

LA VALVOLA “BICORNUTA” «E1148»

Il problema del basso valore della frequenza di taglio superiore, connesso nella struttura stessa della valvola elettronica, è stato affrontato nel tempo in diversi modi, portando a soluzioni più o meno valide, con aumenti della banda passante discreti come nei tubi a ghianda (acorn tubes) ma anche eccezionali come nei tubi “faro” (lighthouse tubes).

Nell’ambito di queste ricerche, per non creare comunque una rivoluzione nella circuiteria e nella meccanica (dobbiamo ricordarci che siamo in piena 2^a Guerra Mondiale e i tempi della ricerca e delle modifiche erano molto stretti), si pensò di mantenere in vita il poco efficiente zoccolo “octal”, a cui sarebbero confluite tutte le vie non interessate alle Alte Frequenze, e portare i collegamenti di placca e di griglia sul vetro del tubo, riducendo drasticamente la loro lunghezza. Ne venne fuori una stranissima valvola con due cappuccetti in “testa”, a modo di due corna. Queste valvole furono perciò chiamate “**Bicornute**”, specialmente tra i radioamatori dell’immediato dopo-guerra. I risultati furono discreti; infatti *il campo di funzionamento di questi tubi può raggiungere e sorpassare i 300MHz.*



Fig.01

La Fig.01 offre una piccola panoramica di “bicornute”. La prima, sulla sinistra, è la **2C26**, una valvola finale di potenza, usata come trasmittitrice d’impulsi negli apparati I.F.F. (Identification Friend or Foe). Questi apparati I.F.F. erano montati principalmente sugli aerei alleati e funzionavano come generatori di risposta agli impulsi radar per l’accertamento Amico-Nemico (transponders).

La seconda valvola è una equivalente della **2C22**, con caratteristiche del tutto simili alle altre due della foto, che sono, invece, delle **E1148** (chiamate anche **CV6** oppure **7193** oppure **VT232**).

Forniamo qualche dato di funzionamento di queste valvole:

2C26:

Oscillatore di potenza ad impulsi.

Campo di utilizzo: 150MHz – 250MHz.

$V_f = 6,3V$

$I_f = 1,1A$

$P_{dmax} = 10W$

$P_u = 500W$ impulso.

2C22 – E1148 (CV6 - 7193 - VT232)

Triodo per VHF a medio μ

$V_{max} = 300V$

$P_{dmax} = 3,3W$

$V_f = 6,3V$

$I_f = 0,3A$

$V_a = 300V$

$I_a = 11mA$

$V_g = -10,5V$

$R_a = 6600\Omega$

$g_m = 3mA/V$

$\mu = 20$

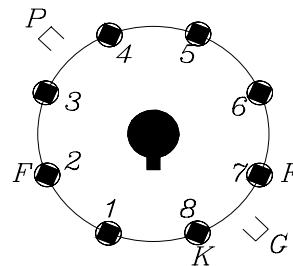
$f_{max} = 300Mc/s$

Capacità interelettrodiche:

$C_{ag} = 2,15pF$

$C_{ge} = 2,15pF$

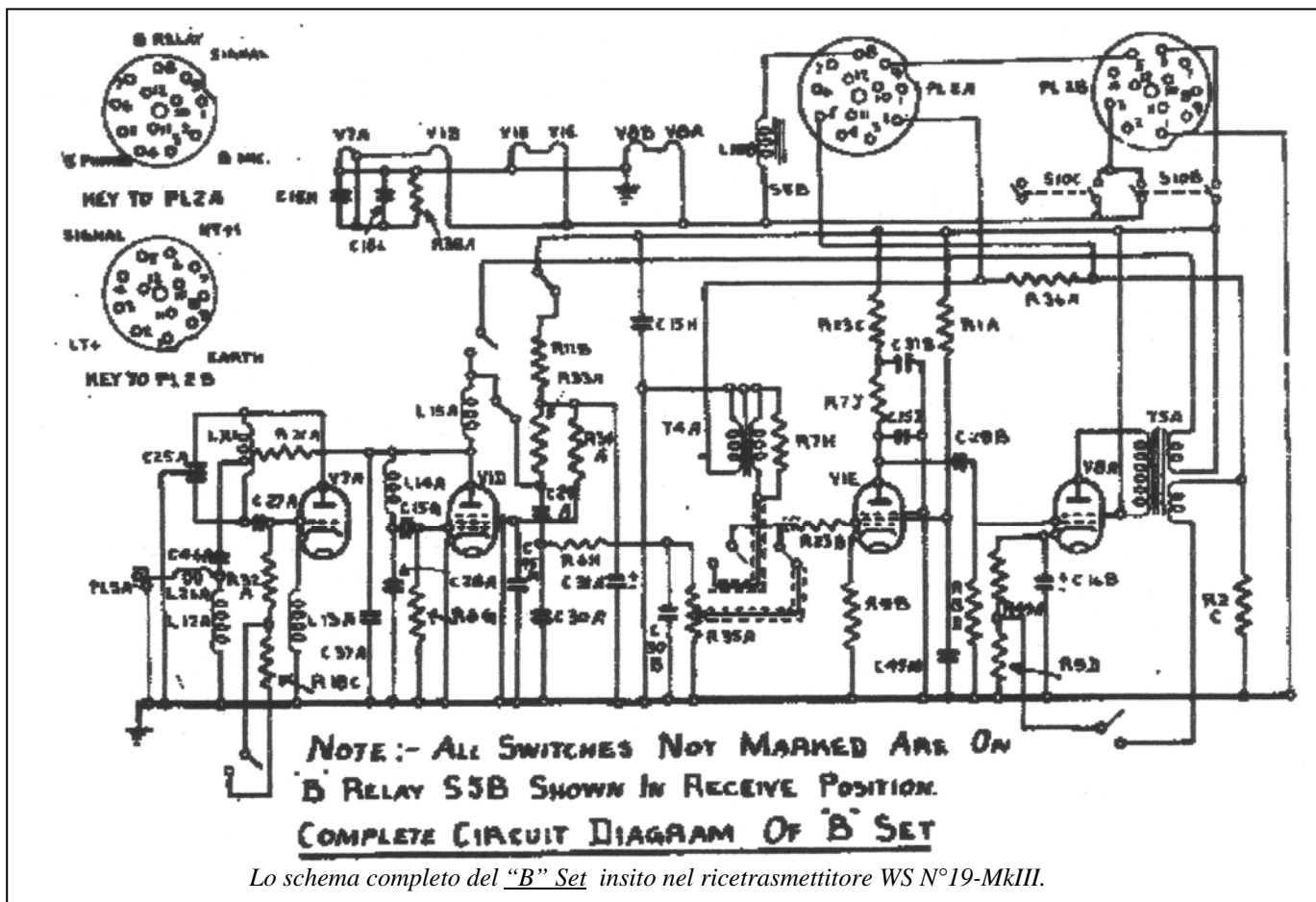
$C_{ae} = 0,8pF$



I collegamenti allo zoccolo delle varie bicornute visti da sotto con i riferimenti di posizione dei cappuccetti sul vetro.

Il tubo E1148 ebbe un largo impiego negli apparati di comunicazione a corta distanza tra i reparti combattenti alleati nella 2ª Guerra Mondiale. In particolare, esso era montato nella sezione "B", all'interno del diffusissimo ricetrasmittitore anglo-canadese WS No19-MkIII.

Con le adeguate commutazioni, questo circuito con l'E1148 si comportava come trasmettitore Colpitts in AM e come ricevitore in super-reazione, sulla banda dei 235MHz.



L'utilizzo più comune di questo particolare Ricetrasmittitore era nella comunicazione tra mezzi blindati e carri armati dello stesso squadrone, nelle manovre, negli spostamenti e principalmente durante i combattimenti. La portata era di circa un chilometro.

Poiché questo circuito ha un forte sapore storico e poiché ha sicuramente funzionato bene in condizioni a dir poco proibitive, siamo tentati fortemente a ricostruirlo (ma solo per la sezione ricevente in superreazione), "per vedere come funziona", utilizzando in parte e fin dove è possibile le stesse valvole, la stessa componentistica degli anni '40 e altre parti di recupero.

----*----

Qualche concetto teorico sulla superreazione¹

Prima di avventurarci nella sua realizzazione è forse necessario rispolverare qualche concetto sulla superreazione, per avere almeno un'idea di cosa stiamo facendo:

"Un ricevitore superreattivo è un amplificatore R.F. o rivelatore che è portato ad una sufficiente reazione per provocare un'oscillazione. Il ricevitore però è costretto ad entrare ed uscire dall'oscillazione da un segnale di controllo conosciuto con il nome di "segnale di spegnimento". Le frequenze tipiche di spegnimento vanno da 10Kc/s ad 1Mc/s. Un valore ottimale e facile da produrre è intorno ai 200Kc/s.

Sono possibili guadagni molto alti. Un circuito con un solo tubo è capace di rivelare e amplificare la tensione di rumore esistente all'ingresso del circuito sintonizzato, in modo tale da produrre il noto "soffio", caratteristico di tutti i superreattivi.

Esistono due possibili modi fondamentali per produrre lo spegnimento:

- 1) Spegnimento separato.
- 2) Auto spegnimento.

Spegnimento separato.

Accenneremo solo allo **Spegnimento separato** poiché questo è il modo utilizzato nel Set "B" della N°19, che abbiamo intenzione di ricostruire.

"Uno schema di rivelatore superreattivo, basato su un circuito Meissner, è riportato in Fig.01. Il circuito di griglia è risonante alla frequenza del segnale desiderato ed è accoppiato all'antenna o a una sorgente di segnale tramite un accoppiamento induttivo. L'accoppiamento mutuo "M" tra il circuito di placca e il circuito di griglia è sufficientemente grande da permettere alle oscillazioni di crescere quando la polarizzazione di griglia è portata al di sopra del valore di interdizione. La polarizzazione fissa di griglia $-E_{cc}$ è realizzata più grande, in valore assoluto, di quella d'interdizione mentre un controllo di tensione E_g è sovrapposto alla polarizzazione di griglia in modo da far crescere e decrescere periodicamente la polarizzazione, permettendo perciò di far partire e far crescere al momento opportuno le oscillazioni nel circuito.

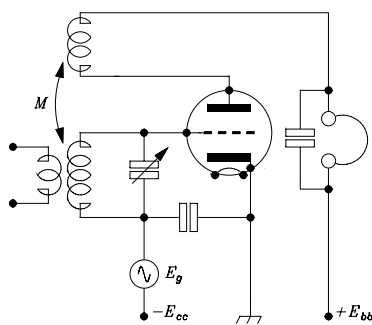


Fig.01
Circuito base di un superrigenerativo

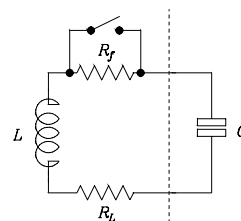


Fig.02
Circuito risonante equivalente

¹ La parte in corsivo è una traduzione adattata, parziale e approssimativa dall'inglese di un capitolo di "ELECTRONIC DESIGNERS' HANDBOOK" - McGraw-Hill - N.Y. - 1956 fornito gentilmente da C. Bramanti sul sito "Le radio di Sophie".

Quando però il segnale di spegnimento riporta la polarizzazione ad un valore sufficientemente negativo tale da bloccare la conduzione del tubo, le oscillazioni nel circuito accordato di griglia decadono esponenzialmente.

Il circuito equivalente di griglia è riportato in Fig.02. In assenza di tensione di spegnimento, il circuito è formato dalla capacità C in parallelo all'induttanza L con una leggera resistenza in serie R_L . In qualsiasi momento vi è una tensione E ai capi di C , dovuta a rumore termico, rumore atmosferico, ecc. In presenza della tensione di spegnimento, queste tensioni decadono esponenzialmente con un andamento che è determinato dal Q del circuito. Durante l'intervallo in cui la tensione di spegnimento diventa positiva e causa la conduzione del tubo, l'accoppiamento mutuo M tra i circuiti di placca e di griglia introduce in effetti una resistenza R_f negativa in serie con L , dovuta alla reazione. Perciò, il valore istantaneo e_c ai capi di C è dato dall'espressione esponenziale:

$$e_c = E \cdot e^{-\frac{R}{2L}t} \cdot \cos \omega_0 t \quad (01)$$

dove:

E = tensione ai capi di C all'istante $t = 0$.

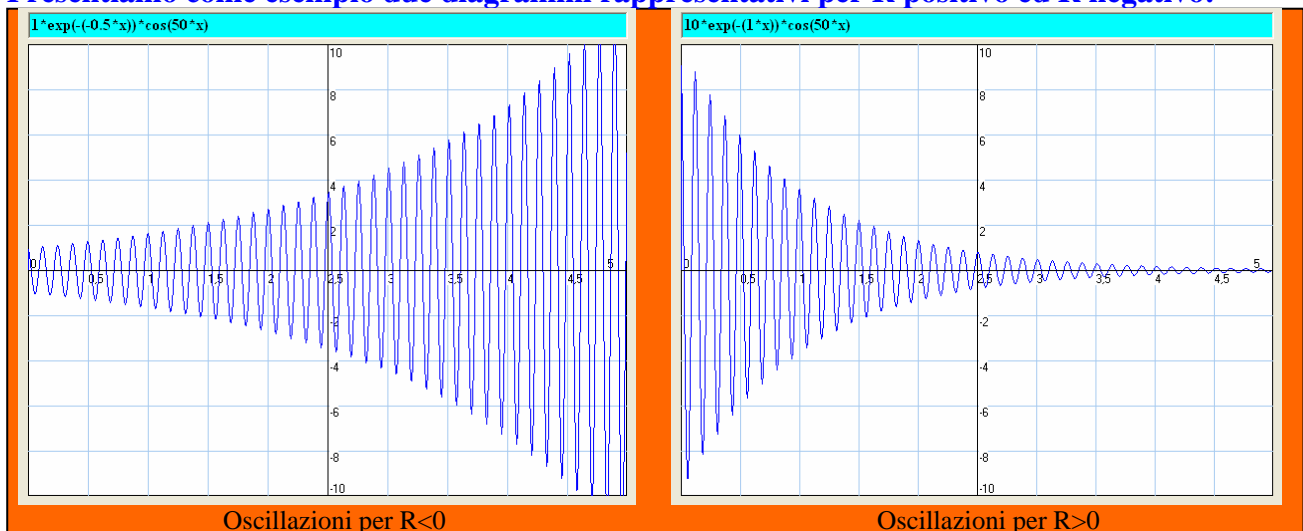
R = resistenza totale netta del circuito: $R = R_L - R_f$

ω_0 = frequenza libera di risonanza del circuito:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$$

Quando la tensione di spegnimento porta in conduzione il tubo, la resistenza di reazione R_f supera in grandezza la R_L e l'esponente della (01) diventa positivo”.

Presentiamo come esempio due diagrammi rappresentativi per R positivo ed R negativo:



“Come risultato, la tensione su C cresce esponenzialmente dal valore nell'istante in cui è applicata la tensione di spegnimento fino a quando non è raggiunto uno stato di equilibrio. La frequenza di questa oscillazione che cresce esponenzialmente è ω_0 . In assenza di segnale utile E_s , l'ampiezza dell'**inviluppo** dell'oscillazione nell'intervallo prima che la corrente di saturazione di griglia o di placca sia raggiunta è data da:

$$e_c = E_n \cdot e^{-\frac{R}{2L}t} \quad (02)$$

dove E_n = tensione di rumore ai capi di C all'istante $t = 0$. Quando l'ampiezza delle oscillazioni diventa sufficientemente grande da portare la griglia nelle regioni di conducibilità e di interdizione durante i picchi positivi e negativi delle oscillazioni, l'amplificazione del tubo è ridotta fino a quando la grandezza di R_f eguaglia R_L e l'ampiezza delle oscillazioni rimane costante.

Se una tensione di segnale E_s è presente ai capi di C , all'istante in cui è applicata la tensione di spegnimento, l'inviluppo delle oscillazioni diventa:

$$e_c = (E_s + E_n) \cdot e^{-\frac{R}{2L}t} \quad (03)$$

e la condizione di saturazione è raggiunta prima di quando era presente la sola tensione di rumore E_n . Ciò è illustrato nella Fig.03.

L'inviluppo dell'oscillazione, partendo dal livello $E_s + E_n$ raggiunge l'ampiezza di saturazione t_d secondi prima dell'inviluppo dell'oscillazione che parte dalla sola E_n .

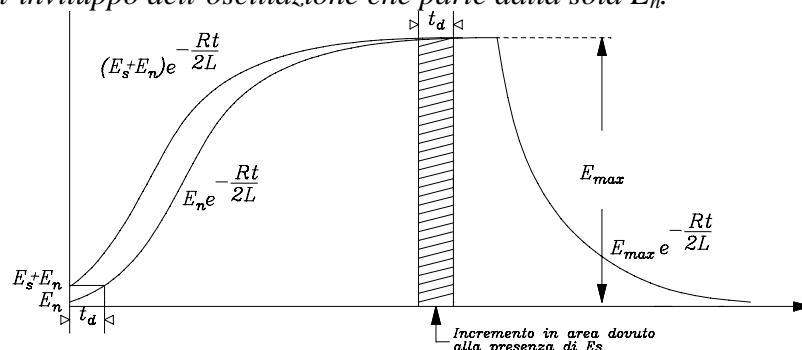


Fig.03

Inviluppo delle oscillazioni in modo logaritmico.

La differenza di area ΔA tra le due curve è data precisamente da:

$$\Delta A = t_d \cdot E_{max} \quad (04)$$

dove E_{max} = ampiezza dell'oscillazione quando l'equilibrio è stato raggiunto (Fig.03)

L'intervallo di tempo t_d è dato da:

$$t_d = -\frac{2L}{R} \ln \frac{E_s + E_n}{E_n} \quad (05)$$

L'incremento ΔE della tensione media ai capi di C, dovuta alla presenza di un segnale, è:

$$\Delta E = -\frac{2 \cdot L \cdot f_Q \cdot E_{max}}{R} \ln \frac{E_s + E_n}{E_n} \quad (06)$$

dove f_Q = frequenza della tensione di spegnimento applicata.

La quantità $f_Q E_{max} 2L/R$ può avere dei valori superiori ad alcuni Volt. Quindi, anche se E_s può essere di soli pochi microvolt, se la tensione di rumore è dello stesso ordine di grandezza, il guadagno dello stadio può arrivare anche all'ordine dei milioni.

Considerazioni sulla massimizzazione del guadagno nel funzionamento in modo logaritmico.

Il guadagno di un rivelatore a superreazione che funziona in modo logaritmico può essere massimizzato ponendo i termini E_{max} , $2L/R$ e f_Q il più grande possibile. Purtroppo questi termini devono essere considerati simultaneamente ma sono interdipendenti.

Le considerazioni generali sono:

a) Quando la grandezza $2L/R$ viene aumentata, il tasso di crescita delle oscillazioni è ridotto e il periodo per il quale deve essere applicata la tensione di spegnimento cresce.

b) Se viene aumentato E_{max} , l'intervallo richiesto per la crescita delle oscillazioni fino al livello di E_{max} e l'intervallo richiesto per la diminuzione delle oscillazioni al livello più basso del segnale che lo origina viene aumentato.

c) Un più alto valore di Q dello stesso circuito risonante, (per esempio, un più alto $\omega_0 L/R_L$) allunga l'intervallo di discesa.

d) Più lungo è il periodo di salita e di discesa, più basso deve essere il valore massimo della frequenza di spegnimento.

e) La frequenza di spegnimento f_Q deve essere sufficientemente più alta delle frequenze del segnale di modulazione in arrivo, per poter effettivamente filtrare la f_Q , e in ogni caso, la f_Q deve essere **almeno due volte**² la più alta frequenza di modulazione da rivelare.

² Per il teorema del campionamento di Shannon-Nyquist.(N.d.T.)

f) Il guadagno può essere aumentato riducendo R (cfr. 06). Ciò può essere realizzato sia diminuendo l'ammontare della reazione sia riducendo il Q dello stesso circuito risonante. Comunque, la resistenza R netta e effettiva del circuito deve essere mantenuta negativa, per fare in modo che il circuito oscilli.

Forma d'onda della tensione di spegnimento

La forma d'onda della tensione di spegnimento è di solito rettangolare o sinusoidale. Il guadagno con una tensione di spegnimento sinusoidale è leggermente più grande di quello con segnale rettangolare a causa del fatto che la resistenza R della rete circuitale richiede un più lungo periodo per cambiare dal suo valore iniziale di R_L al valore finale $R_L - R_f$ se la tensione di spegnimento ha un basso tasso di salita. Un basso valore negativo di R fa in modo che l'oscillazione cresca più lentamente in modo che l'intervallo di tempo t_d (cfr. 05) in fig.03 diventi più grande per uno spegnimento sinusoidale che non con uno spegnimento rettangolare.”

----*----

UN RICEVITORE IN SUPERREAZIONE PER LA RICEZIONE DELLA BANDA “144MHz” CHE UTILIZZA UNA «E1148»



Proponiamo, quindi, un ricevitore in superreazione sulla banda dei 144Mc/s che utilizza la “bicornuta” E1148 e che ricalca molto da vicino il circuito originale della succitata sezione “B” del ricetrasmittitore militare WS-N°19 MkIII.

Nella foto affianco³ vediamo un apparato WS-N°19 MkIII.

In Fig.02 è riportato lo schema a blocchi dove sono specificate le varie funzioni del ricevitore che vogliamo costruire.

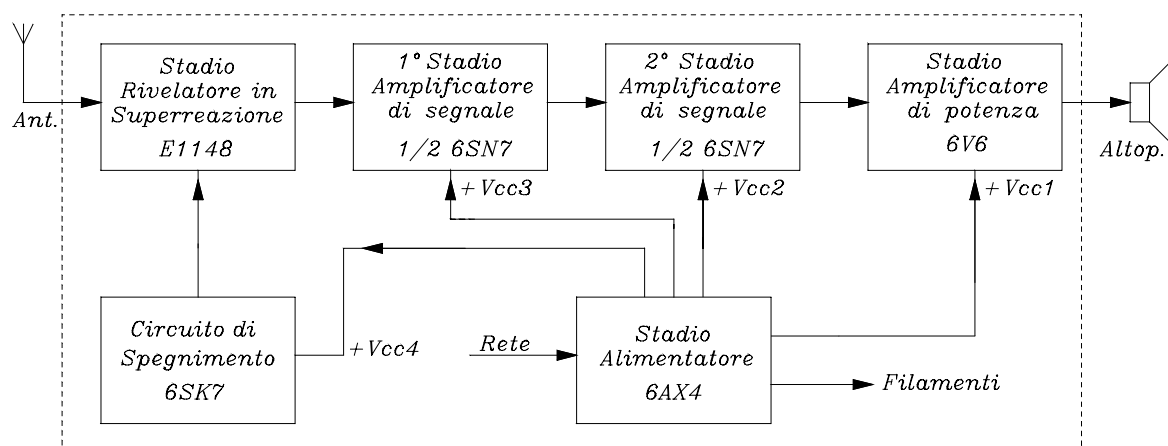
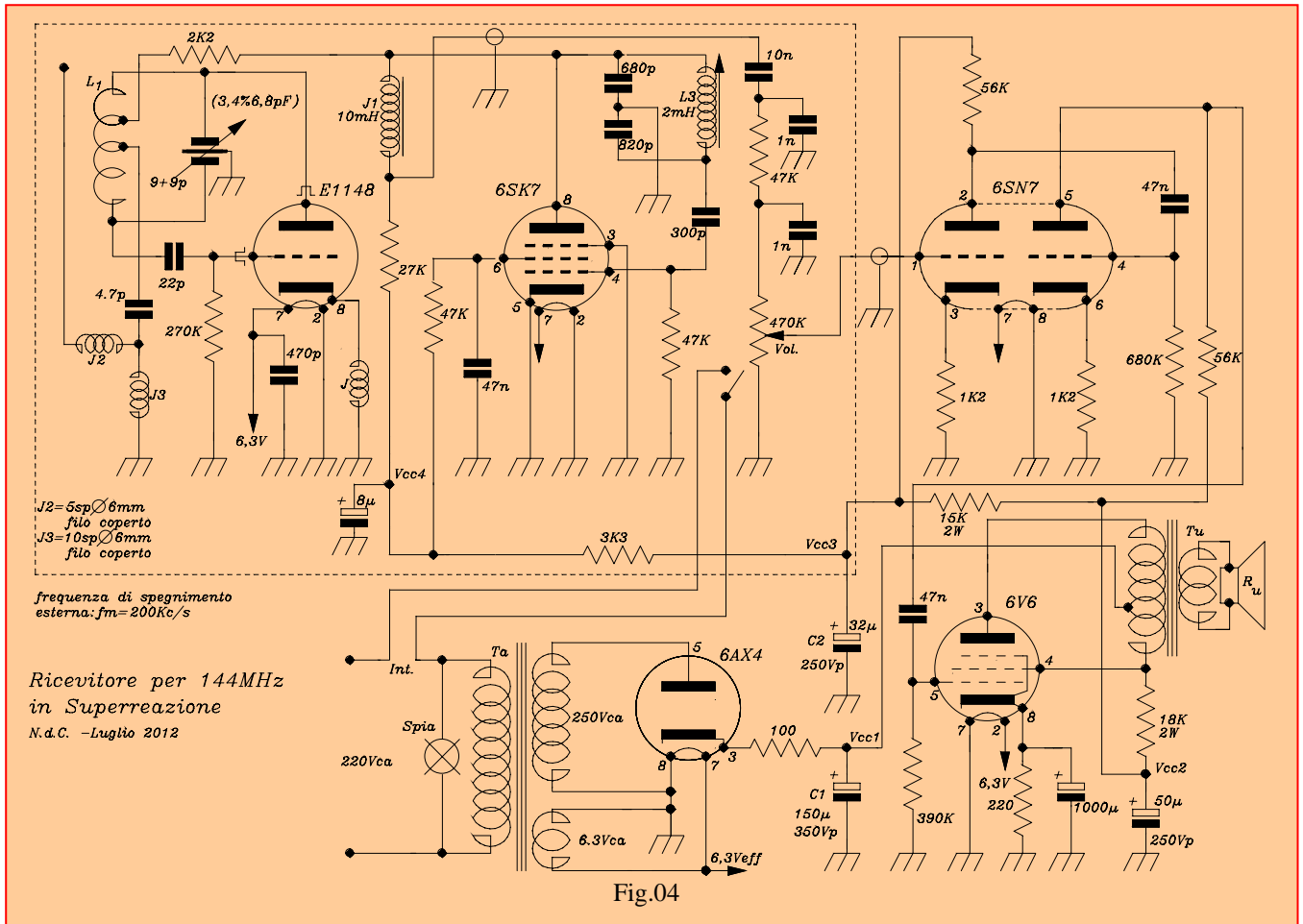


Fig.02

Analizziamo le varie parti:

³ Da: “The military radio and wireless work shop”- www.shoppingathome.com

820pF. La frequenza di spegnimento può essere variata accordando il nucleo della bobina L₃. La tensione alternata di spegnimento si somma, tramite l'impedenza di blocco J₁, alla tensione di alimentazione della E1148, producendo una tensione anodica variabile che porta la valvola a condurre e a entrare in interdizione al ritmo di 200Kc/s. All'altro capo della J₁ vi è il segnale rivelato insieme ai residui della frequenza di spegnimento. Il filtro a "pi-greco" formato dalle due capacità di 1nF e dalla resistenza di 47KΩ elimina il segnale di spegnimento che resta.



In Fig.05 sono riportate le misure essenziali delle forature del telaio su cui è montato l'intero circuito.

----*----

Il ricevitore, al collaudo, si è dimostrato discretamente sensibile. L'oscillatore di frequenza di spegnimento (quench oscillator) ha fornito una frequenza di circa 200Kc/s, comunque regolabile tramite il nucleo della bobina. Il circuito d'antenna non segue l'originale della "19" ma è accoppiato induttivamente alla bobina d'accordo.

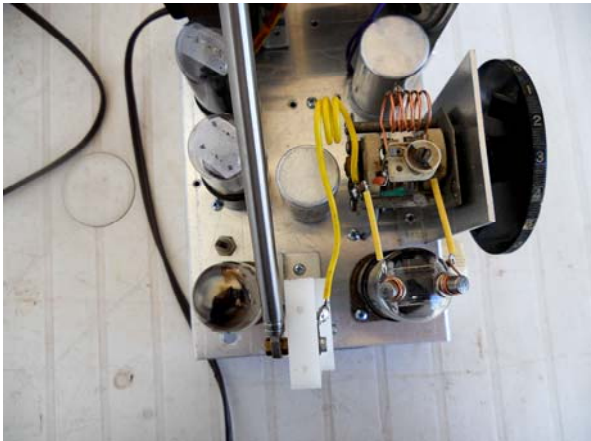
Qui di seguito vi sono alcune fotografie del circuito realizzato.



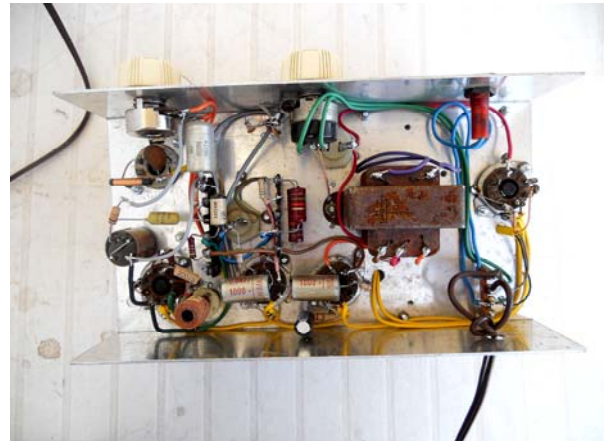
Visione anteriore del ricevitore.



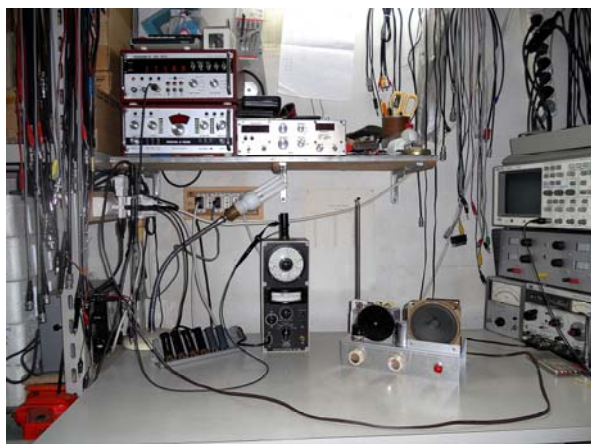
Visione posteriore del ricevitore



La valvola "bicornuta" E1148, con il circuito di accordo



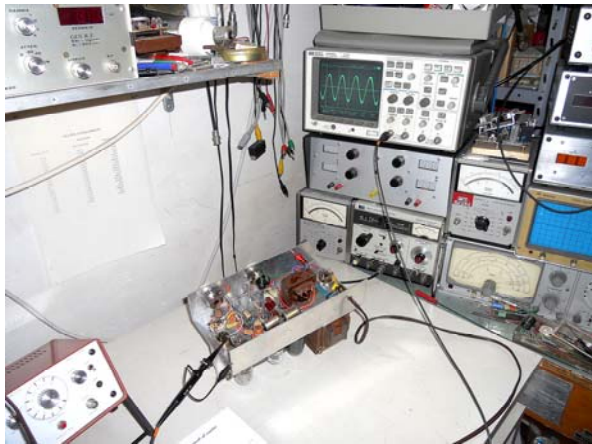
Visione d'insieme del cablaggio



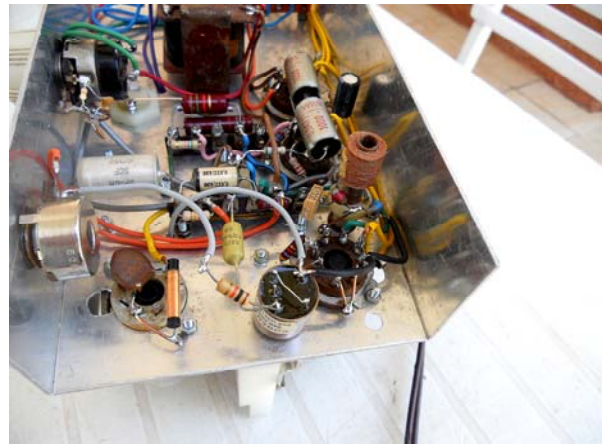
Un Grid-Dip funziona da generatore di segnale



La frequenza emessa dal Grid-Dip (megacicliometro)



Frequenza di spegnimento sull'oscilloscopio



Si nota la bobina a nido d'ape del "quenched oscillator"

Ed ora un po' di incredibile storia

Il condensatore variabile con la relativa manopola che ho utilizzato nel ricevitore e che mostro nella foto qui sotto, proviene da uno sconsiderato espianto da me eseguito su un apparato radio, posto all'interno di un veicolo trainato, una via di mezzo tra un rimorchio e una roulotte, sventrato da una cannonata.



Nell'estate del 44 e per tanti anni ancora, nella mia cittadina e nei suoi dintorni vi erano moltissimi residuati di guerra, quasi tutti parecchio pericolosi, rimasti sul terreno dopo la cruenta battaglia (*La Battaglia di Ortona*)⁴, durata ben sette mesi, a cavallo tra il dicembre del 1943 e il giugno del 1944. Vi erano anche molti carri armati fuori combattimento lasciati in abbandono, specialmente nelle campagne.

Nella mia zona, prospiciente il mare e a nord della città, se ne contavano sei (ma forse erano sette perché qualcuno, maliziosamente, sussurrava che un carro armato era nascosto in un pagliaio costruitogli attorno!). Noi ragazzini salivamo su di essi e razziavamo di tutto, anche le munizioni.

A ridosso della mia masseria, anch'essa completamente distrutta a colpi di cannone, vi era questa specie di roulotte.

Mentre mio padre, trasformatosi da carabiniere in muratore, tentava di ricostruire la masseria, io gironzolavo nei dintorni e molto spesso entravo in questo particolare veicolo.

All'interno vi erano scaffali rovesciati e sfioracchiati, sedie rotte, tavolini azzoppati, e molti strumenti sistemati a parete, con cuffie, microfoni, tasti morse. Tra questi, vi era un bellissimo scatolone rettangolare indenne con due grandi manopole graduate che attiravano molto la mia attenzione, (una decina di anni dopo, al mio racconto, un amico esperto mi assicurò che l'apparato era una "19").

Probabilmente, a soli nove anni, il bacillo dell'elettronica covava già dentro di me inconsapevole, poiché ero fortemente attratto da quegli strani apparati. Non contento di smanettare e girare tutti quei bottoni, ho cominciato ad avere decisamente la curiosità di vedere che c'era dentro.

Perciò, adeguatamente provvisto di cacciaviti, tenaglie ed altri attrezzi da scasso, aprivo, rompevo, tritavo... ero letteralmente incantato da quelle belle ed argentee "lampadine" che vi erano nell'interno di questa grossa scatola di ferro, tutte in fila, alcune nascoste entro tubi di latta. Le ho

⁴ Per ulteriori ragguagli vedere su Internet "La battaglia di Ortona".

rotte quasi tutte “per vedere come erano fatte”. Una lampadina più grossa delle altre, invece, dopo averla estratta mi cadde per terra ed esplose (povera 807!).

Un giorno spezzai decisamente alla base la bella e sveltante antenna con l'intenzione di farne una elasticissima canna da pesca! Che incoscienza, con la mente di oggi.

Insomma, mi portai a casa un po' di tutto: cavi, microfoni, bocchettoni, cuffie e tanta altra roba bella e luccicante, ed infine l'intero telaio, ormai massacrato, con tutte le scatolette (le “medie frequenze”) scardinate (sempre per “vedere che c'era dentro”). Alla masseria continuai il massacro, al coperto di una tettoia provvisoria.

Del risultato di tutto quel vandalismo innocente, adesso, mi ritrovo solo la valvola E1148, il variabile, la manopola, una cuffia (Rec.Headgear M.C.) su cui il tempo non ha influito sufficientemente e un microfono (Hand N°3) con il cavo tagliato.

Un'ulteriore ricerca, molto



recente, più caparbia e approfondita nei fondi dei miei innumerevoli scatoloni di roba vecchia, ha riportato alla luce anche la bobina d'accordo del circuito di sintonia. In un barattolo trovai, tra le tante, tre manopole che, forse, erano della “19” e poi più nulla (ma avere oggi queste poche cose dopo tanto tempo è già un fatto straordinario!).

Tra questi oggetti, il variabile e la grande manopola graduata facevano parte proprio del circuito “B” situato all'interno

del ricetrasmettitore insieme alla valvola E1148 (la prima a destra nella foto è l'originale).

Ebbene, dopo ben sessantotto anni esatti da quell'estate, con l'anzianità che incombe ormai minacciosa ma con lo spirito del ventenne, mi è venuta la voglia di provare a concretizzare una parziale ricostruzione di un *apparato che ha fatto la storia* e finalmente questi tre oggetti sono tornati ad essere utili, hanno riconquistato il loro posto e hanno ripreso vita!



Che non sia il senso di colpa che permane ancora nel mio subconscio che mi ha portato oggi alla ricostruzione di una parte della WS-N°19 MkIII, come una specie di riparazione danni? Oppure un vano tentativo di ritornare nostalgicamente al passato?

Sicuramente questo ricevitore ricostruito sul vecchio schema entrerà a far parte del mio piccolo museo di anticaglie originali e di rifacimenti più o meno riusciti.

Ortona, Agosto 2012

Nicola del Ciotto