

12BH7 プッシュプル パワーアンプの設計

byoncraft

Rev.1 2025/10

馬場 和章
(美音クラフト株式会社)

12BH7(-A)は、ブラウン管テレビの垂直偏向出力管として多数生産されてきました。
オーディオでは、出力管のカソードフォロワー・ドライブ管として賞用されてきました。
本機は、3パラレル・プッシュプル構成にて、小出力パワーアンプの出力管としての12BH7の可能性を追求することを、設計の目的としています。
なお本機は、別稿のMC入力無帰還プリアンプとの組み合わせを想定して、設計しています。

Contents

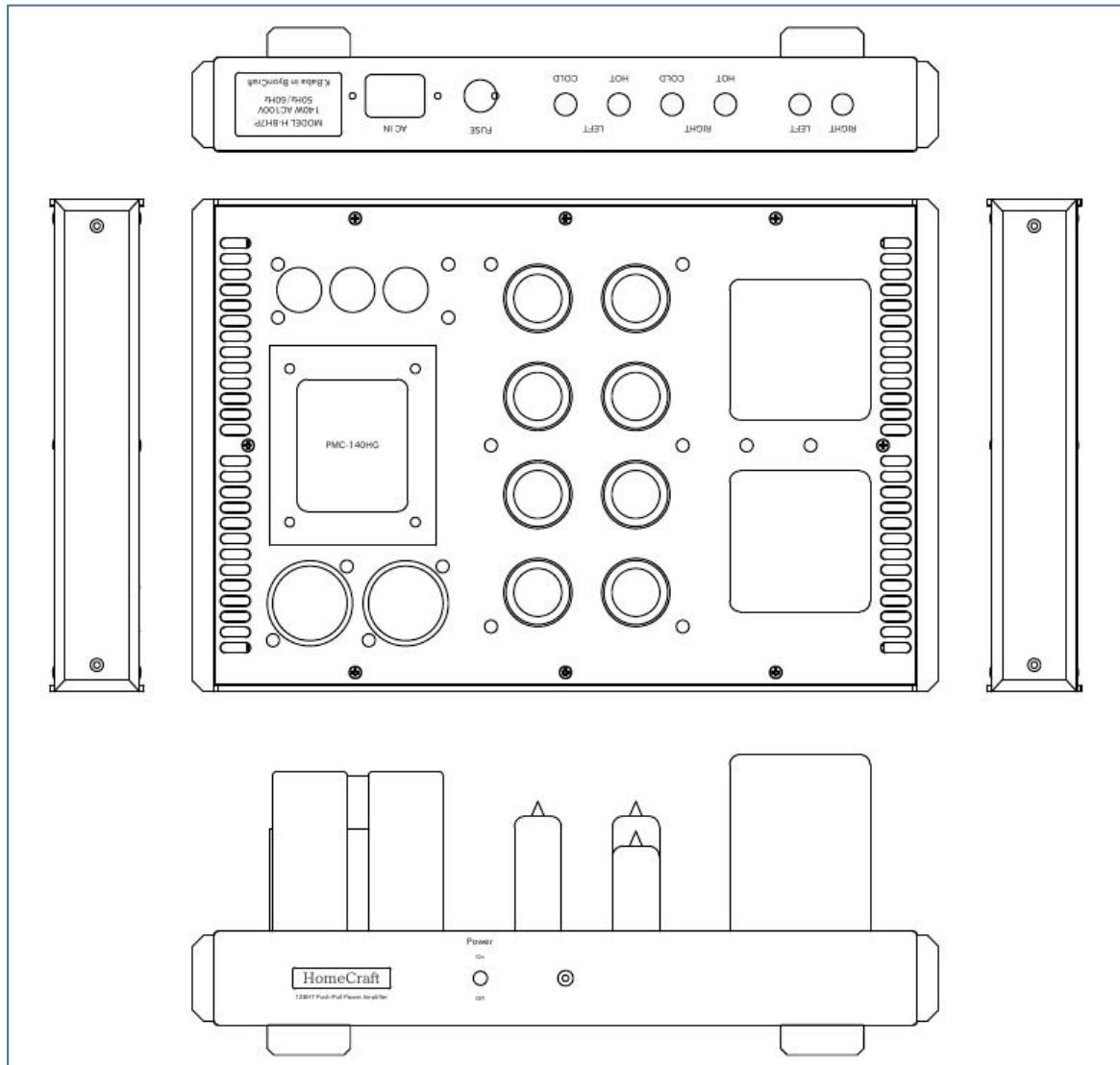
1. パワーアンプの概要	Page 2
2. ブロックダイアグラム	Page 3
3. アンプ部の回路設計	Page 4
4. アンプの特性	Page 5
5. 電源部の回路設計	Page 7
6. 実装設計	Page 8
7. 基板設計	Page 9

※ 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. パワーアンプの概要

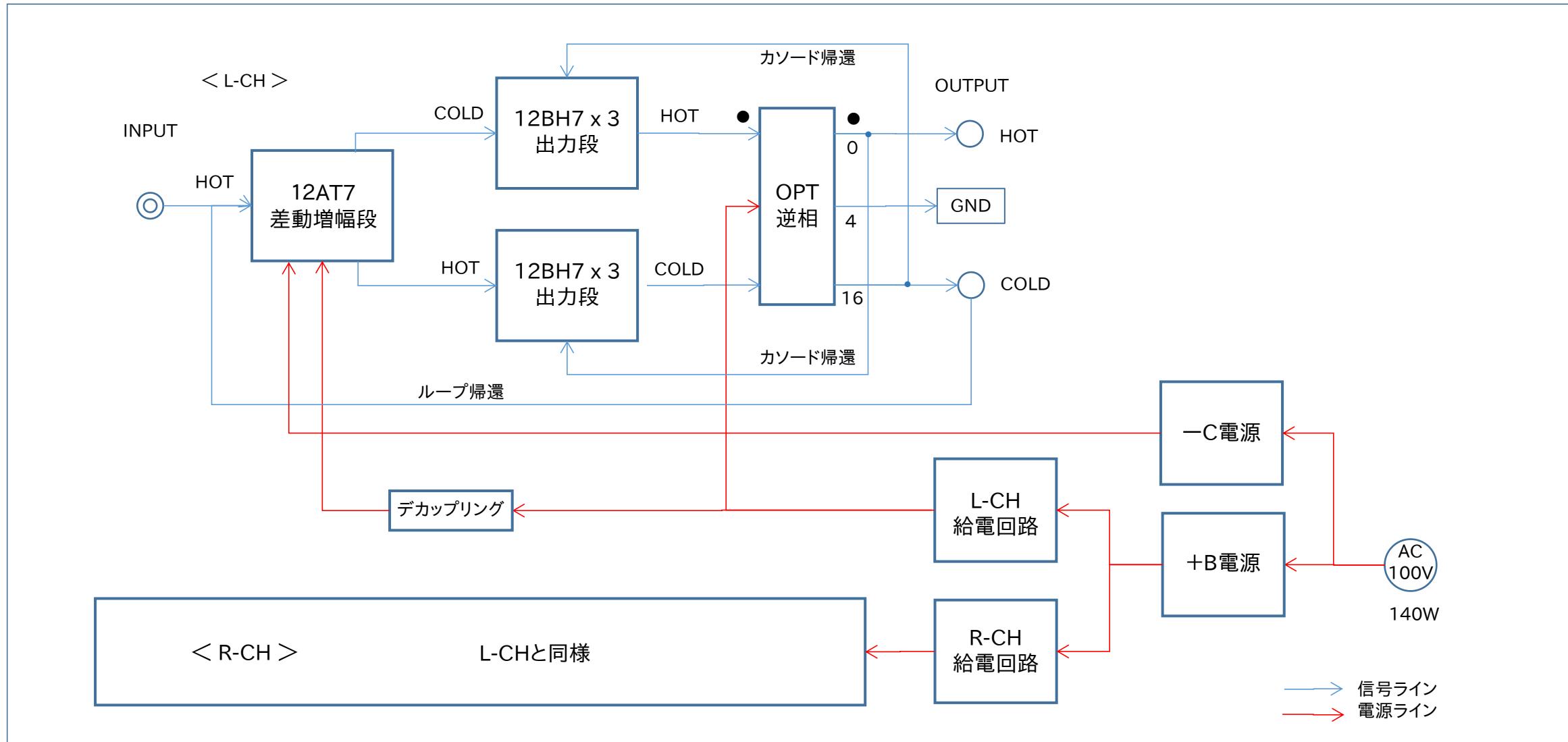
12BH7は特徴的なEP-IP特性を持っており、それをうまく活用すべく設計しています。実用的な出力を得るため、3パラレル・プッシュプル構成としています。また本機では、出力インピーダンスと歪の低減を目的として、カソード帰還とループ帰還を併用して、特性改善を図っています。



- 1) 本機は、定格出力2.8W+2.8Wのステレオ・パワーアンプです。
- 2) 8Ω負荷の最大出力は、4W+4Wです。
- 3) 小出力ですが、ホームオーディオ用としては十分な出力と考えます。
- 4) 本機は、12BH7のEP-IP特性の特徴により、上記の定格出力および最大出力においても、カットオフが発生しないA級動作です。(詳細は、4. アンプの特性を参照)
- 5) これにより、AB級動作でカットオフ時に発生する、出力トランジスタの過渡振動を回避しています。
- 6) また、出力トランジスタの1次側インピーダンスは、出力の大小で殆ど変動しないため、安定した動作が可能です。
- 7) ゲインは低め(約16dB)です。プリアンプとの組み合わせが必要となります。
- 8) デザインは薄型の筐体として、MC入力無帰還プリアンプやその他のアンプとマッチするデザインとしました。

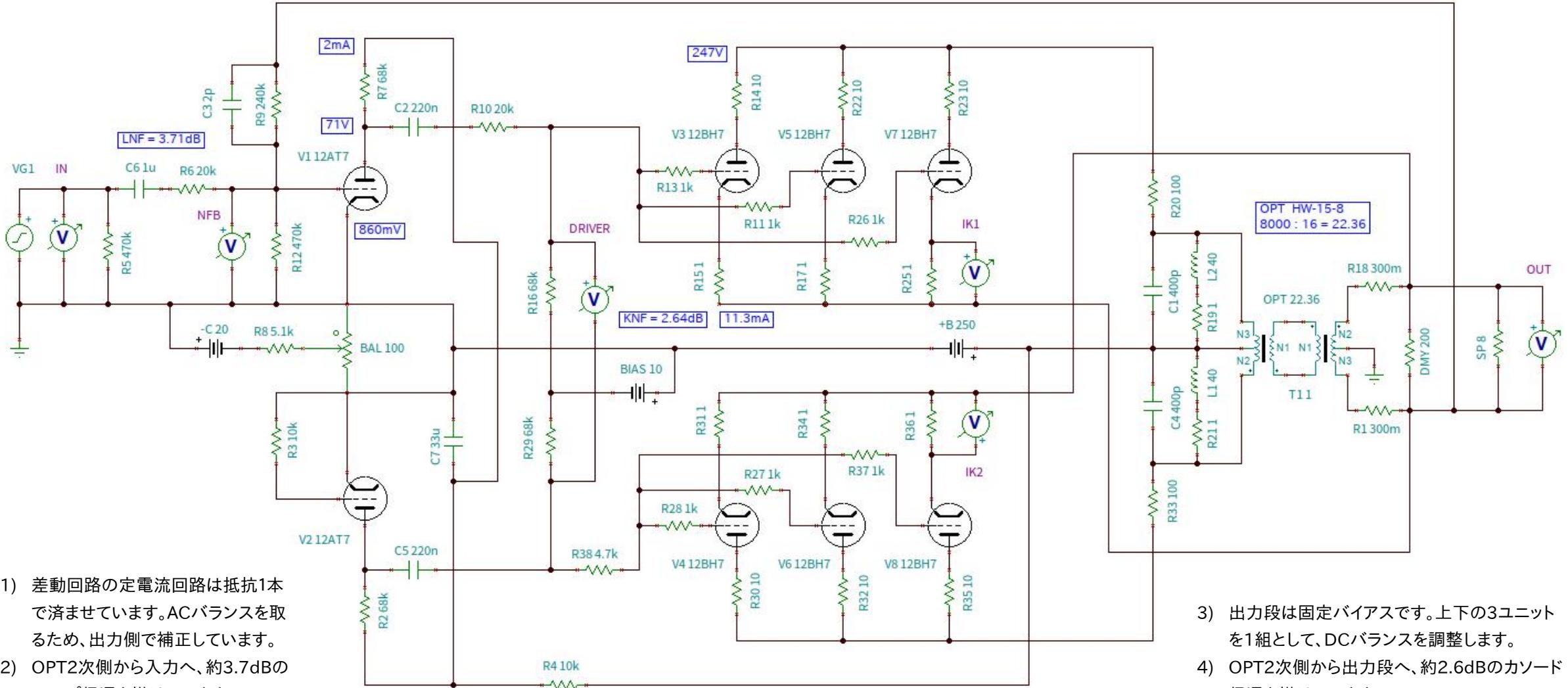
2. ブロックダイアグラム

下図にブロックダイアグラムを示します。グランドライン、バイアス電源の配線は省略しています。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。12BH7は、1管内の中の2つのユニットを上段と下段に割り振っています。



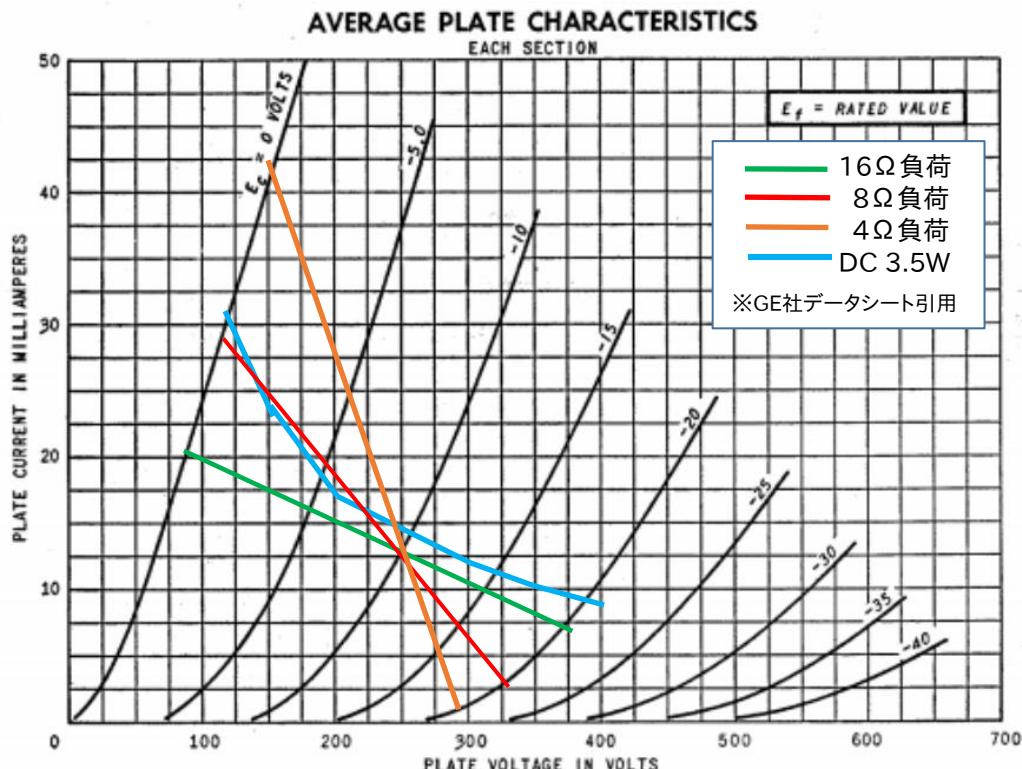
4. アンプの特性(1/2)

8k : 16 ohm	1W / 8 ohm	16 ohm	8 ohm	6 ohm	4 ohm	Max / 8 ohm
DF	3.0	6.1	3.0	2.3	1.5	3.0
Zo ohm	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63
In peak	0.610	1.000	1.000	1.000	1.000	1.200
In rms	0.431	0.707	0.707	0.707	0.707	0.849
Out rms	2.83	5.35	4.72	4.38	3.85	5.73
Power W	1.0	1.8	2.8	3.2	3.7	4.1
THD	0.58%	0.69%	1.15%	1.47%	2.04%	1.48%
Gain dB	16.3	17.6	16.5	15.8	14.7	16.6
SPL +dB	0.0	5.5	4.4	3.8	2.7	6.1

入出力特性(1kHz)は、左表のとおりです。

公称インピーダンス8Ω以上のスピーカーを推奨します。

- 1) 定格出力は、2.8W+2.8Wです。最大出力は、4W+4Wです。
- 2) 定格入力(707mV)では、4Ωまでクリップなしで出力可能です。
- 3) 12BH7の内部抵抗は、5kΩ前後です。合計6.3dBのNFBにより、2.5kΩに低減しています。ダンピング・ファクターは、3.0/8Ωです。
- 4) 歪は、3次歪が多くなります。下記の特性図から伺えるように、直線性はあまり良くなく、ややピークが尖る形の歪となります。



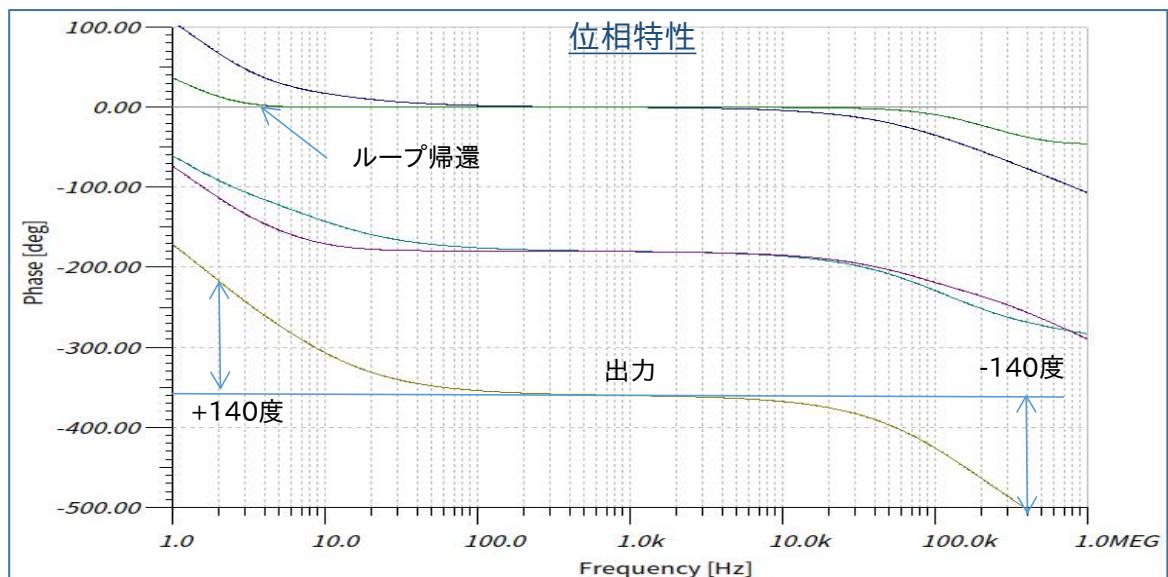
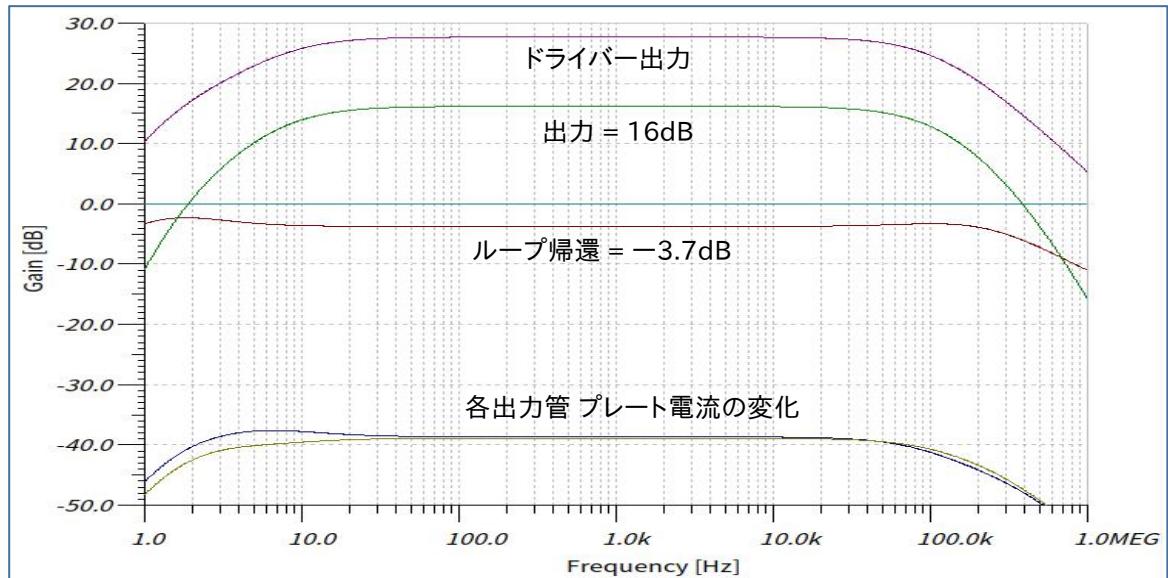
EP-IP特性図と波形図から、さらに詳細を確認します。

- 1) 出力トランジスタは、8kΩpp:16Ωを使用し、2次側に8Ωを負荷することで、1次側は4kΩppとなります。負荷が4Ωの場合は、1次側は2kΩppとなります。
- 2) EP-IP特性図のとおり、+−10VスイングしてもカットオフしないA級プッシュプル動作です。1次側インピーダンスは、出力の大小で殆ど変動しないため、安定した動作が可能です。
- 3) 4Ω負荷のクリップ直前は、約DC 7Wですが、プレート損失(熱損失)は約3Wと定格以内です。



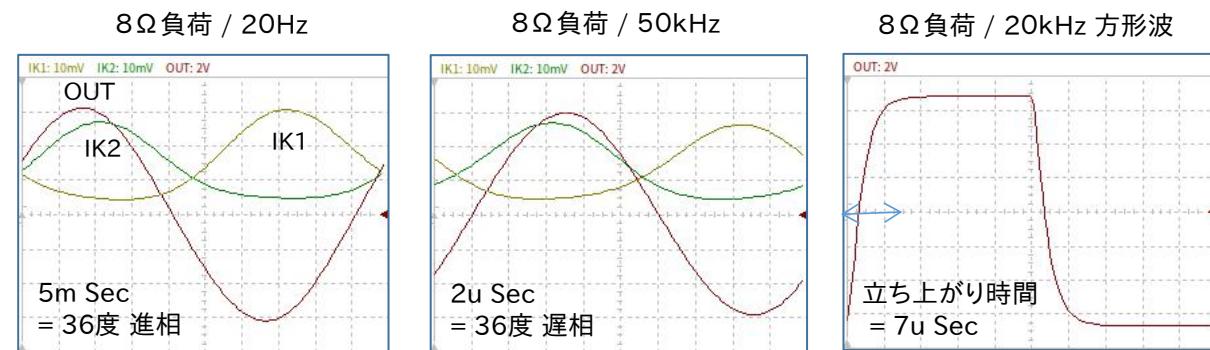
4. アンプの特性(2/2)

周波数特性(8Ω負荷)



周波数特性および位相特性を、左図に示します。

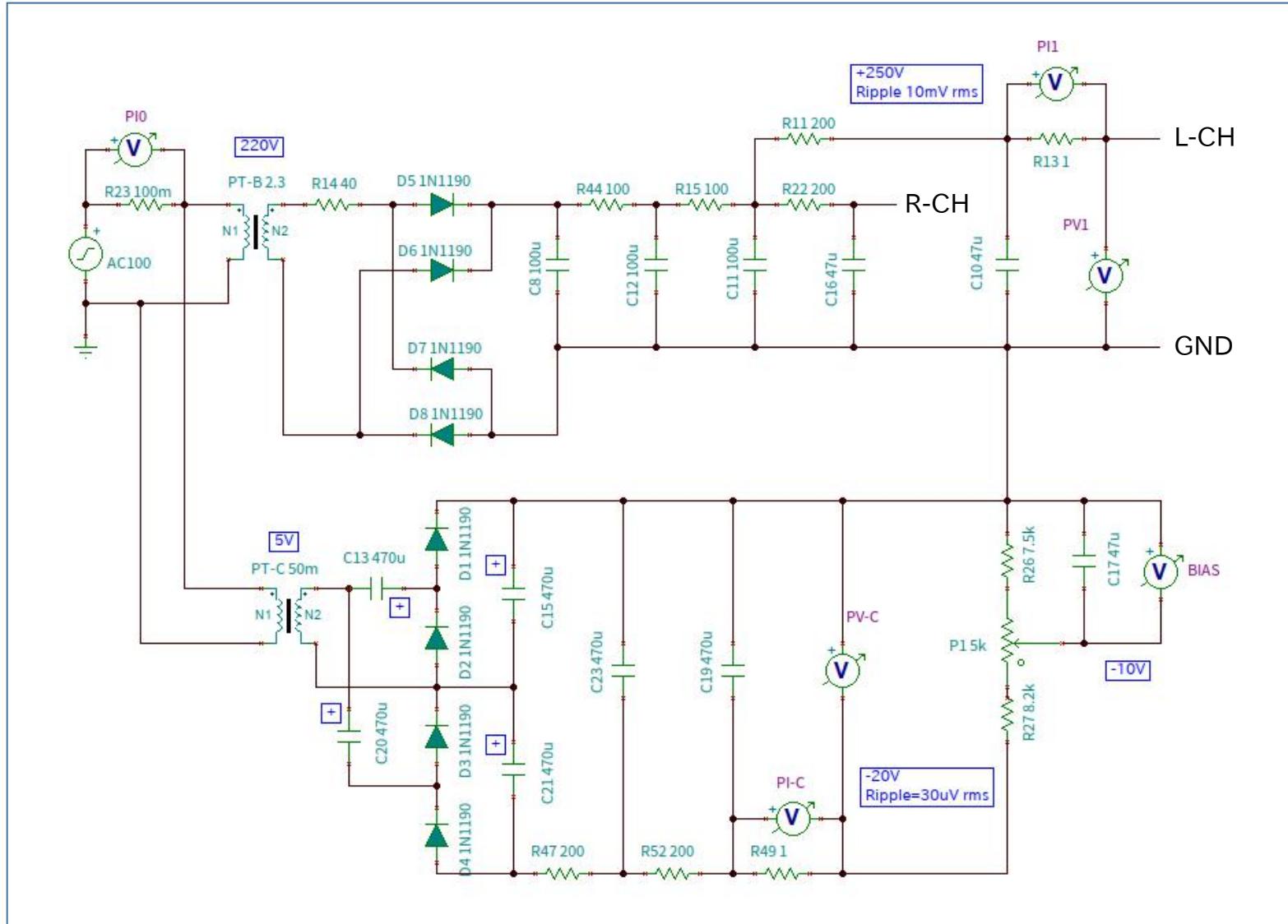
- 1) 出力段は3パラレルで、かつカソード帰還によって、低いインピーダンスにて出力トランジスタをドライブできており、バランスのとれた特性となっています。
- 2) 周波数特性は、20Hz ~ 50kHz(-1dB)となっています。これ以上のループ帰還は不要と考えます。
- 3) ゲインがあるのは、2Hz ~ 400kHzです。
- 4) ゲインがゼロとなる、2Hzと400kHzの出力位相は、ともに約140度程度に収まっています。
- 5) なお、出力トランジスタは、1次側インダクタンス=80H、1次側巻線容量=800pFにて、シミュレーションしています。



- 1) 8Ω負荷の、定格入力でのパワーバンドは、20Hz ~ 50kHzです。
- 2) パワーバンドの両端も、A級動作です。

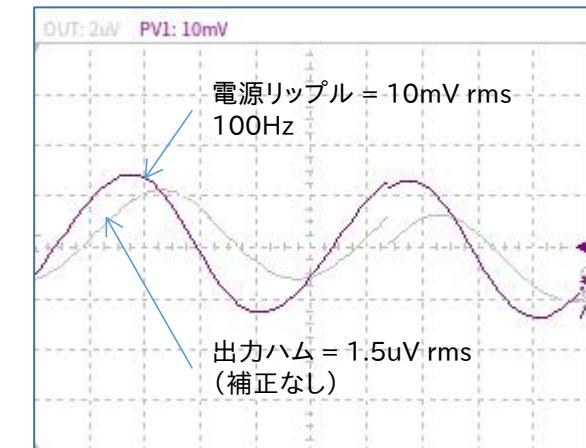
5. 電源部の回路設計

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 (250V前後、70mA x 2)

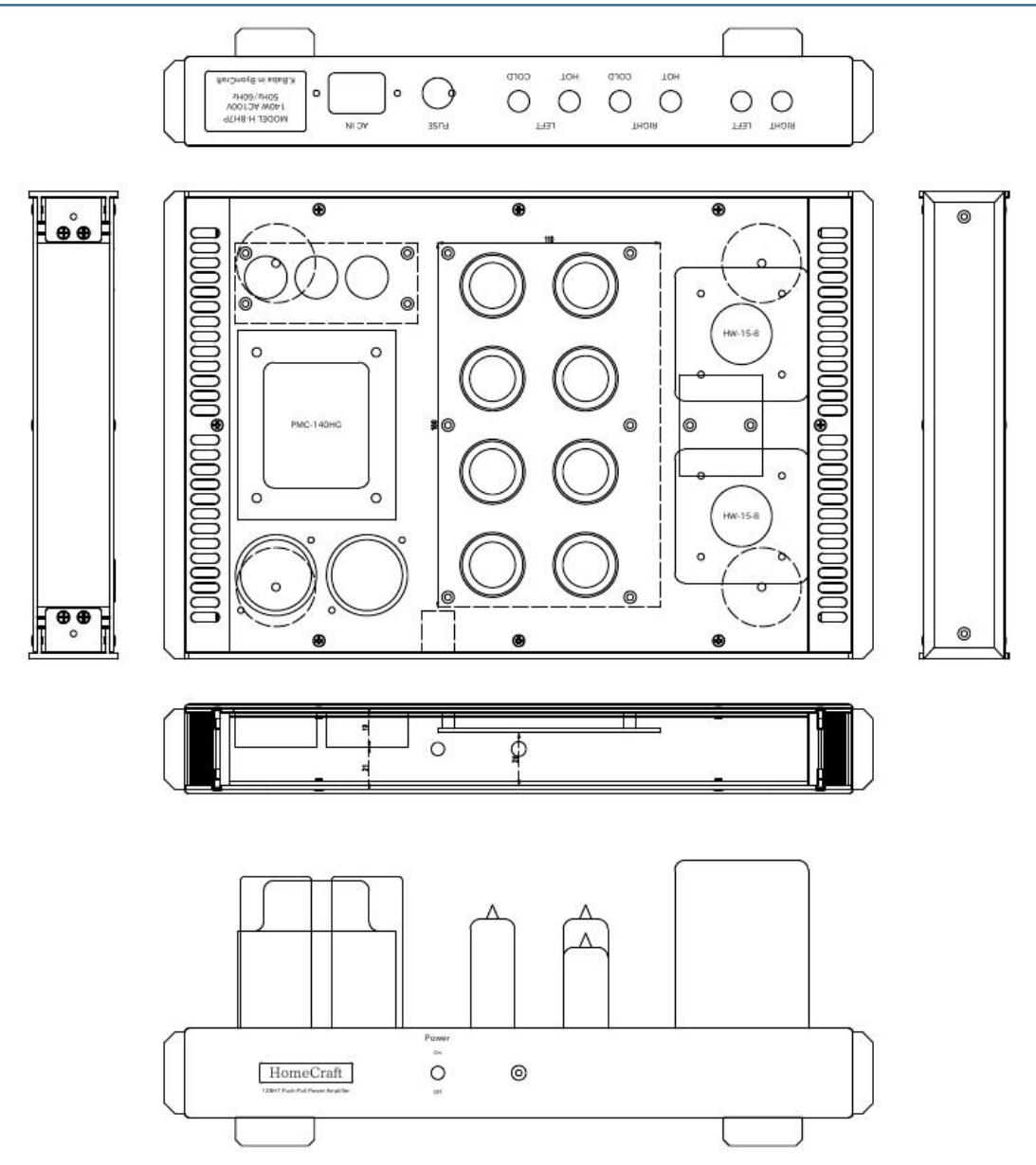
- 1) ダイオードによるブリッジ整流または全波整流回路です。
- 2) 4段CRフィルターで平滑します。Cを大きく取り、Rは小さくしています。合計400uFのコンデンサーを投入します。
- 3) 出力ハムは、約1.5uV rmsに収まっています。



-C電源 (-20V前後、12mA)

- 1) ヒーター巻線(5V)から、4倍圧整流で生成しています。
- 2) 出力段のバイアス電源と共に用です。

6. 実装設計



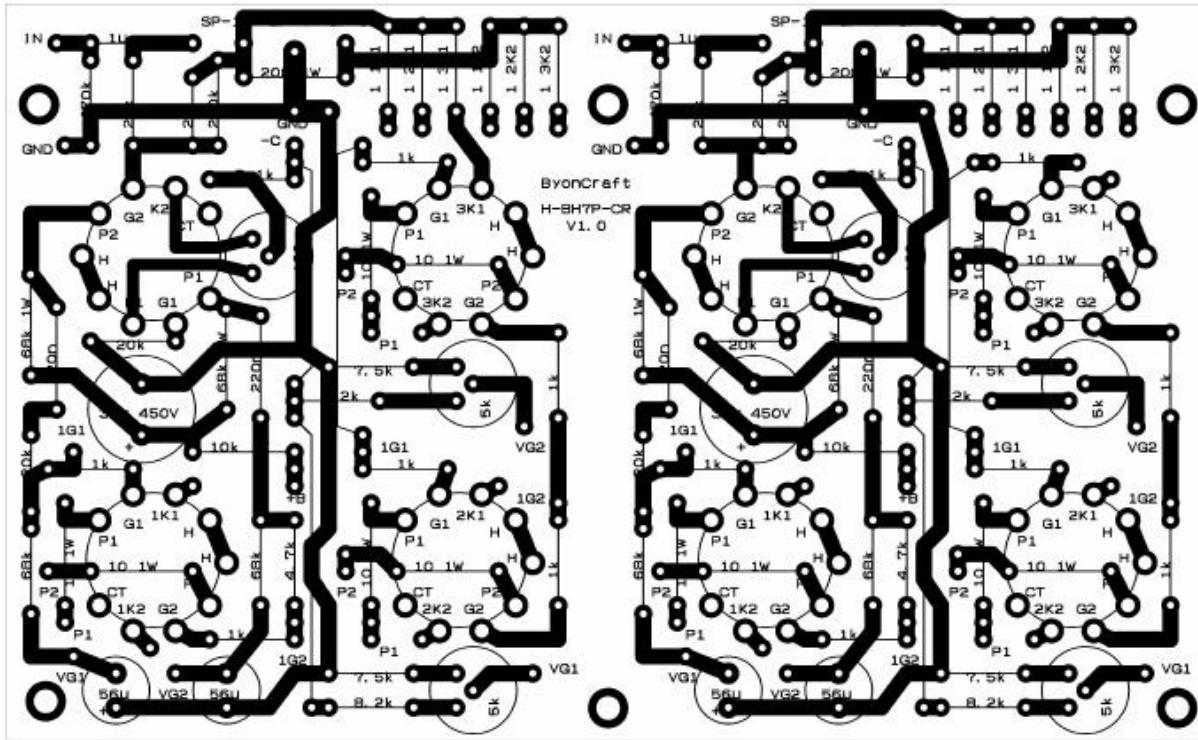
左図に実装の概略図を示します。

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。
各自の好みで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
2	電源トランス	PMC-140HG	ゼネラルトランス	B巻線 220V
3	出力トランス	HW-15-8 x 2	橋本トランス	8kΩ pp : 16/8/4Ω 120H/120mA 85H/Unbal=5mA 15W/50Hz
4	+B電源基板	90 x 40 t2	ユニクラフト	特注
5	+B給電コンデンサー	47uF 800V x 2	SHIZUKI RUZ フィルムコンデンサー	取付バンド込み
6	-C電源基板	50 x 40 t2	ユニクラフト	特注
7	アンプ基板	180 x 110 t2	ユニクラフト	特注
8	Power	6P 8A	日本電産フジソク	トグルSW

7. 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	180 x 110 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
	MT9Pソケット	基板用	8	TECSOL
C	デカップリングコンデンサー	33u 450V	2	日本ケミコン KXJ
R	デカップリング抵抗	10k 1W	2	金属皮膜
R	入力リーク抵抗	470k 1/2W	2	金属皮膜
C	入力コンデンサー	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	初段グリッドリーク抵抗	20k 1/2W	2	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)

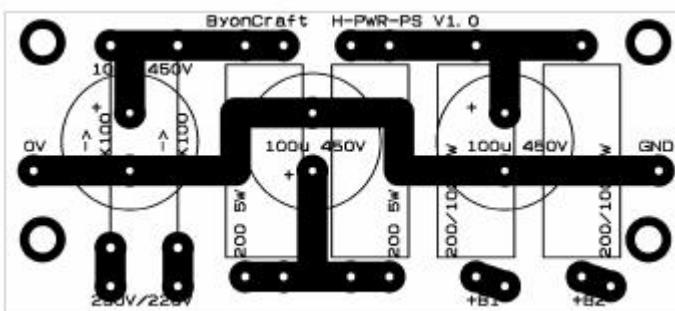
- 1) パターン図は実寸大ではありません。部品配置の参考にしてください。
- 2) パターンは裏面片面です。パターン面にMT9Pソケットを実装します。
- 3) 表面にCRを実装します。出力管のパラレル部はジャンバー配線です。
- 4) ソケットの取付を工夫すれば、2.54mm間隔の穴あき基板も使えると考えます。

分類	部品名	値、定格等	数量	備考
R	初段DCバランストリマー	100 RJ-13	2	日本電産コパル
R	初段カソード定電流抵抗	5.1k 1/2W	2	日本電産コパル
R	NFB 抵抗 Rs	20k 1/2W	2	金属皮膜
R	NFB 抵抗 Rf	240k 1/2W	2	金属皮膜
C	NFB 位相補正コンデンサー	2p 50V	2	SOSHIN DM
R	NFB 出力ダミー抵抗	200 1W	2	金属皮膜
R	初段プレート負荷抵抗	68k 1W	4	金属皮膜
C	出力段結合コンデンサー	0.22u 400V	4	SHIZUKI DEMS
R	出力段グリッドリーク抵抗	68k 1/2W	4	金属皮膜
R	出力段ACバランス補正抵抗	20k 1/2W	2	金属皮膜
R	出力段グリッド入力抵抗	1k 1/2W	12	金属皮膜
R	出力段グリッド入力抵抗	5.6kk 1/2W	2	金属皮膜
R	出力段バイアス分圧抵抗	8.2kk 1/2W	4	金属皮膜
R	出力段バイアス調整トリマー	5k RJ-13	4	日本電産コパル
R	出力段バイアス分圧抵抗	7.5k 1/2W	4	金属皮膜
C	出力段バイアスコンデンサー	56u 100V	4	日本ケミコン KYB
R	出力段カソード抵抗	1 1/2W	12	金属皮膜 電流計測用
R	出力段プレート抵抗	10 1W	12	金属皮膜 発振防止用

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。

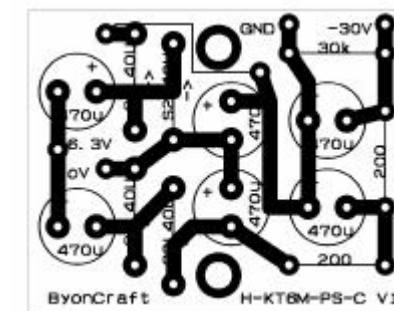


分類	部品名	値、定格等	数量	備考
	プリント基板	90 x 40 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
Di	ダイオード	1000V 2A	2	新電元 S2K100 FRD
R	フィルター抵抗	200 5W	6	セメント
C	フィルターコンデンサー	100u 450V	3	日本ケミコン KXJ

(合計 12)

-C電源基板のパターン図と部品表を示します。(両チャネル共用)

- 1) 出力段のバイアス電源と共に用います。
- 2) 基板は、他のモデルと共に用います。入力AC電圧は5Vです。
- 3) 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。
- 4) パターンは裏面片面です。
- 5) すべて表面に実装します。
- 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	50 x 40 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
Di	ダイオード	400V 2A	4	新電元 S2L40U FRD
R	フィルター抵抗	200 1/2W	2	金属皮膜
C	フィルターコンデンサー	470u 50V	6	日本ケミコン KYB
R	放電用抵抗	30k 1/2W	1	金属皮膜

(合計 14)