

# UNA RADIO A CRISTALLO PER F.M. CON UN DISCRIMINATORE DI FOSTER-SEELEY ?

Mi è spesso frullata in testa la domanda: *“quali saranno le difficoltà per far funzionare un discriminatore di Foster-Seeley in Alta Frequenza? Ossia, sarà possibile realizzare un ricevitore a cristallo F.M. con un Discriminatore?”*. Ma a questa non ho mai dato un seguito sperimentale un po' per pigrizia e un po' per mancanza d'interesse immediato finché parecchi mesi fa Leonardo, sul sito “Le radio di Sophie”, non indisse un concorso per il miglior ricevitore a cristallo F.M. realizzato. Pungolato dalla sfida, non avendo trovato nulla in giro sull'argomento e indipendentemente dal concorso comunque già terminato, nei ritagli di tempo disponibili ho provato a dare una risposta pratica e molto personale alla mia impertinente domanda. Poiché ora penso che il lavoro svolto quasi un anno fa potrebbe forse interessare qualcuno, mi permetto di proporre brevemente tutte le fasi che hanno portato al circuito definitivo. Come si potrà osservare, il tutto è stato realizzato molto empiricamente, frettolosamente e senza alcun calcolo teorico.

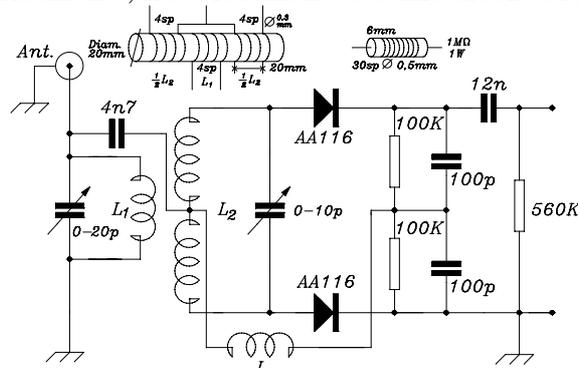
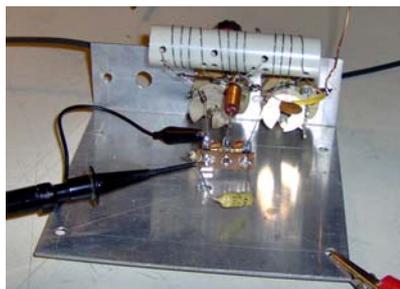
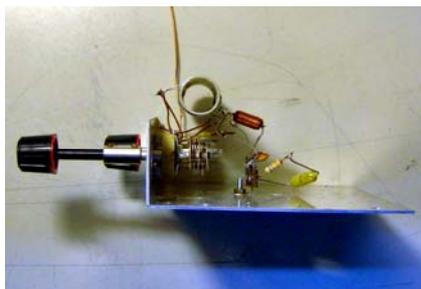
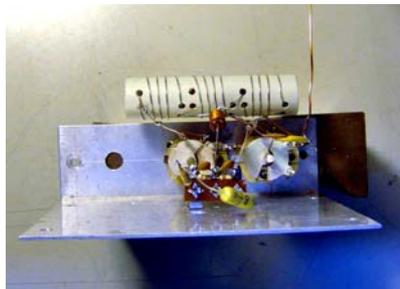
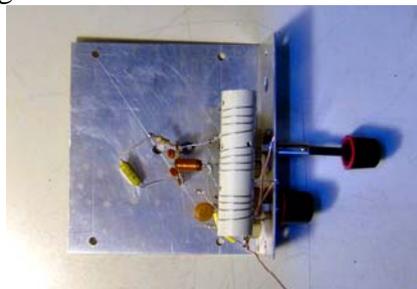


Fig. 01. Prima versione.

La prima versione del discriminatore è disegnata in Fig.01. Le dimensioni e i dati costruttivi delle due induttanze d'accordo sono riportate sul disegno. Il supporto degli avvolgimenti è stato ritagliato da una cannetta per impianti elettrici da 20mm. L'impedenza di blocco J è stata realizzata avvolgendo 30 spire di filo smaltato da 0,5mm su una resistenza ad impasto da 1MΩ 1W. Il condensatore di 12nF con in cascata la resistenza di 560K formano il filtro passa-alto per la ricezione del segnale B.F.



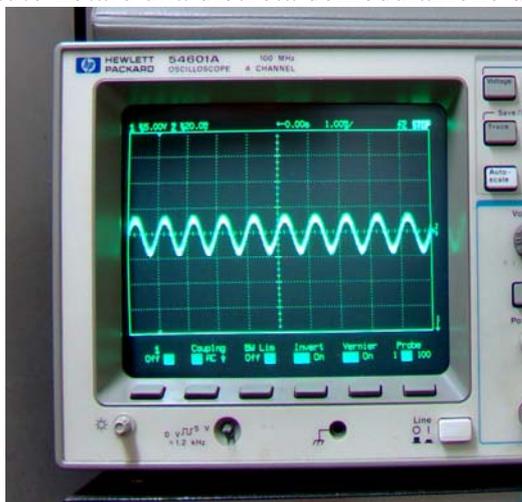
Alcune foto del rozzo prototipo.

Nelle successive figure, è ridisegnato il circuito con le varie modifiche migliorative. Nelle quattro fotografie qui sopra riportate è rappresentato il primo rozzo esemplare costruito alla svelta e senza alcuna cura, per il puro desiderio di vedere se sarebbe stato in grado di funzionare. La frequenza di risonanza dei due circuiti è stata controllata inizialmente e approssimativamente con un megaciclimetro (un vecchio EP516 della UNA-OHM ancora in ottima salute). Appena terminato il montaggio, il circuito è stato subito sottoposto al collaudo.

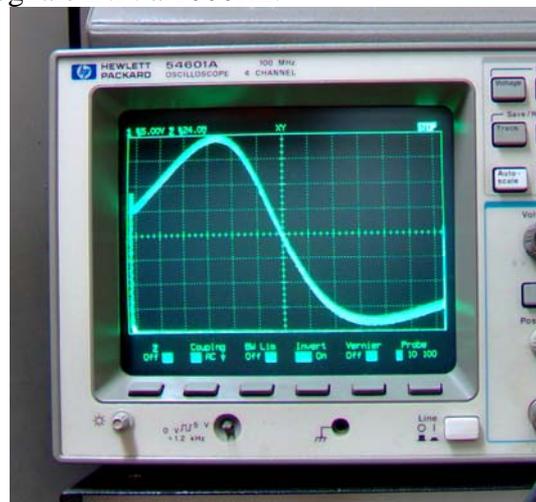
Ho utilizzato il versatissimo generatore HP8601A.



Il generatore utilizzato è un HP8601A. La frequenza impostata è di 90MHz in C.W. con modulazione F.M. Nella prima fase di controllo ho configurato lo strumento nella posizione C.W. (“onda continua”) con la modulazione predisposta per l’F.M. Il segnale in uscita è stato posto al massimo. L’accoppiamento tra generatore e circuito è stato mantenuto lasco. Senza alcuna difficoltà, sono riuscito ad accordare il ricevitore su 90MHz e sull’oscilloscopio ho osservato il segnale in uscita. Ho potuto notare una discreta demodulazione del segnale B.F. a 1000Hz.



La rivelazione della modulazione a 1000Hz



La curva ad “S” del discriminatore

Esclusa la modulazione F.M. ho inserito lo Sweep simmetrico intorno a 90MHz. Con pochissime manovre di aggiustamento ho ottenuto la classica curva ad “S” del discriminatore. Le foto dello schermo mostrano il segnale B.F. rivelato e la “S” con un sufficiente tratto rettilineo intorno al punto di flesso. Si nota, sulla curva ad “S”, la presenza di segnale V.H.F.

## Considerazioni sul prototipo.

**In conclusione, il circuito funziona.** Una nota positiva è data dalla semplicità di costruzione e dalla prontezza di funzionamento: *questi erano motivi che invece reputavo a priori come due grossi ostacoli che avrebbero dato origine ad una notevole difficoltà realizzativa.*

***I difetti e gli inconvenienti, invece, sono parecchi. Ho notato:***

**1) La scarsa sensibilità al segnale radio.** E' però da dire che le prove sono state fatte nel mio laboratorio, situato dentro un garage, dove mi trovo quasi in silenzio elettromagnetico. Quindi le prove sono state forzatamente solo strumentali. Probabilmente non basta la solita antenina a un quarto d'onda, ma è necessaria *una vera antenna a dipolo magari con riflettore e direttore.*

**2) Il notevole effetto della mano, nel momento della sintonia.** Ho aggiunto all'asse del variabile un perno in plastica che ha ridotto il fenomeno ma non l'ha annullato. *E' necessaria una doppia schermatura.*

**3) La necessità di manovrare due manopole per la sintonia.** Ma ciò non credo che potrà mai essere eliminato.

**4) La notevole presenza di segnale R.F. sulla B.F.** *E' sicuramente necessario un filtro passa-basso in cascata, prima dell'accoppiamento al carico.* Una resistenza di  $4,7K\Omega$  ed un condensatore di  $1nF$  potrebbero costituire un discreto filtro passa-basso per l'eliminazione della VHF.

**5) La totale mancanza di sopportazione di una cuffia in uscita.** La bassa impedenza di essa carica a tal punto il circuito da annullarne totalmente il funzionamento. Sul prototipo ho messo una resistenza di valore elevato ( $560K\Omega$ ), come carico utilizzatore. *Ciò porta a pensare che un amplificatore a valle del rivelatore è strettamente necessario.*

**6) L'impossibilità di bilanciare le due induttanze secondarie** per mancanza di nuclei di regolazione. Ciò incide molto sulla bontà della curva ad "S" e sul suo tratto lineare. *E' necessario, quindi, l'uso di supporto fornito di nuclei.*

***Perciò il circuito promette ma è da migliorare notevolmente o da rifare!***

## PRIMO MIGLIORAMENTO DEL CIRCUITO

Ho cominciato col modificare il circuito nei punti meno impegnativi e più semplici da risolvere, anche concettualmente.

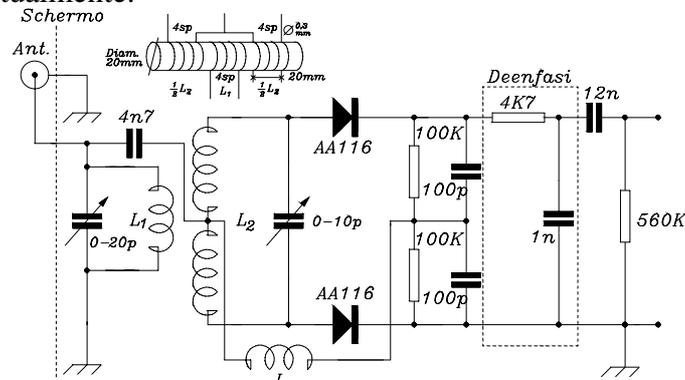
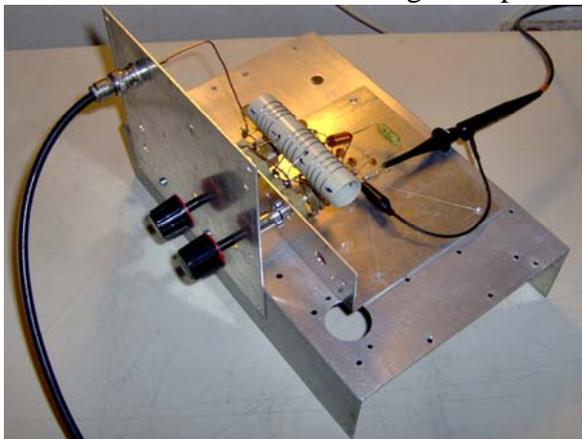


Fig 02. Seconda versione.

Nella foto sottostante e nella Fig.02 si possono osservare le modifiche apportate al circuito di Fig.01.



Per togliere o attenuare notevolmente l'effetto della mano di cui al **punto 2)** ho posizionato uno schermo in alluminio davanti al circuito. Il difetto di dissintonia è sparito o almeno non è più rilevabile.

Per eliminare l'inconveniente di cui al **punto 4)** ho aggiunto un filtro RC passa-basso formato da una resistenza di  $4,7K\Omega$  con una capacità verso massa di  $1nF$ . Questo circuito è in ogni caso necessario perché deve attuare la deenfasi in ricezione. I valori proposti hanno una costante di tempo  $\tau = 50\mu s$ , esattamente pari a quanto richiede la normativa F.C.C. nella zona europea. Nella foto si può notare come il circuito sia stato ora poggiato e avvitato su un vecchio ed ingombrante telaio per esperimenti con tubi.

Sul piccolo pannello frontale ho montato anche un attacco BNC per il cavo d'antenna. Gli assi dei due variabili sono stati prolungati mediante due perni di plastica e fuoriescono dal pannello che agisce da schermo.

Tutto, come si vede, è stato fatto in modo rudimentale e veloce con il preciso intento di osservare subito il risultato delle modifiche. **Queste modifiche hanno portato alla risoluzione soddisfacente dei difetti segnalati ai punti 2) e 4).**

Ciò mi ha confortato e mi ha indotto ad andare avanti.

## ALTRI NECESSARI MIGLIORAMENTI

**I punti 1), 3) e 5) non possono essere risolti con modifiche al circuito** perché rispondono a caratteristiche intrinseche allo stesso sistema.

Perciò, come già accennato, per risolvere il **punto 1)**, il ricevitore dovrà essere fornito di una buona antenna, e, per risolvere il **punto 5)**, esso avrà bisogno di un amplificatore B.F. ad **alta impedenza d'ingresso**, per una ricezione accettabile del segnale audio.

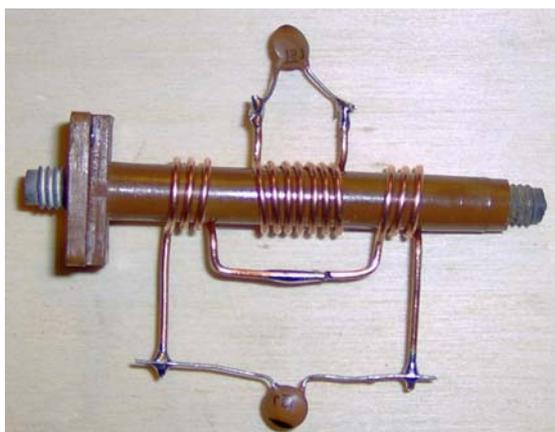
Per quanto riguarda il **punto 3)**, il ricevitore dovrà *avere necessariamente due manopole* per la corretta ricezione del segnale. Dalle prove di collaudo compiute in laboratorio, ho notato che la manopola collegata al variabile del primario agisce come sintonizzatrice mentre la manopola collegata con il variabile del secondario agisce come correttrice di accordo R.F. per la purezza del segnale audio. La manovra in contemporanea delle due manopole porta all'affinamento della ricezione. E ciò non è male perché dà un tocco di professionalità all'azione sul ricevitore!

*Ho cercato quindi di risolvere il problema di cui al punto 6).*

Ho reputato necessario cambiare il supporto delle induttanze e sostituirlo con un altro in cui fossero già presenti i nuclei di regolazione.

La ricerca è caduta sul supporto di una vecchia Media Frequenza T.V. con due nuclei di accordo. Le cui dimensioni sono: Lunghezza utile = 50mm, Diametro = 7,5 mm,

Sono state avvolte 7 spire di filo di rame nudo da 1mm sul codolo di una punta da trapano di 7mm per formare il primario e due volte tre spire per il secondario, lasciando abbastanza lunghi i terminali. I tre gruppi di spire poi sono stati infilati a forza nel supporto in quest'ordine: prima una metà del secondario, poi il primario e infine l'altra metà del secondario. La spaziatura tra le spire è di 1mm circa. La distanza tra i circuiti è di circa 6mm.



Una prima versione della bobina



Il momento della taratura

Sono state saldate le due estremità interne dei secondari. Alle altre estremità ho collegato un condensatore in ceramica di 18pF. Egualmente si è fatto per il primario. E' chiaro che i due condensatori saranno poi sostituiti dai due variabili. La foto rende più chiara la descrizione.

Il circuito è stato, quindi, sottoposto ad una prima e approssimata regolazione con l'aiuto del megaciclimetro. La fotografia mostra il momento della taratura del circuito secondario, dopo aver staccato il condensatore dalle spire del primario per renderlo aperiodico e non influente. La stessa operazione era stata fatta precedentemente sul primario, con il condensatore staccato dalle spire

secondarie. La taratura è stata eseguita per un accordo preventivo dei due circuiti risonanti su una frequenza di circa 90MHz.

Dopodiché la bobina è stata montata e bloccata in verticale sul telaio per una migliore regolazione dei nuclei (uno dei nuclei però doveva essere regolato dalla parte sottostante il telaio). In Fig. 03 sono riportate le modifiche al circuito elettrico.

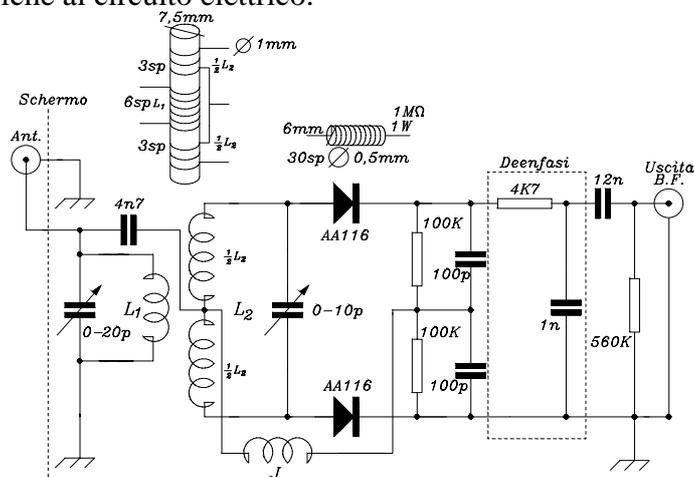
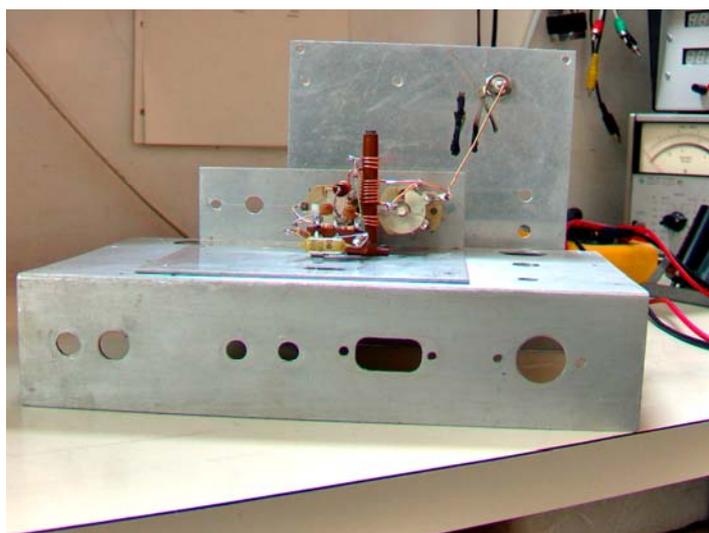
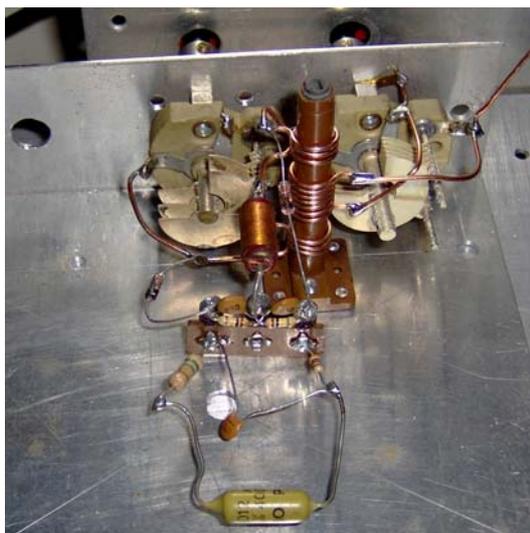


Fig.03. Terza versione.

Le due immagini successive danno un'idea del montaggio ultimato. *Anche questa versione però ha fornito degli inconvenienti.*



Particolare dell'intero circuito e della bobina montata in verticale

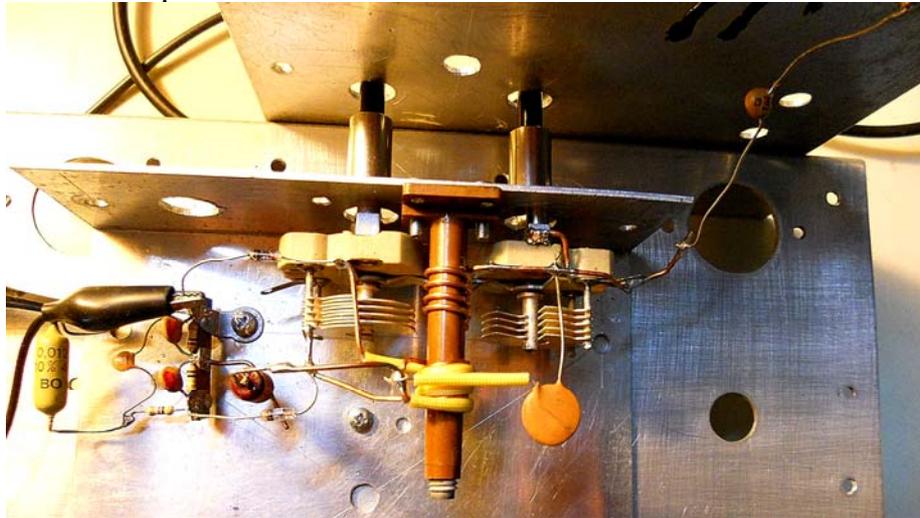
## ULTERIORI MIGLIORAMENTI

L'uso di condensatori variabili di diverso valore ha portato ad un difficile accordo tra i due circuiti. Anche la taratura mi costringeva ad un'azione scomoda di manovra tra sopra e sotto il telaio. I fili di collegamento tra i variabili e le bobine sono risultati troppo lunghi.

Ho deciso, quindi di fare un montaggio più razionale, utilizzando innanzitutto due condensatori variabili uguali e montando poi il supporto delle bobine in orizzontale, posizionato tra gli stessi variabili. Così i collegamenti si sono ridotti alquanto.

Ma l'operazione più importante è stata quella di avvolgere il secondario in bifilare. Ciò ha portato ad un migliore bilanciamento tra le due semisezioni del secondario e ha fornito anche la possibilità di variare la distanza tra i due circuiti primario e secondario per trovare il miglior accoppiamento mutuo tra essi. L'ingresso del segnale è stato reso il più lasco possibile con l'introduzione di un condensatore ceramico di un solo picofarad in serie al cavo di collegamento al generatore.

A causa dei nuclei di accordo è cambiato il numero delle spire primarie che sono diventate quattro. Le spire secondarie sono state isolate tra loro mediante un tubetto sterlingato infilato su uno dei due fili. Il gruppo di rivelazione è stato tolto dall'appoggio centrale dietro i variabili e posto in cascata immediatamente a ridosso del secondo variabile, razionalizzando così l'intero circuito. La foto qui sotto mostra chiaramente quanto ho detto.



Uno dei due avvolgimenti secondari avvolti in bifilare è stato isolato dall'altro mediante un tubetto sterlingato infilato sul filo. Si notano i due diodi rivelatori AA116 e il condensatore d'antenna da 1pF. La Fig.04 rappresenta lo schema del nuovo circuito.

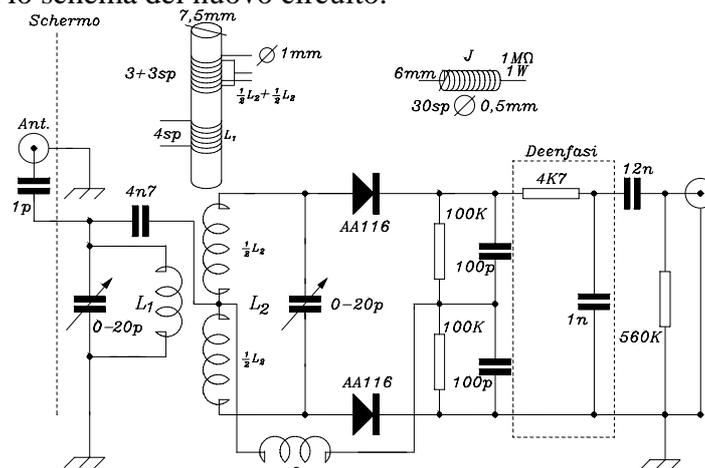
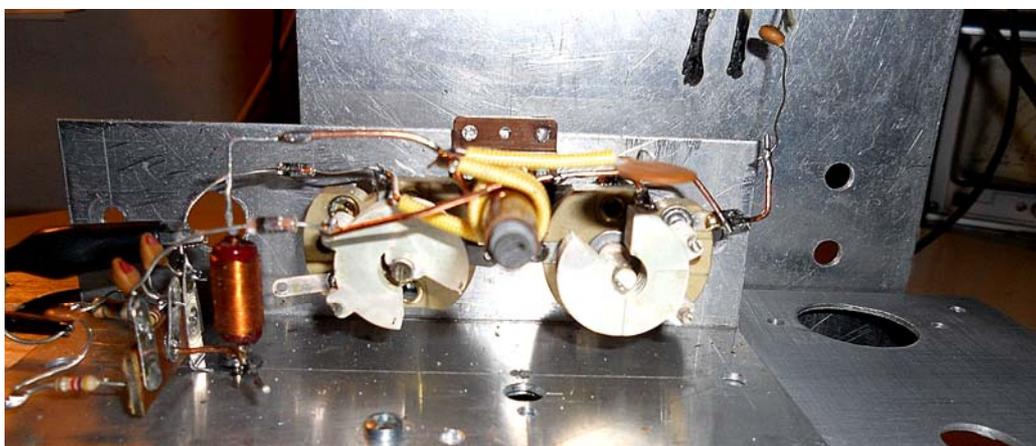


Fig.04. Quarta versione.



Si notano molto bene sia la disposizione della bobina tra i due variabili che la posizione dell'impedenza d'arresto collegata al centrale del secondario. Sono evidenti i due diodi e i condensatori ceramici dei due gruppi di rivelazione.

## Collaudo.

Sottoposto a collaudo il nuovo circuito ha risposto ottimamente, mostrando versatilità e semplicità d'uso. Ho inizialmente impostato sul generatore la frequenza di 98MHz (centro banda tra 88MHz e 108MHz).



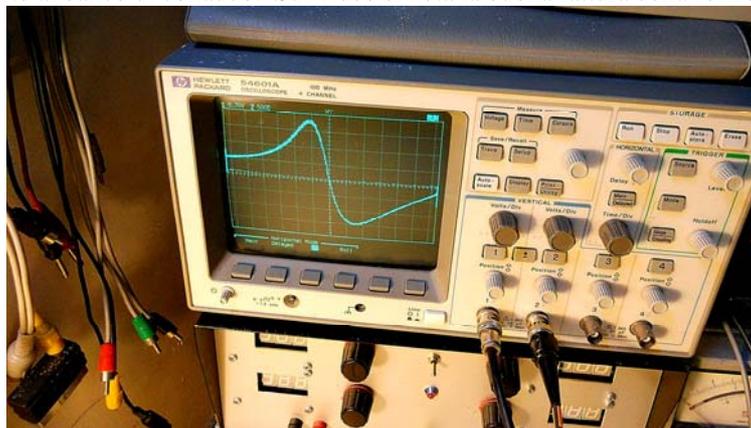
Il generatore è sintonizzato su 98MHz (Range 110), in modo Sweep-Sym-Fast-Line, senza F.M. (Mod: OFF).

L'organizzazione del generatore è facilmente intuibile osservando la posizione delle varie levette.

Con il generatore predisposto allo spazzolamento (Sweep) ho controllato la curva di risposta del discriminatore. Il circuito ha fornito una curva molto pulita e con un discreto tratto di linearità. Ho poi variato la frequenza da 88MHz a 108MHz per controllare la bontà della curva da un estremo all'altro della gamma. Essa è risultata in tutti i punti praticamente uguale a quella di centro-banda.



Il circuito al banco di collaudo. Sul video si nota la buona fattura della forma ad "S".



La curva di risposta del discriminatore è risultata la stessa per tutta la gamma, da 88MHz a 108MHz. Non vi è più alcuna presenza di segnale V.H.F.



Si nota sullo schermo dell'oscilloscopio il segnale a 1000Hz rivelato.

Tolta la funzione Sweep ho introdotto la modulazione di frequenza. All'uscita del discriminatore ho osservato una buona rivelazione del segnale B.F.

### Osservazioni

Come già accennato, nella manovra di accordo del ricevitore a cristallo ho notato che il variabile del circuito primario esercita prevalentemente la sintonia del segnale mentre il variabile del secondario funge da affinamento e miglioramento della fedeltà del segnale B.F. Penso che ciò sia spiegabile perché il primario è ad alto Q e quindi è molto selettivo, mentre il secondario ha una curva con una lunga zona lineare tale da interessare svariate *centinaia di KHz*. Infatti, poiché la curva ad "S" del discriminatore visualizzata sullo schermo ha un'elongazione totale di *10MHz* (perché così impostata sul generatore), con uno spazzolamento  $\Delta f$  di  $\pm 5MHz$  rispetto alla frequenza centrale  $f_0$  (*98MHz* nella misura), ed essendo 12 le tacche sull'asse "X", ogni quadretto riguarda circa *0.8MHz*. Da un controllo attento dello schermo si può rilevare che la zona lineare è all'interno di circa un quarto di quadretto (*0,2MHz*) a destra e a sinistra rispetto al valore centrale. La zona da considerarsi lineare è quindi di quasi *0,4MHz* ossia molto ampia. Perciò la manovra sul variabile del secondario è mirata principalmente alla ricerca del tratto maggiormente lineare della curva più che alla ricerca di un'ulteriore sintonia fine.

I due variabili hanno una capacità massima superiore al necessario, per cui la banda 88-108MHz è coperta totalmente da una loro variazione solamente parziale.

A questo punto si può dire che il circuito funziona ed anche bene. Ma ci sono due problemi ancora non risolti ossia quelli di cui ai **punti 1) e 5)**.

*Per quanto riguarda il punto 1) non sono state, finora, effettuate prove effettive di ricezione per mancanza di un'antenna adeguata.*

Infine, per quanto riguarda il **punto 5)** è necessario, purtroppo, l'uso di un amplificatore B.F.

## AGGIUNTA DELL'AMPLIFICATORE B.F.

Quindi, un altro intervento sul circuito consiste nell'aggiunta *accessoria* di un preamplificatore e di un eventuale stadio finale, per poter ascoltare ad alto volume il segnale B.F. (Fig.05).

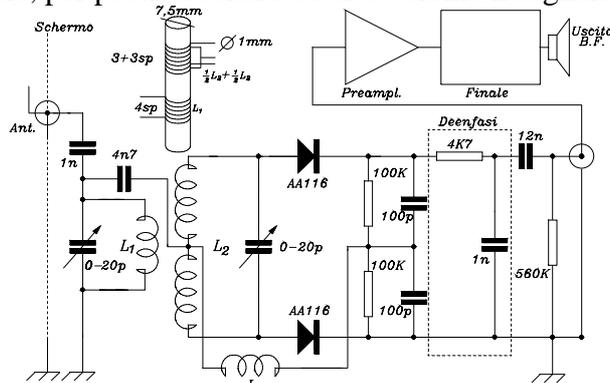
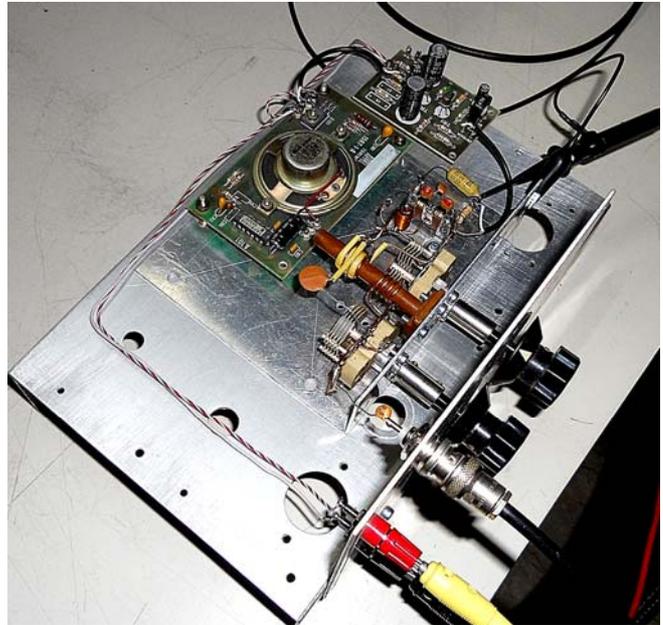
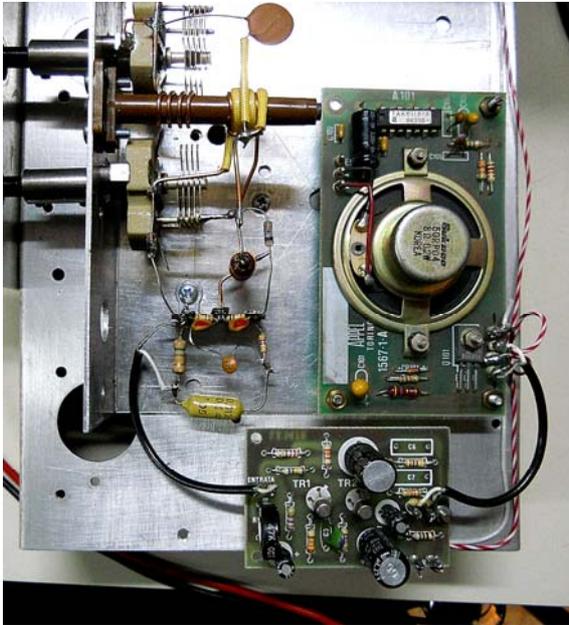


Fig. 05. Quinta versione.

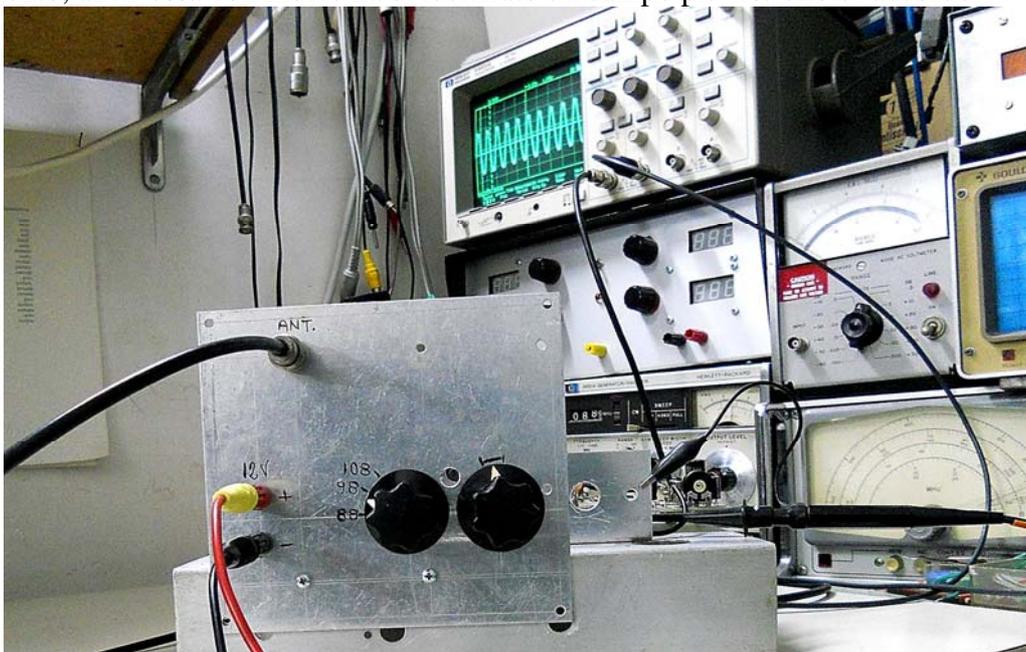
Ho utilizzato materiale già in mio possesso: per il preamplificatore, una vecchia piastrina siglata LX142B riportata sul numero 50/51 della rivista "Nuova Elettronica" del 1977. Per l'amplificatore finale, che si basa sull'anziano integrato TAA611B, invece, una scheda surplus probabilmente di provenienza telefonica.

Così, senza badare all'estetica, ho avuto finalmente la possibilità di ascoltare la nota audio a 1000Hz prodotta dal generatore. Purtroppo, l'uso di una alimentazione esterna è stato necessario per forza di cose.



Il ricevitore nella sua ennesima versione, dotato di preamplificatore e di finale, con l'altoparlante incorporato. Si notano le due boccole necessarie per l'alimentazione dei 12V, il connettore BNC per la presa d'antenna e le manopole di sintonia e affinamento montate su perni in plastica con i relativi cilindretti per prolunghe.

Ho tentato anche di costruire una scala di sintonia (!!!), utilizzando una manopola con indice e segnando con un pennarello le tre frequenze importanti, di inizio, fine e centro scala. La manopola di affinamento, anch'essa con indice ha evidenziato un campo più ristretto di accordo.



Il ricevitore sotto collaudo. In primo piano, le due manopole con indice. Sono disegnati sul pannello le frequenze di sintonia più importanti e il ristretto campo di accordo per l'affinamento. Tra le due manopole si nota il buco necessario per la regolazione di uno dei due nuclei della bobina. Sull'oscilloscopio è evidente il buon segnale B.F. rivelato.

## ULTIMA MODIFICA

L'ultima modifica riguarda il circuito d'ingresso dell'antenna. Il primario del nostro ricevitore è un circuito risonante parallelo e quindi deve essere alimentato in corrente per produrre ai suoi capi una variazione di tensione al variare della frequenza (curva a campana della risonanza). Per far ciò, finora il segnale F.M. è stato introdotto sul circuito primario in modo molto lasco, attraverso un condensatore di 1pF, che, alla frequenza di 100MHz fornisce un'impedenza di circa 1600Ω. Questo valore è appena sufficiente per far sembrare lo strumento come un generatore di corrente.

L'attacco effettivo di un'antenna ad un ingresso siffatto tramite un cavo da 75Ω, provocherebbe una perdita di segnale inaccettabile. Perciò ho aggiunto un ulteriore avvolgimento di due spire che, insieme al terzo condensatore variabile, forma un **circuito risonante serie** accordabile alla frequenza d'ingresso (Fig.06). Il segnale viene trasferito al primario del discriminatore tramite mutua induzione.

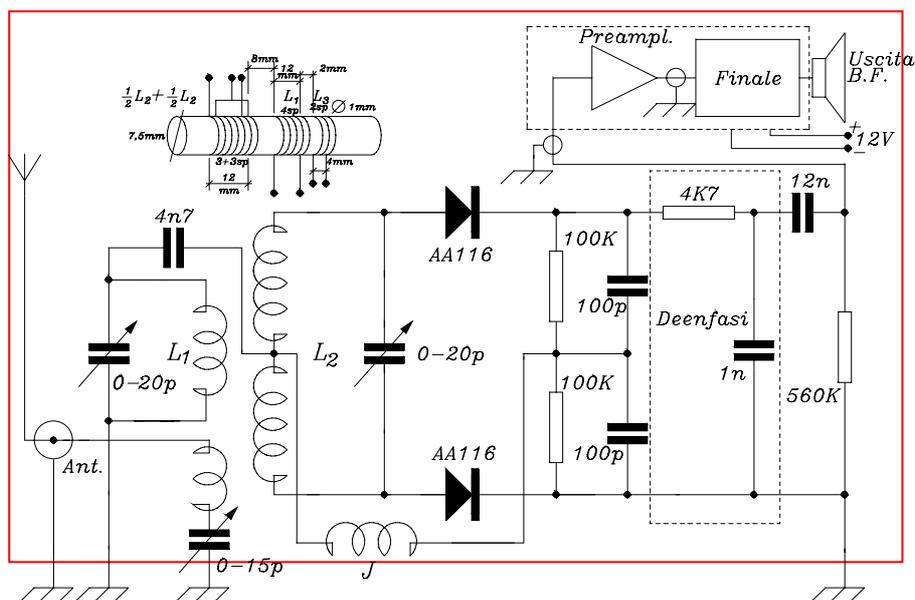


Fig.06. Circuito definitivo.

In queste condizioni si ottiene il necessario adattamento d'impedenza tra il circuito d'antenna e il circuito d'ingresso. **Quindi, ora sono tre le manopole da gestire!**

Nella Fig.07 è disegnata la sola bobina con tutte le quote e tutti i valori necessari.

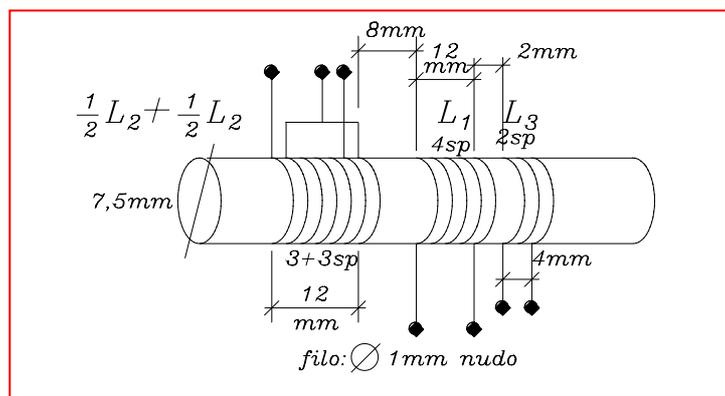
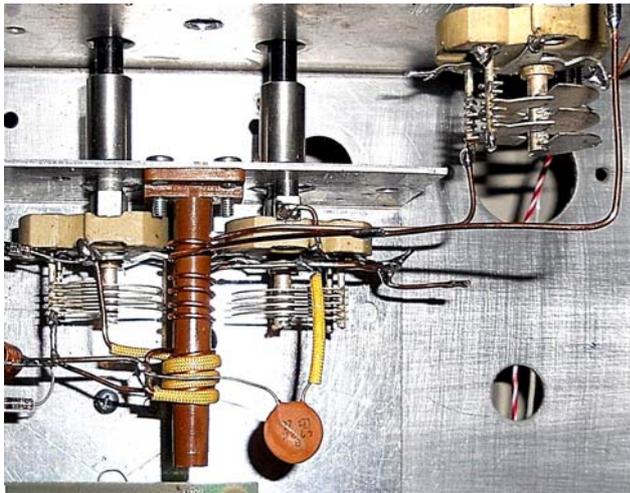


Fig 07

E' necessaria una precisazione in merito alla disposizione delle tre bobine sul supporto. *Contrariamente a quanto potrebbe far pensare il disegno dello schema, il circuito d'antenna è stato posto dalla parte del lato "caldo" del primario ossia dalla parte del condensatore da 4,7nF, mentre il secondario è stato posto dalla parte del suo lato "freddo", ossia dalla parte della massa.*



Nella prima foto si nota l'avvolgimento d'ingresso, posto sul lato "caldo" del primario. Nella seconda foto si vede la disposizione delle tre manopole di accordo sul frontalino.

### Conclusion

Mi ero posto all'inizio questo impertinente quesito: ***"Si può realizzare un ricevitore a cristallo F.M. con un Discriminatore?"***. Ebbene, ***visti i risultati***, si può dire che la risposta non solo è positiva ma può portare anche ad ulteriori sviluppi e miglioramenti. Adesso bisognerebbe uscire dal prototipo e costruire un apparato più semplice da realizzare e dotato di componentistica di più facile reperimento. Invero, in questo caso sono stati adoperati molti componenti surplus perché così li tenevo a disposizione, recuperati e ritrovati nei miei capaci cassetti di roba vecchia. Sarà difficile purtroppo trovare il tipo di variabili che ho usato (che sono vetusti residuati, probabilmente di un valore intorno ai 20/30pF) o il supporto della bobina che proviene dai rimasugli di un vecchio televisore "Imca" a valvole.

*Forse una difficoltà nella realizzazione di questo circuito risiede nella necessità di una strumentazione adeguata e, purtroppo, non sempre a disposizione, ma se si seguono i disegni e le foto qualcosa di positivo si riesce ad ottenere comunque. E' ovvio che la parte più difficile sta nella attenta costruzione delle bobine. Io ho usato del rame nudo per non incorrere in continui spellamenti durante la costruzione di esse, ciò che mi ha costretto ad utilizzare del tubetto sterlingato per isolare tra loro le spire del secondario. **E' bene, a questo punto, utilizzare del filo smaltato.***

*Ripeto ancora, per coscienziosa chiarezza, che non sono state, finora, effettuate prove effettive di ricezione per mancanza di un'antenna adeguata, anche se qualche tenue traccia di segnale sono riuscito a scorgere qualche volta, sullo schermo dell'oscilloscopio.*

-----\*-----

Ci possono essere tante soluzioni costruttive, infinitamente più belle e più razionali di quella che ho imbastito io, in modo così poco accettabile dal lato estetico e in modo così ingombrante che va oltre ogni limite di decenza costruttiva. Per esempio, il circuito puro senza il sistema audio potrebbe essere realizzato all'interno di un piccolo contenitore sul cui frontalino sarebbero sistemate le tre manopole, fornite di elegante scala graduata, insieme alla boccola d'antenna e alla boccola d'uscita B.F. Questa scatoletta, di metallo e ben realizzata, potrebbe essere collegata da una parte all'antenna e dall'altra all'ingresso di un sistema di amplificazione. Insomma, il circuito funzionerebbe da "captatore" da applicare ad un ingresso ad alta impedenza del sistema Hi-Fi che quasi tutti abbiamo per casa. E così via.

Termino dicendo che si è fornita solo una modesta idea di partenza e all'ingegno non ci sono confini. In fondo ho presentato un **semplice studio di fattibilità**, con risultati che a me sembrano buoni. Ad altri il giudizio finale ed eventuali modifiche migliorative sicuramente necessarie.

Febbraio 2013

Ing. Nicola del Ciotto