

# 2A3 シングル プリメイン・アンプの設計



Rev.1 2025/11

馬場 和章  
(美音クラフト株式会社)

2A3は、古くからオーディオアンプの自作において親しまれてきた、直熱3極出力管です。  
2A3は、フィラメント電圧が2.5Vと低いため交流点火が可能です。2A3の音質が好まれる要因でもあります。本機も交流点火を採用し、2A3シングルアンプの魅力を追求しています。

## Contents

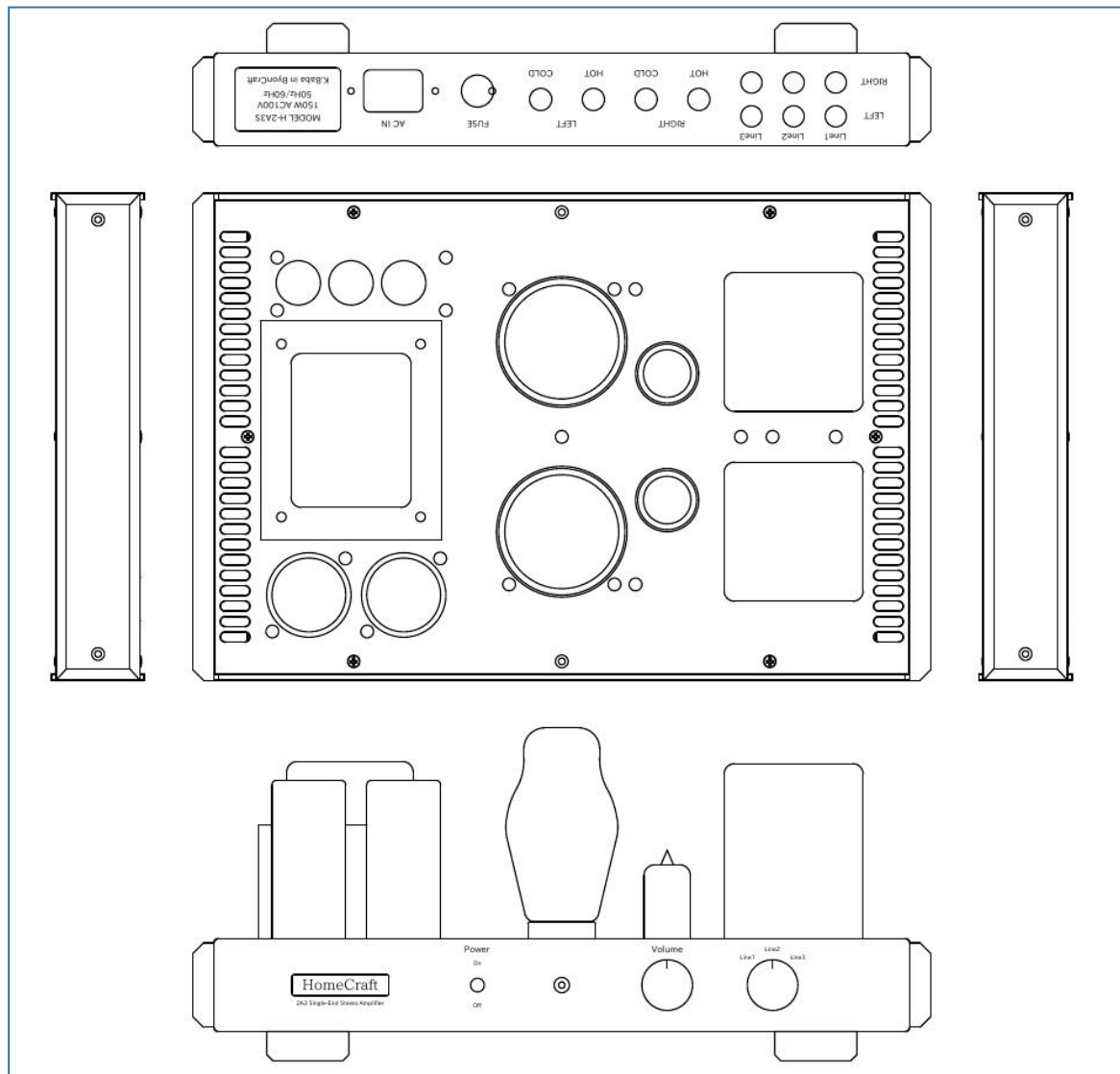
1. アンプの概要	Page 2
2. ブロックダイアグラム	Page 3
3. アンプ部の回路設計	Page 4
4. 電源部の回路設計	Page 5
5. アンプの特性	Page 6
6. 実装設計	Page 9
7. 基板設計	Page 10

### ※ ご注意

本紙は、アンプの自作をなさる方の、ご参考にしていただくことを目的としています。  
本紙の無断転載や商用利用などの行為は、なさらないようお願いします。

## 1. アンプの概要

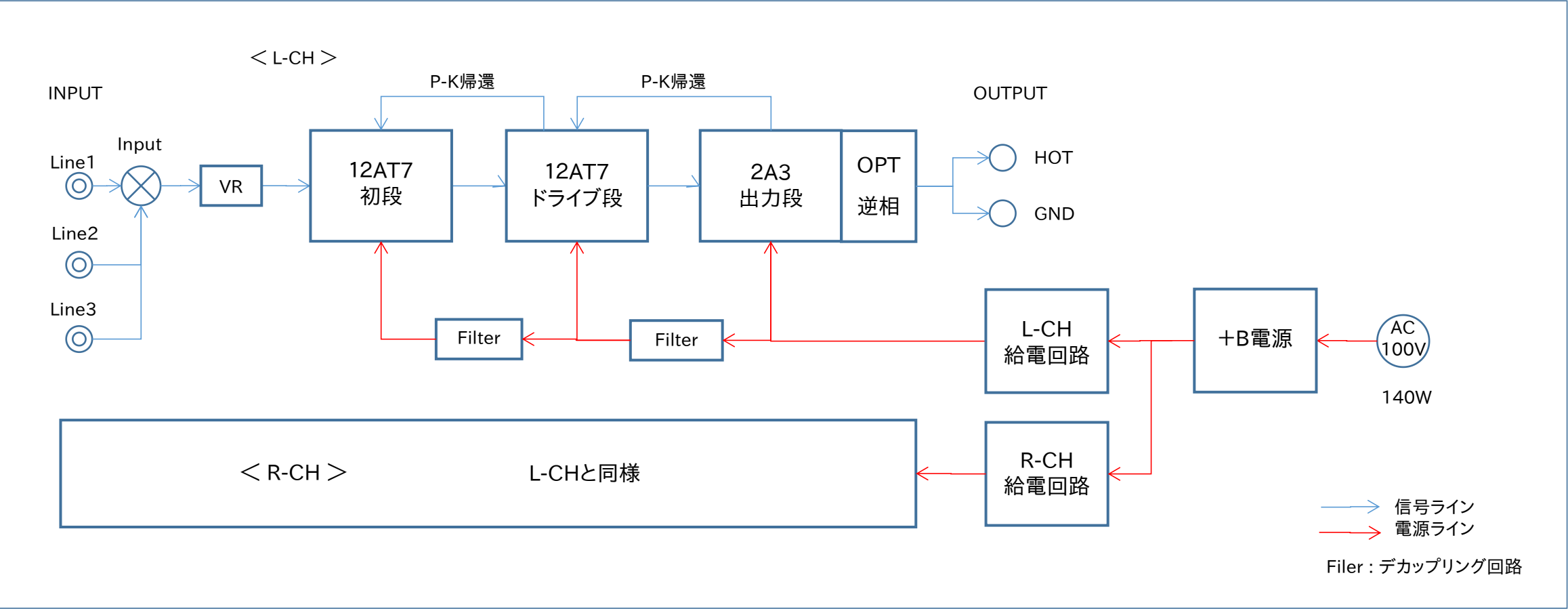
本機は、2段階の局部帰還による、増幅段間での2次歪打ち消し補正を採用しています。これにより、諸特性の向上を図っています。一方、出力トランスを含むループ帰還は使用せず、2A3の音質的な特色を活かすように設計しています。



- 1) 本機は、定格出力 2.9W+2.9Wのステレオ・プリメイン・アンプです。ホームオーディオ用の真空管アンプとしては、適度な出力となっています。
- 2) 2A3は交流点火します。32Ωのハムバランス回路を設けて、微調整を可能とし、また振動等によるズレも防止しています。
- 3) ドライブ回路は、12AT7の2段階P-K帰還回路です。この回路により、2次歪の打ち消し補正を行っています。
- 4) 出力トランスは3.5kΩを採用しており、P-K帰還の効果も加わって、適度なダンピングファクター(2.9 / 8Ω)を確保しています。
- 5) 周波数特性は、ループ帰還なしでも十分に広帯域となっています。
- 6) ゲインは 22.7dBです。定格入力は約 350mV rmsです。
- 7) 入力セレクターとボリュームを装備して、単体で使いやすいライン・プリメイン・アンプとなっています。
- 8) デザインは薄型の筐体を採用して、中央に2A3を配置しています。奥行き感も加わって、2A3が映えるスタイルとなりました。

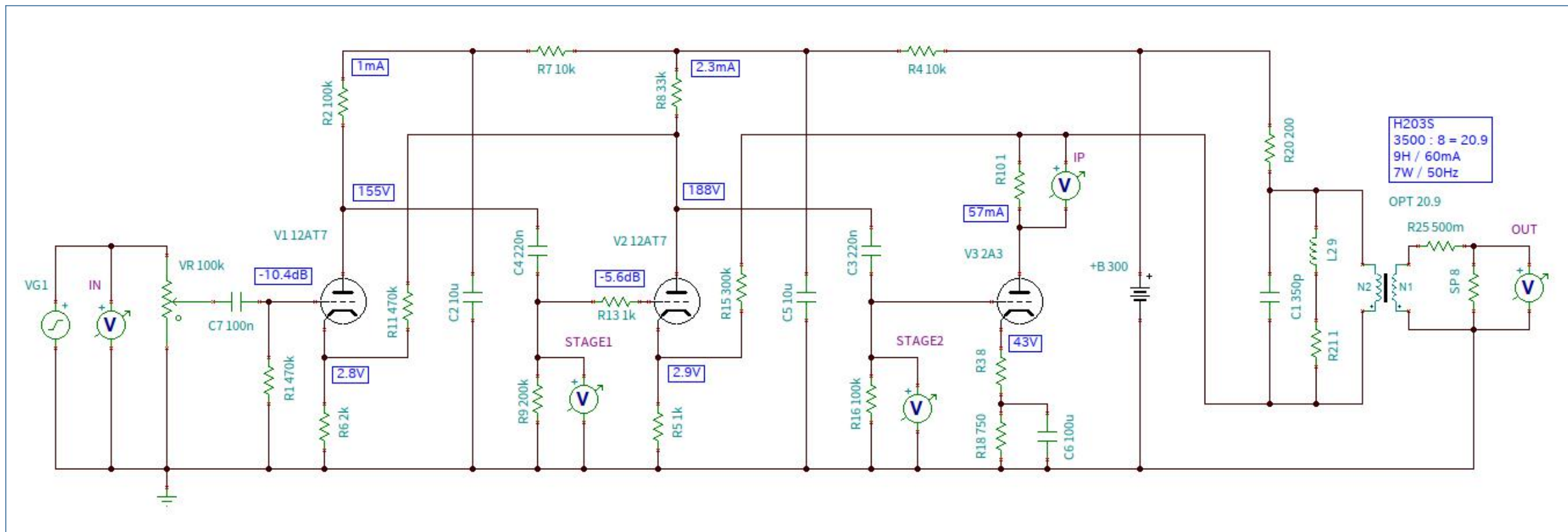
## 2. ブロックダイアグラム

下図にブロックダイアグラムを示します。グラウンドラインは省略しています。詳細は、回路設計にて解説しています。



### 3. アンプ部の回路設計

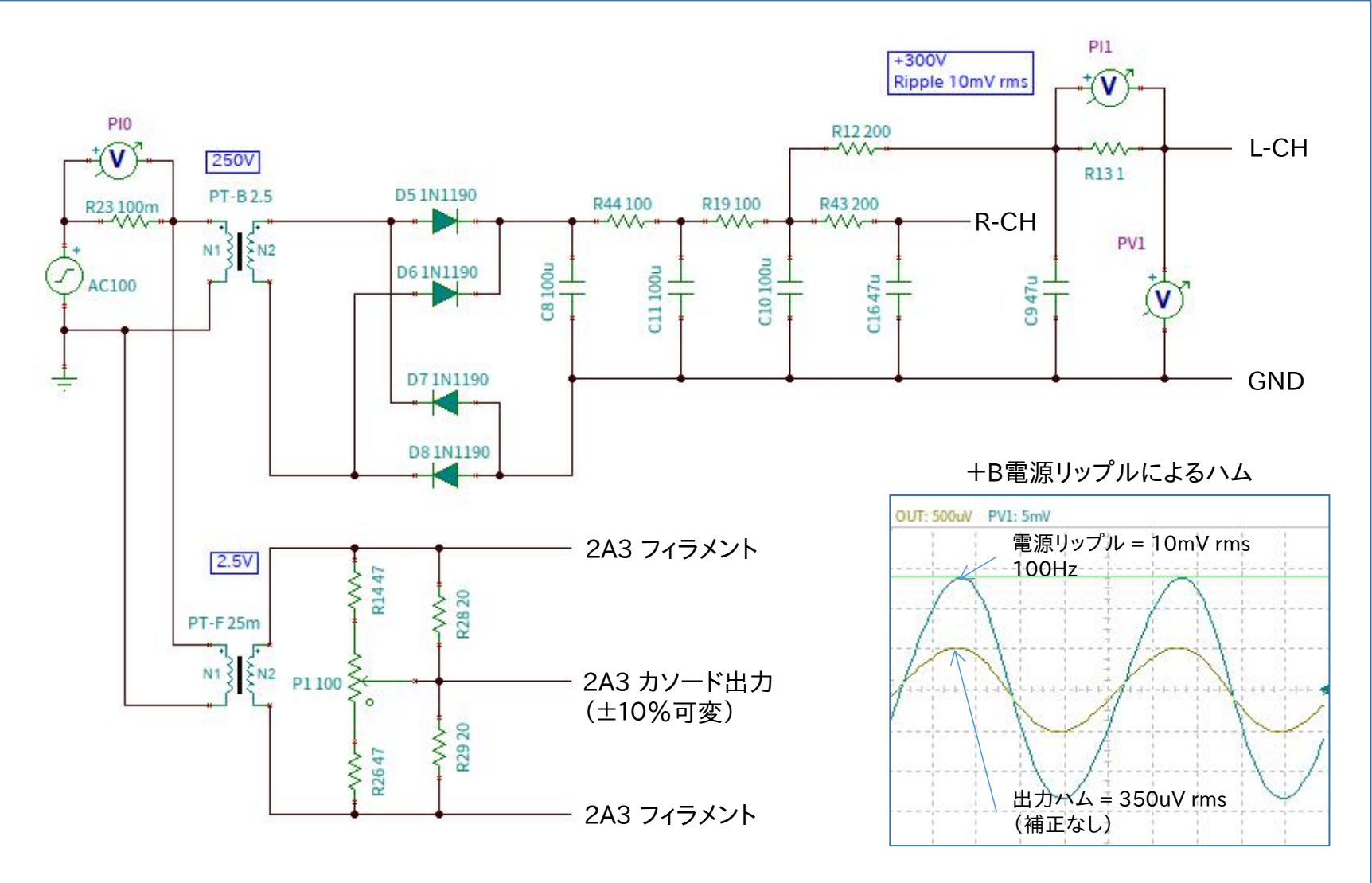
アンプ部のシミュレーション回路図を示します。以下に、ポイントを解説します。



- 1) 2A3は、プレート電圧=250V、プレート電流=57mA と、ほぼ最大プレート損失(15W)での動作となっています。ディレーティングする場合は、カソード抵抗を  $910\Omega$  として、プレート電流=約50mAで使用すると良いと考えます。出力は、およそ10%減となります。
- 2) 2A3は直熱管ですので、フィラメントを点火するとすぐ動作します。この時、カソードバイパスコンデンサー(100uF)と、前段とのCR結合コンデンサー(0.22uF)の充電時間が問題となります。本機では、値を低めに抑えて、立ち上がり時に2A3に過大電流が流れないように考慮しています。
- 3) ドライブ回路は、2段階のP-K帰還によって、2次歪の打ち消し補正を行っています。その効果については、「5. アンプの特性」にて解説しています。
- 4) なお、このP-K帰還は、出力インピーダンスの低減、フィラメントハムの低減にも効果を果たしています。

# 4. 電源部の回路設計

電源部のシミュレーション回路図を示します。電源回路は参考例です。各自、工夫していただきたいです。以下、当回路のポイントを解説します。



+B電源 (300V前後、60mA x 2)

- 1) ダイオードによるブリッジ整流または全波整流回路です。
- 2) 4段CRフィルターで平滑します。Cを大きく取り、Rは小さくしています。合計400uFのコンデンサーを投入しています。
- 3) リップルは10mV rmsです。出力には、出力トランスの巻線比 (8Ω 端子にて 1/20.9) により、約350uV rmsのハムが出力されます。

フィラメント電源 x 2 (2.5V、2.5A)

- 1) 2A3は交流点火です。左図のように、ハムбалансиでカソード出力を取り出します。
- 2) ハムбалансиは微調整可能なように、32Ωのバランス回路を設計しています。
- 3) ハムバランス調整後も、500uV rms 程度の残留ハムが見込まれます。

## 5. アンプの特性 (1/3)

入出力特性 (1kHz) は、下表のとおりです。

3.5k / 8 ohm	1W / 8ohm	16 ohm	8 ohm	6 ohm	4 ohm
DF	2.9	5.8	2.9	2.2	1.4
Zo	2.77	2.77	2.77	2.77	2.77
In peak	0.290	0.500	0.500	0.500	0.500
In rms	0.205	0.354	0.354	0.354	0.354
Out rms	2.85	5.56	4.81	4.40	3.71
PWR	1.0	1.9	2.9	3.2	3.4
THD	0.27%	2.16%	1.40%	1.65%	4.20%
Gain dB	22.9	23.9	22.7	21.9	20.4
SPL +dB	0.1	5.9	4.6	3.8	2.4

- 1) 8Ωの定格出力は、2.9Wです。出力トランスの1次側インピーダンスは 2..5kΩが一般的ですが、3.5kΩを選択したため、若干控えめな出力となっています。
- 2) そのかわり、出力インピーダンスは低くなり、8Ωに対するダンピング・ファクターは 2.9となっており、適度なダンピングが得られています。
- 3) 適合するスピーカーは、公称インピーダンス6Ω以上です。使用する出力トランスには、16Ω/8Ω/4Ωの2次側タップがあるので、当該インピーダンスのスピーカーにも対応可能です。
- 4) ゲインは、22.7dB (約13倍) です。入力感度は 約350mV (フルボリューム) です。ボリュームは使いやすい操作感になると考えます。
- 5) プリアンプと接続する場合は、フルボリュームとし、プリアンプ側で音量調整します。

下表は、各増幅段の出力歪率 (1kHz) です。

1W / 8Ω	STAGE1	STAGE2	OUT
THD	1.88%	2.21%	0.27%
2次歪	1.60%	1.90%	0.13%
3次歪	0.10%	0.12%	0.12%

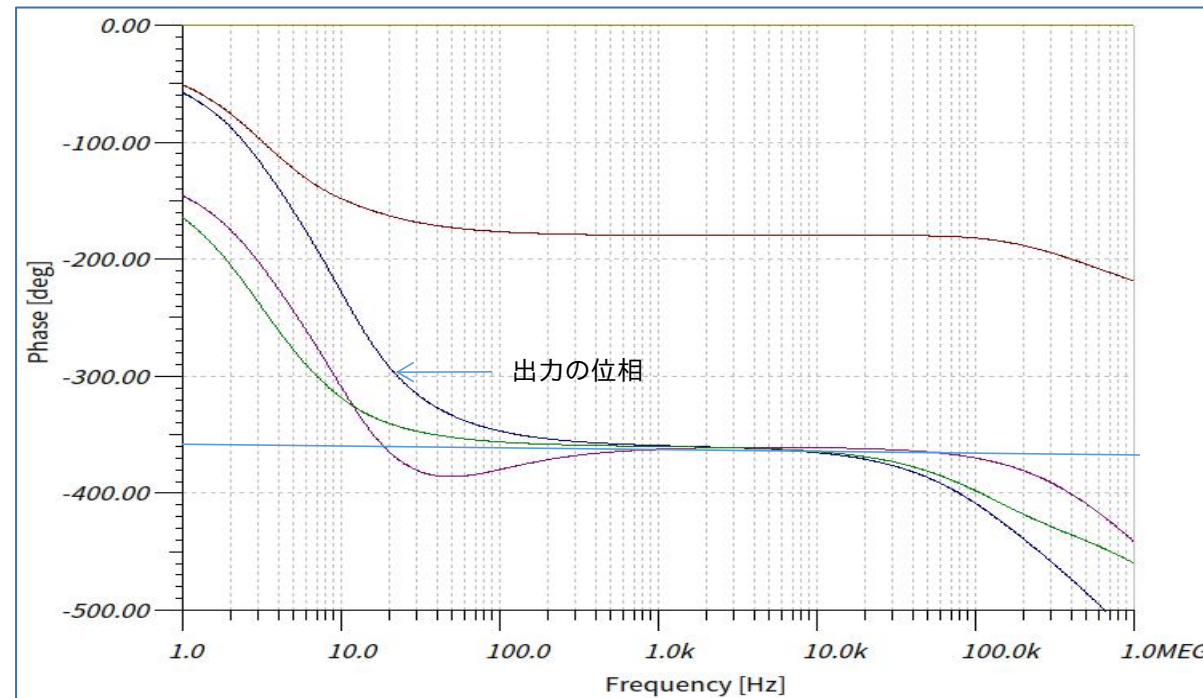
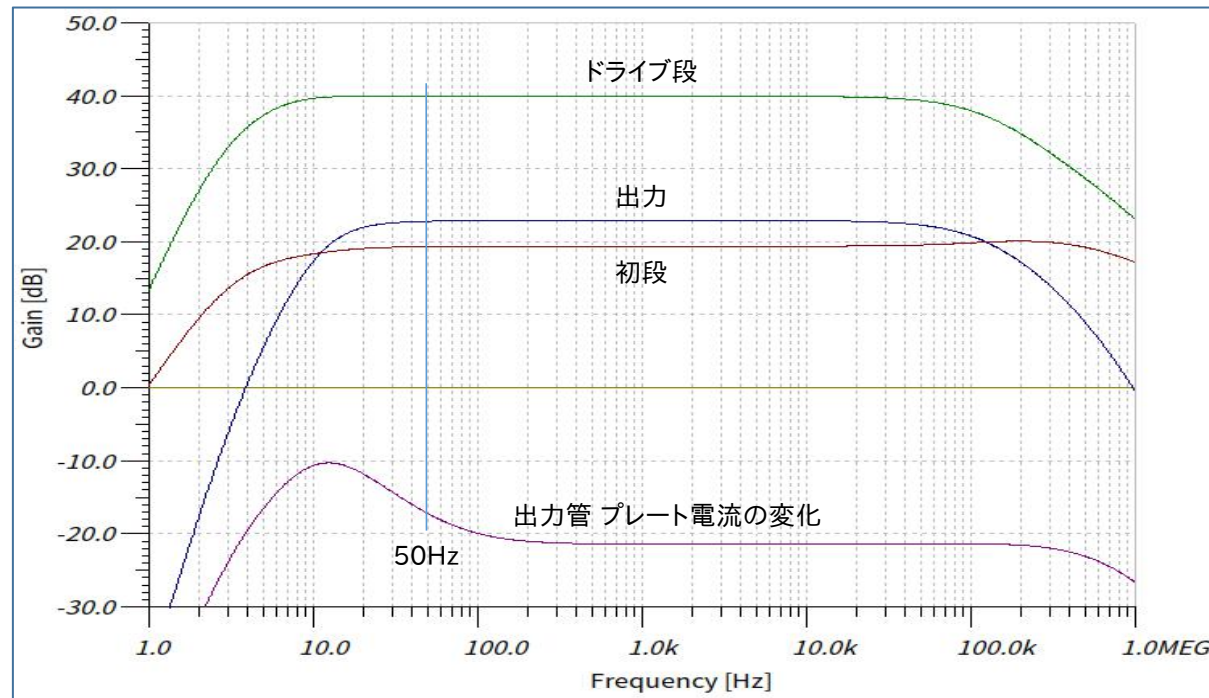
2.9W / 8Ω	STAGE1	STAGE2	OUT
THD	3.86%	4.80%	1.40%
2次歪	3.20%	3.80%	0.30%
3次歪	0.40%	0.60%	0.90%

- 1) 本機は、2段階のP-K帰還を掛けて、シングルアンプの弱点である2次歪を、増幅段間の打ち消しによって低減しています。
- 2) 定格出力では、2次歪が3次歪より低くなっており、十分な効果が得られています。



## 5. アンプの特性 (2/3)

周波数特性および位相特性(1W/8Ω)は、下図のとおりです。

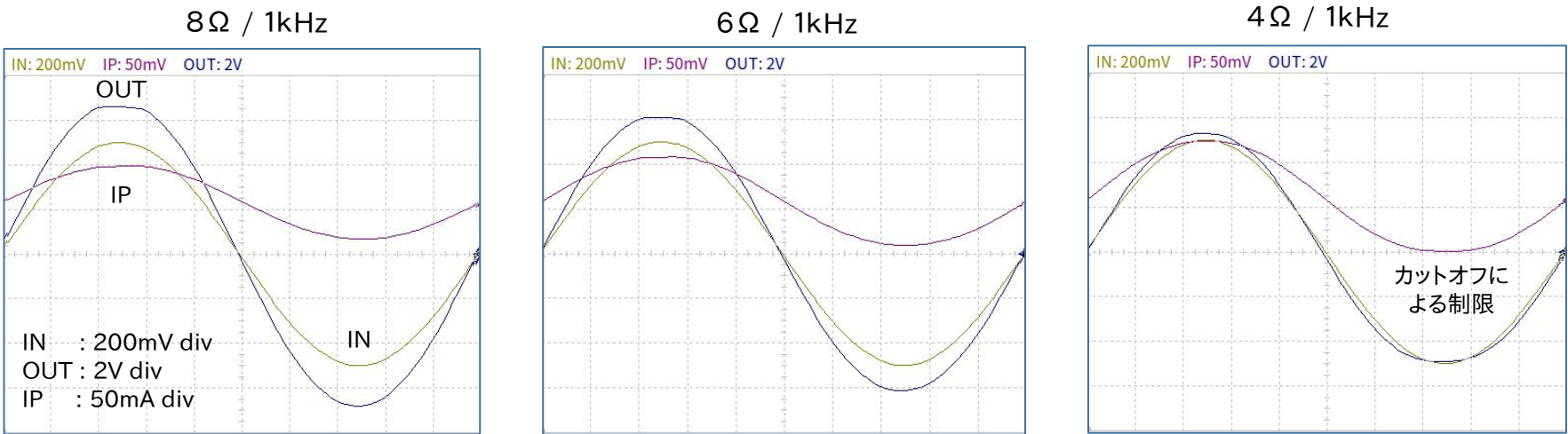


- 1) 1W出力では、20Hz ~ 50kHz を-1dBでカバーしています。
- 2) 高域特性は、2A3の入力容量(7.5pF)が小さいため、良好な特性となっています。
- 3) 低域特性は、出力トランスのインダクタンスに依存します。本機の出カトランスは小型のため、57mA直流重畳時のインダクタンスは 9Hです。
- 4) 100Hz以下では、インダクタンス不足により動作電流が増大しており、1次側負荷が重くなっていることが伺えます。
- 5) 定格入力での低域のパワーバンドは、50Hz程度となります。



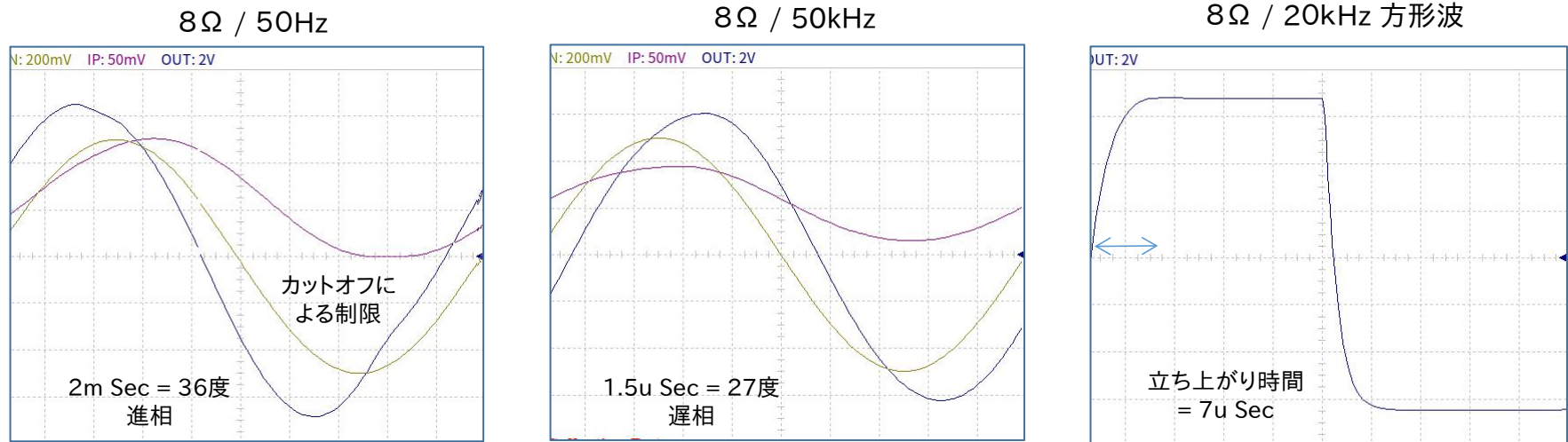
# 5. アンプの特性 (3/3)

下図は、各負荷に対する、定格入力(354mV)時の各出力管の動作状態を示しています。



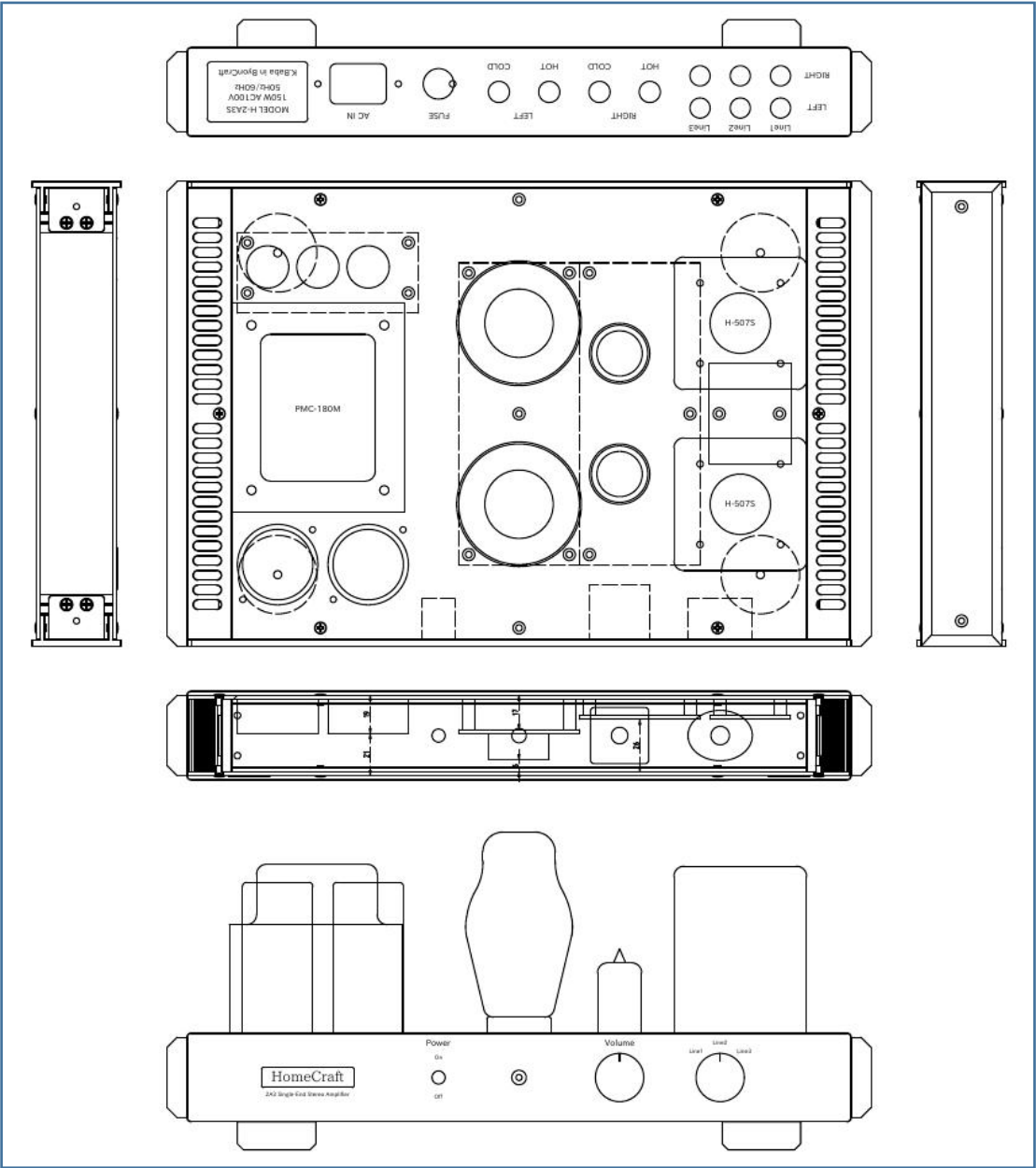
- 1) 定格入力では、4Ωまでの負荷変動に対応可能です。
- 2) 8Ωでは、クリップが先に現れます。
- 3) 6Ωでは、クリップとカットオフがほぼ同時に現れます。
- 4) 4Ωでは、カットオフが先に現れます。
- 5) 負荷変動に対してバランスが取れており、出力トランス1次側=3.5kΩの選択は、妥当と考えています。

下図は、定格入力(354mV)での、パワーバンド特性を示しています。



- 1) 定格入力のパワーバンドは、およそ 50Hz ~ 50kHz です。
- 2) 50Hzでは、波形に歪が発生していますが、聴感ではおよそ識別できないレベルです。
- 3) 50kHzでは、立ち上がりの遅れにより、若干波形が歪んでいますが、そもそも可聴帯域外です。

6. 実装設計

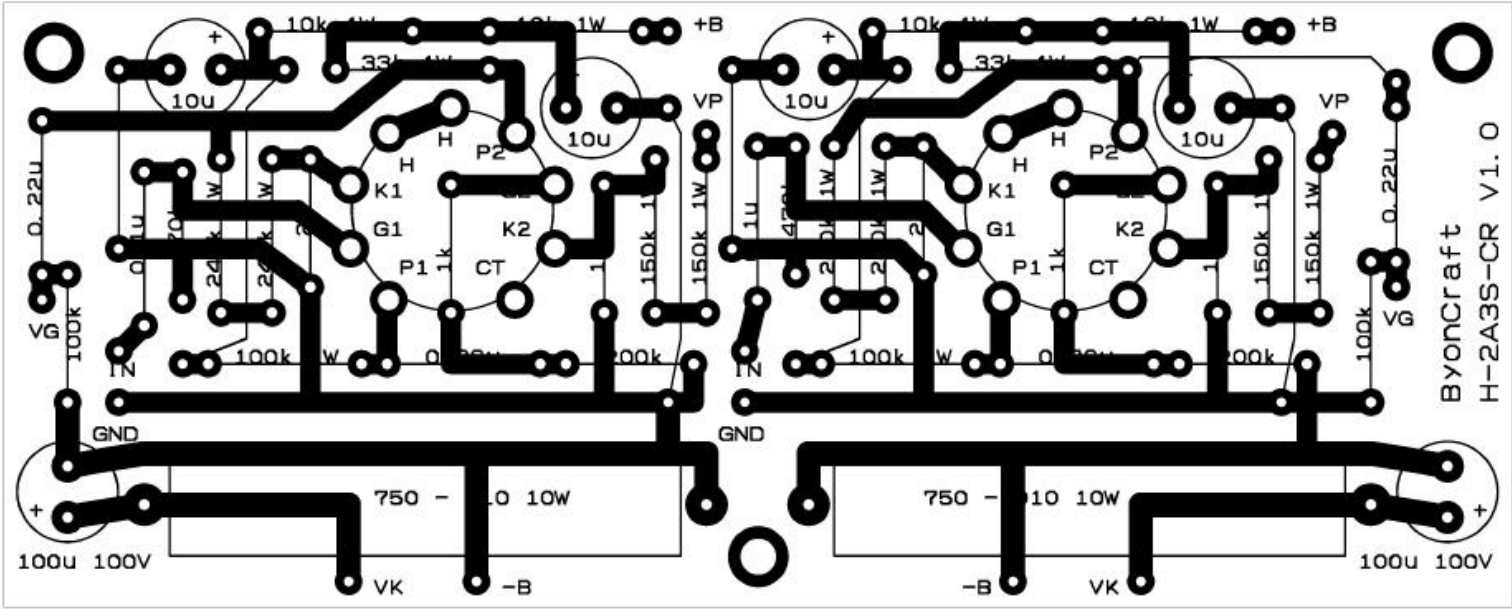


左図に実装の概略図を示します。  
本機は、プリント基板を使用し、極力コンパクトに実装するように工夫しました。  
各自の好みに工夫していただきたいと考えます。

下記に本機の主要部品の一覧を示します。

No	部品名	定格等	メーカー	備考
1	筐体	アルミケース	タカチ HY-44-33-23	W=330,D=230,H=44 カスタム加工特注 出力管サブシャーシ込み
2	電源トランス	PMC-180M	ゼネラルトランス	B巻線 250V
3	出力トランス	H-203S x 2	橋本トランス	3.5kΩ : 16/8/4Ω 9H/60mA 7W/50Hz
4	+B電源基板	90 x 40 t2	ユニクラフト	特注
5	+B給電コンデンサ	47uF 800V x 2	SHIZUKI RUZ フィルムコンデンサー	取付バンド込み
6	アンプ基板	150 x 60 t2	ユニクラフト	特注
7	ハムバランサー基板	50 x 40 t2	ユニクラフト	特注
8	Volume	100kΩ (A)x2	アルプス・アルパイン	RK27
9	Input	4回路 3接点	アルプス・アルパイン	SRRN ロータリーSW
10	Power	6P 8A	日本電産フジソク	トグルSW

6. 基板設計(1/2)



アンプ基板のパターン図と部品表を示します。  
(両チャンネル分)

- 1) パターン図は実寸大ではありません。部品配置の参考にしてください。
- 2) パターンは裏面片面です。パターン面にMT9Pソケットを実装します。
- 3) 表面にCRを実装します。数カ所ジャンパーがあります。
- 4) ソケットの取付を工夫すれば、2.54mm間隔の穴あき基板も使えると考えます。

分類	部品名	値、定格等	数量	備考
	プリント基板	150 x 60 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
	MT9Pソケット	基板用	2	TECSOL
R	デカップリング抵抗	10k 1W	4	金属皮膜
C	給電コンデンサー	10u 450V	4	日本ケミコン KXJ
C	初段入力コンデンサー	0.1u 250V	2	SHIZUKI DEMS
R	初段グリッドリーク抵抗	470k 1/2W	2	金属皮膜
R	初段プレート抵抗	100k 1W	2	金属皮膜
R	初段カソード抵抗	2k 1/2W	2	金属皮膜
R	初段P-K帰還抵抗	240k 1W	4	金属皮膜

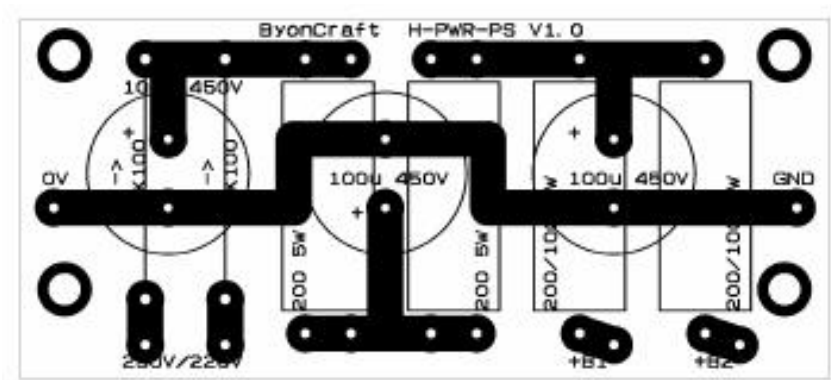
分類	部品名	値、定格等	数量	備考
C	次段結合コンデンサー	0.22u 630V	2	SHIZUKI DEMS
R	次段グリッドリーク抵抗	200k 1/2W	2	金属皮膜
R	次段プレート抵抗	33k 1W	2	金属皮膜
R	次段カソード抵抗	1k 1/2W	2	金属皮膜
R	次段P-K帰還抵抗	150k 1W	4	金属皮膜
C	出力段結合コンデンサー	0.22u 630V	2	SHIZUKI DEMS
R	出力段グリッドリーク抵抗	100k 1/2W	2	金属皮膜
R	出力段カソード抵抗	750 10W	2	セメント ※調整可能
C	バイパスコンデンサー	100u 100V	2	日本ケミコン KYB

(合計 43)

7. 基板設計(2/2)

+B電源基板のパターン図と部品表を示します。(両チャンネル共用)

- 1) パターン図は実寸大ではありません。部品配置の参考にしてください。
- 2) パターンは裏面片面です。
- 3) 表面にケミコンを実装します。基板を取り付けると、天板から頭が突出します。
- 4) パターン面にダイオードと抵抗を実装します。
- 5) 回路図中の100Ωは、200Ωを上下に重ねて並列に取り付けます。
- 6) 2.54mm間隔の穴あき基板も使えると考えます。

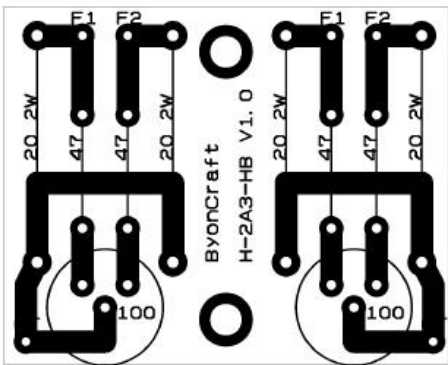


分類	部品名	値、定格等	数量	備考
	プリント基板	90 x 40 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
Di	ダイオード	1000V 2A	2	新電元 S2K100 FRD
R	フィルター抵抗	200 5W	6	セメント
C	フィルターコンデンサー	100u 450V	3	日本ケミコン KXJ

(合計 12)

ハムバランス基板のパターン図と部品表を示します。(両チャンネル共用)

- 1) パターン図は実寸大ではありません。部品配置の参考にしてください。
- 2) パターンは裏面片面です。
- 3) 2.54mm間隔の穴あき基板も使えると考えます。



分類	部品名	値、定格等	数量	備考
	プリント基板	50 x 40 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
R	バランス抵抗	20 2W	4	金属皮膜
R	バランス調整抵抗	47 1/2W	4	金属皮膜
R	バランス調整トリマー	100 RJ-13	2	日本電産コパル

(合計 11)