

60GHz 帯 CMOS 差動増幅回路の高 CMRR 化に関する検討

A high CMRR differential amplifier for 60GHz CMOS RF front-ends

文仙 啓吾
Keigo Bunsen

伊藤 彰吾
Shogo Ito

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、超高速近距離通信を目的とした 60GHz 帯の無線通信回路の研究・開発が盛んに行われている。60GHz 帯のミキサーなどでよく用いられる差動回路では同相ノイズや差動ミスマッチへの対策のため同相信号除去比 (CMRR) を大きくする必要があるが、本発表では差動で構成されたインピーダンスマッチングブロックの仮想接地部に適切な大きさのキャパシタを置くことで同相信号のみに影響のあるフィルタを形成し、CMRR を大きくとることのできる手法を紹介する。その際、フィルタリングされる周波数を合わせるためには精度の高い伝送線路やキャパシタのモデルが必要とされるため、[1] の手法を用い、高精度なモデリングを行った。

2 高 CMRR 差動増幅回路

差動増幅回路のインピーダンスマッチングにショートスタブを用いる場合、差動回路の仮想接地をショートスタブのグランド側として用いることができる。仮想接地を利用してマッチングブロックを構成した差動回路を図 1 に示す。

しかし入力信号に同相成分が含まれる場合、同相信号に対しては仮想接地とはならず、この点のインピーダンスは回路に影響を及ぼす。そのため、この仮想接地部に適切な大きさのキャパシタを置くことで、マッチングブロックのシャント側を見た時のインピーダンスを同相信号に対してほぼ 0 とすることができる。このとき、このブロックは差動信号に対してはインピーダンスマッチングブロック、同相信号に対しては BR/RF として機能し、アンプ全体で見たとき 60GHz 帯の信号に対して高い CMRR を得ることができる。

3 モデリング

この手法を用いて設計を行う場合、同相信号がフィルタリングされる周波数は伝送線路の長さやキャパシタの大きさに依存する。高周波では寄生成分の影響が大きくなるため、フィルタリングされる周波数を所望の 60GHz 帯にあわせるためには伝送線路とキャパシタのモデリングを高い精度で行う必要がある。しかし、60GHz 帯における測定では測定用プローブを置くためのコンタクトパッドの寄生成分の影響も大きく、測定対象のみの正確な測定データを得るためには測定結果からパッドの影響を取り除くディエンベディングという手順が必要となる。そこで今回は [1] で紹介されている手法を用いパッドの寄生成分を求めた上でディエンベディングに用い、伝送線路とキャパシタに対して高い精度のモデリングを行った。

4 シミュレーション結果

図 1 に示す構成で一段差動増幅回路を設計しシミュレーションを行った。トランジスタのゲート側のマッチングブロックにおける仮想接地部にキャパシタを置いた場合と置かない場合と比較する。

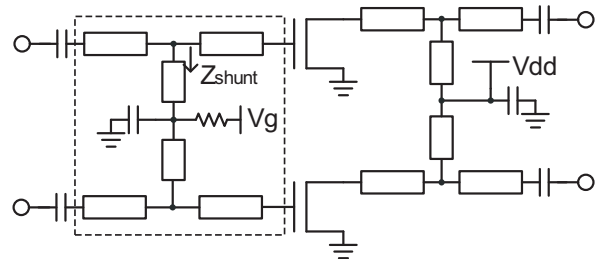


図 1 高 CMRR 差動増幅回路図

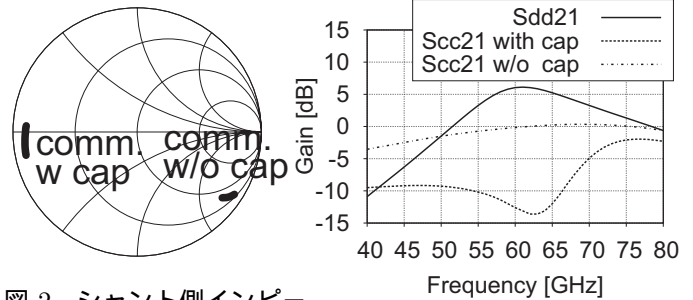


図 2 シャント側インピーダンス (57-66GHz)

図 3 差動利得・同相利得

図 2 にマッチングブロックのシャント側を見た時のインピーダンスを示すが、キャパシタを置いた場合、同相信号に対するインピーダンスをほぼ 0 に出来ていることが確認できる。このとき、図 3 に示す差動・同相利得は、キャパシタがない場合の CMRR5dB 程度に比べ、本手法を用いると CMRR は 15-20dB 程度に改善していることがわかる。

5 まとめ

差動増幅回路の仮想接地部に適切な大きさのキャパシタを置くことで同相成分のみに機能するフィルタを構成し、一段アンプで 20dB 程度の CMRR が得られた。

6 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、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] N. Takayama, K. Matsushita, S. Ito, N. Li, K. Bunsen, K. Okada, and A. Matsuzawa, "A Multi-Line De-Embedding technique for mm-Wave CMOS circuits," Proceedings of IEEE Asia Pacific Microwave Conference, Dec. 2009.
- [2] Y. Natsukari and M. Fujishima, "36mW 63GHz CMOS differential low-noise amplifier with 14GHz bandwidth," Symposium on VLSI Circuits, pp.252-253, June. 2009.