

Equipe: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

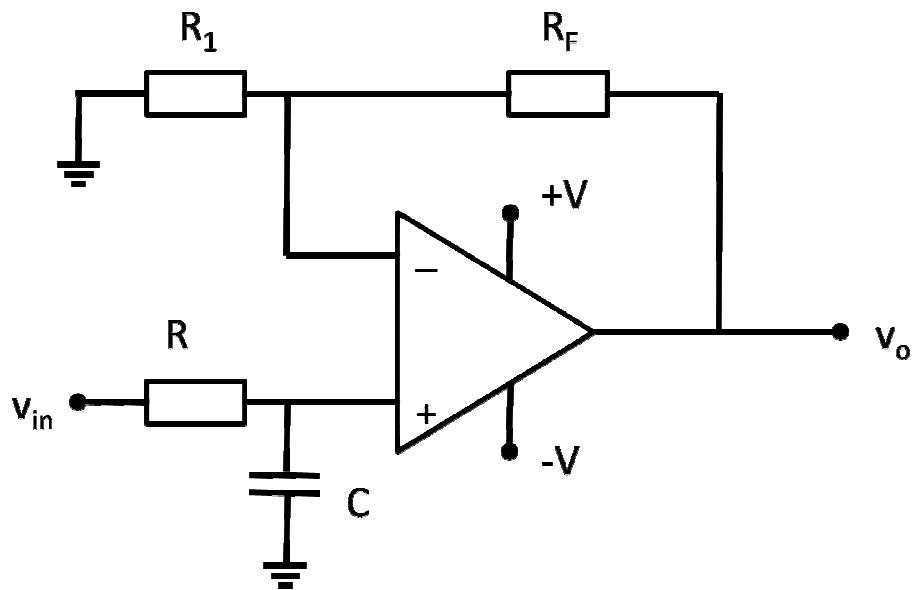
Disciplina: Laboratório III

Profa.: Giselle

### **Prática 4 – Filtro Passa-Baixa Butterworth**

#### Fundamentação Teórica

1) Filtro passa-baixa Butterworth de 1º ordem.



$$v_1 = \frac{-jX_C}{R - jX_C} \cdot v_{in}$$

$$-jX_C = \frac{1}{j2\pi f C}$$

$$v_1 = \frac{v_{in}}{1 + j2\pi f RC}$$

$$v_o = (1 + \frac{R_F}{R_1}) \cdot v_1$$

$$v_o = (1 + \frac{R_F}{R_1}) \cdot \frac{v_{in}}{1 + j2\pi f RC}$$

Ou:

$$\frac{v_o}{v_{in}} = \frac{A_F}{1 + j \frac{f}{f_H}}$$

Onde:

$$f_H = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$A_F = 1 + \frac{R_F}{R_1}$$

$f$  é a frequência de  $v_{in}$

$\frac{v_o}{v_{in}}$  é o ganho do filtro em função da frequência

Magnitude

$$\left| \frac{v_o}{v_{in}} \right| = \frac{A_F}{\sqrt{1 + \left( \frac{f}{f_H} \right)^2}}$$

$$\phi = -\tan^{-1} \left( \frac{f}{f_H} \right)$$

Assim:

Para  $f \ll f_H$ :

$$\left| \frac{v_o}{v_{in}} \right| = A_F$$

Para  $f = f_H$ :

$$\left| \frac{v_o}{v_{in}} \right| = \frac{A_F}{\sqrt{2}}$$

Para  $f \gg f_H$ :

$$\left| \frac{v_o}{v_{in}} \right| < A_F$$

Para:

Para  $f > f_H$ : o ganho diminui em uma taxa constante com o aumento da frequência.

Quando a frequência aumentar dez vezes, o ganho é dividido por 10, ou seja, o ganho diminui 20dB (=20log10) cada vez que a frequência aumenta 10 vezes, ou 20dB/década ou 6dB/oitava.

$f_H$ : é a frequência de corte pois é o ponto em que o ganho do filtro cai 3dB (20log0,707).

### Projeto do filtro passa-baixa

1. Escolhe-se a frequência de corte superior  $f_H$ ;
2. Seleciona-se o valor de  $C (<1\mu F)$ . Capacitores de tântalo ou mica (Mylar) são mais recomendados;
3. Seleciona-se  $R1$  e  $RF$  em função do ganho desejado e da banda passante.

$$A_F = 1 + \frac{R_F}{R_1} \text{ do manual seleciona-se o UGB (unit bandwidth gain)}$$

Dica: Projetado o filtro e desejando-se alterar a frequência de corte, multiplicar R ou C pela razão  $\frac{f_H(\text{original})}{f_H(\text{nova})}$ .

Exemplo:  $f_H = 1\text{kHz}$  e  $AF = 2$

1.  $f_H = 1\text{kHz}$
2.  $C = 0,01\mu F$
3.  $R = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3} = 15,9k\Omega$  (potenciômetro de  $20k\Omega$ )
4.  $AF = 2, R1 = RF = 1k\Omega$

### Experimento:

Projete um filtro passa baixa cuja frequência de corte superior (vide tabela 1) seja igual a:



O ganho do filtro deve ser o máximo permitido para o amplificador operacional selecionado, levando em conta o produto ganho banda passante.

1. Apresente os cálculos.
2. Levantar a curva de resposta em frequência e indicar a frequência de corte.
3. Montar um segundo estágio e colocá-los em cascata. Levantar a resposta em frequência dos dois estágios em série e indicar a frequência de corte.