

SUPRA

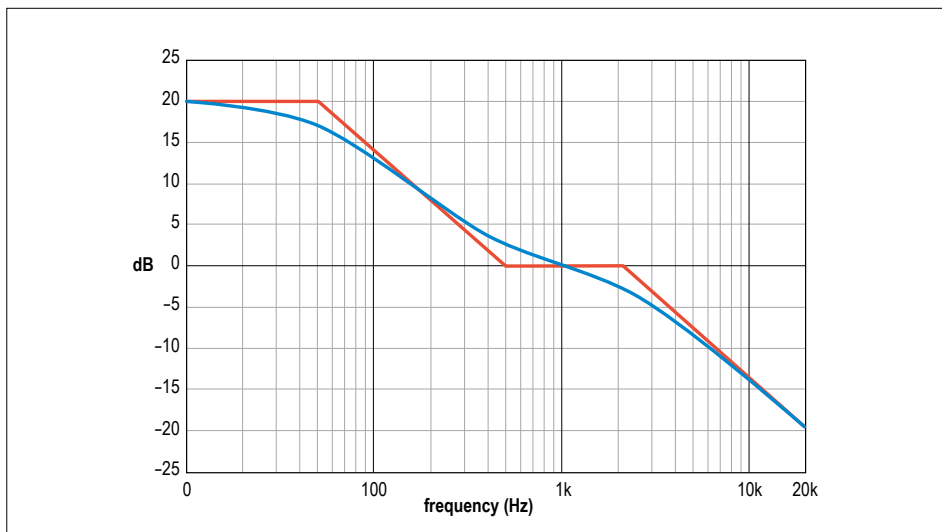
Super ruisarme MM/MD-phono-voorversterker

Thomas Scherer (Duitsland) en Ton Giesberts (Elektor-lab)

Vinyl is bij hifi-liefhebbers weer helemaal in! De klank van dit 'zwarte goud' is toch iets heel bijzonders en kan niet worden vergeleken het geluid van digitale geluidsbronnen. In dit artikel presenteren we een high-end phono-voorversterker die extreem ruisarm is door per kanaal vier speciale opamps parallel te schakelen. Een truc die Elektor al presenteerde in 1982, maar toen nog met transistoren!

2.0





Figuur 1. Theoretische (rode curve) en reële (blauwe curve) verloop van de RIAA-correctiecurve die op vinylplaten wordt gebruikt.

worden vermeden en bij hoge frequenties de signaal/ruis-verhouding wordt verbeterd. In **figuur 1** is de RIAA-correctie-karakteristiek (theoretische en praktische verloop) afgebeeld. Deze curve is opgebouwd uit drie tijdconstanten: 3180, 318 en 75 μ s, wat overeenkomt met kantelpunten bij de frequenties 50, 500 en 2122 Hz.

In de afgelopen decennia hebben ontwerpers allerlei varianten bedacht om de RIAA-correctie op een zo gunstig mogelijke manier in een schakeling te realiseren, van compleet actief tot compleet passief met allerlei tussenvormen. Er is altijd veel discussie geweest over de optimale of best klinkende configuratie. In dit geval hebben we gekozen voor een tussenvorm die bestaat uit een half actieve en een half passieve correctie, zoals u straks in het schema zult zien.

De schakeling

De omvang van het schema in **figuur 2** valt ondanks de parallel geschakelde opamps reuze mee. Naast de vier ingangsversterkers is er per kanaal nog maar één extra dual-opamp nodig (hiervoor is een LM833 gekozen). De hier getoonde dimensionering is bedoeld voor MM/MD-elementen met een nominale spanningsafgifte van circa 2 mV. De schakeling is door het aanpassen van een aantal weerstandswaarden ook geschikt te maken voor MC-elementen met een lage uitgangsspanning, maar dat bespreken we nog eens apart in een komende uitgave.

De ingangsimpedantie van de voorversterker wordt bepaald door R1 (47 k Ω) en C1/C1' (we vermelden in deze beschrijving steeds de componenten van één kanaal). De condensatoren bepalen samen met de aansluitkabel de afsluitcapaciteit die het element ziet, de optimale waarde is bij elk element anders. U kunt dit dus zelf aanpassen door op de plaats van C1' en C26' een extra condensator te plaatsen als dat nodig is. Bedenk dat de verbindingkabel naar de platenspeler zeker een inwendige capaciteit van 100...200 pF heeft.

De vier ingangs-opamps IC1...IC4 zijn niet rechtstreeks parallel geschakeld, maar ze zijn elk voorzien van een eigen tegenkoppelnets (R5/R4 enz., versterking 48x). Verder is de bandbreedte beperkt door een extra netwerkje per opamp. Een LT1028 heeft een open-lus-bandbreedte (GBW) van 70 MHz. Zelfs bij een ver-

Vinyl is helemaal terug van weggeweest!

Elektor heeft vanaf het begin van zijn bestaan een voorliefde gehad voor audioschakelingen. Er zijn dan ook talloze ontwerpen ontwikkeld en gepubliceerd, waaronder een aantal heel bijzondere en innovatieve. Eén van die ontwerpen was de SUPRA, een phono-voorversterker die in de Halfgeleidergids van 1982 verscheen. De afkorting SUPRA stond daarbij voor SUPer RuisArm. Dat werd mogelijk gemaakt door in de ingangstrap 8 goedkope ruisarme transistoren (BC550/BC560) parallel te schakelen. Door die parallelschakeling vermindert de ruis met een factor $\sqrt{8} = 2,82$ maal. Een respectabele winst die vooral bij het gebruik van moving-coil-elementen (met een heel lage uitgangsspanning) van voordeel was. Het gevolg was wel dat de print behoorlijk groot was met 20 transistoren per kanaal! Tegenwoordig zijn platenspelers, phono-voorversterkers en vinylplaten weer helemaal hot! Dat betekent dat er ook weer veel zelfbouwers zijn die hun eigen phono-voorversterker willen bouwen. Op Internet is de SUPRA uit 1982 nog steeds een hot item dat in diverse audiofora te vinden is. Dat vormde voor ons de aanleiding om eens te kijken of we een moderne versie van de SUPRA konden ontwikkelen. En dan denk je natuurlijk meteen aan een opamp-versie van deze klassieker!

Heden ten dage zijn er geïntegreerde schakelingen beschikbaar waarvan het ruisgedrag zodanig is geoptimaliseerd dat een discrete opzet niet meer nodig is. Een LT1028 bijvoorbeeld heeft een ruisgetal van 0,9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$. Als je vier van deze chips parallel schakelt, dan wordt die ruis nog eens gehalveerd! Dit is zo laag dat het geen zin heeft om nog meer opamps parallel te schakelen, omdat de weerstanden in de schakeling (en de inwendige weerstand van het element) al een hogere thermische ruis produceren. Eén zo'n opamp kost tussen de 5 en 10 euro, wat het geheel geen goedkope schakeling maakt. Maar we zijn ervan overtuigd dat een echte audioliefhebber dat graag over heeft voor een optimale geluidskwaliteit.

Met het parallel schakelen van die opamps hebben we nog geen bruikbare phono-preamp. Een belangrijk deel van een phono-preamp is het RIAA-correctiecircuit. Dit zorgt ervoor dat de lage tonen extra worden versterkt en de hoge tonen juist verzwakt volgens een karakteristiek die ooit (in 1954) door de RIAA (Recording Industry Association of America) is gedefinieerd. Bij het snijden van een plaat wordt precies de omgekeerde karakteristiek toegepast, waardoor te grote uitwijkingen op de plaat bij lage frequenties

waarden liggen precies een factor 10 uit elkaar, zodat de versterking afneemt van 40 naar 4 maal. Wie wil weten hoe de exacte waarden voor de correctienetwerken zijn berekend, kan dit vinden in de beschrijving van dit project op de Elektor Labs-website [1].

Dan volgt nog een buffertrap rond IC5B. Voor deze opamp is een passief hoogdoorlaatfilter opgenomen (C19/R26) met een kantelpunt op 10 Hz, om eventuele zeer laagfrequente signalen van het platen-speler-loopwerk te onderdrukken. Op de print is voor deze condensator van 2,2 μF veel ruimte gereserveerd waarop een polypropyleen-type past, dat betere audio-eigenschappen heeft dan standaard

polyester condensatoren. Maar ook hier bestaat de mogelijkheid om andere typen te plaatsen.

Daarmee hebben we de hele versterkerschakeling eigenlijk al besproken, maar we gaan nog even terug naar het ingangsgedeelte. De LT1028 heeft volgens de datasheet een interne bias-compensatie, maar toch kan de bias-stroom aan de ingang nog steeds max. $\pm 180 \text{ nA}$ (A-versie $\pm 90 \text{ nA}$) bedragen. Bij vier parallel geschakelde opamps zou er dan een gelijkstroom van maximaal $\pm 720 \text{ nA}$ door het element kunnen lopen. In de praktijk zal het een stuk minder zijn en zullen de ingangsströmen van de vier opamps elkaar waarschijnlijk grotendeels ophef-

fen. Maar we hebben voor de zekerheid toch een compensatiecircuitje toegevoegd om deze stroom te compenseren. Dit bestaat uit twee zeer hoogohmige weerstanden (R2/R3, met ontkoppelcondensator C2) in serie met de looper van instelpotmeter P1. Met behulp van een jumper op JP1 kan dit circuitje worden 'geactiveerd'. Als u deze compensatie niet nodig vindt, dan laat u de jumper gewoon weg. Wilt u het wel gebruiken, plaats dan de jumper en meet met een hoogohmige multimeter de spanning aan de ingang terwijl er verder niets is aangesloten op de ingang. Regel P1 zo af dat de spanning aan de ingang minimaal is. Herhaal de procedure voor het andere kanaal met JP2 en P2. Let op, het is **niet** de bedoe-

Onderdelenlijst

Weerstanden:

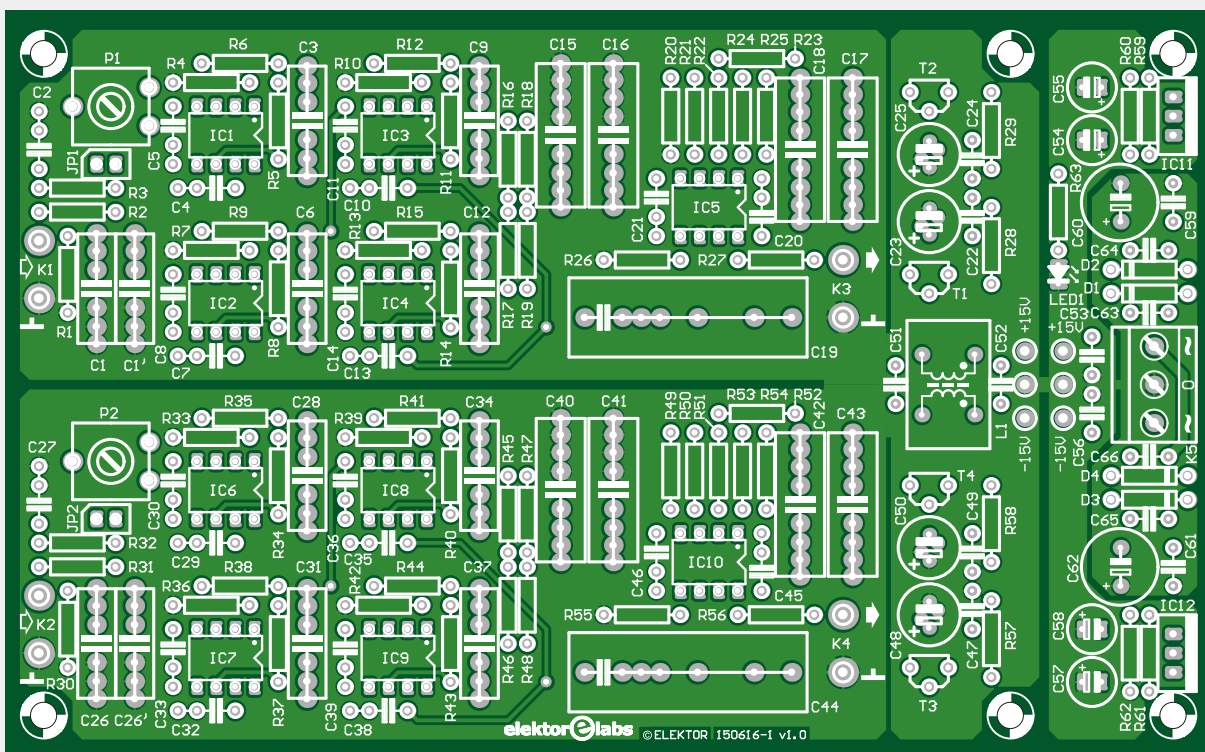
R1,R30 = 47 k, 1 %/0,6 W, metaalfilm
 R2,R3,R31,R32 = 10 M, 5 %/0,25 W, koolfilm
 R4,R6,R7,R9,R10,R12,R13,R15,R27,R33,
 R35,R36,R38,R39,R41,R42,R44,R56 =
 47 Ω , 1 %/0,5 W, metaalfilm
 R5,R8,R11,R14,R34,R37,R40,R43 =
 2k2, 1 %/0,6 W, metaalfilm
 R16..R19,R45..R48 = 6k81, 1 %/0,6 W,
 metaalfilm
 R20,R49 = 110 Ω , 1 %/0,6 W, metaalfilm
 R21,R50 = 1k6, 1 %/0,6 W, metaalfilm
 R22,R51 = 5k1, 1 %/0,6 W, metaalfilm
 R23,R52 = 470 Ω , 1 %/0,6 W, metaalfilm
 R24,R53 = 62 k, 1 %/0,6 W, metaalfilm
 R25,R54 = 4k7, 1 %/0,6 W, metaalfilm

R26,R55 = 7k5, 1 %/0,6 W, metaalfilm
 R28,R29,R57,R58 = 1 k, 1 %/0,6 W,
 metaalfilm
 R59,R61 = 180 Ω , 1 %/0,6 W, metaalfilm
 R60,R62 = 2k0, 1 %/0,6 W, metaalfilm
 R63 = 10 k, 5%/0,25 W, koolfilm
 P1,P2 = 1 M, 20 %/0,15 W instelpotmeter,
 staand

Condensatoren:

C1',C26' = niet aanwezig, zie tekst
 C1,C26 = 100 p/160 V, 2,5 %, axiaal,
 polystyreen, max. 12,9 x 5 mm
 (waarde C1 en C26 aanpassen aan gebruikte
 MM-element)
 C2,C27 = 220 n/100 V, 10 %,

steek 5/7,5 mm
 C3,C6,C9,C12,C28,C31,C34,C37 =
 470 p/160 V, 2,5 %, axiaal, polystyreen,
 max. 12,9 x 5 mm,
 steek 5/7,5/10/14,6 mm
 C4,C5,C7,C8,C10,C11,C13,C14,C20,C21,
 C29,C30,C32,C33,C35,C36,C38,C39,
 C45,C46 = 100 n/50 V, 10 %, X7R,
 steek 5,08/7,62 mm
 C15..C18,C40..C43 = 22 n/63 V, 1 %, axiaal,
 polystyreen, max. 17 x 6,5 mm, steek
 5/7,5/10/14,6/19 mm
 C19,C44 = 2 μ 2/420 V, 10 %, polypropyleen,
 steek 5/7,5/10/15/22,5/27,5 mm
 C22,C24,C47,C49,C51,C52,C53,C56,C59,C61 =
 100 n/50 V, 10 %, X7R, steek 5,08 mm



ling om met P1 en P2 de uitgangs-offset van de ingangsversterkers te corrigeren!

Voedingsstabilisatie

De voeding is vrij standaard opgezet met een LM317 voor de positieve voedingspanning van +15 V en een LM337 voor de -15 V. Door de ont koppeling van de adjust-pen met een elco bedraagt de rimpelonderdrukking circa 80 dB. Dankzij een dubbelzijdige gelijkrichter aan de ingang (D1...D4) zijn diverse voedingsopties mogelijk. Men kan bijvoorbeeld een nettrafo met een enkele secundaire spanning (18 V/6 W) nemen (aansluiten op 0 en één ~ van K5), maar vanwege de hoge rimpel door de enkelzijdige gelijkrichting is dit de minst aantrekkelijke optie. Beter

is een nettrafo met twee secundaire wikkelingen, zoals de FL6/18 van Block. Deze heeft bovendien twee primaire wikkelingen, zodat de schakeling ook bruikbaar is in landen met een netspanning van 115 V. Een andere mogelijkheid is het gebruik van een aparte symmetrische gelijkspanningsvoeding of een kleine schakelende voeding, zoals we verderop nog zullen beschrijven. De positieve en negatieve toevoerleidingen worden dan aangesloten op de twee ~-ingangen van K5. Dankzij de diodes maakt het niet uit hoe de voeding wordt aangesloten, als de nul maar op de juiste plaats zit.

De uitgangsspanningen van de twee stabilisatoren gaan vervolgens door filter L1 dat common-mode-storingen effec-

tief onderdrukt. Dan volgen vier laagdoorlaatfilters in de vorm van T1...T4, die een grote tijdconstante van 0,1 s hebben (R28/C23 enz.). De positieve en negatieve voedingspanning van elk kanaal worden via zo'n filter apart gevoed. Op deze manier zijn we verzekerd van absoluut schone voedingspanningen.

Voedingskeuze

Zoals al opgemerkt kunt u kiezen tussen een analoge en een schakelende voeding:

Analoog

Voor degenen die liever geen DC/DC-converter willen gebruiken voor een phono-voorversterker hebben we een aparte voedingsprint ontworpen (zie schema in

C23,C25,C48,C50 = 100 μ /50 V, 20 %, diam. max. 8 mm, steek 2,5/3,5 mm
C54,C55,C57,C58 = 10 μ /50 V, 20 %, diam. max. 6,3 mm, steek 2,54 mm
C60,C62 = 220 μ /50 V, 20 %, diam. max. 10 mm, steek 5,08 mm
C63..C66 = 10 n/50 V, 20 %, Y5V, steek 5,08 mm

Spoelen:

L1 = SU9V-01100, common-mode-choke 2 x 10 mH/100 mA

Halfgeleiders:

D1,D2,D3,D4 = 1N4007, DO-41
LED1 = high-intensity LED blauw, 3 mm, T-1

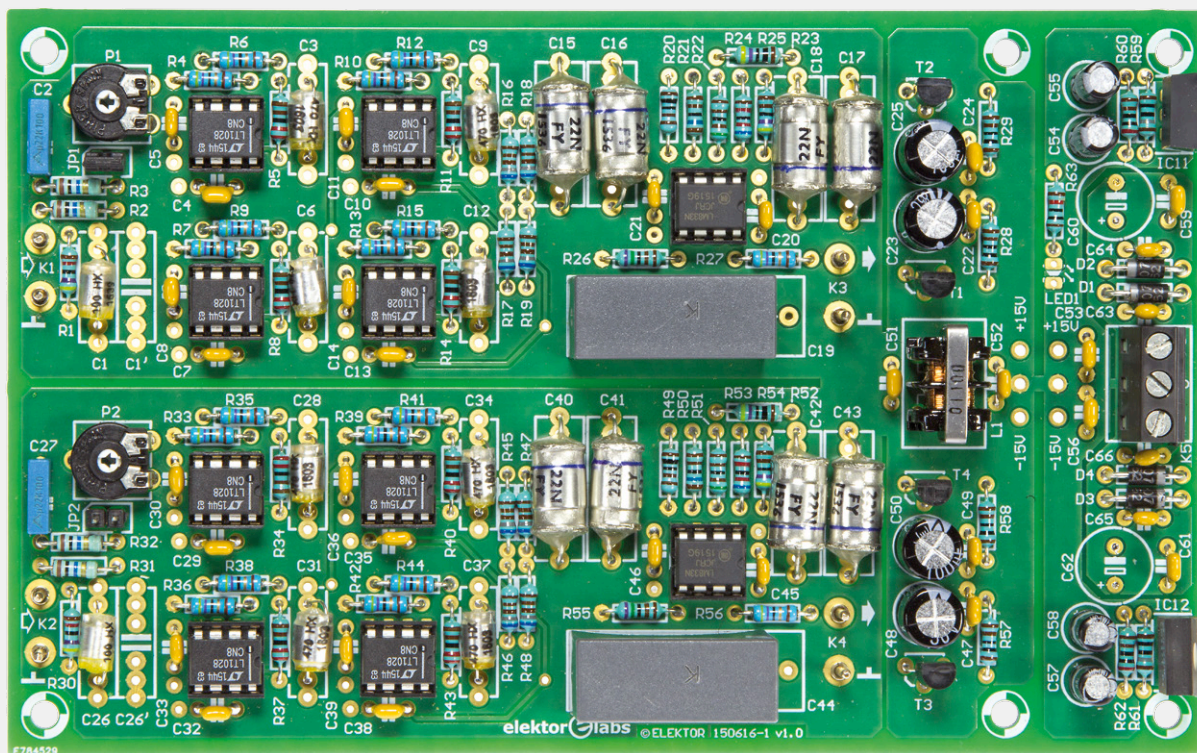
T1,T3 = BC337-25, TO-92
T2,T4 = BC327-25, TO-92
IC1..IC4,IC6..IC9 = LT1028CN8, DIP-8
IC5,IC10 = LM833NG, DIP-8
IC11 = LM317, TO-220
IC12 = LM337, TO220

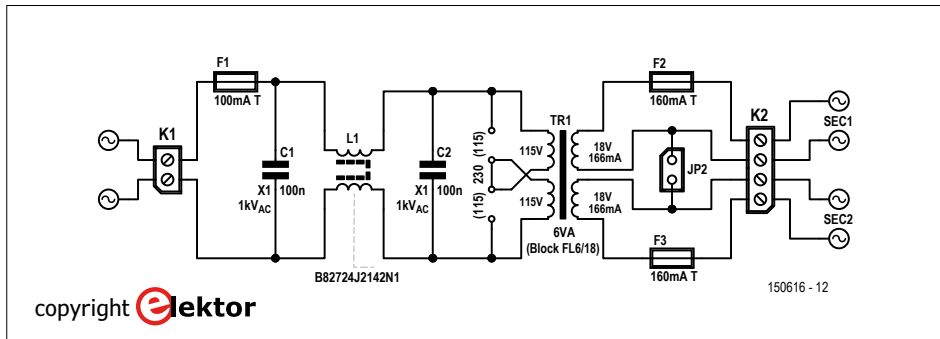
Diversen:

K1..K4 = soldeerpen, diam. 1,3 mm
K5 = 3-polige printkroonsteen, steek 5,08 mm
JP1,JP2 = 2-pens pinheader, steek 2,54 mm
JP1,JP2 = jumper voor pinheader
Behuizing Hammond 1455N1602
2 x Neutrik NYS367-0 cinch-bus voor paneelmontage, zwart

2 x Neutrik NYS367-2 cinch-bus voor paneelmontage, rood
Print 150616-1 of
Bouwpakket 150616-71 (print + alle onderdelen, excl. behuizing en cinch-bussen)

Figuur 3. De print voor de voorversterker is ruim van opzet en er zijn alleen bedrade componenten toegepast.





Figuur 4. Wie het graag helemaal lineair houdt, kan voor de voeding gebruik maken van een 'gewone' nettrafo. Hieraan zijn enkele zekeringen en ontstoor spoelen- en condensatoren toegevoegd.

figuur 4 en print-layout in **figuur 5**) die plaats biedt aan een printtrafo uit de Block FL-serie en enkele zekeringen en printkroonsteentjes. Bij de trafo zijn twee footprints gecombineerd, zodat transformatoren van verschillende vermogens

kunnen worden gemonteerd. Het type uit de onderdelenlijst (FL6/18) is voor de phono-schakeling ruim voldoende. Vanwege de universele opzet van de print zijn naast de zekeringen witte tekstvlakjes aanwezig waarop men zelf de waar-

den van de zekeringen kan invullen. Aan de netspanningskant is een ontstoorfilter opgenomen om ook op deze plaats storingen zo veel mogelijk te onderdrukken. Dit filter bestaat uit een common-mode-choke (L1) en twee X1-condensatoren (C1 en C2). De transformator heeft twee primaire en twee secundaire windingen. Voor een netspanning van 230 V wordt een enkele jumper geplaatst bij JP1, voor 115 V twee jumpers. De secundaire windingen zijn verbonden met printkroonsteen K2. De twee windingen kunnen in serie worden geschakeld door het plaatsen van een jumper op JP2, zodat de print voor allerlei toepassingen ingezet kan worden.

De analoge voeding kan het beste in een aparte behuizing worden gemonteerd, zodat de nettrafo op enige afstand van de gevoelige voorversterker kan worden

Onderdelenlijst analoge voeding

Condensatoren:

C1,C2 = 100 n/1 kV, X1, polypropyleen, steek 10/12,5/15 mm

Spoelen:

L1 = B82724J2142N1 common-mode-choke, 2x27mH, 1,4 A

Diversen:

F1,F2,F3 = zekeringhouder voor printmonta-

ge, 20 x 5 mm, 500 V/10 A

F1,F2,F3 = beschermkap voor zekeringhouder, 20 x 5 mm

F1 = glaszekering 100 mA T, 20 x 5 mm

F2,F3 = glaszekering 160 mA T, 20 x 5 mm

K1 = 2-polige printkroonsteen, steek 7,62 mm, 500 V

K2 = 4-polige (2x2) printkroonsteen, steek 5,08 mm

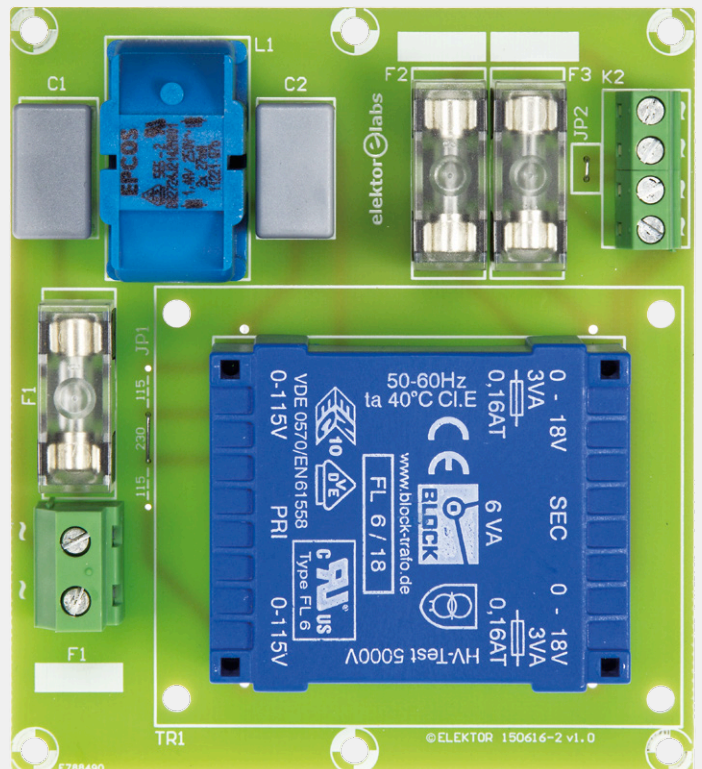
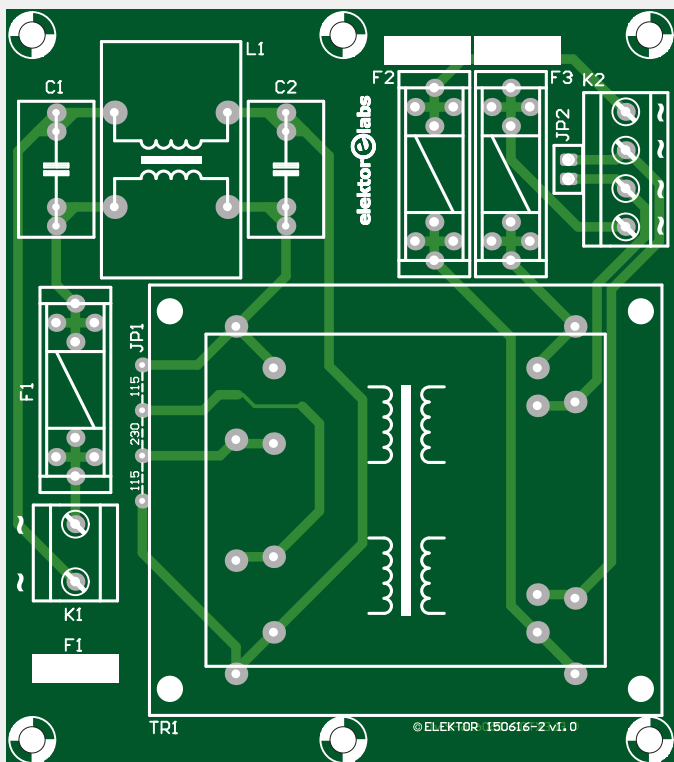
TR1 = nettrafo 6 VA, prim. 2x115 V,

sec. 2x18 V/166 mA (bijv. Block FL6/18)

JP1,JP2 = draadbrug, zie tekst

Print 150616-2

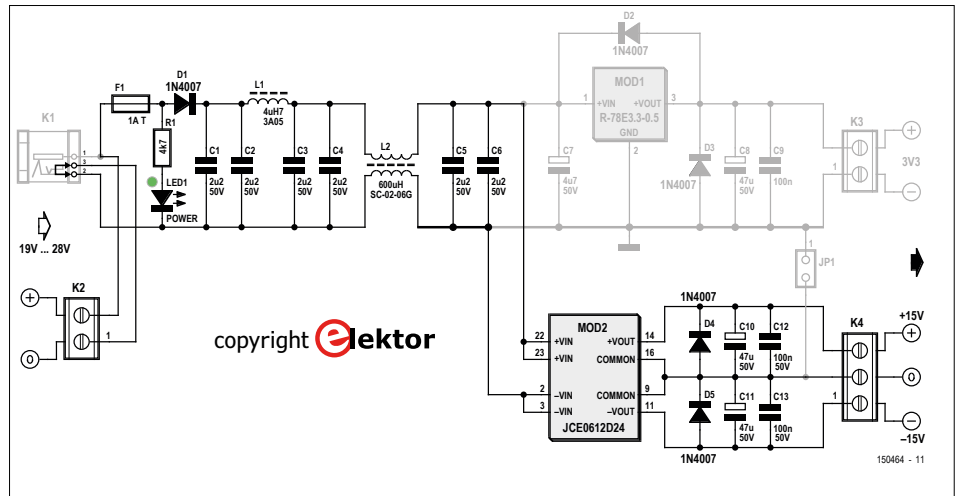
Figuur 5. De print voor de analoge voeding is universeel opgezet, zodat ze ook voor andere toepassingen kan worden gebruikt.



geplaatst. Als u voor beide kastjes hetzelfde type neemt, dan passen deze mooi bij elkaar. De bedrading tussen de twee behuizingen laten we aan uw eigen inzicht over, dat kan op verschillende manieren (bijv. via connectoren of vast met elkaar verbonden).

Schakelend

Een andere – compactere - mogelijkheid is een kleine schakelende voeding, die past dan samen met de voorversterker-print in één behuizing. Hiervoor hebben we de modulaire voeding uit het meinumner genomen (**figuur 6**), een kleine schakeling die geschikt is voor verschillende typen DC/DC-converter. Voor dit project is de module JCE0612D24 van XP Power een goede keus. Deze levert ± 24 V bij 6 W, terwijl de ingangsspanning tussen 9 en 18V mag liggen. De uitgangsspanning is wat hoger dan nodig voor onze toepassing, maar we vonden geen courante modules met een symmetrische uitgangsspanning tussen 15 en 24 V. Wanneer deze voedingsprint in het kastje bij de voorversterker wordt ingebouwd, dan hoeft achter op de kast alleen nog maar een standaard voedingsplug voor het aansluiten van een netadapter (12 V_{DC}/min. 0,5 A) te worden geplaatst. **Bij gebruik van de modulaire voeding moeten de condensatoren C60 en C62**



Figuur 6. Het kan ook met een kleine schakelende voeding (de 'modulaire voeding' uit het meinumner). Deze past samen met de hoofdprint in de voorgeschreven behuizing. Hier is het complete schema van deze schakeling nog eens afgebeeld.

op de voorversterker-print worden verwijderd, want de maximale capacatieve belasting van de DC/DC-converter mag niet groter zijn dan 47 μ F per uitgang. Let er ook op dat verschillende onderdelen op de print van de modulaire voeding niet worden gemonteerd, omdat de extra derde voedingsspanning hier niet nodig is: K1 (vervangen door draadbrug, zie foto van opgebouwde print bij **figuur 7**), C7, C8, C9, D2, D3, MOD1 en K3.

Op- en inbouw

Voordat u begint aan de bouw van de voorversterker moet u eerst kiezen welke configuratie u wilt maken. In ons prototype hebben we gekozen voor een combinatie van de voorversterker-print met de print van de modulaire voeding. Deze passen samen exact in de in de onderdelenlijst vermelde behuizing van Hammond.

De opbouw van de printen zal ook voor minder ervaren soldeerders geen pro-

Onderdelenlijst modulaire voeding

Weerstanden:

R1 = 4k7, 5%/0,25 W

Condensatoren:

C1..C6 = 2 μ 2/50 V, 20 %, keramisch Y5V, steek 5,08 mm

C10,C11 = 47 μ /50 V, 20 %, steek 2,5 mm, diam. max. 6,3 mm

C12,C13 = 100 n/50 V, 10 %, keramisch X7R, steek 5,08 mm

Spoelen:

L1 = 4 μ 7, 3,05 A, 80 m Ω , 10 %, radiaal, steek 5 mm (bijv. Epcos B82144B2472K000)

L2 = 600 μ H, 2 A, 2x50 m Ω , common-mode-choke, 17,5x14 mm (bijv. Kemet SC-02-06G)

Halfgeleiders:

D1,D4,D5 = 1N4007

LED1 = LED groen, 3 mm

MOD2 = JCE0612D24 XP Power (6 W/ ± 24 V)

Diversen:

K2 = 2-polige printkroonsteen, steek 5,08 mm

K4 = 3-polige printkroonsteen, steek 5,08 mm

F1 = zekeringhouder voor printmontage, 20 x 5 mm, 500 V/10 A

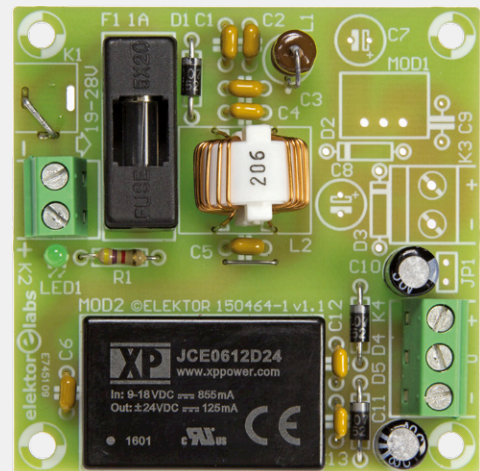
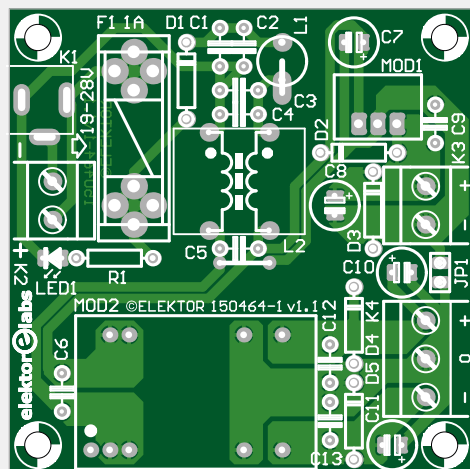
F1 = beschermkap voor zekeringhouder, 20 x 5 mm

F1 = glaszekering 1 AT, 20 x 5 mm

2 draadbruggen!

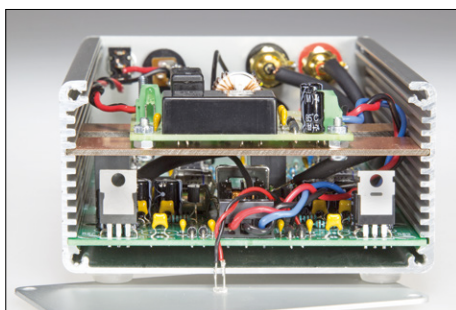
Print 150464-1

Figuur 7. De print voor de schakelende voeding. Let op, een aantal onderdelen hoeft niet te worden gemonteerd omdat de derde uitgangsspanning op deze print niet nodig is.

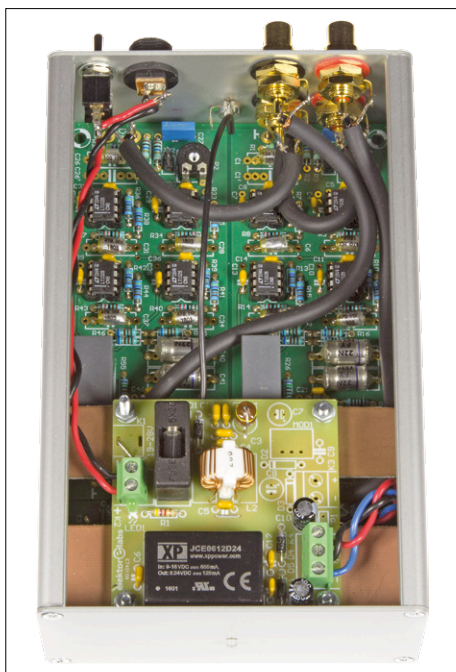




Figuur 8. De plaatsing van de aansluitbussen en schakelaar op het achterpaneel.



Figuur 9. Hier is te zien hoe de voedingsprint en de voorversterker-print boven elkaar in het kastje zijn gemonteerd.



Figuur 10. Het kost enige moeite om de bedrading aan te sluiten, maar het gaat net.

blemen geven, maar lees het artikel wel helemaal door voordat u daarmee begint. De condensatoren aan de ingangen kunnen worden aangepast aan het element dat u gaat gebruiken, meestal adviseert de fabrikant de optimale waarde. De opamps kunnen eventueel in voetjes (van goede kwaliteit!) worden geplaatst, zodat u later nog eens kunt experimenteren met andere typen. Bij de modulaire voedingsprint worden niet alle componenten gemonteerd, alleen de in de onderdelenlijst vermelde exemplaren zijn nodig (zie ook de foto van de opgebouwde print).

De voorversterker-print past precies in de onderste sleuven van het Hammond-kastje. Op een van de afsluitplaatjes worden de cinch-bussen en de massa-aansluiting geplaatst, zie **figuur 8** (wij gebruikten geïsoleerde cinch-bussen van Neutrik, zie onderdelenlijst). Monteer de cinch-bussen zodanig dat de massa-aansluitingen geen contact maken met de montageplaat, om massalussen te vermijden. Let ook op dat de bussen intern geen contact maken met onderdelen op de print, want de ruimte is vrij krap. Houd voldoende afstand van de bovenste rand, zodat het bovenpaneel nog goed aansluit. De aansluiting voor de massadraad van de platenspeler maakten we van een 4-mm-boutje met moer, waarop een kort metalen afstandsbusje met inwendige schroefdraad werd gedraaid. De massaschroef wordt inwendig van een soldeerlip voorzien die via een kort stukje draad met de '0' op de voorversterker-print wordt verbonden. Aan de rechter bovenzijde van het plaatje is nog ruimte voor de voedingsconnector en de aan/uit-schakelaar. Op de afsluitplaat aan de andere kant komt alleen een indicatielid die laat zien wanneer de voorversterker is ingeschakeld.

Dan kunnen de in- en uitgangen via stukjes kwalitatief goede afgeschermd kabel met de print worden verbonden. Gebruik liefst voor linker en rechter kanaal kabels van gelijke lengte.

De modulaire voedingsprint is op een stukje ongebruikte printplaat gemonteerd met dezelfde breedte als de voorversterker-print (100 x 62 mm). Dit kan dan

precies boven de voorversterker-print in het kastje worden geschoven. De foto van **figuur 9** laat zien hoe beide printen in het kastje komen te zitten. Dan moeten de in- en uitgangen van de voeding nog worden verbonden met respectievelijk de aan/uit-schakelaar/voedingsconnector en de voedingsaansluitingen op de print (K2 op voedingsprint met K5 op preamp-print). daarna wordt de led op het voorpaneel aangesloten op de betreffende pennen op de preamp-print via twee dunne flexibele draadjes.

Alles zo ver klaar? Dan wordt het tijd om te controleren of u alles goed hebt aangesloten en de schakeling naar behoren werkt. Sluit een geschikte 12V-netadapter aan en meet de volgende punten met een multimeter:

- ± 24 V op K4 van de modulaire voedingsprint. Brandt de groene led?
- Staat er ± 15 V op de voorversterker-print (naast C53/C56)?
- Controleer de voedingsspanning van alle opamps (moet ongeveer ± 14 V zijn).
- Sluit de ingangen af met weerstanden van 560Ω en meet de ingangs-offset (over R1 en R30); deze moet 0,0 mV. Afhankelijk daarvan kunt u beslissen of de compensatie-potmeters P1 en P2 gebruikt moeten worden.
- Meet de uitgangs-offset van IC1...IC4 en IC6...IC9 (mag max. enkele tientallen millivolts bedragen).
- Controleer de uitgangs-offset van IC5 en IC10 (mag enkele millivolts groot zijn)

Als alles klopt, kunt u de behuizing in elkaar schroeven. Sluit de phono-preamp aan tussen uw platenspeler en regelversterker. Schakel de preamp in en laat hem enige tijd opwarmen. En dan kunt u gaan genieten van uw favoriete langspeelplaten in optimale kwaliteit! Veel plezier! ◀

(150616)

Weblinks

www.elektormagazine.com/labs/supra-20-high-end-preamp-for-record-player-150616-i

Specificaties en metingen

- Metingen verricht bij eeningangssignaal van 2,5 mV (bronimpedantie 560 Ω)
- Waarden gemeten bij analoge voeding 150616-2 (1) en bij schakelende voeding 150464-1 (2).

Signaal/ruis-verhouding

- Lineair: > 68 dB (1)
> 70 dB (2)
 - Ingang kortgesloten: > 88 dB
- A-gewogen: > 78 dBA
 - Ingang kortgesloten: > 95 dBA
- Uitgangsniveau bij 2,5 mV in: 468 mV
- THD: < 0,001 % (B = 20 kHz)
- Afwijking van RIAA-curve: < 0,1 dB (100 Hz...10 kHz)
< 1 dB (20 Hz)
< 0,15 dB (20 kHz)

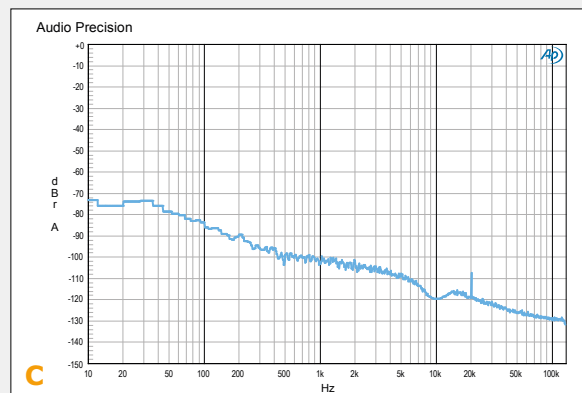
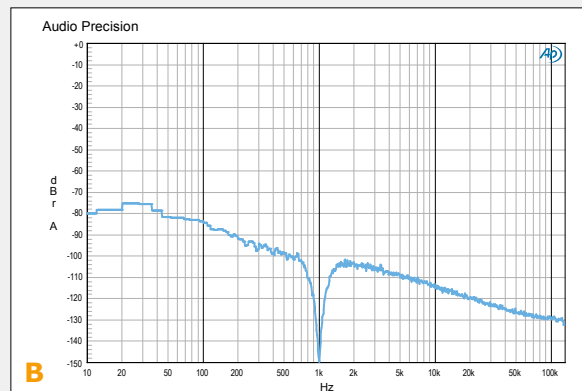
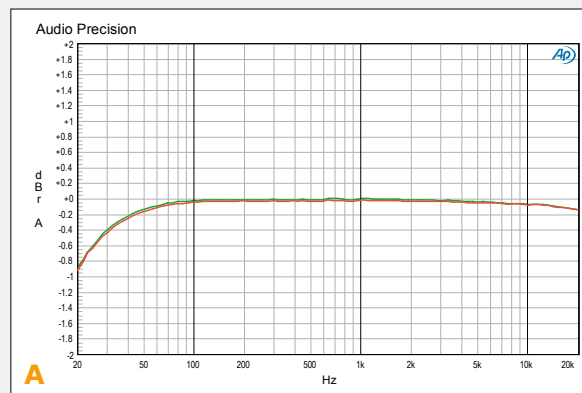
We hebben ook een aantal meetcurves opgenomen. De meest interessante is in dit geval de afwijking van de theoretische RIAA-karakteristiek.

Grafiek A toont de amplitude aan de uitgang wanneer een volgens de RIAA-standaard gecorrigeerd sinusvormig signaal wordt toegevoerd aan de ingang. Bij 20 Hz bedraagt de afwijking circa $\pm 0,9$ dB. Bij 20 kHz ligt deze op $\pm 0,1$ dB.

Om een idee te geven van de harmonische vervorming hebben we een FFT-analyse uitgevoerd bij een frequentie van 1 kHz.

Grafiek B toont het spectrum van 10 Hz tot 130 kHz, waarbij de basisfrequentie van 1 kHz is onderdrukt. Er zijn helemaal geen harmonischen zichtbaar in dit plaatje (waarbij 16 metingen werden uitgemiddeld om een duidelijker beeld te krijgen). Daaruit kunnen we concluderen dat de totale harmonische vervorming onder 0,001% ligt. Daarna is ook nog eens een FFT-analyse uitgevoerd met een signaal van 10 kHz om te zien hoe de versterker zich gedraagt bij hogere frequenties.

In **grafiek C** is te zien dat hierbij alleen een tweede harmonische zichtbaar is op een niveau van -107 dB, wat overeen komt met 0,00045%.



Opamp-alternatieven

De LT1028 is een dure opamp en er zitten acht van deze exemplaren in dit ontwerp. Wie dit te duur vindt en liever met wat goedkopere opamps aan de slag wil gaan, kan uitwijken naar de goede ouderwetse NE5534 (10 keer goedkoper). De bias-stroom van deze opamp is wel veel hoger, maximaal 800 nA en 1500 nA over het hele gespecificeerde temperatuurbereik. In dat geval moet u de waarden van R2/R3 en R31/R32 verlagen naar 2,2 M Ω . Een NE5534 is intern gecompenseerd voor een versterking van 3 maal.

Daartoe moeten R6/R9/R12/R15/R35/R38/R41/R44 worden verhoogd naar 100 Ω . Er zijn natuurlijk nog veel meer pencompatibele opamps die u kunt proberen. We hebben zelf ook gezocht naar alternatieven voor de LT1028, want deze opamp bestaat al heel lang en waarschijnlijk zijn er tegenwoordig nog betere exemplaren beschikbaar. Een interessante kandidaat is de LME4990. Deze is echter alleen verkrijgbaar in een SO8-behuizing.

Om deze in een DIP-voetje te kunnen gebruiken hebben we een 10x10 mm groot SO8-naar-DIP8 adapterprintje ontworpen dat geschikt is voor single- en dual-opamps. Op dit printje is ook nog plaats voor een ontregelcondensator voor de voeding. Binnenkort publiceren we deze adapter met een duidelijke beschrijving.

