

6BM8 プッシュプル プリメイン・アンプの設計

byoncraft

Rev.1 2025/05

馬場 和章
(美音クラフト株式会社)

6BM8は、3極電圧増幅部と5極電力増幅部を持つ複合MT出力管です。生い立ちはブラウン管テレビの垂直出力管ですが、古くからオーディオアンプ自作においても親しまれてきました。本紙は、ホームオーディオに向けた、6BM8プリメインアンプの設計を紹介しています。

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 7
5. 実装設計	Page 9
6. 基板設計	Page 10

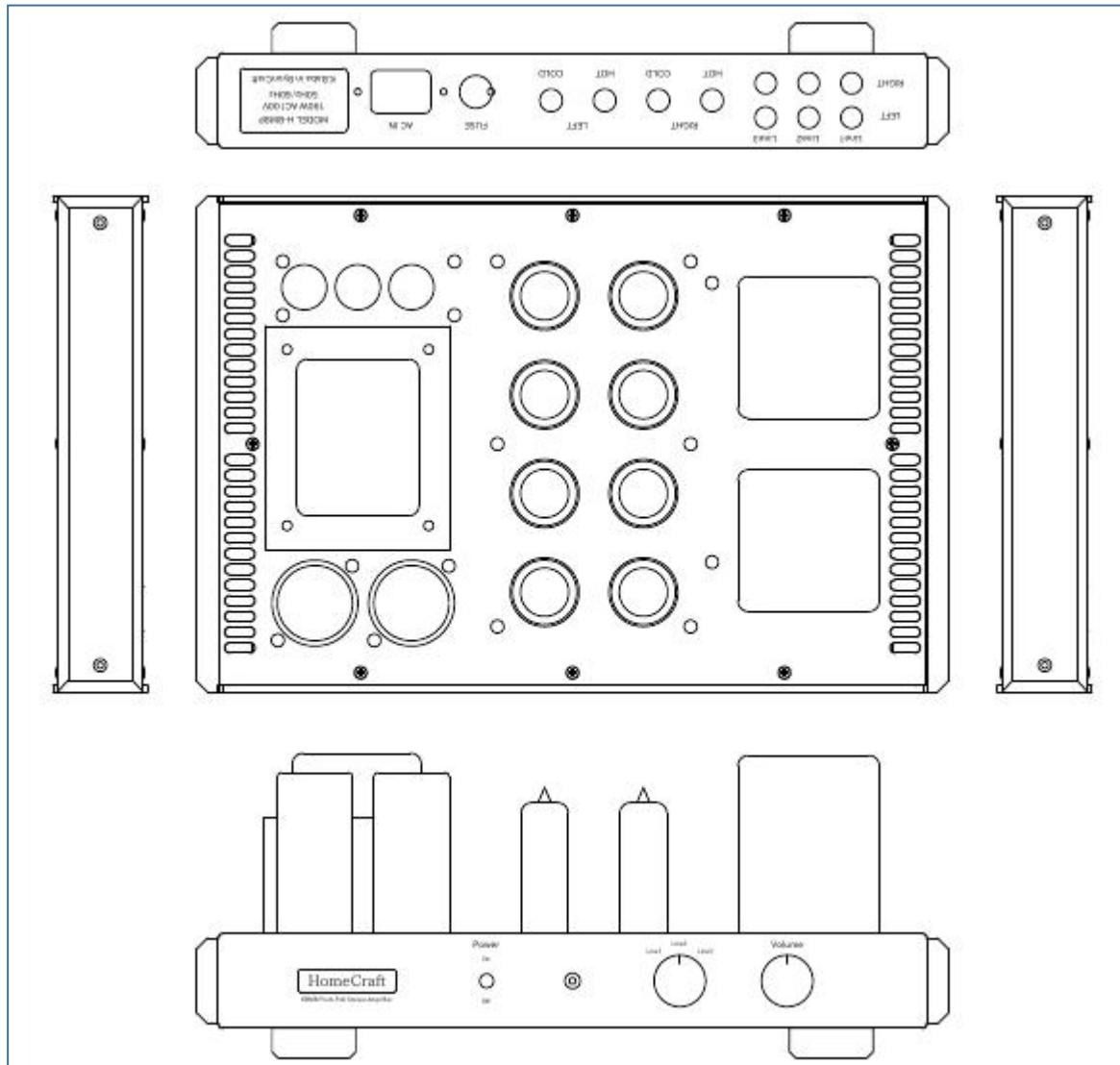
※ ご注意

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、デジタル音源などを手軽に楽しむのに好適な、ホーム・オーディオ用ステレオ・プリメインアンプです。

6BM8は、2本でステレオアンプが作れます、本機では8本起用して本格的なホーム・オーディオ用アンプとしました。現代スピーカーにも十分適応します。

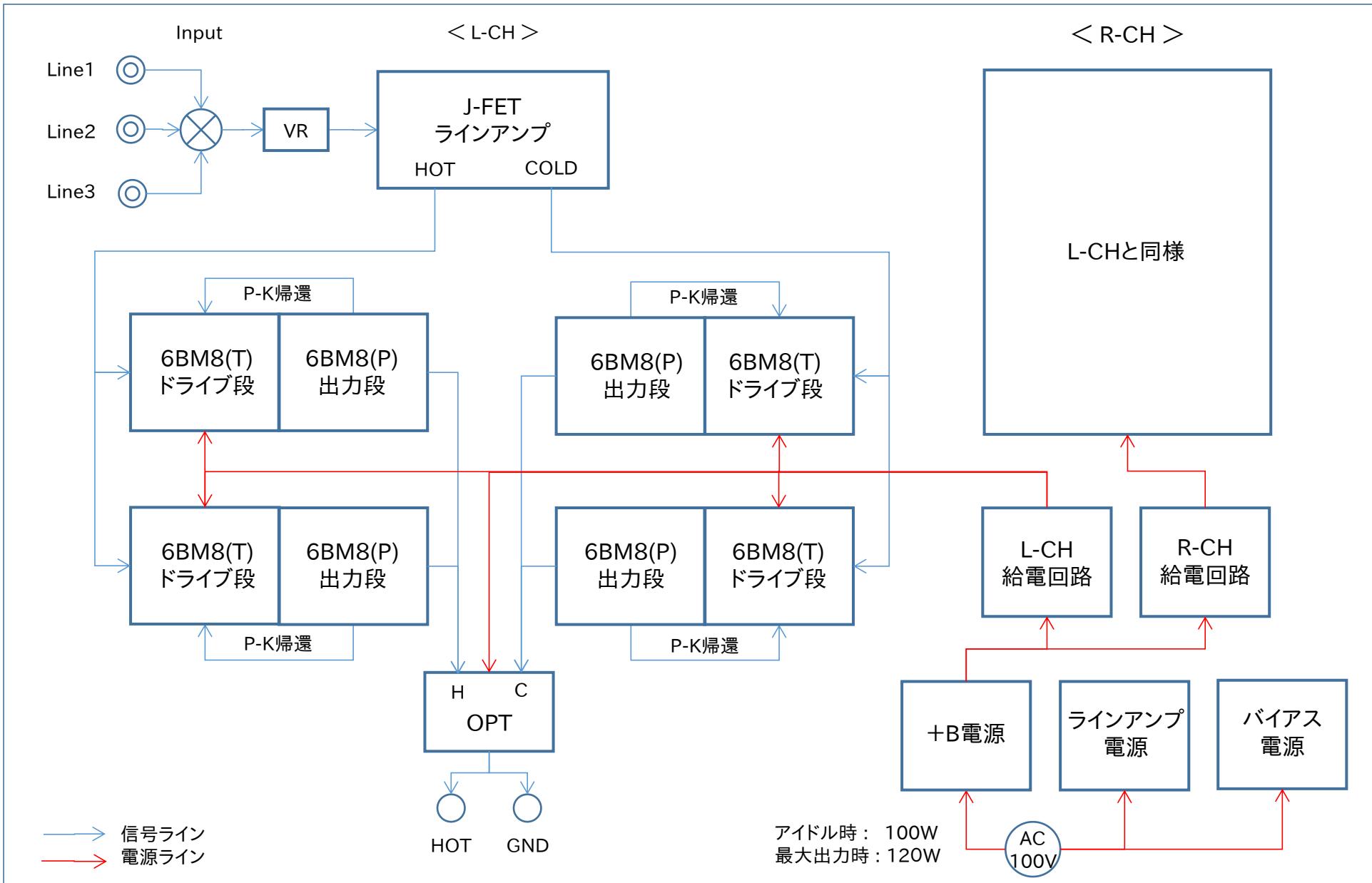


6BM8は、現行生産品はなくストック品のみ入手可能です。特性の揃ったペア管は入手困難ですので、回路側で工夫します。

入手可能なうちに本格的な回路で製作して、予備をストックしておき、長く楽しもうと考えた次第です。

- 1) パラレル・プッシュプル回路を採用しました。また6BM8の特性の良さを活かすため、3極管接続としました。
- 2) 定格出力は6W+6W/8Ωと控えめに設定しています。
- 3) 出力段は固定バイアス方式として、入手した管に合わせて調整可能とします。
- 4) メーカーが異なる管が混在するケースも想定します。3極部と5極部を一対として使用して、他の管に影響を与えないようにします。
- 5) ラインアンプはJ-FETで構成し、ハイブリッドアンプとしました。
- 6) デザインは薄型の筐体を採用しています。
- 7) 中央に、6BM8が8本整列している姿は、MT管ながら存在感を感じさせるスタイルとなりました。

2. ブロックダイアグラム

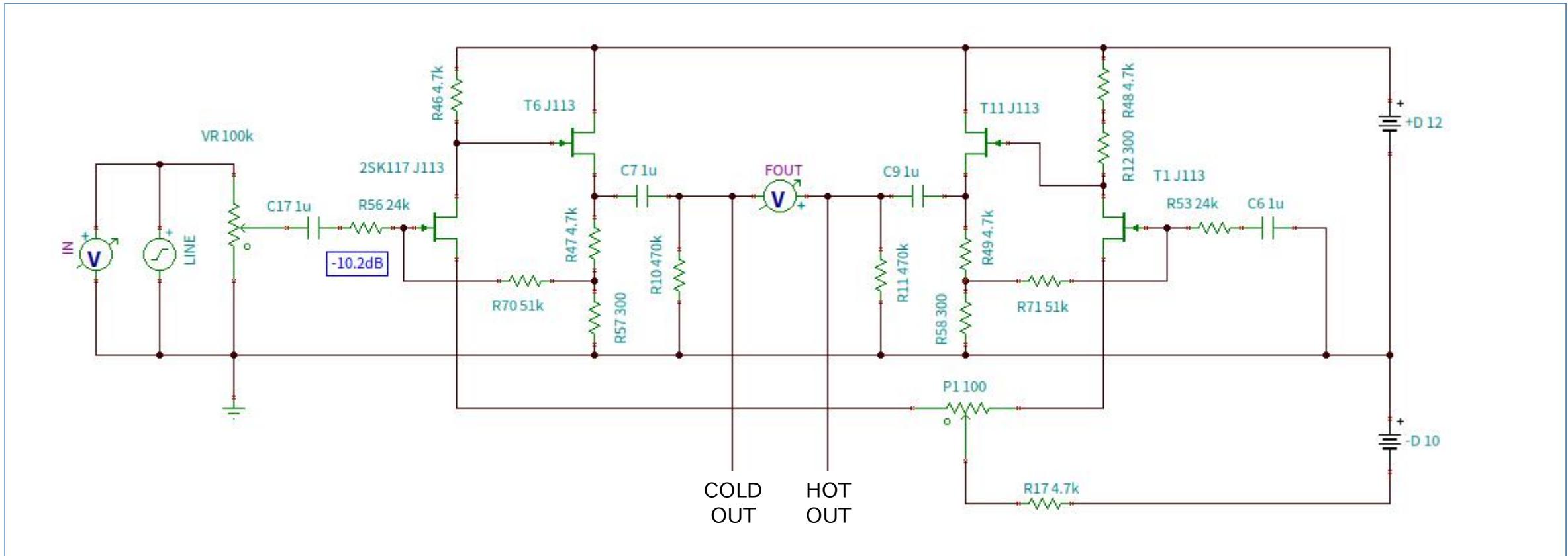


左図にブロックダイアグラムを示します。

グランドラインは省略しています。
ラインアンプ電源、バイアス電源からの配線も省略しています。

- 1) ラインアンプは、J-FETによる単段の差動アンプとバッファーで構成しています。
- 2) 6BM8は3極部と5極部を一对として使用し、各管内でP-K帰還を掛けて各管の特性を極力均一化するようにします。
- 3) 局部帰還のみで、オーバーオール帰還は使用していません。
- 4) +B電源部は、セパレーション向上のためチャネルごとに個別給電します。
- 5) ラインアンプ電源も同様に、チャネルごとに個別給電します。

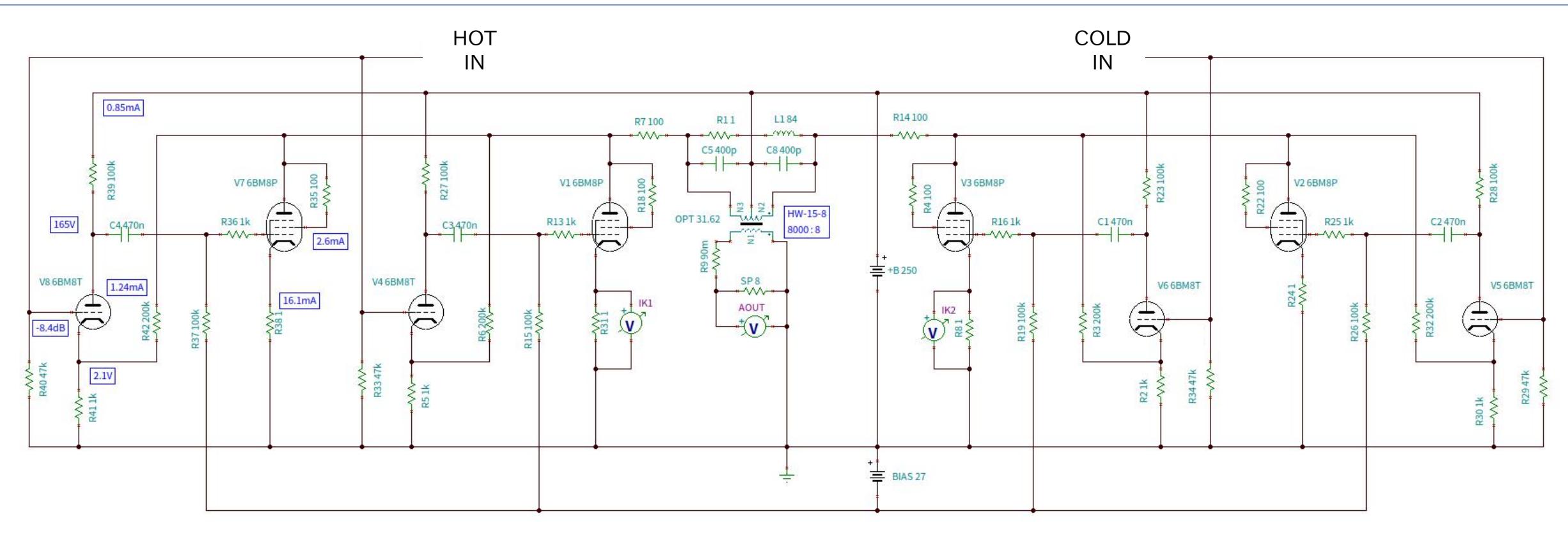
3. アンプ部の回路設計(1/3)



ライン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) パワーアンプ部の6BM8の動作条件に余裕をもたせるため、前段のラインアンプはJ-FETを使用したハイゲイン・アンプ(20dB)に仕上げました。
- 2) ラインアンプの出力には6BM8の3極部が並列で負荷されるので、低インピーダンス・ドライブのために、J-FETを使用したバッファーリングを付加しています。
- 3) J-FETは、 $|Y_{fs}|$ の大きなもの(2SK117等)を使用します。動作電流は各々1.2mA前後です。IDSS=3mA前後のものを選別して使用します。
- 4) 初段差動増幅の定電流回路は抵抗1本で済ませています。定電流特性は完全ではないので、ドレン抵抗に差(300Ω)を付けてACバランスを取っています。
- 5) バッファーの出力を分圧して、初段のゲートへバランス帰還を掛けてゲイン調整しています。
- 6) VRはBカーブを使用します。VR位置で変化するインピーダンスが帰還回路に加味されることで、Aカーブ的(中点:25%)な操作感となります。

3. アンプ部の回路設計(2/3)



パワー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) 前述のとおり、6BM8は3極部と5極部を一対として使用します。各々の3極部が各々の5極部をドライブします。また、P-K帰還によって交流特性を極力均一化するようにします。
- 2) 上記の方式によりハイゲイン化した出力管4本によって、シンプルな、パラレル・プッシュプルを構成しています。
- 3) 出力段は3極管接続です。出力を欲張らない場合、6BM8を最も安定して動作させる方法だと考えます。
- 4) 出力段は固定バイアス方式です。上図では共通になっていますが、個別にバイアスを調整可能とします。
- 5) 出力トランスの1次側は、8kΩを選択しました。AB級動作時には、1本あたり4kΩの負荷となります。6BM8の3極管接続の負荷としては適切だと考えます。
- 6) 出力トランスの2次側は、8Ωを標準とします。使用するスピーカーのインピーダンスに合わせて、適宜巻線を選択してください。

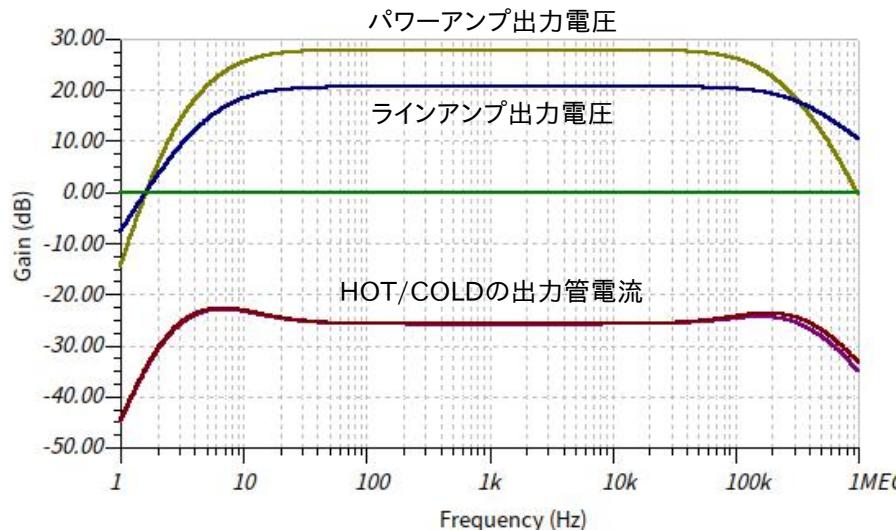
3. アンプ部の回路設計(3/3)

入出力特性は右表のとおりです。(1kHz時)

- 1) ゲインは28dBです。定格6W/8Ωの音圧は+8dBとなります。
- 2) スピーカー公称インピーダンス8Ω～6Ωが適用範囲です。
- 3) 歪率は、8Ω負荷で0.3%に収まっています。3Ω負荷まで1%以下に収まっています。
- 4) 出力インピーダンスは十分低くなっています。
- 5) これらの点から、現代スピーカーにも十分適応可能と考えます。

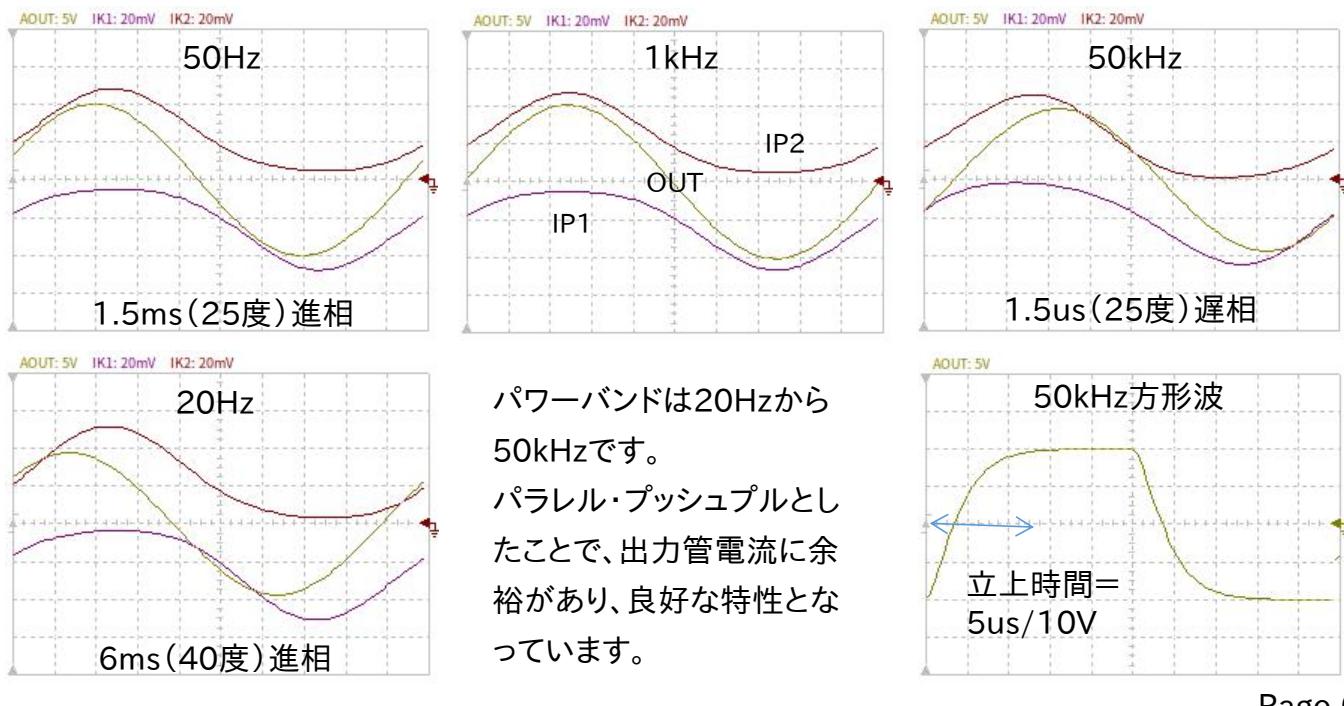
周波数特性は下図のとおりです。(1W/8Ω/1kHz基準)

- 1) 低音域は、ラインアンプの入力回路と出力回路の時定数により、20Hz以下は低下します。
- 2) 高音域は出力トランジスタの巻線容量(800pF)の影響ですが、パラレル・プッシュプルの効果で50kHzまではフラットです。

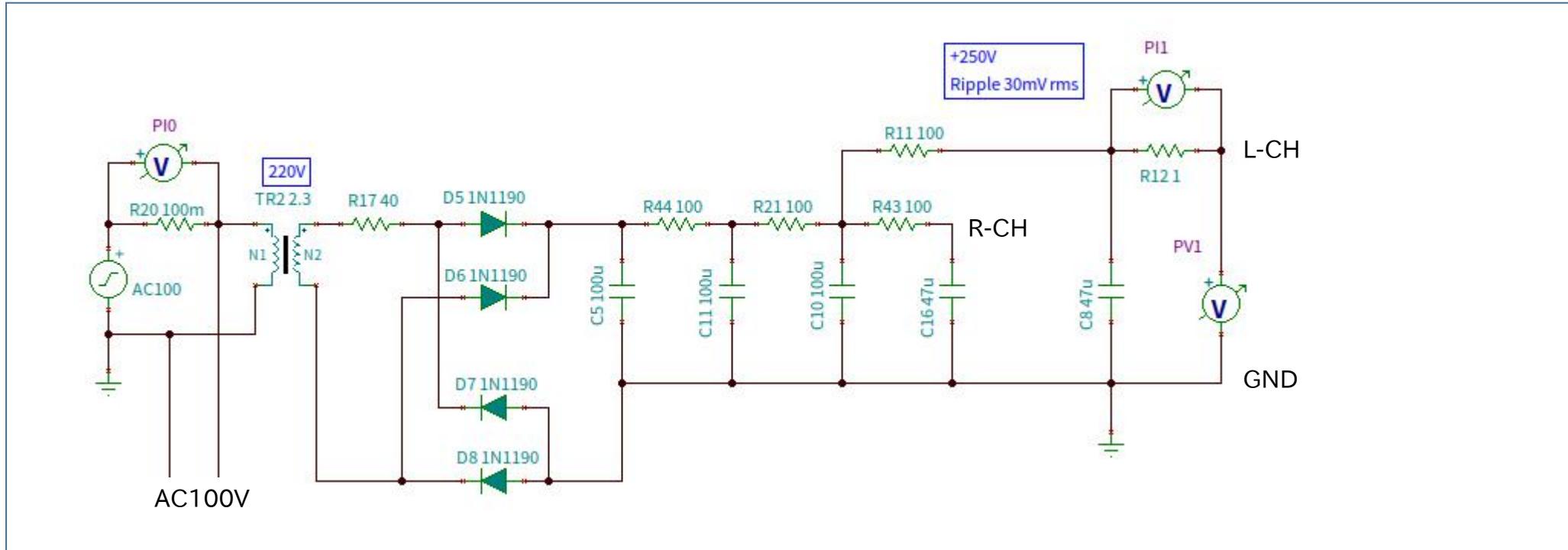


8k Load	1W / 8 ohm	16 ohm	8 ohm	6 ohm	4 ohm	3 ohm
DF	5.6	11.2	5.6	4.2	2.8	2.1
Zo ohm	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
In peak	0.160	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
In rms	0.113	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283
Power W	1.0	3.6	6.2	7.6	9.5	10.9
THD	0.05%	0.09%	0.27%	0.39%	0.58%	0.74%
Gain dB	27.9	28.6	27.9	27.5	26.8	26.1
SPL +dB	-0.1	8.6	7.9	7.5	6.8	6.1

パワーバンド特性は下図のとおりです。(6W/8Ω/1kHz基準)



4. 電源部の回路設計(1/2)

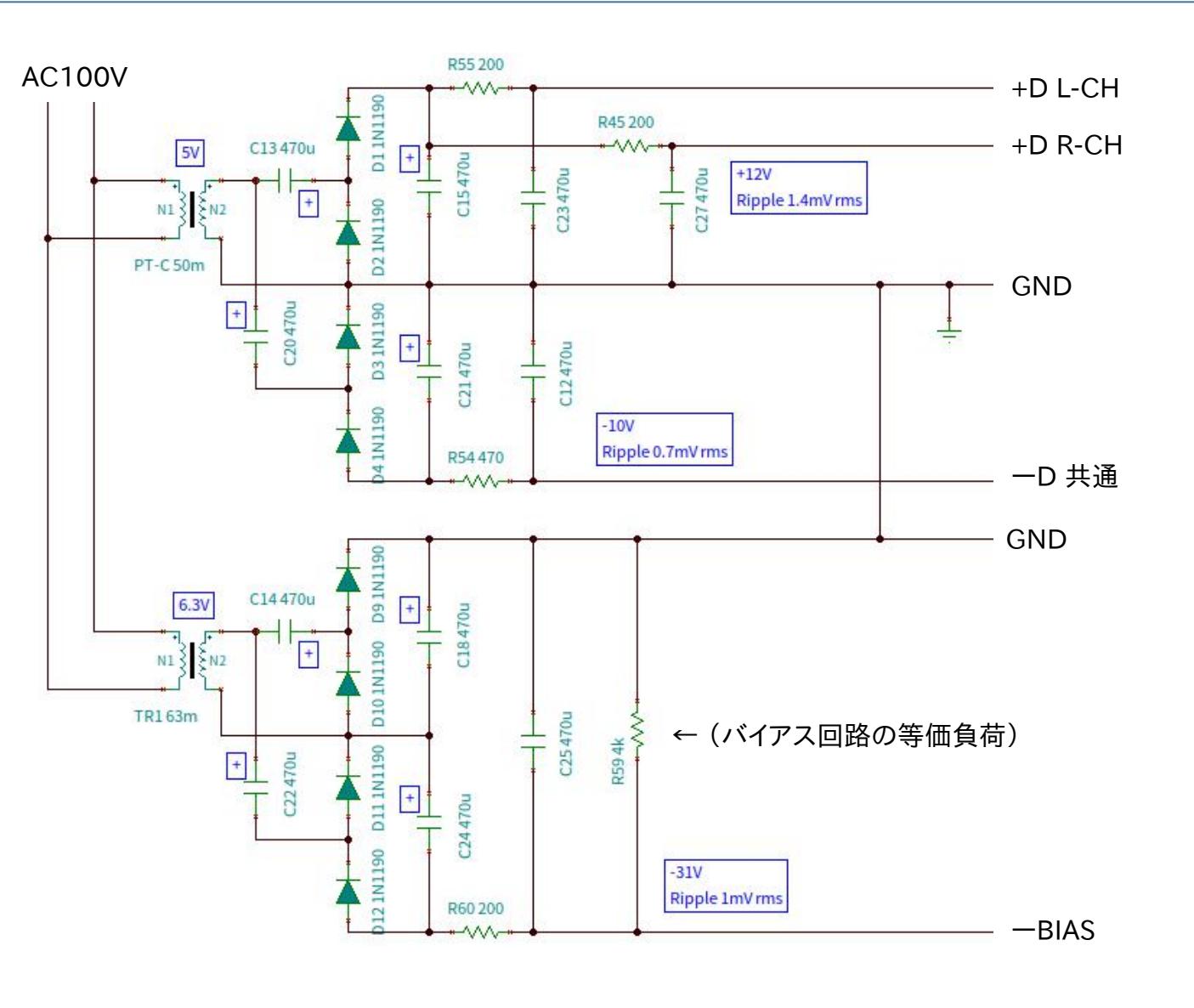


+B電源部のシミュレーション回路図を示します。電源回路は参考例です。各自、工夫していただきたいです。以下、当回路のポイントを解説します。

+B電源 (250V前後、80mA 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30mVrmsです。プッシュプルですので、DCバランスが取れていれば、出力にハムはほとんど出ません。
- 4) 左右チャネルは、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。
- 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、350V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。

4. 電源部の回路設計(2/2)



ラインアンプ電源、およびバイアス電源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。

ラインアンプ電源 (+12V 5mA x 2, -10V 5mA)

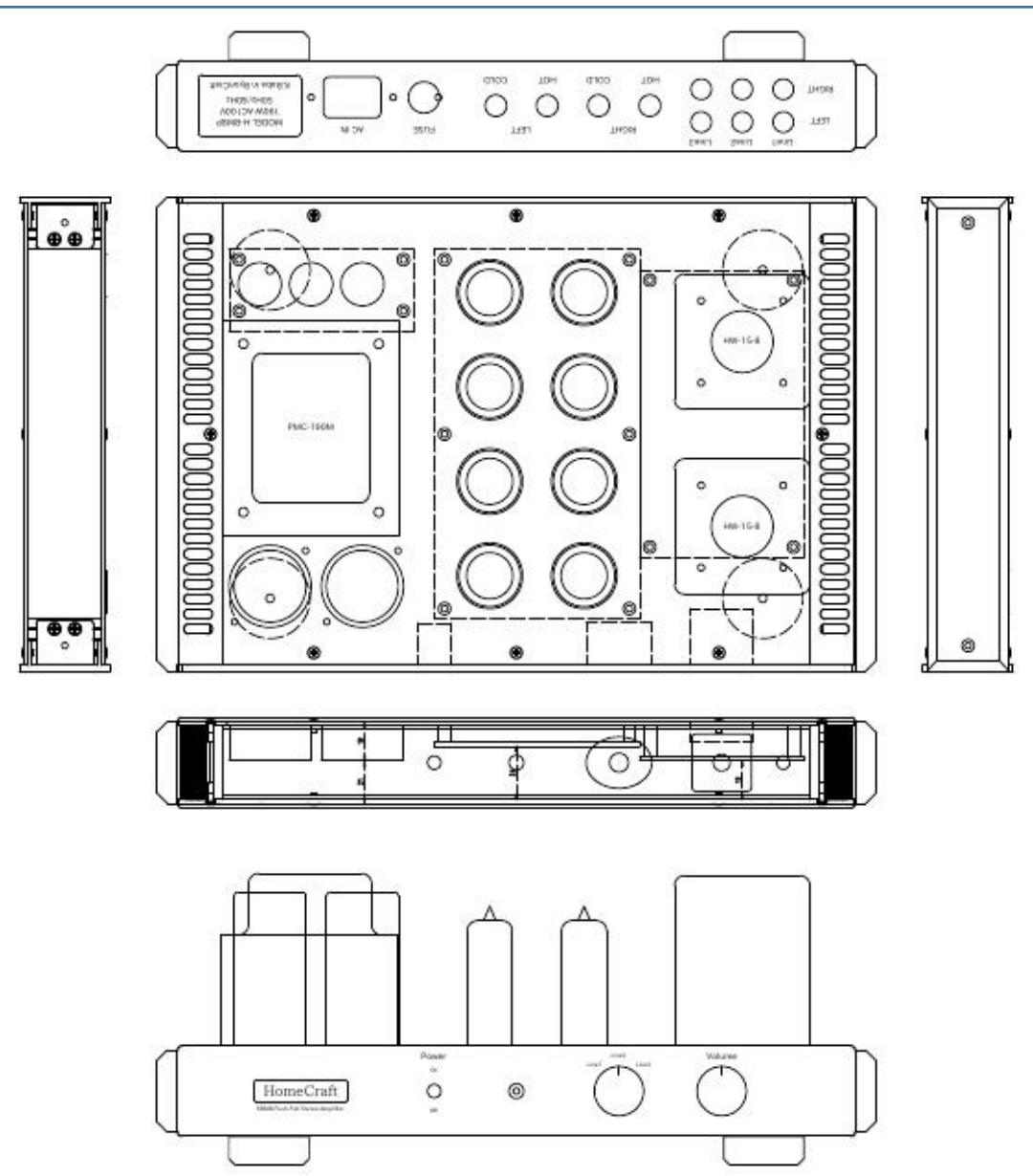
- 1) 余った5Vヒーター巻線から、4倍圧整流にて+一電源を作成しています。
- 2) ドレイン電源(+D)は、チャネルごとに個別給電します。
- 3) 定電流回路用電源(-D)は、共通としています。
- 4) 双方ともリップルは若干多めですが、ラインアンプのDCバランス調整で、ハムは低減可能です。

バイアス電源 (-30V, 10mA)

- 1) 余った6.3Vヒーター巻線から、4倍圧整流にて-一電源を作成しています。
- 2) 両チャネル共通で、8本分のバイアス回路を贿います。

上記の電源は、小型トランスを持ち込んで作成する方法もあります。しかし良品でない場合、漏洩磁束に悩まされます。汎用の伏せ型トランスには、多くのヒーター巻線が用意されているので、これを上手く利用することをお勧めします。

5. 実装設計



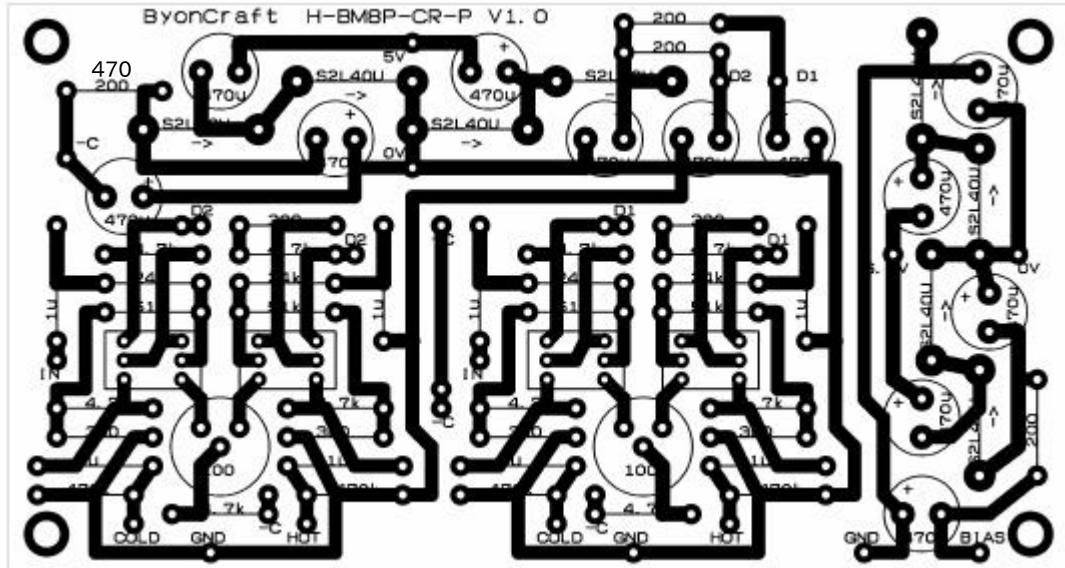
左図に実装の概略図を示します。

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-190M	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	ラインアンプ 基板	140 x 80 t2	ユニクラフト	特注
7	パワーアンプ 基板	180 x 100 t2	ユニクラフト	特注
8	Volume	100kΩ(B)x2	アルプラス・アルパイン	RK27
9	Input	4回路 3接点	アルプラス・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(1/3)



分類	部品名	値、定格等	数量	備考
	プリント基板	140 x 80 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
	ICソケット	6P	4	Neltron El. (China)
Di	ラインアンプ電源ダイオード	400V 2A	4	新電元 S2L40U
C	同 フィルターコンデンサー	470u 50V	7	日本ケミコン KYB
R	同 フィルター抵抗	200 1/2W	2	金属皮膜
R	同 フィルター抵抗	470 1/2W	1	金属皮膜
Di	バイアス電源ダイオード	400V 2A	4	新電元 S2L40U
C	同 フィルターコンデンサー	470u 50V	5	日本ケミコン KYB
R	同 フィルター抵抗	200 1/2W	1	金属皮膜

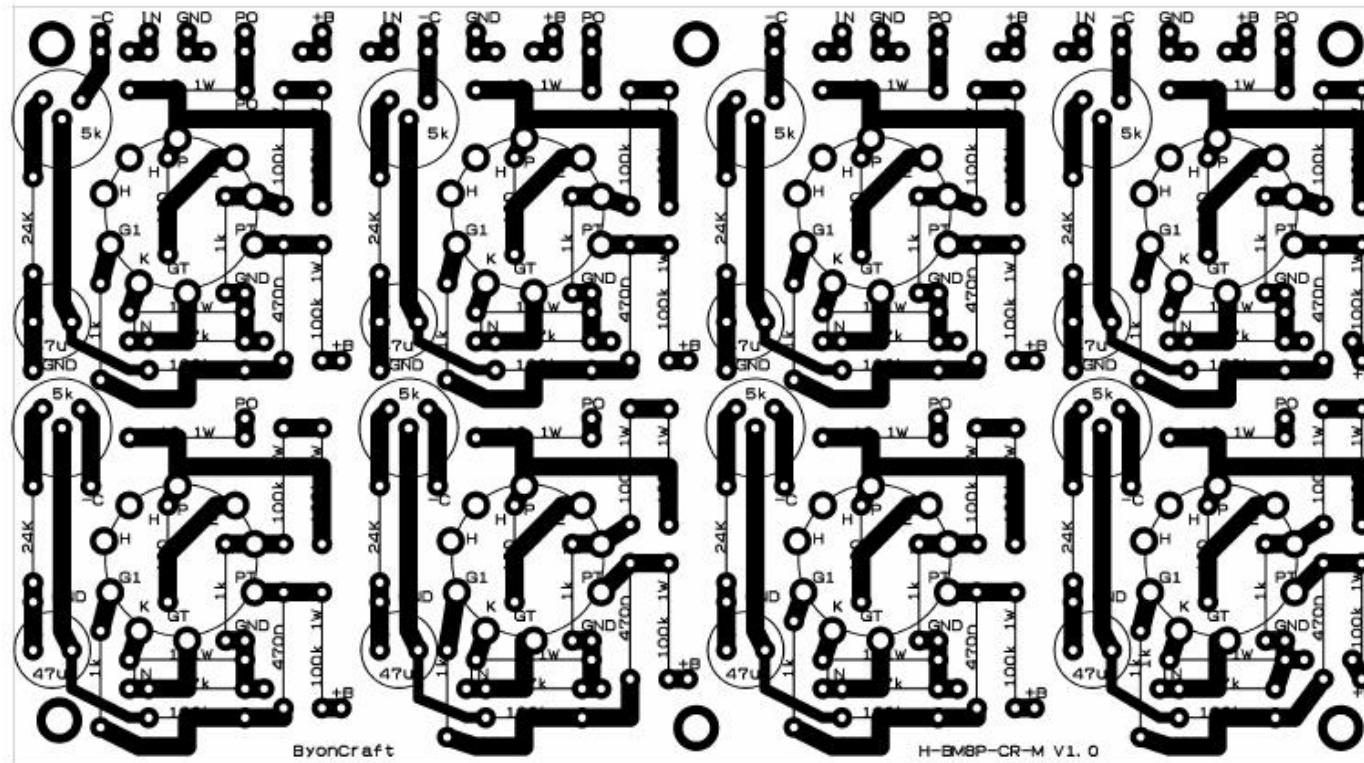
ラインアンプ基板のパターン図と部品表を示します。
ラインアンプ回路、ラインアンプ電源、バイアス電源を実装します。
(両チャネル分)

- 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。ICソケットの使用は任意です。
- 3) 表面に部品を実装します。数カ所ジャンパーがあります。
- 4) 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	入力コンデンサー	1u 250V	4	SHIZUKI DEMS
R	入力抵抗/帰還Rs抵抗	24k 1/2W	4	金属皮膜
R	初段ドレイン抵抗	4.7k 1/2W	4	金属皮膜
R	ACバランス抵抗	300 1/2W	2	金属皮膜
R	初段DCバランスストリマー	100 RJ-13	2	日本電産コパル
R	初段定電流抵抗	4.7k 1/2W	2	金属皮膜
R	出力段ソース抵抗	4.7k 1/2W	4	金属皮膜
R	出力段ソース分圧抵抗	300 1/2W	4	金属皮膜
R	帰還Rf抵抗	51k 1/2W	4	金属皮膜
C	出力コンデンサー	1u 250V	4	SHIZUKI DEMS
R	出力リード抵抗	470k 1/2W	4	金属皮膜

(合計 67)

6. 基板設計(2/3)



分類	部品名	値、定格等	数量	備考
	プリント基板	180 x 100 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
	MT9Pソケット	基板用	8	TECSOL
R	3極部グリッドリーク抵抗	50k 1/2W	8	金属皮膜
R	3極部プレート抵抗	100k 1W	8	金属皮膜
R	3極部カソード抵抗	1k 1/2W	8	金属皮膜
R	3極部P-K帰還抵抗	100k 1W	16	金属皮膜
C	出力段結合コンデンサー	0.47u 400V	8	SHIZUKI DEMS
R	出力段グリッドリーク抵抗	100k 1/2W	8	金属皮膜

パワー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)

8本の6BM8のアンプ回路を実装します。

パラレルの2本ペアごとに、パターンは独立しています。

外部配線用にピンを立てて、ピンを利用して外部と配線します。

- 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。パラレル部分はジャンパー配線です。
- 4) シミュレーション回路図にはありませんが、各出力部のプレートには、発振防止用に10Ωを追加しています。
- 5) 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。

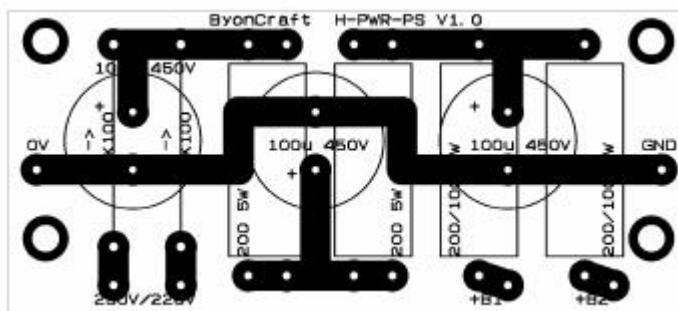
分類	部品名	値、定格等	数量	備考
R	出力段グリッド入力抵抗	1k 1/2W	8	金属皮膜 発振防止用
R	出力段バイアス抵抗	24k 1/2W	8	金属皮膜
R	出力段バイアストリマー	5k RJ-13	8	日本電産コパル
C	バイパス・コンデンサー	47u 50V	8	日本ケミコン KYB/KMG
R	出力段プレート抵抗	10 1W	8	金属皮膜 発振防止用
R	出力段SG抵抗	100 1/2W	8	金属皮膜 発振防止用
R	出力段カソード抵抗	1 1W	8	金属皮膜 電流検出用

(合計 121)

6. 基板設計(3/3)

+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)