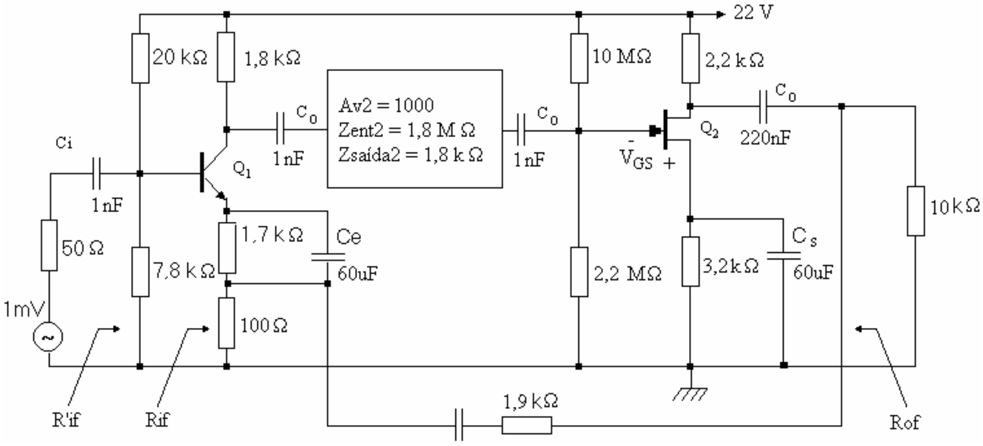
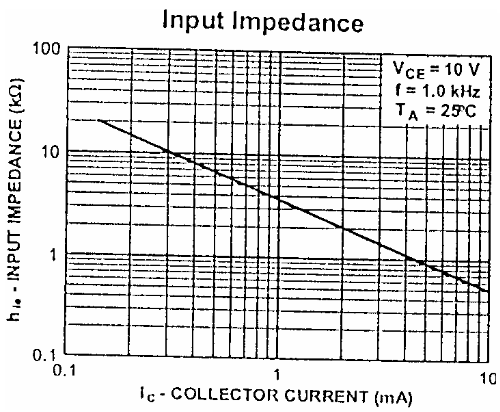
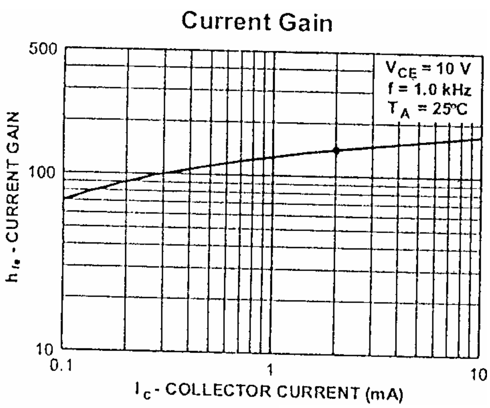
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - MEC
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR
Departamento Acadêmico de eletrônica – Engenharia Industrial elétrica
Eletrônica B – F5D300 **Prof. Joaquim Miguel Maia**

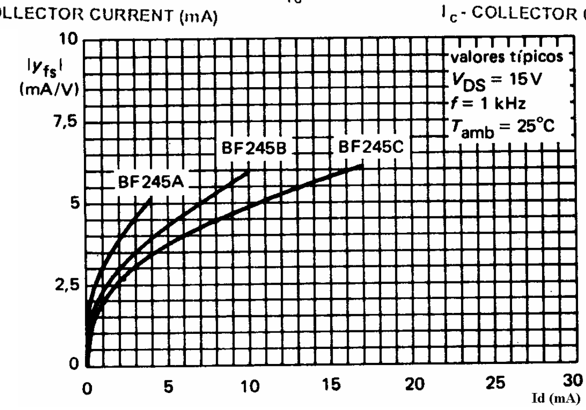
Nome:____Código______________
Avaliação I Data: 13/10/2008

1ª Questão (7 Pontos): Considere o circuito e as curvas fornecidas pelos fabricantes:









Determine:

a) O ganho do amplificador em malha fechada (1.5);

b) As Impedâncias de entrada e de saída em malha fechada (R'if, Rif e Rof) (1.5);

c) O Ganho de Corrente Total em malha aberta Ais (1.0);

d) A função de transferência global do último estágio em malha aberta. Considere que além das capacitâncias existentes no circuito, foi adicionada uma capacitância extra de 1 pF entre o terminal da porta e o da fonte (2,5);

e) As freqüências de corte inferior e superior do último estágio em malha aberta. Justifique (0,5).

Dados:

Q_1: $h_{oe} = h_{re} = 0$; $I_{C1} = 3$ mA;

Q_2 = BF245A, $I_D = 2$ mA $V_{GS} = -2{,}5$ V, $g_{os} = 25\mu S$; $f_T = 350$ MHz, $C_{gd} = 1{,}07pF$; $C_{gs} = 2{,}33pF$

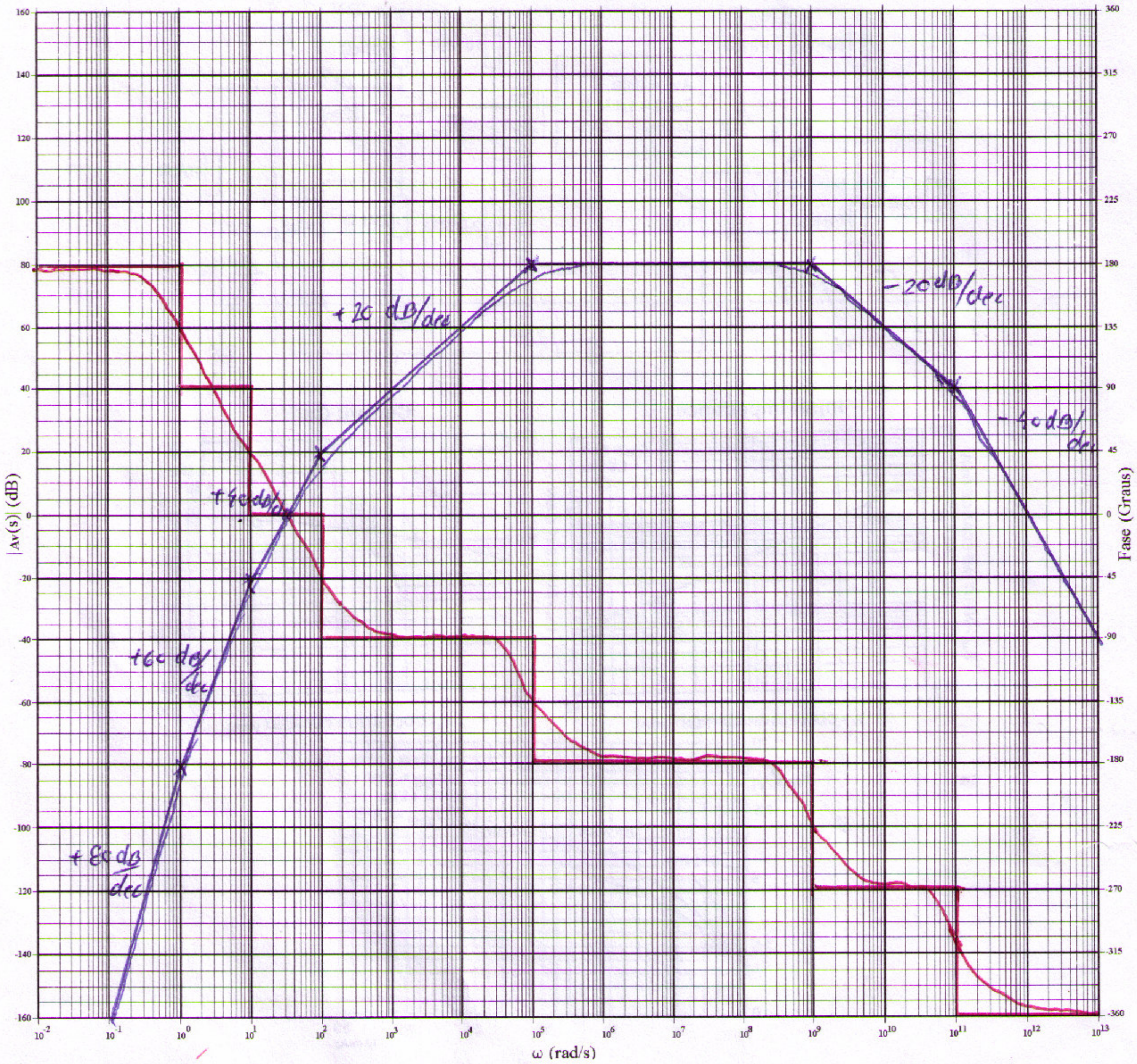
2ª Questão (3 Pontos): Dada a expressão da função de transferência (em rad/s) para um determinado amplificador:

$$A_v(s) = \frac{-10000s^4}{(s+10^0)(s+10^1)(s+10^2)(s+10^5)\left(1+\frac{s}{10^9}\right)\left(1+\frac{s}{10^{11}}\right)};$$

$|Av(s)| = 20 \log |-10^4| = 80dB$

Fase Inicial: $\left\{ \begin{array}{l} 4 \text{ zeros}: 360° \\ (-) = -180 \end{array} \right.$; $\overline{180°}$

Monte os diagramas de Bode para Ganho e Fase (Assíntotas e Curva Real). Determine as freqüências de corte inferior e superior (justifique) e indique os valores aproximados de ganho e fase de Av(s) nas freqüências $\omega = 10^{0}$ rad/s; $\omega = 10^7$ rad/s e $\omega = 10^{12}$ rad/s.



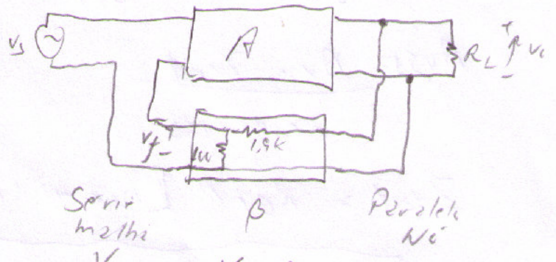
ω1 = 10^5 Justificativa: Pólo Dominante: O pólo em 10^5 está pelo menos uma década acima dos demais pólos de baixas

ω2 = 10^9 Justificativa: Pólo Dominante: O pólo em 10^9 está pelo menos uma década abaixo dos demais pólos de altas

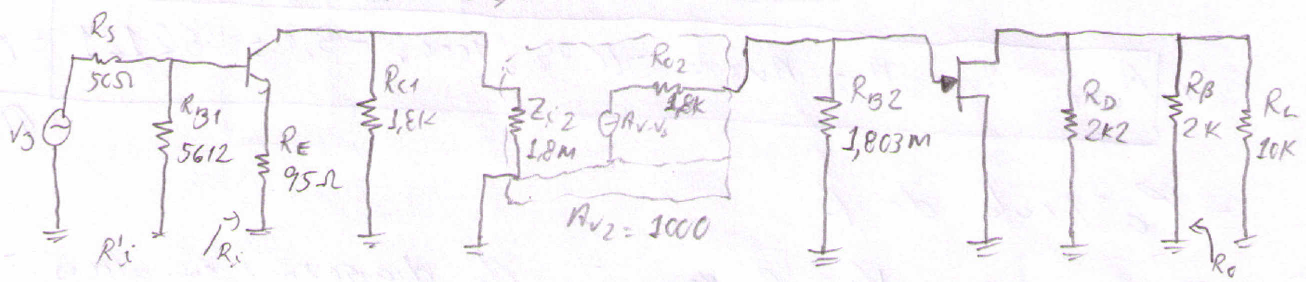
	|Av(s)| (dB)	Fase (Graus)
$\omega = 10^{0}$ rad/s	≈ −83 dB (Pólo)	135°
$\omega = 10^7$ rad/s	≈ +80 dB	≈ −180°
$\omega = 10^{12}$ rad/s	≈ 0 dB	≈ −355°

1 Identificação do sistema

Amplificador Série de Tensão ou amplificador de Tensão



* Circuito em malha aberta preservando as cargas do elo de realimentação



$R_{B1} = 20K // 7,8K = 5,612\ K\Omega$

$R_E = 100 // 1,9k \doteq 95\ \Omega$

$R_{B2} = 10M // 2,2M = 1,803\ M\Omega$

$R_\beta = 100 + 1,9k = 2K\ \Omega$

* Cálculo de A e β

Como o amplificador é de tensão, temos que calcular A_{vs}

$A_{vs} = A_{vs1} \cdot A_{v2} \cdot A_{v3}$

$\boxed{A_{v2} = 1000}$ dado

$$A_{v1} = \frac{-h_{fe} \cdot r_{L1}}{h_{ie} + (1+h_{fe}) R_E}$$

$r_{L1} = R_{C1} // Z_{i2} = 1,8K // 1,8M = 1798\ \Omega$

P/ determinar h_{fe} e h_{ie} é necessário determinar I_C

$$I_C = \frac{\frac{22V}{20k + 7,8K} 7,8K - \overset{0,7}{V_{BE}}}{1700 + 100} = 3mA$$

P/ $I_C = 3mA$, pelas curvas: $h_{fe} \cong 130$, $h_{ie} \cong 1300\ \Omega$

$A_{v3} = -g_m \cdot r_d // r_{L3}$

$$r_d = \frac{1}{g_{os}} = \frac{1}{25\ \mu S} = 40K\Omega$$

$r_{L3} = R_D // R_\beta // R_L = 948\ \Omega$

P/ determinar g_m, temos que saber o valor de I_D

$$I_D = \frac{\frac{22}{10M + 2,2M} \cdot 2,2M - V_{GS}}{R_S} = \frac{3,97 - (-2,5)}{3200} = 2mA$$

P/ $I_D = 2mA$, DF245A, $\boxed{g_m \cong 4mS}$

$$\therefore \boxed{A_{v3} = -4 \times 10^{-3} \cdot \underbrace{40K // 948}_{926\Omega} = -3,7}$$

Sem R_L

$A_{v3}' = -4,08$

$\therefore A_{v1} = \dfrac{-130 \cdot 1798}{1300 + (1+130)\,95} = -17$

$A_{vs1} = \dfrac{A_v \cdot Z_{ent}}{Z_{ent} + R_S}$

$Z_{ent} = R_{B1} \parallel [h_{ie} + (1+h_{fe})R_E] = 5612 \parallel 13745 = 3985\,\Omega$

$\therefore \boxed{A_{vs1} = \dfrac{-17 \cdot 3985}{3985 + 50} = -16{,}79}$

$\therefore \boxed{A_{vsT} = A_{vs1} \cdot A_{v2} \cdot A_{v3} = -16{,}79 \cdot 1000 \cdot -3{,}7 = 62121} = A_v$

– Cálculo de β

Temos que $V_f = \beta \cdot V_o$ $\therefore$ do diagrama em blocos pode-se ver que $V_f = \dfrac{V_o}{100 + 1900} \cdot 100 \Rightarrow$

$\boxed{\beta = \dfrac{100}{100 + 1900} = 5 \times 10^{-2}}$

– Dessensibilidade D

$D = 1 + \beta A_v = 3107$

a) $\boxed{A_{vf} = \dfrac{A_v}{1 + \beta A_v} = \dfrac{A_v}{D} = \dfrac{62121}{3107} = 19{,}99}$

b) $R_{if} = R_i \cdot D$ onde $R_i = (h_{ie} + (1+h_{fe})R_E) = 13745\,\Omega$

$\therefore \boxed{R_{if} = 13745 \cdot 3107 = 4{,}27 \times 10^{7}\,\Omega}$

$\boxed{R'_{if} = R_{B1} \parallel R_{if} = 5612 \parallel 4{,}27 \times 10^{7} \cong 5612\,\Omega}$

P/ determinar R_{of}, é necessário determinar A_v sem a carga R_L

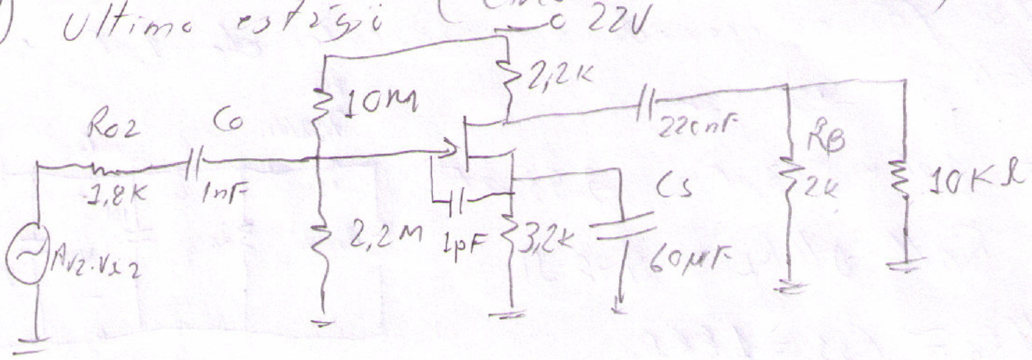
$A_v = A_{vs1} \cdot A_{v2} \cdot A'_{v3} = -16{,}79 \times 1000 \times -4{,}08 = 68562$

$\boxed{R_{of} = \dfrac{R_o}{1 + \beta A_v} = \dfrac{R_B \parallel R_D \parallel r_d}{1 + \beta A_v} = \dfrac{1020{,}9}{1 + 5 \times 10^{-2} \times 68562} = 2{,}98 \times 10^{-1}\,\Omega}$

c) $A_{is} = \frac{i_o}{i_s} = \frac{V_o/R_{L3}}{V_s/R_s} = \frac{A_{vs} \cdot R_S}{R_{L3}} = \frac{62121 \cdot 50}{948}$

$\therefore \boxed{A_{is\,total} = 3276{,}4}$

d) Último estágio (Circuito Fonte Comum)



Função de Transferência Global é da forma

$$A_{vs}(s) = \frac{A_{vso} \cdot s^3}{(s+P_I)(s+P_S)(s+P_C)\left(1+\frac{s}{P}\right)}$$

$$A_{vs} = \frac{A_v \cdot Z_{ent}}{Z_{ent}+R_{SS}} = \frac{-3{,}7 \times 1{,}8M}{1{,}8M + 1{,}8K} \boxed{\cong -3{,}7}$$

$Z_{ent} \cong R_G = 10M // 2{,}2M = 1{,}8M$

$R_{SS} = Z_{saída}$ do 2º Estágio $= 1{,}8K$

$A_V = A_{V3} = -3{,}7$

$\boxed{P_I = \frac{1}{Req_I \cdot C_I} = 554 \text{ rad/s}}$ $\begin{cases} Req_I = Z_{out2} + R_G = 1{,}8048 \times 10^6 \\ C_I = 1nF \end{cases}$

$\boxed{P_O = \frac{1}{Req_O \cdot C_O} = 1211}$ $\begin{cases} Req_O = Z_{out3} + r_L = 3752\,\Omega \\ Z_{out3} = r_d // R_D = 40K // 2K2 = 2085\,\Omega \\ r_L = R_D // R_L = 2K // 10K = 1666{,}7\,\Omega \\ C_O = 220nF \end{cases}$

$\boxed{P_S = \frac{1}{Req_S \cdot C_S} = 72}$ $\begin{cases} Req_S = \frac{R_S}{1+g_m R_S} = \frac{3{,}2K}{1+4\times10^{-3} \times 3{,}2K} = 232 \\ C_S = 60\mu F \end{cases}$

Nas altas, temos

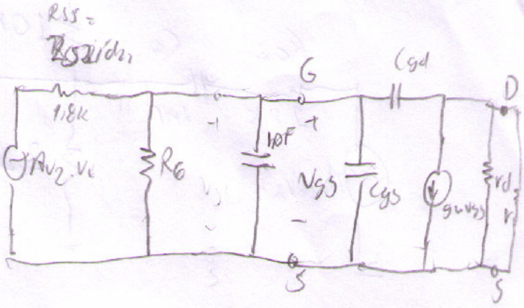
$$p \cong \frac{1}{(R_{SS}//R_G)C_{gs} + [(R_{SS}//R_G)(1+g_m r_L') + r_L']C_{gd}} \qquad (1)$$

Temos que $C_{gd} = 1,07pF$ e $C_{gs} = 2,33pF$, no entanto foi adicionado um capacitor de 1pF em paralelo a C_{gs} ∴

$C'_{gs} = 1pF + 2,33pF = 3,33pF$

$r_L' = R_\beta // R_D // R_L = 948\,\Omega$

$R_{SS}//R_G \cong R_{SS} = 1,8K\Omega$



$$\therefore p = \frac{1}{1,8K \cdot 3,33pF + [\underbrace{1,8K(1+4\times10^{-3}\cdot 948) + 948}_{9574}]\,1,07pF}$$

$$\therefore \boxed{p = 6,16\times10^{7}\ rad/s}$$

Outra forma: Determinar o pólo devido às capacitâncias intrínsecas (Eq. 1) e outro pólo devido à capacitância adicionada $P_{ad} = \frac{1}{R_{eq}\cdot C} = \frac{1}{R_{SS}//R_G \cdot C} \cong \frac{1}{1,8K \cdot 1pF} = 555,6\ Mrad/s$

∴ A função de transferência global fica:

d)

$$\boxed{A_{vs}(s) = \frac{-3,7\cdot s^3}{(s+554)(s+72)(s+1211)\left(1+\frac{s}{61,6M}\right)}}$$

e) $\boxed{\omega_1 = 72+554+1211 = 1837\ rad/s}$ método do somatório

$\boxed{f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} = 292,5\ Hz}$

$\boxed{\omega_2 = 61,6\ Mrad/s}$ Pólo Dominante

$\boxed{f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi} = 9,8\ MHz}$