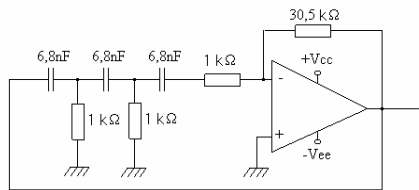


Eletrônica B (Amplificadores Eletrônicos)- F5D300 – Lista de exercícios 2

1) Dado o circuito oscilador abaixo, indique o tipo de oscilador, a frequência de operação e o ganho do circuito. Para obter um oscilador com o dobro da frequência, quais os novos valores dos componentes.

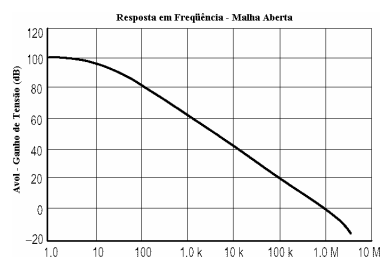
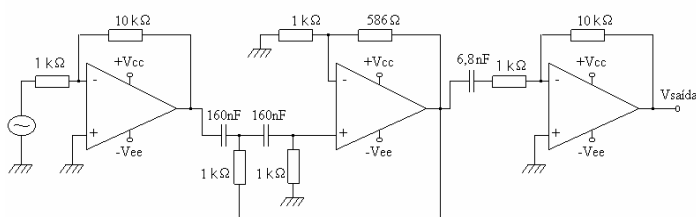


2) Projete um circuito oscilador em Ponte de Wien para operar em 1kHz. Indique os valores de resistores e capacitores a serem utilizados.

3) Indique as principais características e aplicações dos amplificadores de potência operando em classe A, B e AB. Compare as classes em termos da potência transferida à carga e a dissipada nos elementos ativos.

4) Dado o circuito abaixo, calcule o ganho total, a impedância de entrada, a frequência de corte inferior e superior. Considere os dados do amplificador operacional, para operação em malha aberta:

$R_{ent} = 3\text{ M}\Omega$, $A = 100000\text{ V/V}$, $R_{saída} = 50\Omega$, $f_{sol} = 10\text{ Hz}$ (frequência de corte superior)



5) Dado o ganho de malha $L(s) = \beta A(s)$ abaixo:

$$L(s) = \frac{8500}{(1 + s/10e6)(1 + s/10e7)(1 + s/10e8)}$$

- Determine as margens de ganho e fase.
- O amplificador é estável? Se não, indique o um circuito compensador para torná-lo estável e determine os valores dos componentes do mesmo. Mostre o diagrama de Bode aproximado para o amplificador sem compensação e depois de compensado.

6) Dado o ganho de malha $L(s) = \beta A(s)$ abaixo:

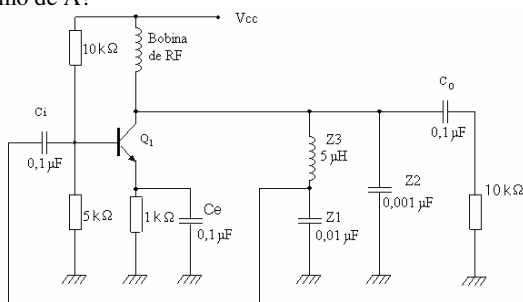
$$L(s) = \frac{10^6 * s^2}{(s + 10)(s + 10^3) \left(1 + \frac{s}{10^6}\right) \left(1 + \frac{s}{10^7}\right) \left(1 + \frac{s}{10^8}\right)}$$

- Determine as margens de ganho e fase.
- O amplificador é estável? Se não, indique o um circuito compensador para torná-lo estável e determine os valores dos componentes do mesmo. Mostre o diagrama de Bode aproximado para o amplificador sem compensação e depois de compensado.

7) Dado um circuito amplificador, quais os critérios devem ser utilizados para verificar a estabilidade do mesmo. Descreva de maneira resumida um método que pode ser utilizado para análise da estabilidade.

8) Dado o circuito abaixo:

- Determinar a frequência de oscilação aproximada;
- Qual o valor de β ?
- Para que o oscilador parta, qual o valor mínimo de A ?



Matéria sobre filtros – Pg. 605 a 615 – Millman 2

9) Dada a função de transferência do ganho em malha aberta $A(s)$ e o coeficiente de realimentação β de um determinado amplificador:

$$\beta = 0,1$$

$$A(s) = \frac{10^5 * s^2}{(s + 10^0)(s + 10^1) \left(1 + \frac{s}{10^7}\right) \left(1 + \frac{s}{10^8}\right) \left(1 + \frac{s}{10^9}\right)}$$

- Monte o diagrama de Bode para a Função de Transferência do Ganho de Malha $L(s)$;
- Determine as margens de ganho e fase;
- Indique se o amplificador é estável ou instável; Se a resposta ao item c for instável, faça os itens seguintes:
- Se o amplificador for instável, indique um circuito compensador para torná-lo estável que proporcione a maior largura de banda. Determine os valores dos componentes do mesmo.
- Mostre o diagrama de Bode aproximado para o amplificador depois de compensado;
- Determine as margens de fase e de ganho para o amplificador compensado.

10) a) Projete um filtro ativo do tipo Butterworth passa-banda com frequência de corte inferior de 5kHz e frequência de corte superior de 100kHz. A seção passa-alta deve ser de 2ª. Ordem e a passa-baixa de 3ª. Ordem. Mostre o diagrama de Bode simplificado do Módulo do Ganho para o circuito e indique o ganho de tensão total e os valores dos componentes; **b)** Considere uma tensão de entrada de 1 Volt de amplitude. Qual seria a amplitude aproximada do sinal de saída do filtro projetado nas frequências de 500Hz e 150kHz.

11) Deseja-se projetar um circuito amplificador para operar em uma frequência específica de 5kHz, um circuito de controle de ganho entre 2V/V e 10V/V (utilizando um potenciômetro para controle, por exemplo) e um amplificador de saída que possa fornecer potências de até 10Watts. Indique um possível circuito para esta finalidade, mostrando um diagrama em blocos da conexão a ser feita, valores dos componentes e as justificativas para a sua escolha.

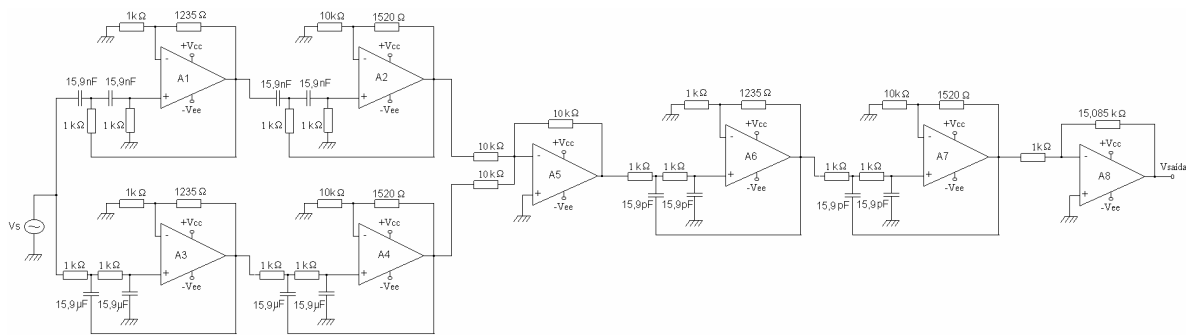
12) Descreva as principais vantagens e desvantagens da realimentação negativa aplicada a amplificadores. Faça a comparação em relação às impedâncias de entrada e de saída, ganhos, distorção, tensão de compensação, etc. Descreva três circuitos utilizando amplificadores operacionais onde esta é utilizada e indique as vantagens ou desvantagens da realimentação para os mesmos.

13) Dada a função de transferência do ganho de malha $L(s) = \beta A(s)$ de um determinado amplificador:

$$L(s) = \frac{10^5}{\left(1 + \frac{s}{10^8}\right) \left(1 + \frac{s}{10^9}\right) \left(1 + \frac{s}{10^{10}}\right)}$$

a) Monte o diagrama de Bode (módulo e fase) para a Função de Transferência do Ganho de Malha $L(s)$; **b)** Determine as margens de ganho e fase; **c)** Indique se o amplificador é estável ou instável; **d)** Se o amplificador for instável, projete um compensador para torná-lo estável; **e)** Mostre o diagrama de Bode (módulo e fase) aproximado para o amplificador depois de compensado; **f)** Determine as margens de fase e de ganho para o amplificador compensado.

14) Dado o circuito abaixo:



a) Indique a configuração do filtro Butterworth formada pelos amplificadores A1-A2, A3-A4 e A5; **b)** A configuração do filtro formado pelos amplificadores A6 - A7; **c)** A configuração do amplificador A8; **d)** Mostre o diagrama de Bode simplificado do módulo do ganho. Indique o ganho de tensão total na faixa de passagem do circuito e as frequências de corte do mesmo.

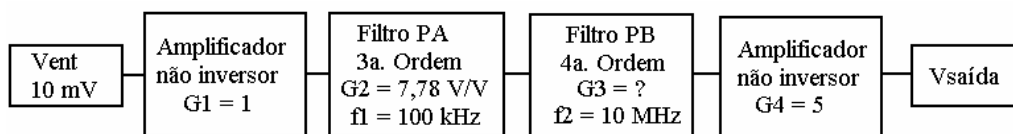
15) Dado o ganho de malha $L(s) = \beta A(s)$ de um determinado amplificador:

$$L(s) = \frac{10^4 * s^3}{(s+1)(s+10)(s+100) \left(1 + \frac{s}{10^9}\right) \left(1 + \frac{s}{10^{10}}\right) \left(1 + \frac{s}{10^{11}}\right)}$$

a) Monte o diagrama de Bode (módulo e fase) para a Função de Transferência do Ganho de Malha $L(s)$; **b)** Determine as margens de ganho e fase; **c)** Indique se o amplificador é estável ou instável; **d)** Se o amplificador for instável, projete um ou mais compensadores para torná-lo estável. Determine o valor dos componentes e mostre o circuito. **e)** Mostre o diagrama de Bode (módulo e fase) aproximado para o amplificador depois de compensado. **f)** Determine as margens de fase e de ganho para o amplificador compensado.

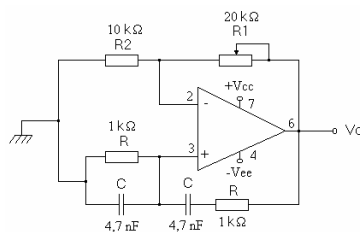
16) Dado o diagrama em blocos de um circuito montado utilizando-se amplificadores operacionais.

Os Amplificadores são considerados ideais tanto em termos de impedâncias de entrada e de saída quanto em termos de faixa de passagem de frequências e os filtros PA e PB são do tipo Butterworth:

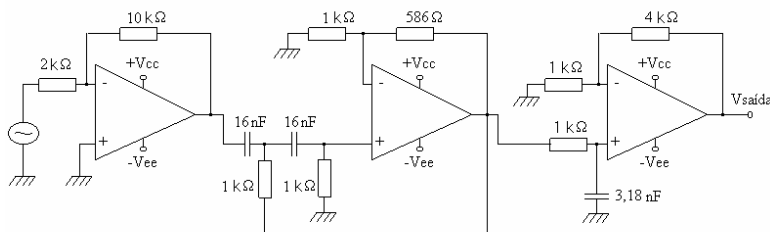


a) Monte o diagrama de bode aproximado para o módulo do ganho do mesmo; **b)** Quais as frequências de corte inferior e superior; **c)** Qual o valor da tensão de saída para $f = 1 \text{ kHz}$ e $f = 20 \text{ kHz}$; **d)** Qual a impedância de entrada do circuito; **e)** Qual a impedância de saída do circuito;

17) Dado o circuito oscilador abaixo, indique o tipo de oscilador, a frequência de operação e o ganho do circuito. Para obter um oscilador com o dobro da frequência, quais os novos valores dos componentes.

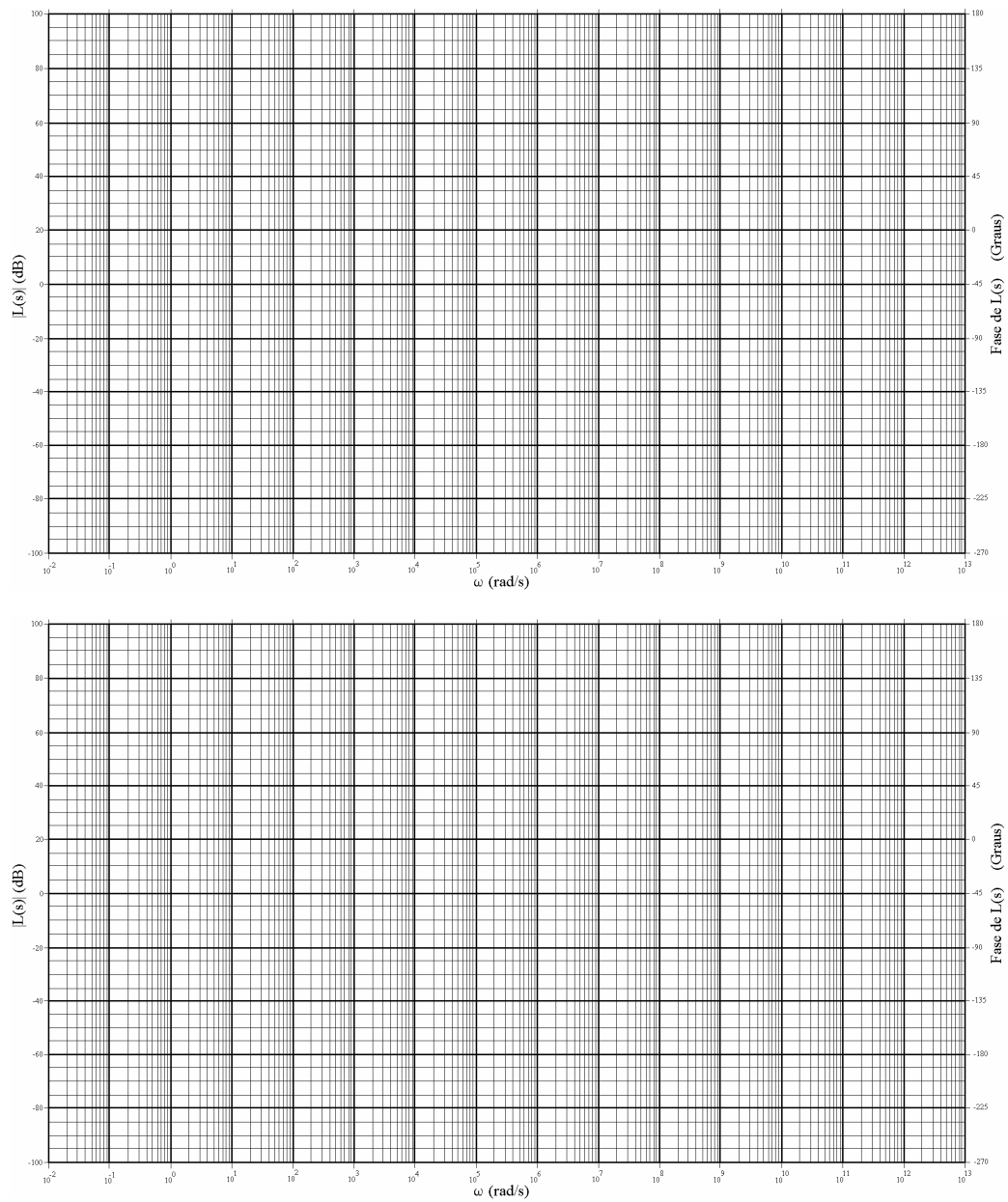


18) Determine: a) Impedância de entrada, ganho e configuração do estágio de entrada; b) Frequência de corte, ganho e configuração do estágio intermediário; c) Frequência de corte, ganho e configuração do estágio de saída; d) Determine o ganho total e a impedância de saída do circuito. Considere o ganho e a impedância de saída em malha aberta do amplificador operacional como sendo $A = 100.000$ e $R_o = 50\Omega$.

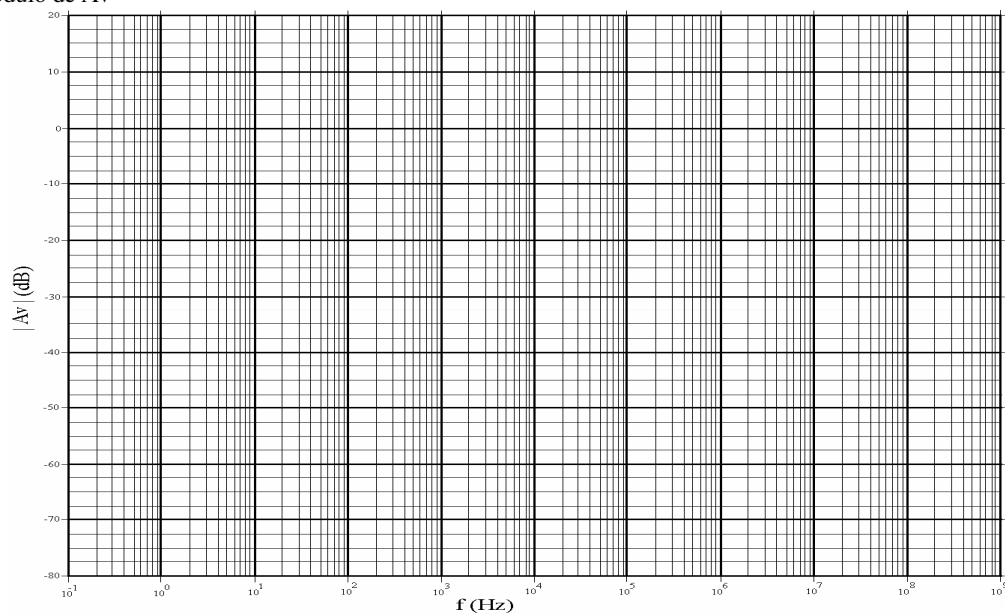


19) Classifique os principais amplificadores de potência quanto às suas classes de operação. Compare-os em termos de rendimento dos circuitos típicos.

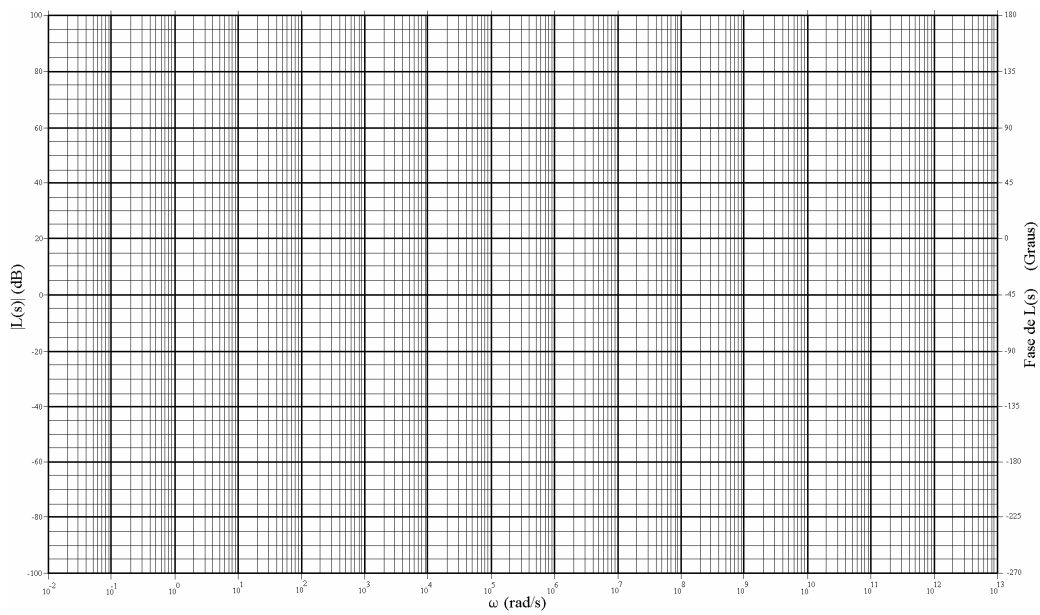
9– Diagramas de Módulo e Fase de $L(s)$ para o amplificador



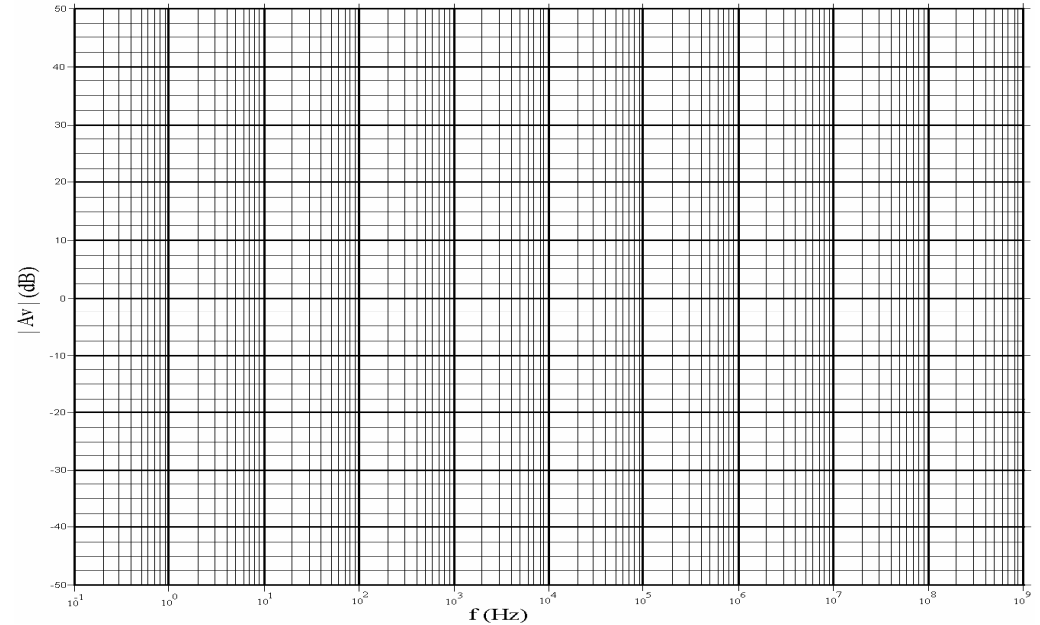
10 – Diagrama de Módulo de A_v



11 – Diagramas de Módulo e Fase de L(s) para o amplificador



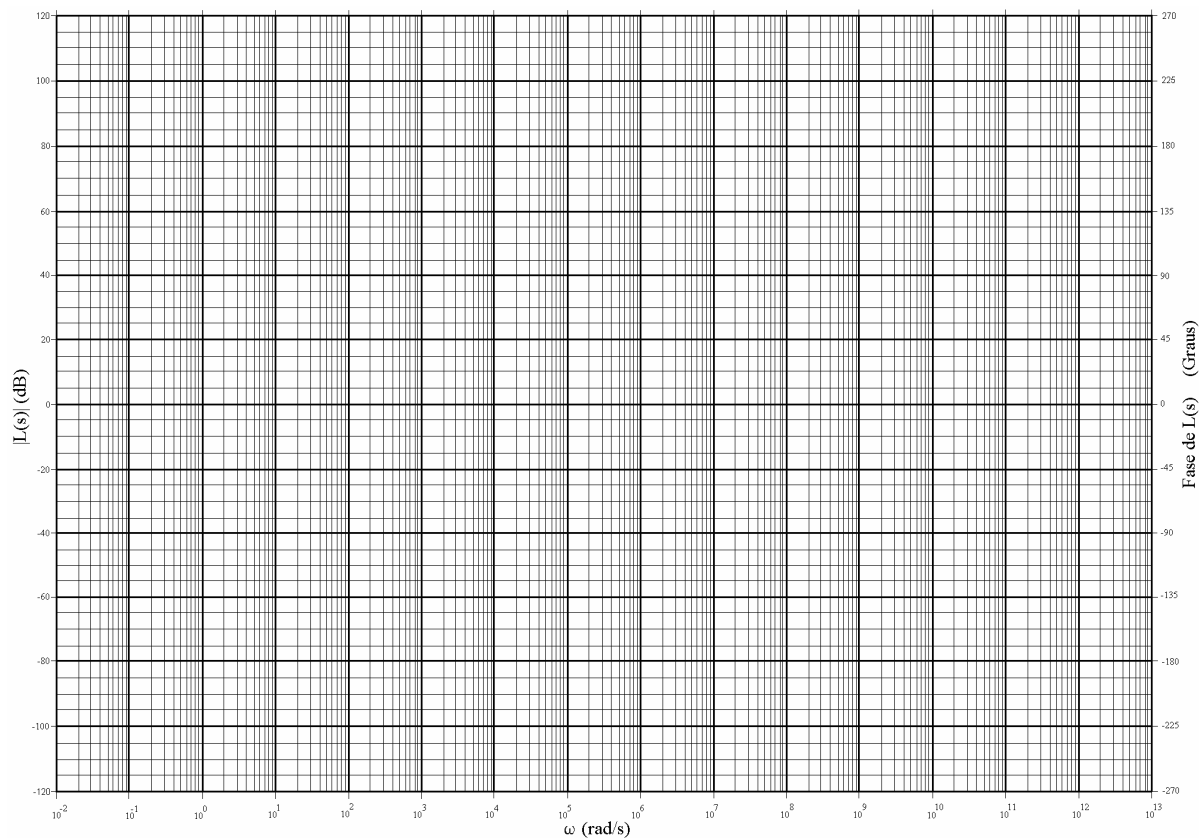
14 – Diagrama de módulo de Av para o circuito



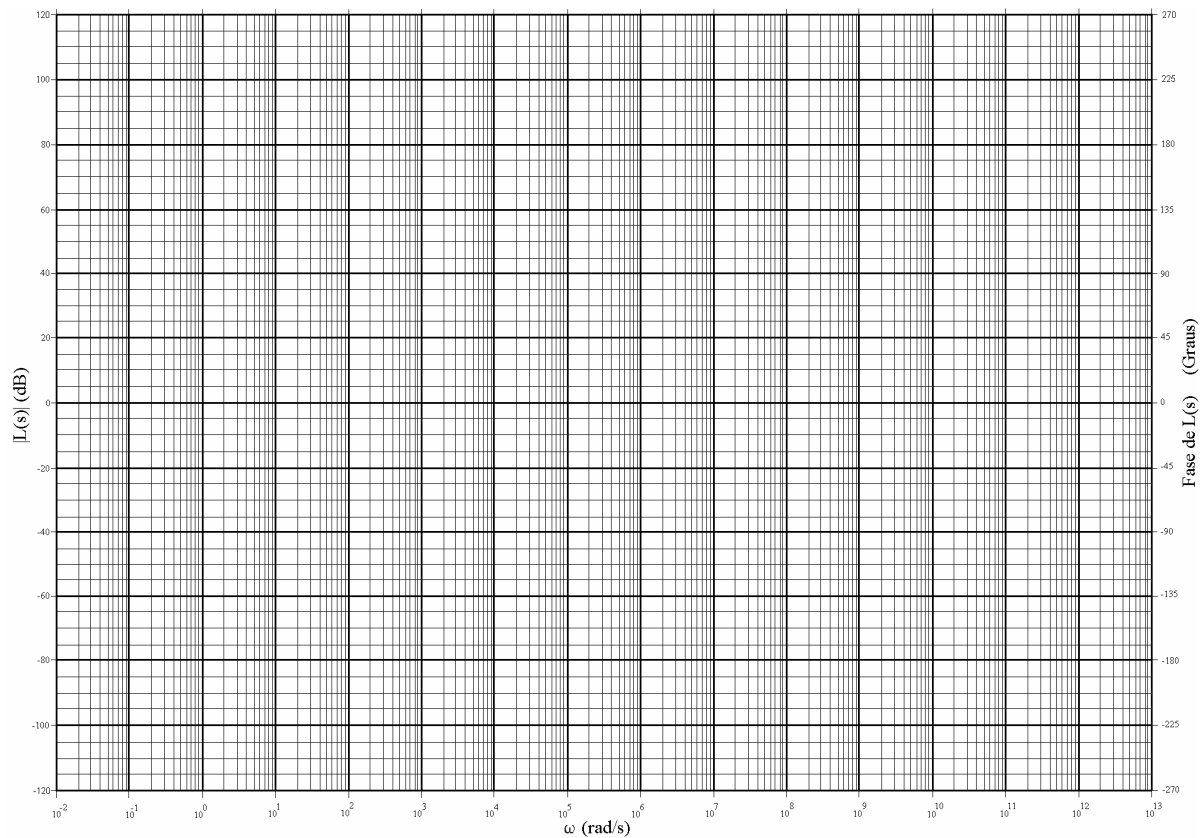
Configurações dos Filtros

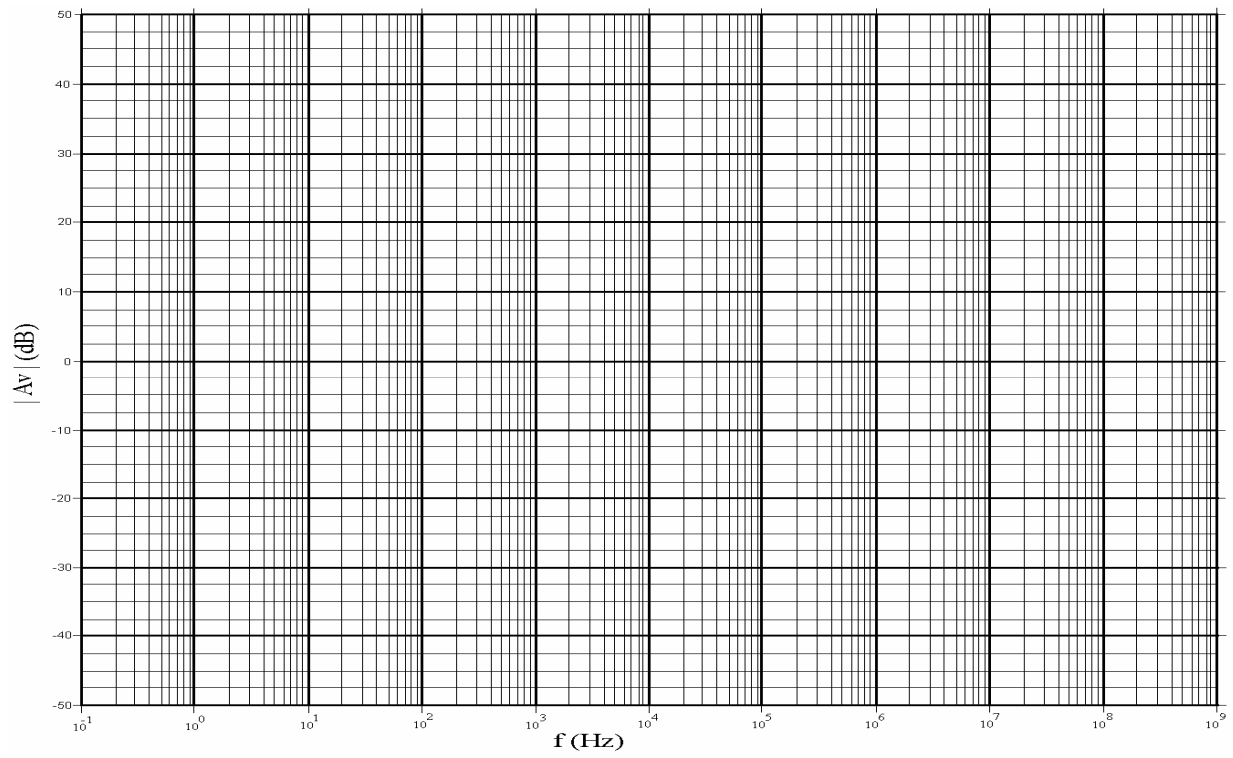
	Configuração	Frequência de Corte	Ganho de Tensão	
A1-A2			A1=	A2=
A3-A4			A3=	A4=
A5			A5 =	
A1-A2,A3-A4,A5				
A6-A7			A6=	A7=
A8			A8=	
Ganho de Tensão Total do Circuito				

15 – Diagramas de Módulo e Fase de $L(s)$ para o amplificador sem compensação



15 – Diagramas de Módulo e Fase de $L(s)$ para o amplificador depois de compensado



16 – Diagrama do módulo de A_v para o circuito

Resposta de alguns exercícios a Lista de Exercícios 2

1) oscilador de deslocamento de fase utilizando operacional; $A_v = -R_2/R_1 = -30,5$; $f_o = 1/(2\pi RC\sqrt{6}) = 9555,11 \text{ Hz}$; Para obter o dobro de f_o , pode-se utilizar $C = 3,39 \text{ nF}$.

2) Arbitrando $R = 1\text{k}$, $C = 159 \text{ nF}$; $R_1 \geq 2R_2$ ($\pm 5\%$) $\rightarrow R_2 = 1\text{k}$, $R_1 = 2\text{k}$

3)

4) $A_{vt} = A_{v1} \cdot A_{v2} \cdot A_{v3} = -10 \cdot 1,586 \cdot -10 = 158,6 \rightarrow A_{vt} = 10 \log 158,6 = 44 \text{ dB}$;

$Z_{ent} = 1 \text{ k}\Omega$; $f_1 = 23,42 \text{ kHz}$ (Pólo dominante); $f_2 = 50 \text{ kHz}$ (Método do somatório: Devido às curvas dos operacionais A1 e A3 ($f_{A1} = f_{A3} = 100 \text{ kHz}$))

5) a) $MF = -55^\circ$, $MG = -37 \text{ dB}$; b) Instável; Compensador por pólo dominante: $\omega_d = 10^2$, $R = 1\text{k}$, $C = 10\mu\text{F}$;

6)

7) Sequência de passos para avaliar circuitos realimentados descrita em sala de aula

8) a) $X_1 + X_2 + X_3 = 0 \rightarrow f = 2,362 \text{ MHz}$; b) $\beta = X_1/X_2 = 0,1$; c) $A = -1/\beta = -10$

9) b) $MF = -60^\circ$, $MG = -40 \text{ dB}$; c) Instável; d) Compensador Pólo-Zero: $\omega_p = 10^4 \text{ rad/s}$, $\omega_z = 10^7 \text{ rad/s}$, $R_2 = 1\text{k}$, $C = 100 \text{ pF}$, $R_1 = 999 \text{ k}$; f) $MF_c = 45^\circ$, $MG_c = 20 \text{ dB}$;

10) a) Passa-alta: $f_1 = 5 \text{ Hz}$ (2° ordem): $A_{v1} = 3 - 2k_1 = 1,586$; $R_1 = 0,586 \text{ k}$; $R_2 = 1\text{k}$; Se escolher $R = 1\text{k}$, $C = 31,83 \text{ nF}$ (a resposta depende dos valores arbitrados. O que não pode mudar é o ganho ($A_{v1} = R_1/R_2 + 1 = 1,586$) e a relação $f_1 = 1/(2\pi RC) = 5\text{kHz}$)
Passa-baixa: $f_2 = 100 \text{ kHz}$ (3° Ordem): $A_{v2} = 3 - 2k_2 = 2 = R_3/R_4 + 1$; $R_3 = R_4 = 1\text{k}$; $A_{v3} = R_5/R_6 + 1 = 3,15$ (Arbitrado em 3,15 de tal forma que $A_{v1} \cdot A_{v2} \cdot A_{v3} = 10 = 20 \text{ dB}$, facilita o desenho do diagrama de Bode); $R_5 = 2,153 \text{ k}$; $R_6 = 1 \text{ k}$; $R' = 1 \text{ k}$ (arbitrado); $C' = 1,59 \text{ nF}$ ($f_2 = 1/(2\pi R'C')$);

b) $P/f = 500 \text{ Hz}$, $A_v \cong -20 \text{ dB} = 0,1 \text{ V/V}$. Portanto $V = A_v \cdot 1 = 0,1 \text{ Volts}$

$p/f = 150 \text{ kHz}$, $A_v \cong +10 \text{ dB} = 3,16 \text{ V/V}$. Portanto $V = A_v \cdot 1 = 3,16 \text{ Volts}$

11) Uma das configurações possíveis:

Amplificador Sintonizado em 5 kHz [$f = 1/2\pi\sqrt{LC}$] \rightarrow Amplificador Não Inversor de Tensão (Ganho controlável entre 2 e 10 utilizando-se um Potenciômetro no elo de realimentação em série com um resistor) \rightarrow Amplificador de potência montado utilizando-se um operacional com um circuito push-pull dentro do elo de realimentação. Para obter potência de saída de 10 Watts , o circuito pode alimentar uma carga $R_L = 5 \Omega$ com uma tensão rms de $7,09 \text{ Volts}$ (10 Volts de pico). Assim o circuito de potência (Operacional e push-pull) tem que ser alimentado por pelo menos $\pm 12 \text{ Volts}$.