

LAPORAN PRAKTIKUM SISTEM INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA MODUL V



Nama/NRP Mahasiswa: Gabriel Sebastian H. / 5103018003

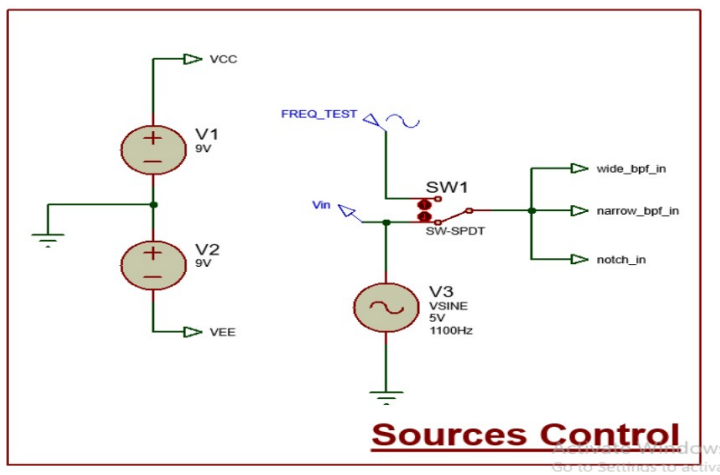
Hari & jam Prakt.: 22 September 2021

Dosen / Asisten: Lanny Augustine

Paraf:

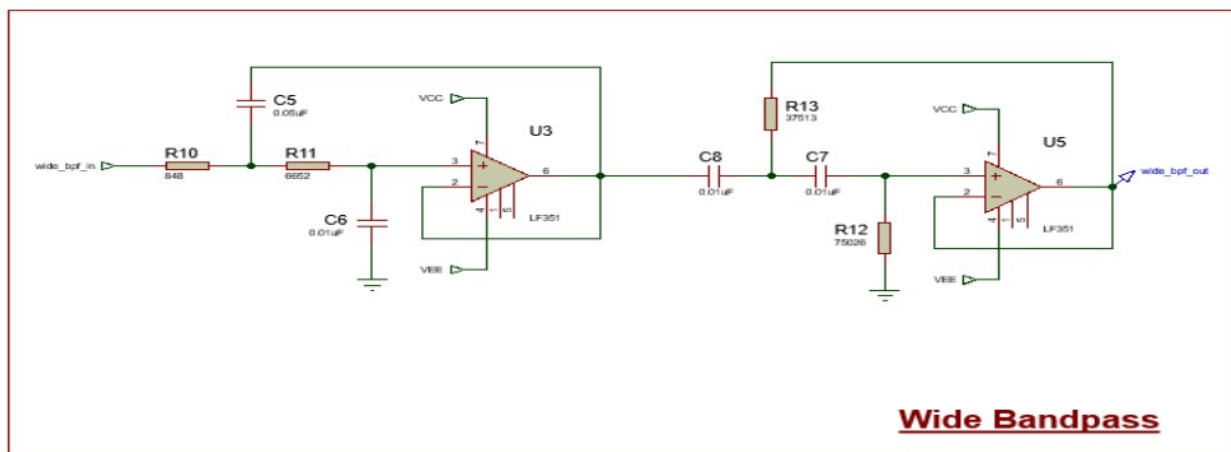
Rangkaian Power Supply & Source (untuk semua filter)

- **FREQ_TEST** : untuk simulasi respon frekuensi
- **VSINE** : untuk simulasi time domain.



A. Wideband Bandpass Filter

Screenshoot rangkaian:



Perhitungan desain rangkaian:

Wide Bandpass Filter (Butterworth)

$$\textcircled{a} f_L = 300 \text{ Hz}$$

$$f_H = 3 \text{ kHz}$$

$$C_1 = C_3 = C_9 = 0,01 \text{ nF}$$

$$\textcircled{b} f_r = \sqrt{f_H \cdot f_L} = \sqrt{300 \cdot 3000} = 948,68 \text{ Hz}$$

$$BW = 3000 - 300 = 2700 \text{ Hz}$$

$$\textcircled{c} f_L = \sqrt{\frac{BW^2}{4} + f_r^2} - \frac{BW}{2} = \sqrt{\frac{(2700)^2}{4} + (948,68)^2} - \frac{2700}{2} = 299,99 \approx 300 \text{ Hz}$$

$$f_H = f_L + BW = 300 + 2700 = 3000 \text{ Hz}$$

$$Q = \frac{f_r}{BW} = 0,35$$

Lowpass Filter ($a_1 = \sqrt{2}$, $b_1 = 1$, $C_1 = 0,01 \text{ nF}$)

$$\textcircled{a} C_2 > C_1 \frac{4b_1}{a_1^2} \rightarrow C_2 > (0,01) \frac{4(1)}{(\sqrt{2})^2} \cdot 10^{-6}$$

$$C_2 > 0,02 \text{ nF}$$

$$\boxed{C_2 = 0,05 \text{ nF}}$$

$$\textcircled{a} R_{1,2} = \frac{a_1 C_2 \pm \sqrt{(a_1 C_2)^2 - 4b_1 C_1 C_2}}{4\pi f_H C_1 C_2}$$

$$\textcircled{a} a_1 C_2 = 7,07 \cdot 10^{-8}$$

$$\textcircled{b} (a_1 C_1)^2 = 5 \cdot 10^{-15}$$

$$\textcircled{c} C_1 C_2 = 5 \cdot 10^{-16}$$

$$\begin{aligned}
 R_{1,2} &= \frac{7,07 \cdot 10^{-8} \pm \sqrt{5 \cdot 10^{-15} - 4(1)(5 \cdot 10^{-16})}}{4\pi(3000)(5 \cdot 10^{-16})} \\
 &= 10^{12} \frac{7,07 \cdot 10^{-8} \pm \sqrt{5 \cdot 10^{-15} - 2 \cdot 10^{-15}}}{6\pi} \\
 &= 10^{12} \frac{7,07 \cdot 10^{-8} \pm 5,47 \cdot 10^{-8}}{6\pi} = \frac{7,07 \pm 5,47}{6\pi} \cdot 10^4 \\
 R_1 &= \frac{7,07 - 5,47}{6\pi} \cdot 10^4 = \underline{848 \, \Omega} \quad \checkmark \\
 R_2 &= \frac{7,07 + 5,47}{6\pi} \cdot 10^4 = \underline{6652 \, \Omega} \quad \checkmark
 \end{aligned}$$

(b) Highpass Filter ($q_1 = \sqrt{2}$; $b_1 = 1$; $C = 0,01 \mu F$)

$$R_1 = \frac{1}{\pi f_L C q_1} = \frac{1}{\pi(300)(0,01 \cdot 10^{-6})(\sqrt{2})} = \underline{75026 \, \Omega}$$

$$R_2 = \frac{q_1}{4\pi f_L C b_1} = \frac{\sqrt{2}}{4\pi(300)(0,01 \cdot 10^{-6})(1)} = \underline{37513 \, \Omega}$$

Hasil percobaan:

$V_{cc} = 9 \text{ volt}$; $f_L = 300 \text{ Hz}$; $f_H = 3 \text{ kHz}$; $C_1 = C_3 = C_4 = 0,01 \mu F$

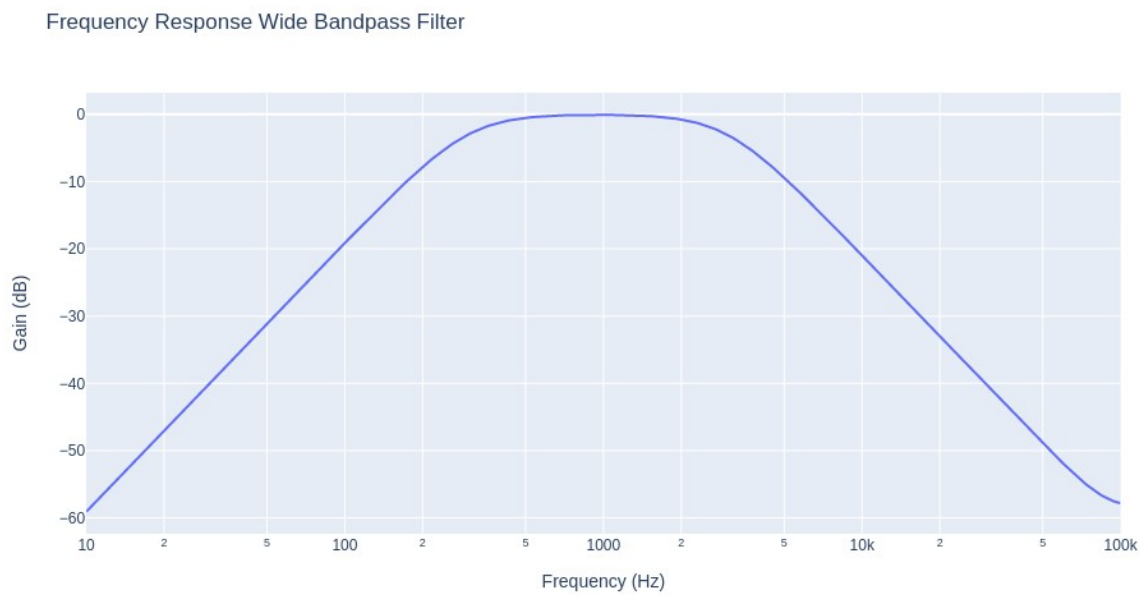
$f_{\text{cutoff LPF}} = 3 \text{ kHz}$; $C_2 = 0,05 \mu F$; $R_1 = 848 \, \Omega$; $R_2 = 6652 \, \Omega$

$f_{\text{cutoff HPF}} = 300 \text{ Hz}$; $R_3 = 75026 \, \Omega$; $R_4 = 37513 \, \Omega$; $F_r = 948,68 \text{ Hz}$

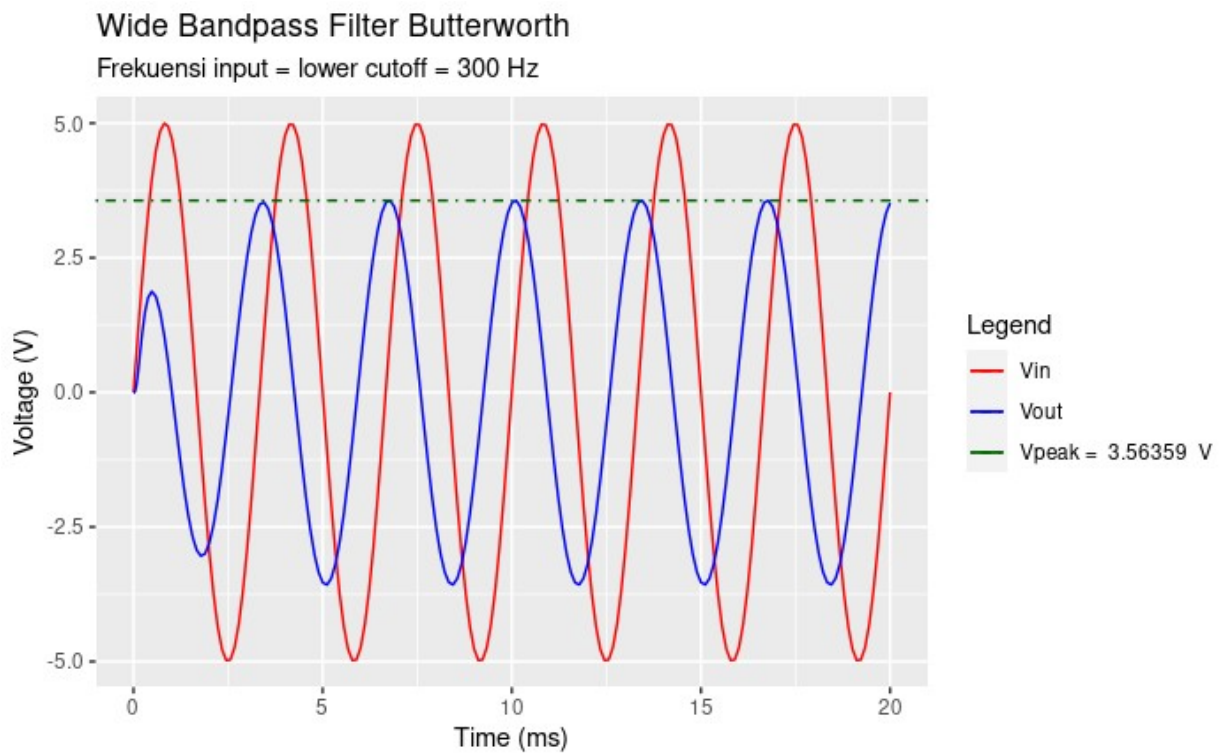
Tabel 5.1

Vin (Vpeak)	Fin (Hz)	Fout (Hz)	Vout (Vpeak)
5 V	10	10	0.005610092
	300	300	3.560164
	1000	1000	4.954159724
	3000	3000	3.515361599
	10000	10000	0.447167266

- Grafik respon frekuensi terhadap gain dalam skala logaritmik (diagram Bode) Wide BPF:



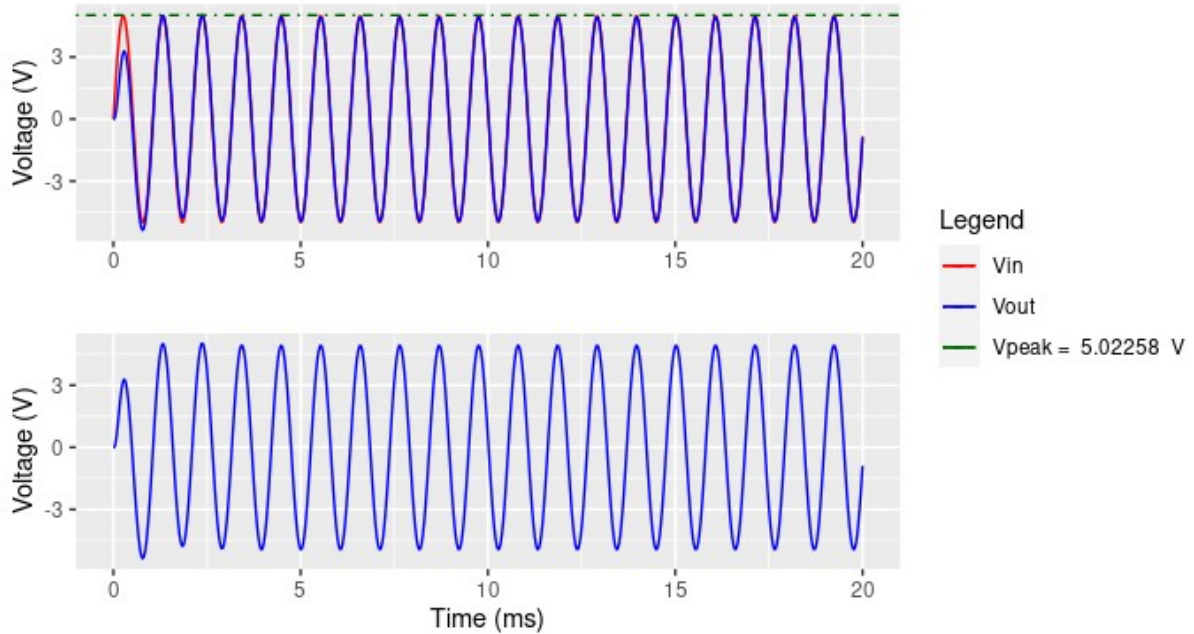
- Gambarkan bentuk gelombang input dan output (time domain) Wide BPF saat frekuensi sinyal input = f_L :



- Gambarkan bentuk gelombang input dan output (time domain) Wide BPF saat frekuensi sinyal input = f_r :

Wide Bandpass Filter Butterworth

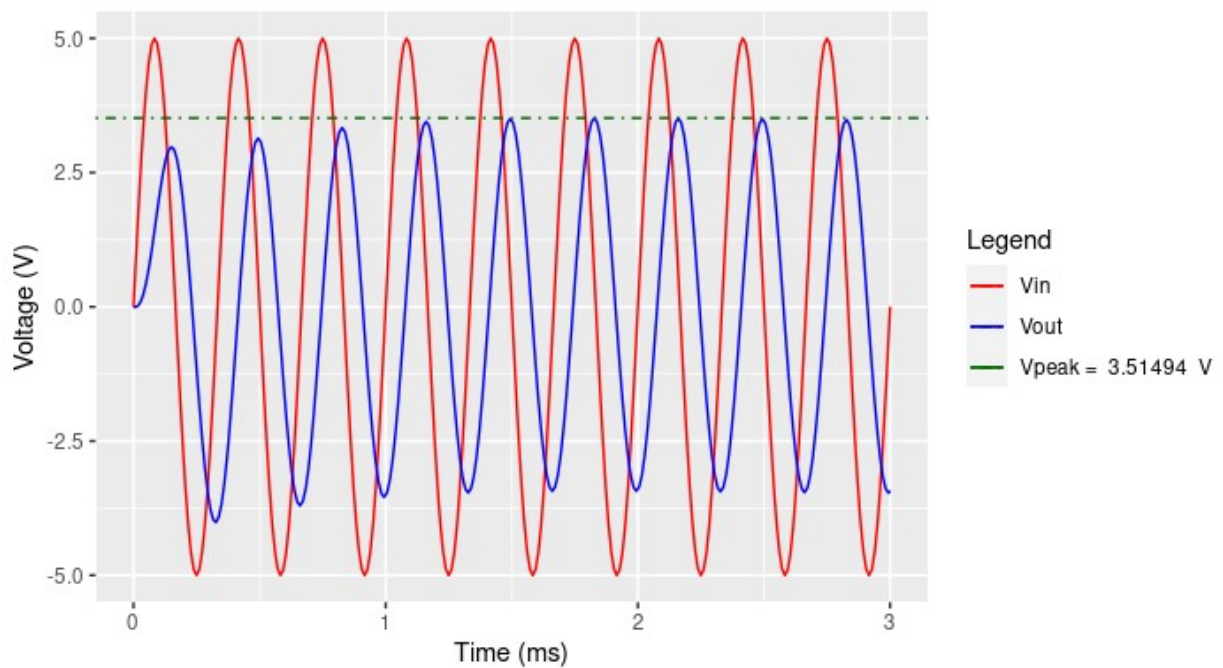
Frekuensi input = Resonance = 948.68 Hz



- Gambarkan bentuk gelombang input dan output (time domain) Wide BPF saat frekuensi sinyal input = f_H :

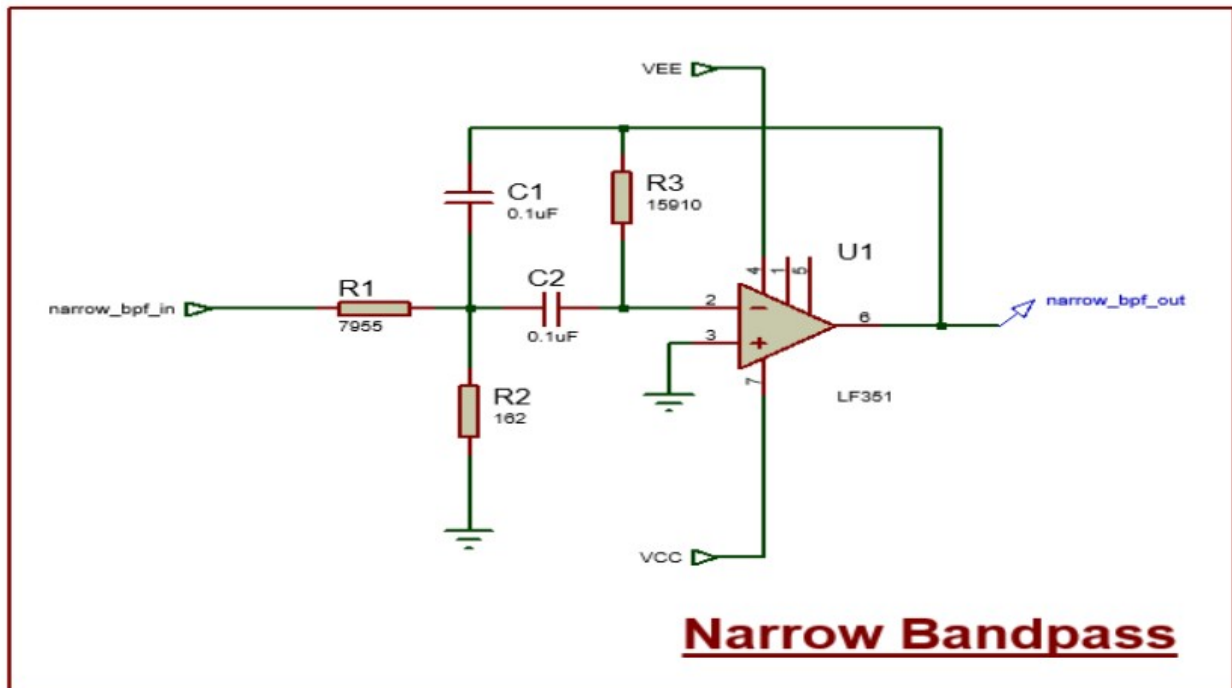
Wide Bandpass Filter Butterworth

Frekuensi input = higher cutoff = 3000 Hz



B. Narrowband Bandpass Filter

Screenshoot rangkaian:



Perhitungan desain rangkaian:

Narrow Bandpass Filter

① $f_r = 1 \text{ kHz}$
 $H = 1$
 $Q = 5$
 $C = C_1 = C_2 = 0.1 \text{ uF}$

② $BW = \frac{f_r}{Q} = \frac{1000 \text{ Hz}}{5} = 200 \text{ Hz}$

③ $R_1 = \frac{0.1591}{BW \cdot C} = \frac{0.1591}{(200)(0.1 \cdot 10^{-6})} = 7955 \Omega$

$R_2 = \frac{R_1}{2Q^2 - 1} = \frac{7955}{2(5)^2 - 1} = 162 \Omega$

$R_3 = 2R_1 = 15910 \Omega$

Hasil percobaan:

$V_{cc} = 9 \text{ volt}$

$f_r = 1 \text{ kHz}$; $H = 1$; $Q = 5$; $C1 = C2 = 0,1 \text{ uF}$

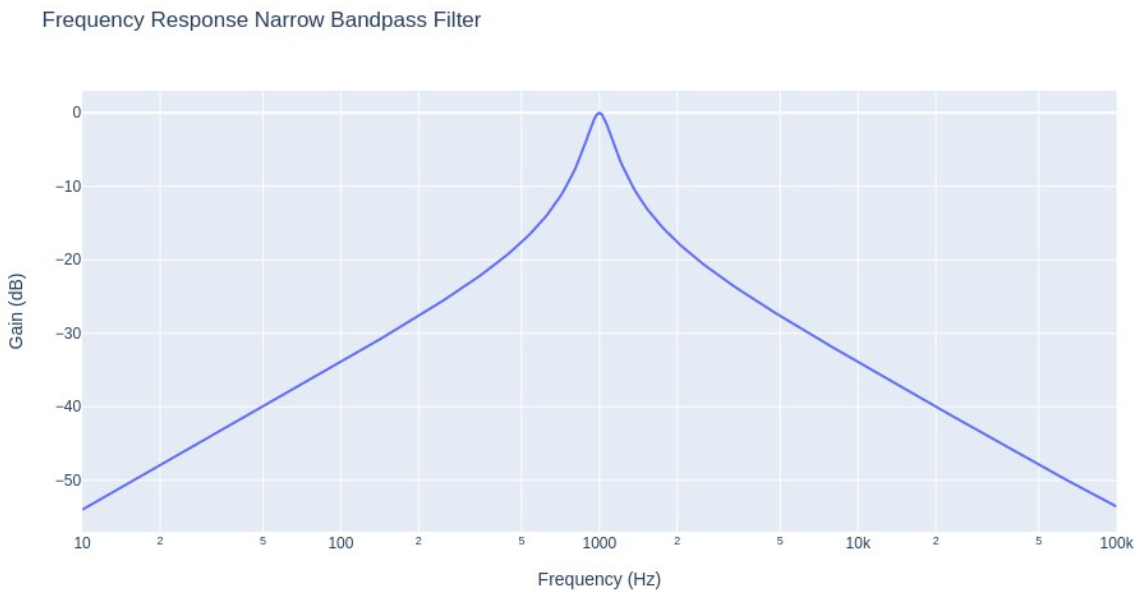
$BW = 200 \text{ Hz}$; $f_L = 900 \text{ Hz}$; $f_H = 1100 \text{ Hz}$

$R1 = 7955 \text{ } \Omega$; $R2 = 162 \text{ } \Omega$; $R3 = 15910 \text{ } \Omega$

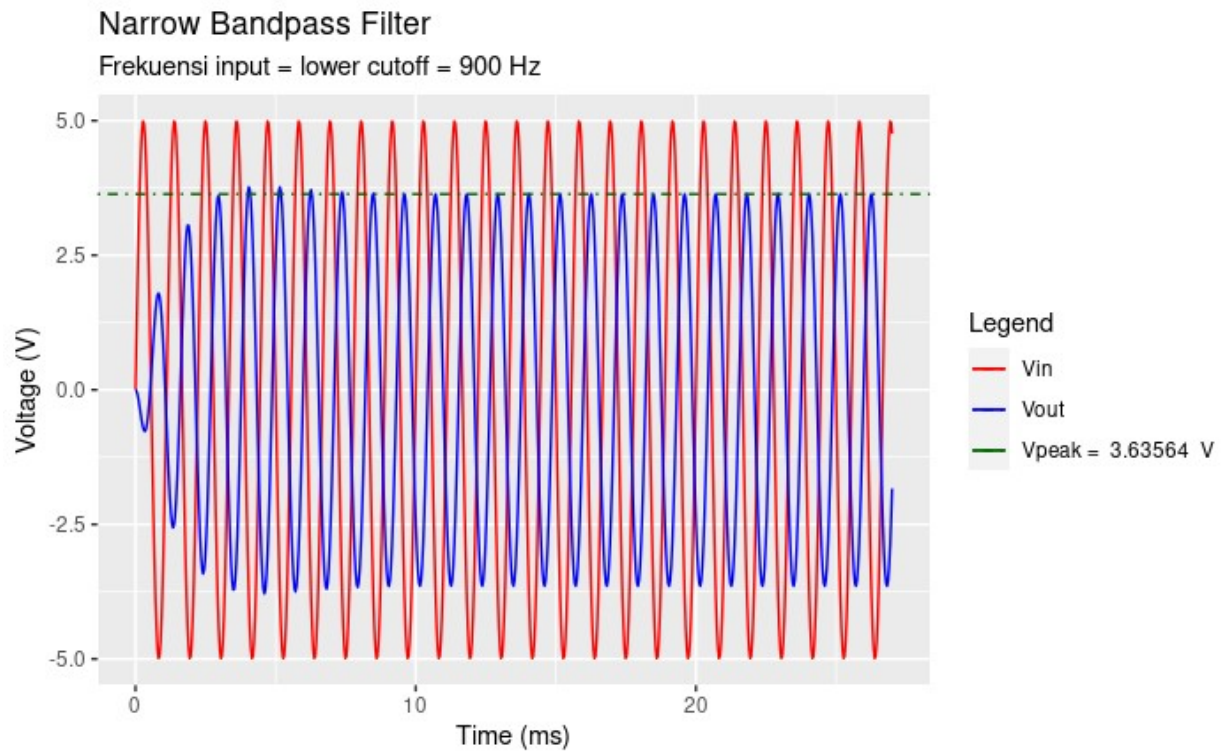
Tabel 5.2

Vin (Vpeak)	Fin (Hz)	Fout (Hz)	Vout (Vpeak)
5 V	10	10	0.009976312
	900	900	3.26941465
	1000	1000	4.99884884
	1100	1100	3.676799977
	10000	10000	0.010482624

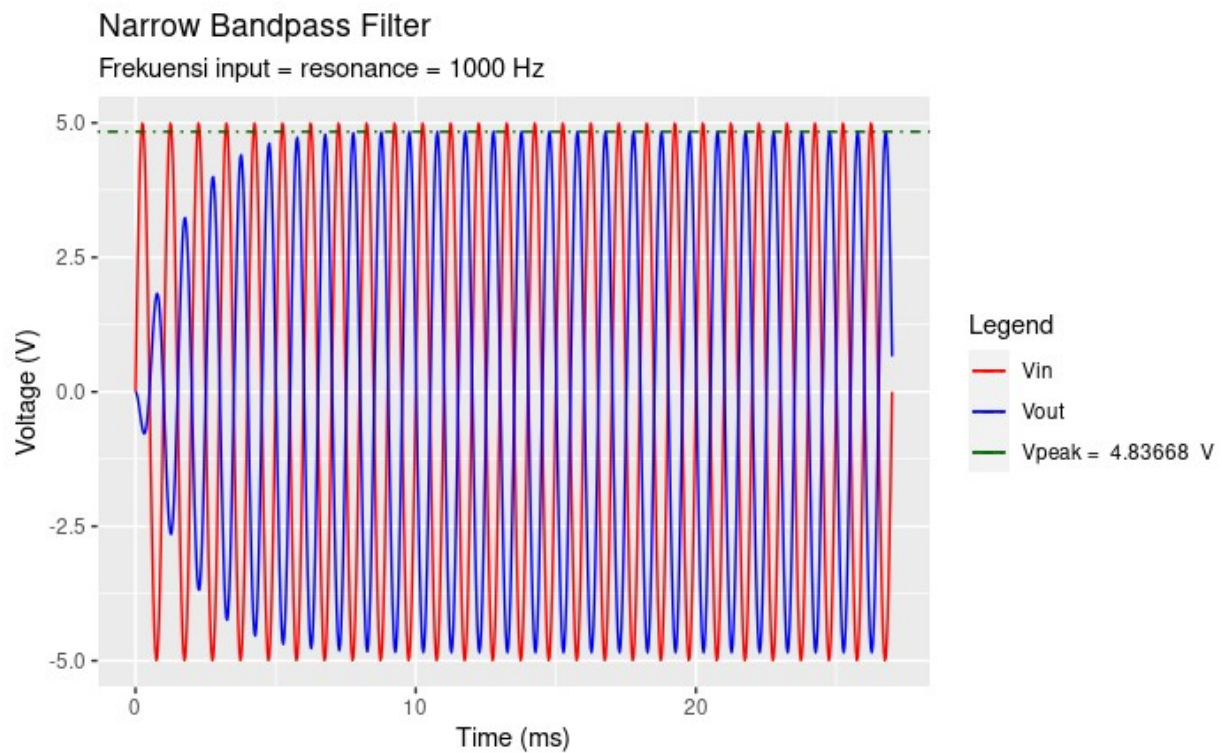
- Grafik respon frekuensi terhadap gain dalam skala logaritmik (diagram Bode) Narrow BPF:



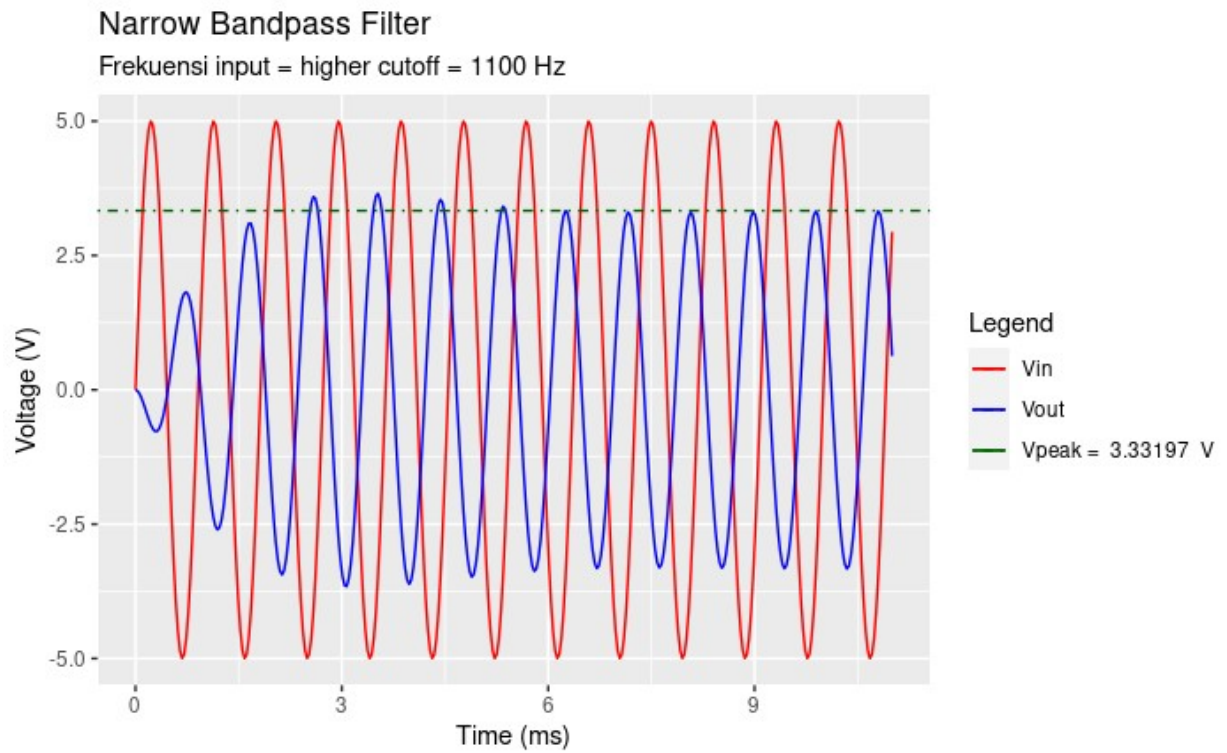
- Gambarkan bentuk gelombang input dan output (time domain) Narrow BPF saat frekuensi sinyal input = f_L :



- Gambarkan bentuk gelombang input dan output (time domain) Narrow BPF saat frekuensi sinyal input = f_r :

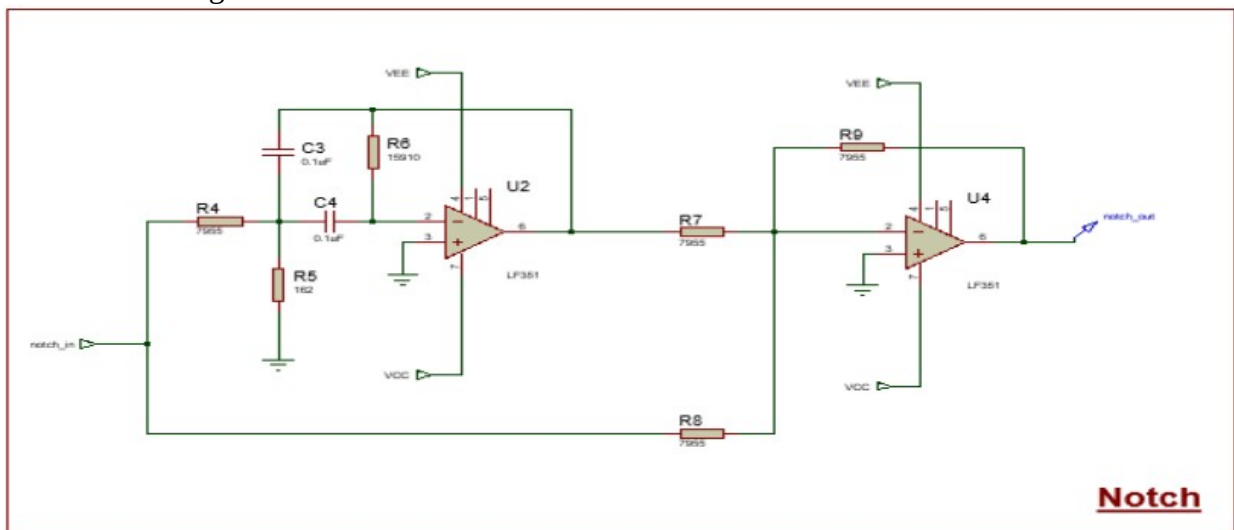


- Gambarkan bentuk gelombang input dan output (time domain) Narrow BPF saat frekuensi sinyal input = f_H :



C. Notch Filter (Bandstop Filter)

Screenshoot rangkaian:



Perhitungan desain rangkaian:

Notch Filter (menggunakan narrowband BPF)

$$\textcircled{1} \frac{R_4}{R_5} = \frac{R_3}{2R_1}$$
$$\frac{2R_4}{R_5} = \frac{R_3}{R_1}$$
$$\textcircled{2} 2R_4 = R_3 = 15910$$
$$R_4 = 7955 \Omega$$
$$\textcircled{3} R_5 = R_1 = 7955 \Omega$$
$$\textcircled{4} R_6 = R_5 = 7955 \Omega$$

Hasil percobaan:

$V_{cc} = 9 \text{ volt}$

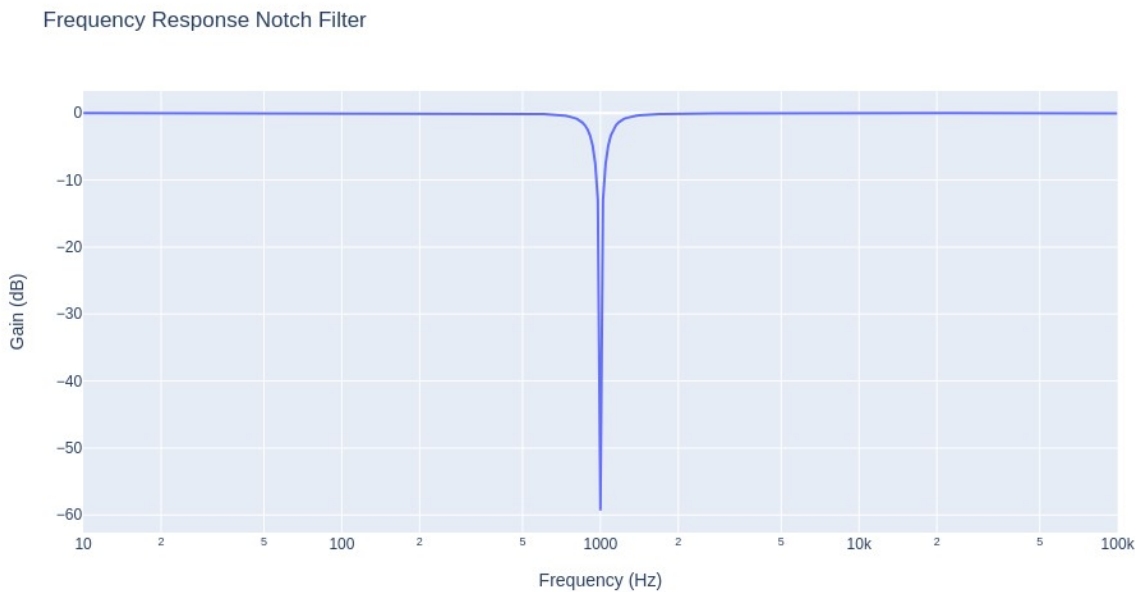
$f_r = 1 \text{ kHz}$; $H = 10$; $Q = 5$; $C_1 = C_2 = 0,01 \text{ }\mu\text{F}$

$R_4 = 7955 \text{ }\Omega$; $R_5 = 7955 \text{ }\Omega$; $R_6 = 7955 \text{ }\Omega$

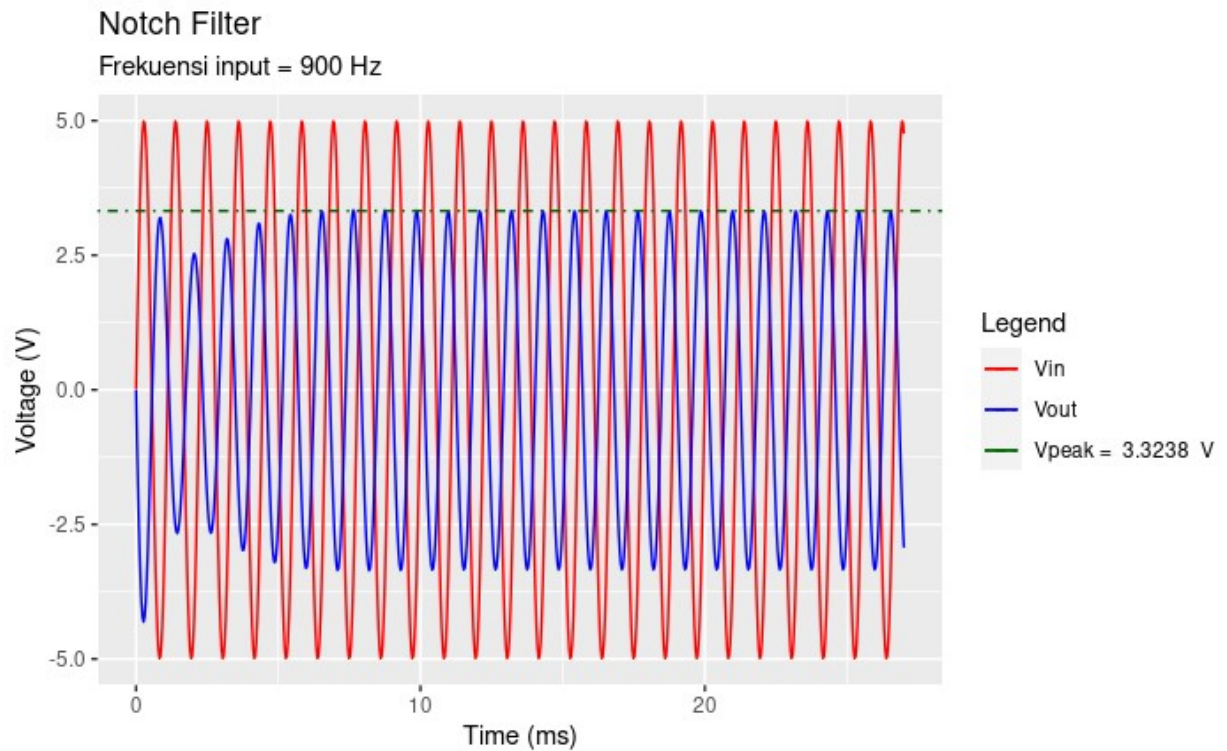
Tabel 5.3

V_{in} (V_{peak})	F_{in} (Hz)	F_{out} (Hz)	V_{out} (V_{peak})
5 V	10	10	4.999652897
	900	900	3.784164475
	1000	1000	0.005610092
	1100	1100	3.392110602
	10000	10000	4.998273359

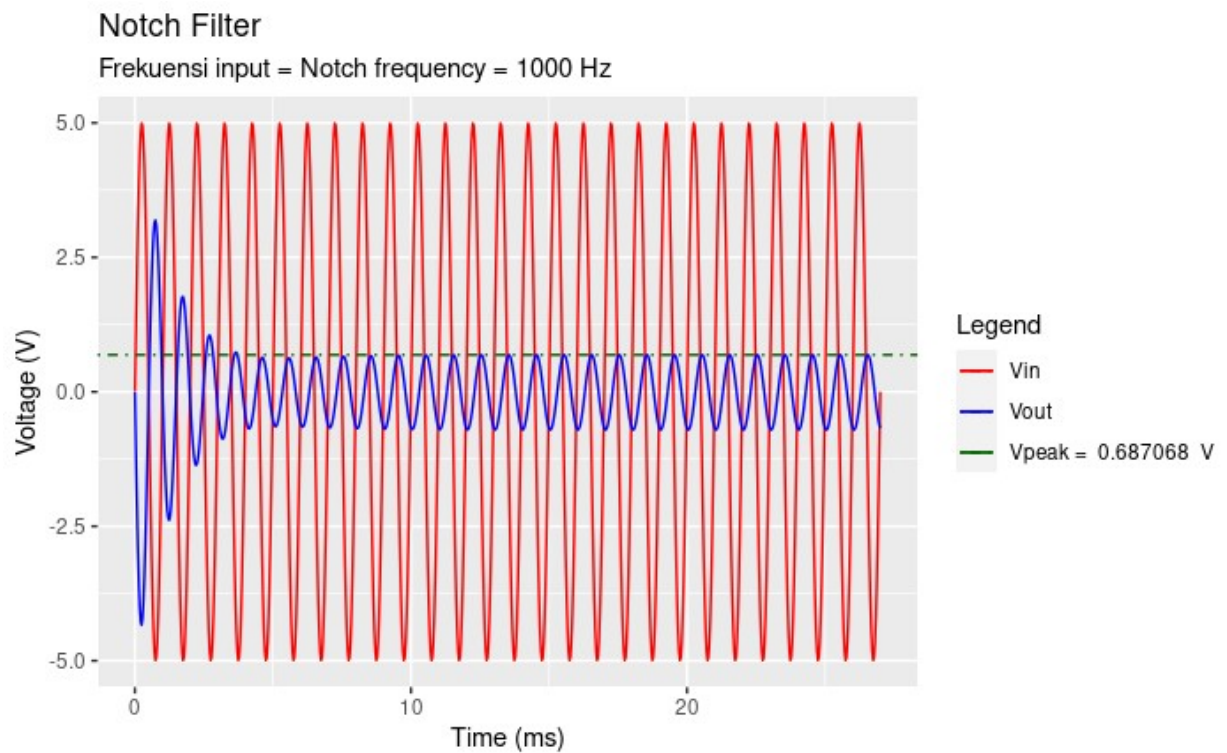
- Grafik respon frekuensi terhadap gain dalam skala logaritmik (diagram Bode):



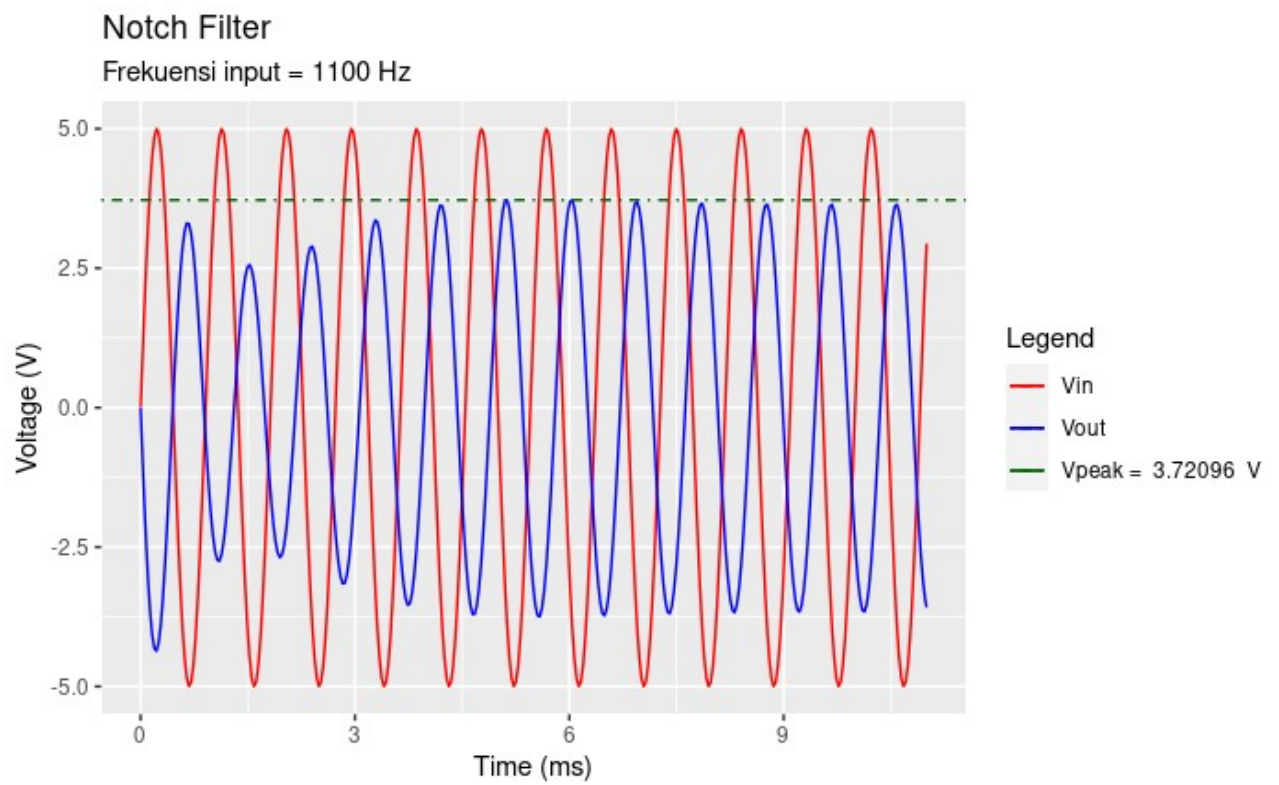
- Gambarkan bentuk gelombang input dan output (time domain) BRF saat frekuensi sinyal input = f_L :



- Gambarkan bentuk gelombang input dan output (time domain) BRF saat frekuensi sinyal input = f_r :



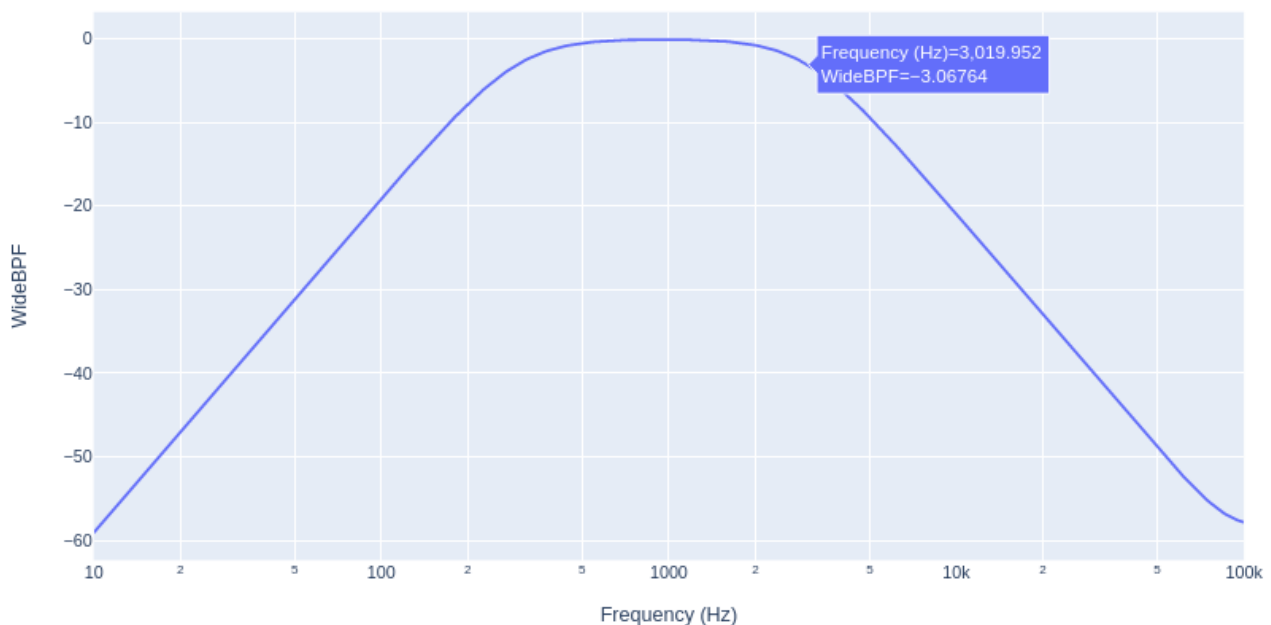
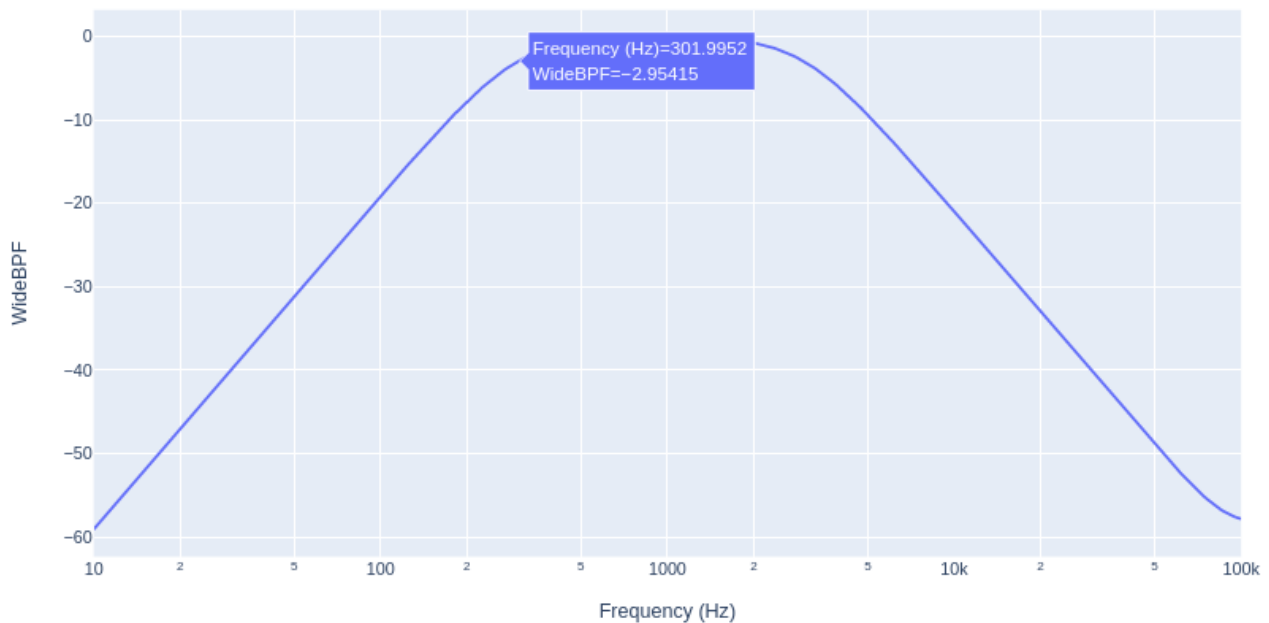
- Gambarkan bentuk gelombang input dan output (time domain) BRF saat frekuensi sinyal input = f_H :



Analisa dan kesimpulan:

Wide Bandpass

Dengan bantuan library Python, grafik dapat dianalisa secara interaktif. Dapat terlihat bahwa titik -3 dB terdapat pada:

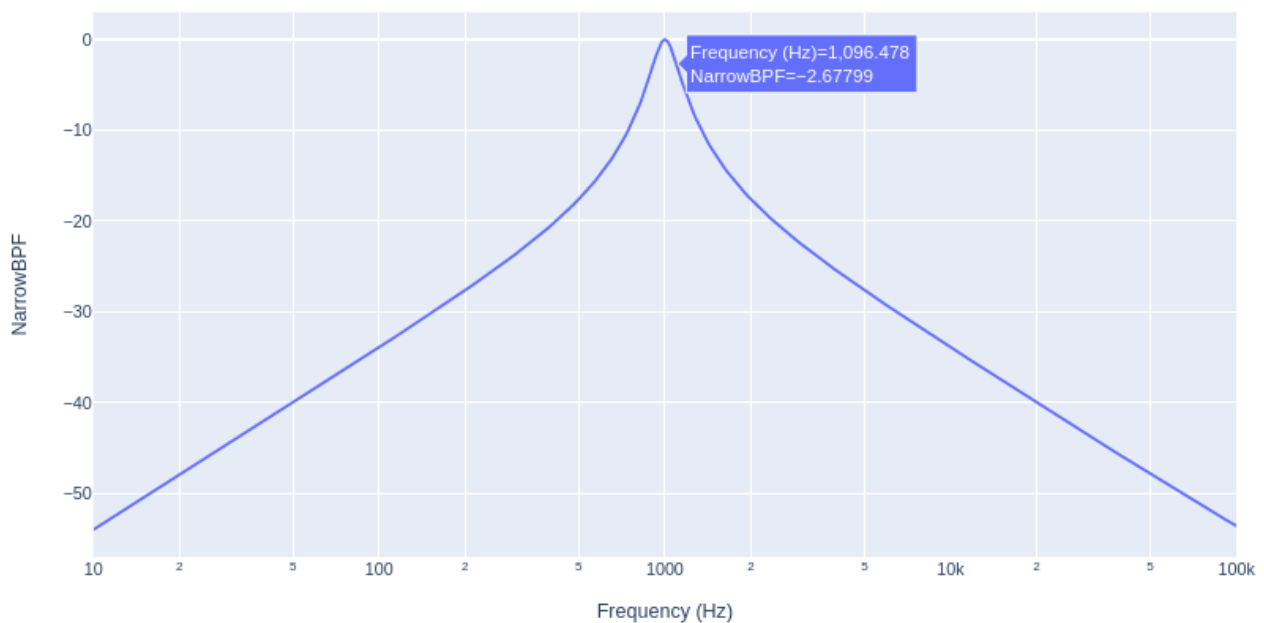
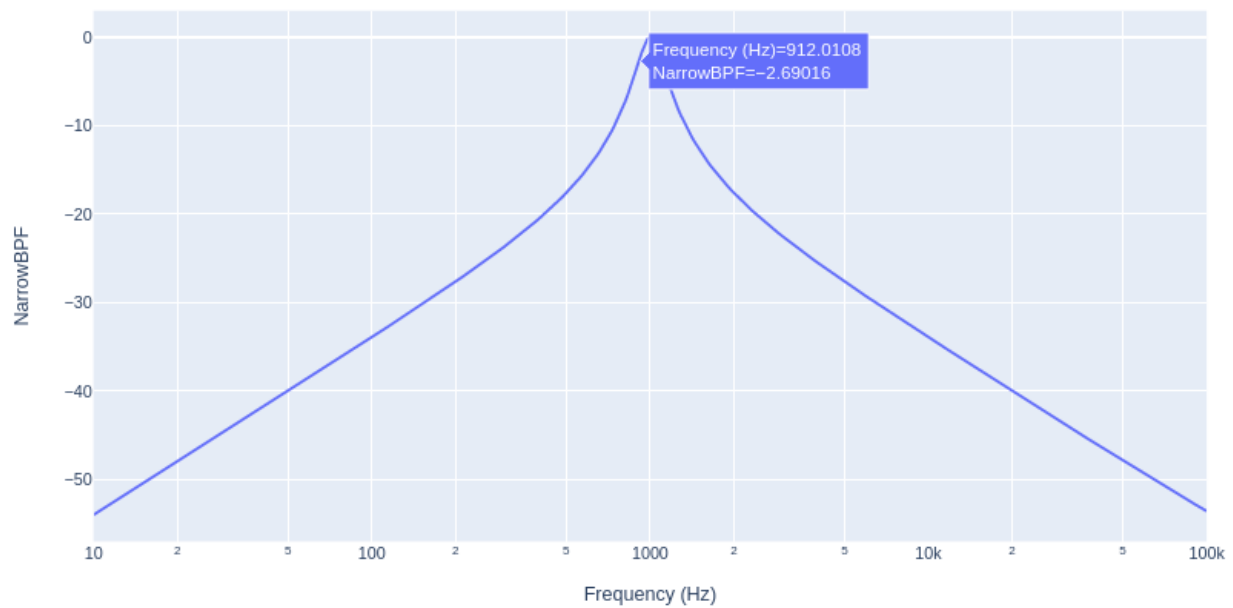


yang menunjukkan bahwa daerah passband dari Wide Bandpass Filter sesuai dengan cutoff frequency dari Low Pass Filter & High Pass Filter yang di cascade. Pada kasus ini gain filter adalah 0 dB (tidak ada penguatan), sehingga daerah passband-nya memiliki maksimum 0 dB. Maka, semua sinyal dengan rentang frekuensi **diluar** 300 – 300 Hz akan mengalami peredaman amplitude.

Karena wide bandpass filter ini dibentuk dengan Butterworth, maka sifat dari filter Butterworth juga tampak pada frequency response-nya, yaitu passband yang flat. Dan karena filter ini dibentuk menggunakan filter orde 2, maka roll-off dB / decade-nya juga bernilai -40 dB / decade. Maka pada frekuensi 30 Hz & 30 kHz, peredamannya sudah mencapai -40 dB.

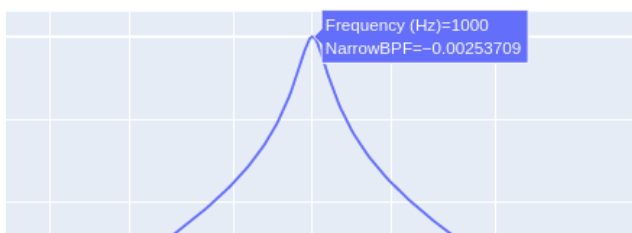
Narrow Bandpass

Dari grafik interaktif Python berikut, dapat terlihat bahwa titik -3 dB terdapat pada:



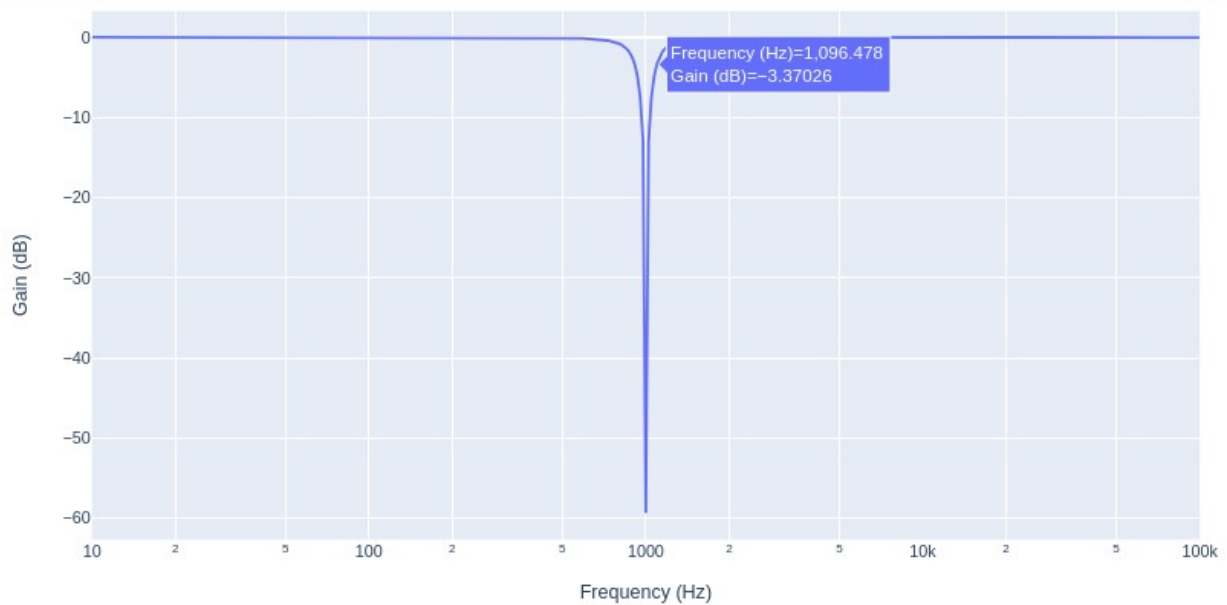
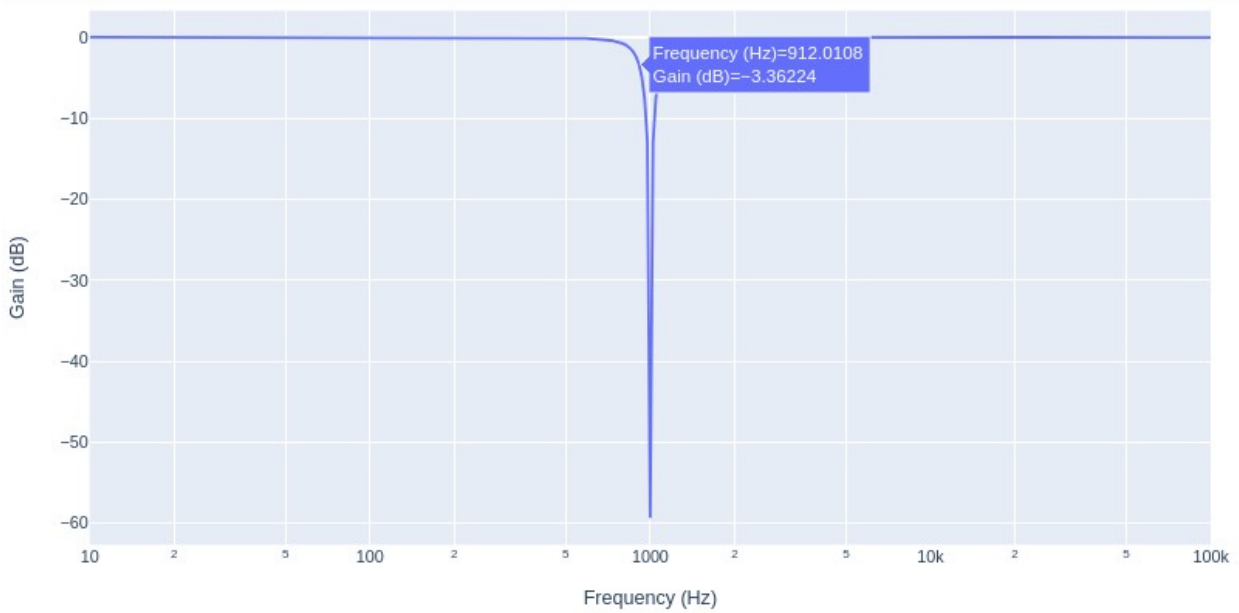
Titik -3 dB terdapat pada frekuensi kurang lebih 900 Hz dan 1100 Hz. Narrow bandpass filter ini memiliki sifat passband-nya sangat sempit, sehingga sinyal dengan frekuensi yang berbeda jauh dari frekuensi resonansi-nya akan mengalami peredaman yang signifikan. Sedangkan sinyal yang memiliki frekuensi sama atau mendekati frekuensi resonansi tidak akan mengalami peredaman yang signifikan.

Gain pada frekuensi resonansi:

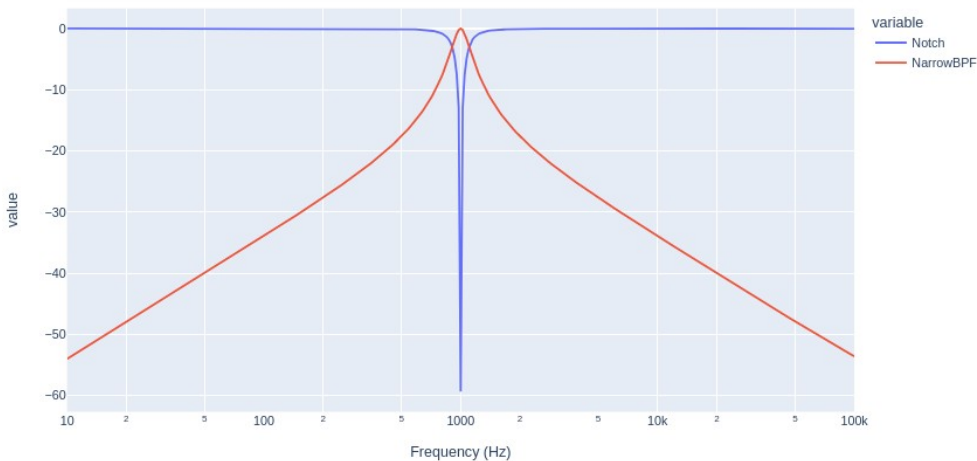


Notch Filter

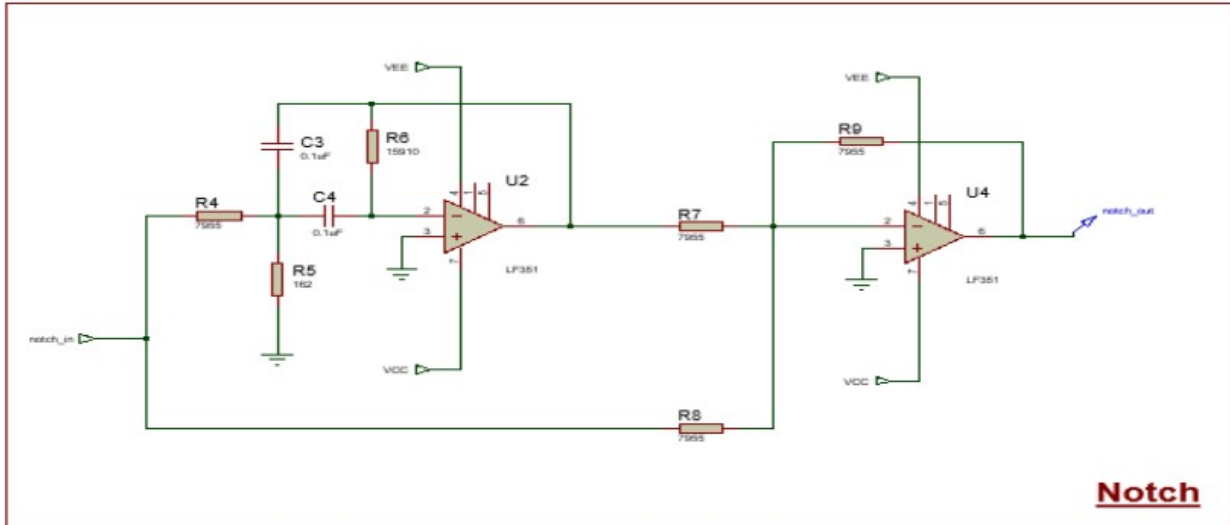
Titik -3 dB terdapat pada frekuensi:



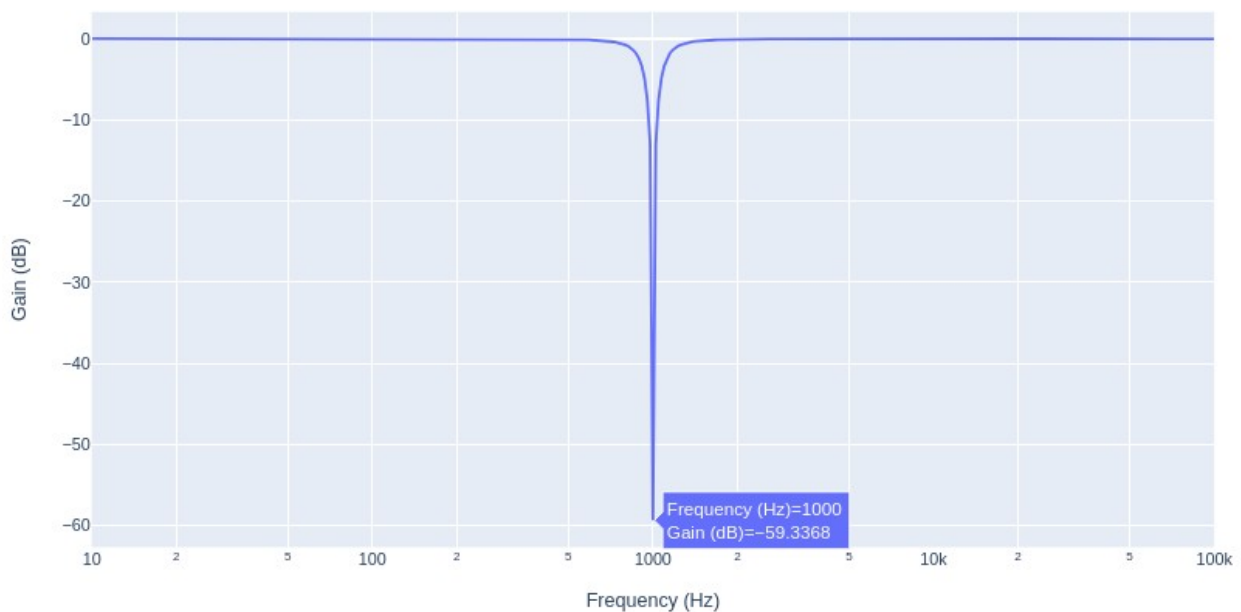
Apabila respon frekuensi Notch & Narrow Bandpass filter di plot secara bertumpuk, maka dapat terlihat, bahwa titik 3 dB dari Notch = titik 3 dB dari Narrow Bandpass:



Hal tersebut karena filter Notch yang di desain dibentuk menggunakan Narrow Bandpass Filter, yang outputnya dimasukkan ke sebuah inverting summing amplifier seperti pada skematik berikut:

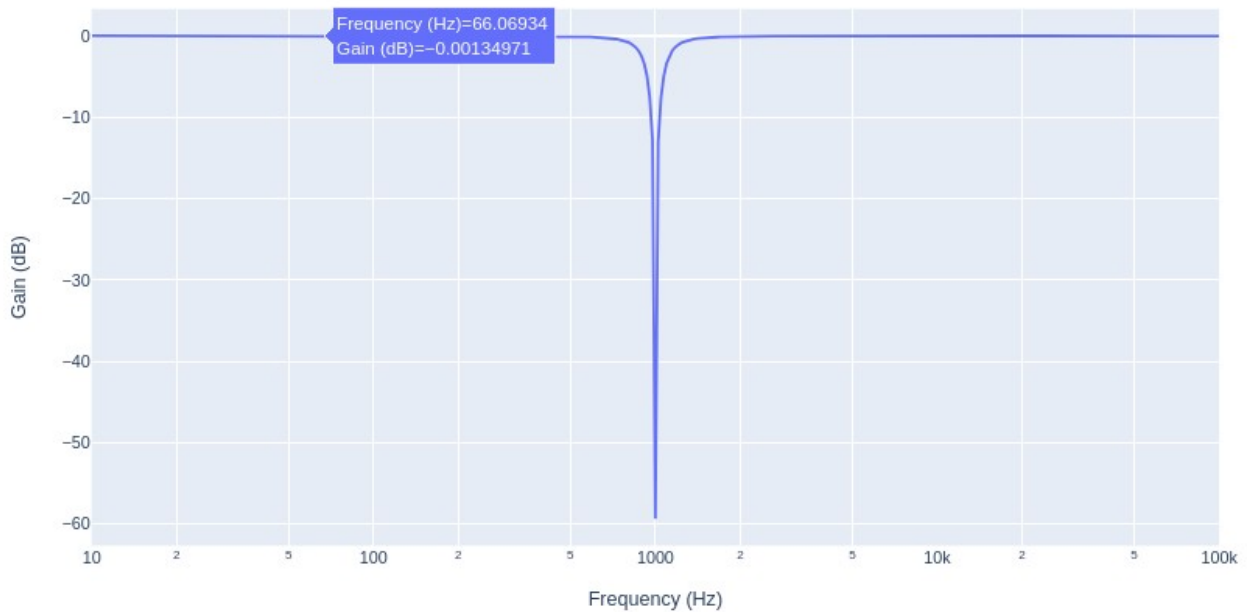


sehingga karakteristik cutoff-frequency Narrow Bandpass filter akan sama dengan karakteristik cutoff-frequency dari Notch filter. Notch filter ini memiliki peredaman maksimum pada frekuensi resonansinya, yaitu 1000 Hz:



Maka, sinyal yang memiliki frekuensi yang sama dengan frekuensi resonansi dari Notch Filter tersebut akan benar-benar teredam ($-60\text{dB} = 1/1000$), namun sinyal dengan frekuensi tidak sama dengan frekuensi resonansi-nya tidak akan mengalami peredaman.

Dapat terlihat bahwa pada daerah passband-nya, gain bernilai mendekati 0 dB.



Kesimpulan

- Bandpass Filter berfungsi untuk melewatkan sinyal dengan rentang frekuensi tertentu. Rentang frekuensi tersebut disebut *passband*, dan nilainya ditentukan berdasarkan cutoff frequency (higher) dan cutoff frequency (lower).

$$\text{Passband} = f_L \text{ s/d } f_H$$

- Passband dari Wide Bandpass Filter ditentukan dari karakteristik cutoff frequency dari LPF & HPF pembentuknya.

$$f_c(\text{low pass}) = f_H$$

$$f_c(\text{high pass}) = f_L$$

- Bandwidth dari Narrow Bandpass Filter ditentukan dari parameter Q (filter quality). Semakin tinggi nilai Q-nya, maka akan semakin kecil bandwidth, dan juga semakin sempit juga passband-nya.

$$BW = \frac{f_r}{Q}$$

- Narrow Bandpass filter akan meredam sinyal dengan frekuensi diluar passband secara signifikan (roll-off dB tajam)

- Cutoff frequency (titik -3dB) dari Narrow Bandpass dapat ditentukan dengan:

$$f_L = f_r - \frac{BW}{2}$$

$$f_H = f_r + \frac{BW}{2}$$

- Notch filter yang dibentuk dari Narrow Bandpass filter akan mewarisi karakteristik cutoff frequency dari Narrow Bandpass pembentuknya

- Notch filter tersebut akan meredam sinyal dengan frekuensi yang sama dengan frekuensi resonansi filter Narrow Bandpass pembentuknya secara signifikan.

- Pada frekuensi selain f_r , sinyal-sinyal tersebut tidak akan mengalami peredaman amplitude.