

RTX FM a larga banda per i 70 cm

I Parte

S53MV, Matjaž Vidmar

1. Introduzione

Un RTX FM a larga banda non è inteso per collegamenti in fonia, visto che a noi radioamatori non interessa avere una qualità audio HiFi. Lo scopo principale del progetto descritto in questo articolo è di realizzare un RTX il più semplice possibile per il packet-radio. Anche se in teoria si potrebbe raggiungere una portata radio superiore, una minore sensibilità alle onde riflesse ed utilizzare una banda di frequenze più ristretta usando una modulazione PSK e/o ancora più sofisticata, in pratica un RTX PSK contiene almeno tre volte il numero dei componenti di un equivalente RTX FM e la sua costruzione e messa a punto risultano molto più impegnative.

La modulazione PSK e/o altre forme di modulazione più sofisticate rimarranno perciò dedicate ai collegamenti via satellite oppure ai collegamenti packet-radio terrestri ad altissima velocità (1 Mbps o più), in pratica in tutte le applicazioni che richiedono una elevata portata radio e/o altissima velocità di trasferimento dei dati. Dall'altra parte, per tutti i collegamenti packet-radio terrestri a velocità medio-bassa, fino a circa 100 kbps, la scelta più logica è un RTX FM abbinato ad un semplice modem AFSK, Manchester o simile.

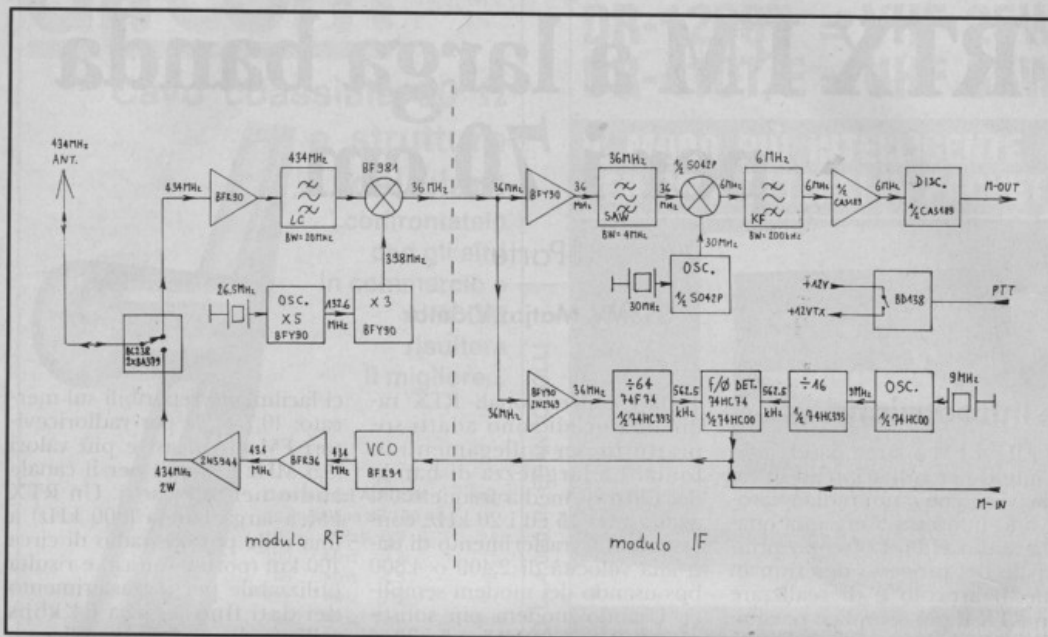
Tutti i convenzionali RTX radioamatoriali sono adatti soprattutto per collegamenti in fonia. La larghezza di banda del filtro di media frequenza si aggira tra i 15 ed i 20 kHz, consentendo il trasferimento di dati alla velocità di 2.400 o 4.800 bps usando dei modem semplici. Usando modem più sofisticati (K9NG, G3RUH o simili) si possono raggiungere e superare i 9.600 bps, purtroppo non senza altre limitazioni. Per esempio, il modem di G3RUH (e le sue diverse copie) richiedono innanzitutto una sostanziosa modifica ad un RTX FM commerciale. Inoltre, questo tipo di modem richiede anche il trasferimento di frequenze molto basse dello spettro audio, incompatibile con i metodi di modulazione usati in buona parte dei RTX FM commerciali (modulazione diretta del PLL o modulazione di fase). Anche tentando di modificare il PLL del RTX i risultati rimangono mediocri: TXDelay lungo, portata radio ridotta e ripetizioni inutili dei pacchetti, in pratica vanificando l'aumento della velocità di trasmissione.

Ovviamente in un ricetrasmittitore autocostruito abbiamo sempre la libertà di scegliere la larghezza di banda del filtro di media frequenza. Una scelta ragionevole e una larghezza di banda di 200 kHz ottenibile con dei economici filtri cerami-

ci facilmente reperibili sul mercato: 10,7 MHz per radiorecettori FM broadcast e più valori (5,5 MHz e simili) per il canale audio nei televisori. Un RTX FM a larga banda (200 kHz) a una utile portata radio di circa 100 km (portata ottica) e risulta utilizzabile per il trasferimento dei dati fino a circa 64 kbps utilizzando modem semplici.

Un primo esperimento di RTX autocostruito, dedicato per il packet-radio, è stato pubblicato su **CQ Elettronica** 12/90, 1/91 e 2/91. Il RTX FM a larga banda per i 23 cm descritto negli articoli menzionati è stato utilizzato con successo per i collegamenti tra i nodi della rete packet radio in Slovenia. Purtroppo, per l'utente singolo, il RTX descritto era troppo complicato. Inoltre, le tecnologie e le procedure di messa a punto di questo RTX non sono proprio a portata di mano di un autocostruttore mediocre.

In questo articolo descriverò invece un RTX FM a larga banda per i 70 cm, semplificato al massimo e studiato apposta per agevolare l'autocostruzione. Questo nuovo RTX è dedicato all'utente singolo, ovvero a coloro che si sono stufati della lentezza del packet-radio tradizionale a 1.200 bps e 2.400 bps e vorrebbero costruire qualcosa di veramente nuovo evitando compromessi costosi ed inefficienti come i modem a 9.600 bps.



① Schema a blocchi del RTX FM a larga banda per i 70 cm.

Infine, progettando un RTX espressamente per il packet, si possono omettere alcuni circuiti altrimenti presenti nei RTX FM, come l'amplificatore audio di potenza o il circuito dello squelch. In buona parte dei casi basta un RTX ad un solo canale (fisso, quarzato), perciò non servono né VFO, né memorie, né microprocessori per la gestione del RTX, semplificando ulteriormente lo schema elettrico.

Lo schema a blocchi del RTX FM a larga banda per i 70 cm è mostrato in figura 1. Il ricevitore è una classica supereterodina a doppia conversione con i valori di media frequenza di 36 MHz e 6 MHz. Per semplificare la messa a punto viene impiegato nella prima media frequenza a 36 MHz un filtro ad onda superficiale (chiamato SAW — Surface Acoustic Wave oppure OFW — OberFlach Wellen), componente poco noto ai radioamatori ma facil-

mente reperibile visto il suo impiego come filtro di media frequenza in tutti i televisori odierni. La larghezza di banda del ricevitore è ovviamente determinata dal filtro ceramico nella seconda media frequenza a 6 MHz (5,5 MHz).

La messa a punto del ricevitore è perciò limitata alla taratura dei circuiti d'ingresso a 434 MHz ed agli stadi moltiplicatori dell'oscillatore di prima conversione.

Il trasmettitore è semplificato sfruttando al massimo gli stadi esistenti del ricevitore. La parte RF del trasmettitore comprende soltanto un VCO a 434 MHz seguito da due stadi separatori-amplificatori, sufficienti per ottenere una potenza d'uscita di 2 W circa. La frequenza del VCO viene stabilizzata da un PLL impiegante i circuiti della prima conversione del ricevitore e quattro integrati TTL della serie 74. Il trasmettitore impiega tre soli trimmer nella parte

RF mentre il PLL non richiede alcuna taratura.

Il RTX FM a larga banda per i 70 cm funziona in simplex, la frequenza di ricezione e trasmissione è determinata dal quarzo impiegato nella prima conversione del ricevitore.

Poiché il trasmettitore usa questa parte del ricevitore nel suo anello di controllo della frequenza, lo stesso quarzo determina anche la frequenza di trasmissione. Infine, le frequenze di conversione sono studiate in modo da coprire quasi completamente la gamma dei 70 cm usando per la prima conversione dei quarzi "CB". Anche i rimanenti quarzi nel RTX sono tutti del tipo "CB" oppure "computer" di facile reperibilità.

La commutazione ricezione/trasmissione è ovviamente completamente elettronica, visto che i diodi PIN sono più economici di un qualsiasi relè meccanico. Nel packet-radio è

ancora più importante avere una commutazione RX/TX veloce, per evitare ritardi inutili. Il RTX descritto è in grado di commutare da ricezione in trasmissione in soli 8 millisecondi. Tutti gli stadi del ricevitore funzionano anche in trasmissione, visto che alcuni di questi vengono sfruttati anche dal trasmettitore.

Il RTX FM a larga banda per i 70 cm è costruito su due circuiti stampati: modulo radiofrequenza e modulo media frequenza. Il modulo RF comprende l'amplificatore RF e la prima conversione del ricevitore, il VCO seguito dai due stadi amplificatori del trasmettitore ed il commutatore d'antenna elettronico a diodi PIN. Il modulo IF comprende la seconda conversione e tutti i filtri di media del ricevitore ed i circuiti digitali del PLL per il con-

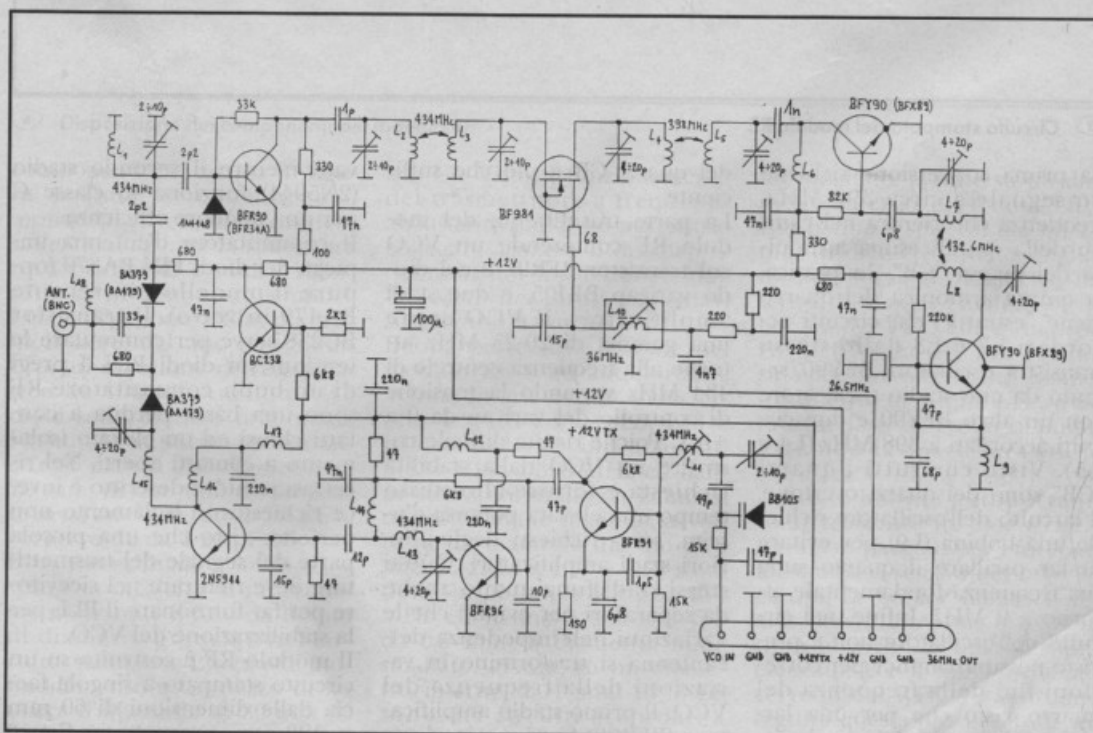
trollo della frequenza del trasmettitore. Ovviamente, il modulo IF si potrebbe impiegare anche con un modulo RF diverso, per costruire un RTX per un'altra gamma di frequenza.

2. Modulo RF

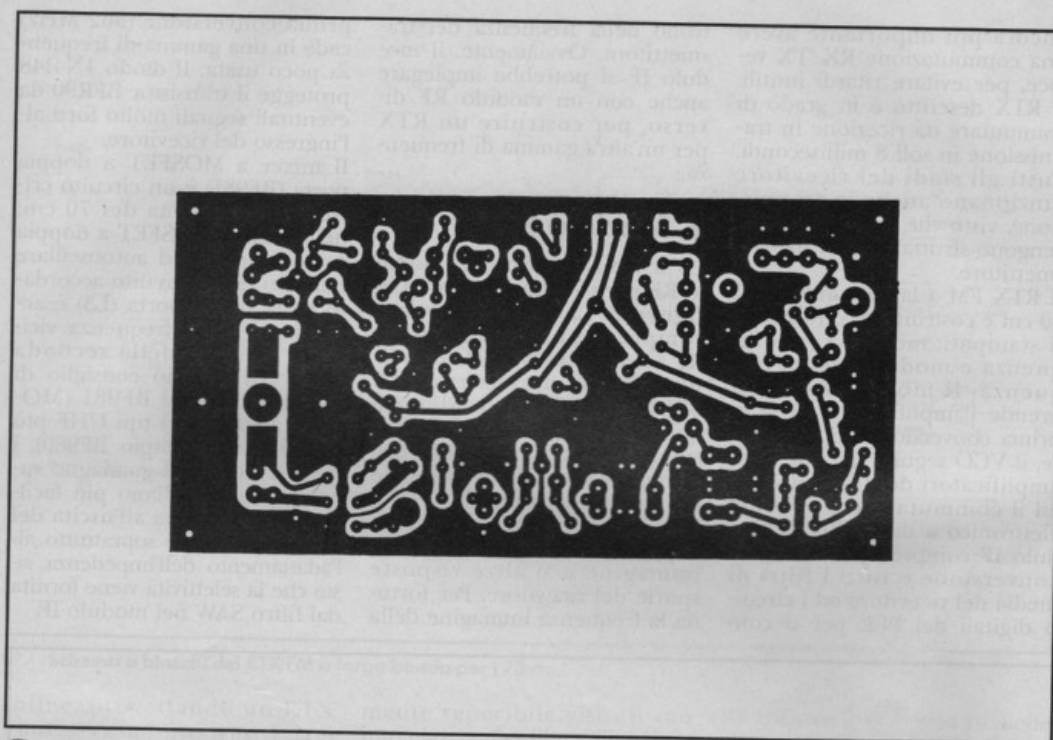
Lo schema elettrico del modulo RF per i 70 cm è mostrato in figura 2. La parte ricevente comprende un amplificatore RF selettivo a 434 MHz (transistor BFR90), un mixer a MOSFET (BF981), un oscillatore quarzato a 26,5 MHz ed i corrispondenti stadi moltiplicatori. L'amplificatore RF comprende tre circuiti accordati (L1, L2 e L3), dedicati soprattutto alla soppressione della frequenza immagine e/o altre risposte spurie del ricevitore. Per fortuna la frequenza immagine della

prima conversione (362 MHz) cade in una gamma di frequenza poco usata. Il diodo 1N4148 protegge il transistor BFR90 da eventuali segnali molto forti all'ingresso del ricevitore.

Il mixer a MOSFET a doppia porta (BF981) è un circuito critico nella gamma dei 70 cm: nelle UHF i MOSFET a doppia porta tendono ad autooscillare nel caso che il circuito accordato della prima porta (L3) è accordato su una frequenza vicina al circuito della seconda porta (L4). Perciò consiglio di non sostituire il BF981 (MOSFET VHF) con i tipi UHF più recenti (per esempio BF980), i quali a causa del guadagno superiore autooscillano più facilmente. La bobina all'uscita del mixer (L10) serve soprattutto all'adattamento dell'impedenza visto che la selettività viene fornita dal filtro SAW nel modulo IF.



② Modulo RF del RTX FM a larga banda per i 70 cm.



③ Circuito stampato del modulo RF.

La prima conversione richiede un segnale a circa 398 MHz, frequenza che rientra nel campo della quindicesima armonica dei quarzi "CB". In pratica, la quinta armonica del quarzo viene "estratta" dai circuiti accordati L7 e L8 dallo stesso transistor oscillatore BFY90, seguito da uno stadio triplicatore con un altro BFY90 e due circuiti accordati a 398 MHz (L4 e L5). Visto che tutti i quarzi "CB" sono dei quarzi overtone, il circuito dell'oscillatore richiede una bobina (L9) per evitare di far oscillare il quarzo sulla sua frequenza fondamentale attorno a 9 MHz. Infine, nel circuito dell'oscillatore non è previsto nessun trimmer per correzioni fini della frequenza del quarzo visto che per una larghezza di banda del canale radio di 200 kHz la precisione

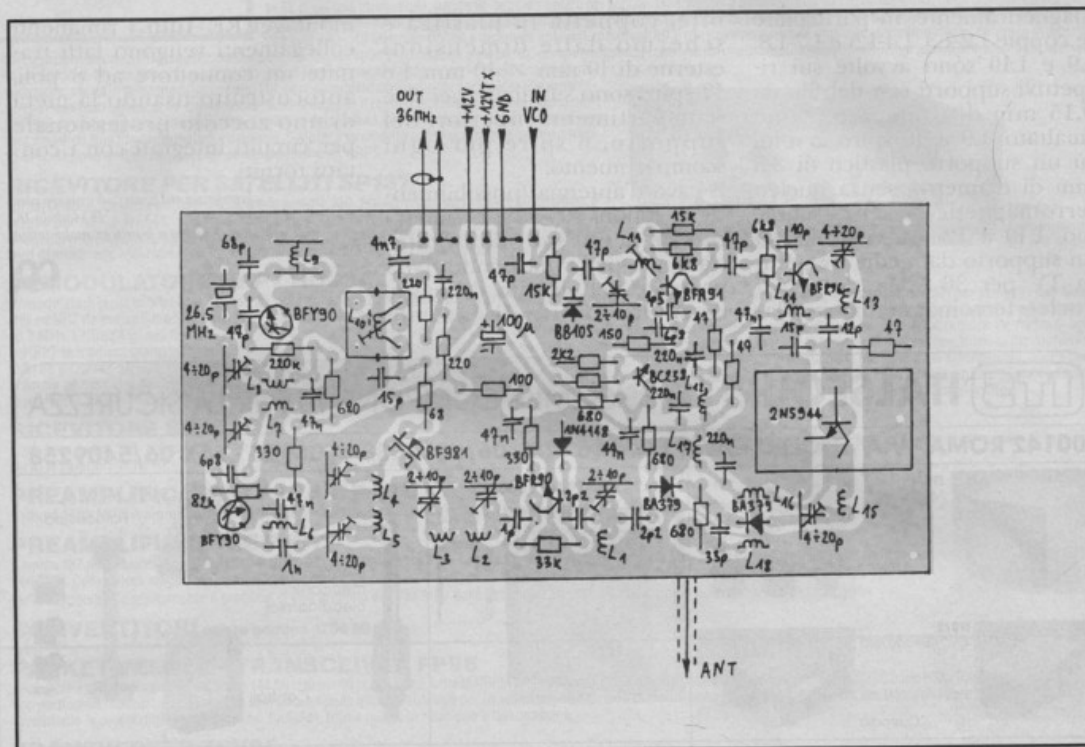
dei quarzi CB è più che sufficiente.

La parte trasmittente del modulo RF comprende un VCO col transistor BFR91 e col diodo varicap BB105, e due stadi amplificatori. Il VCO copre una gamma di 20-25 MHz attorno alla frequenza centrale di 434 MHz variando la tensione di controllo del varicap da 0 a +5 V. Poiché risulta difficile costruire un VCO dalla stabilità richiesta e fornire allo stesso tempo una elevata potenza d'uscita, sono richiesti degli ulteriori stadi amplificatori. Questi stessi stadi funzionano anche da separatori per evitare che le variazioni dell'impedenza dell'antenna si trasformino in variazioni della frequenza del VCO. Il primo stadio amplificatore (BFR96) funziona in classe A per fornire un guadagno ele-

vato mentre il secondo stadio (2N5944) funziona in classe C per una migliore efficienza.

Il commutatore d'antenna impiega dei diodi PIN BA379 (oppure il modello più recente BA479 in vetro). Il transistor BC238 serve per commutare le tensioni sui diodi PIN. I pregi di un buon commutatore RF sono una bassa perdita a contatti chiusi ed un elevato isolamento a contatti aperti. Nel ricetrasmittitore descritto è invece richiesto un isolamento non perfetto, visto che una piccola parte del segnale del trasmettitore deve rientrare nel ricevitore per far funzionare il PLL per la stabilizzazione del VCO.

Il modulo RF è costruito su un circuito stampato a singola faccia dalle dimensioni di 60 mm × 120 mm, mostrato in **figura 3**. La rispettiva disposizione dei



④ Disposizione dei componenti del modulo RF.

componenti è mostrata in **figura 4**. Tutte le resistenze sono montate orizzontali. I condensatori hanno tutti la spaziatura tra i piedini di 5 mm. I valori sotto 10 nF sono tutti ceramici, i rimanenti sono a film plastico (poliestere) del tipo non-induttivo, ad eccezione dell'elettrolitico da 100 μ F. Anche tutti i diodi sono montati orizzontali. I trimmer capacitivi sono anch'essi plastici dal diametro di 7,5 mm, di due tipi: corpo giallo o arancione da 2-10 pF e corpo verde da 4-20 pF.

Il transistor finale 2N5944 è avvitato su un'aletta di raffreddamento tramite il foro da 10 mm di diametro praticato nel circuito stampato. L'aletta di raffreddamento è un pezzo di lamiera d'alluminio di 30 mm \times 60 mm dallo spessore di 0,8 mm, piegato in tre parti uguali

ad "U". Visto il funzionamento del trasmettitore a frequenze abbastanza elevate è necessario collegare a massa il dissipatore del transistor finale tramite due viti MA3 nei punti marchiatosi sul circuito stampato.

Buona parte delle bobine nel modulo RF sono autoportanti, avvolte in aria con le spire serrate. L1, L2, L3, L4, L5, L13 e L15 sono dei circuiti accordati a 434 MHz o 398 MHz ed hanno due spire di filo da 1 mm di diametro, rame smaltato, avvolte su un diametro interno di 3 mm. L12, L16, L17 e L18 sono delle impedenze RF per 434 MHz ed hanno 5 spire di filo da 0,5 mm di diametro, rame smaltato, avvolte su un diametro interno di 4 mm. L7 e L8 sono dei circuiti accordati a 132,6 MHz ed hanno 4 spire di filo da 0,5 mm di diametro, ra-

me smaltato, avvolte su un diametro interno di 4 mm. L6 e L14 hanno 3 spire di filo da 0,5 mm di diametro, rame smaltato, avvolte su un diametro interno di 4 mm. Finalmente, la bobina del VCO L11 a due spire di filo da 0,5 mm, rame smaltato, avvolte su un diametro interno di 4 mm. L11 va tarata in fase di messa a punto variando la spaziatura tra le sue spire.

Tutte le bobine autoportanti sono realizzate in modo che i terminali passano per i fori dello stampato senza ulteriori piegature. Le bobine hanno in realtà perciò circa un quarto di spira in meno di quanto sopra elencato. Per il funzionamento corretto del RTX è importante seguire questa procedura di costruzione delle bobine, specialmente per le bobine accoppiate

magneticamente, in particolare le coppie L2-L3, L4-L5 e L7-L8. L9 e L10 sono avvolte sui rispettivi supporti con del filo da 0,15 mm di diametro, rame smaltato. L9 a 40 spire avvolte su un supporto plastico di 3,5 mm di diametro, senza nucleo ferromagnetico e senza schermo. L10 a 12 spire avvolte su un supporto da media frequenza TV per 36 MHz, dotato di nucleo ferromagnetico regola-

bile, coppetta in plastica e schermo dalle dimensioni esterne di 10 mm × 10 mm. Le 12 spire sono suddivise nei due scompartimenti superiori del supporto, 6 spire per ogni scompartimento.

Il cavo d'antenna (possibilmente in teflon, RG-188) è saldato direttamente sotto il circuito stampato per evitare induttività parassite nel circuito di massa, da sempre fonte di guai nei

montaggi RF. Tutti i rimanenti collegamenti vengono fatti tramite un connettore ad 8 poli, autocostruito usando la metà di uno zoccolo professionale per circuiti integrati con i contatti torniti.

*(continua sul prossimo numero con:
Il Modulo IF,
Assemblaggio e messa a punto e conclusioni)*

RTX FM a larga banda per i 70 cm

II Parte

S53MV, Matjaž Vidmar

(continua dal numero precedente:
La realizzazione del RTX FM a larga banda
per i 70 cm)

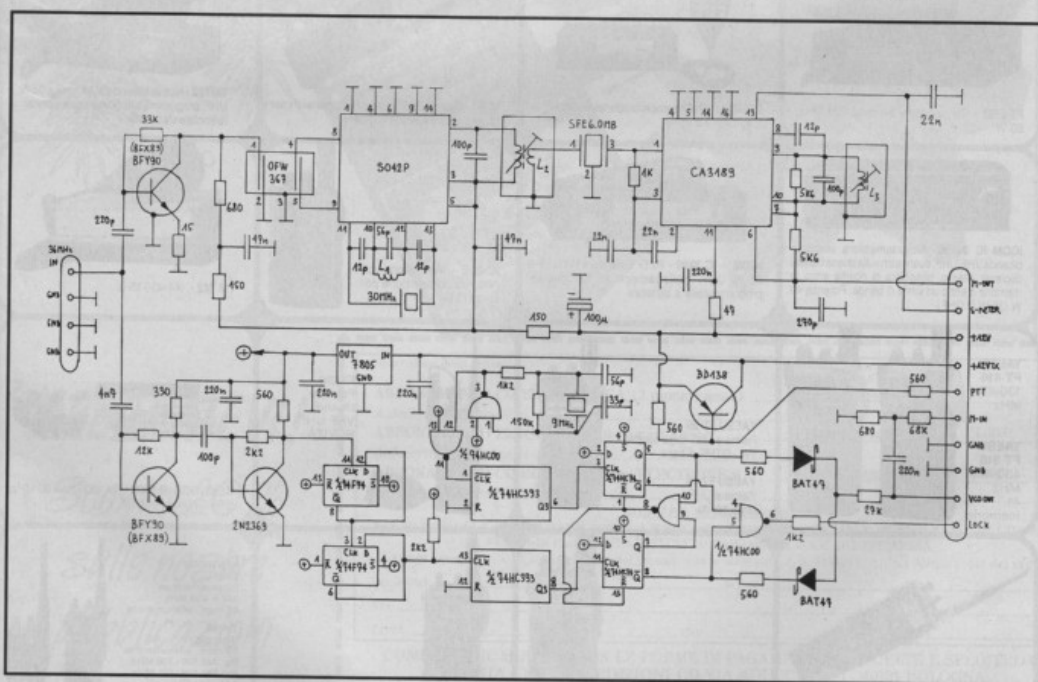
3. Modulo IF

Lo schema elettrico del modulo IF a 36 MHz è mostrato in figura 5. La catena di media frequenza comprende uno stadio amplificatore a 36 MHz

(BFY90), un filtro ad onda superficiale SAW (OFW367 o simile), uno stadio convertitore coll'integrato S042P, un filtro ceramico a 6 MHz ed infine un limitatore e discriminatore realizzati coll'integrato CA3189.

Lo stadio amplificatore a 36 MHz col transistor BFY90 è necessario per compensare le perdite nel filtro SAW. Le per-

dite nei filtri SAW impiegati nei televisori si aggirano sui 15 dB nella banda passante larga 5 MHz. La banda passante del filtro ha i fianchi molto ripidi e l'attenuazione del filtro cresce velocemente fuori gamma. Perciò questi filtri dispongono di 5 terminali: due ingressi simmetrici (piedini 1 e 2), due uscite simmetriche (piedini 4 e 5) ed



5 Modulo IF del RTX FM a larga banda per i 70 cm.

un terminale (piedino 3) per il collegamento dello schermo, necessario per aumentare l'attenuazione fuori banda passante.

Nel ricetrasmittitore descritto la larghezza di banda del filtro SAW è decisamente troppo ampia. La funzione primaria di questo filtro è di attenuare l'immagine della seconda conversione a 24 MHz. Questa immagine si presenta come una risposta spuria del ricevitore a 422 MHz, la quale non può essere attenuata dai circuiti accordati a 434 MHz. Per migliorare ulteriormente l'attenuazione del filtro SAW fuori gamma è necessario soprattutto migliorare l'isolamento tra l'ingresso e l'uscita del filtro. A parte il collegamento corretto del piedino 3 a massa è necessario collegare il filtro almeno da una parte in modo simmetrico. Nel caso del RTX descritto, l'uscita del filtro è collegata in modo simmetrico ai piedini 7 e 8 dell'integrato S042P.

La seconda conversione è realizzata coll'integrato S042P che comprende un mixer bilanciato ed un oscillatore locale. Visto che tutti i quarzi per 30 MHz sono dei quarzi overtone, viene richiesta tra i piedini 10 e 12 dell'integrato S042P anche una bobina (L1) per evitare di far oscillare il quarzo sulla risonanza fondamentale. Per adattare l'elevata impedenza d'uscita del S042P (attorno a 5 kohm) al filtro ceramico (attorno a 1 kohm) è richiesto anche un trasformatore di media frequenza a 6 MHz (L2).

La larghezza di banda del ricevitore è determinata dal filtro ceramico a 6 MHz. Nel ricevitore possiamo usare al posto del filtro a 6 MHz (suono nello standard TV inglese) anche filtri diversi, per esempio per 4,5 MHz (suono standard TV americana), per 5,5 MHz (suono standard TV europea), per 5,74 MHz (suono stereo TV euro-

pea) oppure per 6,5 MHz (suono TV via satellite). Tutti i filtri menzionati hanno una larghezza di banda di circa 200 kHz. Tutti i filtri SAW passano lo spettro da 33,5 a 38,5 MHz consentendo l'uso di un quarzo da 30 MHz per la seconda conversione con un qualsiasi filtro ceramico nella seconda media frequenza.

L'integrato CA3189 comprende un amplificatore/limitatore a più stadi, un discriminatore, un circuito di pilotaggio dello S-meter ed un circuito di squelch non troppo efficiente. Per fortuna lo squelch non serve nel progetto descritto in questo articolo. La differenza principale dal suo noto predecessore CA3089 sta nell'assenza della resistenza di carico sull'uscita audio, tra i piedini 6 e 10, ed in un diverso circuito AGC (piedini 15 e 16), funzione non utilizzata in questo progetto. Il CA3189 risulta perciò sostituibile col CA3089 in questo schema, ovviamente eliminando la menzionata resistenza di carico sull'uscita audio.

Il modulo IF comprende anche il PLL per la stabilizzazione della frequenza del trasmettitore. Il segnale a media frequenza a 36 MHz viene prima amplificato a livello TTL in un amplificatore a due stadi (BFY90 e 2N2369), il quale pilota il diviso- re veloce 74F74. L'integrato 74F74 è in grado di dividere frequenze fino a 150 MHz, il che rappresenta un buon margine di sicurezza per il funzionamento del RTX.

Il segnale ottenuto dal diviso- re veloce ha una frequenza di 9 MHz, valore che però non può essere comparato direttamente con la frequenza di un quarzo a 9 MHz: il guadagno di un anello PLL simile sarebbe troppo elevato e non permetterebbe la modulazione in frequenza del trasmettitore. Perciò entrambi i segnali: l'uscita del diviso- re veloce e l'uscita dell'o-

scillatore quarzato, vengono prima divisi per 16 ognuno in due divisori separati (integrato 74HC393), in modo da far funzionare il comparatore frequenza/fase con dei segnali a 562,5 kHz.

Il comparatore frequenza/fase è del tipo "charge-pump", realizzato con due D-flip-flop (integrato 74HC74). Al comparatore segue una rete RC passabasso che viene caricata o scaricata dagli impulsi tramite i diodi schottky BAT47.

Tramite la rete RC viene sommato al segnale di correzione del PLL anche il segnale di modulazione proveniente dal modem.

Infine, la somma dei due segnali pilota il VCO nel modulo RF del ricetrasmittitore.

Modificando il valore di media frequenza in ricezione dai 36 MHz nominali è ovviamente necessario modificare anche la frequenza del quarzo da 9 MHz (per esempio usando un quarzo da 30 MHz ed un filtro da 5,5 MHz nella parte ricevente). Per fortuna i quarzi in gamma 9 MHz sono facilmente reperibili, essendo queste le frequenze fondamentali dei quarzi "CB", perciò esistono diverse combinazioni valide.

Finalmente, il modulo IF comprende anche la commutazione elettronica dell'alimentazione del trasmettitore, realizzata col transistor BD138. La tensione + 12 VTX è presente solo in trasmissione, mentre l'alimentazione del ricevitore + 12 V non viene mai interrotta. Visto che gli integrati della serie 74... richiedono un'alimentazione di + 5 V, la tensione + 12 VTX viene ridotta con un regolatore 7805. Visto il consumo ridotto né il 7805 (in custodia TO220), né il BD138 richiedono l'uso di dissipatori.

Il modulo IF è costruito su un circuito stampato a singola faccia dalle dimensioni di 60 mm × 120 mm, mostrato in **figura**

passo standard da circuito integrato. Nel progetto si può usare un filtro SAW qualsiasi, a patto che sia costruito per 36 MHz e non per 70 MHz, 480 MHz o qualche altra frequenza per TV via satellite. Infine, il circuito stampato ha i fori predisposti per entrambi i tipi di custodie: per la custodia TO-8 rotonda e per la custodia Siemens allungata.

I filtri ceramici sono più facili da usare, visto che hanno tutti la stessa forma con tre piedini: il piedino centrale è il collegamento di massa, mentre i due piedini laterali sono l'entrata e l'uscita, intercambiabili tra di loro. Come quarzo a 30 MHz si può usare un economico quarzo "computer" da 10 MHz fatto oscillare in terza overtone nel circuito proposto. Poiché i quarzi "computer" non sono previsti per lavorare in terza overtone, è consigliabile verificare la frequenza dell'oscillatore, la quale non dovrebbe scostarsi di più di ± 10 kHz dai 30 MHz nominali. In pratica risulta più facile usare quarzi overtone sulla loro frequenza fondamentale. Per esempio, come quarzo a 9 MHz si può usare un quarzo "CB" (sempre overtone) da 27.005 MHz. Similmente, per una combinazione di medie frequenze di 35,5 MHz/5,5 MHz si può usare un quarzo da 26.630 MHz.

La bobina L1 ha la stessa funzione ed è uguale alla bobina L9 nel modulo RF. L1 ha 40 spire di filo da 0,15 mm di diametro, rame smaltato, un supporto plastico di 3,5 mm di diametro, senza nucleo ferromagnetico e senza schermo. Per misurare la frequenza dell'oscillatore a 30 MHz, l'ingresso del frequenzimetro va accoppiato magneticamente a L1 con una sonda di alcune spire di filo isolato in plastica. Il trasformatore di media frequenza L2 ha un primario di 20 spire ed un secondario di 6 spire, entrambi

avvolti con del filo da 0,15 mm di diametro, rame smaltato, su un supporto da media frequenza per 10,7 MHz con un rocchetto in ferrite come nucleo, coppetta in ferrite a forma di vite regolabile e schermo dalle dimensioni di 10 mm \times 10 mm. L3 è avvolta sullo stesso tipo di supporto e con lo stesso filo, ma ha un solo avvolgimento di 20 spire. Per una seconda media frequenza di 5,5 MHz si avvolgono 22 e 7 spire per L2 e 22 spire per L3.

Buona parte dei collegamenti del modulo IF vengono fatti tramite un connettore a 10 poli, a parte l'ingresso a 36 MHz che ha il suo connettore separato a 4 poli. Entrambi i connettori sono autocostituiti usando pezzi di zoccoli professionali per circuiti integrati con i contatti torniti.

4. Assemblaggio e messa a punto

Entrambi i moduli — circuiti stampati del RTX descritto — devono essere montati in un contenitore metallico ben schermato. Consiglio di usare un contenitore autocostituito di lamiera d'alluminio non verniciata, per avere un buon contatto tra il coperchio ed il fondo del contenitore. Le dimensioni consigliate sono 150 mm (larghezza) \times 150 mm (profondità) \times 30 mm (altezza). La corrispondente disposizione dei circuiti stampati, connettori e cablaggio interno sono mostrati in **figura 8**.

Come connettore d'antenna consiglio un connettore BNC (o N) con flangia quadrata e fissaggio con quattro viti. Il dettaglio più importante è il collegamento della calza del cavetto schermato, la quale deve essere saldata sulla flangia del connettore da una parte e sullo stampato del modulo RF dall'altra parte nel modo mostrato, per

evitare induttività parassite. Ovviamente soltanto un cavetto in teflon (RG-188) è in grado di sopravvivere a una saldatura del genere senza rovinare il dielettrico del cavo.

Per l'alimentazione e per il modem vanno bene dei convenzionali connettori DIN. Dei rimanenti collegamenti soltanto il segnale di media frequenza a 36 MHz necessita di un cavetto schermato. Per quest'ultimo si può usare un comunissimo cavetto schermato per bassa frequenza. Tutti i rimanenti collegamenti non vanno schermati, neanche la tensione di controllo del VCO.

Visto che il funzionamento del RTX descritto è relativamente semplice, non è necessario prima provare i singoli moduli. Il RTX si può assemblare completamente prima della messa a punto dei moduli. Per primo va collaudato il funzionamento della catena a media frequenza del ricevitore. Dopo aver verificato il funzionamento corretto dell'oscillatore a 30 MHz con un frequenzimetro digitale, possiamo usare un grid-dip-meter come una sorgente a 36 MHz, avvicinando la bobina del grid-dip-meter all'ingresso del modulo IF.

All'uscita S-meter va collegato un voltmetro, campo 5 V, e la bobina L2 va tarata per il massimo segnale. Visto che le frequenze sono fissate dal quarzo e dai filtri SAW e ceramico, non si può proprio sbagliare. La bobina del discriminatore L3 va invece tarata in modo da centrare la curva a "S" del discriminatore. Con un segnale esattamente a 36 MHz all'ingresso la tensione sull'uscita M-OUT deve essere compresa tra i 5 V ed i 6 V.

Nella parte RF del ricevitore va per primo verificato il funzionamento dell'oscillatore quarzato a 26,5 MHz, seguito dalla taratura degli stadi moltiplicatori. Nella taratura dei multipli-

catori è necessario verificare il risultato con un grid-dip-meter o con un frequenzimetro, visto che il campo di regolazione dei trimmer permette la taratura anche su armoniche indesiderate. Nella taratura della moltiplicazione a 132,6 MHz cerchiamo di ottenere un minimo di tensione sulla base del transistor dello stadio seguente (ovviamente misurando la tensione continua tramite un'impedenza RF per evitare di disturbare il circuito), dove generalmente si ottengono - 0,5 V. Il massimo a 398 MHz lo cerchiamo invece come un "dip" di tensione sul drain del BF981: la differenza tipica si aggira attorno a 1 V.

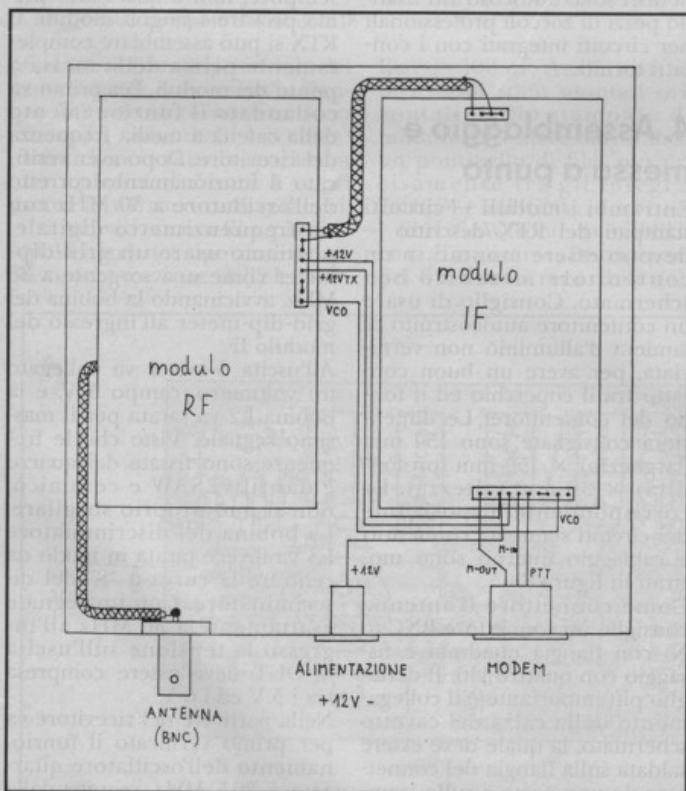
Durante la taratura degli stadi moltiplicatori, tutti i trimmer nell'amplificatore RF devono essere regolati al minimo di capacità, per evitare autooscillazioni dello stadio mixer. Dopo aver allineato gli stadi moltiplicatori alle frequenze richieste, si collega all'ingresso del ricevitore un semplice generatore di rumore con un diodo zener. L'indicazione dello S-meter deve aumentare. I trimmer in parallelo a L1, L2 e L3 ed il nucleo della bobina L10 vanno regolati per la massima indicazione dello S-meter. Incominciando la taratura con i tre trimmer alla minima capacità risulta impossibile tarare la parte a radiofrequenza in modo errato,

ovvero sulla frequenza immagine attorno a 362 MHz. Finalmente va corretta la taratura di L2 e L3 nel modulo IF.

La taratura del trasmettitore va effettuata soltanto col ricevitore funzionante perfettamente, visto che il trasmettitore impiega diversi stadi del ricevitore. L'uscita del trasmettitore va collegata ad un wattmetro con un carico fittizio ed i tre trimmer nella parte trasmittente vanno inizialmente regolati a metà corsa. Passando in trasmissione va regolata per prima la bobina del VCO, L11, variando la spaziatura tra le due spire. Se il PLL funziona correttamente, la frequenza del VCO verrà agganciata automaticamente al valore prestabilito. I rimanenti due trimmer vanno regolati semplicemente per la massima potenza d'uscita. Infine, la spaziatura delle spire di L11 va corretta in modo che col PLL agganciato la tensione di controllo del VCO si aggiri sui 2-2,5 V. Il trimmer capacitivo di L11 serve solo per correzioni fini!

Durante la taratura del trasmettitore i trimmer e le bobine regolabili nella parte ricevente non vanno toccate. In particolare, la taratura di L10 non va modificata! Visto che l'impedenza d'ingresso del modulo IF cambia passando in trasmissione, la frequenza di risonanza del circuito accordato con L10 viene spostata in basso dai 36 MHz nominali. Questo fenomeno è necessario per il funzionamento corretto del PLL. Se la bobina L10 fosse tarata a 36 MHz in trasmissione, il PLL potrebbe agganciarsi a 416 MHz al posto dei 434 MHz desiderati, visto che il mixer col BF981 può comportarsi anche come duplicatore di frequenza con segnali d'ingresso abbastanza forti.

L'aggancio corretto del PLL deve essere verificato in ogni caso, anche con una tensione d'a-



ⓑ Disposizione e collegamento dei moduli del RTX FM a larga banda per i 70 cm.

alimentazione troppo bassa (9 V) o troppo alta (15 V). L'aggancio del PLL si può controllare con un voltmetro, collegato all'uscita LOCK del comparatore frequenza/fase. Il VCO è il circuito più critico di tutto il ricetrasmittitore, visto che deve funzionare stabilmente come oscillatore e fornire una utile potenza d'uscita allo stesso tempo. Inoltre, il funzionamento di un VCO a frequenze elevate è disturbato dalle induttività parassite di tutti i componenti, in particolare quelle del transistor BFR91 e dei condensatori usati nel circuito del VCO.

Infine è necessario verificare che non succeda qualcosa di strano, specialmente in trasmissione, quando viene chiuso il coperchio della scatola. Anche la scatola proposta è grande abbastanza per avere dei problemi di risonanza interne, specialmente se i cavetti del cablaggio sono stati tagliati proprio alla lunghezza più sfortunata.

5. Conclusioni

Il RTX FM a larga banda per i 70 cm è stato progettato per lavorare in packet-radio con modem Manchester o altri modem semplici (AFSK ecc.). Il RTX descritto NON È ADATTO a lavorare col modem di G3RUH, visto che il metodo di modulazione usato (PLL a modulazione diretta) non permette il trasferimento di frequenze molto basse dello spettro. Nel caso particolare la rete RC è calcolata in modo da tagliare lo spettro di frequenza al di sotto di 3 kHz circa. In generale, il modem di G3RUH può funzionare correttamente solo con ricetrasmittitori che adoperano una modulazione diretta del quarzo. Il modem di G3RUH non può funzionare correttamente con i ricetrasmittitori che adottano un qualsiasi anello di controllo della frequenza, PLL

o altro, nel modulatore.

Un ricetrasmittitore FM largo 200 kHz permette il trasferimento di dati con un modem Manchester fino a circa 64 kbps. 64 kbps non sono proprio un numero "tondo" per quarzi "baud-rate" standard, numeri più convenzionali sono 19,2 kbps, 38,4 kbps o 76,8 kbps. 76,8 kbps sono già sensibili alle distorsioni introdotte dai filtri ceramici e/o altri componenti selettivi nel ricetrasmittitore descritto, perciò la scelta più logica è 38,4 kbps. Per 38,4 kbps il modem Manchester migliorato (CQ Elettronica 4/93) va modificato come segue:

- 1) Eliminare il divisore 4024 e collegare l'uscita dell'oscillatore a 2,4576 MHz direttamente all'ingresso di clock dei DPLL;
- 2) diminuire il valore del condensatore di filtraggio del segnale demodulato a soli 330 pF (pedino 8 del circuito integrato LM339, originalmente 4,7 nF per 2.400 bps);
- 3) diminuire il valore del condensatore della costante di tempo del DCD a 10 nF (pedino 11 del circuito integrato LM339, originalmente 100 nF per 2.400 bps);
- 4) diminuire il valore della resistenza sull'uscita MIC a 2,7 kohm (originalmente 68 kohm per 2.400 bps);
- 5) il RTX descritto è progettato per funzionare con un TXDelay di 20 ms a 38,4 kbps (parametro TXD 2).

Visto che un segnale Manchester a 38,4 kbps contiene frequenze almeno fino a 38,4 kHz è necessario prestare attenzione anche alle capacità parassite del cavetto di collegamento del modem al RTX. In pratica questo cavetto non dovrebbe essere più lungo di 1 metro circa ed ogni conduttore dovrebbe essere schermato separatamente.

Infine rimane il problema di trovare un canale libero nella gamma radioamatoriale dei 70

cm, dalla larghezza di 200 kHz. Purtroppo oggi i 70 cm sono pieni di segnali commerciali (non per colpa del ricevitore), che si trovano illegalmente in questa gamma. La portata del RTX descritto è perciò limitata dal livello delle interferenze e non dalla sensibilità del ricevitore. In ogni caso credo che vale la pena di insistere. Infatti, se noi radioamatori non usiamo frequenze superiori, queste preziose gamme verranno necessariamente assegnate ad altri!

6. Modifiche dell'ultimo minuto

Dopo diversi mesi di funzionamento ininterrotto di diversi esemplari del ricetrasmittitore descritto ho notato alcuni problemi e studiato e sperimentato le relative soluzioni, descritte in queste poche righe aggiuntive. Il circuito più critico di tutto il RTX FM a larga banda per i 70 cm è il VCO del trasmettitore. Il funzionamento del VCO è influenzato dagli stadi seguenti, in particolare dalle armoniche prodotte dallo stadio finale. Un disadattamento dell'antenna può perciò produrre uno slittamento della frequenza del VCO oppure una modulazione distorta. Inoltre, il transistor BFR91 impiegato nel circuito del VCO originale si è rivelato troppo fragile per l'applicazione in questione. Dopo diverse settimane di funzionamento le caratteristiche di questo transistor si degradano, producendo uno slittamento della frequenza del VCO ed un calo della potenza d'uscita.

La soluzione di questo problema si è rivelata molto semplice: sostituire il BFR91 con un transistor più robusto e con una frequenza di taglio inferiore (per essere meno sensibile alle armoniche). In pratica, il BFR91 va sostituito con un 2N3866

o simile (BFR36, BFR97, BFR98, BFW16 o 2N4427) in custodia TO39 metallica. Vista la piedinatura diversa, il 2N3866 va ovviamente installato sullo stampato con i piedini di base ed emettitore incrociati. Per riportare in frequenza il VCO così modificato, va eliminato il condensatore da 1,5 pF tra base ed emettitore e la bobina L11 va ridotta ad una sola spira di 4 mm di diametro, filo da 0,5 mm rame smaltato.

Per migliorare ulteriormente la stabilità del trasmettitore va eliminato il condensatore da 10 pF tra la base del pilota BFR96

e massa, sacrificando leggermente la potenza d'uscita. Le dimensioni del contenitore vanno portate a 160 mm × 160 mm × 40 mm, ovvero aumentate di 1 cm in ogni direzione rispetto al progetto originale. I prototipi così modificati hanno funzionato correttamente con un'antenna qualsiasi, nel campo della tensione di alimentazione compresa tra 7 V (0,5 W in uscita) fino a 18 V (5 W in uscita). Ovviamente queste erano soltanto condizioni di prova: in pratica sconsiglio vivamente di operare il RTX a tensioni superiori a 13 V!

In tutti i miei progetti ho sempre cercato di usare componenti facilmente reperibili, perciò vi prego di rivolgere ogni domanda di tipo commerciale ad una delle tante ditte del settore. Per esempio, il circuito stampato e tutti i componenti per il progetto in questione sono reperibili presso:

Ditta R.D. ELETTRONICA
Via V. Veneto, 92
34170 GORIZIA
Tel. (0481) 31839