

1.はじめに

1V2 (W200×D150×H150 mm) を製作して性能改造しているうち、一連のセットで一番最初に製作した 0V2 (黒パネル, 6BA6-12AX7-6AR5 構成) もダウンサイジングしてみようと考えた。該器は、真空管受信機として取り掛かり始めたとき深く考えもせず製作したこともあり、メカメカしい複雑な内部構造になってしまっていた。この際すっきりさせることにした。

2. 主な構想

- ・前機種種の部品・部材を出来るだけ使用し、小型化に必要な部品だけ新たに入手
- ・大きさを W200×D150×H150 mm にダウンサイジング、トーンコントロールを追加
- ・Sメータ用 (VUメータ目盛付) 音声信号増幅回路は FET+トランジスタで駆動
- ・電源トランスは他機種との関係から東栄変成器 P-35N (黒塗装) に統一

3.回路・実験・設計

3-1.B 電圧整流ダイオード化と AF AMP 用 DC 電圧源

0V2 では 6X4 の半波整流であったが、ダイオードブリッジ全波整流にする。600 V/1 A のダイオード 4 本でラグ板にブリッジを組み、電解コンデンサは縦型 22 μF/350 V を用いる。
AF AMP 用の +DC 電源は、CH の入力端から 39 kΩ/3 W で引き出し、ツェナーダイオードで 8.2 V を得る。こうすれば CH の直流抵抗分 rdc (実測 578 Ω) による B 電圧降下を抑えられる。
また、-DC 電圧は PT の 5 V 巻線をブリッジで整流し、ツェナーで 5.1 V で得ることにする。

3-2.S メータ用音声信号増幅回路 (AF AMP)

6BD6 の負荷効果を低減するため、1 MΩ と FET で受けるように変更する。次段のエミッタ接地ゲインを 47 倍、3 段目が 1.3 倍で合計 61 倍 (A=35.7 dB)。3 段目からフィードバックをかける
と以下のようなになる。

$$G=A/(1+\beta\cdot A) \quad \dots \dots \dots \quad 3-1$$

Rf=5.6 kΩ, Cf=2.2 μF, Ce=4.7 μF, |Re|=100 Ω から、信号周波数を 4 kHz とすると
β=100/(5 618+100) =0.017 5

G=61/(1+0.017 5×61) ≒29.5 (29.4 dB) となる。詳細は後述する。

3-3.トーンコントロール回路

0V3-2 (6GM6) にてシミュレーション・実験決定した定数とする。

表 3-1.シミュレーション結果でのトーンコントロール回路定数

素子	区分	Bass		Treble	
		可変抵抗		500 kΩ	
キャパシタ 1	CL1	2 000 pF		CT1	470 pF
キャパシタ 2	CL2	2 000 pF		CT2	1 000 pF
機能構成抵抗	RL	12 kΩ (接地側)		—	
	RL0	47 kΩ		—	
機能間結合抵抗	Ra	47 kΩ (Hot 側 ; Bass-Treble 間)			

〈条件〉 前段負荷抵抗 ; 220 kΩ ・ 結合キャパシタ 0.47 μF / 後段入力抵抗 ; 470 kΩ

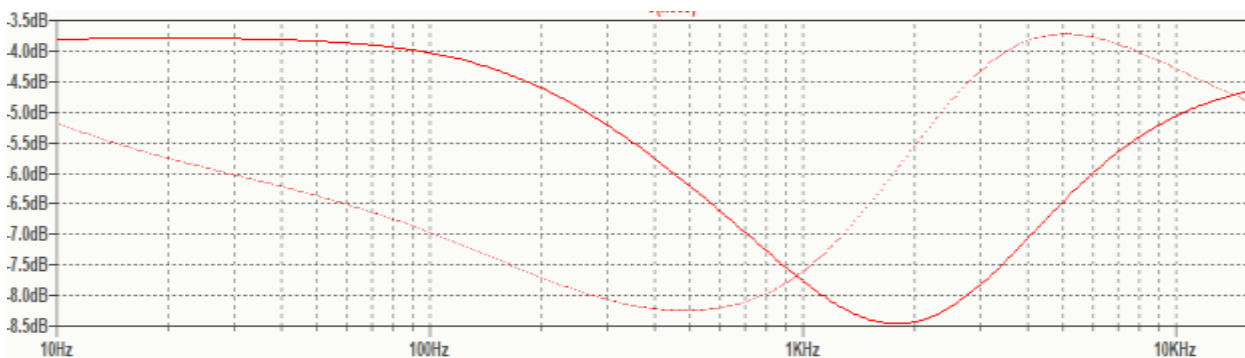


Fig.3-1 Bass 50 kΩ (低域強調), Treble 50 kΩ (高域強調)

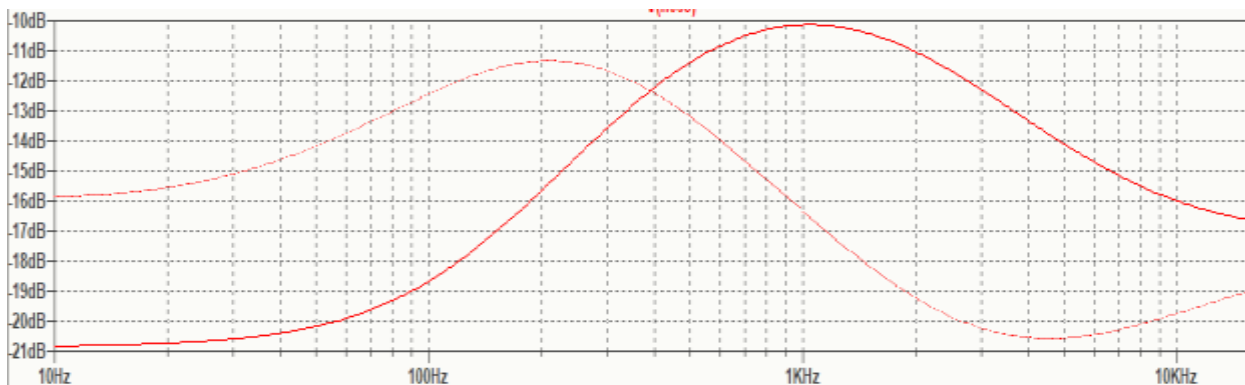


Fig.3-2 Bass 450 kΩ (低域減衰), Treble 450 kΩ (高域減衰)

Fig.3-1 は低域・高域を強調した場合, Fig.3-2 は減衰させた場合の特性である。1 kHz~1.8 kHz を中心として±5 dB 以上変化していることが分かる。

3-4.真空管増幅器諸定数の計算

各定数はそのまま使用する。次の諸式から求めたものと参考文献5)~7)掲載例を勘案した。

3-4-1. 6BD6 (初段; 検波)

- $I_{b0} = 0.6 \times E_{bb} / R_p$ プレート電流, 最大出力電圧; $E_p \max \leq (1/2 \sim 1/6) \times E_{bb}$
 $I_{b0} = 0.6 \times 200 \text{ V} / 240 \text{ k} = 0.5 \text{ mA}$
- $A = 0.95 \times g_{m0} \times (R_p \times R_g) / (R_p + R_g)$ 0.95; 内部抵抗による増幅度低下
 $A = 0.95 \times 1400 \mu^{3-2} \times 240 \text{ k} \times 470 \text{ k} / (240 \text{ k} + 470 \text{ k}) = 211.3 \text{ 倍}$
- $E_{sig \max} = E_p \max^{3-3} / A$ → $E_{sig \max} = 33.3 / 211.3 = 0.157 \text{ V}$
- $E_{c0} = -1.4 \times E_{sig \max} - 0.7$ → $E_{c0} = -1.4 \times 0.157 - 0.7 = -0.92 \text{ V}$
- $R_k = -E_{c0} / (I_{b0} + I_{c2}) = E_{c0} / \{(1 + \alpha^{3-4}) \times I_{b0}\}$ → $R_k = -0.92 / \{(1 + 0.5) \times 0.5\} = 1.22 \text{ k}\Omega$
- $R_{g2} = 1.3 \times R_p / \alpha$ → $R_{g2} = 1.3 \times 240 \text{ k} / 0.5 = 624 \text{ k}\Omega$; スクリーングリッド抵抗
- $C_k \geq 10 \mu\text{F} / R_k(\text{k})$ → $C_k = 10 / 1.51 = 6.62 \mu\text{F}$ ⇒ 不要³⁻⁵⁾ ; カソードバイパス
- $C_{g2} \geq 0.05 \mu\text{F} / R_{g2}(\text{M})$ → $C_{g2} = 0.05 / 1.04 = 0.05 \mu\text{F}$ ⇒ 0.1 μF ; スクリーングリッド
- $C_c \geq 0.003 \mu\text{F} / R_g(\text{M})$ → $C_c = 0.003 / 0.47 = 0.0064 \mu\text{F}$ ⇒ 0.047 μF ; 結合キャパシタ

3-2) 6BD6 の 0.5 mA 時の g_{m0} 3-3) 通常 E_{bb} の 1/4~1/6。歪みを抑えるには 1/6 (シルバニア社) とする。

3-4) $\alpha = I_{c2} / I_{b0}$; カタログ記載の電流比, 3-5) カソードに再生コイルを入れ再生動作させるため。

3-4-2. 12AX7 (電圧増幅)

- $R_g \geq 2 \times R_p$ → $R_g \geq 2 \times 220 \text{ k}\Omega = 440 \text{ k}\Omega$ ⇒ 470 $\text{k}\Omega$

- $R_p \cong (2 \sim 3) \times \mu$ (歪は $R_p > 2 \times \mu$ でも大きく改善しない; $k\Omega$) $\rightarrow R_p \cong 2 \times 100 \Rightarrow 220 k\Omega$
- $C_c \cong 0.003 \mu F / R_g$ ($M\Omega$) $\rightarrow C_c \cong 0.003 / 0.47 \cong 0.0064 \Rightarrow 0.047 \mu F$
- $C_k \cong (10 \sim 16 \mu F) / R_k$
- $I_b = (E_{bb} - 0.3 \times \mu) / (R_d + \mu + 1.7 \times R_p)$. . . プレート電流; ブリーダ抵抗のある場合($k\Omega$)
 $I_b = (200 - 0.3 \times 100) / (22 + 100 + 1.7 \times 220) = 0.34 \text{ mA}$
- $E_p \text{ max} = R_p \times (E_{bb} - 0.3 \times \mu) / \{4 \times (\mu + R_p)\}$ 最大出力電圧 V_{rms}
 $E_p \text{ max} = 220 \times (200 - 0.3 \times 100) / \{4 \times (100 + 220)\} = 29.2 \text{ V}$
- $A = \mu \times \alpha \times \beta$. . . 増幅度, α ; 増幅度係数 (R_p/μ に依る) β ; 増幅度係数 ($E_{bb} - 0.3 \times \mu$)
 $A = 100 \times 0.52 \times 0.92 = 47.84$
- $E_{sig \text{ max}} = E_p \text{ max} / A$ グリッド印加交流電圧
 $E_{sig \text{ max}} = 29.2 / 47.84 = 0.610 \text{ V}$
- $E_{co} = -E_{sig \text{ max}} \times 1.4 - 0.7$. . . バイアスが浅いほど歪・特性バラツキ低減, -0.7 位が適当
 $\therefore E_{co} = -0.61 \times 1.4 - 0.7 = -1.554$
 $E_{co} = -1.554 \text{ V}$, $I_b = 0.34 \text{ mA}$ から,
- $R_k = E_c / I_b \rightarrow R_k = 1.554 / 0.34 = 4.57 k\Omega \Rightarrow$ プリアンプ等で一般的な $2.2 k\Omega$ とする。
 $\therefore R_k = R_k \times E_p / E_p \text{ max} \sim R_k \times E_p \text{ max} / E_p \Rightarrow$ この間で決定して使用上差支えない。
 Cf) $R_k = 4.57 \times 20 / 29.2 \sim R_k \times 29.2 / 20 \Rightarrow 3.13 k\Omega \sim 6.7 k\Omega$ ($20; E_{bb} 200 \text{ V}$, $A 50$, $I_b 0.65 \text{ mA}$)

3-4-3. 6AR5 (電力増幅)

6AR5 回路定数は従来例に従った。

- $E_{dd} = 250 \text{ V}$ ($I_p = 25 \text{ mA}$), ブリーダ抵抗 $R_d = 390 \Omega + 510 \Omega$ ($I_{sg} = 5 \text{ mA}$), $R_L = 7 k\Omega$
- $R_g \cong 2 \times R_p \rightarrow R_p = 220 k\Omega \rightarrow \cong 440 k\Omega \Rightarrow 470 k\Omega$
- $C_k \cong (10 \sim 16 \mu F) / R_k \rightarrow \text{ex) } R_k = 390 \Omega \Rightarrow C_k \cong 10 / 0.39 k = 25.46 \Rightarrow 47 \mu F$
- $R_k \cong 390 \Omega \sim 620 \Omega \rightarrow R_k = 470 \Omega$

4. パネル/シャーシ加工

前面パネルのイメージは 0V2 同様にした。RF GAIN の上側に SW-MW 切替及び AI-As 切替を配置, バーニアダイヤルの左下は Fine tuning とする。S メータはパネル中央上部である (Fig.8-1)。

PT・OPT はシャーシの左側, 真空管 3 本は中央部 (12AX7 及び 6AR5 は 0V3-2 と同位置) に配置した。また, 外観上シャーシ上主バリコンの高さが決ってしまうので, Fine tuning バリコン専用台座を作り, SW-MW と AI-As 切替とを一体化し, アセンブリとした。

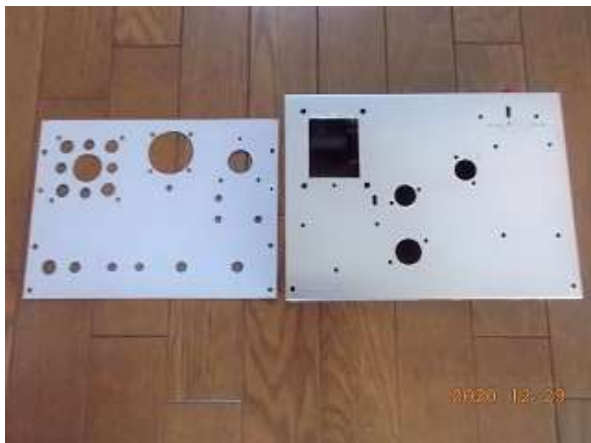


Fig.4-1 パネル・シャーシ加工状態

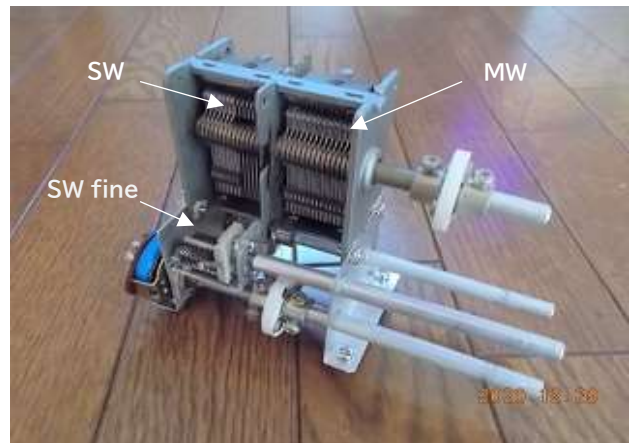


Fig.4-2 バリコンアセンブリ

Fig.4-2 で、SW-MW 切換ロータリスイッチ（青）のシャフト上に見えるのが Fine tuning 用 20 pF バリコン、その上側が SW 用主バリコン（210 pF）である。



Fig.4-3 仮組み状態（前面パネル）

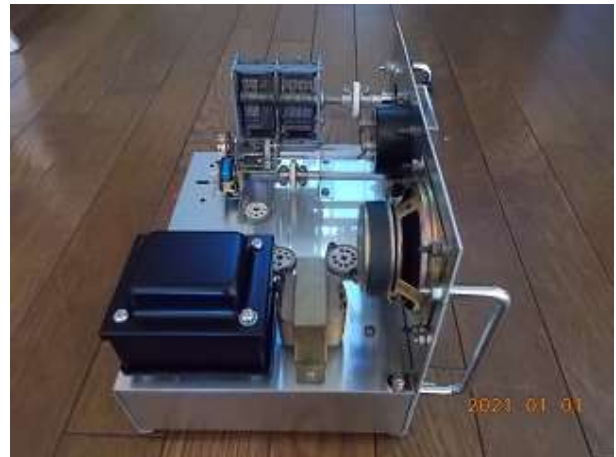


Fig.4-4 仮組み状態（シャーシ上）

5.配線経過・音声信号増幅回路

Fig.5-1 にラグ端子の配置を示す。

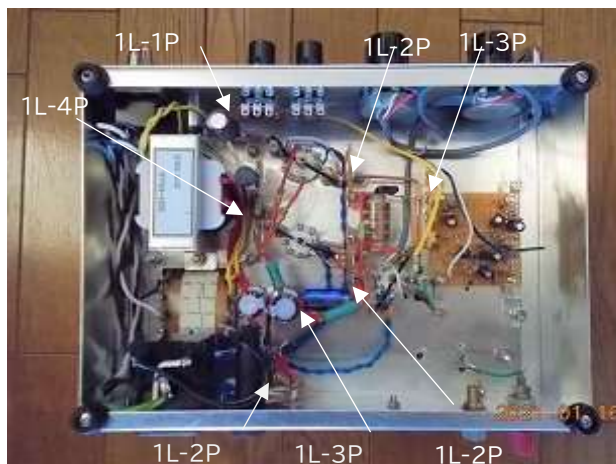


Fig.5-1 各部配線中

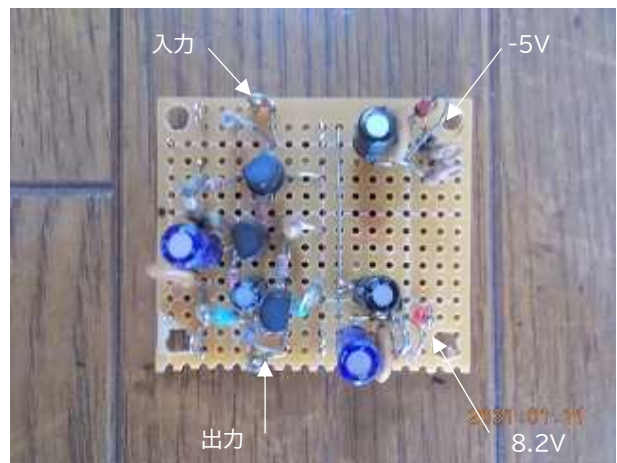
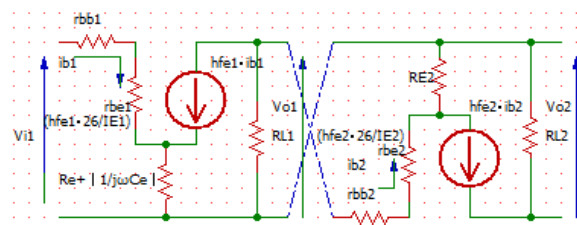


Fig.5-2 音声信号増幅基板（AF AMP）

Fig.5-2 は音声信号増幅基板である。0V3-2 同様の構成で 2SK19 - 2SC828 - 2SA564 で、フィードバックをかけてインピーダンスを下げ、出力 DC 電位は 1SS97 が導通し始める約 0.3 V とした。



Fig.5-3 配線完了状態



- a) $h_{fe1} \cong 100 \text{ min}$, $h_{fe2} \cong 100 \text{ min}$
- b) $r_{bb1} \cong 22$, $r_{bb2} \cong 22$ (経験値)
- c) $R_f = 8.2 \text{ k} + |1/j\omega C_f| = 5 \text{ 618 } \Omega$ at 4 kHz
- d) $RE1 = R_e + |1/j\omega C_e| \cong 109 \Omega$ ($R_e = 100$, at 4 kHz)

Fig.5-4 音声信号増幅器の等価回路

音声信号増幅器の等価回路を Fig.5-4 に示す。諸量の計算式（定数は回路図参照）を抜粋する。

【初段】

$$G1 = hfe1 \times RL1 / \{ rbb1 + rbe1 + (1+hfe1) \times |RE1| \}, \quad rbe1 = 26 \times hfe1 / IE1$$

$$= 100 \times 4700 / \{ 22 + (26 \times 100 / 1) + (1+100) \times (100+9) \} \doteq 34.48 \rightarrow 30.75 \text{ dB}$$

【次段】

$$G2 = hfe2 \times RL2 / \{ rbb2 + rbe2 + (1+hfe2) RE2 \}, \quad rbe2 = 26 \times hfe2 / IE2$$

$$= 100 \times 3960 / \{ 22 + (26 \times 100 / 1.38) + (1+100) \times 2760 \} \doteq 1.41 \rightarrow 3 \text{ dB}$$

開ループゲイン A = 34.48 × 1.41 = 48.62 → 33.73 dB

【フィードバック量】

$$\beta = RE1 / (Rf + RE1) = 109 / (5618 + 109) = 0.019$$

【総合ゲイン G, 出力インピーダンス Z0】

$$G = A / (1 + \beta \cdot A) = 48.62 / (1 + 0.019 \times 48.62) \doteq 25.25 \rightarrow 28.05 \text{ dB}$$

$$Z0 = RL2 / (\text{開ループゲイン} - \text{閉ループゲイン}) = 3960 / 10^{(33.73-28.05)/20} \doteq 3960 / 1.92 = 2.06 \text{ k}\Omega$$

開/閉ループゲインの差がない(約 5.7dB)ため、期待ほど Z0 は低減していない。

6. 電位測定

各部の電圧・電流は以下のとおりである。

表 6-1 各部の電位

項目	電圧・電流			
CH 入力電圧	273 V (43 mA)			
CH 出力電圧	262 V (36 mA)			
電圧	管	6BD6	12AX7	6AR5
Ebb		200 V	214 V	262 V ⁶⁻¹⁾
プレート電圧		10 V ⁶⁻²⁾ ~ 195 V	122 V	235 V
カソード電圧		~0 V	0.89 V (0.45 mA)	22 V(30 mA)
スクリーングリッド電圧		0 V ~ 18 V	—	—
ヒータ電圧	AC 6.04 V			

6-1) CH 直流抵抗分が 0V2-3 で使用の CH の約 1/4 のため、30 V 以上余裕がある。 6-2) Ip に依存

7-1.MW 受信

- 1) JOLF (1242 kHz) が強力なため、バリコンロータがほぼ抜ける位置で同調する JORF (1422 kHz) がマスクされてやや受信しにくい状態である。
- 2) JOAK (594 kHz), JOAB (693 kHz) は感度が低下し, JOKR (954 kHz) は微かに聞こえる。AFN は問題なく聞こえるが, 他機種でも同様であり, 筆者の受信環境によるものと思われる。

14	32	44	56	68	70~76	89~93
JOAK	JOAB	AFN	JOKR	JOQR	JOLF	JORF
594	693	810	954	1134	1242	1422

Fig.7-1 バーニアダイヤル目盛(上)と受信局・周波数(kHz)

7-2.SW 受信

日中、ダイヤル“44”でラジオ日経（6.055 MHz；50 kW）が入感する。Fine tuning も機能しているが、より調整しやすくするためロータを半分抜き取り 10 pF 程度とした。

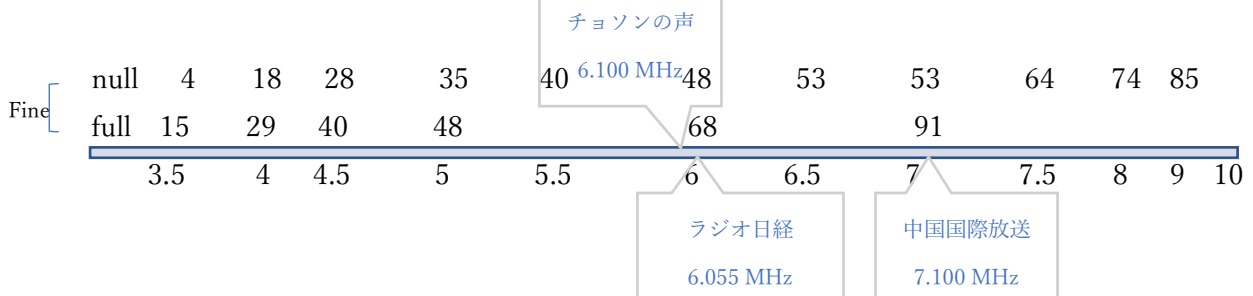


Fig.7-2 バーニアダイヤル目盛(上)と同調周波数・放送局(MHz)

8.結果

Fig.8-1 , Fig.8-2 に完成状態を示す。

総合的には 0V3-2, 1V2 よりも感度・音感共に“良い印象”である。



Fig.8-1 パネル面



Fig.8-2 背面状態

Fig.8-1 で、電源 SW・ネオンランプの右側へ順に Bass, Treble, AF GAIN, RF GAIN, その右上は Al-As 切換, 左上は MW-SW 切換更にその上は Fine tuning である。このつまみは、操作してみたら Fig.4-3 よりもやや大きいものに交換した。



Fig.8-3 最初に製作した 0V2



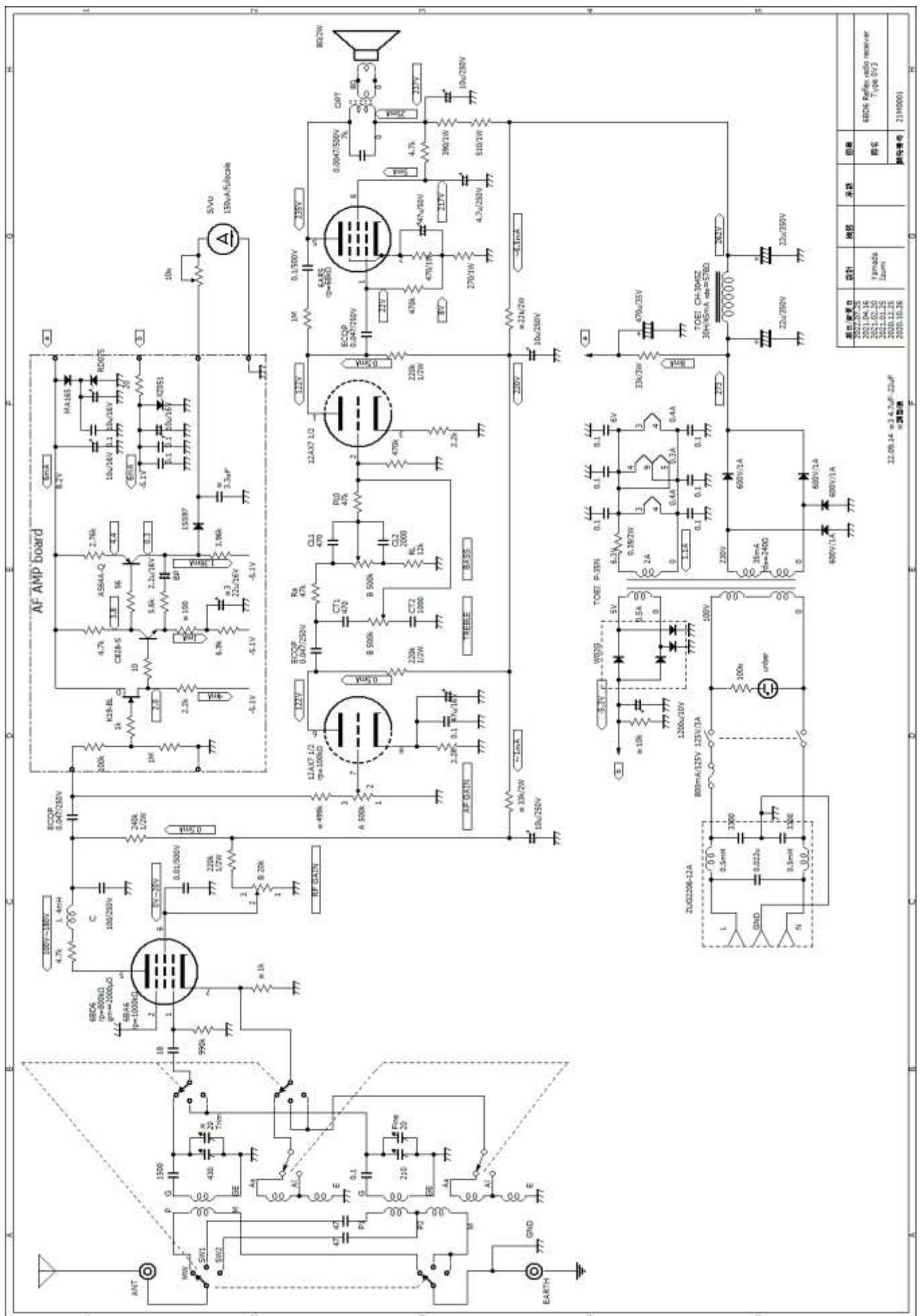
Fig.8-4 ダウンサイジングした 0V3

参考文献

- | | | | |
|---------------------------|-------|---------|----------------|
| 1) 6EW6 レフレックス検波 0V2 | 山田 泉著 | 2007年8月 | |
| 2) ラジオ受信機的设计と計算 | 佐藤嘉一著 | オーム社 | 昭和43年9月1日 第3版 |
| 3) 過渡現象計算法 | 森脇義雄著 | 産業図書(株) | 昭和25年3月1日 第1版 |
| 4) トランジスタ回路的设计 | 鈴木雅臣著 | CQ出版社 | 1997年5月1日 第11版 |
| 5) 实用真空管ハンドブック 初歩のラジオ編集部編 | | 誠文堂新光社 | 2000年7月7日 第2刷 |
| 6) 真空管レフレックス・ラジオ実践製作ガイド | | 誠文堂新光社 | 2009年10月30日発行 |
| 7) 懐しの真空管ラジオ製作集(3) | 岡本 薫著 | アイエー出版 | 2000年6月 |
| 8) わかる電機磁気学演習 | 吉久信幸著 | 日新出版 | 昭和48年6月20日 第5版 |

主要部品表

部品名	個数	単価	小計	備考
バーニアダイヤル (Φ36, 白)	1	2,100	2,100	シオヤ無線 (新美精機) (台湾) (台湾) (サンハヤト) (サトーパーツ) (サトーパーツ) (サトーパーツ)
16型ポリウム B500k 2連	2	330	660	
ツマミ (WTN-15-1178/6.1, 黒Φ6)	3	140	420	
ベーク基板 (ICB-288)	1	90	90	
4P縦ラグ (1L-3P)	2	110	220	
3P縦ラグ (1L-2P)	2	90	180	
2P縦ラグ (1L-1P)	2	75	150	
Φ3 スプリングワッシャー (100個)	1袋	70	70	
ダイナミックスピーカ 8Ω/2W	1	400	400	
7号ゴム脚	4	15	60	
ツマミ (B-15, 黒Φ6)	2	150	300	門田無線 (ノーブランド)
電源トランス (P-35N)	1	5,300	5,300	東栄変成器 (株)
チョークコイル (30H/45mA)	1	1,860	1,860	
シャーシ (W200 D150 H60 t 0.8)	1	720	720	エスエス無線(S-7, LEAD) (TAKACHI) (TB-4, LEAD)
アルミ板 (W200D150 t 1.0)	1	180	180	
銅板 (W200D100 t 0.3)	1	260	260	
把手 (L80 mm, Φ6 一組2本)	1	660	660	
アルミ板 (W200D100 t 0.3)	1	151	151	ロイヤルホームセンター (GO-006 (株) 大里)
Lアングル (長40 mm, 短15 mm)	1組	150	150	
六角穴付鉄黒染 M4×10 mm ボルト	8本組	150	150	
W02Gブリッジダイオード	1	60	60	千石電商 (オンセミコン)
ツェナーダイオード 1W/5.1V, 12V, 8.2V	各1	20	60	
スチロールキャパシタ 390 pF, 470 pF	各1	70	140	共立エレショップ (通販)
スチロールキャパシタ 1000 pF, 2200 pF	各1	70	140	
エンパイアチューブ 赤, 黒	各1m	80	160	タイガー無線
合計			14,641	



項目	設計	校核	承認	日期
設計者	Yamada			2021.04.16
校核者	Ueda			2021.04.16
承認者				2021.04.16
設計日	2021.04.16			
校核日	2021.04.16			
承認日	2021.04.16			
版数	1.0			
部品名	AF AMP BOARD			
部品番号	21H0001			

2021.04.16 #3 4.7uF-22uF
調整済

