

Packet veloce: modifiche e messa a punto dei RTX WBFM

S53MV, Matjaz Vidmar

1. Introduzione

Una delle limitazioni di un collegamento in packet radio è la velocità di trasferimento dei dati. Per aumentare la velocità di trasferimento dei dati è ovviamente necessario aumentare anche la larghezza di banda del segnale radio. A questo scopo servono dei ricetrasmittitori adatti, ovvero con una larghezza di banda maggiore di quella di un RTX per collegamenti in fonìa.

I ricetrasmittitori più semplici da costruire sono i RTX FM a larga banda. In particolare ho pubblicato su questa stessa rivista un RTX FM a larga banda per i 23 cm sui numeri 12/90, 1/91 e 2/91, destinato per i collegamenti tra i nodi della rete packet e un RTX FM a larga banda per i 70 cm sui numeri 11/93 e 12/93 di **CQ-Elettronica**, dedicato all'utente singolo della rete packet.

In questo articolo ho intenzione di descrivere alcune esperienze pratiche con i RTX in questione, in particolare la messa a punto e la verifica del funzionamento corretto di un RTX WBFM. Lavorando con segnali packet e velocità superiori dei soliti 1200 bps o 2400 bps diventano essenziali alcune caratteristiche del RTX, quali il tempo di commutazione RX/TX oppure la curva di risposta di bassa frequenza, le quali non

sono facilmente misurabili con gli strumenti e le tecniche generalmente usate nella messa a punto di un RTX in fonìa.

Prima di procedere con le istruzioni per la verifica della messa a punto di un RTX WBFM devo però descrivere alcune importanti modifiche al primo dei due progetti già presentati, ovvero al RTX WBFM per i 23 cm. A parte alcune modifiche minori, per questo RTX ho progettato un nuovo modulo eccitatore per eliminare un grave difetto del modulo eccitatore originale di questo RTX.

2. Nuovo modulo eccitatore per il RTX per i 23 cm

Il ricetrasmittitore WBFM per i 23 cm presentato sui numeri 12/90, 1/91 e 2/91 di **CQ-Elettronica** comprende un ricevitore a doppia conversione ed un trasmettitore formato da un oscillatore quarzato, modulato direttamente, seguito da una catena di stadi moltiplicatori di frequenza ed amplificatori. Il punto debole del progetto originale è l'oscillatore modulato del trasmettitore.

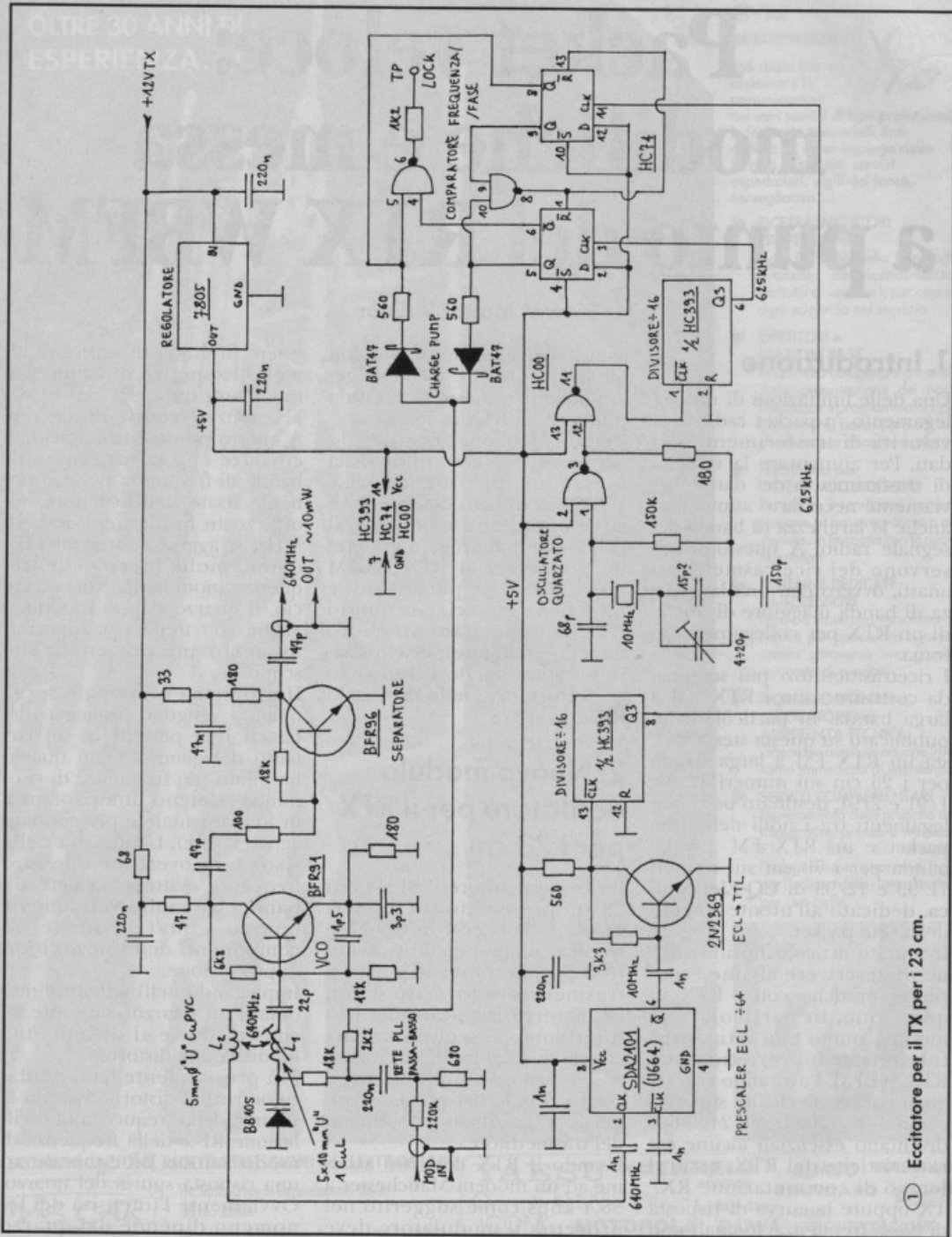
Usando il RTX descritto assieme ad un modem Manchester a 38,4 kbps come suggerito nel progetto, il modulatore deve

essere in grado di trasferire almeno lo spettro di frequenze modulanti tra i 19,2 kHz e 38,4 kHz senza eccessive distorsioni. A questo punto è necessario ricordare che la larghezza di banda di frequenza del componente usato nell'oscillatore, un quarzo in fondamentale a 10 MHz, si aggira attorno al kHz, quindi molto meno delle frequenze modulanti. Nonostante ciò, il quarzo si può modulare anche con frequenze superiori in un circuito progettato allo scopo.

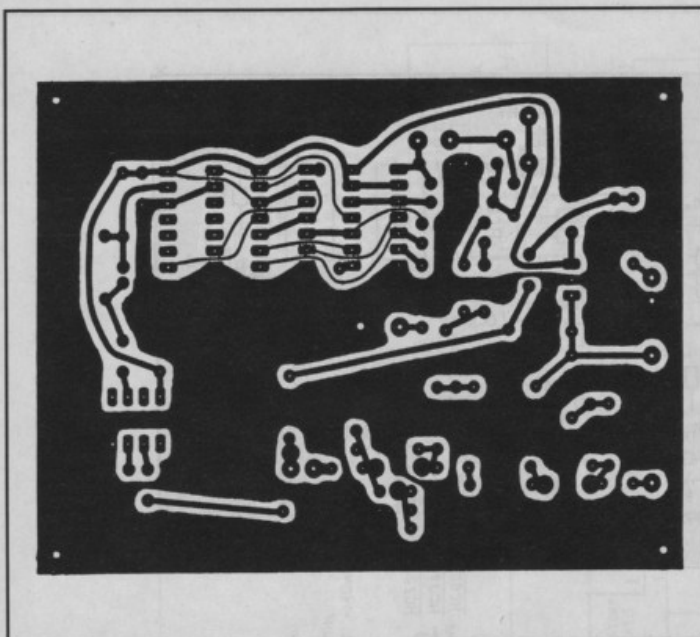
Il problema principale sorge quando vengono impiegati dei quarzi non perfetti in un circuito del genere. Ogni quarzo ha infatti più frequenze di risonanza (almeno una risonanza in fondamentale e più risonanze overtone). L'intensità delle risonanze overtone e le loro frequenze esatte sono però un parametro molto variabile da quarzo a quarzo, anche tra componenti dello stesso lotto di produzione.

Impiegando nell'oscillatore modulato un quarzo con tante risposte spurie si ottiene una modulazione distorta.

Più precisamente, la modulazione risulta distorta quando la somma della frequenza di oscillazione RF e della frequenza di modulazione BF equivale ad una risposta spuria del quarzo. Ovviamente l'intensità del fenomeno dipende dal quarzo



① Eccitatore per il TX per i 23 cm.



③ Circuito stampato (lato rame) dell'eccitatore per il TX per i 23 cm.

diodefrequenza: il segnale d'uscita viene estratto dalla caduta di tensione sulla resistenza da 47 ohm. Lo stadio separatore impiega un BFR96. Visto che il guadagno di questo stadio è decisamente superiore a quanto richiesto, il livello d'uscita viene ridotto con la resistenza da 100 ohm in serie alla base del BFR96. In questo modo il nuovo modulo eccitatore fornisce alla sua uscita lo stesso livello del segnale a 640 MHz, circa 10 mW, come l'eccitatore originale.

Il PLL serve per stabilizzare la frequenza del VCO, agganciandola ad un oscillatore di riferimento quarzato. Il PLL in questione deve essere abbastanza veloce per non aumentare inutilmente il tempo di commutazione RX/TX ed allo stesso tempo abbastanza lento per non distorcere il segnale di modulazione. A parte la progettazione della rete RC di filtraggio nell'anello PLL, queste richieste

implicano anche una certa selezione dei moduli di divisione dei due divisori nel PLL.

Il progetto del PLL viene però semplificato visto che non viene richiesta la generazione di più frequenze diverse, bensì di un solo canale. Anzi, visto che il nuovo modulo eccitatore sostituisce quello esistente, si desidera e si può usare lo stesso quarzo! Il PLL perciò comprende pochi componenti facilmente reperibili. La frequenza del VCO viene prima divisa per 64 da un prescaler ECL SDA2101 (Siemens) oppure U664 (Telefunken), ottenendo un segnale a circa 10 MHz.

Questo segnale non è però direttamente comparabile con la frequenza dell'oscillatore quarzato a 10 MHz per due motivi: prima, il comparatore frequenza/fase non può operare a frequenze così elevate e secondo, il "guadagno" di un anello PLL simile sarebbe leggermente troppo elevato e potrebbe in-

terferire con il segnale di modulazione.

Entrambi i segnali a 10 MHz, quello proveniente dal prescaler ECL e quello proveniente dall'oscillatore quarzato, vanno perciò divisi per 16 ognuno dal doppio divisore 74HC393. La comparazione di frequenza/fase avviene a 625 kHz. Il circuito del comparatore di fase impiega due D-flip-flop (74HC74) e due porte (metà 74HC00), mentre il charge-pump usa due diodi schottky BAT47 per velocizzare il suo funzionamento.

L'oscillatore quarzato a 10 MHz impiega un'altra porta del 74HC00 e lo stesso quarzo dell'eccitatore originale. Ovviamente nel nuovo eccitatore il quarzo non va modulato, perciò va bene un quarzo qualsiasi, anche con tante risposte spurie, a patto che l'oscillatore funzioni con sicurezza!

Il segnale di modulazione proveniente dal modem viene sommato al segnale di correzione del PLL nella rete RC passabasso, come nel RTX WBFM per i 70 cm. Il guadagno del PLL e la rete RC sono calcolati in modo da tagliare le frequenze di modulazione al di sotto di qualche kHz, il che non pregiudica il funzionamento di un modem Manchester a 38,4 kbps o anche a soli 19,2 kbps. Ovviamente non si può usare un circuito del genere col modem di G3RUH, il quale richiede anche il trasferimento di frequenze molto basse al di sotto di 50 Hz (a 9600 bps).

Il nuovo modulo eccitatore è costruito su un circuito stampato a singola faccia dalle stesse dimensioni del suo predecessore, 80 mm × 105 mm. La relativa disposizione dei componenti è mostrata in figura 2 ed il master dello stampato è mostrato in figura 3. A differenza del suo predecessore il nuovo modulo eccitatore va però fissato con cinque viti MA3: quattro sono disposte negli angoli

come nel modulo originale, la quinta vite è nel centro, per dare un ulteriore contatto tra la massa dello stampato e la scatola metallica del RTX. Questa quinta vite si è resa necessaria per evitare che i disturbi prodotti nei circuiti digitali del PLL vadano a modulare il VCO.

Tutte le resistenze ed i due diodi BAT47 sono montati orizzontali. I due transistor BFR91 e BFR96 ed il varicap BB105 sono montati sotto lo stampato, dal lato rame, per avere i terminali più corti possibili. Tra gli integrati 74HC00 e 74HC74 va montato anche un ponticello di filo di rame. I collegamenti esterni vanno fatti tramite cinque terminali a torretta, disposti allo stesso modo come nel modulo originale. Un sesto terminale porta il segnale LOCK TP del PLL, utile nella fase di messa a punto del circuito. Il nuovo modulo eccitatore richiede due soli componenti da tarare. Il trimmer in serie al quarzo serve per portare il quarzo esattamente sulla frequenza desiderata. A volte risulta necessario agire anche sul condensatore in parallelo al trimmer, nominalmente da 15 pF. Il secondo componente da tarare è la bobina L1 del VCO. Quest'ultima va tarata in modo da avere una tensione di circa 2-2,5 V sul varicap col PLL agganciato. Questa funzione va ovviamente misurata sul "lato freddo" della resistenza da 18 kohm per non introdurre capacità parassite nel VCO col puntale del voltmetro. L1 va tarata in modo grossolano agendo sulla lunghezza della "U" di filo di rame smaltato da 1 mm di diametro. Una successiva taratura fine si ottiene stringendo od allargando la "U". Infine, la funzione dell'uscita LOCK TP è la seguente: col PLL sganciato si ottengono impulsi con > 50% duty cycle e tensione media > 2,5 V, col PLL agganciato

impulsi molto stretti e tensione media quasi zero.

Il RTX WBFM per i 23 cm dovrebbe funzionare col nuovo modulo eccitatore senza ritature. Al massimo si può ritoccare il trimmer all'ingresso del duplicatore 640 MHz/1280 MHz col transistor BFR96. Inoltre, sullo stesso modulo finale del TX raccomando di sostituire la resistenza da 680 ohm sulla base del BFR96S pilota con una da 390 ohm. Questa modifica serve a salvaguardare il transistor BFR96S rispettivo. Nel ricevitore del RTX WBFM per i 23 cm raccomando due piccole modifiche al discriminatore (integrato CA3089, modulo IF): prima modifica, sostituire l'impedenza da 33 μ H con una da 22 μ H o 15 μ H; seconda modifica, ridurre il condensatore da 470 pF all'uscita a soli 270 pF. Entrambe le modifiche hanno lo scopo di ridurre la distorsione del segnale demodulato e migliorare la risposta del circuito alle frequenze alte.

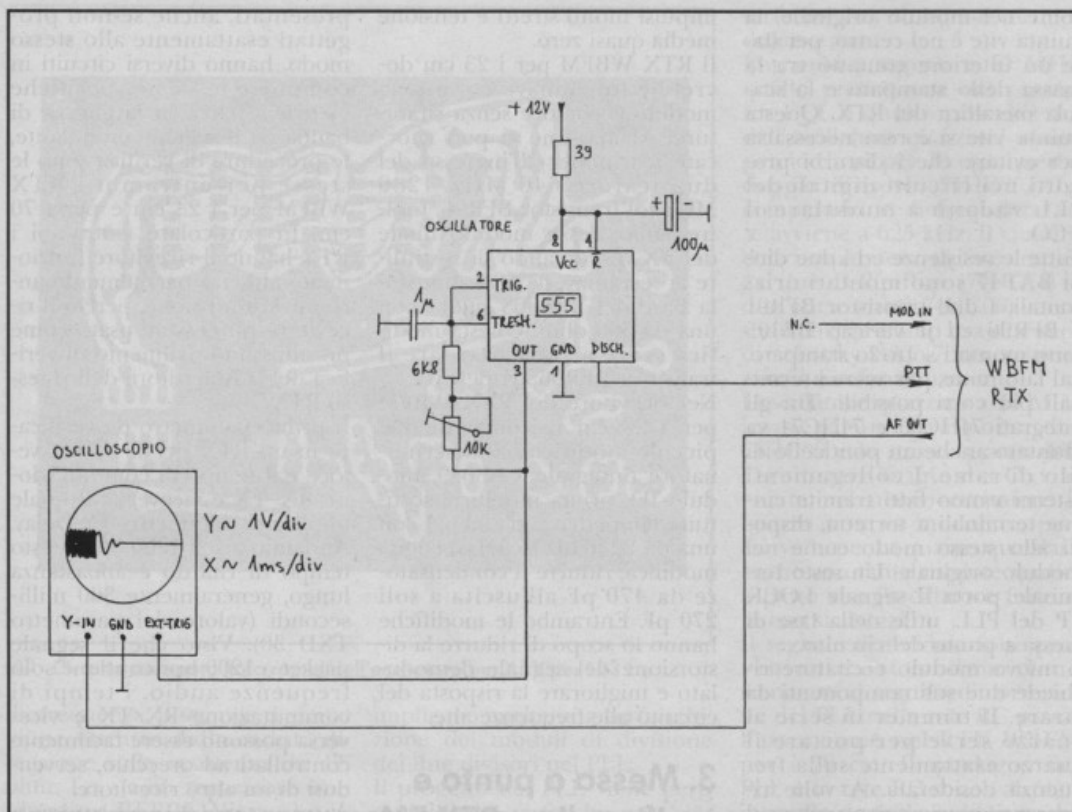
3. Messa a punto e verifica di un RTX FM a larga banda

Nel seguente testo non ho intenzione di discutere la taratura della parte RF di un ricetrasmittitore. In un RTX autocostruito mi sembra ovvio che è assolutamente necessario verificare la potenza d'uscita del trasmettitore e la sensibilità del ricevitore, le frequenze di funzionamento e l'assenza di spurie e/o autooscillazioni. Un RTX dedicato al packet radio a velocità superiori ai 1200 bps richiede anche qualche verifica particolare, specialmente se si tratta di un apparato destinato ad essere installato come nodo ripetitore sulla cima di una montagna o altra località difficilmente accessibile. Visto che entrambi i RTX WBFM

presentati, anche se non progettati esattamente allo stesso modo, hanno diversi circuiti in comune e le stesse specifiche elettriche circa la larghezza di banda ed il segnale modulante, le procedure di verifica sono le stesse per entrambi i RTX WBFM per i 23 cm e per i 70 cm. In particolare, entrambi i RTX hanno il ricevitore funzionante almeno parzialmente anche in trasmissione, perciò il ricevitore può essere usato come un utilissimo strumento di verifica del trasmettitore dello stesso RTX.

Il primo parametro da verificare in un RTX per il packet veloce è il tempo di commutazione RX/TX e viceversa, il quale implica il parametro TX-Delay. Andando a soli 1200 bps questo tempo di ritardo è abbastanza lungo, generalmente 300 millisecondi (valore del parametro TXD 30). Visto che il segnale packet a 1200 bps contiene solo frequenze audio, i tempi di commutazione RX/TX e viceversa possono essere facilmente controllati ad orecchio, servendosi di un altro ricevitore. Aumentando la velocità a 38400 bps il segnale di modulazione contiene frequenze al di sopra del limite udibile. Inoltre, i tempi richiesti per la commutazione RX/TX e viceversa sono molto inferiori, tra i 10 ed i 30 millisecondi. Un controllo ad orecchio non risulta più possibile, perciò è necessario costruire degli strumenti appositi.

In entrambi i RTX WBFM presentati il ricevitore funziona anche in trasmissione e non viene commutato in nessun modo. Il trasmettitore invece impiega un circuito PLL, il quale richiede un certo tempo per stabilizzare la frequenza di funzionamento. Il parametro critico sarà perciò il tempo di commutazione da ricezione a trasmissione, necessario al PLL per agganciarsi. L'operazione



④ Misura del tempo d'aggancio del PLL di un trasmettitore WBFM.

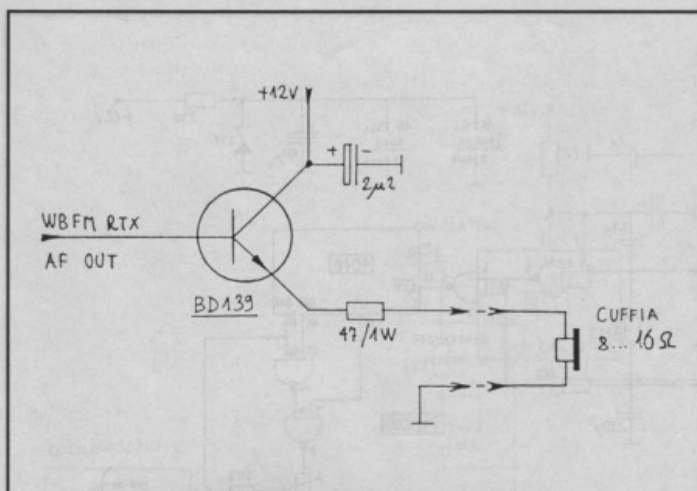
opposta, la commutazione da trasmissione a ricezione, è invece molto più veloce e non influenza in nessun modo il funzionamento del collegamento in packet radio, visto che la radio del corrispondente deve commutare in trasmissione allo stesso momento.

Il circuito per misurare il tempo d'aggancio del PLL di un trasmettitore WBFM è mostrato in **figura 4** e consiste in un oscillatore con un 555 per commutare periodicamente il RTX tra ricezione e trasmissione e un oscilloscopio per vedere cosa sta accadendo nel RTX. L'oscilloscopio va sincronizzato con i fianchi negativi dell'oscillatore tramite l'ingresso EXTERNAL TRIGGER, il che cor-

risponde al passaggio in trasmissione del RTX. Il trasmettitore non va modulato in modo che all'uscita del ricevitore possiamo osservare il fenomeno transiente durante l'aggancio del PLL.

All'uscita di un RTX WBFM perfettamente funzionante si osserva solo rumore nei primi due o tre millisecondi dopo il comando di commutazione in trasmissione. Nei seguenti due o tre millisecondi si può invece osservare un'onda smorzata, in pratica l'ultima parte del transiente d'aggancio del PLL. Il tempo totale richiesto per l'aggancio si aggira perciò sui 4 o 5 millisecondi, dopo di che la frequenza del TX deve risultare stabile.

Un problema qualsiasi nel trasmettitore viene indicato da un tempo d'aggancio molto più lungo e/o da una modulazione residua ad aggancio avvenuto. La causa più probabile di questi problemi è un rientro di radiofrequenza dallo stadio finale del trasmettitore nel VCO a causa di una schermatura insufficiente, cablaggio errato o errori simili. Visto che in entrambi i RTX WBFM il VCO è alimentato direttamente a +12 V, la tensione d'alimentazione va ovviamente ben livellata! Dopo aver verificato il tempo di commutazione RX/TX si deve verificare il trasferimento del segnale modulante. Anche questo parametro non è più verificabile ad orecchio alla velo-



⑥ Semplice monitor audio per il controllo di un RTX WBFM.

frequenze per le quali la distorsione è più severa. L'ampiezza e la posizione di questi "picchi" dipende esclusivamente dal quarzo utilizzato e determina se un certo quarzo (modulo eccitatore) è utilizzabile o meno.

In una trasmissione packet AX.25 la polarità del segnale rivelato non ha importanza ed i modem Manchester suggeriti non garantiscono il trasferimento della polarità del segnale, essendo sprovvisti del (inutile) circuito di risoluzione dell'ambiguità di fase. La polarità degli impulsi osservati sull'oscilloscopio perciò non ha importanza alcuna. Anzi, i due RTX WBFM descritti hanno il discriminatore leggermente diverso (la versione per i 23 cm impiega una bobina di sfasamento mentre la versione per i 70 cm ha un condensatore di sfasamento) e forniscono all'uscita il segnale demodulato di polarità opposta!

Infine, un RTX WBFM destinato ad un importante nodo ripetitore merita qualche prova in più. Visto che un amatore auto-costruttore generalmente non dispone di una camera per il

test termico, il RTX andrebbe almeno sottoposto a variazioni della tensione d'alimentazione e dell'impedenza dell'antenna. Il RTX dovrebbe rimanere funzionale almeno nel campo della tensione d'alimentazione tra 9 V e 16 V e non dovrebbe auto-oscillare o distorcere la modulazione con antenne non perfettamente adattate a 50 ohm. Un carico particolarmente "difficile" per il trasmettitore è un'antenna dotata di filtro passa-banda in cavità ad alto Q, quasi sempre necessario sui nodi ripetitori installati vicinissimi a tanti altri apparati ricetrasmittenti sulla vetta di una montagna.

Ovviamente tutte queste prove vanno fatte, nei limiti possibili, a casa, prima di installare il RTX nel nodo ripetitore. Inoltre risulta utile mantenere il RTX acceso per almeno alcune settimane, meglio qualche mese, per identificare eventuali componenti difettosi. Per far funzionare il RTX sia in ricezione che in trasmissione si può usare l'oscillatore mostrato in figura 4. Infine, tutte le verifiche descritte vanno rifatte col

RTX installato nel nodo ripetitore, per vedere l'interazione con gli altri apparati radio presenti. Cercando d'identificare la sorgente delle interferenze può risultare utile un monitor audio, come mostrato in figura 6, visto che i RTX WBFM sono sprovvisti di un amplificatore audio di potenza.

4. Conclusioni

In questo articolo ho cercato di spiegare quali verifiche sono necessarie nella messa a punto di un RTX dedicato al packet veloce, a parte la consueta procedura di messa a punto di un RTX. Tutti i metodi proposti sono il frutto delle esperienze di diversi anni di sperimentazione con questi RTX, perciò non potevano essere pubblicati prima. Lo stesso ragionamento vale per l'eccitatore nuovo per il RTX WBFM per i 23 cm: l'eccitatore originale aveva un difetto molto difficile da scoprire. Da quanto esposto seguono due conclusioni. La prima è che il packet veloce è ormai una realtà accessibile a chiunque vuole tentare l'autocostruzione di un semplice apparato radio. La seconda è che il progresso tecnologico non viene fatto nel lontano oriente, come molti pensano, ma sperimentando a casa propria!

CQ