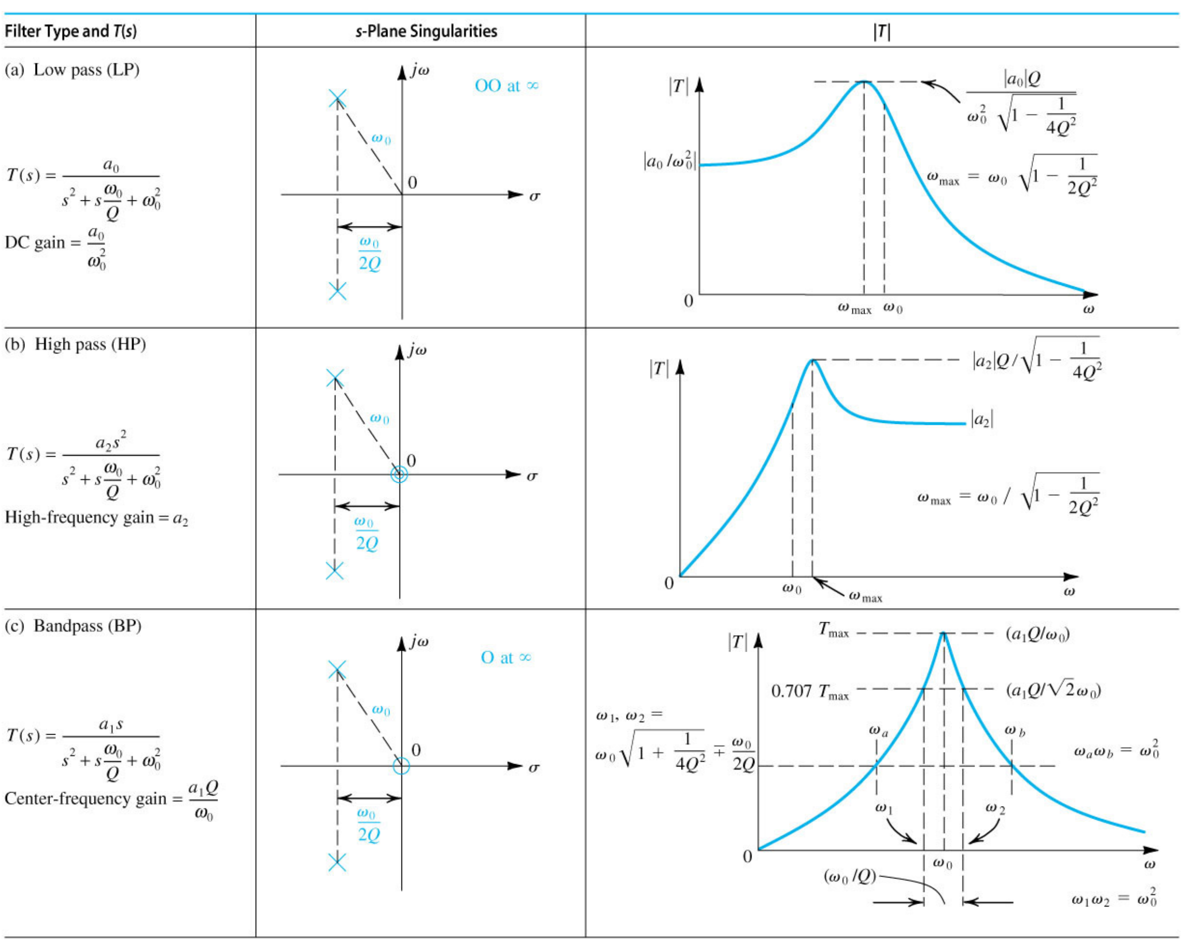
Lab. de Circuitos Eletrônicos Analógicos – Exp. 11

FILTRO ATIVO-RC COM AMP.OP. (Filtro Tow-Thomas - TT)

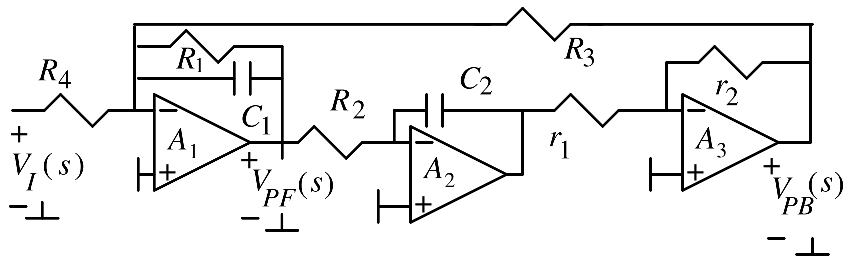
Consulta: Sedra & Smith, Cap. 12

Na Figura 1, tem-se a função de transferência, a localização de pólos/zeros no plano *s* e a resposta em frequância do ganho, referente a filtros ativos de 2ª-ordem passa-baixa (LP), passa-altas (HP0 e passa-faixas (BP). O parâmetro Q determina a distância dos pólos em relação ao eixo jω: quanto maior o valor de Q, mais próximos estarão os pólos desse eixo, e maior será a seletividade do filtro. Um valor infinito de Q coloca os pólos sobre o eixo jω, caso em que oscilação sustentável poderá ocorrer, dependendo da realização em circuito, o que não é desejável. Por outro lado, um valor negativo de Q implica em pólos no semiplano direito, causando oscilação. O parâmetro Q é denominado de fator de qualidade do polo (ou do filtro).

No caso do LP, ambos zeros de transmissão estão no infinito (s = ∞). O ganho pode exibir um pico, como indicado, o qual ocorre apenas para Q > 1/√2. No caso de Q = 1/√2 tem-se a aproximação matemática do filtro Butterworth, a qual corresponde a uma resposta maximalmente plana.



A estrutura TT apresenta saídas passa-baixas e passa-faixa conforme é mostrado na Figura. Uma das vantagens desta topologia é que ω_0, Q e os ganhos podem ser ajustados por R_1, R_2 e R_4, respectivamente. As funções de transferência do passa-baixas e passa-faixa são dadas por (1) e (2), respectivamente.



$A_1 \equiv A_2 \equiv A_3 \Rightarrow$ Amp. Op. 741

$$\frac{V_{PB}(s)}{V_I(s)} = \frac{-\frac{R_3}{R_4}\frac{r_2}{r_1}\frac{1}{R_2R_3C_1C_2}}{s^2 + \frac{1}{R_1C_1}s + \frac{r_2}{r_1}\frac{1}{R_2R_3C_1C_2}} \quad (1)$$

$$\frac{V_{PF}(s)}{V_I(s)} = \frac{-\frac{R_1}{R_4}\frac{1}{R_1C_1}s}{s^2 + \frac{1}{R_1C_1}s + \frac{r_2}{r_1}\frac{1}{R_2R_3C_1C_2}} \quad (2)$$

PRE-LABORATÓRIO:

1) Deduzir as expressões (1) e (2). Para cada caso, identifique o ganho, Q e ω_o.
2) Para $R_1 = 8,2\text{k}\Omega$; $R_2 = R_3 = R_4 = 1,6\text{k}\Omega$; $r_1 = r_2 = 1\text{k}\Omega$, $C_1 = C_2 = 100\text{nF}$, calcule numericamente os parâmetros do item anterior.

PARTE EXPERIMENTAL:

Montar o filtro TT:

1) Para a saída passa-faixa:
1a) Medir f_0, $f_{3dB\textbf{superior}} = f_2$, $f_{3dB\textbf{inferior}} = f_1$ e $Q = f_0/(f_2 - f_1)$. Documente as formas de onda. Verificar a identidade $f_o = (f_1 \times f_2)^{1/2}$.
1b) Medir o ganho em f_0.
1c) Excite o circuito com um sinal senoidal de freqüência f_0. Depois, mude a forma de onda para onda quadrada. O que você observa na saída? Por quê? Mude agora a freqüência fundamental da onda quadrada para $f_o/3$. O que você observa na saída? Por quê?

2) Para a saída passa-baixas:
2a) Medir o ganho na faixa plana e o ganho no pico da resposta. Qual a relação entre este ganho e o valor de *Q*?
2b) Medir a freqüência de corte f_{3dB}. Esta freqüência deve ser maior, igual ou menor do que f_0? Para qual valor de *Q* esta freqüência seria igual a f_0?

3) Retirar o R_1, aterrar a entrada e medir a freqüência de oscilação, a partir da ativação da alimentação do circuito. Documente as formas de onda. Por que o circuito oscila? Dica: observe o termo em "*s*" das equações (1) e (2). Caso o circuito ainda não oscile devido às perdas internas, aumente o ganho de malha fechada atuando no ganho do inversor. Sendo a oscilação aproximadamente senoidal, com uma amplitude constante, o que estaria causando a redução dinâmica do ganho de malha fechada, uma vez que não há explicitamente um circuito limitador no amplificador?