

地上デジタルTV放送の受信性能を向上する UHF 帯混合器の設計と解析
 (所定 ch 群を受信する 2 つのアンテナ受信出力を、HPF / LPF でシャープに
 切り分け、低損失で混合 [合波] する 2 Input - 1 Output 混合器)

May 21, 2007

Mr. Endo

1. 序文

- (1) 最初に、UHF 帯混合器を構成する基本要素である、HPF/LPF を設計する手順を簡潔に説明する。
- (2) 2 つの入力信号の通過を制御する各々のフィルタ出力を、1 出力に混合する、干渉トランスの作用と効果について解説する。
- (3) フィルタを構成する L、C の回路定数の偏差に対する、混合器出力の特性のバラツキについて、その解析法の要点と、解析結果について紹介する。
- (4) LPF/HPF に BPF を組合せたり、

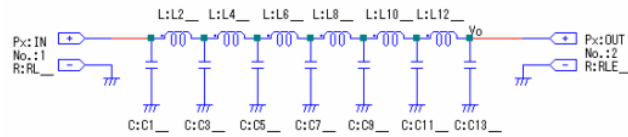
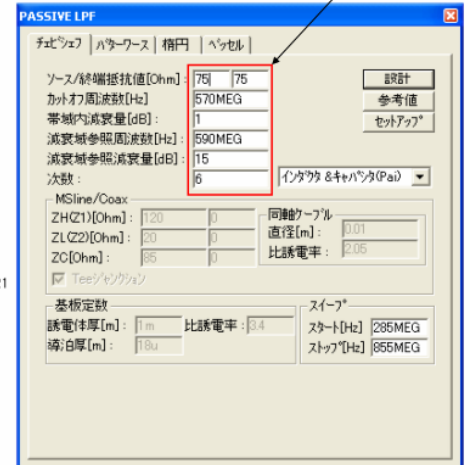


Fig.1



1. Designを活用した基本LPFの設計事例

或いは通過特性遷移領域の周波数特性を特定 ch 信号のレベル調整に利用する方法など、2 つの代表的な混合器の事例について、回路構成並びにその特性を紹介する。

- (5) 最後に、プリント基板に部品を実装して UHF 帯混合器を試作評価し、改良すべき課題とその解決手法について、要点を説明する。SNAP の回路解析結果と実際の混合器の特性 [実測値] を対比して、SNAP 回路解析の優れた実用性を証明したい。

2. LPF/HPFの個別出力

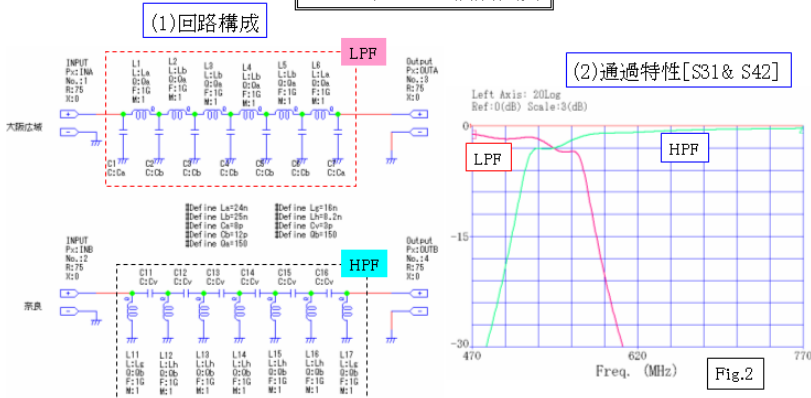


Fig.2

2. UHF 帯混合器の設計手順およびフィルタ特性の干渉対策

(1) 回路構成

3. LPF/HPF 出力を直結した混合器

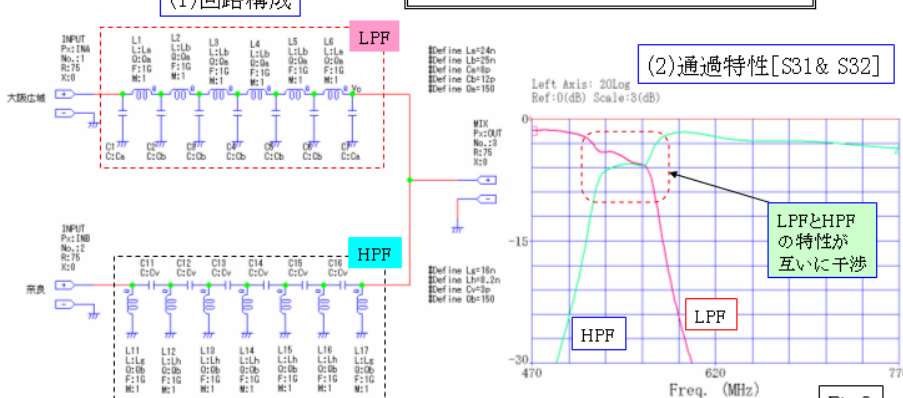
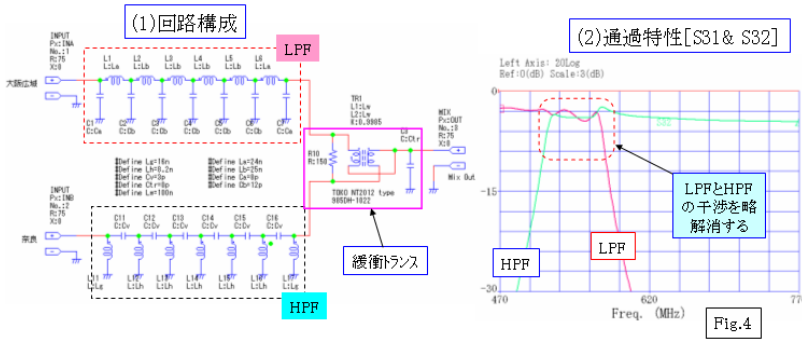


Fig.3

SNAP Design を活用して、UHF 帯混合器の基本構成となる HPF や LPF の回路構成 [回路構成 = フィルタの次数や形式 (型 / T 型)] と各定数を導く。設計された LPF の

4. LPF/HPF出力をトランス結合した混合器



各定数を適用できる部品定数 [E24 系列 (精度 5%) など に 丸める] に 設定 する 際 に、通 過 特 性 等 の フィルタ 性 能 が 最 適 に な る よう に、幾 つ か の 定 数 を 若 干 変 更 す る こ と も 必 要 に な る。

この 2 つ の フィルタ 出 力、即 ち

LPF 出 力 と HPF 出 力 を 直 結 す る と、両 フィルタ の 通 過 領 域 が 重 なる か、隣 接 す る 場 合 に は Fig.3 に 示 す よう に、両 フィルタ の 特 性 が 近 接 す る 付 近 で、両 者 の 特 性 に 干 渉 を 生 じ る。

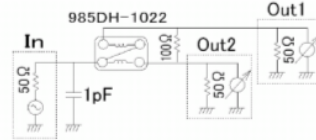
この 干 渉 を 軽 減・解 消 す る た め に、2 つ の フィルタ 出 力 を 結 合 す る 際 に、緩 衝 ト ラ ンス を 適 用 す る。そ の 結 果、両 フィルタ の 特 性 が 近 接 す る 付 近 で、両 者 の 干 渉 は、Fig.4 に 示 す よう に 大 幅 に 低 減 さ れ る。し か

し な が ら、緩 衝 ト ラ ンス の 分 配 損 失 3dB が 混 合 器 の 出 力 に 生 じ る こ と は 避 け ら れ ない。従 っ て、要 求 条 件 等 に 応 じ て、こ の 緩 衝 ト ラ ンス の 適 用 を 使 い 分 け る こ と が 大 切 で あ る。こ の 緩 衝 ト ラ ンス に 適 し た 広 帯 域 ト ラ ンス NT201 の 仕 様 を Fig.5 に 紹 介 す る。

NT201 [東 光 製 広 域 ト ラ ンス]

TOKO Part No.	Winding Turns
985DH-1022	1-6 = 3-4
	2.5:1

Test Circuit A



5. 2 つ の 出 力 を 干 渉 無 く 1 出 力 に 結 合 す る 緩 衝 ト ラ ンス の 仕 様

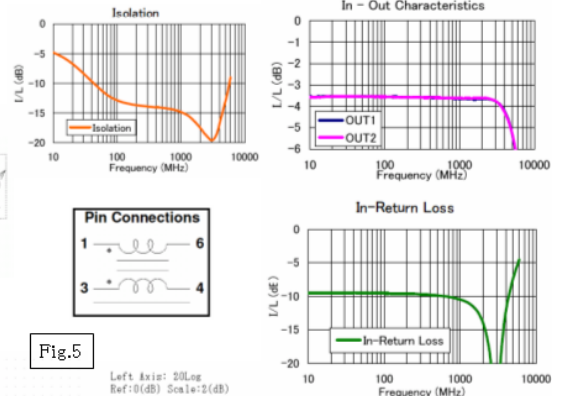
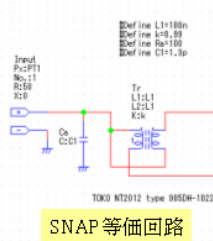
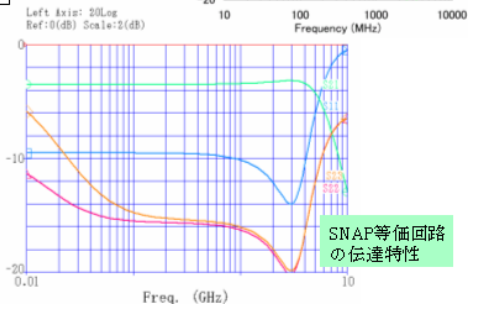


Fig.5



3 . 混 合 器 特 性 の パ ラ ッ ク 解 析

(1) 混 合 器 を 量 産 す る に 際 し て、使 用 す る 回 路 部 品 の パ ラ ッ ク に 伴 う 混 合 器 製 品 の 特 性 分 布 [特 性 偏 差] を、設 計 時 点 で 分 析 し て お く こ と は、生 産 性 [歩 留 ま り や 調 整 必 要 性 の 有 無、調 整 の ク リ カ ル ポ イ ン ト な ど] 向 上 の 観 点 か ら 大 切 で あ り、製 品 開 発 の 先 進 向 上 に も 繋 がる。

6. 回 路 素 子 の パ ラ ッ ク に よ る 混 合 器 特 性 の 変 動 を 検 証 す る 回 路

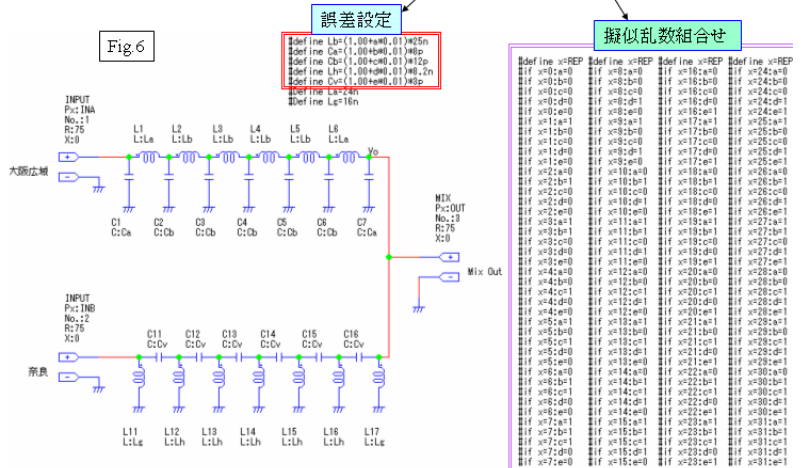
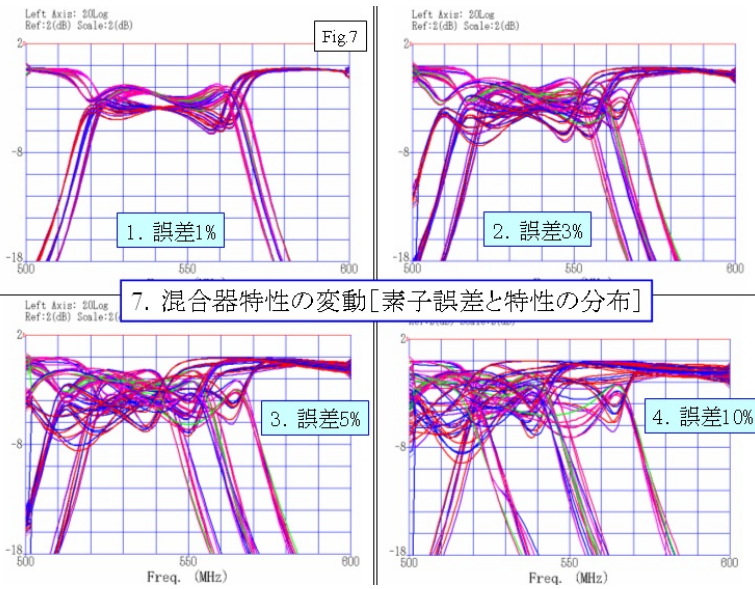


Fig.6

5 種 類 [22 素 子] の 回 路 定 数 を 誤 差 規 格 に 沿 っ て 2²² = 32 進 の 組 合 せ [擬 似 乱 数] で 変 化 さ せ る

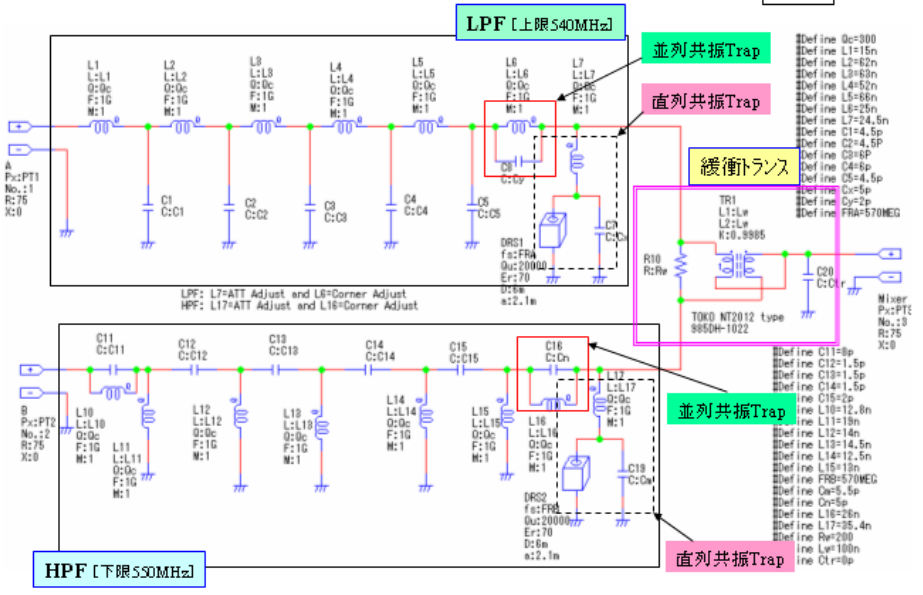


させる。規定誤差 1%、3%、5%、10%について、それらを解析した結果を Fig.7 に示す。

(3) パラメータ解析結果を、生産性の観点で分析した要点は以下の通りである。

量産時における製品性能が確率的に、どの程度変動 [分布] するか机上解析したもので、量産品の調整の難しさ及び歩留まり [量産率] を示唆する。回路構成が複雑 [素子数が多い] になればなる程、各素子の誤差が小さくても、製品の性能が大きく変化する。

8. LPF/HPFの肩特性を急峻にした混合器[1]



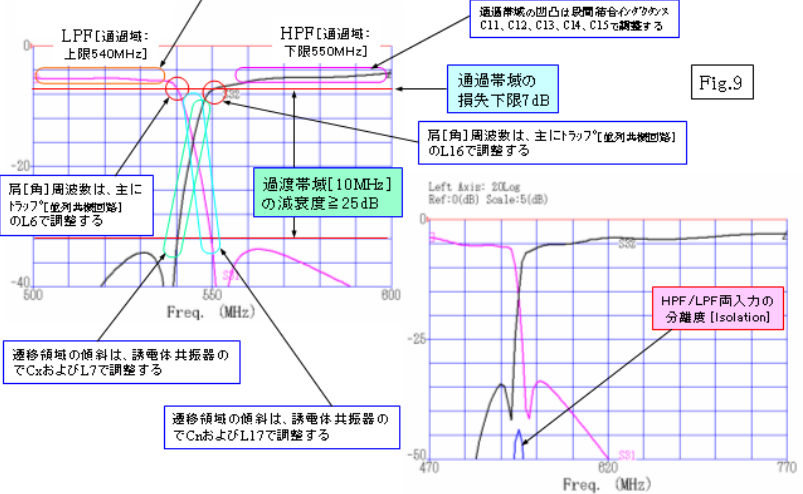
無調整回路を実現するためには、回路素子の誤差を 1%程度に収めることが大切である。

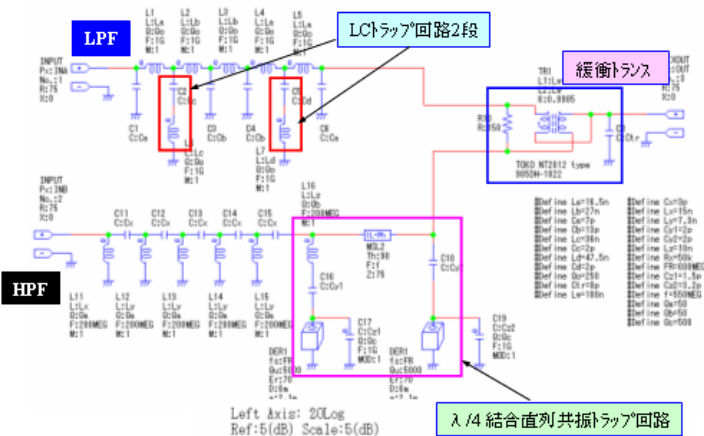
4. 代表的な混合器の設計事例

[1] LPF/HPF の通過特性(肩傾斜)をシャープにした混合器

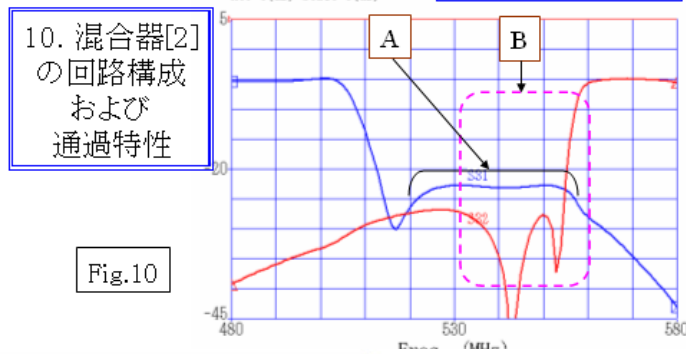
LPF/HPF 夫々の出力

9. 混合器[1]の周波数特性及び調整要領





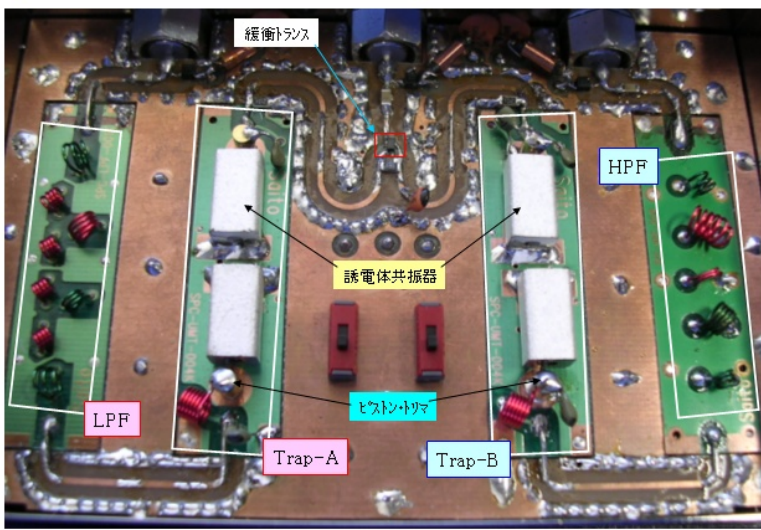
端に、並列共振トラップと直列共振トラップを接続する [Fig.8] ことで、LPF と HPF の交差 [遷移] 領域を通常 LC フィルタの約 1/3 の、10MHz に狭めて両フィルタの選択特性を大幅に向上させる。両フィルタの特性を最適に調整するには、熟練が必要なので、その調整要領を Fig.9 に示す。



[2]LPH と HPF の交差領域において、所定 ch [24ch、25ch] を一定量減衰して通過させる混合器

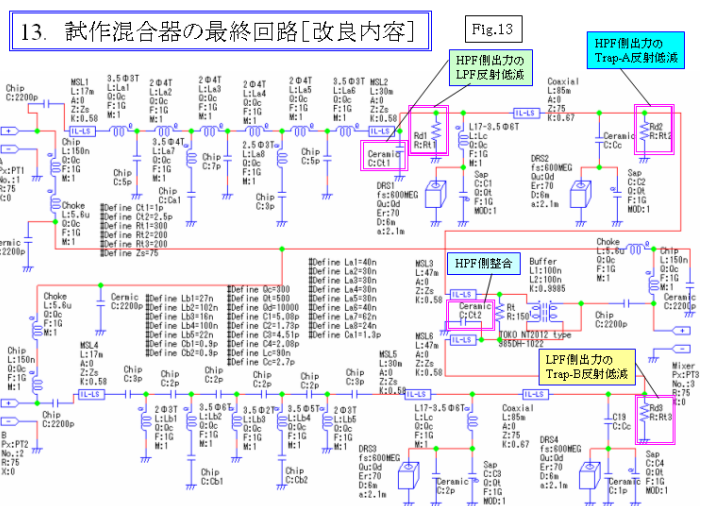
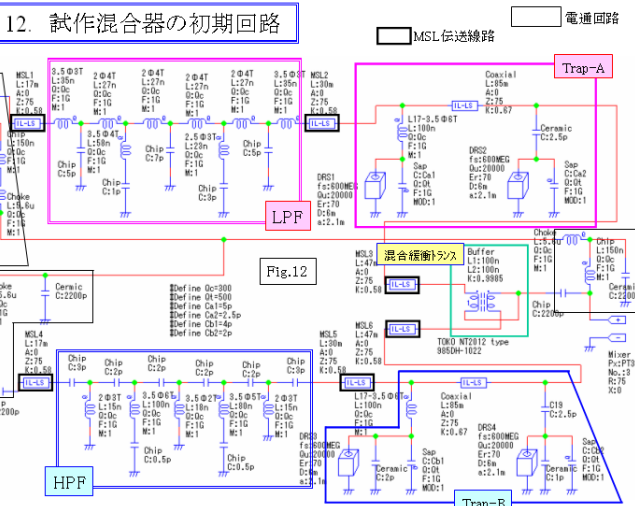
11. 試作混合器の基板実装

Fig.11



中電界強度の受信信号 [24ch、25ch] を約 20dB 減衰して通過させる共に、LPF/HPF 選択特性によって、受信障害を引き起こす高電界の受信波群を阻止し、弱電界の受信波群を通過させることにより最適な受信状態を形成する。

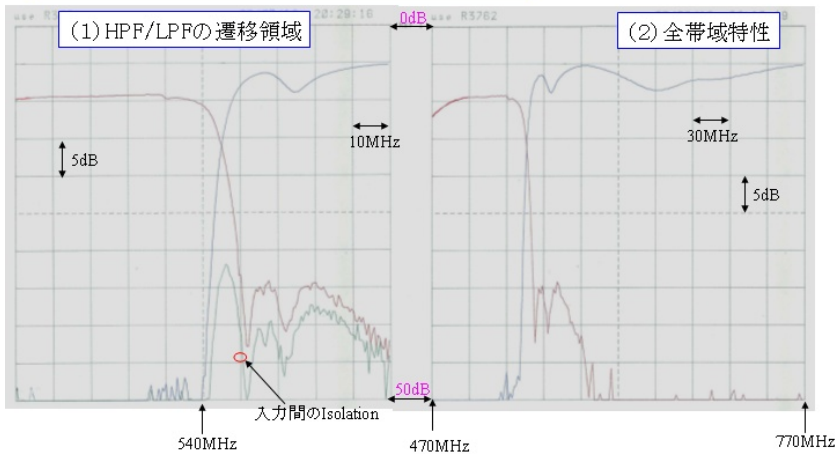
LPF の LC トラップ回路 2 段で、所定 ch を一定量減衰させる中腹平坦 A を形成し、 $\lambda/4$ 結合直列共振トラップ (誘電体共振器を使用した直列共振回路を縦列接続) 回路を挿入して、HPF の肩特性を直立壁面に近い傾斜 B に整形する。



5 . LPF / HPF 型混合器の試作評価と SNAP シミュレーション解析評価の比較検証

14. 試作混合器の最終特性 [実測値]

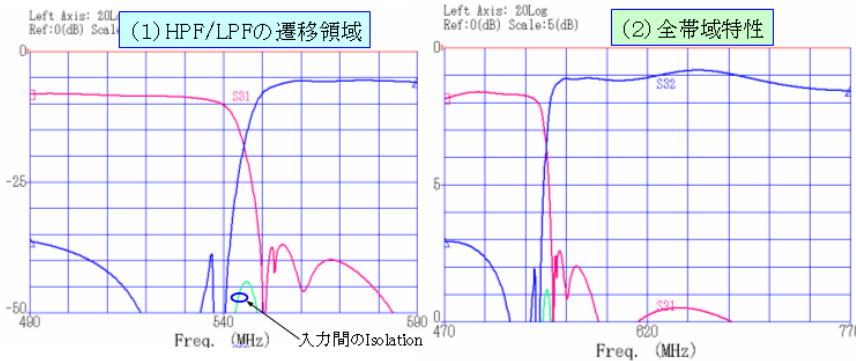
Fig.14



形成する。また入出力端子 / LPF / Trap-A / Trap-B / HPF のそれぞれは、75 の MSL [Micro-Strip Line] で接続されており、混合器の通過特性が UHF TV 帯全体で平坦になるように考慮されている。

15. 試作混合器の最終特性 [SNAP解析結果]

Fig.15



1/4 波長結合 Trap 回路の損失および緩衝トランスの分配損失などの影響で、LPF の通過帯域の損失は約 10dB に達しており、今後改良の余地が残されていると思われる。

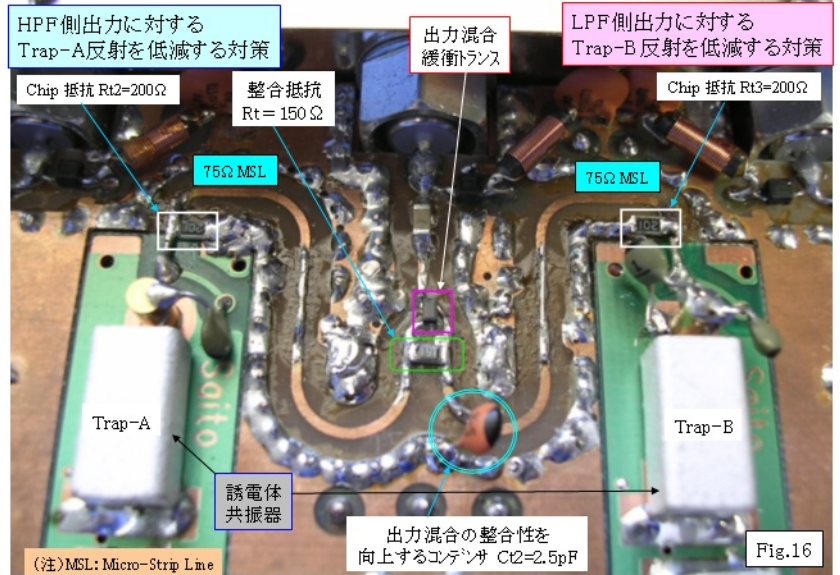
- (3) 最終特性に対する実測値 [Fig.14] と Fig.13 の SNAP 回路の小信号 S パラメータ解析値 [Fig.15] を比較してみると、HPF の通過帯域内の平坦性 [凹凸偏差が実測値で約 3dB 存在する] に対する差異を除いて、実測値と SNAP 解析値は極めて良好に一致していることが分かる。これは SNAP の実用性が高いことを顕著に表している、素晴らしい事例であると言える。

- (1) 両面基板 [FR-4] を使用して試作した、LPF/HPF 構成の混合器の基板実装を Fig.11 に、初期の回路構成を Fig.12、特性上の課題 [各部の反射低減 / 整合性改善など] を解決した最終回路を Fig.13 に示す。Trap-A は LPF と HPF の交差領域における LPF の肩傾斜を急峻に、Trap-B は HPF の肩傾斜を急峻に

- (2) 試作混合器の最終特性 (実測値) は Fig.14 に示すように、LPF と HPF の交差領域が 25dB 減衰の範囲で 10MHz 以内に収まっている。LPF と HPF の交差特性を急峻にするために、挿入した

16. 混合器＝出力混合部ならびに特性改良主要部

(4)参考までに、2つのフィルタ出力を混合する、出力混合部の構成を Fig.16 に紹介する。前述のように、この緩衝トランス NT201 は約 100MHz - 3GHz の範囲で、フラットな混合・整合特性を示す。この混合器を構成している LPF/HPF および、Trap-A/Trap-B は、それぞれの通過帯域に於いては、その入出力インピーダンスが 75 Ω 付近となり、結合線路 [75 MSL

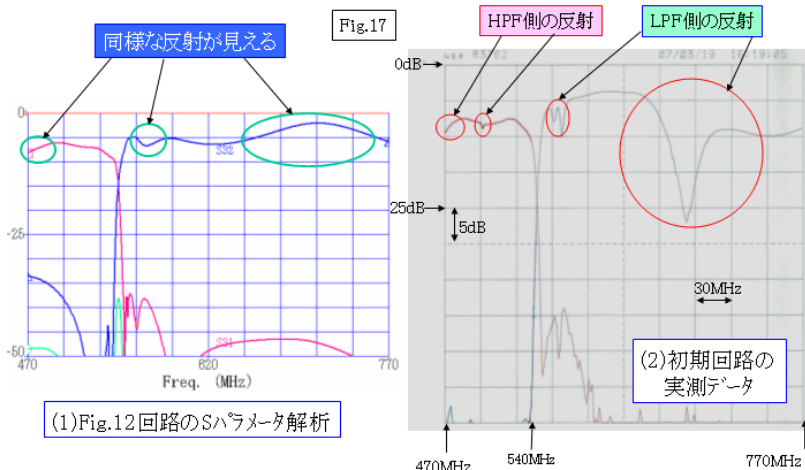


(MSL : マイクロストリップ線路) と整合する。阻止帯域においては、それらの入出力インピーダンスが短絡 / 開放状態になるため、各フィルタと結合線路間に不整合を生じ、混合器出力の通過平坦部上の幾つかの周波数ポイントにて、反射による凹凸を生じる。

(5)この対策内容 [その主要部を Fig.16 に示す] の詳細は Fig.13 の回路図に示している。尚、この反射対策後の実測値 [Network Analyzer] と、SNAP 解析値 (Sパラメータ解析) は Fig.14、Fig.15 に示すように良好な対照を示していると同時に、初期回路 (反射対策前) における

実測値と SNAP 解析結果も良好な相関 [Fig.17] を示している。

17. 試作初期回路の実測値とSNAP解析結果の比較検証 [反射未対策]



6. 本レポートの纏めと考察

(1)地上デジタルTV放送の受信性能向上に有効に機能する、[受信 ch を高選択する] 通過特性がシャープな UHF TV 帯混合器を、SNAP の高度な設計・解析機能を活用することによって、的確に、且つ高精度に開発設計できることを示した。

(2)SNAP の解析は回路を構成する

部品・素子のパラメータを反映した、回路特性の解析を高精度に、かつ容易に実施できるので、製品設計における歩留まり向上や調整の必要性有無など、生産性を考慮した製品開発を可能にする。これは製品コストを低減する基本的な、解析・分析・考察手法と考えられる。

(3)混合器の試作評価で確認・検証したように、部品の実装状況や基板パターンなど実際の回路内容を反映した、実践的な回路設計とその特性の解析を精確・円滑に果たすことが出来る。ここに SNAP 解析機能の優れた実用性を、事例を用いて実証することができた。