

FM transceiver "up-to-date" per i 144 MHz



un progetto de "Il Club Autocostruttori"
della sezione ARI di Padova

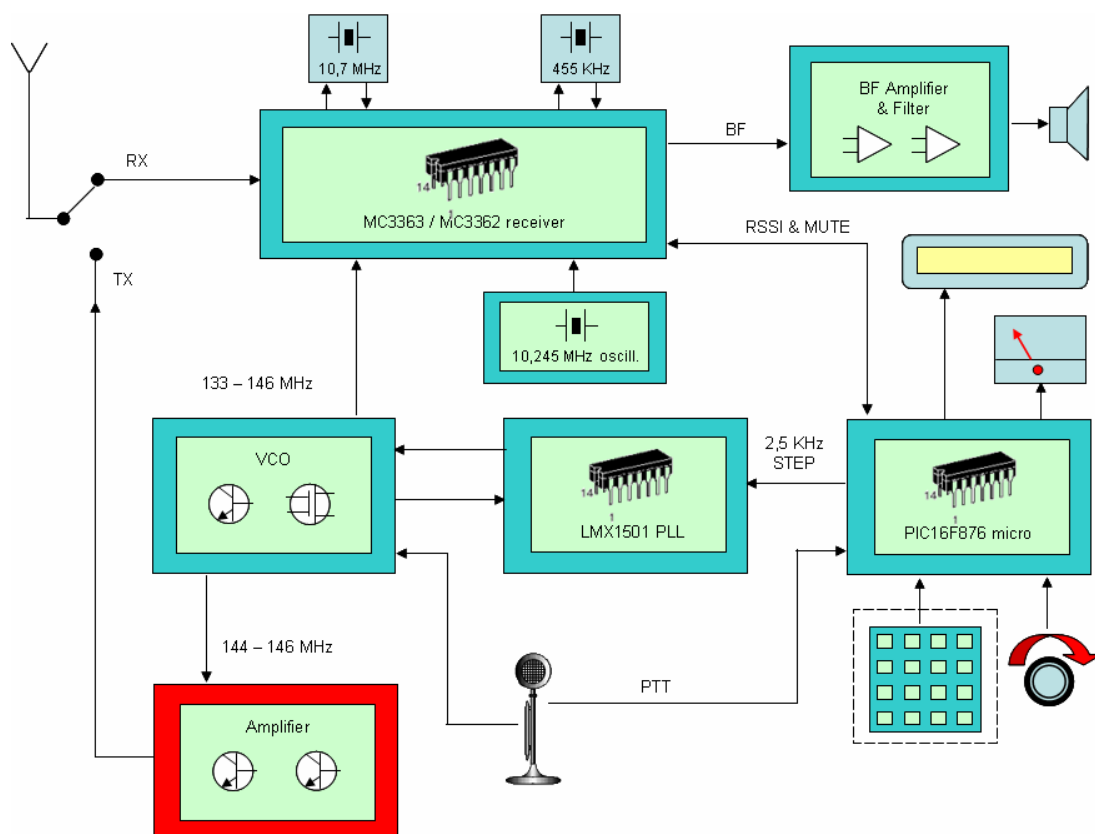
La nascita del progetto

L'idea è nata durante una delle serate che la sezione dedica alle attività del Club. A dire il vero qualcuno aveva lanciato il sasso : "perchè non costruire un palmare VHF, proprio come quegli attraenti oggettini dal nome blasonato, ICOM, Yaesu, etc... ?". Poi la prospettiva di dover ricorrere a circuiti stampati multistrato e componenti di dimensioni e reperibilità praticamente "impossibili" ha ridimensionato un pochino le



Vista dell'apparato finito e alloggiato nel suo contenitore

velleità. Siamo giunti pertanto ad un compromesso che potremmo definire un "piccolo portatile", full power e con qualche "marcia in più", grazie al microprocessore che controlla tutte le funzioni, compreso lo squelch e le commutazioni. Ma andiamo con ordine e cominciamo ad esaminare lo schema generale :



Come si può vedere si tratta di un disegno abbastanza classico, il cuore è un PLL National LMX1501, che incorpora anche i due divisori programmabili per il segnale del VCO e per quello di riferimento (ricavato dal clock del microprocessore). Per il ricevitore abbiamo optato per un integrato Motorola MC3363, che ha dalla sua un costo accessibile, buone prestazioni e semplicità di impiego. Come finale RF abbiamo scelto un modulo da 4-5 W, un po' datato ma reperibile ad un costo accettabile, con il vantaggio di poter saltare "a piè pari" alcuni stadi accordati di amplificazione sui 144 MHz. Infine il microprocessore è un PIC16F876, che ha il compito di controllare il rapporto di divisione del PLL, acquisire il livello del segnale, gestire il "muting" del ricevitore, la barra S-meter, le commutazioni RX-TX, le memorie, lo shift per i ponti, e varie altre cose. Il tutto in maniera abbastanza "intuitiva", dialogando attraverso la tastiera e l'encoder con il display alfanumerico LCD (2 righe da 16 caratteri).

L'intero apparato consta di quattro piccoli moduli : Controller e VCO, Ricevitore, Finale e Commutazioni, che possono essere alloggiati, con la relativa circuiteria, in un contenitore metallico (attenzione a curare le schermature) di dimensioni contenute (130x130x50 mm).

Per quanto riguarda la reperibilità del materiale, il numero riportato nel testo a fianco dei principali componenti indica il riferimento ad un possibile fornitore (vedi paragrafo alla fine dell'articolo).

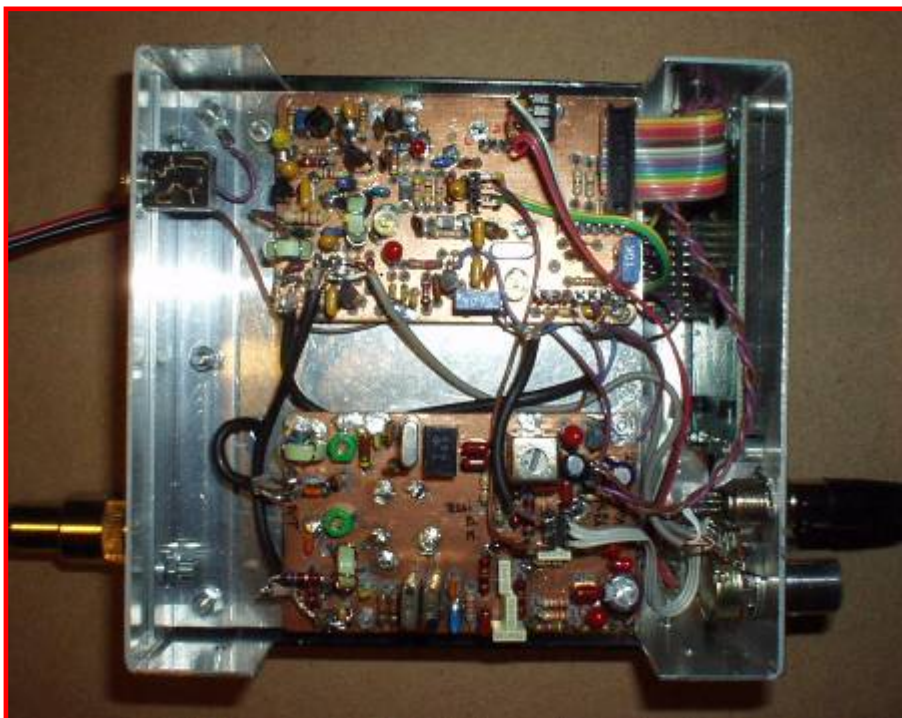
La tecnica di realizzazione dei circuiti stampati

I circuiti stampati dei moduli principali (RX, Controller e Finale RF) sono realizzati su basetta doppia faccia, uno dei lati (lato rame) riporta tutte le piste di collegamento. Su questa faccia devono essere montati i componenti SMD, il master per la fotoincisione riporta quindi il disegno visto dal lato rame, così come apparirà una volta inciso.

L'altro lato degli stampati è usato come piano di massa. Su questo lato vengono montati i componenti non SMD (resistenze, condensatori, ...). I master riportano le piazzole per l'inserimento dei componenti (rotonde) e le piazzole termiche per i collegamenti di massa (quadrato).

Per eseguire l'incisione si dovrà procedere nel seguente modo :

- stampare i due master su carta da lucidi per disegno tecnico (carta opaca porosa) con una normale stampante inkjet. Verificare che la stampa appaia compatta e che il nero sia realmente coprente. Alcuni inchiostri (specie se non originali) coprono poco, e il nero appare opaco in trasparenza. In tal caso è meglio fare una seconda stampa e sovrapporre i due lucidi, bloccandoli con delle graffette, in modo da ottenere un master di buona qualità.
- Ritagliare i due fogli (lato superiore e inferiore) mantenendo una larghezza del bordo sufficiente, e sovrapporre i due master in modo che le forature combacino. A questo punto i due foglietti vanno bloccati con delle graffette su tre lati, in modo da formare una busta entro la quale verrà collocata la basetta con le due facce fotosensibili di rame.
- Inserire la basetta entro la busta, in modo che resti stabilmente in sede e non possa muoversi.



*I due moduli "controller" e "ricevitore"
montati nella parte inferiore del contenitore*

- Il modulo SWITCH può essere invece realizzato su basetta a singola faccia in quanto non presenta problemi di schermatura o di ritorni di radio frequenza.

- Microprocessore PIC16F876 (2)
- PLL LMX1501 (1)
- VCO e Modulatore FM

Lo schema elettrico per il circuito del microprocessore.



Il controller a microprocessore è il cuore dell'intero apparato, vediamo nel dettaglio le sue varie funzioni, partendo dall'uso dei pulsanti :

- a) *ON/OFF*. Quando si dà tensione, sul display appare la scritta "OFF", nessuna funzione è a questo punto operativa finchè non viene premuto il tasto "ON/OFF". Alla pressione di questo tasto il programma acquisisce dalla memoria EEPROM i parametri salvati all'ultimo spegnimento : frequenza, step, etc... e abilita l'apparato in ricezione. Premendo una seconda volta questo tasto si ottiene lo spegnimento dell'apparecchio e il salvataggio degli attuali parametri di funzionamento.
- b) *STEP*. Questo tasto consente di impostare il passo di sintonia su uno dei tre valori previsti : 12,5 - 25 - 100 KHz. Ogni volta che viene premuto il tasto si passa ciclicamente al valore successivo.
- c) *SHIFT*. Con questo tasto si può impostare lo shift in trasmissione per l'utilizzo dei ponti ripetitori. I valori possibili sono : +600 KHz, -600KHz oppure nessuno shift.
- d) *NOTA*. Questo tasto porta l'apparato in trasmissione e modula la portante con una nota a 1750 Hz per l'attivazione dei ponti.
- e) *MEM*. Questo tasto attiva il funzionamento delle "memorie". Dopo la pressione del tasto si può selezionare con l'encoder una delle 10 memorie disponibili, richiamando quindi le condizioni di funzionamento (frequenza, step, shift, etc...) ad essa associate. La memoria selezionata può anche essere utilizzata per salvare gli attuali parametri di funzionamento (vedi tasto SAVE).
- f) *SAVE*. Questo tasto serve per salvare nella memoria selezionata (vedi tasto MEM) i parametri di funzionamento (frequenza, step, ...) attualmente in uso. Dopo la pressione del tasto questi parametri vengono salvati nella memoria (ricoprendo il contenuto precedente) e saranno disponibili per un successivo richiamo.
- g) *SQUELCH*. Questo tasto permette di impostare il livello del silenziamento del ricevitore, premendolo e ruotando contemporaneamente l'encoder si può selezionare uno dei 10 livelli previsti. La modalità di manovra dell'encoder è analoga al classico potenziometro, si ruota cioè fino a raggiungere la soglia di silenziamento, poi va rilasciato il tasto per memorizzare il valore.
- h) *SCAN*. Questo tasto attiva la funzione di ricerca automatica delle emissioni presenti sulla gamma dei 144 MHz. La scansione parte dalla frequenza impostata e si ferma quando il μP rileva un segnale di ampiezza superiore alla soglia di silenziamento. Per proseguire con la scansione è sufficiente premere nuovamente questo pulsante. Per interrompere la scansione basta premere un qualsiasi altro tasto.

Nel circuito è previsto un ulteriore tasto (NC) per eventuali future applicazioni. Un'importante funzione del microprocessore è il controllo della frequenza di lavoro. Questa può essere impostata mediante un encoder rotativo (4), che potrà essere del tipo meccanico (più economico) oppure ottico (più veloce e affidabile). Da tenere presente il fatto che l'encoder di tipo meccanico va corredato con le due resistenze esterne da 10 K Ω ed i due condensatori da 10 nF, mentre il tipo ottico ha già inserita al suo interno tutta la circuiteria necessaria e va semplicemente collegato ai quattro pin previsti sullo stampato. La rotazione dell'encoder imposta il fattore di divisione del PLL, e quindi la frequenza sintonizzata; come abbiamo visto i passi sono selezionabili da 12,5 a 100 KHz, e ogni scatto corrisponde ad un singolo passo di decremento o incremento della frequenza. I limiti sono fissati a 144 e 146 MHz rispettivamente.

Il μP controlla poi la commutazione RX-TX, al momento dell'accensione entrambe le funzioni sono disabilitate; premendo il tasto ON/OFF viene attivata la funzione RX; il sistema si porta in trasmissione quando viene premuto il PTT o il tasto di nota a 1750 Hz. La nota viene generata dal circuito interno PWM del PIC.

Tutte le funzioni operative sono visualizzate sul display LCD, del tipo alfanumerico con 2 righe da 16 caratteri (1). Il contrasto è regolabile tramite il trimmer da 22 K Ω . Le informazioni presentate sulla prima riga sono :

- modalità operativa : RX o TX
- frequenza
- barra S/meter: indica il livello del segnale

sulla seconda riga vengono evidenziati :

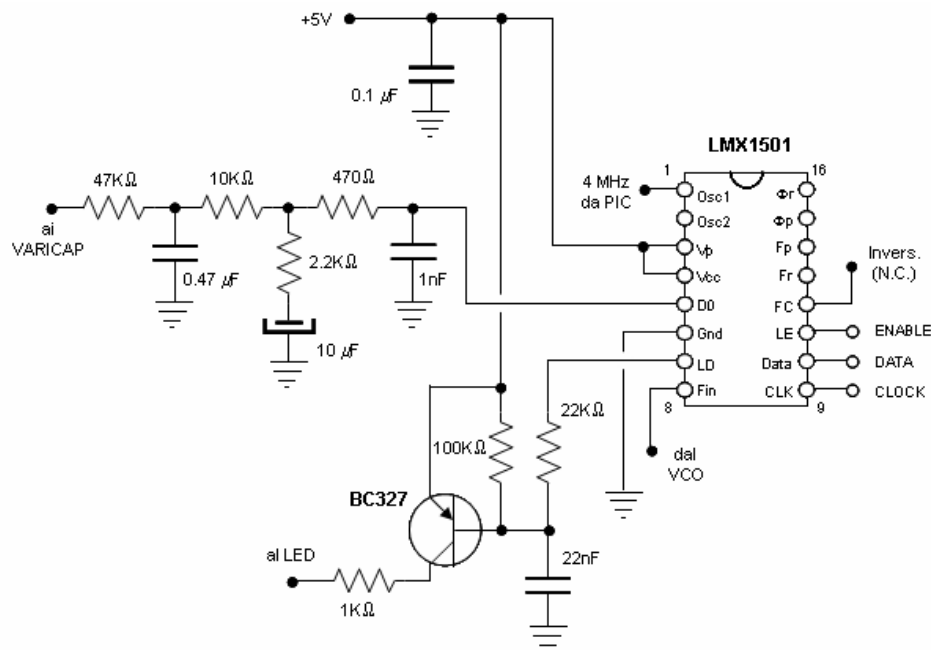
- step : A = 12.5, B= 25, C=100
- shift : 0= no shift, A= -600, B=+600
- mem: numero della memoria richiamata (da 1 a 10)
- squelch: valore della soglia (da 0 a 9)

Per la programmazione del PIC16F876 è previsto un connettore a quattro poli, al quale va collegato il programmatore esterno. La funzione dei quattro pin è la seguente (dall'alto in basso sullo schema) :

- tensione di attivazione della modalità programmazione (13,5 V), Clock, Data, Ground

Per eseguire la programmazione è necessario accendere l'apparato e poi innestare il connettore. Con alcuni programmatori può essere necessario bloccare l'oscillatore del PIC, a tale scopo è previsto un apposito ponticello sullo stampato, che pone a massa il pin OSC1.

Lo schema elettrico per il circuito del PLL.



Il PLL è realizzato con un circuito integrato dedicato (LMX1501 in versione SMD). Sul funzionamento di questa parte del modulo non c'è molto da dire, dato che fa quasi tutto l'IC. Unico circuito accessorio è il filtro di loop, che ho ricavato da un circuito analogo e funziona molto bene, assai rapido nell'aggancio e senza alcuna tendenza all'instabilità. La frequenza di aggancio viene impostata dal microprocessore a 2.500 Hz, quindi il passo minimo (12.500 Hz) è ottenuto come multiplo di questa frequenza di riferimento ($F_{RIF} \times 5$).

In fase di messa a punto, è stato necessario inserire una piccola induttanza (perlina di ferrite con un paio di spire) fra l'uscita del VCO e l'ingresso dell'IC (F_{IN}), infatti il prescaler del PLL risultava molto sensibile alle armoniche del VCO e l'aggancio era difficoltoso.

Data l'elevata impedenza presentata dal pin OSC1, ho potuto utilizzare per il clock i 4 MHz ricavati dall'oscillatore del PIC, risparmiando un quarzo e il relativo ingombro sullo stampato. Mediante il

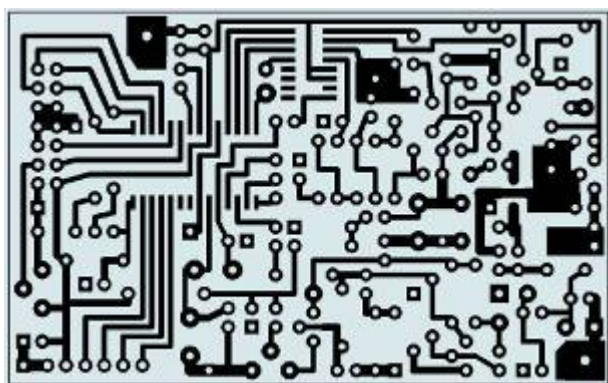
profondità di modulazione può essere regolata con il trimmer da 10 K Ω .

Il microfono impiegato è del tipo "electret" (capsula preamplificata a FET), che ho montato all'interno di una piccola scatola di plastica. Sul lato posteriore della scatola ho ricavato un'apertura, protetta con una griglia metallica, che si è dimostrata assai utile per evitare risonanze e migliorare la qualità della modulazione. Sulla parte anteriore della scatola ho alloggiato invece la pulsantiera per il controllo delle varie funzioni, di lato si trova il pulsante PTT.

Qualche parola va spesa a proposito dell'accoppiamento fra l'oscillatore e il MAV11. Dopo varie prove ho finito per usare un link di una sola spira, se in fase di messa a punto si rilevasse una potenza di uscita insufficiente (minore di 20 mW), si potrà portare a due spire questo link, ottenendo un sensibile aumento di potenza.

Da notare il partitore in uscita che serve a ridurre l'ampiezza del segnale verso il mixer del ricevitore, questo infatti non dovrebbe superare i 300-400 mV (misurati sul pin di ingresso del ricevitore) per non provocare sovraccarico.

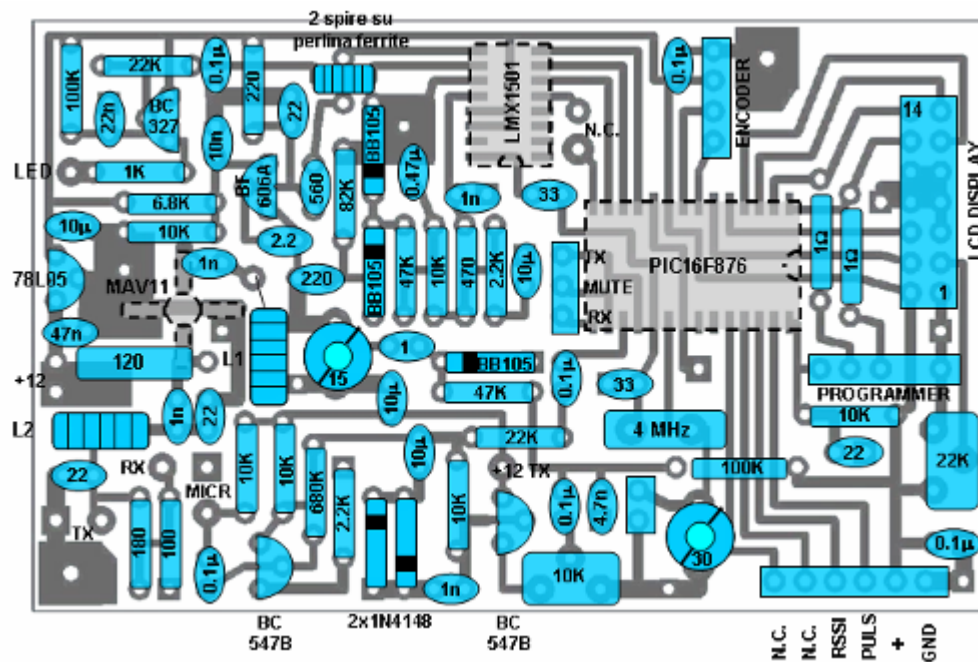
Il PCB e la disposizione dei componenti per il modulo Controller e VCO (dim. 50x80 mm).



Il master (a sinistra) riporta, in scala 1:1, il disegno dello stampato visto dal lato rame, cioè il lato dove andranno montati i componenti SMD. Il lato opposto (dove vengono montati i componenti normali) riporta il piano di massa e le relative piazzole per gli ancoraggi, la stampa di quest'ultimo (su carta da lucidi) andrà "rovesciata", in modo da allinearsi con le forature del primo.

Per la realizzazione degli stampati vale quanto detto nello specifico paragrafo sopra. Il montaggio dei componenti dovrà essere fatto con una certa attenzione, infatti lo spazio disponibile è piuttosto ridotto, data la scelta fatta per miniaturizzare il circuito. I riporti di massa, individuati dalle piazzole quadrate, dovranno essere saldati da entrambi i lati, passando un filo di rame stagnato da 0.5 mm attraverso il foro.

Segue il layout dei componenti, visti dal lato superiore (in questo disegno i componenti SMD si trovano sull'altro lato e sono quindi visti in trasparenza).



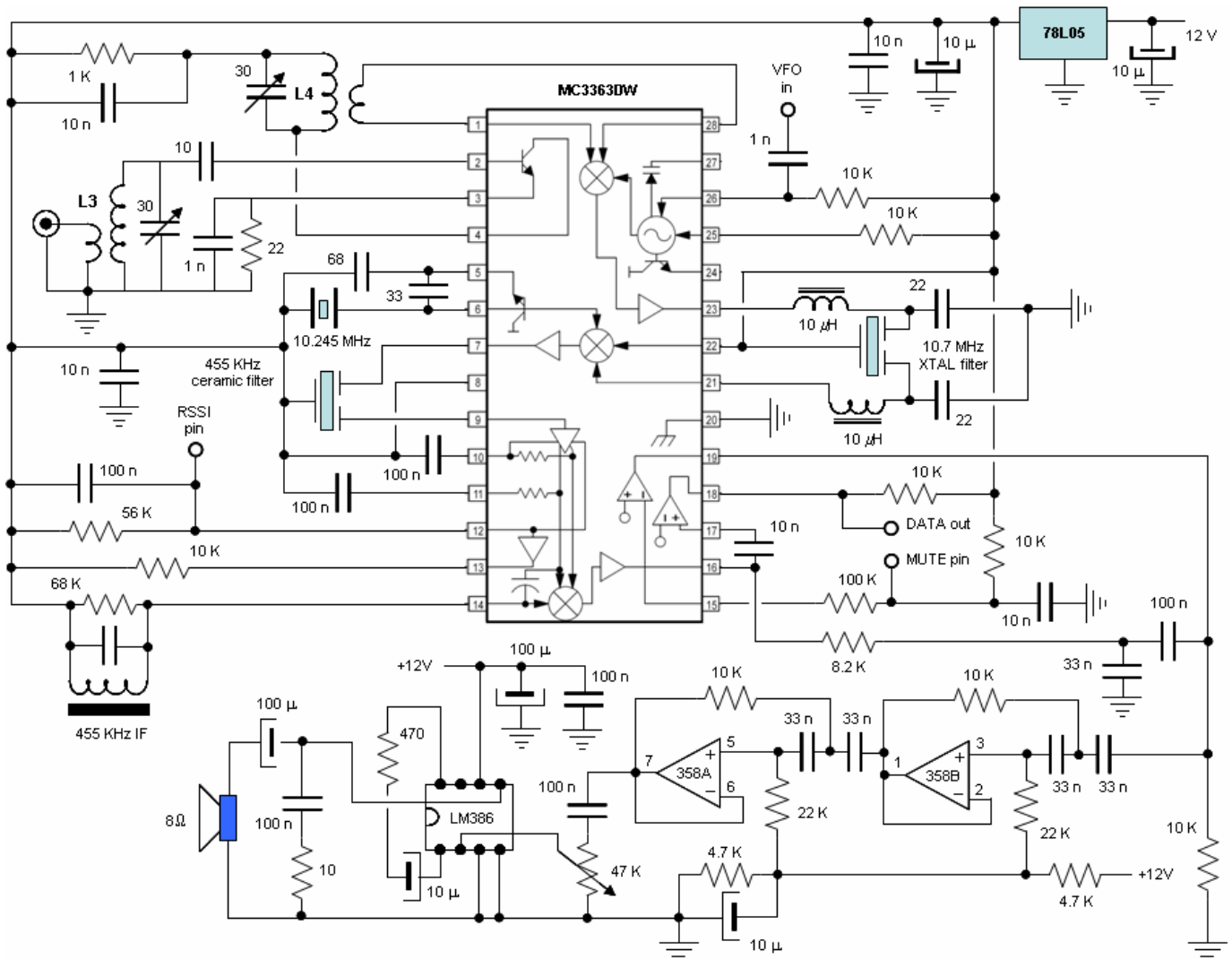
Il modulo del Ricevitore

Questo modulo alloggia i seguenti dispositivi :

- Ricevitore a doppia conversione con IC MC3363 (3)
- Filtro attivo Passa Alto 24 dB/ottava con IC LM358 (4)
- Amplificatore BF con IC LM386 (4)

e la circuiteria collegata. Per ottimizzare gli ingombri abbiamo utilizzato anche in questo caso la versione SMD dei tre IC.

Lo schema elettrico per il circuito del ricevitore.



Lo schema di utilizzo del MC3363 è praticamente ricavato dal datasheet Motorola. Il segnale proveniente dall'antenna viene amplificato dal transistor presente nell'IC, mentre un doppio circuito accordato limita le frequenze immagine. Le due bobine L3, L4 sono realizzate avvolgendo 4 spire di filo di rame smaltato da 0.5 mm su di un nucleo toroidale T37-12 (2), il link è composto da 2 spire.

Il segnale proveniente dal VFO viene applicato al pin 26 (primo mixer), sullo stampato è prevista una resistenza R^I (da qualche decina di Ohm) che potrà essere inserita per ridurre l'ampiezza del segnale. In uscita dal primo mixer (pin 23) troviamo un filtro a quarzi, con una larghezza di banda di 15 KHz (2). In realtà l'IC prevede su questa uscita un filtro ceramico a bassa impedenza, è stato quindi necessario inserire una doppia rete adattatrice LC. Naturalmente è possibile sostituire questo filtro con un

modello ceramico, più economico, in questo caso non serve la rete adattatrice e ci si dovrà accontentare di una minore selettività.

Il secondo mixer è controllato da un quarzo a 10.245 KHz, e alla sua uscita troviamo un filtro ceramico ad elevata selettività (9 KHz) della Murata (2). Il complesso dei due filtri conferisce al ricevitore una buona separazione fra i canali.

Dal pin 12 dell'IC viene prelevato il livello RSSI, che ha un'escursione di circa 300 mV, in funzione dell'ampiezza del segnale ricevuto. Questo segnale viene inviato al convertitore A/D del microprocessore che lo utilizza per pilotare la barra S/Meter e per impostare il livello di squelch sul pin 15 dell'IC.

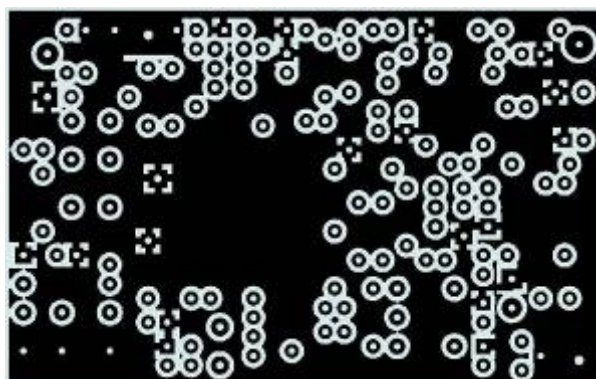
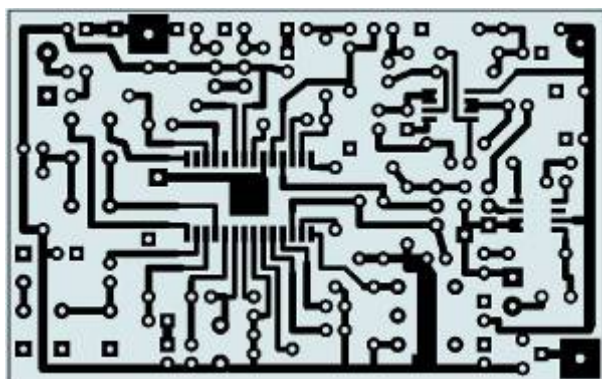
Al pin 14 è collegato il discriminatore FM, che utilizza un normale trasformatore IF da 455 KHz.

Dal pin 16 viene prelevato il segnale audio, che subisce un leggero filtraggio passa basso per ridurre il rumore e poi entra in un doppio filtro attivo passa alto. Questa parte del circuito è stata prevista per poter aggiungere eventualmente in seguito la gestione dei sub-toni e la relativa funzione di tone-squelch.

Infine un amplificatore LM386 provvede a "pompare" il segnale audio ad un livello adeguato per l'ascolto in altoparlante.

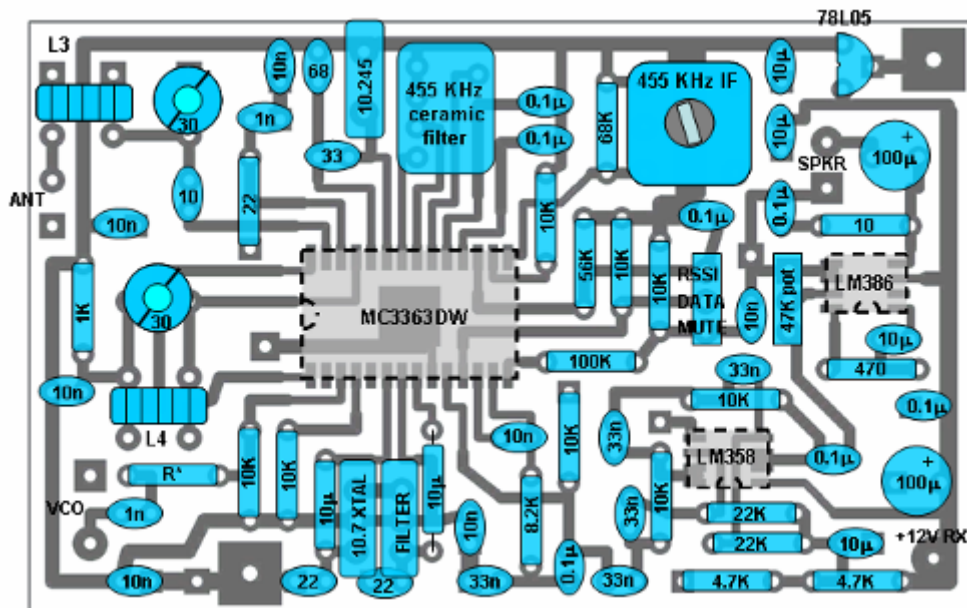
Qualora si riscontrasse nel ricevitore una tendenza ad autooscillare, si potrà togliere il condensatore da 1nF sull'emettitore del transistor preamplificatore RF, penalizzando leggermente la sensibilità.

Il PCB e la disposizione dei componenti per il modulo Ricevitore (dim. 50x80 mm).



Vale quanto detto per la basetta del PLL, il master (a sinistra) riporta il disegno dal lato dove andranno montati i componenti SMD. Il lato opposto (dove vengono montati i componenti normali) riporta il piano di massa, da stampare su lucido e "rovesciare", in modo da allineare le forature. I riporti di massa, individuati dalle piazzole quadrate, dovranno essere saldati da entrambi i lati.

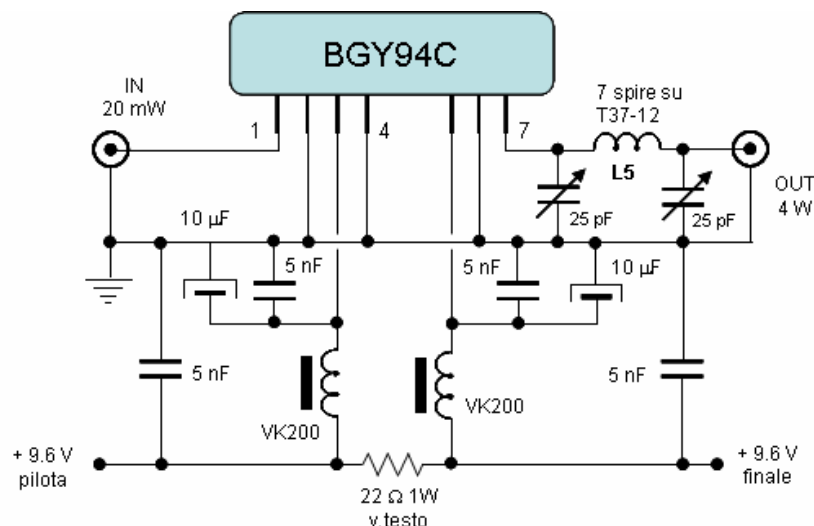
Segue il layout dei componenti, visti dal lato superiore (quindi componenti SMD visti in trasparenza).



Il modulo dell'amplificatore finale RF

Per questa funzione abbiamo optato per un modulo ibrido BGY94C (2), reperibile ad un costo ragionevole, e in grado di fornire una potenza di 4-5 W in antenna.

Lo schema elettrico per il circuito del finale RF.



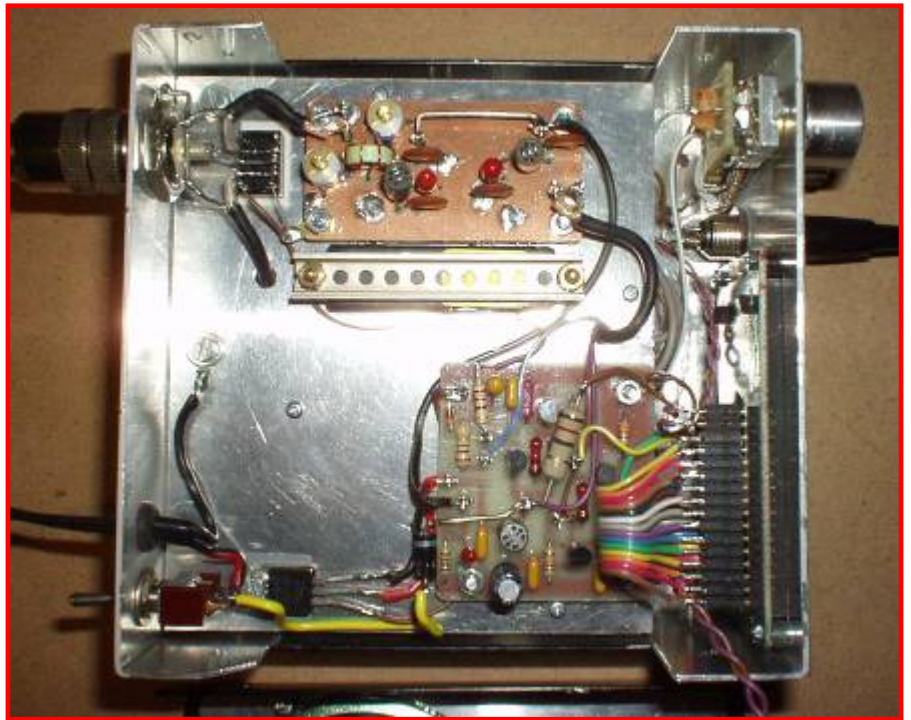
Lo schema di utilizzo è ricavato dal datasheet del componente, ho aggiunto solo un filtro a pi-greco per limitare le armoniche. Da notare la *resistenza da 22Ω - 1W* posta fra l'alimentazione del finale (pin 5) e quella del pilota (pin 3). Questa resistenza potrà essere eventualmente inserita per limitare la potenza di uscita qualora risultasse superiore ai 5W, in caso contrario i due pin vengono collegati direttamente fra di loro. Il limite dei 5 W non dovrebbe essere superato per non compromettere l'integrità del

modulo. Qualora invece la potenza risultasse troppo bassa (minore di 3W), si potrà intervenire portando a due spire il link sulla bobina del VCO.

La taratura è molto semplice, si tratta infatti di regolare i due trimmer del pi-greco per la massima potenza su idoneo carico fittizio.

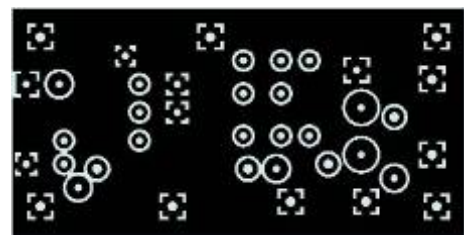
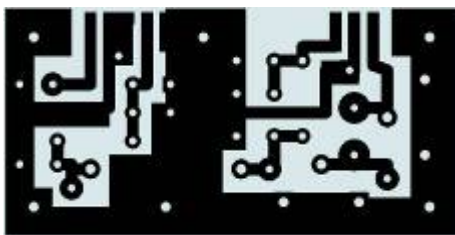
Il modulo va dotato di un efficace dissipatore di calore, si può usare a tale scopo la parete posteriore del contenitore metallico, oppure, come nelle mie foto, la stessa superficie metallica di montaggio. Il modulo va bloccato con una piccola bandella di metallo in modo da assicurare un buon contatto termico.

La commutazione di antenna è stata realizzata con un piccolo relay di segnale (2), idoneo per lavorare fino alle VHF, alimentato direttamente dal modulo delle commutazioni. Il relay va posizionato nelle immediate vicinanze del bocchettone di antenna.



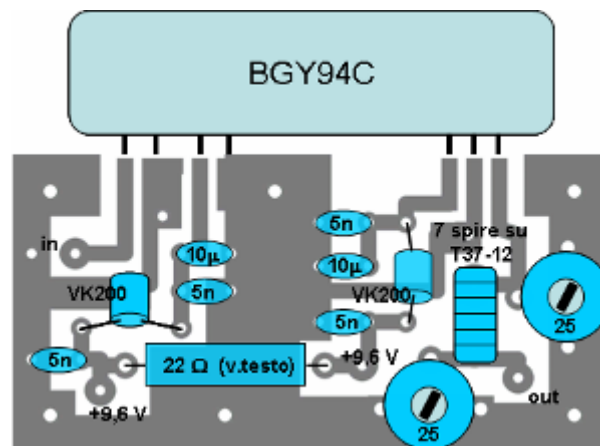
I due moduli "finale" e "commutazione" montati nella parte inferiore del contenitore

Il PCB e la disposizione dei componenti per il modulo finale RF (dim. 30x60 mm).



Il master (a sinistra) riporta il lato delle piste in rame visto dall'alto (in trasparenza), questo master andrà stampato su carta da lucidi e poi "rovesciato" per eseguire la fotoincisione. Il lato opposto (a destra) riporta il piano di massa, su questo lato andranno montati tutti i componenti, ad eccezione del modulo RF i cui piedini vanno saldati sul lato inferiore. Questo disegno andrà allineato in modo da far coincidere le forature. I riporti di massa, individuati dalle piazzole quadrate, dovranno essere saldati da entrambi i lati.

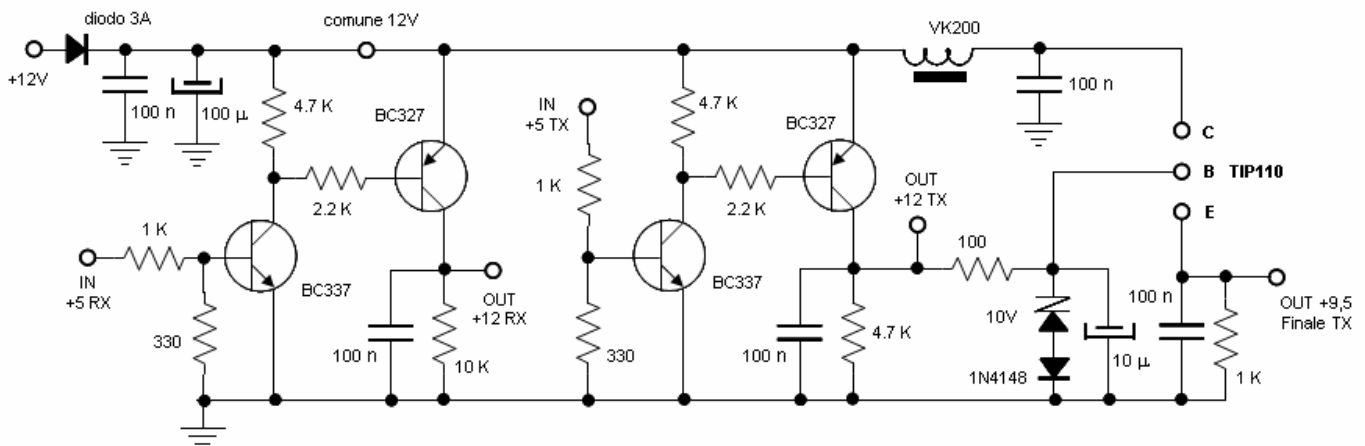
Segue il layout dei componenti, visti dal lato superiore (cioè il piano di massa) :



Il modulo con il circuito di commutazione.

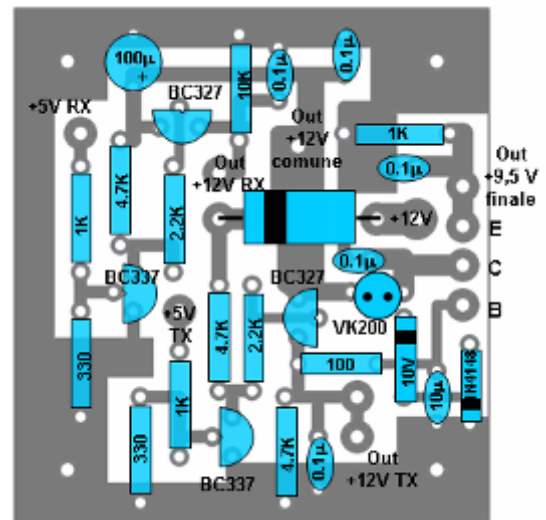
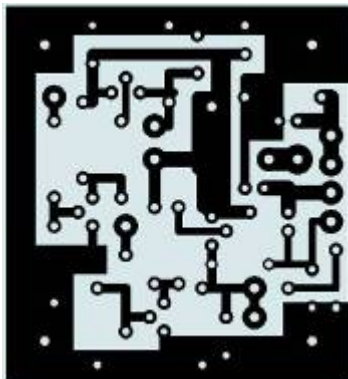
Su questo modulo è alloggiato il sistema delle commutazioni ed il circuito alimentatore dello stadio finale (che va alimentato a 9,5 V). Poiché il darlington (TIP110) dissipa una quantità di calore non trascurabile, è necessario montare questo componente su una piccola aletta di raffreddamento (almeno 15 cm²) che andrà sistemata all'esterno dello stampato (nel nostro caso la funzione è svolta dallo stesso piano metallico di montaggio). Non dimenticate di interporre fra il transistor e la carcassa metallica l'apposita mica di isolamento.

Lo schema elettrico per il circuito delle commutazioni.



Poiché volevamo ridurre al minimo le parti meccaniche dell'apparato, abbiamo optato per un sistema di commutazione elettronica attivato direttamente da due porte del microprocessore (RX e TX). Il circuito è stato dimensionato in modo da poter fornire i valori di corrente richiesti dai vari circuiti e non richiede alcuna taratura. Suggerisco comunque di verificare la tensione presente sul pin "OUT FINALE", che non deve superare il valore di 9,5 V. L'uscita "OUT TX" viene utilizzata anche per azionare il relay di antenna (interponendo un'eventuale resistenza in base alla tensione di lavoro del relay).

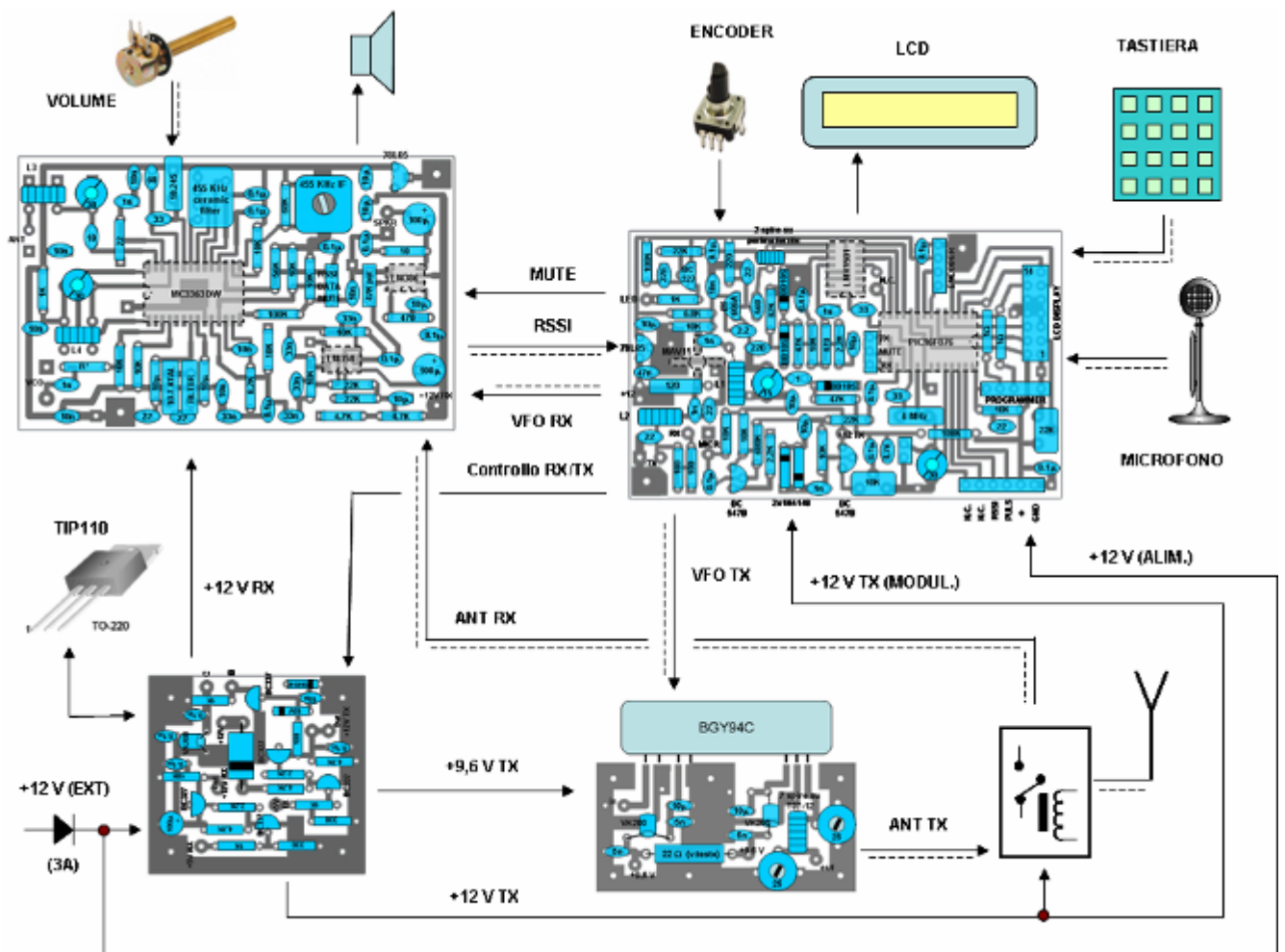
Il PCB e la disposizione dei componenti per il modulo delle commutazioni (dim. 45x50 mm).



Il master (a sinistra) riporta il disegno visto dall'alto (in trasparenza), dal lato dove andranno montati i tutti i componenti, ad eccezione del darlington TIP110 che dovrà essere fissato su un'aletta esterna per il raffreddamento.

Le connessioni fra i moduli.

Il disegno riporta lo schema delle interconnessioni fra i quattro moduli che compongono l'apparato.



Le connessioni in tratteggio indicano l'impiego di cavetto schermato. Da notare la protezione contro le inversioni di polarità, realizzata con un diodo raddrizzatore da 3A.

Raccomando di alloggiare il tutto entro un contenitore metallico, con un efficace piano di massa e una buona schermatura. Una buona soluzione è quella visibile nelle foto, con i moduli VCO e RX montati nella parte inferiore del contenitore, ben separati e schermati dal modulo finale RF, mentre la presa microfono e il bocchettone di antenna sono collocati distanti fra loro e ben schermati.

Riepilogo delle note di taratura.

Penso sia utile a questo punto riportare una sintesi degli accorgimenti da seguire per la messa a punto dell'apparato. Le operazioni di taratura richiedono la disponibilità di un frequenzimetro ad elevata impedenza di ingresso (o, come soluzione di ripiego, un ricevitore con adeguata copertura di frequenza), e di una sonda RF.

Modulo Controller e VCO.

- ✓ Per centrare esattamente la frequenza di emissione, si può tarare l'oscillatore del PIC (4 MHz) agendo sull'apposito compensatore da 30 pF.
- ✓ L'oscillatore VHF (BC606A) richiede una specifica taratura, si può procedere nel seguente modo :
 - Sconnettere i due BB205 dal PLL (resistenza da 47 K Ω)
 - Sconnettere il terzo BB205 dal modulatore (capacità da 100 nF)
 - Fornire alla coppia di BB205 una tensione variabile da 1V a 4V, e tarare il compensatore di accordo (15 pF) in modo da ottenere una copertura di frequenza da 133 a 146 MHz circa (a montaggio ultimato sarà opportuno verificare che la tensione in uscita dal filtro del PLL sia compresa fra questi valori).
 - Fornire al terzo BB205 una tensione variabile da 5 a 5,15 V (delta = 150 mV) e verificare che la deviazione di frequenza sia di circa 5KHz.
- ✓ Verificare che la tensione presente sull'uscita RX sia di circa 600 mV pp (a vuoto) e quella sull'uscita TX circa 4 V pp. Eventualmente si potrà portare a due spire il link su L1 per aumentare questi livelli.
- ✓ Impostare il trimmer che regola la profondità di modulazione a circa 1/3 del livello massimo.

Modulo Ricevitore.

- ✓ I due circuiti accordati L3 e L4 vanno tarati per la massima sensibilità agendo sui due compensatori.
- ✓ Qualora si riscontrasse una tendenza ad autooscillare, si potrà togliere il condensatore da 1nF sull'emettitore del transistor preamplificatore RF, penalizzando leggermente la sensibilità.
- ✓ Verificare la tensione sul pin RSSI, dovrebbe variare da un massimo di 4,6-4,7 V in assenza di segnale ad un minimo di 4,3-4,4 V in presenza di un segnale molto forte. Eventualmente si potrà agire sulla resistenza da 56 K Ω per rientrare su questi valori.
- ✓ Tarare il nucleo del discriminatore FM per la massima intensità e la migliore qualità del segnale ricevuto.

Modulo Finale RF.

- ✓ I due trimmer del pi-greco vanno regolati per la massima potenza su idoneo carico fittizio.
- ✓ Inserire eventualmente la resistenza da 22 Ω qualora la potenza risultasse superiore ai 5W.
- ✓ Qualora invece la potenza risultasse troppo bassa (minore di 3W), si potrà intervenire portando a due spire il link sulla bobina del VCO (L1).

Modulo Commutazioni.

- ✓ Verificare la tensione presente sul pin "OUT FINALE", che non deve superare il valore di 9,5 V, pena il danneggiamento del finale RF.

Riepilogo dei dati di avvolgimento delle bobine impiegate :

cod.	supporto	avvolgimento
L1	T37-12 (2)	5 spire Φ 0.5, secondario una spira
L2	T37-12	6 spire Φ 0.5
L3	T37-12	4 spire Φ 0.5, secondario 2 spire
L4	T37-12	4 spire Φ 0.5, secondario 2 spire
L5	T37-12	7 spire Φ 0.5

Reperibilità dei componenti e dati delle bobine.

Cito qui alcuni fra i possibili fornitori ove si possono reperire i principali componenti impiegati nel progetto (il numero è riportato a fianco del componente nel testo) :

- 1) www.elettroshop.it/
- 2) www.rfmicrowave.it/
- 3) www.calpedel.it/
- 4) www.rs-components.it

Per concludere.

La nostra intenzione, nell'affrontare questo progetto, è stata quella di realizzare un apparato di semplice costruzione, e al tempo stesso abbastanza completo per il normale uso amatoriale. Speriamo di esserci riusciti, in ogni caso quanti vorranno cimentarsi nell'impresa potranno contattare, in caso di bisogno, uno dei seguenti indirizzi E-mail :

info@ik3oil.it (Francesco)

per il progetto in generale,

silverydaniolo@libero.it (Danilo) per il software e per l'eventuale programmazione del PIC .



Particolare del pannello frontale del RTX

Francesco Morgantini (IK3OIL).