Versterkersysteem met hybride schakelingen (1)

Het betreft hier een unieke stereoversterker, die maximaal maar liefst 2 x 75 W effectief vermogen kan leveren met een totale vervorming van minder dan 0,8%. Voor de eindversterkers wordt gebruik gemaakt van modulen, die Philips kant-en-klaar levert. Voor optimaal gebruik van deze modulen zijn kleine extra schakelingen noodzakelijk. De versterker-installatie wordt voorzien van volume-, balans- en toonregeling. Het bijzondere aan deze regelingen is dat ze werken volgens elektronische technieken. Dit houdt o.a. in dat alle potmeters mono zijn en alleen maar gelijkspanningssignalen voeren!
Voor de versterker is een speciale voeding nodig, die in dit eerste deel van de artikelenserie wordt besproken.
In het volgende nummer wordt de eindversterker besproken en in het daarop volgende nummer zullen de toon-, balans- en volumeregeling uit de doeken worden gedaan.

Er zijn in de loop der tijd al heel wat versterkerinstallaties voor zelfbouw geweest. Het merendeel daarvan was voor de beginnende doe-het-zelver te moeilijk om goed te kunnen nabouwen. Daarnaast waren de kwaliteits-apparaten zo gecompliceerd, dat deze überhaupt voor de meeste vrijetijds-elektronici niet tot een goed eind waren te brengen. In ons laboratorium hebben we getracht een oplossing te zoeken voor dit probleem, waardoor het toch mogelijk is voor iedereen die een soldeerbout kan hanteren een stereoversterker te bouwen. De grootste moeilijkheid zit bij dergelijke apparaten in de eindversterkers en de bedrading. Vooral de eindversterkers zijn bij zelfbouw vaak moeilijk reproduceerbaar. Goede eindtrappen vereisen meestal nauwkeurige afregelingen en daar is dan weer vakmanschap en meetapparatuur voor nodig. Dit probleem hebben wij omzeild en hebben onze toevlucht gezocht tot de modulen OM931 en 961 van Philips. Beide modulen worden gevoed uit een symmetrische gelijkspanningsvoeding. Hierop komen we nog terug. Belangrijk bij een dergelijke voeding is dat de beruchte uitgangselco in de luidsprekerkring ontbreekt.
De modulen OM931 en OM961 zijn uitwendig hetzelfde en worden op een speciaal printje aangesloten. OM931 levert 30 W effectief bij 0,2% vervorming en OM961 geeft hetzelfde resultaat bij 60 W effectief. Zelfs een groter uitgangsvermogen is mogelijk. Daarbij neemt de vervorming echter toe. Zo levert OM931 40 W bij 0,7% vervorming en OM961 levert, met hetzelfde vervormingspercentage, 75 W. Daarbij moet worden opgemerkt dat zelfs 0,7% vervorming voor 90% van de luisteraars onhoorbaar is. Over vervormingen wordt nogal veel gezegd en geschreven. Vooral de laatste jaren krijgt men de indruk dat iedereen de geringste geluidsvervormingen waarneemt en als hinderlijk ervaart. Niets is minder waar. Zolang u nog steeds bij verschillende weergevers duidelijk verschillende klankindrukken krijgt kunt u rustig aannemen dat de boxen meer vervorming geven dan de huidige versterkers.

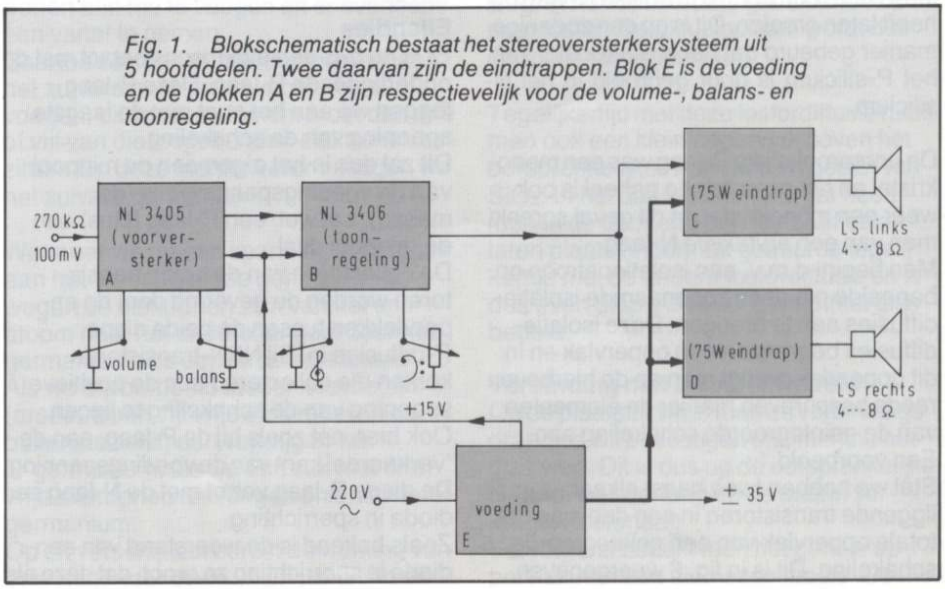
Elektronische regelingen

Naast de genoemde modulen voor de eindversterkers, die de bouw voor iedereen vergemakkelijken, vormt voor veel bouwers de bedrading een probleem. Deze is er meestal oorzaak van dat de versterker bromt, of bepaalde vormen van instabiliteit vertoont. Vooral wordt het als lastig ervaren dat de regelaars, op het front van de kast, ver weg zitten van de betreffende printaansluitingen. Worden deze zo kort mogelijk gehouden, dan is men meestal niet meer vrij in de opstellingsmogelijkheden op het front van de versterker. Wij hebben dit probleem geëlimineerd door elektronische regelingen te gebruiken. Daarbij worden speciale IC's toegepast die zorgen voor volume-, balans- en toonregeling. De geluidssignalen (in elektrische vorm) lopen nu niet meer via de potmeters, maar blijven op de printen. Naar de potmeters lopen nu alleen gelijkspanningen, die niets te maken hebben met het eigenlijke versterkersignaal. Het leggen van de bedrading van en naar de potmeters speelt daardoor geen rol meer en ook de draadlengte is niet meer van belang. Deze bedrading is trouwens uitermate simpel omdat alle potmeters mono zijn uitgevoerd. Zo kan met een enkelvoudige potmeter het volume van beide worden geregeld. Met een simpele aan/uit schakelaar kan tevens een fysiologische volumeregeling worden in- en uitgeschakeld.
In principe wordt de versterker in 3 delen besproken. Afhankelijk van de belangstelling zullen nog enige aanvullende schakelingen worden behandeld. Het gaat daarbij om een spraakregelaar (presence-eenheid), een elektronische ingangskeuzeschakelaar en voorversterkercircuits voor magneto-dynamisch- en kristalelement.
In dit eerste deel van de serie beperken we ons tot de voeding, die zowel de eindtrappen als voorversterkerschakelingen van spanning voorziet.

Blokschema

Figuur 1 geeft een blokschema van de complete stereo-versterker. Blok E stelt de voeding voor. Deze is uiteraard verbonden met het 220 V lichtnet. De voeding levert een gestabiliseerde spanning van +35 V en −35 V voor de eindversterkers

Fig. 1. Blokschematisch bestaat het stereoversterkersysteem uit 5 hoofddelen. Twee daarvan zijn de eindtrappen. Blok E is de voeding en de blokken A en B zijn respectievelijk voor de volume-, balans- en toonregeling.



C en D. Daarnaast is een voedingsspanning van 15 V (gestabiliseerd) voorhanden, die nodig is voor de volume- en balansregeling (blok A) en de toonregeling (blok B).
Het schema volgens fig. 1 geeft al duidelijk aan dat de bouw van de versterker simpel is. Als de vijf printjes zijn gebouwd kan met een eenvoudige bedrading de versterker worden afgemaakt, terwijl het resultaat verbluffend is.

Bouwpakketten
De blokken A en B uit fig. 1 zijn bouwpakketten van Philips. Omdat Philips reeds zeer goede elektronische volume-, balans- en toonregelingen heeft ontwikkeld, is het zinloos dit nog eens opnieuw te doen. De blokken A en B worden in deel 3 van de serie uitvoerig behandeld.
Het combineren van de elektronische regelingen met de moduul-eindversterkers levert een kleine moeilijkheid op. De versterkercircuits van de blokken A en B kunnen niet zover worden uitgestuurd, dat de versterker vol vermogen kan leveren.
Voor het oplossen van dit probleem is gebruik gemaakt van een kleine extra versterkertrap op de print van de eindversterker.

Symmetrische- en asymmetrische voeding
Zoals reeds vermeld levert de voeding uit fig. 1 (blok E) +35 V en −35 V. Zo'n voeding noemen we symmetrisch. Om het verschil te kunnen aantonen met zijn tegenhanger de asymmetrische voeding, hebben we in fig. 2 een klein versterkertje getekend. De voeding daarvan ligt, via weerstand R3, enerzijds aan de nul. Anderzijds is een voedingspanning U_b aanwezig, die aan weerstand R1 en R2 is gelegd. Spanning staat altijd tussen (minstens) 2 punten. Eén daarvan is de referentie. In dit geval wordt $+U_b$ vergeleken met de nul. Zo'n voeding noemen we asymmetrisch.
Figuur 3 geeft het contrast. Hier is een operationele versterker IC1 gegeven. Enerzijds wordt dit IC gevoed met $+U_b$ en we vragen ons nu af: $+U_b$ ten opzichte van wat? Wel, dat is natuurlijk t.o.v. de nul, die in dit geval aan weerstand R1 en R3 ligt. IC1 heeft echter ook nog een voedingsspanning $-U_b$. Ook deze wordt natuurlijk gerelateerd aan de genoemde nul. Er zijn dus 2 voedingsspanningen ($\pm U_b$) die beide worden vergeleken met de nul.
Een voeding volgens fig. 3 noemen we symmetrisch. Een dergelijke voeding heeft een aantal voordelen t.o.v. een asymmetrische voeding. In de eerste plaats kan ervoor worden gezorgd dat het uitgangssignaal van IC1 in rust precies nul is. In dat geval loopt er geen gelijkstroom en zijn uitgangselco's niet nodig. Ook de ingangen kunnen meestal direct worden gekoppeld, als de voorafgaande trap ook geen gelijkspanning in rust voert. In feite is het moduul OM931 of OM961 net zo voor te stellen als IC1. Daarbij is het nu geen geïntegreerde schakeling (IC), maar een schakeling die hoofdzakelijk is opgebouwd met zeer kleine componenten. Het geheel is daarbij wel wat groter dan een IC-behuizing. De modulen worden ook wel hybride schakelingen genoemd.

Ongestabiliseerde voeding
Voor het krijgen van een symmetrische gelijkspanningsvoeding zijn twee secundaire trafowikkelingen nodig. Fig. 4 geeft het schakelschema van de ongestabiliseerde voeding. Tr1 is de voedingstransformator, die hier secundair 2 x 30 V levert. W2 is de eerste secundaire wikkeling, die naar bruggelijkrichter G1 gaat. Deze richt de spanning gelijk, waarna elco C1 het afvlakt. Over C1 zal ongeveer 1,4 x 30 = 42 V staan. Onbelast kan dit zelfs 44 V zijn.
In fig. 4 gaat de tweede secundaire trafowikkeling (W3) naar bruggelijkrichter G2. Ook deze richt de wisselspanning gelijk, waarna C3 voor het afvlakken zorgt. Het zal u opvallen dat beide gelijkrichtcircuits identiek zijn. Zowel over C1 als C3 valt 42 V gelijkspanning. Als we nu echter de minzijde van C1 verbinden met de pluszijde van C3 ontstaat er een andere voeding. Stel daarbij dat we de gemaakte verbinding tussen beide elco's als nul zien. We krijgen dan de situatie zoals fig. 5 laat zien. De onderzijde van C3 is nu −42 V en de bovenzijde van C1 is + 42 V. We hebben nu een symmetrische voeding van ±42 V. De referentie, of liever: de nul, is daarbij de verbinding tussen C1 en C3.
We moeten daarbij niet uit het oog verliezen dat de spanning niet geheel ongevaarlijk is. Tussen de pluszijde van C1 en de minzijde van C3 staat maar liefst 84 V. Het aanraken van deze beide punten tegelijkertijd moet dan ook worden vermeden, omdat het in sommige gevallen dodelijk kan zijn.
Voor het voeden van de versterker is de spanning over de elco's C1 en C3 nog niet geschikt. De waarde hiervan gaat min of meer op en neer met het vermogen dat de versterker levert. Dit is nadelig voor de kwaliteit van het systeem. Daarom is het noodzakelijk dat de voeding spanninggestabiliseerd wordt.

Spanningstabilisatie
Fig. 6 geeft de stabilisatieschakeling voor de positieve spanning van 42 V die over elco C1 staat. D1 is een zenerdiode met een spanning van 36 V. Weerstand R1 voedt D1. Ook al varieert de 42 V ingangsspanning: de spanning over D1 blijft constant. Daarbij moet natuurlijk de ingangsspanning niet lager worden dan 36 V. In de praktijk is het zo dat D1 goed werkt als de ingangsspanning niet onder ca. 37,5 V komt.
Voor goede werking van de stabilisatiespanning mag de ingangsspanning niet onder 38 V komen. Natuurlijk kan de stabiele spanning over D1 niet direct aan de eindversterkers worden toegevoerd. Het vermogen zou minimaal zijn. Daarom wordt de spanning over D1 gebufferd door de transistoren T1 en T2. T1 is een gewone emittervolger, met in de collector

Fig. 2 Asymmetrische voedingen komen het meest voor en hebben in versterkertechnieken o.a. tot gevolg dat er veel koppelelco's nodig zijn.

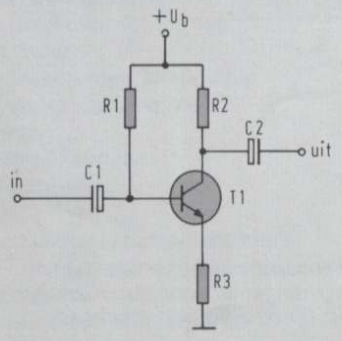


Fig. 3 Bij operationele versterkers worden het meest symmetrische voedingen gebruikt. Over het algemeen ontbreken daarom koppelelco's.

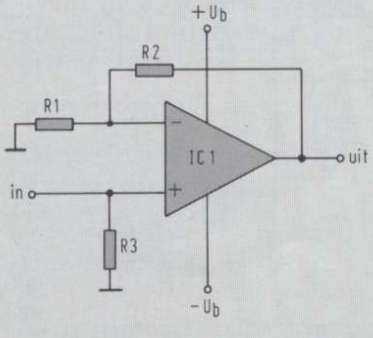
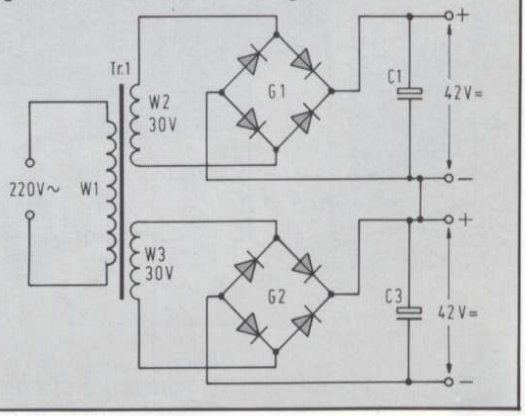


Fig. 4 Het ongestabiliseerde gedeelte van de voeding bestaat uit twee identieke delen, die elk een eigen secundaire trafowikkeling hebben.



een weerstand R2. Als T1 gaat geleiden zal op een bepaald punt de spanning over R2 een zodanige waarde krijgen dat T2 in geleiding komt en stroom gaat leveren via de collector. Wordt deze stroom te groot, dan zal de spanning $+U_b$ willen stijgen en wordt T1 automatisch dichtgedrukt, zodat ook over R2 minder spanning komt te staan. Het systeem werkt eigenlijk als tegenkoppeling. Kenmerk van de speciale manier van schakelen met T1 en T2 is dat de uitgangsspanning $+U_b$ bijzonder stabiel is. Het spanningsverlies is ongeveer 700 mV, vanwege de basis-emitterovergang van T1. In feite is $+U_b$ geen 35 V, maar 35,3 V. Vooropgesteld dat D1 exact 36 V is. In de praktijk zal dat nooit zo zijn, maar dat is niet belangrijk omdat toleranties zijn ingecalculeerd.
Voor het verkrijgen van een negatief gestabiliseerde spanning is net zo'n schakeling nodig als fig. 6 laat zien. Alleen zijn de transistoren complementair en zit de zenerdiode omgekeerd.
Figuur 7 geeft het schakelschema van de spanningsstabilisator voor het verkrijgen van −35 V. We moeten daarbij bedenken dat de nul hier in feite de plus van elco C3 is. Over D2 valt weer 36 V. Deze zenerdiode zit natuurlijk omgekeerd omdat de voedingsspanning precies andersom is gericht. T3 is nu een PNP transistor en T4 een NPN type. De gestabiliseerde spanning $-U_b$ is ook erg stabiel en laagohmig.

Extra voedingsspanning

Voor het voeden van de voorversterkerschakelingen is 15 V gestabiliseerd nodig. Deze spanning kunnen we afleiden van de +35 V, zodat geen extra trafowikkeling en gelijkrichtcircuit nodig is. Fig. 8 geeft de spanningsstabilisator voor 15 V. D3 is hier de referentiediode die een waarde heeft van 15 V. R5 voorziet D3 van spanning. De spanning over D3 kan niet direct aan de betreffende schakeling worden toegevoerd, omdat de totaal benodigde stroom niet via R5 beschikbaar is. Daarom is achter D3 een emittervervolger T5 geplaatst.

Hieruit mag ruim 100 mA worden getrokken. Hoewel we in de schema's de spanning Uv steeds aanduiden met 15 V is deze theoretisch lager. Dit komt door het spanningsverlies van de basis-emitterovergang van T5. Hier ontstaat een verlies van ca. 700 mV, zodat eigenlijk de uitgangsspanning 14,3 V is.

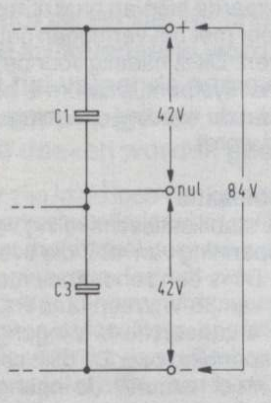


Fig. 5 De uitgangen van beide ongestabiliseerde gelijkspanningen worden op een speciale manier aan één kant met elkaar verbonden, waardoor twee voedingspanningen ontstaan met gemeenschappelijke nul.

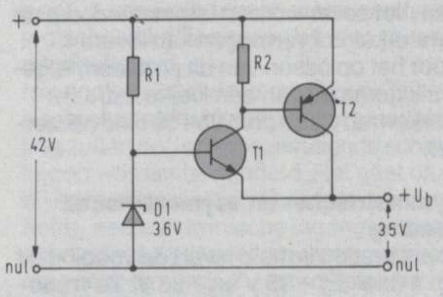


Fig. 6 Voor het stabiliseren van de positieve spanning wordt gebruik gemaakt van een zenerdiode en een zogenaamde super-emittervolger.

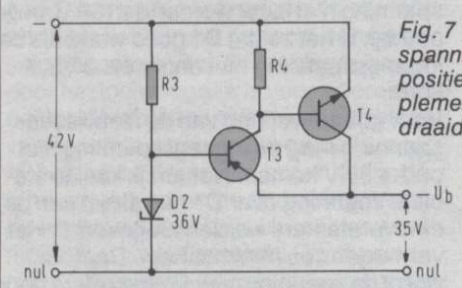


Fig. 7 De stabilisatieschakeling voor de negatieve spanning is, wat betreft de opzet, gelijk aan die van de positieve spanning. De transistoren zijn echter complementair en de zenerdiode zit (uiteraard) omgedraaid.

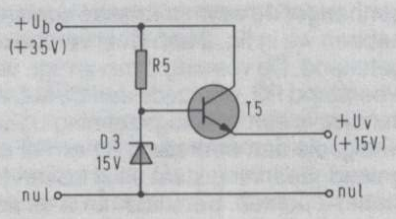


Fig. 8 De voorversterkerschakelingen worden gevoed met een gestabiliseerde spanning van 15 V. Deze spanning wordt met de hier gegeven schakeling afgeleid van de +35 V.

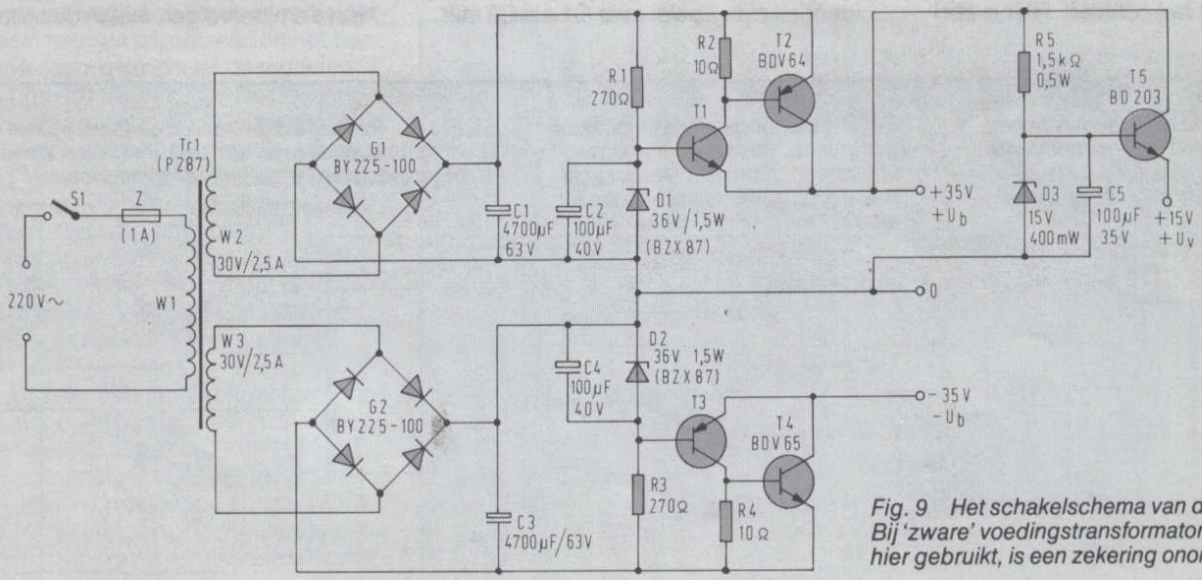


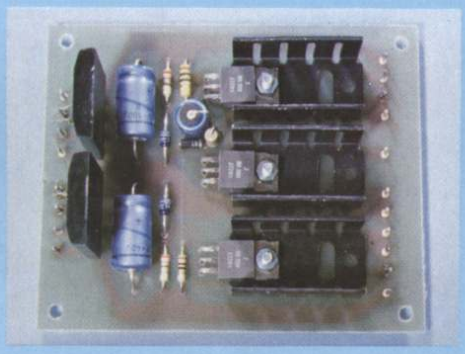
Fig. 9 Het schakelschema van de voeding. Bij 'zware' voedingstransformatoren, zoals hier gebruikt, is een zekering onontbeerlijk.

Totale voedingschakeling

Figuur 9 geeft het schakelschema van de complete voeding. S1 is de 220 V netschakelaar en Z een zekering. Tr1 is een transformator van Amroh. T.o.v. de besproken afzonderlijke voedingsdelen zijn alleen de elco's over de zenerdioden niet aan de orde geweest. Deze elco's werken als filter, in samenwerking met de voorschakelweerstanden van de zenerdioden. Hierdoor ontstaat een betere onderdrukking van de 100 Hz rimpelspanning, die over de voedingselco's staat. In de schema's van de versterker duiden we de drie voedingsspanningen steeds aan met '$+U_b$' (+35 V), '$-U_b$' (−35 V) en '+Uv' (+15 V).

Print

Fig. 10 geeft de lay-out voor de print waarop de schakeling kan worden bevestigd. De componentenopstelling van de schakeling volgens fig. 9 geeft fig. 11. De voedingstransformator, zekering Z, schakelaar S1 en de elco's C1 en C3 komen niet op de print. Hetzelfde geldt voor de eindtransistoren T2 en T4. Deze moeten, vanwege het vereiste koeloppervlak, extern op koellichamen of aan de metalen behuizing worden vastgemaakt. Belangrijk is dat T2 en T4 geïsoleerd worden opgesteld, om kortsluitingen te vermijden. Hierbij moet gebruik worden gemaakt van micaplaatjes en isolatieringen. Voor de transistoren kunnen verschillende typen worden genomen (zie de componentenlijst).



Afb. 12 Deze foto toont de compleet gemonteerde print. De drie printtransistoren zijn voorzien van kleine koellichaampjes.

Afb. 12 geeft een indruk van de gemonteerde print. Hierop is te zien dat de drie printtransistoren allemaal zijn voorzien van een koellichaampje. Deze kunnen met M3 materiaal aan de print worden vastgeschroefd. Isolatie t.o.v. de betreffende transistor is niet noodzakelijk. Let er wel op dat de koellichaampjes elkaar niet raken. Om verdere montage te vergemakkelijken is het aan te raden de externe printaansluitpunten te voorzien van aansluitpennen.

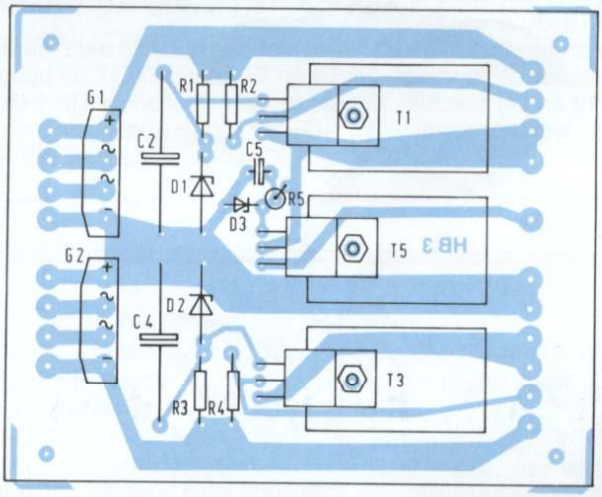
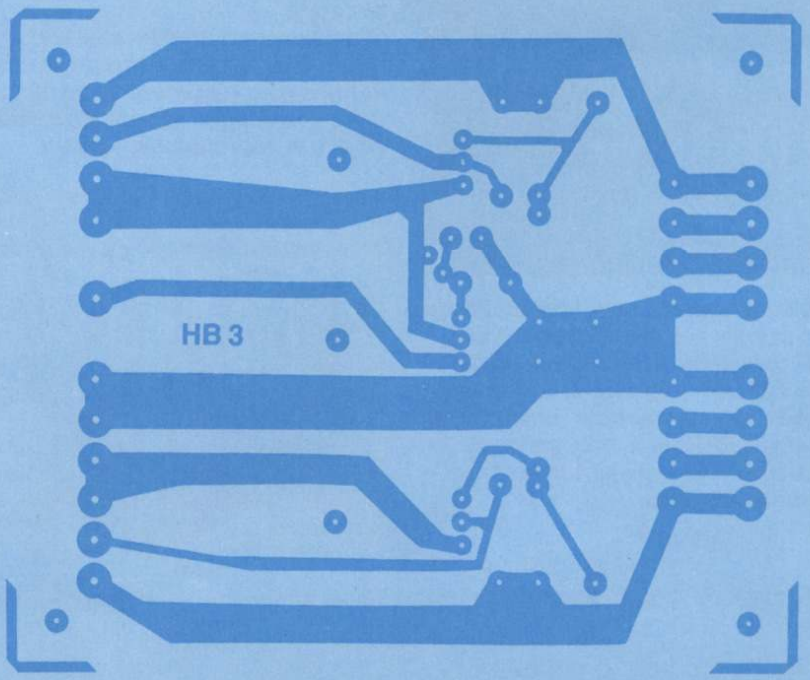


Fig. 11 De componentenopstelling van de schakeling volgens fig. 9 op de lay-out van fig. 10. Transistor T2 en T4 worden extern op koelvlakken aangebracht.

Fig. 10 De print lay-out, voor de schakeling volgens fig. 9. De schaal is hier 1 : 1 en het aanzicht is dat van de soldeerzijde.



Componentenlijst:

weerstanden:
R1, R3 = 270 Ω/¼ W
R2, R4 = 10 Ω/¼ W
R5 = 1,5 kΩ/½ W

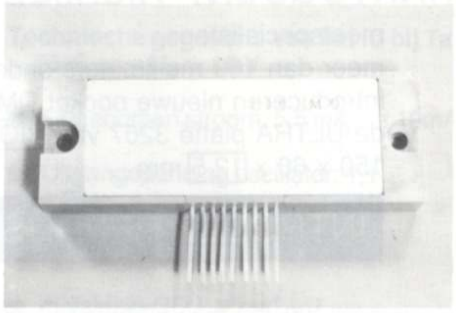
condensatoren:
C1, C3 = 4700 μF/63 V
voor eindtrap OM931 (2 x 40 W)
C1, C3 = 10 000 μF/63 V
voor eindtrap OM961 (2 x 75 W)
C2, C 4 = 100 μF/40 V, axiaal
C5 = 100 μF/25 V, axiaal

halfgeleiders:
G1, G2 = bruggelijkrichter, BY225-100, BY225-200
T1, T5 = BD203, TIP29A . . . C
T2 = BDV64, TIP2955
T3 = BD204, TIP30A . . . C
T4 = BDV65, TIP3055
D1, D2 = zenerdiode, 36 V/1,5 W (BZX87)
D3 = zenerdiode, 15 V/400 mW

overige componenten:
Tr1 = voedingstransformator, 220 V primair, 2 x 30 V/2,5 A secundair voor 2 x 60 W effectief uitgangsvermogen, Amroh-type P287
S1 = schakelaar, enkelpolig aan/uit voor 220 V, met verlichting
Z = zekering 1A, traag
1 zekeringhouder, chassismontage
3 koellichaampjes voor TIP-behuizing
3 moertjes M3
3 boutjes M3 x 10 mm
19 printpennen, 1 mm rond
1 print HB 3

Versterkersysteem met hybride schakelingen (2)

In het vorige Hob-bitnummer zijn we gestart met een 3-delige serie over een stereo-versterker die maximaal maar liefst 2x75 watt effectief vermogen kan leveren.
De complete voedingsschakeling is reeds besproken en in dit nummer houden we ons bezig met de versterkereindtrappen.
In één van de volgende Hob-bitnummers komen de volume, toon- en balansregeling aan de orde.



Afb. 1. In dit kunststof blokje van ca 9,5 x 3 x 1 cm zit een complete versterkereindtrap die 75 watt effectief kan leveren. De 9 aansluitpunten zitten aan één zijde en hebben een DIL-raster van 2,54 mm.

Over het algemeen levert de zelfbouw van eindtrappen nogal wat problemen op. Deze zijn in hoofdzaak te wijten aan de noodzakelijke instellingen die moeten worden gemaakt om de trap optimaal te laten functioneren.
Vooral de beginnende doe-het-zelver heeft hiermee nogal eens problemen. Daarnaast is het voor hobbybladen vrijwel ondoenlijk een optimale versterkereindtrap te ontwikkelen. Een dergelijk ontwerp ontaardt meestal in een uiterst gecompliceerde schakeling, die voor de meeste zelfbouwers veel problemen met zich mee brengt. In het andere geval, als de versterkereindtrap eenvoudig is van opzet, zal er niet zoveel worden nagebouwd omdat veel vrije-tijds elektronici tegenwoordig professionele eisen stellen aan versterkerschakelingen.

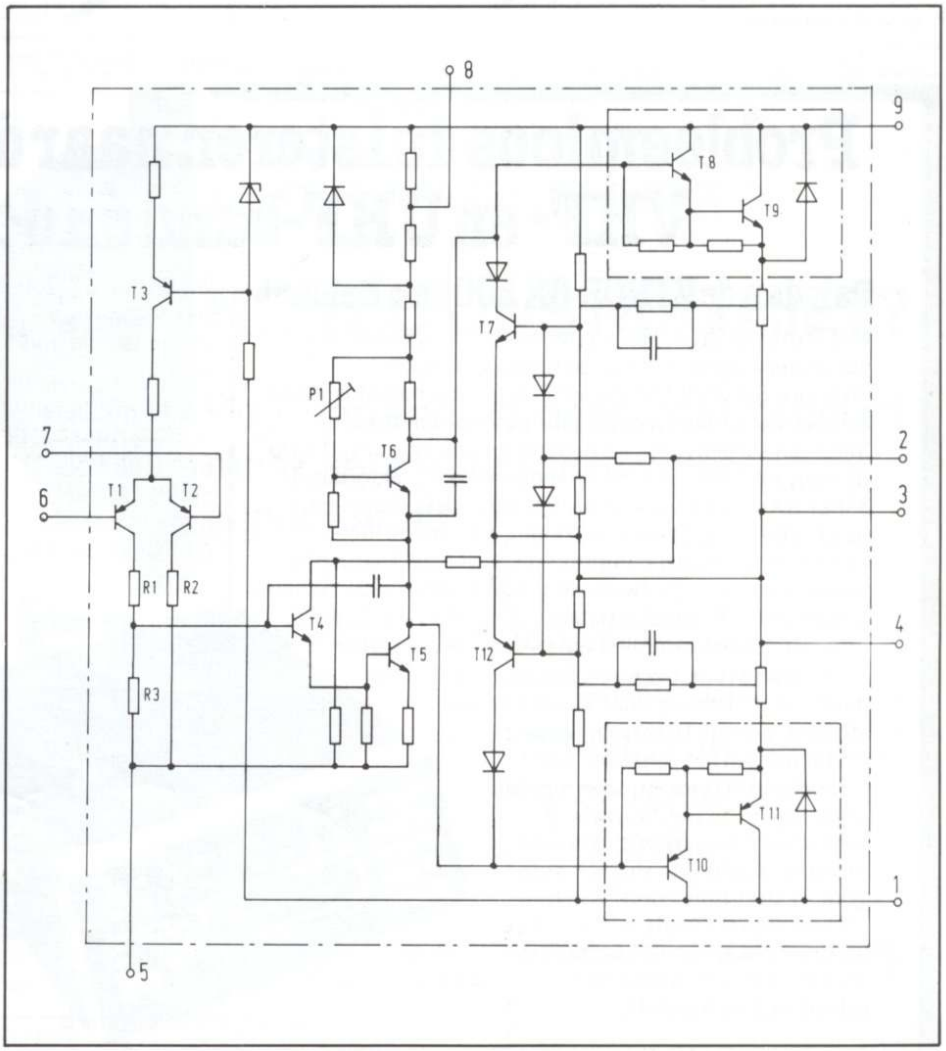
Bij onze versterkerschakeling komt echter iedereen aan zijn trekken, omdat de complete versterker het onderste uit de kan geeft. Zo is de eindtrap opgebouwd met een versterkermoduul van Philips. Dit moduul is al afgeregeld en er zijn slechts weinig extra componenten noodzakelijk om de eindtrap goed te laten functioneren. De kwaliteit van de eindtrap overtreft de meeste gangbare andere systemen. Een totale vervorming van minder dan 0,2% bij 60W effectief uitgangsvermogen is niet mis.

In principe kan de hier besproken versterkereindtrap ook apart worden gebruikt, zonder dat de voorversterkerschakeling wordt gebouwd. Voor het optimaal functioneren van de eindtrap is echter wel een goed gestabiliseerde voeding noodzakelijk, zodat de in het vorige Hob-bitnummer besproken voeding onontbeerlijk is.

De ingangsimpedantie van de eindtrap (23kΩ) en de ingangsgevoeligheid (250 mV effectief) garanderen een universeel toepassingsgebied hiervan. De uitgang mag belast worden met 4Ω . . . 8Ω.

Versterkermoduul
Afbeelding 1 laat het versterkermoduul zien, dat is opgeborgen in een kunststof behuizing van ca. 9 x 3 x 1 cm.
Het betreft hier uitvoering OM961, die meer dan 60 watt effectief kan leveren. In principe zijn er 3 uitvoeringen van het moduul volgens afb. 1, waarvan er twee gemakkelijk leverbaar zijn. Voor onze doeleinden kan worden gekozen tussen de OM961 en de OM931. Behalve de andere codering is er uiterlijk verder geen verschil tussen moduul OM931 en OM961. Ook het interne schakelschema is in grote lijnen gelijk.

Fig. 2. Intern hebben de eindtrappen OM931/OM961 12 transistoren, enige dioden en veel passieve componenten.
Instelpotmeter P1 is in de fabriek reeds afgeregeld voor de juiste instelling.



Andere dimensioneringen garanderen bij de OM961 meer dan 60 watt effectief uitgangsvermogen, terwijl moduul OM931 (ruim) 30 watt effectief levert.
In afb. 1 is te zien dat het moduul aan weerszijden een schroefbevestiging heeft voor montage. Aan de onderzijde van het moduul bevindt zich een metaalvlak dat thermisch moet worden gekoppeld met een koellichaam. Hiervoor zijn twee mogelijkheden. In de eerste plaats kan een apart koellichaam worden genomen. Hierbij is een klein nadeel aanwezig: het versterkermoduul volgens afb. 1 wordt direct verbonden met een klein printje, waarop de overige eindtrapcomponenten zitten, de bevestiging van het printje kan dan wat problemen geven bij gebruik van aparte koellichamen.

Een tweede mogelijkheid om voor een goede koeling te zorgen is gebruik te maken van een metalen kast waarbij het moduul met bijhorende printje op een vlak metaaldeel daarvan wordt bevestigd. Deze laatste methode is verreweg het gemakkelijkst. Het moduul hoeft ten opzichte van het koellichaam of koelvlak van de kast niet te worden geïsoleerd. Daar is intern in het moduul al voor gezorgd. Let er wel op dat bij montage van het moduul de onderzijde daarvan goed vlak aansluit op het koelvlak.

Voor het koelen van een 60 watt eindversterker (OM961) is nogal wat koeloppervlakte noodzakelijk. Een minimum oppervlakte van 200 cm² is wel vereist. Voor stereodoeleinden zijn twee modulen noodzakelijk en het totaal benodigde koeloppervlak verdubbelt daarbij.
Over het algemeen kan bij toepassing van het moduul OM931 een koeloppervlak van ca 120 cm² worden aangehouden. Uiteraard is het zo dat een groter koeloppervlak altijd is aan te bevelen. De versterker wordt dan minder warm en er is minder kans op vroegtijdige veroudering.

Moduulschema
Figuur 2 geeft het inwendige schakelschema van versterkermoduul OM931 of OM961. Zoals reeds vermeld zit er tussen deze twee modulen geen verschil en betreft het alleen praktische dimensioneringen. De cijfers bij de verschillende lijnen geven de externe aansluitpunten weer.
In fig. 2 is te zien dat de ingangstrap van het moduul wordt gevormd door de transistoren T1 en T2. Dit is een verschilversterkertrap met 2 ingangen (6 en 7). De trap wordt gevoed via een constante stroombron (T3).
Het versterkte ingangssignaal gaat, via transistor T1 en weerstand R1, naar transistor T4. Via de emitter van T4 komt het signaal op de basis van transistor T5. Deze versterkt het signaal verder.
In de collectorleiding van T5 is een complex netwerk opgenomen dat zorgt voor de ruststroominstelling van de eindtrap (T6). Enerzijds gaat het signaal van de collectorleiding van T5 naar transistor T8. Via T8 komt het signaal dan op eindtransistor T9. Evenzo gaat het signaal van de collectorleiding van T5 ook naar de basis van T10. De emitter daarvan stuurt de basis van de andere eindtransistor T11. In fig. 2 is duidelijk te zien dat we hier te maken hebben met een complementaire eindtrap T8, T9/T10,T11. Daarbij zorgen de eindtransistoren alleen voor stroomversterking (emittervolgers).
In fig. 2 is verder nog te zien dat meerdere beveiligingscircuits in het schema zijn opgenomen, die de eindtrap tegen alle mogelijke gevaren beschermt.
Ook de transistoren T7 en T12 vormen een beveiligingsschakeling.

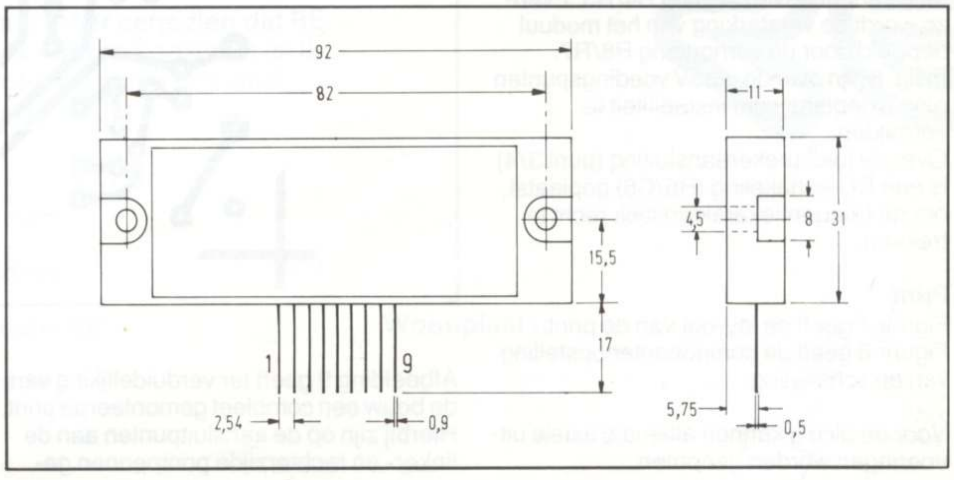
Tabel 1.

	OM931	OM961
maximale voedingsspanning:	±40V	±45V
maximale werktemperatuur:	95°	95°
maximale opslagtemperatuur:	−30 . . . +100° C.	−30 . . . +100° C.
normale voedingsspanning:	±23 . . . ±26V.	±31 . . . ±35V.
ruststroom:	80mA.	100mA.
uitgangsvermogen bij 0,2% vervorming tussen 20Hz en 20kHz, bij 4Ω belasting:	>30W eff.[1]	>60W eff.[1]
uitgangsvermogen bij 0,2% vervorming tussen 20Hz en 20kHz, bij 8Ω belasting:	>30W eff.[1]	>60W eff.[1]
begrensd uitgangsniveau bij 1kHz, 4Ω belasting en 0,7% vervorming:	40W eff.[1]	75W eff.[1]
begrensd uitgangsniveau bij 1kHz; 8Ω belasting en 0,7% vervorming:	40W eff.[1]	60W eff.[1]
totale harmonische vervorming bij 1kHz, Po=1W:	0,02%	0,02%
intermodulatie vervorming bij 250Hz/8kHz (4/1),Po=1W:	0,05%	0,05%
ingangsimpedantie:	10kΩ	10kΩ
open-versterking:	80dB	80dB
normale tegengekoppelde versterking:	24dB	24dB
bandbreedte (−dB):	30Hz . . . 40kHz	30Hz . . . 40kHz
vermogens bandbreedte (−3dB):	20Hz . . . 40kHz	20Hz . . . 40kHz
signaal/ruisverhouding,Po=50mW, brede band, onbelast:	75dB	75dB
signaal/ruisverhouding, Po=50mW, A-curve, belast:	87dB	87dB
DC uitgang nulspanning:	±20mV	±20mV
rimpelspanningsonderdrukking:	>65dB	>65dB
uitgangsimpedantie:	0,05Ω	0,05Ω

(1) hierbij wordt verondersteld dat de voedingspanning toereikend is.

Moduulgegevens.
Tabel 1 laat verschillende gegevens zien van moduul OM931 en OM961.
De maximum waarden voor voeding en temperatuur geven eigenlijk aan tot waar de fabriek garant staat. Als deze waarden worden overschreden bestaat er kans op vernieling van het moduul. De overige (karakteristieke) gegevens van tabel 1 geven allemaal minimum waarden. In de praktijk houdt dit in dat de werkelijke ge-

Fig. 3. Deze schets geeft het voor- en zij-aanzicht van de moduulbehuizing. Alle maten zijn in millimeters. De linker afbeelding laat de voorzijde van de behuizing zien. Daarbij wordt verondersteld dat de achterzijde tegen een koellichaam wordt bevestigd.



gevens van een bepaald moduul beter kunnen zijn.
De mechanische afmetingen van moduul OM931 en OM961 staat vermeld in fig. 3. U ziet hier maar één moduul tekening (voor- en zij-aanzicht) die voor beide uitvoeringen geldt.

OpAmp.
De beschreven versterkermodulen vertonen veel gelijkenis met een operationele versterker. Figuur 4 geeft een OM931/961 in een complete eindtrap. Het maakt niet uit welk moduul hier wordt getekend omdat de aansluitpunten corresponderen. Als we fig. 4 nauwkeurig bekijken zien we duidelijk de versterkertegenkoppeling (R8/R7) die ook bij OpAmps voorkomt. Ook de symmetrische voeding is een overeenkomst, evenals R5 die direct aan de nul kan worden gelegd.
Het enige verschil zit in de aanwezigheid van elco C4, die hier noodzakelijk is omdat er gelijkspanning op punt 7 staat. De schakeling volgens figuur 4 functioneert als een uitstekende eindtrap. De versterking kan worden ingesteld met R7/R8 en is precies gelijk aan de weerstandsverhouding hiervan.
In de gegeven vorm is echter de versterking niet voldoende om de eindtrap volledig uit te sturen. Dit komt omdat de nog te bespreken voorversterkerschakeling maximaal 1 volt mag leveren en dat is net niet voldoende. Nu zouden we de versterkingsfactor van de eindtrap kunnen opkrikken door de verhouding van R7/R8 aan te passen, maar dat brengt weer vervorming met zich mee. De juiste oplossing is het toevoegen van een extra versterkertrapje.

Compleet schakelschema
Figuur 6 geeft het complete schakelschema van de eindtrap. De ingang van het moduul (punt 6) wordt vooraf gegaan door versterkertrap T1, die het ingangssignaal op het juiste niveau brengt. De ingangsimpedantie op C2 is ruim 23kΩ, terwijl de ingangsgevoeligheid ongeveer 0,25V effectief is.
De versterking van T1 wordt bepaald door de weerstandsverhouding R4/R3. Evenzo wordt de versterking van het moduul bepaald door de verhouding R8/R7.
In fig. 6 zijn over de ±35V voedingspunten elco's geplaatst om instabiliteit te vermijden.
Over de luidsprekeraansluiting (punt 3/4) is een RC-schakeling (R6/C6) geplaatst, om de frequentiekarakteristiek recht te trekken.

Print
Figuur 7 geeft de lay-out van de print.
Figuur 8 geeft de componentenopstelling van de schakeling.

Voor de elco's kunnen allemaal axiale uitvoeringen worden genomen.

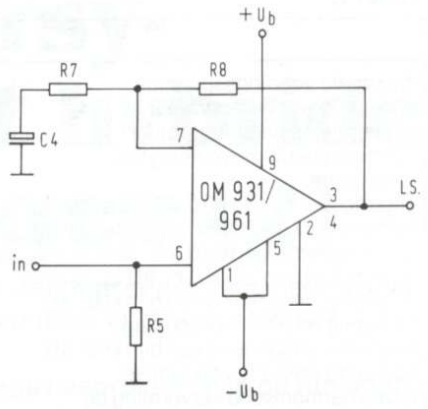


Fig. 4. Als het versterkermoduul OM931 of OM961 wordt voorzien van de nodige externe componenten lijkt het geheel erg veel op een OpAmp.

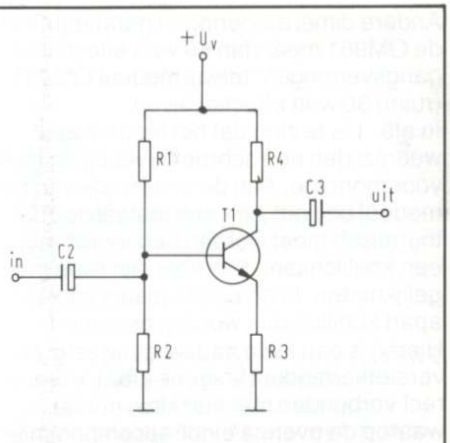
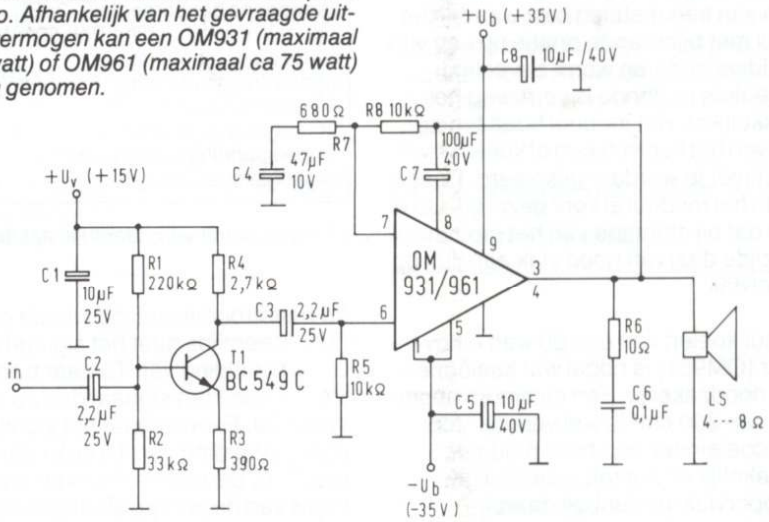
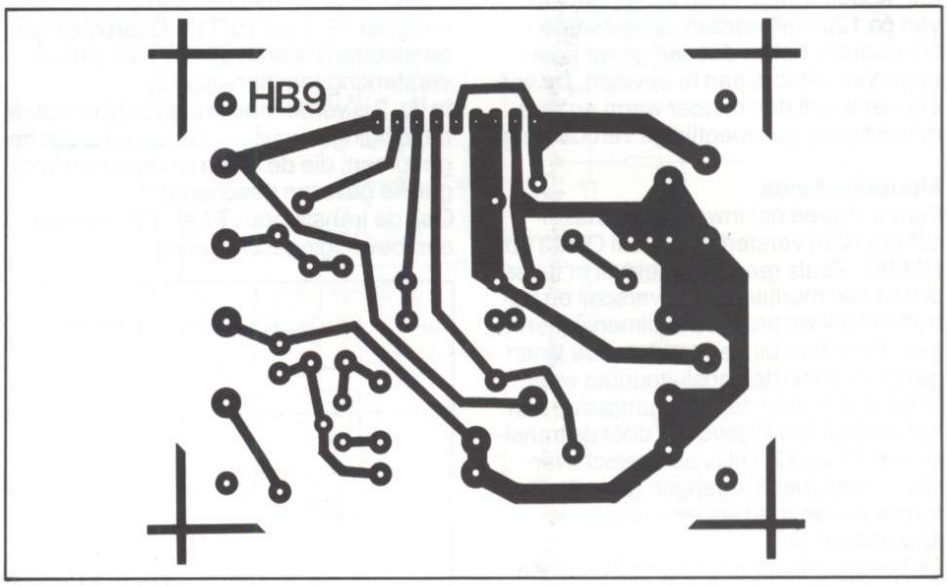


Fig. 5. Omdat de voorversterkers niet voldoende signaal afgeven om de eindtrap volledig uit te sturen in deze extra trap noodzakelijk.

Fig. 6. Het schakelschema van de complete eindtrap. Afhankelijk van het gevraagde uitgangsvermogen kan een OM931 (maximaal ca 40 watt) of OM961 (maximaal ca 75 watt) worden genomen.



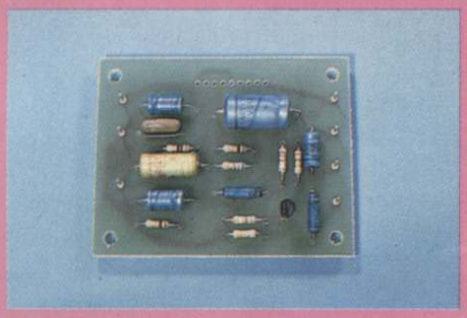


Afbeelding 9 geeft ter verduidelijking van de bouw een compleet gemonteerde print. Hierbij zijn op de aansluitpunten aan de linker- en rechterzijde printpennen ge-

Fig. 7. De lay-out voor de print, waarop de schakeling volgens fig. 6 kan worden gemonteerd. De schaal is hier 1:1 en het aanzicht is van de soldeerzijde.

plaatst om de externe montage te vergemakkelijken.

Afbeelding 10 laat zien hoe het moduul wordt verbonden met het printje. De mooiste montage ontstaat als het moduul vlak tegen de print wordt gelegd, zodat de aan-

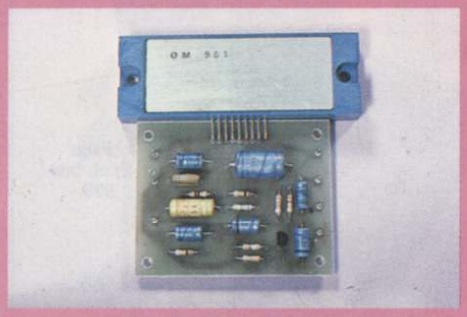


Afb. 9. Deze afbeelding geeft een goede indruk van de compleet gemonteerde print. Alle externe aansluitpunten die naar het moduul gaan liggen aan één zijde, in de goede volgorde. Op deze aansluitpunten worden geen printpennen geplaatst.

sluitdraden tussen print en moduul erg kort zijn.
Het zal duidelijk zijn dat de combinatie volgens afb. 10 een complete mono-eindtrap laat zien. Voor stereo-doeleinden zijn twee van deze combinaties noodzakelijk.

Voedingspanning.
Tabel 1 laat zien dat versterkermoduul OM931 met een lagere spanning mag worden gevoed dan moduul OM961. Wat betreft de maximale voedingsspanning

Afb. 10. Het versterkermoduul OM931 of OM961 kan simpel met het printje worden verbonden. Deze afbeelding laat de printverbinding zien met moduul OM961.



mogen de beide modulen gerust worden gevoed met ±35V. Het enige nadeel van een relatief hoge voedingspanning op moduul OM931 is dat de ruststroom wat zal kunnen oplopen en de trap gauw kan worden overstuurd. De interne beveiligingen van het moduul zorgen echter wel dat er geen schade ontstaat.
Vindt u echter de hoge voedingspanning van ±35V voor moduul OM931 te veel, dan kunt U beter de 36 volt zenerdioden

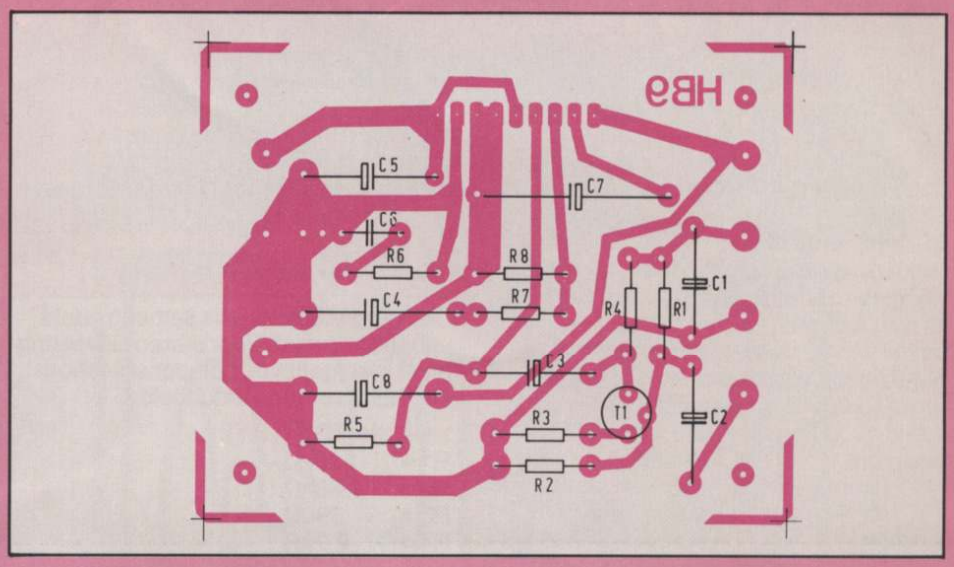


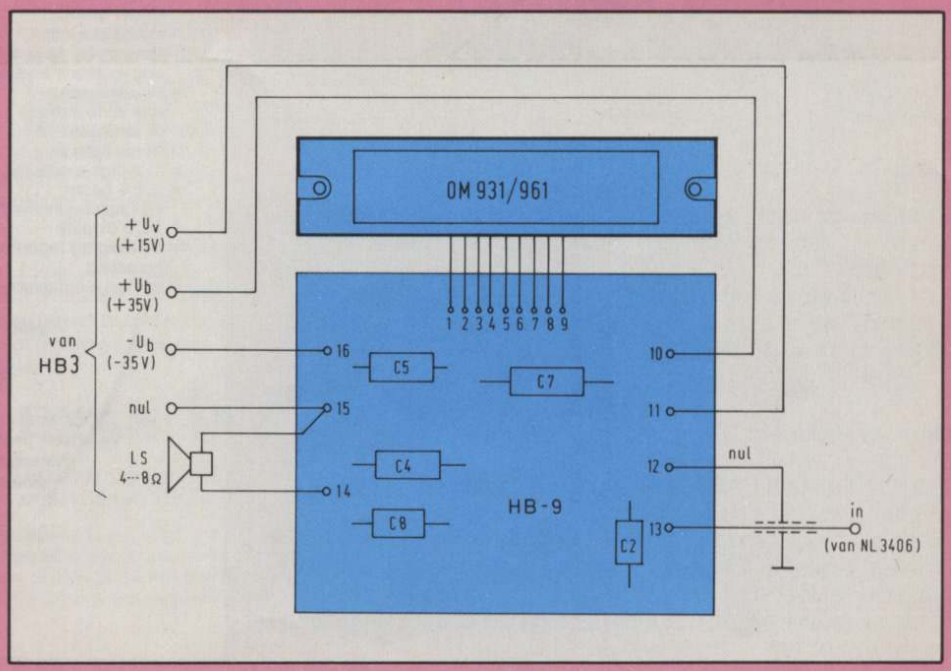
Fig. 8. De componentenopstelling van de schakeling volgens fig. 6.
Voor stereo-doeleinden zijn 2 printen noodzakelijk.

uit de voedingschakeling verwijderen en vervangen door 27 volt typen. Er blijft dan een voedingsspanning van ±26,3V over en dat is bij moduul OM931 voldoende voor 40 watt effectief uitgangsvermogen bij 4Ω belasting en ca 33 watt bij 8Ω belasting.
Voor moduul OM961 is een lagere voedingsspanning dan ±35V af te raden omdat anders het maximum uitgangsvermogen bij 8Ω belasting afneemt.
Het theoretisch maximaal haalbare sinusvermogen is eenvoudig te berekenen:

$$Po = \frac{(Ux - 2)^2}{8R_l}$$

Hierbij is Po het effectief uitgangsvermogen in watts, Ux de totale voedingspanning en R_l de belastingsweerstand (luidspreker) in ohm.
Stel de voedingspanning Ub= ±35V. Ux is dan 70V. Als de luidsprekerimpedantie 8Ω is zal Po gelijk zijn aan 72,25 watt. Laten we deze berekening los op een luidsprekerbelasting van 4Ω dan wordt Po= 144,5 watt.
Het zal duidelijk zijn dat deze laatste berekening in de praktijk geen 144,5 watt oplevert omdat de versterker dit niet aan kan. Belangrijk is echter wel dat met de genoemde berekening de relatie voedingspanning en uitgangsbelasting aan kan geven wat het maximum theoretisch uitgangsvermogen zou kunnen zijn als de voedingspanning als enige grens werd gesteld.

Fig. 11. Extern heeft het printje 16 aansluitpunten. Daarvan gaan de punten 1 t/m 9 naar het moduul OM931/961.
Om externe montage te vergemakkelijken kunnen op de aansluitpunten 10 t/m 16 het beste printpennen worden geplaatst.



Externe aansluitingen
Figuur 11 geeft het eindtrapprintje met een eindtrapmoduul.
De versterkeringang is punt 13, terwijl punt 12 de bijhorende nul is.
Op punt 10 wordt +15 volt (+Uv) gezet. Deze spanning komt van voedingsprint HB 3. Van deze print komt eveneens de spanning +Ub, die naar punt 10 van het versterkerprintje gaat. Ook de spanning −Ub gaat vanaf print HB 3 naar print HB 9 en wel naar punt 16.
De nul van de voedingspanningen gaat direct, vanaf voedingsprint HB 3, naar punt 15 van HB 9. Het zal duidelijk zijn dat voor de voedingsdraden ±Ub en de nul naar punt 15 van print HB 9 dik (1 à 1,5 mm²) geïsoleerd koperdraad moet worden gebruikt i.v.m. de relatief grote stromen.
De luidspreker(s) worden aangesloten tussen de punten 14 (nul) en 15.
Voor een compleet bedradingsoverzicht verwijzen we naar één der volgende nummers van Hob-bit. Hier worden de voorversterkerschakelingen behandeld. Aanvullend komt daarbij een compleet overzicht van de onderlinge printbekabelingen.

componentenlijst bij figuur 6 en 8.

De componentenlijst is samengesteld voor één kanaal. Voor stereo-uitvoering moet elke gegeven componentenhoeveelheid worden verdubbeld.

weerstanden (¼W):
R1= 220kΩ.
R2= 33kΩ.
R3= 390Ω.
R4= 2,7kΩ.
R5,R8= 10kΩ.
R6= 10Ω.
R7= 680Ω.

condensatoren:
C1= 10µF/25V, axiaal.
C2,C3= 2,2µF/25V, axiaal.
C4= 47µF/10V, axiaal.
C5,C8= 10µF/40V, axiaal.
C6= 0,1µF
C7= 100µF/40V, axiaal.

halfgeleiders:
T1= BC549B, BC549C, BC109B, BC109C.

overige componenten
versterkermoduul OM931 (30/40W) of OM961 (60/75W).
1printje HB 9.
7 printpennen, 1 mm rond.

Versterkersysteem met hybride schakelingen (3)

In deel 1 en deel 2 zijn de voeding en eindtrappen beschreven van een stereo versterkersysteem, dat maximaal 2 x 75 W effectief kan leveren. Deze versterker wordt gecomplementeerd met een voorversterkerschakeling voor volume-, balans- en toonregeling. Het bijzondere aan deze regelingen is dat ze op afstand worden bediend via een gelijkspanning. Daardoor ontbreken ingewikkelde bekabelingen en kan gebruik worden gemaakt van monopotmeters bij stereoversterkers.

Met dit derde deel van deze serie artikelen is een compleet geheel ontstaan. Weliswaar kan de versterkerinstallatie nog worden uitgebreid met (bijvoorbeeld) een magneto-dynamische voorversterker of een elektronische ingangskeuzeschakelaar, maar dit hangt geheel af van de persoonlijke voorkeur van de bouwer. Als er voldoende belangstelling is voor extra ingangsschakelingen, zullen we deze beslist bespreken. Stuur in dat geval een briefkaartje met naam en adres naar Kluwer Technische Tijdschriften, t.a.v. redactie Hob-bit, postbus 23, 7400 GA Deventer.
Vermeld naast uw naam en adres tevens de door U gewenste ingangstrappen.
Hoewel het hybride versterkersysteem een optimale combinatie van voeding, eindtrappen en voorversterker biedt, is het ook mogelijk de beschreven schakelingen afzonderlijk te gebruiken. Zo kan de voeding bijvoorbeeld uitstekende diensten bewijzen bij andere versterkers, die ook symmetrisch moeten worden gevoed. De eindtrappen hebben altijd de beschreven symmetrische voeding nodig en deze combinatie leent zich dan ook weer uitstekend voor zelfstandig gebruik, of in combinatie met andere voorversterkerschakelingen. Dit is niet in de laatste plaats te danken aan de relatieve hoge ingangsgevoeligheid van de eindversterker en de daarbij aanwezige hoge ingangsimpedantie. Ook het hier beschreven voorversterkersysteem kan zelfstandig worden gebruikt, of in veelvoud bij een mengtafel.
Daarnaast is de voorversterkerschakeling uiteraard ook bruikbaar voor het sturen van andere eindversterkers, mits de ingangsimpedantie minimaal 10 kΩ is. Daarbij moet de eindversterker minstens een ingangsgevoeligheid hebben van 1 V effectief. Het hier beschreven voorversterkersysteem is in principe te scheiden in een elektronische balansregeling en één voor de hoge en lage tonen. De beide regelingen zullen afzonderlijk worden besproken.

IC type TCA730

Figuur 1 geeft het blokschema van de schakeling weer die is geborgen in een IC, dat de codering TCA730 heeft. Dit is een IC van Philips en het is ontworpen om te worden gebruikt voor het regelen van volume en balans bij stereo versterkers. Hiertoe heeft het IC, zoals fig. 1 laat zien, een elektronische volumeregeling voor zowel het linker als rechter kanaal. De

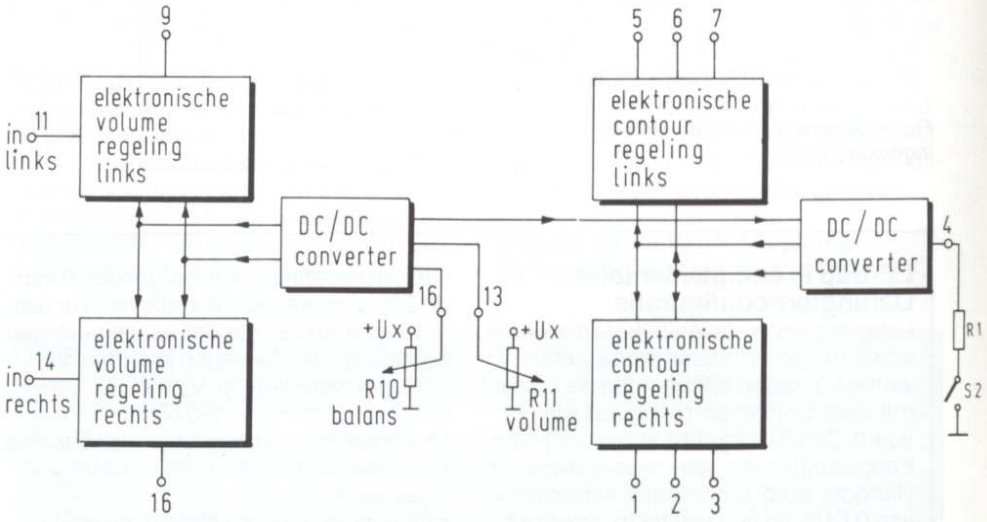


Fig. 1. De elektronische volume- en balansregeling zitten samen in één IC. Daarnaast is ook een fysiologische volumeregeling aanwezig, die met schakelaar S2 kan worden in/uitgeschakeld.

cijfers bij de aansluitpunten in fig. 1 slaan op de externe aansluitpunten van het 16 pins 'dual in line' IC.
Op punt 11 komt het linker kanaal binnen en punt 14 is de ingang voor het rechter kanaal. De afzonderlijke schakelingen voor de elektronische volumeregeling hebben een koppeling met een speciale DC/DC converter. Dit is een gelijkspanning-naar-gelijkspanning omzetter. Deze eenheid zorgt ervoor dat het mogelijk is met een simpele gelijkspanning een stuursignaal te maken dat de afzonderlijke volumeregeling van de beide kanalen stuurt. Er is dan ook eigenlijk geen enkele directe koppeling tussen de volumeregeling en de potmeter die hiervoor zorgt. Potmeter R11 doet niets anders dan het regelen van een gelijkspanningssignaal dat wordt afgeleid van de voedingspanning. Via de DC/DC-converter wordt deze gelijkspanning echter omgetoverd tot een regelspanning voor de elektronische volumeregeling. Dit moet wel afzonderlijk, omdat in deze regeling ook meteen de elektronische balans wordt meegestuurd. In fig. 1 is te zien dat ook de potmeter voor de balans naar de DC/DC-converter van de volumeregeling gaat. Balanspotmeter R10 is van hetzelfde soort als R11 en eveneens mono uitgevoerd.

Ook de loper van de balanspotmeter regelt alleen een gelijkspanningsniveau dat is afgeleid van de voedingspanning. In feite zorgen de balans- en volumeregelaar er samen voor dat er een bepaalde stuurspanning uit de DC/DC-converter komt, waarmee dan de eigenlijke elektronische volumeregeling wordt aangestuurd. Het grote voordeel van zo'n elektronische regeling is dat er geen moeilijke bedrading meer nodig is. Ook stoorsignalen kunnen vrijwel niet meer optreden omdat de spanning op de potmeters eigelijk niets te maken heeft met het stereo-sigaal. Immers, het stereo-signaal loopt niet meer via de potmeters. Daarnaast komt nog als extra voordeel dat de potmeters mono zijn. Verder speelt de bedradingslengte van en naar de potmeters geen enkele rol meer.
In fig. 1 zien we dat, naast de genoemde regeling, het IC nog een andere schakeling bevat die ons goed van pas komt. Het gaat hier om een zogenaamde elektronische contourregeling. Zoals U misschien weet, is het menselijk gehoor niet even gevoelig voor hoge en lage tonen. Dit wordt nog erger naarmate het geluid zachter wordt. Er blijft dan alleen nog maar een hoge gevoeligheid over voor het zogenaamde middentonengebied. Om nu

deze hindernis weg te werken is het noodzakelijk dat, als het volume zachter wordt gezet, er een extra versterking plaatsvindt van de hoge en lage tonen. Zoiets noemen we een fysiologische volumeregeling. Normaal worden hier vaak speciale potmeters gebruikt. De werking daarvan is niet zo geweldig. Beter is de regeling die in het IC volgens fig. 1 is opgenomen. Hierbij kan met schakelaar S2 de regeling worden in/uitgeschakeld. Via weerstand R1 is deze schakelaar gekoppeld met een tweede DC/DC-converter. De uitgang daarvan stuurt schakelingen voor de contourregeling. Er is een circuit voor het linker en voor het rechter kanaal. Uiteraard zijn de genoemde contourregelingen ook weer elektronisch. Over de draad naar schakelaar S2 loopt geen enkel signaal van de stereo-versterker. De draadlengte en de plaats van deze draad speelt net zomin een rol als die bij de potmeters van de volumeregeling en balans.

zetten van de genoemde fysiologische regeling.
Helaas is Philips gestopt met het leveren van elektronica-bouwpakketten. Omdat de bouwpakketten van de elektronische volume- en balansregeling alsmede die van de toonregeling 'bestsellers' waren, zijn ze nog vrijwel overal verkrijgbaar.

Tijdens de ontwikkeling van het hybride versterkersysteem waren we nog niet op de hoogte van het feit dat Philips zou stoppen met elektronische bouwpakketten. In eerste instantie was het dan ook niet de bedoeling een componentenlijst van de Philips schakelingen alsmede een eigen print te brengen. Daar is nu verandering in gekomen, omdat door Philips niet kan worden gegarandeerd dat er voldoende bouwpakketten op de markt aanwezig zijn. Met toestemming van Philips geven we naast de elektronische schema's daarom ook de volledige componen-

Voedingspanning	:	15 V
Stroomverbruik	:	ca. 25 mA
Versterking	:	max. 6x
Ingangsimpedantie	:	270 kΩ
Ingangsimpedantie volgende eenheid	:	minstens 10 kΩ
Ingangsniveau	:	100 mV (minstens 50 mV)
Frequentiegebied	:	< 20 Hz - 250.000 Hz (−0,5 dB)
Vervorming bij 1 V uit	:	0,1%
Fysiologie max.	:	26 dB bij 20 Hz en 8 dB bij 20.000 Hz
Balansregeling max.	:	± 9 dB, bij volume −30 dB
Afmetingen printplaat	:	71 x 71

Tabel 1. De karakteristieke gegevens van de elektronische volume- en balansregeling.

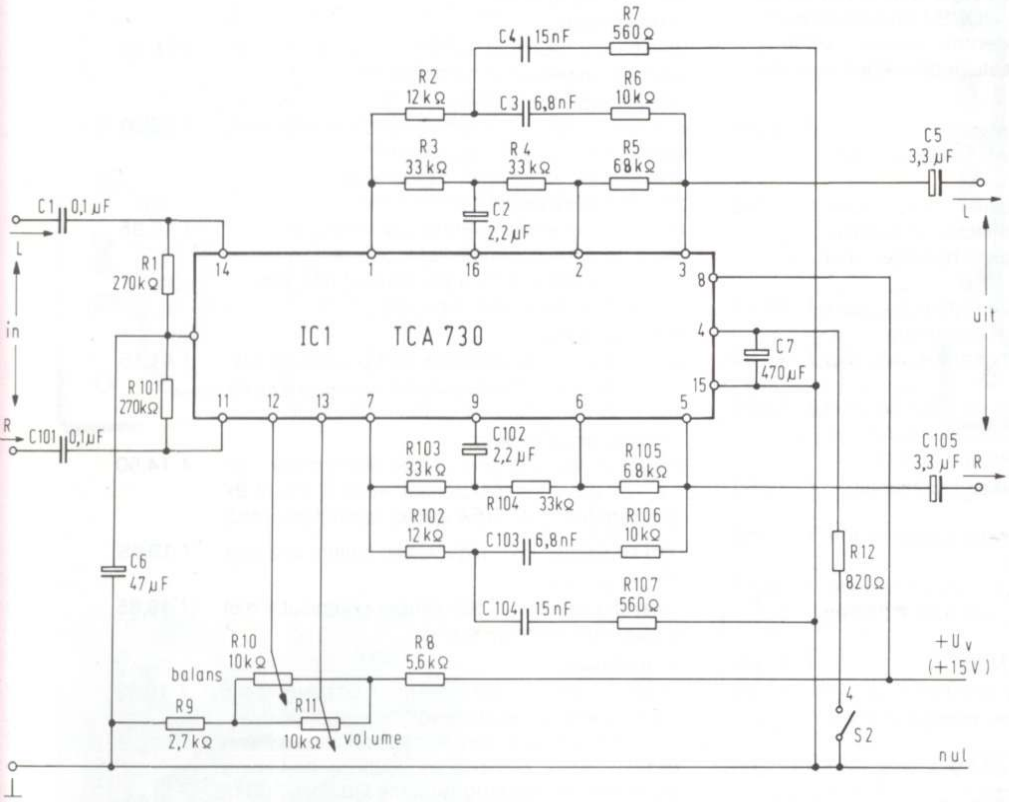


Fig. 2. Het schakelschema van de complete elektronische volume- en balansregeling. Voor de potmeters R10 en R11 worden mono-uitvoeringen gebruikt.

Schakelschema van de volume- en balansregeling
Figuur 2 geeft het schakelschema van de elektronische balans- en volumeregeling. Dit schema is niet ontwikkeld op het Hobbit lab, maar overgenomen van Philips. De complete schakeling was in een bouwdoosje verkrijgbaar onder de codering NL3405. Het bouwdoosje bevatte alle noodzakelijke componenten inclusief schuifpotmeters, printpennen en schakelaar S2 uit fig. 2. S2 is voor het aan-uit-

tenlijsten. Tevens brengen we van zowel de volume/balansregeling als de elektronische toonregeling ook zelf een print. In tegenstelling tot de bouwpakketten zijn de IC's TCA730 en de TCA740 voor de elektronische regelingen wel op de regulaire markt verkrijgbaar.

De karakteristieke gegevens van de schakeling volgens fig. 2 staan in tabel 1. De schakeling heeft op de punten C1 - C101 een ingangsimpedantie van 270 kΩ.

Volledigheidshalve wordt vermeld dat wij voor de coderingen van de componenten dezelfde hebben aangehouden als Philips doet in het bouwdoosje. Daarbij moet er op worden gelet dat bij componenten die in beide stereo-kanalen voorkomen, een '10-codering' voor het tweede kanaal wordt bijgevoegd. Zo is de ingangscondensator van het linker kanaal in fig. 2 gecodeerd als C1. Dezelfde condensator in het rechter kanaal is C101 genoemd. Uit tabel 1 blijkt dat de schakeling van fig. 2 maximaal circa 6x versterkt. De frequentie-karakteristiek is kaarsrecht en de vervorming is verwaarloosbaar. Figuur 3 geeft een grafiek, waarin het effect van de fysiologische volumeregeling (S2) is uitgedrukt. U ziet dat hier ten opzichte van het middengebied versterking plaatsvindt van hoge en lage tonen. De verschillende krommes (lijnen) hebben betrekking op bepaalde niveau's van het geluidssignaal.

Zo is te zien dat bij 0 dB de regeling niet versterkt. Daarentegen worden, bij een zwak volumeniveau van −40 dB, de hoge en lage tonen zeer veel versterkt.
Ter verduidelijking kan nog worden gesteld dat in fig. 3 de horizontale schaal de frequentieband voorstelt, die hier wordt uitgedrukt in Hz. Verticaal staat de relatieve signaalversterking, uitgedrukt in decibells (dB's). Daarbij is 20 dB gelijk aan een factor 10.

Print van de balans en volumeregeling
Figuur 4 geeft de componentenopstelling van de schakeling volgens fig. 2 weer. Hier is te zien dat de bouw van de schakeling uitermate simpel is. Voor C7 moet een print elco worden gebruikt. Alle andere elco's zijn axiaal uitgevoerd en hebben dus de aansluitdraden aan weerszijden van het ronde kokertje.
Afbeelding 5 geeft een foto van een compleet gemonteerde volume- en balansre-

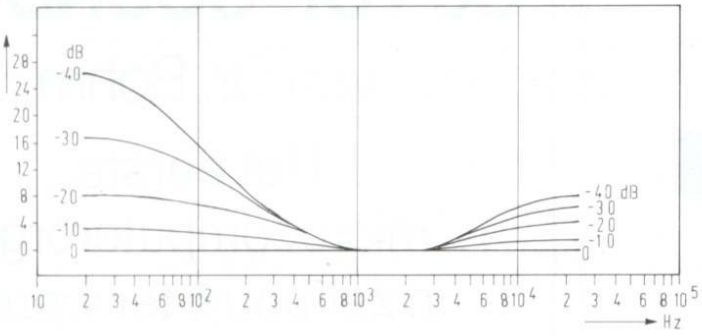


Fig. 3. Bij een fysiologische volumeregeling worden de lage en hoge tonen steeds meer extra versterkt naarmate het totaal-volume terugloopt.

geling van een originele Philips print. Figuur 6 geeft de lay-out van de print waarop de schakeling volgens fig. 2 kan worden gemonteerd. De schaal is hier 1:1 en het aanzicht van de soldeerzijde.
In principe komt de lay-out volgens fig. 6 overeen met het print-ontwerp van Philips. De componentenopstelling volgens fig. 4 is dan ook volledig bruikbaar bij de lay-out volgens fig. 6.

Externe aansluiting van de balans- en volumeregeling

Als tussenschema geven we in fig. 7 de verschillende aansluitingen rondom het printje van de volume- en balansregeling. Verder verwijzen we vast even naar fig. 15, waar het bedradingsschema van de

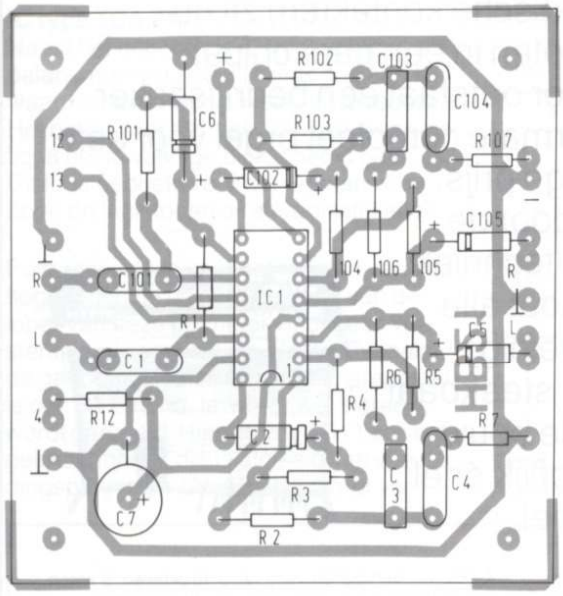


Fig. 4. De componentenopstelling van de elektronische balans- en volumeregeling.

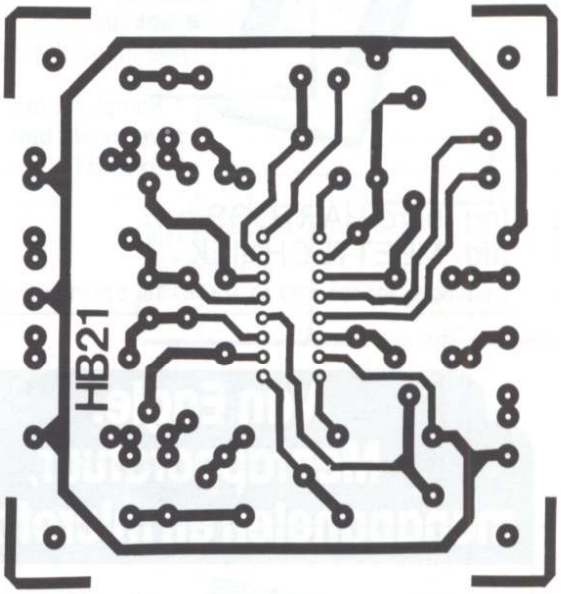
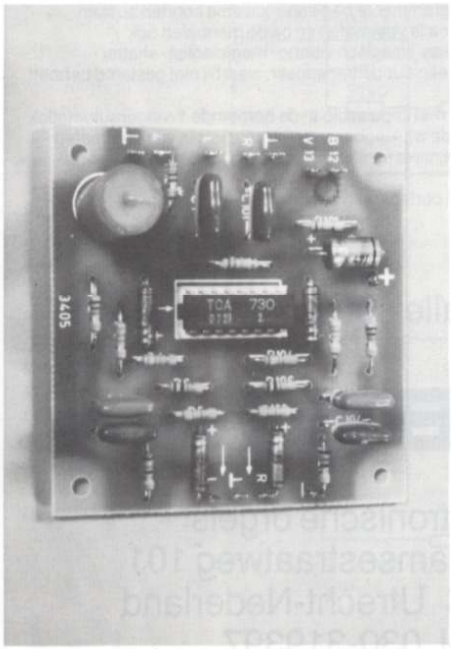


Fig. 6. De lay-out voor de print volgens fig. 4 met de schakeling volgens fig. 2. De schaal is hier 1:1 en het aanzicht is van de soldeerzijde.



Afb. 5. Deze foto geeft een goede indruk van de compleet gemonteerde schakeling volgens fig. 2 en 4.

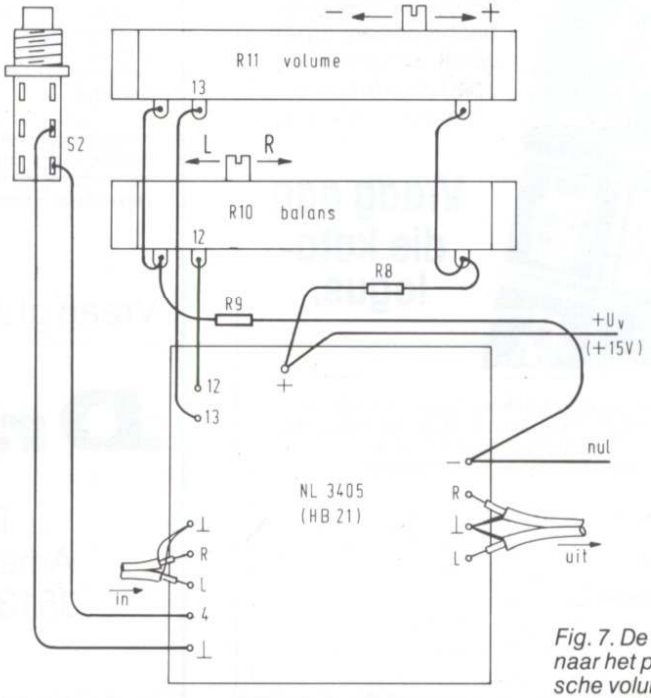


Fig. 7. De externe bedrading van en naar het printje van de elektronische volume- balansregeling is erg eenvoudig, omdat de potmeters mono zijn uitgevoerd.

complete stereo-versterker is gegeven. In fig. 7 zien we dat de ingangen moeten worden voorzien van stereo-afgeschermd snoer. Wordt de versterker slechts voor één stuurapparaat (tuner, recorder of platenspeler) gebruikt, dan zal de ingangskabel direkt naar een DIN-bus gaan. In het andere geval, als er meer ingangen noodzakelijk zijn, zal een omschakelaar of mengingang moeten worden aangebracht.
In fig. 7 is te zien dat twee weerstanden, R8 en R9, niet op de print zijn aangebracht. Deze kunnen het beste zo dicht mogelijk bij de potmeters of de print worden bevestigd.
De balans- en volumeregeling wordt gevoed met de spanning +Uv, die beschikbaar is vanaf de voedingsprint HB3.

IC type TCA 740

Naast het genoemde IC voor volume- en balansregeling, voert Philips nog een IC waarmee elektronisch iets valt te regelen. Het betreft hier het type TCA740, waarvan fig. 8 het inwendige blokschema geeft. Dit IC is bedoeld voor het regelen van hoge en lage tonen bij stereoinstallatie's.

Potmeter R11 is voor het regelen van de hoge tonen. In de middenstand van de loper van deze potmeter vindt geen versterking of verzwakking plaats. Evenals de genoemde volume- en balansregelaar is ook R11 mono, terwijl er wel stereo wordt geregeld. Hiertoe voert R11 ook een gelijkspanning, die is afgeleid van voedingspanning +Uv. Als R11 wordt verdraaid gaat de gelijkspanning op de loper omhoog of omlaag. Deze gelijkspanning wordt aangeboden aan een DC/DC-converter. De uitgang van deze converter levert twee stuursignalen af voor ingangen van de elektronische hoge tonenregeling.

Door de aanwezigheid van genoemde converter bestaat geen direct verband tussen het signaal op de loper van R11 en het eigenlijke stereosignaal. Hetzelfde geldt ook voor de lage tonen regeling. Voor het regelen hiervan is R10 aanwezig. Ook deze potmeter voert een gelijkspanning, die is afgeleid van +Uv. De gelijkspanning op de loper van R10 gaat naar een tweede DC/DC-converter. Deze zet de spanning om in een andere gelijkspanning, die geschikt is om de elektronische basregeling (lage tonen) te sturen. Hiertoe zijn weer twee afzonderlijke stuursignalen aanwezig: één voor het linker en één voor het rechter kanaal.
De voordelen van de elektronische regeling volgens fig. 8 zijn weer dezelfde als die van de elektronische volume- en balansregeling. De potmeters zijn ook hier mono en voeren geen stereo-signalen.

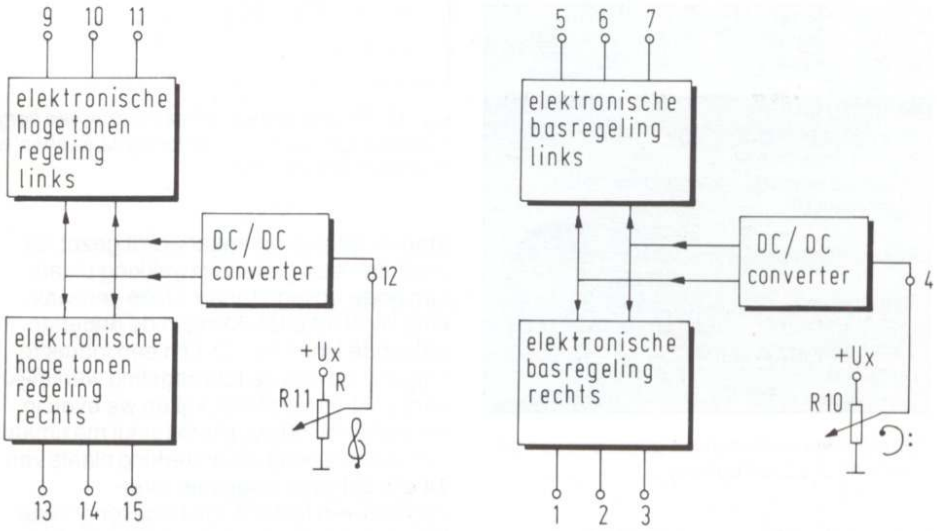


Fig. 8. Het blokschema van de elektronische toonregeling lijkt veel op dat van de volume- en balansregeling. Ook hier wordt gebruik gemaakt van DC/DC-converters.

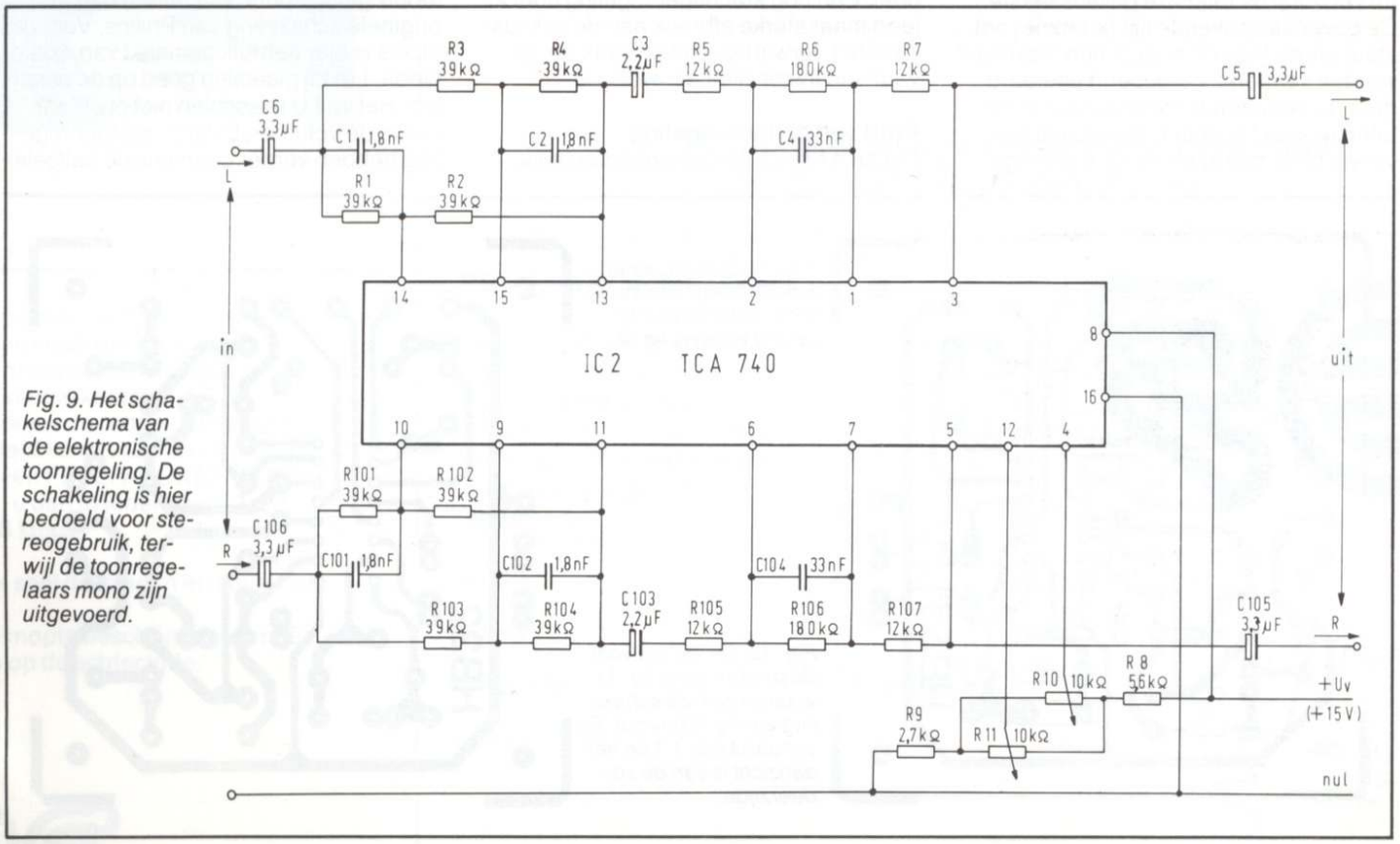


Fig. 9. Het schakelschema van de elektronische toonregeling. De schakeling is hier bedoeld voor stereogebruik, terwijl de toonregelaars mono zijn uitgevoerd.

Schakelschema van de toonregeling
Figuur 9 geeft het schakelschema van de hoge en lage tonenregeling. Ook dit is weer een origineel schema van Philips. Omdat Philips ook de leverbaarheid van dit bouwpakket niet kan garanderen, hebben we toestemming om naast het schakelschema ook de componentenlijst en printlay-out te publiceren. De technische gegevens van de toonregeling volgens fig. 9, staan vermeld in tabel 2. We zien in deze tabel dat ook de toonregeling, bij middenstand van de lopers van de potmeters, een kaarsrechte karakteristiek heeft.

Voedingspanning	: 15 V
Stroomverbruik	: ca. 25 mA
Versterking bij 1.000 Hz	: 1x
Ingangsimpendantie	: 20 kΩ
Ingangsimpedantie volgende eenheid	: minstens 10 kΩ
Ingangsniveau	: 600 mV (minstens 150 mV)
Frequentiegebied	: < 20 Hz - 250.000 Hz (−0,5 dB)
Regelgebied	: plus of min ca. 16 dB bij 40 Hz en 20.000 Hz
Afmetingen printplaat	: 71 x 71

Tabel 2. De karakteristieke gegevens van de elektronische toonregeling.

Figuur 10 geeft een grafiek waarin de werking van de schakeling is weergegeven. Horizontaal staat de frequentie uitgedrukt en verticaal de relatieve geluidssterkte. De bovenste golvende lijn (kromme) ontstaat als de lage en hoge tonenregelaar minimaal wordt gezet. Er vindt dan een grote verzwakking plaats van hoge en lage tonen. Deze verzwakking komt tot uitdrukking in de onderste golvende lijn in fig. 10. Om een indruk te krijgen hoeveel de toonregeling werkelijk verzwakt en versterkt, kijken we even in de grafiek bij 50 Hz. Hierbij vindt maximaal een verzwakking of versterking plaats van 14 dB. Dit komt ongeveer overeen met een factor 5. De hoge tonenregeling doet bij 12 kHz ongeveer hetzelfde. Hoewel dit geen geweldige waarden zijn, is de regeling effectief genoeg voor elk doel. Een nog krachtiger regeling doet alleen maar sterke afbreuk aan de geluidskwaliteit, terwijl bovendien vaak het gevaar van instabiliteit aanwezig is.

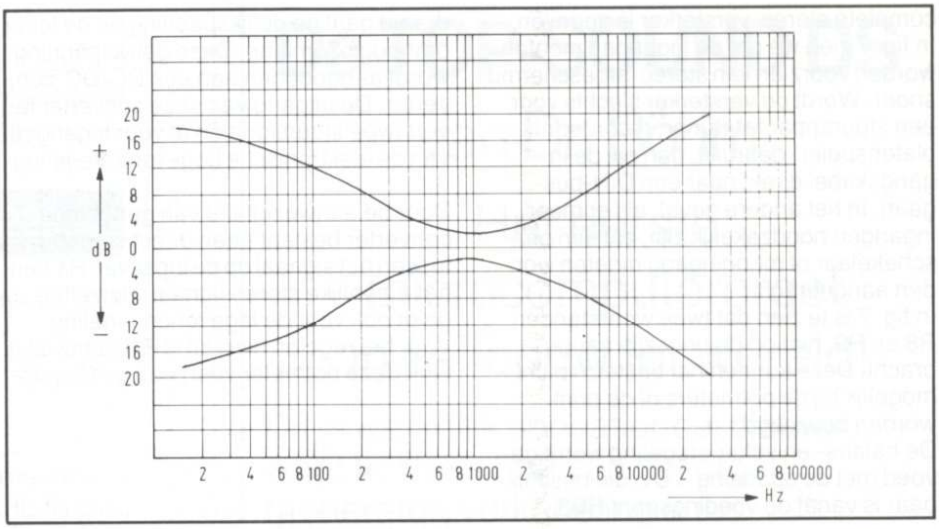


Fig. 10. Deze grafiek geeft een indruk van hetgeen dat de hoge en lage tonen maximaal en minimaal kunnen doen. De horizontale schaal is van de frequenties en de verticale schaal van het relatieve signaalniveau.

Print van de toonregeling
Figuur 11 geeft de componentenopstelling van de schakeling volgens fig. 8. Ook hier betreft het weer de originele Philips componentenopstelling.

Figuur 12 geeft de lay-out van de schakeling volgens fig. 9 terwijl fig. 11 de componentenopstelling geeft. In fig. 12 is de schaal 1:1 en het aanzicht van de soldeerzijde. In principe komt de lay-out volgens fig. 12 overeen met de originele opstelling van de Philipsprint.

Afbeelding 13 geeft ter verduidelijking nog een indruk van de compleet gemonteerde toonregelingsprint. Het betreft hier een originele schakeling van Philips. Voor de elco's is hier gebruik gemaakt van axiale typen. Let bij plaatsing goed op de polariteit. Het valt U misschien niet op, maar zowel de volume-, balans- als toonregeling hebben verder geen enkele halfgelei-

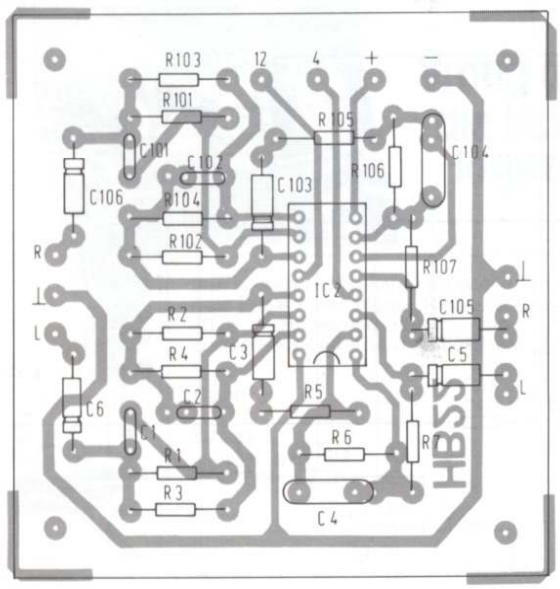


Fig. 11. De componentenopstelling van de elektronische toonregeling volgens fig. 9.

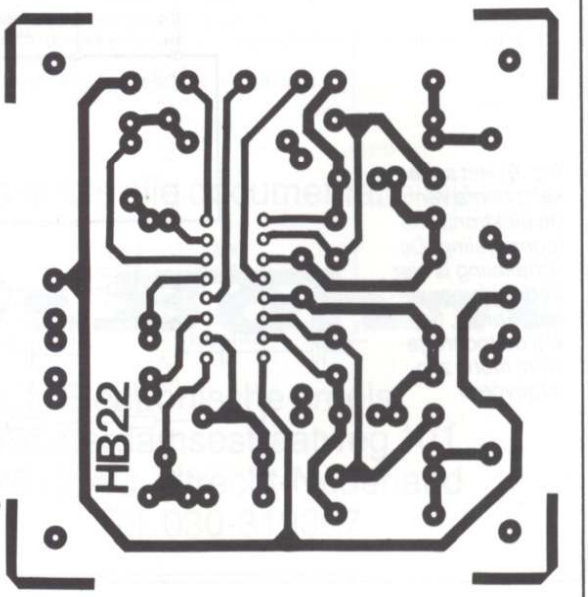
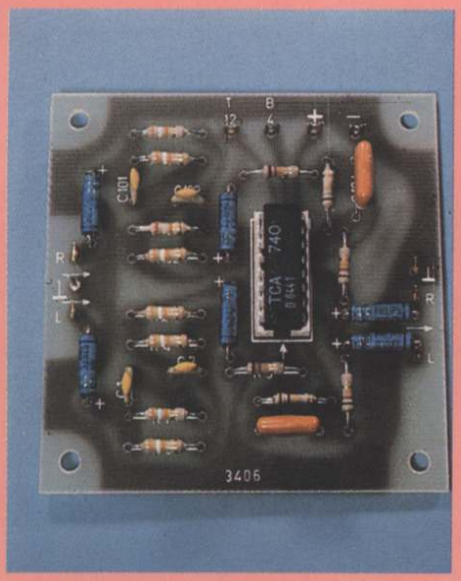


Fig. 12. De lay-out voor de print volgens fig. 11, waarop zich de schakeling van fig. 9 bevindt. De schaal is hier 1:1 en het aanzicht is van de soldeerzijde.



Afb. 13. Deze foto geeft een indruk van de compleet gemonteerde elektronische toonregeling.

Fig. 15. Het complete bedradingsschema van de hybride versterkerinstallatie is erg eenvoudig van opzet. Het verdient aanbeveling de schakeling onder te brengen in een metalen kast.

der in de schakeling. Alleen een gecompliceerd IC en een aantal passieve componenten vormen samen de regelingen.

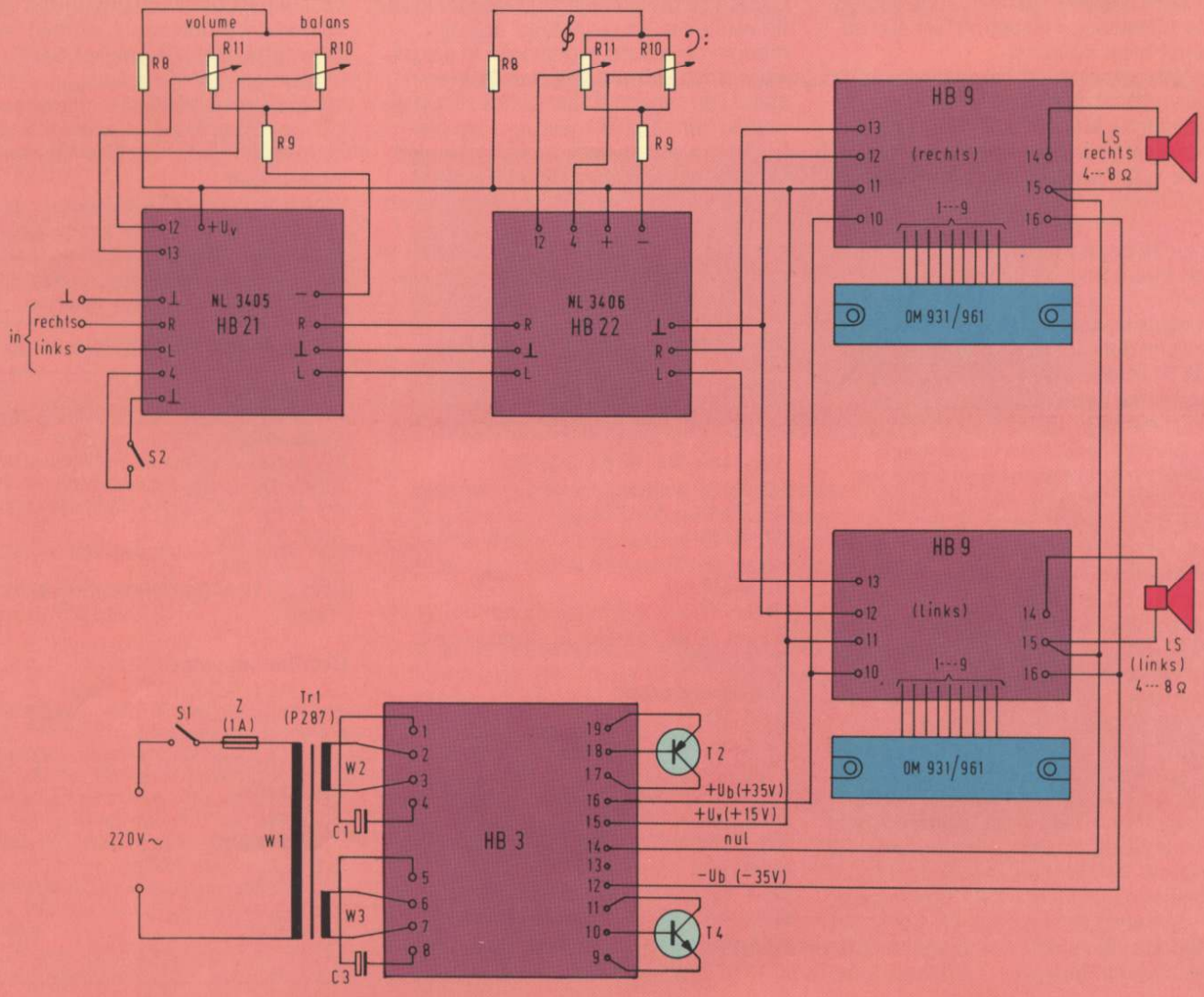
Externe aansluiting van de toonregeling

Figuur 14 geeft een extern aansluitschema rond de toonregeling. Bij de originele bouwpakketten werden twee schuifpotmeters gebruikt. In principe kunnen ook gewone draaipotmeters worden toegepast.
De weerstanden R8 en R9 worden niet op de print aangebracht, maar komen zo dicht mogelijk bij de print of potmeters.
Voor het voeden van de toonregeling wordt weer gebruik gemaakt van +Uv (+15 V), die op print HB 3 beschikbaar is.

Complete hybride versterkersysteem

Figuur 15 geeft het bedradingsschema van de complete versterkerinstallatie.
Het gaat hier om een complete stereoversterker met volume, toon- en balansregeling. De versterker is in totaal opgebouwd met 5 printen.
In fig. 15 stelt HB 3 de voedingsprint voor, die in één van de vorige nummers is besproken. Tr 1 is de voedingstransformator, die secundair twee wikkelingen heeft. In de primaire wikkeling (W1) is een zekering opgenomen (1A-traag). Een zekering is hier onontbeerlijk gezien de veiligheid.
S1 stelt de aan/uit-schakelaar voor. Hiervoor kan het beste een type worden gebruikt met ingebouwde verlichting. De transistoren T2 en T4 bij de voedingsprint horen bij de voeding en moeten worden voorzien van relatief grote koelvlakken.

Hiervoor kunnen aparte koellichamen worden gebruikt, terwijl ook de metalen behuizing van de versterker eventueel bruikbaar is. Let weer wel op dat de voedingstransistoren geïsoleerd moeten worden opgesteld.
In fig. 15 is te zien dat de hoofdvoedingspanning (±35 V) direct naar de eindversterkerprinten (HB 9) gaat. Wat de voeding betreft, liggen deze printen parallel. Ook de lage voedingspanning + Uv gaat naar beide eindversterkerprinten.
De eindtrappen worden voorafgegaan door de Philips toonregeling NL3406. Gemakshalve zijn hier, in plaats van schuifpotmeters, draairegelaars getekend.
Volledigheidshalve moet worden gesteld



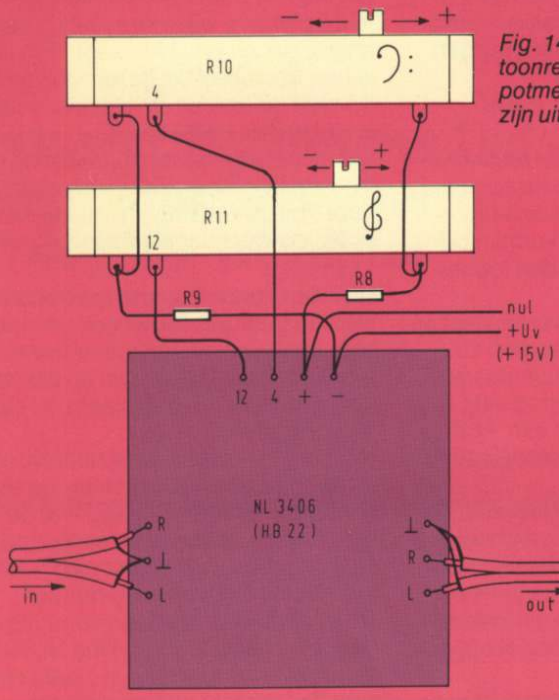


Fig. 14. De externe bedrading rondom de toonregelprint is erg eenvoudig. Omdat de potmeters, ondanks de stereoregeling, mono zijn uitgevoerd.

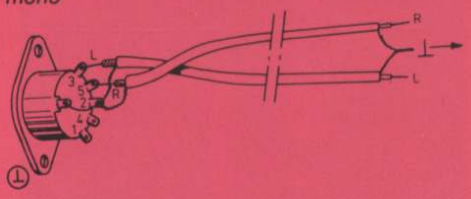


Fig. 16. Als de versterkeringang wordt voorzien van DIN-bussen, kunnen de verbindingen worden gelegd zoals hier schetsmatig is aangegeven.

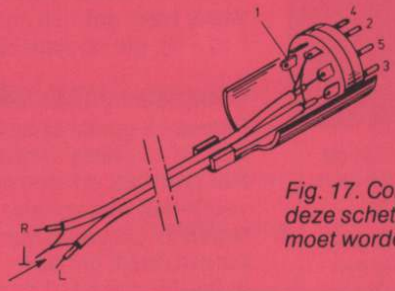


Fig. 17. Corresponderend met fig. 16 geeft deze schets een indruk hoe een DIN-plug moet worden bevestigd aan een stereosnoer.

dat de aansluitcoderingen op de toon-, volume- en balansregelingprinten, niets te maken hebben met de overige printen in de schakeling. Het betreft hier een originele Philips codering.
De ingangstrap van de versterker wordt gevormd door de balans- en volumeregelingsprint NL3405. S2 stelt hierbij de schakelaar voor waarmee de fysiologische volumeregeling kan worden in/uitgeschakeld.

Figuur 15 geeft weer hoe eenvoudig de totale bedrading van de versterker is. Iedereen is vrij om de bekabeling te leggen zoals hij dat zelf wil. Er moet op worden gelet dat voor de voedingsdraden (±35 V) voldoende dik geïsoleerd koperdraad wordt genomen. De kern moet minstens 1 mm² zijn. Daarbij is het van belang dat de voedingsdraden tussen beide eindversterkertrappen en de voedingsprint, zo kort mogelijk zijn. De vorige bedrading speelt geen grote rol.
Over het algemeen is het gewenst de voedingstrafo Tr1 ergens in een hoek achterop het chassis te plaatsen. Direct in de buurt daarvan komt de voedingsprint. Iets verder weg, in de buurt van de uitgangspluggen van de luidsprekers, worden de eindversterkerprinten geplaatst. De voorversterkerschakelingen worden zover mogelijk van de voedingstrafo en eindversterkerprinten geplaatst.

Bij gebruik van DIN-ingangsbussen moet de bekabeling worden gelegd zoals fig. 16 aangeeft. Volledigheidshalve geeft fig. 17 de aansluiting van een DIN-ingangsplug, die correspondeert met fig. 16. Let er wel op dat alle ingangsdraden moeten worden afgeschermd. Bij stereoversterkers is het gemakkelijk hiervoor afgeschermd stereosnoer te gebruiken.
Gezien de grote ingangsgevoeligheid van de versterker kan eventueel ook een mengingang worden gemaakt. In dat geval wordt bij elke ingang een serieweerstand van circa 1 MΩ aangebracht. Op die manier kunnen dan meerdere signaalbronnen worden ingekoppeld. Uiteraard loopt de gevoeligheid dan een factor 4 terug en wordt de ingangsweerstand van elk kanaal ±1,2 MΩ.
Het verdient aanbeveling de versterker te monteren in een metalen kast. In de eerste plaats zijn dan geen extra (dure) koellichamen nodig en bovendien geeft de kast een mooie afscherming. De versterker moet wel galvanisch worden verbonden met de kast. Dit gebeurt slechts op één punt en wel door de voedingsnul (afscherming) bij het gevoeligste ingangspunt (dat is in fig. 15 op de ingang van NL3405) aan de metalen kast te koppelen bij een ingangsbus.
Wordt nog een extra MD-voorversterker geplaatst, dan moet de koppeling van de voedingsnul (afscherming) en de kast bij de ingang van deze trap plaatsvinden.

Componentenlijst bij fig. 2 en fig. 4.

Weerstanden:
R1, R101 = 270 kΩ.
R2, R102 = 12 kΩ.
R3, R103, R4, R104 = 33 kΩ.
R5, R105 = 68 kΩ.
R6, R106 = 10 kΩ.
R7, R107 = 560 Ω.
R8 = 5,6 kΩ.
R9 = 5,7 kΩ.
R10 = 10 kΩ, potmeter, mono, lineair.
R11 = 10 kΩ, potmeter, mono, lineair.
R12 = 860 Ω.

Condensatoren:
C1, C101 = 100 nF.
C2, C102 = 2,2 μF, 16 V/axiale uitvoering.
C3, C103 = 6,8 nF.
C4, C104 = 15 nF.
C5, C105 = 3,3 . . . 4,7 μF, 16 V/axiale uitvoering.
C6 = 47 μF/16 V, axiale uitvoering.
C7 = 470 μF, 16 V, axiale uitvoering.

Halfgeleider:
IC1 = TCA730, Philips.

Componentenlijst bij fig. 9 en fig. 11.

Weerstanden:
R1, R101, R2, R102, R3, R103, R4, R104 = 39 kΩ.
R5, R105 = 12 kΩ.
R6, R106 = 180 kΩ.
R7, R107 = 12 kΩ.
R8 = 5,6 kΩ.
R9 = 2,7 kΩ.
R10, R11 = 10 kΩ, potmeter, mono, lineair.

Condensatoren:
C1, C101, C2, C102 = 1,8 nF.
C3, C103 = 2,2 μF, 16 V, axiaal.
C4, C104 = 33 nF.
C5, C105, C6, C106 = 3,3 . . . 4,7 μF, 16 V, axiaal.

Halfgeleider:
IC2 = TCA740, Philips.