

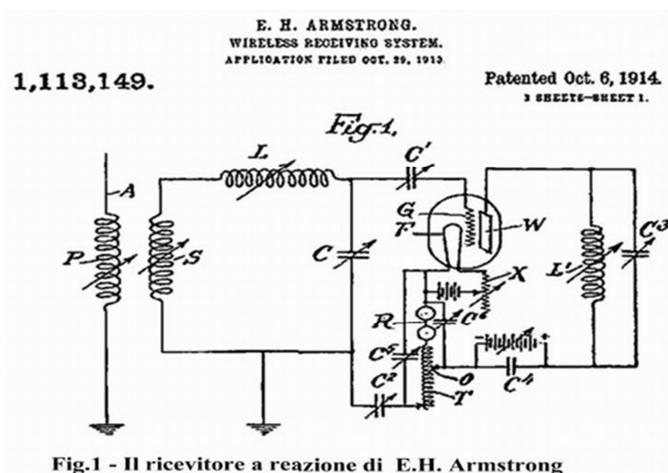
DETECTOR AND DETECTORS – ARRL HANDBOOK 1949**RIFERIMENTI**

Genere	DATA	Generalità	Note	Distribuzione
RADIO	Nov.2012			

GENERALITA'

Considero positivamente il fatto che tra amici radioamatori (pochi in realtà) si parli ancora di circuiti come il rivelatore a reazione. Capita a chi piace collezionare vecchie radio di imbattersi in modelli che funzionano su quel principio e di rimanerne affascinati. Di scoperta in scoperta nelle tecnologie del passato può anche però capitare di creare nel proprio microcosmo un mito che poi tanto mito non è. Lo si comprende inquadrando correttamente l'evoluzione di quel circuito elettronico nella consecutio temporum della storia della radio. Nell'allora mondo della modulazione di ampiezza, cito brevemente, si sono susseguiti rivelatore a coherer, poi i cristalli di galena, poi la tecnologia dei tubi termoionici, dai diodi ai triodi, pentodi etc., il rivelatore a reazione, la supereterodina, mi fermo qui, tutto ha fatto sì che una ottima soluzione tecnica venisse poi superata per praticità e risultati da circuiti molto più semplici.

Il mondo della radio è un mondo innanzitutto di libertà e una soluzione (per quanto intelligente) sfruttata principalmente per limitare il balzello delle amministrazioni sulle valvole poteva durare solo fino a che il problema fosse risolto alla fonte. Quasi tutti appena hanno potuto si sono liberati di qualcosa di macchinoso, di difficile comprensione, critico, e solo una piccola minoranza ha visto e apprezzato le potenzialità di poter raggiungere i limiti della tecnologia di quel tempo.



Ai tempi di Armstrong i ricevitori erano molto semplici, oggi si direbbe minimalisti. In seguito e fino ai giorni odierni il rivelatore a reazione è quasi sempre stato associato a ricevitori minimalisti. Sono pochi i casi di apparati supereterodina con rivelatore a reazione, e presumo la maggior parte di tipo militare.

Per capire un circuito che era in auge molti anni fa, come il rivelatore a reazione, è corretto andare a prendere le spiegazioni dai testi di quegli anni in cui l'interesse per quella tecnologia non era solo storico. Per esempio il manuale per eccellenza, cioè l'ARRL Handbook, di cui ne ho una copia edizione 1949. Prendo il capitolo "detection and detectors" di HF Receivers. Sostanzialmente illustra i più semplici ed efficienti rivelatori che impiegavano valvole termoioniche per poi aggiungere l'effetto reazione che ne migliorava le prestazioni.

La mia traduzione è molto libera, accorciata, e con qualche nota mia perché la lettura non sia pesante. La rivelazione in questo capitolo è essenzialmente rivolta alla modulazione di ampiezza. Magari questa nota può essere utile a chi ripara qualche vecchio RX per capire alcuni particolari.



DETECTION AND DETECTORS (TRADUZIONE)

La rivelazione è il processo di recupero della modulazione da un segnale complesso. Qualsiasi dispositivo non lineare può essere impiegato come rivelatore, purché nel suo circuito di uscita vi sia un'impedenza tale per cui la frequenza di modulazione possa svilupparsi su di essa.

La sensibilità del rivelatore è il rapporto tra input e output.

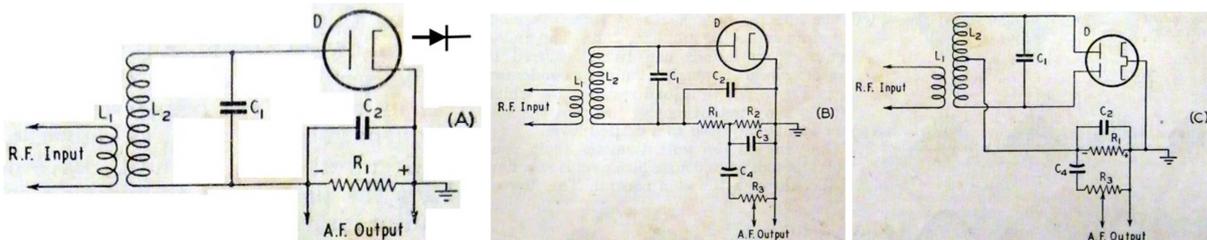
La linearità del rivelatore è la sua capacità di riprodurre linearmente la esatta forma d'onda del segnale modulante.

La resistenza o impedenza di ingresso del rivelatore è quella vista dal circuito che lo alimenta (per quanto riguarda il segnale). Essa è particolarmente importante nel progetto del ricevitore in quanto se è bassa si presume che il rivelatore consumi potenza, prelevandola dal circuito precedente.

La capacità di signal handling (oggi si direbbe "dinamica") è la sua abilità a rivelare segnali con portanti di ampiezza elevata senza essere sovraccaricato o senza distorsioni rilevanti.

RIVELATORE A DIODO

Il rivelatore più semplice è il rettificatore a diodo. Un cristallo di galena, di silicio o di germanio è una forma imperfetta di diodo (poiché una corrente scorre anche in presenza di tensione inversa) ma il principio della rettificazione è lo stesso che nei diodi a vuoto (più vicini all'ideale).

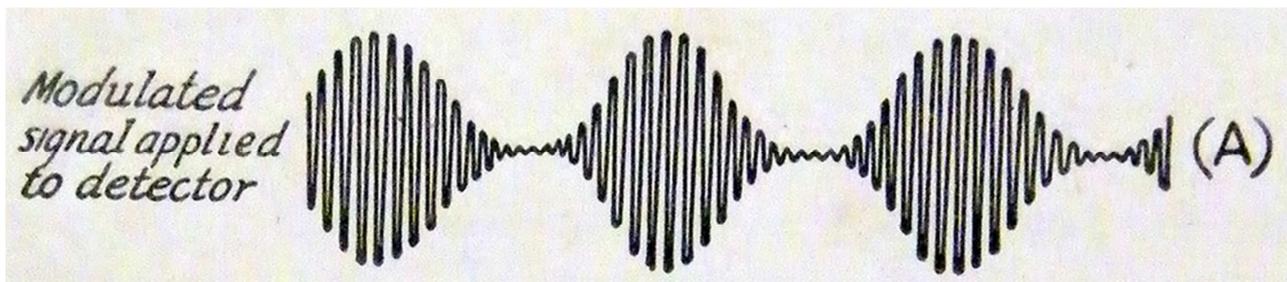


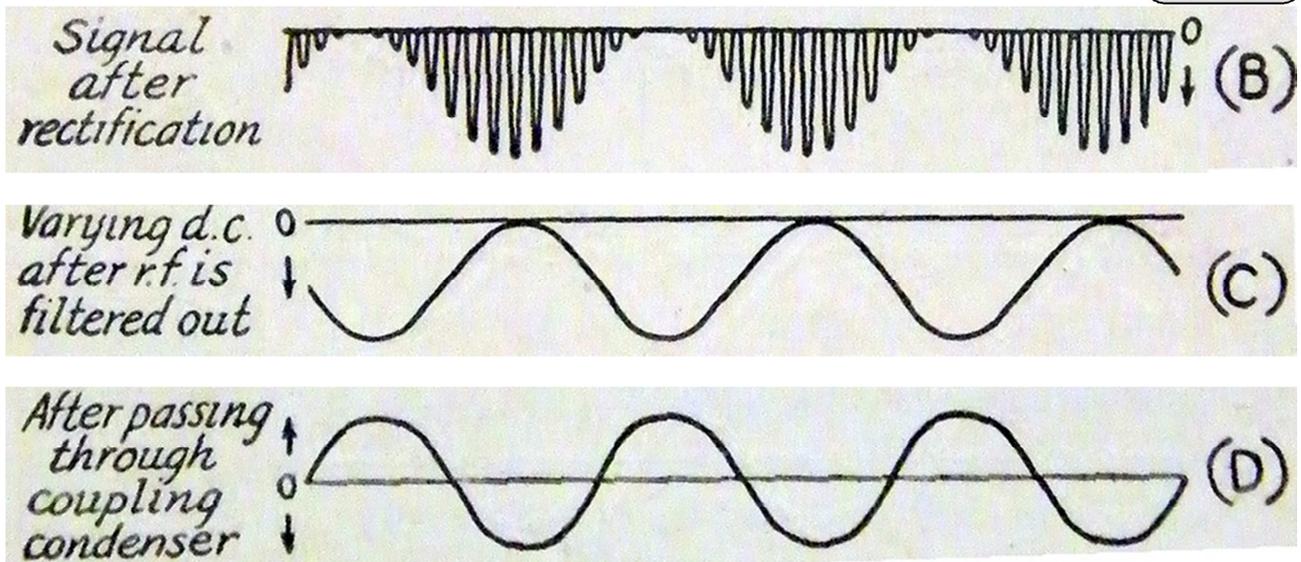
Con i diodi a vuoto si possono realizzare diversi circuiti di rettificatore-rivelatore, come in figura. A mezz'onda o onda intera essi prelevano il segnale da un circuito accordato selettivo.

La resistenza di carico R_1 avrà un valore abbastanza elevato in modo che anche con correnti esigue si sviluppi un cospicuo valore di tensione. La tensione media è solitamente utilizzata per derivare il CAV o controllo automatico di volume, per gli stadi di alta e media frequenza.

Il flusso di corrente RF rettificata causa su R_1 lo sviluppo di una tensione continua che varia con la modulazione del segnale. I segni - e + indicano la sua polarità. R_1 deve essere di valore elevato per sviluppare la tensione anche con correnti deboli.

Il procedere del segnale nel rivelatore lo si vede nella figura seguente. Il segnale A entra nel link del circuito accordato selettivo. Applicata al rettificatore la corrente scorre solo quando la tensione tra anodo e catodo è positiva, e quando negativa il diodo è un circuito aperto B.





Ai capi di C2 e R1 la figura C mentre D è il segnale dopo il condensatore C4, solo le variazioni di audio frequenza passano verso gli stadi successivi.. C2 e R1 dovrebbero essere dimensionati in modo da filtrare la RF e non caricare troppo il circuito selettivo, da ottenere la figura C. R2 e C3 sono stati aggiunti per migliorare il filtraggio.

Un ragazzo guardando il circuito A disse "ma così collegato il diodo, insieme a C2 provoca un corto circuito del circuito selettivo durante i cicli di RF positivi!". In effetti ciò è vero solo in parte, per i primi cicli di rettificazione, in quanto subito dopo sull'anodo del diodo si crea una tensione media negativa che lo fa condurre solo per quanto richiesto dalla resistenza R1 che in effetti rappresenta il carico del circuito.

Questo ci permette di dimensionare R1 anche in base al suo rapporto con le reattanze del circuito selettivo, in modo da mantenere un fattore di merito Q elevato il più possibile.

Il capitolo conclude: usando un condensatore di accoppiamento verso il potenziometro del volume si evita che questo diventi rumoroso a causa della eventuale continua.

Il vantaggio di usare un circuito a onda intera consiste nella poca RF residua sul filtro in quanto la presa al centro di L2 è allo stesso potenziale del catodo, cioè terra per la RF, e quindi il filtraggio è più facile.

In generale la reattanza di C2 alla RF deve essere piccola se comparata a R1, ma relativamente grande alle audio frequenze. Se la capacità di C2 fosse troppo grande ne soffrirebbero le frequenze alte della banda audio.

I valori mostrati sono ottimali: C2=250pF, R1=250kohm, C4=100nF e R3 o 500K o 1Mohm.

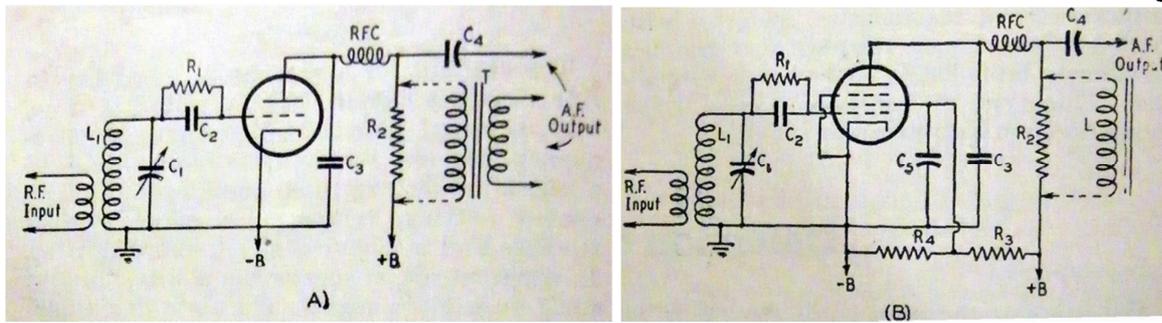
Nel circuito B, C2 e C3 sono da 100pF entrambi. R2=50kohm e R3=250kohm.

Comparato con altri circuiti rivelatore il diodo è poco sensibile. Inoltre il circuito consuma potenza anche se ben progettato, riducendo il Q del circuito accordato e quindi la selettività. Tuttavia la linearità è buona e la dinamica ugualmente.

RIVELATORE GRID LEAK

Il rivelatore grid-leak è una combinazione tra diodo rettificatore e amplificatore audio. La griglia corrisponde all'anodo del diodo e l'azione di rettificazione è la stessa già descritta nella parte dei rivelatori a diodi. La corrente rettificata scorre attraverso R1 detta grid-leak e contribuisce a polarizzare la stessa griglia con una tensione negativa rispetto al catodo, derivante dal segnale.

Le piccole variazioni di polarizzazione dovute alla modulazione provocano una variazione amplificata della corrente di placca come in un amplificatore audio.



Nel circuito di placca R2 è la resistenza di carico. C3 e RFC servono ad eliminare la RF dall'uscita. C4 è il condensatore di accoppiamento per l'audio. Usando il triodo la R1 può essere sostituito da un trasformatore T ed in quel caso C4 non è più necessario.

Poiché alla rettificazione si aggiunge l'amplificazione audio questo rivelatore è molto più sensibile del semplice diodo. La sensibilità può essere ancora aumentata utilizzando un pentodo anziché un triodo. (B) Il condensatore C5 bypass di griglia schermo deve avere bassa reattanza sia alla RF che all'audio. R3 e R4 formano un divisore dall'anodica per la corretta polarizzazione della griglia schermo.

Component	Circuit A	Circuit B
C ₂	100 to 250 $\mu\text{fd.}$	100 to 250 $\mu\text{fd.}$
C ₃	0.001 to 0.002 $\mu\text{fd.}$	250 to 500 $\mu\text{fd.}$
C ₄	0.1 $\mu\text{fd.}$	0.1 $\mu\text{fd.}$
C ₅		0.5 $\mu\text{fd.}$ or larger.
R ₁	1 to 2 megohms.	1 to 5 megohms.
R ₂	50,000 ohms.	100,000 to 250,000 ohms.
R ₃		50,000 ohms.
R ₄		20,000 ohms.
L		500-henry choke.
RFC	2.5 mh.	2.5 mh.
T	Audio transformer.	

In entrambi i circuiti (A e B) C2 deve avere bassa reattanza per la RF e alta per l'audio, comparata ad R1. lo stesso vale per C3 rispetto ad R2. Poiché la resistenza di placca del pentodo è molto elevata l'uso del trasformatore è sconsigliato. Si può usare però un'impedenza L al posto di R2 con un aumento di sensibilità dovuto al elevato valore di impedenza di carico associato ad una bassa caduta di tensione di alimentazione. L deve avere un'induttanza di circa 300 – 500 Henry.

La sensibilità del rivelatore grid-leak è superiore a quella di tutti gli altri tipi. Purtroppo come il diodo esso carica il circuito accordato, riducendo la selettività. La linearità è piuttosto scarsa. La dinamica è limitata ma può essere migliorata diminuendo R1 a 100Kohm, ovviamente a discapito della sensibilità.

RIVELATORE DI PLACCA

Il rivelatore di placca è sviluppato in modo che la rettificazione avvenga sul circuito di placca della valvola al contrario del tipo grid-leak.

La valvola viene polarizzata con un negativo in modo da essere con la corrente di placca appena vicino al punto di interdizione, cioè zero corrente di placca.

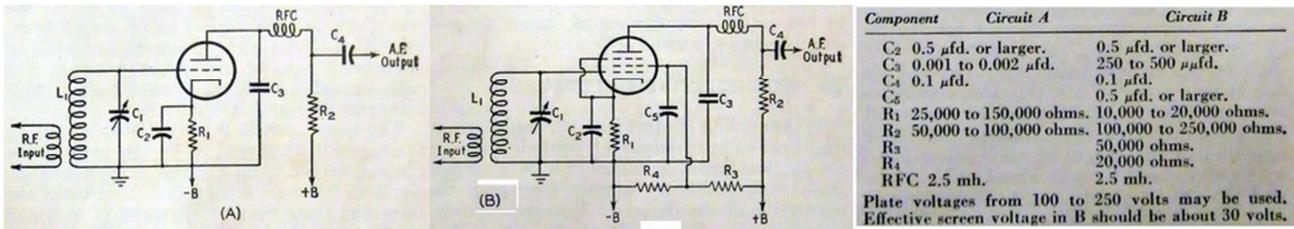
La sovra imposizione del segnale RF in griglia porta la placca a condurre, con un aumento della corrente media di placca che segue le variazioni del segnale modulante.

La figura mostra circuiti adatti a triodo ed a pentodo. C3 è il condensatore di bypass di placca (per la RF) che insieme a RFC previene la RF in uscita.

R1 qui è la resistenza di catodo che provvede alla polarizzazione, facendo salire la tensione di catodo rispetto alla griglia che è a polarità di terra. C2 è un condensatore di bypass che agisce sia sulla RF che in



audio frequenza. Il suo valore dipende dalle caratteristiche della valvola usata, in modo da porla al limite dell'interdizione. È bene verificare il data sheet della valvola che si vuole usare.



R2 è la resistenza di placca sulla quale si sviluppa la tensione rivelata. Quindi più grande è, più grande sarà la tensione in uscita, attraverso C4. Nel circuito a pentodo R3 e R4 formano un divisore di tensione per fornire il corretto potenziale allo schermo (circa 30V.), e C5 è il bypass dello schermo che deve avere bassa reattanza sia alla RF che all'audio.

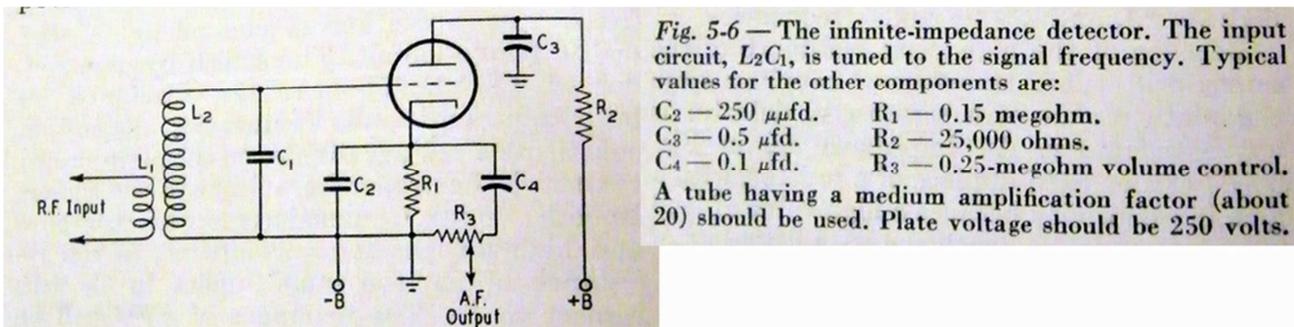
In generale l'accoppiamento a trasformatore con l'uscita non è soddisfacente perché l'impedenza di placca, anche quella del triodo, è molto alta quando la polarizzazione è vicina all'interdizione. Come per il circuito grid-leak si può usare una induttanza con le medesime caratteristiche.

Il rivelatore di placca è più sensibile del semplice diodo perché in qualche modo vi è un'azione amplificatrice anche se minore che nel tipo grid-leak. Questo rivelatore può maneggiare segnali forti anche se non così come il diodo. Ha una buona linearità e finché non viene raggiunto un punto di sovraccarico esso non trae potenza dal circuito accordato così il Q è alto e la selettività buona.

RIVELATORE A IMPEDENZA INFINITA

Il rivelatore ad impedenza infinita combina la buona dinamica del diodo con la bassa distorsione e non carica il circuito accordato cui si connette.

Questo schema ricorda quello del rivelatore di placca ma la resistenza di carico R1 è collegata tra il catodo e terra e di fatto è comune sia al circuito di griglia che a quella di placca cosa che procura reazione negativa per l'audiofrequenza.



La resistenza sul catodo è bypassata per la RF da C2 ma non per l'audio, mentre sulla placca il bypass è per tutte le frequenze. R2 forma con C3 un filtro RC per isolare la placca dall'anodica alle audio frequenze. Inoltre un ulteriore filtro con RFC e condensatore può essere interposto tra R1 e C4, per eliminare residui di RF.

Senza segnale la corrente di placca è molto bassa, e aumenta col segnale come nel rivelatore di placca. Anche la caduta di tensione su R1 aumenta con il segnale. È per questo che la griglia non può riuscire ad essere positiva rispetto al catodo, e quindi non ci può essere corrente di griglia. Ovvero buona selettività.

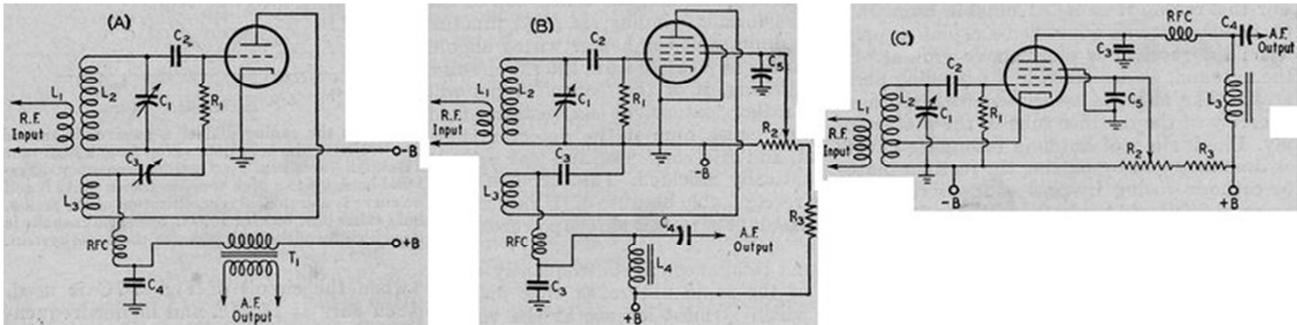
RIVELATORI RIGENERATIVI (A REAZIONE)

Se in un rivelatore a triodo o a pentodo si introduce una retroazione del segnale RF questo può essere amplificato migliorando notevolmente le caratteristiche di sensibilità e di selettività. La reazione aumenta il Q



effettivo e la selettività perché la massima amplificazione avviene solo alla frequenza cui il circuito è sintonizzato. Per questa attività il rivelatore tipo grid-leak è il più indicato. Eccetto che per le connessioni di reazione il circuito rimane invariato.

L'ammontare di reazione deve essere controllabile perché la massima amplificazione rigenerativa è assicurata al punto critico in cui il circuito sta per oscillare, e ciò dipende dalla frequenza cui si è sintonizzati e dai collegamenti esterni come stadi precedenti o antenna. Nella condizione di oscillazione il rivelatore funziona come ricevitore a conversione diretta per CW e SSB.



Si presentano qui tre versioni di un rivelatore a reazione a valvole. (A) usa un triodo e un condensatore, C3, variabile per la regolazione della reazione. Quando la capacità è minima il circuito non oscilla, aumentandola verso il massimo la sua reattanza diminuisce fin al punto critico in cui c'è sufficiente retroazione per innescare l'oscillazione. Se L2 e L3 sono avvolte testa a testa nella stessa direzione le connessioni di placca e di griglia sono agli estremi di entrambe.

Nel caso (B) si usa un pentodo, la reazione è controllabile con una tensione variabile sulla griglia schermo, mentre l'avvolgimento di reazione (tickler) è sulla placca.

Il cursore del potenziometro che regola la reazione è by-passato da una grande capacità (0.5uF) o più per filtrare anche il rumore (scratch) del potenziometro stesso.

La reazione si calibra provando a variare il numero di spire del tickler o il suo accoppiamento a L2 facendo appena oscillare il circuito con una tensione di griglia schermo di circa 30 Volt.

(C) è simile a (B) nel principio di funzionamento ma la reazione è del tipo "HARTLEY" cioè con presa sul lato freddo di L2. Le spire necessarie devono essere poche rispetto al totale, provare con lo stesso criterio dato per (B).

L2 e C1 sono accordati alla frequenza di lavoro, C2 circa 100pF. R1 da 1 a 5 MΩ, provare. L3 da 10% a 25% delle spire di L2. C3 100 o 200pF variabile in A e fisso in B e C. C5 1uF o più. R2 potenziometro da 50Kohm. L'induttanza L4 (B) o L3 (C) è da 500 Henry. C4 100nF. T1 trasformatore da placca a griglia. RFC 2.5 mH. +B in (A) circa 50 Volt. +B per i pentodi da 100 a 250 V, con la griglia schermo a +30V.

CONTROLLO DI REAZIONE "DOLCE"

Il controllo di reazione ideale permette al rivelatore di entrare ed uscire dall'oscillazione dolcemente, non deve avere effetto sulla frequenza di oscillazione, e dovrebbe avere lo stesso momento di intervento indipendentemente dalla frequenza o dall'accoppiamento dei circuiti precedenti.

In pratica l'effetto "loading" cioè caricamento, in particolare se si collega ad una antenna direttamente, è molto difficile da contrastare.

Ed anche il fatto per cui variando la frequenza con un condensatore variabile si modifica il rapporto tra L e C del circuito accordato, di conseguenza il Q, rende impossibile l'oscillazione con lo stesso ammontare di reazione. In tutti i circuiti si deve avvolgere il link di reazione vicino al lato freddo di L2.



Se muovendo il controllo la reazione irrompe bruscamente, con i circuiti suggeriti si può migliorare la situazione provando a cambiare il valore della resistenza di grid-leak. La causa più frequente di perdita di dolcezza nell'intervento della reazione è dovuto a valore errato per R1 e/o per tensione di placca e di schermo troppo alte.

CONCLUSIONI

Il racconto dell'Handbook termina con una serie di considerazioni sulla operatività di un circuito a reazione. Alcune di esse sono anche ovvie, come i consigli sulla costruzione per evitare l'effetto della mano dell'operatore, o i problemi dovuti al collegamento diretto di un antenna.

Un apparecchio a reazione che è sempre molto apprezzato dai radioamatori è il vecchio TORN-Eb surplus della seconda guerra mondiale, ed esso impiega un amplificatore RF prima del rivelatore, inoltre la costruzione è metallica e di ottima precisione e robustezza. Non avendo conversioni come la supereterodina non soffre quindi di segnali spuri dovuti alle conversioni. Ancora oggi è piacevole da usare.

Per quanto riguarda la replica di questi circuiti a stato solido non è proprio tutto così diretto da copiare. Il concetto si sviluppa costruendo prima un rivelatore per AM e poi aggiungendo la reazione. Mi riferisco ad un'altra mia nota che è la traduzione di un articolo di sir D. Hall, un amico non si spiegava perché un diodo in quel circuito, la risposta è nella frase precedente.

In effetti parrebbe che la reazione sia nata con le valvole e con esse sia terminata.

I diodi a semiconduttore non sono così perfetti come quelli termoionici, almeno alle frequenze radio. La giunzione base-emitter è un diodo ma ha i difetti dei diodi a semiconduttore.

I FET e i MOSFET non sono usabili come diodo gate-source alla stregua di G1-K delle valvole. Quindi un emulazione è possibile con i circuiti che non hanno rettificazione in griglia, ossia rivelatore di placca e rivelatore a impedenza infinita.

Recentemente ho letto su Radio Kit un articolo esemplare di IZ2OUK che ha analizzato la impedenza effettiva di un semplice rivelatore a diodo (mi scuso per la scarsa educazione nel citare la fonte con così poca precisione ma scrivo essendo in trasferta per lavoro, e spero non me ne voglia per la citazione), tenendo conto di quelle osservazioni si può progettare e costruire dei semplici ricevitori con risultati presumibilmente molto buoni.

Come in qualunque oggetto tecnologico, un motore o un fucile o una radio, qui la precisione conta più della semplicità dei mezzi.

Dove compare la scritta uuF sta per pF!

Altri riferimenti:

IZ5SG RICEVITORE PER ONDE MEDIE CON TRIODO (INTERNET)

IZ2OUK IMPEDENZA INGRESSO DEI DIODI, (RADIO-KIT)

Buon divertimento, Alessandro Frezzotti