

6BQ5 UL プッシュプル パワーアンプの設計

byoncraft

Rev.1 2025/09

馬場 和章
(美音クラフト株式会社)

6BQ5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、MT出力管です。5極管動作のプッシュプルでは10W以上の高出力も可能です。

本機は、UL接続プッシュプル構成にて、A級領域を大きくとり、AB級動作で発生する出力トランジスタの過渡振動を極力回避することを、設計ポイントとしています。

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

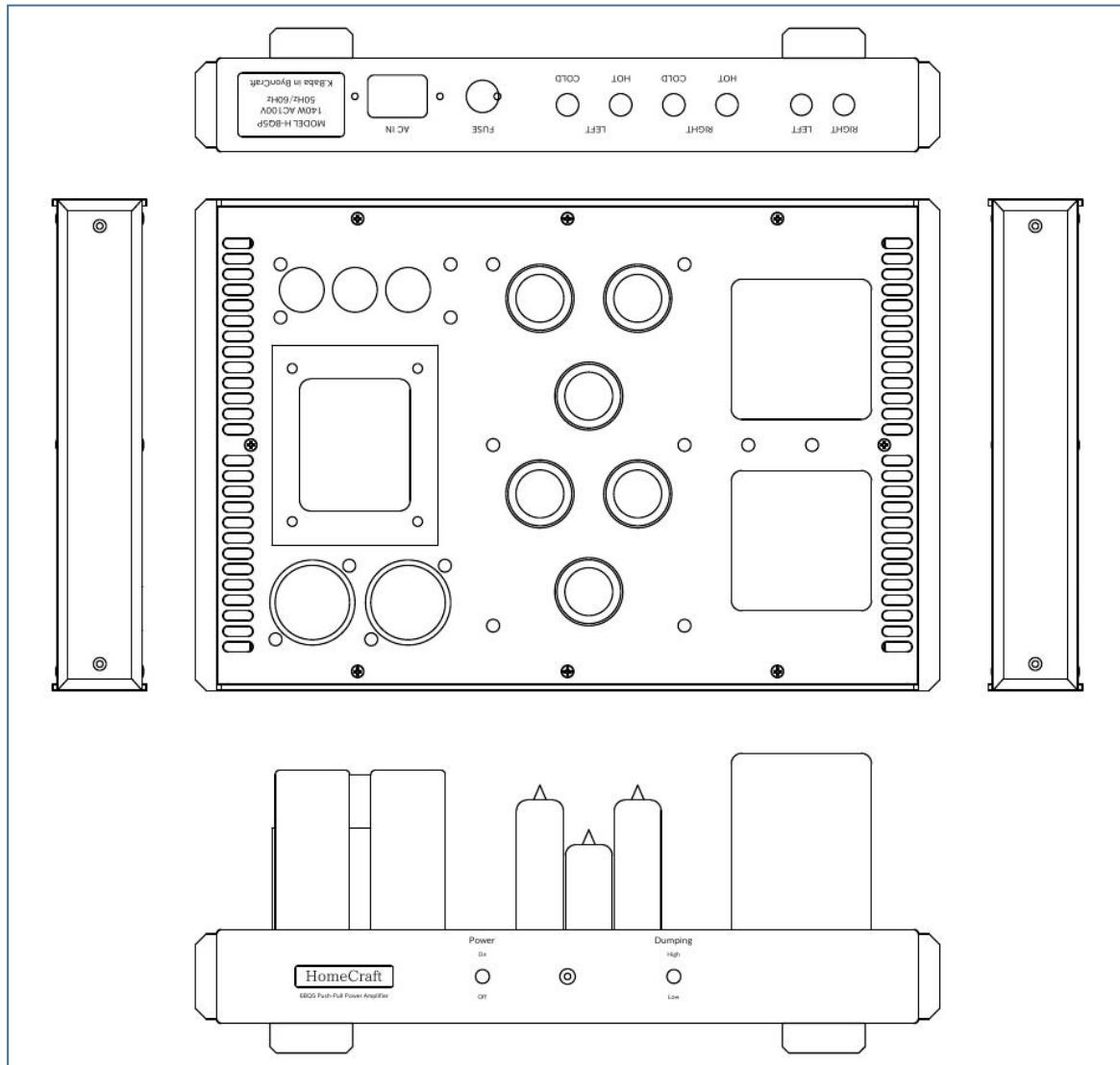
1. パワーアンプの概要	Page 2
2. ブロックダイアグラム	Page 3
3. アンプ部の回路設計	Page 4
4. アンプの特性	Page 5
5. 電源部の回路設計	Page 7
6. 実装設計	Page 8
7. 基板設計	Page 9

※ 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

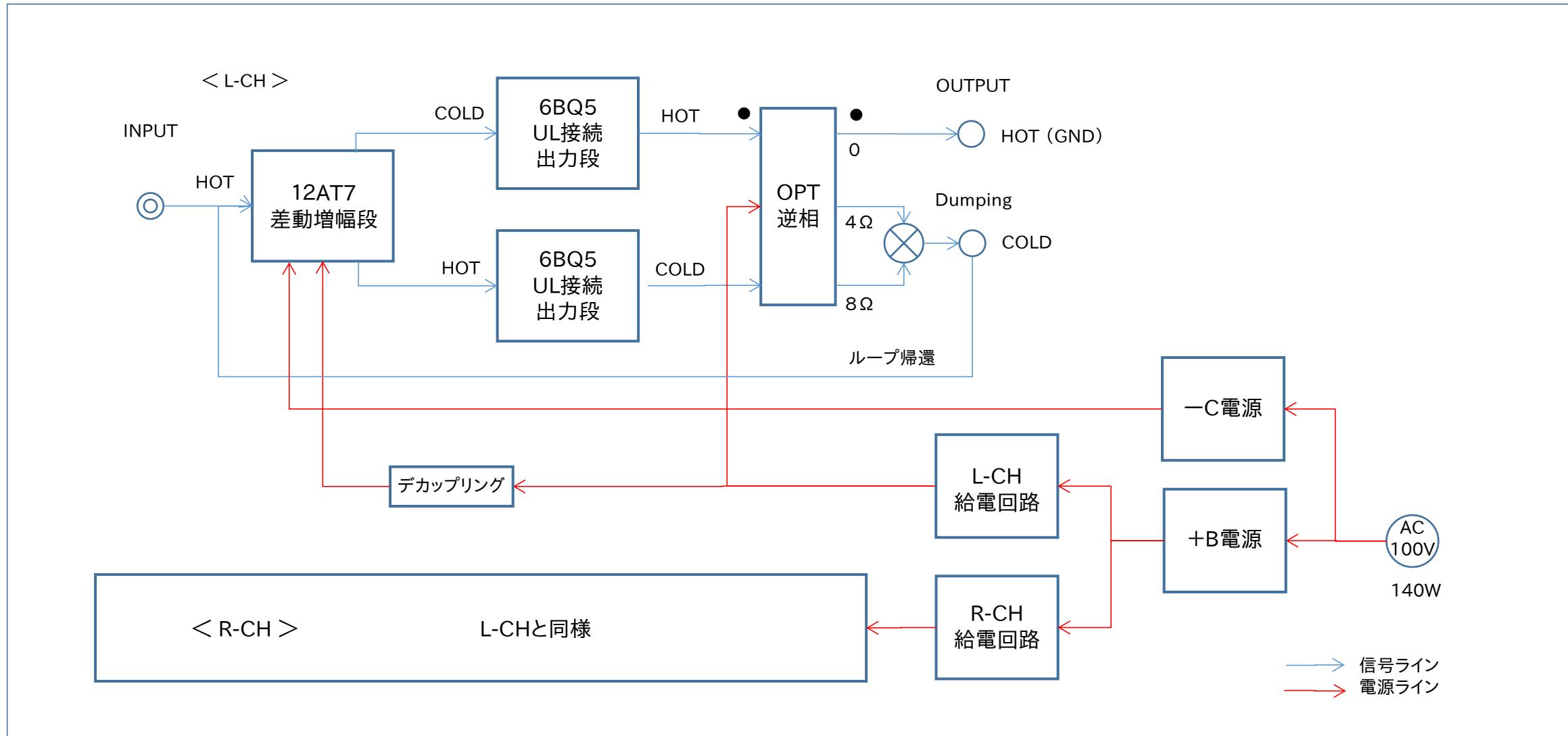
パワーアンプの性能向上には、何らかの打ち消し補正を使用します。本機は、プッシュプル構成にて2次歪の低減を図り、UL接続にて3次歪の低減を図った上で、ループ帰還(出力による入力の補正)を採用しています。



- 1) 本機は、定格出力4W+4Wのステレオ・パワーアンプです。
- 2) 8Ω負荷は、最大出力(5W+5W)もA級動作です。
- 3) 本機は、A級領域を大きくとり、AB級動作で発生する出力トランジスタの過渡振動を極力回避するようにしています。
- 4) ループ帰還は、主に出力インピーダンス低減を目的としています。また、音量の変動を抑えて、ダンピングファクターを2段階で可変できるようにしています。
- 5) 本機の主要部品は、出力トランジスタを除き、別稿の6BQ5バラ・シングルパワーアンプと同様となっています。また、電源電圧も同様となっています。
- 6) 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。
- 7) 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。

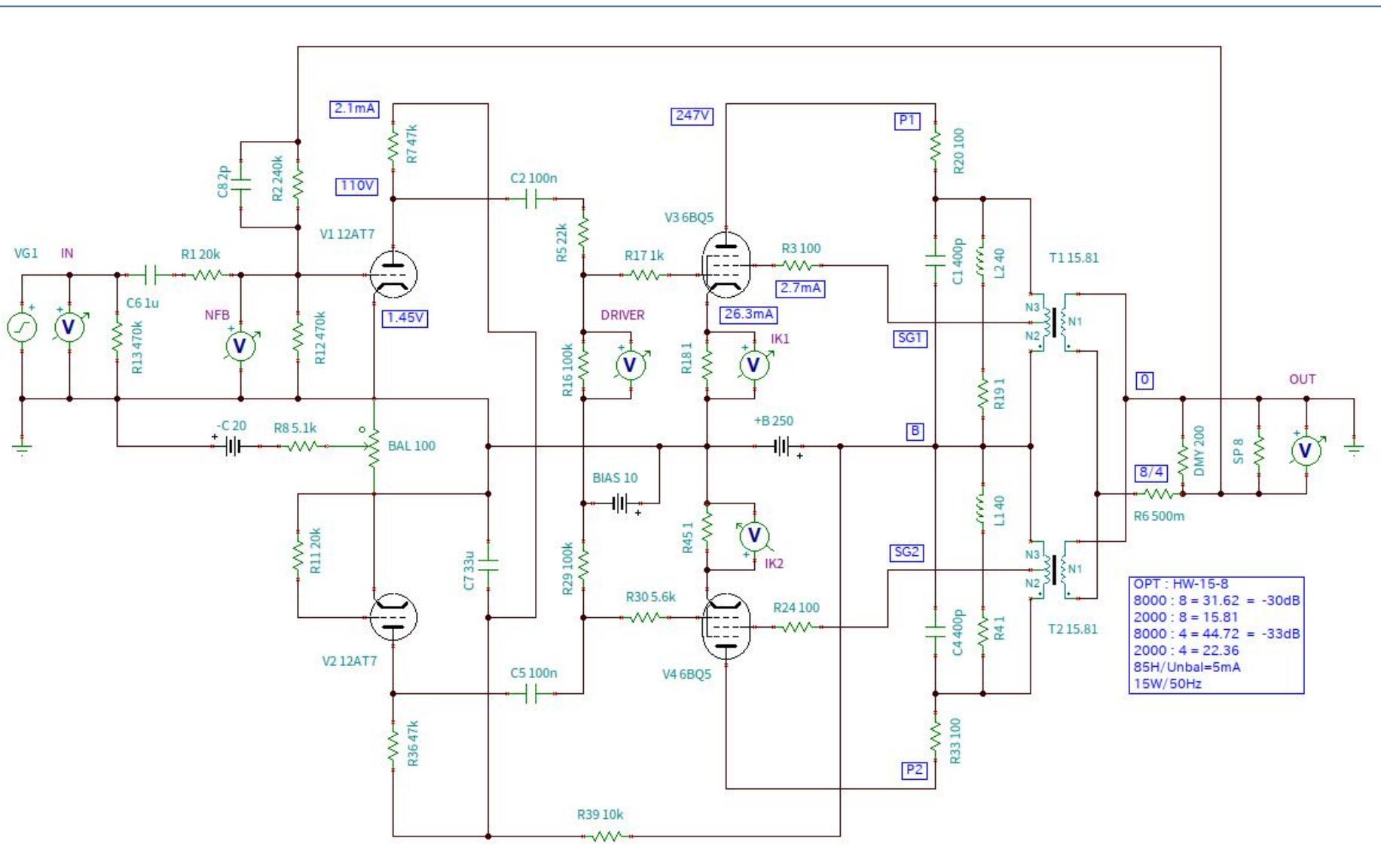
2. ブロックダイアグラム

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。なお、6BQ5はペア・チューブの使用を推奨します。



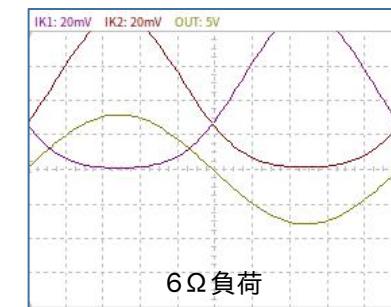
- 1) 出力段は、UL接続のpushpull回路です。OPT1次側は8kΩppを選択しています。
- 2) バイアスは固定バイアスとして、DCバランスを調整します。
- 3) ループ帰還を安定して掛けるため2段増幅とっています。6BQ5はゲインが高く、バイアスが浅いため、必要なゲインが得られています。
- 4) ループ帰還は16Ωタップ固定とせず、スピーカーを接続するタップから帰還を掛けています。8Ωと4Ωタップを選択可能とっています。左図は8Ωタップの巻線比の例です。
- 5) 出力トランジスタの巻線比の選択によりループ帰還量が可変することで、ゲイン(音量)の変動を抑えて、2段階でダンピングファクターを可変できるようにしています。
- 6) 初段の差動回路は定電流回路を抵抗1本で済ませています。ACバランスを取るため、出力側で補正を行っています。

4. アンプの特性(1/2)

8Ωタップの入出力特性(1kHz)は、下表のとおりです。公称インピーダンス8Ω以上のスピーカーを推奨します。

8k : 8 ohm	1W / 8 ohm	16 ohm	8 ohm	6 ohm	4 ohm	Max / 8 ohm
DF	3.2	6.5	3.2	2.4	1.6	3.2
Zo	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47
In peak	0.620	1.300	1.300	1.300	1.300	1.500
In rms	0.438	0.919	0.919	0.919	0.919	1.061
Out rms	2.84	6.76	5.98	5.54	4.82	6.81
PWR	1.0	2.9	4.5	5.1	5.8	5.8
THD	0.07%	0.11%	0.18%	0.21%	0.66%	0.20%
Gain dB	16.2	17.3	16.3	15.6	14.4	16.2
SPL +dB	0.0	7.6	6.5	5.8	4.6	7.6

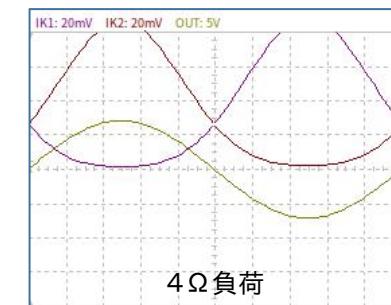
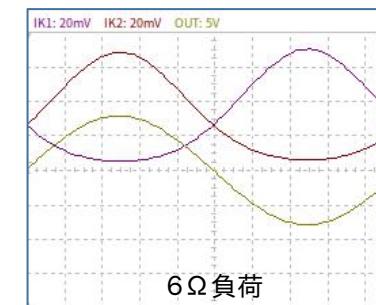
- 1) 8Ωタップの出力インピーダンスは、約2.5Ωです。
- 2) 定格入力にて、8Ω負荷まで、カットオフがないA級動作です。
- 3) 8Ω最大出力も、カットオフがないA級動作です。



4Ωタップの入出力特性(1kHz)は、下表のとおりです。公称インピーダンス6Ω以上のスピーカーを推奨します。

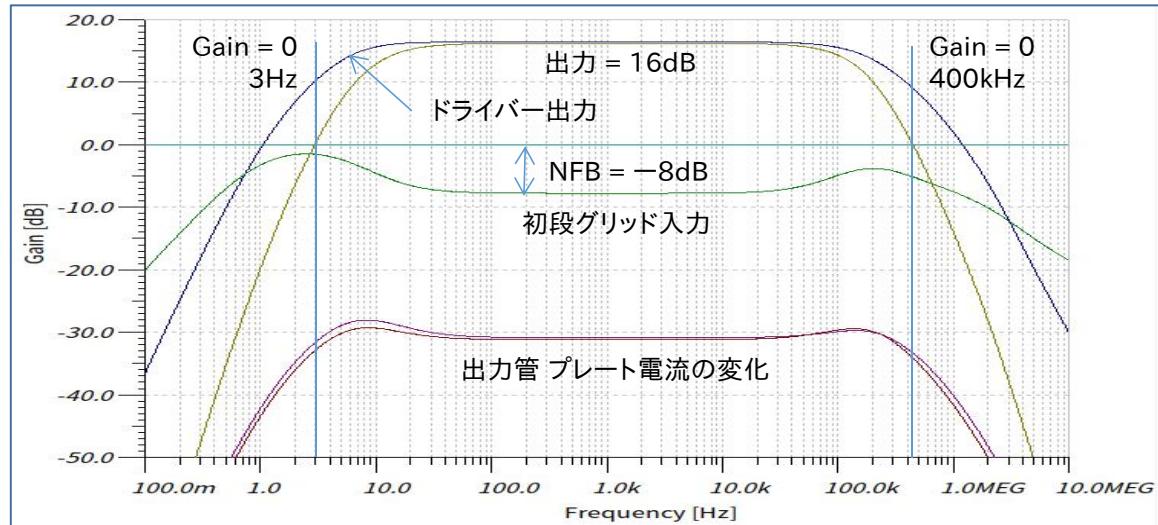
8k : 4 ohm	1W / 8 ohm	8 ohm	6 ohm	4 ohm	3 ohm	Max / 8 ohm
DF	4.7	4.7	3.6	2.4	1.8	4.7
Zo	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69	1.69
In peak	0.635	1.300	1.300	1.300	1.300	1.500
In rms	0.449	0.919	0.919	0.919	0.919	1.061
Out rms	2.83	5.81	5.51	4.98	4.46	6.60
PWR	1.0	4.2	5.1	6.2	6.6	5.4
THD	0.08%	0.12%	0.16%	0.25%	2.11%	0.47%
Gain dB	16.0	16.0	15.6	14.7	13.7	15.9
SPL +dB	0.0	6.2	5.8	4.9	4.0	7.4

- 1) 4Ωタップの出力インピーダンスは、約1.7Ωです。
- 2) 定格入力にて、6Ω負荷まで、カットオフがないA級動作です。
- 3) 8Ω最大出力も、カットオフがないA級動作です。



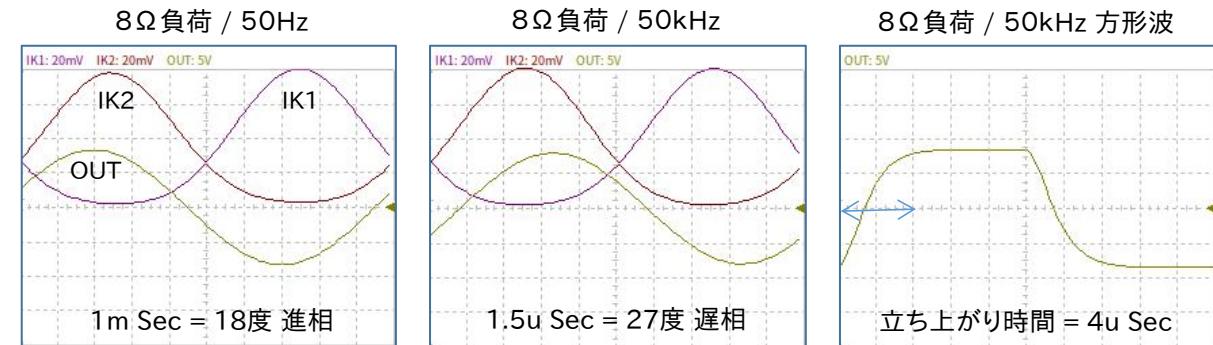
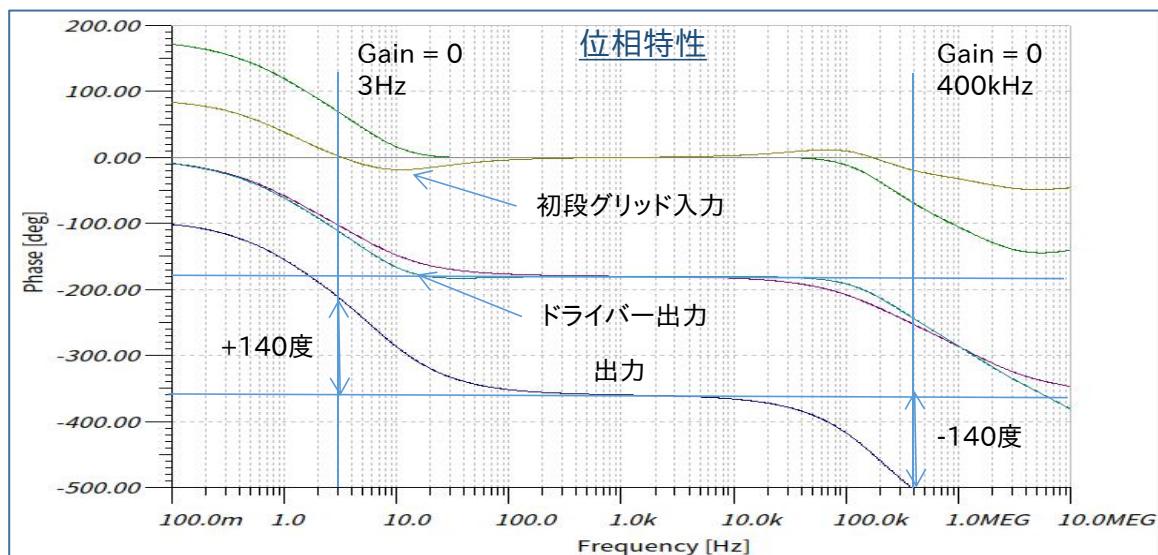
4. アンプの特性(2/2)

周波数特性(8Ωタップ、8Ω負荷)



周波数特性および位相特性を、左図に示します。

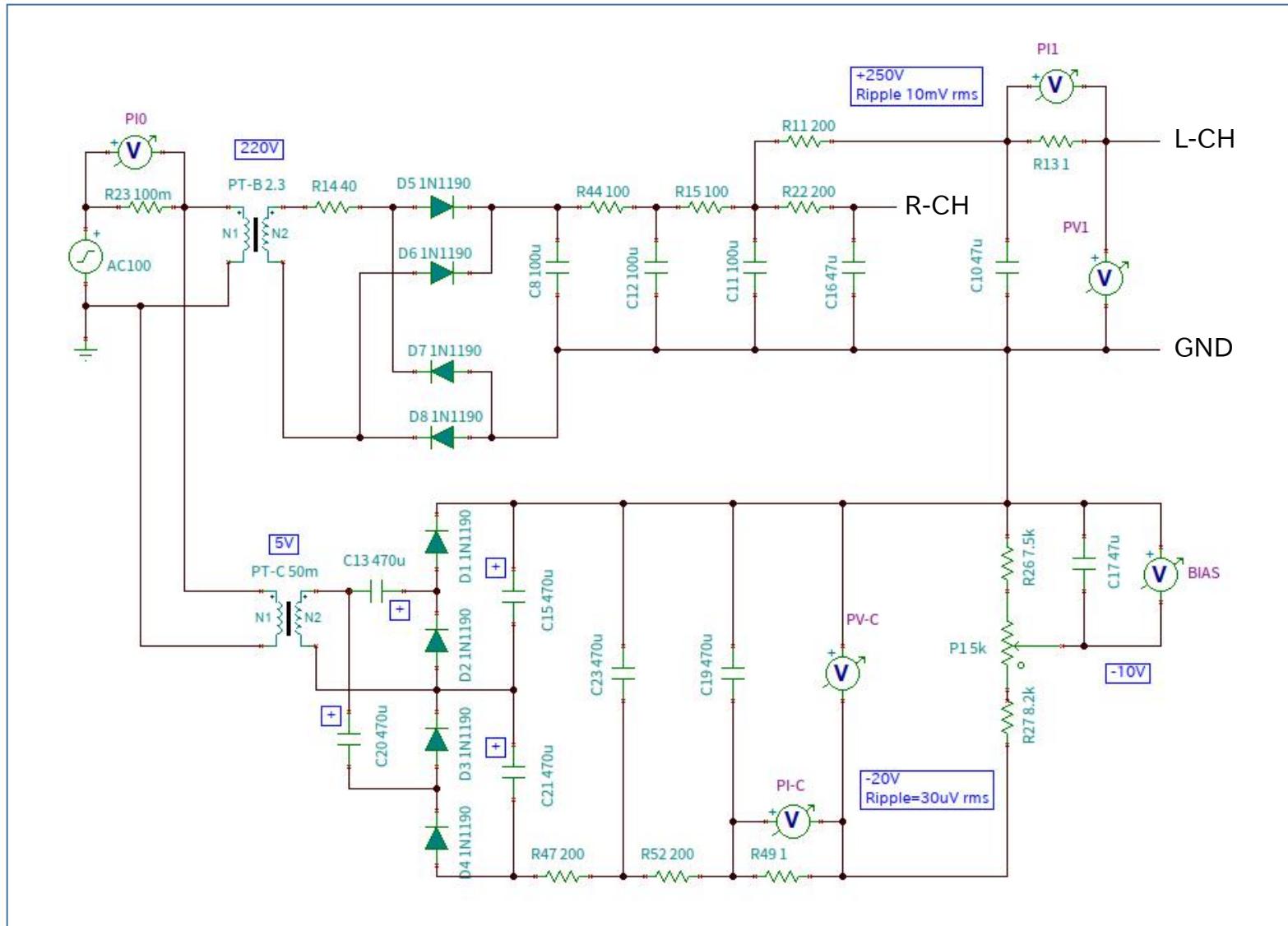
- 1) 周波数特性は、おおまか 20Hz ~ 80kHz(-1dB)です。
- 2) ループ帰還量は、出力トランス2次側タップ(巻線比)と、負荷インピーダンスによって、およそ -9dB ~ -6dB の範囲で変動します。
- 3) 出力段はUL接続のため、低いインピーダンスにて出力トランスをドライブできると考えます。ゲインがあるのは、3Hz ~ 400kHz です。
- 4) ゲインがゼロとなる、3Hzと400kHzの出力位相は、ともに約140度程度に収まっており、180度に対して余裕があります。
- 5) なお、出力トランスは、1次側インダクタンス=80H、1次側巻線容量=800pFにて、シミュレーションしています。



- 1) 8Ωタップ、8Ω負荷の、定格入力でのパワーバンドは、20Hz ~ 50kHzです。
- 2) A級動作のパワーバンドは、50Hz ~ 50kHzです。

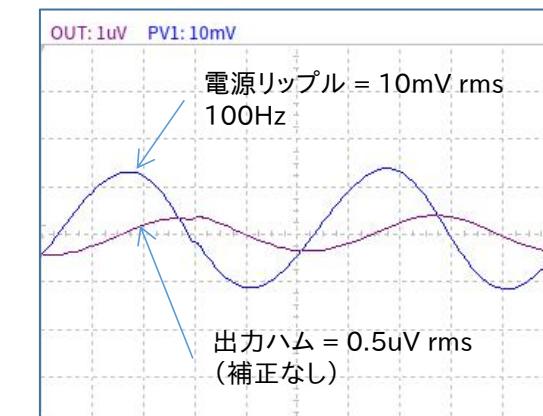
5. 電源部の回路設計

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、60mA × 2)

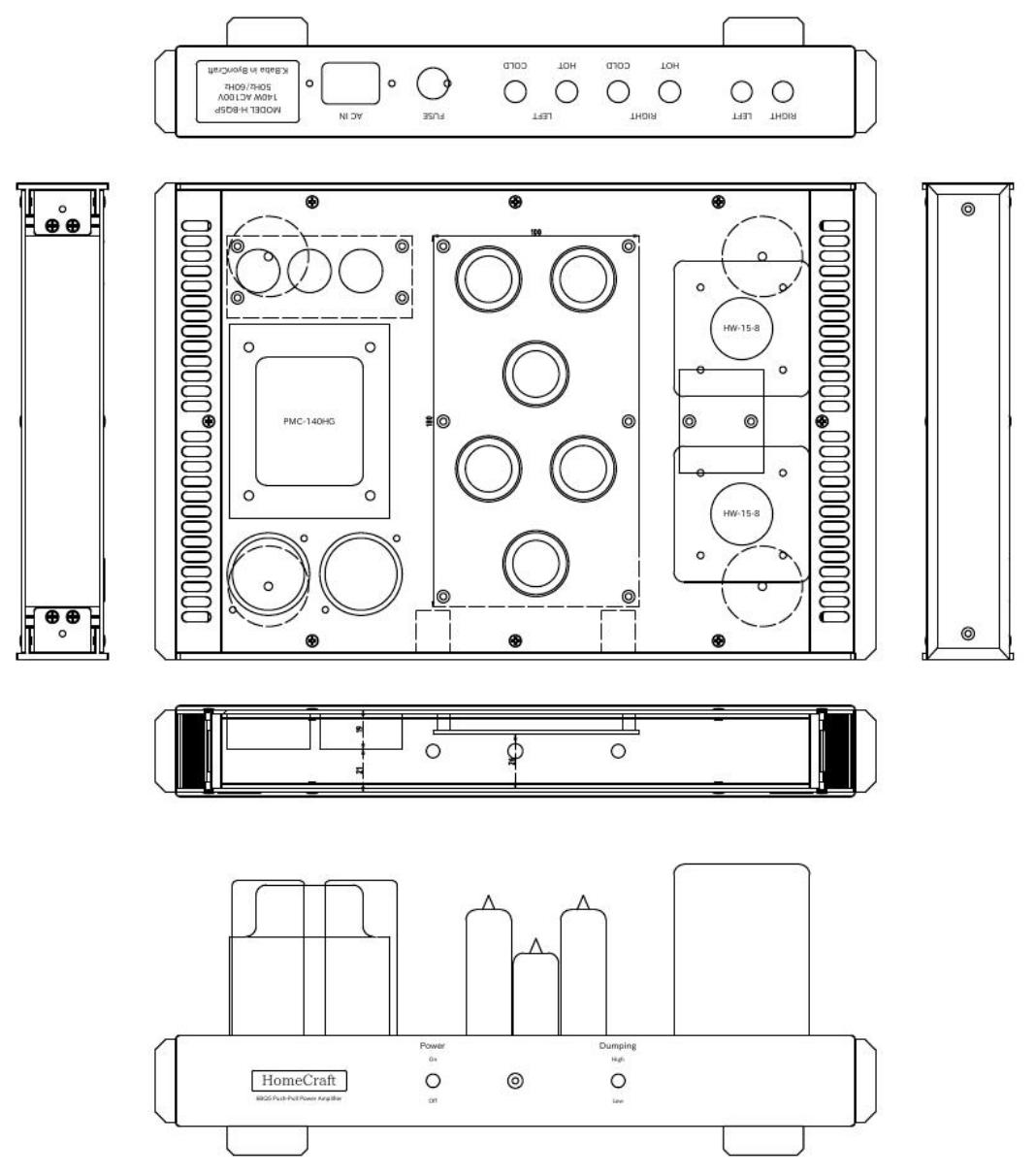
- 1) ダイオードによるブリッジ整流または全波整流回路です。
- 2) 4段CRフィルターで平滑します。Cを大きく取り、Rは小さくしています。合計400uFのコンデンサーを投入します。
- 3) 出力ハムは、約1uV rms 以内に収まっています。



-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



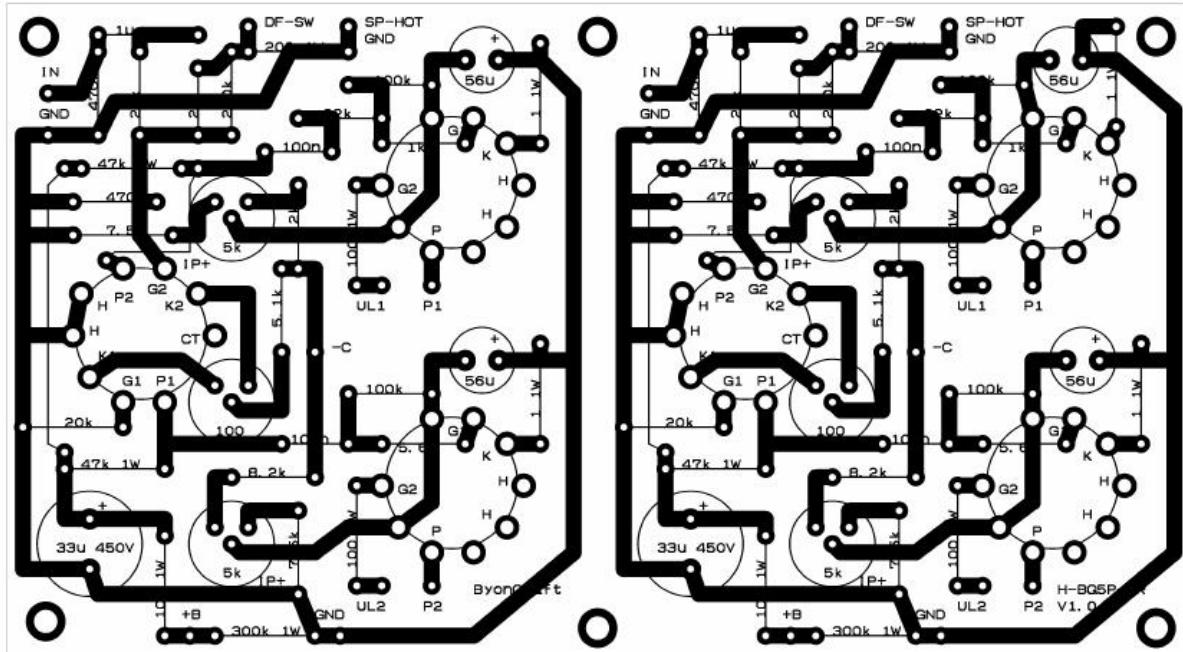
左図に実装の概略図を示します。

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 100 t2	ユニクラフト	特注
8	Dumping	6P 8A	日本電産フジソク	トグルSW
9	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 100 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
	MT9Pソケット	基板用	6	TECSOL
C	デカップリングコンデンサー	33u 450V	1	日本ケミコン KXJ
R	デカップリング抵抗	10k 1W	1	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
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

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)

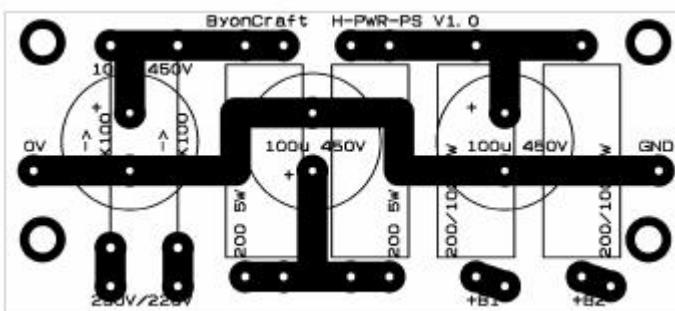
- 1) パターン図は実寸大ではありません。部品配置の参考にしてください。
- 2) パターンは裏面片面です。パターン面にMT9Pソケットを実装します。
- 3) 表面にCRを実装します。数か所ジャンパーがあります。
- 4) ソケットの取付を工夫すれば、2.54mm間隔の穴あき基板も使えると考えます。

分類	部品名	値、定格等	数量	備考
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	47k 1W	4	金属皮膜
C	出力段結合コンデンサー	0.1u 400V	4	SHIZUKI DEMS
R	出力段グリッドリーク抵抗	100k 1/2W	4	金属皮膜
R	出力段ACバランス補正抵抗	22k 1/2W	2	金属皮膜
R	出力段グリッド入力抵抗	1k 1/2W	2	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 1W	4	金属皮膜 電流計測用
R	出力段SG抵抗	100 1W	4	金属皮膜 発振防止用
R	B電源放電抵抗	300k 1W	2	金属皮膜

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。

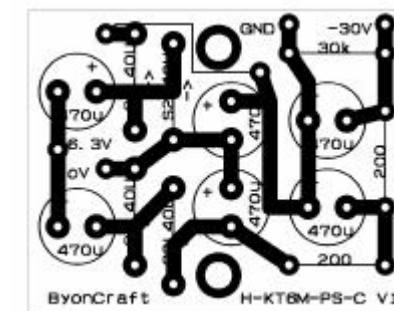


分類	部品名	値、定格等	数量	備考
	プリント基板	90 x 40 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
Di	ダイオード	1000V 2A	2	新電元 S2K100 FRD
R	フィルター抵抗	200 5W	6	セメント
C	フィルターコンデンサー	100u 450V	3	日本ケミコン KXJ

(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)