

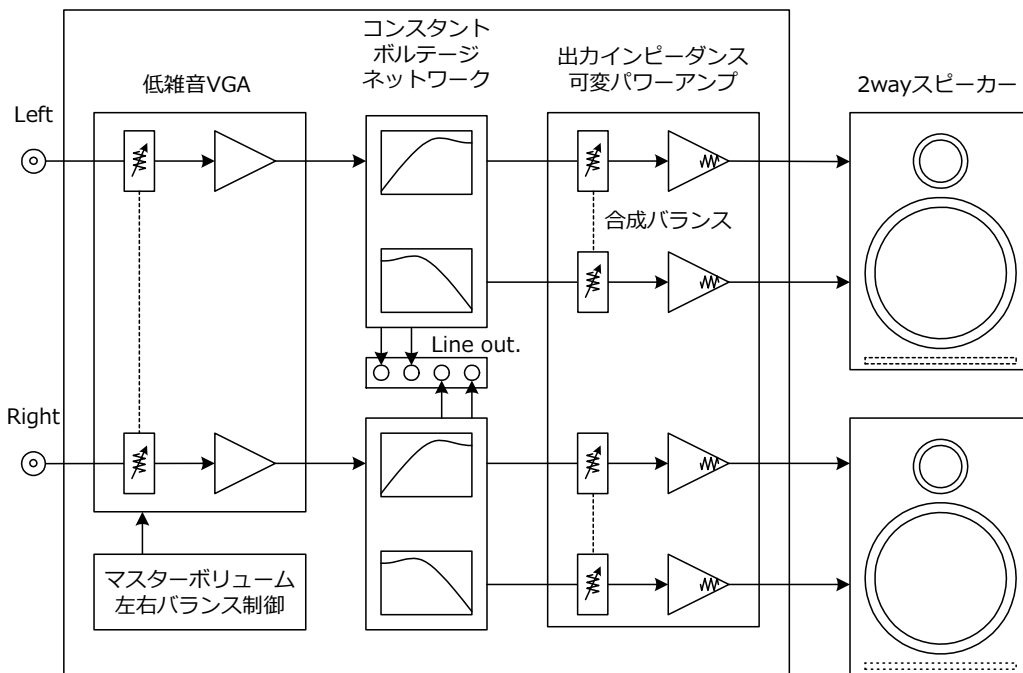
# 波形再現型 2 ウェイ・スピーカー専用パワーアンプ

有限会社ファインチューン 細田 隆之

平成 23 年 7 月 31 日

パーソナルな音楽の楽しみのために、ワイドダイナミックレンジの 2 ウェイ・スピーカー用に、波形再現性にまでこだわった、ちょっと贅沢なマルチアンプ・システムとその技術を紹介します。

図 1: 波形再現型 2 ウェイ・スピーカーシステム図



## 1 波形再現型 2 ウェイ専用パワーアンプ

### 1.1 波形再現型アクティブ・クロスオーバー・ネットワーク

●アクティブ・クロスオーバー・ネットワークの必要性 ワイドレンジスピーカー1つの場合に発生する大振幅の低音で高音が変調されることによる歪みを改善するためにウーハーとツイーターからなる 2 ウェイ・オーディオスピーカーが広く使われています。高忠実度が要求される用途に 2 ウェイ・オーディオスピーカーを使う際にはパッシブ部品のクロスオーバー・ネットワークを使わずに、それぞれ個別のアンプでドライブする場合があります。扱う電力によってはパッシブ部品が大きく高価であったり、パッシブ部品、特にインダクタの発生する大きな歪みや、アンプとスピーカーとの間に余計なりアクタンス素子が入ることによるダンピング特性の劣化から逃れることが出来るからです。ウーハー用とツイーター用のそれぞれのアンプの前には、主にアクティブフィルタで構成された入力信号を低域と高域と分けるクロスオーバー・ネットワークが用いられます。

●クロスオーバー・ネットワークの次数と方式 クロスオーバー・ネットワークの方式にはいくつか種類がありますが、1次フィルタは周波数の分離が悪すぎるため用いられることはほとんど無く、LCフィルタのような2次フィルタの場合には総合周波数特性に伝送零点による深い谷ができたり周波数の分離が不十分であるためあまり芳しくありません。また、4次以上の高次のフィルタの場合には多くの素子のマッチングや群遅延特性など他の問題も複雑になってくるため、実用上は3次のフィルタを用いることになると思います。ここで注意が必要なのは、例えば3次最大平坦(バターワース)特性のハイパス・フィルタとローパス・フィルタの出力を足しても波形は入力と同じにならないということです。この問題はコンスタント・ボルテージ・クロスオーバー・ネットワークと呼ばれる、周波数分離した信号を足したものが元と同じになるような特性の回路を用いることで解決できます。その総合特性の伝達関数が定数になることから「コンスタント・ボルテージ」・クロスオーバー・ネットワーク(以下CVネットワーク)と呼ばれます。このことは入力信号を周波数分離し再合成した信号が理想的には同じ形の信号に戻ることを意味します。

図 2: CV ネットワーク 回路例

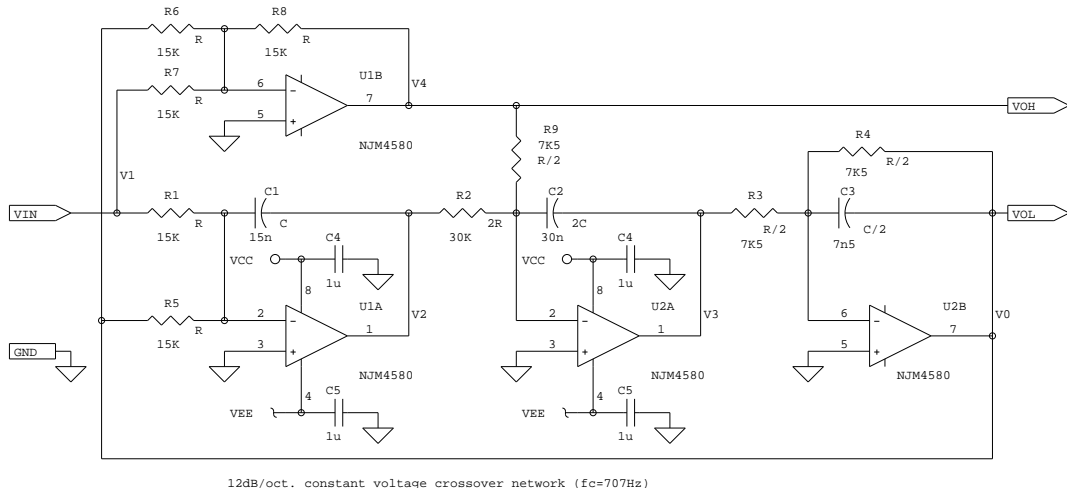


図 2 に示すのは、状態変数フィルタ形式で構成した CV ネットワークの回路例です。入力インピーダンスは 7.5k Ω、増幅度は -1 で入出力で信号の極性は反転します。

● CV ネットワークの伝達関数 伝達関数は  $R_1 = R_5$ ,  $R_6 = R_7 = R_8$  とすると、

$$T_L(s) = \frac{V_0}{V_1} = -\frac{s \frac{1}{C_2 C_3 R_3 R_9} + \frac{1}{C_1 C_2 C_3 R_2 R_3 R_5}}{s^3 + s^2 \frac{1}{C_3 R_4} + s \frac{1}{C_2 C_3 R_3 R_9} + \frac{1}{C_1 C_2 C_3 R_2 R_3 R_5}} \quad (1)$$

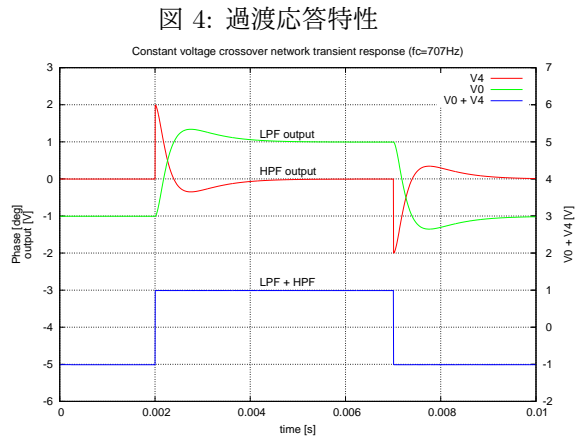
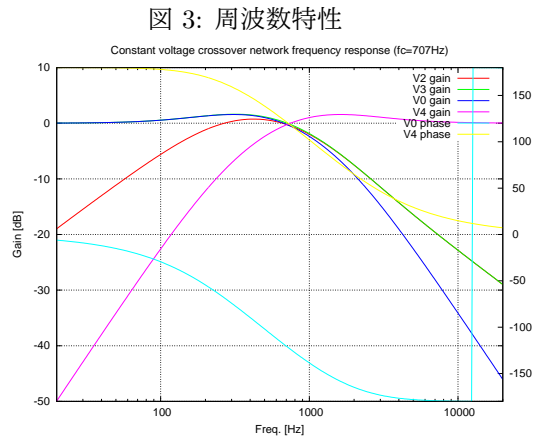
$$T_H(s) = \frac{V_4}{V_1} = -\frac{s^3 + s^2 \frac{1}{C_3 R_4}}{s^3 + s^2 \frac{1}{C_3 R_4} + s \frac{1}{C_2 C_3 R_3 R_9} + \frac{1}{C_1 C_2 C_3 R_2 R_3 R_5}} \quad (2)$$

となります。

周波数特性のピークレベルとクロスオーバー域の特性や部品定数のトレードオフで、伝達関数  $T(s)$  の分母の係数を  $s^3 + 4s^2 + 4s + 1$  にしてあります。

部品定数は途中のステージの振幅が大きくなってオペアンプのダイナミックレンジを無駄にしないように、抵抗やコンデンサの素子値が拡がるのを許容して各ステージの扱うレベルが同程度になるようにしてあります。

● CV ネットワークのシミュレーション 図 3 の周波数特性及び 図 4 の過渡応答特性はオーディオ用バイポーラオペアンプ (新日本無線 NJM4580) のマクロモデルを使用して SPICE で上記回路をシミュレーションしたものです。図 4 を見ると V4 と V0 の 二つの出力を足した V0 + V4 が元の矩形波に戻っているのが分かります。



## 1.2 低雑音バランス・波形調整と出力インピーダンス可変 DC アンプ

●実際の波形再現型 2 ウェイ専用パワーアンプ 冒頭の図 1 は CV ネットワークを応用した実際のスピーカーシステムの構成例です。各スピーカーを最適に個別ドライブする出力インピーダンス可変 DC アンプに体感上も有害な超低周波のドリフトをもキャンセルする低雑音オフセットキャンセラを装備し、低音と高音に分けた音を再合成すると元の波形に戻る「CV ネットワーク」を組み合わせることで、周波数特性のみならず元の信号波形までも出来得る限り忠実に再現します。また、ボリュームやバランス、波形調整による雑音特性の劣化を防ぐために、低抵抗ネットワークによる調整回路を採用し、その低抵抗の熱雑音により制限される物理的限界近くまで雑音を低減し 96dB (16bit 音源相当) 以上の S/N とダイナミックレンジを実現しています。カットオフ周波数や合成バランス、出力インピーダンス等はスピーカーの組み合わせやエンクロージャーにより最適値が異なるため、このパワーアンプは受注生産品として弊社、有限会社ファインチューンより各スピーカーユニットに合わせた専用パワーアンプとして製造・調整されて提供されますが、リスニング・ルームやお好みに合わせて各バランス等を調整頂けば、より一層このパーソナルに、贅沢な原音に忠実で広がりのある音をお楽しみ頂けることでしょう。

# A 付録

図 5: 波形再現型アンプ フロントパネル (案)

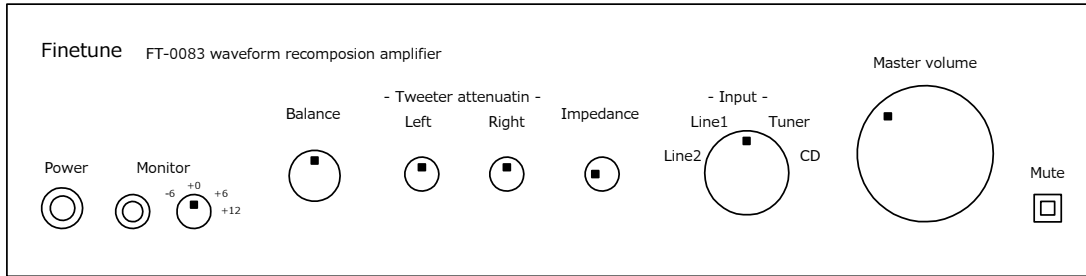


表 1: 主要諸源 (暫定)

入力	ライン	
入力レベル	0dBu	(標準仕様)
入力チャンネル数	4	
入力コネクタ	RCA	
出力	20W (5W x 2 x 2)	
出力コネクタ	T.B.D.	
周波数帯域	DC~100 kHz	(-3 dB)
歪率	0.001 %	( $f \leq 20$ kHz, $T_a=25$ °C)
クロスオーバー周波数	700 Hz	(標準仕様)
電源電圧	90~115 V	
電源周波数	45~80 Hz	
消費電力	T.B.D.	
外形寸法	T.B.D.	
重量	T.B.D.	