

# Tri-mode vahvistin TDA7370 piirillä

2 x 12W + 1 x 35W rms @ 4 ohm

Markku Kauppinen

**Kolmikanavainen vahvistin aktiivisella Tri-mode jakosuotimella, jossa tulevan stereosignaalin ylätaajuudet jaetaan vasempaan- ja oikeaan pääkanavaan ja matalimmat taajuudet summataan yhteen keskikanavaan.**

## Ominaisuudet

Vahvistin on suunniteltu pääasiassa sellaisia kolmekanavaisia järjestelmiä varten, joissa on tarkoitus käyttää kahta pienehköä kokoalueen kaiutinta (normaali stereo) ja näiden tukena keskikanavan kautta yhtä lisäbassokaiutinta eli subbaria. Keskikanava voidaan jättää myös ilman suodattamista. Tällöin vahvistin on kolmikanavainen vahvistin, jossa keskikanavan teho on n. kolminkertainen stereokanaviin verrattuna.

Vahvistimeen saa liitettyä myös takakaiuttimet surround-efektiä varten. Koska vahvistimessa ei ole kuitenkaan mitään viivepiiriä, toimivat takakaiuttimet parhaiten silloin kun ne voidaan sijoittaa kuuntelijasta kauemaksi kuin etukaiuttimet. Viivettä saa lisää myös siten että takakaiuttimet heijastavat äänen esim. katon kautta epäsuorasti. Tietokonekäytössä viive voidaan toteuttaa usein helposti, koska takana on useimmiten tilaa. Silti, on viivettä tai ei, takakaiuttimet tuovat runsaasti tilan tunnetta.

Parhaiten vahvistin sopiikin juuri tietokonekäyttöön, jota varten on myös jäljempänä ohjeet kotelon tekoa varten. Vahvistinta voi hyvin käyttää myös kaikissa 12V järjestelmissä, kuten autossa/veneessä. Myös kannettava, MP3 ja muiden soittimien äänentoistolaitteeksi kytkettävä "ghettoblaster" on jo ollut suunnitelmissa toteuttaa tällä vahvistimella.

Piirilevy sisältää aktiivisen jakosuotimen, joka ensin summaa subbarille vasemman ja oikean kanavan signaalit ja sitten suodattaa signaalista ylätaajuudet pois. Vastaavasti pääkaiuttimien kanavista suodatetaan pois matalimmat taajuudet.

Vahvistimen hyötysuhde on paljon parempi kun taajuudet on jaettu aktiivisesti jo ennen pääteastetta.

Tämä johtuu siitä että kun esim. 50Hz ja 500Hz summataan yhteen, näkyy 500Hz taajuus 50Hz taajuuden harjalla verhona, joka varaa osansa siitä jännitteestä, joka voisi olla käytettävissä eniten tehoa vaativien matalien taajuuksien toistoon. Käytettävissä oleva teho kun on suhteessa jännitteen neliöön.

Jos jännitettä (jännite-ikkunaa) pitää varata suuremmille taajuuksille pääteasteeseen asti, aiheutuu siitä tehohukkaa, koska myös suurempi osa tehosta kuluu pääteasteen transistorien lämmittämiseen.

Edellisestä myös seuraa että kun tavallista vahvistinta yliohtetaan, suurimmat taajuudet leikkautuvat ensiksi harjalta pois. Kun korva on korkeimmille taajuuksille herkin, kuulostaa ääni heti pahalta. Jos aktiivisen jakojärjestelmän vahvistinta yliohtetaan ja matalien taajuuksien signaalista leikkautuisivatkin huiput pois, ei korkeille taajuuksille tapahdu yleensä vielä mitään. Yliohtauksen pitää olla kuuluakseen todella reilu.

Aktiivisissa järjestelmissä tehoa ei myöskään huku jakosuotimen keloihin ja vastuksiin, kuten passiivisissa järjestelmissä tapahtuu. Vaikka passiivisen Tri-mode jakosuotimen tekeminen onkin mahdollista, on niiden kytkeminen vahvistimiin riskialtista touhua, niiden tietyillä taajuuksilla aiheuttaman suuren kuorman takia. Myös kelojen hinta tätä tarkoitusta varten on sitä luokkaa, että koko vahvistimen osat saa yhden ison kelan hinnalla. Ja jatkotaajuutta onkin sitten jo hankalampi muuttaa mihinkään.



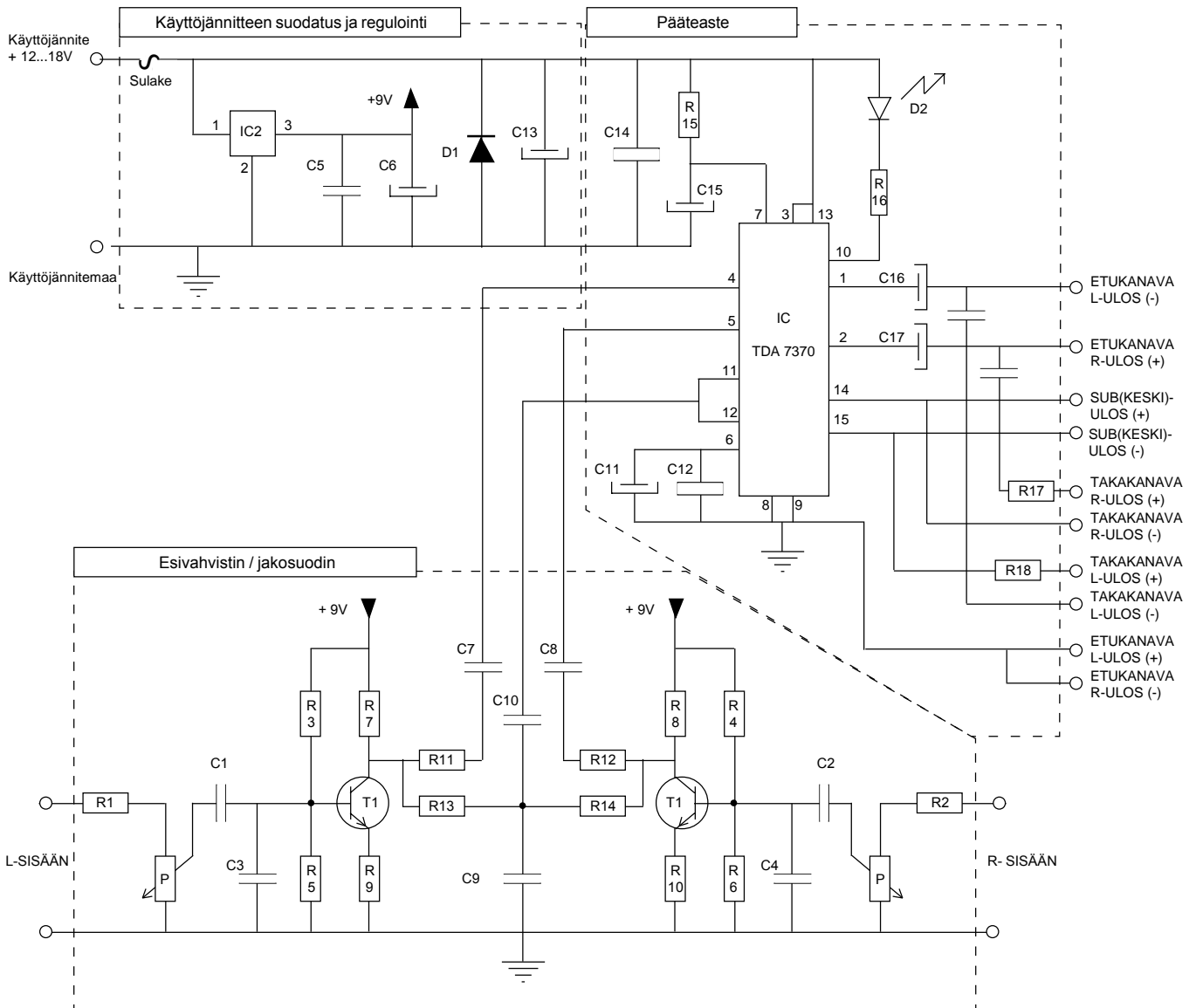
*Huom.*

*Tämä artikkeli sisältää kaikki toimintaselostukset ja nippelitiedot, jotta vahvistinta olisi helpompi virittää omiin tarkoituksiin. Laskentakaavat komponenttiarvoille ovat osaluettelon vieressä vain tätä varten.*

*Vahvistimen pohjalle tullaan tekemään eri sovelluksia eri kaiuttimille ja näissä sovelluksissa komponenttiarvot on valmiiksi laskettu.*

*Ensimmäinen tällainen sovellus on "Tietokonekaiuttimet Tri-mode vahvistimella".*

# Kytentäkaavio



## Kytännestä

### Esivahvistin/jakosuodin

Esivahvistin vahvistaa tulosignaalia sen verran että signaalitaso riittää suotoon ja vasemman-/oikean kanavan miksaukseen. Myös voimakkuuspotti vaimentaa heti alussa signaalia sen verran että ilman vahvistusta eivät muutamat antosignaaliin heikot soittimet jaksaisi soittaa vahvistinta (kuten yhdellä R03 paristolla toimivat MP3-soittimet tai vastaavat).

Vastukset R13 ja R14 summaavat stereosignaalin keskikanavaan/subbarille, kondensaattorin C9 oikosulkijassa tarvittaessa korkeimmat taajuuDET maahan.

Vastukset R11 ja R12 vievät signaalin stereokanaviin eli vasempaan ja oikeaan kanavaan. Ne määrittävät myös voimakkuustasapainon keskikanavaan nähden.

Vastusten R11 ja R12 kanssa sarjassa ovat kondensaattorit C7 ja C8, jotka määrittävät stereokanavien ylipäästötaajuuden pääteasteelle, eli minkä taajuuden ylittävät taajuuDET toistuvat stereokanavissa. R11 ja R12 vaikuttavat siten yhdessä pääteasteen sisäisen impedanssin kanssa jakotaajuuteen ja tämä on huomioitu seuraavan sivun osataulukon yhteydessä olevassa laskentakaavassa.

### Pääteaste

TDA7370-piiri on oikeastaan nelikanavainen piiri. Neljästä kanavasta kaksi on kääntävää tyyppiä, eli positiivinen tulopulssi aiheuttaa negatiivisen pulssin ulostulossa. Tutussa kaksikanavaisessa vahvistimessa kääntävät ja ei-kääntävät vahvistinpuoliskot on yhdistetty tehokkaammiksi sillatuiksi vahvistimiksi.

Tri-Mode vahvistimessa toinen pari on sillattu yhdeksi tehokkaammaksi kanavaksi, mutta toinen ei. Näin saadaan kolmekanavainen vahvistin. Tehontarpeeltaan suurin subbari (keskikanava) on kytketty sillattuun kanavaan ja stereokanavat siltaamattomiksi jääneisiin kanaviin.

Stereokanavan siltaamattomuudesta aiheutuu se että toinen kanava on kääntävä ja toinen ei. Tämä on huomioitu siten että kääntävän vahvistinpuolen eli vasemman kanavan kaiutin on käännetty napaisuudeltaan.

Takakanavasignaalit saadaan stereokanavien ja subbarikanavan erotuksena kummallekin puolelle erikseen. Kytentätävästä johtuen täytyy takakanavia käytettäessä subbari varustaa passiivisella jakosuotimella, korkeimpien taajuuksien poistamiseksi. Takakanavien voimakkuussäätöön pitää käyttää 4W lankapotikkaa.

## Osaluettelo

*Huom. kaikki vastukset ainakin 1/4W- ja elkot minimi 25V jännitekestoltaan*

### Piirilevylle tulevat osat:

R 1, 2, 5, 6	22k Ohm
R 3, 4	180k Ohm
R 7, 8, 16	3.3k Ohm
R 9, 10	220 Ohm
R 11, 12	Pääkaiuttimien voimakkuustasapaino <sup>1)</sup>
R 13-15	22k Ohm
C 1, 2	220nF Polko
C 3, 4	150pF Kerko
C 5, 14	100nF Kerko
C 6, 15	10µF Elko
C 11	47µF Elko
C 7, 8	Pääkaiuttimien ylipäästö suotokond. <sup>2)</sup>
C 9	Subwooferin alipäästö suotokond. <sup>3)</sup>
C 10	470n ...1.5µF Polko (tai elko, lue ohj.) <sup>4)</sup>
C 12	1µ ...1.5µF Polko
C 13	2200µF Elko
	- (tai 3x470µF, 2x1000...2200µ jne.)
C 16, 17	100 ... 2200µF Elko <sup>5)</sup>
Pot	Stereopotentimetri 22k log.
TR 1, 2	BC547B Transistori
IC 1	78L09 Jännite-regulaattori IC
IC 2	TDA 7370B(V) Vahvistin-IC
S	Sulakepidin ja sulake (virtalähteen mukaan)
D 1	Nopea diodi BYW 72, MBR150...
D 2	Superkirkas LED (säriöilmaisu)

<sup>1)</sup> Vastuksilla asetetaan pääkaiuttimien äänenvoimakkuus samalle tasolle suhteessa subwooferiin. Vastuksien arvo pitää käytännössä etsiä kuuntelemalla/mittaamalla ne halutun kaiutinsarjan kanssa. Kun subwoofer on neliohminen (suositus), voi kokeilun ainakin aloittaa seuraavilla suuntaa antavilla arvoilla:

- pääkaiuttimet 4ohm >> R11 ja R12 = 22k Ohm
- pääkaiuttimet 8ohm >> R11 ja R12 = 12k Ohm

<sup>2)</sup> Kondensaattoreilla asetetaan pääkaiuttimien ylipäästö-jakotaajuus. Kondensaattorin arvon nanofaradeina voi laskea kaavalla:  $C = 159000 / ((R+20)*f)$  jossa f on jakotaajuus  
R = R11 (=R12) arvo kilo-Ohmeina

<sup>3)</sup> Kondensaattorilla asetetaan subwooferin alipäästö-jakotaajuus. Kondensaattorin arvon nanofaradeina voi laskea kaavalla:  $C = 14500 / f$

<sup>4)</sup> Kondensaattorilla voidaan asettaa subwooferin ylipäästö-(subsonic) jakotaajuus keskikanavassa. Tämä voi olla subwooferikäytössä myös elko, koska sen läpi ei ole kulkemassa korkeita taajuuksia.

Sopivan arvoisella kondensaattorilla suojellaan kaiutinelementtiä alimmilta taajuuksilta (DC-virralla), jotka eivät kuitenkaan tuottaisi mitään ääntä.

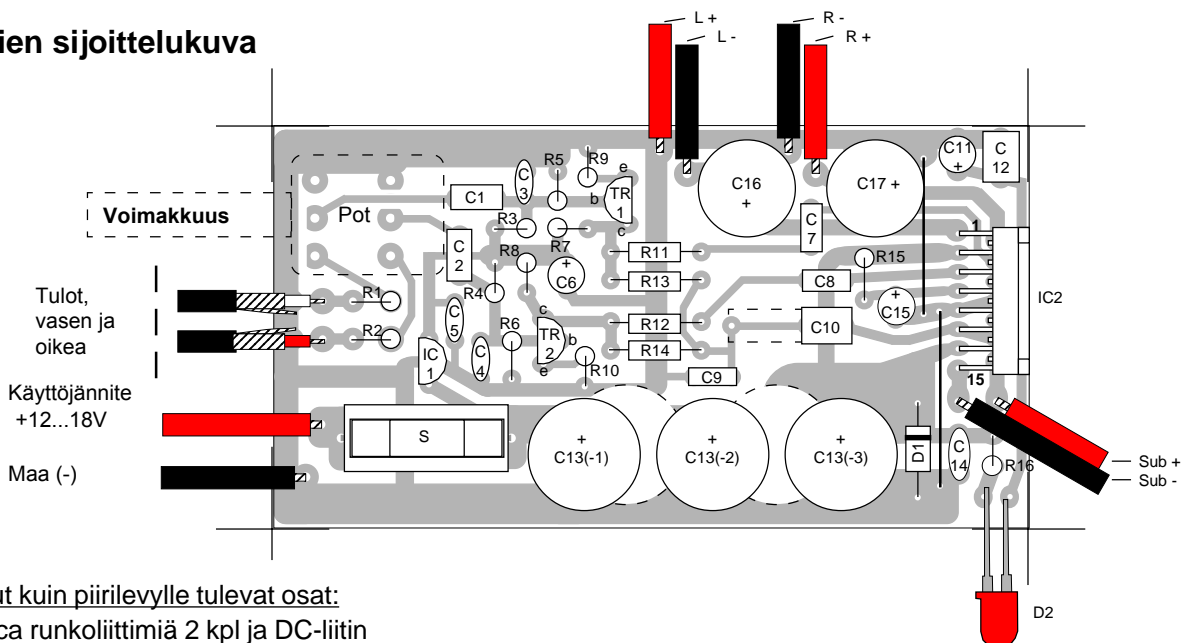
<sup>5)</sup> Kondensaattoreilla voidaan jyrkentää pääkaiuttimien jakotaajuutta, asettamalla niiden arvo impedanssin mukaan seuraavasti (kondensaattoriksi valitaan lähin suurempi arvo) :

- 4ohm kaiuttimilla: Arvo (µF) = 39800 / jakotaajuus

- 8ohm kaiuttimilla: Arvo (µF) = 19900 / jakotaajuus

Näiden kondensaattoreiden tulisi olla matala-impedanssista mallia, jotta diskantit eivät vaimenisi

## Osiensijoittelukuva



### Muut kuin piirilevylle tulevat osat:

- RCA runkoliittimiä 2 kpl ja DC-liitin
- Jäähdytyslevy täystehoilla K/W<2
- Kaiutinlähdet: 4-napainen pääkaiuttimille ja 2-napainen subwooferille (4-napainen takakaiuttimille)

### Ei pakolliset:

- Led etupaneeliin päälläolon indikaattoriksi (ja sarjavastus 750-820R)
- virtakytkin, esim vipukytkin
- surround säädön lankapotentimetri 2x50ohm
- surround on/off, esim vipukytkin

## Rakentaminen

### Elektroniikka

Rakentaminen aloitetaan hyppylan-kojen, vastusten, kondensaattoreiden ja potentiometrin juottamisella piirilevylle, mutta kondensaattori(t) C13 jätetään pois. Sitten juotetaan paikalleen kaikki puolijohteet, paitsi ei päätepiiriä TDA7370. Sulakkeen paikalle laitetaan pieniarvoinen testisulake esim. 100-125mA.

Juota tämän jälkeen käyttöjännitettä varten johto DC-liittimiseen virtalähteelle valmiiksi. DC-liittimen napaisuus menee helposti väärin päin ja liittimessä olevat kytkimien ylimääräiset navatkin aiheuttavat oman pulmansa. Helpoin on usein etsiä runkoliitimestä oikeat nastat ja jännitteen napaisuus siten että virtalähteen pistoke on työnnettyinä runkoliittimeen ja muuntaja on seinässä. Johdon toisesta päästä voidaan vielä mitata että karvat tuli juotettua oikeisiin korviin, ennen kuin johto juotetaan piirilevyyneen. Väärin päin kytketty jännite tuhoaa esivahvistimessa olevan regulaattorin.

Nyt kytketään jännitteet päälle ja mitataan että 9V jännite on kummassakin esivahvistimen kanavassa vakaa (esim. R3:n tai R4:n päästä, hyppylankaa vasten). Jos jännite puuttuu tai on sama kuin virtalähteeltä tuleva jännite, on regulaattori joko väärin päin tai jostain muusta syystä vioittunut.

Mittaa jännitteet nyt transistorien kollektoreilta (esim. R7:n ja R8:n päistä, hyppylankaa vasten). Jännitteiden tulisi olla 4-5V luokkaa. Jos jännitteet ovat alle 3V tai yli 6V, tarkista että transistorien ympärillä olevat vastuksien arvot ovat oikein ja että transistorit ovat oikein päin.

Jos käytössä on funktiogeneraattori, voidaan kylmäjuotokset tarkistaa testaamalla koko etuvahvistinketju. Syötetään 100Hz signaalia vastusten R1 ja R2 päihin, jolloin vastaavan signaalin pitäisi näkyä vastusten R11...R14 oikeanpuoleisessa päässä. Funktiogeneraattorin n. 0.5V antojännitteellä/potentiometrin sopivalla kääntämisellä katsotaan että skooppiin saadaan ainakin  $\pm 1V$  puhdas sinisignaali näkyviin. Jos suotokondensaattori C9 on käytössä, nostetaan taajuutta pikkuhiljaa vaikkapa 10kHz asti. Samalla seurataan että signaali vaimenee R13:n tai R14:n oikealla puolella, kun taas R11:n ja R12:n signaalitaso pysyy samana.

Seuraavaksi voidaan juottaa paikalleen kondensaattori(t) C13 ja päätepiiri TDA7370. Sulake vaihdetaan isompaan (virtalähteen antovirtaa vastaan sulake) ja kaiutinulostulojen täpliin juotetaan tippa tinaa testipisteitä varten (lakan läpäisemiseksi).

Syötetään 100Hz signaalia vastusten R1 ja R2 päihin, jolloin vastaavan signaalin pitäisi näkyä kaiutinulostuloissa. Nostetaan potentiometrillä voimakkuustasoa, kunnes signaali leikkaantuu. Tämän tulee tapahtua vasta kun ulostulevan signaalin huiput ovat lähellä käyttöjännitettä.

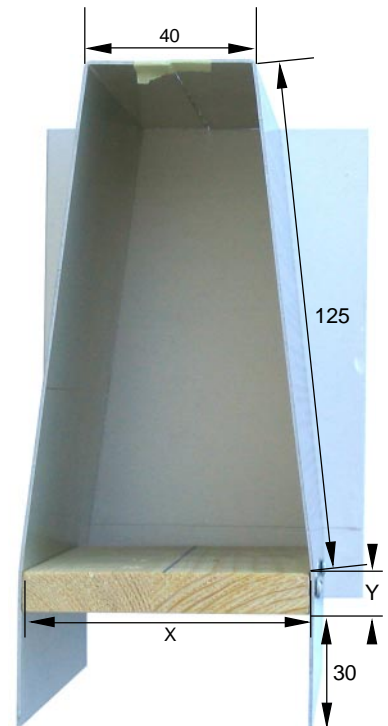
### Kotelo

Suunnittelemani kotelo on tarkoitettu nimenomaan tietokonekäyttöön. Tämä juuri tarkoitukseensa tehty kaipa pystyssä seisova malli ei vie pöydällä paljon tilaa. Kaikki kaiutinliittimet on sijoitettu pohjaan, josta kaiutinjohtot taivutuvat näkymättömissä taakse pitkin pöydänpintaa. RCA-tuloliittimet ja DC-liitin ovat kotelon takana alareunassa. Kun liittimet sijoitti näin, ei kotelosta tullut niin isoa, kuin jos kaikki liittimet olisi joutunut laittamaan samalle puolelle peräkkäin. Valmiskoteloissa liittimet ym. käyttöön liittyvät komponentit saa laitettua siististi yleensä vain etu- ja takapaneelisiin, ja koteloiksi pitääkin valita piirilevyyneen nähden turhan iso (ja kallis) kotelo. Niille jotka tekevät vahvistimesta tavallista kotihifiä, ei tämä tietenkään ole ongelma.

Kotelon tekeminen aloitetaan puisen pohjalevyn tekemisellä. Sen pituus on sama kuin piirilevylle eli 100mm ja leveyden pitää olla sama tai millin isompi kuin nelinapaisen kaiutinjohtoliittimen (kuvissa 70mm). Levyn vahvuus voi olla esim. 15mm, jotta sen sivuihin on helppo kiinnittää ylösalaisen U:n muotoinen kansipelti (kuvien protossa pohjan vahvuus on vain 10mm, mutta ruuvauksissa piti olla hyvin tarkka ja varovainen).

Pohjalevyn alapintaan tulevat kiinni kaiutinliittimet. Siinä tapauksessa että vahvistimesta tekee viisikanavaisen takakaiuttimiseen, pitää tarvittavat kolme liittintä keskittää ja laittaa levyn tiiviisti rinta rinnan (katso sijoittelu seuraavalta sivulta). Pohjalevyyneen tehdään vain liittimien juotoskorvien mentävät poraukset.

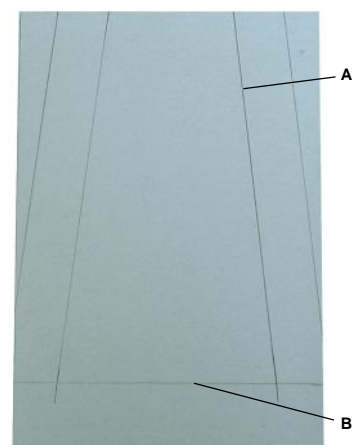
Kansi voi olla vahvuudeltaan 1mm peltiä, jota varten leikataan 120mm leveätä aihiota. Alla muu mitoitus.



X = 4-nap. kaiutinliittimen leveys  
Y = pohjalevyn vahvuus

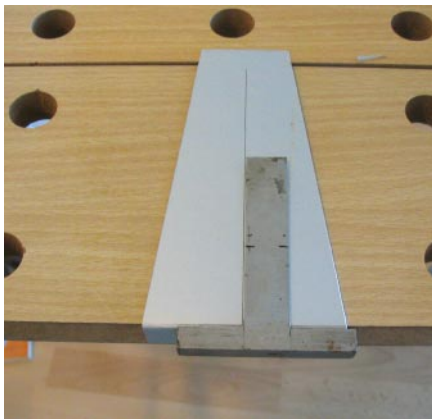
Jos pohjalevy on 15mm vahvuinen, tulee koko aihion pituudeksi 380mm. Ylläolevassa kuvassa näkyy vaihe, jossa pohja on ruuvattu hetkeksi kiinni. Kuvassa näkyvä puoli on kotelon etupuoli, jossa kansipellin etureunat tulevat edestä tasan pohjan etureunan kanssa. Takana pelti ylittää 20mm pohjalevyn takareunan.

Yllä kuvassa näkyy taustalla myös pelti, josta tehdään takaseinä ja johon piirretään esikasattua kotelokehikkoa hyväksikäyttäen oikeat kulmat (A) siihen tulevia 15mm sivutaitteita varten.



Huom. kun sivutaitteet on tehty, kiilataan ja kokeillaan takalevyä uudelleen kehikkoon ja vielä varmistetaan sisälle päin taitettavan alataitteen (B) kohta, jotta se tulisi mahdollisimman tarkasti pohjalevyn pinnalle.

Kotelon etupuolelle tuleva L-pelti kannattaa piirilevyä potentiometrin akselista, keskittäen akselin kotelon etupuolella keskelle. Pelti voi olla väljä ja epämääräisenkin muotoinen, koska se on pelkkä kannake, eikä jää näkyviin. Sen päälle tulee varsinainen (puinen) etulevy, joka kiinnitetään kannakkeen takapuolelta kiinni. Kannakkeen tulee olla ainakin pari millia sivuiltaan kapeampi kannen muotoon nähden. Kun kannakkeeseen on tehty kantti (n. 15mm) pohjapuuhun kiinnitystä varten, katsotaan vielä kantista tarkka keskipiste ja otetaan ko. taivutetusta kantista suorakulma ylös potentiometrin saattamiseksi aivan keskelle. Tämä siksi, että jos kantti taivutetaan hiemankin vinoon, niin valmiiksi ennen taittoa piirretty potentiometrin linja on pielessä.

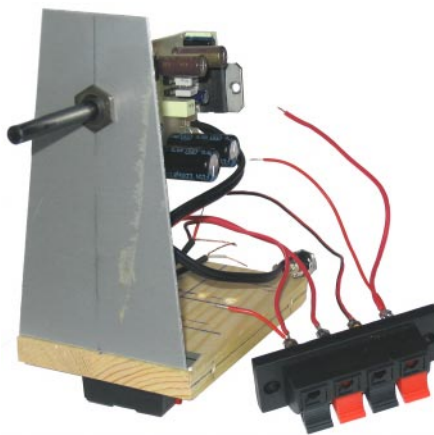
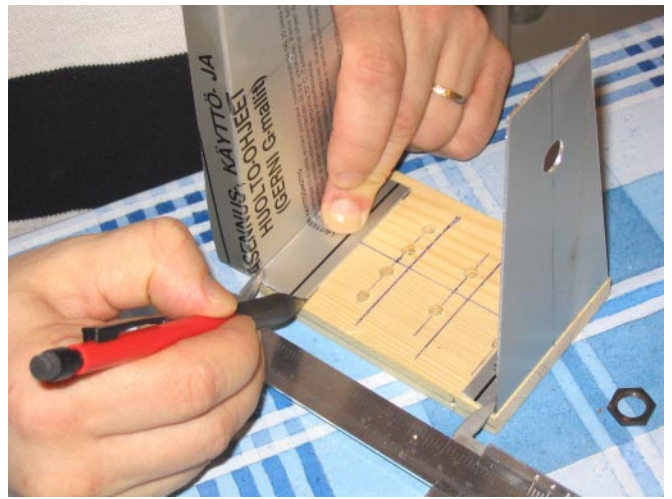


Kun piirilevy tulee kiinni etupuolelta potentiometrasta, niin takalevyyn kiinnitys tapahtuu TDA7370:n kiinnityskorvasta. Siinä oleva kiinnitysreikä sijaitsee sivusuunnassa 11mm keskemällä piirilevyä. Kun piirilevy laitetaan koteloon pystyyn samoin päin kun sijoittelukuvassa, tulee takalevyyn porattava kiinnitysreikä 11mm alemmaksi kuin potentiometrin reikä. Kun sopiva potentiometrin reiän korkeus on 86mm pohjalevyn pinnasta, on takalevyn reiän oltava 75mm korkeudella.

Taakse tulevan kiinnitysreiän on oltava lisäksi kotelon keskilinjasta 3mm oikealle sivussa, koska kiinnityskorvan reiän keskipiste on piirilevyn nähden 3mm ylempänä potentiometrin akselin keskipisteestä.

Etukannake laitetaan kiinni pohjaan, kun siihen on porattu potentiometrin ja mahdollisten merkkivaloedien reiät. Kannak Pellin etupinta tulee tasan pohjalevyn etureunan kanssa. Sitten kun kannake on kiinni, aletaan takalevyä mittailemaan paikalleen.

Etukannakkeen ja takalevyn sisäpintojen väliin tulee piirilevy, joten niiden välimatkan pitää olla 100mm. Työn tömittä an asetetaan 100mm väli ja oheisen kuvan mukaisesti merkitään takapellin taitteen reunakohtaan merkki. Toiselle laidalle samoin. Näiden merkien avulla takalevy saadaan helposti suoraksi ja oikealle etäisyydelle, kun takalevy ruuvataan myöhemmin kiinni.



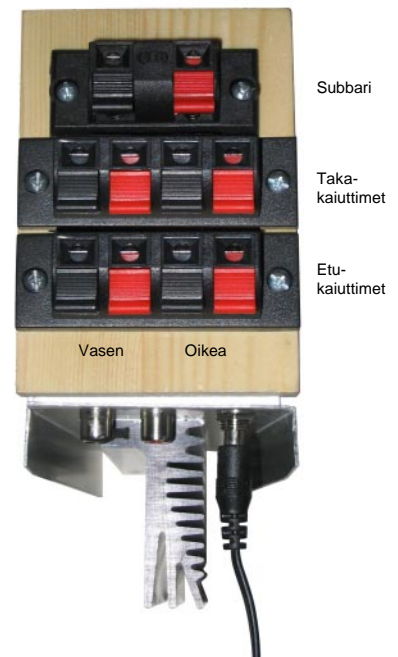
Sitten aletaan juottamaan johtimia piirilevylle. Koska signaalin sisään-tulo-kohta on aivan piirilevyn etureunas- sa, juotetaan siihen ensiksi RCA-liittimiltä tuleva diodikaapelin pätkä. RCA-liittimien puoleiseen päähän on kätevä jo etukäteen juottaa liittimien irtotokset juotokorvat.

Sitten piirilevy kiinnitetään kaiutinjohtojen juottamista varten etukannakkeeseen potentiometrin akselista. Huom. kiinnitykseen tarvitaan kaksi mutteria, toinen sisäpuolelle. Nyt kässissä on myös kätevä piirilevyn pidin juotoksia varten.

Johdot juotetaan etukäteen kaiutinliittimien korviin. Oikean kanavan johdot on hyvä mieltää lähtemään vahvistimen alta oikealle ja vasemman kanavan vasemmalle. Johtojen pituudet trimmataan juuri sopivan pituisiksi. Mihinkään ylimääräiseen pituuteen ei ole tarvetta. Subbarin ja etukanavi- en liittimet työnnetään johtoineen paikalleen ja sitten aletaan juottamaan päitä oikeisiin osoitteisiin.

Jos takakaiuttimet kytketään käyttöön, tulee liittimiin myös tehdä haaroitukset etukäteen. Etukanavien vasemman kanavan L- ja oikean kanavan R+ johtimien on oltava kaksihaaraisia siten, että toinen haaroista on lyhyt 30mm nysä. Samoin haaroitetaan myös kummatkin subbarin johtimet. Takakaiuttimien liittimeen tarvitaan vain lyhyet 30mm nysät jokaiseen. Kytkennot tehdään sitten kotelon sisällä, lyhyiden pätkien kesken. Kytkenmämalli on katsottava edellisen sivun kytkentäkaaviosta.

Kunpaankin takakaiuttimeen tulee väliin bipolaarinen kondensaattori (47µF tai 2x100µF kondensaattori 8ohm takakaiuttimilla). Konkat vain liimataan pohjaan kiinni. Toinen tapa on laittaa kummankin takakaiuttimen sisään sarjaan bipolaarikondensaattori.



Päätevahvistinpiirin kunnollinen ja tasainen kiinnitys on tärkeää. Pelkkä kiinnityskorvasta kiinni ruuvaaminen ei ole osoittautunut varmaksi. On parempi että käytetään pientä tukipalaa ja vipua kuten kuvassa alla (huom. kuva on 70W TDA7294 vahvistimesta). Vipua painaa piiriä keskeltä kiinni peltiin tai jäähdytyslementtiin.



Korva voi pelkästään siitä ruuvatesa taipua ja piirin alareuna voi jäädä kokonaan ilmaan, ilman kunnon lämmönsiirtokontaktia.

Pelkkä kotelon pelti riittää sinällään normaalikäytössä hyvin jäähdytykseen ja näissä kuvissa näkyvä jäähdytyslementti on tarpeen vain jos tavoitellaan maksimitehoja maksimijännitteellä. Normaali 12V käytössä jäähdytyslementtiä ei tarvita. Pelkkään peltiin ei vahvistinpiiriä vipumetelmälläkään kannata kiinnittää, ilman pellin takana olevaa paksumpaa ja tasapintaista vastetta. Jokin tasainen lattaraudan pätkä tai muu kantaa laittaa vielä 2mm ja varsinkin tätä ohuemman pellin takapuolelle vasteksi. Ilman tukevaa vastetta kotelo pelti taittuu, eikä pelti ota lämpökontaktia piiriin selkään.



Puisen etulevyn yläkulmaan laitoin ledejä varten 5mm vahvuisesta akryyllilevystä prisman. Ledithän ovat etukannakepellissä kiinni, potentiometrin akselin yläpuolella. Virran päälläolosta kertoo vihreä led ja punainen säröledi vilkkuu sen alapuolella kun ohjaus ylittyy.

Prisma laitetaan etulevyn yläosaan sahattuun (ja puukolla trimmattuun) loveen, johon levy ujutetaan väliin. Hioin loveen liimatun (hieman yli-ison) palasen samaan tasoon puun pinnan kanssa, samalla kun hioin puun muutenkin valmiiksi lakkausta varten.

Muista että hionnan jälkeen on puu huljutettava nopeasti vedessä ja annettava kuivua hyvin. Tämän jälkeen hiotaan taas >200 santapaperilla pysyyn nousseet pintakarvat pois. Jos näin ei menetellä, noisevat karvat pintaan lakatessa ja pinnasta tulee epätasainen.

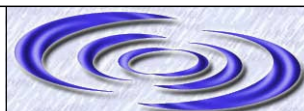
Prisma pitää lakatessa teipata peittoon, koska prisma on pinnaltaan hionnut mattana paras. Ledit eivät tällöin näy suoraan ja valo loistaa tasaisemmin. Jos hiottu prisma lakataan, se muuttuu takaisin kirkkaaksi, koska lakka tasoittaa hionnan uurteet. Peittämisen voi tehdä kirkkaalla teipillä, jonka jälkeen terävällä veitsellä leikataan prisman reunoja myöten pois ylimääräiset teipit.

Puuetulevy kiinnitetään etupeltiin takaapäin ruuvaten. Tämän jälkeen päälle laitetaan kansi, jolle on jo alkukasauksessa tehty ruuvinpaikat pohjalevyn sivuihin.

Itse päällystin kansipellin puukuvioisella tarramuovilla, mutta hiottu ja lakkattu alumiinipelti on sekin aivan siistin näköinen puisen etulevyn kanssa.



**Ideaport** - 12.03.2006



Teksti ja kuvat: Markku Kauppinen  
Piirilevyn valotusmaski pdf-muodossa:  
[www.welcome.to/ideaport](http://www.welcome.to/ideaport)