

A Laurea in Fisica - Anno Accademico 2020-2021

12 gennaio 2021 – Esonero del Laboratorio di Segnali e Sistemi

Nome :

Cognome :

Matricola :

Canale/Prof :

Gruppo Lab.:

Riportate su questo foglio le risposte numeriche con la relativa unità di misura.

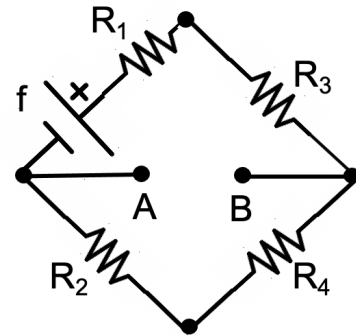
Esercizio 1. (8 punti)

Applicare il teorema di Thevenin tra i punti A e B del circuito in figura.

Dati numerici:

$f = 12 \text{ V}$; $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 3 \text{ k}\Omega$; $R_4 = 5 \text{ k}\Omega$.

$$V_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$$
$$R_{eq} = \underline{\hspace{2cm}}$$



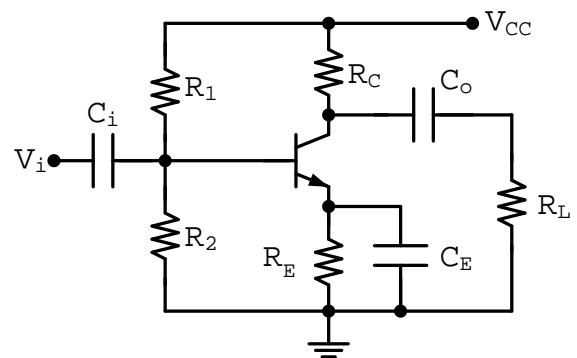
Esercizio 2. (8 punti)

Determinare il punto di lavoro del transistor del circuito rappresentato in figura. Trovare inoltre l'amplificazione di tensione a frequenze intermedie, assumendo che il transistor si trovi a temperatura ambiente.

Dati numerici:

$V_{CC} = 10 \text{ V}$; $R_1 = 40 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$; $R_C = 2.2 \text{ k}\Omega$; $R_E = 650 \Omega$; $R_L = 1 \text{ k}\Omega$.

$$V_{CE} = \underline{\hspace{2cm}}$$
$$I_C = \underline{\hspace{2cm}}$$
$$A_V = \underline{\hspace{2cm}}$$



Esercizio 3. (8 punti)

Un amplificatore operazionale ha uno slew rate S pari a $0.5 \frac{\text{V}}{\mu\text{s}}$. Esso viene usato nella configurazione a inseguitore di tensione (emitter follower) e al suo ingresso è presente una tensione sinusoidale di 5 V (picco-picco). Determinare la massima frequenza che può avere la sinusoide senza che il segnale di uscita venga distorto.

$$f = \underline{\hspace{2cm}}$$

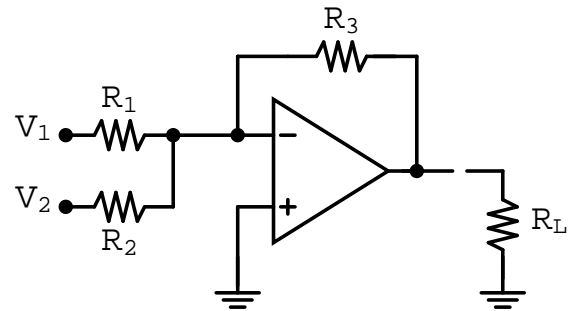
N.B. il compito prosegue sull'altra facciata del foglio

Esercizio 4. (8 punti)

Determinare la corrente di uscita I_o dell'amplificatore operazionale nel caso in cui non sia connessa la resistenza R_L e nel caso in cui essa venga collegata. Si faccia l'approssimazione di amplificatore operazionale ideale.

Dati numerici:

$V_1 = 2\text{ V}$; $V_2 = 4\text{ V}$; $R_1 = 1\text{ k}\Omega$; $R_2 = 2\text{ k}\Omega$;
 $R_3 = 3\text{ k}\Omega$; $R_L = 60\ \Omega$.



$$I_o \text{ (no } R_L) = \underline{\hspace{2cm}}$$
$$I_o \text{ (con } R_L) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Esercizio 5. (8 punti)

Si vuole costruire un circuito logico che permetta l'avviamento del motore di un tornio solo se vengono rispettate alcune situazioni definite da tre variabili logiche:

- variabile A: presenza del pezzo da lavorare montato sul tornio;
- variabile B: presenza dell'olio di raffreddamento nel serbatoio;
- variabile C: pulsante di test del tornio premuto.

Si vuole che il tornio possa essere messo in funzione solo se vengono soddisfatte le condizioni seguenti: sul tornio è montato il pezzo da tornire e c'è l'olio di raffreddamento, oppure viene premuto il pulsante di test ma, sia in presenza o in assenza di olio, non ci deve essere il pezzo da tornire montato sul tornio.

Si definisca la tavola della verità di questo circuito logico e si scriva l'equazione del circuito in forma canonica.

Si implementi poi il circuito tramite un multiplexer a 8 ingressi (quindi con 3 variabili di selezione).

$$Y = \underline{\hspace{2cm}}$$

SOLUZIONI ESONERO DI LAB S.S. DEL 12-1-2021 - A

Soluzione Esercizio 1

Le 4 resistenze sono in serie. La corrente che circola nella maglia vale:

$$I = \frac{f}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{12}{(2 + 2 + 3 + 5) \cdot 10^3} = 1 \text{ mA}$$

Assumiamo che il punto A abbia potenziale $V_A = 0$, di conseguenza il punto B ha potenziale:

$$V_B = f \times \frac{R_2 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = 12 \times \frac{2 + 5}{2 + 2 + 3 + 5} = 7 \text{ V}$$

Quindi: $V_{AB} = V_A - V_B = 0 - 7 = -7 \text{ V}$

Per trovare la resistenza equivalente dobbiamo circuitare il generatore f:

$$R_{eq} = (R_1 + R_3) \parallel (R_2 + R_4) = \frac{(R_1 + R_3) \times (R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{(5 \times 7) \cdot 10^3}{5 + 7} = \frac{35 \cdot 10^3}{12} = 2.92 \text{ k}\Omega$$

Soluzione Esercizio 2

Iniziamo con il calcolare il potenziale della base facendo l'approssimazione di trascurare la corrente di base rispetto a quella che scorre nel partitore R_1, R_2 :

$$V_B \simeq V_{CC} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \times \frac{10}{40 + 10} = 2 \text{ V}$$

Facciamo l'ipotesi che il transistor sia nella zona attiva, di conseguenza $V_{BE} \approx 0.7 \text{ V}$ e $I_C \approx I_E$.
Ne consegue che $V_E = V_B - V_{BE} = 2 - 0.7 = 1.3 \text{ V}$.

$$\Rightarrow I_C \approx I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1.3}{650} = 2 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C \times I_C - V_E = 10 - 2.2 \cdot 10^3 \times 2 \cdot 10^{-3} - 1.3 = 4.3 \text{ V}$$

A frequenze intermedie l'emettitore viene cortocircuitato a massa dal condensatore C_E , quindi possiamo usare le formule dell'amplificazione con l'emettitore a massa, però dobbiamo fare attenzione al fatto che la resistenza di carico R_L è in parallelo alla resistenza R_C .

$$R_L \parallel R_C = \frac{R_L \times R_C}{R_L + R_C} = \frac{(1 \times 2.2) \cdot 10^3}{1 + 2.2} = 687.5 \Omega$$

$$\Rightarrow A_V = -\frac{I_C}{V_T} \times (R_L \parallel R_C) = -\frac{2 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-3}} \times 687.5 = -55$$

Soluzione Esercizio 3

Il circuito è un emitter follower, quindi il segnale d'uscita è: $V_o = V_i = V_p \sin(2\pi f \cdot t)$. L'ampiezza del segnale d'ingresso è la metà del segnale picco-picco, quindi in questo caso è di 2.5 V. La disuguaglianza che il segnale d'uscita deve soddisfare è la seguente:

$$\left| \left(\frac{dV_o}{dt} \right) \right|_{max} \leq S \Rightarrow V_p \cdot 2\pi f \leq S \Rightarrow f \leq \frac{S}{2\pi \cdot V_p} = \frac{0.5 \cdot 10^6}{2\pi \times 2.5} = 31.8 \text{ kHz}$$

Soluzione Esercizio 4

a) R_L non connessa.

In questo caso la corrente di uscita dell'operazionale è uguale alla corrente che circola nella resistenza R_3 , quindi abbiamo:

$$I_o = -I_{R_3} = -(I_{R_1} + I_{R_2}) = -\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \right) = -\left(\frac{2}{1 \cdot 10^3} + \frac{4}{2 \cdot 10^3} \right) = -4 \text{ mA}$$

Da notare che questa corrente entra nell'operazionale, quindi è negativa.

Ricordiamo che nell'operazionale ideale non entra corrente in ingresso, mentre in uscita l'operazionale può e deve fornire corrente.

La tensione d'uscita è uguale a $V_o = -I_{R_3} \times R_3 = -4 \cdot 10^{-3} \times 3 \cdot 10^3 = -12 \text{ V}$.

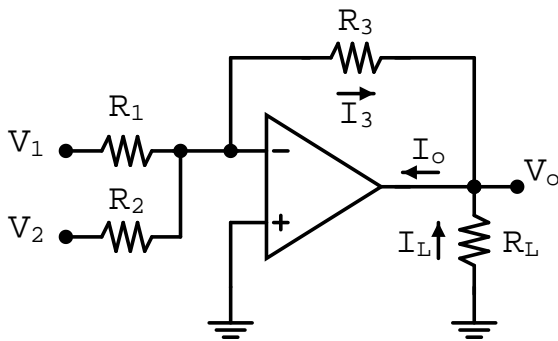
b) R_L connessa.

In questo caso l'operazionale deve fornire sia la corrente che circola sulla resistenza R_3 e sia quella che circola sulla resistenza R_L che è uguale a: $I_{R_L} = V_o/R_L$, quindi dobbiamo determinare quanto vale la tensione d'uscita V_o . Però si può notare che la tensione V_o non dipende dalla resistenza R_L ma solo dalla R_3 e dalle due correnti d'ingresso (che non dipendono da R_L), quindi anche in questo caso si ha $V_o = -12 \text{ V}$, quindi:

$$I_{R_L} = \frac{V_o}{R_L} = \frac{-12}{60} = -200 \text{ mA}$$

questa corrente è negativa, quindi anch'essa entra nell'operazionale, come si può vedere dalla figura. La corrente totale che entra nell'operazionale è la somma delle due:

$$I_o = -(I_{R_3} + I_{R_L}) = -(4 + 200) = -204 \text{ mA}$$



Soluzione Esercizio 5

Facciamo le seguenti assunzioni:

la variabile A è uguale a 1 quando il pezzo da laborare è montato sul tornio;

la variabile B è uguale a 1 quando l'olio di lubrificazione è presente nel serbatoio;

la variabile C è uguale a 1 quando il pulsante di test viene premuto.

Indichiamo con Y la variabile di uscita del circuito logico; essa sarà uguale a 1 quando il tornio può essere acceso con sicurezza.

Di conseguenza la tavola della verità è la seguente (facciamo attenzione che nel testo è detto che con il pulsante di test premuto ($C=1$) ma con il pezzo montato sul tornio ($A=1$), il tornio non deve essere abilitato):

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

$$Y = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot C + A \cdot B \cdot \bar{C}$$

Il circuito logico descritto dalla tavola della verità può essere implementato da un multiplexer a 8 ingressi come riportato nella figura.

