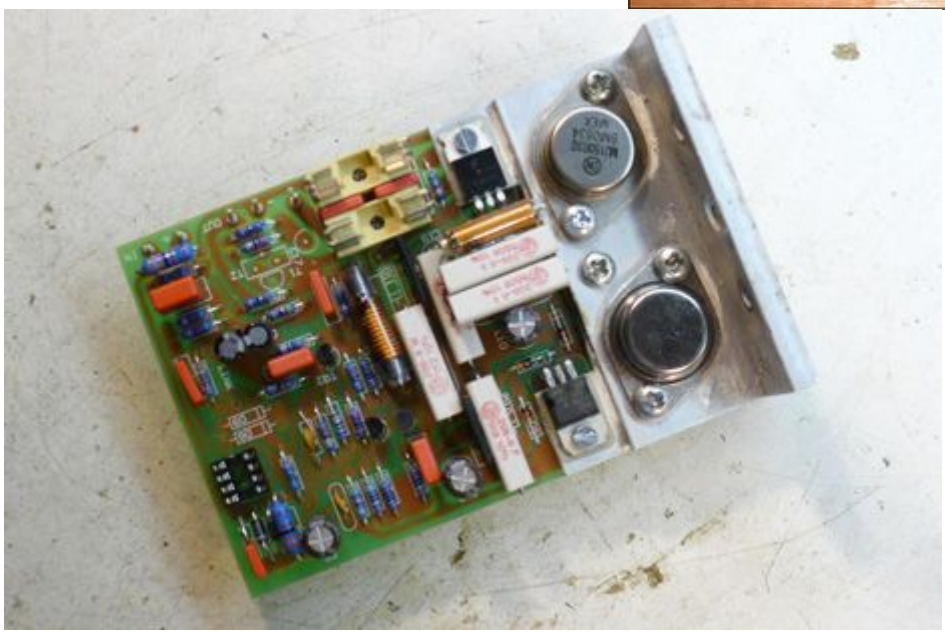
SSA405

Inleiding

Bij het vergelijken van de SSA35 met de SSA120 blijkt de eerste beter te klinken dan de tweede. Om in de SSA120 te gaan spitten, is minder aantrekkelijk. De opbouw leent zich daar niet voor. Ik heb in 2021 een **Quad 405** gekocht om in te experimenteren. De opbouw leent zich daar voor.



Links boven is het voor-aanzicht, rechts zien we de binnenkant vanaf de achterzijde waaruit blijkt dat de versterkerprints links en rechts van de 50 volt voeding staan. Zo'n versterkerprintje zien we links gedemonteerd op een 6 mm dik T-profiel dat op zijn beurt met vier schroeven tegen de voorwand, zijnde het koellichaam, zit gemonteerd.
Na het demonteren van de zijwanden (3 schroeven) zijn de versterkers toegankelijk.

Het is dus eenvoudig om twee nieuwe versterkers te maken op de bestaande (of nieuwe) T-profielen die daarna toegankelijk zijn zonder hen te demonteren.
Eind 2021 kocht ik de 405 van Armand van Ommeren in Bavel. Hij gaf mij ook nieuwe printjes mee die ik monteerde. Ik wilde wel eens weten hoe die Quad 405-II klonk, maar niks: de rechter versterker (van achteren gezien) werd binnen de kortste keren gloeiend heet en van de linker versterker ging de veiligheid er uit. Jammer, dat was mij niet gegund.
De oriëntatie 'links en rechts' beschouw ik van achteren, ook de luidsprekerklemmen!

Vooronderzoek: ß bij grote stromen

Bij dit experiment heb ik: Self's book: AUDIO POWER AMPLIFIER DESIGN HANDBOOK, Fifth Edition nog maar eens geraadpleegd. Dat was toch weer lang geleden!
Om het schema van de SSA120 op deze heat sink te krijgen, zal nog een hele klus worden. Acht eindtorren is ook niet nodig. Douglas Self legt in Chapter 6 uit wanneer dat moet. Figure 6.25 laat zien dat de ß van power torren afneemt bij grotere stromen. Daar heb je bij 8 Ω-luidsprekers niet zo'n last van maar bij 4 Ω (en lager) wel, zeker als er een frequentie-crossoverfilter op zo'n 3 kHz gebruikt wordt. Dat is bij mijn luidsprekers niet aan de orde. Bij de KEF Q300 echter wèl! (zie later).
In de SSA35 zitten vier eindtorren en die klinkt subliem! Daar kunnen we het mee doen. Ik zal me, wat de keuze van de onderdelen betreft, maar houden aan die in de SSA35.
Self wijst er ook nog op dat de *crossover vervorming* met meer eindtorren parallel *kleiner* wordt! Hij kan dat niet verklaren. Zou het niet zo zijn dat de cross over minder scherp wordt door het parallel schakelen van niet (geheel) gelijke transistoren? Bovendien moet je een kleine emitter weerstand (1 Ω) in elke tor zetten om die ongelijkheid wat te nivelleren.
Wat mij opvalt is dat de collectorweerstanden van de stuurtorren zo klein zijn tov. van die bij Self (18 ipv. 100 Ω). Daar moet ik naar kijken. Waarschijnlijk is dat een 'erfenis' van de Threshold versterker die ik eerder bouwde. Self zegt dat kleiner dan zo'n 50 Ω weinig zin heeft, althans bij twee eindtorren. Die weerstand moet de lading uit de eindtor(ren) trekken bij het 'uitzetten' tijdens de cross over.

In- en uitgangen

De leidingen naar de voedingselko's moeten stervormig zijn. De aardkant tussen de ingang van de voorversterker + tegenkoppeling naar de uitgang behoeft zorg. In de SSA35 zit dat goed door de (dikke) koperdraad die op de laatste twee foto's van het betreffende artikel zo prominent te zien is.

Van Ommeren houdt van vergulde klemmen. De luidsprekerklemmen waren vervangen door vergulde toestanden die zo dicht op elkaar stonden dat een bananensteker al kortsluiting kon maken. Ik heb die maar vervangen door Heibroekklemmen (spel je dat zo?)!

De vierpolige ingangs DIN-steker heb ik vervangen door een vijfpolige- met de gangbare aansluitingen.

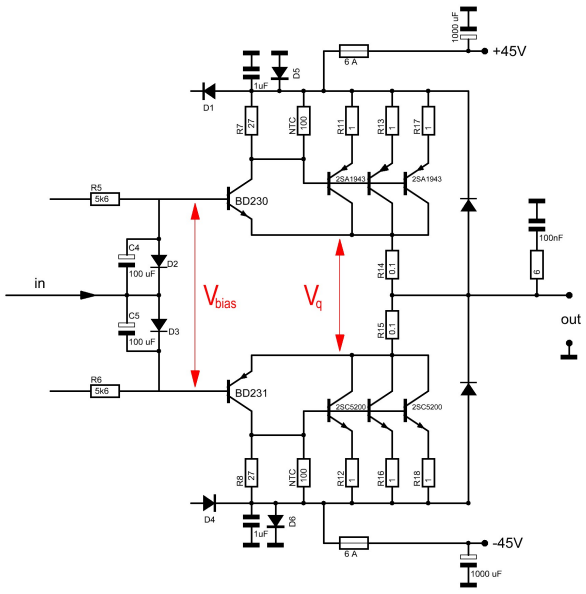
In de draadboom zit alles bij elkaar: 230 volt ~, ± 50 volt =, de ingangen (afgeschermd) en de lsp-uitgangen! Zit wel netjes maar dat gaan we toch veranderen ivm. overspraak!

De heatsinks en circuit boards

Toch maar nieuwe heatsinks maken. In de oude zitten wat gaten in de weg. Als we naar profielen op zoek gaan, kom ik uit op '60 x 60 x 6'. Die 6 mm is de dikte van het T-profiel. Er zal dan zo hier en daar gezaagd en geboord moeten worden om het passend te krijgen.
Waar koop ik zoiets (in quarantaine tijd)?
Besteld bij: https://metaalcenter.nl/aluminium/aluminium-t-profiel/aluminium-t-profiel-60-x-60-x-6-mm.html
2 stukken van 83 mm voor 33,30 euro.

Laten we van 6 eindtorren uitgaan. Op de heatsink kunnen vier torren naast elkaar zodat we 3D moeten werken. De stuurtransistors kunnen dan tussen twee eindtorren in. Los plaatje op de heatsink voor de stuurtorren + sensoren? Dat is thermodynamisch ook beter. In CFP loopt er niet zo veel I_Q en wordt het spul niet zo warm.
De printjes worden gemaakt van doorgemetaliseerde dubbelzijdige experimenteerprint van 70 x 90 mm.

DC-instelling



Zonder Self te gaan dupliceren, beperken we ons tot de CFP (collectors [via Rc] naar uitgang). Wat de DC-instelling (cross over distorsie en temperatuurstabiliteit) betreft, zie Chapter 6.
Links zien we de CFP waarin aangegeven staat wat Self V_{bias} en V_Q noemt.

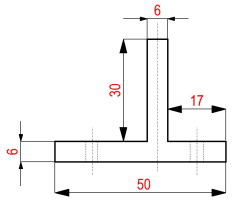
Nu is $V_{bias} = 2 \times V_{junc} + V_Q \approx 2 \times V_{junc}$

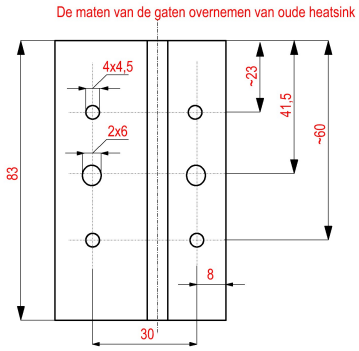
V_q moet stabiel zijn. Maw de stroom door de eindtorren moet stabiel zijn. De temperatuur van de dikke torren (2S…) doet er dus niet toe.
De vier junctions (D2, D3, BD230 en BD231) zullen echter op dezelfde (kleine) heatsink moeten zitten.
Bij de CFP is de dissipatie van de stuurtorren (BD's) sterk afhankelijk van de uitsturing (Figure 15.1 op blz. 385 in H.15). Het komt er in ieder geval op neer dat $V_{bias} = 1{,}297^{+0{,}001}$ V in rust (blz. 183 Self).
V_Q is daarbij = 3,06 mV als R14 = R15 = 0,1 Ω en I_Q = 15,3 mA zegt Self, immers:
($I_Q = V_Q$ / (R14+R15) = 3,06/0,2 = 15,3 mA)

Zonder R14 en R15 wordt V_{bias} niet veel anders. Immers 1,297 – 0,00306 ≈ 1,294 V. Het verschil is op de meter toch niet af te lezen…
Dertig jaar lang dachten we dat I_Q constant 40 mA moest zijn als functie van de temperatuur (Henk✝) hier 40 / 3 = <u>13 mA</u> per tor, of bedoelt Self dat V_Q onafhankelijk is van het aantal torren parallel en zou dat in de schakeling boven dan neerkomen op zo'n 15,3 / 3 = <u>5,1 mA</u> per tor? Dat kunnen we goed meten over R11 ÷ R18 (allen 1 Ω) immers 5,1 mV :: 5,1 mA. Die instelling (variëren van R5 en R6) zullen we toch maar controleren met de spectrum analyser!

Realisatie

We maken een eindtrap met 6 eindtransistoren. Er kunnen er vier op een rij binnen de 83 mm heatsink. Dat betekent dat de torren aan het einde van de heatsink tegenover elkaar komen. Die kunnen met één schroef en moer M3 tegelijk bevestigd worden. Isolatieplaatjes er onder etc.
De twee binnenste torren komen tegenover een Al-plaatje (40 x 40 x 2 mm) waarop de stuurtorren met de sensortransistortjes komen net als in de SSA120. Er mag/moet enige thermische weerstand tussen dat plaatje en de heatsink komen zodat de sensoren niet (te veel) door de eindtorren beïnvloed worden.
Tussen al die pootjes die op zo'n 8 mm boven elkaar van de heatsink komen, wordt de print bevestigd aan dat plaatje.



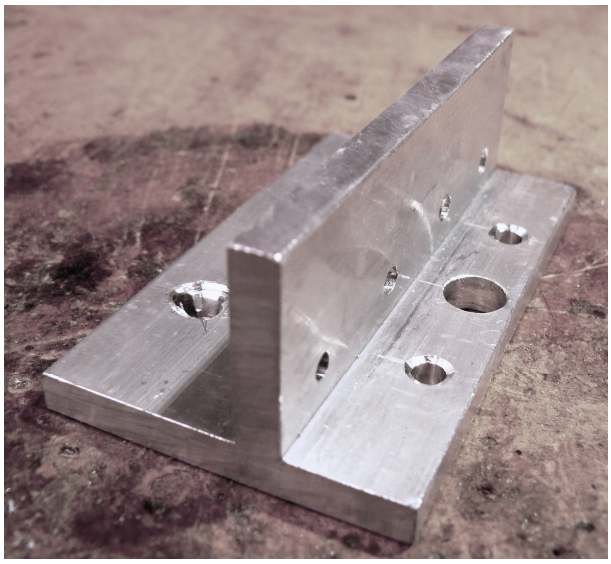


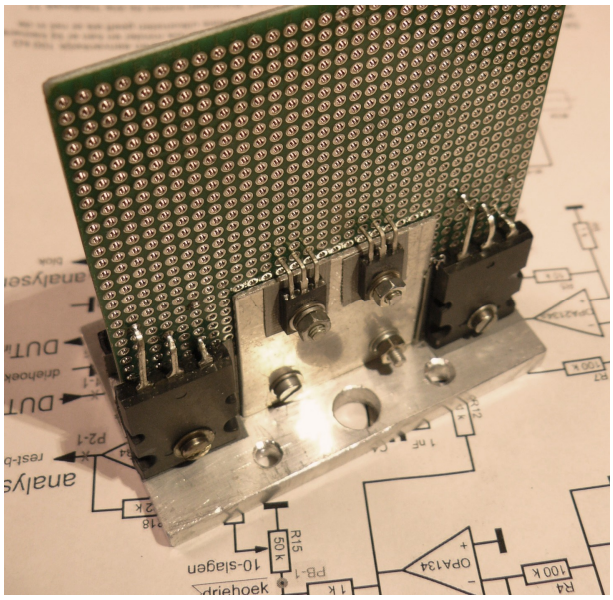
Links staat de heatsink geschetst. Het komt er op neer dat een zijde van de T afgezaagd moet worden op 17 mm en de poot van de T op 30 mm. Daar komen de transistoren op.
De gaten voor de bevestiging in de kast nemen we over van de oude heatsink. Het betreft hier slechts een schets.

De meeste onderdelen zijn hetzelfde als in de SSA120 (zie schema). Daar zitten geen 100 Ω NTC's in. D2 en D3 zijn kleine transistoren die op de stuurtorren zijn gemonteerd zoals in de SSA120.

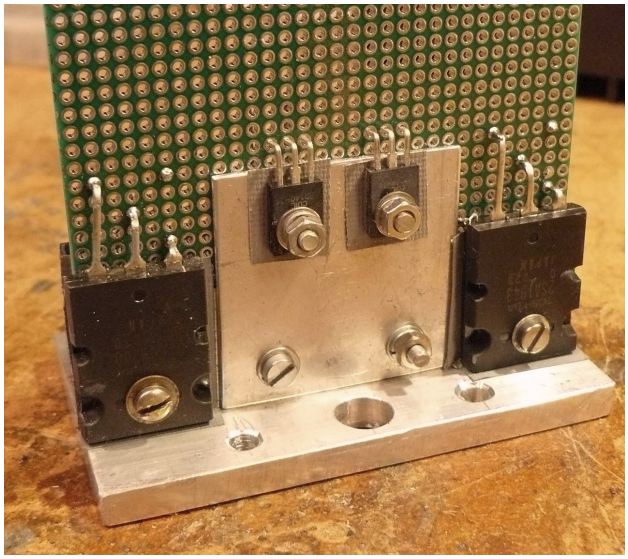
Hieronder staat een aantal stadia van monteren. Het Metaalcenter vroeg in een mail om een foto van het resultaat dat gemaakt was van hun product. Ik zal een van deze foto's sturen.

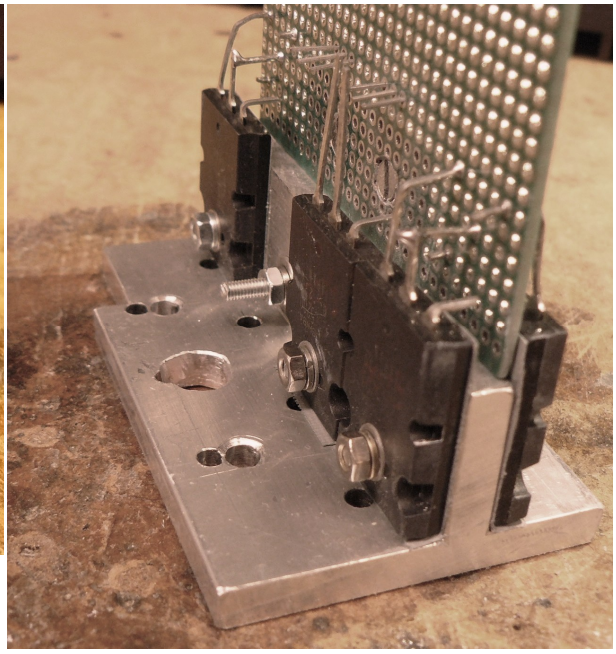
De zijde die nu op de tafel staat, komt op de frontplaat te zitten die als koellichaam fungeert.





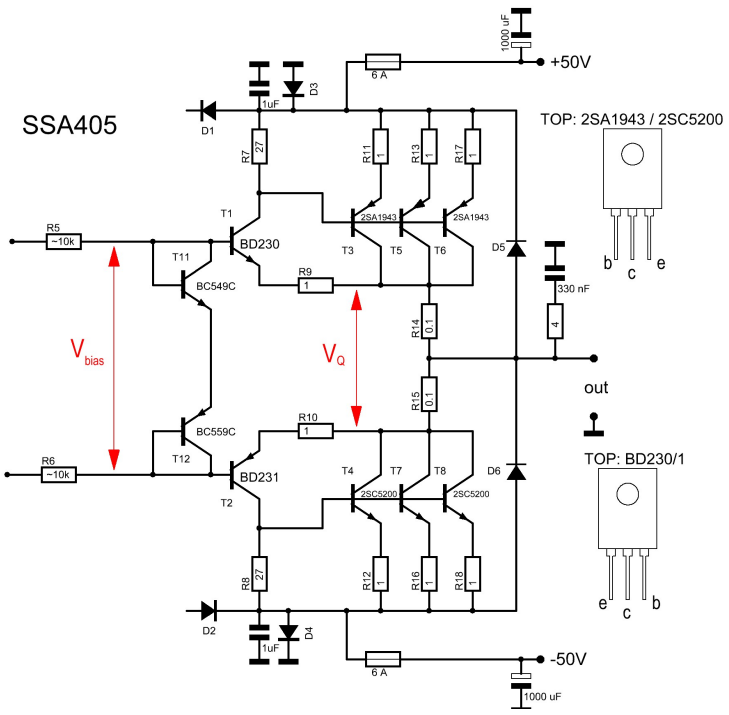
Half afgemonteerde versterkers.





Temperatuurstabiliteit

Uit het schema blijkt door welke componenten de V_Q wordt beïnvloed. Dat zijn: R7 en R8 (+ NTC), de stroom door D2 en D3 (dus de grootte van R5 en R6 en op welke spanning die zijn aangesloten) en er komt een weerstand in de emitters van de BD's (R9, R10). Bij de SSA120 zagen we dat 1 Ω-daar veel stabiliteit bracht dus dat doen we hier maar weer.
D2 en D3 vervangen we door twee kleine transistoren (T11, T12: BC549 en BC559) die weer op de BD's gelijmd worden. Zij worden straks overbrugd met elco's dus is het soort diode voor audio niet van belang.

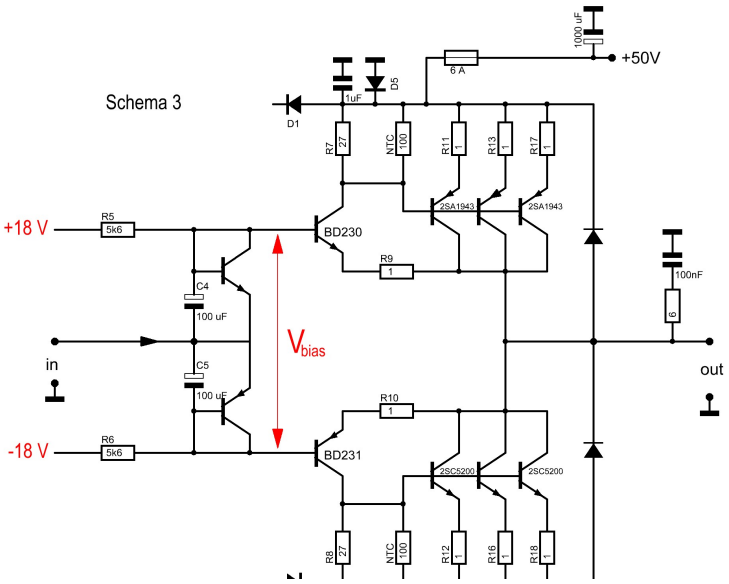


R7 en R8 zijn vergroot naar 27 Ω.
R11, R12, R13, R16 R17 en R18 zijn in de SSA35 keramische zandgevulde draadgewonden 5 watt weerstanden. Dat zullen we maar zo houden.
R14 en R15 zitten ***niet*** in de SSA35 maar Self belooft een betere temp-stabiliteit! V_{bias} zal < 1,297 V worden.

Bij de bouw op het toch kleine printje bleek dat R14 en R15 (0,1 Ω) problemen geven. Die moeten er uit! Ze zitten ook niet in de SSA35, dus….

In de SSA35 zat er over R7 en R8 een NTC-weerstand van 100 Ω. Die ***kan*** invloed hebben op de klank! Om te beginnen proberen we het zonder die extra stabilisatiemaatregel.

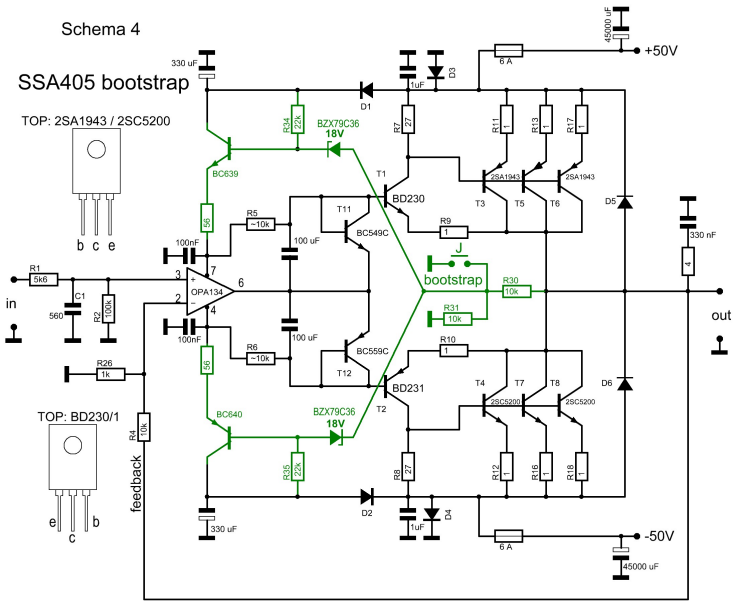
In Schema 3 zien we hoe de hele eindtrap er uit kan komen te zien. Op 'in' komt het audio ingangssignaal uit de opamp.
Voor de elco's C4 en C5 zoeken we 100 µF met een kleine ESR, < 0,5 Ω. De waarde van R5 en R6 moet nog bepaald worden natuurlijk. Zij worden verbonden met de voedingsspanning van de opamp. Die komt aan de bootstrap, zodat die 18 V alleen in rust geldt. Door hen (straks) 'mee te bootstrappen', wordt de opamp minder belast.



Het bepalen van R5 en R6

Na het voorzichtig aanbrengen van de ±50 volt voedingsspanning met een variac, wordt de spanning op R5 en R6 opgedraaid terwijl de stroom door een van de power transistoren in de gaten wordt gehouden door het meten van de spanning over zijn emitter weerstand. Bij ±18 volt moet die ~5 mV zijn, zodat later fine tuning kan plaatsvinden door er een (grote) weerstand aan parallel te schakelen (aan R5 en R6 dus).

In Schema 4 is de gehele versterker getekend. De opamp is een OPA134 (wat anders), en in het groen is de bootstrap weergegeven. Met jumper J kan die uitgeschakeld worden.
De opamp moet ±18 volt (of zelfs iets meer) krijgen om de eindtrap uit te kunnen sturen tot >100 watt over 4 Ω (= 20 V = 28 V_{top}) of 120 watt in 4 Ω (= 22 V = 30,8 V_{top}).

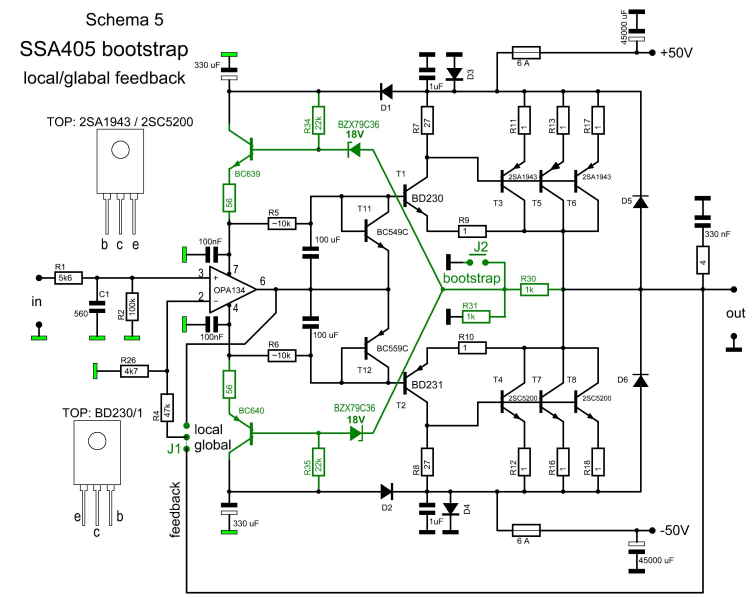


De Voeding

De voeding in de 405 levert meer dan ±50 volt, zelfs als de trafo primair op 240 V gezet wordt. Over het vastlopen van de eindtrap hoeven we ons dus geen zorgen te maken. De elco-partij was 2 x 10.000 µF. Die wordt vervangen door 2 x (3 x 15.000 µF) = 2 x 45.000 µF. In de SSA35 zit ook een vracht aan elco's, dus…

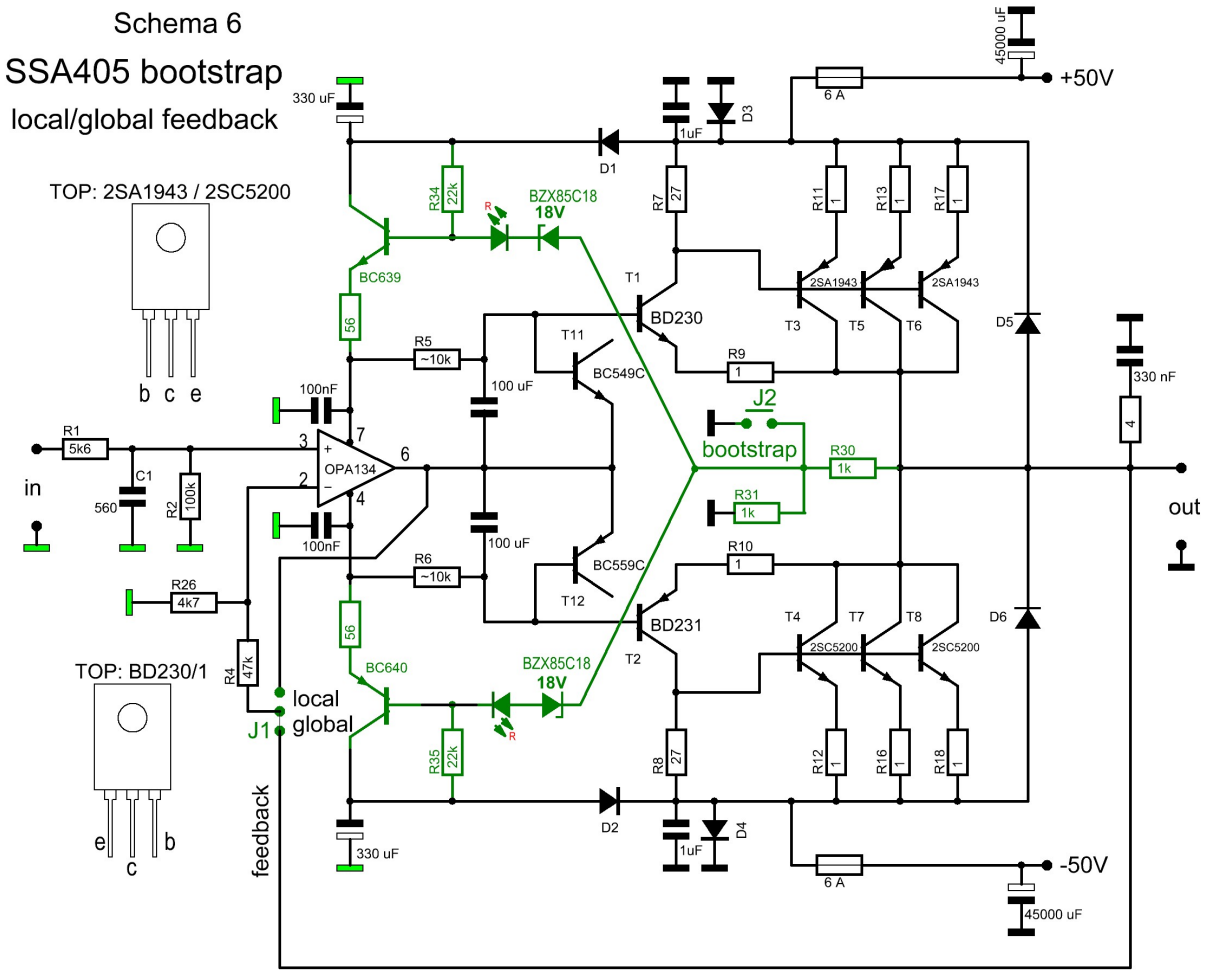
De voedingstrafo was aangesloten op een spannings-carousel. Die heb ik overbrugd. Dat viel nog tegen omdat de aansluitingen van de wikkelingen niet intuïtief zijn aangebracht. De grootste wikkeling is gekozen omdat de uitgangsspanningen anders te ver boven de ±50 volt uitkomen. Over de elco's staan bleeders van 3 kΩ, 10 watt. Over de secundaire wikkelingen staan anti-ratel-C's van 1 µF.

De puntjes op de i



In een later artikel waarschuwt Self voor de juiste aarding hier en daar. Hier is een duidelijke scheiding tussen de in- en uitgang bij D1 en D2. De zwarte aardingen komen rechtstreeks aan de middenaftakking van de voeding.
Voor het meten van de (crossover-) vervorming en/of het instellen daarvan met de ruststroom I_Q moet deze eindtrap niet in de terugkoppeling zijn opgenomen (local feedback dus). Behalve voor de bootstrap bouwen we ook een jumper in voor 'local'- en 'global feedback' net als in de SSA35.

Door het weglaten van de elco (ooit C2 genoemd) in het terugkoppelcircuit zal waarschijnlijk een correctie nodig zijn voor de offset spanning.



De beveiligingsdioden D3, D4, D5 en D6 krijg ik niet fatsoenlijk op het bordje dus zetten we die op de voedings-elco's samen met de veiligheden.

Om voldoende spanning op de op amp te krijgen voor >100 W output, zetten we in serie met de 18 V zener nog een rode LED.

De collectoren van de BC5XX los maken! De I_b mag tientallen mA zijn dus is er geen enkel probleem om de collector los te laten hangen. Het voordeel daarvan is dat R5 en R6 groter kunnen worden! Bij ~2 mA komt er 1,5 V over de 'diodes' (T11 & T12) te staan. Dat is zo'n 0,2 V te veel. De in schema 6 aangegeven ~10K voor R5 en R6 zou wel eens aardig in de buurt kunnen komen.

(In de SSA35 zijn R9 en R10 = 0,5 Ω!)

Deze versterker wordt weer met de SSA35 vergeleken met de ‘snelle A-B-vergelijking’ (zie SSA120).

Dit is natuurlijk de uitgelezen versterker om verschillende op amps in te proberen, te beginnen bij de:

OPA445: .,m./m,;

OPA627, OPA828, NE5534, LT1122, AD811, AD844, LM358, OPA1642, OPA1622, OPA1642, OPA1656, OPA1677, OPA1655,

Tot zover…