

**TÄRKEÄ HUOMAUTUS: MYÖS NÄIDEN OHJEIDEN RTO-MERKKINEN DISKANTTIELEMENTTI ON POIS-TUNUT. LISÄÄ EI SAA. Ä L Ä A L O I T A K A I U T T I M I E N R A K E N T A M I S T A, ELLET OLE JO HANKKINUT ELEMENTTEJÄ! RTO:n kaiutintehdas on yllättäen ilmoittanut lopettaneensa diskantin valmistuksen. Tästä versiosta tuli siten Kompaktin kaksitien historian lyhytikäisin.**

## Kompakti kaksitiekaiutin 40-18 000 Hz

Markku Kauppinen

**Bassorefleksi-periaatteella toteutettu 9-litrainen kaksitiekaiutin. Impedanssi 4Ω.**

### Uusi malli 08/2007 uudella diskantilla

Kompakti kaksitiekaiutin on sinnetellyt vuoden 1999 alusta alkaen yhtenä Suomen varmasti rakennetuimpana kaiuttimena. Tämä viimeisin muutos/versio on taas - kuten ennenkin - pakon sanelema, kun diskanttikaiutin on muuttunut tai sen valmistus on kokonaan lopetettu. Nyt muutos on hieman suurempi ja niin on myös diskanttikin. Vanhan 14mm kokoisen tilalle on tullut nyt 20mm polykarbonaattidiskantti. Sekä basso- että diskanttielementin tuotemerkki on nyt RTO (Ratho).

Diskantin suuren herkkyyden takia diskanttiasteen kela on voitu jättää pois ja suoto on toteutettu kahdella peräkkäisellä C/R ketjulla, joka ajaa saman asian.

Jäljempänä oleva esittely on vanhaa höpinää ja se on jätetty tähän kokonaisuuden takia, jotta vanhempiin juttuihin ei tarvitsisi erikseen viitata. Erityisesti vanhoihin diskanttityyppeihin liittyvät kapaleet olen dumpannut pois.

### Pieni suuri kaiutin

Pieni kaiutin jossa olisi potkua ja olisi taajuusvasteeltaan matalimmat jylhinät toistava, on haastava kehittäelytyö. Hifi-järjestelmän pääkaiuttimien riittäväenä taajuusalueena pidetään 40Hz - 17kHz aluetta, jolloin alimpien taajuuksien saavuttamiseksi pienellä kaiuttimella tarvitaan tarkkaa kotelon ja kaiuttimien parametrien sovitusta.

Tärkeintä on hakemalla hakea ja laskeskella eri bassoelementtien sopivuutta pieneen koteloon. Itse löysin sopivan elementin oikeastaan vahingossa. En ollut ajatellut käyttäjä "vain" neljätuumaista elementtiä projektissani, mutta kerran minulta kysyttiin pieniin surround kaiuttimiin sopivaa elementtiä ja huomasin yhden nelituumaisen basson ominaisuudet sopiviksi. Parametrien perusteella päädyin myös laskeskelemaan bassorefleksikotelo, jonka optimitilavuus elementille olisi varsin pieni, noin 9 litraa, ja mikä parasta, laskentaohjelman antama taajuusvastekäppyrä näytti varsin hyvältä.

### Elementit elementissään

Bassoelementiksi valitsin siis RTO:n 4" ja 4Ω SP-60/4 elementin sen vuoksi että sen liikkeen pituus ja toistoalue lupasivat sekä hyvää bassontoistoa ja kestoa, että pahvikartiolle ominaista selvyttä äänen. Pienen impedanssin (4Ω) valitsin jotta kaiuttimesta lähtisi ääntä myös kouluissa viime aikoina rakennetuilla vahvistimilla (TDA 2005 / TDA7370). Ääntä näistä kaiuttimista lähteekin edellisillä vahvistimilla jo "järjettömän" paljon.

### Bassorefleksikotelo

Moni pitää bassorefleksikotelo huonona, koska sen toiminta perustuu aukkoon tai putkeen, jonka kautta tulee myös muita taajuuksia ulos kuin se bassoalue, jota sillä yritetään voimistaa. Suljettu kotelo taas tuottaa usein tarkan toiston, mutta bassopää jää latteaksi.



Refleksiaukko pyörteineen ja muut putken kautta ulos tulevat äänet todellakin vaikuttavat ääneen. Ne joko vahvistavat tai heikentävät äänialtoa sen mukaan mikä on refleksiaukossa viivästyneen signaalin vaihe suhteessa suoraan kaiuttimesta tulevaan äänialtoon. Jos refleksiputkea ei ole pyörästetty sisäreunoiltaan tai sen halkaisija on liian pieni, aiheuttavat pyörteet ääneen omat suhinansa. Bassorefleksikotelo onkin siksi mielestäni kompromissi ja suosin sitä yleensä vain erittäin kapealla taajuusalueella toimivien bassokaiuttimien eli "subbareiden" kotelona.

Bassorefleksi-periaatteella tehdyistä kaiuttimista ovat ns. halvat pakettikaiuttimet huonoin esimerkki. Niistä lähtevä ääni on lähellä kaaosta. Väärin laskettu, vaimennettu ja rakenteellisesti toteutettu refleksiaukko aiheuttaa ainoastaan väritymiä ääneen ja tekee kaiuttimesta epätarkan.

Jotta aiemmin mainitut refleksiaukon häiriötekijät olisivat mahdollisimman pieniä, valitsin aukon paikaksi kaiuttimen takalevyn. Korkeat taajuudet kun vaimenevat tietyn matkan aikana aina voimakkaammin kuin matalat taajuudet. Takana olevasta refleksiaukosta lähtiessään korkeat taajuudet vaimenevat vieläkin tehokkaammin, ensin levitessään takana olevaan tilaan ja heijastuessaan/hajaantuessaan takana olevasta seinästä (riippuu materiaalista/vaimentavista kodin tekstiileistä yms.). Tämän jälkeen ovat korkeat taajuudet jo niin paljon vaimentuneita, etteivät ne enää suuremmin vaikuta suoraan kaiutinelementeistä lähtevään signaaliin. Matalimmat taajuudet eivät sen sijaan vaimene oikeastaan lainkaan. Ne heijastuvat seinästä takaisin ja refleksiaukon periaatteen mukaisesti vahvistavat bassotoistoa lasketulla viritystaajuudella.

Parhaimmillaan pienehköt bassorefleksikaiuttimet voivat siis soida hyvinkin muhkeasti ja silti tarkasti. Erityisesti viritystaajuuden alueella on refleksitoimisen kaiuttimen särö samalla äänenpaineella pienempi kuin suljetussa kaiuttimessa.

### Kaiuttimien sijoitus

Näiden kaiuttimien paras sijoituspaikka on 0.5...1m takaseinästä. Aivan kiinni niitä ei voi seinään laittaa tai kirjahyllyn sisään lainkaan. Tämä takana olevan refleksiaukon takia. Paras olisi, jos takana olisi vaimentavaa materiaalia kuten verhot.

### Kaiutinelementtien upotus/tiivistys, erityistä huomattavaa liit- tyen uuteen malliin DMT-26 diskantilla

DMT-26 diskantin kiinnityslaippa on varsin paksu (3.2mm) ja se jäisi pinnalle asennettuna hyvin ikävän näköiseksi. Siksi se on upotettava. Diskantin upotus "käsin" ei aiheuta liemmin tiiviysongelmia kun diskantille tekee piirustusten mukaisen koteloinnin. Kotelon pohjalla on oltava sen verran tilaa että johtimet mahtuvat diskantin taakse kiepille kun diskanttia asentaa paikalleen. Tiivisteenä laipan alla voi käyttää hyvin ohutta nauhaa, lähinnä resonanssien poistamiseen.

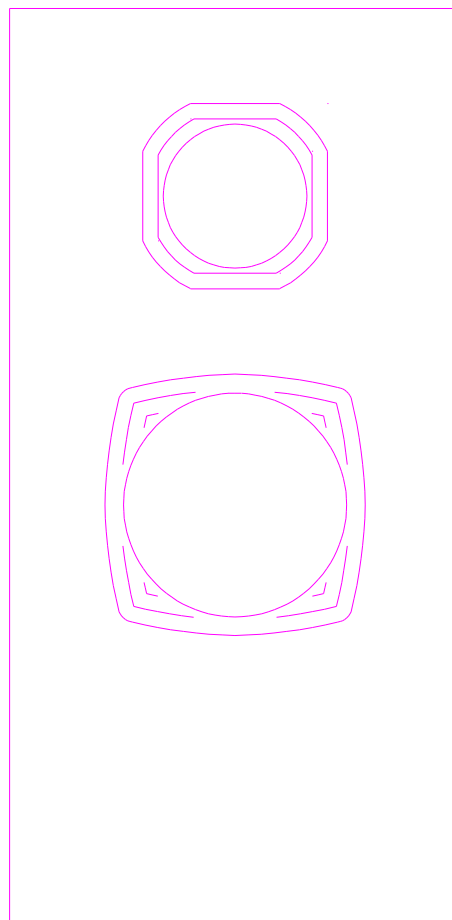
Myös bassoelementti on syytä upottaa. Bassoelementti on muuten liian pinnalla ja sen reunat aiheuttavat diskantista tulevien ääniaaltojen heijastumisia. Basso tulee upottaa 6.5mm, jotta kartion ulkoreunaa kiertävä pahvireuna tulisi pinnan tasalle. Koska bassoelementti pitäisi saada tiiviisti asennetuksi ja sen kiinnityslaipan muoto ei ole helpommasta päästä jyrsittävässä, voidaan CNC-jyrsimen puutteessa tehdä myös piirustusten mukainen pyöreä upotus harppijyrsinnällä. Pyöreä upotus siis kiertää neliömäisen kaiuttimen kulmien ympäri ja neljälle sivulle jää reilusti tilaa.

Tarkoitus myös on että pyöreä upotus peitetään jollain varsin ohuella rinkelamaisella levy materiaalilla, joka heti pahvireunan ulkopuolelta alkaessaan peittää upotukset ja ruuvinkannat ja kaikki muutkin epäsiistit reuna osat. Tätä kirjoittaessani on asia niin uusi että mitään mallia ei tästä ajatuksestani ole näytiksi.

Niille joilla on CNC-jyrsin, yritän saada tälle sivulle pian asiaa jyrsinohjelmasta, jonka Juhani Leppälä on uudelle kaiutinmallille tehnyt ja josta kaiuttimen kuvakin on. Kyseisen ohjelman 3D-malliksi tekemisessä on vielä tekemistä, josta asiasta ei itsellenikään ole vielä mitään hajua kun en omista laitteita tai tarvittavia ohjelmia. Hyviä neuvoja kaivataan ja dxf-tiedostoa saa tutkittavaksi kirjoittajalta - mailto: markku.kauppinen@elisanet.fi

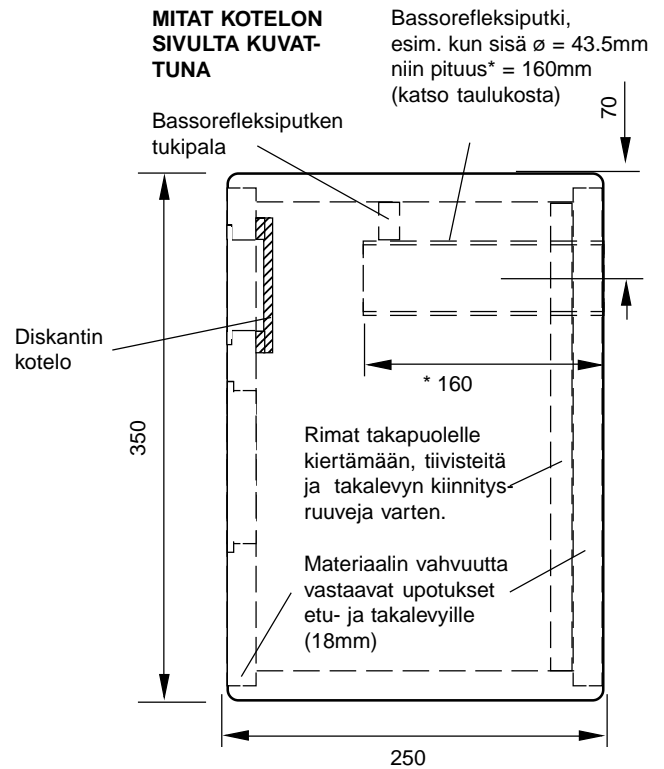
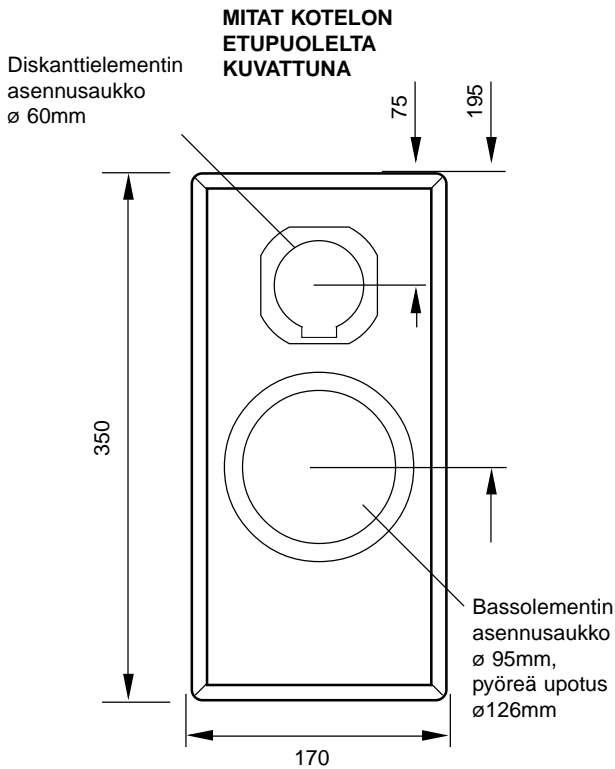
### CNC jyrsinohjelma

Kaiutinelementtien siisti upottaminen kaiutinelementtien ulkomuotojen mukaan on varsin suuritöistä ja siksi Juhani Leppälä on tehnyt uutta kaiutinta varten CNC-jyrsimelle ohjelman (dxf-tiedosto), jonka saattamisessa 3D-valmiiksi on vielä töitä. Kun tiedosto on valmis, se laitetaan ideaporttiin ladattavaksi.



## Kotelon mitat, mm

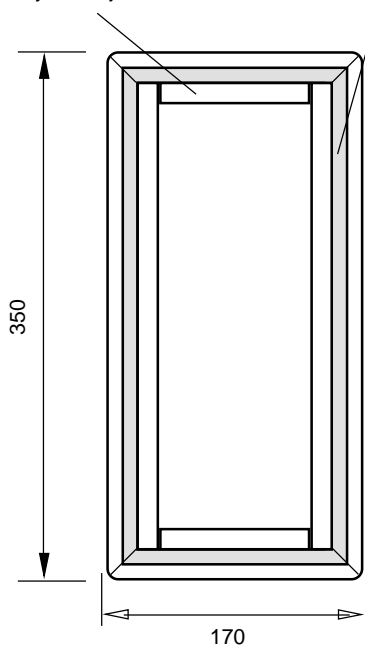
Allaolevat mitat pätevät 18mm ainevahvuudelle.



Takapuolella kiertävä rimakehikko, tiivisteitä ja takalevyn kiinnitysruuveja varten.

### MITAT KOTELO-KEHIKOSTA ETU-/TAKAPUOLELTA

Kavennus etu- ja takareunoihin puolet materiaalivahvuudesta (9mm), syvyytenä materiaalivahvuus (18mm).



### Kotelon pyöristykset ja refleksiputki

Kotelon etureunan tulee pyöristää. Kun diskantista lähtevät korkeat taajuudet osuvat kotelon teräviin reunoihin, syntyvät niistä lähes joka suuntaan lähteviä heijastuksia, jotka vaikuttavat ääneen kulloisenkin vaiheensa mukaan. Pyöristetyt reunat vaimentavat näitä heijastuksia huomattavasti.

Refleksiputken sisäreunat tulee myös pyöristää, koska terävät reunat aiheuttavat pyörteitä ja siis ylimääräisiä ääniä. Refleksiputki on hyvä lisäksi tukea kotelon yläosaan kiinni, se kun on suhteellisen pitkä tässä kotelossa ja jollain taajuudella tuo muoviputki ilman tukea varmasti resonoi, aiheuttaen lisää ylimääräistä ääntä (lähinnä takalevy soi). Älä sijoita tukea aivan putken sisäpuoliseen päähän vaan esim. 50 mm päästä, jotta tukikappale ei vaikuta putken ilmavirtaan. Putki ei voi tietenkään olla kiinteästi kiinni tukipalassa, vaan tarkoitus on että putki "nojaa" pienellä voimalla tukipalaan, jossa on pehmuste. Tämä estää putkea ottamasta vauhtia äänialloista ja estää resonanssin. Kannattaa ensin tehdä hieman liian pitkä tukipala ja trimmata sitä sitten niin että kääntää kotelon ylösalaisin ja kokeilee takalevyn kiinnitetyn putken kanssa kampeaako pala vastaan. Tarvittaessa trimmataa palaa sen verran lyhyeksi että se ei ota vastaan.

Tämän jälkeen kokeillaan pehmustetta (esim. solukumi) palan päällä ja tarkistetaan uudelleen että levy menee helposti ja vain kevyesti kammaten paikalleen. Voit käyttää esim. lyhyttä liimapuristinta apuna palan pystyssä pitämiseen kokeilujen aikana.

Ainoa oikea vaimennusaine bassorefleksikoteloon on polyesterivanu. Lasivillasta lähtee aina pieniä ikäviä hiukkasia irti, jotka pölyävät ajan myötä myös putkesta ulos. Älä pakkaa putken päälle villaa, vaan jätä jonkin verran tilaa putken päälle eteen.



### Kotelon osien työstäminen

Kotelo tehdään 18mm mäntyliimalevystä. Kotelon 250mm syvyyden levyistä levyä sahataan ensin pitkittäisyyden koteloon tarvittava aine määrä (ainakin yli 1.1m, jotta kotelo-osien sahaamiseen jiiressä jäisi pelivaraa). Reunoille toiselle puolelle (sisäkanteihin) ajetaan etu- ja takalevyjä kantavat leikkaukset. Leikkauksen syvyyden tulee olla 9mm-10mm, siis maksimi puolet käytetyn levyn ainevahvuudesta, jotta jäävä reuna kestäisi. Leikkauksen leveyden tulisi olla millin-puoli suurempi kuin ainevahvuus, eli n. 19mm. Seuraavaksi katkotaan 45° jiiressä kahdet 170mm ja 350mm pätkät. Etupuoleen kiinteästi liimattava levy tasataan tasohiomakoneessa myöhemmin. Takalevyn pieni tasoero tasautuu tiivisteen ansiosta.

### Kotelokehikko ja sen osaset

Viisteisiin jyrskittyihin uriin naputetut lamellopalat helpottavat kasaamista huomattavasti. Kuvan kotelopalosta on lamello-järjestelmän periaate nähtävissä.



### Kuva kaiuttimesta takalevy irrallaan

Takalevy tulee tiivistää käyttäen esim. P:n muotoista tiivistettä, niittaamalla se kotelon takasisäreunaa kiertävään tukirimaan. Tätä ennen on kuitenkin varmistuttava siitä että tukirimojen kulmakohdat ovat ilmatiiviitä. Käytä tarvittaessa liimaa (kuumaliimaa) tiivistämiseen.

Jakosuodin voidaan asetella paikalleen siten että pohjalle tulee ohut kerros vaimennusmateriaalina käytettävää eristevillaa tai polyesterivanua ja sitten jatketaan kaiuttimen täyttämistä villalla aina refleksiputkeen asti. Jakosuodin pysyy varsin hyvin paikallaan ihan vain villojen välissä. Piirilevyn voi tietenkin ruuvata pohjaan kiinni, mutta tuolloin on käytettävä useata kannatinkappaleita piirilevyn pohjan alla, jotta piirilevy ei lähtisi resonoimaan ja osat irtoilemaan.

Johdot on jätettävä sen verran pitkiksi että jakosuotimen ja takalevyn sijoittelussa paikoilleen ei tule ongelmia.

Kuvan kaiuttimessa (vanhan proton kuva) on poikkeuksellisesti käytetty XLR-liitintä tuloliittimenä. Sen etuja on tiiviys ja pieni asennusaukko. Toiset vaihtoehdot ovat upotettava paneelimalli, jota varten pitää tehdä 50mm aukko tai sitten pintamalli, jota varten pitää tehdä kaksi reikää, jotka yleensä tulee erikseen tiivistää. Pinnallinen kautinliitin on halpa ja helppo asentaa, mutta ulkona töröttäessään se voi (muovisena) helposti hajota iskusta.

### Bassorefleksiputki

Bassorefleksiputkena on tässä käytetty harmaata polyeteeniputkea, joka on edullista ja sitä on helppo työstää. Haittapuoliakin aineella on. Polyeteeniä kun ei oikeastaan voi liimata millään. Etolan asiantuntijojen mukaan ainoa varma tapa polyeteeniputken kiinnittämiseen on hitsaus.

Putken juureen takalevyssä onkin mieluummin tehtävä ylimääräinen hylsymäinen tuki. Lisäksi putki on karhennettava hyvin, jonka jälkeen se (mahdollisimman tiukka) reikään työnnettynä vielä liimataan kuumaliimalla kiinni. Kuumaliimaa ei kannata säästää ja karhennetun osan on ulotuttava tietenkin liima-alueelle. Ainakin ensimmäisissä rakennetuissa kaiuttimissa putket ovat edelleen paikallaan edellä kerrotulla tavalla kiinnitettynä.

Refleksiputken pituus riippuu putken sisähalkaisijasta. Mitä suurempi halkaisija, sitä pidempi putki. Tietyn halkaisijan omaava putki ei tietenkään mahdu enää koteloon.

### Refleksiputken pituustaulukko

Seuraavassa on halkaisijaa vastaava pituustaulukko niille, joilla on sattumoisin varastossa jotain muuta putkea kuin edellisen sivun piirroksissa kuvattu polyeteeniputki.

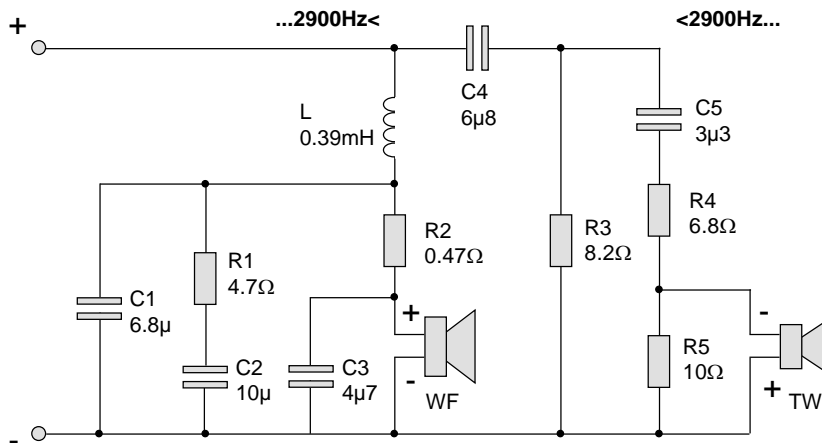
sisä ø	pituus	Putken "viritys"
40	135	Bassorefleksiputken pituutta kasvattamalla saadaan bassotoistoa hieman alemmaksi. Maksimina pitäisin 20% lisäystä. Bassotoisto nimittäin kyllä syvenee mutta sen taso loivenee ja tippuu koko bassoalueella. Kannattaa kuitenkin kokeilla. Pieni huone esim. nostaa tason helposti takaisin.
41	138	
42	147	
<b>43.5</b>	<b>160</b>	
45	173	
46	182	
47	190	
48	200	
- mitat millimetreinä		

## Jakosuotimen kytkentäkaavio ja osalistaus

### Jakosuodinkomponentit

Teho ja jännitearvot ovat vain pienimpiä suositeltavia arvoja

TW	= Diskantti RTO DMT-26 8Ω
WF	= Basso RTO SP-60/4Ω
L	= 0.39mH ilmasydänkela
C1	= 6.8uF 50V polko
C2	= 10uF 50V bipolaarinen elko
C3	= 4.7uF 50V polko
C4	= 6.8uF 50V polko
C5	= 3.3uF 50V polko
R1	= 4.7Ω 2W
R2	= 0.47Ω 4W
R3	= 8.2Ω 4W
R4	= 6.8Ω 2W
R5	= 10Ω 2W

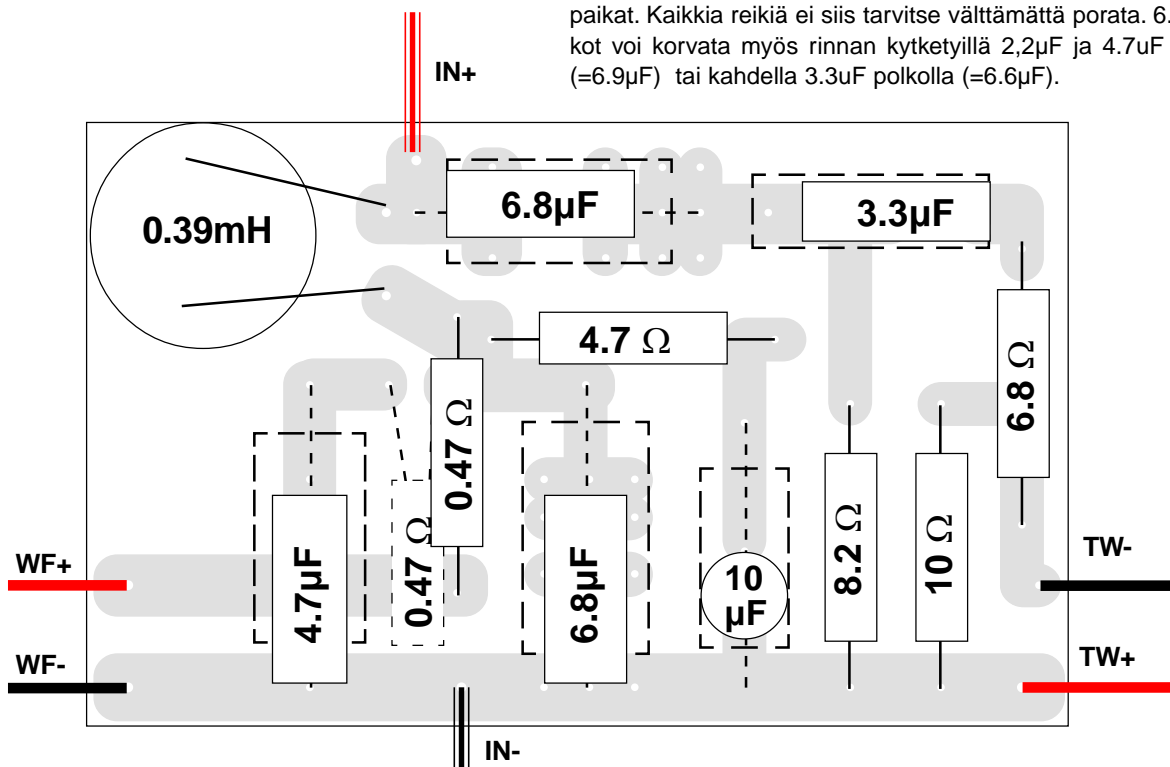


### Komponenttien tehtävät

C1 ja L1: basson jakotaajuuden määräävät komponentit  
 R1 ja C2: basson impedanssin tasauskytkentä  
 C3 ja R2: basson 4.5kHz alueen "piikin" lisävaimennus  
 C4 ja R3: diskantin ensimmäinen 6dB C/R -suodin  
 C5, R3 ja R4: diskantin toinen 6dB suodin ja vaimennus, (herkkyyden tasaus bassoa vastaavaksi)

## Jakosuotimen komponenttien sijoittelupiirustus

Piirilevy on suunniteltu siten, että lähes millä tahansa rasterilla olevat komponentit sopivat. Katkoviivoilla on merkitty vaihtoehoiset, eri rasterilla olevat tai esim. vaakamallisten kondensaattoreiden paikat. Kaikkia reikiä ei siis tarvitse välttämättä porata. 6.8µF polkot voi korvata myös rinnan kytketyillä 2,2µF ja 4.7uF polkoilla (=6.9µF) tai kahdella 3.3uF polkolla (=6.6µF).



### Sijoittelupiirustuksen merkinnät

IN+	Tulo, plusnapa
IN-	Tulo, miinusnapa
WF+	Bassokaiuttimelle plusnapaan
WF-	Bassokaiuttimelle miinusnapaan
TW+	Diskanttikaiuttimelle plusnapaan
TW-	Diskanttikaiuttimelle miinusnapaan

Ideaport - 26.9.2007



Teksti ja kuvat  
 Markku Kauppinen

Proton kotelon teosta kiitokset Juhani Leppälälle.  
 - kotelon vahauksesta on uusi artikkeli Ideaportin sivuilla