

車載用AMチューナIC “FT4803”

Automotive AM Tuner IC “FT4803”

佐々木 三 利⁽¹⁾ 高 山 一 男⁽²⁾
Mitoshi Sasaki Kazuo Takayama

要 旨

車載用ラジオ受信機は、多様な電波環境下で良好な受信を行うため、特有な性能が要求されている。また、近年の車載オーディオ機器の高級化に伴いAM放送の受信においても、高品質な音が求められるようになっている。今回、我々は、この様な高品質な音の要求に応えるべく車載用のAMチューナIC “FT4803” および、応用回路を開発した。その特長は、放送アンテナ近くの強電界下における遠方局の受信を可能にするRF-AGC回路、復調周波数特性の広帯域化を可能にするIF帯域可変回路、AMステレオ性能および、受信帯域上限の1710KHz への拡張に対応するRF同調回路と局部発振回路の新トラッキング回路である。

以下これら、開発回路の新技术内容と、その効果について述べる。

Auto radio must perform well under varying receiving condition, and increasingly sophisticated car audio gear requires better sound quality for AM and FM reception. We have developed an AM tuner IC “FT4803” to meet these requirements. The IC features a RF-AGC circuit which enables the receiver to tune in remote signals while rejecting strong local signals, a IF bandwidth control circuit to demodulate broader bandwidth, and a new tracking circuit for the RF tuning circuits and local oscillator. These features enable to expand the receiving frequency range (up to 1710 kHz, instead of 1620 kHz.) and to improve the quality of AM stereo reception.

The techniques developed for the new AM tuner IC are described below.

(1)、(2) 開発部

1. はじめに

車載用AMチューナでは、現在3つの大きな課題がある。第一には、車でAMラジオを聴く時、様々な場所を移動しているため、電波状況は時々刻々変化する。その中で、とりわけ問題となるのは、放送アンテナの近くを通る時、別の遠く弱い放送電波を受信している時である。この状態ではRF回路は、より低い雑音レベルと、より高いリニアリティが同時に必要となる。このため一般的に、RF回路のAGC動作により、改良が図られているが、逆にそのAGC動作で弱信号局の受信性能が抑圧され悪化する問題が発生する。それを解決するには、強入力、弱入力特性の両立性を高めるRF-AGC回路が必要である。第二は、AMラジオの音質に対して、復調周波数特性の改善が要求されてきたことである。このため、チューナのIF帯域を広帯域化する設計がなされており、AMステレオ受信機には、この広帯域化が広く採用されている。しかし、広帯域化すると、信号が弱くなった時、高域雑音が目立ち受信品質の低下が起きるため、高音質化と雑音抑制の両立が求められている。第三は、AMステレオ受信機において、左右分離度を全受信帯域で確保することが難しいことや、米国における1710KHzへの受信帯域拡張に対して、その増加チャンネルで感度が低下

する問題がある。これは、スーパーヘテロダイン方式受信機特有の、所謂トラッキング・エラーと呼ばれるRF同調回路の同調ずれに起因するものであるが、この性能向上が強く要求されている。

2. 開発目標

前述の要求を満足させるために以下に示す内容の開発を行った。

① 信号抑圧性能の改善

混変調歪が発生せず、かつ最小の抑圧特性を有するAGC回路の開発。(不必要な抑圧をゼロにする。)

② 音質の改善

FM受信機で採用されているATC (Automatic Tone Control) をAMチューナでも実現し、高音質化と雑音抑制の両立を図る回路の開発。(従来帯域からAMステレオ用広帯域までの範囲で可変できるようにする。)

③ トラッキングエラーの改善

主に拡張された受信帯域における感度低下の改善を図るトラッキング回路の開発。(理論上の感度低下を1dB以内にする。)

3. AMチューナのブロックダイアグラム

図-1は、新開発AMチューナのブロックダイアグラムである。また、点線で囲った部分が新技

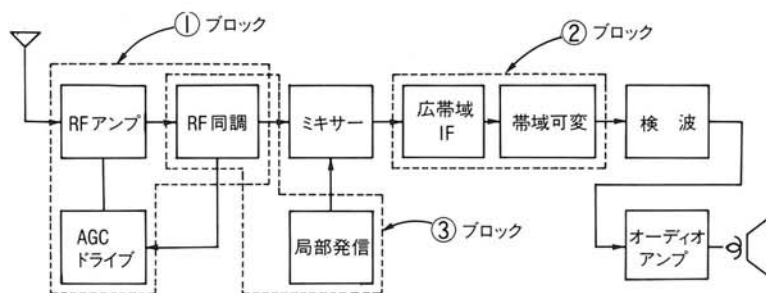


図-1 新AMチューナのブロックダイアグラム

Fig. 1 Block diagram New AM tuner

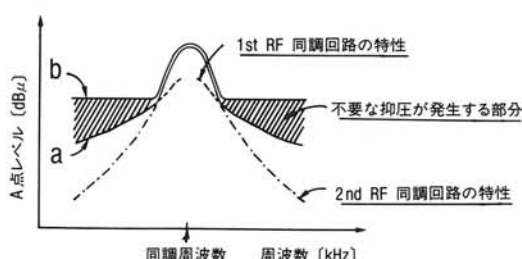


図-2 RF-AGC周波数特性

Fig. 2 RF-AGC frequency characteristics

術の導入で性能向上したブロックである。

以下各ブロックの概要につき説明する。

①ブロック： 強入力、弱入力特性の両立性を高めるため、不必要な信号抑圧をしないように、入力信号周波数に対するAGC動作開始レベルの特性を最適化したRF-AGC回路と、AGC動作開始レベルを高くしても歪の発生を抑制した入力アッテネート回路。

②ブロック： 復調周波数特性を改善する広帯域化されたIF通過帯域フィルタと、弱入力時の雑音増加を抑制する、入力レベルに連動してIF通過帯域幅を連続的に可変する回路。

③ブロック： AMステレオの左右分離度や受信感度の低下を防ぐため、全受信帯域にわたりト

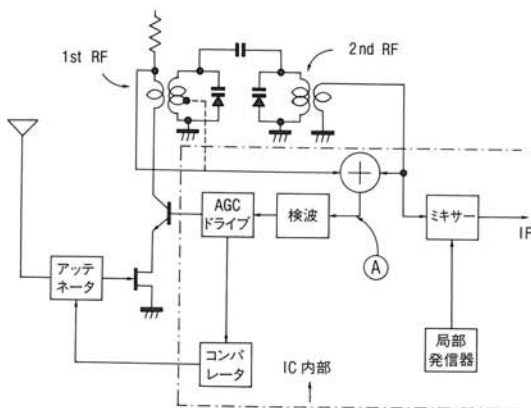


図-3 RF-AGC回路

Fig. 3 RF-AGC circuit

ラッキング・エラーを小さくした、RF同調回路と局部発振回路からなるトラッキング回路。

以下、各々の回路について説明する。

3-1 低抑圧型RF-AGC回路

RF-AGC回路は、AMチューナの強入力妨害排除性能をほぼ決定するものである。図-2は、図-3 A点での周波数特性を示す。この特性により入力信号周波数に対するAGC動作開始レベルの特性が決定される。線aは、強入力妨害による混変調歪みを起こさないための特性、線bは、従来の特性を示す。ここで、線aは、ミキサー回路と、初段RF同調回路の可変容量ダイオードの歪特性から決まる。つまり、ミキサー回路の歪みが発生しない許容入力レベルは、RF同調回路二段を通過した周波数特性で決まり、可変容量ダイオードの許容レベルは、RF同調回路一段目の周波数特性で決まる。この図から、従来のAGC特性では、斜線部で不必要な希望信号の抑圧が起これることが判る。

図-3は、本チューナに搭載したRF-AGC回路である。この回路は、RF同調回路の一段目と、二段目の同調特性を合成して、入力信号周波数に対するAGC特性を理想的なカーブに近づけるためのものである。ただし、信号を合成する場

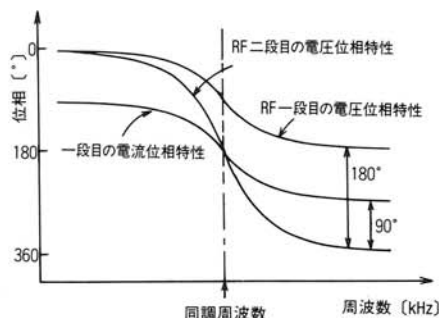


図-4 RF同調回路の位相特性

Fig. 4 Phase characteristics of RF tuned circuit

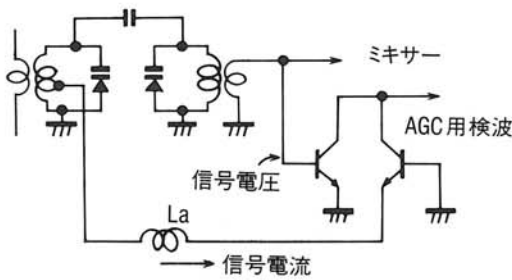


図-5 信号の合成回路
Fig. 5 Signal synthesis circuit

合、2つの入力間の位相差をほぼ同相 (90° 以内) に保ち、加算する必要がある。しかし、信号の位相関係は、図-4のように 180° まで位相差が生じるため、信号の合成方法を、図-5の回路に示すように一段目の同調回路の信号をコイル (L_a) に分流し、電流値で取り出し二段目の信号電圧と合成することで、全体に 90° 以内の位相差で加算できるようにした。

次に、RFのアンプ回路は、中波帯でNF (ノイズフィギュア) に良いジャンクション型のFETを使う。しかし、ゲート入力は、 $1.0 \sim 1.2V_{pp}$ 以上の信号電圧で歪みを発生するため従来から、トランジスタや、ダイオードによるアッテネータ (ATT) をFETのゲート側に挿入し、信号レベルを抑制していた。しかし、トランジスタ等のATTは、減衰量を連続的に可変する方式の場合、

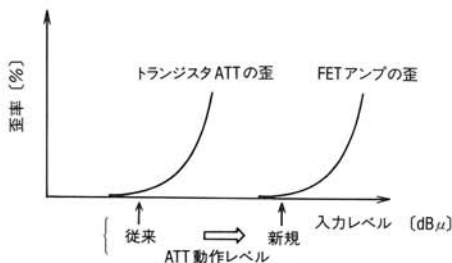


図-6 回路の動作とATT動作レベル
Fig. 6 Distortion and attenuator operating level

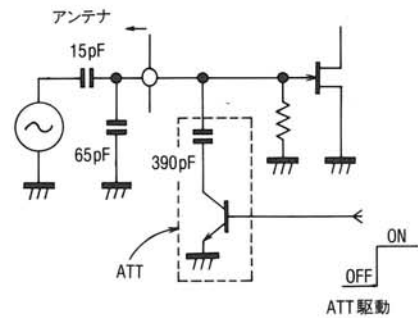


図-7 改良した入力ATT回路
Fig. 7 Modified input attenuator circuit

ATT自体が歪易く、図-6に示すように、必要以上に小さい信号レベルからATTを動作させるため、希望信号の感度抑圧が大きかった。

本チューナでは、トランジスタATTの動作量を $10 \sim 20\text{dB}$ に制限するとともに、ATTの動作をON/OFFのステップ動作として、ATT自体の歪みを防ぎながらFETを強入力信号から防いだ (図-7)。この2つの要素からなるRF-AGC回路により、強入力妨害性能は、図-8のように向上した。

具体例を示すと、

希望信号 1000kHz

妨害信号 1300kHz , $120\text{dB}\mu$

この条件の場合、従来、希望信号の受信可能レベルが、 $55\text{dB}\mu$ 程度であったのが、今回は、 $35\text{dB}\mu$ 程度まで改善される。

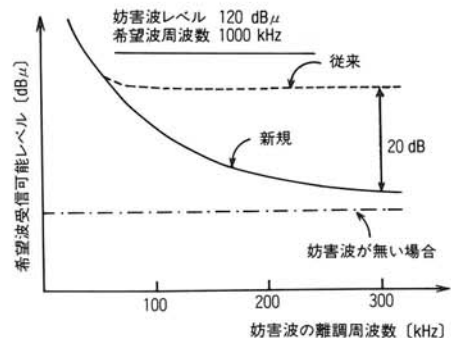


図-8 希望波の受信可能な入力レベル特性
Fig. 8 Desired signal tuning level characteristics

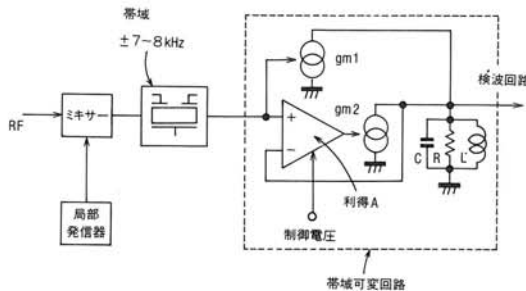


図-9 広帯域化されたIF通過フィルタと帯域可変回路
Fig. 9 Broadband IF bandpass filter and bandwidth control circuit

3-2 IF通過帯域幅可変回路

車載用AMチューナの再生帯域は、放送側で10kHz帯域があるにもかかわらず、4kHz程度の狭帯域幅の設計が行われている。これは、良好な受信状態で高品質な音を聴くことから、弱入力になった時でも雑音増加による音質の低下を防ぐことを、重要視しているためである。本チューナでは、基本的に高音質再生する広帯域なIF通過フィルタを持ち、それに加えて弱入力時の雑音増加を抑制するため、図-9に示すIF通過帯域幅を狭帯域に可変する回路を開発し搭載した。ここで、この回路の動作について説明する。まず、この回路は、次のような動作が必要である。

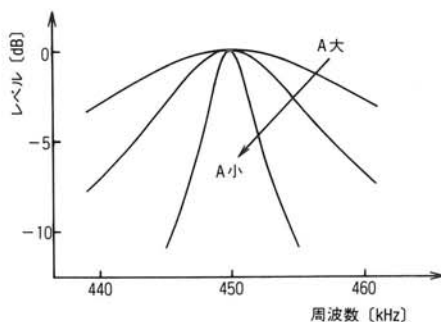


図-10 帯域可変回路の可変特性(計算値)
Fig. 10 Variable IF bandwidth control characteristics (calculated)

① IF通過帯域幅は、電圧抑制で連続的に可変できること。

② IF通過帯域を可変した時、回路の利得が一定で変化しないこと。

図-9の点線部分は、この動作を満足する回路である。

ここで、回路の伝達関数を数式化すると、

$$H(s) = \frac{g_{m1} + g_{m2} \cdot A}{1/R + g_{m2} \cdot A + (sC - 1/sL)}$$

g_{m1}, g_{m2} : 電流源のコンダクタンス

R : 共振回路の並列損失抵抗

A : 差動アンプの電圧利得

sC : コンデンサのアドミッタンス

$1/sL$: コイルのアドミッタンス

次に、利得 A を可変した場合の伝達関数を計算すると、図-10に示す通り、通過帯域が可変されていることが判る。

また、共振周波数(IF周波数)においては、 $sC = 1/sL$ であるから、

$$H_o(s) = \frac{g_{m1} + g_{m2} \cdot A}{1/R + g_{m2} \cdot A}$$

$1/R = g_{m1}$ に設計すれば、 $H_o(s) = 1$ となり、差動アンプの電圧利得 A を可変しても利得は一定であることが判る。

ここで、電圧制御で利得可変する差動アンプは、トランジスタのマルチプライヤ回路で実現し、LCの共振回路は、選択度が非常に高い必要があるので、セラミック共振子を使用した。実際の回路での帯域幅(-3dB)の可変範囲は、15kHzから4kHzである。

以上から、この回路の制御端子をチューナのSレベル電圧に接続すれば、入力レベルに連動してIF通過帯域が可変される。この結果、弱入力時には、従来どおり狭帯域に、また、強入力時には、

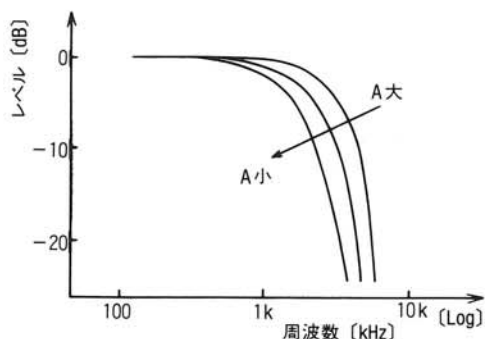


図-11 帯域可変時のオーディオ周波数特性

Fig. 11 Audio frequency characteristics with varied bandwidth

高音質を得る広帯域に、違和感なく制御される。

図-11、12は、I F通過帯域が可変された時の再生周波数特性と弱入力時の波形を示す。

3-3 小同調ずれトラッキング回路

スーパーヘロダイン方式のチューナは、RF同調周波数と局部発振周波数の差が常に一定になるように、つまり“トラッキング”をさせなければならない。しかし、従来のトラッキング回路は、AMステレオ放送や米国における受信帯域の1710 KHzへの拡張等、新しい要求性能を満足できなくなっている。

図-13、14は、従来のトラッキング回路とその同調ずれ特性（トラッキング・エラー）である。しかし、AMステレオにおける左右分離度は、同

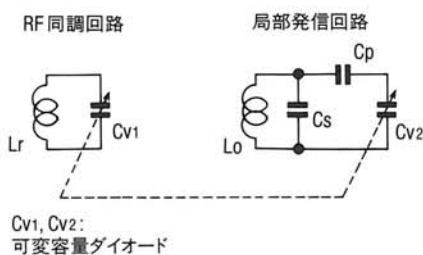


図-13 従来のトラッキング回路

Fig. 13 Conventional tracking circuit

調ずれに対して非常に影響され易く、例えば、1 kHzの変調周波数で20dBの左右分離度を確保するには、同調ずれは、図-14の線a、bの間にある必要がある。（ただし、RF同調回路の選択度： $Q=50$ ）また、受信感度特性は、図-15に示すとおりで、1710kHz付近では、感度低下が著しく、改善の必要がある。

図-16は、本チューナの採用したトラッキング回路である。この回路の改良ポイントは、局部発振回路に同じ特性の可変容量ダイオードをもう1つ追加していることである。追加した可変容量ダイオードは、トラッキング・エラーの原因である、元の可変容量ダイオード（ Cv_2 ）に対する発振周波数の変化比の不足を補っている。この回路のトラッキング・エラー特性を図-17に、受信感度特性を、図-18に示す。この結果、トラッキング・

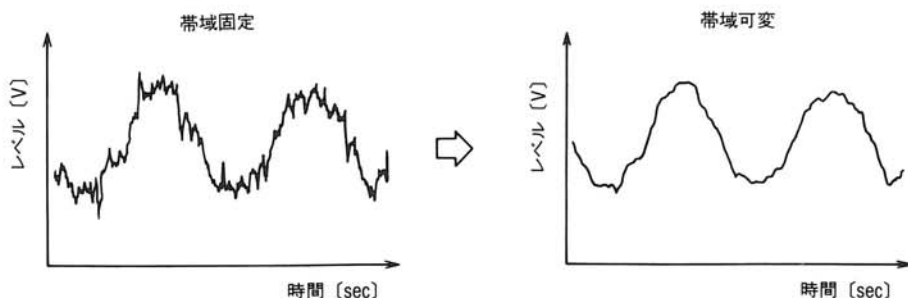


図-12 帯域可変による弱入力時の雑音改善波形

Fig. 12 Waveforms showing noise characteristics improved by varying bandwidth on weak input

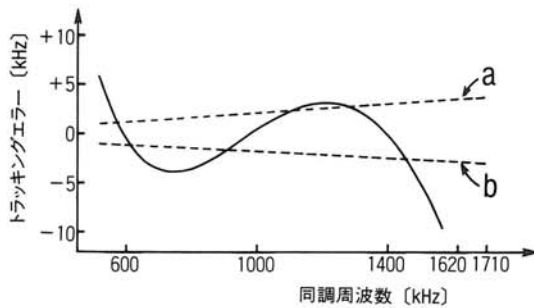


図-14 従来のトラッキングエラー特性 (計算値)
Fig. 14 Conventional tracking error (calculated)

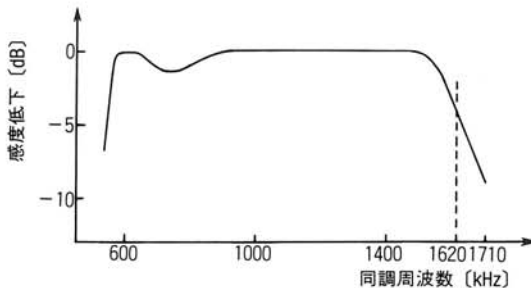


図-15 従来の受信感度特性 (計算値)
Fig. 15 Conventional gain (calculated)

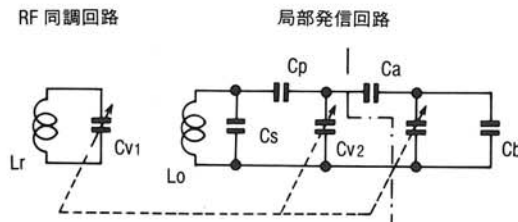


図-16 改良したトラッキング回路
Fig. 16 Improved tracking circuit

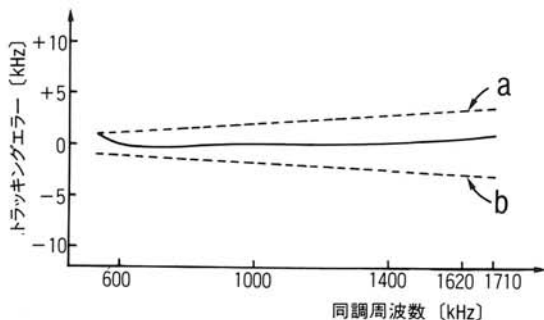


図-17 改良したトラッキングエラー特性 (計算値)
Fig. 17 Improved tracking error (calculated)

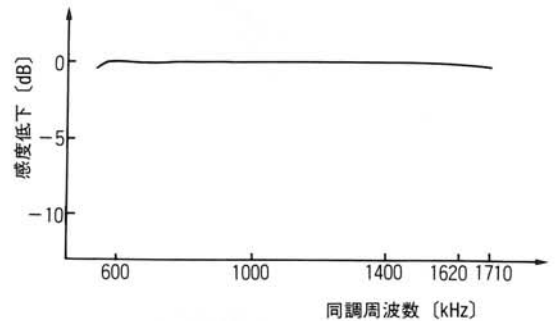


図-18 改良した受信感度特性 (計算値)
Fig. 18 Improved gain (calculated)

エラーは、全受信帯域に渡り 1 kHz 以下になり、また、感度低下は、殆ど認められなくなった。これにより、要求性能を十分満足することができる。

4. 開発の成果

4-1 ICパッケージとフロントエンド

今回開発した IC には、用途別に使い分けられるように、2つのパッケージを用意した。1つは、28pin のミニフラット・パッケージで、もう1つは 28pin のシュリンク・パッケージである。パッケージの外観形状を図-19、20に示す。

次に、この IC を搭載したチューナフロントエンドの外観形状を図-21に示す。なお、このフロントエンドには、AMステレオデコードを内蔵している。



図-19 AMチューナIC (ミニフラットパッケージ)
Fig. 19 AM tuner IC (miniature flat package)



図-20 AMチューナIC (シュリンクパッケージ)

Fig. 20 AM tuner IC (Dual-in-line shrink package)

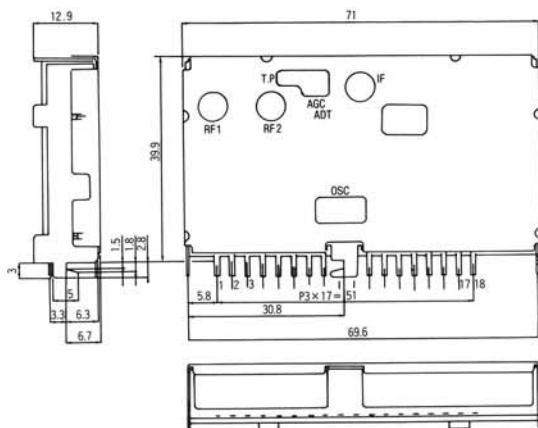
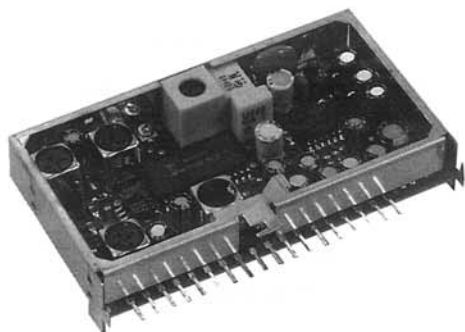


図-21 AMチューナフロントエンド (AMステレオデコーダ付)

Fig. 21 AM tuner front-end (Combined with AM and AM Stereo decoder)

4-2 性能

今回開発した回路の性能を従来と比較して表-1に示す。

5. おわりに

今回、我々が開発した内容は、より広い電波環境下でクリアな受信が可能になること、よりHi-Fiな音で受信できること、AMステレオ放送

表-1 開発回路の性能

項 目	従 来 品	開 発 品
希望信号の抑圧量 Fd : 1000kHz Fu : 1300kHz, 120dB μ	25dB	5dB
再生周波数特性 (-6dBポイント)	3kHz	3~6kHz
感度低下量 (Fr : 1710kHz)	9dB	0.5dB

や、米国での新たに増加する受信チャンネルの放送を良好な受信感度で聴けることであり、AMの音質を従来より一歩進んだものにできたと思う。

日本においてもAMステレオ放送開始の可能性や、より一層の高品質な受信が求められている中で、今回開発したAMチューナICは十分適用できるものと確信している。しかし、最近の車載機器の増加、多機能化によりラジオの省スペース化やさらに高品質なチューナが求められることは必至であるため、小型化、低コスト化、高品質化の研究を今後とも継続して進めていきたいと考えている。

最後に、本ICの開発に当たり御協力頂いた富士通VLSI関係各位に深く感謝の意を表する。

参考文献

1. Mitoshi Sasaki and Kazuo Takayama, "AM Tuner for Vehicle", SAE Technical Paper No. 900241, (1990).
2. 根津 俊一 田辺 謙造, "帯域制限によるAMステレオ復調信号の品質劣下", テレビジョン学会技術報告, No. TEBS 78-5, (1982).
3. 秋武 勇夫 野田 勉 大橋 伸一, "AMステレオ受信機の分離度の検討", テレビジョン学会技術報告, No. TEBS 78-7, (1982).