

# Technical Reports

by DJ9BV

## Ultra Stable Microwave LO

Bernard Chareyron, FC1GAS  
(Reprint from HURC Info's No. 33, Translation by F6HYE)

This article describes a circuit designed to lock a low noise VHF-Crystal oscillator (90 - 110 MHz) to a very stable low frequency crystal oscillator (16 MHz). By this circuit the conflicting requirements of frequency stability and low phase noise have been solved. It has been designed primarily for the 10 GHz band, but can be used for any microwave band of course.

Dieser Artikel beschreibt einen rauscharmen VHF-Quarzoszillator (90 - 110 MHz), der mit einer hochstabilen Quarzreferenz auf 16 MHz durch einen Schmalband-PLL synchronisiert wird. Damit können die sich widersprechenden Forderungen nach einerseits niedrigem Phasenrauschen und andererseits hoher Frequenzstabilität für einen Mikrowellen-LO erfüllt werden. Diese Forderungen sind von einem unsynchronisierten VHF-Quarzoszillator nur schwer zu erfüllen, da niedriges Phasenrauschen unter anderem durch hohe Leistung (> 1 mW) auf dem Quarz erreicht wird. Wegen der damit verknüpften Erwärmung ist oft die Stabilität schlecht. Diese wird in dieser Schaltung durch Schmalband-Synchronisation des VHF-Quarzoszillators mit einem 16 MHz TXCO, der auf beste Stabilität gezüchtet ist, erreicht. Die Schaltung eignet sich besonders für das 10 GHz Band, läßt sich aber für jedes andere Mikrowellenband nach Änderung des VHF-Quarzes einsetzen.

### 1. TXCO Frequency Reference

For high stability a commercial 16 MHz Connor-Winfield TXCO has been chosen. It's stability is better than 0.1 ppm in the temperature range of 0 to 50 degrees centigrade. On 10 GHz this stability assures less than 1 kHz drift for a temperature range of 50 degrees! This figure can be improved by a factor of 10 for short term stability, if enclosed in a thermalized enclosure, which is heated to 40 degrees centigrade. So a stability of better than 100 Hz is achievable on 10 GHz. The complete circuit can be seen in Figure 1.

Zwecks hoher Stabilität wird ein kommerzieller 16 MHz TXCO von Connor-Winfield benutzt. Dieser hat eine Frequenzstabilität von besser als 0,1 ppm in einem Temperaturbereich von 0 bis 50 Grad. Das heißt, für eine Temperaturänderung von 50 Grad beträgt die Drift auf der Endfrequenz von 10 GHz nur 1 kHz. Diese Drift kann nochmal um den Faktor 10 verringert werden, wenn man den TXCO in ein geheiztes Gehäuse packt, das auf 40 Grad temperiert wird. Damit wird eine Kurzzeitstabilität (10 Minuten) von besser 100 Hz auf 10 GHz erreicht! Die Schaltung für den Referenzoszillator zeigt Bild 1.

**Anmerkung der Redaktion:** Der bisher beste Stand der Amateur-Technik in Sachen Stabilität von Frequenzaufbereitungen scheint der Wert von 10 ppm zu sein, der von DC0DA für seine MICROLINE-3 in UKW-Berichte 1/89, S. 42, angegeben wurde. Das heißt, im Temperaturintervall von 5 - 30 Grad, wandert die Frequenz auf 10 GHz um 100 kHz!

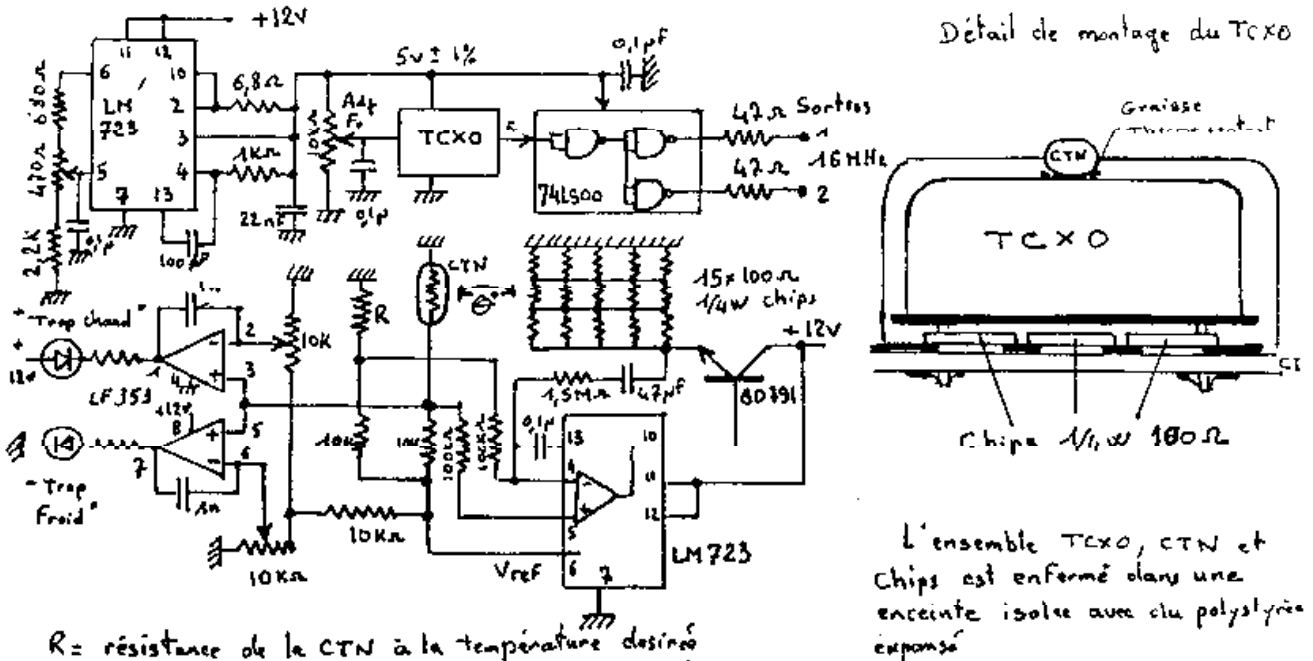
### 2. VHF-Crystal Oscillator

The VCXO is a modified DL1RQ crystal oscillator (Figure 2). The BB109 varicap is loosely coupled and allows for a 1kHz deviation of the nominal 106.5 MHz crystal frequency with a tuning voltage range of 2...12 Volts. The P.I. is constructed from low cost components. It's main circuit consists of the Motorola MC145106 integrated circuit (Figure 3). The reference frequency of 16 MHz is fed into the OSC-Pin and divided by 1024 to give an internal reference frequency

Technical Reports: Ultra Stable Microwave LO by FCIGAS

of 7.8125 KHz. The other part is a programmable divider, which is programmed to a division ratio of 213 for this application. It's input is fed from VCXO by a divide by 64 prescaler SDA2101

FIGURE 1 (BILD 1): TXCO-Circuit/Referenz Oszillator



R = résistance de la CTN à la température désirée  
 Ajuster le réseau 1,5M $\Omega$  + 47pF suivant l'inertie thermique de l'enceinte

L'ensemble TCXO, CTN et Chips est enfermé dans une enceinte isolée avec du polystyrène expansé

(Figure 4). The total division ratio is 64x213=13632. The phase detector outputs a DC-tuning voltage, which is filtered and buffered by the LF351 OP-amp. After switch on the circuit takes a couple of seconds to lock onto the reference. This state is indicated by the 'Lock' LED.

2. VHF-Quarzoszillator

Der VHF-Quarzoszillator ist ein modifizierter Quarzoszillator nach DL1RQ mit einem U310 Sperrschicht-FET, der für niedriges Phasenrauschen sorgt (Bild 2). Eine BB-109 Kapazitätsdiode ist lose an den Drainkreis angekoppelt, so daß eine Frequenzvariation von  $\pm 1$  KHz für Abstimmspannung zwischen 2...12 Volt erreicht wird. Der PLL besteht aus billigen Bauelementen und hauptsächlich aus dem Motorola MC145106 Schaltkreis, der eine komplette PLL-Schaltung mit Teiler, Referenzteiler und Phasendetektor enthält. Die Referenzfrequenz von 16 MHz wird durch 1024 geteilt und ergibt damit am Phasendetektor 7,8125 kHz. Die VHF-Quarzfrequenz von 106,5 MHz geht zunächst auf eine 1:64 Vorteiler (SDA2101) und dann auf den einstellbaren Teiler im MC145106, der durch 213 teilt. Die Abstimmspannung, die vom Phasendetektor erzeugt wird, wird gesiebt und von einem LF351 gepuffert. Diese Siebung bewirkt die Unterdrückung der 7,8125 kHz Referenzfrequenz. Nach dem Einschalten braucht die Schaltung einige Sekunden, um einzurasten. Das wird durch eine 'LOCK' LED angezeigt. Der PLL arbeitet sehr schmalbandig, so daß das Phasenrauschen der Gesamtschaltung nur vom VHF-Quarzoszillator bestimmt wird. Dieser ist in dieser Hinsicht sehr gut. Der PLL hat nur die Funktion, die hohe Stabilität der Referenz auf den VHF-Quarzoszillator zu übertragen.

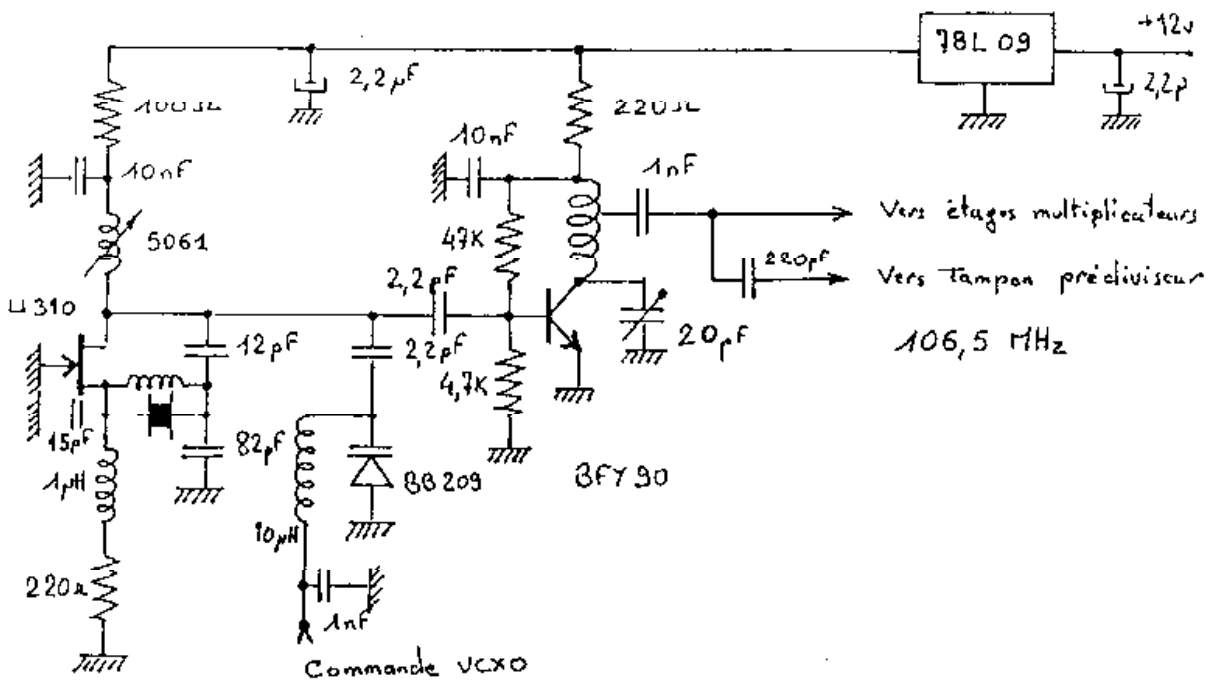


Figure 2/Bild 2: VHF-Crystal Oscillator/ VHF-Quarzoszillator

### 3. Initial Adjustment

With open loop - connect varicap to external voltage source - the VXCO coil (Neosid 5061) is tuned to the correct frequency with 5 Volts tuning voltage. Then it should be verified, that the VXCO starts safe for the complete range of 0 to 12 Volts. Second the dampening factor of the PLL-Loop should be adjusted to an overshoot of 15 percent. That indicates optimal conditions for the closed loop and can be achieved by changing the 150k-150nF combination in the feedback circuit of the LF351.

### 3. Abgleich

Der erste Schritt besteht darin, die Spule des VHF-Quarzoszillators so einzustellen, daß bei

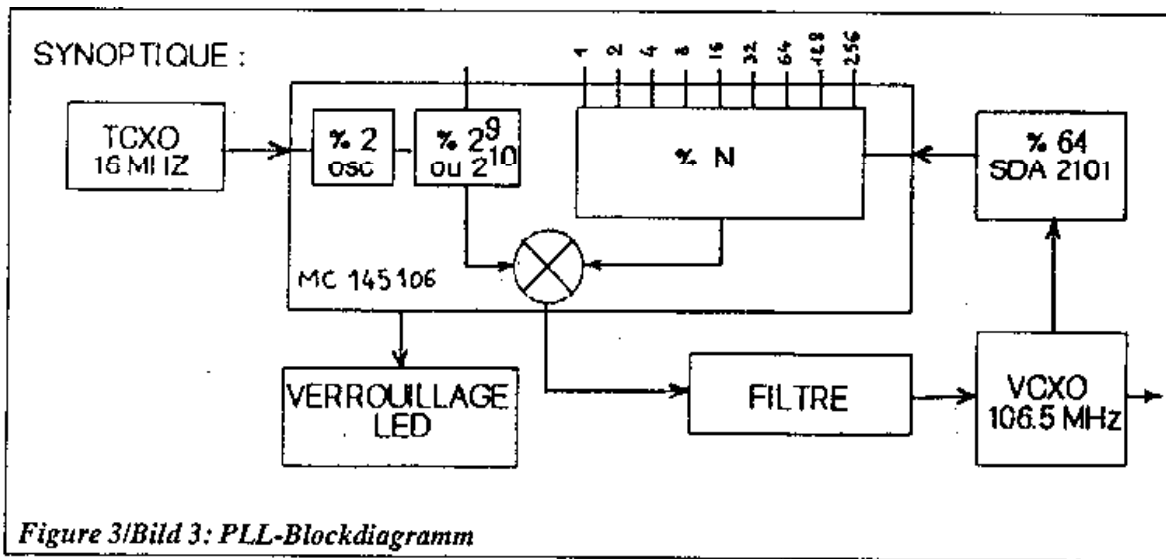


Figure 3/Bild 3: PLL-Blockdiagramm

offener Regelschleife - der Eingang VXCO Control wird an eine externe Gleichspannung von 5 Volt gelegt - die Frequenz 106,5 MHz beträgt. Dann wird überprüft, ob der VXCO bei allen Abstimmspannungen zwischen 0 und 12 Volt sicher anschwingt. Als zweiter Schritt kann eine Änderung der Zeitkonstante am LF351 (150k in Serie mit 150 nF) erforderlich sein, wenn beim Einrasten kein Überschwingen von 10 bis 20 % entsteht. Dieses Überschwingen zeigt die richtige

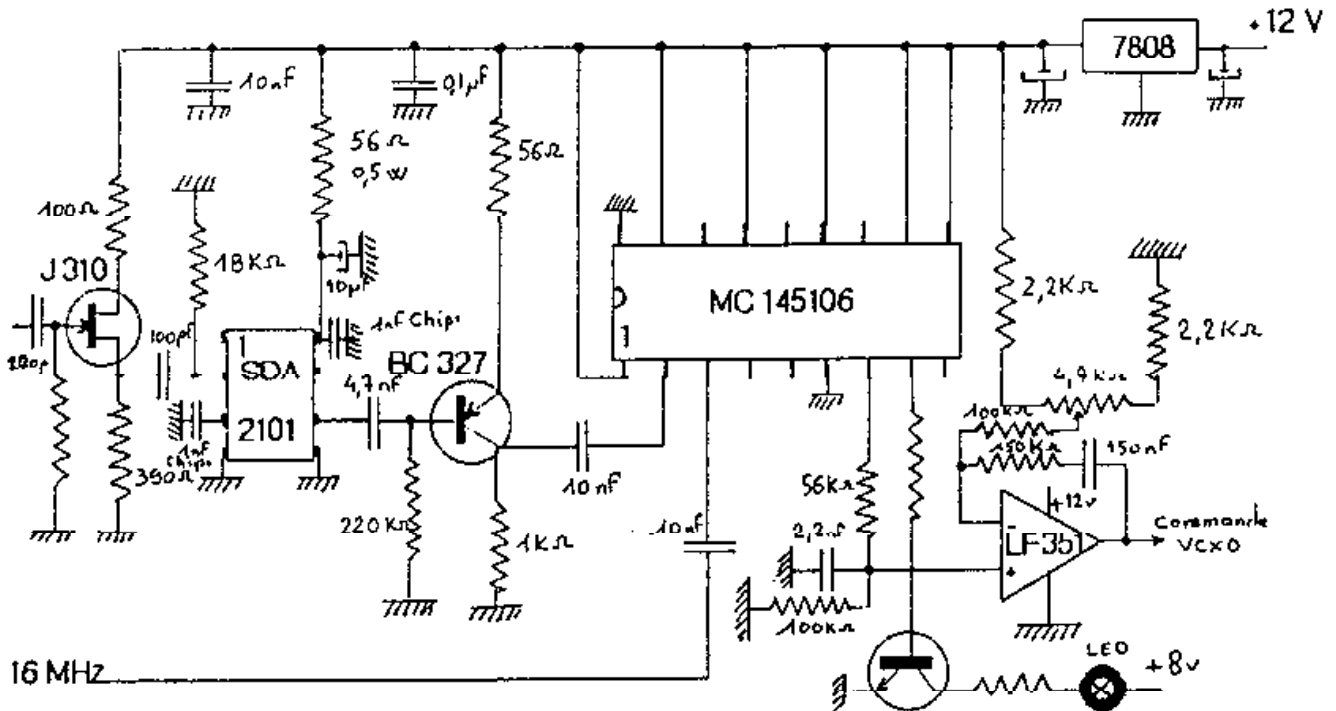


Figure 4/Bild 4: PLL-Circuit/Phasenregelschleife

Dämpfung des Regelkreises zweiter Ordnung an. Die Dämpfung ist abhängig von der Abstimmsteilheit des VXCO's.

#### 4. Performance Data

Frequency measurements have been done on 2556 MHz output. Long term stability on this frequency had been better than 200 Hz for a temperature variation from 3 to 30 degrees centigrade. Short term Stability is about 50 Hz for the same variation. Phase noise seems to be unaffected by the PLL-circuit.

#### 4. Leistungswerte

Nach Multiplikation auf 2556 MHz wurde die Langzeit-Frequenzstabilität für eine Temperaturvariation von 3 auf 30 Grad Celsius mit 200 Hz gemessen. Die Kurzzeitstabilität (10 Minuten) wurde mit 50 Hz bei der gleichen Temperaturvariation gemessen. Verschlechterungen des Phasenrauschens des 106 MHz Oszillators wurden nicht beobachtet.

#### 5. Other Frequencies

For different frequencies one has to change two things:

1. XTAL in the VXCO
2. Division ratio N in the MC145106

(Fortsetzung S. 23/Continued p. 23)