

フィルター課題

- 課題内容

サンプリング周波数を f_s 、カットオフ周波数を f_c 、品質係数を Q とする場合、以下の双二次フィルタを実装してください。

1. High Pass Filter

$$\begin{aligned}b_0 &= a_0^{-1}(1 + c) \\b_1 &= -2b_0 \\b_2 &= b_0 \\a_1 &= 4ca_0^{-1} \\a_2 &= a_0^{-1}(s - 2)\end{aligned}$$

2. Band Pass Filter

$$\begin{aligned}b_0 &= sa_0^{-1} \\b_1 &= 0 \\b_2 &= -b_0 \\a_1 &= 4ca_0^{-1} \\a_2 &= a_0^{-1}(s - 2)\end{aligned}$$

3. Band Stop Filter

$$\begin{aligned}b_0 &= 2a_0^{-1} \\b_1 &= -4ca_0^{-1} \\b_2 &= b_0 \\a_1 &= 4ca_0^{-1} \\a_2 &= a_0^{-1}(s - 2)\end{aligned}$$

但し c, s, a_0 は以下のものとします。

$$\begin{aligned}c &= \cos(2\pi f_c f_s^{-1}) \\s &= \sin(2\pi f_c f_s^{-1}) \times Q^{-1} \\a_0 &= s + 2\end{aligned}$$

- 実装手順

1. フィルター・タイプの追加

[app/src/parameterDescriptor.js](#) 内の `filterTypes` を修正する

2. 処理の実装

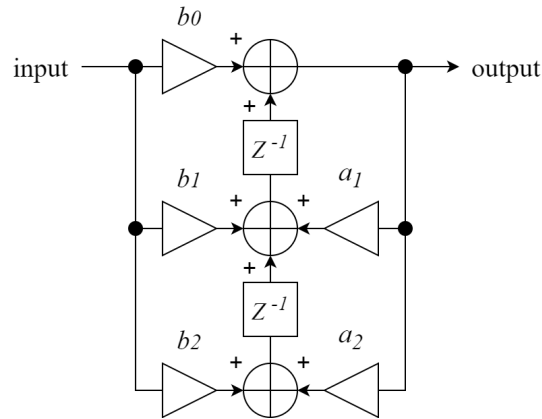
[app/public/SynthesizerWorklet.js](#) 内の `updateFilterCoefficients()` で case を追加して5つの係数 (b_0, b_1, b_2, a_1, a_2) の計算処理を実装する

具体例として Low Pass Filter を追加した際のコミット ([URL](#)) を参考にしてください。

(補足)

- 双二次フィルタ

双二次フィルタは以下のブロックで表されるデジタルフィルタで、各係数を調整することで様々な特性のフィルタに変化します。



上記フィルタの伝達関数は以下の通りに表されます。

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{1 - a_1 z^{-1} - a_2 z^{-2}}$$

各フィルタの係数の導出方法は様々ありますが、今回はアナログフィルタの伝達関数から双一次変換を利用して導出しています。

- 双一次変換

双一次変換ではアナログフィルタの伝達関数に以下の式を代入することでデジタルフィルタの伝達関数を導出します。

$$s = \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \cdot \frac{1}{\tan(\pi f_c f_s^{-1})}$$

各アナログフィルタの伝達関数は次の通りです。計算に自信がある方は、是非自分で係数の計算式を求めてみてください。

1. Low Pass Filter

$$H(s) = \frac{1}{1 + Q^{-1}s + s^2}$$

2. High Pass Filter

$$H(s) = \frac{s^2}{1 + Q^{-1}s + s^2}$$

3. Band Pass Filter

$$H(s) = \frac{Q^{-1}s}{1 + Q^{-1}s + s^2}$$

4. Band Stop Filter

$$H(s) = \frac{1 + s^2}{1 + Q^{-1}s + s^2}$$

以上