

Esercitazioni di CIRCUITI ELETTRONICI ANALOGICI L-A

Anno Accademico 2006/2007

Esercitazione N. 4

```
Vi1 1 0 DC 2.5
Vi2 2 0 DC 2.5
G1 3 5 VALUE = {1fA*(EXP(V(1,5)/25mV)-1)}
G2 4 5 VALUE = {1fA*(EXP(V(2,5)/25mV)-1)}
Vcc vcc 0 DC 5
R1 vcc 3 5k
R2 vcc 4 5k
IO 5 0 600u
R0 5 0 100G
.OP
.TF V(4) Vi1
.DC Vi1 0 5 1m
.PROBE V(3) V(4)
```

Figura 1: Netlist del circuito

Circuiti non lineari

Si consideri la netlist di figura 1.

1. Riconoscere il tipo di circuito descritto dalla netlist.
2. Elencare quali analisi vengono svolte dal simulatore.
3. Calcolare il valore a riposo della tensione al nodo 5.
4. Calcolare il guadagno $\frac{V_4}{V_1}$ in condizioni di riposo.
5. Calcolare il valore massimo e minimo della tensione $V_{4,3}$ per $V_1, V_2 \in [0, V_{cc}]$.
6. Eseguire la simulazione e verificare i risultati precedenti.

Soluzioni

1. Si tratta di una coppia differenziale.
2. Vengono eseguite nell'ordine le seguenti simulazioni: calcolo del punto di riposo, calcolo della funzione di trasferimento tra la tensione al nodo 4 e la tensione prodotta dal generatore V_{i1} , calcolo della caratteristica statica della tensione ai nodi 3 e 4 al variare della tensione prodotta dal generatore V_{i1} da 0 a 5 V.
3. Posto $V_T = 25 \text{ mV}$ ed $I_s = 1 \text{ fA}$ si ha
$$V_5 = V_T \ln \left(\exp \left(\frac{V_1}{V_T} \right) + \exp \left(\frac{V_2}{V_T} \right) \right) - V_T \ln \left(\frac{V_5 + I_0 R_0}{I_s R_0} + 2 \right) \rightarrow V_5 \simeq 1.84 \text{ V}$$
4. Calcolando il parametro differenziale g_m dei due generatori dipendenti di tensione come
$$g_m = \frac{\partial I_g}{\partial (V_i - V_5)} = \frac{I_s}{V_T} \exp \left(\frac{V_i - V_5}{V_T} \right) \simeq 12 \text{ mS}$$
 si ottiene $\frac{V_4}{V_1} = \frac{g_m^2 R_2 R_0}{2g_m R_0 + 1} \simeq 30$
5. Per calcolare il valore massimo della tensione $V_{4,3}$ è necessario avere un valore alto della tensione V_4 ed un valore basso della tensione V_3 . La prima situazione si verifica quando $I_{G2} < 0 \rightarrow V_2 < V_5$, mentre la seconda quando $I_{G1} > 0 \rightarrow V_1 > V_5$. Coerentemente con i limiti imposti, si ipotizza $V_1 = 5 \text{ V}$ e $V_2 = 0 \text{ V}$. Ripetendo il calcolo di V_5 in queste condizioni si trova $V_5 \simeq 4.32 \text{ V}$ che verifica le ipotesi fatte. Pertanto si ha
$$V_3 = V_{cc} - R_1 I_s \left(\exp \left(\frac{V_1 - V_5}{V_T} - 1 \right) \right) \simeq 2 \text{ V}$$
$$V_4 = V_{cc} - R_2 I_s \left(\exp \left(\frac{V_2 - V_5}{V_T} - 1 \right) \right) \simeq 5 \text{ V}$$
che comporta valori di $V_{4,3}$ compresi tra -3 V e 3 V tenendo conto della simmetria del circuito.
6. Le simulazioni confermano i risultati precedenti.