

DIY 500W Hybrid Bass Head



Version 1.4

Dezember 2018

Vorwort:

Als ich vor Jahren begann E-Bass zu spielen, nahm auch mein Interesse an der Verstärkertechnik zu. Da das Internet viele Informationen in dieser Hinsicht bietet, war klar, dass irgendwann die ersten Selbstbau-Projekte folgen mussten. Waren es zunächst zarte Gehversuche mit einfachen Schaltungen, so entstand bald der Wunsch einen leistungsfähigen Verstärker selber zu bauen, der auch bühnentauglich sein sollte. Ein besonderes Interesse galt natürlich von Anfang an der Röhrentechnik. Da ich aber als Elektronik-Anfänger einen gesunden Vorbehalt vor hohen Spannungen habe, stand immer die Frage im Raum: "Geht das nicht auch mit niedrigeren Spannungen?" Das führte natürlich zunächst einmal zu Frustrationen, denn in diversen Foren wurden entsprechende Anfragen oftmals abschlägig beschieden. Irgendwann entdeckte ich sie dann aber: die ECC86-Niederspannungs-Triode. Diese Niederspannungs-Triode bildete fortan die Grundlage meiner Selbstbau-Projekte.

Das vorliegende Script behandelt nun den Bau eines 500W Hybrid Bass-Toppteils auf Grundlage der ECC86. Ich hoffe, es bietet euch Hilfe und Inspiration selbst zum Lötkolben zu greifen.

Wie immer: für die beschriebenen Schaltungen übernehme ich keine Haftung. Auch wenn vornehmlich mit Niederspannung gearbeitet wird liegt am Netzteil eine Spannung von 220V an, die lebensgefährlich sein kann. Daher sollte ein Minimum an Erfahrung vorhanden sein, wenn ihr dieses Projekt beginnen wollt.

Über Anregungen und Verbesserungsvorschläge freue ich mich.

Bitte sendet eure Anmerkungen an meine Email-Adresse: v.charne@arcor.de

1. Wesentliche Bauteile des Bass-Toppteils

Ein Bass-Toppteil besteht aus unterschiedlichen Komponenten. Man kann zweckmäßigerweise unterteilen:

- Vorstufe
- Klangregelung
- Endstufe
- Netzteil
- Gehäuse

2. Merkmale des geplanten 500W Hybrid Bass-Toppteils

Aus den Erfahrungen mit anderen Bass-Toppteilen hatte ich mir vorgenommen, dass das zu bauende Toppteil folgende Eigenschaften haben soll:

- Vorstufe mit ECC86-Röhre
- aktive Klangregelung mit Bässen, Höhen und parametrischen Mitten
- Klangregelung abschaltbar
- Soft clipping Schalter
- Mute Schalter
- 500W Class D Endstufe
- Speakon-Anschluss
- DI-Ausgang mit Groundlift und Pre/Post-Schalter
- leichtes und platzsparendes Gehäuse

Als Anfänger hatte ich nicht den Ehrgeiz sämtliche Komponenten des Verstärkers selber zu bauen, daher habe ich mich in den Weiten des Internets bedient und einige Teile dazu-gekauft:

3. Wesentliche kommerziell erhältliche Komponenten

a. Endstufe



Technische Daten:

Stromversorgung: Dual-DC-Netzteil ± 58 bis ± 70 V
Nennleistung: 500W (± 65 V Netzteil, 4 Ohm Last, Verzerrung 10%)
Wirkungsgrad: $\geq 90\%$
Signal/Rauschverhältnis: 90dB
Totale harmonische Verzerrung:
380W (± 65 Leistung 4 Ohm Lautsprecher, Verzerrung $<0,1\%$)
280W (± 65 Leistung 8 Ohm Lautsprecher, Verzerrung $<0,1\%$)
Frequenzbereich: 20 Hz bis 20 KHz
Lautsprecher: 4 bis 8 Ω
Spannungsvergrößerung: 36 mal
Eingangsempfindlichkeit: 1,5V (RMS) / 2,3 V (Peak)
Ausgang Kurzschlusschutz: Ja
Ausgang DC Bias Protection (Lautsprecherschutz): Ja
Übertemperaturschutz: Ja (Abschaltung wenn Temperatur $>100^\circ\text{C}$)
Einzelteil-Größe: 9,3 x 4 x 2,7cm

b. Netzteil für Vorstufe und Endstufe



Technische Daten:

Typ: Schaltnetzteil

Eingangsspannung: AC 230 V

Ausgangsleistung: 500 VA / 500 W

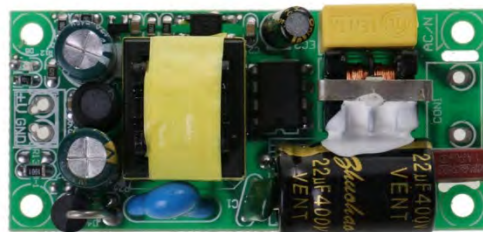
Ausgangsspannung: DC +/-65 V

Hilfsspannungen: +/- 15V, 1A (gemeinsame Masse mit der Hauptspannung)
+ 12V, 0.5 A (separate Masse)

Abmessungen: 10 x 13,3 x 5 cm

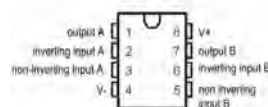
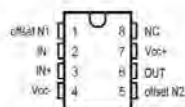
Leider war die 12 V-Spannung des Netzteils (obwohl diese mit 0.5 A angegeben wurde) nicht stark genug um die Heizspannung für die Röhre daraus zu gewinnen. Daher musste dafür noch ein separates Netzteil entsprechender Leistung installiert werden.

c. Gewinnung der Heizspannung für die Röhre



Zur Gewinnung einer Heizspannung von + 6,3 V für die Röhrenfilamente wird ein separates Schaltnetzteil verwendet, welches bei + 9 V bis zu 1,2 A liefern kann. Zur Einstellung der Heizspannung wird ein L7806-Spannungsregler verwendet (+ 6 V), bei dem das Potential mit Hilfe einer Diode um + 0,5 V erhöht wird. Ein kleiner Kühlkörper sorgt für ausreichende Kühlung. 0,33 μ F und 0,1 μ F Tantal-Kondensatoren stabilisieren den Spannungsregler.

d. Opamps



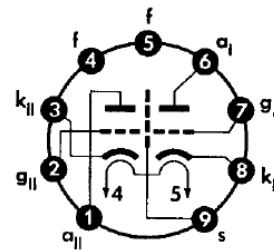
Als OP-Amps werden in der aufzubauenden Schaltung die rauscharmen Burr-Brown OPAs OP134PA und OP2134PA verwendet. Es können natürlich auch der TL071 und der TL072 eingesetzt werden, da diese identisch beschaltet sind. Die vom Netzteil gelieferte Hilfsspannung von +/- 15V eignet sich hervorragend zum Betrieb dieser Bauteile und sichert einen ausreichend großen Headroom. Für die OPAs wird jeweils eine kleine Lochrasterplatine mit 8er-Sockel auf der Lötleiste verlötet.



e. ECC86-Röhre



Sockelschaltbild
Base connection



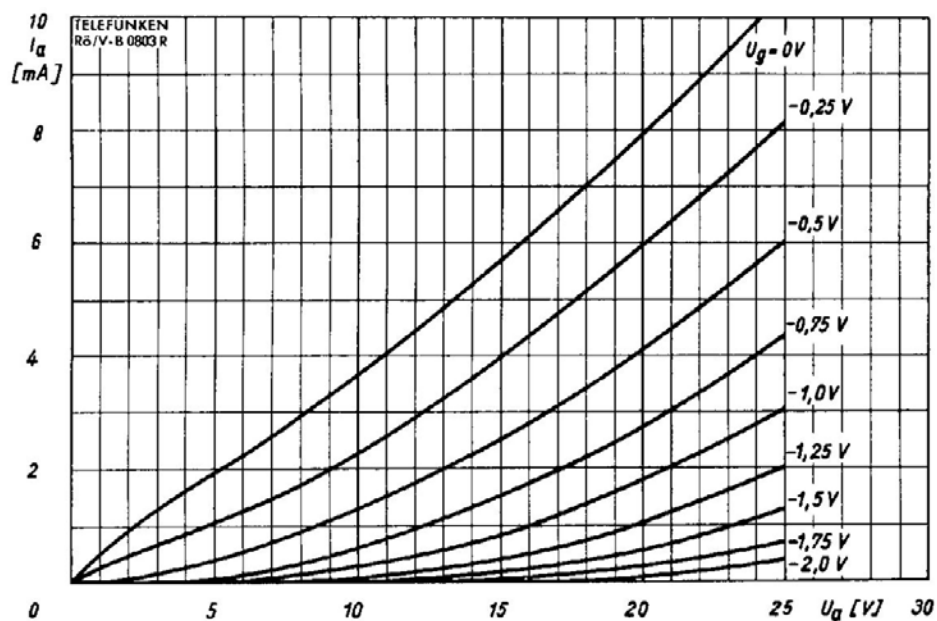
Pico 9 · Noval

Stromversorgung für das Heizfilament: $U_f = 6,3 \text{ V}$ $I_f = 330 \text{ mA}$

Technische Daten der ECC86:

$U_a [\text{V}]$	6,3	12,6	25
$U_g [\text{V}]$	ca. -0,4	ca. -0,4	ca. -0,4
$R_g [\text{k}\Omega]$	100	100	100
$I_a [\text{Ma}]$	0,9	2,5	7,5
$S [\text{mA/V}]$	2,6	4,6	7,8
$R_i [\text{k}\Omega]$	ca. 5	ca. 3,4	ca. 2,1
μ	ca. 14	ca. 14	ca. 14

Die ECC86-Röhre ist für den Klang der Vorstufe wesentlich. Es handelt sich dabei um eine Röhre, die im Niedrigspannungsbereich betrieben werden muss und sich dabei verhält wie eine Röhre, die mit Hochspannung betrieben wird. Also nicht zu verwechseln mit Röhren, die im sog. *starved plate*-Modus (Anodenspannung weit unter den üblichen Arbeitsbedingungen) betrieben werden.



f. Gehäuse

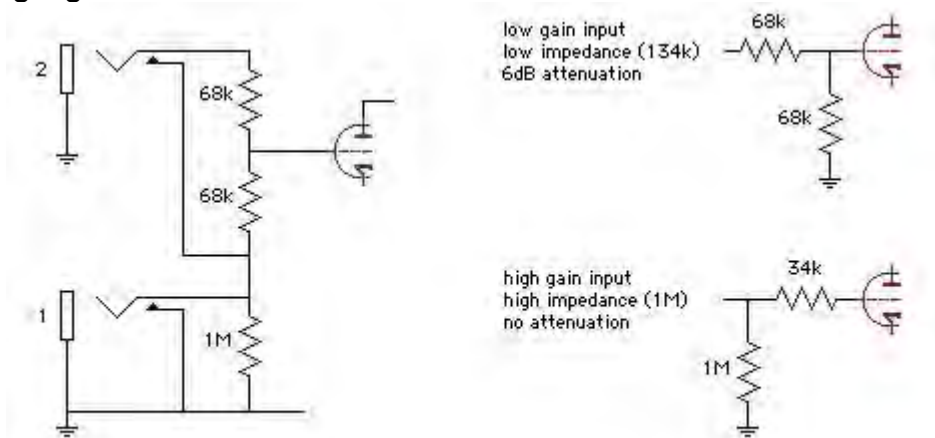
Verwendet wird ein zweischaliges Gehäuse, in welchem sich die elektronischen Bauteile gut montieren lassen. Die Front- und Rückseite aus 1mm-Aluminiumblech erlaubt die einfache Ausführung von Bohrungen für die Potis etc. Lüftungsschlitze in Boden und Deckel ermöglichen die Abführung der entstehenden Wärme. Für eine vernünftige Anordnung der Komponenten wird ein Gehäuse von mind. 20 x 30 x 11 cm benötigt.

Als nachteilig hat sich erwiesen, dass bei häufigem Auf- und Zuschrauben des Gehäuses die Befestigungslöcher im Aluminium ein wenig ausleiern, so dass die Befestigungsschrauben nicht mehr greifen. Abhilfe kann man schaffen, indem man die Befestigungslöcher mit Epoxydharzknete (z.B. Bindulin) hinterklebt, so dass die Schrauben nun in dem ausgehärtetem Epoxydharz fest greifen können.



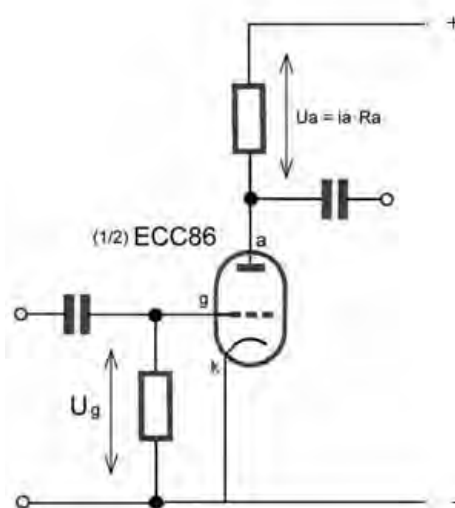
Grundlegende Schaltungen, die verwendet werden

g. Eingangsbuchsen



Die Eingangsimpedanz des Vorverstärkers muss hoch genug eingestellt sein, um das maximale Signal von der Bassgitarre zu übertragen. Typische Instrumenten-Ausgangs-impedanzen liegen um 600Ω, wobei typische Eingangsstufen auf 1MΩ eingestellt sind. Dies ist als *Impedanzüberbrückung* bekannt und eine übliche Technik, um sicherzustellen, dass das Signal geeignet von einem Gerät zu einem anderen übertragen wird. Der alternative Ansatz wird als *Impedanzanpassung* bezeichnet, bei der sowohl die Eingangs- als auch die Ausgangsimpedanz gleich eingestellt sind. Da die Verstärkung der ECC86 nicht so hoch ist wie z.B. bei einer 12AX7 wurden statt der 68k Widerstände 34k Widerstände eingesetzt.

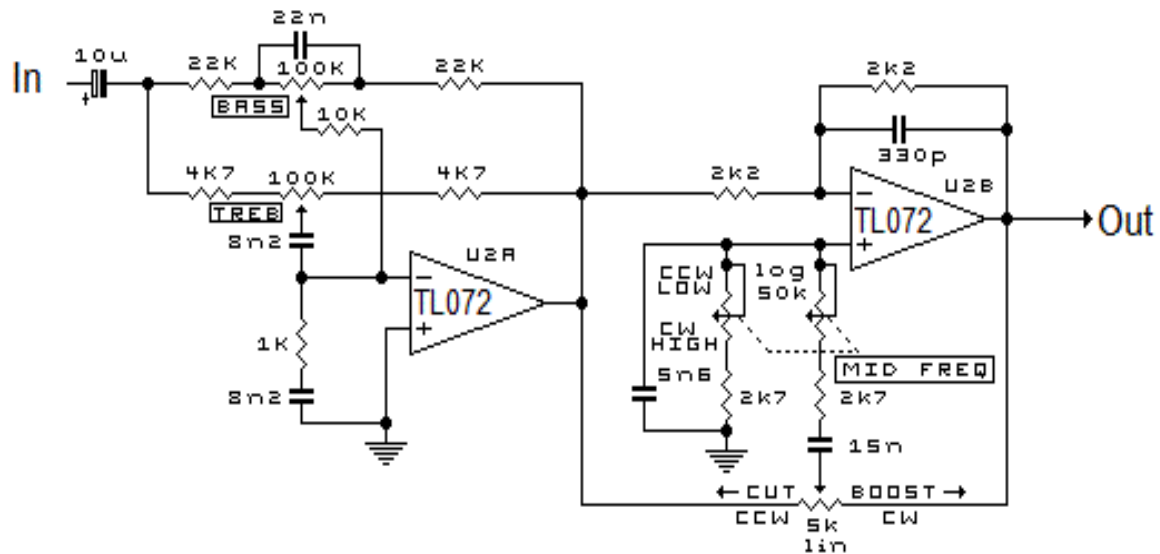
h. Röhrenvorstufen



Für die Röhrenvorstufen haben sich folgende Bauteil-Werte als klanglich geeignet erwiesen: $R_g=100\text{ k}\Omega$ für beide Verstärkerstufen und $R_a = 4,7\text{ k}\Omega$.

Bei Niederspannungsrohren liegt die Kathode immer auf Massepotential. Durch das Prinzip des *grid-leak-biasing* ergibt sich eine Gitterspannung von ca. -0,4 V. Für die Koppelkondensatoren sind Werte von 100 nF ausreichend.

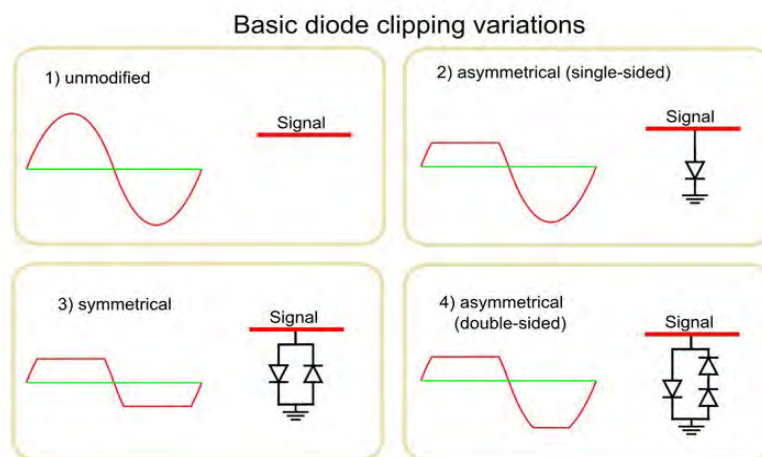
i. Klangreglung



Die aktive Klangregelung regelt Bässe (60 Hz), Mitten und Höhen (13 kHz), wobei für die Mitten die Frequenz von 165 Hz bis 3800 Hz eingestellt werden kann.

j. Clipping-Schaltung

Durch Betätigung des Clipping-Schalters wird das Signal nach dem EQ über zwei antiparallel geschaltete Dioden auf Masse geschaltet. Durch die Wahl der Art der Dioden kann der Klang beeinflusst werden. Germanium-Dioden ergeben dabei ein softeres Clipping als Silizium-Dioden. Ein natürlicheres Clipping kann auch erzielt werden, wenn zwei verschiedene Dioden zum Einsatz kommen.

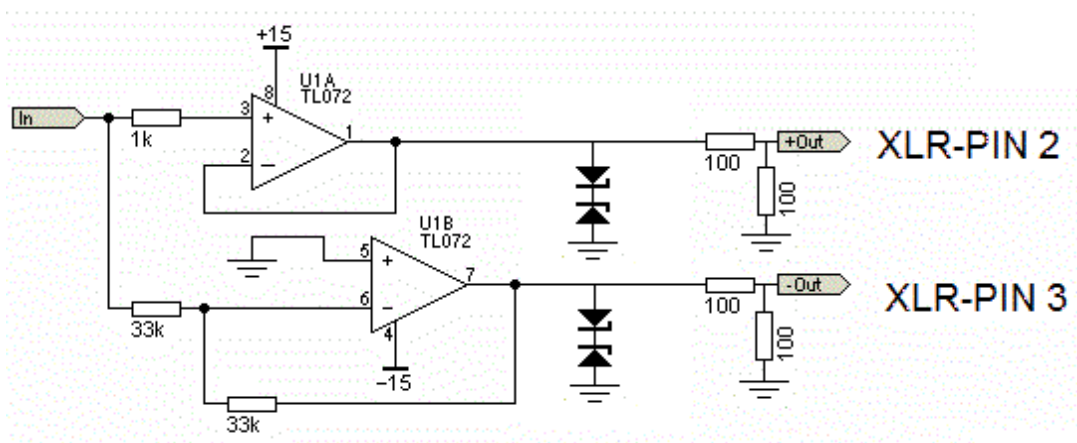


k. Mute-Schalter

Über den Mute-Schalter wird wahlweise das Signal des Preamps vor dem Equalizer auf die Masse geschaltet. Dabei wird der Mute-Schalter als Zweifach-Schalter ausgeführt, so dass damit parallel eine rote bzw. grüne LED geschaltet werden kann, die anzeigt, ob der Amp gemutet oder angeschaltet ist.

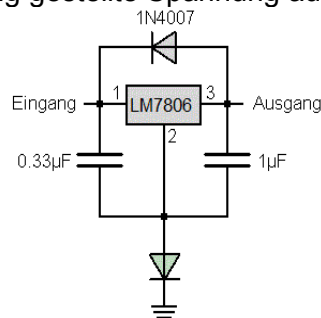
I. DI-Out

Der DI-Out dient zur störungsfreien Übermittlung des Signals an ein Mischpult oder ähnliches. Dazu wird das Signal in das komplementäre Signal umgewandelt und beide Signale werden übermittelt. Der DI-Out kann sowohl Pre-EQ als auch Post-EQ geschaltet werden, damit am Mischpult alle Möglichkeiten genutzt werden können. Zusätzlich wird ein Groundlift eingebaut, um Brummschleifen zu verhindern. Zum Schutz der Operationsverstärker vor evtl. anliegender Phantomspannung von +48V werden 10V Zener-Dioden eingesetzt.



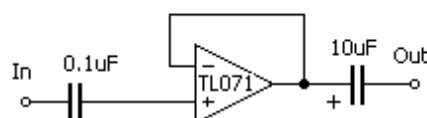
m. Heizspannung für Röhre erzeugen

Die beiden Tantal-Kondensatoren stabilisieren den Spannungsregler und die Diode zur Masse hin erhöht die zur Verfügung gestellte Spannung auf 6,5 V.



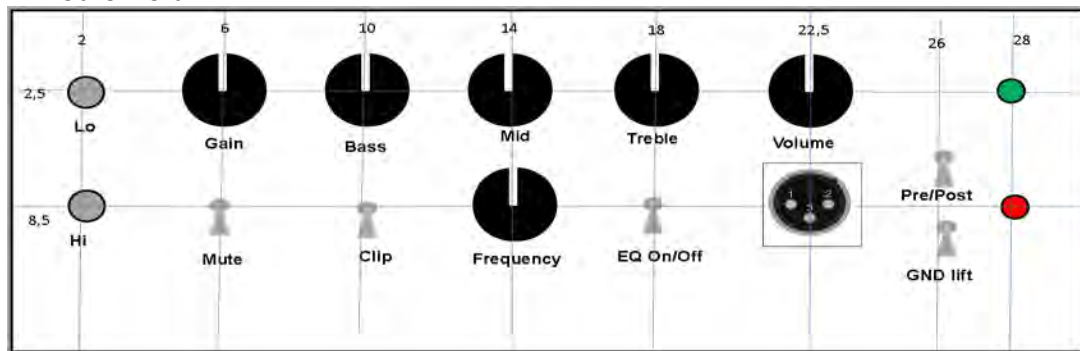
n. Eingangspuffer für Klangregelung

Vor der Klangregelung empfiehlt es sich zur Impedanzanpassung einen Eingangspuffer zu schalten.

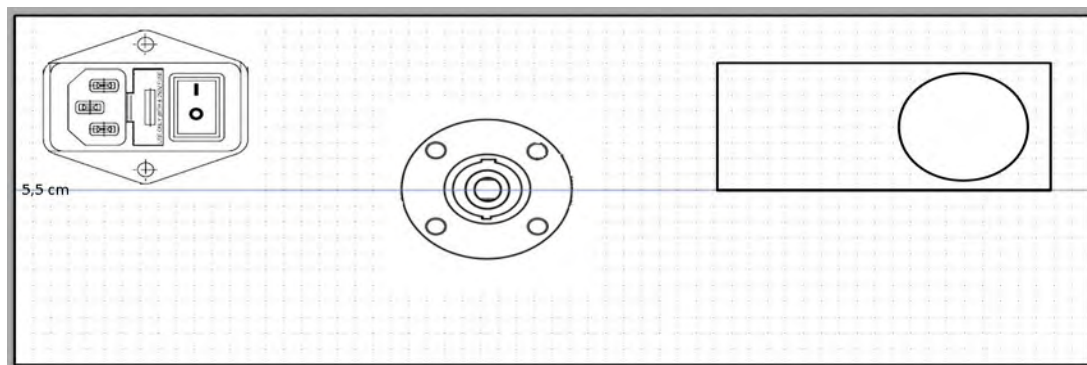


4. Bedienfeld/Anschlussfeld

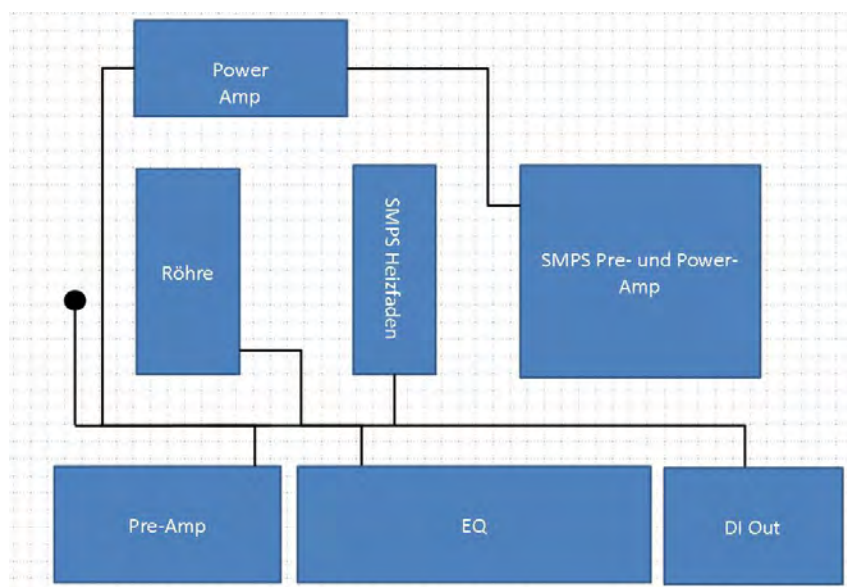
a. Bedienfeld



b. Anschlussfeld



c. Grounding Schema



Zur Vermeidung von Störgeräuschen ist es essentiell, dass die Masse des Power Amps nur mit dem SMPS Pre- und Power-Amp verbunden wird und nicht mit der Audio-Masse.

5. Komponentenliste

	Komponente	Lieferant	Bestellnummer/ Bemerkung	Preis
1x	Gehäuse 20x30x11 cm	Ebay	suchen nach 'GSS08 Universal-Gehäuse '	ca. 28,-
1x	500W Schaltnetzteil 60V	Ebay	suchen nach '500W DC +/-60V PSU'	ca. 36.-
1x	500W Endstufe	Ebay	suchen nach 'RS2092S 500W	ca. 15.-
1x	ECC86 Röhre	Ebay	suchen nach 'ecc86'	ca. 12,-
1x	Montagewinkel f. Röhre	Ebay	suche nach 'Noval Montagewinkel'	3,85
1x	Schaltnetzteil 9V 1,2 A	Ebay	suchen nach 'schalt- netzteil 9V 1,2 A'	ca. 4,-
2x	Klinkenbuchse mono Amphenol	Musikding	717	1,70
1x	Kaltgeräteanschlussbuchse mit Schalter und Sicherung	Conrad	717747	5,16
6x	Drehknöpfe Bakelit 20mm	Musikding	backno20	4,20
4x	Minischalter SPDT Hebel flach	Musikding	kipp1flach	3,40
1x	Minischalter DPDT Hebel flach	Musikding	kipp2flachum	0,75
2x	Potentiometer 100k lin	Musikding	poi100klin	2,20
1x	Potentiometer 5k lin	Musikding	pot5klin	1,10
1x	Potentiometer 25k lin	Musikding	pot25klin	1,10
1x	Potentiometer 100k log	Musikding	poi100klog	1,10
1x	Potentiometer stereo 100k log	Musikding	potis100klog	2,40
1x	Opamp TL071	Musikding	tl071	0,25
3x	Opamp TL072	Musikding	tl072	1,20
8x	Abstandsbolzen 10 mm	Conrad		
4x	Abstandsbolzen 25 mm	Musikding		
1x	Röhrensockel Noval mit Abschirmbecher	Musikding	socknov	1,50
1x	Speakon-Buchse rund	Musikding	speakbuchsr	1,50
1x	XLR-Anschluss-Buchse	Musikding	687	1,90
1x	12V LED in Fassung rot	Conrad	149712	2,03
1x	12V LED in Fassung grün	Conrad	149714	2,03
1x	1 MΩ Widerstand	Musikding	1MMetall	0,06
2x	6,8 kΩ Widerstand	Musikding	6k8Metall	0,12
2x	22 kΩ Widerstand	Musikding	22kMetall	0,12
2x	100 kΩ Widerstand	Musikding	100kMetall	0,12
2x	68 kΩ Widerstand	Musikding	68kMetall	0,12
2x	4,7 kΩ Widerstand	Musikding	4k7Metall	0,12
2x	33 kΩ Widerstand	Musikding	33kMetall	0,12
2x	2,2 kΩ Widerstand	Musikding	2k2Metall	0,12
1x	1kΩ Widerstand	Musikding	1kMetall	0,06
4x	100Ω Widerstand	Musikding	100RMetall	0,24
4x	10V Zener Diode 500mW	Musikding	zener10	0,32
1x	Diode	Musikding		
1x	Diode 1N4007 (Schutzdiode)	Musikding	1n4007	0,04
1x	LM7806	Musikding	1066	0,25
1x	Kondensator Tantal 1µF	Musikding	tant1	0,18
1x	Kondensator Tantal 0,33µF	Musikding		
2x	Kondensator MKT 10µF 63V	Ebay	suche nach 'kondensator mkt 10µF'	ca. 4,-

3x	Folienkondensator PP 100nF	Musikding	mpp0,1uF	1,20
1x	Folienkondensator PP 10nF	Musikding	mpp10nF	
1x	Folienkondensator PP 22nF	Musikding	mpp22nF	0,35
1x	Folienkondensator PP 15 nF	Musikding	mpp15nF	0,35
1x	Folienkondensator PP 5,6 nF	Musikding	mpp5,6nF	0,30
2x	Folienkondensator PP 8,2 nF	Musikding	mpp8,2nF	0,60
2x	Kondensator Keramik 330pF	Musikding	ker330pF1kV	0,24
2x	Kondensator Keramik 220pF	Musikding	ker220pF1kV	0,24
6x	Kondensator Keramik 100pF	Musikding	ker100pF1kV	0,72
1x	Lötleiste	Musikding	loetl2f30	3,00
1x	Kühlkörper 19mm 22k/W	Musikding	kuehl19	0,45

Summa summarum ist es also möglich für rund 150,- EUR ein 500W Hybrid Bass-Topteil zu bauen. Das Topteil hat dabei ein Gewicht von 2,7 kg.

6. Montage

Zunächst werden die Bohrungen der Bodenplatte vorgenommen. Im Einzelnen sind dies Bohrungen für die Füße, den Montagewinkel der Röhrenfassung, die Schutz Erde und die Netzteile.

Als nächstes kommen die Bohrungen der Vorderseite an die Reihe. Im Einzelnen sind dies die Bohrungen für die beiden Eingangsbuchsen, die beiden LED, die fünf Bohrungen für die Potentiometer und die drei Bohrungen für die Schalter.

In der Rückseite muss eine Öffnung ausgesägt werden für den Netzanschlusstecker, für den Lüfter der Endstufe, für den DI-Out und für den Speakon-Anschluss. Eine Bohrung für den Groundlift des DI-Out ist noch vorzunehmen.

Alle Bohrungen sollten möglichst sauber entgratet werden.

Die Schaltungen für die Vorstufe, die Klangregelung und das DI-Out können sehr gut jeweils auf einer Lötleiste aufgebaut werden.

Die gekauften Module und die selbstgebauten Schaltungen auf Lötleiste können sehr gut mit entsprechenden Abstandsbolzen im Gehäuse befestigt werden.

7. Bilder vom fertigen Amp



Abbildung 1: Anschlussfeld



Abbildung 2: Bedienfeld

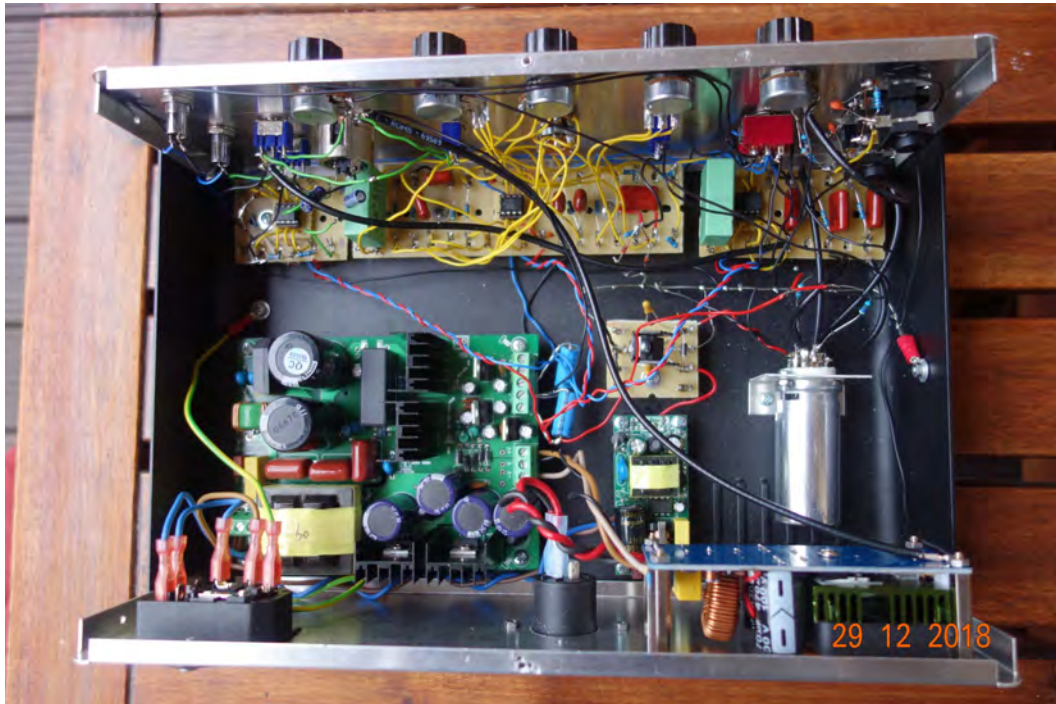


Abbildung 3: Kompletter Amp von oben

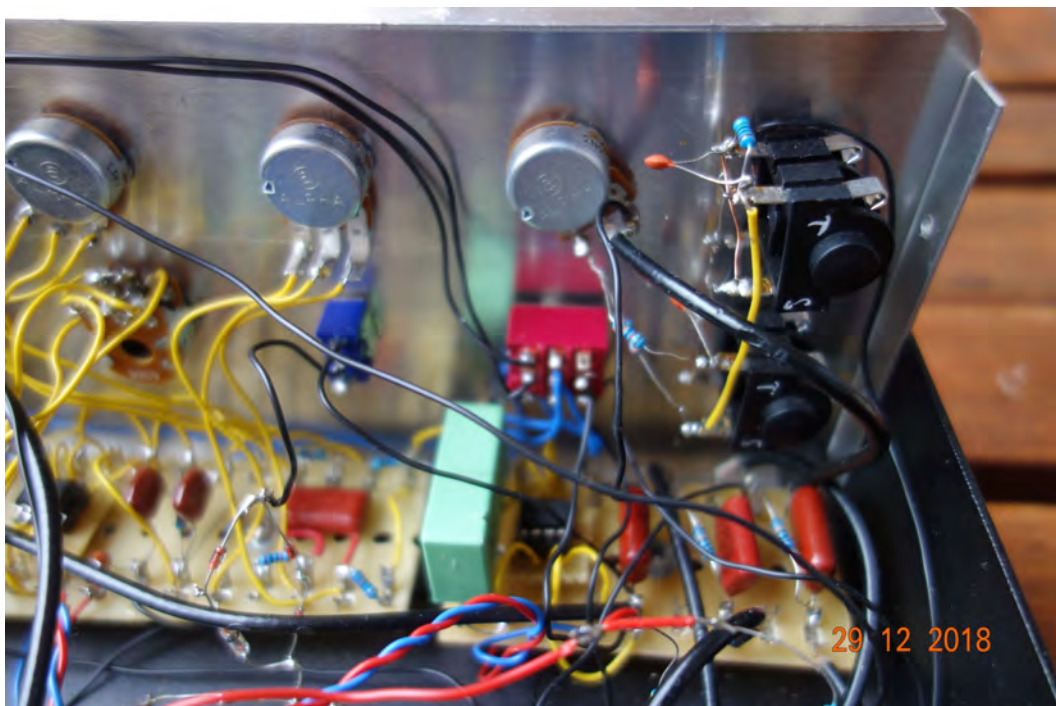


Abbildung 4: Eingangsbuchsen mit Preamp

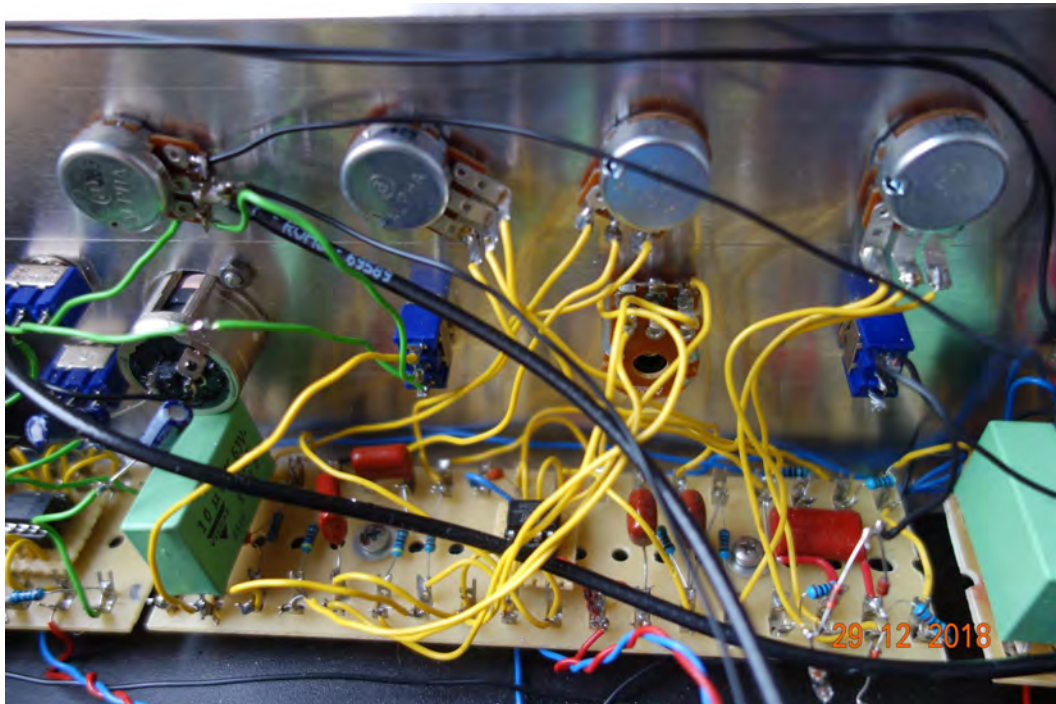


Abbildung 5: Equalizer

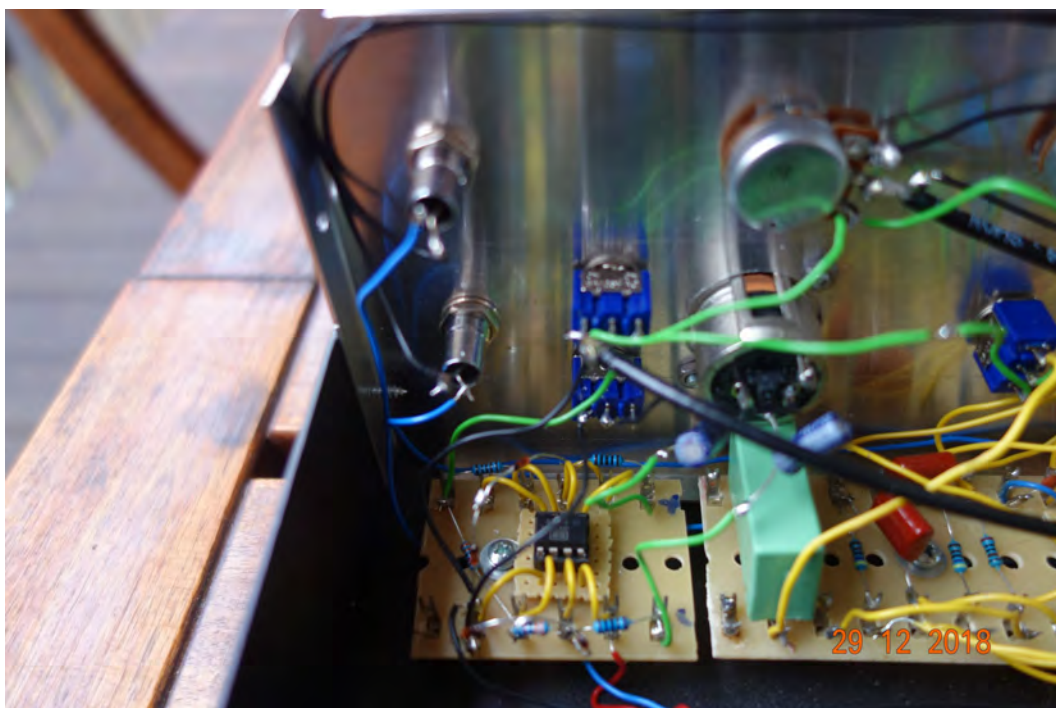


Abbildung 6: DI-Out mit Pre/Post- und Groundlift-Schalter

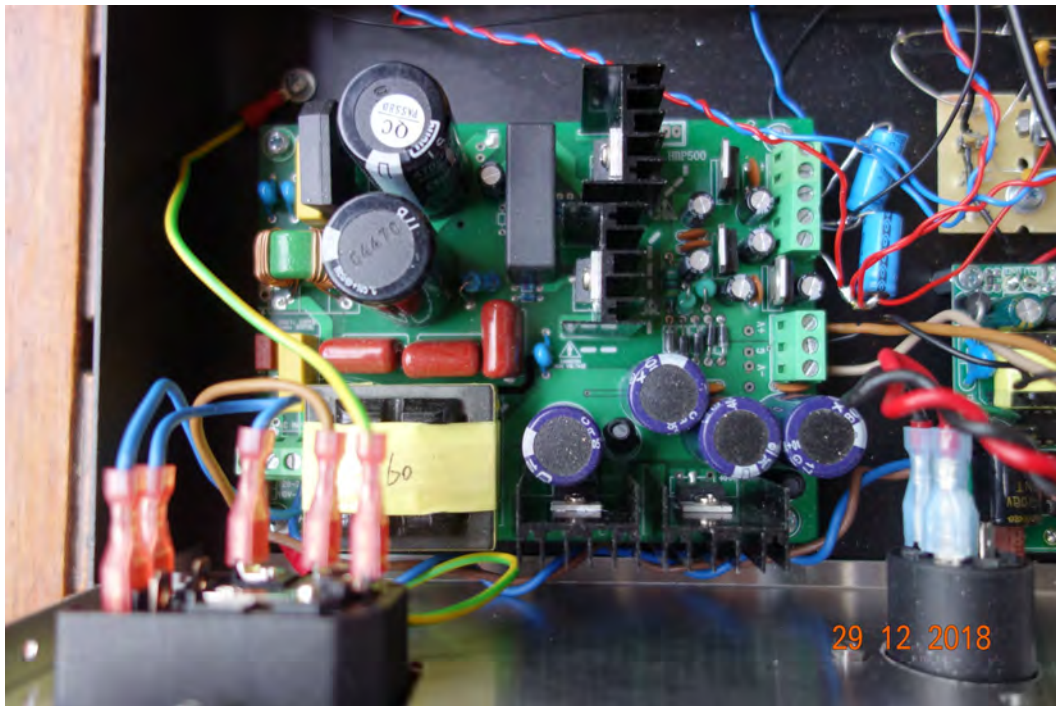


Abbildung 7: Schaltnetzteil und Netzanschlussbuchse

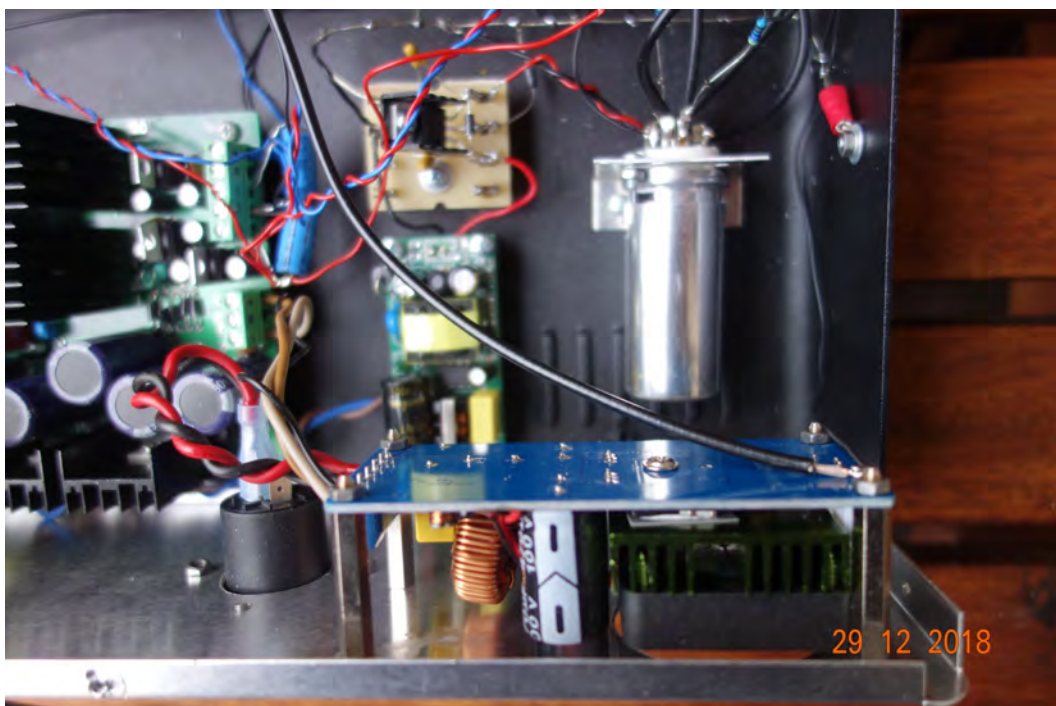
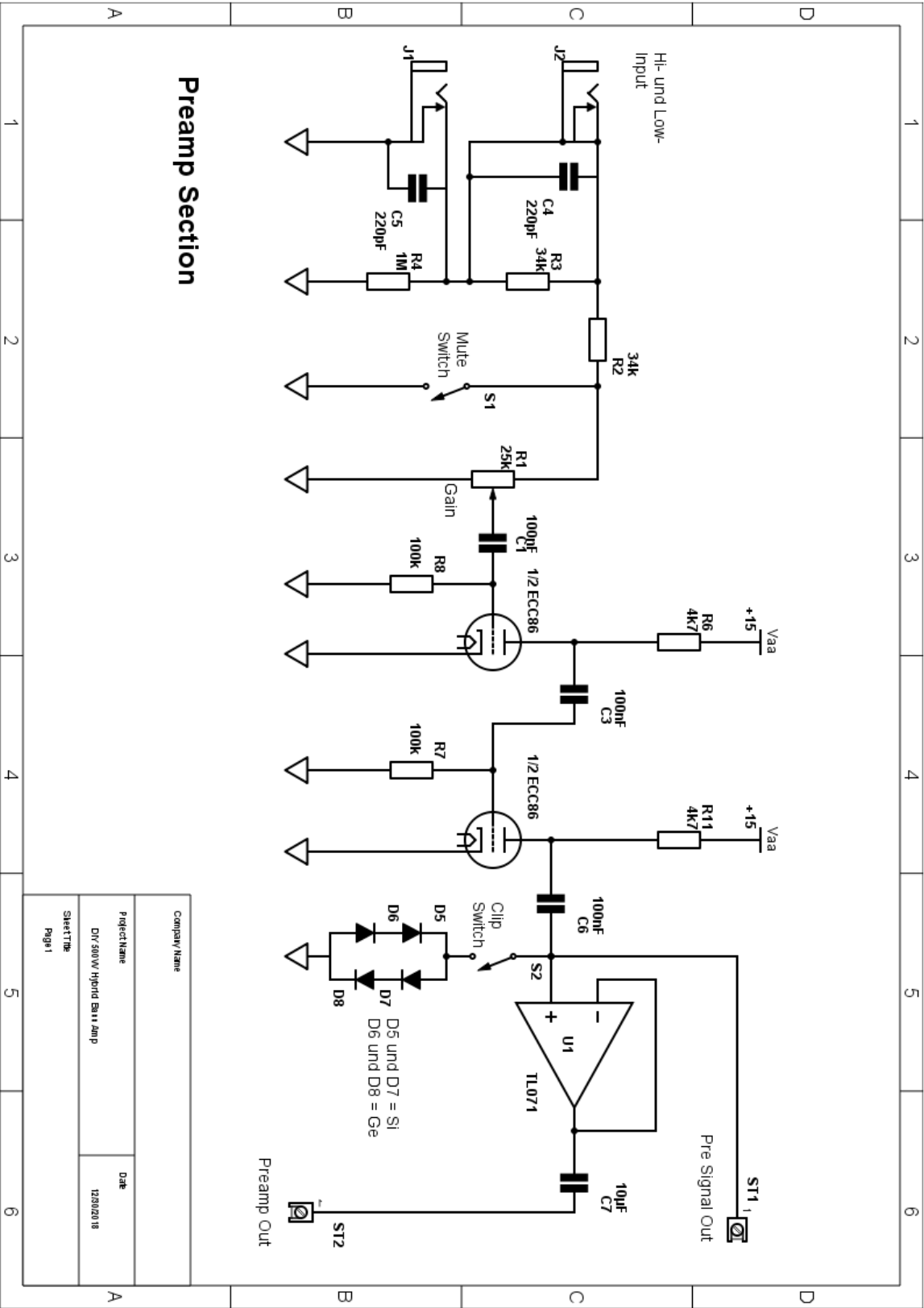
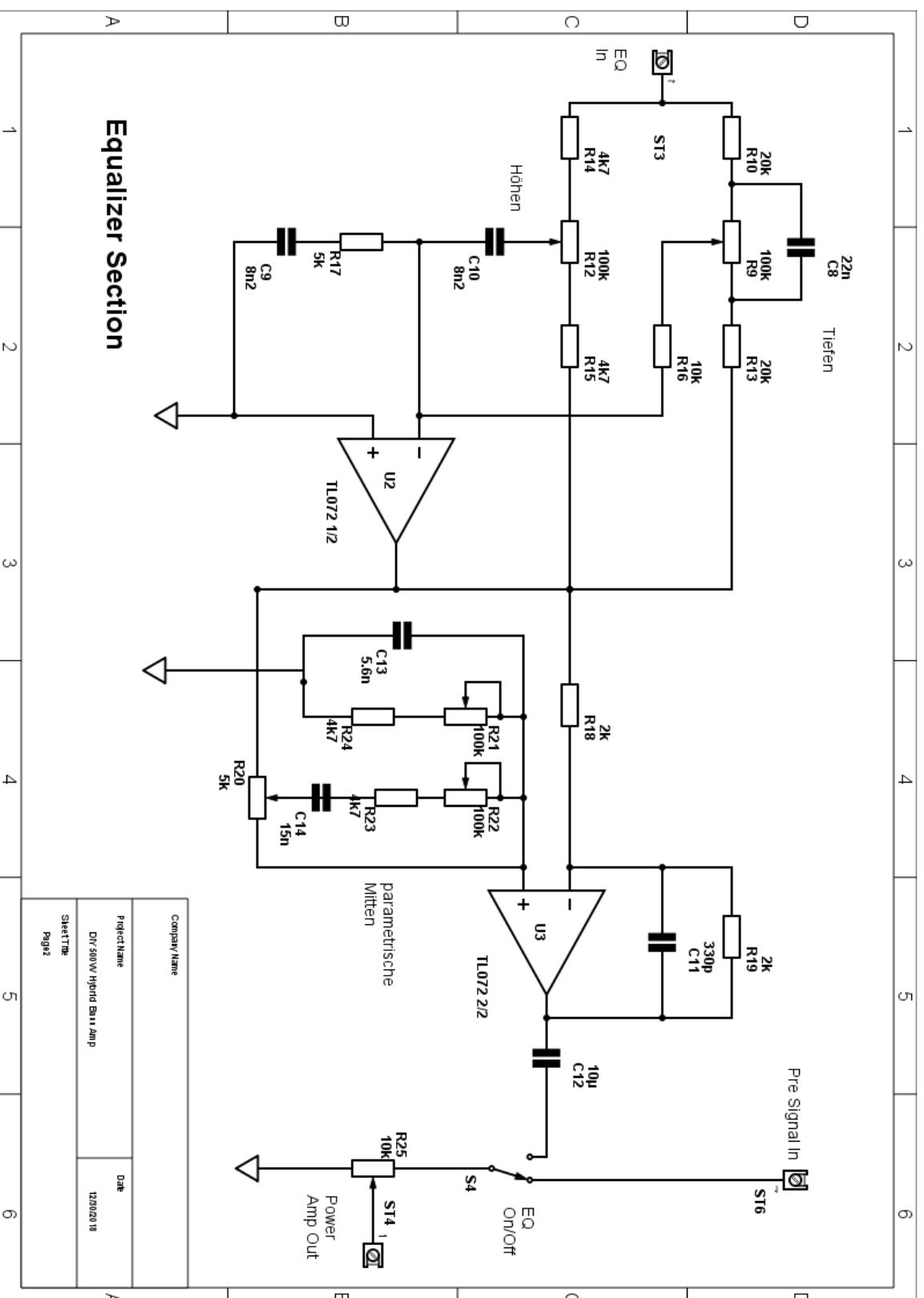
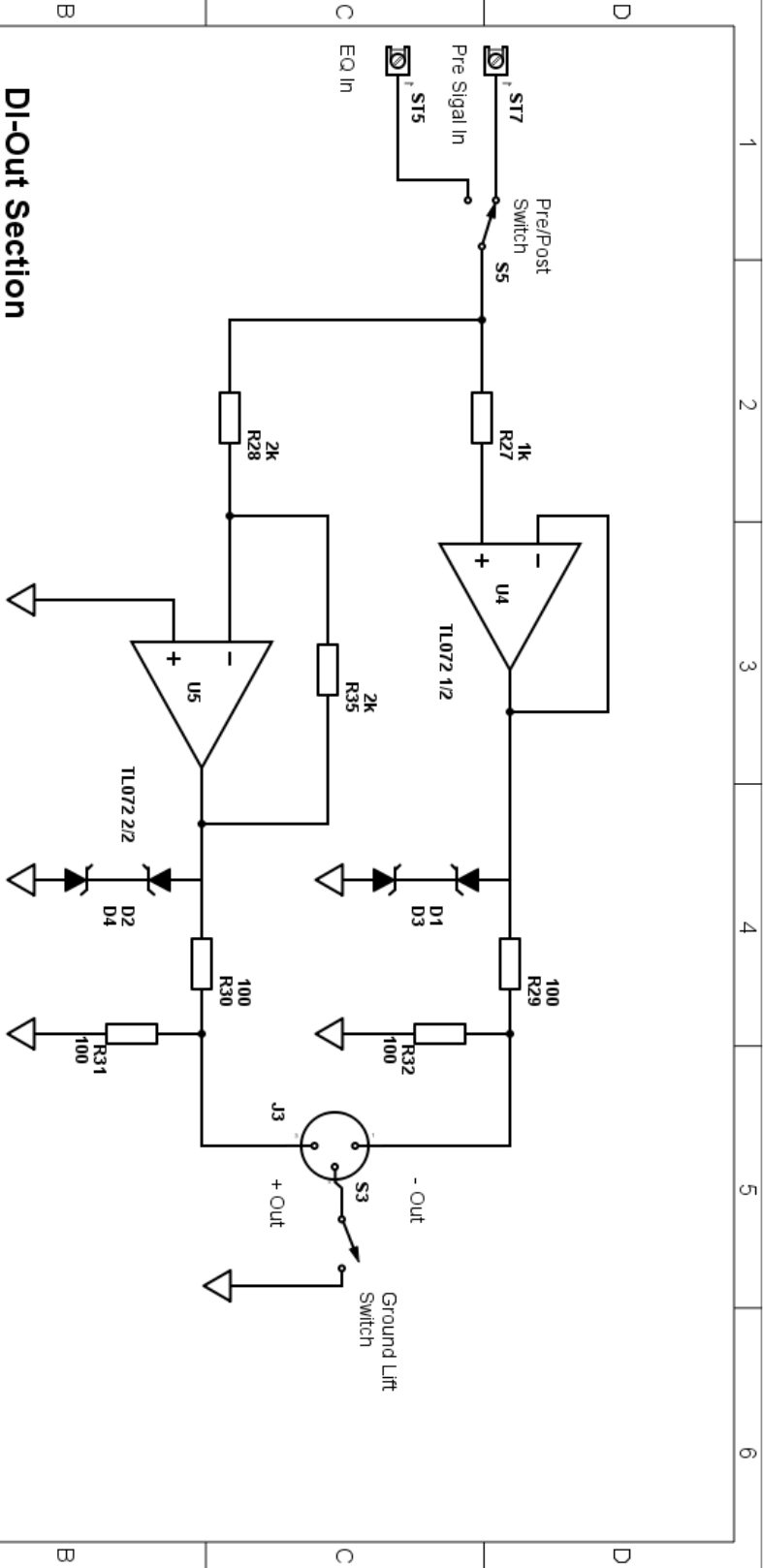


Abbildung 8: ECC86-Röhre, Schaltnetzteil und Class D-Endstufe

8. Schaltpläne







Company Name	
Project Name	Date
DIY 800W Hybrid SAH Amp	12/20/2018
Sheet No	Pages