

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA

DISCIPLINA: Amplificadores - EL66E

PROFESSOR: Joaquim Miguel Maia

Nome: Gabriel

Avaliação II

Código

DATA 03/07/2019

1ª QUESTÃO (4,0 Pontos)

Dada a função de transferência do ganho de malha $L(s)$ de um determinado amplificador:

$$L(s) = \frac{10^4 * s^3}{(s + 10^0)(s + 10^0)(s + 10^4) \left(1 + \frac{s}{10^9}\right) \left(1 + \frac{s}{10^{10}}\right) \left(1 + \frac{s}{10^{11}}\right) \left(1 + \frac{s}{10^{11}}\right)}$$

- 0,8 a) Monte o diagrama de Bode (módulo e fase) para a Função de Transferência do Ganho de Malha $L(s)$;
0,6 b) Determine as margens de ganho e fase;
0,6 c) Indique se o amplificador é estável ou instável;
1,0 d) Se o amplificador for instável, projete o sistema de compensação para ele. Indique os valores dos componentes e apresente o circuito do sistema de compensação. Procure sempre manter a maior largura de banda no sistema;
0,6 e) Mostre o diagrama de Bode para o amplificador depois de compensado;
0,4 f) Determine as margens de fase e de ganho para o amplificador compensado.

2ª QUESTÃO (3,0 Pontos)

- 1,5 a) Projete um oscilador Hartley a transistor para operar na frequência de 30 MHz. Não é necessário projetar os elementos de polarização do transistor. Projete apenas os elementos reativos e deixe indicada a forma de ligação dos elementos do circuito;
1,5 b) Projete um filtro ativo passa-alta do tipo Butterworth de 5ª. ordem, com frequência de corte inferior de 100 Hz. O ganho final do filtro deve ser $A_v = +100$ V/V.

Considerando que o Operacional a ser utilizado é o LM741 e que sua frequência de transição é 1 MHz, qual seria o valor aproximado da frequência de corte superior do sistema projetado?

3ª QUESTÃO (3,0 Pontos)

Projete, utilizando apenas amplificadores operacionais, os seguintes circuitos:

- 0,5 a) Amplificador inversor de tensão para apresentar ganho $A_v = -50$ V/V, frequência de corte inferior de 1 kHz e superior de 10 kHz. Indique qual a impedância de entrada do circuito projetado e UTILIZE APENAS UM AMPLIFICADOR OPERACIONAL para fazer o projeto;
0,5 b) Amplificador não inversor de tensão, com dois estágios de ganhos idênticos para apresentar o ganho final $A_v = 2.500$ V/V. Indique as impedâncias de entrada, de saída e a frequência de corte superior do circuito;
0,5 c) Amplificador somador de tensões para 4 entradas, com impedância de entrada igual a 4,7 kΩ e ganho final $A_v = +10$ V/V;
0,5 d) Oscilador em ponte de Wien para operar em 50 kHz;
0,5 e) Oscilador de deslocamento de fase para operar em 50 kHz;
0,5 f) Amplificador de corrente para ganho $A_i = 15$ A/A.

DADOS EM MALHA ABERTA PARA OS AMPLIFICADORES OPERACIONAIS:

$A = 200.000$; $R_{ent} = 10$ MΩ, $R_{saída} = 50$ Ω, $f_T = 5$ MHz

$$|L(s)| = 20 \log |10^4| = 80 \text{ dB}$$

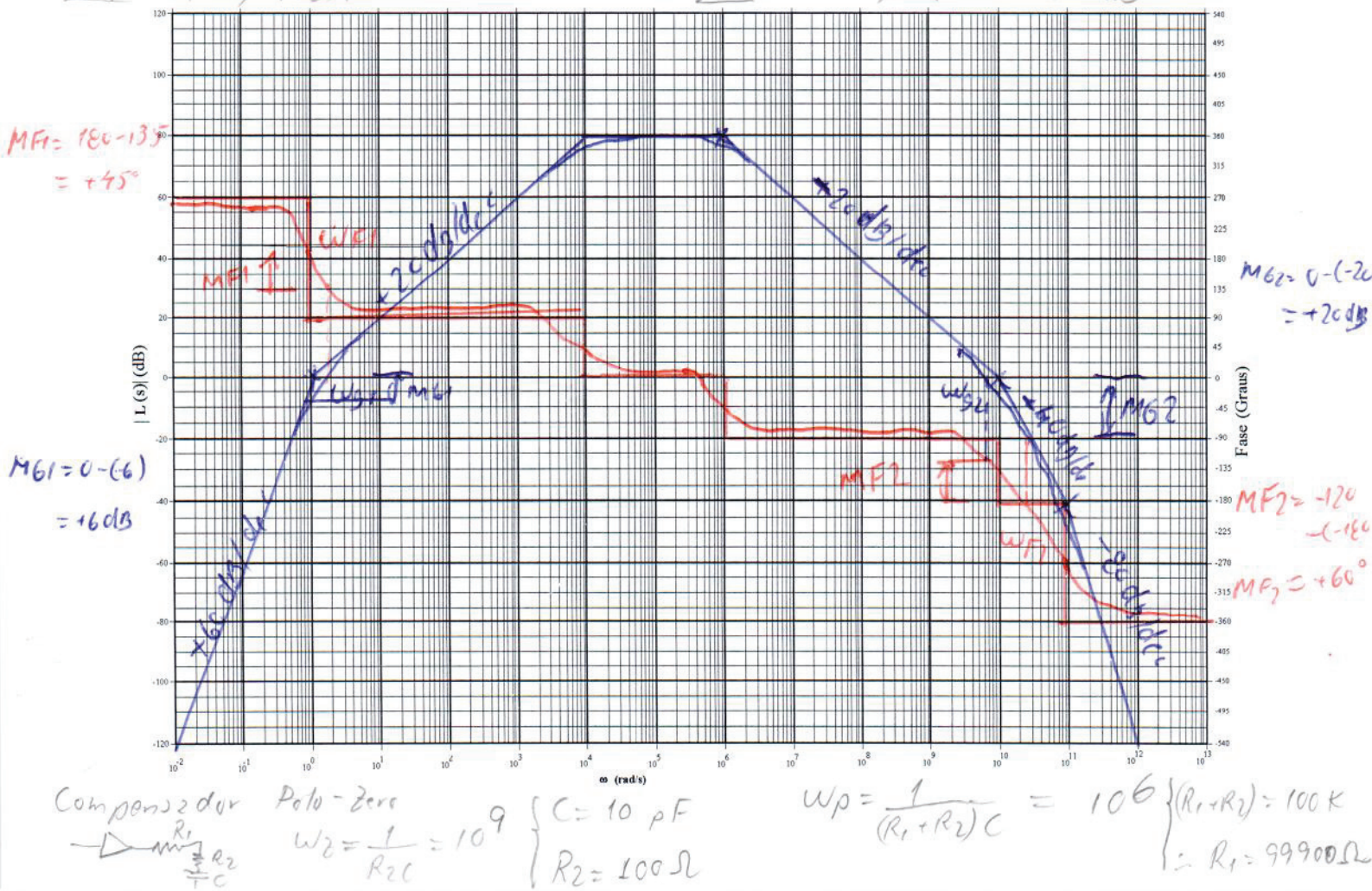
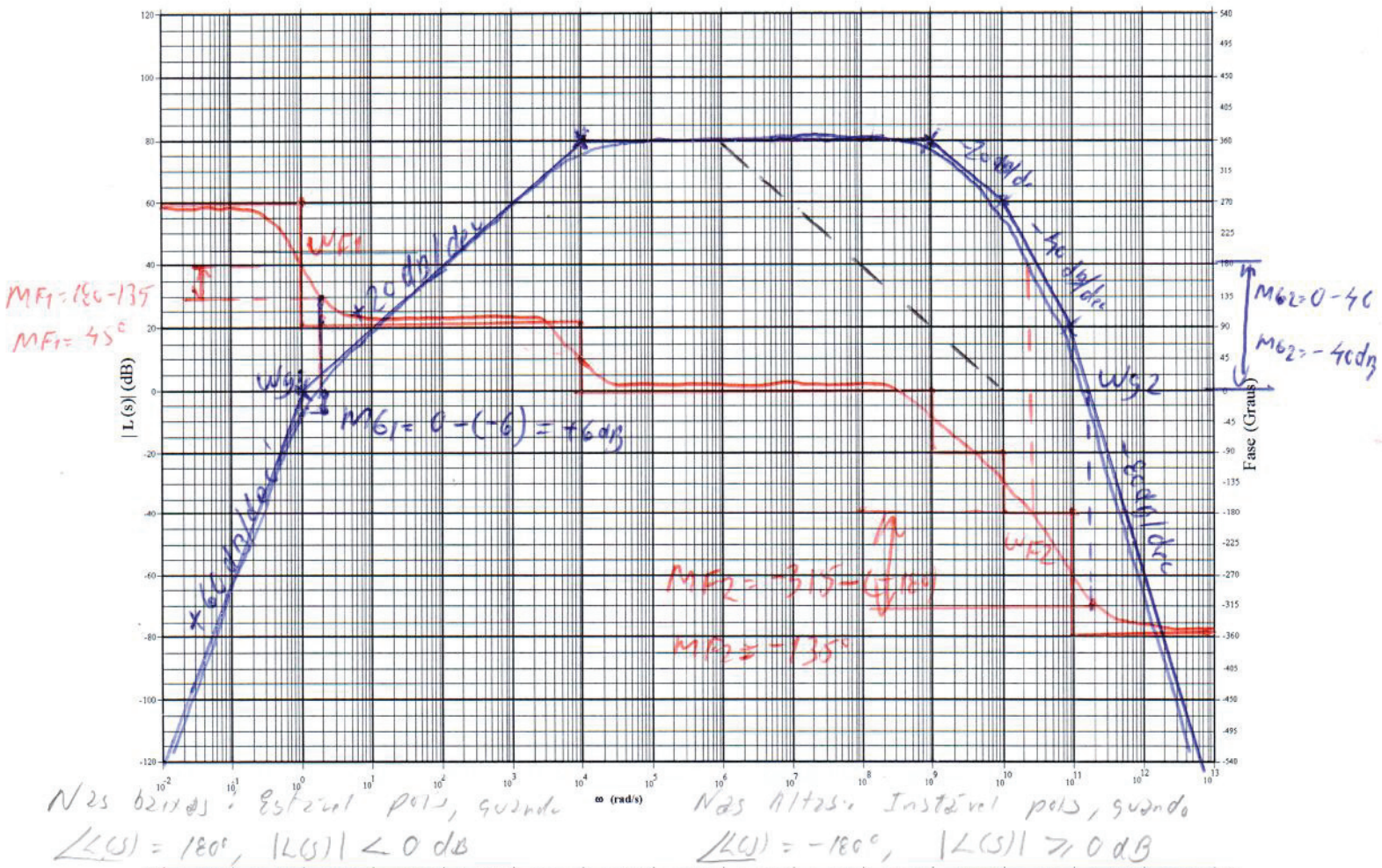
Nome: _____

Fase Inicial

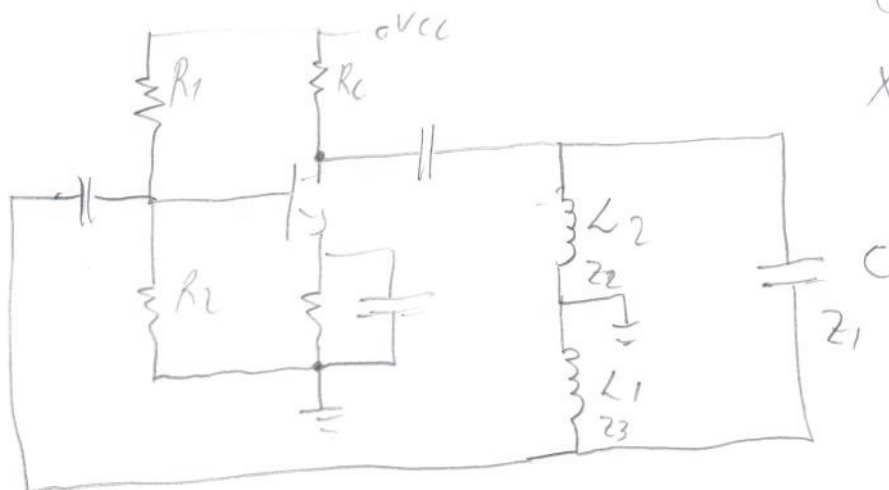
$$\begin{cases} 3 \text{ zeros} = 270^\circ \\ 1 \text{ pole} = -90^\circ \\ \hline 270^\circ \end{cases}$$

2

1ª. Questão – Diagramas de Módulo e Fase de L(s) para o amplificador



② a) Hartley



Considerando $L_1 = L_2 = L$

$$X_1 + X_2 + X_3 = 0$$

$$\omega L + \omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$$

$$\omega^2 = \frac{1}{2LC} = 3,55 \times 10^{16}$$

$$(2\pi f_0)^2 = \frac{1}{2LC}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{2LC}}$$

$$f_0 = 30 \text{ MHz}$$

$$C = 10 \text{ pF}$$

$$\therefore L = \frac{10 \times 10^{-12} \times 2 \times (2\pi \times 30 \times 10^6)^2}{1}$$

$$\Rightarrow L = 1,407 \mu\text{H}$$

Como $\beta = -1$, o oscilador, basta que $|A_d| \geq 1$

b) Butterworth 5ª ordem - Passa-Baixas

$$(s+1) (s^2 + 0,618s + 1) (s^2 + 1,618s + 1)$$

$A_1 \quad A_2 \quad A_3$

$$f_{ci} = \frac{1}{2\pi RC} = 100$$

$C = 100 \text{ nF}$
 $R = 15,92 \text{ K}\Omega$

$$A_{v1} = L_{vr} = 30,378$$

$$A_{v2} = 3 - 2K_1 = 3 - 0,618 = 2,382$$

$$A_{v3} = 3 - 2K_2 = 3 - 1,618 = 1,382$$

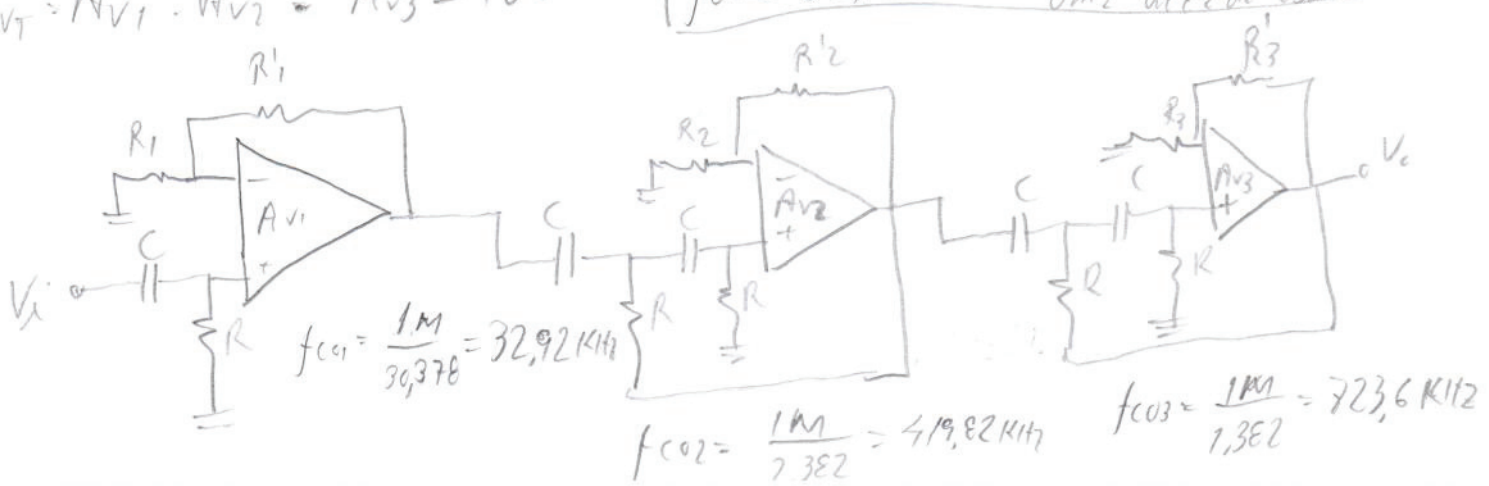
$$\begin{cases} R_1 = 10 \text{ K}\Omega \\ R'_1 = 293,78 \text{ K}\Omega \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_2 = 10 \text{ K}\Omega \\ R'_2 = 13,82 \text{ K}\Omega \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_3 = 10 \text{ K}\Omega \\ R'_3 = 3,82 \text{ K}\Omega \end{cases}$$

$$A_{VT} = A_{v1} \cdot A_{v2} \cdot A_{v3} = 100$$

$f_{c0} \approx 32,92 \text{ KHz}$ Polo dominante - Polo menos uma década abaixo dos demais

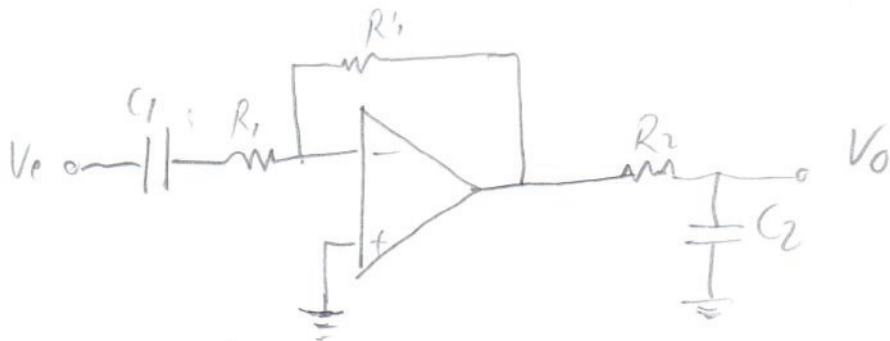


$$f_{c01} = \frac{1 \text{ M}}{30,378} = 32,92 \text{ KHz}$$

$$f_{c02} = \frac{1 \text{ M}}{2,382} = 419,82 \text{ KHz}$$

$$f_{c03} = \frac{1 \text{ M}}{1,382} = 723,6 \text{ KHz}$$

3) 2)



$$A_v = \frac{-R'_1}{R_1} = -50 \quad \left\{ \begin{array}{l} R'_1 = 50 \text{ k}\Omega \\ R_1 = 1 \text{ k}\Omega \end{array} \right.$$

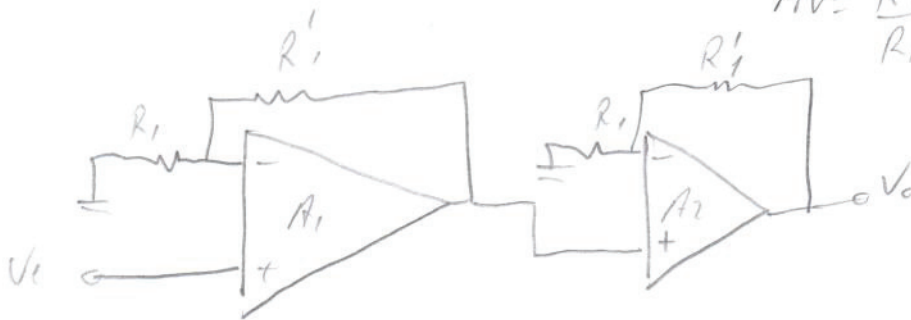
$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = 1\text{K} \quad \left\{ \begin{array}{l} R_1 = 1 \text{ k}\Omega \\ C_1 = 159 \text{ nF} \end{array} \right.$$

$$Z_{\text{ent}} = R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

$$f_{c2} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} = 10 \text{ kHz} \quad \left\{ \begin{array}{l} R_2 = 1 \text{ k}\Omega \\ C_2 = 15,9 \text{ nF} \end{array} \right.$$

b) $A_{vT} = A_{v1} \cdot A_{v2} = 2500 \quad \therefore A_{v1} = A_{v2} = 50 \quad \left\{ \begin{array}{l} R_1 = 1 \text{ k}\Omega \\ R'_1 = 49 \text{ k}\Omega \end{array} \right.$

$$A_v = \frac{R'_1}{R_1} + 1 = 50$$



$$f_{c1} = \frac{5\text{m}}{50} = 100 \text{ kHz} \quad f_{c2} = \frac{5\text{m}}{50} = 100 \text{ kHz}$$

$$f_{cu} = 100\text{K} \sqrt{2^{1/2}} = 1$$

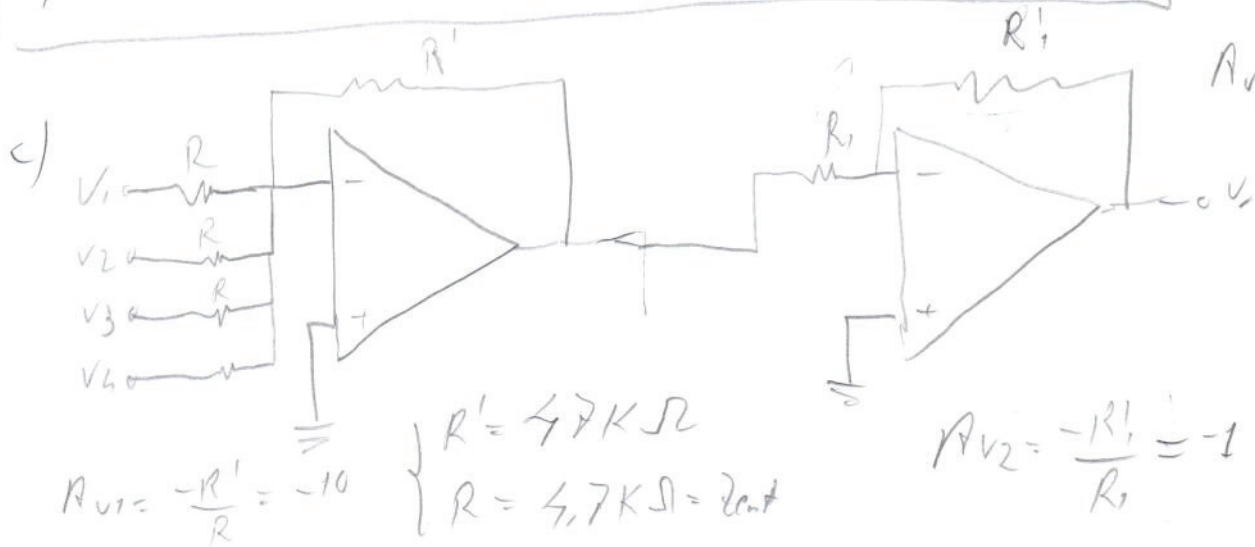
$$f_{cu} = 64,36 \text{ kHz}$$

$$f_{cu} \approx 100\text{K} / 100\text{K} = 50 \text{ kHz}$$

método de sematário

$$R_{af} = \frac{R_u}{1 + \beta A} = \frac{50}{1 + \frac{1}{50} \cdot 200.000} = 12,5 \text{ m}\Omega$$

$$R_{sif} = R_u (1 + \beta A) = 10 \times 10^6 \left(1 + \frac{1}{50} \cdot 200.000\right) = 40 \text{ G}\Omega$$

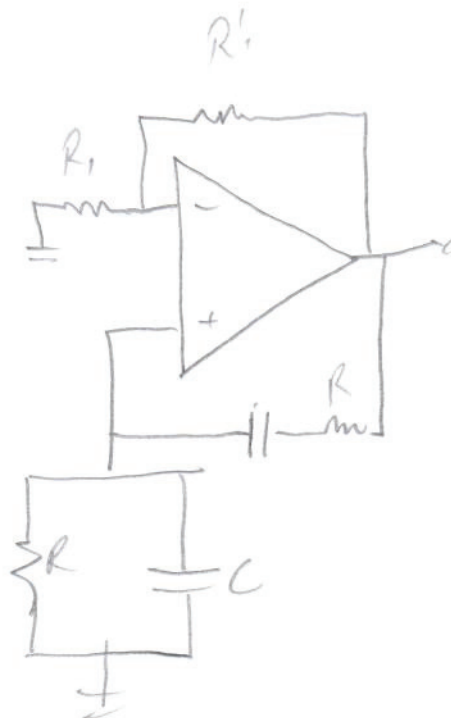


$$A_{vT} = A_{v1} \cdot A_{v2} = 10$$

$$A_{v1} = \frac{-R'_1}{R} = -10 \quad \left\{ \begin{array}{l} R'_1 = 47 \text{ k}\Omega \\ R = 4,7 \text{ k}\Omega = Z_{\text{ent}} \end{array} \right.$$

$$A_{v2} = \frac{-R'_1}{R_1} = -1 \quad \left\{ \begin{array}{l} R'_1 = 4,7 \text{ k}\Omega \\ R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega \end{array} \right.$$

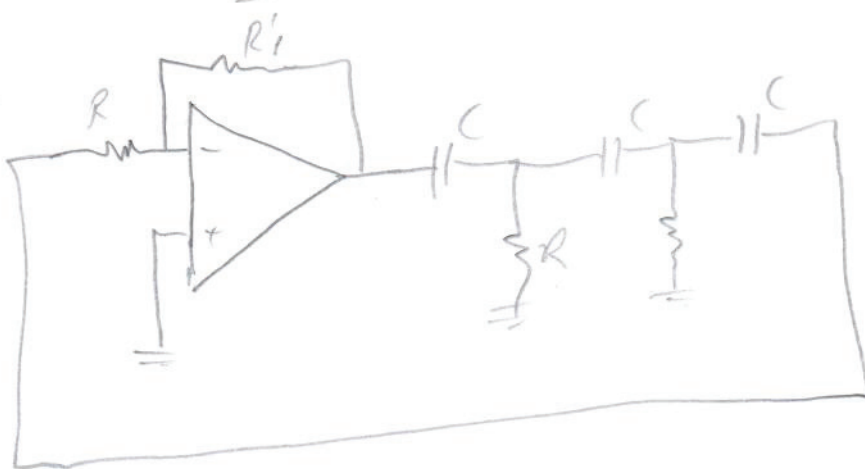
c)



$$A_v = \frac{R'_1}{R_1} + 1 = 3 + 5\%(3) \quad \left\{ \begin{array}{l} R'_1 = 1050 \Omega \\ R_1 = 1K \end{array} \right.$$

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi RC} = 50KHz \quad \left\{ \begin{array}{l} C = 1nF \\ R = 3183 \Omega \end{array} \right.$$

e)



pl. osc. 120

$$A_v = -\frac{R'_1}{R_1} \geq 29 \quad (+5\%)$$

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} = 50KHz$$

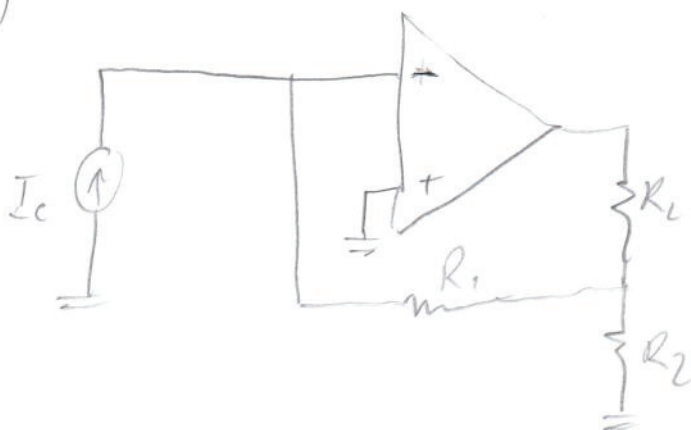
$$C = 1nF$$

$$R = 1299,5 \Omega$$

$$\therefore R'_1 = (1299,5 \pm 5\% 1299,5) \times 29 = 39569 \Omega$$

$$\therefore R'_1 = 39,57K\Omega \Rightarrow \boxed{A_v = -\frac{39,569K}{1,2995K} - 30,4}$$

f)



$$A_v = \frac{R_1}{R_2} + 1 = 10 \quad \left\{ \begin{array}{l} R_2 = 9K\Omega \\ R_1 = 1K\Omega \end{array} \right.$$

$$R_2 = 1K\Omega$$