

VFO a sintesi DDS per HF

Il Progetto in due parole

Si tratta di un VFO che utilizza il sintetizzatore DDS AD7008 della Analog Device controllato da un microprocessore ST62T25 della Thomson.

E' progettato per lavorare in apparati a singola conversione con IF a 9 Mhz, la scelta dei componenti e la tecnologia adottata ne fanno a mio avviso un dispositivo al passo con i tempi e in grado di reggere il confronto con i sintetizzatori usati in apparati commerciali di corrente produzione, anche se il costo del DDS e dell'encoder ottico incidono in modo non trascurabile sull'impegno della realizzazione.

Per la messa a punto si richiede almeno l'impiego di un frequenzimetro e di una sonda RF.

Come è fatto

Il VFO si compone di tre circuiti stampati monofaccia 100x70 mm. I due stampati del DDS e del PLL vengono montati sovrapposti dentro un minibox in alluminio di appropriate dimensioni, mentre il VCO trova alloggio in un contenitore separato, possibilmente in lamierino stagnato.

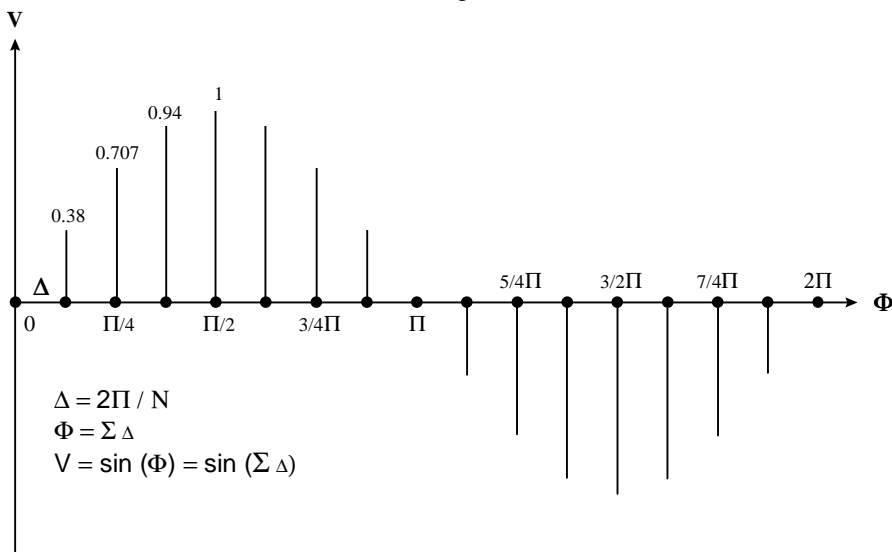
I collegamenti relativi alle linee di alimentazione e digitali vengono effettuati tramite dei connettori a striscia con passo 2.5 mm, mentre per le linee di segnale (RF e tensione di controllo del VCO) vengono impiegate delle normali prese RCA.

Come funziona

Il generatore DDS viene utilizzato come riferimento di frequenza per un circuito PLL di tipo convenzionale. Quest'ultimo è realizzato con un integrato CMOS 4046 che confronta la frequenza del VCO divisa per 64 con il riferimento fornito dal DDS e rimette in passo il VCO stesso. L'escursione di frequenza richiesta al DDS va da 168750 a 609375 Hz, e la corrispondente escursione di frequenza del VCO va da 10.8 a 39 Mhz.

La Sintesi di Frequenza DDS

Un approccio assai semplice ed intuitivo alla tecnica di sintesi DDS (Direct Digital Synthesis) può essere il seguente. Immaginiamo di voler disegnare per punti una sinusoide su di un foglio di carta. Il modo più semplice di procedere consiste nel dividere il periodo della sinusoide (2π) in N parti uguali. Ogni intervallo così ottenuto (Δ) corrisponde ad un incremento di fase pari a $2\pi / N$ e il corrispondente valore di ampiezza si ottiene applicando la nota formula $V = \sin \Phi$, dove $\Phi = \sum$ degli intervalli Δ .



Il sintetizzatore DDS è un microprocessore dedicato che applica proprio questo metodo di calcolo. L'incremento di fase Δ viene impostato dal microprocessore esterno di controllo tramite un ingresso seriale, e viene memorizzato in un registro chiamato *Phase Accumulator* che si incrementa di questo valore ad ogni ciclo di clock. Poichè la capacità di questo registro è di 32 bit, il valore di fase viene espresso sotto forma di un numero intero che può variare nel range $0 - 2^{32}$ (corrispondente all'intervallo $0 - 2\pi$). Il valore di ampiezza corrispondente viene ricavato da una tabella residente in ROM in modo da velocizzare il processo di calcolo, e infine un convertitore DAC provvede a trasformare il valore numerico ottenuto in segnale analogico.

Da quanto esposto si può anche ricavare la relazione esistente fra l'incremento di fase Δ (in scala numerica $0 - 2^{32}$) e la frequenza generata dal DDS. Il periodo e la frequenza della sinusoide saranno infatti :

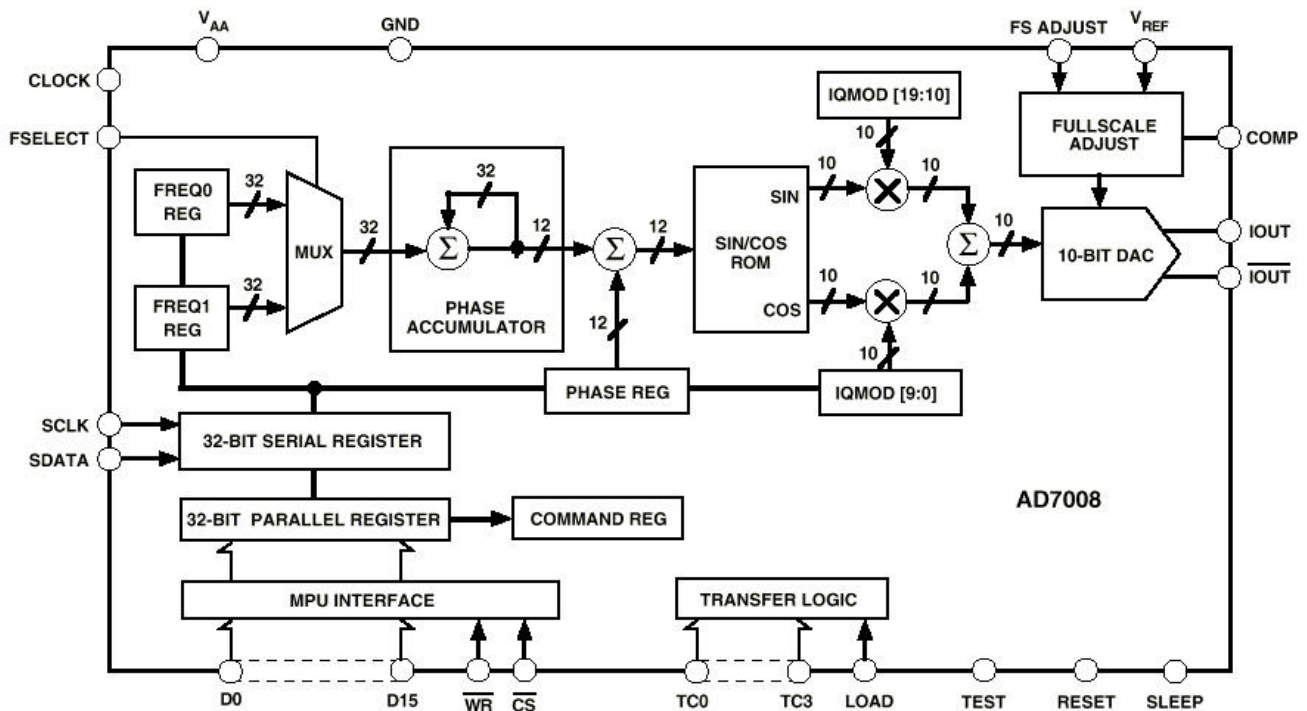
$$T = T_{\text{clock}} \times (2^{32} / \Delta) \implies F = (\Delta \times F_{\text{clock}}) / 2^{32}$$

E' interessante notare come, adottando una Frequenza di clock di 50 MHz, la massima risoluzione ottenibile con un incremento unitario di Δ risulterà pari a $50 \text{ MHz} / 2^{32} = 0.01 \text{ Hz}$.

Il DDS AD7008 dispone poi di alcune funzionalità aggiuntive :

- può memorizzare due valori di frequenza commutabili tramite il pin FSELECT, ciò può essere utile per gestire la funzione di split
- può generare vari tipi di modulazione (frequenza, ampiezza e SSB con il metodo dello sfasamento) controllando i valori istantanei di fase ed ampiezza tramite appositi registri (PHASE REG, IQMOD). Per realizzare questa funzione è però necessario effettuare un trattamento numerico preliminare del segnale modulante utilizzando tecniche DSP.

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



Chi fosse interessato ad approfondire l'argomento, il che va oltre lo scopo di questa breve introduzione, può reperire le informazioni necessarie nel Data Sheet del dispositivo (v.bibliografia).

Il Software di Gestione

Per controllare il funzionamento del DDS è necessario ricorrere ad un microprocessore. Io ho utilizzato un ST62T25 della Thomson e ho sviluppato un software specifico per questo dispositivo.

Le funzioni disponibili con l'attuale release di software sono :

- Controllo della frequenza mediante encoder ottico rotativo a due canali. Il valore di frequenza impostato all'accensione è di 14 Mhz.
- Possibilità di selezionare lo step di avanzamento fra 3 valori possibili (10 Hz, 1 Khz e 100 Khz) mediante due pulsanti (up/down). Lo step proposto all'accensione è 1 Khz e consente un rapido posizionamento all'interno della banda, il valore 10 Hz è quello normalmente utilizzato (2.5 Khz per giro con l'encoder a 256 livelli) mentre lo step 100 Khz serve per cambiare rapidamente gamma.
- Presentazione dei valori di frequenza e step su display LCD 2x16
- Indicazione della gamma operativa mediante codifica digitale su 4 bit. In tal modo si possono controllare in modo automatico dispositivi esterni quali filtri di banda, modo operativo, etc..
La codifica è riportata nella seguente tabella

| | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
|----------------|------|------|------|------|
| Fino a 3 Mhz | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Da 3 a 6 Mhz | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Da 6 a 9 Mhz | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Da 9 a 12 Mhz | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Da 12 a 17 Mhz | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Da 17 a 20 Mhz | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Da 20 a 23 Mhz | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Da 23 a 27 Mhz | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Da 27 a 29 Mhz | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Oltre 29 Mhz | 1 | 0 | 0 | 1 |

Alcune porte del microprocessore non sono attualmente utilizzate, ho previsto infatti un successivo release di software per gestire, tramite un menu di scelta funzioni :

- Il funzionamento in RIT e XIT
- L'inserimento e il recupero di più frequenze operative mediante memoria seriale esterna (ST93C66)

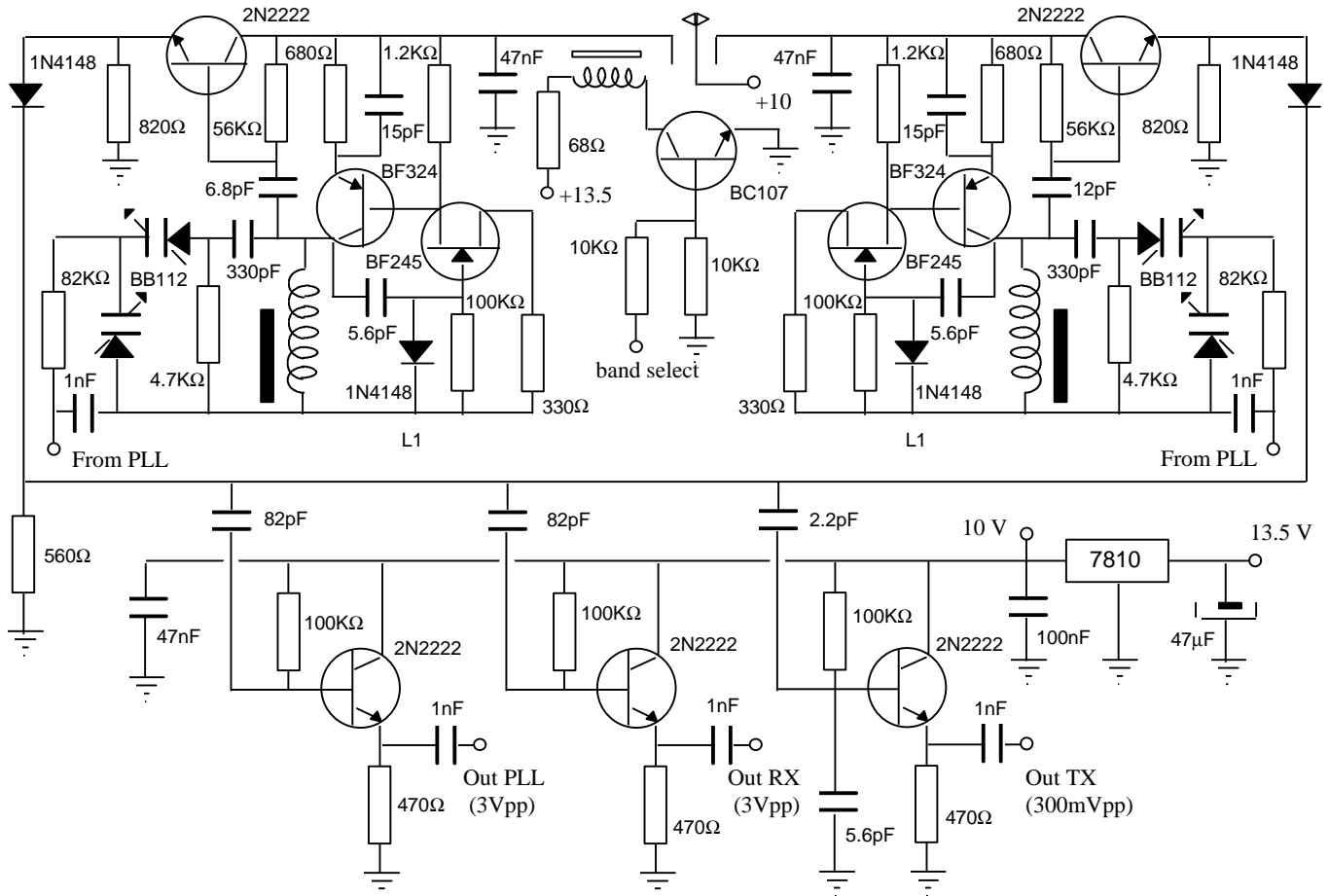
Il circuito elettrico nasce già predisposto per queste implementazioni, che comporteranno quindi la sola sostituzione (o riprogrammazione) del microprocessore.

Posso fornire l'attuale release di software (in formato sorgente ed eseguibile) su floppy disk o tramite E-mail a chi fosse interessato. Chi volesse il microprocessore già programmato può contattarmi per definire le modalità.

NB. Il programma prevede un valore di IF di 9 Mhz, altri valori prossimi a questo possono essere gestiti ma richiedono qualche semplice modifica al software.

Il Modulo VCO

Passiamo ora alla descrizione dei singoli moduli componenti il VFO cominciando dal modulo VCO.



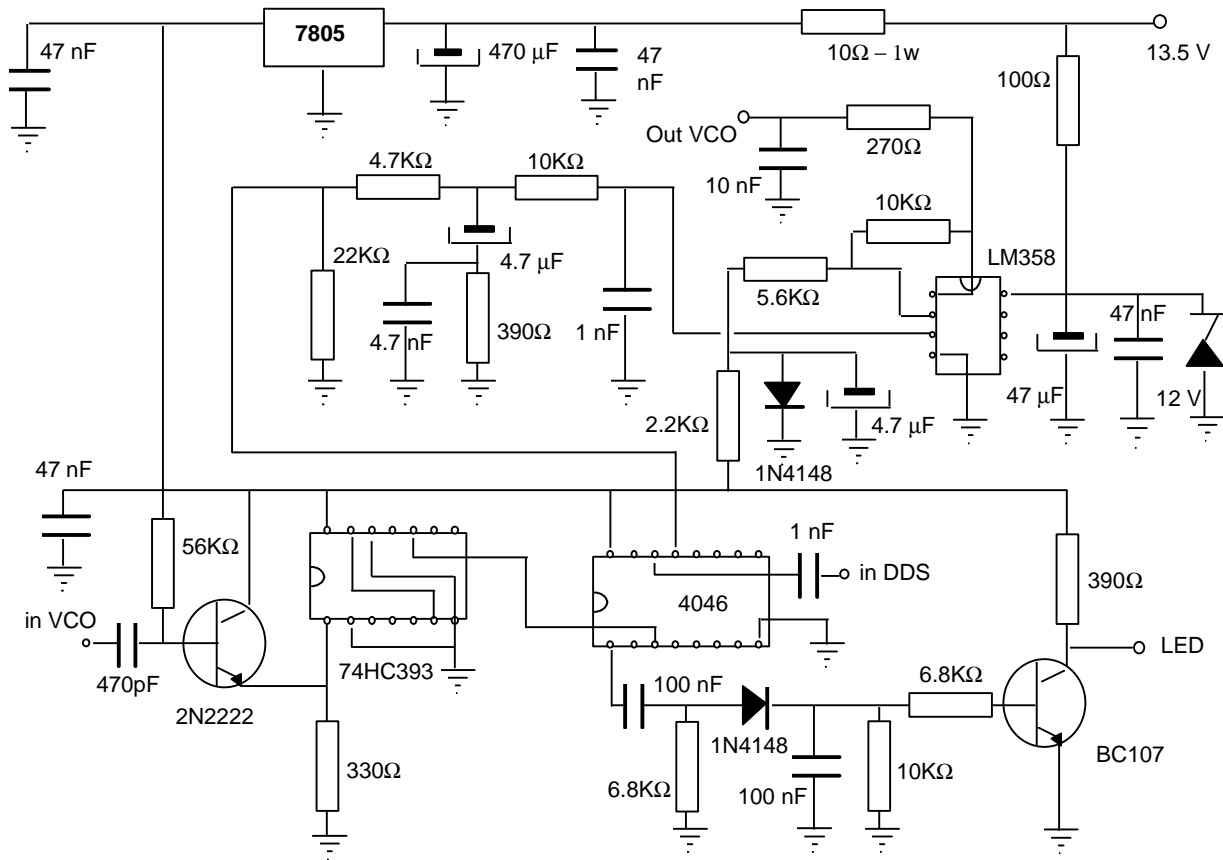
Questo modulo contiene due oscillatori commutati elettronicamente, la circuiteria di commutazione e i tre buffers di uscita. Data l'ampia gamma di frequenza coperta (da 10.8 a 39 Mhz) si è reso necessario utilizzare due oscillatori separati e diodi varicap ad alta capacità (BB112, MVAM115). Per la commutazione di gamma si può sfruttare l'uscita digitale prevista sul modulo DDS (v.oltre).

Sono previste due uscite ad alto livello (circa 3 V pp) per alimentare il divisore del PLL e il mixer del ricevitore (mosfet) ed una uscita a basso livello (circa 300 mV) per il mixer del TX (MC1496).

Le due bobine sono realizzate con filo di rame smaltato da 0.5 mm avvolto su supporto plastico da 5 mm con nucleo in ferrite. Per L1 si avvolgeranno 16 spire e per L2 9 spire.

Per la taratura si dovranno collegare i due ingressi di controllo (*from PLL*) ad una tensione variabile da 1 a 10 volts, verificando la copertura (da 10 a 22 Mhz con L1, da 20 a 40 Mhz con L2) e l'ampiezza del segnale. E' opportuno effettuare il collegamento al modulo PLL con cavetto schermato RG174 sia per il segnale RF che per la tensione di controllo.

II Modulo PLL



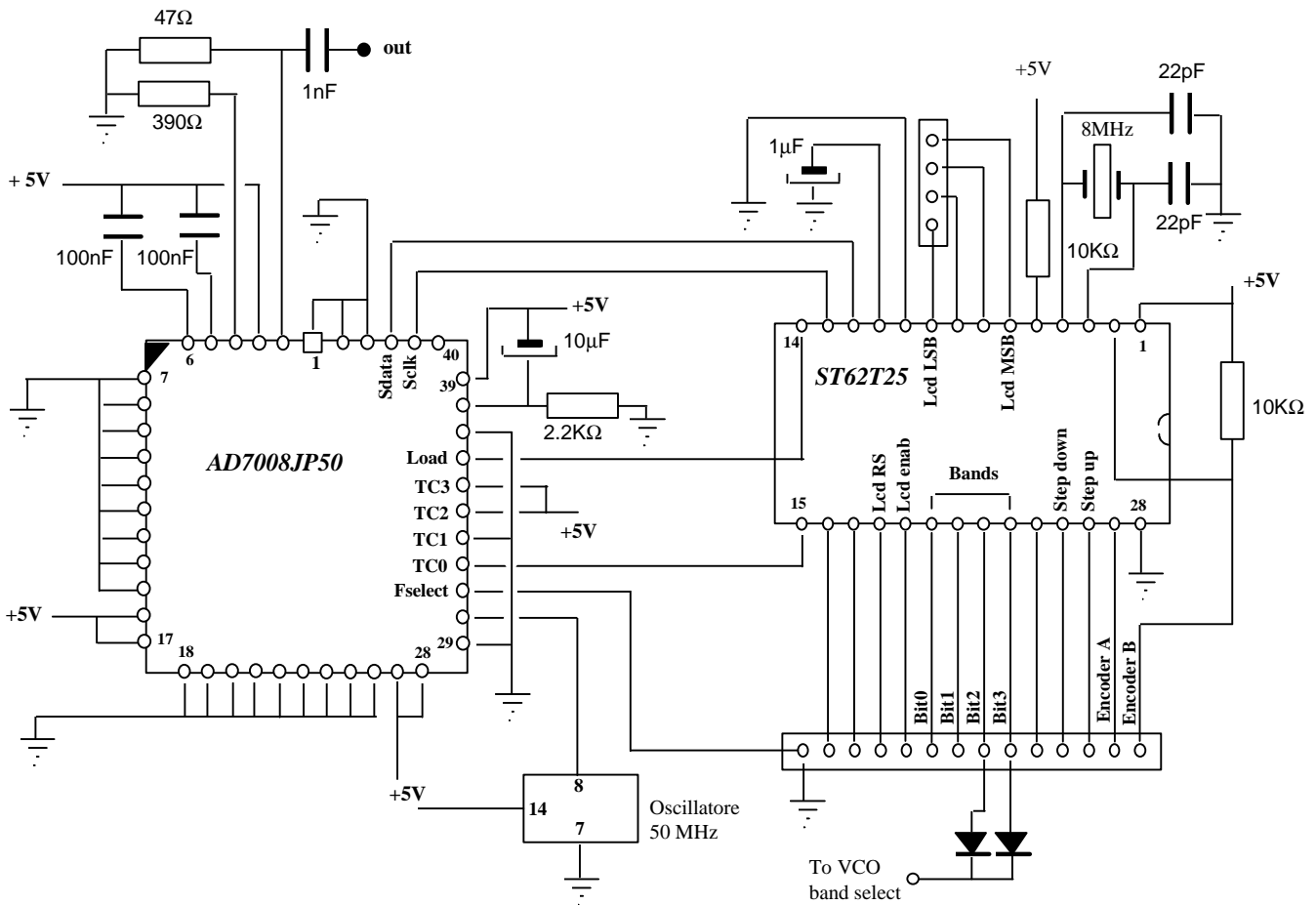
Questo modulo contiene il divisore HCMOS per 64, il CMOS 4046, un operazionale LM358 con la funzione di traslatore di livello della tensione di controllo VCO (da 5 a 10 V) ed il loop filter. Contiene anche il regolatore 7805 che, dopo aver sistemato la basetta nella sua sede (sotto il modulo DDS), dovrà essere fissato ad una parete metallica del contenitore per dissipare adeguatamente il calore.

L'anello ottenuto è stabile e aggancia velocemente, grazie anche all'elevato valore della frequenza comparata. Particolare cura è stata dedicata alla stabilizzazione della tensione di alimentazione, questo è importante poiché le piccole variazioni che si possono originare nei picchi di modulazione del TX verrebbero altrimenti trasferite dal 4046 sulla tensione di controllo del VCO producendo modulazione di frequenza.

Il modulo non dovrebbe richiedere operazioni di taratura, sarà comunque opportuno verificare che la tensione sul piedino 1 del 74HC393 sia di circa 2 V in assenza di segnale. Tenete presente che per un corretto funzionamento il livello minimo del segnale in ingresso deve essere di 2 V pp. E' previsto un indicatore di lock (il led acceso indica corretto funzionamento).

Il modulo PLL, come già detto, trova posto sotto il modulo DDS nello stesso contenitore metallico.

II Modulo DDS



Questo modulo contiene l'unità DDS AD7008JP50 e il microprocessore ST62T25 (oppure ST62E25 che è riprogrammabile ma costa il triplo). Su questo modulo non c'è molto da dire, dato che la parte elettrica si limita a pochissimi componenti. Particolare attenzione va posta nella realizzazione dello stampato e nell'esecuzione delle saldature per via dell'elevato numero di piste sottili intorno allo zoccolo del DDS. Due connettori a striscia con passo 2,5 mm facilitano la connessione verso i dispositivi esterni (LCD, encoder, etc.).

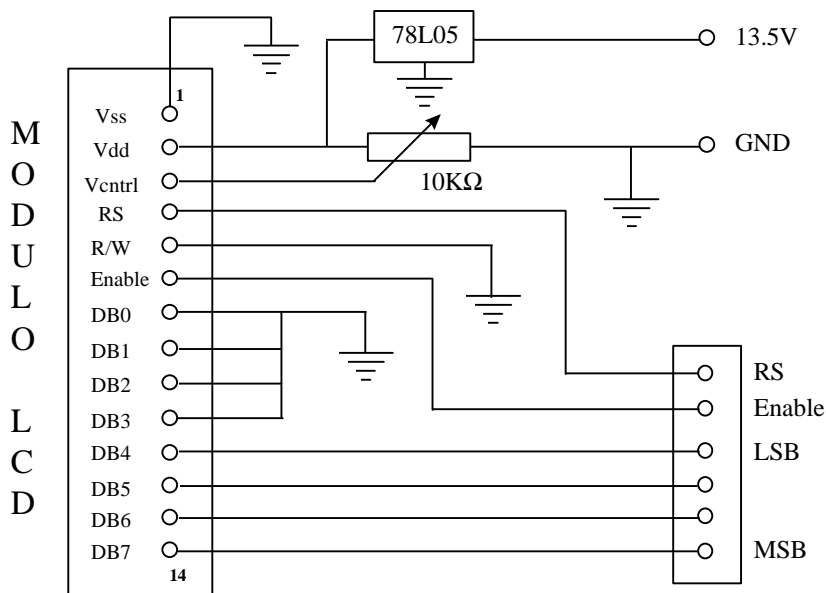
Se utilizzate un minibox in alluminio di dimensioni standard 105 x 75 x 42 mm, dovrete praticare uno scasso nel PCB del DDS per fare posto alla vite di fissaggio del 7805 collocato sulla basetta inferiore, utilizzando invece un contenitore più grande il problema non si pone, lo stampato prevede lo spazio per compiere questa operazione.

L'uscita BCD relativa alla gamma operativa dovrà essere decodificata per pilotare eventuali circuiti di commutazione esterna. Io ho previsto una basetta esterna (non descritta in questo articolo) per gestire tutte le commutazioni utilizzando un operazionale TL084 come traslatore di livello da 5 a 12 V e una decodifica CMOS 4028 BCD to DECIMAL. Nello schema è indicata una semplice soluzione per pilotare mediante due diodi la sola commutazione di banda del VCO.

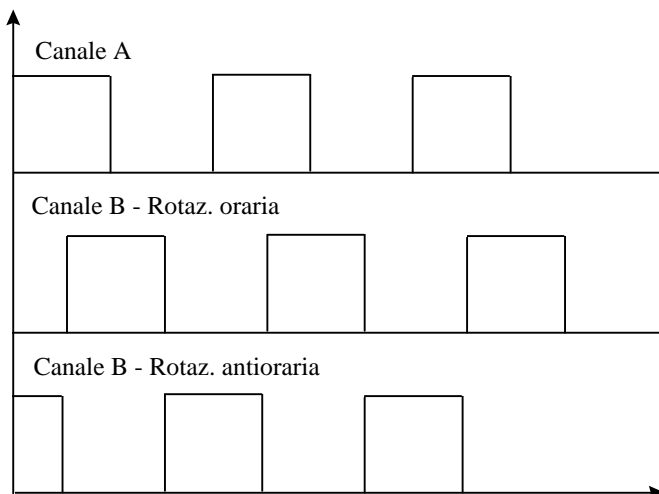
Il pin 1 del connettore principale (FSELECT) è predisposto per gestire le funzioni di SPLIT, come ho detto nel paragrafo relativo al software, e per il momento deve essere collegato a massa. Alcuni altri pin, non collegati, serviranno per gestire il dispositivo di memoria esterna.

Dispositivi Accessori

Qualche parola va spesa per il display LCD e per l'encoder ottico. Per il primo suggerisco di realizzare una scheda di interfaccia di cui fornisco solo lo schema elettrico, anche perchè le connessioni fisiche dipendono dal tipo di connettore presente sul modulo LCD. Questa scheda andrà collegata con una piattina a sei fili al modulo DDS. Vale la pena di inserire sulla scheda anche un piccolo regolatore 78L05 in modo da svincolarla completamente dalla sorgente di alimentazione. Riporto lo schema dei collegamenti più usuali per i moduli LCD, anche se non è raro trovare dei display con collegamenti leggermente diversi, quindi fate molta attenzione e, in caso di dubbi, provate a consultare i riferimenti bibliografici.



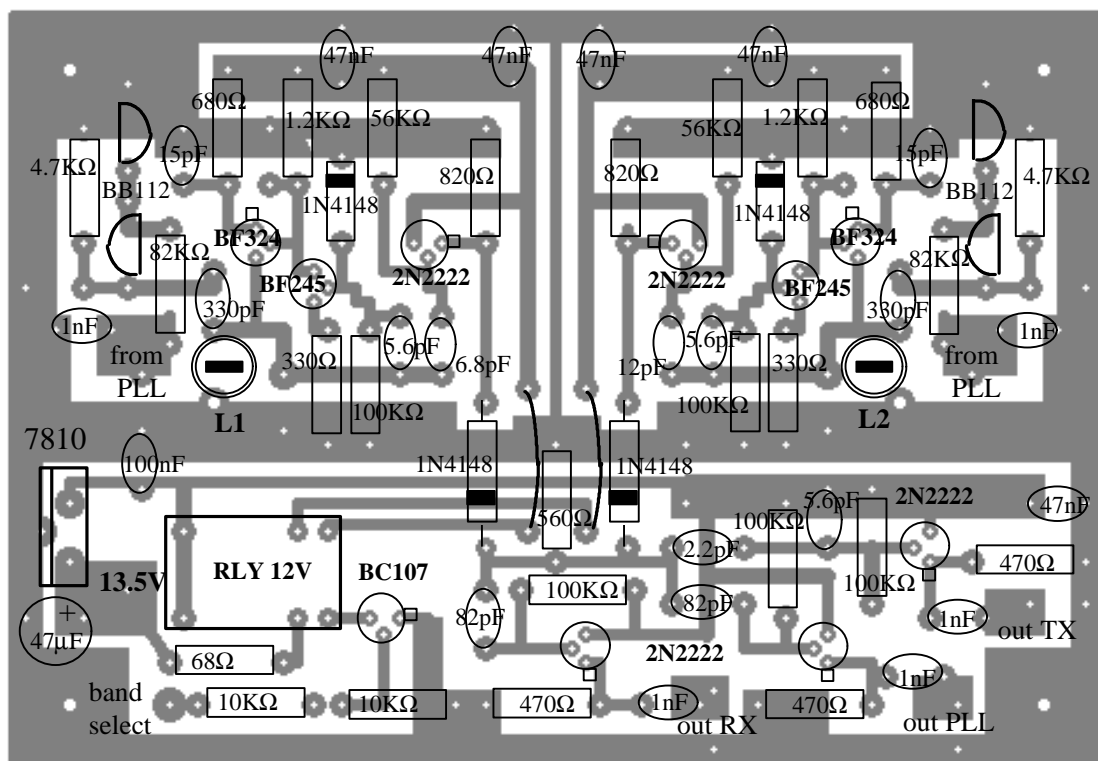
Per quanto riguarda l'encoder ottico, mi limiterò a pochi cenni essendo questo argomento già stato trattato su queste pagine (v.bibliografia). Basti dire che questo dispositivo fornisce sui canali di uscita due onde quadre sfasate di 90° . Lo sfasamento è in anticipo o in ritardo a seconda del verso di rotazione dell'alberino. Il tutto è illustrato dal diagramma allegato



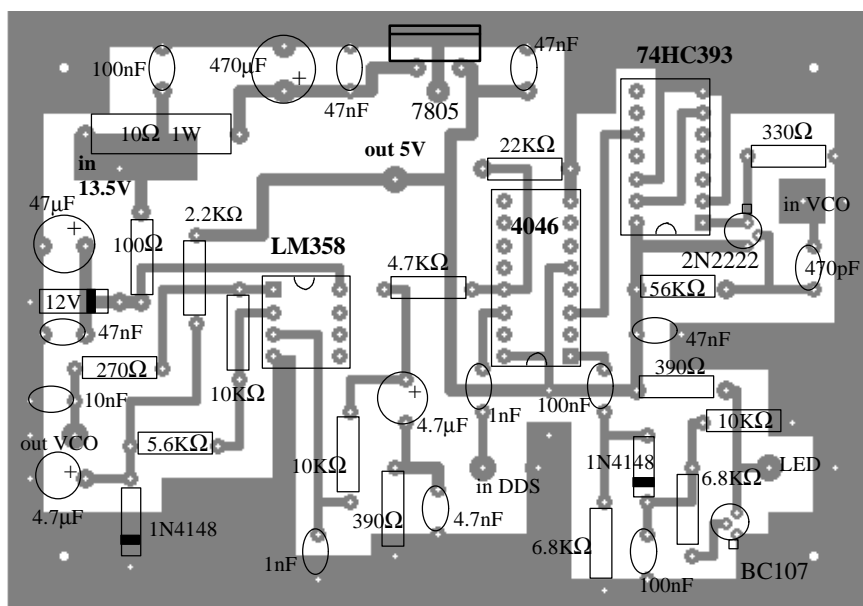
Testando il livello logico del canale B in corrispondenza di una transizione di livello del canale A si può ricavare l'informazione sul verso di rotazione, mentre il numero di transizioni individua l'entità della rotazione. Il collegamento col modulo DDS viene effettuato con un bus a 4 fili che porta anche la linea di massa e quella di alimentazione a 5 V.

Gli Schemi di montaggio

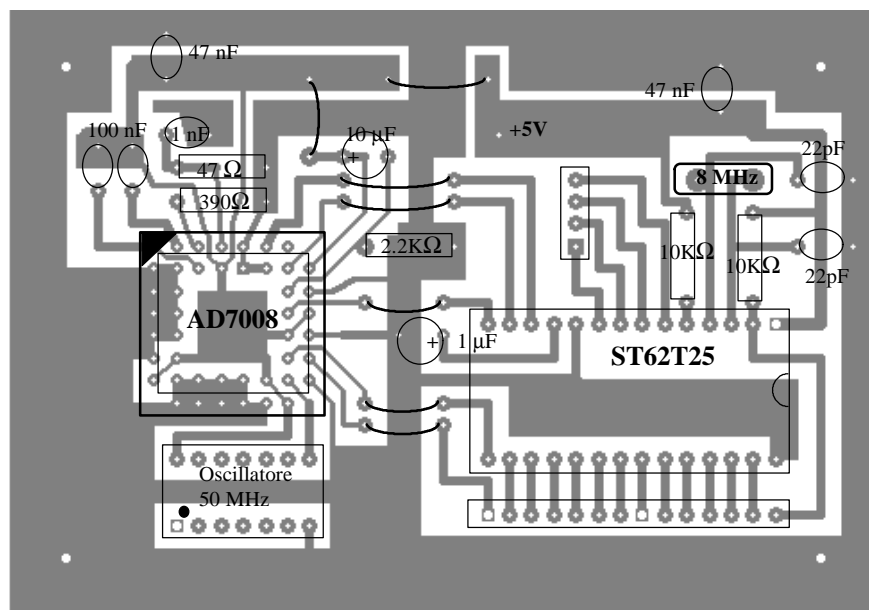
Il modulo VCO (dimensioni reali 97x67 mm)



Il modulo PLL (dimensioni reali 97x67 mm)



Il modulo DDS (dimensioni reali 97x67 mm)



Per concludere

Per quanto riguarda la reperibilità dei componenti, mi risulta che il DDS AD7008 sia distribuito da ADB Elettronica, mentre l'encoder è reperibile presso Nuova Elettronica. Ho visto degli encoders ottici anche presso alcune mostre mercato del settore, sono privi di datasheet ma costano poche migliaia di lire e potrebbe valere la pena di tentare di individuare sperimentalmente i collegamenti; se qualcuno avesse informazioni in proposito mi farebbe cosa gradita inviandomi lo schema dei collegamenti. Gli altri componenti non dovrebbero presentare problemi di reperibilità, compreso il ST62T25 che si può trovare da Marcucci o da Futura Elettronica. Per quanto riguarda gli stampati, posso fornire i files con i relativi master nel formato CIRCAD (v. bibliografia) a chi fosse interessato. Nel complesso direi che la realizzazione non presenta particolari difficoltà, anche se comporta un qualche impegno economico. Nel mio caso ha rappresentato un salto di qualità nella realizzazione di apparati home made, e spero che altrettanto potranno dire quanti volessero cimentarsi nella costruzione. Da parte mia offro piena disponibilità per fornire informazioni e supporto a coloro che vorranno contattarmi via telefonica o E-mail.

Bibliografia

Articoli vari :

Weekend DigiVFO, QST May 1995, pag.30

Weekend DigiBrain, QST March 1996, pag. 32

The Ultimate VFO, QEX April 1996, pag. 13

Direct Digital Synthesis, ARRL Handbook 1994, pag. 10-17

IC761: una semplice modifica facilita la sintonia, di IK2RND, R.R. 7/1997, pag. 43 (Encoder Ottico)

Siti Internet di interesse :

Analog Device : <http://www.analog.com/>

CIRCAD : <http://www.holophase.com/>

sui moduli LCD : <http://www.eio.com/lcdintro.htm#data>

Info su Componenti : <http://www2.arnes.si/~uljfer3/elect/index.html>