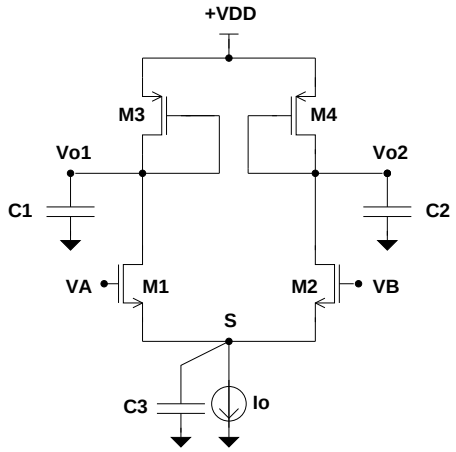
Progetto di circuiti analogici LA

1. Con riferimento al circuito di figura si assuma:
   $V_{DD} = 5V$, $\beta'_n = 40\mu A/V^2$, $\beta'_p = 20\mu A/V^2$, $V_{Tn} = 0.6V$, $V_{Tp} = -0.6V$, $\Phi = 0.8V$,
   $\gamma_n = \gamma_p = 0V^{1/2}$, $\lambda_n = \lambda_p = 0V^{-1}$, $V_A = V_{DD}/2 + v_d/2$, $V_B = V_{DD}/2 - v_d/2$.



   (a) L'uscita V_{o2} rispetto all'ingresso V_A è
   - invertente
   - non invertente

   (b) Determinare il valore della corrente I_o affinchè la potenza dissipata nel circuito valga $P = 400\mu W$;

   (c) Sapendo che $V_S = 1.5V$, dimensionare i transistori M1=M2 e M3=M4 affinchè per $v_d = 0$ le tensioni ai nodi di uscita valgano $V_{o1} = V_{o2} = V_{DD}/2$.

   (d) Disegnare schematicamente la caratteristica $ID_{M1} = ID_{M1}(V_A)$ e $ID_{M2} = ID_{M2}(V_A)$ per $0 < V_A < V_{DD}$ e $V_B = V_{DD}/2$.

   (e) Determinare l'espressione analitica e il valore numerico V_{A_1} della tensione V_A e delle tensioni ai nodi di uscita V_{o1}, V_{o2}, quando si ha $ID_{M1} = 0$ e $ID_{M2} = I_o$, assumendo che M2 operi in regione di saturazione, M1 sia sulla soglia della conduzione e $V_B = V_{DD}/2$.

   (f) Determinare l'espressione analitica e il valore numerico V_{A_2} della tensione V_A e delle tensioni ai nodi di uscita V_{o1}, V_{o2}, quando si ha $ID_{M1} = I_o$ e $ID_{M2} = 0$, assumendo che M1 operi in regione di saturazione, M2 sia sulla soglia della conduzione e $V_B = V_{DD}/2$.

   (g) Indicare gli effetti reattivi che definiscono le tre capacità C_1, C_2 e C_3.

   (h) Calcolare il valore dei parametri differenziali g_m, g_{mb} e g_d di tutti i transistori presenti nel circuito, nel punto di lavoro determinato alla domanda (c).

   (i) Disegnare il circuito equivalente ai piccoli segnali dello schema.

   (j) Supponendo di poter assumere $C_1 = 10\,C_2$, calcolare l'espressione analitica e il valore numerico del guadagno di tensione $A_v = \frac{v_{o1} - v_{o2}}{v_d}$ nel punto di lavoro determinato alla domanda (c).

   (k) Disegnare i diagrammi di Bode per A_v.

   (l) Progettare il generatore di corrente di polarizzazione I_o impiegando solo transistori MOS.

   (m) Scrivere la netlist Spice che descrive il circuito esaminato e le istruzioni necessarie per verificare il risultato ottenuto al punto (k).

2. Graficare l'andamento delle capacità intrinseche C_{gs}, C_{gd}, C_{gb} di un transistore MOS a canale n al variare della tensione V_{ds}, supponendo fissata la tensione $V_{gs} > V_T$.