

WCDMA 受信機における段間ノッチフィルタの低雑音化に関する検討

NF improvement of inter-stage notch filter for WCDMA receivers

古谷 聡
Satoshi Furuya

金丸 正樹
Masaki Kanemaru

岡田 健一
Kenichi Okada

松澤 昭
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 まえがき

近年、複数の無線通信規格に対応したマルチバンド無線端末への要求が高まっている。マルチバンド化に伴い、従来 Tx リーク除去を目的として用いられてきた LNA-Mixer 間の SAW フィルタを取り除くことが求められる。この対策としてオンチップノッチフィルタにより Tx リークを減衰する手法が提案されている [1]。一方で、提案手法を用いた場合は、Rx 帯域の特性に劣化が生じる。本発表では、ノッチフィルタのノイズの理論計算と解析を行い、Rx 帯域の低雑音化に最適なインダクタを検討する。

2 Rx 帯域におけるインピーダンスおよびノイズ

図 1(a) にノッチフィルタの一例を示す。クロスカップルにより、負性コンダクタンス $-G_m$ をつくり、寄生コンダクタンス G_p を打ち消している。図 1(b) はノッチフィルタの電力利得である。Tx 帯域の通過を阻止することで、後段への Tx リークを抑圧している。Rx 帯域のインピーダンスは、

$$Z_{in}|_{\omega=\omega_{Rx}} = \frac{1}{j\omega_{Rx}C1} + \frac{1}{G_p - G_m} \quad (1)$$

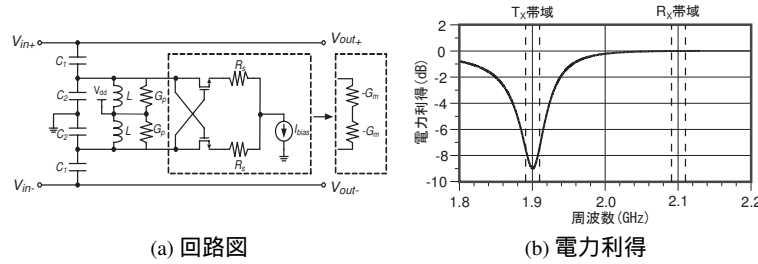
と表される。 ω_{Rx} は受信角周波数、 ω_{Tx} は送信角周波数、 Q_L はインダクタの Q 値を表す。 $G_p - G_m \rightarrow 0$ としたとき、 $Z_{in}|_{\omega=\omega_{Rx}} \rightarrow \infty$ となり、Rx 帯域のロスは小さくなる。一方で、Rx 帯域のノイズは

$$\overline{I_{nN}^2}|_{\omega=\omega_{Rx}} = \frac{\left(\frac{\omega_{Rx}^2}{\omega_{Tx}^2} - 1\right)^2}{\left(\frac{\omega_{Rx}^2}{\omega_{Tx}^2} - 1\right)^2 + \left(\frac{G_p - G_m}{G_p} \frac{1}{Q_L}\right)^2} \left(\overline{I_{np}^2} + \overline{I_{nm}^2}\right) \quad (2)$$

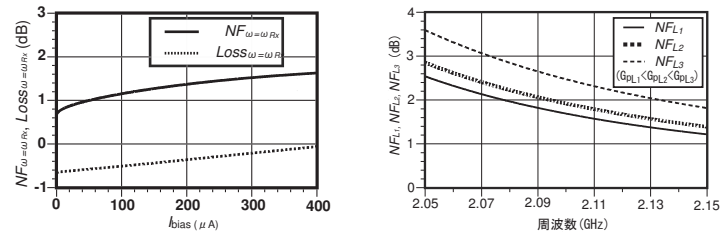
と表される。 $\overline{I_{np}^2}$ は寄生コンダクタンス G_p から発生するノイズ、 $\overline{I_{nm}^2}$ は Q エンハンサから発生するノイズである。 $G_p - G_m \rightarrow 0$ としたとき、ノイズは増大する。このとき、 $\overline{I_{nN}^2}|_{\omega=\omega_{Rx}}$ は $\overline{I_{np}^2} + \overline{I_{nm}^2}$ に等しくなる。 $\overline{I_{np}^2}$ 、 $\overline{I_{nm}^2}$ が G_p 、 G_m に比例していると考え、ノイズの減少のためには、 G_p を小さくすることが重要になる。これらのことを、シミュレーションを用い、検証する。

3 シミュレーション

図 1(a) に示した回路を用い、二種類のシミュレーションを行った。図 2(a) はバイアス電流 I_{bias} を変化させ、Q エンハンスを行った際の Rx 帯域の NF およびロスである。Q エンハンスが行われた結果、Rx 帯域のロスは小さくなるが、NF が増加している。つぎに、図 2(b) は、



(a) 回路図
図 1 ノッチフィルタ



(a) Q エンハンス時の Rx 帯域の NF およびロス
(b) Rx 帯域の NF の G_p 依存性の NF およびロス

図 2 シミュレーション

複数のインダクタを用い、寄生コンダクタンス G_p を変化させたときの、Rx 帯域の NF の比較である。ここで、すべてのインダクタに対して、Rx 帯域のロスを等しくしている。寄生コンダクタンスが小さいインダクタを用いたとき、ノイズは小さくなる。

4 まとめ

インダクタを Q エンハンスすることで、Rx 帯域のロスは減少できる。一方で、ノイズは増加する。ノイズを減少させるには、 G_p を小さくすることが重要である。このためには、インダクタンスが大きく、Q 値の大きいインダクタを用いる必要がある。

5 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』、半導体理工学研究センター、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し、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] B. Tenbroek, et al., "Single-Chip Tri-Band WCDMA/HSDPA Transceiver without External SAW Filters and with Integrated TX Power Control," *ISSCC Dig. Tech. Papers*, pp. 202-203, Feb. 2008.