

## JUMA-RX1 HF-vastaanotin

### Lähtökohdat suunnittelulle

Tämä JUMA-RX1 vastaanotin on suunniteltu SRAL:n julkistamaan RX-suunnittelukilpailuun, jonka tehtävänä on suunnitella ja valmistaa vastaanotin, joka soveltuu aloittelevan radioharrastajan rakennettavaksi ja joka on yksinkertaisuudessaan mahdollisimman opettava ja käyttökelpoinen. Ohjeet kilpailuun on julkaistu RA-lehdessä 11/2004.

### Omat asetetut tavoitteet

Vähintään 80- ja 40-metrin radioamatöörialueet  
Riittävä herkkyys kyseessä oleville taajuuksalueille  
Riittävä dynamiikka ja hyvin toimiva AGC  
Selkeä, nykyaikaiseen tekniikkaan perustuva yksinkertainen rakenne  
Hyvä taajuuden stabiilisuus ja lukematarkkuus  
Pieni tehonkulutus

### Yleistä vastaanottimesta

Suunniteltu ja toteutettu JUMA-RX1 perustuu suoraan sekoitukseen (Direct Conversion). Paikallisoskillaattori (VFO) on toteutettu mikrokontrollerin ohjaamalla DDS:llä (Direct Digital Synthesizer). Näin on saavutettu kompakti ja yksinkertainen rakenne, jonka taajuus-stabiilisuus on erinomainen ja vastaanottimen taajuusalue on laajakaistainen 100 kHz...7.1 MHz. Toteutettu vastaanotin on DSB-tyyppinen (Double Side Band) ja soveltuu SSB- ja CW lähetysten kuunteluun. Vastaanottimen virrankulutus on alle 50 mA.

### Mekaaninen rakenne

Kotelointi (kuvat 1 ja 2) on tehty pieneen 142x42x72 mm kokoiseen kaupalliseen alumiinikoteloon, joka koostuu rungosta ja kannesta. Rungon etu- ja takalevyyn on tehty tarvittavat aukot näytölle, säätimille ja liittimille. Kannessa on pieni kaiutin.



Kuva1. JUMA-RX1 edestä



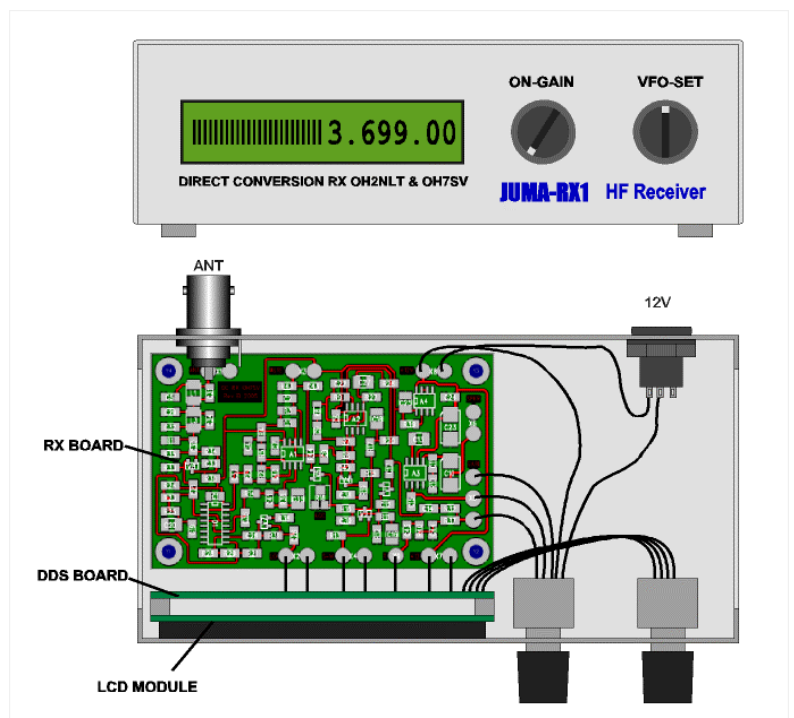
Kuva2. JUMA-RX1 takaa

### Vastaanottimen rakenneseosat

Vastaanottimeen on suunniteltu kaksi piirilevyä, RX-main-levy ja DDS-ohjaus-levy. Näyttönä toimii valmis LCD-moduli. (Kuva 3)

RX-main-levyllä on sekoittaja, tarvittavat vahvistimet, SSB-suodatin, AGC ja jännitteen regulointi. RX-main-levy antaa DDS-levylle S-mittarijännitteen ja 12 voltin syöttöjännitteen. Paikallisoskillaattorisignaali tulee DDS-levyltä.

DDS-levyllä on digitaalinen paikallisoskillaattori, jota ohjataan levyllä olevalla mikrokontrollerilla. Taajuus asetellaan kierrettävällä enkooderilla, jota mikrokontrolleri lukee ja asettaa DDS:n taajuudeksi. Lisäksi levyllä oleva mikrokontrolleri ohjaa LCD-näyttöä, jossa näytetään taajuus, graafinen S-mittari tai teholähteen jännite. Mikrokontrolleri tuottaa myös kuittausäänet.



Kuva 3. JUMA-RX1 rakenne

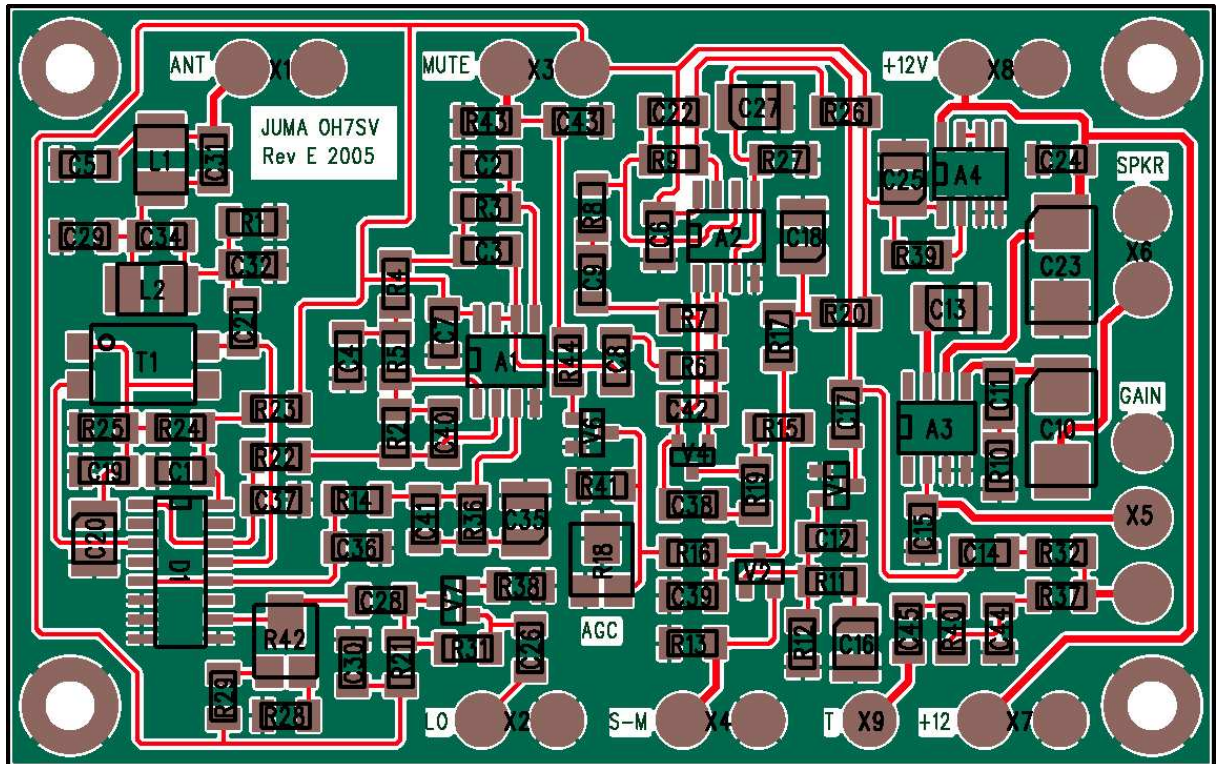
### Monikäyttöisyys

JUMA-RX1:n piirilevyt on suunniteltu niin, että voit halutessasi rakentaa joko pelkän DDS-VFO:n tai RX-osan ja toteuttaa loput omilla rakenteilla.

## RX-MAIN osan toimintaselostus (katso myös lohkokaavio ja piirikaavio)

### Yleistä

RX-main osa on toteutettu pienelle 50 x 80 mm kokoiselle yksipuoleiselle piirilevyllä (Kuva 4). Antenni-signaali tulee levyllä vasempaan yläkulmaan juotospisteisiin X1. Levyn alareunassa juotospisteet X2, X4, X9 ja X7 liittyvät DDS- ja ohjausosalle. Levyn oikeasta reunasta lähtevät johtimet kaiuttimelle juotospisteistä X6 ja AF-gain potentiometri kytketään pisteisiin X5. Yläreunaan tuodaan käyttöjännite juotospisteisiin X8 ja haluttaessa voidaan tuoda RX-mute-signaali juotospisteisiin X3. Kaikki komponentit ovat pintaliitoskomponentteja. Levyn nurkissa on neljä kpl kiinnitysreikiä.



Kuva 4. RX-main osa

JUMA-RX1 toimii suorasekoitusperiaatteella, jolloin sekoittajasta saadaan suoraan pientaajuinen CW tai SSB signaali. Vastaanotin on DSB-tyyppinen ja kuuntelee molempia sivunauhoja. Vastaanotin toimii laajakaistaisesti ja se on optimoitu 80 metrin ja 40 metrin amatöörikäyttöön.

### Alipäästösuodatin 7MHz

Antennista tuleva signaali suodatetaan 2-asteisella 7 MHz alipäästösuodattimella, jolla vaimennetaan toimintaperiaatteesta johtuva 3f-toisto. Alipäästösuodatin on toteutettu kaupallisilla pintaliitoskuristimilla, jotta vältetään kelojen käämimiseltä. Vastaanotin toimii myös alemmilla taajuuksilla aina 100 kHz:iin saakka, mutta harhatoistovaimennus ei ole optimoitu sinne. Vastaanotin voidaan haluttaessa optimoida pienemmille taajuuksille, kun etuasteessa oleva alipäästösuodatin modifioidaan niin, että sen rajataajuus on enintään 2 kertaa kuunneltava taajuus, esim. 4MHz:n alipäästösuodattimella RX on optimoitu alueelle 160 m...80 m.

### Laajakaistamuuntaja

Alipäästösuodattimen jälkeen on laajakaistamuuntaja, jolla signaali balansoidaan sekoittajaa varten. Muuntajan tarkoitus on myös estää paikallisoskillaattorin vuotaminen antenniin, koska VFO on kuunneltavalla taajuudella. Muuntajana on käytetty TDK:n valmistamaa kaupallista data-suodatinta, joka soveltuu hyvin HF-käyttöön. Muuntaja voidaan käämiä myös itse kiertämällä ensin kaksi 0.25 - 0.35 mm:n dynamolankaa yhteen ja käämimällä ne ferriittirungolle. Ferriittinä voidaan käyttää Amdonin valmistamaa pientä kaksireikäistä runkoa BN-43-2402, johon käämitään 4 kierrosta. Ferriittirungoksi käy muukin pieni ferriitti esim. Amidonin toroidi FT-37-43, johon pitää käämiä 6 kierrosta.

**Sekoittaja**

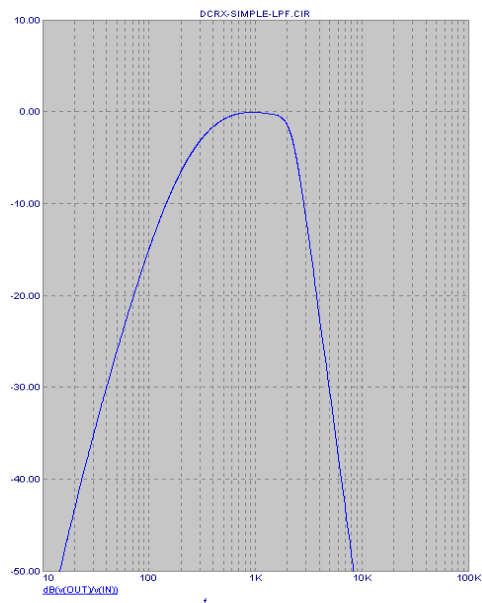
Sekoittajana on käytetty CMOS-analogiakytkintä HEF74HC4052 (D1), joka kytkee antennisignaalia vuoron perään kahteen näytteenottokondensaattoriin (C36 ja C37). Tarvittavan kytkentänopeuden ja 8 voltin käyttöjännitteen johdosta analogiakytkimeksi D1 käy vain Philipsin valmistama piiri, jonka tunnistaa HEF-alkuisesta tyyppimerkinnästä. Philipsin valmistama versio poikkeaa edukseen 74HC-piirisarjasta tarjoamalla suuremman nopeuden ja käyttöjännitealueen. Tämän tyyppinen sekoittaja on valittu sen erinomaisen dynamiikan takia ja näin etuasteessa pärjätään laajakaistaisella alipäästösuodattimella ja ilman RF-etuvahvistinta. Muilla sekoittajarakenteilla tarvitaan useinmiten bandikohtaisia tai jopa vieläkin kapeampia, työläästi toteutettavia, suodattimia. Sekoittajassa käytetty näytteenottoperiaate muodostaa VFO:n mukana taajuutta seuraavan kapean bandi-suodattimen. Tämän suodattimen leveys on  $\pm 16$  kHz ja se vaimentaa jo sekoittajassa kuunneltavan taajuuden ulkopuolisia lähteitä jyrkkyydellä 6dB/oktaavi. Esim. 100 kHz:n etäisyydellä oleva asema on vaimentunut sekoittajassa 16 dB ja 1 MHz:n päässä n. 35 dB. Näin vältetään hyvin BC-asemien aiheuttama keskenäismodulaatiohäiriö.

**Differentiaalinen esivahvistin**

Sekoittajan jälkeen on differentiaalinen esivahvistin (A1-A), joka on toteutettu JFET-operaatiovahvistimella TL082. Vahvistusta on vain kohtuullisesti, etteivät voimakkaat signaalit leikkaantuisi sen ulostulossa. Vahvistus on valittu kuitenkin riittävän suureksi niin, että tämä aste määrää signaalikohinasuhteen. Tämän vahvistimen kohinaominaisuudet riittävät 80 metrin ja 40 metrin bandeille, kun käytetään täysimittaisia ja oikein mitoitetuja antennia (esim. dipoli) , koska avaruuskohina on suuri näillä bandeilla. Kohinaominaisuuksia voidaan haluttaessa parantaa vähäkohinaisemmalla pinni-yhteensopivalla vahvistimella esim. LT1113. Tämä tarve voi tulla eteen vain, kun käytetään huonompia antennia.

**SSB-suodatin**

Seuraavana on 2.5 kHz SSB-audiosuodatin. Se on toteutettu aktiivisena alipäästösuodattimena operaatiovahvistimella (A1-B). Suodattimen päästökaistan vahvistus on 0 dB, näin ylläpidetään esivahvistimessa saavutettu hyvä suurien signaalien käsittelykyky. Suodatin on suunniteltu SSB-kuuntelua varten ja se on käyttökelpoinen myös CW-kuuntelussa. Pienten taajuuksien, 0...300 Hz, vaimennus on toteutettu mitoittamalla vastaanottimen vahvistinketjussa olevat kytkentäkondensaattorit sopivasti. SSB-suodattimen vaste on kuvassa 5.



Kuva 5. SSB-suodattimen simuloitu taajuusvaste

**Automaattinen vahvistuksen säätö (AGC)**

JUMA-RX1:ssä on hyvä automaattinen vahvistuksen säätö (AGC). Se koostuu säädettävästä vahvistimesta (A2-A ja V4), jälkivahvistimesta (A2-B), signaalin tasasuuntaimesta (V1) ja ohjausosasta (V2). Antennista tulevan signaalin kasvaessa pienenee JFET:in V4 vastus, kun ohjausosa säätää fetin hilajännitettä kohti sourcea. Fetti toimii operaatiovahvistimen takaisinkytkentävastuksena ja näin vahvistus muuttuu tarpeen mukaan. Hyvän säröttömän audio-AGC:n ideana on se, että signaali pidetään säätöfetin yli pienenä, vain n. 10 mVp-p. Tällöin fetti toimii lineaarisella vastusalueella eikä aiheuta säröä. RX:n käyttöönoton yhteydessä säädetään trimmerillä R18 AGC:n kynnysjännite niin, että ilman antennia kuunneltaessa kohina alkaa juuri ja juuri vaimenemaan. Katso tarkemmin käyttöönotto ja säädöt-kappaleesta. AGC:sta saadaan ulos myös käyttökelpoinen S-mittaritieto, 0...0.3 V, joka viedään DDS-levylle ja sitä kautta LCD-näytölle. "Simppeleistä" kytkennästä johtuen S-mittari alkaa näyttää vasta kun AGC alkaa säätää vahvistusta pienemmälle n. 10 uV:n antennisignaalilla, joka vastaa n. S6-signaalia. AGC:n aikavakio on toteutettu kondensaattorilla C16 ja vastuksilla R11 ja R12. AGC:n nopeutta voidaan haluttaessa muuttaa

vaihtamalla R12:n arvoa, esim. vastusarvon puolittaminen nopeuttaa ACG:n kaksinkertaiseksi. Vastaanottimen AGC-dynamiikka on hyvä, n. 110 dB, eivätkä voimakkaatkaan asemat "lyö korville". Tämä laaja säätöalue on saatu aikaan seuraavasti: Antennisignaalia tarvitaan 10 uV ennen kuin AGC-säätö alkaa, tämä vastaa 33 dB:n signaalin suurentumista. AGC:n vahvistuksen säätöalue on 70 dB. Lisäksi AF-signaalin annetaan kasvaa AGC-piirissä n. 7 dB RF-signaalin suurentuessa. Nämä ovat yhteensä 110 dB.

### **AF gain**

Äänenvoimakkuuspottiometri (AF gain) on kytketty juotospisteisiin X5. Pottiometrin "kuumaan" päähän tuodaan DDS-levyltä kuittausäänimerkit (juotospiste X9), joiden taso on asetettu sopivaksi ja kanttiaalto suodatettu siistiksi yksinkertaisella RC-suodattimella R37, R40 ja C44. Kuittausäänimerkit kuuluvat kaiuttimesta.

### **Kaiutinvahvistin**

Kaiutinvahvistin on toteutettu LM386-tyyppisellä vahvistimella, joka pystyy antamaan n. 1 watin tehon pieniohmiseen kaiuttimeen. Tämä vahvistin määrää vastaanottimen suurimman sallitun käyttöjännitteen, 15 voltia, koska vahvistin saa tehonsyöttönsä suoraan käyttöjännitteestä. Haluttaessa voidaan kotelon takaseinään asentaa kytkimellä varustettu liitin ulkoiselle kaiuttimelle ja kuulokkeille.

### **Jänniteregulointi**

RX-main-osan jänniteregulointi, +8 V, on toteutettu low-drop-tyyppisellä regulaattorilla, LP2951 (A4). Tämä mahdollistaa joustavan käytön paristo- tai akkukäytössä, koska paristojännite saa laskea jopa 8.5 volttiin, vastaanottimen toimiessa vielä moitteetomasti. Jännitteen asettelussa on hyödynnetty piirin sisällä olevia vastuksia ja R39 on niiden kanssa sarjassa. Tarkasta ulostulojännite, että se on välillä +7.9V-8.2V ja muuta tarvittaessa vastuksen R39 arvoa. Regulaattoriin paikalle käy myös perinteinen 78L08 SO-8-kotelossa, tällöin pienin käyttöjännite on 10 V.

### **Paikallisoskilaattorin puskurivahvistin**

RX-main-levyllä on myös paikallisoskilaattorin puskurivahvistin (V7), jolla DDS-osalta tuleva 0.2 Vp-p LO-signaali vahvistetaan analogiamuxerin ohjaukseen sopivaksi, n. 5 Vp-p signaaliksi. Trimmerin R42 avulla hienosäädetään muxerille D1 menevän LO-signaalin pulssisuhde tarkasti 50%:iin, muuttamalla LO-signaalin tasajännitetoimintapistettä. Säätämällä tämä toimintapiste voidaan RX:n 2f-harhatoistovaimennus optimoida. Katso tarkemmin kappaleesta 'käyttöönotto ja säädöt'.

### **Mute-piiri**

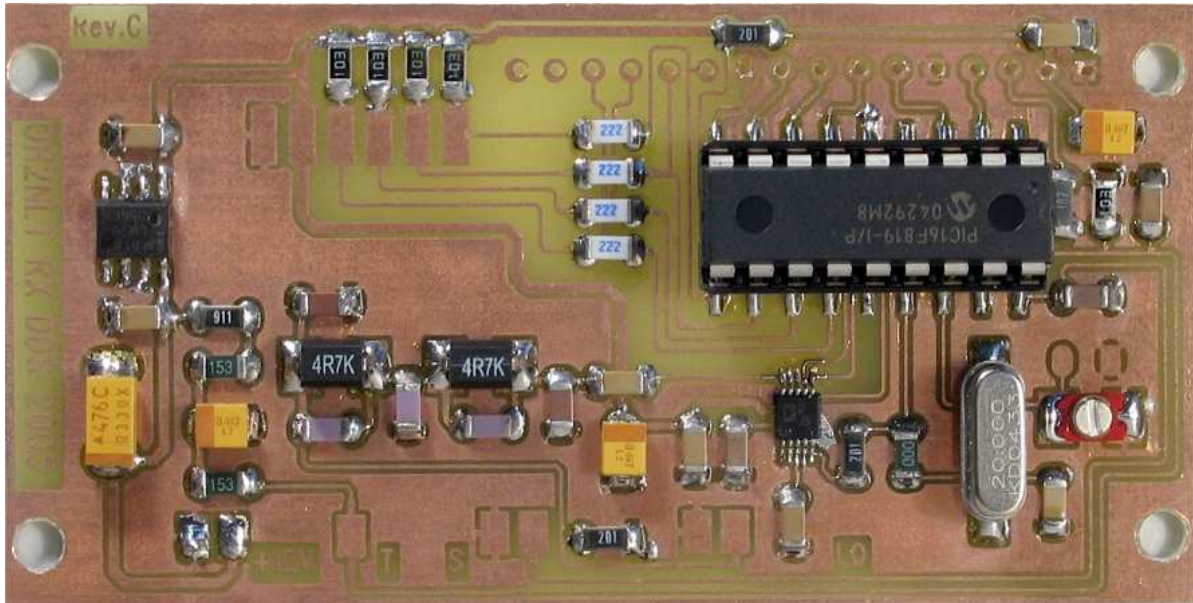
Levyllä on lisäksi mute-piiri (V6), jota voidaan käyttää vastaanottimen tukkimiseksi lähetyksen aikana. Tukkiminen tapahtuu siististi ilman ylimääräisiä "naksahduksia" ja se tehdään kytkemällä yhteen juotospisteet X3-1 ja X3-2. Kytkentään voidaan käyttää esim. relettä tai kytkintä. Vaihtoehtoisesti voidaan tukkiminen tehdä tuomalla lähetyksen aikana TX:stä jännite (+5V...+15V) juotospisteeseen X3-2. Tähän mute-piiriin liittyvät osat (V6, R43, R44, C43) voidaan jättää asentamatta, jos vastaanotinta ei käytetä lähettimen kanssa.

## **DDS- ja ohjausosan toimintaselostus**

### **Yleistä**

Vastaanottimen paikallisoskilaattori on toteutettu DDS (Direct Digital Synthesis)-menetelmällä. Kokonaisuuden muodostavat Analog Devices:n valmistama AD9833 mikropiiri ja sen perässä oleva alipäästösuodatin. DDS-piiriä ohjataan JUMA-RX1:n tapauksessa Microchipin PIC16F819 mikrokontrollerilla. Samalla kontrollerilla on toteutettu myös muut vastaanottimen käyttöliittymän toiminnot. Fyysisen käyttöliittymän muodostavat 1x16-merkin LCD näyttö ja kiertokytkin-enkooderi, jossa on lisäksi painettava kytkin. Vastaanottimen hallinta on näin saatu toteutettua "kahdella nupilla". Käyttöliittymä sisältää vain kytkimellä varustetun voimakkuudensäätöpottiometrin ja edellä mainitun painettavalla kytkimellä varustetun kierrettävän enkooderin. Suunnittelutyötä ja komponenttien valintoja on ohjannut alhaisen hinnan tavoittelu.





Kuva 6. DDS- ja ohjausosa

**Mekaaninen rakenne**

DDS- ja ohjausosan mekaaninen rakenne on puristettu mahdollisimman pieneksi kuitenkin tinkimättä laitteen helposta rakennettavuudesta. 1x16 merkin näyttö ja valittu kotelo määräävät piirikortin mitat. Kortin korkeus, 40mm, tulee kotelon korkeudesta ja leveys, 80mm, on valittu samaksi kuin LCD-näytön leveys. Piirikortti on suunniteltu siten, että se voidaan kiinnittää samoilla ruuveilla, joilla LCD-näyttö on kiinni kotelon etulevyssä. Kaikki komponentit on sijoitettu piirikortin takapinnalle. Myös kortille tulevat jalalliset komponentit, kide ja mikrokontrollerin kanta (kuva 7, 8 ja 10), asennetaan pintaliitoskomponenttien tapaan levyn takapuolelle reikiä poraamatta.



Kuva 7. Kiteen jalat taivutettu



Kuva 8. Kide juotettu SMD:n tavoin

Levyllä kytkettävät johdot voidaan juottaa suoraan piirikortin padeihin tai kortille voi juottaa 0,1" jaolla olevaa piikkirimaa liittimiksi.

**DDS- ja ohjausosan toiminnot**

Toteutetut toiminnot riippuvat ensisijaisesti laitetta ohjaavasta ohjelmistosta. Toiminnoille tarvittavat signaalitiet ja kytkennät pitää tietenkin olla myös olemassa.

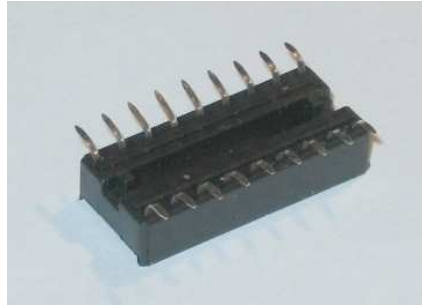
- Paikallisoskillaattoritaajuuden generointi, joka on toteutettu DDS piirillä.
- Osquillaattorin taajuuden asetus pyörítettävällä enkooderilla.
- Taajuuden näyttö LCD-näytöllä.
- Taajuuden askellusportaan (virityksen karkeus) valinta enkooderilla.
- Tehtyjen asetusten näyttö LCD-näytöllä
- Oletustaajuuden ja askellusportaan tallettaminen haihtumattomaan muistiin.
- Vastaanottimen S-mittarin graafinen näyttö LCD-näytöllä
- Syöttöjännitteen mittausta ja näyttö numeroina LCD-näytöllä
- Käyttöliittymän merkkiäänien generointi
- Kideoskillaattorin taajuuden kalibrointi trimmerillä

## Mikrokontrolleri

Valittu mikroprosessori tai paremminkin mikrokontrolleri on Microchipin valmistama PIC16F819 (kuva 7). Suunnittelussa päätettiin käyttää jalallisessa DIP-kotelossa olevaa piiriä, koska sen käsittely on helpompaa piiriä ohjelmoitaessa.



Kuva 9. Mikrokontrolleri



Kuva 10. DIP-18 kannan jalat taivutettu

Piiri tai piirin asennuskanta on kuitenkin tarkoitettu kiinnitettäväksi piirikortille pintaliitoskomponenttien tapaan (kuva 8). Valittu kontrolleri 16F819 tarjoaa kaikki vastaanottimen ohjaukseen tarvittavat ominaisuudet. Piirissä on kaksi kilosanaa Flash-muistia ohjelman tallennukseen, 256 tavua RAM-muistia ja 256 tavua EEPROM-muistia asetusten tallentamista varten. Piirissä on myös 10-bittinen A/D-muunnin, jolla on toteutettu S-mittarin ja käyttöjännitteen mittaukset. Piiri sisältää myös tarvittavan määrän ajastimia, I/O portteja ja muita ominaisuuksia. Suunnittelussa suurin haaste on ollut ohjelmamuistin (Flash) riittävyys. Piirin I/O signaaleiden vähäisyys on johtanut siihen, että useimmilla I/O-pinneillä on monta tehtävää. Nämä selviävät piirikaaviosta ja lohkojen toimintaselostuksista.

## Oskillaattori

Oskillaattori on toteutettu siten, että yhdellä edullisella 20MHz kiteellä ajastetaan mikrokontrollerin toiminnot sekä kehitetään DDS-piirille referenssitaajuus. Mikrokontrollerille riittäisi pienempikin taajuus, mutta 20MHz on valittu DDS-piirin vaatimusten mukaan. Oskillaattori kytkentä on toteutettu siten, että kide on kytketty mikrokontrollerin oskillaattoriin, jonka ulostulosta johdetaan kellosignaali myös DDS piirille. Oskillaattorin taajuuden hienosäätö on toteutettu oskillaattorin sisäänmenossa olevan kuormakondensaattorin rinnalle kytketyllä trimmerikondensaattorilla. Oskillaattorin toiminnasta ja ominaisuuksista löytyy lisää tietoa Microchipin PIC16F819 datalehdessä.

## DDS ja alipäästösuodatin

Paikallisoskillaattorin taajuus kehitetään DDS (Direct Digital Synthesis) periaatteella 20MHz referenssitaajuudesta. Suurimman käytettävissä olevan taajuuden määrää DDS-periaatteessa Nyqvistin teoria. Näytteistävissä järjestelmässä signaalin taajuus voi olla korkeintaan puolet näyteenottotaajuudesta. Tämä tarkoittaa, että teoreettisesti maksimi LO-taajuus olisi 10MHz. Käytännössä suurin hyvälaatuisen signaalin taajuus on 40% referenssitaajuudesta. DDS-periaate tuottaa myös sarjan perustaajuudesta riippuvia harmonisia taajuuksia. Nämä suodatetaan pois 8MHz alipäästösuodattimella ennen LO-signaalin johtamista RX-levylle. DDS-piiristä suodattimen jälkeen saadaan noin 250mV p-p signaali, joka johdetaan RX-levyllä olevalle puskurivahvistimelle, joka ohjaa sekoittajaa.

DDS periaatteella voidaan kehittää referenssikelloon tarkasti sidottu, hyvin pienellä resoluutiolla säädettävissä oleva, taajuus. Tässä toteutuksessa (20MHz referenssikello) pienin taajuuden säätöporras on 0,0745 Hz, mikä on enemmän kuin reilusti yli tarpeen. DDS-periaatteen mukaisesti referenssioskillaattorin vaihekohina näkyy suoraan DDS:n lähdeissä. Toteutetun referenssioskillaattorin vaihekohinaominaisuudet riittävät hyvin vastaanottimen muihin ominaisuuksiin nähden.

Tässä DDS:n toimintaperiaate lyhyesti: Jokaisella referenssikellon jaksolla DDS:n vaiheakkuun lisätään aseteltava vakioluku. Vaiheakun sisältö viedään sini-muunnoksen kautta D/A-muunnimelle, jonka lähdeestä saadaan syntesoitu sini-muotoinen signaali. AD9833:n tapauksessa aseteltava vakio luku on 28-bitin mittainen. Periaatteesta löytyy hyviä artikkeleita Analog Devices:n www-sivuilta. Samasta paikasta löytyy myös kytkennässä käytetyn AD9833 piirin datalehti.

## Jänniteregulointi

DDS-osan käyttöjännite on +5V ja virrankulutus on n. 20 mA. Jännitetason määrää LCD-näyttö, joka toimii vain 5V jännitteellä. DDS-piiri ja mikrokontrolleri mahdollistaisivat alhaisemmankin jännitteen. Tarvittava +5V jännite tehdään 9V-15V syöttöjännitteestä ja vakavoidaan 78L05 regulaattorilla. 5V:n käyttöjännite toimii myös PIC16F819 analogimuuntimen referenssijänniteenä.

## LCD-näyttö

LCD-näyttönä on kaupallinen 1x16 merkin aakkosnumeerinen edullinen näyttö-moduli. Näytön ohjaukseen tarvitaan kahdeksan data bittiä ja pari ohjaussignaalia. Datalinjoja ohjataan 16F819 kontrollerin I/O portilla B. Osalla näistä linjoista ohjataan myös DDS-piiriä ja luetaan kierrettävän enkooderin tila. Eri ajanhetkillä linjoja ohjaavat ohjelmiston eri osat. Näytön ohjaaminen on helppo toimenpide. RS-signaalilla valitaan kirjoitetaanko näytölle komento vai merkki. Komentoja ovat esimerkiksi näytön tyhjennys ja seuraavan merkin paikan asetus. RS-signaalin linjassa on ylösvetovastus koska linja kelluu analogimittausten aikana. E-signaalilla dataväylän sisältö kirjoitetaan näytölle. Näyttömoduulilla pystytään esittämään kirjaimet, numerot ja joukko muita merkkejä. Näyttömoduulin RAM-muistiin voidaan rakentaa myös omia merkkejä. Tätä ominaisuutta on käytetty S-mittarissa tarvittavan grafiikan toteutukseen. Näytön yksi näkyvä rivi on jaettu loogisesti kahdeksi kahdeksan merkin palaseksi. Lisätietoja on jäljempänä olevassa ohjelmamodulien selostuksessa. Tarkemmat komentoihin ja ajastukseen liittyvät tiedot löytyvät TM161AB6A näyttömoduulin datalehdestä. Näytön kontrasti on asetettu DDS-levyllä vastuksella R2. Katso tarkemmin kappaleesta 'käyttönotto ja säädöt'.

## Enkooderi

Käyttöliittymän keskeinen osa on kierrettävä ja painettava enkooderi, jolla taajuuden asetus suoritetaan. Projektin hintakatto ei antanut mahdollisuutta edes harkita tiheää (100 pulssia tai enemmän / kierros) enkooderia, jolla saisi aikaan oikean VFO-nupin tuntuman. Enkooderiksi valittiin halpa painokytkimellä varustettu, 30 pulssia kierroksella tuottava malli. Käyttöliittymä on suunniteltu tukemaan tällaista mallia. Enkooderiksi kelpaavat 15-30 pulssia kierroksella tuottavat mallit. Enkooderi on rakenteeltaan ympäri pyörivä kiertokytkin jossa on kaksi kosketinta. Koskettimet on vaiheistettu siten, että ne tuottavat kaksi toisiinsa 90 asteen vaihesiirrossa olevaa signaalia. Tästä IQ-signaalista voi tulkita enkooderin liikkeen ja pyörityssuunnan. Enkooderin ja painonapin signaalit on kytketty erotusvastuksilla LCD näytön dataväylään, josta ohjelma lukee kytkimien tilat. Tarkempi selostus enkooderin toiminnasta ja ominaisuuksista löytyy komponentin datalehdestä.

## Ohjelmisto

### Yleistä ohjelmistosta

Koko ohjelmisto on kirjoitettu c-kielellä. Ohjelmisto on toteutettu moduleina, jotka suorittavat tehtäviä haluttujen ominaisuuksien aikaansaamiseksi. Suurin osa koodista on ANSI-c-standardin mukaista ja siirrettävissä myös muuhun ympäristöön. Muistitilan riittävyyden varmistamiseksi ANSI-c-standardista on poikettu tarvittaessa. Ohjelmistosta on tarjolla valmiiksi käännetty PIC16F819 piiriin ohjelmoitava hex-tyyppinen tiedosto. Ohjelmiston lähdekoodi on myös saatavilla jos haluaa muuttaa tai lisätä ohjelmiston ominaisuuksia. Käytetty piiri 16F818 sisältää kaksi kilosanaa Flash muistia, joka on lähes täysin käytössä. Isompia lisäyksiä suunniteltaessa kannattaa piiri vaihtaa esimerkiksi PIC16F88-tyyppiseen, joka on edellisen kanssa yhteensopiva ja sisältää neljä kilosanaa Flash muistia.

### Ohjelmistotyökalut

Projekti on tehty Microchipin MPLAB 7.00 kehitysympäristössä. Ohjelmisto on käännetty edelliseen ympäristöön liitetyllä Hi-Tech PICC\_8.05PL2 kääntäjällä.

### Ohjelmiston toiminnot

Mikrokontrollerin ohjelmisto toteuttaa kaikki käyttöliittymän toiminnot sekä joitain aputoimintoja.

Käynnistyksen jälkeen asetetaan mikrokontrollerin I/O:t käyttökelpoiseen tilaan, alustetaan DDS-piiri toimintakuntoon, kaivetaan EEPROM-muistista käyttäjän tallentama taajuus ja askellusporras ja asetetaan ne käyttöön. Alustuksen jälkeen esitetään LCD-näytöllä vähän "JUMA-RX1-mainostekstiä" ja sähkötetään käyttöliittymän audio-tien kautta malliksi terveiset. Käynnistyksen jälkeen siirrytään suorittamaan seuraavassa kappaleessa kuvattuja tehtäviä.

## Ohjelmiston rakenne

Käytössä ei ole mitään varsinaista käyttöjärjestelmää, vaan ohjelmisto suorittaa tehtäviä pääsilmukassa vapaalla ajoituksella ja myös pakkohtahtisesti 1 ms:n kellokeskeytyksen ohjaamana.

Pääsilmukan vapaakierron kierros aika on noin 6ms, jona aikana suoritetaan seuraavat tehtävät:

- Mitataan molemmat analogitulot (syöttöjännite ja s-mittari)
- Tutkitaan onko enkooderin painettava kytkin painettuna: Jos on, niin suoritetaan digitin-valinta-luuppia niin kauan, kun painettava kytkin on painettuna.
- Kytkimen vapautuksen yhteydessä tutkitaan oliko haluttu toiminto säätöportaan asetus vai näyttötilan vaihto.
- Käytössä oleva taajuus ja askellusporras talletetaan EEPROM muistiin, mikäli kytkintä painetaan yli 2 sekunnin ajan. Tapahtunut tallennus ilmoitetaan näytössä ja äänimerkillä.
- Tutkitaan onko enkooderista tullut +/- säätölukua, jos on, niin korjataan taajuusasetusta valitun portaan ja säätöluvun tulon verran.
- Taajuusasetuksen muuttuessa lähetetään uusi asetusarvo DDS-piirille
- Valitun näyttötilan mukaisesti lasketaan ja näytetään joko s-mittari tai syöttöjännite.
- Lasketaan DDS:n asetusarvosta taajuus ja näytetään se 10Hz tarkkuudella.
- Ohjelmistossa on myös CW TX shift, jos DDS:ää käytetään CW lähetintarkoituksiin. Maadoittamalla DDS-kortin liittin J1-1 releellä tai transistorilla pudottaa ohjaus-osa taajuutta 700 Hz. Muutos näkyy myös näytössä.

Mikrokontrollerin sisäisellä ajastimella tuotetussa 1ms keskeytyspalvelussa suoritetaan seuraavat tehtävät kerran millisekunnissa.

- Päivitetään ajastukseen käytettävä 1ms laskuri
- Vaihdetaan mikrokontrollerin I/O portin B signaali tuloiksi ja otetaan niistä näyte.
- Selvitetään edellisestä näytteestä enkooderin liike ja suunta

Lisätietoja ohjelmamodulien toiminnasta on jäljempänä tässä dokumentissa.

## DDS-levyn kokoonpano ja osien juottaminen

DDS- ja ohjausosan kokoonpanossa suurimman haasteen muodostaa AD9833 DDS mikropiiri, jota ei ole saatavilla kuin erittäin pienessä pintaliitoskotelossa (MSOP RM-10). Jos ei ole aiempaa kokemusta pintaliitoskomponenteista, niin piirin käsittely voi näyttää mahdottomalta. Piirin kotelo MSOP RM10 on vain 3mm\* 3mm ja siinä on 10 jalkaa. Jalkojen väli on 0,5mm. Käytännössä piirin juottamiseen ei kuitenkaan tarvita kuin luoppi tai suurennuslasi, hyvälaatuista juoksutetta (fluxia) ja puhdas pienehkö juottimen kärki. Rauhallinen mieli ja vakaa käsi tuottavat hyvän lopputuloksen. Asennustyyliä on monenlaisia, mutta tässä eräs hyväksi havaittu. Piirin asennuspaikka peitetään ohuella juoksutekerroksella. Piirikortin padit esitinautaan sulattamalla pieni määrä tinaa juoksutteen päällä ja levittämällä se tasaisesti padien päälle. Levityksessä on varottava, että ei paina piirilevyä juottimen kärjellä. Ohuet (0,5mm) foliot irtoavat piirilevystä helposti. Esitinauksen jälkeen lisätään tarvittaessa juoksutetta ja AD9833 piiri asetetaan paikoilleen. Kohdistus käy parhaiten luopin avulla. Varmistetaan vielä kerran, että piiri on oikein päin ja tinataan piiri paikoilleen. Tinausvaiheessa ei yleensä tarvita lisää tinaa. Riittää kun juottimen kärjellä sulattaa pinnat kiinni esitinautuihin padeihin. Mikäli piirin jalkojen väliin muodostuu oikosulkuja poistetaan ne lopuksi varovasti tinaimusukan avulla. Mikäli syystä tai toisesta joutuu irrottamaan piirin käy se vaivattomasti kahdella juottimella, joissa molemmissa on niin leveä kärki että se peittää yhdeltä puolelta kaikki mikropiirin jalat.

## DDS-levyn kasausrjestys ja muita vinkkejä

Kasausrjestyksessä tekijän mieltymykset ohjaavat toimintaa. Seuraavassa kuitenkin muutama vihje mitä kannattaa huomioida.

- DDS-piiri kannattaa asentaa ensimmäisenä. Piirin juotoksia tehtäessä vapaa työskentelytila ja piirikortin käsiteltävyys ovat valttia.
- Mikrokontrollerin alla on myös komponentteja ja ne pitää tietenkin asentaa ennen mikrokontrollerin tai asennuskannan kiinnittämistä.
- Ennen mikrokontrollerin kannan juottamista, kannattaa vastusmittarilla varmistaa, että piirin alle jäävissä vedoissa ei ole oikosulkuja maahan tai viereisiin vetoihin.
- Seuraavaksi kannattaa asentaa +5V regulaattori ja siihen liittyvät osat sekä mitata 5V jännite kytkemällä levyllä sähkö.
- Muiden komponenttien asennusrjestys voidaan valita vapaasti.



- Mikäli LCD-näyttö on mekaanisesti eri mallia kuin osaluettelossa mainittu tyyppi, niin se voidaan kytkeä sopivan mittaisilla johdoilla DDS piirilevyyn.
- Jos saatavilla olevasta enkooderista puuttuu painettava kytkin, niin se voidaan korvata erillisellä painonapilla.
- Muitakin komponentteja voidaan korvata saatavilla olevalla osilla. Piirikorttien padit on mitoitettu siten, että esimerkiksi SMD-tantaalikondensaattoreiden paikalle voidaan asentaa johdolliset tantaali- tai elektrolyyttikondensaattorit (Kuva 11.)

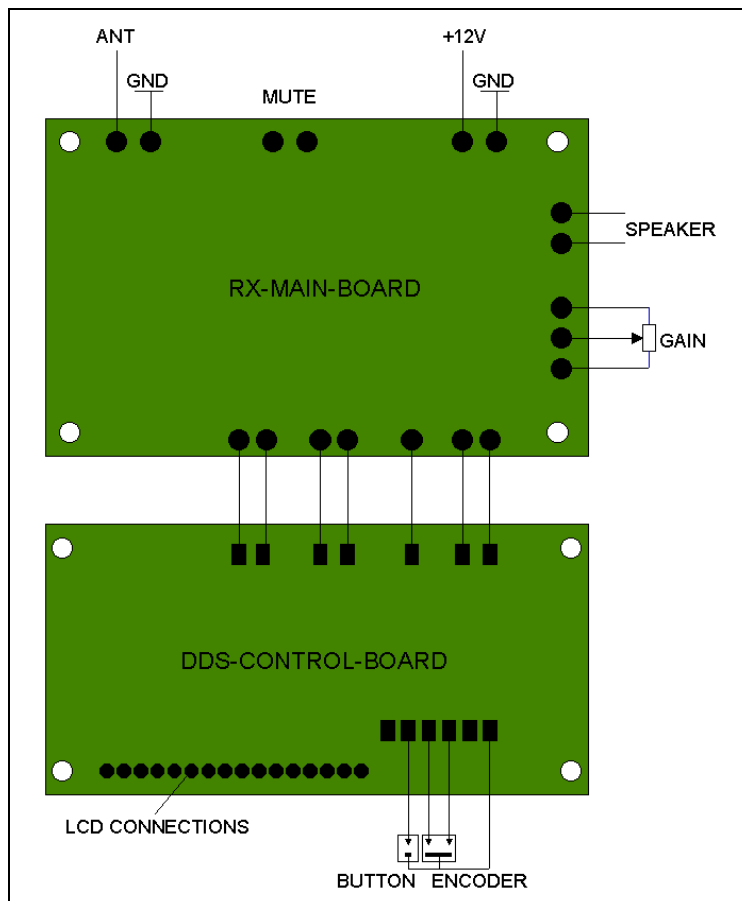


Kuva 11. Johdolliset tantaalikondensaattorit

## LCD-moduulin ja DDS-levyn yhteenkytkentä

Näyttömoduuli ja DDS-piirikortti kannattaa ensin liittää toisiinsa ruuveilla ja väliholkeilla. Seuraavaksi pujotetaan kortit yhdistävät kytkentälangat näyttömoduulin ja kortin välille ja juotetaan ne. Näin varmistetaan, että näyttömoduuli ja piirikortti jäävät oikealle etäisyydelle toisistaan.

## Johdotus ja kytkennät



Kuva 12. Levyjen väliset kytkennät ja muut johdotukset

## Rakennusvinkkejä

Pintaliitoskomponenttien juottaminen sujuu helpoiten niin, että juottaa piirilevyille ensin yhteen "padiin" esijuotteen. SMD-komponentti asetetaan sitten paikalleen pinseteillä ja juotetaan ensin esijuotettu padi ilman lisätinaa. Kun komponentti on juottunut yhden "jalan" avulla hyvään asentoon, niin sitten juotetaan komponentin muut "padit" käyttämällä lisätinaa.

Jos joudut irrottamaan SMD-komponentin, niin kaksinapaiset komponentit voidaan helposti irrottaa lämmittämällä juotoskolvilla komponentin molempia päitä vuoron perään. Useampinapaisten SMD-komponenttien, esim. mikropiirin, irrottaminen on vaikeampaa. Ensin kannattaa imeä ylimääräinen tina pois tinaimusukalla ja sitten lämmittää yhtä jalkaa kerrallaan ja taivuttaa se irti esim. nuppineulaa käyttäen. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää erikoisterää tai kahta kolvia.

Etulevyssä olevan näytön aukon tekeminen vaatii erityistä kärsivällisyyttä. Merkintäviivojen jälkeen voit porata tarvittavan määrän reikiä ja viimeistellä aukon viilaamalla. Toinen vaihtoehto on käyttää lehtisahaä tai muuta kapeaa sahaä, jonka voit pujottaa näyttöaukon nurkkiin poratuista rei'istä.

## Juotosten tarkistukset

Tavallisimmat virheet komponenttien asennuksessa ovat seuraavia

- Komponentti on väärin päin
- Juotospisteen ja maan välille on syntynyt oikosulku
- Juottamattomia liitoksia
- Komponentin arvo väärä

Nämä virheet voidaan välttää huolellisella visuaalisella tarkastuksella

## Käyttöönotto ja säädöt

### DDS- ja ohjausosan säädöt

DDS-osalle ei välttämättä tarvitse tehdä virityksiä. Paikallisoskillaattorin taajuus ja näin myös RX:n taajuustarkkuus riippuu kuitenkin referenssioskillaattorin taajuudesta. Referenssioskillaattorin viritystä varten ohjelmistoon on tehty erityinen viritystila. Kun laitteen käynnistyksen ajan pidetään enkooderin painettavaa kytkintä alas painettuna, käynnistyy laite viritystilaan. Viritystilän merkinä näytölle tulostetaan 1 MHz. Tässä viritystilassa DDS:n asetus on tarkkaan laskettu 1MHz lähtötaajuutta vastaava luku. Tässä tilassa mitataan tarkalla taajuuslaskurilla tai muulla menetelmällä DDS:n kehittämä taajuus ja säädetään se referenssioskillaattorin taajuuteen vaikuttavalla trimmerikondensaattorilla C20 kohdalleen.

Vastuksien porrastuksesta ja tarkkuudesta sekä +5V regulaattorin tarkkuudesta johtuen syöttöjännitteen näyttötarkkuus ei todennäköisesti ole aivan kohdallaan. Näytön voi virittää tarkaksi lisäämällä R23 (910R) vastuksen rinnalle sopivan vastuksen. Sopivan vastusarvon voi hakea juottamalla vastuksen R23 rinnalle tilapäisen esim 100 k trimmerivastuksen. Kun jännitennäyttö on kohdallaan, niin trimmerivastus voidaan korvata lähinnä sitä olevalla vastusarvolla.

LCD näytön kontrasti asetetaan näyttömoduulin liittimen nastassa #3 vaikuttavalla jännitteellä. Tässä toteutuksessa jännite on asetettu yhdellä 1k8 ohmin vastuksella (R2). Sopivan kontrastin tuottava jännite riippuu näyttömoduulin tyypistä, valmistuserästä ja jossain määrin myös käyttölämpötilasta. Mikäli käytät eri tyypistä näyttöä kuin osaluettelossa tai kontrasti ei ole tyydyttävä voidaan kontrastia säätää muuttamalla R2 arvoa. Vastuksen pienentäminen tummentaa ja suurentaminen vaalentaa näyttöä. Säätöalue vaihtelee nollan ja muutaman kilo-ohmin välillä. Sopivan vastusarvon voi hakea juottamalla vastuksen R2 tilalle tilapäisen, esim. 5 kilo-ohmin trimmerin.

### RX-main-osan säädöt

RX-main-osassa oleva AGC-kynnysjännite pitää säätää trimmerivastuksella R18 niin, että ilman antennia kuunneltaessa kohina alkaa juuri ja juuri vaimenemaan. JFET:n V4 kynnysjännite vaihtelee paljon yksilöstä toiseen. Kytkentä on mitoitettu niin, että kaikki V4 fettyksilöt, Vishay Siliconix SST177 tai Philips PMBFJ177, voidaan säätää kohdalleen, mutta tästä suuresta säätöalueesta seuraa säädön karkeus ja trimmerin voi joutua kääntämään lähes kiinni. Tällöin voidaan pienentää rinnakkaisvastusta R41 niin, että saadaan trimmeri keskelle mukavaa ja helpompaa säätöaluetta. Vaikka AGC:n kynnysjännitteen voi säätää käyttökelpoiseksi korvakuulolta, niin säätö voidaan tehdä tarkemmin S9-signaalilla, syöttämällä 50uV

kantoaaltoa antenniliittimeen ja säätämällä trimmerillä R18 S-mittarin näyttämä LCD-asteikolla puolen välin merkkiin, eli S9:ään. Näin S-mittari on "vireessä". Seuraavat merkit LCD:n asteikolla ovat n. 10 dB:n välein.

Paikallisoskillaattorin puskurivahvistimen yhteydessä olevalla trimmerillä R42 hienosäädetään muxerille D1 menevän LO-signaalin pulssisuhde tarkasti 50%:iin, muuttamalla LO-signaalin tasajännitetoimintapistettä. Säätämällä tämä toimintapiste voidaan RX:n 2f-harhatoistovaimennus optimoida. Tämä optimointi tehdään syöttämällä signaaligeneraattorilla antenniliittimeen 7.2 MHz n.1 mV:n signaali ja kuuntelemalla sitä 3.6 MHz:lla. Kuuluva signaali säädetään kuulumattomiin tai minimiin trimmerillä R42.

### JUMA-RX1:n tekniset tiedot ja mittaustulokset

Käyttöjännite: +9VDC...+15VDC

Virrankulutus: Pienempi kuin 50 mA normaaliäänenvoimakkuuksilla

Huippuvirrankulutus: 200 mA suurilla äänenvoimakkuuksilla

Maksimi audioulostuloteho: 1 W

Mekaaniset mitat: 142 x 42 x 72 mm (leveys x korkeus x syvyys)

Liitännät: Antenni, DC-syöttö. Valinnaisena kuulokeliitäntä ja RX-mute-tulo

Näyttö: 16 x 1 merkin LCD-moduli, taajuus-, S-mittari- ja syöttöjännitennäytöllä

Säätimet: AF-gain/ON/OFF ja kierrettävä enkooderi painokytkimellä

Taajuusalue: Aukoton 3.5MHz...7.5 MHz

Laajennettu taajuusalue: Aukoton 100 kHz...7.5 MHz rajoitetuilla ominaisuuksilla

Taajuuden asettelu: Mekaanisella enkooderilla 10 Hz, 100 Hz ja 100 kHz portaissa

Taajuuden näyttö: Kuudella numerolla LCD-näytössä, resoluutio 10 Hz

Taajuustabiilisuus: Sama kuin käytetyn 20 MHz kiteen

Vastaanotettavat modet: SSB/CW ja niitä hyödyntävät digi-modet. Myös AM nolabeatissa

Kaistaleveys: 300 Hz...2.5 kHz

S-mittari graafinen LCD-näytössä, askelia 24 kpl

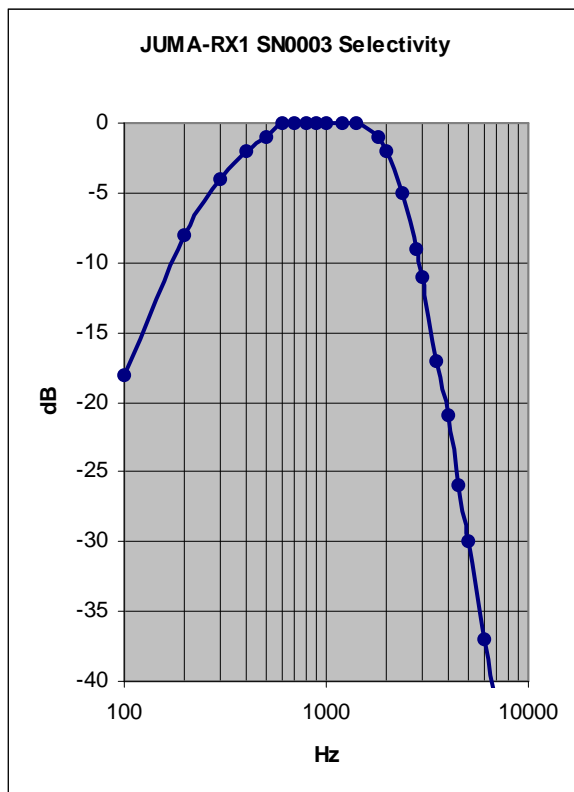
Herkkyys: Pienin havaittavissa oleva antennisignaali (PREAMP TL082) -120 dBm = 0.22uV

Dynamiikka: Suurin täysin säröytymätön antennisignaali kuunneltavalla taajuudella - 12dBm = 160 mVp-p

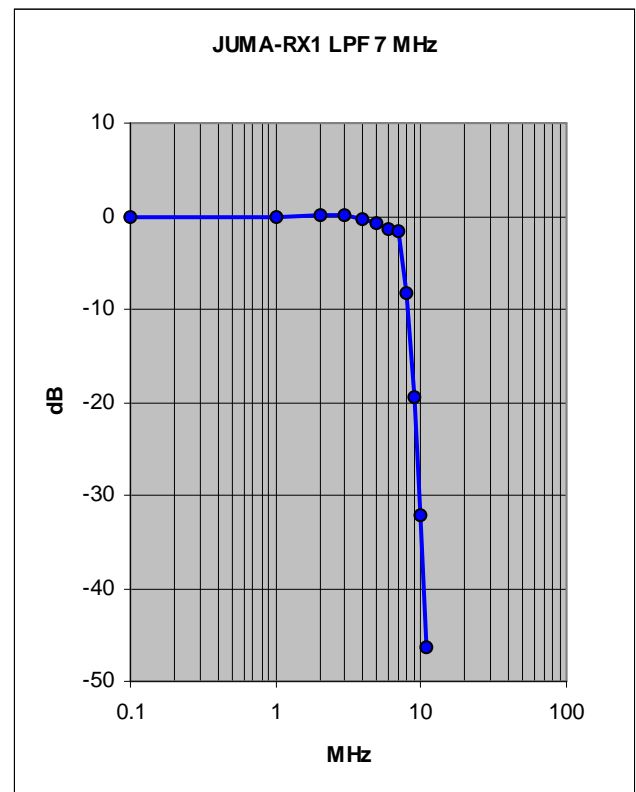
Erittäin suuren signaalin käsittely: Sietää 20 dBm antennisignaalin eikä mene "polvilleen".

Kolmannen kertaluvun intercept-piste IP3 on 23 dBm

Paikallisoskillaattorin säteily antenniin: 3.7 MHz:lla 5 nW = -53 dBm



Kuva 13. Mitattu SSB-suodattimen taajuusvaste



Kuva 14. Mitattu etuasteen RF-suodatin

## JUMA-RX1 käyttöohje

**Käynnistäminen ja äänenvoimakkuuden säätö:** Käännä AF-gain nupista

**Taajuuden asetus:** Pyöritä enkooderia vasempaan tai oikeaan, taajuus näkyy näytössä

**Taajuusportaan vaihto:** Pidä enkooderin kytkintä alhaalla ja kierrä. Näytössä Step1, Step2 tai Step3

**Näyttötilan vaihto:** Paina enkooderin kytkintä kerran. Näyttää vuoroin S-mittarin ja jännitenäytön

**Asetusten tallennus:** Paina 2 sekuntia enkooderin painettavaa kytkintä kunnes näet ja kuulet kuitauksen

**Viritystila:** Käynnistä RX pitämällä enkooderin kytkintä samalla alhaalla, kunnes näytössä näkyy 1 MHz

## Komponenttien hankintavinkkejä

Kaikki käytetyt komponentit ovat saatavissa Suomessa toimivilta toimittajilta, jotka myyvät komponentteja myös harrastajille. Hankintapaikkoja ovat mm. seuraavat:

- Partco Oy Helsinki, puh. 09-587 6960 kotisivu [www.partco.fi](http://www.partco.fi)  
Partco Oy toimittaa pyynnöstä myös Farnell-katalogin komponentteja n. 20%:n lisähinnalla
- Bebek Lahti, Helsinki, Kuopio kotisivu [www.bebek.fi](http://www.bebek.fi)
- Yleiselektronikka / RS-tuoteluettelo [www.yeoy.fi](http://www.yeoy.fi)
- SP-elektronikka Oulu, puh. 08-5565 858 kotisivu [www.spelektronikka.fi](http://www.spelektronikka.fi)

Vastukset ja keraamiset kondensaattorit voidaan halutessa hankkia myös ns. "SMD-1206-puuhapusseina" SP-elektronikasta. Tällöin jää komponentteja myös muihin projekteihin.

## Lisätietoja ohjelmamodulien toiminnasta

### LCD rutiinit (dcrxlcd.c)

LCD moduuli käsittelee näyttöä 8-bitin toimintatilassa. Ohjelma ei tutki näytön valmis-bittiiä vaan hoitaa ajoitukset viiveillä. Tässä sovelluksessa edellä mainitulla seikalla ei ole merkittävää vaikutusta suorituskykyyn. Moduuli sisältää rutiinit komentojen ja datan kirjoittamiseksi LCD-näytölle. Moduuli sisältää myös sovelluksen vaatimat lukumuunnos- ja esitysruutiinit. Käytetyn 1x16 näytön erikoisuus on se, että näkyvä 16-merkin rivi onkin loogisesti kaksi erillistä 8-merkin riviä. Ensimmäinen rivi alkaa osoitteesta 0 ja toinen osoitteesta 64.

### S-mittari (dcrxlcd.c)

LCD moduuliin on sisällytetty myös rutiini, joka laskee ja muodostaa graafisen palkin LCD-näytölle. Palkkia käytetään s-mittarin näyttöön. Rutiini piirtää myös mittarille karkean asteikon. Mittaria ohjataan lukualueella 0-48. Ohjaus saadaan A/D muuntimella mitatusta s-mittarin signaalista. A/D muuntimen tulos käytetään sellaisenaan ilman skaalausta s-mittarin ohjaamiseen. S-mittarin maksimi näyttämä saavutetaan noin 234mV:n jännitteellä. Mittarin grafiikasta johtuen erottuvia näyttöportaita on 24 kappaletta, mikä riittää hyvin S-mittarin näyttöksi. Moduuli sisältää myös rutiinit S-mittarissa tarvittavien omien grafiikkamerkkien luontiin ja siirtoon näytölle.

### Enkooderin luku(dcrxtim.c)

'Ajustus- ja keskeytysten käsittely'-moduulin keskeinen tehtävä on lukea ja tulkita enkooderin kytkimien muutokset. Enkooderin kytkimien tilat luetaan kerran millisekunnissa kääntämällä kontrollerin I/O portti B tuloiksi. Kytkimien tilamuutos suodatetaan siten, että kaksi peräkkäistä lukua pitää olla samat ennen kuin signaalia lähdetään tulkitsemaan. Kun suodatuksen jälkeen havaitaan muutos edelliseseen tilaan nähden, tulkitaan edellisestä ja vallitsevasta tilasta yhdessä enkooderin kiertosuunta. Enkooderin kiertolaskuria lisätään tai vähennetään yhdellä suunnasta riippuen. Kiertolaskuriin voi kertyä useampiakin pulsseja ennen sen summaamista taajuusasetukseen pääohjelmassa.

### DDS-piirin ohjaus(ad9833.c)

Vaikka AD9833 on Analog Devices:n DDS piiriperheen vaatimattomin jäsen on se ominaisuuksiltaan monipuolinen ja ohjaukseltaan vaativa piiri. AD9833 DDS-piirin ohjaus tapahtuu-sarjamoitaisella SPI-signaaloinnilla. Signaali ja siinä tarvittava kello-signaali kehitetään ohjelmallisesti. AD9833 piiri sisältää



runsaasti enemmän ominaisuuksia mitä tässä sovelluksessa on käytetty. Piiri pitää kuitenkin asettaa oikeaan toimintatilaan. Kun piirin toiminnan määräävä 16-bittinen ohjausrekisteri on asetettu oikeaan tilaan ja vaihe rekisteri nollattu voidaan DDS-piirille asettaa taajuus. Taajuus asetetaan kirjoittamalla 28-bitin mittainen ohjaussana kahteen 16-bitin mittaiseen rekisteriin. DDS:n kehittämä taajuus syntyy seuraavasta yhtälöstä:

$F_{out} = \text{ohjaussana} * \text{referenssikello} / 2^{28}$ .

Edellisestä seuraa, että käytetyllä 20MHz referenssitaajuudella ohjaussanan alin bitti vastaa 0,0745 Hz taajuutta. Tämä seikka ei ole vielä merkittävä eikä kiinnostava DDS-piirin asetusta tehtäessä. Asia muuttuu kiinnostavaksi vastaanottimen taajuuden virityksen ja näytön yhteydessä. Miten näytöstä saadaan DDS:n asetusluku tai päinvastoin. DDS-piirille kirjoitetaan uusi asetus vain taajuuden muuttuessa. Tällä menettelyllä pienennetään DDS:n lähtöön kytkettyjen häiriöiden tasoa.

### **Laskutoimitukset taajuusnäyttöä varten(dcrx.c ja large\_mul.c)**

Käytetyn mikrokontrollerin rajallisista ominaisuuksista johtuen taajuusnäytön laskennassa ja taajuuden vastaanottimen virityksessä on ollut miettimistä. Asia on ratkaistu siten, että vastaanottimen viritys ylläpidetään DDS:n ohjaussanan muodossa. Ohjaussanaan lisätään tai vähennetään valitun asetusportaan mukaan ennalta laskettu luku. Nämä portaavat ovat: 10 Hz, 100 Hz ja 100 kHz. DDS:n huikkeasta viritystarkkuudesta käytetään siis vain osa. 10 Hz viritysporras on käytännössä riittävä. Näyttötaajuus kyetään laskemaan 8-bittisellä mikro-ohjaimella kikkoja käyttämällä. Pitkät jakolaskut eivätkä liukulukuoperaatiot ole käytännössä mahdollisia. Näyttötaajuuden laskentaa varten on ennakkoon laskettu vakio  $0,07450581\text{Hz/bit} * 2^{32}$  jonka arvoksi tulee 320000000. Kun tällä vakiolla kerrotaan DDS:n asetus saadaan tulokseksi 64-bittinen luku, jonka 32 ylintä bittiä vastaa näytettävää taajuutta. Nyt puuttuu enää 32bittiä \* 32bittiä kertolasku, jonka tulos on 64bittinen. Laskurutiini on jouduttu tekemään itse, koska c-kielen kirjastot eivät tue näin isoilla luvuilla laskemista. Suorituskyvyn näkökulmasta edellä esitetty periaate toimii hyvin. Koko laskenta tehdään jokaisella pääluopin kierroksella ja sisältyy aikaisemmin mainittuun 6ms kierros aikaan. Toteutustavasta johtuen muutettaessa viritystä näyttö ja taajuus ei kaikissa tilanteissa säilytä vähiten merkitsevää numeroa paikallaan.

### **A/D mittaukset(dcrxadc.c)**

Muistitilan säästämiseksi on tehty A/D-muuntimille riisuttu ajuri, joka mittaa vastaanottimen syöttöjännitteen ja S-mittarin signaalin. Jännite mitataan ja talletetaan laskentaa varten 10-bitin resoluutiolla. S-mittarin signaali tallennetaan vain 8-bitin resoluutiolla tilan säästämiseksi. Mittauksen ajaksi mikrokontrollerin A-portin signaalit RA0, RA1 ja RA3 varataan A/D-muuntimen käyttöön. Mittauksen jälkeen portti palautetaan I/O-käyttöön. A/D-muuntimen referenssi otetaan suoraan 5 voltin käyttöjännitteestä. Tästä seuraa, että muuntimen resoluutio on  $5\text{ V}/1024$ , joka vastaa 4,88 mV/bitti.

### **Jännitemittari(dcrx.c)**

Ulkoisella jännitteen jaolla syöttöjännite on skaalattu siten, että edellä mainitulla resoluutiolla A/D-muunnoksen tulos on lukuna syöttöjännite/2. 20 mV:n resoluutiolla toimiva näyttö saadaan laskettua helposti kertomalla A/D muuntimen tulos kahdella.

### **Merkkiäännet(dcrx.c)**

Käyttöliittymään sisältyy myös viritysportaan valintaa helpottavat merkkiäännet. Valittu viritysporras ilmaistaan kolmella eri korkuisella äänellä. Äänitaajuudet kehitetään ohjelmaluupilla ja viiveillä. Mikrokontrollerin I/O-kapasiteetin rajallisuudesta johtuen merkkiäänille on jouduttu keksimään omaperäinen signaalitie. Merkkiäännet ajetaan ulos samasta I/O pinnasta mistä mitataan syöttöjännite. Syöttöjännitteen mittauspisteestä viedään 5 voltin kanttiaalto RX-levylle, jossa se suodatetaan ja viedään kaiutinvahvistimelle.

### **Taajuuden- ja viritysportaan tallennus(dcrx.c)**

Viritetty taajuus ja viritysporras voidaan tallentaa haihtumattomaan EEPROM-muistiin, josta ne luetaan ja otetaan käyttöön seuraavan käynnistyksen yhteydessä. Tallennusta ja lukua varten pääohjelman yhteyteen on lisätty yksinkertaiset rutiinit. Taajuuden raja-arvojen tarkistusta varten on myös oma rutiini. Mikäli raja-

arvot ylitetään, otetaan käyttöön "tehdasasetus". Tämä tulee kyseeseen lähinnä ensimmäisen käynnistyksen yhteydessä jolloin EEPROM-muistin sisältö on tyhjä. Tallennus tapahtuu kun enkooderin painokytintä pidetään painettuna yli kahden sekunnin ajan. Tallennuksen tapahtumisesta ilmoitetaan sähköttämällä R-kirjain merkkiäni rutiinilla.

## **Liitteet:**

- Lohkokaavio
- Piirikaaviot
- Osasijoittelut
- Osaluettelot, hinnat ja hankintapaikat
- Kuvia prototyypeistä