

Sistemi Elettronici, Tecnologie e Misure
Appello del 20/2/2023

Nome: _____
Cognome: _____
Matricola: _____

ATTENZIONE

1. Compilare subito questa pagina con nome, cognome e numero di matricola
2. Gli studenti del corso 05QXVOA (8 crediti, a.a. 2022/23) sono tenuti a rispondere solo ai primi quattro quesiti teorici a risposta multipla, gli studenti del corso 04QXVOA (10 crediti, a.a. 2021/22 e precedenti) sono tenuti a rispondere a tutti e sei i quesiti. Gli esercizi sono identici per i corsi 05QXVOA e 04QXVOA
3. Per i quesiti a risposta multipla, la risposta errata determina la sottrazione di un punteggio pari a metà del valore della risposta esatta
4. Riportare le **risposte esatte** dei quesiti a risposta multipla nella tabella posta all'inizio della relativa sezione
5. Le risposte ai vari quesiti vanno riportate **esclusivamente** nello spazio reso disponibile immediatamente dopo il quesito stesso
6. Si può fare uso di fogli di brutta **bianchi** resi disponibili a cura dello studente. La brutta non deve essere consegnata
7. Non si possono utilizzare libri, appunti o formulari

Domande a risposta multipla

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

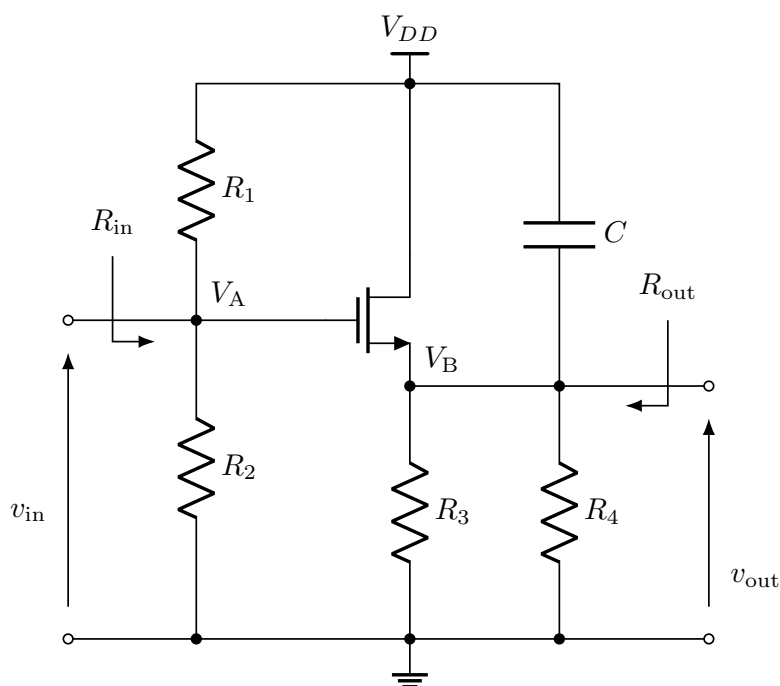
Domande 1.-4. per tutti gli studenti (05QXVOA e 04QXVOA)

- Un amplificatore operazionale con guadagno in banda di 100 dB, prodotto banda-guadagno pari a 10 MHz, resistenze d'ingresso e uscita trascurabili (cioè $R_{in,d} \rightarrow \infty$, $R_{in,cm} \rightarrow \infty$, $R_{out} = 0$), è utilizzato in configurazione amplificatore di tensione non invertente con amplificazione di tensione $A_v = 4$. La banda dell'amplificatore di tensione è pari a:
 - 2.5 MHz
 - 3.3 MHz
 - 10 MHz
 - 250 kHz
- In un comparatore di soglia invertente con isteresi realizzato a partire da un amplificatore operazionale:
 - è presente retroazione negativa
 - è presente retroazione positiva
 - è presente sia retroazione positiva, sia retroazione negativa
 - non è presente alcuna rete di retroazione (circuitto ad anello aperto)
- Un amplificatore di transresistenza è ottenuto collegando in cascata un amplificatore di corrente descritto dai parametri $A_{i,1}$, $R_{in,1}$, $R_{out,1}$, (tutti finiti e non nulli) ed un amplificatore di transresistenza descritto dai parametri $R_{m,2}$, $R_{in,2}$, finiti e non nulli e $R_{out,2} = 0$. La transresistenza complessiva R_m della cascata dei due stadi è data da
 - $A_{i,1} R_{in,1}$
 - $A_{i,1} R_{m,2} \frac{R_{in,2}}{R_{in,2} + R_{out,1}}$
 - $A_{i,1} R_{m,2} \frac{R_{out,1}}{R_{in,2} + R_{out,1}}$
 - $A_{i,1} R_{m,2}$
- In uno stadio amplificatore MOS *gate comune* descritto dai parametri A_v , R_{in} e R_{out}
 - R_{out} cresce al crescere di g_m
 - R_{out} decresce al crescere di g_m
 - R_{in} cresce al crescere di g_m
 - R_{in} decresce al crescere di g_m

Domande 5.-6. per i soli studenti del corso 04QXVOA (10 crediti, frequenza a.a. 2021/22 o precedenti)

- 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 $v_{in} > 0$ il circuito che si ottiene si comporta come
 - amplificatore esponenziale invertente
 - integratore invertente
 - amplificatore logaritmico invertente
 - derivatore invertente
- In un circuito contenente un solo diodo ideale, si è fatta l'ipotesi che il diodo sia ON. Sostituendo il diodo con un corto circuito, l'ipotesi sarà verificata se:
 - $i_D < 0$
 - $i_D > 0$
 - $v_D < 0$
 - $v_D > 0$

Esercizio n. 1



$$V_{DD} = 4.5 \text{ V}$$

$$V_A = 1.5 \text{ V}$$

$$V_B = 0.8 \text{ V}$$

$$R_1 = 150 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 75 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 40 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 40 \text{ k}\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi} \text{ nF}$$

$$\lambda = 0 \text{ V}^{-1}$$

$$V_{TH} = 0.5 \text{ V}$$

$$\beta = 2 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

Con riferimento al circuito in figura:

1. Verificare il funzionamento del transistor in regione di saturazione e determinare i parametri del modello di piccolo segnale
2. Disegnare il circuito equivalente di piccolo segnale dello stadio
3. In condizioni di piccolo segnale e assumendo che il condensatore C si comporti come un circuito aperto (condizione di bassa frequenza) calcolare l'amplificazione di tensione $A_V = v_{out}/v_{in}$, la resistenza di ingresso R_{in} e la resistenza di uscita R_{out}
4. In condizioni di piccolo segnale e considerando il valore assegnato di C , determinare l'espressione del guadagno di tensione in frequenza $A_V(s)$ e disegnarne il diagramma di Bode in modulo e fase

Regione di funzionamento e Parametri di piccolo segnale Transistore MN

$$V_{GS} = V_A - V_B = 0.7 \text{ V}; V_{GS} - V_{TH} = 0.2 \text{ V} > 0;$$

$$V_{DS} = V_{DD} - V_B = 3.7 \text{ V} > V_{GS} - V_{TH};$$

Non richiesto: $I_D = 40 \mu\text{A}$.

$$g_m = \beta_n (V_{GS} - V_{TH}) = 400 \mu\text{S}; r_0 = \infty$$

Analisi Stadio a centro banda

Sostituendo C_{in} con un corto circuito e C_{out} con un circuito aperto, ottiene uno stadio a drain comune.

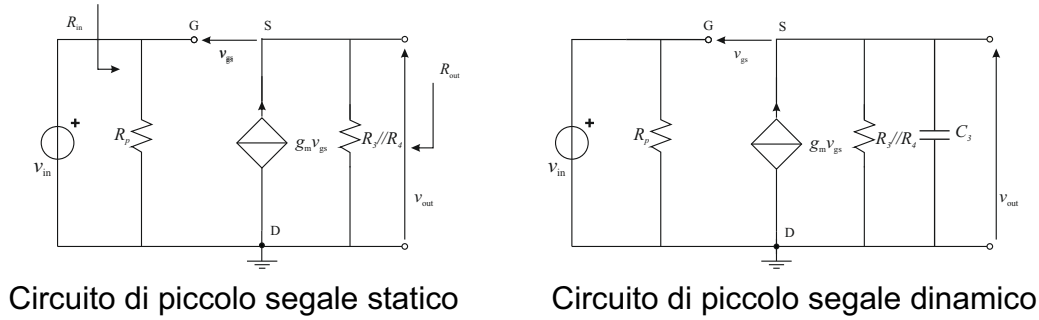


Figura 1: Circuito di piccolo segnale dello stadio

$$v_{gs} = v_{in} - v_{out}$$

Definendo $R_{34} = R_3 // R_4 = 20 \text{ k}\Omega$:

$$v_{out} = R_{34} g_m v_{gs}$$

$$v_{out} = \frac{g_m R_{34}}{1 + g_m R_{34}} v_{in}$$

$$A_{v0} = \frac{g_m R_{34}}{1 + g_m R_{34}} = \frac{8}{9} (\approx -1 \text{ dB})$$

$$R_{in} = R_p = R_1 // R_2 = 50 \text{ k}\Omega$$

$$R_{out} = \frac{R_{34}}{1 + g_m R_{34}} = 2.22 \text{ k}\Omega$$

Analisi in frequenza dello Stadio

Si definisce:

$$Z_{34} = R_{34} // C = \frac{R_{34}}{1 + sCR_{34}}$$

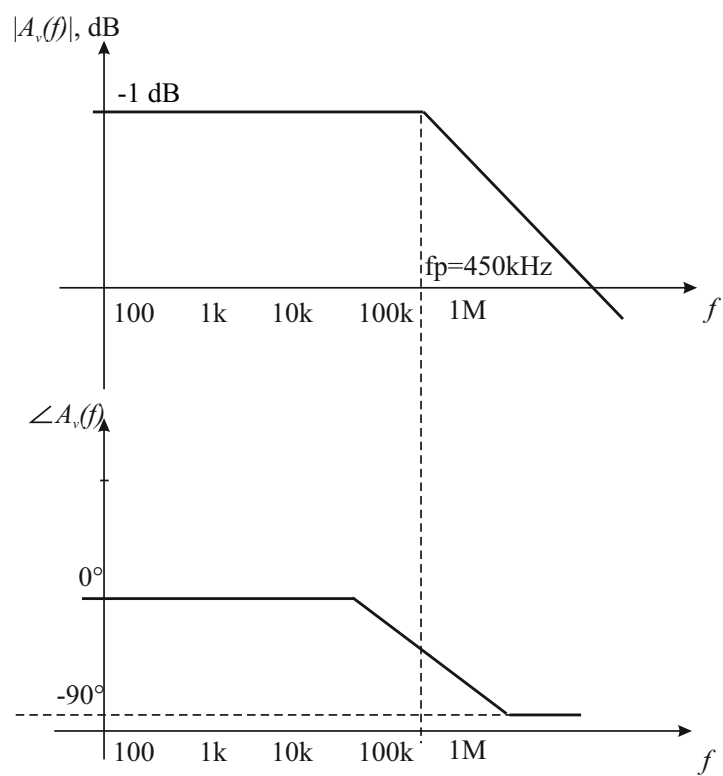
$$A_v = \frac{g_m Z_{34}}{1 + g_m Z_{34}} = g_m \frac{R_{34}}{1 + sCR_{34}} \frac{1}{1 + g_m \frac{R_{34}}{1 + sCR_{34}}}$$

ovvero

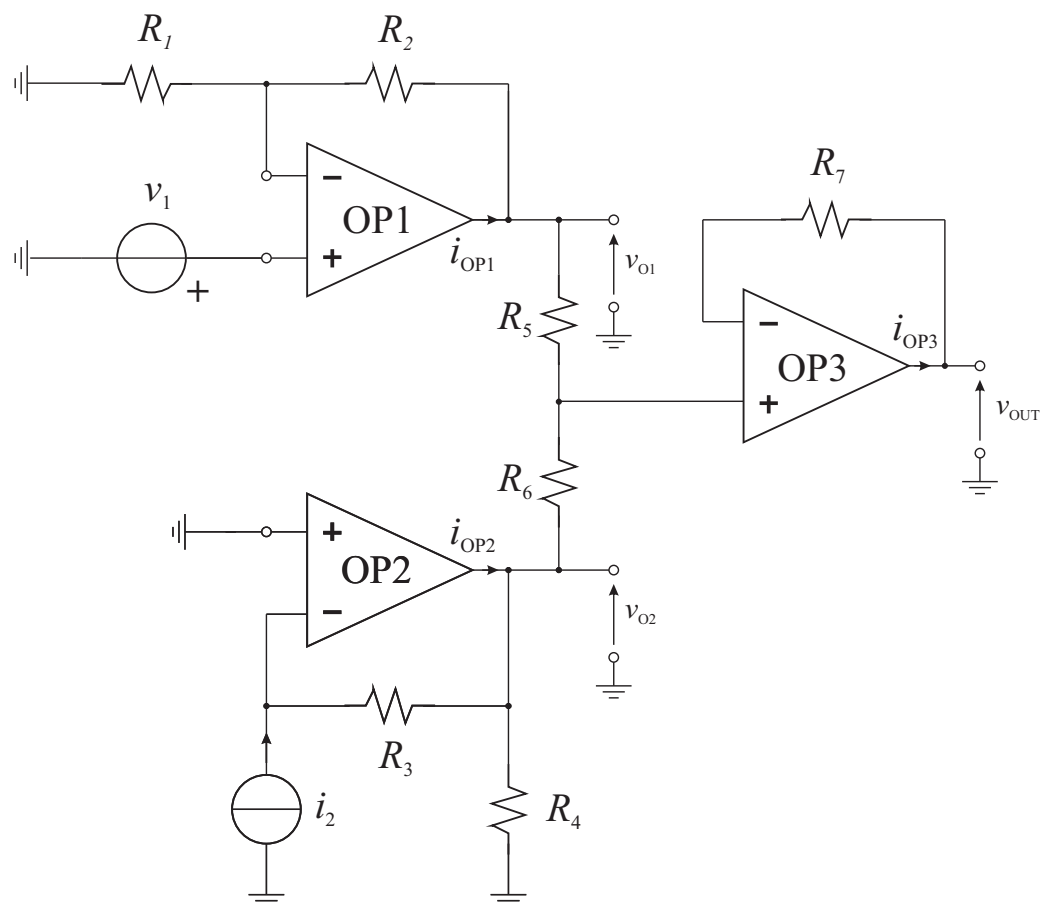
$$A_v = \frac{g_m R_{34}}{1 + g_m R_{34}} \frac{1}{1 + sC \frac{R_{34}}{1 + g_m R_{34}}}$$

Presenta un polo semplice alla frequenza

$$f_p = \frac{1 + g_m R_{34}}{2\pi C R_{34}} = 450 \text{ kHz}$$

Diagrammi di Bode

Esercizio 2.



Nel circuito in figura $R_1 = \dots = R_7 = R = 10 \text{ k}\Omega$. Determinare:

1. l'espressione delle tensioni v_{O1} , v_{O2} e v_{OUT} in funzione degli ingressi v_1 e i_2 e delle resistenze $R_1 \dots R_7$;
2. l'espressione delle correnti i_{OP1} , i_{OP2} e i_{OP3} in funzione degli ingressi v_1 e i_2 e delle resistenze $R_1 \dots R_7$;
3. il valore massimo e minimo che può assumere l'uscita v_{OUT} in continua con generatori d'ingresso spenti, assumendo che tutti gli amplificatori presentino, da dati di targa, *input offset voltage (max.)* 5 mV, ed assumendo che i contributi delle correnti di polarizzazione e di *offset* in ingresso siano trascurabili.

1. Espressioni delle tensioni d'uscita:

$$v_{O1} = v_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 2 \cdot v_1$$

$$v_{O2} = -R_3 i_2 = -10 \text{ k}\Omega \cdot i_2$$

$$v_{OUT} = \frac{R_6 v_{O1} + R_5 v_{O2}}{R_5 + R_6} = \frac{2R_6 v_1 - R_3 R_5 i_2}{R_5 + R_6} = v_1 - 5 \text{ k}\Omega \cdot i_2$$

2. Espressioni delle correnti d'uscita:

$$i_{OP1} = \frac{v_1}{R_1} + \frac{v_{O1} - v_{O2}}{R_5 + R_6} = 200 \mu\text{S} \cdot v_1 + \frac{1}{2} i_2$$

$$i_{OP2} = -i_2 - \frac{v_{O1} - v_{O2}}{R_5 + R_6} + \frac{v_{O2}}{R_4} = -100 \mu\text{S} \cdot v_1 - \frac{5}{2} i_2$$

$$i_{OP3} = 0$$

3. Tensione d'uscita in continua ad ingressi spenti:

$$\Delta V_{OUT} = V_{OFF,1} + \frac{1}{2} V_{OFF,2} + V_{OFF,3}$$

da cui segue che:

$$\Delta V_{OUT} \in (-12.5, +12.5) \text{ mV}$$