

# 多機能チューナ用IC

Integrated Circuit (IC) for Multi Function Tuner

松本 豊 *Yutaka Matsumoto*  
濱井 正明 *Masaaki Hamai*  
松長 裕数 *Hirokazu Matsunaga*  
大田雄一郎 *Yuichirou Ohta*  
横山 正穂 *Masaho Yokoyama*  
堀本 学 *Manabu Horimoto*



## 要 旨

近年、カーオーディオのマルチメディア化・多機能化の進展に伴ない、製品設計においては、ますますシステムの複雑化、高密度化、低価格化への対応が求められている。

このような背景から、カーオーディオ製品を構成する回路は、IC化による機能統合化が進んでおり、カーラジオチューナにおいても、従来のチューナ用ICよりもさらに多機能で小型かつコストメリットのあるICを開発することが、大きな課題であった。

今回、当社の設計ノウハウを生かし、FMダイバーシティ、AMノイズキャンセラーなどの周辺機能に加え、キーレスエントリー受信機能を持った多機能チューナ用ICを開発したので紹介する。

## Abstract

In the last several years, as car audio continues developing into a multi-functional, multimedia technology, manufacturers have increasingly been called upon to achieve sophisticated, highly integrated system design and cost reduction in the product planning stage.

With the demand for greater integration as the backdrop, Fujitsu Ten has been moving to combine the various functions of circuits -- components of car audio products -- into IC chips. In one area, our car radio tuner R&D effort, the major challenge has been development of an IC that can bring multiple functions together on a more compact, cost-effective chip than the conventional tuner IC.

Capitalizing on Fujitsu Ten design expertise, we have recently developed such a multi-function tuner IC. Equipped with a keyless entry reception function, the new IC is an added feature to the Fujitsu Ten car radio tuner, which already includes such peripheral functions as FM diversity reception and an AM noise canceller.

1. はじめに

近年、カーAV市場は、ナビゲーション機器やTV, CD, MD等の機能を複合化した、いわゆる一体機やマルチメディア機器の需要に支えられながら、市場を拡大しつつある。

その中でチューナに対するニーズは、ラジオ放送の受信だけでなく、以下に示すように多種多様なものになってきた。

- 天気やスポーツといったインフォメーション情報 (FM文字多重放送など)
- 道路交通情報 (VICISなど)
- 車体を制御する情報 (キーレスエントリーなど)

さらに、音質向上に対するニーズも強く、移動体特有のマルチパスノイズや不要な電磁波によるノイズの低減を、より低価格に実現する必要がある。

このような背景から、多種多様な受信ニーズに応え、低価格で音質向上できるチューナを実現すべく、ICの開発に着手、株式会社東芝セミコンダクター社殿の協力により、当社オリジナルの「多機能チューナ用IC」が完成した。

本ICは、98年12月より、当社の標準チューナである「ハイパーチューナモジュール」に搭載、製品化されている。

2. 開発のねらい

従来、ニーズに応じて商品毎に、チューナモジュール (以下、T/M) とは別の外付け回路でダイバーシティ、マルチパス検出・オートマッチク・セパレーション・コントロール (以下、M-ASC), AMノイズキャンセラなどを構成していた。

これでは、商品毎の基板設計工数増加や部品増加によるコストが発生する。また、各設計者により配線の引き回しや部品配置が異なり、性能が異なる恐れもある。

そこで、新規チューナICの狙いとして、

ダイバーシティ、M-ASC、AMノイズキャンセラの各機能をICに内蔵することで、機能コストの低減を図る。

従来のT/Mのサイズにこれら機能を内蔵することで、機種毎に発生していた基板設計の工数や材料費の大幅削減、および設計の標準化による品質向上を図る。

加えて、「オリジナル商品の開発」を目標に、カーエレクトロニクス (当社では、モートロニクスと称する) とオーディオ・ビジュアルの複合商品の開発を狙い、キーレスエントリー受信機能を内蔵した。

これにより、「キーレス受信機能付きカーオーディオ」を低価格で商品化でき、新たな市場が開拓できる。

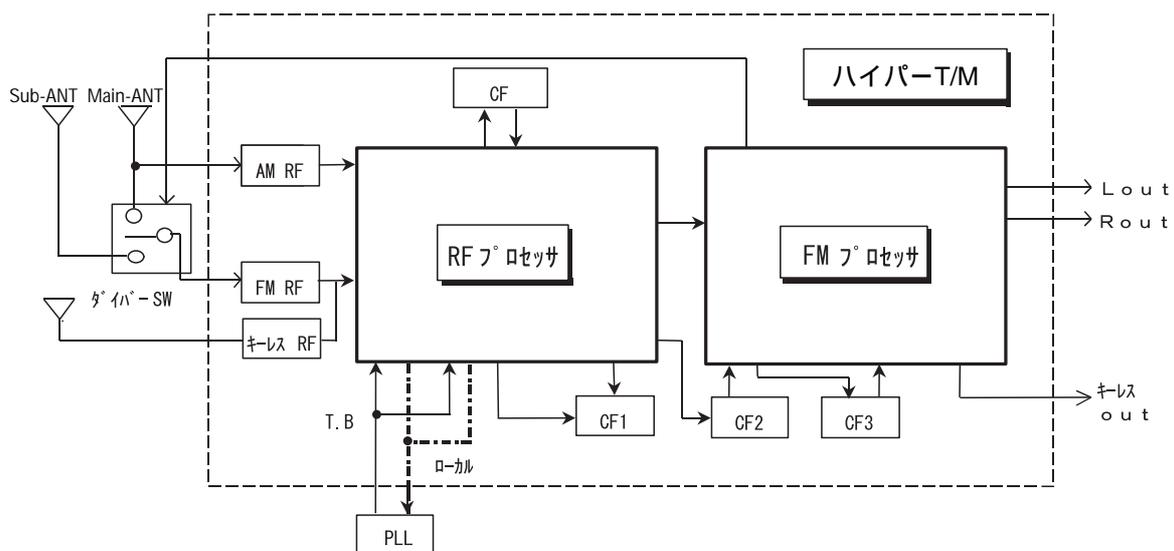


図-1 チューナモジュールの簡易接続図  
Fig.1 Schematic wiring diagram of tuner module

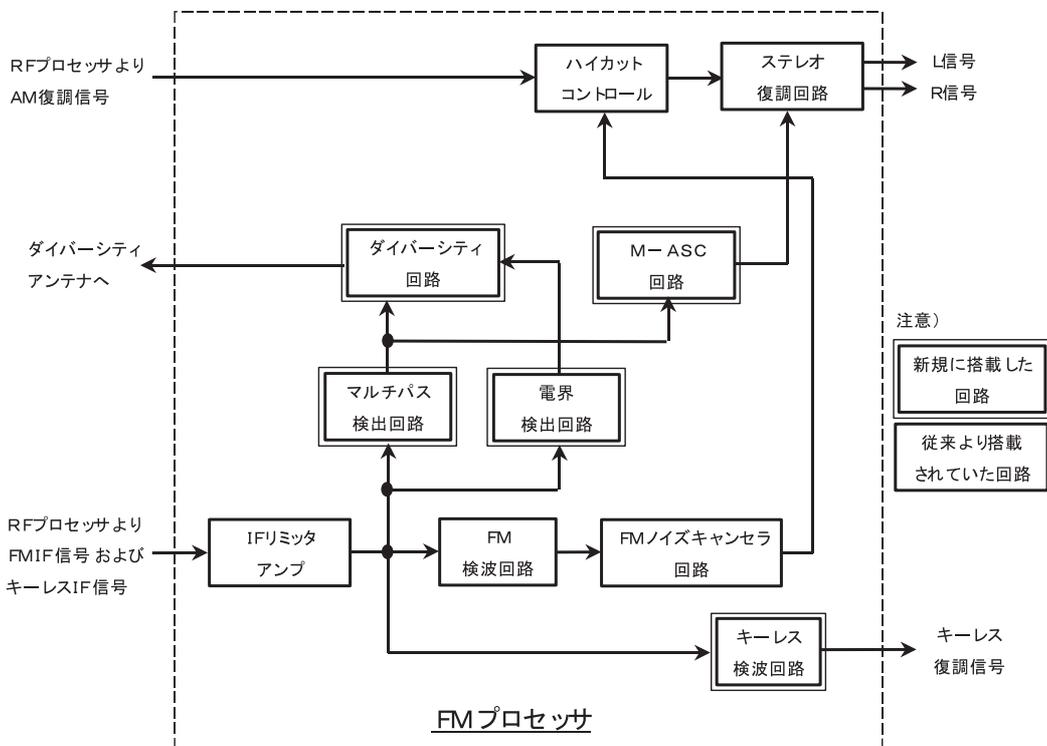
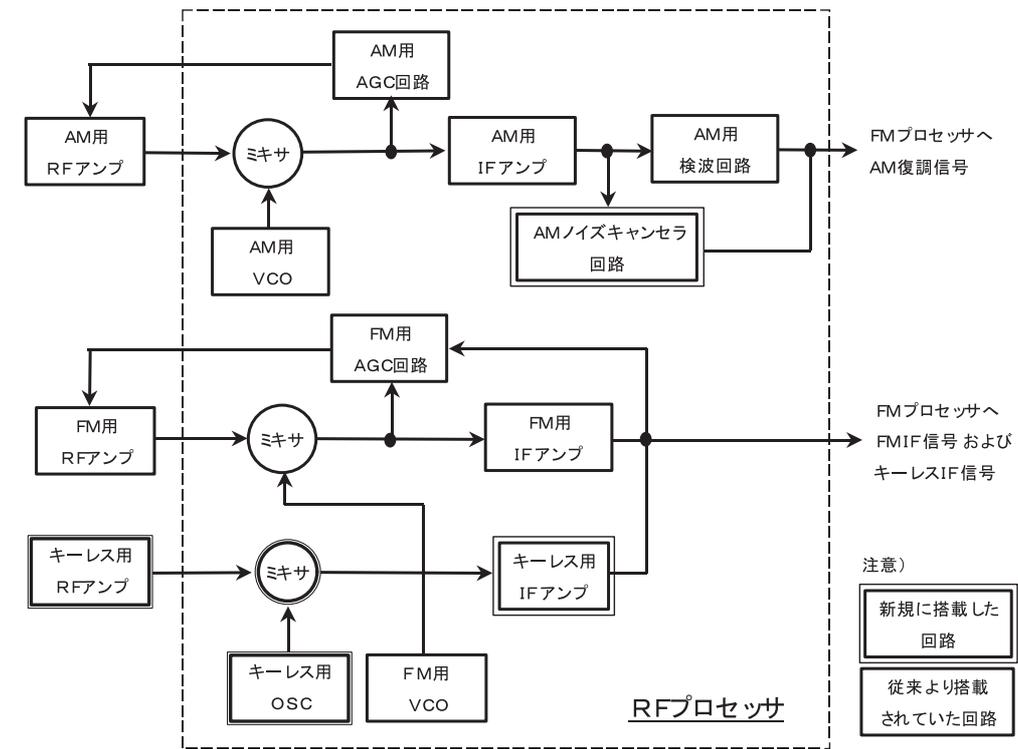


図-2 RFプロセッサとFMプロセッサのブロック図  
Fig.2 Block diagram of RF processor and FM processor

### 3. ICの概要

従来のAM/FMチューナIC, AMノイズキャンセラIC, FMダイバーシティIC, キーレスエントリICの4つの機能を統合するにあたり、

必要ピン数

消費電力

汎用パッケージの使用

T/Mを実現する際の使い易さ

を考慮し、2つのIC (RFプロセッサ, FMプロセッサ) で実現した。

RFプロセッサは、

AMチューナ部: VCO, コンバータ (ミキサ),  
AGC, IFアンプ, 検波,  
ノイズキャンセラ

FMフロントエンド部: VCO, コンバータ (ミキサ),  
AGC, IFアンプ

キーレスエントリ部: VCO, コンバータ (ミキサ),  
IFアンプ

から構成される。

FMプロセッサは、

IFリミッタアンプ部: IF検波, IFリミッタアンプ

FMノイズキャンセラ部

ステレオ復調部

ダイバーシティ部

M-ASC部

キーレスエントリ部: キーレス検波

から構成される。

この2つのICにより、AM/FM放送はもちろん、キーレスエントリも受信が可能となる。

#### 3.1 ブロック構成

RFプロセッサ, FMプロセッサの各ブロック図を前ページの図-2に示す。

#### 3.2 採用プロセスについて

チューナICの多機能化を可能にした要因として、半導体プロセスの微細加工技術の進歩が上げられる。

本ICでは、PLAS - 1S: high Performance bipolar LSI process for Analog Systems - 1 Shrinkを採用した。

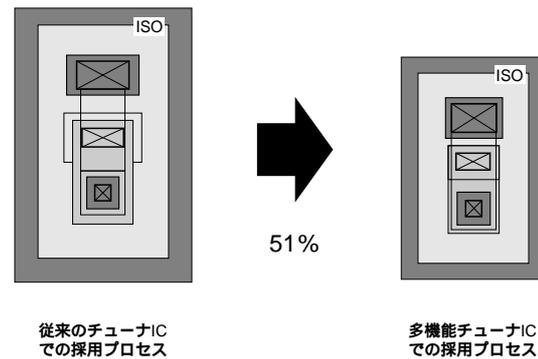


図-3 基本となるNPNトランジスタの面積比較  
Fig.3 Size comparison of basic NPN transistors

これは、セルフアライン化技術 (注) の改良による、トランジスタ素子の微細化による。

効果として、同じチップ面積上に搭載できる素子が大幅に増加し、動作速度も高速化できた。以下に、トランジション周波数の比較を示す。

<トランジション周波数 ( $f_T$ ) の比較>

従来のプロセス:  $f_T = 1.0\text{GHz}$

今回のプロセス:  $f_T = 1.8\text{GHz}$

結果、従来外付け回路で構成していたダイバーシティやAMノイズキャンセラー, キーレスエントリ受信といった機能を搭載することが、可能となった。

(注) セルフアライン化技術: 自己整合構造製作技術のことで、トランジスタ製造のリソグラフィ工程の繰り返し回数を大幅に削減し、マスク位置合わせ誤差が低減され、より微細な加工が可能となる。

### 4. 新規搭載機能

#### 4.1 M-ASC機能

多機能チューナICでは、マルチパス雑音を除去するために、新方式のダイバーシティと Multipath detect Automatic Separation Control (以下、M-ASC) を搭載している。

ここでは、まずM-ASCについて説明する。

マルチパスが発生すると高域雑音が多く発生するため、パイロットトーン方式のFMステレオ放送の場合、副チャンネル信号にマルチパス雑音が発生し易い。

図-4に、FMステレオ放送のコンポジット信号とマル

チパス雑音成分のスペクトラムを示す。

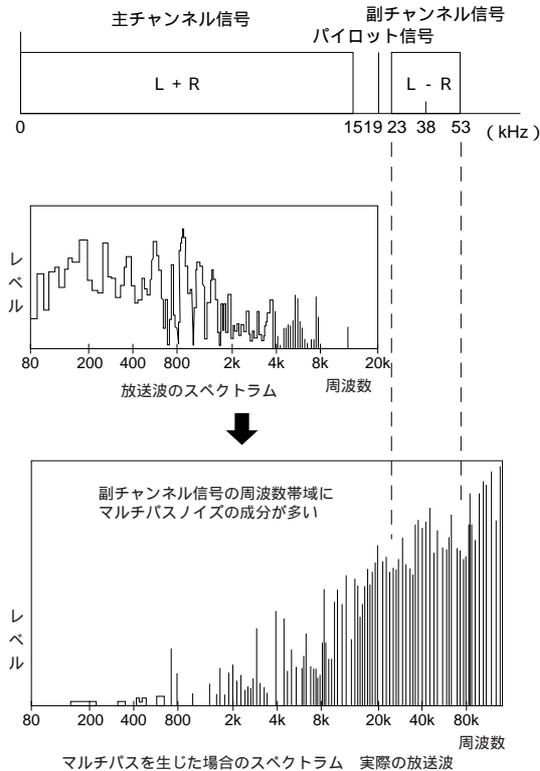


図-4 マルチパス雑音とコンポジット信号  
Fig.4 Multipass noise and composite signal

M-ASCは、パイロット信号（19kHz，10%FM変調）等に発生するマルチパス雑音成分を検出し、ステレオ分離

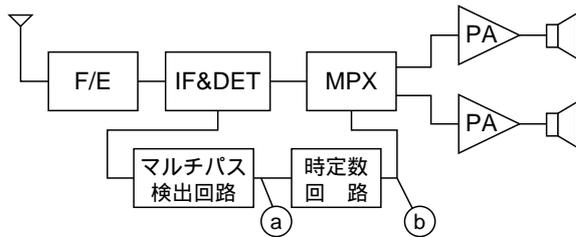


図-5 M - A S C のブロック図  
Fig.5 Block diagram of M-ASC

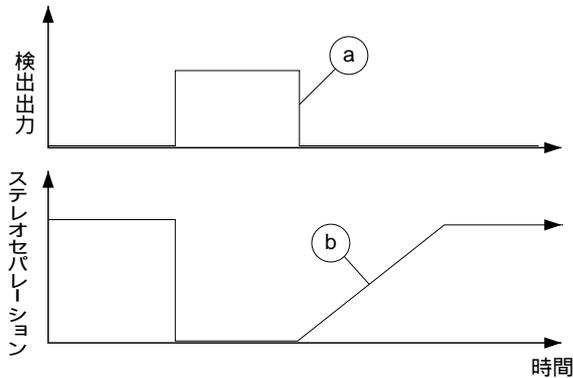


図-6 M - A S C の従来動作  
Fig.6 Conventional operation of M-ASC

回路を制御し、副チャンネル信号に多く重畳するマルチパス雑音を合成しないように、モノラル（主チャンネル信号のみ）に切換え、雑音を除去する機能である。

通常、M-ASC回路は雑音除去性能を重視すると、ステレオ感が無くなり、ステレオ感を重視すると雑音除去性能が悪くなるという相反する問題を含んでいる。

当社では以前よりこの問題を両立するため回路を2系統持たせ、次のように制御している。

軽いマルチパスの場合は、ファースト系（応答速度：早い）のみ動作し、分離度を約40%に低下させる。

激しいマルチパスの場合は、ファースト系とスロー系（応答速度：遅い）を動作させ、分離度を100%低下させる。

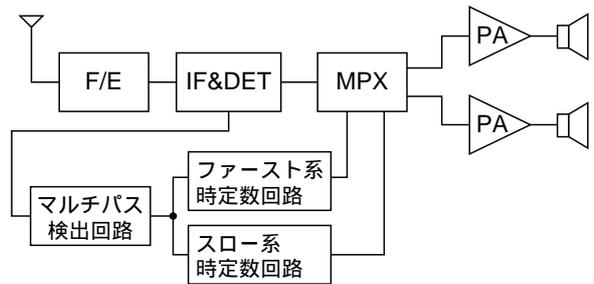


図-7 開発品のブロック図とタイミングチャート  
Fig.7 Block diagram and timing chart of new IC

今回M-ASC回路をIC内に取り込むに際し、上記回路に加え、低い変調度になる程ステレオ感が無くなることに着目し、変調度に対しセパレーションを制御する機能を開発し、搭載した。

ある変調度以下になれば、変調度に対しリニアにセパレーションを低下させ、ノイズ除去効果を改善する。

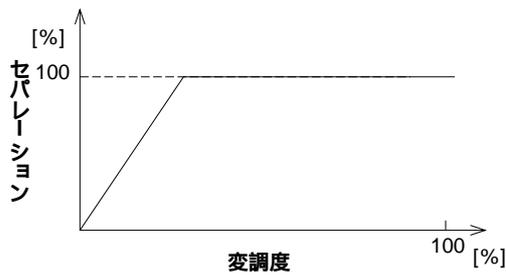
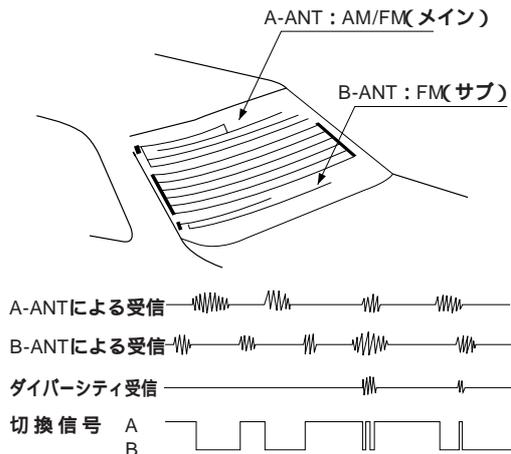


図-8 変調度によるセパレーション制御  
Fig.8 Separation control based on modulation factor

以上により、雑音除去特性とステレオ感の両立を実現できた。

#### 4.2 ダイバーシティ機能

ガラスアンテナの普及とともにFM放送受信時のマルチパス雑音除去に効果を発揮するダイバーシティ機能が、従来の高級車クラスに加え、中級車クラスでも標準装備となりつつある。



注) ㉮: ノイズの発生を示す。

図-9 ダイバーシティの基本動作  
Fig.9 Basic operation of diversity reception system

ダイバーシティとは、走行等によって発生するマルチパス雑音に対し、2本のアンテナを設け、マルチパス雑音を受けていないアンテナに切替える機能のことであり、代表的なダイバーシティの方式は、

各アンテナ毎にチューナを用意し、常時、受信状態を比較し、良い方を選択する「選択式」。

チューナは一系統でアンテナ入力に切替え回路を置き、マルチパス検出回路からの制御信号で切替えを行う「走査式」。

の2方式であり、コストで有利な走査式が主流である。

今回、従来の走査式に加え、各アンテナの電界強度も比較し、最適な方に切替えるための高速比較演算ロジック回路を開発、内蔵した。

これはFM Sメータ電圧をモニターし、任意の値以下となったときに19kHzの切替速度でメイン、サブ両アンテナを切替え、各アンテナ選択時のSメータ電圧を測定、比較し、高い方のアンテナを選択する回路である。

この結果、マルチパスによる切替に加え、電界差によって切替ることが可能となった。

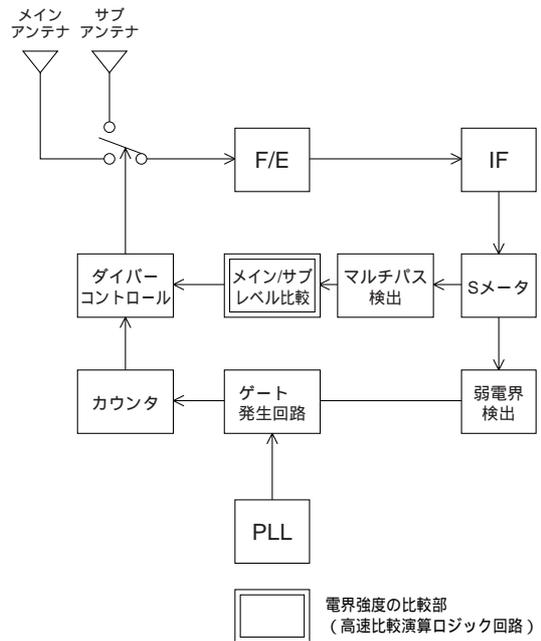


図-10 ダイバーシティのブロック図  
Fig.10 Block diagram of diversity reception system

また、ダイバーシティ機能を搭載したメリットとして、M-ASC回路とマルチパス検出系を共用化でき、外付け部品の削減などコストパフォーマンスに優れた構成とすることができた。

#### 4.3 AMノイズキャンセラー

近年、AMラジオ受信時のノイズ除去に対する要望が強くなってきており、それに対応しAMノイズキャンセラー(以下、AM-PNR)を多機能チューナICに搭載した。

ねらいとして、性能確保とコストダウンの両立をめざし、目標性能の絞り込みと、回路を簡素化しチューナICに搭載できる方式検討を実施した。

目標性能の絞り込み

AMラジオ受信時、最も耳障りとなる弱電界でのパルス性ノイズの除去性能に的を絞ることにした。

回路の簡素化検討

- A. 弱電界での雑音除去性能に特化することにより、キャリアAGCだけで制御できるため、他社製専用ICのようにノイズAGC、キャリアAGC、オーディオ信号AGCなど複数のAGC回路を持たず必要がなくなった。
- B. 信号の補間方式の簡素化に関しては、他社製専用ICで採用されている「2点補間方式」(注1)と「1点補間方式」(注2)で聴感上差が無いことをブレッドボードで確認した。

注1) 2点補間方式：ノイズ発生前後の2点を補間し、遅延回路で遅らせた信号からノイズを除去する。  
 注2) 1点補間方式：ノイズ発生前の信号を一定時間保持し、ノイズを除去する。

この結果をもとに回路設計を実施し、専用ICに比べ弱電界において同等のSN比を達成すると共に、大幅な回路削減により、内蔵可能となった。

回路方式は、IF帯検出のサンプルホールド方式である。

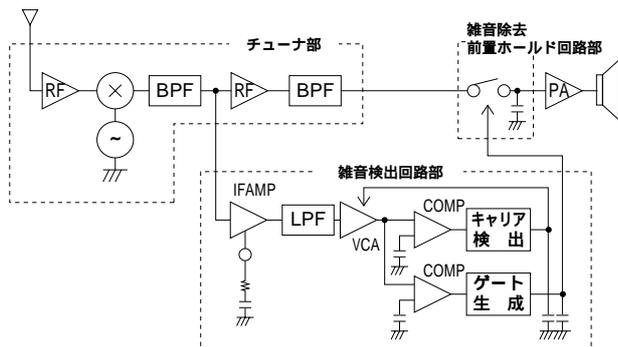


図-11 AM-PNRのブロック図  
 Fig.11 Block diagram of AM noise canceler

ブロック図の各回路は、  
 ノイズ検出のためのIFアンプ  
 音声誤動作対策のためのキャリアAGC回路  
 信号補間のためのサンプルホールド回路  
 から構成される。

他社製専用ICに比べ簡素な構成のため、外付け部品用端子を従来の約1/4に削減できた。

次に、搭載の副作用として発生するAM-PNRのスイッチング動作によるAMチューナへの不要輻射ノイズの対策について述べる。

AMチューナとAM-PNRを同一チップで構成するため、AM-PNR動作時のスイッチングノイズがAMチューナに飛び込み、受信性能を悪化させる可能性がある。

この対策として、

マスクレイアウトでは、AM-PNRブロックのGNDラインを別配線し、チューナブロックとインピーダンス的に分離。

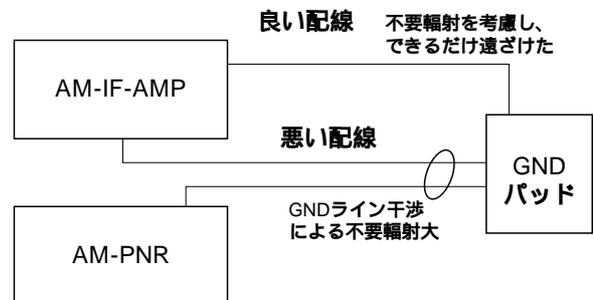


図-12 マスクレイアウトの略図  
 Fig.12 Schematic diagram of mask layout

回路設計ではキャリアAGCの電圧振幅を必要最小限に設定し、スイッチングノイズ(これが、不要輻射ノイズとなりチューナに飛び込む)を低減させた。

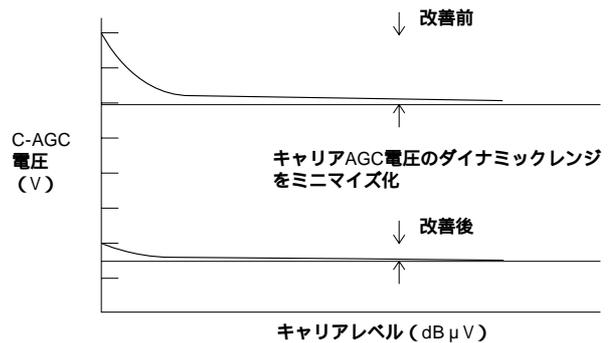


図-13 キャリアAGC電圧の改善  
 Fig.13 Improvement of carrier AGC voltage

これらを、実施した結果、AM-PNRが動作してもチューナの受信性能に影響の無いICとすることができた。

表-1 専用ICとの比較

判定)	部品点数	必要基板面積	ノイズ除去性能
：優秀	30%	1cm <sup>2</sup>	
：普通	100%	9cm <sup>2</sup>	

他社製専用ICと性能とコスト比較した結果を表に示す。

表からもわかるように、回路の簡素化を実施したため、ノイズ除去性能においては、専用IC以上のものはできなかったが、部品点数、基板面積で大きな成果をあげることができた。今後、半導体の集積度がさらに進めば、性能でも同等以上のものを内蔵できると考える。

4.4 キーレスエントリ受信機能

キーレスエントリの変調方式には、Frequency Shift Keying方式(以下、FSK)とAmplitude Shift Keying方式(以下、ASK)の2通りがあるが、現在のキーレスエントリ用チューナでは、変調方式別にそれぞれ設計が必要だった。

本ICでは変調方式に依存せず、どちらでも受信可能とするため、以下の比較結果に基づきシステム設計を行った。

まず、下記の受信周波数、データ伝送方式、IFアンプを比較する。

<各受信周波数帯>

FM : 76 ~ 90MHz ( JP )

AM : 0.522 ~ 1.629MHz ( JP )

キーレス : 304.3MHz ( JP )

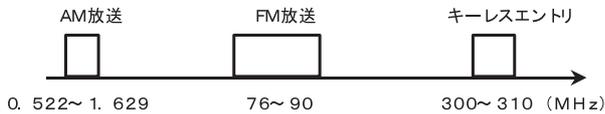


図-14 各受信周波数帯  
Fig.14 Receiving frequency bands

<ドアロック/ロック解除コードの伝送方法>

FSK方式では、周波数の高低

ASK方式では、振幅の高低

(言い換えると、キャリアのON/OFF)である。

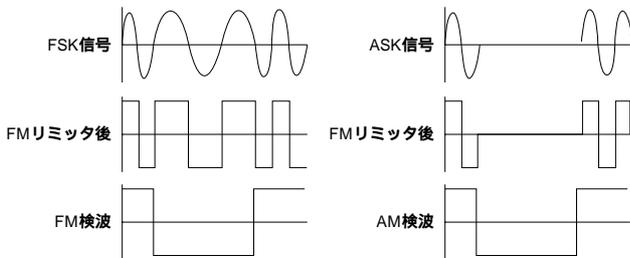


図-15 FSKとASKの波形  
Fig.15 FSK and ASK waveforms

<FM/AMチューナの各IFアンプ>

FMチューナ：FM検波回路の前段に専用のIFリミッタアンプ

AMチューナ：AM検波回路の前段に専用のAGC機能付きIFアンプ

そこで、ASK方式の特徴(キャリアのON/OFFでデータを伝送する)に着目した。

ASK方式では、AM受信時のような振幅変調に対し、歪み無く検波するためのAGC機能は不必要で、キャリアの

有無を判定できるレベルまでIFをアンプできればよい。

つまり、AMのAGC機能付きIFアンプより、むしろ、FMで使用しているIFリミッタアンプの方が、利得が高く有利である点に着目し、ASK/FSK方式ともミキサ以降はFMチューナの外付け部品を含む回路を共用する方式とした。

また、キーレスエントリの専用回路としては、外付けのRFアンプと発振回路(OSC)およびセクタ回路(各モード切換え用)で構成でき、従来のキーレスエントリ専用受信機に比べ部品点数を大幅に削減できた。

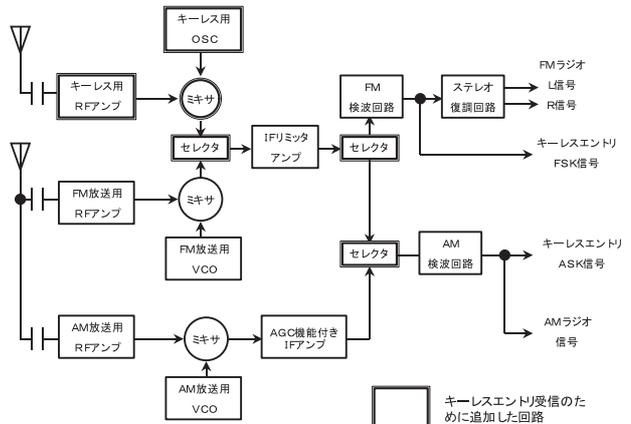


図-16 キーレスエントリ受信機能付きラジオ受信機のブロック図  
Fig.16 Block diagram of radio tuner with keyless entry reception function

従来比較として、キーレスエントリ専用受信機と本ICの、コスト、装着の手間、受信感度を以下に示す。

表-2 専用受信機との比較

判定) : 優秀 : 普通

項目	コスト	装着の手間	受信感度
本IC	50%		
専用受信機	100%		

キーレスエントリ専用受信機に比べ、コスト、装着の手間で大きな効果をあげることができる。また、受信感度については、今後、外付けのRFアンプを改良することにより、専用受信機と同等性能を出せるものとする。

開発の効果をまとめると、

キーレスエントリ専用受信機が不要になり、筐体・配線・部品など、大幅なコストダウンが可能。

キーレス送信機の変調方式(FSK/ASK)に依存することなく受信が可能となり、従来、別々に設計していたキーレスエントリ受信機の共通化が図れ、大

幅な設計工数の削減が可能。

カーオーディオとキーレスエントリの融合による新商品開発が可能。

以上、3点があげられる。

#### 4.5 AM/FM同時受信機能

カーオーディオにおいて、交通情報やニュースを提供するFM文字多重放送や、ナビゲーション精度向上のためのD-GPS、交通情報のためのVICS等、FM情報の必要性が高まってきおり、FM受信時だけでなくAM受信時でもFM情報が必要となってきている。

現在の一般的なAM/FMチューナICでは、回路配置による干渉、放熱等の理由より、AM/FMを同時に動作させることはできないようになっており、AM受信中でもFM情報を受信したい場合、別のFM専用T/Mが、AMとFMを別々のICで構成する必要があった。

本ICでは、1つのチューナでこれを実現するにあたり回路設計およびマスクレイアウト設計において、

AM/FMの各ブロック配置の工夫

従来のAM/FMのモード切換えに加え、同時受信モード時の各ブロック電源供給を含む切換え機能の検討

AM/FMの各ブロック回路の小電力化を充分に行い、解決することができた。

AM MIX	AM VCO	AM IF AMP	
AM RF AGC		AM PNR	AM DET
FM RF AGC		キーレス IF AMP	
AM MIX	キーレス OSC	AM VCO	FM IF AMP
キーレス MIX			

モード切換え機能による電源切換えわりブロック

-  : AM用電源ラインのブロック
-  : FM用電源ラインのブロック
-  : キーレス用電源ラインのブロック

図-17 RFプロセッサのレイアウト

Fig.17 Layout of RF processor

FM ダイバー	FM マルチパス 検出	FM PNR
FM/AM ATC		FM PLL
FM/AM MPX	FM M-ASC	キーレス DET
FM IFLAMP1	FM IFLAMP1	FM DET

モード切換え機能による電源切換えわりブロック

-  : FM専用電源ラインのブロック — 同時受信時、OFF
-  : FM用電源ラインのブロック
-  : FM/AM共用電源ラインのブロック
-  : キーレス用電源ラインのブロック — 同時受信時、OFF

図-18 FMプロセッサのレイアウト

Fig.18 Layout of FM processor

この結果、多機能チューナICを使用したハイパーT/MとAM/FM各々のPLL回路があれば、AM放送受信時でもFM情報を受信することができる。

#### 5. 開発品の効果

従来、製品の機能毎に外部回路で対応していたダイバーシティ回路、M-ASC、AM-PNRを統合化したチューナモジュールを構成することにより、機種毎に発生していた基板設計工数や材料費を大幅に削減できたとともに、製品設計の効率化、チューナモジュールの標準化を進めることができた。

表-3 開発品の効果

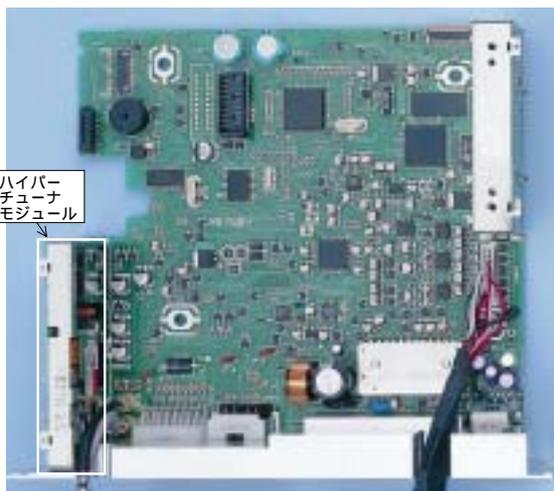
項目	部品点数	実装面積	受信性能
開発品	約170	60%	
従来品	約220	100%	
効果	50	40%	同等

チューナモジュールの搭載基板を比較すると、従来、オーディオ用基板に回路を構成していたダイバーシティおよびAM-PNR機能が、チューナモジュール内に収納されていることがわかる。



従来のチューナモジュール+ダイバーシティ+AM PNR

図-19 従来のIC構成によるチューナ部  
Fig.19 Tuner section with conventional ICs



(占有面積を約 1 / 2 に削減)

図-20 開発したICを搭載したチューナ部  
Fig.20 Tuner section with new IC

参考に、従来の各システム専用IC ( 4 個 ) と開発した IC ( 2 個 ) を比較した図とハイパーチューナモジュールと使い捨てライターの大きさを比較した図を示す。

さらに、キーレスエントリー受信機能やAM受信時でもFM多重やRDSなどの交通情報を受信できる機能など、従来のオーディオ製品にない特長ある製品実現を可能にした。

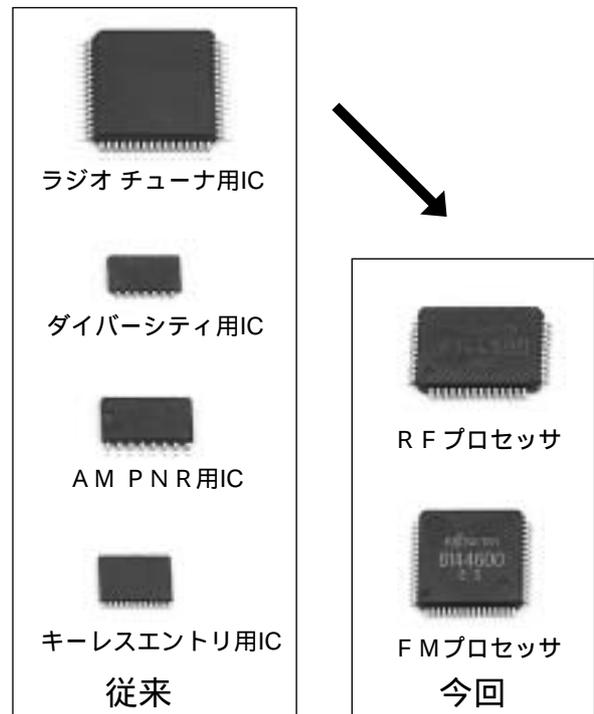


図-21 従来と開発したICの比較  
Fig.21 Comparison of conventional IC and new IC



図-22 ICを搭載したチューナモジュール  
Fig.22 Tuner module with new IC

## 6. 今後の展開

多機能チューナ用ICの開発では、カーラジオチューナに必要な機能をほぼ搭載することができた。今後もさらに低価格で高音質のカーラジオチューナ実現のため開発を進めていきたい。

さらに、カーオーディオからカーマルチメディアへの転換期にある現在、今回のキーレスエントリー機能のような、音声以外の情報を受信する手段としてのチューナに対するニーズが、ますます多様化するものと予想されるので、それにも積極的に取り組んでいきたい。

## 7. 終わりに

以上、今回開発した多機能チューナ用ICの開発概要について述べた。

本ICは、ローグレードからハイグレードまで殆どの製品に対応でき、製品設計の効率化・標準化・コスト低減に大きく貢献できたと考える。

また、ICメーカーとの回路設計を含めた共同開発を通し、多くの設計ノウハウや、今後の開発課題を見直す機会を得ることができ、開発関係者各位に感謝したい。

今後、放送インフラのデジタル化が進んで行く中で、チューナICは大きな変化を遂げるであろうが、今までの開発ノウハウを活かし、時代を先取りするIC開発をしていきたいと考える。

## 筆者紹介



松本 豊(まつもと ゆたか)

1980年入社。以来、民生用の受信器用LSIの開発に従事。現在、株式会社東芝セミコンダクター社システムLSI事業部映像情報システムLSI技術第一部に在籍。



大田雄一郎(おおた ゆういちろう)

1991年入社。以来、内製チューナモジュールの開発・設計に従事。現在、AVC本部要素技術部TMプロジェクト在籍。



濱井 正明(はまい まさあき)

1977年入社。以来、カーオーディオの開発・設計に従事。現在、AVC本部要素技術部TMプロジェクト課長。



横山 正穂(よこやま まさほ)

1988年入社。以来、エンジン制御からオーディオ、ピジュアルまで各種LSIの開発・設計に従事。現在、LSI開発部第1設計プロジェクト在籍



松長 裕数(まつなが ひろかず)

1984年入社。以来、アンテナ・チューナモジュールの開発・設計に従事。現在、AVC本部要素技術部TMプロジェクト在籍。



堀本 学(ほりもと まなぶ)

1990年入社。以来、カーオーディオの設計に従事。1995年よりチューナLSIの開発に従事。現在、LSI開発部第1設計プロジェクト在籍。