

No.281 I²S 接続
USB 半導体ラインアンプ D/A コンバータ
作成レポート

2023年6月20日

目次

1. はじめに	- 1 -
2. 基本方針／基本仕様	- 2 -
3. 設計	- 3 -
3.1. I ² S 基板	- 3 -
3.2. DAI/DAC 基板	- 3 -
3.3. SELECTOR ポジション	- 4 -
3.4. DSC	- 5 -
3.5. 半導体ラインアンプ	- 6 -
3.6. 5V/+3.3V 定電圧回路	- 7 -
3.7. 電源 ON/OFF 制御／外部機器 SW 連携	- 8 -
3.8. バッテリーチェック基板 (±7.5V)	- 9 -
3.9. 電源	- 10 -
3.10. 筐体設計	- 11 -
(1) フロントパネル	- 11 -
(2) リアパネル	- 11 -
(3) XU208(COMBO384)固定金具	- 12 -
(4) 内部配置	- 12 -
(5) 筐体固定金具	- 13 -
(6) 基板吊り下げアングル	- 13 -
4. 重要部品の確保	- 14 -
5. 制作	- 16 -
5.1. 基板作成	- 16 -
(1) I ² S 基板	- 16 -
(2) DAI/DAC 基板	- 16 -
(3) DSC 基板	- 16 -
(4) 半導体ラインアンプ	- 17 -
(5) 電源 ON/OFF 制御基板	- 19 -
(6) +5V 基板/+3.3V 基板	- 19 -
(7) +7.5V/-7.5V バッテリーチェック	- 19 -
5.2. 筐体加工	- 20 -
(1) フロントパネルと回転止め版の加工	- 20 -
(2) リアパネル加工	- 20 -
(3) XU208 の取付金具の作成	- 21 -
(4) 基板吊り下げアングル等の加工	- 21 -
5.3. 筐体の組み上げ	- 21 -

(1) 基板吊り下げフレームの組み立て	- 21 -
(2) XU208 と DAI/DAC 基板との接続	- 22 -
(3) 基板の取付と配置換え	- 22 -
(4) 配線、確認、調整	- 23 -
6. ヒアリング	- 25 -
1. はじめに	- 1 -
2. 基本方針／基本仕様	- 2 -
3. 設計	- 3 -
3.1. I ² S 基板	- 3 -
3.2. DAI/DAC 基板	- 3 -
3.3. SELECTOR ポジション	- 4 -
3.4. DSC	- 5 -
3.5. 半導体ラインアンプ	- 6 -
3.6. 5V/+3.3V 定電圧回路	- 7 -
3.7. 電源 ON/OFF 制御／外部機器 SW 連携	- 8 -
3.8. バッテリーチェック基板 (±7.5V)	- 9 -
3.9. 電源	- 10 -
3.10. 筐体設計	- 11 -
(1) フロントパネル	- 11 -
(2) リアパネル	- 11 -
(3) XU208(COMBO384)固定金具	- 12 -
(4) 内部配置	- 12 -
(5) 筐体固定金具	- 13 -
(6) 基板吊り下げアングル	- 13 -
4. 重要部品の確保	- 14 -
5. 制作	- 16 -
5.1. 基板作成	- 16 -
(1) I ² S 基板	- 16 -
(2) DAI/DAC 基板	- 16 -
(3) DSC 基板	- 16 -
(4) 半導体ラインアンプ	- 17 -
(5) 電源 ON/OFF 制御基板	- 19 -
(6) +5V 基板/+3.3V 基板	- 19 -
(7) +7.5V/-7.5V バッテリーチェック	- 19 -

5.2. 筐体加工	- 20 -
(1) フロントパネルと回転止め版の加工	- 20 -
(2) リアパネル加工	- 20 -
(3) XU208 の取付金具の作成	- 21 -
(4) 基板吊り下げアングル等の加工	- 21 -
5.3. 筐体の組み上げ	- 21 -
(1) 基板吊り下げフレームの組み立て	- 21 -
(2) XU208 と DAI/DAC 基板との接続	- 22 -
(3) 基板の取付と配置換え	- 22 -
(4) 配線、確認、調整	- 23 -
6. ヒアリング	- 25 -

1. はじめに

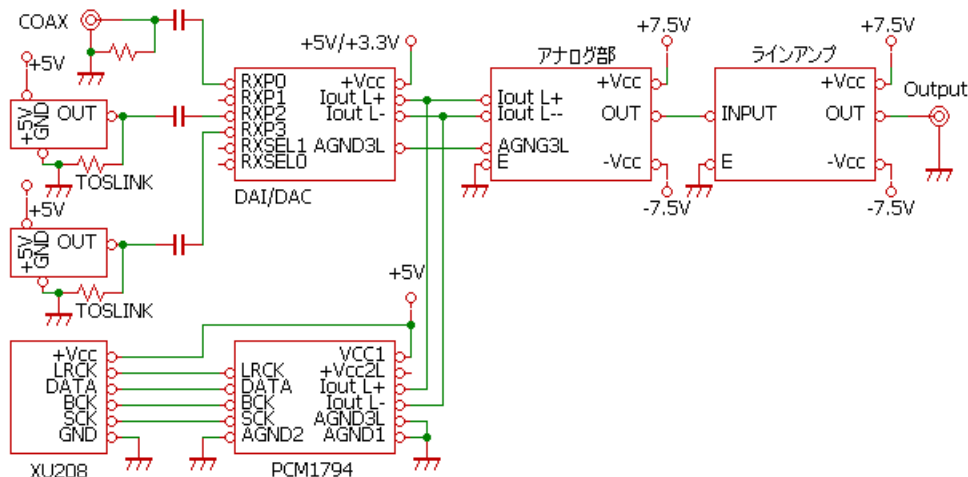
2023年2月にMJ無線と実験2022年2月号、3月号、4月号に掲載されたNo.281「USB & S/PDIF対応真空管DAC」の中で紹介されたNutube 6P1版DACに使用されているD/DコンバータXU208の代替としてamanero combo384を採用したDAC（以降No.281 combo384版DACと記す）を作成した。今回、XU208基板が入手できたので、半導体ラインアンプ版のDAC（以降No.281 半導体ラインアンプ版DACと記す）を作成する。

2023年4月29日

2. 基本方針／基本仕様

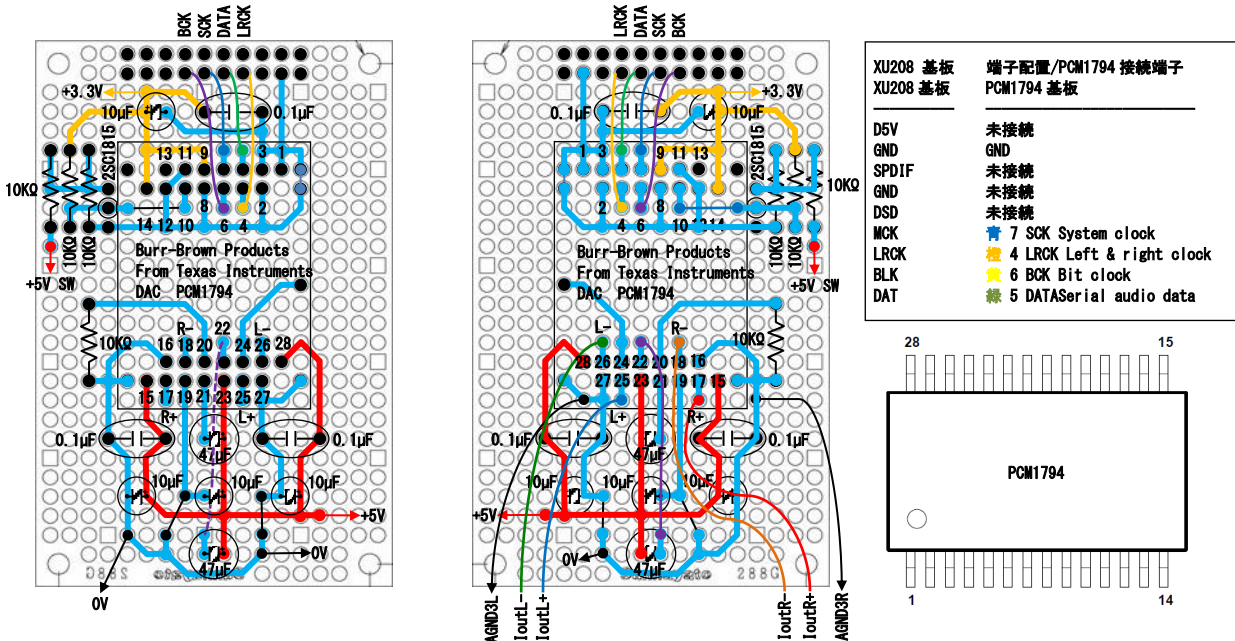
仕様は、MJ 無線と実験の No. 281 DAC の中で紹介された半導体版ラインアンプを採用する。MJ 無線と実験の No. 281 の記事では、XU208 の USB 入力と、DAI/DAC の切り替えは、+5V を切り替えることにより行っているが、No. 281 amenero combo384 版 DAC で、USB に音声データを流した状態で、DAI/DAC に切り替え、USB 側の I²S 接続 PCM1794 への+5V 供給を切っても、USB 側に音楽データの入力があると DAI/DAC に音が漏れる、クロックが乱れ正常に再生されない等の状態になることが判明した。そこで、本機では、USB 側の I²S 接続 PCM1794 への+5V 供給を切らずに常時供給し、MUTE をかけることでこの問題が回避できないかを検証することにした。対応がうまくいくことが確認できれば、No. 281 amenero combo384 版 DAC に適用したい。

電源 SW は、1 回路しかない SW しか入手できないと仮定し、MOS-FET による電源 ON/OFF 制御回路で制御する。但し、半導体ラインアンプなので+22.5V の電源は無い。XU208 の+5V 電源は、USB から供給し、D/A コンバータからは供給しない。この時、USB には、別途作成した USB クリーン給電器で電源供給する。全体回路構成を下図に示す。



3. 設計

3.1. I²S 基板



I²S 基板は、PCM1794 の端子を下表に従って I²S のデータ伝送モードに設定する。パターンは、No. 281 combo384 版 DAC と同一であるが、コネクターの SCK と BCK の入替と MUTE 制御回路の追加を行っている。

PCM1794 モード ※PCM1794 のデータシートより抜粋	端子番号	1	2	12	11
	端子名	MONO	CHSL	FMT1	FMT0
I ² S モード	0 = 0V	0 = 0V	0 = 0V	0 = 0V	
Standard 24bit Right Justify	0 = 0V	0 = 0V	1 = +3.3V	1 = +3.3V	

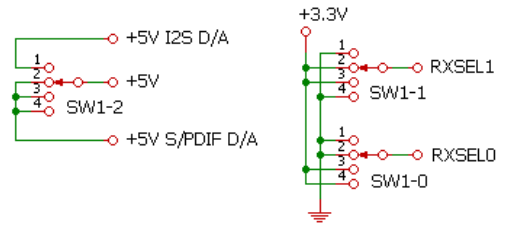
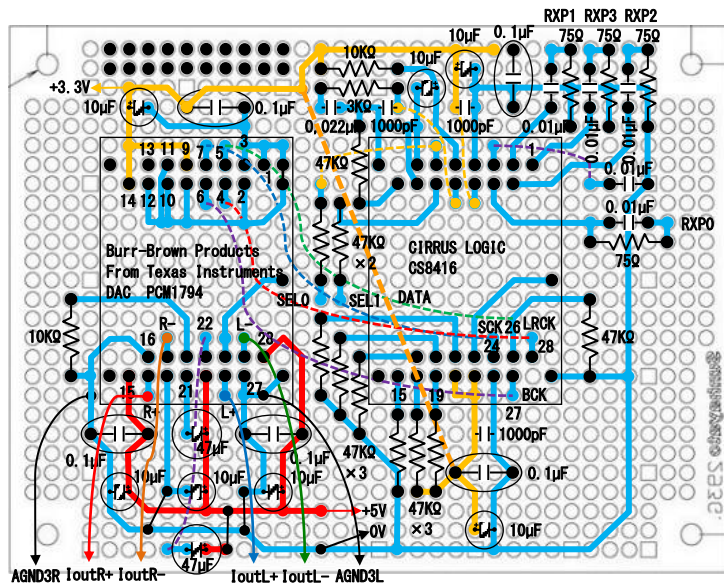
3.2. DAI/DAC 基板

パターンは、No. 281 combo384 版 DAC と同一である。抵抗はタクマンの REY25FY とし、0.01μF 等は、WIMA MKS-2 でパターン設計している。ただ、REY25FY が入手困難な状況なので、実装時に他に切り替える可能性がある。

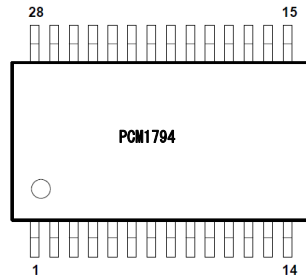
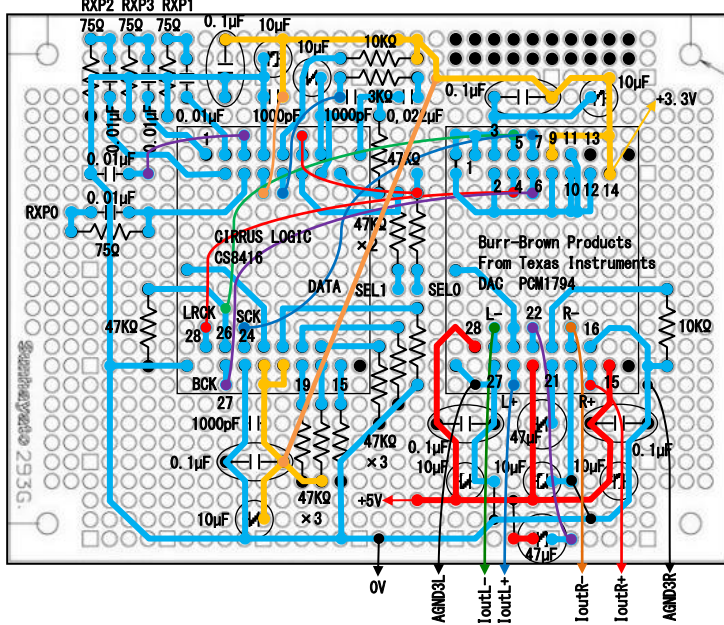
CS8416 と PCM1794 間のデータフォーマットは I²S とする。mmmm 表は、CS8416、PCM1794 の各データシートより抜粋した。表に従い、各端子を設定する。

CS8416 モード ※CS8416 のデータシートより抜粋	端子番号	15	19
	端子名	<u>AUDIO</u>	C
I ² S モード	0 = 0V	1 = +3.3V	
Standard 24bit Right Justify	1 = +3.3V	0 = 0V	

PCM1794 モード ※PCM1794 のデータシートより抜粋	端子番号	1	2	12	11
	端子名	MONO	CHSL	FMT1	FMT0
I ² S モード	0 = 0V	0 = 0V	0 = 0V	0 = 0V	
Standard 24bit Right Justify	0 = 0V	0 = 0V	1 = +3.3V	1 = +3.3V	



- 1: USB (I²S) combo384 基板
- 2: Optical1 RXP2
- 3: Optical2 RXP3
- 4: Coaxial RXP1
- ※DAI の RXPO は未使用



RXP3	1	28	OLRCK
RXP2	2	27	OSCLK
RXP1	3	26	SDOUT
RXP0	4	25	OMCK
RXN	5	24	RMCK
VA	6	23	VD
AGND	7	22	DGND
FILT	8	21	VL
RST	9	20	TX
RXSEL1	10	19	C
RXSELO	11	18	U
TXSEL1	12	17	RCBL
TXSELO	13	16	96KHZ
V / RERR	14	15	AUDIO

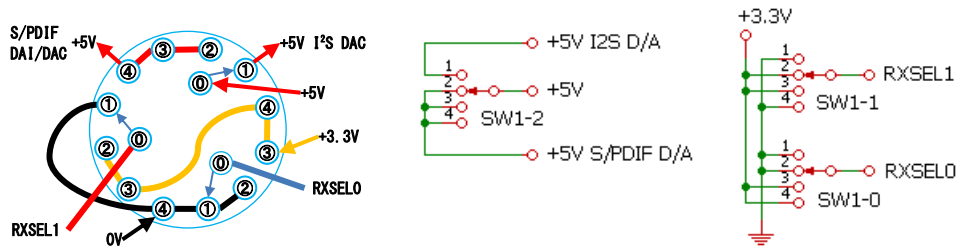
3.3. SELECTOR ポジション

No. 281 combo384 版 DAC と同様に、左から USB, OPT1, OPT2, COXIAL とする。S/PDIF DAI/DAC 基板の RXP 端子のパターン引き出し配置の関係から SELECTOR に使用するロータリースイッチの切り替えポジションと RXSEL1, RXSELO との関係を下表の様に定義する。

SELECTOR ロジック

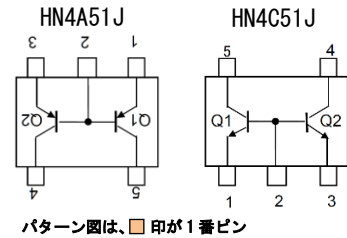
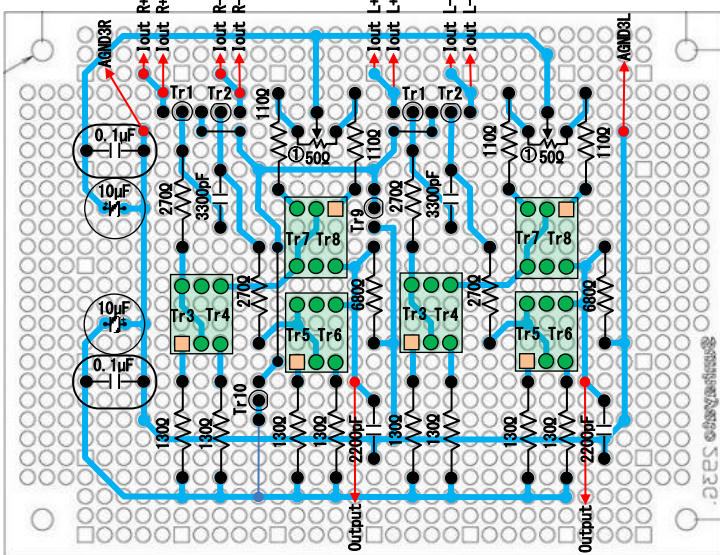
SELECTOR POSITION	No. 281 紙面				本機			
	RXSEL1	RXSELO	RXP 端子	選択機器	RXSEL1	RXSELO	RXP 端子	選択機器
1	0	1	RXP1	OPT1	0	0	RXP0 未接続	amanero combo384
2	1	0	RXP2	OPT2	1	0	RXP2	OPT1
3	1	1	RXP3 未接続	XMOS XU208	1	1	RXP3	OPT2
4	0	0	RXP0	COAXIAL	0	1	RXP1	COAXIAL

SELECTOR 結線図



3.4. DSC

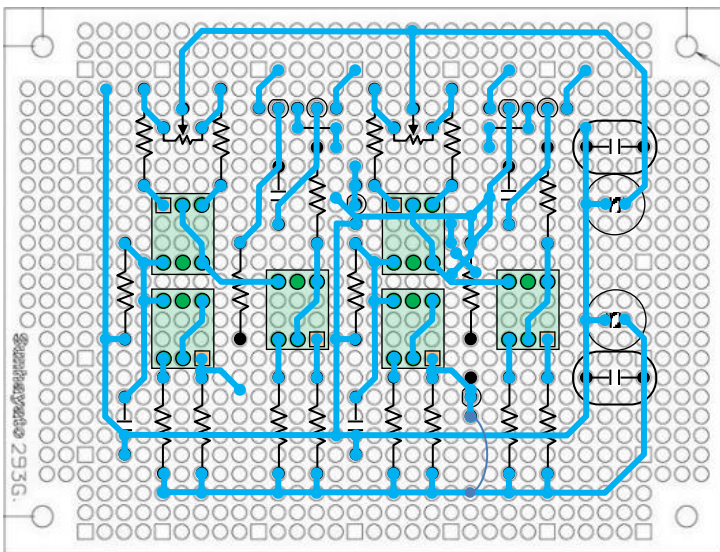
No. 281 combo384 版 DAC の DSC のパターンを基に基板吊り下げフレームの陰に半固定抵抗が隠れない様に変更したパターンを作成した。タクマンの 1/2W 型の REY50FX, REY50FY や 1/4W 型の REY25FY の入手困難な状況で、代替を探す必要がある。また、SE コンデンサは生産終了なので、他のコンデンサで代用する。半固定抵抗も TM-7P ではなく、他の多回転型等で代用する。



使用半導体

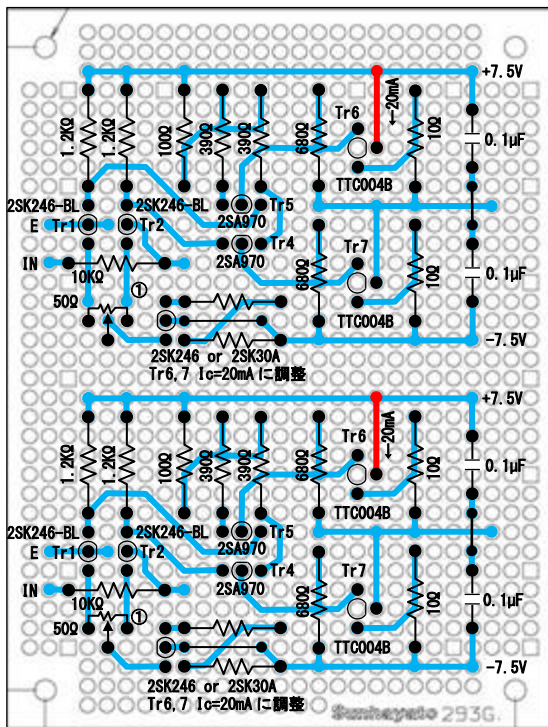
- Tr1, Tr2, Tr9 2SA970
- Tr3, Tr4 HN4C51J
- Tr5, Tr6 HN4C51J
- Tr7, Tr8 HN4A51J
- Tr10 2SK246-BL

- HN4C51J 2SC2291 の代替
- HN4A51J 2SA995 の代替

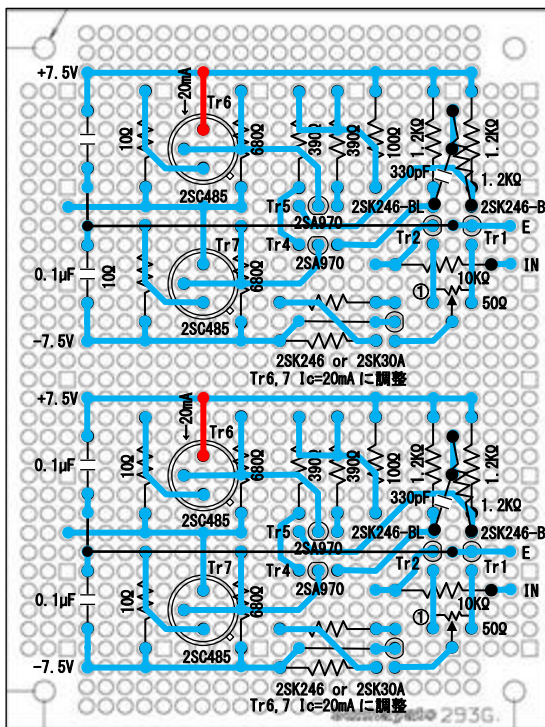
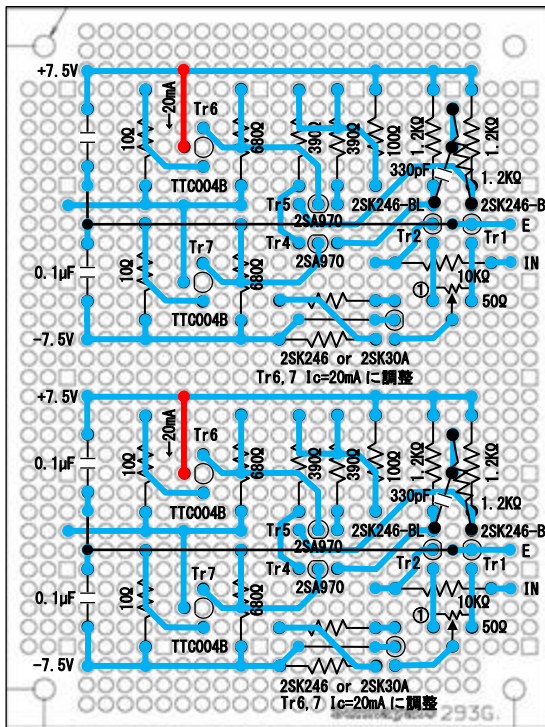


3.5. 半導体ラインアンプ

半導体ラインアンプは、ICB-293 に左右両 ch 分を実装する。さすがに 2SC959 は入手できないので、代替品として TTC004B や 2SC3421, 2SC485 を使用することにする。初段定電流用の FET は、2SK43 ではなく、手持ちの 2SK246 や 2SK30A 等を使用する。



※赤線部分には、 I_o 調整時に 10Ω を取り付ける。



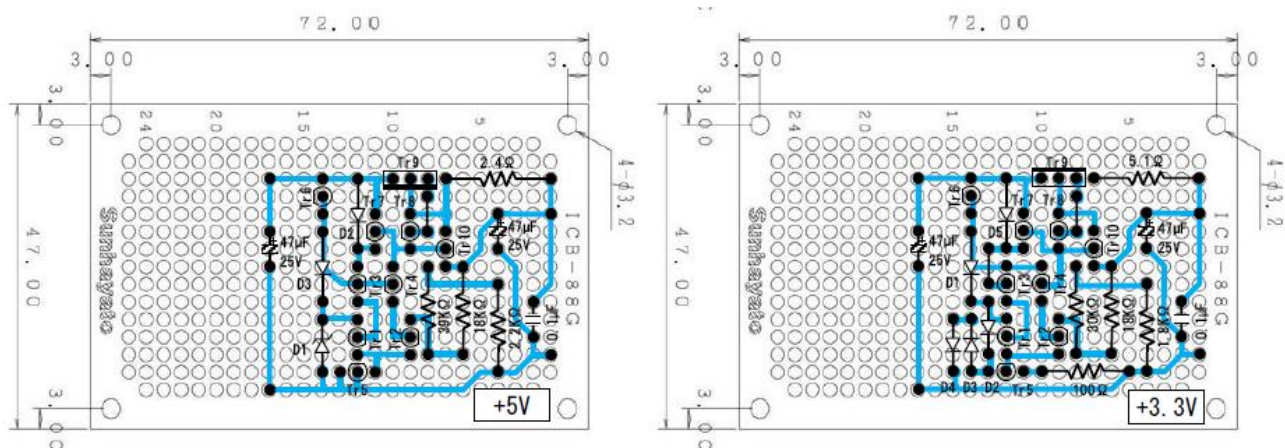
※赤線部分には、 I_o 調整時に 10Ω を取り付ける。

3.6. 5V/+3.3V 定電圧回路

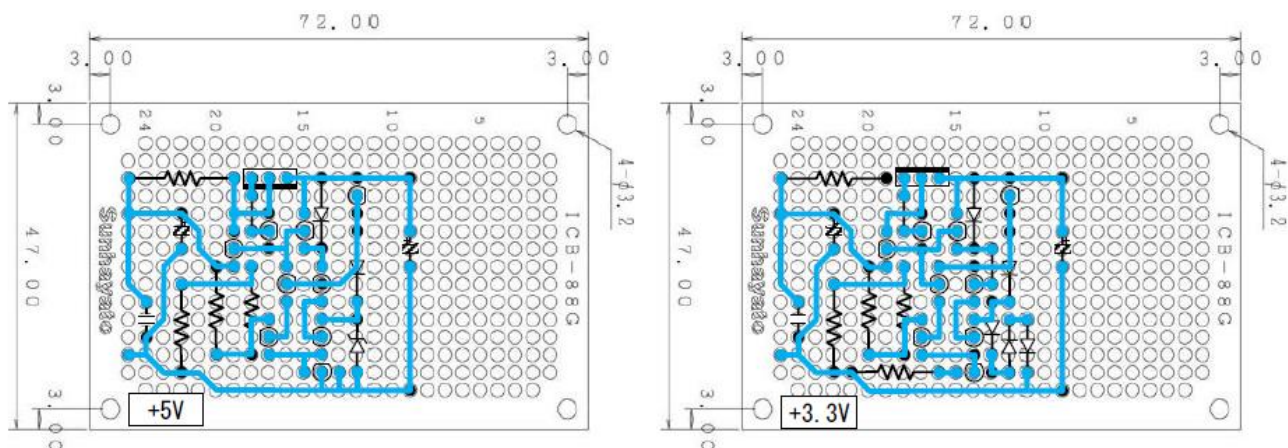
+5V/+3.3V 定電圧回路基板は、以前作成した基板を流用する。

+5Vレギュレータの過電流の保護抵抗を 2.4Ω としており、250mAを電流の限度としているが、実際は、40mA~50mA程度なので、これ程は必要ない。+3.3Vは、125mAの設計であるが実際は、20mA~30mA程度である。

+5V 定電圧電源、+3.3V 定電圧電源基板 部品側配置図

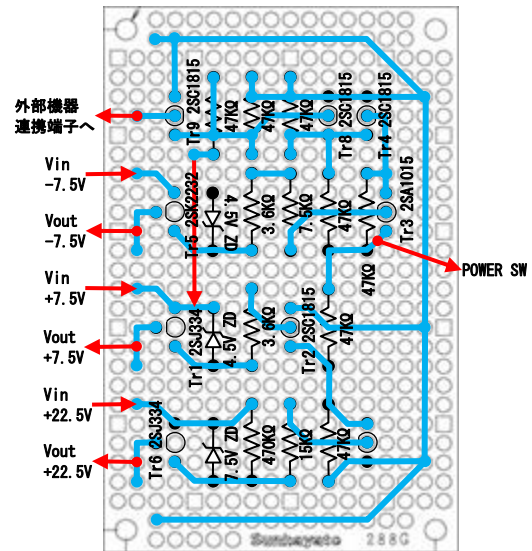
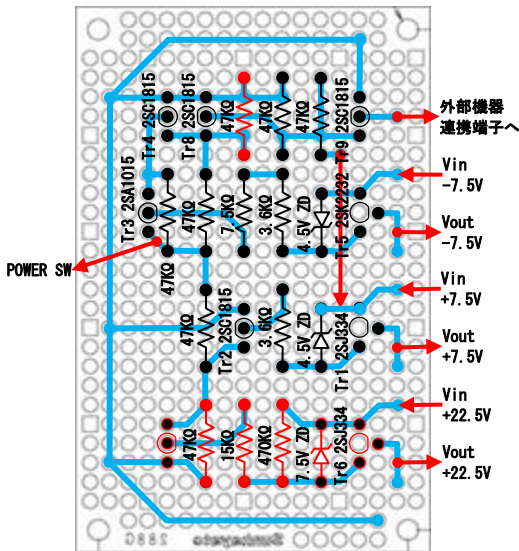
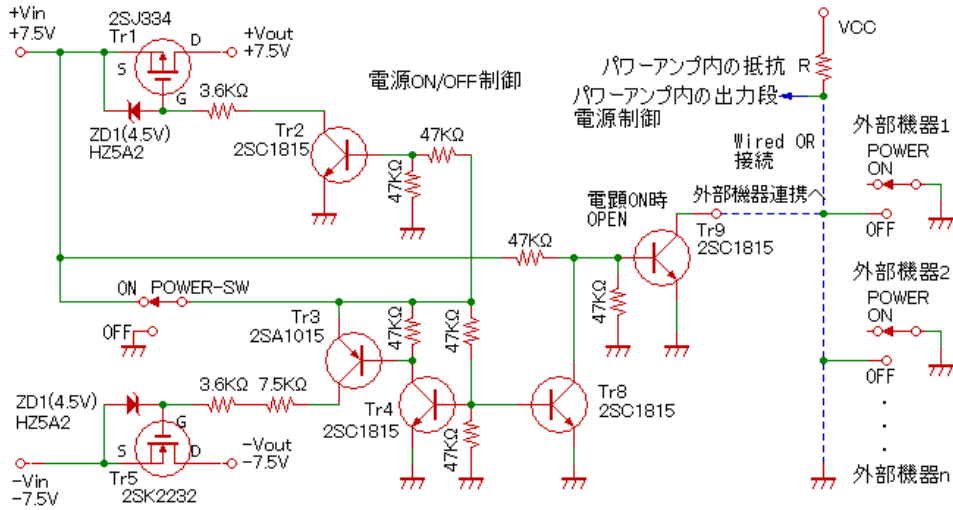


+5V 定電圧電源、+3.3V 定電圧電源基板 パターン側



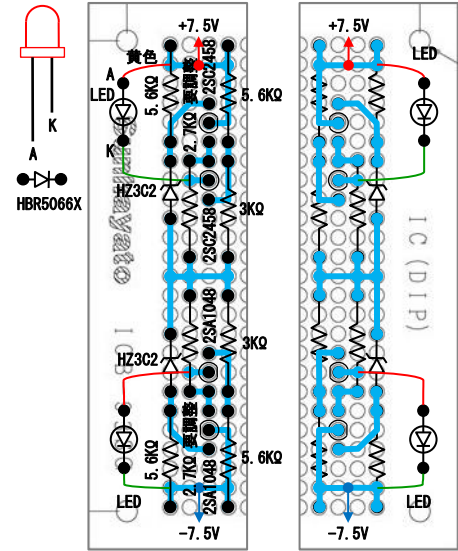
3.7. 電源 ON/OFF 制御／外部機器 SW 連携

電源 SW は 1 回路しか無い事が多いので、MOS-FET を用いた電源 ON/OFF 制御を行う。また、外部機器連携の回路も設ける。パターン図中の+22.5V は、本機には不要なので実装は行わない。なお、スイッチで接地されるラインにトランジスタのベースが接続されているベース-エミッター間の 47kΩ は、入力がオープンになることは無く、0V が保証されるので、実装しない方向で確認・製作を行う。



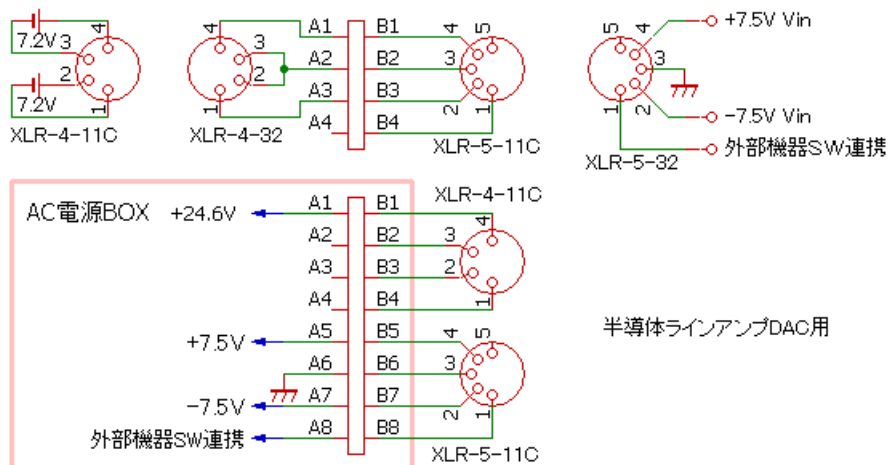
3.8. バッテリーチェック基板 (±7.5V)

バッテリーチェック回路は、±7.5V 用にパターンを設計しておくが実装は、+7.5V 用のみとする。電源 ON/OFF 制御基板にも回路を組み込める空きスペースがあるが、カットした余材基板を使用して独立して作成する。

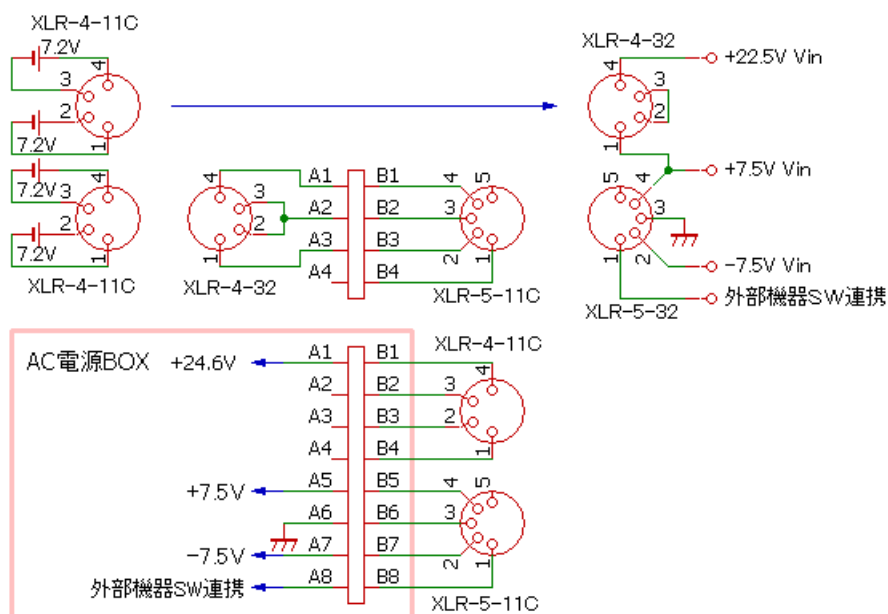


3.9. 電源

電源は、バッテリードライブを基本とするが、AC電源BOXからの供給も可能とする。AC電源BOXは、外部機器SW連携用に5PのキャノンコネクタXLR-5-11Cを使用する様に設計しているのので、本機はそれを受けるXLR-5-32を使用する。バッテリードライブとする時は、4Pの端子台を用いて5Pに変換して対応する。



ちなみに、Nutube 版ラインアンプの場合は、下記の配線とする。



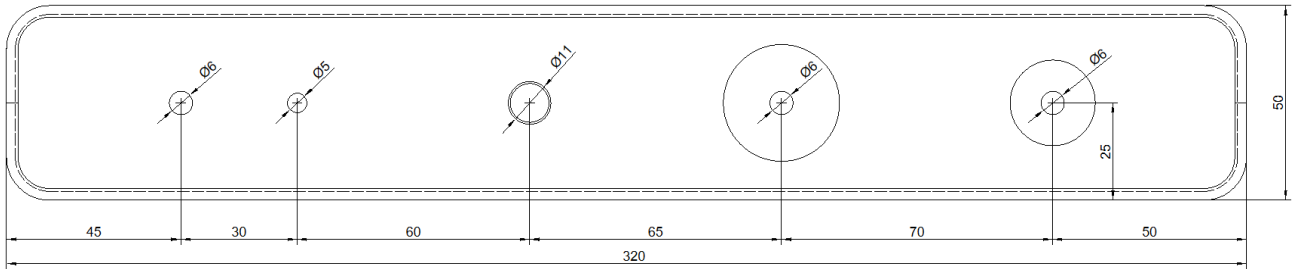
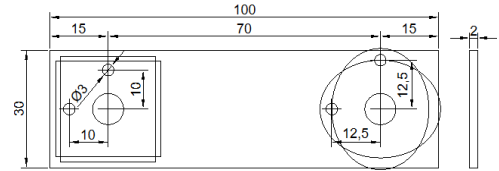
3.10. 筐体設計

筐体は、タカチの UC シリーズ UC32-5-22AA を流用する。パワーアンプで UC32-5-22DD ブロンズアルマイトを使用したので、今後、ブロンズアルマイト筐体に統一しようと考えていたが、残念なことにブロンズアルマイト仕様は廃止になってしまった。

(1) フロントパネル

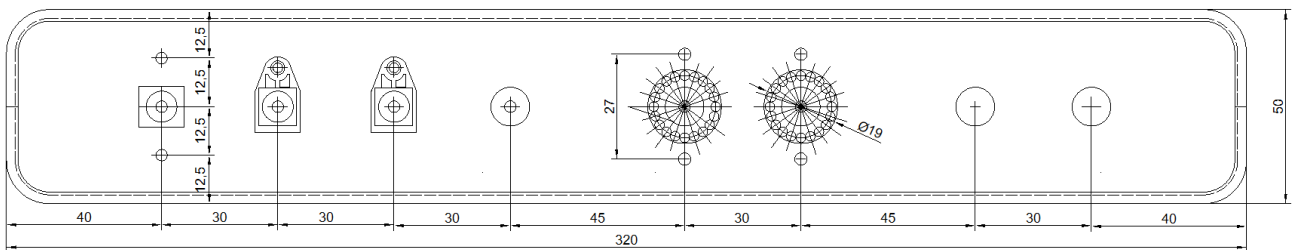
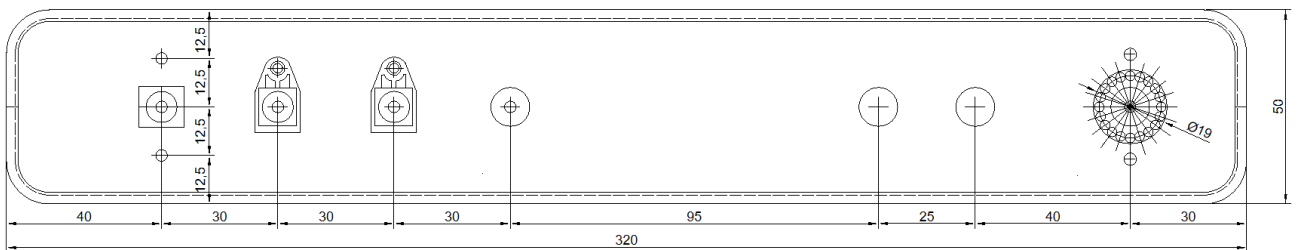
配置は、左から、電源 SW、+7.5V バッテリーチェック LED、ヘッドフォンジャック、ボリューム、セレクター。セレクターは、1:USB、2:OPT1、3:OPT2、4:COAXIAL とする。

ボリュームとセレクターとフロントパネルの間には、2t の回転止め版を挟み込む。流用筐体の既存パネルをそのまま使用。



(2) リアパネル

左から USB、OPT1、OPT2、COAXIAL、5P キャンコンネクター、OUTPUT RIGHT、LEFT。流用筐体のパネルを流用するので、上側の図の配置となる。キャンコンネクターは、5P が 1 つ。下側の MJ 無線実験誌の配置とする為には、新たに 1.5t のアルミ板から切り出す必要がある。この場合は、将来 Nutube 版に改作する時に備えて、キャンコンネクターを 2 個使用するこの配置としておきたい。

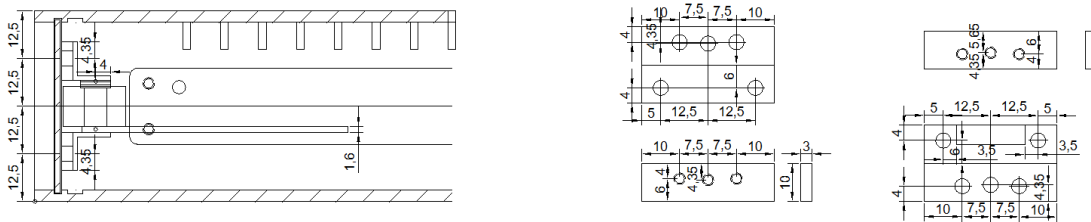


(3) XU208 (COMBO384) 固定金具

XU208 (COMBO384) の固定治具を次のように作成する。

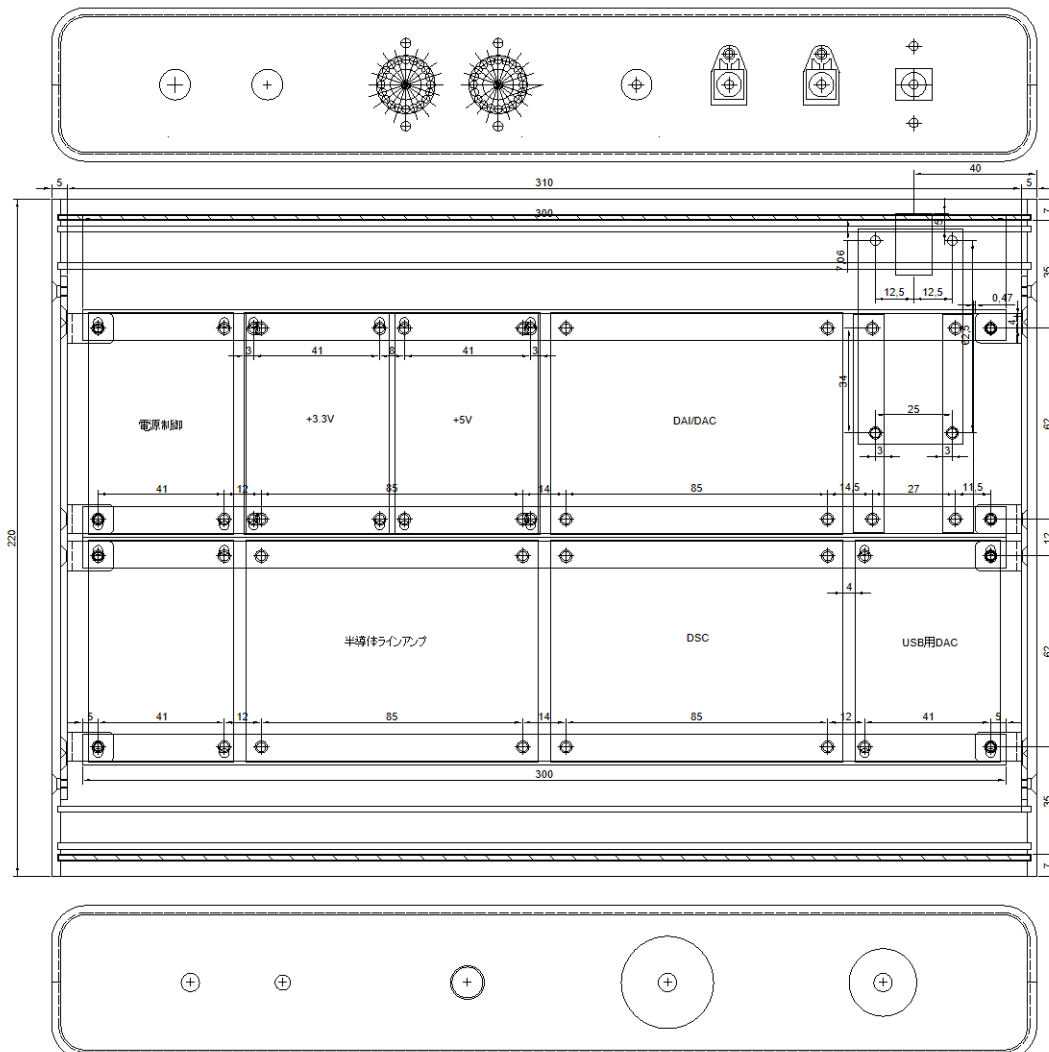
基板を 10mm の両端ビス穴のサポーターにワッシャーを何枚か挟んで高さを調整し、L アンクルで挟み込む。この L アンクルに 10mm 幅 3t のアルミ平板を固定してリアパネルに固定する。先に作成した No. 281 combo384 版 DAC の筐体、OS49-26-33SS と筐体の高さは 1mm しか変わらないのだが、UC シリーズの方が、筐体内部高に余裕があるので、こちらの方が XU208 の取付が容易だ。

XU208 の固定金具と取付方法を以下に示す。



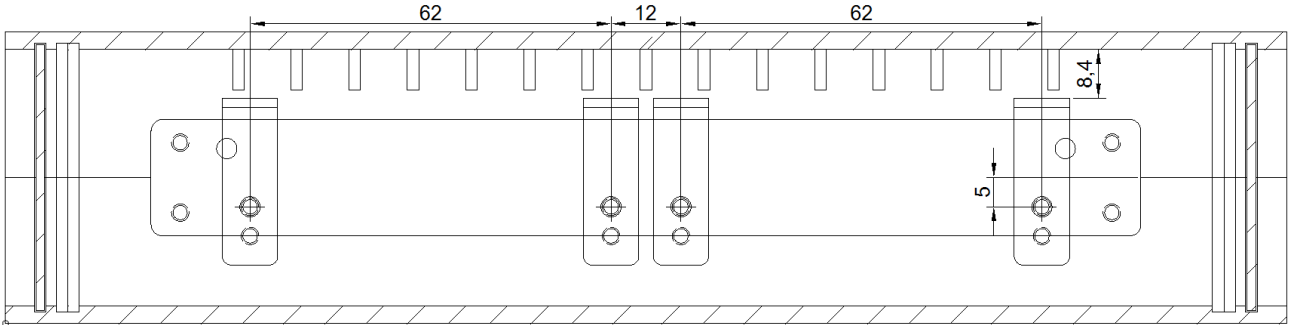
(4) 内部配置

No. 281 combo384 版 DAC と違って、ラインアンプ基板が 1 枚で済むせいか、内部配置に余裕がある。ICB288、1 枚分余裕が出るほどだ。



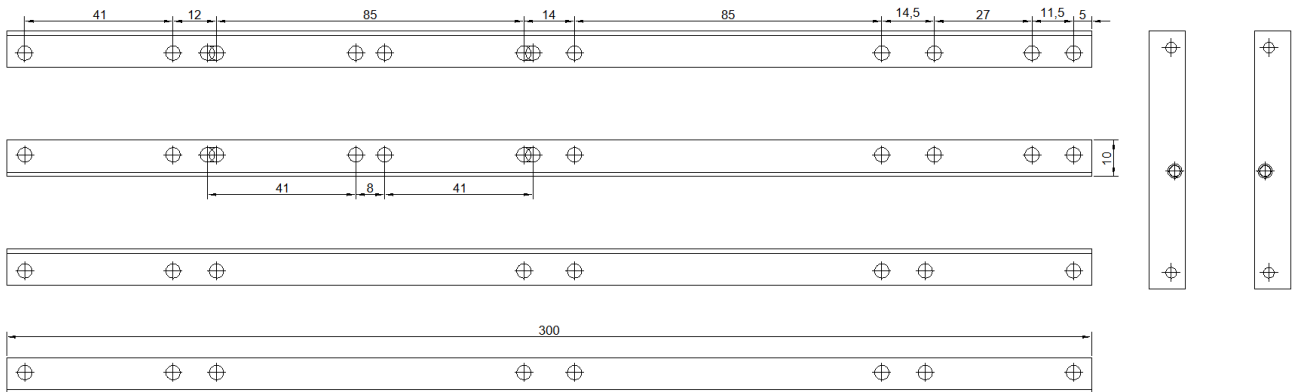
(5) 筐体固定金具

基板吊り下げアングルを固定する為に筐体の固定金具にシャーシ取付金具 UCC シリーズを取り付ける為の穴加工を行う。既存のシャーシ取付金具固定用の穴と反対側に基板吊り下げ用のシャーシ取付金具（今回は、UCK-P27 を 2 組 8 個使用）の取付穴の穴あけを行う。



(6) 基板吊り下げアングル

基板吊り下げ用アングルは、10mm×10mm 1.2t のアルミアングルで作成する。右の短いフレームは XU208 の接続端子側を保持する為のフレームである。実際の基板に合わせて取付穴の位置を決める必要がある。



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、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既に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である。

今回作成の DAC は、入手困難なパーツが多く、まず、製作できるか否かを見極めるために主要なパーツを確保することから始めたい。

◎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：指定部品は製造中止か中止予定、もしくは製造状態が不明の部品だが、入手できた部品。

△印：指定部品は入手できるが、後継、改良型もしくは、同等スペックの代替品を入手した部品。

▽印：指定部品の入手ができず、後継、改良型もしくは、同等スペックの代替品を入手した部品。

×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。

入手	名称	説明
×	XMOS XU208 D/D コンバータ基板	これが無いと I ² S が実現できないが、MJ 無線と実験のサイトでも既に販売されていない。仕方ないので、ネットで検索。日本の販売サイトでは見つけられず、中国の Aribaba の子会社の aliexpress というサイトに掲載されているのを見つけ、手配した。輸入になり、届くまで日数がかかるが、1 万円以下は関税がかからないようだ。動作すること確認できた。
×	TOSLINK TORX-177L	L はシャッター付きの意味。2 個を再利用する。千石電商でシャッター無しのタイプが入手できることがわかり入手。その他、秋月電子電商で、形状が似ている PLR135/T というシャッター無しの製品なら手に入るようだ。
×	2SC959(960)	手持ちのメタルキャントランジスタ 2SC485 や TTC004B、2SC3421 で賄う。
○	2SA606(607)	まだ買えるようだが、高価で手が出ない。手持ちの 2SA485、2SA1358 等で代替する
×	ツェナーダイオード HZ3C2, HZ5A2	HZ シリーズのツェナーダイオードは殆ど入手できない。買えたとしても 1 本 100 円台なんていうとんでもない価格がする。 HZ3C2:3.3V。手持ちはあるが、1N5226B を購入。 HZ5A2:4.5V。電源 ON/OFF 制御に使う。
×	1S1588	1N4148 で代用。
×	2SC2240	2SC2240 は隘路になったようだ。手持ちを使う。 購入するなら 2SA1775A などが候補。
○	2SA970	まだ、購入できる様だ。手持ちを使う。
○	2SK246-BL	まだ購入できる。
△	2SC2291/2SA995	2SC2291 の代わりに手持ちの HN4C51J を使用。また、2SA995 の代わりに HN4A51J を使用。いずれもピンピッチが 0.95mm の表面実装小型パッケージ SMV で、スペックが 2SC2240、2SA970 と全く同一なので、2SC2291/2SA995 よりこちらの方を好んで使用している。 購入時の単価は 32 円だったが、今は入手が難しいようだ。
○	2SJ334/2SK2232	既に廃品種となっているが、2SJ334(60V30A オン抵抗:29mΩ 10 個 ¥990)と、2SK2232(60V25A オン抵抗:36mΩ 10 個入 ¥800)を電源 ON/OFF 制御に使用する。P-ch の MOS-FET は品種が少ないので貴重。
○	PCM1794	問題なく購入。改良型の PCM1974ADBR を購入。
○	CS8416CZZ	購入。在庫は少ないようだが購入可能。Digi-key に CS8416K-CZZ という類似品が販売されていた。何が異なるのか不明。未調査。

入手	名称	説明
▽	タクマン電子 REY50FX, REY50FY ニッコーム等の角型抵抗	ここ1~2年、タクマン電子の抵抗の入手が難しい。今後は、1/2W型だけでなく、1/4W型も含めて、また、無酸素銅リード線の製品だけではなく、汎用の金属皮膜抵抗や炭素被膜抵抗を含めて、範囲を広げて代替品を探す必要がある。
▽	半固定抵抗 TM-7P	よく使用する抵抗値の入手が難しい。18回転型のRJ-9EWで代用。
×	SEコンデンサ	2021/06/10に製造中止がアナウンスされてから既に2年経過した。市場在庫もいくつかの容量値を除いて尽き、全く入手できない。他のディブマイカやフィルムコンデンサで代用するしかない。
×	OSコン Panasonic(三洋) 6.3V/10 μ F、25V/10 μ F	6.3V/10 μ Fは入手できない。逆に金田氏に嫌われている6.3V/47 μ Fはまだ少し在庫があるようだ。25V/10 μ Fはもうほとんど在庫が尽きている感じ。手持ちのストックを使う。
×	20V/47 μ F	
▽	三洋 16V/10 μ F	6.3V/10 μ Fの代替として16V/10 μ Fを購入。47 μ Fは、I2S基板とDAI/DAC基板用に6.3V/47 μ Fを購入し、日本ケミコンの導電性高分子アルミ固体電解コンデンサ10V/47 μ Fも購入した。
○	三洋 6.3V/47 μ F	
○	日本ケミコン 10V/47 μ F	
○	3回路4接点のロータリースイッチ	2019年にアルプス電気とアルパインが合併した頃からM-34の半田付け端子タイプを取り扱う店舗が減りだした。製品はアルプスアルパイン社のホームページに記載されているが、そのうち入手できなくなっちゃうのか。
▽	φ6.3標準ジャック 金メッキ仕様	MJ無線と実験誌がカラー印刷になってから、ヘッドフォンジャックに金メッキされたジャックを使っているらしいことが分かった。
×	LED 赤 HBR5066X 緑 HBG5066X	紙面に出ているLEDは、とうの昔に入手できなくなっている。最近色々なテーマパークでLEDによる装飾が催され、何百万個のLEDが使われていて需要がある様に感じる。販売されているLEDの種類がありすぎて、選ぶのに困る。安いので一度決めたら大量に購入しておきたいが、一つ一つ購入して確認するわけにもいかず、面倒。
◎	筐体 OS49-26-33BX	過去作成筐体を流用し、UC32-5-22AAを使用する。 アルミ価格の高騰で新規購入はとても高い。
◎	電源スイッチ	今回は、NKKのM-2022E(2回路)を流用する。

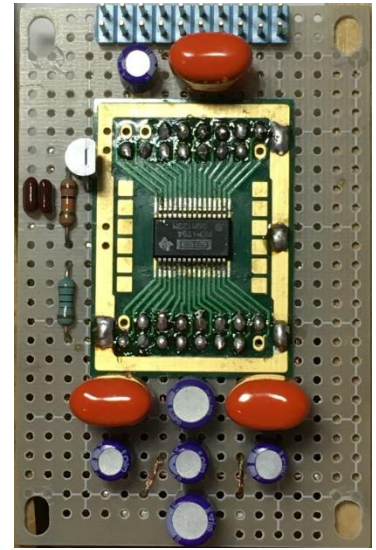
5. 制作

5.1. 基板作成

(1) I²S 基板

10 μ F、47 μ F のコンデンサは双方とも三洋の OS コンで、10 μ F は 16V 仕様の製品を、47 μ F は 6.3V 仕様の製品を使っている。10K Ω はタクマンの REY25FY を使用。タクマンの REY25FY や REY50FY は最近生産がストップしていて、どこの Shop もほとんど欠品状態。入手が困難な状況にある。

SSP-61 基板を購入したとき付属していた 2 列のヘッダーピンを付けているが、動作確認出来たら、ダイレクトに結線する。XU208 基板への +5V 供給はせず、USB の +5V 電源で動作させる。なお、USB には、別途作成したクリーン電源 BOX を使用し、ノイズだらけの PC 電源をカットして動作させる。今回は、Mute の ON/OFF の制御回路を追加し、I²S 基板が選択されたとき、+5V でトランジスタの 2SC1815 を ON させて、Mute 端子を 0V にする。選択しない時は、PCM1794 に +5V を供給し続けるが、Mute 端子を制御して Mute 状態にする。2SC1815 に接続した 10K Ω の抵抗は手持ちの炭素被膜抵抗と進工業の 1/4W を使用した。

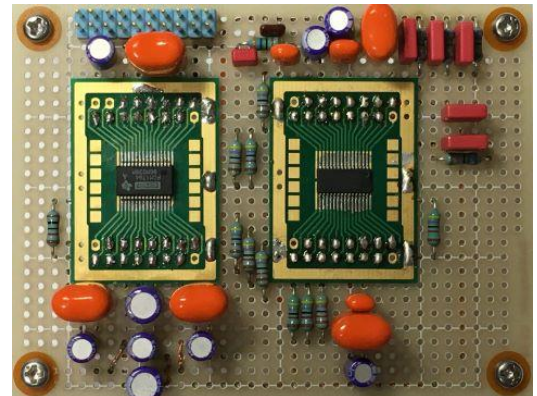


(2) DAI/DAC 基板

本基板は、No. 281 combo384 版 DAC と同様に PCM1794 と CS8416 間を I²S 転送とした No. 281 AC 電源版 DAC の DAI/DAC 基板とほぼ同一パターンである。

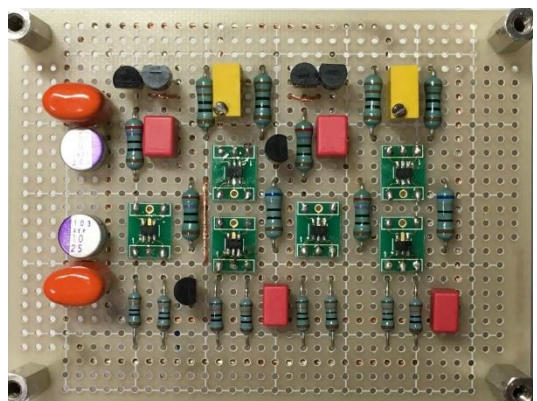
まず、ヘッダーピンを付けて PCM1794 を実装し、I²S 基板として動作させ、問題ない事を確認した上で CS8416CZZ と結線する。これもあり、PCM1794 と CS8416 間の転送モードは I²S にしている。

タクマン電子の REY25FY の入手が難しい。ニッコームの角型抵抗の 47K Ω のストックを使っても良いが、従来基板から REY25FY 47K Ω を取り外して再利用した。ただ、CS8416CZZ の 10K Ω は、進工業の 1/4W を使用した。



(3) DSC 基板

従来通り、ベースコモン 2SC2291 の代替として HN4C51J を、2SA995 の代替として HN4AC51J を使用した。SE コンデンサは、WIMA の FKP2 で代用。どの程度、音質差がでるか。抵抗は、タクマン電子の 1/2W 型の REY50FX や REY50FY で揃えたいが入手困難。130 Ω については、1/4W 型の REY25FY を使用。3 回転型半固定抵抗の TM-7P も抵抗値によっては入手が難しく、高価であるが、18 回転型で金メッキ足の RJ-9W を使用した。10 μ F/25V の OS コンは入手難。手持ちを使用。

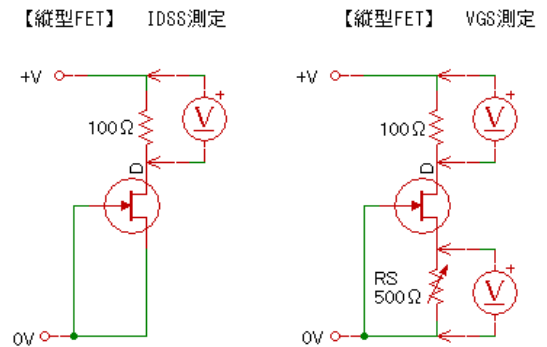


(4) 半導体ラインアンプ

出力段の 2SC959 (2SC960) の代替として、TTC004B や 2SC3421-Y など、どれを使うか迷ったが、2SC485-BL を使用した基板と TTC004B を使用した基板を作った後でどちらを採用するか決める事にした。2SK246-BL は、2SC485-BL 版はペアマッチングされたものを購入・使用し、TTC004B 版は自身で測定したものを使った。熱結合。タクマンの 1.2K Ω 、10 Ω 、100 Ω 、10K Ω 、680 Ω は、手持ちで賄ったが、手持ちも尽きた。今後は、他で対応する必要がある。位相補正の 330pF は、双信電機の SE コンデンサの代替として、また、ディブマイカも入手できないので、アムトランスの CaAmcE-331J を使用した。

初段差動回路の半固定抵抗は、TM-7P を使用。

初段の定電流回路については、以前、ヘッドフォンアンプを本回路で作成した際、2SK30A-GR を使用し好結果を得られたので、今回も 2SK30A-GR の中から素子を選別して使用した。2SK30A の足は、型名記載側から見て、左から、S:ソース、G:ゲート、D:ドレインの順になる。



2SK30A-GR 測定結果 (TTC004B 版ラインアンプ)

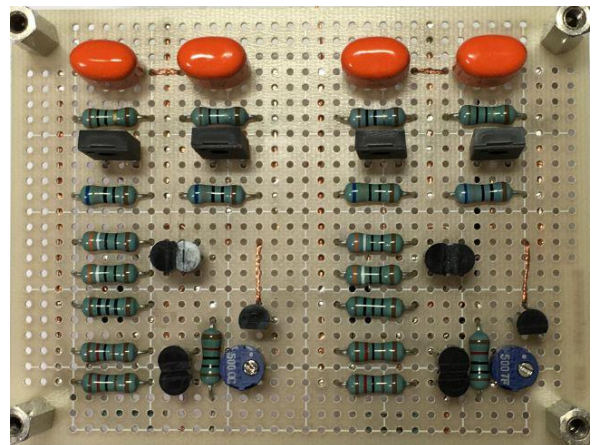
番号	IDSS	V _{GS} 設定値	ID 設定値	R _S	実装 R _S (シリーズ接続)	I _O
1	4.540mA	240.0mV	2.400mA	301.3 Ω	300 Ω 43 Ω	2.39mA (R)
2	4.539mA	240.4mV	2.404mA	301.1 Ω	300 Ω 43 Ω	2.17mA (L)

2SK246-BL の IDSS 測定結果 (TTC004B 版ラインアンプ)

6.81mA, 6.82 mA, 6.84 mA, 6.85 mA

2SA970 は、2SA970-BL を使用。但し、2SA970-BL の h_{FE} は、データシート上 350~700 で実際は 500~600 あることが多いので、2SA970-GR の 200~400 に近い h_{FE}=430 台の素子を選別した。ただ、初段の差動回路と違って、MJ 無線と実験の誌面にペアマッチングの指定は無いので、厳密なペアマッチングの必要はないと思われる。

出力段には、TTC004B を使用。エミッターとベースを斜め後ろに曲げて基板に挿入した。写真は、2SK30A のソース抵抗取付前である。



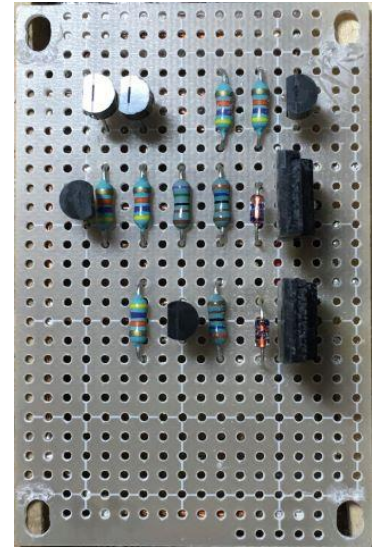
2SC485 を使用した基板は、初段の 2SK246 のマッチングが取れていないようで、 V_o を全く調整できない。ペアマッチングされたものを購入して確認もせず使用したのだが、これがまずかった。ペアマッチングされたものを購入場合でも確認すべきであった。実際はアンマッチだったのだろう。2SC485 版は、後で作り直すことにし、TTC004B 版を使うことにした。

2SK30A-GR 測定結果 (2SC485 版ラインアンプ用)

番号	IDSS	V_{GS} 設定値	ID 設定値	R_s	選定結果	実装 R_s	I_o
1	3.408mA	230.3mV	2.303mA	164.6 Ω			
		239.7mV	2.397mA	143.9 Ω			
		250.1mV	2.501mA	123.3 Ω			
2	3.336mA	230.5mV	2.305mA	153.4 Ω			
		239.9mV	2.399mA	134.9 Ω			
		250.1mV	2.501mA	115.6 Ω			
3	3.244mA	229.9mV	2.299mA	142.7 Ω	採用		
		240.3mV	2.403mA	120.6 Ω			
		250.4mV	2.504mA	99.8 Ω			
4	3.240mA	229.9mV	2.299mA	141.8 Ω	採用		
		240.3mV	2.403mA	119.7 Ω			
		250.4mV	2.504mA	99.6 Ω			
5	3.348mA	229.9mV	2.299mA	159.3 Ω			
		240.1mV	2.401mA	136.4 Ω			
		250.3mV	2.503mA	114.3 Ω			
6	3.594mA	230.1mV	2.301mA	193.6 Ω			
		240.0mV	2.400mA	169.9 Ω			
		259.5mV	2.595mA	145.5 Ω			
7	3.26, 4mA	229.9mV	2.299mA	146.3 Ω			
		240.0mV	2.400mA	124.7 Ω			
		250.1mV	2.501mA	103.3 Ω			
8	3.75. 3mA	230.2mV	2.302mA	217.3 Ω			
		239.9mV	2.399mA	191.8 Ω			
		250.2mV	2.502mA	167.5 Ω			
		245.8mV	2.458mA	180.3 Ω			
		237.3mV	2.373mA	200.1 Ω			

(5) 電源 ON/OFF 制御基板

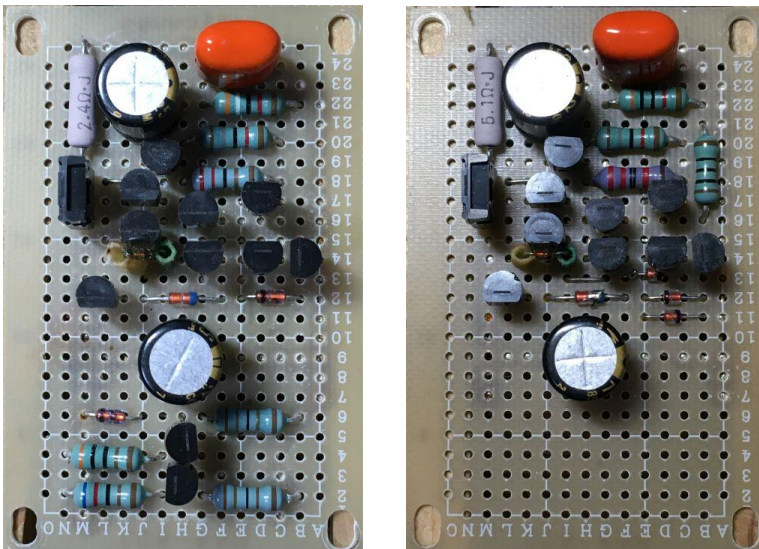
使用した 47K Ω の抵抗は、タクマンの 1/4W 金属皮膜抵抗 REY25FY を注文したのにアマトランスの炭素被膜抵抗 AMRT が届いたもの。別に 51K Ω でも 43K Ω でもトランジスタの ON/OFF 制御はできるので、REY25FY が欲しかった。回路は、No. 281 amanero Combo384 版 DAC で実績ある回路だ。MOS-FET の ON 抵抗は、36m Ω (2SK2232)、29m Ω (2SJ334) と電源ドロップが殆どわからないほどの超低の ON 抵抗値。



(6) +5V 基板/+3.3V 基板

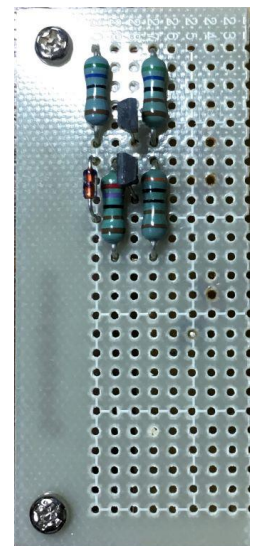
以前作成した基板を流用するが、取付穴は、基板端から 3mm の位置に開けられている。基板吊り下げフレームは、基板端から 5mm の位置に取付穴がある前提の御内地としてしているので、取付穴を長辺方向に 5mm 長の長円形に加工を行った。+5V の基板のバッテリーチェックは、利用しないが、基板を傷めるので取外しはしない。

47 μ F のコンデンサは、OS コンではなく、ニチコンの電解コン、MUZE KZ を使用している。



(7) +7.5V/-7.5V バッテリーチェック

+7.5V/-7.5V バッテリーチェック基板のパターン図を描いたが、実装したのは +7.5V のバッテリーチェック回路のみである。



5.2. 筐体加工

(1) フロントパネルと回転止め版の加工

フロントパネルとボリュームとロータリースイッチの回転止め板は、流用筐体のパネルをそのまま利用し、加工は行わなかった。レタリングは、元々サンハヤトのインスタントレタリングで入れたものだが、SELECTOR の文字の下側選択文字 (USB, OPT1, OPT2, Coaxial) は、テプラで再作成して入れなおした。使用フォントは、HGP ゴシック M で全角英字、8 ポで作成している。半角英字だと小文字の l (エル) がかすれて綺麗に印字されない。ただ、テプラは文字を水平に貼るのが結構難しい。何回やってもなかなか水平にならない。今回は、3 回程印字して貼りなおした。



(2) リアパネル加工

流用筐体のパネルに追加加工を施した。入力の USB, OPT1, OPT2, COAXIAL の穴を 30mm 間隔で配置。



不要な前の穴は、エポキシ版やアルミ板で塞いだ。お金をかけて筐体を新調するのも良いが、自分で使うだけなので、見てくれは気にしないことにする。あえて綺麗にするなら、1.5t アルミ板から削り出してヘアライン仕上げするが、今回は行わない。



(3) XU208 の取付金具の作成

3×10mm の平板と 10×10mm の L アングルで XU208 基板のリアパネルへの固定金具を作成。長さが短いので、先に穴加工してからカットした。リアパネルの穴位置と合わせる為に、10mm のスペーサーに 0.8t 厚のワッシャー 3 枚と 0.5t のワッシャー 1 枚を挟み込んだ。結局、3mm のスペーサーでよかったのだが、このままにする。また、XU208 基板の裏側にスペーサーを挟まずに直接アルミ L アングルを取り付けるようにしたので、XU208 基板の USB コネクタの金具と接触しない様にアルミ L アングルの一部をカットしている。スペーサーを挟むとなると、リアパネルのビス穴位置をずらす必要が出てくる。



(4) 基板吊り下げアングル等の加工

基板の吊り下げフレームを固定する為に、筐体の金具を加工。続いて、10×10mm 1.2t のアルミアングルを加工し、XU208 基板固定用のアングルも加工する。但し、この時点では、このアングルに XU208 基板固定用の穴は開けずにおく。穴は現物合わせで寸法を決めて穴あけする。

5.3. 筐体の組み上げ

(1) 基板吊り下げフレームの組み立て

基板吊り下げフレームを組み立てて、筐体の取付金具に固定し、筐体下側に固定した。

筐体の取付金具にシャーシ取付金具 UCK-P27 を軽くねじ止めして取り付け、基板付け下げフレームをシャーシ取付金具 UCK-P27 に上側から取り付ける。こども軽くねじ止めの状態とする。20mm のサポーターを取り付けるが、UCK-P27 の一方に取り付ける基板のもう一方側には、高さを合わせる為、1.6mm (0.8t のワッシャー 2 枚) を挟み込んで 20mm サポーターを取り付けた。そして、その他の基板吊り下げ用の 20mm のサポーターを取り付けるが、この段階では、全てのねじはゆるゆるにしておく。さらに、基板を取り付け、筐体の取付金具を筐体の底面側に取り付けてから全てのねじを締めた。

さて、ここで、まだ穴あけを行っていない XU208 のコネクタ側の取付穴を基板吊り下げフレームに開ける。穴位置を測定し、図面で 28mm にしていた穴あけ位置を 24mm にし、穴あけ。15mm のサポーターと 0.8t のワッシャー 4 枚、0.5t のワッシャー 1 枚で固定。

フロントパネル、リアパネルにパーツを取り付け、配線できる状態にした。



(2) XU208 と DAI/DAC 基板との接続

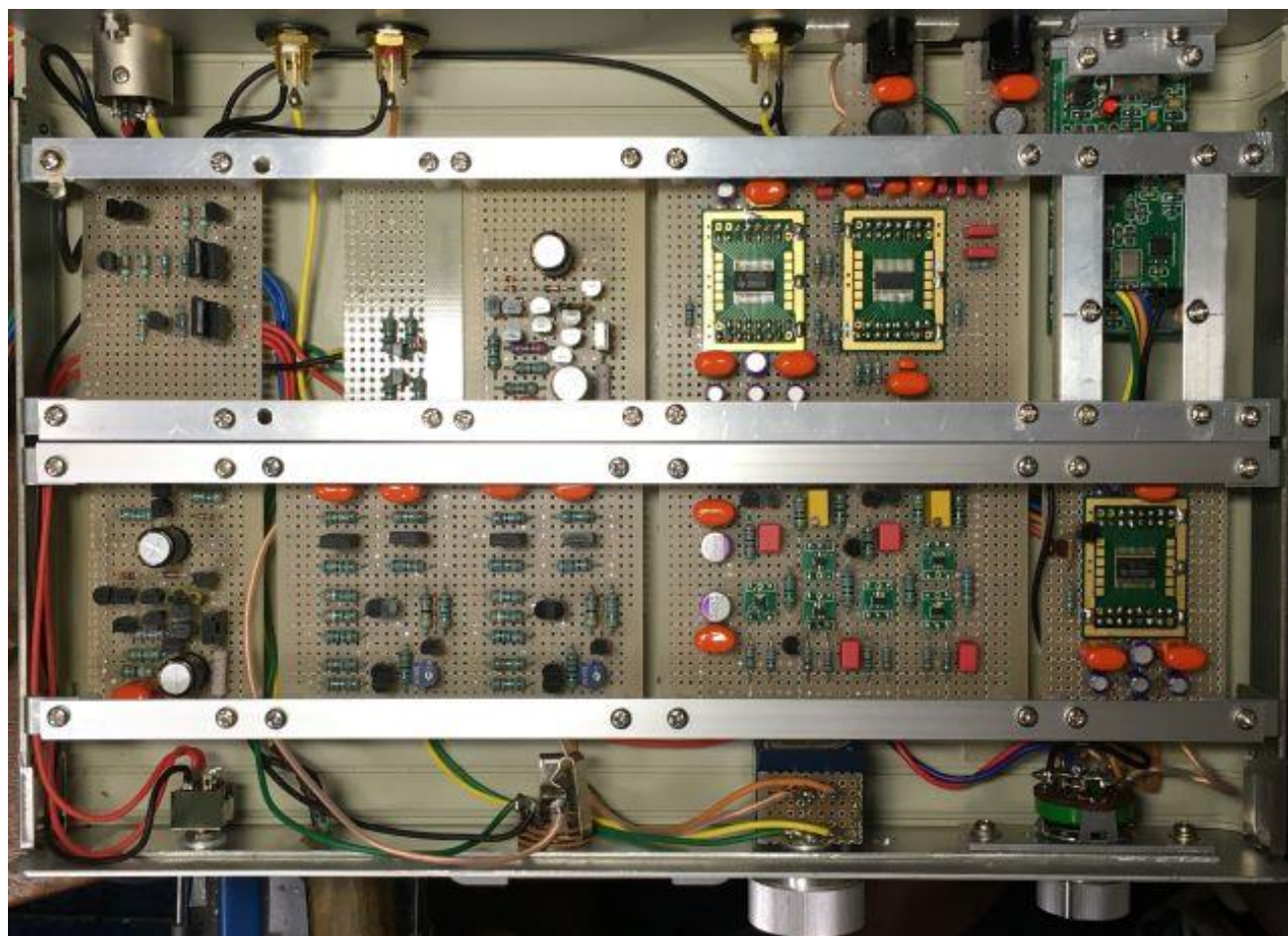
DAI/DAC 基板の動作をチェックする為、XU208 と接続するコネクタを作成して接続した。吊り下げフレームの高さがぎりぎりなので、一旦、基板を外さないと取り付けられないが、コネクタが外れてしまうトラブルは発生しないだろう。

動作確認を行った後、PCM1794 と CS8416CCZ 間を接続する。この確認を行えるようにする為にも PCM1794 と CS8416CCZ 間は、I²S モードに設定するパターンとした。



(3) 基板の取付と配置換え

一旦、吊り下げフレームに基板を取り付けたが、+3.3V と+5V ラインの配線を短くするため、+3.3V 定電圧基板は当初出力をリアパネル側に向けていたところを 180° 回転させ、フロント側に向けた。+5V 定電圧電源の出力は、ロータリースイッチに接続しなければならないが、一番遠い位置にあり、長々と配線を引き回さなければならないので、バッテリーチェック基板と位置を入れ替えてフロント側に移動した。出力はフロント側に向けている。



(4) 配線、確認、調整

上蓋を取り付け、下側筐体を外し、電源から配線。電源スイッチとキャノンコネクタ、電源制御基板、LED、バッテリーチェック回路を配線。念のため、バッテリーにヒューズを介してキャノンコネクタに接続。正しく $\pm 7.5V$ がMOS-FETでON/OFFできるか確認した。続いて、 $+5V$ 、 $+3.3V$ 基板に $+7.5V$ を接続し、正しく電圧が出力されているか確認。

次は、信号系を出力側から配線・調整を行ってゆく。

ラインアンプに $\pm 7.5V$ とアースを配線。ボリュームも結線して、入力をショート配線し、ボリュームをMaxにして、差動 $V_o=0$ と出力段の $I_o=20mA$ を調整。ところが、 R_{ch} の調整が出来ない。原因がわからず、1日悩んでいたが、 I_o 確認用の 10Ω がTTC004Bのベースに接触していたことが原因と判明した。

L_{ch} から $I_o=20mA$ を調整。定電流回路のオーム抵抗が $300\Omega+43\Omega$ で $I_o=20.50mA$ 。 R_{ch} は L_{ch} と同じソース抵抗値とし、 $I_o=20.86mA$ となった。この時点で I_o 確認用の 10Ω は取り外した。

次に、ラインアンプ出力をリアパネルRCA端子とフロントパネルヘッドフォンジャック接続。続いて、DSC基板に $\pm 7.5V$ を配線。DSC基板の信号系はまだ他の基板との配線はせず、入力に $1.2K\Omega$ を接続して単独で調整する。この調整方法は、MJ無線と実験の2021年1月号DCアンプシリーズNo.274 USB専用D/Aコンバータ[後編]に記載されている。該当部分の記載内容を引用する。「 $1.2K\Omega$ を4本用意して $+7.5V$ と $Tr1$ 、 $Tr2$ の L_{ch} 、 R_{ch} に接続。無信号時の $6.2mA$ の電流が得られるので、DSCの出力の 620Ω の電圧が $0V$ になるようにDSCの $VR(50\Omega)$ を調整すればよい。」DSC基板に実装した半固定抵抗は18回転タイプの製品だが、これでも微妙な調整が難しい。DSC基板は、3回転のTM-7Pではなく、18回転型の方が良いと思う。DSCの出力を半導体ラインアンプの入力に結線。

続いて、DSCに $\pm 7.5V$ とアースラインを結線。DAI/DAC基板および I^2S 基板と信号ラインをDSCに接続。 $+5V$ をSELECTORに繋ぎ、DAI/DAC基板に選択後の $+5V$ を I^2S 基板に $+5V$ 基板からの $+5V$ をダイレクトに供給。また、SELECTORで選択された $+5V$ を、 I^2S 基板のMUTE制御用の2SC1815のベース抵抗に接続。

$+3.3V$ とアースラインをDAI/DAC基板に配線し、DAI/DAC基板を経由して I^2S 基板にも供給。さらに、SELECTORに配線し、CS8416CZZの入力切替のFMT0、FMT1に接続。

トスリンク、CorxialをDAI/DAC基板の入力に結線。DAI/DAC基板から $+5V$ をトスリンクに接続。トスリンク、Corxialラインを電源制御基板に結線。

よ〜く誤配線、結線漏れ、短絡箇所が無い確認。OKなので、DAI/DAC基板のCS8416CZZとPCM1794間の接続を行っていないが、電源を投入して動作確認をした。XU208からDAI/DAC基板のPCM1794に接続し、DSCの接続で音は再生できた。が、SELECTORのロータリースイッチの配線が1端子ずれて配線されていた事が判明。すぐに修正。次に、各基板の電圧測定したところ、調整したはずのDSCの R_{ch} 出力が $4.5V$ となっている。色々調べてDAI/DAC基板の $I_{OUT} R_+$ がおかしい事を発見。 R_{ch} にシステムクロック起因らしきノイズも聞こえる。 I^2S 基板のMUTEの制御は機能するが、このシステムクロックをDAI/DAC基板を拾っているのか?。原因がわからないので、DAI/DAC基板を取り外して、USB専用DAC状態にして確認と調整を進めた。

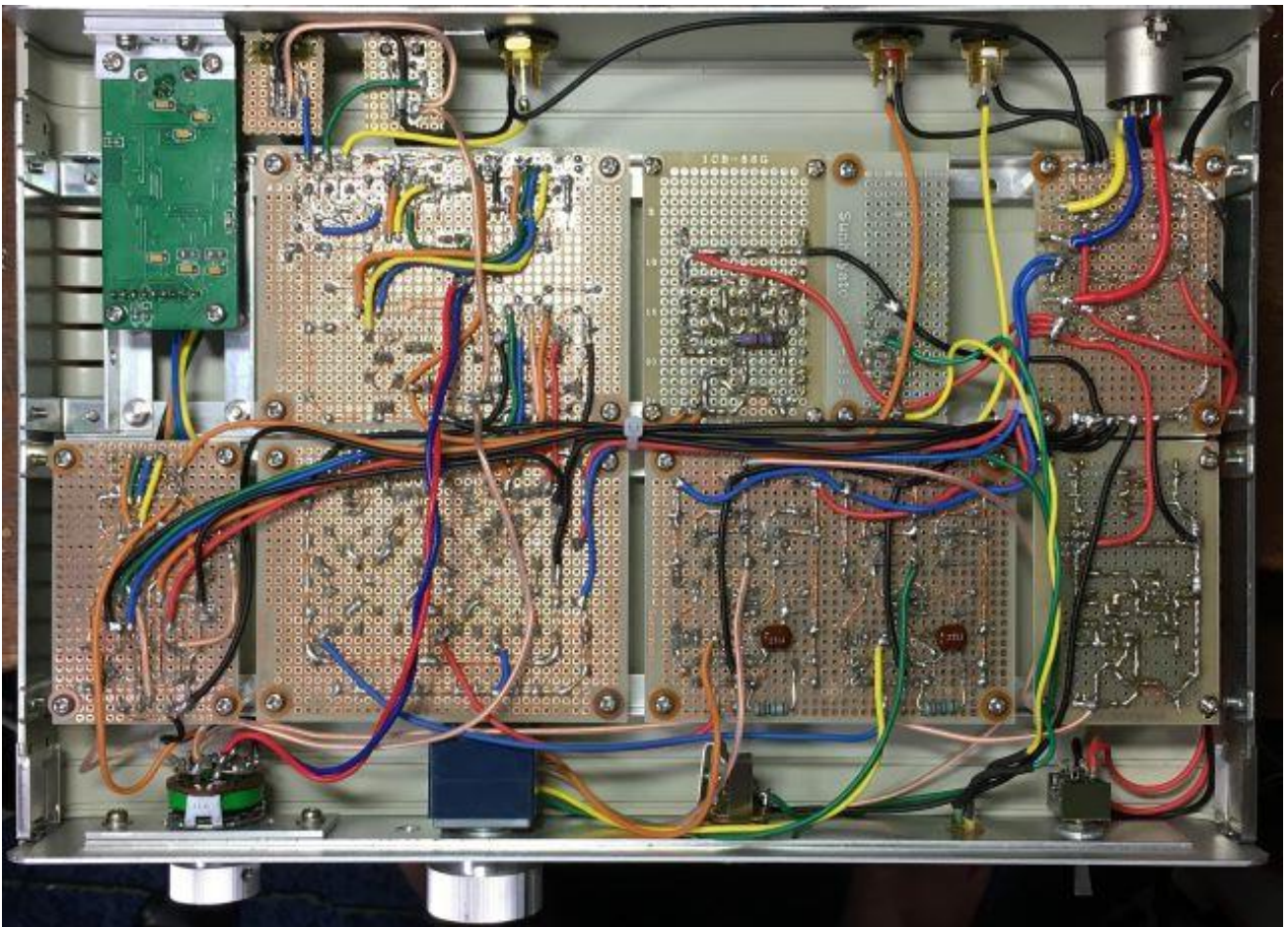
半導体ラインアンプの V_o を $0V$ に設定。クラウディオ・アバド指揮、ロンドンフィルのカルメンの192kHz、24bitのBlue-rayオーディオ版を再生して音質を確認。何か高音の伸びが無く、なんとなくぼやけた音。位相補正に使ったアムトランスのCaAmcE-331Jのせい?と疑う。双信SEコンデンサ330pFにしたいところだが、もう製造されていない。耐圧100Vの双信ディブマイカ330pFも手に入らない。仕方

ないので、以前作成した基板から取り外した双信ディブマイカ 270pF を付けたところ、音が生き生き鳴り出した。これでよしとする。TTC004B も結構いい音だ。

しかし、2SC485 版半導体ラインアンプ基板につづいて DAI/DAC 基板も失敗で今回失敗が多い。たしか、DAI/DAC 基板は、前作 No. 281 amanero combo384 版 DAC の作成でも失敗している。

ここで、取り外した DAI/DAC 基板の修理を開始。じっくり眺めてみても、誤配線や短絡など見当たらない。試しに、PCM1794 の 15 番ピン～28 番ピン側に半田を盛って、端子のパッケージ側奥にも半田が残らない様に半田吸い取り線で吸い取ってみた。ルーペ代わりにスマホで PCM1794 の端子を拡大してじっくり半田ブリッジが無いか確認。半田ブリッジはなさそう。次に、PCM1794 の 17 番ピン I_{OUT} R+の引き出し撚り線をいったん外し、再度配線。さらに、I_{OUT} R+端子側の 10μF と 47μF の OS コンを交換。これで、再度基板を装着して確認してみたところ、正常に動作するようになった。いろいろやってしまったので、何が原因だったかわからないが、とりあえず復旧して安堵。

では、改めて、I²S 基板の MUTE 制御の確認。想定通り、SELECTOR を USB にすると MUTE 解除、USB 以外のポジションでは MUTE が動作した。DAI/DAC の動作がおかしかった時のシステムクロック起因らしきノイズの発生もない。実験終了。MUTE を意図通り機能させることが出来た。ただ、本機では、MUTE 制御は必要ないので、常に MUTE OFF に設定。SELECTOR で、USB が選ばれない時は、I²S 基板の+5V が OFF となる元々の動作仕様とした。



6. ヒアリング

まず、USB(I²S)接続でヒアリング。PC から本機の間には、クリーン電源給電器を入れている。調整に使用したクラウディオ・アバド指揮、ロンドンフィルのカルメンを再度じっくり聞いた。DSC は、SE コンデンサではなく、WIMA の FKP2 なのだが、遜色なく聞ける。続いて、ゲオルグ・ショルティ／ウィーンフィル ワグナー：歌劇「ラインの黄金」を聞いた。長時間なのだが、音質の事は気にならず、全曲聞くことができた。続いて、マウリツィオ・ポリーニのショパンのスケルツォの第 1 番から第 4 番まで全曲を通して聞いた。有名な 2 番も堪能できた。

続いて、トスリンク入力で NHK オンデマンドでワグナー生誕 200 年記念 ガラ・コンサート・イン・バイロイト(2023 年 5 月 29 日放送)を聞いた。バイロイト祝祭管弦楽団、指揮は、クリスティア・ティーレマン。曲目は楽劇「ワルキューレ」第 1 幕(演奏会形式)、楽劇「トリスタンとイゾルデ」から前奏曲と愛の死、楽劇「神々のたそがれ」からジークフリートのラインの旅、ジークフリートの葬送行進曲、楽劇「ニュルンベルクのマイスタージンガー」前奏曲で 2013 年 5 月に行われた演奏。

感想は・・・、「もう感激。！」ティーレマンすごい！。

最後に Coaxial 入力で、PC からクリーン電源給電器を介して、M2TECH HiFACE Two でパソコンの iTunes を 192KHz、24bit、Windows Audio Session に設定して、ドボルザーク スラブ舞曲 ノイマン指揮チェコ・フィルハーモニックオーケストラを聞いた。素晴らしい音色と解像度。

なんだろう、SE コンデンサを使っていないのにこの音質。音色は、Nutebe が好みなのだが、音質は、引けを取らない高度な出来。