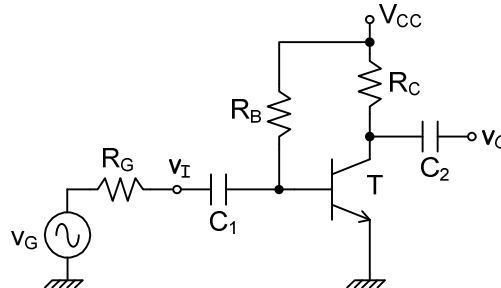


ELECTRÓNICA I

1º teste - 3/5/2007 - sem consulta - Duração 2h30m

1. Transístores de junção bipolar (2+4)

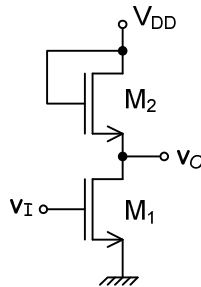
A figura 1, representa um andar de emissor comum. Os dados são $\beta = 100$, $V_{BE} = 0.7V$, $V_{CC} = 5V$, $R_C = 1k\Omega$, e $R_G = 1k\Omega$.



- Dimensione R_B de modo que, no PFR, $V_{CE} = 2.5V$. Explique a função dos condensadores C_1 e C_2 .
- Desenhe o esquema incremental do circuito. Calcule o ganho de tensão $G_v = v_o/v_g$, as resistências de entrada $R_i = v_i/i_i$, e saída $R_o = v_o/i_o$.

2. Transístores de efeito de campo (3+5)

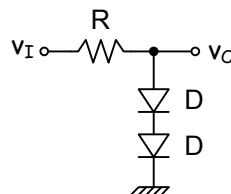
A figura 2 apresenta um circuito digital NMOS, onde $V_{DD} = 5V$, $K_1 = 8mA/V^2$, $K_2 = 2mA/V^2$, $V_{t1} = V_{t2} = 1V$.



- Desenhe um esboço da característica de transferência $v_o(v_i)$, indicando as diferentes zonas de funcionamento dos transístores. Calcule os pontos limites entre essas zonas.
- Calcule V_{OH} , V_{OL} e t_{pLH} (admita $C_L = 1pF$). Justificando a sua resposta, indique se os transístores têm efeito de corpo,.

3. Díodos (3+3)

Considere o circuito da figura 3, onde v_I tem um valor entre 0 e 5V. Admita que $R = 100\Omega$, e os díodos têm $V_{D0} = 0.65V$ e $r_d = 8\Omega$.



- Desenhe a característica de transferência $v_o(v_i)$, calculando os ponto notáveis.
- Admita que a entrada v_I tem um valor médio de 3V com um “ripple” de 100mV. Calcule o “ripple” na saída v_o . Sugestão: use os modelos incrementais.

①

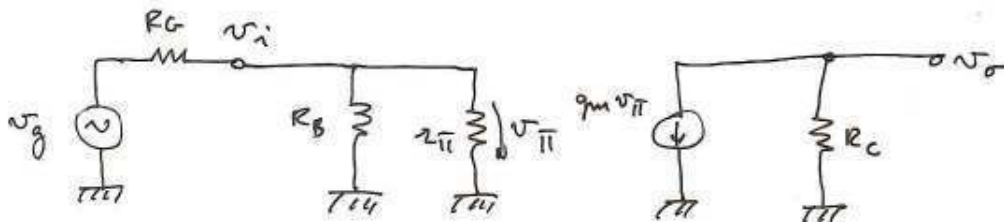
$$a) \quad V_{CE} = 2.5 \text{ V} \rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = 2.5 \text{ mA}$$

$$\text{COMO } V_{CE} > V_{BE} \Rightarrow \text{ZAD} \rightarrow I_B = I_C / \beta = 25 \mu\text{A}$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \boxed{172 \text{ k}\Omega}$$

- C_1 e $C_2 \rightarrow$ FUNÇÃO i) ISOLAR COMPONENTE DC DO PFR DO TRANSISTOR,
 ii) TEREM UM VALOR SUFICIENTEMENTE ALTO PARA SEREM CURTO-CIRCUITOS EM A.C. (NA BANDA DOS SINAIS)

b)



$$\left. \begin{aligned} v_o &= -g_m R_C v_{ii} \\ v_{ii} &= v_g \frac{R_B // r_{ii}}{R_G + R_B // r_{ii}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow G_v = \frac{v_o}{v_g} = - \frac{g_m R_C (r_{ii} // R_B)}{R_G + (r_{ii} // R_B)}$$

$$R_i = \frac{v_i}{i_i} = R_B // r_{ii}$$

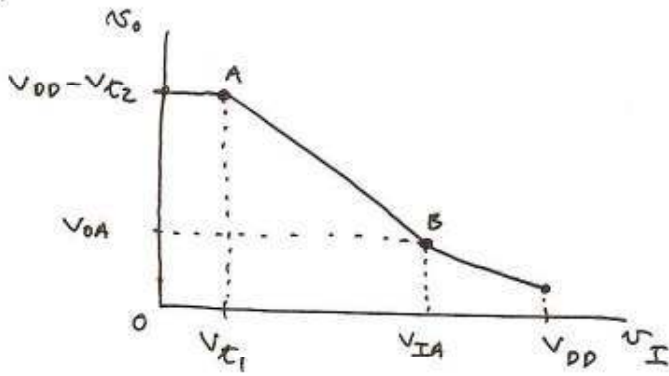
$$R_o = \frac{v_o}{i_o} = R_C$$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{2.5 \text{ mA}}{25 \text{ mV}} = 100 \text{ mS} \quad r_{ii} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{0.1} = 1 \text{ k}\Omega \leftarrow \ll R_B$$

$$G_v \approx - \frac{g_m R_C r_{ii}}{R_G + r_{ii}} = -50 \quad R_i \approx 1 \text{ k}\Omega \quad R_o \approx 1 \text{ k}\Omega$$

2)

a)



ZONAS:

$0 < v_i < V_{T1} \rightarrow M_1 \text{ CORTE, } M_2 \text{ CORTE}$

$V_{T1} < v_i < V_{IA} \rightarrow M_1 \text{ E } M_2 \text{ SATURADO}$

$v_i > V_{IA} \rightarrow M_1 \text{ TRIODO, } M_2 \text{ SATUR.}$

PONTO A $\rightarrow v_{C1} = \boxed{1V}, v_{DD} - v_{C2} = \boxed{4V}$

PONTO B

$$\left. \begin{aligned} i_{D1} &= i_{D2} \\ v_o &= v_i - v_{C1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \mu_1 (v_{GS1} - V_{T1})^2 = \mu_1 v_o^2 = \mu_2 (v_{DD} - v_o - v_{C2})^2$$

$$8v_o^2 = 2(4 - v_o)^2 \Rightarrow 2v_o^2 = 4 - v_o \Rightarrow v_{OA} = \frac{4}{3} = \boxed{1.33V}$$

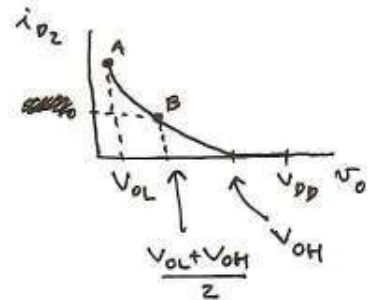
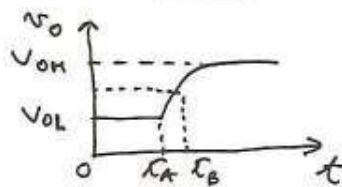
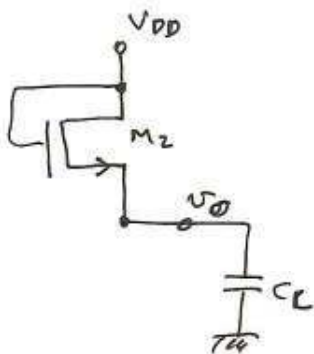
$$v_{IA} = v_{OA} + v_{C1} \Rightarrow \boxed{v_{IA} = 2.33V}$$

b) $v_{OH} = v_{DD} - v_{C2} = \boxed{4V}$

$v_i = v_{OH} \Rightarrow v_o = v_{OL} \rightarrow M_1 \text{ TRIODO E } M_2 \text{ SAT.}$

$$i_{D1} = i_{D2} \Rightarrow \mu_1 [2(v_{OH} - V_{T1})v_{OL} - v_{OL}^2] = \mu_2 (v_{DD} - v_{OL} - v_{C2})^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cancel{5v_{OL}^2 - 32v_{OL} + 16 = 0} \Rightarrow v_{OL} = \cancel{5.85V} \text{ OU } \boxed{v_{OL} = 0.55V}$$



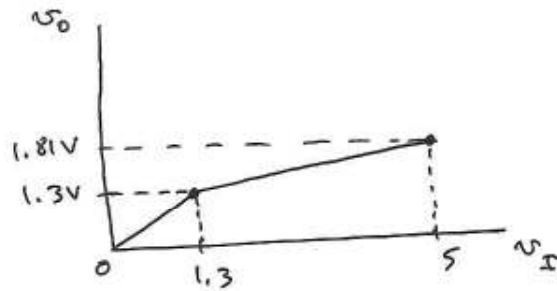
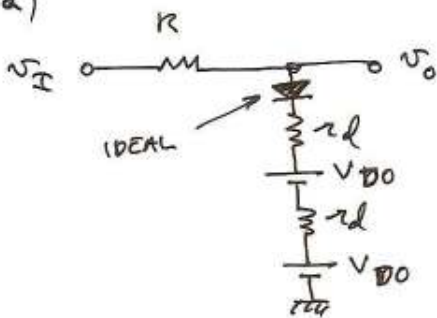
$$t_{PLH} = \frac{1}{2} \frac{C_L (v_{OH} - v_{OL})}{(i_{D2})_{av}}$$

$$\left. \begin{aligned} i_D(t_A) &= \mu_2 (v_{DD} - v_{OL} - v_{C2})^2 = 23.8 \mu A \\ i_D(t_B) &= \mu_2 (v_{DD} - \frac{v_{OL} + v_{OH}}{2} - v_{C2})^2 = 5.95 \mu A \end{aligned} \right\}$$

$$\boxed{t_{PLH} = 116 \mu s}$$

- ② CONT. O M_1 NÃO TEM EFEITO DE CORPO PORQUE TEM $V_{SB} = \phi$
 O M_2 TEM EFEITO DE CORPO PORQUE TEM $V_{SB} = V_0$.

③ a)



$$V_I \leq \underbrace{2V_{D0}}_{1.3V} \Rightarrow D \text{ OFF} \Rightarrow V_0 = V_I$$

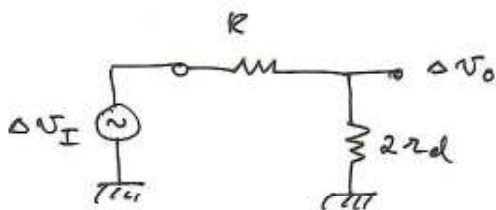
$V_I > 2V_{D0} \Rightarrow D \text{ ON} \rightarrow$ CONSIDERAR ESQUEMA CI DÍODO

$$V_0 = 2V_{D0} + \frac{V_I - 2V_{D0}}{R + 2r_d} \cdot (2r_d) \quad V_I = 5V \Rightarrow V_0 = 1.81V$$

b) Pode usar-se a expressão anterior:

$$\left. \begin{aligned} V_I = 3V - 50mV = 2.95V &\rightarrow V_0 = 1.5276V \\ V_I = 3V + 50mV = 3.05V &\rightarrow V_0 = 1.5414V \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta V_0 = 13.8mV$$

Pode usar-se os modelos incrementais:



$$\Delta V_0 = \Delta V_I \frac{2r_d}{R + 2r_d} = 100m \times \frac{16}{116} \Rightarrow$$

$$\Delta V_0 = 13.8mV$$

NOTA: PODE USAR-SE O MODELO INCREMENTAL PORQUE
 $1.3V < V_I < 5$ O CIRCUITO É LINEAR [ver $V_0(V_I)$].
 E ΔV_I ESTÁ DENTRO DO INTERVALO.