

RTX 13 cm PSK per Packet-Radio a 1.2288 Mbit/s

Matjaz Vidmar, S53MV
(traduzione Andrej Santin, IV3KCB)

PRIMA PARTE

1. INTRODUZIONE

Se non siamo troppo esigenti, basta un qualsiasi ricetrasmittitore per trasferire dati digitali. Tra RTX e il computer inseriamo una scatola "magica" detta modem che dovrebbe trasferire i dati senza nessun problema. Se usiamo RTX non adatti e modem economici qualcosa funziona, ma non possiamo certamente vantarci dell'efficienza.

Anche adattando al meglio un modem AFSK RTTY o packet-radio 1200 bit/s ad un RTX SSB o FM "fonia", l'efficienza rimane molto bassa sia in termini di banda occupata che di potenza utilizzata. In questi casi la banda passante è da 10 a 30 volte maggiore del necessario. Anche la potenza è da 30 a 100 volte maggiore, il che si riflette su una inevitabile portata radio minore. Visti questi dati, forse non hanno torto quei radioamatori che usano solo la telegrafia Morse con ricezione "ad orecchio" senza diavolerie elettroniche!

Nonostante la bassa efficienza, il packet-radio è lo stesso diventato molto popolare. Però non pochi problemi si sono incontrati per aumentare la velocità dei trasferimenti. L'aumento della velocità richiede una maggiore occupazione dello

spettro RF e questo è disponibile solo nelle bande delle microonde. Purtroppo con l'aumentare della frequenza diminuisce la potenza utile dei trasmettitori con la conseguenza di coprire distanze inferiori.

Prima dell'utilizzo di questi RTX PSK (che sto per descrivere) nella rete packet-radio della Slovenia sono stati usati RTX FM a larga banda (WBFM) con modem Manchester a 38.4kbit/s. Essendo la potenza di 1W circa e la portata richiesta attorno ai 100 km nello spazio libero con una ragionevole riserva (20 dB), la velocità di 38.4 kbit/s è il limite superiore raggiungibile con mezzi amatoriali.

Perciò, per aumentare le velocità di trasferimento bisogna usare modem più efficienti e RTX dedicati. Un primo miglioramento sarebbe l'uso della modulazione di frequenza diretta (FSK) al posto dei modem Manchester. Questo comporta però degli RTX FM più complessi degli attuali. La soluzione migliore in termini di efficienza potenza/portata è la demodulazione coerente. Con la modulazione PSK si riesce a coprire una distanza maggiore di 5 dB rispetto alla FSK e 10-15 dB rispetto al Manchester/FM.

La modulazione PSK richiede degli RTX più complessi e un'alta stabilità in frequenza della portante. Un demodulatore coerente molto co-

nosciuto è sicuramente il ricevitore SSB. Ecco perché si può comparare un RTX SSB fonico ad un RTX PSK per packet-radio. La costruzione e l'uso di un RTX SSB è più difficile rispetto ad un RTX per FM.

Anche la scelta di quanto aumentare la velocità dei link packet-radio non è facile. Nel 1988 si è deciso per la velocità di 38.4 kbit/s che era 32 volte maggiore dei 1200 bit/s usati dagli utenti. Con la migrazione di questi a 38.4 kbit/s è abbastanza logico aumentare la velocità di nuovo di 32 volte, perciò a 1.2288 Mbit/s. La velocità dei 1.2288 Mbit/s non crea problemi all'attuale hardware digitale (PC, nodi, ecc.) e il passaggio dal Manchester/FM alla PSK assicura la stessa portata degli attuali link a 38.4 kbit/s.

PSK è l'abbreviazione di Phase Shift Keying (modulazione a spostamento di fase) che però ci dice poco su come funziona. Esistono, infatti, diversi tipi di modulazioni di fase. La più semplice è la PSK a due fasi o BPSK (Biphase PSK). Gli stati logici uno e zero sono codificati con lo spostamento della fase della portante di 0 o 180 gradi. La PSK a quattro fasi o QPSK (Quadrature PSK) copre la stessa distanza della BPSK però la banda passante occupata è dimezzata. Infine ci sono anche le modulazioni PSK multifase che a scapito della minore banda passan-

te sacrificano la portata della tratta radio.

Volendo si può comparare la differenza tra BPSK e QPSK con la differenza che c'è tra la modulazione DSB e SSB per la fonia. Infatti, anche i circuiti dei modulatori sono simili. Con un modulatore DSB otteniamo anche la modulazione BPSK, mentre con un modulatore SSB (in quadratura) la QPSK digitale. A differenza della DSB per la fonia, la BPSK digitale non richiede un'alta linearità negli stadi finali del trasmettitore. Come già detto, la portata radio usando la BPSK è equivalente alla più complessa QPSK. Perciò è stata scelta la più semplice delle due. Nell'articolo si farà uso solo dell'abbreviazione PSK in questo caso intesa come BPSK.

Continua sul prossimo numero con:

- Descrizione di un RTX PSK;
- Eccitatore del TX 590 MHz +

- 10dBm;
- Modulatore PSK a 2360MHz;
- Testata RF PSK 2360 MHz;
- Media frequenza del RTX 75 / 10MHz;
- Demodulatore PSK 1.2 MBI/S 10MHz;

- Commutazione RX/TX;
- Costruzione del RTX 13 cm PSK;
- Risultati degli esperimenti.

RTX 13 cm PSK per Packet-Radio a 1.2288 Mbit/s

Matjaz Vidmar, S53MV
(traduzione Andrej Santin, IV3KCB)

SECONDA PARTE

2. DESCRIZIONE DI UN RICETRASMETTITORE PSK

Essendo la modulazione PSK per i radioamatori un argomento poco approfondito, descriverò il funzionamento di un RTX PSK. Esistono diverse soluzioni per costruire un modulatore PSK. Il segnale PSK può essere generato in media frequenza e portato alla frequenza voluta tramite un mixer. Un'altra soluzione può essere quella di generare direttamente il segnale PSK sulla frequenza finale. Una terza soluzione sarebbe quella di portare il segnale PSK attraverso una catena di moltiplicatori. In quest'ultimo caso la fase del segnale PSK viene moltiplicata per lo stesso fattore che viene moltiplicata la frequenza della portante.

Anche per il demodulatore PSK esistono due soluzioni: la demodulazione coerente (migliore) e la non coerente. Il demodulatore PSK coerente deve rigenerare la portante non modulata che è sincronizzata con il segnale PSK ricevuto. Il segnale PSK viene demodulato miscelando in un mixer bilanciato con la portante rigenerata. Per rigenerare la portante bisogna usare una

funzione non lineare (nel caso della PSK bifase si usa un duplicatore) e un filtro stretto che abitualmente si realizza con un anello ad aggancio di fase (PLL).

Il segnale PSK si può demodulare in media frequenza oppure direttamente sulla frequenza d'ingresso del ricevitore. Nel secondo caso si può realizzare un ricevitore PSK come un ricevitore per la SSB a conversione diretta. La portante viene rigenerata con uno stadio moltiplicatore (duplicatore nel caso della PSK bifase) oppure con un anello di Costas.

Come un ricevitore per la SSB anche quello per la PSK è molto sensibile allo spostamento in frequenza del segnale da ricevere. Se l'errore della frequenza portante supera un decimo della velocità dei bit (un decimo del bit-rate) il demodulatore PSK ha bisogno di un'ulteriore circuito di scansione per cercare l'aggancio del PLL. Questo sistema risulta indesiderabile per il packet-radio perché complica ulteriormente il circuito del demodulatore e allunga il tempo della sincronizzazione.

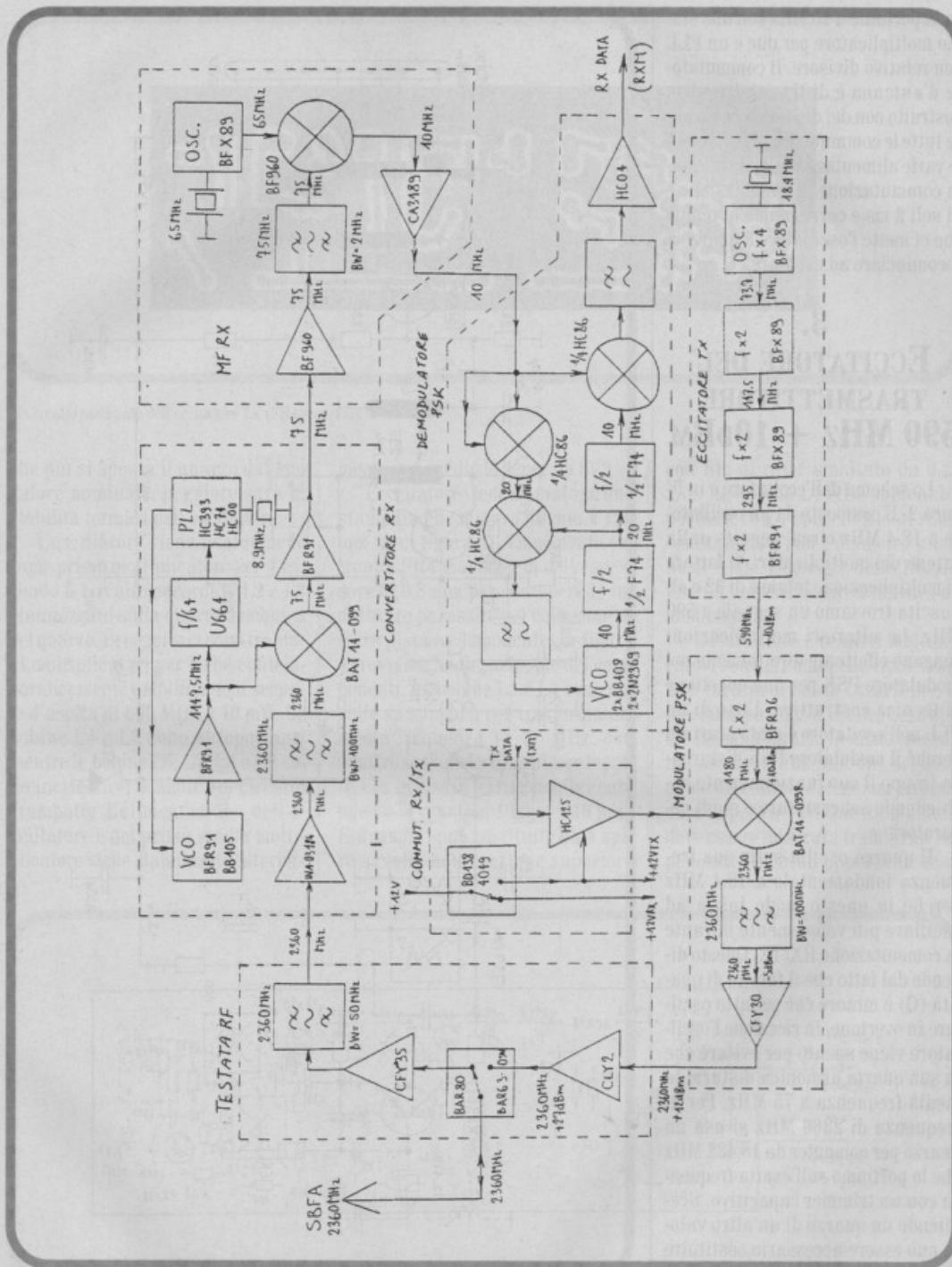
Per questi motivi la modulazione PSK non è molto pratica per basse velocità (dei dati) perché richiede una sintonia molto accurata. Un esempio ben noto sono i satelliti radioamatoriali della serie Microsat

che trasmettono a soli 1200 bit/s in banda 435 MHz. La sintonia deve essere accurata entro +/-100 Hz mentre l'effetto Doppler in un passaggio di 10 minuti è di 15 KHz. È proprio la cattiva progettazione di questi satelliti packet-radio a cui la modulazione PSK deve una brutta fama nell'ambiente radioamatoriale.

Se aumentiamo opportunamente la velocità della modulazione diminuiamo la necessità di un'esatta sintonizzazione. Con la velocità a 1.2 Mbit/s la differenza entro la quale non ci sono problemi è nell'ordine di 100 kHz. È chiaro che questo valore di stabilità è raggiungibile anche in banda microonde con oscillatori a quarzo e tecniche di costruzione accessibili anche a noi radioamatori.

Lo schema base di un RTX PSK è visibile in figura 1. Il trasmettitore è composto da un'oscillatore a quarzo con la relativa catena di moltiplicazione. La modulazione PSK viene effettuata direttamente sulla frequenza d'uscita tramite un mixer. Essendo il guadagno degli attuali semiconduttori molto alto, bastano solo due stadi amplificatori a 2.36 GHz per portare il segnale d'uscita alla potenza di 0.5 W.

Il ricevitore è a doppia conversione con due medie frequenze, la prima a 75 MHz e la seconda a 10 MHz. Il demodulatore PSK rigene-



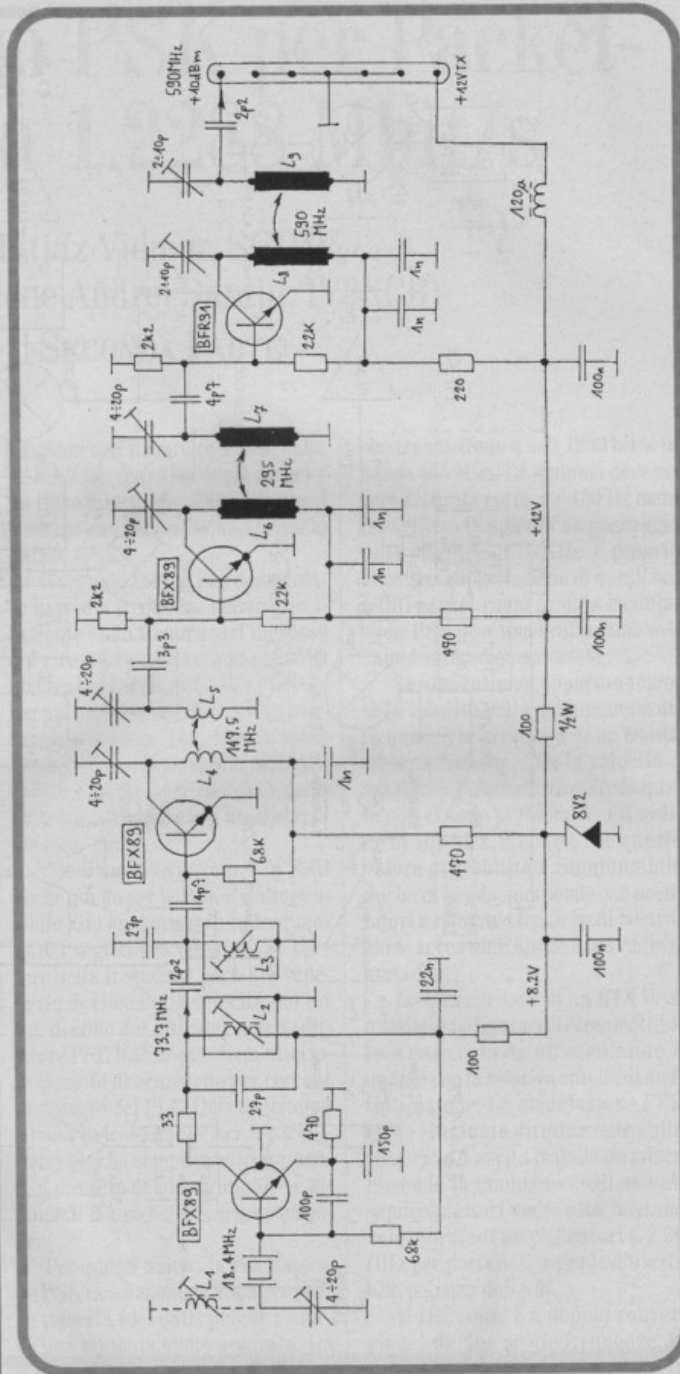
© Schema a blocchi del RTX PSK 2360MHz 1.2288 Mbit/s.

ra la portante a 10 MHz con uno stadio moltiplicatore per due e un PLL con relativo divisore. Il commutatore d'antenna è di tipo elettronico, costruito con dei diodi PIN come pure tutte le commutazioni RX/TX delle varie alimentazioni. Il ritardo della commutazione in trasmissione è di soli 2 ms e corrisponde al tempo che ci mette l'oscillatore a quarzo a incominciare ad oscillare.

3. ECCITATORE DEL TRASMETTITORE 590 MHz + 10dBm

Lo schema dell'eccitatore è in figura 2. È composto da un oscillatore a 18.4 MHz circa, seguito dalla catena dei moltiplicatori. Il fattore di moltiplicazione totale è di 32 e all'uscita troviamo un segnale a 590 MHz. Le ulteriori moltiplicazioni vengono effettuate direttamente nel modulatore PSK per una questione di tecnica costruttiva. L'uso di un PLL nell'eccitatore è stato scartato perché il modulatore PSK disturbava troppo il suo funzionamento, richiedendo schermature e stadi separatori.

Il quarzo oscilla sulla sua frequenza fondamentale a 18.4 MHz perché in questo modo inizia ad oscillare più velocemente durante la commutazione RX/TX. Questo dipende dal fatto che il fattore di qualità (Q) è minore che se fatto oscillare in overtone. In ricezione l'oscillatore viene spento per evitare che la sua quarta armonica disturbi la media frequenza a 75 MHz. Per la frequenza di 2360 MHz si usa un quarzo per computer da 18.432 MHz che lo portiamo sull'esatta frequenza con un trimmer capacitivo. Scegliendo un quarzo di un altro valore può essere necessario sostituire il trimmer capacitivo con la bobina L1. Attenzione a non esagerare per-



© Schema elettrico dell'eccitatore TX 590 MHz / + 10dbm.

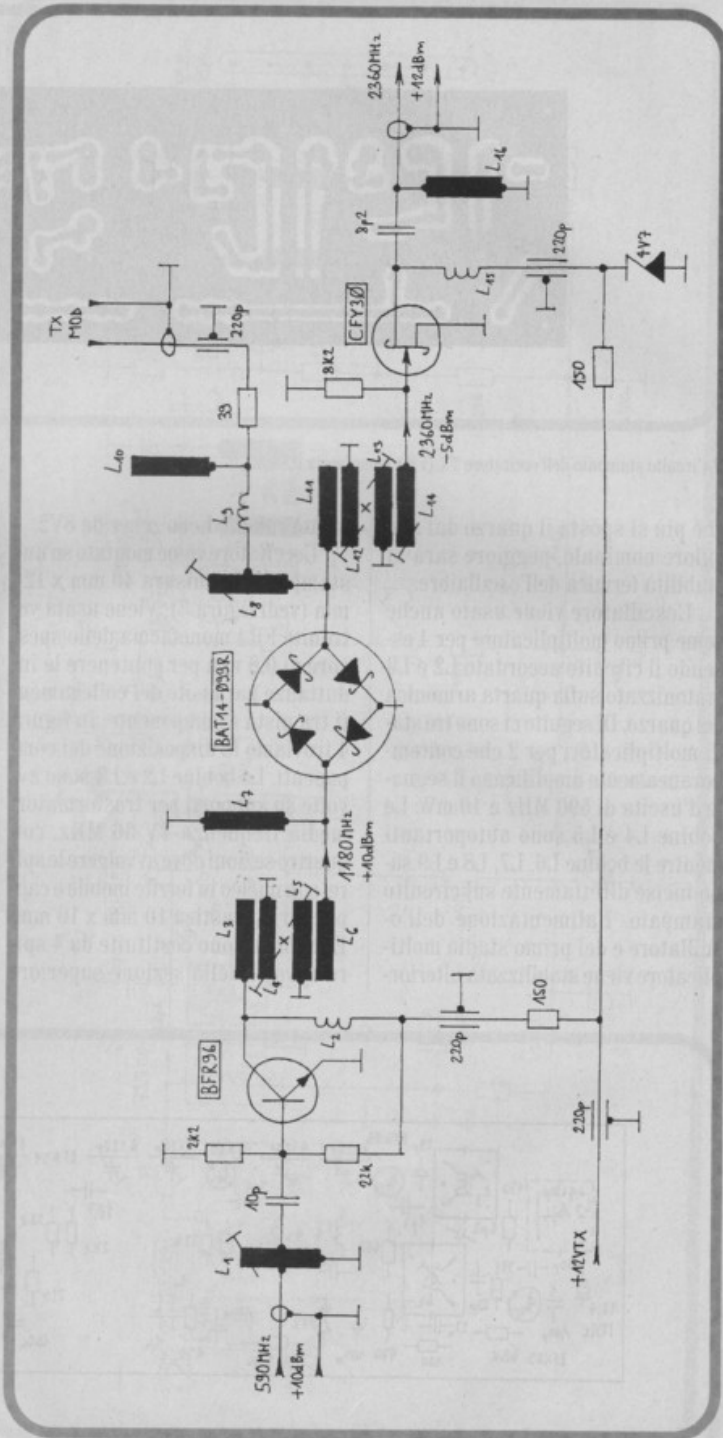
stenza per evitare di influire sul funzionamento del circuito. Infine si esegue la taratura del trimmer capacitivo (o bobina L1) dell'oscillatore a quarzo sull'esatta frequenza di lavoro.

4. MODULATORE PSK A 2360 MHz

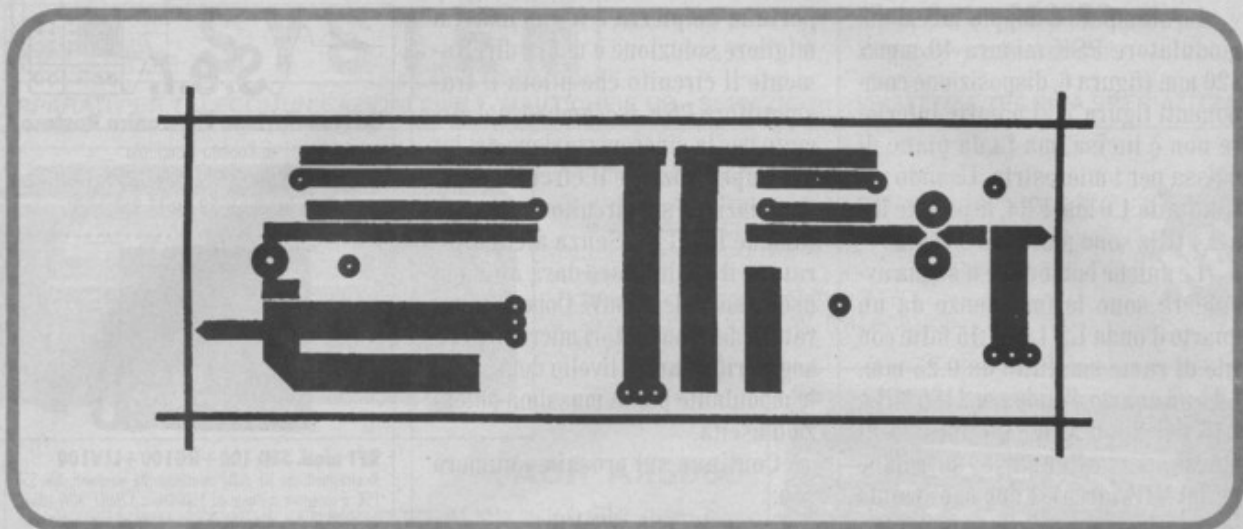
Lo schema del modulatore PSK a 2360 MHz è in figura 5. Oltre al modulatore/mixer è composto dall'ultimo stadio moltiplicatore per due, da tre filtri passa-banda (590 MHz, 1180 MHz e 2360 MHz) e da un amplificatore che porta la potenza del segnale PSK all'uscita a 15 mW. Tutti i filtri e/o i risuonatori sono realizzati con la tecnica microstrip sullo stampato a doppia faccia.

Il risuonatore all'entrata L1 si comporta nello stesso tempo come un circuito aperto per la frequenza d'entrata a 590 MHz e come un corto circuito per la frequenza d'uscita a 1180 MHz del moltiplicatore. In questo modo il funzionamento del moltiplicatore dovrebbe essere indipendente sia dalla lunghezza del cavetto con il quale è collegato all'eccitatore sia dalla sua impedenza d'uscita. Il filtro passa-banda all'uscita del moltiplicatore (L3, L4, L5 e L6) deve attenuare sia la frequenza d'entrata a 590 MHz sia la quarta armonica a 2360 MHz per evitare di disturbare la simmetria del mixer e con ciò evitare all'uscita del modulatore un segnale PSK distorto e/o asimmetrico.

Per il modulatore ho usato un mixer subarmonico (l'ultima duplicazione della frequenza viene generata nel mixer stesso), perché con questo circuito si raggiunge una buona simmetria ovvero una buona soppressione della portante (25 dB circa) senza complicate tarature con costose strumentazioni (analizzatore di spettro). Il mixer in armoni-



© Schema elettrico del modulatore PSK 2360 MHz.



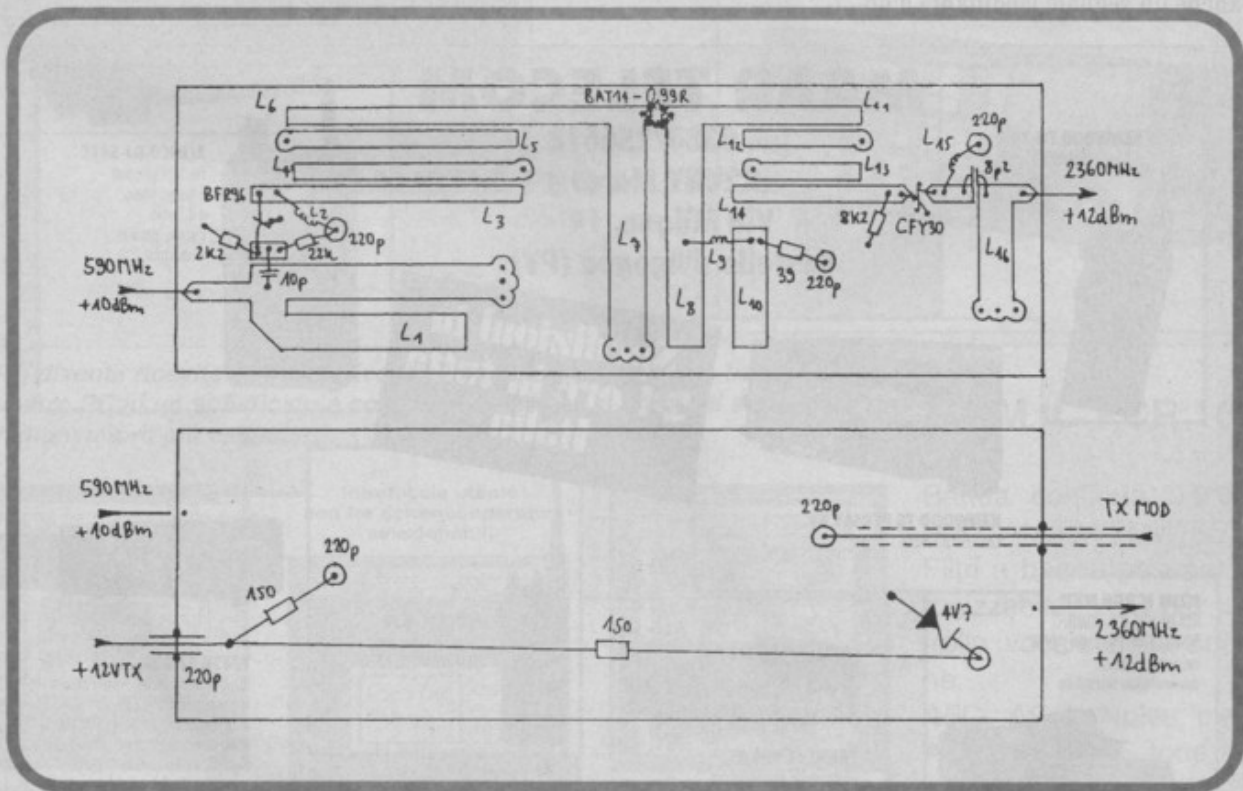
©Circuito stampato del modulatore PSK (FR4 doppia faccia 1,6mm).

ca usa quattro diodi schottky BAT14-099R che sono già collegati a ponte all'interno della custodia SMD. Sebbene basterebbero solo due diodi in anti parallelo, quattro diodi danno un segnale con più poten-

za all'uscita.

All'uscita del mixer c'è un filtro passa-banda per 2360 MHz (L11, L12, L13 e L14) che elimina il residuo dei 1180 MHz e altri prodotti indesiderati. Il segnale così modulato

in PSK non ha bisogno d'altro filtraggio. Essendo la potenza del modulatore molto bassa dopo il filtro (0.3 mW circa) bisogna amplificarlo con un transistor GaAs CFY30 a 15 mW circa.



©Disposizione dei componenti del modulatore PSK.

Lo stampato a doppia faccia del modulatore PSK misura 40 mm x 120 mm (figura 6, disposizione componenti figura 7). La parte inferiore non è incisa, ma fa da piano di massa per i microstrip. Usando vetronite da 1.6 mm FR4, le perdite RF a 2.4 GHz sono piuttosto elevate.

Le uniche bobine che bisogna avvolgere sono le impedenze da un quarto d'onda L2, L9 e L15 fatte con filo di rame smaltato da 0.25 mm. L2 è un quarto d'onda per 1180 MHz, L15 per 2360 MHz, L9 una via di mezzo per attenuarle entrambe (1700 MHz circa). I due capi vanno stagnati per 5 mm e il resto del filo smaltato va avvolto su un diametro interno da 1 mm (bobine autoportanti).

La taratura del modulatore PSK viene effettuata in modo da ottenere alla sua uscita la massima potenza possibile a 2360 MHz. Oltre al segnale dall'eccitatore a 590 MHz bisogna connettere al modulatore anche un segnale modulante d'op-

portuna ampiezza e frequenza. La migliore soluzione è usare direttamente il circuito che pilota il trasmettitore PSK (scrambler nel circuito per la sincronizzazione dei bit del Super Vozelj e il circuito della modulazione sul circuito di commutazione RX/TX). Senza alcuna taratura il modulatore darà alla sua uscita solo alcuni mW. Dopo ogni taratura dei risuonatori microstrip bisogna ritoccare il livello del segnale modulante per la massima potenza d'uscita.

Continua sul prossimo numero con:

- Testata RF PSK 2360MHz;
- Convertitore del ricevitore con PLL;
- Media frequenza del ricevitore 75/10 MHz;
- Demodulatore PSK 1.2Mbit/S 10 MHz;
- Commutazione RX/TX;
- Costruzione del RTX 13 cm PSK;
- Risultati degli esperimenti.

RTX 13 cm PSK per Packet-Radio a 1.2288 Mbit/s

Matjaz Vidmar, S53MV
(traduzione Andrej Santin, IV3KCB)

TERZA PARTE

5. TESTATA RF PSK 2360 MHz

Come si vede nello schema in figura 8, la testata ad alta frequenza a 2360 MHz è composta da: amplificatore finale del trasmettitore, preamplificatore e filtro passa-banda del ricevitore, commutatore d'antenna a diodi PIN. Questo circuito è l'unico modulo del RTX PSK che per minimizzare le perdite è realizzato con la tecnica microstrip su stampato in teflon dello spessore di 0.8 mm e costante dielettrica 2.5.

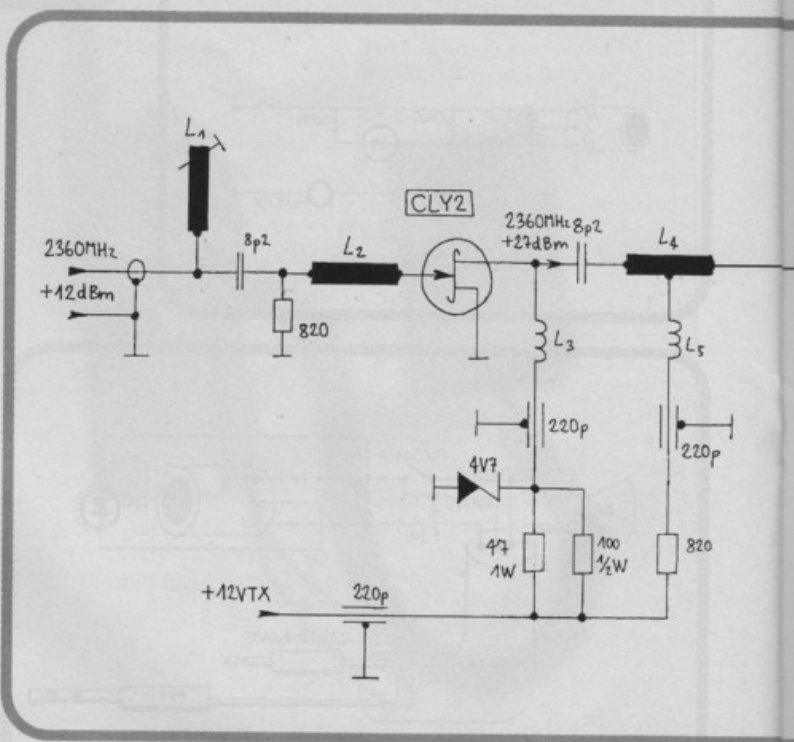
Anche in questo caso i semiconduttori dell'ultima generazione semplificano molto la realizzazione. L'amplificatore finale del trasmettitore è composto da un solo transistor GaAs CLY2 che ha un guadagno di 15 dB e una potenza d'uscita di 500 mW. Per realizzare un circuito equivalente con transistor di 10 anni fa avremmo dovuto usare una catena di tre o quattro stadi! Il transistor CLY2 lavora a bassa tensione 4.5V e la tensione negativa sul gate la genera da solo rettificando il segnale d'ingresso.

Il commutatore d'antenna è realizzato con due diodi PIN diversi: BAR63-03W e BAR80. I chip dei due diodi sono molto simili, l'unica dif-

ferenza è nella custodia. BAR63-03W è costruito in modo da avere una bassa capacità parassita e viene usato come interruttore RF in serie. Al contrario il diodo BAR80 ha una bassa induttanza parassita e viene usato come interruttore RF

parallelo (diodo "shunt"). Il commutatore è realizzato in modo che in trasmissione siano chiusi entrambi gli interruttori.

La linea da un quarto d'onda L_7 serve per far vedere al trasmettitore il corto circuito del diodo BAR80



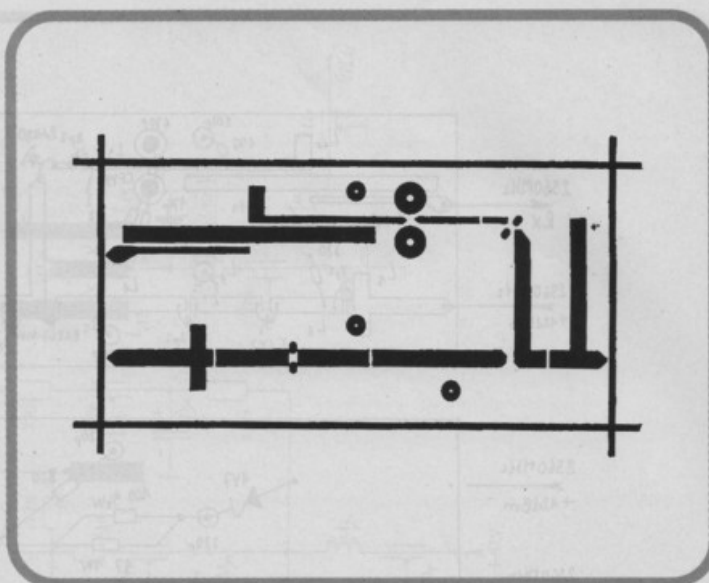
8 Schema elettrico della testata RF del RTX PSK 2360 MHz.

come un circuito aperto.

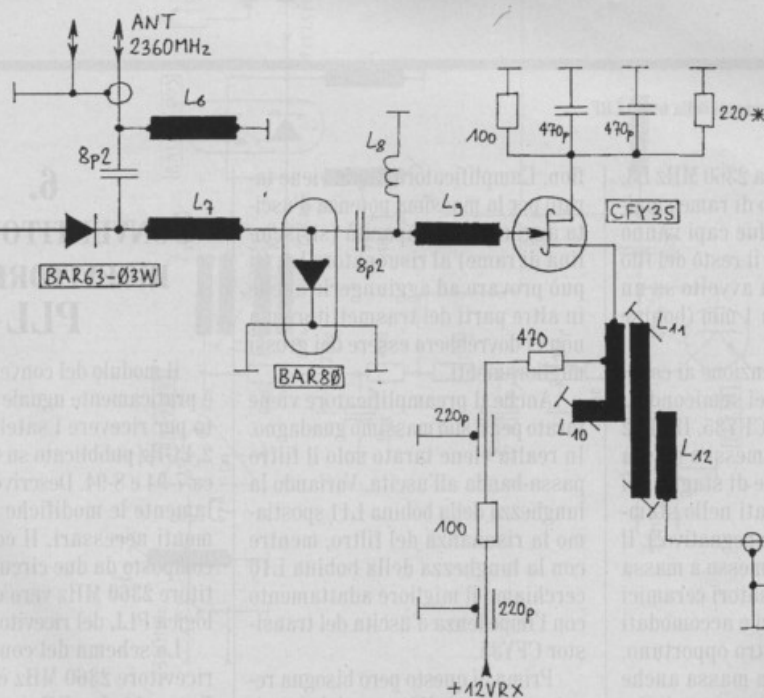
Per migliorare la sensibilità del ricevitore e attenuare la frequenza immagine viene usato un preamplificatore realizzato con un transistor GaAs CFY35 seguito da un filtro passa-banda. Nonostante l'attenuazione del commutatore d'antenna e del filtro passa-banda, all'uscita si ottengono circa 11 dB di guadagno. Il filtro passa-banda è necessario a causa del basso valore della prima media frequenza a 75 MHz alla quale corrisponde una frequenza immagine di 2210 MHz.

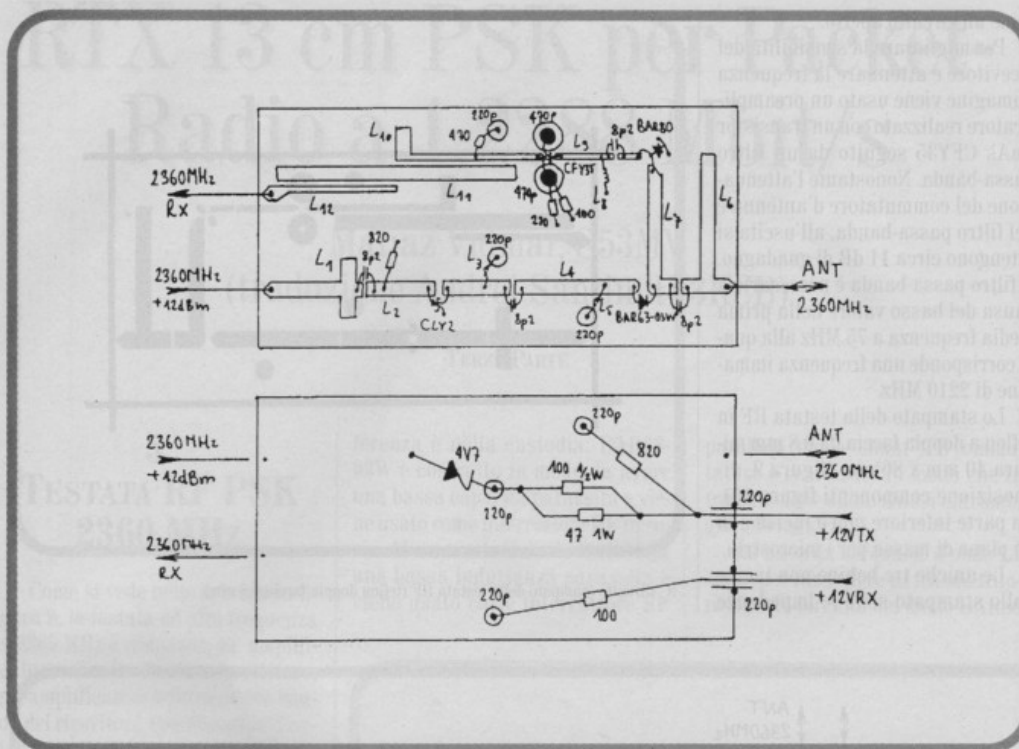
Lo stampato della testata RF in teflon a doppia faccia da 0.8 mm misura 40 mm x 80 mm (figura 9, disposizione componenti figura 10). La parte inferiore non è incisa e fa da piano di massa per i microstrip.

Le uniche tre bobine non incise sullo stampato sono le impedenze



9 Circuito stampato della testata RF (teflon doppia faccia 0.8 mm).





10 Disposizione dei componenti della testata RF.

ad un quarto d'onda a 2360 MHz L3, L5 e L8 fatte con filo di rame smaltato da 0.25 mm. I due capi vanno stagnati per 5 mm e il resto del filo di rame smaltato va avvolto su un diametro interno da 1 mm (bobine autoportanti).

Bisogna fare attenzione ai collegamenti di massa dei semiconduttori CLY2, BAR80 e CFY35. Il CLY2 e il BAR80 vengono messi a massa tramite alcune gocce di stagno nei fori da 2 mm praticati nello stampato (lavoro molto impegnativo!). Il CFY35 viene invece messo a massa tramite due condensatori ceramici a disco senza reofori e accomodati in due fori di diametro opportuno. Infine viene messa a massa anche la bobina L6 infilando una strisciolina di rame larga 2.5 mm incidendo opportunamente la basetta in te-

flon. L'amplificatore finale viene tarato per la massima potenza d'uscita aggiungendo capacità (strisciolina di rame) al risuonatore L1. Si può provare ad aggiungerle anche in altre parti del trasmettitore ma non ci dovrebbero essere dei grossi miglioramenti.

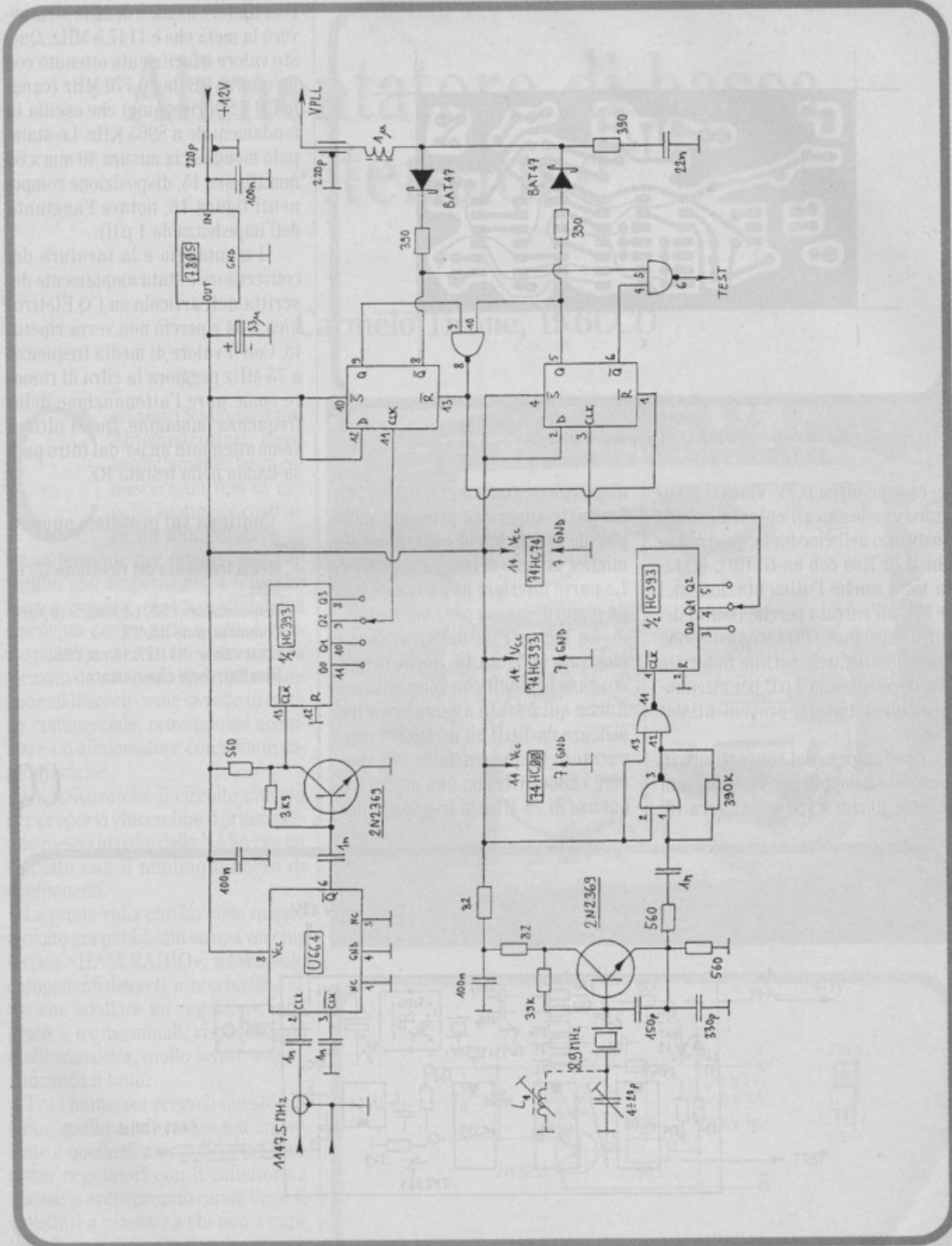
Anche il preamplificatore viene tarato per il suo massimo guadagno. In realtà viene tarato solo il filtro passa-banda all'uscita. Variando la lunghezza della bobina L11 spostiamo la risonanza del filtro, mentre con la lunghezza della bobina L10 cerchiamo il migliore adattamento con l'impedenza d'uscita del transistor CFY35.

Prima di questo però bisogna regolare il punto di lavoro del transistor CFY35 variando i valori delle resistenze nell'emettitore.

6. CONVERTITORE DEL RICEVITORE CON PLL

Il modulo del convertitore a PLL è praticamente uguale a quello usato per ricevere i satelliti in banda 2.4 GHz pubblicato su CQ Elettronica 7-94 e 8-94. Descriverò perciò solamente le modifiche e i miglioramenti necessari. Il convertitore è composto da due circuiti: il convertitore 2360 MHz vero e proprio e la logica PLL del ricevitore.

Lo schema del convertitore del ricevitore 2360 MHz è mostrato in figura 11. La differenza maggiore sta nel valore della media frequenza che è stata portata a 75 MHz e



14 Schema elettrico della logica PLL del ricevitore.

RTX 13 cm PSK per Packet-Radio a 1.2288 Mbit/s

Matjaz Vidmar, S53MV
(traduzione Andrej Santin, IV3KCB)

QUARTA PARTE

7. MEDIA FREQUENZA DEL RICEVITORE 75/10 MHz

Lo schema elettrico della media frequenza è mostrato in figura 17. È composta da: un amplificatore 75 MHz a MOSFET, un oscillatore 65 MHz a quarzo, un mixer a MOSFET e un amplificatore 10 MHz a circuito integrato CA3189.

La banda passante richiesta per ricevere un segnale PSK modulato a 1.2 Mbit/s è di 2 MHz circa. La maggior parte della selettività è ottenuta dal filtro con le due bobine L2 e L3 tra l'amplificatore a 75 MHz e il secondo mixer. I due circuiti accordati a 75 MHz (bobina L1) e a 10 MHz (bobina L5) contribuiscono solo in minima parte alla selettività, perché servono più per attenuare i disturbi lontani dal segnale desiderato. Nonostante che il guadagno dell'intera media frequenza sia un po' alto, questo non pregiudica la sua stabilità.

Nell'oscillatore è utilizzato un quarzo in overtone da 65 MHz con una frequenza fondamentale di 13 MHz. La bobina L4 serve per evitare che il quarzo oscilli in fondamentale o sulla terza armonica a 39 MHz.

Il circuito integrato CA3189 con-

tiene all'interno una catena amplificatrice con un guadagno molto alto a 10 MHz. Qui viene usato come limitatore perché ciò non provoca nessuna distorsione al segnale PSK. Sebbene l'amplificazione del CA3189 diminuisca rapidamente con l'aumentare della frequenza, bisogna evitare che rientrino i 65 MHz dell'oscillatore locale. A questo provvede il filtro passa-basso con la bobina L5. Il CA3189 è provvisto anche di un'uscita per un S-meter con scala logaritmica che diventa molto utile durante la taratura del ricevitore. Per i mosfet ho preferito usare i BF960 al posto dei BF981 per avere un guadagno minore.

Lo stampato della media frequenza monofaccia misura 40 mm x 120 mm (figura 18, disposizione componenti figura 19). Le bobine L1, L2, L3 e L4 sono avvolte su supporti per trasformatori media frequenza TV 36 MHz, con quattro sezioni dove avvolgere le spire, con nucleo in ferrite mobile e cappuccio in plastica 10 mm x 10 mm. Tutte e quattro sono costituite da 5 spire avvolte nella sezione superiore con filo di rame smaltato da 0.15 mm. L5 invece è costituita da 25 spire avvolte su un supporto per trasformatori media frequenza 10.7 MHz con nucleo in ferrite fisso e cappuccio in ferrite mobile 10 mm x 10 mm.

Durante la taratura della cate-

na di media frequenza per prima cosa controlliamo l'esatta frequenza dell'oscillatore locale a 65 MHz tarando la bobina L4. I restanti circuiti accordati (L1, L2, L3 e L4) vengono tarati per il massimo guadagno. Da questa taratura dipende anche la selettività del ricevitore perciò bisogna usare un segnale opportuno a 75 MHz proveniente ad esempio da un generatore di segnali o da un grip-dip meter. Sconsiglio la taratura usando il rumore del ricevitore o di una qualsiasi altra fonte di rumore.

8. DEMODULATORE PSK 1.2 Mbit/s 10 MHz

Di tutti gli stadi del RTX PSK, il meno noto è sicuramente il demodulatore PSK. Anche qui ci sono diverse soluzioni costruttive. Il circuito visibile in figura 20 rappresenta una soluzione tra le più semplici di un demodulatore PSK coerente. Il demodulatore è di tipo a loop ad anello con duplicazione del segnale (squaring loop) con il moltiplicatore e mixer bilanciati (duplicatori di frequenza) realizzati con delle porte EXOR (74HC86).

Il segnale PSK proveniente dal-



18 Circuito stampato della media frequenza 75/10 MHz (FR4 monofaccia 1.6 mm).

la media frequenza a 10 MHz viene amplificato a livello TTL dal transistor 2N2369 in configurazione inseguitore d'emettitore e da una porta del 74HC86 (pin 1, 2 e 3). Per ottenere la duplicazione del segnale lo misceliamo con se stesso ritardandolo con un circuito RC solo su un'entrata della seconda porta EXOR (pin 4, 5 e 6). All'uscita dell'EXOR pin 6 (punto #1) troviamo un segnale a frequenza doppia della portante del segnale PSK senza però più la modulazione. La modulazione scompare perché il raddoppio della frequenza porta anche al raddoppio della fase che da 180 pas-

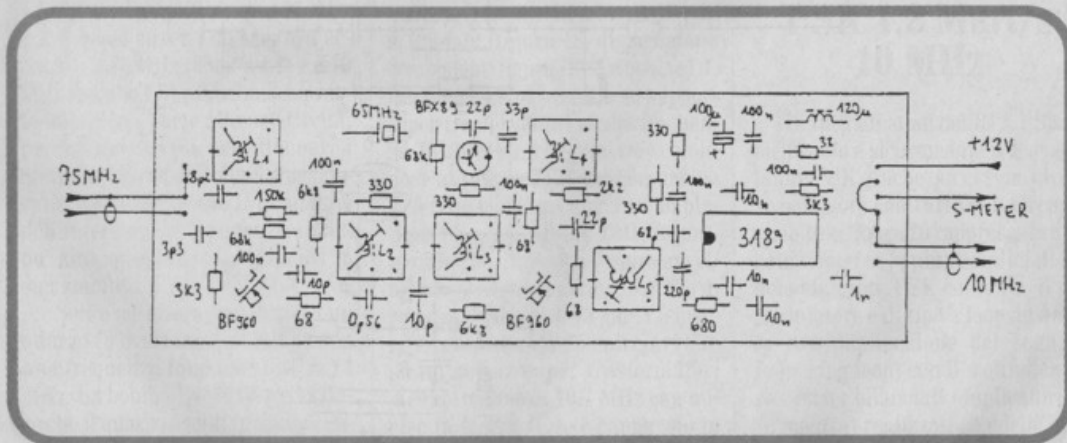
sa a 360 gradi (uno sfasamento di 360 gradi corrisponde a zero!).

Il segnale nel punto #1 ha una forte componente a 20 MHz ma anche molto rumore. Come filtro passa-banda viene usato un PLL perché così il ritardo tra il segnale in entrata e quello in uscita è ben definito. Il comparatore di fase è realizzato con la terza porta EXOR (pin 8, 9 e 10). Il VCO genera un segnale a 40 MHz che passando per il D-flip-flop 74F74 viene dimezzato a 20 MHz ottenendo una buona forma ad onda quadra.

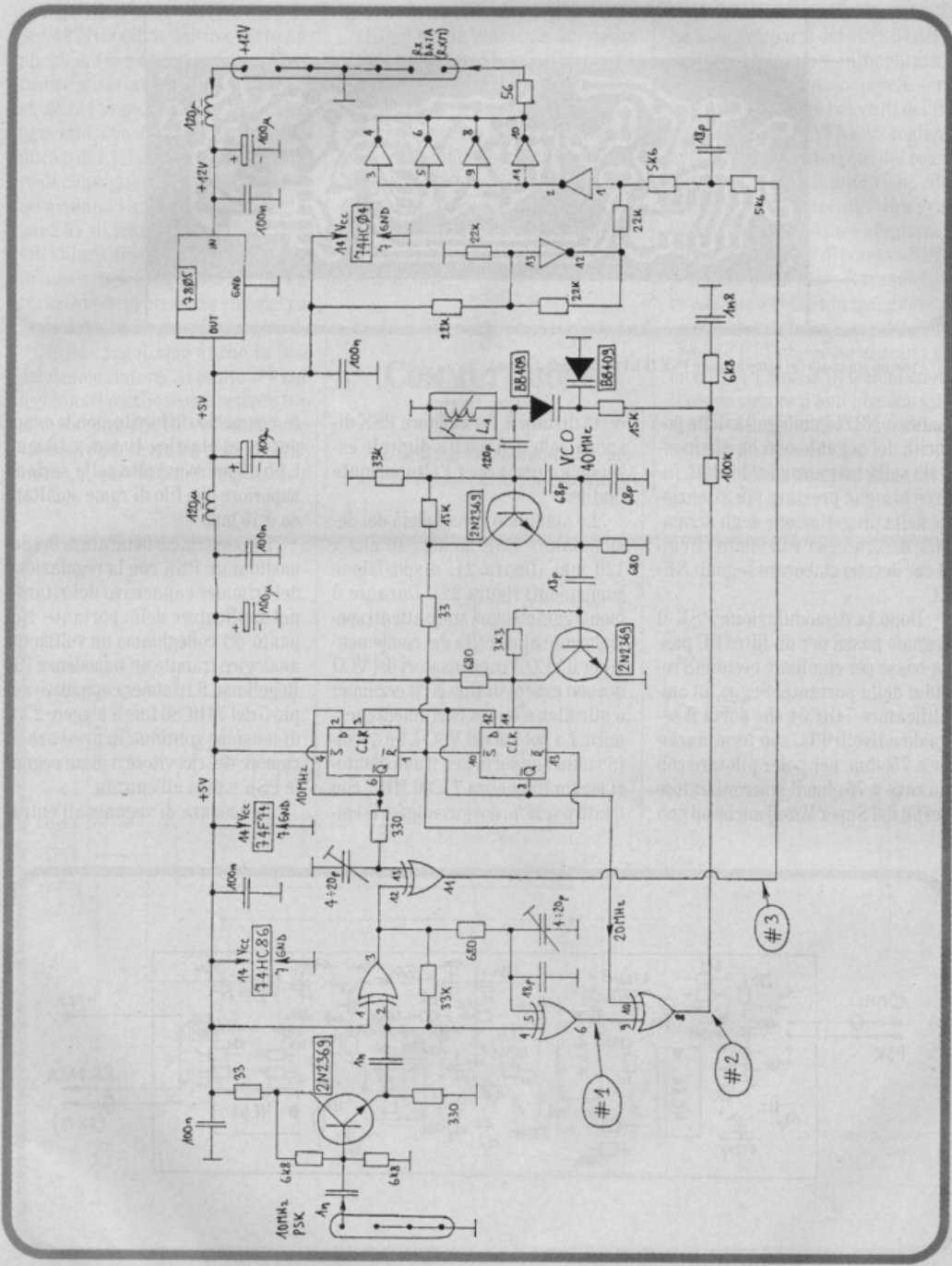
La portante PSK rigenerata a 10 MHz la otteniamo dividendo anco-

ra per due con l'altra metà del 74F74. La demodulazione PSK vera e propria avviene nell'ultima porta EXOR (pin 11, 12 e 13). A causa della divisione per due la fase della portante rigenerata è ambigua, 0 oppure 180 gradi, il che si riflette anche sul segnale digitale all'uscita (polarità ambigua del segnale demodulato). Questo è un problema non risolvibile nella demodulazione di un segnale PSK 0/180 gradi.

Per fortuna nel packet-radio usiamo la codifica (differenziale) NRZI dove le transizioni rappresentano il livello logico zero e il valore costante il livello logico uno. Con la



19 Descrizione dei componenti della media frequenza 75/10 MHz.



20 Schema elettrico del demodulatore PSK 1.2 Mbit/s, 10 MHz.

ta regoliamo la bobina L1 del VCO per 40 MHz circa. Fatto questo applichiamo di nuovo il segnale all'entrata e misuriamo come sopra la tensione nel punto #2. Con il PLL agganciato, spostando leggermente il nucleo di L1, la tensione deve variare di conseguenza. Ruotiamo L1 fino a quando anche qui non leggiamo 2.5V di tensione continua. Questo valore deve restare tale anche in assenza del segnale PSK all'entrata ovvero in presenza solo del rumore del ricevitore.

Infine regoliamo anche la fase del demodulatore. Al punto #3 colleghiamo l'oscilloscopio sempre tramite l'impedenza RF. All'entrata deve essere presente un segnale PSK valido. A questo punto regoliamo il

trimmer capacitivo sul pin 13 del 74HC86 per la massima ampiezza del segnale demodulato. Questa taratura si può fare anche senza l'oscilloscopio. Al punto #3 colleghiamo un voltmetro e all'entrata deve essere presente un segnale non modulato. Regoliamo il trimmer capacitivo per il massimo o per il minimo della tensione a seconda di come si è agganciato il PLL (ambiguità di fase).

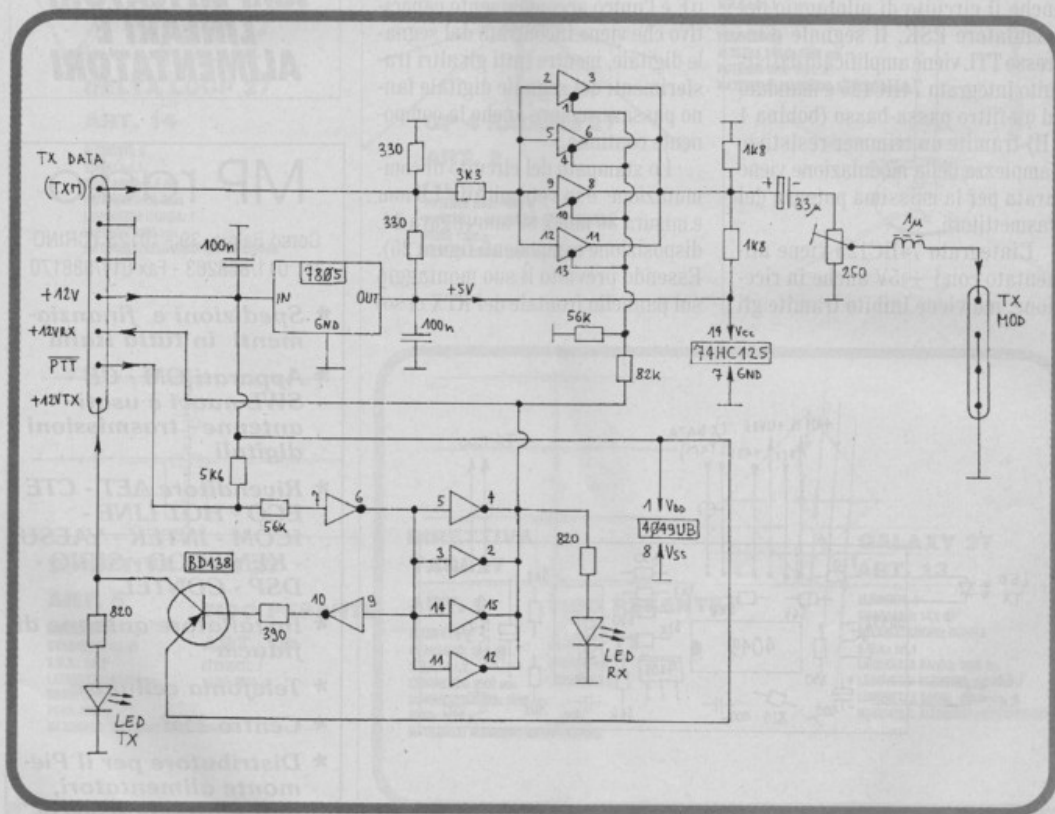
9. COMMUTAZIONE RX/TX

Lo schema del commutatore dell'alimentazione RX/TX e di alcuni

altri circuiti è mostrato in figura 23. La maggior parte dei circuiti del ricevitore è sempre alimentata a +12V. Il commutatore perciò serve solo ad alimentare i circuiti del trasmettitore (+12V_{TX}) e a toglierla agli preamplificatori RF del ricevitore (+12V_{RX}). Il tutto viene effettuato con un circuito integrato CMOS 4049UB e con l'aggiunta di un transistor PNP di potenza BD138 per poter alimentare il trasmettitore con l'assorbimento maggiore.

Il commutatore viene pilotato dal segnale PTT che come al solito viene messo a massa in trasmissione. Il commutatore d'antenna con i diodi PIN viene pilotato semplicemente dal segnale +12V_{TX}.

Essendo la maggior parte del ri-



23 Schema elettrico del commutatore dell'alimentazione RX/TX.

CQ
ELETTRONICA

RTX 13 cm PSK per Packet-Radio a 1.2288 Mbit/s

Matjaz Vidmar, S53MV
(traduzione Andrej Santin, IV3KCB)

QUINTA PARTE

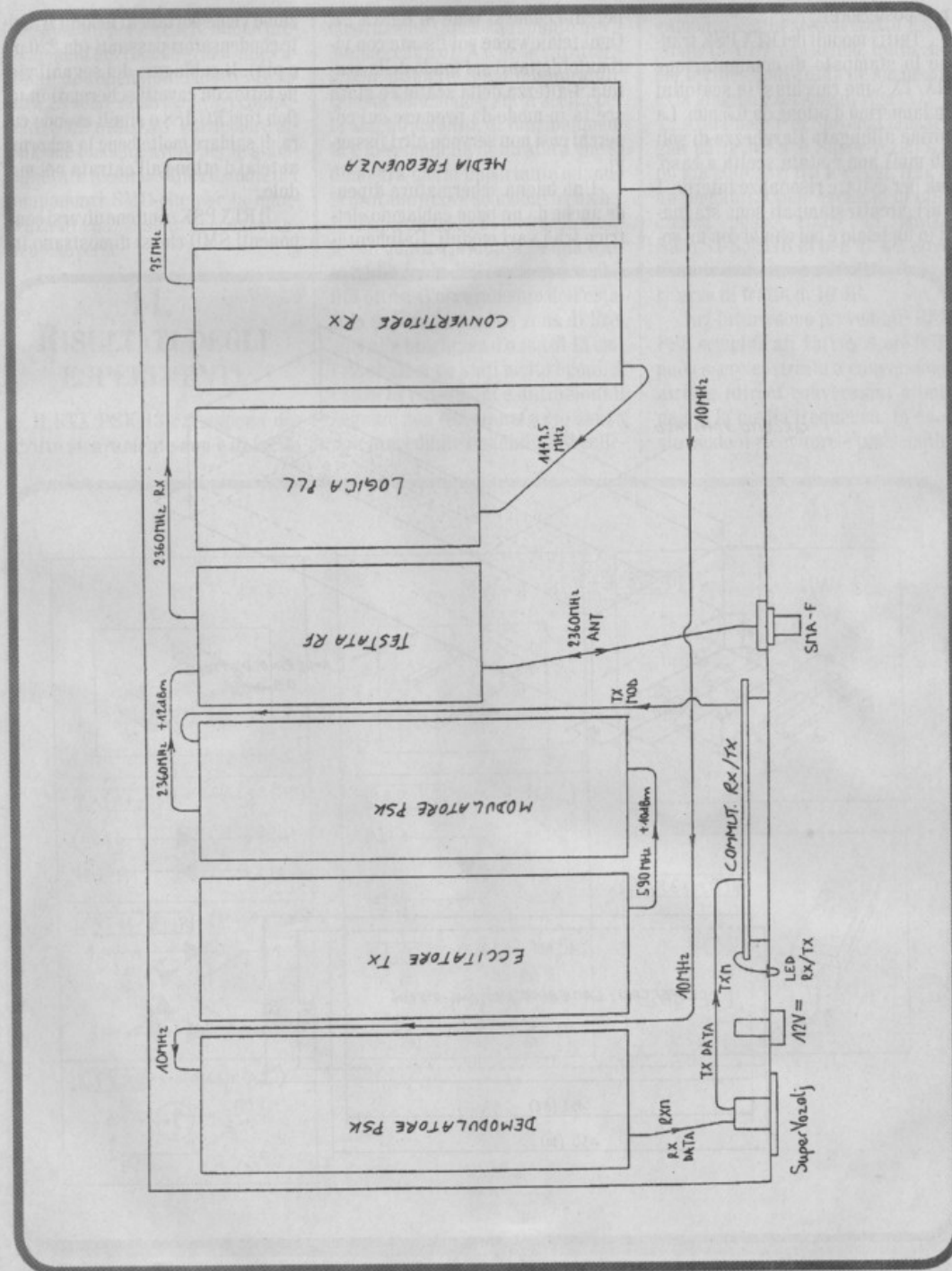
10. COSTRUZIONE DEL RTX 13 CM PSK

La costruzione di un RTX PSK rappresenta per noi radioamatori già una bella sfida. Se poi è fatto per la banda dei 13 cm i problemi aumentano.

Oltre ad un'accurata progettazione dei circuiti bisogna pensare anche all'assemblaggio meccanico dei singoli moduli e dell'intero RTX. Visti i precedenti non troppo incoraggianti ho preferito questa volta esagerare con le schermature, i condensatori passanti, ecc.

Le misure della scatola sono 320 mm (larghezza) x 175 mm (profon-

dità) x 32 mm (altezza). La disposizione dei moduli e i vari collegamenti tra questi sono mostrati in figura 26. La scatola d'alluminio è composta da due "U". Il primo da 1 mm per il fondo, il pannello frontale e quello posteriore. Il secondo da 0.6 mm per il coperchio (e fianchi) la cui profondità è di 190 mm per avere due sporgenze da 7.5 mm (anterio-



26 Disposizione dei moduli del RTX PSK 13 cm.

re e posteriore).

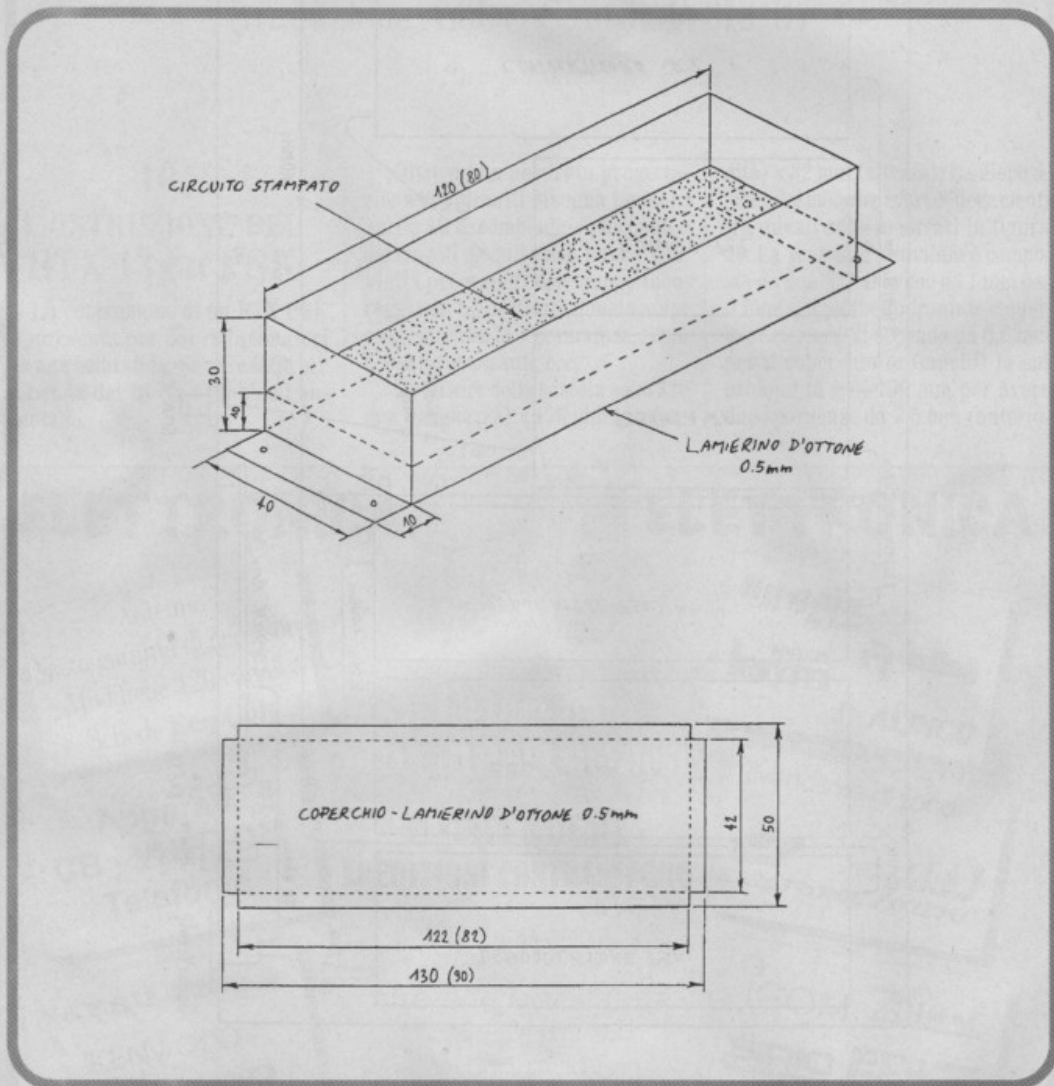
Tutti i moduli del RTX PSK tranne lo stampato di commutazione RX/TX sono racchiusi in scatolini in lamierino d'ottone da 0.5 mm. La forma allungata (larghezza di soli 40 mm) non è stata scelta a caso, ma per evitare risonanze interne. I vari circuiti stampati sono stagnati in un telaio e poi chiusi con un co-

perchio come si vede in figura 27. Ogni telaio viene poi fissato con viti autofilettanti sul fondo della scatola. L'altezza della scatola è stata scelta in modo da premere sui coperchi così non servono altri fissaggi.

Una buona schermatura dipende anche da un buon cablaggio elettrico tra i vari moduli. L'alimenta-

zione viene portata ai moduli tramite condensatori passanti (da 220 pF o più). Il cablaggio dei segnali viene fatto con cavetti schermati in teflon tipo RG-188 o simili avendo cura di saldare molto bene lo schermo ai telai d'ottone all'entrata nel modulo.

Il RTX PSK contiene diversi componenti SMD che si dimostrano in-



27 Telaio e coperchio dei moduli.

dispensabili per ottenere buone prestazioni in microonde grazie alle custodie di dimensioni ridotte. In figura 28 sono mostrati i vari componenti SMD utilizzati. Particolare attenzione bisogna avere per le stampigliature (codici) sulle custodie dei componenti SMD che per la mancanza di spazio sono necessariamente diverse.

11. RISULTATI DEGLI ESPERIMENTI

Il RTX PSK 13 cm appena descritto sicuramente non è di facile

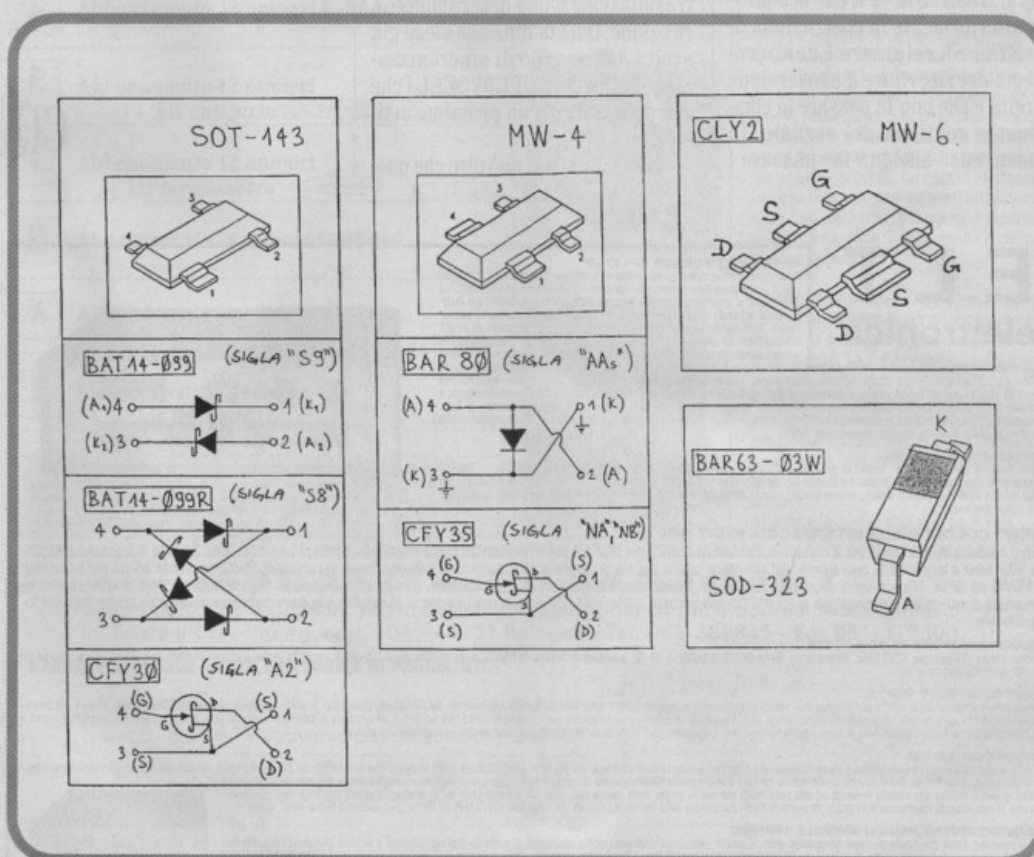
costruzione (anche dal punto di vista meccanico). Anche le caratteristiche ottenute sono migliorabili. Questa soluzione è stata scelta per la sua affidabilità di funzionamento e la semplicità di taratura che si dimostra molto importante quando si provano nuove soluzioni tecniche.

Dopo un mese di prove effettuate con quattro prototipi su una tratta radio reale di 6 km senza visibilità ottica (l'oscuramento dell'ostacolo supera la decima zona di Fresnel alla lunghezza d'onda di 13 cm) i risultati sono stati molto buoni. A causa di riflessioni e diffrazioni il segnale non è costante e ciò causa una prevedibile instabilità al colle-

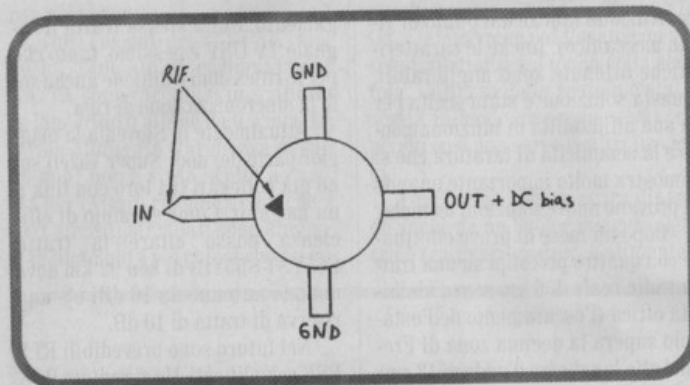
gamento. Sulla stessa tratta il segnale TV UHF è pessimo, tanto che per le riflessioni è difficile anche solo la sincronizzazione di riga.

Attualmente in Slovenia la maggior parte dei nodi Super Vozelj sono già collegati tra loro con link a un megabit. Come esempio di efficienza posso citare la tratta S55YST-S55YIB di ben 92 km dove usando antenne da 16 dBi c'è una riserva di tratta di 10 dB.

Nel futuro sono prevedibili RTX PSK semplificati. Un ricevitore PSK può essere costruito a conversione diretta (direct conversion) eliminando la media frequenza. In questo modo il ricevitore è più sempli-



28 Custodie componenti SMD.



29 Piedinatura del INA-03184.

ce e può condividere alcuni circuiti con il trasmettitore il che semplifica ulteriormente la costruzione di un RTX PSK del genere. L'unico problema del ricevitore a conversione diretta è che non fa passare la componente continua del segnale. In questo caso bisogna far passare i

dati digitali per uno scrambler in trasmissione e uno descrambler in ricezione. Questa funzione viene già svolta dal circuito di sincronizzazione dei bit del SUPERVOZELJ che verrà descritto in un prossimo articolo.

Concludendo si può dire che que-

sto progetto ha "appena" soddisfatto le aspettative che erano di effettuare un collegamento packet-radio su una tratta di lunghezza utile a velocità maggiore di 1 Mbit/s (128 volte in più del cosiddetto packet-radio ad alta velocità con modem G3RUH a 9600 bps). Se nel resto del mondo il sistema packet-radio a 38.4 kbit/s WBFM/Manchester non ha riscontrato molto interesse con questo RTX PSK difficilmente qualcuno potrà trovare argomenti validi (efficienza del trasmettitore, efficienza dello spettro, ecc.) a favore dei modem G3RUH.