

Transceiver SSB per i 50 MHz.

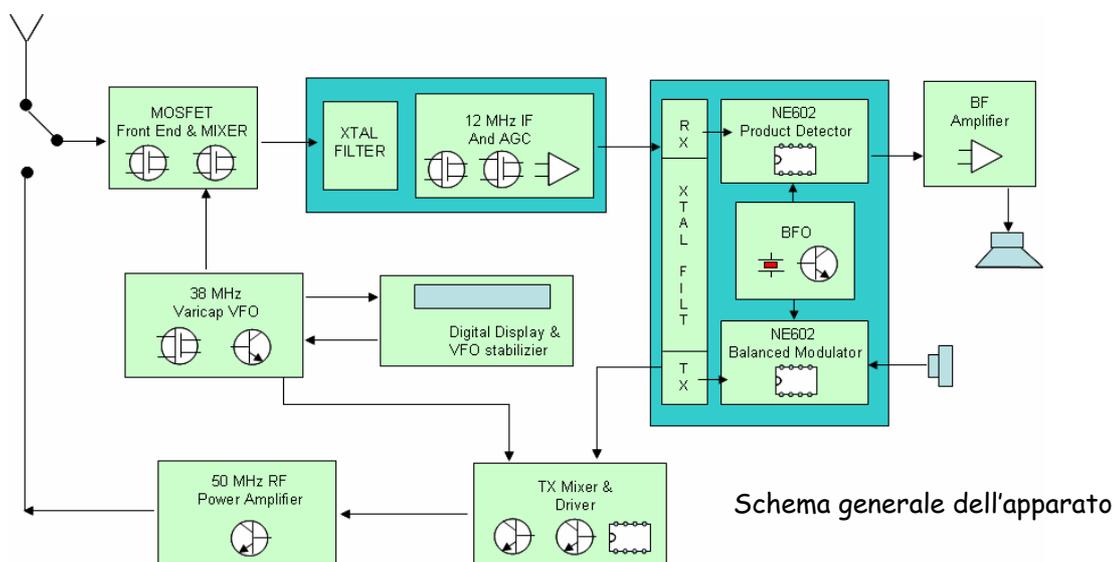
Un progetto de 'Il Club autocostruttori' della Sezione A.R.I. di Padova (www.aripadova.it)

Il gruppo Autocostruttori A.R.I. PD

L'idea di costituire in sezione un gruppo di appassionati di autocostruzione risale in realtà a diversi anni addietro ma poi, come molte altre idee, deve trovare l'occasione giusta per realizzarsi. E l'occasione si è presentata lo scorso anno, grazie anche all'iniziativa dell'amico Maurizio (IW3ICT) che ha dato fondo alla sua capacità di persuasione per convincere alcuni amici a ritrovarsi, a mo' di carbonari, il mercoledì sera in sezione per discutere di ciò che più ci appassiona : la sperimentazione nel campo della radio. Nei nostri convegni notturni abbiamo così cominciato a condividere idee e proposte, spaziando dal campo dei microprocessori a quello della radio digitale, e abbiamo deciso infine di intraprendere un progetto ambizioso : la realizzazione di un apparato RTX di piccola potenza in SSB per la banda dei 50 MHz. Il progetto è andato avanti, grazie alla buona volontà e all'impegno di Giuseppe (I3FNG) che ha passato notti insonni nel montaggio dei vari moduli, e con la collaborazione degli altri amici del gruppo che hanno contribuito in vari modi. Ora vogliamo proporre il risultato del nostro lavoro ad altri radioamatori appassionati come noi di autocostruzione. Naturalmente questo vuol essere solo un primo passo, e tutti auspichiamo che altri progetti e nuove iniziative seguano questa realizzazione ma, come si dice, se son rose fioriranno.....

Il progetto

Come tutti i progetti che si rispettino abbiamo cominciato con l'individuare le linee guida, immaginando come doveva essere fatto l'apparecchio, quali i vincoli e quali gli obiettivi da raggiungere. Ne è nato lo schema di massima qui riportato.



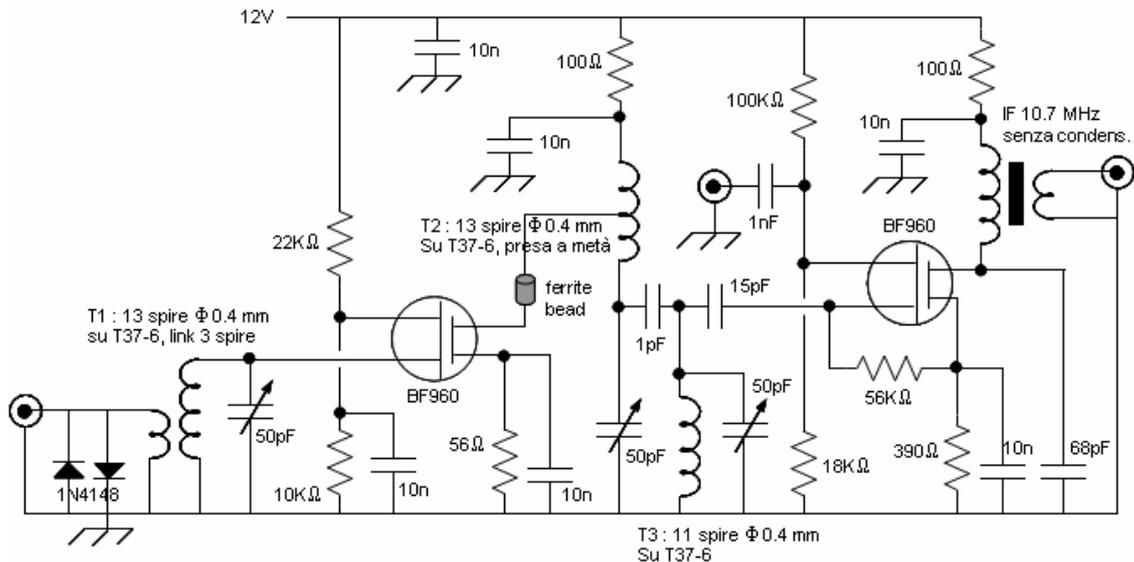
Si tratta, come vedrete, di un'impostazione classica e molto semplice, con front-end e media frequenza a mosfet, e con qualche accorgimento un po' particolare, come il doppio filtro a quarzi in IF per ridurre la rumorosità della catena di amplificazione, o il VFO che lavora in armonica e può essere stabilizzato con un sistema a microprocessore, ma vediamo una cosa per volta.

Il Front-End a MOSFET

Questo tipo di front-end ci è sembrato un adeguato compromesso tra semplicità e qualità. E' composto da un primo stadio amplificatore accordato e da un secondo stadio con funzione di mixer. Certamente non potrà reggere il confronto con altre versioni che utilizzano il mixer passivo a diodi, però richiede un basso livello di pilotaggio dal VFO, ha un guadagno apprezzabile e, nel complesso, si è dimostrato abbastanza resistente al sovraccarico, grazie anche al triplo circuito accordato in ingresso.

I Mosfet impiegati possono essere del tipo BF960, BF965 o BF966 e il guadagno complessivo si aggira sui 25-30 dB. In uscita abbiamo impiegato un comune trasformatore IF per FM (10.7 MHz), avendo l'accortezza di rimuovere l'eventuale condensatore incorporato.

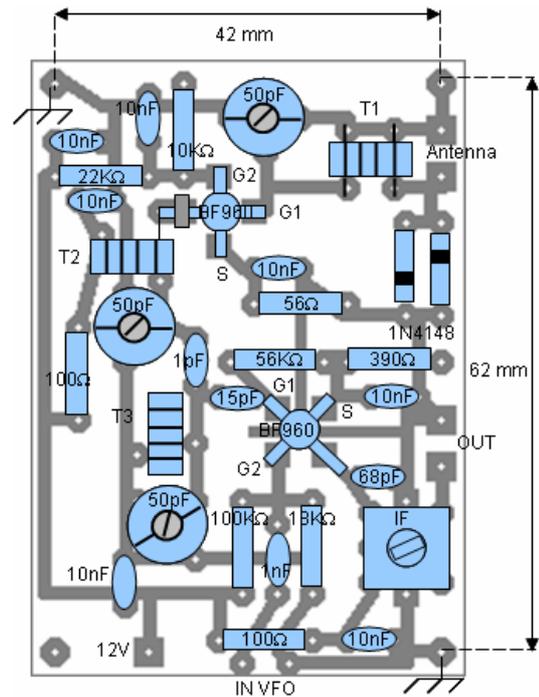
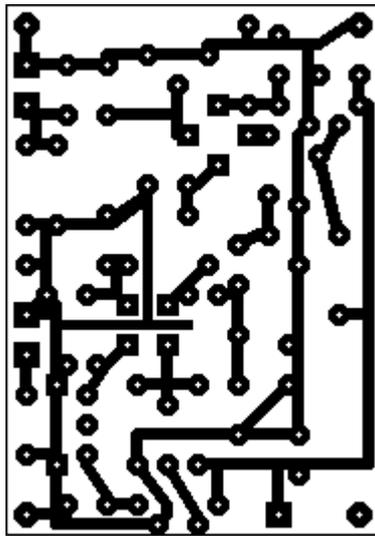
Il circuito elettrico del Front-End



La taratura è assai semplice, in pratica vengono allineati i tre stadi accordati di ingresso agendo sui relativi compensatori e poi il circuito di uscita ruotando il nucleo. Il risultato migliore si ottiene impiegando un generatore di segnale a 50 MHz e misurando il livello di uscita dopo aver collegato il VFO. In alternativa si potrà effettuare la taratura "ad orecchio" ascoltando il livello del fruscio di fondo.

Il circuito stampato e la disposizione dei componenti del Front-End

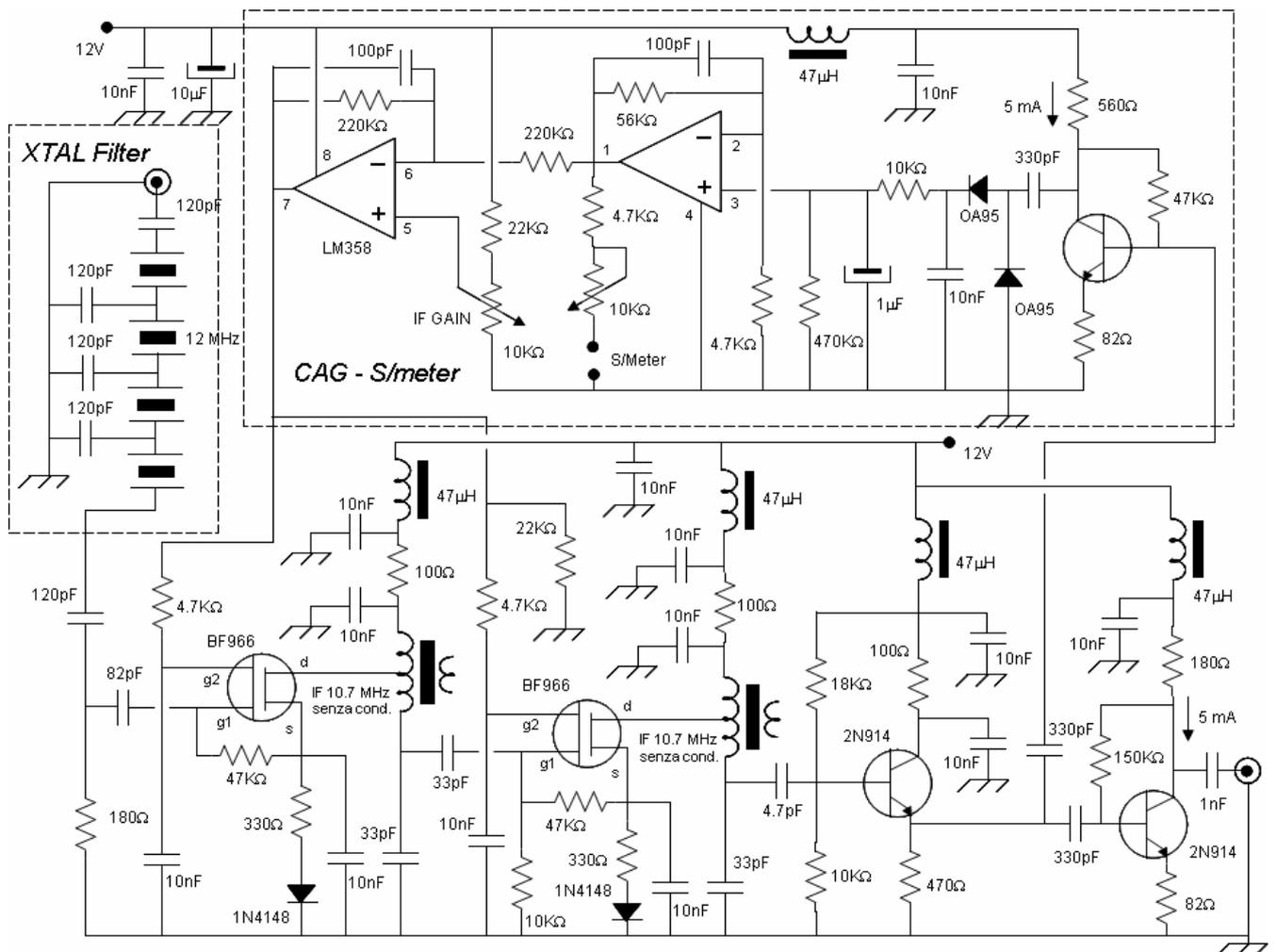
Per il montaggio di questo modulo, come degli altri moduli in radio frequenza, abbiamo optato per una soluzione che si è dimostrata assai valida, anche se richiede qualche accortezza e un po' di pazienza. Si tratta di realizzare lo stampato in doppia faccia, lasciando intatta la copertura di rame dal lato componenti, questo lato funge anche da massa distribuita sull'intera superficie. Per consentire il montaggio dei componenti, i fori vengono leggermente svasati sul lato rame con una punta da 4 mm, in modo da creare un'area isolata intorno ad ogni foro. Il risultato è una distribuzione ottimale del piano di massa che riduce drasticamente il rischio di accoppiamenti indesiderati in RF e conseguente instabilità. I mosfet, data la loro forma, possono essere montati direttamente sulle piste dello stampato, dal lato opposto, senza alcuna foratura. Eventualmente potrà essere utile inserire un piccolo schermo metallico tra il circuito accordato di ingresso e gli altri due collegati al drain del primo mosfet, su questo terminale potrà essere inserita una perlina di ferrite per ridurre ulteriormente il pericolo di auto-oscillazioni. E' raccomandabile chiudere il front-end in un piccolo scatolino metallico con funzione di schermatura. Tutti i collegamenti con gli altri moduli vanno fatti con cavetto schermato (tipo RG174). Un'occhiata alle foto dovrebbe chiarire eventuali dubbi sulla tecnica impiegata.



Il canale di Media Frequenza a MOSFET

La costruzione del canale di media frequenza è sempre un elemento determinante per la qualità di un ricevitore, abbiamo quindi dedicato un po' di tempo per provare varie soluzioni. Alla fine abbiamo optato per una versione a mosfet, che ha dimostrato buone doti di amplificazione, stabilità e dinamica. Anche in questo caso si possono impiegare Mosfet del tipo BF960, BF965 o BF966, mentre per i trasformatori IF abbiamo usato dei normali modelli per FM (10.7 MHz) senza condensatore incorporato. E' previsto un secondo filtro in uscita, collocato sul modulo del rivelatore a prodotto.

Il circuito elettrico del canale IF



L'amplificazione di questo modulo (regolabile con il trimmer IF GAIN) può superare i 70 dB, da notare la soluzione dei diodi posti in serie ai source dei due mosfet, che servono a migliorare la dinamica di AGC (oltre 90 dB).

Il circuito AGC impiega un doppio operazionale LM358 ed interviene quando la tensione in uscita raggiunge i 100 mV pp, mantenendola poi costante su questo livello. Qualora si volesse ottenere un diverso livello di uscita, si potrà intervenire sul guadagno del primo stadio operazionale (resistenza da 4.7 KΩ). Lo stesso circuito AGC prevede un'uscita per S/meter (da 200 µA).

Particolare attenzione è dedicata al filtraggio delle alimentazioni con diverse induttanze, sempre per evitare possibile instabilità.

Una raccomandazione per i quarzi : acquistate un set di quarzi uguali tra loro (stesso produttore, stessa marcatura), se ne trovano abbastanza facilmente nelle varie mostre mercato a basso prezzo, con 13 quarzi potrete realizzare i tre filtri isofrequenza e l'oscillatore del BFO.

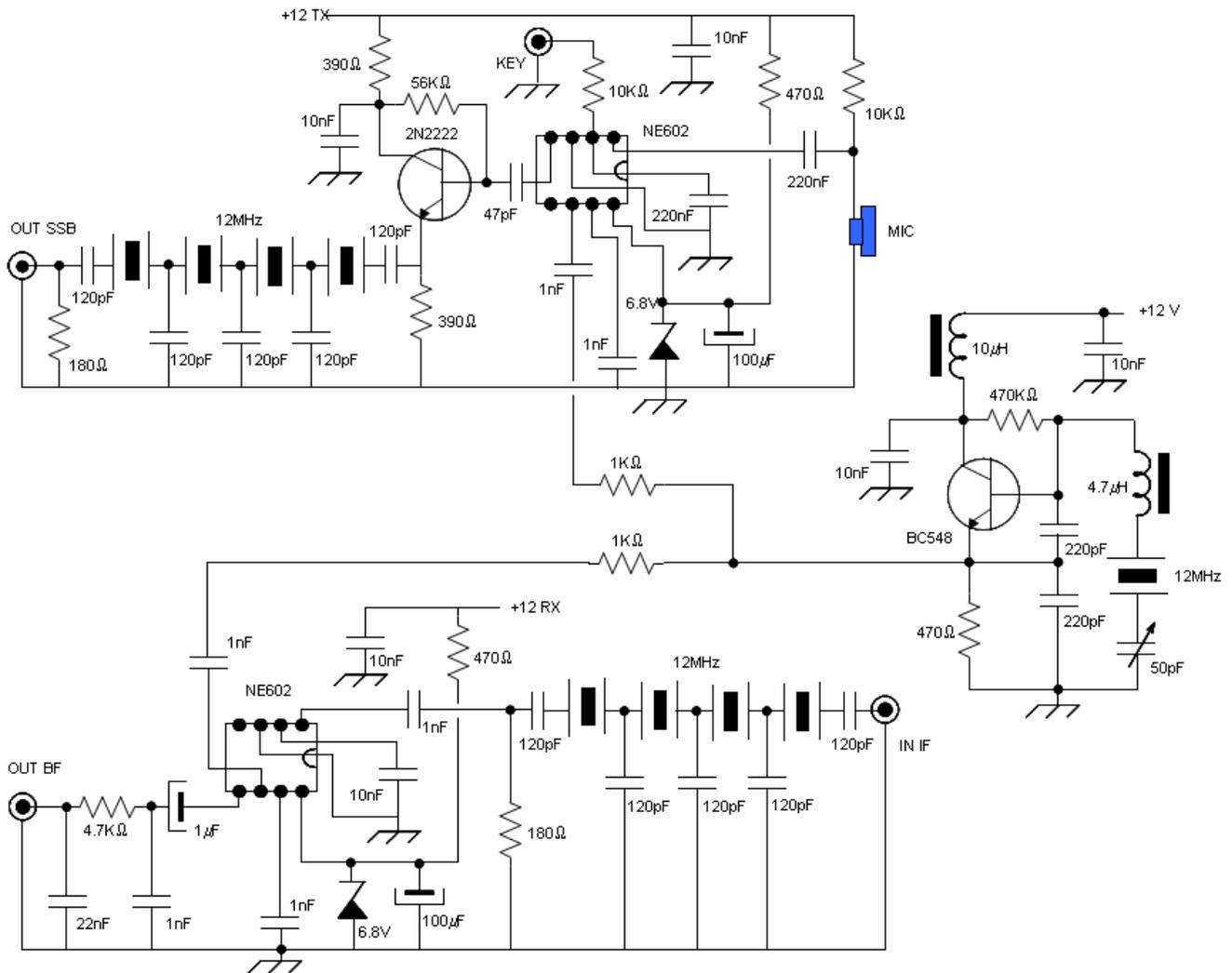
La taratura richiede un generatore a 12 MHz, che verrà utilizzato per aggiustare i nuclei dei due trasformatori IF, mentre il trimmer IF GAIN verrà regolato in modo da misurare circa 3V sui gate 2 dei mosfet.

Il modulo MODULATORE / DEMODULATORE

Questo modulo è “venuto fuori” abbastanza facilmente, grazie soprattutto all’impiego degli onnipresenti NE602, che fanno la gran parte del lavoro sia nella funzione di modulatore bilanciato (in trasmissione) che come rivelatore a prodotto (in ricezione). Molto comoda la possibilità di pilotare il modulatore bilanciato direttamente da una capsula preamplificata a FET, dato che questa fornisce già un livello di segnale adeguato allo scopo (circa 200 mV pp).

Da notare che sono previste tre alimentazioni : +12 RX per il rivelatore a prodotto, +12 TX per il modulatore bilanciato e +12 (comune) per il BFO. Le tensioni verranno fornite dal modulo di commutazione azionato da PTT.

Il circuito elettrico del Modulatore / Demodulatore



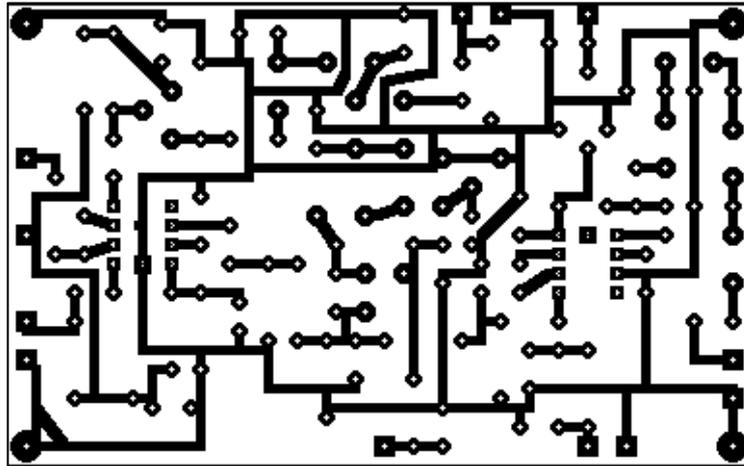
Il circuito è di tipo assai convenzionale, l’oscillatore BFO impiega un qualsiasi transistor che possa oscillare a 12 MHz. Una rete LC costituita dall’induttanza da 4.7 μH e da un trimmer capacitivo da 50 pF consente di far variare la frequenza di oscillazione intorno al valore nominale del quarzo.

Due resistenze da 1KΩ riducono opportunamente il livello di segnale sul pin 6 degli NE602 (circa 600 mV pp). La taratura si esegue nel seguente modo :

- dare tensione al modulatore bilanciato (+12 TX) e al BFO
- sbilanciare il mixer portando il KEY a massa
- variare la frequenza del BFO agendo sul trimmer da 50 pF e misurare con un frequenzimetro la frequenza sull’uscita SSB in corrispondenza al massimo livello ottenuto. Questa è la frequenza di centro banda dei filtri

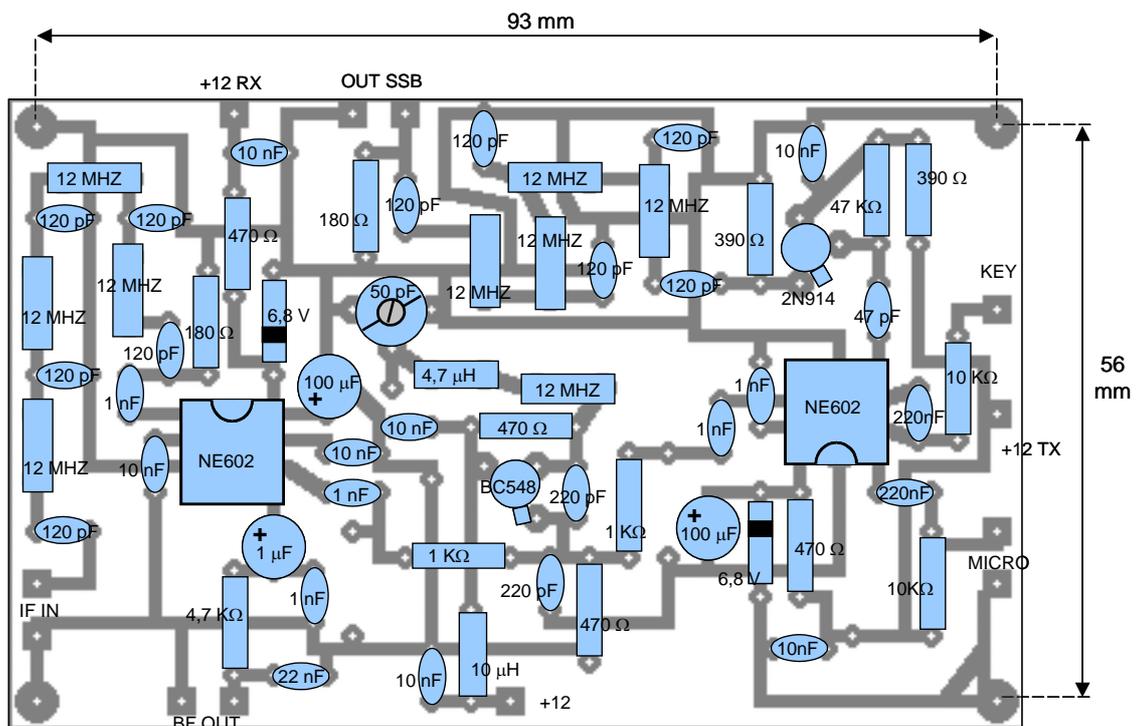
- regolare ora il trimmer in modo da far oscillare il BFO circa 1 KHz più in basso rispetto al centro banda del filtro (funzionamento in USB).
- Per i filtri a quarzo vale quanto detto sopra, i quarzi debbono cioè essere opportunamente selezionati in modo da presentare la stessa frequenza di risonanza.

Il circuito stampato del Modulatore / Demodulatore (98x61 mm)



Per questo modulo non dovrebbero esserci particolari problemi di stabilità, è quindi possibile eseguire il montaggio in maniera convenzionale su stampato monofaccia, anche se la tecnica del piano di massa sul lato superiore, come descritto per il front end, è sempre da preferire a scampo di sorprese.

La disposizione dei componenti del modulo Modulatore / Demodulatore

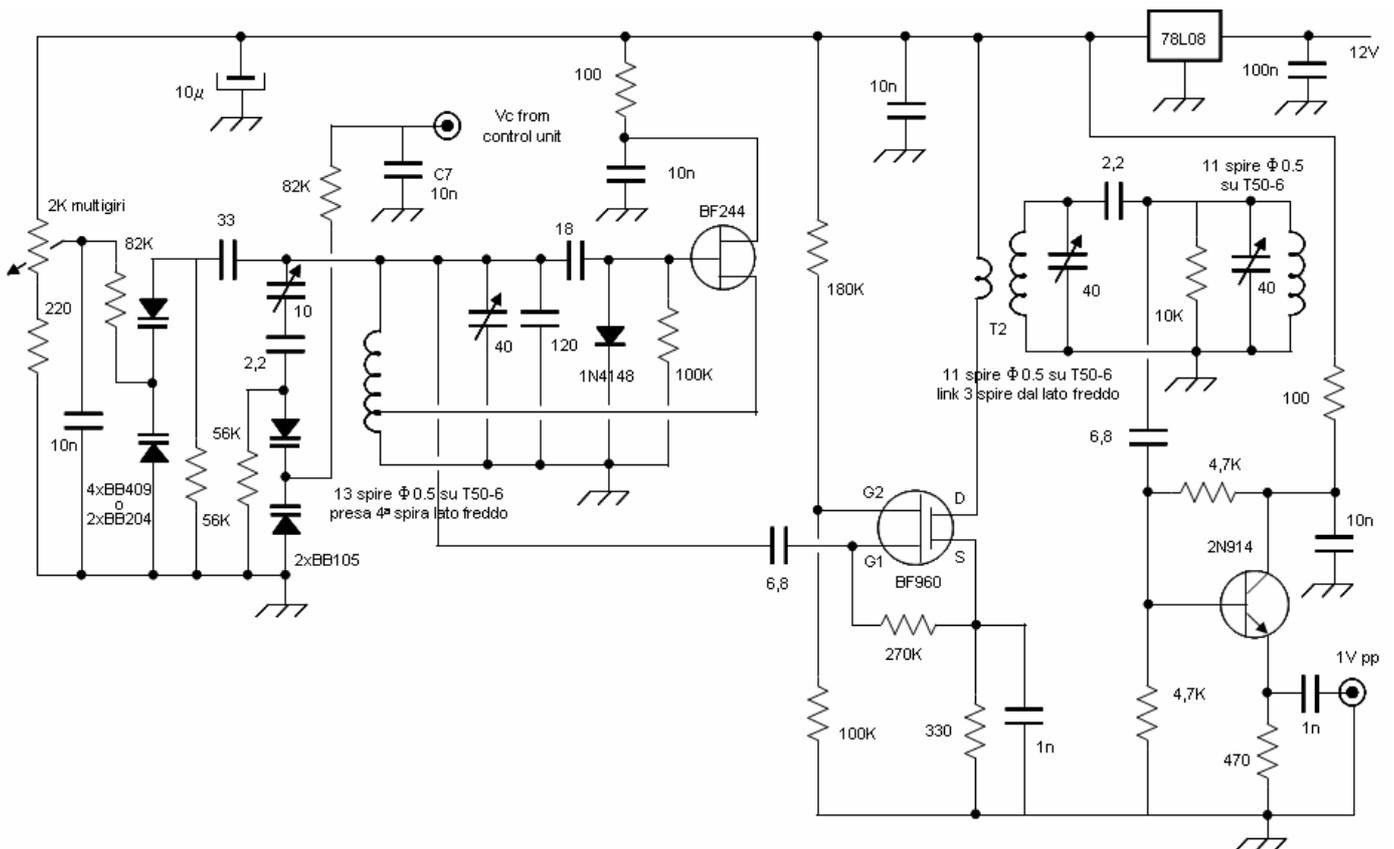


Il modulo VFO

Questo è il modulo che più ci ha fatto pensare prima di ottenere il risultato voluto. Dopo vari tentativi, con diverse soluzioni circuitali, abbiamo optato per un semplice oscillatore seguito da uno stadio triplicatore di frequenza, ottenendo dei buoni risultati: un segnale pulito, assenza di spurie e sufficiente stabilità. L'oscillatore libero funziona da 12,666 a 13 MHz, di questo viene sfruttata la terza armonica, abbastanza robusta per essere amplificata da un mosfet BF960 in modo da ottenere i 38 MHz richiesti per i mixer. All'uscita del BF960 abbiamo inserito un doppio filtro passa banda centrato a 38,5 MHz, che serve a ripulire adeguatamente il segnale, in parallelo alla seconda bobina è stato necessario inserire una resistenza da 10 K Ω per appiattire la curva di risposta del filtro, in modo da coprire l'intera gamma entro 1 MHz. L'oscillatore va realizzato con cura, usando condensatori NPO e compensatori ceramici, per ottimizzare la stabilità, questa viene poi ulteriormente migliorata utilizzando un apposito circuito di compensazione a microprocessore ⁽¹⁾ che svolge anche la funzione di lettore digitale. Il software originale è stato opportunamente modificato per questo specifico progetto. Per amplificare il segnale abbiamo impiegato un secondo modulo che va montato separatamente e adeguatamente schermato, in modo da ottenere un completo isolamento dello stadio oscillatore. Il risultato finale è quello presentato nei due schemi seguenti.

(1) Vedi il mio progetto pubblicato su RadioKit di febbraio 2004 "Un VFO FLL (Frequency Locked Loop) per le HF controllato dal PIC16F628". Vedi anche sul mio sito www.ik3oil.it.

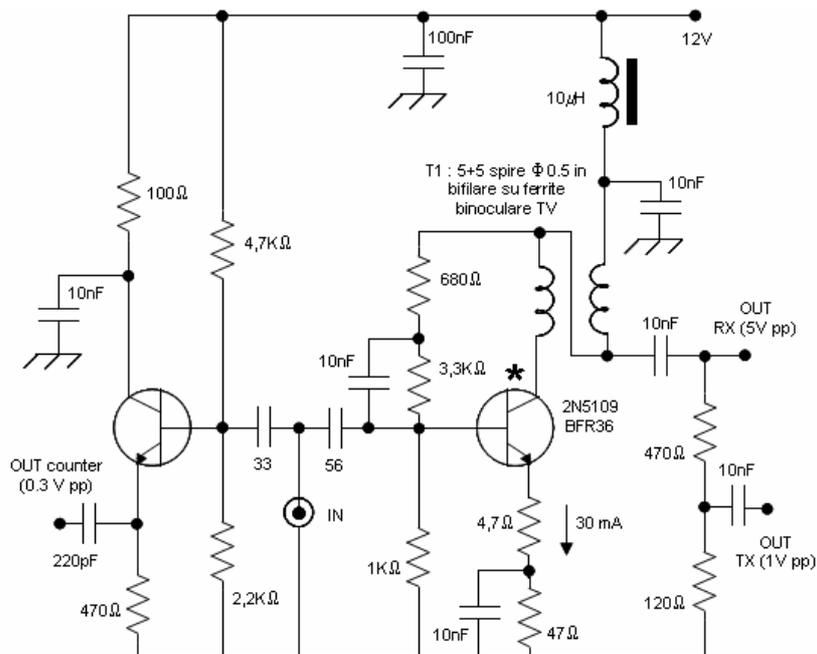
Il circuito elettrico del VFO



Per la taratura del VFO è necessario utilizzare un frequenzimetro ad alta impedenza o il lettore digitale citato sopra (che potrà essere collegato ai punti di misura con una piccola capacità), si dovrà procedere nel seguente modo :

- Tarare l'oscillatore libero (compensatore da 40 pF) in modo da ottenere circa 340 KHz di escursione (da 12,660 a 13 MHz) con una rotazione completa del potenziometro da 2K, eventualmente intervenire sulla resistenza da 220Ω per limitare l'escursione.
- Qualora si usi il circuito stabilizzatore esterno, tarare il compensatore da 10 pF in modo da ottenere un'escursione di circa 8 KHz a centro banda (12,830 KHz) facendo variare la tensione di controllo da 0 a 5V. Se non si utilizza questo circuito, collegare il pin di controllo al +8V.
- Tarare i due circuiti accordati del filtro di uscita per la massima uscita a centro gamma (circa 1 V p.p. senza carico), procedere con attenzione agendo alternativamente sui due compensatori da 40 pF, e verificare che l'accordo sia centrato a 38,5 MHz.
- Collegare il modulo amplificatore e verificare che il livello di uscita sia di circa 5 V p.p., ritoccare alternativamente i due compensatori del VFO in modo da livellare il più possibile il segnale sull'intera gamma coperta (da 38 a 39 MHz).

Il circuito elettrico del modulo amplificatore/separatore

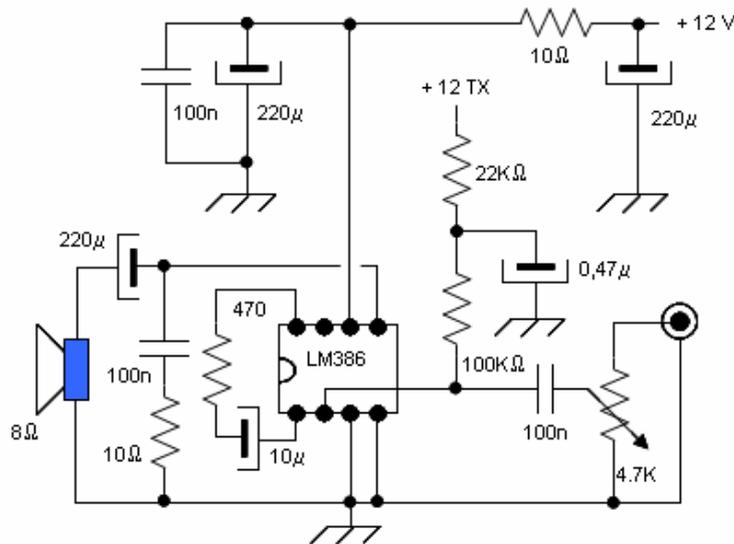


Si tratta di un amplificatore a larga banda che prevede delle uscite distinte per : contatore, modulo RX, modulo TX. Il transistor 2N5109 (o BFR36) assorbe circa 30 mA e richiede un piccolo dissipatore. Il trasformatore a larga banda è realizzato su nucleo binoculare in ferrite del tipo per TV (non critico), le dimensioni sono di circa 14x8 mm, l'avvolgimento va realizzato in bifilare, avvolgendo cioè 5 spire in coppia e poi collegando la fine di un avvolgimento con l'inizio dell'altro per creare la presa centrale. Non ci sono particolari accorgimenti per la messa a punto, salvo curare la schermatura rispetto al modulo VFO.

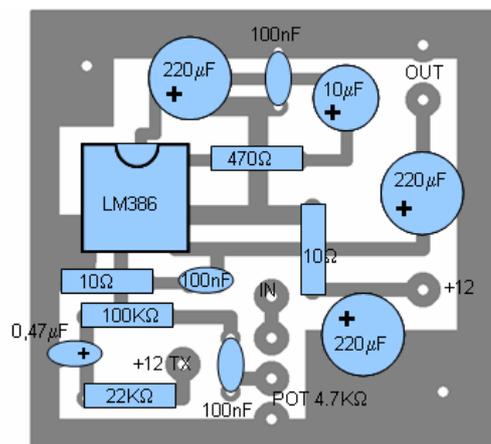
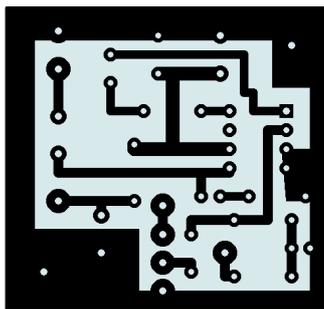
Il modulo amplificatore BF

Su questo modulo non c'è molto da dire, si tratta del solito amplificatorino con LM386, in grado di fornire un buon mezzo watt di BF con una decente qualità di riproduzione. Unico accorgimento degno di nota è la rete RC che fornisce tensione positiva al pin 2 in trasmissione, in modo da silenziare l'amplificatore. Inizialmente si pensava di aggiungere un filtro passa basso a monte dell'amplificatore, poi abbiamo visto che i due filtri a quarzi svolgono già la stessa funzione in modo adeguato e così abbiamo rinunciato, a tutto vantaggio della semplicità.

Il circuito elettrico del modulo BF



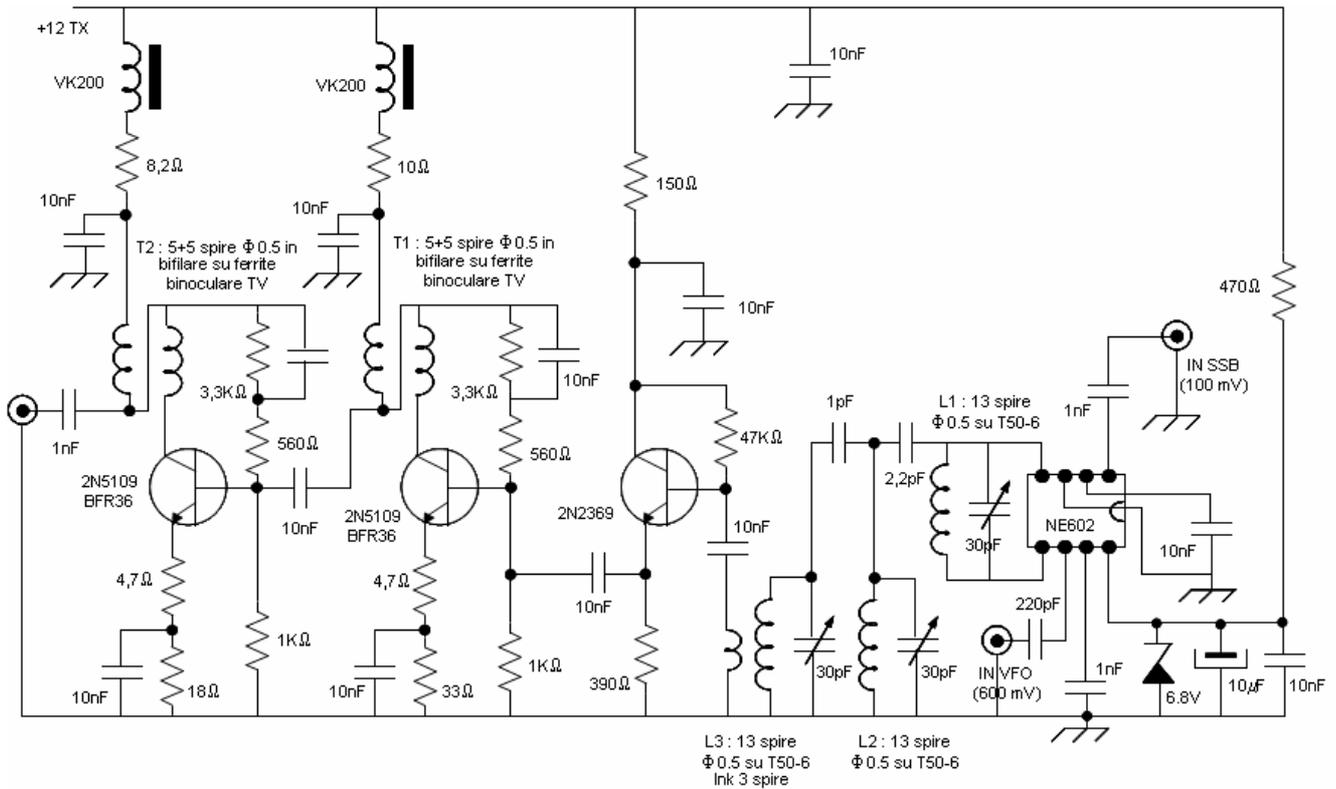
Il circuito stampato in scala 1:1 (43x40mm) e la disposizione dei componenti del modulo BF



Il modulo Mixer TX / Driver

Questo modulo ha il compito di miscelare il segnale SSB a 12 MHz con quello a 38 MHz del VFO per produrre il segnale SSB a 50 MHz. Il segnale viene poi amplificato dai due stadi del driver fino ad un livello di circa 300 mW, quanto basta per pilotare lo stradio finale QRP.

Il circuito elettrico del Mixer TX / Driver



Come mixer abbiamo utilizzato un altro NE602, inserendo in uscita tre circuiti risonanti a 50 MHz e uno stadio buffer che funge da adattatore di impedenza verso gli stadi di amplificazione. In questo modo il segnale ottenuto è adeguatamente ripulito e può essere amplificato a larga banda dai due transistor 2N5109 (oppure BFR36).

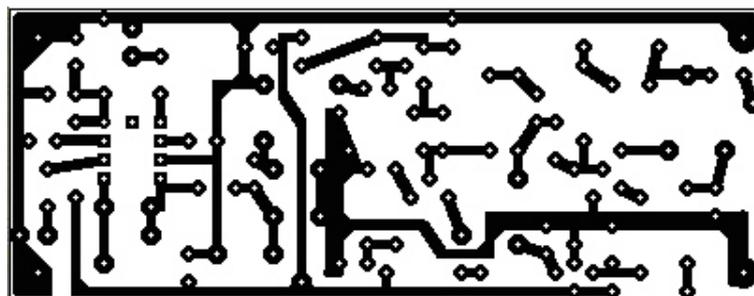
Il modulo viene alimentato solo in trasmissione dal circuito di commutazione PTT.

La taratura consiste nell'allineare i tre circuiti accordati agendo sui rispettivi trimmer capacitivi per ottenere la massima uscita su di un carico da 50 Ω (circa 300 mW). Ciò richiede il collegamento al VFO e al modulatore SSB, e lo sbilanciamento di quest'ultimo portando a massa il pin KEY.

Per i trasformatori a larga banda abbiamo utilizzato delle comuni ferriti binoculari per impiego TV, gli avvolgimenti vengono fatti con la solita tecnica bifilare, avvolgendo cioè contemporaneamente i due fili e collegando poi la fine di un avvolgimento con l'inizio dell'altro per ricavare la presa intermedia.

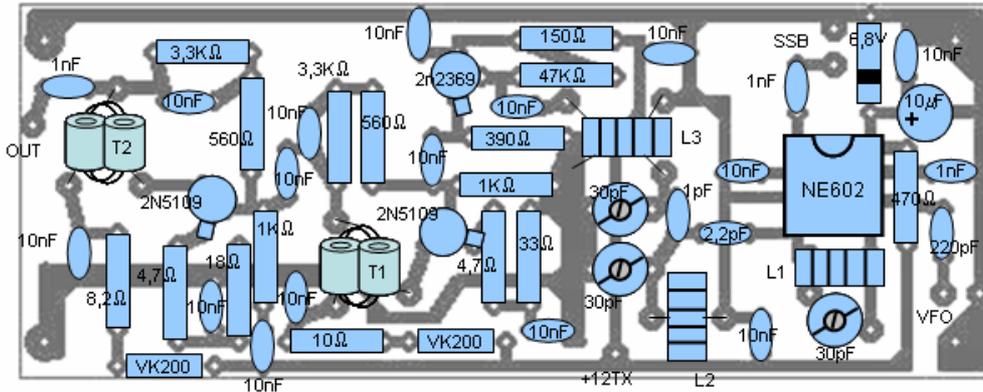
L'assorbimento di questo modulo si aggira sui 140 mA a piena potenza, bisognerà quindi dotare i transistor 2N5109 di due piccoli dissipatori.

Il circuito stampato in scala 1:1 (98 x 39mm)



Come già visto per il front-end, anche questo modulo viene realizzato con la tecnica della doppia faccia, lasciando intatta la copertura di rame dal lato componenti. I riporti di massa dovranno essere fatti saldando un terminale del componente direttamente a questo piano di massa (dal lato componenti).

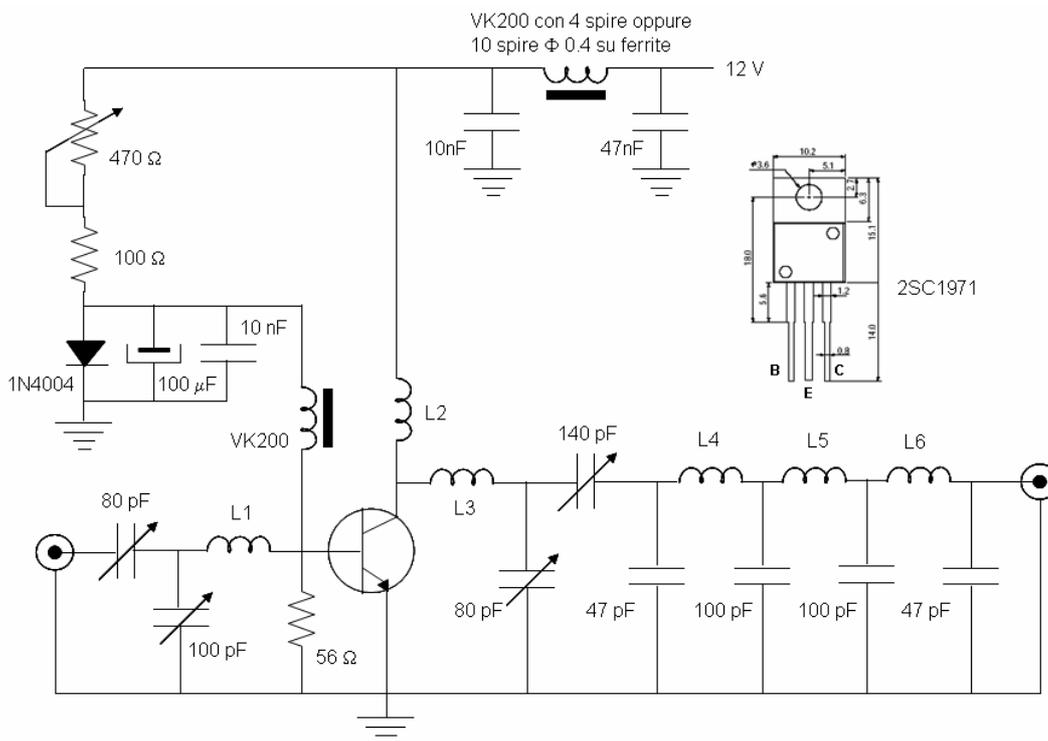
La disposizione componenti del Mixer TX / Driver



Il modulo Finale TX

Questo modulo ha il compito di amplificare in potenza il segnale proveniente dal driver TX. In un primo momento avevamo pensato di utilizzare per questo circuito dei comuni transistor 2SC2078, finali per CB dotati di una frequenza di taglio abbastanza elevata (100 MHz), anche perché ne avevamo un certo quantitativo in casa. Dopo alcune prove abbiamo dovuto però convenire che questo transistor non si prestava molto bene, e abbiamo dovuto ripiegare su qualcosa di più adatto allo scopo, anche se più costoso, un transistor per VHF 2SC1971. Abbiamo preso spunto dallo schema pubblicato da Alessandro IK0AQV su RR del 4/2000, e con questo transistor abbiamo ottenuto facilmente il risultato atteso : circa 7 W di potenza con 300 mW di pilotaggio, più che adeguato per il nostro QRP.

Il circuito elettrico del Finale TX

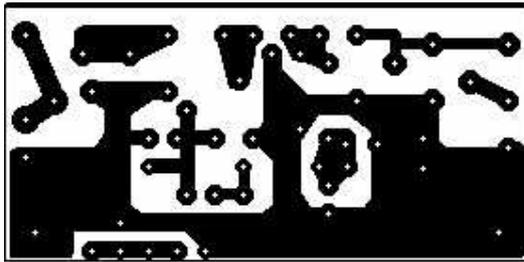


L1	3 spire rame smaltato Φ 0.8 mm in aria su diametro 6 mm, spaziate su 4 mm di lunghezza
L2	16 spire rame smaltato Φ 0.8 mm su T50-6
L3	4 spire rame smaltato Φ 0.8 mm in aria su diametro 6 mm, spaziate su 6 mm di lunghezza
L4	8 spire rame smaltato Φ 0.8 mm in aria su diametro 7 mm, serrate su 8 mm di lunghezza
L5	9 spire rame smaltato Φ 0.8 mm in aria su diametro 6 mm, spaziate su 16 mm di lunghezza
L6	8 spire rame smaltato Φ 0.8 mm in aria su diametro 6 mm, spaziate su 12 mm di lunghezza

Il transistor viene polarizzato regolando il trimmer da 470Ω in modo da ottenere un'assorbimento di circa 20 mA in assenza di segnale. La taratura richiede un po' di pazienza, infatti i vari trimmer capacitivi vanno regolati alternativamente fino ad ottenere la massima uscita su carico fittizio da 50Ω . Sempre allo scopo di ottenere la massima potenza in uscita potrebbe essere necessario variare leggermente la spaziatura delle bobine del pi greco.

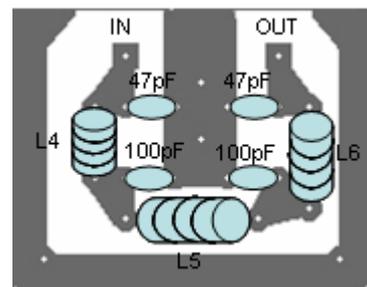
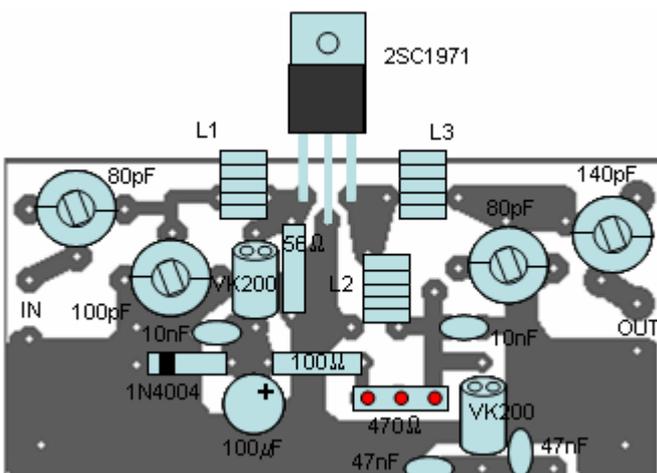
L'assorbimento del transistor a piena potenza dovrebbe superare di poco 1 Amper, con un rendimento del 60 % circa. Il transistor deve essere raffreddato con un idoneo dissipatore, capace di disperdere almeno 5 W di calore, nell'incertezza è meglio abbondare con le dimensioni e verificare che la temperatura non superi i 60° . Sarà opportuno controllare che l'uscita si azzeri rimuovendo il segnale di ingresso, in modo da escludere eventuali auto oscillazioni.

I circuiti stampati del finale TX (69x35 mm) e del filtro (42x33 mm)



Da notare che il filtro va realizzato con la tecnica della *doppia faccia*, lasciando intatta la copertura di rame da un lato per realizzare il piano di massa.

La disposizione dei componenti del finale e del filtro



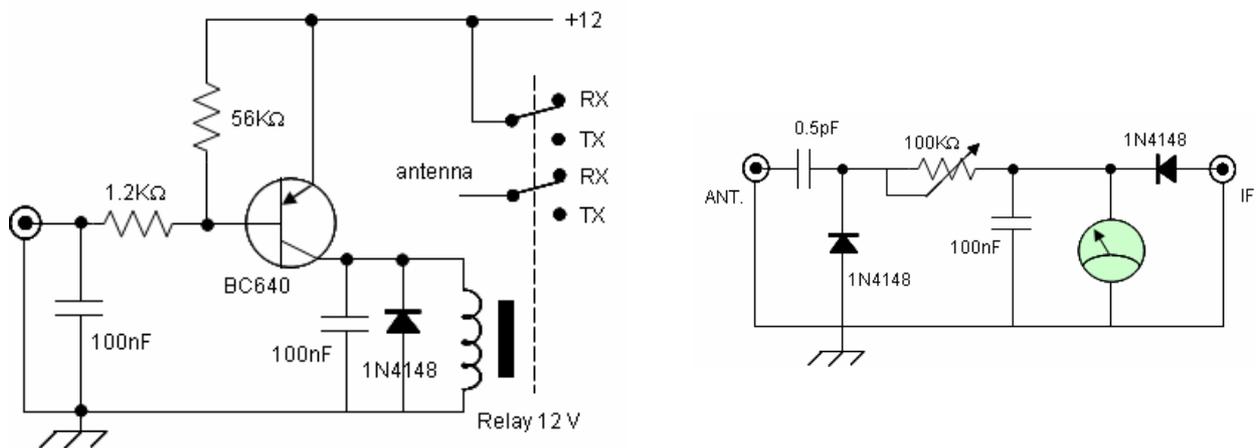
Il modulo PTT

Si tratta di un semplice circuito di commutazione azionato dal pulsante PTT del microfono (che deve chiudere verso massa). Viene impiegato un relay a doppio scambio che commuta la tensione di alimentazione RX / TX e il collegamento dell'antenna.

Per prevenire possibili instabilità è importante inserire sul ramo principale dell'alimentazione (+12V) una elevata capacità di bypass (2200-3300 μF), come si può vedere al successivo schema generale delle connessioni. In quello stesso schema si può anche vedere la modalità di collegamento dello strumentino per fargli svolgere la doppia funzione S/Meter – Misuratore di potenza, con l'impiego di una sonda RF di cui viene qui allegato lo schema.

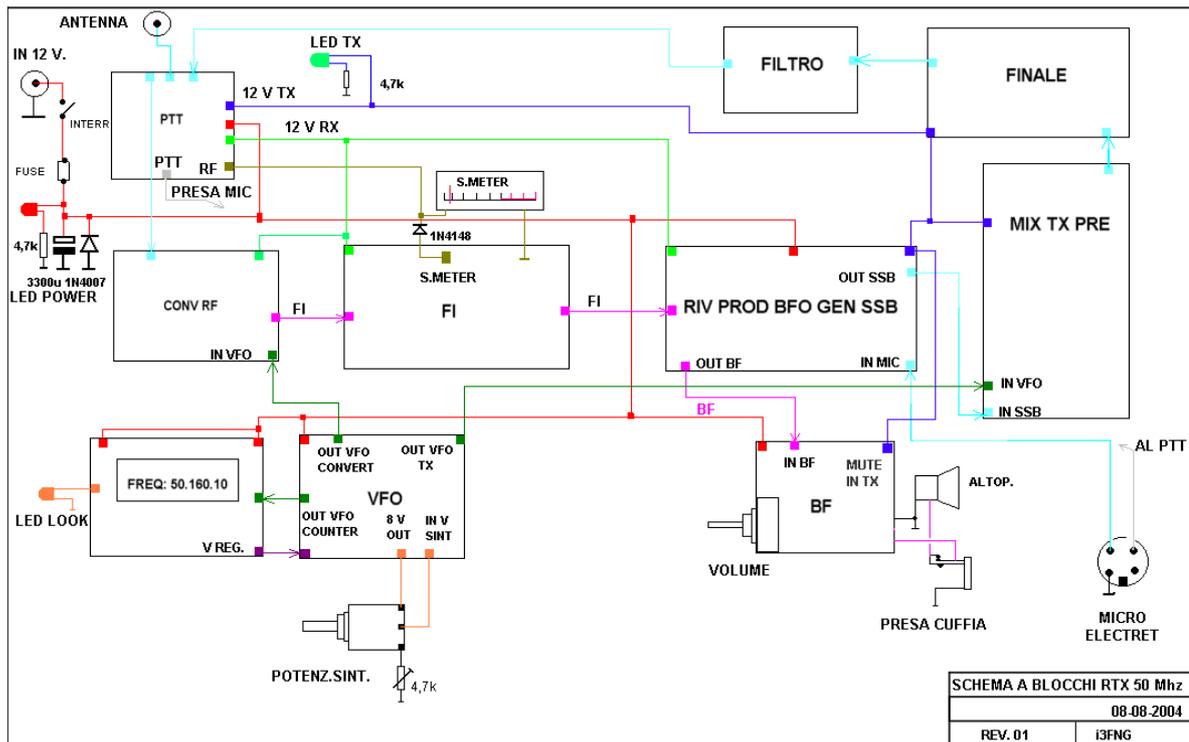
Riporto il solo schema elettrico, dato che la realizzazione dipende dal tipo di relay impiegato e può anche essere eseguita su basetta millefori. Ricordate in ogni caso che la commutazione RF di potenza va tenuta molto vicina al finale TX e al relativo filtro, usando brevi tratti di cavo coassiale e realizzando delle buone masse.

Il circuito elettrico del modulo PTT

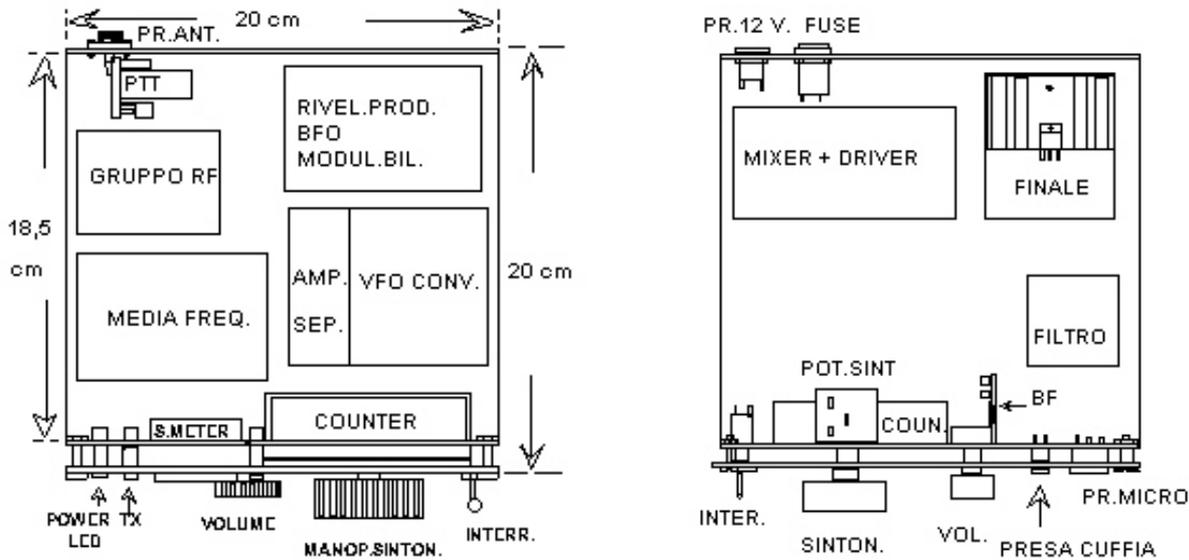


Il montaggio meccanico del RTX

Il montaggio meccanico può essere realizzato in vari modi, secondo le esigenze e i gusti individuali, tuttavia riteniamo utile proporre la costruzione di Giuseppe, che potrebbe essere di valido aiuto per affrontare questa delicata fase della realizzazione. In ogni caso è importante evitare troppi fili “volanti” che potrebbero essere veicolo di RF e fonte di instabilità, e realizzare delle buone masse. Altro accorgimento utile, sempre per limitare questo pericolo, può essere l’inserimento di piccoli elettrolitici (100 μF) come bypass sui punti di alimentazione dei moduli più “critici” (modulatore bilanciato, driver TX, ..)



a) schema dei collegamenti fra i vari moduli



d) particolare della disposizione dei vari moduli all'interno del mobile :
 parte superiore (a sinistra) e parte inferiore (a destra), da notare come i moduli di potenza (driver e finale) siano stati collocati nella parte inferiore, ben schermati ed isolati dal resto del circuito

Per concludere.

Come abbiamo visto, si tratta di un progetto che, pur presentandosi abbastanza semplice, richiede tuttavia una certa esperienza nei montaggi in radio frequenza, ma questo impegno sarà certamente ripagato dal risultato finale. In caso di necessità, e per ulteriori chiarimenti, potete rivolgervi all'amico Giuseppe I3FNG, disponibile via E-mail al seguente indirizzo : i3fng@yahoo.it e a me info@ik3oil.it