

Tee-se-itse uSDX SDR rigi

Kokemuksia ja ohjeita

SRAL 2023 leiriesitelmä 14.7.2023

OH2BGX/Heikki Lempola



Esitelmän sisältö

- USDX SDR?
- Taustatietoa USDX:stä lyhyt oppimäärä
- uSDX:n toiminta ja asettelut
- Miksi rakentaa itse ja miten?
- Rakenteluperiaatteet ja vinkit
- kytkinkaava ja modulijako
- Lisätietoa moduleista
- Vinkkejä rakenteluun yleensä ja uSDX:n osalta

uSDX SDR?

- SDR = Software Defined Radio.
- uSDX SDR on yksinkertainen rigi, lähetin-vastaanotin
- SSB ja CW ovat päämoodit. AM ja FM mahdollisia, mutta ei suositella.
- 1-5W E-luokan pääteaste pulssinpituusmodulaatiolla. Parhaimmillaan 90% hyötysuhde.
- Ohjelmallisesti hoidettu toiminteita, asetuksia ja ohjauksia, joita on aiemmin ja yleensä on toteutettu HW-kytkennöillä.
- uSDX:ää voidaan käyttää tietokoneen WSJT-ohjelman tms. kanssa VOX:n kanssa digitaalisiin modeihin (FT8, JS8, FT4). Olen testannut tämän.

Yleistä taustatietoa USDX:stä

- USDX on kansainvälinen useiden avustama ohjelmistopohjaisen rigin kehitysprojekti, joka on johdettu: <https://groups.io/g/ucx/topics>
- Mm. avustaneet PE1NN, WB2CBA, DL2MAN, K5BCQ, KB1GMX, ON7EN, VU2ESE, PY2OHH ym. Iso joukko avustanut.
- Yli 10 000 uSDX rigiä on rakennettu.
- Netistä löytyy keskusteluryhmiä uSDX:n ympäriltä: esim. <https://github.com/>
- <https://qrper.com/2020/09/an-introduction-to-the-usdx/>

Miksi nykyaikana rakentaa itse?

- Valmiina hankittu uSDX (3,5,6 tai 8 bandia) on hinnaltaan 80-150€. Erilaisia rigivaihtoehtoja mahdollista hankkia.

Edut:

- Heti ääneen, kun on saanut hankittua. Voi valita erilaisista vaihtoehtoista mieluisimman
- Täysin valmis rigi.
- Suht. Edullinen.

Haitat:

- jospa ei toimikaan kunnolla
- onko takuuta ja miten?
- Osaako korjata itse?



Releistetty antenninviritin

uSDX-rigi

Mitä järkeä nykyaikana rakentaa itse?

- Itsetehty (osin tai kokonaan)

Edut:

- tuntee rakenteen ja toiminnat
- Voi valita millaisen laitteen haluaa.
- Voi laajentaa ja päivittää.
- Oppiminen ja ongelmien ratkaisutaitojen kehittyminen.
- Omatekoisen tuoma ilo ja tyydytys.
- Osa amatööritoimintaa on rakentelu.

Haitat:

- osien hankinta vie aikaa, Voi ostaa myös puolivalmiita piirilevyjä.
- vaikeudet tekemisessä sekä toimimaan saataessa (oppiminen)
- Odottamattomat ongelmat, haasteet, joita ratkaistava
- ei aloittelijalle helppo, muttei nyt ihan mahdotontakaan.
- Hinnallisesti ei merkittävää etua.
- Kokeilujen ja kehittelyn alainen laite, uusia versioita rakenteessa ja ohjelmissa. Ei kovin laadukas laite. Parantelun alla ohjelmallisesti.

Miten rakentaa? Makuasia ja kykyjen mukaan

- Printti vai protoratkaisu?

- Netissä voi ostaa osittain/kokonaan kalustettuja PCB-printtejä uSDX:lle tarvittavine osineen. 40 eurosta ylöspäin + mahd. postituskulut. Osien hankintavaiva pienenee. Todella harkinnanarvoinen ja suositeltava edullinen vaihtoehto erityisesti vähemmän rakentaneille.
- Itse suunniteltava ja tehtävä printti. Liian työläs yksittäiskappaleelle. Virhemahdollisuudet kasvavat. Hikeä, verta ja kyyneleitä. Unohda tämä ellet ole jo virtuoosi tekemään ja haluat viimeisen päälle taidokkaan ratkaisun.
- Prototyylä. => voi itse ratkaista komponenttien koot. Voi jakaa sopiviksi moduleiksi. Voi helpommin testata ja korjata vikoja. Ei tarvitse ahtaa pieneen tilaan.

Tarvittavat taidot

(ei kaikkia, jos hankkii osin valmiina tai kokonaan kalustettuna)

- Juottaminen
- Arduino IDE-ohjelman lataaminen PC:lle ja käytön tunteminen
- USDX-ohjelman parametrien asetus IDE-ohjelmalla.
- KytKentäkaavion lukeminen ja sen pohjalta osien hankinta rakentaminen
- Osien hankinta netistä
- Kalustus, Osien sijoittelu
- Kotelon valinta ja aukkojen teko
- Testaus (modulit ja kokonaisuus), mittalaitteiden käyttö
- Kelojen teko (ehkä laskeminenkin ja kaavat, jos oma ratkaisu)
- Ja aina oppii uutta tehdessä. Työ tekijäänsä opettaa.
- Kärsivällisyys!

uSDX:n menu näytössä

- 1.1 Äänenvoimakkuus
- 1.2 Mode (LSB,USB,CW,AM,FM)
- 1.3 Äänisuodin
- 1.4 Bandi (80,60,40,30,20,17,21,28)
- 1.5 Sädön askeleenpituus
- 1.6 VFO moodiRX/TX split-VFO
- 1.7 RIT
- 1.8 AGC
- 1.9 NR Kohinanpoisto
- 1.10 ATT Analog. Vaimennus
- 1.11 ATT2 Digit. Vaimennus
- 1.12 S-mittari
- 12.1 CW dekooderi
- 2.2 CW suodin + sivuääni
- 2.4 Semi QSK
- 2.5 Avainnusnopeus
- 2.6 Avainmode (lambic-A,-B, pumppu)
- 2.7 Avainnuksen kääntö (swap)
- 2.8 Avainnuharjoittelu (TX suljettu)

uSDX:n menu näytössä

- 3.1 VOX
- 3.2 Kohinasalpa
- 3.3 TX äänenvoimakkuus
- 3.4 TX viive (releitä varten)
- 3.5 MOX lähetyksen monitorointi
- 4.1 CQ:iden väliaika
- 4.2 CQ teksti
- 8.1 PA bias min
- 8.2 Pabias max.
- 8.3 Referenssitaajuus osk. Hienosäätöön
- 8.4 RX I/Q vaiheen säätö asteina
- 10.1 Näytön taustavalo

uSDX.n jaottelu hardwareen ja softwareen

Tarkempi kuva asiasta löytyy <https://github.com/threeme3/usdx>.

Hardware

Virityspiirit

Pääteaste BS170/

Oskillaattori SI5351A

Sekoitin FST3253

Audiovahvistin LM4562

Software (Arduinon sisällä)

AD- ja DA-muunnokset

Digitaaliset suotimet

CW-dekooderi, S-mittari

Näytönohjaus

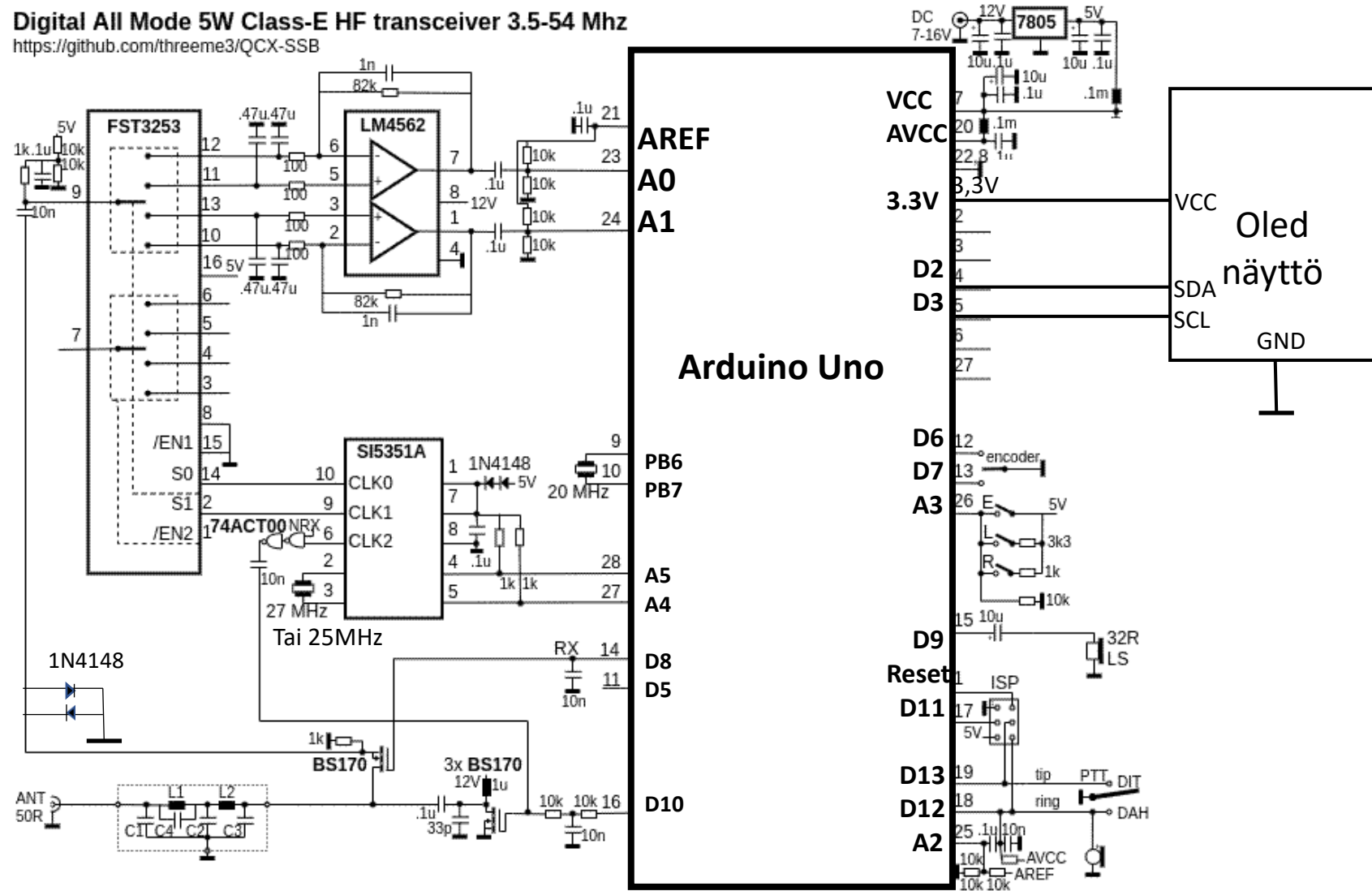
Hilbert muunnokset vaiheistuksiin

Näppäimistön ja enkooderin ohjaus

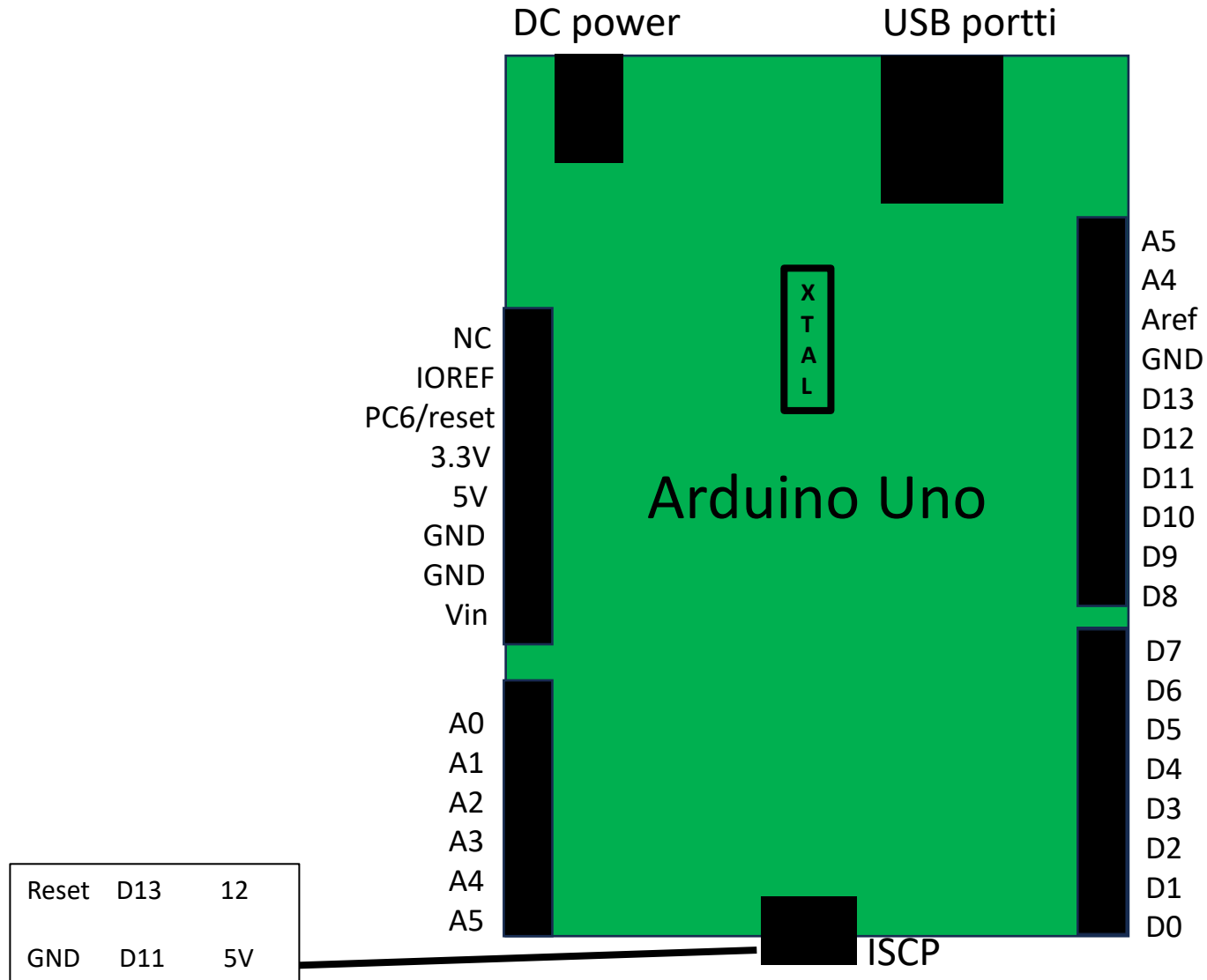
AM-, FM- ja SSB-ohjaukset

Kytentäkaavio (täma modifioitu by OH2BGX)

Digital All Mode 5W Class-E HF transceiver 3.5-54 Mhz
<https://github.com/threeme3/QCX-SSB>



Arduino UNO liitännät (päältä)

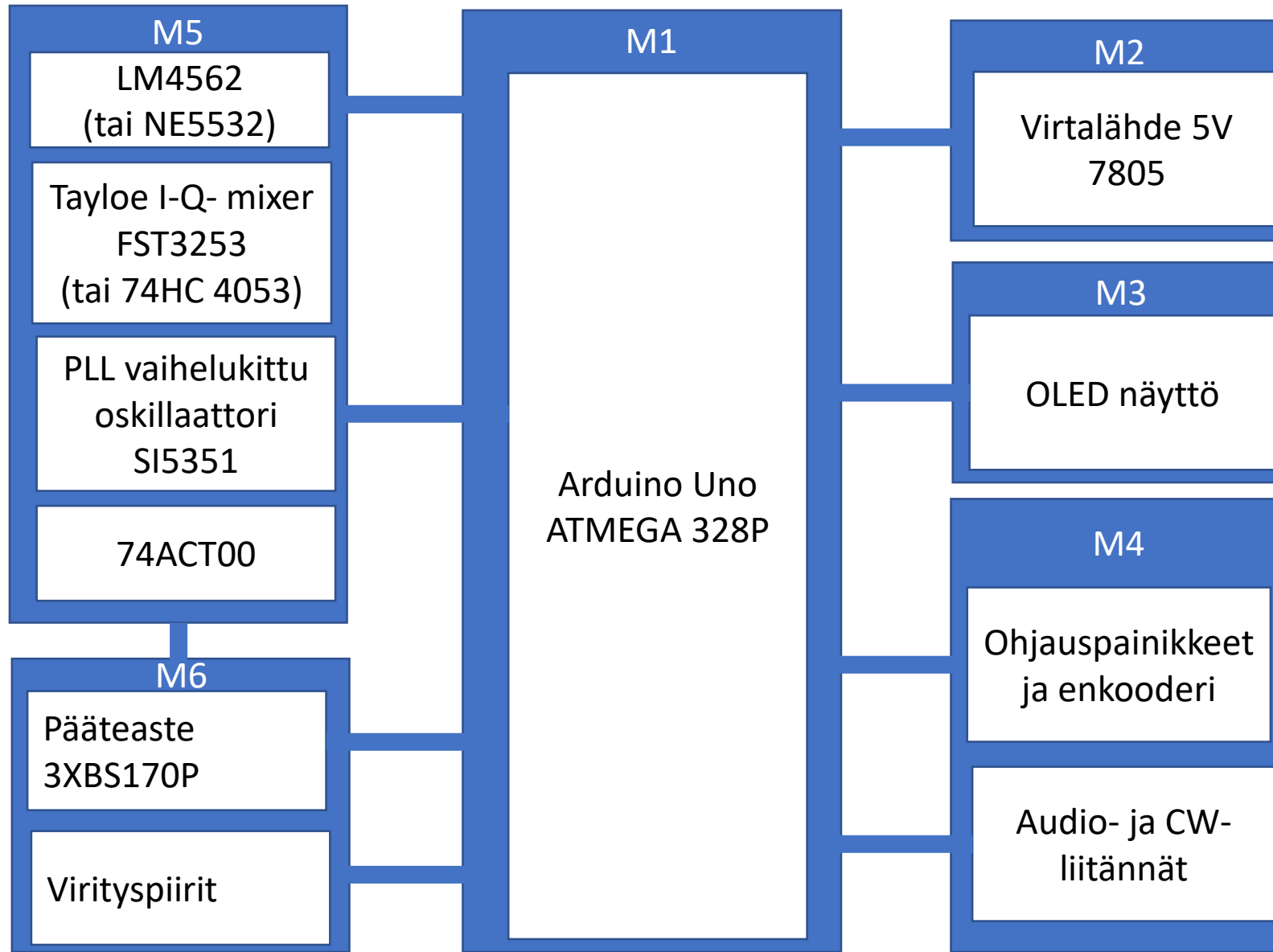


Useita vaihtoehtoja tehdä. Ratkaisun valinta-
perusteet ja rakentaminen. Hints and kinks.

- Periaatteet: KISS: "Keep it simple stupid!" sekä "Halki, poikki ja pinoon". Protoratkaisu .
- Valitse yksinkertainen toimiva ratkaisu, mikä on helpointa toteuttaa.
- Jako moduleiksi, joista mahdollisimman vähän johtoja moduleiden välillä. Etu: helpottaa kytkentöjen tarkistamista ja korjaamista.
- Vähäisiä ohjelmointivirityksiä ja mahdollisimman vähän komponentteja ja tekemistä.

uSDX modulirakenne

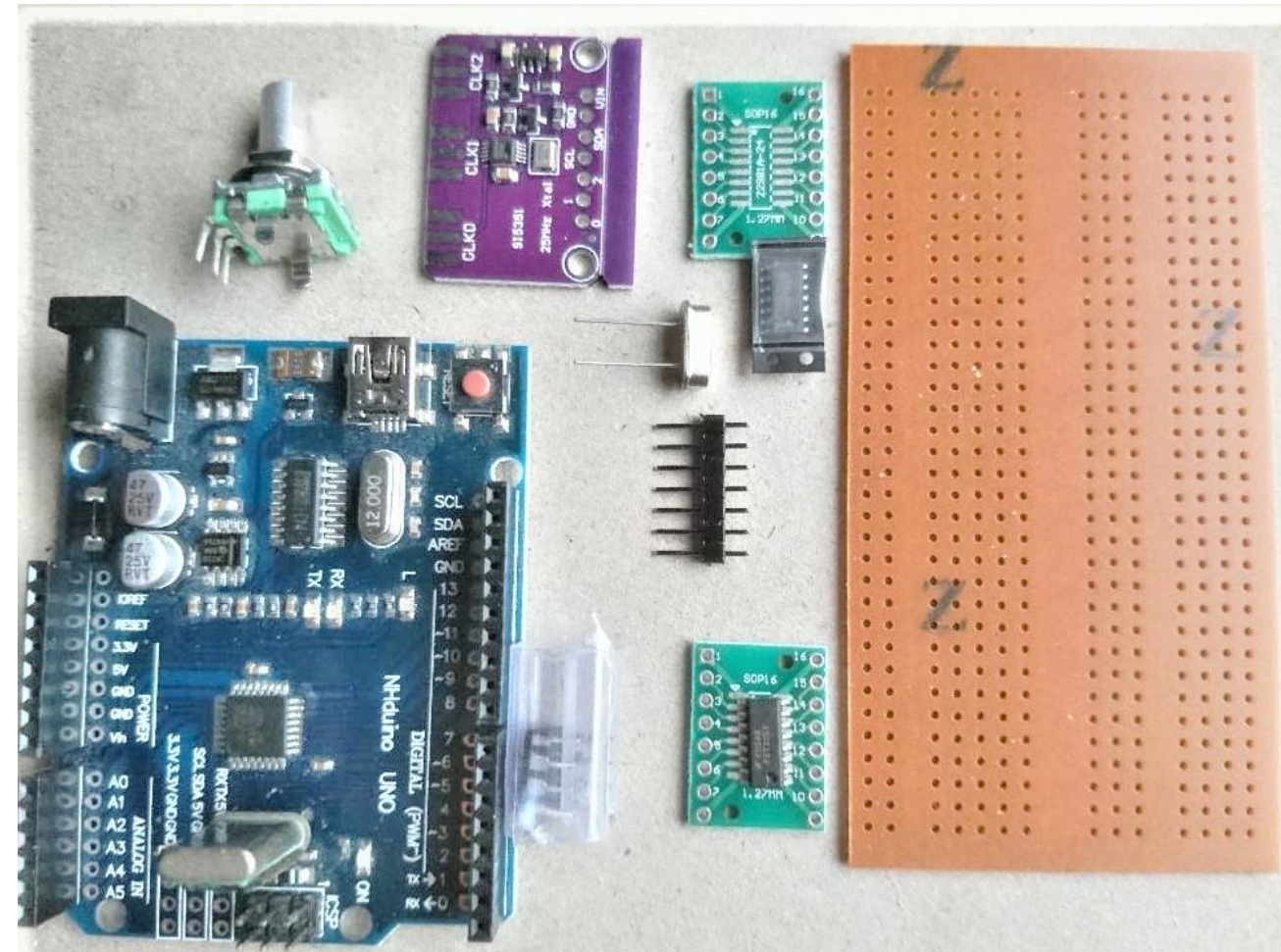
Siniset laatikot ovat piirilevyjä, jolle sisältämänsä yksiköt rakennetaan.



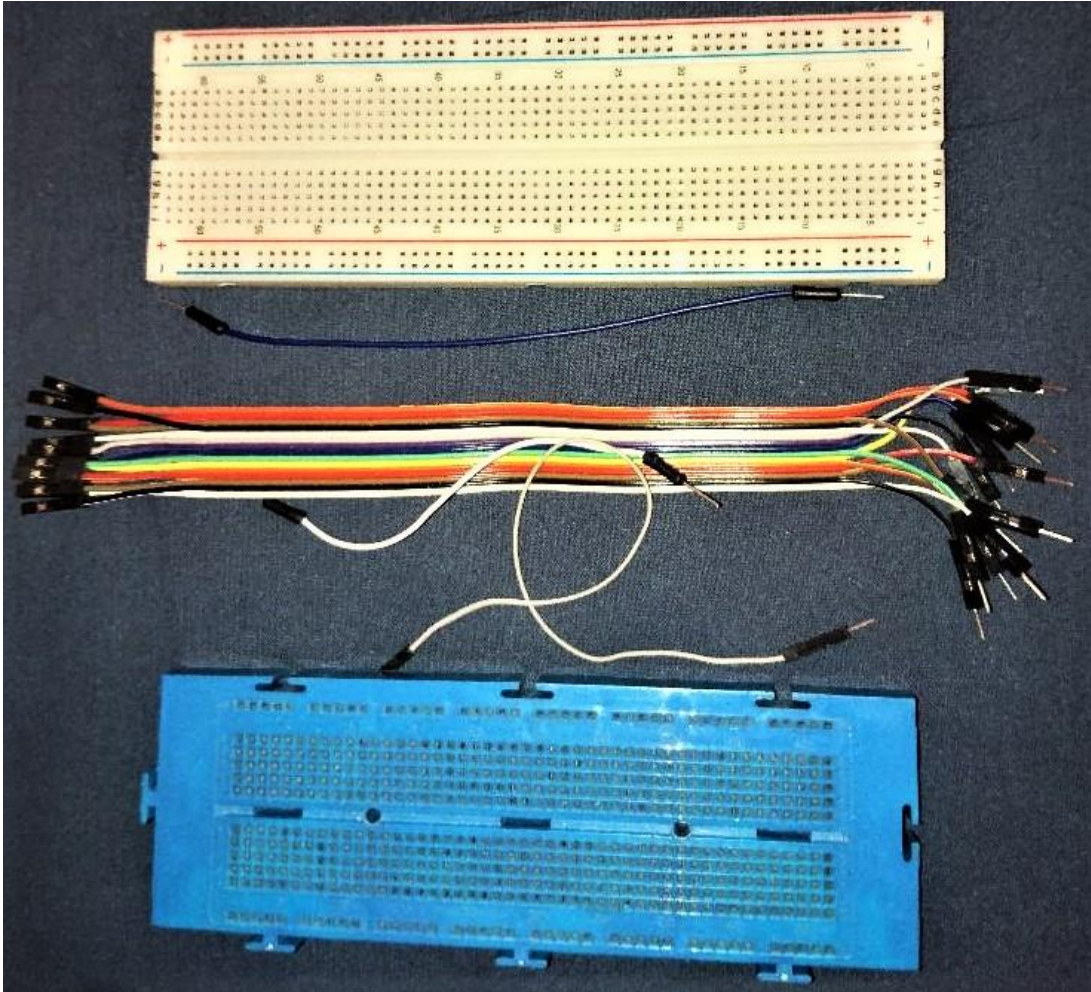
Vinkkejä valintaperusteisiin ja rakentamiseen.

- Miljoonalaatikon (junkbox) käyttö komponenttien haalimisessa.
- Muutamia SMD-komponenttien juottamisia ja poistoja piirilevyiltä. Harjoittele ensin epäkuranteilla piirilevyillä.
- Tiheäjalkaisille SMD-piireille SMD to DIP-adapttereita.
- Jos taitoa ja innostusta riittää, voi toki valita monimutkaisemmankin SDR-kytkennän.
- Aluksi voi tehdä aluksi vain vastaanottoversionkin, minkä voi myöhemmin laajentaa lähetinosalla.
- Pieniä muutoksia ohjelmaan koskien näyttöä, bandimäärää ja käytettyä oskillaattoriipiiriä.

Esimerkkikuva komponenteista



Hyppylankoja ja koelevyjä

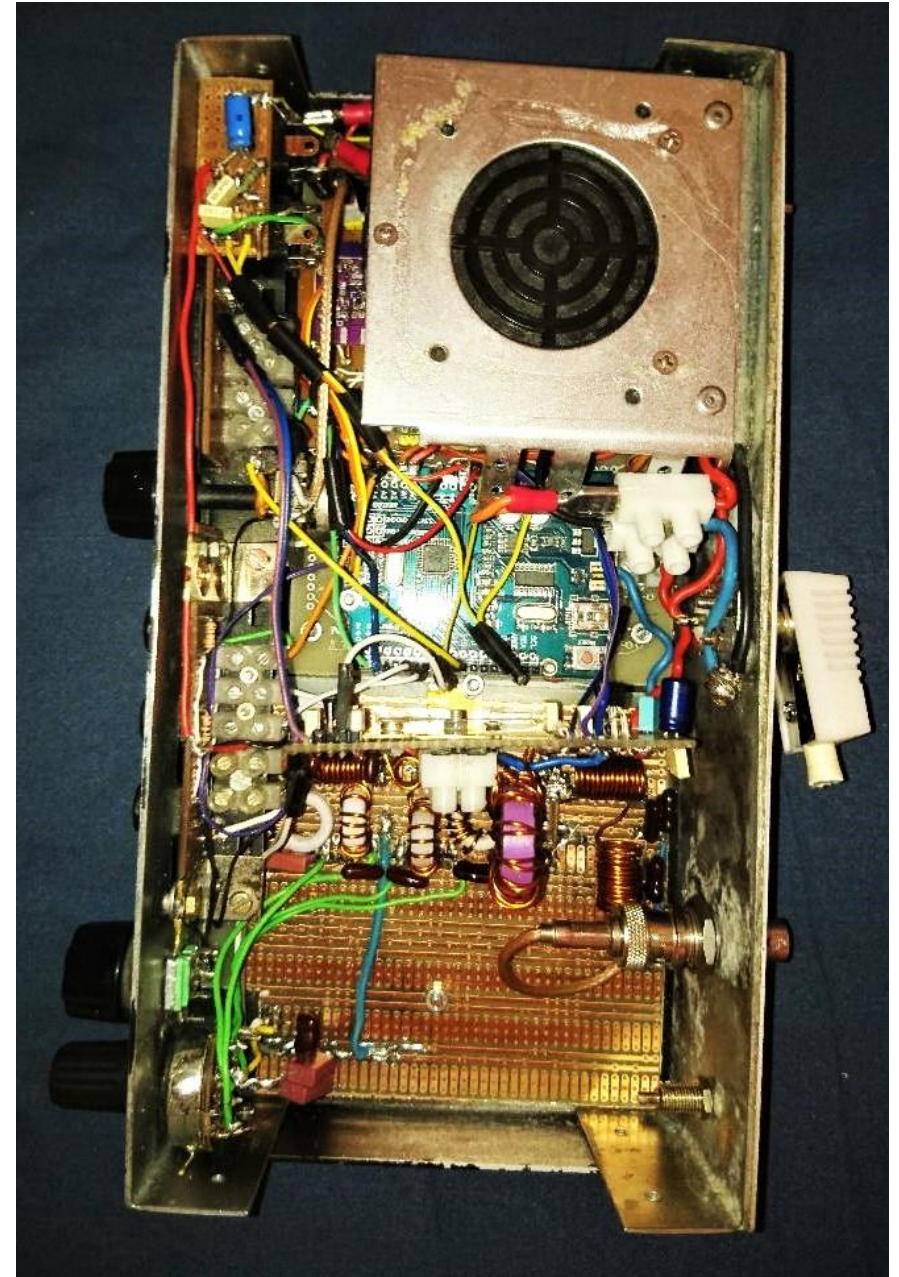


Näillä voi kokeilla
pieniä kytkentöjä
Arduinon kanssa

Kokeilurigini

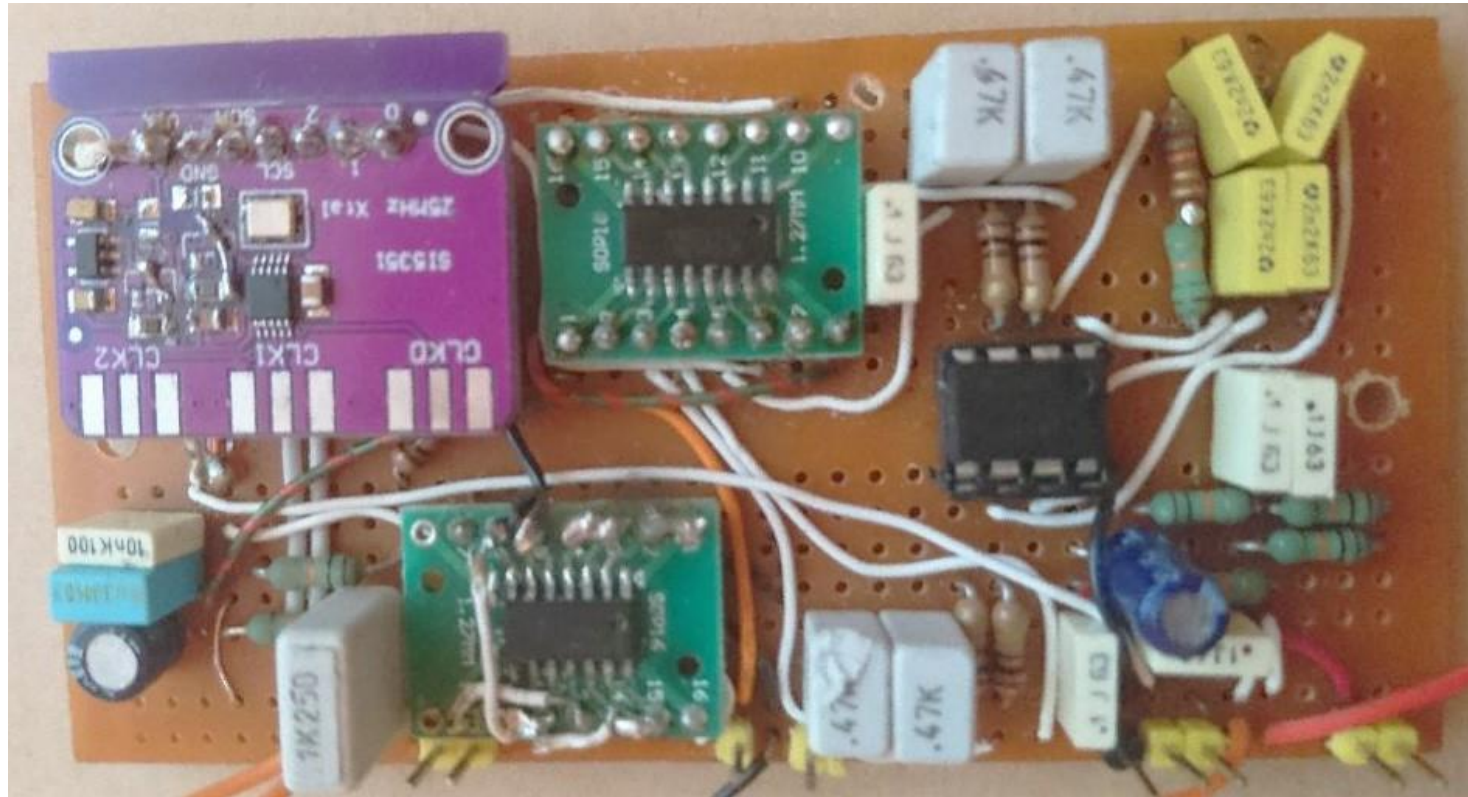


Hyppylangat eivät ole luotettavia, koska voivat irrota ja luoda heikkoja kytkentöjä. Mutta kokeiluissa käteviä, koska kytkentää voi purkaa tarpeen mukaan. Tehoasteissa en suosittelen hyppylankoja.



Oskillaattori, sekoittaja ja audiovahvistin

Oma ratkaisuni



Osien hankinta

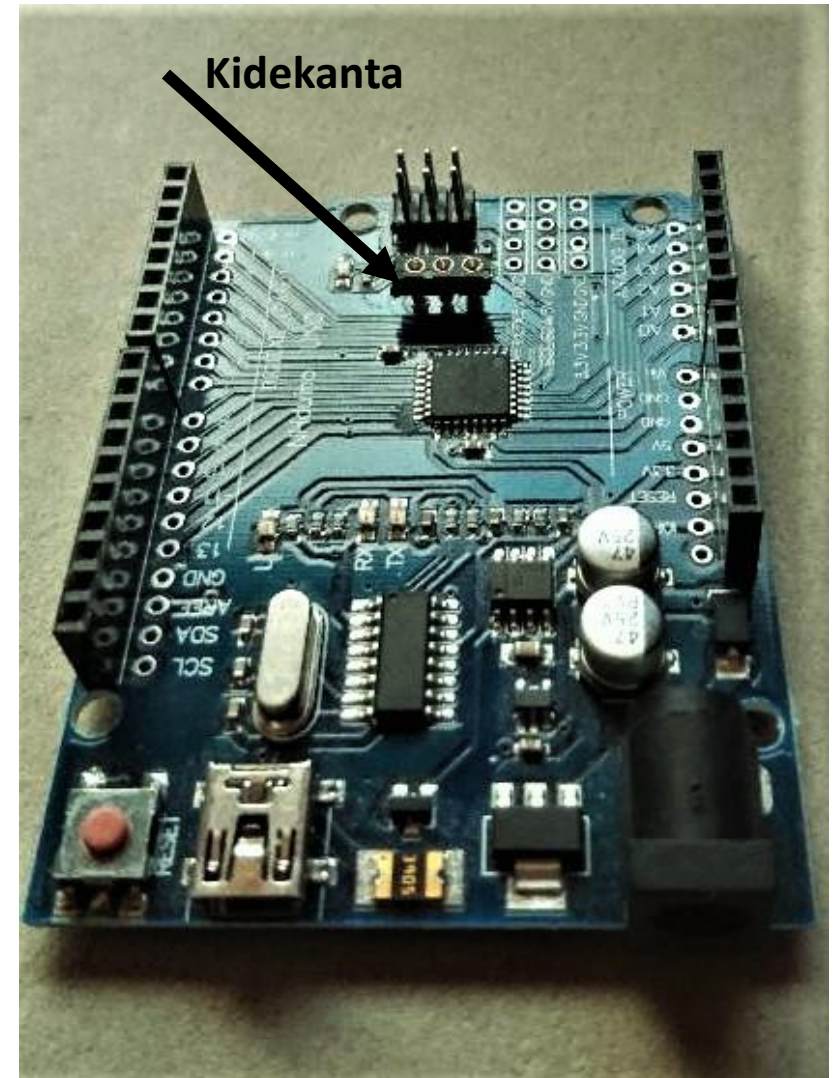
- Erikoiskomponentit (Arduino Uno tai klooni, FST3255, SI5351, TCA9555PWR, releet, 20MHz kide, SMD-adapterit): Suomesta tai tilaus tai osto kaukomailla
 - Osia kannattaa hankkia enemmän kuin yksi, jos on viallisia tai vikaantuu rakentelussa/käytössä ja jos rakentaa useampia rigejä.
 - Porukalla toimiessa syytä tilata riittävästi.
 - Osto kaukomailla => varauduttava odottelemaan postia. Tulli.
 - Hieman heikompi tasoisia, mutta helpommin saatavia komponentteja voi toki käyttää esim: NE5532 ja 74HC4053 LM4562:n ja FST3253:n tilalla.

Osien hankinta

- Tavanomaiset komponentit (vastukset, kondensaattorit, fetit, OLED-näyttö): lähinnä osto Suomesta /lähimaista tai voi raksia käytetyistä piirilevyistä (joita kannattaa kerätä varastoon).
- Koteloita saa Suomesta/lähimaista tai uusiokäyttökotelo.
- Ellei tarpeeksi tilavaa koteloa jo ole tiedossa, niin kannattaa jättää projektin viimeiseksi tehtäväksi.
- Liian pieni kotelo aiheuttaa aina ongelmia ja huonontaa testaus, korjaus- ja mahdollisia laajennusmahdollisuuksia
- (tää korutonta on kokemustietoa).

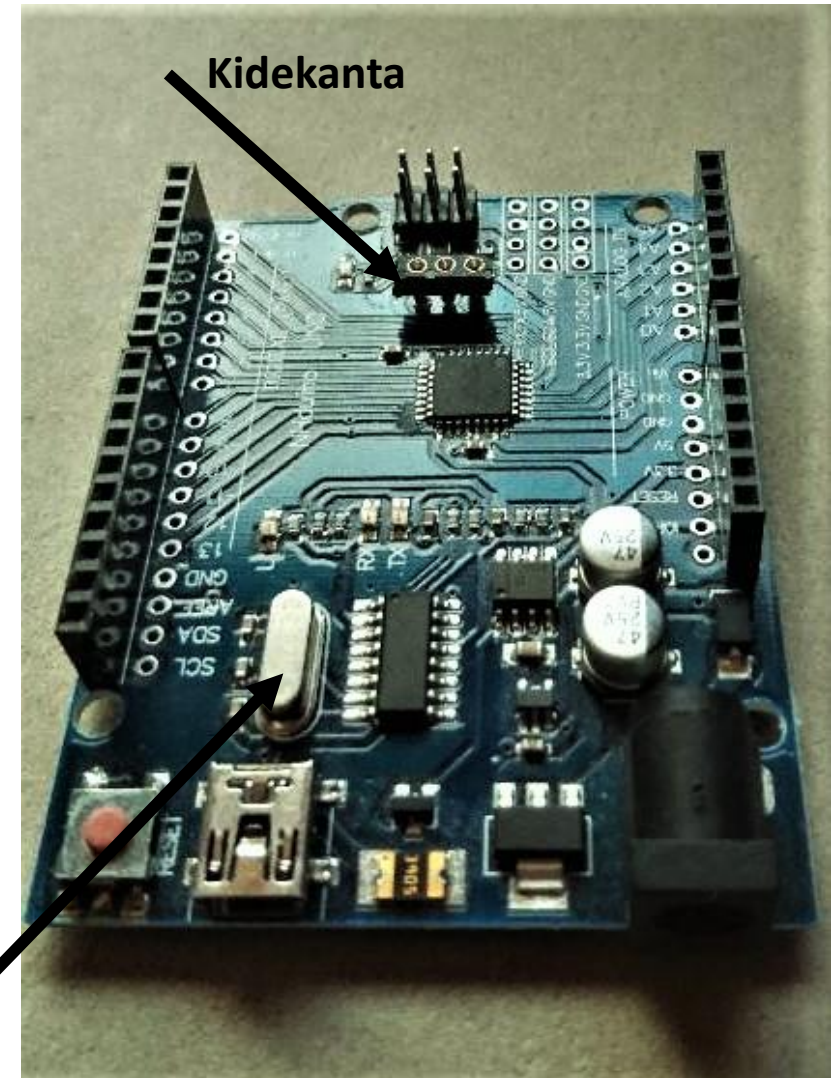
M1: Latausohjelma ja uSDX-koodi

- Valitaan Arduino Uno tai klooni (esim. Nhduino Uno tai Arduini Nano).
- uSDX-ohjelma ladataan Arduino IDE:n (esim. 1.8.19 version avulla tai 2.x.xx!).
- IDEn voi pc:lle ladata sivulta: <https://www.arduino.cc/en/software>
- uSDX-ohjelman taasen saa osoitteesta: <https://dl2man.de/software/> tai <https://github.com/threeme3/usdx>
- Käytän tässä **1.02X**-versiota. Suosittelen käyttämään tätä rakentelussa, jotta ohjeeni mukaisesti toimien onnistuisi.
- Kun on saanut uSDX tällä versiolla pelaamaan, voi kokeilla uudemmilla. Jos ei pelaa, palaa takaisin toimivan versioon.



M1: Arduino Uno tai klooni (esim. Nhduino UNO)

- Kun ladataan UNO-kortille uSDX-ohjelma on oltava 16MHz:n kide prosessorilla!
- Kun UNOa käytetään uSDX:nä, on taasen oltava 20MHz:n kide!
- On toki mahdollista ratkaista asia sw-koodilla.
- Mutta helpoin ratkaisu on ilman sw-muutoksia => kanta. Kiteen vaihto mahdollistaa sekä rigitoiminnan että ohjelmanlatauksen.
- Tein kannan IC-kannasta, missä joka toinen piikki on sopivalla etäisyydellä. Poistin varovasti 16MHz kiteen ja laitoin tilalle kannan.
- Joissain Unoissa voi olla hyvin pieni 16 MHz kide.
- Älä koske 12MHz:n kiteeseen! Se liittyy usb:hen.



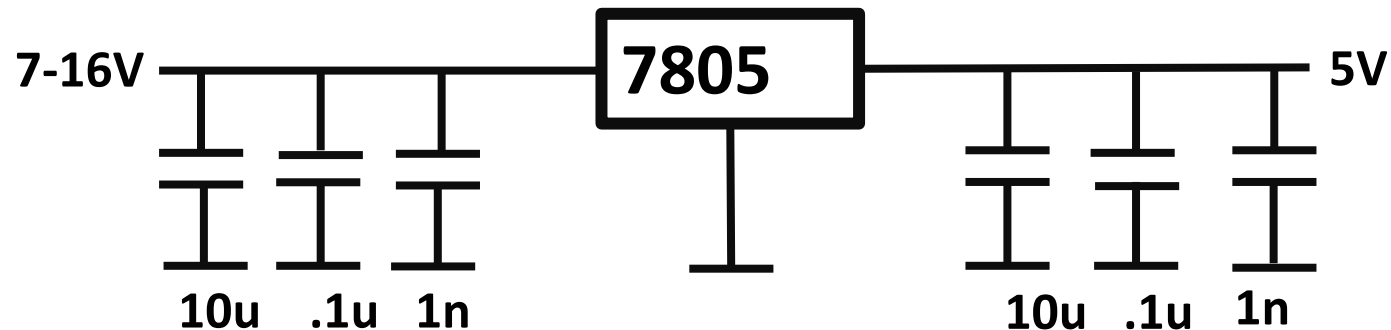
M1: Arduino Uno tai klooni (esim. Nhduino UNO)

- Hyppylankoja voi käyttää Arduino Unoon, jos ei halua juottaa lankoja siihen. Tällöin voi helposti vaihtaa toisen Arduino Unon, mikäli se vikaantuu tai ei toimi. Tosin aika epävarmoja kytkentöjä, lähinnä kokeiluihin. Juottaa kannattaa kokeilujen jälkeen varman toiminnan vuoksi.
- Kirjata liitännät ja ottaa kuva erivärisistä liitäntäjohdoista, että osaa liittää tarvittaessa uudelleen.
- USB-latausliittimelle on hyvä jättää eteen tilaa latausjohdolle turmeltuneen ohjelman tai uuden version lataamista varten.
- Arduinin 12-voltin virtaliitinkin on hyvä sellaisenaan ottaa käyttöön.



M2: 5V Virtalähde

- Tehtävänä muuttaa 12V jännite 5V jännitteeksi
- Tavanomainen 7805-pohjainen ratkaisu.
- Hyvä tehdä erilliselle kortille, mistä jaetaan jännitteet eri moduleille.
- Etuna testattavuuden helppous.
- Arduinin omaa 5V ja 3.3 V voi käyttää näppäimiä ja Oled-näyttöä varten.



M3: Näyttöyksikkö uSDX:lle

- Ohjelman latauksen jälkeen voidaan vaihtaa kide 20MHz:iin ja liittää valmis OLED-näyttö (moduli 3).
- Käyttämäni ohjelma mahdollistaa OLED-näytön. Siinä on neljä johdinta: GND, VCC, SCL sekä SDA OLEDilla. Ne ovat järjestyksessä prosessorille: GND, 3.3V, Digital 3, Digital 2. Huom. 3.3V!
- Voi käyttää myös isompaa LCD1602-piiriä, mutta vaatii enemmän johdotusta.
- Ohjelmakoodissa eli speksissä on OLED-valinnassa oltava: `#define OLED_SSD1306` eli sen edessä ei saa olla `//`. Poista `//`:t, jos tässä on. Valitse oikea vaihtoehto.
- Vastaavasti muusta OLED-vaihtoehtoista tai LCD1602-tapauksessa on poistettava ko. määrittelystä `//`-viivat.
- Kun prosessori saa nyt virrat, niin näytössä pitäisi ohjelamlatauksen jälkeen näkyä järkevää tekstiä, mikäli asiat ovat kunnossa.

M4: Ohjaus- ja liitännät

- Tähän kuuluvat kaikki ohjaukseen ja liitäntöihin kuuluvat komponentit.
- Ne voi liittää erikseen kotelon etu- ja takalevyille tai vaihtoehtoisesti osa omalle kortilleen.
- Painettavia näppäimiä on kolme: E,L ja R. Enkooderi tyypistä riippuen voi hoitaa myös yhden näistä näppäimistä tai ei.

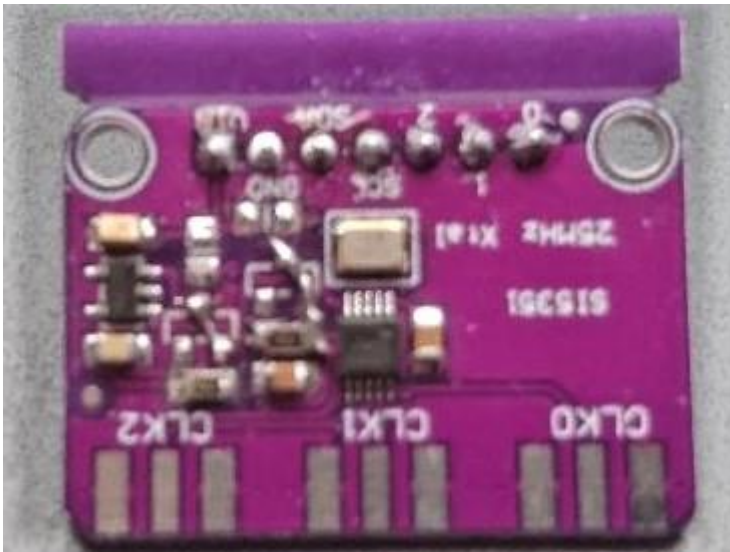
M5

- Tähän moduliin kuuluvat ohjattava oskillaattori SI5351 , Tayloe-sekoitin FST3253 (tai 74HC4053), pientaajuusvahvistin LM4562 (tai NE5532 tai LT6231)sekä looginen piiri 74ACT00 plus parikymmentä pikkukomponenttia.
- SMD-komponenteille kannattaa hankkia SMD to DIP-adapttereita. Näille voi juottaa pienet SMD-komponentit ja adapttereita on jo helpompi käsitellä komponentteina.

M5: SI5351 taajuusoskillaattori ja sen muutokset 1(2)

Muutokset tehtävä nopeamman ohjauksen onnistumiseksi.

Oheinen kuva on tehtyjen muutosten jälkeen.



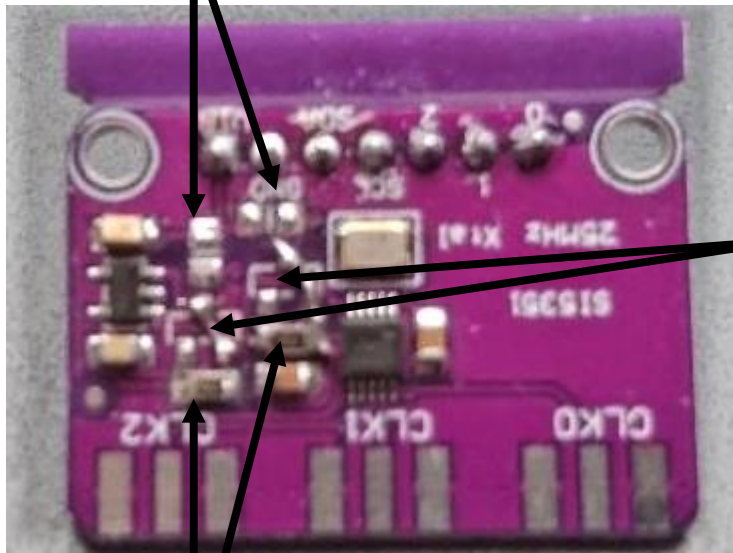
Tämä on vaativimpia tehtäviä tässä projektissa!

Komponenttien poistamiseen ja kiinnittämiseen ohjeita löytää Youtubesta. Kannattaa harjoitella komponenttien irroitusta ja liittämistä ensin jollain epäkurantilla SMD-komponentteja sisältävällä piirilevyllä. Siitä voi myös löytyä nuo 1k vastukset siirrettäväksi. Älä käytä normaaleja vastuksia!

M5: SI5351 taajuusoskillaattori ja sen muutokset 2(2)

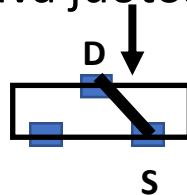
Muutokset tehtävä nopeamman ohjauksen toimivuudeksi. Oheinen kuva on muutosten jälkeen.

Poista tästä 10k vastukset. Jätä tyhjäksi.



Poista tästä kaksi fettiä. Tilalle oikosulkulangat source ja drain välille.

Kuva juotosvinkkinä.



Poista 10k vastukset ja liitä 1k vastukset tilalle

Piiri on kiinnitettävä tukevasti esim. viilapenkkiin.

Poista ensin kaikki poistettavat komponentit. Liitä sitten 1k vastukset (2kpl). Toimivan konsti lyhyen oikosulkulangan juottamiseen on juottaa räppilangan pään toiseen täppään ja sitten katkaista saksilla sopivan pituinen pätkä. Sitten taivutetaan toinen pää toisen täppän päälle ja juotetaan se painaen samalla keskikohtaa esim. ruuvimeisselillä, jotta juottimen lämpö ei irrota toista päätä irti.

M6 Pääteaste

- Pääteasteenvoi toteuttaa koko 80-10m alueille 3:lla BS170- tai 2N7000-fet transistorilla. IRF540N-fetillä saa suuremman tehon, mutta vain 80, 60 ja 40-metrin alueilla. 30-10m alueilla on syytä käyttää kahta ensin mainittua.
- IRF540N on pienillä tehoilla huono, mutta suuremmilla käyttöjännitteillä (>>12V) parempi.
- Huomasin taipumuksen pääteasteen itsevärähtelyyn siirtymisestä omassa kytkennässäni RX-modessa. Selvittelen ratkaisua.
- Kaupallisessa laitteessani onnistuin polttamaan pääteasteen. Ja tekemässäni uSDX:ssä sekoittamaan Arduinon ohjelman => piti uudelleenohjelmoida. Epäsovitus antenniin voi helposti polttaa pääteasteen.

M6 pääteasteen virityspiirit

- E-luokan pääteasteessa suositellaan resonanssipiiriä pyöristämään pulssinpituusmodulaation kanttiaaltoa. Harmoonisten vaimentamista varten on hyvä olla hyvät LPF alipäästöfilterit.
- Kiinteäviritteisessä käytettävä lisäksi antennivirityslaitetta tarpeellisen harmonisten vaimennuksen sekä parhaan virityksen saamiseksi!
- Voi valita liittimiin vaihdettavien bandikohtaisten modulien, valintakakun avulla vaihdettavien virityspiirien tai Arduinon automaattisesti ohjaaman releistön välillä.
- Myös voi suunnitella pääteasteen kytkennän sekä laskea itse kelat ja kondensaattorit. Tosin työläs homma. Mikäpä estää tavanomaisen säätökondensaattoripiirien käytön virityspiireissä parhaan virityksen saamiseksi.

M6 pääteasteen virityspiirit

- Varminta on käyttää eri ohjeissa mainittuja tapoja ja kondensaattoreita ja keloja.
- Esim. <https://www.qsl.net/py2ohh/trx/usdx/usdx.html> sisältää ohjeet vaihdettavista taajuusplatoista keloineen ja kondensaattoreineen. Tämä on hyvä kokeilumenettely.
- Samoin: <https://hf5l.pl/en/transceiver-usdx-with-arduino-nano/>
- http://fellegis.hu/radio/doksi/utmutato/uSDR_manual.html sisältää ohjeet Arduinin ohjaamalle releistävirityspiirille. TCA9555P-piirillä on ohjattu releistöä. Ohjelmakoodissa on valinnaisia mahdollisuuksia eri ratkaisuille.

Kotelo laitteelle

- Kotelon voi valita joko alkuvaiheissa tai vasta lopuksi.
- Helppointa on rakentaa aluksi breadboard-ratkaisuna (vanhaan kunnan 1930-luvun malliin). Ja valita tai tehdä kotelo lopuksi sille, kun kokotarve täysin tiedossa.
- Muista huollettavuus ja korjailunäkökohdat! Käytä sopivasti liittimiä, että pääset tarvittaessa aukaisemaan ja korjaamaan kaikkia kohtia.
- Älä valitse liian pientä ja ahdasta koteloa – palkaksi vain ajanhukkaa ja harmaita hiuksia.
- Työläin ratkaisu on käyttää vanhaa käytettyä koteloa sen aiempia reijitäyksiä käyttäen. Toki ne voi peittää sopivalla maskilevyllä.

Yleisiä vinkkejä rakenteluun

- Aloita rakentelu vasta, kun kaikki osat ovat käsillä.
- Tee ajatuksella ja suunnitelmallisesti.
- Jaa moduleihin, joissa paljon sisäisiä kytkentöjä ja vähän ulkoisia. Helpompi korjata vikoja.
- Dokumentoi ja päivitä koko ajan rakenteluasi!
Vaikkapa käsivarapiirroksin ja valokuvoin. Pääasia, että jollain tavalla, minkä ymmärtää jälkeenpäinkin.

Yleisiä vinkkejä rakenteluun

- Älä innostu öisiin hurjiin rakentelusessioihin vaikka mieli kuinka tekisi. Paras ja tehokkain tapa tehdä sutta ja sekundaa on tehdä yöllä unisena .
- Porukalla (esim. kerhoissa) rakentelu on kokemattomille suositeltavaa. Omin voimin – yhteistoimin. Joku aina osaa neuvoa ja auttaa.
- Jos ei heti lähde toimimaan, älä lannistu! Kyllä se siitä.
- Tärkein: Älä hättäile!

Vinkkejä testaamiseen

- Testaa monimutkaisemmat kytkennät **eri päivänä** kuin olet ne tehnyt! Toimit itse "uudistuneena" itsesi vertaistarkastajana.
- Testaa moduleittain kytkennät. Juotokset ja oikosulut testaa yleismittarilla.
- 1. Vertaa kytkentää mallikytkentää ruksamalla testatut kohdat
- 2. Piirrä kytkentäkaavio tekemistäsi kytkennöistäsi ja vertaa mallikytkentöihin. Tämäkin toisena päivänä kuin kasauspäivänä tai sitten jonkun muun toimesta. Ja tee tämä moduleittain.

Muita huomioita

- Kokeilin lisätä LM386-pohjaisen vahvistimen kovaääniselle käsisäätöisellä potentiometrillä. Oli herkkä värähtelemään ja lisää kohinaa. Voi käyttää kovaäänistä/kuulokkeita suoraan D10-ltä tulevaa signaalia 10uF kondensaattorin kanssa sarjassa (mieluummin >8ohmia).
- Suuripermeabiliteettiset ferriittirenkaat pienillä kierrosmäärillä hankala saada viritettyä kiintokondensaattorin kanssa oikealle taajuudelle (puristelemalla ja pieniä kierroslukuja vaihtelemalla).
- Säättösydämiset kelapurkit voisivat olla parempi ratkaisu (jos tilaa riittää).

Eräitä komponenttikustannuksia esimerkkinä

- 20MHz kide 1€
- 7805 reg. 1€
- BS170 fet 4kpl 2,20€
- IRF540 1,50€
- MC74ACT00D 1,5€
- 4562 1€
- SI5351A 5€
- 74ACT00
- Enkooderi 3-15€
- Arduino/klooni 3-10€
- Hinnat vaihtelevat ostopaikasta riippuen, joten nämä vain osviittona.

ATU100:n käyttö uSDX:n kanssa



- ATU100-antennivirittimen voi modifioida qrp-versioksi muutamasta watista muutamaan kymmeneen wattiin versioksi.
- Tällöin sitä voi käyttää uSDX:n kanssa hienovirittämään sovitusta antenniin.
- Mutta jos sovitus on tosi huono antenniin ja siten heikko indikaatiosignaali, niin ATU100 ei välttämättä lähde virittämään.
- Modifioinnista on Youtubessa materiaalia.
- Facebookissa on ATU100-ryhmä:
<https://www.facebook.com/groups/4904776909598147/>
- Nykyään löytyy kaupallisia ATU100 ja uSDX-yhdistelmäryhmiä n.200€.

Hyödyllisiä linkkejä

- <https://hf5l.pl/en/transceiver-usdx-with-arduino-nano/>
- https://groups.io/g/usdx-users/topic/operating_manual_usdr/87865121?p=,,,20,0,0,0::recentpostdate/sticky,,,20,2,0,87865121,previd=9223372036854775807,nextid=1639692821673787641&previd=9223372036854775807&nextid=1639692821673787641
- <http://www.norcalqrp.org/files/Class E Amplifiers.pdf>
- Pääteasteen virityspiiri: <http://www.wa0itp.com/class%20e%20design.html>
- <https://f5npv.wordpress.com/homebrew-usdx/>
- <https://raw.githubusercontent.com/WB2CBA/uSDX-mOnO/main/uSDX%20mOnO-Mono%20Band%20HF%20TRX%20kit%20build%20and%20user%20manual%20V1.5.pdf>
- LPF-laskin: <http://www.calculatoredge.com/electronics/ch%20pi%20low%20pass.htm>
- Pii-sovitus-laskin: <https://www.eeweb.com/tools/pi-match/>