

## Lab. de Circuitos Eletrônicos Analógicos – Exp. 07

### VERIFICAÇÃO DA RESPOSTA EM FREQUÊNCIA DE UM FILTRO PASSA-FAIXA COM AMP. OP.

Vídeo-Aula de Apoio:

[https://www.youtube.com/watch?v=6ioQ8r\\_1aqo](https://www.youtube.com/watch?v=6ioQ8r_1aqo)

<https://www.youtube.com/watch?v=XjBq4-Be0t4>

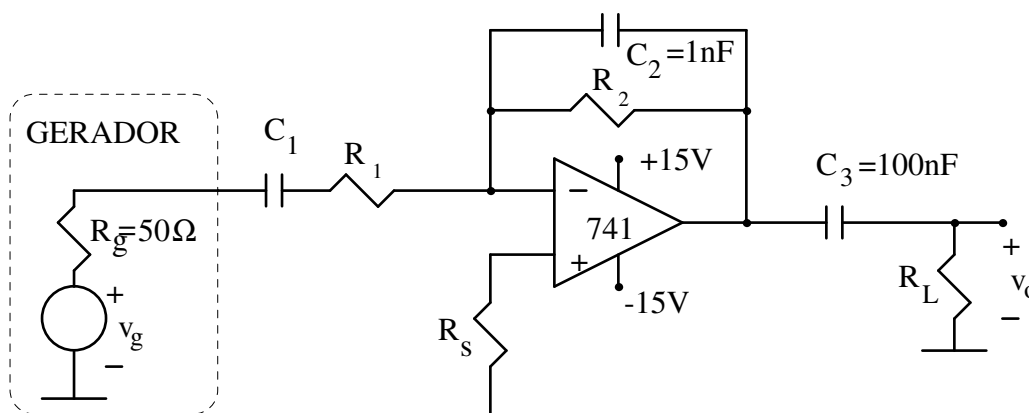


Figura 1

#### PRÉ-LABORATÓRIO

- 1) Assumindo opamp ideal e  $R_s = 0$ , determinar a função de transferência  $V_o(s)/V_g(s)$ .
- 2) Calcule  $R_{2max}$  tal que  $f_s \geq 30\text{kHz}$ . Resposta:  $R_2 \leq 5,3\text{ k}\Omega$  ou (valor comercial)  $R_2 = 5,1\text{ k}\Omega$ .
- 3) Supondo que  $C_3$  e  $R_L$  sejam responsáveis por um polo dominante em baixas frequências, calcule o mínimo valor de  $R_L$  tal que  $f_i \leq 100\text{Hz}$ . Resposta:  $R_L = 16\text{ k}\Omega$ .
- 4) Calcule o máximo valor de  $R_1$  tal que o ganho em médias frequências seja aproximadamente 0 dB. Resposta:  $R_1 = 5,1\text{ k}\Omega$ .
- 5) Calcule  $C_1$  tal que o polo devido a  $C_1$  e  $R_1$  seja 10 vezes menor do que o polo devido a  $C_3$  e  $R_L$ . Resposta:  $C_1 \geq 3\text{ }\mu\text{F}$ ; (nota: é possível então usar um capacitor não eletrolítico!).
- 6) Qual deve ser o valor de  $R_s$ ? Por quê?
- 7) Sabendo que o *slew-rate* do amp. op. 741 é aproximadamente  $0,5\text{V}/\mu\text{s}$ , e deduzindo a expressão utilizada para o caso de um sinal senoidal, qual a máxima amplitude que podemos ter na saída para a frequência de 50 kHz? (Resposta:  $\text{Amplitude}_{pico}(\text{max}) = 1,59\text{ V}_{pico}$ ).

## PARTE EXPERIMENTAL:

- 1) Meça os componentes a serem utilizados e re-calcule os novos valores nominais de ganho e frequências de corte.
- 2) Determine o ganho de tensão em médias frequências. Documente as formas de onda.
- 3) Determine as frequências de corte superior e inferior. Documente as formas de onda.
- 4) Esboce o diagrama de Bode do ganho e fase. Devido à redução do ganho em altas frequências, aumente a amplitude do sinal de entrada  $V_g$  à medida em que a frequência aumenta, para se ter uma melhor medida de  $V_o$ . Analise a taxa de variação dB/dec em baixas e altas frequências, justificando-as a partir da função de transferência  $V_o(s)/V_g(s)$  determinada no pré-lab.
- 5) Estimativa experimental do *slew-rate*: Para um sinal senoidal de 50kHz, analise inicialmente o THD para o caso de uma amplitude de 1V de pico à saída do opamp. A seguir, aumente a amplitude até que o THD degrade para, aproximadamente, 10%. Nesse ponto, assumindo que o *slew-rate* do opamp tenha comprometido a linearidade do circuito, calcule o *slew-rate* nessa condição, comparando-o com o valor nominal de 0.5V/ $\mu$ s.

Alternativamente, aumente a amplitude e/ou frequência até que a senoide à saída se aproxime a uma onda triangular. Calcule o *slew-rate*, comparando-o com o valor obtido previamente.

Compare os resultados obtidos no laboratório com os resultados teóricos. Discuta e tire conclusões!

### No relatório, responder as seguintes questões:

- a) Se este é o projeto de um amplificador banda larga (filtro passa-faixa), por que podemos utilizar o teorema das constantes de tempo para o cálculo aproximado (em BF), e exato (em AF) das frequências de corte? O teorema das constantes de tempo não se aplica somente a um passa-baixas ou a um passa-altas?
- b) Se  $C_1$  tivesse de ser eletrolítico, o que deveria ser feito em termos do sinal de entrada?
- c) Se o polo devido a  $C_1$  e  $R_1$  fosse feito coincidente com o polo devido a  $C_3$  e  $R_L$ , qual seria o erro esperado devido à aplicação do teorema das constantes de tempo em baixas frequências?
- d) Qual a influência (erro esperado no cálculo de  $f_s$ ) das perdas por polarização do dielétrico em  $C_2$  sabendo-se que  $D = 0,0035$  em  $f_s = 30\text{kHz}$ ? Um capacitor com perdas pode ser modelado por um capacitor em paralelo com um resistor de perdas dado por:  $R_p = \frac{1}{2\pi f_s \cdot C_2 \cdot D}$
- e) Por que é mais conveniente encontrar a faixa plana através da informação da fase (osciloscópio no modo XY)?