

Nauta OTA を用いた 1 次 $\Delta \Sigma$ 変調器の設計と評価

橋研究室 1160031 岡崎 泰士

1. はじめに

A/D 変換において使用される $\Delta \Sigma$ 変調の技術は信号を増幅するために OP アンプが使われる。その OP アンプの内部にはさらに信号を増幅する回路を持つ。そのため、回路は複雑になり、使われる素子も多くなる。結果、チップ化する際に、レイアウトを作るのが難しくなる。また、OP アンプが安定して動作するために位相補償用キャパシタを使用するが、それにより利得を得られる周波数帯域が小さくなる。

以上のことから、回路構成が単純で、高帯域で利得を得られることが期待できる増幅回路、Nauta OTA を用いて 1 次 $\Delta \Sigma$ 変調器を設計した。

2. Nauta OTA

Nauta OTA は電圧電流変換回路 (operational transconductance amplifier) の一つで、その回路図を図 1 に示す。図 1 より、Nauta OTA は 6 つのインバータ (INV) で構成されている。INV1, INV2 は入出力回路で、INV3, INV6 はループ回路を構成しており、フリップ・フロップ回路のように動作する。INV4, INV5 は入出力を短絡しており、抵抗とみなすことができ、出力における基準電圧を作る回路である。[1]

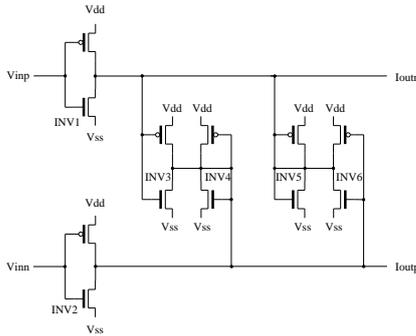


図 1: 設計した Nauta OTA

3. Nauta OTA を用いた 1 次 $\Delta \Sigma$ 変調器

図 2 に本研究で設計した Nauta OTA を用いた 1 次 $\Delta \Sigma$ 変調器の回路図と表 1 に設計した $\Delta \Sigma$ 変調器の仕様を示す。[2]

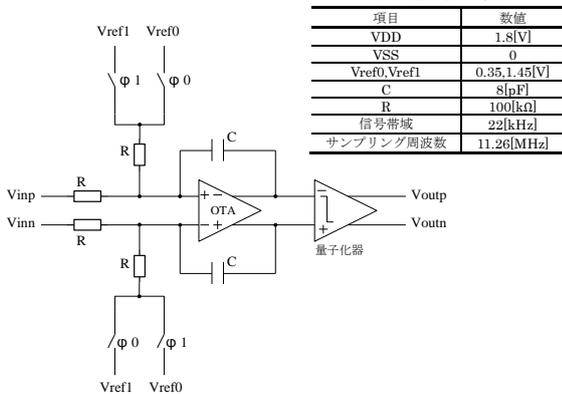


図 2: 設計した 1 次 $\Delta \Sigma$ 変調器

表 1: $\Delta \Sigma$ 変調器の仕様

項目	数値
VDD	1.8[V]
VSS	0
Vref0, Vref1	0.35, 1.45[V]
C	8[pF]
R	100[k Ω]
信号帯域	22[kHz]
サンプリング周波数	11.26[MHz]

4. シミュレーションと実測結果

図 3 に Nauta OTA の周波数特性についてのシミュレーションについて示す。

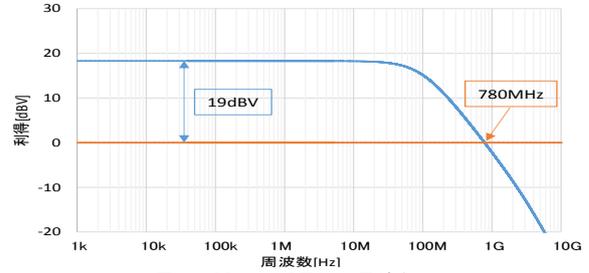


図 3: Nauta OTA の周波数特性

図 4, 図 5 に Nauta OTA の入出力のシミュレーションと実測結果を示す。

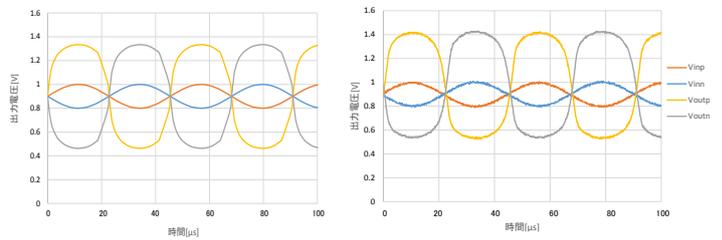


図 4: Nauta OTA の入出力のシミュレーション

図 5: Nauta OTA の入出力の実測

図 6, 図 7 に 1 次 $\Delta \Sigma$ 変調器の出力のシミュレーションと実測結果を示す。

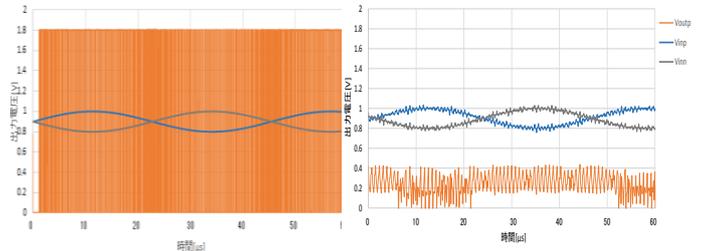


図 6: $\Delta \Sigma$ 変調器の入出力のシミュレーション

図 7: $\Delta \Sigma$ 変調器の入出力の実測

5. まとめ

本研究では Nauta OTA の設計とそれを用いた 1 次 $\Delta \Sigma$ 変調器の設計を行った。

図 3 より、Nauta OTA 単体のユニティ・ゲイン周波数は 780MHz、利得は 19dBV であった。また、図 4, 5 より、入出力では実測値の出力がシミュレーション値より約 0.07V のオフセットがかかっていた。図 6, 7 より、設計した 1 次 $\Delta \Sigma$ 変調器において、シミュレーションでは $\Delta \Sigma$ 変調の動作を確認できたが、実測では動作していなかった。

参考文献

- [1] Bram Nauta, "A CMOS Transcon-C Filter Technique for Very High Frequencies," IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 27, no. 2, pp. 142-145, Feb. 1992.
- [2] Astria Nur Irfansyah, "Nauta OTA in a Secind-Order Continuous-Time Delta-Sigma Modulator," IEEE, pp 849-852, 2014.