

トランス式
電流伝送イコライザー（Mixing IVC の追加）

作成レポート

2020年2月27日

1.はじめに

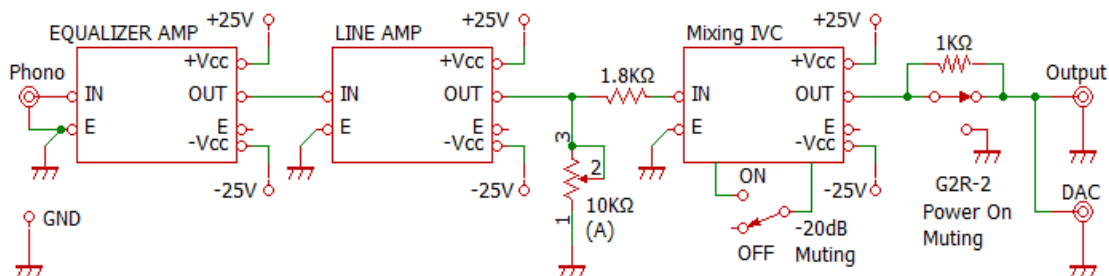
本機（MJ 無線と実験 2017 年 2 月号、2017 年 3 月号の DC アンプシリーズ No. 251 ダブルアーム対応超多機能プリアンプ）には Mixing IVC を実装せずに使用していた。ダブルアーム対応でもなく、DAC を Mixing IVC に繋ぐ気もなかったからだ。しかし、MJ 無線と実験 2019 年 12 月号、2020 年 1 月号で No. 268 「バッテリードライブ アナログ&デジタル再生システム」が発表され、D/A コンバータとの構成の統一化により、イコライザーにもドライブ力を強化したライン IVC が採用され音質向上が図られた。No. 251 ダブルアーム対応超多機能プリアンプも Mixing IVC（これもラインアンプ）による活動的な音楽再生ができることが判明したと記載されており、この Mixing IVC を実装することにした。

2020 年 1 月 12 日

2. 設計

2.1. 全体回路構成

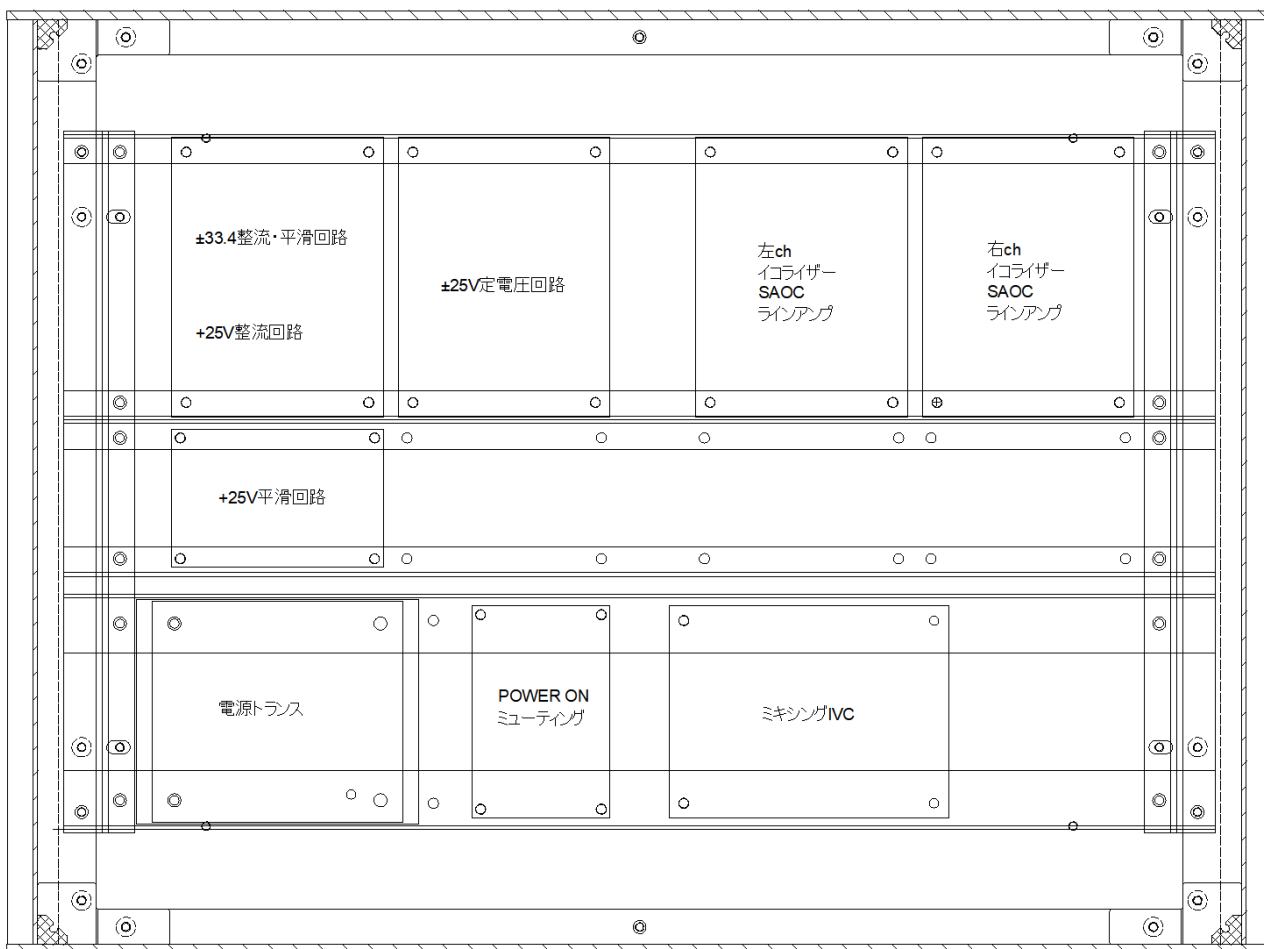
Mixing IVC の追加に伴い、音声の-20dB ミューティングとパワーオンミューティングも変更することにした。



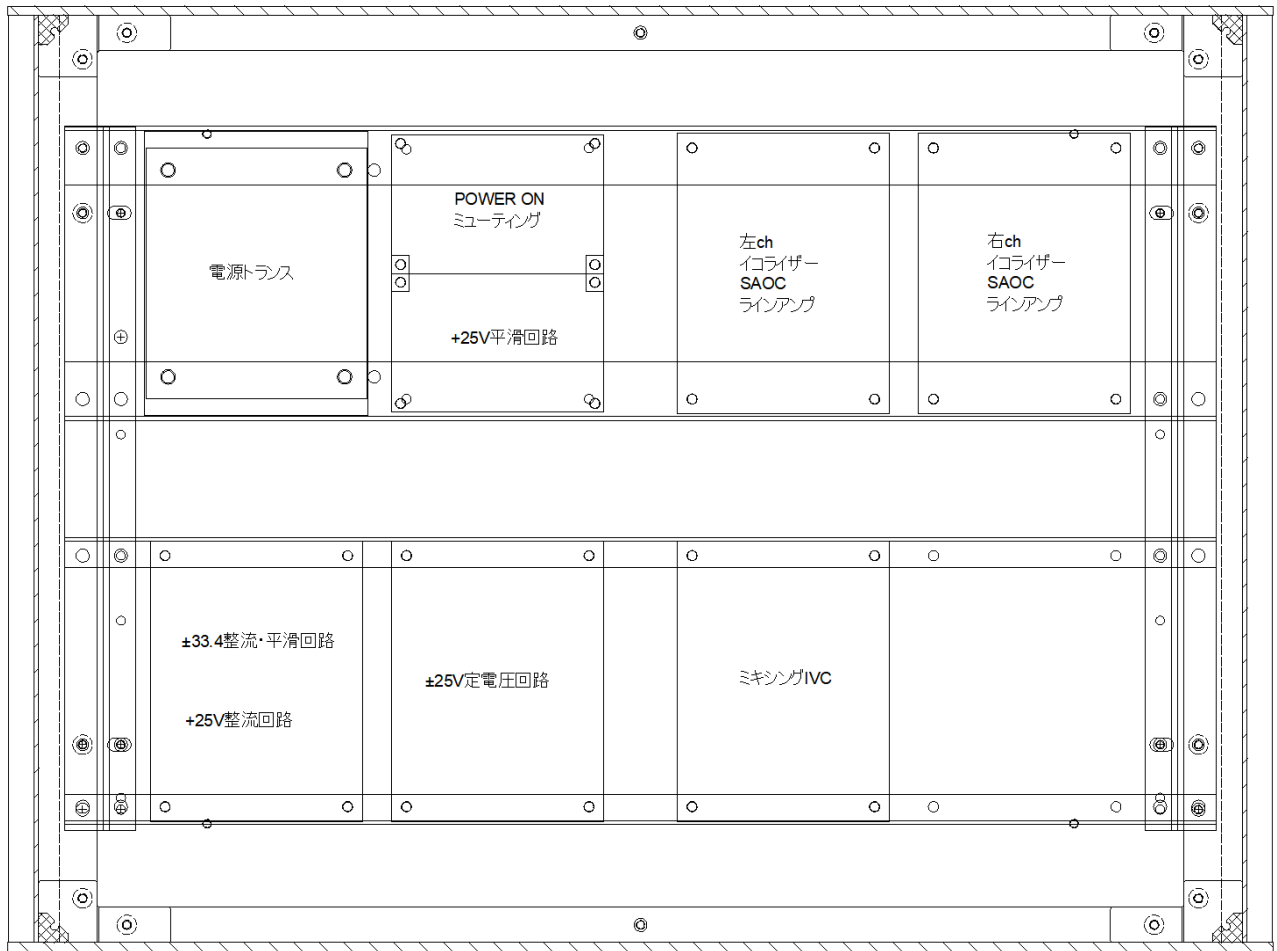
2.2. 筐体内部の配置の再検討

まずは、元々、Mixing IVC 用としてスペースを空けていた下図の位置に実装することにする。

もう少し全体的配置を工夫する必要があると考えているが、とりあえず、今回は、Mixing IVC（ラインアンプ）でのドライブ力強化による音質向上の実現を最優先とする。



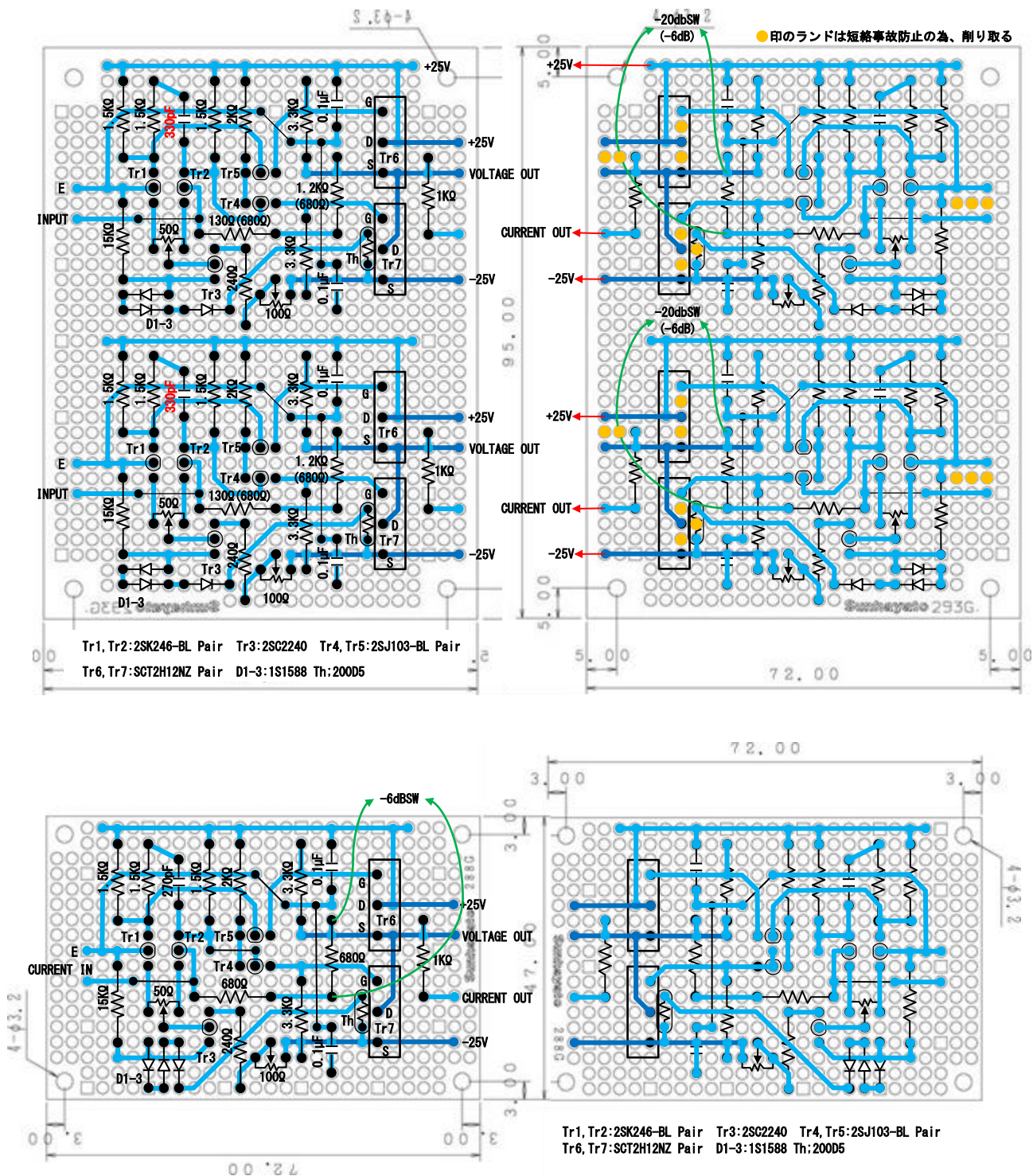
音質の確認が出来たら、基板を取り付けるフレームを再作成して筐体内の配置換えを行う。



2.3. Mixing IVC 基板

ICB-293 を使って実装する。ヘッドフォン出力を設けていないので、0dB/-6dB (680Ω+680Ω:680Ωをショート) の切替は不要である。代わりに音量ミュートングとして 0dB/-20dB の切替をここで実装する。
 (130Ω+1.2KΩ:1.2KΩをショート→ $20\log(130/(130+1200))=-20.2\text{dB}$)

なお、ICB-288 のパターン図も検討しておく。

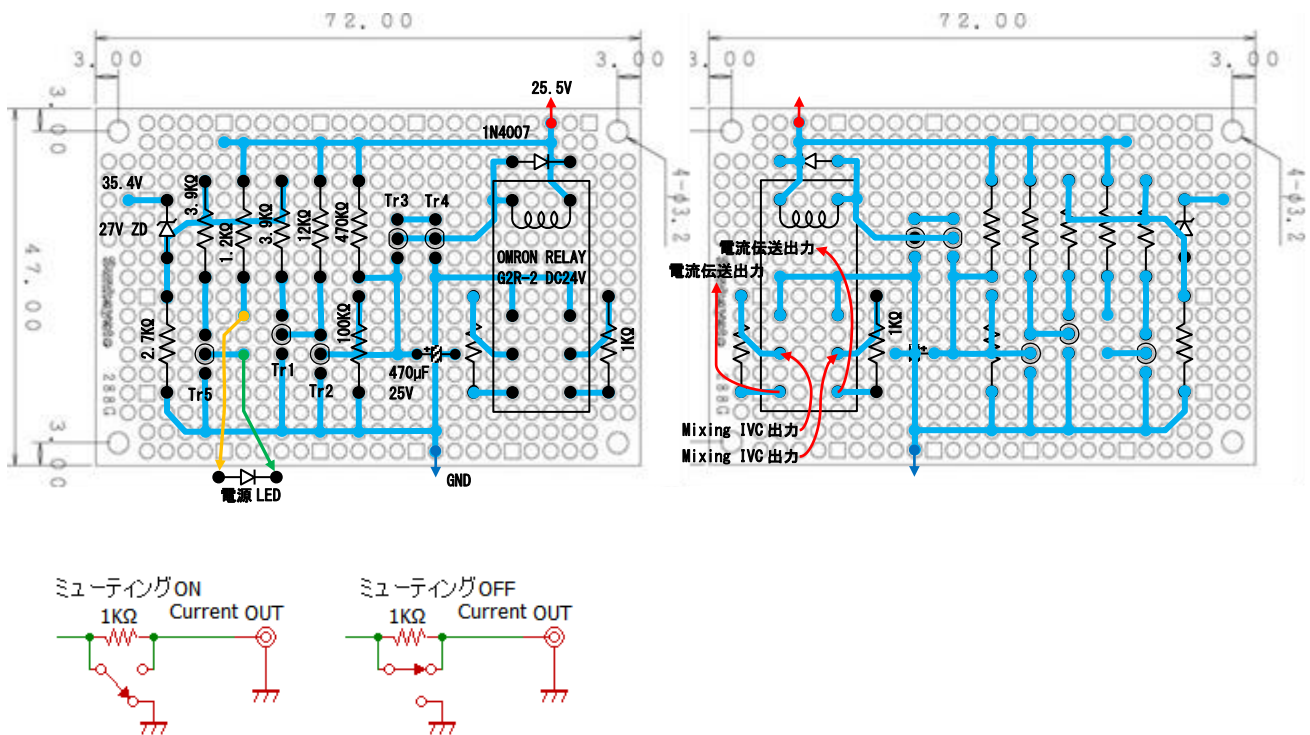


MJ無線と実験 2017年2月号 DCアンプシリーズ
 No. 251 ダブルアーム対応超多機能プリアンプの回路図

[図 13] ミキシング IVC&ヘッドフォンアンプ

2.4. 出力ミュートング基板

出力ミュートング回路で、ラインアンプの出力を接地することで出力ミュートングを実現していたが、Mixing IVC の出力も同様に接地する必要がある。但し、単に接地するとパワーアンプから見た入力抵抗が無くなってしまうので、1KΩの抵抗を挿入する。信号ラインにスイッチ（リレー）の接点が入ってしまうが、ここは妥協。



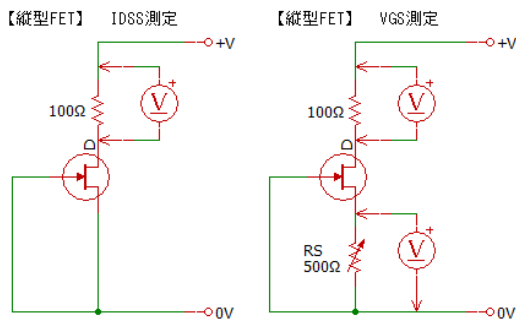
3. 製作

3.1. 半導体の選別

(1) 初段差動 2SK246-BL のペア選別

回路図の測定電圧から $I_D=2.4\text{mA}$ が流れていることが計算できる。そこで、IDSS でペアマッチングした素子を $I_D=2.4\text{mA}$ に設定して VGS を測定してペア抽出した。

以前、測定してストックしていた素子を再測定して以下の結果が得られた。

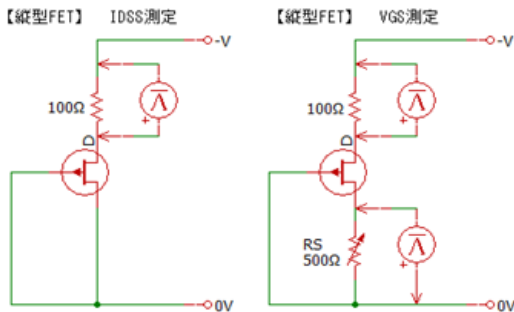


番号	IDSS	VGS ID=2.4mA	以前の測定値
1	6.78mA	1.577	No. 37 6.86mA
2	6.83mA	1.582	No. 38 6.87mA
3	6.82mA	1.581	No. 41 6.89mA
4	6.78mA	1.585	No. 42 6.89mA
5	6.80mA	1.585	No. 43 6.90mA
6	7.00mA	1.615	No. 44 6.91mA

番号 2 と 3、番号 4 と 5 の組み合わせで使用する。

(2) 二段目差動 2SJ103-BL のペア選別

回路図の測定電圧から Tr4, Tr5 には $I_D=1.4\text{mA}$ が流れていることが算出できるので、この値でペアを選別した。



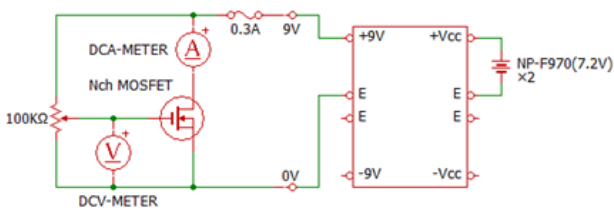
番号	IDSS	VGS 測定	
		ID	VGS
1	8.20mA	1.4mA	1.878V
2	8.19mA	1.4mA	1.888V
3	8.14mA	1.4mA	1.799V
4	8.12mA	1.4mA	1.812V

(3) 出力段 SCT2H12NZ の測定

$I_D=20\text{mA}$ で測定する。本機と別の作成用に 2 セット合わせて 12 個購入したので全て測定しておく。

なお、測定は、放熱器を取り付けて行った。

1 回で全て測定できなかったなので、再度測定を行いペアを決めた。



番号	VGS 測定			
	1 回目		2 回目	
	ID	VGS	ID	VGS
1			20.00mA	5.183V
2	20.00mA	5.099V	20.00mA	5.076V
3	20.02mA	5.096V	20.00mA	5.128V
4	20.02mA	5.089V	20.00mA	5.099V
5	20mA	5.071V	20.00mA	5.104V
6	20.01mA	5.059	20.00	5.095
7	20.01mA	5.054	20.00	5.091
8	20.07mA	5.041	20.00	5.088
9	20.02mA	5.031	20.00	5.059
10	20.04mA	5.016	20.00	5.043
11	20.03mA	4.972	20.00	4.981
12	20.00mA	4.936	20.00	4.974

差が大きい様に見えるが、1 と 12 の差でも 4.2%。

一番差が大きいペアで 1.07%。一番小さい差が 0.058%。測定しないでペアにして良いと思う。

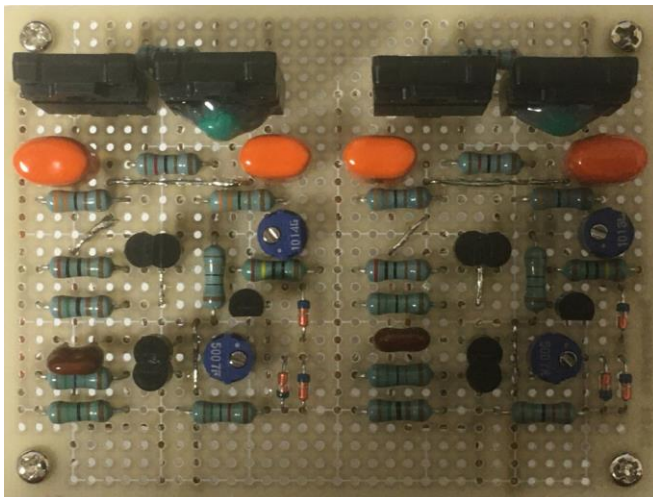
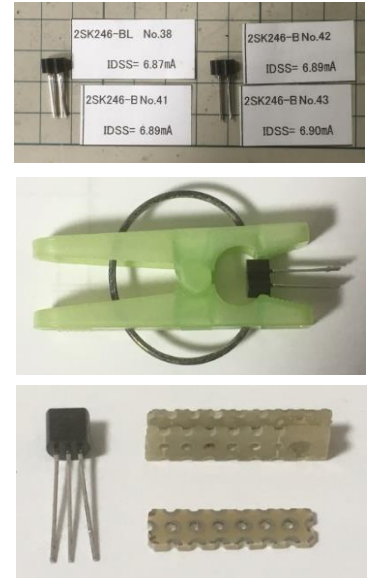
3.2. IVC 基板の作成

まず、2SK246-BL のペアを接着をする。この時、2SJ103-BL のペアも接着してしまうと、どちらだかわからなくなるので、2SJ103-BL のペアも接着は、2SK246-BL を基板に実装した後にする。エポキシ系の接着剤を塗布して、洗濯ばさみで挟んで接着剤の固化を待つ。ただ、正確に中心を挟まないとパチッと外れてしまうので、ちょっとコツが要る。若干固化してお菓子のグミぐらいの固さになったら、はみ出した接着剤をカッターで削り取り（結構簡単に取れる）、また洗濯ばさみで挟んで固化を待つ。

トランジスタなどの取付高を揃えたい部品は、基板の切れ端を利用して高さを揃える治具を作成して揃えている。ただ、基板中央に配置する場合は、周りの部品を取り付けた後だと治具を使いづらいので、部品の装着順を考えて行う必要がある。ダイオードは、後で測定するとき ICクリップを引っ掛け易い様に基板の切れ端を挟んで高さを揃えて実装。

今回、SCT2H12NZ は現行生産品だと思うので、サーミスターをエポキシ系の接着剤で固定した。5分で固化が始まる接着剤を使用しているが、5分ではまだベトベト状態。完全に固化するまで1日置く事になっている。

ジャンパー線がいつものパターンより多い気がする。いつもは、 $\phi 0.8\text{mm}$ の鈴メッキ線で配線しているが、今回は、撚線で全て配線した。錆（緑青（ろくしょう））が出ると嫌なので半田で覆ったが、きれいにならない。

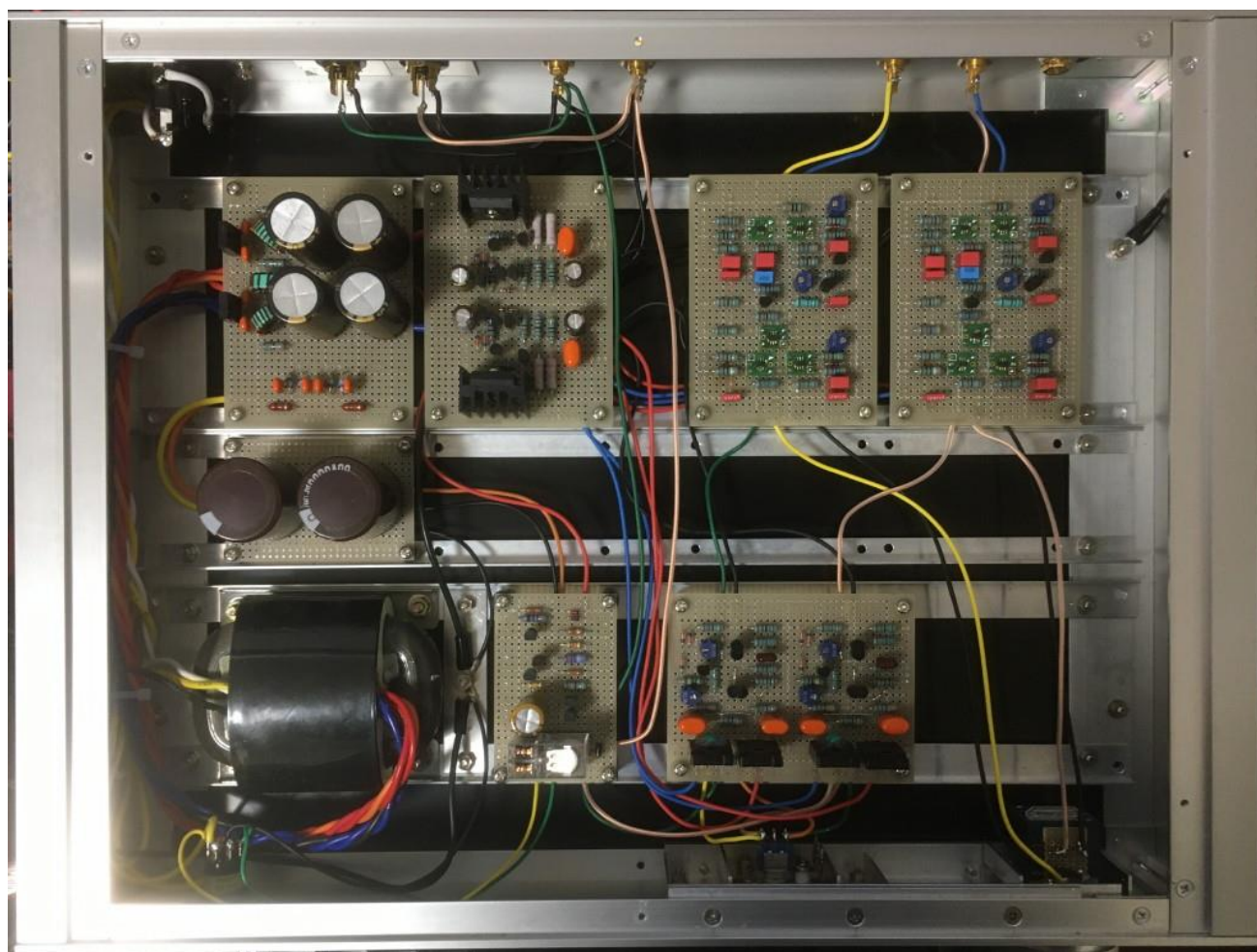


3.3. 筐体への組み込みと配線

Mixing アンプ基板を筐体に組み込んで、誌面の調整方法を参考に調整を行った。

Mixing アンプの入力に $1\text{k}\Omega$ を挿入するように指示が記載されていたが、ここは、ボリュームを絞り切った状態で測定を行った。SCT2H12NZ のドレインへの電源供給ラインを外して、 10Ω の抵抗を挿入し、この抵抗の電圧降下が 200mV になるように VR_2 を調整。誌面の指示では、左いっぱい回しておいて徐々に右に回して調整と記載されているが中点から始める事にした。案の定、右に回すと I_o が減少してしまう。左に回すと増加する。回路図をみると、VR の 1 番端子を 240Ω に 2 番端子を -25V に接続するように書かれているが、基板接続図を見ると 2 番端子が 240Ω に 3 番端子が -25V に接続接続されている。回路図の端子番号の振り方が誤っている様で、その回路図に従って作成した本基板では回転と I_o の増減が逆になってしまった。まあ調整できないわけではないので、このままとすることにした。パターン図は修正済。

出力のミュート回路は実装しなくても良いかもしれない。それほど大きなノイズは発生しない。



4. ヒアリング

ドライブ能力が高い様で、Mixing アンプを付ける前は、接続ケーブルを変更すると音が大きく変化し、イコライザー単体で 2497 を使ってパワーアンプに接続した場合は、問題なかったのだが、DAC を接続するとドライブしきれないのか、高音がざらついて音質も低下した。しかし、今回は、そのような症状は無く、難なくドライブしてくれているようだ。

夜間なのでヘッドフォンで聴いたが、休みの日にスピーカーから音出しして確認したい。

休日、メインシステムのスピーカーを鳴らしてみた。

力強くスピーカーを鳴らしてくれた。Mixing アンプを付ける前も、ものすごくよい音と思っていたが、それをまた超えて音が良くなった。無音時が、ものすごく静か。前の状態でも特にノイズの事は気になっていなかったのだが、状態が変わって初めて気が付いた。

カルロス・クライバーのベートーベンの第五番、元々気持ちイー演奏なのだが、ウィーンフィルの音色で一気に駆け抜けた。次はブラームスの第四番。これも弦楽器の音色が特に楽しめた。

Mixing IVC の入力はいコライザーのみで Mixing の役目は果たしていないのだが、ラインドライブの能力が音楽再生に有効であることが体感できた。

2020 年 2 月 8 日

5. ヒアリング後の調整

5.1. トラブル対策

ヒアリングを継続していたら、あるタイミングで、フッと、左 ch の音量が小さくなり、楽器の配置が全体的に右に寄った様に聞こえることに気が付いた。

半田がテンプラ状態なのか、素子が少し劣化して壊れかけているのかなどいろいろ推測して修復を試みたが一向に改善されない。

不思議な現象だ。一度、定電圧電源の電流制限抵抗を 0.68Ω に交換してこれが原因か確かめようと思う。

2020年2月18日

定電圧電源の電流制限抵抗の電圧降下を測定してみた。+側が 205.2mV、-側が 165.5mV。電流制限抵抗は 2.7Ω のパラなので 1.35Ω。従って、+側電流が 152mA、-側電流が 124.8mA であり、電流制限値の 444mA の半分以下で全く問題ない。電流が原因ではない。

ここで、MJ 無線と実験の 2017 年 3 月号を読み返してみた。2 月号からの変更点が記載されており、位相補正のコンデンサが 270pF から 330pF に変更されていた。この他にも、Io 調整用の半固定 100Ω の接続端子の変更も文章で記載されていた。埴（らち）が明かないのと他の用途でも Mixing IVC を使用するので、パターンを 1 か所変更して、もう一枚基板を作成した。

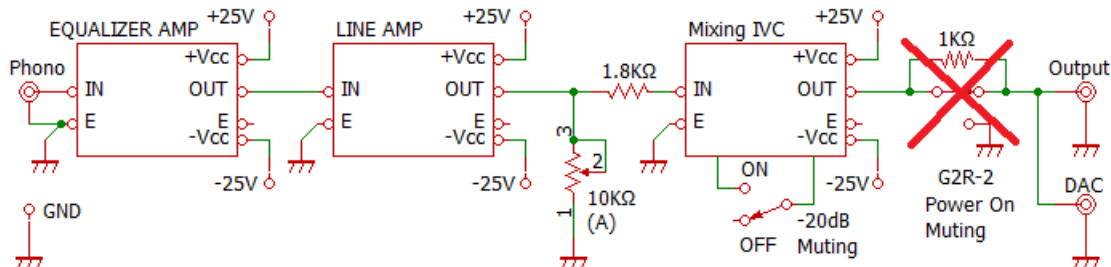
再作成した基板を実装して確認したが、ゲインが変動することは無くなったが、結局左右のゲインのアンバランスは解消されない。更に検討したところイコライザーの左 ch ではなく、右 ch 方に問題があることが分かってきた。イコライザー基板の右 ch のトランジスタを全て交換し、左右の基板を入れ替えた。

なんと原因は、レコードプレーヤーからコネクタ-VIC を経て、電流伝送イコライザーに結線する RCA ケーブルの劣化であった。ケーブルは、レコードプレーヤーに付属していたものをずっと使い続けてきたが、これを 2497 に置き換えたところ、あっさり解決してしまった。

2020年2月23日

5.2. 出力ミュートングの取外し

Mixing IVC の出力を出力ミュートングをパスしてダイレクトに出力端子に接続し、ON/OFF 時のノイズを確認した。その結果、出力ミュートング無しで全く問題が無い事が判明。折を見て出力ミュートング基板を撤去する。



2020年2月27日

トランス式
電流伝送イコライザー（RCA 端子追加）

作成レポート

2020年1月1日

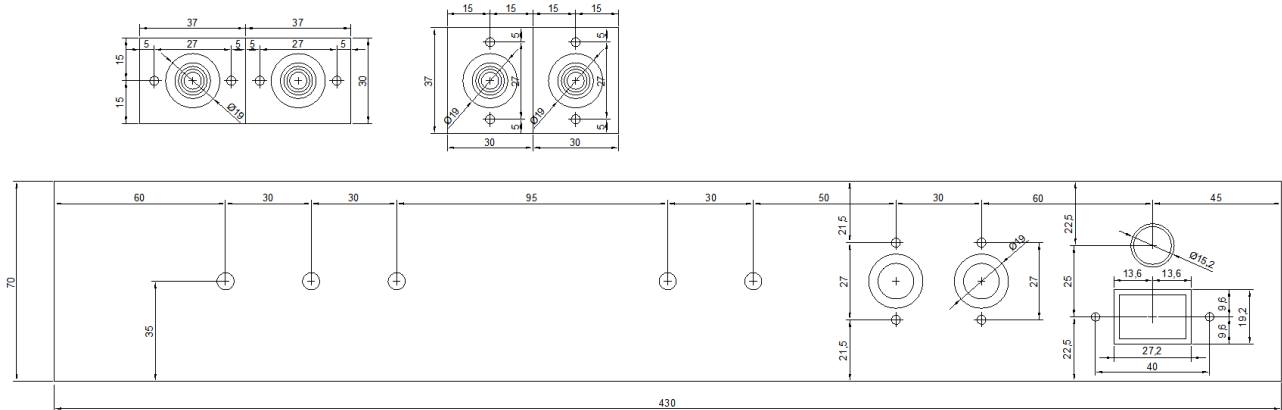
1. はじめに

MJ 無線と実験 2017 年 2 月号、2017 年 3 月号の DC アンプシリーズ No. 251 ダブルアーム対応超多機能プリアンプを作成したが、回路図に記載していた D/A コンバータの電流出力を本機に繋ぎこんでイコライザーと加算できるようにする為の入力端子を設けていなかった。機器の配置を見直した際、必要になったので実装することにした。

2019 年 12 月 29 日

2. 設計 (図面)

将来のバッテリー駆動用に取り付けていたキャノンコネクターを取り外し、RCA 端子を設置することにした。



3. 実装

以前、誤って同じ黒色の RCA ジャック端子 (HRJ-700) を購入してしまい、2 個手持ちであったので、それを使用することにした。この端子の外形直径 $\phi 19\text{mm}$ とキャノンコネクターの取付穴の直径 $\phi 19\text{mm}$ がたまたま一致したので筐体の加工は何もせず済んだ。1.2t のアルミ板で RCA ジャック端子取付用の取付板を作成して筐体裏側から取り付けた。まるで、埋め込みをもくろんで取り付けたように見える。

なお、レタリングの変更は行っていない。気が向いたら行うつもり。



トランス式
電流伝送イコライザー
作成レポート

2019年1月25日

目次

1. はじめに.....	- 2 -
2. 設計（図面）.....	- 2 -
3. 実装.....	- 2 -
1. はじめに.....	- 3 -
2. 基本方針.....	- 4 -
3. 設計.....	- 4 -
3.1. ブロック図.....	- 4 -
3.2. 出力ミューティング連携.....	- 4 -
3.3. フロントパネル／リアパネル.....	- 5 -
3.4. 筐体の高さ検討.....	- 5 -
3.5. 筐体内配置.....	- 6 -
3.6. 基板吊り下げ用フレーム.....	- 6 -
3.7. 電源回路.....	- 7 -
(1) トランス.....	- 7 -
(2) 平滑回路.....	- 7 -
3.8. イコライザー基板.....	- 8 -
3.9. 整流・平滑基板.....	- 9 -
3.10. 定電圧回路基板.....	- 10 -
3.11. 出力ミューティング基板.....	- 11 -
4. 重要部品の確保.....	- 12 -
5. 製作.....	- 14 -
5.1. 基板作成.....	- 14 -
(1) 整流・平滑回路基板.....	- 14 -
(2) 定電圧回路基板.....	- 14 -
(3) イコライザー基板.....	- 14 -
(4) 出力ミューティング基板の改造.....	- 15 -
5.2. 基板取付用アングルの加工.....	- 15 -
5.3. 筐体内の改造.....	- 15 -
(1) 筐体への組み上げ.....	- 15 -
(2) 筐体内配線.....	- 15 -
(3) 調整.....	- 17 -
6. ヒアリング.....	- 19 -

1.はじめに

MJ 無線と実験 2017 年 2 月号、2017 年 3 月号の DC アンプシリーズ No. 251 ダブルアーム対応超多機能プリアンプを作成することにする。

Nutube ハイブリッド USB D/A コンバータや無帰還純コンプリメンターパワーアンプを作成して音質が向上したので、イコライザーについても更なる音質向上を狙うことにした。

2018 年 12 月 12 日

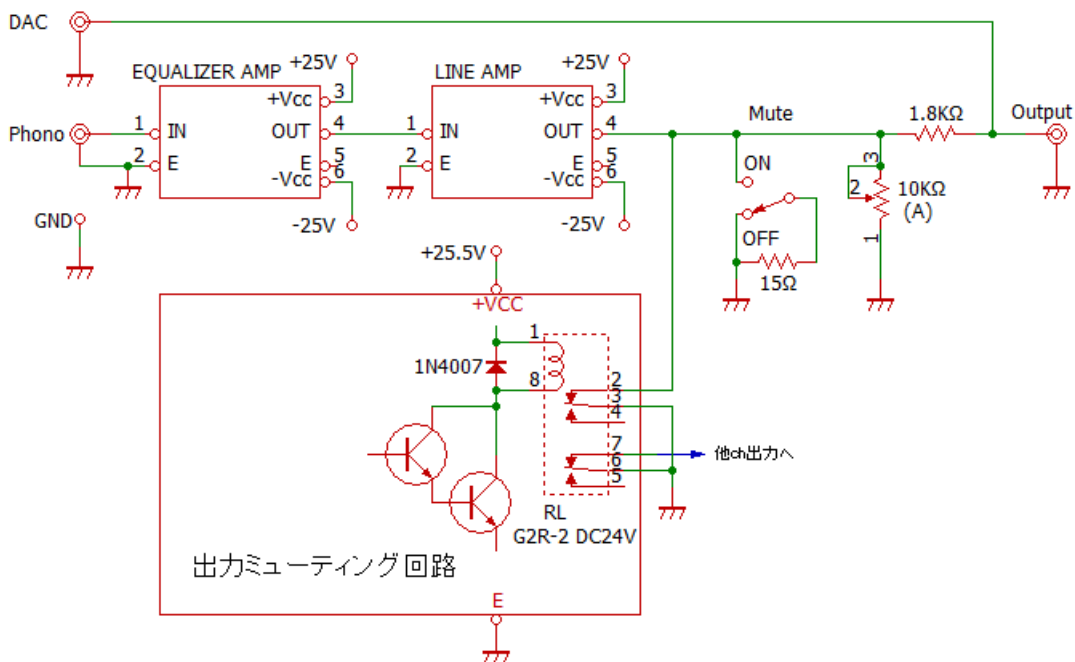
2. 基本方針

基本スタンスは、現状の置き換えて、筐体をそのまま流用。基板の取付は内部シャーシ利用から吊り下げ式に変更する。回路は、イコライザーとライン1系統のみを実装し、ダブルアーム対応は行わない。また、MixingIVCは本機には組み込まず、イコライザーに特化する。

3. 設計

3.1. ブロック図

電源部分を除く回路ブロック図を下図に示す。イコライザーアンプと SAOC、ラインアンプは1枚の基板に納める。イコライザーはカートリッジ VIC 式の方を採用する。電流伝送 DAC の入力端子が現状あるので設けておく。リレーによる PowerON/OFF ミューティング、Mute スイッチも現状から継承する。

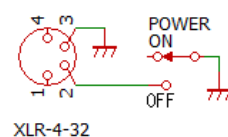


3.2. 出力ミュート連携

パワーアンプの出力（今回は、IVC の出力）を電源スイッチの1回路を使って他の機器と連携することにより、スピーカーからの電源 ON 時のノイズ発生を抑制する。IVC が先に電源が ON となっていて、後からイコライザーアンプの電源が入るまでの間、及び、先にイコライザーアンプの電源が切られた後、パワーアンプ (IVC) の出力抑制を行う。

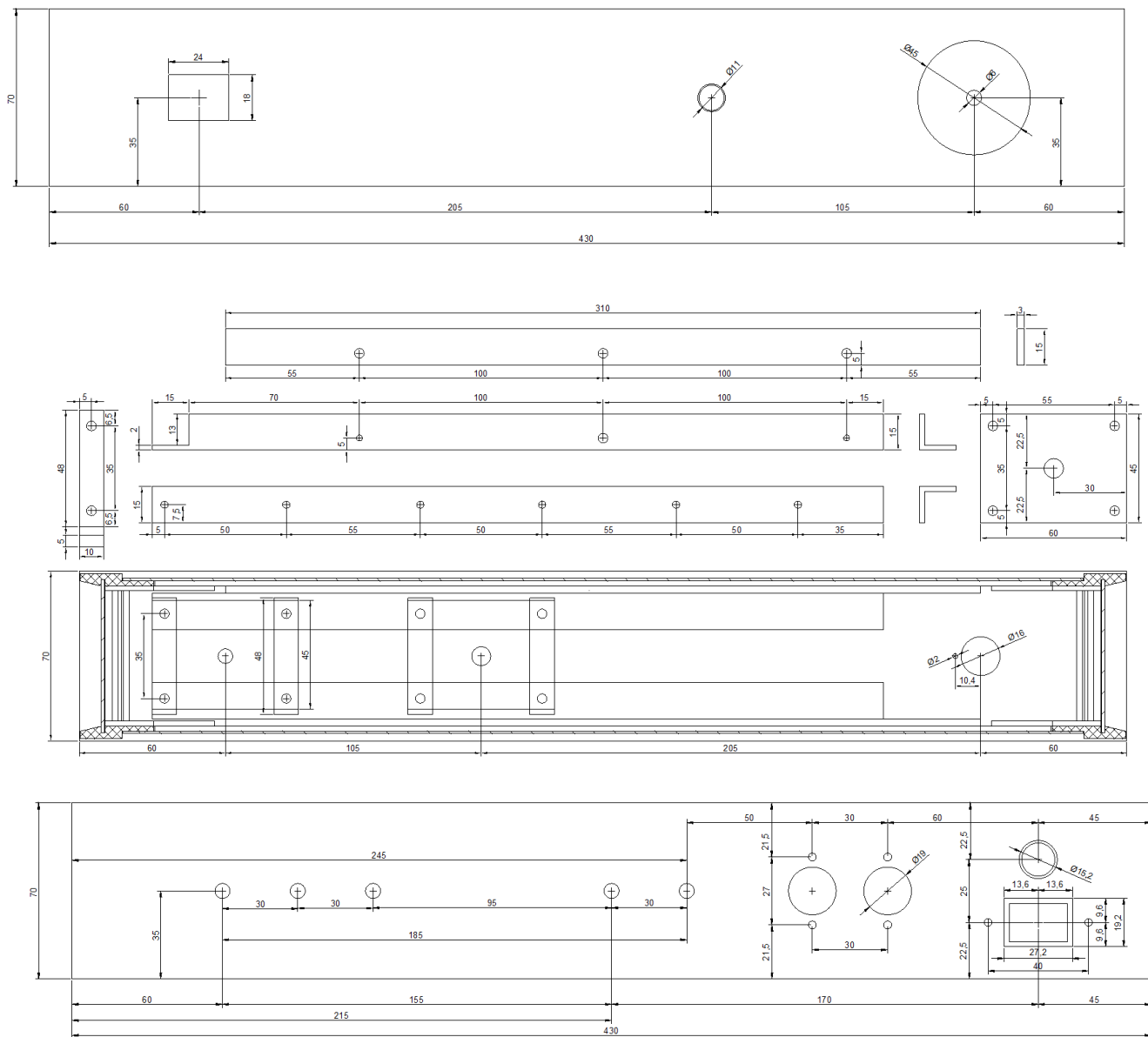
本機にはイコライザーアンプ自身にミュート回路を実装してノイズ発生を抑えるのである意味不要な機能であるが、電源スイッチの1回路をキャノンコネクタに接続するだけなので接続しておく。キャノンコネクタに差し込まなければ、機能は有効とされない。

イコライザー側 電源制御連携回路



3.3. フロントパネル/リアパネル

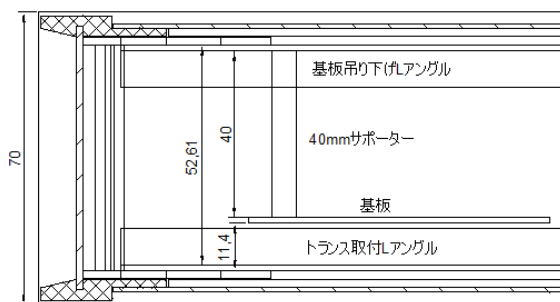
フロントパネル/リアパネルは、現行セットをそのまま利用するので追加加工などはしない。



3.4. 筐体の高さ検討

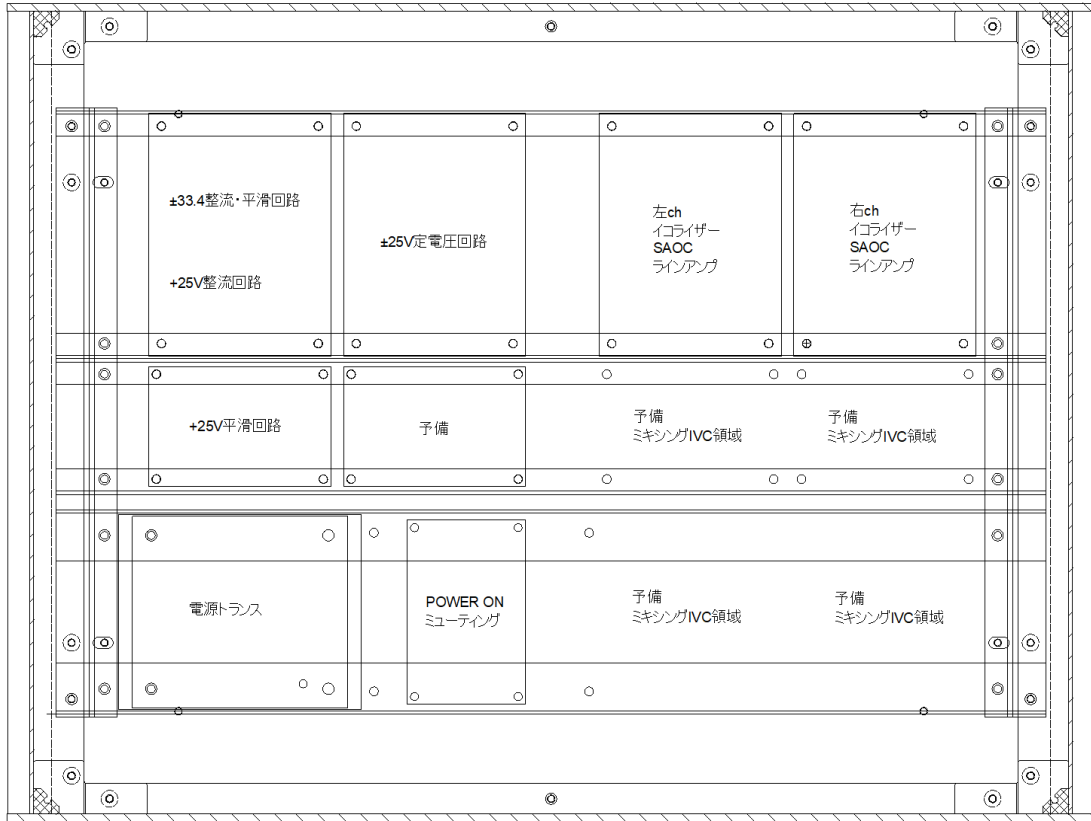
現行は内部シャーシを使用しているが、アルミアングルを使用して、トランス、基板等を取り付ける。電源トランスだけは、重量があるので吊り下げず、下側のフレームにLアングルを渡して取り付ける。

耐圧 50V の平滑用の大容量のコンデンサは製品は高さが 50mm のものが多い。ニチコン KW の 4700 μ F / 50V は 40mm なので、これを使用するが、基板上の実装位置をLアングルに当たらないように配慮する必要がある。



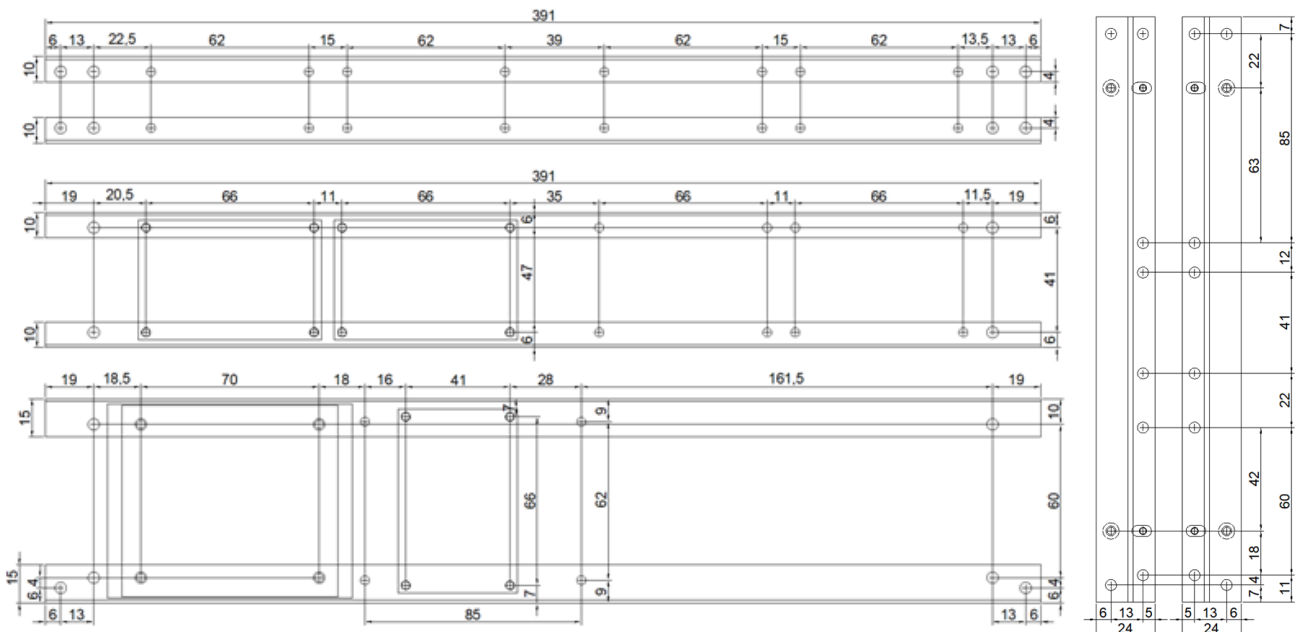
3.5. 筐体内配置

将来のミキシング IVC 組み込みのスペースを残し、イコライザーアンプ基板とトランスは筐体の対角線上の反対側、一番離れている場所に配置して影響の最小化を図る。



3.6. 基板吊り下げ用フレーム

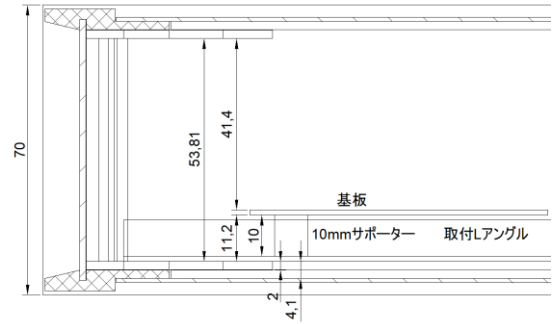
Lアングルを使用して基板を吊り下げて取り付けるつもりであったが、筐体上下にLアングルを取り付ける必要がある。吊り下げる基板はたった2枚なので、吊り下げ式は採用せず、全て下側アングルに基板を装着することにした。トランス用は5×15×1.2tのアングルを使う。



筐体高の再検討

平滑整流回路基板は、高さ 40mm を確保する必要がある為、10mm のサポーターで取り付け、その他の基板は 15mm のサポーターで取り付ける。

L アンクルは、2mm 厚のアルミ平板でフレームに取り付け、ビス頭が底板に当たらないようにする。



3.7. 電源回路

(1) トランス

トランスは、TK-58B の代わりに、下記スペックのトランスを株式会社フェニックスに特注した。Web で「R コアトランス フェニックス」で検索するとホームページにヒットする。

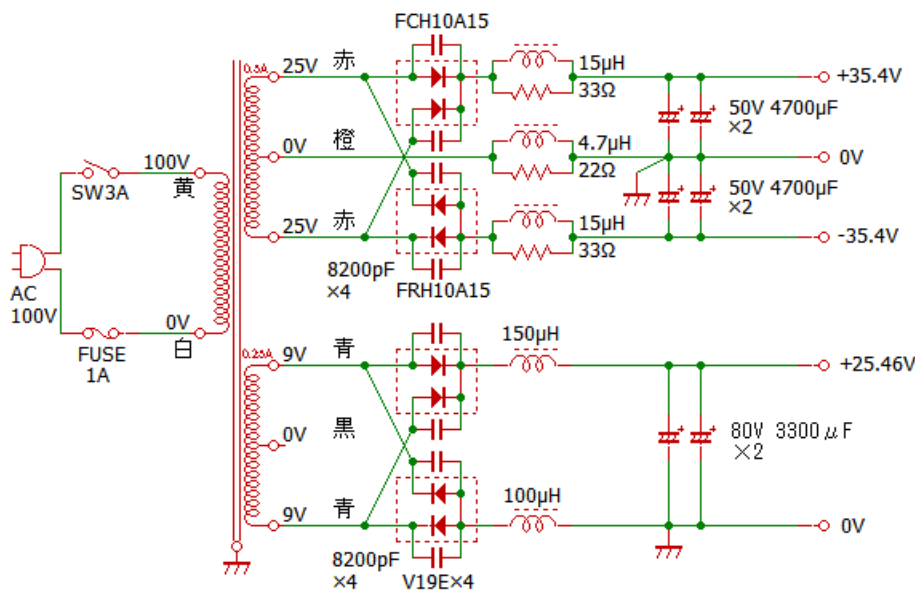
仕様：入力 AC100V、二次電圧：25V-0V-25V 0.5A、9V-0V、9V 0.25A 静電シールド付き

(2) 平滑回路

アンプ基板用の±25V、ミューティング回路用の 25V の整流と平滑を行う。整流ダイオードはロームの SiC の SBD が出る前から SBD の良さを認識しているお気に入りの FCH10A15/FRH10A15(日本インター)を使用する。今回も LR によるノイズフィルターを挿入。これにより低域の質感が向上する。

平滑用の電解コンデンサは、費用面から手持ちで ELNA for AUDIO 35V/12000μF×2 があるので使いたところだが、整流後の電圧が $25V \times \sqrt{2} = 35.36V$ なので、記事通りニチコン FW 50V/4700μF×2 を使用する。既にトランスを調達してしまったので変更できないが、2次電圧が 22V~24V (整流後 $24V \times \sqrt{2} = 33.94V$) でも問題なく 25V の定電圧電源に利用できるのでは、その方が良かったかなとちょっと後悔。

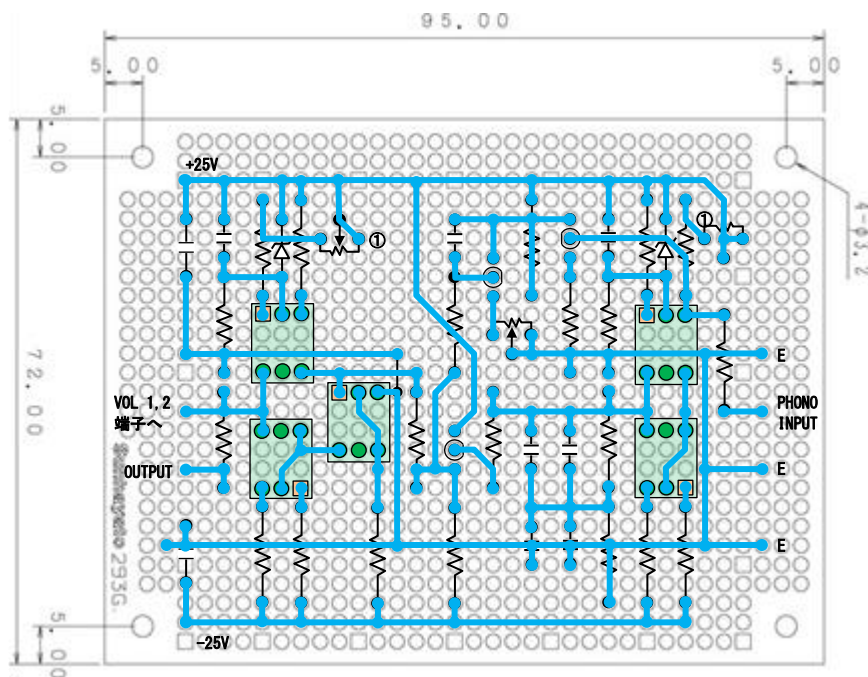
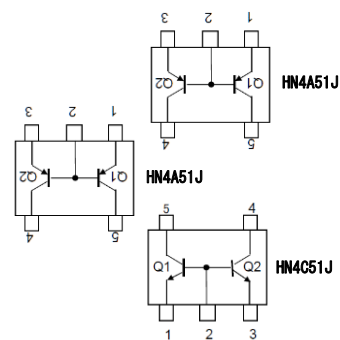
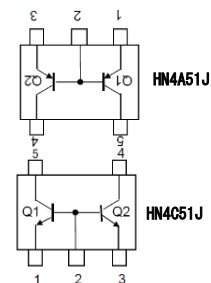
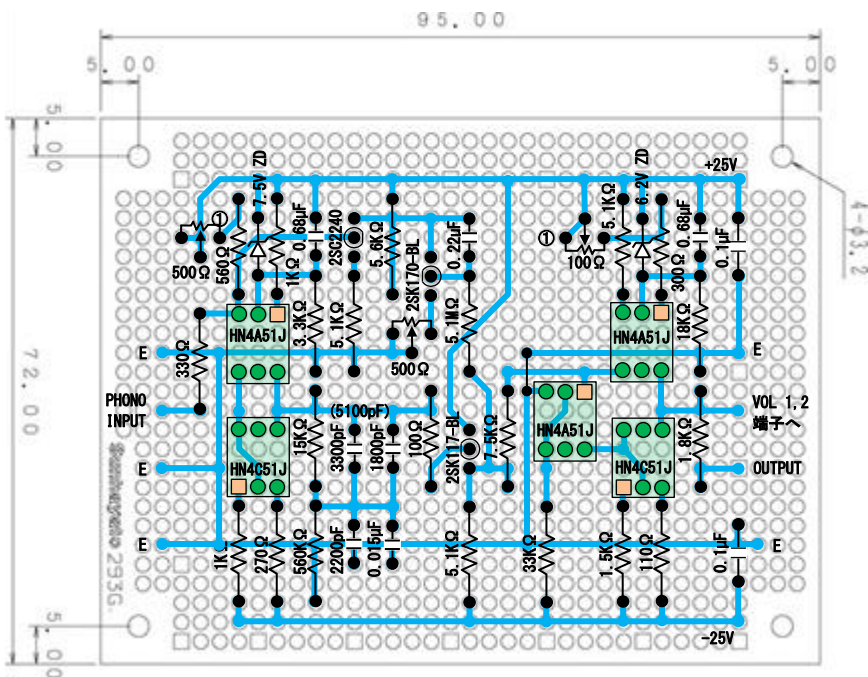
ミューティング回路用の電源の平滑コンデンサは、手持ちの KMH 80V/3300μF×2 を使ってしまうので、過剰な容量になるがパラで使用。



3.8. イコライザー基板

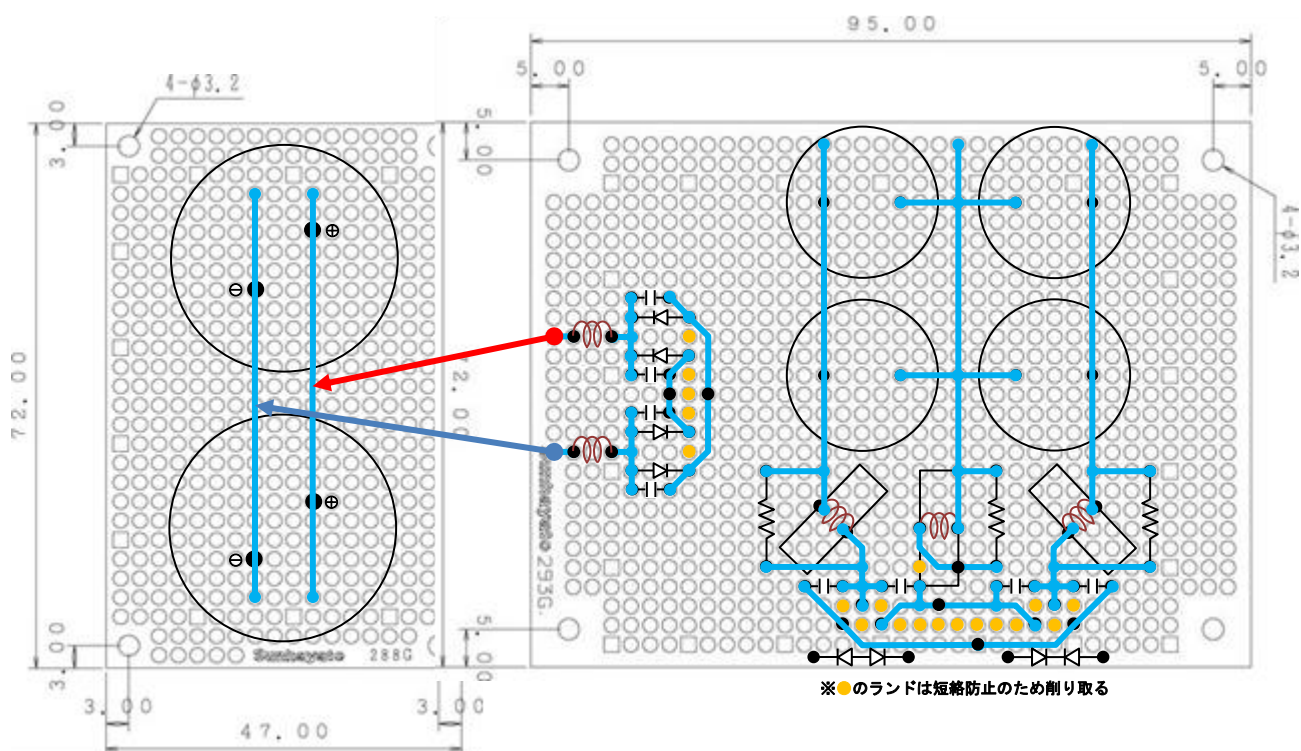
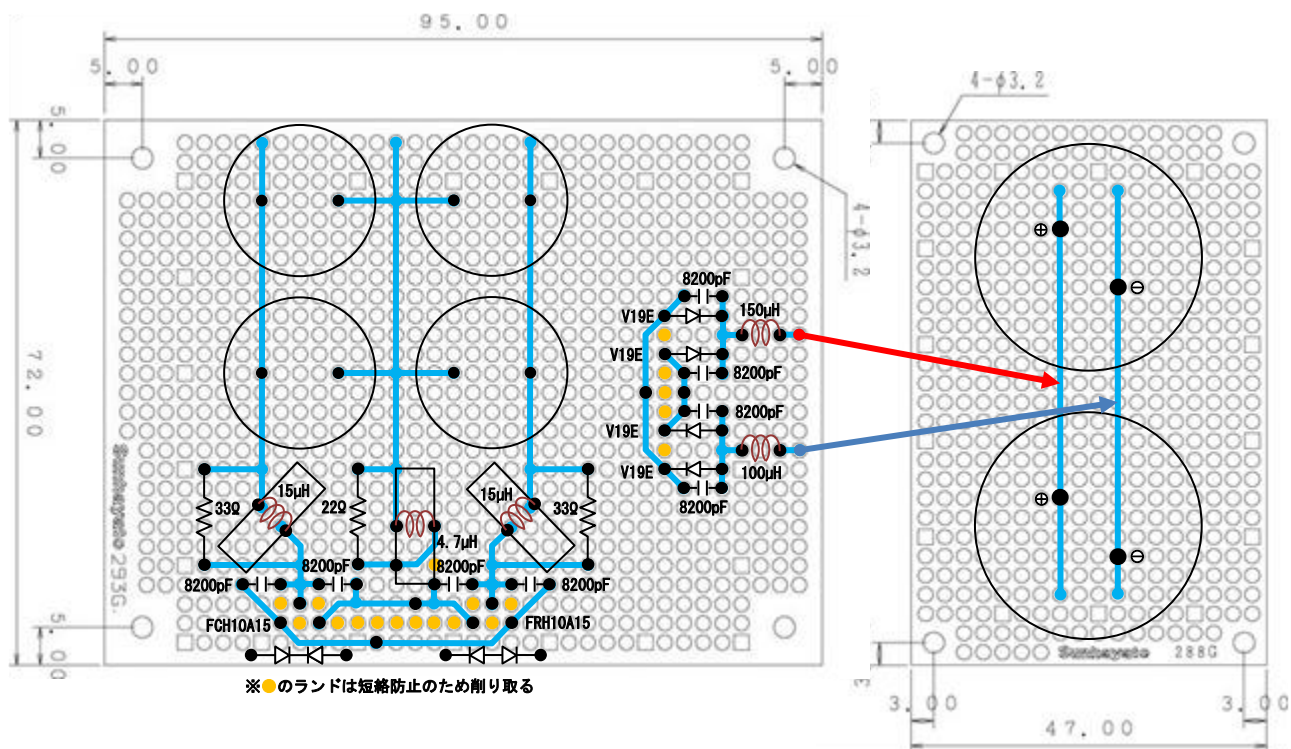
イコライザーのベースコモン 2SA995 の代わりに手持ちの HN4A51J を使用する。同様に 2SC2291 の代わりに HN4C51J を使用する。

SAOC は、何十年も前に購入した手持ちの 2SK147-GR があるので 2SK170-BL の代わりに使用することにした。



3.9. 整流・平滑基板

ミューティング回路用の電源の整流回路のダイオードは、手持ちのV19Eを使用する。
 整流素子の端子間のランドは短絡事故が起きないように削り取る。



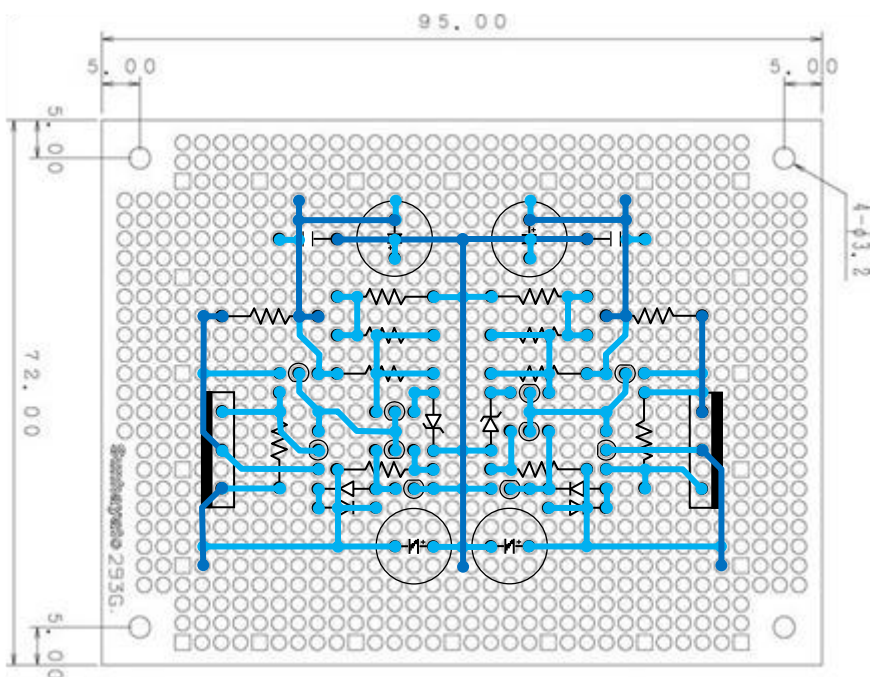
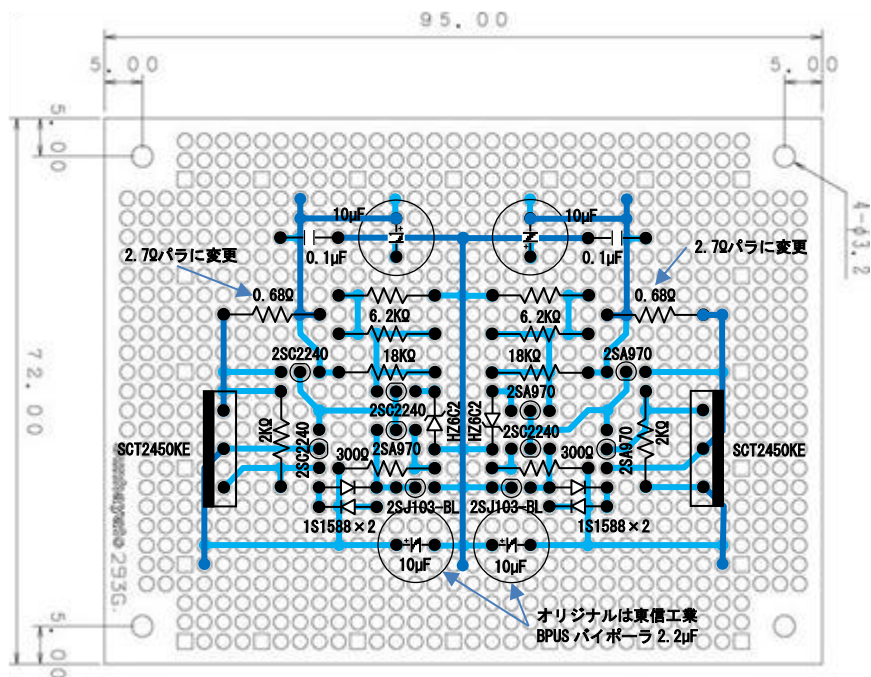
3. 10. 定電圧回路基板

25V の定電圧回路のローム SiC MOS-FET SCT2450KE には放熱器を付けられるようにスペースをあけた。

2.2 μ F 東信工業 BPUS バイポーラは、ELNA SILMIC II 10 μ F/50V に変更している。

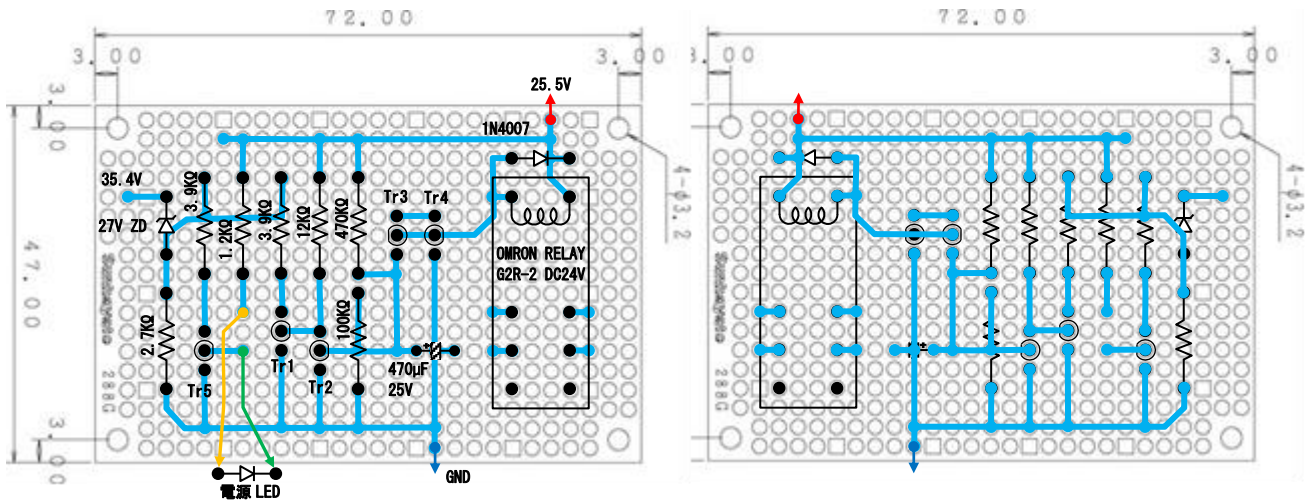
出力の 0S コン 10 μ F/25V は、耐圧ギリギリなので、ELNA SILMIC II の 10 μ F/50V に変更した。

電流制限抵抗 0.68 Ω は、880mA まで流れてしまうので、特注したトランスの電流値 0.5A をオーバーしてしまう。実装回路数はダブルアーム対応からシングルアーム対応に減少しているのので、半分程度の電流値 440mA で済むはずだ。そこで、2.7 Ω パラ (1.35 Ω 、0.68 Ω の 2 倍は 1.36 Ω) とすることにした。



3.11. 出力ミューティング基板

出力ミューティング回路はいつもと同じで、MJ無線と実験の2009年3月号に掲載された安井氏の記事の[図12]ミューティング回路である。現行基板を流用し、平滑回路に接続するツェナーダイオードと、ツェナーダイオードに流す電流を決める抵抗を平滑後の電源に合わして見直した。



4. 重要部品の確保

一般的には、機器の製作を行う場合、設計と部品の製作・確保を平行して行うが雑誌に掲載されたのアンブ類を製作する場合、制作しなくとも、まず、その確保しておく事が必要。主要部品は、時間が経過すればする程入手できなくなる。しかし、この方針でいても、現状、雑誌に掲載された時点でも入手困難なものが多く、過去に確保した手持ち部品で賄っているのが実態。最近では、2SC1815ですら代替品しか手に入らなくなりつつある。

◎印：指定部品は製造されており、問題なく入手できた部品。

○印：指定部品を入手したが、製造中止か中止予定、もしくは製造状態が不明の部品。

△印：指定部品の後継、改良型を入手した部品。

▽印：指定部品は入手できるが、指定部品ではなく、定数や耐圧などが同じ相当品を入手した部品

×印：指定部品は入手困難、もしくは入手不可能で、手持ち部品を使用するか代替品を入手した部品。

イコライザー基板

入手	名称	説明
▽	2SK43	IDSS が 5mA 前後ものは入手しづらい。2SK117-GR で代用する
▽	2SA995	PNP ベースコモンタイプ。代替として HN4A51J を使用する
▽	2SC2291	NPN ベースコモンタイプ。代替として HN4C51J を使用する
○	2SK117-BL	確保済。代替候補*はチップ部品の 2SK209。
▽	05Z7. 5X	代替として HZ7C-2-E を使用する。
▽	2SK170-BL	2SK147-GR を使用する
○	2SC2240	確保済。代替候補*は 2SC1775A、2SC1222 など。
×	HZ6C2	確保済。代替候補*はフェアチャイルドの 1N5234B。
▽	5100pF 双信 SE 2200pF 双信 SE 15000pF (0. 015μF) 双信 SE	SE の代替として双信 DM 5100pF、2200pF を購入。さらに安価なポリプロピレンフィルムコンデンサの ERO KP1830 1800pF±5% と WIMA FKP2 3300pF、2200pF±5% も入手。1800pF と 3300pF を組み合わせて 5100pF にする。 0. 015μF は、WIMA MKS-2 0. 015μF ±5% (メタライズドポリエステルフィルムコンデンサ) を使用する。(こちらは手持ち)

電源関係

入手	名称	説明
▽	トランス テクニカルサンヨー TK-50B	2 次電圧 25V-0V-25V 0. 5A、9V-0V-9V 0. 25A のスペックでフェニックス社に特注して作ってもらった。
▽	SBD ローム SCS206AG	京セラの FCH10A15/FRH10A15 を使用。(元日本インターの製品。日本インターは、2016 年に京セラに吸収合併)
◎	SiC MOS-FET SCT2450KE	他の MOS-FET と比べると安価に入手できる
○	2SA970/2SC2240	確保済。代替候補*は 2SA817A/2SC1775A など。
○	2SJ103-BL	確保済。代替は無い。
×	HZ6C1	HZ6C2 を使用する。代替候補*はフェアチャイルドの 1N5234B。
×	1S1588	確保済。代替候補*はフェアチャイルドの 1N4148。
◎	4700μF/50V 電解コンデンサ	ニチコンの KW を使用
?	東信工業 BPUS 2. 2μF50V	入手先がわからないので、ELNA SILMIC II 10μF で代用する。

※代替候補については動作確認を行っていない。

RIAA 用コンデンサ

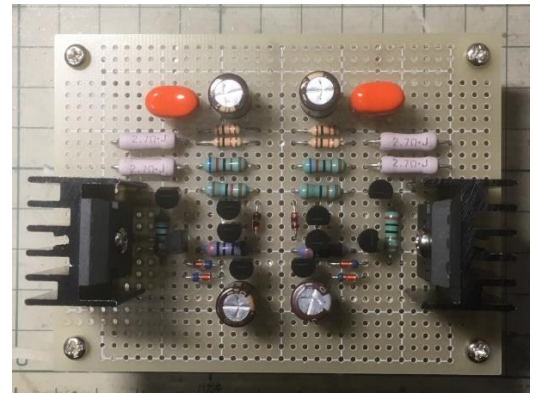
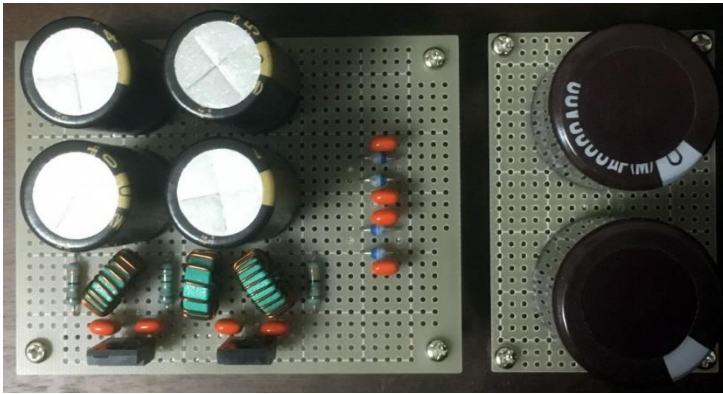
RIAA 用のコンデンサは、双信 SE の 5100pF、2200pF、15000pF (0.015μF) が使われている。しかし、大変高価なので安価なコンデンサで済ませたい。最近ではコンデンサが思うように入手できないので、今時点 (2018/12) でどのような安価なコンデンサが入手できるか調査した。

結果、15000pF (0.015μF) は、ポリエステルフィルムコンデンサを選択し、2200pF、5100pF は、ポリプロピレンフィルムコンデンサを選択する必要がある事がわかった。そうしないと値が揃わない。なお、5100pF はポリプロピレンフィルムコンデンサの製品ラインナップには無いので値を組み合わせる必要がある。

素子の誤差が±5%なので、より精度良い素子を選別したかったが、テスターで値を測定しても測定する都度測定値が増して行き、放電もうまくできず値が正確に把握できない。よって、テスター測定による選別は無理と判断し、測定をしないで使用・実装することにした。

費用は、入手先にもよるが双信の SE から DM にすると 1/10 になり、最高値と最安値とを比較すると 185 倍もの差になる。色付き (5100pF 水色、2200pF 紫色、15000pF 緑色) のパーツを購入。

製品	5100pF	2200pF	15000pF (0.015μF)	入手先	価格 (2018/12 時点)
双信 SE	○ ±2%	○ ±2%	○ ±2%		
双信 DM ディープマイカ	○ ±5%	○ ±5%	—		
WIMA MKS2 メタライズドポリ エステルフィルム	—	—	○ ±5%		
ERO MKT1826 ポリエステル フィルム	—	—	○ ±5%		
ERO KP1830 無誘導・箔巻き ポリプロピレン フィルム	1800pF ±5% (3300pF との組み合わせ)	—	○ ±5%		
アムトランス CaAmcE ポリプロピレン フィルム	他 1800pF+3300pF ±5% 又は 1200pF+3900pF±5%	○ ±5%	—		
WIMA FKP2 ポリプロピレン フィルム	3300pF ±5% (1800pF との組み合わせ)	○ ±5%	—		
ニッセイ APS ポリプロピレン フィルム	1800pF+3300pF ±5% 又は 1200pF+3900pF±5%	○ ±5%	—		
東信 UPZ ポリプロピレン フィルム	1800pF+3300pF ±5% 又は 1200pF+3900pF±5%	○ ±5%	—		



5. 製作

5.1. 基板作成

(1) 整流・平滑回路基板

ノイズ吸収用のコイルは SN8S-300 を 12Turn と 21Turn に巻き戻して作成した $4.7\mu\text{H}$ 、 $15\mu\text{H}$ を使用する。この巻き数は、MJ 無線と実験の 2016 年 4 月号～6 月号に掲載された安井章氏の純コンプリメンタリー 15W パワーアンプの 5 月号及び 6 月号に記載された値である。このコイル+抵抗の挿入は効果絶大で、ノイズ低減の他、明らかに低域が充実し、締まった音になる。高価な部品を買うより安価で大きな音質改善が得られるので必ず入れることにしている。

写真を写した時点では実装していないが、ミューティング回路用電源のコイルは手持ちの古い素子 $150\mu\text{H}$ (TDK:SP406-151J Max 175mA)、 $100\mu\text{H}$ (TDK:SP406-101J Max 275mA) を実装した。今は入手できないので、次回は、最新のインダクター素子入手する必要がある。

整流素子の端子間のランドは短絡事故が起きないように削り取った。

(2) 定電圧回路基板

入力の $2.2\mu\text{F}$ 東信工業 BPUS バイポーラの入手先がわからないのと出力の 0S コン $10\mu\text{F}$ の耐圧 25V がぎりぎり不安なので、ELNA SILMIC II の $10\mu\text{F}/50\text{V}$ に変更した。電流制限抵抗 0.68Ω は、倍の抵抗値 1.35Ω (2.7Ω パラ) として、電流制限値をオリジナルの半分の値 440mA に設定している。

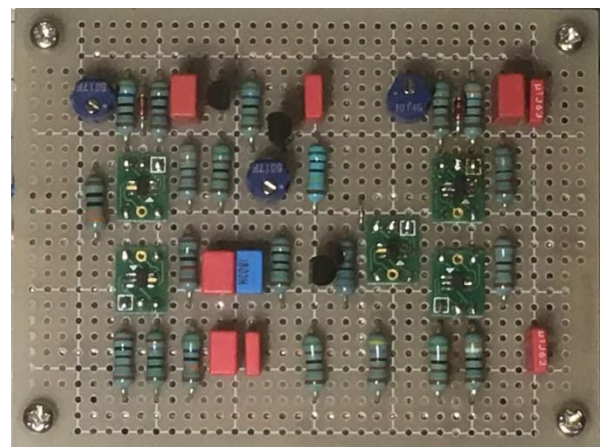
写真で、SCT2450KE へ放熱器をシリコングリスの塗布をしないで仮付けしているが、取付スペースを確認する為であり、後に取り外した。電圧調整の R_E は 500Ω ($1\text{K}\Omega$ パラ) を仮付けした。

(3) イコライザー基板

HN4A51J、HN4C51J は DAC の PCM1794DB を取り付ける要領でダイセン工業の変換基板 D006 に取り付け、基板 ICB-293G に取り付けた。HN4A51J と HN4C51J を同時に梱包パッケージから取り出した後に混在するとどちらかわからなくなってしまうので、最初に HN4A51J を取り付けてから HN4C51J を取り付けた。

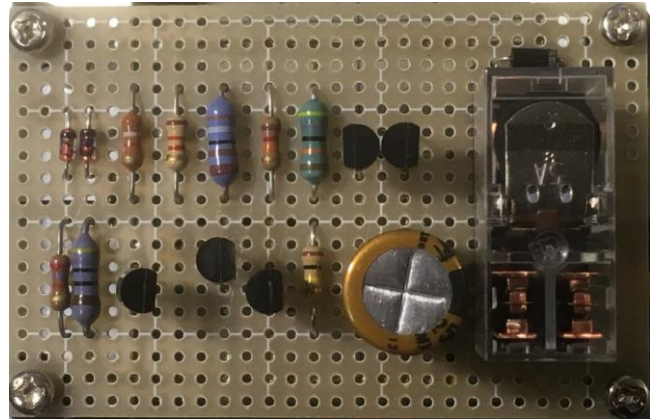
ツェナーダイオードは、2つの抵抗の隙間に配置するので、リード線を IC クリップなどでつまめるように部品を基板から浮かして取り付けた。

RIAA を始めコンデンサは、WIMA と ERO で統一した。



(4) 出力ミューティング基板の改造

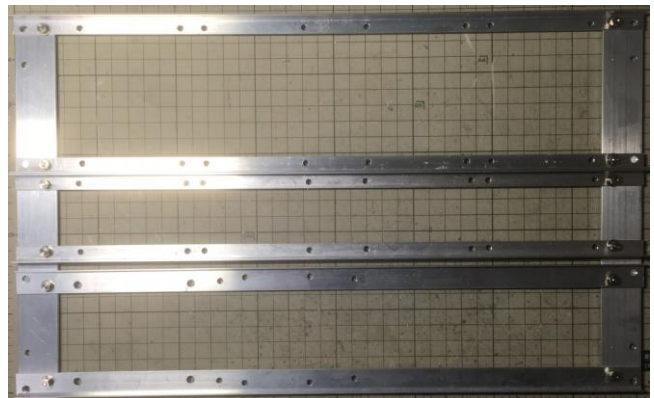
出力ミューティングの平滑回路の電源検出用のツェナーダイオードと抵抗を 27V のツェナーダイオードと 2.7kΩ の抵抗に交換した。ただ、既存のツェナーダイオードと抵抗は配線だけ外して部品はそのまま残した。



5.2. 基板取付用アングルの加工

Lアングル取付用の 2mm 厚平板を Lアングル取付板として加工し、そこに Lアングルを渡している。こうすることでブロック化され、制作がし易くなる。これに基板、トランスを取り付けてある程度配線した後、筐体に組み込む。

2mm 厚平板は、トランスを取り付ける為の φ4mm のビスの頭が底板に当たらないようにする役割も持つ。MJ 無線と実験の記事は底板に穴を開けているが、本機はその必要が無い。



5.3. 筐体内の改造

(1) 筐体への組み上げ

Lアングル取付用の 2mm 厚平板の取付穴位置は、現行筐体の内部シャーシの取付金具の取付位置と同じ寸法にしたので、筐体フレームの穴あけ加工は不要。また、AC インレット、ヒューズホルダーは、将来の AC 対応に備えて、取り付けてあったので、筐体加工は不要で、配線だけ行った。ブロック化したアルミアングルを取り付け、トランス、基板を装着した。

但し、この時点では正負電源ラインの配線は行わない。

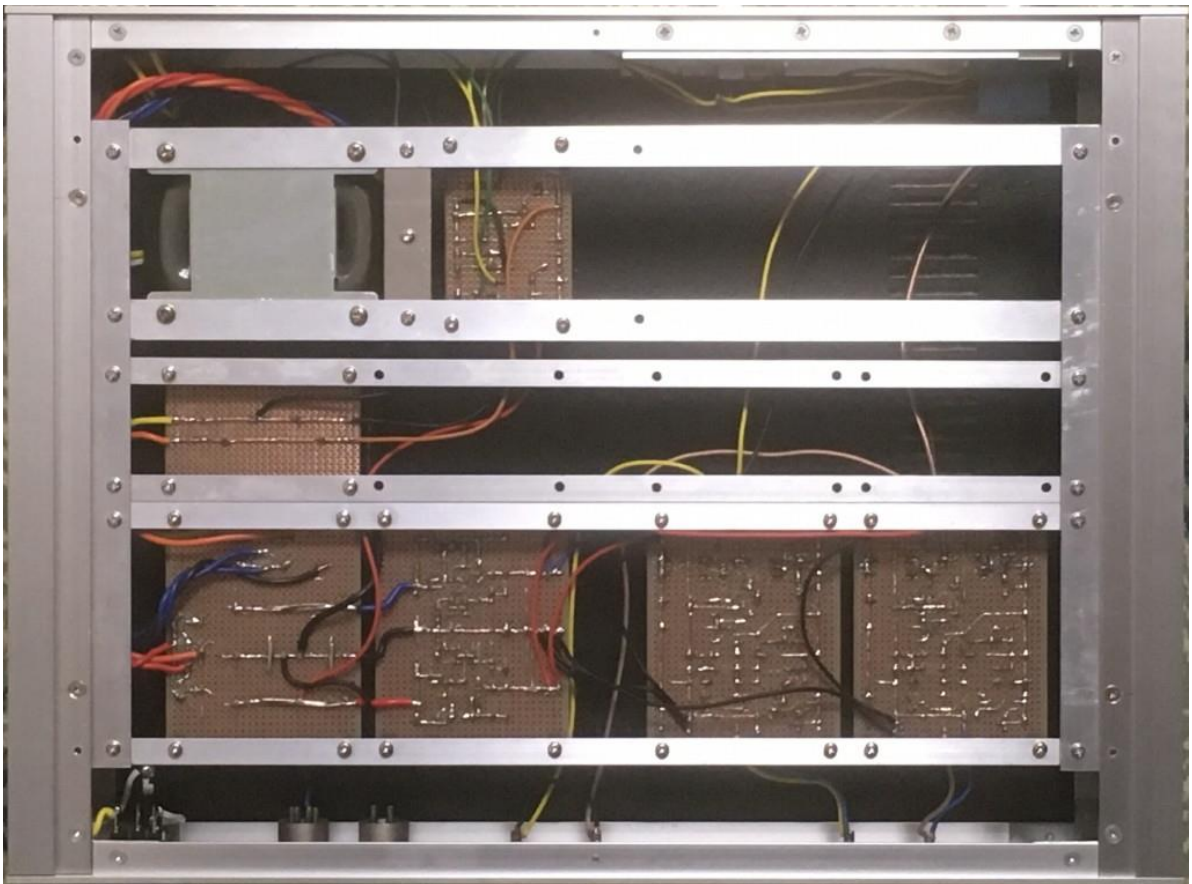
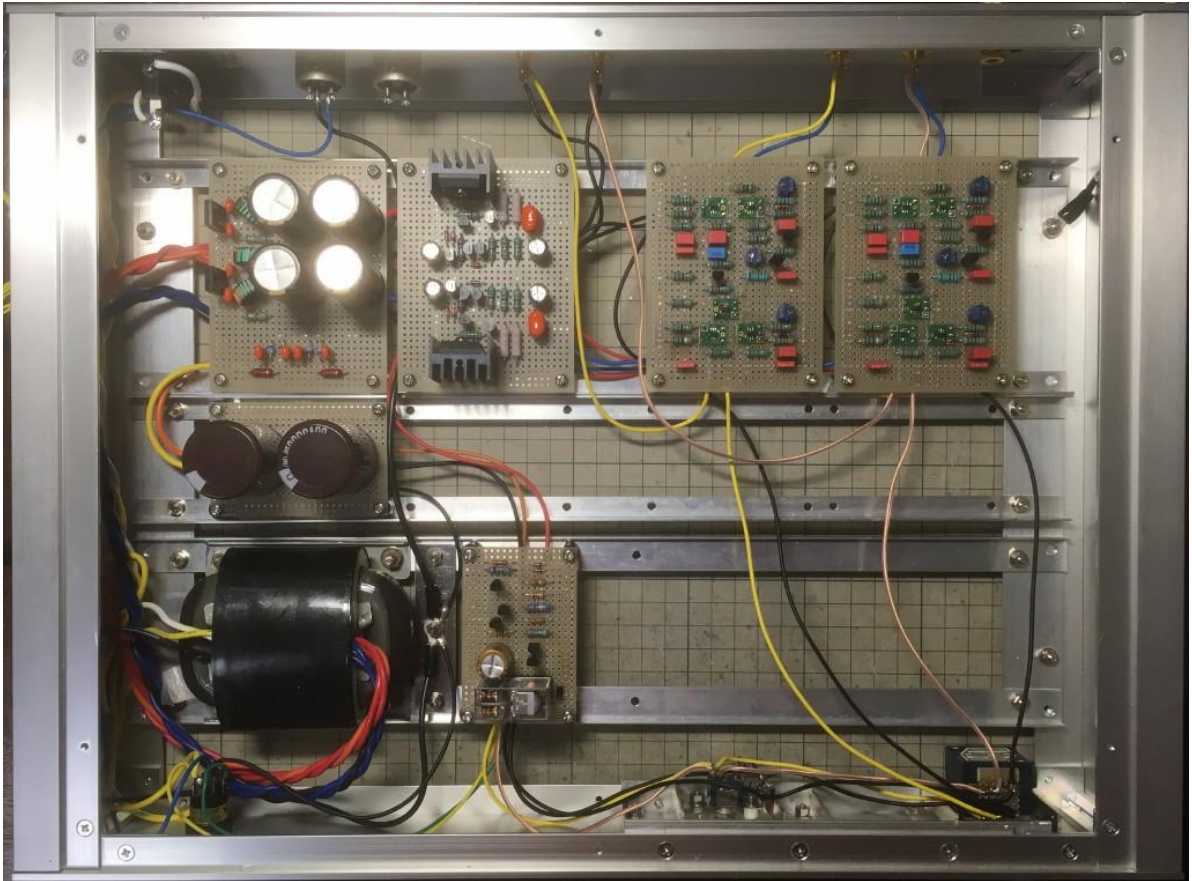
(2) 筐体内配線

配線はまず AC 系から行い、整流・平滑コンデンサまで行う。平滑後の電圧をチェックしたところ、AC25V の平滑後は ±38V、リレー用の 18V の平滑後の電圧は 27V。予定した電圧から 5%~7%高いが問題なし。

56Ω 3W の抵抗で、平滑コンデンサを放電。

ミューティング基板に電源ラインを接続して、電源 ON/OFF でリレーの動作、電源のパイロットランプに流れる電流を確認。ミューティング基板への供給電圧は、負荷が接続されたので 24.75V となり、予定通りの電圧となった。電源 ON 時のミューティング解除までの所要時間も問題はない。

次に AC25V の平滑コンデンサの出力を定電圧回路に接続。無負荷状態では ±25V 出ているので、このままイコライザー基板に正負電源を配線。



(3) 調整

記事に従ってイコライザーから調整開始。電源を入れ、SAOC、イコライザー各部の電圧を測定。問題無い事を確認。続いて半固定抵抗の調整を行っていた。しかし、何か焦げくさい匂いがする。どこから匂いがするのかわからず、そのまま調整を続けていたら、なんとラインアンプの 110Ω から煙が出て来て慌てて電源を切った。

ラインアンプのトランジスタ、抵抗を交換して、もう一度、電源を入れ、出力電圧を測定したら $10V$ を超えていた。また、 110Ω の抵抗から煙が立ち上がる。抵抗にかかる電圧は $35V$ 。 $P=IV=V^2/R$ より $11.14W$!。 $0.5W$ の抵抗が燃えるのも当然だ。

そこで、ラインアンプをまず調整する事にした。電源を入れると抵抗が燃えるので、出力を接地（ボリュームを絞った状態に）して調整する事にした。正側の定電流回路の Tr4 につながっている 100Ω の半固定抵抗と 300Ω の値を CA の Tr6 のエミッタと抵抗 110Ω との接続点の電圧を確認（監視）しながら調整するのだが、なかなか上手く行かない。動作が安定しない。急激に CA のエミッタ抵抗の電圧が上昇して行き、燃える電圧に到達して煙が出始めるので、急いで電源を切る。何度か部品をダメにして調整を試みるが拉致があかない。

2SC2291 であれば安定した動作になるのか。半信半疑で高価な 2SC2291 (HN4C51J の 5 倍以上) を購入して入れ替えみた。片 ch はなんとか調整できたが、別の ch はどうにもならない。2SC2291 のバラツキあるようだ。さらにいろいろ試行錯誤して調整していても、HN4A51J と同様に調整できなかつたり、どんどん電圧が変動して最後にはまた抵抗が燃え、ツェナーダイオードやトランジスタが破壊する。こうなると、調整ではなく回路定数（設計値）の見直しをした方がよさそうだ。

CA の Tr5、Tr6 のエミッタ抵抗の値を正側定電流回路の Tr3、Tr4 のエミッタ抵抗値と同じにしたらバランスが取れて安定するのではないか。そう仮説を立てて、 $1.5K\Omega$ から $5.1K\Omega$ に、 110Ω を 390Ω に変更してみた。結果、これだと案の定、見事に安定する。ゲインは、 $5.1K\Omega / 390\Omega = 13.08$ 倍 ($22.03dB$) と僅に低くなるが、全く問題無い。Tr4 のエミッタ抵抗値 300Ω を変更して 200Ω で出力を $0V$ に調整することができた。

このトラブルで、定電圧回路の電圧調整をするのを忘れていた。再度、最初から調整のやり直し。

定電圧回路の R_E を調整。正側 510Ω で $25.22V$ 。負側は、 470Ω で $25.24V$ 。

電流制限抵抗の電圧降下を測定して、消費電流を計算すると、正側 $89mA$ 。負側 $59mA$ 。想定 of $440mA$ と比較するとだいぶ少ない。

続いて、再度 SAOC、イコライザーの調整を行った。記事では、カートリッジ IVC 内蔵を前提とした調整が記述されており、調整用のカートリッジ IVC を接続する記述は無いが、前回同様に調整用のカートリッジ IVC を取り付けて（実際には独自に作成したコネクター IVC を取り付けて）調整した。

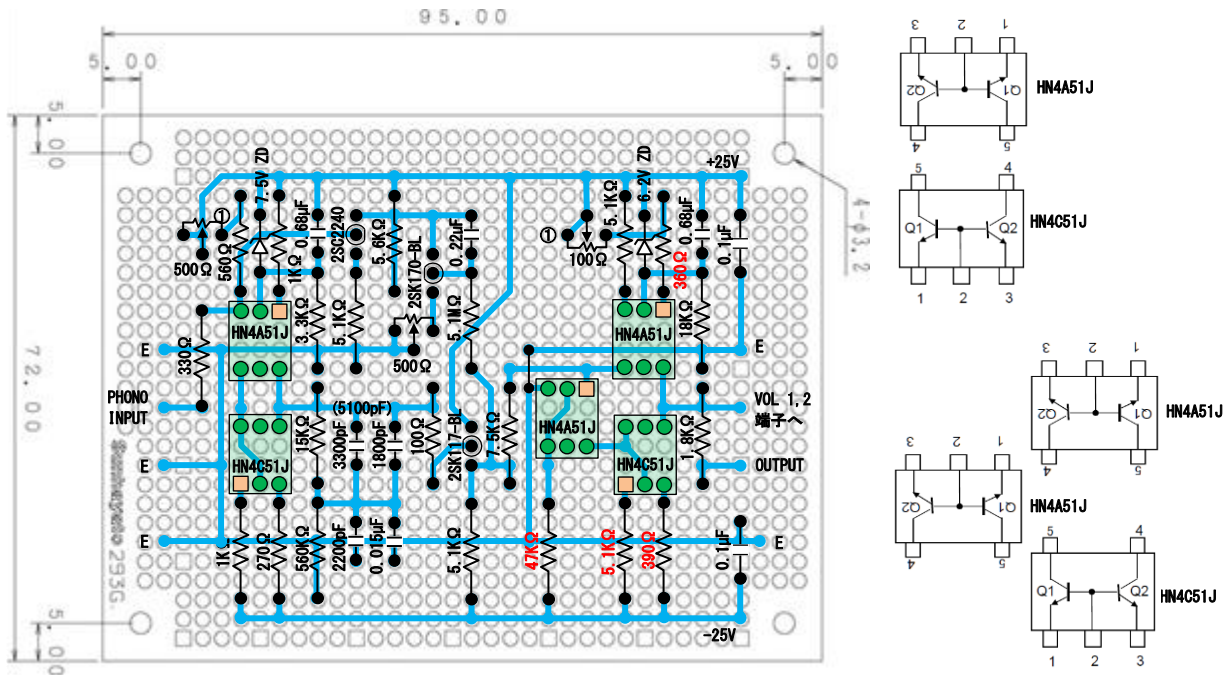
ラインアンプの調整をした後、ボリュームを配線。念のため、ボリュームを Max にした時、出力 V_o が $0V$ に保たれるか確認したところ、 $19V$ も出力されている。全然ダメ。Tr4 の電流 I_{c4} と Tr6 の電流 I_{c6} が全くバランスしていない。ボリュームを絞るとそれに合わせて出力が低下する。

もうラインアンプの調整は、記事の調整方法に従わないことにし、ボリュームを接続した状態でボリューム Max 時に出力 V_o が $0V$ になるように調整することにした。この時の Tr4 のエミッターに接続されている抵抗は、 $360\Omega + 100\Omega$ の半固定抵抗。なんと、CA の Tr6 のエミッター抵抗 390Ω と見事にバランスした。

ついでに、ラインアンプの入力も-2.5mV あったので、Tr1 のコレクターに接続されている 33K Ω を調整。47K Ω で+0.5mV とすることが出来た。以上の結果、ラインアンプは Tr3 のエミッター抵抗の 5.1K Ω 以外の抵抗の値を変更したことになる。

ふ〜。ラインアンプのトラブル解消に 3 週間ぐらい時間を要してしまった。

変更したイコライザー基板の定数を基板図に赤字で示す。



6. ヒアリング

いつものレコードでヒアリングする。まず、カール・ベーム指揮／ウィーンフィルのベートーベン7番交響曲。ウィーンフィルの弦楽器、金管楽器、木管楽器の音色を確認する。素直な落ち着いた音で、ウィーンフィルの各楽器の音色がすばらしい。続いて、ヘルベルト・フォン・カラヤン指揮／ベルリンフィルの1976年録音のチャイコフスキーの交響曲第六番「悲愴」。このレコードでは、ダイナミックレンジ（追従度合い）を確認する。再弱音から全合奏の最強音まで素晴らしい音色で見事に鳴り響いた。最後に、ポーリーニのショパン、ポロネーズ集。これでピアノの強烈なアタック音を濁りなく再生できるかを確認する。音がリングングすることなく見事に再生。

MJ無線と実験で使用されている高価な部品は使用していないが、それでもこれだけの素晴らしい再生音を聞かせてくれる本機に感謝！。

