

NautaOTA を用いた二次 $\Delta\Sigma$ 変調器の設計と評価

Design and evaluation of Second-order $\Delta\Sigma$ modulation using Nauta OTA

1235116 上村 大輔 (回路工学研究室)

(指導教員 橘 昌良 教授)

1 はじめに

今日、計算や信号処理をデジタル領域で行う機会が圧倒的に増えた。一方、日常生活で我々が使う物理量は依然としてアナログであるためデジタル信号をアナログ回路へと戻す等といった $A/D \cdot D/A$ 変換技術が必要になった。

本研究の目的は *NautaOTA* を用いた連続型、離散型、フィードフォワード型の 2 次 $\Delta\Sigma$ 変調器をそれぞれ設計し、 S/N 比とノイズフロアが先行研究 [1] と比べてどの程度向上するかシミュレーション及び実測を行った。また更なるノイズ削減のため量子化器を 1bit から 2bit へと変更しシミュレーションを行った。

2 二次 $\Delta\Sigma$ 変調回路

本研究で設計した二次 $\Delta\Sigma$ 変調回路を図 1～図 3 に示す。本研究では三種類の二次 $\Delta\Sigma$ 変調回路を設計した。

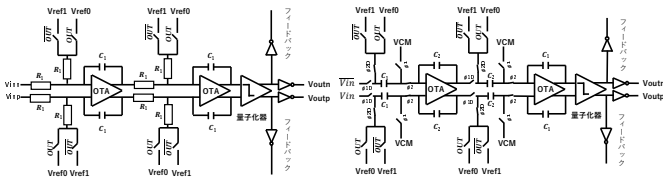


図 1 連続型 2 次 $\Delta\Sigma$ 変調回路

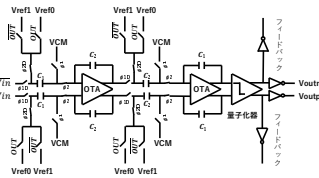


図 2 離散型 2 次 $\Delta\Sigma$ 変調回路

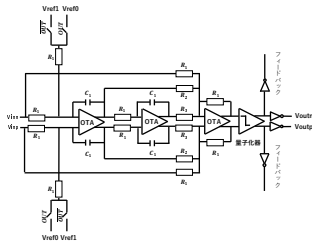


図 3 フィードフォワード型 2 次 $\Delta\Sigma$ 変調回路

3 2bit 量子化器

図 4 に提案した量子化器を示す。

2bit を出力させるため 1bit の量子化器を 4 つ使用した。一つは 1bit で使用した通り積分器の出力 (V_{inp} , V_{inn}) を比較した出力を、残り 3 つは入力波形 (V_{inp}) と三種のしきい値電圧 ($V_{th1} = 0.75V$, $V_{th2} = 0.9V$, $V_{th3} = 10.5V$) を比較し、それぞれに出力を割り当てた。

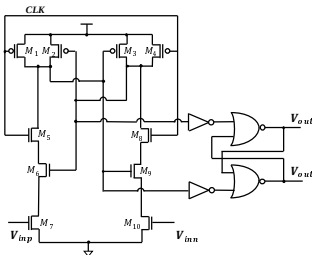


図 4 量子化器の設計回路

4 二次 $\Delta\Sigma$ 変調回路の FFT 結果

二次 $\Delta\Sigma$ 変調回路シミュレーション及び実測結果を図 5, 2bit 量子化器を使用したシミュレーション結果を図 6 に示す。これは、フィードフォワード型の変調回路の周波数特性である。二次 $\Delta\Sigma$ 変調回路の実測結果から先行研究の一次 $\Delta\Sigma$ 変調回路と比較し 6.8dB の S/N 比削減を確認できた。また、2bit 量子化器に変更した場合、1bit 量子化器を使用した二次 $\Delta\Sigma$ 変調回路と比較し 1.9dB の S/N 比削減を確認できた。

表 1 に二次 $\Delta\Sigma$ 変調回路の FFT を、表 2 に量子化器を 2bit にした際の FFT を示す。

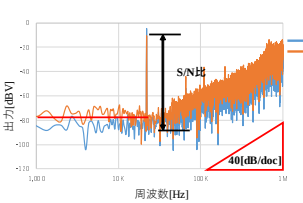


図 5 FF 型二次 $\Delta\Sigma$ 変調器の FFT スペクトル

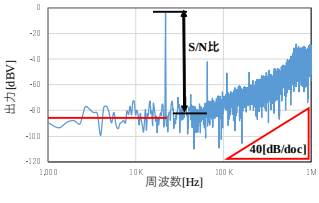


図 6 2bit 量子化器を使用した FF 型二次 $\Delta\Sigma$ 変調器の FFT スペクトル

表 1 $\Delta\Sigma$ 変調器のシミュレーション及び実測の S/N 比, ノイズフロア

	連続型 <i>sim</i>	連続型 実測	離散型 <i>sim</i>	離散型 実測	FF 型 <i>sim</i>	FF 型 実測
S/N 比 [dB]	73.9	62.3	69.6	59.9	74.7	64.9
ノイズフロア [dBV]	-80	-75	-85	-70	-85	-78

表 2 $\Delta\Sigma$ 変調器のシミュレーション及び実測の S/N 比, ノイズフロア

	連続型 <i>sim</i>	離散型 <i>sim</i>	FF 型 <i>sim</i>
S/N 比 [dB]	75.2	68.0	76.6
ノイズフロア [dBV]	-85	-70	-85

5 結論

本研究では、二次の $\Delta\Sigma$ 変調回路の設計およびシミュレーションでの評価を行い、チップへ実装し測定をおこなった。フィードフォワード型の回路において先行研究と比べ 6.8dB の S/N 比改善を確認することができた。また、更なるノイズ削減のため 2bit 量子化器を使った二次の $\Delta\Sigma$ 変調回路の設計およびシミュレーションでの評価を行った。

参考文献

[1] 岡崎 泰士 “Nauta OTA を用いた $\Delta\Sigma$ 変調器の設計と評価” 高知工科大学 システム工学群 基盤工学専攻 2018