

Nutube 6P1 電流伝送パワーIVC MKⅡ

電圧伝送化対応レポート

2021年1月24日

## 1. はじめに

MJ無線と実践の2020年9月号で、金田氏がDACやイコライザーとパワーアンプとの間の電流伝送を止め、電圧伝送に変えるとの記述があった。この方針に従い、過去に作成した機器を順次電圧伝送化してゆくことにする。まず、手始めにサブシステム用のMJ無線と実践の2017年6月号、7月号のDCアンプシリーズNo.253「Nutube バッテリードライブハイブリッドパワーIVC」を反転アンプのまま、入力抵抗を付けて電圧伝送に変更した。本機、DCアンプシリーズNo.262「Nutube バッテリードライブハイブリッドパワーIVC」のミドルパワー版は、非反転アンプに作り替えて電圧伝送化することにした。

2021年1月16日

## 2. 基本方針

MJ 無線と実践の 2020 年 9 月号の記事によると、「電圧伝送の場合は、DAC やイコライザー側を高インピーダンスにして受け側のパワーアンプ側を低インピーダンスにしていたので、ケーブルの影響を受けにくい構成になっていた。しかし、パワーアンプ側の低インピーダンスを作るのが難しい。低インピーダンスを作るのは NFB を利用している。

一方、電圧伝送は、高域がケーブルの影響を受けロスするが、パワーアンプの動作は影響を受けない。電圧伝送は、送り出し側が低インピーダンス、受け側が高インピーダンスでパワーアンプの受けは元々高インピーダンスである。

電圧伝送のパワーアンプの場合は入力インピーダンスを高くするため、非反転アンプで構成する。現状は反転アンプなので、変更が必要」(以上紙面より引用)とのこと。

誌面には「差動アンプなので簡単」と書かれているが、私にとっては大変な事。しかも、位相補正がオシロスコープを持っていないので確認できない。(仕事で使っていたので機器があれば使える。金銭的理由。) また、SAOC の変更も必要なので、基板を作り直さないと改造で基板がボロボロになってしまうことを懸念して二の足を踏んでいた。

しかしながら、以前から、プリアンプ、パワーアンプ間の電流伝送は、金田氏のアンプ以外のアンプとの共存はひと手間かけないとだめなので不便とっており、改造に踏み切ることにした。

プリアンプ、パワーアンプ間はすべて電圧伝送で統一する。

### 3. 検討

#### 3.1. 回路上の変更点

MJ 無線と実践の 2020 年 9 月号の記事の指導によると、 $V_G$  を 3.5V から 2.5V に下げたとある。これは、T1, T2 のグリッドバイアス電圧のことで、フィラメントの  $F_2$  端子、または、Tr1 のコレクタと GND 間を -3.5V に調整した箇所のことを指していると理解する。Tr3, Tr4 のドレイン・ソース間電圧が 3.5V あるとのこと。ミッドパワーの場合は、 $F_2$  端子と GND 間を -2.5V になるように  $V_{r2}$  を調整したが、この時の Tr3, Tr4 のドレイン・ソース間電圧が 4.2V なので、あと 0.8V 下げて、-1.7V に調整すればよいと思う。これは、元のハイパワーバージョンの場合と同じになる。この範囲の調整ができるように Tr3, Tr4 のソースと 2K $\Omega$  間の抵抗値を調整する必要がある。なお、過去の自身が書いたレポートを見ると「 $F_2$  ④番端子、または、Tr1 のコレクターの電圧を測る」と書いているが、 $F_2$  は⑨番端子の誤りだ。

NFB 抵抗は、入力に接続していた 7.5K $\Omega$  の抵抗を 1K $\Omega$  に変更して SAOC に接続する。

入力抵抗は、T1 の G1④番端子から SAOC に接続していた間の 1.5K $\Omega$  を 100K $\Omega$  に変更して、入力端子に接続する。

位相補正は、Tr5, Tr6 のドレイン間に接続している 4.3K $\Omega$ +120pF である。これは自分でオシロスコープを使って決定することができないのでそのままにしておくことにした。なお、MJ 無線と実践の 2021 年 2 月号の記事の回路では、T1, T2 のアノード間に位相補正が移動しており、「音楽の表現がいつそう高くなったように感じる」と記述されている。

出力の 0.1 $\mu$ F+10 $\Omega$  は誌面に不要と記載されているが、あっても問題ないので取り付けておく。

SAOC は、MJ 無線と実践の 2020 年 9 月号の記事の図 39 に記載されている回路を使用するので、基板は大幅変更となる。但し、電圧は、ミッドパワーの  $\pm 22.5V$  になる。 $V_o$  が + 側にずれると  $I_z$  が増加するようにならないので、T2 をベース接地アンプからカレントミラーに変更する必要があるとのこと。また、 $I_c \cdot I_{D3}$  を 5mA に設定するとのことである。ソース抵抗  $R_s$  が 100 $\Omega$  となっているが、FET による定電流回路は個体ごとに定電流値が 5mA となるように  $R_s$  を調整する必要があるので、事前に調整して  $R_s$  の値を決定して実装する。

帰還コンデンサの 20pF と 39pF を外す。

以上が変更点となる。

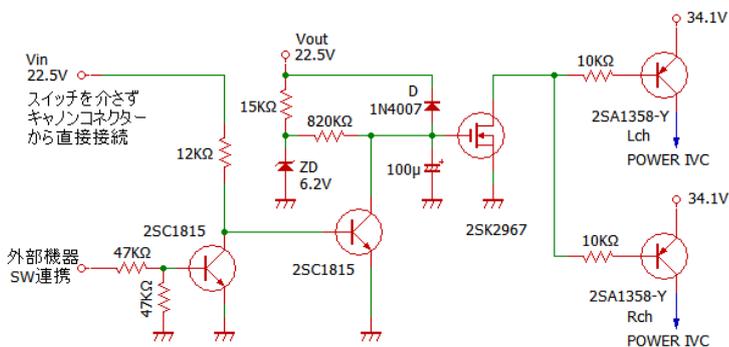
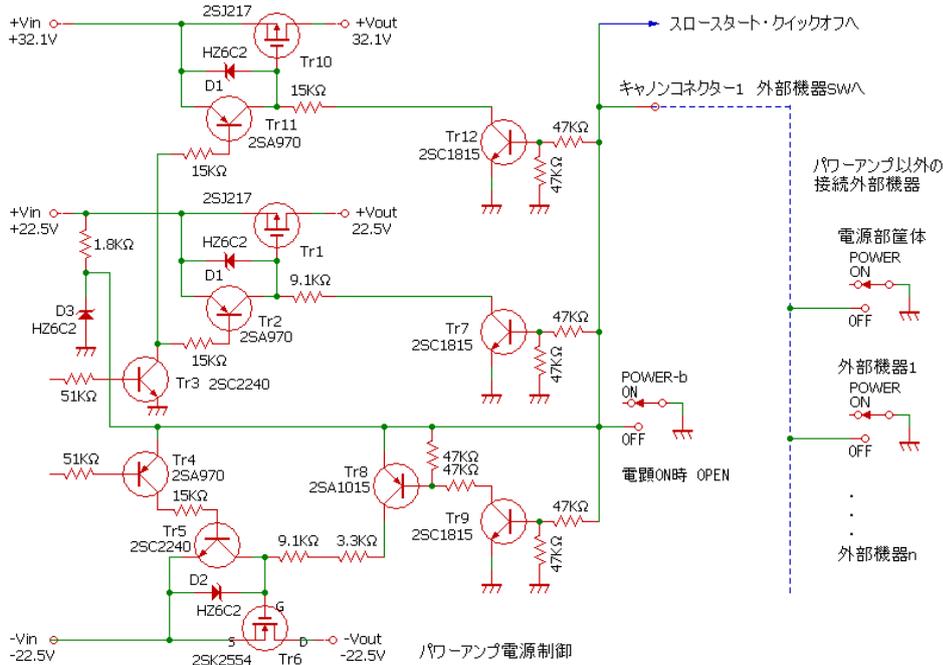
### 3. 2. 外部機器SW連携による電源制御の見直し

本機には、「外部機器SW連携」と呼んでいるプリアンプなどの外部機器の電源スイッチ操作でパワーアンプの電源を切る回路を組み込んでいる。パワーアンプの電源を入れてもプリアンプなど全ての周辺機器の電源が入っていないければ電源がONせず、それら周辺機器の電源を全てONした時点からスロースタート回路が機能し始め、プリアンプなど周辺機器のノイズがスピーカーに出力されるのを回避する仕組みにしている。トランジスタのON/OFF機能を使用した単純な仕組み。

回路動作は次のようになる。パワーアンプ本体や外部機器のSWのいずれかのSWにより Wired Or の制御ラインが接地されていると、ON/OFF 制御用トランジスタ 2SC1815 がONせず、フローティング状態となってパワーアンプの電源は入らない。外部機器の電源SWが全てOpen状態になると、電圧がHighになり、2SC1815 がONして電源制御のMOSFETがONする。同時にスロースタート回路も動作を始める。

今回、Wired Or を構成する抵抗 47kΩ を取外し、その役目をツェナーダイオードの電流値を決める 1.8kΩ に委ねる事にした。接地時は、9mA の電流を消費することになる。

また、これまで 32.1V は本体の電源SWでON/OFF していて、外部機器SW連携は±22.5Vのみを制御していたが、今回、動作を揃えるため、32.1V も外部機器SW連携の制御に加えることにした。



スロースタート回路も外部機器SW連携でON/OFF制御する。

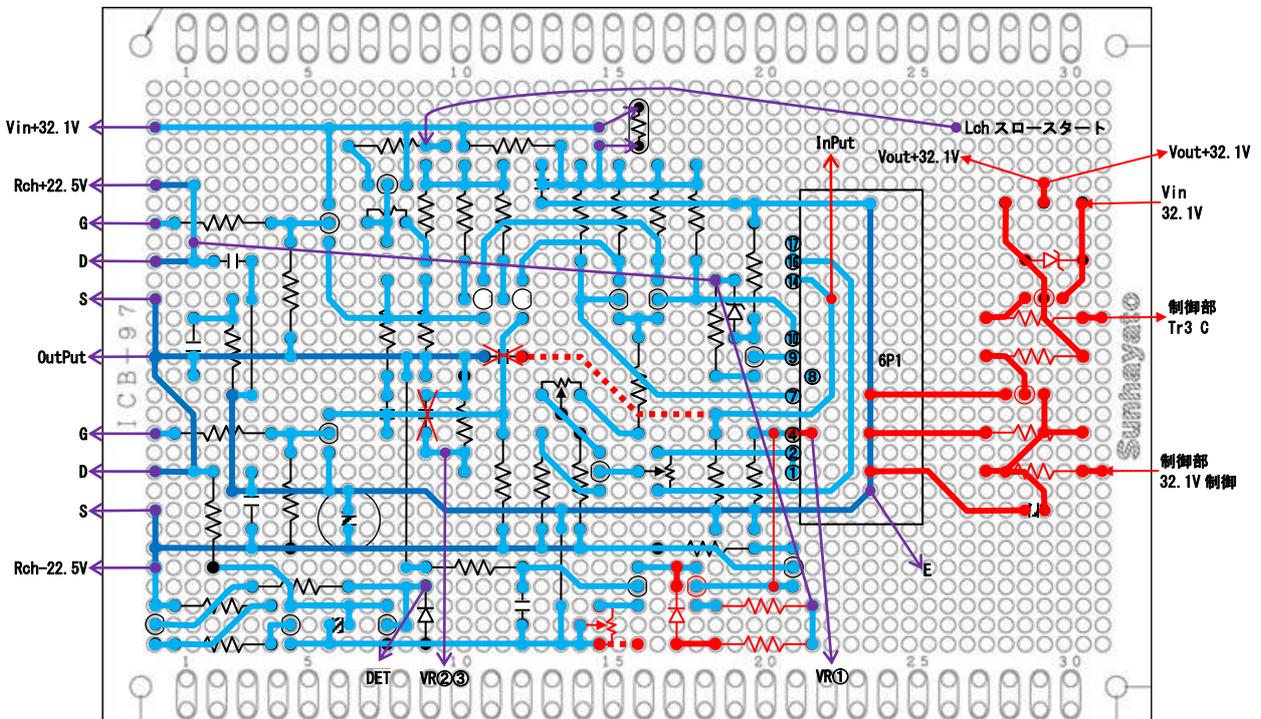
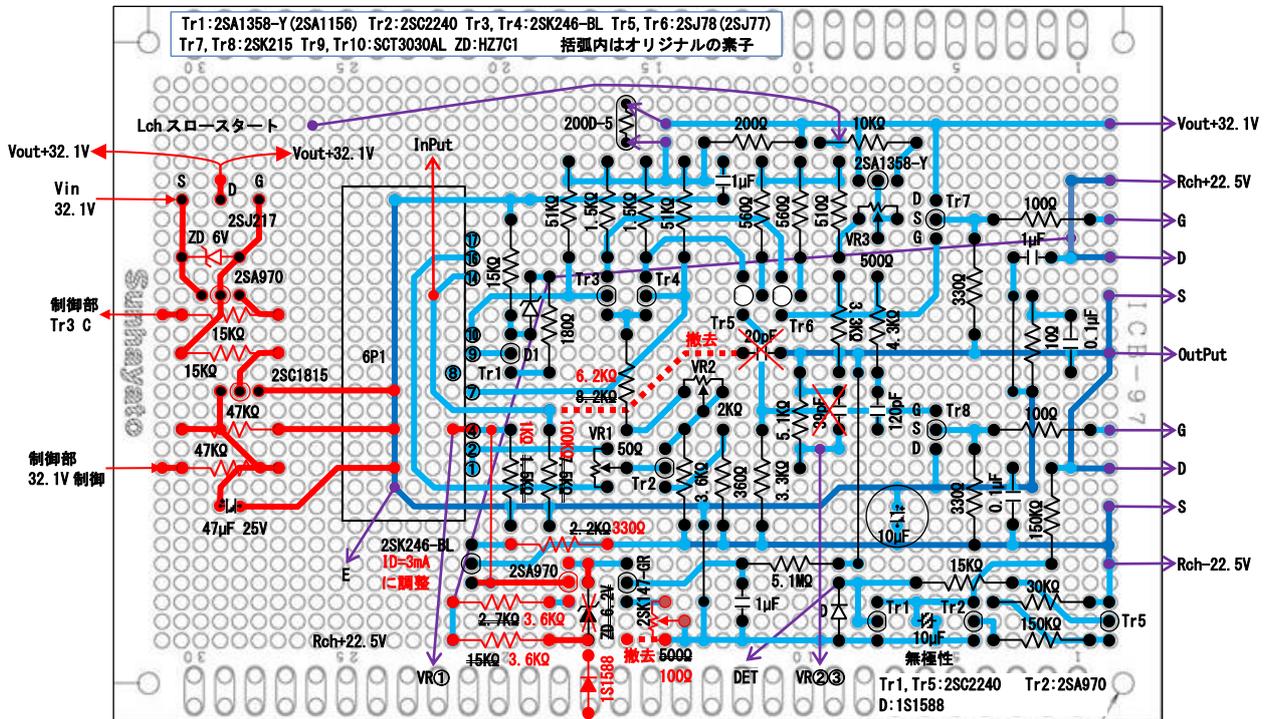
電源OFF時のコンデンサーの放電もトランジスタで行う。



(2) アンプ部/SAOC/DC 検出/32.1V 電源制御基板 (Rch)

Rch 基板には、非反転アンプへの改造と共に 32.1V 電源制御回路を組み込む。

また、こちらも 2SJ78 (2SJ77 の代替)の熱結合方法をクリップ止め方式からビス止め方式に変更する。



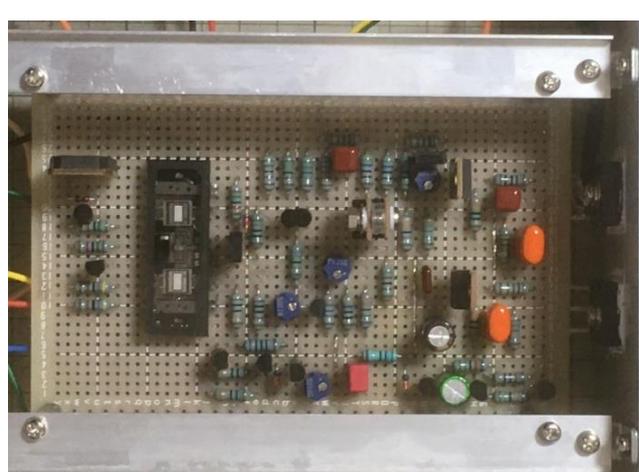
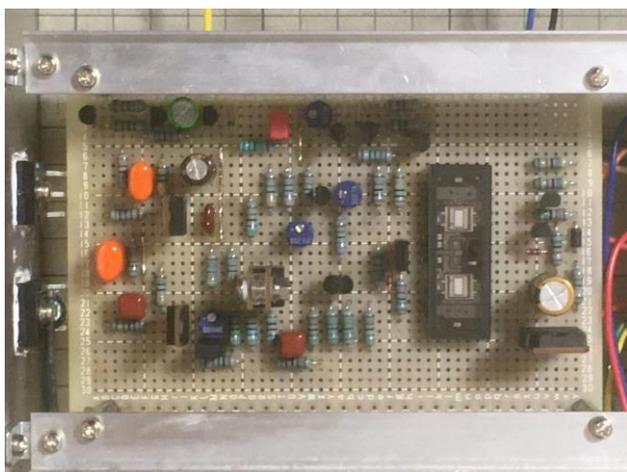
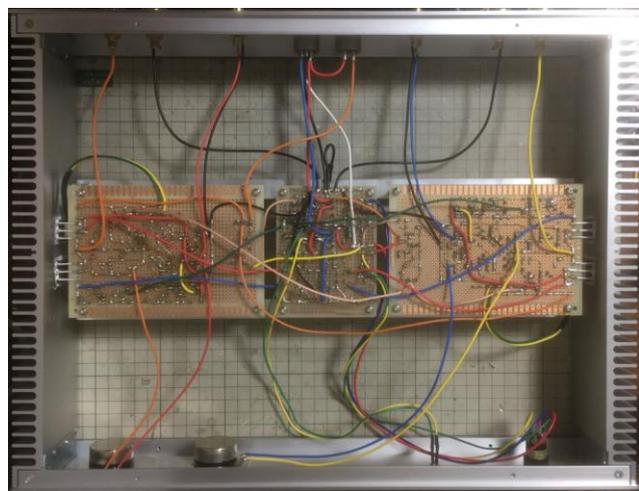
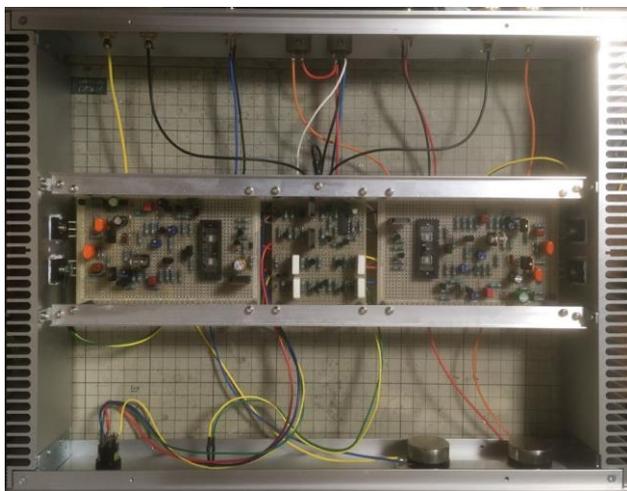


#### 4. 製作

基板の改造を行った。SAOC(MJ 無線と実践の 2020 年 9 月号の記事の図 39 に記載されている回路) の 2SK147-GR のソースの半固定抵抗は、500Ωでも調整できるので、100Ωに交換しなかった。ただ、どうもうまく動作しない。図 39 の回路図にダイオードが HZ6C1 と書かれているが、ダイオードの記号から見て 1S1588 が正しいだろう。1S1588 に交換したところ、SAOC が動作し始め、調整に入れるぐらいまでは動作した。しかしまだ、スロースタート回路が動作が完結してアンプの凍結が解かれるまでの間は、SAOC が接続されていると、出力  $V_o$  に 11V が現れ、DC 検出回路が機能して電源がシャットダウンされる。DC 検出回路を外してみると、スロースタートで電源が ON した後、SAOC が効いて  $V_o=0V$  に引き込まれる。

いろいろと基板を調べて二日が経過。原因がわからず、諦めて机の上を片付けようとしたら、片 ch のダミーロードの結線が切れていたことが判明。なんだ。付けなおしたらちゃんと動作した。

入力が高インピーダンスになったので、シールド線にしないとダメなんじゃないかと思いつつ、そのままの状態調整を行う事にした。



2SJ78 はクリップ止めで熱結合していたが、凸型絶縁ワッシャーと 0.8mm 厚の絶縁ワッシャー 4 枚を使ってねじ止めする方法に変更した。

素子の接面には放熱用のシリコングリスを塗布している。

## 5. 調整

2020年9月号の記事によると  $V_G$  を  $-3.5V$  から  $-2.5V$  に下げたと記述されている。これは、ローパワーの場合で、元々ミッドパワーの場合は、 $-2.5V$  になっている。下げるとしたら、ハイパワーの時の  $1.7V$  だろう。調整は、まず DC 検出と SAOC を外して、 $-2.5V \sim -1.7V$  の範囲で調整可能になるように Tr3、Tr4 のソースと  $2K\Omega$  の半固定 Vr2 との間に入っている抵抗の値を調整し、 $7.5K\Omega$  とした。そして、F2 ⑨番端子、または、Tr1 のコレクターの電圧を  $-1.7V$  に設定したが、ダラダラと値が下がってゆくので  $-1.8V$  に設定して音出ししてみた。すると、まだまだ下がり続けていたようで、ドボルザークの交響曲 8 番の第四楽章に入るころには音が歪みだした。 $V_G$  を計ってみたら、 $-0.45V$  しかない。これだけ低くなるのだったら、初期値を高めを設定しておいて、ダラダラ下がりが止まるポイントを探すしかない。電源投入直後は、 $-3.6V$ 。暫く放置した結果、右 ch の  $V_G$  が  $-2.25V$  で Tr3、Tr4 のドレイン-ソース間電圧が  $28.96V - 24.95V = 4.01V$ 、左 ch の  $V_G$  が  $-2.25V$  で Tr3、Tr4 のドレイン-ソース間電圧が  $28.92V - 24.66V = 4.24V$  となった。これ以上下げるのは問題ありと判断し、この設定値とすることにした。

$V_G$  を設定した後、Vr1 で  $V_o$  が  $0V$  になる様に調整。再度 SAOC を接続して SAOC の半固定抵抗で  $V_o$  が  $0V$  になる様に調整。DC 検出を接続。

出力段の ID の調整を始めると大変なので今回は調整しないことにし、Vr3 を誤って回さないように注意しながら、調整を進めた。

## 6. ヒアリング

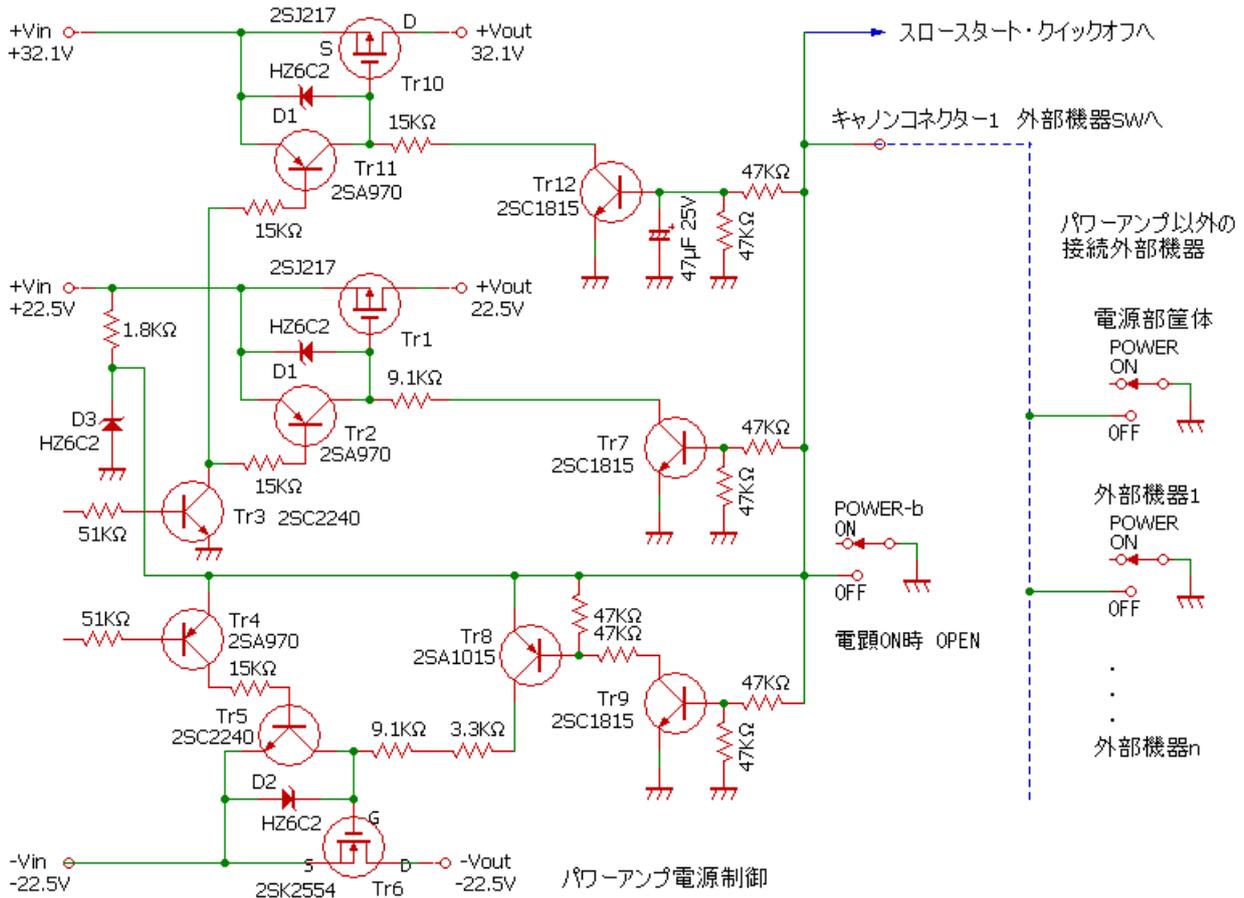
ノイズが全く無く、音が出てくるまで本当にアンプの電源が入っているのかわからない。電流伝送の時と比較して音の感じが明らかに変わった。電流伝送の時は、現場を克明に再現するしっかりとした音だったが、電圧伝送に代わって、澄みきった清流のような感覚で音源をそのまま再現してくれているという印象になった。この傾向は、バッテリードライブの時のみならず、AC電源駆動の時も同じで、バッテリードライブとの音質の差が感じられない。

リッカルド・ムーティの展覧会の絵は、管楽器の美しい音色と共に各演奏者の様子が克明に感じ取れる。ムター／カルメン幻想曲は、目の前で体を動かしながら引いている様だ。ロストロポービッチのドボルザーク／チェロ協奏曲はチェロの音色にうっとり。カールベームの1975年日本公演のブラームス1番はその熱演に引き込まれた。

## 7. 追記

### 7.1. 電源 SW 投入時ノイズ対策 - 2021/10/9

パワーアンプ本体の電源 SW を入れる時「プチッ」と大きなノイズが出る。32.1V の電源が入るタイミングを僅かにずらすと回避できることが判明したので、Tr12 のベースに電解コンを追加して、タイミングをずらすことにした。2.2 $\mu$ F ではまだノイズが発生し、10 $\mu$ F で発生しない事を確認できたが、余裕を見て 47 $\mu$ F の電解コンを使用した。



### 7.2. 出力段 Io の再設定 - 2021/10/12

出力段の  $I_o$  の設定が誤っていることに気が付き、再設定した。本来なら  $I_o=150\text{mA}$  に設定すべきだが、なんと、 $I_o=15\text{mA}$  に設定していた。これで、「音が良い」などと感動していたので、自身のヒアリング評価など全くあてにならない。

$I_o=150\text{mA}$  としたら、筐体の放熱器が結構熱くなるようになった。

### 7.3. SAOCの見直し - 2021/10/12

MJ無線と実験 2021年2月号～4月号に掲載された No. 275 Nutube ハイブリッドプリアンプ&パワーアンプの[図 15]パワーアンプ用 SAOCに見直しすることにした。パワーアンプの回路も本機に近く、よりこなれた SAOC 回路定数になっていると感じたからである。2020年9月号の[図 39]Nutube ハイブリッドパワーアンプの SAOC では、定電流が 5mA に設定されていたが、No. 275 の[図 15]パワーアンプ用 SAOC では 3mA となった。カレントミラーの抵抗も 330Ω から 2.4KΩ となっている。この回路は±15V 仕様なので、±22.5V 仕様に変更することにする。変更点は1点、カレントミラーの抵抗値を変更することだ。±15V 仕様では、2.4KΩ の電圧降下が 3mA で 7.2V となっている。これは、15V の中点 7.5V に設計されたと推測する。実測値は、電源電圧が 16V あるので Tr2 のベース電位の実測値は 8V になっている。22.5V の時の中点は 11.25V なので、同じ 3mA であったら、電源電圧上昇分 1.5 倍の抵抗値にすれば 11.25V になるはずだ。2.5KΩ×1.5=3.75KΩ としたいところだが、2.4KΩ×1.5=3.6KΩ とすれば、10.8V の電圧降下になる。

回路を見直した結果、2SK147-GR のゲートを接地して Z の電位 (1KΩ) を 0V に調整した時のドレイン電圧 (Tr2 のベース電位) の実測値が 11.07V となり、設計通り動作した。この時の 2SK147-GR のソースの電位は 144mV で、半固定のこの時の抵抗値が 45.17Ω なので、3.18mA の電流となっていることが確認できた。

先のパターン図の値を変更している。

MJ無線と実験 2020年9月号 [図 39]Nutube ハイブリッドパワーアンプの SAOC	MJ無線と実験 2021年2月号 No. 275 [図 15]パワーアンプ用 SAOC
-----------------------------------------------------	------------------------------------------------

## 7.4. 気になる事

Nutube を使ったハイブリッドタイプのパワーアンプで気になることがある。回路図の結線と基板図の配線で違いがあるのだ。例えば、MJ 無線と実験の 2021 年 10 月号の[図 8]2SA606 タイプ Nutube ハイブリッドパワーアンプの回路図と 2021 年 11 月号の[図 32]2SA606\_2SK215 タイプ Nutube ハイブリッドパワーアンプ基板の図の結線とを見比べてみる。

回路図の入力は、T2 の G2⑭番ピンに結線されている。基板でも同様。結線をたどってゆくと回路図は最終的に Tr9 の正側に到達するが、基板図では Tr10 の負側に到達する。

差動のもう一方の SAOC Z は、回路図では Tr10 に至るが、基板図では Tr9 に至る。

基板図は、入力で正側に振れていた信号が、出力では負側に振れるとおもう。非反転アンプのはずなのに、反転アンプと同じ信号の出力になっている。私が作成したパターン図は、回路図に従っているので、入力信号は、同相で出力される。ここが気になる。

回路図の結線先		差異	基板の結線先	
入力	T2 の G2⑭番ピン	←同じ→	入力	T2 の G2⑭番ピン
T2 A2⑩番ピン	Tr3 のゲート	←同じ→	T2 A2⑩番ピン	Tr3 のゲート
Tr3 のドレイン	Tr6 のベース	←違う→	Tr3 のドレイン	Tr5 のベース
Tr6 のコレクター	Tr7 のゲート	←違う→	Tr5 のコレクター	Tr8 のゲート
Tr7 のソース	Tr9 のゲート	←違う→	Tr8 のソース	Tr10 のゲート
SAOC Z	T1 の G1④番ピン	←同じ→	SAOC Z	T1 の G1④番ピン
T1 A1⑦番ピン	Tr4 のゲート	←同じ→	T1 A1⑦番ピン	Tr4 のゲート
Tr4 のドレイン	Tr5 のベース	←違う→	Tr4 のドレイン	Tr6 のベース
Tr5 のコレクター	Tr8 のゲート	←違う→	Tr6 のコレクター	Tr7 のゲート
Tr8 のソース	Tr10 のゲート	←違う→	Tr7 のソース	Tr9 のゲート

Nutube 6P1 電流伝送パワーIVC MKⅡ

作成レポート

2019年9月29日

## 目次

1. はじめに.....	1
2. 基本方針.....	2
3. アンプ部.....	3
3.1. 検討.....	3
3.2. 部品の確保.....	3
3.3. 回路設計.....	4
(1) キャノンコネクタ／制御部回路.....	4
(2) スロースタート／クイックオフ.....	4
3.4. 基板設計.....	5
(1) 制御部／過電流検出基板／バッテリーチェック.....	5
(2) アンプ部／SAOC／DC 検出／スロースタート・クイックオフ基板(Lch).....	6
(3) アンプ部／SAOC／DC 検出基板(Rch).....	7
3.5. 筐体設計.....	8
(1) フロントパネル、リアパネル寸法図.....	8
(2) 内部配置.....	8
(3) 基板吊り下げ用Lアングル.....	9
(4) MOS-FET の放熱器への取付.....	10
(5) 放熱器の加工.....	10
3.6. 製作.....	11
(1) Lアングル、取付金具、放熱器加工.....	11
(2) フロントパネル加工.....	12
(3) リアパネル加工.....	12
(4) 電源制御部／過電流検出／バッテリーチェック基板.....	12
(5) 筐体の組み立てと配線(制御部).....	13
(6) 素子選別 (SCT3030AL の $V_{GS}$ 測定).....	14
(7) 素子選別 (2SK246-BL の $V_{GS}$ 測定).....	14
(8) 素子選別 (2SJ78 の $V_{GS}$ 測定).....	14
(9) ドライバー段 2SK215.....	14
(10) パワーIVC 基板.....	15
(11) パワーIVC 基板の筐体への組み込みと配線.....	16
3.7. 調整.....	16
3.8. アンプ部の仕上げ.....	19
4. 電源部.....	20
4.1. 検討.....	20
(1) トランスの仕様.....	20
(2) 整流・平滑回路.....	20
(3) 筐体の高さ.....	20
(4) 筐体の奥行き.....	20
(5) 電源 SW と外部機器 SW 連携.....	21
(6) $\pm 22.5V$ 定電圧電源.....	21
(7) $+32.1V$ 定電圧電源.....	21
4.2. 部品の確保.....	22
4.3. 電源部の回路設計.....	23
(1) 整流・平滑回路.....	23

(2) $\pm 22.5\text{V}$ 安定化電源回路.....	23
(3) $+32.1\text{V}$ 安定化電源回路.....	24
(4) 外部機器 SW 連携用リレー回路.....	24
4.4. 筐体設計.....	25
(1) 筐体の高さの確認.....	25
(2) フロントパネル、リアパネル寸法図.....	25
(3) 内部寸法図.....	26
4.5. 基板設計.....	30
(1) $\pm 22.5\text{V}$ 整流.....	30
(2) $\pm 22.5\text{V}$ 平滑基板.....	30
(3) $\pm 22.5\text{V}$ 定電圧電源基板.....	31
(4) $+32.1\text{V}$ 整流・平滑基板／リレー用整流・平滑基板.....	32
(5) $+32.1\text{V}$ 定電圧電源基板.....	32
(6) 外部連携 SW 制御.....	33
4.6. 製作.....	34
(1) 基板作製.....	34
(2) Lアングル、放熱器加工.....	36
(3) 筐体フレーム加工.....	37
(4) フロントパネル加工.....	37
(5) リアパネル加工.....	37
(6) 筐体組み上げ、配線.....	38
4.7. 確認と調整.....	41
5. ヒアリング.....	42
6. 後記.....	42

## 8. はじめに

コルグの Nutube 6P1 を使用した DAC の音質の良さに感動し、MJ 無線と実験の 2017 年 6 月号、7 月号に掲載された DC アンプシリーズ No. 253 「Nutube バッテリードライブハイブリッドパワー-IVC」を作成した。当初、No. 253 はバッテリードライブ仕様で一旦作成し、AC 対応版に移行する事を考えていたが、AC 電源での稼働は容易に実現できてしまった。ところで、この所、出力 10W 級のパワーアンプを連続して作成してきている。10W でも十分だとは思いますが、もう少し出力があると、大編成のオーケストラの曲も実は余裕持って再生するのではないかと考えた。そこで、MJ 無線と実験の 2018 年 12 月号、2019 年 1 月号に掲載された差動回路に 6P1 を使用した DC アンプシリーズ No. 262 「Nutube バッテリードライブハイブリッドパワー-IVC」のミドルパワーのアンプをメインシステム用に作成することにした。

2019 年 6 月 20 日

## 9. 基本方針

No. 262 Nutube 6P1 差動パワーアンプもまたバッテリードライブのアンプである。No. 253 の Nutube 6P1 パワー-IVC の経験から別筐体で電源 BOX を作成しておくとは後々融通が利くことがわかったので、無理にアンプと電源回路を 1 筐体に一体化共存させず、分離して作成することにする。

一体化すると、アンプ基板は左右に振り分けなければならなくなり吊り下げ式が難しくなる。

※MJ 無線と実験の 2019 年 2 月号の P93 に DC アンプシリーズ No. 262 「Nutube バッテリードライブハイブリッドパワー-IVC」の訂正が [No. 262 の訂正] として記載されている。2019 年 1 月号に再掲載された図 10 も誤った内容が掲載されているので、2019 年 2 月号の [No. 262 の訂正] に従う。

## 10. アンプ部

### 10.1. 検討

誌面で使用されている筐体は HY70-33-23BB だが、既存の他の機器と幅を揃えたいのと、ゆったりとした配置とした方が作り易いので、ひと回り大きな HY70-43-33SS を使用する。

アンプ筐体の高さ、奥行きは、先の No. 253 Nutube 6P1 パワー IVC の経験から問題ないと判断する。

### 10.2. 部品の確保

消費税増税が間近なので、2019 年 9 月までに制作に欠かせない必要な部品集を購入しておきたい。

ところで、半導体アンプを作るのは、部品単品の価格が安いからだが、SCT3030ALGC や NuTube 6P1 などは高額で困る。

◎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、同一製品ラインナップの耐圧違いなどを入手した部品。

▽印：指定部品ではなく、定数や耐圧など規格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。

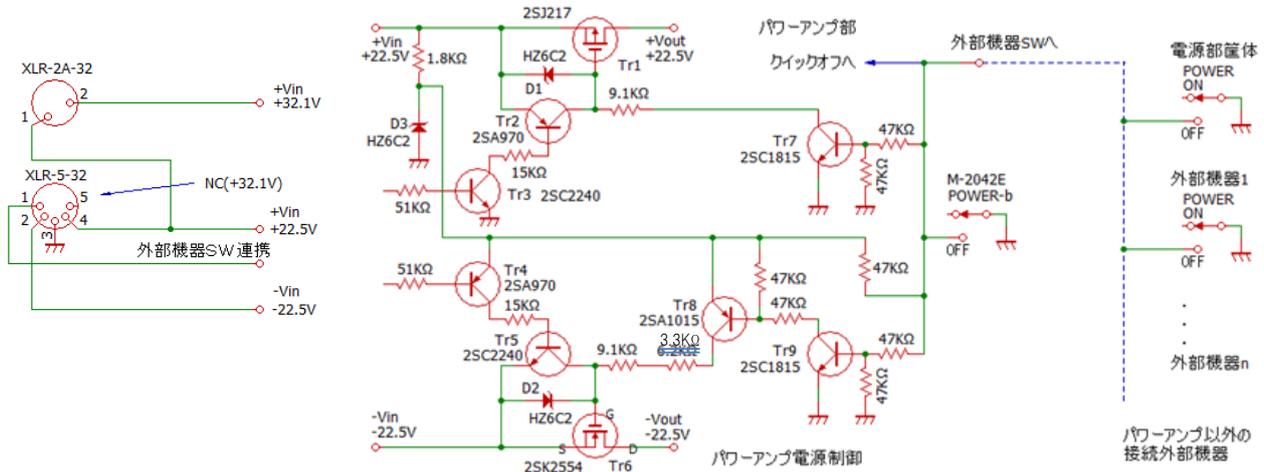
入手	名称	説明
◎	NuTube 6P1	特に問題なく入手
◎	SCT3030ALGC	入手。入荷待ちが長く続き、なかなか入手できなかった。非常に高価。ちょっとした真空管並みの価格。
○	2SK215	2SK215 のペア測定品を入手した。
△	2SJ77	2SJ78 の VGS 測定をして揃っている物の販売を依頼して入手。 ドレイン・ソースの電圧違い 2SJ77:-160V, 2SJ78:-180V
○	2SK246-BL	確保。代替はない。
▽	2SA1156	代替として 2SA1358-Y を使用する。
×	HZ7C1	HZ7C2 を確保。代替候補*はフェアチャイルドの 1N5236B。
×	HZ6C1	HZ6C2 を確保。代替候補*はフェアチャイルドの 1N5234B。
×	1S1588	確保。代替候補*としてはフェアチャイルドの 1N4148。
○	200D5	確保。なかなか、代替はない。
○	2SK147-GR	確保。記事には、2SK170-BL でも良いと書かれている。
◎	TC4011BP	特に問題なく入手。
○	2SK2554	確保。高価なので安価な代替品を探したい。
○	2SJ217 (制御部)	確保。
▽	2SJ217 (スロースタート)	Si Pch MOS-FET の 2SJ217 は高価なので、Nch MOS-FET 2SK2967 に変えて PNP トランジスタでスイッチングすることにした。
△	ケース タカチ HY70-33-23BB	サイズ違いの HY70-43-33SS を購入する。
×	MTL406N-P	アンプ部は、2 回路のスイッチが必要であるが、大電流は流さないなので、手持ちの電流容量 3A の MS-720L-2-R-N-G(廃止品)を使用。
×	ニッコーム 板抵抗	タクマンの REY50FX を使用。ラインナップが減少しており、また、完売の定数も出てきたので、不足の定数を REY50FY で補う。FX と FY は、温度係数± (ppm/°C) が異なる。FX: ±100ppm/°C, FY: ±50ppm/°C

※ 代替候補は実際に使えるか否かの検討をしたわけではない。

### 10.3. 回路設計

#### (1) キャンノコネクター／制御部回路

No. 253 の Nutube 6P1 パワー IVC で使用した回路同様に外部機器 SW 連携を入れる。2 回路のスイッチを使用したかったので、±22.5V の電源スイッチは付けていない。制御部の電流が消費されるが、電源供給側で ON/OFF するので問題ない。また、+32.1V のスイッチも当初付けていたが省略した。

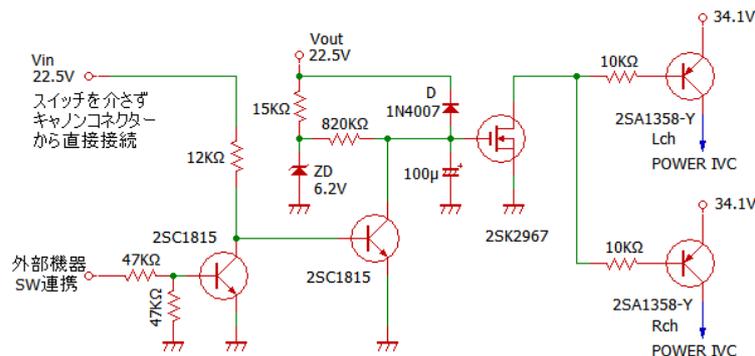


#### (2) スロースタート／クイックオフ

スロースタート回路には、外部機器の SW 操作でもスロースタートが有効となるよう、名付けて「クイック OFF 回路」を追加。No. 262 Nutube 6P1 差動パワーアンプのスロースタートは、2SJ217 を使用しているが、これだとクイックオフが導入しづらい。N-ch の MOS FET を使用する回路に変更する。

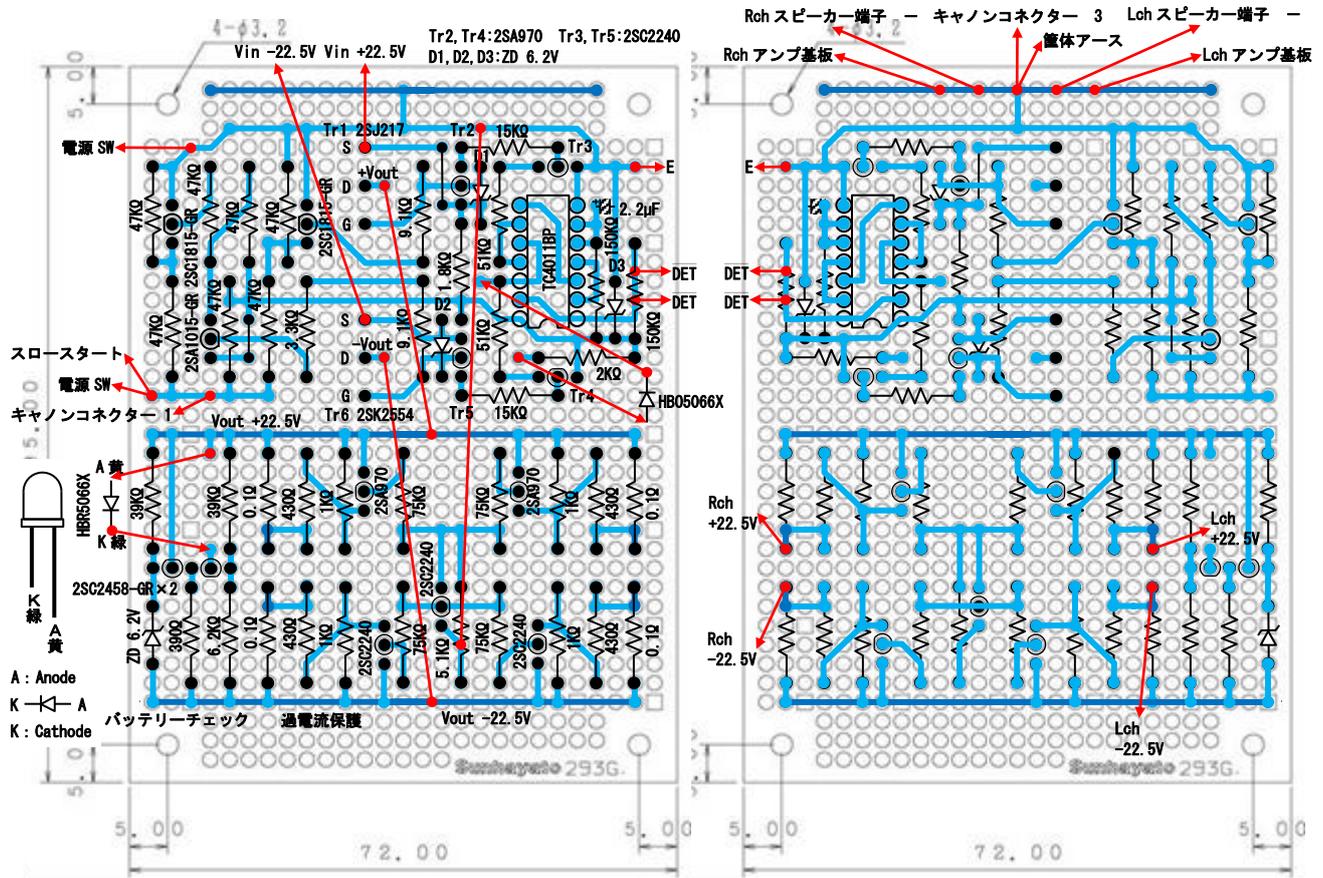
なお、左右それぞれの基板にトランジスタを設けて差動回路までの距離を短くした方が良いのではないかと考え、下図のような回路とすることにした。うまく行くか確かめてみる。

オリジナルの 2SA1156 のコレクター・エミッター間電圧は-400V である。2SA1358-Y は-120V であるが、本機の場合は、電源電圧から全く問題ないと判断した。



## 10.4. 基板設計

### (1) 制御部／過電流検出基板／バッテリーチェック

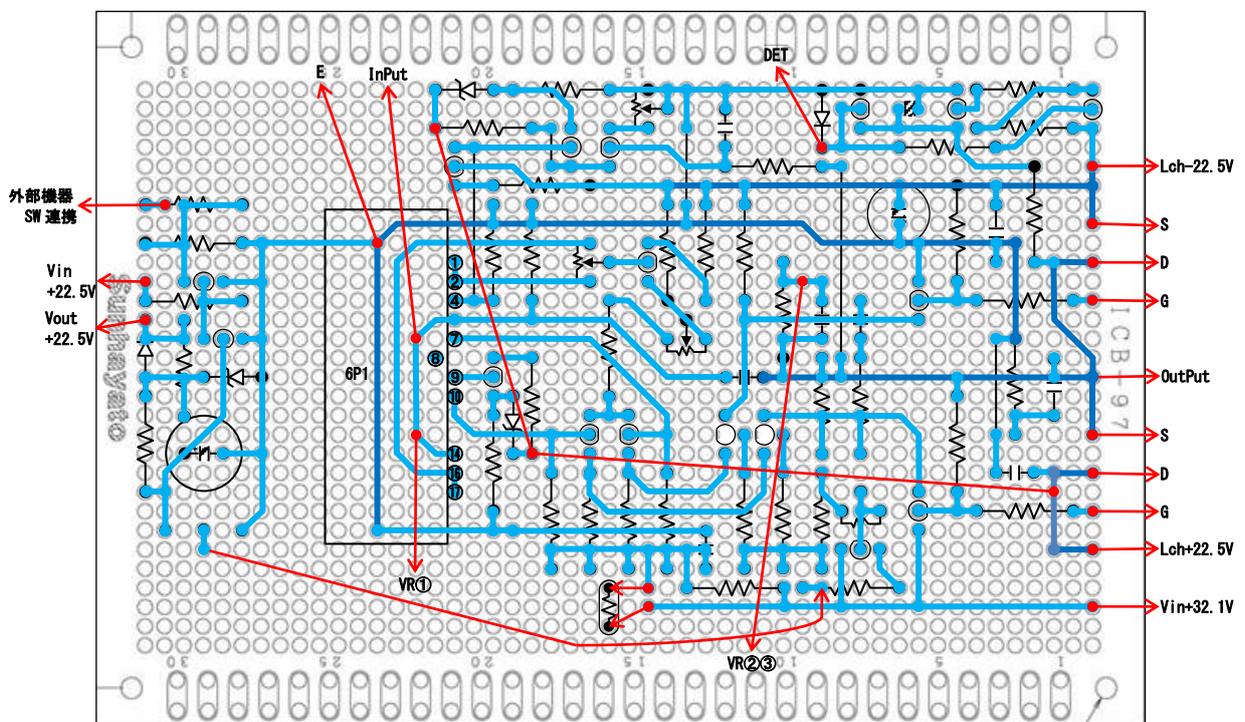
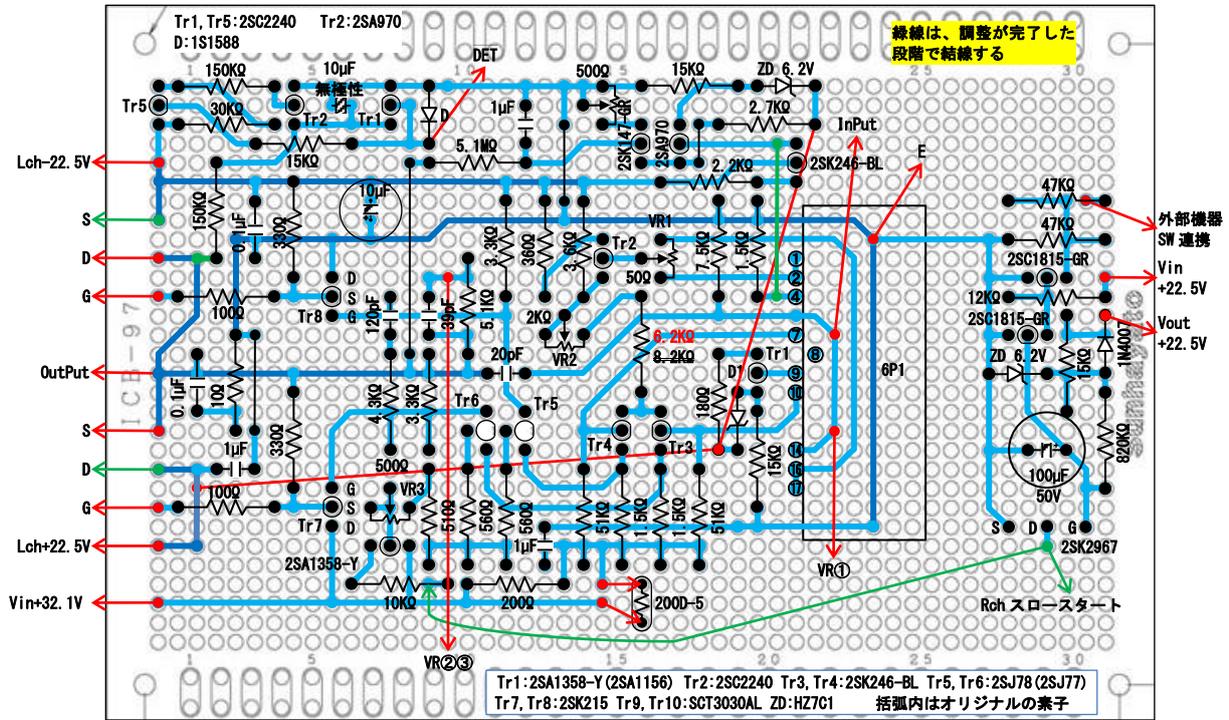


バッテリーチェックに使用するLEDは、スタンレーのHBR5066Xではなく、照光式押し釦スイッチのミヤマのMS-720L-2-R-N-G(製造終了品)のLEDである。このLEDには15mA流す必要があるので、電流を調整する抵抗の値は、 $(6.2V - 0.6V) \div 0.015A = 373.333\Omega \approx 390\Omega$ の抵抗を使用する。

(2) アンプ部/SAOC/DC検出/スロースタート・クイックオフ基板(Lch)

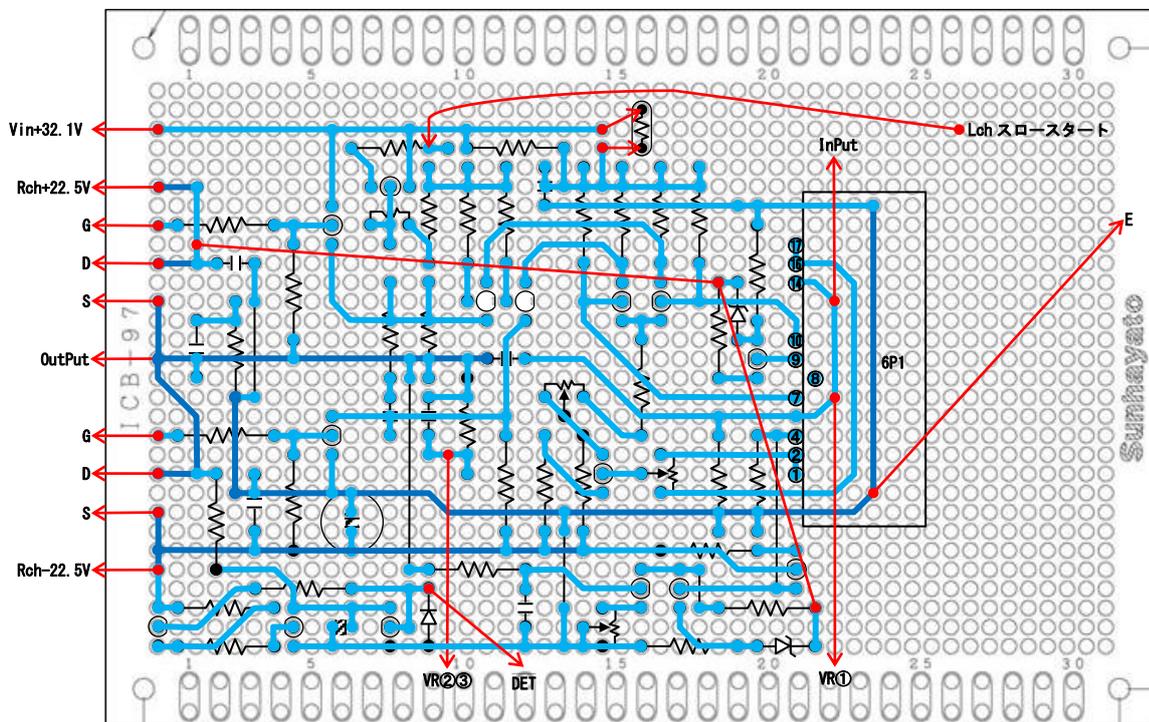
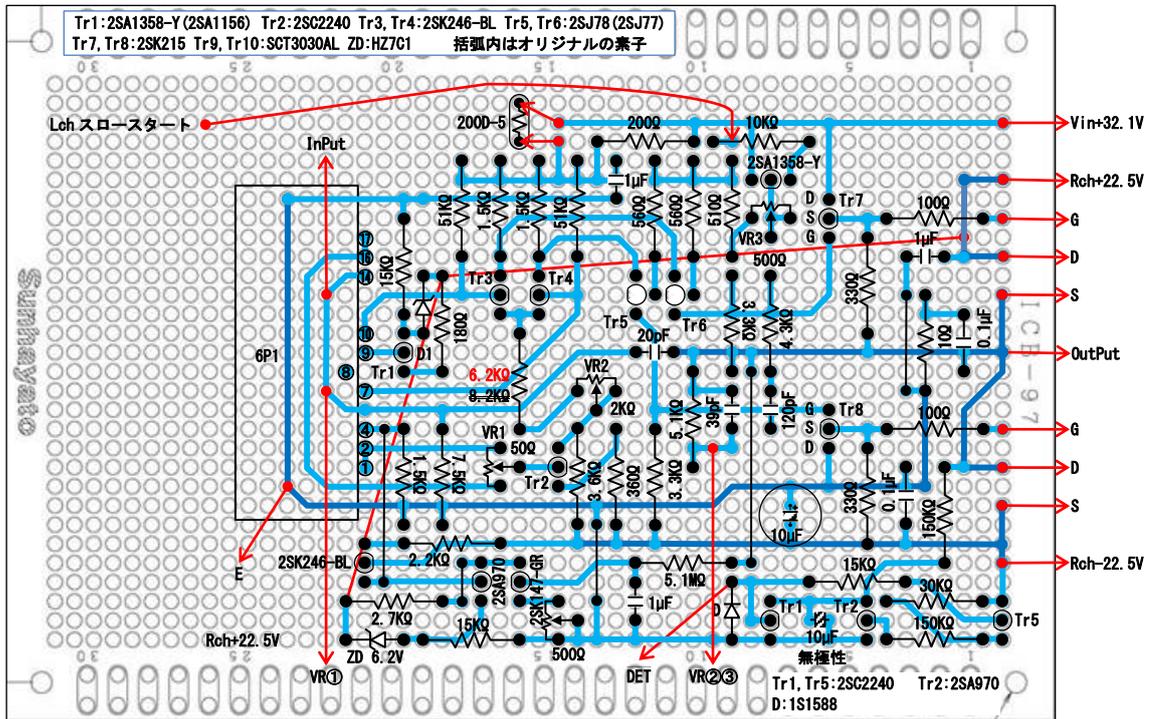
穴あけ基板が ICB-293(72×95mm)では部品が収まらないので、ICB-97(95×138mm)使って部品配置とパターン図を検討した。SOA と DC 検出も同一基板に実装する。

スロースタート・クイックオフ回路は、Lch 基板にのみ実装する。



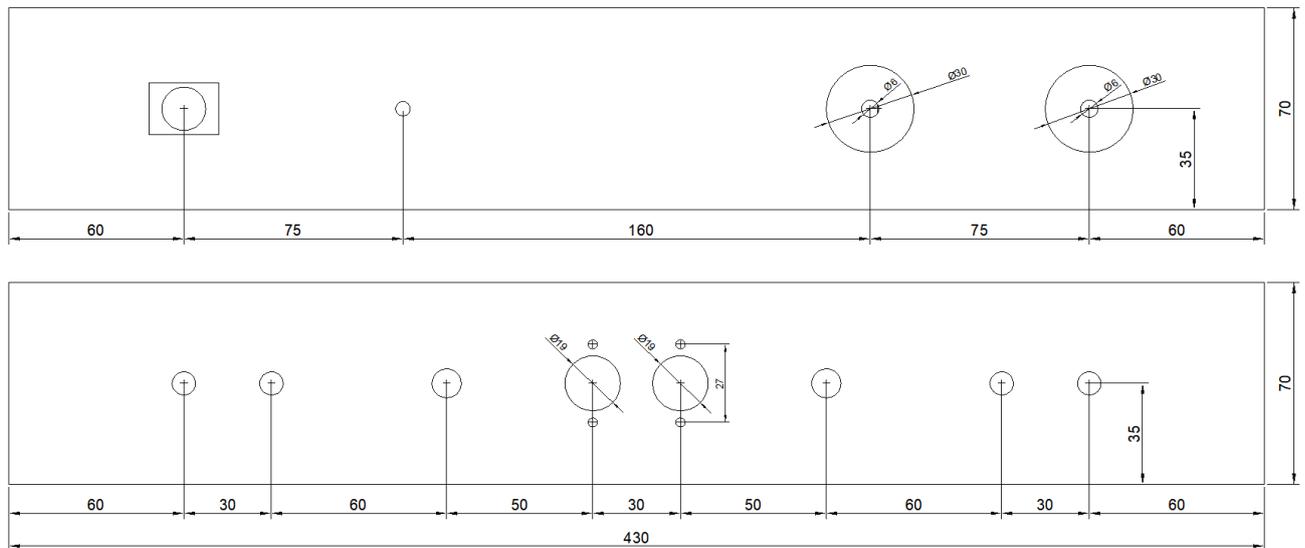
(3) アンプ部/SAOC/DC 検出基板 (Rch)

スロースタート・クイックオフ回路は Rch 基板には実装せず、Lch 基板の回路を共用する。



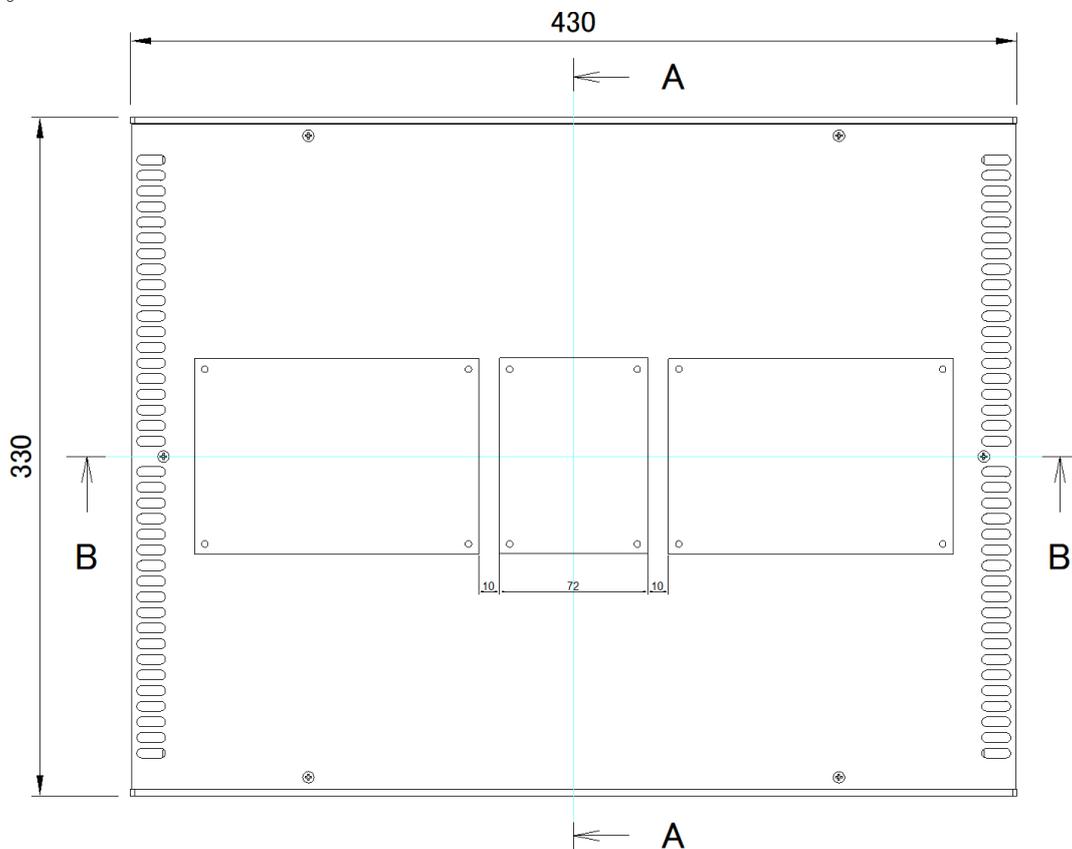
## 10.5. 筐体設計

### (1) フロントパネル、リアパネル寸法図



### (2) 内部配置

ICB-97 (95×138) でアンプ基板を作成すると、ICB-93/ICB293 (72×95) が中間に 1 枚入るだけだ。筐体を 10cm も広げた割には、スペースがない。記事のアンプ基板は当然 AT-1S (86×86) なので、比較すると、10cm が使用されてしまった状況だが、制御部、過電流検出、バッテリーチェックを中央部の ICB-93/ICB-293 に配置し、DC 検出、スロースタートをアンプ基板に同居させることでこの配置が可能であることを確認した。

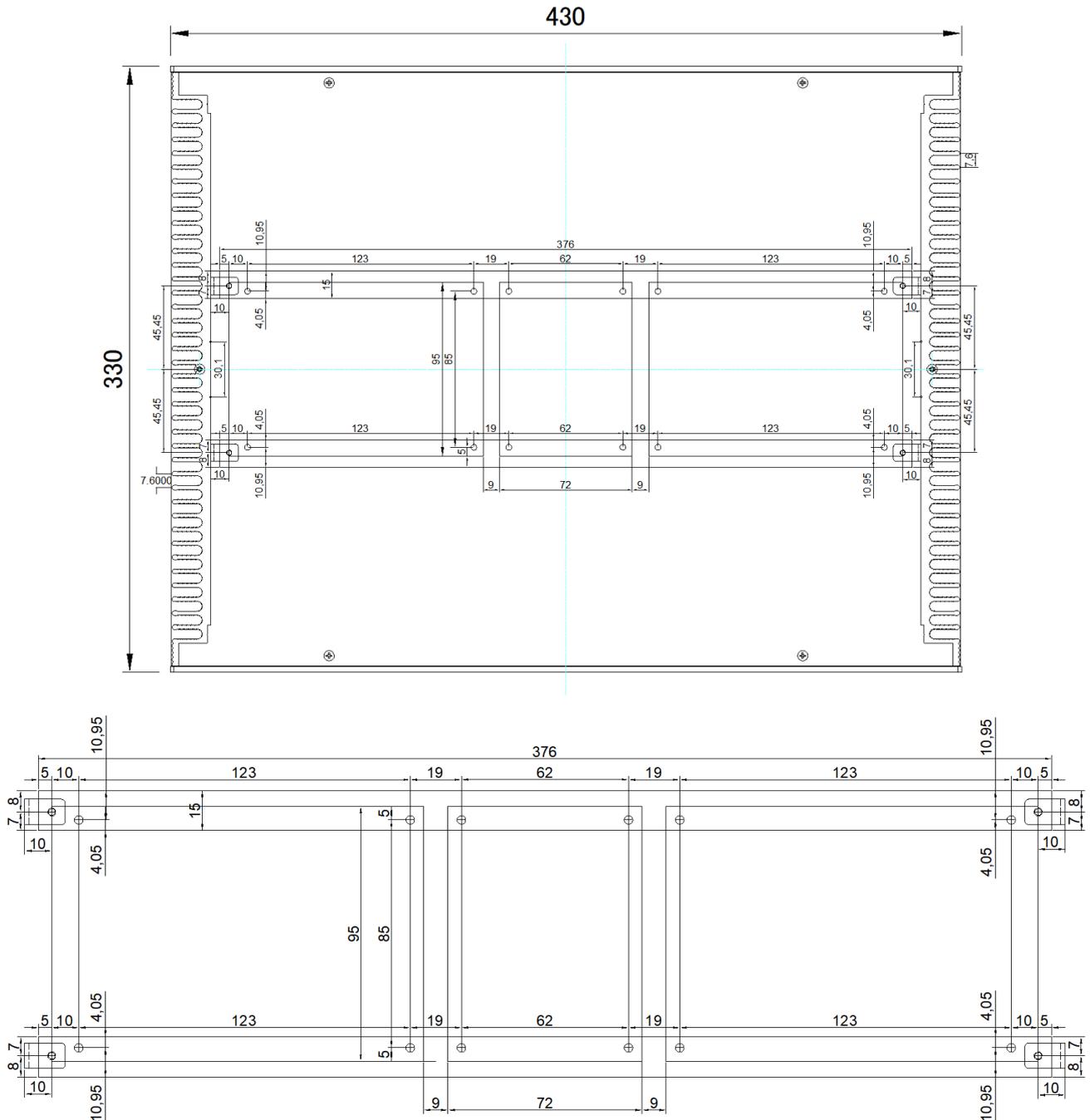


### (3) 基板吊り下げ用Lアンクル

タカチのサイトに掲示されている図面をみると、放熱器のひだの間隔は、7.6mm でこれと基板のサイズを鑑みて基板吊り下げ用のLアンクルの固定位置を検討した。検討の結果、吊り下げ用のアンクルは10mmのLアンクルではなく、15mm幅の5×15mm 1.2tの不等辺Lアンクルにすることにした。

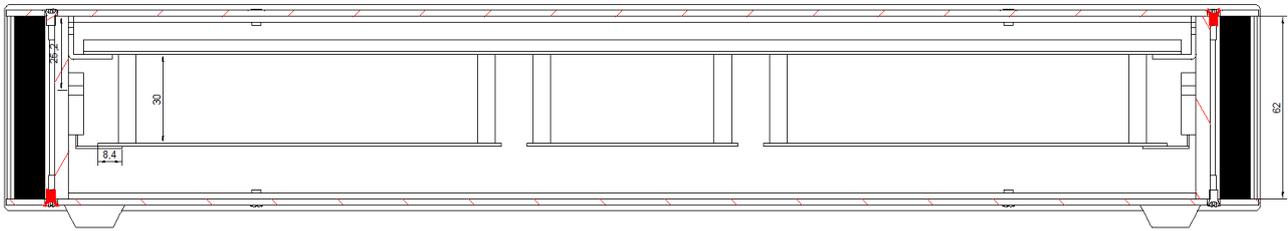
このLアンクルをタカチの金具 UCK-P13 を使って放熱器に固定する。

POWER SiC MOS-FET SCT3030AL は、基板上の間隔は、27.94mm であるが、放熱器では、30.1mm の間隔となる。従って、SCT3030AL の足を 1.08mm まげて取り付けることになる。



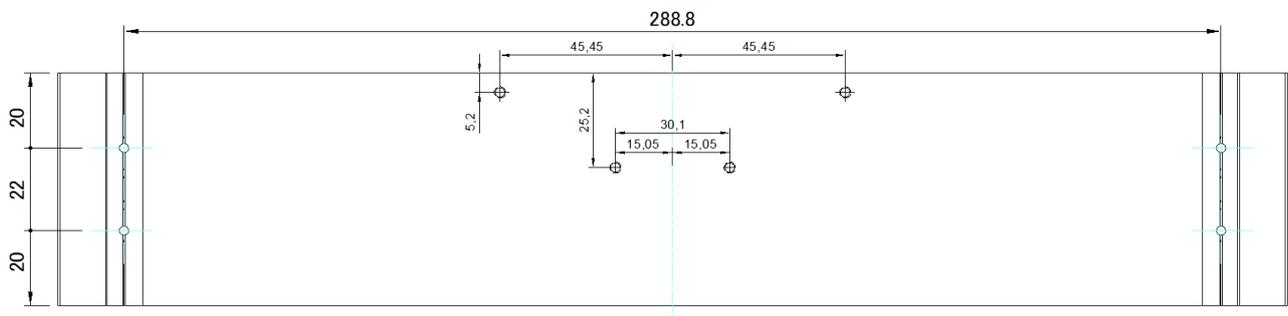
#### (4) MOS-FET の放熱器への取付

放熱器には基板吊り下げ用の L アングルをタカチの金具 UCK-P13 を使って放熱器に固定する。  
MOS-FET は足を折り曲げ、基板に半田面から半田付けする。



#### (5) 放熱器の加工

タカチの金具 UCK-P13 の取付穴と MOS-FET の取付穴をあける。何れも 3φ のタップを立てる。





## (2) フロントパネル加工

パワースイッチ以外は、穴あけが容易。パーツを取り付けた後、レタリングを施すと、きれいに揃えられないので、この段階でテプラの4mm幅の透明テープで文字を作成して張り付けた。

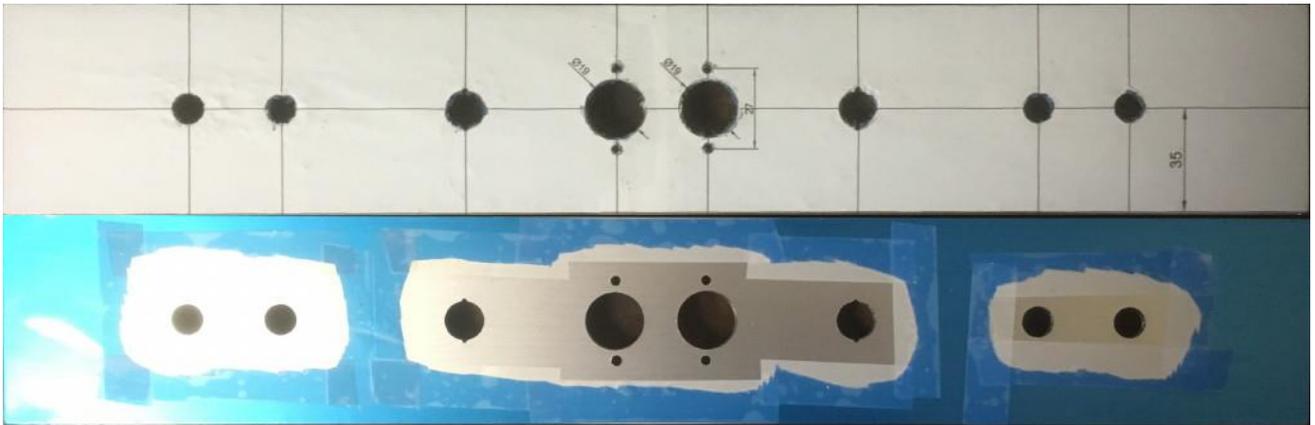
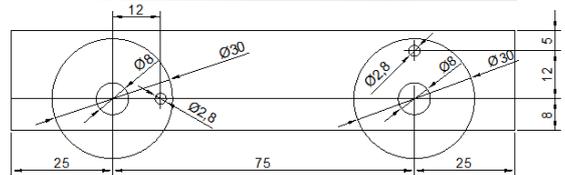


この他、幅25mm厚さ2tのアルミ平板で、ボリュームの回転止めを作成。配線し易い様に左右で向きを変えている。



## (3) リアパネル加工

キャノンコネクタの取付穴の様な大きな穴を開けるのがたいへん。一日かがりの作業。

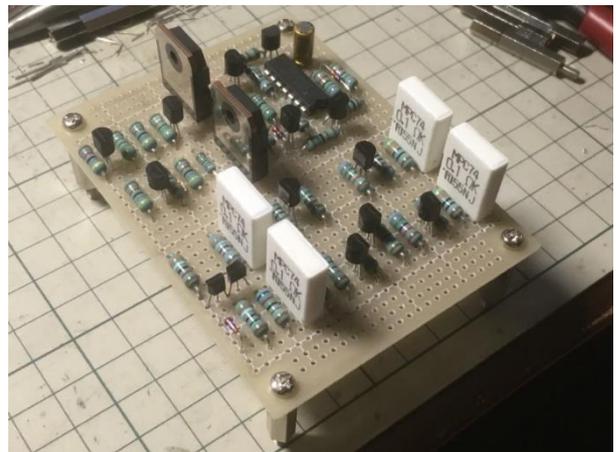


## (4) 電源制御部／過電流検出／バッテリーチェック基板

基板の配線は、モガミの2497の素線ではなく、モガミの50芯2416を使用して配線した。50本の心線なので、7本撚線が7本取れる。

これまで電源制御部の外部機器連携によるON/OFF制御トランジスタに2SC1815と2SA1015を使用してきたが、あれだけ大量に流通在庫があったのに、今は、よく見ると東芝製でなく代替品が殆どになった。もう以前のように気軽に使えなくなってしまうのか。

MPC74 0.1Qは足のピッチが2.54mm単位ではないので、基板の穴に合わない。そこで、穴を先の細いやすりで長円形に加工した。



### (5) 筐体の組み立てと配線(制御部)

筐体を組み立て、アンプ基板はまだ取り付けずに制御部、過電流検出基板を筐体に組み込む。基板を吊り下げるスペーサーは、30mm 長の物を使用した。PROTECTOR の LED は、アラルダイトではなく、いつものように水性のポンドでフロントパネルに固定した。この方が LED をパネルから外しやすい。

この筐体は、天板、底板を取り付けない状態だとひし形になってしまうので、底板を取り付けて、長方形にしてからフロントパネルとリアパネルの天板側のビスを締め。次に天板を取り付けてから、底板を外し、底板側のフロントパネルとリアパネルのビスを締めて長方形にしてから配線に取り掛かった。

配線材には、DAIEI 電線の 20 芯、30 芯ではなく、モガミ 2414 (19 芯) と 2415 (30 芯) を使用して電源スイッチ、LED (PROTECTOR)、基板、キャノンコネクタ間を接続した。

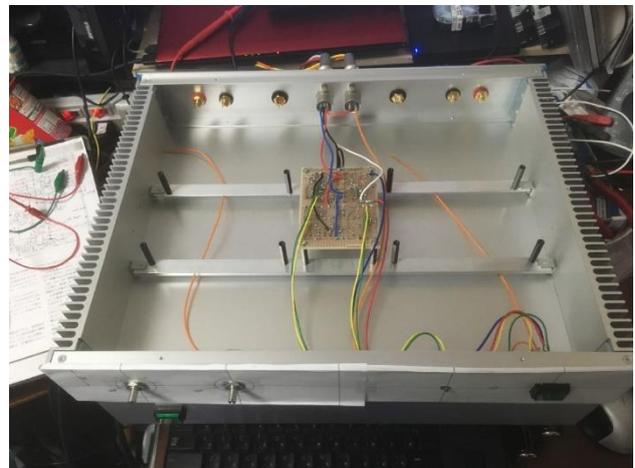
接続が完了したら、電源部の筐体から電源を接続し、電圧測定、動作確認を行う。制御部は常時通電とし、電源部の電源スイッチで ON/OFF する仕様としたので、電源部の電源を投入した時点で TC4011BP 等に通電される。

次にアンプの電源スイッチを入れ、Tr1 2SJ217 と Tr6 2SK2554 のドレインに電圧が出力されることをチェック。電源の LED も正常に灯った。

ここで、定数を変更すべき部分がある事に気が付いた。電源が±15V の場合、制御部のマイナス側の 2SK2554 のゲートの抵抗を 9.1KΩ+6.2KΩとして、正側と同じ電流が流れるようにした。今回、電源電圧が±22.5V である為、ここを見直す必要がある。正側は、9.1KΩに 2.2mA 流しているので、(±15V の時は 1mA) 負側の電流を同等にするために、6.2KΩを 3.3KΩに変更する必要がある。抵抗を取り外すのは大変なので、6.2KΩにパラに 6.8KΩを裏付けして対応した。9.1KΩと 3.3KΩ(6.2KΩ//6.8KΩ)の接続点が 0V になるのが理想だが、ちょっと、0.14V ほどずれた。

次は、プロテクターの確認。誌面では、DC 検出の回路でチェックするように書かれているが、直接、DETを接地して、LED が点灯するか確認。動作的には問題ないが、ちょっと暗すぎる。要調整。また、Tr1 2SJ217 と Tr6 2SK2554 のドレインが OFF するか確認。OK。

電源を入れた状態で、外部連携 SW を接地。Tr1 2SJ217 と Tr6 2SK2554 のドレインが OFF するか確認。ここで、負側のドレインがだらだらと 30 秒~40 秒かかって 0V に至ることに気が付いた。なぜだろう。全く電流を消費していないせいだろうか。直ぐにはわからないので、先に進める事にし、過電流保護の出力電圧を確認。問題なし。



**(6) 素子選別 (SCT3030AL の  $V_{GS}$  測定)**

記事の指定に従い、 $I_D$  を安定させるため、記事通り素子に放熱器を装着して測定を行った。 $V_{GS}$  測定用にテスターを接続すると  $I_D$  が増加してしまうので、 $V_{GS}$  の測定用のテスターを接続しないで、 $I_D$  を 150mA に設定し、その後、ゲートへの接続を外して  $V_{GS}$  を測定した。

結果は、表のとおりである。これだけ揃っていると確かに特に測定しなくとも良いと思う。

組み合わせは、3 と 4、1 と 5、6 と 2、7 と 8 とする。本機には「3 と 4」、「1 と 5」を採用する。6 と 2、7 と 8 は、先の No. 253 「Nutube バッテリードライブハイブリッドパワーIVC」の作成に使用した。

SCT3030AL  $V_{GS}$  測定結果  $I_D=150mA$

No.	$V_{GS}$ (V)
1	5.18
2	5.20
3	5.17
4	5.17
5	5.19
6	5.19
7	5.23
8	5.24

→

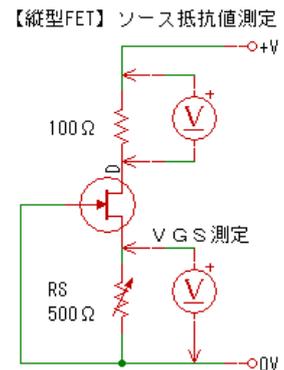
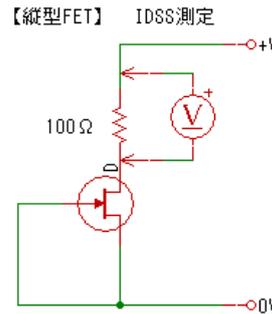
No.	$V_{GS}$ (V)
3	5.17
4	5.17
1	5.18
5	5.19
6	5.19
2	5.20
7	5.23
8	5.24

**(7) 素子選別 (2SK246-BL の  $V_{GS}$  測定)**

回路図の測定電圧から  $I_D=2.1mA$  が流れていることがわかる。そこで、IDSS でペアマッチングした素子を  $I_D=2.1mA$  に設定して  $V_{GS}$  を測定してペア抽出する。

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	$V_{GS}$ $I_D=2.1mA$	以前測定値
1	6.61mA	1.647V	No. 26 6.77mA
2	6.59mA	1.651V	No. 27 6.78mA
3	6.68mA	1.682V	No. 28 6.79mA
4	6.67mA	1.671V	No. 29 6.80mA
5	6.66mA	1.658V	No. 30 6.80mA
6	6.63mA	1.663V	No. 31 6.81mA
7	6.71mA	1.698V	No. 39 6.88mA
8	6.98mA	1.744V	No. 40 6.88mA



$V_{GS}$  が揃っている「1 と 2」、「5 と 6」の組み合わせを使用する。

**(8) 素子選別 (2SJ78 の  $V_{GS}$  測定)**

差動回路の 2SJ78 (2SJ77 の代替) は販売店に  $V_{GS}$  の測定を依頼し、 $V_{GS}$  が揃っている素子を購入した。ビニール袋には、 $V:0.85$  とマジックで書かれていたが、誌面回路図の測定電圧値からドレイン電流が 1.8mA 流れていることがわかるので、その値に近い 2mA で素子を再測定し、値に近い素子をペアとした。

番号	$V_{GS}$ $I_D=2mA$
1	-0.548V
2	-0.542V
3	-0.472V
4	-0.462V

**(9) ドライバー段 2SK215**

ドライバー段の 2SK215 もペア測定品として販売されている素子を購入した。ビニール袋には、 $V_{GS}:0.717$  と有効桁数 3 桁で書かれていたので、こちらは測定を行わなかった。

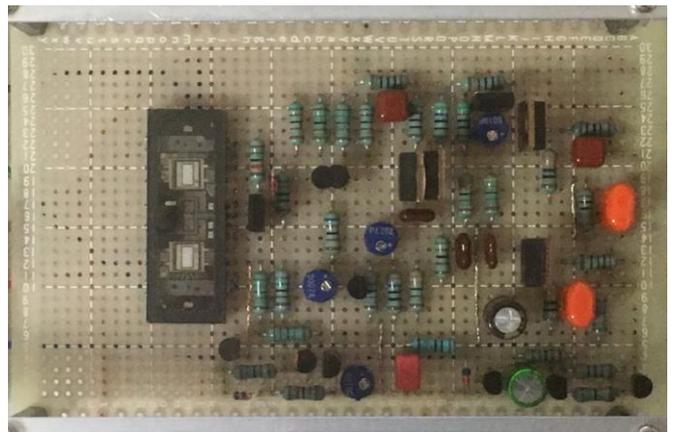
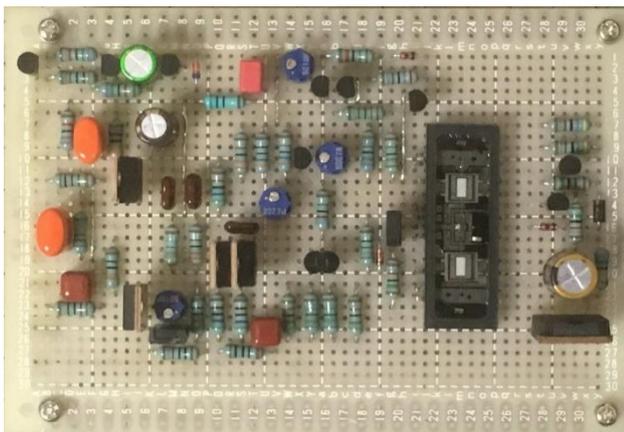
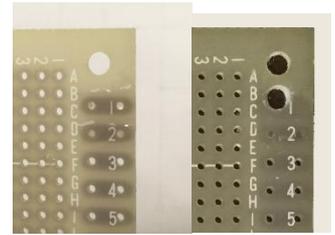
## (10) パワーIVC 基板

部品を実装する前に、基板の現在の丸穴位置から 5mm 内側（基板の端から 10mm）の位置に取付穴を開ける。ただ、そのまま開けると、既に空いている穴があつてずれたり、丸穴が崩れたりしてしまうので、エポキシの接着剤で、穴を埋め、ある程度固まったところでナイフで表面を平らに削って整え、接着剤が完全に固化してから穴あけした。

部品を実装してゆくと、パターン図の誤りに気づいたり、位置修正が必要な部分や、定数の変更が必要な素子があり、まずは、L-ch の基板からパターン図を修正しながら実装を進めた。

2SJ78 は、素子間にシリコングリスを塗布して事務用のクリップを加工して素子を挟んで熱結合した。ショートしないように内側にエポキシ板を挟んでいる。2SK246-BL は基板に取り付ける前に接着するのではなく、基板に取り付けてからエポキシ系接着剤で 2 素子を張り付けた。

基板作製時に配線しない部分がある。スロースタートとパワーIVC の Z との間、DC 検出回路の 150K $\Omega$  と出力との接続、SAOC と 6P1 の 4 番ピン(グリッド 1)の間は配線しない。また、SAOC の Z と GND 間に 1.5K $\Omega$  の抵抗を仮接続をしておく。

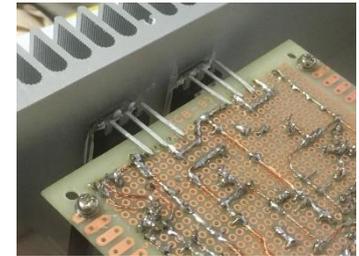


### (11) パワー-IVC 基板の筐体への組み込みと配線

まず、L-ch だけ筐体へ組み込む。SCT3030AL の足を  $90^\circ$  折り曲げ、放熱器に取り付けるが、その際に合わせて事務用のクリップを使って、サーミスタを挟み込む。交換の必要性が生じた際の配慮であり、アララダイトでの固定は行わない。SCT3030AL の足は、基板を組み込んだ際、基板の裏側からはんだ付けする。但し、+側の SCT3030AL のドレイン、マイナス側のソースはこの段階で結線せず、パターンや他の配線と接触しないように絶縁しておく。



この他、出力+端子から基板に 30 芯ケーブルで接続、出力-端子を 30 芯のケーブルで制御部基板のアース集中ラインへの接続、ボリュームへの結線(19 芯)、サーミスタの接続、Lch+22.5V からヒューズホルダー、テスター（電流測定モード）を介して、パワー-IVC 基板の+22.5V 接続ポイントに、Lch-22.5V から同じくヒューズホルダーを介して、パワー-IVC 基板の-22.5V 接続ポイントに接続。

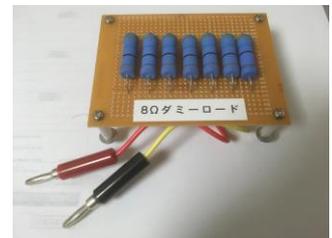


## 10.7. 調整

Lch 基板の調整を行う。Rch 基板未作成の状態。入力に  $1K\Omega$  を接続。誌面では、 $1K\Omega$  でターミネートした調整用ピンプラグを使用する様に記載しているが、調整用ピンプラグを毎回どこにしまったかわからなくなり、探すのが煩わしいので少しは目立つ写真で示す RCA ジャックが 2 個ついた端子板に  $1K\Omega$  を取り付けた治具に RCA のケーブルで接続して調整している。



出力には以前から使用している  $8\Omega$  のダミー抵抗を接続。



電源部からキャノンコネクタで接続して電源供給し、まずは、先に制御部のプロテクト機能の確認を行ったが、今度は DC 検出部の確認を行う。記事の調整方法に従い、 $150K\Omega$  の入力側とアース間にニッケル水素電池を接続して、PROTECTOR の LED が点灯し、TC4011BP の JK フリップフロップの出力が反転、2SJ217、2SK2554 が機能して  $\pm 22.5V$  の供給が断たれることを確認。電池の極性を変えて同じことをする。制御部の基板組み込みの時、PROTECTOR の LED の輝度が暗いと感じたが、正面から見るとそう暗くもない。暗く感じるのは、元々、 $1mA$  程度の少ない電流で輝く赤のスタンレー HBR5066X で設計されているが、少し多くの  $2\sim 3mA$  の電流が必要な橙の LED を取り付けたためだ。電流調整用の  $2K\Omega$  の代わりに  $620\Omega$ 、 $750\Omega$ 、 $820\Omega$  を外付けで繋いでみると、見やすい輝度で輝く。しかし、たまにしか点灯しないので、暗くても良いかなと思ひ、 $2K\Omega$  の抵抗を交換するのも面倒なのでそのままにすることにした。

正常に DC 検出回路が機能することが確認できたので入力の  $150K\Omega$  を出力ラインに接続。

SOA の調整。こちらの記事の調整方法に従い Z と GND 間が  $0V$  になるように調整。この調整は、かなり時間を要した。1 秒に  $0.01mV$  ずつ値が変動していつてなかなか固定しない。何度も何度も VR の微調整を行った。この時点ではまだ SAOC をパワー-IVC に接続しない。

誌面に従い、 $VR_1$  を調整して 2 段目差動を調整。 $VR_1$  は、後で  $V_o$  の調整にも使用する。

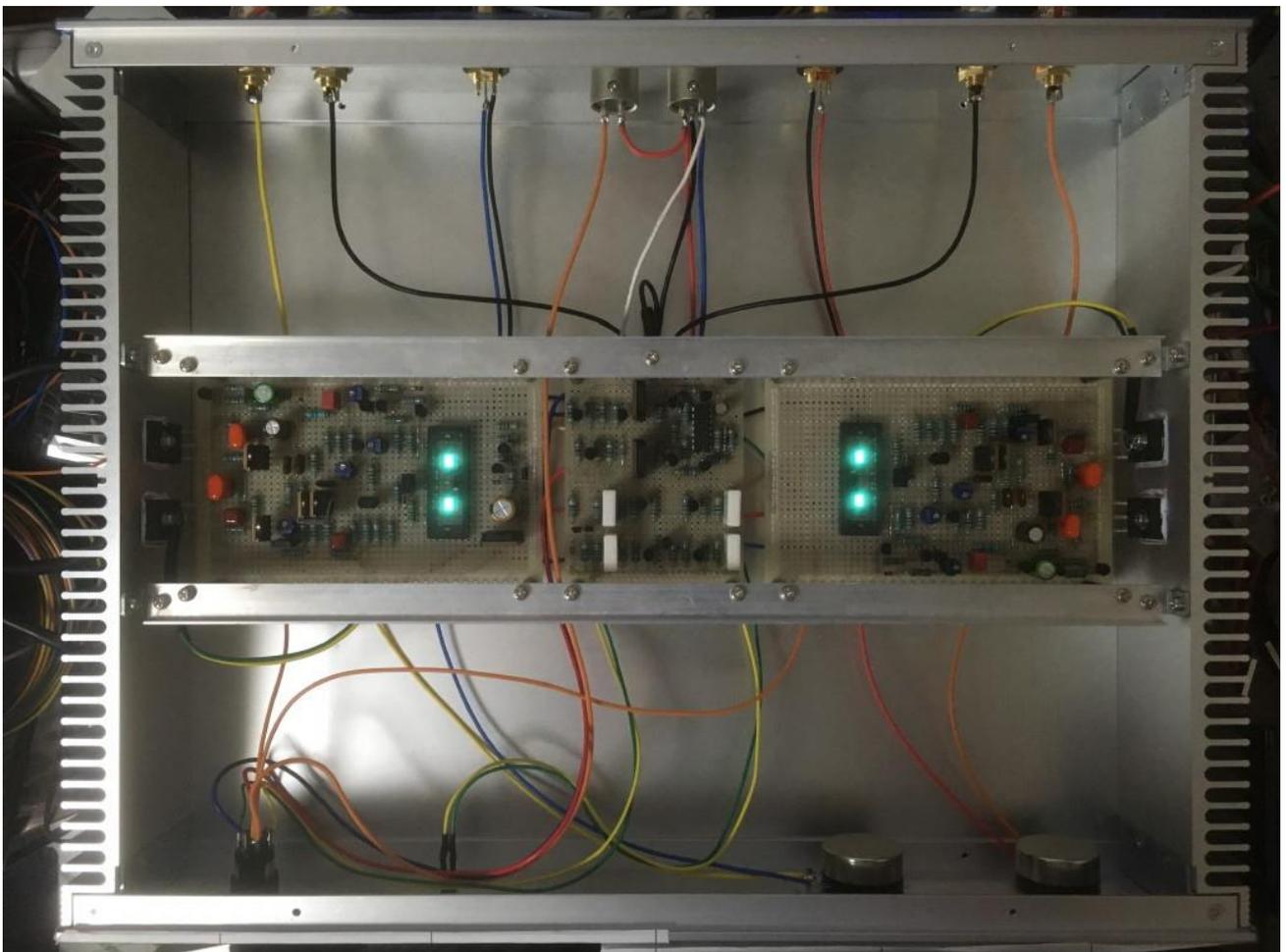
次に 6P1 のフィラメント電圧  $V_F$  を  $-2.5V$  に調整する。誌面、回路図の  $F_2$  ④番端子、または、Tr1 のコ

レクターの電圧を測る。調整は  $VR_2$  を調整する。あれっ?。半固定抵抗をいっぱい回しても  $-2V$  にしかない。多少誤差があっても構わないと記載されているが、これではちょっと…。回路図をみると、ローパワーでは、 $5.1K\Omega$ 、ハイパワーでは、 $10K\Omega$ 。ミドルパワー(誌面ではミッドパワーと書かれている)は、 $8.2K\Omega$ 。なんで中間の  $7.5K\Omega$  じゃないの?。試しに  $8.2K\Omega$  を  $7.5K\Omega$  に交換。これで  $-2.2V$  まで設定出来た。次に  $6.8K\Omega$ 。もう少し。  $6.2K\Omega$  で  $2K\Omega$  のボリュームの midpoint 付近で  $2.5V$  に設定出来た。なお、Tr1 の 2SA1156 の代替として使用した 2AS1358-Y は問題なく機能していることが確認できた。

次にスロースタートと SCT3030AL を接続。電源部筐体の電源を入れ、しばらくしてからアンプ筐体の電源 ON すると DC 検出が作動する。アンプ筐体の電源 ON にしたままで電源部筐体の電源を入れると、DC 検出回路は作動しない。いろいろ対策を検討したが、(たまにしか点灯しないと思っていた PROTECTOR の LED が何度も何度も点灯…。)結果、初段と 2 段目が安定しないうちにスロースタートの時間が来て DC が検出される事がわかり、抵抗の値を  $560K\Omega$  から  $820K\Omega$  に変更してスタートするまでの時間を長く取る事で解決した。

$32.1V$  を電源スイッチで ON/OFF して基板に供給していたが、ノイズが発生するのでスイッチは使用しないことにした。全体の電源 ON/OFF は電源筐体で行い、アンプ筐体の ON/OFF は制御部で  $\pm 22.5V$  のみをコントロールする。なお、2SA1156 の代替として使用した 2AS1358-Y の左右個別の 2 個使いも問題ない。

$I_o$  が  $150mA$  になるように調整する。ボリュームを右回転に回して…、と思いきやいきなりすごい  $I_o$ 。左に回したらさらに増加。右に戻していったら減少。パターンが逆じゃん。パターン図を修正して基板の実装も修正した。修正後、 $150mA$  に設定。安定している。



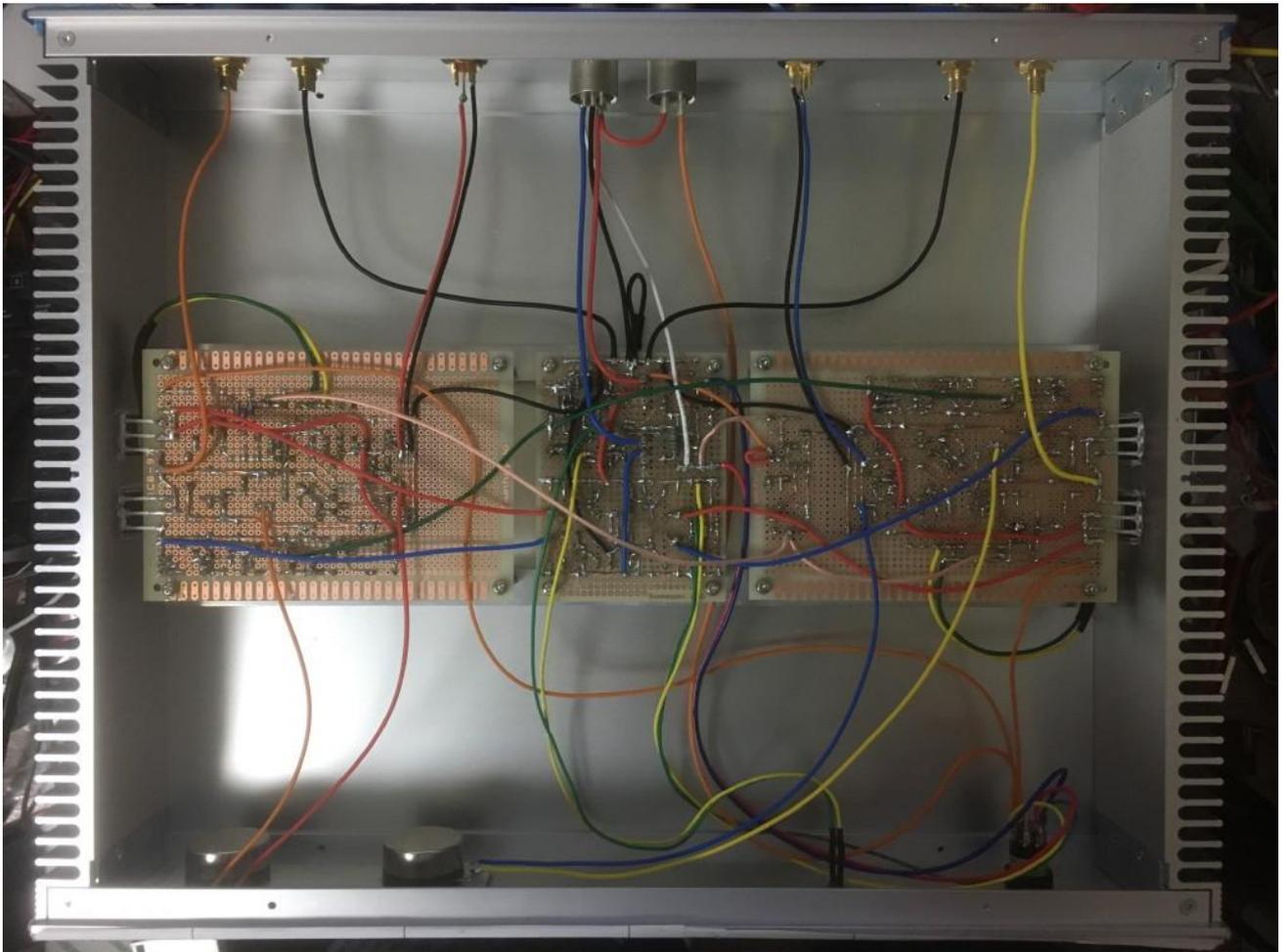
ここで SAOC を接続し、さらに、 $VR_1$  で  $V_o$  が 0V になるように調整した。

この片肺状態で、サブシステムのスピーカーにつないで Lch のみで音出ししてみた。通常ステレオでないと貧弱に聞こえるものだがいい音がする。Rch が出来た時が楽しみになった。

ただ、電源を切るとき「ブチっ」とすごい音がする。別途対策を検討する。

続いて、Rch を作成し筐体に組み込んで Lch と同様に配線・調整を行った。

調整時に電源ラインに入れているヒューズホルダーを介して基板に供給していた電源配線をケーブルに交換して、ひとまず完成。



※この写真の配線は最終形ではなく、検討段階時点で撮影したもの。

## 10.8. アンプ部の仕上げ

最終調整として  $V_o$  を調整。

フロントパネルのキズ保護用に付けていた紙を剥がしてつまみを取り付け、リアパネルのシートを剥がし、テプラの4mm幅の透明テープでレタリングを行った。

レタリングの字体とサイズはHGPゴシックM/10.5ポである。

電源 off 時に「ブチっ」と不快な音がする。制御部の何処が悪いという察しは付くが、問題点を特定できない。試しに制御部の+側、2SJ217 を制御するツェナーダイオード  $D_1$  を交換してみたところ、「ブチっ」音がしなくなった。電源 ON/OFF でのノイズは全く発生しない。なお、この対策を施したところ、電源 off 後、DC 検出するようになった。おそらく SAOC から外れて、 $V_o$  がずれるのだろう。再度  $V_o$  が 0V になるように調整を施すことで、この DC 検出の問題も解消した。



動作させると左右の放熱器は、ほんのり熱を帯びている。  
軽い…。

## 11. 電源部

### 11.1. 検討

電源が組み込まれる筐体は、トランスと平滑用の電解コンデンサの高さに制約される事が多い。そこで、一旦、0S88-32-43SS を筐体候補とし、これらの制約要素を分析して筐体を決定する。

筐体の幅は、アンプ部に合わせて 430mm とする。あと、制約としてアンプ部と重ねて設置することを配慮して、奥行きは、アンプ部の奥行きより大きくしなければならない。

#### (1) トランスの仕様

トランスは、アンプのミドルパワーの出力が 30W 弱とのことから、タンゴの PB-80S 相当のトランスを用意することにする。PB-80S の仕様は以下の通り。

用途: AB 級 25～ 50W ステレオ

1 次側: 100V, 105V

2 次側: 25V-22.5V-20V-0-20V-22.5V-25V 2.6A (DC±1.5A)

24V-0-24V 0.18A (DC±0.1A) 6.3V 0.6A

PB-80S 相当のトランスを今回も R コアトランスの(株)フェニックス様にお願いして作成してもらう。仕様は以下とする。

製品: RA シリーズ R150 110～160VA 最大 4 回路まで

1 次側: 100V

2 次側: 22.5V-0-22.5V 2.6A, 32V-0-32V 0.25A, 9V-0 0.25A, 9V-0 0.25A

サイズ: 139×115×68

#### (2) 整流・平滑回路

パワー段の平滑の電解コンデンサは、ELNA の 12,000 $\mu$ F/35V をパラ接続して使用。サイズは 35\*36。

ドライバー段は、ニチコンの基板自立形のオーディオ用アルミ電解 KG の 10,000 $\mu$ F/63V 85 $^{\circ}$ C LKG1J103MES FineTune 35\*50 を使う。25.5V は外部機器 SW 連携用リレー用である。ここは、4700 $\mu$ F/35V の電解コンを使用する。

#### (3) 筐体の高さ

トランスの高さは 68mm なので、高さ 70mm の筐体 (0S70-32-43) では、内部高は 58mm なので納まらない。一つ上の高さの 88mm の筐体 (0S88-32-43) だと内寸高は 76mm なので納まる。平滑コンデンサの高さは 50mm、15mm のサポーターを使用したとして余裕はある。放熱器は、60mm 高の物を使用する。

以上より、電源用筐体の高さは 88mm にする。

#### (4) 筐体の奥行き

制約としてアンプ部と重ねて設置することを配慮して、奥行きは、アンプ部の奥行きと同等、もしくは大き

くしなければならぬので、320mm が最低ラインとなる。この中に納まるか否かの判断の為、内部の部品平面配置の検討が必要である。

#### (5) 電源 SW と外部機器 SW 連携

アンプ筐体の制御部の MOS-FET をコントロールする外部機器 SW 連携を構成する。この場合、電源 SW は、AC を ON/OFF する為と、外部機器 SW 連携を ON/OFF する為に 2 回路必要になる。しかし、照光式の押しボタン SW で大容量、2 回路のものは出回っておらず、1 回路のものしか手に入らない。

レバー式ならいろいろ種類があるが、今回は、1 回路の ERO 31-261 250V 5A を入手。この為、外部機器 SW 連携はリレーで ON/OFF することにした。

#### (6) ±22.5V 定電圧電源

出力段用の±22.5V 定電圧電源は、MJ 無線と実験 2019 年 2 月号の DC アンプシリーズ No.263 の[図 14]+50V レギュレーター、[図 15]-50V のレギュレータの回路を使用し、出力電圧を 22.5V に変更して使用する。

#### (7) +32.1V 定電圧電源

ドライブ段用の+32.1V の定電圧電源は、同じく、MJ 無線と実験 2019 年 2 月号の DC アンプシリーズ No.263 の[図 7]+40V レギュレーターの出力電圧を変更して使用する。

## 11.2. 部品の確保

消費税増税が間近なので、2019年9月までに制作に欠かせない必要な部品集を購入しておきたい。

◎印：使用予定部品は製造されており、問題なく入手できた部品。

○印：使用予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：使用予定部品の後継、改良型、同一製品ラインナップの耐圧違いなどを入手した部品。

▽印：使用予定部品ではなく、定数や耐圧など規格が同じ相当品を入手した部品。

×印：使用予定部品の入手が困難、もしくは不可能で、代替品を入手したが別途工夫が必要。

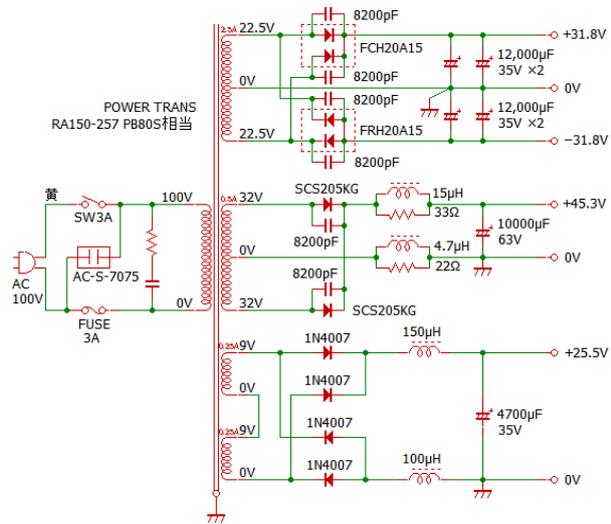
入手	名称	説明
◎	筐体	0S88-32-43SS
×	2回路電源スイッチ 電流容量が大きい製品 照光式押しボタン	2回路のスイッチが望ましいが、照光式で大きな電流用の2回路スイッチは殆どない。(レバータイプの照光式ではないスイッチならある) ERO 31-261(1回路 250V5A)を使用する。
◎	トランス	タンゴのPB-80S相当の仕様をフェニックスに特注。 2次側 22.5V-0V-22.5V 2.6A、32V-0V-32V 0.25A、 9V-0V 0.25A、9V-0V 0.25A、
○	平滑用電解コンデンサ	現在、大容量の電解コンデンサーはあるにはあるが、入手しづらい。 出力段パワーMOS-FET用には過去に購入しておいたELNAの12,000uF/35V For Audio Goldマークφ35x36を4個を使用する。 ドライバー段のマイナス側は、パワー段と同一電源なので、通常は4,700uFを使用するところだが、大きめの10,000uFを使うことにする。 耐圧は50Vで良いのだが、ニチコンKGシリーズの50V仕様が入手できないので63V仕様を購入。LKG1J103MESFineTune
◎	AC電源ライン ノイズ除去用コイル	出力段に使用できる大きな電流容量のコイルと抵抗を実装するのは大変なので省略しているが、ドライバー段は、SN8S-300(または、SN8S-500)を12Turn:4.7uH、21Turn:15uHに巻き戻して使用する。 リレー用の150uHは、サガミエレクトロニクス社の7313NC-151K-RA 1.5Aを入手。100uHには、太陽誘電のLHLC10NB 101K 1.5Aを入手。
○	放熱器	LSIクーラーと呼ばれるIC用の放熱器17F98L70(フィン部分17mm、横の長さ98mm、高さ70mm)。タカチのHYシリーズのヒートシンクに似ているので購入した。
▽	コードブッシュ グロメット	電源コードを筐体から引き出す際にコードを保護するために必要なパーツだが、昔から常用しているパーツが入手できなくなりつつある。

### 11.3. 電源部の回路設計

#### (1) 整流・平滑回路

パワー段の整流ダイオードは、いつもの旧日本インターのSBD FCH20A15/FRH20A15を使用する。平滑の電解コンデンサは、ELNA の12,000 $\mu$ F/35V をパラ接続して24,000 $\mu$ Fとして使用。ドライバー段の整流素子は、Sci のSBD SCS205KG を始めて使用してみる。平滑用電解コンデンサはニチコンの基板自立形のオーデオ用アルミ電解 KG シリーズの10,000 $\mu$ F/63V 85 $^{\circ}$ C LKG1J103MES FineTune を使う。

25.5V は外部機器 SW 連携用リレー用である。1N4007 と4700 $\mu$ F/35V の電解コンを使用する。



#### (2) $\pm 22.5V$ 安定化電源回路

オリジナル回路のMOS-FETは、SCT2080KEが使用されているが、2SK2967を使用する。

オリジナル回路の50Vの基準電圧Xは、計算上は、

式  $X \times (18K\Omega + 2.7K + 0.1K) \div (2.7K + 0.1K) = 50.2V$  となり、この式をXについて解くと、

$$X = 50.2V \times (2.7K + 0.1K) \div (18K\Omega + 2.7K + 0.1K) = 6.76V$$

誌面の実測値は、6.74Vと記載されており一致。この6.76Vを元に22.5Vにする為には、

$$6.76V \times (18K\Omega + X) \div (X) = 22.5V \text{ を } X \text{ について解くと、}$$

$$6.76V \times 18K\Omega = 22.5V \times X - 6.76V \times X$$

$$X = 6.76V \times 18K\Omega \div (22.5V - 6.76V) = 7.731K\Omega \approx 7.5K\Omega + 220\Omega \text{ or } 240\Omega$$

オリジナル回路の過電流検出の抵抗は0.1 $\Omega$ の4パラとなっているが、 $0.6V \div 0.025\Omega = 24A$ もの電流検出で電流が切られる設計になっている。トランス2次27Vが12.5Aもの容量があるが、それを遥かに超えている。使用するトランスには5Aの内蔵ヒューズが組み込まれているので、トランスを使用できないようにする為には、どうしても5A以下に制限しなければならない。そこで、電流制限回路の抵抗を変更する。0.12 $\Omega$ にすると5Aで電流制限がかかる。しかし、スパッと切れるわけではないと思われ、ちょっと心配なので余裕を見て0.15 $\Omega$ とし、4Aで制限がかかるようにした。

抵抗は、タクマンの酸化金属被膜抵抗器(小型品)5W 0.15 $\Omega \pm 5\%$  RLF5SJ 0.15 $\Omega$ を使用する。ちなみに、4A流れた時の電力Pは、式 $P=IV$ より、 $4A \times 0.6V = 2.4W$ 、5Aの時は、 $5A \times 0.6V = 3W$ で、5W型の抵抗で問題ない。

Tr2のベースのダイオードには1.5mA流しているようなので、電源電圧 $22.5V \times \sqrt{2} = 31.8V$ から、

$$(31.8V - 1.2V) \div 1.5mA = 20413\Omega \approx 20K\Omega \text{ の抵抗を使用する。}$$

### (3) +32.1V 安定化電源回路

オリジナル回路の MOS-FET は、SCT2H12NZ が使用されているが、SCT2450KE を使用する。

オリジナル回路の 40V の基準電圧 X は、計算上は、

式  $X \times (33\text{K}\Omega + 7.5\text{K} + 0.620\text{K}) \div (7.5\text{K} + 0.620\text{K}) = 40.1\text{V}$  となり、この式を X について解くと、

$$X = 40.1\text{V} \times (7.5\text{K} + 0.620\text{K}) \div (33\text{K}\Omega + 7.5\text{K} + 0.620\text{K}) = 7.92\text{V}$$

誌面の実測値は、7.90V と記載されており一致。これまでずっと 18KΩ に固定されていた抵抗値がなぜ 33KΩ となったのか不明であるが、この 7.92V を元に 32.1V にする為には、

$$7.92\text{V} \times (33\text{K}\Omega + X) \div (X) = 32.1\text{V} \quad \text{を X について解くと、}$$

$$7.92\text{V} \times 33\text{K}\Omega = 32.1\text{V} \times X - 7.92\text{V} \times X$$

$$X = 7.92\text{V} \times 33\text{K}\Omega \div (32.1\text{V} - 7.92\text{V}) = 10.809\text{K}\Omega \approx 10\text{K}\Omega + 820\Omega$$

これだと、RE が 820Ω で、前後の抵抗値が 750Ω、910Ω と 70~90Ω 刻みになるので調整しづらい。そこで、33KΩ の値を 24KΩ に変更することにする。

$$X = 7.92\text{V} \times 24\text{K}\Omega \div (32.1\text{V} - 7.92\text{V}) = 7.861\text{K}\Omega \approx 7.5\text{K}\Omega + 360\Omega$$

この場合、前後に 270Ω、300Ω、330Ω、360Ω、390Ω、430Ω、470Ω と、30Ω~40Ω 刻みで抵抗値を変えられるので具合が良い。

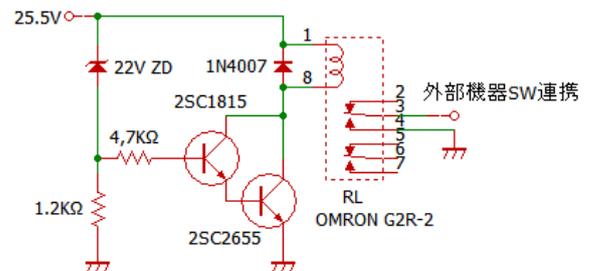
電流制限抵抗は、5.6Ω で約 100mA で電流が流れなくなるような設計である。ここは、2.2Ω or 2.4Ω として、250mA 前後で電流断となるように変更する。

Tr2 のベースのダイオードには 1.5mA 流しているようなので、電源電圧  $32\text{V} \times \sqrt{2} = 45.3\text{V}$  から、

$$(45.3\text{V} - 1.2\text{V}) \div 1.5\text{mA} = 29370\Omega \approx 30\text{K}\Omega \quad \text{の抵抗を使用する。}$$

### (4) 外部機器 SW 連携用リレー回路

ダーリントン接続のトランジスタで構成する単純なリレー駆動回路である。ツェナー電圧 22V のツェナーダイオードに約  $3\text{mA} \approx (25.5\text{V} - 22\text{V}) \div 1200\Omega$  のツェナー電流を流す。電源電圧が低下してくるとツェナー電圧は理論上固定なので、1.2KΩ の電圧降下が下がってゆき、1.2V 以下になると、ダーリントン接続のトランジスタが OFF になり、リレーも off になる。



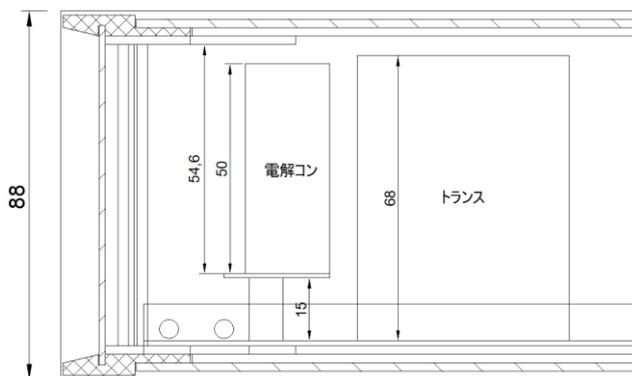
## 11.4. 筐体設計

### (1) 筐体の高さの確認

高さの制約はトランス、電解コンデンサと放熱器。放熱器は70mmの高さの製品を使う予定である。

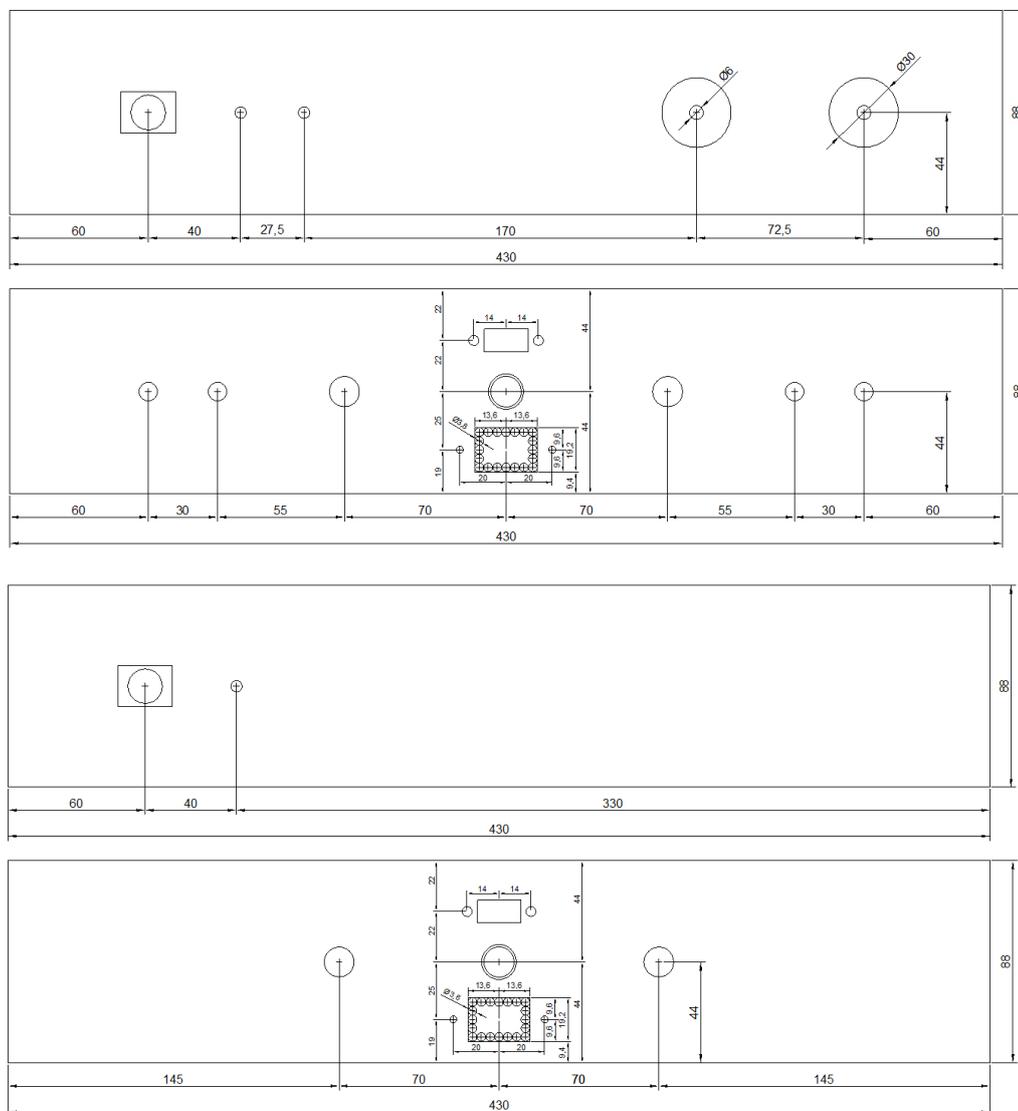
電解コンは15mmのスペーサーで実装しても問題ない。

右図の様に筐体高が88mmで問題なく筐体内に収まる。



### (2) フロントパネル、リアパネル寸法図

筐体は、まず、将来パワーアンプに転用できるようにパワーアンプとしてのパーツの配置を考え、それから、不要なパーツ部分を削除して作成する図面とした。

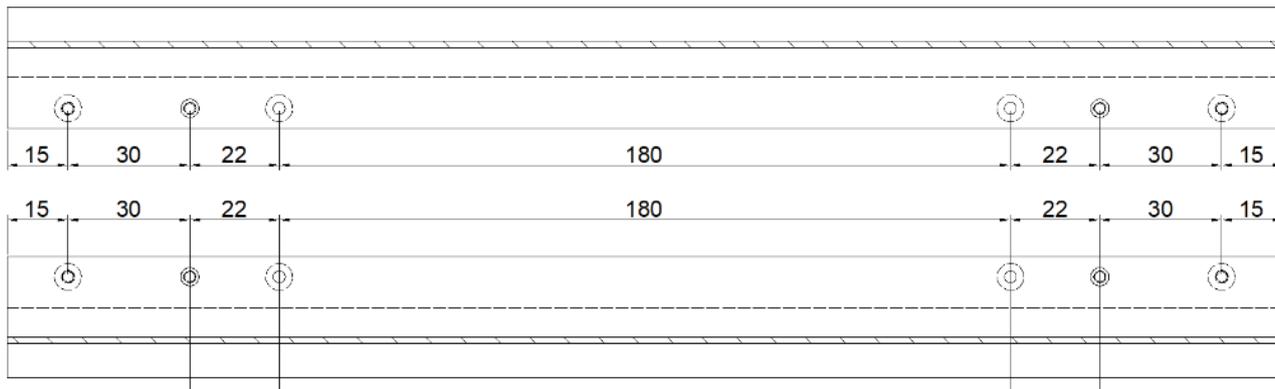


フロントパネルは、照光式の電源 SW を使用する予定なので、LED(パイロットランプ)は不要。従って、電源 SW のみのレイアウトとなる。



## 筐体フレーム（下側）

フレーム取付金具を筐体に固定する為、筐体のフレームに皿ビス用の穴を開ける。

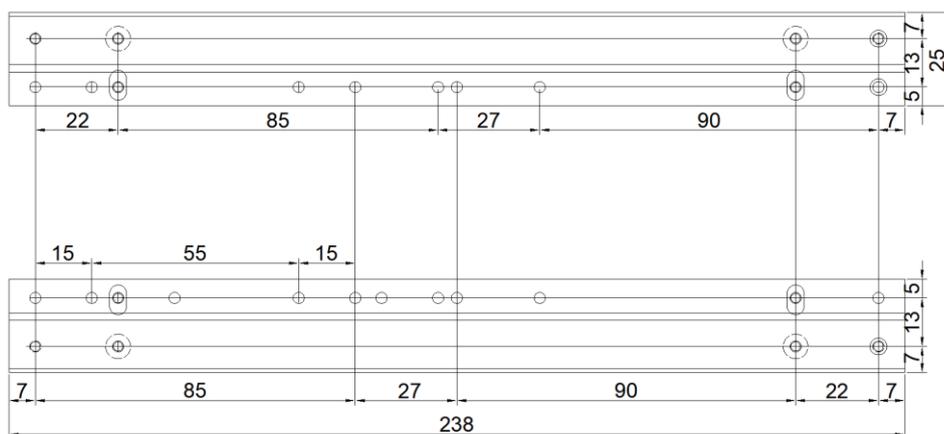


## フレーム取付金具

3mm厚、25mm幅のアルミ平板でアルミフレームを筐体のフレームに取り付ける為の金具を作成する。

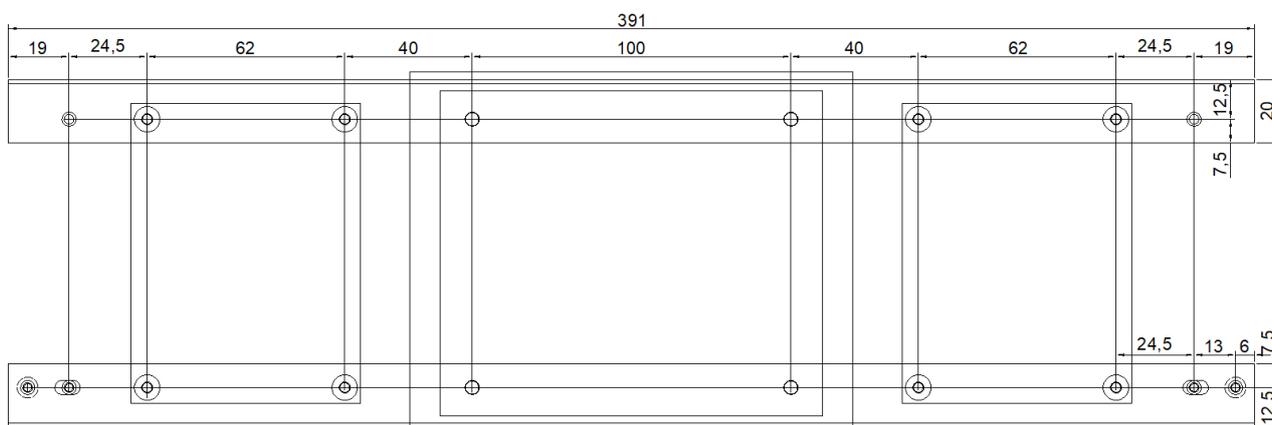
この金具があると、筐体からフレームを一体化して取り扱うことができる。

この金具の両端の穴は、筐体の底板の取付ビスを貫通させる為の穴である。



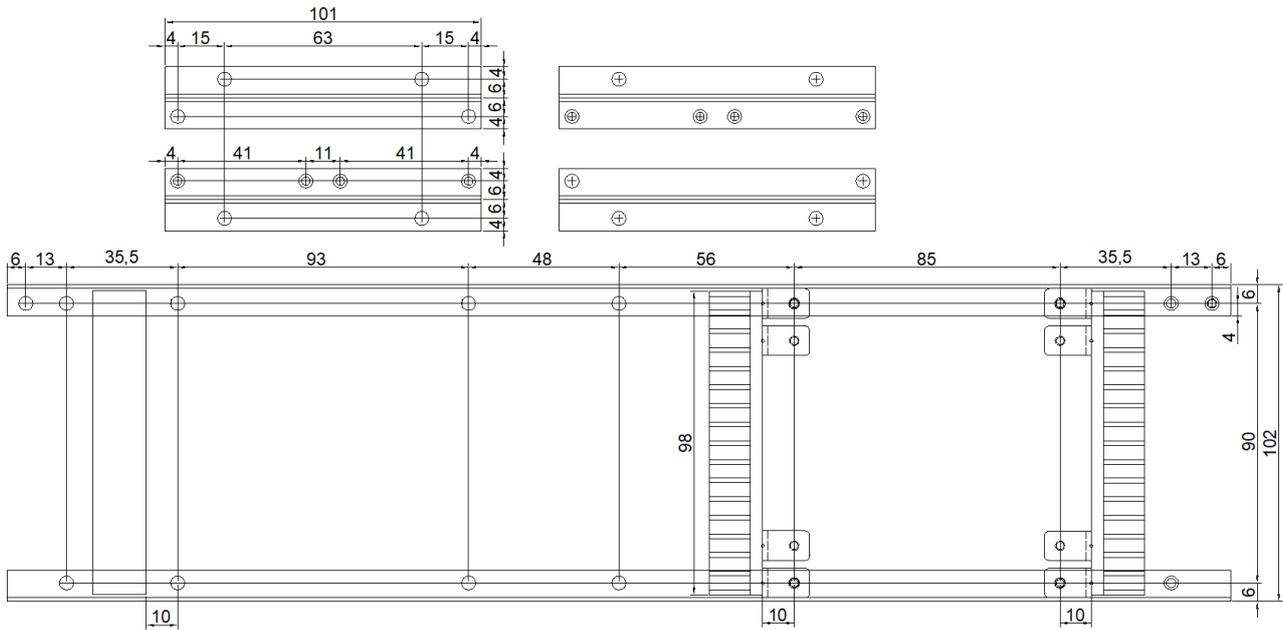
## トランス取付フレーム

10×20mm 1.5t の不等辺アルミアングルを使用する。



## 定電圧基板取付フレーム

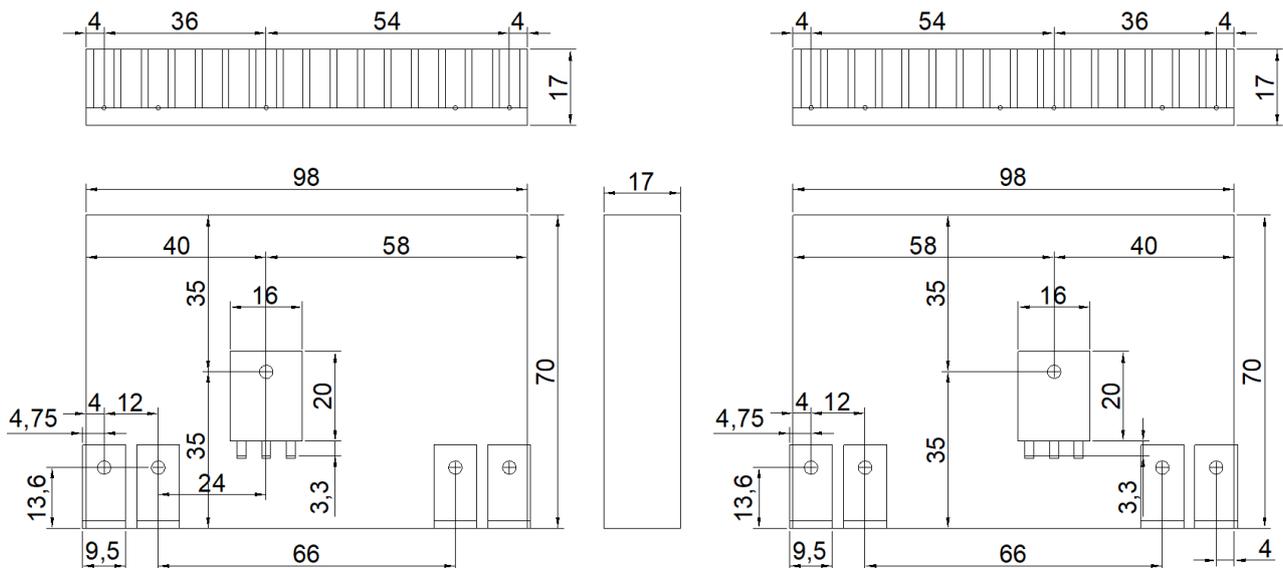
10×10mm 1.2t のアルミ L アングルとタカチの金具 UCK-P17 を使って基板と放熱器を固定する。



## 放熱器

放熱器(17F98L70)の左右の中心にネジ穴が切れないのと、基板上的 MOS-FET の位置が中心ではない為、正負で、MOS-FET の位置を変えている。MOS-FET の取付位置は 2SK2967 に合わせている。放熱器はタカチの金具 UCK-P17 を使って L アングルに固定する。

また、基板の穴を長円形に削って、同じく UCK-P17 を使って固定する。これにより、基板と放熱器が一体化することで、定電圧回路ブロックとして扱うことが出来るようにした。



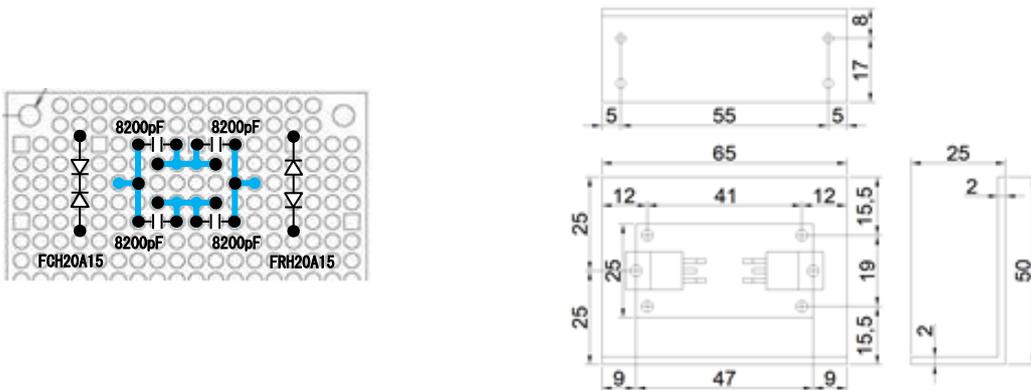


## 11.5. 基板設計

### (1) ±22.5V 整流

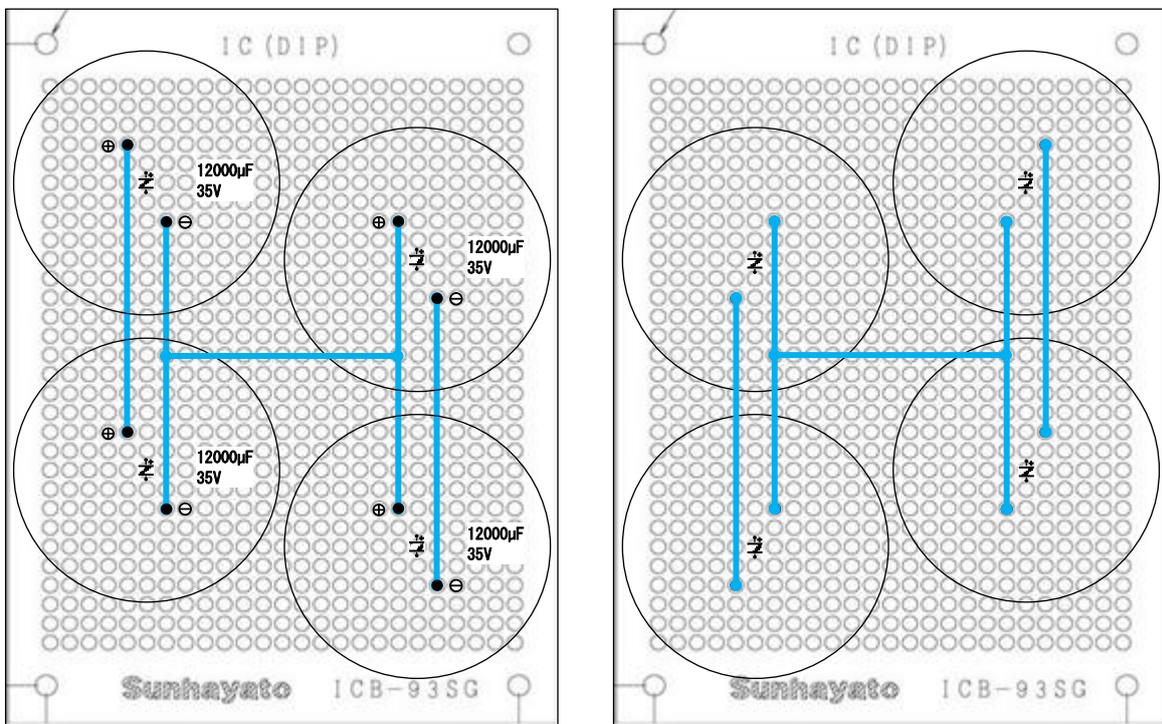
何度も書くが、整流ダイオードは、愛用している京セラのSBD（旧日本インター（株）：2016年8月1日付で京セラに吸収合併）、FCH20A15/FRH20A15である。従来は内部シャーシを放熱器替わりに使用して実装していたので、余り熱容量を気にしていなかった。今回は、Lアングルで組むので内部シャーシを放熱器として利用することが出来ず、整流素子にどの程度の放熱対策が必要かわからない。カットアンドトライで確認しながら実装する。ちょうど良い大きさの基板の切れ端があったので、これを利用。

まずは、25×45 3t のアルミ Lアングルに取り付けて確認し、発熱が大きい様であれば、17F98L70 に変更して再確認する。



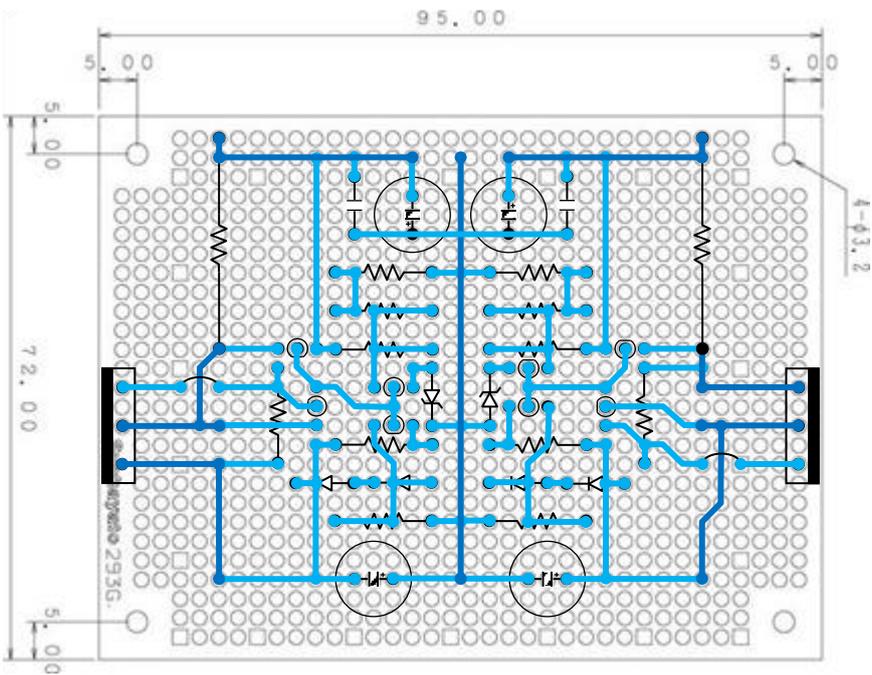
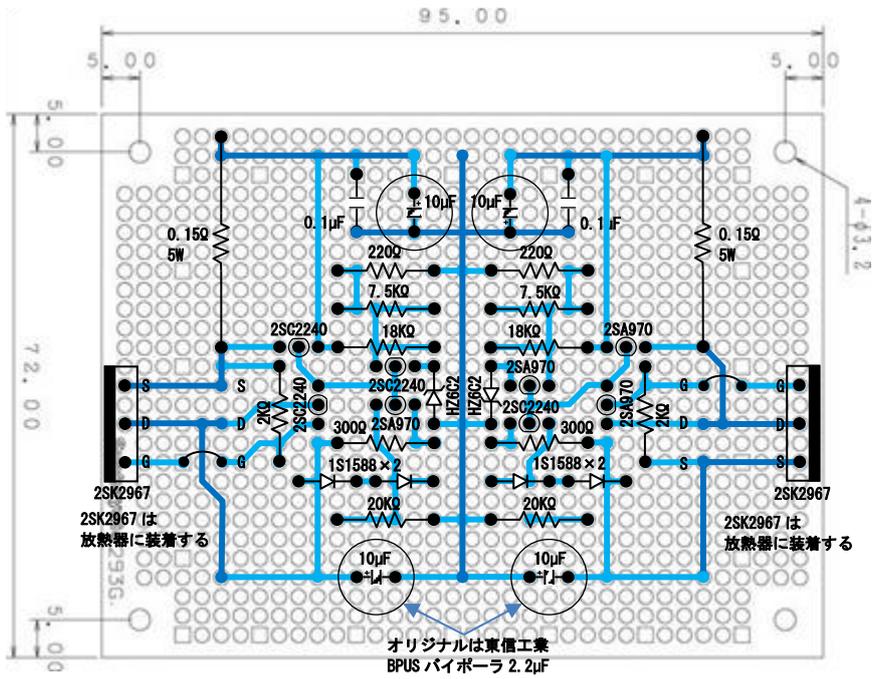
### (2) ±22.5V 平滑基板

12000 $\mu$ F/35V の電解コンを ICB-93 に取り付ける。



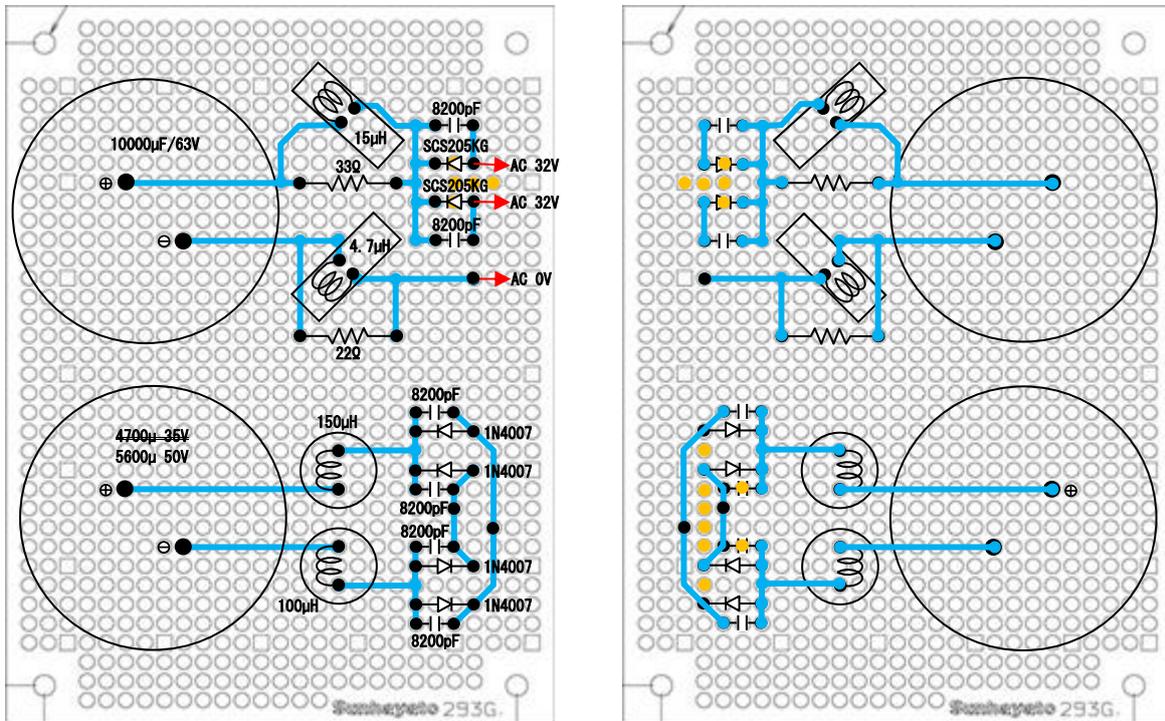
### (3) ±22.5V 定電圧電源基板

2SK2967 は基板上に実装せず、放熱器にマウントする。



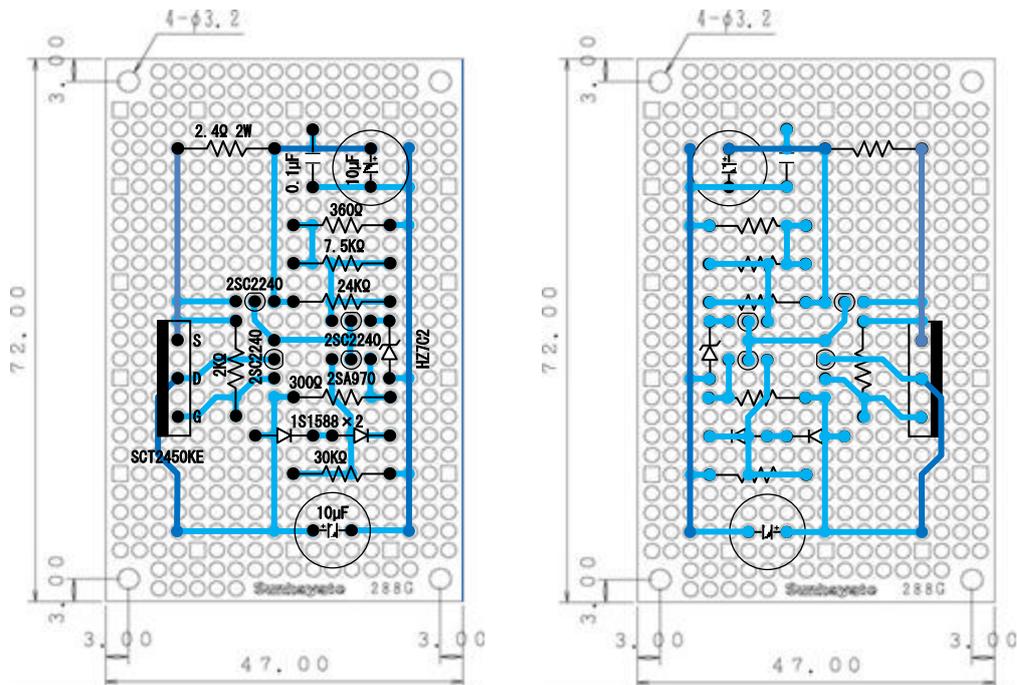
(4) +32.1V 整流・平滑基板／リレー用整流・平滑基板

リレー用の 4700 $\mu$ F/35V の電解コンは、手持ちの 5600 $\mu$ F/50V を使用することにした。



(5) +32.1V 定電圧電源基板

SCT2450KE は、放熱器に実装する予定であるのだが、基板上に放熱器を付けて実装しても良いかもしれない。~~実装段階で決定する。~~実装した配置・パターンに変更した。放熱器は、14P4550(14 $\times$ 45 $\times$ 50)。

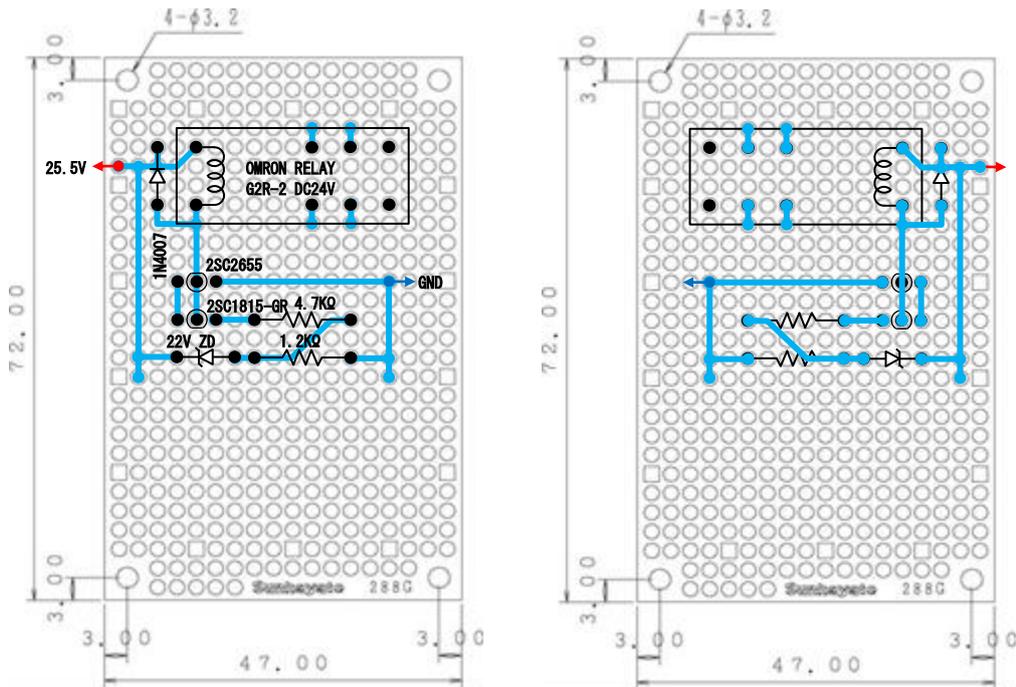


## (6) 外部連携 SW 制御

スイッチング用のトランジスタ 2SC2655-0(hFE:70-140)が手持ちであるので、リレー駆動用として使用する。データシートには、特徴として次が記載されている。Ic の絶対最大定格は2Aである。

電力スイッチング用

- ・ 飽和電圧が低い。 :  $V_{CE}(\text{sat}) = 0.5 \text{ V}$  (最大) ( $I_C = 1 \text{ A}$ )
- ・ 許容コレクタ損失が大きい。 :  $PC = 900 \text{ mW}$
- ・ スwitching時間が速い。 :  $t_{\text{stg}} = 1.0 \mu\text{s}$  (標準)

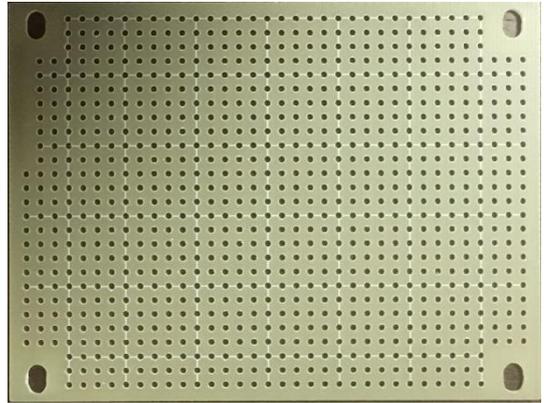
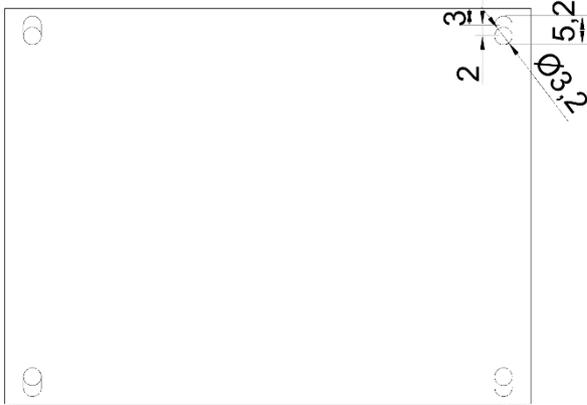


## 11.6. 製作

### (1) 基板作製

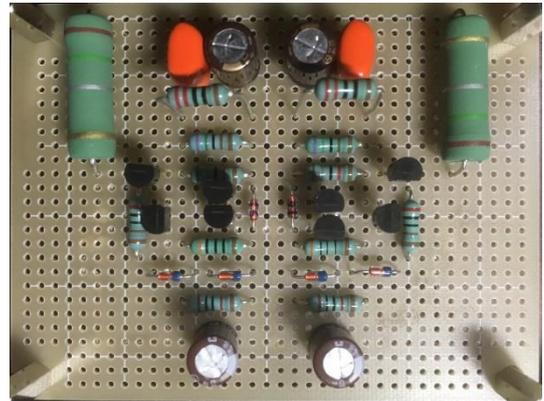
#### ±22.5V 定電圧電源基板

部品を乗せる前に、ねじ穴を長円形に拡大加工を行う。丸鑿(やすり)で 0.1mm の精度で削らなければならないのだが、簡単に削れてしまうので、削りすぎないようにノギスで測りながら削った。



電流制限抵抗の  $0.15\Omega$  5W の抵抗サイズが大きいため、部品配置・パターン図を変更して実装した。基板から 1mm 程浮かして取り付けている。

出力段の MOS-FET は、放熱器に取り付けるので、基板にスペースがある。



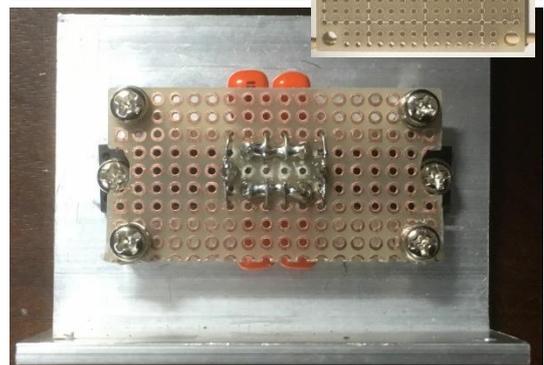
#### ±22.5V 用平滑コンデンサ基板

12000 $\mu$ F/35V の電解コンデンサを 4 つ、1 基板に実装しただけ。

#### ±22.5V 用整流

基板は、スペーサー用の穴あけを行うので、エポキシ系接着剤で穴あけ位置周辺の穴を埋め、ある程度固まったところで、ナイフで表面を平らに削って整えてから穴あけした。しかし、せっかくエポキシで補強して基板に穴あけをしたのだが、位置がずれずれで、鑿(やすり)エポキシ系接着剤で補正した。

基板を L アンクルに取り付けるのは、整流素子の足を曲げるので、その高さが必要で、当初 5mm か 10mm の黄銅製のスペーサーを使う予定であったが、帯に短し、襷(たすき)に長しの状態。そこで、5mm の黄銅製スペーサーとナットを使用してスペーサーの高さを調整して取り付けた。また、整流素子の取付ナットが基板で隠れてしまうので、基板にドライバーが使用できるように切り欠きを入れた。



### +32. 1V 用定電圧回路基板

SCT2450KE 用に基板上に放熱器を取り付けた。14P4550 という放熱器で W:42.5mm、H:50mm ある。ちょっと大きすぎるかもしれないが、基板に乗るサイズだったので、装着した。

この為、基板の部品配置とパターンを変更した。

電圧調整用の RE は調整により交換される可能性があるので、仮付けの状態。



### +32. 1V 整流・平滑基板／リレー用整流・平滑基板

ノイズ吸収用のコイルは SN8S-300 を 12Turn(4.7 $\mu$ H)と 21Turn(15 $\mu$ H)に巻き戻して使用する。SN8S-500 でも巻き戻す長さが長くなるが、同様に利用できる。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。但し、22.5V の出力段

側には、電流が大きいので入れていない。SN8S-300 が入れられるのは、せいぜい 10W 級のアンプまで。もっと、電流容量の大きなコイルを使えばできなくはないが、サイズが大きくなるので入れていない。

リレー用電源のコイルは 150 $\mu$ H がサガミエレクトロニクス社の 7313NC-151K-RA (150 $\mu$ H 1500mA デジタルアンプ用)、100 $\mu$ H が太陽誘電の LHLC10NB 101K (ラジアルリード・ $\phi$ 11 100 $\mu$ H 1.5A(max.))を使用した。

リレー用の整流ダイオードは、1N4007 で十分なのだが、手持ちの 31DF2 使ってしまうかと思いつき、使用した。



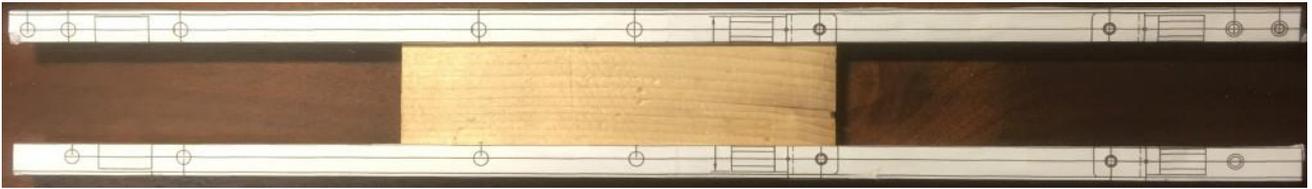
### リレー基板

1.2K $\Omega$ と 4.7K $\Omega$ の抵抗は、むかあーし購入した手持ちの 1/8W のカーボン抵抗を使用。なぜかこの 2 種類だけ 100 本入りを購入していたが、使用しないので一向に減らず、もう 40 年以上も保有したまま。特殊部品、キーパーツは別として、汎用部品は、使用する数だけ購入した方がよい。部品が進歩し、使用しなくなる。(使用できなくなるわけではないが、良い部品を使いたいのので使用する機会が無くなる。)



## (2) Lアングル、放熱器加工

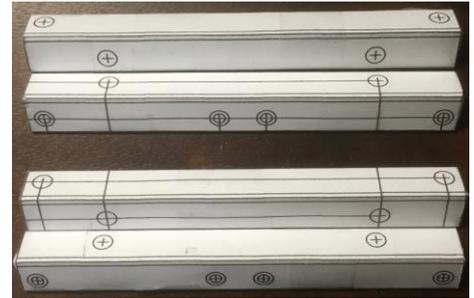
### 安定化電源基板の取付用フレームの切り出し



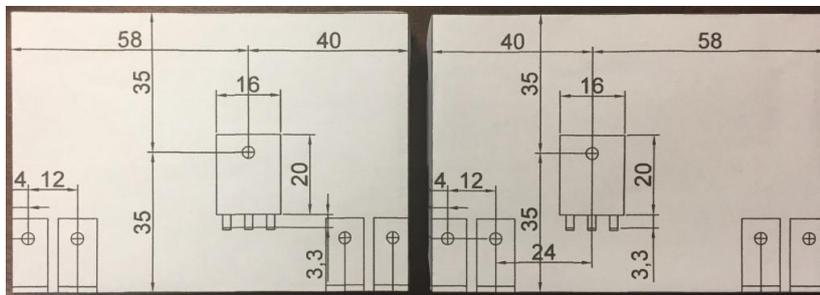
#### 補助Lアングル

基板のサイズがフレームまで届かないので、軒先を伸ばすように補助のLアングルを取り付ける。

これまで使用した10×10mm 1.2tの150mmほどの長さのLアングルの切れ端が10本近く溜まっていたので再利用。



#### 放熱器への穴あけ



放熱器は、結構アルミの厚さがあるので、タップ切りの刃を折らないように気をつける必要がある。2.5mmφのドリルで穴あけした後、油(KURE CRC5-56)を吹き付けながら、かつ、

周りを油で汚さないように気を配りながら穴あけした。

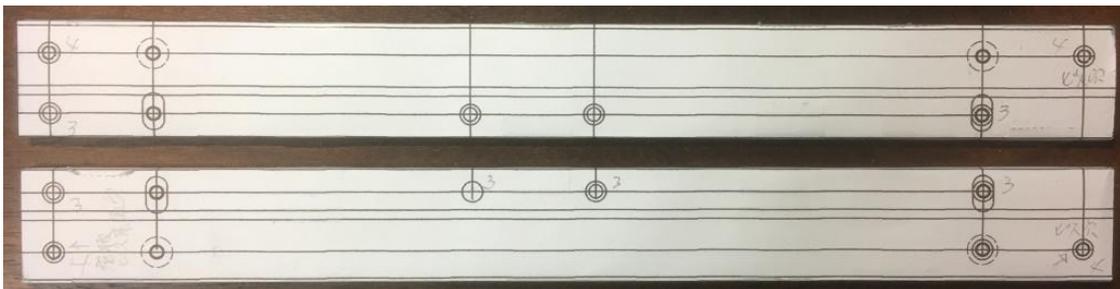
#### トランス取付フレーム

トランス取付フレームは10×20mm 1.5tの不等辺アルミアングルを使用する予定であったが、近所のホームセンターで購入した9×20mm 1.6tのアルミアングルを使用した。



#### 取付用金具

筐体へのLアングル取付用金具を3mm厚、幅25mmのアルミ平板で作成する。トランスの取付ビスの頭の高さがあるので、底板に当たらないように3mm厚とした。2mm厚でも可能だがぎりぎりになる。

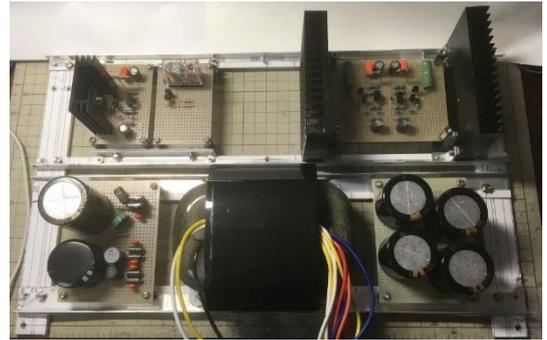


※フレームをフロント側に移動させる為、写真の状態から穴あけ位置を追加している。

### 放熱器と基板吊り下げアングルの仮組み上げ

まだ、出力段用の整流回路とキャノンコネクタのケーブルを引き出すための端子台を取り付けていないが、フレームを仮に組み上げて歪みが出ないか確認した。

イメージ通り組み上げることが出来、歪みを補正する必要もなかった。こんな事珍しい。



### 端子台取付アルミアングル

端子台の取付用アングルは、10×60mm 1.2t のアルミ L アングルで 50mm 長、100mm 長の切れ端があったので、これを利用することにした。2P の端子台を取り付ける 50mm 長の方は、60mm 必要かと思っていたが、問題なかった。



### (3) 筐体フレーム加工

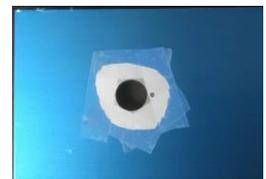
下側に取り付ける筐体フレームに皿ネジ用の穴あけを行い、筐体に L アングルによるフレームを仮に取り付けてみて問題なく取り付けられることを確認した。



### (4) フロントパネル加工

フロントパネルは、電源スイッチだけの加工である。

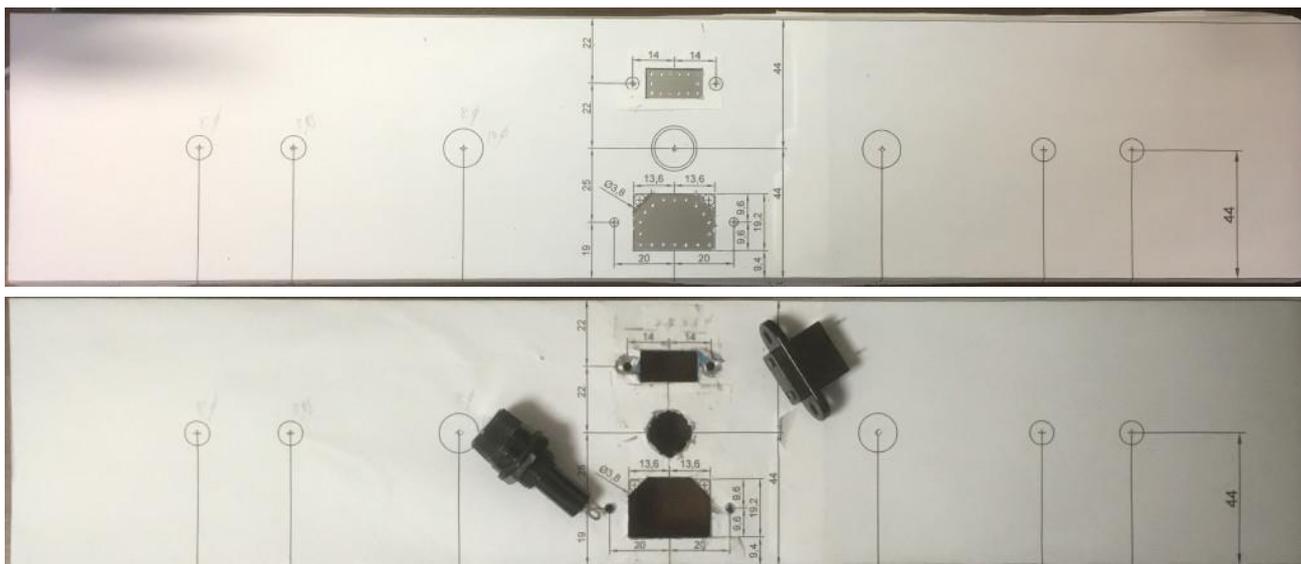
リアパネルやフロントパネルを保護シートを付けたまま加工すると、どうしても保護シートの下に切削屑が入ってしまう。ただ、制作中は保護シートを付けたままにしておきたいので、穴あけして切削屑が入ってしまった部分を切り落として Schoch テープを貼って保護しておく。



### (5) リアパネル加工

丸穴だけではないので、筐体加工の中で一番時間がかかる部分だ。道具がハンドドリルとリーマー、鑿(やすり)だけなので時間がかかるが問題はない。現物と合わせながらじっくりと穴あけを行った。

アンプのスピーカー端子に当たる部分はポンチだけ打っておいた。入力の RCA 端子の取付位置に当たる部分は、ベークブッシュを入れて、キャノンコネクタへのコードを通す。

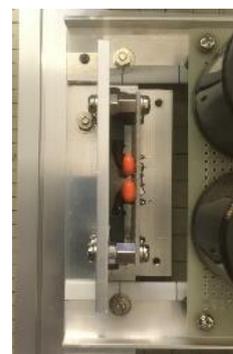


## (6) 筐体組み上げ、配線

### 放熱器と基板吊り下げアングルの組み上げ

フレーム全体をフロント寄りに移動させる設計変更を行った為に、 $\pm 22.5V$  用電源の整流素子用放熱板アルミアングルの取付用金具への取付位置が取付用金具の筐体フレームへの取付ビス位置と重なってしまう。この対策として、内側に取り付け位置をずらして取り付けした。

この状態で筐体のフレームに固定した。



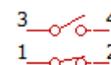
### 筐体組み上げ

加工したフロントパネル、リアパネルにパーツを取り付け、筐体に取り付けた。本来ならフロントパネル、リアパネルにレタリングをしてからパーツを取り付けるべきだが、(そうしないと字が斜めになったり位置がずれることが多い)パーツが少ないので、保護シートを付けたままにしておき、最後にレタリングをすることにした。

### 内部配線

最初の配線はAC周りと整流から平滑回路までを結線。ACはDAIEI電線の30芯を使用。整流から平滑コンデンサ、定電圧電源まではモガミの30芯、2515を使用して配線。

ところで、電源スイッチが1回路と思い込んでいたが、実は、右図の様に2回路あって逆の動作をするスイッチであることがわかった。1と3を接続すれば通常の1回路のスイッチと同じだ。この3と4をAC電源のスイッチとして使用し、1と2を外部機器連携のスイッチとして使用すれば、リレー回路が不要になる。ただ、せっかく、リレー基板を作成したので、今回はリレーで対応しよう。



ここでアースポイント用のアルミ板の追加と、ACインレットからトランスへの線材を固定するアルミ板を追加を行なった。

順に確認して行きながら配線を進める。まず、ヒューズを入れないでACに接続。この段階の誤配線等

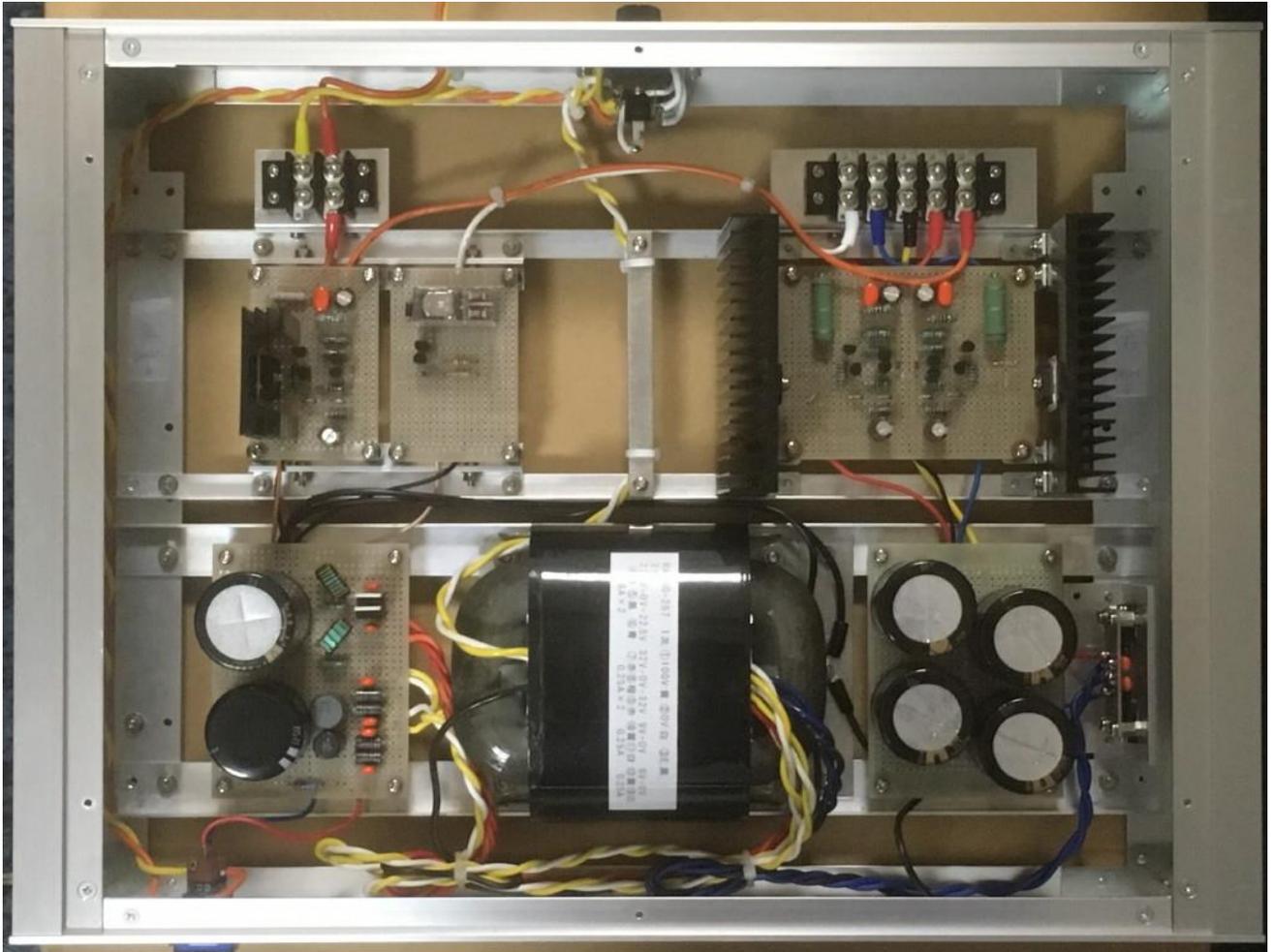
で家のブレーカー落ちることが無いか確認。問題なし。次に 3A のヒューズを入れて平滑回路の電圧を確認。正常。電源を切り、56Ω 3W の抵抗で平滑コンデンサを放電。

リレー回路と 32.1V の定電圧回路と平滑回路を結線。32.1V の定電圧回路は、無負荷時の出力電圧は 32.70V。その他、各ポイントの電圧を測定して記録した。リレーも正常に動作。リレーのベース電流は 550μA 程度。

再度放電後、Mos-FET の足を折り曲げて放熱器に取り付け、±22.5V の定電圧基板に裏から半田付け。ゲートはジャンパー線を使って接続した。平滑コンデンサと定電圧基板を 30 芯のケーブルで接続。

電源を投入して電圧を確認。+側の無負荷時の出力は 22.79V。-側は、あれっ?。-32V・・・。回路図とパターンを見比べたら、ドレインとソースを取り違えていた。前述のパターン図を修正し、実装しなおして、-22.84V が出力されていることを確認。

5P の端子台に±22.5V をモガミ 2515(30 芯)で接続。32.1V とリレー端子は 2514(19 芯)。2P の端子台は、9.6V を 22.5V に積み上げるのではなく、32.1V を供給しているので 32.1V のみを接続。アース(0V)や 22.5V を接続してはならない。



5P と 2P の端子台から 30 芯の線材(DAIEI 電線)を引き出し、リアパネルのベーク製コードプロテクターを通してキャノンコネクタに結線した。(コード色が不足して秋葉原に購入しに行ったが売り切れで入荷待ちだったので 5P の方は後で作成する。) 2P のキャノンコネクタは、ピン番号 2 のケーブル 1 本

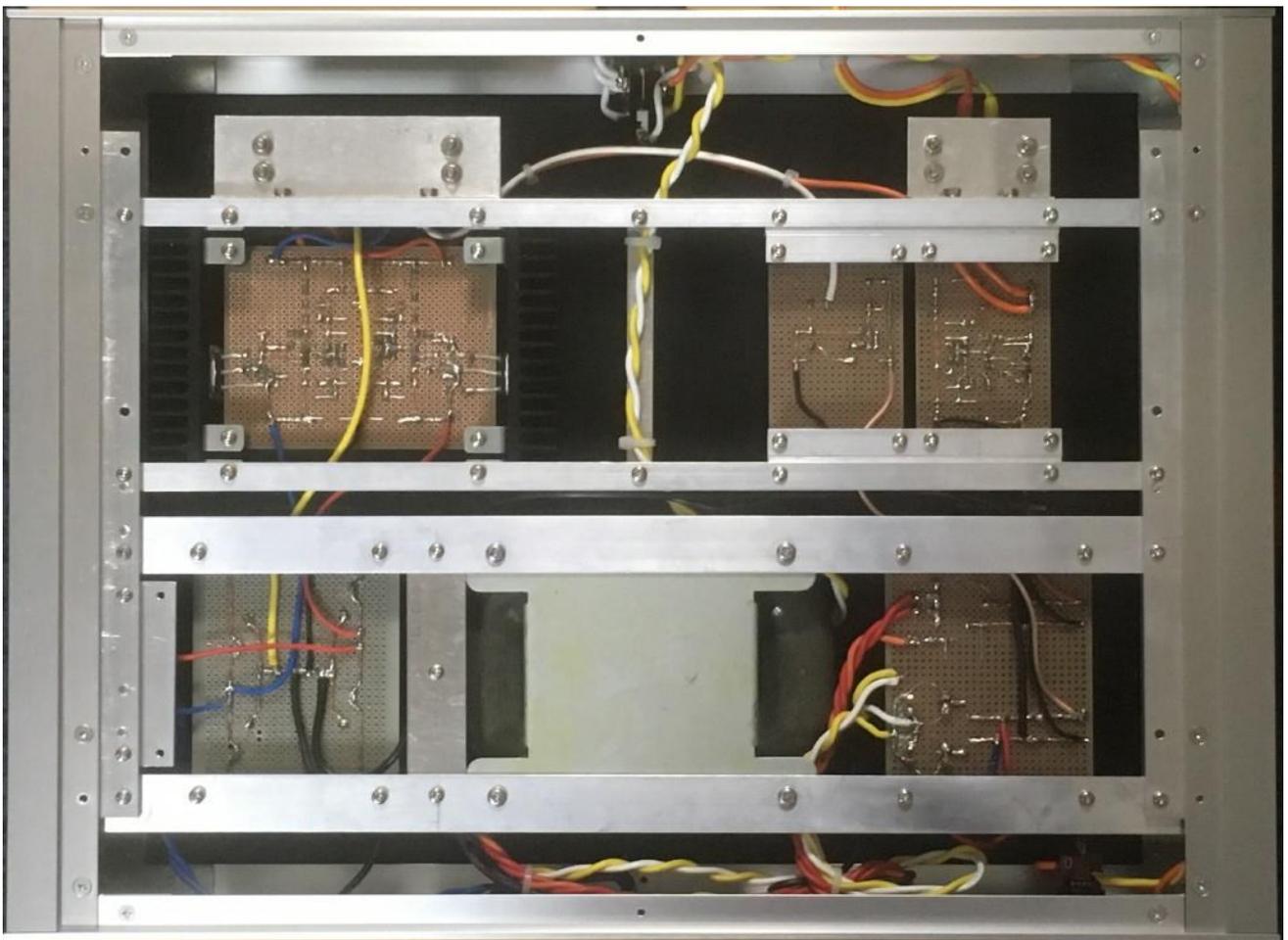


では心もとないので、ピン番号1も結線。但し、ピン番号1は端子台から先は何処に繋がらない。なお、ケーブルが引っ張られても端子台が引っ張られないように結束バンドで縛ってコードを引っ張れないように工夫した。

トランスが特注なので、仕様をテプラで印刷して貼り付け。

電源 SW のランプが 28V 仕様なので、リレー用の 24V に接続したが、明るすぎるので 180Ω (330Ω//390Ω) をシリーズに入れて調整した。

天板は、放熱穴を開けるのが面倒だ。現在使用している機器の SL シリーズの天板(鉄製)にスリットが空いているので、これと交換した。



最後に、フロントパネルとリアパネルにテプラの透明テープでレタリングして製作は終了。

あつ。スパークキラーを付けるのを忘れていた。取付。

DAIEI 電線の 30 芯を購入してきて、5P のキャノンコネクタを接続。リアパネルのに取り付けた内径 7mm φ のベークブッシュに DAIEI 電線を通そうとしたが、5 本はきつきつで通らない。再度、秋葉原に行って内径 8mm φ のベークブッシュを入手してきて、穴を広げて取り付け。こちらでちょうど良い。

## 11.7. 確認と調整

放熱器の蓄熱、放熱度合いと出力電圧の調整は、負荷を接続した状態、つまり 6P1 NuTube パワー-IVC に電源供給した状態で行った。

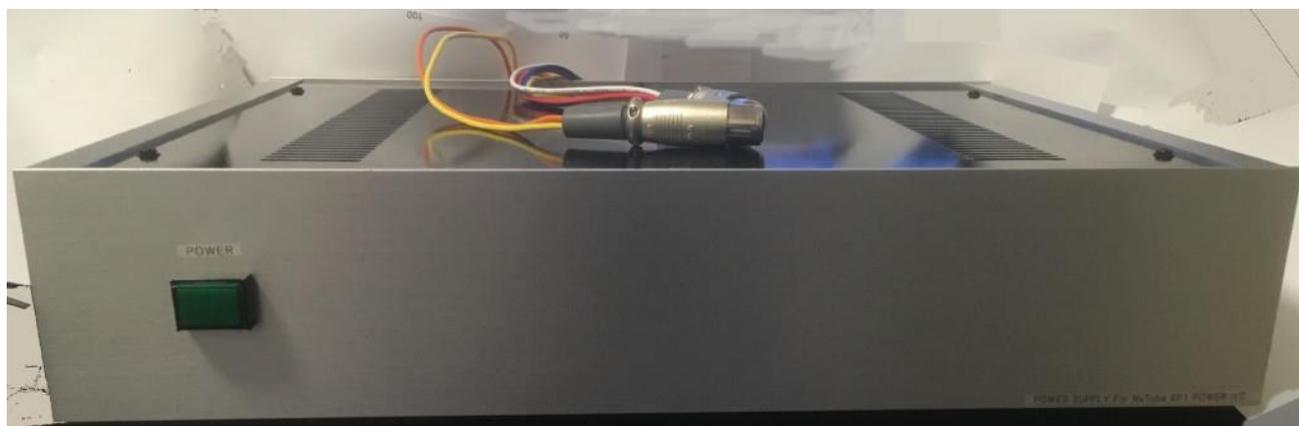
アンプ部完成後、アンプを接続した状態で $\pm 22.5\text{V}$ 、 $+32.1\text{V}$ の出力電圧を測定。特に大きな電圧降下はなく、正常な出力電圧だったので、仮付けしていた定電圧電源回路の調整抵抗の定数調整はせず、そのまま正式に取り付けた。

### 測定結果

定電圧回路	無負荷時	アンプ部接続時
+32.1V	+32.70V	+32.72V
+22.5V	+22.79V	+22.75V
-22.5V	-22.84V	-22.81V

※無負荷時の測定値は電源部完成当初に測定した値。

+32.1V の無負荷時が負荷がある時より高いが、周囲温度の違い等による差と考える。



## 12. ヒアリング

ポリニーが弾くショパンのピアノ楽曲を聞いた。余裕のあるパワーで難無く再生してくれる。フルオーケストラの曲も余裕のパワーで再生する。今まで限られた領域内で音が鳴っていたのが、広い空間に解き放たれた感じ。限界を感じない。再生能力が大きく向上している。

音色はこれまでの半導体アンプと傾向が異なる。しかし、その音色が音を引き立ててくれている。

記事には、これまでのアンプと比較すると、歪率が悪いと書かれているが、そんなことは全く気にならないすばらしいアンプだ。

## 13. 後記

消費税改定前に部品を集めて、10月以降、ゆっくりとアンプ作りをしようと考えていたが、その前にアンプが出来上がってしまった。今回、電源筐体とアンプ筐体を作ったが、筐体は高額。個々の部品も@5,000円するものが多く、お金がかかりすぎる。増税前に急いでかき集めたくても資金確保が難しく、ちょっと辛かった。

現在、バッテリーは±15V用の4個だけしか保有していない。今後、バッテリーを買い足して、バッテリー電源で聞いてみたいと思う。

あつ。電源部の放熱器、どのぐらい熱を持っているだろうか。後でゆっくり確認しよう。

