

## Finite Impulse Response Filter

Sistem filter Linear waktu invarian memiliki sifat linearitas dan invariansi waktu. Filter Impulse Response Terbatas menggunakan persamaan konvolusi sinyal input dengan respon impulse filter.

$$Y(n) = \sum_{m=0}^L B(m) \cdot X(n-m)$$

Fungsi transfer dalam domain Z dinyatakan sebagai

$$H(z) = \frac{\sum_{m=0}^L B(m) \cdot z^{-m}}{X(z)}$$

Pemahaman response frekuensi penting dalam merancang filter dengan plot magnitude dan fase memberikan informasi tentang karakteristik filter.

## Infinite Impulse Response Filter

Filter IIR memiliki persamaan perbedaan umum sebagai berikut:

$$Y[n] = b_0 \cdot X[n] + b_1 \cdot X[n-1] + b_2 \cdot X[n-2] - a_1 \cdot Y[n-1] - a_2 \cdot Y[n-2]$$

$Y[n]$  adalah output filter

$X[n]$  adalah input filter

$b_0, b_1, b_2$  adalah koefisien feedforward

$a_1, a_2$  adalah koefisien umpan balik.

Perbedaan antara filter FIR dan IIR dalam pemrosesan sinyal diskrit yaitu Filter IIR memiliki umpan balik dari output ke input untuk menghin-dari loop tak terbatas.

Implementasi filter IIR menggunakan perkalian dan penjumlahan diagram blok.



## Filter Example

Implementasi sinyal eksponensial yang meredup dengan persamaan perbedaan sederhana  $y(n) = x(n) + p y(n-1)$ . Saat  $x(n)$  berupa pulse satuan, outputnya adalah urutan eksponensial  $1, p, p^2, p^3, \dots$ . Sebagai response impulse tak terhingga (IIR). Representasi sistem dalam diagram blok & domain  $z$  adalah  $H(z) = 1/(1-p \cdot z^{(-1)})$  dengan struktur loop feedback. Transformasi  $z$  dari fungsi transfer menghasilkan fungsi eksponensial sebagai response impulse filter. Koefisien transfernya adalah  $A = [1, -0.9]$  dan  $B = [1]$  dengan memilih  $a(1) = p = 0.9$ .

## Filter Example: Computing the Resulting Frequency Response

### \* Definisi & Parameter

1. Menggunakan fungsi 'freqz' dari SciPy untuk menghitung respon frekuensi filter
2. Misal, memilih kutub  $a = 0.9$  sehingga koefisien filter  $a = [1, -0.9], b = [1]$

\* Setelah menentukan koefisien filter yg diinginkan, langkah berikutnya adalah menghitung response dari paket SciPy. Hasilnya akan memberikan respons frekuensi dalam bentuk magnitude & fase.

### \* Analisis

1. Magnitude  $= 20 \log_{10} (|H(e^{j\omega})|)$
2. Phase  $= \angle H(e^{j\omega})$

\* Untuk memvisualisasikan posisi zeros & poles dari filter digital pada bidang  $Z$ , kita dapat menggunakan fungsi 'pzpzpk' untuk mentransformasikan koefisien filter ke lokasi nol & kutub pada bidang kompleks. Lalu dengan plotting grafik scatter, kita dapat memperlihatkan lokasi nol & kutub tersebut dalam bidang  $Z$ .

### \* Transformasi $Z$ & Respon Frekuensi.

1. Mengganti  $Z$  dengan  $e^{j\omega}$  pada lingkaran satuan menghasilkan respon frekuensi
2. Semakin dekat kutub ke lingkaran satuan, semakin tinggi magnitude response frekuensi

$$\text{Rumus} = \begin{aligned} &1. \text{ Magnitude Response} = |H(e^{j\omega})| = \left| \frac{B(e^{j\omega})}{A(e^{j\omega})} \right| \\ &2. \text{ Phase Response} = \angle H(e^{j\omega}) = \arg \left( \frac{B(e^{j\omega})}{A(e^{j\omega})} \right) \end{aligned}$$