

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

Design and Evaluation of Delta-Sigma Modulator using Nauta OTA

1205066 岡崎 泰士 (回路工学研究室)
(指導教員 橋 昌良 教授)

1. はじめに

大規模集積回路 LSI(Large Scale Integrated Circuit)は、多くの電子機器に組み込まれている。その内部で扱われる信号のほとんどは 0/1 のデジタル信号で、私たち人間がそのまま理解するには難しい情報である。逆にデジタル信号を扱う回路にとって、連続的な変化をするアナログ信号が難解なものとなる。そのため連続的なアナログ信号を不連続なデジタル信号へと変換することができる ADC (アナログ・デジタルコンバータ)が必要とされる。 $\Delta\Sigma$ 変調器は ADC に使われる回路の 1 つで、音という人間の五感の 1 つ、聴覚で処理する信号を 1bit のデジタル信号に変換できる回路である。もう少し詳しく説明すると入力信号の振幅に比例した密度のパルス列を出力する回路である。

橋研究室ではこの $\Delta\Sigma$ 変調器の設計を行ってきた。先行研究では 1 次 $\Delta\Sigma$ 変調器を使用し、オーバーサンプリング 128 倍で S/N 比 (信号対雑音比)を理論値で[60dB]得る事を目標としてきた。本研究では、そのオーバーサンプリングを先行研究の倍の 256 倍にし、S/N 比を理論値で 69[dB]得ることを目標とする。256 倍のサンプリングを実現するために、利得は一般の OP アンプほど高くないが、回路構成が単純な上、高周波帯域でも安定して動作する Nauta OTA[1]を用いた。

2. Nauta OTA

先行研究[2]において、過去設計した Nauta OTA[3]に利得の増大を目的として素子のマルチ化、また、素子ばらつきを考慮し、ダミーパターンの挿入を行った結果、利得が少し上昇した。本研究では、その OTA を使用した。図 2.1 に今回使用した先行研究[2]の Nauta OTA の回路構成を示す。

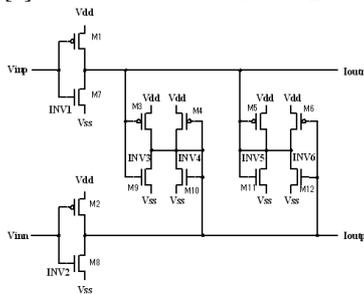


図 1 : 使用した Nauta OTA[1]

3. Nauta OTA を用いた $\Delta\Sigma$ 変調器

本研究では、単電源、2 電源と多段 INV の有無にわけて、4 つの $\Delta\Sigma$ 変調器の設計を行った。単電源、多段 INV 無しを回路①、単電源、多段 INV 有りを回路②、2 電源、多段 INV 無しを回路③、2 電源、多段 INV 有りを回路④とした。図 2 には Nauta OTA を用いた基本的 $\Delta\Sigma$ 変調器の回路構成を示す。

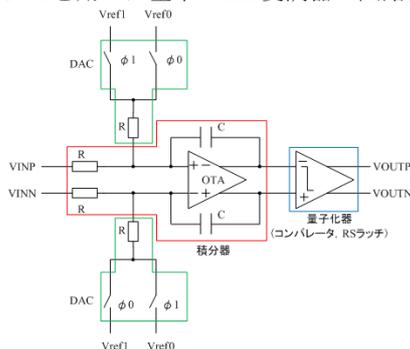


図 2 : 回路①③の回路構成

4. シミュレーションと実測結果

回路①は実測において $\Delta\Sigma$ 変調器として動作していなかった。回路②は実測において $\Delta\Sigma$ 変調器として動作しており、S/N 比は 58.1[dB]、ノイズフロアは -59[dBV]であった。回路③は実測において $\Delta\Sigma$ 変調器として動作していなかった。回路④は実測において $\Delta\Sigma$ 変調器として動作しており、S/N 比は 56.4[dB]、ノイズフロアは -59[dBV]であった。一例として図 3、4 に回路①と②のシミュレーションと実測の結果、図 5 スペクトルを示す。

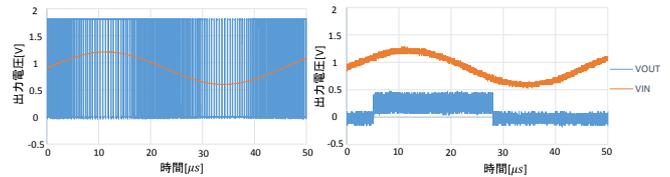


図 3 : 回路①のシミュレーション(左)と実測結果(右)

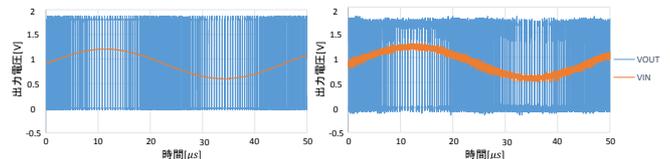


図 4 : 回路②のシミュレーション(左)と実測結果(右)

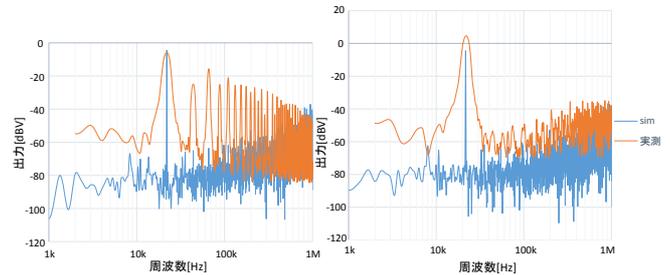


図 5 : 回路①(左)と回路②(右)のスペクトル

5. まとめ

本研究では、Nauta OTA を用いた $\Delta\Sigma$ 変調器の設計と評価を行った。シミュレーション、実測ともに目標値の S/N 比を得ることができなかったが、実測で多段 INV を設置した回路は正しく動作をしていることは確認出来た。

今後のシミュレーションにおいては、出力後の負荷回路、プローブやオシロスコープのインピーダンスを考慮して回路設計を行う必要がある。また、実測におけるスペクトルにおいて S/N 比を評価するには、測定できる周波数帯域は減少するが、オーディオアナライザを用いることで、ノイズフロアの低減による S/N 比の正確な値を得られると考える。さらに、単電源から 2 電源に変更する際は電源配線のレイアウトの配置に注意する必要がある。

6. 参考文献

- [1] Bram Nauta, "A CMOS Transconductance-C Filter Technique for Very High Frequencies," IEEE Journal of Solid-State Circuits, 1992.
- [2] 軽野 滉士, Nauta OTA の設計, 高知工科大学 システム工学群 電子工学専攻 卒業研究報告書, 2017.
- [3] 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 システム工学群 電子工学専攻 卒業研究報告書, 2016.