

ホームオーディオ向け 2Wayマルチアンプの設計 (プリアンプ編)

 byoncraft

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. プリアンプの概要 (概要編より再掲)	Page 2
2. ブロックダイアグラム	Page 3
3. フォノイコライザー部の回路設計	Page 4
4. ラインアンプ部の回路設計	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 10

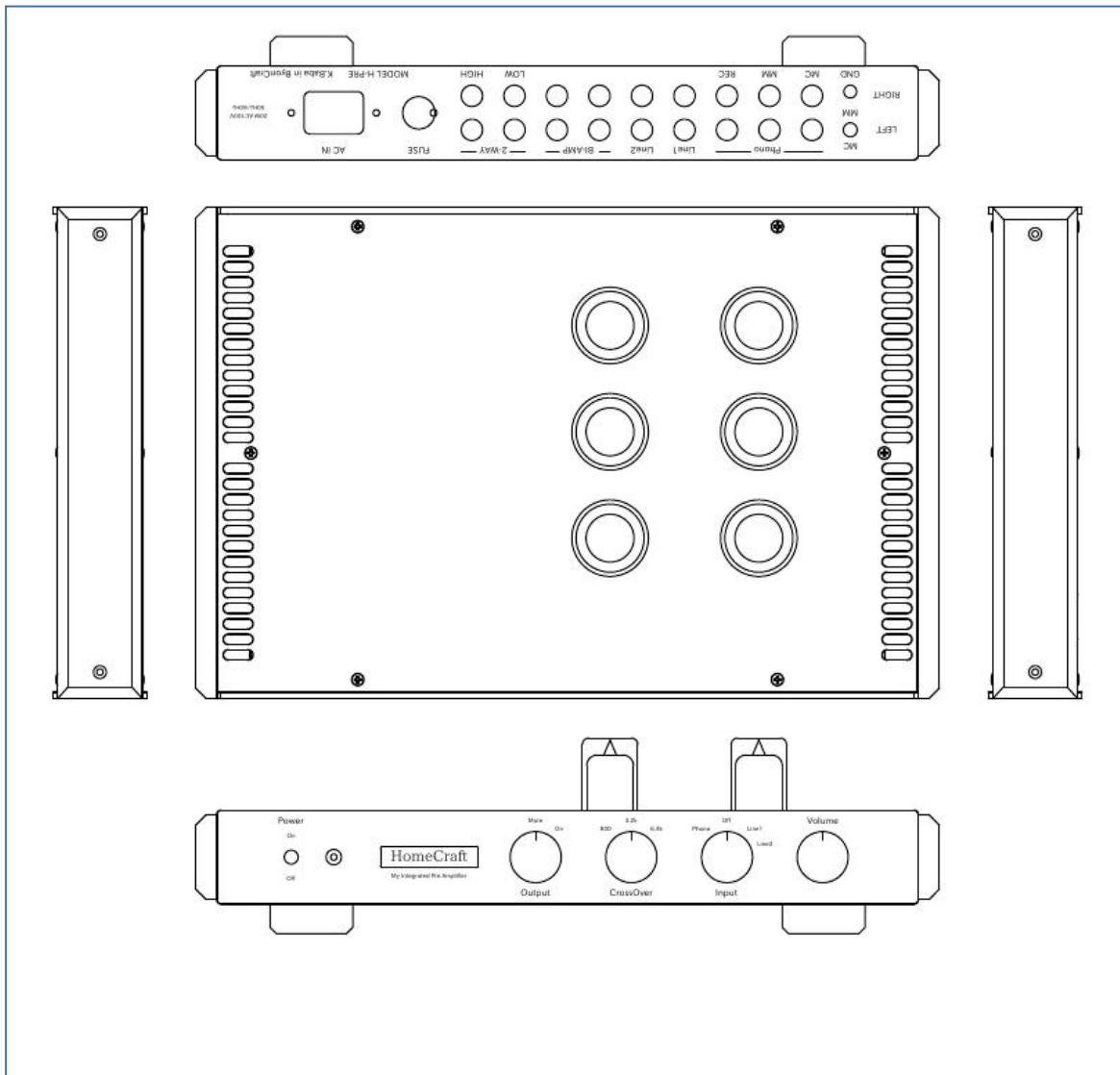
※ ご注意

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. プリアンプの概要 (概要編より再掲)

本機は多くの機能を盛り込みますが、MCヘッドアンプはJ-FETを使用し、フラットアンプはゲイン段を省略して、少ない真空管で構成します。

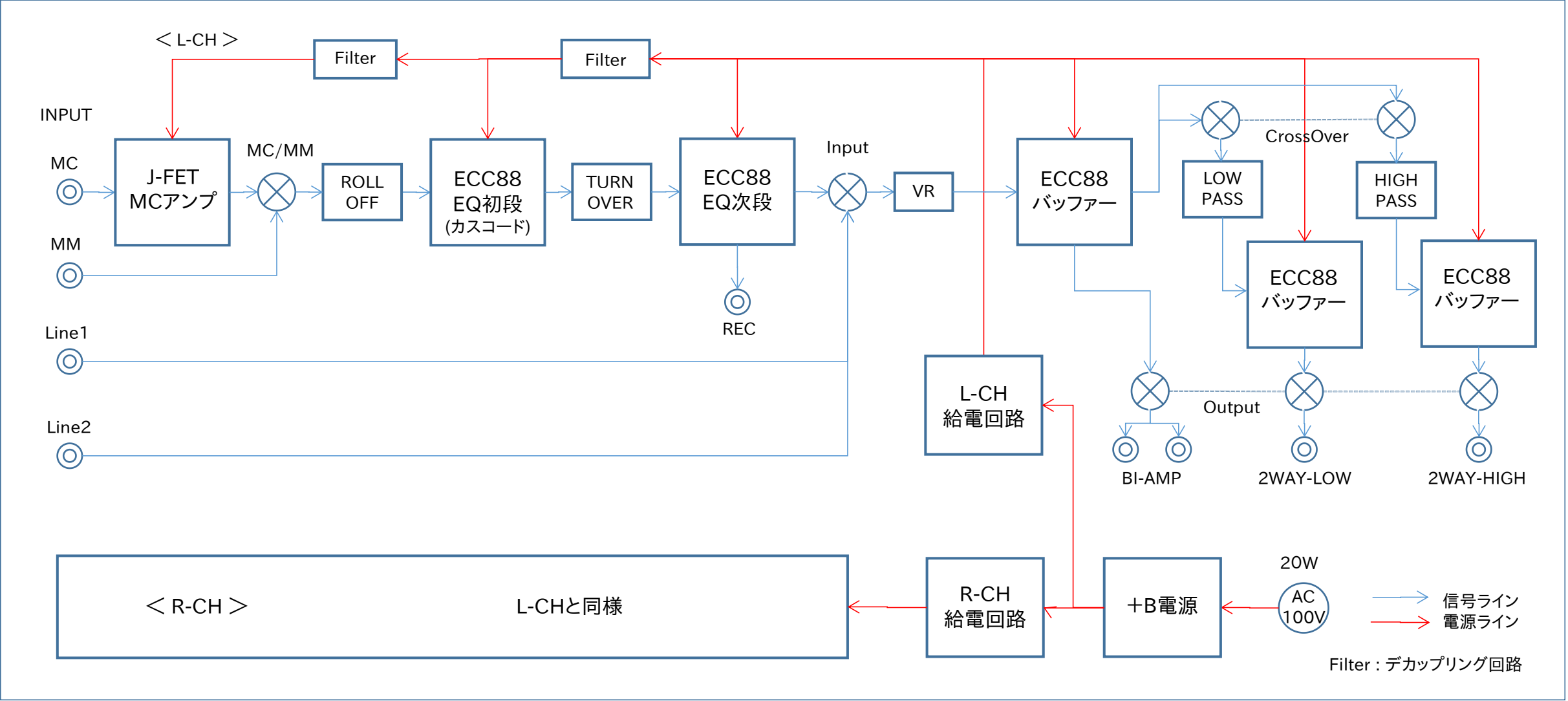
シンプルでS/Nの良いプリアンプを作るには+B電圧の低電圧化が有効です。低電圧動作管ECC88を採用しチャンネルあたり3本(6ユニット)で構成します。



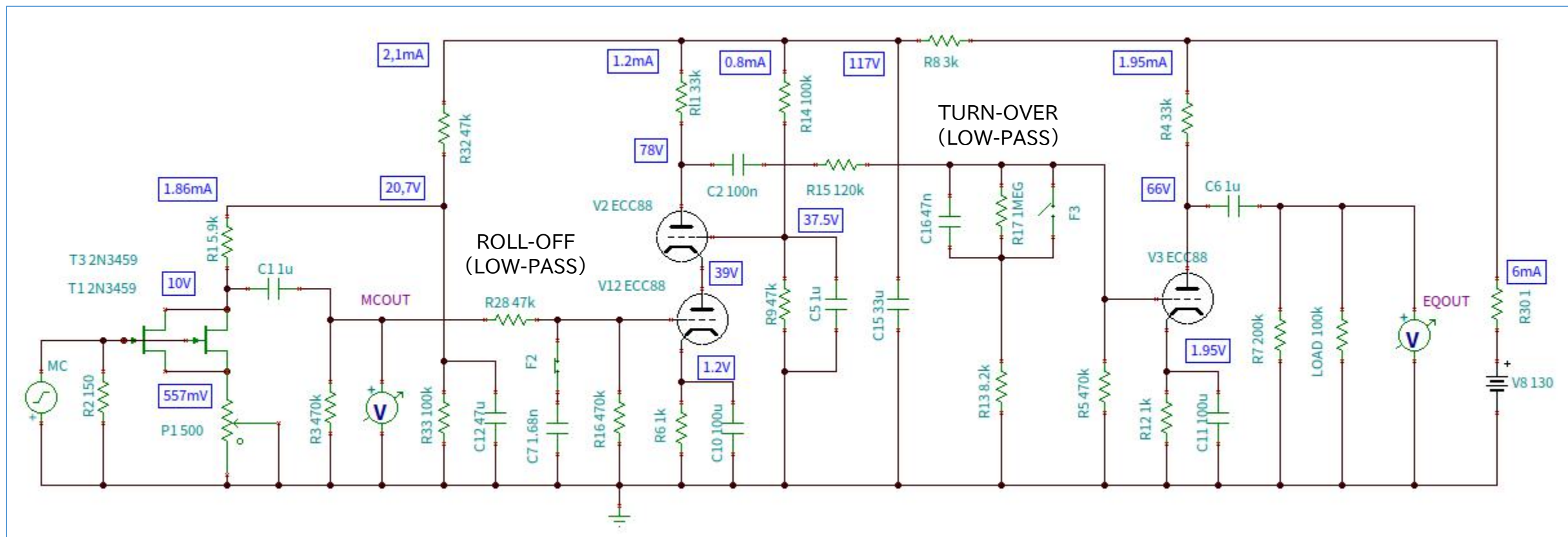
- 1) 本機にはフォノイコライザーとチャンネルデバイダーの2種類のフィルター回路があります。ともにCR型を採用します。このため回路はすべて無帰還回路で構成します。
- 2) CR型フォノイコライザーは、入力部でロールオフを行い、段間でターンオーバーを行います。初心者でも作りやすく調整も簡便です。
- 3) チャンネルデバイダーは、初心者でも作りやすい-6dB/Octです。フィルターはCを固定しRを可変する方式として、調整しやすくします。
- 4) 電源部は、ECC88を採用することで、+B電圧を130V程度とします。多段CRフィルターのみで電源回路の高性能化と小型化が可能です。
- 5) デザインは薄型の筐体として、フロントとリアの部品が、過密にならずに収まるサイズとしました。回路は基板実装を前提としています。
- 6) 真空管の頭が突出する外観となるためシールドケースを被せます。真空管を筐体内に収めても放熱穴を開けると外来ノイズは大きく変わらず、アンプの設置方法の工夫の方がより重要です。

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。詳細は回路設計の項で解説します。



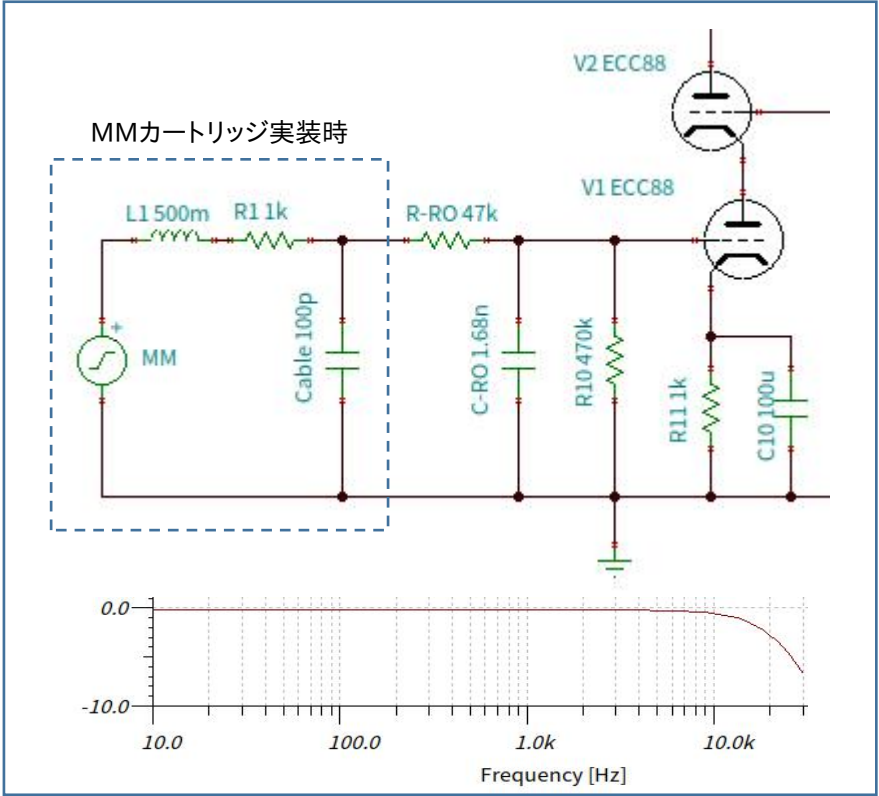
3. フォノイコライザ部の回路設計(1/2)



フォノイコライザ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) MCヘッドアンプはJ-FETを使用します。上記の回路定数では、2SK30(Y) × 2が使用できます。FETの選別や抵抗値の調整が必要ですので個別基板に実装します。
- 2) MCヘッドアンプはシンプルながら高性能です。電源を+B電源から供給していることは、コストダウンと、シンプルな信号経路の形成に寄与しています。
- 3) MM入力のフォノイコライザ部は、ECC88カソード回路の初段と、ECC88カソード接地回路の次段から構成されています。
- 4) 初段カソード回路のグリッド回路でROLL-OFFを行います。47kΩと1.68nF(=1000pF+680pF)にて、-6dBのLOW-PASSフィルターを形成します。
- 5) 2つの増幅段の段間でTURN-OVERを行います。136kΩ(=120kΩ+初段の出力インピーダンス)と47nF(=0.047μF)にて、-6dBのLOW-PASSフィルターを形成します。
- 6) TURN-OVERでは、50Hz以下の上昇を抑え、10Hz以下は減衰させてサブソニックフィルターを形成する補正を行っています。補正前のゲイン差は25dB程度必要です。

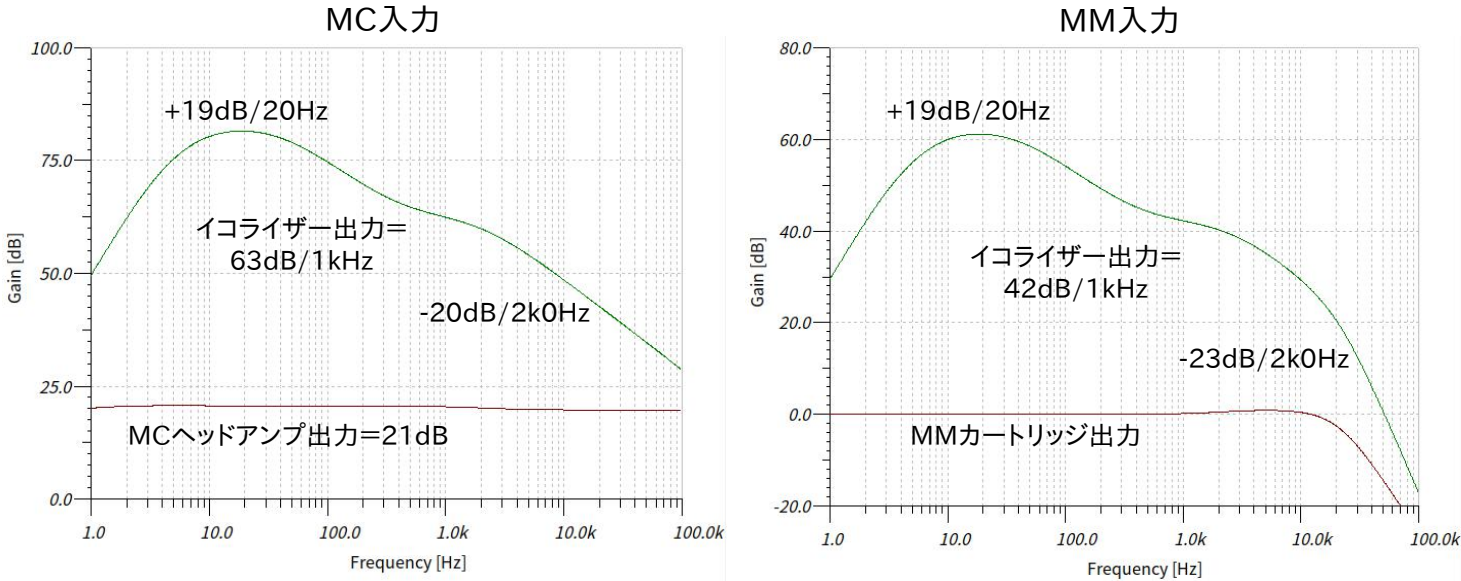
3. フォノイコライザー部の回路設計(2/2)



MMカートリッジ使用時のポイントを解説します。

- 1) MMは発電コイルの巻数が多く、コイルのLと接続ケーブルのCにより、10kHz～20kHzあたりで共振が発生します。
- 2) 高出力カートリッジを使用する場合は、共振点が低くなるので、10kHzくらいまでを再生範囲として、MM入力に200pF程度を並列に入れるようにします。
- 3) 上図の例では、中出力のカートリッジを使って、C容量の少ないケーブルと組み合わせて、好特性を得ています。

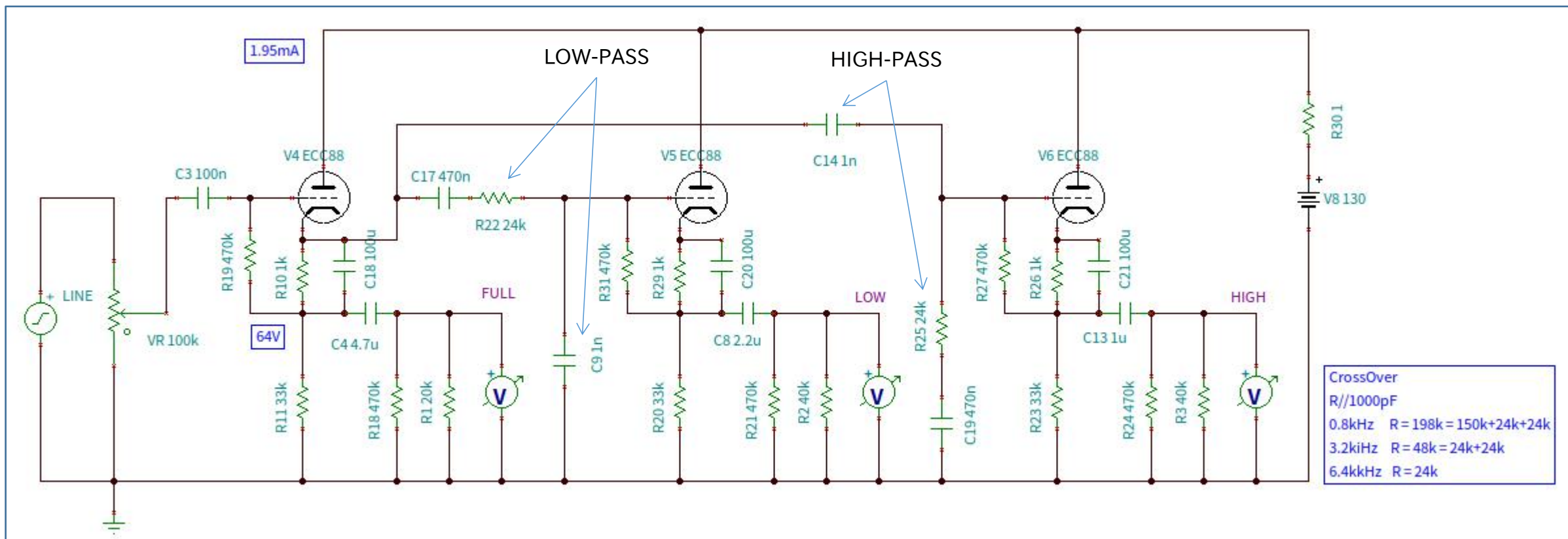
1) RIAAカーブのイコライズ特性は、下図のとおりです。



2) 歪率は下表のとおりです。一般的なLP再生でのカートリッジ出力の最大値は、定格の10倍程度と見込まれます。最大許容入力、MC:10mV、MM:100mVです。

MC入力	出力	歪率	MM入力	出力	歪率
0.3mV	410mV	0.08%	3mV	386mV	0.07%
3mV	4.1V	0.78%	30mV	3.86V	0.68%
10mV	13.6V	2.56%	100mV	12.8V	2.26%

4. ラインアンプ部の回路設計(1/2)



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) すべてECC88のカソードフォロワー回路で構成しています。カソードバイアス抵抗には必ずバイパスコンデンサーを付けて、ゲインの低下を防止します。
- 2) 1段目は全帯域のバイアンプ用のバッファ回路です。入力インピーダンス40k Ω のパワーアンプを2台ドライブ可能です。出力回路のコンデンサーは4.7uFを使用しています。
- 3) 1段目と各2段目との間にチャンネルデバイダーを組み込みます。回路図は6.4kHzの例です。本機では、抵抗値を切り替えることでクロスオーバーを可変できるようにしています。
- 4) 低音域のバッファ回路は、入力インピーダンス40k Ω のパワーアンプを1台ドライブ可能です。出力回路のコンデンサーは2.2uFを使用しています。
- 5) 高音域のバッファ回路は、入力インピーダンス40k Ω のパワーアンプを1台ドライブ可能です。出力回路コンデンサーは1uFに抑えています。

4. ラインアンプ部の回路設計(2/2)

1) 周波数特性

下図のBI-AMP出力に示すとおり、広帯域となっています。10Hz以下は低下していますが、フォノ入力のサブソニックフィルターとなります。

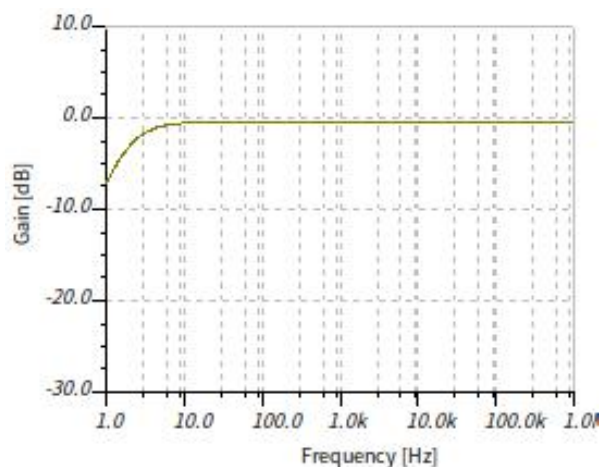
2) 歪率特性

下図のBI-AMP出力の特性です。十分低歪です。 0.026%/1kHz、 0.020%/10kHz、 0.053%/100Hz (1V入力、960mV出力時)

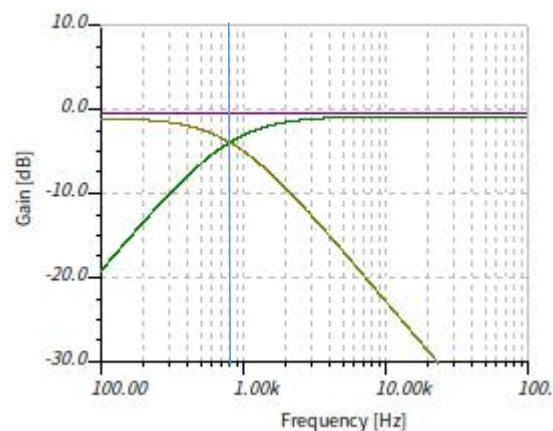
3) クロスオーバー特性

下図に、各クロスオーバーのフィルター定数と周波数特性を示します。

BI-AMP出力



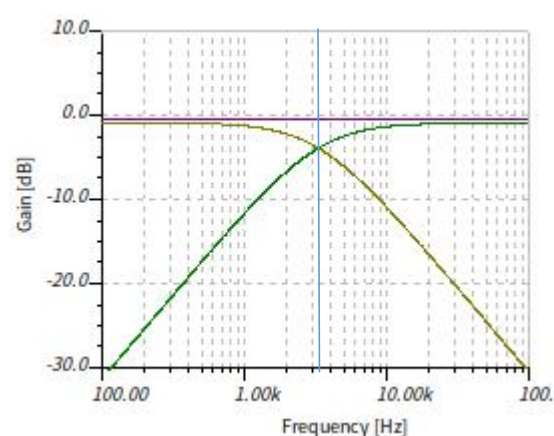
2Way (クロスオーバー 800Hz)



フィルター定数

- $C=1\text{nF}=1000\text{pF}$
- $R=198\text{k}\Omega=150\text{k}\Omega+24\text{k}\Omega+24\text{k}\Omega$

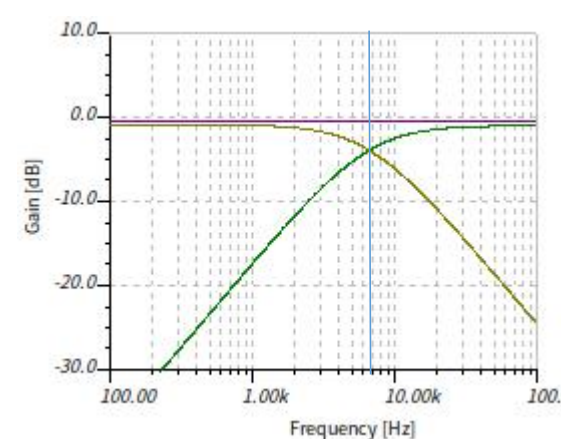
2Way (クロスオーバー 3.2kHz)



フィルター定数

- $C=1\text{nF}=1000\text{pF}$
- $R=48\text{k}\Omega=24\text{k}\Omega+24\text{k}\Omega$

2Way (クロスオーバー 6.4kHz)

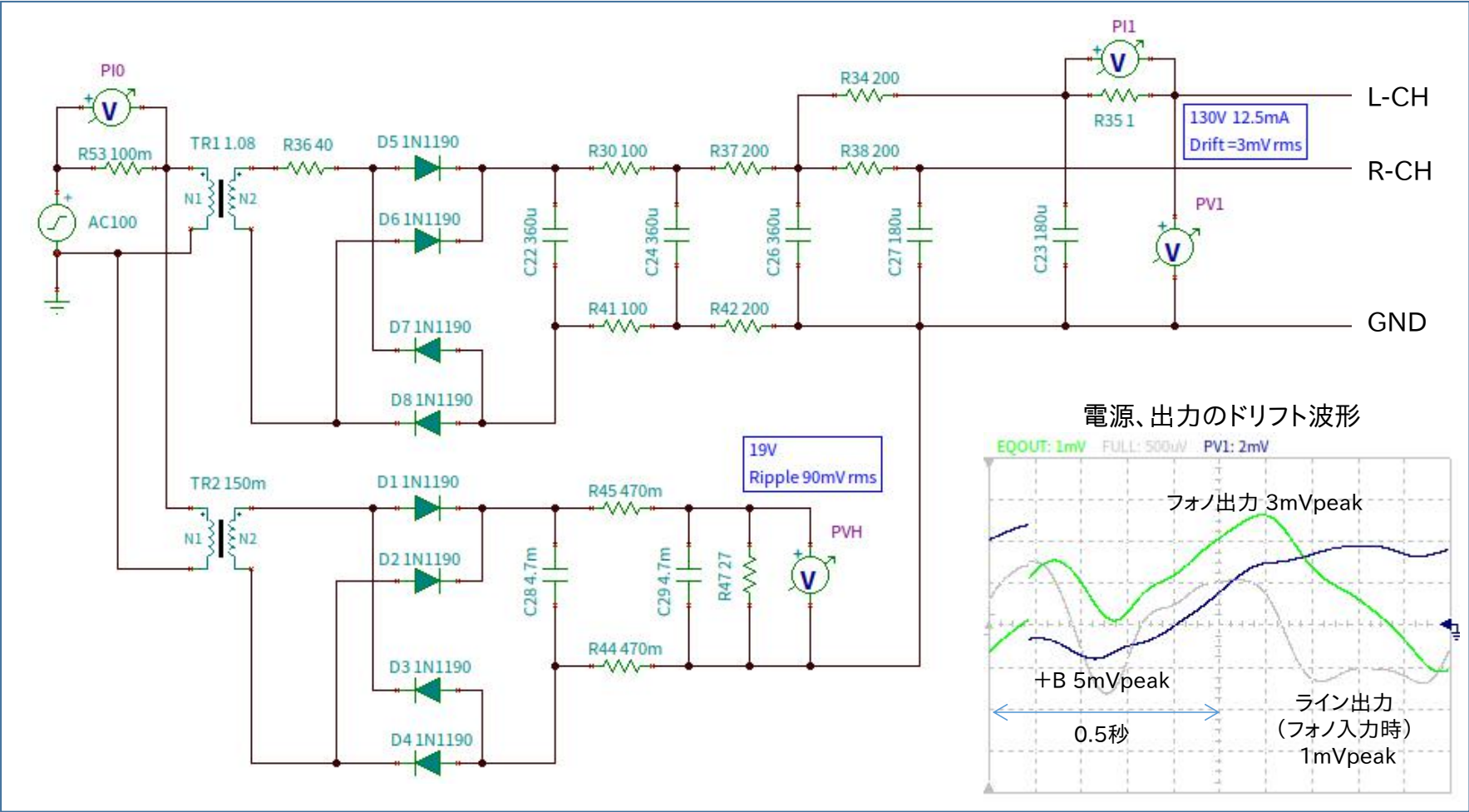


フィルター定数

- $C=1\text{nF}=1000\text{pF}$
- $R=24\text{k}\Omega$

5. 電源部の回路設計

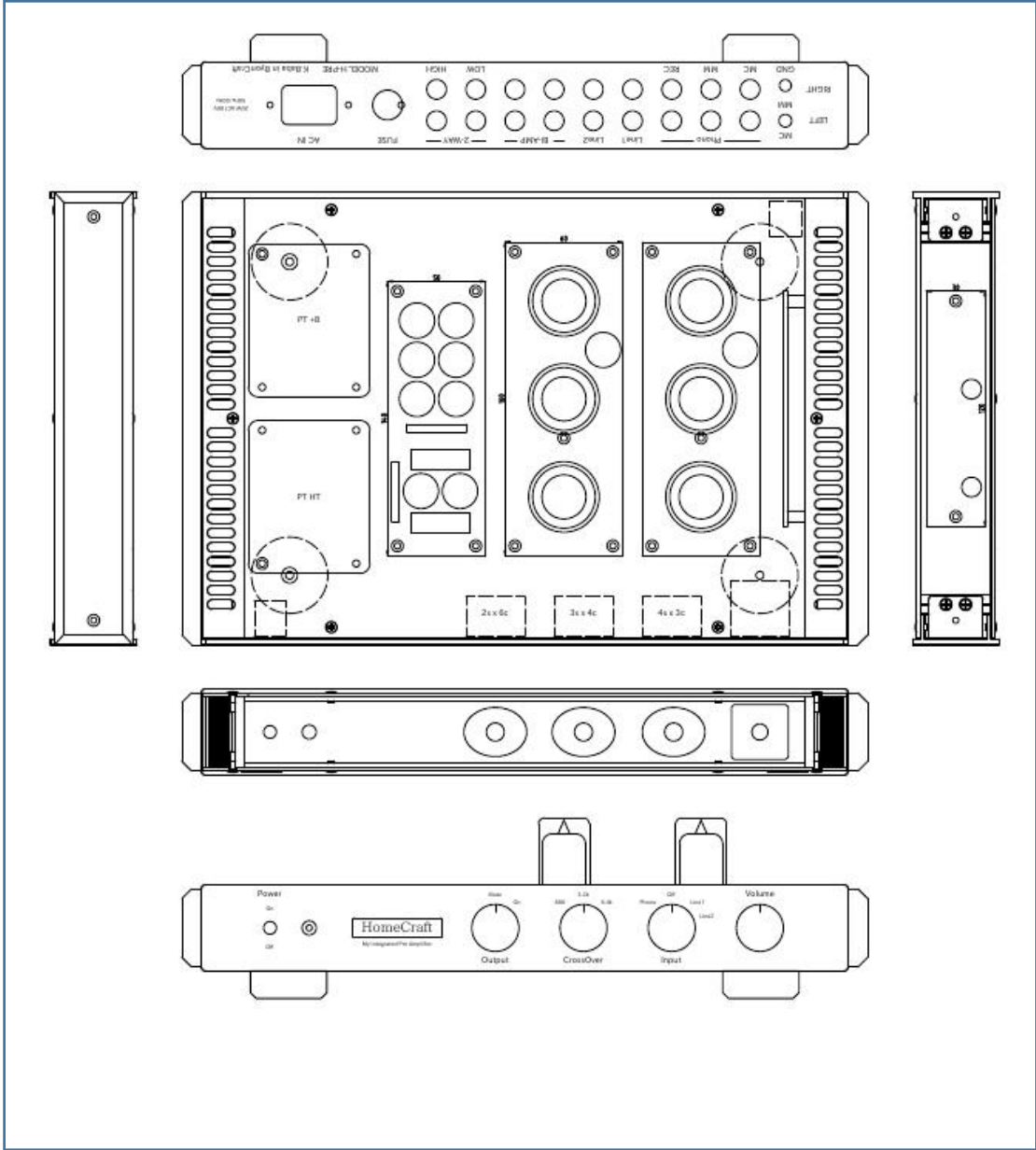
電源部のシミュレーション回路図を示します。電源回路は参考例です。各自、工夫していただきたいです。以下、当回路のポイントを解説します。



- +B電源（130V前後、12.5mA 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1400uFのコンデンサーを投入します。
 - 3) リップルは観測できず、出力にもハムは観測できません。
 - 4) +B電源のドリフトは出力にも現れます。およそ2Hz以下で、回路の動作に影響を与える大きさではありません。
 - 5) 真空管を挿入しないテスト用の放電用抵抗は不要です。カスコード回路のグリッド電圧供給回路がその役割をします。

- ヒーター電源（19V前後、0.7A）
- 6) ヒーターは直流点火しますが、直列で点火します。（6.3V x 3を2組=27Ω）
 - 7) 大容量コンデンサーで2段フィルターとしました。
 - 8) 放電用抵抗は、20kΩのを必要に応じて追加してください。

6. 実装設計

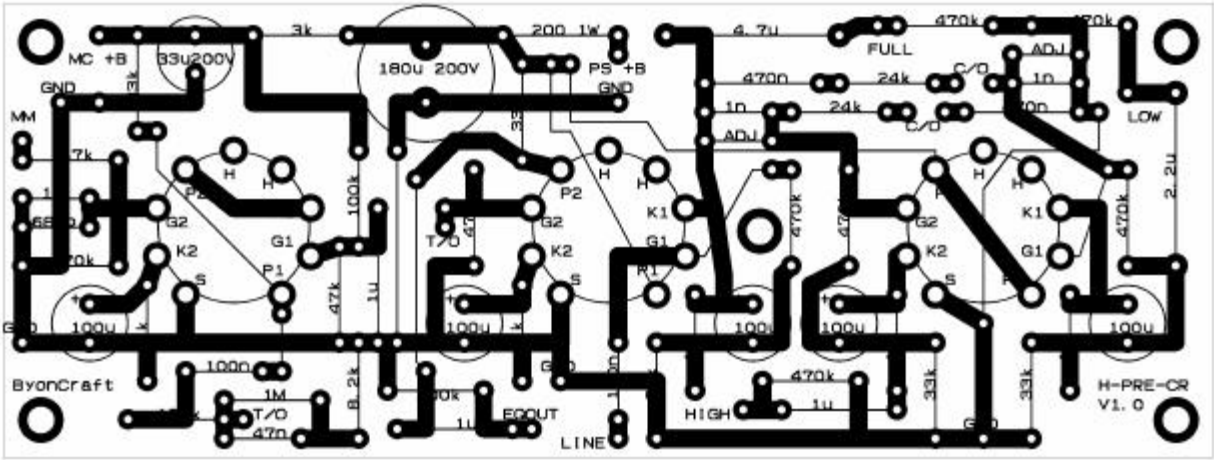


左図に実装の概略図を示します。
本機は、プリント基板を使用し、極力コンパクトに実装するように工夫しました。
各自の好みに工夫していただきたいと考えます。

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
2	+B用 電源トランス	100V 0.1A	フェニックス Rコア型	特注
3	ヒーター用 電源トランス	15V 0.9A	フェニックス Rコア型	特注
4	電源基板	140 x 50 t2	ユニクラフト	特注
5	アンプ基板 x 2	160 x 60 t2	ユニクラフト	特注
6	MCアンプ基板	120 x 30 t2	ユニクラフト	特注
7	Volume	100k Ω (A)x2	アルプス・アルパイン	RK27
8	Input	3回路 4接点	アルプス・アルパイン	SRRN ロータリーSW
9	CrossOver	4回路 3接点	アルプス・アルパイン	SRRN ロータリーSW
10	Output	6回路 2接点	アルプス・アルパイン	SRRN ロータリーSW
11	Power	6P 8A	日本電産フジソク	トグルSW
12	MC/MM	6P	日本電産フジソク	トグルSW

7. 基板設計(1/2)



アンプ基板のパターン図と部品表を示します。(片チャンネル分)

- 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。表面に実装します。数カ所ジャンパーがあります。
- 3) 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。

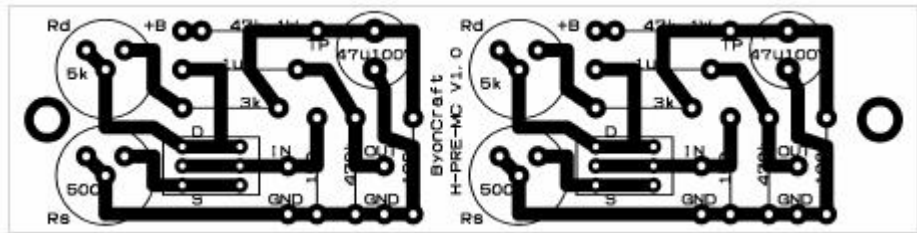
分類	部品名	値、定格等	数量	備考
	プリント基板	160 x 60 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
	MT9Pソケット	基板用	3	TECSOL
R	デカップリング抵抗	200 1W	1	金属皮膜
C	給電コンデンサー	180u 200V	1	日本ケミコン KXJ
R	デカップリング抵抗	3k 1/2W	1	金属皮膜
C	給電コンデンサー	33u 200V	1	日本ケミコン KXJ
R	プレート/カソード負荷抵抗	33k 1/2W	5	金属皮膜
R	カソードバイアス抵抗	1k 1/2W	5	金属皮膜
C	バイパスコンデンサー	100u 25V	5	日本ケミコン KYB
R	グリッドリーク抵抗	470k 1/2W	5	金属皮膜
R	出力リーク抵抗	470k 1/2W	5	金属皮膜
R	REC出力リーク抵抗	200k 1/2W	1	金属皮膜
R	カスコードグリッド電位抵抗	100k 1/2W	1	金属皮膜
R	カスコードグリッド電位抵抗	47k 1/2W	1	金属皮膜

分類	部品名	値、定格等	数量	備考
C	グリッドリーク・コンデンサー	1u 250V	1	SOSHIN DM
R	ROLL-OFF	47k 1/2W	1	金属皮膜
C	ROLL-OFF	1000p	1	SOSHIN DM
C	ROLL-OFF	680p	1	SOSHIN DM
C	EQ結合コンデンサー	0.1u 250V	1	SHIZUKI DEMS
R	TURN-OVER	120k 1/2W	1	金属皮膜
R	TURN-OVER	8.2k 1/2W	1	金属皮膜
R	TURN-OVER	1M 1/2W	1	金属皮膜
C	TURN-OVER	0.047u 250V	1	SHIZUKI DEMS
C	EQ出力コンデンサー	1u 250V	1	SHIZUKI DEMS
C	FLAT入力コンデンサー	0.1u 250V	1	SHIZUKI DEMS
C	FLAT結合コンデンサー	0.47u 250V	2	SHIZUKI DEMS
C	CROSS-OVERコンデンサー	1000p	2	SOSHIN DM
R	CROSS-OVER抵抗	24k 1/2W	4	金属皮膜 2個 SW外付け
R	CROSS-OVER抵抗	150k 1/2W	2	金属皮膜 SW 外付け
C	BI-AMP出力コンデンサー	4.7u 250V	1	SHIZUKI DEMS
C	LOW出力コンデンサー	2.2u 250V	1	SHIZUKI DEMS
C	HIGH出力コンデンサー	1u 250V	1	SHIZUKI DEMS

7. 基板設計(2/2)

MC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)

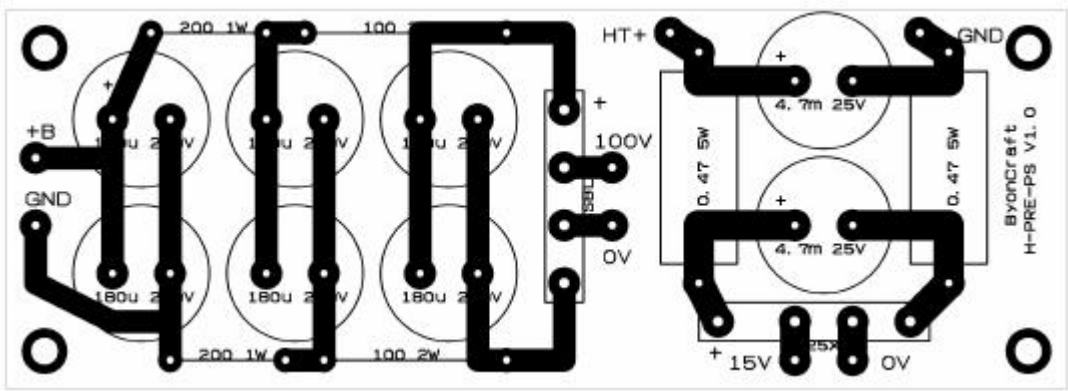
- 1) パターン図は実寸大ではありません。部品配置の参考にしてください。
- 2) パターンは裏面片面です。表面に実装します。ICソケットの使用は任意です。
- 3) 2.54mm間隔の穴あき基板も使えると考えます。



分類	部品名	値、定格等	数量	備考
	プリント基板	120 x 30 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
	ICソケット	6P	2	Neltron El. (China)
R	デカップリング抵抗	47k 1W	2	金属皮膜
R	デカップリング抵抗	100k 1/2W	2	金属皮膜
C	給電コンデンサー	47u 100V	2	日本ケミコン KXJ
R	カートリッジ負荷抵抗	150 1/2W	2	金属皮膜
R	ドレイン抵抗	3k 1/2W	2	金属皮膜
R	ドレイン抵抗トリマー	5k RJ-13	2	日本電産コパル
R	ソース抵抗トリマー	500 RJ-13	2	日本電産コパル
C	出力コンデンサー	1u 250V	2	SHIZUKI DEMS
R	出力リーク抵抗	470k 1/2W	2	金属皮膜

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。表面に実装します。SIPダイオードは放熱器不要です。
- 3) 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	140 x 50 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
Di	B電源 SIPダイオード	400V 4A	1	新電元 D4SBL40 FRD
R	フィルター抵抗	100 2W	2	金属皮膜
R	フィルター抵抗	200 1W	2	金属皮膜
C	フィルターコンデンサー	180u 200V	6	日本ケミコン KXJ
Di	ヒーター電源 SIPダイオード	600V 25A	1	新電元 LN25XB60
R	フィルター抵抗	0.47 5W	2	セメント
C	フィルターコンデンサー	4700u 35V	6	日本ケミコン KYB