

ホームオーディオ向け 2Wayマルチアンプの設計 (高音域パワーアンプ編)



Rev.1 2025/03

馬場 和章
(美音クラフト株式会社)

本紙は、ホームオーディオ用の2Wayマルチアンプ・システムを紹介しています。
各人の好みに合わせた2Wayマルチスピーカーシステムを構築し、それをドライブする
真空管アンプを設計する際のポイントを解説しています。
本システムは自宅用に設計したものです。

Contents

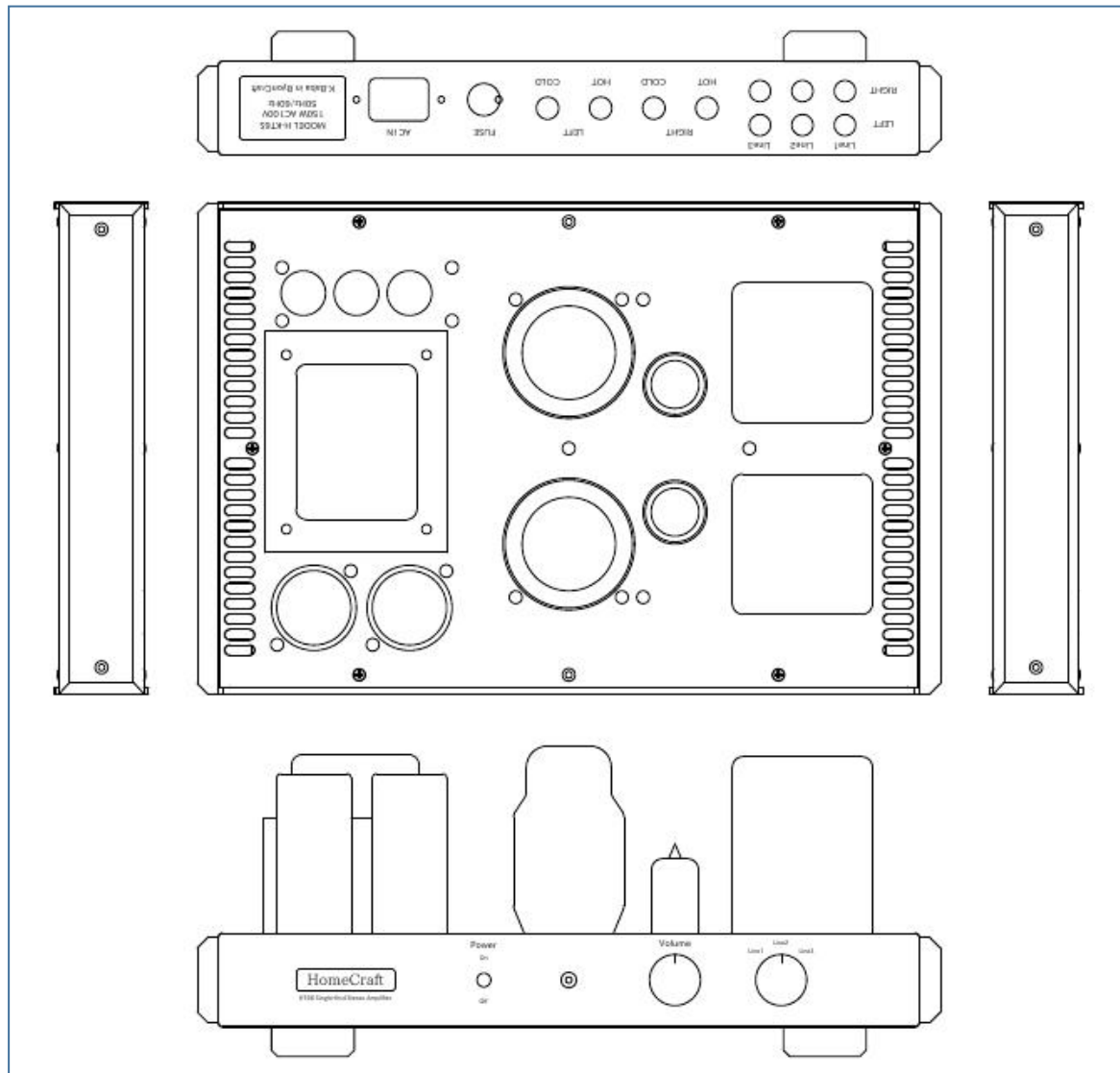
1. 高音域パワーアンプの概要(概要編より再掲)	Page 2
2. ブロックダイアグラム	Page 3
3. アンプ部の回路設計	Page 4
4. 電源部の回路設計	Page 6
5. 実装設計	Page 7
6. 基板設計	Page 8

※ 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。

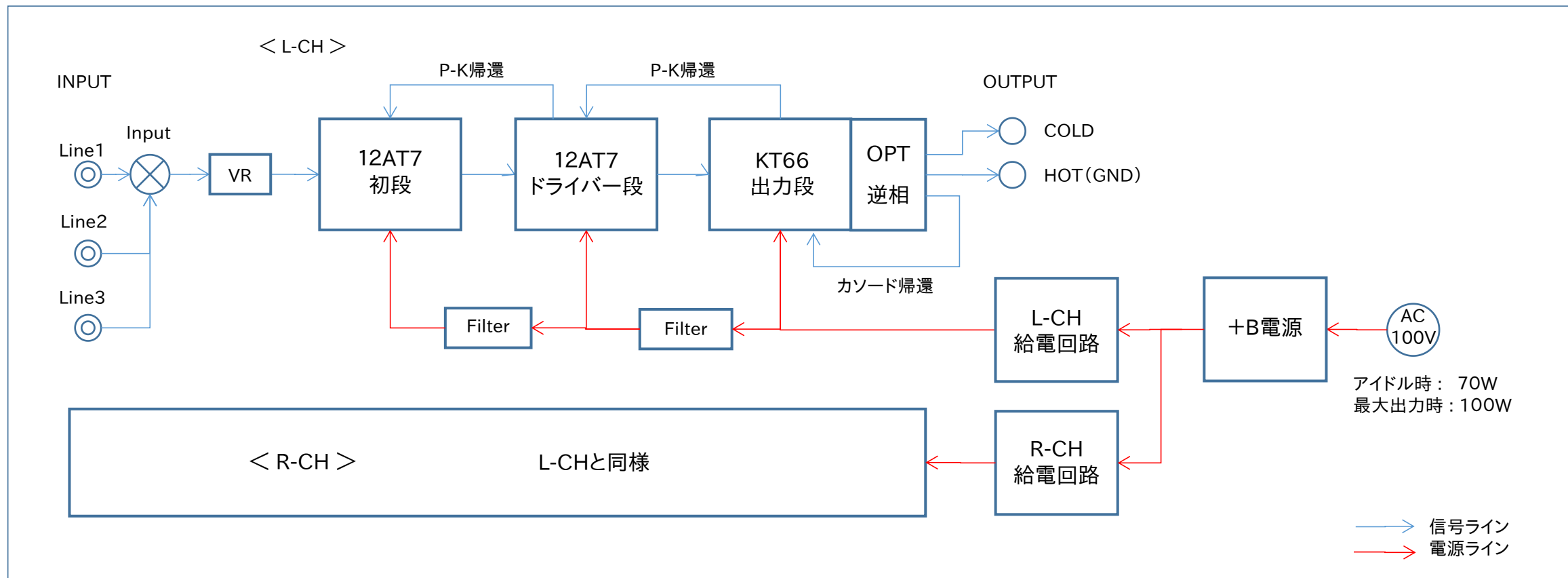
1. 高音域パワーアンプの概要 (概要編より再掲)

高音域パワーアンプはライン入力のステレオ・プリメインアンプとしました。ボリューム・コントロールは、2Wayにおいて細かいゲイン合わせに使用します。本機単体では、デジタル音源などを手軽に楽しむホーム・オーディオ用として使用できます。現代小型スピーカーにも十分対応します。



- 1) 出力管は、余裕のある規格を持ち、貫禄のある容姿の、KT66を採用しました。UL接続のシングル動作で使用します。
- 2) 高音域アンプとしての定格出力は3W/8Ωで、軽い動作です。
- 3) 5W位までの余力がありますので、パワーバンドの拡大と、スピーカインピーダンス低下時の対応能力に振り向けています。これにより、単体使用においても十分な性能を確保しています。
- 4) 高音域パワーバンドは、50kHzまでは欲しいところです。7V peakの立ち上がり時間が5μ秒以内であれば、正弦波50kHzまで定格の音圧をカバーします。回路設計と実装で工夫を要するポイントです。
- 5) デザインは、筐体をプリアンプと同じ薄型ケースとする検討を行い、シャーシ上の真空管やトランスのボリューム感が出るようなデザインとしました。
- 6) また、電源トランス、真空管、出力トランスは高さを合わせています。KT66が大柄なので、インパクトのある外観になったと考えています。

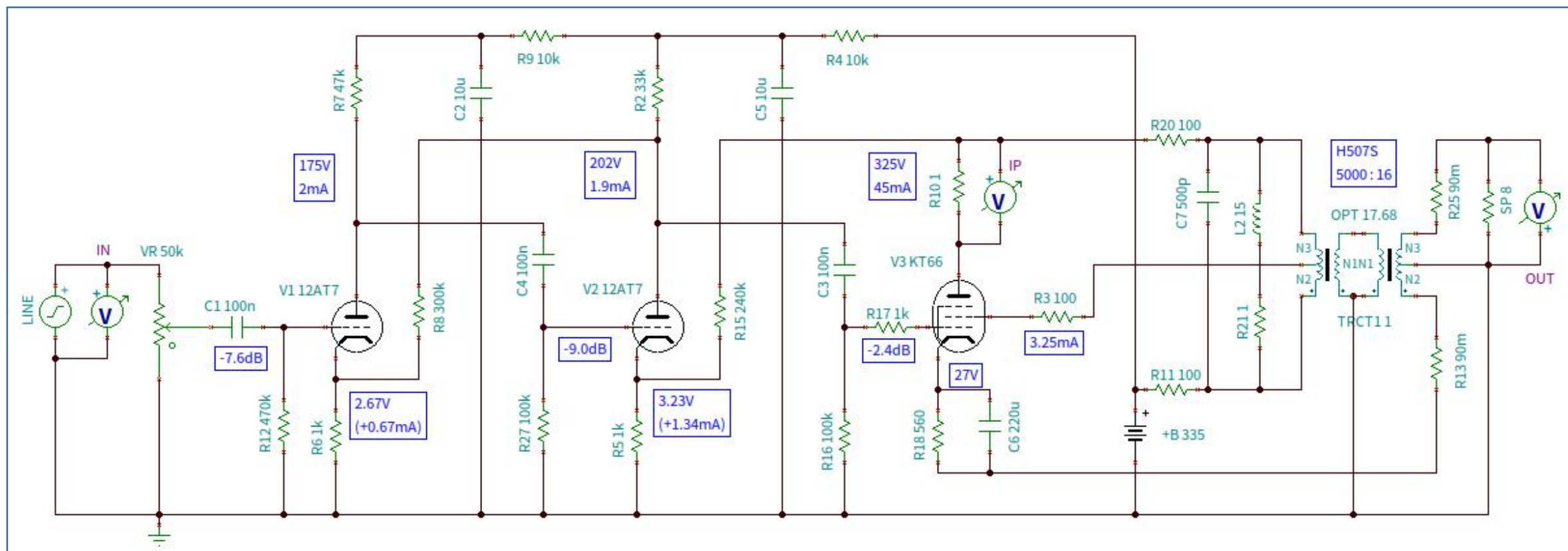
2. ブロックダイアグラム



上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。

- 1) 入力アンバランス入力 (RCA) 3系統です。定格ゲインは、26dB (8Ω) で、ボリューム・コントロール付きです。
- 2) 出力は1系統で、8Ω 標準です。
- 3) アンプ部は3段増幅のシングルアンプです。性能要件の実現は、3つのローカル帰還で対応しています。
- 4) 上記の回路方式により、単体プリメインアンプとしての使用においても、パワーバンドの拡大と、スピーカーインピーダンス低下時の対応能力を実現しています。
- 5) 電源部は+B電源を供給しますが、各チャンネルは個別の給電回路より給電します。Filterはデカップリング回路です。

3. アンプ部の回路設計(1/2)



アンプ部のシミュレーション回路図を示します。以下、ポイントを解説します。

- 1) 初段およびドライバー段は、高周波用3極管の12AT7を採用しています。中 μ 管ながら内部インピーダンスが低いため、高いゲインが得られます。
- 2) 初段およびドライバー段には、各々、次段のプレートより直流カットなしで、P-K帰還をかけています。直流電流を加味して各段の直流動作点を調整しています。
- 3) 出力段は、KT66によるUL動作です。また出力トランスの2次側からカソード帰還をかけています。この帰還とUL動作により出力管の内部インピーダンスを下げています。
- 4) 出力トランスは1次側5k Ω です。2次側巻線は4 Ω タップをグランドとして、巻線の1/2から出力を取り出し、残りの1/2をカソード帰還に使用します。
- 5) 上記の出力トランスの使用法により、出力に8 Ω を負荷した場合、出力管の負荷は約10k Ω になります。
- 6) 3つのローカル帰還を組み合わせることで、全体で-19dBの高帰還アンプとなっていますが、安定した動作が可能です。

3. アンプ部の回路設計(2/2)

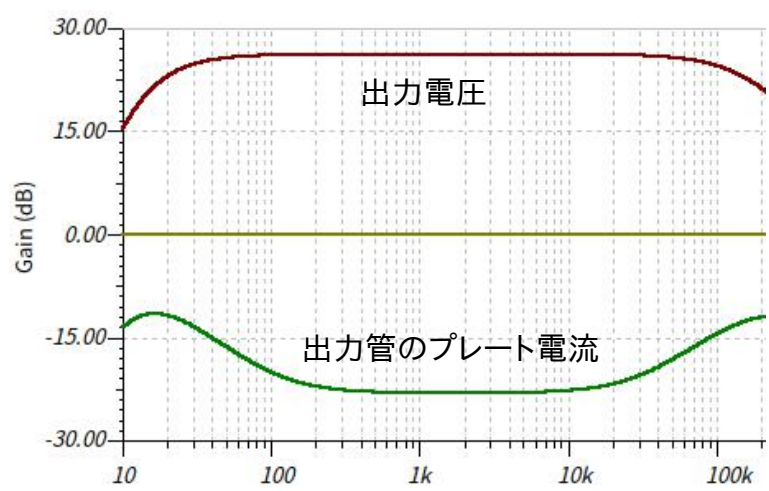
入出力特性は右表のとおりです。(1kHz時)

- 1) ゲインは26dBです。音圧は+5dBとなります。スピーカーの公称インピーダンス8Ω～6Ωが適用範囲です。
- 2) 歪率は、8Ω負荷で0.6%に収まっています。3Ω負荷まではカットオフが発生せず、現代スピーカーにも対応します。
- 3) 出力インピーダンスは十分低くなっています。実機でも1.5Ω程度と想定しています。

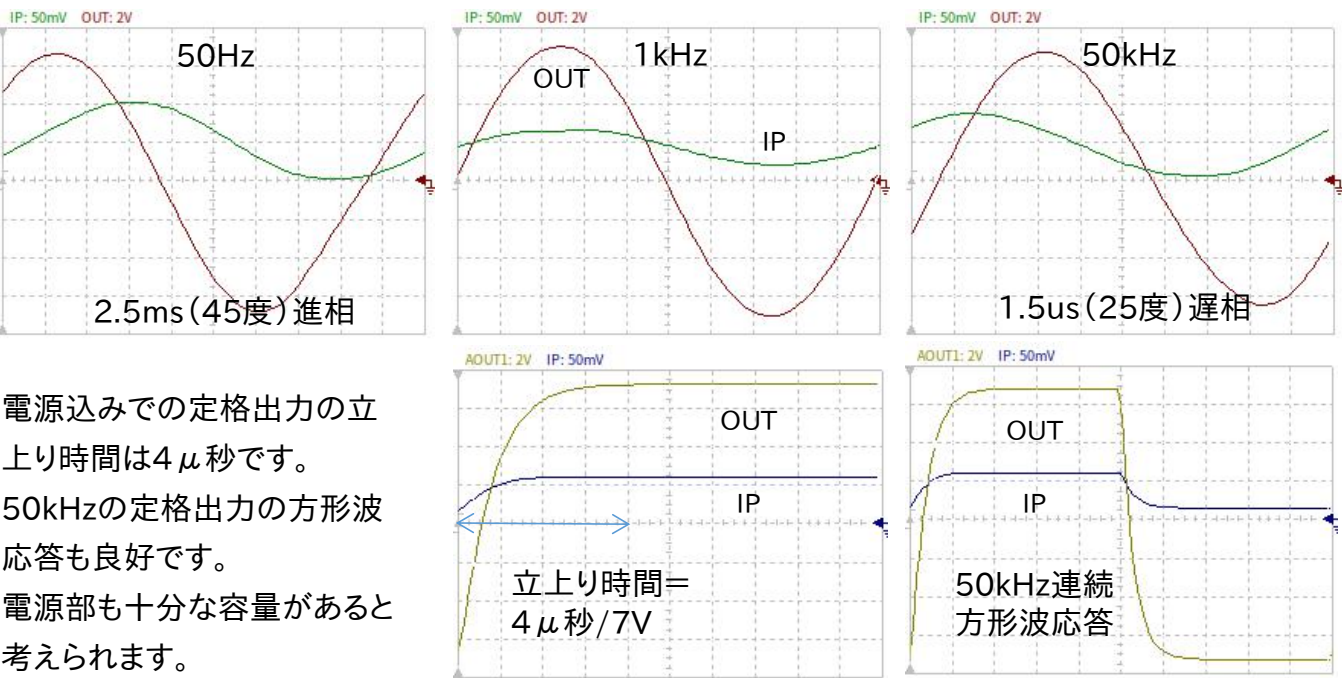
OPT 5k : 4	1W / 8 ohm	16 ohm	8 ohm	6 ohm	4 ohm	3 ohm
DF	5.8	11.6	5.8	4.3	2.9	2.2
Zo	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
In peak	0.200	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350
In rms	0.141	0.247	0.247	0.247	0.247	0.247
PWR	1.0	1.8	3.1	3.8	4.6	5.0
THD	0.29%	1.10%	0.58%	1.14%	3.12%	5.67%
Gain dB	26.2	26.8	26.1	25.7	24.8	23.9
SPL +dB	0.2	5.6	5.0	4.5	3.6	2.8

周波数特性は下図のとおりです。(1W/1kHz時)

- 1) 低音域は出力トランス(15H)が飽和しないように、カソード帰還も加味して、50Hz以下を減衰させています。
- 2) 高音域は出力トランスの巻線容量(500pF)の影響ですが、出力管の内部抵抗の低減が有効に働いています。

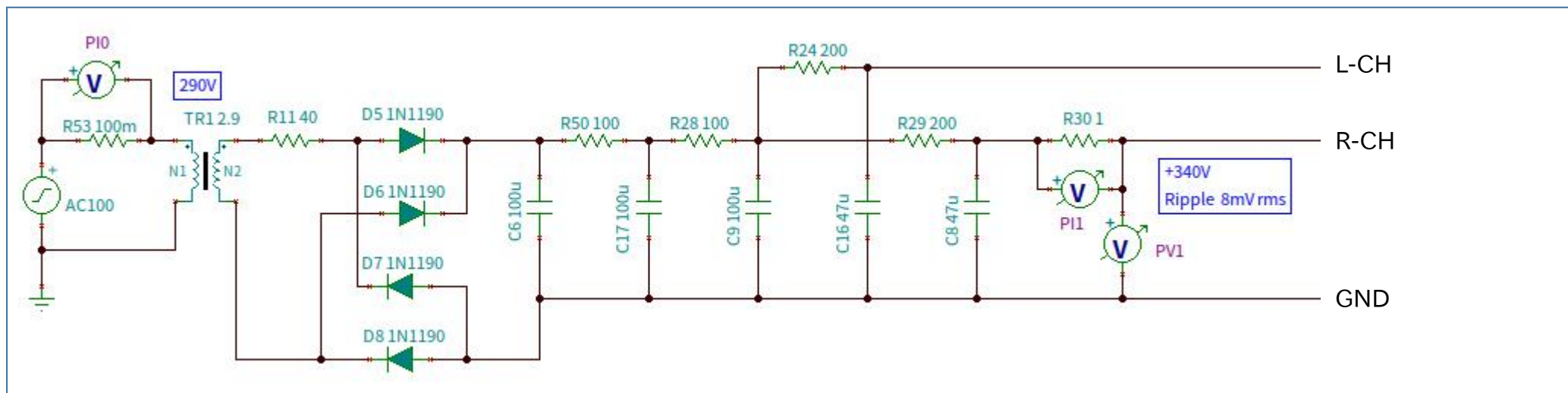


パワーバンド特性は下図のとおりです。(3W/1kHz時)



電源込みでの定格出力の立上り時間は4μ秒です。
50kHzの定格出力の方形波応答も良好です。
電源部も十分な容量があると考えられます。

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。

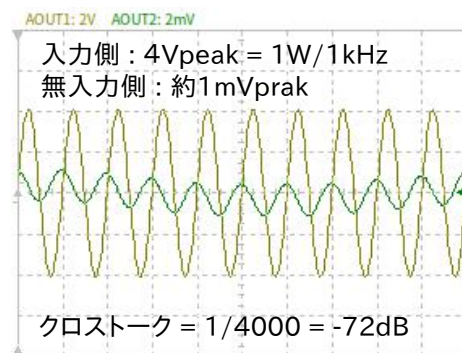
電源回路は参考例です。各自、工夫していただきたいです。以下、当回路のポイントを解説します。

+B電源（340V前後、50mA x 2）

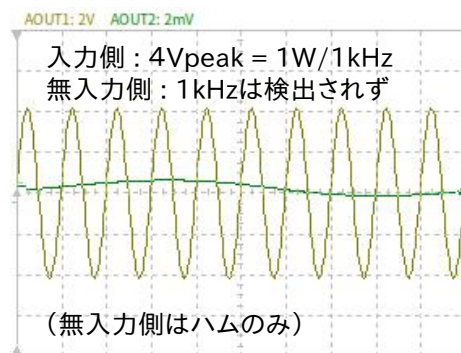
- 1) ダイオードによるブリッジ整流または全波整流回路です。
- 2) 4段CRフィルターで平滑します。Cを大きく取り、Rは小さくしています。合計400μFのコンデンサーを投入しています。
- 3) リップルは8mVです。出力トランスの巻線比から、250μVrmsがハムとして出力に出ます。
- 4) 左右チャンネルは、個別の給電回路から給電します。ステレオアンプにおいては必須の回路です。省略した場合、クロストーク特性が悪化し、ステレオ感が損なわれます。（右の説明参照）
- 5) コンデンサーの耐圧は、AC電源が105Vとなった時のサージ電圧から、450V以上が安全です。
- 6) 真空管を挿入しないテスト用の放電用抵抗は不要です。P-K帰還回路がその役割をします。

上記の回路図でL-CHとR-CHを結線して共通の給電回路とした場合と、個別の給電回路の場合の比較です。共通の場合、漏れは-72dBですが、漏れた信号は位相がズれており、好ましくありません。

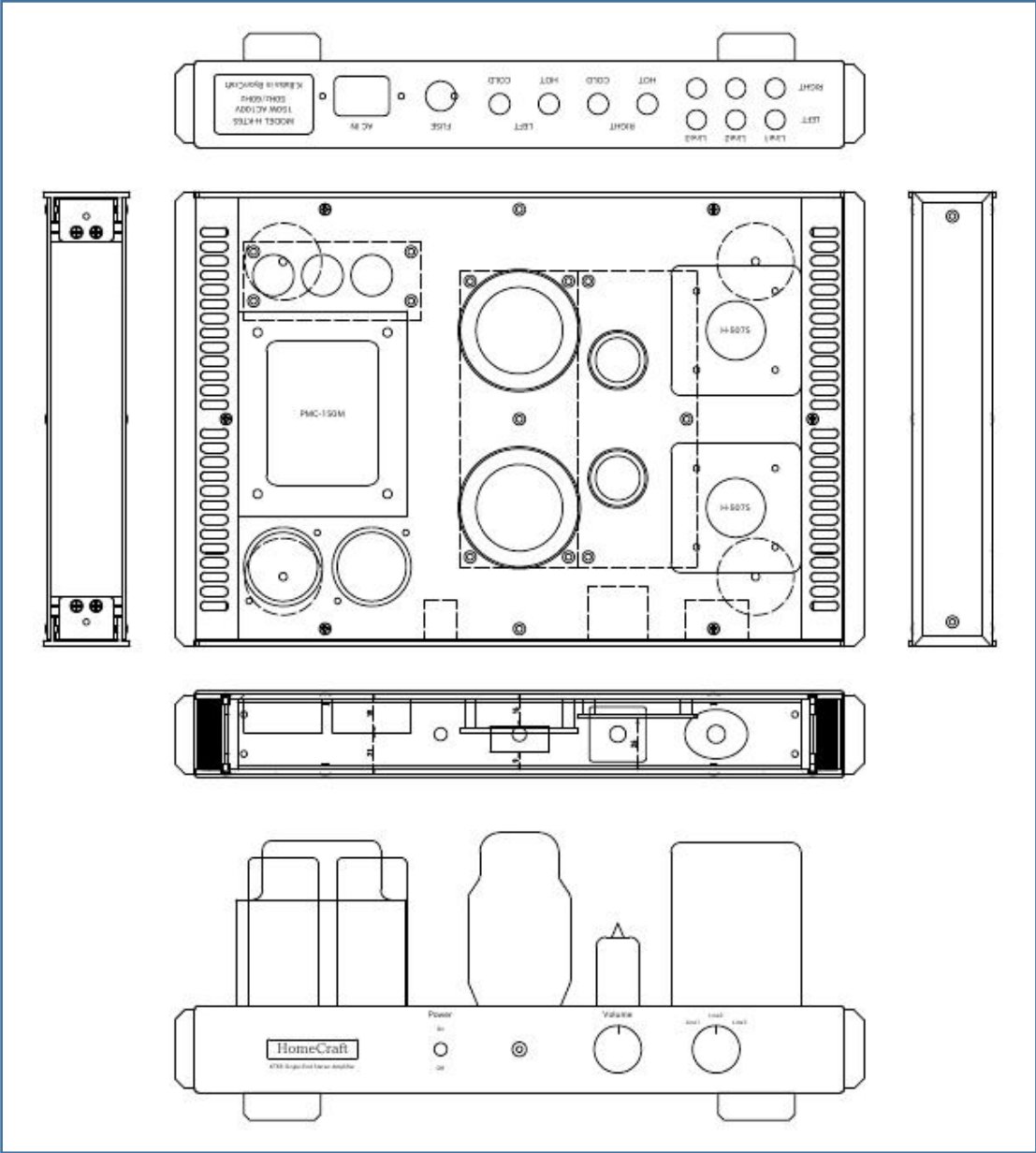
共通の給電回路の場合



個別の給電回路の場合



5. 実装設計

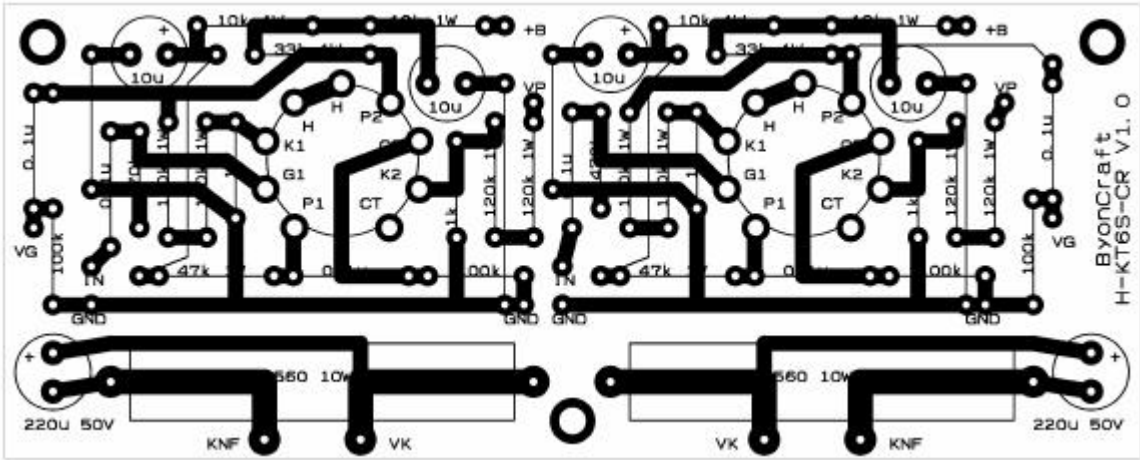


左図に実装の概略図を示します。
本機は、プリント基板を使用し、極力コンパクトに実装するように工夫しました。
各自の好みに工夫していただきたいと考えます。

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-150M	ゼネラルトランス	B巻線 280V～290V
3	出力トランス	H507S x 2	橋本トランス	5kΩ : 16/8/4Ω 15H/50mA 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	Volume	50kΩ (A)x2	アルプス・アルパイン	RK27
8	Input	4回路 3接点	アルプス・アルパイン	SRRN ロータリーSW
9	Power	6P 8A	日本電産フジソク	トグルSW

6. 基板設計(1/2)



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	47k 1W	2	金属皮膜
R	初段カソード抵抗	1k 1/2W	2	金属皮膜
R	初段P-K帰還抵抗	150k 1W	4	金属皮膜

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)

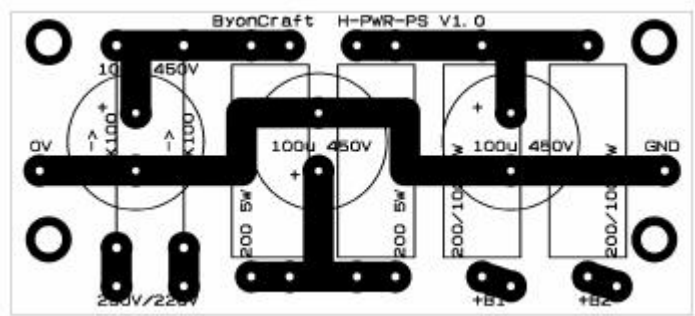
- 1) パターン図は実寸大ではありません。部品配置の参考にしてください。
- 2) パターンは裏面片面です。パターン面にMT9Pソケットを実装します。
- 3) 表面にCRを実装します。数カ所ジャンパーがあります。
- 4) ソケットの取付を工夫すれば、2.54mm間隔の穴あき基板も使えると考えます。

分類	部品名	値、定格等	数量	備考
C	次段結合コンデンサー	0.1u 630V	2	SHIZUKI DEMS
R	次段グリッドリーク抵抗	100k 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	120k 1W	4	金属皮膜
C	出力段結合コンデンサー	0.1u 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	560 10W	2	セメント
C	バイパスコンデンサー	220u 50V	2	日本ケミコン KYB
R	出力段グリッド入力抵抗	1k 1/2W	2	金属皮膜 出力管ソケットにて配線
R	出力段SG抵抗	100 1W	2	金属皮膜 出力管ソケットにて配線

6. 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ろと考えます。



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