

容量フィードバックを用いた広帯域低雑音増幅器の研究

A wide-band low noise amplifier using capacitive feedback

伊藤 利彦 岡田 健一 松澤 昭
Toshihiko Ito 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

近年の無線技術の発達に伴い、マルチバンド無線受信機の実現が求められている。マルチバンド受信機の実現には広帯域で高い性能を持つ LNA が不可欠である。

LNA で入力整合を取る方法は幾つか存在するが、消費電力や線形性の優れたコモンゲートタイプが現在の主流である。しかし、コモンゲートタイプは入力部分のトランジスタの g_m の大きさが制限されてしまうため大きなゲインや低ノイズが実現しにくい。そこで本論文では、キャパシティブクロスカップルに加えて容量フィードバックを用いることで g_m に自由度を与え、低ノイズを実現可能な LNA を提案する。

2 解析

図 1 に 3 種類のコモンゲート LNA を示す。(a) は最も基本的なもの、(b) は近年発表されたもの [1]、(c) は今回提案するものである。(a) と (b) の入力インピーダンスはそれぞれ $1/g_m$ と $1/2g_m$ のように表される。これらは入力整合を取るために R_S と一致させる必要があり、 g_m の値を自由に変えることができない。また、これらの LNA のノイズは g_m に反比例するため、ノイズも一定以上の改善が見込めない。

それに対して本論文で提案する (c) の LNA の入力インピーダンス Z_{in} は以下の式で表される。

$$\text{Re}(Z_{in}) = \frac{1 + \omega^2 C^2 Z^2}{2g_m} = R_S \quad (1)$$

また、ノイズファクター F は以下の式で表される。

$$F = 1 + \frac{\gamma}{2 + \frac{\omega^2 C^2 R_S^2}{(1 + \omega^2 C^2 R_{out}^2)^2}} + \frac{R_S(2 + \omega^2 C^2 R_{out}^2)^2 + \omega^2 C^2 R_S(R_S + R_{out})^2}{R_{out}((1 + \omega^2 C^2 R_{out}^2)^2 + \omega^2 C^2 R_S^2)} \quad (2)$$

式 (2) より、通常は g_m によって制限されてしまう F を改善可能にできたことが分かる。

3 シミュレーション結果

提案する LNA の全体の回路図を図 2 に示す。図 1(c) における C_P は ESD 保護のダイオードで実現した。また、入力トランジスタのソース部分には外付けのチップインダクタが使用されている。図 3 に NF のシミュレーション結果を示す。広帯域で低ノイズを実現していることが分かる。

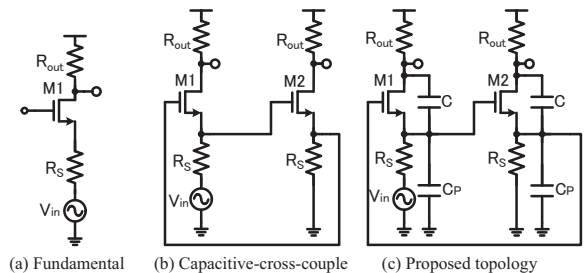


図 1 コモンゲート LNA

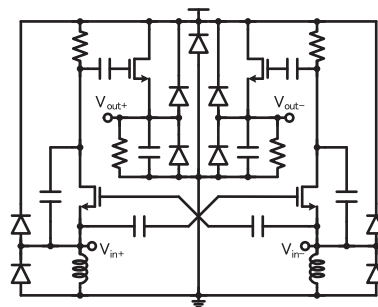


図 2 提案する LNA の回路図

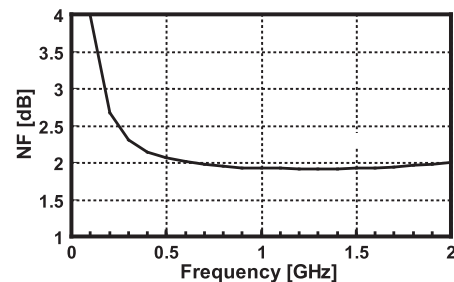


図 3 NF のシミュレーション結果

4 まとめ

容量フィードバックを用いた LNA を提案した。容量フィードバックによって従来よりも低ノイズを実現することが可能である。

謝辞

本研究の一部は、総務省 SCOPE、科学研究費補助金、半導体理工学研究センター、NEDO、キヤノン財団、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] W. Zhuo, et al., "Using Capacitive Cross-Coupling Technique in RF Low Noise Amplifiers and Down-Conversion Mixer Design," *Proc. European Solid-State Circuits Conference*, pp. 116-119, 2000.