

KT88 無帰還シングル モノーラル・アンプの設計



byoncraft

Rev.1 2025/11

馬場 和章
(美音クラフト株式会社)

本機は、KT88シングルのモノラル・パワーアンプです。KT88は、古くからメーカー各社のパワーアンプに採用されてきた名球です。

本機は、UL動作のシングルアンプですが、バランスアンプの要素を取り入れて、ループ帰還に依らず、必要な性能を達成しています。

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

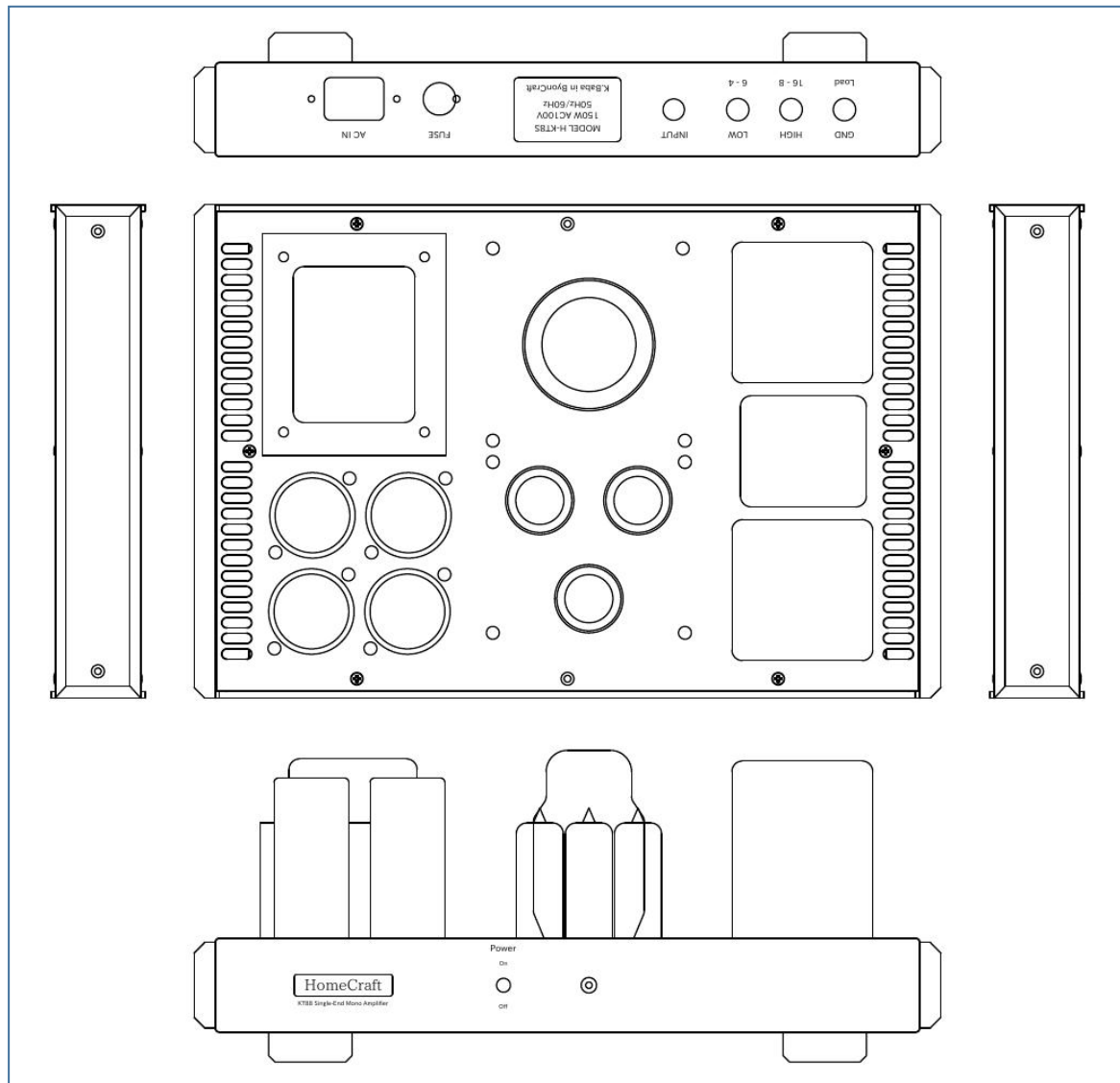
1. パワーアンプの概要	Page 2
2. ブロックダイアグラム	Page 3
3. アンプ部の回路設計	Page 4
4. アンプの特性	Page 6
5. 電源部の回路設計	Page 8
6. 実装設計	Page 9
7. 基板設計	Page 11

※ 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

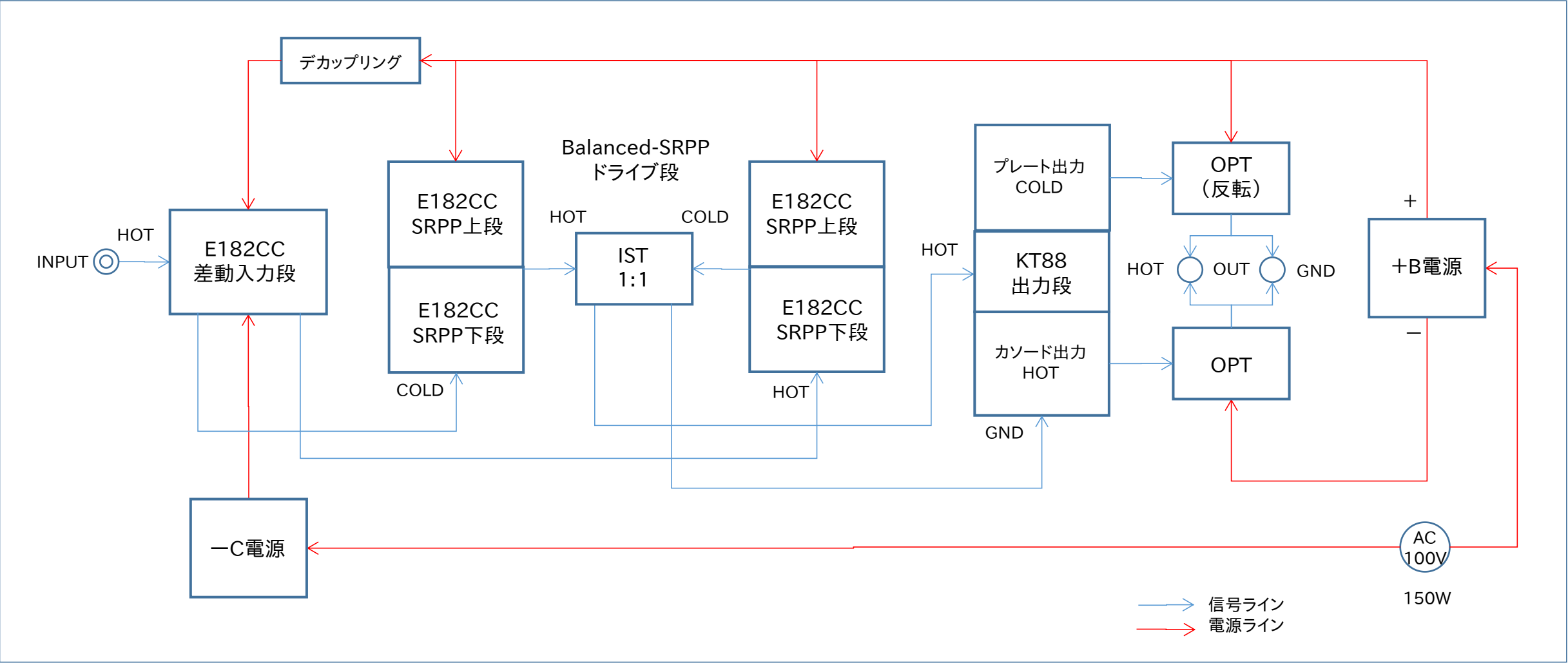
パワーアンプの性能向上には、何らかの打ち消し補正を使用します。本機は、2個の出力トランスを使用した回路方式により、出力段の特性改善を図っています。また、ドライブ段はバランス回路を採用して、性能向上を図っています。



- 1) 本機は、定格出力 6.4W/8Ω、最大出力 10W/8Ωのモノラル・パワーアンプです。
- 2) 出力トランスを2個使用して、プレート側とカソード側から出力を取り出し、出力トランス2次側で並列合成しています。これにより、出力段のノイズ等の打ち消しを行っています。
- 3) ドライブ電圧は、段間トランスを介してグリッド-グランド間に印加しており、カソード側はフォロワー回路となっています。これにより、出力インピーダンスの低減と歪の低減を図っています。
- 4) ドライブ段は、大振幅のドライブ電圧を賄うため、バランス回路を採用しています。
- 5) ゲインは出力規模に合わせて、約21dBとなっています。単機能のモノラル・パワーアンプであるため、プリアンプとの組み合わせが必要となります。
- 6) 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共通のシャーシを採用しました。

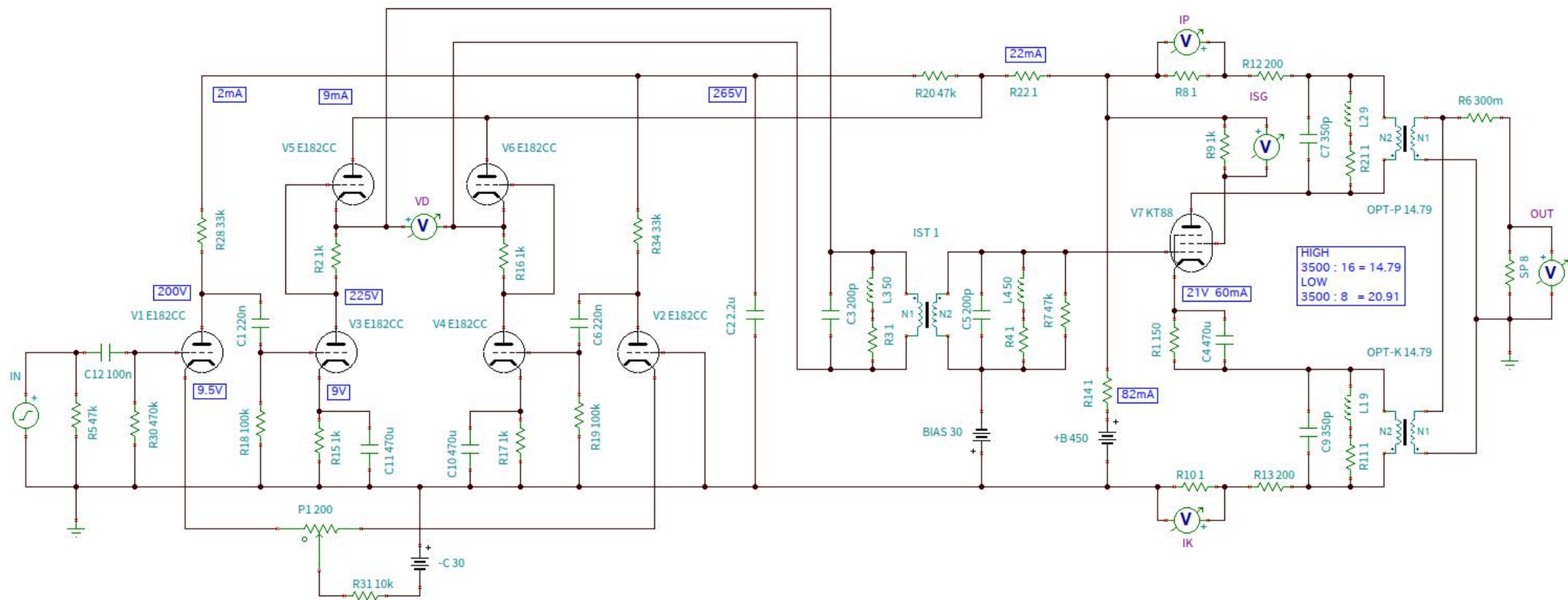
2. ブロックダイアグラム

下図にブロックダイアグラムを示します。グラウンドラインは省略しています。出力は、HIGH/LOWの2つの端子があります。
本機のポイントとなるドライブ段には、± 250Vのドライブ電圧を賄うため、Balanced-SRPP 回路を採用しています。



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。次ページにて、当回路のポイントを解説します。



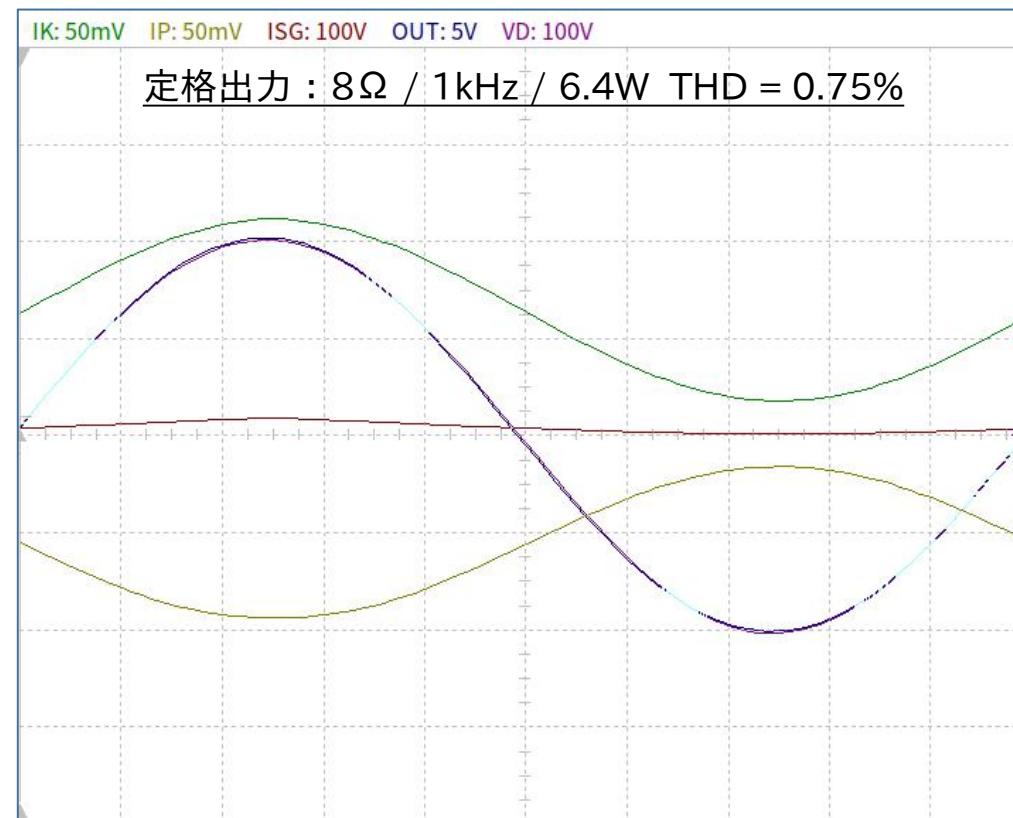
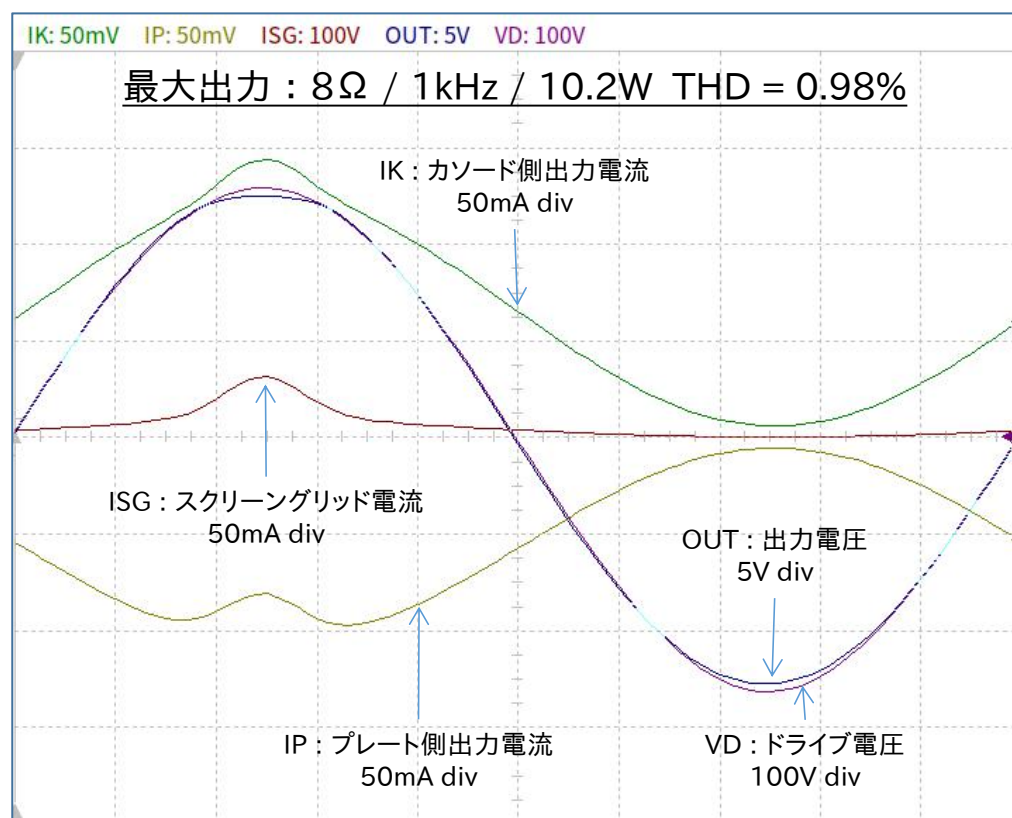
E182CCは、JJ社の現行生産品ECC99が代替可能です。
ただし、ピン配置が異なるので、実装時にご注意ください。

ISTの使用法は、下記のとおりです。巻線比は1:1です。
1次側は、バランス出力を受けるため、直流は重畳されない方式です。
2次側は、47kΩで終端して、1次側の負荷変動を緩やかにしています。

2個のOPTの使用法は同一で、下記のとおりです。
HIGH 3.5kΩ: 16Ω 16Ω端子に8Ωを負荷 出力点は1750Ω
LOW 3.5kΩ: 8Ω 8Ω端子に4Ωを負荷 出力点は1750Ω

3. アンプ部の回路設計(2/2)

- 1) 本機は、プレート側出力トランスを反転させて、カソード側出力トランスと並列合成しています。出力電圧は半分となり、出力電流は2倍となって出力合成されます。
- 2) カソード側はフォロワー回路として、出力インピーダンスを低減しています。また、カソード側にも負荷があることで電流帰還が掛かり、出力管の非直線性が改善されます。
- 3) 出力段のゲインは 約 -2dB ($=0.8$ 倍)と低くなりますが、歪は大きく低減します。また、KT88はUL動作となっており、スクリーングリッド電流はカソード側出力トランスを流れて出力されます。このため最大出力近くでも低歪となっています。(下図を参照)
- 4) 出力段は反対位相の並列合成であるため、同相ノイズは打ち消されて、 -22dB ($=1/13$)程度に低減します。 $+B$ 電源のリプルによるハムも、打ち消されて低減します。これにより、電源のチョークコイルは省略することが可能です。
- 5) ドライブ段はバランス回路であるため、ドライブ電圧は低ノイズとなります。ドライブ段単体のS/N比は、約 110dB です。



4. アンプの特性(1/2)

各出力端子における入出力特性を下表に示します。(1kHz時)

HIGH	1W /8 ohm	16 ohm	8 ohm	6 ohm	Max /8 ohm
DF	6.5	13.1	6.5	4.9	6.5
Zo	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
In peak	0.355	0.900	0.900	0.900	1.150
In rms	0.251	0.636	0.636	0.636	0.813
Out rms	2.82	7.67	7.13	6.78	9.04
PWR	1.0	3.7	6.4	7.7	10.2
THD	0.30%	0.18%	0.75%	1.60%	0.98%
Gain dB	21.0	21.6	21.0	20.6	20.9
SPL +dB	0.0	8.7	8.0	7.6	10.1

LOW	2W /4 ohm	6 ohm	4 ohm	3 ohm	Max /4 ohm
DF	5.4	8.1	5.4	4.0	5.4
Zo	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
In peak	0.520	1.000	1.000	1.000	1.150
In rms	0.368	0.707	0.707	0.707	0.813
Out rms	2.83	5.76	5.43	5.11	6.20
PWR	2.0	5.5	7.4	8.7	9.6
THD	0.41%	0.23%	0.73%	1.76%	0.91%
Gain dB	17.7	18.2	17.7	17.2	17.6
SPL +dB	0.0	6.2	5.7	5.1	6.8

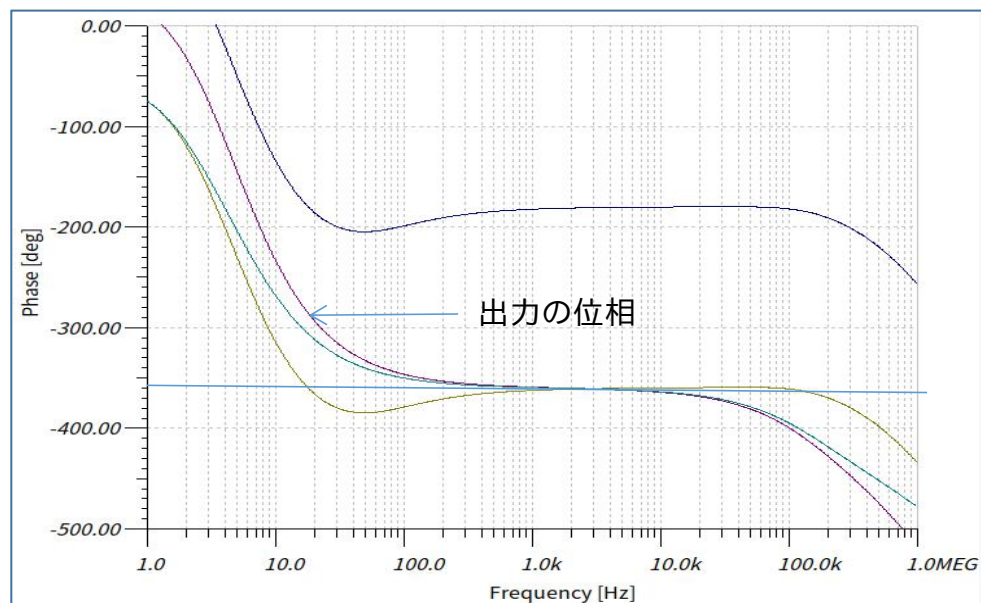
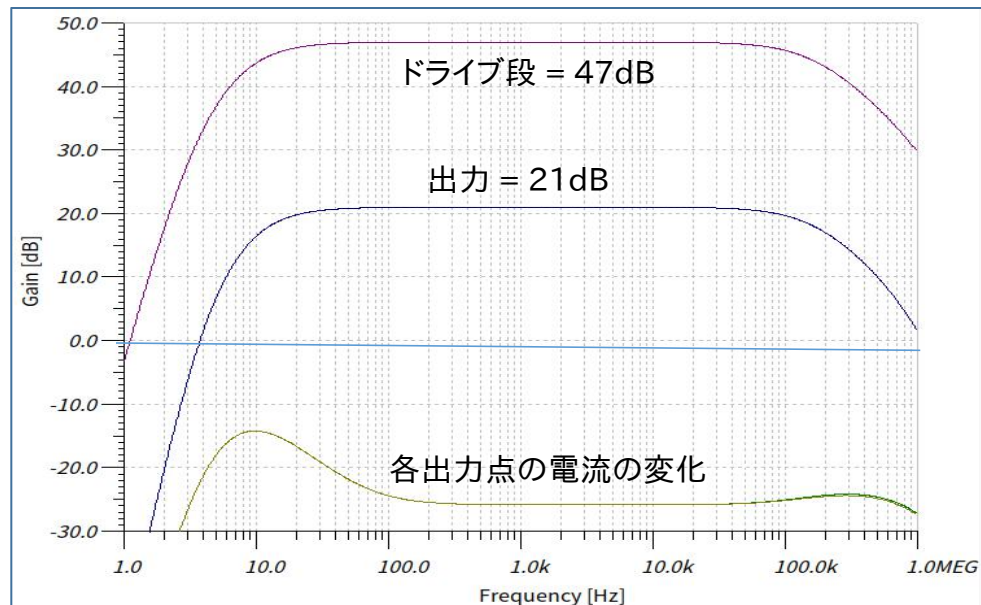
HIGH端子におけるゲインは、約21dBです。定格7Wクラスのパワーアンプとしては使いやすいゲインとなっています。

- 1) 定格入力(=636mV)では、6Ωまで歪率 2%以内です。4Ω負荷ではクリップします。
- 2) 8Ωの最大出力は、10.2Wです。定格からのマージンは、2dB程度あります。
- 3) 出力インピーダンスは、ループ帰還のないパワーアンプとしては十分に低い値となっています。
- 4) 歪率は、シングルアンプとしては十分に低い値です。

LOW端子におけるゲインは、約18dBです。定格出力には、若干高い入力が必要です。

- 1) 定格入力(=707mV)では、3Ωまで定格入力が可能です。2Ω負荷ではクリップします。
- 2) 4Ωの最大出力は、9.6Wです。定格からのマージンは、あまりなく、1dB程度です。
- 3) 出力インピーダンスは、出力トランスのインピーダンス比より若干高くなっています。
- 4) 歪率は、シングルアンプとしては十分に低い値です。

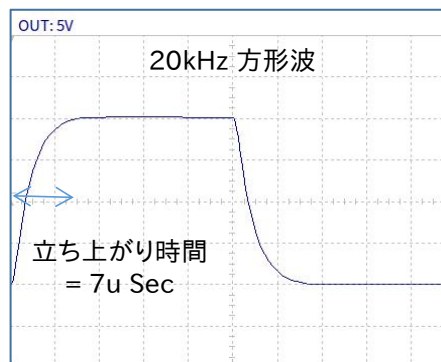
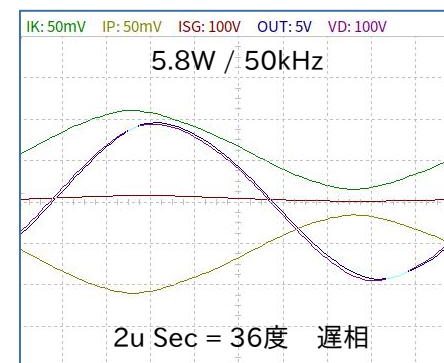
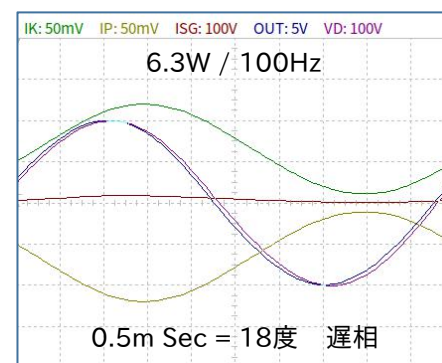
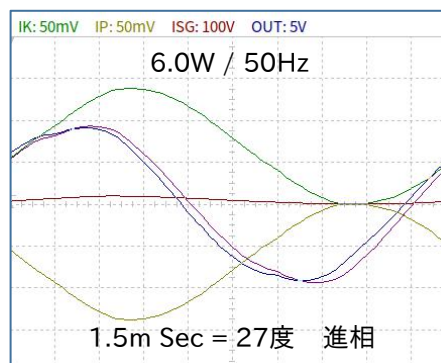
4. アンプの特性 (2/2)



左図に、周波数特性および位相特性を示します。(HIGH端子 1W/8 Ω /1kHz)

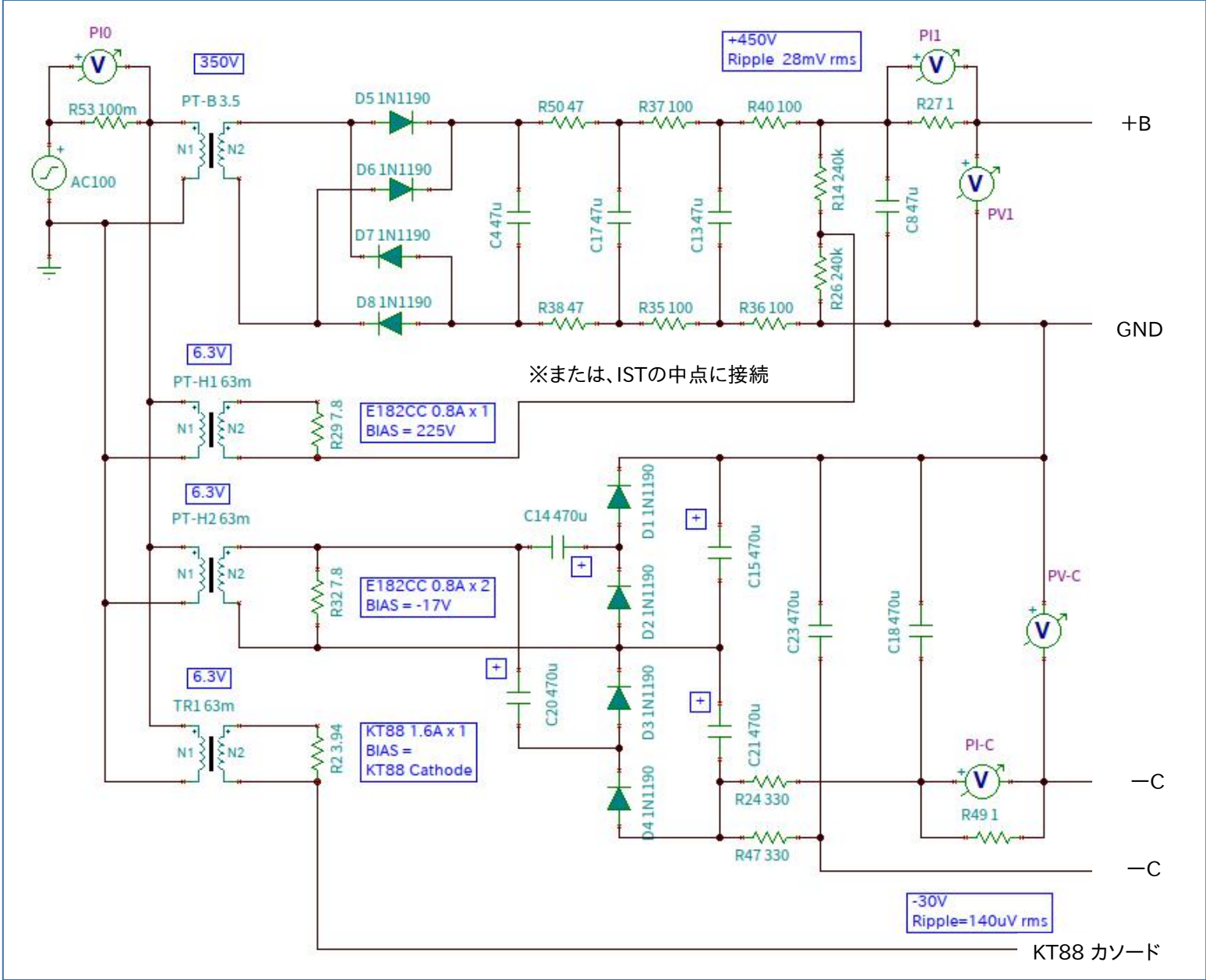
- 1) 周波数特性は、30Hz ~ 80kHz (−1dB)となっています。
- 2) 高域は、段間トランスの性能に依存します。特に巻数が多く、それによる巻線容量(C成分)が多い場合、早めに減衰し、出力段を十分にドライブできなくなります。
- 3) 低域は、出力トランスのインダクタンスに依存します。本機では、2個の出力トランスを半分のインピーダンスで使用しています。1次側巻数はそのまま(9H x 2)ですが、出力トランスが小型のため、インダクタンスは若干不足しています。

下図にパワーバンド特性を示します。(HIGH端子 6.4W/8 Ω /1kHz)



- 1) 定格入力のパワーバンドは、およそ 50Hz ~ 50kHz です。
- 2) 高域の50kHzでは、立ち上がりが遅れているため、やや歪んだ波形となっています。
- 3) 低域は、定格入力では50Hzよりカットオフが始まります。波形もやや歪んでいます。入力を絞っても、波形の歪は同様な傾向となります。

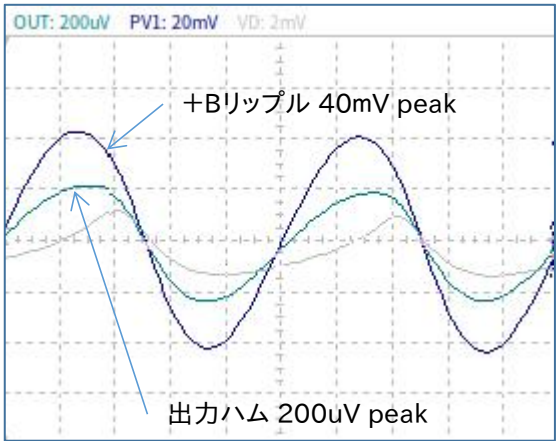
5. 電源部の回路設計



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（450V前後、85mA）

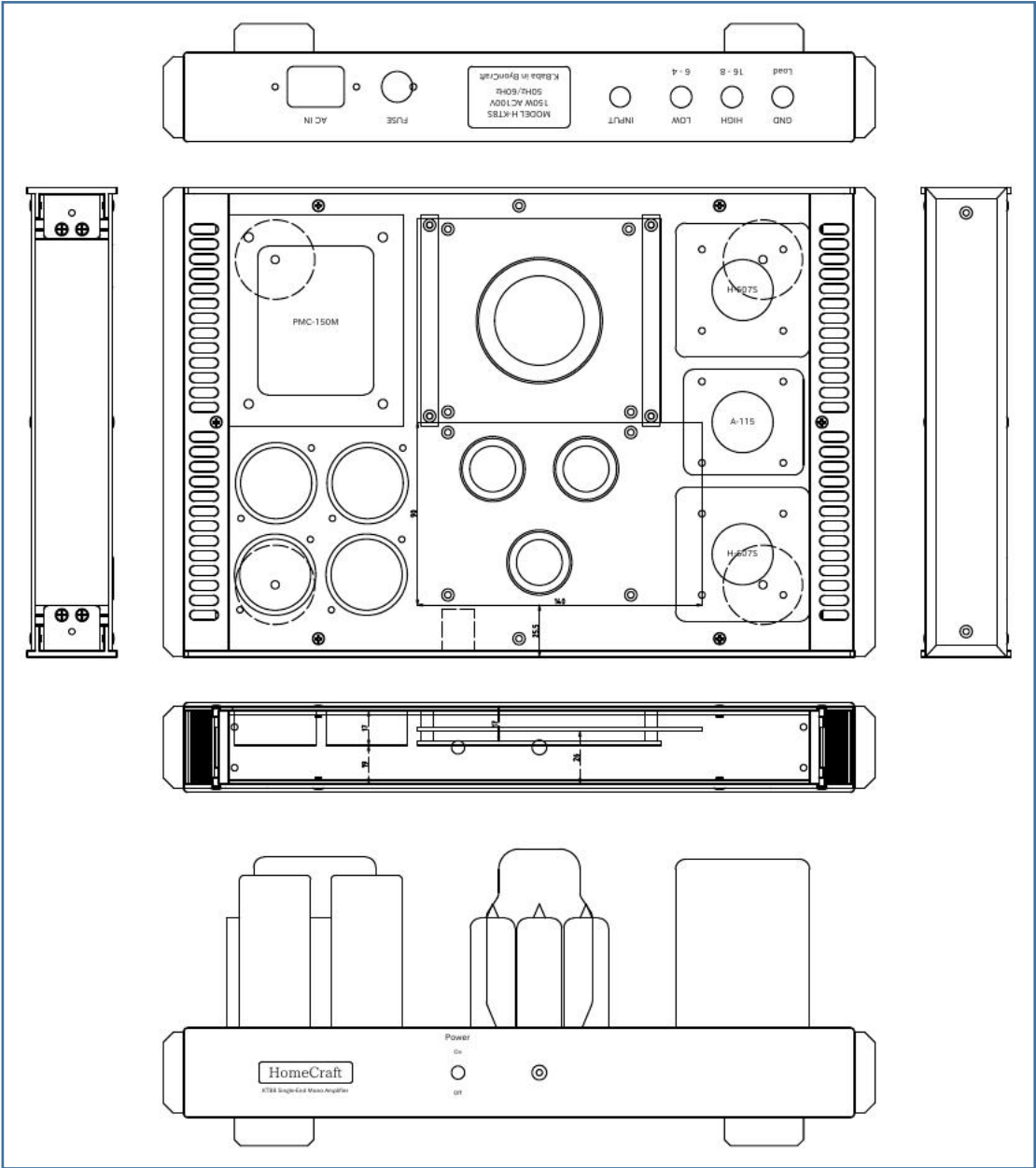
- 1) ダイオードによるブリッジ整流または全波整流回路です。
- 2) 4段CRフィルターで平滑します。Rは小さくしています。Cの合計は200uFで、若干不足しています。
- 3) 出力ハムは、約140uV rmsです。



-C電源（-30V前後、5mA）

- 1) ヒーター回路（6.3V）から、4倍電圧整流で生成しています。
- 2) 初段の定電流用電源と、バイアス用電源は、個別に平滑して、デカップリングしています。

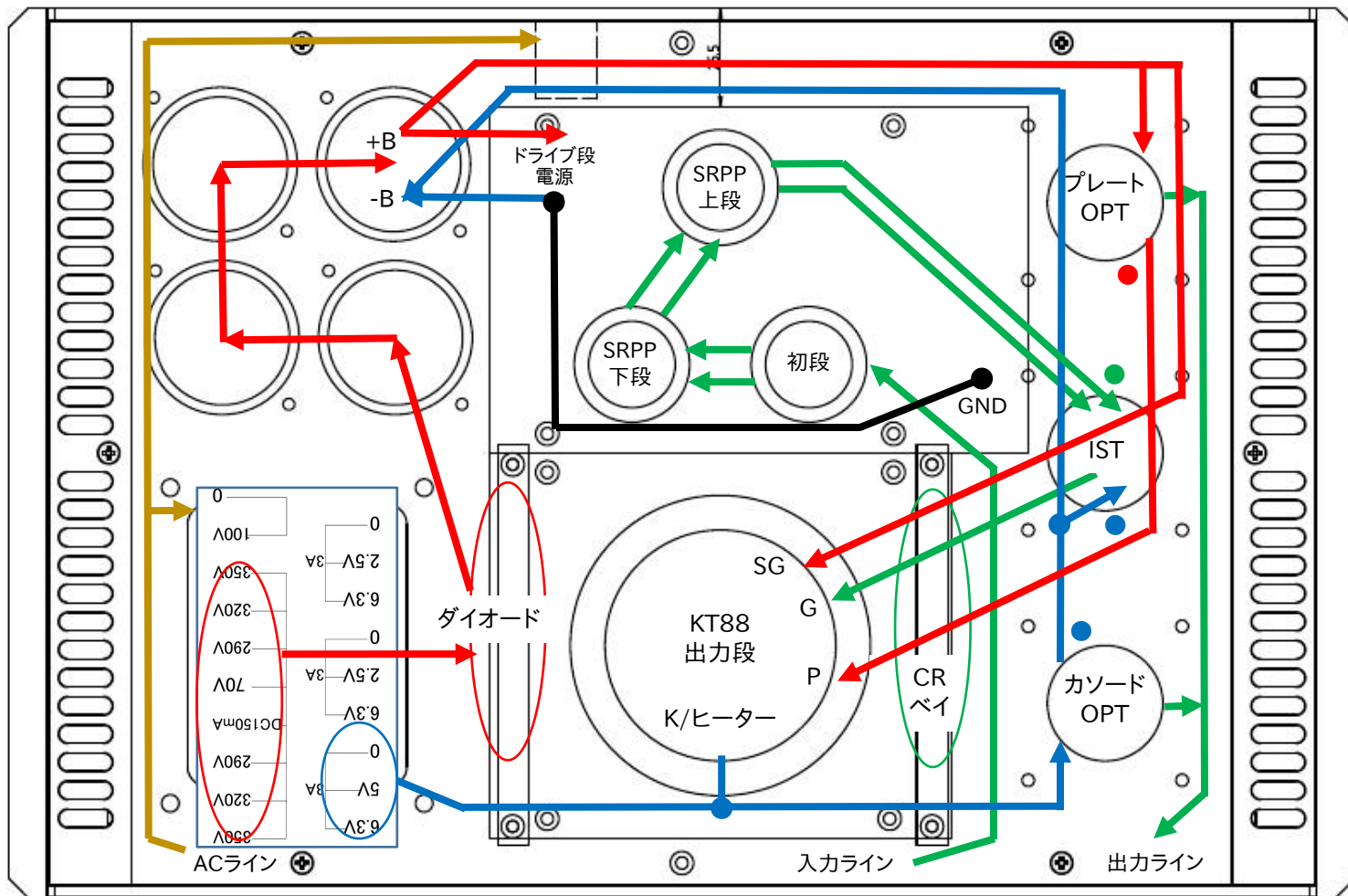
6. 実装設計(1/2)



左図に実装の概略図を示します。
ドライブ段およびC電源は、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。
+B電源部と出力管周りは手配線です。出力管サブシャーシに端子板を設けて、ダイオードやCR類を取り付けて配線します。
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 350V
3	出力トランス	H203S x 2	橋本トランス	3.5kΩpp : 16Ω/8Ω 9H/60mA 7W/50Hz
4	段間トランス	A-115	橋本トランス	5kΩ 1:1 50H/15mA 1.8W/30Hz
5	+B平滑コンデンサー	47uF 800V x 4	SHIZUKI RUZ フィルムコンデンサー	取付バンド込み
6	ドライブ段基板	140 x 90 t2	ユニクラフト	特注
7	Power	6P 8A	日本電産フジソク	トグルSW

6. 実装設計(2/2)



左図にシャーシ内部配線の概略図を示します。

- 1) +B電源は、左図のように手配線にて組み立てます。
- 2) 全波整流となるため、ダイオードは2個直列にして、耐圧をクリアしています。

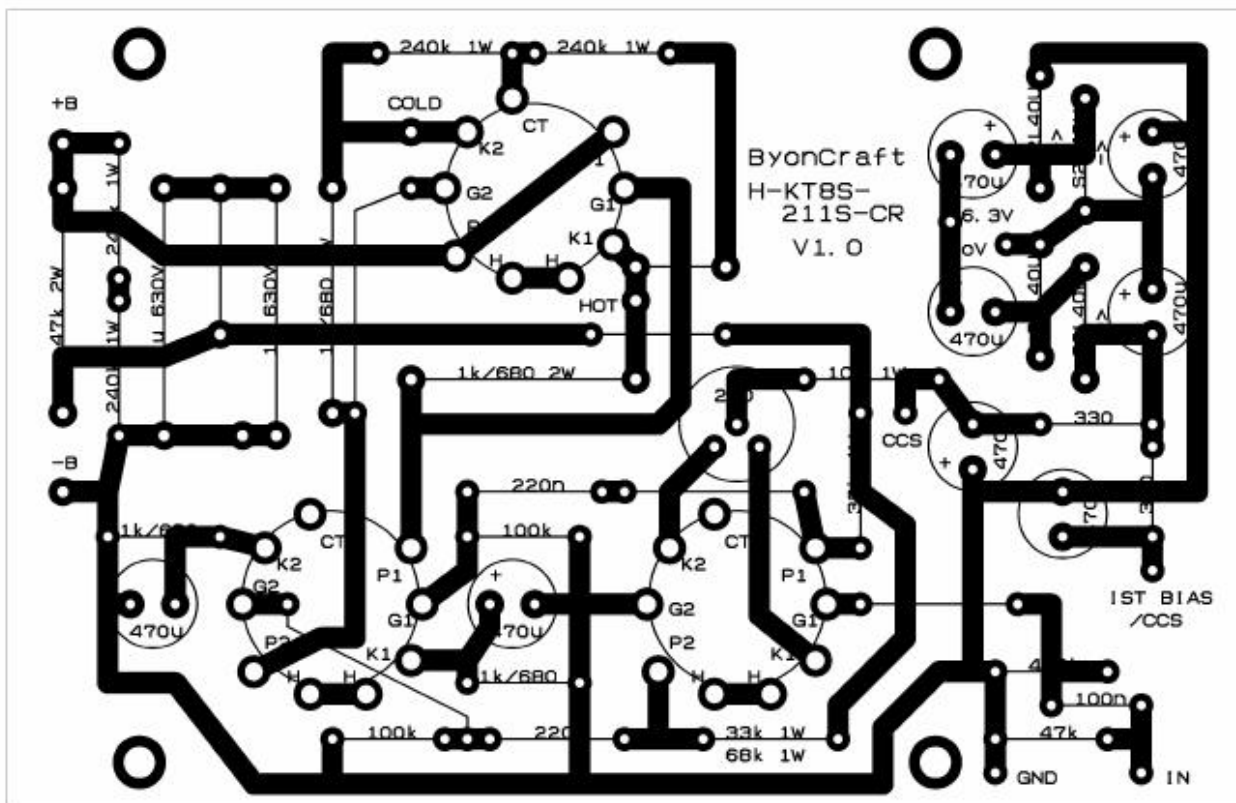
分類	部品名	値、定格等	数量	備考
Di	ダイオード	1000V 2A	4	新電元 S2K100 FRD
R	フィルター抵抗	47 5W	2	セメント
R	フィルター抵抗	100 5W	4	セメント
C	フィルターコンデンサー	47 μ 800V	4	SHIZUKI RUZ フィルムコンデンサー

- 3) CRベイには、下記の部品を組み込みます。

分類	部品名	値、定格等	数量	備考
R	IST終端抵抗	100k 1W	2	金属皮膜
R	SG抵抗	2k 1W	2	金属皮膜
R	バイアス抵抗	150 5W	1	セメント ※調整必要
C	バイパスコンデンサー	470u 50V	1	日本ケミコン KYB / KMG

- 4) OPTは、極性に注意が必要です。●印が巻き始めです。OPT2次側は、 0Ω が巻き始めです。
- 5) IST 1次側は、+225Vの直流電位が掛かり、 $\pm 250V$ の信号電圧が掛かります。ISTは同位相で使用します。
- 6) H-K耐圧をクリアするため、KT88のヒータ巻線はカソードと繋がります。ヒータ巻線には $\pm 200V$ の信号電位が掛かります。

7. 基板設計



分類	部品名	値、定格等	数量	備考
	プリント基板	140 x 90 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
	MT9Pソケット	基板用	3	TECSOL
R	デカップリング抵抗	47k 2W	1	金属皮膜
C	給電コンデンサー	1u 630V	2	SHIZUKI DEMS
R	上段ヒーターバイアス抵抗	240k 1W	2	金属皮膜
R	+B電源放電抵抗	240k 1W	2	金属皮膜

ドライブ段基板のパターン図と部品表を示します。

- 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。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
R	入力抵抗	47k 1/2W	1	金属皮膜
C	入力コンデンサー	0.1u 250V	1	SHIZUKI DEMS
R	初段グリッドリーク抵抗	470k 1/2W	1	金属皮膜
R	初段プレート抵抗	33k 1W	2	金属皮膜
R	初段カソードバランス調整	200 RJ-13	1	日本電産コパル
R	初段カソード定電流抵抗	10k 1W	1	金属皮膜
C	下段結合コンデンサー	0.22u 630V	2	SHIZUKI DEMS
R	下段グリッドリーク抵抗	100k 1/2W	2	金属皮膜
R	下段プレート抵抗	1k 2W	2	金属皮膜
R	下段カソード抵抗	1k 1/2W	2	金属皮膜
C	バイパスコンデンサー	470u 50V	2	日本ケミコン KYB
Di	ダイオード	400V 2A	4	新電元 S2L40U FRD
R	フィルター抵抗	330 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

(合計 40)