

ARTICOLO ORIGINALE PUBBLICATO SU CQ ELETTRONICA

NUMERI 12/90 – 1/91 – 2/91

1. INTRODUZIONE

Uno dei problemi principali delle reti packet-radio amatoriali è la relativamente bassa velocità di trasmissione. Nelle gamme VHF e UHF si usano generalmente 1200 bps i quali, divisi per il numero degli utenti sullo stesso canale e ulteriormente ridotti da inefficienze varie del sistema e utenti indisciplinati (sysop compresi!), lo rendono a volte un servizio quasi inutilizzabile.

La soluzione più ovvia ed immediata è di aumentare la velocità di trasmissione dei dati. Ovviamente è impossibile chiedere a tutti gli utenti di adottare un sistema nuovo, completamente diverso da quello precedente. Si può invece ottenere un notevole miglioramento delle prestazioni del sistema collegando tra loro i nodi ripetitori con dei link ad alta velocità. Anche gli utenti che accedono al sistema a bassa velocità noteranno un notevole incremento delle prestazioni, specialmente se gli ingressi dei nodi ripetitori vengono spostati su canali diversi. Una delle caratteristiche salienti del sistema packet-radio è proprio quella di permettere la coesistenza di sistemi diversi interconnessi tra loro e quindi utilizzabili da tutti gli utenti, anche a quelli meno attrezzati.

Volendo introdurre un sistema nuovo sorge immediatamente la questione dello standard da adottare. Nelle VHF e frequenze superiori vengono generalmente usati dei RTX FM a banda stretta e modem telefonici. Non si tratta ovviamente della soluzione tecnicamente migliore, ma di una soluzione pratica, legata alla reperibilità di RTX e modem e alla facilità del loro impiego anche da parte di amatori senza profonde conoscenze tecniche nel settore. I RTX FM a banda stretta montano, nella sezione ricevente, un Filtro con 15kHz di larghezza di banda. La banda del segnale audio utilizzabile si estende perciò da qualche centinaio di Hz fino a 4-5kHz. Volendo utilizzare modem semplici il limite di velocità si aggira tra i 2400 bps e 4800 bps. Adottando modem sofisticati si possono raggiungere i 9600 bps. Un modem che ha avuto un discreto successo commerciale è il modem di G3RUH operando a 9600 bps con RTX modificati. Anche facendo operare un RTX a banda stretta a 9600 bps la capacità del sistema non aumenta di 8 volte rispetto a un sistema a 1200 bps.

Quasi nessun RTX commerciale è stato previsto per operare in packet: i tempi di commutazione ricezione/trasmissione e viceversa possono essere molto lunghi, riducendo la velocità di trasmissione utile. Inoltre quasi tutti i modem telefonici per 9600 bps e velocità superiori hanno dei tempi di sincronizzazione in ricezione molto lunghi, tempi che si sommano ai ritardi dei RTX.

La soluzione più ovvia è di abbandonare completamente il concetto di dover utilizzare RTX commerciali e di costruire un RTX progettato espressamente per il packet-radio, selezionando il tipo di modulazione e la larghezza di banda più adatti all'impiego previsto. Come primo criterio di progettazione il nuovo RTX dovrebbe aumentare le prestazioni del sistema di almeno un ordine di grandezza (10 volte), altrimenti non vale la pena adottare un sistema nuovo.

Sia in termini di portata radio che di larghezza di banda occupata le prestazioni migliori possono essere offerte solo da sistemi che utilizzano tecniche di modulazione e demodulazione coerenti (PSK). Purtroppo le tecniche coerenti presentano anche diversi svantaggi per l'impiego in questione. Innanzi tutto, i demodulatori coerenti (a PLL) richiedono un certo tempo per la sincronizzazione del segnale in arrivo, tempo che si somma a tutti i rimanenti ritardi riducendo in pratica le prestazioni del sistema. Inoltre, i demodulatori coerenti richiedono una ottima stabilità delle frequenze del trasmettitore e degli oscillatori locali nel ricevitore, richiesta difficile da esaudire considerando le escursioni termiche alle quali sono soggetti i RTX dei nodi ripetitori sulle cime delle montagne. Infine, la messa a punto di modulatori e demodulatori coerenti è fuori dalla portata di un radioamatore privo di esperienze e strumentazione adatte!

Una soluzione più semplice è di usare dei RTX FM (a larga banda) e dei modem adatti. In teoria la portata di un sistema utilizzando dei modem Manchester abbinati a dei RTX FM è di soli 5 dB inferiore alla portata di un sistema PSK. In pratica risulta però molto più facile realizzare un modem Manchester che non un modem PSK coerente perciò la differenza reale tra due sistemi è ancora

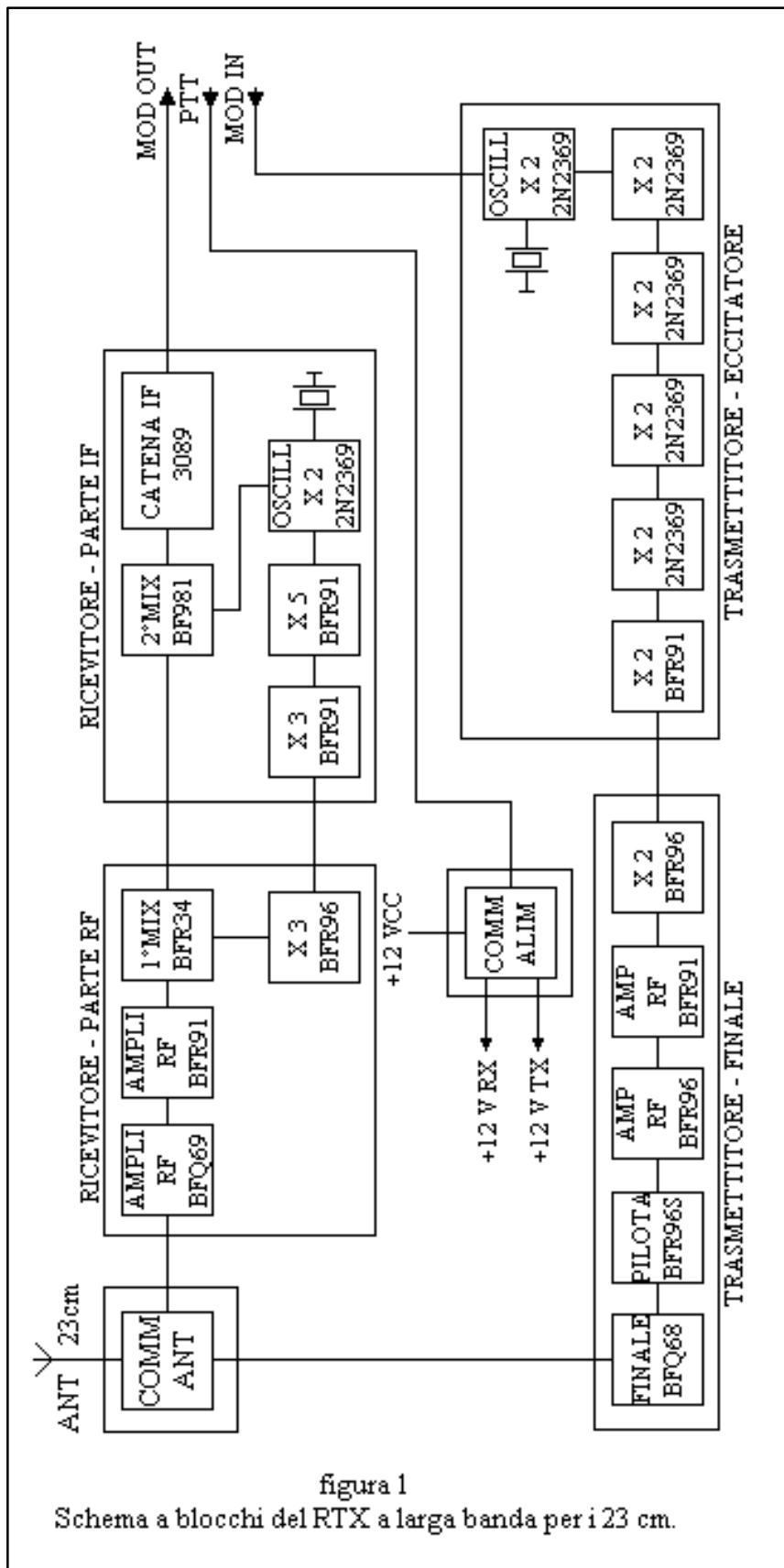


figura 1

Schema a blocchi del RTX a larga banda per i 23 cm.

inferiore. Infine, RTX in FM e modem Manchester sono facili da costruire e poco critici nella messa a punto.

Considerando la richiesta di aumentare la velocità di trasmissione di almeno 10 volte rispetto ai 1200 bps attualmente usati in VHF la larghezza di banda richiesta si aggira attorno ad alcune centinaia di kHz per canale. Ovviamente non si possono usare le gamme dei 144 MHz o 430 MHz visto l'affollamento di queste frequenze. La prima gamma disponibile sembra essere quella dei 23 cm. Purtroppo tutte le gamme in microonde sono assegnate solo come servizio secondario ai radioamatori, perciò è necessario prestare attenzione a non "calpestare la coda al drago!". Le caratteristiche del sistema proposto sono però a tutto vantaggio per non creare disturbi agli utilizzatori primari: una trasmissione in packet-radio e per definizione a carattere non continuo, ma piuttosto impulsivo e inoltre una trasmissione a larga banda, disturba meno di una trasmissione a banda stretta, visto che l'energia del trasmettitore viene dispersa in un campo di frequenze più vasto.

Questo articolo descrive il RTX FM per i 23 cm, cioè la parte analogica del sistema. La parte digitale, il modem Manchester e il relativo TNC2 migliorato sono stati descritti in un articolo precedente [1]. Come già spiegato, la velocità

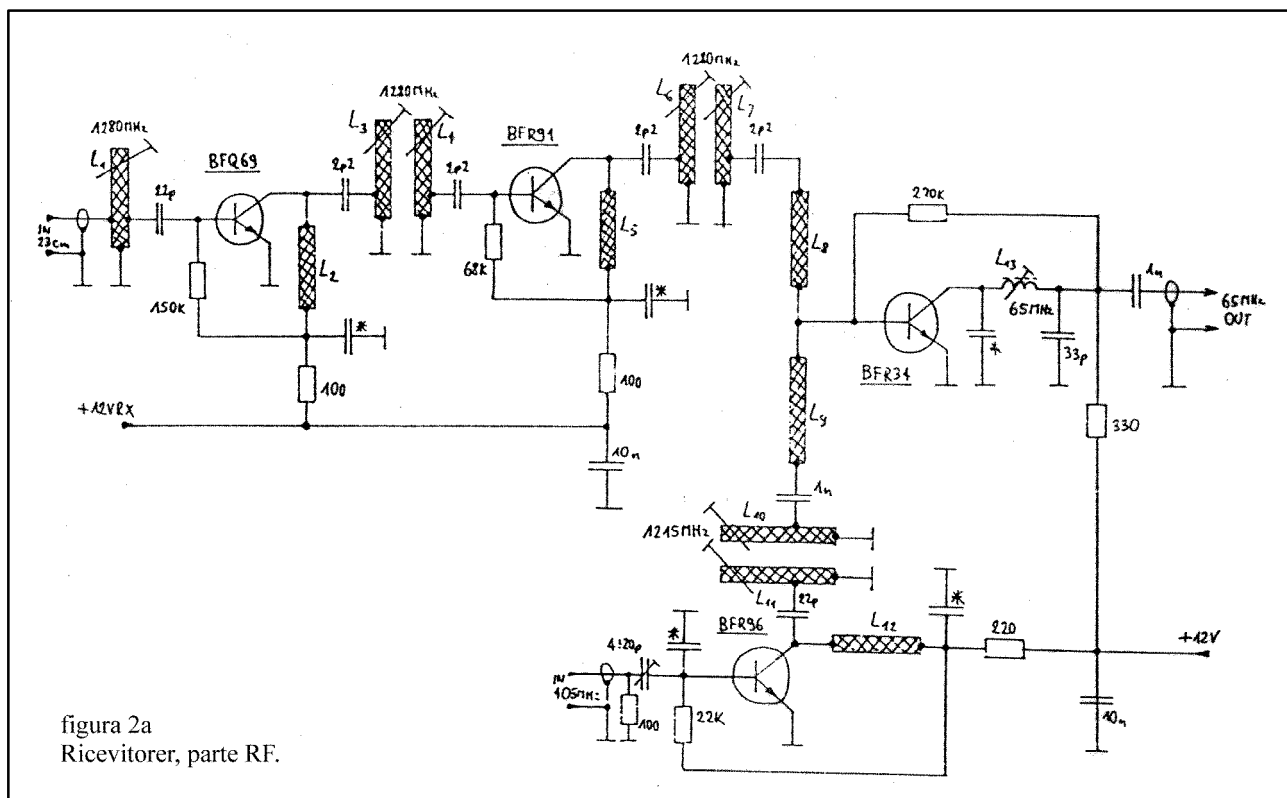
di trasmissione è limitata dai TNC2 e relativo software a 38400 bps. Per trasmettere un segnale Manchester a 38400 bps è richiesto in FM un canale della larghezza di circa 200 kHz.

Lo schema a blocchi del RTX FM a larga banda per i 23 cm è mostrato in **figura 1**. Entrambi, il ricevitore ed il trasmettitore, sono quarzati per una sola frequenza, visto che il RTX è inteso per essere utilizzato come nodo packet. Un sintetizzatore sarebbe senz'altro desiderabile dal punto di vista operativo per avere la possibilità di scegliere liberamente la frequenza, dal punto di vista pratico però complicherebbe notevolmente il progetto e introdurrebbe un ritardo non trascurabile nella commutazione, ricezione/trasmissione.

Il ricevitore è una supereterodina a doppia conversione. La prima media frequenza è attorno a 65 MHz e la seconda è a 10.7 MHz. Vista la larghezza di banda richiesta di 200 kHz si possono usare componenti standard come medie frequenze e filtri ceramici a 10.7 MHz, semplificando ulteriormente il progetto. Entrambe le frequenze di conversione vengono ottenute dallo stesso oscillatore quarzato per lo stesso motivo.

Il trasmettitore si compone di un oscillatore quarzato modulato a varicap e seguito da una catena di stadi duplicatori e amplificatori. La commutazione ricezione/trasmissione deve essere completamente elettronica per evitare i ritardi causati da componenti meccanici: diodi PIN per le commutazioni RF e transistor nelle commutazioni CC. Inoltre buona parte del ricevitore viene alimentata anche durante la trasmissione, sempre per ridurre i ritardi di commutazione.

Infine viene presentata anche una semplice antenna Yagi a 17 elementi per completare il progetto.



2. RICEVITORE

Il ricevitore si compone di due moduli: modulo RF e modulo IF. La divisione è imposta dalla diversa tecnica di costruzione: la parte RF è un circuito a microstrip mentre la parte IF è costruita su un circuito stampato convenzionale.

Lo schema della parte RF è mostrato in **figura 2a**. Il modulo RF comprende due stadi amplificatori selettivi alla frequenza d'ingresso di 1280 MHz (BFR91 e BFR91), il primo stadio mixer (BFR34) per ottenere la prima media frequenza a 65 MHz e l'ultimo stadio moltiplicatore (triplicatore, BFR96) per ottenere i 1215 MHz per il primo mixer. I due stadi preamplificatori a 1280 MHz

permettono di ottenere una figura di rumore di circa 4-5 dB assieme ad un guadagno di circa 10 dB per stadio. Considerando la larghezza di banda del ricevitore questa cifra equivale ad una sensibilità di circa 1 uV.

Aggiungendo un ulteriore stadio preamplificatore a GaAs FET si potrebbe migliorare la sensibilità del ricevitore di circa 3 dB. I due stadi preamplificatori RF sono gli unici stadi del ricevitore alimentati solo in ricezione. Tutti i rimanenti stadi del ricevitore vengono sempre alimentati, anche in trasmissione, per evitare ritardi di commutazione.

Lo schema elettrico della parte IF è mostrato in **figura 3a**. Il modulo IF comprende il secondo mixer (BF981), la catena IF a 10.7 MHz (3089), l'oscillatore quarzato a 27 MHz (2N2369) e due stadi moltiplicatori (2xBFR91) per ottenere 405 MHz. Il secondo mixer è preceduto da due circuiti accordati a 65 MHz per eliminare immagini e spurie del mixer stesso. Il segnale in uscita viene passato tramite, una media frequenza a 10.7 MHz ad un filtro ceramico che determina la banda passante del ricevitore. Segue la catena IF a 10.7 MHz costruita col famoso integrato 3089 nella sua applicazione più tipica. L'uscita audio del 3098, circa 1 Vpp, è più che sufficiente per pilotare il modem Manchester descritto in [1]: un

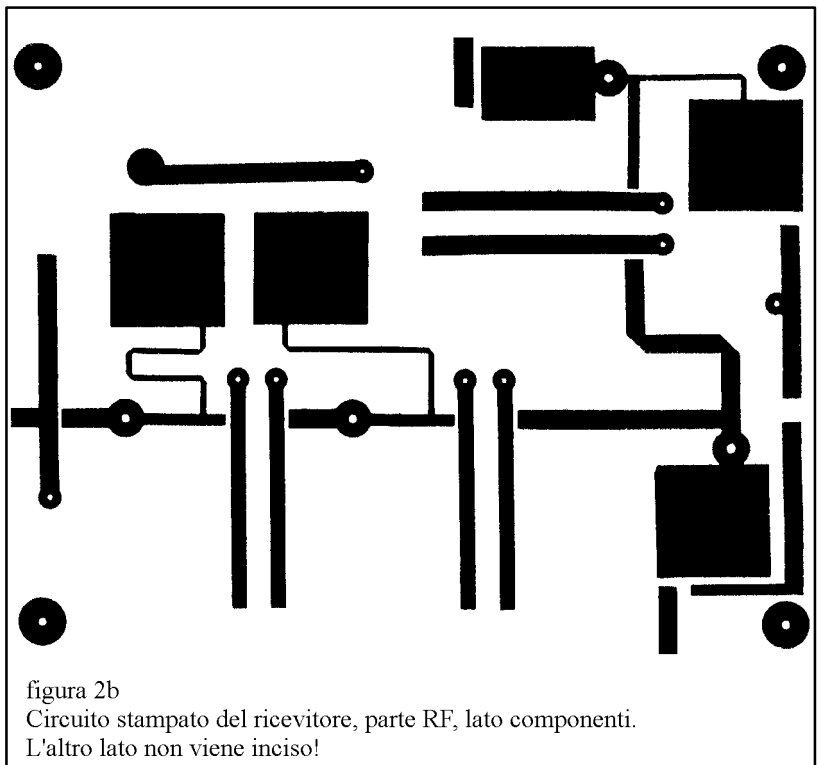


figura 2b
Circuito stampato del ricevitore, parte RF, lato componenti.
L'altro lato non viene inciso!

Il secondo mixer è preceduto da due circuiti accordati a 65 MHz per eliminare immagini e spurie del mixer stesso. Il segnale in uscita viene passato tramite, una media frequenza a 10.7 MHz ad un filtro ceramico che determina la banda passante del ricevitore. Segue la catena IF a 10.7 MHz costruita col famoso integrato 3089 nella sua applicazione più tipica. L'uscita audio del 3098, circa 1 Vpp, è più che sufficiente per pilotare il modem Manchester descritto in [1]: un

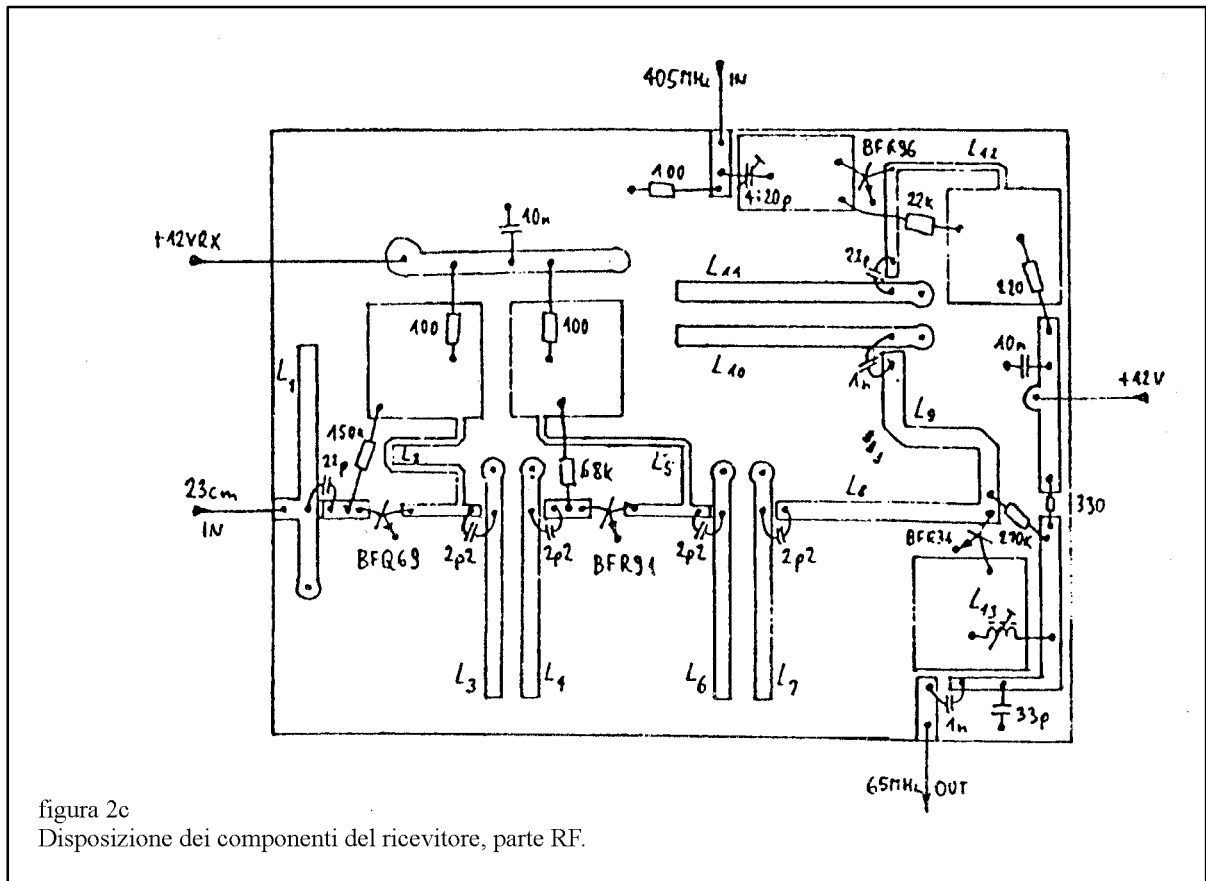


figura 2c
Disposizione dei componenti del ricevitore, parte RF.

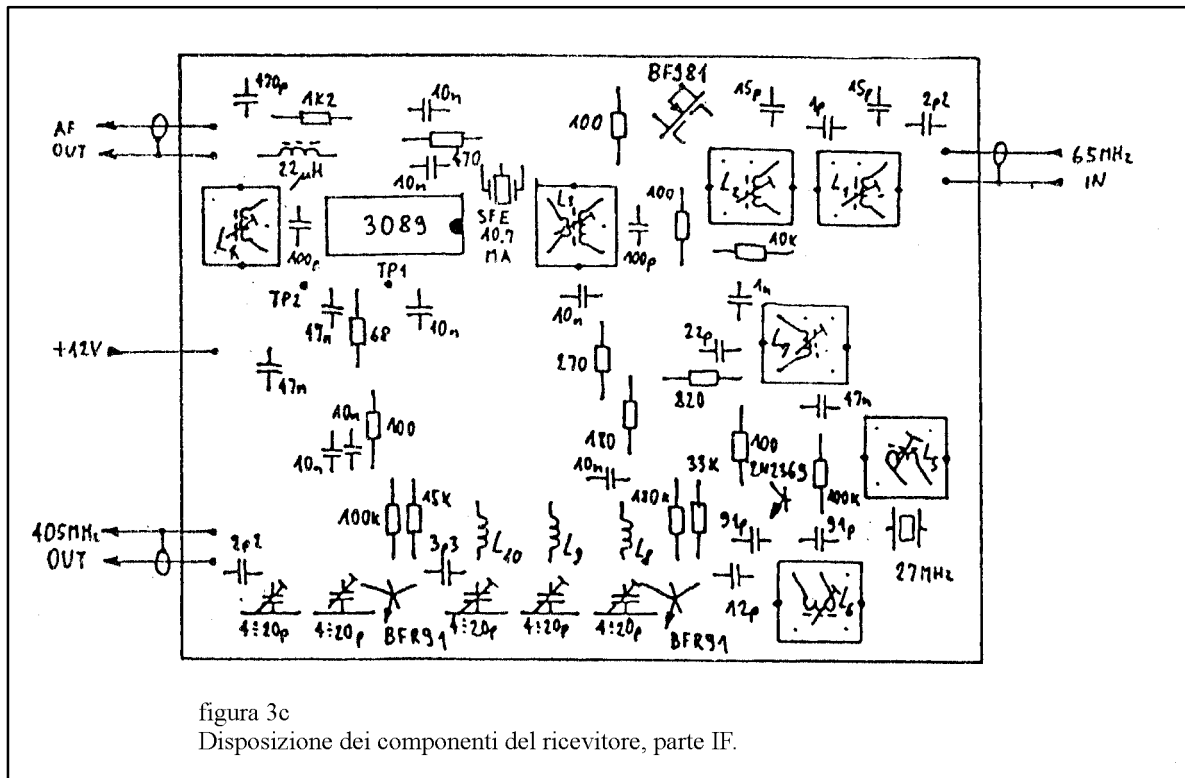


figura 3c
Disposizione dei componenti del ricevitore, parte IF.

descritta in dettaglio in [2], [3] e [4], perciò ha poco senso ripeterla in questo articolo. Consiglio perciò vivamente a tutti gli interessati di rileggersi gli articoli menzionati. Tutti i transistor RF sono installati in fori di 6 mm di diametro praticati nello stampato.

Tutte le bobine eccetto L13 e molti condensatori (X) sono realizzati direttamente sul circuito stampato. La taratura dei risonatori L1, L3, L4, L6, L7, L10 e L11 avviene accorciando o allungando (saldandovi un lamierino) le rispettive piste sul circuito stampato. L13 è composta da 9 spire di filo da 0.15 mm di diametro, rame smaltato, avvolte su un supporto da media frequenza TV in un solo scompartimento, con nucleo regolabile, ma senza coppetta in ferrite e senza schermo.

Nel modulo IF soltanto L11 e L12 sono incise sul circuito stampato. L1, L2, L5, L6 e L7 sono avvolte su dei supporti da media frequenza TV in solo scompartimento (quello superiore) e sono complete delle coppette in ferrite e degli schermi.

L1, L2 e L7 hanno 5 spire di filo da 0.15 mm, rame smaltato. L5 e L6 hanno 9 spire, stesso filo. L3 e L4 sono delle medie frequenze da 10.7 MHz, senza il condensatore interno! Il primario deve avere 10 spire (2 uH circa) e il link 2 spire. Infine, L8, L9 e L10 sono autoportanti, 5 spire ognuna, filo da 1 mm di diametro, rame smaltato, avvolgimento serrato su un supporto da 4 mm di diametro. I transistor BFR91 e BF981 vengono montati sul lato saldature nel modulo IF, per avere i collegamenti più brevi. Tutti i trimmer da 4-20 pF sono del tipo a film plastico, 7.5 mm di diametro, corpo in plastica VERDE. I condensatori fissi sono tutti ceramici a disco.

La taratura del ricevitore incomincia con la messa a punto della catena degli stadi moltiplicatori. La bobina in serie al quarzo serve per una taratura fine della frequenza, la bobina sull'emettitore del transistor oscillatore serve invece per evitare che il quarzo oscilli alla sua frequenza fondamentale attorno a 9 MHz. L'efficienza degli stadi moltiplicatori va verificata misurando l'abbassamento della tensione continua sulle basi dei transistor moltiplicatori per l'effetto della rettificazione del segnale RF presente. Il circuito è dimensionato in modo da avere circa 0 V a condizioni di lavoro ottimali sulle basi di tutti i transistor moltiplicatori e circa 0.4 V sulla base del primo mixer. (In assenza di segnale le tensioni sulle basi dei transistor si aggirano attorno a 0.7 V).

Ovviamente il funzionamento degli stadi moltiplicatori va verificato con un frequenzimetro o meglio ancora con un analizzatore di spettro per evitare di tarare il tutto sull'armonica sbagliata!

Attenzione! La lunghezza del cavetto di collegamento tra il primo ed il secondo triplicatore (405 MHz) è critica: sperimentare per ottenere il miglior risultato!

La taratura dei circuiti accordati nel tragitto del segnale ricevuto è semplificata dall'uscita S-Meter dell'integrato 3089 presente su TPI. Tutti i circuiti vanno semplicemente accordati per il massimo guadagno, eccetto ovviamente il discriminatore. A 1280 MHz i risonatori microstrip sono già prearati alla frequenza giusta e necessitano soltanto di una taratura fine. A 65 MHz è molto difficile tarare i circuiti sulla frequenza immagine di 43 MHz. In agguato è però la terza armonica del quarzo che fornisce una risposta spuria a 70 MHz circa! A 10.7 MHz non si può proprio sbagliare visto il filtro ceramico! In tutti i casi indicati si può usare come sorgente di segnale un semplice generatore di rumore a diodo zener (vedi [2]).

Il discriminatore va ovviamente tarato per ottenere all'uscita esattamente la stessa tensione di TP2 senza alcun segnale in ingresso o con un segnale esattamente sintonizzato.

3. TRASMETTITORE

Anche il trasmettitore si compone di due moduli: eccitatore e finale. La suddivisione in due moduli è imposta essenzialmente dalle diverse tecniche di costruzione. L'eccitatore è costruito su un circuito stampato convenzionale mentre il finale è costruito con tecnica microstrip.

Lo schema dell'eccitatore è mostrato in **figura 4a**. L'eccitatore comprende un oscillatore quarzato (2N2369) a 10 MHz e modulato a varicap, seguito da 6 stadi duplicatori per ottenere circa 5 mW a 640 MHz all'uscita del modulo. Il modulo non comprende alcun stadio amplificatore di modulazione: l'uscita del modem Manchester è più che sufficiente per pilotare il varicap BB105. Il transistor oscillatore viene usato anche come primo duplicatore, per ottenere 20 MHz. Seguono cinque stadi duplicatori molto simili (4 x 2N2369 e BFR91). Ogni duplicatore è seguito da due circuiti accordati per attenuare armoniche non volute. Questi circuiti sono accordati rispettivamente a 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 160 MHz, 320 MHz e 640 MHz.

L'oscillatore quarzato è dimensionato in modo da permettere una "partenza" veloce quando si passa in trasmissione. Durante la ricezione nessun circuito del trasmettitore riceve la tensione d'alimentazione. Il ritardo nel passaggio in trasmissione è causato principalmente dalla lentezza dell'oscillatore. I rimanenti stadi sono molto più veloci e non richiedono misure speciali eccetto l'accortezza di non usare condensatori dai valori elevati!

La scelta della frequenza di trasmissione dipende anche dalla reperibilità dei quarzi. In commercio sono relativamente facili da reperire i quarzi per uso computer (TX) e i quarzi CB (RX). Nel trasmettitore descritto si possono utilizzare due quarzi facilmente reperibili: 9.8304 MHz e 10.000 MHz, che moltiplicati per 128 corrispondono alle frequenze di 1258 MHz e 1280 MHz. Regolando la bobina L1 in serie al quarzo si può spostare la frequenza finale fino a 500-800 kHz, ottenendo con ognuno dei quarzi indicati 3 o 4 canali (da 200 kHz) in gamma 23 cm. In ricezione la scelta risulta più facile vista la reperibilità dei quarzi CB in passi da 10 o 5 kHz.

Lo schema del modulo finale è mostrato in **figura 5a** che comprende l'ultimo duplicatore a 1280 MHz (BFR96) e quattro stadi amplificatori (BFR91, BFR96, BFR95S e BFQ68) per ottenere da 1,5 a 2W a 1280 MHz. Il BFR91 funziona da amplificatore selettivo in classe A. Il BFR96 funziona in classe AB e fornisce circa 100 mW. Il pilota BFR96S ed il finale BFQ68 funzionano in classe B: in classe C il guadagno dei semiconduttori disponibili è molto più basso a frequenze superiori al GHz. L'eccitatore è costruito su un circuito stampato convenzionale a singola faccia. Il lato rame è mostrato in **figura 4b** e la relativa disposizione dei componenti in **figura 4c**. Il modulo finale è costruito su un circuito microstrip: in **figura 5b** è mostrata la faccia superiore, la faccia inferiore non viene incisa! La relativa disposizione dei componenti è visibile in **figura 5c**.

Il modulo eccitatore richiede la costruzione di diverse bobine. L1 ha nominalmente 30 spire di filo da 0.1 mm di diametro, rame smaltato, su un supporto da media frequenza per 10.7 MHz. Il valore esatto di L1 dipende comunque dal quarzo usato e dalla frequenza finale desiderata. L2, L3, L4, L5, L6 e L7 sono avvolte su dei supporti da media frequenza TV, completi delle coppette in ferrite e

schermi. L2 e L3 hanno 9 spire, filo da 0.15 mm rame smaltato, mentre L4, L5, L6 e L7 hanno 5 spire ognuna, stesso filo. L8 e L9 sono autoportanti, 4 spire ognuna di filo da 1 mm di diametro, rame smaltato, e avvolgimento serrato su un supporto da 4 mm di diametro. Infine, L10, L11, L12 e L13 sono incise sul circuito stampato.

Il BFR91 nel modulo eccitatore è montato dalla parte saldature, per avere i collegamenti più brevi. Tutti i trimmer da 4-20 pF sono a film plastico, 7.5 mm di diametro e corpo VERDE. Il trimmer da 2-10 pF nello stadio finale del TX è anch'esso a film plastico, 7.5 mm di diametro, corpo GIALLO o ARANCIONE. Tutti i condensatori fissi sono ceramici a disco. Anche per la costruzione del modulo finale vale quanto detto in [2], [3] e [4]. Il montaggio del transistor finale BFQ68 richiede una cura particolare. La vite dissipatrice non è connessa internamente al transistor, ma possiede una relativamente alta capacità parassita verso il terminale di collettore. Per evitare circolazioni di correnti RF incontrollate, che possono provocare autooscillazioni, instabilità o riduzioni della potenza d'uscita, la vite deve essere collegata a massa per la via più breve sullo stampato stesso. Perciò si consiglia di installare il BFQ68 come mostrato in **figura 7b**. Come dissipatore viene usato un lamierino in rame, spesso 1 mm e dalle dimensioni di 2 x 3 cm circa, ben saldato sulla massa, lato non inciso dello stampato del modulo finale. Tutti i rimanenti transistor RF sono installati come di consueto nei circuiti microstrip in fori da 6 mm di diametro.

Buona parte delle bobine risonanti del modulo finale sono realizzate in tecnica microstrip sul circuito stampato. Fanno eccezione le impedenze RF L9, L10 e L11, che consistono in circa 6 cm di filo rame smaltato da 0.15 mm ognuna e sono autoportanti, avvolte, su un supporto da 1 mm di diametro.

La taratura del trasmettitore consiste principalmente nella messa a punto della catena degli stadi moltiplicatori. Il circuito del trasmettitore comprende sette duplicatori. Durante la messa a punto si deve prestare attenzione soprattutto a ottenere i livelli dei segnali adatti. Un livello del segnale troppo basso riduce il rendimento degli stadi seguenti diminuendo la potenza d'uscita ottenibile. Un livello troppo alto non aumenta la potenza, ma distrugge i transistor nella catena degli stadi moltiplicatori. Un transistor danneggiato se la tensione negativa sulla base, formata per effetto rettificante della giunzione BE supera i -3V circa.

I transistor per microonde BFR91 o BFR96 sono ancora più fragili e vengono danneggiati già da tensioni negative superiori a -1,5V circa. Difetti del genere non sono facili da scoprire, poiché il transistor sovrapilotato non si brucia di colpo ma le sue caratteristiche vengono lentamente deteriorate! Il deterioramento può durare ore o addirittura settimane prima di compromettere il funzionamento dell'apparato!

Nel modulo eccitatore è essenziale controllare il livello del segnale che pilota il BFR91. Segnali eccessivi si possono ottenere usando dei transistor con guadagni superiori ai 2N2369 consigliati. La soluzione più semplice in questo caso è nel ridurre la tensione d'alimentazione a uno o più stadi, aumentando le resistenze di collettore. Un modulo eccitatore correttamente tarato fornisce all'uscita circa 5 mW a 640 MHz con una tensione negativa sulla base del BFR91 compresa tra i -0,5 V e -1 V. Le tensioni continue sulle basi dei 2N2369 moltiplicatori dovrebbero aggirarsi invece tra i -1 V e -1,5 V.

La taratura del modulo finale incomincia con la scelta della lunghezza del cavetto che fornisce il segnale a 640 MHz dall'eccitatore. Il cavetto va tagliato in modo che regolando il trimmer sulla base del BFR96 si abbia la massima uscita a circa metà capacità. I risonatori a microstrip sono prearati per una frequenza leggermente superiore e vanno di conseguenza allungati di alcuni millimetri saldandovi dei lamierini di rame agli estremi "caldi". Anche il trimmer da 2-10 pF all'uscita va tarato per la massima potenza d'uscita. Infine si eseguono due operazioni fini: si aggiungono dei lamierini in rame sulla base del BFQ68 e sull'uscita cercando sempre di massimizzare la potenza d'uscita (trimmer marchiati X sullo schema).

Un trasmettitore tarato correttamente fornirà all'uscita circa 1,5-2 W. il circuito non contiene alcuna regolazione della deviazione FM, il livello di modulazione va perciò regolato nel modem.

4. COMMUTAZIONI

Un parametro molto importante per un ricetrasmittitore adatto al funzionamento in packet-radio CSMA (Carrier Sense Multiple Access), in parole povere funzionamento su una singola frequenza in simplex, è il tempo morto richiesto all'apparato per commutare da ricezione a trasmissione e viceversa. Nei collegamenti ad alta velocità questo tempo diventa uno dei parametri che limitano le prestazioni del sistema.

Ovviamente in un RTX packet-radio ad alta velocità non sono ammessi componenti di commutazione meccanici, che richiedono nella migliore delle ipotesi alcune decine di millisecondi per commutare. Usando soluzioni completamente elettroniche si possono facilmente raggiungere tempi di commutazione sull'ordine del millisecondo o anche meno.

La commutazione RX/TX è mostrata in **figura 6a**. L'antenna viene commutata usando dei diodi PIN. Il commutatore a diodi PIN è a sua volta pilotato direttamente dalle tensioni +12 VRX e +12 VTX, ottenute dal commutatore d'alimentazione a transistor. Quest'ultimo è pilotato dalla linea PTT proveniente dal modem. Il commutatore impiega esclusivamente transistor PNP per minimizzare la caduta di tensione.

Il commutatore d'antenna impiega 4 diodi PIN BA379. I due BA379 costituiscono il commutatore vero e proprio mentre i due rimanenti BA379 servono a cortocircuitare la porta non utilizzata migliorando l'isolamento del commutatore: quando non sono in conduzione, i diodi BA379 (i migliori reperibili) rappresentano pur sempre una capacità parassita di circa 0,3 pF, capacità non trascurabile nella gamma dei 23 cm.

La parte RF del commutatore è costruita su un circuito stampato microstrip, visto dal lato componenti in **figura 6b**. L'altro lato funge da piano di massa e non viene inciso. La disposizione dei componenti relativa è mostrata in **figura 6c**. La parte alimentazione del commutatore è costruita su un piccolo circuito stampato a singola faccia, visibile in **figura 6d**, che monta anche i due LED RX e TX da installarsi sul pannello frontale. La corrispondente disposizione dei componenti si può vedere in **figura 6e**. L'elettrolitico da 1000uF ed il diodo IN4001 non sono montati su circuito stampato, ma direttamente sul connettore d'alimentazione.

I diodi PIN BA379 vengono prodotti in una custodia di PLASTICA NON STANDARD, dalle dimensioni di 3 x 2 x 1,5 mm e sono marchiati soltanto da una striscia di vernice indicante il catodo e sono prodotti dalle ditte Philips e Siemens. L'unico equivalente è il BA479, prodotto dalla Telefunken in custodia di VETRO DO-35 e marchiato TFK BA479. Attenzione! Sul mercato sono apparsi dei diodi in custodia PLASTICA SOD-23, dalle dimensioni di 4 x 2, 5 x 2,4 mm (molto più grandi di un BA379 vero) che vengono spacciati come dei BA479 o equivalenti dei BA379! Anche se la custodia SOD-23 contenesse in realtà il chip del BA379, la sua elevata induttività parassita degraderebbe notevolmente le caratteristiche elettriche del diodo.

I moduli di commutazione RX/TX non richiedono alcuna taratura o messa a punto. Il cablaggio RF richiede comunque una certa cura per evitare problemi. E raccomandabile usare del cavetto schermato isolato in teflon (RG188), per evitare che il dielettrico si fonda durante le operazioni di saldatura. Per evitare instabilità o autooscillazioni è essenziale evitare ogni induttività parassita nel collegamento della calza del cavetto schermato con la massa del circuito microstrip. La soluzione migliore è mostrata in **figura 7a**: sul piano di massa del circuito stampato viene saldato un lamierino di ottone dalle dimensioni di 10 x 10 mm e spessore 0,3 mm circa. Sul lamierino viene poi saldata la calza del cavo, stagnata in precedenza come il lamierino stesso.

L'RTX completo va installato in un contenitore schermato. Generalmente non è necessario schermare ulteriormente i singoli moduli. Nel caso di risonanze del contenitore, che causano autooscillazioni del circuito, inserire dei pezzi di materiale absorber per microonde (spugna nera "antistatica" va bene). Come dimensioni si suggerisce di tenere la distanza tra i bordi di due circuiti stampati di almeno 1 cm. Il coperchio va posizionato almeno a 3 cm al di sopra delle linee microstrip per non influenzarle. Infine, non installare il modem o TNC nella stessa scatola, ma usare un contenitore separato, per evitare che i circuiti digitali disturbino, il ricevitore.

5. ANTENNA

Le antenne Yagi per i 23 cm sono reperibili in commercio, purtroppo a prezzi molto alti specialmente se si considera la quantità ed il prezzo dei materiali usati. L'autocostruzione può dare dei risultati egualmente validi o migliori a patto che si rispettino scrupolosamente tutte le dimensioni e le tecniche di costruzione. Il RTX FM a larga banda descritto è stato usato con successo con diversi tipi di antenne: collineari, eliche, Yagi autocostruite e Yagi commerciali. Visto che gli RTX in questione vengono utilizzati soprattutto per link tra i nodi della rete packet-radio, ovvero collegamenti punto-punto, l'antenna che più si adatta all'applicazione è un'antenna Yagi, almeno ad altitudini dove il formarsi del ghiaccio sulle antenne non rappresenta un problema. La progettazione di un'antenna Yagi non è facile da spiegare: esiste una miriade di compromessi possibili tra il guadagno voluto, larghezza di banda richiesta, spaziatura degli elementi eccetera. Per progettare un'antenna per qualsiasi frequenza conviene perciò usare delle tabelle precalcolate di antenne già sperimentate e ben caratterizzate da chi aveva il tempo ed i mezzi per eseguire le necessarie misurazioni.

Queste tabelle comprendono sempre anche le necessarie informazioni su come adattare le lunghezze degli elementi usando elementi di spessore diverso o supporti non isolati. Tra le più usate tra i radioamatori sono le tabelle NBS [5] per Yagi corte e le tabelle di DL6WU [6] per Yagi lunghe. L'antenna Yagi a 17 elementi mostrata in **figura 8** è stata progettata secondo le tabelle NBS. La spaziatura tra gli elementi è uniforme e uguale a $0,2 \lambda$. Per gli elementi viene usato del tondino in alluminio da 4 mm di diametro. Gli elementi passano per il centro del boom non isolati, fissati, con una vite autofilettante ognuno. Il boom è in profilato d'alluminio di sezione quadrata 18 x 18 mm. Per un boom di queste dimensioni il fattore d'allungamento degli elementi si aggira sul 75% del lato del boom. Questo fattore è già compreso nelle dimensioni fornite per gli elementi. Ovviamente volendo usare un boom diverso o un sistema di montaggio degli elementi differente è necessario ricalcolare le lunghezze di tutti gli elementi!

Il dipolo è realizzato con del nastro di rame da 9 x 1 mm di sezione. Il braccio collegato al connettore N è lungo 125 mm, l'altro braccio che raggiunge solo il balun è lungo 120 mm. Il balun è costruito con mezza lunghezza d'onda di cavetto semirigido RG 141 con le estremità saldate nel blocchetto di rame usato anche per fissare il connettore N UG58 sul boom dell'antenna. I collegamenti al balun ed al connettore vanno poi incapsulati in un blocchetto di resina poliestere a due componenti che riempie lo spazio tra la flangia del connettore ed il boom dell'antenna.

Secondo la tabella NBS l'antenna in questione dovrebbe fornire un guadagno di 13,4 dB, cifra completamente credibile considerando le dimensioni dell'antenna rispetto alla lunghezza d'onda. L'SWR dipende esclusivamente dalla costruzione e adattamento del dipolo. La soluzione proposta è poco critica: l'SWR del prototipo è risultato inferiore a quello misurabile con sicurezza dal reflettometro disponibile in buona parte della gamma dei 23 cm e non solo a 1280 MHz. L'SWR del prototipo però peggiorava notevolmente toccando un qualsiasi elemento dell'antenna, anche quello più lontano dal dipolo, oppure orientando l'antenna verso un ostacolo riflettente (muro in cemento armato), segni più che evidenti che l'antenna funzionava a dovere!

Nella costruzione dell'antenna descritta è necessario rispettare il più possibile le dimensioni fornite, se possibile al decimo di millimetro per le lunghezze dei direttori. Le dimensioni sono state calcolate per 1280 MHz, le antenne Yagi si comportano discretamente anche a frequenze inferiori alla frequenza di progettazione. Usando materiali diversi da quelli suggeriti (bacchette di diametro diverso o boom diverso) consultare NECESSARIAMENTE le tabelle di progettazione!

6. RISULTATI

Fin dai primi esperimenti col packet-radio nella nostra area (Slovenija - YU3) era noto a tutti che un sistema operante a 1200 bps non poteva soddisfare un numero di utenti crescente di giorno in giorno

in modo vertiginoso. Studiando il problema, Iztok Saje - YU3FK, è venuto alla conclusione che dovevamo progettare e costruire un sistema packet-radio ad alta velocità almeno per collegare tra di loro i nodi ripetitori principali della rete. A me ha chiesto di sviluppare degli RTX e modem adatti mentre lui avrebbe sperimentato le soluzioni software da adottare.

Considerando i problemi tecnici e pratici abbiamo preso delle decisioni in comune:

- A) Usare la gamma dei 23 cm o frequenze superiori per evitare l'affollamento dei 2 m o 70 cm.
- B) Usare RTX a larga banda per mantenere i modem più semplici possibili per operare fino a 64000 bps.
- C) Usare un sistema CSMA (RTX simplex su un solo canale) per motivi economici: un sistema di link con RTX duplex era al di fuori della portata delle nostre risorse.
- D) Usare tecniche semplici, come RTX in FM, a portata di mano dei costruttori e mantenitori della rete packet-radio non professionisti.

Dopo più di un anno di sviluppo procedendo con esperimenti vari, siamo giunti alle specifiche finali del sistema: 23 cm WBFM, modem Manchester, operazione a 38400 bps limitati solo dal software reperibile per il TNC2.

I sistemi operanti a 1200 bps con RTX FM convenzionali usando generalmente un tempo di TXDELAY (tempo morto di commutazione RX/TX o viceversa) di 300 ms (parametro TXD 30). La capacità di un sistema operante a 1200 bps tra due sole stazioni su un canale altrimenti libero da interferenze si aggira sui 400 bit al secondo di dati utili, senza cioè i tempi morti, testate, nominativi e altre informazioni di controllo nei pacchetti e senza contare i pacchetti di conferma.

Il RTX FM presentato in questo articolo è in grado di operare con un TXDELAY di soli 5 ms con un modem Manchester ad alta velocità. Per motivi di sicurezza il parametro TXD è stato settato a 2 (TXDELAY 20 ms). In queste condizioni, la capacità di trasferimento di dati utili tra due stazioni è stata misurata 8700 bit al secondo, senza i tempi morti, testate, nominativi, informazioni di controllo e pacchetti di conferma. Aumentando la velocità di trasmissione di 32 volte (passando da 1200 bps a 38400 bps) la capacità di trasferimento dati è aumentata di oltre 20 volte, nonostante le severe limitazioni dell'hardware e del software dei TNC2 utilizzati. La portata teorica. Degli RTX descritti, con modem Manchester a 38400 bps e antenne con guadagno moderato (10 dB) dovrebbe aggirarsi sui 100 km in spazio libero, senza ostacoli. Prove pratiche hanno pienamente confermato la teoria: la tratta radio tra i nodi #23KP:4N3K-12 e #23LJU:4N3L-12 della lunghezza di 99 km funzionava perfettamente con le antenne specificate e un attenuatore di 20 dB aggiuntivo nel cavo d'antenna con pochi retry. In pratica la portata risulta sufficiente per qualsiasi tratta radio praticamente utilizzabile con un buon margine di sicurezza, a patto di rispettare la richiesta di visibilità ottica tra i due punti da collegare.

Attualmente (gennaio 1990) abbiamo in funzione 6 nodi ripetitori collegati tra di loro con dei link a 38400 bps che usano gli RTX descritti. Ognuno dei 6 nodi è accessibile anche sui 2 m, 1200 bps e buona parte dei nodi dispone anche dei 70 cm. I collegamenti a 38400 bps si sono rivelati in pratica talmente veloci che tutti i nodi si comportano come un nodo solo con tanti accessi su frequenze diverse per utente che entra nella rete a 1200 bps. Un qualsiasi utente che accede alla rete, anche un Commodorian che non può andare oltre i 1200 bps, può adesso accedere al BBS che vuole e leggersi il bollettino che vuole in un momento qualsiasi, senza disturbare gli altri utenti!

Ovviamente il buon funzionamento di una rete di nodi packet-radio è condizionato anche da una corretta gestione da parte dei sysop. Il software per nodi NETROM o TheNet è probabilmente il software più complesso reperibile per un microprocessore a 8 bit come lo Z80. Uno dei parametri che determinano l'efficienza di un nodo è la lunghezza della tabella dei nodi memorizzati. Già operando a soli 1200 bps si possono notare dei ritardi causati esclusivamente dal software, quando il numero dei nodi memorizzati supera circa 40 nominativi diversi, con la tendenza ad un blocco totale quando la tabella raggiunge circa 100 nominativi. Operando a 38400 bps ovviamente i ritardi si possono notare prima. Il rallentamento si può notare già con 25 nodi in tabella. Superando i 50 nodi l'efficienza del collegamento si riduce a quella di un link a 1200 bps con la tendenza verso il blocco totale, risolvibile soltanto con un RESET totale, ovvero sconnettendo fisicamente la batteria

di backup dalla RAM CMOS non volatile del TNC2! Una buona norma è perciò di regolare i parametri in modo da avere 15-25 nodi in tabella: in pratica quelli che servono e che si possono anche in realtà collegare.

Il progetto descritto in questo articolo rientra senz'altro tra i progetti più impegnativi descritti su riviste per radioamatori e dilettanti. A parte i problemi tecnici esiste il problema non meno complesso dell'organizzazione e coordinamento dei lavori nella costruzione di una rete packet-radio. La costruzione della rete packet-radio a 38400 bps in Slovenia (YU3) ha richiesto l'impiego di oltre 10 volontari entusiasti e seri. Tutti crediamo comunque che per il risultato finale si valsa la pena e saremo molto felici se qualche altro gruppo vorrà ripetere le nostre esperienze.

7. RIFERIMENTI

- [1] Matjaz Vidmar: "Hardware del TNC2 revisionato e migliorato", CQ Elettronica 7-8-9/90, Bologna.
- [2] Matjaz Vidmar: "Facile ed economico convertitore per la banda 1.7 GHz", CQ Elettronica pagg. 100-113/IX-82, Bologna.
- [3] Matjaz Vidmar: "Transverter fuer die Amateurbänder 23 cm und 13 cm in Microstrip-Technik", Teil 1, pagg. 46-57/1-86, UKW-Berichte/VHF-Communications, Baiersdorf.
- [4] Matjaz Vidmar: "Transverter fuer die Amateurbänder 23 cm und 13 cm in Microstrip-Technik", Teil 2, pagg. 66-87/2-86, UKW-Berichte/VHF-Communications, Baiersdorf.
- [5] Peter P. Viezbicke: "Yagi Antenna Design", NBS TECHNICAL NOTE 688, December 1976, National Bureau of Standards, Boulder, Colorado.
- [6] Guenther Hoch: "Extremely Long Yagi Antennas", pagg. 130-138, UKW-Berichte/VHF-Communications, Baiersdorf.