

全段定電圧電源対応
MOS-FET DCパワーアンプ
作成レポート

作成開始

2025年1月18日

目次

1. はじめに	1
2. 製作検討／重要部品の入手確認と代替部品検討	2
2.1. アンプ部	2
(1) アンプ部回路図	2
(2) 抵抗の容量	2
(3) 使用半導体素子	2
2.2. DC検出、スピーカー保護回路	4
2.3. DC検出インジケータ	4
2.4. A級電圧増幅段用およびドライブ段用安定化電源	5
(1) 回路検討	5
(2) 使用部品検討	5
2.5. 電力増幅段用安定化電源	5
(1) 回路検討	5
(2) 使用部品検討	6
2.6. 整流・平滑回路	6
2.7. PowerON ミューティング	7
2.8. 筐体の検討	8
(1) フロントパネル	8
(2) リアパネル	8
(3) 内部配置	9
(4) 内部高検討、アンプ基板取り付け・放熱器加工寸法	9
(5) 電圧増幅回路用定電圧電源のトランジスタの放熱器加工	10
2.9. 基板設計	11
(1) アンプ基板	11
(2) 電力増幅段用整流回路基板	12
(3) A級電圧増幅段用及びドライブ段用整流回路基板	13
(4) 電力増幅段用定電圧回路基板	14
(5) 出力段用電源制御及び+24V簡易定電圧電源	16
(6) 電圧増幅段用定電圧回路基板	17
(7) DC検出、スピーカー保護回路	12
2.10. 重要部品一覧	19
3. 製作	22
3.1. 基板製作	22
(1) アンプ基板	22
(2) 電力増幅段用整流回路基板	22
(3) 電力増幅段用定電圧回路基板	22
(4) 出力段用電源制御及び+24V簡易定電圧電源	22

(5) A級電圧増幅段用及びドライブ段用整流回路基板.....	2 3
(6) A級電圧増幅段用及びドライブ段用定電圧回路基板.....	2 3
(7) DC検出、スピーカー保護回路.....	2 3
3.2. 筐体加工.....	2 4
(1) アンプ基板取り付けアルミ板の加工.....	エラー! ブックマークが定義されていません。
4.1. 筐体加工.....	エラー! ブックマークが定義されていません。
5. 基本方針.....	- 3 -
6. 重要部品の入手確認と代替品の検討.....	- 4 -
7. 基板設計.....	- 7 -
7.1. A級電圧増幅段およびドライブ段基板（チップデュアルトランジスタ HN4C51J 使用）.....	- 7 -
7.2. 電圧増幅段用定電圧電源基板.....	- 8 -
7.3. 電力増幅段用安定化電源基板.....	- 9 -
(1) +45V 基板部品配置図.....	- 9 -
(2) -45V 基板部品配置図.....	- 10 -
7.4. スピーカー保護回路（DC 検出回路）.....	- 11 -
7.5. 整流回路基板.....	- 12 -
(1) 電圧増幅段用整流回路基板.....	- 12 -
(2) 電力増幅段用整流回路基板.....	- 12 -
8. 筐体設計.....	- 13 -
8.1. 使用筐体.....	- 13 -
8.2. 内部シャーシ.....	- 13 -
8.3. フロントパネル.....	- 14 -
8.4. リアパネル.....	- 14 -
8.5. 放熱器.....	- 15 -
(1) 放熱器の加工.....	- 15 -
(2) アンプ基板取付用のアルミ板.....	- 15 -
(3) スピーカー保護回路基板取付用の L 型アルミ板.....	- 16 -
9. 作製.....	- 17 -

1. はじめに

自作アンプの再開後、最初の取り組みが今(2024年)から16年前、無線と実験の2008年12月号及び2009年1月号に掲載された落合萌氏のMOS-FETパワーアンプだった。このアンプ、素晴らしいクオリティであるし、愛着がある。ただ、保護回路が何も付いていないのでスピーカーを壊してしまうのが怖く、今は利用していない。このアンプをまた生かしたい。ただ、これから保護回路を組み込むのも大変なので、その4年後に発表されたMJ無線と実験のMJ無線と実験 第1回2011年2月号、第2回3月号、第3回4月号、第4回5月号、第5回11月号、第6回2012年1月号、第7回2012年2月号、第8回2012年3月号、第9回2012年4月号と計9回で連載発表されたMOS-FETアンプをベースに新たに作成することにした。このアンプは、出力段含めて全段安定化電源でドライブした仕様となっている。

2024年7月14日

2. 製作検討／重要部品の入手確認と代替部品検討

2.1. アンプ部

(1) アンプ部回路図

MJ無線と実験 2012 年 4 月号の「[図 2]完全 DC MOS-FET パワーアンプ」の回路構成および定数をそのまま使用する。

回路図は、MJ無線と実験 2012 年 4 月号の
[図 2]完全 DC MOS-FET パワーアンプ

(2) 抵抗の容量

アンプ部であるが、初段から 2W 型の抵抗が使用されている。本当に 2W 型が必要なのであろうかという疑問が湧いた。回路に測定電圧が書かれておらず、詳細がわからないので以前の MOS-FET アンプの電圧で類推した。

初段のカソード接続のトランジスタのベースに接続されている $27\text{K}\Omega/2\text{W}$ は電圧 $60\text{V}-9.1\text{V}=50.9\text{V}$ から、電力 $P=IE=(E/R)E=E^2/R=(50.9\text{V})^2\div 27000\Omega=0.096\text{W}$ 。1/2W 型で大丈夫。

カレントミラーの $6.2\text{K}\Omega$ は、6mA 流していると仮定して、電力 $P=IE=I^2R=(0.006\text{A})^2\times 6200\Omega=0.223\text{W}$ 。なので、1/2W 型でも問題ないと思う。同様にカレントミラーの $3.3\text{K}\Omega$ も $(0.006\text{A})^2\times 3300\Omega=0.12\text{W}$ なので 1/2W 型で問題ないだろう。

二段目の 330Ω 。ここには 7.5V 程度なので 0.17W。これも 1/2W 型で大丈夫のはず。これ以上だと、半固定抵抗の電力がもつかの方が気になってしまう。二段目の $6.8\text{K}\Omega$ 。ここには、57.5V 程度かかるので 0.49W。ここは 1W 型か 2W 型としておいた方が安全だ。

(3) 使用半導体素子

出力段パワー MOS-FET (2SK2467-Y/2SJ440-Y) は、MJ 誌面では「最新の…」とあり最も重要な部品であるが、メーカーのホームページでは MJ に記事が掲載された 2012 年 2 月時点で「生産終了予定」となって

いた。2012年9月時点で、生産終了予定リストから探し出すことも出来ない状態だったので、その時点で生産終了だったのである。そこで、2008年に作成した時に保守用としてストックしておいた MOS-FET 2SK1529-Y（2016年7月現在生産終了）／2SJ200-Y（生産終了予定品。2016年7月確認）を使用することにした。（2024年現時点コンプリメンタリーペアの入手はできない）

その他の半導体は、2012年頃購入したストック、手持ちを使用する。

ドライバー段の 2SC4793-Y/2SA1837-Y は、コンプリメンタリーペアであることが望ましい。現時点(2024年)でも一部の店舗でまだ購入できる様である。

最大定格

項目		2SK2467	2SK1529	2SK1530	2SK3497
ドレイン・ソース間電圧	VDSS	180 V	180V	200V	180V
ゲート・ソース間電圧	VGSS	±20 V	±20V	±20V	±12V
ドレイン電流	ID	9 A	10A	12A	10A
許容損失 (Tc=25°C)	PD	80 W	120W	150W	130W
チャンネル温度	Tch	150°C	150°C	150°C	150°C
保存温度	Tstg	-55~150°C	-55~150°C	-55~150°C	-55~150°C

東芝のホームページより入手できるデータシートより引用

電気的特性

項目		2SK2467	2SK1529	2SK1530	2SK3497
入力容量	Ciss	700pF	700pF	900pF	2400pF
出力容量	Coss	150pF	150pF	180pF	220pF
帰還容量	Crss	90pF	90pF	100pF	30pF

東芝のホームページより入手できるデータシートより引用

最大定格

項目		2SJ440	2SJ200	2SJ201	2SJ618
ドレイン・ソース間電圧	VDSS	180 V	180V	200V	180V
ゲート・ソース間電圧	VGSS	±20 V	±20V	±20V	±12V
ドレイン電流	ID	9 A	10A	12A	10A
許容損失 (Tc=25°C)	PD	80 W	120W	150W	130W
チャンネル温度	Tch	150°C	150°C	150°C	150°C
保存温度	Tstg	-55~150°C	-55~150°C	-55~150°C	-55~150°C

東芝のホームページより入手できるデータシートより引用

電気的特性

項目		2SJ440	2SJ200	2SJ201	2SJ618
入力容量	Ciss	1300pF	1300pF	1500pF	2000pF
出力容量	Coss	350pF	350pF	400pF	750pF
帰還容量	Crss	200pF	200pF	230pF	200pF

東芝のホームページより入手できるデータシートより引用

2段目差動に使用されている 2SA1358-Y は、現在入手が難しい。代替としては、TTA004B が考えられる。2SC2458-GR は、まだ、入手可能の様だ。初段のベースコモン の 2SC5170-F の代替としてチップタイプの HN4C51J が手持ちであるのでこちらを使用する。2SC5170-F は探せば販売先が見つかるかもしれないが、金田式アンプによく登場する 2SC2291 の方が入手しやすいだろう。2SC3381 は、随分昔から購入できない。

最大定格 (Ta = 25° C)

項目	記号	定 格				単 位
		2SC5170	2SC3381	2SC2291	HN4C51J	
コレクタ・ベース間電圧	VCBO	100	80	100	120	V
コレクタ・エミッタ間電圧	VCEO	100	80	100	120	V
エミッタ・ベース間電圧	VEBO	5	5	5	5	V
コレクタ電流	IC	100	100	100	100	mA
ベース電流	IB		20		20	mA
コレクタ損失	PC	200 × 2	200 × 2	200	300	mW
接合温度	Tj		125		150	°C
保存温度	Tstg		-55~125		-55~150	°C

電気的特性

項目	記号	定 格				単 位
			GR:200~400	F:250~500	200~700	
直流電流増幅率	hFE		BL:350~700	G:400~800	ランク区分無し	
				H:600~1200		
コレクタ出力容量	Cob	2.5	3.6	3	3.0	pF

定電圧ダイオードの NEC(ルネサス)の RD9.1E の入手は、難しくないだろう。同等品の方が入手が難しい。日立(ルネサス)だと HZ9C1(500mW, 8.9V~9.3V)だが入手は無理。東芝だと 02Z9.1A(250mW)か 05Z9.1Y(500mW X:8.60V~9.05V, Y:8.85V~9.30V, Z:9.15V~9.60V)だが特に Yは無理。入手出来ても Xが多いのではないだろうか。フェアチャイルドだと 1N5239B でこちらは入手できるかも。

2.2. DC検出、スピーカー保護回路

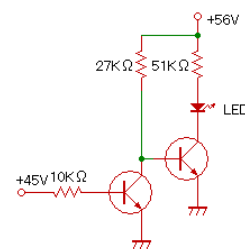
DC検出と出力段の電源 ON/OFF 制御は、MJ 無線と実験 2016 年 5 月号に掲載された安井章氏のパワーアンプに搭載されているスピーカー保護回路を使用する。この回路の電源は、電力出力段用の平滑後の±56V から取得する。回路には、正負電源からそれぞれ約 5mA の電流が供給されているとオリジナルの回路図から読み取れるので、抵抗値を 3.3kΩ から 9.1kΩ に変更した。この回路の出力±VCC_CTRL を電力増幅段用安定化電源に接続して出力段の電源を制御する。

MJ 無線と実験 2016 年 5 月号に掲載された安井章氏のパワーアンプに搭載されている [図 11] スピーカー保護回路。
3.3kΩ を 9.1kΩ に変更

2.3. DC 検出インジケータ

DC 検出した際に点灯する LED を設ける。+45V を監視し、+45V が 0V になった際に、平滑後の電源+56V で LED を点灯させる。使用するトランジスタは、2SC1815 や 2SC2458 だと耐圧が 50V なので、耐圧 120V の 2SC2240 を使用する。hFE ランクは、0 や Y で十分なのだが、2SC2240 の場合、GR と BL しか製品が無い。

LED 駆動は、抵抗値を変えて電流調整する必要がある。使用する LED によって変わるので、実装段階で値を決定する。



2.4. A級電圧増幅段用およびドライブ段用安定化電源

(1) 回路検討

本回路で、パーツの変更の為、回路を見直す必要がある箇所が1か所ある。負側の2N5465が入手できないので2SJ103に置き換える必要があるが、2SJ103の場合、耐圧が不足する。そこで、正側の2SK30Aと同様に、ツェナーダイオードを使ってレベルシフトする。変更点はこの点のみである。

(2) 使用部品検討

負側の2N5465の代替として2SJ103を採用したので、正側も2SK30Aの代わりに2SK246を使用する。ダーリントン接続の2SC4793/2SA1837は、hFEが200以上の指定がある(データシート上はMin:100、Max:320で中間値は210なので無理な指定ではない)が、手持ちでは、その指定を満足するhFEの素子を持ち合わせていない。ダーリントン接続のhFEは二つのトランジスタのhFEの積になるので、2SC2458-GR/2SA1048-GRの代わりにBLランクが入手できる2SC2240-BL/2SA970-BLを使用する。

仮に2SC4793/2SA1837のhFEが200、2SC2458-GR/2SA1048-GRのhFEが300だとすると、 $200 \times 300 = 60000$ となる。手持ちの2SC4793/2SA1837のhFEが140、2SC2240-BL/2SA970-BLのhFEが550前後なので、550で計算すると $140 \times 550 = 77000$ となり、要求を満足することが出来ると判断した。過電流検出の2SC2458-GR/2SA1048-GRも2SC2240-GR/2SA970-GRに揃えることにする。

回路図は、MJ無線と実験 2012年4月号
「[図1-2] A級電圧増幅段およびドライブ段用の安定化定電圧電源」
を参照の事

また、誤差検出回路の2SC2458-GR/2SA1048-GRもhFEが大きな2SC2240-BL/2SA970-BLに置き換える。

2.5. 電力増幅段用安定化電源

(1) 回路検討

A級電圧増幅段用およびドライブ段用安定化電源と同様に電力増幅段用安定化電源においても2N5465を2SJ103-BLに置き換え、9.1Vのツェナーダイオードでレベルシフトしている。また、過電流検出の

2SC2458-GR/2SA1048-GR を 2SC2240-GR/2SA970-GR とし、誤差検出回路の 2SC2458-GR/2SA1048-GR を 2SC2240-BL/2SA970-BL とする。

DC 検出回路の出力の電力増幅段用安定化電源への接続ポイントとその有効性を実装段階で確認する。

(2) 使用部品検討

A 級電圧増幅段用およびドライブ段用安定化電源と同様に負側の 2N5465 の代替として 2SJ103 を採用したので、正側も 2SK30A の代わりに 2SK246 を使用する。

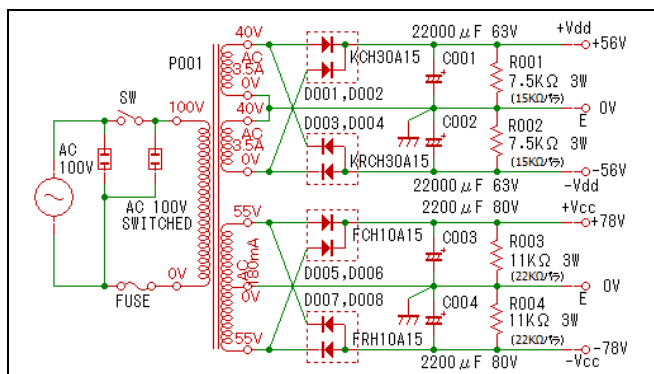
過電流検出の 2SC2458-GR/2SA1048-GR は 2SC2240-GR/2SA970-GR とし、誤差検出回路についても 2SC2458-GR/2SA1048-GR から hFE が大きな 2SC2240-BL/2SA970-BL に置き換える。

回路図は、MJ 無線と実験 2012 年 4 月号
 「[図 1-3]電力増幅段用の安定化定電圧電源」
 を参照の事

2.6. 整流・平滑回路

電源トランスは S-2347 相当の R コアトランスを 2013 年に長野県のフェニックスさんに特注した。平滑後の電圧が誌面と異なり、63V→56V となるが、63V 耐圧の電解コンを使いたいし、定電圧回路の出力は 45V なので問題ないだろう。1 次側は 100V 固定で、2 次側は以下の仕様。

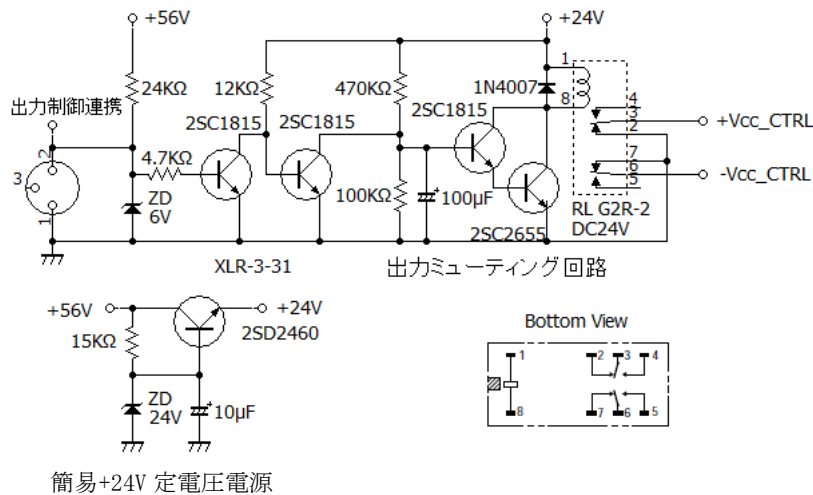
2 次側 40V-0V 3.5A×2 110V-0V
 中間タップ付き 180mA 299.8VA



2.7. PowerON ミューティング

DAC 等の入力機器の PowerON ノイズが出力されない様に PowerON 時に電力増幅段用安定化電源を一定時間無効にする。出力制御連携機構で DAC 等の入力機器の電源が投入されるまで PowerON ミューティングはミューティング解除のカウンタダウンは開始しない。全ての入力機器の電源が投入された時点からカウンタダウンを開始する。

PowerON ミューティングにはリレーを使用する。リレーには+24V の電源が必要だが、+24V の三端子レギュレータの入力電圧の最大定格は 40V。本機の平滑後の電圧は、±56V と ±78V と 40V 以上。+56V を使用することになる。+24V は、ダーリントントランジスタによる簡易レギュレータをする。電圧降下が 32V とかなり大きくなるため、発熱量が大きいことが予想される。



PowerOFF 時は、即座に出力が切れてほしいが、この回路では難しい。電源スイッチが 1 回路余っているならば、電解コンデンサを即座に放電できるのが、電源スイッチは 1 回路のみで余っていない。

そこで、PowerOFF 時の平滑コンデンサの電荷放電による電圧降下を検出して出力制御連携ラインを接地する回路を追加する。

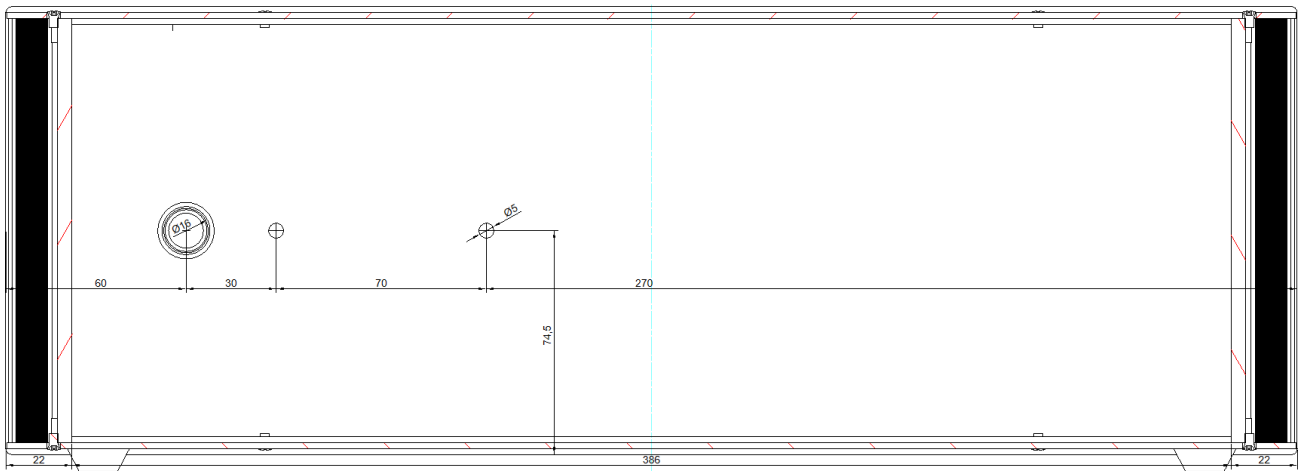
なお、オムロンの G2R-2 DC24V は、もう入手できなくなってしまった。今後、利用の際は、代替品を探す必要がある。

2.8. 筐体の検討

記事は、電源部とアンプ部を別筐体としていた。本筐体は一体型として検討した。パーツで最も高さがあるのが電解コンデンサである。高さ 120mm あるので、タカチの HY149-43-33SS 使用する。とてつもなく高額だが、電源部と本体を分割するよりは安価。この他に、内部シャーシ HYC33-43 を使用する。吊り下げアングル方式では、内部スペースを有効に活用できない。

(1) フロントパネル

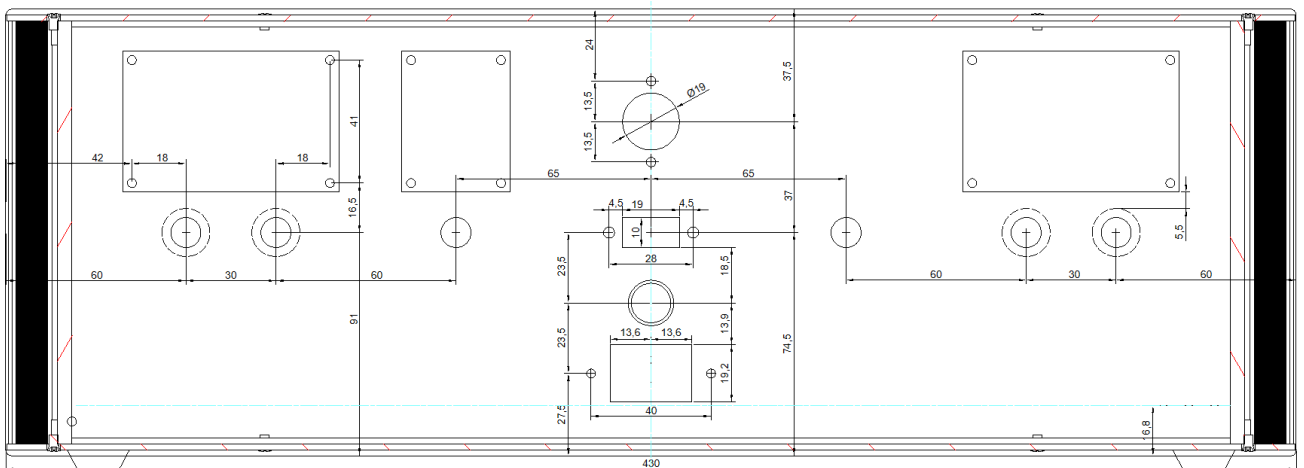
フロントパネルには、左から電源スイッチ、出力電源 ON/OFF インジケータを配置。プロテクトインジケータの加工寸法が書かれているが、穴あけ加工しない。また、左右入力ボリュームは無い。



(2) リアパネル

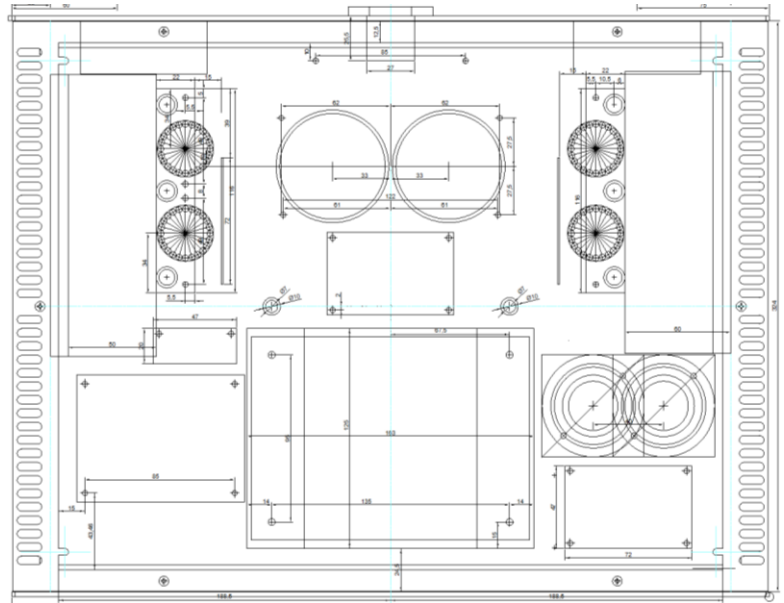
リアパネルは、電源部とアンプ部一体型の配置を考えた。左右にスピーカー端子と入力端子を配置し、中心に AC インレット、ヒューズホルダー、AC コンセントを配置し、DC 検出基板をリアパネルに取り付ける。さらに、今回は、出力制御連携用に上部にキャノンコネクタを付けることにした。これらは、実際のパーツに合わせて加工するので、現段階で寸法図は、参考値でしかない。加工後、実測した実際の寸法に書き換える。

なお、内部シャーシの取り付けにあたっては、AC インレットが内部シャーシの接触しない様に内部シャーシの取り付け位置(高さ)に配慮する必要がある。



(3) 内部配置

内部シャーシ HYC33-43 上にトランス、コンデンサ、基板などを配置する。内部シャーシは、上向き「」に使用する。パワートランジスタは、HY149-43-33SS のサイドの放熱器に取り付けるがリアパネル寄りに取り付けることになる。DC 検出基板は、リアパネルに取り付ける。電力増幅段用の定電圧回路用のパワートランジスタは、別途放熱器を用意する。どの程度発熱するか不明なので、発熱状態によっては、放熱器の大きさを変更する必要がでてくるかもしれない。



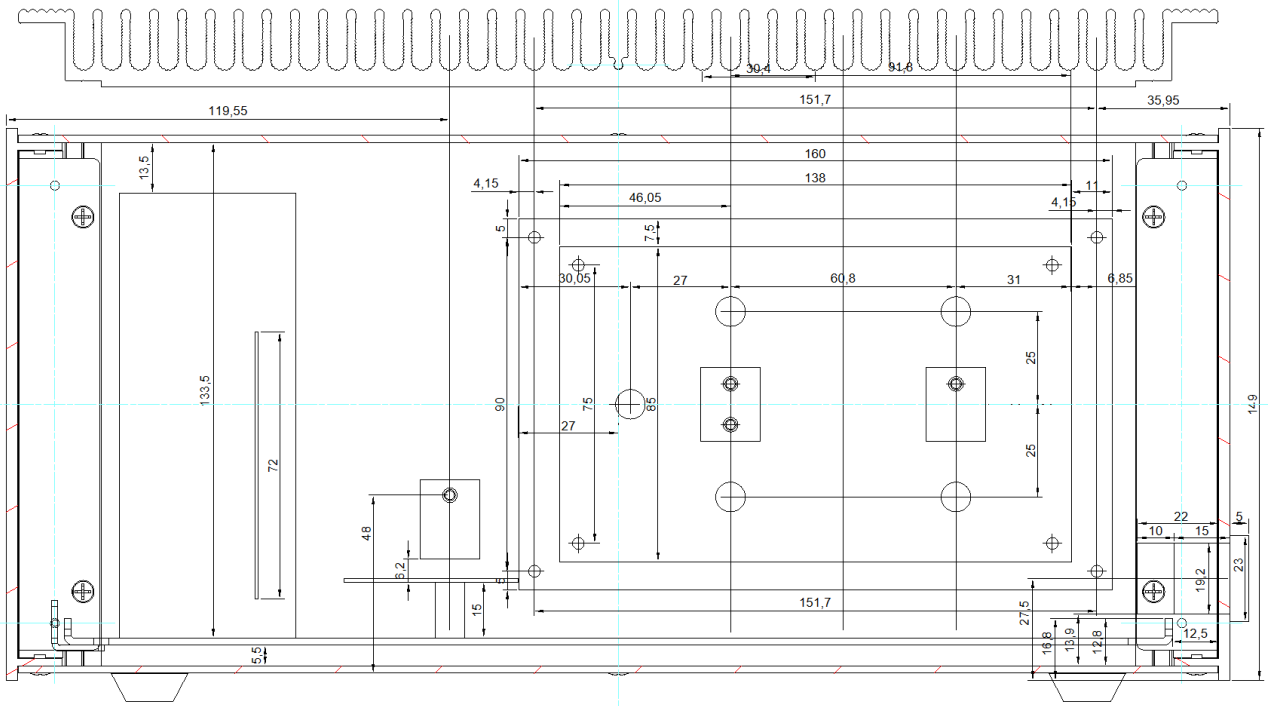
内部の大半のスペースが、トランスと整流・平滑・定電圧回路で占められる。リアパネル側には出力段用の整流・平滑・定電圧回路を設ける。筐体中央に電力出力用の平滑コンデンサを配置し、フロント側に設置するトランスとの間に出力段用の整流回路を配置する。平滑コンデンサは、購入した状態から天地を逆にして端子を上向きにして組み込む事にした。リアパネル側の配置には、スピーカー端子や AC インレット、ヒューズホルダー、キャノンコネクタ等の奥行きを考慮する必要がある。また、内部シャーシとも接触しないようにする必要がある。フロント側には、中央にトランスを配置し、左右側スペースに A 級電圧増幅段用およびドライブ段用安定化電源の整流・回路と定電圧回路を配置する。トランスは、フロントパネルから 25mm 程度離す。今回、入力ボリュームは無いが、ボリュームを取り付けるとしたらこの程度の余裕が必要になる。

(4) 内部高検討、アンプ基板取り付け・放熱器加工寸法

平面方向の配置だけでなく、高さ方向の検討も行う必要がある。特にリアパネルの下部に取り付ける AC インレットが内部シャーシと接触しないか。フロント、リアパネルに取り付けた部品が接触しないか、高さ 120mm の 63V 22000 μ F の電解コンデンサが天板などに配線が短絡せず、安全に装着できるかなどを確認する。

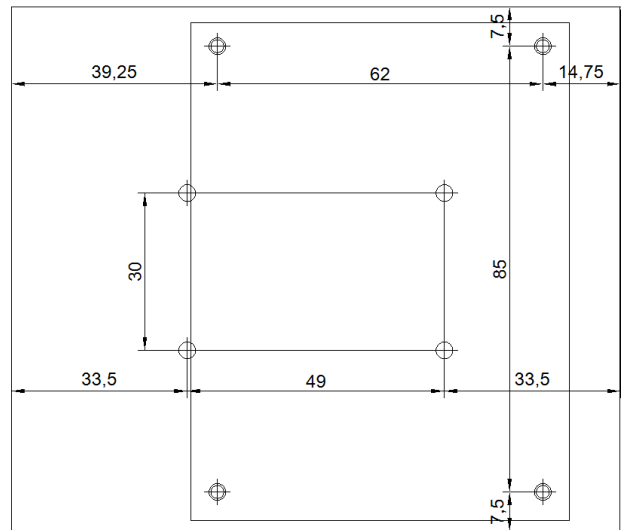
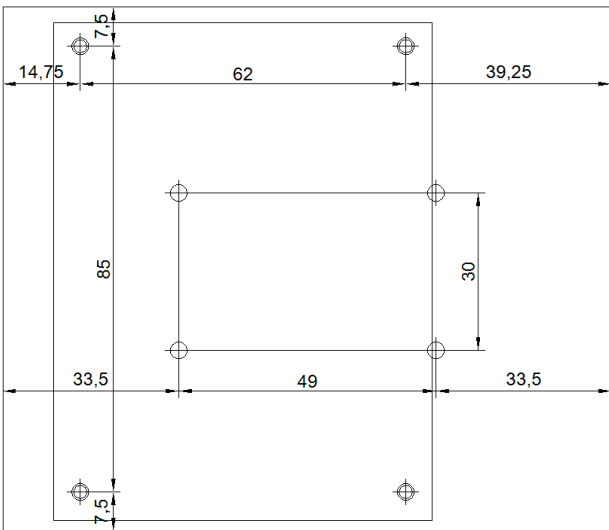
また、放熱器にアルミ板を使ってアンプ基板を固定する。放熱器とアンプ基板が一体となっていると扱いやすい。アルミ板を使ってアンプ基板を放熱器に固定するのは、放熱器が自由に穴位置を決められないからだ。アルミ板で放熱器のひだの部分にタップを立ててアルミ板を固定し、そのアルミ板にアンプ基板を取り付ける。アルミ板には正負の MOSFET の配線、2SC2458 のダイオード接続の配線を通す穴、NFB の穴の 4 つの穴を開ける。MJ 無線と実験 2012 年 4 月号の『 [図 3] ヒートシンクとアンプ部基板の間に入れるアルミ板』にもこの事が記載されている。紙面は 4 穴だが、今回は、MOSFET の配線用の穴を 2 つ追加して余分に開け、計 6 個の穴を開ける。

MOS-FET は、一方の MOS-FET を天地逆に取り付けることにした。基板の接続点までの配線ケーブル長を短くするためだ。



(5) 電圧増幅回路用定電圧電源のトランジスタの放熱器加工

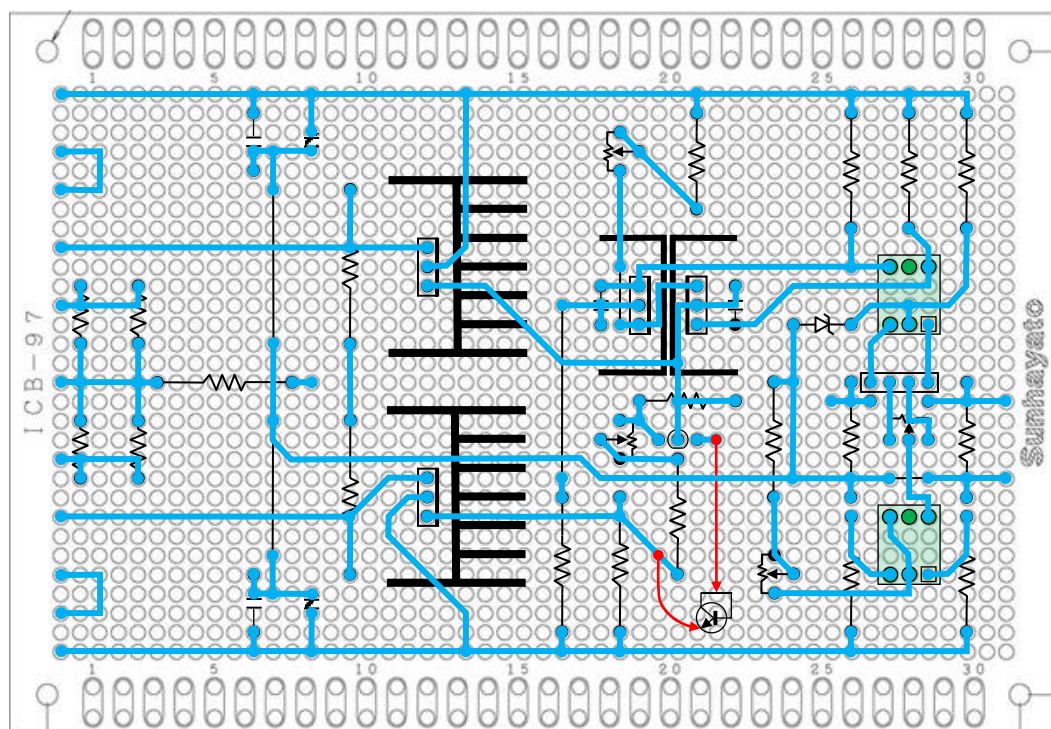
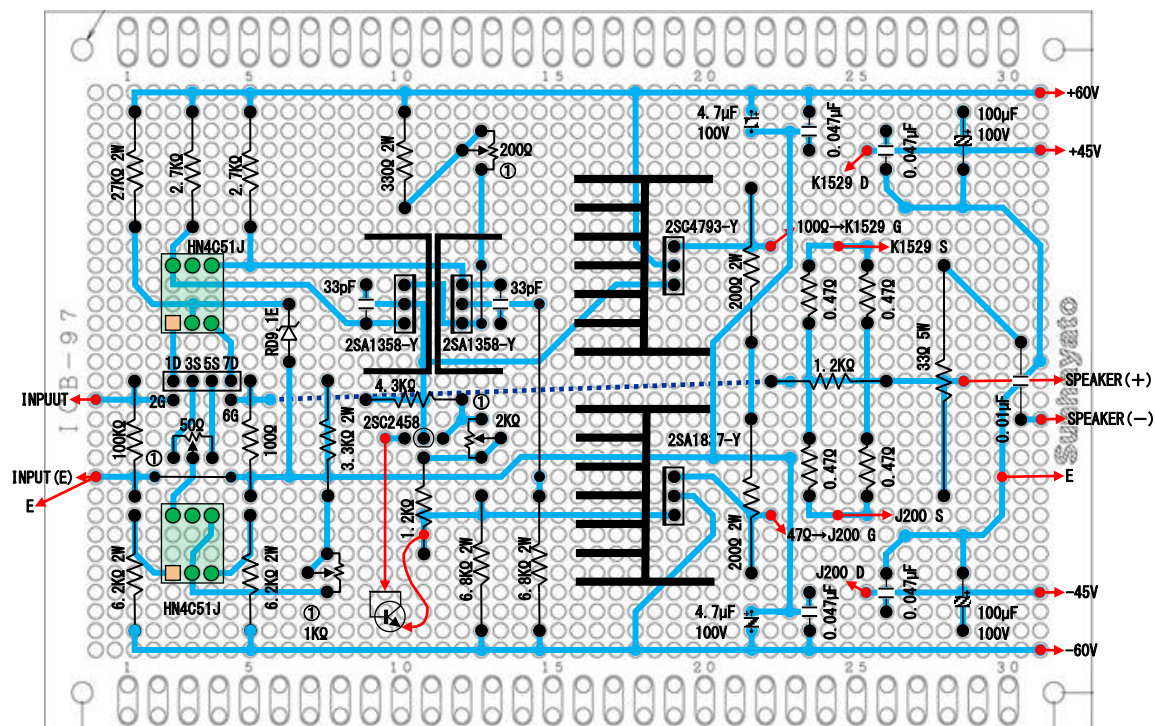
電圧増幅段用の定電圧電源回路は、パワートランジスタと共に放熱器に取り付ける。正電源用と負電源用に分けて実装する。



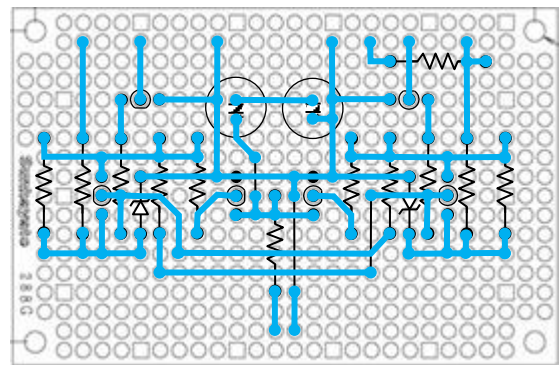
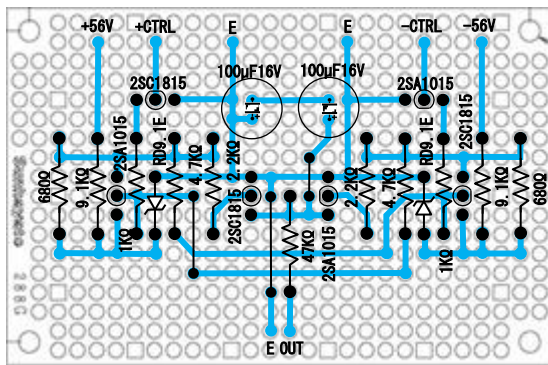
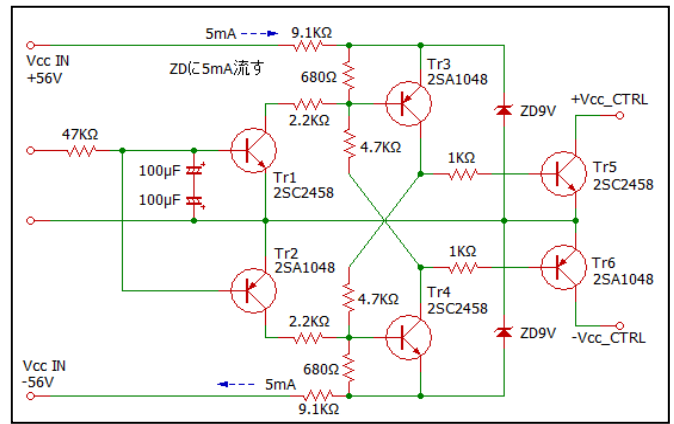
2.9. 基板設計

(1) アンプ基板

2SC5170 の代替としてチップデュアルトランジスタ HN4C51J を採用した A 級電圧増幅段およびドライブ段基板のパターン図を描いた。基板は ICB-97 を使う。

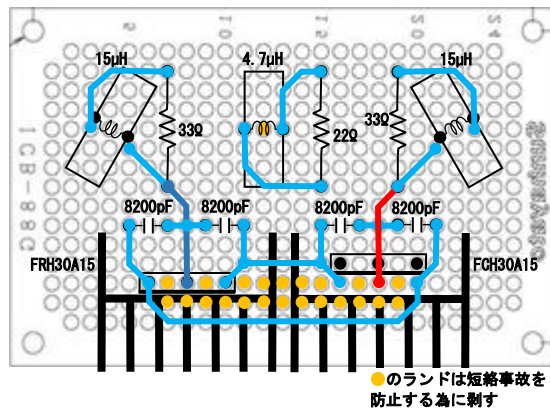
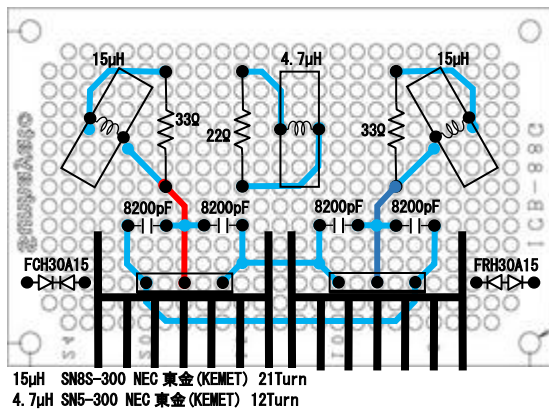


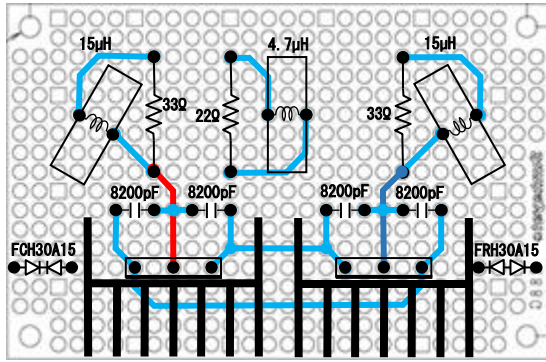
(2) DC検出、スピーカー保護回路



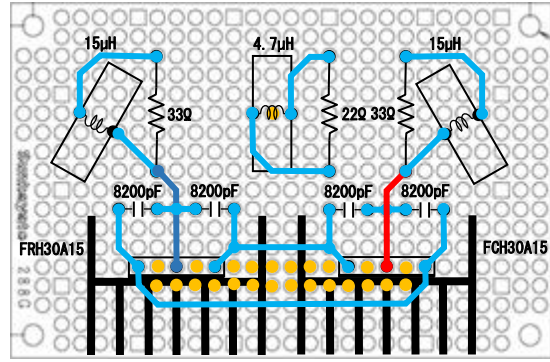
(3) 電力増幅段用整流回路基板

MJ 無線と実験 2020年1月号の安井章氏の記事「無帰還 35W モノラルパワーアンプ[設計編]」の[図 17]出力段用電源基板の回路図、及び、2月号[図 10]出力段電源基板(50%縮小)を参考にして電力増幅段用整流回路基板のパターン図を描いた。整流ダイオードに放熱器が必要かどうか不明。一応、取り付けられる配置とした。





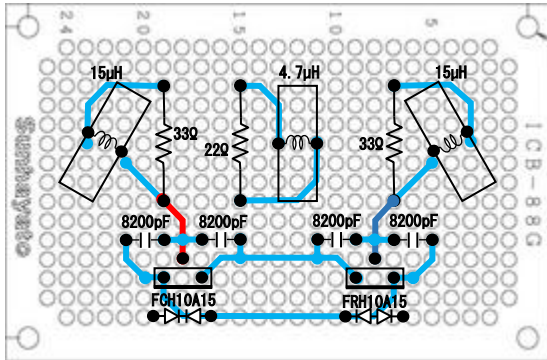
15µH SN8S-300 NEC 真金 (KEMET) 21Turn
4.7µH SN5-300 NEC 真金 (KEMET) 12Turn



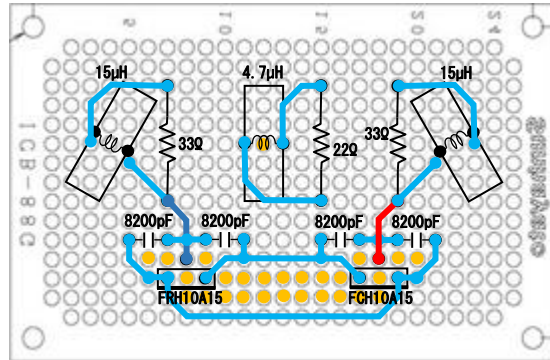
●のランドは短絡事故を防止する為に刺す

(4) A級電圧増幅段用及びドライブ段用整流回路基板

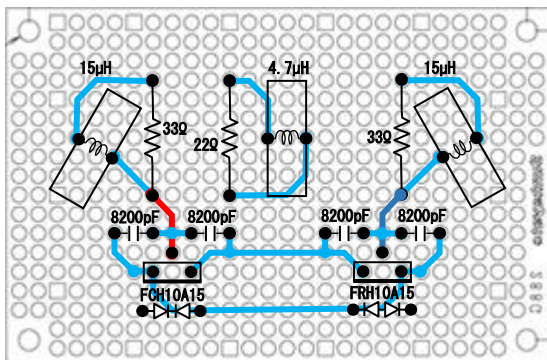
A級電圧増幅段用およびドライブ段用の基板パターン図も MJ 無線と実験 2020 年 1 月号の安井章氏の記事「無帰還 35W モノラルパワーアンプ[設計編]」の[図 16]出力段用電源基板の回路図、及び、2月号[図 11]前段電源基板(50%縮小)を参考にして作成した。配置は、電力増幅段用整流回路基板とほぼ同じ。



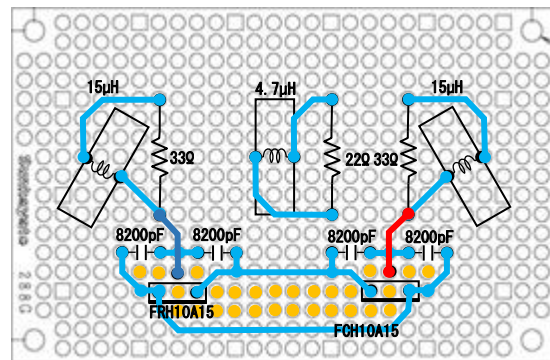
15µH SN8S-300 NEC 真金 (KEMET) 21Turn
4.7µH SN5-300 NEC 真金 (KEMET) 12Turn



●のランドは短絡事故を防止する為に刺す



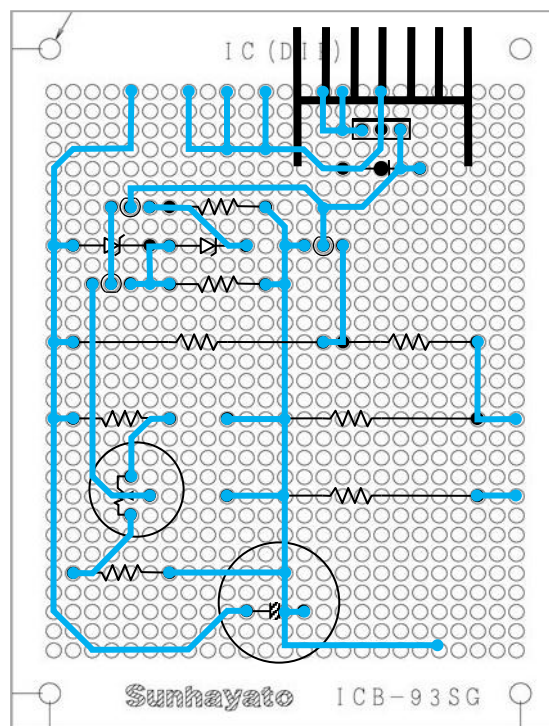
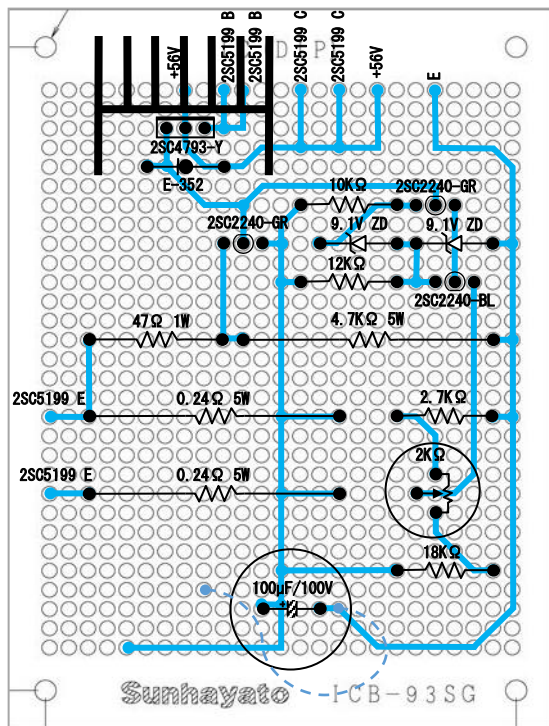
15µH SN8S-300 NEC 真金 (KEMET) 21Turn
4.7µH SN5-300 NEC 真金 (KEMET) 12Turn



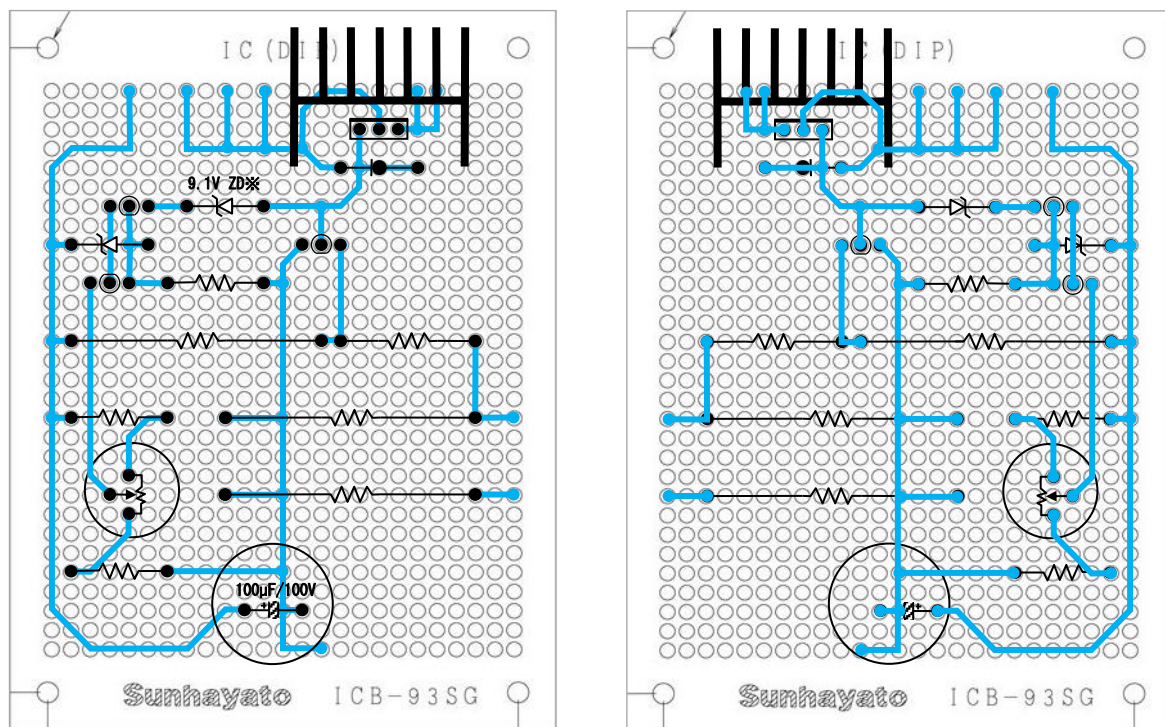
●のランドは短絡事故を防止する為に刺す

(5) 電力増幅段用定電圧回路基板

+45V 基板部品配置図



-45V 基板部品配置図

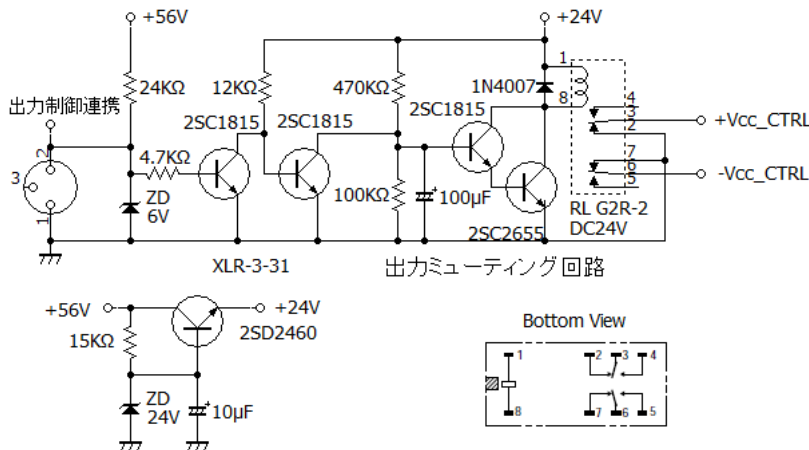
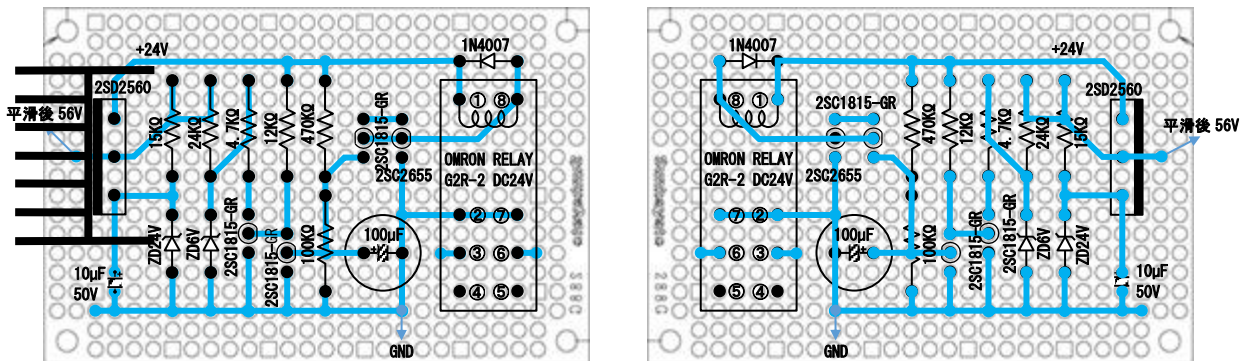


9.1V ZD※は、記事に測定電圧の記述が無い為、必要性が不明である。Q205 をオリジナルの 2N5465 から耐圧の低い 2SJ103-BL に変更した為の対策として挿入してあるが、電圧を測定し、不要であればジャンパー線とする。

(6) 出力段用電源制御及び+24V 簡易定電圧電源

リレーを駆動するための+24V 電源を+56V の平滑後の電源から簡易レギュレータで作成することにした。簡易レギュレータのトランジスタは、2SD2460 が安価に販売されていたので使用することにした。のりレの消費電流は 22mA 程度なので、小さな電流であるが、+56 から+24V に 32V も電圧降下があり、そのエネルギーが熱として消費されると思われるので、 $P_c=130W$ と大きなトランジスタにしておいた方がよいと判断した。放熱が必要なるかもしれない。

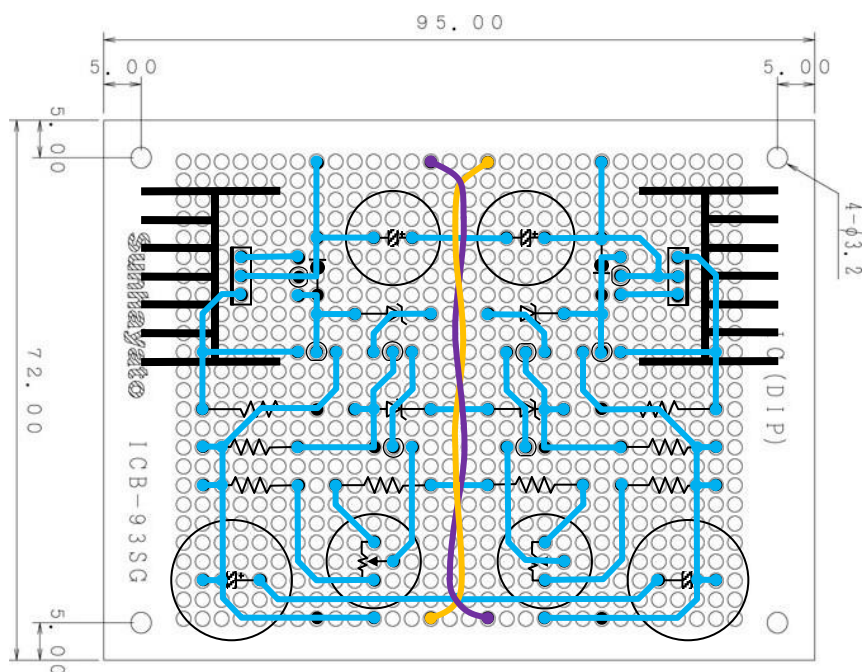
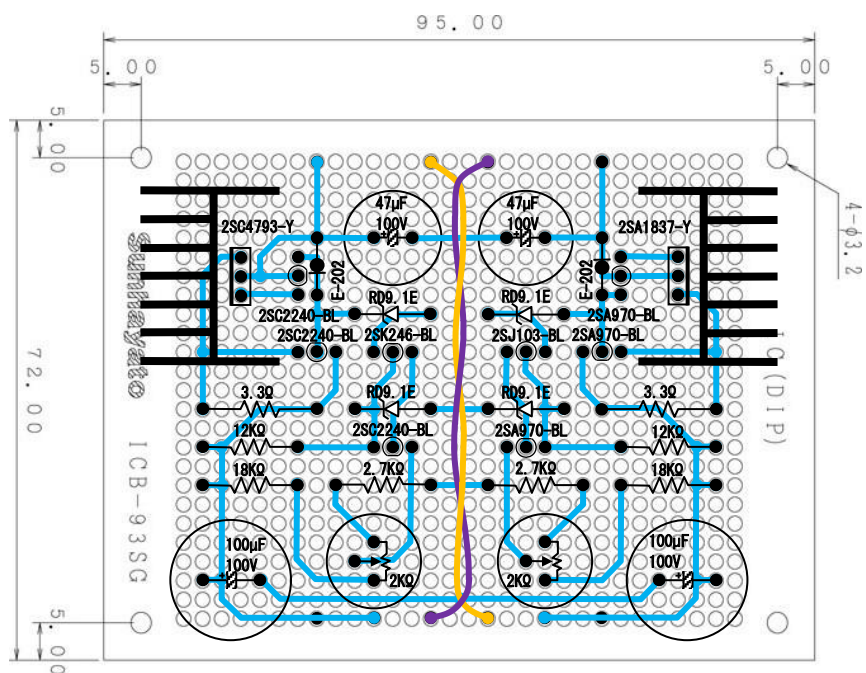
出力ミュート回路は、リレーにより出力段の定電圧回路の ON/OFF を制御する。出力制御連携回路の Wired-OR 回路で、6V のツェナーダイオードが外部機器いずれか 1 台により接地されている間は、100 μ F の電解コンデンサが接地され、リレーが働かず、出力段用の定電圧回路から出力段に電源が供給されない。出力制御連携回路の Wired-OR 回路で、外部機器によるすべての接地が解かれると 6V のツェナーダイオードが有効になり、トランジスタにベース電流が流れ、100 μ F の電解コンデンサの接地が解放されるので電解コンデンサに電荷が蓄積され始める。一定時間が経過してリレー駆動用のトランジスタが ON するとリレーが働き、出力段用の定電圧回路から出力段に電源が供給され、パワーアンプの出力が有効になる。



2SD2460 はダーリントン接続トランジスタなので BE 間で 1.2V の電圧差が生じるはず。従って、実際の電圧は、ツェナー電圧 24V より 1.2V 低い 22.8V の電圧になると想定する。

(7) 電圧増幅段用定電圧回路基板

中央のアースラインは、2ターンとする様紙面に指定がある。



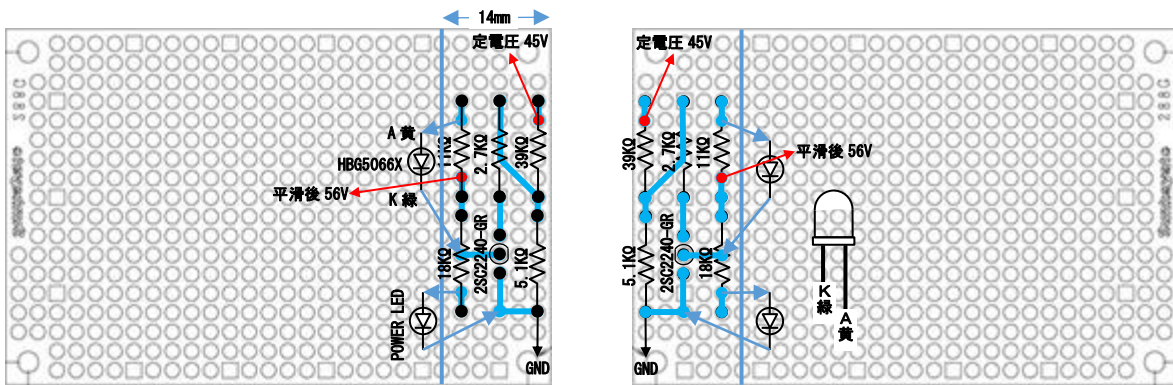
アースラインは2ターン燃る

(8) 電源 LED、出力段電源 LED

電源スイッチに、GB-PSALED-A24V-BL を使用する予定である。このスイッチの LED は、24V 5mA の定格なので、 V_F の定格が分からないが、仮に 2V だとすると、56V の電圧の場合、 $(56V-2V) \div 0.005mA=10.8K\Omega$ の抵抗が必要になる。

出力段の+45V の定電圧回路が 0n 時に点灯する LED に(もう入手できないが) スタンレーの HBG5066X を使用すると、5mA 流すとすると、 $V_F=2.3V$ より $(56V-2.3V) \div 5mA \approx 18K\Omega$ 。10mA の場合は、5.1K Ω or 5.6K Ω 。輝度を目視チェックして値を決める。DC を検出した場合、 $\pm 45V$ が 0ff になるので、電源 LED は点灯しているが、この出力段用電源 LED が消灯することになる。視覚的に DC 検出したことがわかる。なお、パワーオン時もパワーオンミーティング(スロースタート)機能で一定時間 $\pm 45V$ が 0ff になっているので、同様にその間、出力段用電源 LED が消灯しており、一定時間経過した時点で $\pm 45V$ が 0n になり点灯する。視覚的にパワーオンミーティング(スロースタート)が確認できる。

トランジスタは、2SC1815 だと耐圧 50V なので、念のため、耐圧 120V の 2SC2240 を使用する。



2.10. 重要部品一覧

近年、オーディオ用のパーツの入手は殆ど期待できない。これまでの進め方とは変えて、まず、重要部品を準備できるかという視点で最初に検討することにした。

本機については、いずれ作りたいという思いから、キーパーツについて2012年当時の段階から収集・ストックを行ってきた。従って、現在では入手できないパーツが多い。半導体ならいざ知らず、当時汎用と認識していた抵抗や電解コンなどの部品もオーディオ用に限定すると生産終了で入手困難。なんという時代だ……。表は、現時点(2024年時点)の視点で改めて部品の入手性を確認した結果である。

◎印：記事に使用されている部品は製造されており、問題なく入手できる部品。

○印：記事に使用されている部品は、製造中、製造中止品にかかわらず入手可能な部品。

▽印：現時点では通常の販売ルートでは入手できないが、手持ちストックで準備できた部品。

×印：記事に使用されているは入手困難、入手不可能で、定数や耐圧等が同等スペックの部品を使用。

(1) パワーアンプ部

入手	名称	説明
×	2SK389-BL	代替として指定されている2N5564もわずかしかが在庫がないようだ。しかも高価。また、2SK109-F、2SK97も代替として指定されているが、入手困難なものばかり。2SK97が代替として使えるならチップタイプにはなるが、2SK2145が使えるのではないだろうか。
×	2SC5170-F	イサハヤ電子製。全く入手できない。三菱の2SC2291が代替候補になる。本機には、HN4C51Jを使用する。
▽	2SA1358-Y	手持ちを使用。生産終了予定品。(2016年7月確認)。代替品TTA004B新規設計非推奨品。(2012年8月時点)
○	2SC2458-GR	手持ちを使用。生産終了(2016年7月確認)。生産終了予定品(2012年8月時点)
○	2SC4793	手持ちを使用。生産終了(2016年7月確認)。新規設計非推奨品(2012年8月時点)
○	2SA1837	手持ちを使用。生産終了(2016年7月確認)新規設計非推奨品(2012年8月時点)
×	2SK2467-Y/2SJ440-Y	MJ誌面では「最新の…」とあり最も重要な部品であるが、メーカーのホームページではMJに記事が掲載された2012年2月時点で「生産終了予定」となっていた。2012年9月時点で、リストから探し出すことも出来ないの、生産終了になったと思われる。手持ちの2SK1529-Y/2SJ200-Yのコンプリメントペアを使用する。ただ、2016年7月現在入手は困難。2SK1529-Yは2016年7月生産終了。2SJ200-Yは2016年7月時点で生産終了予定品。
×	RD9.1A	RD9.1AとあるがRD9Aの誤りかそれともRD9.1Eの誤りか。ここでは、手持ちのRD9.1Eを使用することにする。他に02Z9.1Aが手持ちである。
×	2Wの抵抗(パナソニック製)	2Wの抵抗は、200、330、1.2K、3.3K、6.2K、6.8K、27K。本当に2W型が必要？。200Ω以外は音質で決めている気がする。必要な電力値を計算して確認しようと思う。使用するのであれば、酸化金属皮膜抵抗を使用する。
×	1/2Wの抵抗(マイクロオーム)	タクマンのREY50も入手難。手持ち以外は一般の金属皮膜抵抗を使用するか、オーディオ用の炭素被膜抵抗を使用する。
×	0.47Ω 5W パナソニック製	0.47Ω 5Wの抵抗をパラ接続して0.24Ω 5Wとしているとのことだが、ネットショップを検索してもパナソニック製は入手できそうにない。そこで、福島双葉のMPC74 0.47Ω 5Wを使用することにした。
×	33pF ディップマイカ	ディップマイカの入手は現在難しい状況。手持ちで賄う。

入手	名称	説明
×	0.01 μ F 500V ディップマイカ	2012年当時に入手したディップマイカを使用するが、現状では0.01 μ Fのディップマイカの入手はかなり難しい。他のフィルムコンデンサなどで代用するしかない。
×	33 Ω 5W	この抵抗もパナソニック製と思われるが、KOAのSPR5C 33 Ω \pm 5%か、または、酸化金属皮膜抵抗を使用する。 でも、3W型でも良いような気が…。
×	コパル λ -13T 1K Ω 、200 Ω	λ -13Tは巻線型である。生産中止品である為、同じコパルのサーメット型のRJ-13T(0.75W型)を入手したが、現状手に入る半固定抵抗は0.5Wまでが大半。
×	0.047 μ F マイカコンデンサ	WIMAのMKS2の100V仕様(メタライズドポリエステルフィルムコンデンサ)を使用する。
×	4.7 μ F/100V タンタルコンデンサ	2012年当時に入手した4.7 μ F/100VのELNAセラファインを使用するが、現在、耐圧50V仕様のもが多く、4.7 μ F/100Vが見つからない。
▽	100 μ F/100V 電解コン	2012年当時に入手したニチコンMUZEを使用する。現状、オーディオ用の電解コンが殆ど生産終了。
▽	50 Ω 半固定抵抗 (18回転)	コパルのRJ-9W 0.5W型を使用する。RJ-9Wは高信頼性タイプだが、汎用タイプのCT-9もある。

(2) 整流回路/安定化電源回路

入手	名称	説明
×	2SC5199-0/2SA1942-0	180V/12A/120W。東芝製
×	2SC3421-Y	手持ちを使用。代替品TTC004B
×	2SA1358-Y	手持ちを使用。代替品TTA004B
○	2SC2458-GR	手持ちを使用。生産終了。(2012年8月時点：生産終了予定品。)
○	2SA1048-GR	手持ちを使用。生産終了。(2012年8月時点：生産終了予定品。)
×	2N5465	過去、ストックとして高価だが2個購入してある。でも、使用せずに代替として2SJ103-BLを使用する。記事では2SJ105-BLを代替としているが、なかなか入手できない。
○	E-352	セミテック(石塚電子)製
×	RD6A	NEC製の定電圧ダイオード 5.2V~6.4V 中点を取ると5.8V。6Vと考えると、代替候補として以下があげられるが、手持ちのRD6.2Eを使用する。 ・RD6.2E 5.81V~6.40V、 ・RD6.2E B1 5.81V~6.06V ・HZ6C1 5.80V~6.10V
×	RD7A	NEC製の定電圧ダイオード 6.2V~8.0V 中点を取ると7.1V。代替候補として以下があげられるが、手持ちのRD7.5Eを使用する。 ・RD7.5E 6.88V~7.64V、代替：RD7.5E B1 6.88V~7.19V ・HZ7B2 6.90V~7.20V
▽	0.24 Ω 5W	福島双葉のMPC74 0.47 Ω 5Wか、タクマンの酸化金属被膜抵抗器(小型品) 5W 0.24 Ω \pm 5% RLF5SJ 0.24 Ω が候補を購入。
▽	1Wの抵抗 47 Ω	タクマン REY75FY47 Ω B
▽	2Wの抵抗 (パナソニック製)	KOAの2W酸化金属皮膜抵抗(MOSX2C3R3J)を使用する 3.3 Ω
▽	1/2W抵抗 (マイクロオーム)	タクマン REY50FXを使用する。 2.7K Ω B、10K Ω 、12K Ω 、18K Ω
×	コパル λ -13T 2K Ω	λ -13Tは巻線型である。生産中止品である為、同じコパルのサーメット型のRJ-13Tを使用する。

入手	名称	説明
▽	5W の抵抗 (金属皮膜か酸化金属皮膜)	KOA の炭素皮膜の SPR5C 4.7K、7.5K、11K (22K 3W のパラとした)
×	トランス ISO S-2655(B) 特注品 1次側：110V, 100V, 90V 2次側：45V-0V 3.3A×2, 55V-0V-55V 180mA	S-2347 1次側：115V, 110V, 105V, 100V 特注品 2次側：40V-0V 4A×2, 55V-0V-55V 180mA (株)フェニックスという長野県のRコアトランスの専門メーカーに S-2347 相当の下記スペックで特注。当初 S-2655 相当と考えたが、45V では入力電圧によっては整流後電圧が 63V を超えてしまい、耐圧 63V の電解コンが使えないので 40V のこのスペックとした。 特注品 1次側：100V 2次側：40V-0V AC3.5A×2, 55V-0V-55V AC180mA 静電シールド付き
○	日本インター SBD KRH30A15/KCH30A15	SBD (Schottky Barrier Diode) 30A Avg, 150V
×	日本インター SBD PB102F	SBD (Schottky Barrier Diode) 10A Avg, 150V FCH10A15/FRH10A15 を代替として使用。
▽	電解コン 47μF/100V	整流・平滑直後の±78V の箇所に使用するので耐圧 100V は必須。 製造中止の MUZE KZ がまだ売られているので、保守用として入手。 他にも、FG も保守用として確保
▽	電解コン 100μF/100V	A 級電圧増幅段用およびドライブ段用の定電圧回路の出力用は出力電圧が 60V なので、調整ミスで 63V を超えることがないのであれば、63V 使用の電解コンも使用可能。だが、安全を考慮してやはり 100V 仕様の製品を使う。現状、オーディオ用の電解コンが殆ど生産終了で、2012 年当時に入手した MUZE KZ が手持ちであるが、もう殆ど売り切れ。1 店舗だけまだ売られていたので、使用数と同数を保守用に購入。他は FG も殆どの店舗で売り切れ。ELNA SILMIC II も購入できるようだが高額で手が出ない。
▽	電解コン 5200μF/100V (220μF/100V 電解コン)	出力段用の電解コンは、出力電圧 45V なので耐圧 50V で足りる。 2012 年当時に入手した MUZE KZ 220μF/100V が手持ちであるが、現在 100V 仕様の入手は困難で、売り切れ。1 店舗だけまだ売られていたので、使用数と同数を保守用に購入。
▽	ネジ端子型電解コンデンサ 22,000μF 63V 2,200μF 80V (ツメ型)	特にメーカーは指定されていないが、今、入手出来るのは日本ケミコンの KMH ぐらい。掘り出し物を探すしかない。2012 年当時に 22,000μF 63V の ELNA 製の掘り出し物をニチコンの KMH の半額以下で購入したが、購入してから時間が経過しているので、劣化が心配。 EKMH630LGC223MCA0M, EKMH800LGB222MA50M 2200μ 80V については、特注したトランスの 1次が 100V のみの仕様の為、2次電圧が 80V を超える可能性があるため 2200μ 100V を購入した。
×	リレーOMRON G2R-2 DC24V	最近入手できない。
◎	SN8S-300 SN5-300	NEC 東金は、2017 年に米国 KEMET Corporation の完全子会社となったとのこと。KEMET の SN8S-300、SN5-300 でも同じ製品の様だ。 15μH は、SN8S-300 を巻き戻して 21Turn とし、4.7μH は、SN5-300 を巻き戻して 12Turn とする。

3. 製作

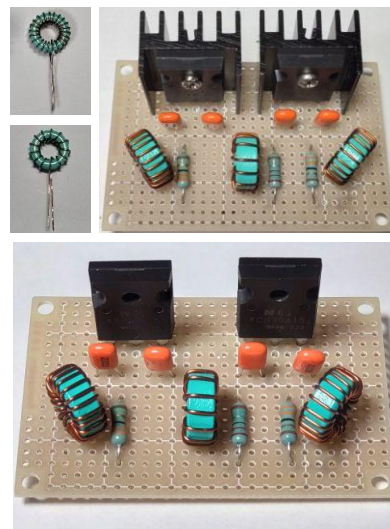
3.1. 基板製作

(1) アンプ基板

(2) 電力増幅段用整流回路基板

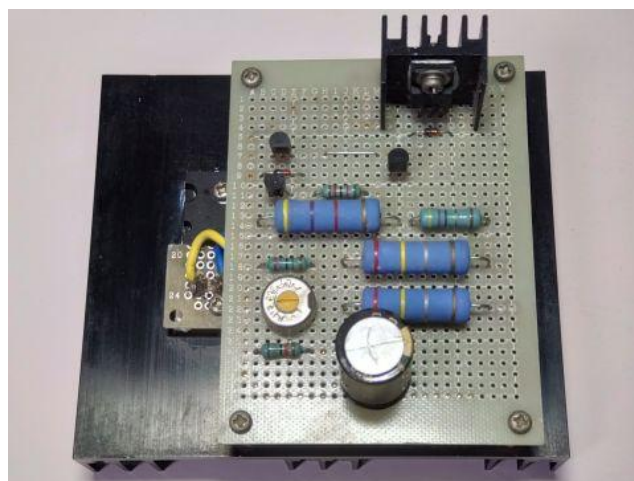
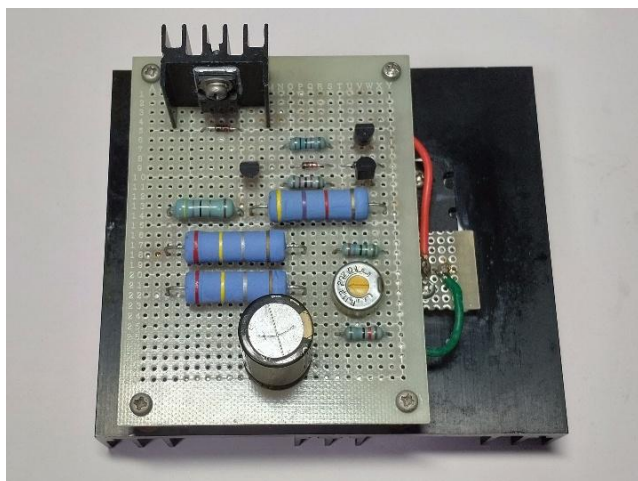
加工方法は、MJ 無線と実験 2020 年 2 月号「無帰還 35W モノラルパワーアンプ[製作編]」(安井章)に SN8S-300 を 21Turn に巻き戻して 15 μ H を作成。また、SN5-300 を使って 12Turn に巻き戻し、4.7 μ H を製作と記載されている。しかし、SN5-300 の入手に時間がかかる様だ。データシートを見ると SN8S-300 のインダクタンスが 26 μ H、SN5-300 のインダクタンスが 25 μ H と大差ないので SN8S-300 で 4.7 μ H を製作した。

SBD(Schottky Barrier Diode)は、放熱器が後付けできるように、取付の高さを配慮したが、放熱器を付ける必要はないだろう。SBD には、日本インター(2016 年に京セラに吸収合併された)の KRH30A15/KCH30A15 を使用した。ダイオードのノイズ吸収用として 8200pF の APS を使用している。



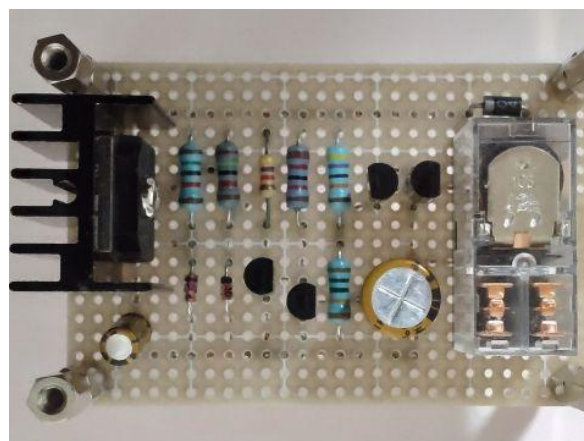
(3) 電力増幅段用定電圧回路基板

放熱器に基板取り付け用の穴をあけ、タップを立て基板を取り付ける。正負それぞれ別の放熱器を使って実装。



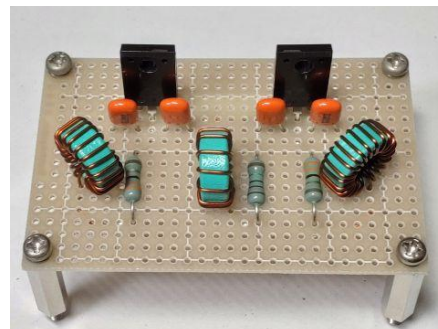
(4) 出力段用電源制御

出力段用電源の On/Off 制御に本機用にストックしておいた OMRON の G2R-2 DC24V を使用する。今は出回っておらず、今後は、他の製品に置き換える必要がある。抵抗類はオーディオ用ではなく一般の抵抗を使用。電解コンも Fine Gold を使用したが、アンプ部以外の回路にオーディオ用を使用するのは最後になるのではないかとと思う。



(5) A級電圧増幅段用及びドライブ段用整流回路基板

55V-0V-55V を整流した $\pm 78V$ を生成する。入力 SN コイルではなくとも良いので、随分時間をかけてコイルを探したが、なかなか $4.7\mu H$ と $15\mu H$ の素子が見つからない。出力段と同様に SN8S-300 を 21Turn に巻き戻して $15\mu H$ を作成。また、12Turn に巻き戻して $4.7\mu H$ とした。ダイオード FCH10A15/FRH10A15 には、ノイズ除去目的で $8200pF$ の APS を付けている。オーディオ用の金属皮膜抵抗の 33Ω が入手困難で、今後は、一般の抵抗を使わざるを得ない。



(6) A級電圧増幅段用及びドライブ段用定電圧回路基板

55V-0V-55V を整流・平滑した $\pm 78V$ を入力とし、 $\pm 60V$ を出力する定電圧回路である。 $\pm 7V\sim 10V$ を出力する評価用の定電圧回路も同じ回路構成で動作では確認済みである。しかし、低電圧なので、 $\pm 78V$ の今回は、全く違う回路として扱わないと痛い目にあうだろう。



(7) DC検出、スピーカー保護回路

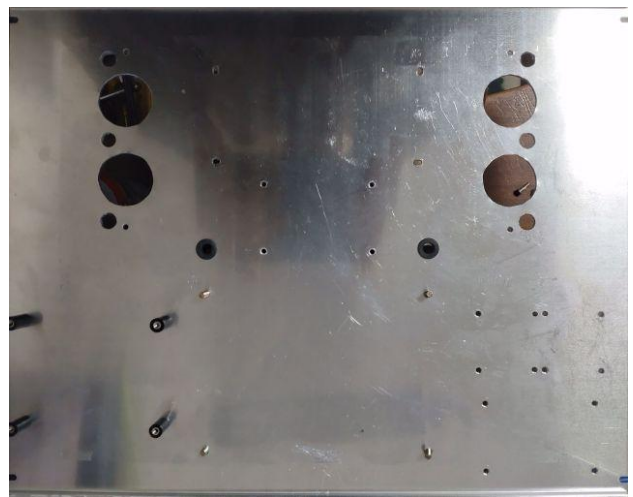
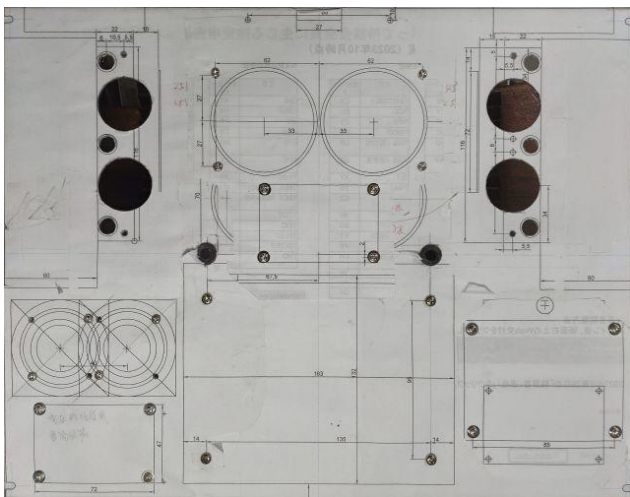
3.2. 筐体加工

(1) 内部シャーシ加工

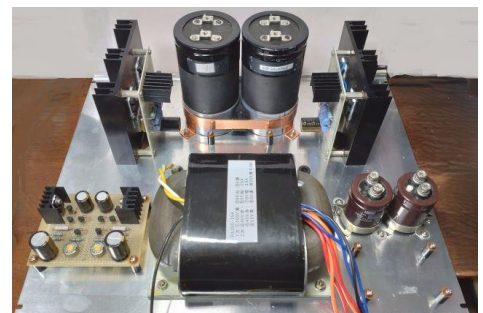
大変なのは、 $\phi 32\text{mm}$ の大きな丸穴をあけること。何しろ、ホールソーや電動ドリル、卓上ボール盤は持ち合わせておらず、ハンドドリル 1 つで開けようという無謀なチャレンジ。お金かければ良い加工精度でモノづくりができるが、お金かけずに時間と労力を使ってという方針である。ただ、加工精度は悪い。真円でなくても良いので、穴あけの円に沿ってハンドドリルで $\phi 3\text{mm}$ 程度の穴を開け、それらをつなぎ合わせて、カットし、やすりで仕上げる。リーマーは、穴が大きすぎて使えない。

加工図を何度も変更。図面を反転して内部シャーシ裏側に貼り付け加工を行った。特に大きな穴の部分は両面テープを貼りつけて穴あけの時、紙が破けない様に配慮して加工を進めた。

トランスの 1 次側ケーブルを内部シャーシの裏側、底板との間に通したかったので、ケーブルプロテクター(ブッシュともいう)を付けている。

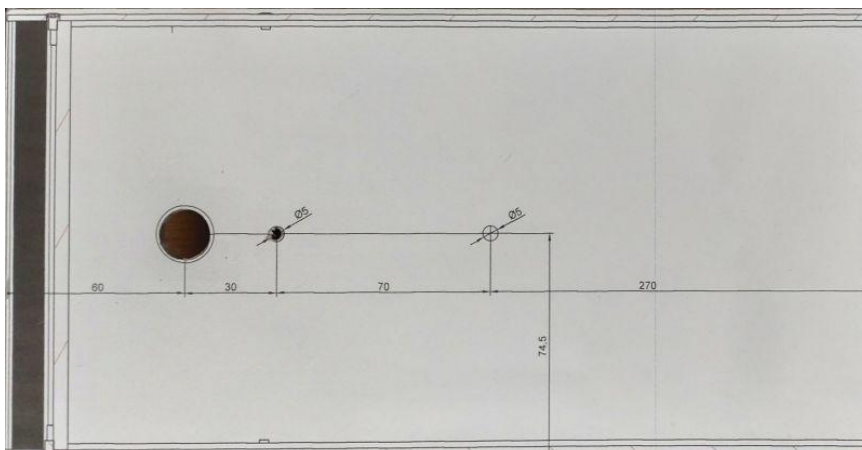


仮に内部シャーシを組み上げてみた。あっ。A 級電圧増幅段用及びドライブ段用定電圧回路基板の向きが逆だ。



(2) フロントパネル加工

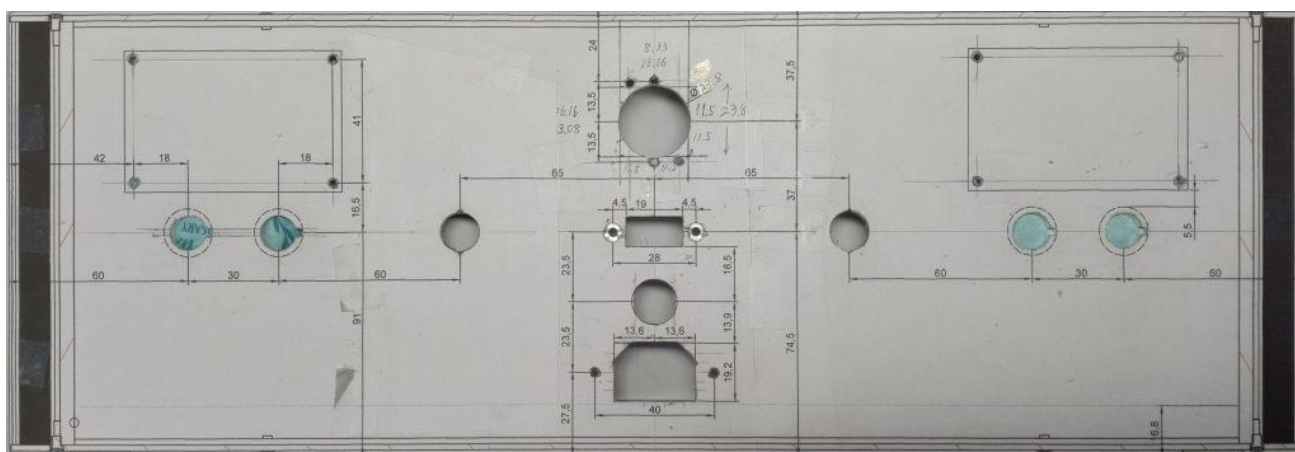
フロントパネルのプロテクターの LED は取り付けない事にしたので、加工するのは電源スイッチとパワーオンミーティング(スロースタート)インジケート用の LED の 2 穴だけ。



(3) リアパネル加工

まず、一番大変な中央の AC インレットや AC アウトレットの角穴をあけ、その後、少し大きな丸穴のあるキャノンコネクタの丸穴やヒューズホルダの長円形穴、スピーカー端子や RCA ジャックの穴あけを行う。最後に DC 検出基板の取付穴をあけた。AC インレットや AC アウトレットの角穴をあけるのに一日。キャノンコネクタの丸穴やヒューズホルダの長円形穴をあけるのにまた一日。スピーカー端子や RCA ジャックの穴あけを行い、最後に DC 検出基板の取付穴の穴あけにさらに一日と合計 3 日続して行ったわけではないので、リアパネル加工には 2 週間ほどかかった。

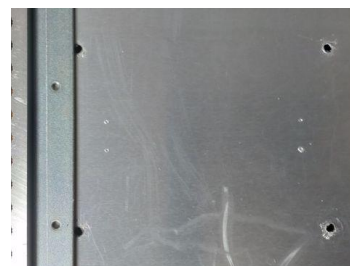
キャノンコネクタの穴を誤って XLR-3-32 の穴をあけてしまった。正しくは、XLR-3-31 の穴をあけたかった。幸いミスして開けたビス穴はキャノンコネクタで隠れてしまうので、まあ、よかったかなと。



(4) 放熱器加工

3.3. 組み立て・調整

筐体に内部シャーシを取り付けたところ、問題発生。A級電圧増幅段用及びドライブ段用定電圧回路基板の取付位置が内部シャーシ固定金具と被ってしまった。4mm、取付穴を長円形に拡大するなどしてずらすことにした。あわせて図面を修正。



**全段定電圧電源対応
MOS-FET DCパワーアンプ
作成レポート**

2013年8月9日

1. 基本方針	- 3 -
2. 重要部品の入手確認と代替品の検討	- 4 -
3. 回路検討	エラー! ブックマークが定義されていません。
3.1. 整流平滑回路	2
3.2. A 級電圧増幅段およびドライブ段用安定化電源	4
3.3. 電力増幅段用安定化電源	5
3.4. DC 検出、スピーカー保護回路	4
3.5. アンプ部	2
3.6. 代替素子	エラー! ブックマークが定義されていません。
4. 基板設計	- 7 -
4.1. A 級電圧増幅段およびドライブ段基板 (チップデュアルトランジスタ HN4C51J 使用)	- 7 -
4.2. 電圧増幅段用定電圧電源基板	- 8 -
4.3. 電力増幅段用安定化電源基板	- 9 -
(1) +45V 基板部品配置図	- 9 -
(2) -45V 基板部品配置図	- 10 -
4.4. スピーカー保護回路 (DC 検出回路)	- 11 -
5. 筐体設計	- 13 -
5.1. 使用筐体	- 13 -
5.2. 内部シャーシ	- 13 -
5.3. フロントパネル	- 14 -
5.4. リアパネル	- 14 -
6. 作製	- 17 -

5. 基本方針

現システムの主力のパワーアンプはMJ無線と実験の2008年12月号及び2009年1月号に掲載された落合萌氏のMOS-FETパワーアンプだ。金田氏のアンプもいいが、このアンプ、素晴らしいクオリティであるし、愛着がある。ただ、保護回路が何も付いていない。このアンプにこれから保護回路を組み込むのも大変なので、MJ無線と実験のMJ無線と実験 第1回2011年2月号、第2回3月号、第3回4月号、第4回5月号、第5回11月号、第6回2012年1月号、第7回年2月号、第8回2012年3月号、第9回年4月号と計9回の連載で掲載された落合 萌氏のMOS-FETアンプをベースに新たに作成することにした。また、1年以上かかるかな。

2012年9月9日

6. 重要部品の入手確認と代替品の検討

落合氏の回路に採用されている各パーツは、半導体だけでなく、抵抗類も入手困難なものが多い。抵抗、コンデンサ類は、販売されていないものがあり、定数や耐圧が同じものを選ぶことにする。

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実績・予定を示している。なお、表中の購入済みの部品は、2012 年から 2013 年当時に購入したものが多く、現在では生産されていないものもある。

表の記載は、部品購入の段階で、別のものに替えた場合は、都度修正を行う。

◎印：指定部品は製造されており、問題なく入手できる部品。

○印：指定部品を使用。製造中止予定、製造中止品であるが、多くの入手先から入手可能な部品。

△印：入手困難な部品で限られた入手先であるが購入。または手持ちストックの指定部品を使用。

▽印：指定部品の後継、改良型の部品を使用。または通常の販売ルートでは入手できず、オークションなどで入手する必要があるか、高額で入手できないなどの理由から、相当品を使用。

×印：指定部品は入手困難、もしくは入手不可能で、定数や耐圧等が同等スペックの部品を使用。

(1) パワーアンプ部

入手	名称	説明
△	2SK389-BL	オークションに頼らないと入手できない。代替として指定されている 2N5564 もわずかしかないようだ。また、2SK109-F、2SK97 も代替として指定されているが、入手困難なものばかり。あっても誰かが大人買いをしたらあつという間になくなってしまう。幸い、2SK389-BL は前回 MOS-FET アンプを作成した際、保守用に確保した石が 2 個あるので、大切に使いたい。
×	2SC5170-F	イサハヤ電子製。全く入手できないので、2SC2458-GR か、2SC2240-GR、三菱の 2SC2291 が代替候補になる。本機には、デュアルチップトランジスタ HN4C51J が入手できたので使用することにした。
○	2SA1358-Y	生産終了予定品。(2016 年 7 月確認)。代替品 TTA004B 新規設計非推奨品。(2012 年 8 月時点)
△	2SC2458-GR	生産終了(2016 年 7 月確認) 生産終了予定品。(2012 年 8 月時点)
△	2SC4793	2SA1837 とのペア品を購入。生産終了(2016 年 7 月確認) 新規設計非推奨品 (2012 年 8 月時点) 代替は
△	2SA1837	2SC4793 とのペア品を購入。生産終了(2016 年 7 月確認) 新規設計非推奨品(2012 年 8 月時点)
×	2SK2467-Y/2SJ440-Y	MJ 誌面では「最新の…」とあり最も重要な部品であるが、メーカーのホームページでは MJ に記事が掲載された 2012 年 2 月時点で「生産終了予定」となっていた。2012 年 9 月現在では、リストから探し出すことも出来ないで、生産終了になったと思われる。 大阪地区で入手できるようであるが、東京では入手も出来そうにないので、2SK1529-Y (2016 年 7 月現在生産終了で購入困難。) / 2SJ200-Y (生産終了予定品。2016 年 7 月確認。) (2016 年 7 月現在コンプリメントペアは入手困難) か、2SK1530-Y/2SJ201-Y (2016 年 7 月現在コンプリメントペアは入手困難)、2SK3497/2SJ618 (生産終了。2016 年 7 月確認)のいずれかを使用する。
×	RD9. 1A	RD9. 1A とあるが RD9A の誤りかそれとも RD9. 1E の誤りか。ここでは、RD9. 1E を使用することにする。 RD9A : 7. 5V~10. 0V ツェナー電圧範囲の midpoint 8. 75V をとると、以下の代替が考えられる。 代替 1 : RD9. 1E 8. 33V~9. 29V 代替 2 : RD9. 1E B2 8. 61V~8. 99V 代替 3 : HZ9B2 8. 50V~8. 90V

入手	名称	説明
×	2W の抵抗 (パナソニック製)	2W の抵抗は、200、330、1.2K、3.3K、6.2K、6.8K、27K。 本当に 2W 型が必要？。200Ω 以外は音質で決めている気がする。 必要な電力値を計算して確認しようと思う。使用するのであれば、KOA 等の酸化金属皮膜抵抗を使用する。
×	1/2W の抵抗 (マイクロオーム)	タクマンの REY50 金属皮膜抵抗を使用する。
×	0.47Ω 5W パナソニック製	0.47Ω 5W の抵抗をパラ接続して 0.24Ω 5W としているとのことだが、ネットショップを検索してもパナソニック製は入手できそうにない。そこで、福島双葉の MPC74 0.47Ω 5W を使用することにした。
◎	33pF ディップマイカ	双信電機のコンデンサ
◎	0.01μF 500V ディップマイカ	双信電機のディップマイカのこの容量のものは 300V 耐圧の製品でも高価なので、双信電機以外のメーカーの製品を購入。誌面では 0.01μF 500V のディップマイカとだけありメーカー指定は無い。
×	33Ω 5W	この抵抗もパナソニック製と思われるが、KOA の SPR5C 33Ω ±5% か、または、KOA の酸化金属皮膜抵抗 MOS3C 330J を使用する。でも、3W型でも良いような気が…。
×	コパル λ-13T 1KΩ、200Ω	λ-13T は巻線型である。生産中止品である為、同じコパルのサーメット型の RJ-13T を使用する。
×	0.047μF マイカコンデンサ	ニッセイの APS (ポリプロピレンフィルム) か、WIMA の MKS (メタライズドポリエステルフィルムコンデンサ) を使用する。
×	4.7μF タンタルコンデンサ	電解コンを使用する。
△	50Ω 半固定抵抗 (18 回転)	コパルの RJ-9W 0.5W 型を使用する。RJ-9W は高信頼性タイプだが、無汎用タイプの CT-9 もある。

(2) 整流回路/安定化電源回路

入手	名称	説明
◎	2SC5199-0	180V/12A/120W。東芝製 2SA1942-0 とのペア品を2組、hfe が揃っているものを購入する。 ただ、2SC5198-0 (140V/10A/100W) や 2SC5200-0 (230V/15A/150W) の方が入手しやすい。
◎	2SA1942-0	同上。
○	2SC3421-Y	生産終了予定品。(2016年7月確認)。代替品 TTC004B 新規設計非推奨品。(2012年8月時点) 東芝製
○	2SA1358-Y	生産終了予定品。(2016年7月確認)。代替品 TTA004B 新規設計非推奨品。(2012年8月時点)
△	2SC2458-GR	生産終了。(2012年8月時点:生産終了予定品。)
△	2SA1048-GR	生産終了。(2012年8月時点:生産終了予定品。)
△	2N5465	高価だが2個購入。でも、使用せずに代替として 2SJ103-BL を使用する。記事では 2SJ105-BL を代替としているが、なかなか入手できない。
◎	E-352	セミテック(石塚電子)製
×	RD6A	NEC製の定電圧ダイオード 5.2V~6.4V 中点を取ると 5.8V。6V と考えると、代替候補として以下があげられるが、手持ちの RD6.2E を使用する。 ・RD6.2E 5.81V~6.40V, ・RD6.2E B1 5.81V~6.06V ・HZ6C1 5.80V~6.10V

入手	名称	説明
×	RD7A	NEC製の定電圧ダイオード 6.2V~8.0V 中点を取ると 7.1V。代替候補として以下があげられるが、手持ちの RD7.5E を使用する。 ・ RD7.5E 6.88V~7.64V, 代替 : RD7.5E B1 6.88V~7.19V ・ HZ7B2 6.90V~7.20V
▽	0.24Ω 5W	福島双葉の MPC74 0.47Ω 5W か、タクマンの酸化金属被膜抵抗器(小型品) 5W 0.24Ω ±5% RLF5SJ 0.24Ω が候補を購入。
▽	1W の抵抗 47Ω	タクマン REY75FY47Ω B
▽	2W の抵抗(パナソニック製)	KOA の 2W 酸化金属皮膜抵抗(MOSX2C3R3J)を使用する 3.3Ω
▽	1/2W 抵抗(マイクローム)	タクマン REY50FX を使用する。2.7KΩ B、10KΩ、12KΩ、18KΩ
×	コパル λ-13T 2KΩ	λ-13T は巻線型である。生産中止品である為、同じコパルのサーメット型の RJ-13T を使用する。
▽	5W の抵抗 (金属皮膜か酸化金属皮膜)	KOA の炭素皮膜の SPR5C 4.7K、7.5K、11K(22K 3W のパラとした)
×	トランス ISO S-2655(B)	S-2655(B) 1 次側 : 110V, 100V, 90V 特注品 2 次側 : 45V-0V 3.3A × 2, 55V-0V-55V 180mA 予算も限られているので、前回の ISO S-2347 を流用する事にする。 S-2347 1 次側 : 115V, 110V, 105V, 100V 特注品 2 次側 : 40V-0V 4A × 2, 55V-0V-55V 180mA ISO の廃業を知ってトランスを購入したくなり、Web 検索したところ、(株)フェニックスという長野県の R コアトランスの専門メーカーを発見。早速、S-2347 相当の下記スペックで特注した。最初は S-2655 相当と考えたが、トランスが大きくなりすぎるので、このスペックとした。 特注品 1 次側 : 100V 2 次側 : 40V-0V AC3.5A × 2, 55V-0V-55V AC180mA 静電シールド付き
◎	日本インター SBD KRH30A15 KCH30A15	SBD (Schottky Barrier Diode) 30A Avg, 150V
×	日本インター SBD PB102F	SBD (Schottky Barrier Diode) 10A Avg, 150V PB102F は入手出来ないので、同じ日本インター製の FCH10A15/FRH10A15 を代替として使用。
▽	ネジ端子型電解コンデンサ 22,000μF 63V 2,200μF 80V(ツメ型)	特にメーカーは指定されていないが、今、入手出来るのは日本ケミコンの KMH ぐらい。無ければ、掘り出し物を探すしかない。22,000μF 63V については、ELNA 製の掘り出し物を KMH の半額以下で購入した。 EKMH630LGC223MCA0M, EKMH800LGB222MA50M 2200μ 80V については、特注したトランスの 1 次が 100V のみの仕様の為、2 次電圧が 80V を超える可能性があるため、2200μ 100V を購入した。事実、前回の作成では、1 次側を 105V 端子に接続している。

7. 基板設計

7.1. A級電圧増幅段およびドライブ段基板（チップデュアルトランジスタ HN4C51J 使用）

7.2. 電圧増幅段用定電圧電源基板

アースラインは2ターン燃る

7.3. 電力增幅段用安定化電源基板

(1) +45V 基板部品配置図

Q101, Q102 2SC5199-0

Q103 2SC4793-Y

Q104 2SC2240-GR

Q105 2SC2240-GR

Q106 2SC2240-BL

D101 E-352

D102, D103 RD9. 1E

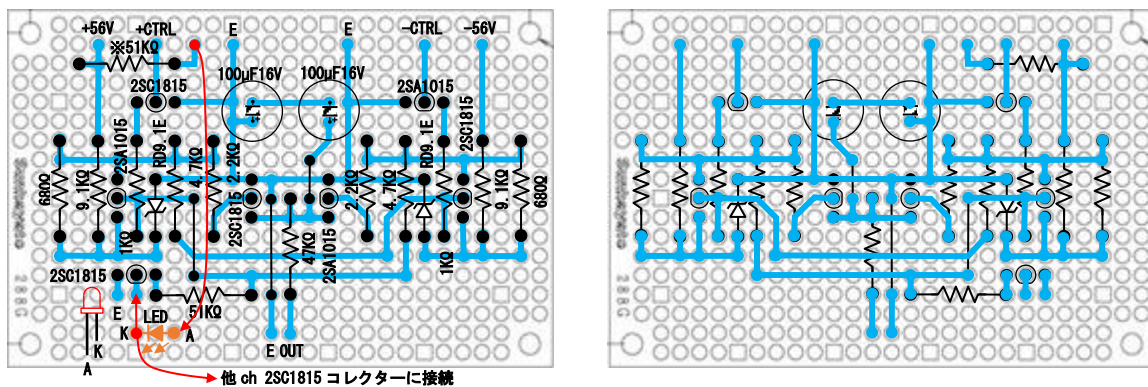
(2) -45V 基板部品配置図

Q201, Q202 2SA1942-0
Q203 2SA1837-Y
Q204 2SA970-GR
Q205 2SJ103-BL
Q206 2SA970-BL
D201 E-352
D203, D204 RD9. 1E

※D204 は、記事に測定電圧の記述が無い為、必要性が不明である。Q205 をオリジナルの 2N5465 から耐圧の低い 2SJ103-BL に変更した為の対策として挿入してあるが、電圧を測定し、不要であればジャンパー線とする。

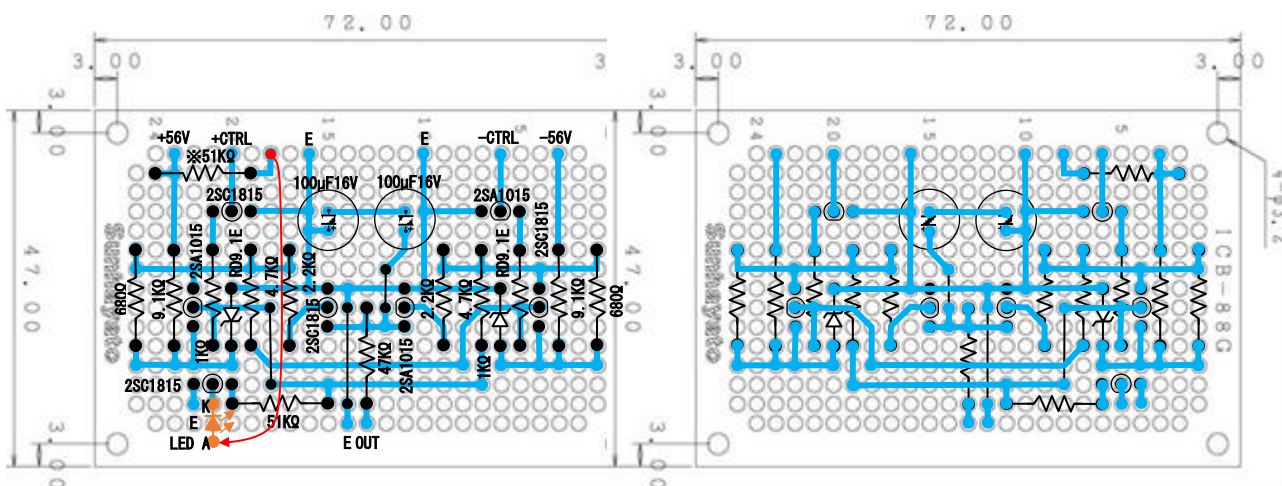
7.4. スピーカー保護回路 (DC 検出回路)

安井章氏のパワーアンプに搭載されている回路を使用する。安井氏のパワーアンプは、各 ch に定電圧電源が搭載されているので、ch 毎に定電圧電源を制御しているが、本機の電源は両 ch 共用なので、両 ch で検出した制御信号で、1つの電源の出力をパラに制御することになる。



※LEDと電流制御抵抗は1chのみ実装。抵抗値は輝度を目視確認して決める

基板が ICB-88 の場合



7.5. 整流回路基板

(1) 電圧増幅段用整流回路基板

.

(2) 電力増幅段用整流回路基板

8. 筐体設計

8.1. 使用筐体

前回作成した落合氏設計の MOS-FET パワーアンプで一番高さがあったのがトランスであった。タンゴのトランスはもう入手できないので、今回の使用するトランスは R コアの特注品である。このトランスの高さは 75mm で高さの制約にはならない。今回の使用部品で一番背が高いのは電解コンデンサで、ねじ部を除いて本体だけで 120mm の高さがある。これに合わせると、筐体の高さは 149mm 以上必要だ。

そこで、筐体はタカチの SL149-37-43 を使用する。

8.2. 内部シャーシ

SL149-37-43 に適合する本来の内部シャーシは AC37-43 だが、側板をフロント、リアパネルとして使用するので、パネルと内部シャーシとの間のスペースが取れない。そこで、1 つ小さい AC32-43 を使用する。

トランスをフロント側に配置し、放熱器や定電圧回路をリアパネル側に配置する。アンプ基板は放熱器に取り付けて筐体の側板側から調整できるように配置する。スピーカー保護回路を配置するスペースが見いだせないので、放熱器に取り付けることにする。

8.3. フロントパネル

図面上には、LEDを2つ書いている。1つのはパイロットランプ、もう一つは、DC検出警告ランプであるが、電源スイッチに照光式を採用した場合は、パイロットランプは不要になるので1つだけ穴あけする。DC検出警告ランプも不要な場合は、この穴あけも行わない。

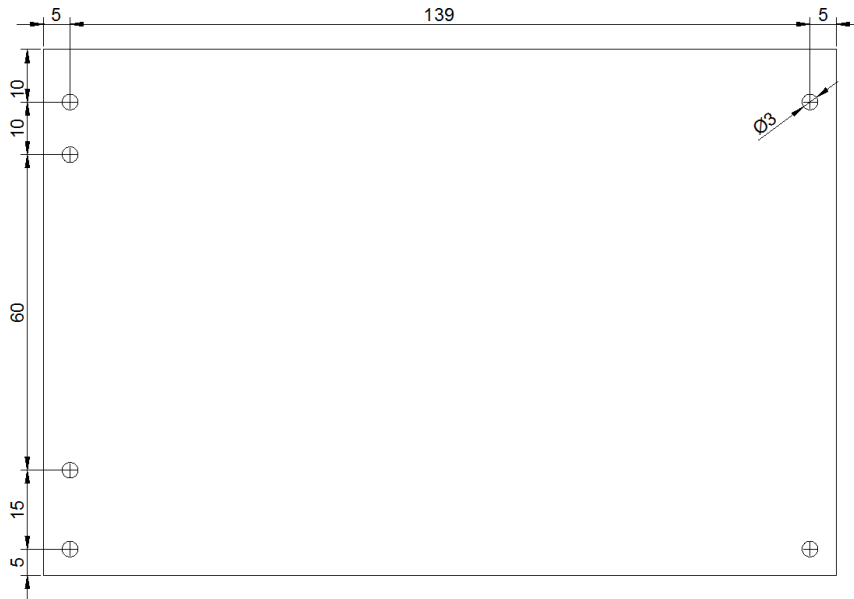
8.4. リアパネル

ACコンセントは、連動（SWITCHED）タイプを設ける。ヒューズホルダーは筒形だと筐体内に奥行きが必要なので、ホルダータイプのヒューズホルダーを筐体内部に配置する。

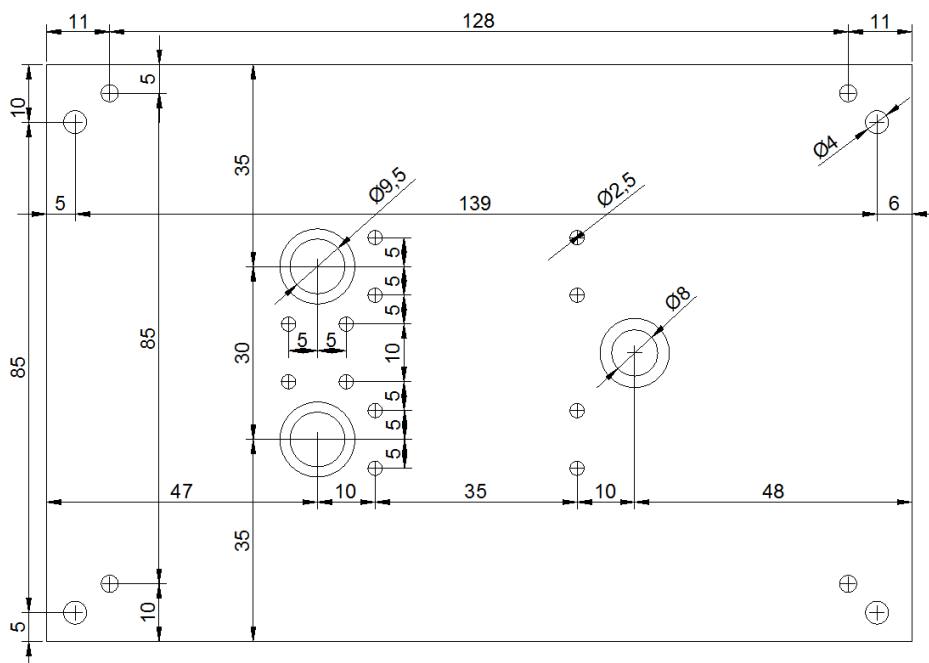
8.5. 放熱器

放熱器には、アンプ基板取付用のアルミ板と、スピーカー保護回路基板取付用の L 型アルミ板を取り付ける。図面はいずれも L-ch 用で、R-ch は、左右方向にミラーリングした図面となる。

(1) 放熱器の加工

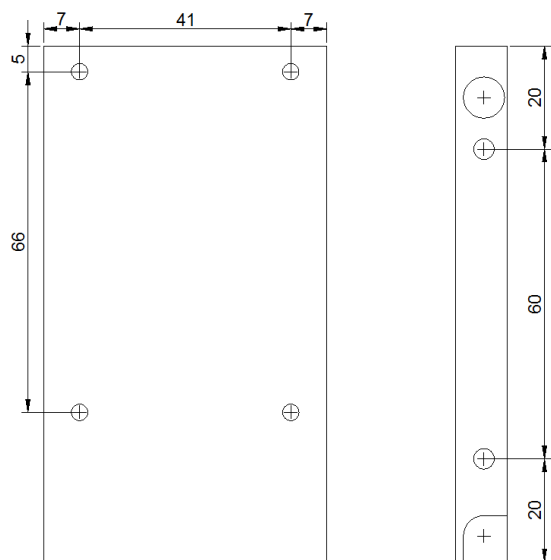


(2) アンプ基板取付用のアルミ板



(3) スピーカー保護回路基板取付用のL型アルミ板

L型のアルミ板で作成する。上下の切り欠きは、アンプ基板取付用のアルミ板を取り付けるスペーサーを避ける為の加工。上側は円で書いているが、実際はU字型とする。



9. 作製

アンプ基板

D C 検出基板

電圧増幅段用定電圧電源基板

電力増幅段用定電圧電源基板

アンプブロック組み立て

電力増幅段用定電圧電源ブロック組み立て

内部シャーシ加工

内部シャーシ組み立て

フロントパネル加工

リアパネル加工

組み立て

調整

ヒアリング