Electrónica I - 2002-03
3º ano (LEEC - APEL)

1ª chamada
17 JAN 03

Resolução (compacta):

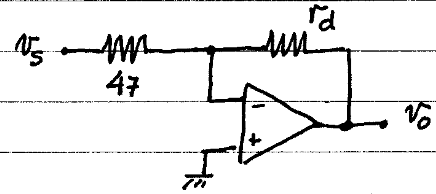
1a. Sendo o AmpOp ideal e realimentado negativamente $V^+ = V^- = 0$

Em c.c.

$$I_D = I_{2k2} = \frac{12}{2k2} = 5{,}45 \text{ mA}$$

Como $I_D \gg I_S \Rightarrow I_D \cong I_S\, e^{V_D/V_T} \Rightarrow V_D = V_T \ln \frac{I_D}{I_S} \cong 733 \text{ mV} = -V_O$

1b. Para sinais ($f = 1$ kHz):



$$r_d = \left[\frac{di_D}{dv_D}\right]^{-1}_{PFE} = \frac{V_T}{I_D} = 4{,}6\ \Omega$$

$$v_o = -\frac{4{,}6}{47} v_s \cong -1 .\ \text{sen}(2000\pi t) \text{ mV}$$

donde $v_O = -733 - 1 .\ \text{sen}(2000\pi t)$ mV - Tensão total

1c.

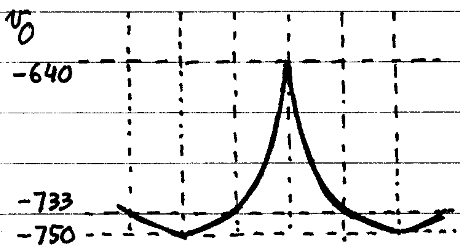
Para sinais, se o díodo se mantiver em condução e, portanto, o AmpOp se mantiver realimentado negativamente, $v^- \equiv 0$, toda a corrente fornecida por v_s, uma onda triangular de amplitude $250\text{m}/47 = 5{,}32$ mA, fluirá no díodo. A corrente deste variará pois entre 0,14 e 10,8 mA, o que comprova que se mantém em condução e que o regime é de grandes sinais.

Para $v_S = +250$ mV

$i_D = 10{,}8 \text{ mA} \Rightarrow v_O = -750 \text{ mV}$

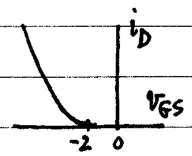
Para $v_S = -250$ mV

$i_D = 0{,}14 \text{ mA} \Rightarrow v_O = -641 \text{ mV}$



2a. $12 = 47k . I_D - V_{GS} \ \wedge\ I_D = 0{,}55\text{m}\,(V_{GS}+2)^2$

donde

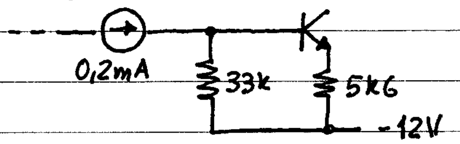


$$V_{GS} = -\cancel{1{,}36} \ \vee\ -2{,}60 \text{ V} \Rightarrow I_D = 0{,}2 \text{mA}$$

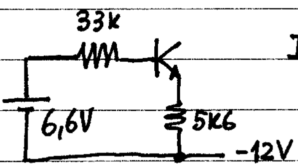
Desprezando I_B:

$$I_E = \frac{0{,}2\text{m} \times 33\text{k} - 0{,}7}{5\text{k}6} \cong 1{,}05 \text{ mA}$$

Não desprezando I_B:



$\Leftrightarrow$

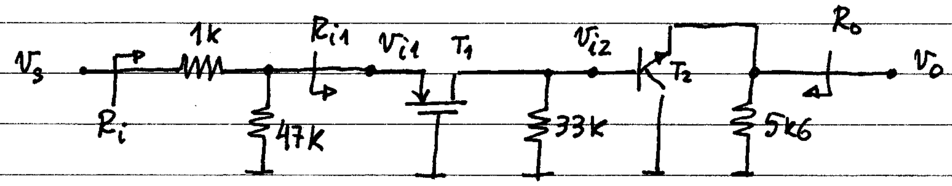


$$I_E = \frac{6{,}6 - 0{,}7}{\frac{33\text{k}}{101} + 5\text{k}6} \cong 1{,}0 \text{ mA}$$

logo: PMOS : $I_D = 0{,}2\,mA$; $V_G = 0$; $V_S = 2{,}6\,V$, $V_B = 12\,V$; $V_D = -5{,}73\,V$

BJT : $I_C \cong I_E = 1{,}0\,mA$; $I_B = 10\,\mu A$; $V_C = 12\,V$; $V_E = -6{,}43\,V$ e $V_B = -5{,}73\,V$

2b.



$A_2 = \dfrac{v_o}{v_{i2}} \cong 1$ pois T_2 é um C.C. e $r_e = 20\,\Omega \ll 5{,}6\,k\Omega$

$R_{i2} = (\beta+1)(r_e + 5k6) = 568\,k\Omega \gg 33\,k\Omega$ ou $33k // 568k = 31{,}2\,k\Omega$

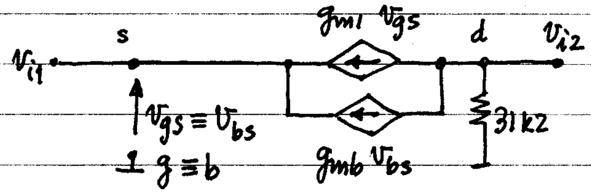
$A_1 = \dfrac{v_{i2}}{v_{i1}} = g_{m1} \times 31k2 = 15{,}6\ V/V$

$R_{i1} = 1/g_{m1} = 2\,k\Omega$ $\qquad \dfrac{v_{i1}}{v_s} = \dfrac{47k//2k}{1k + 47k//2k} = 0{,}66$

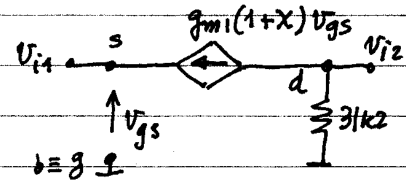
$A_v = \dfrac{v_{i1}}{v_s} . A_1 . A_2 = 10{,}3\ V/V$

2c. $R_i = 1k + 47k//2k = 2{,}92\ k\Omega$ $\qquad R_o = 5k6 // \left(\dfrac{33k}{101} + 20\right) = 327\,\Omega$

2e.



=>



2f. $A'_1 = g_{m1}(1+X)\,31k2 = 18{,}7\ V/V$

$R'_{i1} = 1/g_{m1}(1+X) = 1{,}67\ k\Omega$ $\qquad \dfrac{v'_{i1}}{v_s} = \dfrac{R'_{i1}}{1k + R'_{i1}} = 0{,}62$

$A'_v = 0{,}62 \times 18{,}7 = 11{,}5\ V/V$

2g. Admitindo, por simplicidade, os valores de c.c. obtidos na alínea a :

$$V_G = 0 \ \wedge \ V_D = -5{,}73\,V \Rightarrow V_{GD} = 5{,}73\,V$$

T_2 entra na região de Tríodo se $v_{GD} \leq -2V$ ou $v_D \geq 2V$, pois $v_G = 0$

Como o máximo de v_D é:

$-5{,}73 + \hat{V}_d$ a condição é $-5{,}73 + \hat{V}_d \geq 2 \Rightarrow \hat{V}_d \geq 7{,}73\,V$

Sendo $A_v = 11{,}5\,V$, T_2 entra na região de Tríodo se

$$\hat{V}_s \geq \frac{7{,}73}{11{,}5} = 0{,}67\,V$$