



Atenção:

O exame é sem consulta

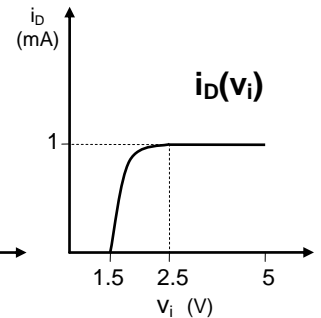
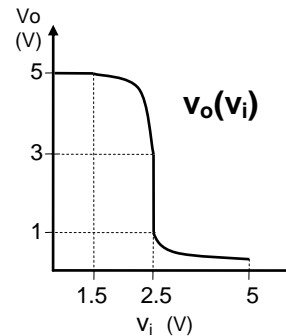
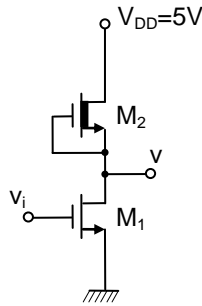
Justifique as respostas

Fazer os 3 grupos em folhas separadas

Problema 1

Considere: (i) o circuito digital da figura e os gráficos com as características $v_o(v_i)$ e $i_D(v_i)$ com $i_D=i_{D1}=i_{D2}$.

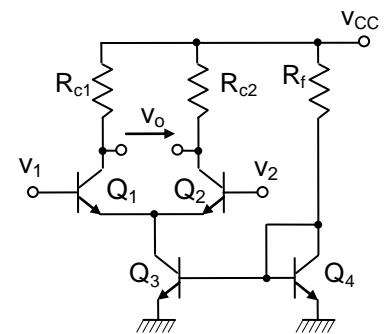
- 1 a) Indique justificando a que família lógica pertence o circuito.
- 3 b) Determine as características dos transístores M_1 e M_2 ($K_1, K_2, V_{t1}, V_{t2}, V_{A1}$ e V_{A2}).
- 2 c) Considerando o circuito a funcionar como amplificador de sinais fracos, determine o ganho assumindo que $V_{A1}=V_{A2}=50V$.
- 2 d) Indique quais as vantagens desta família lógica face às restantes que estudou.



Problema 2

Considere o amplificador diferencial da figura e a respectiva fonte de corrente ($V_{CC}=3V, R_{C1}=R_{C2}=1k, Q_{1,2,3,4}: \beta_f=100, V_{BEon}=0.7V, V_{CEsat}=0.2V$)

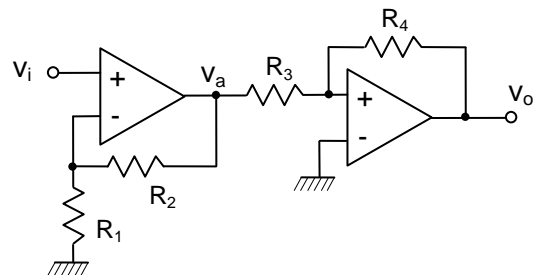
- 1.5 a) Dimensione R_f de modo a que a fonte de corrente do par diferencial tenha 1mA (nota: não despreze as correntes de base).
- 2.5 b) Determine o ganho diferencial do circuito ($A_d=v_o/v_d$, com $v_d=v_1-v_2$) e esboce a característica de transferência do circuito para $v_d \in [-0.2, +0.2]$ (V)
- 2 c) Determine os limites da tensão de modo comum $v_c=v_1=v_2$ para que o circuito funcione como amplificador.
- 1 d) Compare as vantagens e os inconvenientes dos amplificadores diferenciais baseados em transístores bipolares ou em transístores MOSFET.



Problema 3

Considere o circuito da figura em que os amplificadores operacionais são alimentados a +15V e -15V, têm ganho infinito e $SR=1V/\mu s$ e $R_1=1k, R_2=3k, R_3=1k, R_4=2k$.

- 2 a) Determine o ganho do circuito v_o/v_i e represente as características $v_a(v_i)$ e $v_o(v_i)$ quando v_i varia de -5V a +5V.
- 2 b) Aplicando a v_i uma onda quadrada variando de 0 a 1V e com uma frequência de 100kHz, represente graficamente $v_i(t)$ e $v_a(t)$.
- 1 c) Altere o circuito de modo a compensar o efeito das correntes de polarização



Formulário:

$$i_D = k(v_{GS} - V_T)^2 ; \quad i_D = k[2(v_{GS} - V_T)v_{DS} - v_{DS}^2]$$

$$i_C = I_S e^{v_{BE}/V_T} ; \quad V_T = 25mV$$

Resolução

Problema 1

a) Circuito inversor nMOS com carga de depleção

b) $V_{A1}=\infty, V_{A2}=\infty, K_1=1\text{mAV}^{-2}, K_2=0.25\text{mAV}^{-2}, V_{T1}=1.5\text{V}, V_{T2}=-2\text{V}$

c) $i_D = 1\text{mA} \quad g_m = 2\sqrt{kI_D} \quad g_{m1} = 2\text{mS} \quad r_{o1} = r_{o2} = V_A / I_D = 50\text{k}\Omega$

$$G_v = -g_m(r_{o1} // r_{o2})$$

$G_v = -50$

d) Vantagens:

Face à família CMOS – Menos transistores na realização de funções lógicas

Face à família nMOS com carga saturada – V_{OH} superior ($V_{OH}=5\text{V}$)

Desvantagens:

Face à família CMOS – A característica de transferência não é simétrica e tem consumo estático

Face à família nMOS com carga saturada – Um transistor de depleção e um de reforço

Problema 2

a) $i_{C3} = i_{C4} = i_C = 1\text{mA} \quad i_{R_f} = i_{c4} + i_{B3} + i_{B4} = i_C \left(1 + \frac{2}{\beta_f}\right) = 1.02\text{mA}$

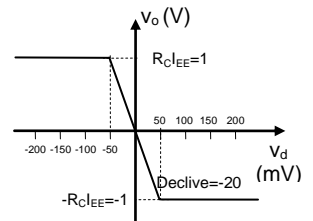
$$R_F = \frac{V_{CC} - V_{BEon}}{i_{R_f}}$$

$R_F = 2.255\text{k}\Omega$

b) $v_{o1} = -g_m R_c \frac{v_d}{2} \quad v_{o2} = g_m R_c \frac{v_d}{2} \quad v_o = g_m R_c v_d \quad A_D = -g_m R_c$

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0.5\text{mA}}{25\text{mV}} = 20\text{mS}$$

$A_D = -20$



c) Q3 na zona activa: $v_{CE3} > V_{CEsat} \quad v_C - V_{BEon} > V_{CEsat} \quad v_C > 0.9\text{V}$

Q1, Q2 na zona activa: $v_{CE1,2} > V_{CEsat} \quad v_{CE1,2} = V_{CC} - R_{C1,2} I_{EE} / 2 - v_C + V_{BEon} \quad v_C < 3\text{V}$

d) Bipolares têm maior ganho e os MOSFET apresentam resistência diferencial infinita

Problema 3

a) $v_a/v_i=4 \quad v_o/v_a=-2 \quad v_o/v_i=-8$

b) $SR=|dv_a/dt|_{\max}=1\text{V}/\mu\text{s} \quad \Delta v_a=4\text{V} \quad \Delta t=4\mu\text{s}$

