

V.F.O. A COPERTURA CONTINUA PER H.F.

Credo che una delle principali difficoltà che si incontrano nella autocostruzione di apparati H.F. sia la realizzazione di un valido V.F.O. multibanda.

Il circuito che presento è un V.F.O. a sintesi parziale, adatto per apparati a singola conversione con I.F. intorno ai 9 MHz, e in grado di coprire in modo continuo l'intera banda HF da 3.5 a 30 MHz in segmenti da 500 KHz.

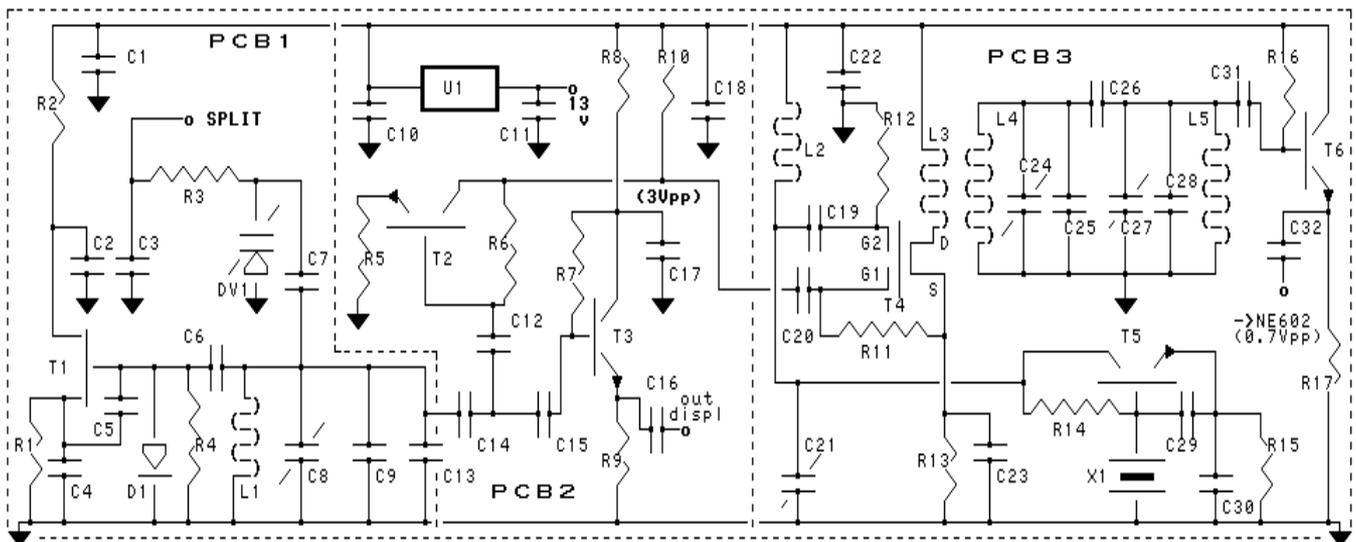
Il dispositivo nasce dopo una serie di esperimenti fatti sia con circuiti PLL che a conversione quarzata e rappresenta, a mio avviso, un discreto compromesso fra semplicità circuitale (sempre relativa in un circuito di questo tipo) e livello di prestazioni.

Per la taratura è necessario disporre almeno di un generatore R.F. e di un frequenzimetro, la possibilità di utilizzare anche un oscilloscopio rende però più agevole la soluzione di eventuali problemi di messa a punto.

COME E' COSTRUITO.

Il dispositivo si compone di due unità fisicamente separate:

1) **Modulo VFO** : è composto dalle prime tre basette e dal condensatore variabile. Va montato dietro il pannello frontale dell'apparato

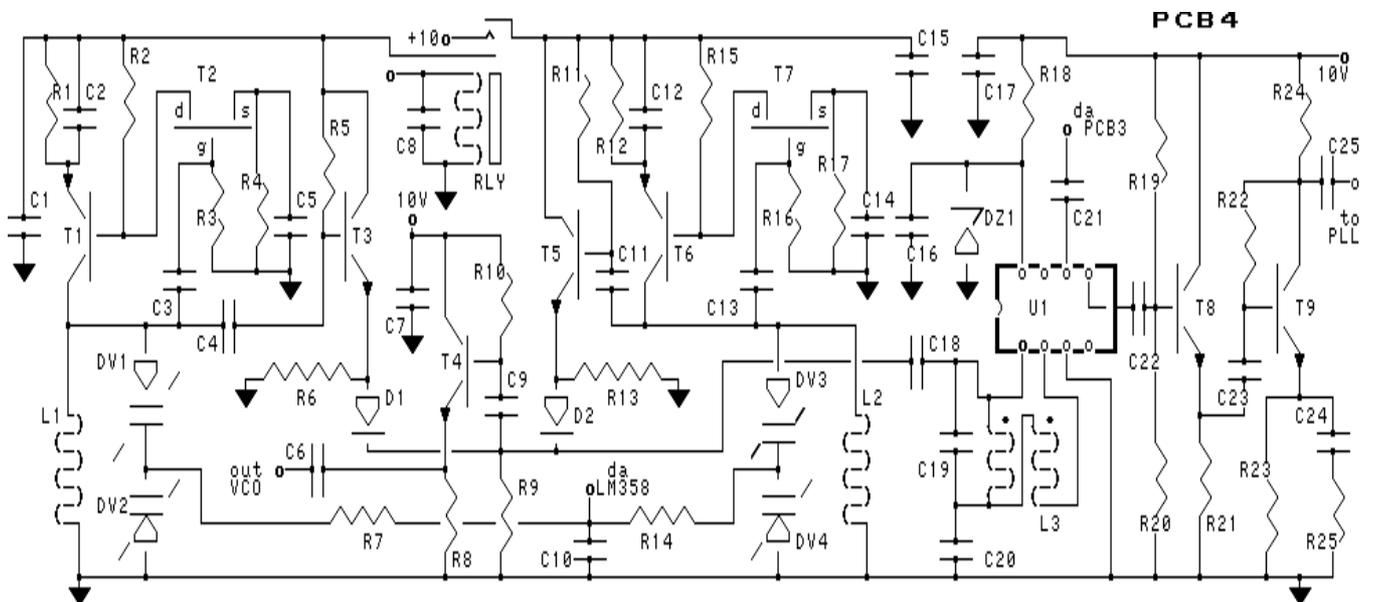


Lista componenti VFO

| | | | |
|----------------------|------------------|------------------|---|
| R1 : 1 K Ω | C4 : 100 pF | C24 : 15 pF trim | L1 : 24 turns/0.8 mm wire/13 mm diam. - 3.5 μ H |
| R2 : 100 Ω | C5 : 47 pF | C25 : 22 pF | L2 : 9 turns/0.5 mm wire/T44-2 core - 0.42 μ H |
| R3 : 47 K Ω | C6 : 100 pF | C26 : 1.5 pF | L3 : 2 turns/0.5 mm wire on L4 |
| R4 : 100 K Ω | C7 : 6.8 pF | C27 : 15 pF trim | L4 : 9 turns/0.5 mm wire/T44-6 core - 0.34 μ H |
| R5 : 220 Ω | C8 : 60 pF var | C28 : 22 pF | L5 : 9 turns/0.5 mm wire/T44-6 core - 0.34 μ H |
| R6 : 68 K Ω | C9 : 120 pF N150 | C29 : 47 pF | |
| R7 : 68 K Ω | C10 : 47 nF | C30 : 100 pF | |
| R8 : 100 Ω | C11 : 100 nF | C31 : 2.2 pF | |
| R9 : 1 K Ω | C12 : 220 pF | C32 : 220 pF | |
| R10 : 1 K Ω | C13 : 68 pF | T1 : 2N3819 | |
| R11 : 100 K Ω | C14 : 6.8 pF | T2 : 2N2222 | |
| R12 : 100 K Ω | C15 : 220 pF | T3 : 2N2222 | |
| R13 : 390 Ω | C16 : 220 pF | T4 : BF960 | |
| R14 : 220 K Ω | C17 : 47 nF | T5 : 2N2222 | |
| R15 : 820 Ω | C18 : 47 nF | T6 : 2N2222 | |
| R16 : 100 K Ω | C19 : 6.8 pF | U1 : 7810 | |
| R17 : 220 Ω | C20 : 220 pF | D1 : 1N4148 | |
| C1 : 47 nF | C21 : 40 pF trim | DV1 : BB205 | |
| C2 : 47 nF | C22 : 47 nF | X1 : 18 MHz | |
| C3 : 47 nF | C23 : 470 pF | | |

2) Modulo PLL :

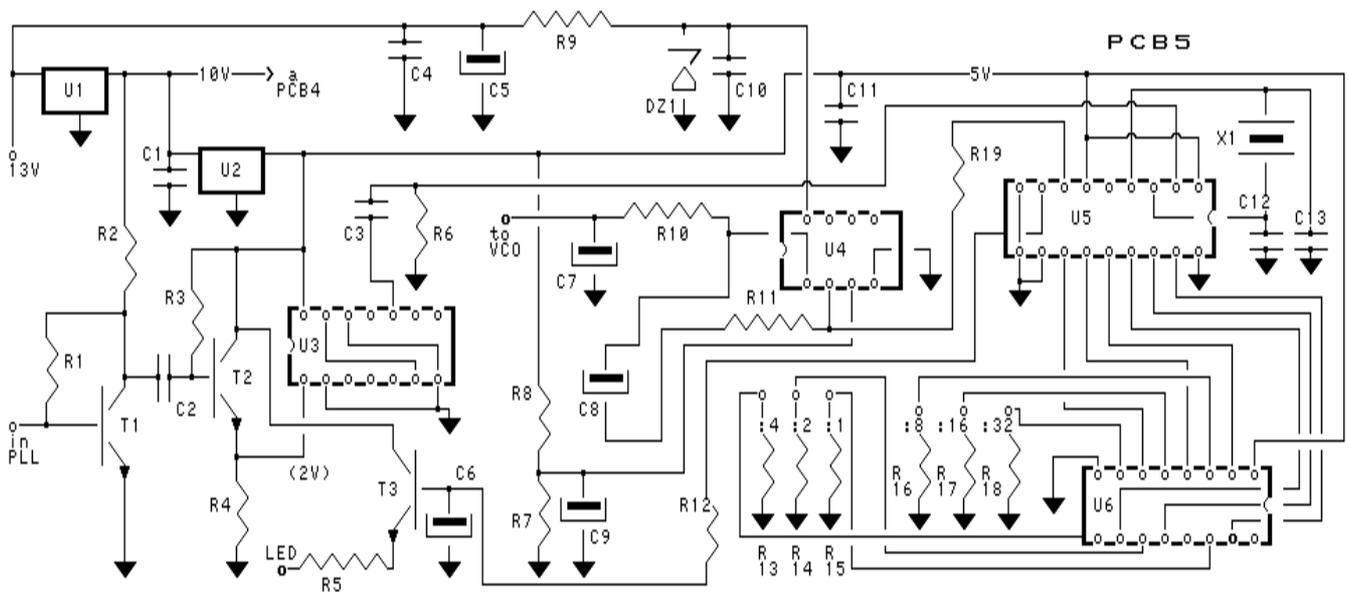
costituito dalle basetta del VCO



Lista componenti VCO

| | | | |
|----------------------|---------------------|--------------|---|
| R1 : 680 Ω | R21 : 820 Ω | C16 : 10 nF | D1 : 1N4148 |
| R2 : 1.2 K Ω | R22 : 56 K Ω | C17 : 10 nF | D2 : 1N4148 |
| R3 : 100 K Ω | R23 : 270 Ω | C18 : 2.2 pF | DV1 : MVAM115/BB112 |
| R4 : 330 Ω | R24 : 270 Ω | C19 : 68 pF | DV2 : MVAM115/BB112 |
| R5 : 56 K Ω | R25 : 27 Ω | C20 : 10 nF | DV3 : MVAM115/BB112 |
| R6 : 1.8 K Ω | C1 : 10 nF | C21 : 150 pF | DV4 : MVAM115/BB112 |
| R7 : 47 K Ω | C2 : 22 pF | C22 : 1 nF | DZ1 : 6.8 V – ½ W |
| R8 : 330 Ω | C3 : 6.8 pF | C23 : 1 nF | L1 : 7 turns/0.8 mm wire/5 mm plastic support with ferrite core/ Lmin 0.18 μ H – Lmax 0.48 μ H |
| R9 : 1 K Ω | C4 : 6.8 pF | C24 : 120 pF | L2 : 12 turns/0.5 mm wire/5 mm plastic support with ferrite core/ Lmin 0.52 μ H – Lmax 1.3 μ H |
| R10 : 33 K Ω | C5 : 68 pF | T1 : BF324 | L3 : 5 bifilar turns/0.5 mm wire/binocular ferrite core 14x8x8 mm/type 43 material |
| R11 : 56 K Ω | C6 : 330 pF | T2 : BF244 | |
| R12 : 680 Ω | C7 : 10 nF | T3 : 2N2222 | |
| R13 : 1.8 K Ω | C8 : 47 nF | T4 : 2N2222 | |
| R14 : 47 K Ω | C9 : 82 pF | T5 : 2N2222 | |
| R15 : 1.2 K Ω | C10 : 33 nF | T6 : BF324 | |
| R16 : 100 K Ω | C11 : 4.7 pF | T7 : BF244 | |
| R17 : 330 Ω | C12 : 22 pF | T8 : 2N2222 | |
| R18 : 270 Ω | C13 : 6.8 pF | T9 : 2N2222 | |
| R19 : 3.3 K Ω | C14 : 68 pF | U1 : NE602 | |
| R20 : 3.3 K Ω | C15 : 10 nF | | |

e dalla bassetta PLL



Lista componenti unità PLL

| | | |
|----------------------|------------------|-----------------|
| R1 : 33 K Ω | C2 : 1 nF | U6 : CD4050 |
| R2 : 680 Ω | C3 : 4.7 nF | DZ1 : 12V - ½ W |
| R3 : 47 K Ω | C4 : 100 nF | X1 : 8 MHz |
| R4 : 330 Ω | C5 : 100 μ F | |
| R5 : 390 Ω | C6 : 0.5 μ F | |
| R6 : 3.3 K Ω | C7 : 0.5 μ F | |
| R7 : 1.2 K Ω | C8 : 1.5 μ F | |
| R8 : 1.8 K Ω | C9 : 25 μ F | |
| R9 : 100 Ω | C10 : 33 nF | |
| R10 : 5.6 K Ω | C11 : 33 nF | |
| R11 : 10 K Ω | C12 : 33 pF | |
| R12 : 10 K Ω | C13 : 33 pF | |
| R13 : 10 K Ω | T1 : 2N2222 | |
| R14 : 10 K Ω | T2 : 2N2222 | |
| R15 : 10 K Ω | T3 : 2N2222 | |
| R16 : 10 K Ω | U1 : 7810 | |
| R17 : 10 K Ω | U2 : 7805 | |
| R18 : 10 K Ω | U3 : 74393 | |
| R19 : 180 K Ω | U4 : LM358 | |
| C1 : 33 nF | U5 : MC145106 | |

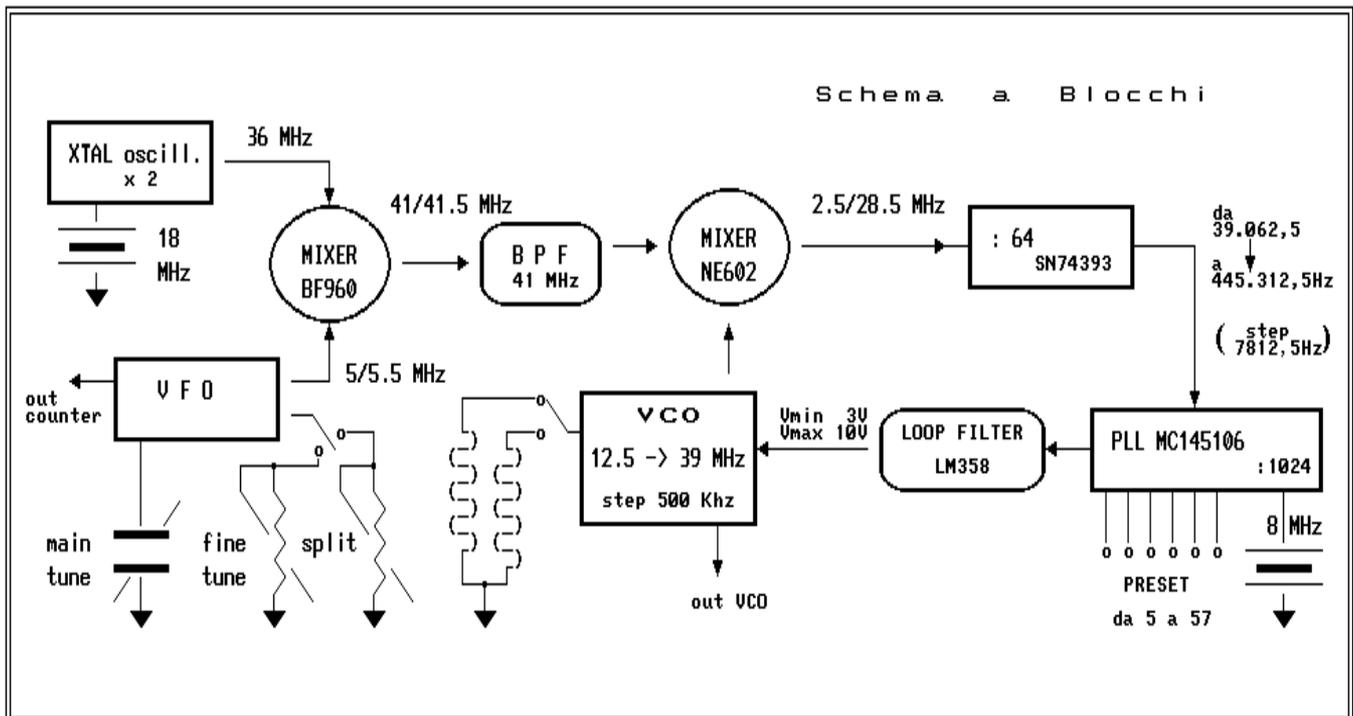
Le basette sono in vetronite doppio rame e i componenti sono saldati direttamente sulle piste senza foratura, mentre la faccia inferiore è utilizzata come piano di massa. I collegamenti di massa vengono realizzati forando la basetta e facendo passare un filo che viene saldato da entrambe le parti.

Le prime tre basette, delle dimensioni di 45 x 65 mm, vengono sovrapposte a wafer mediante distanziatori filettati da 15 mm. Le dimensioni del contenitore dipendono essenzialmente dal tipo di variabile usato. Le altre due basette da 65 x 95 mm sono unite con quattro distanziatori da 15 mm e inserite in un contenitore di alluminio da 70 x 100 mm.

Su di un lato del contenitore si trovano le prese RCA e il connettore a pettine per alimentazione e commutazioni.

COME FUNZIONA.

Per descrivere le funzioni delle varie schede farò riferimento allo schema a blocchi e allo schema elettrico allegati.



Per semplicità ho fatto riferimento ad un VFO da 5/5.5 MHz e ad un valore di I.F. di 9 MHz. Ovviamente ogni valore prossimo ai 9 MHz potrà andare bene per il filtro a quarzo del transceiver e l'unico accorgimento da adottare sarà una adeguata programmazione del lettore di frequenza.

La prima scheda contiene il circuito del VFO. Questo ha una escursione da 5 a 5.5 MHz e richiede particolare cura nel montaggio meccanico e nella scelta dei componenti. Il variabile deve essere robusto e possibilmente su cuscinetti e i ceramici devono essere NPO. Ho inserito poi un elemento di compensazione (120 pF N150) per ridurre ulteriormente la deriva termica. La bobina L1 è composta da 24 spire di filo in rame smaltato da 0.8 mm avvolte su di un supporto in plexiglass del diametro di 13 mm, l'avvolgimento viene poi fissato con del mastice indurente o smalto per unghie.

Il varicap consente di ottenere una escursione di circa 20 KHz utilizzabili sia come sintonia fine che per realizzare la funzione di SPLIT in trasmissione.

La seconda scheda contiene i buffers di interfaccia verso l'eventuale contatore di frequenza e verso il primo mixer. Il livello di uscita per il mixer dovrà risultare di circa 3 V p.p. Su questa schedina trova posto anche il 7810 con i relativi condensatori di filtro.

La terza scheda svolge le seguenti funzioni :

- **OSCILLATORE QUARZATO** : impegna un quarzo a 18 MHz, frequenza che viene duplicata dal circuito accordato sul collettore del 2N2222 ottenendo i 36 MHz necessari per la conversione. La bobina L2 è costituita da 8 spire di rame smaltato da 0.5 mm su nucleo toroidale T44-2.
- **MIXER** : impiega un MOSFET del tipo BF960 o similare.

- **FILTRO a 41 MHz** : realizzato con due circuiti accordati e un transistor con la funzione di buffer. Le due bobine L4 ed L5 sono costituite da 8 spire di filo smaltato da 0.5 mm su nuclei toroidali T44-6, mentre L3 è realizzata con 2 spire avvolte sopra L4.

Prima di assemblare i vari moduli si dovrà procedere alla taratura di questa schedina nel seguente modo :

- scollegare il quarzo in modo da bloccare l'oscillatore
- immettere un segnale a 41.2 MHz sul gate 1 e tarare i due compensatori per la massima uscita
- ricollegare il quarzo e immettere un segnale a 5 MHz sul gate 1 tarando il compensatore da 60 pF per la massima uscita (da 0.7 a 1 Vpp).

La quarta scheda svolge le seguenti funzioni :

- **VCO** : copre la gamma di frequenze da 12.5 a 39 MHz usando due oscillatori separati. La commutazione avviene fornendo la tensione di alimentazione all'uno o all'altro mediante un relay attivato dal commutatore di banda. I varicap sono del tipo ad elevata capacità per onde medie, tipo MVAM115 o similari (BB112 etc..). La configurazione circuitale dell'oscillatore e il dimensionamento delle reti sull'emettitore del BF324 e sul source del FET hanno consentito di ottenere un livello di uscita sufficientemente costante su tutta la gamma coperta.

Le due bobine sono così realizzate :

- L6 : 7 spire in rame smaltato da 0.8mm avvolte su supporto da 5 mm con nucleo
- L7 : 12 spire in rame smaltato da 0.5 mm avvolte su supporto da 5 mm con nucleo

La taratura potrà essere eseguita fornendo ai varicap una tensione variabile da 3,5 a 9,5 volt (attenzione a non superare questi valori) e tarando i nuclei di L6 e L7 in modo da ottenere le seguenti escursioni di frequenza :

- con L6 : da 22 a 39 MHz
- con L7 : da 12.5 a 22 MHz

L'uscita del VCO andrà ad alimentare i mixer di ricezione e di trasmissione con una tensione di circa 3 Vpp (su carico di 200 Ohm).

- **MIXER** : utilizza un NE602 che ha fornito i migliori risultati sia dal punto di vista della linearità che del bilanciamento, cosa assai importante trattandosi di un circuito a larga banda. Allo scopo di limitare al minimo le componenti di frequenza indesiderata all'uscita del mixer, si è provveduto a ridurre il livello di segnale sull'ingresso 1 usando mediante un partitore capacitivo e ad alimentare in controfase l'ingresso 2 mediante il trasformatore T1, realizzato avvolgendo in bifilare 5 spire di rame smaltato da 0.5 mm dentro un balun in ferrite del tipo per TV. In sede di taratura si verificherà con una sonda RF che il livello di segnale sui piedini 1 e 2 sia di circa 100-200mV p.p. ritoccando eventualmente il valore della capacità da 2,2 pF. All'uscita del mixer si trovano uno stadio buffer ed uno di amplificazione. Una rete di compensazione sull'emettitore del transistor amplificatore 2N2222 permette di ottenere un segnale abbastanza costante e pulito su tutta la gamma coperta dal mixer, un requisito essenziale per il buon funzionamento del divisore 74393.

La quinta scheda svolge le seguenti funzioni :

- **DIVISORE DI FREQUENZA** : impiega un integrato TTL 74LS393 che divide per 64 la frequenza proveniente dal mixer. Si ottiene così una frequenza confrontabile con il riferimento interno del PLL in modo da ottenere dei passi di 500 Khz. ($7812,5 \text{ Hz} \times 64 = 500 \text{ KHz}$, vedi anche schema a blocchi). Disponendo di un oscilloscopio si potrà verificare il corretto funzionamento del divisore :

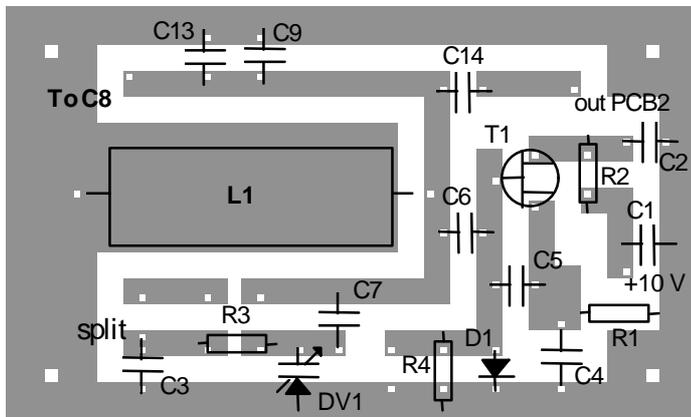
- eliminando il collegamento fra il VFO e i piedini 1 e 2 e variando da 3 a 10 V la tensione ai varicap non si dovrà ottenere alcun segnale in uscita dal divisore (in caso contrario si cercherà di eliminare l'inconveniente riducendo il livello di segnale sui piedini 1 e 2 del mixer)
 - alimentando i due varicap come sopra e ricollegando il VFO si dovrà ottenere in uscita dal divisore un livello TTL perfettamente pulito su tutte e due le gamme coperte (qualora si osservassero delle incertezze di commutazione, si potrà tentare qualche ritocco al valore della rete di compensazione citata sopra).
- PLL : impiega un integrato dedicato MOTOROLA MC145106 che svolge le seguenti funzioni :
 - divisore fisso per 1024. Ottiene la frequenza di riferimento (7812,5 Hz) partendo da un quarzo ad 8 MHz
 - divisore programmabile a 9 stadi. Viene programmato in modo da ottenere i fattori di divisione da 5 a 57, corrispondenti ad un campo di frequenze da 2.5 a 28.5 MHz in uscita dal mixer (vedi anche schema a blocchi). La programmazione potrà avvenire mediante una matrice di diodi esterna al circuito oppure con dei commutatori binari (contraves). Il valore di programmazione si può ricavare dalla seguente formula (vedi anche schema a blocchi) :

$$\text{Fattore Divisione} = (32 - \text{Gamma in MHz}) \times 2$$
 dove 32 esprime la differenza fra la frequenza del VFO e il valore di IF (41 - 9 MHz). Ad esempio per ottenere la copertura della gamma dei 28,5 MHz si otterrà :

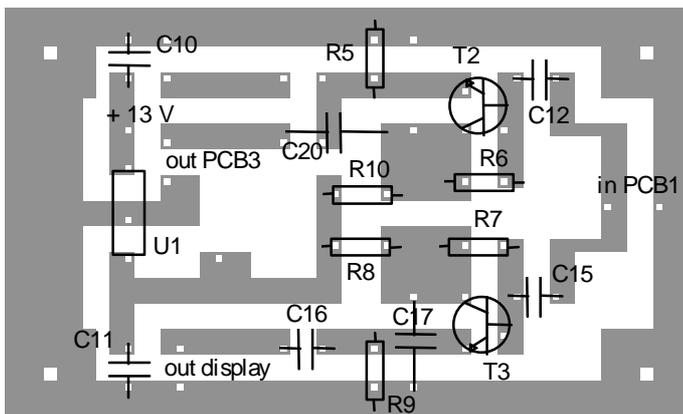
$$\text{Fattore Divisione} = (32 - 28,5) \times 2 = 7$$
 Un Hex Buffer 4050 consente di utilizzare per la programmazione una qualsiasi tensione compresa fra 5 e 15 volts. Un LED segnala lo stato di LOCK del PLL.
 - LOOP FILTER : impiega un operazionale tipo LM358 come integratore, seguito da una rete RC passa basso. Questa configurazione ha dato i migliori risultati per :
 - velocità di aggancio del PLL, che deve seguire le variazioni anche rapide di frequenza del VFO
 - stabilità del PLL, che non deve manifestare alcuna tendenza ad autooscillare
 - pulizia della tensione di errore prodotta, che si traduce in una buona purezza del segnale generato dal VCO

Gli schemi di montaggio :

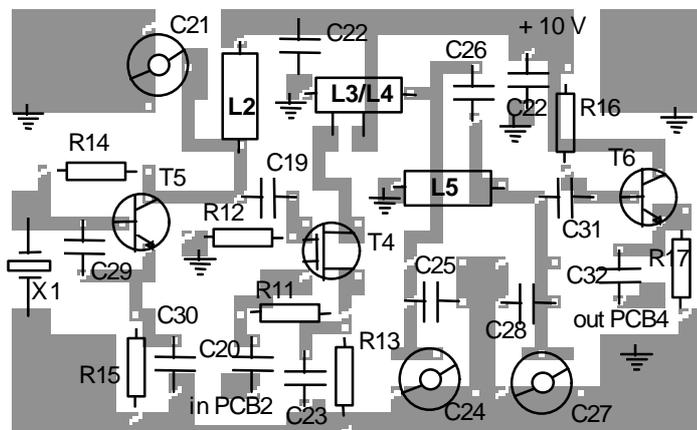
PCB1 : dimensioni reali 42x68 mm



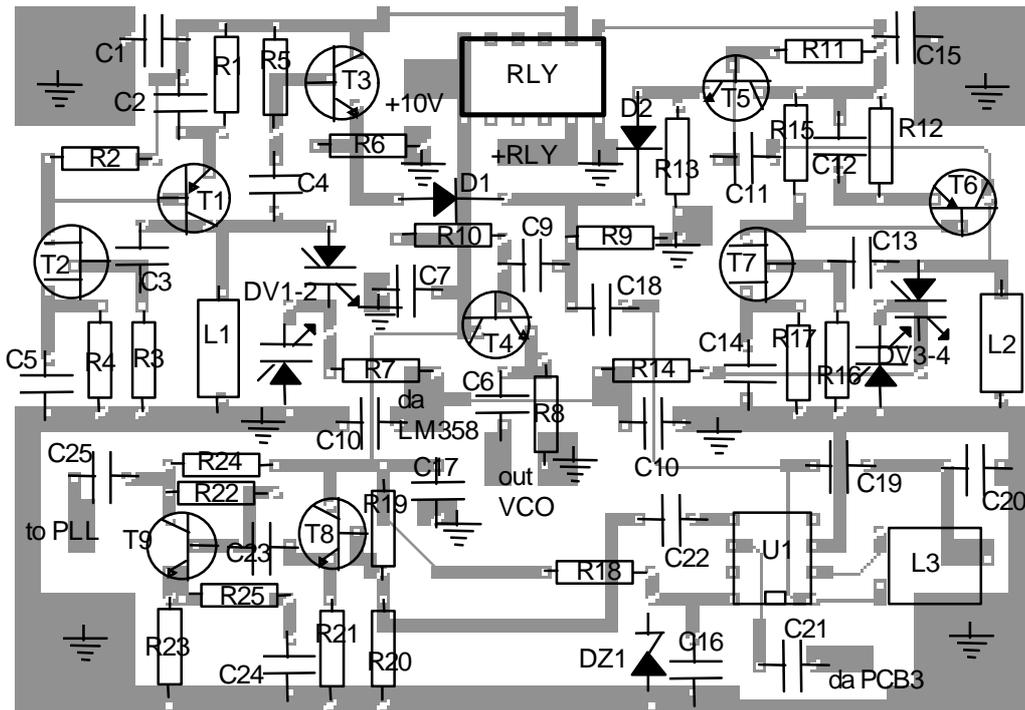
PCB2 : dimensioni reali 42x68 mm



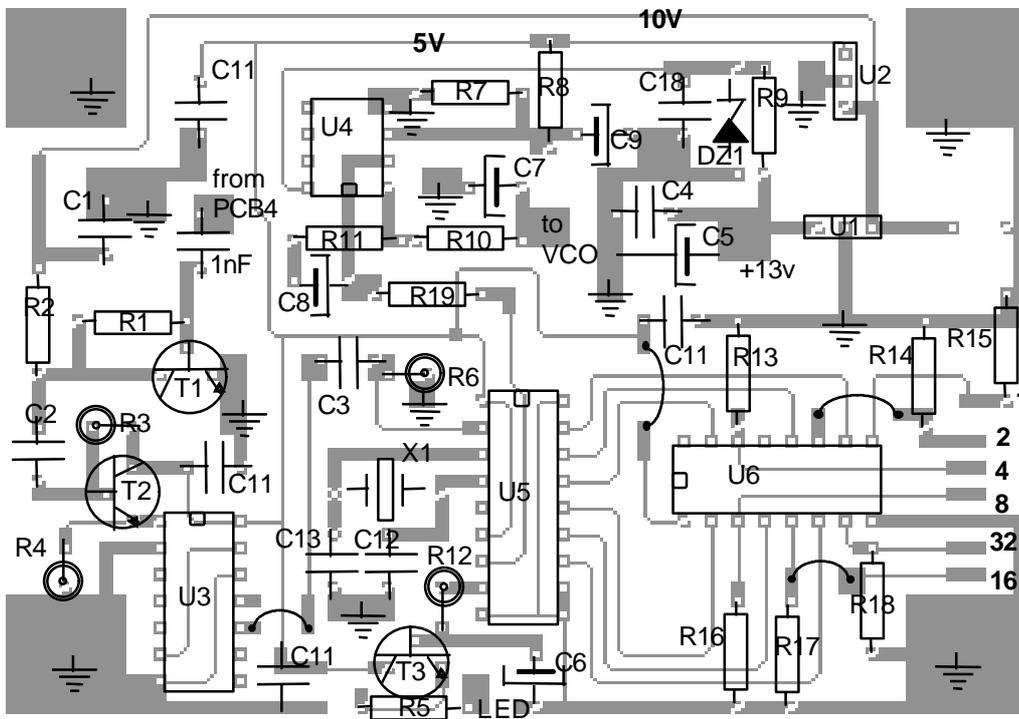
PCB3 : dimensioni reali 42x68 mm



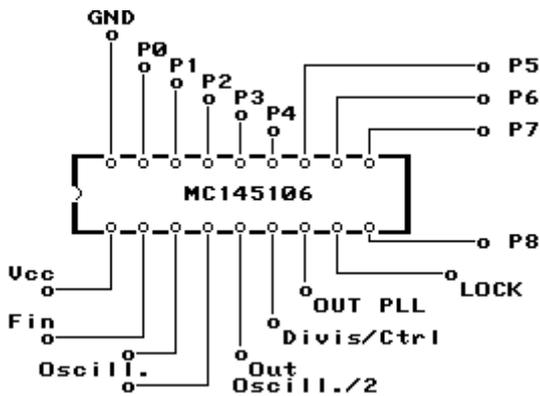
PCB4 : dimensioni reali 67x96 mm



PCB5 : dimensioni reali 67x96 mm



Layout piedini MC145106



PER CONCLUDERE.

Se il montaggio viene eseguito correttamente, e adottando i pochi accorgimenti consigliati, il dispositivo non dovrebbe creare particolari problemi di messa a punto. Va comunque ricordato che la disponibilità di una adeguata strumentazione è condizione assai importante per una buona riuscita. L'integrato MC145106, il NE602 e i varicap si dovrebbero trovare presso i rivenditori Nuova Elettronica, mentre per gli altri componenti non dovrebbero esserci problemi di reperibilità. I master dei circuiti stampati sono disponibili in formato ARIANNA e potrò fornirli a quanti me li richiederanno.

BIBLIOGRAFIA.

Sull'integrato MC145106 :

- Redenzione di un apparato CB - I3MDU - R.R. 3/'93 pag. 25
- Radiomicrofono FM 160-170 MHz - Nuova Elettronica n. 166 pag. 94

Sull'integrato NE602 :

- articolo monografico - Nuova Elettronica n. 172-173 pag.68
- ARRL Handbook 1994 4-43