 e 450 kHz), bisognerà osservare alcuni preziosi accorgimenti costruttivi. I collegamenti tra i vari componenti del circuito dovranno essere il più corti e diretti possibile. Questo per evitare accoppiamenti indesiderati che, normalmente, provocano gli inneschi. E' opportuno creare dei terminali rigidi sulla base delle varie bobine, in modo da potere passare al di sotto del telaio di supporto (opportunamente forato) e razionalizzare, così, i vari collegamenti. L'utilizzo delle due griglie della bi-griglia, non è indifferente nei risultati. Per la parte oscillatrice bisogna collegarsi alla griglia prossima al filamento il cui terminale di collegamento esterno è, o il morsetto laterale nelle valvole più vecchie, oppure il piedino centrale dello zoccolo per le valvole più "recenti".



L'altra griglia (quella a ridosso dell'anodo) è invece collegata al piedino più vicino ai due terminali del filamento. Naturalmente gli avvolgimenti del complesso oscillatore debbono essere collegati nel circuito in modo da essere in fase tra loro, altrimenti la valvola non oscillerà. In tale caso, se gli avvolgimenti sono ben costruiti, basterà invertire il senso del collegamento al circuito, di uno dei due. Anche il collegamento al variabile può essere critico e, quindi, bisognerà verificare praticamente se il tutto funziona al meglio. Il filamento della valvola deve essere regolabile con un reostato di una trentina di ohm, per potere dosare l'innesco delle oscillazioni. Infine l'avvolgimento dell'oscillatore, lato anodo della bi-griglia (a maggiore numero di spire), dovrà essere correttamente collegato al primo trasformatore di media frequenza (detto anche trasformatore di filtro). La bobina avrà due avvolgimenti, realizzati con la tecnica del "doppio fondo di panierino" (con l'accorgimento di entrare ed uscire dai piolini dell'attrezzo apposito, ogni due passi, invece di uno) per assicurare il migliore accoppiamento tra le spire. Le spire saranno 50 ($\varnothing 0,4$ mm copertura cotone) per il lato della griglia e 70 (stesso filo) per la parte anodo della bi-griglia, con l'avvertenza di qualche spira in più per fare delle utili sperimentazioni. Affinché le spire non si rilascino con il tempo, bisognerà fare un'operazione, noiosa ma necessaria, di stringatura dei punti di intreccio, con un nodo particolarmente efficace, il nodo da "calzolaio".



Un piccolo supporto in legno, servirà per fissare le bobine ad un distanza tra loro di circa un centimetro. Questa soluzione permette di eliminare la necessità di una schermatura, a patto che l'asse della bobina sia perpendicolare a quello degli altri avvolgimenti (anche se schermati a loro volta). Sarà opportuno anche fare un collaudo separato del corretto funzionamento di questa parte del circuito, per evitare difficoltà successive nella eventuale individuazione delle singole ragioni di malfunzionamento. Con un oscilloscopio la cosa è facilitata, potendosi vedere l'onda generata; altrimenti sarà sufficiente ascoltare in cuffia il caratteristico "click" che segnala l'avvenuto innescio dell'oscillazione e la sua variazione ruotando il variabile relativo per tutta la sua estensione.



La media frequenza

Questa parte è concettualmente interessante perché racchiude il nocciolo della creatività dei vari inventori ed implementatori del metodo a conversione di frequenza. Abbiamo già accennato al fatto che i tradizionali stadi di amplificazione ad A.F. comportano diversi problemi pratici di realizzazione, ma, soprattutto, debbono lavorare su una vasta gamma di frequenze per le quali, complessivamente, è un problema tararli per avere un rendimento uniforme. Utilizzando un amplificatore a frequenza fissa (la cosiddetta media frequenza), posso più facilmente metterlo a punto per la resa migliore. Certamente un problema resta ed è



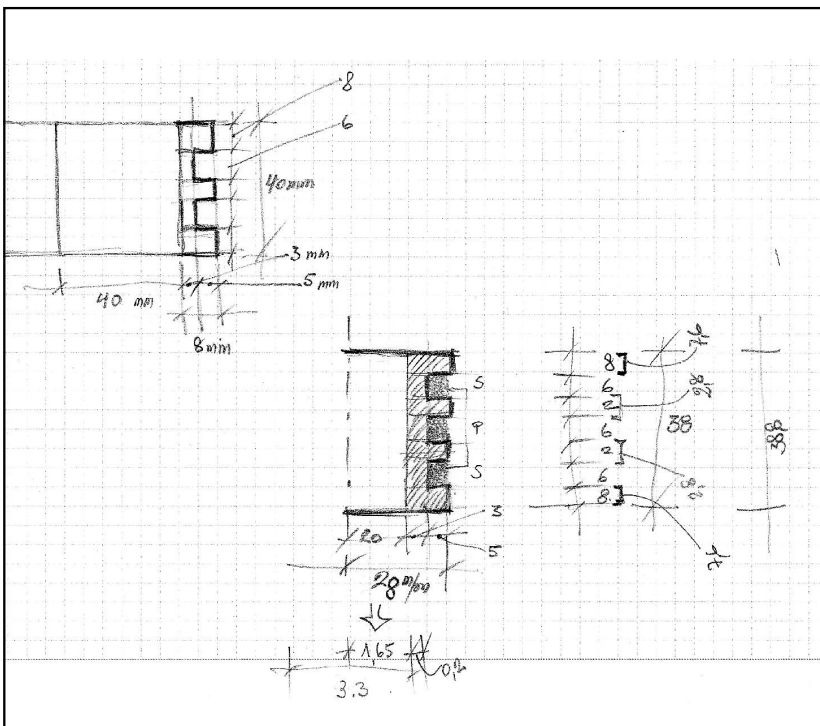
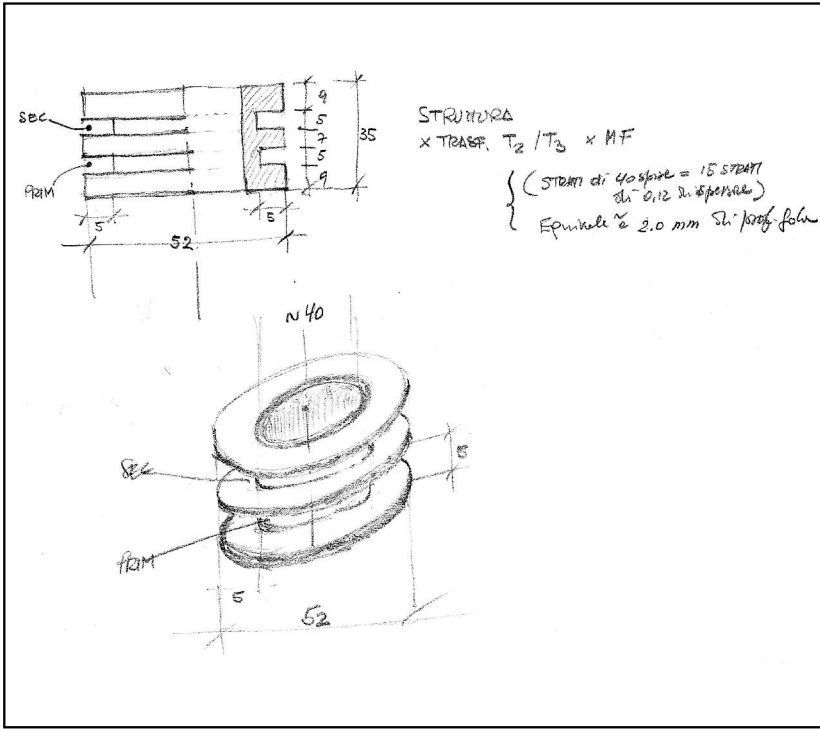
quello della frequenza immagine, cioè la ripetizione della presenza della stazione sintonizzata nell'arco della scala di sintonia. Questo dovuto al fatto che il fenomeno del battimento si verifica sia per un valore più alto che per uno più basso di funzionamento dell'oscillatore. E' nota la formula dove: f è la frequenza ricevuta; f_1 è la frequenza di riferimento della media frequenza; f_0 , con i due indici, sono le due frequenze a cui risuonerà l'oscillatore, dando luogo ad un battimento di uguale valore in due punti della scala (frequenza immagine).

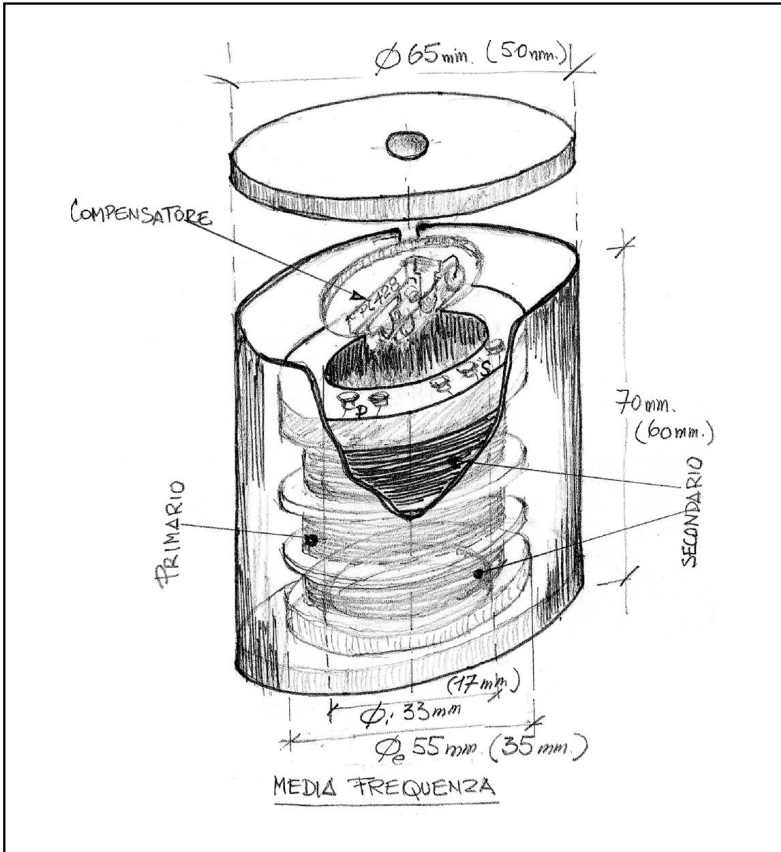
Per la costruzione della sezione di media frequenza, si è scelto un valore di circa 130 kHz (~2300 metri) e su questo riferimento si sono, poi, costruiti i due trasformatori (T_2 , trasformatore di filtro; T_3 , filtro di media frequenza). Una prima realizzazione di entrambi, ha previsto due avvolgimenti affiancati, su un tubo (\varnothing 30 mm) di materiale plastico, con delle alette sagomate agli estremi.

$$f \pm f_1 = \frac{f_{01}}{f_{02}}$$

Successivamente ho sperimentato un diverso tipo di avvolgimento: tre gole (stesso supporto di prima), le due estreme per due metà dell'avvolgimento secondario, la gola centrale per tutto l'avvolgimento primario. T_2 deve avere 360 spire di primario (\varnothing 0,1 mm, filo di rame smaltato) e 600 spire (stesso filo); mentre T_3 avrà 460 spire al primario e 600 al secondario. Questo secondo modo di realizzare la media frequenza ha

Schizzi per la costruzione delle medie frequenze





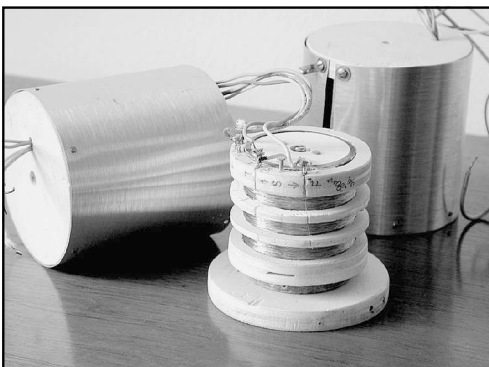
ratura. Fondamentale il circuito di polarizzazione variabile di griglia, per potere operare al limite di oscillazione della valvola. Questo si ottiene tramite un potenziometro da $400/600\Omega$, collegato tra il \pm dell'alimentazione dei filamenti. Anche qui bisogna porre molta attenzione al senso degli avvolgimenti (che debbono essere nello stesso verso) ed al loro modo di essere collegati al circuito. Segnare bene l'inizio e la fine, per eseguire correttamente i collegamenti, oppure

effettuare inversioni degli stessi, sapendo cosa si fa. E' opportuno che il triodo abbia anche la regolazione della alimentazione del filamento (reostato da $20/30\Omega$)

dato una migliore resa in volume ed una taratura più progressiva. T_2 avrà un condensatore fisso da 200 pF in parallelo all'avvolgimento primario ed un compensatore da 400 pF in parallelo al secondario per la sua messa a punto. T_3 , invece, è provvisto di un solo compensatore, sempre da 400 pF , sul secondario per la ta-

effettuare inversioni degli stessi, sapendo cosa si fa. E' opportuno che il triodo abbia anche la regolazione della alimentazione del filamento (reostato da $20/30\Omega$)

Possiamo concludere questo capitolo con una importante considerazione generale: **l'aver inserito uno stadio di amplificazione in alta frequenza, ci permette di impiegare un solo stadio in media frequenza.** Si elimineranno, così, due triodi e due trasformatori di media frequenza (del tipo prima descritto), nonché i relativi problemi di taratura e messa a punto. Teniamo presente che a "quei tempi" erano consigliati tre stadi di media, per avere una sufficiente selettività e sensibilità complessiva dell'apparecchio. Ma questo costava molto in termini di maggiore consumo delle batterie di alimentazione.



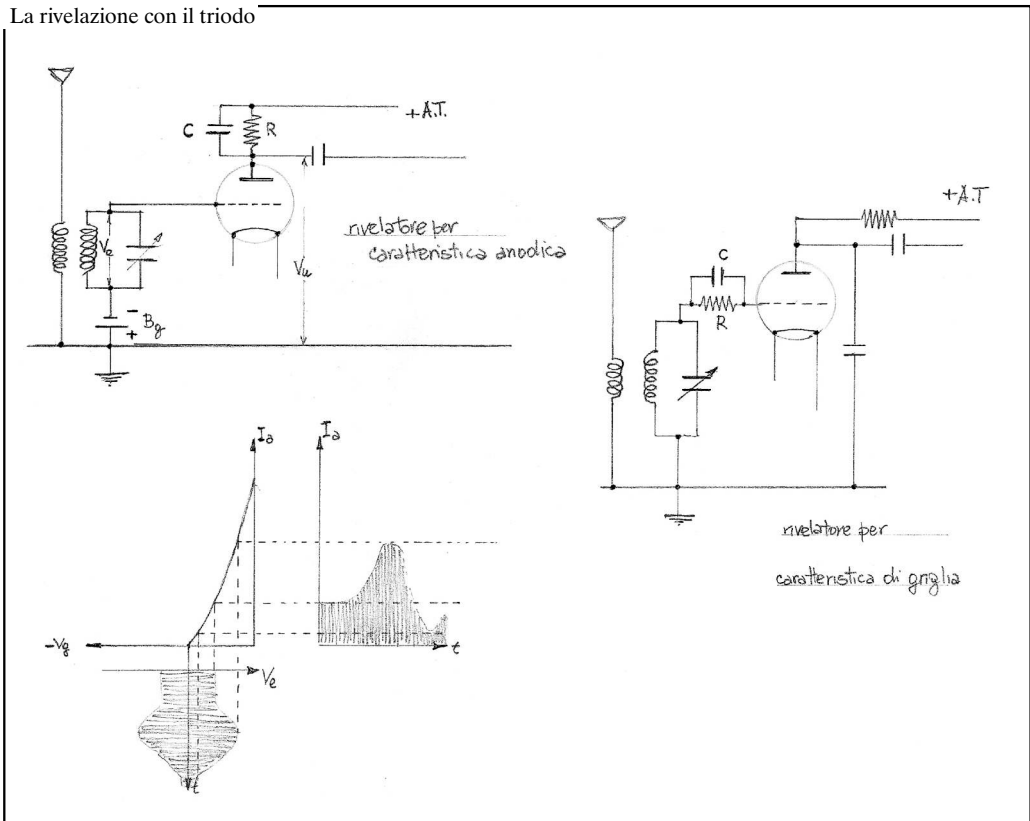
La rivelazione

Prima di parlare del circuito in questione, penso sia utile un “ripassino” sul principio della **rivelazione**. Due sono i sistemi principali per ottenere la rivelazione (con un triodo) di un segnale modulato: a) per **caratteristica di placca**; b) per “**caratteristica di griglia**” (in inglese “grid leak”). Per capire al meglio quello che dirò, dobbiamo fare ancora un'altra digressione sul funzionamento del triodo.

Nella figura si evidenzia il fenomeno della rivelazione, dovuto al fatto di dare alla griglia controllo del triodo, un potenziale che può avere, non solo valore, ma anche segno diverso. E' questo valore (e segno) che determina il comportamento del triodo (rivelatore, amplificatore). Se alla griglia, infatti, verrà dato un valore di polarizzazione “ne-

gativo”, essa si comporterà da “regolatore” del flusso degli elettroni verso la placca. Si realizza, così, la condizione che determina la capacità della valvola di amplificare. Ci si trova nella parte centrale della caratteristica (area fortemente simmetrica). Se lavoro, invece, con valori di polarizzazione di griglia tali da posizionarmi lungo il gomito della caratteristica (inferiore o superiore) avrò, invece, l'effetto di rettificazione (per la semi-onda positiva o negativa). Torniamo ora ai due sistemi di rivelazione. Nel primo caso (**caratteristica di placca**) avremo una tensione negativa di griglia (mantenuta da una apposita batteria) che farà lavorare il triodo nella parte bassa (ginocchio) della sua caratteristica senza alcuna presenza di corrente di griglia. Del segnale applicato alla griglia solo la semi-onda positiva verrà amplificata in modo asimmetrico, generando l'effetto di retti-

La rivelazione con il triodo



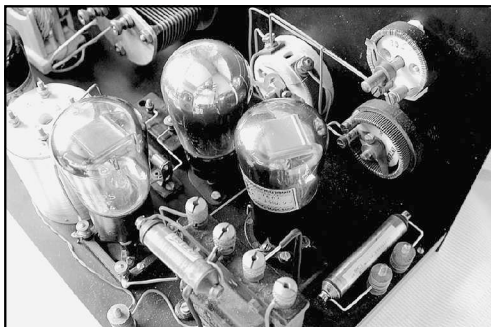
cazione.

Perché questo sistema funzioni al meglio, il segnale alta frequenza sulla griglia deve essere di una certa intensità (eventualmente amplificato). L'altro circuito (**caratteristica di griglia**), per il gioco della resistenza interna del triodo rispetto a quella esterna, si comporta molto meglio rispetto a segnali deboli. Spesso è abbinato alla reazione, per ottenere ottimi risultati di ricezione in situazioni difficili. La resistenza di griglia può essere collegata in parallelo al condensatore, oppure direttamente tra griglia e filamento, senza alterare il funzionamento. Nel secondo caso, aumenta, leggermente, la selettività del ricevitore.

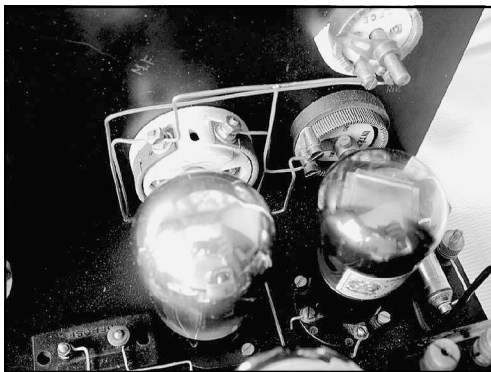
Riferendoci al nostro schema costruttivo, vediamo che esso utilizza, per la rivelazione, la tecnica del "grid leak". Come abbiamo già visto, la polarizzazione di griglia è tale da costringere il triodo a lavorare nella parte iniziale della sua caratteristica. Importante è regolare la tensione del filamento (reostato da 20/25 Ω), per determinare il migliore punto di lavoro della valvola. Accorgimento pratico, utile, è dotare il triodo di uno zoccolo ammortizzato per ridurre al massimo la microfonicità tipica in questi stadi. L'alimentazione della placca dovrà essere attorno ai 50/60 volt c.c. ed il relativo carico sarà un trasformatore di B.F. con rapporto 1/3. attraverso il quale il segnale giungerà al primo dei due triodi finali. Il dispositivo rivelatore è composto da un condensatore da 200 pF e da una resistenza (in parallelo) il cui valore dovrà essere compreso tra 2 e 5 M.

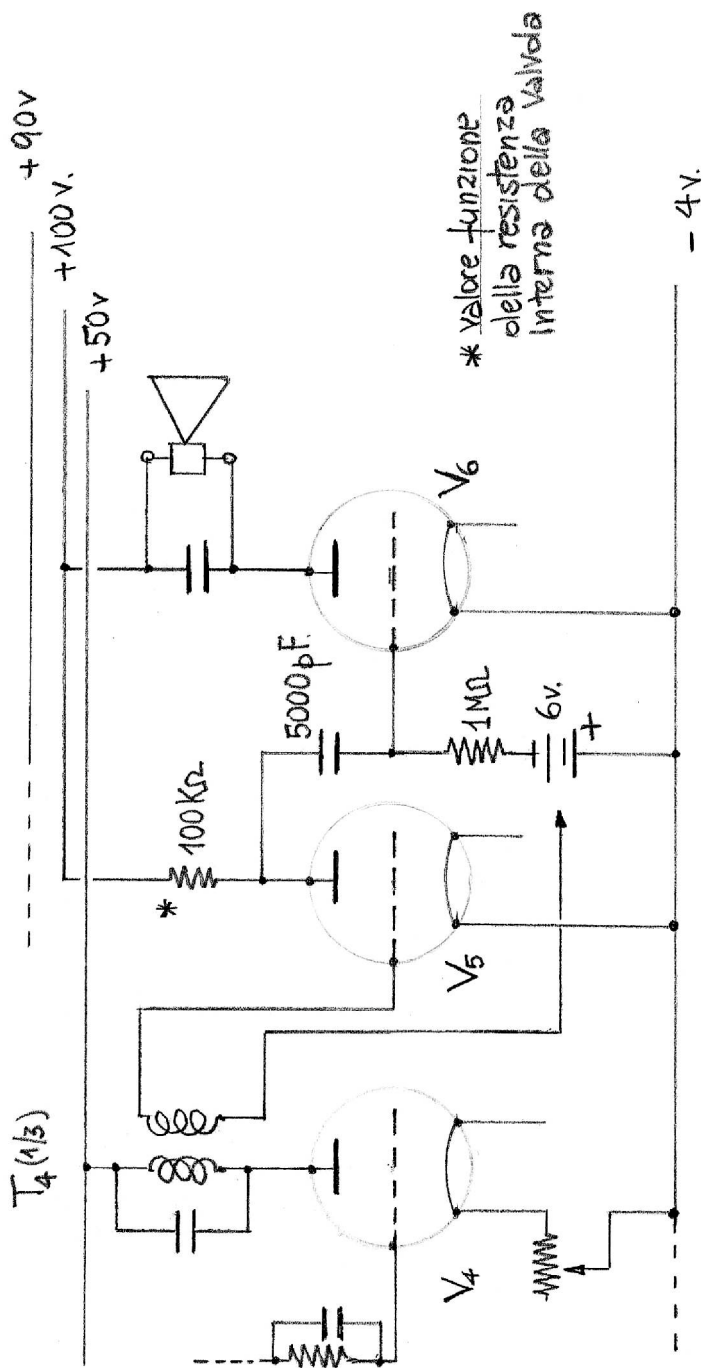
Sino a qui non abbiamo parlato della rivelazione con il diodo (inclusa la galena) che sfrutta la sua caratteristica unidirezionale di funzionamento. In questo caso si hanno due tipologie di rivelazione: a) **con legge lineare**; b) **con legge quadratica**. L'applicazione dell'uno o dell'altro metodo è legato, prevalentemente, al livello del segnale da rivelare.

Lo stadio di Bassa Frequenza



Anche questa parte del circuito è di tipo tradizionale. L'unica variante è stata quella di eliminare il secondo trasformatore di B.F. utilizzando un circuito di accoppiamento a resistenza/capacità tra i due triodi che, oltre a garantire un più elevato guadagno complessivo dello stadio, permette di realizzare un notevole risparmio monetario. Rispetto allo schema originale non ho inserito un circuito regolatore di volume (è infatti sufficiente, a tale scopo, la regolazione di polarizzazione di griglia del primo triodo in alta frequenza) e la regolazione della tensione dei filamenti. La tensione di alimentazione delle placche dovrà essere di circa 90 volt per una buona uscita in altoparlante (il valore di 130 volt, se dà più potenza, crea qualche instabilità nel funzionamento dello stadio e sottopone le valvole ad una usura ingiustificata). Può anche essere prevista un'uscita per la cuffia attraverso una apposita presa a "jack".





Variante della parte amplificatrice finale (in pratica la eliminazione del secondo trasformatore di uscita, sostituito da un accoppiamento a resistenza/capacità)

L'antenna

Un importante vantaggio, per quei tempi lontani, che si conseguiva adottando l'antenna a quadro, era di eliminare ingombranti e farraginosi impianti di antenne esterne che richiedevano robusti punti di attacco sui tetti ed efficienti protezioni contro i fulmini. E proprio la supereterodina forniva le sue migliori prestazioni, adottando questo tipo di antenna. La sua **direzionalità** (massimo segnale con l'antenna ortogonale alla direzione del segnale) è il punto di forza del dispositivo che, però, fa anche da bobina in alta frequenza, unitamente al condensatore variabile in parallelo, nel circuito oscillante di ingresso. La costruzione è molto semplice e richiede solo un poco di manualità per avvolgere, per frequenze in onda media, 8/10 spire di cavetto multifilare ricoperto in cotone. Le due braccia della croce debbono essere di circa 80 cm di lunghezza per costituire una struttura quadrata, con un piedistallo adatto perché il tutto stia verticale.



L'altoparlante

Per questi apparecchi il diffusore sonoro (detto anche “**altosonante**”) è sempre ad alta impedenza. Personalmente ho utilizzato un Philips a “catino di barbiere” ottimo per le sue caratteristiche acustiche e per un dispositivo di regolazione del tono che migliora notevolmente la riproduzione sonora.

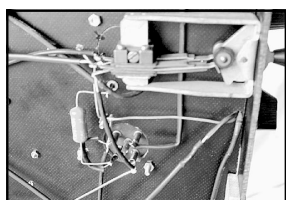
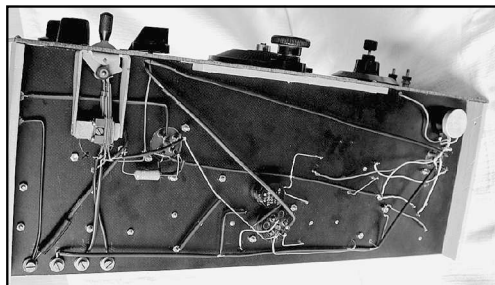


L'alimentazione

Queste apparecchiature, in quei tempi lontani, si alimentavano con costose ed inaffidabili batterie ed accumulatori. Oggi, per mettere in funzione il tutto ho utilizzato il mio fedele alimentatore stabilizzato (ARBE III), costruito in America che non mi ha mai tradito, anche se le sue origini mi costringono ad alimentarlo a 110 volt.

I collegamenti

Avendo una piccola riserva di filo di rame a sezione rettangolare (molto usata nei cabbaggi d'epoca) l'ho impiegato, soprattutto nelle zone in vista, ottenendo il doppio vantaggio di un montaggio “pulito” e di un più



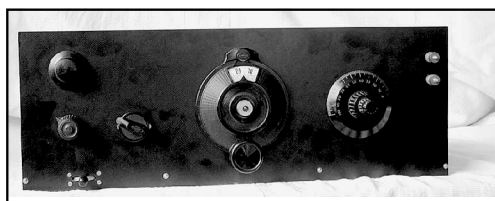
facile controllo. Sugerirei comunque di utilizzare solo filo rigido, anche per ridurre le possibilità di accoppiamenti indesiderati.

accoppiamenti indesiderati.

La tabella delle tensioni/correnti

La tabella che segue è utile come riferimento dell'ordine di grandezza dei valori di tensioni e correnti continue in gioco. Essendo, questi valori, fortemente influenzati dal livello di efficienza delle valvole, dalla qualità dei seppure pochi componenti ed anche dallo sviluppo dei collegamenti, si potranno avere variazioni anche significative, in funzione dei risultati. I valori di tensione sono in Vcc e di corrente in mA.

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
V_a	64,0	64,0	64,0		90,0	90,0
I_a	10,0 (complessivi)		1,0	2,0 (compl.)		
V_f	4,0					
I_f	416,0 (complessivi)					
V_g	-3,4	-3,5	-2,2	-2,5	-2,0	-2,0



Dettagli costruttivi, prove e collaudi

In questo capitolo cercherò di dare un ordine alle operazioni che bisogna seguire, non solo per avere una logica nella realizzazione del progetto nel suo complesso, ma soprattutto per ritrovare sempre il “filo di Arianna” in qualunque punto della realizzazione ci si trovi, durante le varie prove di funzionamento. Questo ultimo aspetto è molto importante in relazione a quanto detto all'inizio: nulla è dato per scontato nella realizzazione e solo una meticolosa registrazione dei risultati delle varie prove, permetterà di scegliere la soluzione più adatta alla situazione che in quel momento si rileva, confrontandola con quello che i “sacri testi” ci indicano.

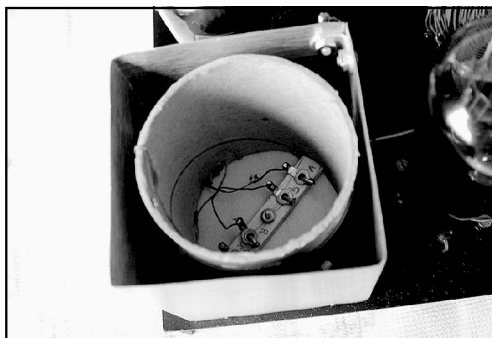
Per prima cosa raccoglieremo sul tavolo tutti i componenti (trovati o costruiti), per avere una vista di insieme di ciò che ci aspetta. Questo ci permetterà anche di definire una prima disposizione dei componenti sul telaio che, possibilmente, costruiremo con un foglio di robusta bakelite (si trova ancora nei negozi di articoli tecnici). Fatto questo si procederà a forare il telaio per fissare gli zoccoli, i vari trasformatori, le bobine i terminali di attacco delle varie alimentazioni esterne ed i potenziometri di polarizzazione delle griglie. Si unirà, poi, il frontale al telaio di base e, prese le opportune misure e fatti i necessari fori, si procederà a fissarvi i due variabili, i reostati, l'interruttore dei filamenti ed, infine, i terminali di antenna e di terra. Siamo al punto di potere incominciare a cablare il circuito e quindi suggerisco questa sequenza. Prima di tutto collegare ciò che è relativo alla parte di alta frequenza. Quindi verificare che la valvola ed il circuito di amplificazione A.F. nel suo complesso funzioni correttamente. Ciò si può fare con un semplice “signal tracer” che riveli il segnale amplificato. Il passo successivo deve permetterci di realizzare lo stadio oscillatore, con la famosa bi-gri-



glia. Fatti i collegamenti, con gli accorgimenti di cui abbiamo già parlato, sarà opportuno fare una verifica del circuito realizzato, in modo da correggere le eventuali anomalie circuitali. In questa fase, un oscilloscopio sarebbe molto utile per misurare il funzionamento su tutto l'arco di escursione del variabile. In mancanza di ciò, si potranno fare verifiche empiriche misurando le varie tensioni e le relative correnti. Una cuffia ci permetterà di verificare attraverso i suoni caratteristici dell'oscillatore, il suo funzionamento. Collegando il circuito in A.F. con quello dell'oscillatore, sarà possibile effettuare un verifica del funzionamento abbinato dei due circuiti, sempre usando un "signal tracer" come rivelatore di segnale (l'apparecchio può già essere sintonizzato su una stazione ad onde medie, per una verifica di funzionamento "sul campo"). Se tutto sino a qui funziona, abbiamo fatto un notevole passo in avanti. Potremmo non essere così fortunati: la tabella allegata ci aiuterà ad una verifica empirica, ma organica. Certamente l'elenco non può essere esaustivo, perché molte situazioni potranno essere causate da interventi contingenti che richiederanno una analisi puntuale, ricordando come si era proceduto nell'approntare il circuito.

Siamo, ora, allo stadio di media frequenza. Molto ho già detto nei capitoli precedenti e cercherò, quindi, di dare solo indicazioni pratiche. Critico è il collegamento dei due trasformatori di media frequenza. Bisogna, infatti avere segnato la fine e l'inizio di ciascun avvolgimento per collegarli nel circuit

to in modo corretto e potere, eventualmente scambiare il senso dei collegamenti. Verificate tensioni e correnti, dovremo collegare questo stadio ai due precedenti al fine di effettuare una prova con il segnale in arrivo. Questo perché la media frequenza necessaria non è disponibile sul mio oscillatore modulato (arriva al massimo a 170 kHz, come frequenza più bassa della scala). Per effettuare la prova pratica, bisognerà prima sintonizzare una frequenza RAI (ascoltandola con il nostro rivelatore di segnale), quindi, innescare l'oscillatore lavorando sul reostato del filamento ed infine agire con molta lentezza sui compensatori dei due trasformatori di media frequenza, partendo, come al solito dall'ultimo dei due. Naturalmente avremo avuto cura di prelevare il segnale per il nostro "signal tracer" a valle della valvola di media frequenza, e più precisamente al secondario del trasformatore T_3 di media frequenza (o, ancora, sulla griglia del triodo rivelatore). Si sentiranno fischi fastidiosissimi, ma forieri (dopo un poco di pratica) dei primi accenni di voce o musica. Non va dimenticato di agire anche sul potenziometro di polarizzazione di griglia della valvola V_3 per contribuire alla messa a punto finale. In questa fase bisognerà avere molta pazienza per coordinare al meglio i vari interventi correttivi. Se tutto, di nuovo, è andato per il meglio, udiremo un cuffia un segnale forte e chiaro, che potrà essere ulteriormente migliorato dall'intervento sul reostato della valvola oscillatrice. Da tutto, quanto precede deve



ANOMALIA RILEVATA	POSSIBILE ORIGINE	INDAGINE CONSIGLIATA
Nessuno suono in altoparlante	L'oscillatore non funziona	Collegamenti della bobina invertiti
		Circuito di placca e/o griglia interrotti
		Valvola non adatta o esaurita
	Tabella guida per l'analisi dei possibili problemi di taratura	Non corretta regolazione della tensione di filamento
		Verificare la tensione di placca
		Invertire i colleamenti delle griglie (bi-griglia)
	Apparecchio fuori sintonia in alta frequenza	Procedere, con lentezza, alla sintonia che prevede, ad ogni spostamento minimo del variabile oscillatore, di scorrere l'arco di funzionamento del variabile di antenna.
	Apparecchio fuori sintonia in media frequenza	Verificare la correttezza della taratura, procedendo dal secondo al primo dei due trasformatori
Ricezione con fischi o inneschi	Apparecchio fuori sintonia in media frequenza (M.F.)	Regolare il potenziometro (P_3) sulla griglia della valvola di M.F.
		Verificare la corretta disposizione dei vari collegamenti, per eliminare eventuali effetti di accoppiamento indesiderati. In particolare in A.F. e M.F.
		Regolare il potenziometro (P_1) sulla griglia della valvola amplificatrice di A.F.
Ricezione debole	Problemi nella sezione di A.F.	Verificare i collegamenti sulla valvola di A.F.
		Controllare lo stato e l'efficienza del trasformatore di A.F.
	Problemi alla sezione oscillatrice	Verificare i vari collegamenti e le tensioni
	Problemi alla sezione B.F.	Regolare la tensione di griglia
		Verificare la tensione di placca
	Problemi alla sezione rivelatrice	Variare tensione di filamento
		Variare R di rivelazione
		Orientare antenna quadro
Ricezione poco selettiva	Problemi nella sez. M.F.	Ritarare i trasformatori di MF

risultare chiaro lo sforzo per agire in sequenze coordinate per potere sempre tornare indietro e riprendere le varie tarature, sino a raggiungere il risultato voluto.

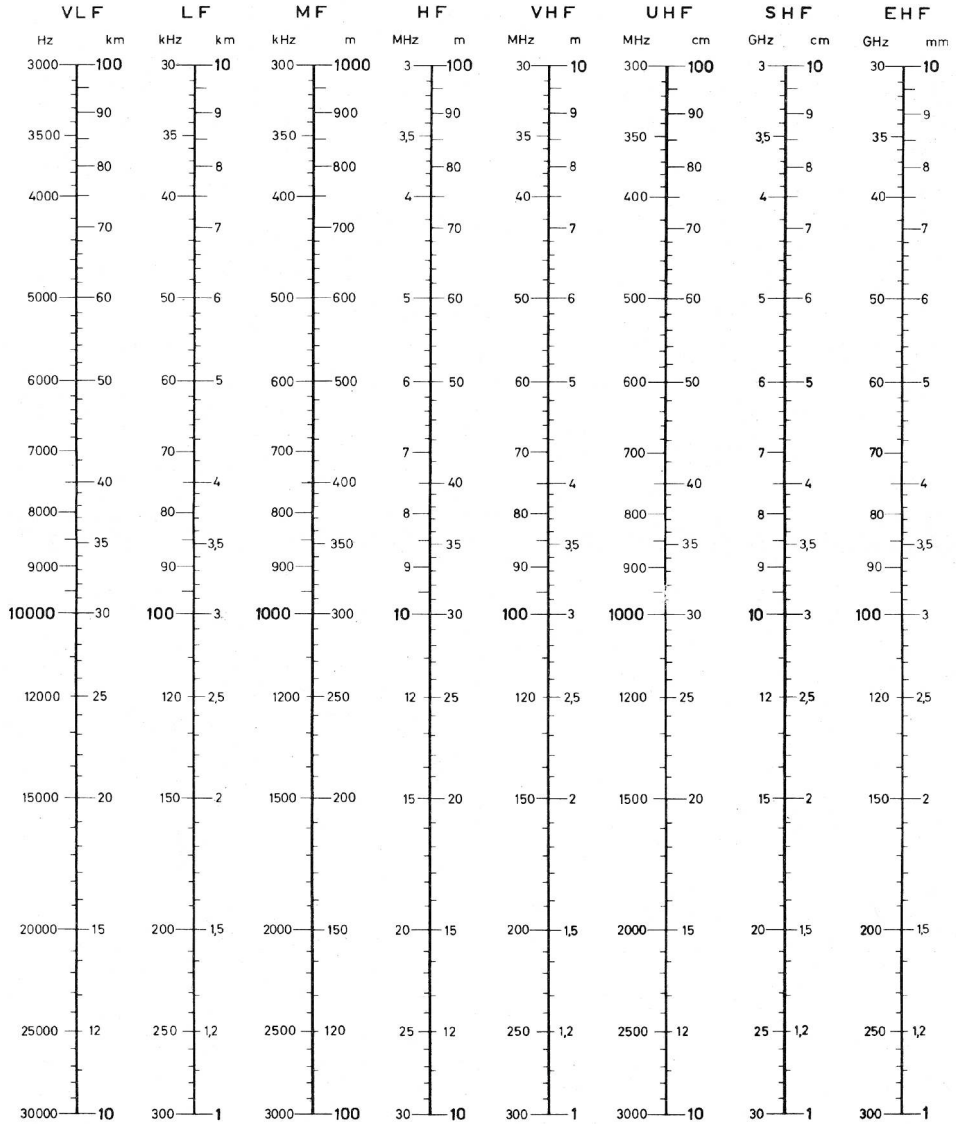
Raggiuntolo, passeremo alla realizzazione dello stadio rivelatore che collegheremo subito agli stadi precedenti per provare direttamente il funzionamento di quanto sino a qui realizzato. Se, di nuovo, non ci sono intoppi, sentiremo in cuffia ciò che fino a questo momento abbiamo udito rivelato dal “signal tracer”. Dovremo di nuovo procedere ad un nuovo ciclo di tarature, sempre con gli accorgimenti di cui sopra. Bisognerà anche porre molta attenzione alle tensioni di alimentazione in gioco e variarle per verificare eventuali miglioramenti nella resa complessiva dell'apparecchio. L'aggiunta dalla parte in bassa frequenza, non dovrebbe dare alcun problema. Finalmente potremo udire in “altosonante” il risultato dei nostri sforzi di moderni progettisti degli anni '20! Una nuova fase di taratura generale è sicuramente necessaria e dovrà essere fatta con cura e senza avere eccessiva fretta. Raccomando, ancora, di non superare la tensione di 90 volt per la alimentazione dello stadio finale. I pochi, condensatori e resistenze è bene siano moderni (eventualmente abilmente camuffati d'epoca) per evitare sgradite sorprese. La tentazione di usare materiale d'epoca è molto forte, me ne rendo conto: a voi la scelta, con prudenza.

Abbiamo così, realizzato la “macchina anni '20 e la emozione del risultato non dovrebbe essere molto diversa da quella percepita dai nostri industriosi e pazienti antenati. Questo “valore” emotivo, non dimentichiamolo, può fare parte di una esperienza complessiva che si acquisisce solamente da collezionisti “auto-costruttori”. Un modo intelligente e moderno, quindi, di fare collezionismo di radio d'epoca.

Un modo intelligente e moderno di fare collezionismo di radio d'epoca auto-costruire modelli degli anni '20

Tav. 13 - SCALE DI CONVERSIONE PER RADIOFREQUENZE E RELATIVE LUNGHEZZE D'ONDA

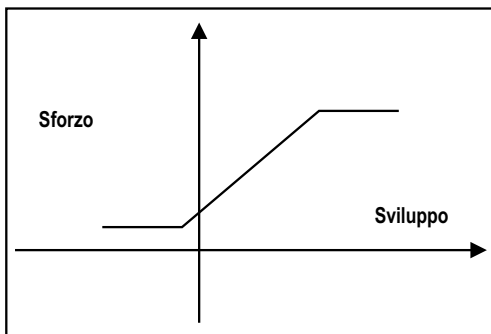
VLF = FREQUENZE MOLTO BASSE LF = FREQUENZE BASSE MF = FREQUENZE MEDIE
 HF = FREQUENZE ALTE VHF = FREQUENZE MOLTO ALTE UHF = FREQUENZE ULTRAALTE
 SHF = FREQUENZE SUPERALTE EHF = FREQUENZE ESTREMAMENTE ALTE



La neutrodina

Parlato di supereterodina, avrei dovuto chiudere la mia chiacchierata. Ma i vari approfondimenti fatti per preparare il testo, mi hanno fatto sorgere la curiosità di capire meglio le caratteristiche tecniche che portarono l'antagonista della supereterodina, la neutrodina appunto, ad un momento di grande notorietà (siamo nella seconda metà degli anni '20).

Una prima considerazione complessiva che possiamo fare è la seguente: la neutrodina non può essere considerata una innovazione, ma piuttosto un tentativo per migliorare le condizioni di amplificazione nello stadio di alta frequenza. Come? Cercando di ridurre l'effetto tipico negativo di auto-oscillazione nel triodo, per accoppiamento tra circuito di placca e di griglia (capacità inter-elettrodica). E' la tipica curva ad "S" che governa lo sviluppo in tutti i settori ad elevata tecnologia. Caratteristico, in questo senso, è stato l'impatto della propulsione a vapore nei riguardi di quella a vela. Per quanto si cercò di affilare le chiglie ed aumentare le velature per incrementare la velocità, nulla si poté fare per arginare ciò che si presentava come il vero progresso tecnologico: la forza del vapore.



La supereterodina è, quindi, la vera innovazione, perché ha introdotto un moderno approccio al trattamento del segnale in A.F.,

soprattutto dopo l'avvento delle moderne valvole multifunzione.

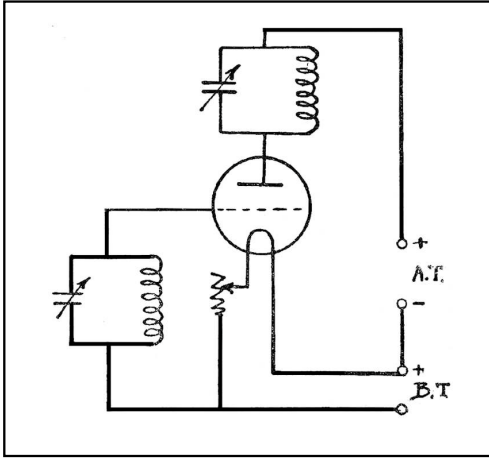
I concetti base

Il circuito neutrodina è il risultato delle ricerche fatte da Hazeltine, presentate il 2 marzo 1923, durante una famosa relazione alla Columbia University, davanti ai membri del Radio Club of America, dal titolo : *"Tuned Radio Frequency Amplification with Neutralization of Capacity Coupling"*.

Va considerato che uno dei mezzi migliori per aumentare la sensibilità e la selettività di un triodo amplificatore in alta frequenza è quella di accordare sull'onda in arrivo tanto il circuito di griglia come quello di placca.

Così facendo però, la valvola entra in oscillazione spontanea a causa, come abbiamo già detto, delle capacità inter-elettrodiche tipiche del triodo. Queste capacità si manifestano tra griglia e filamento, tra placca e filamento e tra placca e griglia.

La neutralizzazione del fenomeno si può effettuare con delle regolazioni del potenziometro (ma con notevoli limiti di efficacia), oppure con circuiti che, invece di smorzare le oscillazioni innescate, evitano, addirittura, l'innescamento rendendo nullo l'effetto reattivo prodotto dalle capacità interne. Nei circuiti neutrodina che sono, quindi, essenzialmente circuiti di amplificazione "equilibrati", vengono usati collegamenti a ponte (Wheatstone) per rendere nulli questi accoppiamenti capacitivi, con ciò evitando che la tensione oscillante di placca produca una corrente attraverso il circuito accordato di griglia. I due elementi circuitali di base a cui è affidato questo importante compito di equilibrio sono il **neutro-con-**



densatore ed il neutro-trasformatore (induttanza).

Si realizza, così, un circuito che, composto da una capacità e da una induttanza, permette di opporre alla corrente che passa attraverso l'accoppiamento nocivo, una corrente tale da distruggerne l'effetto. Senza entrare in ulteriori dettagli, diciamo che la legge che lega questa capacità e questa induttanza alla capacità nociva, è la seguente:

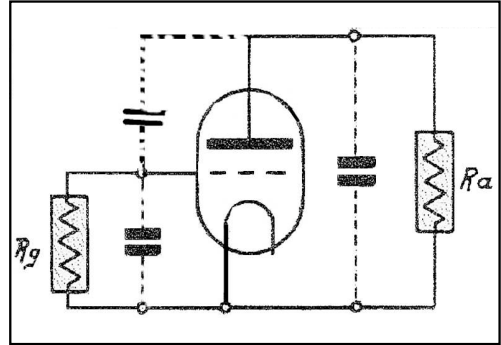
$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{C_2}{C_1}$$

Dove $N_1 C_1$ e $N_2 C_2$ sono rispettivamente, il numero delle spire della bobina (trasformatore di AF), la capacità nociva del circuito neutralizzato e quella addizionale del circuito neutralizzante. Il valore che dovrà avere quest'ultima capacità si ricava dalla formula precedente:

$$C_2 = \frac{N_1 C_1}{N_2}$$

L'espressione ci mostra come il calcolo del valore di C_2 sia funzione del rapporto degli avvolgimenti delle due bobine (di placca e di griglia).

Non si può chiudere la parte generale senza illustrare, brevemente, la teoria del ponte di Wheatstone così come viene qui applicata, tenendo presente che noi la conosciamo

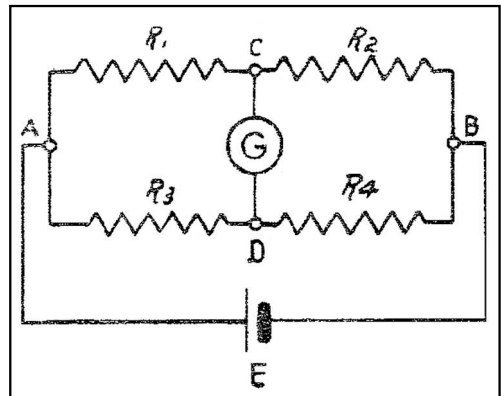


La capacità fra filamento e griglia e quella fra filamento e placca shuntano le impedenze dei circuiti esterni di griglia e di placca.

prevalentemente come strumento per effettuare la misure di resistenza, di induttanza e di capacità in un determinato circuito.

Quando una corrente si suddivide, tra due punti A e B, in due percorsi ACB e ADB, dei quali il primo contiene le resistenze R_1 e R_2 ed il secondo quelle R_3 e R_4 , si avrà in ognuno dei due percorsi, secondo la legge di Ohm, una caduta di potenziale dal punto A al punto B. Gli altri due punti considerati, C sul primo percorso e D sul secondo, saranno a potenziale diverso in modo che, tra questi due punti, si verifica un passaggio di corrente. Variando opportunamente le due resistenze di un percorso è però possibile rendere uguale il potenziale dei punti C e D, annullando la corrente prima rilevata. Dato che, ora, i punti C e D sono allo stesso

Il ponte Wheatstone costituito da resistenze ohmiche alimentato da corrente continua



potenziale, avremo per la legge di ohm:

$$I_1 R_1 = I_3 R_3 \quad I_2 R_2 = I_4 R_4$$

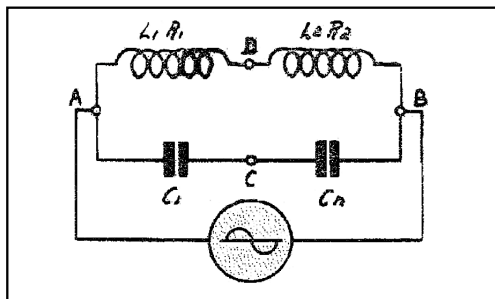
Da cui:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Se i valori delle resistenze dei quattro bracci soddisfano questa relazione non esiste differenza di potenziale tra i due punti C e D ed il ponte è, quindi, in **equilibrio**.

Nel caso il ponte sia alimentato da una tensione alternata e se i quattro bracci contengono capacità ed induttanze occorre, per annullare la corrente tra C e D, che non solo l'**ampiezza** delle tensioni sia uguale, ma che lo sia anche la loro **fase**. Solo se queste due relazioni non conterranno la **frequenza** della tensione alternata sarà possibile stabilire l'equilibrio del ponte. Quando l'accoppiamento tra L_1 e L_2 non è massimo, l'equilibrio del ponte dipende dalla frequenza.

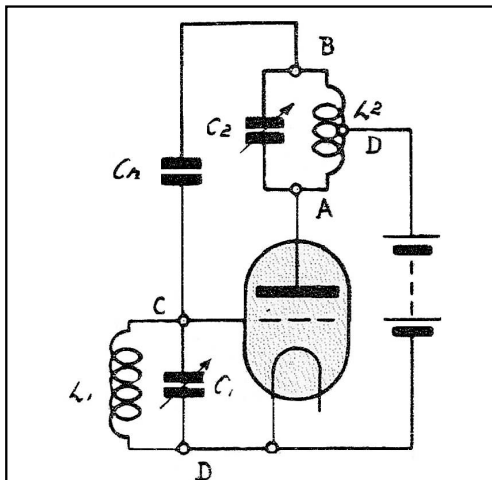
Il ponte Wheatstone costituito da induttanze e capacità alimentato con corrente alternata



I diversi circuiti

Come spesso accade nelle cose terrene, il merito di uno è il risultato dello sforzo di molti. Niente di più vero come nel caso della neutrodina, dove tutti ricordano Hazeltine, ma quasi nessuno: Rice, Round, Cowper, Wheeler, De Colle. Eppure ciascuno di questi signori ha dato il suo contributo alla soluzione di problemi circuitali, non indifferenti, alcuni prima di Hazeltine.

Un primo circuito "equilibrato" (non si parlava ancora di neutrodina) appare con il

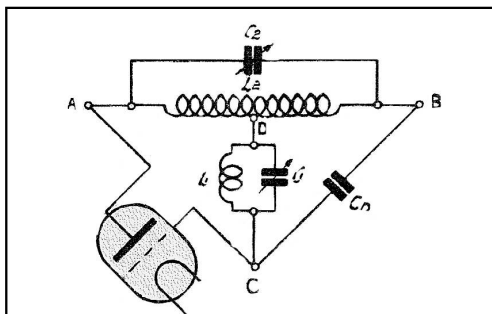


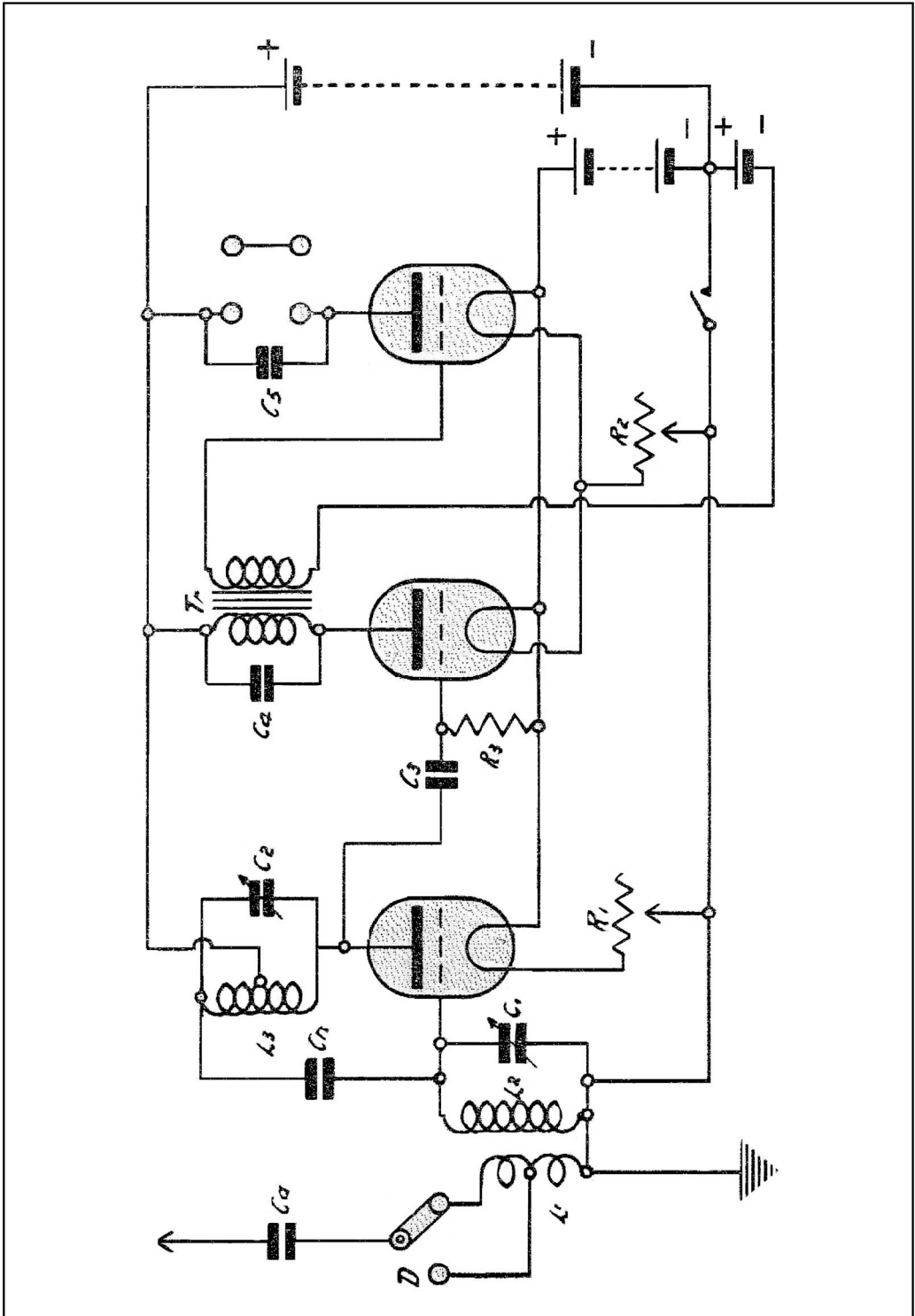
Circuito Willians Round

brevetto britannico di **Rice** (1918); un secondo è quello brevettato da **Willans e Round** (1923), che è poi alla base del mio progetto e di cui parleremo dei dettagli costruttivi, più avanti.

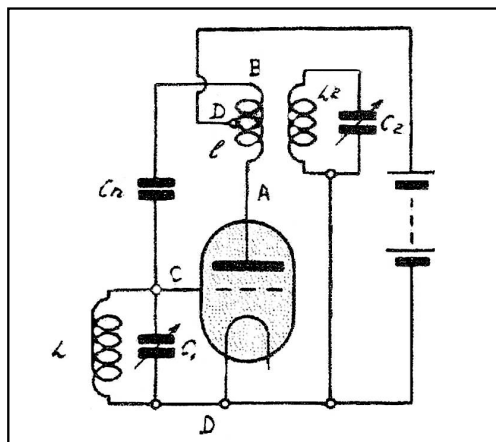
Guardando i due schemi di riferimento del circuito di Round (quello teorico e l'altro, equivalente, a ponte), vediamo che se la presa per l'alimentazione della placca è fatta esattamente a metà della bobina L_2 , otterremo l'equilibrio per una capacità del neutro-condensatore C_n , uguale alla capacità interna tra placca e griglia. Un altro schema interessante è quello di **Hazeltine** (1920/1923) di cui vediamo, anche in questo caso, le due rappresentazioni schematiche. Il circuito accordato $L_2 C_2$ forma il secondario di un trasformatore il cui primario è collegato, con una derivazione a metà, con

Collegamento a ponte del circuito Willians Round





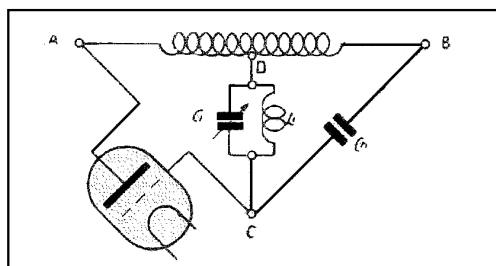
Ricevitore a 3 valvole: Tipo Williams Round, I R, I BF. Campo d'onda 250 - 600 m



Circuito fondamentale Hazeltine

il polo positivo della batteria anodica. Collegeremo, poi, un estremo alla placca e l'altro, attraverso il neutro-condensatore, alla griglia. Lo schema equivalente a ponte, ci mostra come la corrente anodica percorra solo la metà dell'avvolgimento del primario tra i punti A e D. Quindi bisognerà che l'accoppiamento tra le due sezioni del primario sia massimo e l'avvolgimento fatto nello stesso senso, per rendere l'equilibrio indipendente dalla frequenza. Mi limito a citare questi due soli circuiti, per non appesantire inutilmente la trattazione. In realtà esistono alcune variazioni sullo schema di **Hazeltine**, uno schema di **Cowper**, che può essere realizzato con comuni bobine a nido d'ape ed altri circuiti ove gli elementi, nei bracci, sono unicamente capacità (**Isofarad**, **Difarad**).

Collegamento a ponte del circuito fondamentale Hazeltine

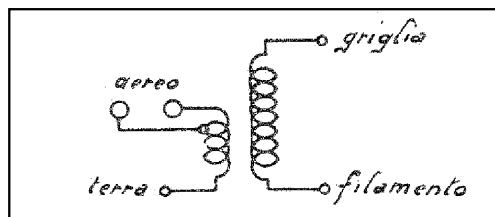


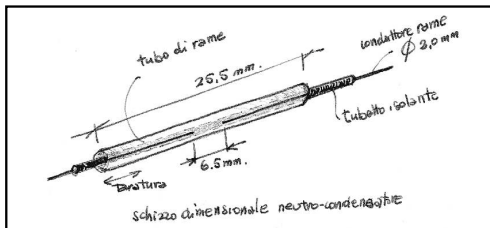
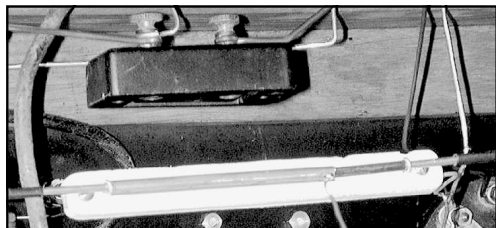
La realizzazione

Dopo questa galoppata tra i temi che bisogna affrontare per meglio capire ciò che viene dopo, vediamo di entrare nel merito della realizzazione pratica, così come ho fatto per la supereterodina. La scelta dello schema è stata conseguenza della decisione di realizzarne uno di facile collaudo. Lo schema di **Round** mi è sembrato adatto allo scopo. Avendo recuperato un mobile di legno a cassetta degli anni '20 (per valvole esterne), l'ho utilizzato come contenitore, adattando, quindi, la cablatura agli spazi disponibili. Ho, poi, recuperato un vecchio trasformatore di bassa frequenza (rap. 1/3 o 1/5) da un telaio in disuso, dopo avere verificato che fosse adatto per l'accoppiamento tra la valvola rettificatrice e la valvola finale. Quindi ho affrontato il problema della costruzione delle bobine. Per entrambe, i dati erano disponibili sui "sacri testi" già menzionati. La versione della **bobina di AF** (250/600m.) realizzata, prevede di utilizzare un tubo di cartone di 70 mm. di diametro.

Avvolgimento secondario: 60 spire con filo di rame 0,5/0,7 con doppia copertura in cotone. Il primario (20 spire con presa alla 12^a dal lato terra) è avvolto sopra al secondario (lato collegamento filamento) nello stesso senso del secondario, con un cartoncino, interposto, per isolamento. Occupiamoci ora, dell'induttanza che svolge il compito di **neutro-trasformatore L3**. Diametro del tubo, in cartone: 70 mm.; avvolgimento 60 spire, con filo di rame da 0,5/0,7mm., in un solo strato con presa centrale.

Il segreto della realizzazione è il **neutro-compensatore (C₂)**, che però è possibile realizzare abbastanza facilmente, conside-





rata la piccola capacità in gioco (vedere foto e schizzo).

Un procedimento empirico, per determinare il valore di questa capacità di equilibrio, è derivato dalla formula, già vista, che lega numero di spire alle capacità considerate.

Se indichiamo come rapporto tra N_1 e N_2 , un valore uguale a $\frac{1}{4}$, avremo:

$$C_2 = \frac{1}{4} C_1$$

Cioè, la capacità neutralizzante dovrà essere pari ad un quarto della capacità nociva (generalmente fornita come caratteristica della valvola).

La figura illustra come si possa costruire tale capacità, utilizzando filo di rame da 2,0 mm. di sezione, tubetto sterling isolante ed, infine, un tubetto di rame che racchiuda il tutto e montato in modo che possa scorrere lungo il tubetto sterling per una certa lunghezza. Si realizza, poi, un ancoraggio su un piastrina isolante di supporto e terminali per collegare il tutto al circuito. E' chiaro che un tale sistema equivale a due condensatori in serie le cui capacità aumentano o diminuiscono, l'una rispetto all'altra, con lo scorrere del tubetto di rame verso destra o verso sinistra. La realizzazione del resto dello schema non presenta problemi particolari di sorta. Va detto che un minimo di penalizzazione al circuito è data dall'aver utilizzato due variabili a mica (400/500 pF) invece che ad aria, al momento non disponibili.

La taratura

L'apparecchio, appena terminato, richiede una regolazione **prima** di collegarlo ad un

sistema ricevente antenna/terra. I circuiti neutrodina, con uno o più stadi in AF, lavorano meglio con l'aereo, poiché il quadro richiede una maggiore amplificazione in alta frequenza e presenta l'inconveniente che il suo stesso campo magnetico provoca un accoppiamento con gli avvolgimenti dei trasformatori, se questi non sono adeguatamente schermati.

Si conetterà, quindi, l'alimentazione (65V. di AT, 4V. per la BT e 3V. per la polarizzazione negativa di griglia) e si porteranno i circuiti di placca e di griglia del primo triodo sul medesimo periodo di oscillazione, manovrando lentamente i due condensatori variabili; ad un certo punto si verificherà l'innesco delle auto-oscillazioni, caratterizzato dai ben noti fischi. A questo punto, operando sul condensatore di neutralizzazione, si cercherà di ridurre tale fischio al massimo possibile. Si potrà, allora, collegare il ricevitore al circuito antenna /terra, cercando l'accordo su una stazione di una certa intensità. Fatto ciò, si riudirà il sibilo che andrà eliminato con una accurata regolazione del neutro-condensatore. In questa fase della regolazione, potrà essere utile scambiare tra loro i triodi per trovare quello più adatto alla bisogna. Una volta fatta la regolazione in questione, il neutro-compensatore andrà bloccato e le valvole non andranno più rimosse, a meno di non ripetere l'operazione di taratura. Fatto ciò, la sintonia si effettuerà come in un normale ricevitore senza reazione.

Non sarà inutile sottolineare di nuovo che la personale predisposizione allo sperimentare varianti "sul tema", oltre a dare molte soddisfazioni, permetterà di ottenere i migliori risultati.

La conversione di frequenza per sovrapposizione e per modulazione

Le ragioni per le quali

Nel corso della costruzione del ricevitore supereterodina mi sono reso conto di quanto poteva essere utile approfondire l'argomento della conversione di frequenza, se avessi voluto capire meglio quello che stavo facendo. Volevo andare oltre alla interpretazione semplificata di "mettere" insieme due frequenze per ottenere il battimento fatidico, foriero della possibilità di udire il segnale in altoparlante. Ho dovuto, quindi, rivolgermi ad altri testi più completi, per ritrovare tutti gli elementi utili non solo per ricostruire una storia organica, possibilmente breve, ma anche per cercare di collegare le eventuali dimostrazioni matematiche del fenomeno ed il fenomeno stesso, con gli schemi pratici di riferimento. Ultima presunzione: il tutto avrebbe dovuto, possibilmente, essere comprensibile a tutti, o quasi, neofiti o no.

Vediamo se ci sono riuscito.

Un poco di seni e coseni....ma niente sesso.

Questo "bagnetto" trigonometrico ci serve per capire meglio come nascono le **bande laterali**, così importanti per permettere la successiva fase di rivelazione nei nostri apparecchi riceventi, di qualunque tipo essi siano. Le oscillazioni in alta frequenza generate da un oscillatore hanno andamento sinusoidale espresso dalla relazione:

$$a = A \text{ sen } (2\pi f_p t + \varphi) \quad 1)$$

in cui:

a : valore istantaneo della grandezza

A : valore massimo (ampiezza)

$2\pi f_p t = \omega t$: la pulsazione per il tempo

φ : la fase

La modulazione di ampiezza consiste, dunque, nel fare variare nel tempo l'ampiezza **A** dell'oscillazione in alta frequenza secondo la funzione del segnale modulante. Supponiamo, per semplicità, che anch'esso abbia andamento alternato sinusoidale:

$$b = B \text{ sen } (2\pi f_m t + \varphi') \quad 2)$$

Possiamo, quindi, affermare che una oscillazione modulata in ampiezza ha un andamento sinusoidale di ampiezza variabile, il cui inviluppo ha l'esatta forma del segnale. La maggiore o minore profondità di modulazione definisce il **grado di modulazione** ($m = B:A$, da cui $mxA = B$). Tralasciando concetti e calcoli troppo complessi possiamo dire, infine, che una oscillazione modulata è la risultante della somma dell'ampiezza **A** nella funzione 1) con la funzione 2), la cui ampiezza **C** sarà:

$$C = A + B \text{ sen } 2\pi f_m t \quad (\varphi + \varphi')$$

Il valore istantaneo sarà:

$$c = (A + B \text{ sen } 2\pi f_m t) \text{ sen } 2\pi f_p t$$

Lo sviluppo di questa espressione, unito a specifiche proprietà delle relazioni trigonometriche, portano ad un interessante risultato che dimostra come l'onda modulata sarà composta da tre oscillazioni rispettiva-

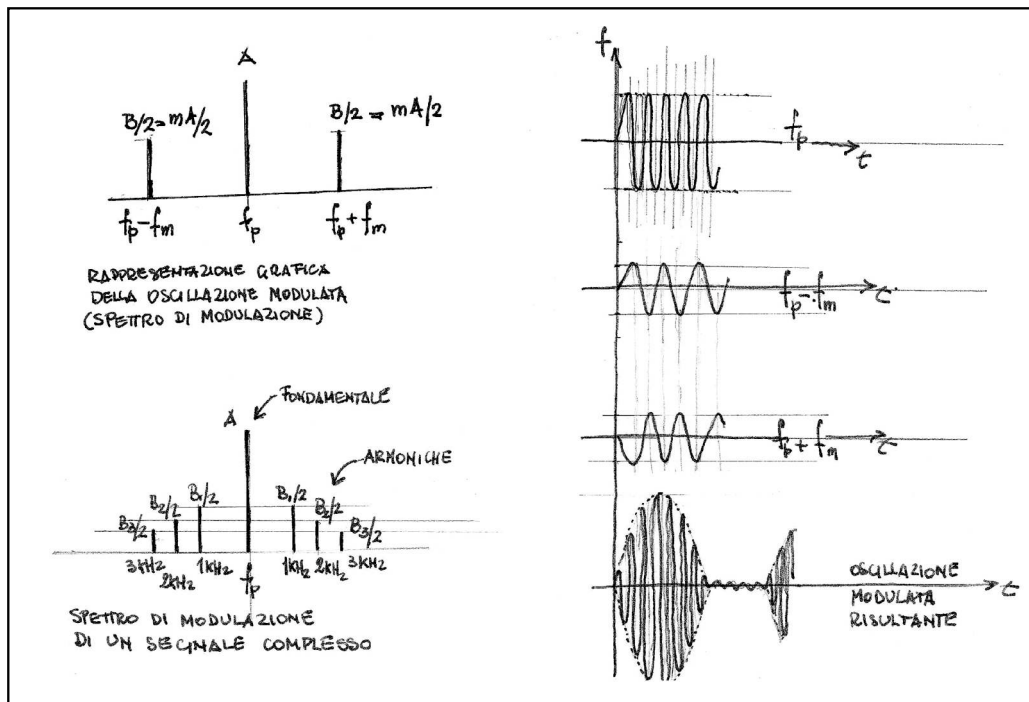
mente di frequenza : f_p (portante), $f_p - f_m$ (banda laterale inferiore), $f_p + f_m$ (banda laterale superiore) e di ampiezza: A , $B/2$, $B/2$. Riferendoci, ancora, al concetto che esprime la possibilità di scomporre un segnale complesso in tanti segnali sinusoidali (fondamentale ed armoniche) avremo, per ogni componente del segnale modulante, tante coppie di oscillazioni laterali.

Per una sufficiente qualità di ricezione in modulazione di ampiezza, la "larghezza" del canale (distanza tra le righe estreme dello spettro) si è convenuto fosse di 9kHz (4,5kHz per lato). Così, se nella gamma delle onde medie, la frequenza della portante è di 1000kHz, la stazione occupa un canale compreso tra 995,5 e 1004,5kHz. E', poi, necessario per evitare le interferenze tra le varie stazioni trasmettenti che esse siano distanziate di un intervallo di frequenza pari, almeno, alla larghezza del canale.

Una visione più ampia del concetto

Il "trucco" della conversione di frequenza è normalmente associato con il circuito che prende il relativo nome, nella tipica costruzione radio a supereterodina. E', però, importante rendersi conto come il fenomeno della conversione di frequenza sia ben più presente nella teoria e nella pratica della radiotecnica. Infatti possiamo affermare che si ha "conversione di frequenza" tutte le volte che si realizza, attraverso un dispositivo a comportamento lineare o meno, un passaggio da una frequenza generalmente più alta ad una più bassa (come la gamma delle audio frequenze). Quindi un dispositivo raddrizzatore di tensione opera una conversione di frequenza, così come un diodo od una galena, quando rivela un segnale ad alta frequenza e lo rende udibile nella cuffia o nell'altoparlante. Vediamo di chiarirci meglio le idee, concentrandoci sulla rivelazione tradizionale.

Struttura della modulazione dei segnali e le bande laterali con diversi tipi di segnali

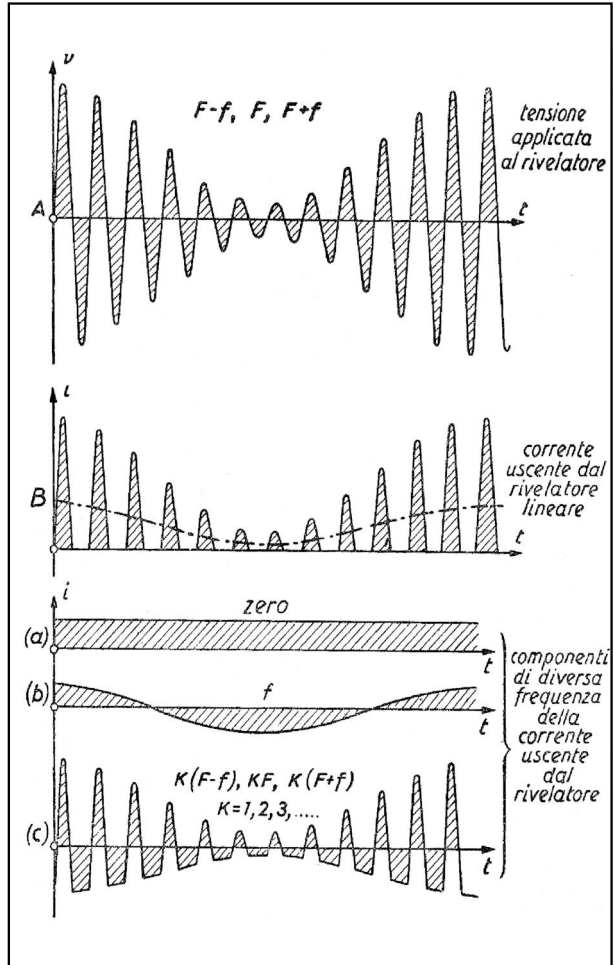


La rivelazione

Sappiamo già che ottenute delle onde modulate, cioè onde a radio frequenza il cui inviluppo varia in funzione del segnale da trasmettere, all'arrivo in un punto ricevente queste onde dovranno essere rivelate. Perché accada ciò, dovrà verificarsi che le oscillazioni in arrivo, a valore medio nullo, siano tramutate in altre a valore medio proporzionale all'ampiezza delle oscillazioni originarie. Ed è quello che fa, appunto, il diodo. Può essere ancora interessante aggiungere alcune ulteriori osservazioni su come la rivelazione metta in evidenza parti della corrente in uscita di frequenza diversa e, generalmente, più bassa di quella della tensione applicata. Per capire ciò basta pensare ai raddrizzatori a diodi cui si applichi una tensione a frequenza industriale e di valore medio nullo, per ottenere, in uscita, una corrente a frequenza nulla (cioè continua) ed a valore medio non nullo. Nel caso più specifico della rivelazione di onde elettromagnetiche, da una tensione a radio-frequenza modulata ne deriva una corrente con una componente a frequenza acustica.

Componenti della corrente rivelata

Ricapitolando: qualsiasi sia il tipo di tensione applicata e qualsiasi caratteristica abbiano il rivelatore (lineare o no), la rivelazione metterà in evidenza componenti di frequenza, generalmente più bassa, che non compaiono direttamente nella tensione di entrata. Tralasciando i complicati calcoli trigonometrici che sono sottesi, guardando la figura che segue possiamo avere la rappresentazione di quanto affermato. Quindi la corrente uscente dal rivelatore è l'insie-



Diagrammi dello spettro di frequenze presenti dopo la conversione

me di tre componenti: la prima (a) costante (frequenza nulla); la seconda (b) di frequenza f pari alla frequenza di modulazione e la terza (c) di valore medio nullo, di andamento non sinusoidale, ma scomponibile a sua volta in componenti sinusoidali. La componente costante (a) sarà impiegata, nei moderni ricevitori, per la regolazione automatica della sensibilità (diverse sigle la identificano, in italiano od inglese, nei circuiti applicativi), mentre la componente (b) è quella caratteristica della rivelazione di radiofrequenze.

Entriamo, ora, nel merito

Nella operazione di conversione (quella che si effettua nelle normali supereterodine), le frequenze dei segnali che si ricevono, mediante la generazione di oscillazioni locali (eterodinaggio), sono convertite in una frequenza che corrisponderà a quella individuata come “media frequenza”. Tralasciando, per il momento, le ragioni di una scelta, vediamo quali sono e come si differenziano i due metodi per realizzare praticamente questa conversione di frequenza.

- Metodo per **sovrapposizione**

- Metodo per **modulazione**

Nella conversione di frequenza per **sovrapposizione** si sommano algebricamente due pulsazioni ω_1 (portante) e ω_2 (oscillazione locale). L'espressione trigonometrica che rappresenta questo fenomeno è:

$$A \sin \omega_1 t + B \sin \omega_2 t$$

Ove:

A e **B** sono i valori massimi del fenomeno; ω_1 ed ω_2 le pulsazioni per il tempo.

Da questa espressione, attraverso opportune elaborazioni matematiche, si ottiene una espressione finale che nella pratica rappresenta un insieme di frequenze. Queste ultime saranno, passando attraverso filtri sintonizzati, ridotte a due frequenze $\omega_1 + \omega_2$ e $\omega_1 - \omega_2$ (la seconda è normalmente usata). In base a questo principio funzionano i convertitori di frequenza caratteristici della **supereterodina**.

Nella conversione di frequenza per **modulazione** avviene, invece, la moltiplicazione tra i segnali ω_1 e ω_2 , ottenendo così l'espressione:

$$A (1 + B \sin \omega_2 t) \sin \omega_1 t$$

Sviluppi trigonometrici portano ad evidenziare come l'espressione finale che rappresenta questa oscillazione modulata, contenga tre componenti:

$$\omega_1, \omega_1 + \omega_2, \omega_1 - \omega_2$$

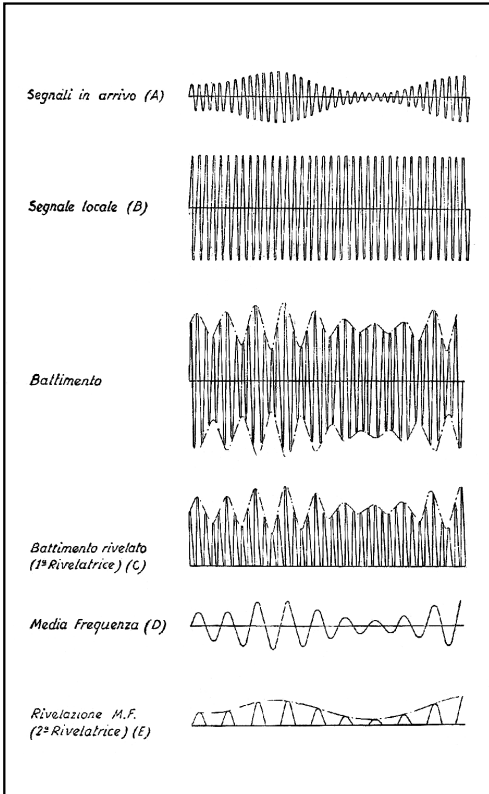
Se la oscillazione somma e quella differenza sono sufficientemente distanti tra loro, si potrà (con un opportuno filtro) separarle, ottenendo, come nel caso precedente, un segnale di frequenza $\omega_1 - \omega_2$.

Gli schemi pratici

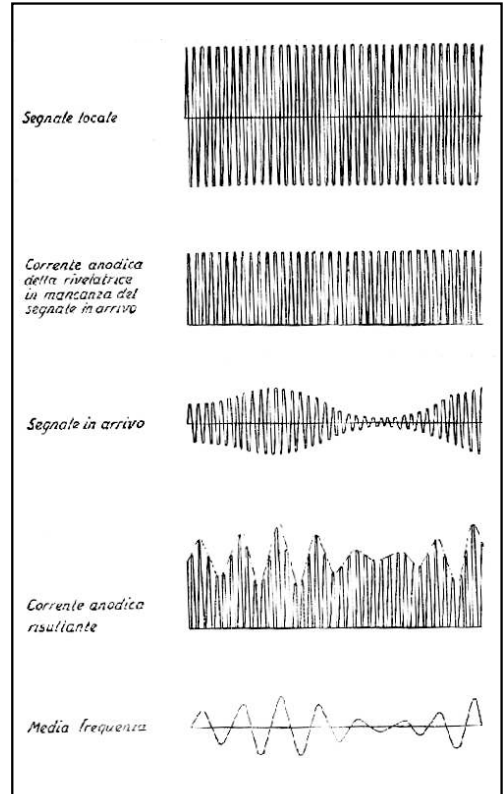
Lo schema base di un convertitore di frequenza del tipo **supereterodina** è quello di figura, ove due valvole svolgono la funzione, rispettivamente, di oscillatrice locale e di rettificatrice (detta anche “sovrappositrice” o “mescolatrice”). Lo stesso risultato si può anche raggiungere impiegando una sola valvola che racchiuda in sé le due funzioni, dato che il circuito non svolge alcuna funzione di amplificazione in alta frequenza.

Lo schema è di facile interpretazione funzionale e, sostanzialmente, si può così riassumere. Il circuito L_1 e C_1 è sintonizzato sulla frequenza dei segnali ricevuti e la tensione alta frequenza che ne deriva, è applicata alla griglia della valvola “sovrappositrice”. La valvola oscillatrice genera nel circuito $L_3 C_2$ oscillazioni la cui frequenza è funzione dei valori di capacità ed induttanza in gioco. La frequenza f_1 (valore di media frequenza) risulterà essere la differenza tra le frequenze di risonanza dei due circuiti $L_1 C_1$ e $L_3 C_2$. L'accoppiamento $L_3 L_2$ porta il segnale locale sulla griglia della sovrappositrice, insieme ai segnali ricevuti. Dopo la prima rettificazione, avremo un insieme di frequenze: la f_1 , le due frequenze originali ed altre frequenze dovute al processo di rettificazione. A questa tipologia di conversione appartengono anche i circuiti a “seconda armonica” e tropadina. Il limite fondamentale di questa soluzione è la reciproca influenza che i due circuiti di sintonizzazione effettuano vicendevolmente (effetto di trascinamento).

Vediamo, ora, l'altro sistema di conversione. In modo sintetico, possiamo dire che il convertitore di frequenza del circuito **ultradina** non è altro che un oscillatore modulato dai

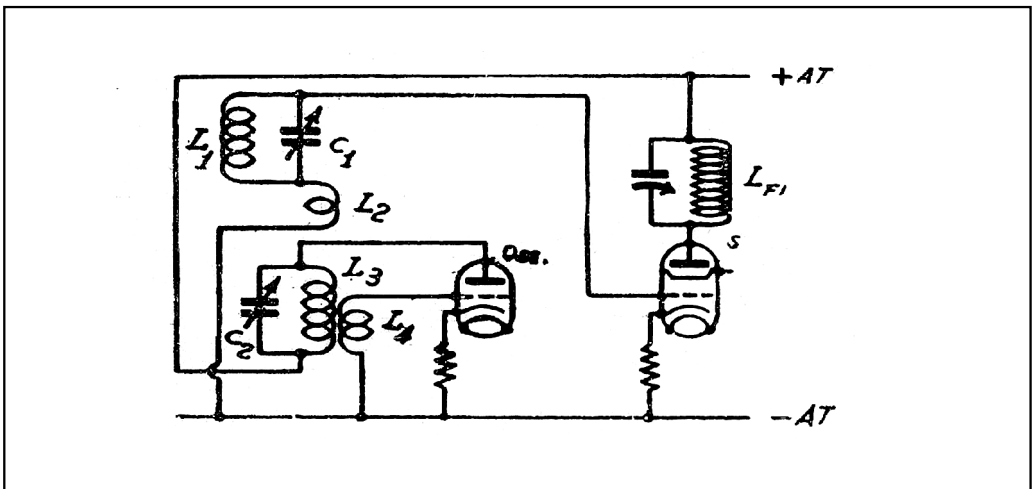


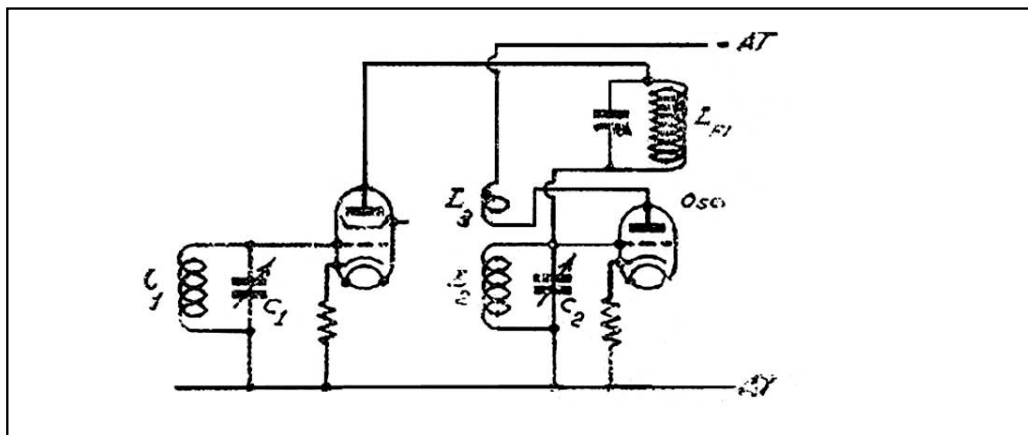
Diagrammi delle varie fasi della conversione di frequenza, nel caso di sovrapposizione dei segnali



Diagrammi delle fasi di "conversione frequenza" con il metodo per modulazione

Schema teorico di supereterodina





Schema teorico di ultradina

segnali in arrivo. La figura relativa illustra un tipico circuito ultradina. Come si vede la placca della prima valvola è alimentata dalla tensione di alta frequenza proveniente dall'oscillatrice, mentre sulla griglia della stessa è presente il segnale in arrivo. La polarizzazione della placca varia, così, tra valori negativi e positivi, avendosi come risultato un passaggio di elettroni solo quando avremo semicicli positivi della tensione in alta frequenza fornita dall'oscillatore locale. Queste oscillazioni modulate, prodotte dai segnali in arrivo ed applicati alla griglia della prima valvola, modulano a loro volta, la corrente anodica. L'accoppiamento tra circuito di entrata e circuito oscillatorio è realizzato dalla capacità anodo-griglia della prima valvola.

Lo sviluppo successivo di queste tecniche, grazie anche alla introduzione delle valvole a più elettrodi, ha portato progressivamente alla realizzazione di circuiti sempre più efficienti.

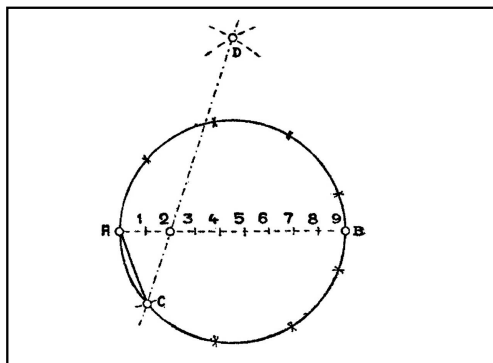
Qualche altra considerazione generale

Una ultima considerazione va fatta sui vantaggi della conversione di frequenza, rispetto, in particolare, alla amplificazione diret-

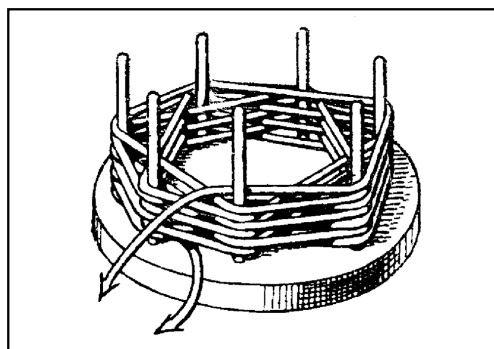
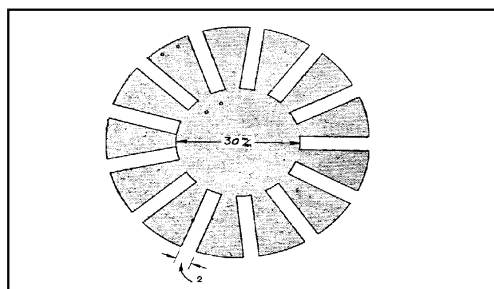
ta. Il vantaggio di fondo è sensibilità e selettività uniformi su tutta la gamma di sintonia, oltre ad un grande guadagno in selettività, in termini assoluti. Infatti, se si considera di volere separare un segnale di 1000 kHz (300m) da uno di 1010 kHz (297m), quindi con differenza percentuale di 1%, la cosa sarebbe particolarmente ardua per un ricevitore ad amplificazione diretta. Altra cosa è con la conversione di frequenza: se la frequenza dell'amplificatore di media frequenza fosse di 100 kHz (3000m), per ricevere il segnale di 1000 kHz dovremo sintonizzare la parte in alta frequenza su 1000 kHz e l'oscillatore locale su 1100 kHz (1000+100). Con tale frequenza dell'oscillatore locale, l'altro segnale da ricevere (1010 kHz), produrrà un battimento di 90 kHz. La differenza di frequenza è sempre di 10 kHz, ma la differenza percentuale (tra i valori dei due battimenti) è, ora, del 10%. La "selettività" sarà, perciò, resa più efficace. Inoltre, a frequenze basse (dell'ordine di quella della media frequenza) il fattore Q (qualità) delle bobine di filtro ha rendimenti più elevati. E, quindi, migliora ancora il rendimento del sistema di ricezione.

Costruzione di un avvolgitore per bobine

Se non si possiede un avvolgitore per bobine a nido d'ape od a fondo di panier, può essere utile sapere cosa fare per costruirselo con pochi mezzi e fatica. Due possono essere i metodi per costruire questo attrezzo: 1) utilizzando un supporto di cartone opportunamente sagomato; 2) fissando su un rocchetto di legno, a sezione circolare, una serie di supporti cilindrici di metallo (piolini da 1 o 2 mm. di sezione e qualche centimetro di lunghezza) in numero e successione che andranno all'uopo determinati. Vediamo, allora, come si può procedere. La costruzione geometrica per dividere in parti uguali una circonferenza è molto semplice. Si traccia una retta, sulla quale si segnano, aiutati da un centimetro, nove oppure undici punti (comunque un numero dispari) ad uguale distanza gli uni dagli altri. Agli estremi del segmento, così ottenuto, si punta il compasso con apertura la lunghezza dello stesso, determinando il punto **D** di intersezione. Da **D**, passando per il punto **2** si determina la intersezione **C**. Con apertura di compasso **AC** (il "passo" dell'avvolgimento) si determina la successione dei punti ove dovranno essere realizzati i fori (per infilare i piolini di cui sopra) o le fessure che dovranno sorreggere il filo dell'avvolgimento.

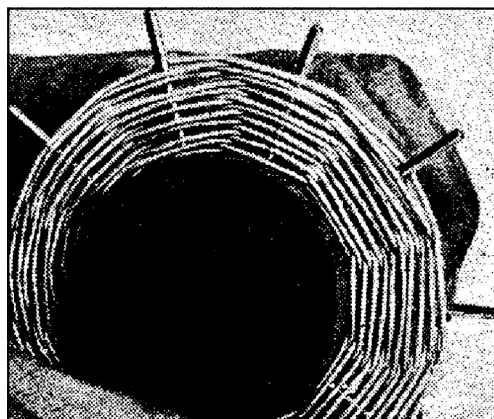


Sarà possibile, utilizzando la stessa costruzione geometrica, costruire altri tipi di bobine (o meglio induttanze) quali quelle a gabbione.

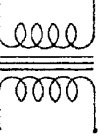

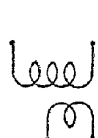
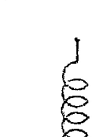


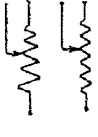
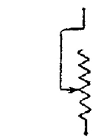


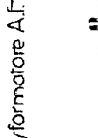
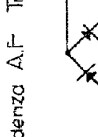
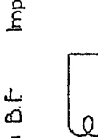
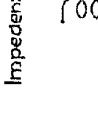
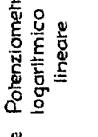
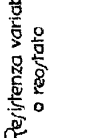
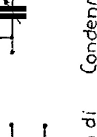
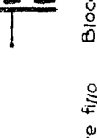

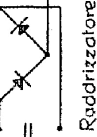
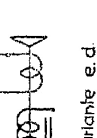
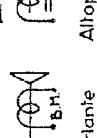
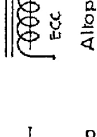
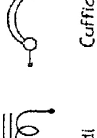
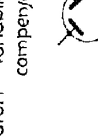
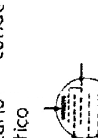
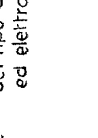

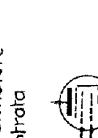
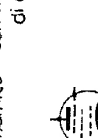
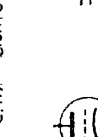
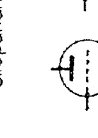
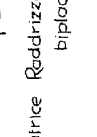
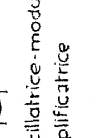
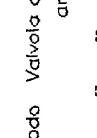
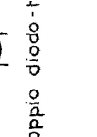
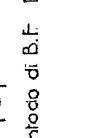
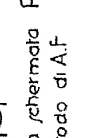
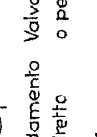
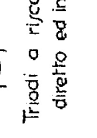


Avvolgimento a gabbione

Avvolgimento a fondo di panier



SEGNI CONVENZIONALI

							
Resistenza fissa	Resistenza variabile o reostato	Potenziometro logaritmico e lineare	Impedenza B.F.	Impedenza A.F.	Traformatore A.F.	Autotrafo	Traformatore B.F.
							
Traformatore di alimentazione	Cuffia o alloparlante e. m.	Alloparlante ecc.	Alloparlante e. d. con traformatore di entrata	Raddrizzatore ad ossido di rame	Raddrizzatore ad ossido di rame	Condensatore del tipo a carta ed elettrolitico	Condensatore variabile con compensatore
							
Condensatori, sullo stesso asse	Triodi a riscaldamento diretto ed indiretto	Valvola schermata o pentodo di A.F.	Pentodo di B.F.	Doppio diodo - triodo amplificatrice	Valvola oscillatrice - modulatrice	Raddrizzatrice biplacca	
							
Commutatore semplice e doppio a 2 posizioni	Interruttore a tappeto e a tazza	Incrocio di conduttori	Unione o punto di saldatura di più conduttori	Conduttore schermato	Conduttori intrecciati o avvolti fra, di loro e trasmittente	Antenna ricevente	Terra o maglia
							
Corrente raddrizzata o continua e alternata	Schermo	Diaframma elettromagnetico	Cristallo di quarzo	Microfono a carbone	Microfono a condensatore	Batteria	/mento di misura - nel cerchio aggiungere la lettera V-A-MA-W per specificare il tipo

Bibliografia

**Ing, A.Banfi - Corso elementare di radiotecnica
1927 - A.G. Milesi - Milano**

**G. DeColle - E. Montù - Ricevitori neutrodina
1926 U. Hoepli - Milano**

**G.DeColle - E. Montù - Ricevitori supereterodina -
1927 U.Hoepli - Milano**

**Scuola Radio Elettra - Corso radio stereo -
1960**

**G.Gaiani - Trasmissione e ricezione
1943 - ed. Il Rostro – Milano**

**Cecconi e Corezzi - Elementi di Radiotecnica
1961 - Ed. Bibbiena**

**E.Montù - Come funziona, come si costruisce
una stazione radio r/t.(7^aed)
1930 - U. Hoepli - Milano**

La radio per tutti - (1925/1932)

Radio tecnica - (1929/1930)

Radiofonia - (1927/1928)

**E. Montù - Radiotecnica Vol. I e III
1946 Ed. U. Hoepli - Milano**

**U. Dilda – Radiotecnica Vol. I e III
1958 - Ed. Levrotto e Bella – Torino**

**G. Vanni - Radiotecnica Vol. I e III
1935 - Ed. An. Dante Alighieri – Milano**

**Ist Radiotecnico Beltrami – Supereterodina/
Il circuito oscillatore – Dispense**

Monza, Febbraio 2004

