



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E
INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
ELETRÔNICA

LISTA DE EXERCÍCIOS #11

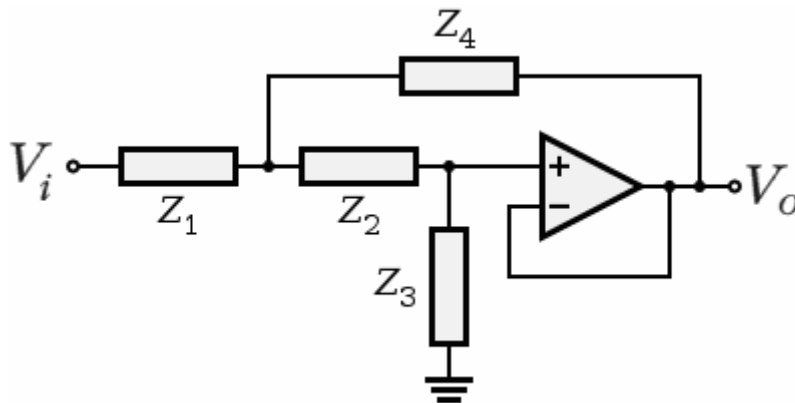
(1) OSCILADOR PONTE DE MEACHAM

O oscilador a ponte Meacham é em geral utilizado em altas frequências. Na prática, o circuito sintonizado série da ponte é substituído por um cristal de quartzo, cujo circuito equivalente é um circuito sintonizado série. Mostre o diagrama para o circuito do *oscilador Meacham* e explique o seu princípio de funcionamento.

(2) Topologia Sallen-Key

A configuração de circuito a seguir pode ser utilizada para representar diversos tipos de filtros. Mostre que a função de transferência $H(s)$ é igual a:

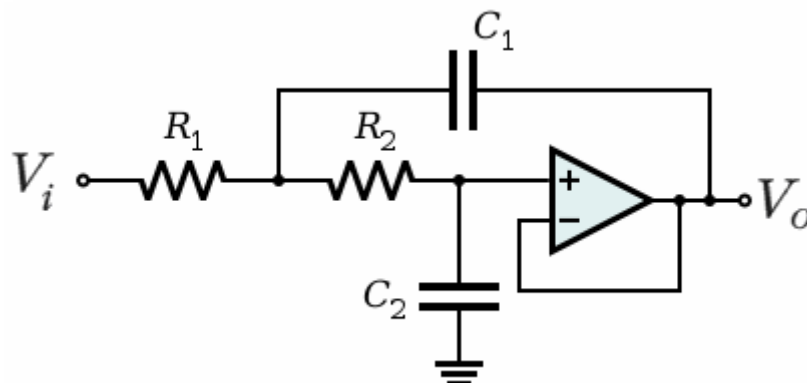
$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{Z_3 Z_4}{Z_1 Z_2 + Z_4(Z_1 + Z_2) + Z_3 Z_4}$$



(3) Filtro ativo passa-baixa de segunda ordem Sallen-Key

Mostre que se substituindo as impedâncias na topologia Sallen-Key, apresentada na questão anterior, pelos componentes a seguir obtém-se um filtro passa baixa de segunda.

$$Z_1 = R_1, \quad Z_2 = R_2, \quad Z_3 = \frac{1}{sC_2}, \quad Z_4 = \frac{1}{sC_1}$$



$$H(s) = \frac{\overbrace{(2\pi f_c)^2}^{\omega_c^2}}{s^2 + \underbrace{2\pi \frac{f_c}{Q}}_{\frac{\omega_c}{Q}} s + \underbrace{(2\pi f_c)^2}_{\omega_c^2}}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

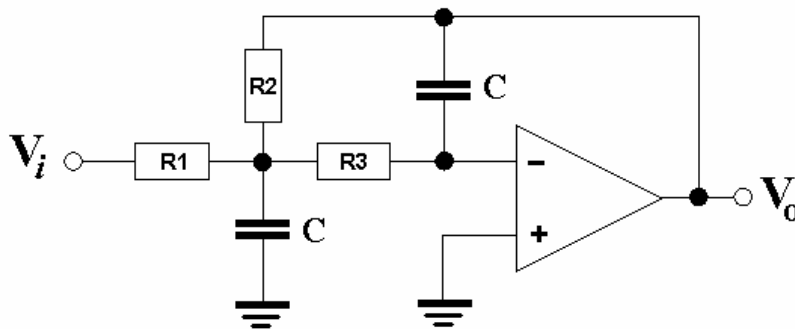
$$\frac{1}{Q} = \frac{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}{C_1} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

$$Q = \frac{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}{C_2 (R_1 + R_2)} \quad \frac{f_c}{Q} = \frac{R_1 + R_2}{2\pi C_1 R_1 R_2}.$$

(4) Topologia Múltipla Realimentação

Classifique o filtro a seguir. Determine o ganho e a frequência de corte.

$R_1 = R_2 = R_3 = 5\text{k}\Omega$ e $C_1 = C_2 = 100\text{nF}$.

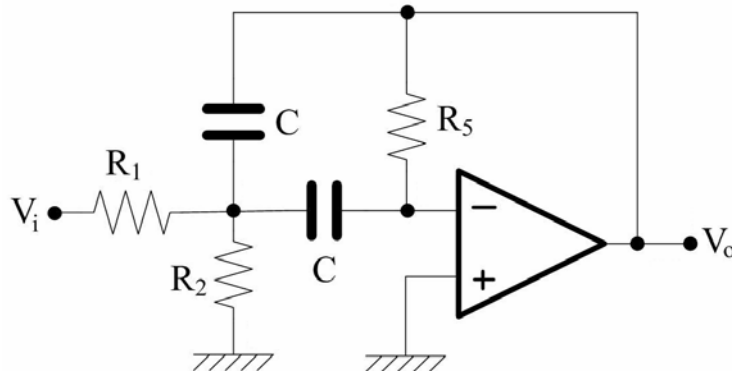


Resposta: $f_c = 318\text{ Hz}$, Ganho = -1.

(5) Topologia Múltipla Realimentação – Filtro Passa-faixa.

Usando a configuração a seguir projete um filtro passa-faixa com fator de qualidade $Q=3$, faixa de passagem de 2000 rad/s e ganho $H_0=-5$. Utilize $C=100\text{nF}$.

Determine a frequência central do filtro.

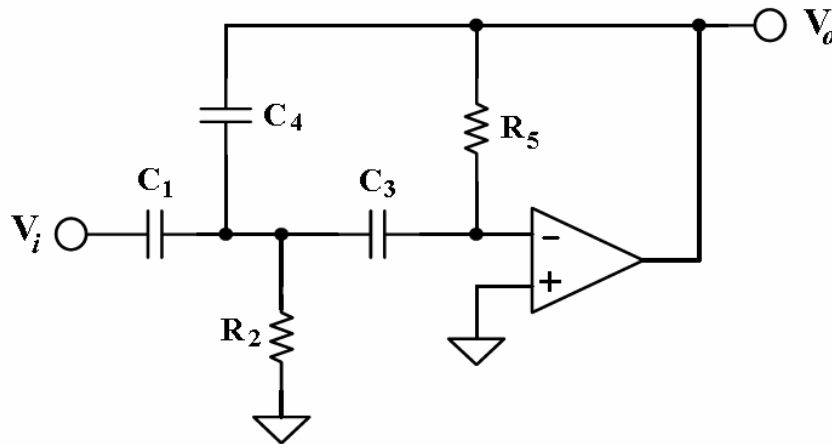


Resposta: $R_1 = 1\text{k}\Omega$, $R_2 = 10\text{k}\Omega$, $R_3 = 385\Omega$ e $\omega_0 = 6000\text{ rad/s}$.

(6) Topologia Múltipla Realimentação – Filtro Passa-alta.

Mostre que o circuito a seguir representa um filtro passa-alta cuja função de transferência $H(s)$ é igual a:

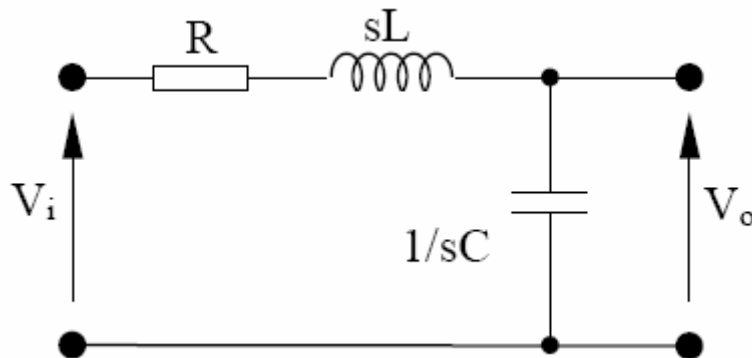
$$H(s) = \frac{H_0 s^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q} s + \omega_0^2}$$



Determine ω_0 , Q e H_0 .

(7) Filtro passivo passa-baixa de segunda ordem.

Mostre que no circuito a seguir a saída, na frequência de ressonância ω_0 , o valor de $V_o = QV_i$, onde Q é o fator de qualidade. Determine o valor da tensão na saída V_o quando $V_i = 10 \text{sen} \omega_0 t$ (Volts). Considere $\omega_0 = 10^5 \text{ rad/s}$, $C = 1 \text{ nF}$ e $R = 100 \Omega$. Determine o valor do indutor L e da tensão sobre o mesmo.

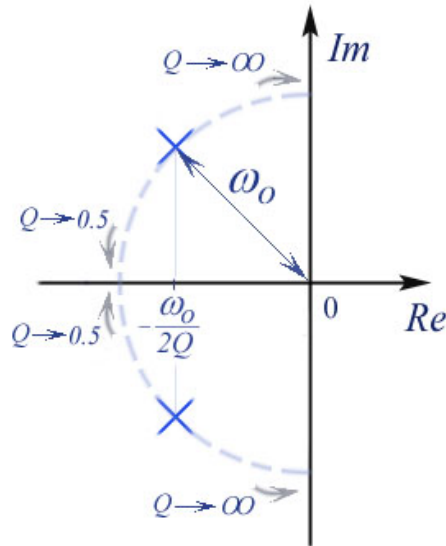


$$\frac{V_o}{V_i}(s) = \frac{\frac{1}{sC}}{R + sL + \frac{1}{sC}} = \frac{1}{s^2 LC + sCR + 1} = \frac{\frac{1}{LC}}{s^2 + s \frac{R}{L} + \frac{1}{LC}}$$

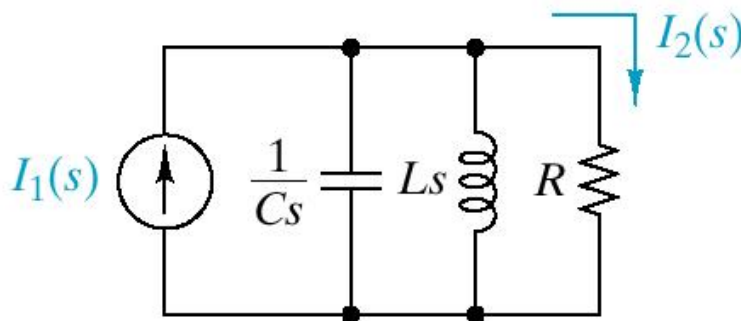
$$H(s) = H_0 \frac{\omega_0^2}{s^2 + \frac{s\omega_0}{Q} + \omega_0^2}$$

$$s^2 + \frac{s\omega_0}{Q} + \omega_0^2 = 0 \Rightarrow s = \frac{-\omega_0 \pm \sqrt{\frac{\omega_0^2}{Q^2} - 4\omega_0^2}}{2}$$

Mostre que se o fator de qualidade Q for superior a $\frac{1}{2}$ os pólos complexos conjugados de $H(s)$ se encontram sobre uma semi-circunferência de raio igual a ω_0 .

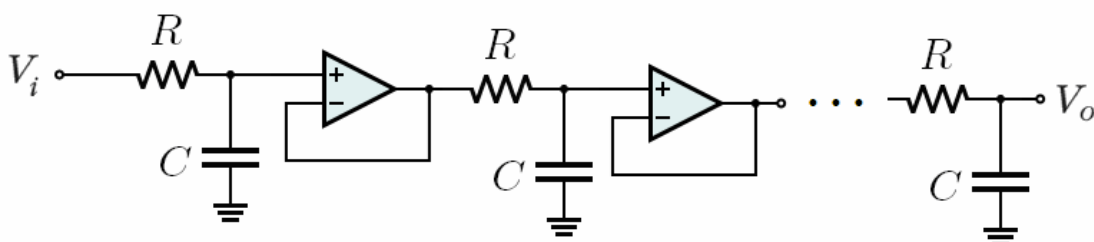


(8) Qual a relação entre $I_1(s)$ e $I_2(s)$ na ressonância.



(9) (A) O circuito a seguir mostra uma série de filtros passa-baixa iguais com frequência de corte individual igual a 1000 Hz. Verificou-se em laboratório que na frequência de 390 Hz o sinal de saída encontrava-se atenuado de -3dB. A partir destas informações, determine o **número de estágios** do conjunto de filtros representado.

(B) Deseja-se construir um **filtro passa-baixa de terceira ordem** a partir do encadeamento em série de 3 estágios iguais RC de primeira ordem. Determine a frequência de corte individual de cada estágio para que a frequência de corte total do conjunto de filtros em série seja igual a 20 kHz.



(10) (A) Um filtro de segunda ordem com uma frequência de corte de 1MHz produz uma atenuação no sinal de 12 dB em 2 MHz. Determine a atenuação deste filtro em 4 MHz.

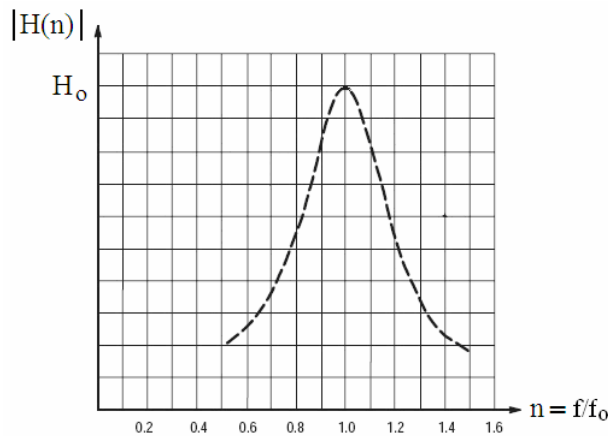
Resposta: 24dB. O filtro atenua 12dB/oitava (segunda ordem). 2MHz é uma oitava acima de 1 MHz e 4 MHz é uma oitava acima de 2 MHz. Duas oitavas x 12 dB = 24 dB. Um filtro de primeira ordem atenua 6 dB/oitava e um filtro de segunda ordem atenua 12 dB/oitava.

(B) Quantas *oitavas* existem entre as frequências de 2 MHz e 128 MHz ?

(C) Quantas *décadas* existem entre as frequências de 10 Hz e 1 MHz ?

(11) Filtros passa-faixas idênticos de segunda-ordem, ou seja, com mesmo fator de qualidade Q_o e frequência central f_o quando colocados em cascata (N *estágios*) resultam em um circuito sintonizado com mesma frequência central f_o , mas com redução da faixa de passagem $\Delta\omega$ e aumento do fator de qualidade para Q .

Esta relação pode ser expressa conforme a equação $Q = \frac{Q_o}{\sqrt{2^{1/N} - 1}}$



(A) Considere 5 filtros passa-faixas de segunda ordem iguais com frequência central de 10 kHz e faixa de passagem de 500 Hz dispostos em cascata. Determine a faixa de passagem resultante.

(B) Dois estágios de filtros passa-faixas de segunda ordem com faixa de passagem individual de 310,8 kHz e frequência central de 10,7 MHz, usados em receptores de FM, estão dispostos em cascata. Determine a faixa de passagem equivalente do conjunto. Projete um filtro RLC com estas especificações.

(C) Quantos estágios N devem ser colocados em cascata para que a faixa de passagem seja reduzida a metade ?

(12) A expressão a seguir é utilizada para determinar o fator de qualidade Q de um filtro passa-faixa de segunda ordem necessário para deixar passar N *oitavas* de uma frequência.

$$Q = \frac{\sqrt{2^N}}{2^N - 1}$$

(A) Determine o fator de qualidade Q necessário para a passagem de 5 oitavas.

(B) Um filtro passa-faixa de segunda ordem com $Q = 0,5$ permite a passagem de quantas oitavas em sua banda passante?

Filtro Passa Baixa

$$\frac{V_O(s)}{V_I(s)} = \frac{A_{LP}\omega_n^2}{s^2 + s\omega_n/Q + \omega_n^2}$$

Filtro Passa Alta

$$\frac{V_{HP}(s)}{V_I(s)} = \frac{A_{HP}s^2}{s^2 + s\omega_n/Q + \omega_n^2}$$

Filtro Passa Faixa

$$\frac{V_{BP}(s)}{V_I(s)} = \frac{A_{BP}(\omega_n/Q) s}{s^2 + s\omega_n/Q + \omega_n^2}$$

Filtro Rejeita Faixa

$$\frac{V_{BR}(s)}{V_I(s)} = \frac{A_{BR}(s^2 + \omega_n^2)}{s^2 + s\omega_n/Q + \omega_n^2}$$