

# PHASE LOCK LOOP FREQUENCY SYNTHESIZER

## Langka 1 Kc

Oleh : Sunarto - YBØUSJ

### UMUM

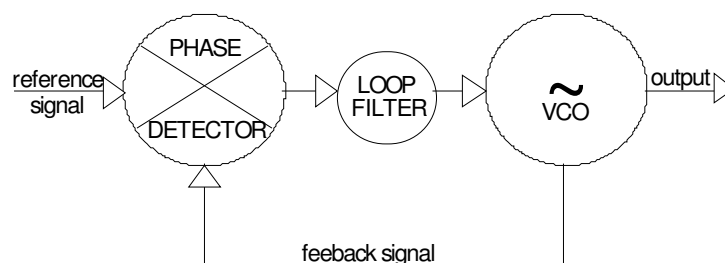
Pada prinsipnya Phase Lock Loop adalah suatu feedback control system yang rangkaiannya terdiri atas bagian-bagian pokok sebagai berikut :

1. Phase Detector
2. Loop Filter
3. Voltage Controlled Oscillator (VCO)

Peran utama dalam PLL dipegang oleh **phase detector** yang bertugas membandingkan phase input signal dari VCO dengan suatu signal reference dan sebagai outputnya adalah beda phase.

Adanya beda phase akan memberikan perbedaan voltage yang selanjutnya, perbedaan voltage tersebut difilter oleh loop filter dan di-applied ke VCO. Kemudian control voltage pada VCO mengubah frekuensi kearah memperkecil perbedaan antara signal reference dengan signal feedback dari VCO. Bila loop menjadi locked, maka control voltage berada pada posisi dimana frekuensi rata-rata signal feedback tepat sama dengan frekuensi reference.

Keberhasilan design suatu PLL sebagian besar ditentukan oleh design loop filter yang baik. Hal ini disebabkan karena pada saat terjadi perbedaan phase, phase detector akan mengeluarkan perbedaan voltage yang berubah-ubah naik turun. Loop filter harus mampu menahan goyangan voltage tersebut sehingga perubahan voltage yang masuk ke VCO menjadi halus.



Gambar 1

Untuk keperluan penggunaan sebagai pengatur frekuensi kerja pada transceiver, berbagai macam PLL dapat kita buat, akan tetapi dalam tulisan in dicoba mengajukan suatu design PLL dengan circuitnya yang terinci sehingga dapat dengan mudah kita

memahami cara kerjanya. Meskipun untuk memenuhi maksud tersebut diperlukan jenis komponen yang banyak, akan tetapi dengan design ini langkah-2 kerjanya dapat dengan jelas difahami. Pada design ini digunakan banyak IC ialah TC9122, TC5081, TC5082, TC4017 dan TA7310.

Sebenarnya PLL dapat dibuat dengan rangkaian yang cukup ringkas misalnya dengan menggunakan IC type MC145106, MC145163 dan sebagainya yang juga terdapat banyak di pasaran. Jenis-jenis IC ini sudah dapat menjalankan fungsi yang cukup lengkap, dengan sebuah IC sudah dapat menjalankan fungsi dari TC9122, TC5081, TC5082 dan TC4017. Akan tetapi penggunaan IC jenis ini tidak dibahas dalam tulisan ini.

## **CIRCUIT DESIGN**

Dalam tulisan ini diajukan suatu design PLL dengan langkah 1 Kc yang dilengkapi dengan fine tuner analog dengan kelebaran band 1 sampai 2 Kc untuk memungkinkan penyetelan frekuensi kerja lebih teliti (lebih kecil dari 1 Kc).

PLL ini direncanakan untuk dapat bekerja dari 13.700 MHz sampai dengan 14.699 MHz untuk digunakan pada transceiver dengan carrier oscillator atau SSB filter 10.7 MHz. Frekuensi kerja diatur dengan thumb wheel tiga digit sedemikian sehingga angka-angka ratusan, puluhan dan satuan KHz-nya pada tampilan thumb wheel dapat langsung menunjukkan frekuensi kerja transceiver.

Apabila kita uraikan, maka PLL ini terdiri atas beberapa bagian ialah pembangkit frekuensi referensi (1Kc), phase detector, loop filter, VCO, programmable divider dan oscillator pencampur feedback.

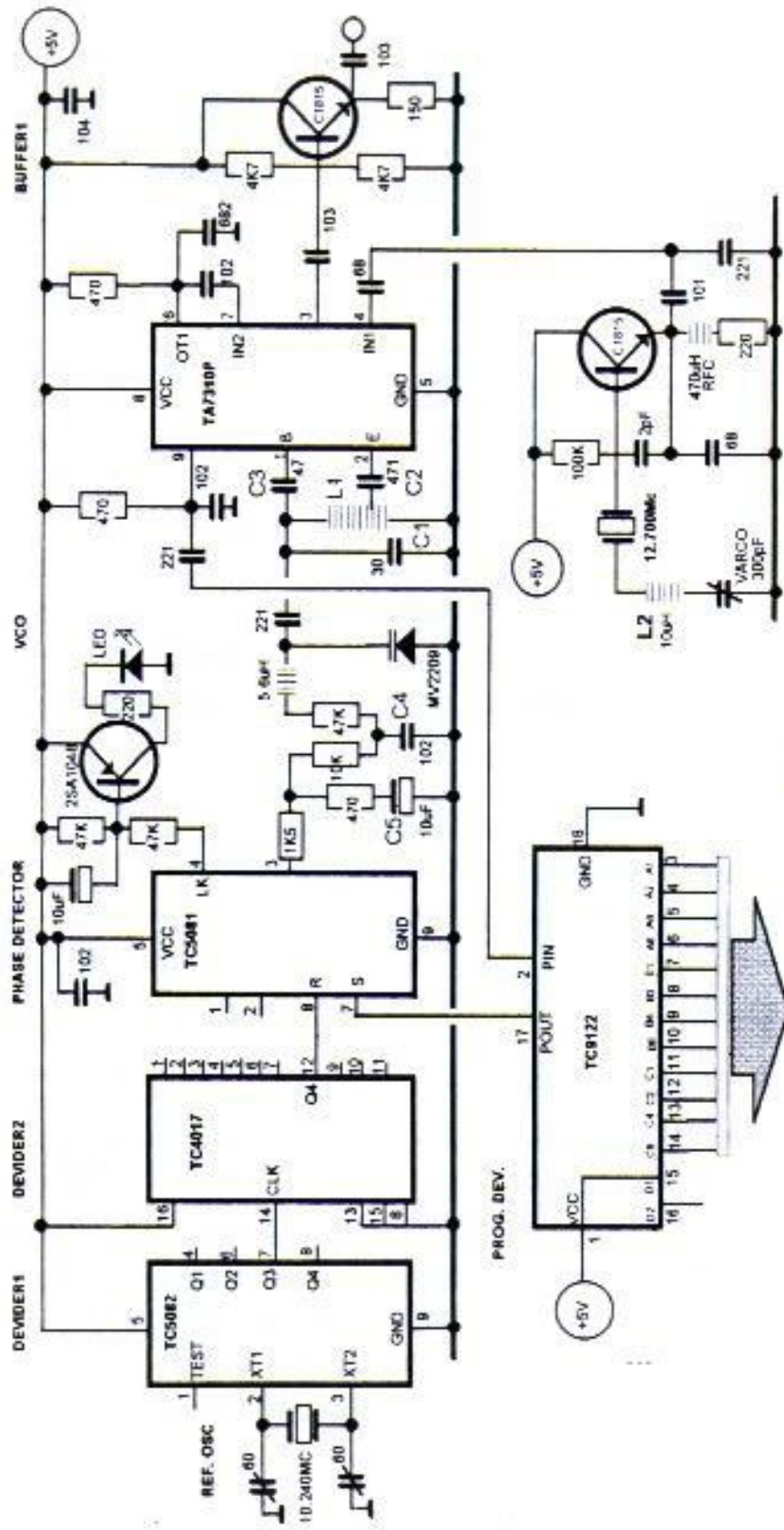
Sebagai pembangkit frekuensi referensi digunakan TC5082 yang bertugas membangkitkan frekuensi 10 Kc dan TC4017 yang bertugas membagi frekuensi 10Kc hasil dari TC5082 menjadi 1Kc. Frekuensi 1Kc ini selanjutnya digunakan sebagai pembanding phase oleh phase detector TC5081.

Untuk VCO dalam design ini digunakan TA7310. Penggunaan IC ini dimaksudkan agar dapat sekaligus merangkap sebagai mixer untuk keperluan feedback pada phase detector melalui programmable divider. Dalam design ini input ke programmable divider berupa hasil pengurangan dari frekuensi VCO dengan suatu oscillator kristal.

Frekuensi VCO dan kelebaran band-nya diatur sesuai kebutuhan yang dalam design ini ia harus mampu bekerja pada frekuensi 13.700 MHz sampai 14.700 MHz, untuk dipakai pada pesawat dengan IF 10.7 Mc. Sebagai pengendali frekuensi pada VCO digunakan diode varactor. Berbagai jenis varactor dapat digunakan misalnya MV2205, MV2209, BA150, SMV 610 dan sebagainya. Jenis-jenis diode varactor tersebut di atas mempunyai range kapasitansi yang berbeda-beda yang dapat dilihat pada vademecum yang dikeluarkan oleh pabriknya.



# CIRCUIT DIAGRAM PLL



Gambar 2

Programmable divider bertugas membagi frekuensi feedback dari VCO dengan faktor pembagi sesuai program yang kita masukkan, hasil pembagian tersebut diumpan ke phase detector dan dibandingkan phasanya dengan signal referensi. Sebagai programmable divider digunakan TC9122, jenis IC ini mempunyai kemampuan membagi dengan faktor pembagai sampai 3.999. Oleh karena itu feedback dari VCO tidak dapat langsung di-input ke TC9122 dan harus terlebih dahulu dicampur dengan frekuensi suatu oscillator dan hasil pengurangannya baru di-input ke divider.

Frekuensi oscillator pencampur ini harus dipilih sehingga hasil pengurangan tidak melampaui kemampuan TC9122. Misalnya pada design PLL ini yang direncanakan bekerja pada 13.700 MHz sampai 14.699 MHz digunakan oscillator pencampur 12.700 MHz (selisihnya 1-1.999 MHz).

Pemrograman TC9122 dilakukan Binary Coded Decimal (BCD) ialah bilangan decimal yang setiap angkanya diwakili oleh 4 digit binary. Pemasukan angka satuan dilakukan dengan manual sedangkan angka ribuan (MHz) dimasukkan secara tetap ialah menghubungkan langsung pin-pin 15 dengan Vdd. Pemasukan dilakukan dengan thumb wheel atau dapat pula menggunakan UP/DOWN switch.

Frekuensi kristal pada oscillator pencampur dipilih 12.700MHz dengan maksud agar angka tampilan pada thumb wheel tepat sama dengan frekuensi kerja tranasceiver. Untuk maksud ini seringkali diperlukan kristal dengan frekuensi yang sulit ditemukan di pasaran. Apabila tidak dapat diperoleh kristal dengan frekuensi ideal seperti tersebut di atas, dapat pula dipilih kristal dengan frekuensi yang mendekati dengan konsekuensi angka tampilan thumb wheel berselisih dengan frekuensi kerjanya.

Sebagai phase detector digunakan IC jenis TC5081 yang bertugas membandingkan phase signal feedback yang diperoleh dari VCO melalui programmable divider dengan reference signal. Selanjutnya phase detector akan mengatur control voltage melalui loop filter sehingga VCO menyesuaikan frekuensinya sehingga phase-nya sama dengan reference.

Pada PIN 4 dari TC5081 terdapat fasilitas yang apabila dilengkapi dengan circuit LED indicator dapat memberikan indikasi apakah PLL dalam keadaan lock atau tidak. Dengan circuit seperti pada gambar 2 di atas, LED akan menyala apabila PLL dalam keadaan tidak locked dan akan padam bila PLL locked.

Supply listrik dapat digunakan voltage 5 sampai dengan 9 VDC, dalam design ini digunakan +5V. Penggunaan supply lebih tinggi dari 5V pada design ini dapat dilakukan dengan tanpa harus mengubah nilai-nilai komponen kecuali voltage elco dan tantalum yang harus diperhatikan.

## **RESONANCE CIRCUIT PADA VCO.**

Tinggi rendahnya frekuensi dan batas frekuensi kerja VCO ini cenderung ditentukan oleh nilai L1 dan C1 (periksa circuit diagram pada gambar 2 di atas), disamping sudah barang tentu jenis varactor yang dipergunakan. Perhitungan untuk menentukan besarnya L1, C1 dan jenis varactor yang digunakan rasanya terlalu rumit.

Akan tetapi dalam praktek kita dapat mengira-ira secara kasar dengan memperhitungkan L1 dan C1 saja dan dengan metoda *trial and error* kita kembangkan hasil kira-kira tersebut sehingga mendapatkan apa yang kita kehendaki.

Untuk mengira-ira besarnya induktansi L1 dengan C1 yang kapasitansinya kita sudah tentukan, dapat digunakan rumus sebagai berikut

$$L = \frac{29}{C \times f^2}$$

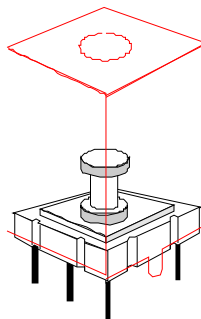
f adalah frekuensi resonansi dinyatakan dalam MHz

L adalah induktansi coil L1 dinyatakan dalam  $\mu\text{H}$ .

C adalah kapasitansi C1 dinyatakan dalam pF.

Misalnya pada design VCO ditentukan frekuensi resonansi yang dikehendaki 12.700MHz, sedangkan nilai C1 dipilih 30 pF, maka menurut perhitungan dengan rumus di atas diperoleh nilai L sekitar 5  $\mu\text{H}$ .

Untuk membuat coil dengan nilai tersebut di atas harus diadakan percobaan-percobaan. Berdasarkan hasil percobaan penulis, apabila digunakan koker bekas IF radio seperti terlihat pada gambar 3 dengan lilitan dari kawat rambut bekas koker itu, maka untuk dapat memperoleh nilai sekitar 5  $\mu\text{H}$  secara empiris diperlukan 8T.



Gambar 3

Dengan memutar ferrite pada coil tersebut, nilai induktansinya akan berubah-ubah sehingga dapat diatur untuk mendapatkan nilai yang tepat. Perlu diingat bahwa tidak semua koker mempunyai sifat yang sama, sangat tergantung dari jenis ferrite yang digunakan. Percobaan di atas dilakukan dengan menggunakan koker IF merk TOKO RCL yang terdapat banyak di pasaran. Dengan jenis koker yang lain akan didapatkan hasil yang berbeda pula, untuk itu dipersilahkan rekan-rekan mengadakan percobaan dengan koker yang dimiliki.

## KOMPONEN DAN PRINTED CIRCUIT BOARD DESIGN.

Jenis dan jumlah komponen yang diperlukan untuk perakitan PLL berdasarkan design di atas terdapat pada Tabel 1 berikut ini serta tata letak komponen pada PCB dapat diperiksa pada Gambar 4 dan PCB seperti terlihat pada gambar 5.

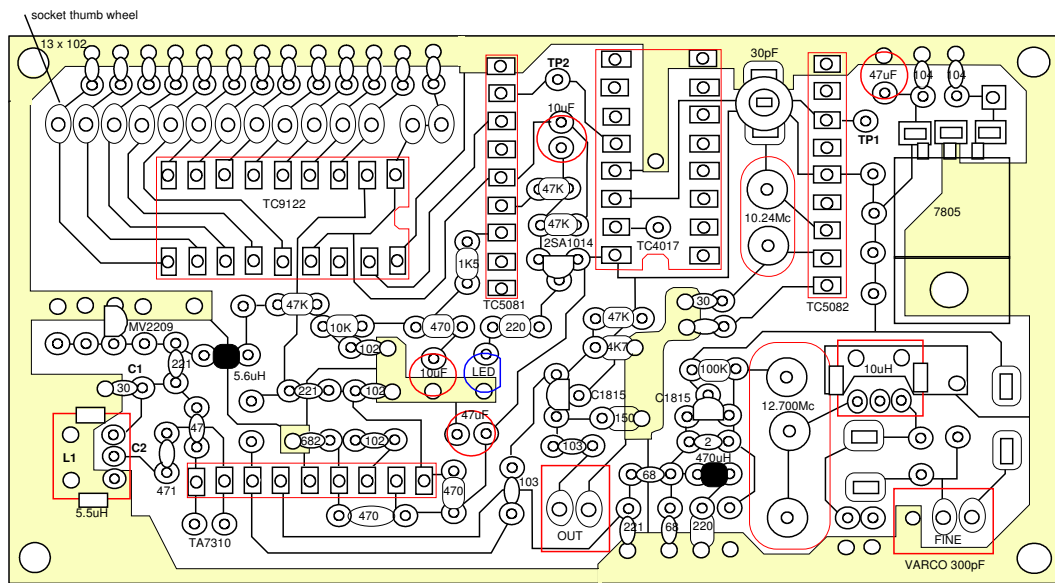
### Daftar komponen.

IC		RESISTOR		CERAMIC	
TC9122	1	150	1	2 pF	1
TC5081	1	220	1	30 pF	1
TC5082	1	470	3	68 pF	1
TC4017	1	1K5	1	101	1
TA7310	1	4K7	2	221	3
LM7805	1	10K	1	102	15
		47K	3	682	1
<b>TRANSISTOR</b>					
C1815	2	100K	1	103	1
				104	2
<b>KRISTAL</b>		<b>ELCO</b>		<b>TANTALUM</b>	
10.240 MHz	1	100 uF	1		
12.700 MHz	1	47 uF	1	10 uF	1
		10 uF	1		
<b>TRIMER</b>				<b>RFC</b>	
30pF				470 uH	1
		<b>MICA/NPO</b>		5.6 uH	1
<b>KOKER</b>		30pF	1		
4 MM	2	47 pF	1		
		471	1		
<b>VARCO</b>					
300 pF		102	1		

Tabel 1

Komponen-komponen terutama pada rangkaian loop filter dan rangkaian VCO ialah C1, C2, C3 dan C4 lebih disukai menggunakan condensator jenis NPO sedangkan untuk C3 lebih disukai tantalum.

## TATALETAK KOMPONEN



Gambar 4

## CARA MERAKIT

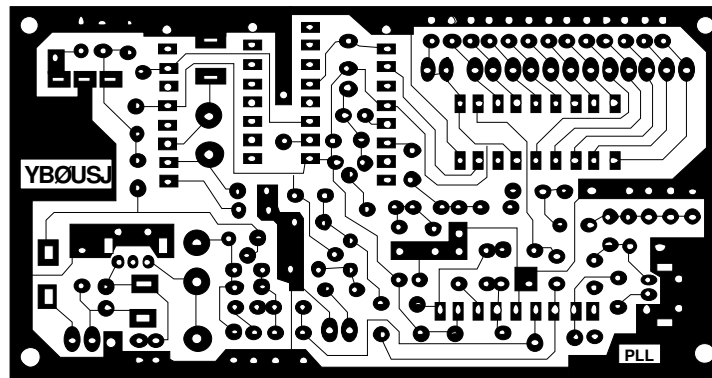
Cara memasang komponen di atas PCB disarankan menggunakan urutan sebagai berikut ini.

1. Pemasangan voltage regulator
2. Pemasangan VCO kemudian dalam keadaan komponen pada bagian lain belum terpasang diadakan pengecekan keluaran pada terminal OUTPUT. Frekuensi output harus terletak di antara 13 - 14 MHz.
3. Pemasangan oscillator feedback, kemudian diamati frekuensi output pada TEST POINT 3 dan fine tuner dicoba, ia harus mampu menggerakkan frekuensi diantara  $12.700 + 1Kc$  sampai  $12.700 - 1Kc$ .
4. Pemasangan divider 1 (TC5082) dan dicek pada TEST POINT 1, frekuensi output harus tepat 10 Kc.
5. Pemasangan divider 2 (TC4017) dan dicek pada TEST POINT 2, frekuensi output harus tepat 1 Kc.
6. Pemasangan programmable divider (TC9122) dan phase detector (TC5081). Dengan seluruh komponen terpasang, PLL harus dapat locked pada posisi thumb wheel 000 atau thumb wheel tidak terpasang (LED harus padam). Apabila tidak locked, maka ferrite L1 diputar-putar sehingga PLL bisa locked.



7. Pemasangan thumb wheel kemudian dial diletakkan pada posisi 999, LED harus tetap padam, bila tidak maka ferrite dari L1 diatur ulang. Dengan lain kata PLL pada design tersebut harus dapat locked mulai dari frekuensi 13.700 MHz sampai 14.699 MHz.
8. Selanjutnya thumb wheel diset pada posisi 000, kemudian dial satuan dinaikkan setingkat demi setingkat sampai pada posisi angka 9 sambil diamati output frekuensinya apakah kenaikannya tepat 1 Kc. Kecuali kenaikan tepat 1 Kc juga frekuensi tidak bergoyang-goyang. Demikian dilakukan pula untuk dial puluhan dan dial ratusan.

Perlu diingat bahwa setiap akan mengadakan checking, selalu diperhatikan terlebih dahulu apakah komponen sudah lengkap terpasang dan sudah betul pemasangannya. Yang penting lagi adalah apakah voltage pada pin-pin IC dan pada kaki transistor sudah benar

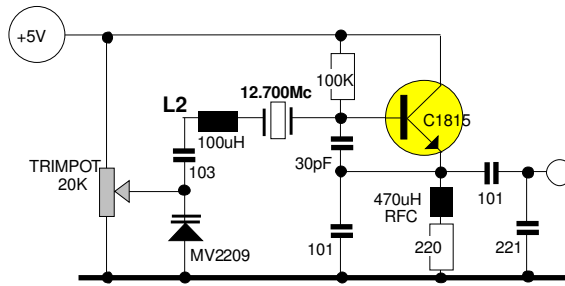


PCB PLL  
Gambar 5

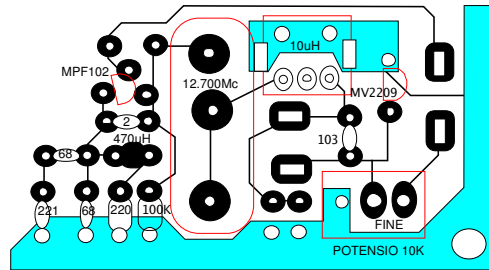
## VARIASI CIRCUIT OSILATOR FEEDBACK

Design PCB seperti terlihat pada gambar 5, tidak seluruh jalur-jalurnya terpakai. Jalur-jalur cadangan itu dimaksudkan untuk memberikan peluang pengembangan lebih lanjut, misalnya variasi circuit osilator feedback.

Osilator feedback dapat dirakit dengan cara lain, misalnya dengan menggunakan FET jenis MPF102, 2SK19 atau 2SK192. Demikian pula pada fine tuner, dapat digunakan diode varactor untuk menggantikan fungsi varco, seperti contoh yang terlihat pada circuit diagram Gambar 6 dan lay out komponen seperti terlihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 6



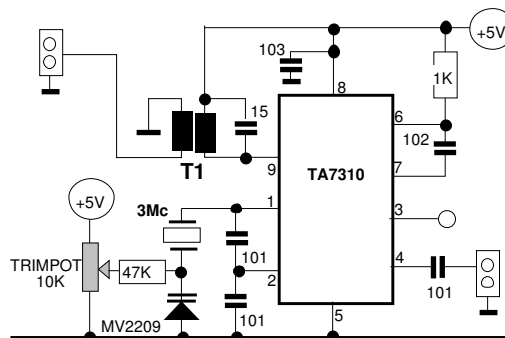
Gambar 7

Begitu pula rangkaian VCO, dengan PCB tersebut dimungkinkan untuk membuat circuit VCO yang bervariasi. Variasi-variasi ini tidak dibahas dalam tulisan ini, akan tetapi rekan-rekan amatir radio dipersilahkan untuk berkreasi sendiri.

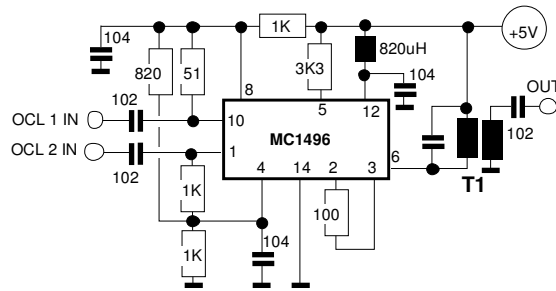
## MIXING OSILATOR

Apabila kristal dengan frekuensi ideal tidak didapatkan, maka jalan lain untuk membuat osilator feedback adalah dengan cara mencampur dua osilator. Pencampuran dapat juga dilakukan dengan memasukkan frekuensi Carrier Oscillator dari pesawat ke dalam mixer dan mencampurnya dengan osilator kristal 3 MHz (kristal ini banyak terdapat di pasaran).

Untuk membuat mixer ini dapat digunakan TA7310 atau MC1496 dengan diagram sebagai tercantum pada Gambar 8 dan Gambar 9 berikut ini. Bila kita bandingkan diantara kedua mixer tersebut, maka dengan TA7310 circuitnya lebih sederhana dan tidak banyak makan tempat pada PCB.



Gambar 8



Gambar 9

Untuk merakit mixer seperti pada diagram pada Gambar 8 atau Gambar 9 di atas, rekan-rekan amatir radio dipersilahkan untuk merancang PCB sendiri di luar PCB pada Gambar 4.

Apabila rekan-rekan amatir radio sudah mahir merakit PLL semacam ini beserta modifikasinya, maka akan dengan mudah mengembangkannya dengan misalnya menggunakan jenis-jenis IC yang lain.

Dalam tulisan ini hanya diuraikan PLL dengan single loop, rekan-rekan amatir radio dapat mengembangkan terus dengan misalnya merancang double loop PLL sehingga didapatkan langkah lebih kecil Kc dan dengan multi VCO dapat pula dikembangkan menjadi multiband PLL.

Dengan sedikit pengetahuan tentang penggunaan IC TTL, maka penyetelan frekuensi dapat dilakukan dengan cara lain misalnya dengan UP/DOWN switch atau dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan switch putar.

Jakarta, April 1999.