

MJ 無線と実験 2017 年 6 月号、7 月号掲載

MM,MC 対応 CR 型イコライザーアンプ

MJ 無線と実験 2018 年 11 月号、12 月号掲載

無帰還ディスクリット・コントロールアンプ組み込み

および電源ノイズ対策

作成レポート（再編集）



2021 年 9 月 24 日

目次

MJ 無線と実験 2017 年 6 月号、7 月号掲載	1
MM,MC 対応 CR 型イコライザーアンプ	1
作成レポート	1
MJ 無線と実験 2018 年 11 月号、12 月号掲載	1
無帰還ディスクリート・コントロールアンプ	1
組み込みレポート	1
MC/MM 対応 CR 型イコライザー	1
電源ノイズ対策レポート	1

MJ 無線と実験 2017 年 6 月号、7 月号掲載

MM,MC 対応 CR 型イコライザーアンプ 作成レポート



2018 年 1 月 1 日

目次

1. はじめに	1
2. 作成方針	2
2.1. 筐体、使用部品	2
(1) 筐体	2
(2) トランス	2
(3) 基板	2
2.2. 回路構成	2
(1) イコライザー	2
(2) バッファ&電源	2
(3) ミューティング回路	2
2.3. 参照記事	2
3. 重要部品の入手確認と代替品の検討	3
(4) イコライザーアンプ	3
(5) バッファ	4
(6) 電源回路基板関係	4
4. 設計	5
4.1. 全体回路構成	5
4.2. イコライザー回路	5
4.3. バッファと定電圧電源、整流回路	6
4.4. ミューティング回路	6
4.5. イコライザー基板の部品配置とパターン図	7
4.6. 電源回路、バッファの部品配置とパターン図	9
5. 製作	10
5.1. 結合コンデンサの箔振動対策加工	10
5.2. コイルの加工	10
5.3. 半導体素子の選別	11
(1) FET の選定条件	11
(2) イコライザー初段Q1の選定	11

(3) イコライザー初段 Q2 と半固定抵抗値の決定	12
(4) イコライザー二段目 Q3、Q4 の選別	12
(5) バッファ用 FET の選別	13
(6) 電源用 FET の選別	14
(7) イコライザー二段目トランジスターの選別	15
(8) コンデンサ(RIAA 素子)の選別	15
5.4. 基板の作成	16
(1) 電源&バッファ基板の作成	16
(2) イコライザー基板の作成	16
5.5. 筐体への組み込みと調整	17
(1) 電源&バッファ基板	17
(2) イコライザー基板	17
6. ヒアリング	18
7. 問題点の分析と改善	18
8. 再ヒアリング結果と作成の感想	18

1. はじめに

現在、メインで使用しているイコライザーアンプは、金田式電流伝送のイコライザーであるが、私は、本来、CR 型のイコライザーの方が音質面で好みである。ただ、出力が小さく、ボリュームを適正音量まで上げると、ホワイトノイズのようなノイズが聞こえる為使用していない。今回、MJ 無線と実験 2017 年 6 月号、7 月号に掲載された MM, MC 対応 CR 型イコライザーアンプを使って、再度プリアンプを構築に挑戦し、ぜひメインシステムの位置づけとしたい。

2017 年 6 月 25 日

2. 作成方針

2.1. 筐体、使用部品

(1) 筐体

使用する筐体は、2010年に作成したMJ無線と実験2009年3月号掲載の安井章氏の「MM, MCカートリッジ対応プリアンプの作成」を組み込んだ筐体を使用する。

(2) トランス

従来使用していたトランスを流用する。

(3) 基板

イコライザー部の方チャンネルは、ICB-96Gを半分にしたサイズがちょうど良い。ICB-93だと、小さく、ICB-97だと大きすぎる。ICB-96Gの半分のサイズの基板が製品ラインアップに無いのが残念だが、まあ、カットすれば済むので全く問題はない。電源&バッファ基板は、ICB-93かICB-293を使用する

2.2. 回路構成

(1) イコライザー

2017年6月号、7月号に掲載されたMM, MC対応CR型イコライザーアンプは、ボリュームが無く、そのまま出力されている為、バッファが付けられている。今回の回路には、MJ無線と実験2009年3月号の「MM, MCカートリッジ対応プリアンプの作成」バッファをそのまま利用したいので、イコライザーからバッファ部分は取り除いた回路とすることにする。

MJ無線と実験2009年3月号の「MM, MCカートリッジ対応プリアンプの作成」は、整流回路以降それぞれのチャンネル専用であるが、2017年6月号、7月号に掲載されたMM, MC対応CR型イコライザーアンプは共通の1基板になっている。今回は、それぞれのチャンネルに2017年6月号、7月号に掲載されたMM, MC対応CR型イコライザーアンプの整流回路を設けることにする。

(2) バッファ&電源

バッファはMJ無線と実験2009年3月号の「MM, MCカートリッジ対応プリアンプの作成」の回路を使用する。電源は、バッファ用だけMJ無線と実験2009年3月号の「MM, MCカートリッジ対応プリアンプの作成」の回路を使用し、イコライザー用は、2017年6月号、7月号に掲載されたMM, MC対応CR型イコライザーアンプの回路を使用する。

(3) ミューティング回路

2017年6月号、7月号に掲載されたMM, MC対応CR型イコライザーアンプには、ミューティング回路が無いが、現行の基本的にMJ無線と実験2009年3月号の「MM, MCカートリッジ対応プリアンプの作成」の回路を継続して使用する。なお、電源検出と、電源ランプ用の回路の一部を訂正する。

2.3. 参照記事

下記の記事を参考にして製作を進める。

MJ無線と実験2009年3月号掲載「MM, MCカートリッジ対応プリアンプの作成」

MJ無線と実験2011年3月号、4月号掲載「CR型フォノイコライザーアンプ」

MJ無線と実験2017年6月号、7月号掲載「MM, MC対応CR型イコライザーアンプ」

3. 重要部品の入手確認と代替品の検討

キーパーツが入手できないとアンプとして完成させることはできない。以下は、MJ 無線と実験誌に掲載された記事で使用・指定されている部品のうち、キーパーツについて、入手の確認と、代替品の検討、それらの部品の購入状況を示している。なお、ネットオークションでの部品入手は好まない。

- ◎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、代替品を入手した部品。

(4) イコライザーアンプ

入手	名称	説明
○	2SK117-GR	ストックしていた部品とペア測定品を使用。
○	2SJ74-GR/2SK170-GR または 2SJ74-BL/2SK170-BL	ペア測定品は購入せず、2SJ74-BL ペアを購入。手持ちの 2SK170-BL について VGS が近い素子を選択。
▽	2SA992/2SC1845	以前入手した素子が手持ちであるが、これも手持ちの 2SA970-BL/2SC2240-BL のペアを使うことにする。
▽	ツェナーダイオード 12V、18V、24V	RD12E B3、RD18E B3、HZ24-3 を手持ちを使用。記事では結合コンデンサの耐圧が 25V なので、22V のツェナーダイオードに変更されたが、今回の MKH は 250V/400V なので、24V を使用する。 なお、実装前の現物の刻印を確認するときスマホのカメラをルーペ代わりに使っている。結構拡大できるので重宝している。
○	1/2W 金属皮膜抵抗	基本は、 <u>タクマン電子</u> の REY50 シリーズを使うが、手に入らない定数はシンコーのタンタル金属皮膜抵抗 TAF シリーズなどを使用する。
▽	半固定 V R 北陸電気工業 PN822H204H	TM-7P を使用。
▽	WIMA MKS2 メタライズドポリエステル フィルムコンデンサ	イコライザーの WIMA の MKS2 コンデンサ 0.47 μ F と 0.015 μ F、電源ラインに挿入される 0.015 μ F、0.033 μ F、ツェナーダイオードのノイズ吸収用の 0.1 μ F は、パナソニックのメタライズドポリエステルフィルムコンデンサ ECQV シリーズ（生産中止品）を使用することにした。WIMA の MKS2 コンデンサは保守用として確保した。 →調整の段階で WIMA に交換した。
○	シーメンス MKH	結合用の 400V/3.3 μ F を確保。箔の振動対策の加工を施す。RIAA 素子の 0.15 μ F も MKH とした。→0.15 μ F は、調整の段階で MR01826 に変更。計算上は、0.15667 μ F で 0.16 μ F でも誤差 4% 内で RIAA 偏差も 0.4dB の範囲に収まるとのこと。
▽	積層セラミックコンデンサ 100 μ F	誌面に記載されている素子の型番は、TCD61E1E105M だが、入手できるのは、TCD61E1E107M。105 だと $10 \times 10^5 = 1,000,000$ で 1 μ F だと思う。積層セラミックコンデンサどうも使う気になれないので、この部分は、以前の 10 μ F にすることにした。10 μ F の MKH は持っていないが、6.8 μ F のストックがあり、6.8 μ F+3.3 μ F=10.1 μ F として使用する。

(5) バッファ

入手	名称	説明
○	2SK117-BL	手持ち部品を使用
○	2SK117-Y	手持ち部品を使用
▽	2SA992/2SC1845	2SA970-BL/2SC2240-BL を使用
○	ツェナーダイオード 18V	手持ちの NEC の RD18E B3 を使用。
○	1/2W 金属皮膜抵抗	基本は、 <u>タクマン電子</u> の REY50 シリーズを使う。手持ちのシンコーのタンタル金属皮膜抵抗 TAF シリーズなどを優先的に使用して使い切ってしまいたい。
▽	半固定VR 北陸電気工業 PN822H201H	TM-7P を使用
×	WIMA MKS2 メタライズドポリエステルフィルムコンデンサ	パナソニックのメタライズドポリエステルフィルムコンデンサ ECQV シリーズ (生産中止品) を使用することにした。WIMA の MKS2 コンデンサは保守用として確保した。

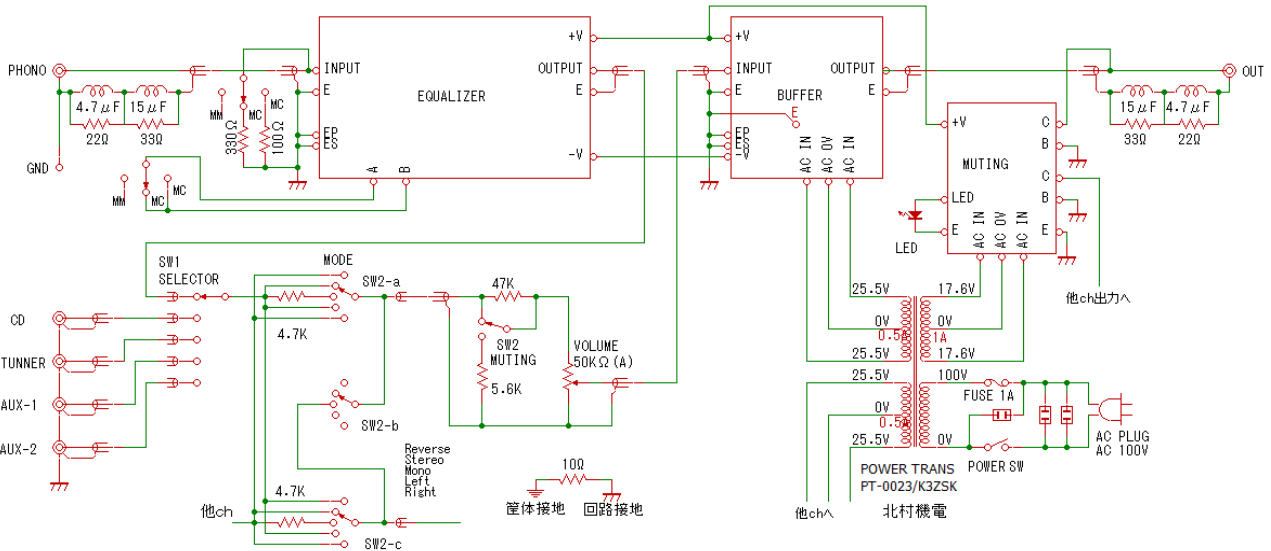
(6) 電源回路基板関係

入手	名称	説明
○	2SK117	電源回路用は、MJ 無線と実験 2017 年 6 月号、7 月号の[図 7]FET の測定では、ID=3mA で VGS が測定されているが、IDSS=3mA の素子を選別しなかったのではないかと推測する。
▽	2SA992/2SC1845	2SA970-BL/2SC2240-BL を使用
○	ツェナーダイオード 18V	手持ちの NEC の RD18E を使用。 RD シリーズは、2009 年 4 月保守品に、2010 年 5 月廃止品となった。 <u>ルネサス</u> のホームページからデータシートをダウンロード。
○	SBD 日本インター FCH10A15/FRH10A15	購入
○	8200pF APS	購入
○	1/2W 金属皮膜抵抗	基本は、 <u>タクマン電子</u> の REY50 シリーズを使うが、手に入らない定数はシンコーのタンタル金属皮膜抵抗 TAF シリーズなど他の抵抗を使用する。
▽	2200μF/50V 電界コン	ニッケミの KMH が 105°C 品を購入したかったが、85°C 品の SMH を購入
○	コイル 太陽誘電 4.7μH、15μH	太陽誘電の下記部品を購入 ラジアルリード・φ7.8 4.7μH 2.1A(max.) LHLZ06NB 4R7M ラジアルリード・φ7.8 15μH 1.3A(max.) LHLZ06NB 150K 部品の頭に 4R7M の様に定数が書かれているだけなのでわかりづらい SN8S-300 を 12 ターンで 4.7μH、21 ターンで 15μH とする。
▽	トランス	以前、若松通商から購入。PT-0023/K3Z3SK 北村電機製 小出力パワーアンプ用と思われる。 2次：茶-黄-赤 0.5A/25.5V-CT-25.5V 青-灰-紫 0.5A/25.5V-CT-25.5V 白-橙-緑 1A /17.6V-CT-17.6V
▽	AC100V ノイズフィルター SN8S-300、4700pF/400V	記事の様に自作してもよいのだが、TDK Lambda 社の RSAL-20R5AL という 0.5A のフィルターを購入してみた。1A のタイプとどちらにするか迷ったのだが、0.5A の製品を選択。

4. 設計

4.1. 全体回路構成

ノイズ対策のLRは、全ての入出力に取り付けないと効果が無いと思われるが、実装が煩雑になるのでPHONOだけに取り付けることにする。アースの処理は、内部シャーシを回路アースとし、筐体アースと分離する。カートリッジの入力負荷の切り替えは、4回路3接点のロータリースイッチで切り替える。



4.2. イコライザー回路

作成方針で述べたようにボリュームとバッファ回路を実装するので、イコライザーのバッファ部分は取り除いた回路とすることにする。なお、7月号で記載されたゲイン変更の対応を適用する。

MJ無線と実験 2017年7月号掲載「MM, MC型対応CR型イコライザーアンプ」の[図1]前号より変更したイコライザーアンプ部の回路図から、終段のバッファ回路を除いた回路

結合コンデンサ $100\mu\text{F}+0.047\mu\text{F}$ は、 $10\mu\text{F}(6.8\mu\text{F}+3.3\mu\text{F})+100\Omega$ に置き換え

4.3. バッファと定電圧電源、整流回路

バッファ回路は、MJ無線と実験 2009 年 3 月号掲載「MM, MCカートリッジ対応プリアンプの作成」のバッファ回路をその定電圧電源部分と共に使用する。

定電圧電源と整流回路は、イコライザー用の供給電源部分を 2017 年 6 月号掲載の[図 19]電源基板の回路図を使用。結合コンデンサの耐圧が積層セラミックの耐圧 25V と異なり、耐圧 250V 及び 400V なので、7 月号に記載されたツェナーダイオードは変更しないが、平滑コンデンサの変更は適用する。

<p>バッファ回路</p> <p>MJ無線と実験 2009 年 3 月号掲載「MM, MCカートリッジ対応プリアンプの作成」の回路図を使用</p>	<p>定電圧回路と平滑回路</p> <p>MJ無線と実験 2017 年 6 月号掲載「MM, MC型対応 CR 型イコライザーアンプ」の[図 19]電源基板の回路図を使用。7 月号に記載されたツェナーダイオードの変更は織り込まず、平滑回路の変更だけ織り込む。</p>
---	---

4.4. ミューティング回路

MJ無線と実験 2009 年 3 月号掲載「MM, MCカートリッジ対応プリアンプの作成」の回路を使用する。電源電圧検出とパイロットランプ(LED)への電源供給部分を見直す

<p>ミューティング回路</p> <p>MJ無線と実験 2009 年 3 月号掲載「MM, MCカートリッジ対応プリアンプの作成」の回路図を使用</p>
--

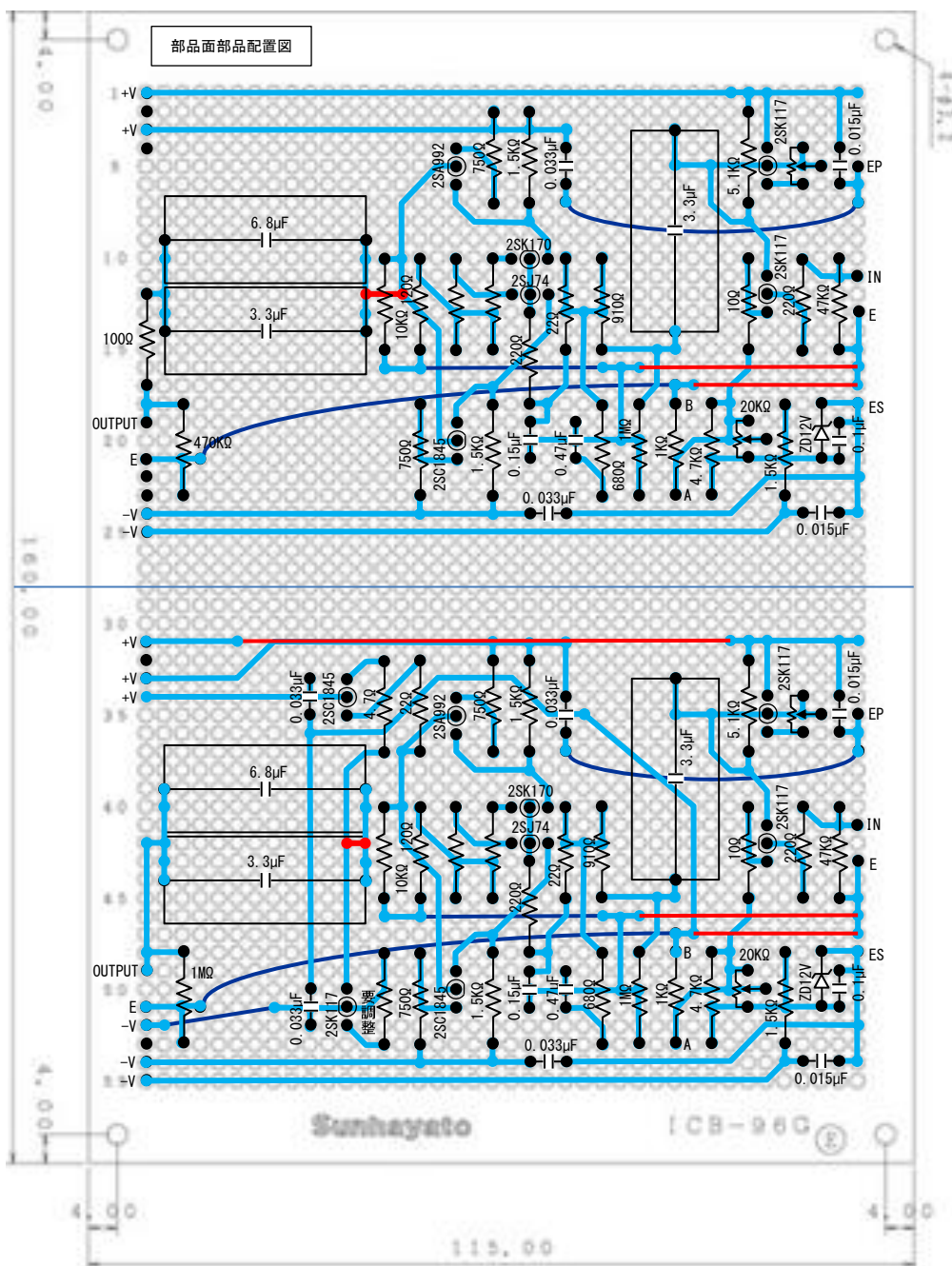
G2R-2 端子配置図

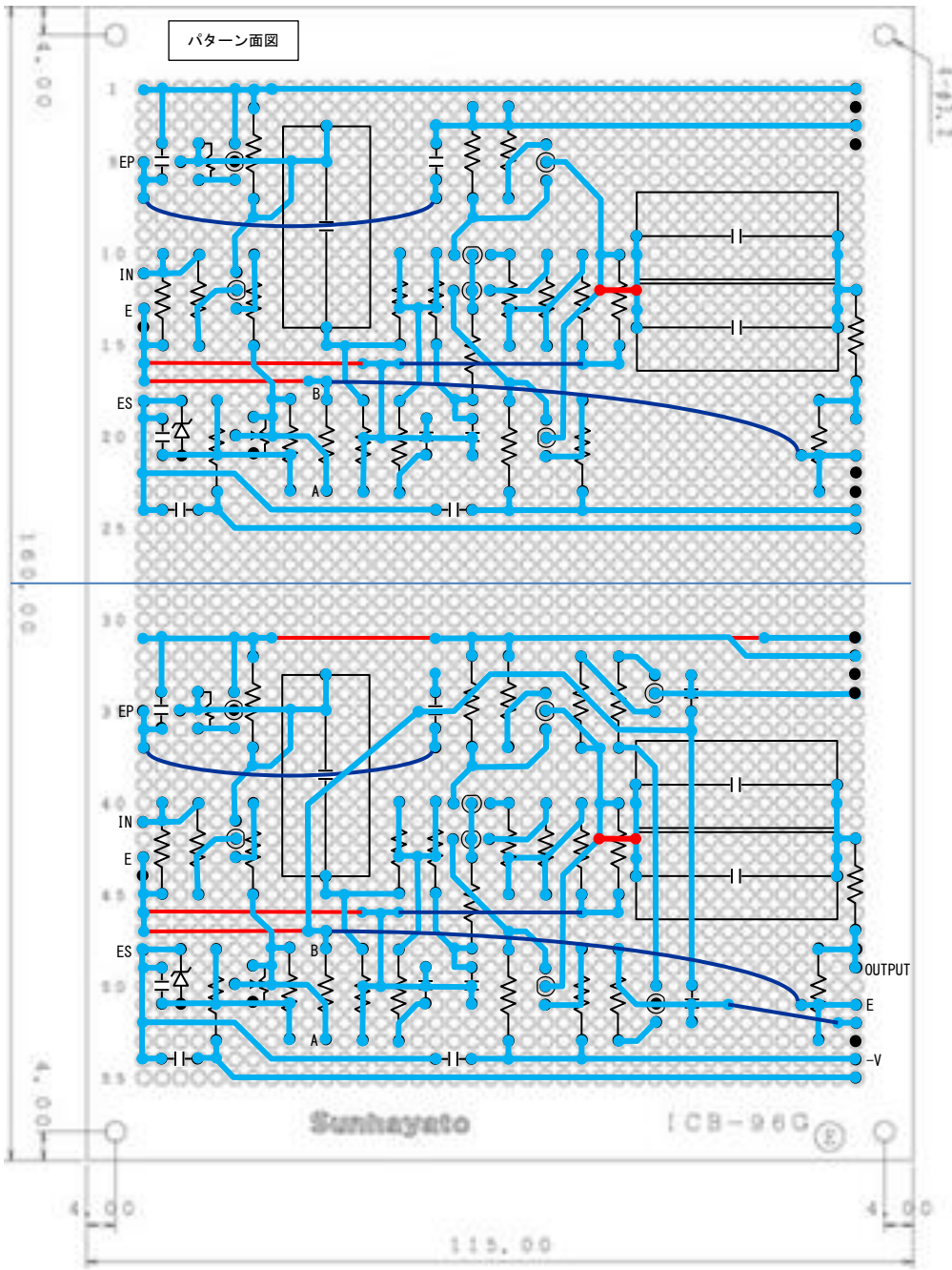


4.5. イコライザー基板の部品配置とパターン図

イコライザーに使用するサンハヤトのユニバーサル基板 ICB-96G は、基板サイズが 115×160mm と大型の為、半分に分けて使用する。下記パターンは、上段が今回実装するバッファを省いた部品配置・パターンで、下段はバッファを省略しない誌面通りの回路の部品配置、パターン図である。

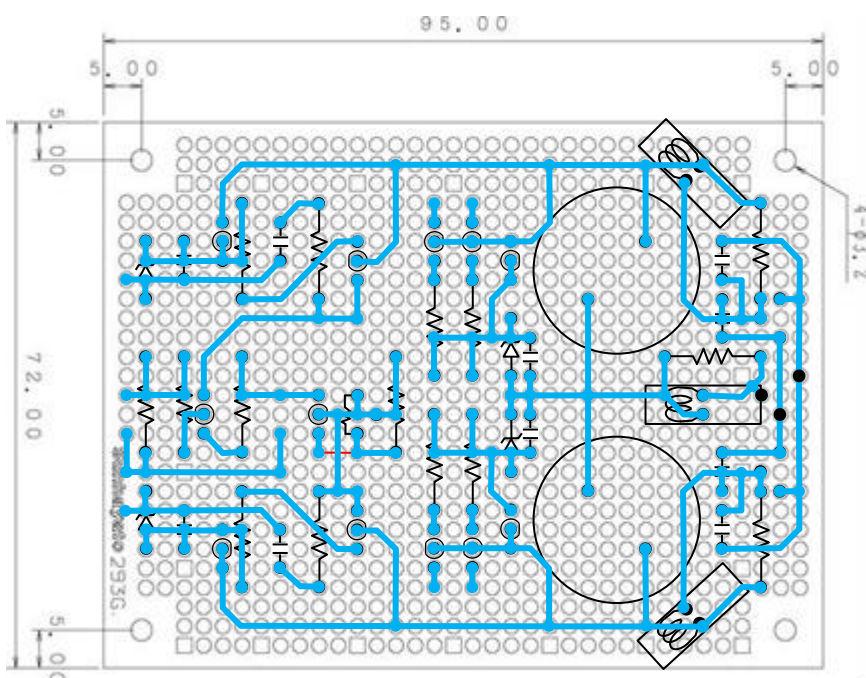
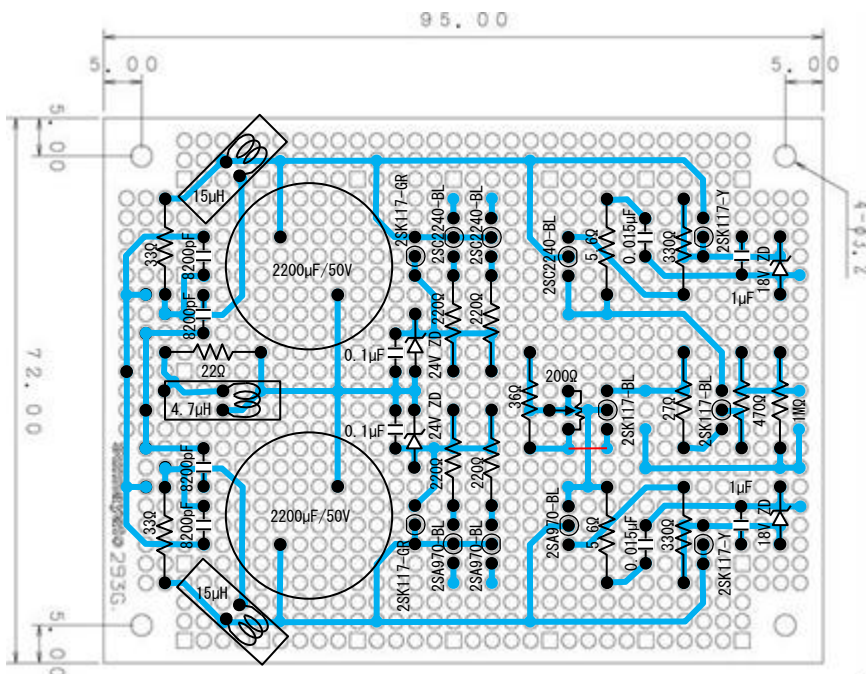
なお、青色のジャンパー線は、基板の部品面ではなく、半田面で配線する。





4.6. 電源回路、バッファの部品配置とパターン図

整流回路に使用するコイルであるが、記事では、太陽誘電のラジアルリードタイプの4.7 μ H、15 μ Hのコイルが使用されているが、下記パターン図は、SN8S300を21Turnに巻き直して15 μ H、12Turnに巻き直して4.7 μ Hとしたコイルを実装することを想定した配置図・パターン図とした。



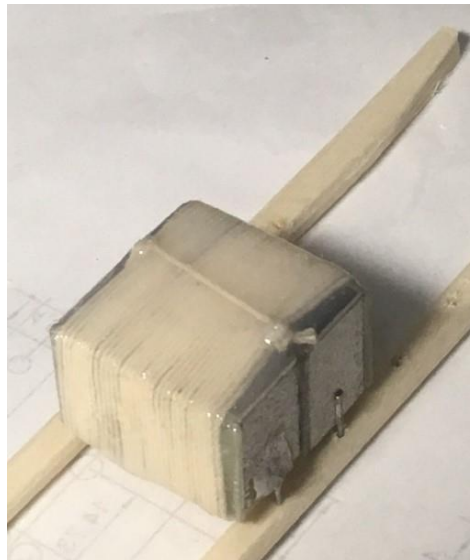
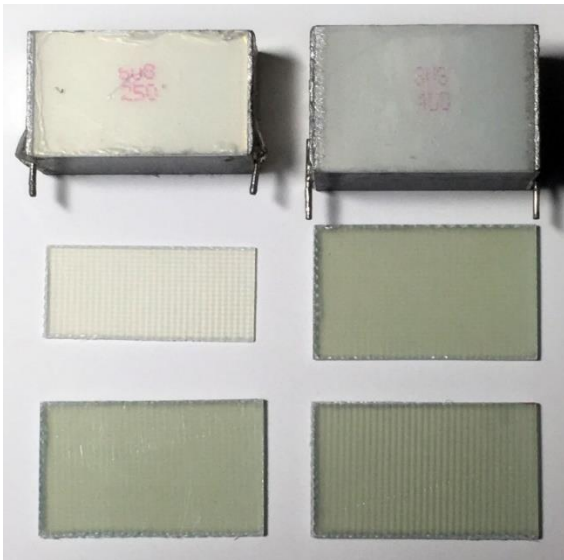
5. 製作

5.1. 結合コンデンサの箔振動対策加工

結合コンデンサに 100 μ F の積層セラミックコンデンサは使用せず、シーメンスの 10 μ F の積層フィルムコンデンサを使用する。とはいっても、10 μ F の積層フィルムコンデンサは入手できない。ただ、手持ちに 6.8 μ F/250V と 3.3 μ F/400V があるので、パラ接続で 10.1 μ F として使用する。

加工は、1mm 厚のガラスエポキシ板を購入してきて、コンデンサを挟むサイズにカット。6.8 μ F/250V と 3.3 μ F/400V の間に 1 枚と、両端に 1 枚使用。加えて、6.8 μ F/250V の方が少し高さが低いので、高さ合わせに 0.5mm 厚のエポキシ版 1 枚使った。

加工には、少し接着時間がかかる 30 分で硬化するタイプのエポキシ系の接着剤を使用。ガラスエポキシ版をコンデンサに接着し、0.7mm ϕ のタコ糸で（手がべたべたになりながら）固く縛り上げ、その上からエポキシ系の接着剤を塗布した。接着剤が固まるまで暫く放置しなければならないが、全面にエポキシ接着剤が付いているので、机の上に置くわけにいかないし、手でずっと持っているのも辛いので、食事の時に使った割り箸にコンデンサの足が入る程度の直径で底面が割り箸につかない程度の深さの穴をあけ、そこにコンデンサの足を入れて固化するのを待った。



5.2. コイルの加工

平滑回路に使用するノイズ除去用のコイルは、太陽誘電のコイルではなく、SN8S-300 を加工する事にした。

4.7 μ H とする為、12Turn とする。また、15 μ H の値とするため、線をほどいて 21Turn とする。巻き線の間隔を均等になるように線をずらして調整する。

写真は左からオリジナル、21Turn (15 μ H)、12Turn (4.7 μ H) である。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 月号に記載された巻き数としている。



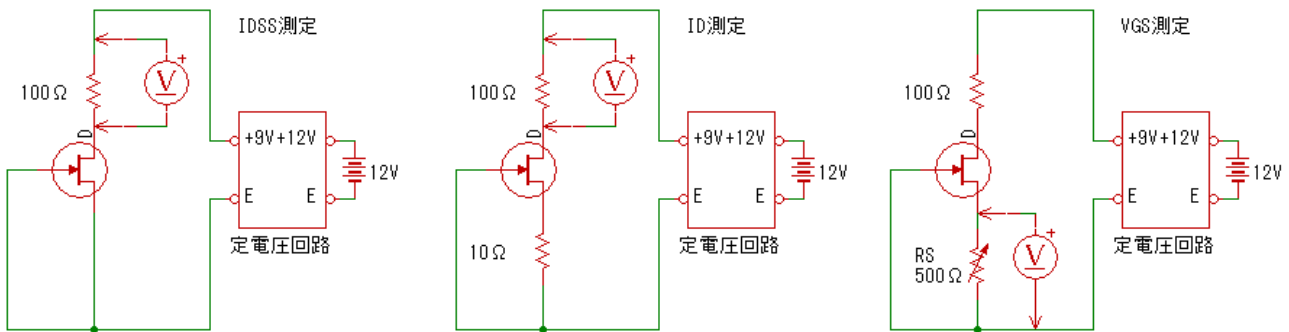
5.3. 半導体素子の選別

(1) FET の選定条件

毎回、記事の FET 選別の説明がわかりづらい。意をくみ取って私なりの解釈を下表にまとめた。

使用場所	素子	選定条件
イコライザー初段 Q1	2SK117-GR	IDSS が 4mA~5.5mA の素子を選別し、左右揃える。 IDSS の値が大きいほど、音質面では有利だが、MM の場合に対応するため、定数変更が必要。
イコライザー初段 Q2	2SK117-GR または 2SK117-BL	IDSS が 3mA~4mA 以上。左右揃える。 ID 調節用の半固定抵抗は、Q1 のドレイン電圧が電源電圧の 1/2 となるように調整が可能な値とする。
イコライザー二段目 Q3	2SK170	2SK170-GR/2SJ74-GR または、2SK170-BL/2SJ74-BL で IDSS が 4mA 以上のペア。ID を 4mA 流した時の VGS の差が 5%以内
イコライザー二段目 Q4	2SJ74	
バッファ	2SK117-BL	IDSS が 6mA 以上
定電圧電源用	2SK117	IDSS が 2~3mA の素子を選択。なるべく揃える。

IDSS、ID、VGS は下記の回路で測定する。



(2) イコライザー初段 Q1 の選定

Q1 の選択は、MM カートリッジと切替共存させる為に (MM カートリッジの時ゲインが大きくなりすぎないように)、比較的 IDSS が小さい部類の 4mA~5.5mA の素子を指定していると推測する。この IDSS が 4mA~5.5mA の範囲の素子で、ソース抵抗 10Ω 時の ID が 4mA~5mA となる素子を選別する。

ただ、気になる点がある。2017 年 6 月号の記事の P108、[図 16] 初段と RIAA 回路では、MC 時のソース抵抗が 4.7Ω になっていることだ。記事の「回路図の説明」でも「A 点(4.7Ωと 1KΩの…)」という記述がある。しかし、[図 3]の回路図の説明では 10Ωになっている。7 月号の部品配置図でも 10Ωになっている。写真で確認しようにも抵抗は銅箔でシールドされているので確認することができない。この値は、以前の 2011 年 3 月号、4 月号記事でも 10Ωが 100Ωと誤って表記されていた箇所だ。どうもはっきりしない。

そこで、RS を 4.7Ωとした時に記事通り 4mA~5mA を流す場合も想定して素子を抽出する。選別は、IDSS=5.12mA のペア 2 組を購入して行った。

2SK117-GR 測定結果

測定素子		IDSS (RS=0Ω)		ID, VGS (RS=4.7Ω)			ID, VGS (RS=10Ω)		
		100Ωの 電圧降下	IDSS	100Ωの 電圧降下	ID	VGS	100Ωの 電圧降下	ID	VGS
1	ペア 1-1	0.535V	5.35mA	0.493V	4.93mA	22.8mV	0.453V	4.53mA	45.5mV
2	ペア 1-2	0.539V	5.39mA	0.498V	4.98mA	23.0mV	0.458V	4.58mA	46.0mV
3	ペア 2-1	0.539V	5.39mA	0.497V	4.97mA	22.9mV	0.457V	4.57mA	45.8mV
4	ペア 2-2	0.536V	5.36mA	0.496V	4.96mA	22.9mV	0.456V	4.56mA	45.8mV

素子は、RS=4.7Ω の特性を重視してペア 2-1 と 2-2 の組み合わせを使用することにする。

(3) イコライザー初段 Q2 と半固定抵抗値の決定

RS=4.7Ω の場合の Q2 は、Q1 に 4.97mA の ID を流すので、5.1kΩ に流れる電流約 2.11mA を減じた 2.86mA の定電流 (ID) を流す素子が必要となる。RS=10Ω の場合は、2.46mA を流す必要がある。

IDSS が 5.02mA、5.17mA の 2SK117-GR を測定したところ、2.86mA のとする為に必要な RS の抵抗値は 50Ω 前後と 100Ω の半固定抵抗の中間の値なので、これらの FET と 100Ω の半固定抵抗を使用する。

測定素子	IDSS (RS=0Ω)		RS, VGS (Q1 の RS=4.7Ω)			RS, VGS (Q1 の RS RS=10Ω)		
	100Ωの 電圧降下	IDSS	100Ωの 電圧降下	RS	VGS	100Ωの 電圧降下	RS	VGS
5	0.517V	5.17mA	0.286V	52.2Ω	149.4mV	0.246V	72.6Ω	178.5mV
6	0.528V	5.28mA	0.286V	55.9Ω	159.4mV	0.246V	77.3Ω	189.5mV
7	0.502V	5.02mA	0.286V	50.0Ω	142.3mV	0.246V	69.6Ω	171.6mV

(4) イコライザー二段目 Q3、Q4 の選別

市販の 2SJ74 と 2SK170 のペアは IDSS でペアマッチングしていて、VGS では合わせられていない。同一 IDSS であっても品種が異なるからか、VGS は揃っていない事が多い。一方、同一品種の 2SJ74 のペアや 2SK170 のペアは IDSS が揃っていれば VGS も揃っていることが経験上多い。そこで、2SJ74 と 2SK170 のペアは購入せず、2SJ74 のペアを 1 組と、2SK170 のバラ (ペアも数組) を購入して、選別することにした。まず、2SJ74-BL のペアだけ購入し測定。

2SJ74-BL ペア (IDSS=9.89mA) の測定結果

素子	IDSS 測定 (RS=0Ω)		ID, VGS 測定			2SK170 ペア選定範囲 (±5%)	
	100Ωの 電圧降下	IDSS	ID 設定値	RS	VGS	min	max
1	-0.986V	-9.86mA	-4.00mA	40.2Ω	-160.1mV	168.105mV	152.095mV
2	-0.985V	-9.85mA	-4.00mA	40.0Ω	-160.2mV	168.210mV	152.190mV

次に、手持ちの 2SK170-BL、14 本を測定してみたところ、ペア候補が 4 本見つかり、その中から 2 本を抽出した。2SK170-BL を別途購入する必要はなかった。

2SK170-BL の測定値

素子	IDSS 測定 (RS=0Ω)		ID, VGS 測定			2SJ74 とのペア
	100Ωの 電圧降下	IDSS	ID 設定値	RS	VGS	
1	0.747V	7.47mV	4.00mA	29.0Ω	115.5mV	
2	0.765V	7.65mV	4.00mA	29.9Ω	119.8mV	
3	0.796V	7.96mV	4.00mA	31.3Ω	125.3mV	
4	0.727V	7.27mV	4.00mA	30.2Ω	121.7mV	
5	0.744V	7.44mV	4.00mA	31.5Ω	126.1mV	
6	0.759V	7.59mV	4.00mA	29.3Ω	117.4mV	
7	不安定で測定できず					
8	0.763V	7.63mV	4.00mA	30.3Ω	121.6mV	
9	0.875V	8.75mV	4.00mA	39.9Ω	160.0mV	ペア候補
10	0.742V	7.42mV	4.00mA	29.8Ω	119.0mV	
11	0.940V	9.40mV	4.00mA	45.1Ω	180.6mV	
12	0.909V	9.09mV	4.00mA	39.7Ω	158.6mV	ペア候補
13	0.912V	9.12mV	4.00mA	40.2Ω	160.6mV	2SJ74 の番号 2 とペア
14	0.916V	9.16mV	4.00mA	40.2Ω	160.8mV	2SJ74 の番号 1 とペア

(5) バッファ用 FET の選別

バッファの FET、Q1 には 6mA 流す必要がある。(MJ 無線と実験の 2009 年 3 月号掲載「MM, MC カートリッジ対応プリアンプの作成」P135 [図 10] バッファおよび電源回路を参照のこと) そのソース抵抗は、市販の固定抵抗とするので、その値で 6mA を流すようにしなければならない。まず、IDSS=9mA 前後の FET を数本選別し、その中の 1 本で、RS に 100Ω のボリュームを入れ、ID=6mA とするための抵抗値を確認。26.6Ω だったので、市販抵抗の値である 27Ω で 6mA となる素子を探した。

なお、Q2 の 200Ω の半固定抵抗の midpoint である 100Ω で 27Ω に近くなるパラレル抵抗値は $36\Omega (27 \div 26.47 = 100 \times 36 \div (100 + 36))$ 。1.2 倍～1.5 倍が目安) なので、200Ω の半固定抵抗と 36Ω の固定抵抗のパラとする。

バッファ用 FET の選別結果

素子	IDSS 測定 (RS=0Ω)		ID, VGS 測定			使用素子	
	100Ωの 電圧降下	IDSS	ID 設定値	RS	VGS	Q1	Q2
1	0.888V	8.88mA	5.98mA	27Ωに固定	160.9mV		
2	0.895V	8.95mA	6.01mA	27Ωに固定	161.5mV	○	
3	0.894V	8.94mA	6.02mA	27Ωに固定	161.8mV		○
4	0.899V	8.99mA	6.01mA	27Ωに固定	161.5mV	○	
5	0.903V	9.03mA	6.03mA	27Ωに固定	162.1mV		○

(6) 電源用FETの選別

電源用FETは、 $IDSS=3mA$ の指定であるが、GRランク(2.6mA~6.5mA)ではなかなか見つからない。正規分布からいうと、最も多く分布するのは4.5mA前後の素子だろう。とはいっても、Yランク(1.2~3.0mA)は2.1mAが正規曲線の中心で、3mAは殆ど得られないであろう。ここは、3mAにこだわらず選別するしかない。イコライザー電源用は、手持ちの2SK117-GRから $IDSS$ が4mA以下の素子を選別して、使用する素子を決めた。また、バッファ用は、手持ちの16個の2SK117-Yを測定し、その中から2.1mAに近い素子を選定した。

イコライザー電源用

素子	IDSS 測定 ($R_S=0\Omega$)		使用素子	備考
	100 Ω の 電圧降下	IDSS		
1	0.298V	2.98mA		今回、使用せずペアとして確保
2	0.298V	2.98mA		
3	0.320V	3.20mA		
4	0.346V	3.46mA	○	
5	0.350V	3.50mA	○	
6	0.352V	3.52mA	○	
7	0.359V	3.59mA	○	
8	0.370V	3.70mA		今回、使用せずペアとして確保
9	0.370V	3.70mA		
10	0.372V	3.72mA		
11	0.379V	3.79mA		今回、使用せずペアとして確保
12	0.381V	3.81mA		

バッファ電源用

素子	IDSS 測定 ($R_S=0\Omega$)		使用素子	備考
	100 Ω の 電圧降下	IDSS		
1	0.164V	1.64mA		
2	0.170V	1.70mA		今回、使用せずペアとして確保
3	0.172V	1.72mA		
4	0.179V	1.79mA		
5	0.187V	1.87mA		今回、使用せずペアとして確保
6	0.191V	1.91mA		
7	0.195V	1.95mA		
8	0.216V	2.16mA	○	
9	0.220V	2.20mA	○	
10	0.225V	2.25mA	○	
11	0.229V	2.29mA	○	
12	0.239V	2.39mA		今回、使用せずペアとして確保
13	0.241V	2.41mA		
14	0.250V	2.50mA		
15	0.255V	2.55mA		
16	0.285V	2.85mA		

(7) イコライザー二段目トランジスタの選別

イコライザー二段目のQ5, Q6は特に選別の指定はないが、一応 h_{FE} を測定して揃えることにした。ただ、トランジスタの測定は、室温の変化に影響され測定しづらい。なにしろ室温が 0.1°C 変化すると h_{FE} の測定値も大きく変化してしまう。NPN と PNP の h_{FE} を揃えようとすると、それぞれの測定回路を組まなければならない、素人にとっては大変困難な作業になる。



そこで、NPN, PNP のコンプリメンタリーペアを揃えやすいように測定ボックスを作成してトランジスタを抽出した。測定ボックスの作成、測定にはノウハウが必要で、獲得したノウハウを含め別途レポートする。

(8) コンデンサ(RIAA 素子)の選別

RIAA 素子として使用する $0.15\mu\text{F}$ のコンデンサと $0.47\mu\text{F}$ のコンデンサをテスターで選別する。選別は、基本的に誤差 $J(\pm 5\%)$ の素子を購入して行った。

$0.15\mu\text{F}$ については、ERO の MKT1826 と WIMA の MKS-2、シーメンスの MKH の容量をテスターで測定。2つの素子の差がないシーメンスの MKH を箔振動防止処理を施して使用することにした。

$0.47\mu\text{F}$ については、WIMA の MKS-2 と Panasonic の ECQV で選別を行った。

左右に使用する素子の値が大きく異ならないように近い値の素子を選択し、左右で音質差が出ないように配慮して色付き素子を実装候補とした。

RIAA 用 $0.15\mu\text{F}$ の選定

WIMA MKS-2		ERO MKT1826		シーメンス MKH	
測定値	誤差	測定値	誤差	測定値	誤差
0.1494	-0.4%				
				0.1531	2.1%
				0.1531	2.1%
		0.1537	2.5%	0.1537	2.5%
		0.1541	2.7%		
				0.1547	3.1%
0.1552	3.5%				
				0.1550	3.3%
		0.1585	5.7%	0.1572	4.8%
				0.1573	4.9%
				0.1576	5.1%
				0.1593	6.2%
		0.1603	6.9%		
				0.1626	8.4%

RIAA 用 $0.47\mu\text{F}$ の選定

WIMA MKS-2		Panasonic ECQV	
測定値	誤差	測定値	誤差
0.4796	2.0%	0.4796	2.0%
		0.4805	2.2%
		0.4818	2.5%
0.4836	2.9%		
0.4839	3.0%		
0.4868	3.6%	0.4847	3.1%
0.4894	4.1%	0.4854	3.3%
0.4978	5.9%	0.4861	3.4%
		0.4873	3.7%
		0.4891	4.1%
		0.4877	3.8%
		0.4900	4.3%

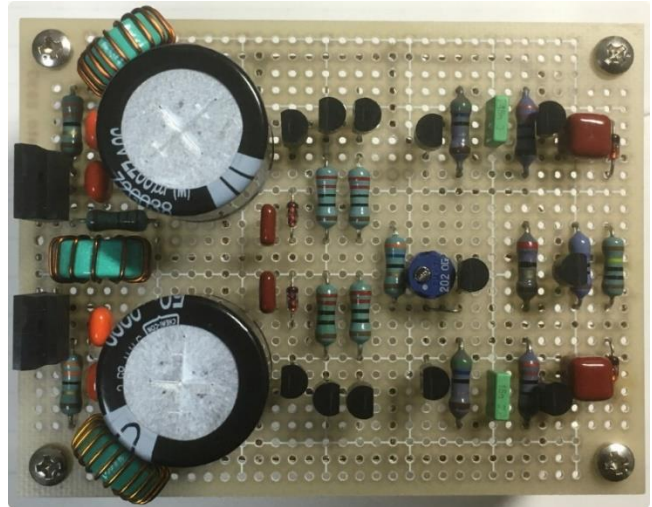
5.4. 基板の作成

(1) 電源&バッファ基板の作成

以前作成した整流回路には、8200pF のコンデンサを整流ダイオードに取り付けていなかったが、今回は、イコライザーのザーというホワイトノイズの様なノイズが低減を期待して実装。

基板は、整流回路部分がかなり窮屈だが、発熱などの問題はないだろう。

オリジナルの電源基板は左右共通で1枚だが、今回は、前回の構成に倣い、左右個々に作成した。平滑コンデンサは、左右共通なので1000 μ F から2200 μ F に変更されたと思われるが、左右個々の電源供給ではあるがそのまま2200 μ F を踏襲している。



(2) イコライザー基板の作成

イコライザー基板は、3度目の作り直しになる。

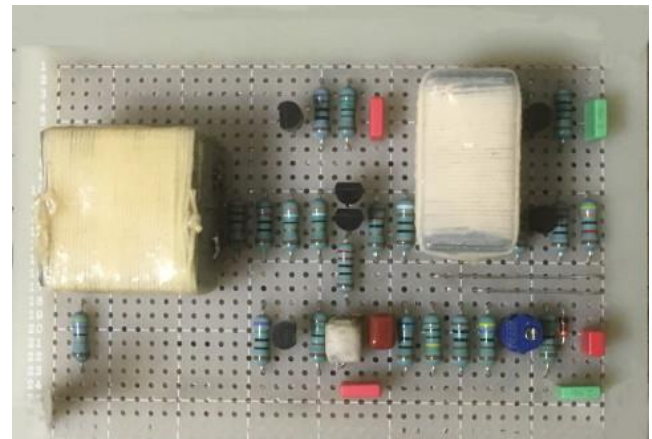
従来の基板は、MCモードの時だけ大きく聞こえるなら話がわかるが、MMの時も同レベルのノイズが聞こえていた。今回これが解決するかがポイント。

Q₂の抵抗は仮付けで配線していない。調整段階で100 Ω の半固定抵抗を取り付け、固定抵抗に置き換える予定である。

結合コンデンサのシーメンスのMKH 3.3 μ Fは、400V仕様を入手したが、サイズがかなり大きいため、100Vや250V仕様を入手して使用したかった。

安井氏の過去の掲載記事を見ると、MKHの鉄リードを外して銅リードを付けるように記載されているが、鉄リードを外して素子を使い物にならなくしてしまうことが怖かったので、今回はそのまま上から7本の撚線をはんだ付けした。鉄リードは素子の固定のためだけに使用し、結線していない。

二段目のQ₃Q₄のエミッター側の抵抗は事前の素子選別でID=4mA時のRSが40.2 Ω であったので39 Ω を実装した。



5.5. 筐体への組み込みと調整

(1) 電源&バッファ基板

電源&バッファ基板を組み込んで、まず、出力が 0V になる様に調整。整流ダイオードに取り付けた 8200pF のコンデンサの効果を確認ヒアリング。気持ちノイズが減ったかな程度の効果であった。まだザーというノイズが大きく実用にならない。

(2) イコライザー基板

調整は、初段 Q_1 のドレインの電圧を電源の $1/2$ とする為に Q_2 のソース抵抗を調整。左 ch の電源電圧は 23.68V。1/2 の電圧は 11.84V であるが、100Ω//150Ωで 60Ωで 11.45V となった。特にこの値でも問題ないのでそのままとした。右 ch は電源電圧が 23.35V で左 ch より低いので再調整を考えて固定抵抗には置き換えず、100Ω 半固定抵抗で 11.67V に調整した。

次に MM カートリッジ時に A 点 (Q_1 のソース抵抗) が 0V になる様に半固定抵抗を調整。微妙な調整がしづらかったが、根気よく調整して $\pm 1\text{mV}$ 以内に調整した。

二段目は出力の結合コンデンサの Q_5Q_6 側の電圧が $-2\text{V}\sim+1\text{V}$ の範囲に入っている事の確認を行い、左 ch 0.2V 強、右 ch 0.6V 強であったので Q_3Q_4 のエミッター側の抵抗の調整は行わなかった。

回路中の各ポイントの電圧を測定し、正常で問題ないことを確認した。

また、左 ch Q_1 の I_D は、4.96mA ($23.33\text{mV}\div 4.7\Omega$)、右 ch Q_1 の I_D は、5.00mA ($23.48\text{mV}\div 4.7\Omega$) と目標とする値となっていることを確認した。

イコライザーの各ポイントの電圧測定結果

MJ 無線と実験 2017 年 7 月号掲載「MM, MC 型対応 CR 型イコライザーアンプ」の [図 1] 前号より変更したイコライザーアンプ部の回路図から、終段のバッファ回路を除いた回路

結合コンデンサ $100\mu\text{F}+0.047\mu\text{F}$ は、 $10\mu\text{F}(6.8\mu\text{F}+3.3\mu\text{F})+100\Omega$ に置き換え。

6. ヒアリング

入出力への LR の取付けや、電源ノイズフィルターの追加、素子へのシールドなどが残っているが、作成を一旦終了させることにした。ヒアリングを行ったところすぐに分かったのは、左右のゲインが違うこと。左 ch のゲインが大きいしノイズも多い。よく見たら、入力のシールド線の芯線とアースが逆に接続されていた。これを正しく接続し直して再確認。少し改善したが、まだ、右 ch の方が小さい。オーケストラが左によって聞こえるし、低音も不足してオーケストラのバランスが悪い。また、ボリュームを 12 時～14 時の位置まで上げないと適用な音量にならない。ノイズについては、以前のイコライザーはザーという音であったが、サーというノイズに変わったが、左 ch の高域のノイズレベルが高い。

7. 問題点の分析と改善

検討当初、右 ch のゲインが不足していると思い込み、二段目の 10K Ω の抵抗値を変えるなどの改善を試みたが一向に改善しない。しかし、視点を変えて、左 ch を注視して聞いたところ、高域がイコライズされていないことに気が付いた。MJ 無線と実験の 2017 年 6 月号の設計編の記事を見ると、CR3 の 0.15 μ F は、計算上 0.15667 μ F で 0.16 μ F でも 4%の誤差に収まり、この偏差は高域で 0.4dB。この値が小さいと、 $R_{R11}+R_{R12}$ の値を見直す必要があると記載されている。そこで、せっかく振動対策を施したシーメンスの MKH を実装してあったが、ERO MKT1826 の 0.156 μ F に近い素子に交換することにした。ところが交換しようとしたところ、半田ブリッジを発見。これが広域がイコライズされていなかった原因だろう。半田ブリッジを取り除き、0.156 μ F に近い素子 ERO MKT1826 に変更。同時に 0.47 μ F も Panasonic の ECQV から MKS2 に変更した結果、非常にバランスがとれた豊かな音になった。

しかしながらゲインについては依然低く、ボリュームを 1 時ぐらいの位置まで上げないとヒアリングに適した音量にならない。左右で電源電圧の差が気になるので、左 ch 用の電源から右 ch も供給する様に変更して影響の有無を確認。特に影響はなかったが戻すのが面倒なのでそのままにしてある。

ノイズについては、入力に使用していたモガミの 2520 から同じくモガミの 2511 に変更してみたところ、ノイズレベルが低減した。ノイズレベルは金田さんのアンプの様に、静寂から音が飛び出してくるといふわけには行かないが、通常のヒアリング音量で気にならないレベルまでになった。

8. 再ヒアリング結果と作成の感想

音質は期待通り素晴らしい。ポリニーのショパン・ポロネーズを聞いたが、強烈なピアノアタック音も華麗な音でみごとに再生する。低域は、出力の結合コンデンサが 10 μ F なので期待はしていなかったが、それなりに再生するので満足だ。

2009 年に MJ 無線と実験誌に掲載され 2010 年に作成を開始したイコライザーアンプであるが、足掛け 8 年の歳月を要してようやく、メインシステムとして使用できるアンプが完成した。素子の選択に時間をかける必要があるが、それは、趣味であるのでこの時間も大切だ。あつという間にできる必要はない。常に試行錯誤して改善を施し、より上のクラスの音を求めることが楽しい。結果が伴わないくとも伴ってもそれはどちらでも楽しめる。

本機へは入出力端子への CR の追加、電源へのノイズフィルターの追加などのまだまだ施さねばならないことがたくさん残っている。

MJ 無線と実験 2018 年 11 月号、12 月号掲載

無帰還ディスクリット・コントロールアンプ
組み込みレポート

2020 年 11 月 1 日

目次

1. はじめに	1
2. 基本方針	2
3. 仮説と検証	2
4. 電源回路設計	3
5. 制作	4
5.1. 電源基板	4
5.2. 筐体への組み込み・調整	5
6. 確認結果	6

1. はじめに

コロナウィルス騒ぎで自宅で過ごす時間が増え、アンプ作りより音楽を聞くことに比重を移して日々過ごしていたが、MJ 無線と実験 2020年7月号で安井章氏の訃報を知り、安井氏が発表された何かを作ろうと思い立った。遺作は 35W パワーアンプだと思うが、近年 15W パワーアンプを製作したので 2018 年 11 月号、12 月号で発表された無帰還ディスクリートコントロールアンプを作成することにした。

2020年6月14日

2. 基本方針

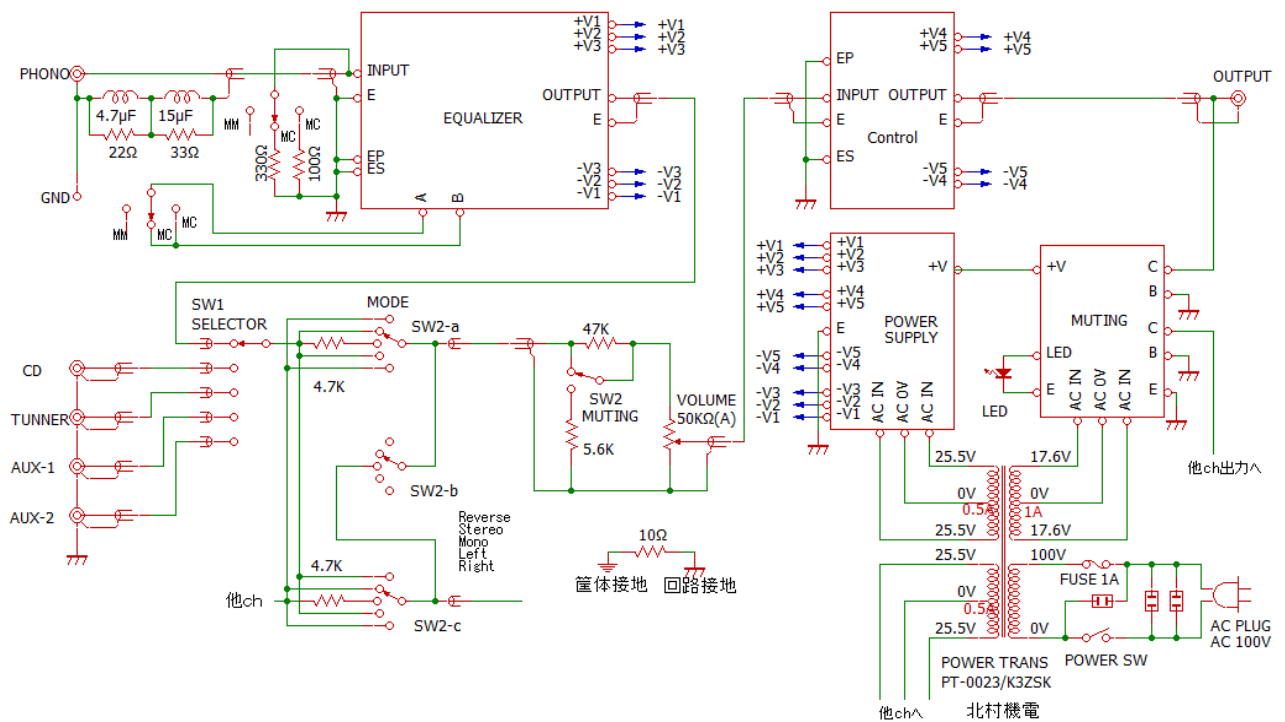
MJ無線と実験の2009年3月号に掲載されたMM, MCカートリッジ対応プリアンプを2010年10月に作成したが、なかなか製作が難しく、思うような性能が得られなかった。その後、MJ無線と実験2011年3月号、4月号掲載「CR型フォノイコライザーアンプ」の回路に変更したが、これも思うような性能が出ない。やっと7年後のMJ無線と実験2017年6月号、7月号掲載「MM, MC対応CR型イコライザーアンプ」で、思い描いていた性能に近いイコライザーを実装することができた。しかし、金田アンプと比較するとまだゲインが不足気味だ。イコライザーの後には、FET 2SK117によるバッファーのみでゲイン0。

そこで、このバッファーの代わりに2018年11月号と12月号に掲載された無帰還ディスクリートコントロールアンプを組み込む事にする。

3. 設計

3.1. 回路ブロック図

MJ無線と実験2017年6月号、7月号掲載「MM, MC対応CR型イコライザーアンプ」の筐体のバッファー回路を撤去してコントロールアンプ回路を追加する。電源の基板は作り直しになる。従来は、単なるバッファーだったのでゲイン0dBだが、誌面に記載されているコントロールアンプ部のゲインは、20.5dBである。

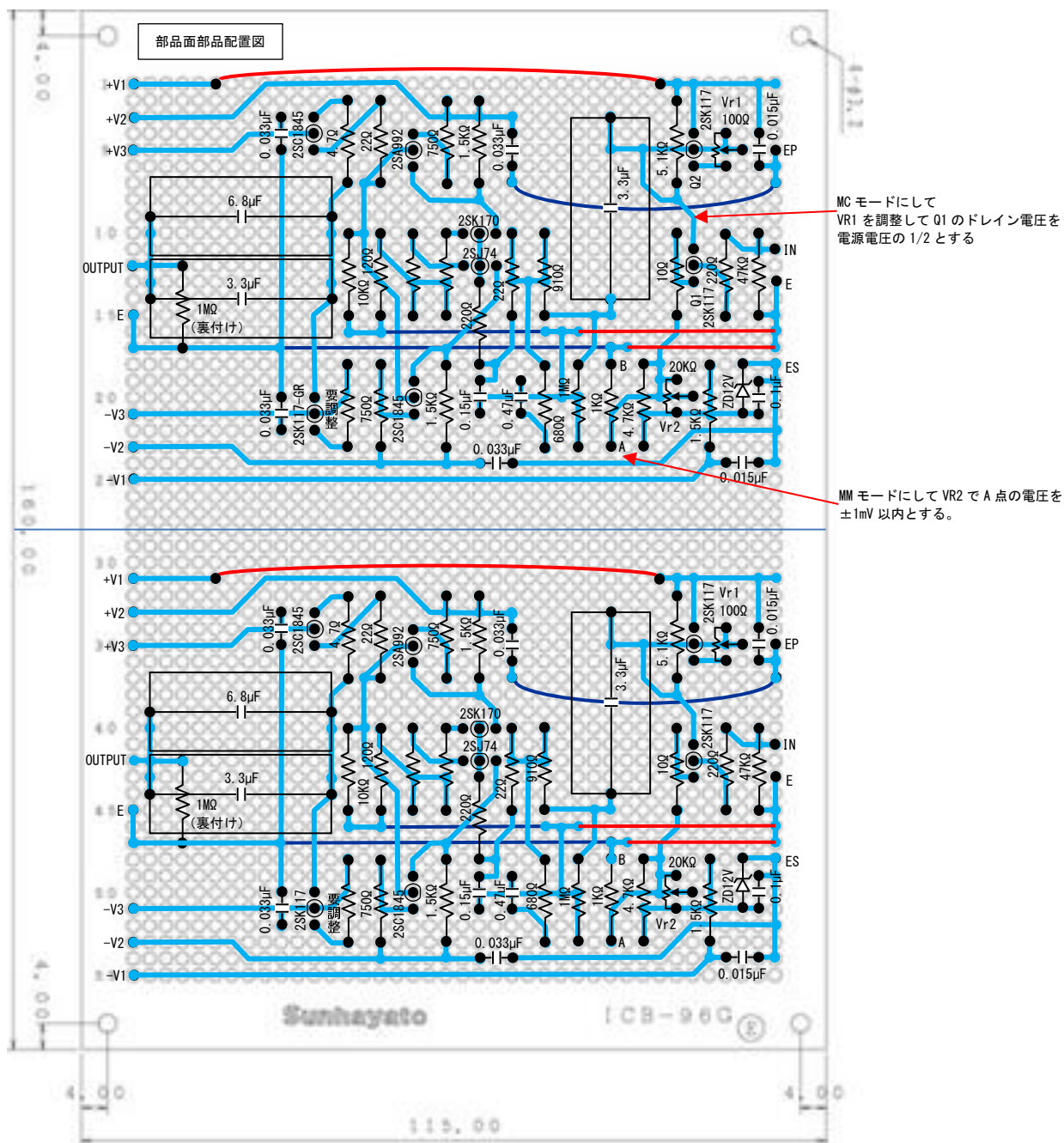


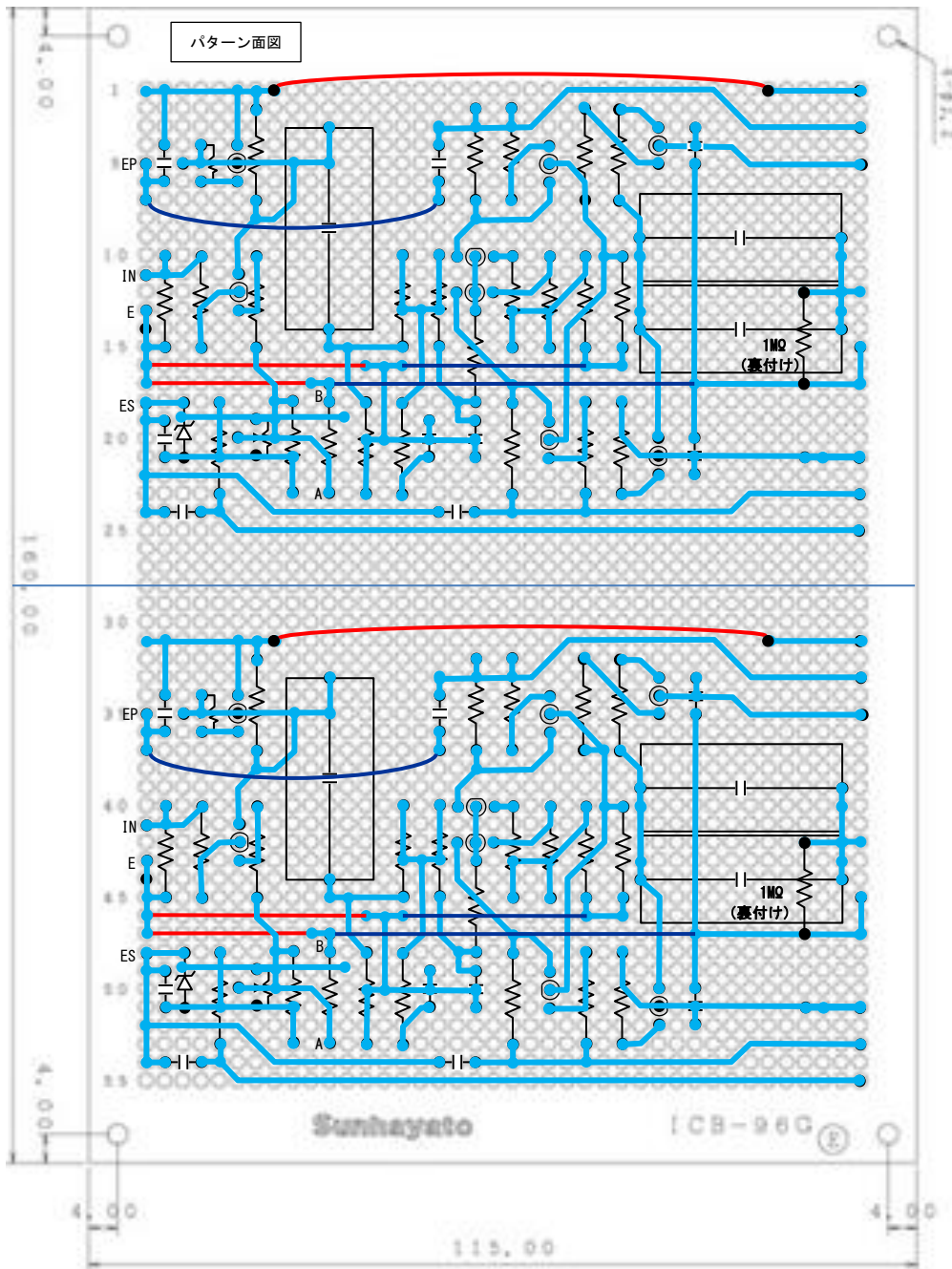
3.2. 基板設計

(1) イコライザー基板

コントロールアンプを追加する前に、イコライザーの改良を行う。現状のイコライザー基板は、MJ無線と実験 2017年6月号、7月号掲載「MM, MC 対応 CR 型イコライザーアンプ」の回路からバッファを取り除いていた回路としているので、オリジナル回路に従い追加する。

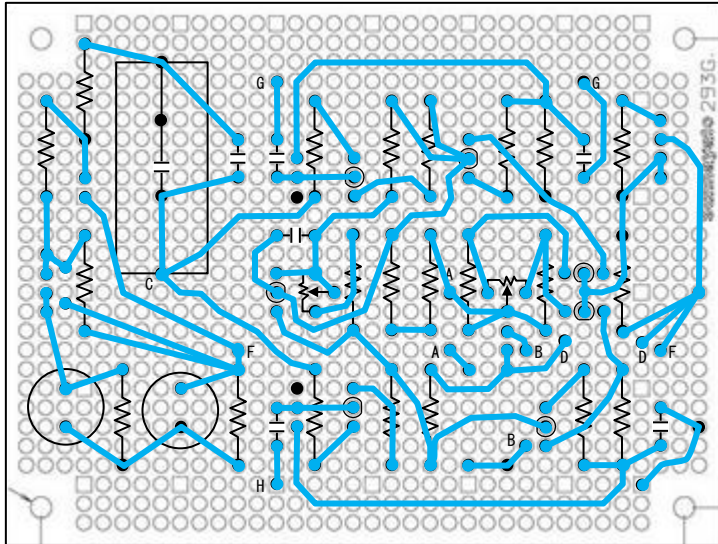
但し、出力のコンデンサは、 $100\mu\text{F}+0.047\mu\text{F}$ ではなく、 $10\mu\text{F}$ とする。



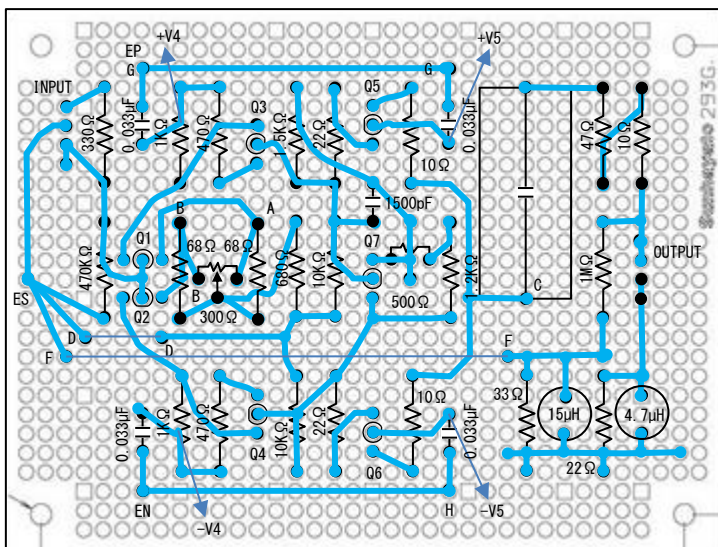


(2) コントロールアンプ基板

2018年11月号と12月号に掲載された無帰還ディスクリットコントロールアンプの基板である。まず、誌面のパターン図に従ってパターンを描く。出力コンデンサに積層セラミックコンデンサを使用したくないので、 $100\mu\text{F}+0.047\mu\text{F}$ の代わりに $10\mu\text{F}$ の積層フィルムコンデンサーを使用する。低域が出ないのはしかたない。妥協する。



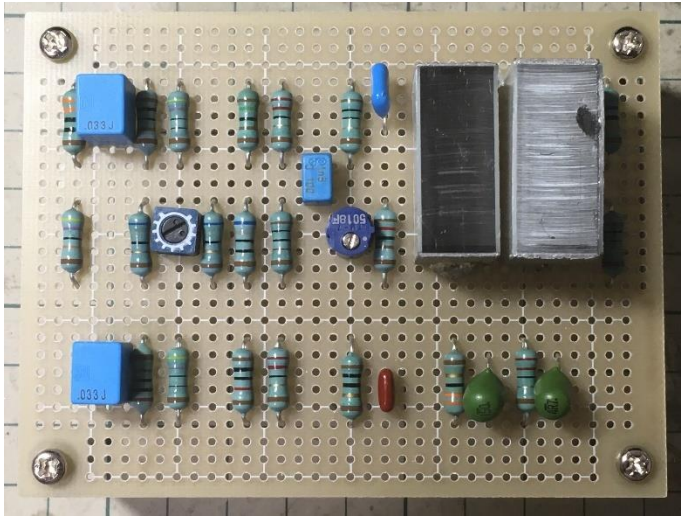
回路図と見比べたいので、左右反転し、パターンを整える。電源ケーブルは直に基板に配線するのでコネクタは省略。



- Q1: 2SK246
- Q2: 2SJ103
- Q3: 2SA970 (2SA992)
- Q4: 2SC2240 (2SAC1845)
- Q5: 2SC1627
- Q6: 2SA817
- Q7: 2SC2240 (2SC1845)

括弧内はオリジナルの素子

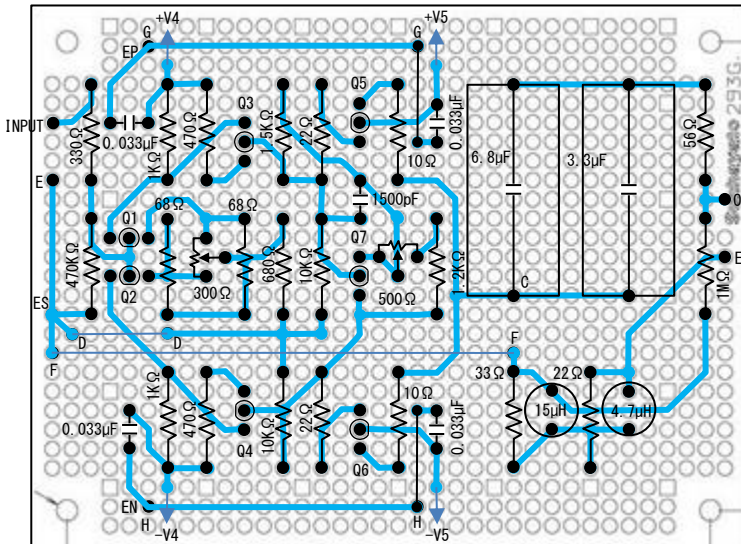
基板(ICB-293G)に実際にパーツを基板に配置し、パターンを修正する。コンデンサは手持ちのコンデンサを混在して使用する。出力コンデンサは、シーメンス積層フィルムコンデンサ(箔振動抑制加工前)の



6.8 μ F+3.3 μ Fで10 μ Fとしている。パソコンの0.033 μ Fは、ER01830とニッセイのメタライズドポリエステルフィルム MTF、Panasonic 積層メタライズドフィルムコンデンサ ECQV である。

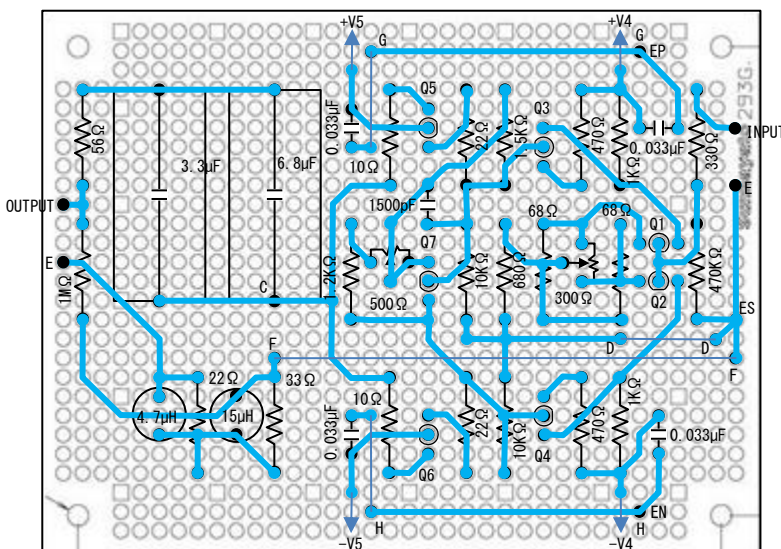
抵抗は、タクマンのREY50FXとREY50FYを混在して使用。銅箔シールドは手間がかかるので行わない。

回路図で47 Ω +10 Ω の部分は、56 Ω に置き換えて実装する。



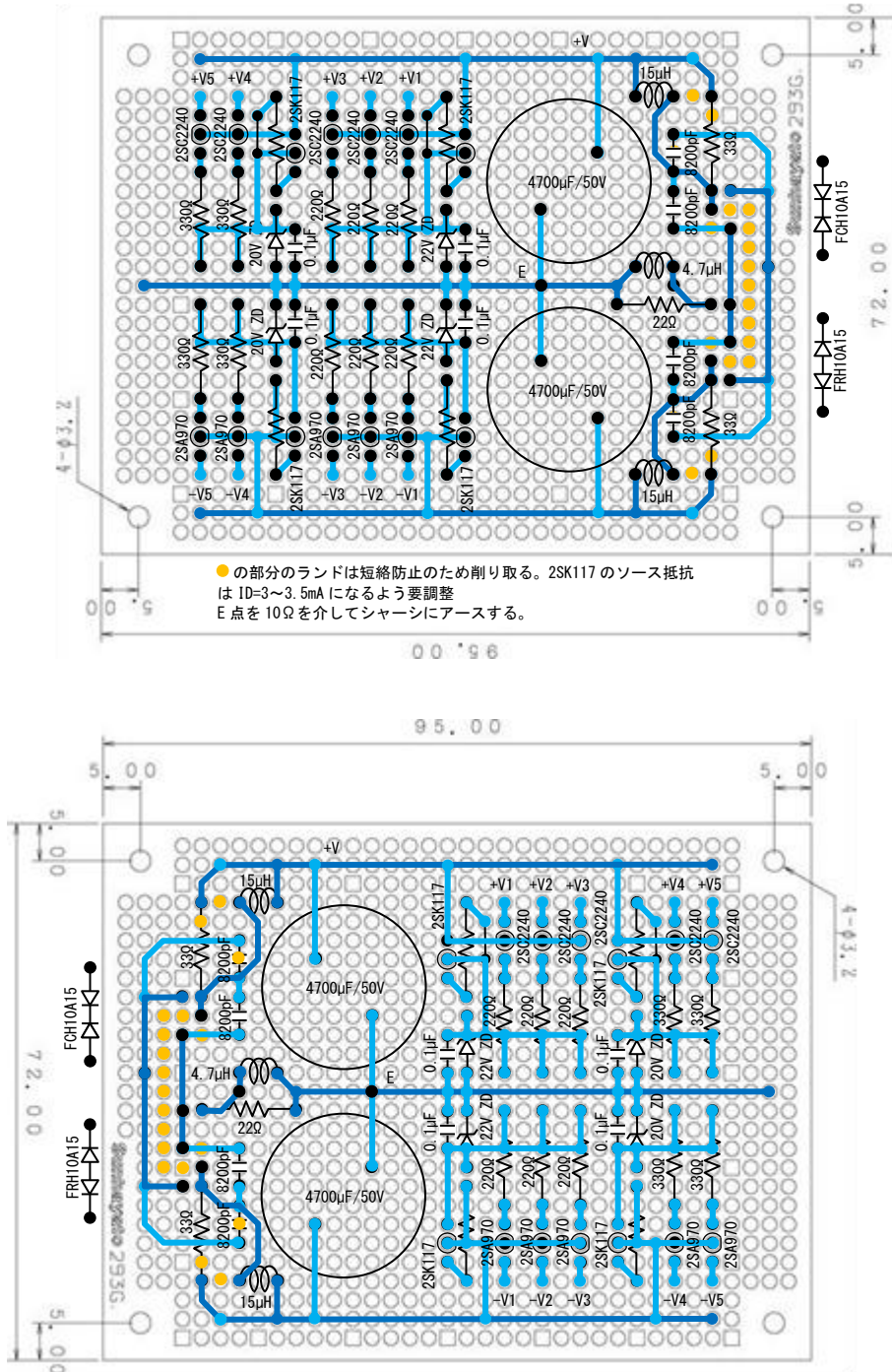
- Q1:2SK246
- Q2:2SJ103
- Q3:2S872A-E (2SA992)
- Q4:2SC1775A-E (2SAC1845)
- Q5:2SC1627
- Q6:2SA817
- Q7:2SC2240 (2SC1845)

括弧内はオリジナルの素子



(3) 電源基板

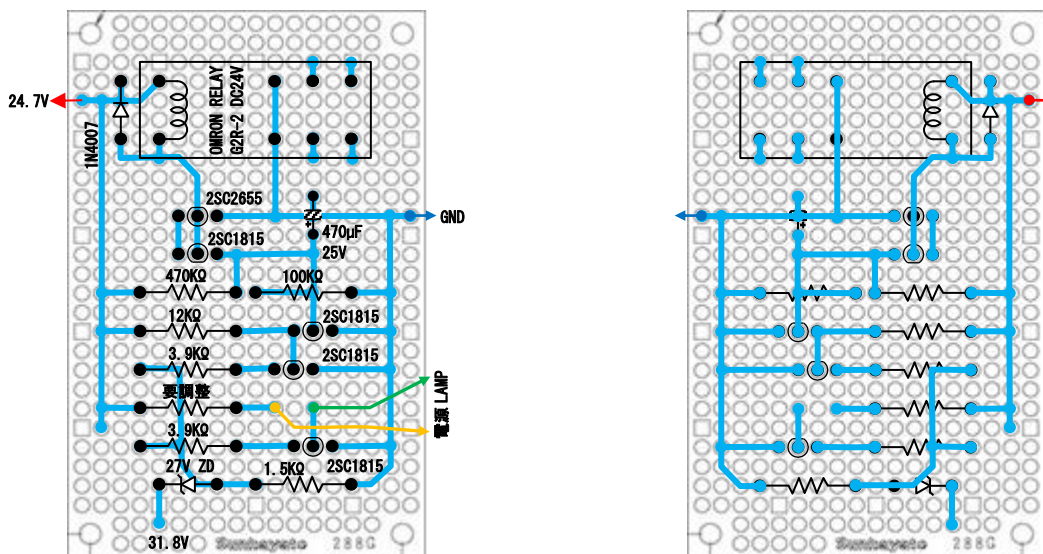
平滑コンデンサは、イコライザ基板用に 2200 μ F、コントロール回路用に 2200 μ F ということで、平滑コンデンサの容量を 4700 μ F とした。ツェナーは、イコライザとコントロールアンプの電圧を分けるほどの事もないと思うが、一応、それぞれの電圧にすることにした。



(4) 出力ミューティング基板

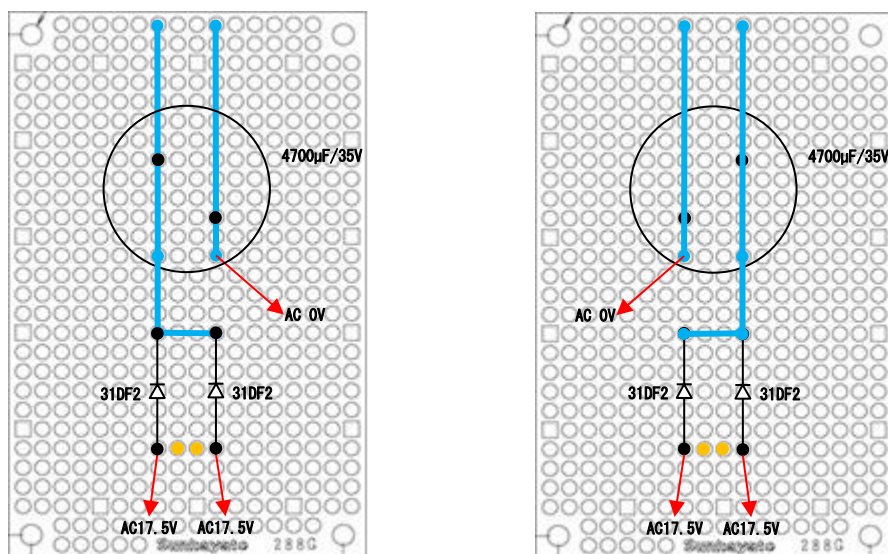
基本は、MJ無線と実験 2018年11月号に掲載された図12のミューティング回路だが、電流伝送イコライザーから取り外したミューティング基板を流用する。電源 LAMP は、白熱球の 12V 仕様のものなので、抵抗で白熱球にかかる電圧が 12V になるように調整する。白熱球の定格電流はちょっと多く 50mA。計算上では、240Ω の抵抗で、抵抗の電圧降下が 12V となり、50mA 流れるが、白熱球の明るさが暗くなくても良いので、電流を小さく抑えるよう調整する。

イコライザーやコントロールアンプ用の電源の整流・平滑後の電圧が $22.5V \times \sqrt{2} = 31.8V$ なので、電源 ON/OFF の検出用にツェナー電圧 27V のツェナーダイオードを使用し、2.7kΩ で 1.8mA 程流す。



(5) ミューティング回路用整流・平滑基板

コントロールアンプの誌面のミューティング回路用電源は、コントロールアンプの電源から取られているが、本機では、専用の整流・平滑回路を設ける。平滑コンデンサには、4700μF/35V の電解コンデンサ KMH を使用する。整流ダイオードは、1A 程度で十分だが、手持ちの 3A の 31DF2 を使用。

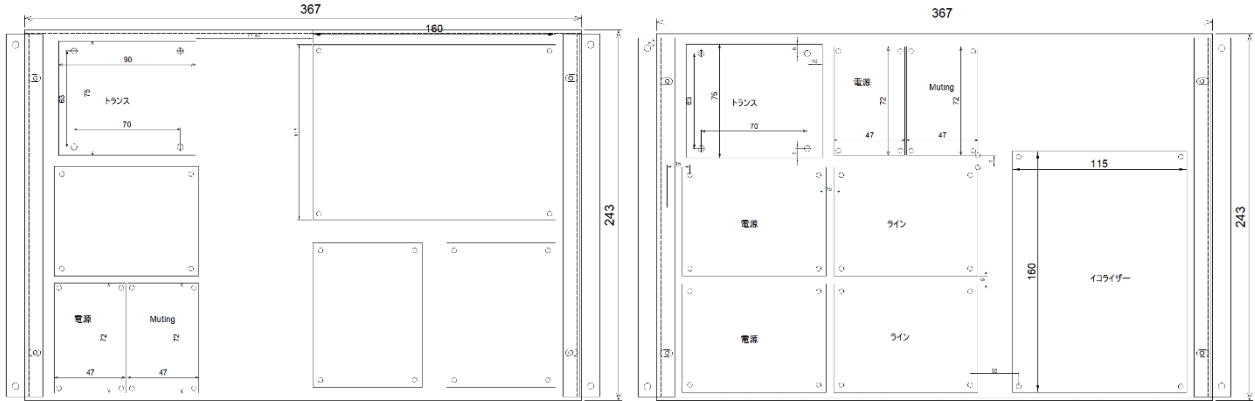


3.3. 筐体設計

(1) 内部シャーシ配置

筐体は、タカチ SL99-32-43SS であるが、内部シャーシには、フロントパネルやリアパネルからの間隔をあける為、幅が狭い AC26-43 を使用する。

基板配置は、1 電源タイプと 2 電源タイプを考えた。現状は、2 電源タイプとなっている。

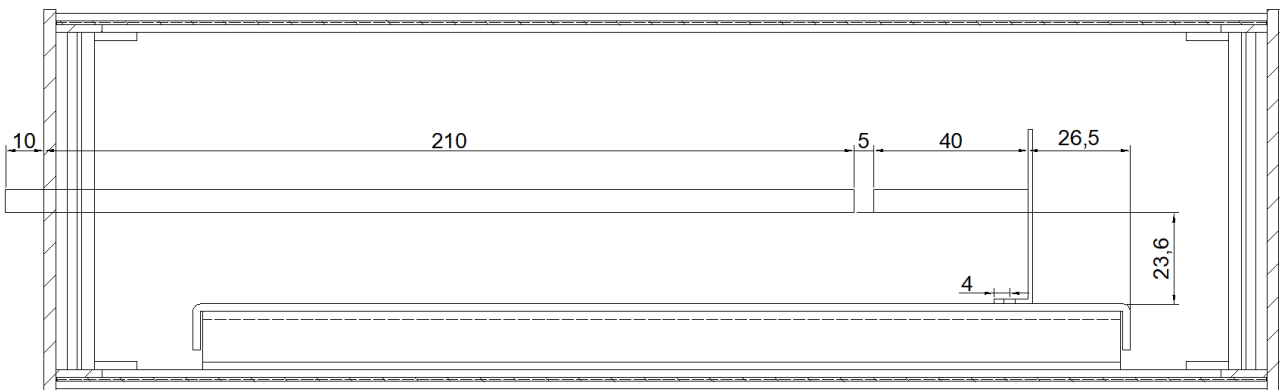


1 電源タイプの方がやはりスッキリして、リアパネルとイコライザー間、コントロールアンプ基板とフロントパネル間の配線が短くて済む。ただ、リアパネルとフロントパネル間の入力線の配線を長々と引き回さなければならない。イコライザーの使用をメインにするなら、こちらを採用すべきだ。

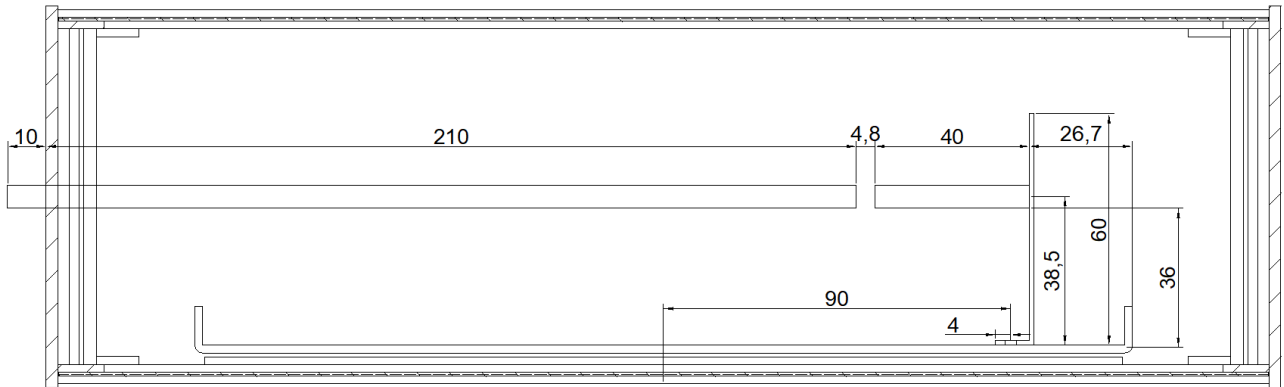
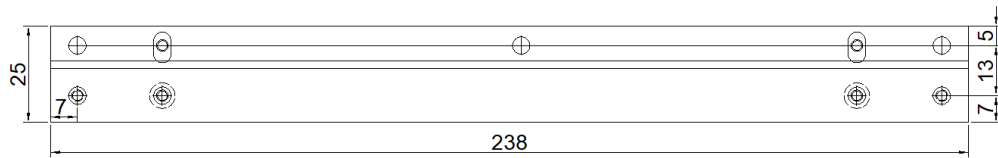
2 電源タイプは、シャフトを使って、ロータリースイッチをリアパネル近くに配置すれば、入力線の配線は極短くて済む。本機を入力セクターとしての使用をメインとして捉えたらこちらにすべきだ。

基板配置は、入力セクターとして使用をメインとする事にし、後者の 2 電源タイプとすることにした。但し、シャフトがイコライザー基板の上を通るので、パーツに接触しない様に工夫する必要がある。

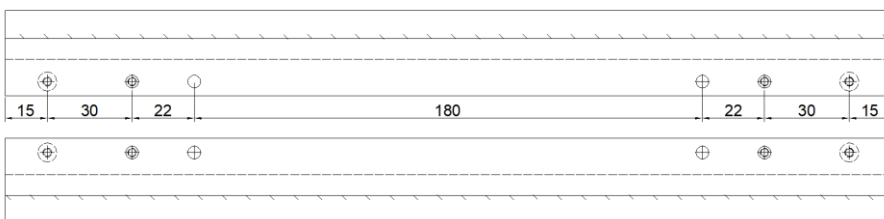
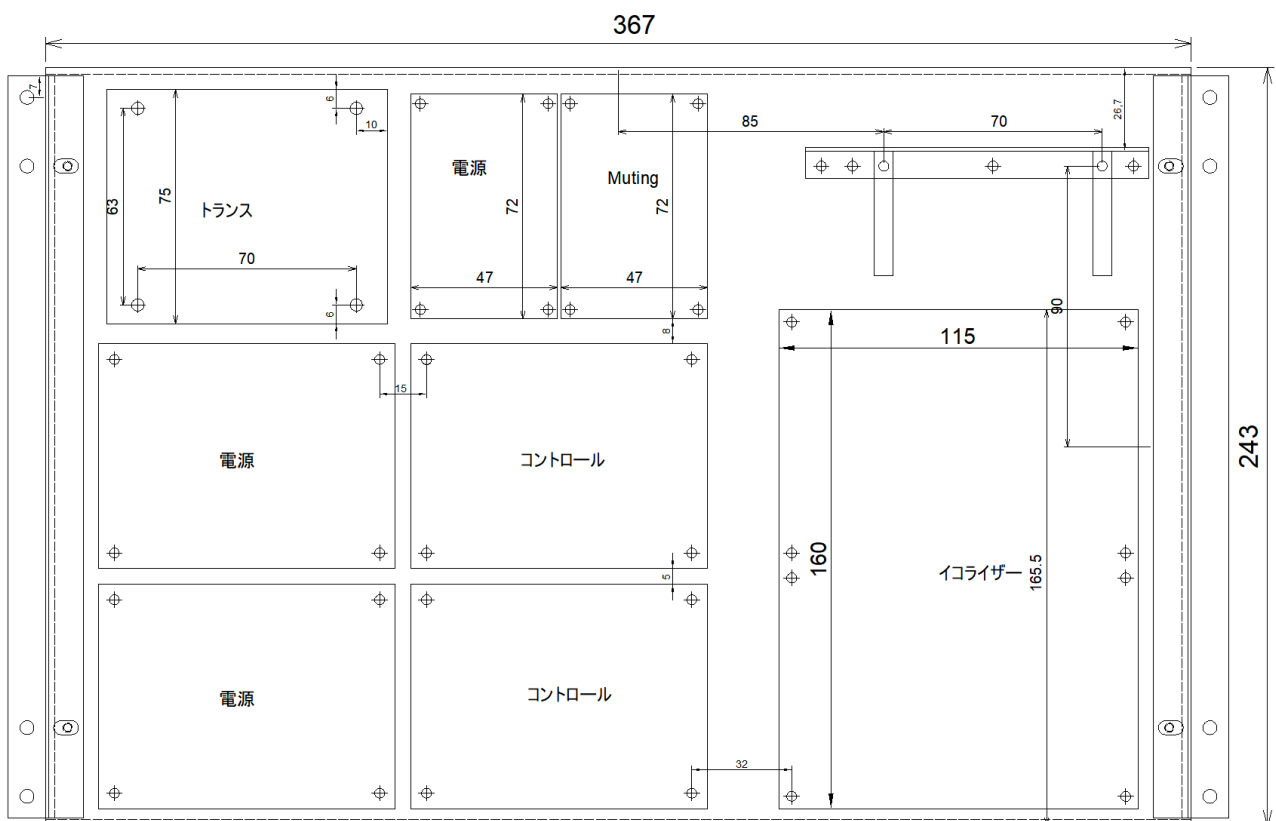
下図の様に、内部シャーシからシャフトまで 23.6mm で、15mm のスペーサーで基板を取り付けると、8mm 程しか余裕が無い。10mm のスペーサーで 13mm になり、なんとかという感じ。シーメンスの積層フィルムコンデンサーを装着する部分は、高さ 25mm 程は必要で、シャフトを通す位置にシーメンスの積層フィルムコンデンサーがあると、シャフトを通すことができない。位置的に SELECTOR の方は、通りそうだが、MODE の方は、当たってしまう。



そこで、内部シャーシの天地を逆にして取り付ける事にした。通常は、 \sqcap の向きだが、 \sqcup の向きにして使用する。これなら、10mm のスペーサーで高さ 25mm を確保できる。内部シャーシの筐体フレームへの取付にはアルミ平板を使用する。



シャフトは、つまみの深さや、ジョイント、ロータリースイッチの軸の長さにもよるが、220mm 以上は必要なので、カットする時に実測して注意してカットする。

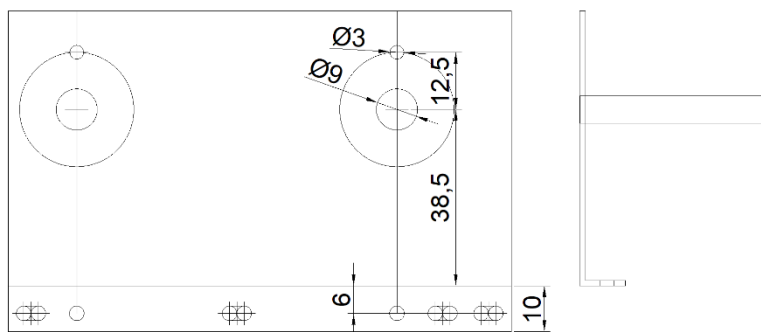


←筐体フレーム加工図

筐体フレームにアルミ平板の内部シャーシ取付金具の固定用の穴あけを行う。

ロータリースイッチの取付板は、10mm×60mm のL型アルミ板を加工して使用する。前後方向は、シャフトの接合治具で調整する。左右方向は、内部シャーシの取付位置で調整するが、この取付板でもある程度調整できるように長円形のビス穴を開ける。縦方向は、ワッシャーで持ち上げて調整するぐらいしかできない。

ロータリースイッチ間隔は、実測して図面にする。今回の場合、設計では72.5mm 幅のはずが、ノギスで二つの穴径の外と外、内と内を計測して平均すると73.2mm であった。



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プ類を製作する場合、直ぐに制作しなくとも、まず、その確保しておく事が必要と考えている。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。

◎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。

ラインアンプ部（コントロールアンプ部と電源）

入手	名称	説明
○	2SK246-BL	入手
○	2SJ103-BL	入手
○	2SC1845	入手できるが、手持ちの 2SC1775A-E で代用する
○	2SA992	入手できるが、手持ちの 2SA872A-E で代用する
○	2SC1627	今まで 2SD756 が常用されていたが、今回は 2SC1627 が使われている。市場にあまり在庫が無いように思う。 ちなみに 2SC1627 は P_C が 600mW、2SC1627A の P_C は 800mW
○	2SA817	今まで 2SB716 が常用されていたが、今回は 2SA817 が使われている。こちらはある程度市場在庫があるようだ。 2SA817 は P_C が 600mW、2SA817A の P_C は 800mW
○	2SK117	入手
○	整流ダイオード	日本インター(現、京セラ)の FCH10A15/FRH10A15 を入手。ミューティングリレー電源整流用に手持ちの 31DF2 を使用する。また、リレーのサージ吸収用に手持ちの 1N4007 を使用する。
△	ツェナーダイオード	リードタイプのツェナーダイオードの入手が難しい。 20V に RD20E-B2 を、22V に RD22E-B2 を手持ちの素子を使用。 RD20E-B2 のツェナー電圧は 18.73V-19.57V、中心が 19.15V で、20V から 0.85V 低い。RD20E-B3 が 19.38V-20.22V で 19.8V。RD20E-B4 が 19.88V-20.72V で 20.3V なので、RD20E-B3 か RD20E-B4 を使用すべきだが、ランクまで指定して購入するのが難しい。他では、日立（ルネサスに統合）の HZ シリーズだと HZ20-2 が 19.5V-20.4V、フェアチャイルドの 1N5250B は 19V-21V だが、これらも入手が難しい。 RD22E-B2 のツェナー電圧が 20.76V-21.65V で中心が 21.2V で、22V から 0.8V 低い。RD22E-B4 が 21.68V-22.61V。HZ22-2 が 21.6V-22.6V。フェアチャイルドの 1N5251B は 20.9V-23.1V だが、入手が難しい。
×	コイル 4.7 μ H、15 μ H	コイルは製品のライフサイクルが短い様で、どんどん製品が変わってゆく。誌面で使われた太陽誘電の LHLZ06NB 4R7M と 150K を以前購入していて手持ちで必要個数あったが、追加購入しようとしたところ、今は入手できなかった。入手可能なコイルは形状が違うようだ。 やはり、今作らなくとも、必要な部品は、大人買いせず必要数をお店には申し訳ないが、それが数少ない部品を皆で分け合う趣味の世界のマナーだとおもう) 購入しておくべきだと感じた。

入手	名称	説明
○	2SK246-BL	入手
○	2SJ103-BL	入手
○	2SC1845	入手できるが、手持ちの 2SC1775A-E で代用する
○	2SA992	入手できるが、手持ちの 2SA872A-E で代用する
○	2SC1627	今まで 2SD756 が常用されていたが、今回は 2SC1627 が使われている。市場にあまり在庫が無いように思う。 ちなみに 2SC1627 は P_C が 600mW、2SC1627A の P_C は 800mW
○	2SA817	今まで 2SB716 が常用されていたが、今回は 2SA817 が使われている。こちらはある程度市場在庫があるようだ。 2SA817 は P_C が 600mW、2SA817A の P_C は 800mW
○	抵抗	以前から全てタクマンのオーディオ用の REY50 を使ってきたが、これもラインナップが 220K Ω までになってしまった。温度係数の違う REY50FX と REY50FY を混在して使用しているが、今後は徐々に一般品の金属皮膜抵抗を使わざるを得ない状況になってしまうと思う。
○	コンデンサ	100 μ F の積層セラミックコンデンサ TCD61E1E107M はなんとなく使いたくないので、もう今は入手できないが、6.8 μ F と 3.3 μ F の手持ちの積層フィルムを箔振動抑制加工をして 10.1 μ F として使用する。 その他、電源のパスコンは、手持ちの無誘導・箔巻きポリプロピレン・フィルムコンデンサ ER01830 やニッセイのメタライズドポリエステルフィルムコンデンサ MTFE、Panasonic の積層メタライズとフィルムコンデンサ ECQV を混在して使用する。平滑コンデンサは、ニチコンの KW 4700 μ F/50V。整流サージ吸収用ダイオード 8200pF は APS を使用する。

筐体関係

入手	名称	説明
×	4 回路 プッシュスイッチ	手持ちのフジソクの 8N-4011 を使う。標準品ではない様で市場には出回っていない。トグルスイッチだと、ミヤマの MS-500P-B や NKK の M-2042 が代わりに使用できると思う。 最近、スイッチも思うような製品が入手できなくなってきた。平レバータイプ 4 回路の M-2042E はもう出回っていない様で、通常の M-2042 しか手に入らない。
○	延長シャフト類	220mm 長以上の ϕ 6mm のシャフトが 2 本。シャフトのジョイント治具が 2 個、ロータリースイッチを取り付ける L アングルは 10mm \times 60mm ぐらいで、幅 100mm 以上
◎	内部シャーシ AC26-43 タカチ	AC26-43 付属の固定金具は使用しない。固定には、幅 25mm 厚さ 2t、長さ 500mm 以上のアルミ平板が必要。
◎	凸型の絶縁ブッシュ 絶縁平ワッシャー	メタルキャン型パワートランジスタの取付で絶縁に使用するパーツ。内部シャーシを記事のアース板に見立て(ちょっとでかいが)、筐体と絶縁するために使用する。廣杉計器の製品 T3035-6115 をモノタロウで購入した。2SJ77 を熱結合する時も使用したいので、突起の高さが 1.5mm の製品を購入したが、内部シャーシの厚さ 2mm に合わせて 2mm 高の製品でも良いと思う。 この他に、絶縁平ワッシャーは手持ちの ベーク製 0.5mm 厚のものを使用 樹脂製の 0.8mm 厚のものを使用。廣杉計器の製品もモノタロウに掲載されていた。

5. 製作

5.1. 使用素子の選別、検討

(1) 初段 2SK246-BL/2SJ103-BL のペア選別

保有している素子から VGS が揃っているペア素子を測定・選別した上で、記事に従って ID=4mA の時のソース抵抗値を決定する。

測定は、いつも通りバッテリーを電源とし、定電圧回路を通して、9V を生成して測定する。

選別結果を以下に示す。

測定条件：ID=4mA

組合せ	素子(N-ch)	I _{DSS}	V _{GS}	R _S	素子(P-ch)	I _{DSS}	V _{GS}	R _S
1	2SK246-BL	6.95mA	1.002V	252Ω	2SJ103-BL	8.05mA	1.013V	253Ω
2	2SK246-BL	7.06mA	1.062V	265Ω	2SJ103-BL	8.12mA	1.042V	261Ω

RS の計算値から市販抵抗と半固定抵抗値は、抵抗は計算値から 30%増の値、半固定抵抗は、5 倍～10 倍との事なので、

《組合せ 1 では》

$252\Omega \times 1.3 = 327.6\Omega \div 330\Omega$ 、 $253\Omega \times 1.3 = 328.9\Omega \div 330\Omega$

この抵抗とパラ接続する半固定抵抗は、 $330 \times 252 \div (330 - 252) = 1066\Omega$ 、 $330 \times 253 \div (330 - 253) = 1084\Omega$ から、**2KΩ の半固定抵抗**とした場合(RS の約 8 倍)、中点で $1000 \times 330 \div (1000 + 330) = 248\Omega \rightarrow 4 \sim 5\Omega$ 小さい。

正確に合わせ込むなら、680Ω をパラ接続し、340Ω を作って 2KΩ の半固定抵抗と組み合わせる。

中点で、 $1000 \times 340 \div (1000 + 340) = 253.7\Omega \rightarrow$ 。ほぼ一致。でも、ここまでは必要あるかなあ～。

《組合せ 2 では》

$265\Omega \times 1.3 = 344.5\Omega \div 360\Omega$ 、 $261\Omega \times 1.3 = 339.3\Omega \div 360\Omega$ 。

$360 \times 265 \div (360 - 265) = 1004\Omega$ 、 $360 \times 261 \div (360 - 261) = 949\Omega$ から、**2KΩ の半固定抵抗**とした場合、

中点で $1000 \times 360 \div (1000 + 360) = 264.7\Omega \rightarrow 3.7\Omega$ 大きい。

(2) 2 段目

記事によると、2 段目に使用するトランジスタは、Cob が小さいトランジスタを使用すれば、無帰還でも 1MHz までフラットな特性にすることが出来るとの事。

2SC1845/2SA992 の Cob は 1.6pF/2.0pF と超低容量だ。2SC1775(2SC1775A)/2SA872(2SA872A) も、1.6pF/1.8pF。2SC2240/2SA970 の Cob は、3pF/4pF と、2SC1845/2SA992 の倍の値になっている。

2SC3423/2SA1360 も 1.8pF/2.5pF と小容量だが、h_{FE} が Y ランクで 120～240 と 2SC1845/2SA992 の半分以下でこの段のゲインが 28dB(25 倍 $20 \times \log(25) = 27.96\text{dB}$) 必要だということからすると他の素子の hFE が 500 以上ある素子と比べて見劣りする。

ここは、一番 Cob が小さい 2SC1775A-E/2SA872A-E が手持ちであるので使用することにした。

(3) SEPP 出力段のトランジスタ

誌面で採用されているのは 2SC1627/2SA817 だが、過去の他のセットではずっと 2SD756/2SB716 が常用されていた。2SD756/2SB716 の V_{ce0} は 120V で、2SD756A/2SB716A の V_{ce0} は 140V。双方とも P_c は 750mW で、2SD756/2SB716 は hFE が E ランク (400~800) が製品としてあるが、2SD756A/2SB716A は耐圧を向上させただけの様で、D ランク (250~500) しかない。

2SC1627/2SA817 の P_c は 600mW であるが、改良型の 2SC1627A/2SA817A の P_c は 800mW である。双方とも hFE は Y ランク (120~240) が製品として存在する。

2SC1627-Y と 2SA817-Y を購入したが、2SC1627-Y は市場在庫が少ない気がする。

(4) 電源用 2SK117 の測定

電源用にソース抵抗値がバラバラにならないようにまず、IDSS の近い素子を選別し、その上で誌面に従い、ID=3~3.5mA となるようにソース抵抗値を決定する。コントロールアンプ用に 4 本、イコライザー用に 4 本選別する必要がある。2 本ずつペアとなる様に選別し、正負に配置する。

コントロールアンプ用に 2SK117-GR を ID=3mA~3.5mA が得られるように選別して R_s を決定。

イコライザー用電源は、2SK117-Y で IDSS=2mA~3mA を選別。2SK117-Y は R_s を入れないで使用する。

コントロールアンプ用 2SK117-GR ID=3mA~3.5mA。

No.	Idss	ID	RS
1	3.669mA	3.30mA	5.6Ω
2	3.679mA	3.33mA	5.6Ω
3	3.676mA	3.33mA	5.6Ω
4	4.01mA	3.32mA	12Ω

イコライザーアンプ用 2SK117-Y ID=2mA~3mA。

No.	Idss	備考
1	2.41mA	使用せず
2	2.50mA	Rs 無しで使用。
3	2.55mA	
4	2.55mA	
5	2.60mA	

(5) コンデンサの箔振動抑制加工

シーメンスの積層フィルムコンデンサの箔振動抑制加工を行う。

コンデンサを 1mm 厚のガラスエポキシ板で挟み、タコ糸できつく縛って、エポキシ系接着剤で固める。エポキシ系接着剤は、固化まで 8 時間。固化が始まるのが 90 分後の製品が他の 5 分で固化が始まる製品の半額だったので、これを購入して使用した。

ただ、どんなに気を付けても、どうしても手がベトベトになる。



(6) イコライザー用 2SK117-BL の選別

MJ 無線と実験 2017 年 6 月号、7 月号に掲載された、イコライザーの Q7、Q8 によるバッファ回路を追加する。Q8 の 2SK117 は、IDSS が 6mA 以上の素子を選別して、ID=6mA となるよう抵抗 R_s の値を決定する必要がある。2SK117 のデータシートをみると、IDSS のランクが BL:6.0~14.0mA なので、2SK117-BL を使用すれば良いことがわかる。選別の結果、以下の素子を抽出した。

No.	Idss	ID	RS
1	8.69mA	6.02mA	24Ω
2	8.66mA	6.00mA	24Ω

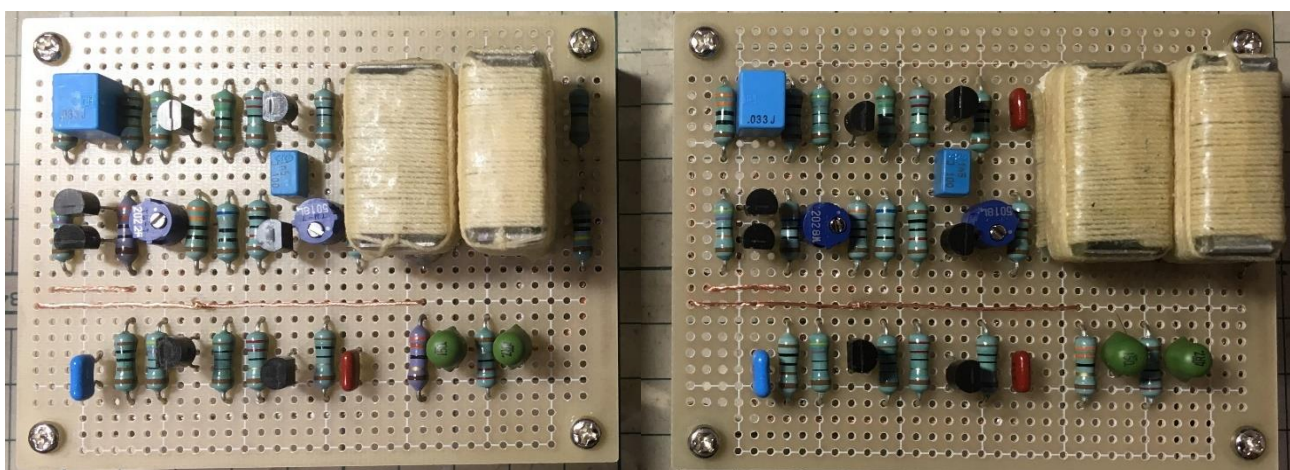
5.2. 基板作成

(1) コントロールアンプ基板

ERO-1830 の $0.033\mu\text{F}$ が 1 つ行方不明になってしまったので、ニッセイのメタライズドポリエステルフィルム MTF で代用し、他の 2 個は、Panasonic 積層メタライズドフィルムコンデンサ ECQV とした。

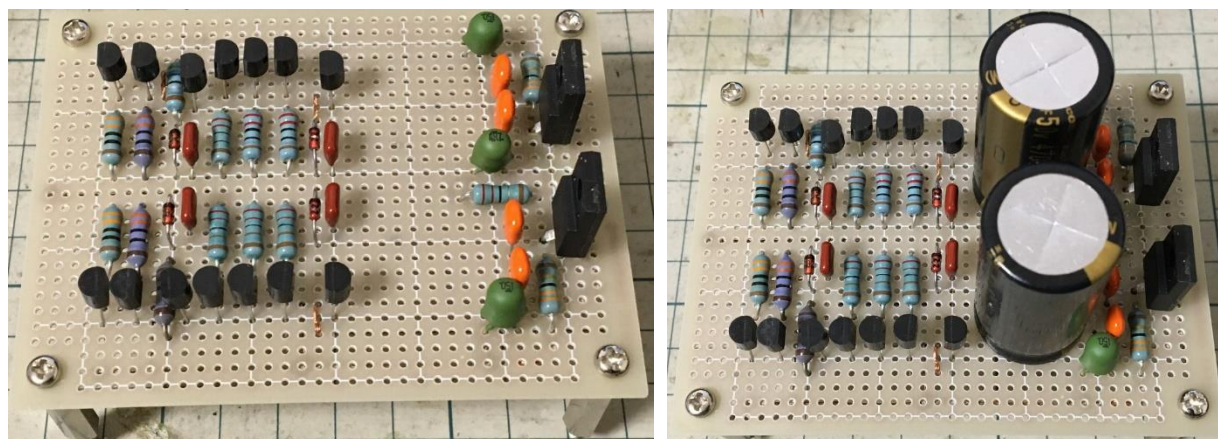
記事の初段のソース抵抗は、 $68\Omega + 300\Omega$ 半固定なので、2SK246-GR/2SJ103-GR の組み合わせだと思う。手持の 2SK246-GR/2SJ103-GR は、IDSS が 4mA 以下なので使えず、前述のように 2SK246-BL/2SJ103-BL の組み合わせを選別して実装した。抵抗のシールドは面倒なので行っていない。

2SA995 の代替として使用した 2 段目の 2SA872 と終段の 2SA817 とが同じような素子名なので紛らわしい。さらに、2 段目の 2SA872 は、正側に実装するので、これまた間違い易い。



(2) 電源基板

平滑用の電解コンはデカイので一番最後に取り付ける。使用したのは、ニチコンの KW $4700\mu\text{F}/50\text{V}$ 。

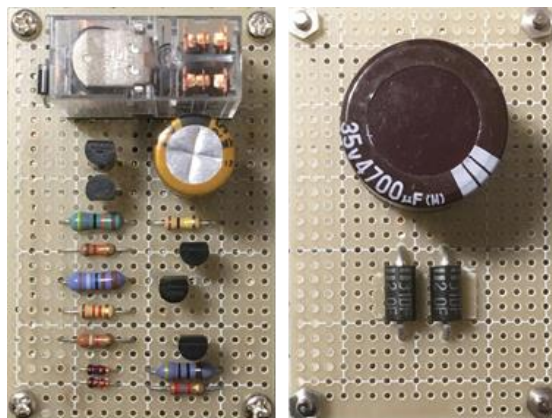


(3) ミューティング

ミューティング基板は、流用。

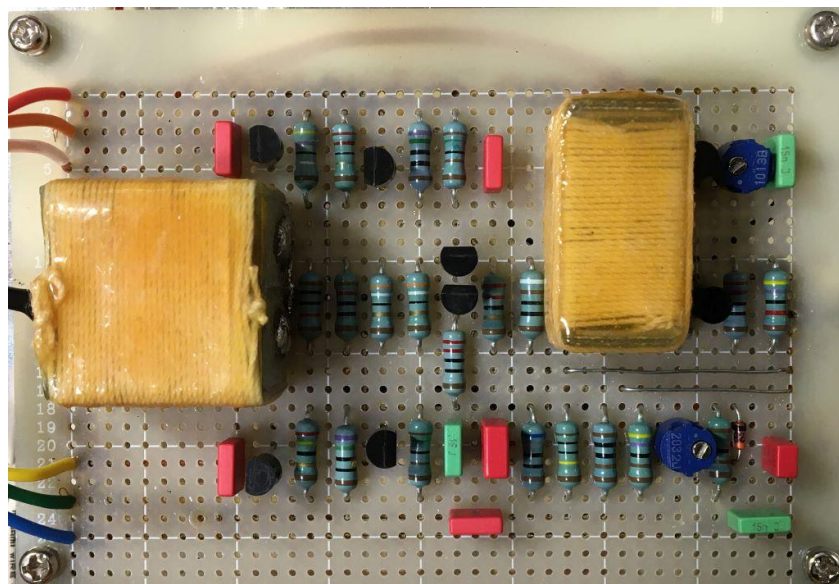
整流・平滑は最も単純な構成とした。整流ダイオードを基板から浮かす為、基板の切れ端を挟んでいるが、これは後に取り外す。

パイロットランプの電流設定を行う抵抗は、筐体組み込み後の調整段階で明るさを確認しながら調整する。



(4) イコライザー基板

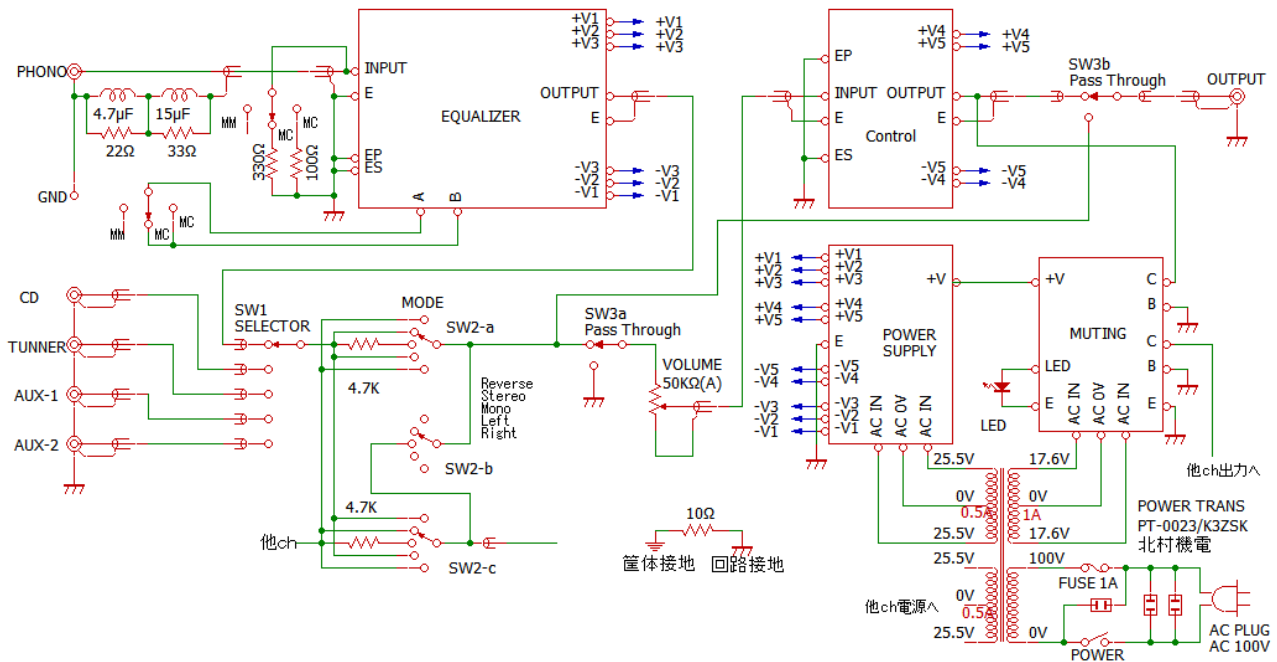
Q7, Q8 によるバッファ回路を追加実装。Q7 は、2SC1845 ではなく、2SC2240 を使用。従来、イコライザーの Q5, Q6 に 2SA970-BL と 2SC2240-BL を使用していたが、2SA992 と 2SC1845 を購入して交換した。



5.3. 筐体加工

(1) 入力のパススルー化

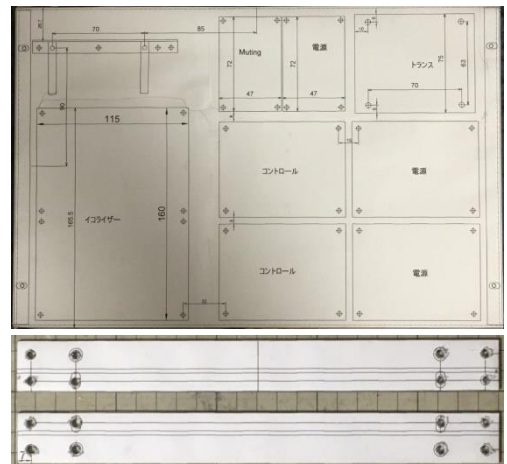
金田氏のプリアンプとパワーアンプ間が電圧伝送化されるとの事なので、本機を入力セレクターとして使用出来るようにしておきたい。昔、秋葉原の東邦無線さんで購入した4回路のプッシュスイッチFUJISOKU 8N4011が手持ちであるので、Muting スwitchをこれに変えて、パススルースイッチとして使用する。なお、パススルーの時、電源を入れないでも機能するようにミュートングの結線を配慮した。



(2) 内部シャーシ加工

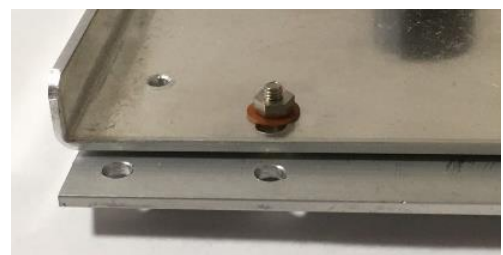
内部シャーシの天地を逆にして「L」の向きに取り付けるが、穴あけ図は、下から見た図の方が、貼り付け易い。そこで、図面を反転して印刷し、下側からシャーシに張り付けた。これで内部シャーシの穴あけ加工を行う。内部シャーシは、吊下げ式に変更した別のセットの筐体で余ったものを流用。

この他に内部シャーシ取付用の 2t の 25mm 幅のアルミ平板と、筐体フレームへのその取付穴加工、そして、ロータリースイッチ取付用のL型アルミの加工を行う。



(3) 内部シャーシの筐体への取付

内部シャーシは筐体と絶縁して取り付ける。内部シャーシ固定金具のアルミ平板と内部シャーシ間に凸型の絶縁ワッシャーを挟み、内部シャーシ側に絶縁平ワッシャーを挟んでビス止めする。これにより、内部シャーシを誌面の回路アース板と見立てて使用する。なお、ベーク製の平ワッシャーだと、締め付け時に割れてしまったので、樹脂製の製品を使用した。



(4) 組み上げ

なんとか、MODE スイッチのシャフトは積層フィルムコンデンサの上を通過させることが出来た。また、ロータリースイッチとリアパネル間の結線がごく短く結線出来た。

全体の結線は、まず、電源周り、整流・平滑、定電圧電源基板までの結線を行った。何度も結線に誤りが無いか確認。ここが誤っていると、大変なことになる。

電源を入れて直ちに OFF し、ヒューズが切れていないかなどを確認した。



電源基板までの結線が終わった時点で、無負荷状態でコントロール基板用電源の電源電圧とイコライザー用電源を計測した。コントロール基板用の電源は、総じて誌面に記載されている 20V-0.6V=19.4V 程度よりさらに 0.8V 前後低い。NEC (ルネサスに統合) の RD20E-B2 を使用したのだが、データシートを見ると、ツェナー電圧が 18.73V-19.57V の範囲と記載されており、中心が 19.15V なので、この時点で既に 20V から 0.85V 低い。RD20E-B3 が 19.38V-20.22V で、19.8V。RD20E-B4 が 19.88V-20.72V で 20.3V なので、RD20E-B3 か RD20E-B4 を使用すべきだが、ランクまで指定して購入するのが難しい。その他では、日立 (ルネサスに統合) の HZ シリーズだと HZ20-2 が 19.5V-20.4V。フェアチャイルドの 1N5250B は 19V-21V だが、これらも入手が難しい。

	右		左	
無負荷時	-18.70V	18.65V	-18.59V	18.73V
基板接続時	-18.55V	18.51V	-18.44V	18.58V

イコライザー用の電源も誌面に記載されている 22V-0.6V=21.4V よりさらに 0.6V 前後低い。NEC の RD22E-B2 を使用したのだが、データシートでは、ツェナー電圧が 20.76V-21.65V の範囲で中心が 21.2V なので、この時点で既に 22V から 0.8V 低い。RD22E-B4 が 21.68V-22.61V。HZ22-2 が 21.6V-22.6V。フェアチャイルドの 1N5251B は 20.9V-23.1V だが、これらも入手が難しい。

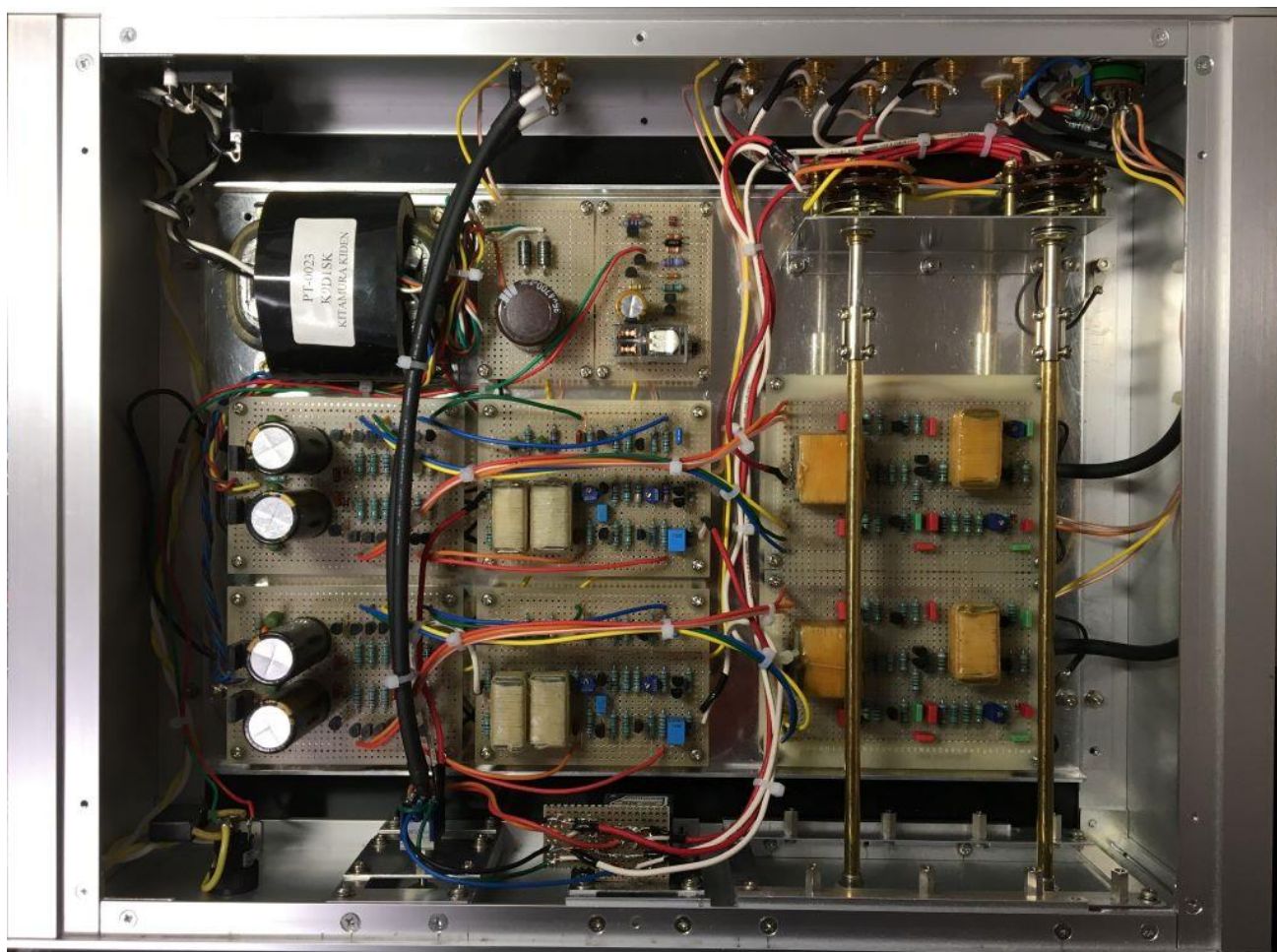
	右		左	
無負荷時	-20.65V	20.74V	-20.91V	20.92V
基板接続時	-20.45V	20.50V	-20.73V	20.80V

次は、電源ランプの輝度調整を行った。ランプの定格は 50mA なのだが、ランプを長持ちさせたいので、控えめに 40mA を流すことにした。計算上、300Ω を使用して 12V で 40mA となるのだが、流用したミューティング基板には既に 1.2KΩ が実装されているので、パラに 470Ω を接続して合成抵抗値 338Ω とした。

この結果、抵抗の電圧降下 7.79V、ランプにかかる電圧は 13.53V、電流 40mA となった。

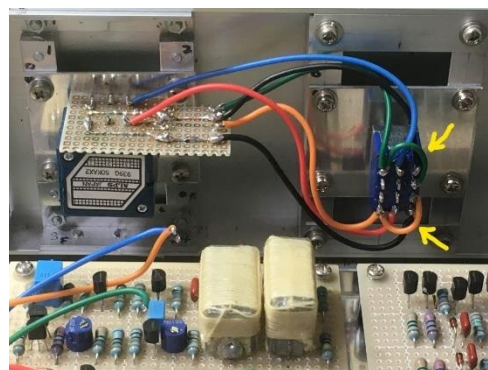
$$(21.32 - 7.79) \div (1200 \times 470 \div (1200 + 470)) = 40.06\text{mA}$$

リア/フロントのスイッチ類、基板間の結線は、スターカッド線ではなく、シールド線を多用した。イコライザー基板への入力と、出力端子への結線をモガミの2511を使用。その他のシールド線は、同じくモガミ2520を使用した。AC部分は30芯のケーブル、その他一般のケーブルは、モガミ2514(19芯)を使用。ダイエイ電線は、5色しか入手できないが、2514は、6色入手できるので色分けし易く気に入っている。ただ、高価なのが辛い。電源基板から、コントロールアンプ基板、イコライザー基板への結線は、記事の制作例がコネクタで上側で結線している。本機は直付けするが、記事と同じように上側部品面を通すようにしてみた。ただ、イコライザー基板の正負電源位置と電源基板の正負電源位置が逆になっていてケーブルをクロスさせなければならずカッコ悪い。そこで、中間で一度束ねてごまかした。



回路上、パススルースイッチのMODEスイッチ側の回路から出力端子側のスイッチへの配線がでは長々と引き回しているが、実配線は極短い配線(写真の矢印で示す部分)となっている。

ボリュームに付けられている基板の右側には、ミーティング用の抵抗が実装されている。スイッチの用途が変わったので、部品はそのまま残すが使用しない。スイッチへの配線が密になるので、抵抗の一端を結線の中継用として流用した。



5.4. 調整

(1) コントロールアンプ基板の調整

コントロールアンプ基板の 2 か所の半固定抵抗の調整を行う。誌面の記載にある通り、初段の半固定抵抗で、出力コンデンサの Q5, Q6 (2SC1627/2SA817) のエミッター抵抗の 10Ω 接続点を $0.1V$ 以下にし、バイアス調整の半固定抵抗で Q5, Q6 (2SC1627/2SA817) のエミッター抵抗の 10Ω の電圧降下を $100mV$ 以下とする。

前者の調整は、時間の経過とともに変動があるものの、調整時は、 $3mV$ 程度とすることが出来た。

後者は $100mV$ 以下といっても 0 にするわけにはいかないと思うので、誌面の回路図に記載されていた $60mV$ に設定した。

(2) イコライザー基板の調整

MC モードにして VR1 を調整して Q1 のドレイン電圧を +電源電圧の $1/2$ の値に調整。MM モードにして VR2 で A 点の電圧を $\pm 1mV$ 以内に調整した。VR2 の調整は難しく、ほんの僅か、触ったか触らないか程度で、 $\pm 1mV$ 以上になってしまう。

6. 使用感・ヒアリング

まず、電源を入れないで、パススルーモードにして入力機器の切替が出来るかを確認。シールド線モガミ 2520, 2511 を通している為か、やはり、ダイレクトにヘッドフォンで聞いた時の音質とは違う。

次に電源を入れて、金田氏の DAC やイコライザーの音を確認。パススルーモードとコントロールアンプとの聞き比べを行った。この差は感じられず、コントロールアンプが純粹に音を伝搬してくれていることを確認できた。音は、シールド線モガミ 2520, 2511 で支配されている様だ。

そしていよいよ、CR 型イコライザーの音の確認。

パススルーモードでまず確認したが、電源電圧が 20V 程度になったせいか、以前よりだいぶ音が小さい。コントロールアンプを通して見たが、20dB 増幅されているはずだが、ボリュームを Max にしてなんとかという感じ。しかもザーというノイズが大きく、ちょっと実用にならない。

イコライザーへの供給電源電圧を元の 24V のツェナーダイオード (HZ24-2 手持ちで保有) に変更してみたが、かえってノイズが増えてしまった。

7. 考察

パススルーモードにしての利用は、音質に変化があるものの入力セレクターとしては利用できる。

電源を入れてのコントロールアンプ使用においても、問題なく利用できることが確認できた。

期待したイコライザー出力のコントロールアンプでの増幅は、ノイズが多く実用にならない。イコライザー回路が電源のノイズを拾っていることは明らかで、安井先生はそれを各パーツへの磁気シールドで解決していたが、私は実用にする為には、ノイズの少ない電源を供給して解決する必要があると考える。

ノイズの少ない電源は、安井先生が嫌う定電圧回路しかないのではないか。また、その他に MC モードでの利用は諦め、MM モードで MC 入力トランスか、ヘッドアンプで接続する工夫も必要と考える。

使用したカートリッジは、DENON の DL-103R で、出力電圧 0.25mV であるが、出力電圧 0.3mV の DL-103 でも同じ状況になると推測する。

参照した文献

M J 無線と実験 2009 年 3 月号の「MM, MC カートリッジ対応プリアンプの作成」

M J 無線と実験 2011 年 3 月号の「MM, MC カートリッジ対応プリアンプの作成」

M J 無線と実験 2017 年 6 月号、7 月号「MM, MC 対応 CR 型イコライザーアンプ」

M J 無線と実験 2018 年 11 月号、12 月号「無帰還ディスクリートコントロールアンプ」

MC/MM 対応 CR 型イコライザー
電源ノイズ対策レポート

2020 年 11 月 14 日

目次

1. はじめに	1
2. 基本方針	2
3. 仮説と検証	2
4. 電源回路設計	3
5. 制作	4
5.1. 電源基板	4
5.2. 筐体への組み込み・調整	5
6. 確認結果	6
後記	6

1. はじめに

MJ無線と実験 2009年3月号の「MM, MCカートリッジ対応プリアンプの作成」の記事の作成から始まって、MJ無線と実験 2011年3月号の「MM, MCカートリッジ対応プリアンプの作成」、MJ無線と実験 2017年6月号、7月号「MM, MC対応CR型イコライザーアンプ」、MJ無線と実験 2018年11月号、12月号「無帰還ディスクリットコントロールアンプ」と、何度かCR型イコライザーの制作に取り組んで来たが、ゲインが不足する事、ノイズが多い事が原因で、もう10年以上実用にならない状態が続いている。ゲイン不足は、ヘッドアンプや昇圧トランスを用いて解消させる計画なので、ノイズの除去に主眼をおいて対策を行いたい。

2020年11月3日

2. 基本方針

安井氏は、ノイズの除去に対してLRとシールドで対応されていたが、イコライザーの「ザー」というノイズを解消するのは、バッテリードライブとするか、定電圧電源にするしか手が無いと思っている。

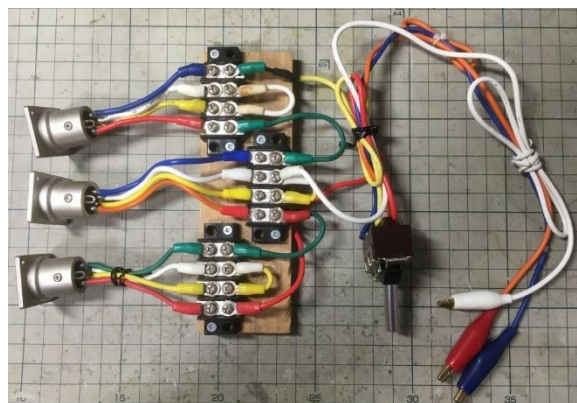
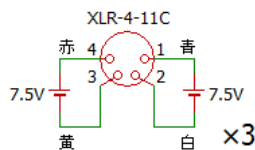
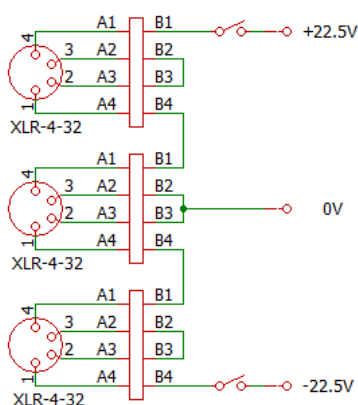
そこで、±24Vの電圧回路を誤差検出回路を備えた定電圧電源回路に変更することにする。また、コントロールアンプ用の±20Vの易定電圧電源は、従来、整流・平滑出力から入力電圧を得ていたが、±24Vからの取得に変更する。但し、回路自体は、従来の易定電圧電源回路のままとする。

3. 仮説と検証

「イコライザー回路のノイズは、回路に問題があるわけではない。イコライザー回路は、微細な電源ラインのノイズを忠実に増幅しているだけことで、電源ラインにノイズを出さないクリーンな電源とすれば問題は解決する。回路で輻射ノイズを拾っても、ノイズとして聞こえる程の大きさにはならない。」という仮説を立て、その仮説を検証するために理想的電源であるバッテリーを使ってイコライザーのノイズの確認を行う。定電圧電源回路を作成するのは、この仮説の検証が済んでからにする。

ただ、この確認は不完全だと思っている。バッテリーの動作しか検討しないからだ、公正な確認とするなら、抵抗への磁気シールドも検証すべきだろう。しかし、定電圧電源回路の導入で実用になる状態になるのであれば、それでよいと思う。

+7.5Vのバッテリーを6個使用して±22.5Vの電源を作る。



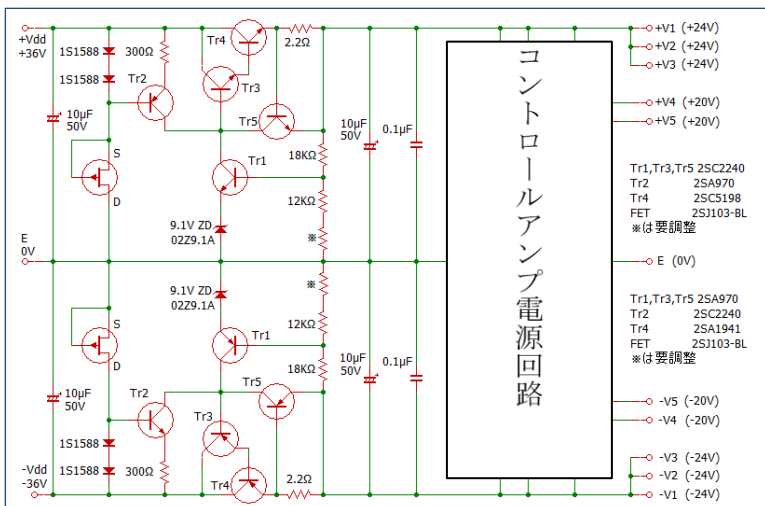
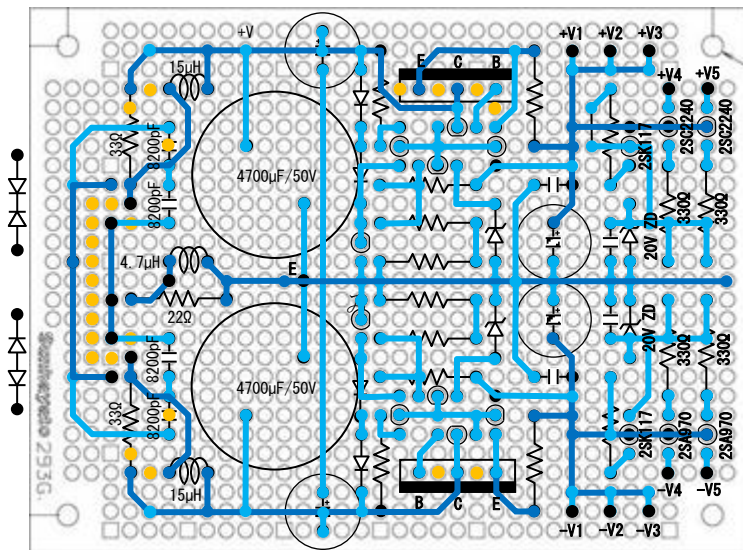
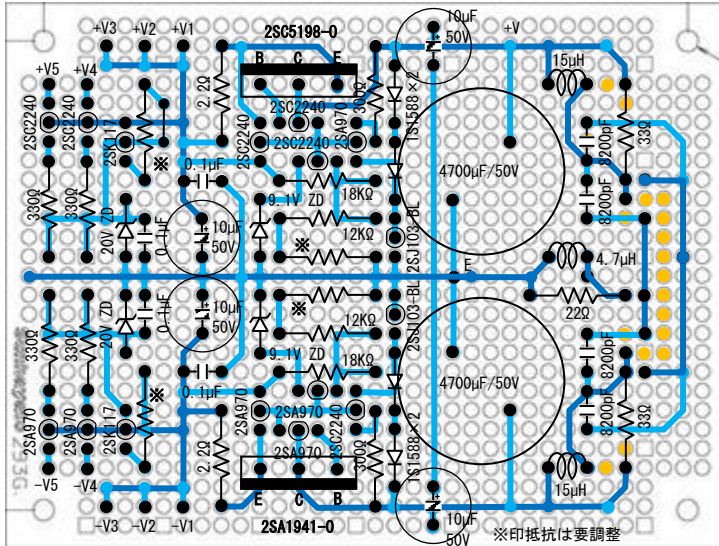
確認は、筐体の電源を入れず、電源トランスの影響を無くし、パススルーモードにしてイコライザーの音を確認した。

バッテリー電源の場合、新たに「ピー」というノイズが入るが、「ザー」というノイズは聞こえない。ただ、イコライザーのみで音量不足の状態であるので、音質までは確認できない。きちんと筐体に組み込んでフラットアンプで増幅すると「ザー」というノイズが聞こえるかもしれない。

今回のバッテリーでの検証は十分な確証は得られなかったが、改善の兆しは見えた。電源の定電圧電源化を行う事で、改善の期待が持てる。磁気シールドに頼らなくても良いかもしれない。そこで、電源の定電圧電源化を行う事にした。

4. 電源回路設計

±24V の定電圧回路は、イコライザーアンプ用に金田氏の MJ 無線と実験 2017 年 2 月号、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の±25V の定電圧電源のリップル除去回路を利用して作成する。



左図は、±24V の定電圧回路を組み込んだ電源基板である。

イコライザーアンプとコントロールアンプの消費電流容量がわからないので、±24V の定電圧回路の過電流の検出閾値を決めることが出来ない。また、パワートランジスタも決められない。

過電流検出用抵抗を仮に 2.2Ω とし、 $0.6V \div 2.2\Omega = 273mA$ を電流制限値としておく。この時の電力は、 $P=IV$ より $0.164W$ なので、 2.2Ω は $1/2W$ タイプで問題ない。

パワートランジスタは $PC=100W$ の 2SC5198/2SA1941 を使用することにした。

コントロールアンプ用の±20V 電源の 2SK117 は $ID=3\sim 3.5mA$ になるような※印のソース抵抗を調整する。基板に組み込む前に調整しておくこと。同様に定電圧回路の出力電圧を※印の抵抗で調整する必要がある。

基板パターンの●印部分のランドは短絡防止のため削り取る。

E 点は回路アース板に接続。回路アース板からは 10Ω を介して筐体にアースする。

±24V の定電圧回路の入力は平滑回路と同一基板・直結なので、電解コン $10\mu F/50V$ は不要だと思うが、取り付けておくことにした。

パーツが収まりきるか心配だったが、なんとか詰め込めた。

定電圧回路の電圧は、基準電圧 $9.1V+0.6V=9.7V$ とすると

$$\text{式} \quad 9.7V \times (18K\Omega + 12K\Omega + 220\Omega) \div (12K\Omega + 220\Omega) = 23.988V \approx 24V \quad \text{より、}$$

18K Ω 、12K Ω 、220 Ω の組み合わせで実装し、調整を行う。

5. 制作

5.1. 電源基板

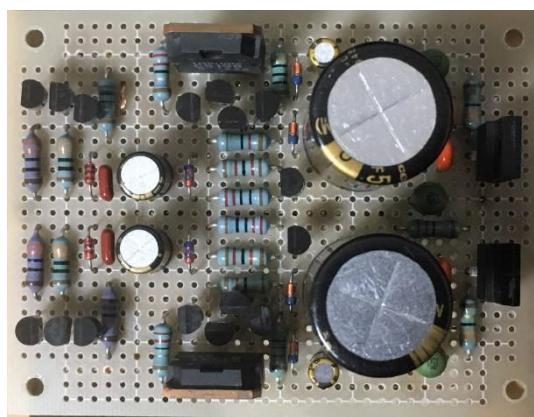
コントロールアンプの電源は20Vのツェナーダイオードを使用しているが、RD20E-B2の場合、ツェナー電圧が19.15V（18.73V-19.57Vの中心）で、20Vではなく0.85V低い。それより、さらにトランジスタの V_{BE} 分0.6V下がるので、18.55Vの出力電圧となってしまう。そこで、イコライザー電源に使用していたRD22E-B2（ツェナー電圧が21.2V。20.76V-21.65V）を流用して、トランジスタの V_{BE} 分0.6V低い20.6Vの電源とすることにした。

$\pm 24V$ の定電圧回路に使用するパワートランジスタには、 $P_c=100W$ の2SC5198/2SA1941を使用するので、多少発熱しても問題ないと思うが、発熱量が大きい場合は、小型の放熱器を付けることにする。配置を小型の放熱器を付けられる様に配慮している。

定電圧回路の入力の10 μF /50Vの電解コンは、必要ないと思うが、ニチコンのFGを取り付けた。出力の10 μF /50Vの電解コンはミュージックZKを使いたかったが、ネット通販を探しても見当たらず、入手できた10 μF /100Vを使用した。ELNAのトーンレックスシリーズやセラファインの10 μF /50Vも入手できるが、ZK(10 μF /100V)の倍以上の価格だったので購入しなかった。

この作成において、元の電源基板のイコライザー用のマイナス電源のベース抵抗を誤って実装していた事に気が付いた。220 Ω の所が2.2K Ω になっていた。証拠写真は右。

しかし、過去の実装の時は誤っていなかったにもかかわらず、ノイズは発生していたので、正しい実装だったとしてもノイズに関する今回の確認結果は変わらないだろう。



5.2. 筐体への組み込み・調整

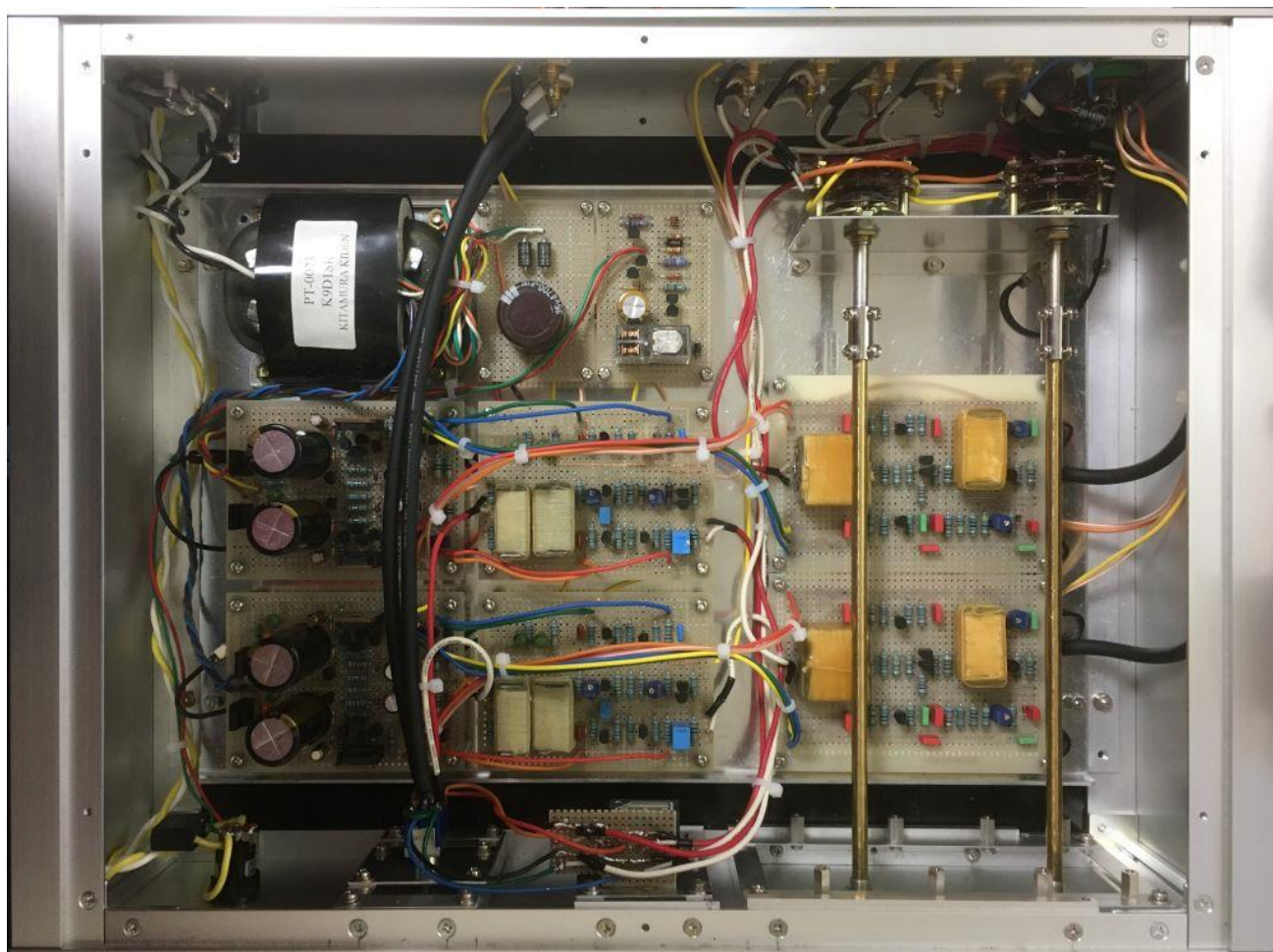
電源部分を組み込み、電源電圧の調整を行った後、各調整箇所を調整。最後に各部分の電圧を測定し、問題ない事を確認した。

電源電圧の調整で今回は抵抗は変更せず、18K Ω , 12K Ω , 220 Ω のうち 220 Ω をパスする対応までとした。

		Lch		Rch	
イコライザー用 定電圧電源	電源電圧	+23.49V	-23.59V	+23.40V	-23.52V
	基準電圧	+9.35V	-9.39V	+9.34V	-9.41V
	ツェナー電圧	+8.74V	-8.77V	+8.73V	-8.79V
コントロールアンプ用 簡易安定化電源	電源電圧	+20.77V	-20.76V	+20.56V	-20.45V
	ツェナー電圧	+21.33V	-21.32V	+21.13V	-21.04V

定電圧電源の出力電圧が 24V に達しなかったのは、基準電圧が想定した 9.7V より低かったのが原因。消費電流は、Lch、Rch とともに 正が 36.4mA、負が 40.9mA であった。

定電圧電源のパワートランジスタは、消費電流が僅かなので、ほんのり熱い程度。ただ、トランジスタは熱暴走するので、念のため付けた方が良いでしょう。折を見て取り付ける。



6. 確認結果

「ザー」というノイズは、大幅に減少した。

定電圧回路によりクリーン電源となることで、イコライザーがノイズを増幅しないので「ザー」というノイズが聞こえなくなるという仮説が正しい事を実証できた。

ボリュームを Max にするとまだノイズは、聞こえる。ただ、これは他のアンプと同程度だ。

音量に関しては、ボリュームを Max にしても、なんとか音楽鑑賞することはできるが、ヒアリング音量にちょっと不足を感じる。レコードの録音レベルによっては、さらに音量を上げたい。ボリュームを Max にするとまだノイズが乗るので、ボリュームを Max にしない状態で聴けるようになれば、ノイズの問題は完全に解消されるだろう。

音は、純粋な音。これが CR 型の音だろう。金田氏のイコライザーは、現場をリアルに再現する能力に秀でているが、安井氏の CR 型は、本物の音を忠実に美しく再現してくれる能力があると思う。

特に録音レベルが高いイツァーク・パールマン／パガニーニ：24 のカプリース〈限定盤〉の LP は圧巻。素晴らしい再生音だ。マルタ・アルゲリッチの J.S. バッハ：作品集も録音レベルが高く、いずれも演奏の音量が比較的一定なので最高の音質を楽しめた。

ただ、ゲインが不足しているので、ダイナミックレンジが広いオーケストラ曲はピアノシモンが辛い。

今回の対応で、電源のノイズ対策ができた。今後は、ゲイン不足対策を行うことにする。

あつ。行方不明になっていたコントロールアンプ基板用の ERO-1830 0.033 μ F が出てきたので、後で付け替えようと思う

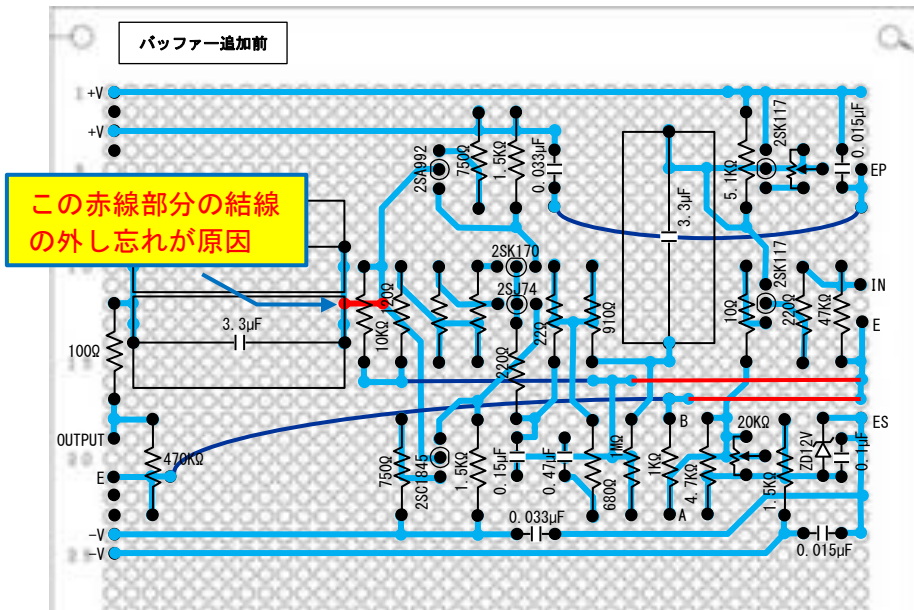
2020 年 11 月 14 日

後記

2017 年 6 月号、7 月号イコライザーのゲインが小さい原因が判明した。2017 年 6 月号、7 月号のイコライザーの基板を念入りに何度もチェックしたところ、バッファを追加した際、結線を外すべき箇所の外し忘れがあったことが判明。つまり、実装ミスが原因だった。

修正であっけなく適切な音量が得られる様になった。2009 年から始まった CR 型イコライザーへの挑戦が 12 年の歳月を経て安定化電源の導入でやっと自分のものにでき、開花したという感がある。ただ、今は、スタートラインにやっと立てたという状況で、まだまだ改善したいアイテムがたくさんある。今後も音質向上に向けてさらに挑戦し続けてゆくつもりだ。

2021 年 1 月 11 日



下記は、バッファ追加後のパターン図

