

# Tietokonekaiuttimet subwoofereilla

Markku Kauppinen

**Ohjeet tietokonekaiuttimille, joita voidaan tehonkestoensa ja äänenlaatussa puolesta käyttää myös muuhunkin kotikuunteluun.**

## Yleistä

Tietokoneisiin on myynnissä mitä moninaisempia kaiutinjärjestelmiä. Jo koneen mukana myydään puoliväkin jokin muovipönttösarja, joiden sointi tietenkin muistuttaa lähinnä purkitettua räminää. Nämä sarjat sisältävät itsessään jonkinlaisen vahvistimen ja yleensä niiden tehot ilmoitetaan termillä P.M.P.O. Tämä "pompputeho" yleensä tarkoittaa sitä että jos kaiutinsarjan tehoksi luvataan 100W, niin laitteen taakse on pienellä kirjoitettu tehonkulutukseksi 10W (teho joka vaaditaan teholähteeltä). Tähän asti törkein netistä löytämäni väite on ollut ihan suomeksi että "jopa 500W hetkellinen teho takaa erittäin puhtaan äänenlaadun". Samoille pienille tötteröille on kuitenkin samalla rehellisesti kerrottu RMS-tehoiksi 2 x 2W! On aivan selvää että todellisen hetkellisenkin musiikkitehon on oltava lähellä jälkimmäistä lukua.

Osalla ihmisistä tietokone on tullut viihdekeskukseksi, jolla soitetaan niin CD:t, MP3:t kuin DVD:t. Muita ohjelmalähteitä ja kaiuttimia ei välttämättä haluttaisi käyttää, kuin mitä koneessa on kiinni. Mutta kun muovilaatikoista haluaisi hieman enemmän ääntä irti, niin ne parkuvat säröllä ja nautinto on kaukana.

Tärkeä osa kaiuttimien sointia on sen kotelointi. Useat muovipöntöissä käytetyt elementit voisivat soida huomattavasti paremmin jos niille tekisi kunnan kotelot. Ohut, joka kantilta soiva kotelo aiheuttaa sointiin epämääräisyyttä sekä särinöitä ja näön vuoksi tehdyt refleksiaukot aiheuttavat vain ylimääräistä mölyä. Refleksikoteloita ei edes teoriassa voi virittää nyrkinko-koisissa koteloidissa bassotaajuuksille, vaan johonkin 200-300 Hz tuntumaan.



Jos koteloihin katsoo sisälle niin niistä tuskin löytyy edes mitään vaimentavaa materiaalia. Tai on; ehkä jokin pieni vaahtomuovin palanen, joka ei riitä mihinkään.

## Kunnan kaiutinkotelot ja vahvistin

Tässä esiteltävän projektin lähtökohdaksi on ollut saada aikaan edullinen, mutta silti tehonkestoltaan ja laadultaankin riittävä tietokonekaiutinsarja, joka kestäisi tehoa noin 2x30W luokkaa (siis ei mitään hattiwatteja vaan ihan oikeita).

Kaiutinsarjassa on kaksi monitorin sivuille tulevaa ns. pääkaiutinta, jotka ovat magneettisuojatut kokoalueen kaiuttimet. Ne toistavat yli 100Hz taajuudet. Pääkaiuttimien kotelot ovat suljettua tyyppiä ja tarpeeksi isot, joka on tärkeää soinnin tarkkuuden kannalta. Matalimmat taajuudet jotka alkaisivat väistämättä kumisemaan, suodatetaan ennakolta pois bipolaarisella kondensaattorilla.

Lisänä on subbarikuutiot l. 45Hz - 100Hz alueen toistavat bassokaiuttimet, jotka tulevat lattialle. Näin subbareiden kaiutinelementtien ei tarvitse olla magneettisuojujattuja, mutta etäisyyttä monitoriin tulee olla n. puoli metriä.

Kapealla taajuusalueella toimivat subbarit ovat refleksityyppiä ja konsepti onkin kopioitu jo hyvin toimiviksi havaituista kompakteista kaksitiekkaiuttimista. Kaiutinelementitkin ovat samat eli RTO:n SP-60/4. Kotelon muoto on subbarilla vapaampi, joten koteloksi on otettu tilatehokkain muoto, eli kuutio.

Koska jakotaajuus on varsin korkea, tulee kotelo täyttää polyesterivanulla ylimääräisten äänien vaimentamiseksi.

Vahvistimeksi sarjalle sopii hyvin Ideaportin 2 x 35W TDA7370 vahvistin, jolla jo prototkin kuunneltiin läpi. Tavallinen kuunteluteho on n. 2 x 5W mutta lisätehoja tarvitaankin lähinnä dynamiikan takia, jotta musiikin/elokuvan voimakkaimmat kohdat eivät puuroutuisi vahvistimen mennessä heti säröille. Kaiutinsarjassa tehosta n. 3/4 menee subbareille.

## Pääkaiuttimet

Pääkaiuttimien kaiutinelementiksi sopivat ainoastaan magneettisuojatut mallit. Tarkoitushan on käyttää kaiuttimia aivan monitorin sivuilla. Tällainen kaiutinelementti on esim. Nokian soikea 50x110mm LPB511, jonka mukaan on tehty tämän artikkelin piirustukset. LPB511 on kokoäänialueen kaiutinelementti, jonka taajuusvaste on erittäin tasainen ja laaja; 120Hz - 22.5kHz pysyy 6db sisällä. Erillistä diskanttia ei siis tarvita. Itseasiassa, juuri korkeimpien taajuuksien alueella tasaisuus on parempi kuin useimmissa diskanttielementeissä.

## Pääkaiuttimien etulevy

Kaiutinelementit tulevat tiiviisti kiinni erityiseen etulevyyn (maskiin), sen takapuolelle. Etulevy taas muodostaa vaahtomuovikaistaleen avulla tiiviin rakenteen kotelon pinnan kanssa. Kotelossa on kaiutinelementin mentävä aukko, jonka ei tarvitse olla tiivis elementtiin nähden. Näin voidaan käyttää monia takaapäin asennettavia, etureunastaan tasaisia kaiuttimia muissakin projekteissa.

Tarkoitus on myös että etulevy voidaan muusta kotelosta erillään maalata sopivan väriseksi. Mieluummin jokainen toteuttaa värityksen ja kuvioinnin täysin yksilöllisesti t.s. etulevy on oikea kohde graffiteille.

Sivukaiuttimien kulma on pyritty saamaan monitorin kanssa samaan n. 20° pystytasosta taaksepäin. Tämä kulma on yleensä ergonomisesti paras monitorille. Kallistus on aikaansaatu tekemällä etulevystä ylipitkä (ks. sivukuva).

## Kuvat etulevyjen laminointivaiheesta



## Laminoidut etulevyt sahausta vailla



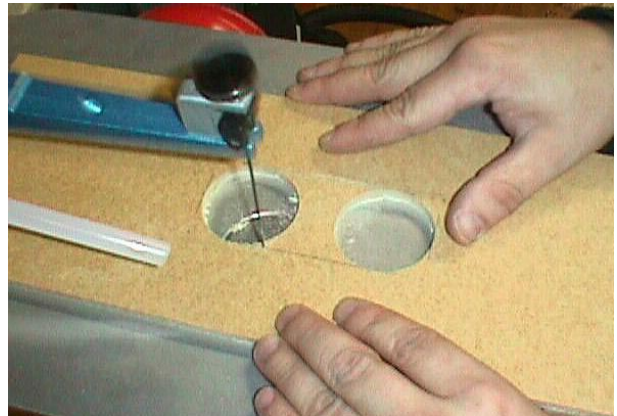
Etulevy on jäykkyyden ja hyvän maalattavuuden saavuttamiseksi laminoitava kahdesta levystä. Pintaosaksi tulee helposti maalautuva kovalevy ja taustaksi 4mm vaneri. Ne liimataan l. laminoidaan toisiinsa kahden levyn välissä, käyttäen niin paljon puristimia kuin vain on mahdollista. Liimaa ei pidä säästellä. Levyssä pitää olla tässä vaiheessa vielä reilusti varaa joka suuntaan. Lopulliseen kokoon levyt sahataan vasta kun liima on hyvin kuivunut.

Levyyn kaiutinelementille tehtävän soikean reiän on oltava vain hieman isompi kuin mitä on elementin vaahtokumireunus. Reiän on oltava kaiutinelementin ulkoreunaa vasten tiivis. Reiän tekee helpoiten poraamalla ensin kaksi reikää aukkoporalla ja sahaamalla näiden välisen osan pois. Lopulta reuna viilataan etupuolelta pyöreäksi. Sisäreunan kanttia on varottava viilaamasta, koska muuten kantti falskaa eikä aukko ole enää kaiutinta vasten tiivis.

Etulevyn taakse kotelon peittävälle alueelle liimataan vaahtomuovikaistale. Vaahtomuovin on tarkoitus tiivistää kaiutin ja estää etulevyn ja kotelon väliset resonanssit. Vaahtomuovin liimaamisen jälkeen ja liiman hyvin kuivuttua poistetaan ylimääräinen vaahtomuovi terävällä veitsellä kautinaukon kohdalta.

Tämän jälkeen etulevyyn porataan ruuvien reiät. Ensin porataan kaiuttimen kiinnitysreiät (4kpl) ja sitten reiät ruuveille jotka kiinnittävät etulevyn kotelon etuseinämään. Siistin ulkonäön takaamiseksi ruuvien kannoille on hyvä tehdä upotukset. Sitten etulevy voidaankin jo kevyen hionnan jälkeen maalata.

## Kaiutinelementin aukon sahaus etulevyyn



## Vaahtomuovin liimaus spray-liimalla (esim. 3M)



## Pääkaiuttimien kotelo

Kuvien kotelot on tehty 15mm mäntyliimalevystä. Ensinnä tehdään kotelon 200mm syvyyden levyistä soiroa koteloon tarvittava n. 800mm. Levyn toiselle puolelle ajetaan huulokset, jotka kotelon sisäreunalla kantavat etu- ja takaseinämiä. Sirkkelillä ajetaan siis reunaan huullos, joka on puolet levyn vahvuudesta x hieman yli aineen vahvuus (jotta taka- ja etuseinämät uppoavat hieman reunoja syvemmälle). Ylimenevät reunat hiotaan tasan myöhemmin kun kotelo on liimattu.

Seuraavaksi katkotaan 45° jirissä kahdet 120mm ja 250mm pätkät.

Kotelo esikasataan hetkeksi etuseinämän koon mittauksiksi. Kotelon kasaamista tässä vaiheessa auttaa jos kulmiin on tehty Lamello-jyrsimellä urat (Lamello-) tukipaloineen.

Etuseinämän sopivuus kotelokehikkoon varmistetaan vielä sovittamalla. Kotelokehikon kulmat eivät saa irvistää kun seinämä on paikallaan. Etuseinämän on mentävä helposti paikalleen kun kulmat ovat tiiviisti yhdessä.

Lisäksi mittaamalla ja/tai käyttäen varmistuksen vuoksi kaiutinta alla olevan kuvan mukaisesti tehdään seinämään merkinnät aukosta, josta kaiuttimen runko menee läpi. Aukon ei tarvitse olla kaiutinelementin runkoon nähden tiivis, koska kuten on jo aiemmin kerrottu, tiiviyys hoituu etulevyllä ja siihen liimatulla vaahtomuovilla.

Vasta kun kaiuttimelle on tehty etuseinämään aukko, kotelokehikko ja etuseinämiä liimataan kasaan. Paras liimauspuristin tähän on vannepuristin. Tämäkin varsin pieni kotelo tarvitsee kolme puristinta, jotta kulmat puristuisivat siististi yhteen.

## Kotelokehikko ja sen osat

Kuvan kotelopaloissa on lamello-järjestelmän periaate helposti nähtävissä. Viisteisiin jyrsittyihin uriin naputetut Lamell-palat helpottavat kasaamista huomattavasti.

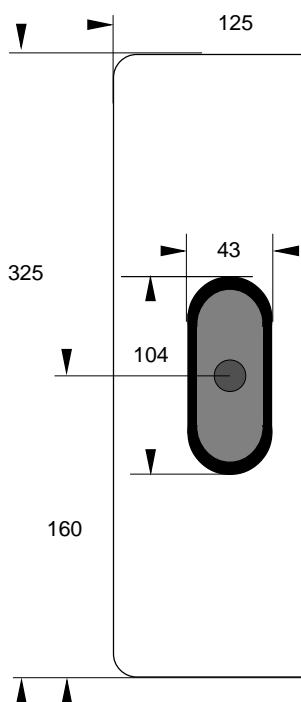


## Etuseinämän sovitus ja kaiutinaukon merkitseminen

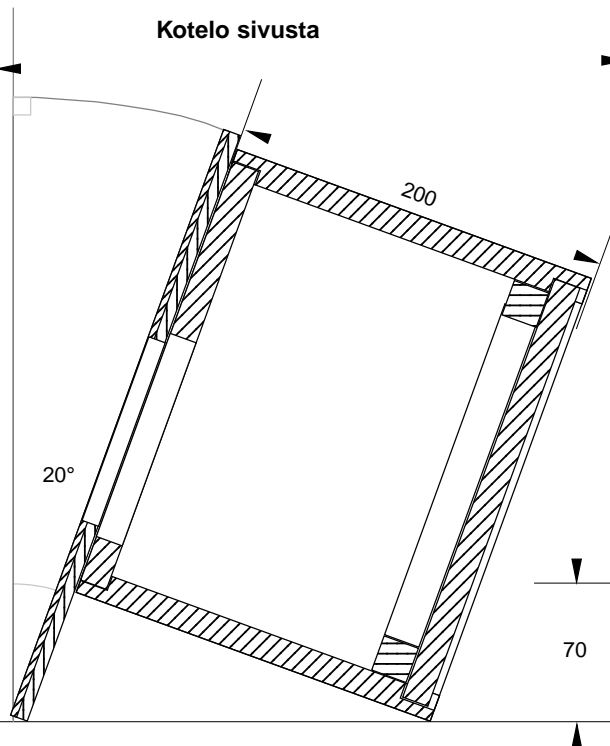


## Pääkaiuttimien mitat

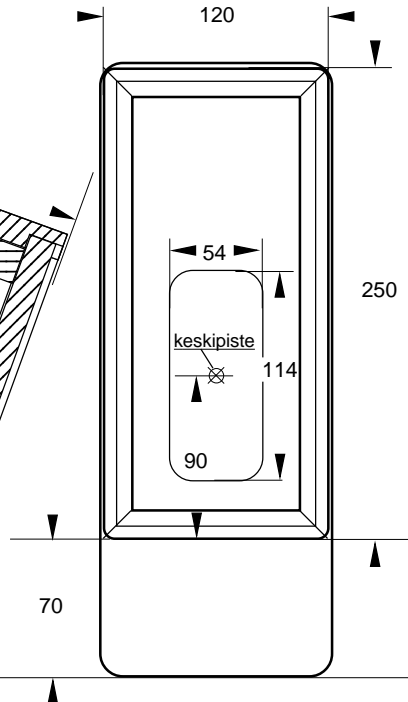
### Kotelo edestä



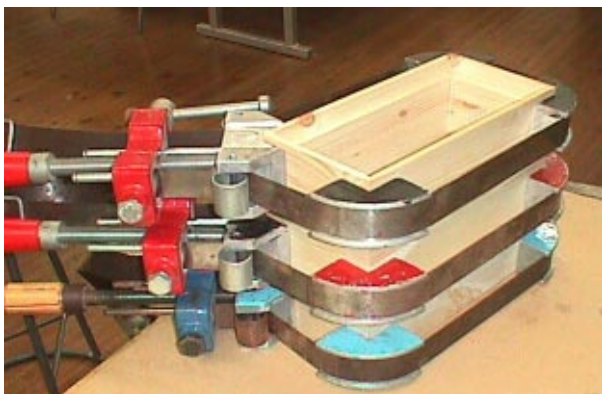
### Kotelo sivusta



### Kotelo takaa



### Kuva vannepuristimien käytöstä



### Kotelon takakansi ja sen tiivistys

Takakansi tulee ruuveilla kiinnitettäväksi ja kotelon reunan huuloksen tasolle liimataan kiertämään n. 20mm kehyspuu. Kehyksen on oltava ilmatiivis. Erityisesti kulmat on tarkastettava, koska niihin jää helposti rakoja. Raot tukitaan esim. kuumaliimalla. Kehyksen pinnalle niitataan lisäksi P-tiivistysnauha, jonka on kuljettava tiiviisti pitkin reunoja, ruuvien kehän ulkopuolella.

### Liitin takakanteen

Pääkaiuttimien liittimenä voi käyttää joko johtopikaliitintä tai edullista RCA-liitintä, jonka asentaminen tehdään seuraavasti:

Kotelon takakanteen porataan kierteelle tiukka 6mm reikä, johon liitin kierretään kunhan sen keskinastaan on ensin juotettu kaiuttimelle menevä johdin. Juotoskorva jää ulkopuolelle pintaan. Seuraavaksi porataan juotoskorvan reiän ja takakannen läpi toinen reikä n. 1.5mm poralla. Tähän reikään syötetään tinattu johtimen pää kotelon sisäkautta ulos ja juotoskorvan läpi, johon se juotetaan kiinni. Johtimien tulee olla ainakin kaksi kertaa niin pitkät kuin kotelon syvyys, jotta johtimien juottaminen myöhemmin kaiutinelementteihin sujuisi hankaluuksitta.

### Kuva takakannen RCA-liittimestä

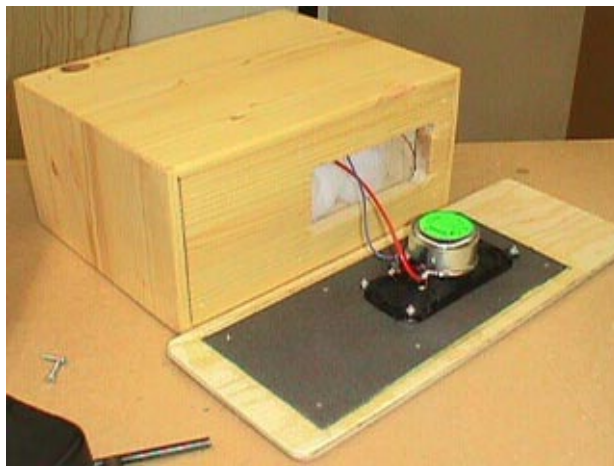


### Kuva kaiutinelementeistä

Kuvissa näkyvät muoviset ohjaintapit on poistettava ennen kuin kaiutin ruuvataan etulevyä vasten. Ne lähtevät helposti lattapihdeillä taittaen.



### Etulevy ruuvataan koteloon kiinni kuudella ruuvilla



### Kuva pääkaiuttimista valmiina

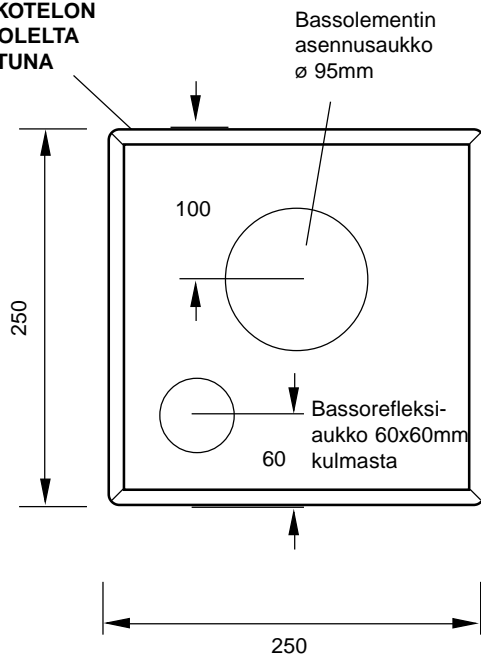


## Subbarikuutiot

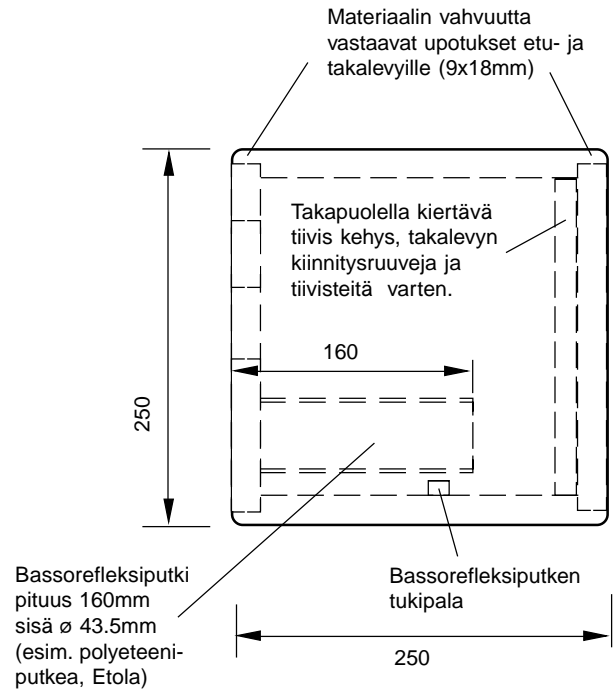
### Subbarikuution mitat, mm

Allaolevat mitat pätevät 18mm ainevahvuudelle.

#### MITAT KOTELON ETUPOUELELTA KUVATTUNA

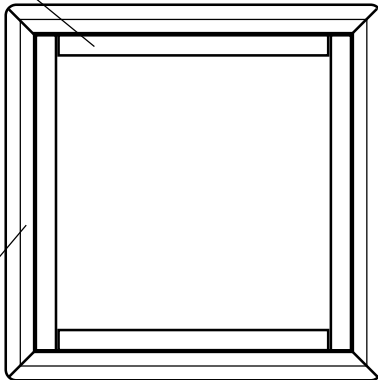


#### MITAT KOTELON SIVULTA KUVATTUNA



Takapuolella kiertävä tiivis kehys, takalevyn kiinnitysruuveja ja tiivisteitä varten.

#### MITAT KOTELOKEHIKOSTA ETU-/TAKAPUOLELTA



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

### Huomattavaa subbarikuutioista

Refleksiputken sisäreunat tulee myös pyöristää, koska terävät reunat aiheuttavat pyörteitä ja siis ylimääräisiä ääniä. Refleksiputken pää kotelon sisällä on hyvä lisäksi tukea kotelon pohjaan kiinni tukikappaleella. Putki kun on suhteellisen pitkä ja jollain taajuudella muoviputki ilman tukea varmasti resonoi, aiheuttaen ylimääräistä ääntä. Myös liimaus voi pettää jatkuvassa värinässä. Älä sijoita tukea aivan putken päähän vaan esim 50mm päästä, jotta tukikappale ei vaikuta putken ilmavirtaan.

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

Takalevyyn tulee kaiuttimen liitin. Valitaan liittimeksi sitten johtopikaliitin tai jokin muu, varmista että liitin tulee asennetuksi ilmatiiviisti.

### Kuva subbarikuutioista ilman elementtejä ja liittimiä



## Jakosuotimen kytkentäkaavio ja osalistaus

### Jakosuodinkomponentit

Teho ja jännitearvot ovat vain pienimpiä suositeltavia arvoja

- FR = Nokia LPB-511 8 ohm  
WF = Basso RTO SP-60/4 ohm \*  
L = 2mH ferriitti- tai rautasydän  
C1 = 47uF 50V bipolaarinen elko  
tai 2 x 100uF Low ESR elko  
miinusnavat vastakkain  
C2 = 100uF 63V hyvä bipolaarinen elko  
tai 2 x 220uF Low ESR elko  
miinusnavat vastakkain

Kaiutinsarjassa on passiivinen jakosuodin, joka jakaa taajuudet pääkaiuttimien ja subbareiden kesken. Jakosuodin on niin yksinkertainen, että osat voidaan sijoittaa liimaamalla kaiuttimen takakanteen ilman varsinaista piirilevyä.

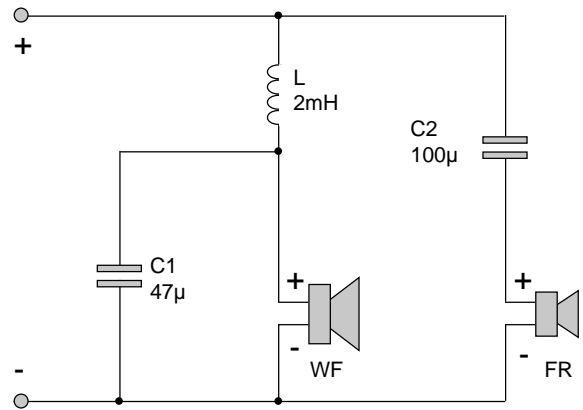
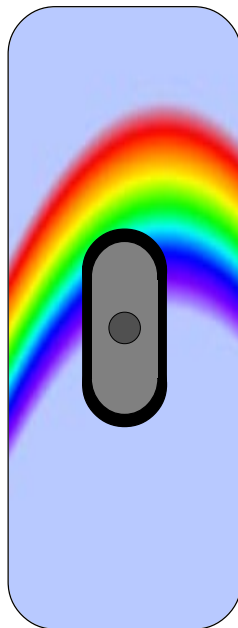
Pääkaiuttimiin tulee vain 100µ bipolaarinen elko kaiuttimen plusnavan väliin sarjaan. Bipolaarinen (110µF) elko voidaan tehdä myös kahdesta miinusnavoistaan yhteen kytketystä 220µ elkosta. Elkojen tulisi olla pieni-impedanssista eli Low ESR tyyppiä. Muuten diskantit alkavat vaimentua. Tavallisia elkoja käytettäessä tulisi niiden rinnalle kytkeä vielä 1,5uF polko.

Subbareihin tulee kaiuttimen napojen yli 47µ bipolaarinen elko (tai 2x100uF tavallista sarjassa) ja kaiuttimen plusnapaan tulee signaali 2mH kelan läpi.

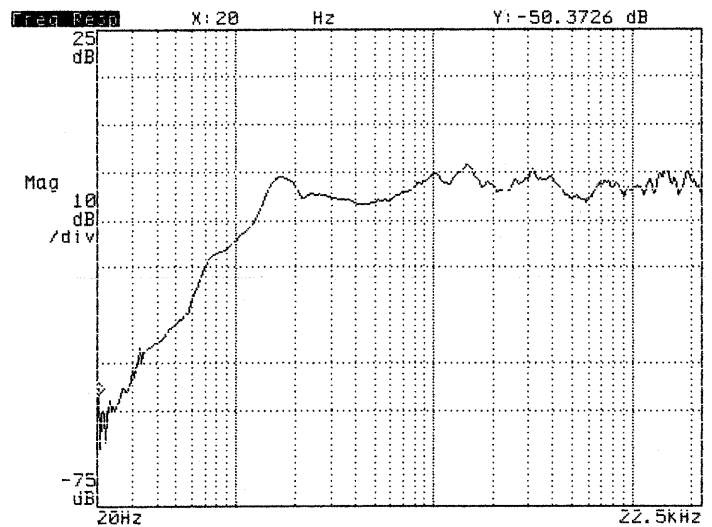
Kaiutinsignaali haaroitetaan vahvistimesta sekä pääkaiuttimelle että subbarille kummassakin kanavassa. Tai sitten viedään vain yksi johto ensin subbarin liittimeen ja tästä liittimestä haaroitetaan signaali myös pääkaiuttimelle.

### Etulevyn maalaus

Etulevyn kovalevyypinta on helppo maalata vaikkapa spray-maaleilla. Tarkoitus olisikin että oppilaat saisivat tehdä kaiuttimistaan "oman näköiset".

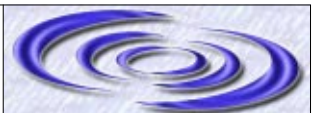


### Pääkaiuttimien taajuusvaste elementillä LPB511



\* Jos vahvistimena käytetään jotain vanhaa, vain 8ohm kuorman kestävää mallia, kanattaa tietokonekaiuttimista tehdä saman tien 8ohm versio. SP-60/4 bassosta on olemassa myös kahdeksanohminen malli SP-60/8, jonka testaukset ovat vielä tätä kirjoittaessa edessä. Periaate on kuitenkin se että pääkaiuttimien sopivaa vaimennustasoa pitää tutkia, jotta ne soisivat tasapainossa subbarien kanssa. Vaimennus (vastus sarjassa) vaikuttaa kuitenkin jakotaajuuteen ja siten muutenkin sointiin, joten asia ei ole ihan niin yksinkertainen.

## Ideaport - 3.9.2005



Tekstit ja kuvat:  
Markku Kauppinen - 2005

Kuvien protojen teosta kiitokset:  
Pääkaiuttimet: Veikko Pöyhönen / Suutarilan YA  
Subbarikuutiot: Mika Mattila / Malmin YA

Mittaukset:  
Mikko Esala / Stadia, Albertinkadun sähköosasto