

# Rakennusprojekti "QROlle"

## - SSB-transceiveri 80 ja 20 metrille

### Osa 4

Olof Holmstrand, SM6DJH

Suunnittelu ja rakennuskuvaus

Thomas Andersén, OH6NT

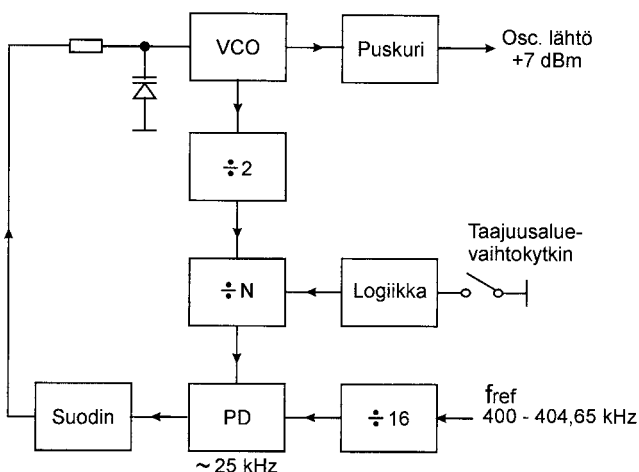
Käännökset ja puhtaaksi piirtäminen  
oh6nt@sral.fi, 0500 665 601

#### Aloitamme VFO:lla

Nykyaikaisessa rakenteessa on lähes mahdotonta käyttää tavallista vanhanmallista VFO:ta. Säättökondensaattoreita ei löydy kohtuuhintaan. 9 MHz:n alueella toimivaa VFO:ta on myös vaikeaa saada tarpeeksi vakaaksi SSB-työskentelyä varten. Useassa amatööriprojektissa olen käyttänyt toisenlaista VFO:ta, jollaisen aion tässä kuvailla. Se on huomattavasti vakaampi kuin perinteinen VFO, mutta ei aivan yhtä vakaa kuin moderni DDS-järjestelmä. Tähän pieneen transceiveriin se kuitenkin kelpaa enemmän kuin hyvin.

#### Pääoskillaattorin rakenne

Oskillaattorin rakenne selviää lohkokaa-  
viosta (kaavio 5), ja piiriratkaisua voi  
tutkia kytkenäkaaviosta (kaavio 6). Itse  
oskillaattorin taajuutta säädetään kapasi-  
tanssiodilla BB134 (D16). Tällaista jän-  
nitteellä ohjattua oskillaattoria kutsutaan  
VCO:ksi (Voltage Controlled Oscillator).  
Tasajännitteellä (1,2 - 7 V) diodin yli voi-  
daan oskillaattorin taajuutta säätää ko. taajuu-  
salueella 8,6 - 9,35 MHz (vaihtoehdot 1).  
Oskillaattori itsessään on tietenkin aivan  
liian epävakaa, joten se täytyy "kesyttää"  
vaihelukituksen silmukan (PLL, Phase Locked  
Loop) avulla.



Kaavio 5. Pääoskillaattorin lohkokaa-  
viokuvaus

Lukitusjärjestelmä rakentuu useam-  
masta logiikkapiiristä. Tässä esittelen ne  
lyhyesti.

Rakenteessamme logiikkapiirit toimivat  
syöttöjännitteellä 3,3 - 3,9 V. Kun logiik-  
kapiirin tulo- tai lähtönasta on aktiivinen  
(korkeassa tilassa), se tarkoittaa että sillä  
on sama tai lähes sama jännite kuin piirin  
syöttöjännitteenastalla. Tätä kuvataan ykkö-  
sellä (1). Tulot tai lähdöt voivat myös olla  
matalassa tilassa. Silloin jännite on nolla tai  
melkein nolla. Tätä kuvataan nolalla (0).

Laskuripiirin avulla voimme helposti jakaa  
taajuuden kokonaisluvulla. Piiri 74HC393  
sisältää kaksi samanlaista binäärilaskuria.  
Kummassakin voimme käyttää jakajana  
kokonaislukuja 2, 4, 8 tai 16. Piiriä 74HC191  
voidaan käyttää ohjelmoitavana jakajana.  
Sen nastoille 9, 10, 1 ja 15 voidaan syöttää  
binäärikoodi, joka kertoo piirille mitä koko-  
naislukua haluamme käyttää jakajana.  
Jos siis syötämme binääriluvun 0101 em.  
nastoille, piiri suorittaa jakolaskun jakajalla  
5. Suurin mahdollinen jakaja on 15 (binää-  
riluku 1111). Jos annamme kahden piirin  
toimia yhdessä, voimme jakaa kokonaislu-  
vuilla 1...255.

Jos tutkimme lohkokaa-  
viota (kaavio 5),  
näemme että VCO-signaali jaetaan kah-  
della. Tämä johtuu siitä että sen perässä  
oleva ohjelmoitava jakajapiiri ei kykene  
käsittelemään suurempia taajuuksia kuin  
noin 7 MHz. Olettakaamme että VCO:n  
taajuus on 8,6 MHz. Silloin tulosignaali  
ohjelmoitavaan jakajaan tulee olemaan 4,3  
MHz. Jos jakaja ohjelmoidaan binääriluvulla  
172, lähdön taajuus tulee olemaan 25 kHz.

Tämä signaali on myös epävakaa, koska se  
on peräisin epävakasta VCO-signaalista.

Siksi kehitämme toisen 25 kHz:n signaa-  
lin, joka on lähtöisin paljon vakaammasta  
oskillaattorista. Tämä voidaan saada aikaan  
esim. 4 MHz:n kideohjatulla oskillaattorilla,  
jonka signaali ensin jaetaan 10:llä, jotta saa-  
daan 400 kHz. Sitten jaamme 16:lla niin että  
saamme 25 kHz. Tätä signaalia kutsumme  
viitesignaalksi (t. vertailusignaalksi) eli  
referenssiksi, ja siihen vertaamme epäva-  
kaata signaaliamme vaiheilmallisessa PD  
(Phase Detector).

Piiri 4046 sisältää yhdistetyn taajuus- ja  
vaiheilmallisen. Sillä on kaksi tulonastaa  
(nastat 3 ja 14). Jos signaalin taajuus  
yhdessä tulossa on korkeampi kuin toi-  
sessa, lähtönastan (13) tila muuttuu ykkö-  
seksi. Jos tilanne on päinvastainen, lähdön  
tila on nolla.

Jos sitä vastoin signaalien taajuudet  
tuloissa ovat samat, lähdön jännite on jos-  
sain näiden ääriarvojen (ykkösen ja nol-  
lan, 0 - 3,9 V) välillä. Kuinka suureksi jännite  
muodostuu riippuu signaalien keskinäisestä  
vaihekulmasta. Jos annamme tämän jän-  
nitteen ohjata VCO:ta suodattimen kautta,  
saadaan tiettyjen ehtojen vallitessa aikaan  
lukitus. Tässä tilassa molemmat taajuudet  
ovat identtisiä. Jos VCO pyrkii ryömimään,  
tämä korjautuu heti ohjauksen muuttuessa  
hieman. Voimme sanoa että kideos-  
killaattorin vakaus on siirretty VCO:llemme.  
Jos muutamme koodin luvuksi 174, pako-  
tamme VCO:n siirtymään taajuudelle 8,7  
MHz. Ohjauksen jännite muuttuu tällöin askel-  
maisesti. Voimme helposti laskea, että luvut  
181, 183 ja 185 vastaavat VCO:n taajuuksia  
9,05, 9,15 ja 9,25 MHz.

Säättöjärjestelmän suodattimen mitoitus  
on tärkeä. Ensin jäännöstaajuuksien, pääasi-  
assa 25 kHz, on huolellisesti suodatettava  
pois, koska ne voivat taajuusmoduloida  
VCO:tamme. Väärin mitoitettu suodatin  
voi myös johtaa värähtelyyn tai sopimat-  
tomaan askelvasteeseen. Erittäin epä-  
vakaata VCO:ta ei voida stabiloida ilman  
haittavaikutuksia. Tavallinen haittavaikutus  
on lisääntynyt kohina VCO:n signaalissa,  
mikä johtaa huonontuneeseen suoritusky-  
kyyn sekä vastaanotossa että lähetyksessä.  
Meille tämä ei ole ongelma, koska VCO:n  
perusvakaus lyhyellä aikavälillä on hyvä.  
Pyrimme vain estämään VCO:n hitaan  
ryöminän. Siksi suodattimen mitoitus ei  
ole kovin kriittinen.

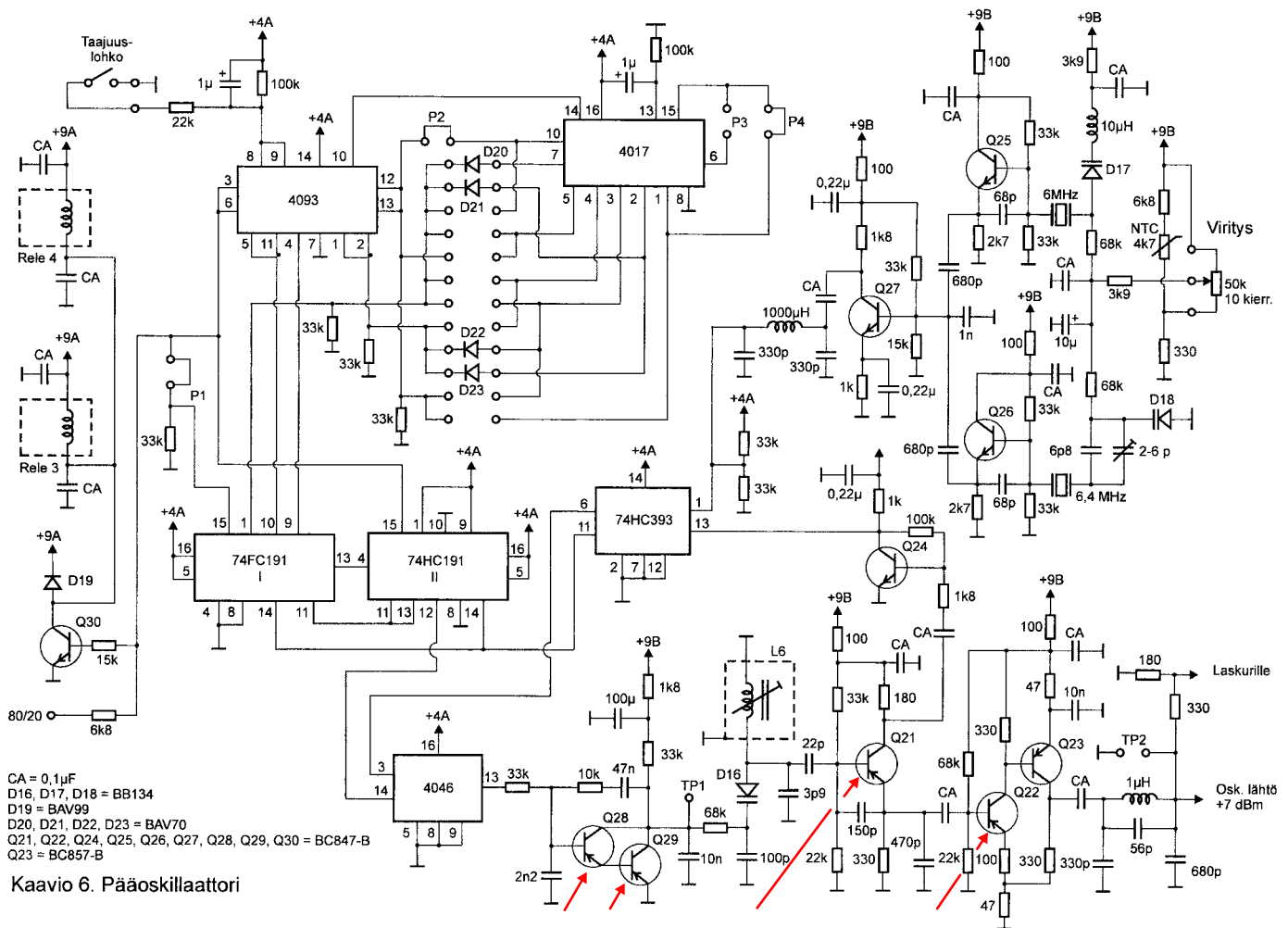
Olemme siis onnistuneet tekemään VCO:n  
vakaaksi, mutta toistaiseksi vain kahdella

#### Vaihtoehto 1

	fosc MHz	N
A	8,60 - 8,70	172
B	8,70 - 8,80	174
C	9,05 - 9,15	181
D	9,15 - 9,25	183
E	9,25 - 9,35	185

#### Vaihtoehto 2

	fosc MHz	N
F	8,50 - 8,60	170
G	8,60 - 8,70	172
H	8,70 - 8,80	174
I	9,00 - 9,10	180
J	9,10 - 9,20	182
K	9,20 - 9,30	184
L	9,30 - 9,40	186



Kaavio 6. Pääoskillaattori

taajuudella. Viritys näiden kahden taajuuden välillä voi tapahtua muuttamalla viitetaajuutta. Jos jakaja on ohjelmoitu luvulla 172, voimme muuttamalla viitetaajuutta yhtäjaksoisesti välillä 400 - 404,65 kHz peittää alueen 8,6 - 8,7 MHz. Neljällä MHz:illä muutoksen olisi oltava 46,5 kHz. Sellaisen VXO:n (säädettävän kideoskillaattorin) tekeminen, jonka taajuutta pystytään muuttamaan 46,5 kHz vakausti säilyttäen, on mahdoton. Joudumme keksimään toisen ratkaisun.

Ratkaisu on että rakennamme kaksi kideoskillaattoria taajuuksille 6,0 ja 6,4 MHz. Sekoittajassa saamme sitten erotustaajuuden 400 kHz, joka on viitesignaalin. Näiden oskillaattorien taajuuden muuttaminen 4,65 kHz ei ole ongelma. Teemme tämän kahdella kapasitanssidiodilla BB134 (D17 ja D18) jotka ovat differentiaalikytkettyjä, ts. kun ensimmäisen kapasitanssi lisääntyy, niin toisen vähenee. Tällä tavalla 6,0 MHz:n oskillaattorin taajuus voi laskea samanaikaisesti kun 6,4 MHz:n oskillaattorin taajuus voi nousta. Tällä tavalla 4,65 kHz:n muutos voidaan tehdä hyvin vakaasti.

VCO:n vakaus on tietenkin riippuvainen siitä miten vakaita referenssioskillaattorit ovat. Jos taajuusero muuttuu 5 Hz, se vastaa 100 Hz:n ryömintää. Tällä ratkaisulla ei siis saada täyttä kiteen vakavuutta. Toivottavasti molemmat oskillaattorit ryömivät samaan suuntaan, jotta erotustaajuus pysyy muuttumattomana.

## Logiikkaosa

Nyt on yritettävä löytää yksinkertainen ja käytännöllinen tapa tuottaa tarvittavat koodit. Olen valinnut tavan, jossa painikkeen avulla askeletaan koodit läpi (ja siten myös taajuuslohkot). Ensin on selvitettävä miltä koodit näyttävät. Vasemmalla kuvassa 7 näemme eri taajuuslohkot sekä vastaavat kokonaisluvut (N). Luvulle 172 oikealla on ykköset sarakkeissa 128, 32, 8, ja 4. Jos laskemme nämä luvut yhteen, saamme juuri luvun 172. Koodi siis on 10101100. Vastaavalla tavalla saamme koodit kokonaisluvuille 174, 181, 183 ja 185. Näemme että kolme ensimmäistä saraketta sisältävät koodin 101 koko alueella. Sitä vastoin joudumme muuttamaan muita viittä saraketta (merkitty hakasululla). Luvun 16 saraketta on kiinnostavaa tutkia. Se sisältää nollan 80 m:n lohkoilla ja ykkösen 20 m:n lohkoilla. Tätä voimme käyttää hyväksi, kun kytkemme eri taajuusalueilla tarvittavat suodattimet. Voimme myös käyttää tätä kertomaan digitaal näyttölle pitääkö sen näyttää MHz:n kohdalla 3 vai 14 (lähtö 80/20 kytkentäkaaviossa). Yllänä taulukossa on molempien 74HC191-piirien nastanumero, joka on ohjelmoitava vastaavalla alapuolelle merkityllä koodilla.

Logiikkaosan ohjaus siis tapahtuu painokytkimellä. Luulisi että ohjausjännitteen nousu on välitön kun sitä ohjataan kytkimellä, mutta näin ei ole. Hapettumien, lian

ja kosketinvärähtelyn vuoksi jännitteen muutos muodostuu useammasta jännitepiikistä ja epäsäännöllisyydestä ennen kuin lopullinen tilanne vakiintuu. Logiikkapiirit ovat nopeita, ja reagoivat tällaiseen välitörmästä. Siksi ensin on varmistuttava siitä, että saadaan aikaan yksi selkeä ja varma jännitteenmuutos. Kaaviosta selviää, että painettaessa kytkintä 1 µF:n kondensattori varautuu. Jännite 22 kΩ:n vastuksen yli laskee seuraten logaritmita käyrää. Epätasaisuudet integroituvat (summautuvat) varausjännitteeseen ja saavat aikaan korkeintaan pieniä väreitä käyrässä. Varmuuden vuoksi annamme laskevan jännitteen ohjata Schmitt-liipaisinpiiriä (4093, nastat 8,9). Tämä piiri sisältää tavallisen NAND-perustoiminnon (NOT AND = EI-JA) mutta tulonastossa on hystereesi. Kun tulojännite on laskenut tietylle tasolle, lähtö (nasta 10) vaihtaa tilaa ykköseksi. Jotta lähdön tila muuttuisi jälleen nolaksi, tulojännitteen on oltava huomattavasti korkeampi kuin tilan vaihtuessa ykköseksi. Latauskäyrän pienillä väreillä siis ei ole vaikutusta. Piirissä on neljä samanlaista NAND-toimintoa (porttia), joissa kussakin on kaksi tuloa. Muita kolmea NAND-porttia tulemme käyttämään koodien luomiseen.

Piiri 4017 on ns. Johnson-laskuri. Tulo (nasta 14) reagoi positiiviseen jännitteen muutokseen (pulsssiin). Joka kerta painaessamme nappia piiri siis reagoi. Piirissä on kymmenen lähtöä, mutta niistä vain yksi

### Vaihtoehto 1

Lohko	N	74HC191 I				74HC191 II			
		Nasta				Nasta			
		9	10	1	15	9	10	1	15
		128	64	32	16	8	4	2	1
A	172	1	0	1	0	1	1	0	0
B	174	1	0	1	0	1	1	1	0
C	181	1	0	1	1	0	1	0	1
D	183	1	0	1	1	0	1	1	1
E	185	1	0	1	1	1	0	0	1

Kaavio 7. Koodit

voi olla ykköstilassa kerrallaan. Käynnistys-hetkellä nasta 3 on ykköstilassa, ja muut ovat nollija. Jokaisella tulevalla pulssilla lähdöt muuttavat tilaansa ykköseksi järjestyksessä. Kymmenen pulssin jälkeen nasta 3 on taas ykköstilassa. Kytkemällä yksi lähdöstä nastaan 15 (reset) voidaan kierron määrää vähentää kymmenestä pienempään lukuun. Koska meillä on viisi taajuuslohkoa, yhdistämme nastat 1 ja 15. Nyt riittää viisi painallusta takaisin lähtötilaan pääsemiseksi.

Kuvassa 8 (vaihtoehto 1) näemme miten koodi luodaan. Vasemmalla on piirin 4017 lähtösignaali. Haluamme koodi, jolla ohjataan molempia 74HC191-piirejä, näkyy oikealla. Tarvittavaan kytkentään sisältyvät ne kolme NAND-porttia, jotka jäivät käyttämättä piirissä 4093. TAI-toiminnon (OR) luomiseksi käytetään neljää diodia (D20, D21, D22, D23) ja paria vastusta. BAV70 on kaksoisdiodi yhteisellä katodilla, joita tarvitaan vain kaksi.

### Taajuusalueiden CW-kaistat

Logiikkaosaa on mahdollista muuttaa, jotta kummankin bandin CW-kaistat saadaan mukaan (vaihtoehto 2). Tällöin lohkonvalintakytkintä on painettava seitsemän kertaa jotta päästään taas alkuun. Piirin 4017 nasta 15 on tällöin kytkettävä nastaan 6 nastan 1 sijaan. Tällä tavalla saamme seitsemän askeleen ympyrän.

Logiikan piirikytkentää on luonnollisesti myös muutettava. Kuvasta 8 (vaihtoehto 2) näemme, että tähän kytkentään kuuluu 10 diodia sekä mainitut kolme NAND-porttia tarvittavien uusien koodien luomiseksi. Uusia taajuuslohkoja koodeineen voidaan myös tarkastella kuvissa 5 ja 7 (vaihtoehto 2).

Piirikortti on tehty niin, että on helppo valita kumpaa vaihtoehtoa haluaa käyttää. Kortilla on neljä juotoskohtaa P1, P2, P3 ja P4, joissa johtimet ovat paljain lähekkäin ja jotka on helppo sillata juottimella. Kortilla on myös tilaa seitsemälle BAV70-kaksoisdiodille. Vaihtoehdossa 1 siis tarvitaan kaksi, ja vaihtoehdossa 2 kuusi kaksoisdiodia, jotka juotetaan oikeille paikoilleen.

Vaihtoehto 1 on piirretty kytkentäkaavioon (kaavio 6). Kaikki juotoskohdat paitsi kohta P3 on sillattava. Vaihtoehdossa 2 vain kohta P3 sillataan. Kytkentäkaaviossa piirien 4093 ja 4017 välissä on kaksitoista merkintää,

### Vaihtoehto 2

Lohko	N	74HC191 I				74HC191 II			
		Nasta				Nasta			
		9	10	1	15	9	10	1	15
		128	64	32	16	8	4	2	1
F	172	1	0	1	0	1	0	1	0
G	174	1	0	1	0	1	1	0	0
H	174	1	0	1	0	1	1	1	0
I	180	1	0	1	1	0	1	0	0
J	182	1	0	1	1	0	1	1	0
K	184	1	0	1	1	1	0	0	0
L	186	1	0	1	1	1	0	1	0

joihin diodit kytketään. Vaihtoehdossa 2 diodit asennetaan kymmenen alimman merkinnän väliin.

### VCO

Kun jatkamme kytkentäkaavion tarkastelua, näemme VCO:n alimpana oikealla. Oskillaattorikelä L6 on suojattu, jotta pääteasteen säteily ei vaikuttaisi oskillaattorin toimintaan. Transistorit Q22 ja Q23 toimivat sekä vahvistimina että puskureina. Lähdössä on alipäästösuodatin, jonka ansiosta kerrannaistaajuuksien (harmonisten) vaimennus on parempi kuin 45 dB.

Transceiverin varsinainen viritys tapahtuu kymmenkierroksisella 50 kΩ:n tarkkuuspotentiometrillä. Koska jokainen taajuuslohko on n. 100 kHz, se tarkoittaa noin 10 kHz/kierros. Viritykseen ei siis tarvita muita mekaanisia yksityiskohtia. Potikan viereen kytketty NTC-vastus tunnistaa lämpötilan viiteoskillaattoreiden luona. Tällä tavalla

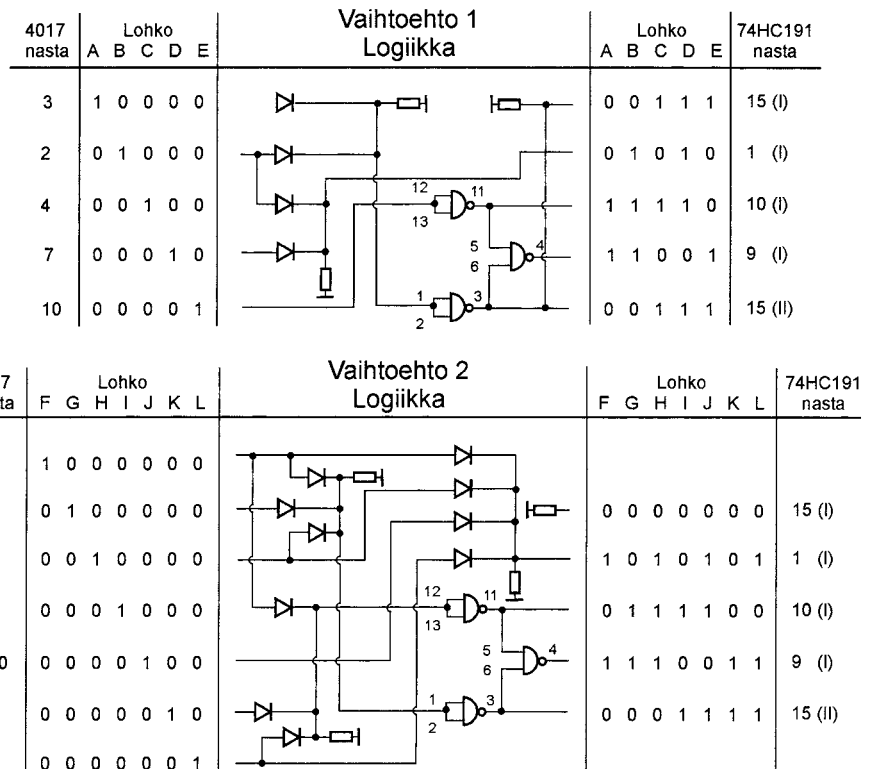
tapahtuu tiettyä korjausta pienelle taajuusryöminnälle, jota kuitenkin esiintyy.

Viiteoskillaattorit koostuvat transistoreista Q25 ja Q26. Näiden signaalit sekoitetaan sekoitusasteessa transistorilla Q27, ja erotustaajuus (n. 400 kHz) suodatetaan alipäästösuodattimella, joka koostuu 1000 µH:n induktanssista ja kahdesta 330 pF:n kondensaattorista. Piirin 74HC393 puolikkaassa taajuus jaetaan 16:lla noin 25 kHz:n taajuudelle. Toisessa puolikkaassa jaetaan VCO:n taajuus kahdella (ks. lohkokaaavio) ennen kuin se viedään ohjelmoitavaan jakajaan (nasta 14 molemmissa 74HC191-piireissä). Vahvistinaste transistorilla Q24 toimii myös puskurina VCO:ta vasten.

Säätöjärjestelmän tärkeä suodatin sijaitsee vaiheilmaisin 4046 jälkeen (nasta 13). Suodatin koostuu useasta osasta. Yksi on RC-ketju 33 kΩ ja 2,2 nF ja toinen on 10 nF:n kapasitanssi koestuspisteessä TP1. Ketjulla 10 kΩ ja 47 nF säädetään askelvastetta sekä estetään järjestelmän värähteleminen. TP1:stä voidaan mitata VCO:lle menevä ohjaus- tai varicap-jännite.

Laitimmaisena vasemmalla piirikaaviossa on releiden 3 ja 4 ohjaus. Kun nastat 3 ja 6 piirissä 4093 nousevat ykköstitilaan, transistori Q30 kyllästyy, ja releet vetävät. Tämä tapahtuu automaattisesti kun halutaan käyttää kahdenkymppin bandia.

*Seuraavassa numerossa tutustumme balansoituun modulaattoriin, ohjain- ja pääteasteeseen sekä transceiverin digitaaliseen näyttöön ja S-mittariin.*



Kaavio 8. Piiriratkaisu, logiikka