

# RICEVITORE FM SUPERREATTIVO

CON TUBO A GHIANDA 957

E

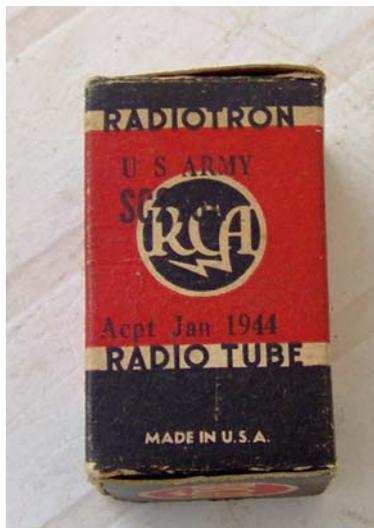
## AMPLIFICATORE B.F.

CON TUBO SUBMINIATURA 5676

Nel Settembre dello scorso anno pubblicai sul sito de “Le radio di Sophie” un articoletto su una valvola a ghianda in mio possesso, che mi perveniva direttamente dai lontani tempi della 2<sup>a</sup> Guerra mondiale.

Concludevo, però, colpevolmente dicendo di aver sempre rimandato una sua utilizzazione per il troppo timore di bruciare il suo delicatissimo filamento, aspettando con fiducia quel “momento mentale” particolare che mi fornisse l’entusiasmo adatto a correre il rischio.

Affermavo anche che era questo probabilmente il motivo per cui avevo ancora integro il tubo JAN 957 nella sua confezione originale. Mi ero comunque procurato, tanti anni fa, anche il relativo zoccolo ceramico pronto per l’uso (zoccolo forse più raro della valvola stessa).



Il contenitore originale del tubo JAN 957



Il tubo JAN 957-RCA....



.....e il suo zoccolo in ceramica

Sembra che, alla scadenza esatta di un anno, il giusto “momento mentale” sia arrivato. Il merito forse è del tubo subminiatura **5676**, ripescato nei miei capaci cassetti di roba vecchia. Questo tubo ha le stesse tensioni di filamento  $V_f$  e di anodica  $V_a$  del **957** perciò essi possono essere assemblati

insieme. *Per esempio, con i due tubi si può costruire un ricevitore superreattivo associato ad un amplificatore di B.F..* E così cercherò di fare.

Ho infatti pensato di utilizzarli ambedue, costruendo un *ricevitore F.M.* in cui il tubo **957** facesse la funzione di rivelatore in superreazione e il tubo **5676** facesse la funzione di amplificatore audio. Quindi, sembra che sia arrivato il momento di correre il rischio!  
Ne è venuto fuori il circuito che fra poco andrò man mano sviluppando.

## I DATI DEI DUE TUBI

Riporto intanto qui di seguito i dati essenziali dei due tubi:

### 957: Triodo U.H.F. ad accensione diretta in corrente continua .

#### Amplificatore a medio $\mu$

$$V_f = 1,25V$$

$$I_f = 50mA$$

$$V_{amax} = 135V$$

Capacità interelettrodiche:

$$C_g = 0,25pF$$

$$C_{ga} = 1,1pF$$

$$C_a = 0,5pF$$

Dati per Amplificazione in Classe A:

$$V_a = 135V$$

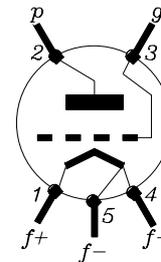
$$I_a = 2mA$$

$$V_g = -5,0V$$

$$R_p = 20.800\Omega$$

$$g_m = 0,65 mA/V$$

$$\mu = 13,5$$



I collegamenti del tubo 957 visti dal di sotto  
(dalla parte bombata con appendice)

----\*----

### 5676: Triodo V.H.F ad accensione diretta in corrente continua.

#### Amplificatore a medio $\mu$ .

Accensione diretta.

$$V_f = 1,25V;$$

$$I_f = 0,12A;$$

$$V_{pmax} = 135V$$

Capacità interelettrodiche:

$$C_g = 1,3pF$$

$$C_{ga} = 2,0pF$$

$$C_a = 4,0pF$$

Valori di polarizzazione come Amplificatore in classe A:

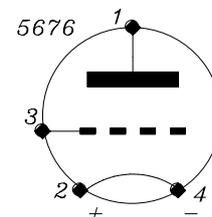
$$V_p = 135V;$$

$$I_a = 4,0mA;$$

$$V_g = -5V;$$

$$g_m = 1,6mA/V,$$

$$\mu = 15.$$

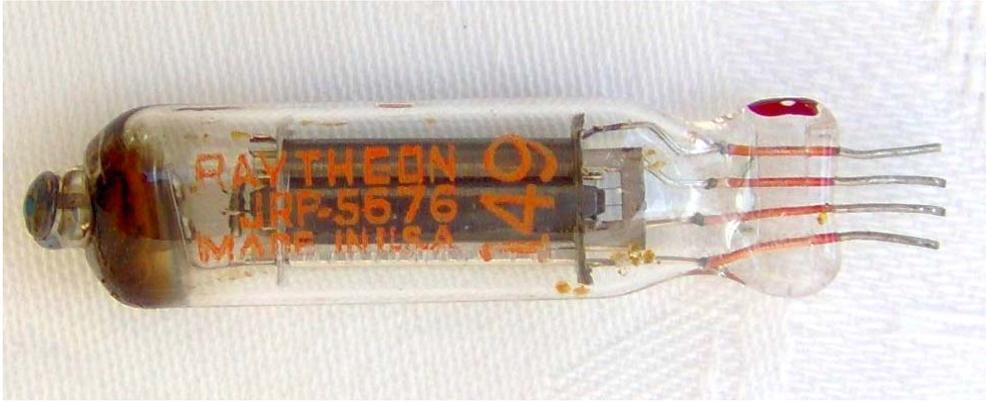


I collegamenti del tubo 5676

Le connessioni ai piedini, partendo dal **punto rosso**, sono, nell'ordine:

- 1) Placca; 2) +Fil.; 3) Griglia; 4) -Fil.

----\*----



Il tubo subminiatura 5676 («pencil tube» in anglosassone). Si nota benissimo il punto rosso.

## IL TELAIO

Tutto il circuito è stato montato su un telaietto di alluminio ripiegato delle dimensioni di 109,5mm per 97,5mm con un'altezza di 22,0 mm. Le dimensioni e le quote principali sono descritte nella Fig.01.

Nella parte posteriore sono stati fatti quattro fori per l'alloggiamento delle boccole delle due alimentazioni. Sono state usate quattro boccole isolate. In particolare, la boccola del negativo dell'alta tensione deve essere obbligatoriamente isolata da massa perché ad essa è collegato il circuito necessario a produrre il giusto potenziale negativo per la polarizzazione di griglia del tubo 5676. Il pannello anteriore è fissato al telaietto mediante due viti autofilettanti.

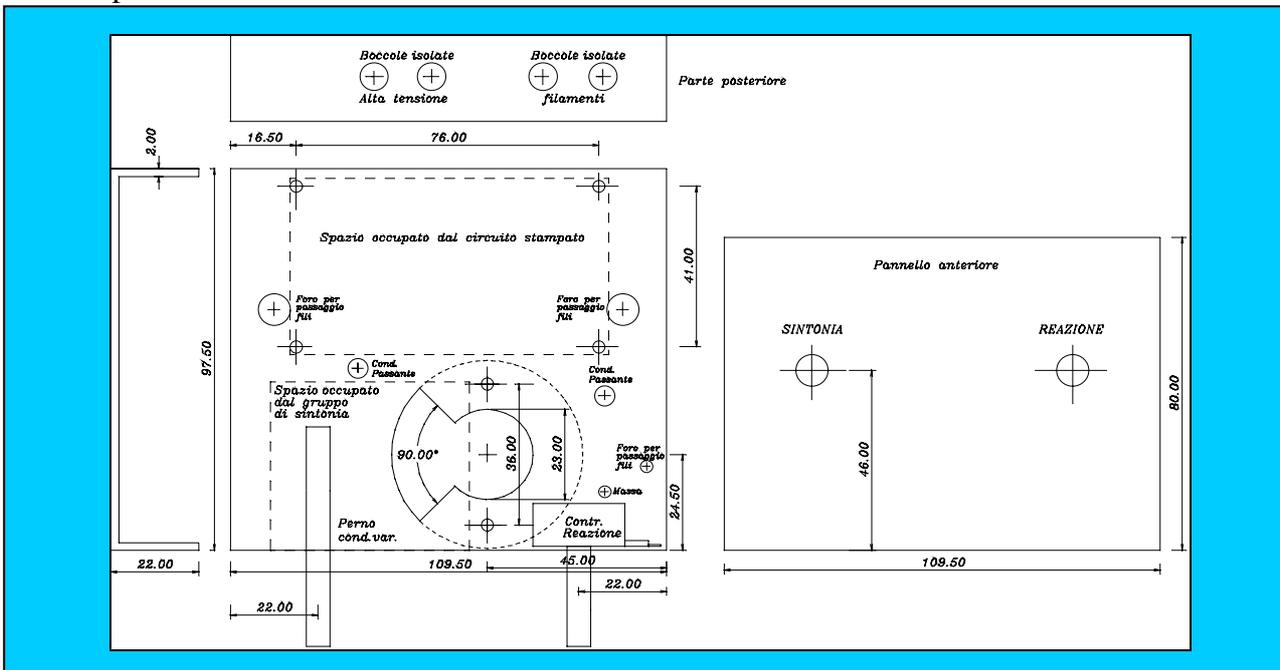


Fig.01

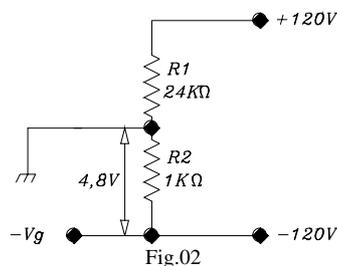
Il tutto è quindi di ordinaria lavorazione meccanica. Qualche parola è da spendere per la foratura un po' strana del telaio dove sarà alloggiato lo zoccolo del tubo a ghianda. Il foro da 23mm, ovviamente, è necessario per dare spazio al tubo. La realizzazione del foro a settore con apertura di 90° è stata effettuata per eliminare un piano di massa sotto i due piedini di placca e di griglia, che avrebbe potuto eventualmente fugare a terra parte del segnale, o creare eventuali anomalie di funzionamento. Tutto ciò per un eccesso di prudenza e di sicurezza.

# L'AMPLIFICATORE AUDIO

L'amplificatore di B.F. è costruito intorno al tubo subminiatura **5676**.

Poiché il tubo è ad accensione diretta sorge qualche problema per la generazione del potenziale negativo di griglia: infatti non posso utilizzare la connessione con resistenza di catodo, perché il catodo non esiste ed in ogni caso non posso mettere una resistenza sul filamento per ovvi motivi.

Vi sono svariati circuiti che risolvono il problema (per es. posso anche usare una batteria!). Io ho utilizzato il metodo del partitore di tensione sull'alimentazione con un'opportuna variante. L'intero partitore è collegato ai due capi della tensione anodica mentre l'uscita nel punto di partizione è a massa come in Fig.02: in questo modo la d.d.p. ai capi di  $R_2$  risulta negativa rispetto ad essa e risolve il problema. Questa connessione, però, mi costringe ad isolare dal telaio il polo negativo dell'alimentatore anodico, come già accennato. Nella Fig.02 è disegnato il partitore che ho utilizzato.



Con una tensione anodica di  $V_a$  di 120V e con i valori delle resistenze imposte a  $R_1$  e  $R_2$  (Fig.02), si ha:

$$V_g = V_a \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 120 \cdot \frac{1000}{25000} = 4,8V$$

La tensione così ottenuta sarà adoperata per la polarizzazione di griglia (il valore è molto vicino a quello consigliato nei dati). I condensatori elettrolitici da  $1\mu F$  montati in parallelo alle resistenze sul circuito definitivo servono per eliminare eventuali ronzii di alternata nel caso di alimentazioni da rete. Sono stati usati due condensatori invece di uno perché non mi erano disponibili degli elettrolitici con tensione di lavoro sufficientemente elevata. Ciò mi ha costretto a dividere in due parti la resistenza  $R_1$  (12K+12K). Il polo negativo dell'alimentazione dei filamenti è stato collegato dovutamente a massa per ottenere i  $-4,8V$  tra griglia e il ritorno circuitale.

## CALCOLO DELL'AMPLIFICAZIONE B.F.

Calcoliamo ora l'amplificazione dello stadio. Dalla relazione fondamentale dei tubi a vuoto:

$$\mu = g_m \cdot r_a$$

che lega tra loro le tre caratteristiche dinamiche, ricaviamo la resistenza interna  $r_a$ :

$$r_a = \frac{\mu}{g_m}$$

Dalle caratteristiche leggiamo che, **nel punto di lavoro**  $V_a=135V$ ;  $I_a=4mA$ ;  $V_g=-5V$ , del tubo **5676** i parametri dinamici citati sono:  $g_m=1,6mA/V$ ;  $\mu=15$ .

Utilizziamo, quindi, i due parametri disponibili per ricavare la resistenza interna del tubo:

$$r_a = \frac{\mu}{g_m} = \frac{15}{1,6} \cdot 10^3 = 9375 \rightarrow 10K\Omega.$$

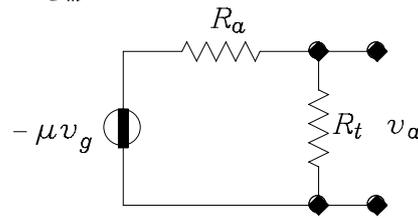


Fig.03

La relazione che definisce l'amplificazione A dello stadio è data da:

$$A = \mu \cdot \frac{R_t}{R_a + R_t}$$

che discende dal circuito equivalente di Fig.03, nella considerazione che un triodo è molto simile ad un generatore di tensione.

La  $R_t$  è il risultato del parallelo tra la resistenza di carico  $R_c=47K\Omega$  e la resistenza di ingresso dell'utilizzatore che potrebbe avere realisticamente un valore  $R_i=1M\Omega$ .

$$R_t = \frac{R_c \cdot R_i}{R_c + R_i} = \frac{47 \cdot 1000}{1047} \cdot 10^3 = 44,9K\Omega$$

Perciò, l'amplificazione calcolata teorica sarà, nel punto di lavoro succitato:

$$|A| = \mu \cdot \frac{R_t}{R_a + R_t} = 15 \cdot \frac{44,9}{10 + 44,9} = 12,2$$

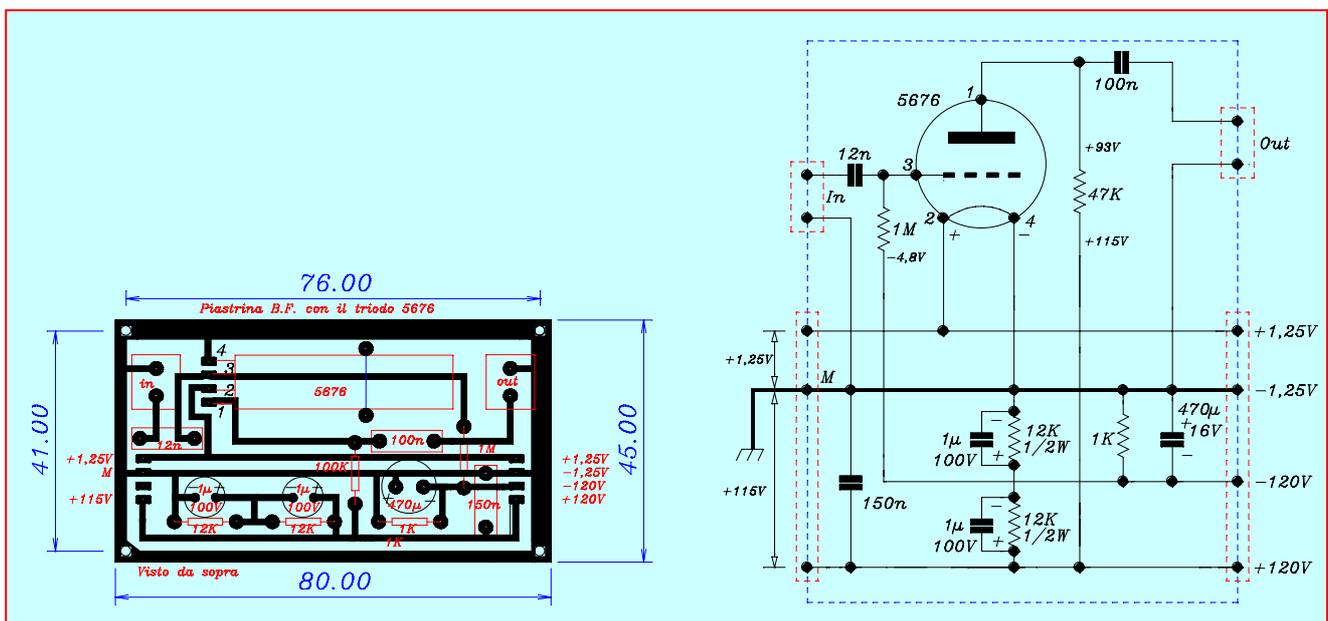


Fig.04

In Fig.04 è mostrato il circuito definitivo dell'amplificatore B.F. con il relativo circuito stampato

## COLLAUDO DELL'AMPLIFICATORE B.F.

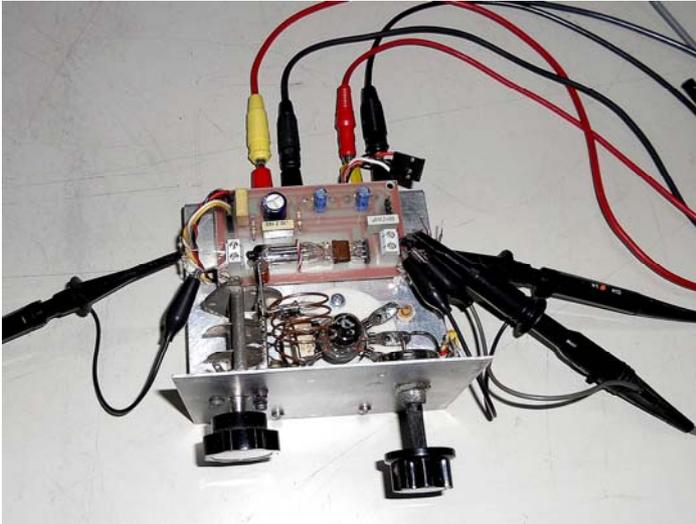
Sottoposto a collaudo l'amplificatore alimentato con una tensione anodica di 120V ha fornito i seguenti risultati.

Tensioni di polarizzazione letti:  $V_g = -4,8V$ ;  $V_a = +93V$ .

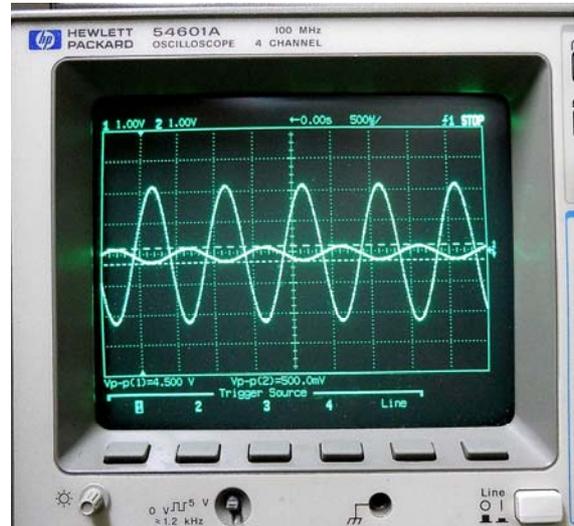
Dalla caduta di tensione sulla resistenza di carico si deduce il valore  $I_a$  della corrente anodica:

$$I_a = \frac{V_{al} - V_a}{R_C} = \frac{120 - 93}{47} \cdot 10^{-3} = 0,57 \text{ mA}$$

Valore piuttosto al di sotto dei 4mA forniti dalle caratteristiche con  $V_a=135\text{V}$ . Ma ciò può essere spiegato, perché il tubo è stato polarizzato con tensione anodica di 93V, più bassa dei 135V proposti sui dati.



Il circuito B.F. sotto collaudo con la 957 esclusa.



I segnali B.F. d'ingresso e d'uscita

Con una tensione di segnale di  $500\text{mV}_{pp}$  all'ingresso si ottiene in uscita una tensione di  $4,5\text{V}_{pp}$ , da cui si desume che il valore dell'amplificazione  $A$  risulta essere:

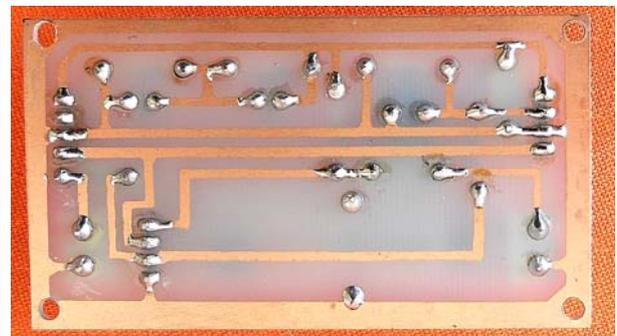
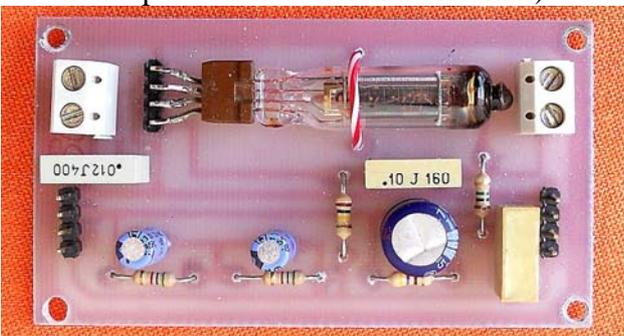
$$A = \frac{4500}{500} = 9$$

*un po' lontano da quello calcolato.*

Ciò non deve meravigliare tanto poiché nel punto di lavoro  $V_a=93\text{V}$ ,  $I_a=0,57\text{mA}$ ,  $V_g=-4,8\text{V}$ , la caratteristica anodica è molto inclinata rispetto al punto dichiarato sui dati. Perciò si può dedurre che la resistenza interna si sia di molto elevata, creando per il segnale una forte caduta di tensione interna. Infatti se consideriamo verosimilmente un raddoppio della  $R_a$  da  $10\text{K}\Omega$  a  $20\text{K}\Omega$  otteniamo, teoricamente:

$$A = \mu \cdot \frac{R_t}{R_a + R_t} = 15 \cdot \frac{44,9}{20 + 44,9} = 10,3$$

sufficientemente vicino al valore effettivo trovato sperimentalmente. (Ma potrebbe anche essere una valvola un po' esaurita! E non ho ricambi).



Il circuito stampato dell'amplificatore completo di componenti e di tubo 5676.

Le foto qui sopra mostrano il circuito dell'amplificatore sia dal lato dei componenti che dal lato delle piste, già completamente realizzato. Il tubo, infilato nello zocchetto, è stato appoggiato alla piastra e ancorato con un filo di rame coperto per evitare un suo possibile disinnesto.

## QUALCHE PAROLA SULLA SUPERREAZIONE AD AUTOSPEGNIMENTO

Prima di descrivere il circuito con la **957** vado a spendere qualche parola sul modo di funzionare della **superreazione**.<sup>1</sup>

Immaginiamo di avere un circuito oscillante (ad es. di tipo Meissner) e lo vogliamo utilizzare come ricevitore reazionato come è disegnato in Fig.05.

Sappiamo che la sua sensibilità cresce quando aumentiamo la percentuale di ritorno di segnale dal circuito anodico a quello di griglia (per es. aumentando l'accoppiamento induttivo  $M$ ). Ma sappiamo anche che, purtroppo, questo aumento è limitato dall'innescò istantaneo delle oscillazioni che trasforma il circuito da ricevitore in generatore. Il risultato di questa improvvisa modifica di funzionamento è un forte fischio che annulla del tutto la ricezione.

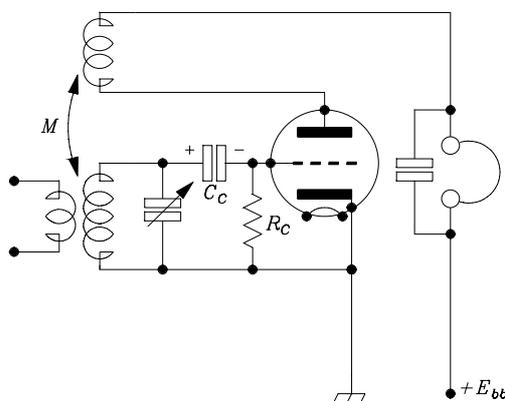


Fig.05

La domanda che ci poniamo è questa: esiste qualche soluzione circuitale che possa far aumentare la sensibilità del ricevitore senza che esso entri in una autooscillazione continua e irreversibile?

Il problema, in fondo, lo poniamo in questi termini, apparentemente irrealizzabili: dovremmo fare in modo che il ricevitore sia al suo massimo di sensibilità, che si ottiene in regime di autooscillazioni persistenti, senza però che il circuito abbia la possibilità di autooscillare.

Invero la soluzione del problema c'è e la risposta è teoricamente positiva: **bisogna in qualche modo bloccare le autooscillazioni immediatamente dopo che siano apparse.**

I metodi risolutivi sono fondamentalmente due.

1) Bloccare sul nascere le autooscillazioni con un segnale esterno che mandi all'interdizione il tubo con una ripetizione prestabilita, o modulando adeguatamente la tensione anodica o variando opportunamente la negatività del potenziale di griglia, un certo numero di volte al secondo. Questa soluzione porta ai **Circuiti superreattivi a spegnimento separato.**

2) Modificare la polarizzazione del circuito di griglia aumentando fortemente la costante di tempo RC in relazione alla frequenza di segnale ricevuto, in modo tale da realizzare un oscillatore di tipo "**bloccato**". Questa soluzione porta ai **Circuiti superreattivi ad autospegnimento.**

----\*----

**Osserviamo un po' da vicino la seconda soluzione.**

Se il rivelatore è realizzato come in Fig.05, esso è predisposto ad operare in modo superreattivo ad autospegnimento.

Nel circuito risonante vi è rumore. Da esso il circuito ricava la frequenza di funzionamento, per effetto della sua selettività. Le oscillazioni inizialmente dal livello di rumore cresceranno esponenzialmente finché la tensione di griglia non raggiunge un valore tale che i picchi di oscillazione la rendano positiva. Il condensatore di blocco  $C_c$  è quindi caricato velocemente verso

<sup>1</sup> Alcuni argomenti e spunti sono desunti da un capitolo di "ELECTRONIC DESIGNERS' HANDBOOK- McGraw-Hill - N.Y. - 1956 fornito gentilmente da C. Bramanti sul sito "Le radio di Sophie".

valori negativi attraverso la bassa resistenza interna del diodo griglia-catodo dal flusso della corrente di griglia durante i picchi delle oscillazioni. Il valore della resistenza  $R_c$  è grande abbastanza in modo che la tensione di polarizzazione creata dalla corrente che scorre in  $R_c$  durante la scarica di  $C_c$  sia sufficiente a che il tubo rimanga in interdizione per una larga porzione di ciascun periodo dell'oscillazione a rilassamento (periodo di spegnimento).

La forma d'onda che si verifica in un'operazione di autospegnimento è mostrata qualitativamente in Fig.06 (l'andamento della polarizzazione di griglia, che è esponenziale, è stato linearizzato nella figura solo per semplicità di disegno).

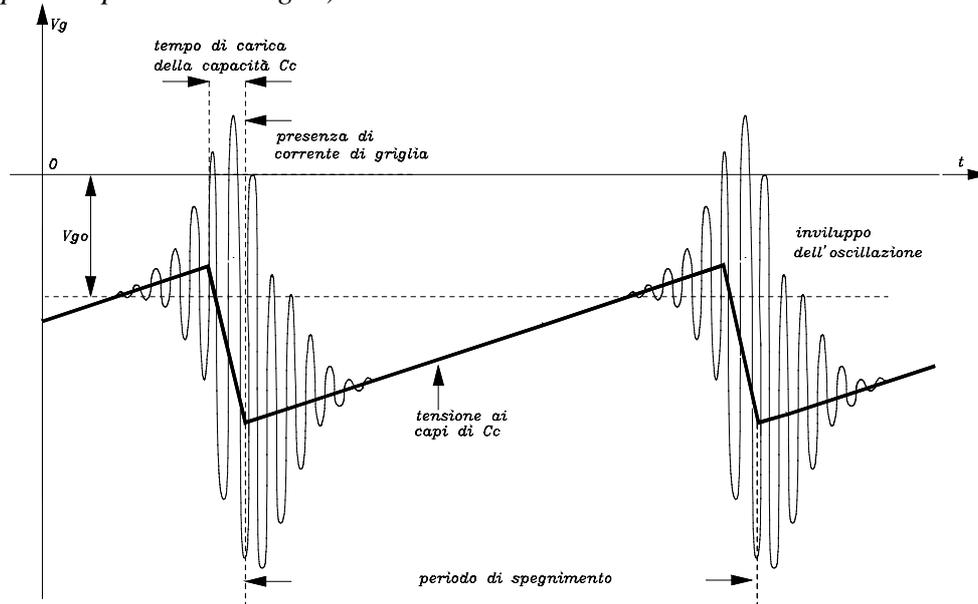


Fig.06

Dopo il primo aumento esponenziale dal rumore al livello in cui la corrente di griglia scorre durante i picchi d'onda, l'oscillazione prende energia e si mantiene per tutto il tempo in cui la polarizzazione istantanea di griglia è superiore a quella d'interdizione per il tubo  $V_{go}$ . Da questo punto in poi le oscillazioni decadono esponenzialmente. Il valore di  $C_c$  deve essere grande abbastanza per fare in modo che la costante di tempo  $RC$  sia sufficiente a mantenere la tensione di polarizzazione per il giusto tempo prima che le oscillazioni decrescano fino al punto in cui il tubo non può condurre oltre. Posto che  $R$  e  $C$  debbano essere sufficientemente grandi da ottenere l'oscillazione intermittente, il valore esatto di  $RC$  è determinato dalla frequenza di spegnimento desiderata. Tutto ciò avviene senza la presenza del segnale all'ingresso.

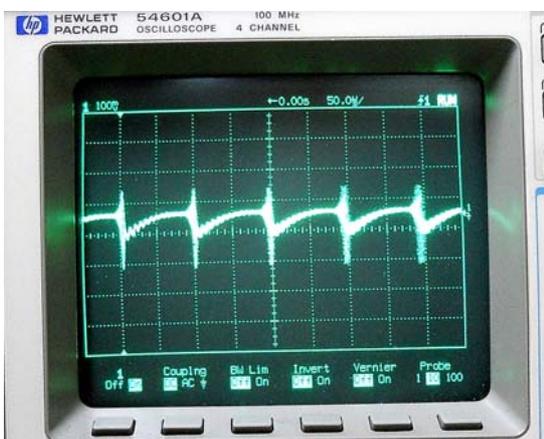
**Quando invece è presente un segnale**, esso si aggiunge alla tensione di polarizzazione e fa in modo che le oscillazioni partano prima o dopo di quanto non avvenga senza segnale.

Ma lo sviluppo del treno di oscillazioni è sempre lo stesso indipendentemente dalla presenza o dell'assenza del segnale. Perciò il risultato della presenza del segnale porta ad una modulazione della corrente media del tubo.

Così è come se la frequenza di smorzamento andasse a variare continuamente effettuando la rivelazione.

In pratica in un rivelatore ad autospegnimento, la costante di tempo  $RC$  deve essere adattata per una frequenza di spegnimento la più alta possibile e tuttavia essere in grado di dar tempo alle oscillazioni di ridursi

ad un livello sufficientemente basso e annullarsi prima dell'inizio di un altro treno di oscillazioni. La foto qui sopra mostra l'effettivo andamento della polarizzazione di griglia, in assenza di segnale all'ingresso. Si vede benissimo come esso segua la legge esponenziale.



Qualche difficoltà si è avuta nel prelevare la tensione di griglia con la sonda dell'oscilloscopio per ottenere questa visualizzazione perché la sonda, anche nella posizione  $\times 10$ , caricava il circuito che smetteva di oscillare. Alla fine è stato sufficiente appoggiarla vicino alla resistenza di  $10M\Omega$  per avere l'immagine qui riprodotta. Ma un qualsiasi movimento, anche piccolo, della sonda faceva cambiare l'immagine sullo schermo. Perciò questa visualizzazione, che non può essere considerata come veritiera riguardo alla frequenza effettiva di spegnimento, deve essere accettata solo qualitativamente.

## IL RIVELATORE IN SUPERREAZIONE

Lo stadio rivelatore del nostro ricevitore è basato quindi su un circuito oscillante in superreazione ad autospegnimento. La Fig.07 ne mostra lo schema circuitale. Esso è un oscillatore di Colpitts, quasi sempre utilizzato in questi tipi di ricevitori, per la sua sicurezza di funzionamento e per la sua facilità costruttiva.

Il condensatore  $C=33pF$  (che, come sappiamo, determina insieme a  $R=10M\Omega$  la frequenza di spegnimento) può essere sostituito da un trimmer per la ricerca della migliore chiarezza di ricezione. L'impedenza J1A.F. ha il compito di bloccare la via verso massa al segnale V.H.F. in arrivo, mentre l'impedenza J2, insieme al condensatore da  $3,9nF$ , funziona come filtro per la frequenza di spegnimento. Le capacità da  $1,5nF$  sono condensatori passanti fissati al telaio mediante vite e dado.

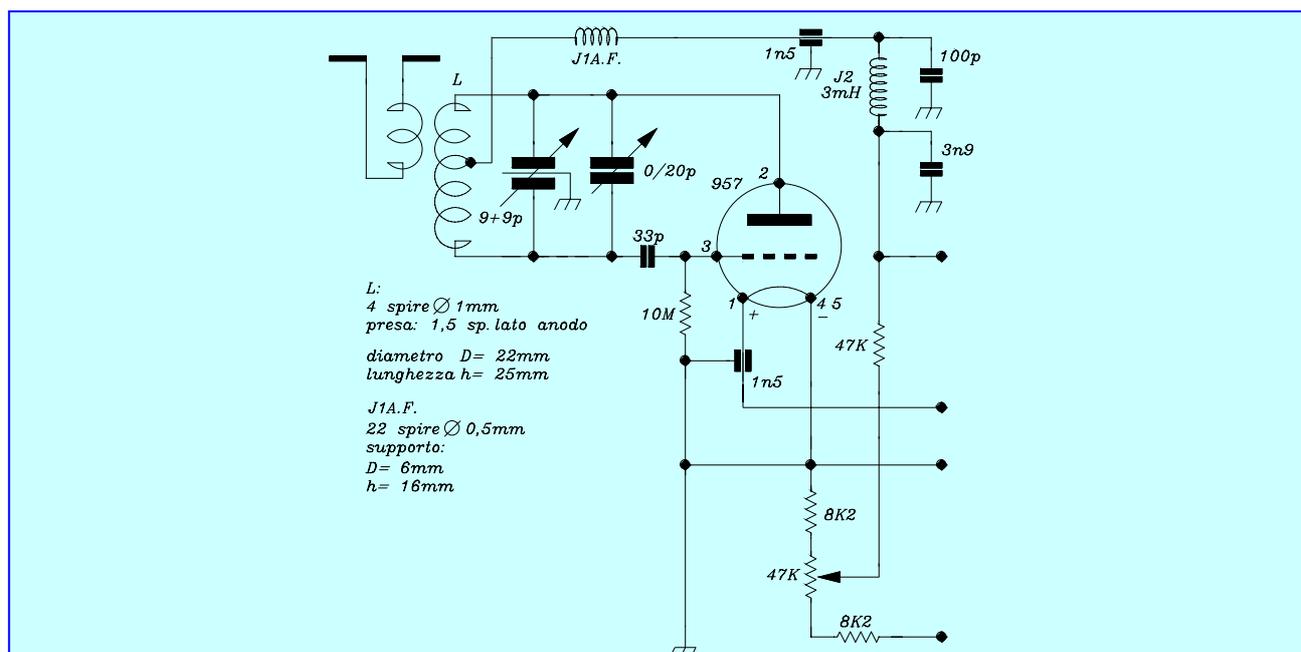


Fig.07

Il potenziometro di  $47K\Omega$  è necessario per la regolazione della superreazione. Esso deve essere regolato ad una posizione leggermente prima che si verifichi il blocco del soffio, in una posizione, comunque, tale da ottenere il massimo della chiarezza dell'audio. Il compensatore d'accordo da  $0/20pF$  è necessario per centrare la sintonia sulla gamma di ricezione ( $88MHz-108MHz$ ).

I dati della bobina L e dell'impedenza J1AF sono:

- L: 4 spire di filo nudo da 1mm con presa alla spira 1,5 lato anodo.
- Diametro della bobina:  $D=22mm$ .
- Lunghezza della bobina:  $L=25mm$
- J1A.F.: 22spire di filo smaltato da 0,5mm.
- Diametro del supporto isolante:  $D=6mm$
- Lunghezza del supporto:  $h=16mm$

# IL CIRCUITO COMPLETO DEL RICEVITORE

La Fig.08 mostra l'intero ricevitore formato dall'unione del circuito superreativo con la valvola a ghianda **957** e il circuito B.F. con la valvola subminiatura **5676**.

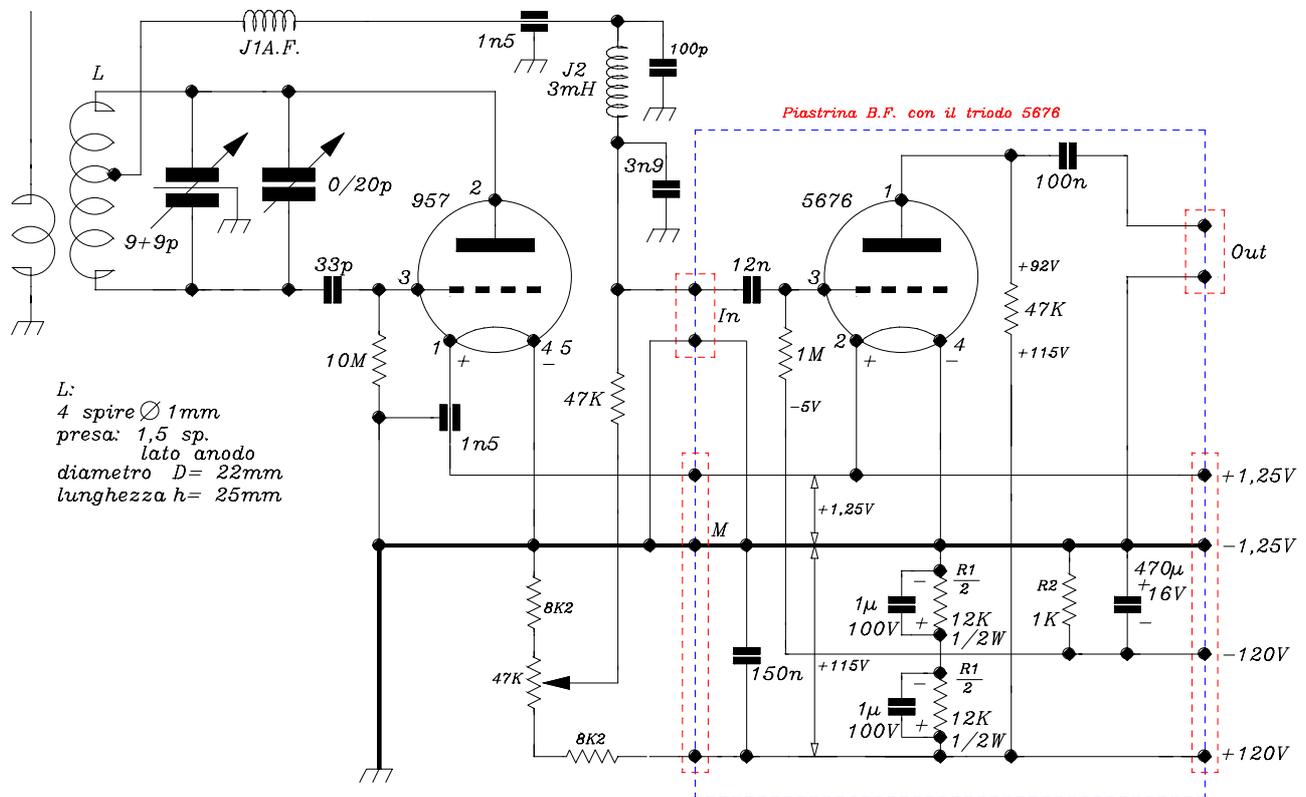
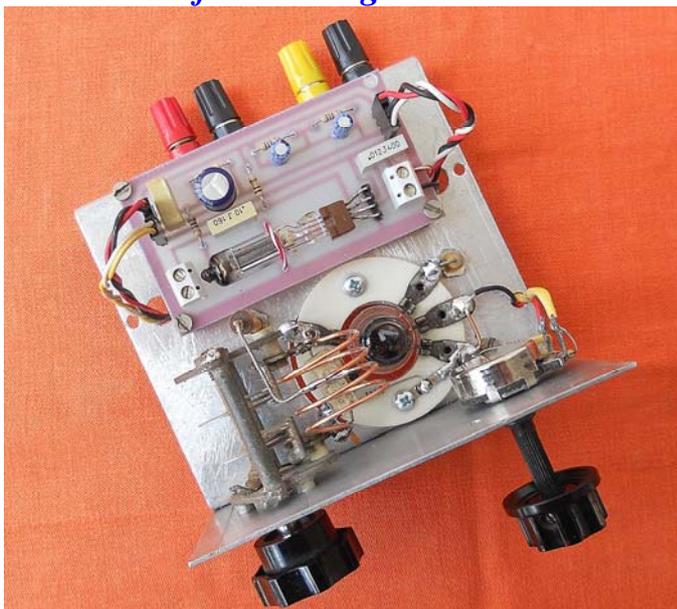


Fig.08

Il circuito, essendo un prototipo, non ha alimentazioni proprie, ma è servito da generatori esterni.

---\*---

*Le foto che seguono mostrano il circuito da diversi punti di vista.*



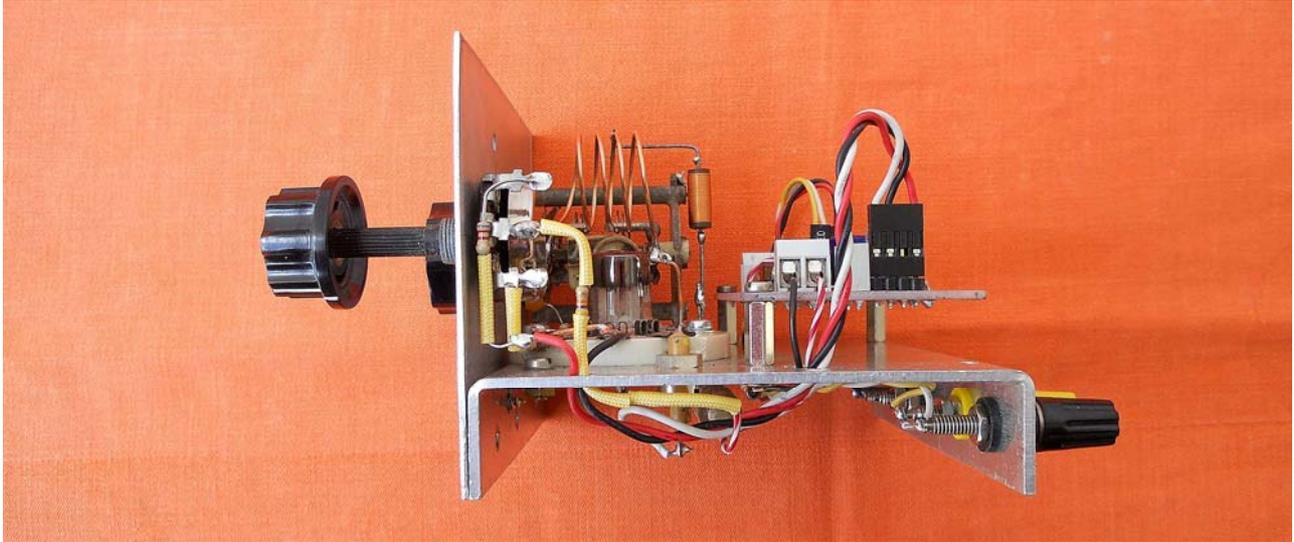
1)



2)

Nella foto (1) è ben visibile la **5676** montata su circuito stampato. Si vede chiaramente la valvola a ghianda **957** montata sul particolare zoccolo circolare. Sotto la bobina di sintonia sono il compensatore per il centraggio della gamma 88-108MHz e il gruppo RC di smorzamento ma sono poco visibili.

Nella foto (2) è mostrata la parte sottostante del ricevitore. Sono da notare il taglio a mezza luna nell'alloggiamento della 957 e l'impedenza J2.



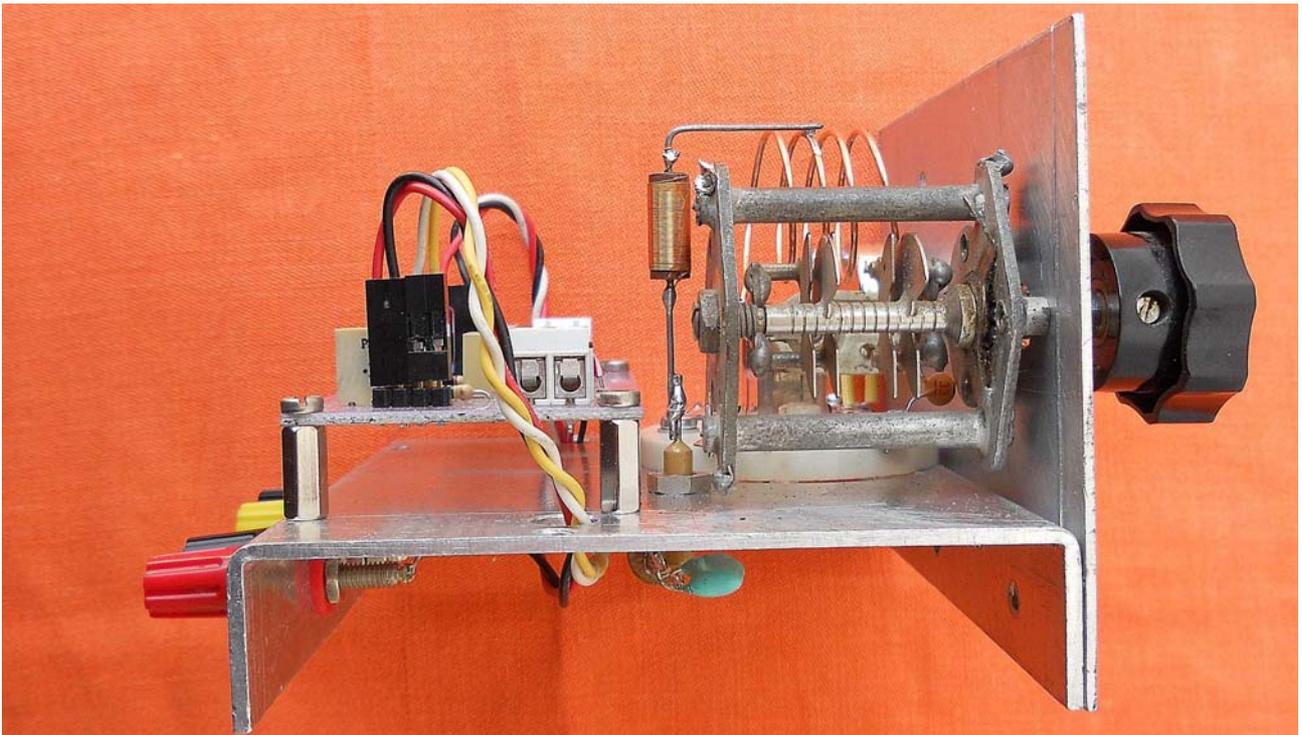
3)

La foto (3) mostra la visione laterale del ricevitore dove sono messi in evidenza il circuito risonante e la valvola 957. E' chiara anche la posizione dell'impedenza J1AF



4)

Nella (4), in un'angolatura in diagonale si vede in primo piano il potenziometro di controllo della superreazione. Dietro la 957, si nota appena il compensatore d'accordo per il centraggio della gamma FM. Le quattro boccole fissate nel retro hanno i seguenti compiti: il gruppo Boccola Nera e Boccola Gialla, per l'accensione dei filamenti; il gruppo Boccola Nera e Boccola Rossa per la tensione anodica.

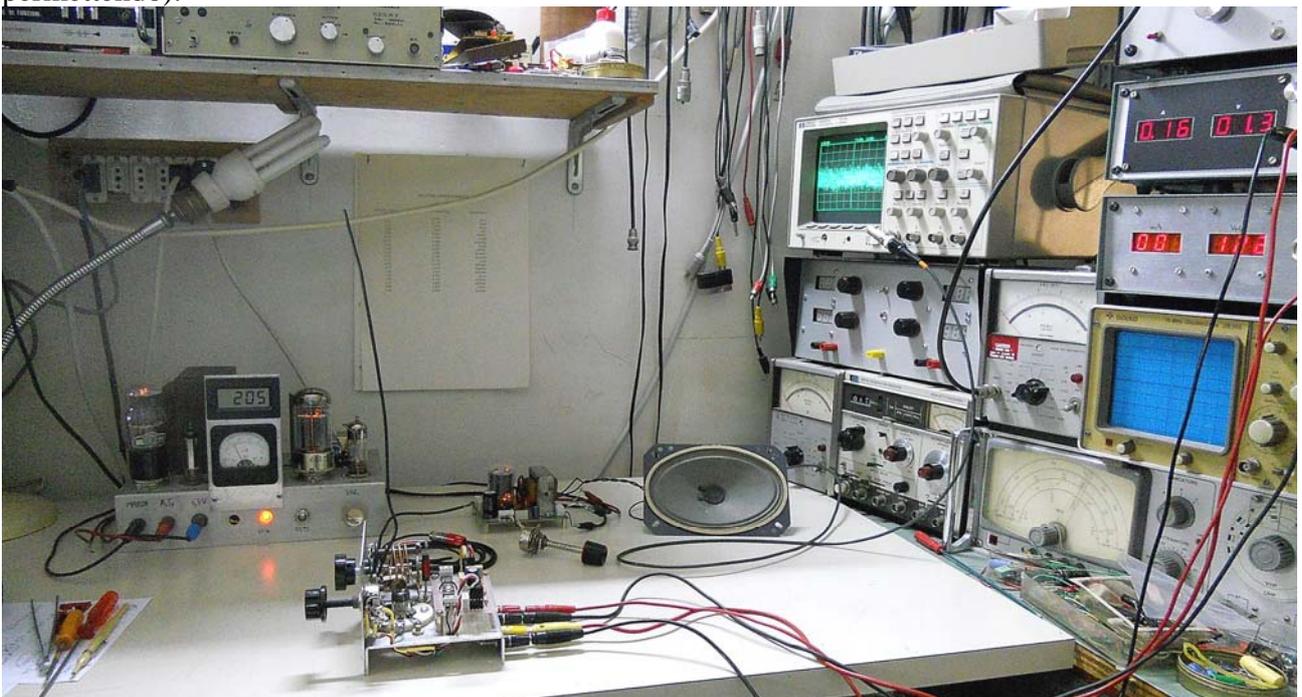


5)

Nella foto(5) è ben visibile il circuito di sintonia con il condensatore a due lamine mobili. Da notare la J1AF collegata al condensatore passante avvitato al telaio.

### *Alcune foto del circuito in funzione*

Saranno mostrate, ora, alcune foto del ricevitore in funzione sottoposto a collaudo. E' necessario dire che nel mio "garage-laboratorio" i segnali elettromagnetici sono debolissimi e questo tipo di collaudo è sempre scarso di risultati. Poiché però il ricevitore riesce a ricevere molte stazioni in un ambiente così ostile debbo arguire che in condizioni normali esso funzionerà benissimo. Dovrei portare tutto l'armamentario su a casa. Forse lo farò un giorno, se ne avrò voglia (e mia moglie permettendo).

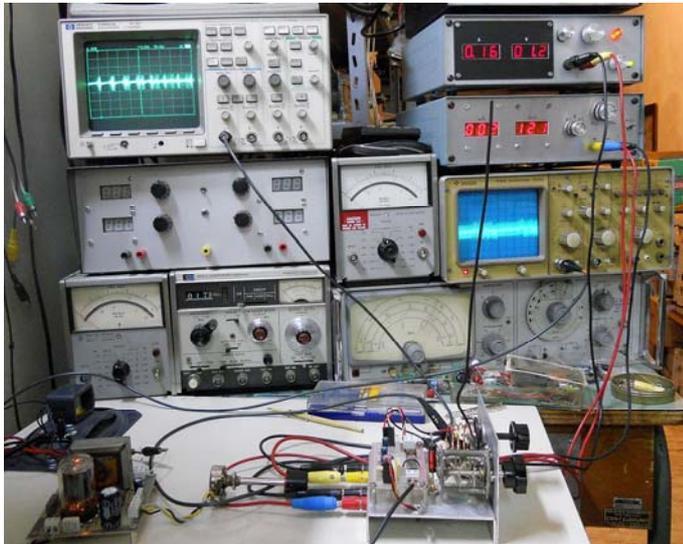


6)

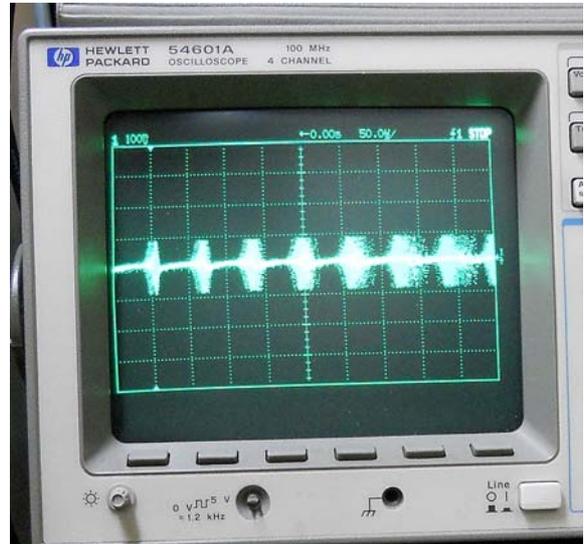
La foto (6) mostra il ricevitore superreattivo collegato all'amplificatore di potenza con la compactron 6AL11 per poter avere una ricezione in altoparlante.

Si vede sul fondo del tavolo l'alimentatore A.T. che fornisce la tensione anodica e dei filamenti all'amplificatore di potenza.

A destra sono visibili l'alimentatore regolato per i filamenti della 957 e della 5676 (1,3V-0,16A) e l'alimentatore a medio voltaggio (122V) che fornisce tensione al ricevitore. Sull'oscilloscopio è visibile la modulazione B.F. del segnale captato dalla piccola antenna nera di circa 30cm.



7)



8)

Nella foto (7) il segnale B.F. è visualizzato sull'oscilloscopio a destra mentre la tensione di griglia è mostrata sull'oscilloscopio in alto a sinistra. E' interessante osservare come il periodo di interdizione del tubo vari continuamente al variare della modulazione del segnale in arrivo. Questa diversità dei tempi d'interdizione fa variare la corrente media anodica al ritmo della B.F. procurando, di fatto, la rivelazione del segnale.

La foto (8) evidenzia questo fenomeno in modo ravvicinato, giustificando praticamente ciò che si era detto nella parte teorica sul fenomeno della superreazione.

Settembre 2012

Nicola del Ciotto