

広帯域フィルタに用いる相補入力型 Gmセルの同相電圧安定化に関する研究

Consideration of common-mode voltage stabilization of complementary-input Gm-cell for wide bandwidth filter

木邨 友弥 金子 徹 横溝 真也 宮原 正也 松澤 昭
Yuya Kimura Tohru Kaneko Shinya Yokomizo Masaya Miyahara Akira Matsuzawa

東京工業大学大学院理工学研究科電子物理工学専攻
Department of Physical Electronics, Tokyo Institute of Technology

1 まえがき

現在、ミリ波帯を用いた広帯域高速無線通信では、1 GHz を超える広帯域かつ高次のフィルタ特性を持つ Low Pass Filter (LPF) が必要とされている。Gm-C フィルタは広帯域で利用可能だが、Gmセルの消費電力が大きくフィルタを構成する上で課題の一つとなっている。

2 FVF 構造を持つ Gm セル

NMOS 入力の FVF 構造を持つ Gmセル [2] は、線形性に優れており LPF を構成した際に優れた線形性を得ることができる。また、PMOS に Common-Mode Feedback (CMFB) を適用することで同相利得を抑えることができる。一方でこの回路を相補入力化 [1] する場合、NMOS 入力の場合と異なり出力側のトランジスタに並列に接続したトランジスタに CMFB を行うため、電流効率を高めると同相利得を抑えることが困難になる。そこで、図 1 の V_{CMFF} に入力電圧の同相電圧を印加する Common-Mode Feedforward (CMFF) について検討を行う。これによって M1 から伝わる信号パスと逆位相の同相信号を出力端に加えることができるため、同相利得を打ち消すことができる。

ただし、回路の第 2 ポールの影響により、高周波ではノード X を通る信号パスは減衰するため、それに合わせて CMFF の信号も減衰させる必要がある。そのため、ノード Y から見える寄生容量と抵抗 R_{FF} にて LPF を構成させる。その際、このポールを回路の第 2 ポールと一致させるよう、 R_{FF} は次の値を用いる。

$$R_{FF} = \frac{C_X}{C_Y} \frac{1}{g_{m3}} \quad (1)$$

ただし、 C_X, C_Y はそれぞれノード X, ノード Y の寄生容量を、 g_{m3} は M3 のトランスコンダクタンスを示している。

3 シミュレーション結果

図 2 に検討回路の同相利得を示す。シミュレーション条件は 65nm CMOS プロセス、電源電圧 1.2V とした。CMFF 適用以前は、最大 8 dB 程度だった同相利得を、CMFF によって -9 dB まで抑えることができ、同相発振を抑制した。これを用いて 4 次バターワース特性を持つ LPF を構成したところ、NMOS 入力の Gmセルと比較して振幅 300 mVpp において線形性を損なうことなく、消費電力を 30.2 mW から 19.9 mW まで削減することができた。

4 まとめ

相補入力の FVF 構造を持つ Gmセルの同相利得を抑制する手法について検討を行った。検討回路を用いることで同相利得を 8 dB から -9 dB まで抑え、同相発振を抑制し、帯域 2 GHz の 4 次バターワース特性を持つ LPF を構成し、NMOS 入力の Gmセルと比較して線形性を劣化させることなく消費電力を 34%削減した。

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じ、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 Mentor Graphics 社に感謝する。

参考文献

- [1] 金子徹, 宮原正也, 松澤昭, “CMOS 入力高線形アンプの検討,” 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, 9月, 2013.
- [2] Tien-Yu Lo, Chung-Chih Hung, “1V CMOS Gm-C Filters,” Springer, 2009.

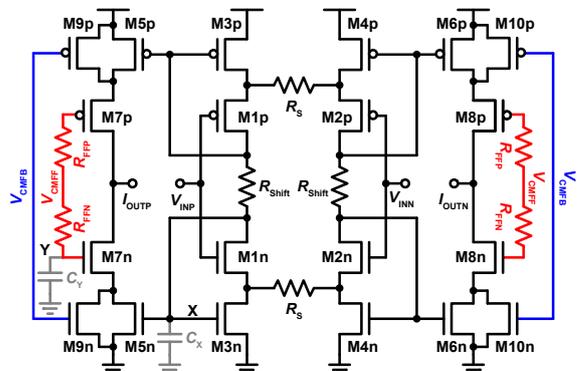


図 1: 検討手法を用いた相補入力の FVF 型 Gmセル

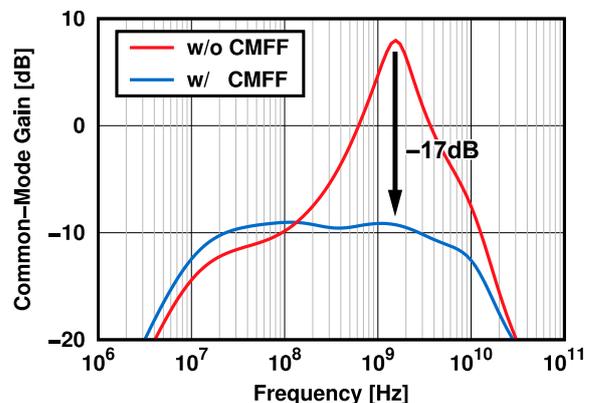


図 2: Gmセルの同相利得