

Paradise R3 Aufbau-Anleitung

01.02.2013

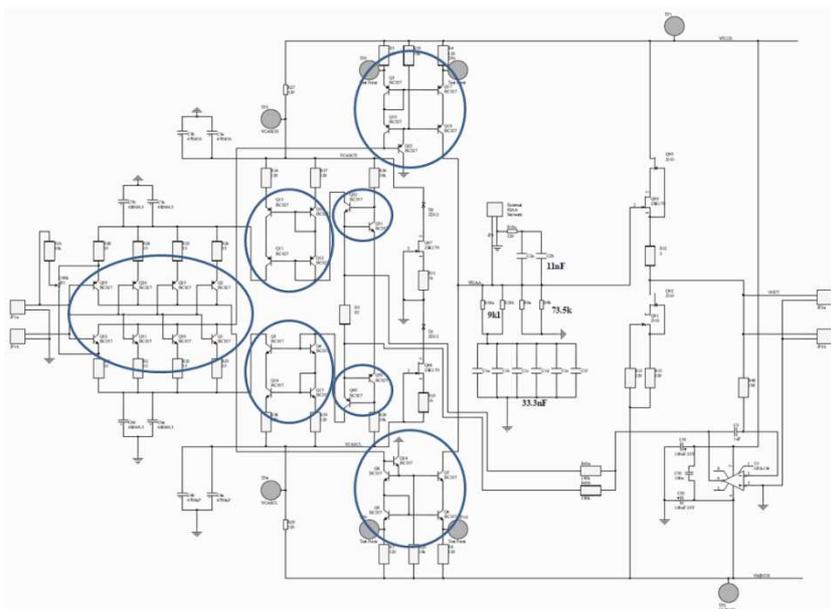
Willkommen zum Paradise R3 Phono-Vorverstärker, wahrscheinlich einer der besten verfügbaren DIY-Phono-Vorverstärker auf dem Markt. Das Schaltungskonzept stammt von Joachim Gerhard, Schaltungsentwurf und Simulation von Michael Borresen, Stromversorgungen von Frans de Wit, und das Layout von Alfred Hesener. Diese Aufbauanleitung soll helfen, die Platinen problemlos zu bestücken und in Betrieb zu nehmen.

Aufbau

Es wird empfohlen, mit den niedrigsten Bauteilen zu beginnen (Widerstände und LEDs), dann die grösseren Bauteile. Die grossen Elkos sollten anschliessend montiert werden, und der Kühlkörper mit den Leistungstransistoren kommt als letztes. Die Entkopplungskondensatoren auf der Unterseite (SMD) sind optional und sollten vor der Kühlkörpermontage bestückt werden, das macht aber keinen grossen Unterschied.

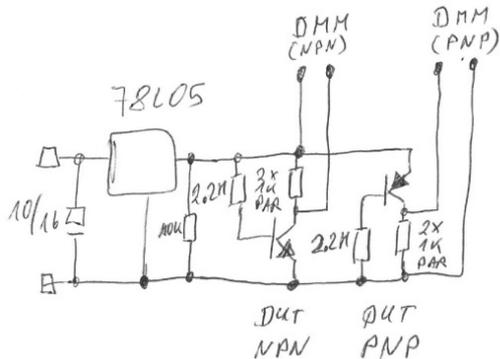
Bitte noch keine Drahtbrücken für die Verbindung von Power Supply und Verstärker einfügen.

Es wurde viel gesagt über die BC327 und BC337 –Transistoren, wichtig ist dass sie auf gleiche Stromverstärkung selektiert werden, vor allem die Transistoren der Eingangsstufe. Hier sollten die PNPs und NPNs möglichst die genau gleiche Stromverstärkung aufweisen (10% oder besser). Die Stromverstärkung sollte auch hoch sein (daher die "40"er Variante verwenden). Verschiedene Vorserien-Tester haben in ihren Messungen gefunden, dass die PNPs eine höhere Stromverstärkung haben können als die NPNs – wahrscheinlich sind 100-200 Stück jeweils notwendig, um eine ausreichende Menge gut passender Transistoren zu bekommen. Falls gleiche Stromverstärkung nicht möglich ist für alle Transistoren, sollten zumindest die Transistoren der Eingangsstufe gematcht sein, und die Stromverstärkung in den Stromspiegeln sollte in sich gleich sein, wobei das absolute Matching von Stromspiegel zu Stromspiegel nicht so wichtig ist, meiner Erfahrung nach.



Dieses Bild zeigt die Gruppen von Transistoren (in Kreisen), die so gut wie möglich zusammen passen sollten, wobei die Eingangsstufe wie schon gesagt die kritischste Stufe ist.

Falls kein DMM mit Transistor-Messfunktion oder ein Transistortester vorhanden sind: Hier ist ein anderer Schaltungsvorschlag, wie man die Auswahl hinbekommen kann:



Wie funktioniert? Der Basis-Widerstand bestimmt den Basis-Strom, und der Transistor wird diesen mit seiner Stromverstärkung verstärken. Das führt zu einer Spannung am Kollektor-Widerstand, und die Werte sind so gewählt, dass diese Spannung direkt der Stromverstärkung entspricht (d.h. $400\text{mV} = h_{fe}$ von 400). Die Schaltung ist nicht sehr präzise gemäss den Datenblatt-Angaben, aber für die Selektion gut genug.

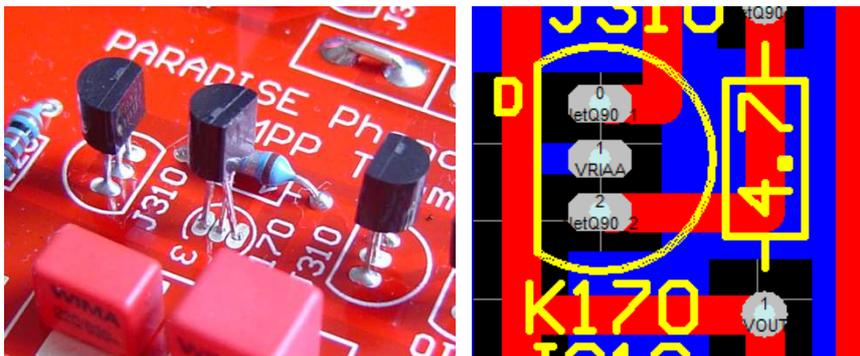
Für die Eingangsstufe wäre es am besten, 8 NPNs und PNP mit identischer Stromverstärkung, Kollektor-Basis-Leckstrom und gleichen Rauscheigenschaften zu haben. Um eine solche Auswahl herauszumessen, braucht man leider umfangreiche Gerätschaften, also werden wir die Transistoren nur nach Stromverstärkung sortieren, und das ist gut genug in 99,999% aller Fälle. Wenn die Stromverstärkung zwischen dem linken und rechten Kanal gleich ist, vermeidet das Verstärkungs-Unterschiede zwischen den Kanälen, was der Abbildungsgenauigkeit hilft. Falls das nicht möglich sein sollte, sollten zumindest alle NPNs und PNP jeweils zueinander passen.

Diese Eingangsstufe ist das Herzstück des Verstärkers, und jedweder Aufwand, der spendiert wird um das Matching besser zu machen ist sinnvoll und hilfreich. Es macht auch Sinn, die Emitter-Widerstände (33 Ohm) zu selektieren, obschon 1%-Widerstände sehr gut sind und der Einfluss an dieser Stelle eher gering ist, das ist schon an der Grenze zur Übertreibung. Wie gut ist gut genug? Wenn die Stromverstärkungen auf 10% genau passen, ist das schon gut. Genauer ist besser, ist aber schwieriger und von der Verfügbarkeit von Transistoren abhängig. Daher der Vorschlag, die Transistoren der Eingangsstufe so gut wie möglich zu selektieren, und dann die anderen Sub-Schaltungen zueinander zu selektieren.

Was diese anderen Subschaltungen angeht, bitte nochmal obigen Schaltplan anschauen. Die Kreise bezeichnen diejenigen Schaltungsteile, in denen die Transistoren möglichst gut zueinander passen sollten. Die müssen nicht unbedingt zu den anderen Transistoren passen. Das liegt daran, dass die Transistoren in diesen Subschaltungen sehr eng miteinander zusammenarbeiten, dank der cleveren Schaltungstechnik von Michael spielen deren Parameterschwankungen ausserhalb eigentlich keine Rolle.

Was die Absolutwerte der Stromverstärkung angeht, wird die Schaltung eigentlich mit allen Werten der 40er Sortierung klarkommen. Das Team hatte allerdings den Eindruck, dass wenn die Stromverstärkung sehr hoch wird (über 550 oder so), sich eine Tendenz zur Schwingneigung einstellen kann, wir haben allerdings nicht alle notwendigen Tests durchgeführt, ob das auch wirklich der Hauptgrund ist. Es ist auf jeden Fall klar, dass mit geringeren Werten keine Schwingneigung auftritt. Die Empfehlung ist daher, Werte um 400 für die Eingangsstufe zu bevorzugen, während der Rest der Schaltung auch höhere Werte verträgt (dann sollten allerdings die Entkoppel-Kondensatoren auf der Unterseite auf jeden Fall bestückt werden).

Die K170-JFETs können auch durch J107 ersetzt werden, die haben allerdings eine andere Anschlussfolge. Das nachfolgende Bild zeigt, wie das gemacht werden kann.



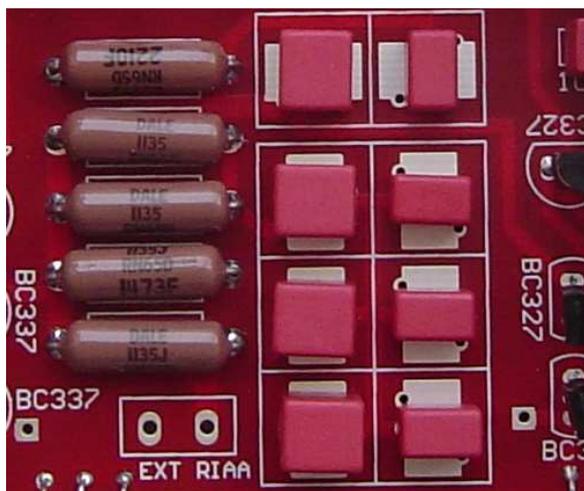
Keine Sorge wenn Deine Platine nicht so aussieht wie die im Bild, denn das wurde von der R2-Version gemacht. Die Pin-Anordnung ist auf der rechten Seite gezeigt, und der Drain-Anschluss ist mit einem D markiert, wobei die Pin-Reihenfolge Drain-Gate-Source ist, während für einen J107 die Pin-Reihenfolge Drain-Source-Gate ist (in beiden Fällen auf die flache Gehäuse-Fläche schauend). Diese Änderung wird möglicherweise einen Offset im Ausgangsbuffer hervorrufen, was der Servo allerdings korrigieren wird.

Die empfohlenen Widerstände für diesen Verstärker sind 0.6W Metallfilm, Rastermass 10mm. Solange gute Widerstände verwendet werden (1%), ist eine weitere Auswahl nicht notwendig, aber da gehen die Meinungen auseinander. Die LEDs weisen kleine Markierungen auf der Platine auf, die anzeigen, wo der lange Draht (Pluspol, oder Anode) hinkommt. Alle Elektrolyt-Kondensator-Symbole haben ein "+" Zeichen für korrekte Polarität bei der Montage. Die Leistungs-Widerstände werden am besten einige Millimeter über der Platine montiert, damit die warme Luft besser abfließen kann und die Wärme weniger in die Platine gelangt, wie das nachstehende Bild zeigt.



Im Bereich der RIAA-Frequenzgangkorrektur ist mehr Platz für die Widerstände vorgesehen, zum Beispiel für Dale RN65-Widerstände, die als gute Wahl gelten. Die angegebenen Werte im Schaltplan sind die Originalwerte aus der Entwicklung heraus (9.1k sowie 73.5k), und können beispielsweise durch Parallelschaltung erreicht werden, aber das kann individuell realisiert werden. Es ist ausdrücklich empfohlen, die Widerstandswerte zwischen den beiden Kanälen so identisch wie möglich zu machen, selbst wenn die Absolutwerte nicht genau getroffen werden, wiederum um die räumliche Abbildung zu optimieren.

Die Platine kann verschiedene Kondensator-Typen im RIAA-Bereich aufnehmen, inklusive Kondensatoren von LCR, Rifa (SMD) sowie Wima mit Rastermass 5mm. Es sind genügend Kondensatoren parallel vorgesehen, so dass der gewünschte Wert durch Parallel-Schaltung leicht realisiert werden kann. Der im Schaltplan angegebene Wert ist der Gesamtwert (33.3nF sowie 11nF), und um diese Werte zu erreichen, müssen dann entsprechend viele Kondensatoren eingesetzt werden. Es ist wiederum wärmstens empfohlen, die Kondensatoren beider Kanäle möglichst gleich zu wählen, und ein paar 100pF und 220pF-Kondensatoren in Reserve können dabei sehr hilfreich sein. Mit dem Anschluss "External RIAA" können auch weitere RC-Netzwerke ausserhalb der Platine realisiert werden (dann ohne RIAA-Komponenten auf der Platine, selbstredend), aber dieses Netzwerk sollte gut geschirmt sein, und der Schirm sollte nicht im Netzwerk mit Masse verbunden werden, sondern an der Eingangsmasse.

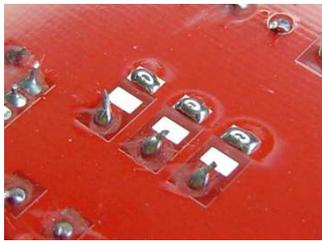


RIAA-Sektion mit Anschluss für externes Netzwerk

Einer der Widerstände ist mit "Neumann" bezeichnet (links oben in obigem Bild), dieser bezieht sich auf die Theorie, dass während des Schneidens des Platten-Rohlings die hohen Frequenzen abgesenkt worden sein soll, damit der Schneidkopf nicht durch hochfrequente Anteile beschädigt wird (nicht vergessen, die Rohlinge werden ja mit umgekehrter RIAA-Kennlinie geschnitten, das heisst die hohen Frequenzen werden angehoben. Hier bitte einen 220Ohm-Widerstand (zur Implementierung der Korrektur) oder eine Drahtbrücke einfügen.

Die im Schaltplan angegebenen Werte ergeben die groovige Joachim-Gerhard-Michael-Borresen-Hauskurve, die zu einem gewissen Grad für den Klang der Paradise-Phono-Vorstufe verantwortlich ist. Wer es einen Hauch linearer haben will, sollte die Werte verwenden, die Ricardo Cruz dankenswerterweise ausgerechnet hat (11nF, 32,1nF 9.9K und 73.7K).

Um SMD-Kondensatoren einzulöten, zunächst auf einer Seite verzinne (aber nicht auf der anderen), dann den Kondensator mit einer Pinzette halten und das Zinn erneut erwärmen, so dass der Kondensator auf der einen Seite fixiert wird. Jetzt kann die andere Seite gelötet werden, und anschliessend die erste Seite nochmals kurz erwärmt werden, um die restliche mechanische Spannung im Bauteil komplett zu lösen.



Step 1



Step 2



Step 3

Die Leistungstransistoren werden am besten zunächst auf den Kühlkörper montiert, siehe die Reihenfolge unten auf dem Bild sowie auf der Platine. Zunächst das Bauteil auf die richtige Stelle legen (und dabei Isolationsmaterial, falls nötig, nicht vergessen), dann den Clip drüber und einpressen. Die Positionierung muss nicht supergenau sein, da der Kühlkörper auf der Platine etwas Spielraum hat. Anschliessend den Kühlkörper mit allen Transistoren in deren Löcher einfädeln, bis es genau passt und der Kühlkörper die Platine berührt. Dann den Kühlkörper festschrauben (mittlere Schraube zuerst), und zuletzt die Transistoren festlöten und überstehende Drähte abschneiden.



Ausrichtung der Leistungstransistoren



Montage der Leistungstransistoren

Inbetriebnahme

Jetzt sollte die Steckbrücke in der Mitte der Platine, zwischen den Spannungsreglern und dem Verstärker, immernoch nicht gebrückt sein. Für die Inbetriebnahme wird eine externe Stromversorgung oder ein Labornetzgerät sowie ein Multimeter (DMM) benötigt.

Am besten findet die Inbetriebnahme mit einem geregelten Labornetzteil statt, mit einer Strombegrenzung bei 200mA, wobei die positive und negative Spannung gleich laufen sollten. Nach korrektem Anschluss an der Platine, dreh die Spannung auf +/-30V auf und schau was passiert. Alternativ kann auch eine normale Stromversorgung mit +/- 28V bis 35V verwendet werden, dann sollten allerdings ein paar Widerstände (100 Ohm 10W) in Serie mit den Spannungen geschaltet werden, um grobe Unfälle zu vermeiden. Wenn die Spannungen dann gut ansteigen (und das Labornetzteil nicht in Strombegrenzung geht), können die Schutzwiderstände entfernt werden.

Als nächstes sollten die Ausgangsspannungen der Spannungsregler gemessen werden, diese sollten ca. +/- 18V sein. Sie können mit den Trimmern eingestellt werden, der Trimbereich ist ca +/- 0.5V. Nach 15min nochmals überprüfen, wenn der Regler warm geworden ist.

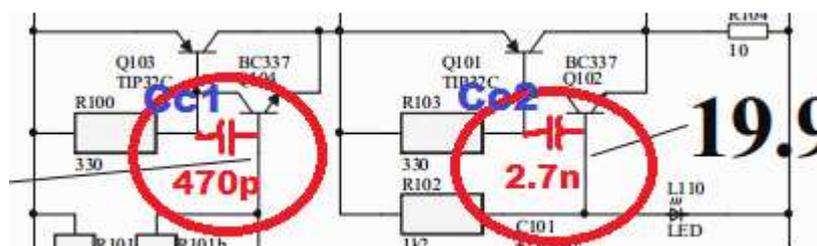
Was kann schiefgehen?

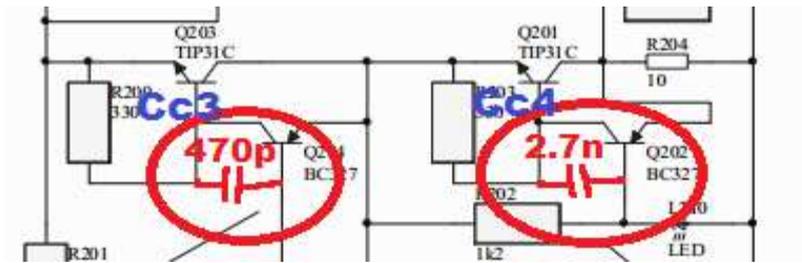
Eingangsspannung "hängt" bei 18-20V, hoher Strom (höher als 120mA) – Prüfen, ob die Leistungsdioden richtigerum eingesetzt sind. LEDs hinter dem Kühlkörper prüfen. Kollektor-Spannung der äusseren NPN-PNP-Leistungstransistoren messen, diese sollte ca 3V höher als die Ausgangsspannung sein. Leistungswiderstände 100Ohm prüfen. Leistungstransistoren auf Kurzschlüssen prüfen.

LEDs leuchten nicht – Höchstwahrscheinlich ist eine der LEDs falsch herum eingesetzt. Falls alle richtig eingelötet sind, Spannungen an jeder LED messen, bei einer grünen LED sollte diese 1.8V betragen. Hohe Spannung zeigt an, dass diese LED defekt ist. Prüfen, ob alle LEDs hinter dem Kühlkörper leuchten.

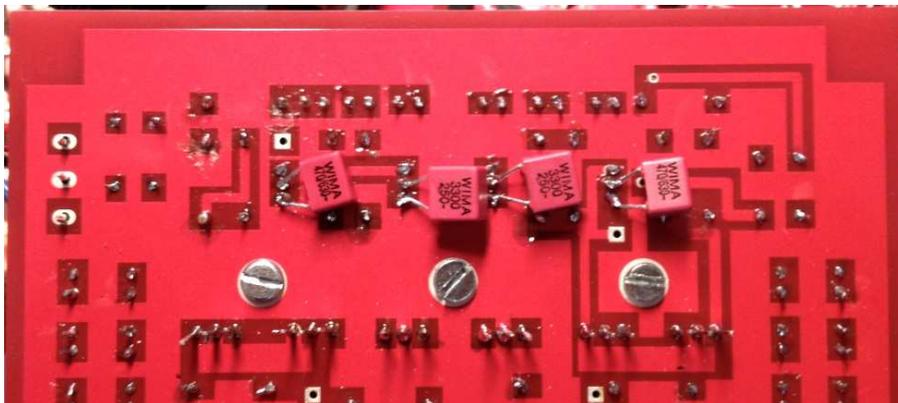
Spannung ist niedriger als 18V, kann aber eingestellt werden – Höchstwahrscheinlich ist eine der LEDs kurzgeschlossen.

LEDs leuchten, Spannungen passen, hochfrequente Störsignale auf den Spannungen – In einigen Aufbauten haben die Stromquellen der Spannungsregler Schwingneigung gezeigt, mit Frequenzen im Bereich von 2...8MHz. Dies kann mit einem Oszilloskop (AC-Coupling) leicht nachgewiesen werden. Dies liegt an der hohen Verstärkung in den Stromquellen, die auch für die gute Performance sorgt. Zuviel ist allerdings zuviel, kein Zweifel. Dies kann leicht behoben werden, mit 470pF-Kondensatoren über Kollektor-Basis von Q104 und Q204, sowie 2.7nF über Kollektor-Basis von Q102 und Q202. Der folgende Schaltplan illustriert das:



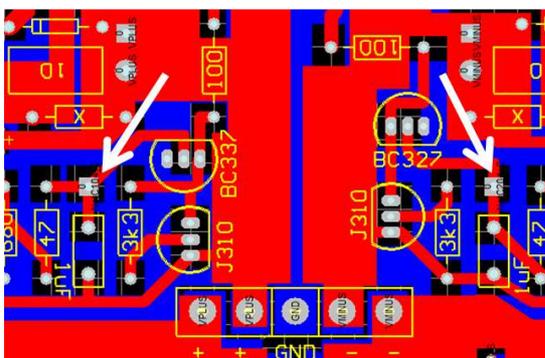


Diese Kondensatoren verringern auch die Geschwindigkeit, mit der die Stromquellen auf Spannungsschwankungen reagieren können. Das bedeutet, dass die Ausgangskondensatoren (C105 und C205 sowie die Entkopplungskondensatoren) sowie der Shuntregler etwas mehr arbeiten müssen, was aber de facto sehr wenig ausmacht. Für diese Kondensatoren sollten gute Folienkondensatoren (z.B. Wima MKS oder FKP) verwendet werden. Das folgende Bild zeigt, wie das auf der Platine implementiert werden kann, die Transistoren, die betroffen sind, befinden sich unter dem Kühlkörper.



Die beiden äusseren Kondensatoren sind die 470pF-Kondensatoren, die inneren sind die 2.7nF. Du wirst sehen, dass auf dem Bild 3.3nF-Kondensatoren zu sehen sind – liegt einfach daran, dass ich genau die zur Hand hatte.

LEDs leuchten alle, aber die Ausgangsspannung ist sehr hoch oder sehr niedrig – Shunt-Regler arbeitet nicht, daher die unten gezeigten Testpunkte messen. Diese sollten +/- 0.6V bezogen auf GND haben. Falls nicht, Transistoren prüfen (sind ebenfalls in diesem Bild).

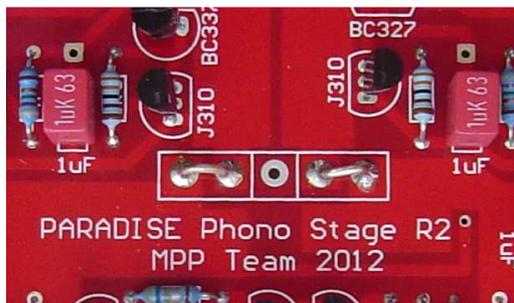


Falls diese Spannungen stimmen, miss die Gate-Source-Spannung der PMOS/NMOS-Transistoren, die sollte ca +/- 2.5V bezogen auf GND sein. Falls nicht, Leistungstransistoren prüfen. MOSFETs sind recht empfindlich in der Handhabung, und sollten nicht elektrostatischer Aufladung ausgesetzt werden. Man kann den Widerstand von Gate nach Source messen (sollte sehr hoch sein), sowie die Diodentestfunktion des DMM zwischen Drain und Source verwenden (sollte 0.65V in einer Richtung sein, und hochohmig in der anderen Richtung).

LEDs leuchten, aber die Ausgangsspannung schwankt, "seltsame" Messwerte – Es könnte sein, dass Schwingneigung vorliegt (siehe oben, Stromquellen). Der Shuntregler könnte allerdings auch schwingen, obwohl das mit diesem Design sehr unwahrscheinlich ist. Wenn ein Oszilloskop vorhanden ist, Ausgangsspannung mit AC-coupling messen um die Schwingungen nachzuweisen. Falls das der Fall sein sollte, den 1uF-Kondensator verringern (C103 oder C203, siehe obiges Bild).

Was kommt als nächstes?

Die Spannungsregler sollten jetzt gut und stabil funktionieren. Jetzt die Spannung abschalten, und den Verstärker mit den Spannungsreglern verbinden, wie im nachfolgenden Bild:



Nicht verzweifeln wenn Deine Platine nicht wie diese aussieht, das Bild wurde von der R2-Version gemacht, aber die Brücken sind dieselben. Kräftige Drähte einlöten, und sicherstellen dass auf beiden Seiten der Platine eine gute, kegelförmige Lötverbindung vorliegt.

Jetzt einen 10KOhm-Widerstand am Eingang der Phonostufe anlöten. Jetzt kann die Spannung wieder eingeschaltet werden. Die LEDs sollten alle leuchten. Spannungen nachmessen, die sollten +/- 18V betragen. Die Ausgangsspannung des Verstärkers sollte ca 0V sein.

Jetzt sollte alles OK sein ;-)

Falls das der Fall ist, Spannung am Eingang messen und den "Offset"-Trimmer so einstellen, dass die Spannung dort auf 0 geht. Diese Spannung wird sehr klein sein, möglicherweise schwierig zu messen. Gleichzeitig sollte die Ausgangsspannung des Servo-Opamps (pin 6 des IC) auf Null gehen – falls das nicht passiert, gibt es Asymmetrie in der Schaltung, höchstwahrscheinlich in der Eingangsstufe oder im Ausgangs-Buffer. Wenn die Servo-Ausgangsspannung niedrig ist (ein paar volt), ist das nicht unbedingt ein Problem. Wenn sie allerdings hoch ist, nahe der Betriebsspannung des Opamps, ist die Asymmetrie sehr hoch, und die Transistoren sollten überprüft werden. Nach 15min nochmals messen, wenn der Verstärker warm geworden ist. Möglicherweise muss der Widerstand am Eingang vergrößert werden, um überhaupt etwas zu sehen. Es wurde von einigen Fällen berichtet, in denen die Elkos in der Eingangsstufe (6800uF) einige Tage unter Spannung benötigten, um Leckströme abzubauen und keine Ausgangsspannungs-Schwankungen mehr zu erzeugen.

Wie weitere Erfahrung zeigte, ist 10kOhm als Wert recht hoch, was die Leckströme der Elkos und Transistoren der Eingangsstufe deutlich anzeigen sollte. Wenn der Eingangsoffset eingestellt ist, sollte ein Widerstand von 10Ohm am Eingang angelötet werden, und der Ausgang gemessen. Jetzt sollte die Ausgangsspannung stabil bei 0V liegen. Es kann passieren, dass während die Elkos sich "formieren", die Ausgangsspannungs-Schwankungen weiter vorkommen können, und das kann ein paar Tage Dauerbetrieb so bleiben. Ist aber kein Grund zur Besorgnis.

Wenn der Servo-Opamp eine grössere Spannung an seinem Ausgang aufweist (mehr als +/-2...3V an Pin 6), bedeutet das, dass er einen grösseren Offset zu kompensieren hat. Der Servo ist absichtlich relativ "schwach" eingestellt, sollte aber zwischen +/-12 V bleiben, um den linearen Bereich am Ausgang nicht zu verlassen. Am besten wäre eine Spannung von 0V, doch das ist nur mit perfekt gematchter Eingangsstufe, Stromspiegeln und Ausgangsbuffer ohne Offset zu erreichen.

Während die Stromspiegel so clever entworfen sind, dass ihr Einfluss auf den Offset vernachlässigbar ist, können die anderen beiden Offset-Quellen mehr anrichten. Was den Ausgangsbuffer angeht – wenn der JFET Q99 einen hohen IDSS-Wert hat, dann muss seine Gate-Spannung negativ in Bezug auf Source werden, so dass er bei dem Strom arbeitet, der durch Q91 und R15 vorgegeben wird. Damit also am Ausgang 0V vorliegen, muss der Servo die Spannung am Gate von Q99 negativ einstellen. In meinem Fall waren dies -1.5V, wie auch im Schaltplan (Version mit Spannungswerten) angegeben. Man könnte auch den Buffer bei höherem Strom betreiben, indem R15 verringert wird, wodurch sich auch der Offset verringert, aber das ist weder für Performance noch aus klanglichen Gründen wirklich nötig.

Wenn die Transistoren der Eingangsstufe nicht gut gematcht sind zwischen den NPNs und den PNP, dann kann ebenfalls ein Offset entstehen. Dieser Offset sollte mit unterschiedlichen Eingangsimpedanzen auch unterschiedlich sein, wobei hier Werte von 10kOhm oder mehr notwendig sein dürften, um etwas zu sehen. Es könnte auch sein, dass nur einer der Transistoren einen hohen Kollektor-Basis-Leckstrom aufweist, was allerdings sehr selten ist. Manchmal können Transistoren durch den Fertigungs-Endtest durchschlüpfen. Dies kann dadurch festgestellt werden, indem Eingangswiderstände von 10kOhm und 20kOhm angeschlossen werden, und der Offset gemessen wird. Wenn er sich ändert, könnte dies die Ursache sein und neue Transistoren in der Eingangsstufe erfordern. Wenn nicht, einfach ignorieren.

Was kann schiefgehen?

Eine oder beide Betriebsspannungen bei null – dies deutet auf einen Kurzschluss hin. Lötstellen überprüfen, vor allem bei den SMD-Kondensatoren, um sicherzustellen dass nichts falsch angeschlossen ist.

Eine oder beide Betriebsspannungen hängen bei 2-3V – wahrscheinlich ist ein BC327 anstelle eine BC337 oder umgekehrt eingesetzt, alle Transistoren prüfen ob alles korrekt ist.

Ausgangsspannung hängt bei +/-15-18V – Transistoren im Ausgangs-Buffer überprüfen, möglicherweise Kurzschluss. Spannung am "Ext Riaa" Anschluss messen, diese sollte 0 oder nahe 0 sein. Falls nicht, ist möglicherweise eine der Stromquellen nicht funktionsfähig.

Wenn am "Ext R1aa" Anschluss eine Spannung anliegt, und die Ausgangsspannung des Verstärkers ungefähr gleich ist (eventuell etwas höher, ca 1...2V), ist der Ausgangsbuffer in Ordnung. Wenn die Ausgangsspannung sehr unterschiedlich ist, liegt das Problem im Ausgangsbuffer. Etwas Gleichspannung am "Ext R1aa" Anschluss ist kein Problem, dies zeigt nur dass der Ausgangsbuffer einen DC-Offset aufweist, den der Servo korrigiert. Idealerweise sollte das 0 sein, bei mir waren es -1.5V und es klang hervorragend.

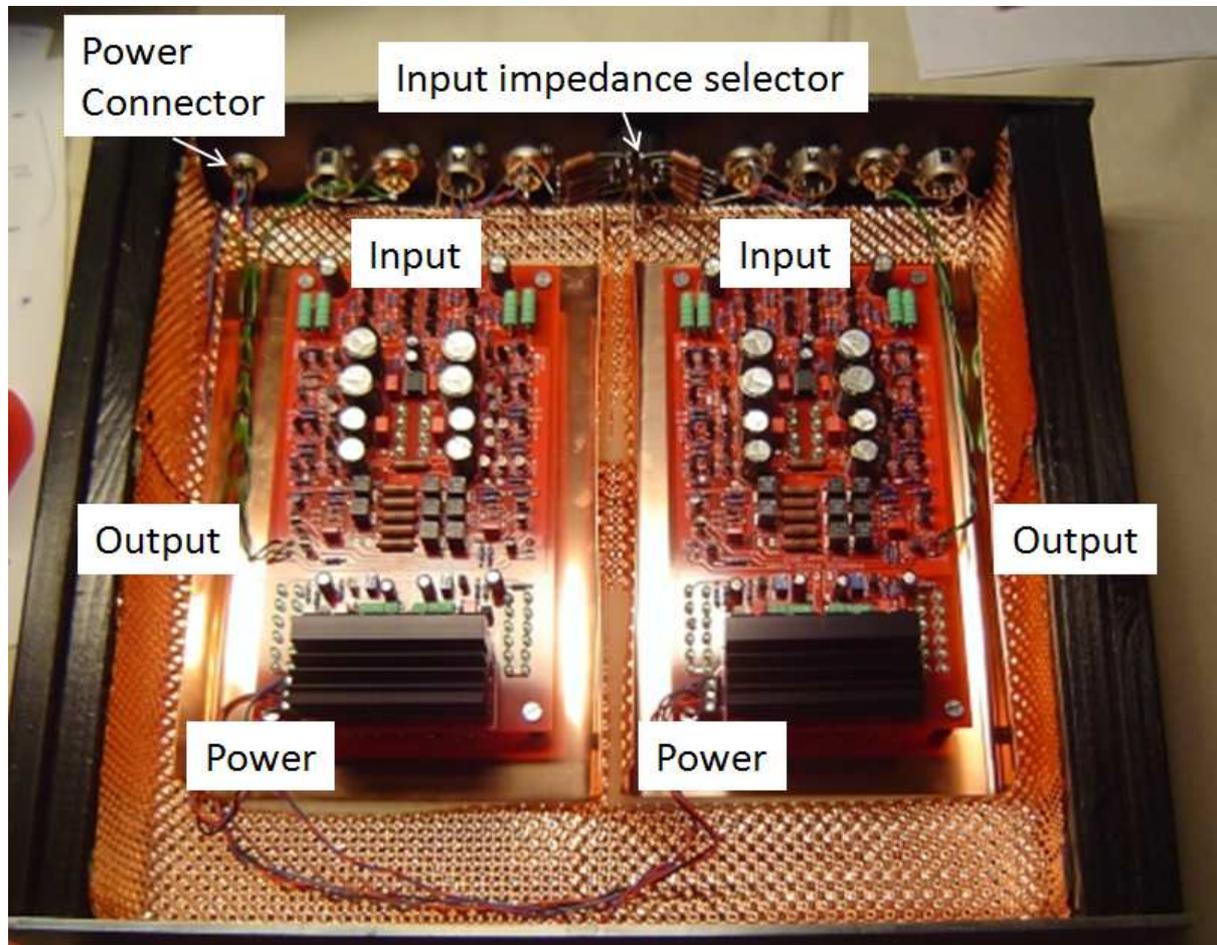
Ausgangsspannung hängt bei irgendeinem Wert fest – Ausgangsspannung des Servo-Opamps messen (pin 6). Sollte diese Spannung bei +/-18V hängen, versucht der Servo eine Asymmetrie auszuregulieren, die zu gross für seinen Wirkungsbereich ist. In diesem Fall könnten R43a und R43b verringert werden, damit der Servo mehr Einfluss bekommt. Die wahre Ursache ist allerdings wahrscheinlich ein Unterschied in der Stromverstärkung der NPNs und PNP.

Für alle anderen Fragen gibt es den folgenden Diskussions-Kanal bei dieser Adresse:

<http://www.diyaudio.com/forums/analogue-source/218625-paradise-builders.html>

Installation

Die Platine hat Ausgangs-Anschlüsse auf beiden Seiten, so dass der Anschluss der Ausgangsbuchsen nicht über die Platine hinweg erfolgen muss, und dort Übersprechen erzeugen könnte. Das nachfolgende Bild zeigt meine Implementierung:

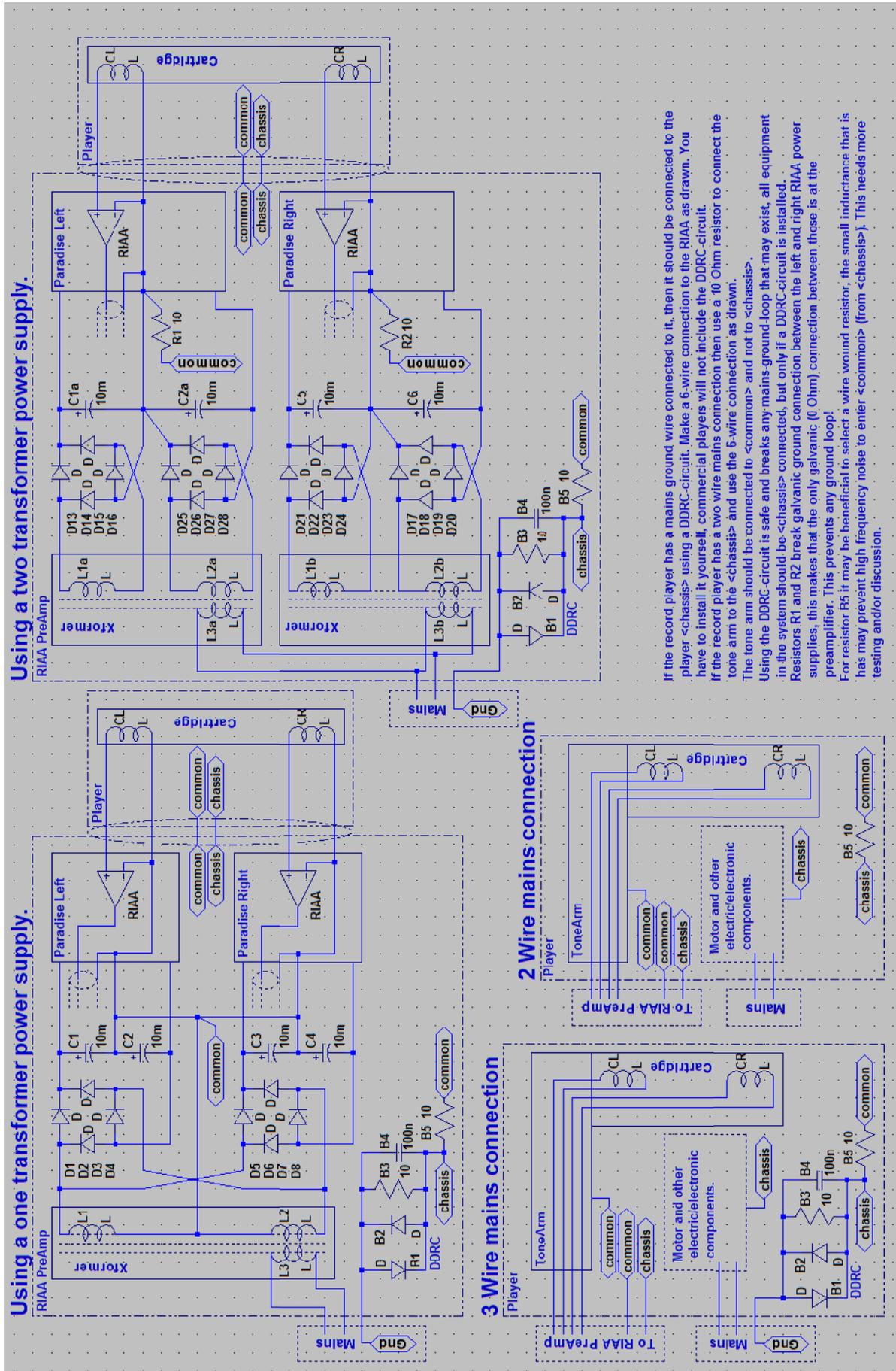


Die Betriebsspannungs-Anschlüsse sind an den hinteren Ecken, weit weg von den Eingängen, und können um die Platinen herumgeführt werden, wiederum um kein Übersprechen zu erzeugen.

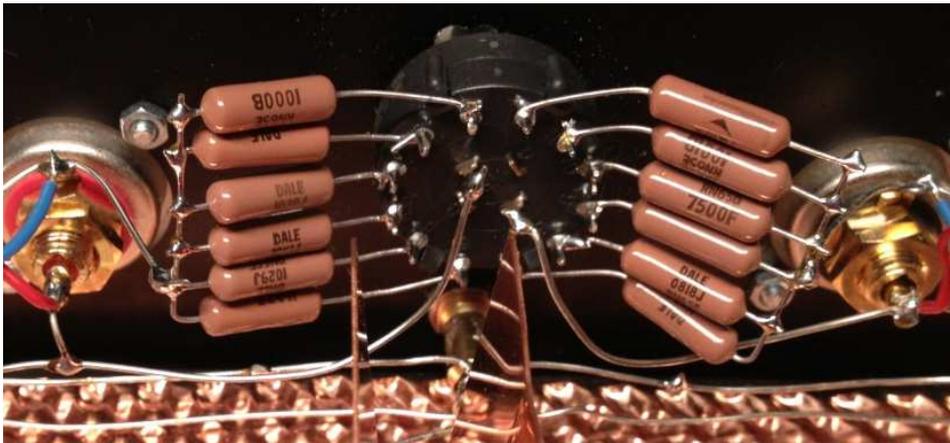
Im obigen Bild sieht man ein zweistufiges Masse-Schema. Das Verstärkergehäuse ist mit Kupferfolie ausgekleidet, und die beiden Platinen sitzen in Kupfer-„Wannen“, die von der Kupferfolie isoliert sind. Ein zentraler Massepunkt befindet sich in der Mitte oben am Bild, auf der Rückwand des Verstärkers, wo die Kupferfolie, die Kupfer-Wannen sowie die Platinen-Eingänge zentral geerdet werden. Ich habe dort eine 4mm-Bananenbuchse für das Massekabel des Plattenspielers eingesetzt, die auch als Lötstützpunkt für die Masse sowie als Masse-Anschluss des Gehäuses dient.

Die Eingangsbuchsen sind direkt daneben, und weiter aussen die Ausgangsbuchsen, alle symmetrisch um den Massepunkt angeordnet. Die Stromversorgungs-Masse ist hier NICHT hingeführt, sondern wird durch die Platine durchgeführt. Die Stromversorgungskabel sind ausserhalb der Kupferwannen geführt.

In einem anderen Diskussionsforum ("MPP") auf diyaudio hat Frans den nachfolgenden Schaltplan aufgeföhrt, der mit viel Liebe zum Detail die genaue Verkabelung aufzeigt, wie man niedrigste Nebengeräusche erzielen kann:



Die Eingangsimpedanz-Umschaltung kann einfach wie in nachfolgendem Bild aufgebaut werden:



Der Schalter in der Mitte ist ein Drehschalter mit 6 Positionen und 2 Kontakten. Die Widerstände sind Dale RN65 (10 / 100 / 220 / 470 / 1000 / 2200 Ohm), und die Eingangsbuchsen sind parallel zum Drehschalter und dem Platinen-Eingangs-Anschluss geschaltet, während die anderen Anschlüsse der Widerstände auf GND gehen. Alle GND-Anschlüsse gehen zurück auf den zentralen Massepunkt, der sich direkt darunter befindet.