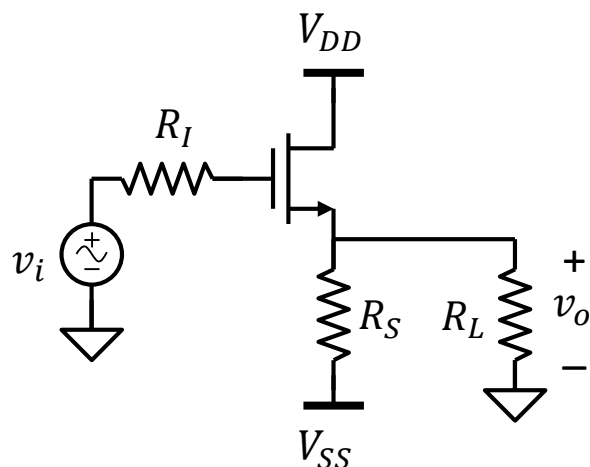


Esercizio 1



DATI:

$$V_{DD} = 5V, V_{SS} = -5V$$

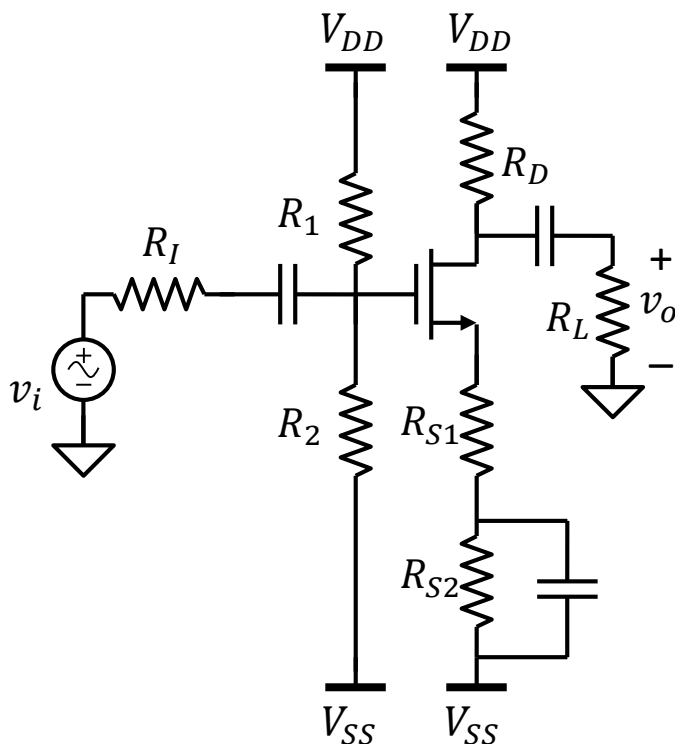
$$k_n = 8\text{mA/V}^2, V_{TN} = 0.5V$$

$$R_I = 10\text{k}\Omega, R_L = 4\text{k}\Omega$$

Dato il circuito in figura:

- 1) Trovare il valore di R_S tale che il MOSFET lavori in saturazione con transconduttanza $g_m = 4\text{mS}$
- 2) Disegnare il circuito ai piccoli segnali
- 3) Calcolare le resistenze di ingresso e di uscita dell'amplificatore
- 4) Calcolare il guadagno di tensione dall'ingresso v_i all'uscita v_o
- 5) Come cambiano le risposte al punto 3 e 4 se si usa un carico $R_L = 1\text{k}\Omega$, mantenendo invariato il valore di R_S calcolato al punto 1

Esercizio 2



DATI:

$$V_{DD} = 12V, V_{SS} = -12V$$

$$k_n = 4\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1.5V$$

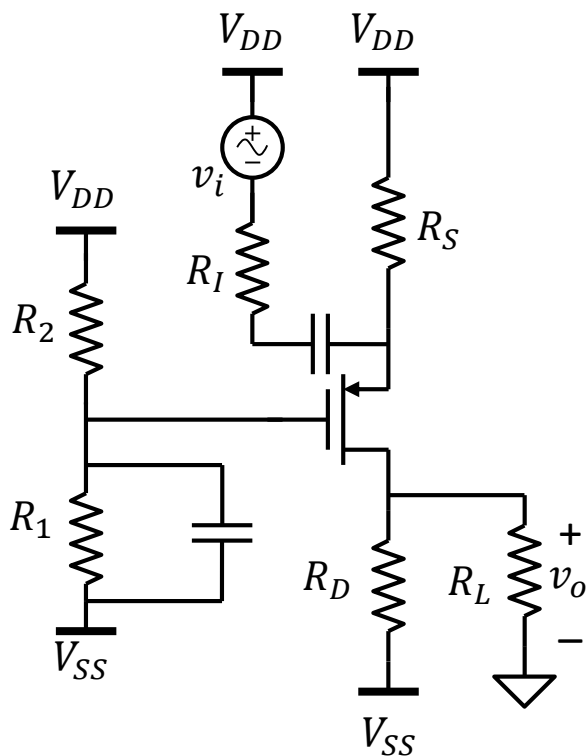
$$R_1 = 140\text{k}\Omega, R_2 = 100\text{k}\Omega, R_{S1} = 4.5\text{k}\Omega, R_{S2} = 11.5\text{k}\Omega,$$

$$R_D = 20\text{k}\Omega, R_I = 10\text{k}\Omega, R_L = 80\text{k}\Omega$$

Dato il circuito in figura:

- 1) Trovare il punto di lavoro (V_{GS}, V_{DS}) del MOSFET in condizioni DC
- 2) Disegnare il circuito ai piccoli segnali
- 3) Calcolare le resistenze di ingresso e di uscita dell'amplificatore
- 4) Calcolare il guadagno di tensione dall'ingresso v_i all'uscita v_o
- 5) Disegnare il modello a doppio bipolo dell'amplificatore
- 6) Supponendo che $v_i = V_i \sin \omega t$ con $V_i = 100\text{mV}$ trovare il minimo e il massimo valore del potenziale del drain v_D del MOSFET e della tensione di uscita v_o

Esercizio 3



DATI:

$$V_{DD} = 12V, V_{SS} = -12V$$

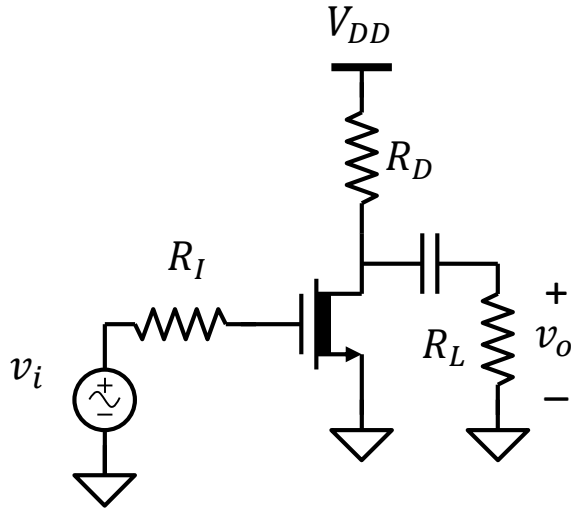
$$k_p = 3\text{mA/V}^2, V_{TP} = -3V$$

$$R_2 = 85\text{k}\Omega, R_S = 3\text{k}\Omega, R_D = 8\text{k}\Omega, R_I = 100\Omega, R_L = 8\text{k}\Omega$$

Dato il circuito in figura:

- 1) Trovare il valore della resistenza R_1 e il punto di lavoro del MOS sapendo che in condizioni stazionarie $I_{DS} = 1.5\text{mA}$
- 2) Calcolare le resistenze di ingresso e di uscita dell'amplificatore
- 3) Calcolare il guadagno di tensione dall'ingresso v_i all'uscita v_o
- 4) Disegnare il modello a doppio bipolo dell'amplificatore
- 5) Quanto vale il guadagno di corrente in cortocircuito
- 6) Supponiamo di sostituire la sorgente con un generatore di corrente di norton con resistenza $R_I = 2.4\text{k}\Omega$, calcolare il guadagno di corrente dalla sorgente al carico R_L

Esercizio 4



DATI:

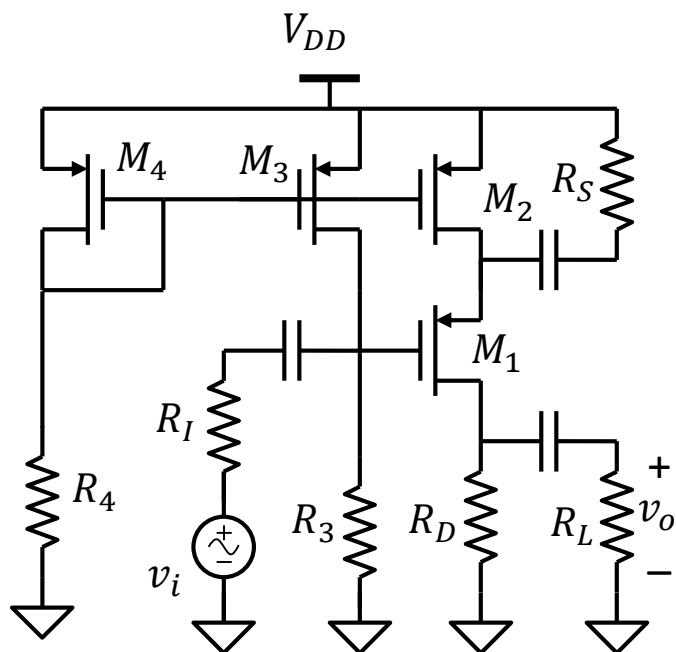
$$V_{DD} = 3V, k_n = 4\text{mA/V}^2, V_{TN} = -0.5V$$

$$R_I = 10\text{k}\Omega, R_L = 4.5\text{k}\Omega$$

Dato il circuito in figura:

- 1) Trovare il valore di R_D tale che $V_{DS} = V_{DD}/2$
- 2) Disegnare il circuito ai piccoli segnali
- 3) Calcolare le resistenze di ingresso e di uscita dell'amplificatore
- 4) Calcolare il guadagno di tensione dall'ingresso v_i all'uscita v_o

Esercizio 5



DATI:

$$V_{DD} = 5V$$

$$k_{p1} = 3.2\text{mA/V}^2, V_{TP} = -1V$$

$$k_{p2} = 3.2\text{mA/V}^2, V_{TP} = -1V$$

$$k_{p3} = 0.8\text{mA/V}^2, V_{TP} = -1V$$

$$k_{p4} = 0.8\text{mA/V}^2, V_{TP} = -1V$$

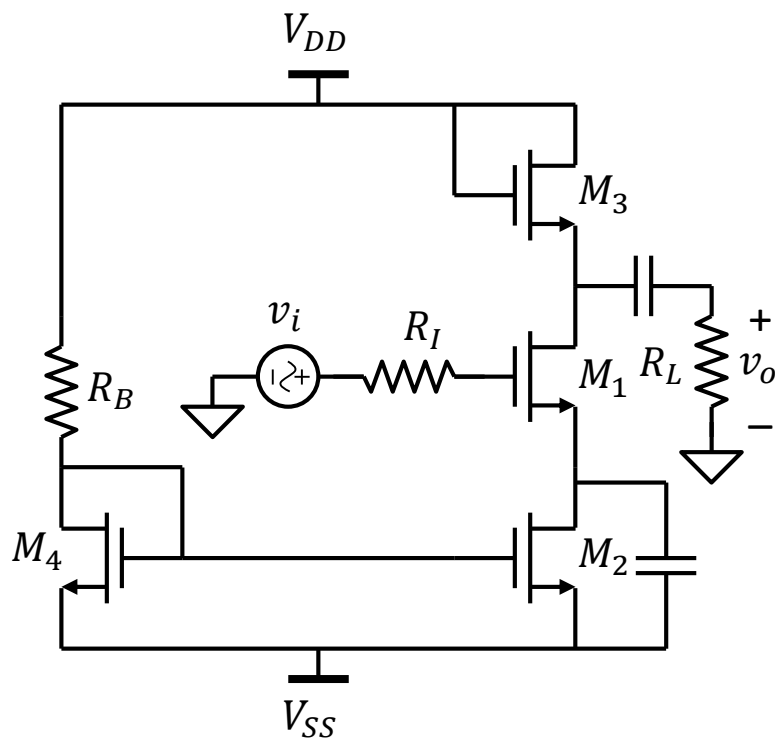
$$R_3 = 25\text{k}\Omega, R_4 = 35\text{k}\Omega, R_D = 5\text{k}\Omega,$$

$$R_1 = 15\text{k}\Omega, R_L = 20\text{k}\Omega$$

Dato il circuito in figura:

- 1) Trovare il punto di lavoro (V_{GS}, V_{DS}) di tutti i MOSFET in condizioni DC
- 2) Disegnare il circuito ai piccoli segnali
- 3) Calcolare le resistenze di ingresso e di uscita dell'amplificatore
- 4) Determinare il valore della resistenza R_S affinché il modulo del guadagno a vuoto sia 4.
- 5) Calcolare il guadagno di tensione dall'ingresso v_i all'uscita v_o

Esercizio 6



DATI:

$$V_{DD} = 5V, V_{SS} = -5V$$

$$k_{n1} = 8\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1.5V$$

$$k_{n2} = 2\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1.5V$$

$$k_{n3} = 0.5\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1.5V$$

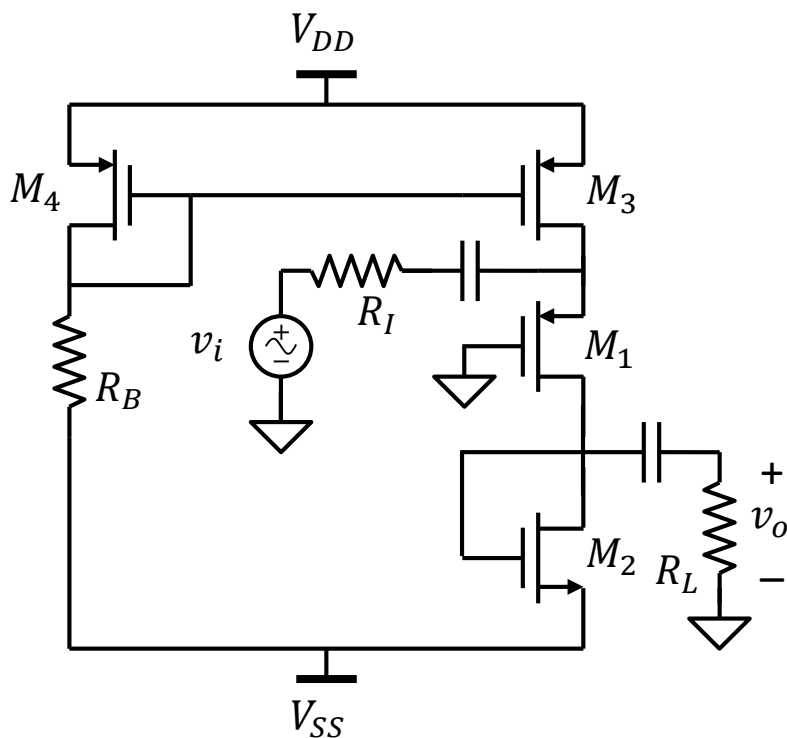
$$k_{n4} = 0.5\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1.5V$$

$$R_I = 10\text{k}\Omega, R_L = 3\text{k}\Omega$$

Dato il circuito in figura:

- 1) Trovare il valore di R_B affinché la transconduttanza di M_1 (in saturazione) sia 4mS .
- 2) Il punto di lavoro (V_{GS}, V_{DS}) di tutti i MOSFET in condizioni DC
- 3) Disegnare il circuito ai piccoli segnali
- 4) Calcolare le resistenze di ingresso e di uscita dell'amplificatore
- 5) Calcolare il guadagno di tensione dall'ingresso v_i all'uscita v_o

Esercizio 7



DATI:

$$V_{DD} = 3V, V_{SS} = -3V$$

$$k_{p1} = 0.4\text{mA/V}^2, V_{TP} = -0.5V, \lambda_p = 0$$

$$k_{n2} = 0.1\text{mA/V}^2, V_{TN} = 0.5V, \lambda_n = 0.01\text{V}^{-1}$$

$$k_{p3} = 2.5\text{mA/V}^2, V_{TP} = -0.5V, \lambda_p = 0.005\text{V}^{-1}$$

$$k_{p4} = 5\text{mA/V}^2, V_{TP} = -0.5V, \lambda_p = 0$$

$$R_I = 2.5\text{k}\Omega, R_L = 45\text{k}\Omega$$

Dato il circuito in figura:

- 1) Trovare il valore di R_B tale che la corrente attraverso M_4 sia 0.4mA
- 2) Trovare il punto di lavoro (V_{GS}, V_{DS}) di tutti i MOSFET in condizioni DC
- 3) Disegnare il circuito ai piccoli segnali
- 4) Calcolare le resistenze di ingresso e di uscita dell'amplificatore
- 5) Calcolare il guadagno di tensione dall'ingresso v_i all'uscita v_o

Esercizio 8

DATI:

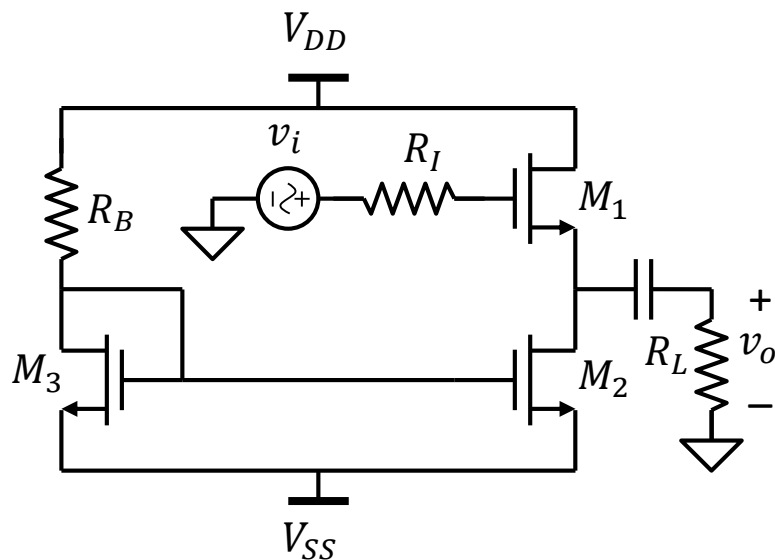
$$V_{DD} = 3V, V_{SS} = -5V$$

$$k_{n1} = 8\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1V, \lambda_n = 0.01\text{V}^{-1}$$

$$k_{n2} = 0.5\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1V, \lambda_n = 0.01\text{V}^{-1}$$

$$k_{n3} = 2\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1V, \lambda_n = 0.01\text{V}^{-1}$$

$$R_I = 10\text{k}\Omega, R_L = 1\text{k}\Omega$$



Dato il circuito in figura:

- 1) Trovare il punto di lavoro (V_{GS}, V_{DS}) di tutti i MOSFET e il valore di R_B in condizioni DC, sapendo che M1 ha $V_{GS} = 1.5V$
- 2) Disegnare il circuito ai piccoli segnali
- 3) Calcolare le resistenze di ingresso e di uscita dell'amplificatore
- 4) Calcolare il guadagno di tensione dall'ingresso v_i all'uscita v_o

Esercizio 9

DATI:

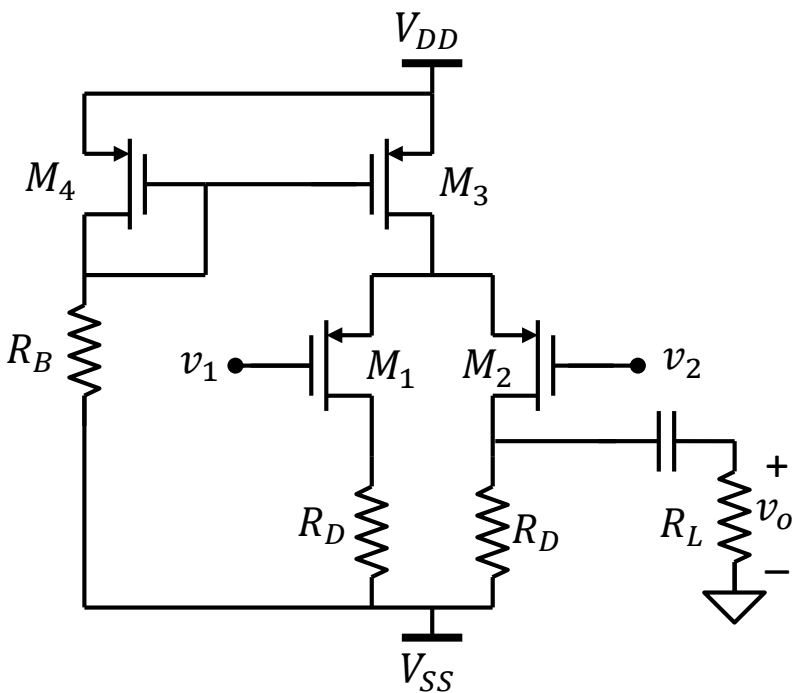
$$V_{DD} = 7V, V_{SS} = -7V$$

$$k_1 = k_2 = 1\text{mA/V}^2, V_{TP} = -2V$$

$$k_3 = 8\text{mA/V}^2, \lambda_p = 0.001\text{V}^{-1}$$

$$k_4 = 2.2\text{mA/V}^2,$$

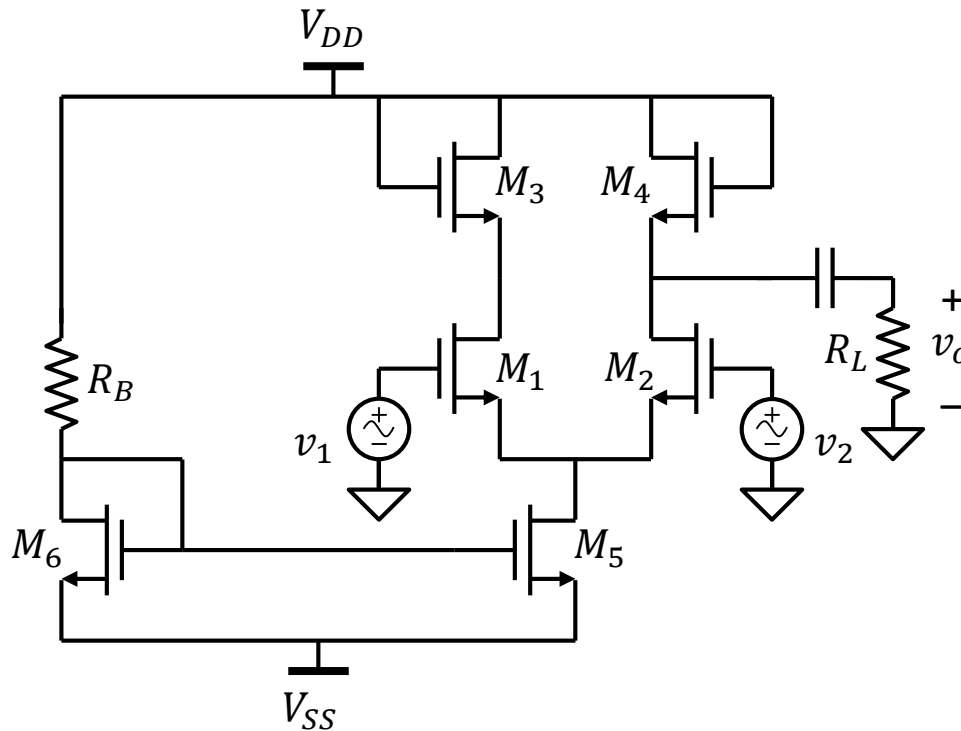
$$R_B = 10\text{k}\Omega, R_D = 2.5\text{k}\Omega, R_L = 10\text{k}\Omega$$



Dato il circuito in figura:

- 1) Trovare il punto di lavoro (V_{GS}, V_{DS}) di tutti i MOSFET in condizioni DC
- 2) Disegnare il circuito ai piccoli segnali
- 3) Calcolare le resistenze di ingresso e di uscita dell'amplificatore
- 4) Calcolare il guadagno di tensione di modo differenziale rispetto alla tensione $v_2 - v_1$.
- 5) Calcolare il guadagno di modo comune e il CMRR

Esercizio 10



DATI:

$$V_{DD} = 4V, V_{SS} = -4V$$

$$k_1 = k_2 = 5\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1V$$

$$k_3 = k_4 = 0.2\text{mA/V}^2,$$

$$k_5 = k_6 = 2.5\text{mA/V}^2, \lambda_5 = 0.001V^{-1}$$

$$R_L = 60k\Omega$$

Dato il circuito in figura:

- 1) Trovare il valore di R_B tale che $I_{DS1} = 0.4\text{mA}$
- 2) Trovare il punto di lavoro (V_{GS}, V_{DS}) di tutti i MOSFET in condizioni DC
- 3) Disegnare il circuito ai piccoli segnali
- 4) Calcolare le resistenze di ingresso e di uscita dell'amplificatore
- 5) Calcolare il guadagno di tensione di modo differenziale rispetto alla tensione $v_1 - v_2$.
- 6) Calcolare il guadagno di modo comune e il CMRR

Esercizio 11

DATI:

$$V_{DD} = 4V, V_{SS} = -4V$$

$$k_1 = 1\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1V$$

$$k_2 = 10\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1V, \lambda_2 = 0.01V^{-1}$$

$$k_3 = 4\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1V$$

$$k_4 = 10\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1V, \lambda_4 = 0.01V^{-1}$$

$$k_5 = 8\text{mA/V}^2, V_{TN} = 1V$$

$$R_1 = 500k\Omega$$

$$R_2 = 300k\Omega$$

$$R_3 = 100k\Omega$$

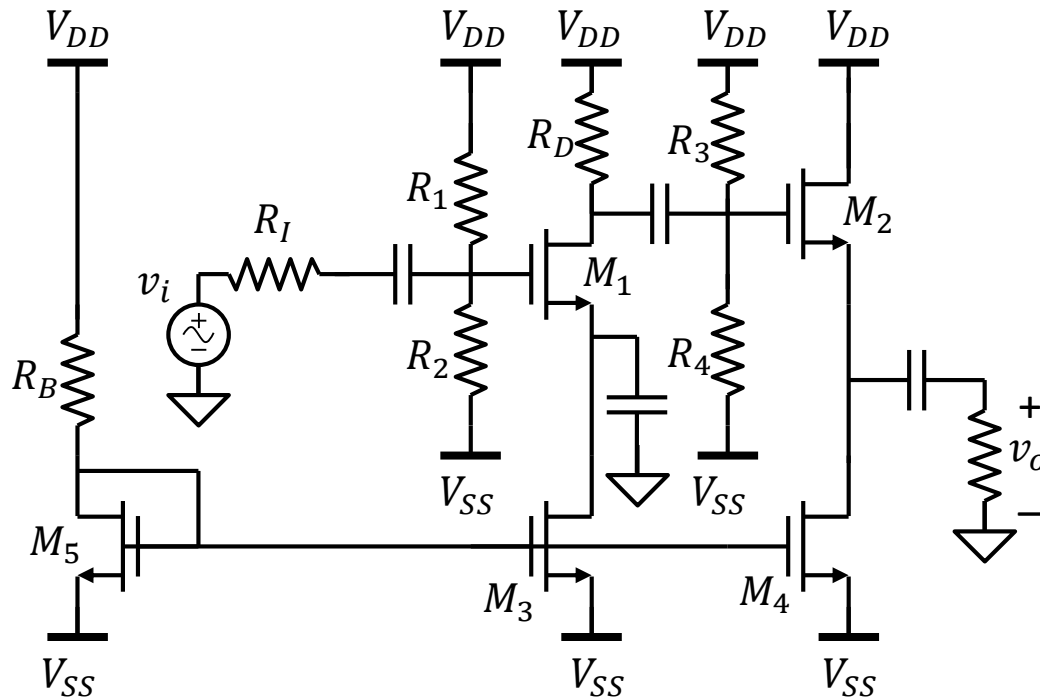
$$R_4 = 300k\Omega$$

$$R_I = 10k\Omega,$$

$$R_L = 1k\Omega$$

$$R_B = 7k\Omega$$

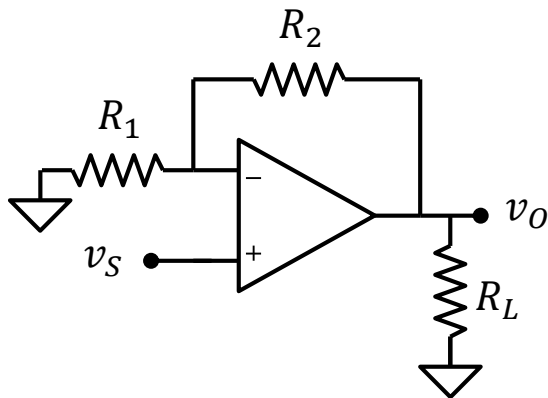
$$R_D = 8k\Omega$$



Dato il circuito in figura:

- 1) Trovare il punto di lavoro (V_{GS}, V_{DS}) di tutti i MOSFET in condizioni DC
- 2) Disegnare il circuito ai piccoli segnali
- 3) Calcolare le resistenze di ingresso e di uscita dell'amplificatore
- 4) Calcolare il guadagno di tensione da v_i a v_o

Esercizio 12



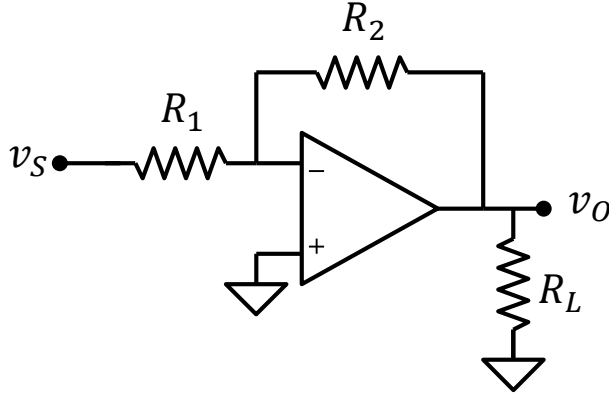
DATI:

$$R_1 = 3\text{k}\Omega$$

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

- 1) Trovare R_2 affinché $A_v = 10$
- 2) Calcolare la corrente erogata o assorbita dall'AO con $v_S = 1\text{V}$ e $v_S = -1\text{V}$

Esercizio 13



DATI:

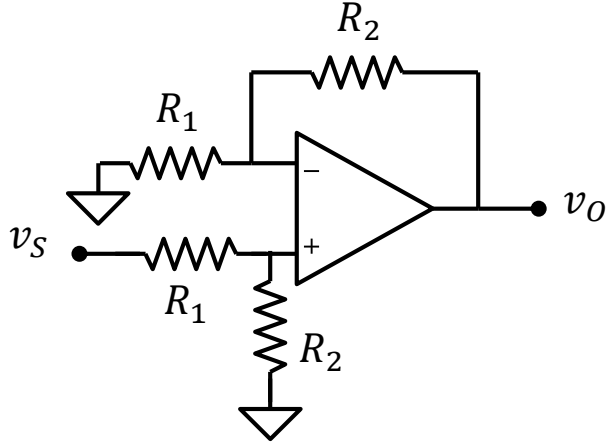
$$R_1 = 10\text{k}\Omega$$

$$R_2 = 60\text{k}\Omega$$

$$R_L = 1\text{k}\Omega$$

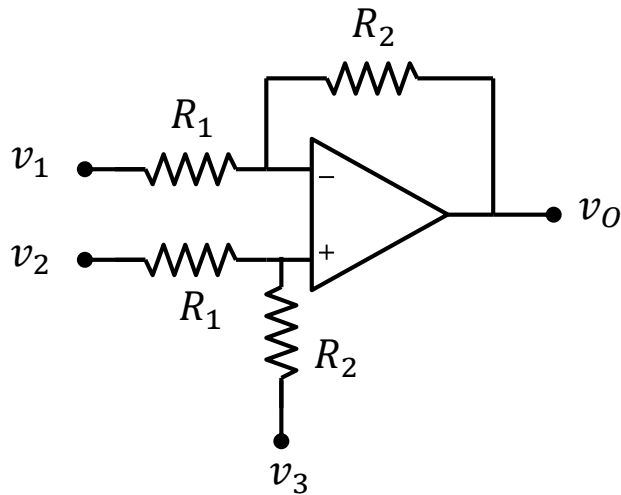
- 1) Trovare A_v
- 2) Calcolare la corrente erogata o assorbita dall'AO con $v_s = 2\text{V}$
- 3) Sostituiamo v_s con una sorgente reale di tensione con resistenza serie $R_s = 2\text{k}\Omega$. Come cambiano le risposte ai punti 1 e 2?

Esercizio 14



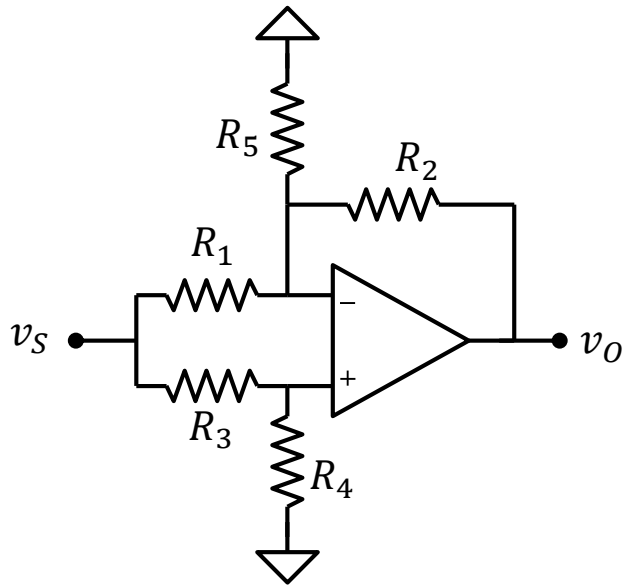
- 1) Trovare il guadagno e la resistenza di ingresso dell'amplificatore in funzione di R_1 e R_2
- 2) Trovare il valore di R_1 e R_2 affinché $A_v = 0.25$ e $R_{IN} = 100\text{k}\Omega$
- 3) Calcolare la corrente erogata o assorbita dall'AO con $v_S = 10\text{V}$

Esercizio 15



- 1) Trovare v_O in funzione di v_1 , v_2 e v_3
- 2) Assumendo $R_1 = 5\text{k}\Omega$ e $R_2 = 100\text{k}\Omega$, calcolare la tensione di uscita con:
 - A) $v_1 = 1\text{V}$, $v_2 = 0.9\text{V}$, $v_3 = 0\text{V}$
 - B) $v_1 = 0\text{V}$, $v_2 = 0\text{V}$, $v_3 = 3\text{V}$
 - C) $v_1 = 1\text{V}$, $v_2 = 0.9\text{V}$, $v_3 = 3\text{V}$
- 3) Assumiamo $v_3 = v_1$. Calcolare il guadagno di modo comune, il guadagno di modo differenziale e il CMRR dell'amplificatore

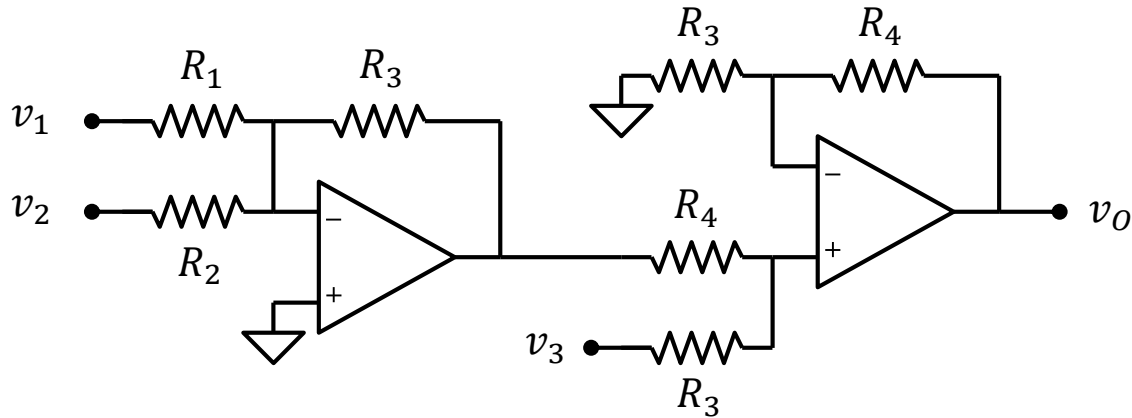
Esercizio 16



$R_1 = 5\text{k}\Omega$, $R_2 = 20\text{k}\Omega$, $R_3 = 40\text{k}\Omega$, $R_4 = 10\text{k}\Omega$ e $R_5 = 4\text{k}\Omega$

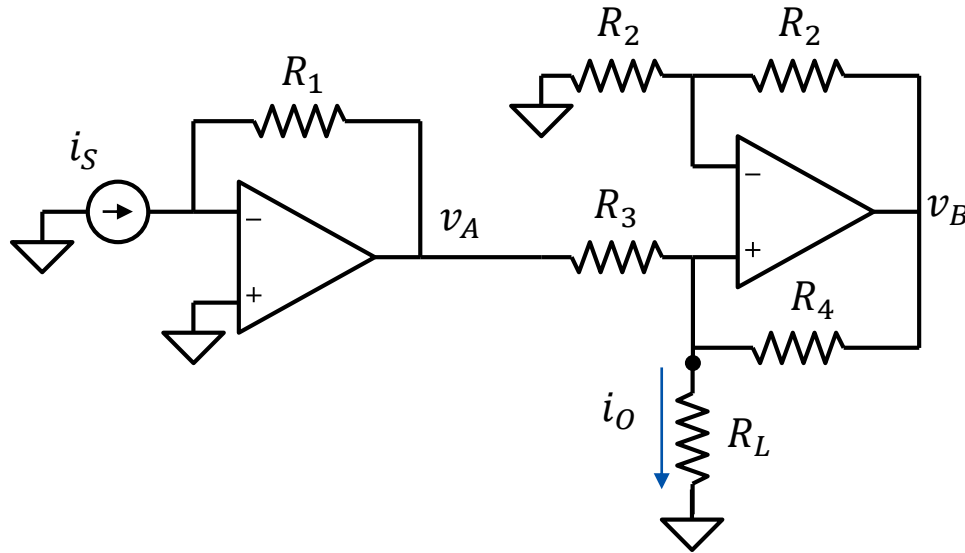
Calcolare il guadagno dell'amplificatore e la corrente erogata dall'AO con $v_S = 1\text{V}$

Esercizio 17



- 1) Trovare la relazione tra v_o e gli ingressi v_1 , v_2 e v_3
- 2) Ponendo $R_4 = 12\text{k}\Omega$, determinare R_1 , R_2 e R_3 in modo che $v_o = 4v_3 - 3v_1 - 2v_2$

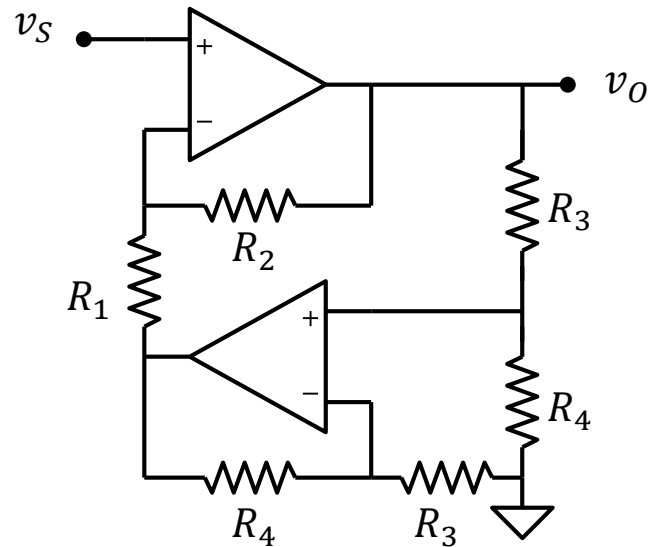
Esercizio 18



$$R_1 = 100\text{k}\Omega, R_2 = 10\text{k}\Omega$$

- 1) Trovare la relazione tra i_o e i_s in funzione del carico R_L .
- 2) Disegnare lo schema a doppio bipolo dell'amplificatore e calcolare il guadagno, la resistenza di uscita e la resistenza di ingresso
- 3) Che valore devono avere R_3 e R_4 affinché il guadagno in cortocircuito abbia modulo 100 e la resistenza di uscita sia infinita?

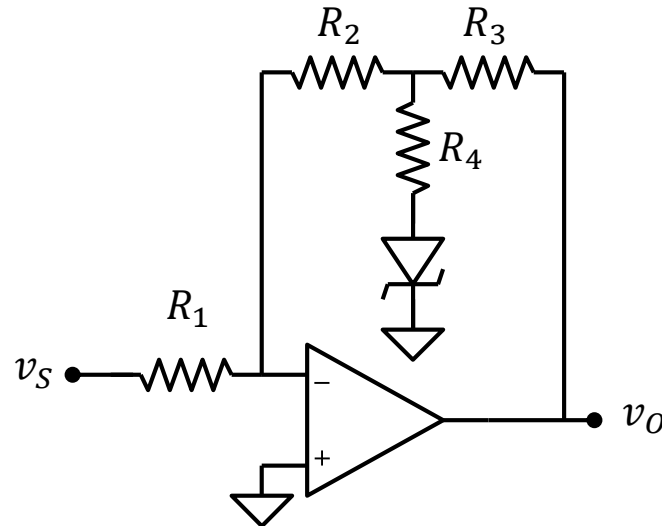
Esercizio 19



$R_1 = 1\text{k}\Omega$, $R_2 = 99\text{k}\Omega$, $R_4 = 8\text{k}\Omega$

- 1) Trovare la relazione tra v_O e v_S .
- 2) Che valore deve avere R_3 affinché il guadagno sia 10?

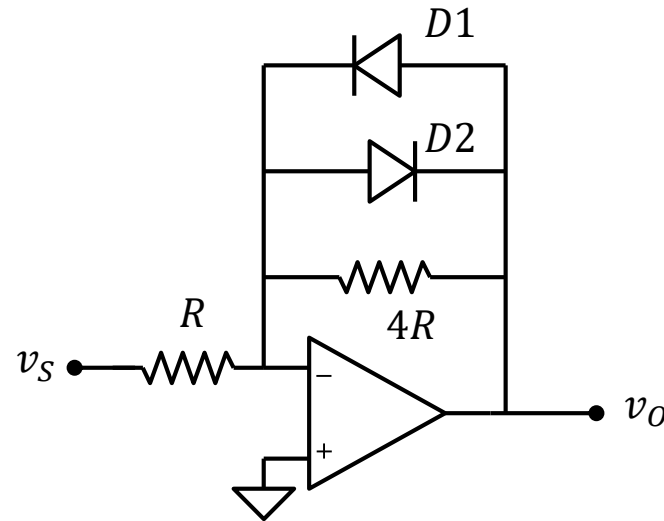
Esercizio 20



$V_{ON} = 0$, $V_Z = 4V$, $R_1 = 100k\Omega$, $R_2 = 40k\Omega$, $R_3 = 60k\Omega$, $R_4 = 12k\Omega$

- 1) Tracciare la transcaratteristica di v_O in funzione di v_S .
- 2) Determinare le coordinate dei punti di spezzamento

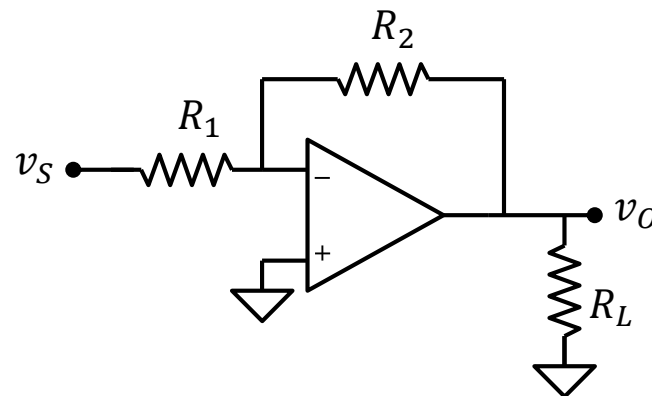
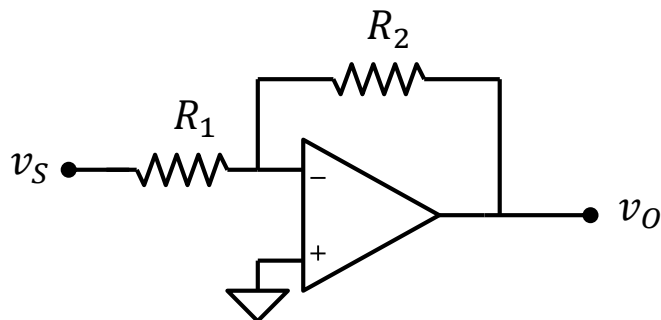
Esercizio 21



$$V_{ON} = 0.8V$$

- 1) Tracciare la transcaratteristica di v_O in funzione di v_S .
- 2) Determinare le coordinate dei punti di spezzamento

Esercizio 22



$R_1 = 1\text{k}\Omega$, $R_2 = 10\text{k}\Omega$, $R_L = 1\text{k}\Omega$, $V_{OS} = 50\text{mV}$, $V_{MAX} = 9.5\text{V}$, $V_{MIN} = -9.5\text{V}$, $I_{OMAX} = 6\text{mA}$

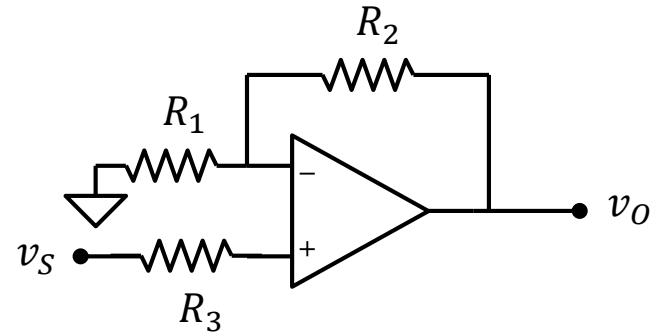
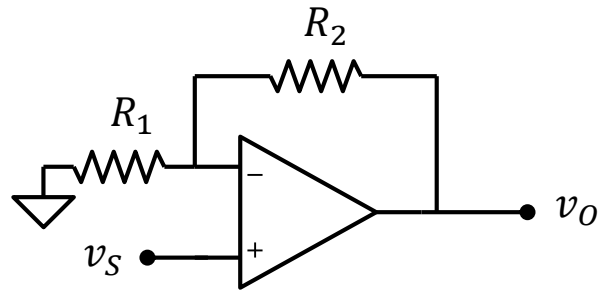
1) Dato il circuito di figura A, calcolare la tensione v_O , il potenziale del terminale invertente v_N e la corrente erogata dall'AO con:

- A) $v_S = 0.5\text{V}$
- B) $v_S = 1\text{V}$
- C) $v_S = -1\text{V}$

(assumere sempre nulla la corrente assorbita dagli ingressi dell'AO)

2) Dato il circuito di figura B, calcolare la tensione v_O e la corrente erogata dall'AO alle stesse tensioni del punto 1

Esercizio 23



$R_1 = R_3 = 1\text{k}\Omega$, $R_2 = 99\text{k}\Omega$, $V_{OS} = 1\text{mV}$, $I_{BP} = 0.99\mu\text{A}$, $I_{BN} = 1\mu\text{A}$

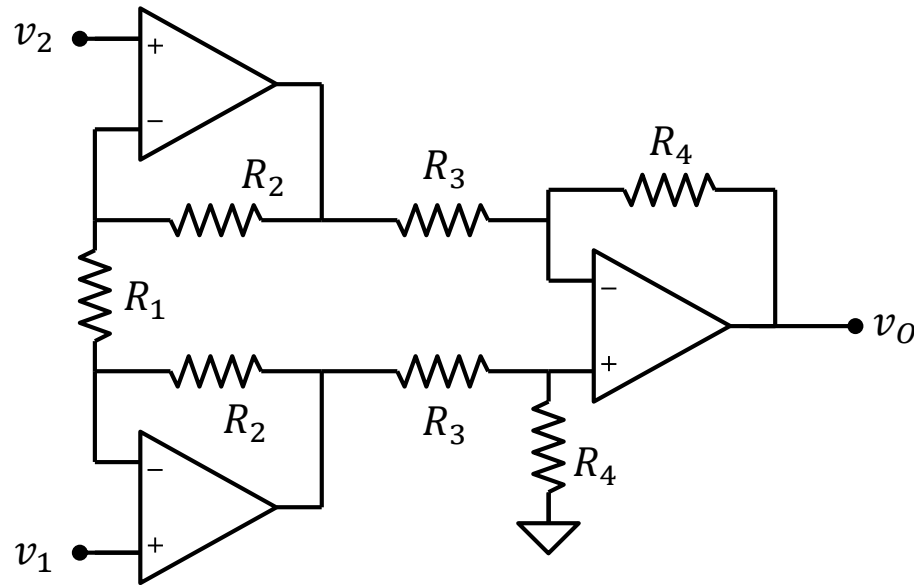
1) Dato il circuito di figura A, calcolare la tensione v_O con:

A) $v_S = 0\text{V}$

B) $v_S = 0.1\text{V}$

2) Dato il circuito di figura B, calcolare la tensione v_O alle stesse tensioni del punto 1

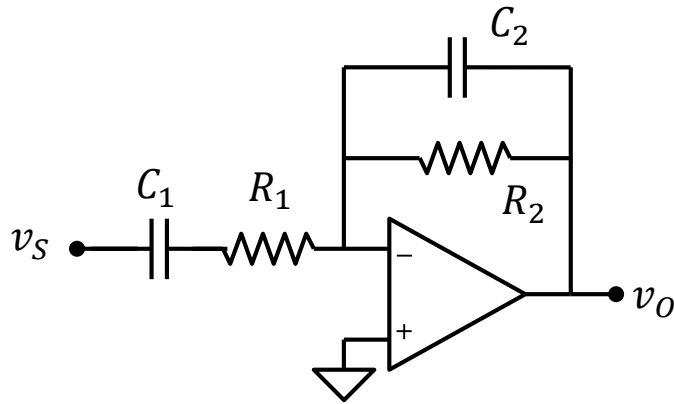
Esercizio 24



$R_1 = 1\text{k}\Omega$, $R_2 = 12\text{k}\Omega$, $R_3 = 5\text{k}\Omega$, $R_4 = 10\text{k}\Omega$, $V_{OS} = 2\text{mV}$, $I_{BP} = 10\text{nA}$, $I_{BN} = 9\text{nA}$

- 1) Calcolare il guadagno del circuito assumendo gli AO ideali
- 2) Calcolare la tensione v_O assumendo gli operazionali reali e:
 - A) $v_1 = v_2 = 0\text{V}$
 - B) $v_1 = 1\text{V}$, $v_2 = 1.2\text{V}$
- 3) Come cambia la risposta al punto 2.B se si avesse un $\text{CMRR} = 1000$

Esercizio 25

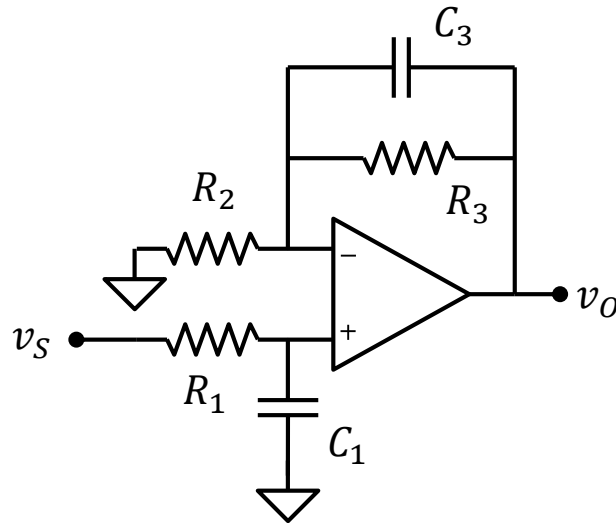


$$R_1 = 1\text{k}\Omega$$

Dato il filtro passabanda in figura

- 1) Trovare la funzione di trasferimento
- 2) Calcolare R_2 , C_1 e C_2 affinché il guadagno in banda sia 40dB e la banda passante sia tra 100rad/s e 1000rad/s
- 3) Tracciare i diagrammi di bode di modulo e fase

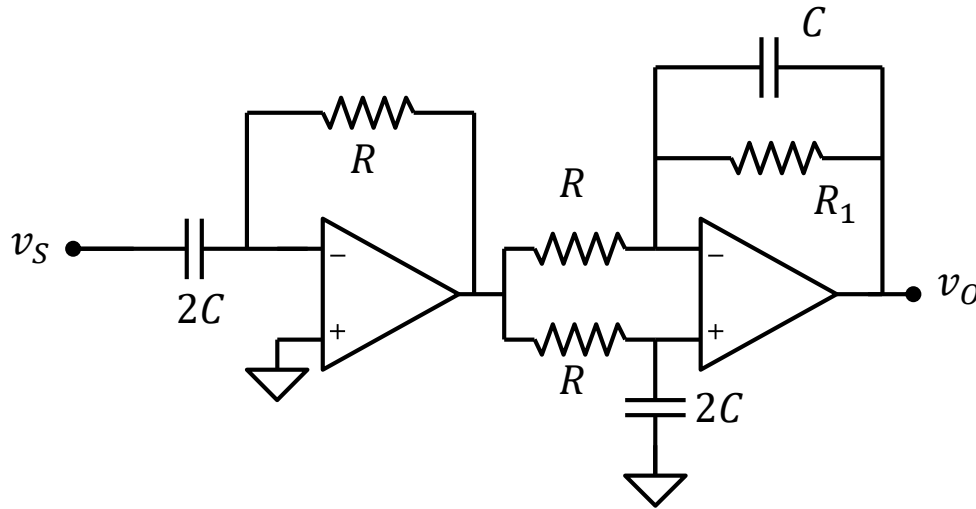
Esercizio 26



$R_1 = 1\text{k}\Omega$, $R_2 = 10\text{k}\Omega$, $R_3 = 40\text{k}\Omega$, $C_1 = 10\text{nF}$, $C_3 = 50\text{nF}$

- 1) Trovare la funzione di trasferimento
- 2) Tracciare i diagrammi di bode di modulo e fase
- 3) Calcolare ampiezza e fase del segnale di uscita usando il diagramma asintotico di Bode, quando all'ingresso è applicato il segnale $v_S = V_S \sin(\omega_S t + \phi_S)$ con:
 - A) $V_S = 0.5\text{V}$, $\phi_S = 10^\circ$, $\omega_S = 100\text{rad/s}$
 - B) $V_S = 1\text{V}$, $\phi_S = 10^\circ$, $\omega_S = 10^6\text{rad/s}$

Esercizio 27

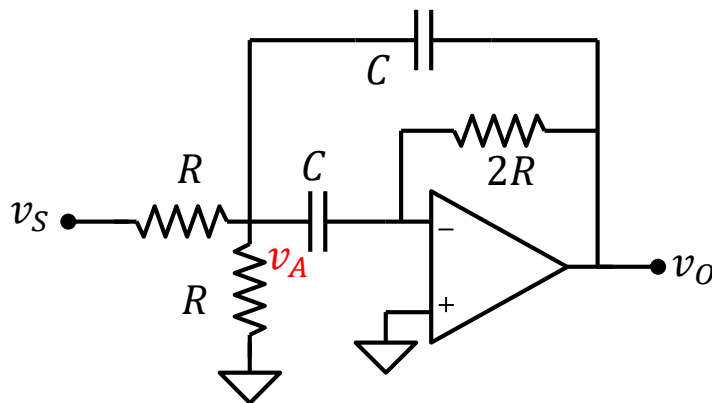


$R = 5\text{k}\Omega$, $C = 200\text{nF}$

Dato il filtro in figura, assumendo $R_1 = R$

- 1) Trovare la funzione di trasferimento
- 2) Calcolare il guadagno per $\omega = 0$ e $\omega \rightarrow \infty$. Identificare il tipo di filtro
- 3) Tracciare i diagrammi di bode di modulo e fase
- 4) Come cambiano le risposte se $R_1 = 550\text{k}\Omega$

Esercizio 28



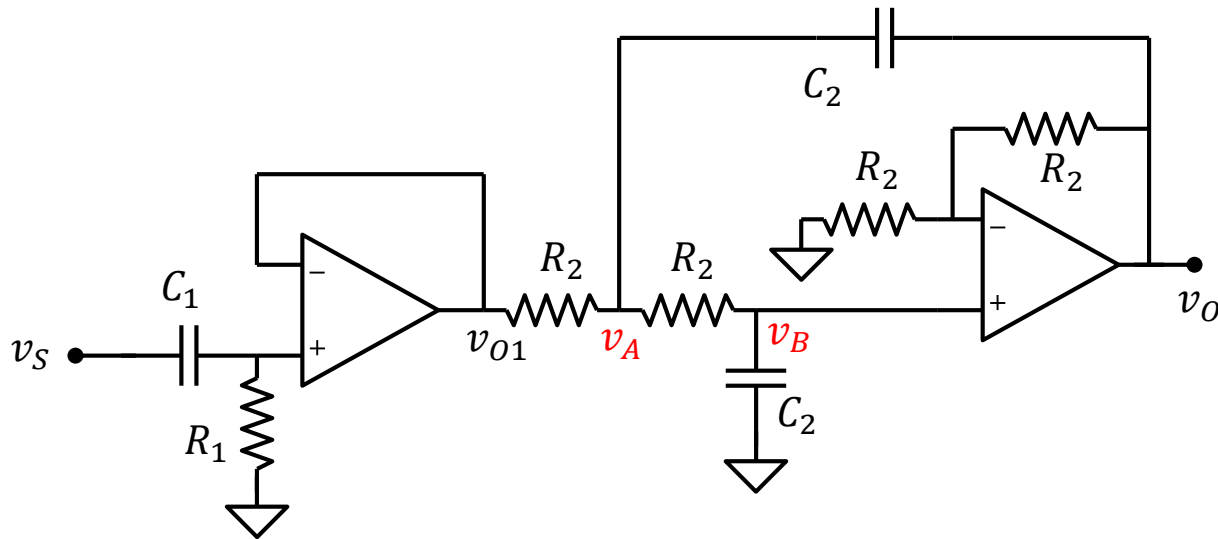
$R = 10\text{k}\Omega$, $C = 100\text{nF}$

- 1) Trovare la funzione di trasferimento
- 2) Tracciare i diagrammi di bode di modulo e fase
- 3) Calcolare ampiezza e fase del segnale di uscita usando il diagramma asintotico di Bode, quando all'ingresso è applicato il segnale:

$$v_S = V_{S1} \sin(\omega_{S1}t + \phi_{S1}) + V_{S2} \sin(\omega_{S2}t + \phi_{S2})$$

Con: $V_{S1} = V_{S2} = 1\text{V}$, $\phi_{S1} = \phi_{S2} = 45^\circ$, $\omega_{S1} = 100\text{rad/s}$, $\omega_{S2} = 1000\text{rad/s}$

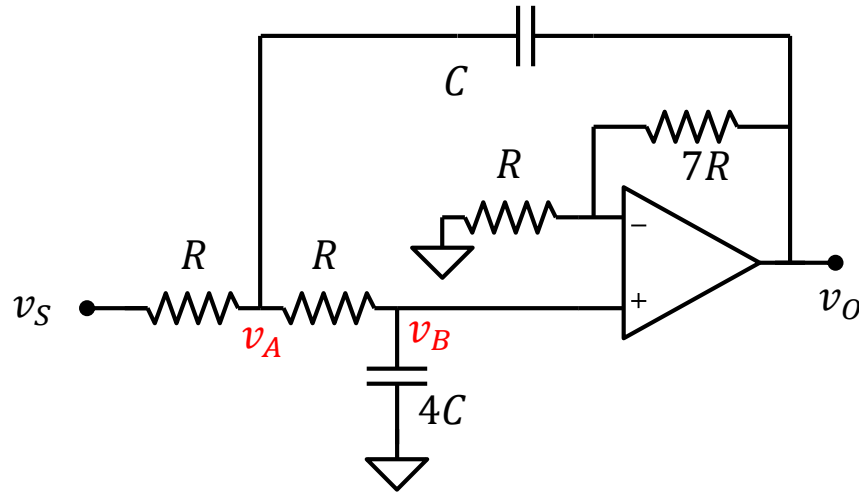
Esercizio 29



$R_1 = 10\text{k}\Omega$, $R_2 = 1\text{k}\Omega$, $C_1 = 1\mu\text{F}$, $C_2 = 50\text{nF}$

- 1) Trovare la funzione di trasferimento
- 2) Tracciare i diagrammi di bode di modulo e fase

Esercizio 30



$R = 5\text{k}\Omega$, $C = 20\text{nF}$

- 1) Trovare la funzione di trasferimento
- 2) Tracciare i diagrammi di bode di modulo e fase
- 3) Quanto valgono modulo e fase stimate dal diagramma di Bode asintotico? e quanto il valore esatto?