

# Lineare HF per Field Day

Angelo Protopapa - IK0VVG

## 1. Introduzione

Il presente articolo non ha assolutamente velleità di descrizione tecnica didattica ed è stato scritto solo per mettere gli amici OM interessati all' autocostruzione a conoscenza di questa modesta realizzazione fatta a partire da blocchi descritti da colleghi in precedenti articoli.

Si tratta di un Lineare HF a stato solido, alimentato quindi a 12-13 V, da collegare all' uscita di un apparato QRP con potenza di picco SSB dell' ordine di 3-5 W max.

L' idea di questa realizzazione è scaturita da alcune esperienze di Field Day con lo Yaesu FT-817, in compagnia degli amici Salvatore IW0HQB e Silvano IK0OLB, in cui si era constatato che un pò di potenza in più poteva far comodo, compatibilmente con la disponibilità di alimentazione quando si è fuori casa.

Questo lineare HF, caratterizzato (con una potenza in ingresso max 5 W) da una potenza max di uscita pari a 100 W a 13,5 V e soggetta a fluttuazioni in banda fino ad un minimo di 60 W, assorbe un massimo di 15 A sui picchi, per cui consiglio di comprare una batteria (tipo auto) da almeno 70 Ah.

L' uso della stessa batteria dell' auto è sconsigliato perchè, in caso di uso prolungato, si rischia di rimanere con l' auto in panne in mezzo alla campagna.

L' unità amplificatore RF è stata ampiamente descritta su Radio Kit nel 1984 [1], ed è stata ripresa dall' ottimo Alessandro IK0VAQ in [2], sostituendo i due transistor MRF-449 con gli MRF-455, per avere una maggiore potenza di uscita, e disaccoppiando l' alimentazione continua dei collettori da quella "on Tx" di polarizzazione delle basi.

L' unità filtri passa-basso è stata analogamente ripresa da [2], diminuendo però il numero di filtri da 5 a 3, ovvero lavorando per bande basse, bande medie e bande alte, come descritto in seguito.

Il sistema di commutazione, così come il packaging e la ventilazione, sono stati da me improvvisati ma possono essere realizzati anche in modo diverso, sulla base della propria esperienza ed inventiva.

La realizzazione non presenta particolari difficoltà ma, ovviamente, la consiglio a chi ha un minimo di dimestichezza con i circuiti RF e conosce, cosa non da poco, dove e come procurarsi tutto ciò che serve.

In ogni caso io do la massima disponibilità per chiarimenti e/o consigli, via e-mail.

## 2. Descrizione del circuito

Il circuito è composto sostanzialmente da tre unità :

- amplificatore RF
- filtri passa-basso
- commutazione TX/RX

## 2.1 Amplificatore

La configurazione utilizzata (fig. 1) è il classico push-pull funzionante in classe AB, caratterizzato da una buona linearità di risposta, da una intrinseca riduzione delle armoniche pari e da una elevata impedenza di ingresso. Si fornisce una modesta polarizzazione alle basi dei transistor che quindi sono attraversati da un ben preciso valore di corrente anche in assenza di segnale.

L'adattamento di impedenza sia in ingresso che in uscita è ottenuto mediante trasformatori a larga banda, costruiti secondo le tecniche più classiche descritte nella letteratura relativa; si rimanda a [3] e [4] cap. 2 per una descrizione dettagliata e relativi disegni.

Il circuito originale prevedeva una rete di compensazione ed una rete di reazione negativa con il fine di ottenere una risposta quasi piatta da 3 a 30 MHz. Ho lasciato invariate le suddette reti anche se, avendo cambiato i transistor, sarebbe stato opportuno una ottimizzazione dei valori dei componenti per massimizzare la piattezza in banda : sinceramente mi ero proposto di farlo ma, un pò la mancanza di tempo e un pò la voglia di andare subito "on air", ho rinunciato accettando una certa fluttuazione in banda della potenza di uscita.

### Sezione di ingresso

All'ingresso dell'amplificatore si nota la presenza di :

- trasformatore T1 con secondario doppio e bilanciato per alimentare in controfase le basi dei transistor
- rete di correzione composta dal parallelo di R1 (R2) e C2 (C3), dove il valore di capacità è tale che la sua reattanza sia uguale alla resistenza a centro banda
- rete di polarizzazione composta da R5 e RFC1 (RFC2), dove R5 è tale da garantire una corrente nei diodi sufficiente a stabilizzare il valore di tensione di polarizzazione per le più ampie escursioni della corrente di base; questa tensione deve presentare escursioni di max 100 mV fra valore di riposo e valore massimo
- resistore R3 (R4) che garantisce una migliore stabilizzazione del circuito di base
- rete di reazione negativa composta da R6 (R7) e C4 (C5)

Per i dettagli del principio di funzionamento e dimensionamento delle suddette reti si rimanda a [1].

Il trasformatore di ingresso ha lo scopo di effettuare la trasformazione d'impedenza fra i 50  $\Omega$  nominali di ingresso ed il valore di centro banda fra base e base; questo valore è intorno ai 6  $\Omega$  il che richiede un rapporto di trasformazione di 8÷9:1.

A causa però dei due seguenti aspetti :

- reti di correzione in serie con le basi così da sommarsi all'impedenza base-base
- controeazione che riduce l'impedenza di ingresso

a centro banda si ha un valore stimato di impedenza base-base di circa 13  $\Omega$  per cui il trasformatore di ingresso deve presentare un rapporto 4:1 (rapporto spire 2:1).

In parallelo al trasformatore, durante le prime prove, ho aggiunto il condensatore C21 per migliorare la risposta del trasformatore alle alte frequenze.

Per quanto riguarda la tensione di polarizzazione, garantita dai tre diodi in parallelo polarizzati in conduzione direttamente dalla +12 V<sub>TX</sub> attraverso R8 e Q3, agendo sul trimmer R10 bisogna fare in modo che sia uguale a 0,68 V misurata ai capi B ed E di ciascun transistor.

### Sezione di uscita

All'uscita dell'amplificatore si nota la presenza di :

- trasformatore T2 di alimentazione parallelo e separato da quello T3 di adattamento di impedenza, con lo scopo di garantire un miglior bilanciamento nonché una maggiore attenuazione delle armoniche pari, specialmente quando la coppia di transistor non è selezionata e bilanciata
- trasformatore T3 di adattamento di impedenza, che, non essendo più attraversato dalla corrente continua di alimentazione, è realizzato in dimensioni più modeste ed ha un rapporto di trasformazione pari a 9:1 (rapporto spire 3:1)
- condensatore di compensazione C9 per aumentare la risposta del trasformatore alle alte frequenze
- condensatore C6 (C7) per stabilizzare il funzionamento dell'amplificatore alle alte frequenze
- condensatori di accoppiamento C10-C12 (C11-C13) attraversati da correnti RF elevate

L' alimentazione del collettore dei transistor, come suggerito in [2], è separata da quella di base (connessa a  $+12 V_{TX}$ ) ed è connessa alla  $+12 V_C$  con presenza di una rete di filtraggio LC per massimizzare il disaccoppiamento. Ciò significa che i transistor sono polarizzati con la tensione di base solo quando si va in trasmissione ( $V_{TX}$  presente) mentre i collettori sono sempre alimentati ( $+12 V_C$ ).

## 2.2 Filtri passa-basso

I filtri passa-basso sono stati estratti da [2], dove se ne prevedevano cinque (10m, 15m, 20m, 40m, 80m); si tratta di classici filtri ellittici a 5 sezioni descritti ampiamente in [4] con relative tabelle normalizzate (fig. 2).

Questi filtri vanno collegati all' uscita dell' Amplificatore RF ed hanno lo scopo di attenuare le armoniche.

Per semplificare la realizzazione, visto che lo scopo di questi filtri è essenzialmente ridurre il livello delle armoniche irradiate (in particolare la terza), ho deciso di realizzare solo tre dei cinque filtri, ovvero quelli dei 40m, 15m e 10m.

L' associazione fra filtro selezionato e banda di funzionamento che ho messo in pratica è data dalla seguente tabella :

	10m	12m	15m	17m	20m	40m	80m
<b>Filtro bande basse</b>						<b>x</b>	<b>x</b>
<b>Filtro bande medie</b>			<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>		
<b>Filtro bande alte</b>	<b>x</b>	<b>x</b>					

A livello di implementazione, ho utilizzato un commutatore a 2 vie 6 posizioni, dove una via pilota l' accensione di un Led di banda sul frontale e l' altra via seleziona uno dei tre filtri come da tabella sopra.

Ciascun filtro ha un relè 12 V in ingresso ed un analogo relè in uscita, e la selezione di un filtro avviene dando la tensione alla sua coppia di relè in/out, mentre i relè degli altri due filtri restano in posizione Open non essendo alimentati (vedi anche [2]). Ogni relè ha, sulla propria bobina, un diodo 1N4148 ed un condensatore da 100 n, come da manuale.

## 2.3 Commutazione TX/RX

La commutazione TX/RX è comandata, nel caso di collegamento all' FT-817, da un contatto remoto, presente sul connettore ACC, che si chiude verso massa quando si preme il PTT.

Questo contatto normalmente aperto viene remotato nel Lineare per mezzo di un cavetto schermato e va a chiudere verso massa l' alimentazione  $+12 V_C$  della bobina di un relè; in questo modo, quando si preme il PTT, il relè commuta il suo stato e chiude un suo contatto interno rendendo disponibile la  $+12 V_{TX}$  ; questa tensione  $+12 V_{TX}$ , da un lato provoca la commutazione del relè principale a doppio scambio per la RF, e dall' altro provoca la commutazione di un ulteriore piccolo relè che rende disponibile sul suo contatto NA un' altra  $+12 V_{TX}$  che va ad alimentare il circuito di polarizzazione dei transistor .

Il relè principale di commutazione RF, in posizione di riposo (ricezione oppure a Lineare spento), deve by-passare sia l' Amplificatore RF che i filtri, mentre in posizione attiva (TX) invia il segnale QRP dell' apparato nell' Amplificatore RF e nei filtri passa-basso.

Questa parte del Lineare è quella più suscettibile di personalizzazioni e varianti per cui non mi dilungo.

### 3. Realizzazione pratica

La costruzione di questo Lineare, come tutti gli amplificatori di potenza "Solid state", prevede un' intima connessione fra supporto a circuito stampato e dissipatore di calore.

I transistor MRF-455, avendo un contenitore 211-07 style 1, vanno montati sul dissipatore ciascuno con due viti, dopo aver steso un sottile strato di silicone per facilitare lo scambio termico. Il dissipatore ha dimensioni 100x113x37 mm ed è caratterizzato da una  $RT = 1,3^{\circ}\text{C/W}$  (ESCO art. 409151).

Un siffatto dissipatore dovrebbe essere sufficiente ma io ho preferito utilizzare anche una ventola da 80 mm che spinge aria longitudinalmente alle alette del dissipatore, nei relativi interstizi., visto che avevo deciso di montare il tutto all' interno di un contenitore e prevedevo di usare il Lineare all' aperto (e in estate).

Il circuito stampato è stato ricavato da una piastra di vetronite (80x120 mm) a singola faccia con i componenti montati dal lato rame; si consiglia di stendere, prima di procedere alle saldature, un leggerissimo strato di stagno su tutte le piazzole di rame in modo da prevenirne l' ossidazione.

Gli unici fori (dia. 12 mm almeno) devono essere praticati in corrispondenza dei due transistor di potenza in modo da poter collegare i reofori al circuito stampato

La suddetta piastra c.s. viene serrata con 3 viti sul dissipatore, dopo aver montato meccanicamente i due transistor di potenza sul dissipatore stesso; i quattro contatti (B, C, E, E) dei transistor devono essere ripiegati verso l' alto e saldati sulle rispettive piazzole del c.s.

Il circuito stampato si può fare velocemente senza inchiostro o acido, visto che bisogna solo creare delle separazioni fra piazzole di rame; io ho usato un mini trapano a 12 V con una punta a fresa (quelle cose per bricolage e piccoli lavori), con la quale ho raschiato via il rame creando le separazioni, il tutto in un quarto d' ora.

Nel saldare i componenti si raccomanda di tenere i reofori il più corto possibile, soprattutto quelli verso massa, inserendo le perline di ferrite dove richiesto.

La fig. 3 riporta il disegno del c.s. (lato rame) utilizzato per l' amplificatore RF, mentre la fig. 4 riporta la disposizione dei componenti sul c.s. stesso.

Per quanto riguarda la costruzione dei filtri di banda e del circuito di commutazione TX/RX, ho realizzato un semplice circuito stampato su basetta di vetronite (160x90 mm), questa volta montando i componenti dal lato vetronite mediante appositi fori.

Ho realizzato le piste solo per i percorsi RF, cercando di farle sufficientemente larghe, mentre i collegamenti di tensione sono stati fatti con fili. Questo ha notevolmente decriptizzato il progetto del c.s., in cui ho praticamente riportato solo lo schema elettrico dei tre filtri, per cui mi sembra superfluo riportarlo in quest' articolo.

#### Trasformatore T1

Il trasformatore di ingresso T1 è realizzato mediante 2 pile composte ciascuna da 2 nuclei toroidali FT50-43 incollati perfettamente allineati in modo da far passare all' interno di ciascuna pila un tubicino di rame (del diametro di 6 mm) leggermente più lungo della pila stessa in modo da poter effettuare le saldature sulle piastrine ramate da mettere successivamente. Il tubicino di rame si può recuperare da vecchie antenne telescopiche per uso radio/TV.

Le due pile affiancate, con i rispettivi tubicini di rame all' interno, vengono fissate su due piastrine ramate e forate, mantenendo il lato rame verso l' esterno, andando poi a saldare le estremità dei tubicini di rame sulle piastrine stesse.

Una delle due piastrine ha la zona ramata integra, mentre sull' altra lo strato di rame è tagliato a metà : in questo modo, i due tubicini (collegati al centro da una parte sola) si comportano come un avvolgimento di una sola spira, equivalente al secondario.

L' avvolgimento vero e proprio, che qui è il primario, è eseguito con 2 spire di normale cavetto da cablaggio con la parte rame di circa 0,5 mm di diametro, fatto passare attraverso i tubicini di rame.

#### Trasformatore T3

Per il trasformatore di uscita T3 vale lo stesso discorso solo che le pile sono composte ciascuna da 4 nuclei toroidali FT50-43, ed è il primario ad essere composto da un avvolgimento di una sola spira.

L' avvolgimento vero e proprio, che qui è il secondario, è eseguito con 3 spire di normale cavetto da cablaggio con la parte rame di circa 0,5 mm di diametro, fatto passare attraverso i tubicini di rame.

#### Trasformatore T2

Questo si realizza incollando affiancati 2 nuclei toroidali FT50-43, con l' avvolgimento composto da 2 spire di due fili leggermente intrecciati, fatti passare attraverso i fori della ferrite e collegati in modo da realizzare un trasformatore bifilare a rapporto 4:1; il filo da utilizzare, sempre per cablaggi, deve avere la parte rame di circa 1 mm di diametro.

In alternativa i trasformatori T1, T2 e T3 si possono realizzare costruendo analoghe pile con gli anelli toroidali FB2401-43, dove però il numero di anelli per pila sarà 3 per T1, 2 per T2 e 5 per T3, come descritto in [1], oppure con tubetti di ferrite come descritto in [3].

#### 4. Collaudo dell' amplificatore RF

La prima accensione va fatta senza collegare la +12 V<sub>C</sub> ai collettori dei transistor, ma dando solo la polarizzazione ai transistor mediante la +12 V<sub>TX</sub>.

Il trimmer R10 va messo a metà corsa e si applica un multimetro fra base e massa di uno dei transistor andando così a misurare la tensione di polarizzazione. Questa deve essere portata a 0,68 V, agendo su R10, e lo stesso valore deve essere letto sull' altro transistor.

Fatto ciò si toglie tensione, si collega la +12 V<sub>C</sub> a RFC3 e si dà nuovamente tensione andando questa volta a misurare la corrente assorbita a riposo dall' amplificatore RF, avendo quindi escluso ventola, filtri, Led. La corrente dovrà essere dell' ordine di 700-800 mA massimo; dopodichè si va nuovamente a controllare la tensione sulle basi dei transistor.

Se è tutto a posto si può cominciare ad eccitare l' amplificatore con un segnale di 1 W, misurando l' uscita su un carico adattato e verificando che a caldo non si inneschino autooscillazioni.

Via via si procede aumentando la potenza fino ad un max di 5 W, verificando sempre che la temperatura dei transistor non aumenti troppo.

Fatte queste prove preliminari conviene collegare anche i filtri passa-basso altrimenti le misure di potenza in uscita sono falsate dalla mancata attenuazione delle armoniche.

Con 5 W in ingresso, e con una alimentazione di 13,5 V, si dovrebbero misurare 100 W in uscita, da 3,5 MHz fino ad almeno 14 MHz; per frequenze superiori è abbastanza fisiologica una riduzione di potenza fino ad un minimo di 60 W e non necessariamente in modo monotono con la frequenza.

A questo punto non resta che provare a fare qualche QSO chiedendo rapporti di ascolto con e senza Lineare in modo da fare un confronto, dopodichè, buon divertimento a tutti

Io sono a disposizione per chiarimenti e consigli all' indirizzo e-mail [aprotopapa@selex-si.com](mailto:aprotopapa@selex-si.com).

### Lista componenti Amplificatore RF

C1 = C10 = C11 = C12 = C13 = C14 = C16 = C18 = 100 nF (cer.)  
C2 = C3 = 3300 pF (mica)  
C4 = C5 = C8 = C15 = C19 = 10 nF (cer.)  
C6 = C7 = 220 pF (mica)  
C9 = 390 pF (mica)  
C21 = 270 pF (mica)  
C17 = 1000  $\mu$ F / 25 V  
C20 = 10  $\mu$ F / 25 V  
R1 = R2 = 3,3 Ohm 1W  
R3 = R4 = 6,8 Ohm 1 W  
R5 = 0,47 Ohm 3 W  
R6 = R7 = 100 Ohm 1 W  
R8 = 10 Ohm 5 W  
R9 = 470 Ohm 1 W  
R10 = 1 Kohm (trimmer)  
R11 = 470 Ohm 1 W  
Q1 = Q2 = MRF-455  
Q3 = TIP-31 (su piccolo dissipatore)  
D1 = D2 = D3 = 1N4007 o equivalente  
D4 = Zener 15 V 3 W  
RFC1 = RFC2 = VK-200 (accertandosi che il filo sia avvolto entro i forellini a formare 2-3 spire)  
RFC3 = 3 spire di filo smaltato 1,2 mm su toroide FT50-43 o su anello FB2401-43  
T1, T2 T3 = vedere testo  
Fb = perline di ferrite

### Lista componenti Filtri Passa-Basso

	<b>Filtro bande basse</b>	<b>Filtro bande medie</b>	<b>Filtro bande alte</b>
<b>C1</b>	270	100	68
<b>C2</b>	56	15	10
<b>C3</b>	500	180	120
<b>C4</b>	180	56	39
<b>C5</b>	220	68	56
<b>L1</b>	14 spire su T80-2	9 spire su T80-6	8 spire su T80-6
<b>L2</b>	12 spire su T80-2	8 spire su T80-6	7 spire su T80-6

Per tutti gli avvolgimenti il filo è di rame smaltato da 1,5 mm diametro, mentre i condensatori sono in mica e le relative capacità espresse in pF.

### Lista componenti Commutazione TX/RX

Relè principale di commutazione RF = 12 Vdc a 2 scambi ciascuno da 10 A  
Relè ausiliari di generazione +12 V<sub>TX</sub> = 12 Vdc singolo contatto da 5 A

### Filtro di alimentazione collettori su +12 V<sub>C</sub>

C = parallelo di condensatori ceramici da 100 nF, 10 nF, 1 nF, 100 pF  
L = 3-4 spire di filo da 1,2 mm su toroide FT50-43

I componenti RF (transistor, toroidi, perline di ferrite, condensatori in mica argentata) sono reperibili da RF Elettronica di F. Rota, mentre gli altri componenti sono reperibili abbastanza facilmente in negozi di elettronica o presso ESCO.

5. Bibliografia

[1] Radio Kit Elettronica Apr. 1984, "KA 132, Amplificatore Finale per HF a Banda Larga"

[2] Radio Rivista 11-2000, "Transceiver 80-10 metri SSB", IK0VAQ

[3] Radio Rivista 6-2000, "Un Finale HF da 20 W", IK8LGL

[4] The ARRL Handbook for Radio Amateur, ed. 1993



Foto 1 – Lineare HF

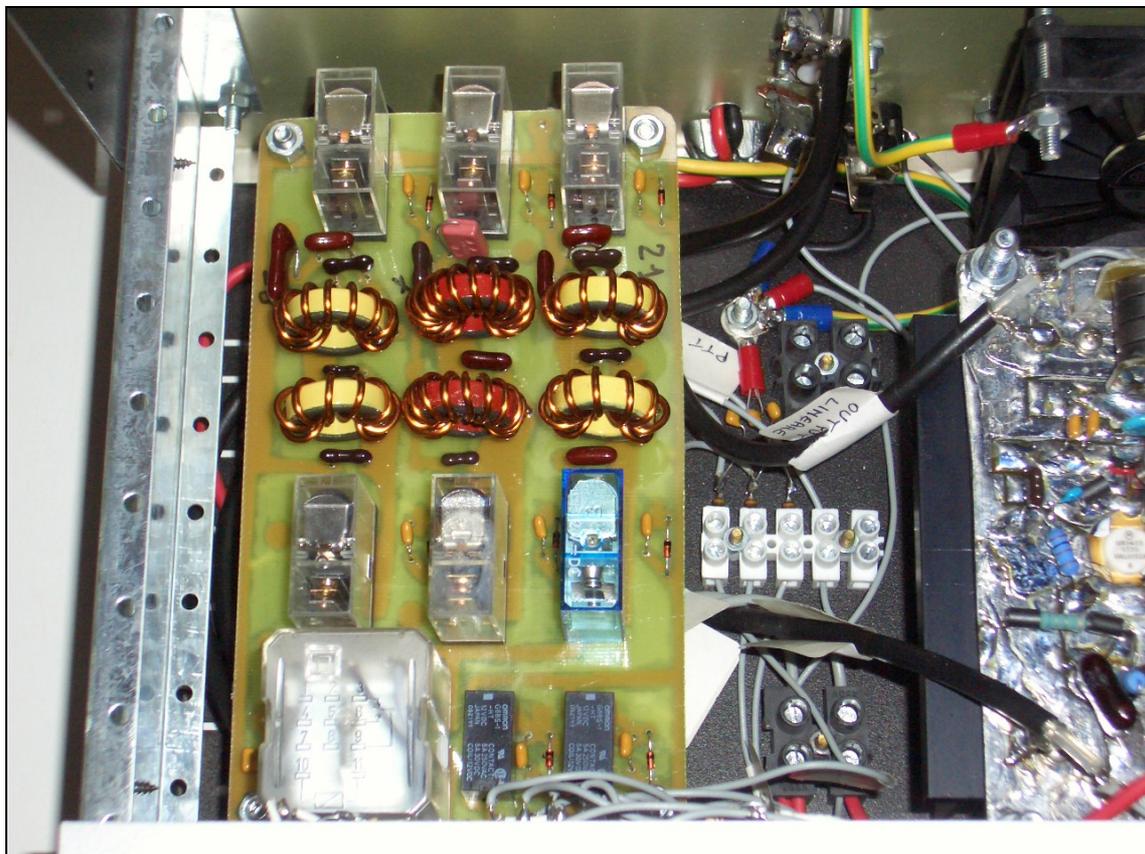
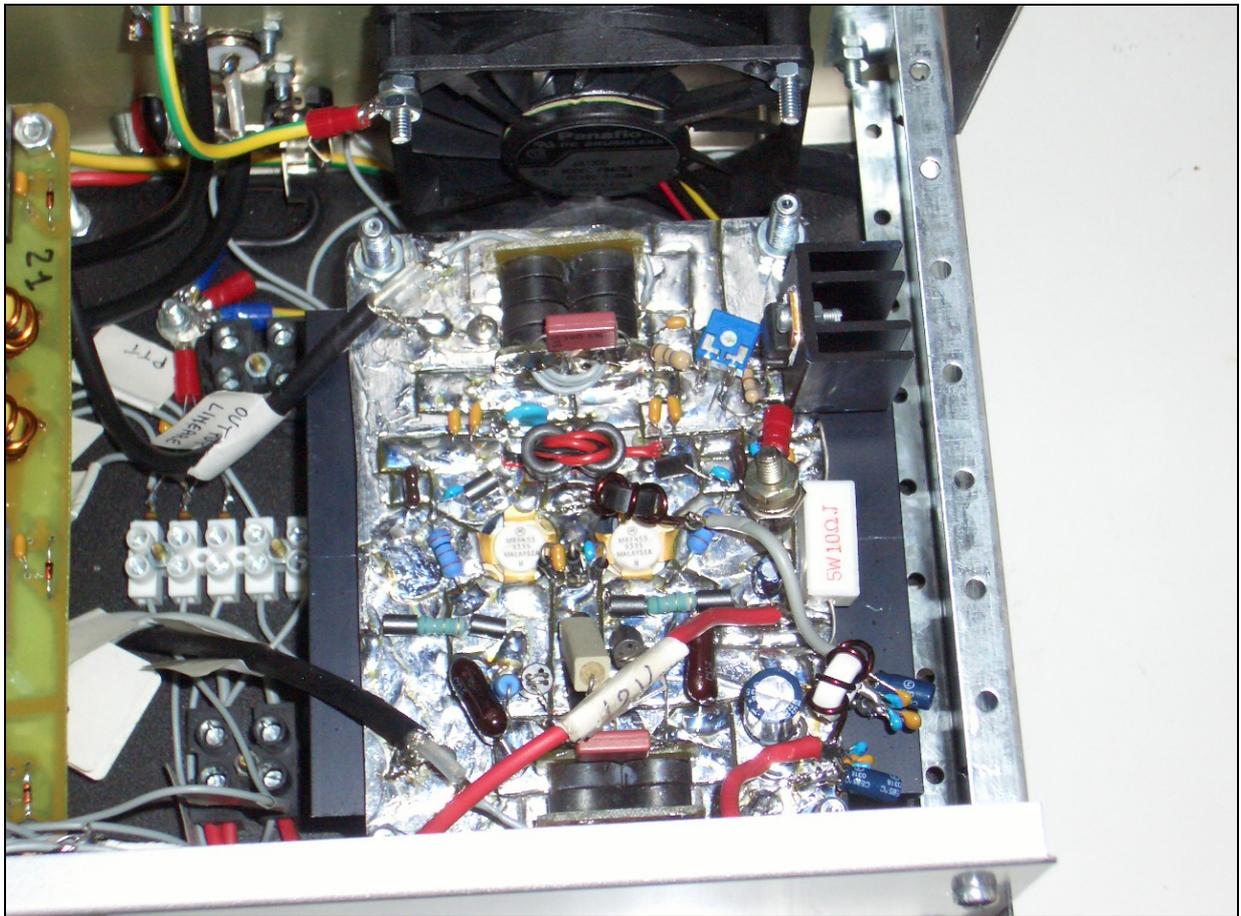
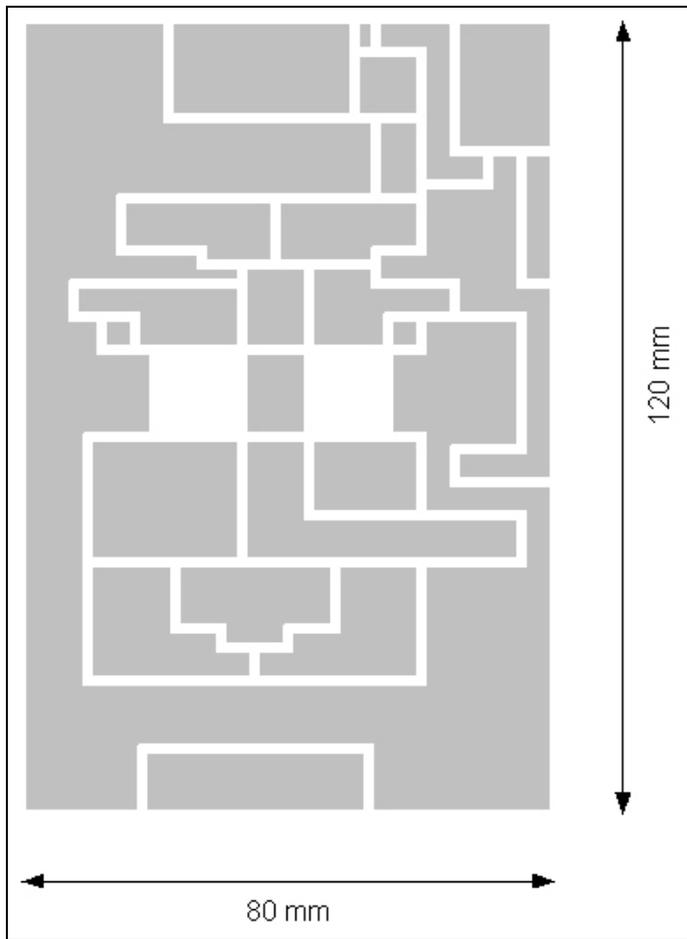


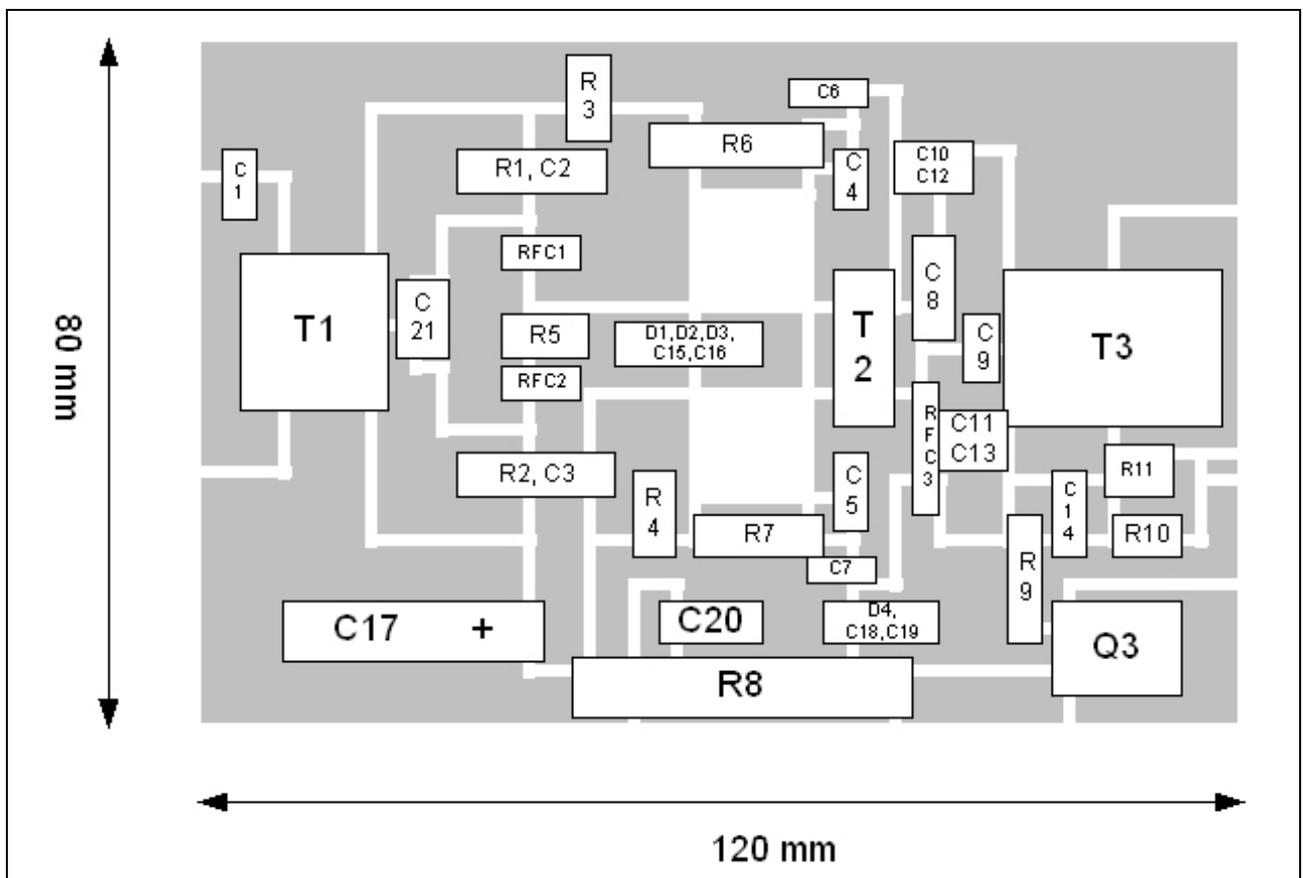
Foto 2 – Filtri Passa-Basso e relè di commutazione



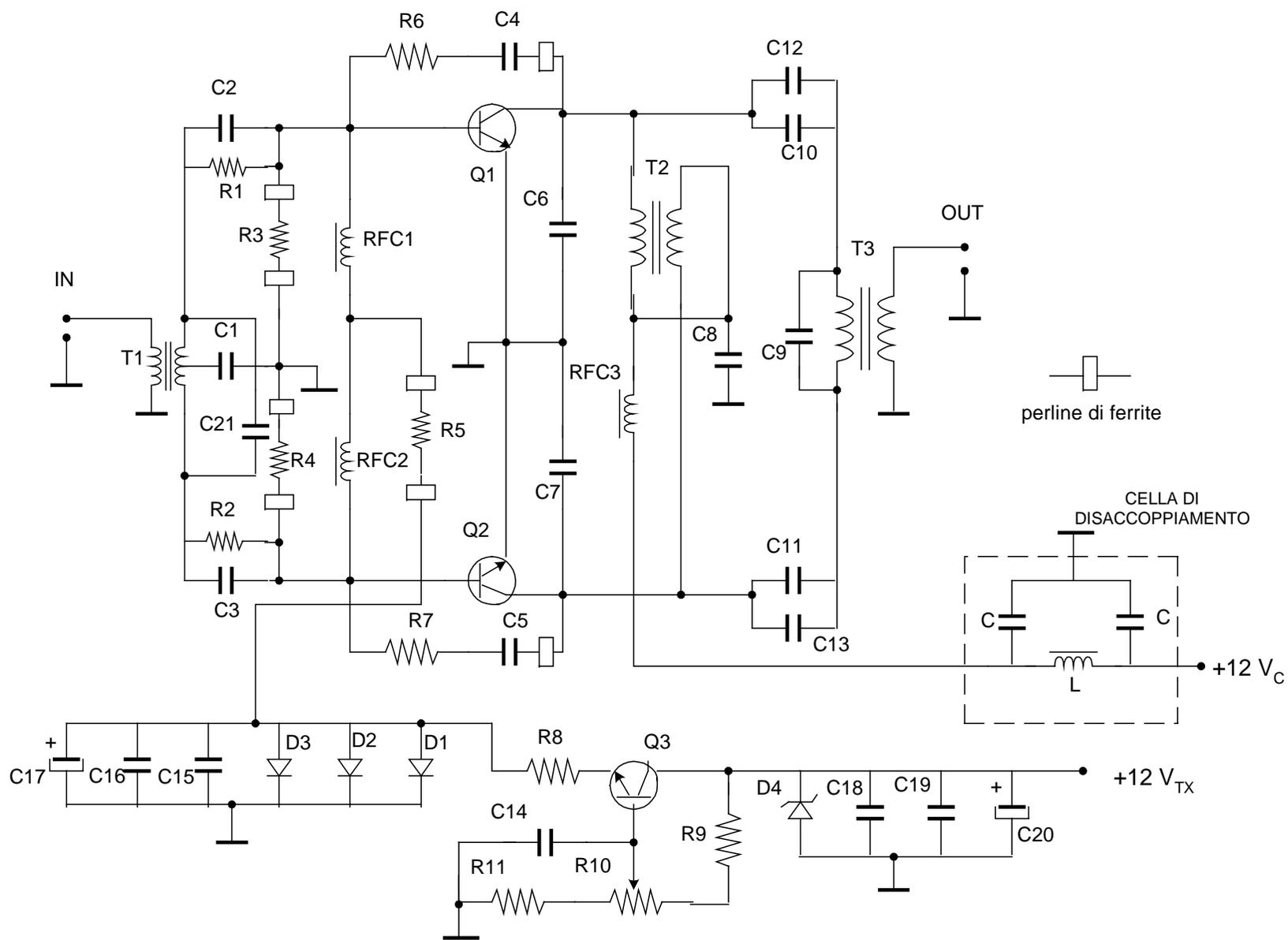
**Foto 3 – Amplificatore RF con ventola di raffreddamento**



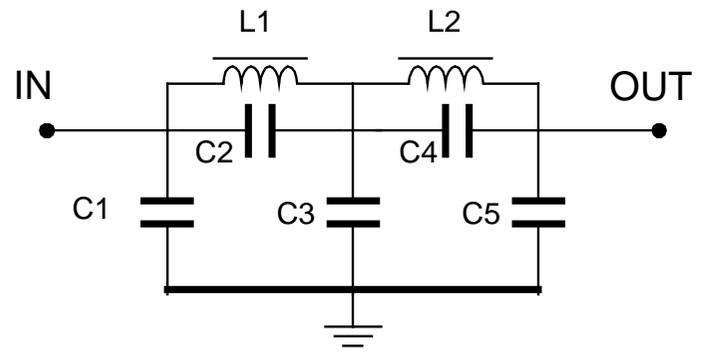
**Fig. 3 - Circuito stampato dell' Amplificatore RF**



**Fig. 4 - Montaggio componenti dell' Amplificatore RF**



**Fig. 1 – Schema dell' Amplificatore RF**



**Fig. 2 – Schema dei Filtri passa-basso**