

## CAPITOLO VIII

### RICEVITORE A SUPERETERODINA

#### 75. Principi di funzionamento della supereterodina.

a) La differenza sostanziale fra il ricevitore a circuiti accordati ed il ricevitore a supereterodina è quella che nel ricevitore a circuiti accordati il segnale a radiofrequenza è amplificato alla frequenza del segnale, mentre nel ricevitore a supereterodina il segnale è amplificato ad una nuova e più bassa frequenza chiamata la *frequenza intermedia*.

b) Le deficienze del ricevitore a circuiti accordati (paragr. 74) sono largamente superate con il ricevitore a supereterodina, combinando nel ricevitore il segnale ricevuto con una frequenza differente per produrre una frequenza intermedia più bassa. Benchè molto più bassa di quella originale, questa nuova frequenza possiede tutte le caratteristiche della modulazione del vecchio segnale. Amplificando questa frequenza più bassa, è possibile usare dei circuiti che sono più selettivi e capaci di un'amplificazione più grande di quella ottenibile dai circuiti usati nei ricevitori a radiofrequenza accordata. Il diagramma a blocchi di un ricevitore tipico a supereterodina, mostrato nella figura 121, indica il modo secondo cui varia il segnale attraversando i differenti stadi. Il segnale a radiofrequenza ricevuto è prima passato attraverso un amplificatore a radiofrequenza. Un segnale a radiofrequenza localmente generato non modulato viene poi mescolato con la frequenza portante nello stadio mescolatore. Ciò produce un segnale a frequenza intermedia che contiene tutte le caratteristiche della modulazione del segnale originale, ma è molto più basso in frequenza. Questa frequenza intermedia è amplificata in uno o più stadi chiamati amplificatori a *frequenza intermedia*, ed è poi applicata al *secondo rivelatore*, dove è rivelata o demodulata. Il segnale rivelato è amplificato nell'amplificatore ad audiofrequenza e quindi applicato ad una cuffia o ad un altoparlante.

e) La conversione del segnale a radiofrequenza originale in frequenza intermedia è una funzione importante del ricevitore a supereterodina. A mezzo di un tubo a vuoto funzionante come rivelatore, è possibile cambiare la frequenza di un segnale radio in un'altra frequenza che ritiene l'informazione esistente nel segnale originale. Questo procedimento è conosciuto con il nome di *conversione di frequenza*. Il tubo è chiamato *mescolatore* o *convertitore* e qualche volta *primo rivelatore*. Se un segnale di 1000

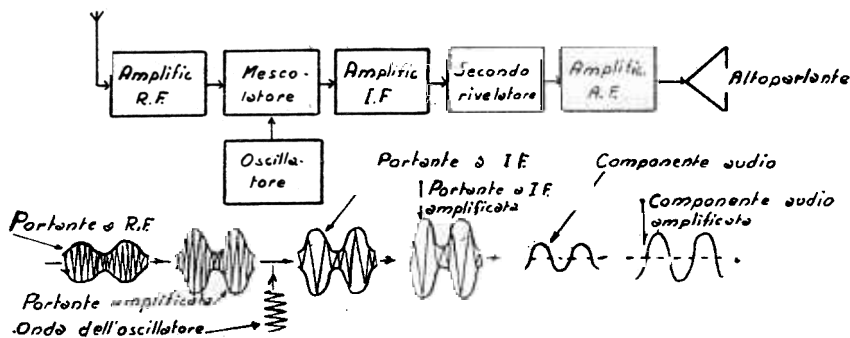


FIG. 121 - Diagramma a blocchi di un ricevitore a supereterodina mostrante il segnale mentre passa nel ricevitore.

chilocicli ed un segnale di 1465 sono applicati ad un mescolatore, si ottengono varie frequenze nell'uscita. Una delle più importanti di queste è la *frequenza di battimento* che è uguale alla differenza fra le due e cioè 465 chilocicli. Questa è la *frequenza intermedia*. Nel ricevitore a supereterodina questi due segnali provengono da sorgenti differenti. Uno di loro è il segnale ricevuto. L'altro proviene da uno stadio speciale impiegato in tutte le supereterodine, conosciuto come l'oscillatore locale o l'oscillatore eterodina. A differenza del segnale ricevuto, il segnale dell'oscillatore eterodina, non è modulato. Nel ricevitore a supereterodina, la frequenza intermedia è stabilita ad un valore definito. La frequenza dell'oscillatore locale deve differire da quella del segnale che si sta ricevendo di un importo uguale a questa frequenza intermedia. Pertanto, quando il ricevitore è accordato a segnali di varie frequenze,

L'oscillatore locale deve essere simultaneamente accordato in modo tale che la sua frequenza sia sempre separata da quella del segnale della medesima quantità. Per esempio, se la frequenza intermedia è 465 chilocicli (che è una frequenza usata comunemente) e la gamma del ricevitore va da 500 a 25.000 chilocicli, l'oscillatore dovrebbe operare sopra una gamma che si estende o da 35 a 24535 chilocicli oppure da 965 a 25465 chilocicli. Quantunque le frequenze dell'oscillatore siano più alte o più basse di quelle del segnale, la differenza è sempre di 465 chilocicli. La gamma più alta è quella generalmente usata ad eccezione di quando occorre ricevere segnali aventi frequenze piuttosto alte. Gli stadi amplificatori a frequenza intermedia sono accordati permanentemente a 465 chilocicli.

## 76. Conversione di frequenza.

a) I circuiti combinati dello stadio oscillatore e dello stadio mescolatore formano il convertitore di frequenza del ricevitore a supereterodina. Vi è un grande numero di combinazioni possibili di tubi e circuiti che possono essere impiegati per la conversione di frequenza. I triodi, i pentodi e i tubi multi-elementi sono usati in vari circuiti e parecchi metodi sono impiegati per mescolare la frequenza d'uscita dell'oscillatore con la frequenza del segnale in arrivo nello stadio mescolatore. L'uscita dell'oscillatore può essere applicata nel circuito di griglia, del catodo o della griglia soppressore del tubo mescolatore; oppure l'accoppiamento può essere conseguito a mezzo di una griglia speciale costruita nel tubo per questo scopo. I tubi convertitori multi-elementi sono stati progettati in modo che le funzioni di generazione delle oscillazioni e di mescolamento possano essere combinate in un solo tubo; il tubo convertitore *pentagriglia* è un esempio di questo tipo ed è largamente impiegato.

b) Quando il convertitore di frequenza impiega un tubo separato come oscillatore locale, il circuito base è del tipo del diagramma mostrato dalla figura 122. Un tubo mescolatore pen-

tagriglia (5 griglie) — figura 122 — combina la frequenza proveniente dall'oscillatore (usualmente un triodo) con la portante a radiofrequenza in arrivo.

c) Un circuito convertitore di frequenza tipico che impiega un triodo oscillatore ed un triodo mescolatore è mostrato dalla figura 123. L'uscita dell'oscillatore è applicata o iniettata nella griglia del mescolatore attraverso un condensatore di accoppiamento. Questo metodo è conosciuto come iniezione di griglia. La bobina ed il condensatore di accordo nel circuito di griglia del mescolatore sono accordati alla frequenza del segnale in arrivo.

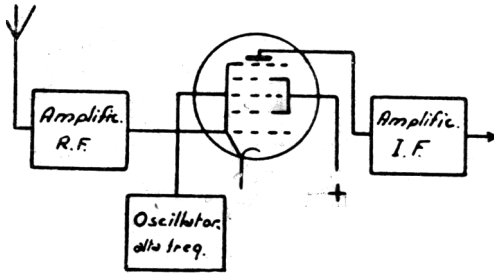


FIG. 122 - Mescolatore pentagriglia.

Il circuito di griglia dell'oscillatore è accordato ad una frequenza più bassa o più alta della frequenza del segnale di un importo uguale alla frequenza intermedia. Il trasformatore a frequenza intermedia nel circuito di placca dello stadio mescolatore è accordato alla frequenza intermedia. L'oscillatore fa uso dello stesso circuito studiato nel paragrafo 54 per il rivelatore rigenerativo. La reazione è di valore tale che il circuito è oscillante ad una frequenza determinata dai valori di  $L$  e  $C$ . I condensatori  $C$  e  $C_1$  sono solidali ad uno stesso asse, per cui quando cambia la frequenza del segnale in ricezione, cambia pure la frequenza dell'oscillatore.

d) Due altri mezzi di accoppiamento fra il mescolatore e l'oscillatore locale sono mostrati dalla figura 124 dove sono usati un mescolatore pentagriglia ed un triodo oscillatore. La figura 124 (1)

mostra l'oscillatore locale accoppiato al tubo mescolatore mediante la bobina  $L_3$  nel circuito catodico del tubo mescolatore. La tensione a radiofrequenza indotta nella bobina  $L_3$  fa fluttuare a questa frequenza la corrente di placca del tubo mescolatore. Il segnale in arrivo indotto nella bobina  $L_2$  nel circuito di griglia del mescolatore modifica pure la corrente di placca. Queste due frequenze sono mescolate insieme ed il loro battimento, che è la frequenza intermedia, sarà prodotta nel circuito di placca accordato.

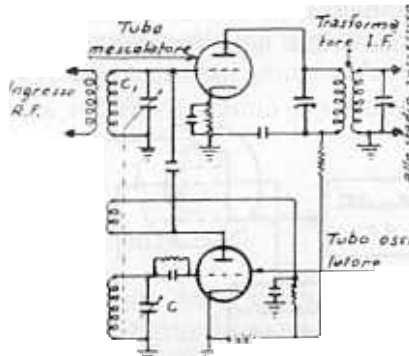


FIG. 123 - Circuito convertitore di frequenza che impiega un triodo oscillatore ed un triodo mescolatore.

L'interazione fra l'oscillatore ed il mescolatore è alquanto ridotta accoppiando la tensione dell'oscillatore al catodo, come mostrato. La figura 124 (2) mostra un secondo metodo di conversione di frequenza che accoppia un mescolatore pentagriglia avente due griglie controllo indipendenti, ad un tubo separato oscillatore locale. Oltre un riscaldatore e ad un catodo, il tubo possiede cinque griglie concentriche ed una placca. La griglia 1, che è la più vicina al catodo e la griglia 3 sono le griglie controllo del tubo, mentre le griglie 2 e 4 sono griglie schermo. La griglia 5 è una griglia soppressore. L'oscillatore locale è accoppiato alla griglia 3 ed il segnale in arrivo è applicato alla griglia 1, che è chiamata la griglia segnale. La tensione applicata a queste griglie modifica la corrente di placca, producendo così una nota di battimento o frequenza intermedia nel

circuito di placca del tubo. Questo tubo funziona molto bene nelle bande delle alte frequenze per effetto dell'eccellente schermaggio fra le griglie del segnale e dell'oscillatore.

e) Un altro tipo di conversione di frequenza impiega un tubo singolo avente l'oscillatore ed il mescolatore di frequenza combinati nello stesso complesso. Questo tipo di tubo ha pure cinque

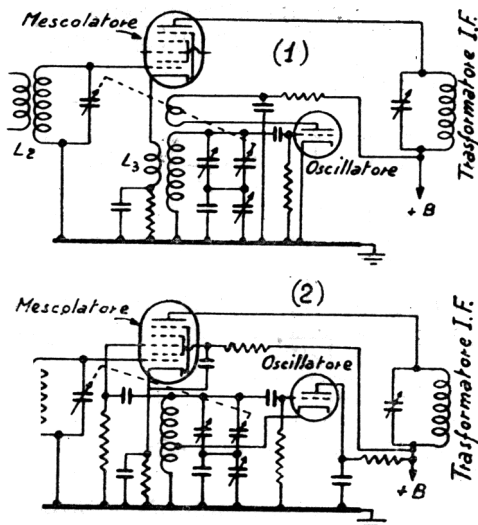


FIG. 124 - Metodi di accoppiamento fra oscillatore locale e mescolatore. — (1) A mezzo della bobina  $L_2$  nel circuito catodico del tubo mescolatore. — (2) A mezzo di iniezione nella griglia del tubo mescolatore.

griglie ed è chiamato *convertitore pentagriglia*. Il circuito base del convertitore pentagriglia è mostrato dalla figura 125 onde poterlo meglio confrontare con il diagramma di figura 122. Il convertitore pentagriglia effettua l'accoppiamento mediante il flusso elettronico proveniente dal catodo. Esso può essere visualizzato come un dispositivo in cui la corrente di placca è modulata dalle variazioni nell'emissione catodica. Il funzionamento di un convertitore pentagriglia è tale che è necessario soltanto un tubo per convertire la frequenza del segnale desiderato dal suo valore originale in una

frequenza intermedia. Le griglie 1 e 2 ed il catodo sono connesse ad un circuito oscillatore convenzionale ed agiscono come in un oscillatore a triodo. La griglia 1 è usata come la griglia dell'oscillatore e la griglia 2 è usata come la placca. In questo circuito, le due griglie ed il catodo possono essere considerati come un catodo virtuale, che fornisce al resto del tubo un flusso elettronico che varia alla frequenza dell'oscillatore. La tensione-segnale è applicata alla griglia 4 che controlla ulteriormente il flusso elettronico per cui le variazioni di corrente di placca sono una combinazione delle frequenze dell'oscillatore e del segnale in arrivo. Il circuito

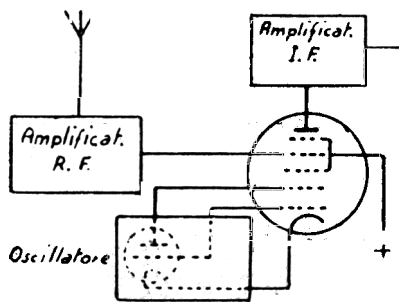


FIG. 125 - Convertitore pentagriglia

di placca del convertitore pentagriglia è accordato alla desiderata frequenza intermedia. Le griglie 3 e 5 sono connesse insieme entro il tubo così da formare una griglia schermo che serve ad accelerare il flusso elettronico ed a schermare elettrostaticamente la griglia 4 dagli altri elementi.

f) Un circuito convertitore pentagriglia tipico è mostrato nella figura 126. Il segnale a radiofrequenza in arrivo è alimentato da  $L_1$  nel circuito di griglia accordato di  $L_2$  e  $C_1$ . Esso è allora applicato alla griglia controllo della sezione tetrodo del tubo, ossia alla griglia 4. Nella sezione oscillatore del tubo, l'energia a radiofrequenza viene trasferita per accoppiamento induttivo dall'induttanza  $L_4$  del circuito di placca, al circuito di griglia accordato consistente di  $L_3$ ,  $C_2$  e  $C_4$ .  $C_2$  è il condensatore di accordo principale. La polarizzazione di griglia per la sezione tetrodo del tubo è

assicurata dal flusso di corrente di placca attraverso la resistenza catodica  $R_2$ . Il segnale in arrivo e la tensione dell'oscillatore sono eterodinati nel flusso elettronico che partendo dal catodo arriva alla placca. La tensione d'uscita ha una frequenza di battimento uguale alla differenza fra le frequenze del segnale in arrivo e dell'oscillatore.

g) Il condensatore  $C_4$ , posto in serie con il condensatore d'accordo  $C_2$  è chiamato il condensatore «padding». Questo condensatore è necessario perchè la frequenza del circuito oscillatore accordato è *più alta* di quella del circuito a radiofrequenza. Esso è quindi necessario per avere un valore basso d'induttanza e di capacità nel circuito dell'oscillatore onde poter ottenere una frequenza più alta. In qualche complesso a supereterodina questo è compiuto costituendo il circuito oscillante con una bobina e con un condensatore più piccoli. In altri, come in quello di figura 126, è più conveniente l'impiego di condensatori delle stesse dimensioni in entrambi i circuiti e di ridurre il valore del condensatore dell'oscillatore ponendo un condensatore fisso o variabile in serie con esso. Un piccolo condensatore «trimmer» può pure essere posto ai capi del condensatore d'accordo dell'oscillatore per compensare qualunque piccola deviazione di frequenza.

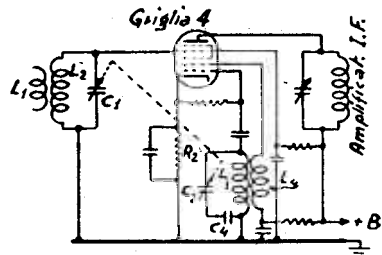


Fig. 126 - Accoppiamento dell'oscillatore al mescolatore a mezzo di un flusso elettronico modulante proveniente dal catodo del tubo mescolatore.

## 77. Amplificatori a frequenza intermedia.

a) L'amplificatore a frequenza intermedia è un circuito ad alto guadagno permanentemente accordato alla frequenza fra quella dell'oscillatore locale e quella del segnale in arrivo. I pentodi sono generalmente usati in questi amplificatori, che possono consistere, in uno, due o tre stadi. Ciascuno stadio è regolato sulla



frequenza intermedia stabilita. Poichè tutti i segnali in arrivo sono convertiti nella stessa frequenza dal convertitore di frequenza, questo amplificatore opera soltanto su una frequenza. Pertanto i circuiti accordati possono essere permanentemente aggiustati per l'amplificazione massima e la desiderata selettività. È in questo amplificatore che è sviluppata praticamente tutta l'amplificazione di tensione e la selettività della supereterodina.

b) I trasformatori a frequenza intermedia sono accordati alla desiderata frequenza a mezzo di condensatori regolabili o « trimmers ». Sono usati condensatori « trimmers » sia ad aria che a mica. Generalmente i trasformatori a frequenza intermedia sono a doppio accordo e cioè con entrambe le bobine, primaria e secondaria, accordate alla frequenza appropriata. Per applicazioni speciali sono usati trasformatori a frequenza intermedia a singolo accordo, nel cui caso è accordato solo l'avvolgimento secondario. I trasformatori a frequenza intermedia sono costruiti sia con nuclei ad aria che a polvere di ferro. Qualche trasformatore a frequenza intermedia con nucleo di ferro ha condensatori a mica d'accordo fissi. L'accordo è allora compiuto spostando, a mezzo di cacciavite, in dentro o in fuori nella bobina, i nuclei di ferro. Ciò è conosciuto con il nome di accordo per variazione di permeabilità. I trasformatori ed i condensatori a frequenza intermedia sono montati in piccoli contenitori metallici che servono da schermi. Quando sono usati condensatori regolabili ed induttori fissi, i condensatori sono piccoli in confronto con i grandi condensatori multipli d'accordo impiegati negli stadi a radiofrequenza. Dei piccoli alberi fuoriescono dalla sommità di questi condensatori; questi possono essere raggiunti, attraverso un piccolo foro praticato nel contenitore, da un cacciavite per eseguire la regolazione dei condensatori che, pertanto, può essere effettuata senza rimuovere il contenitore di schermaggio.

c) Il diagramma di uno stadio singolo di amplificazione a frequenza intermedia che impiega un pentodo è mostrato nella figura 127. Il trasformatore  $T_1$  è il trasformatore

intermedia. Il circuito secondario  $L_2 - C_2$  che è accoppiato induttivamente al primario, è accordato a questa stessa frequenza e serve quale circuito d'ingresso alla griglia del tubo. Il resistore  $R_1$  nel circuito del catodo fornisce la necessaria tensione di polarizzazione di griglia mentre il condensatore  $C_3$  dà passaggio alle correnti a radiofrequenza attorno a questo resistore. Il resistore  $R_2$  ed il condensatore  $C_4$  sono rispettivamente il resistore limitatore della tensione di schermo ed il condensatore di fuga di schermo. Il resistore  $R_3$  ed il condensatore  $C_5$  servono come dispositivo di disaccoppiamento per impedire a qualunque corrente-segnale di

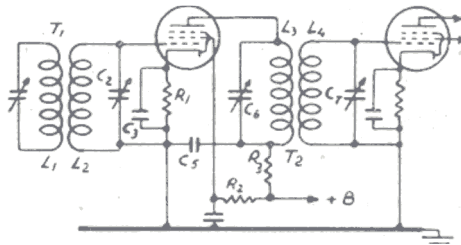


FIG. 127 - Circuito di un singolo stadio di amplificatore a I. F. impiegante un pentodo.

fluire all'indietro nel circuito e provocare interazione fra gli stadi. Il condensatore  $C_5$  fornisce alle correnti-segnale un cammino di bassa impedenza verso il catodo o a massa, mentre il resistore  $R_3$  impedisce a qualunque corrente segnale di scorrere nell'alimentatore di placca. Questi dispositivi di disaccoppiamento possono essere impiegati nei circuiti di griglia, griglia-schermo e placca. Il circuito  $L_3 - C_6$  è il circuito accordato primario del secondo trasformatore a frequenza intermedia  $T_2$ . Il circuito secondario  $L_4 - C_7$  è accoppiato al primario ed è il circuito d'ingresso del tubo successivo, che può essere un altro amplificatore a frequenza intermedia oppure il secondo rivelatore. I due circuiti risonanti del secondo trasformatore a frequenza intermedia  $T_2$  sono accordati alla stessa frequenza dei circuiti del trasformatore  $T_1$ .

d) Poichè l'amplificatore a frequenza intermedia deve fornire la massima parte del guadagno del ricevitore a supereterodina, il

numero di stadi di amplificatori a frequenza intermedia impiegati dipende generalmente dalla sensibilità richiesta per il ricevitore. Nei moderni ricevitori a supereterodina sono impiegati da uno a tre stadi di amplificazione a frequenza intermedia.

e) La frequenza intermedia di una supereterodina dipende, in generale, da due fattori il primo del quale è la desiderata selettività. Più alta è la frequenza intermedia e più (o meno selettivo) sarà l'accordo del ricevitore. Il secondo fattore è la differenza fra la frequenza segnale e la frequenza intermedia molto più bassa della frequenza del segnale. Per questa ragione, i ricevitori usati a frequenze estremamente alte usano una frequenza intermedia abbastanza elevata. La frequenza intermedia più comune varia da 456 a 465 chilocicli, benchè frequenze molto basse come 85 chilocicli, e molto alte come 12.000 chilocicli, sono trovate nei ricevitori progettati per scopi speciali.

f) Se è richiesto un accordo estremamente selettivo in un ricevitore, può essere usato un cristallo di quarzo piezoelettrico quale cristallo filtro, nell'amplificatore a frequenza intermedia. Il cristallo agisce come un circuito accordato ma è molte volte più selettivo di quello fatto con bobine e condensatori. Il cristallo opererà soltanto su una frequenza che è determinata dallo spessore del cristallo. Un circuito a cristallo filtro tipico impiegato nei ricevitori professionali è mostrato nella figura 128. La piccola capacità fra le placche metalliche del contenitore del cristallo, a meno che non siano prese delle precauzioni per bilanciarla, darà passaggio a qualche segnale indesiderato attraverso il cristallo. Questo bilanciamento è compiuto prendendo una tensione dalla bobina a presa centrale  $L_2$ , a  $180^\circ$  fuori fase con la tensione-segnale e applicandola al condensatore  $C$  di rifasamento del cristallo, eppertanto essa neutralizza il segnale indesiderato. Il circuito di ingresso bilanciato può essere ottenuto sia impiegando un condensatore a statore suddiviso, sia impiegando una bobina a presa centrale come in figura 128. Chiudendo l'interruttore posto ai capi del cristallo, viene cortocircuitato il circuito del cristallo filtro, rimanendo uno stadio ordinario a frequenza intermedia. L'uscita del cristallo

filtro è applicata ad una presa su  $L_3$  — che è il circuito di ingresso dello stadio successivo — affinché si possa realizzare l'appropriato adattamento di impedenza.

g) Per mantenere la frequenza intermedia di una supereterodina centrata sulla sua banda, è usato qualche volta il controllo automatico di frequenza. Questo dispositivo è utile per compensare qualunque variazione di frequenza dell'oscillatore locale. Mentre i dettagli del suo funzionamento possono essere compresi soltanto dopo lo studio del Capitolo XIII, il principio informatore non è difficile. Se la frequenza intermedia si sposta dal centro della sua banda, cioè varia leggermente dalla sua corretta frequenza, il discriminatore (un rettificatore) trasforma la variazione di frequenza in una proporzionale variazione di tensione. Questa tensione è applicata ad un tubo nel circuito di controllo della frequenza che, insieme ad un condensatore e un resistore posti ai capi del circuito oscillante dell'oscillatore locale, varierà la reattanza ma non la resistenza del circuito oscillante e quindi farà variare la frequenza dell'oscillatore locale. Il circuito del controllo automatico di frequenza, quando regolato appropriatamente, farà sì che qualunque spostamento nella frequenza intermedia porterà l'oscillatore locale a funzionare sulla sua corretta frequenza.

h) I limitatori di rumori sono occasionalmente impiegati nei circuiti a frequenza intermedia delle supereterodine per sopprimere forti impulsi di breve durata, tali come le interferenze dovute agli scintilli di contatto dei motori od agli statici atmosferici. In uno di tali circuiti limitatori di rumori, una parte della frequenza intermedia è derivata lungo un cammino parallelo con il regolare amplificatore a frequenza intermedia. Essa raggiunge un tubo rivelatore speciale, che è così fortemente polarizzato che il segnale a frequenza intermedia è fermato in questo punto. Se un istantaneo e ripido impulso eleva la tensione di griglia del tubo rivela-

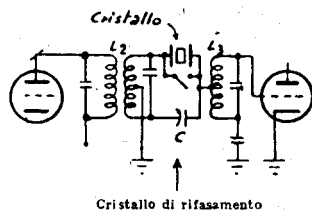


FIG. 128 - Circuito a cristallo filtro tipico.

tore sopra l'interdizione, l'impulso lo attraverserà e sarà applicato all'indietro fuori di fase, bloccando così l'impulso istantaneo che tendeva a passare attraverso il regolatore amplificatore a frequenza intermedia.

## 78. Amplificatori a radiofrequenza.

a) Un amplificatore a radiofrequenza non è assolutamente necessario in una supereterodina, ma esso costituisce un conveniente dispositivo aggiuntivo per le seguenti ragioni. Se lo stadio convertitore fosse connesso direttamente all'antenna potrebbero essere ricevuti dei segnali indesiderati. Questi sono chiamati segnali-*immagini*. Poichè lo stadio mescolatore produce la frequenza intermedia eterodinando due segnali di cui la frequenza differenza eguaglia la frequenza intermedia, tutte le coppie di segnali le cui frequenze differiscono della frequenza intermedia produrranno un segnale a frequenza intermedia. Per esempio, se il ricevitore è accordato a ricevere un segnale di 2000 chilocicli e la frequenza dell'oscillatore è di 1500 chilocicli, sarà prodotto un segnale a frequenza intermedia di 500 chilocicli. Tuttavia un segnale di 1000 chilocicli è pure in grado di produrre nel mescolatore un segnale a frequenza intermedia di 500 chilocicli, poichè la differenza fra la sua frequenza e quella dell'oscillatore è di 500 chilocicli. Pertanto deve essere escogitato qualche metodo per non fare arrivare questi segnali-*immagini* nello stadio mescolatore. La selettività aggiuntiva fornita da un amplificatore a radiofrequenza ci fornisce la soluzione. Poichè l'amplificatore a radiofrequenza amplifica fortemente il segnale desiderato e non la immagine, la possibilità dell'interferenza immagine è considerevolmente ridotta.

b) Quasi tutti i ricevitori a supereterodina sono forniti di almeno uno stadio di amplificazione a radiofrequenza. Gli amplificatori a radiofrequenza, quando impiegati nei ricevitori a supereterodina, sono qualche volta chiamati *preselettori*.

## 79. Oscillatori della frequenza di battimento.

a) Per poter ricevere dei segnali a codice in onde continue con un rivelatore rigenerativo è necessario fare oscillare il rivelatore ad una frequenza leggermente differente da quella del segnale in arrivo così da produrre (a mezzo di eterodinaggio) un segnale udibile (*vedere pag. 56*). In un ricevitore supereterodina, ciò è fatto con un oscillatore separato conosciuto con il nome di *oscillatore della frequenza di battimento* o di nota, che è accordato ad una frequenza che differisce dalla frequenza intermedia di una frequenza udibile. Per esempio, un oscillatore della frequenza di battimento accordato a 501 chilocicli produrrà una nota di battimento di 1 chilocicli, ossia una frequenza udibile, quando è eterodinato con un segnale a frequenza intermedia di 500 chilocicli. L'uscita di questo oscillatore è applicata al secondo rivelatore del ricevitore.

b) Il circuito oscillatore della frequenza di battimento è mostrato dalla figura 129. Un commutatore ed un mezzo per

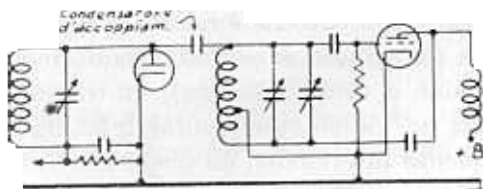


FIG. 129 - Un oscillatore di battimento di frequenza accoppiato al secondo rivelatore di una supereterodina.

il controllo della frequenza sono usualmente posti nel pannello frontale del ricevitore per inserire lo stadio oscillatore e per controllare la frequenza, o l'altezza del suono, del segnale udibile.

## 80. Secondo rivelatore.

I rivelatori usati nei ricevitori a supereterodina per rivelare o demodulare la frequenza intermedia sono gli stessi tipi generali di quelli impiegati nei ricevitori a circuiti accordati. Il controllo automatico di volume è largamente usato nei circuiti a supereterodina. La tensione del c.a.v. può essere applicata ad uno qualunque o a tutti gli stadi che precedono il secondo rivelatore ad eccezione dell'oscillatore locale.

## 81. Amplificatori audio.

Gli amplificatori ad audiofrequenza usati nei ricevitori a supereterodina seguono gli stessi principî generali di quelli impiegati nei ricevitori a circuiti accordati. Quella che occorre principalmente considerare è la potenza d'uscita richiesta.

## 82. Circuito generale della supereterodina.

a) Lo schema del circuito di un ricevitore a supereterodina a sei tubi alimentato con batterie è mostrato dalla figura 130. Questo ricevitore ha uno stadio accordato a radiofrequenza, preselettore (amplificazione a radiofrequenza), un triodo che agisce come oscillatore locale, un mescolatore pentagriglia, due stadi di amplificazione a frequenza intermedia, un diodo che fornisce la tensione di controllo automatico di volume ritardato, un diodo rivelatore ed un pentodo nello stadio di uscita amplificatore di potenza ad audiofrequenza che alimenta un altoparlante. L'alimentazione ai riscaldatori e l'alimentazione *B* (tensione di placca) sono fornite ai vari stadi a mezzo di batterie quando viene chiuso un interruttore bipolare. I tubi amplificatori ottengono le loro polarizzazioni di griglie a mezzo delle combinazioni resistore-condensatore inserite nei circuiti catodici di ciascuno dei cinque tubi. Le linee a puntini connettenti i tre condensatori di accordo indicano che questi condensatori variabili ad aria sono solidali ad un unico

asse. Dei piccoli condensatori « trimmer » sono connessi in parallelo con ciascuno dei condensatori d'accordo per l'appropriato allineamento del ricevitore. Il primo stadio a frequenza intermedia impiega un tubo complesso conosciuto col nome di triodo-pentodo. La sezione del pentodo del tubo funziona come un lineare amplificatore a frequenza intermedia, e la sezione triodo, funzionante come oscillatore, può essere inserita nel circuito per provvedere all'azione di eterodinaggio occorrente per rendere udibile la rice-

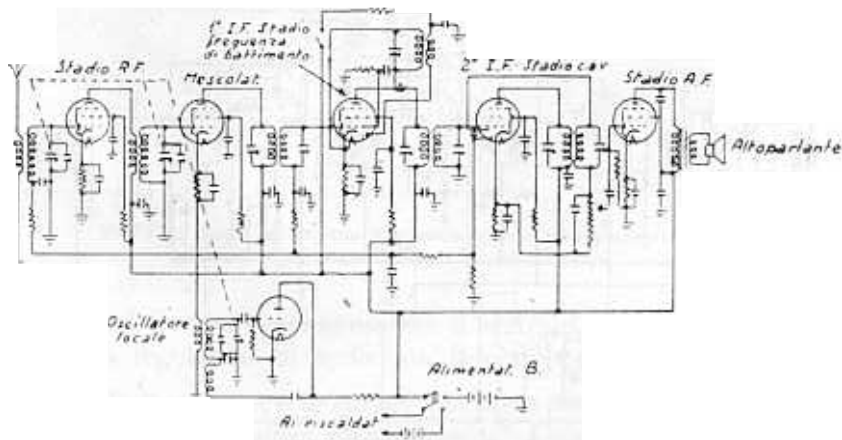


FIG. 130 - Ricevitore supereterodina

zione dei segnali ad onde continue. Il secondo stadio a frequenza intermedia raggruppa parecchie funzioni in un tubo conosciuto col nome di doppio diodo-pentodo. Questo tubo contiene un pentodo amplificatore a frequenza intermedia e due diodi: un diodo agisce come rivelatore lineare del segnale, l'altro fornisce una tensione rettificata al c.a.v. Le figure dalla 131 alla 134, riproducono lo stesso schema del ricevitore a supereterodina ponendo in risalto vari circuiti per facilitarne lo studio.

b) Nella figura 131 sono contrassegnate con linee più marcate tutte le parti del circuito a supereterodina relative al secondo rivelatore. Un singolo diodo (del tubo doppio diodo-pentodo) fornisce la tensione-segnale ad audiofrequenza ai capi del resistore varia-



bile o *controllo di volume*. Qualunque aliquota di questa tensione può essere alimentata al pentodo amplificatore di potenza ad audio-frequenza ed il livello scelto dal controllo di volume può essere mantenuto dall'azione del controllo automatico di volume ritardato.

c) Nella figura 132 il circuito del c.a.v. ritardato è mostrato con linee più marcate. La tensione-segnale rettificata necessaria per il funzionamento di un circuito per c.a.v. è ottenuta dal secondo

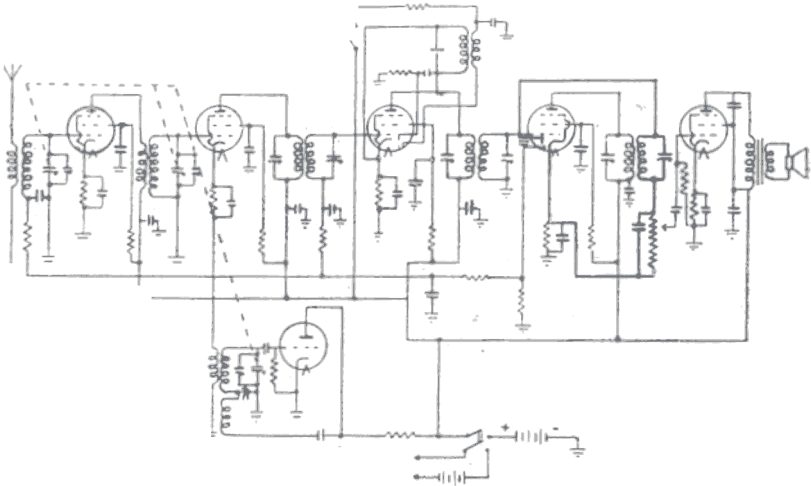


FIG. 131 - Come fig. 130, con il secondo rivelatore marcato con linee

diodo del tubo doppio diodo-pentodo. Essa è fatta passare attraverso resistori di isolamento, è filtrata dall'azione dei condensatori di fuga per la radiofrequenza ed è applicata sia al primo stadio amplificatore a radiofrequenza che al primo stadio amplificatore a frequenza intermedia.

d) Nella figura 133 è mostrato con linee più marcate il circuito dell'oscillatore locale. Il circuito accordato che determina la frequenza dell'oscillatore locale, è composto da una bobina fissa e da un importo di capacità variabile consistente: in un condensatore variabile d'accordo ad aria, un condensatore « trimmer » regola-

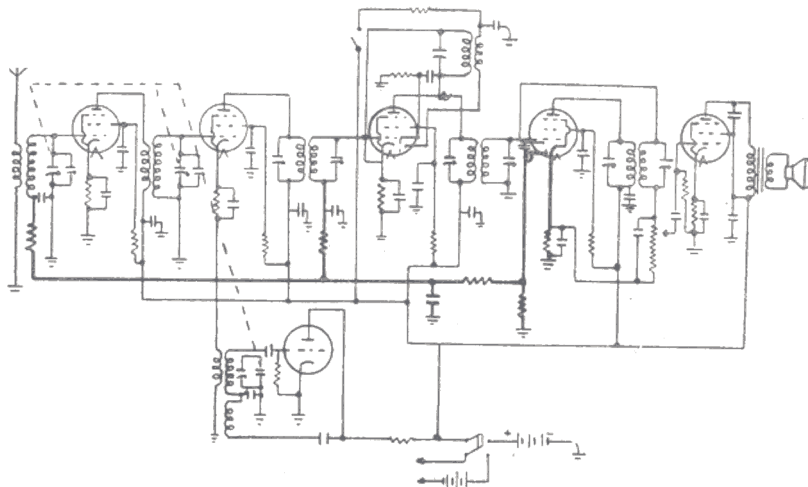


FIG. 132 - Come fig. 130, con il circuito del controllo automatico di volume ritardato, marcato con linee spesse.

bile in parallelo con il condensatore d'accordo, e un condensatore « padding » regolabile in serie con il condensatore d'accordo.

e) Nella figura 134 è mostrato con linee più marcate il circuito oscillatore della frequenza di battimento. La sezione del pentodo

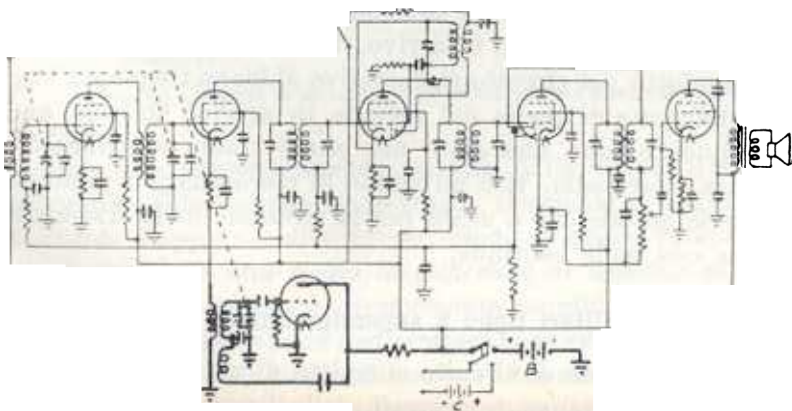


FIG. 133 - Come fig. 130, con l'oscillatore locale marcato con linee spesse.

del tubo (triodo-pentodo) primo amplificatore a frequenza intermedia funziona come un normale amplificatore a frequenza intermedia quando è aperto l'interruttore che alimenta l'oscillatore della frequenza di battimento. Quando è chiuso questo interruttore, il pentodo continua ad operare come un amplificatore a frequenza intermedia ma vengono pure generate le oscillazioni nella sezione triodo del tubo alla frequenza determinata dal suo circuito accordato esterno. A mezzo di un piccolo condensatore

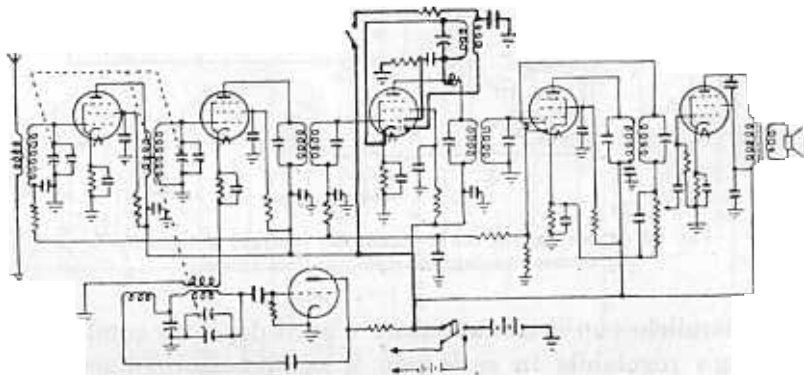


FIG. 134 - Come fig. 130, con l'oscillatore per battimento di frequenza per la ricezione delle onde continue marcato con linee spesse.

variabile, può essere alterata la frequenza di questo circuito accordato per differenti segnali in arrivo, in modo che le oscillazioni locali prodotte nel circuito rigenerativo abbiano frequenza leggermente differente di quella del segnale in arrivo. Quando queste due frequenze sono mescolate nel primo stadio amplificatore a frequenza intermedia, vi è un'azione di eterodinaggio producente un segnale udibile che è usata per la ricezione della trasmissione a codice con onde continue.

### 83. Ricevitori militari tipici a supereterodina.

a) Uno schema di circuito completo di un ricevitore militare tipico a supereterodina è mostrato dalla figura 135. Questo ricevitore è alimentato con corrente alternata a 110 volt ed impiega

otto tubi a vuoto. La tensione-segnale a radiofrequenza proveniente dal circuito d'antenna è amplificata da uno stadio amplificatore a radiofrequenza a pentodo. Un'altra radiofrequenza, generata nello stadio dell'oscillatore locale, è mescolata con la tensione-segnale nello stadio mescolatore con tubo pentagriglia, per creare la portante a frequenza intermedia. Questa frequenza intermedia è amplificata da uno stadio amplificatore a f.i. con

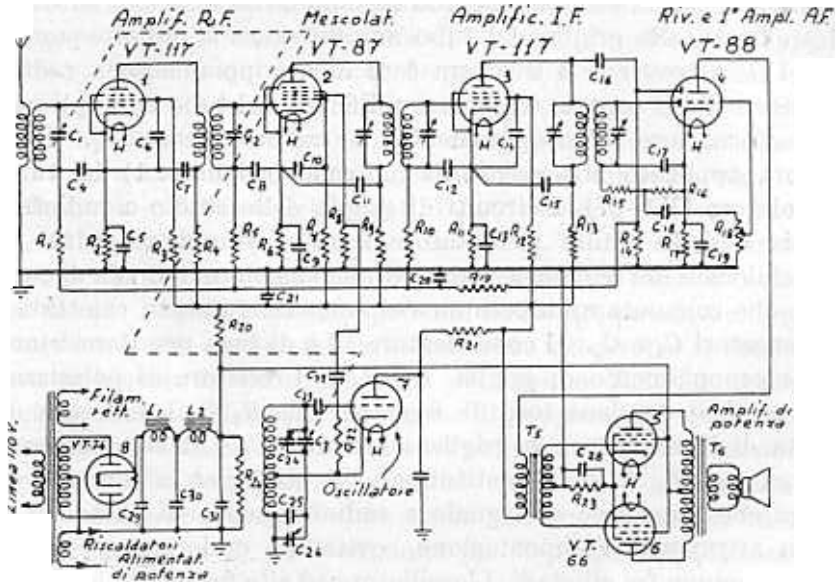


FIG. 135 - Circuito di un moderno ricevitore militare a supereterodina.

pentodo ed è successivamente rivelata dalla sezione a diodo rivelatore di un tubo doppio-diodo triodo. Il segnale ad audiofrequenza risultante è applicato alla sezione triodo di questo tubo complesso che opera come uno *stadio amplificatore di tensione ad audiofrequenza*. Questo segnale è ulteriormente amplificato da uno *stadio amplificatore di potenza ad audiofrequenza in «push-pull»* utilizzando due pentodi; questo stadio alimenta l'altoparlante. L'alta tensione continua per le placche e la bassa tensione alternata per i riscaldatori dei tubi a vuoto sono ottenute dallo *stadio alimentatore di*

*potenza* che usa un circuito rettificatore ad onda completa. Sarà notato che in figura 135 ogni tubo ed ogni elemento di circuito ha un numero di identificazione. Ciò per facilitare un'analisi più completa del ricevitore quando viene seguito il segnale partendo dall'antenna e arrivando all'altoparlante.

b) Assumiamo che il ricevitore sia accordato ad un segnale di 1000 chilocicli e che la frequenza dell'amplificatore a frequenza intermedia sia di 465 chilocicli. Il segnale è raccolto dall'antenna ed applicato alla griglia del tubo amplificatore a radiofrequenza (VT-117) attraverso il trasformatore di accoppiamento a radiofrequenza  $T_1$ . Il segnale è allora amplificato dal tubo ed applicato al trasformatore d'accoppiamento a radiofrequenza  $T_2$ . Esso è allora applicato alla griglia di controllo (griglia n. 1) del tubo mescolatore (VT-87). I circuiti di griglia dello stadio a radiofrequenza e dello stadio mescolatore sono entrambi accordati ai 1000 chilocicli del segnale a mezzo di una singola manopola di controllo che comanda un albero su cui sono solidamente calettati i condensatori  $C_1$  e  $C_2$ . Il condensatore  $C_4$  è di fuga per il resistore di disaccoppiamento di griglia  $R_1$ .  $R_2$  è il resistore di polarizzazione e  $C_5$  il condensatore di fuga per  $R_2$ .  $R_3$  è il resistore di caduta di tensione per la griglia schermo e  $C_6$  è il condensatore di fuga per  $R_3$ .  $R_4$  e  $C_7$  costituiscono il filtro per la corrente di placca che impedisce al segnale a radiofrequenza di chiudersi a massa attraverso l'alimentazione, evitando così un accoppiamento comune fra gli stadi. L'oscillatore ad alta frequenza (VT-65) deve generare oscillazioni aventi una frequenza più alta di 465 chilocicli di quella della portante a radiofrequenza. L'oscillatore è pertanto accordato da  $C_3$  (che è solidamente calettato sull'asse che porta  $C_1$  e  $C_2$ ) a 1.465 chilocicli.  $C_{24}$  è un « trimmer » per  $C_3$  e  $C_{26}$  è un « trimmer » per  $C_{25}$  che è il condensatore « padder » impiegato per mettere « in binario » l'oscillatore con l'amplificatore a radiofrequenza.  $R_{22}$  è il resistore di polarizzazione dell'oscillatore e  $C_{23}$  è un condensatore di blocco usato per impedire all'induttore dell'oscillatore di cortocircuitare  $R_{22}$ .  $R_{21}$  è il resistore di caduta della tensione di placca dell'oscillatore e  $C_{27}$  è il condensatore di fuga per  $R_{21}$ .  $C_{27}$  serve pure come condensatore di

blocco per impedire il cortocircuito della tensione di placca a massa. La tensione ad alta frequenza è iniettata nel flusso elettronico del tubo mescolatore a mezzo della griglia 3.  $R_8$  è il resistore iniettore polarizzante di griglia e  $C_{22}$  è il condensatore di accoppiamento per l'oscillatore. Il segnale a 1.000 chilocicli e il segnale a 1.465 chilocicli sono mescolati nel flusso elettronico dello stadio mescolatore. Lo stadio a frequenza intermedia funziona, nello stesso modo dello stadio a radiofrequenza, con l'eccezione che esso lavora sempre alla frequenza intermedia ed è pertanto molto più efficiente dello stadio a radiofrequenza. I trasformatori a frequenza intermedia  $T_3$  e  $T_4$  sono accordati permanentemente ai 465 chilocicli della frequenza intermedia ed usualmente hanno bisogno soltanto di controlli occasionali per il corretto allineamento. La sezione diodo più bassa del tubo 4 (VT-88) è per il rivelatore avente  $R_{15}$  ed  $R_{16}$  quale resistore di carico.  $C_{17}$  è il condensatore di fuga per radiofrequenza. Con  $R_{15}$  esso forma un filtro a radiofrequenza per impedire alla componente a radiofrequenza del segnale di arrivare alla sezione ad audiofrequenza attraverso il condensatore di blocco  $C_{18}$  ed il controllo di volume  $R_{18}$ . La tensione-segnale audio sviluppata attraverso  $R_{16}$  appare pure attraverso il controllo di volume  $R_{18}$ . Tutta od una parte di questa tensione, a seconda della posizione del braccio variabile, è alimentata alla griglia del primo amplificatore audio (sezione triodo del tubo 4).  $R_{17}$  è il resistore di polarizzazione per il primo amplificatore ad audiofrequenza e  $C_{19}$  è il suo condensatore di fuga. La tensione a frequenza intermedia proveniente dalla placca del tubo amplificatore a f.i. è applicata attraverso il condensatore di blocco  $C_{16}$  alla placca del diodo superiore, che rettifica la tensione-segnale per sviluppare la tensione del c.a.v.  $R_{14}$  è il resistore di carico per il diodo del c.a.v. La tensione continua sviluppata ai capi di questo resistore è in serie nei circuiti di griglia dell'amplificatore a radiofrequenza, del mescolatore e dell'amplificatore a frequenza intermedia. Essa è applicata alle griglie attraverso il resistore filtro  $R_{19}$  del c.v.a.  $R_{19}$  e  $C_{20}$  agiscono come un filtro per eliminare qualunque componente audio di questa tensione e così non permettono alle polarizzazioni di griglia di questi tubi di fluttuare a frequenza

audio. L'uscita del primo amplificatore ad audiofrequenza è applicata alle griglie dell'amplificatore in « push-pull » attraverso il trasformatore d'accoppiamento  $T_5$ .  $R_{23}$  è il resistore di polarizzazione per entrambi questi tubi e  $C_{28}$  è il suo condensatore di fuga. L'uscita dell'amplificatore di potenza è applicata alla bobina vocale dell'altoparlante attraverso il trasformatore d'uscita (d'adattamento)  $T_6$ .

c)  $T_7$  è il trasformatore di potenza; il tubo 8 è il rettificatore di potenza;  $L_1$  e  $L_2$  sono le bobine di arresto del filtro;  $C_{29}$ ,  $C_{30}$  e  $C_{31}$  sono condensatori filtro e  $R_{24}$  è il resistore di dispersione.

Le funzioni specifiche di ciascuna di queste parti saranno discusse nel Capitolo IX.

#### 84. Allineamento.

a) Per poter manovrare uno o più stadi a radiofrequenza di una supereterodina con un singolo organo di controllo, i condensatori d'accordo degli stadi a radiofrequenza e dell'oscillatore sono calettati solidamente su un albero comune. Quando si gira la manopola di controllo, i vari stadi a radiofrequenza debbono tutti risultare accordati alla stessa frequenza e l'oscillatore locale deve marciare in modo tale che la frequenza fra quella dell'oscillatore locale e quella degli stadi a radiofrequenza risulti sempre uguale alla frequenza intermedia. Quando i circuiti sono regolati in questo modo, si dicono allineati. I condensatori « trimmer » in parallelo) sono usati per assicurare l'allineamento dell'estremità ad alta frequenza della banda ed i condensatori « padder » (in serie) sono usati per assicurare l'allineamento dell'estremità a bassa frequenza della banda. In generale, il solo oscillatore locale è dotato di un condensatore « padder ». È pure necessario di regolare gli stadi a frequenza intermedia in modo che essi siano tutti accordati alla frequenza intermedia. Uno stadio qualunque di una supereterodina male allineato causerà una diminuzione di sensibilità o di selettività o di entrambe.

b) Un oscillatore calibrato o generatore di segnali, dei cacciaviti e delle chiavi con manici isolanti, e qualche forma d'indicatore d'uscita sono necessari per effettuare un appropriato allineamento in un moderno ricevitore a supereterodina. Il generatore di segnale è un oscillatore calibrato in frequenza e capace di liberare sia un segnale ad onde continue che un segnale modulato. Sono previsti gli organi per poter regolare la tensione-segnale di uscita da pochi microvolt all'intera tensione d'uscita. Cacciaviti e chiavi con manici isolanti sono usati per poter regolare i circuiti accordati. I cacciaviti e le chiavi isolanti possono essere costruiti con un materiale isolante di composizione ed ugualmente sono muniti di punte metalliche le quali, mentre assicurano una migliore prestazione e una maggiore durata dell'utensile, pongono un minimo di metallo nel campo del circuito che è sotto regolaggio. L'indicatore di uscita può essere uno strumento misuratore di uscita, un altoparlante, una cuffia, un oscillografo od un tubo indicatore d'accordo.