

携帯機器向け地上デジタルテレビ用高周波モジュール

Digital Terrestrial Television RF Module for Mobile Appliances

濱口 睦^{*1} 宮本 雅之^{*2}
Mutsumi Hamaguchi Masayuki Miyamoto

要 旨

携帯機器向け地上デジタルテレビ用高周波モジュールには、小型化および低消費電力化が求められる。当社は高周波回路部の IC 化およびチップ面積の縮小化、低 IF 方式採用による外付けフィルタの削減、高密度実装技術開発などにより、10.0mmx10.0mmx1.5mm の地上デジタルテレビ 1 セグメント放送受信フロントエンドモジュールを開発した。また、回路構成の最適化により消費電力は 115mW を実現した。

Small form factor and low power consumption are two of the most important requirements for mobile digital TV receiver. A 10.0mm x 10.0mm x 1.5mm, 115mW receiver module for Japanese 1 segment terrestrial digital TV is realized, where RF-IC, BB-IC and all the other necessary components are integrated onto it. To reduce the number of external components and the power consumption, the RF-IC adopted a Low-IF architecture with a poly-phase filter for image rejection.

まえがき

携帯機器向け地上デジタルテレビ放送は、2005 年 5 月から韓国で開始された T-DMB、2006 年 4 月から日本で開始されたワンセグに加え、欧州を中心とした DVB-H、中国の DMB-TH が 2007 年以降本格的に開始される見込みである。当社では、これらの各方式に対応したフロントエンドモジュールを開発している。

本論文では、携帯機器向け地上デジタルテレビ用高周波モジュール（以下モバイルテレビ用モジュールと呼ぶ）への要求事項について簡単に述べた後、商品化済の地上デジタルテレビ 1 セグメント放送受信フロントエンドモジュール（以下 1 セグモジュールと呼ぶ）を例にとって、特長および仕様、要求事項に対する解決手法を紹介する。また、モバイルテレビ用モジュールの今後の展開について述べる。

1. モバイルテレビ用モジュールへの要求項目

モバイルテレビ用モジュールは、据置きテレビ用チューナと比べて、小型化および外付け部品の削減、低消費電力化が強く求められる。

また、放送を受信している携帯端末のアンテナの

すぐ近くで他の携帯端末が大電力で送受信を行う場合や、自らの携帯端末が、携帯電話の基地局との送受信を行う場合など、過大な妨害波を受ける要因が数多くあり、妨害波に対する強い耐性が要求される。

2. 1 セグモジュール

2・1 特長および仕様

1 セグモジュールを例にとってモバイルテレビ用モジュールについて説明する。

写真 1 は 1 セグモジュールの概観写真である。



写真 1 1 セグモジュール

Photo 1 TV tuner module for ISDB-T 1-segment.

^{*1} 電子デバイス開発本部 先端技術開発研究所 第3開発室

^{*2} 電子部品事業本部 高周波デバイス事業部

本モジュールは、国内地上デジタル放送（ISDB-T方式）の1セグメント部分受信を行うフロントエンドであり、トランスポートストリームをシリアル形式で出力する。超小型パッケージ内に、受信帯域（UHF帯域）外の信号を除去するRFフィルタ、UHF帯域の信号を決められた周波数（以下IF周波数と呼ぶ）に変換・増幅し、IF信号を出力するRF-IC、IF信号をアナログ-デジタル（A/D）変換後、デジタル信号処理を行い、トランスポートストリーム信号を出力するOFDM復調IC、基準信号を生成するための水晶振動子など、RF信号受信とデジタル復調に必要なすべての回路・部品を搭載している。主な仕様を表1に示す。

表1 主な仕様

Table 1 Specifications.

項目	仕様	単位
大きさ	10.0 x 10.0 x 1.5	mm
受信(中央)周波数	473.143 ~ 767.143	MHz
RF電源電圧	2.9 ± 0.145	V
OFDMコア電圧	1.5 ± 0.1	V
I/O電圧	1.7 ~ 2.9+0.145	V
入力感度 (1seg/QPSK)	-108.0 (13ch ~ 36ch)	dBm
	-107.5 (37ch ~ 52ch)	
	-105.5 (53ch ~ 62ch)	
帯域外妨害による感度劣化 (1.9GHz帯のWCDMA信号 14dBm入力時の感度劣化)	1	dB
消費電力	115	mW

2・2 小型化の工夫

(1) 高周波回路部のIC化およびチップ面積の縮小
一般的に高周波回路には、良好な雑音特性および高い線形性が要求されるため、ディスクリート部品(低雑音増幅IC)やコイルなどの外付け部品が多く使用されている。本モジュールはこれらの外付け部品を削除し、小型化を実現した。本モジュールに搭載しているRF-ICのブロック図を図1に示す。

本モジュールに搭載しているRF-ICは可変利得低雑音増幅回路(以下RFVGAと呼ぶ)、イメージ除去ミキサ、チャンネル選択フィルタ、IF帯域可変利得増幅回路、発振回路、レギュレータ回路等を内蔵している。ICのチップ写真を写真2に示す。チップサイズは3.85mm x 3.85mmである。

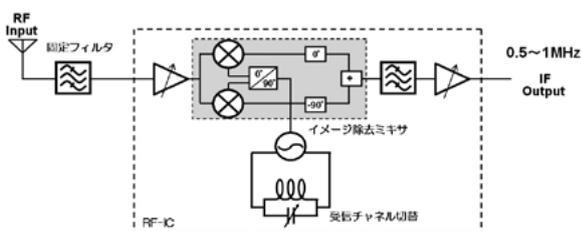


図1 RF-ICブロック図

Fig. 1 Block diagram of RF-IC.

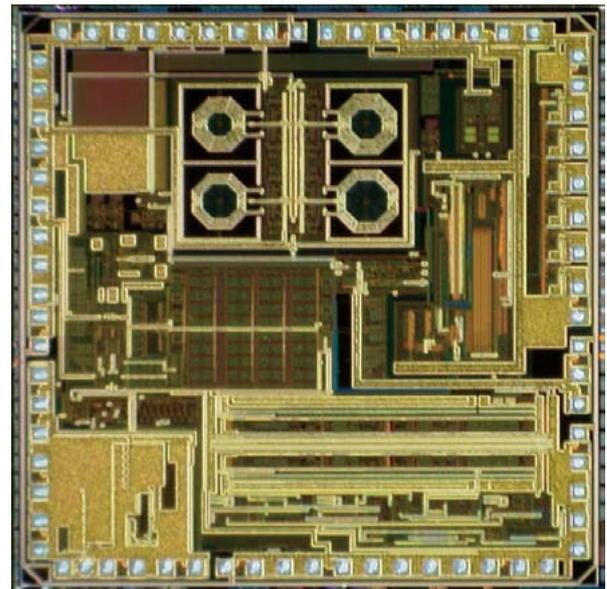


写真2 チップ写真

Photo 2 Chip micrograph.

RFVGA部は次に述べる理由から不平衡(シングルエンド)型を採用している。アンテナやUHF帯域のフィルタは不平衡型となっていることが一般的なため、RF-ICの入力が平衡型であれば、外付けバランが必要になるが、1オクターブ近い帯域を持つバランを実現することは難しい。また、不平衡型を採用することにより、RFVGA部の回路面積を、平衡型を採用したときと比べて半分程度にできる。更に、同様の雑音特性を実現するために必要な消費電流も不平衡型の方が少なくなるので優位である。一方で、不平衡型であるために、平衡型ではキャンセルされるノイズが信号出力に現れる。そのため、ノイズ対策に配慮した。

(2) 低IF方式採用による外付けフィルタの削減

低IF方式による外付けフィルタの削減について説明する。まず従来(据置きテレビ用)のチューナに使用されるRF部のブロック図を図2に示す。

一般的な据置きテレビ用チューナのIF周波数は50MHz程度である。希望信号とイメージ信号の周波数差はIF周波数の倍になるため、100MHz程度の差がある。そのため、イメージ信号を除去するフィルタ

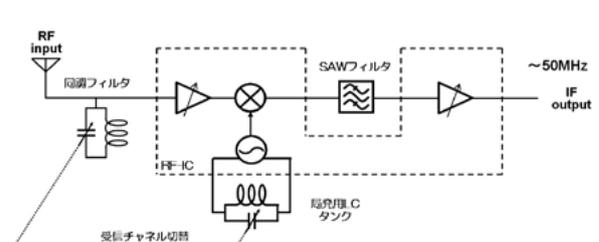


図2 従来のRF-ICのブロック図

Fig.2 Block diagram of conventional RF-IC.

に要求される性能はそれほど困難ではないが、受信する周波数によってフィルタの通過帯域を変更する必要がある。受信周波数範囲が広いと、広い可変範囲を持つ同調フィルタが必要であり、その周波数制御に30Vの制御電圧が必要なバラクタを用いている。

一方で、IF周波数が50MHzと高いため、希望信号の隣接にある妨害波信号を除去するには急峻なフィルタ特性が要求される。このような急峻なフィルタ特性をIC上で実現することは困難であるため、一般的には外付けのSAWフィルタが使用される。

本モジュールでは、小型化の要求からこれらの外付け部品を搭載することができないため、IF周波数を500kHz程度とする低IF方式を採用し、同調フィルタおよびSAWフィルタを削減した。

一般的にはIF周波数を下げることにより、希望信号とイメージ信号との周波数差が小さくなるため、イメージ除去フィルタの仕様が厳しくなる。しかし、図3に示すように携帯受信用の1セグメントはチャンネルの中心に位置しているため、イメージ信号は希望信号と同じチャンネルの地上デジタルテレビ放送信号であることが保証される。従って、希望信号とイメージ信号の電力差を生じさせる要因は、周波数選択性フェージングだけであり、30dB程度のイメージ除去比で、所望の動作を実現できる。

イメージ除去には同調フィルタを用いずHartley方式¹⁾を採用した。RF信号をIF信号に周波数変換するときに、位相が90度ずれた2つの局部発振信号を使って互いに直交した2つのIF信号を作り、このうち1つの信号を位相器で90度ずらした後、2つのIF信号を合成することでイメージを除去するものである。

次に希望信号の隣接に存在する妨害波を除去するチャンネル選択フィルタについて説明する。IF周波数にどのような周波数を選択しても、フィルタに要求される通過帯域と阻止帯域の関係（通過帯域の上限周波数と阻止帯域の下限周波数との差、および通過帯域の下限周波数と阻止帯域の上限周波数との差）は変わらず一定である。通過帯域と阻止帯域の関係が

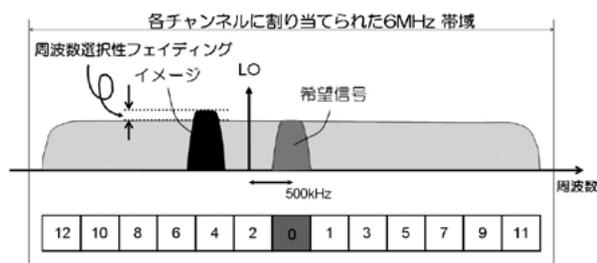


図3 低IF方式におけるイメージ妨害
Fig. 3 Image interfere in Low-IF architecture.

同じであれば、通過帯域の周波数が低いほどフィルタに要求される仕様が緩和される¹⁾。1セグモジュールの場合、通過帯域の周波数を500kHz程度とすることで、据置きテレビ用チューナの50MHzの1/100程度になるため、仕様を緩和することができ、IC上に実装することが可能になった。チャンネル選択フィルタのアーキテクチャにはアンチエイリアジングフィルタ内蔵スイッチドキャパシタフィルタ²⁾を採用した。スイッチドキャパシタフィルタの伝達関数はキャパシタの容量比のみで決まる。IC内部では各キャパシタの絶対的なばらつきは±20%程度と大きいものの、相対的なばらつきは非常に小さくできるので正確な周波数特性を実現できる。

(3) 高密度実装技術（小型モジュール化）

本モジュールの断面構成図を図4に示す。モジュールの部品面にRFフィルタ、RF-IC、水晶振動子、バイパスコンデンサ等のチップ部品を実装している。モジュールの半田面側には、キャビティを設けてOFDM復調ICをベアチップ実装している。

2・3 低消費電力化の工夫

RF-ICに遮断周波数47GHzの0.5um SiGe BiCMOSプロセスを用いることにより、低雑音で線形性の良い特性を少ない消費電力で実現している。

RF-ICの消費電力は100mW程度である。そのうちRFVGA部の消費電力は25mW程度と大きい。同じ雑音特性を得るためには、不平衡型回路の場合、平衡型回路に比べて約半分の消費電力で実現できることから、RFVGA部には不平衡型を採用し消費電力を削減した。また、チャンネル選択フィルタに使用しているオペアンプにバイポーラトランジスタを採用することと、各フィルタ段の利得配分を最適化したことにより、チャンネル選択フィルタの低雑音化³⁾を実現した。このことにより、チャンネル選択フィルタの入力レベル

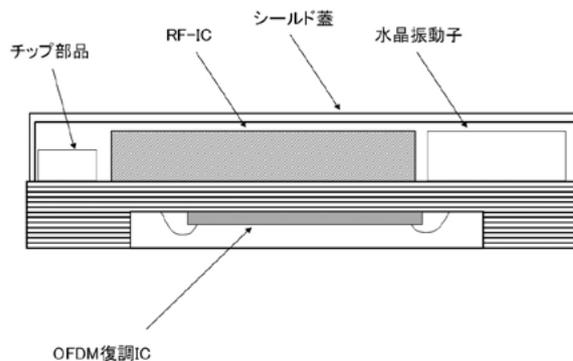


図4 モジュール断面図
Fig. 4 Cross section of module.

を低く保つことができるため、RFVGA、イメージ除去ミキサの出力レベルを低く抑えることができる。また、この構成においては、入力信号に含まれる帯域外の妨害波はチャンネル選択フィルタの入力まで、希望信号と同じ利得で増幅されるため、妨害波信号のレベルが希望信号と比較して大きい場合、IF信号出力振幅を検知して利得を制御すると、チャンネル選択フィルタにて妨害波が除去される前に、回路が飽和する恐れがある。このような不具合に対処するために、RFVGA回路の出力レベルを検知して一定の値以上にならないように、RFVGA回路の利得制御を行っている。これらの工夫により、各要素回路の線形性の要求仕様を緩和し、RF-ICの低消費電力化を行った。

また、上述のとおり低IF方式を採用していることで、イメージ除去比の要求仕様を30dB程度に緩和できるので、特別な位相補償回路を用意する必要がなくなり、消費電力だけでなく、回路面積も削減した。

3. 今後の展開

3・1 適応電流制御

テレビ放送受信用フロントエンドは非常に信号強度の弱い条件下や強い妨害波が存在するような厳しい条件下でも受信する必要があるため、良好な雑音特性と高い線形性が要求される。これらの要求仕様を満足するためには、一般的には多くの消費電流が必要とされる。

一方で、信号強度の強い条件下や、妨害波が存在しない、比較的受信が容易な条件下での受信も有りうる。このような条件下では前述のような良好な雑音特性や高い線形性は必要としない。従来のテレビ放送受信用フロントエンドでは、受信が容易な条件下においても、厳しい条件下の仕様を満足するような状態で回路を動作させているため、本来必要のない電流が流れている。

本モジュールに搭載してあるRF-ICは、OFDM復調ICからの制御信号により、各回路ブロックの動作電流を変更できる構成をとっており、動作中に電流を変更することができる。OFDM復調ICはデジタル信号処理を行うことにより、受信状況が判断できる。比較的受信が容易な条件下ではRF-ICの消費電流を減らす制御を行うことにより、更なる低消費電力化が可能になる。

3・2 チャンネル選択フィルタのデジタル化

広帯域 $\Delta\Sigma$ ADC技術⁵⁾を用いることにより、ダイナミックレンジの広いAD変換器をICに内蔵できる。

ダイナミックレンジが広いこと、デジタル信号処理領域を広げることが可能になり、これまでアナログ回路で実現してきたチャンネル選択フィルタ（の一部）をデジタル回路に置き換えることができ、更なる低消費電力化を実現できる。

また、プロセスの微細化によるチップ面積削減効果は、デジタル回路の方がアナログ回路に比べて大きい。従って、チャンネル選択フィルタをデジタル回路で実現することにより、モバイルテレビ用モジュール全体のコスト削減が可能になる。

むすび

モバイルテレビ用モジュールには、小型化・低消費電力が求められている。当社は消費電力が115mW、サイズが10.0mm x 10.0mm x 1.5mmの1セグモジュールを商品化した。今後更なる小型化、低消費電力化、ローコスト化を図った1セグモジュールを開発するとともに、DVB-H等の各方式に対応したフロントエンドモジュール⁶⁾を商品化していく。

謝辞

モバイルテレビ用モジュールの開発に当たり、多大なご助言、ご協力を賜りました関係各位に感謝致します。

参考文献

- 1) Behzad Razavi, "RF Microelectronics", pp.122-149, PTR (1998).
- 2) Shin' ichiro Azuma et al., "Embedded Anti-aliasing in Switched-Capacitor Ladder Filters With Variable Gain and Offset Compensation," IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 37, pp. 349-356, (Mar. 2002).
- 3) 豊山慎治, 川村博史, 籠島謙知, 貴島洋史, 佐藤俊一, 田中誠一, 作野圭一, 河間修一, 東慎一郎, 幸谷真人, 飯塚邦彦, 長谷川隆生 "携帯機器向け地上デジタルテレビ放送用1セグメントチューナ", シャープ技報, 通巻88号, pp.29-p35, (2004).
- 4) 磯田浩, 濱口睦, 玉田満, "地上デジタルテレビ1セグメント放送受信用フロントエンドモジュール", シャープ技報, 通巻91号, pp.56-57, (2005).
- 5) Yoshihisa Fujimoto et al., "An 80/100MS/s 76.3/70.1dB SNDR $\Delta\Sigma$ ADC for Digital TV Receivers," 2006 ISSCC, pp. 201-210, (Feb. 2006).
- 6) Hiroshi Kawamura et al., "A 184mW Fully integrated DVB-H Tuner Chip with Distortion Compensated Variable Gain LNA," 2006 Symposium on VLSI Circuits, pp. 48-49, (2006).

(2006年11月10日受理)