

# De HiBu

## Verslag Tubesociety project 2023/24

ir. Clemens T.P.M. Schellens MiF

30 mei 2024

### 1 Inleiding

Voorjaar 2023 reed ik met een aanhanger op en neer naar Fürth bij Neurenberg om mijn lang gekoesterde wens te realiseren; een upgrade van mijn Von Schweikert VR4-jr naar VR-5 Anniversary Mk2. De upgrade, goed hoorbaar, maakte ook pijnlijk duidelijk hoe slecht mijn Duson B100 zijn werk deed op deze analytische luidspreker. Op advies van Albert Von Schweikert zocht ik naar een goede buizenversterker om het hoog/midden mee aan te sturen. Zoeken lukte nog wel, vinden: ho maar.

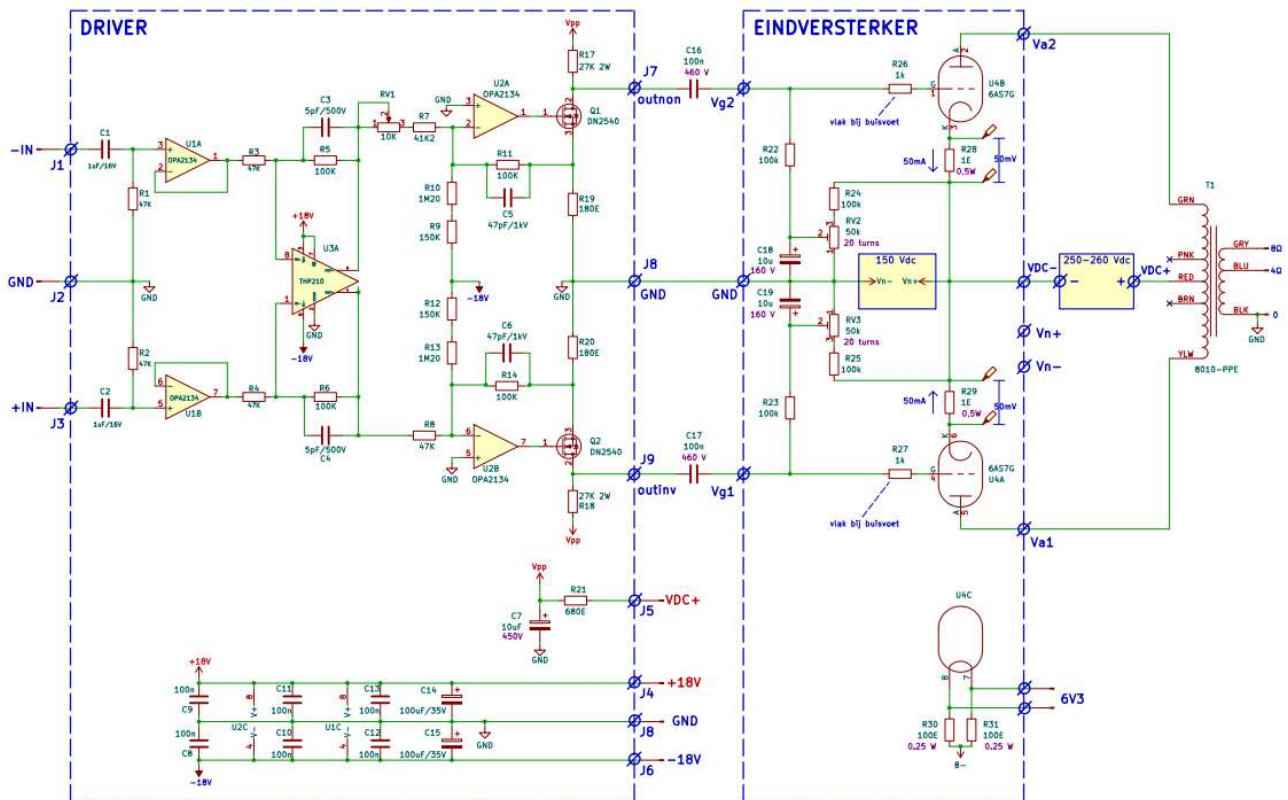
En tóch vond ik. Geen kant en klare versterker maar TubeSociety! Veel leuker en interessanter om zélf buizenversterkers te ontwerpen en te bouwen dan tientallen winkels af te sjouwen en urenlang te luisteren om een acceptabele buizenbak te vinden. Wát een vondst! De bevoegenheid, interesse, samenwerking en warmte in deze groep is heel bijzonder, niet in de laatste plaats door de deskundigheid, didactische kwaliteiten en ultieme gastvrijheid van Menno en Annemieke. Het sloot bovendien prachtig aan bij de elektronica-opleiding die ik een jaar daarvoor begonnen was.

### 2 Ontwerp

Voortbouwend op het doel van afgelopen seizoen, om buizengeluid te creëren met een combinatie van buizen en halfgeleiders, werd vanaf september 2023 hard gewerkt aan een vergelijkbaar ontwerp. Seizoen 2022/23 bracht de OTL, zonder uitgangstrafo's met buizen in de voor- en MOSFETS in de eindtrap. Dít seizoen mondde uit in het omgekeerde: halfgeleider in, buis uit; HiBu.

Newbies zoals ik hebben enorm veel informatie geabsorbeerd, vol bewondering de ontwikkeling gevolgd en de werking uiteindelijk begrepen. Het daadwerkelijk ontwerpen was voor de meesten van ons, in ieder geval voor mij, nog een stap te ver. Maar het zaadje is geplant en ik heb ook al wat gesnuffeld aan LTspice en KiCad. Het goed doordachte ontwerp is de verdienste van Menno, Joost, Erwin, Sep, Peter, Martinus en Frank. Geweldig bedankt heren!

Hieronder het schema van de versterker.




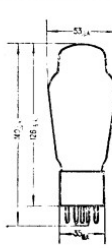
Centraal in het ontwerp staat de eindbuis 6N5P een dubbeltriode van Chinese makelij die onder meer compatibel is met de 6AS7.

Het is een ontwerp met één buis per kanaal waarbij de twee triodes in push-pull configuratie de uitgangstrafo aansturen. Om kernverzadiging van de uitgangstrafo's te voorkomen is het van groot belang dat de ruststroom (50mA) in die twee triodes exact gelijk is. In een autobiasregeling is nog niet voorzien, daarmee is mogelijk nog winst te halen. De triodes worden aangestuurd door een halfgeleider voortrap die gebouwd is met opamps en (hoogspannings) MOSFETS.

Een van de kenmerken van deze buis is dat de gridspanning, om mooi te werken, uitzonderlijk laag moet zijn (ca. -130 VDC (uiteraard ten opzichte van kathode: Vgk). Met behulp van een trimpot wordt daartoe een rustroom van 50 mA ingesteld door een voltage van 50 mV te meten over een kathodeweerstand van 1 Ohm. Rondom de ingestelde 130 VDC slingert het signaal (uiteraard AC) op het stuurrooster. Daarmee wordt vervolgens de stroom gemoduleerd die onder invloed van de 250 VDC spanning (Vak) door de triode loopt. Aangezien de twee triodes het signaal 180 graden uit fase krijgen aangeboden en de beide anodes ter weerszijden aan de primaire kant de uitgangstrafo zijn aangesloten, "trekken en/of duwen" zij (afhankelijk van de momentane polariteit van het signaal) met vereende krachten elektronen rondom de kern van de uitgangstrafo. Ze verplaatsen dus in dezelfde tijd ongeveer twee keer zoveel lading als met één triode het geval zou zijn geweest. Dat werkt uiteraard door aan de secundaire kant van de uitgangstrafo, waar de luidspreker op aangesloten is. Een push pull versterker levert doorgaans

= 47 =

### 6N5P 型 双 三 极 管

类 型: 冷 热 式 氧 化 物 阴 极  
用 途: 电 子 稳 定 电 路 中 电 视 设 备 扫 描 电 路 中

#### 主 要 电 参 数

灯丝电压(~或-)	6.3 V
灯丝电流	2.4 ± 0.3 A
阳极电压(-)	90 V
屏极电压(-)	-30 V
每个三极管阳极电流	60 ± 35 mA
每个三极管跨导	4.45 ± 1.35 mA/V
每个三极管内阻	450 ± 150 Ω

#### 极 限 运 用 数 据

最大灯丝电压(~或-)	6.9 V
最小灯丝电压(~或-)	5.7 V
最大阳极电压(-)	250 V
每个三极管最大阳极电流	125 mA

电 极 和 管 脚 连 接 图

1—第一个三极管栅极

2—第一个三极管阳极

3—第一个三极管阴极

4—第二个三极管栅极

5—第二个三极管阳极

6—第二个三极管阴极

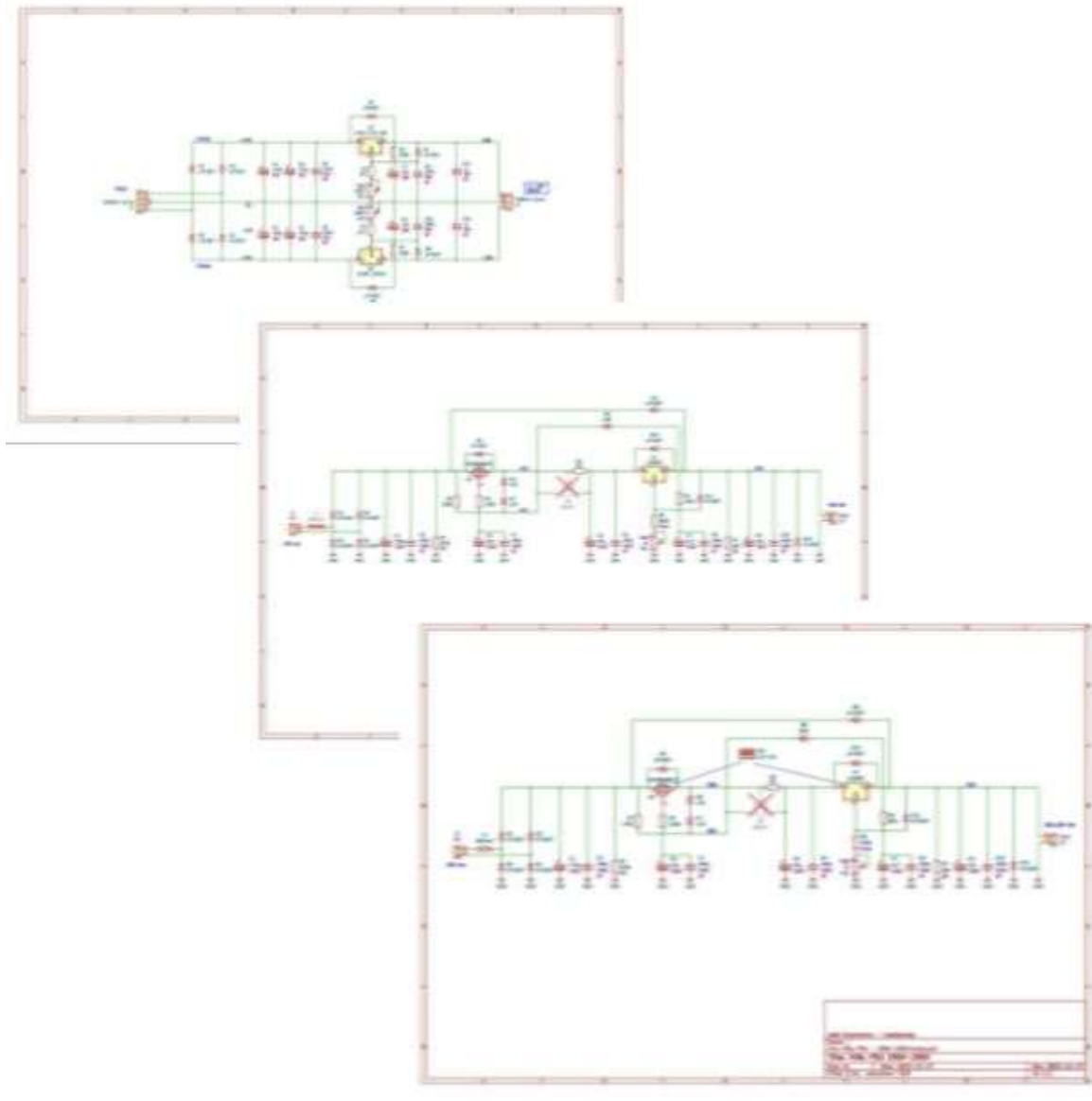
7—灯丝

8—灯丝

meer vermogen dan een single ended ontwerp. Door de triodes van een flinke ruststroom te voorzien, staan ze altijd klaar om afwisselend hun duw en trekwerk te verrichten. De versterker werkt dus overwegend in klasse A.

Het idee achter deze opbouw is met een brandschoon signaal de eindtrap in waarna de buis wat extra "jeu" toevoegt.

Er zijn drie voedingen: een +/- 18 VDC voor de (opamps in de) voortrap, een 150 VDC die -in essentie- zorg draagt voor de lage gridspanning ( $V_{gk}$  -130 VDC) en een 250-260 VDC die het spanningsverschil tussen anode en kathode verzorgt ( $V_{ak}$  250 VDC). De 150 en 250 VDC voedingen staan in serie en de min van de 150 VDC ligt aan aarde.



Om de gloeidraadspanning in de buis niet teveel te laten afwijken van de kathodespanning (kans op een fraaie vlamboog) wordt de gloeidraadspanning (6,3 VAC) opgetild met 150 VDC. Dat voltage staat in rust ook op de kathode (ten opzichte van GND).

### **3 Bouw**

#### **3.1 Kast**

Om me als relatieve beginner te kunnen concentreren op de elektronica, koos ik ervoor de behuizing te laten maken door een metaalbedrijf. Alle benodigde openingen kant en klaar, zodat inbouwen een stuk minder tijdrovend wordt. Uitvoering in 3 mm aluminium zou zorgen voor voldoende koelcapaciteit zodat afgezien kon worden van een koelblok. Erwin Reins had al een mooie kast met veel ruimte getekend en stelde zijn werk belangeloos ter beschikking (dank Erwin!). Enkele gatmaten aanpassen en klaar was Kees....én die maten héél goed controleren, natuurlijk....

Twee andere cursisten hadden ook belangstelling voor deze aanpak. We bestelden gezamenlijk exact hetzelfde, dat drukte de kosten.

#### **3.2 Elektronica**

Met de kant en klare printplaten, uitgewerkte BOM's en uitgebreide, goed verzorgde documentatie was het monteren van de componenten een fluitje van een cent. Vooral de i-boms zijn ideaal bij het bouwen; je klikt op je beeldscherm op een component en ziet direct waar die geplaatst moet worden of je klikt op een plek op de print en je ziet direct welke component daar hoort.

Zorgvuldig bouwen kost natuurlijk wél tijd; je wil in één keer goed. Die zorgvuldigheid win je later terug, foutzoeken is immers een (weliswaar leuke maar) tijdrovende bezigheid.

Bij de eerste testen in Hichtum bleken alle prints in orde, afgezien van één pootje van een SMD component dat niet goed vast zat. Direct daarna een potje flux aangeschaft: dát zal me niet meer overkomen.

Voordat we met de versterker aan de slag gingen, bouwden we de Arta-2, een handig hulpmiddel om metingen aan buizenversterkers te kunnen doen (in essentie een geijkte instelbare meetversterker). De bouw van Arta was een goede voorbereiding op "het grote werk", handig om de soldeerervaring al een beetje op te halen.

#### **3.3 Lay-out en -in**

Om de signaalweg zo ver mogelijk verwijderd te houden van de voedingsspanningen (vooral van de wisselspanningen en dan met name de gloeidraadvoeding met een relatief grote stroomsterkte), heb ik de HT voedingsprinten verticaal aan weerszijden van de kast gemonteerd. Een mooie bijkomstigheid hiervan is dat de MOSFETs en spanningsregelaars (waarvan er strikt genomen maar één gekoeld hoeft te worden) tegen de bovenkast van de kast gemonteerd kunnen worden. De koeling is op het aluminium dan direct goed geregeld.

Om de gloeidraad voedingsleidingen zo snel mogelijk in de hoek van de kast te kunnen krijgen, heb ik de buisvoeten iets ten opzichte van elkaar gedraaid. Wellicht iets minder mooi voor het uiterlijk, maar het geluid staat voor mij voorop. Om de weerstanden en bedrading aan de buisvoet zo min mogelijk te laten kruisen, heb ik de aansluiting van de twee triodes gewisseld ten opzichte van het schema. De gele en groene draad naar de uitgangstrafo zitten dientengevolge op een andere positie op de buisvoet. Bij de buisvoeten heb ik dankbaar gebruik gemaakt van de buisvoetprints die door Roniel werden ontwikkeld (dank!).

Alle wisselstroombedrading (stranded) is getwist, afgezien van de signaaldraden. Daar is gekozen voor relatief dun massief draad. Voorlopig, omwille van de snelheid, heb ik gedemonteerde UTP-draadjes gebruikt. Dunne PTFE buis en 0,1 mm ongeïsoleerd koperdraad liggen te popelen op mijn werktafel....

Ze zijn zoveel mogelijk in de ruimte gehangen, niet langs de kastwanden. Unschieded dus, brom heb ik nog niet gehoord. De potmeter is met een verleng-as midden in de kast geplaatst om de signaalbedrading zo kort mogelijk te houden.

De wisselstroombedrading is tegen de bovenwand geplakt (met lijmpistool), de gloeidraadvoedingsleidingen strak in de bovenhoeken en de gelijkstroombedrading zoveel mogelijk in de onderhoeken. Het ziet er beslist professioneler uit om bedrading zoveel mogelijk netjes naast elkaar te leggen en aan elkaar te binden. Ik kijk altijd mijn ogen uit bij dergelijke net

gebouwde versterkers. Wat ik me wél afvraag is of dat de geluidskwaliteit ten goede komt. Ik heb soms het idee van niet, vandaar mijn keuze om dat met dit project anders te doen.

De ongebruikte draden van de voedings- en uitgangstrafo's heb ik afgeknipt, geïsoleerd en zoveel mogelijk buiten de kast gehouden.

De overige prints werden aan de bovenkast van de kast gehangen zodat ze gemakkelijk benaderbaar zijn voor afregeling, wijziging en eventuele reparatie. De plastic pootjes (zonder kleefstof) zijn met 2mm dikke nanotape aan de bovenzijde geplakt. De verwachting (en/of hoop) is dat nanotape de warmte en tand des tijds doorstaat.

Voor de koppelcondensatoren had ik een constructie willen maken die uitwisseling met andere exemplaren vereenvoudigde. Daar is het nog niet van gekomen.

### 3.4 **Bouwgroep**

Samen met Oscar en Martinus startten we een Whatsappgroep om af te stemmen over de gezamenlijk aan te schaffen behuizing. Niet vooropgezet maar heel natuurlijk evolueerde het onderwerp naar het praktisch bouwen van de versterker en sloot ook Roniel zich hier bij aan. Dat bleek geweldig nuttig, stimulerend en leuk. Problemen werden gedeeld, gezamenlijk opgelost, prints gecontroleerd, bestellingen gedaan, tips uitgewisseld, er werd moed ingesproken, scherp gecorrigeerd en regelmatig bogen we ons gezamenlijk over theoretische achtergronden. Daarnaast was er plaats voor humor en het delen van onze dagelijkse bezigheden en belevenissen. We hebben elkaar -als neveneffect- behoorlijk goed leren kennen.

Ook van de TS-mailgroep hebben we dankbaar gebruik gemaakt, bijvoorbeeld voor advies over de toe te passen koppelcondensatoren en voor hulp bij het slechten van een aantal uitdagingen. Het is geweldig om te ervaren dat er zoveel mensen bereid zijn hun kennis met de novicen te delen. Het helpt praktisch maar stimuleert ook enorm.

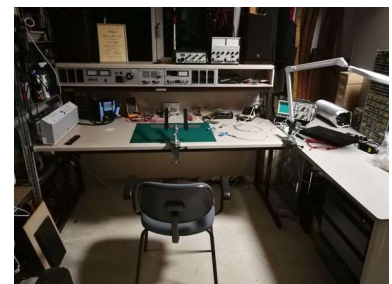
### 3.5 **Bouwroutine**

Rustig bouwen is heerlijk en levert optimale kwaliteit. Na aanvankelijk uitstelgedrag, nam ik de tijd, totdat de presentatiedatum opdringerig in beeld kwam. De bouw krijgt dus nog een vervolg.

Ik mat alle componenten door voordat ik ze monteerde. Aan matching heb ik niet gedaan. Alle pootjes werden licht geschuurd (voor optimaal soldeercontact) en na plaatsing maar vóór het solderen afgeknipt (minder kans op haarscheurtjes). Na montage van de componenten werd de print ten overvloede vergeleken met het voorbeeldplaatje om er zeker van te zijn dat de componenten op de juiste plaats en in de juiste oriëntatie gemonteerd waren. De soldeerzijde werd nauwgezet gecontroleerd onder een lichtloep.

### 3.6 **Gereedschap**

Over het meeste gereedschap hoef ik hier niet te schrijven, dat weet iedereen wel. Een wat minder bekend hulpmiddel bewees echter bijzondere diensten. De Unispann soldeerstandaard (Ebay, Kleinanzeigen, zie foto, geklemd op de tafel). Die werkt heel fijn omdat je je print snel en stevig kan vastklemmen en vervolgens in allerlei richtingen kan bewegen, zodat je steeds de juiste positie hebt om onderdelen te plaatsen en te solderen.



### 3.7 **Uitdagingen**

OK, mooi, maar wat ging er mis? Er zijn altijd uitdagingen. Ergens heb je liever dat alles direct goed gaat, maar die uitdagingen zijn eigenlijk juist de kers op de taart: je leert ervan!

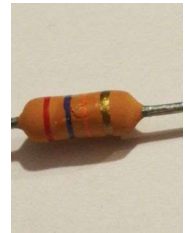
Het losse SMD-pootje kwam al aan de orde. Met de vaardigheden van Martinus was dat snel hersteld.

Je laat je gemakkelijk misleiden door wat je recent al gecheckt of nagemeten hebt. Zo waren we drie man sterk aan het foutzoeken omdat mijn HiBu nog niet naar behoren functioneerde. De boel werd ook behoorlijk warm (wat later een meetfout met de infraroodthermometer bleekt te zijn). Schema's erbij en meetpenen in een versterker op spanning.... Na drie kwartier denkwerk, zwoegen en het vervangen van een opamp, blijkt de zekering van de 250 VDC voeding het begeben te hebben. Wanneer en waarom blijft een raadsel want "vanochtend deed ie het nog".

Bij sommige metingen heb je graag een vaste hand. Ik mag niet klagen, maar soms heb ik ze blijkbaar toch te los (in de letterlijke betekenis dan wel). Bij een biasmeting over de 1 Ohm kathodeweerstand bewoog ik de meetpen in een onbewaakt ogenblik nét iets teveel: een klein maar prachtig vlamboogje ("Pffffff") naar de aansluiting van de gele draad naar de uitgangstrafo. In essentie sloot ik de 250 VDC voeding kort. Geen wijsheid, wél geluk: alléén de zekering vond het (opnieuw) welletjes.

Het kan ook elders fout gaan, maar daar heb je dan meestal toch zelf een hand in: bij een gerenommeerde elektronicazaak kocht ik 100 Ohm weerstanden om de gloeidraadspanning op te tillen. Oeps, kleurcode niet gecontroleerd, blijken ze 10 Ohm te zijn. Alles nameten en het bouwgroepje bewijzen dan hun diensten.

Of de 27K vermogensweerstand, voorzien van een barst; twee van de zes nota bene. Mailtje naar Vishay, die keurig antwoordde. Vermoedelijk een productiefoutje. Zekerheidshalve toch maar vervangen.

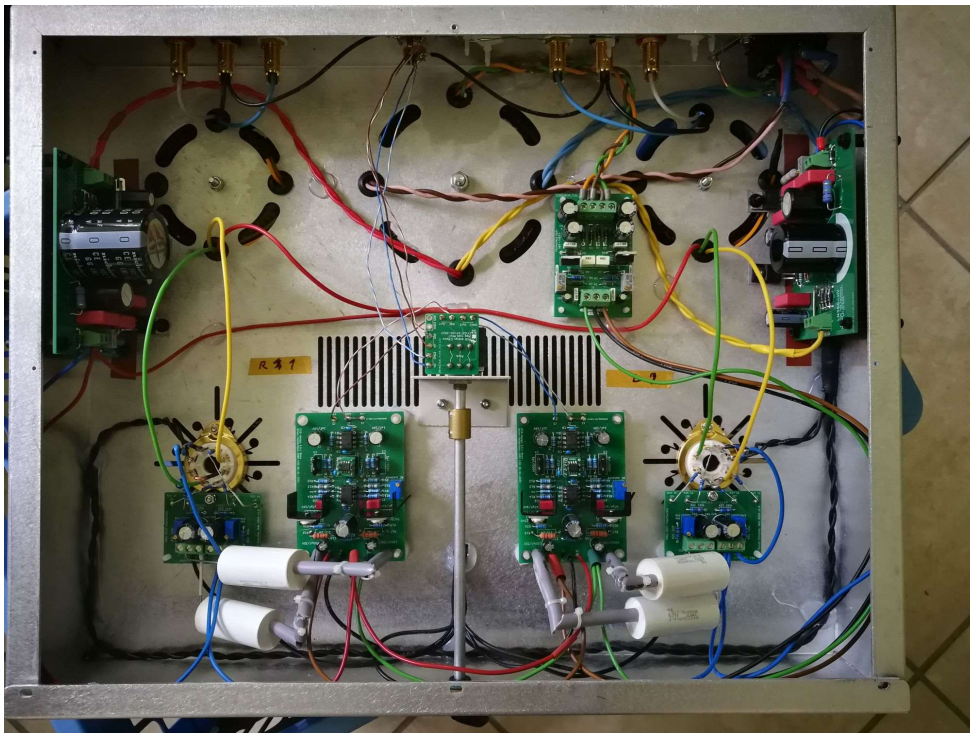


De grootste uitdaging komt echter nog.....

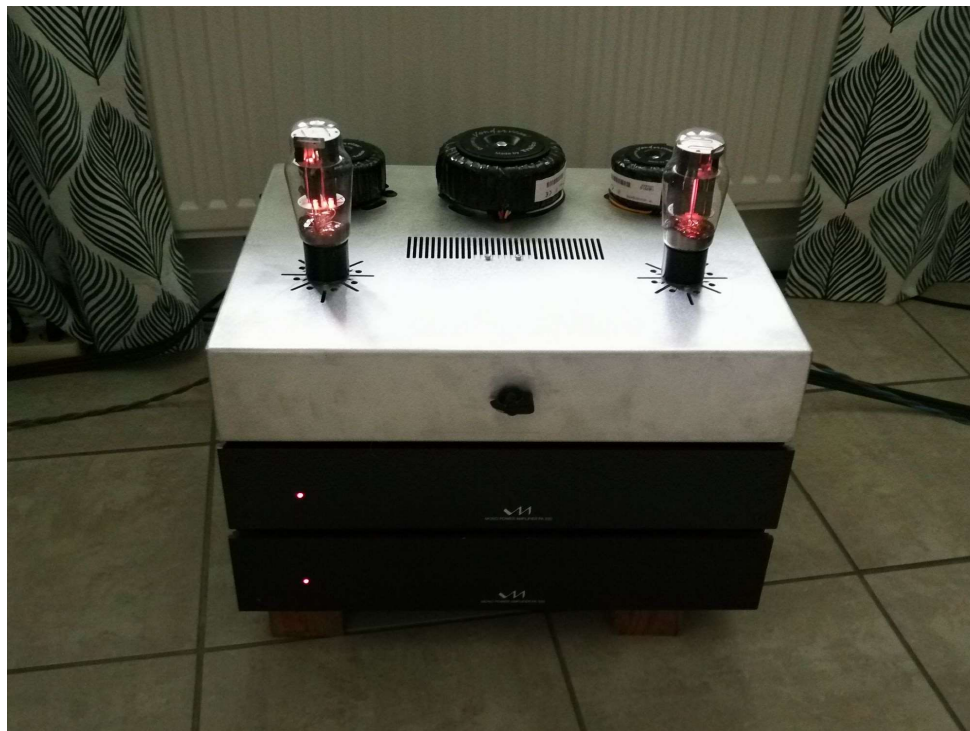
## 4 Resultaat

### 4.1 Zien

Dit is het resultaat. Van binnen:

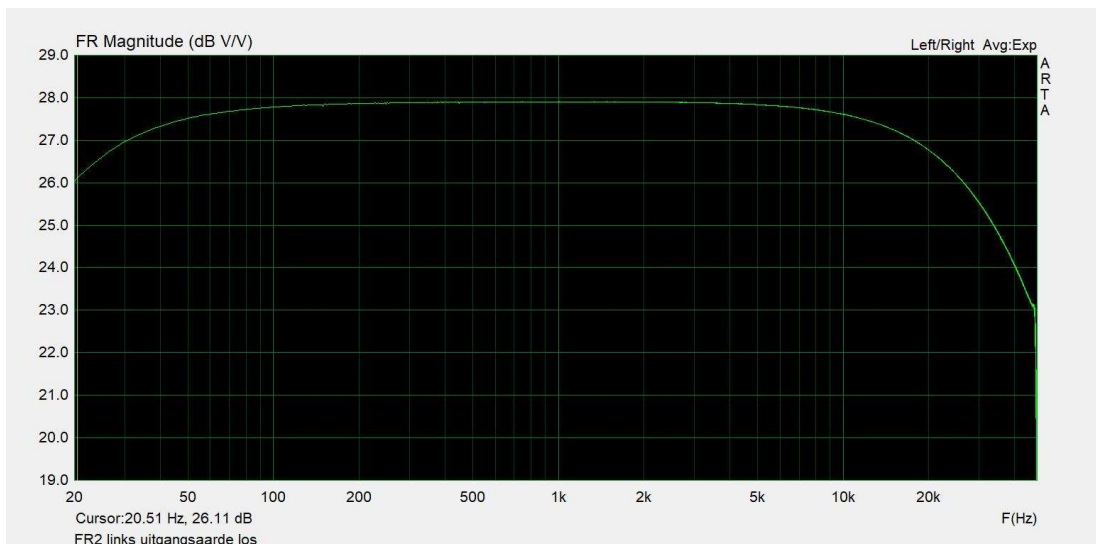
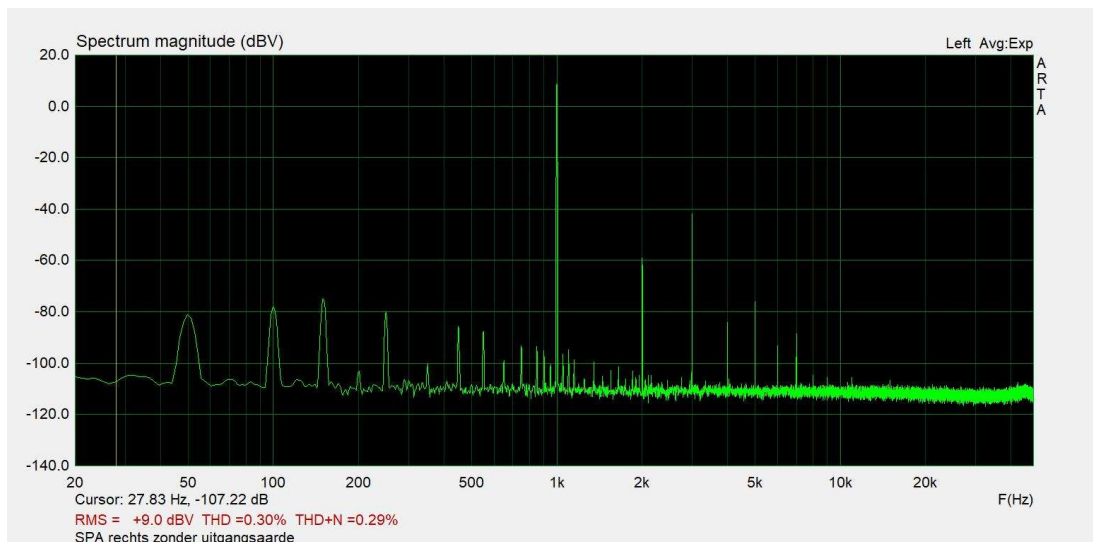
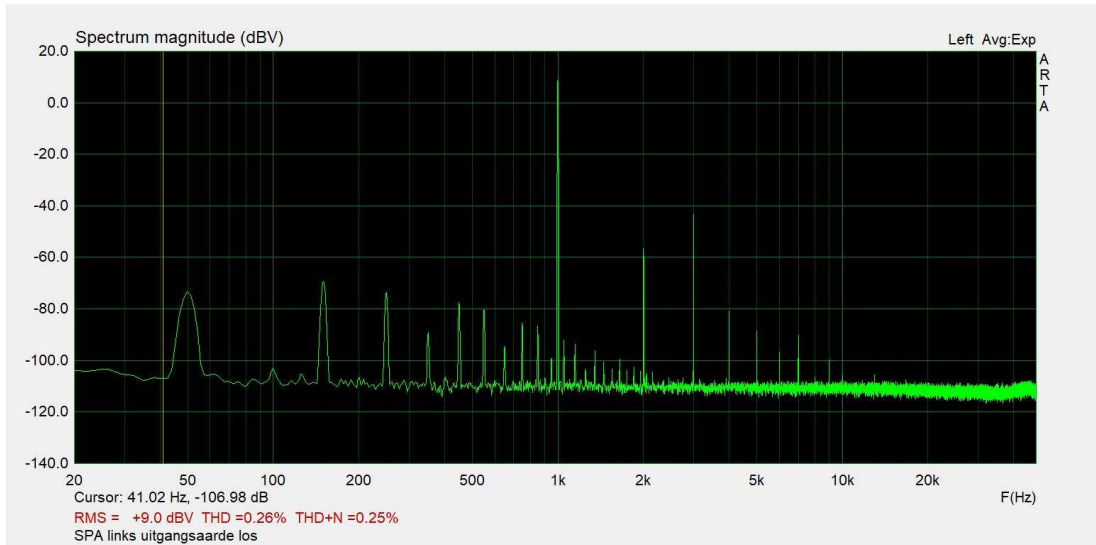


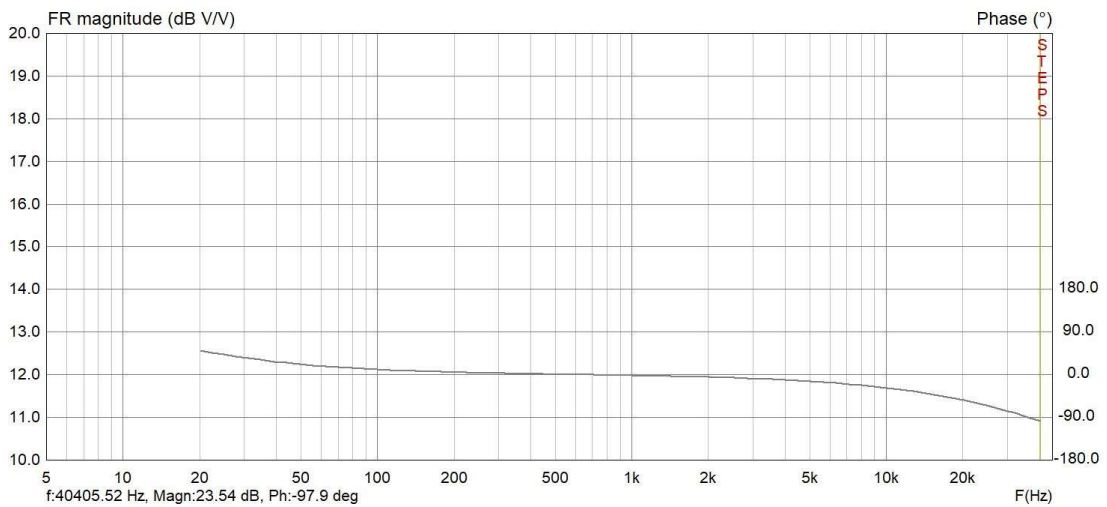
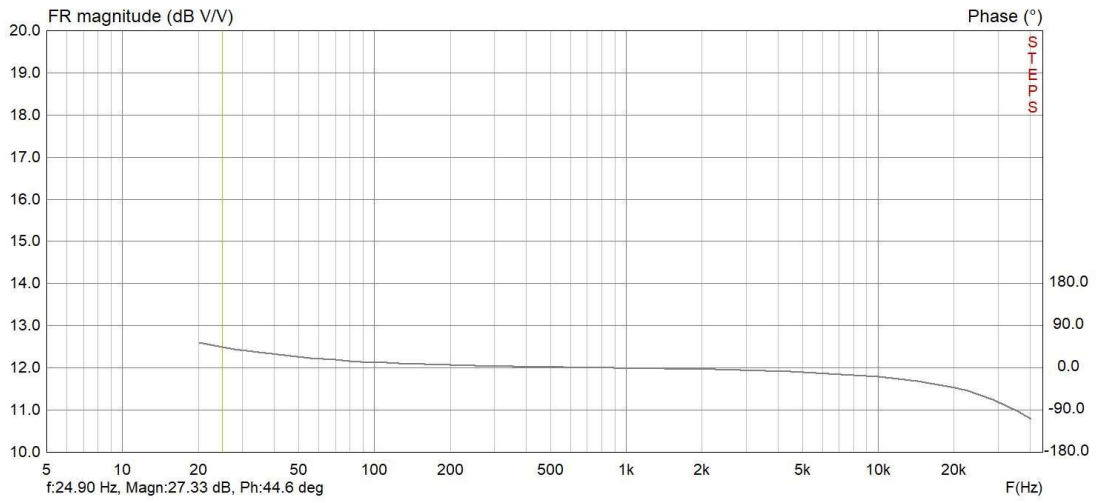
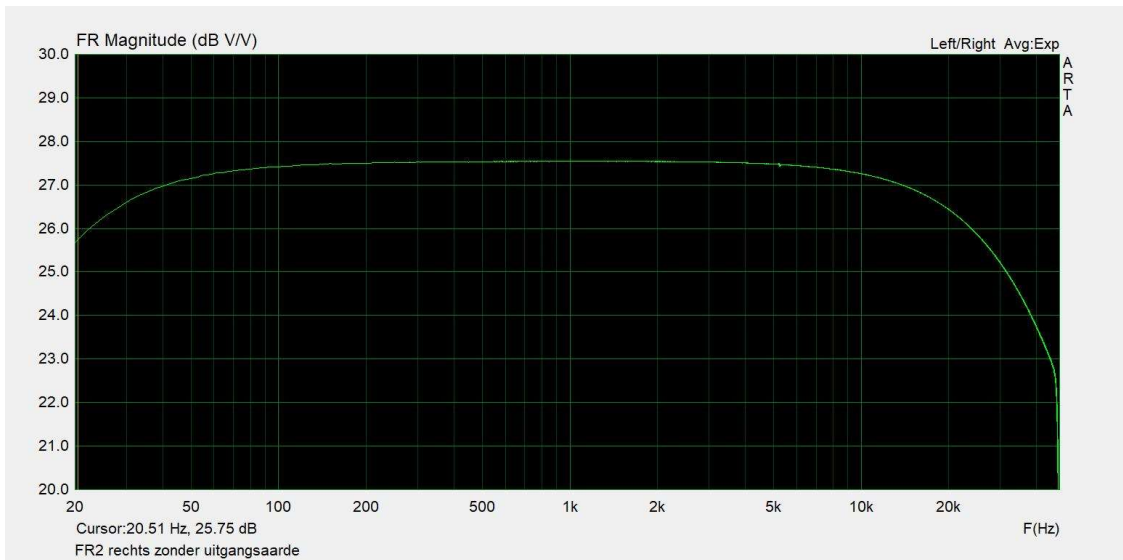
En van buiten:



## 4.2 Meten

En hier de eerste metingen. Nog even zonder commentaar vanwege het staartje, wordt vervolgd.





### 4.3 Luisteren

In één woord: schitterend! Wát een diepte en detail. Ook de (onveranderlijke) plaatsing is beter dan ooit. Nog wel een scherp randje hier en daar, vooral hoorbaar bij luide vrouwenstemmen (jaja,...) en violen. Daar kan een toekomstige tegenkoppeling iets aan verbeteren, begrijp ik van Menno.

Maar, bijvoorbeeld Strawinsky L'Oiseau de Feu met Colin Davis en het Concertgebouworkest (Decca UCCD-2221) is fenomenaal. Een belachelijk goede opname ook. De verschillen tussen opnames zijn erg goed hoorbaar en dat is soms ook een nadeel...

De Duson B100 waarmee ik speelde op midden/hoog, hoewel beduidend luider en met betere looks, kan in de verkoop.

### 4.4 Een staartje

Na al die heerlijke luisteruren vol goede moed, toog ik met de HiBu naar Lemmer voor de presentatie. Er zou, na het referentie-exemplaar van Menno, als eerste naar mijn versterker geluisterd worden. Dat pakte flink anders uit dan ik had gedacht/gehoopt: de HiBu bracht nauwelijks geluid voort. Huh? Thuis plukte hij toch de sterren van de hemel? Aha, luidsprekers aangesloten tussen de 4 en 8 Ohm terminals. Pffff, opluchting. Ff corrigeren en gáán. Maar het verbetert niet substantieel en diskwalificatie volgt. Ontluisterend.....letterlijk.

Gelukkig heb ik een leuke rol (notaris) en wordt ik warm opgevangen door zowel collega's als kinderen van. Zo wordt het tóch een bijzonder geslaagde dag waar ik met heel veel plezier op terug kijk. Oorzaak: nog ongewis. Thuis speelt ie nog steeds als voorheen en op een behoorlijk volume. Nader onderzoek volgt, maar éérs: vakantie!

## 5 Vervolg

Als eerste zal ik de versterking correct gaan meten. Dan hebben we een referentie. Vervolgens een rondje Nederland. Met de HiBu onder de arm naar een paar collegastudenten, inmiddels goede vrienden. Niet alleen ter vergelijking, ook gewoon leuk. Dan een degelijke foutopsporing, met als basis de suggesties die vanuit de TS mail gedaan zijn en de gesprekken tijdens het rondje Nederland. Een aanknopingspunt is wellicht de onevenredige daling van de -18 VDC onder belasting naar 17 Volt, niet dramatisch maar niet conform.

Zodra de HiBu goed functioneert, bouwen we verder (in willekeurige volgorde):

- signaalbekabeling verdunnen
- negatieve terugkoppeling testen
- symmetrische invoer toevoegen
- verwisselbaarheid koppelcondensatoren verbeteren
- autobias toevoegen
- voeding in een afzonderlijke behuizing onderbrengen?

## 6 Slotsom

Ik heb mij geweldig vermaakt, technisch maar ook op vele andere vlakken. We hebben ontzettend veel geleerd, heerlijk gehobbyd en een prachtige versterker aan de installatie toegevoegd. Als de tijd me gegeven is, ga ik zeker ook andere projecten bouwen. Bijvoorbeeld de BiHu (OTL) van afgelopen jaar. Komend jaar de HiHu natuurlijk. Maar ook de Trans SE18, die hoge oren gooide in Lemmer, behoort tot de serieuze kandidaten.

Ik zou langzamerhand ook iets meer aan de ontwerpkaart moeten kunnen doen. Met als ultiem doel: zelf een versterker ontwerpen en bouwen. Ik kijk dan ook erg uit naar volgend seizoen!