

MC入力 無帰還プリアンプの設計

byoncraft

Rev.1 2025/08

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真空管プリアンプの設計を紹介しています。
MC入力の真空管プリアンプを製作する場合、特性の良いMCトランスの選択に迷います。
また、高価であることや、内蔵する場合はノイズ対策も悩みの種です。
本機は、MCトランスを使用せず、全段真空管による無帰還回路で構成しています。

Contents

1. プリアンプの概要	Page 2
2. ブロックダイアグラム	Page 3
3. フォノイコライザ一部の回路設計	Page 4
4. ラインアンプ部の回路設計	Page 5
5. 電源部の回路設計	Page 6
6. アンプ部の特性	Page 7
7. 実装設計	Page 8
8. 基板設計	Page 9

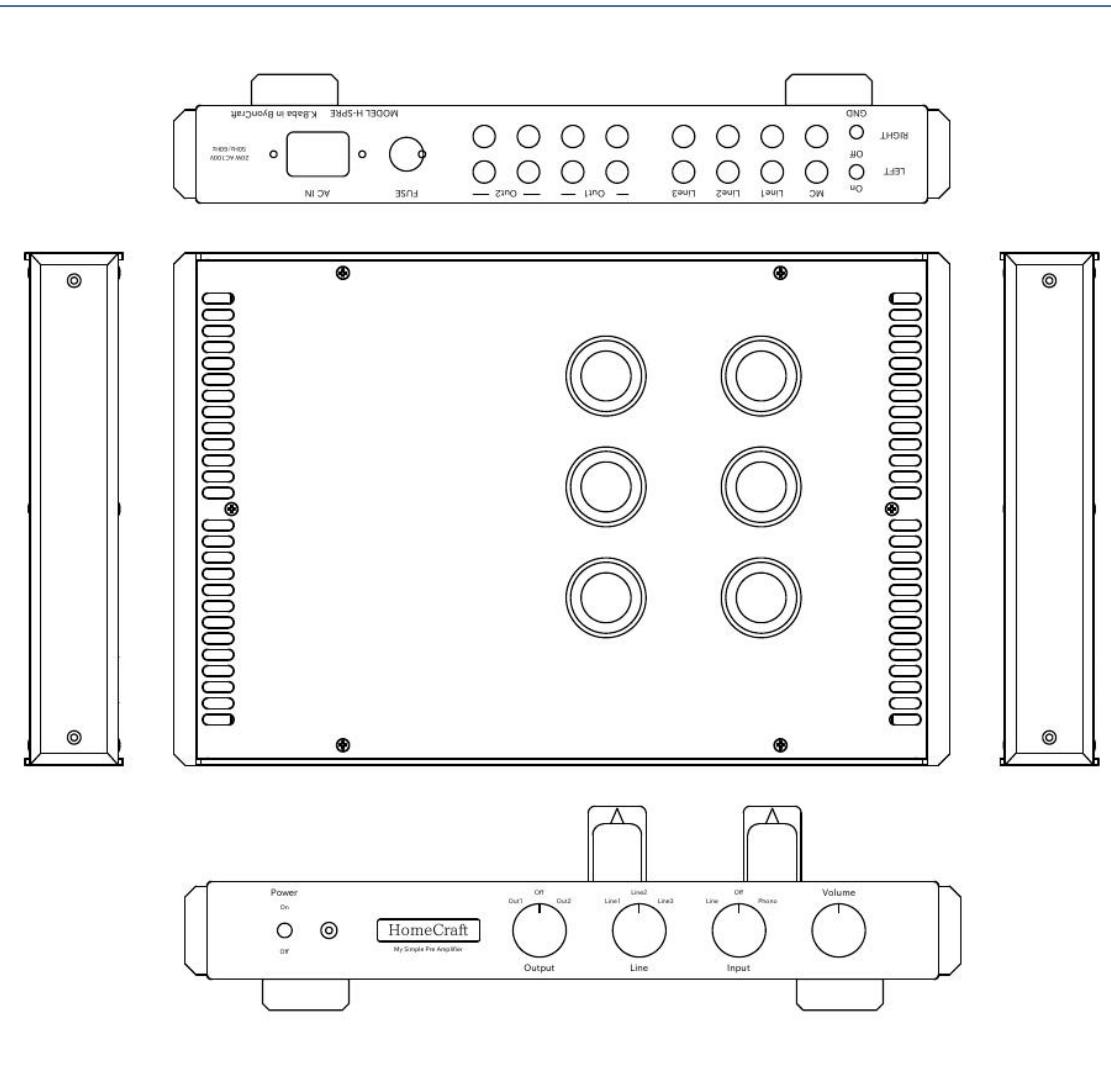
※ ご注意

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. プリアンプの概要

本機は、MCカートリッジの出力をダイレクトに真空管フォノイコライザー回路で増幅する、シンプルな構成のプリアンプです。

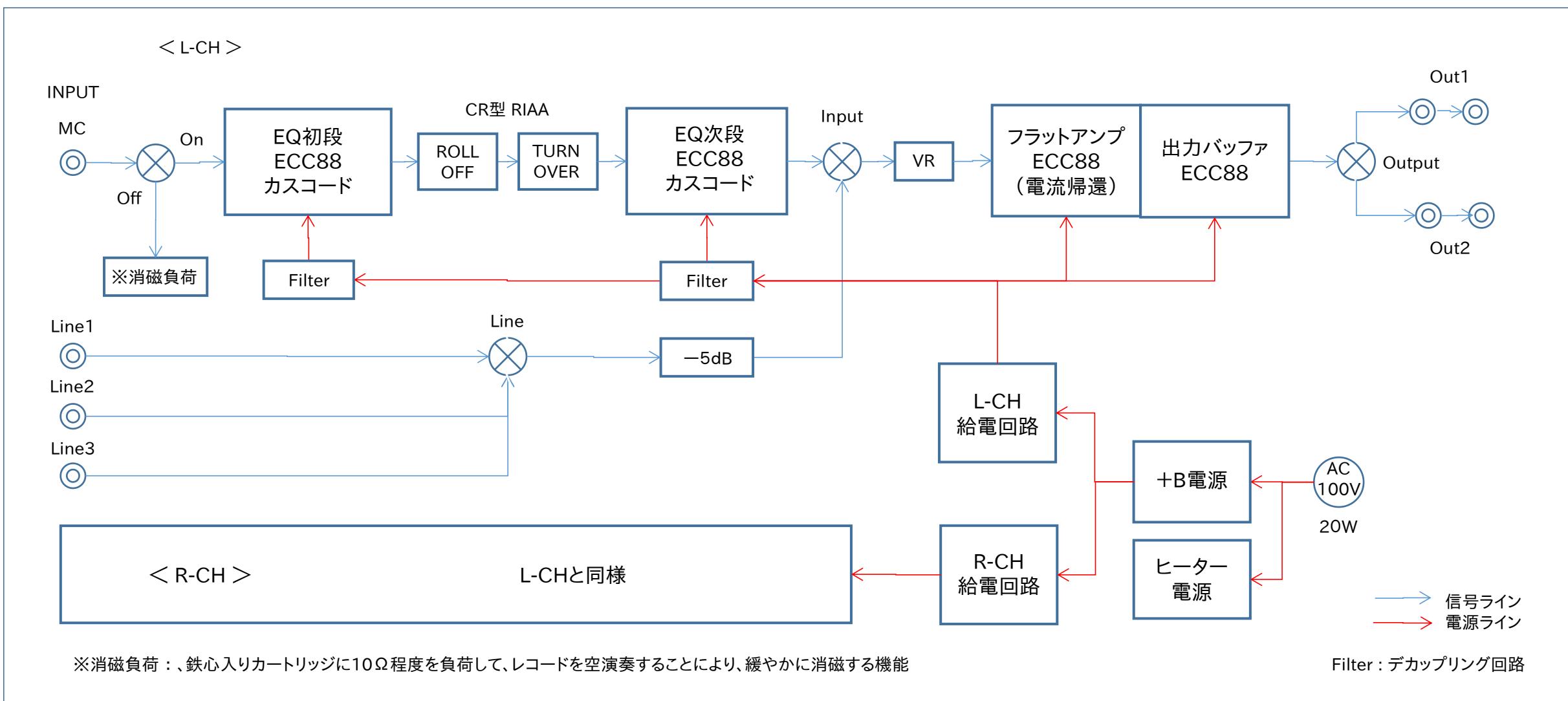
MC入力専用として増幅段を増やさず、ラインアンプを含めた3段構成で適切にゲイン配分を行っています。よって、CR型の無帰還回路を採用しています。



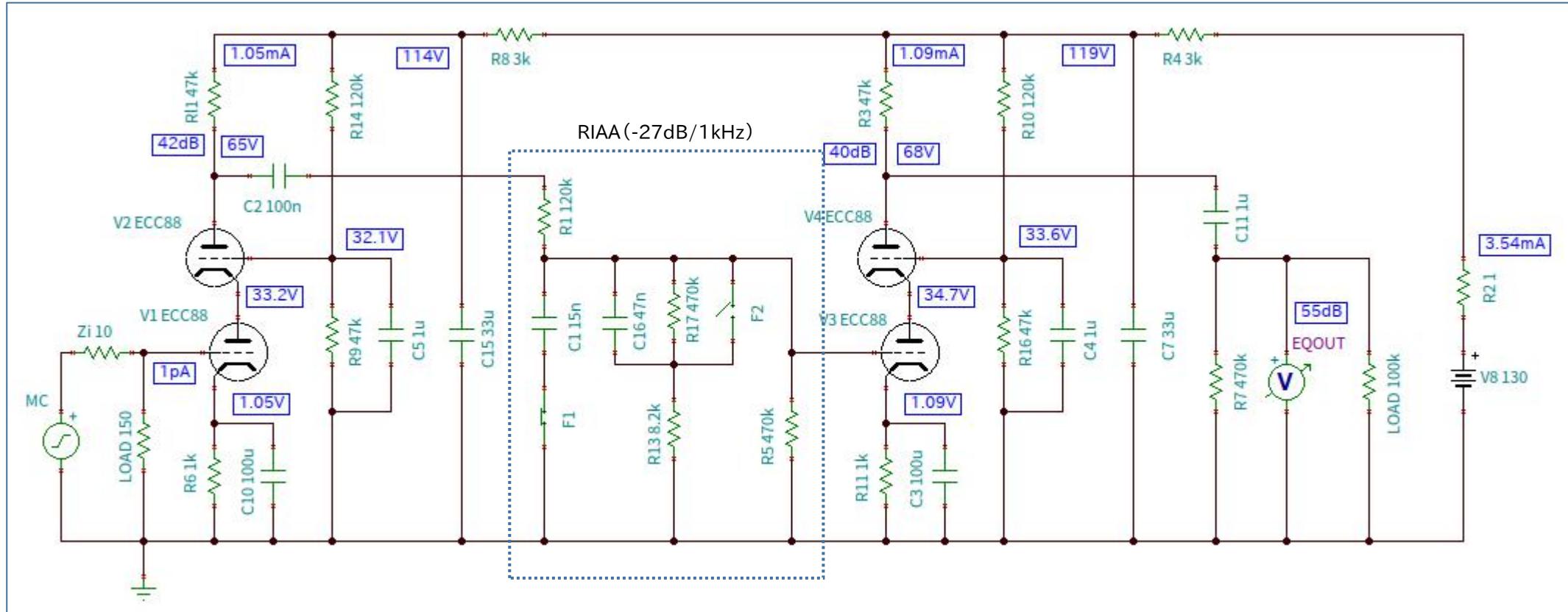
- 1) S/Nの良いプリアンプを作るには、+B電圧の低電圧化が有効です。
- 2) フォノイコライザーパーは低電圧動作管ECC88を採用して、カスコード回路により高ゲイン化を図っています。
- 3) MM入力に対応する場合やNF型を採用する場合、どうしても増幅段が増えて回路構成は複雑化します。全体の性能を損なうため、MC入力専用としています。
- 4) ラインアンプ部もECC88を採用して、低い+B電圧を活かしたシンプルな回路にまとめています。
- 5) 電源部は、+B電圧を130Vと/orしてあります。また、各増幅段の動作電流を少なくしているので、多段CRフィルターのみで電源回路の高性能化と小型化が可能となっています。
- 6) 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。
- 7) 真空管の頭が突出する外観とす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。



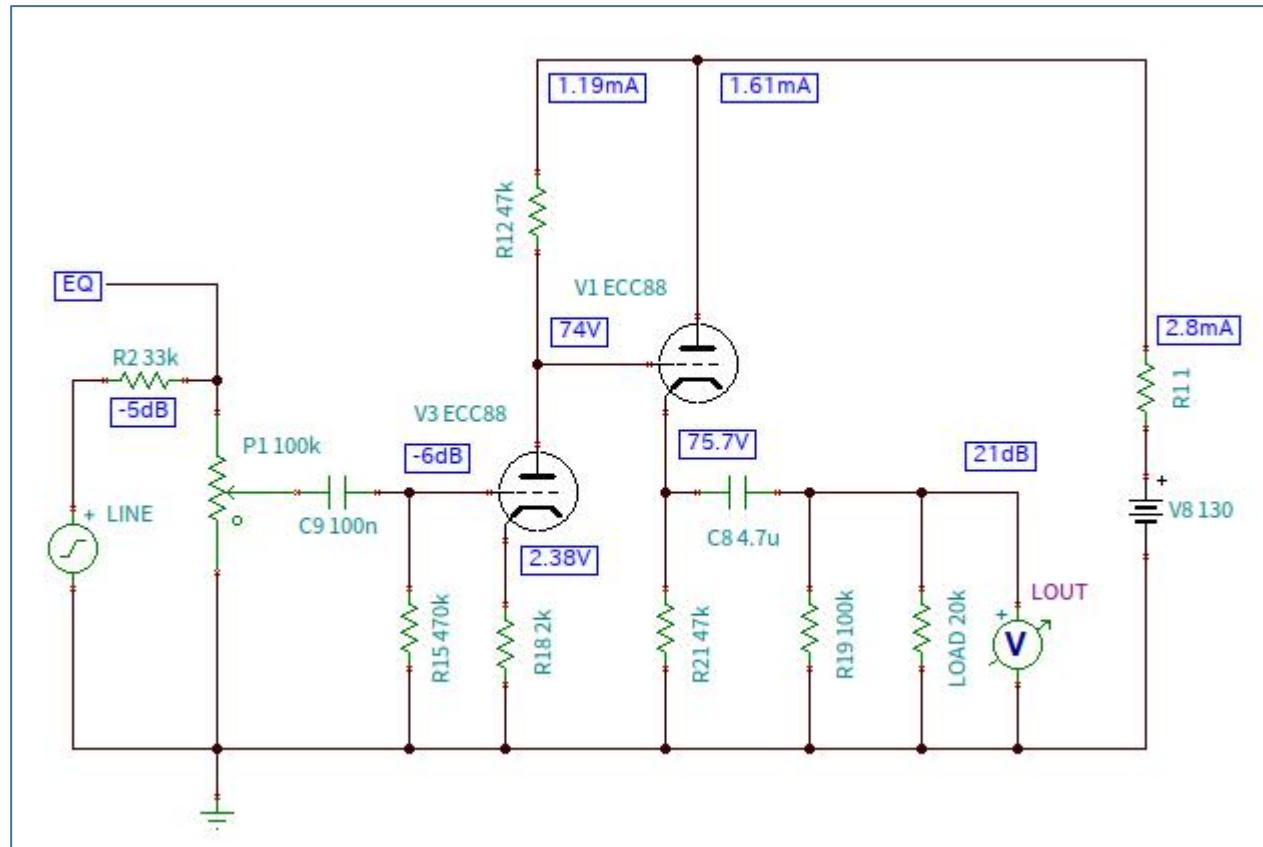
3. フォノイコライザ一部の回路設計



フォノイコライザ一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) 全体の回路構成は、ECC88カスコード回路によるシンプルな2段構成です。初段はゲイン=42dB、次段はゲイン=40dBを確保しています。
- 2) 段間にCR型のRIAAイコライザーを設けています。RIAAネットワークは、 $Z_{in}=136\text{k}\Omega$ (=初段 Z_{out} (=16kΩ)+120kΩ)を基準とした定数となっています。
- 3) フォノイコライザ一部の総合ゲインは、55dBです。若干不足しますので、ラインアンプ部で5dBを補います。
- 4) MCダイレクト入力の真空管フォノイコライザ回路の設計のポイントは、下記のとおりと考えます。
 - +B電源の電圧を低くして十分にリップルを除去しています。動作電流も少ない電流が有利と考えます。また、增幅段数は少なくしてCRの数を減らしています。
 - ヒーターは無論、直流点火が必要です。本機では、さらに、H-K耐圧を考慮した上でヒーターバイアスを掛けています。
 - MCカートリッジを直接接続するため、初段グリッドのDC漏れ電流は要注意です。シミュレーションでは、起動時に5pA、使用中は1pA程度に収まっています。

4. ラインアンプ部の回路設計



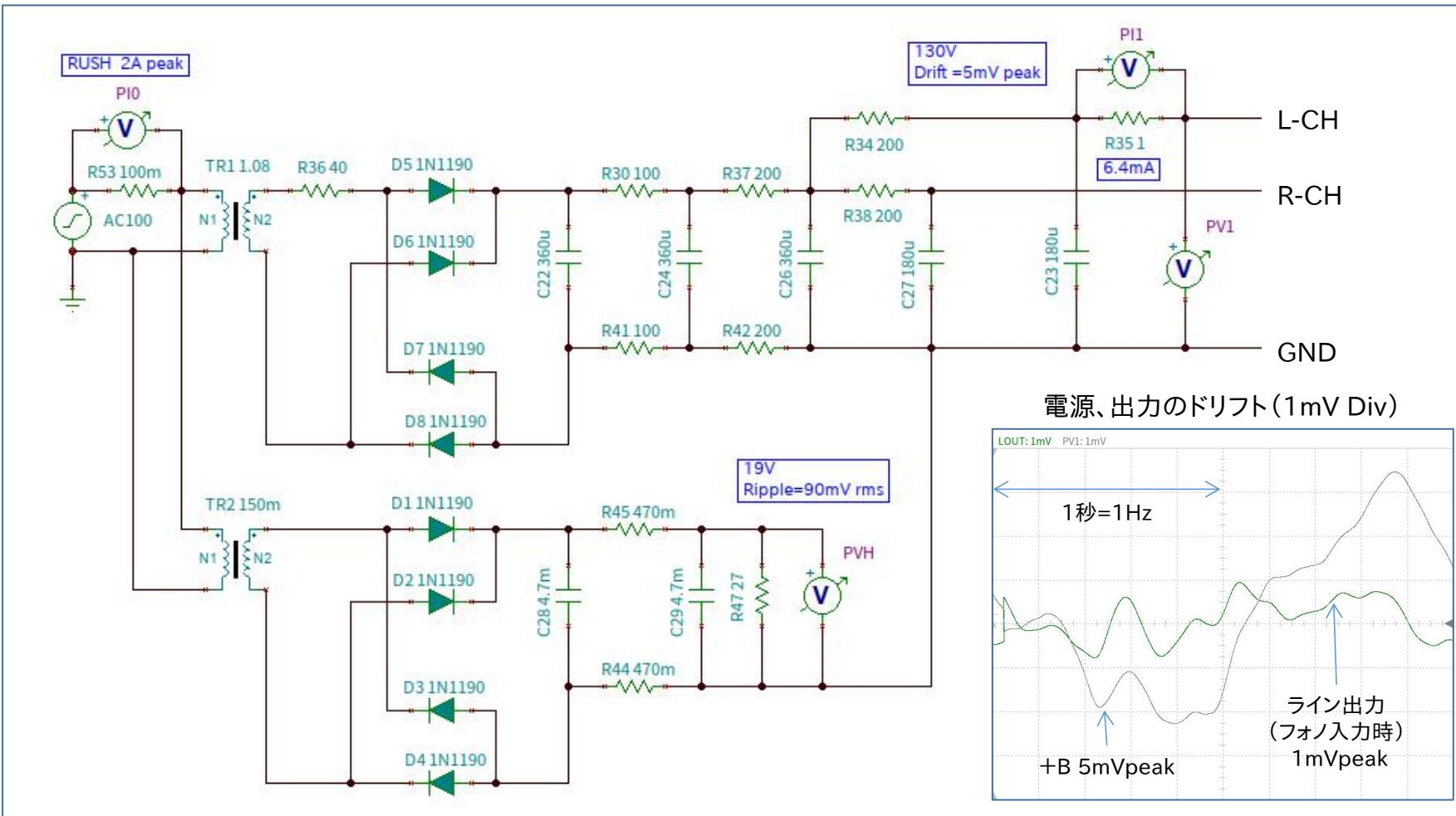
ラインアンプ部のシミュレーション回路図を示します。

以下、ポイントを解説します。

- 1) アンプ回路は、ECC88のカソード接地回路と、直結したECC88のカソードフォロワー回路で構成しています。
- 2) アンプ回路のゲインは、21dBとなるように、負荷抵抗値の調整と、カソード電流帰還を組み合わせています。電流帰還により、-6dBのゲイン調整を行っています。
- 3) フォノ入力時は、21dBをフルに活用します。
- 4) ライン入力時は、直列に抵抗を挿入して5dB減衰させています。ライン入力のゲインは16dBとなります。
- 5) 直列に抵抗を入れることで高域特性が懸念されますが、ECC88の入力容量が小さいため、どのボリューム位置でも約100kHzまでフラットな特性を確保できています。
- 6) 出力回路は、出力コンデンサーの容量を大きくし、 $20\text{k}\Omega$ ($40\text{k}\Omega$ 入力のパワーアンプ2台)の負荷をドライブ可能となっています。
- 7) 出力インピーダンスは、約 190Ω 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 (130V前後、6.4mA × 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。合計約1400uFのコンデンサーを投入します。
- 3) リップルはほとんど観測できず、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5Hz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。

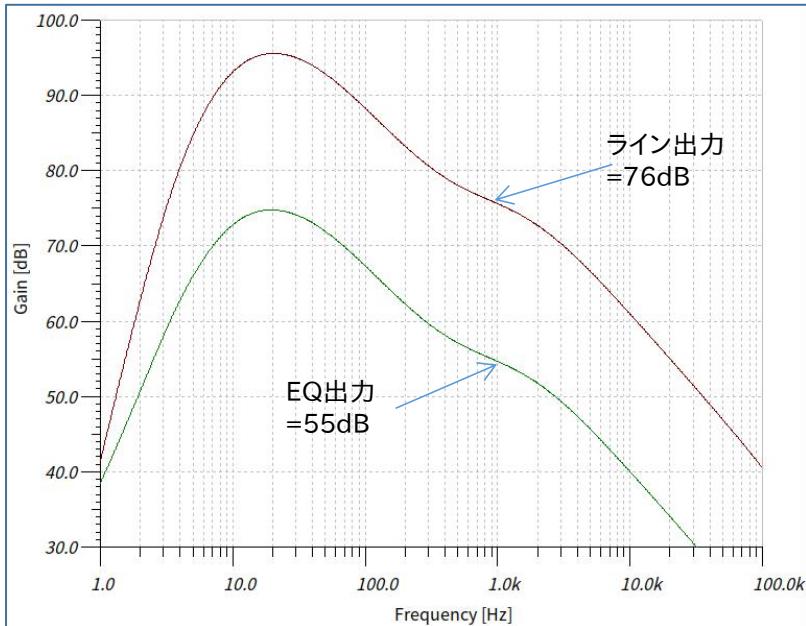
ヒーター電源 (19V前後、0.6A)

- 1) ヒーターは直流点火しますが、チャネルごとに3本を直列で点火します。
- 2) 大容量コンデンサーで2段フィルターとしました。
- 3) フォノコライザー初段をプラス側とします。これにより+13V程度のヒーターバイアスが初段に掛かります。

6. アンプ部の特性

MC入力時の特性は、下記のとおりです。

1) イコライザー特性



左図のとおり、良好な特性となっています。

- 1) RIAAカーブを正確にトレースしています。
- 2) また、100kHzまで素直に伸びています。
- 3) 20Hz以下は、急峻に減衰してサブソニックフィルターを形成しています。

2) 歪率特性(1kHz)

※EQとLine間で若干の2次歪の打ち消しがあります。

MC In	EQ Out	EQ THD	Volume	Line Out	THD
300uV	162mV	0.10%	100%	1.83V	0.08%
3mV	1.61V	0.76%	50%	9.0V	0.52%
6mV	3.34V	1.51%	25%	9.0V	1.25%

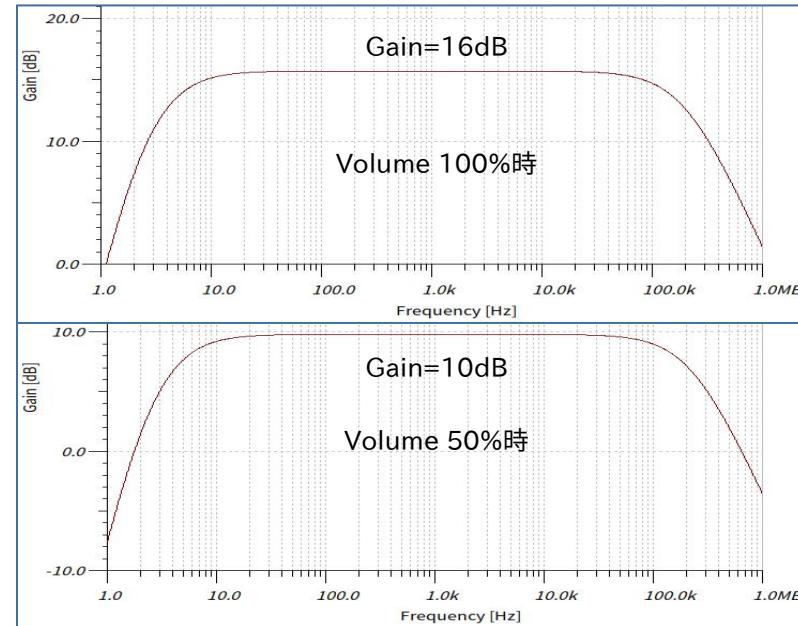
3) 残留ノイズ(想定)

EQ出力 : 60uV rms, S/N=68dB / 162mV rms (Gain=55dB, 補正なし)

ライン出力 : 620uV rms, S/N=69dB / 1.83V rms (Gain=76dB, 補正なし)

ライン入力時の特性は、下記のとおりです。

1) 周波数特性



左図のとおり、良好な特性となっています。

- 1) 10Hz～100kHzを-1dBでカバーしています。
- 2) また、どのボリューム位置でも高域特性は同様です。

2) 歪率特性(1kHz)

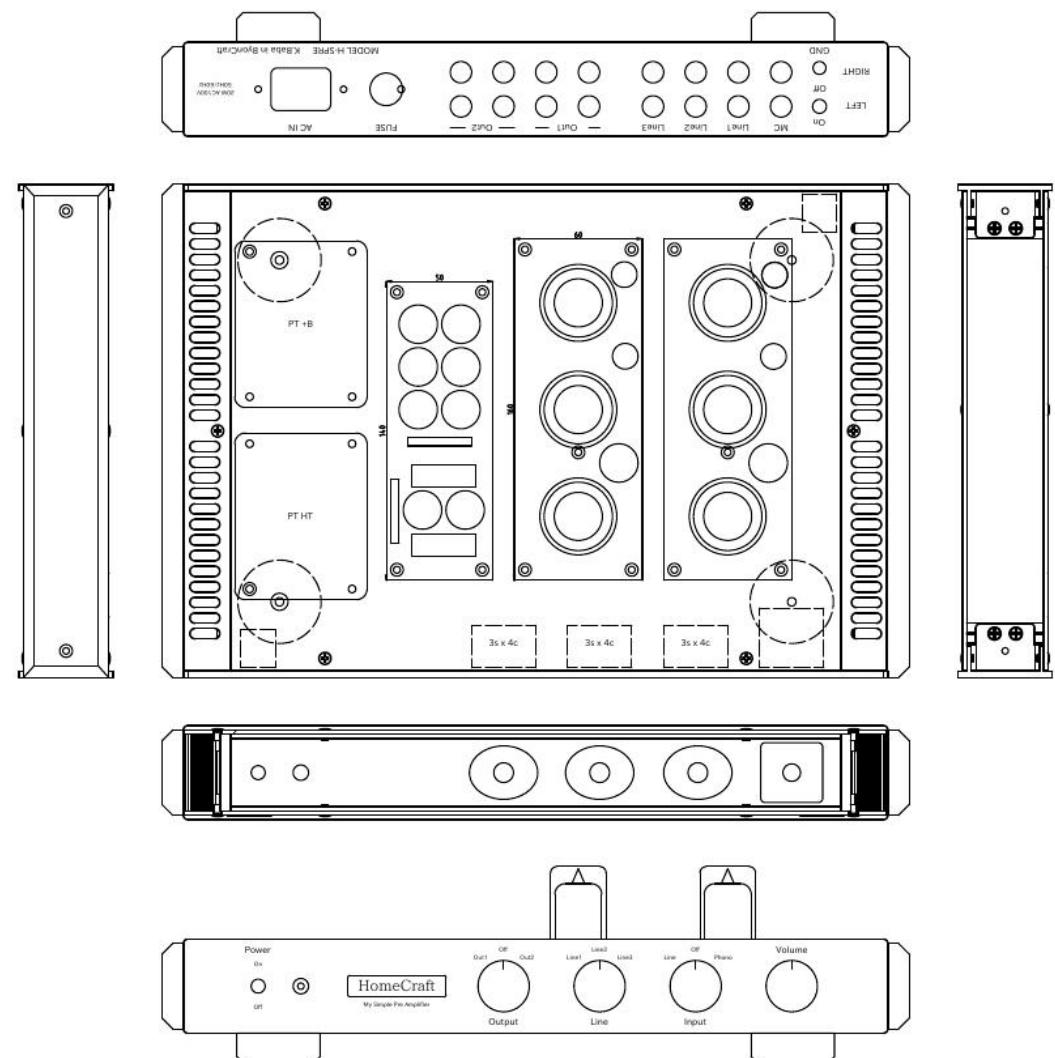
Line In	Volume	Line Out	THD
300mV	100%	1.85V	0.05%
1V	100%	6.1V	0.17%
2V	100%	12.2V	0.31%

3) 残留ノイズ(想定)

80uV rms, S/N=87dB / 1.85V rms (Gain=16dB, 補正なし)

※-5dBの減衰抵抗の影響により、S/Nは10dB程度劣化します。

7. 実装設計



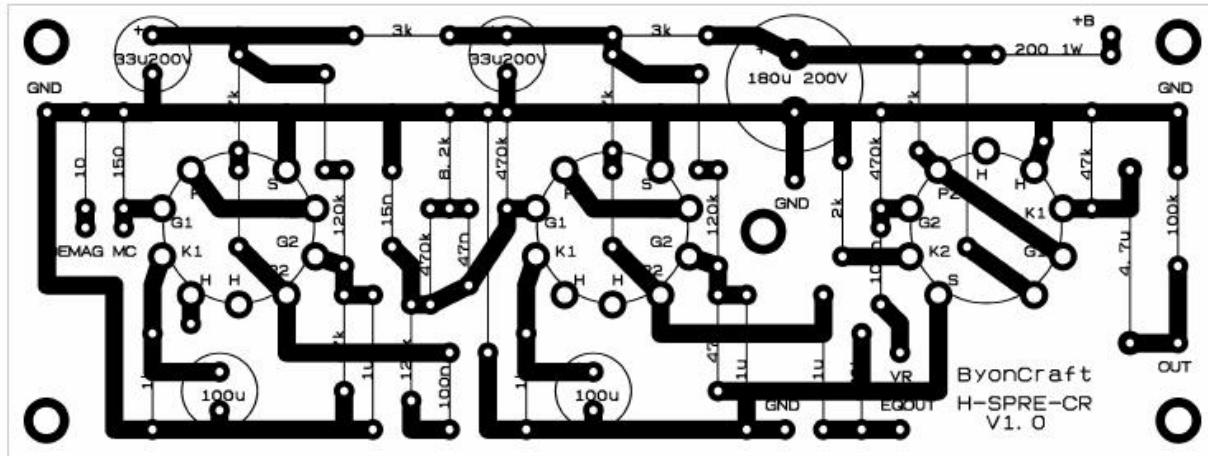
左図に実装の概略図を示します。

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	+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	Volume	100kΩ(A)x2	アルプラス・アルパイン	RK27
7	Input	4回路 3接点	アルプラス・アルパイン	SRRN ロータリーSW
8	Line	4回路 3接点	アルプラス・アルパイン	SRRN ロータリーSW
9	Output	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
11	MC On/Off	6P	日本電産フジソク	トグルSW

8. 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	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	2	金属皮膜
C	給電コンデンサー	33u 200V	2	日本ケミコン KXJ
R	EQ プレート負荷抵抗	47k 1/2W	2	金属皮膜
R	EQ カソードバイアス抵抗	1k 1/2W	2	金属皮膜
C	EQ バイパスコンデンサー	100u 25V	2	日本ケミコン KYB
R	EQ カスコードグリッド抵抗	120k 1/2W	2	金属皮膜
R	EQ カスコードグリッド抵抗	47k 1/2W	2	金属皮膜
C	EQ カスコードグリッドリーク	1u 250V	2	SHIZUKI DEMS

アンプ基板のパターン図と部品表を示します。(片チャネル分)

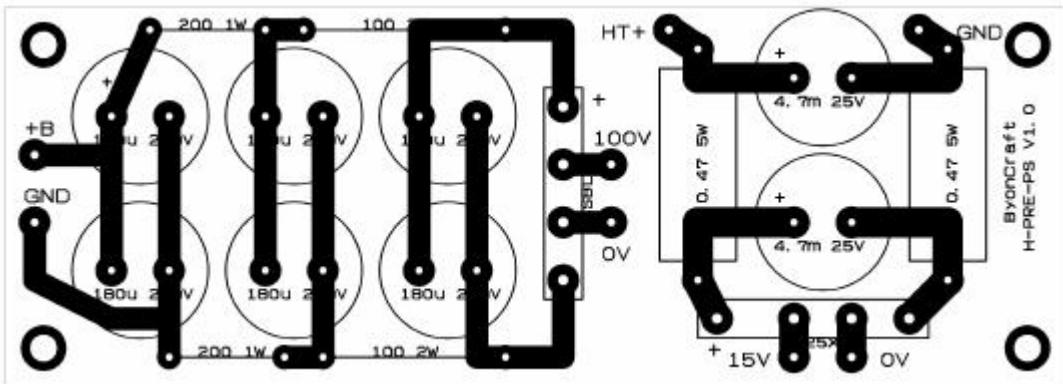
- 1) パターン図は実寸大ではありません。部品配置の参考にしてください。
- 2) パターンは裏面片面です。表面に実装します。数カ所ジャンパーがあります。
- 3) ソケットの取付を工夫すれば、2.54mm間隔の穴あき基板も使えると考えます。

分類	部品名	値、定格等	数量	備考
R	EQ MC負荷抵抗	150 1/2W	1	金属皮膜
R	EQ MC消磁抵抗	10 1/2W	1	金属皮膜
C	EQ結合コンデンサー	0.1u 250V	1	SHIZUKI DEMS
R	EQ RIAA入力抵抗	120k 1/2W	1	金属皮膜
C	RIA A ROLL-OFF	0.015u 250V	1	SHIZUKI DEMS
C	RIA A TURN-OVER	0.047u 250V	1	SHIZUKI DEMS
R	RIA A TURN-OVER	8.2k 1/2W	1	金属皮膜
R	RIA A TRUN-OVER	470k 1/2W	2	金属皮膜
C	EQ 出力コンデンサー	1u 250V	1	SHIZUKI DEMS
R	EQ 出力リーク抵抗	470k 1/2W	1	金属皮膜
R	FLAT 入力減衰抵抗	68k 1/2W	1	金属皮膜 SW 外付け
C	FLAT 入力コンデンサー	0.1u 250V	1	SHIZUKI DEMS
R	FLAT 入力リーク抵抗	470k 1/2W	1	金属皮膜
R	FLAT プレート負荷抵抗	47k 1/2W	1	金属皮膜
R	FLAT カソードバイアス抵抗	2k 1/2W	1	金属皮膜
R	FLAT カソード負荷抵抗	47k 1/2W	1	金属皮膜
C	FLAT 出力コンデンサー	4.7u 250V	1	SHIZUKI DEMS
R	FLAT 出力リーク抵抗	100k 1/2W	1	金属皮膜

8. 基板設計(2/2)

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。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	2	日本ケミコン KYB

(合計 17)