

WCDMA 無線受信機におけるノッチフィルタの歪み特性解析

IM3 analysis of notch filter for WCDMA receivers

伊藤 利彦 古谷 聡 今西 大輔 岡田 健一 松澤 昭
Toshihiko Ito Satoshi Huruya Daisuke Imanishi Kenichi Okada Akira Matsuzawa

東京工業大学 大学院理工学研究科 電子物理学専攻
Department of Physical Electronics, Tokyo Institute of Technology

1 はじめに

近年、無線技術の発達に伴い複数のアプリケーションに対応したマルチバンド無線端末の要求が高まっている。それに伴い、LNA と Mixer の間に使用されている外付けフィルタを除去する動きが高まっている [1]。そこで、Tx リーク除去のために従来のフィルタの代わりにオンチップノッチフィルタを挿入することが提案されている。しかし、提案手法では Tx リークを除去する際、ノッチフィルタ自体によって Rx 帯域に IM3 が発生する。本論文ではノッチフィルタで発生する IM3 を解析により求め、シミュレーションと比較した。

2 IM3

ノッチフィルタに使用される Q エンハンサから発生する IM3 が Rx 帯域に発生し、所望信号の SN 比を劣化させる。ノッチフィルタは受信部分の IM3 を低減するために挿入されるので、それ自身に高い線形性が求められる。そこで、図 1 の回路において、2 トーン信号入力時に発生する IM3 を解析する。本発表では、CW ブロックが Tx リークより低い周波数に発生したときの影響が大きいとして、図 2 の状態で発生する IM3 のみを考慮する。

ノッチフィルタで発生する IM3 は次式で表される。

$$V_{IM3, \text{Notch}} = \frac{V_{Tx}^2 V_{cw} 4R_L^2 \omega_{cw}^2 \omega_{Tx} \omega_{Rx} L^2 G_P}{V_{IP3}^2 R_S (R_S + R_L)^2 \Delta \omega^2} \quad (1)$$

ただし、 V_{Tx} は Tx 帯域の入力電圧、 V_{cw} は CW ブロック帯域の入力電圧、 V_{IP3} はインバンドの IIP3 の電圧、 ω_{cw} は CW ブロックの角周波数、 ω_{Tx} は送信角周波数、 ω_{Rx} は受信角周波数、 G_P はインダクタの寄生コンダクタンスである。

途中、以下の近似を用いた。

$$G_P - G_m = 0 \quad (2)$$

$$\omega_{cw} + \Delta \omega = \omega_{Tx} = \omega_{Rx} - \Delta \omega \quad (3)$$

$$\Delta \omega \ll \omega_{cw} \quad (4)$$

$$G_{m3} = \frac{4G_m}{3V_{IP3}^2} \quad (5)$$

ただし、 $-G_m$ は Q エンハンサによる負性コンダクタンスである。

3 シミュレーション結果

図 1 の回路において 2 トーン信号入力に対する IM3 をシミュレーションによって求めた。周波数は WCDMA

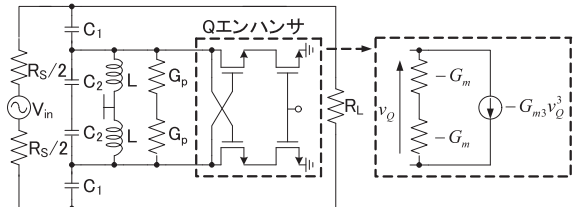


図 1 ノッチフィルタ

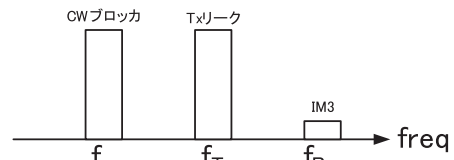


図 2 考慮する IM3

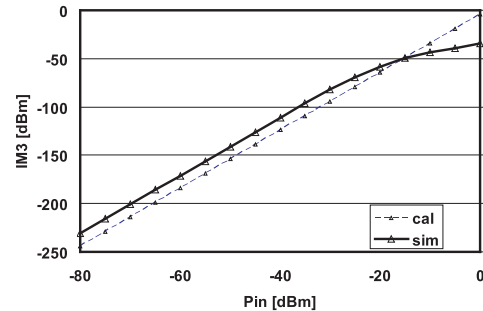


図 3 シミュレーション結果

のバンド I に合わせた。解析とシミュレーション結果が一致していることが図 3 からわかる。また、 $L=1\text{nH}$ の時と $L=3\text{nH}$ の時では後者の IIP3 が 5.5dBm 低いことが解析から求められ、これもシミュレーションと一致した。

4 まとめ

WCDMA 無線受信機におけるノッチフィルタで発生する IM3 の解析をした。

謝辞

本研究の一部は、総務省委託研究『電波資源拡大のための研究開発』、NEDO、並びに東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通じ、日本ケイデンス株式会社およびアジレント・テクノロジー株式会社の協力で行われたものである。

参考文献

- [1] D. Kaczman, *et al.*, "A Single-Chip 10-Band WCDMA/HSDPA 4-Band GSM/EDGE SAW-less CMOS Receiver With DigRF3G Interface and +90 dBm IIP2," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol.44, no.3, pp. 718-739, Mar. 2009.