

Sistemi Elettronici, Tecnologie e Misure
05QXVOA - 04QXVOA
Appello del 6/2/2023

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			X		
b			X		X	
c						
d		X				X

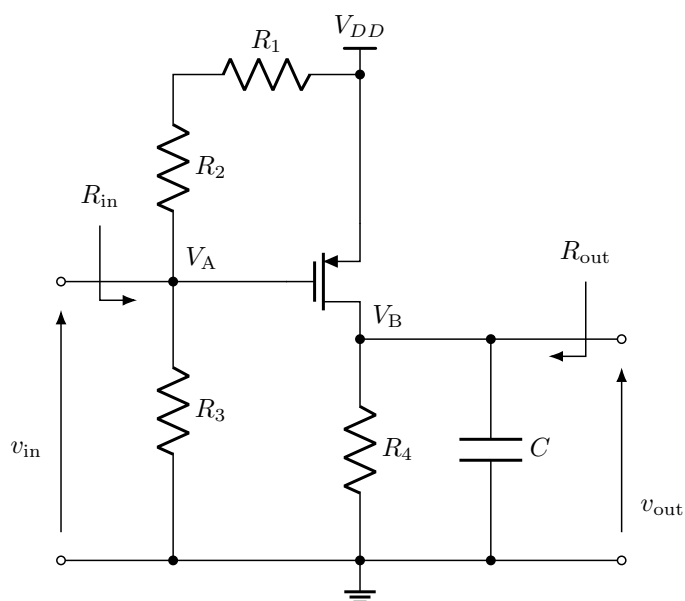
Domande 1.-4. per tutti gli studenti (05QXVOA e 04QXVOA)

- Un amplificatore differenziale fornisce in uscita una tensione $v_{\text{out}} = 2.01v^+ - 1.99v^-$, detta A_d l'amplificazione differenziale, A_{cm} l'amplificazione di modo comune e CMRR il rapporto di reiezione del modo comune:
 - $A_d = 6 \text{ dB}$, $A_{\text{cm}} = -34 \text{ dB}$, $\text{CMRR} = 40 \text{ dB}$
 - $A_d = 2 \text{ dB}$, $A_{\text{cm}} = 0.02 \text{ dB}$, $\text{CMRR} = 100 \text{ dB}$
 - $A_d = 3 \text{ dB}$, $A_{\text{cm}} = -17 \text{ dB}$, $\text{CMRR} = 20 \text{ dB}$
 - $A_d = 2 \text{ dB}$, $A_{\text{cm}} = 0.01 \text{ dB}$, $\text{CMRR} = 200 \text{ dB}$
- Un transistor MOS in regione di interdizione si comporta in condizioni statiche come:
 - un generatore di tensione controllato in corrente
 - un corto circuito
 - un generatore di corrente controllato in tensione
 - un circuito aperto
- In un circuito analogico contenente due amplificatori operazionali, l'errore in continua sull'uscita può essere espresso in funzione delle tensioni di *offset* in ingresso degli operazionali come $\Delta V_{\text{DC}} = 2 V_{\text{OFF},1} - 3 V_{\text{OFF},2}$. Se, dai dati di targa degli operazionali si legge che *input offset voltage (max.)*: 4 mV, in quale intervallo potrà variare l'errore in continua ΔV_{DC} ?
 - $\Delta V_{\text{DC}} \in (-4, 0) \text{ mV}$
 - $\Delta V_{\text{DC}} \in (-20, +20) \text{ mV}$
 - $\Delta V_{\text{DC}} \in (-4, +4) \text{ mV}$
 - $\Delta V_{\text{DC}} \in (0, +20) \text{ mV}$
- In un amplificatore di corrente, per evitare effetti di carico per qualsiasi possibile sorgente o carico deve essere:
 - $R_{\text{in}} = 0$, $R_{\text{out}} \rightarrow \infty$
 - $R_{\text{in}} \rightarrow \infty$, $R_{\text{out}} \rightarrow \infty$
 - $R_{\text{in}} \rightarrow \infty$, $R_{\text{out}} = 0$
 - $R_{\text{in}} = 0$, $R_{\text{out}} = 0$

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

- Tre amplificatori identici (uguali caratteristiche di rumore ed uguale amplificazione $A = 10$) sono collegati in cascata. Detto n il valore efficace del rumore equivalente in ingresso in banda della cascata dei tre stadi:
 - essendo identici, i tre stadi contribuiscono ad n in egual misura
 - il contributo del primo stadio ad n è maggiore di quello degli altri stadi
 - il contributo del terzo stadio ad n è maggiore di quello degli altri stadi
 - il contributo del secondo stadio ad n è trascurabile rispetto a quello del terzo stadio
- In un circuito contenente un diodo semi-ideale D con $V_\gamma = 0.6 \text{ V}$ si è fatta l'ipotesi che il diodo sia OFF. L'ipotesi è verificata se e solo se:
 - $v_D > 0.6 \text{ V}$
 - $i_D > 0$
 - $v_D < -0.6 \text{ V}$
 - $v_D < 0.6 \text{ V}$

Esercizio 1.



$$V_{DD} = 3.6 \text{ V}$$

$$V_A = 3 \text{ V}$$

$$V_B = 2 \text{ V}$$

$$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 50 \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 750 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$C = \frac{10}{2\pi} \text{ nF}$$

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

$$V_{TH} = 0.4 \text{ V}$$

$$\beta = 10 \frac{\text{mA}}{\text{V}^2}$$

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 MP

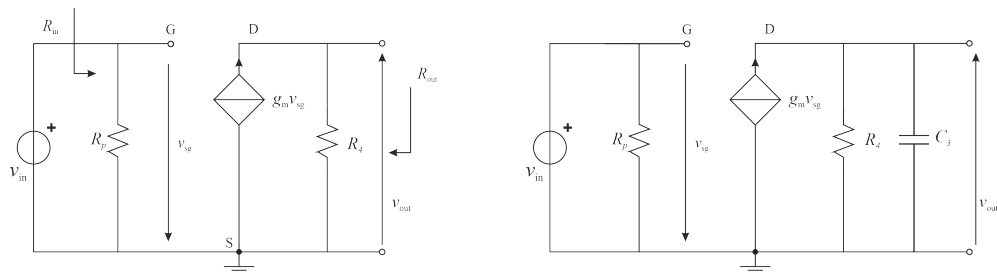
$$V_{SG} = V_{DD} - V_A = 0.6 \text{ V}; \quad V_{SG} - V_{TH} = 0.2 \text{ V} > 0;$$

$$V_{SD} = V_{DD} - V_B = 1.6 \text{ V} > V_{SG} - V_{TH};$$

$$g_m = \beta_n (V_{SG} - V_{TH}) = 2 \text{ mS}; \quad r_0 = \infty$$

Analisi Stadio a con C c.a.

Sostituendo C con un circuito aperto, si ottiene uno stadio a source comune.



Circuito di piccolo segnale statico

Circuito di piccolo segnale dinamico

Figura 1: Circuito di piccolo segnale dello stadio

$$v_{sg} = -v_{in}$$

$$v_{out} = g_m R_d v_{sg} = -g_m R_d v_{in}$$

$$A_{v0} = -g_m R_d = -20 \text{ (26 dB)}$$

$$R_{in} = R_p = R_3 \parallel (R_1 + R_2) = 125 \text{ k}\Omega$$

$$R_{out} = R_d = 10 \text{ k}\Omega$$

Analisi in frequenza dello Stadio

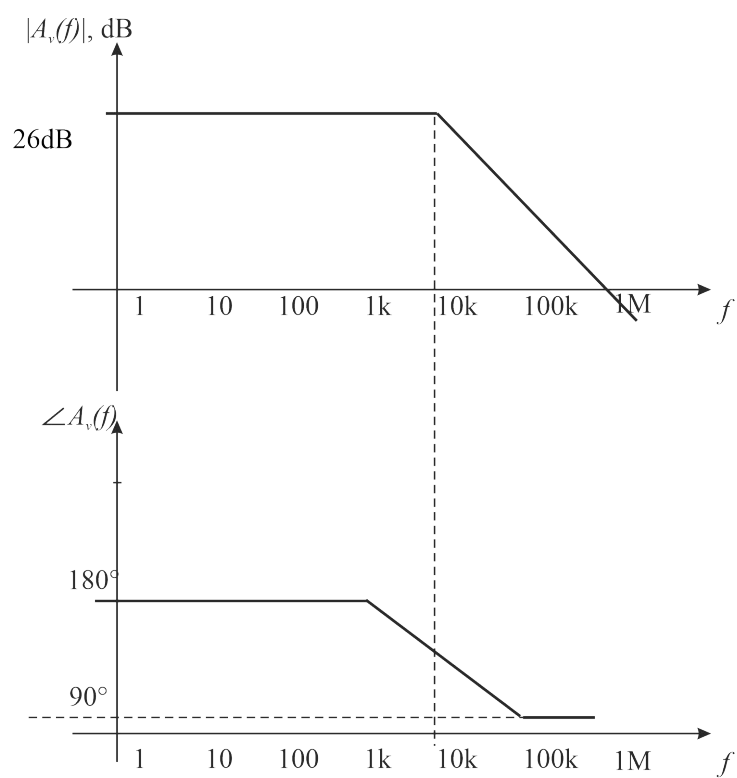
Si definisce:

$$Z_d = \frac{R_d}{1 + sCR_d}$$

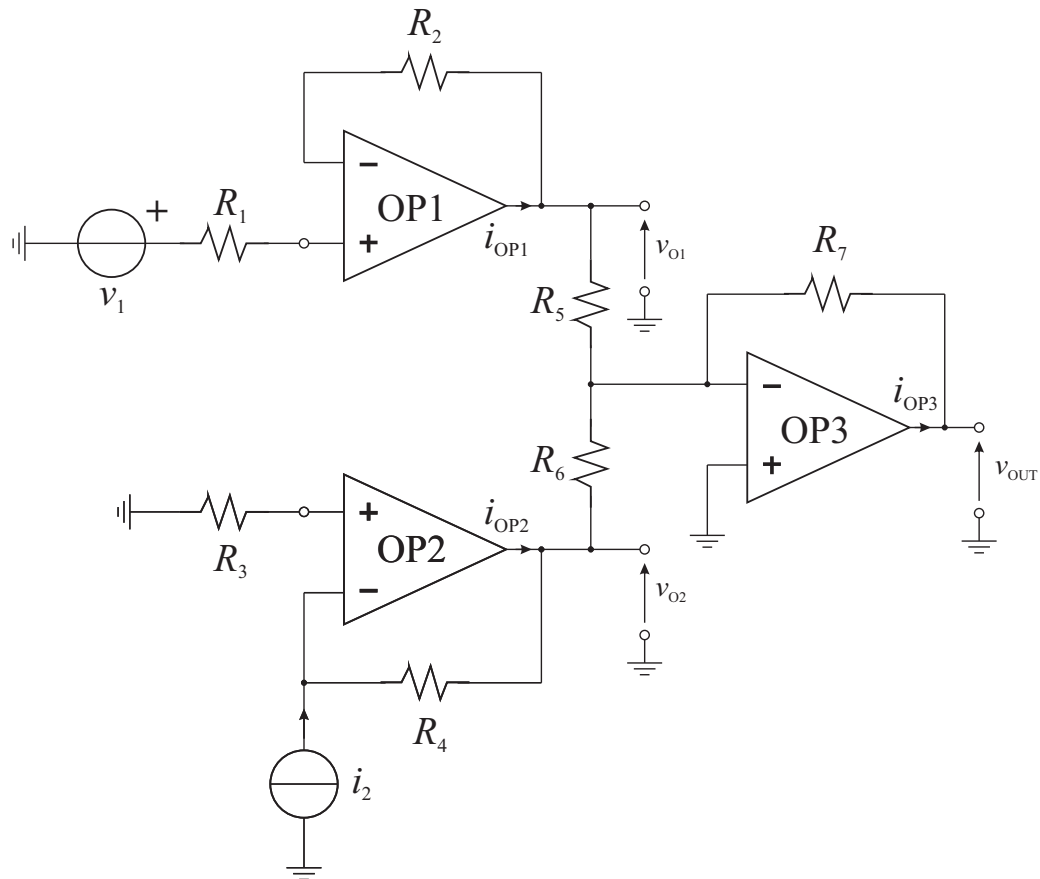
$$A_v = -g_m Z_d = -\frac{g_m R_d}{1 + sCR_d}$$

Presenta un polo alla frequenza

$$f_p = \frac{1}{2\pi CR_d} = 10 \text{ kHz.}$$

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. con riferimento al solo operazionale OP1:
 - la minima dinamica della tensione d'uscita ΔV_{O1}
 - la minima dinamica della corrente d'uscita ΔI_{OP1}
 - la minima dinamica della tensione di modo comune d'ingresso ΔV_{CM1}

richieste ad un amplificatore operazionale reale per funzionare in linearità nel circuito dato, assumendo che la dinamica dell'ingresso v_1 sia $(-1, +2) \text{ V}$ e che la dinamica dell'ingresso i_2 sia $(0, 200) \mu\text{A}$.

1. Espressioni delle tensioni d'uscita:

$$v_{O1} = v_1 \quad (\text{voltage follower})$$

$$v_{O2} = -R_4 i_2 = -10 \text{ k}\Omega \cdot i_2 \quad (\text{amplificatore di transresistenza})$$

$$v_{OUT} = -\frac{R_7}{R_5} v_{O1} - \frac{R_7}{R_6} v_{O2} = -\frac{R_7}{R_5} v_1 + \frac{R_7 R_4}{R_6} i_2 = -v_1 + 10 \text{ k}\Omega \cdot i_2 \quad (\text{amplificatore invertente con due ingressi } v_{O1} \text{ e } v_{O2})$$

2. Espressioni delle correnti d'uscita:

$$i_{OP1} = \frac{v_{O1}}{R_5} = \frac{v_1}{R_5} = 100 \mu\text{S} \cdot v_1$$

$$i_{OP2} = \frac{v_{O2}}{R_6} - i_2 = -2 i_2$$

$$i_{OP3} = -\frac{v_{O1}}{R_5} - \frac{v_{O2}}{R_6} = -\frac{v_1}{R_5} + i_2 = -100 \mu\text{S} \cdot v_1 + i_2$$

3. Minima dinamica di tensione d'uscita/corrente d'uscita/tensione d'ingresso di modo comune di OP1

$$\Delta V_{O1} = \Delta V_1 = (-1, +2) \text{ V}$$

$$\Delta I_{OP1} = (-100, +200) \mu\text{A}$$

$$\Delta V_{CM1} = \Delta V_1 = (-1, +2) \text{ V}$$