

サブシステム用  
I<sup>2</sup>S 接続 USB DAC 作成レポート

作成中 途中経過

2021年6月6日

## 目次

1. はじめに.....	- 1 -
2. 検討.....	- 2 -
2.1. 基本仕様.....	- 2 -
2.2. 重要部品の確保.....	- 2 -
3. 設計.....	- 4 -
3.1. 筐体設計.....	- 4 -
(1) 筐体内部配置.....	- 4 -
(2) フロントパネル.....	- 5 -
(3) リアパネル.....	- 5 -
3.2. 基板パターン設計.....	- 6 -
(1) I <sup>2</sup> S USB 端子用 DAC 基板.....	- 6 -
(2) DAI/DAC 基板(S/PDIF DAC 基板).....	- 6 -
(3) DSC 基板.....	- 8 -
(4) ラインアンプ(SCT2H12NZ 版)/SAOC.....	- 9 -
(5) ラインアンプ(2SK215 版)/SAOC.....	- 10 -
(6) +5V 定電圧回路基板/+7.5V バッテリーチェック回路.....	- 11 -
(7) +3.3V 定電圧回路基板/+15V バッテリーチェック回路.....	- 11 -
4. 制作.....	- 12 -
4.1. ペアマッチング.....	- 12 -
4.2. 基板作成.....	- 12 -
4.3. 筐体加工.....	- 12 -
(1) フロントパネル/リアパネルの加工.....	- 12 -
(2) 筐体内部加工.....	- 12 -
4.4. 基板吊り下げアングルの組み上げ・配線.....	- 12 -
4.5. 基板吊り下げアングルの筐体への組み込み・配線.....	- 12 -
4.6. 確認・調整.....	- 12 -
5. ヒアリング.....	- 12 -

## 1. はじめに

MJ無線と実験 2019年12月、2020年1月に発表されたNo.268「アナログ&デジタル再生システム」とその1年後の2020年12月、2021年1月のNo.274「USB専用D/Aコンバータ」、さらにNo.275「Nutubeハイブリッド プリアンプ&パワーアンプ」を参考にしてI<sup>2</sup>S対応で、光入力、同軸にも対応するD/Aコンバータを作成することにする。

2021年5月25日

## 2. 検討

### 2.1. 基本仕様

ベースの回路は、MJ 無線と実験の No. 274 「USB 専用 D/A コンバーター (Dual DAC タイプ)」とする。TV や DVD レコーダーの光出力も接続したいので、USB 専用では困る。S/PDIF 用の Coaxial 端子も外部に D/D コンバータを使う場合を想定して残しておきたい。

ラインアンプ&ヘッドフォンアンプは、MJ 無線と実験の 2021 年 1 月号、No. 274 「USB 専用 D/A コンバーター [後編]」に記載された図 17 「改良型ラインアンプ&ヘッドフォンアンプ」と同じく MJ 無線と実験の 2021 年 2 月号の図 8 の Nutube 6P1 回路を基に作成する。

### 2.2. 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ペア類を製作する場合、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も多く、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 D/A コンバータは、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、手持ちの指定部品を使用。

▽印：指定部品の後継、改良型を入手した部品。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 I2S が実現できない。始まらない。最悪、外部の M2Tech HiFace Two やその他の D/D コンバータから S/PDIF で Coaxial 端子に接続すれば良いが、その仕様なら現行機で十分だ。 MJ 無線と実験のサイトでも当初発売された基板の入手は困難で、水晶発振器仕様の基板になるとのこと。1つ入手したが、もう一台必要なので、ネットで検索。Amazon には無い。日本の販売サイトでは見つけられない。 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た。そこへの出店会社が信頼できる会社かわからず、個人情報流出しないか心配なので躊躇したが、すぐカードの契約を止められるように普段あまり使わないクレジットカードを使って注文した。本物が来るか。それより、商品が届くか。(2週間ぐらいで届いた。でも今回限りにしようと思う。) 輸入になるが、1万円以下は関税がかからないようだ。
×	TOSLINK TORX-177L	L はシャッター付きの意味だが、手持ちで 2 個あるだけ。2セット作成するのであと 2 個必要。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。但し、在庫限り。 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。

入手	名称	説明
×	OS コン 6.3V/10 $\mu$ F 6.3V/47 $\mu$ F 25V/10 $\mu$ F 20V/47 $\mu$ F	6.3V/10 $\mu$ F は殆ど入手できない。逆に金田氏に嫌われている 6.3V/47 $\mu$ F はまだ少し在庫があるようだ。25V/10 $\mu$ F ももうほとんど在庫が尽きている感じ。一般の電解コンで代用するしかない。購入できる OS コンは大容量ばかり。
×	2SA606 (607)	+5V、+3.3V に使用するが、買えてもとても高価なので代替品を使うしかない。手持ちのメタルキャントランジスタで賄う。
×	ツェナーダイオード HZ3C2, HZ6C1, HZ6C2, HZ7C1	HZ シリーズのツェナーダイオードは殆ど入手できない。買えても 1 本 100 円台なんていうとんでもない価格がする。高くても 1 本 20 円以下でないと買う気が起こらない。数円程度であってほしい。 HZ3C2: 手持ちはあるが、1N5226B を購入。ストックに回す。 HZ6C1: 1N5233B を購入して使用する。手持ちはない。 HZ6C2: 手持ちはある。同等品の RD6.2EB2 も少し手持ちがあるが、追加で、1N5234B を購入。ストック。 HZ7C1: 手持ちはない。ツェナー電圧が 0.1V 大きい HZ7C2 の手持ちがあるのでこちらを使用。
×	2SK215	どこも皆売り切れ。通常販売されている商品としては手に入らない。
○	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 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。2 個確保。
○	PCM1794	肝心の心臓部のパーツがこんなに後の記述となった。こちらは、問題なく購入できた。改良型の PCM1974ADBR を購入。
○	CS8416CZZ	購入。一時は、店舗に在庫があまりなく、買えなくなっちゃうんじゃないかと思ったが、今はある程度あるようだ。
◎	Nutube 6P1	入手。
▽	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。
▽	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。どこに売られているのか。入手先がわからない。 フツーのだと、すぐ汚くなってしまうので使ってみたいのだが。
×	LED 青 NSPB500S 赤 HBR5066X 黄 HBY5066X	紙面に出ている LED は、疾うの昔に入手できなくなっている。 そこそこ光れば何でも良いのだが、たくさん種類がありすぎて、一つ一つ購入して確認するわけにもいかず、面倒。

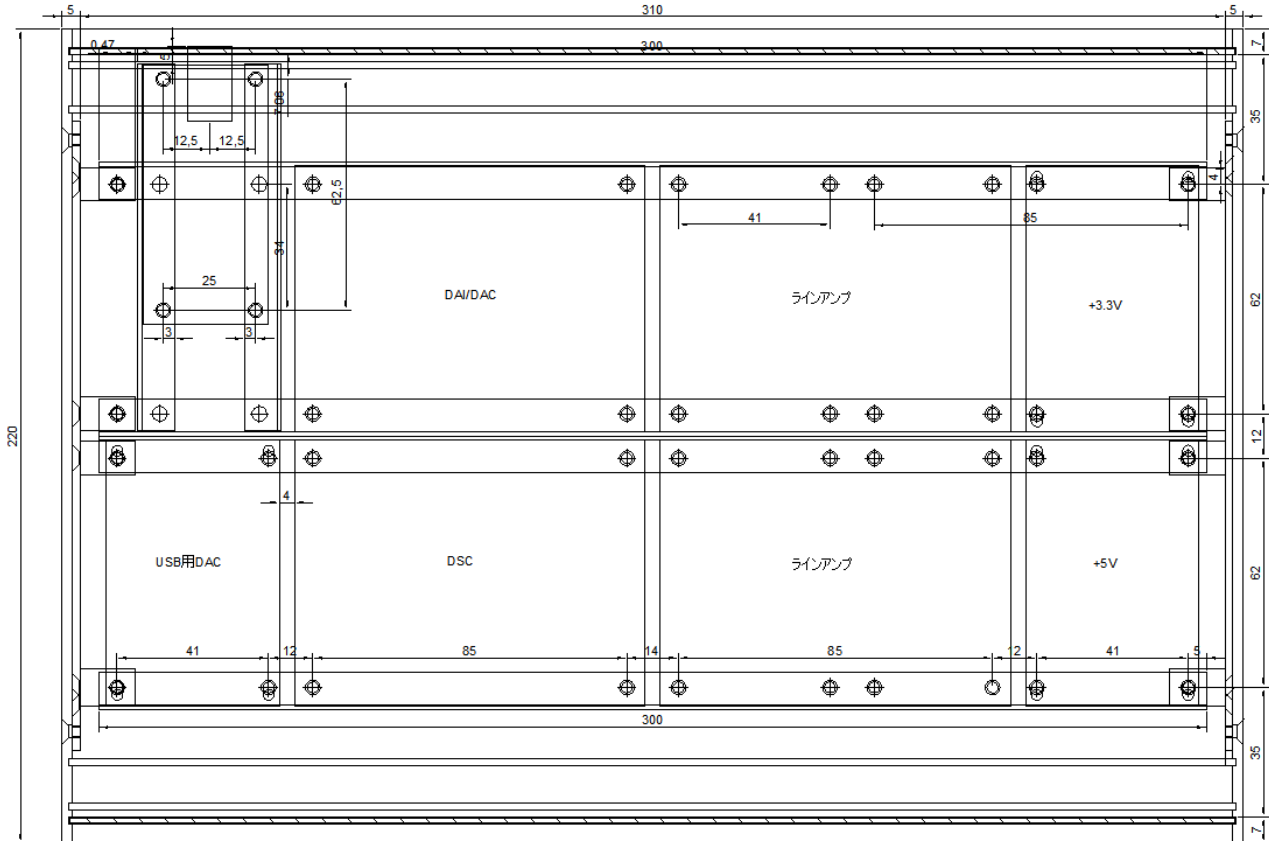
### 3. 設計

#### 3.1. 筐体設計

##### (1) 筐体内部配置

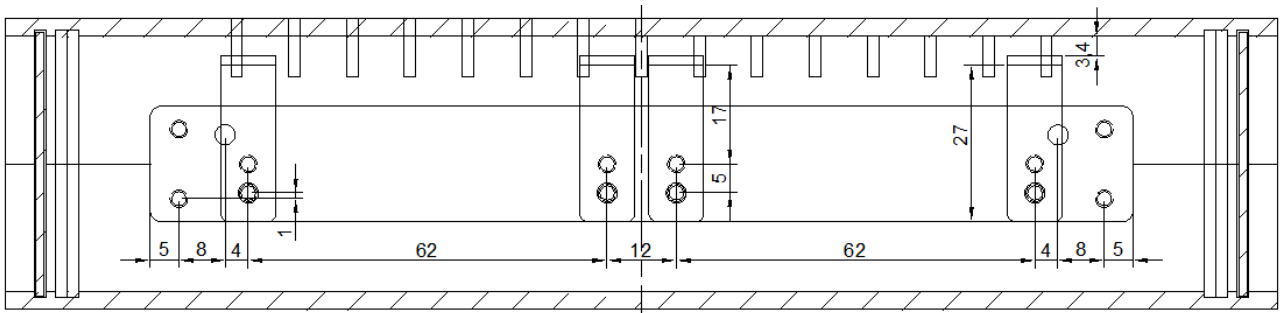
使用する筐体は、UC32-5-20DD とする。今まで筐体内に組み込んでいなかった XMOS XU208 基板と DAC 基板が増えるので、筐体に収まるか心配で、最初に筐体デザインを行う事にした。

下图の様に市販の基板をカットしなくともなんとか収まりそうだ。よかった。



XMOS XU208 基板は、筐体内左端に取り付け、その右側に DAI/DAC 基板を配置する。この為、USB 端子や TOSLINK や同軸ケーブルのジャックは、リアパネルの左側の配置となる。ラインアンプ基板は、中央右側とし、帰還抵抗としてボリュームが使用されるので、発振リスクを低減する為、最短で結線できるように配慮する。+5V 基板と+3.3V 基板は、バッテリーチェック回路を同居させて一番右側に配置する。フロントパネルの LED への配線が長くなってしまいが、音には影響しないはずだ。

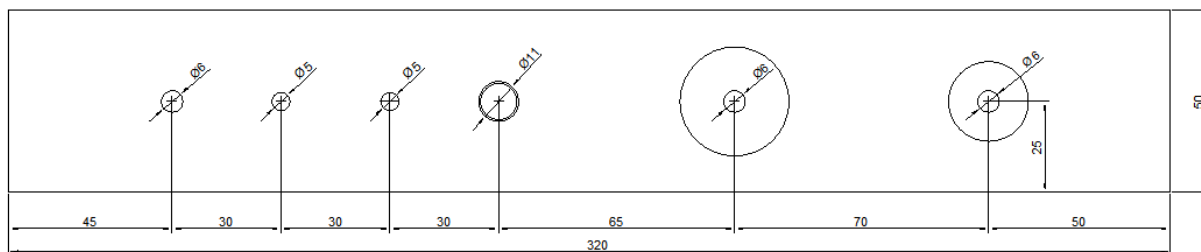
なお、ラインアンプ基板は、DAI/DAC で発生するデジタルノイズの影響を軽減するため、離れた方が良いかもしれない。+5V 基板と+3.3V 基板との位置を交換できるように基板取付穴を配慮しておいた。



基板は、アルミ L アンクルを 2 列配置で 4 本使って固定する。L アンクルの取り付けは、筐体側面の取り付け板に内部シャーシ用取付金具を使って吊り下げる。取り付け板上側にある既存の取付金具取付穴位置が、今回の取り付け位置と若干重なってしまうので、寸法の長い取付金具 UCK-P27 を使って、取り付け板の下側に取付穴をあけて取り付ける。

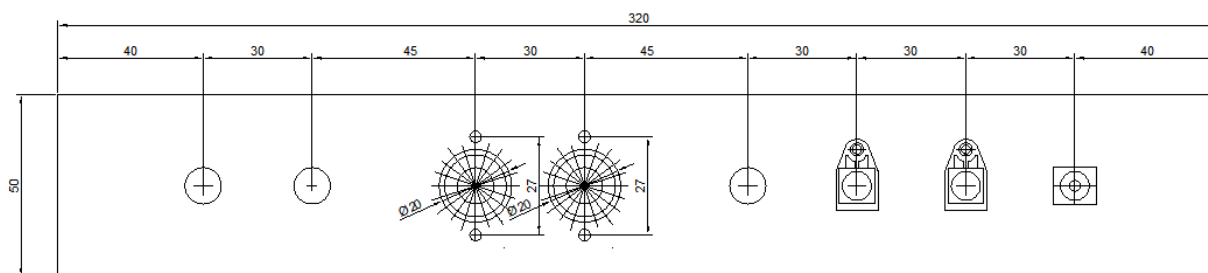
## (2) フロントパネル

+7.5V と +15V (22.5V) のバッテリーチェック LED を設ける。



## (3) リアパネル

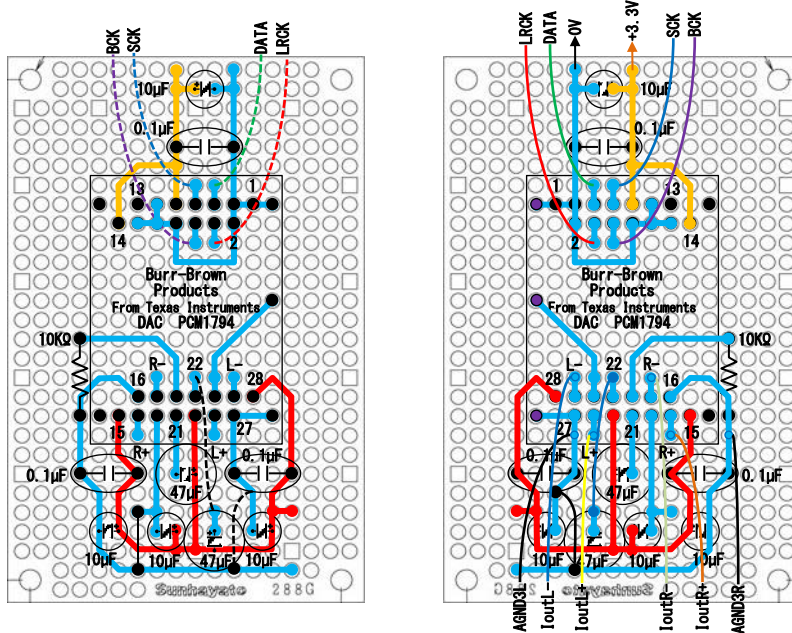
左から、出力右、左、電源用キャノンコネクタ、同軸、光×2、USB I<sup>2</sup>S 対応の配置。DC 入力用キャノンコネクタは筐体の中央に 4P と 2P を配置することになる。



### 3.2. 基板パターン設計

#### (1) I<sup>2</sup>S USB 端子用 DAC 基板

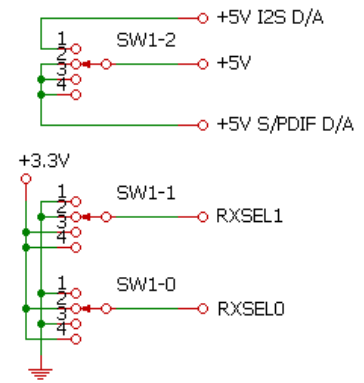
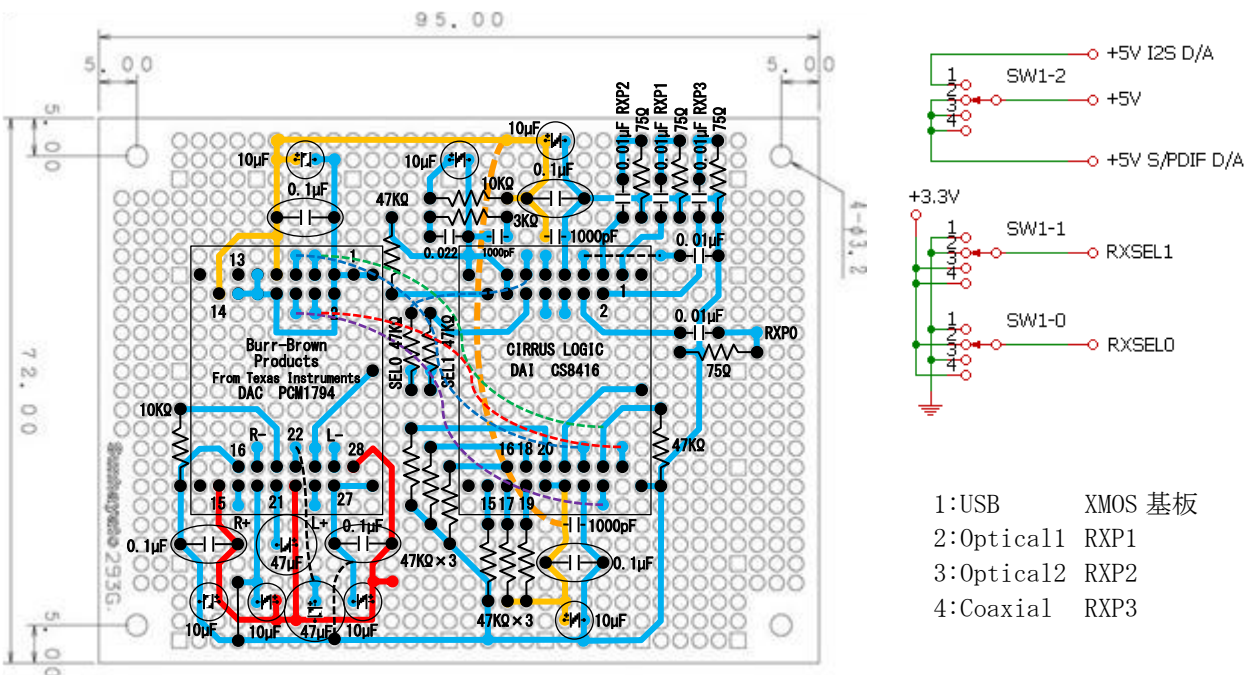
パターンは、MJ 無線と実験の No. 274 「USB 専用 D/A コンバーター」の図 2 2 を ICB-288G 用書き換えた。



#### (2) DAI/DAC 基板(S/PDIF DAC 基板)

PCM1794 のパターンを I<sup>2</sup>S USB 端子用 DAC 基板のパターンと同一にした方が誤りが少なくなると思い、CS8416 と PCM1794 間を I<sup>2</sup>S 動作に設定してみた。また、紙面は、CS8416 の RXP0~RXP2 を使用し、RXP3 を使用していないが、本パターンは、RXP0 を未使用とし、RXP1~RXP3 を使用することを前提とした。

なお、紙面とロータリースイッチのポジション選択機器を変更している。



- 1:USB XMOS 基板
- 2:Optical1 RXP1
- 3:Optical2 RXP2
- 4:Coaxial RXP3

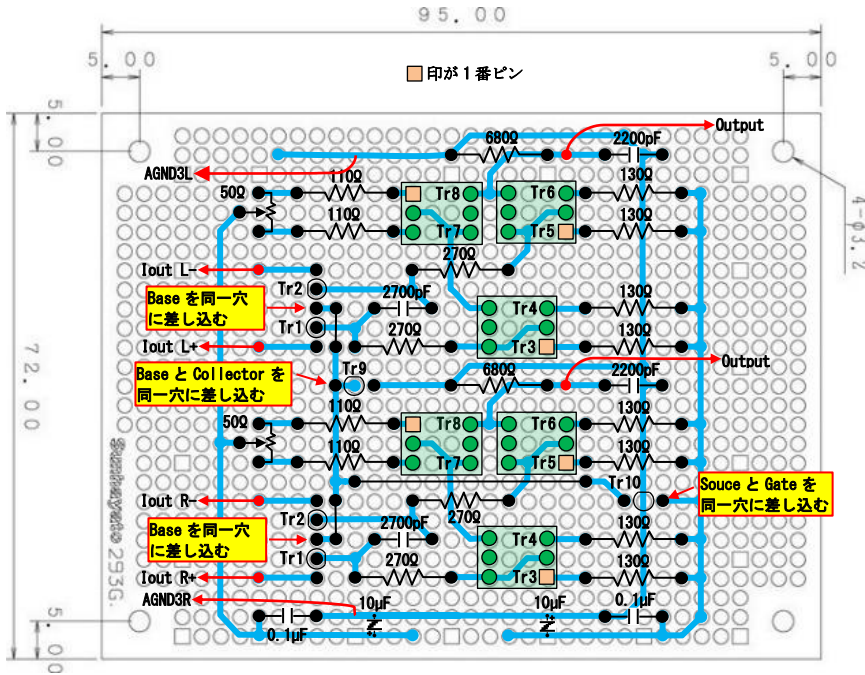




### (3) DSC 基板

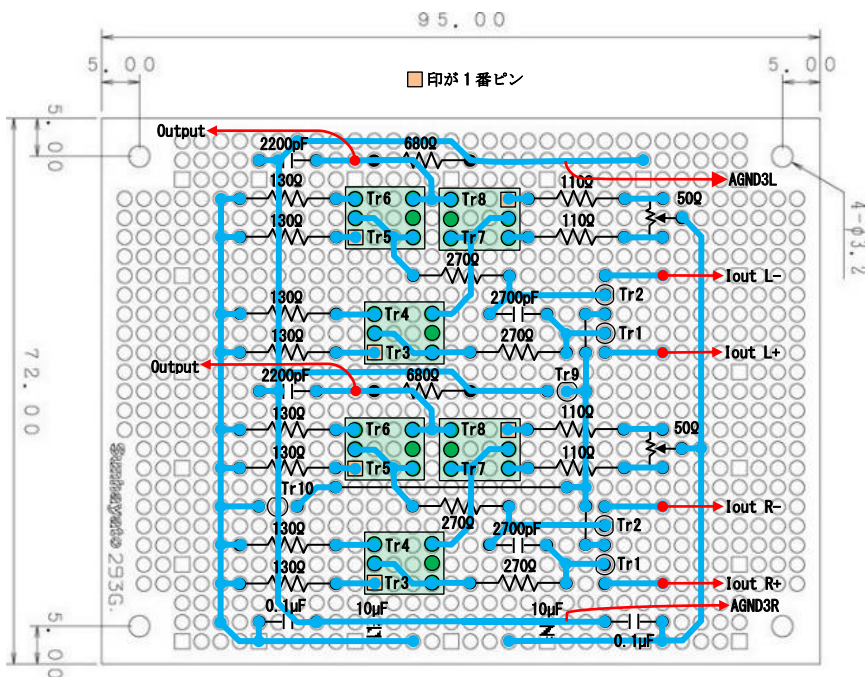
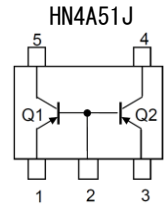
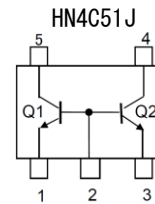
ベースコモンデュアルトランジスタは、2SC2291 の代わりに HN4C51J を使用する。また、2SA995 の代わりに HN4A51J を使用する。いずれもピンピッチが 0.95mm の表面実装小型パッケージ SMV で、スペックが 2SC2240、2SA970 と全く同一なので、2SC2291/2SA995 よりこちらの方を好んで使用している。

実装は、2.54mm ピッチの変換基板を用いて行う。



使用半導体

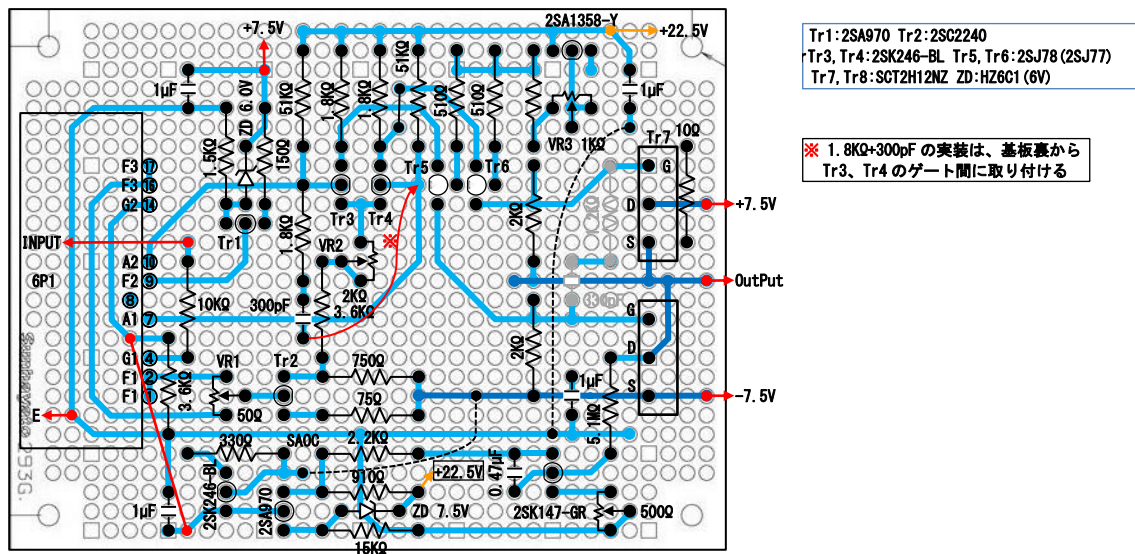
- Tr1, Tr2, Tr9 2SA970-BL
- Tr3, Tr4 HN4C51J
- Tr5, Tr6 HN4C51J
- Tr7, Tr8 HN4A51J
- Tr10 2SK246-BL



#### (4) ラインアンプ(SCT2H12NZ 版)/SAOC

2SK215 がどこもかしこも売り切れで全く手に入らないので、出力段に SCT2H12NZ を使用した MJ 無線と実験誌の 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」の Nutube 6P1 差動形式のライン IVC を基にして作成することにした。位相補正は、実際はオシロスコープで観測して決定しなければならないのであろうが、オシロスコープは持ち合わせていないので、同誌、No. 274 「USB 専用 D/A コンバータ」2021 年 1 月号の図 17、さらに No. 275 「Nutube ハイブリッドプリアンプ&パワーアンプ」2021 年 2 月号の図 8 の Tr3 と Tr4 のドレイン間の 1.8K $\Omega$ +300pF とする。パターン上の配置位置は、Tr3 と Tr4 から離れた位置に配置しているが、実装の際は、基板裏側から両ゲート端子間に直に実装するようにする。入力抵抗は 10K $\Omega$ 。Tr5 と Tr6 が 2SA970 ではなく 2SJ77 なので、ドレインの抵抗は 820 $\Omega$ ではなく、2K $\Omega$ になっている。

ところで、回路図を見ていて 2019 年 12 月号 No. 268 の図 9 回路図のラインアンプのプレート抵抗 51K $\Omega$  は +7.5V に接続されているが、2020 年 1 月号の図 28 基板図では +22.5V に接続されていることに気が付いた。他も調べてみると、2020 年 12 月号の図 11 回路図、2021 年 1 月号の図 17 回路図、図 26 基板図等はいずれも +22.5V に接続されていた。つまり、No. 268 の図 9 回路図のプレート抵抗 51K $\Omega$  も +22.5V に接続すべきだ。この回路図を基に作成したメインシステム DAC で Tr3 と Tr4 のソース抵抗 3.6K $\Omega$  を 1.8K $\Omega$  に変更しなければならなかったのは、これが原因だろう。修理を施さなければならない。

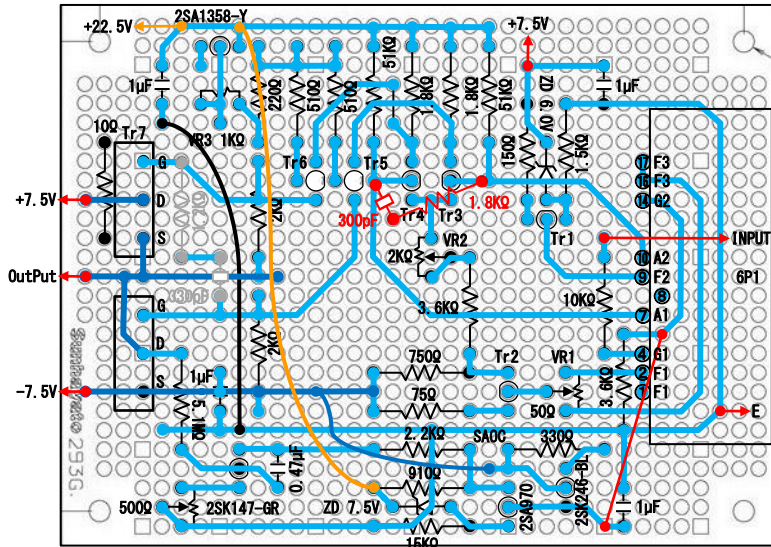


10 $\Omega$  は、ID を 20mA に設定する際に使用する。

HZ6C1 (min 5.8V $\sim$ max 6.1V) が入手できないので、従来は、代替部品として HZ6C2 (min 6.0V $\sim$ max 6.3V) を使用していたが、IN5233B (min 5.7V $\sim$ max 6.3V Typ. 6.0V) を入手したので、こちらを使用する。



パターン側



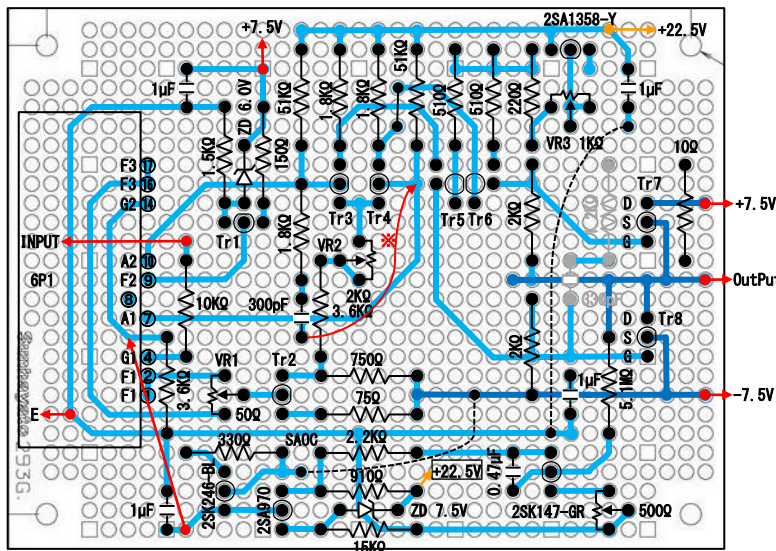
Tr1:2SA970 Tr2:2SC2240  
Tr3, Tr4:2SK246-BL Tr5, Tr6:2SJ78 (2SJ77)  
Tr7, Tr8:SCT2H12NZ ZD:HZ6C1 (6V)

※ 1.8KΩ+300pFの実装は、基板裏から  
Tr3, Tr4のゲート間に取り付ける

### (5) ラインアンプ(2SK215版)/SAOC

2SK213 や 2SK214、2SK215 が入手できるならば、下記のパターン図で作成する。基本的には、SCT2H12NZ版と変わらないが、SCT2H12NZ は端子順が Gate, Drain, Source だが、2SK213, 214, 215 は、Gate, Source、Drain と Gate の位置が同じで Source と Drain が入れ替わる。

Tr5 と Tr6 の 2SA970 は、熱結合のために向かい合わせて張り付けなければならないので、足の配置が難しい。



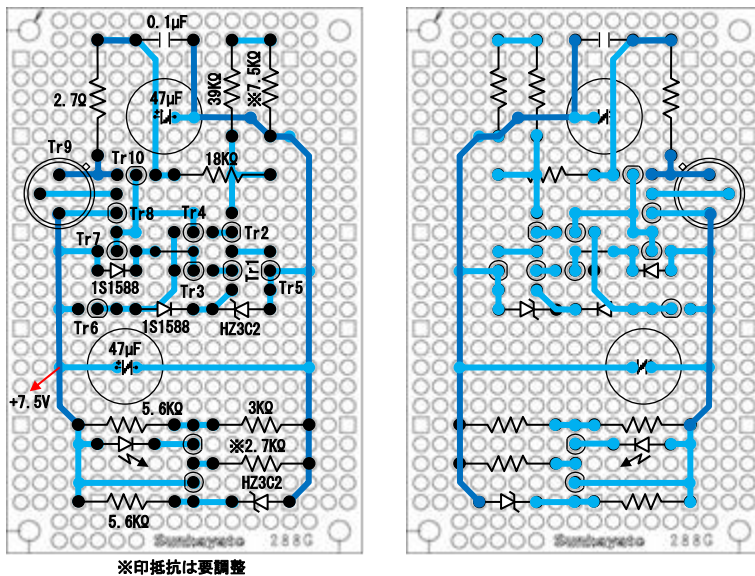
Tr1:2SA970 Tr2:2SC2240  
Tr3, Tr4:2SK246-BL Tr5, Tr6:2SA970  
Tr7, Tr8:2SK215 ZD:HZ6C1 (6V)

※ 1.8KΩ+300pFの実装は、基板裏から  
Tr3, Tr4のゲート間に取り付ける

### (6) +5V 定電圧回路基板/+7.5V バッテリーチェック回路

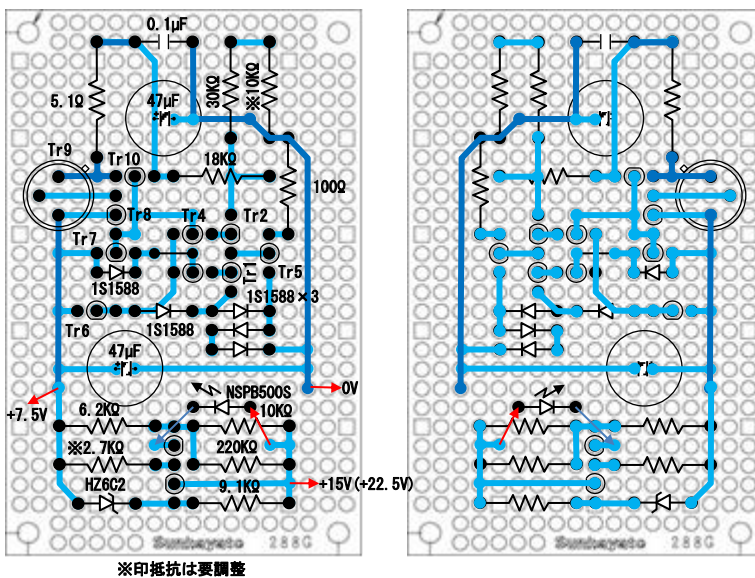
+5V のオリジナルの Tr9 は、2SA606 (607) の PNP トランジスタを使って NPN トランジスタ Tr8 とインバーテッドダーリントン接続をしているが、2SA606 (607) はそう簡単に手に入らないので、手持ちの NPN トランジスタ 2SC485 をダーリントン接続で利用することにした。ダーリントン接続とすることで、トランジスタの  $V_{BE2}$  個分、1.2V の電圧が下がることになるが、バッテリーの入力電圧が 7.5V で 2.5V の電圧差があり、さらに満充電状態だと 8.2V 程度あるので、3.2V の電位差となるので問題ない。過電流検出抵抗は、オリジナルは、5.6Ω のパラ (2.8Ω) であるが、本基板は 2.7Ω 1本で対応する。

なお、この基板に+7.5V が接続されるので+7.5V 用バッテリーチェックを合わせて実装する。



### (7) +3.3V 定電圧回路基板/+15V バッテリーチェック回路

こちらも 2SA606 (607) の代替として手持ちの 2SC485 を使用しダーリントン接続する。過電流検出抵抗は、5.6Ω ではなく、5.1Ω とする。こちらには、+15V のバッテリーチェック回路を入れる。



## 4. 制作

### 4.1. ペアマッチング

2SK246-BL の IDSS を測定して 0.1mA 以下の差のペアを作る。その他の素子のペアマッチングは不要。

### 4.2. 基板作成

基板の配線は、モガミ 2497 の素線ではなく、DAIEI 電線の 20 芯ケーブルを使用する。ケーブルを同じ長さに 2 本切り取り、一方から 1 本引き抜いて 19 本とする。その 1 本と他の 20 芯を合わせて 21 本にして 7 本撚り線 3 本に分割することで無駄がでないように撚り線を作成して基板を作成した。

### 4.3. 筐体加工

(1) フロントパネル／リアパネルの加工

(2) 筐体内部加工

### 4.4. 基板吊り下げアングルの組み上げ・配線

### 4.5. 基板吊り下げアングルの筐体への組み込み・配線

### 4.6. 確認・調整

## 5. ヒアリング

### サブシステム構成

