

無線受信回路の妨害波除去 周波数変換を活用して落とす

無線信号の受信回路には、入力信号から妨害波(プロック)を除去し、希望波のみを取り出すフィルタを用意する必要があります。一般に希望波の信号強度は小さい。このため受信回路の低雑音アンプ(LNA)は利得が高く設定されている。従って、妨害波はLNAの出力よりも手前で取り除いておかなければならない。

ところが半導体チップ上の受信回路では、妨害波に対する除去特性の高いフィルタを実現することは不可能だ。Q値の高いインダクタをチップ上に形成するのが困難だからである。そこで実際には、LNAの前段に外付けのSAW(表面弾性波)フィルタを接続する必要があった。

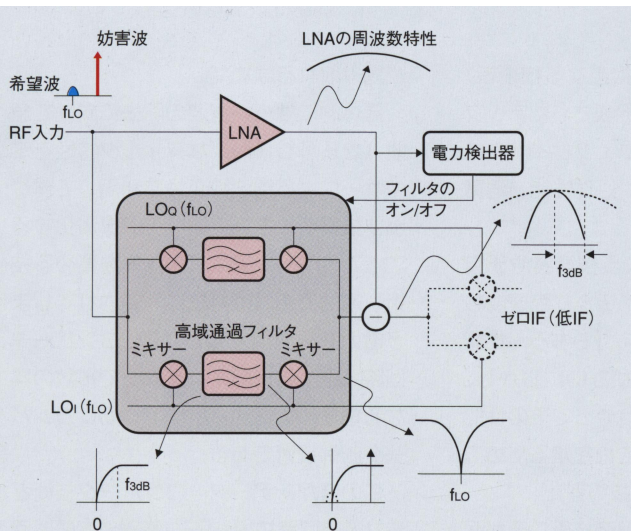


図1 ミキサと高域通過フィルタでノッチを作る

フィルタ経路に設けた2個のミキサは、いずれもLNAの後段に位置するゼロIF(もしくは低IF)変換用ミキサと同じ局発(ローカル)信号で駆動する。この結果、フィルタ経路は、希望波を中心周波数とする急峻(きゅうしゅん)な減衰特性を備えたノッチ・フィルタとして機能するわけだ。希望波の周波数が変化する際には局発信号の周波数が変わるため、このノッチ・フィルタの中心周波数は常に希望波の周波数に追従する。従って、LNAの出力で希望波が打ち消されてしまうことはない。

もちろんSAWフィルタを利用しない手法も理論的には存在する。「フィードフォワード・インジェクション技術」だ。入力信号を2つに分岐させ、一方はそ

のままLNAに入力する。もう一方はノッチ・フィルタを介して希望波のみを取り出してから増幅しておく。これをLNAの出力に足し合わせれば、妨害波に対して高いSN比を確保できる。ただしこの手法も実際には使えない。ノッチ・フィルタにはSAWフィルタと同等の急峻(きゅうしゅん)な減衰特性が求められる。やはりチップ上での実現は極めて困難だ。

ミキサ使ってフィルタ実現

米Broadcom社は、回路構成を工夫することで、チップ上に実現可能なフィルタの特性でも妨害波を取り除くことができる技術を開発した(講演番号4.4)

1). 無線信号の入力を2つに分岐させ、一方をそのままLNAに供給するところまではフィードフォワード・インジェクション技術と同じだ。

違いはもう一方の信号経路にある。ミキサを使って周波数変換を施し、いったん直流もしくはそれに近い低周波信号に変換する(図1)。つまり希望波をいわゆるゼロIF、もしくは低IFの周波数領域に落とす。こうすれば、チッ

プ上に作り込んだフィルタでも希望波と妨害波を容易に分離できる。具体的には、希望波だけを除去し、妨害波を通過させる高域通過フィルタを使えばよい。希望波は直流付近にあり、一方の妨害波は通常、少なくとも数十MHzは離れている。従ってこの高域通過フィルタは、チップ上で容易に実現できる。

その後は、フィルタを通過した妨害波にもう一度、周波数変換を施して元の周波数に戻してから、LNAの出力に逆位相で足し合わせる。この結果、LNAの出力では2つの経路を通過した妨害波同士が打ち消しあって除去され、希望波だけをそのまま取り出せる仕組みである。

回路設計時には、LNAを通る経路とフィルタ経路について、位相と利得を整合させなければならない。不整合が生じると妨害波がキャンセルされず、減衰特性が劣化してしまう。このほか、フィルタ経路に設けたミキサによって消費電力が増大することも注意する必要がある。

同社は今回、LNAとフィルタ経路(1相とQ相それぞれ2個のミキサと高域通過フィルタ)などを集積したチップを65nmのCMOS技術で試作した。回路面積は0.28mm²。LNAは1.96GHz帯に向けて最適化した。消費電流はLNAが8mA、2個のミキサがそれぞれ10.5mA。消費電力の増大を抑えるため、LNAの出力電力を検出して、大きな妨害波が入力された場合にだけフィルタ経路を動作させるようにした。フィルタ動作時の阻止帯域における妨害波の減衰量は21dBを上回る。利得は、希望波の通過帯域において20.9dBを確保した。

参考文献

- 1) H. Darabi, "A Blocker Filtering Technique for Wireless Receivers," 2007 International Solid State Circuits Conference (ISSCC 2007), Feb., 2007.