

Sistemi Elettronici, Tecnologie e Misure
Appello del 19/2/2021

Nome:	_____
Cognome:	_____ SOLUZIONE _____
Matricola:	_____

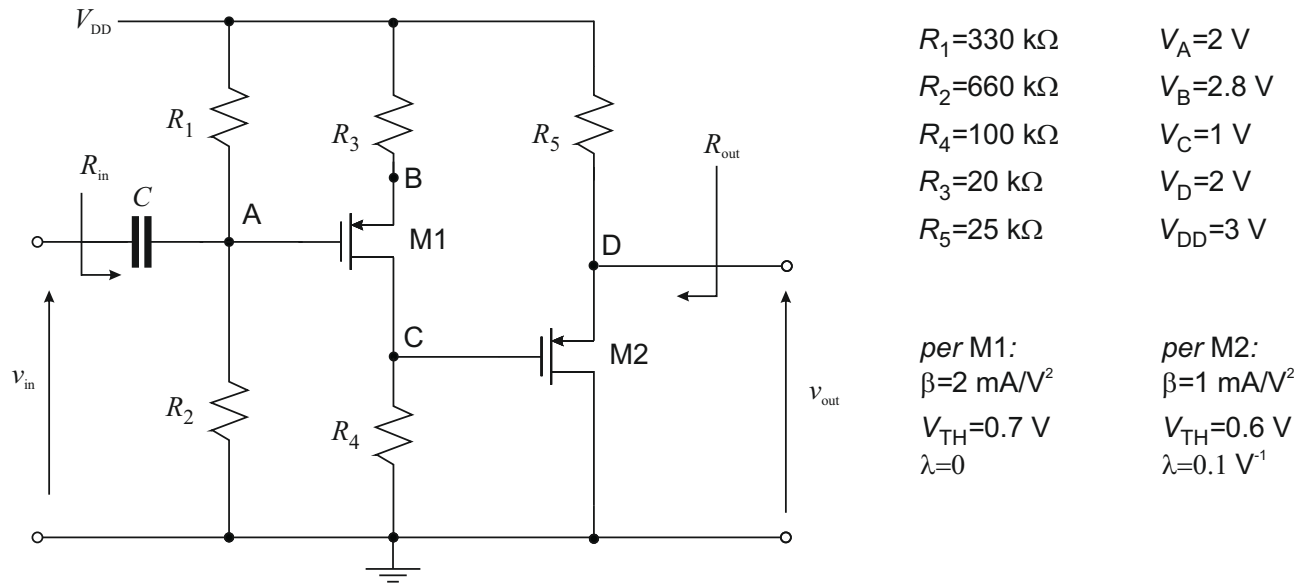
ATTENZIONE

1. Compilare subito questa pagina con nome, cognome e numero di matricola
2. Per i quesiti a risposta multipla, la risposta errata determina la sottrazione di un punteggio pari a metà del valore della risposta esatta
3. Riportare le **risposte esatte** dei quesiti a risposta multipla nella tabella posta all'inizio della relativa sezione
4. Le risposte ai vari quesiti vanno riportate **esclusivamente** nello spazio reso disponibile immediatamente dopo il quesito stesso
5. Si può fare uso di fogli di brutta **bianchi** resi disponibili a cura dello studente. La brutta non deve essere consegnata
6. Non si possono utilizzare libri, appunti o formulari

Domande a risposta multipla

	1	2	3	4	5	6
a		X		X		
b	X				X	X
c			X			
d						

- Un amplificatore differenziale fornisce in uscita una tensione $v_{\text{out}} = 50.5v^+ - 49.5v^-$, detta A_d l'amplificazione differenziale, A_{cm} l'amplificazione di modo comune e CMRR il rapporto di reiezione del modo comune:
 - $A_d = 46\text{dB}$, $A_{\text{cm}} = 0\text{dB}$, CMRR = 46dB
 - $A_d = 34\text{dB}$, $A_{\text{cm}} = 0\text{dB}$, CMRR = 34dB
 - $A_d = 50\text{dB}$, $A_{\text{cm}} = 1\text{dB}$, CMRR = 49dB
 - $A_d = 0\text{dB}$, $A_{\text{cm}} = 34\text{dB}$, CMRR = -34dB
- In un diodo ideale in conduzione (stato ON) la corrente che scorre dall'anodo al catodo in condizioni statiche è sempre:
 - positiva
 - negativa
 - nulla
 - positiva o negativa, a seconda della tensione applicata
- In un amplificatore invertente basato su operazionale ideale, il resistore che collega il morsetto invertente all'uscita è sostituito da un diodo, con anodo collegato al morsetto invertente e catodo collegato all'uscita. Per $v_{\text{in}} > 0$ il circuito che si ottiene si comporta come
 - amplificatore esponenziale invertente
 - integratore invertente
 - amplificatore logaritmico invertente
 - derivatore invertente
- In uno stadio amplificatore MOS a singolo transistor di tipo *gate comune*, detta A_v l'amplificazione di tensione di piccolo segnale si ha che:
 - $A_v > 0$ (stadio non-invertente) e $|A_v|$ può essere maggiore di 1
 - $A_v < 0$ (stadio invertente) può essere maggiore di 1
 - $A_v < 0$ (stadio invertente) è necessariamente minore di 1
 - $A_v > 0$ (stadio non-invertente) e $|A_v|$ è necessariamente minore di 1
- Un amplificatore operazionale con prodotto banda-guadagno pari a 1 MHz, resistenze d'ingresso e uscita trascurabili (cioè $R_{\text{in,d}} \rightarrow \infty$, $R_{\text{in,cm}} \rightarrow \infty$, $R_{\text{out}} = 0$), è utilizzato in configurazione *amplificatore di transresistenza* con amplificazione di transresistenza $100\text{k}\Omega$ ed il segnale d'ingresso è fornito da un generatore ideale di corrente. La banda dell'amplificatore di transresistenza è pari a:
 - 100kHz
 - 1MHz
 - 2MHz
 - 500kHz
- In un comparatore di soglia con isteresi realizzato a partire da un amplificatore operazionale:
 - è presente retroazione negativa
 - è presente retroazione positiva
 - sono sempre presenti sia retroazione positiva sia retroazione negativa
 - non è presente alcuna rete di retroazione (circuito ad anello aperto)



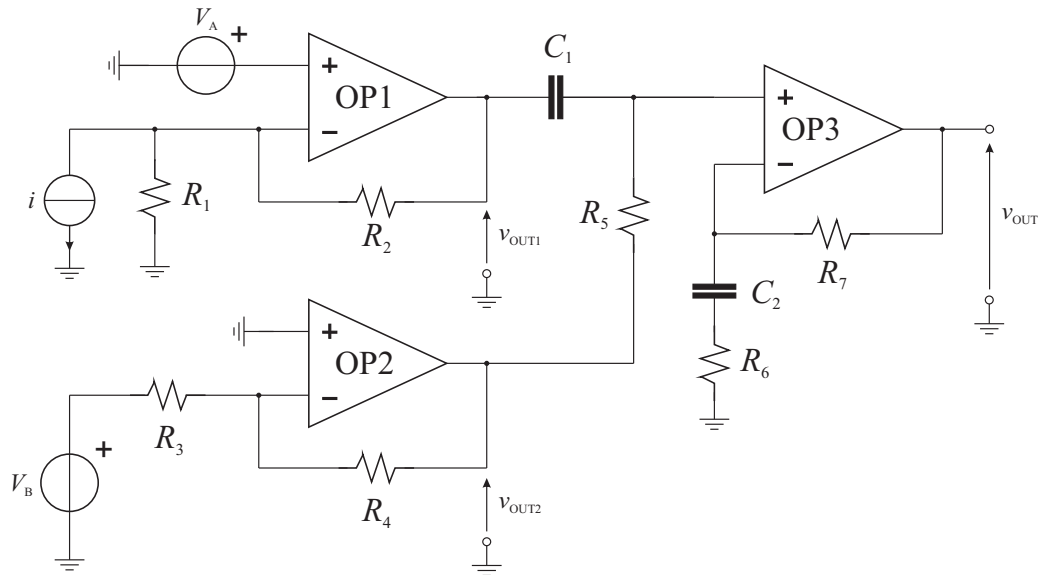
Esercizio 1.

Con riferimento allo stadio in figura

1. verificare la regione di funzionamento di M1 e M2 determinarne i parametri del modello per il piccolo segnale;
2. determinare il guadagno di tensione $A_v = v_{out}/v_{in}$ a centro banda, ovvero con $C \rightarrow \infty$ (espressione simbolica e valore numerico).
3. determinare la resistenza di ingresso e la resistenza di uscita indicate in figura (espressione simbolica e valore numerico).
4. C'è effetto di carico tra il primo e il secondo stadio? Caricare le foto per giustificare la risposta.

NB. Non ci sono effetti di carico tra i due stadi poiché la resistenza di ingresso del secondo è infinita.

Esercizio 2.



Assumendo $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R = 10 \text{ k}\Omega$, $R_7 = 9R = 90 \text{ k}\Omega$, $C_1 = \frac{10}{2\pi} \mu\text{F}$ e $C_2 = \frac{10}{2\pi} \text{ nF}$, e considerando gli operazionali ideali, determinare:

1. l'espressione delle tensioni $v_{\text{OUT},1}$, $v_{\text{OUT},2}$ e v_{OUT} in continua (assumendo cioè che i condensatori possano essere considerati circuiti aperti);
2. l'espressione della funzione di trasferimento (transimpedenza) $Z_m = \frac{V_{\text{out}}(s)}{I(s)}$ (nel calcolo della funzione di trasferimento richiesta, i generatori V_A V_B sono da considerarsi spenti);
3. i diagrammi di Bode del modulo e della fase di $Z_m = \frac{V_{\text{out}}(s)}{I(s)}$ ricavata al punto precedente;
4. l'intervallo di valori che può assumere la tensione d'uscita quando tutti i generatori sono spenti, assumendo che tutti gli operazionali presentino *input offset voltage* (max.): 2mV.

1. Espressioni delle tensioni richieste:

$$v_{\text{OUT},1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_A + R_2 i = 2 V_A + 10 \text{ k}\Omega i$$

$$v_{\text{OUT},2} = -\frac{R_4}{R_3} V_B = -V_B$$

$$v_{\text{OUT}} = v_{\text{OUT},2} = -\frac{R_4}{R_3} V_B = -V_B$$

2. Funzione di trasferimento $Z_m = \frac{V_{\text{out}}(s)}{I(s)}$:

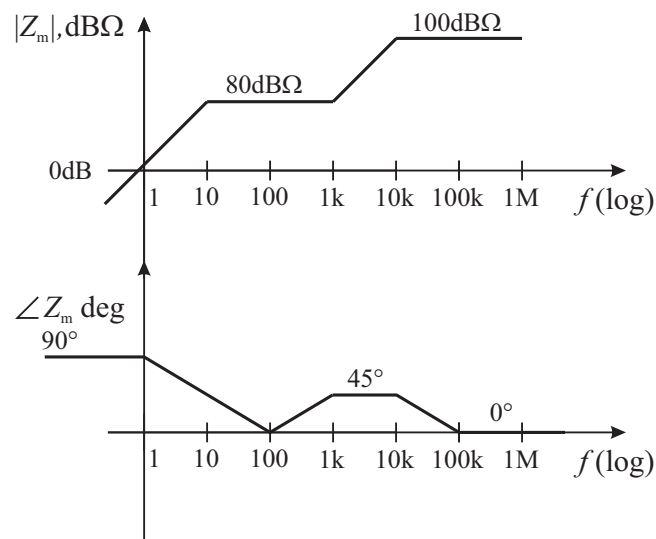
$$\begin{aligned} Z_m = \frac{V_{\text{out}}(s)}{I_{\text{in}}(s)} &= R_2 \frac{R_5}{R_5 + \frac{1}{sC_1}} \left(1 + \frac{R_7}{R_6 + \frac{1}{sC_2}}\right) \\ &= R_2 \frac{sC_1 R_5}{1 + sC_1 R_5} \frac{1 + sC_2 (R_6 + R_7)}{1 + sC_2 R_6} \\ &= R \frac{sC_1 R}{1 + sC_1 R} \frac{1 + s10RC_2}{1 + sRC_2} \end{aligned}$$

La funzione di trasferimento presenta due poli reali negativi in:

- $s_{p1} = -\frac{1}{R_5 C_1} = -\frac{1}{RC_1}$ (con frequenza centrale $f_{p1} = \frac{1}{2\pi RC_1} = 10 \text{ Hz}$);
- $s_{p2} = -\frac{1}{R_6 C_2}$ (con frequenza centrale $f_{p2} = \frac{1}{2\pi RC_2} = 10 \text{ kHz}$)

e due zeri,

- uno nell'origine $s_{z1} = 0$;
- uno zero in $s_{z2} = -\frac{1}{(R_6 + R_7)C_2}$ (con frequenza centrale $f_{z2} = \frac{1}{2\pi 10RC_2} = 1 \text{ kHz}$)

3. I diagrammi di Bode del modulo e della fase di $Z_m(s)$ sono riportati in figura.

4. Tensione continua in uscita per ingresso nullo

Sostituendo a ciascun operazionale il modello per lo studio dell'offset, la tensione in uscita può essere espressa come:

$$V_{\text{OUT}} = V_{\text{OFF},2} \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) + V_{\text{OFF},3} = 2V_{\text{OFF},2} + V_{\text{OFF},3}$$

Ne deriva che:

$$\min V_{\text{OUT}} = 2V_{\text{OFF},2,\min} + V_{\text{OFF},3,\min} = -5 \text{ mV}$$

$$\max V_{\text{OUT}} = 2V_{\text{OFF},2,\max} + V_{\text{OFF},3,\max} = +5 \text{ mV}$$