

バラクタクロスカップルを用いたミリ波帯電力増幅器の検討

A 60GHz CMOS Differential Power Amplifier Using Capacitive Cross-Coupling with Varactors

浅田 大樹
Hiroki Asada

松下 幸太
Kota Matsushita

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、60GHz帯を利用した超高速近距離無線通信機能を民生機器に実装するために、より安価なSi CMOSを用いた無線通信回路が検討されている。無線通信回路のコンポーネントの中でも電力増幅器はCMOSでの実現が最も困難であり、様々な研究が行われてきた。

60GHz帯ではMOSトランジスタの寄生容量の影響によって電力利得が低下してしまうが、キャパシティブクロスカップリングを用いることでゲート-ドレイン間の寄生容量を打ち消し、利得を向上させることが出来る[1]。しかし極めて小さな容量を用いるため設計が難しく、ばらつきにも弱いという欠点がある。本研究ではバラクタを用いたキャパシティブクロスカップリングにより、容量値の調整機能を持たせた構成の電力増幅回路について検討した。

2 バラクタの最適化

MOSトランジスタのゲート-ドレイン間容量は以下の式で与えられ、これと同量のキャパシタンスをクロスカップルにゲート-ドレイン間に挿入することでMOSトランジスタのフィードバックを最小にすることが出来る。

$$C_{gd} = -\frac{\text{Im}[Y_{12}]}{j\omega} \quad (1)$$

これをバラクタのみで実現しようとする大信号動作時にバラクタ両端の電圧が大きく変化し信号の歪みの原因となってしまう上、極めて小さなサイズのバラクタが必要となる。そのため本研究では図1に示した回路のようにキャパシタとバラクタを直列にいれることでバラクタの両端にかかる電圧を小さくするとともに素子の面積を大きくすることで設計の難度とばらつきの影響を小さくした。

3 シミュレーション結果

シミュレーションには65nmのCMOSプロセスを用いた。図2にクロスカップルにバラクタとキャパシタを挿入した場合としない場合の60GHzでの最大有能電力利得と安定係数を比較したものを示す。バラクタによって最大有能電力利得と安定係数が向上し、調整も可能であることが確認できた。また安定係数を比較したものを図3に示す。全周波数帯に渡って安定係数が大きく改善されることを確認した。

4 まとめ

差動電力増幅回路にクロスカップルさせたキャパシタとバラクタを用いることで最大利得と安定性を向上・調整できることを示した。

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』、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。

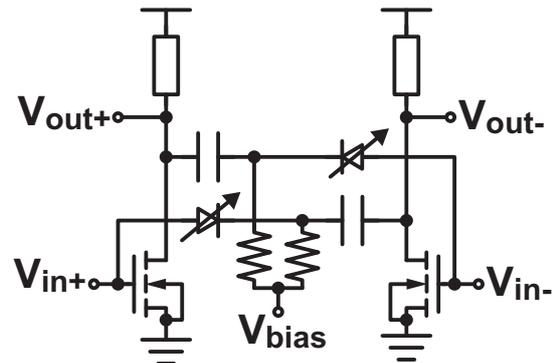


図1 バラクタクロスカップル

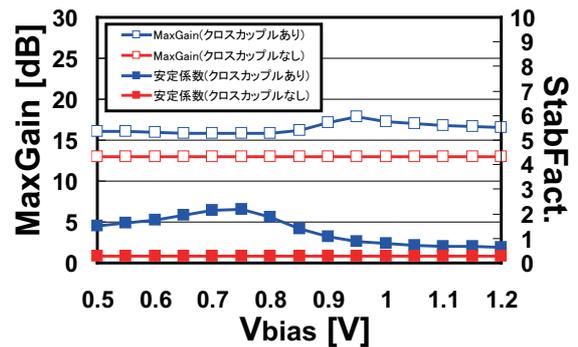


図2 60GHzにおける最大有能電力利得

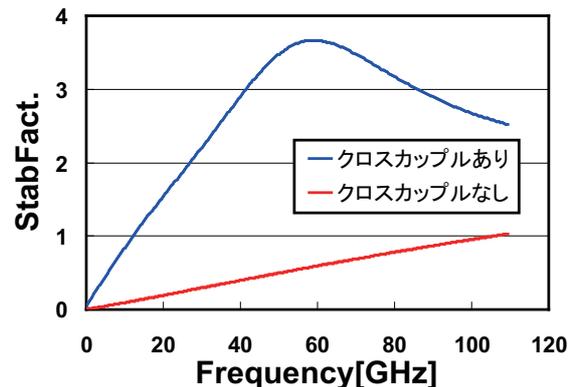


図3 安定係数

参考文献

- [1] Wei L. Chan, "A 60GHz-Band 1V 11.5dBm Power Amplifier with 11% PAE in 65nm CMOS", ISSCC 2009.
- [2] Behzad Razavi, IEEE Journal of Solid-State Circuits, IEEE JSSC, Vol. 31, No. 3, pp. 331-343 March 1996.