

第3章 SiGe BiCMOSによりIFフィルタを含めてワンチップ化を実現

ワンセグ受信機用 シリコン・チューナの技術

飯塚 邦彦
Kunihiko Iizuka

はじめに

2006年4月にサービスが開始された「ワンセグ」放送は、従来のアナログ放送に比べ、外出先や家のなかで手軽に安定した映像のテレビが見られるため、携帯電話を筆頭に、電子辞書、カーナビやポータブルDVDなど、さまざまな機器に搭載が広がっています。

携帯機器での視聴を実現するために、ワンセグ受信機のチューナは、従来のテレビ用チューナと比較して、大きさや消費電力の面で大幅な縮小を実現しています。

本稿では、一般の地上デジタル放送チューナとの比較を行いながら、ワンセグ受信用チューナの小型、低消費電力化を可能にした技術を紹介します。

地上デジタル放送(ISDB-T)用のチューナ

■ 地上デジタル放送用チューナ設計の課題

● チューナの基本機能

ワンセグ用も含め地上デジタル放送用の受信機は、図1のように、チューナ、A-Dコンバータ、OFDM復調部、MPEG伸張部により構成されます。ここで、チューナの部分は高周波を扱うアナログ回路です。チューナの基本機能は三つあります。それらは、

- (1) 信号レベルの調整(増幅または減衰)
- (2) 希望波のフィルタリング
- (3) 周波数変換

です。これらの機能によってチューナの出力は、OFDM復調部の初段でA-D変換するのにふさわし



〈図1〉地上デジタル放送受信回路の構成

い周波数とレベルに調整されます。

● 他の通信・放送用受信回路と大きく異なる点

テレビ用チューナが他の通信・放送用受信回路と大きく異なる点の一つは、受信周波数範囲の広さにあります。テレビ放送は非常に広い周波数帯を使います。地上デジタルで使うUHF帯だけでも、470 M～770 MHzまで300 MHzの帯域があり、これはラジオ放送や携帯電話、WLANと比較して桁違いの広さです。

また、テレビ視聴では、必ずしも受信機から最短の距離にある送信局からの電波を受信するのではなく、希望する番組によって、遠くの送信局からの電波を受信することもあり、この場合、近くの送信局からの送信波が大きな妨害波になります。とくにアナログ放送停波までは、デジタル・チャンネルに近接して、強力なアナログ放送が存在する場合があります。地上デジタル放送の受信では、さまざまな周波数で大きな妨害波を受けながら希望波を受信する状況が発生します。

妨害波が受信に影響を与えるしくみとして重要なものは、受信機非線形性により希望波の帯域内にひずみが発生するものと、ミキサによる周波数変換の際に発生するイメージ妨害の二つです。

■ 非線形性によるひずみの発生

まず、非線形性によるひずみについて考察します。3次の非線形性が支配的な影響をもつので、ここでは3次の項だけを考慮し、回路の入出力関係を次式で表します。出力信号を $y(t)$ 、入力信号を $x(t)$ とすると、
$$y(t) = a_1x(t) + a_3x(t)^3 \dots\dots\dots (1)$$
と表せます。ここで、 a_1 は基本周波数(線形項)の係数、 a_3 は3次の非線形項の係数です。この回路に次式で表される周波数の異なる2波、

$$x(t) = A_1\cos \omega_1t + A_2\cos \omega_2t \dots\dots\dots (2)$$

が入った場合の出力は、三角関数の公式により図2のように計算されます。

図中の式(3)で計算されたひずみの中で、とくに「混変調ひずみ」と「相互変調ひずみ」が重要です。

▶ 混変調ひずみ

これは、妨害波とひずみに周波数関係が無く、あら

見本

$$\begin{aligned}
 y(t) &= a_1(A_1\cos\omega_1t + A_2\cos\omega_2t) + a_3(A_1\cos\omega_1t + A_2\cos\omega_2t)^3 \dots\dots\dots (3) \\
 &= (a_1A_1\cos\omega_1t + a_1A_2\cos\omega_2t) \dots\dots\dots \text{基本項} \\
 &+ \frac{3}{4}a_3(A_1^3\cos\omega_1t + A_2^3\cos\omega_2t) \dots\dots\dots \text{ゲイン圧縮ひずみ} \\
 &+ \frac{3}{2}a_3(A_1A_2^2\cos\omega_1t + A_1^2A_2\cos\omega_2t) \dots\dots\dots \text{混変調ひずみ} \\
 &+ \frac{3}{4}a_3[A_1^2A_2\{\cos(2\omega_1 + \omega_2)t + \cos(2\omega_1 - \omega_2)t\} + A_1A_2^2\{\cos(\omega_1 + 2\omega_2)t + \cos(\omega_1 - 2\omega_2)t\}] \dots\dots\dots \text{相互変調ひずみ} \\
 &+ \frac{1}{4}a_3(A_1^3\cos 3\omega_1t + A_2^3\cos 3\omega_2t) \dots\dots\dots \text{高調波ひずみ}
 \end{aligned}$$

〈図2〉非線形特性をもつ回路に周波数の異なる2波が入力された場合の出力信号

ゆる周波数の妨害波が希望波をAM変調します。例えば $A_1\cos\omega_1t$ を希望波、 $A_2\cos\omega_2t$ を妨害波とすると、周波数 ω_2 と無関係に、 $(3/2)a_3A_1A_2^2\cos\omega_1t$ というひずみが希望波の周波数に発生します。

混変調ひずみの大きさは、希望波の大きさに比例して大きくなるため、希望波が大きくなっても、混変調ひずみとの比は一定であることに注意してください。

▶ 相互変調ひずみ

一方、相互変調ひずみは、妨害波を $A_1\cos\omega_1t$ と $A_2\cos\omega_2t$ としたとき、

$2\omega_1 + \omega_2$, $2\omega_1 - \omega_2$, $\omega_1 + 2\omega_2$, $\omega_1 - 2\omega_2$ に発生します。これらの周波数が希望波の帯域内に入る場合だけ問題になります。相互変調ひずみの大きさは、妨害波の大きさで決まるため、希望波が大きくなれば、希望波とひずみとの比は小さくなります。

● 相互変調ひずみのシミュレーション

妨害波、希望波がともに地上デジタルの放送波である場合の相互変調ひずみをシミュレーションで計算した例を図3に示します。

図(a)は、希望波(チャンネルN)に対し妨害波が隣接するチャンネル(N+1)に存在する場合で、妨害波を構成するOFDMの多数のキャリア間で相互変調ひずみが発生して、隣接するチャンネルまで分布しています。

図(b)は、希望波(チャンネルN)に対し、チャンネル

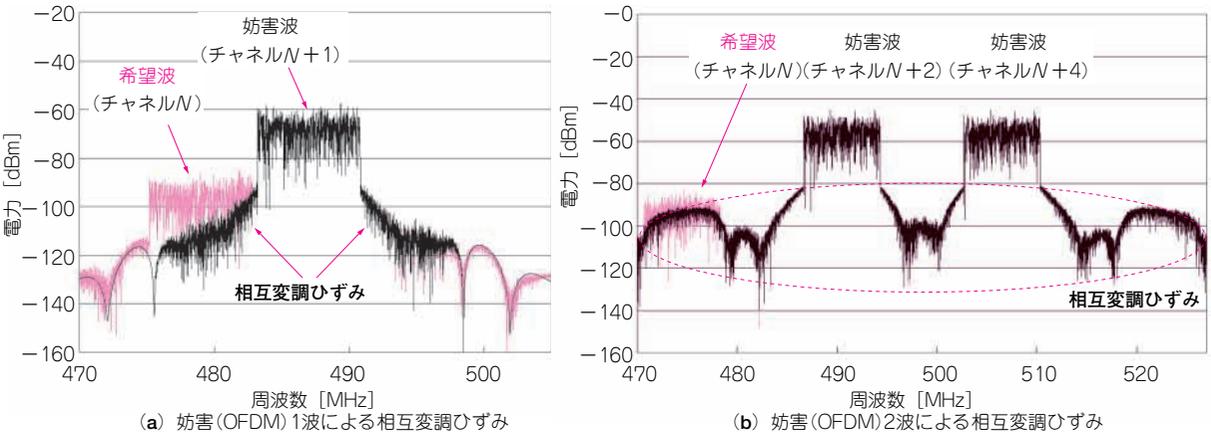
(N+2)チャンネルとチャンネル(N+4)に妨害波が存在する場合です。チャンネル(N+2)のキャリアとチャンネル(N+4)のキャリアの相互変調ひずみがチャンネルNの帯域内にも発生します。

妨害波がアナログ放送波、希望波が地上デジタル放送波である場合に、相互変調ひずみを実験で観測した例を図4に示します。図(a)はアナログ・チャンネルの放送波の相互変調ひずみ成分がデジタル・チャンネルに重畳しています。図(b)は地上デジタル放送信号を停止して、相互変調ひずみ成分のスペクトルを観測したものです。

OFDM波の復調には、帯域内希望波電力とひずみや熱雑音などの帯域内不要成分との電力の比が、変調仕様ごとに決まる一定の値(所要C/Nと呼ばれる)以上であることが必要になります。妨害波が大きい時に、ひずみ電力により所要C/Nが満足できなくなることを避けるためには、回路の線形性と妨害波を除去するフィルタの能力が設計指標となります。

■ イメージ妨害が生じる理由

一方、イメージ妨害は、ミキサによる周波数変換の過程で発生します。図5のように希望波から中間周波数(Intermediate Frequency) f_{IF} の2倍離れた周波数の信号がミキサによる周波数変換で希望波と同じ周波数 f_{IF} に変換され混信します。



〈図3〉妨害波と希望波がともに地上デジタル放送波である場合の相互変調ひずみシミュレーション