

Nome:	R.A.:
-------	-------

Prova (P3)

EE530 Eletrônica Básica, Turma A
20 de Dezembro de 2004

Atenção: Preencha primeiramente com seu nome e R.A.. Deixe um documento de identidade sobre a mesa.

Boa prova!

1) A) Compare numericamente a transcondutância de um transistor bipolar NPN com a transcondutância de um MOSFET canal N. (1 ponto)

B) Em um circuito amplificador em que o ganho de tensão deve ser maximizado, qual dos dois dispositivos você escolheria? Justifique. (0,5 ponto)

Considere para o bipolar:

$I_C = 1 \text{ mA}$, $A_E = 100 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$,
Dopagens: Emissor $N_{AE} = 10^{20} \text{ cm}^{-3}$,
Base $N_{DB} = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ e
Coletor $N_{AC} = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$.

Considere para o MOS:

$I_D = 1 \text{ mA}$, $W = 100 \mu\text{m}$, $L = 10 \mu\text{m}$,
 $k'_n = \mu_n C_{ox} = 20 \mu\text{A/V}^2$ e
 $V_t = 1 \text{ V}$

$$V_T = \frac{kT}{q};$$

em temperatura ambiente $V_T = 25 \text{ mV}$

$$q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$k = 1,3807 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$v_{BE} = V_{BE} + v_{be} \quad \text{e} \quad i_C = I_C + i_c$$

$$i_C = I_S \exp\left(\frac{v_{BE}}{V_T}\right)$$

$$v_{GS} = V_{GS} + v_{gs} \quad \text{e} \quad i_D = I_D + i_d$$

$$i_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t)^2$$

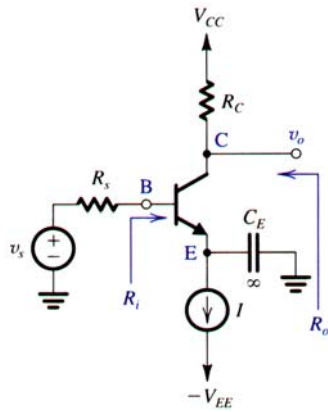
$$\text{Série de Taylor da função exponencial: } \exp^x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!}$$

C) Calcule a transcondutância para os transistores PNP e MOSFET canal P (complementares aos descritos acima). (1 ponto)

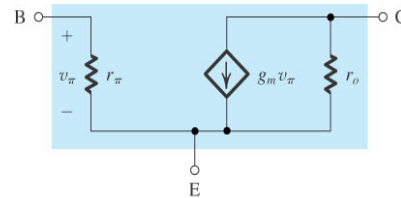
OBS: Use na medida do possível os valores indicados acima.

$$\mu_n \cong 2,5 \times \mu_p$$

2) A) Para o amplificador mostrado abaixo, se $I = 1 \text{ mA}$, $R_C = 5 \text{ k}\Omega$, $\beta = 100$, $V_A = 100 \text{ V}$ e $R_s = 5 \text{ k}\Omega$, determine R_i , $A_v = \frac{v_o}{v_s}$, $A_i = \frac{i_o}{i_b}$ e R_o . Se a saída do amplificador for conectada a uma carga de $5 \text{ k}\Omega$, determine o novo valor de A_v . (1,5 ponto)



Modelo para pequenos sinais

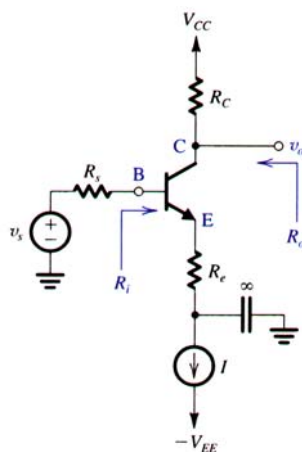


$$g_m = \frac{I_C}{V_T} \quad r_e = \frac{V_T}{I_E} = \alpha \left(\frac{V_T}{I_C} \right)$$

$$r_\pi = \frac{V_T}{I_B} = \beta \left(\frac{V_T}{I_C} \right) \quad r_o = \frac{V_A}{I_C}$$

B) Se o circuito acima for modificado conforme a figura a seguir: (1 ponto)

Qual a consequência “qualitativa” para:



R_i

A_v

A_i

R_o

3) A) O circuito “guia de corrente”, mostrado na Figura 2, é fabricado em uma tecnologia CMOS na qual $k'_n = 90 \mu\text{A}/\text{V}^2$, $k'_p = 30 \mu\text{A}/\text{V}^2$, $|V_{tn}| = 0.8 \text{ V}$ e $|V_{tp}| = 0.9 \text{ V}$. Se todos os transistores têm $L = 2 \mu\text{m}$, projete o circuito (calculando R e W_2 até W_5) para que $I_{REF} = 20 \mu\text{A}$, $I_2 = 100 \mu\text{A}$ e $I_5 = 40 \mu\text{A}$. Considere: $W_1 = 2 \mu\text{m}$ e $V_A = 1/\lambda = \infty$. (2 pontos)

B) Calcule a impedância de saída Z_{out} , considerando agora $V_A = 100 \text{ V}$. (0,5 ponto)

Equações para o transistor MOSFET:

Região Linear

$$i_D = \mu C_{ox} \frac{W}{L} \left[(v_{GS} - V_t) v_{DS} + \frac{1}{2} v_{DS}^2 \right]$$

Região de Saturação

$$i_D = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (v_{GS} - V_t)^2$$

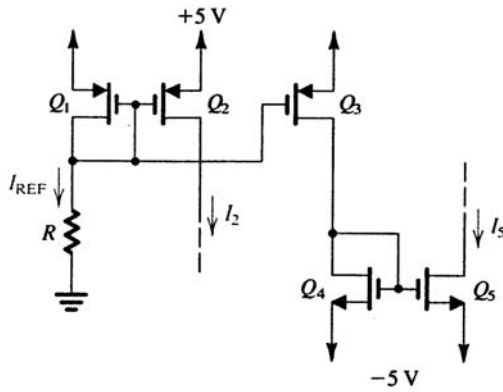
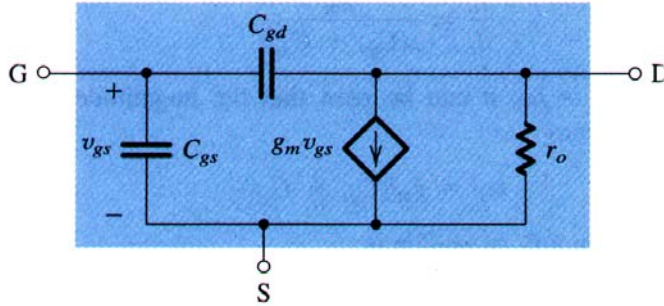


Figura 2

4) A) Qual o significado da frequência de ganho unitário do MOSFET? (1 ponto)

B) Ache a frequência de ganho unitário para um MOSFET operando com $I_D = 100 \mu A$ e tendo $k'_n = \mu_n C_{ox} = 20 \mu A/V^2$, $W = 30 \mu m$, $L = 10 \mu m$, $C_{gs} = 0.08 pF$ e $C_{gd} = 0.01 pF$, $2\phi_f = 0.6 V$, $C_{sb0} = 1 fF$, $C_{db0} = 1 fF$, $V_0 = 0.75 V$ e $|V_A| = 100 V$. (1,5 ponto)

Modelo para pequenos sinais e altas frequências do MOSFET:



$$g_m = \sqrt{2k'(W/L)}\sqrt{I_D} \quad r_o = \frac{|V_A|}{I_D}$$

$$g_m = k'(W/L)(v_{GS} - V_t)$$

$$g_m = \frac{2I_D}{V_{GS} - V_t} \quad V_{GS} - V_t \equiv V_{eff}$$

$$g_{mb} = \chi g_m, \quad \chi = \gamma \left[2\sqrt{2\phi_f + |V_{SB}|} \right]$$

$$C_{gs} = \frac{2}{3} W L C_{ox} + W L_{ov} C_{ox} \quad C_{gd} = W L_{ov} C_{ox}$$

$$C_{sb} = \frac{C_{sb0}}{\sqrt{1 + \frac{|V_{SB}|}{V_0}}} \quad C_{db} = \frac{C_{db0}}{\sqrt{1 + \frac{|V_{DB}|}{V_0}}}$$

$$f_T = \frac{g_m}{2\pi(C_{gs} + C_{gd})}$$