

ミリ波帯カスコード回路におけるMAGおよび安定性の改善

An Improvement of Cascode Structure for mm-wave Amplifier Design in 40nm CMOS

瀬尾 有輝
Yuki Seo

ト 慶紅
Qinghong Bu

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

アナログ電子回路では高い利得が得られる構造としてカスコード回路が広く利用されている。ミリ波帯での利得向上を目的に、ゲインブーストを用いたカスコードを利用した増幅器が報告されている [1][2]。しかし、ゲインブーストの技術により高い利得が得られる一方で、安定性が劣化する問題が生じる。

本研究では、コモンゲート側トランジスタのゲートにインダクタを挿入し利得の向上を図るとともに、さらに抵抗を挿入することで安定性が改善することをシミュレーションによって確認した。

2 回路構成

図1に、従来および今回提案するカスコードの回路図を示す。トランジスタの幅は M_1, M_2 ともに $W = 1.5 \mu\text{m} \times 4$ とする。60 GHz もの高周波になると、寄生成分による影響が大きくなり、カスコード増幅器の利得が劣化する。そこでコモンゲート側トランジスタ M_2 のゲートにインダクタ L を挿入することで、 M_2 のゲート・ソース間に存在する寄生容量 C_{gs} をキャンセルし、利得を向上することができる [2]。

しかし、ゲインブーストによって利得が向上する一方で安定性は劣化し、インダクタを大きくすると増幅器が発振する危険が生じるため MAG の向上に限られてしまう [3]。そこで、本研究ではゲインブースト用インダクタに加え、新たに抵抗 R を挿入することでカスコード回路の安定性を改善し、インダクタを大きくしても発振することなく更なる MAG の向上を図る構成となっている。

3 シミュレーション結果

本研究では $L = 0 \text{ pH}, 85 \text{ pH}, 260 \text{ pH}$ のインダクタについて考える。図2に、各インダクタに対して抵抗 R を変化させたときの安定係数の最小値を示す。インダクタが大きくなると安定係数が0を下回ってしまうが、抵抗 R を大きくすることで安定係数が向上し、およそ 40Ω 程度で0以上にまで改善できることがわかる。

図3は、各インダクタおよび各抵抗 $R(0 \sim 100 \Omega)$ における最小安定係数に対する $\text{MAG}@60 \text{ GHz}$ を表している。 $L = 260 \text{ pH}$ において R を大きくすると MAG が劣化するが、一方で安定係数は向上し、 $L = 85 \text{ pH}$ と比べて全体的に MAG が向上し、かつ安定係数も改善できていることがわかる。また $L = 0 \text{ pH}$ と比べても、インダクタを大きくし R を挿入することで安定係数を劣化させずに MAG を向上させることができる。

4 まとめ

シミュレーションでは、コモンゲート側トランジスタのゲートにインダクタと抵抗を挿入することで MAG と安定係数の改善を確認した。

60 GHz において、従来方法 ($L = 85 \text{ pH}, R = 0 \Omega$) のときと比べて提案回路 ($L = 260 \text{ pH}, R = 50 \Omega$) では、2.3 dB の MAG の向上を達成した。

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』、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、キャン

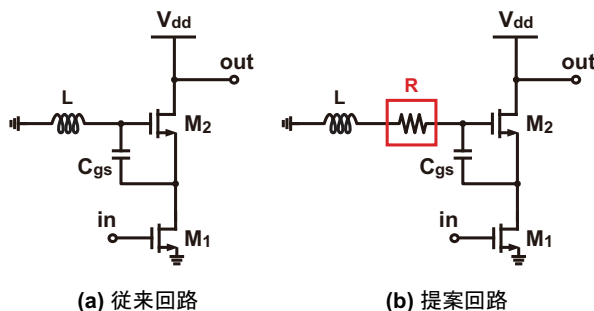


図1 カスコード回路図

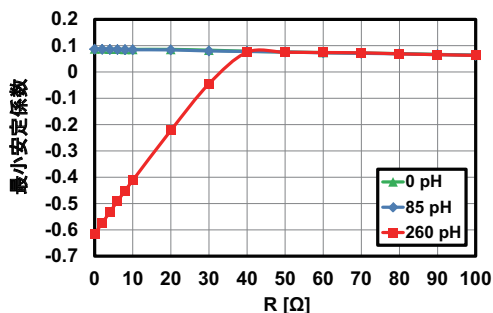


図2 最小安定係数

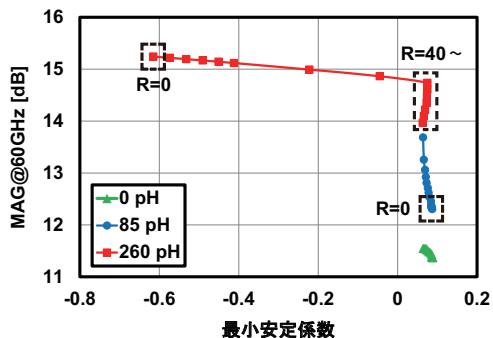


図3 最小安定係数 vs. MAG

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、日本ケイテ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] A. Niknejad, et al, *mm-Wave Silicon Technology 60 GHz and Beyond*, Springer, 2007.
- [2] H. Hsieh, et al, "60 GHz high-gain low-noise amplifiers with a common-gate inductive feedback in 65nm CMOS" *IEEE RFIC*, Jun. 2011.
- [3] Q. Bu, et al, *IEEE Society Conference*, Mar. 2012.