

# PA-A2N 無帰還型パワーアンプ基板 製作マニュアル

## <注意>

本キットをつかって生じた感電、火災等の一切のトラブルについては、当方は責任を負いませんのでご了承ください。また、基板、回路図、マニュアル等の著作権は放棄していませんので、その一部あるいは全体を無断で第三者に対して使用することはできません。

## 1. はじめに

本基板は以前にリリースしたディスクリートアンプ基板の A2 型を応用したものであり、入力の差動増幅段にダイヤモンド回路を使用したパワーアンプ基板になります。また負帰還もありませんので音楽信号は入口から出口までストレートに流れる特徴があります。出力段はダンピングファクターを高くするためバイポーラトランジスタを 2 パラとしています。一般的なアンプに比べるとやや部品点数が多くなっていますが、負帰還タイプのアンプとの聞き比べるのも面白いと思います。

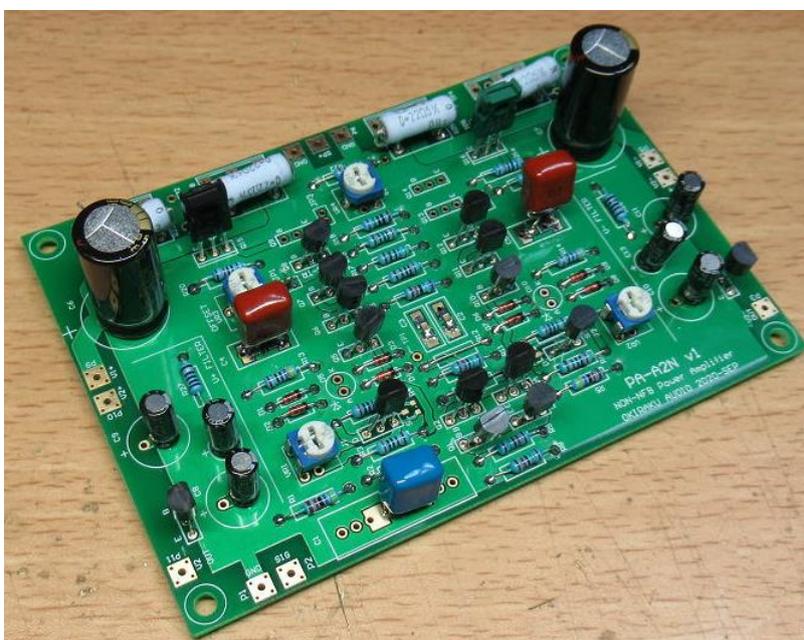


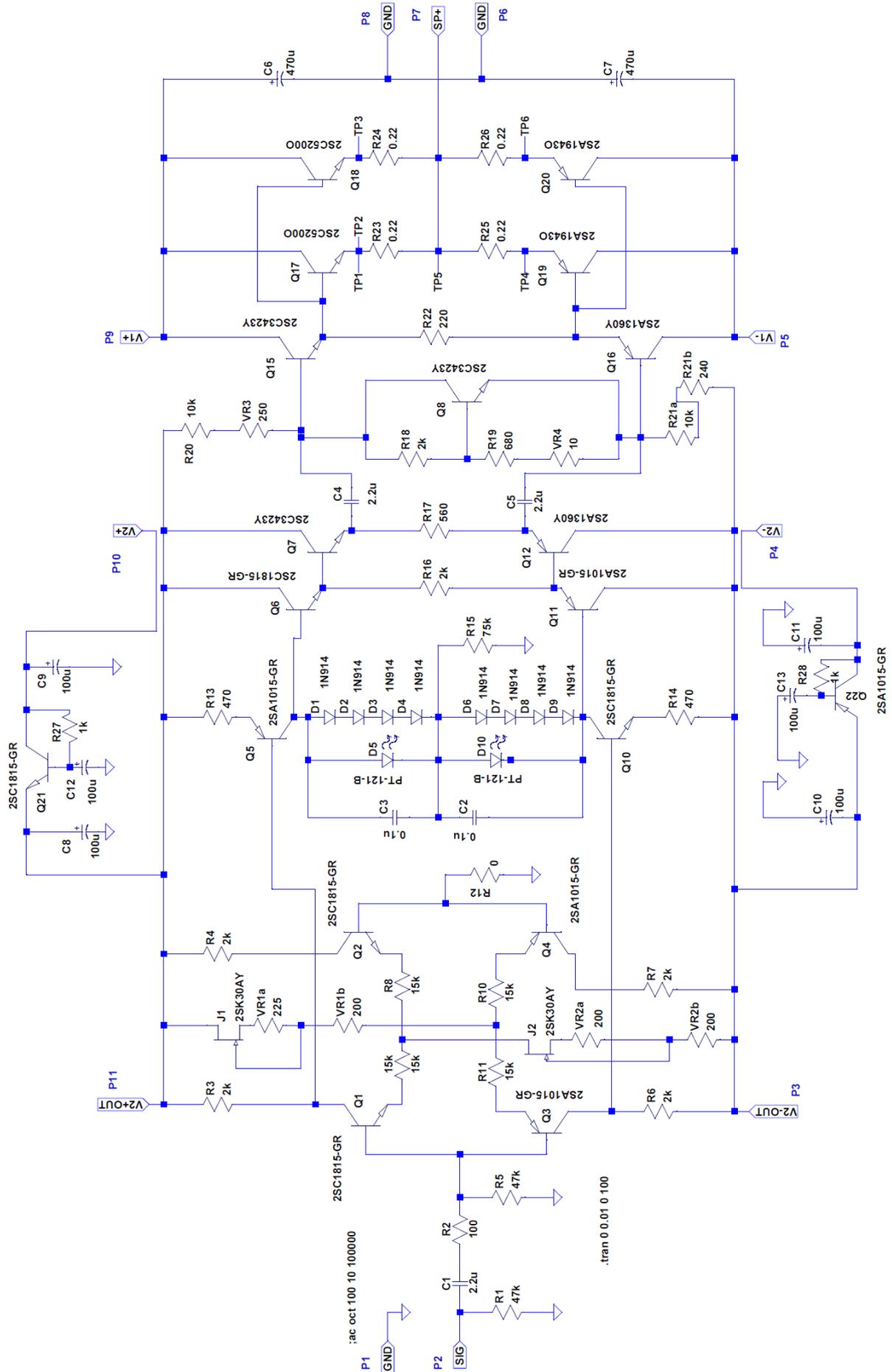
図 完成例

## 2. 機能&仕様

表 主な仕様

機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パワーアンプ基板</li> <li>・モノラル構成</li> </ul>
電源電圧	使用する素子や回路定数に依存。ここでは 15~24V で動作させることを想定しています。
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・入力段に上下対称なダイヤモンド回路を使用。</li> <li>・無帰還型（負帰還なし）</li> <li>・電圧増幅段には電源部にフィルタ回路を搭載</li> <li>・出力段はバイポーラを 2 パラで使用。</li> </ul>

### 3. 回路図



(\*) 部品表とは素子型名等が一部違う場合があります。

## 4. 端子、ジャンパー機能

### (1) 基板端子機能

本基板における基板端子機能は下表の通りです。

表 基板端子機能

No	機能	説明
P1	GND	信号 GND
P2	SIG	入力信号
P3	V2-OUT	電圧増幅段負電源のフィルタ出力
P4	V2-	電圧増幅段負電源入力
P5	V1-	電力増幅段負電源入力
P6	GND	電源 GND
P7	SP+	スピーカ出力
P8	GND	電源 GND
P9	V1+	電力増幅段正源入力
P10	V2+	電圧増幅段正電源入力
P11	V2+OUT	電圧増幅段正電源のフィルタ出力

### (2) ジャンパー機能

本基板にはジャンパーが JP1～JP3 の 3 か所あります。これらは終段のトランジスタのアイドル電流を発生させるためのバイアス電圧発生回路に関するものです、ジャンパーの設定により下図の回路を構成することができます。ここでは(a)バイアス回路 A を用います。(b)バイアス回路 B はトランジスタ 4 段による降圧利用したのですがアイドル電流の調整ができない点と、終段トランジスタとの熱結合が困難（4 個とも熱結合必要）なので、お勧めしません。

(a)バイアス回路 A を用いるため、JP1, JP2 を短絡とし、JP3 は開放としてください。

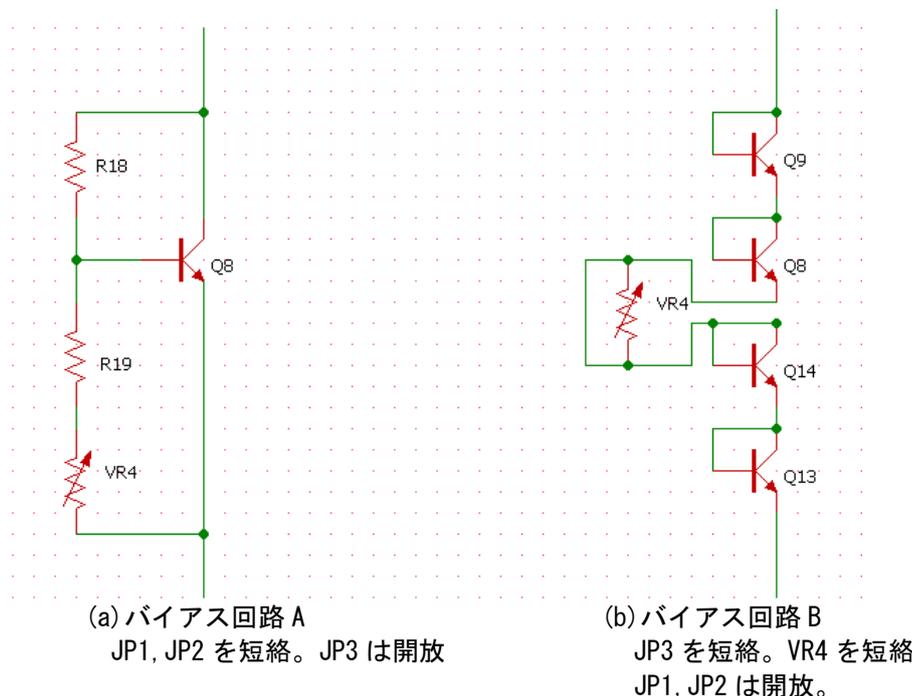


図 バイアス発生回路

## 5. 部品表例

(1) 標準的な部品表例

表 部品表 (電源電圧±15~±24V を想定。GAIN=約 20 倍)

品名	番号	規格	仕様	個数	備考
抵抗	R1	1/4W 金属皮膜	47kΩ	1	
	R2	1/4W 金属皮膜	100Ω	1	
	R3, 4	1/4W 金属皮膜	2kΩ	2	
	R5	1/4W 金属皮膜	47kΩ	1	
	R6, 7	1/4W 金属皮膜	2kΩ	2	
	R8-11	1/4W 金属皮膜	15kΩ	4	
	R12	1/4W 金属皮膜	0Ω	1	ジャンパー
	R13, 14	1/4W 金属皮膜	100Ω	2	
	R15	1/4W 金属皮膜	75kΩ	1	
	R16	1/4W 金属皮膜	2kΩ	1	
	R17	1/4W 金属皮膜	560Ω	1	
	R18	1/4W 金属皮膜	2kΩ	1	
	R19	1/4W 金属皮膜	680Ω	1	
	R20	1/4W 金属皮膜	10kΩ	1	
	R21a	1/4W 金属皮膜	10kΩ	1	
	R21b	1/4W 金属皮膜	240Ω	1	
	R22	1/4W 金属皮膜	220Ω	1	2021. 4. 20 修正
	R23-26	3W 酸化金属皮膜	0. 22Ω	4	金属板抵抗 MPC74 が好適
	R27, 28	1/4W 金属皮膜	1kΩ	2	
	半固定抵抗	VR1, 2	1 回転サメット	500Ω	2
VR3		1 回転サメット	500Ω	1	
VR4		1 回転サメット	200Ω	1	
コンデンサ		C1	フィルム	1~4. 7uF	1
	C2, 3	フィルム	0. 1uF	2	
	C4, 5	フィルム	2. 2uF	2	良質なもの
	C6, 7	電解コンデンサ	470~2200uF/35V	2	
	C8-13	電解コンデンサ	47~100uF/35V	6	
トランジスタ (*2)	Q1, 2	NPN 小信号トランジスタ	2SC1815 など	2	相当品可
	Q3, 4	PNP 小信号トランジスタ	2SA1015 など	2	相当品可
	Q5	PNP 小信号トランジスタ	2SA1015 など	2	相当品可
	Q6	NPN 小信号トランジスタ	2SC1815 など	2	相当品可
	Q7	NPN トランジスタ	2SC3423 など	1	相当品可
	Q8	NPN トランジスタ	2SC3423 など バイアス電圧発生用。	1	M1, M2 と熱結合必要(*1)。 相当品可
	Q9, 13, 14	NPN 小信号トランジスタ	2SC1815 など	-	実装しない
	Q10	NPN 小信号トランジスタ	2SC1815 など	1	相当品可
	Q11	PNP 小信号トランジスタ	2SA1015 など	1	定電流用
	Q12	PNP トランジスタ	2SA1360 など	1	相当品可
	Q15(*3)	NPN トランジスタ	2SC3421 など	1	相当品可
	Q16(*3)	PNP トランジスタ	2SA1358 など	1	相当品可
	Q17, 18	NPN パワートランジスタ	2SC5200 など	1~2	相当品可
	Q19, 20	PNP パワートランジスタ	2SA1943 など	1~2	相当品可
Q21	NPN 小信号トランジスタ	2SC1815 など	1	相当品可	
Q22	PNP 小信号トランジスタ	2SA1015 など	1	相当品可	
ダイオード	J1, J2	JFET (N) 小信号用	2SK30A など	2	相当品可
	D1-4, 6-9	シリコン小信号用	1N4148 など	8	バイアス電圧発生用
	D5, 10	LED	赤色 (VF=2. 2V)	-	実装しない

- (\*1) 熱結合には 2SC3421, 2SC3423 などの T0-126 型あるいは T0-220 型のネジ取り付け形状のトランジスタが使いやすいでしょう。
- (\*2) トランジスタの選択については、巻末の【付録】の欄を参照ください。トランジスタの選定に関する情報を記載しています。
- (\*3) 大出力の常用では発熱が想定されます。その場合は小型放熱板の取り付け等の対処をしてください。

## (2) ゲインの変更

ゲインの変更方法はいくつもありますが、もっとも簡単（変更箇所が少ない）な方法は R15 の変更です。

ゲイン	約 10 倍	R15	=	36k $\Omega$
ゲイン	約 20 倍	R15	=	75k $\Omega$ (部品表例)
ゲイン	約 40 倍	R15	=	150k $\Omega$

また、R15 は 75k $\Omega$  のままで R13, R14 によるゲイン変更(\*1) も可能です。

ゲイン	約 20 倍	R13=R14=470 $\Omega$	(部品表例)
ゲイン	約 40 倍	R13=R14=240 $\Omega$	

SPICE データ (LTSPICE) は HP にアップしていますので、色々に変更して試行すればいいでしょう。  
[http://www.easyaudiokit.com/bekkan2021/nonnfb\\_amp/NON-NFB2-final.asc](http://www.easyaudiokit.com/bekkan2021/nonnfb_amp/NON-NFB2-final.asc)

- (\*1) R13, R14 を変更すると電圧増幅段 (Q5, Q10) の動作電流が増えるので、トランジスタの容量増大が必要になる場合があります。R13=R14=240 $\Omega$  程度であれば小信号用トランジスタでも可能ですが、100 $\Omega$  まで下げると電流が 6mA 程度まで上がりますので、Pc (コレクタ損失) が定格を超える場合がでてきます。素子定数の変更での動作条件がどのようかわかるかについては SPICE での確認を是非やってみてください。

## 6. 接続例

### (1) 正負 1 電源(\*1)で使用する場合

単一の正負電源を使う場合は下記のように V1, V2 を共通にして接続します。これがもっとも簡単な方法です。スピーカの出力は必要に応じて位相補償回路を追加ください。

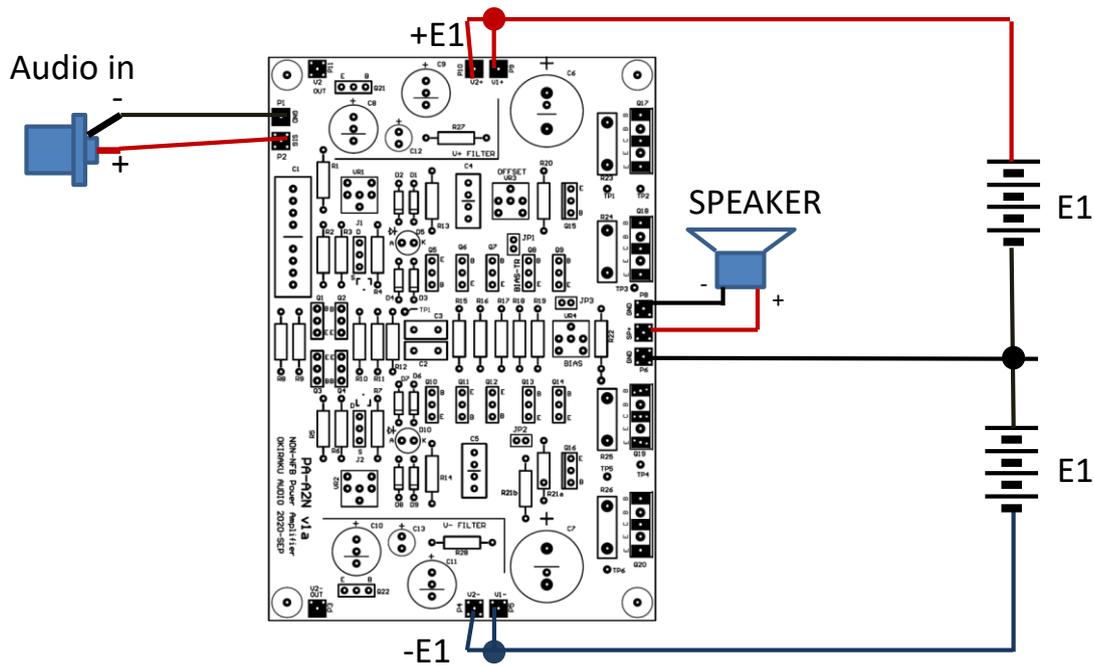


図 正負 1 電源で使用する場合

### (1) 正負 2 電源(\*1)で使用する場合

2 系統の正負電源を使う場合は下記のように接続します。E2 は E1 より 4~5V 程度高くすることで電源の効率も高くなります。また E2 については安定化電源とすることで、アンプの動作もより安定するでしょう。スピーカの出力は必要に応じて位相補償回路を追加ください。

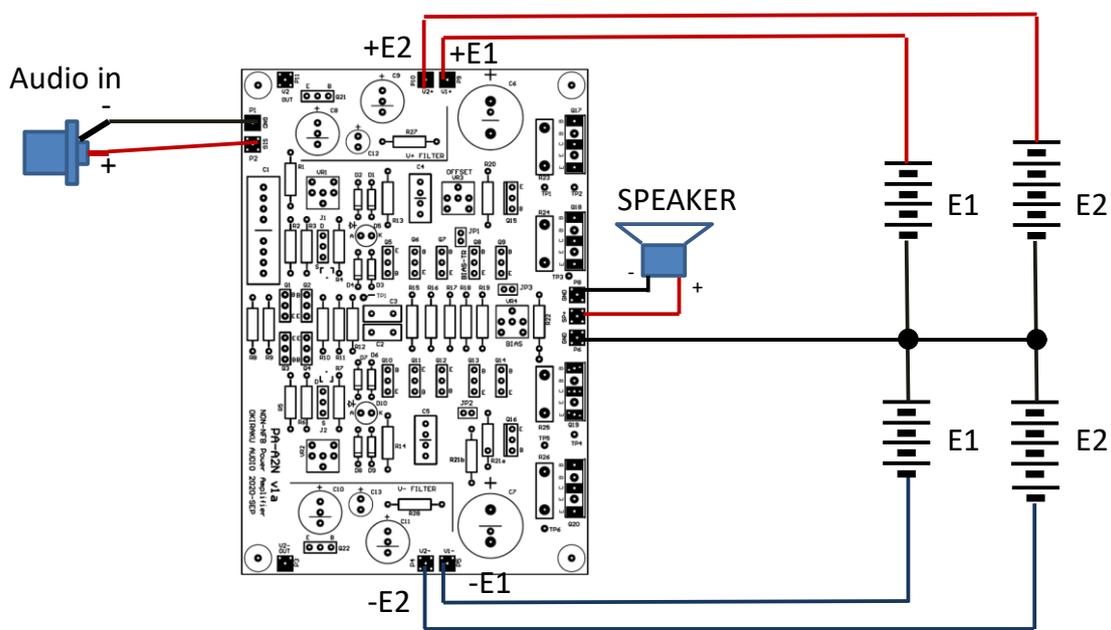


図 正負 2 電源で使用する場合

(\*1) 使用可能な電源電圧は使用素子や回路定数に依存しますが、部品表例では最大でも 25V を超えないようにしてください（小信号トランジスタの耐圧を超える恐れがあるため）。高電圧で使いたい場合は巻末の付録等を参考にして素子選定をしてください。

## 7. 調整方法

基板上に4つのVRがありますので下記の調整を行います。

- ①最初に電源を投入する前に、VR1, VR2, VR3 は中央位置、VR4 は最小（反時計回りの左に一杯回す）とします。
  - ②入力を短絡させる（P2 を GND に接続）
  - ③電源を投入する
  - ④初段トランジスタの電流を調整(\*)
    - VR1 を回して R7 の両端の電圧が 1.3V になるようにする（流れる電流を 0.65mA とする）。
    - VR2 を回して R4 の両端の電圧が 1.3V になるようにする（流れる電流を 0.65mA とする）。
- (\*) 電流値は多少異なっても構いませんが、同じ値になるようにしてください。
- ⑤VR4 を回してバイアス電流を調整。
    - R23～R26 のどれかの両端の電圧を測定しながら調整します。およそ 20mA も流せば十分ですが、これは好みによります。抵抗値が 0.22Ω であれば 20mA 流せば 4.4mV になりますが、およそ近い値で結構です（時間が経つと温度が変わり変動するため）。なお、抵抗器の両端の電圧が測定できるように TP1～5 を設けていますのでそれを利用するといいでしょう。
  - ⑥オフセットゼロ調整
    - 最後に VR3 で出力をゼロ電位に調整します。

(補足)

- ・時間が経つと調整値が多少変動する場合もあるので、一度調整したのち 10 分程度たってから再調整すればいいでしょう。
- ・⑤でのバイアス電流がもっと必要な場合は R19 を小さい値に変更ください。反対にバイアス電流が流れすぎる場合は R19 を大きな値に変更ください。最適な抵抗値は用いるトランジスタによって変化します。

## 8. 基板パターン

### (1) シルク

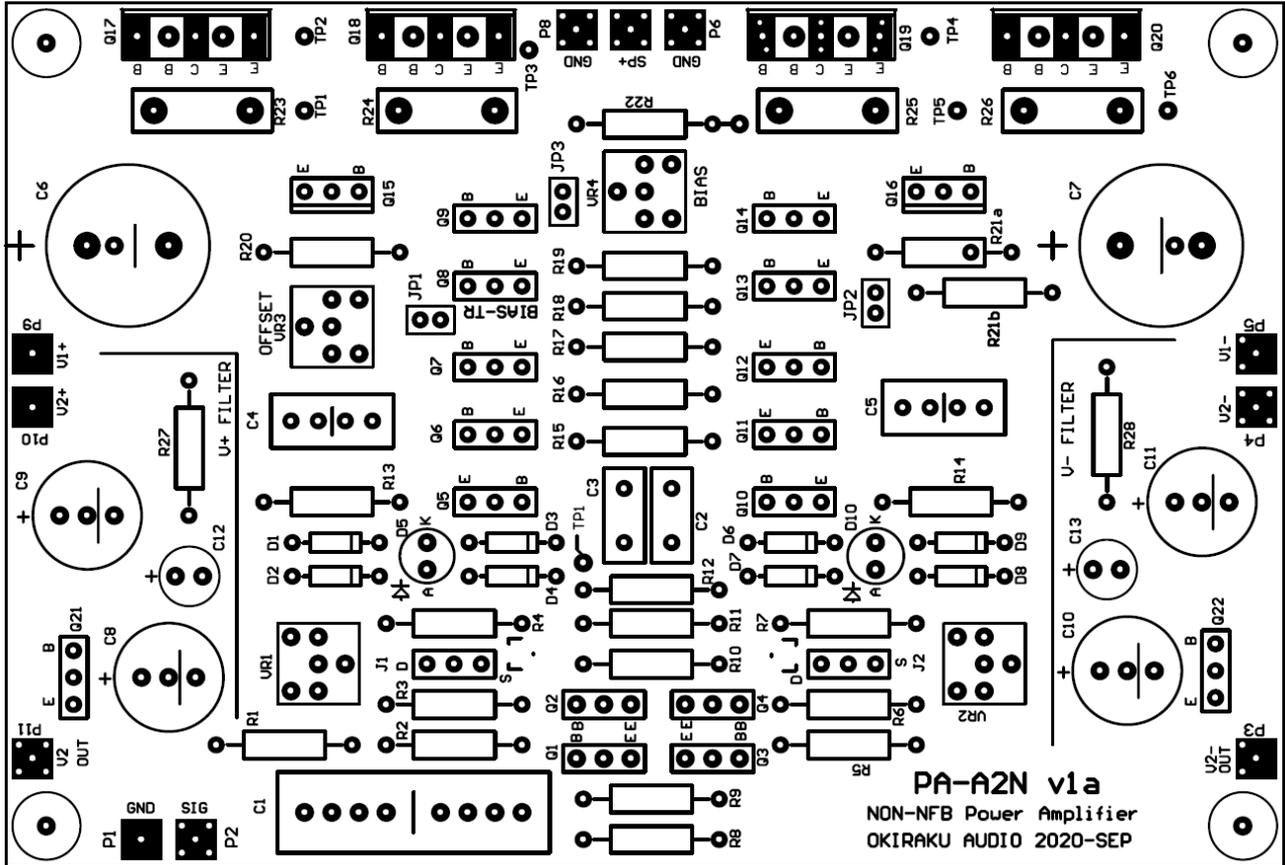


図 シルク

### (2) 配線パターン (部品面)

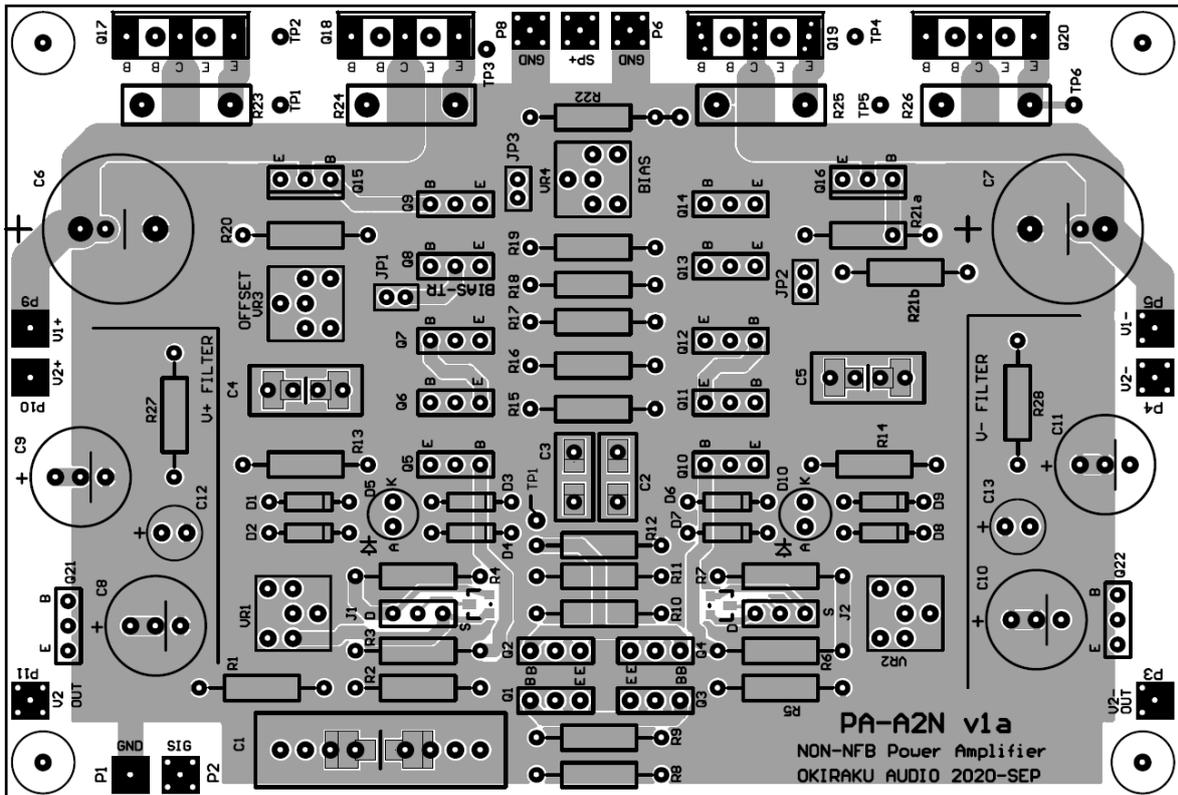


図 部品面パターン

(3) 配線パターン (半田面：部品面より透視)

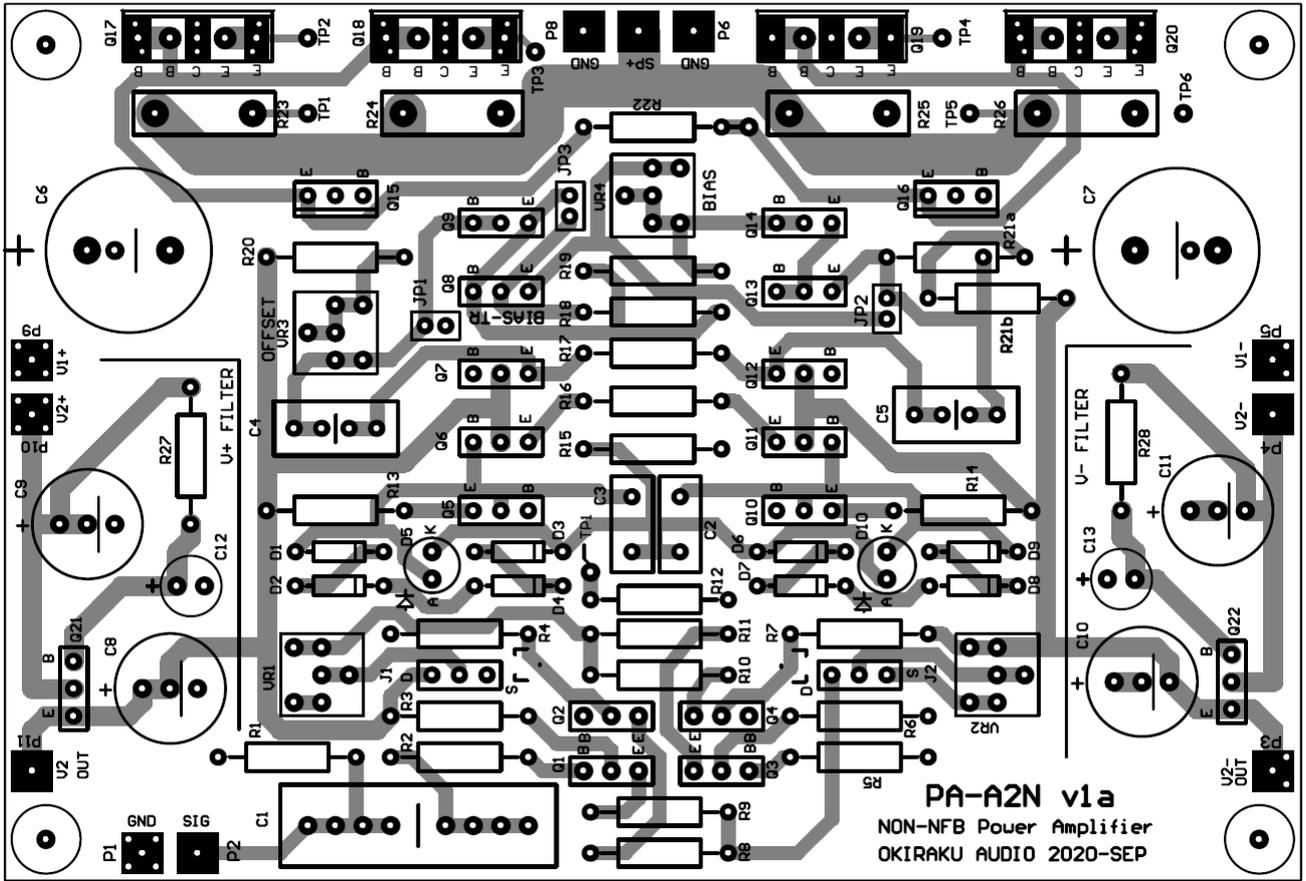


図 半田面パターン

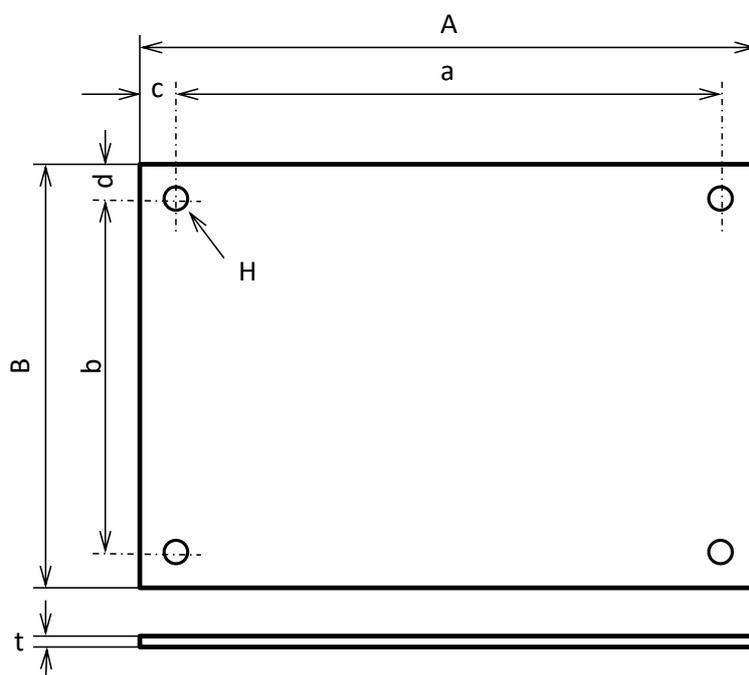
(注) 基板シルク、パターンは頒布中のものと異なる場合があります。

## 9. 基板寸法

本基板サイズは” STD “になります。

表 寸法 単位 mm/(mil) ※1mil=25.4/1000mm

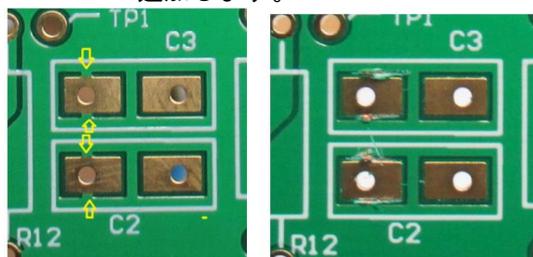
	name	A	B	t	H	a	b	c, d
	STD-S	119.4 (4700)	43.2 (1700)	1.6	3.5 (138)	111.8 (4400)	35.6 (1400)	3.8 (150)
✓	STD	119.4 (4700)	81.3 (3200)	1.6	3.5 (138)	111.8 (4400)	73.7 (2900)	3.8 (150)
	STD-H	81.3 (3200)	59.7 (2350)	1.6	3.5 (138)	73.7 (2900)	52.1 (2050)	3.8 (150)
	WIDE	144.8 (5700)	101.6 (4000)	1.6	3.5 (138)	137.2 (5400)	94.0 (3700)	3.8 (150)
	None							



## 10. 【重要】基板パターンの修正

対象基板：PA-2AN v1

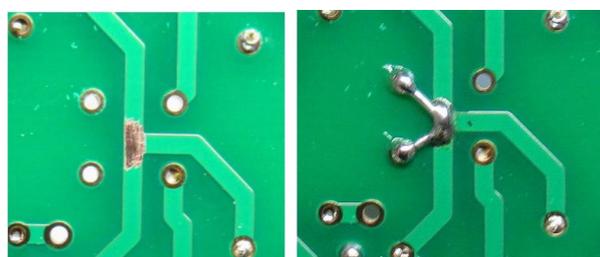
修正箇所：C2, C3 の片端がベタ GND 面に接続されている箇所を部品面側で切断し、半田面側でジャンパーを追加します。



(a) 切断箇所

(b) 切断後

図 (修正箇所) ベタ GND への接続箇所の切断



(a) レジスト削除

(b) ジャンパー切断

図 (修正箇所) ジャンパーの追加

なお、C2、C3 にはコンデンサを実装しない場合はパターンの修正は不要です。また 0.1uF のコンデンサを C2、C3 のシルク位置ではなく、D5、D10 の LED の位置に実装する方法でもパターンの修正は不要です。

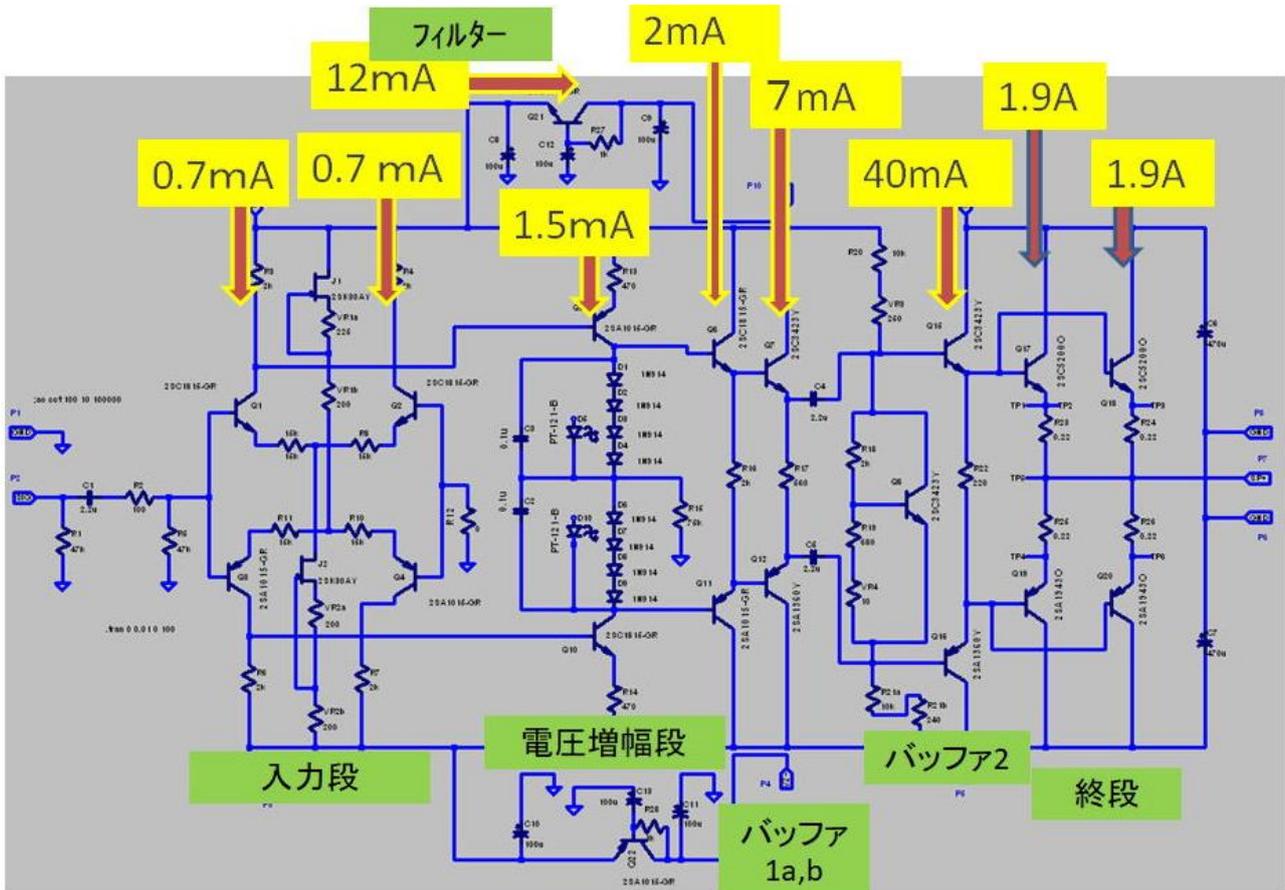
## 1 1. 編集履歴

Revision	DATE	CONTENT
R1	2021. 4. 5	初版
R2	2021. 4. 17	部品表修正 (J1, J2 追加)
R3	2021. 4. 20	部品表修正 (Q21, 22 追加, R22 修正)
R4	2021. 5. 14	部品表修正 (R16, 17 の員数修正)
R5	2021. 5. 15	調整方法を修正

## 【付録】

### (1) 各トランジスタに流れる電流

マニュアル内では電源電圧は最大でも±25を想定して記述していますが、これは2SC1815/A1015などの汎用の耐圧の低い(50V程度)トランジスタが使うことを考えているためです。しかし、さらにパワーを得るために電圧を上げたい場合もあるでしょうから、下図に電源電圧を±35Vとして負荷8Ωで、ほぼフル出力で動作させたときの、各トランジスタに流れる電流のSPICE結果を示します。



PA-A2Nを電源電圧35V、ゲイン約20倍として、入力振幅2Vを与えた場合の電流値

トランジスタを選択するときは、この電流値が参考になると思います。そしてトランジスタに必要な耐圧は電源電圧が±Eとすると、フィルターならびに入力段が耐圧はE、電圧増幅段、バッファ(1a, 1b, 2)、終段が2Eとなります。そして必要な損失(Pc)は必要耐圧と流れる電流との積となります。

このことから電源電圧を±35Vとした場合でも、入力段については2SC1815/A1015などの耐圧が50V程度の小信号トランジスタで十分です。しかし、電圧増幅段やバッファ一段では必要耐圧が70Vになりますので2SC3421/A1358など高耐圧品(120V)への変更が必要です。またバッファ2では電流が40mA流れて電圧が70Vかかることを考えると損失が2.8Wに達します。実効値としてはその半分程度にはなりますが小型の放熱板などの設置が必須になるでしょう。

### (2) 入力段のトランジスタ

本アンプの入力段は差動増幅になっていますので、Q1, Q2ならびにQ3, Q4については下記の対処をすることで、より安定した動作につながります。

- ・hFEを選別して揃える
- ・Q1~Q4をまとめて熱結合