

# Line Driver Unit

## C-06b

### 設計書・製作仕様書(第4版)



# 目次

No.	タイトル	ページ	図
1	適用および製品概要	3	
2	仕様一覧	4	
3	12BH7 増幅回路の設計	6	図-1: 12BH7Aロードライン
4	12BH7 増幅回路シミュレーション	7	図-2: シミュレーション回路 図-3: 10K $\Omega$ 負荷出力波形 図-4: 100K $\Omega$ 負荷出力波形
5	12BH7 増幅回路 周波数特性シミュレーション	8	図-5: 10K $\Omega$ 負荷 周波数特性 図-6: 100K $\Omega$ 負荷 周波数特性
6	12BH7 増幅部 入出力特性シミュレーション	9	図-7: 入出力特性グラフ
7	12AU7 増幅回路の設計	10	図-8: 12AU7ロードライン
8	12AU7 増幅回路シミュレーション	11	図-9: シミュレーション回路 図-10: 10K $\Omega$ 負荷出力波形 図-11: 100K $\Omega$ 負荷出力波形
9	12AU7 増幅回路 周波数特性シミュレーション	12	図-12: 10K $\Omega$ 負荷 周波数特性 図-13: 100K $\Omega$ 負荷 周波数特性
10	12AU7 増幅部 入出力特性シミュレーション	13	図-14: 入出力特性グラフ
11	増幅部回路図	14	回路構成及びCR類の定数は変更する場合があります。
12	電源部回路図	15	回路構成及びCR類の定数は変更する場合があります。
13	部品配置図	16	部品配置は変更する場合があります。
14	外形寸法図	17	塗装色は変更する場合があります。

## 1. 適用および製品概要

■適用：本設計書は、電圧増幅双三極管12BH7A/12AU7の差動増幅方式によるラインレベルのオーディオ信号増幅器C-06bの製作および設計仕様に適用します。

### ■C-03bの設計コンセプト

1：本機はフォノイコライザアンプやCDプレーヤ等のラインレベルのオーディオ信号の品質を損ねずにパワーアンプへ受け渡すLow Gain(約2倍～5倍) ラインドライバとして設計しました。

2：信号劣化を極力避けるため、複数段の増幅回路とせずに単段の増幅回路として信号経路をシンプル化した増幅回路としています。

3：単段の増幅回路で低歪率を実現するため原理的に2次歪の発生しないカソード結合によるPG帰還差動増幅方式としています。

出力部に大容量のAudiophile製MKPコンデンサーを実装する事でPG帰還方式の負荷インピーダンス変動に伴う周波数特性と増幅度への影響を最小限に押さえました。

4：差動方式により信号ラインの同相ノイズがキャンセルされた高SNの増幅回路をさらに静粛性を確保するため、DC点火方式としてローノイズ化を図り、プレート電圧（B電圧）整流部は

ST Micro ST-13003 NPNトランジスタを使用したアクティブ方式のリプルフィルターにより低リップルなB電圧を供給しています。

5：特注の2mm厚SPC鋼板に銅メッキしたシンプルで堅牢な構造のシャシーが安定した回路グランドを確保し、強固な構造と22mmΦ真鍮削り出しのインシュレータにより明確なメカニカル

グランド を確保して安定性と静粛性を確保しています。

6：二種類の真空管を無調整で差し替え可能な設計としました。

#### ■12BH7A

TVの垂直偏向管として設計された頑丈で強力なドライブ能力を有する真空管です。

最大出力近辺で発生する特有の2次歪は差動回路で打ち消しを行い、超低域から超高域までワイドでフラットな周波数特性を確保しています。

#### ■12AU7（欧州名：ECC82、高信頼管：ECC802S）

直線性に優れた中μ電圧増幅管です。

オーディオ用として長年使用され、ローノイズで直線性に優れた音質には定評があります。

7：3種類のNFB抵抗を切り替えてゲインと周波数特性を変化させる事で再生プレゼンスの変化が楽しめるプレゼンスセレクトを実装しています。

## 2.仕様

No.	項目	仕様				備考	
1	形式	機能：ラインアンプ 増幅回路形式：単段差動方式					
2	使用可能真空管	12BH7A				12BH7A及び12AU7を無調整で差し替え可能	
		12AU7 ( ECC82/ECC802/ECC802S)					
3	周波数特性	5Hz～200KH z				-3dB (10KΩ負荷、P1 Position)	
		5Hz～100KH z				-3dB (100KΩ負荷、P1 Position)	
4	入力インピーダンス	100KΩ					
5	出力インピーダンス ・ON/OFF法	真空管	12BH7A		12AU7		Rnfb1=150KΩ (プレゼンスP1) Rnfb2=250KΩ (プレゼンスP2) Rnfb3=500KΩ (プレゼンスP3)
		Load	10KΩ負荷	100KΩ負荷	10KΩ負荷	100KΩ負荷	
		Rnb1	6.7KΩ	6.4KΩ	8.2KΩ	6.4KΩ	
		Rnfb2	8.2KΩ	9.9KΩ	9KΩ	9.9KΩ	
		Rnb3	10KΩ	11.1KΩ	10KΩ	11.1KΩ	
6	ゲイン	真空管	12BH7A 1KHz 0.5V入力		12AU7 1KHz 0.5V入力		Rnfb1=150KΩ (プレゼンスP1) Rnfb2=250KΩ (プレゼンスP2) Rnfb3=500KΩ (プレゼンスP3)
		Load	10KΩ負荷	100KΩ負荷	10KΩ負荷	100KΩ負荷	
		Rnb1	6.3dB (2倍)	10.4dB (3.3倍)	5.8dB (1.9倍)	10dB (3.16倍)	
		Rnfb2	7.4dB (2.3倍)	12.4dB (4.16倍)	6.3dB (2倍)	11.5dB (3.76倍)	
		Rnb3	8dB (2.5倍)	14dB (5.0倍)	7dB (2.4倍)	13dB (4.46倍)	
7	残留雑音 ・入力ショート	真空管	12BH7A		12AU7		Rnfb1=150KΩ (プレゼンスP1) Rnfb2=250KΩ (プレゼンスP2) Rnfb3=500KΩ (プレゼンスP3)
		Load	10KΩ負荷	100KΩ負荷	10KΩ負荷	100KΩ負荷	
		Rnb1	0.049mV (IHF-A)	0.052mV (IHF-A)	0.012mV (IHF-A)	0.018mV (IHF-A)	
		Rnfb2	0.057mV (IHF-A)	0.06mV (IHF-A)	0.013mV (IHF-A)	0.021mV (IHF-A)	
		Rnb3	0.065mV (IHF-A)	0.07mV (IHF-A)	0.015mV (IHF-A)	0.027mV (IHF-A)	
8	SN比 ・入力ショート ・0dB=1Vrms	真空管	12BH7A		12AU7		Rnfb1=150KΩ (プレゼンスP1) Rnfb2=250KΩ (プレゼンスP2) Rnfb3=500KΩ (プレゼンスP3)
		Load	10KΩ負荷	100KΩ負荷	10KΩ負荷	100KΩ負荷	
		Lo	-86dB (IHF-A)	-86dB (IHF-A)	-98dB (IHF-A)	-95dB (IHF-A)	
		Mid	-85dB (IHF-A)	-84dB (IHF-A)	-98dB (IHF-A)	-94dB (IHF-A)	
		Hi	-84dB (IHF-A)	-83dB (IHF-A)	-96dB (IHF-A)	-91dB (IHF-A)	

	全高調波歪率	①12AU7	0.14% (10KΩ 負荷)	②12BH7	0.06% (10KΩ 負荷)	1KHz / 1V出力/Rnfb=150KΩ の代表特性 詳細はTEST REPO T参照
			0.6% (100KΩ 負荷)		0.09% (100KΩ 負荷)	
	入力CH数	STEREO 3CH				RCAコネクタ
	出力CH数	STEREO 1CH				RCAコネクタ
	電源電圧	AC100V				変動率±10%以内
	構造	SPCC2mmt鋼板 銅メッキ 3ピース構造 (Bottom/Cover/Main Plate)				
	消費電力	22W (PSE)				無信号時/両チャンネル駆動/10Ω 負荷
	使用環境	0°C~35°C				結露無き事
	安全	過電流保護ヒューズ				2A × 1か所
	外形寸法 (mm)	354 (W) × 254 (D) × 85 (H)				突起物含まず
	質量	9.2Kg				
■仕様は予告なく変更する場合があります。						

### 3. 12BH7A 増幅回路の設計

#### 1. 設計条件

##### ①増幅形式

形式 単段差動増幅回路 (P-G帰還方式)

真空管 12BH7A

(代表特性はGeneral Electric社Data Sheet)

##### ②動作条件

- プレート電圧=280V
- プレート電流=6.3mA(定電流特性)
- バイアス電圧=-5.1V

上記を動作条件とした22KΩおのロードライン (図-1)

##### ③負帰還前の利得

バイアス-5.1Vを動作中心点としてフルスイングした場合約±5Vの振幅となり、この時のプレート電圧の変化は55V~190Vであるので負帰還前の増幅率は、

$$A = (190 - 55) \div 10 \approx 13.5 \text{ 倍 となります。}$$

##### ④P-G帰還後の利得

【註】 帰還抵抗=150KΩについて検討

負帰還後の利得は以下の式に依ります

■ 負帰還定数 ( $\beta$ ) = 受側抵抗 / (受側抵抗 + 帰還抵抗)

■ 負帰還後利得 ( $A_{nfb}$ ) = 利得 / [1 / (利得 ×  $\beta$ )]

$$\beta = 22K \div (22K + 150K) = 0.1279 (\approx 0.128)$$

$$A_{nfb} = 13.5 \div [1 + (13.5 \times 0.128)] = 4.94 \text{ 倍 (理論値)}$$

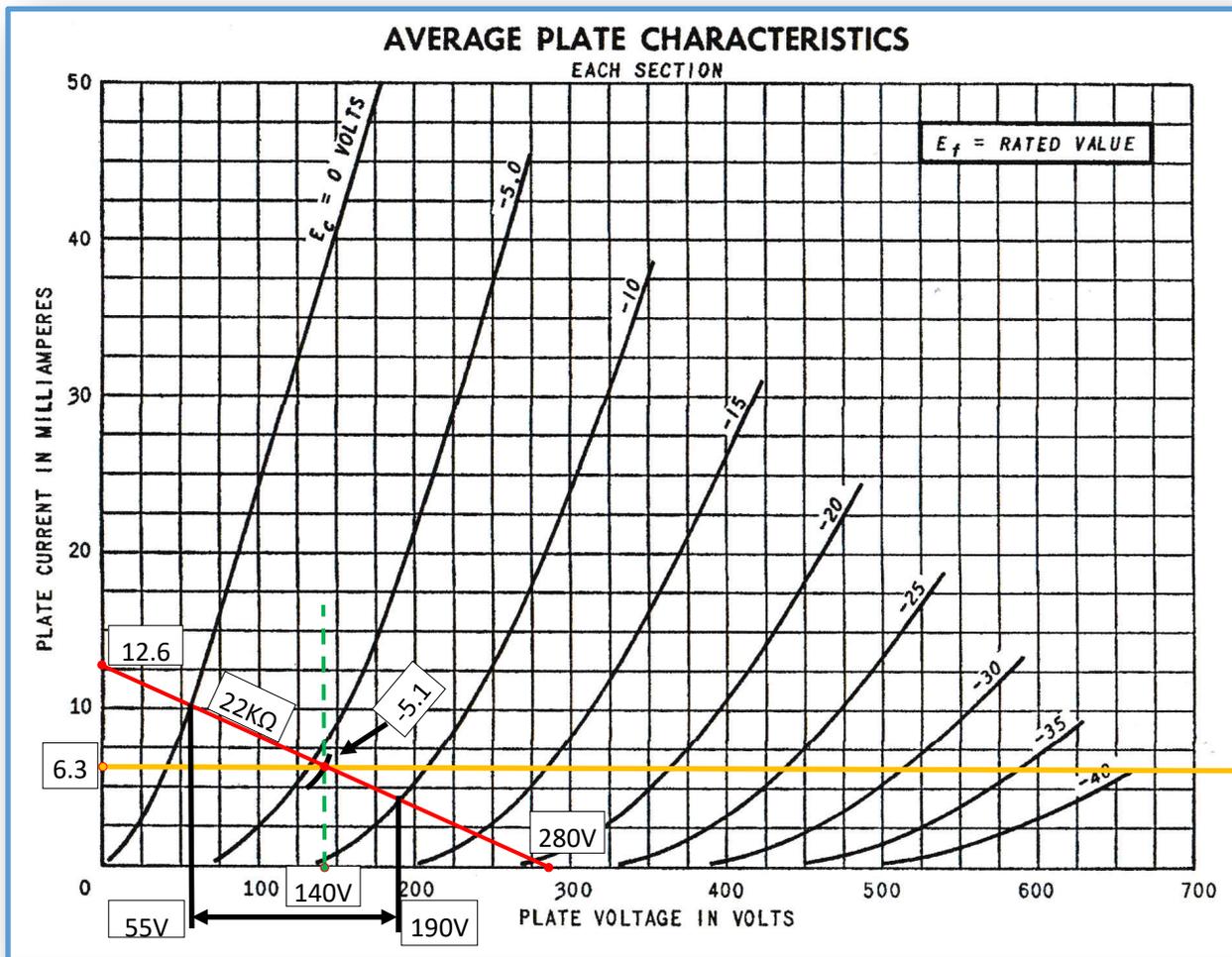
##### ⑤差動出力

差動出力をHOT/COLDの両側から出力した場合、項目④の利得となります。

差動出力をを片側のみから取り出した場合は、項目④の利得4.94倍の半分

となるため2.47倍 (理論値) となります。

12BH7A 22.KΩ LOAD LINE(図-1)



## 4. 12BH7増幅回路 シミュレーション

- 入力条件：1KHz 正弦波 振幅=5V (10Vp-p)
- 真空管モデル：12BH7A
- シミュレーション回路：図-2
- 負荷インピーダンス
  - ①10K $\Omega$  (図-3)
  - ②100K $\Omega$  (図-4)
- NFB抵抗=150K $\Omega$

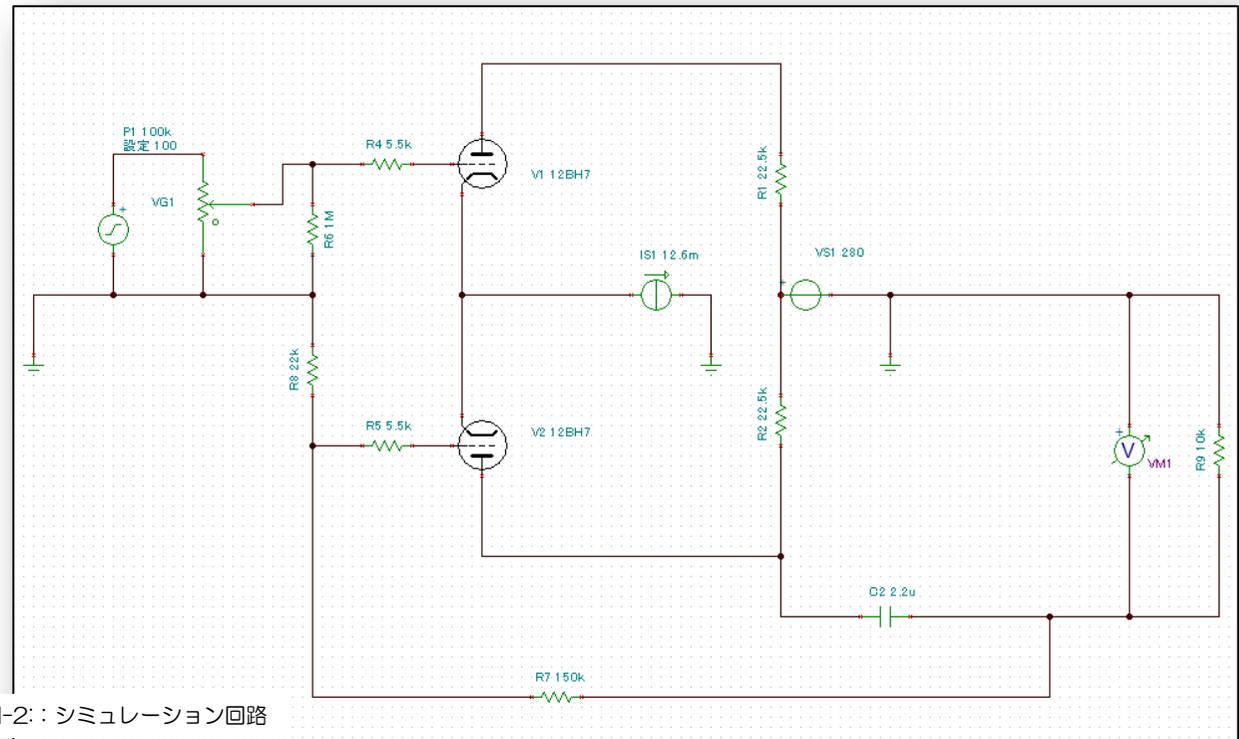


図-2：シミュレーション回路

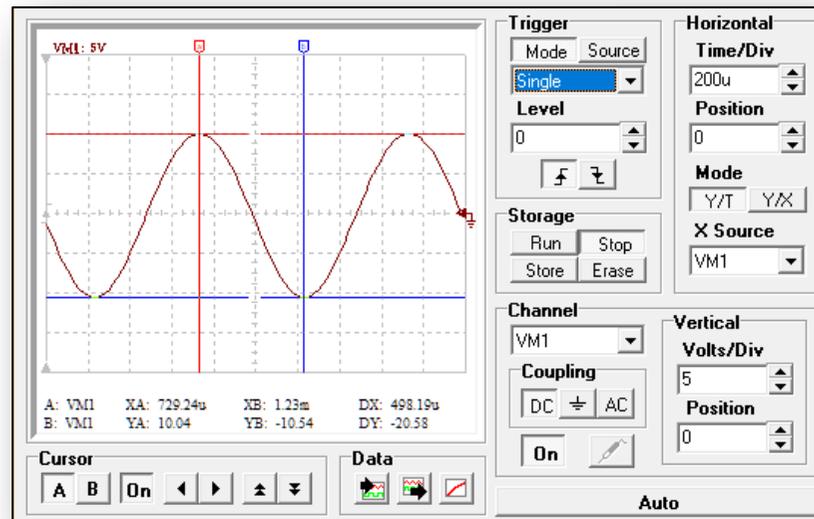


図-3：10K $\Omega$ 負荷 利得=2.06倍

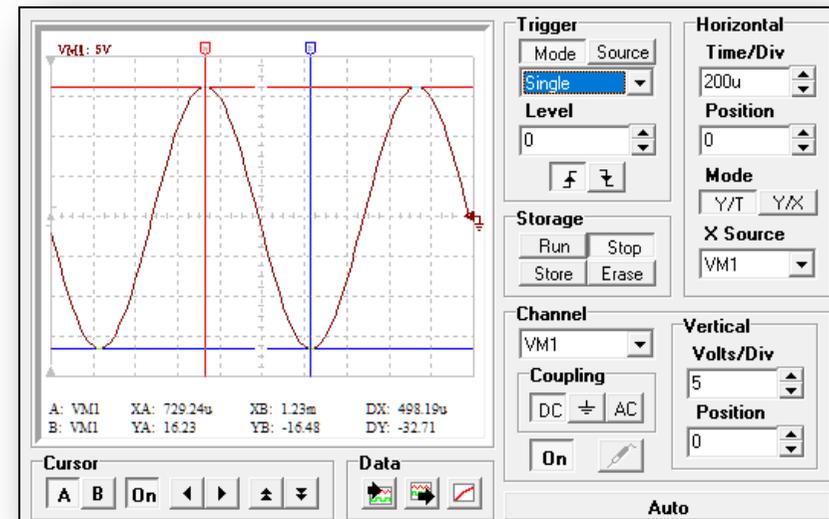
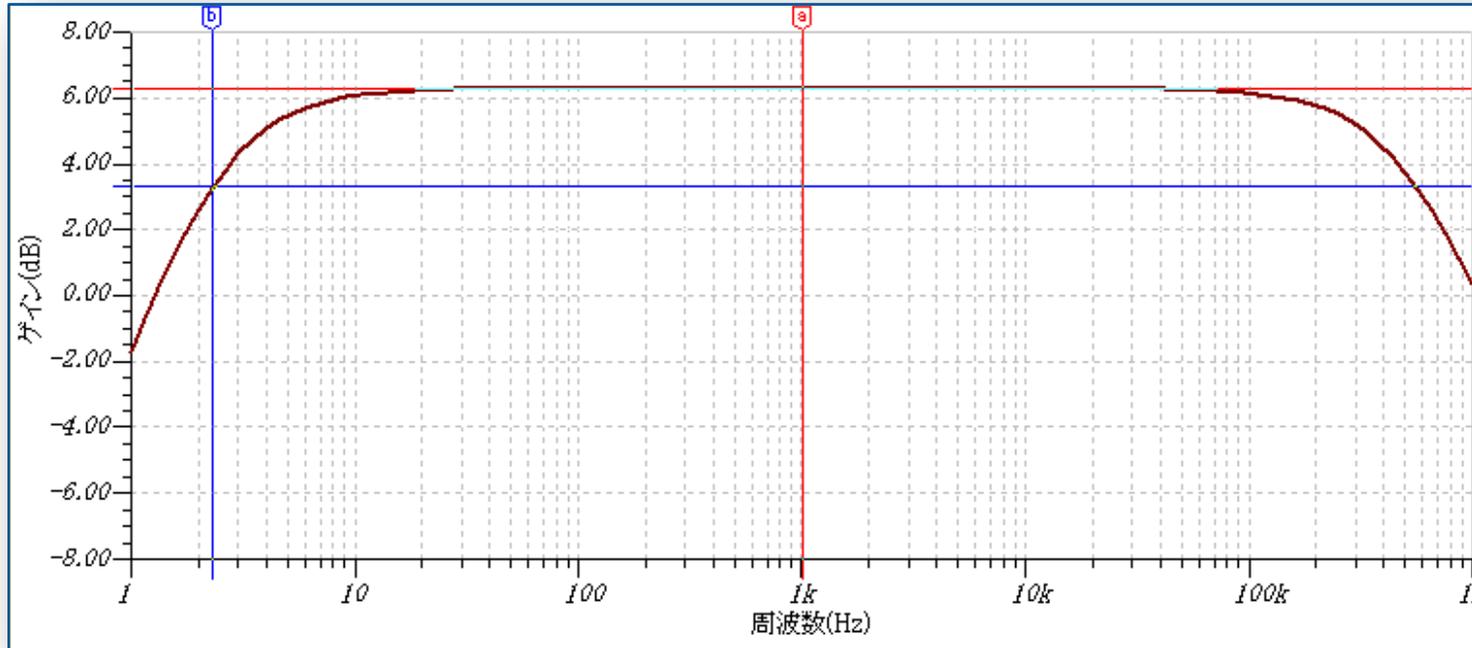


図-4：100.K $\Omega$ 負荷 利得=3.27倍

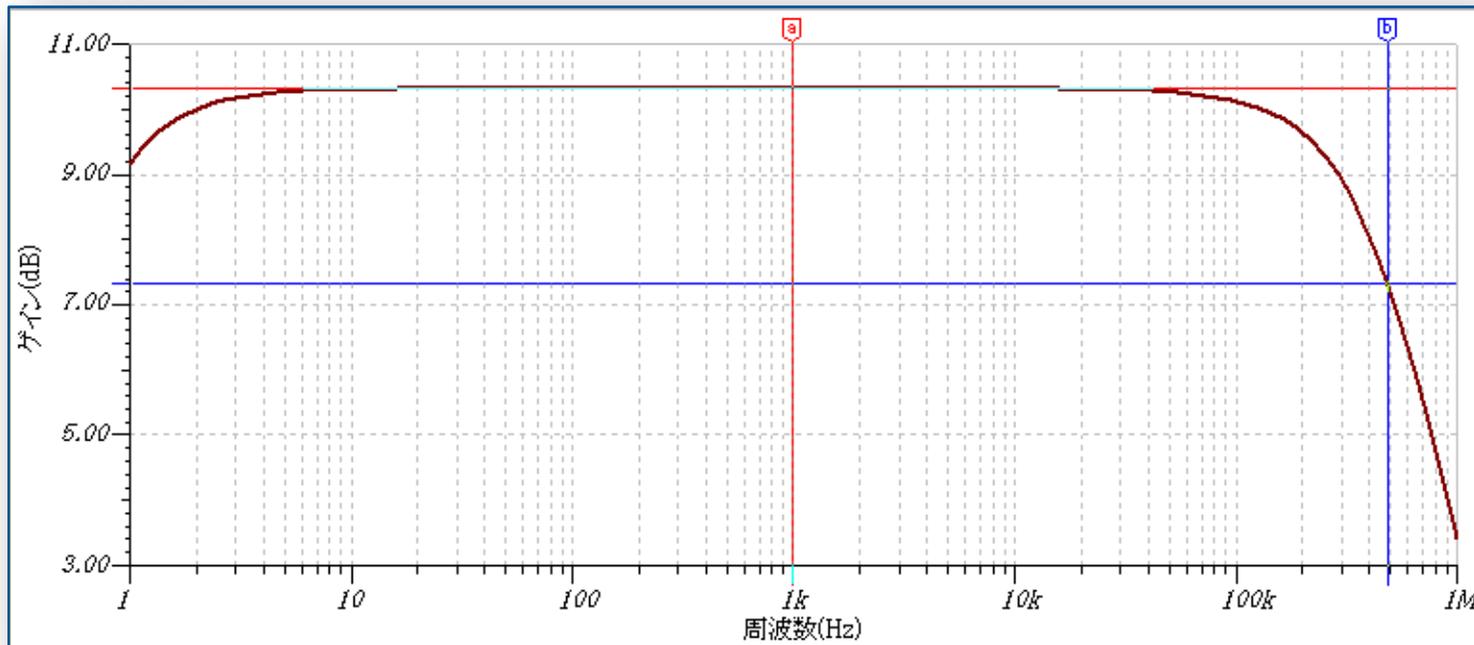
## 5. 12BH7A増幅回路 周波数特性シミュレーション

①10K $\Omega$ 負荷(図-5)



A	z: 1.01k	y: 6.28
B	z: 2.31	y: 3.29
A - B	z: 1.01k	y: 2.99

②100K $\Omega$ 負荷(図-6)



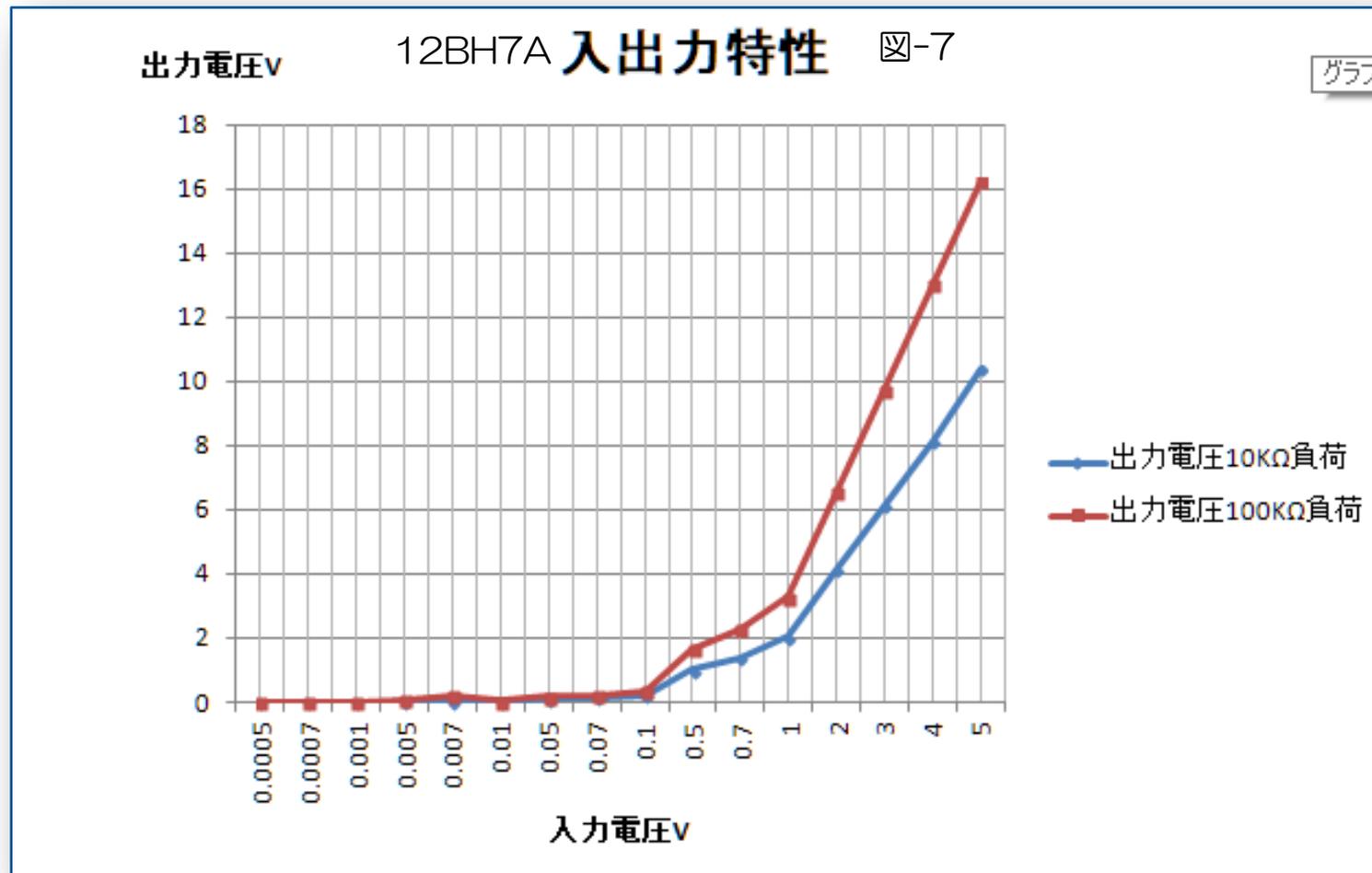
A	z: 1k	y: 10.31
B	z: 487.88k	y: 7.32
A - B	z: -486.88k	y: 2.99

## 6. 12BH7A増幅回路 入出力特性シミュレーション

●入力：1KHz 正弦波

●NFB抵抗=150K $\Omega$  (Gain=Lo)

入力電圧(V)	出力電圧(V)	
	10K $\Omega$ 負荷	100K $\Omega$ 負荷
0.0005	0.001	0.0016
0.0007	0.0014	0.0023
0.001	0.002	0.0033
0.005	0.01	0.064
0.007	0.0144	0.229
0.01	0.022	0.033
0.05	0.1	0.164
0.07	0.144	0.229
0.1	0.2	0.327
0.5	1	1.63
0.7	1.4	2.29
1	2.03	3.27
2	4.12	6.52
3	6.12	9.74
4	8.13	13
5	10.37	16.23



# 7. 12AU7 増幅回路の設計

## 1. 設計条件

### ①増幅形式

形式 単段差動増幅回路 (P-G帰還方式)

真空管 12AU7A

(代表特性はGeneral Electric社Data Sheet)

### ②動作条件

- プレート電圧=280V
- プレート電流=6.3mA(定電流特性)
- バイアス電圧=-4.1V

上記を動作条件とした22KΩのロードライン (図-8)

### ③負帰還前の利得

バイアス-4.1Vを動作中心点としてフルスイングした場合±4.1Vの振幅となり、プレート電圧の変化は82V~187.5Vであるため、負帰還前の増幅率は

$$A = (187.5 - 82) \div 8.2 = 12.87 \text{ 倍 となります。}$$

### ④P-G帰還後の利得

【註】 帰還抵抗=150KΩについて検討

負帰還後の利得は以下の式に依ります。

$$\blacksquare \text{ 負帰還定数 } (\beta) = \text{受側抵抗} / (\text{受側抵抗} + \text{帰還抵抗})$$

$$\blacksquare \text{ 負帰還後利得 } (A_{\text{nf}}) = \text{利得} / [1 / (\text{利得} \times \beta)]$$

$$B = 22\text{K} \div (22\text{K} + 150\text{K}) = 0.1279 (\approx 0.128)$$

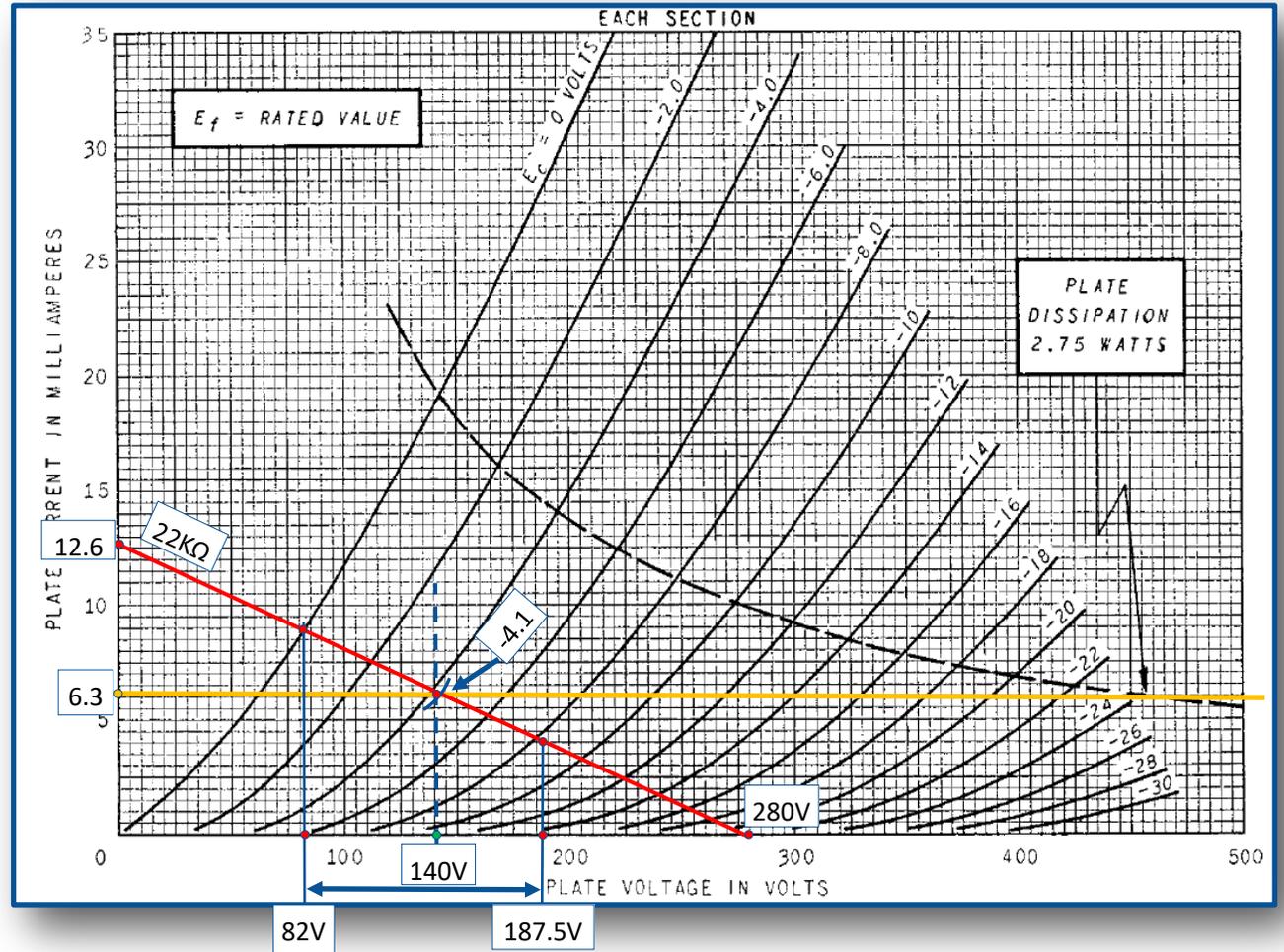
$$A_{\text{nf}} = 12.87 \div [1 + (12.87 \times 0.128)] = 4.86 \text{ 倍 (理論値)}$$

### ⑤差動出力

差動出力をHOT/COLDの両側から出力した場合、項目④の利得となります。

差動出力を片側のみから取り出した場合は、項目④の利得4.86倍の半分となるため2.43倍 (理論値) となります。

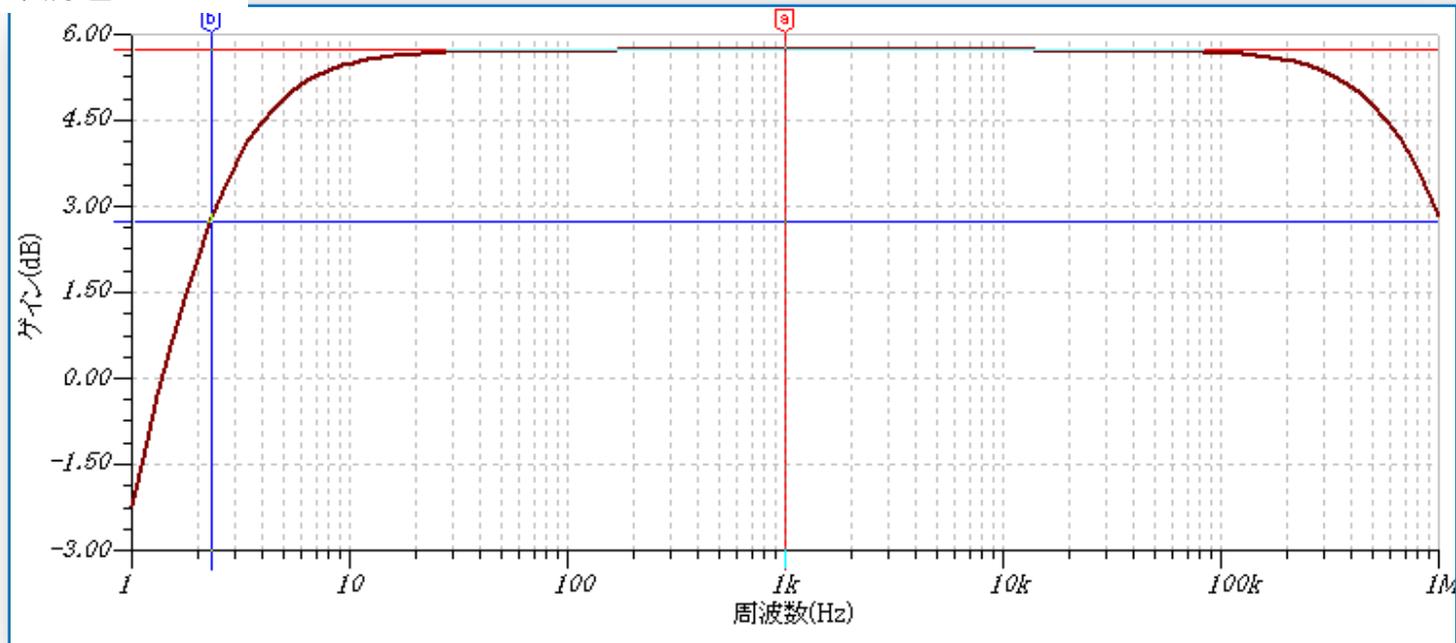
12AU7 22.KΩ LOAD LINE(図-8)





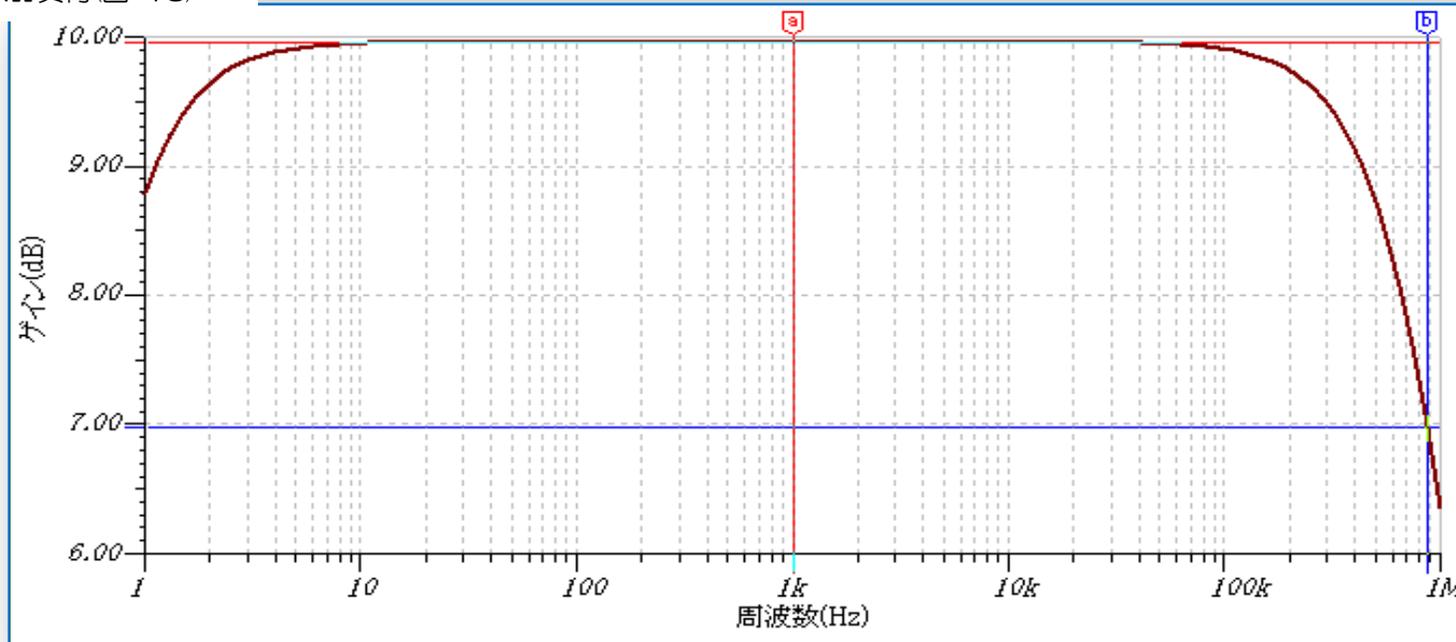
## 9. 12AU7増幅回路 周波数特性シミュレーション

①10K $\Omega$ 負荷(図-12)



A	x: 1k	y: 5.72
B	x: 2.3	y: 2.74
A - B	x: 997.7	y: 2.98

②100K $\Omega$ 負荷(図-13)



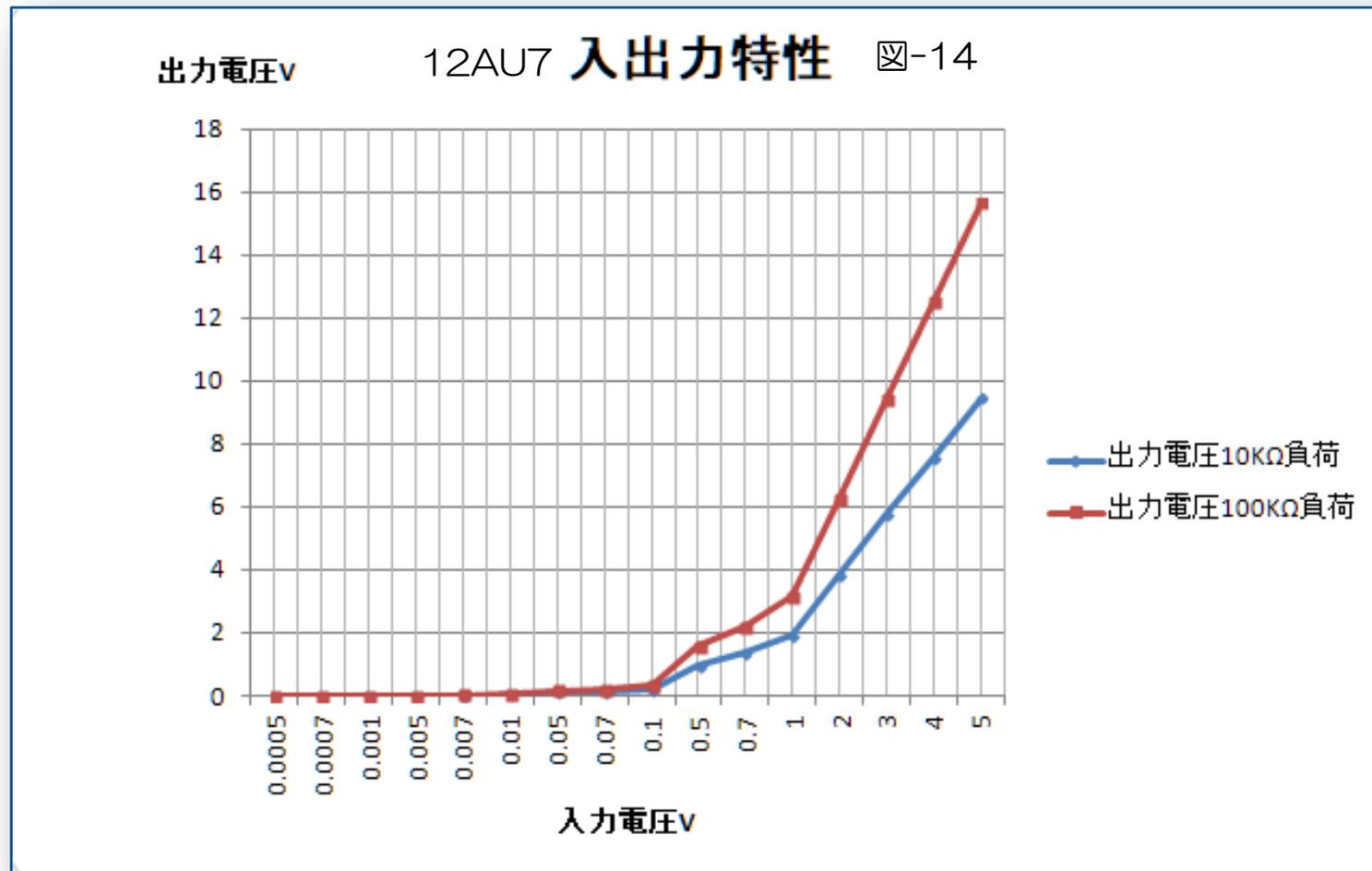
A	x: 1k	y: 9.96
B	x: 871.56k	y: 6.98
A - B	x: -870.56k	y: 2.98

## 10 12AU7増幅回路 入出力特性シミュレーション

●入力：1KHz 正弦波

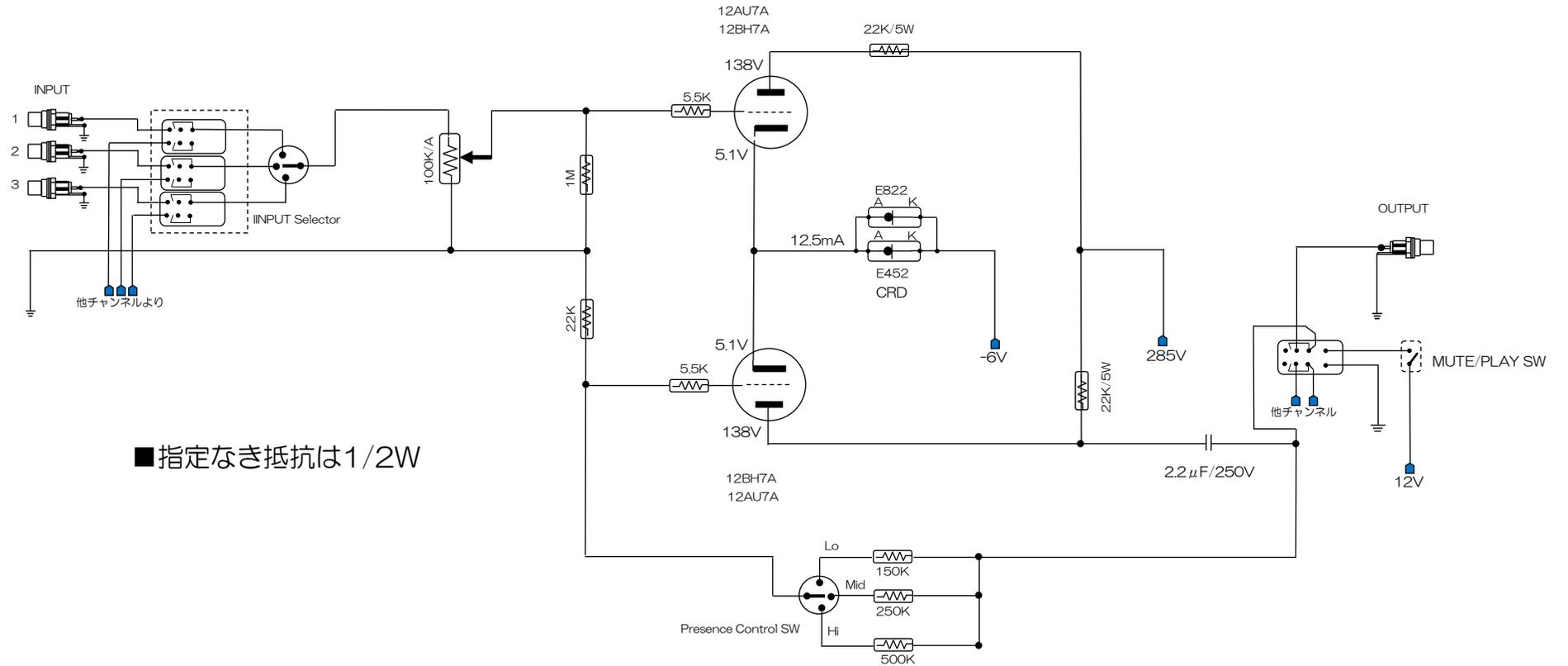
●NFB抵抗=150K $\Omega$  (Gain=Lo)

入力電圧(V)	出力電圧(V)	
	10K $\Omega$ 負荷	100K $\Omega$ 負荷
0.0005	0.00098	0.0016
0.0007	0.0014	0.0022
0.001	0.0019	0.0032
0.005	0.0097	0.016
0.007	0.014	0.022
0.01	0.019	0.031
0.05	0.097	0.158
0.07	0.136	0.22
0.1	0.194	0.315
0.5	0.97	1.57
0.7	1.36	2.2
1	1.94	3.14
2	3.86	6.28
3	5.76	9.41
4	7.59	12.53
5	9.45	15.65



# 11. 増幅部回路図

右 ■片チャンネルのみ記載

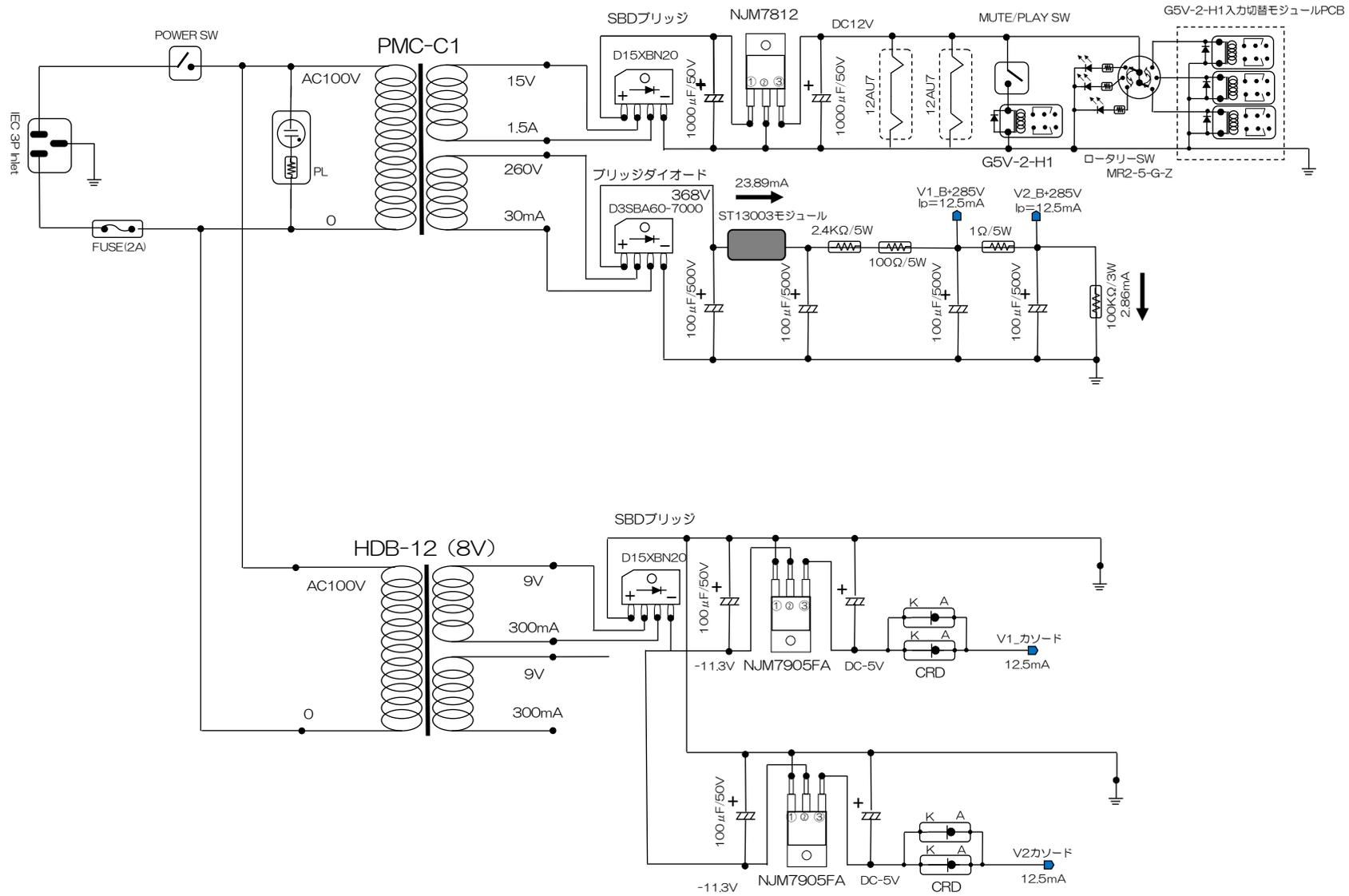


## 12. 電源部回路図

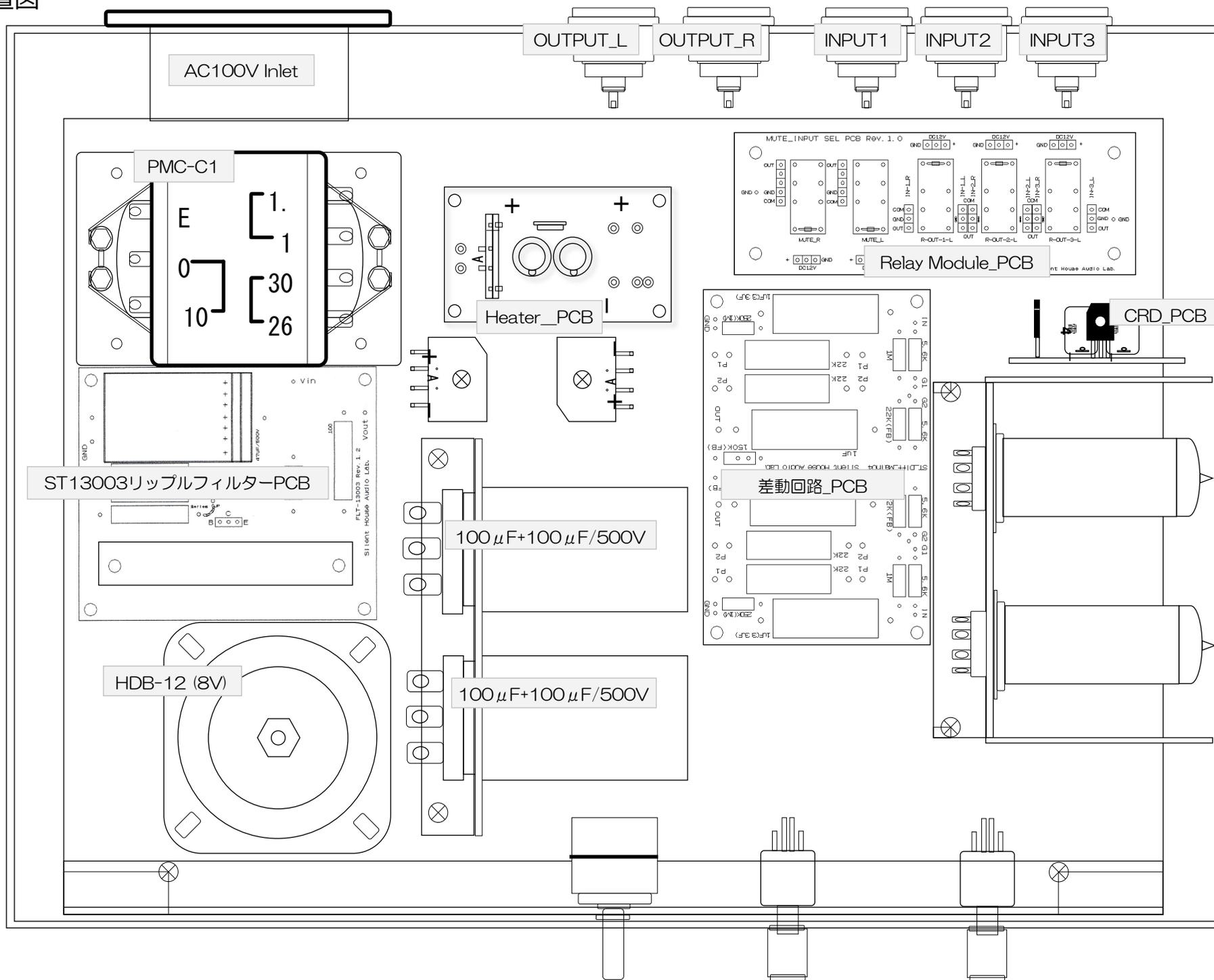
12AU7 (12BH7) Heater =  $0.3A \times 2 = 0.6A$

G5V-2-H1 定格電流 =  $0.0125A / pcs$  2回路同時動作時 =  $0.025A$

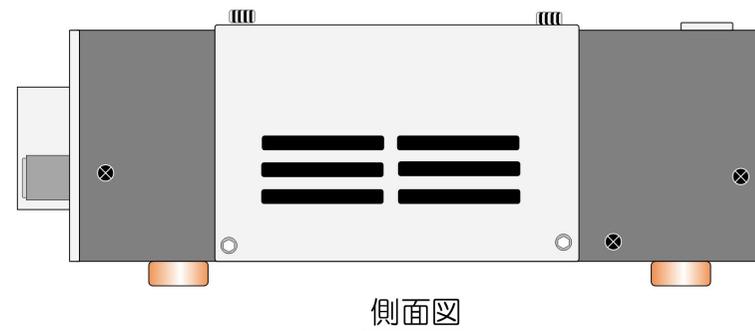
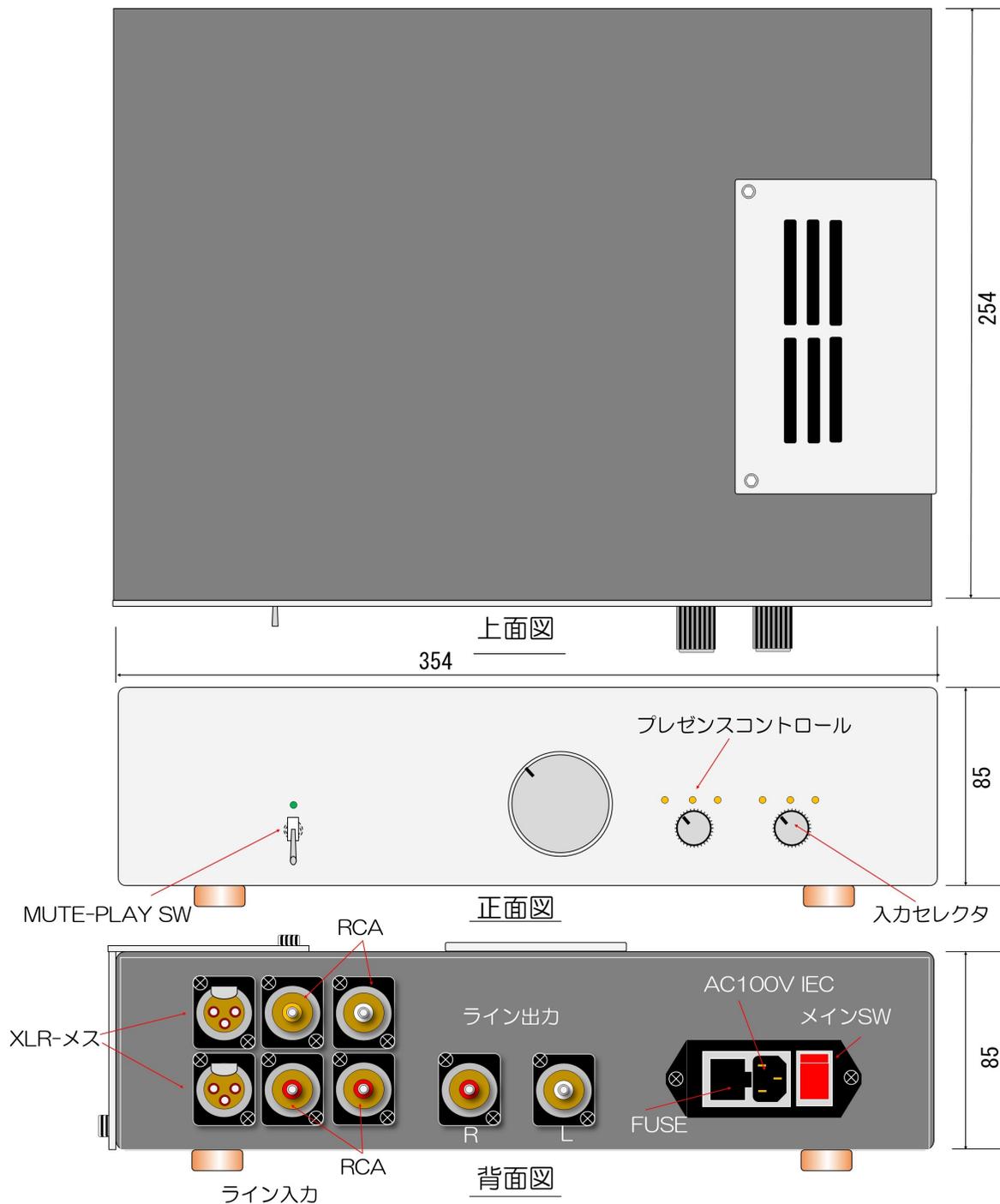
合計電流容量 =  $0.625A (625mA)$



# 13. 部品配置図



14. 外形寸法図・各部名称



【註】

ライン入力のXLRはRCAに変更する場合があります。

# All for the Music

# All for the Sound

# All for the Silence

Silent House Audio Lab.

〒249-0004

神奈川県逗子市沼間2-10-25

Phone: 080-5650-8521

Mail: [y.kino@shal-mss.com](mailto:y.kino@shal-mss.com)

