

演習問題 4.1 解答例

【1】 ノイズシェーピングとオーバーサンプリングにより SNR が高められる仕組みについて説明せよ。量子化雑音の全電力は、量子化ビット数によって決定され、ノイズシェーピングとオーバーサンプリングによって減らすことはできない。しかし、ノイズシェーピングを行うと量子化雑音の電力スペクトル密度が”サンプリング周波数/2”の付近で大きくなり、サンプリング周波数の整数倍の周波数近傍で量子化雑音が抑制される。即ち、雑音成分と信号成分を周波数領域で分離することができる。また、オーバーサンプリングレートが大きい場合には、”サンプリング周波数/2”の帯域が、信号帯域から遠い周波数領域になるため、雑音成分のスペクトラムと信号のスペクトラムとの分離が、より効果的に行われ、SNR を高めることができる。(ローパス型のノイズシェーピングの場合)

(注意) OSR = 1 の場合、ノイズシェーピングにより、信号周波数帯域 (0.5\*サンプリング周波数) の量子化雑音がかえって増加するので、OSR = 2 以上にする必要がある。

【2】 サンプリング周波数 = 10MHz, オーバサンプリングレート = 256 で、2 次のノイズシェーピングを行って得られた 1bit デルタ-シグマ変調データの SNR(dB)はいくらか。また、この値は、ナイキストレートのサンプリングに換算してで何ビット相当の SNR か。

$$\text{SNR} = 6.02 + 1.76 - 12.9 + 50 \cdot \log 256 = 115(\text{dB})$$

$$\text{SNR} = 6.02 \text{ENOB} + 1.76 = 6.02 + 1.76 - 12.9 + 50 \cdot \log 256 \text{ より}$$

$$\text{ENOB} = 18.9$$

約 19bit 相当。

【3】 1bit デルタ-シグマモジュレータによるオーバーサンプリング ADC と多ビットのナイキストレート ADC について、それぞれどのような長所と短所があるか説明せよ。

方式	長所	短所
オーバーサンプリング ADC	アナログ回路の演算誤差により変換精度が制限されにくい。信号の周波数帯域内にアンチエイリアシングが発生しにくい。	量子化雑音を減らすためにオーバーサンプリングが必要。従って、回路を高速動作させる必要があるため、消費電力が大きくなりやすい。
ナイキストレート ADC	量子化器が発生する量子化雑音の発生量が小さい。高いサンプリングレートが達成できる(ただし、方式に依る)	アナログ回路の演算誤差により変換精度が制限される。アンチエイリアシングが発生しやすい。

【4】 アベレージングフィルタ(移動平均フィルタ)と線形補間フィルタは、機能としては異なるが、同じ伝達関数で表される。サンプリングレートと構造の点からこれらの違いについて説明せよ。サンプリングレートの違い: アベレージングフィルタはダウンサンプリングを行うため、入力よりも出力のサンプリングレートが低い。線形補間フィルタはアップサンプリングを行うため、入力より出力のサンプリングレートが高い。

## デジタル電子回路

回路構造の違い：アベレージングフィルタは累算→差分を行い、線形補間フィルタは、差分→累算を行う。

(参考) 累算は、OSR または補間レートのクロック周波数で行う必要があるが、累算は、ナイキストレートのクロック周波数で行えばよい。