

C Laurea in Fisica - Anno Accademico 2021-2022

20 dicembre 2021 – Esonero del Laboratorio di Segnali e Sistemi

Nome :

Cognome :

Matricola :

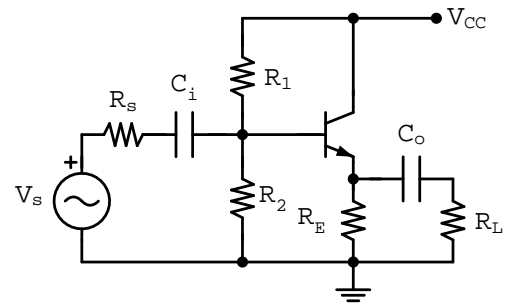
Canale/Prof :

Gruppo Lab.:

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

Esercizio 1. (8 punti)

L'emitter follower in figura è alimentato con $V_{CC} = 10\text{ V}$ e il partitore $R_1 - R_2$ è realizzato con un potenziometro di $10\text{ k}\Omega$, il quale viene regolato in modo da avere $V_{CE} = 5\text{ V}$; si determini il valore delle due resistenze R_1 e R_2 che realizzano questa condizione. Si scelga poi il valore della R_E in modo da avere $I_C = 2\text{ mA}$. Si supponga ora di collegare al circuito una resistenza di carico $R_L = 2\text{ k}\Omega$ e di connettere al circuito un generatore di segnali sinusoidali avente resistenza di uscita R_s pari alla metà della resistenza di ingresso dell'amplificatore. Se il generatore invia un segnale di ampiezza massima pari a 1.5 V si determini il valore della corrente che circolerà nella resistenza R_L .



$$R_1 = \underline{\hspace{2cm}} \quad R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R_E = \underline{\hspace{2cm}} \quad i_L = \underline{\hspace{2cm}}$$

Esercizio 2. (8 punti)

Due serbatoi del liquido di raffreddamento di un motore sono collegati a due sensori che ne definiscono lo stato di riempimento. La risposta di ciascun sensore è tale da produrre un segnale di tensione V proporzionale al volume di liquido presente nel serbatoio secondo la legge $V = 0.015 \frac{V}{litro}$. Si progetti un sistema di controllo che generi un segnale digitale tale da accendere un LED rosso di allarme nel caso in cui la somma della quantità di liquido nei due serbatoi sia minore di 40 litri.

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

Esercizio 3. (8 punti)

Calcolare la tensione di uscita dell'amplificatore operazionale riportato in figura. Si calcoli anche il valore del potenziale dell'ingresso non invertente. Infine calcolare la corrente erogata dall'amplificatore operazione specificando se essa entra o esce dall'amplificatore.

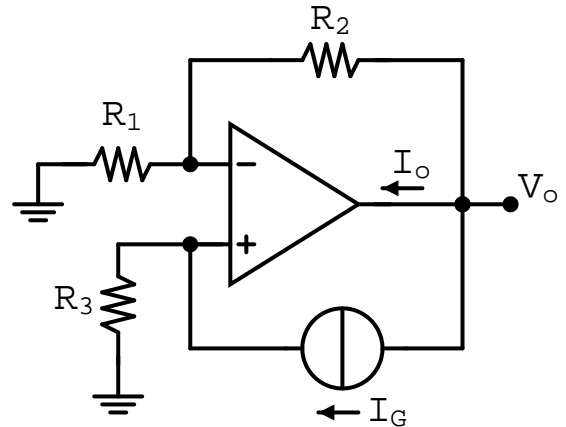
I valori dei componenti sono i seguenti:

$R_1 = 6 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 2 \text{ k}\Omega$; $I_G = 3 \text{ mA}$.

$$V_+ = \underline{\hspace{2cm}}$$

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

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

**Esercizio 4. (8 punti)**

Il sistema di trigger di un esperimento di fisica di particelle di alte energie vuole selezionare eventi legati al decadimento del bosone Z in una coppia di muoni oppure in una coppia di elettroni. Per fare ciò si utilizzano le seguenti informazioni provenienti dal rivelatore:

- A) presenza di due muoni;
- B) presenza di due tracce cariche;
- C) presenza di due elettroni.

Il trigger deve dare risposta positiva (1 logico) quando il segnale B è uguale a 1 (logico) ed almeno uno degli altri due segnali si trova anch'esso ad uno logico.

L'uscita del trigger viene memorizzata in un FlipFlop di tipo D il cui clock deve avere un periodo di $8 \mu s$ e viene generato a partire dal clock generale dell'esperimento di 1 MHz .

- a) Scrivere la tabella di verità del trigger.
- b) Scrivere la forma canonica corrispondente e minimizzarla utilizzando il metodo delle mappe di Karnaugh.
- c) Disegnare lo schema logico del circuito di trigger utilizzando delle porte logiche.
- d) Disegnare il circuito logico di generazione del clock, partendo dal clock di 1 MHz , necessario al funzionamento del FlipFlop-D .

SOLUZIONI ESONERO DI LAB S.S. DEL 20-12-2021 - C

Soluzione Esercizio 1

Per avere $V_{CE} = 5 V$ dobbiamo fare in modo che $V_E = V_{CC} - V_{CE}$ sia uguale a $5 V$.

Assumendo che il transistor sia nella zona attiva, il potenziale della base deve essere $V_B = V_E + 0.7 = 5.0 + 0.7 = 5.7 V$. Trascurando la corrente di base rispetto a quella che circola nel partitore, possiamo scrivere:

$$V_B = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_2 = \frac{V_B}{V_{CC}} \times (R_1 + R_2) = \frac{5.7}{10} \times 10 \cdot 10^3 = 5.7 k\Omega$$

La resistenza R_1 vale $10 - 5.7 = 4.3 k\Omega$.

Troviamo ora la resistenza R_E :

$$R_E = \frac{V_E}{I_C} = \frac{5}{2 \cdot 10^{-3}} = 2.5 k\Omega$$

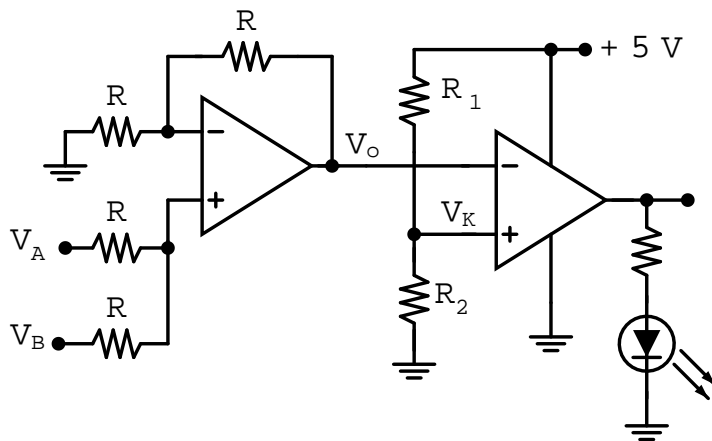
Il segnale in ingresso all'amplificatore dipende dal partitore tra la resistenza d'uscita del generatore e la resistenza d'ingresso dell'amplificatore:

$$V_i = V_S \frac{R_i}{R_S + R_i} = V_S \frac{R_i}{\frac{1}{2}R_i + R_i} = \frac{2}{3}V_S = \frac{2}{3} \times 1.5 = 1.0 V$$

Facendo l'approssimazione ragionevole che l'amplificazione del circuito sia 1, questo stesso segnale si troverà ai capi della resistenza R_L , quindi la corrente che vi scorre sarà uguale a:

$$i_L = \frac{V_i}{R_L} = \frac{1}{2 \cdot 10^3} = 0.5 mA$$

Soluzione Esercizio 2



Dobbiamo innanzi tutto costruire un sommatore non invertente con amplificazione 1 in modo da ottenere il valore corrispondente al totale della quantità di liquido presente nei due serbatoi $V_0 = (V_A + V_B)$. Possiamo alimentare il nostro operazionale tra 0 V e 5 V essendo i segnali delle sonde definiti positivi e sommati.

Per il valore totale richiesto di almeno 40 litri si ottiene un valore di tensione all'uscita del sommatore pari a: $V_{somma} = 40 \times 0.015 = 600 \text{ mV}$. Possiamo ottenerla utilizzando un partitore dalla 5 V utilizzando una resistenza da $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ ed una $R_1 = 7.3 \text{ k}\Omega$ in questo modo avremo $V_{ref} = 5V \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 600 \text{ mV}$. Per finire collegheremo la tensione di riferimento V_{ref} all'ingresso non invertente del comparatore e V_{somma} (indicata nello schema con V_K) all'ingresso invertente del comparatore. Per ottenere un'uscita TTL alimenteremo l'opAmp del comparatore con i valori 0 V e +5 V. L'uscita può essere collegata direttamente ad un LED oppure ad un FF per mantenere il segnale luminoso acceso fino all'arrivo di un operatore.

Soluzione Esercizio 3

L'amplificatore operazionale ideale non assorbe corrente, quindi la corrente del generatore I_G scorre completamente nella resistenza R_3 , quindi il potenziale dell'ingresso non invertente vale:

$$V_+ = R_3 \times I_G = 2 \cdot 10^3 \times 3 \cdot 10^{-3} = 6 \text{ V}$$

Lo schema del circuito è quello di un amplificatore operazione non invertente, quindi la tensione di uscita vale:

$$V_o = V_+ \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 6 \times \frac{6 + 3}{6} = 9 \text{ V}$$

Se analizziamo le correnti nel nodo di uscita, si osserva che I_G è uscente dal nodo e anche I_{R_2} è uscente dal nodo visto che V_o è positivo, quindi necessariamente la corrente I_o erogata dal generatore deve entrare nel nodo (e quindi deve uscire dall'amplificatore) e vale:

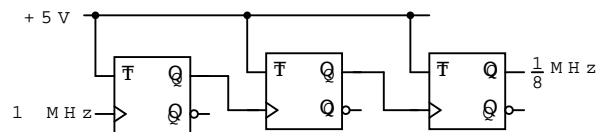
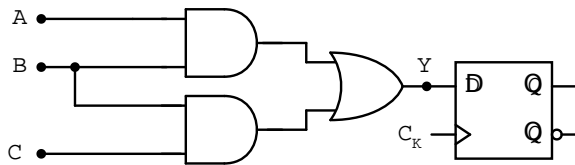
$$I_o = I_G + I_{R_2} = I_G + \frac{V_o - V_+}{R_2} = 3 \cdot 10^{-3} + \frac{9 - 6}{3 \cdot 10^{-3}} = 4 \text{ mA}$$

Soluzione Esercizio 4

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

C \ AB	0	1
	00	0
01	0	1
11	1	1
10	0	0

L'equazione in forma canonica è: $Y = \bar{A}BC + AB\bar{C} + ABC$, la quale può essere minimizzata usando la mappa di Karnaugh in figura: $Y = AB + BC$.



Tenendo conto che un contatore asincrono è un divisore di frequenza di un fattore 2 per ogni stadio e che $8 \mu s$ richiedono una divisione per 8 del clock generale di $1 MHz$, il circuito necessario è un contatore asincrono a 3 stadi in cui il Q del terzo stadio diventa il clock per il flip-flop.