

ビヘイビアモデルを用いた Nauta OTA の位相補償と評価 Phase compensation and evaluation of Nauta OTA using behavior model

1190172 山本 直輝 (回路工学研究室)

(指導教員 橘 昌良 教授)

1. はじめに

橘研究室では $\Delta\Sigma$ 変調器における積分器に OP アンプや電圧電流変換回路(OTA)を用いた設計と評価を行ってきた。しかし、回路設計の際、仕様を決定し設計を行うのが一般的ではあるが、トランジスタレベルから設計した場合、様々な要素回路を用いた構成となり、複雑な構成となってしまう。先行研究では 2 段構成の Nauta OTA を設計し、高利得化することを目的に取り組んでいたが、実測データを得ることができなかった。

2. Nauta OTA

OTA とは Operational Trans - conductance Amplifier の略で、2 つの入力電圧の差に比例した電流を出力する回路のことで、内部では増幅する回路になっている。Nauta OTA の特徴として、ユニティゲイン周波数が高いため、高速動作が期待できる。また 6 つのインバータで構成されており、非常に単純な構造である。[1]

先行研究[2]において、過去設計した Nauta OTA を 2 段に構成することで高利得化を目的とした設計において実測できなかった要因であるレイアウトに着目し調査を行った。図 1 は 2 段構成の Nauta OTA の回路構成、図 2 はレイアウトにおけるルールミスを示す。

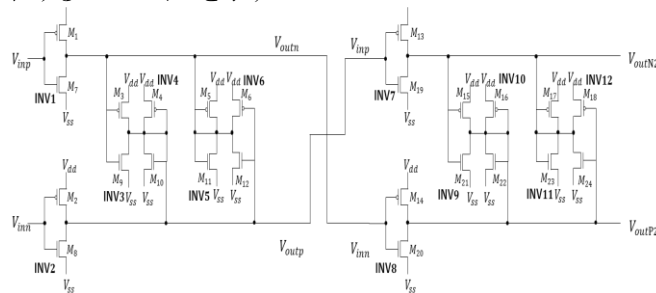


図 1 : 2 段構成の Nauta OTA

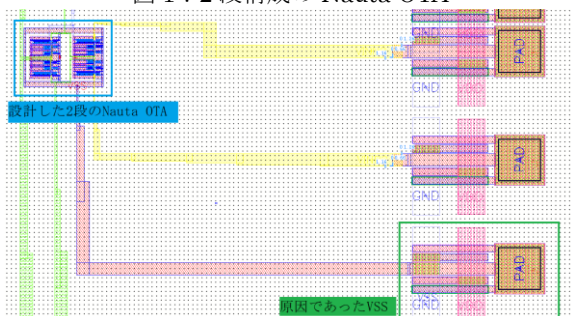


図 2 : 先行研究で提出したレイアウト

3. ビヘイビアモデル

2 段構成の Nauta OTA を設計し高いゲインを得られたが、0[dB]時のユニティゲイン周波数が 2[GHz]を超えており、そのままフィードバックで増幅してしまうと発振してしまう恐れがある。そこで、周波数特性に特化しているビヘイビアモデルを用いて位相補償を行った。図 3 は 2 つのポールを持つモデルを示しており、A1, A3 は利得段、A2, A4 はバッファ、R1, C1 は第 1 ポール、R2, C2 は第 2 ポール、D1, D2, D3, D4 は振幅リミッタとしてのダイオードである。C3, R3 は位相補償を行うための抵抗とキャパシタである。第 1 ポールは 58.9[MHz]、第 2 ポールは 440[MHz]に配置している。

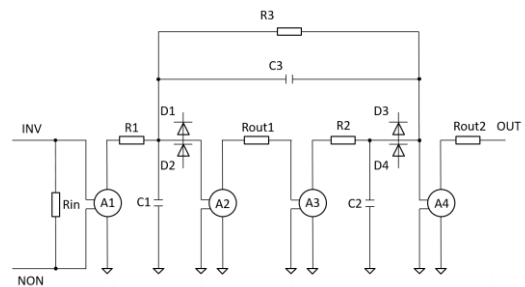


図 3 : 2 つのポールを持つビヘイビアモデル

4. シミュレーションと実測結果

ビヘイビアモデルを用いたシミュレーションを行う際、第 1 ポール、位相補償部分の値を変更し、パターン化してシミュレーションを行った。図 4 はビヘイビアモデルでのシミュレーション結果を示す。図 5 は 2 段の Nauta OTA の周波数特性と位相特性の実測結果を示す。

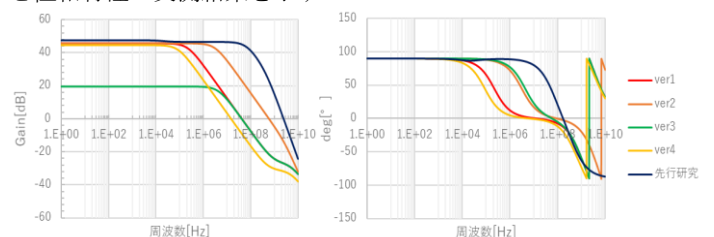


図 4 : ビヘイビアモデルのシミュレーション

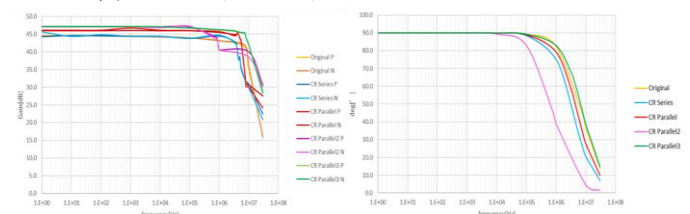


図 5 : 2 段の Nauta OTA の実測結果

5. まとめ

本研究では、先行研究で実測が確認できなかった 2 段の Nauta OTA の実測可能なものの製作および位相補償と評価を行った。Nauta OTA のシミュレーションおよび実測では動作確認をすることができた。実測に伴い、外部での位相補償を取り入れたことで高いゲインを得られることながらユニティゲイン周波数を維持しつつ、位相特性の改善が行えた。

しかし、0[dB]時における位相余裕が測定することができなかったため、ビヘイビアモデルを利用しつつ、位相特性の改善と HSpice の結果と LTSpice の結果を近づけ、実測時のノイズ原因について考えていく必要がある。

6. 参考文献

- [1] 岡崎 泰士, Nauta OTA を用いた 1 次 $\Delta\Sigma$ 変調器の設計と評価, 高知工科大学 卒業研究報告書, 2016 年
- [2] 榊原 伊織, Nauta OTA のビヘイビアモデルにおける位相補償と評価, 高知工科大学 卒業研究報告書, 2018 年