

RX/TX-KYTKIN JA ALIPÄÄSTÖSUODATIN

PEKKA PUSSINEN
JARKKO VÄÄRÄNIEMI

Pussinen P., Vääräniemi J. (2003) RX/TX-kytkin ja alipäästösuodatin. Oulun Yliopisto, sähkö- ja tietotekniikan osasto. Elektroniikan työ. 18s.

TIIVISTELMÄ

Työssä toteutettiin lähetys- ja vastaanottokytkin 144-146MHz radioamatööritaajuusalueen lähetinvastaanottimeen sekä tähän liittyvä alipäästösuodatin harmonisten harhalähetteiden ja -toistojen estämiseen. Kytkin sopii Nokia RC58-radiolaitteeseen, jonka lähettimen antenninvaihtokytkimen ohjausjännitesyöttö on toiminnassa.

Suunnitellun kytkimen tarkoitus on kytkeä lähetinvastaanottimen antenniin joko lähetin tai vastaanotinosaa. Lähettimen suuritaajuinen lähtöteho ei pääse vastaanotinosaan, missä liian suuri tehotaso voisi mm. vaurioittaa etupäätä tai aiheuttaa vastaanoton aloitusnopeuden hidastumista.

Alipäästösuodin vaimentaa lähettimen harmonisten harhalähetteiden tasoa telehallintoviranomaisen määräysten vaatimalle tasolle. Vastaanotossa alipäästösuodin vaimentaa korkeataajuisia lähetteitä, mikä vähentää harmonissekoituksesta aiheutuvia harhatoistoja, joita voi aiheutua mm. lähetävien GSM-puhelinten läheisyydessä.

Kytkin toteutettiin tasavirtakäyttöön suunnitellulla muovikuorisella releellä. Releen ohjausjännite tuodaan lähettimen suuritaajuisen signaalin mukana. Erotusvaimennus lähetyksen aikana lähetin- ja vastaanotinporttien välillä on vähintään 20dBc.

Alipäästösuodatin toteutettiin pii-rakenteella viidennen asteen alipäästösuodattimena. Vaimennus toisen harmonisen taajuudella (288-292MHz) on vähintään 30dBc.

Läpäisyvaimennus sekä lähetyksellä että vastaanotolla on korkeintaan 1dB.

Avainsanat: alipäästösuodatin, antennikytkin, radioamatööritekniikka, moppe

Pussinen P., Vääräniemi J. (2003) RX/TX-switch and Low Pass Filter.
University of Oulu, Department of Electrical and Information Engineering.
Electronics Design and Construction exercise. 18s.

ABSTRACT

This paper represents the design of a receive/transmit changeover switch with a low pass filter for the 144-146MHz radio amateur band. The board is designed to be used with a Nokia RC58 transceiver which uses a voltage to enable the transmitter.

The purpose of the changeover switch is to connect the transmitter or the receiver to the antenna, it is designed as a changeover switch to prevent the high level of signal from the power amplifier being connected directly to the front end of the receiver. High power levels in the receiver front end could cause damage to the front end or slow down the receiver warm-up time.

In the transmit mode the low pass filter attenuates the transmitter's harmonic and spurious transmission to comply with the requirements set by the telecommunications authority. While in the receive mode the low pass filter attenuates the high frequency signals being received which could cause spurious reception from e.g. GSM phones.

The switch was implemented with a DC-relay. A control voltage for the relay is fed with the high frequency signal from the power amplifier. Attenuation between the transmitter and the receiver during transmission cycle is at least 20dBc.

The low pass filter was designed with a fifth degree pi-filter. Attenuation at the frequency of the second harmonic emission (288-292MHz) is at least 30dBc.

Insertion losses for the transmission and receive paths are lower than 1dB.

Keywords: low pass filter, antenna switch, radio amateur tech, moppe

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT.....	3
ALKULAUSE.....	5
LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET.....	6
1. JOHDANTO.....	7
2. TEORIA.....	8
2.1. Radiolähettimen ominaisuudet.....	8
2.2. Alipäästösuodatin.....	9
2.3. Kytkin.....	9
3. LAITTEEN TOTEUTUS.....	10
3.1. Piirisuunnittelu.....	10
3.2. Piirilevysuunnittelu.....	12
4. MITTAUSTULOKSET.....	13
4.1. Lohkomittaukset.....	13
4.2. Hyväksyntämittaukset.....	14
5. JATKOKEHITYS.....	15
6. YHTEENVETO.....	16
LÄHTEET.....	17
LIITTEET.....	18

ALKULAUSE

Innostus tähän elektroniikan työhön on saatu puhtaasti radioamatööriharrasteen aiheuttamista tarpeista muokata ammattikäytöstä poistuneita radiolähtimiä harrastekäyttöön. Nopea teknillinen kehitys radiotiedonsiirrossa on mahdollistanut radioamatööreille ylijäämäradiolaitteiden uusiokäytön. "Köyhillä opiskelijoilla" ja nuorilla radioamatööreillä on mahdollisuus päästä nopeasti ääneen radioamatööritutkimuksen suorittamisen jälkeen. Samalla heidän radiotekninen osaamisensa kehittyy koska he tekevät muutokset radiolaitteisiin itse.

Haluaisimme kiittää tähän työhön liittyen erityisesti työn ohjaajaa Marko Wirtasta, OH8WM, sekä alkusysäyksen omalla toiminnallaan työn tekemiselle antanutta Hannu Kauppia, OH8SW. Englanninkielisen yhteenvedon oikoluvusta kiitämme Robert Daytä, G1LOA.

Lisäksi kiitämme koko suomalaista radioamatööriyhteisöä, ennenkaikkea niitä lukemattomia henkilöitä jotka ovat omalla toiminnallaan synnyttäneet koko nykyaikaisen "modifiointi-kulttuurin". Erityiskiitoksen haluamme esittää Juha Nurmelalle, OH5NXO, jonka tekemää ohjelmistoa käytetään mm. tässä työssä RC58-radiossa. Lisäksi erilliskiitoksen ansaitsevat Tampereen Teekkarien Radiokerho OH3TR ylläpitämänsä Moppe-akatemia (<http://oh3tr.ele.tut.fi/suomi/moppeakatemia/>) ansiosta sekä panostuksestaan radioamatöörien projektidokumentaatioiden levittämiseksi ja Oulun Teekkarien Radiokerho ry OH8TA teknillisten rakentelumahdollisuuksien luonnista Oululaisille radioamatööreille.

Tätä työtä saa vapaasti kopioida ja levittää radioamatööritoimintaan liittyvää käyttöä varten.

Artjärven Viestikalliolla 17.5.2003

Pekka Pussinen, OH8HBG
Jarkko Vääräniemi, OH8HQL

LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

APRS	Amateur Position Reporting System
dBc	desibeliä suhteessa kanta-aaltotehoon
dBm	desibeliä suhteessa milliwattiin
DC	direct current, tasavirta
FM	frequency modulation, taajuusmodulaatio
GSM	groupe special mobile, matkapuhelinstandardi
MPRS	Moppe Position Reporting System
R&TTE	Radio and telecommunications terminals
RF	radio frequency, radiotaajuinen
RX	vastaanotin
TETRA	terrestrial trunked radio, eurooppalainen ammattikäytön matkaviestinverkko
TRX	lähetinvastaanotin
TX	lähetin

1. JOHDANTO

Tietoliikennetekniikan kehittyessä on puheeseen perustuva siirtyvä radioviestintä alkanut käyttämään digitaalisia puheradioita (esim. TETRA) sekä yleisten teleoperaattoreiden palveluita (esim. GSM). Tämän johdosta vanhat taajuusmodulaatioon perustuvat radiot ovat menettäneet arvonsa ja merkityksensä ammattikäytössä ja radioamatöörit ovat hankkineet niitä haltuunsa harrastuskäyttöön.

Viime aikoina on Oulun seudun radioamatöörien haltuun joutunut joitakin kymmeniä Nokia RC-58DBG-radioita. Kyseinen malli on taajuusjakoon perustuva täysduplex radiolähetinvastaanotin 140...170MHz taajuusalueella. Tämän työn tarkoituksena on suunnitella radion alkuperäisen duplex-suodattimen korvaava RX/TX-kytkin ja alipäästösuodatin, jolloin radion käyttö 144-146MHz radioamatööritaajuusalueella simplex-käytössä on mahdollista. Duplex-suodattimen korvaamisen lisäksi on radiolaitteiden lähetinmoduliin lisättävä kela jonka läpi antenninvaihtokytkimen virransyöttö tapahtuu.

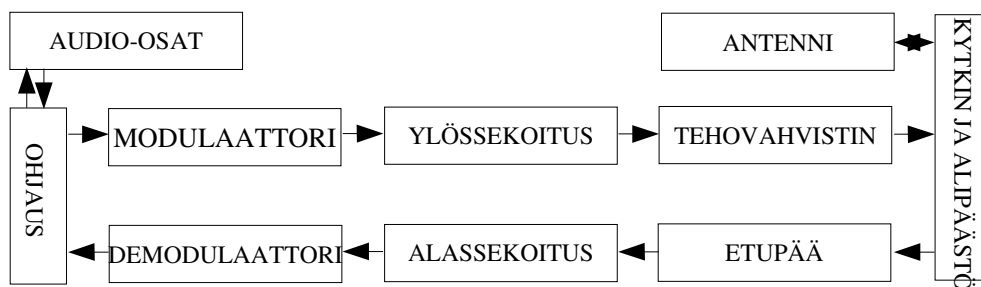
Työssä kiinnitettiin huomiota erityisesti toteutettavuuteen ilman teollisia valmistus- ja mittalaitteita sekä osien saatavuuteen ja edullisuuteen. Teknisesti suodattimelle määriteltiin vaatimukset joilla riittävä harmonisten harhalähetteen vaimennus toteutuu kohtuullisella marginaalilla ja radion käyttö kuuntelutarkoitukseen onnistuu myös radioamatööritaajuuksien yläpuolisilla taajuuksilla.

Kytken läpimenovaimennukseksi sallitaan suunnittelussa 1dB. Kytkimenä on tarkoitus käyttää tasavirtarelettä niiden edullisuuden ja saatavuuden vuoksi. Lisäksi tasavirtareleiden valinta helpottaa piirilevyn tekemistä sekä mahdollistaa työn toteuttamisen ilman piirilevypohjaa, esimerkiksi alkuperäisestä duplex-suodattimesta irrotetun metallilevyn päälle.

Alipäästösuodattimen läpimenovaimennukseksi halutulla taajuuskaistalla hyväksyttiin 1dB sekä 170MHz taajuudella 6dB. Toisen harmonisen taajuudella suodattimen vaimennukseksi vaadittiin vähintään 30dB.

Releen virrankulutuksen tulee olla alle 100mA. Koko järjestelmän tulee kestää lähetystehoa 30W 1/1 lähetys-vastaanottosykliä käytettäessä.

2. TEORIA



Kuva 1. Radiolähetin-vastaanottimen lohkokkaavio.

Tavallisesti analoginen FM-puheradiolähetin-vastaanotin koostuu kuvan 1 mukaisista lohkoista.

Kuten kuvasta ilmenee, on antenninvaihtokytkimen ja alipäästösuodattimen tarkoitus yhdistää vuorollaan lähetinosa (modulaattori, ylössekoitin ja tehovahvistin) ja vastaanotinosa (etupää, alassekoitin ja demodulaattori) antenniin. Puheradiokäytössä kytketymisaika ei ole merkittävä suunnitteluperuste vaan suunnittelussa keskitytään enemmän alipäästön tehokkuuteen ja läpäisyvaimennuksen minimointiin niin lähetyksellä kuin vastaanotolla.

Tärkeimmät ominaisuudet määrää lähetinketju, jota tarkastelemme yksityiskohtaisesti.

2.1. Radiolähettimen ominaisuudet

FM-radiolähetin koostuu modulaattorista, jossa lähetettävän audiosignaalin mukaan muodostetaan taajuusmoduloinut signaali. RC-58 radion radiolähettimessä tämä tapahtuu moduloimalla 21,4MHz kideoskillaattoria. Näin syntyvä välitaajussignaali suodatetaan ja se sekoitetaan alapuolisella paikallisoskillaattorilla 144-146MHz käyttötaajuudelle. [1]

Tehovahvistimeen syötetään saatu lähetettävä signaali ja se vahvistetaan C-luokan modulitehovahvistimella. Suurin lähtöteho on noin 25W.

Tehovahvistimien epätoivottuina ominaisuutena on harmonisten kerrannaistaajuuksien tuottaminen [2]. Tämä johtuu vahvistimen epälinearisista osista ja käytännössä tehovahvistintekniikassa sitä ei pystytä täysin välttämään. Harmonisten lähteiden taso on minimoitava jo vahvistinsuunnittelussa, mutta harvoin pystytään saavuttamaan viranomaismääräyksien mukaisia rajoja ilman erillistä alipäästösuodatinta.

RC-58 radioiden harmonisten lähteiden tasojen selvittämiseksi mitattiin kaksi radiolähetintä ilman alipäästösuodatinta spektrianalysaattorin ja vaimentimen avulla. Mittausjärjestely ja mittaustulokset on kuvattu liitteessä 1.

2.2. Alipäästösuodatin

Alipäästösuodattimelta vaaditaan pientä läpäisyvaimennusta toiminta-taajuuksilla (144-146MHz) ja suurta estovaimennusta korkeammilla taajuuksilla, erityisesti 2. harmonisen lähetteen taajuuksilla (288-292MHz). Lisäksi alipäästösuodattimen on kestävä lähetysteho (jopa 25W) ja toimia suunnitellusti koko lähetysjakson ajan.

Liitteen 1 mittaustulosten perusteella alipäästösuodattimelta vaaditaan vähintään 20dB vaimennusta toisen harmonisen lähetteen taajuudella, jotta saavutetaan Viestintäviraston määrittelemä hyväksytty harhalähetteen tehotaso kaikissa olosuhteissa[3] sekä riittävä suunnittelu- ja toteutusmarginaali. Kolmannen harmonisen lähetteen tehotaso on pudonnut alkuperäisestä niin merkittävästi, että sen vaimennuksen huomioiminen täytyy alipäästötyyppisen suodattimen rakenteessa.

2.3. Kytkin

Kytkimen tehtävänä on kytkeä ainoastaan tehovahvistin tai vastaanotinosan etupää antenniin. Lähetysten aikana on etupään oltava hyvin erotettuna tehovahvistimesta, jotta etupään piensignaali vahvistinosa ei vaurioidu.

Läpäisyvaimennus on tärkeä kytkimen ominaisuus, sillä se heikentää sekä lähettimen antamaa ulostulotehoa että vastaanotinketjun herkkyyttä. Kytkin voidaan toteuttaa esimerkiksi nopeilla pin-diodipohjaisilla kytkimillä [4], mutta FM-puheradiokäyttöön riittää myös releellä toteutettu vaihtokytkin.

RC-58-radioissa kytkimen ohjaukseen tarvittava 12V DC-jännite tuodaan pääteasteen lähdestä RF-signaali johtimessa lähetysten aikana.

3. LAITTEEN TOTEUTUS

Ennen varsinaisen suunnittelutyön aloitusta tehtyjen mittausten perusteella (liite 1) pystyttiin muodostamaan vaatimusmäärittelyt. Sen perusteella tutkittiin eri fyysisiä toteutusvaihtoehtoja ennen piirisuunnittelua. Suunnittelu jaettiin kahteen toiminnalliseen lohkoon: alipäästösuodatin ja antenninvaihtokytkin. Näiden toteutus, suunnittelu ja testaus tehtiin erikseen.

Alipäästösuodattimen toteutukseen oli mahdollisia toteutusratkaisuja täysin mikroliuskoilla toteutettu suodatin, mikroliuskoilla ja diskreeteillä komponenteilla toteutettu suodatin tai pelkästään diskreeteillä komponenteilla toteutettu suodatin. [5]

Mikroliuskarakenteiden avulla olisi mahdollista saavuttaa hyvä toistettavuus suodattimelle, mutta se edellyttäisi juuri oikeantyyppisen piirilevyn saatavuutta. Lisäksi mikroliuskarakenteisen suodattimen häviöt ovat suuria ja taajuuden ollessa näin pieni olisi mikroliuskavetojen pituus kohtuuttoman suuri verrattuna käytettävissä olevaan tilaan. Tämän vuoksi päädyttiin toteuttamaan suodatinosa pelkästään diskreettejä jalallisia komponentteja ja ilmasydämissä keloja käyttäen. [6] Tarvittavat RF-signaalilinjat toteutettiin koaksiaalijohtimilla.

Kytkinrakenteeksi suunniteltiin käytettävän joko pin-diodikytkintä, transistorikytkintä, kiertoelintä tai relettä. Pin-diodikytkimen ja transistorikytkimen nopeus olisi ollut suuri, mutta tehonkeston saavuttaminen ja kytkennän helppo toistettavuus olisi ollut monimutkainen toteuttaa. Kiertoelimellä toteutettu kytkin olisi vaimennukseltaan ja nopeudeltaan hyvä, mutta se edellyttäisi antennin sovittumista kaikissa olosuhteissa. Relepohjaisen kytkimen valintaan vaikutti releiden saatavuus, kytkimen toteutettavuus, helppo toistettavuus ja kohtuullisen hyvä erotus porttien välillä.

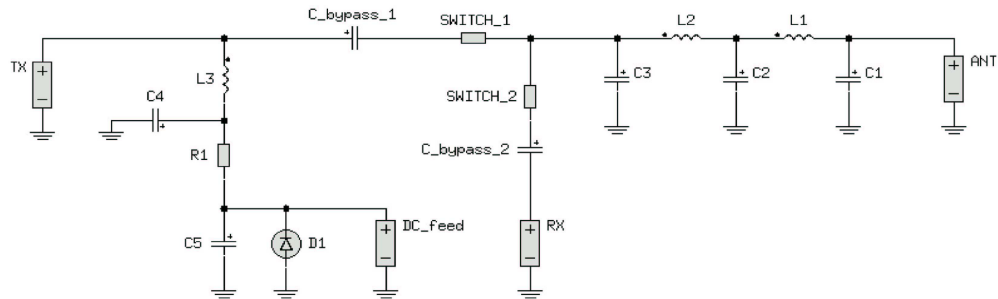
Kytkentä päätettiin toteuttaa yksipuoliselle piirilevylle hyvän saatavuuden, edullisen hinnan ja helpon työstettävyyden vuoksi. Vähäisen komponenttimäärän, valitun toteutustavan sekä impedanssiriippuvaisten vetojen puutteen vuoksi piirilevyt toteutettiin käsijyrsimellä.

3.1. Piirisuunnittelu

Alipäästöpiiri suunniteltiin ja simuloitiin Aplac piirisimulointiohjelmistoa käyttäen.

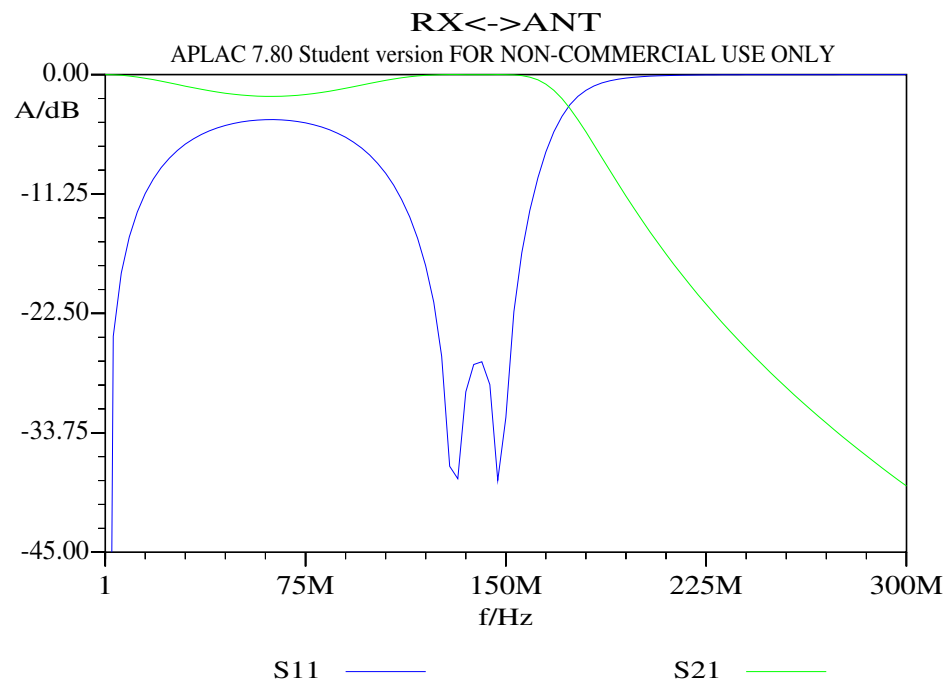
Alipäästörakenteen suunnittelu aloitettiin viisikomponenttisesta piisuodatinrakenteesta ja optimointi suoritettiin sekä käsin että Aplacin gradient-optimointia käyttäen. Aplac-simuloinnissa ei huomioitu toimintaympäristön hajasuureiden merkitystä kytkennän yksinkertaisuuden sekä lopullisen käyttökohteen tarkkojen ominaisuuksien puuttumisen takia.

Suodatinta ja releen virransyöttörakennetta simuloitiin kuvan 2 mukaisella kytkennällä, jossa rele on korvattu oikeusulkuvastuksilla. Releen valinta tehtiin puhtaasti mittautulosten perusteella eikä sen sisäistä toimintaa mallinnettu.



Kuva 2. APlac-simulaation piirikaavio.

Optimoitun alipäästösuodattimen taajuusvaste on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Piirikaavion simuloitu taajuusvaste.

Piirikaavio suunniteltiin Eagle-piirisuunnitteluohjelmistolla. Lopullisen antenninvaihtokytkimen piirikaavio ja osaluettelo on esitetty liitteessä 2.

3.2. Piirilevysuunnittelu

Piirilevy suunniteltiin helposti toteutettavaksi. Tämä edellytti yksipuolista rakennetta ja laajaa maatasoa ilman pitkiä mikroliuskavetoja.

Radiotaajuiset signaalijohtimet päätettiin toteuttaa koaksiaalijohtimia käyttäen. Koska kaikki komponentit päätettiin asentaa suoraan levyn yläpinnalle yksinkertaistui levyn toteutus entisestään.

Relekytkennän käyttöjännitteen erottelemiseksi ja suodattamiseksi sekä radiotaajuisen tehon relen käyttöjännitelinjaan kytkeytymisen estämiseksi piirilevylle toteutettiin suodatuskytkentä. Tämä kytkentä toteutettiin mikroliuskavedoilla sekä suodatuskomponenttien sijoittelulla liuskan molempiin päihin.

Piirilevykuva suunniteltiin piirikaavion perusteella XFig-vektorisuunnitteluohjelmistoa käyttäen. Piirilevy- ja osasijoittelukuvat ovat esitetty liitteessä 3.

4. MITTAUSTULOKSET

4.1. Lohkomittaukset

Kaikki mittaukset suoritettiin Agilentin piirianalysointia käyttäen. Aktiivisia komponentteja ei käytetty lohkomittauksissa, joten ulkoisia mittausjärjestelyjä ei tarvittu.

Kytkinrakennetta varten mitattiin kolme DC-käyttöön suunniteltua releitä joiden virrankesto on yli 5 ampeeria. Mittaustulokset releiden läpäisyvaimennuksista ja sovituksista ovat liitteessä 4 sekä tärkeimmät tulokset taulukossa 1.

Mittauksista selviää että kaikki testatut releet soveltuvat käytettäväksi 145MHz taajuudella RF-kytkiminä. Mittausten perusteella valittiin käytettäväksi pienimmän läpäisyvaimennuksen omaava rele (alle 0,1dB 145MHz taajuudella, MT2 Alcatel C93424).

Taulukko 1. Vaihtoehtoisten releiden mittaustulokset 145MHz taajuudella

<i>Rele tyyppi</i>	<i>Päästö vaimennus [dB]</i>	<i>Heijastus vaimennus [dB]</i>
1. rele	0,134	23,198
2. rele	0,120	22,282
3. rele	0,094	34,934

Suunnittelun perusteella valmistettiin alipäästösuodattimen prototyyppi ja mitattiin sen läpäisyvaimennus ja sovitus. Suunnitteluprosessissa ei huomioitu piirilevyn ja jalallisten komponenttien aiheuttamia hajasuureita joten alipäästösuodattimen komponenttiarvoja jouduttiin muuttamaan suunnitellusta. Muutettu suodatin täytti asetetut vaatimukset, joten toista lohkoprototyyppiä ei rakennettu. Alipäästösuodattimen mittaustulokset ovat liitteessä 5 ja tärkeimmät arvot taulukossa 2.

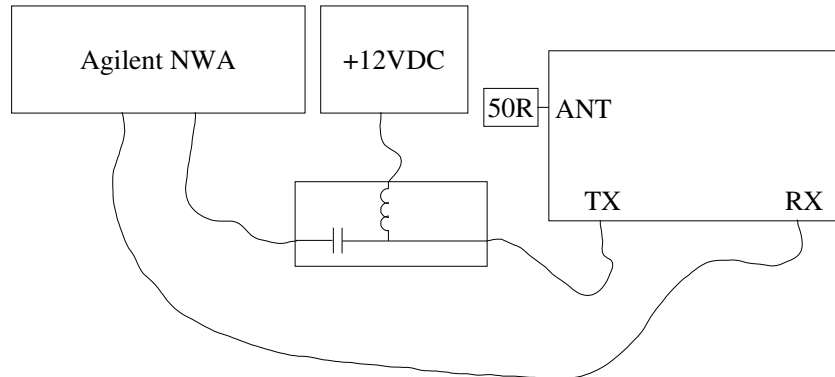
Taulukko 2. Alipäästösuodattimen mittaustulokset

<i>Taajuus [MHz]</i>	<i>Päästö vaimennus [dB]</i>	<i>Heijastus vaimennus [dB]</i>
145,000	0,503	15,671
170,000	2,169	5,223
290,000	39,274	0,54

4.2. Hyväksyntämittaukset

Lopillisia antenninvaihtokytkimiä ja alipäästösuodatinkortteja valmistettiin yhteensä kolme kappaletta. Kortteihin ei tehty yksilökohtaisia virityksiä. Mittaustulokset ovat liitteenä 6.

Mittauksessa käytettiin Agilentin piirianalysaattoria ja erillistä DC-jännitesyöttöelementtiä. Esimerkki mittausjärjestelystä on kuvassa 4. Kaapelien ja 50 ohmin päättövastuksen portteja vaihdettiin mittausten tarpeen mukaan.



Kuva 4. Esimerkki hyväksyntämittausjärjestelystä.

Kaikkien mitattujen korttien todettiin täyttävän hyvin niille asetetut vaatimukset. Koska 170MHz taajuuden läpäisyvaimennus oli tietoisesti suunniteltu olemaan n. 3dB oli mitattujen arvojen poikkeama tällä taajuudella suuri. Korttien mitattujen tulosten keskiarvot ovat taulukossa 3.

Taulukko 3. Lopullisten korttien keskiarvoistetut mittaustulokset

<i>Taajuus [MHz]</i>	<i>Lähttimen sovitus [dB]</i>	<i>Lähttimen läpäisyvaimennus [dB]</i>	<i>Vastaanottimen läpäisyvaimennus [dB]</i>	<i>Lähttimen ja vastaanottimen erotus [dB]</i>
145,000	-16,3	0,4	0,5	25,3
170,000	-6,0	2,0	2,6	20,8
290,000	-0,7	40,3	35,4	23,5

Ulkoisen virtalähteen (+12V DC) virrankulutus mitattiin lähetysjakson aikana (releen vetäessä). Releen virrankulutus oli 25mA, mikä on riittävän alhainen RC58-radion ohjausvirran syöttökomponenteille.

5. JATKOKEHITYS

Suunniteltu antenninvaihtokytkin ja alipäästösuodatin täyttää hyvin radioamatööripuheradioliikenteessä tarvittavat vaatimukset ja välttämätöntä jatkokehitystä ei tarvita.

FM-radiolla pystytään harjoittamaan myös dataliikennöintiä, mutta tällöin antennin vaihdon nopeus on kriittinen tekijä. Samoin lähetys-vastaanottovaihdosten on tapahduttava riittävän nopeasti, jonka vuoksi releellä toteutettu ratkaisu ei ole enää luotettava. Pin-diodirakenteella toteutettu kytkin soveltuu myös dataliikennöintiin. Mikäli esimerkiksi APRS- tai MPRS-liikennöinti yleistyy 145MHz taajuusalueella niin kytkimestä on kehitettävä pin-diodiversio.

Alipäästösuodattimen rakenne on riittävä kaikkeen radioamatööriliikenteeseen. Mikäli radioita halutaan käyttää myös lähetyksellä radioamatööritaajuuksia suuremmilla taajuuksilla (esimerkiksi vapaaehtoisien pelastuspalvelun tarpeisiin) on alipäästösuodattimesta suunniteltava versio, jossa rajataajuus on suurempi. Käytännössä tällaisia tarpeita tuskin tulee, sillä Suomen ratifioitua Euroopan yhteisöjen R&TTE-direktiivin [7] myös radiolähettimien hyväksyntävaatimukset tulevat esteeksi.

Mikäli RC58DBG-sarjan radiolaitteita saadaan radioamatöörikäyttöön huomattavan suuria määriä on suodattimesta suunniteltava teollisesti valmistettävämpi ratkaisu. Käytännössä tämä tarkoittaa mikroliuska- ja pin-diodikytkinrakenteisen suodattimen suunnittelua ja sen valmistamista teollisesti piirilevytehtaissa.

Kytkimen ja alipäästösuodattimen lisäksi samalla piirilevyllä on mahdollista toteuttaa muitakin ominaisuuksia, kuten vastaanottimen esivahvistin tai datamodeemi. Tällaisen ratkaisun toteuttaminen olisi hyödyllistä ja teknillisesti haastavaa. Tätä mahdollisuutta kannattaisi tutkia.

6. YHTEENVETO

Suunniteltu alipäästösuodatin toteutettiin pii-tyyppisellä viisielementtistä alipäästökytkentää ja antenninvaihtokytkin tavallista 12V releitä käyttäen. Releen käyttöjännitteen syöttö toteutettiin lähettimen radiotaajuisten signaalien mukana.

Piirilevy toteutettiin käsin jyrkien, mutta myös valotusmaskit levyä varten suunniteltiin. Levyille ei toteutettu radiotaajuisten signaalien johtimia, joten käsijyrksityt prototyypipiirilevyt ovat yhteneviä suunnittelun kanssa.

Mitatuissa kytkimissä lähettimen ja vastaanottimen läpäisyvaimennus antennille on alle 1dB ja sovitin on parempi kuin 10dB. Vastaanottimen ja lähettimen erotus lähetyksen aikana on parempi kuin 20dB. Toisen harmonisen vaimennus verrattuna 145MHz taajuuteen on parempi kuin 35dB.

Toeutettu kytkentä mahdollistaa Nokia RC58-radioiden käyttämisen radioamatöörilaitteina puhekäytössä. Suunnittelu täyttää määritellyt vaatimukset niin ominaisuuksiensa, yksinkertaisen rakenteensa kuin edullisen hintansa puolesta.

LÄHTEET

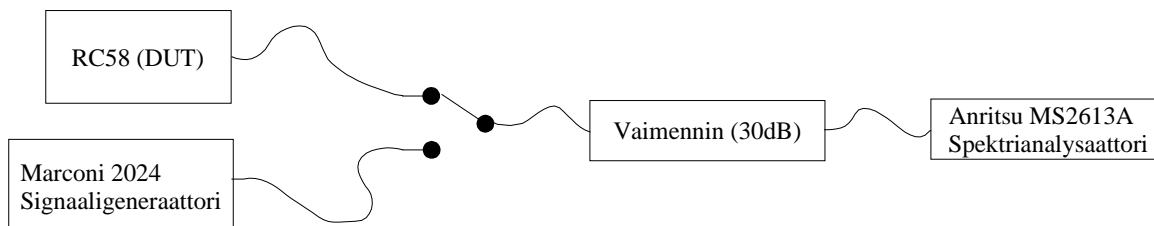
- [1] Mobira (1990) Huolto-ohje RC58SB ARTS, Nokia Oy, n. 400s.
- [2] Vuhtoniemi, R. (1998) Lähetinvastaanottimen suunnittelu -luentomateriaali, Oulun Yliopisto, Oulu, 186s.
- [3] Viestintävirasto (2001) Radioamatöörimääräykset 6F/2001, <http://www.ficora.fi/suomi/document/Viestintavirasto06F2001M.pdf>, Viestintävirasto, 12s.
- [4] Mini-Circuits (1997) RF/IF Designer's Handbook, Mini-Circuits Division of Scientific Components, USA, 784s.
- [5] Lehto, A. ja Räisänen, A. (1994) RF- ja mikroaaltotekniikka, Otatieto, Espoo, 267s.
- [6] Salonen, E. (1999) Radiotekniikan perusteet -luentomateriaali, Oulun Yliopisto, 437s.
- [7] Euroopan yhteisöjen virallinen lehti 91 (1999) Direktiivi 1999/5/EC (R&TTE), Euroopan yhteisö, 17s.

LIITTEET

- Liite 1 RC-58-radioiden harmonisten taajuuksien tasomittaukset
- Liite 2 Piirikaavio
- Liite 3 Piirilevy- ja osasijoittelukuvat
- Liite 4 DC-releiden mittaukset
- Liite 5 Suodatinprototyypin mittaukset
- Liite 6 Alipäästösuodattimen ja kytkimen mittaukset

RC-58-radioiden harmonisten taajuuksien tasomittaukset

Mittausjärjestely



Mittaustulokset

Kaapeleiden ja vaimentimien kalibrointi

Taajuus [MHz]	Vaimennus [dB]
145,025	30,6
290,050	31,1
435,075	31,3

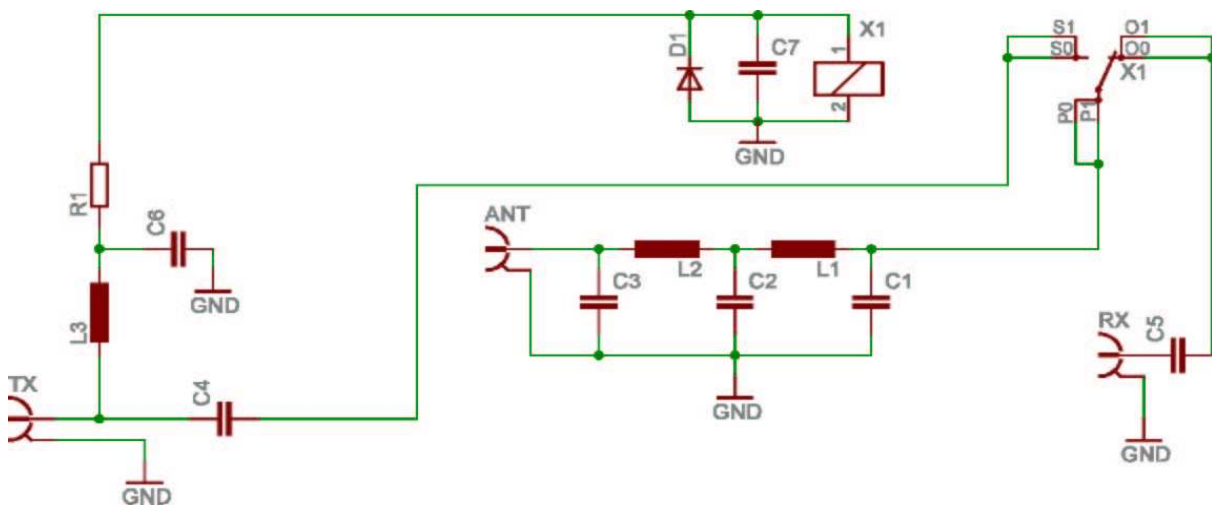
Mitatut tehotasot

Mitattu laite	145,925MHz [dBm]	290,050MHz [dBm]	435,075MHz [dBm]
RC58 no. 1	13,0	-54,0	-64,0
RC58 no. 2	14,0	-47,7	-64,2

Todelliset tehotasot

Mitattu laite	145,925MHz [dBm]	290,050MHz [dBm]	435,075MHz [dBm]
RC58 no. 1	43,6	-22,9	-32,7
RC58 no. 2	44,6	-16,6	-32,9

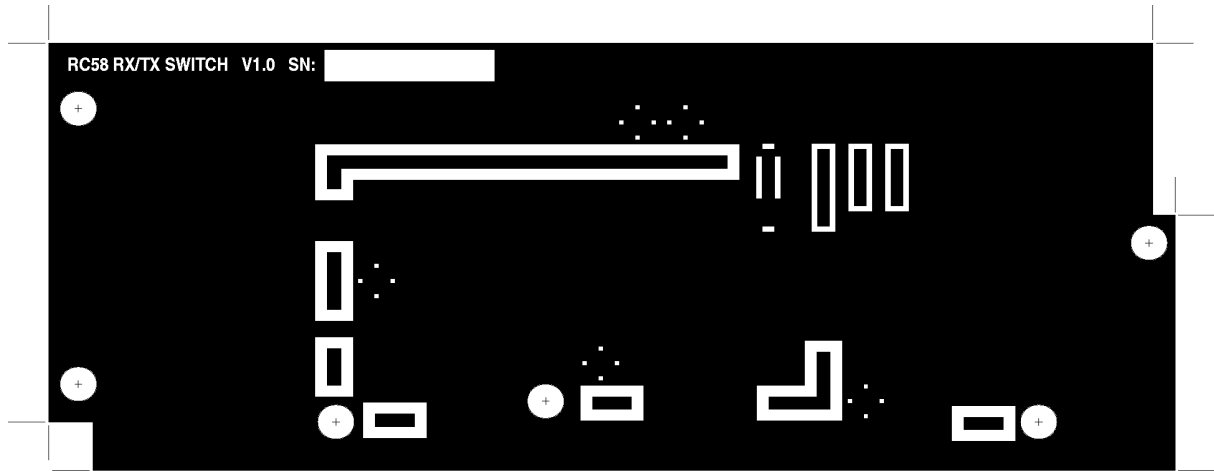
Piirikaavio



Reference	Description
C1	22P 5%
C2	33P 5%
C3	22P 5%
C4	1N 10%
C5	1N 10%
C6	6N8 10%
C7	47P 10%
D1	1N4148
R1	36R5 10%
X1	MT2 Alcatel C93424
L1	air core wound coil $n_{\text{turns}}=4$ $l_{\text{turn spacing}}=1.1 \text{ mm}$ $d_{\text{wire}}=1.1 \text{ mm}$ $d_{\text{core}}=7.5 \text{ mm}$
L2	air core wound coil $n_{\text{turns}}=4$ $l_{\text{turn spacing}}=1.1 \text{ mm}$ $d_{\text{wire}}=1.1 \text{ mm}$ $d_{\text{core}}=7.5 \text{ mm}$
L3	1000U
ANT	Coaxial cable + SMB male
RX	SMB male
TX	SMB male

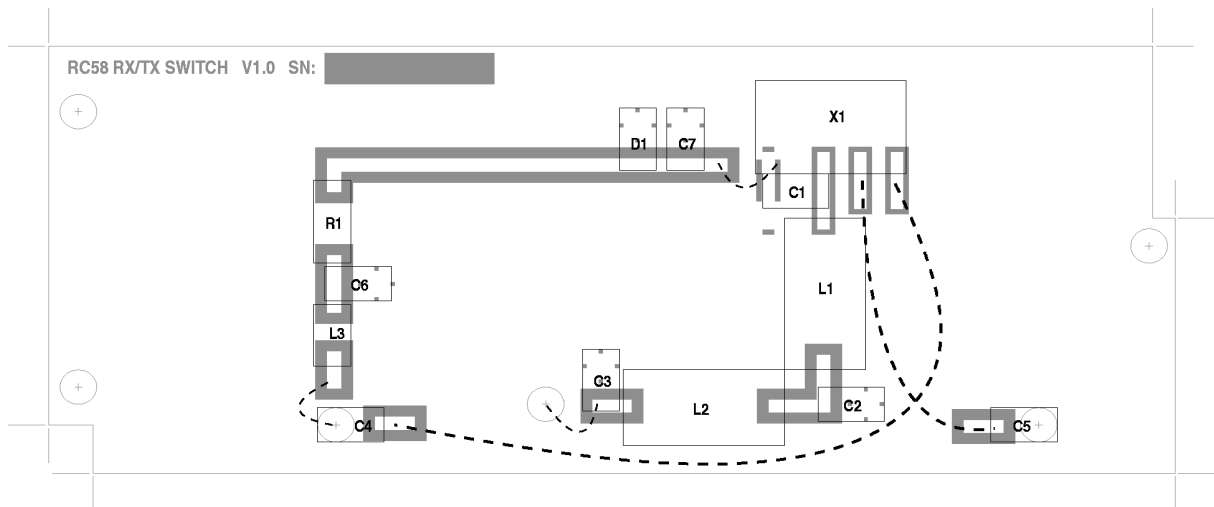
Piirilevy

Piirilevykuva



MITTAKAAVA 1:1

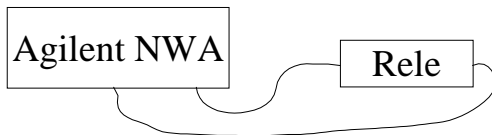
Osasijoittelukuva



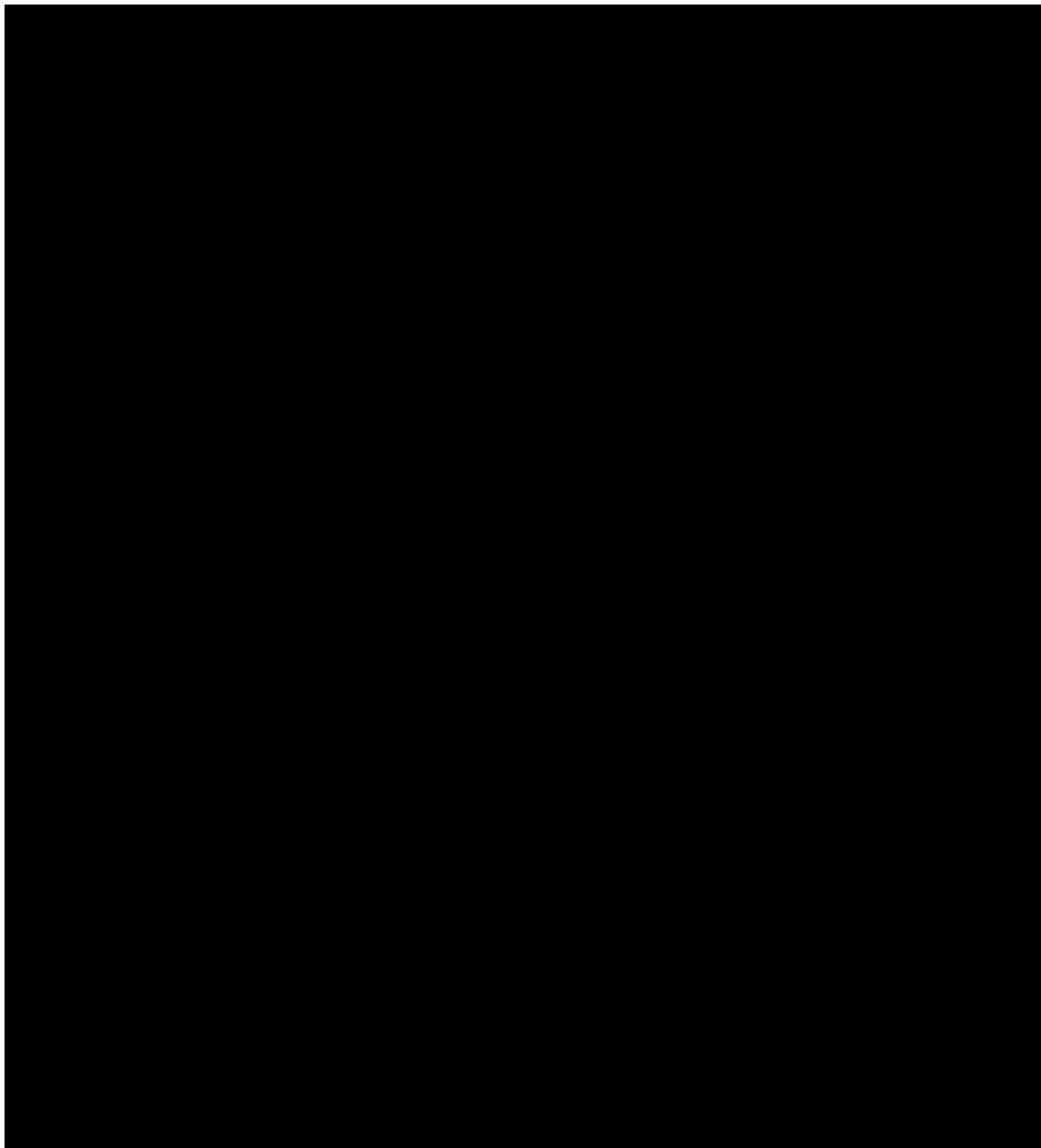
MITTAKAAVA 1:1

DC-releiden mittaukset

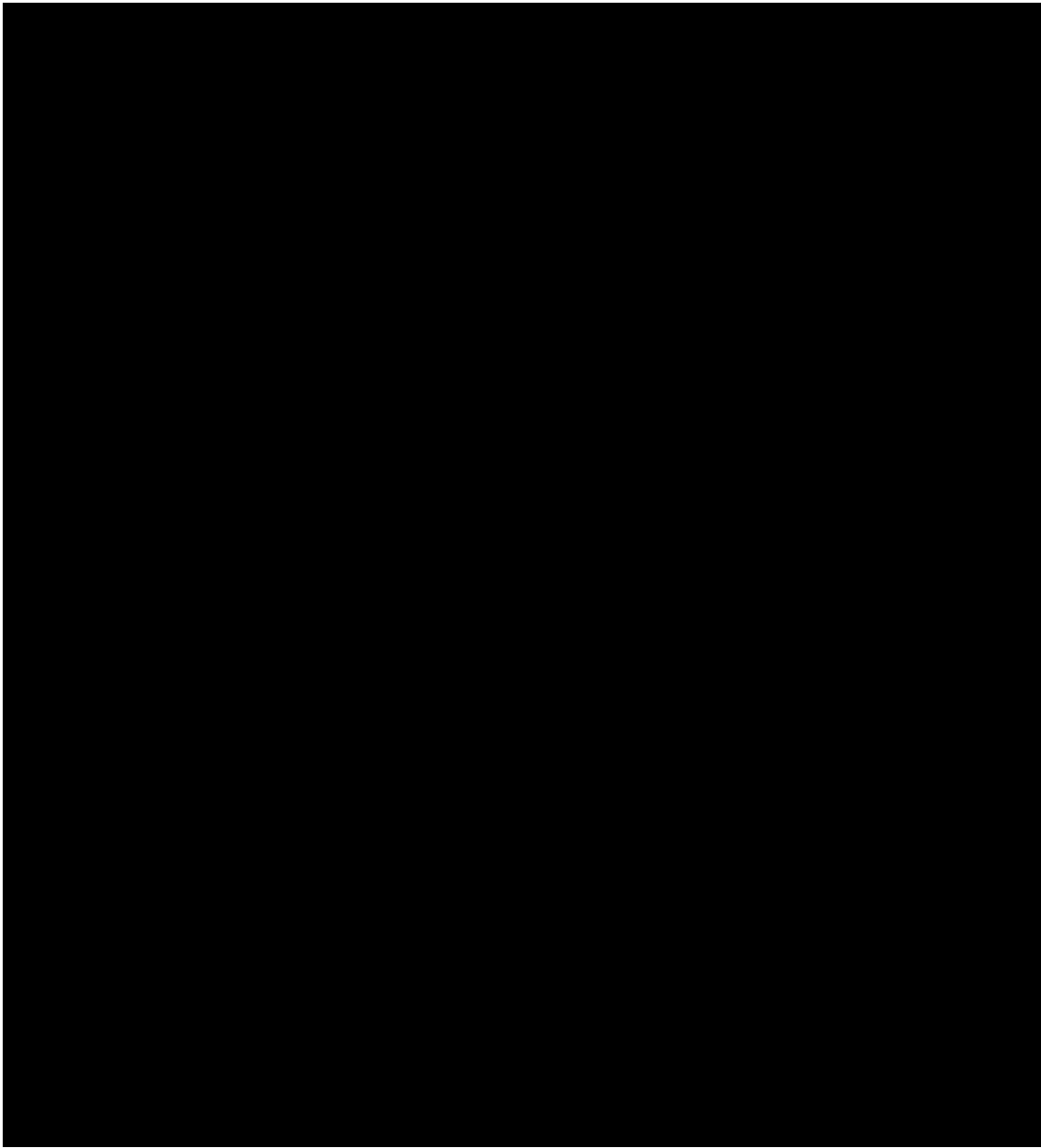
Mittausjärjestelyt



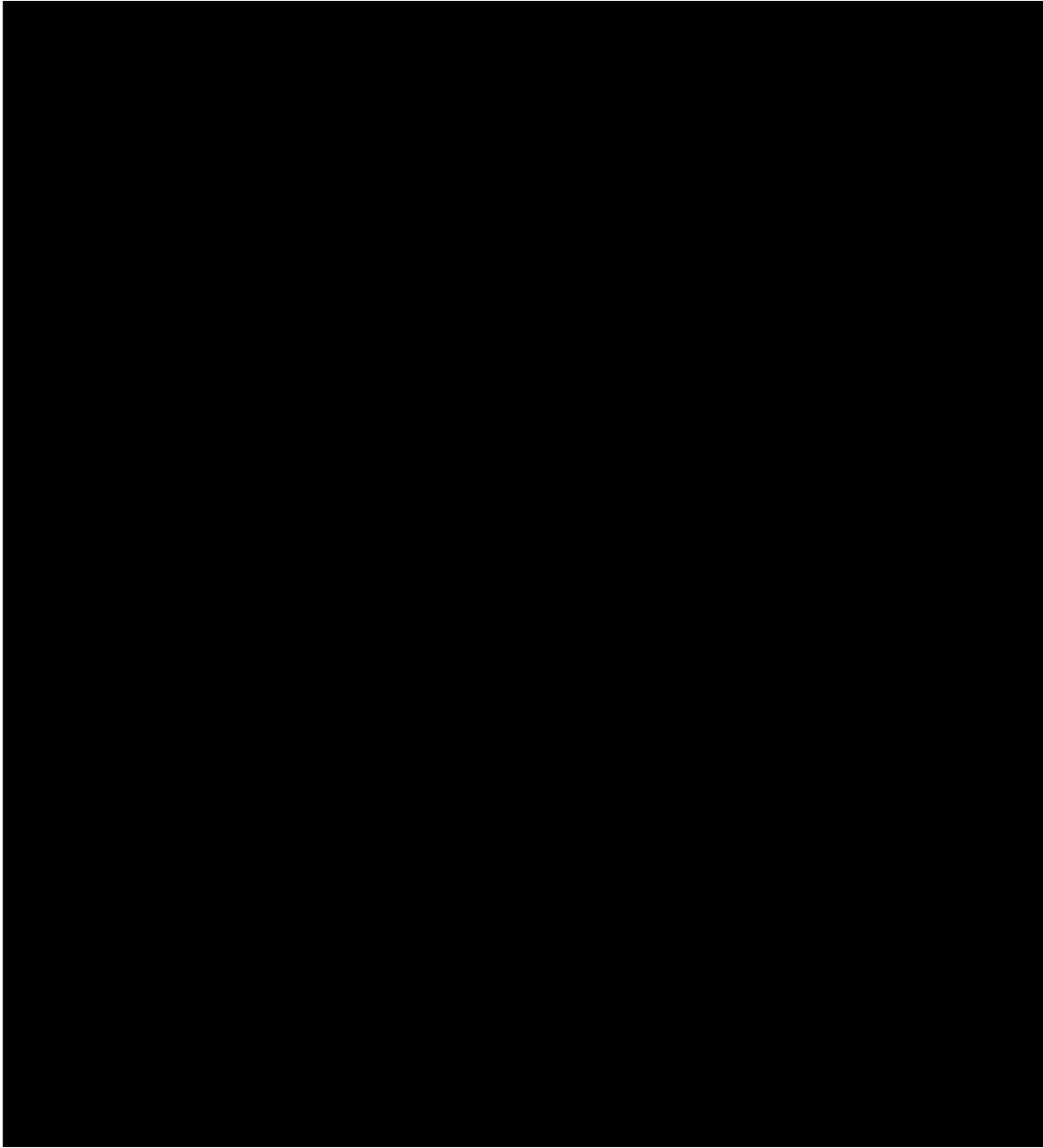
Mittau tulokset



Kuva: Ensimmäisen DC-releen läpäisyvaimennus ja sovituskuvaaja.



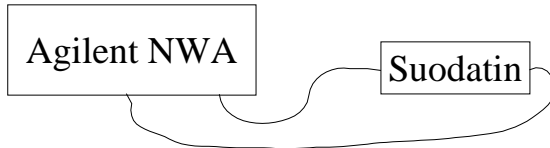
Kuva: Toisen DC-releen läpäisyvaimennus ja sovituskvaaja.



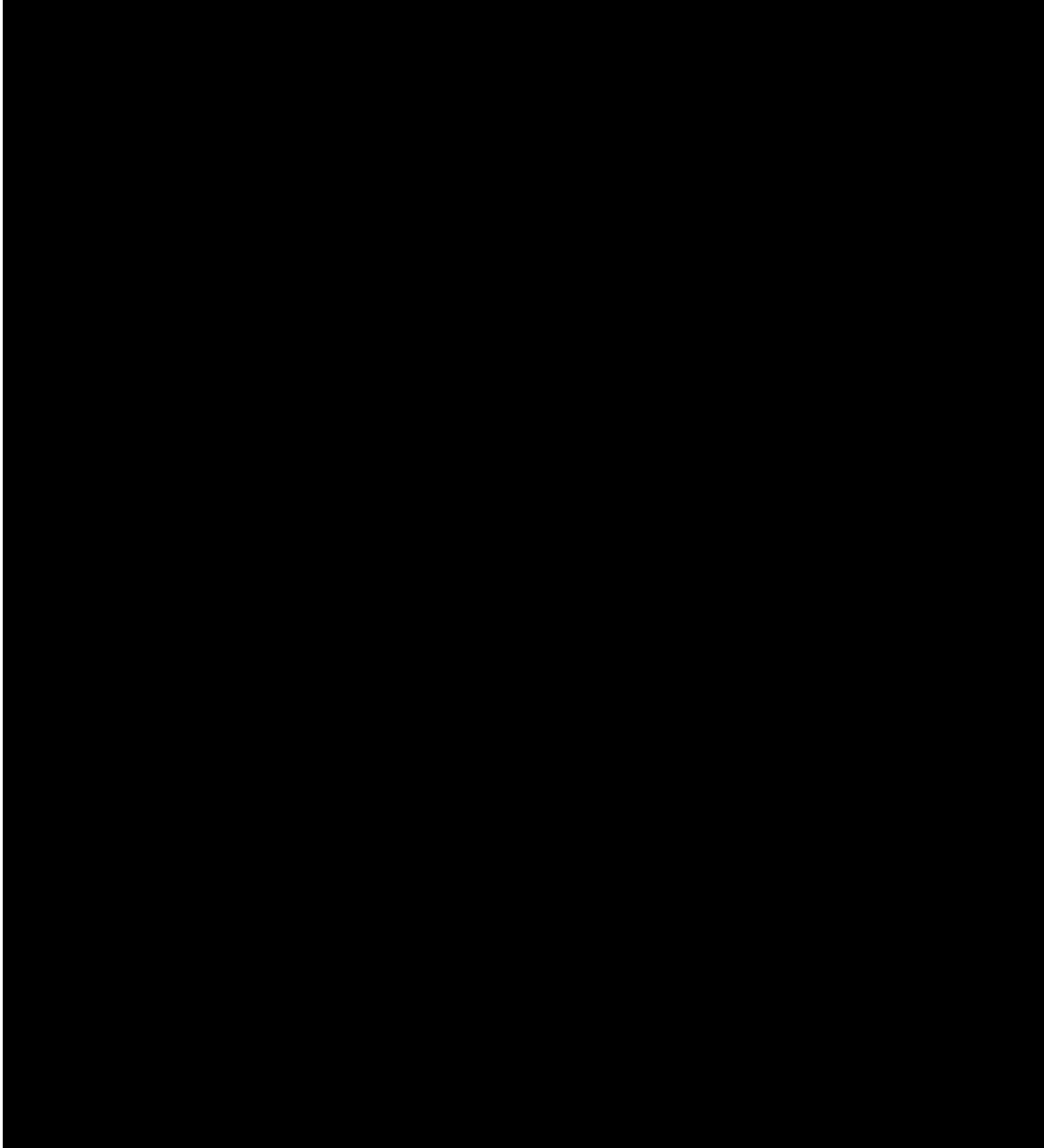
Kuva: Kolmannen (valitun) DC-releen läpäisyvaimennus ja sovituskuvaaja.

Suodatinprototyypin mittaukset

Mittausjärjestelyt



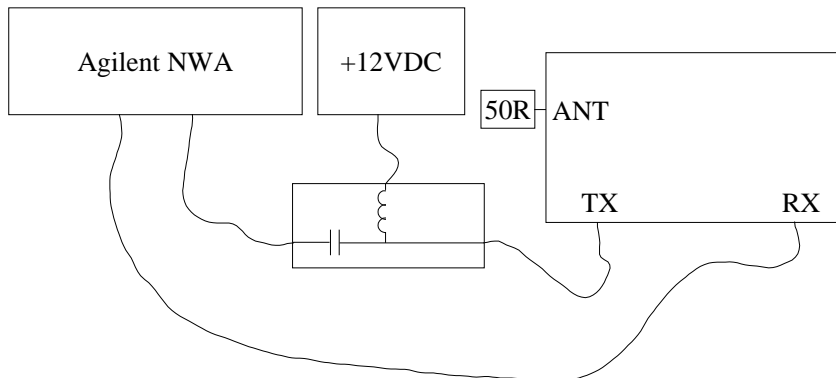
Mittau tulokset



Kuva: Ensimmäisen suodatinprototyypin läpäisyvaimennus ja sovituskvaaja.

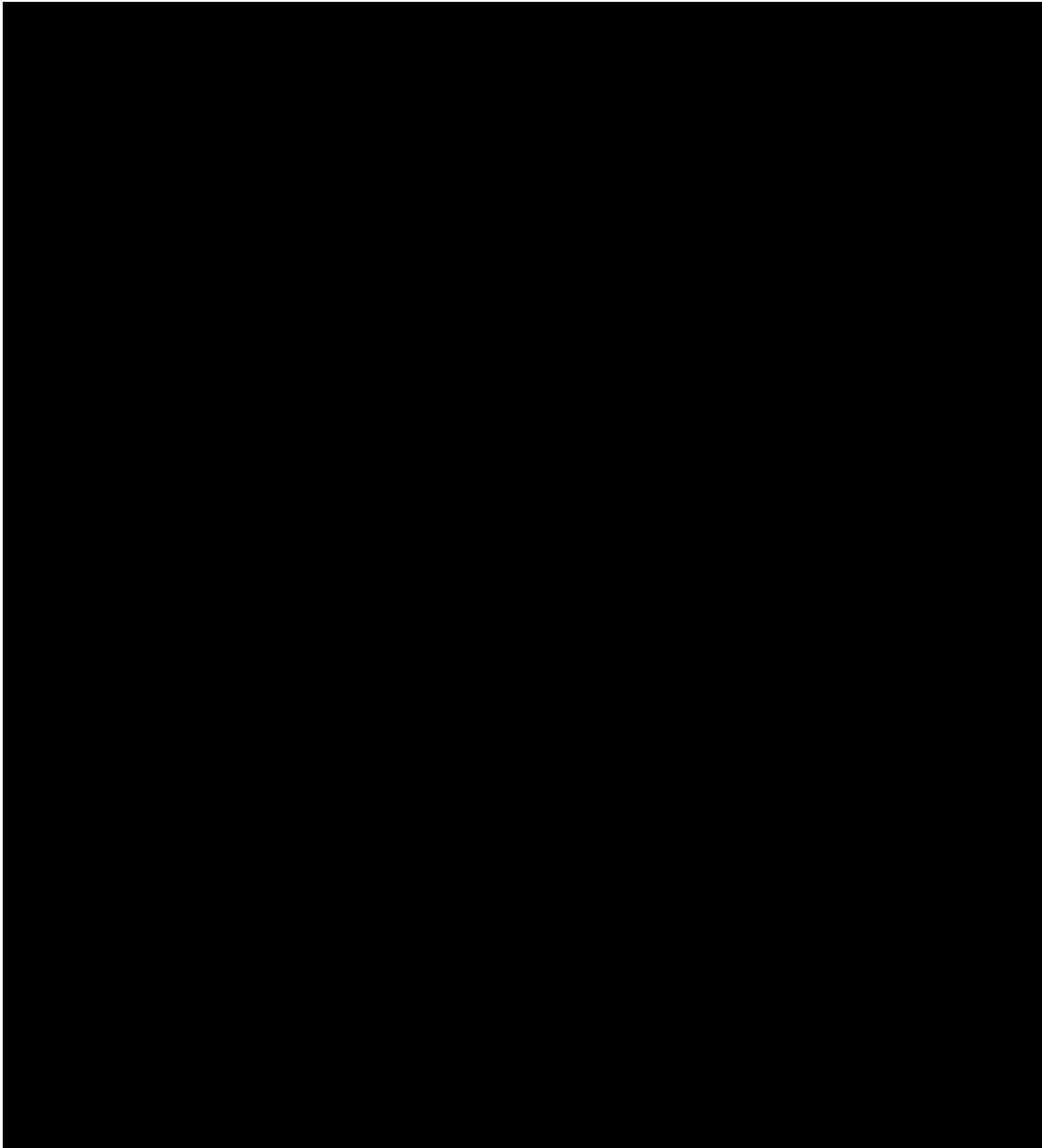
Alipäästösuodattimen ja kytkimen mittaukset

Mittausjärjestelyt

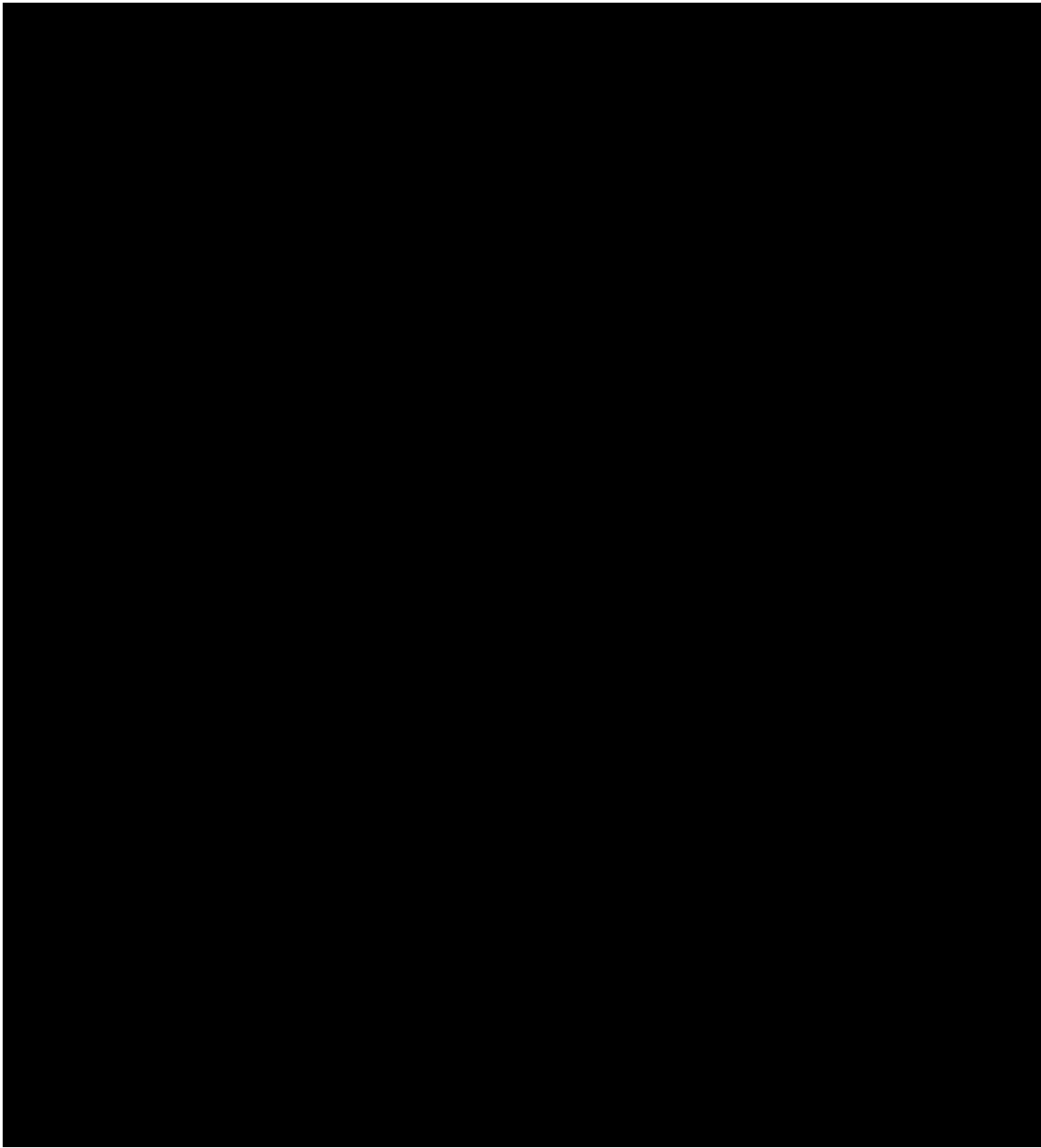


Kuva: Esimerkki mittausjärjestelyistä. Kaapeloinnin ja päätetyn portin järjestys vaihtelee mittauksien välillä.

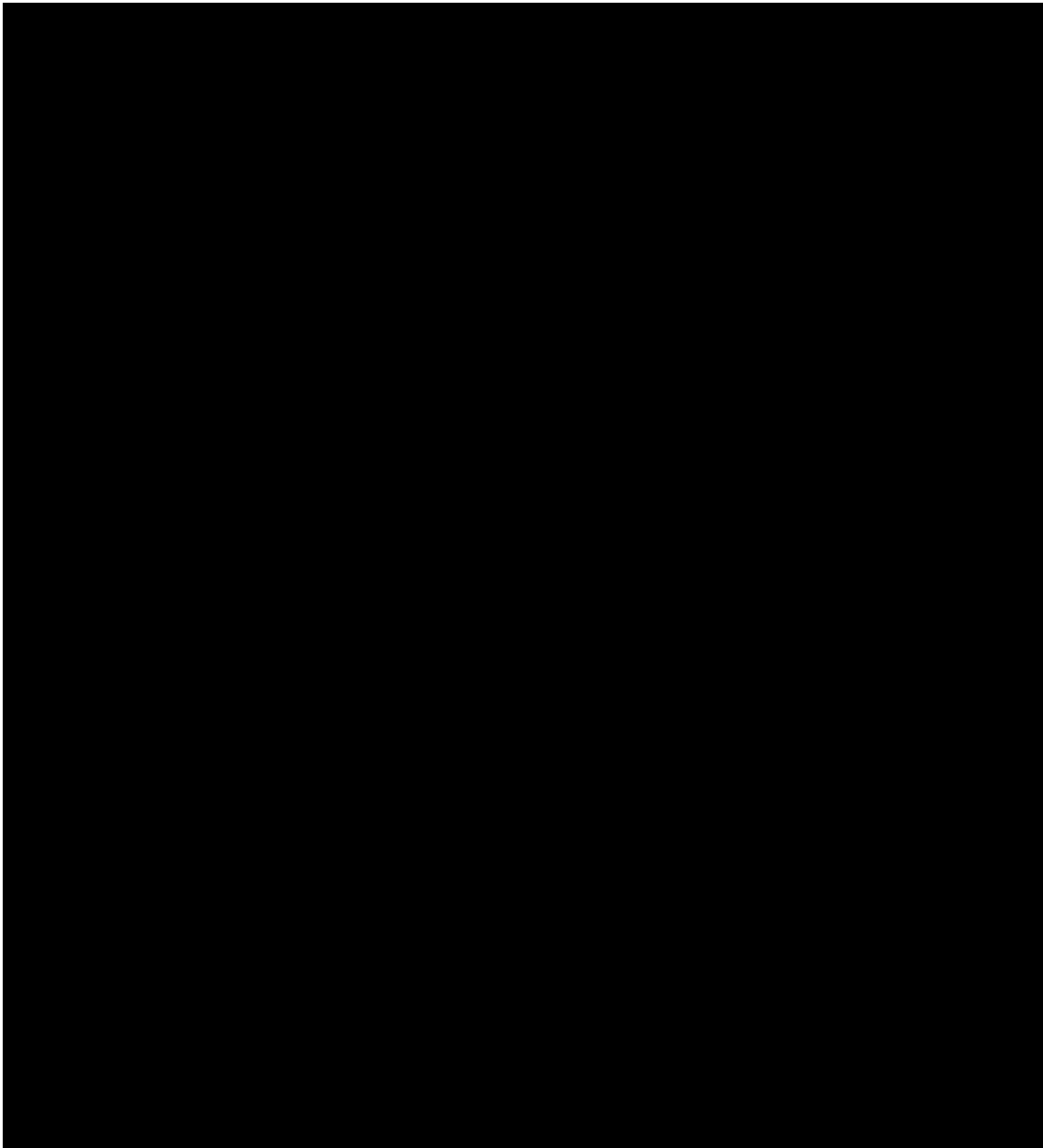
TX-portin ja antennin eristysmittaukset (vastaanotto)



Kuva: Versio 0.9 sn. 00001

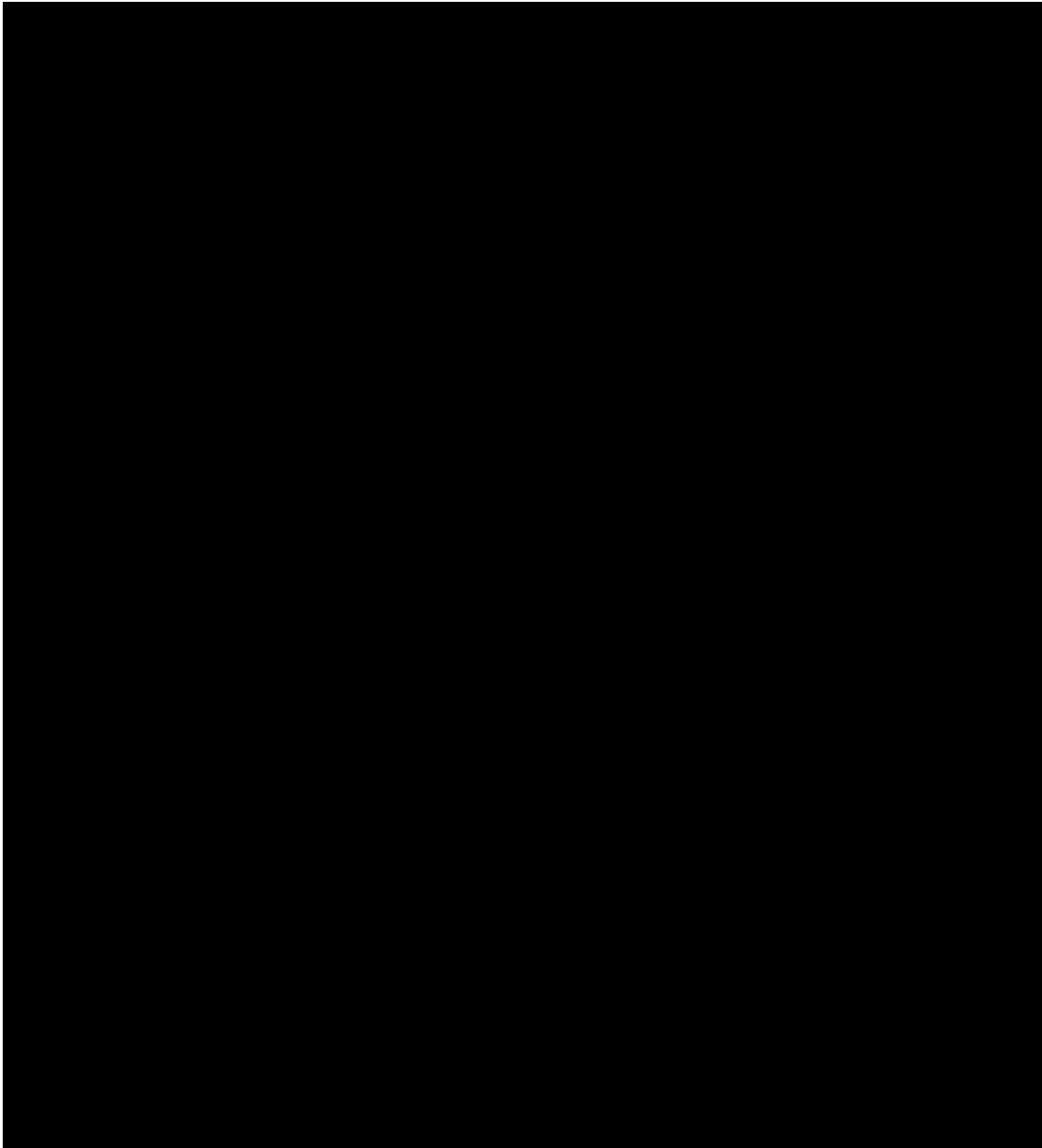


Kuva: Versio 1.0 sn. 00001

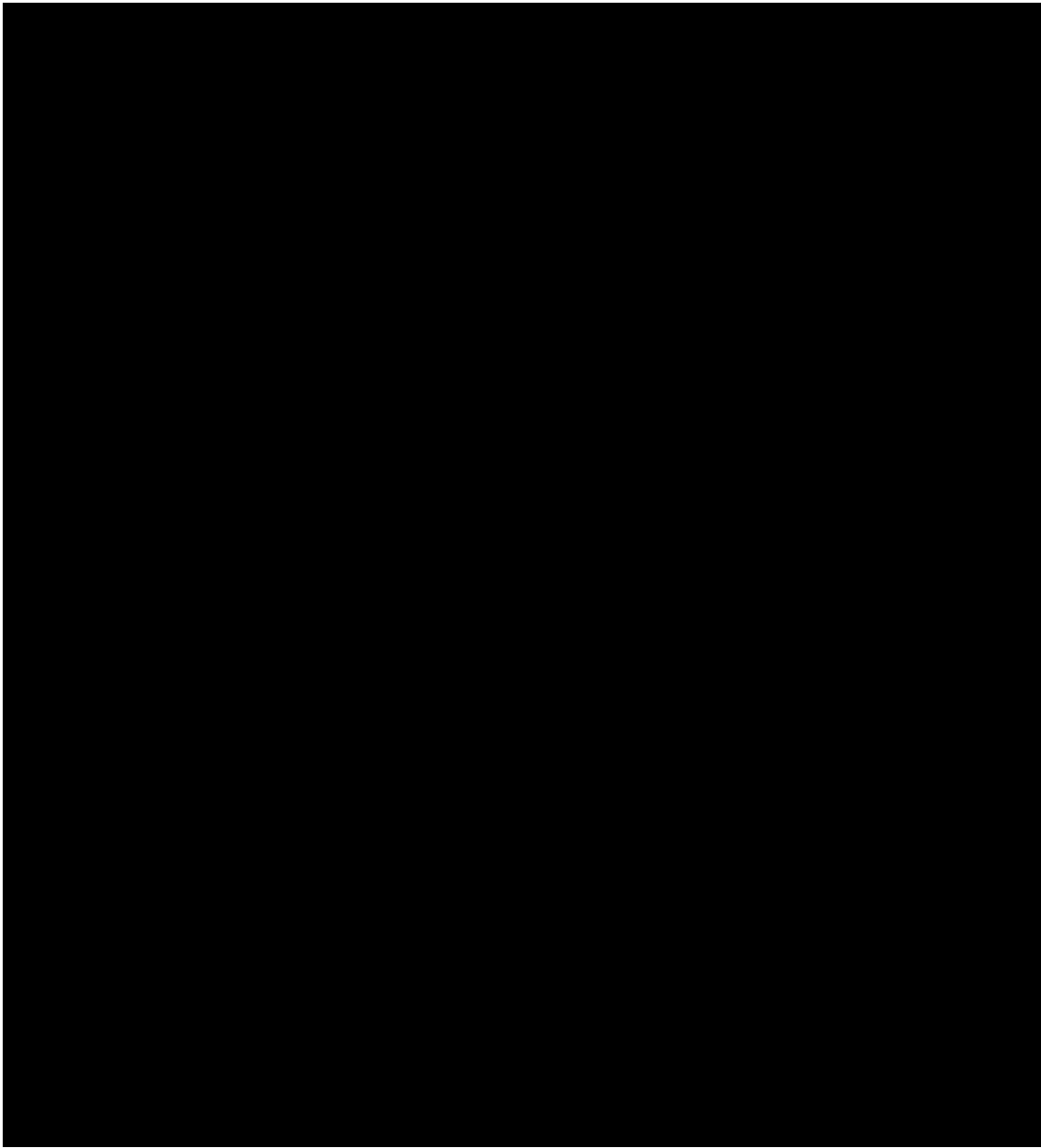


Kuva: Versio 1.0 sn. 00002

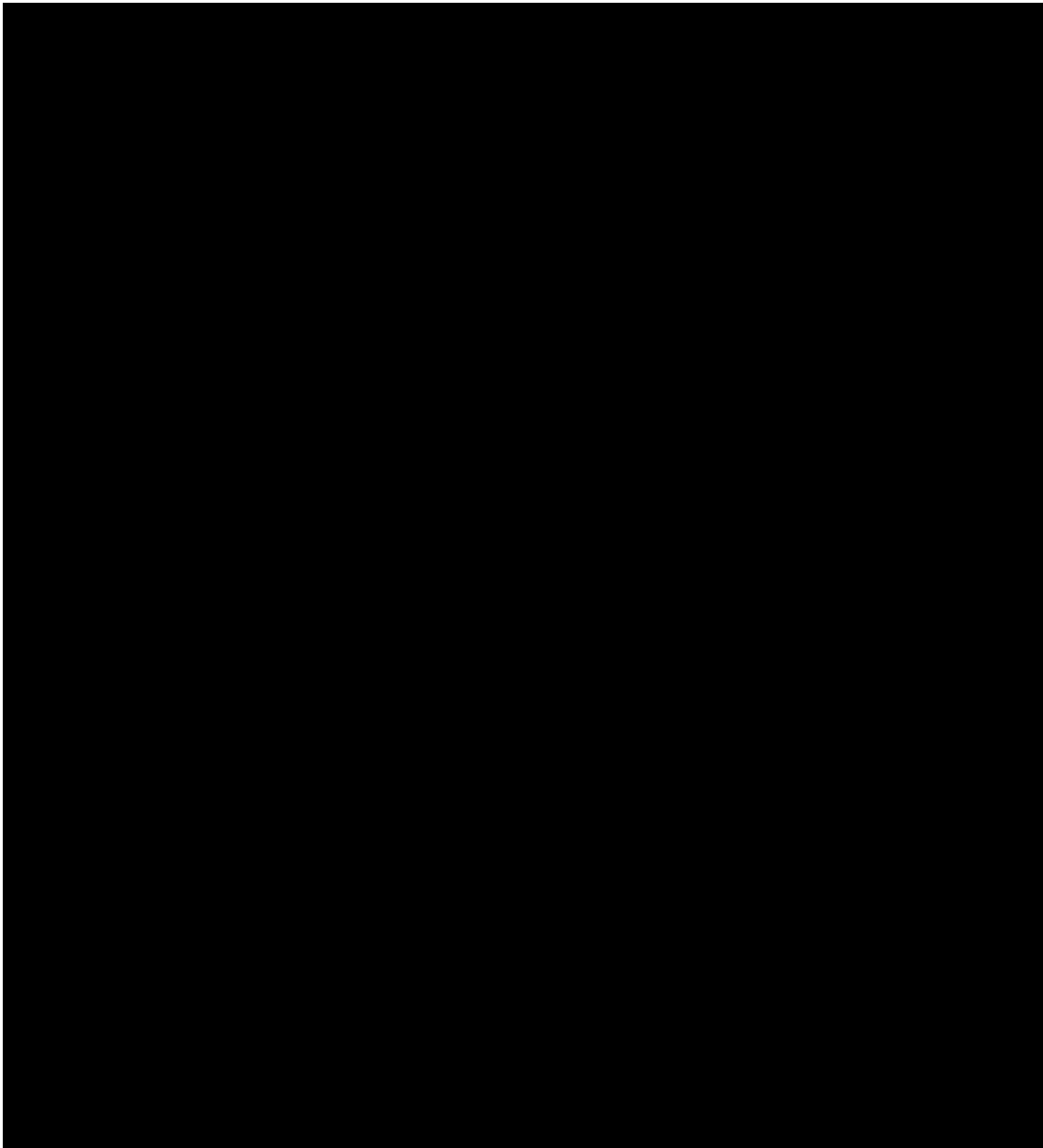
TX-portin ja antennin päästömittaukset (lähetys)



Kuva: Versio 0.9 sn. 00001

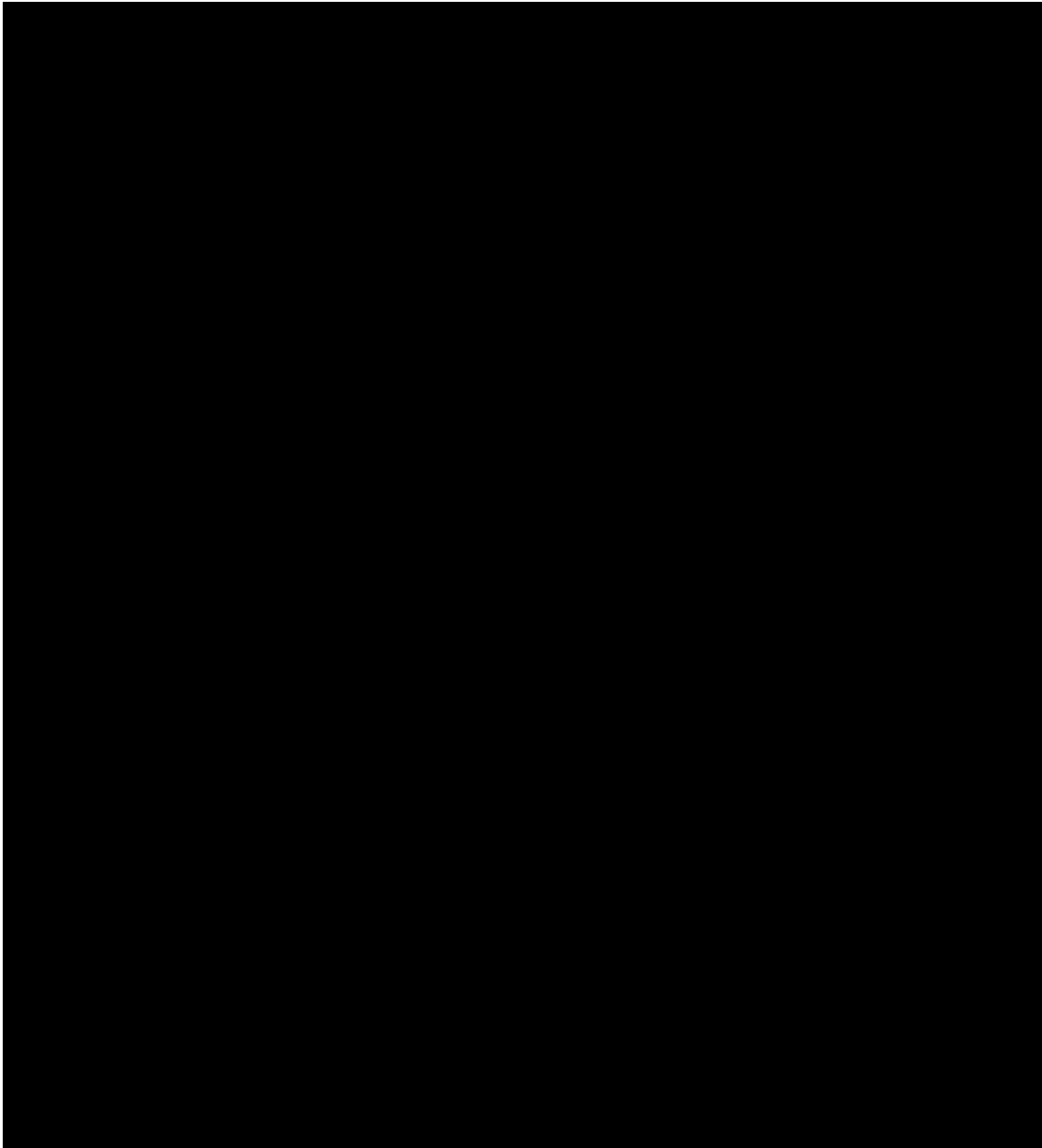


Kuva: Versio 1.0 sn. 00001

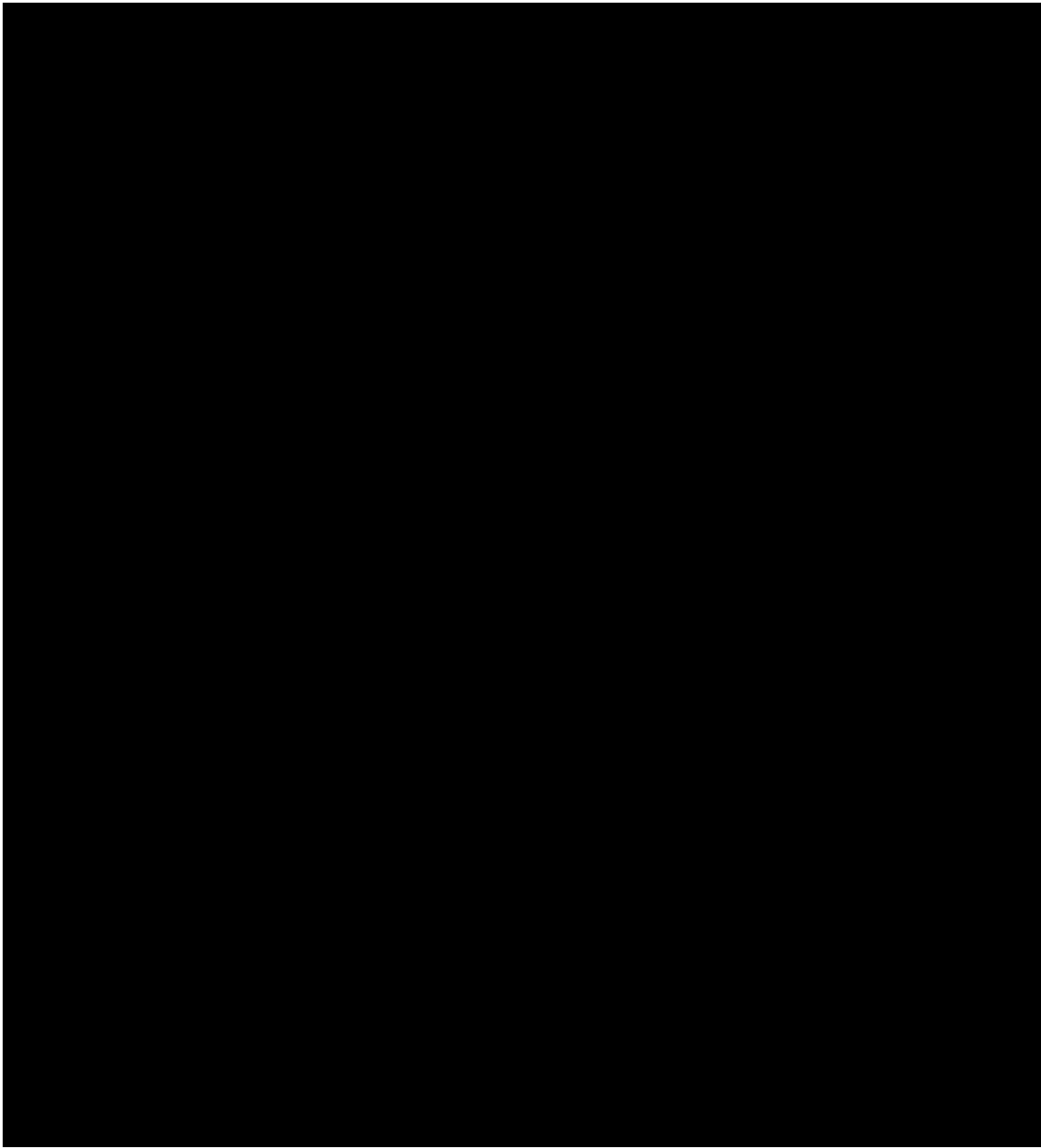


Kuva: Versio 1.0 sn. 00002

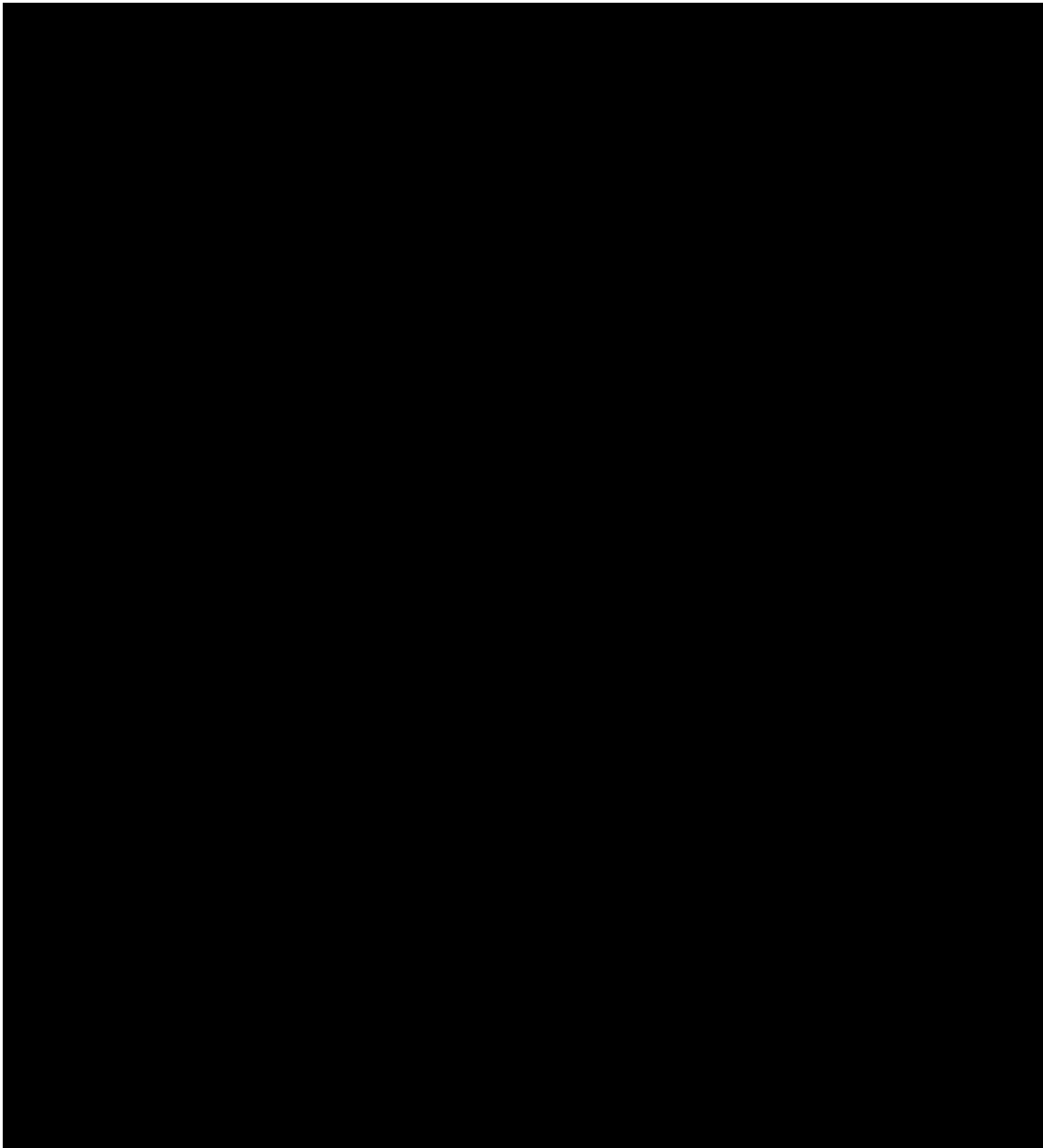
Antennin ja RX-portin päästömittaukset (vastaanotto)



Kuva: Versio 0.9 sn. 00001

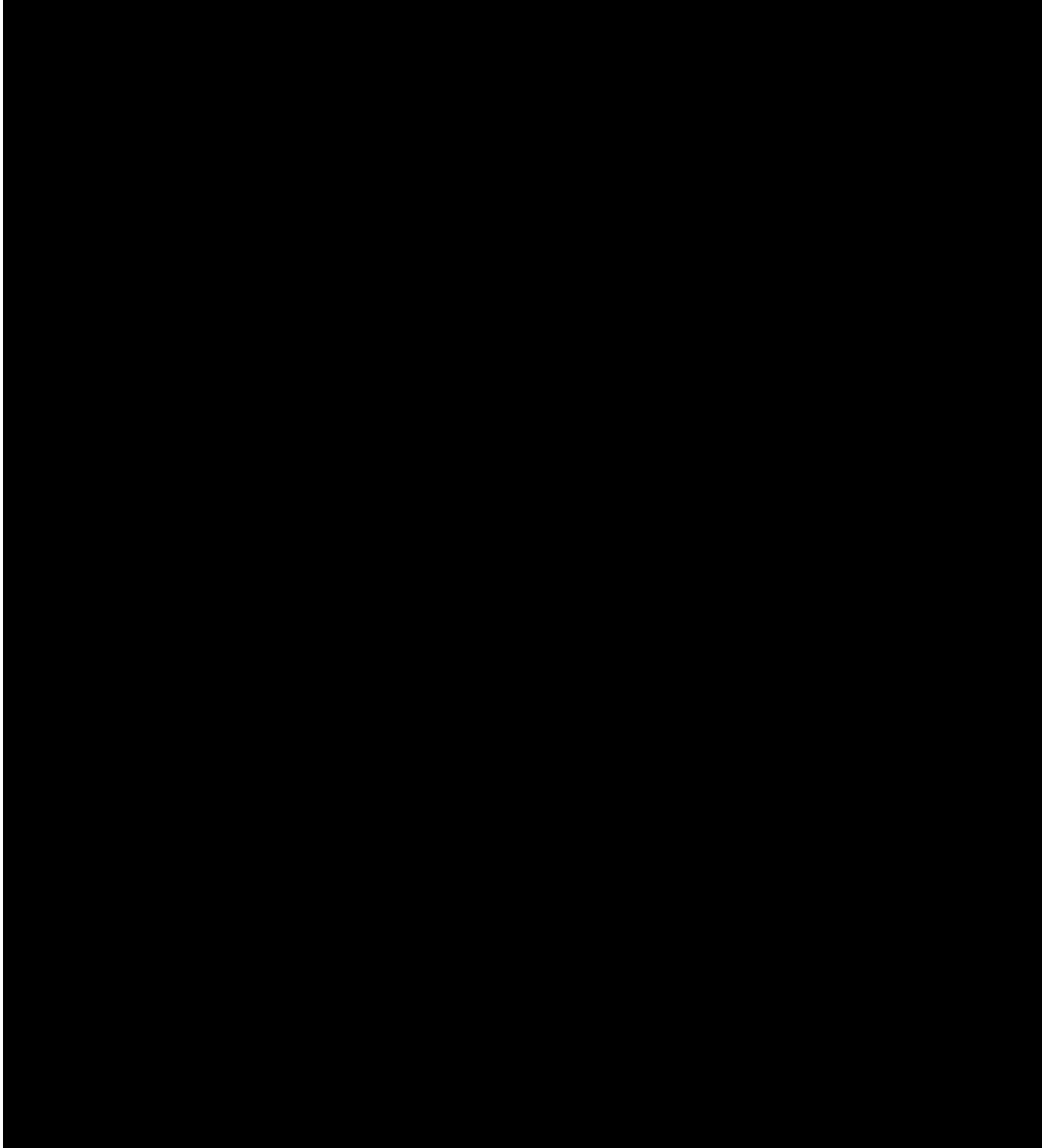


Kuva: Versio 1.0 sn. 00001

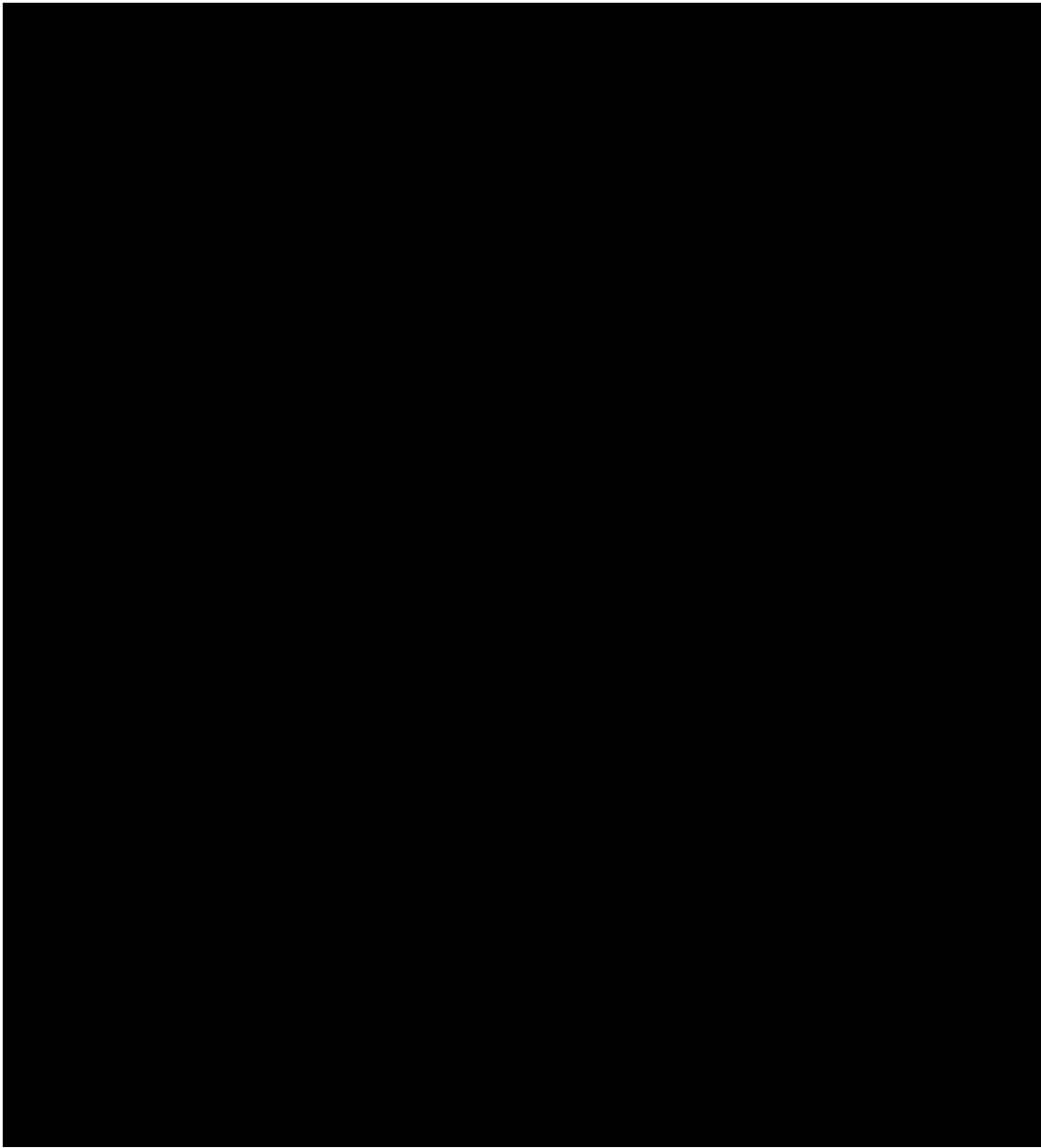


Kuva: Versio 1.0 sn. 00002

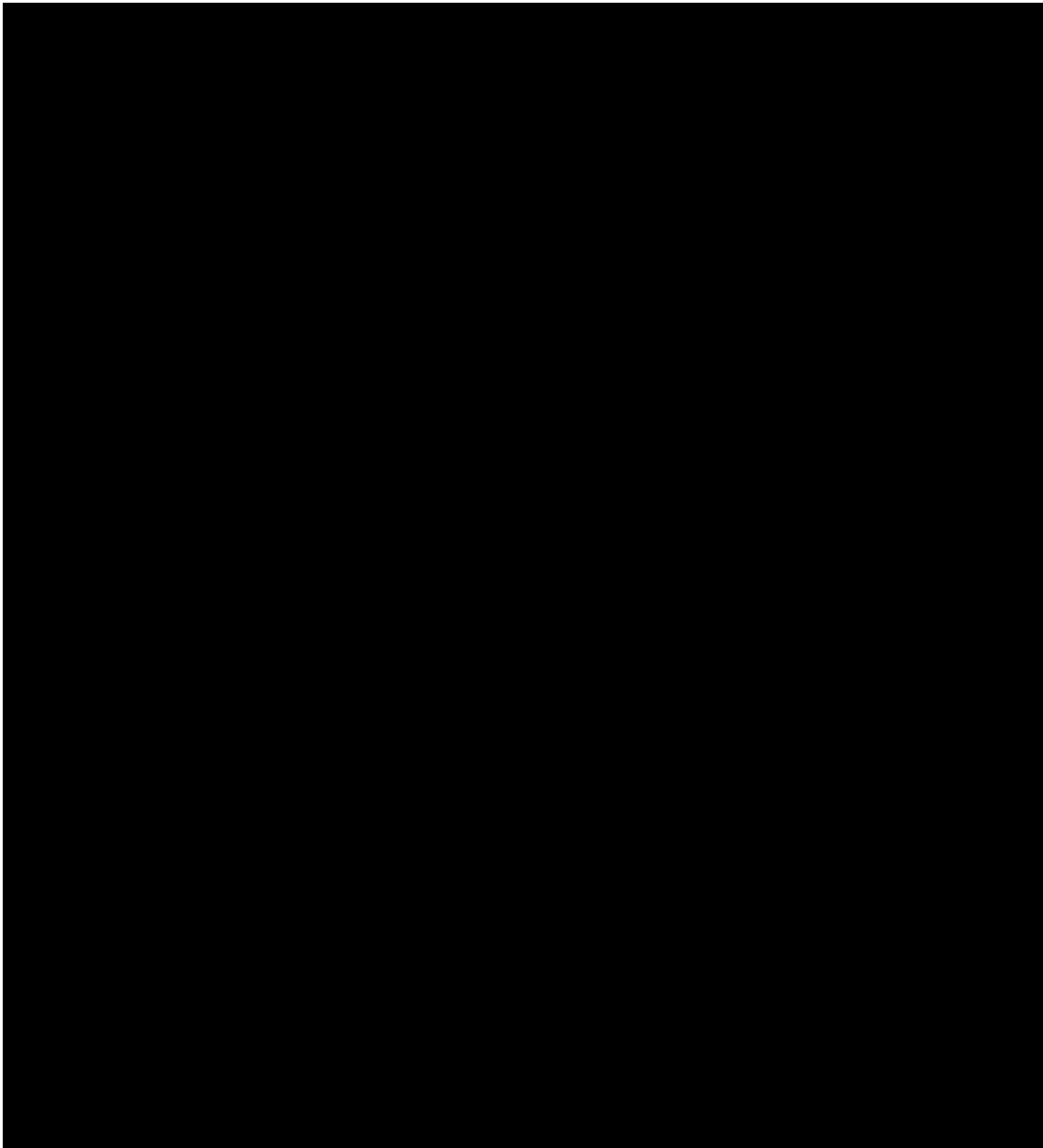
TX- ja RX-portin eristysmittaukset (lähetys)



Kuva: Versio 0.9 sn. 00001



Kuva: Versio 1.0 sn. 00001



Kuva: Versio 1.0 sn. 00002