

Un VFO "FLL" (Frequency Locked Loop) per le HF controllato dal PIC16F628

Il progetto in sintesi

Viene descritto un semplice dispositivo che riunisce in un singolo microprocessore un frequenzimetro programmabile e una logica di controllo capace di bloccare la frequenza di un VFO sul valore impostato. La funzione di "lock" viene inibita dal software quando si interviene manualmente sulla sintonia del VFO, ottenendo così un funzionamento completamente automatico del dispositivo.

Le caratteristiche del circuito

Nell'intraprendere questo progetto, mi ero posto l'obiettivo di trovare un'alternativa, sia pure accettando qualche compromesso, ai circuiti PLL o DDS laddove la complessità e il costo di queste soluzioni non apparisse giustificata. La soluzione PLL presenta infatti notevole complessità se si vuole ottenere un'elevata risoluzione, mentre i DDS sono tuttora difficili da reperire e piuttosto cari, inoltre vengono prodotti per lo più in case ultra miniaturizzati (costerebbe poi tanto farne almeno qualche modello nel classico formato DIP ?), creando non poche difficoltà a chi voglia avventurarsi nella realizzazione dello stampato e nel montaggio.

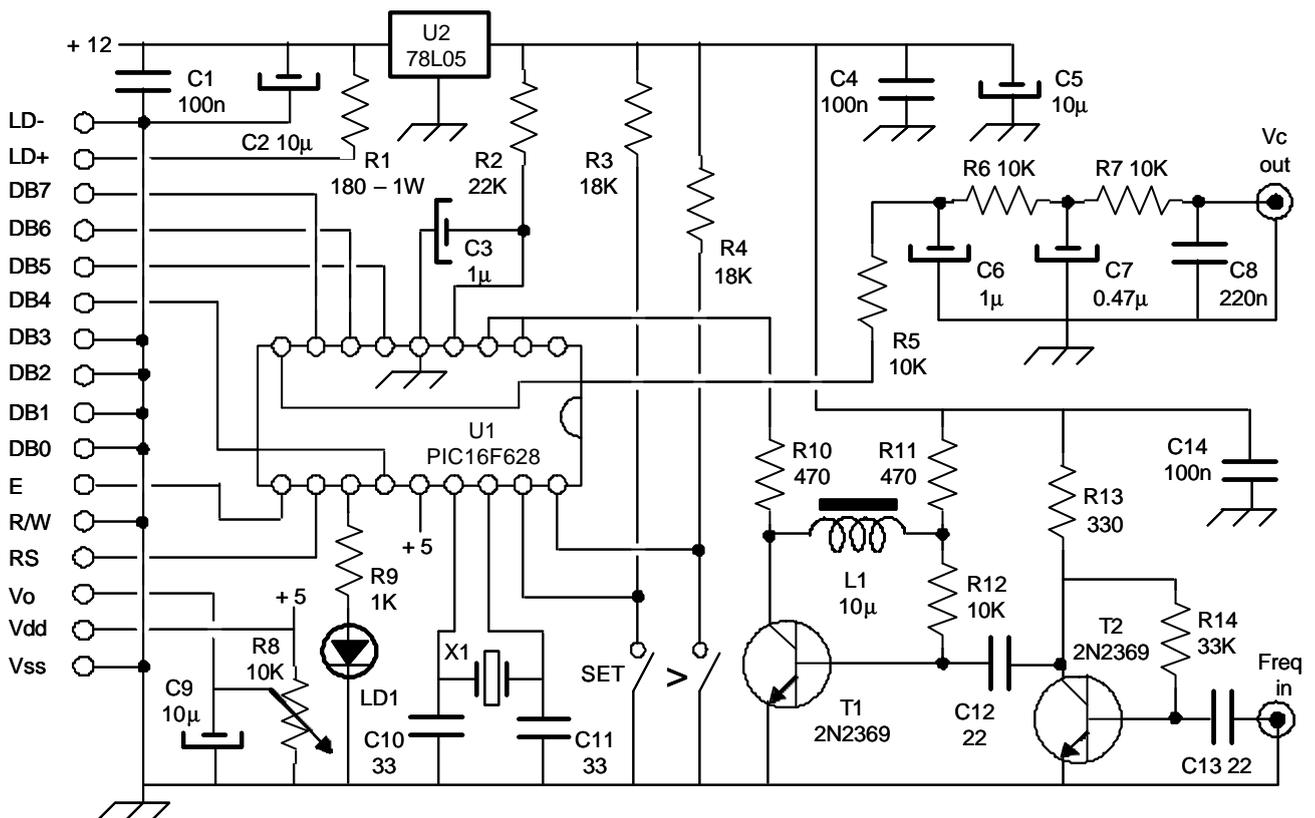
Un caso classico può essere l'impiego in un apparato QRP, che per sua natura implica soluzioni semplici ed economiche. In questo, e in altri casi simili può essere validamente impiegato il circuito che propongo, che presenta alcune interessanti caratteristiche :

- Lettura digitale della frequenza con precisione di 10 Hz
- Stabilità paragonabile a quella del quarzo di riferimento, con uno scostamento massimo entro +/- 15 Hz
- Possibilità di programmare un valore IF in somma o sottrazione
- Possibilità di programmare lo scostamento massimo ammesso per variazioni veloci di frequenza, in modo da potersi adattare a vari circuiti di VFO.
- Uso di componenti di comune reperibilità, impiegabili da qualsiasi hobbysta

e qualche vincolo :

- Controllo analogico della frequenza, mediante un potenziometro multigiri
- Capacità di compensazione limitata a circa 15 KHz (+/- 7.5 KHz) nel lungo periodo. Questa deriva rientra normalmente nei limiti di un VFO ben costruito, tuttavia è consigliabile non superare frequenze dell'ordine dei 20/25 MHz, anche se il frequenzimetro può agevolmente raggiungere i 35/40 MHz.

Lo schema elettrico del circuito di controllo



E' il cuore dell'intero circuito, è controllato da uno specifico software che ho realizzato per il PIC16F628, tra le sue principali funzioni vi sono :

- Frequenzimetro programmabile con risoluzione interna di lettura di 5 Hz e visualizzazione arrotondata ai 10 Hz
- Correzione automatica della deriva di frequenza dell'oscillatore (variazioni lente)
- Lock/Unlock automatico in caso di variazioni veloci o superamento dei limiti di correzione

per consentire un assestamento iniziale dell'oscillatore, la funzione di LOCK viene inibita durante i primi 30 secondi di funzionamento (il frequenzimetro è invece subito in funzione). Il periodo di lettura del frequenzimetro è di 200 mS e corrisponde ad una risoluzione di 5 Hz, ad ogni lettura la frequenza viene confrontata con il valore precedentemente memorizzato agendo di conseguenza nel seguente modo :

- Scostamento entro il limite di +/- 10 Hz : è considerato normale, non viene attivata alcuna compensazione.
- Scostamento superiore a 10 Hz, ma entro il limite di lock fissato (configurabile via menù da 20 a 100 Hz massimi) : viene attivato il meccanismo di compensazione che utilizza il modulo PWM interno al microprocessore. Questo modulo è in grado di generare un'onda quadra con una frequenza di circa 4 KHz, il cui duty cycle è regolabile via software con una risoluzione di 10 bit. L'onda quadra viene filtrata da un circuito integratore RC ottenendo una tensione continua il cui valore è controllabile in un range di 1024 step, il numero di step di compensazione viene calcolato sulla base dello scostamento misurato (circa 15 Hz per step).
- Scostamento superiore al limite di lock fissato : viene attivata la condizione di UNLOCK, segnalata da apposito LED, l'ultima lettura viene memorizzata come nuovo valore di riferimento e il duty cycle del modulo PWM viene riallineato di alcuni step verso il valore centrale per migliorare la capacità di compensazione nel lungo termine.

Qualora si superino i limiti di compensazione del PWM (0 oppure 1023), il meccanismo di LOCK viene disattivato in modo permanente fino al reset (spegnimento) dell'apparecchio. Questa situazione è segnalata dall'accensione continua del LED.

La programmazione del frequenzimetro avviene tramite i due pulsanti "SET" e ">" operando nel seguente modo :

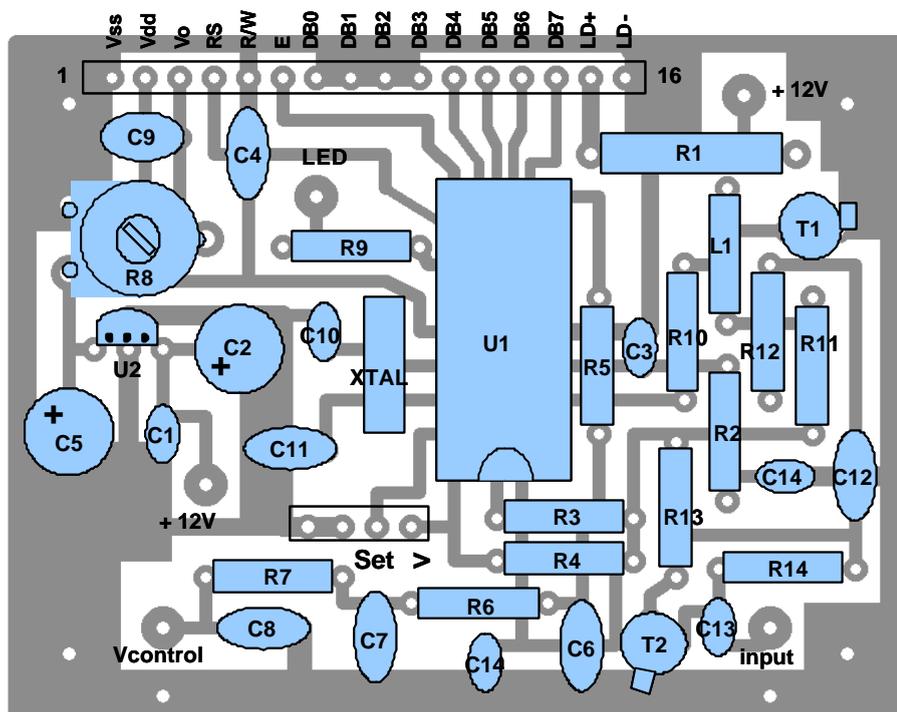
- Premendo una prima volta il pulsante "SET" viene visualizzato il valore di IF (funzione "IFset") ed il cursore lampeggiante si posiziona in corrispondenza della prima cifra modificabile (diecine di MHz), a questo punto è possibile modificare con il pulsante ">" il valore della cifra nel range da 0 a 9. Una volta effettuata la modifica, premendo nuovamente il pulsante "SET", si può passare alla cifra successiva, e così via fino a raggiungere l'ultima cifra a destra.
- Un'ulteriore pressione del tasto "SET" attiva la funzione "Mode set" , e si può scegliere mediante il tasto ">" fra le tre modalità operative : "Frequenza + IF", "IF - Frequenza", "Frequenza - IF".
- La successiva pressione del tasto "SET" attiva la funzione "Lock set" consentendo di modificare il limite di lock del dispositivo (cioè la deriva massima accettata in un singolo periodo di lettura) da un minimo di 20 Hz ad un massimo di 100 Hz (il default è di 25 Hz). Questa possibilità potrebbe essere utile qualora si debbano compensare scostamenti rapidi nel breve termine, fino a 500 Hz/secondo, purchè la deriva totale rimanga nei limiti di 15 KHz.
- Un'ultima pressione del tasto "SET" chiude il menù, a questo punto i parametri impostati vengono salvati nella EEPROM (memoria non volatile) del microprocessore e viene riattivata la funzione di lettura.

Va tenuto presente che, operando nei modi "IF - Frequenza" o "Frequenza - IF", il valore letto verrà visualizzato solo quando il risultato della sottrazione è positivo.

Lista dei componenti del circuito di controllo :

R1 : 180 Ω - 1W	R8 : 10 K Ω - trimmer	C1 : 100 nF	C8 : 220 nF	U1 : PIC16F628
R2 : 22 K Ω	R9 : 1 K Ω	C2 : 10 μ F	C9 : 10 μ F	U2 : 78L05
R3 : 18 K Ω	R10 : 470 Ω	C3 : 1 μ F	C10 : 33 pF	LD1 : diodo LED
R4 : 18 K Ω	R11 : 470 Ω	C4 : 100 nF	C11 : 33pF v.testo	X1 : 4 MHz xtal
R5 : 10 K Ω	R12 : 10 K Ω	C5 : 10 μ F	C12 : 22 pF	L1 : 10 μ H
R6 : 10 K Ω	R13 : 330 Ω	C6 : 1 μ F tantalio	C13 : 22 pF	T1 : 2N2369
R7 : 10 K Ω	R14 : 33K Ω	C7 : 0.47 μ F tantalio	C14 : 100 nF	T2 : 2N2369
LCD : 1x16 LCD alphanumeric module (Optrex DMC-16117A, Hantronix HDM16116H-2, ...)				

Il montaggio e la taratura del circuito di controllo

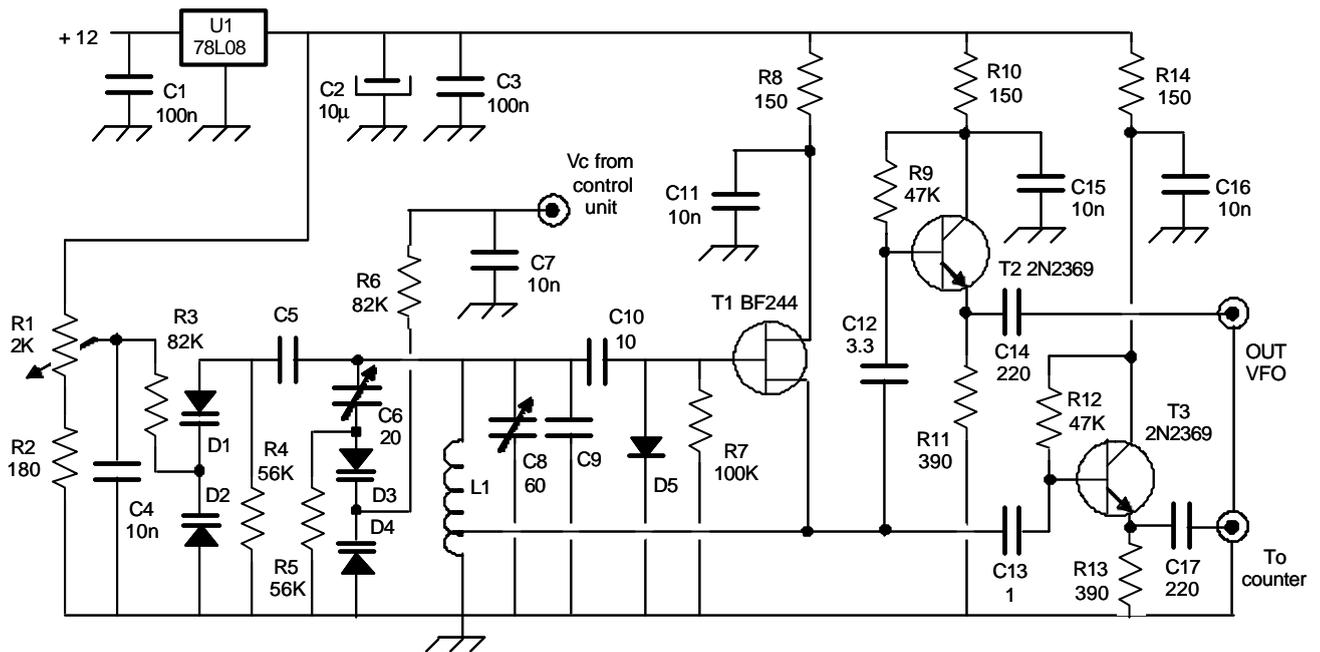


Il circuito di controllo con il microprocessore è montato su una piastra PCB monofaccia da 68x52 mm, per evitare interferenze con il funzionamento del VFO è importante realizzare una buona schermatura alloggiando la scheda all'interno di un contenitore metallico. Due connettori a pettine con passo 2,5 mm consentono il collegamento con il modulo LCD e i pulsanti di comando, mentre il collegamento con il VFO dovrà essere effettuato con dei cavetti schermati del tipo RG174.

La taratura dovrà avvenire nel seguente modo :

- Togliere il PIC dallo zoccolo e accertarsi che la tensione sul collettore di T1 sia compresa fra 1,5 e 1,7 V, eventualmente ritoccare il valore della resistenza R12 fino ad ottenere questa misura.
- Dopo aver inserito il PIC, ruotare il trimmer per la regolazione del contrasto completamente verso massa, e poi fermarlo sul valore desiderato.
- Qualora si desideri eseguire una taratura di precisione del frequenzimetro si potrà sostituire la capacità C11 con un piccolo trimmer da 30 pF. Impiegando un frequenzimetro ad alta impedenza di ingresso o un ricevitore con lettura digitale si dovrà tarare questo compensatore in modo da portare esattamente a 4.000.000 Hz la frequenza di oscillazione del quarzo.
- Impostare l'eventuale frequenza di offset (IF) agendo sugli appositi pulsanti.
- A questo punto il circuito di controllo è pronto per essere collegato al VFO.

Lo schema elettrico del VFO



È un comune oscillatore Hartley, utilizza un FET BF244 e una bobina avvolta su toroide T50-6. Qualche attenzione va posta nella scelta dei componenti, i condensatori devono essere NPO, il compensatore C8 deve essere ceramico e non troppo miniaturizzato, la bobina va avvolta con cura, e fissata stabilmente sullo stampato per migliorare la stabilità.

Il controllo di frequenza viene effettuato tramite un doppio varicap BB204, collegato ad un potenziometro a 10 giri, in tal modo si ottiene una buona risoluzione sull'intera banda coperta. Un secondo varicap dello stesso tipo è utilizzato per il controllo automatico di frequenza entro il limite prefissato di 15 KHz (vedi note di taratura).

Il segnale di uscita è applicato tramite una piccola capacità a due stadi buffer, uno verso il circuito di controllo (circa 200/300 mV p.p.) e l'altro verso l'utilizzatore (circa 600/800 mV p.p. output).

Le prestazioni osservate sono piuttosto buone, la versione per i 14 MHz, dopo 30 minuti di funzionamento a temperatura ambiente, presentava uno slittamento di -700 Hz, mentre un riscaldamento di 10 °C provocava uno slittamento di -1600 Hz. Questi valori di deriva possono essere facilmente compensati dal dispositivo di controllo.

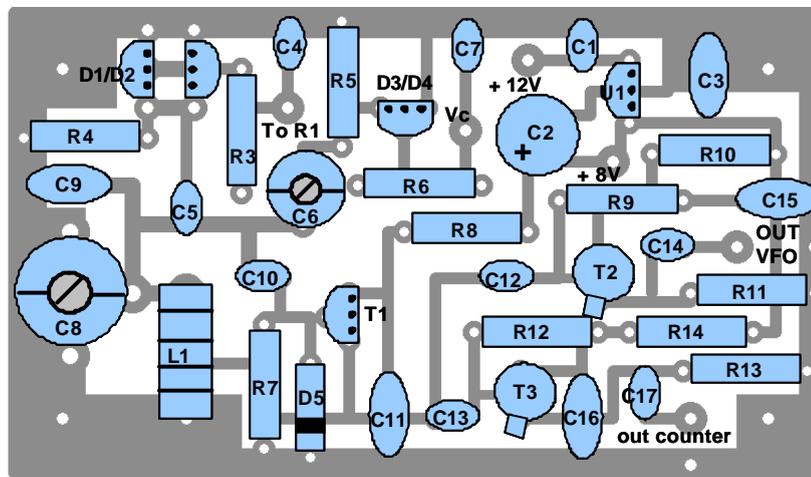
Lista dei componenti del VFO :

R1 : 2 K Ω pot 10 giri	R9 : 47 K Ω	C3 : 100 nF	C13 : 1 pF	U1 : 78L08
R2 : 180 Ω	R10 : 150 Ω	C4 : 10 nF	C14 : 220 pF	T1 : BF244
R3 : 82 K Ω	R11 : 390 Ω	C6 : 20 pF trimmer	C15 : 10 nF	T2 : 2N2369
R4 : 56 K Ω	R12 : 47 K Ω	C7 : 10 nF	C16 : 10 nF	T3 : 2N2369
R5 : 56 K Ω	R13 : 390 Ω	C8 : 60 pF trimmer	C17 : 220 pF	
R6 : 82 K Ω	R14 : 150 Ω	C10 : 10 pF	D1/D2 : BB204 doppio varicap	
R7 : 100 K Ω	C1 : 100 nF	C11 : 10 nF	D3/D4 : BB204 doppio varicap	
R8 : 150 Ω	C2 : 10 μ F	C12 : 3.3 pF	D5 : 1N4148	

Componenti specifici per banda di funzionamento :

Banda	D1 / D2	C5	C9	L1	uso
5 – 5.5 MHz	2 x BB204 in parallelo	1 nF	82 pF	36 spire ϕ 0.4 mm, presa a 10 spire dal lato massa su T50-6	singola conversione 9 MHz IF
7 – 7.3 MHz	2 x BB204 in parallelo	150 pF	180 pF	21 spire ϕ 0.5 mm, presa a 6 spire dal lato massa su T50-6	conversione diretta
14 – 14.35 MHz	singolo BB204	82 pF	120 pF	12 spire ϕ 0.5 mm, presa a 4 spire dal lato massa su T50-6	conversione diretta
21 – 21.45 MHz	singolo BB204	33 pF	82 pF	9 spire ϕ 0.5 mm, presa a 3 spire dal lato massa su T50-6	conversione diretta

Il montaggio e la taratura del VFO



I circuito del VFO è montato su una piccola schedina monofaccia da 68x39 mm, anche in questo caso bisogna effettuare una buona schermatura alloggiando la schedina all'interno di un contenitore metallico. I collegamenti con l'unità di controllo (frequenza e tensione di controllo) vanno effettuati con cavetto schermato. La resistenza R2 è posizionata direttamente sul potenziometro R1, fuori dello stampato.

La taratura dovrà avvenire nel seguente modo :

- Dare tensione e attendere qualche minuto che il funzionamento si stabilizzi.
- Applicare, mediante un trimmer provvisorio collegato al +8V, una tensione di 2,5 V al pin di controllo.
- Tarare il compensatore C8 in modo da ottenere l'escursione di frequenza voluta con una rotazione completa del potenziometro R1. Potrà essere necessario ritoccare la capacità C9 e la resistenza R2 fino ad ottenere il risultato voluto.
- Con il potenziometro R1 ruotato completamente a destra (massima frequenza), tarare il compensatore C6 in modo da ottenere un'escursione di circa 15 KHz variando la tensione sul pin di controllo da 0 a 5 V (mediante il trimmer provvisorio). E' importante non superare questo valore di escursione.
- A questo punto il VFO è pronto per essere collegato al circuito di controllo.

Bibliografia :

- a) Il μ -counter, frequenzimetro programmabile col PIC16F84; RKE Ottobre 2001, anche sul mio sito WEB : www.qsl.net/ik3oil
- b) AN592 - Frequency Counter Using PIC16C5X, application note from Microchip:
www.microchip.com/1010/suppdoc/appnote/all/an592/index.htm
- c) *A PIC based Digital Frequency Display*, by Neil Heckt, QST, May 1997
- d) *The Unicounter, a multipurpose frequency counter/electronic dial*, by Ron Stone KA3J, QST, Dec 2000