

# Fondamenti di Elettronica - Ingegneria Elettronica – a.a. 2013/14

## Terzo Appello – 22 settembre 2014

Indicare chiaramente la domanda a cui si sta rispondendo. Ad esempio 1a) ....  
 Risolvere per primi i punti in grassetto. La durata della prova e' 3 ore.  
 Non sono ammessi libri o appunti o altro materiale, eccetto la calcolatrice.

### Esercizio 1

Si consideri il circuito amplificatore a MOSFET mostrato in Fig. 1, in cui  $v_{in}$  e' un generatore di tensione di piccolo segnale.

- Determinare la polarizzazione del circuito (tensioni a tutti i nodi e correnti in tutti i rami) ed il valore della resistenza  $R_s$  necessario per mantenere il livello di tensione di uscita in DC pari a  $V_{out} = 0V$ .**
- Determinare il trasferimento di piccolo segnale  $v_{out}/v_{in}$  a media frequenza ( $C_{in}$  circuito chiuso,  $C$  circuito aperto), assumendo che il transistor  $M1$  sia caratterizzato da una resistenza di uscita  $r_o = 50 k\Omega$ .**
- Tracciare il diagramma temporale della tensione complessiva di uscita  $V_{out}$  se in ingresso e' applicato un gradino di tensione positivo di ampiezza  $30 mV$ . Si assuma che il transistor  $M1$  sia caratterizzato da una resistenza di uscita  $r_o = 50 k\Omega$  ed il transistor  $M2$  sia caratterizzato da una resistenza di uscita  $r_o = \infty$ .

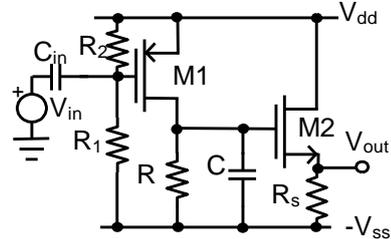


Fig. 1

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 600 k\Omega & R_2 &= 200 k\Omega \\
 C &= 220 pF & R &= 12 k\Omega \\
 V_{dd} &= +4 V & V_{ss} &= -4 V \\
 V_{Tn} = |V_{Tp}| &= 1 V & C_{in} &= 470 nF \\
 k_n &= \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} (W/L)_n = 1 mA/V^2 \\
 |k_p| &= \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} (W/L)_p = 0.5 mA/V^2
 \end{aligned}$$

### Esercizio 2

Si consideri il circuito mostrato in Fig. 2. Si supponga che l'amplificatore operazionale saturi alle tensioni di alimentazione.

- Determinare la soglia logica di commutazione dell'inverter CMOS, mostrando esplicitamente i calcoli effettuati.**
- Assumendo  $V_b = 0V$ , disegnare la caratteristica di trasferimento ingresso-uscita del circuito nel riquadro, quotando tutti i punti significativi e mostrando esplicitamente i calcoli effettuati per ottenere tali valori.**
- Assumendo che l'amplificatore operazionale sia caratterizzato da una corrente di bias  $I_{bias} = 70 nA$ , determinare il valore della tensione che deve essere erogata dal generatore  $V_b$ , per annullare l'effetto di tale corrente sulla caratteristica di trasferimento.

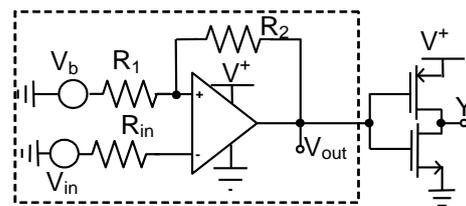


Fig. 2

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 1.5 k\Omega & R_2 &= 12 k\Omega \\
 R_{in} &= 120 \Omega & V^+ &= 5 V \\
 V_{Tn} = |V_{Tp}| &= 0.6 V \\
 \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} &= 80 \mu A/V^2 \\
 \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} &= 32 \mu A/V^2 \\
 (W/L)_n &= (W/L)_p = 1
 \end{aligned}$$

### Esercizio 3

Si consideri il circuito amplificatore, mostrato in Fig. 3. Si supponga che l'amplificatore operazionale saturi alle tensioni di alimentazione.

- Tracciare il diagramma di Bode del modulo del trasferimento ideale  $V_{out}/V_{in}$ , quotandone tutti i punti significativi e mostrando esplicitamente i calcoli effettuati per ottenere tali valori.**
- Assumendo che l'amplificatore operazionale sia caratterizzato da una resistenza di ingresso differenziale  $R_{id} = 22 M\Omega$  e da un guadagno ad anello aperto a bassa frequenza  $A_0 = 80 dB$ , determinare l'espressione ed il valore della resistenza  $R_{in}$ , indicata in Fig. 3, a bassa frequenza.
- Inserire una resistenza  $R_x$ , opportunamente dimensionata, nella posizione necessaria a minimizzare l'effetto delle correnti di bias, senza alterare la funzione di trasferimento ideale, giustificando la scelta effettuata. Calcolare, quindi, nel circuito cosi' modificato il contributo in uscita residuo dovuto alle correnti di bias, assumendo un valore medio pari a  $I_{bias} = 100 nA$  ed un offset pari a  $I_{bias} = 5 nA$ .
- Nelle ipotesi che l'amplificatore operazionale sia caratterizzato da una resistenza di ingresso differenziale  $R_{id} = 22 M\Omega$  e da un prodotto guadagno-larghezza di banda pari a  $GBWP = 1 MHz$ , determinare il margine di fase del circuito.

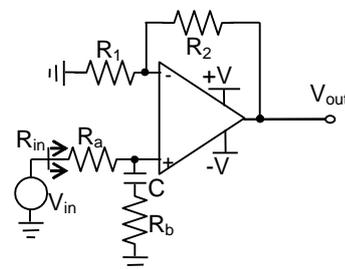


Fig. 3

$$\begin{aligned}
 V &= +5 V \\
 R_1 &= 2 k\Omega & R_2 &= 18 k\Omega \\
 R_a &= 20 k\Omega & R_b &= 4 k\Omega \\
 C &= 1 nF
 \end{aligned}$$