



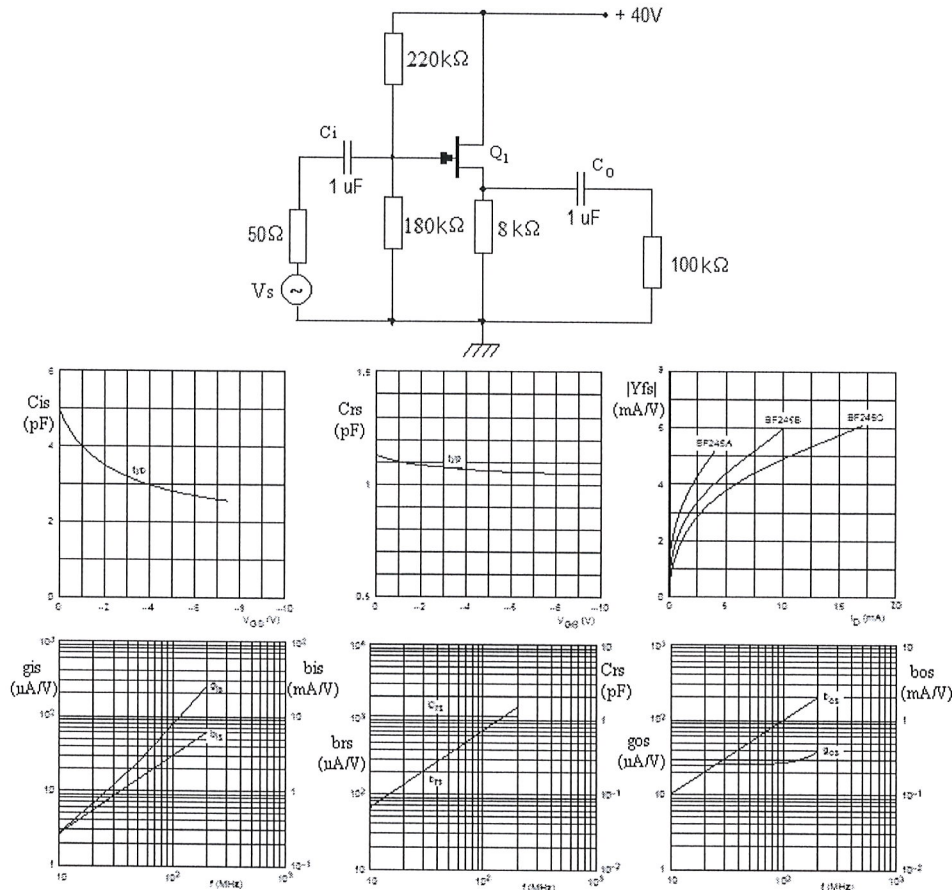
UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - MEC
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR
Departamento Acadêmico de eletrônica – Engenharia Industrial elétrica
Amplificadores – EL66E

Nome: GABARITO
Avaliação I

Código _____
Data: 21/05/2019

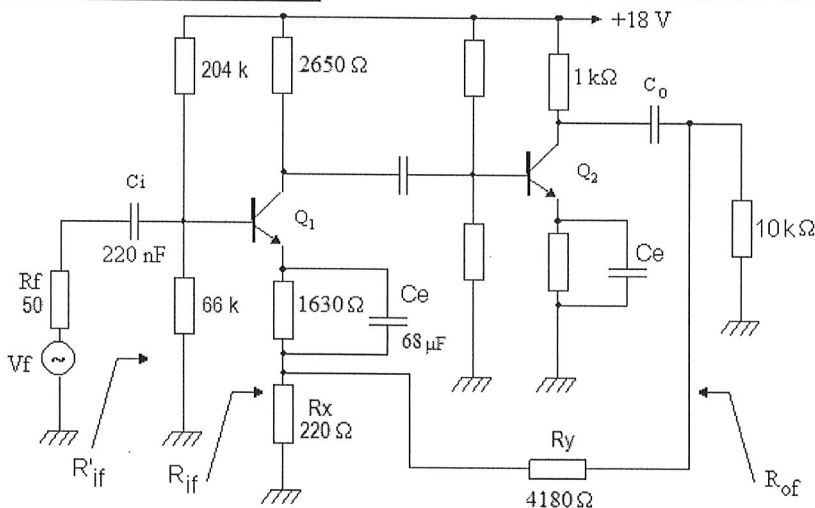
1ª Questão (3,0 Pontos): Considere o circuito e as curvas do elemento ativo BF245C abaixo:



Dados: JFET = BF245C, $V_{GS} = -2,0$ V;

- Determine a função de transferência global;
- Determine as frequências de corte inferior e superior em rad/s e em Hz (Justifique).

2ª Questão (3,5 Pontos): Considere o circuito realimentado abaixo e determine A_f , R_{if} , R'_{if} e R_{of} .



Dados:

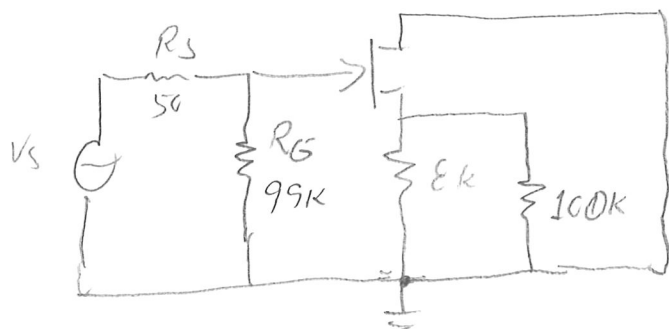
Q1: $h_{fe} = 600$;
 $h_{ie} = 8$ kΩ;
 $h_{re} = h_{oe} = 0$;

Q2: $A_{v2} = -180$;
 $A'_{v2} = -200$ (Sem R_L);
 $Z_{ent2} = 12$ kΩ;
 $h_{re} = h_{oe} = 0$;

3ª Questão (0,5 Pontos): Projete os seguintes circuitos utilizando amplificadores operacionais:

- Amplificador não inversor de tensão com ganho $A_v = +10$ V/V;
- Amplificador inversor de tensão com ganho $A_v = -10$ V/V.

1) Amplificador Drain Common



$$I_D = \frac{V_{DD} \cdot R_2 - V_{GS}}{R_1 + R_2} \cdot R_S$$

$$I_D = \frac{50 \cdot 180K - (-2)}{400K + 8K} = 2,5mA$$

BF245C

- $g_m = |Y_{gs}| = 2,8mS$
- $C_{gs} = 3,5pF$
- $C_{rs} = 1,08pF$
- $S_{os} = 23\mu S$ ($p/f = 10MHz, 2rbi, 3rdu$)

$$r_d = \frac{1}{g_{os}} = 43,478,3 \Omega$$

$$Z_{ent} = R_G = 99K \Omega$$

$$r_L = R_S // R_L = 7407,4 \Omega$$

$$A_v = \frac{g_m \cdot (r_d // r_L)}{1 + g_m (r_d // r_L)} = \frac{2,8 \times 10^{-3} \times 6329,1}{1 + 2,8 \times 10^{-3} \times 6329,1} = 0,95$$

$$A_{vso} = \frac{A_v \cdot Z_{ent}}{Z_{ent} + R_{ss}} = 0,95$$

$$Z_{s2i'd2} = \frac{r_d // R_S}{1 + g_m (r_d // R_S)} = \frac{6756,76}{1 + 2,8 \times 10^{-3} \times 6756,76} = 339,2 \Omega$$

2) Função de Transferência Global

$$A_{vs}(s) = \frac{A_{vso} \cdot s^2}{(s + p_1)(s + p_0) \left(1 + \frac{s}{p}\right)}$$

$$p_1 = \frac{1}{R_{eq1} \cdot C_c} = 10,1 rad/s$$

$$R_{eq1} = R_{ss} + Z_{ent} = 99050 \Omega$$

$$p_0 = \frac{1}{R_{eq0} C_0} = 9,97 \text{ rad/s}$$

$$R_{eq0} = R_L + 2s_{r1}d_2 = 100\,339,2 \Omega$$

$$\rho \approx \frac{1 + g_m \cdot r_L}{(1 + g_m \cdot r_L) \cdot R_{ss} \cdot (C_{gd} + (r_L + R_{ss}) C_{gs})}$$

$$C_{gd} = C_{rs} = 1,08 \text{ pF}$$

$$(C_{gd} + C_{gs} = C_{is}) \Rightarrow C_{gs} = C_{is} - C_{gd} = 3,5 \text{ pF} - 1,08 \text{ pF} = 2,42 \text{ pF}$$

$$\rho \approx \frac{1 + 2,8 \times 10^{-3} \times 7407,4}{(1 + 2,8 \times 10^{-3} \times 7407,4) \cdot 50 \times 1,08 \times 10^{-12} + (7407,4 + 50) \cdot 2,42 \times 10^{-12}}$$

$$= \frac{21,741}{1,81 \times 10^{-8}} = 1,2 \times 10^9 \text{ rad/s}$$

$$\rho = \frac{21,741}{1,81 \times 10^{-8}} = 1,2 \times 10^9 \text{ rad/s}$$

$$\therefore A_{VS}(s) = \frac{0,95 s^2}{(s + 10,1) (s + 9,97) \left(1 + \frac{s}{1,2G}\right)}$$

$$b) \omega_1 = 10,1 + 9,97 = 20,07 \text{ rad/s} \Rightarrow f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} = 3,19 \text{ Hz}$$

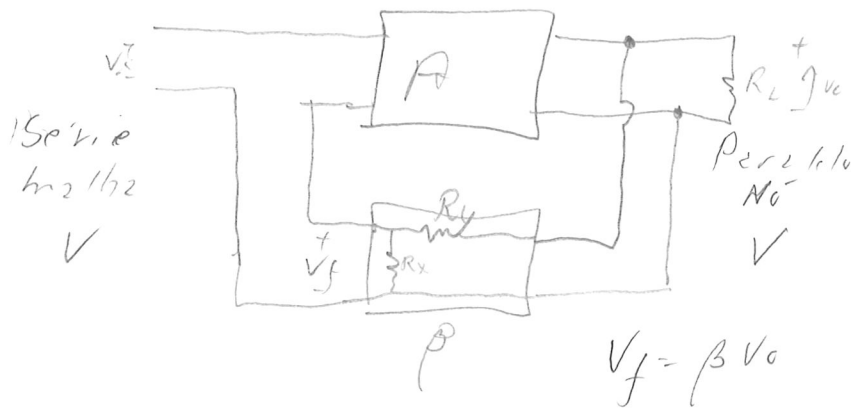
método do somatório pois não há um polo destacado dos demais ou pelo menos um de cada

$$\omega_2 = 1,2 \times 10^9 \text{ rad/s} \Rightarrow f_2 = 190,99 \text{ MHz}$$

Método do Polo Dominante

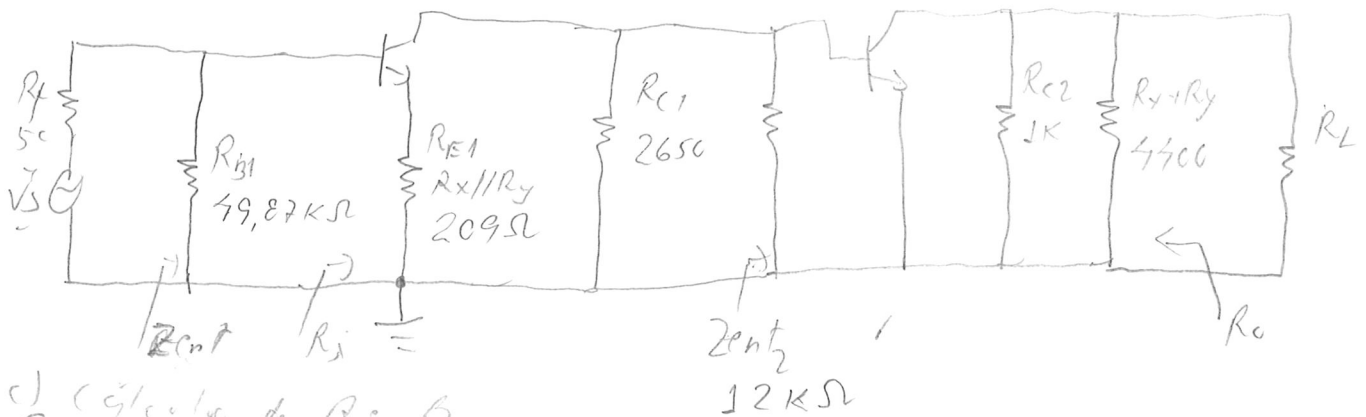
③ 2) Configurados

3



Série de Tensão
Tensão - Série
Amplificador de Tensão

b) Circuito em malha aberta



c) Cálculo de A_v e β
Como o amplificador é de tensão, temos que calcular A_{vS}

$$A_{vST} = A_{vS1} \cdot A_{v2}$$

$$A_{vS1} = \frac{A_{v1} \cdot Z_{ent}}{Z_{ent} + R_s} = \frac{-9,75 \times 36313,46}{36313,46 + 50} = -9,74$$

$$A_{v1} = \frac{-h_{fe} \cdot r_{L1}}{h_{ie} + (1+h_{fe}) R_{E1}} = \frac{-600 \times 2170,65}{8000 + (1+600) 209} = -9,75$$

$$r_{L1} = R_{C1} \parallel Z_{ent2} = 2650 \parallel 12K = 2170,65 \Omega$$

$$Z_{ent} = R_{B1} \parallel R_i = 49,87K \parallel 133609 = 36313,46$$

$$R_i = h_{ie} + (1+h_{fe}) R_{E1} = 133609 \Omega$$

$$A_{vST} = -9,74 \times 180 = -1752,59$$

$$A_{vST} = A_v$$

sem R_L

$$A_v = -9,74 \times 200 = 1948$$

Temos que $V_f = \beta \cdot V_o = \frac{V_o}{R_x + R_y} \cdot R_x$

$$\therefore \left[\beta = \frac{R_x}{R_x + R_y} = \frac{220}{4180 + 220} = 50 \times 10^{-3} \right]$$

a) Cálculo de R_f , R_{xf} , R'_{xf} e R_{of}

$$\left[R_f = \frac{A_v}{1 + \beta A_v} = \frac{A_v}{D} = \frac{1752,59}{88,63} = 19,77 \right]$$

$$\left[D = 1 + \beta A_v = 1 + 50 \times 10^{-3} \times 1752,59 = 88,63 \right]$$

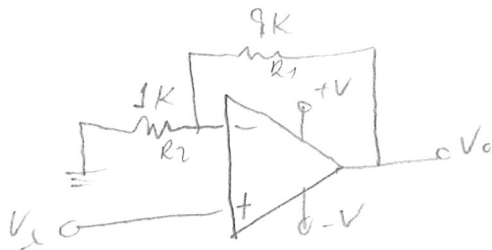
$$\left[R_{xf} = R_x \times D = 133609 \times 88,63 = 11,841 \text{ M}\Omega \right]$$

$$\left[R'_{xf} = R_{xf} \parallel R_{B1} = 11,841 \times 10^6 \parallel 49,87 \text{ k}\Omega = 49660,9 \Omega \right]$$

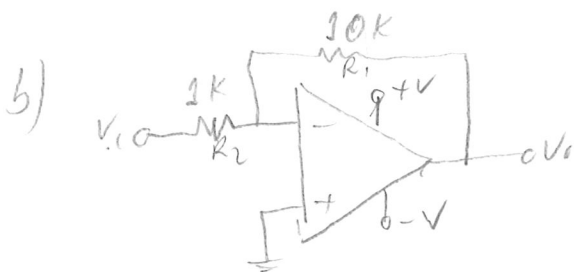
$$R_{of} = \frac{R_o}{1 + \beta A_v} = \frac{R_{c2} \parallel (R_x + R_y)}{1 + \beta A_v} = \frac{814,81}{1 + 50 \times 10^{-3} \times 1752,59} =$$

$$\left[R_{of} = 8,37 \Omega \right]$$

4) 2)



$$A_v = \frac{R_1}{R_2} + 1$$

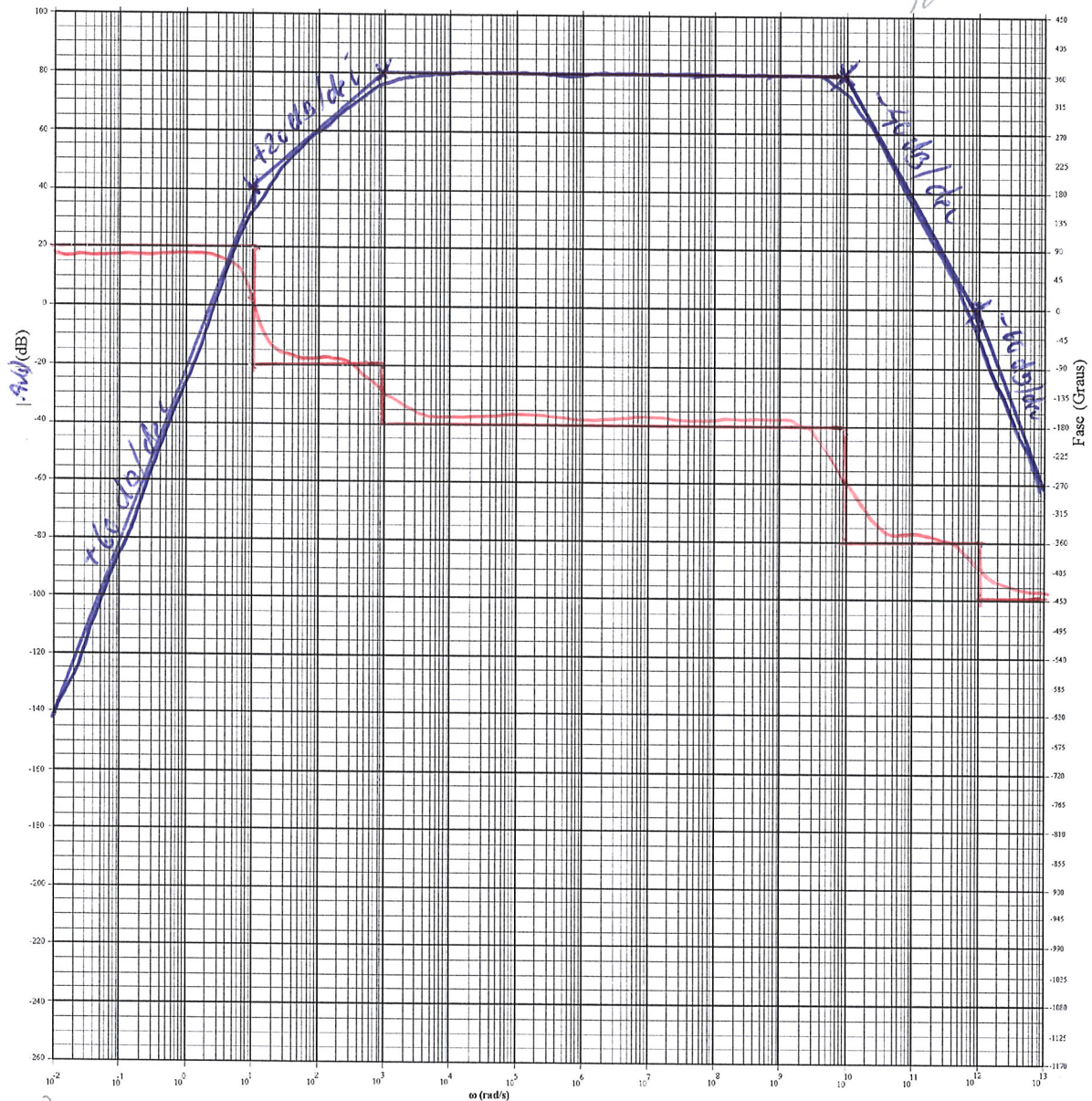


$$A_v = -\frac{R_1}{R_2}$$

4ª Questão (3,0 Pontos): Considere um circuito amplificador com a seguinte função de transferência para o Ganho em Malha Aberta.

$$A_{vs}(s) = \frac{-10^4 s^3}{(s + 10^1)(s + 10^1)(s + 10^3) \left(1 + \frac{s}{10^{10}}\right) \left(1 + \frac{s}{10^{10}}\right) \left(1 + \frac{s}{10^{12}}\right)^2}$$

Monte o diagrama de Bode completo (Assíntotas e Curva Real), determine as frequências de corte inferior e superior (justifique) e indique os valores aproximados de ganho e fase de $A_{vs}(s)$ nas frequências indicadas.



$\omega_1 = 10^3 \text{ rad/s}$ Justificativa: Polo Dominante; 0 polo em 10^3 - polo menos uma década superior aos demais polos de baixa frequência.
 $\omega_2 = 10^{10} / 10^{10} = 0.5 \times 10^{10}$ Justificativa: Média do Somatório. No 2º há um polo deslocado dos demais (inferior) em polo menos uma década.

$\omega \text{ (rad/s)}$	$ A_v(s) \text{ (dB)}$	Fase (Graus)
10^1	34 dB (2 polos)	0°
10^3	77 dB (1 polo)	-135°
10^6	$\approx 80 \text{ dB}$	$\approx -179^\circ$
10^{10}	74 dB (2 polos)	-270°