

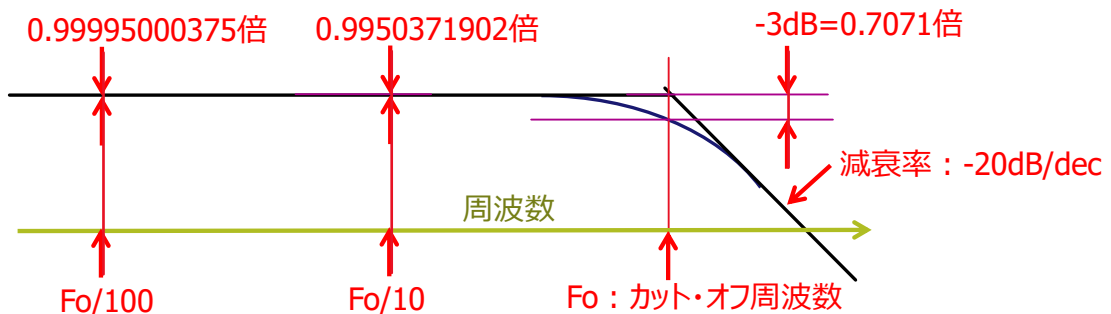
ADCの前段に入れる アンチ・エイリアス・フィルターの カット・オフ周波数の検討

一般的に、アンチ・エイリアス・フィルターとして利用されるフィルター形式は、バターワース・フィルターである。これは、透過帯域において、利得の平坦特性型のフィルター形式を比較したときに、優れていることにある。その周波数透過利得特性は以下の式で表される。

$$|T(\omega)| = \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{2n}}}$$

ここで ω は「角周波数」、
 ω_0 は「カット・オフの角周波数」、
 n はバターワース・フィルターの「次数」である。

バターワース1次フィルターの特性

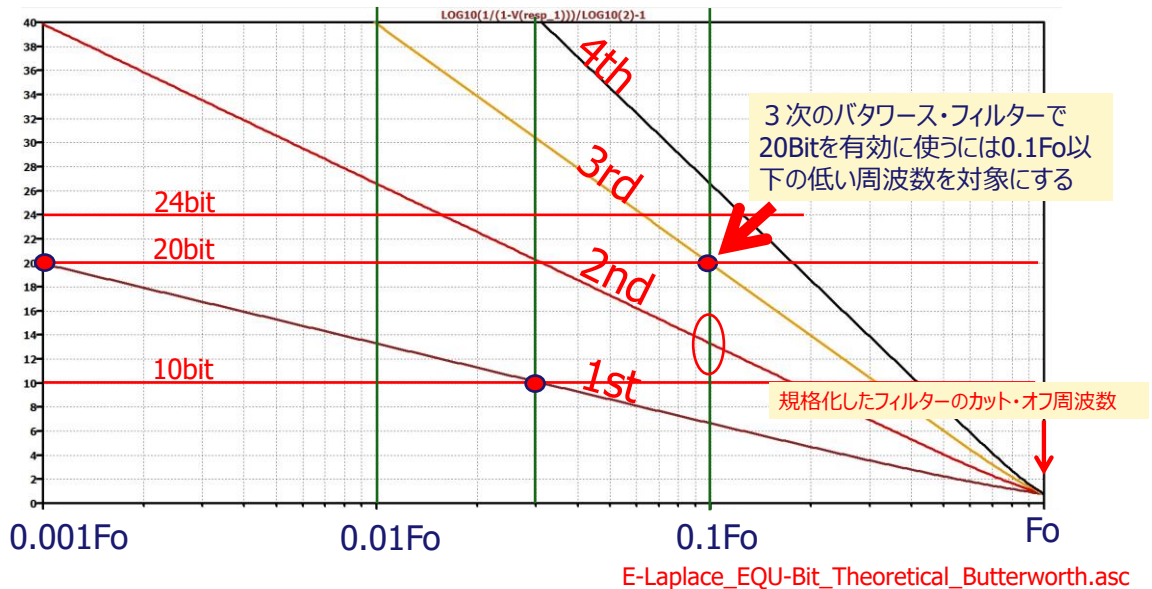


バターワース・フィルターの1次式において、対象になる周波数 (F) をカット・オフ周波数 (Fo) と等しいとすると、通過利得は $1/\sqrt{2}=0.7071$ 倍。また、1/10の周波数では0.995倍、1/100の周波数では0.99995倍になる。

もし、1kHzの帯域を所定の分解能で測定しようとするとき、アンチ・エイリアス・フィルターのカット・オフ周波数は、どのように設計したらよいだろうか？

たとえば、10bitのADCを使うことを想定すると、フル・スケールに対して、1LSBは約1/1000であるので、信号の利得誤差は $\pm 1\text{LSB}$ ・・・すなわち約1/2000以下にしなければならない。このことは、1kHzでの利得が0.99995以上必要になる・・・ということである。したがって、10bitADCで1kHzの帯域を誤差範囲で測定するためのフィルターのカット・オフ周波数は、バターワース・フィルターの式を基に計算すれば・・・約33kHz以上でなければならない。もし、20bitの分解能であるなら、1/2097152の精度が必要で、カット・オフ周波数に換算すると、約1MHz以上になる。

Fo と バタワース・フィルタ による有効BIT数



グラフの使い方

グラフの横軸は規格化した周波数で、右端が1Hzである。

縦軸はBIT数（たとえば対象とするADCなど）を示す。

斜め線（1stから4thまで）は、バタワース・フィルタの次数を示す。

たとえば、先に示した例のように、10bit精度で、バタワース1次フィルタを使う場合、 $0.03F_o$ よりも低い周波数であれば、フィルタによる誤差は無視できる。逆に読むと、必要な周波数帯域が $0.03F_o$ であれば、フィルタのカット・オフ周波数は $1/0.03 = 33$ （倍）必要になる。

図中の縦長の楕円で囲ったところに注目すると、帯域幅の10倍の F_o をもつアンチ・エイリアス・フィルタをバタワースで設計した場合、12bit精度は期待できるが、14bitの精度は期待できないということを示す。