

広帯域 Gm-C フィルタに用いる高線形 Gm セルに関する研究

Consideration of High Linearity Gm cell for wide bandwidth Gm-C filter

横溝 真也
Shinya Yokomizo

金子 徹
Tohru Kaneko

宮原 正也
Masaya Miyahara

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

現在、ミリ波帯を用いた無線通信の研究が盛んに行われている。より正確な通信を行うために受信機内フィルタの高線形化が必要とされている。帯域 1GHz の広帯域フィルタには Gm-C フィルタが適しており、高線形 Gm セルを用いることでフィルタの高線形化が期待できる。しかし、高線形 Gm セルは帯域が狭いという問題がある。そこで、クロスカップルキャパシタを用いて帯域を改善する手法を提案する。

2 高線形 Gm セル

従来の高線形 Gm セルの回路図を図 1 に示す。高線形 Gm セルは線形性の良い回路として知られている [1] が、ノード X の寄生容量が大きくなるため帯域が狭いという問題がある。従来は抵抗 R_S と並列に容量を挿入し、ゲインピーキングを行うことで帯域を改善していたが、1GHz の広帯域フィルタを構成するには不十分である。

そこで、クロスカップルキャパシタを用いる手法を提案する(図 2)。この手法はノード X の寄生容量を打ち消し帯域を伸ばすことで、Gm セルの帯域を改善する。挿入する容量値 C_C は、この回路の第一ポールと挿入したゼロ点が一致するような次式の値を用いる。

$$C_C \approx \frac{C_0}{2(g_{m3}R_S - 1)} \quad (1)$$

ここで C_0 はノード X の寄生容量を表している。

3 シミュレーション結果

図 3 に、それぞれの Gm セルとカットオフ 1GHz, 5 次 Gm-C ラダーフィルタの周波数特性を示す。シミュレーション条件は、65nm CMOS プロセス、 $G_m = 4.5 \text{ mS}$ 、電源電圧は 1.2V、 $C_C = 140 \text{ fF}$ 、 $C_S = 90 \text{ fF}$ とした。また、Gm セルの消費電力は 5.4mW で、フィルタの消費電力は 70.7mW である。

高線形 Gm セルの Gm 値のピーク値を揃えて帯域を比較すると、提案手法は従来手法の約 6 倍となった。その結果、従来手法では発生した 1dB 程度のピーキングが生じず、理想的なバタワース特性を得ることができた。

4 まとめ

高線形 Gm セルの帯域を改善する手法を提案した。提案手法を用いることで Gm セルの帯域を従来手法を用いた高線形 Gm セルの約 6 倍に改善することができた。また、提案手法を用いることで 1GHz, 5 次の Gm-C ラダーフィルタをピーキングなく実現した。

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』、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の協力で行われたものである。また AFS プラットフォームをご提供いただいた Berkeley Design Automation 社に感謝する。

参考文献

- [1] Tien-Yu Lo, Chung-Chih Hung, "1V CMOS Gm-C Filteres," Springer, 2009.

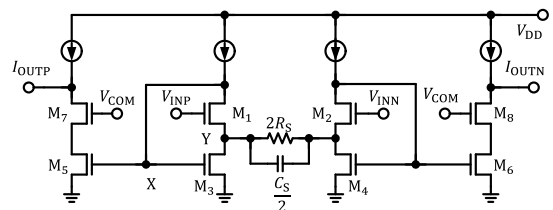


図 1. 従来手法を用いた高線形 Gm セル

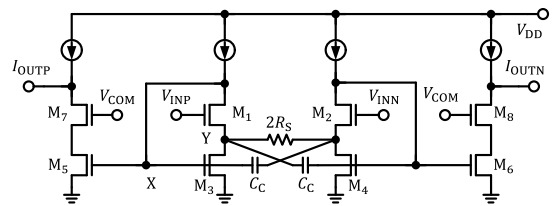


図 2. 提案手法を用いた高線形 Gm セル

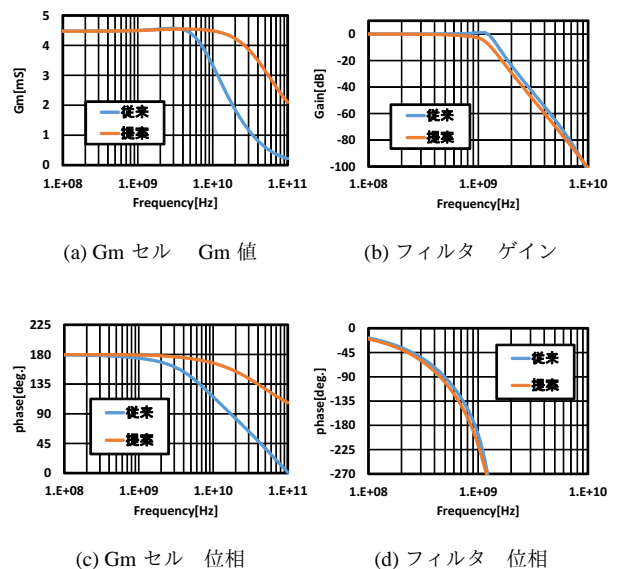


図 3. シミュレーション結果