

A 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)

Si vuole realizzare un sistema di trigger per un esperimento di fisica di particelle di alte energie utilizzando il segnale proveniente da tre rivelatori:

- A) rivelatore di tracce cariche;
- B) rivelatore di muoni;
- C) rivelatore di elettroni;

Il trigger deve dare risposta positiva (1 logico) quando il rivelatore A è uguale a 1 (logico) ed almeno uno degli altri due fornisce risposta positiva.

L'uscita del trigger viene memorizzata in un FlipFlop di tipo D il cui clock deve avere un periodo di $4 \mu s$ 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 .

Esercizio 2. (8 punti)

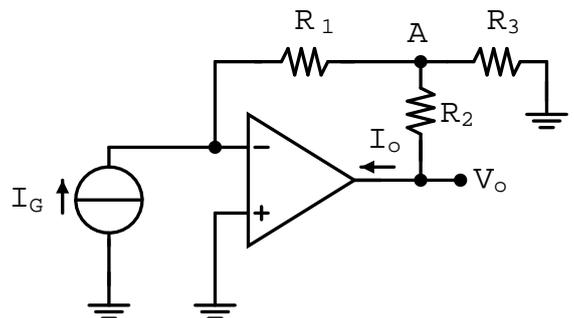
Calcolare la tensione di uscita dell'amplificatore operazionale riportato in figura. Si calcoli anche il valore del potenziale del punto A.

I valori dei componenti sono i seguenti:

$R_1 = 40 k\Omega$; $R_2 = 80 k\Omega$; $R_3 = 20 k\Omega$; $I_G = 50 \mu A$.

$V_A =$ _____

$V_o =$ _____



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

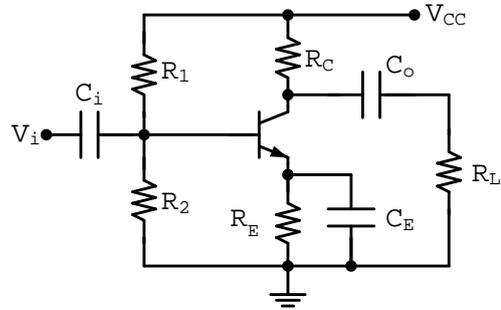
Esercizio 3. (8 punti)

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. Supponiamo ora di collegare in ingresso un generatore di tensione avente una resistenza d'uscita pari a 1/4 della resistenza d'ingresso dell'amplificatore; se il segnale sinusoidale del generatore ha un'ampiezza di 20 mV, determinare l'ampiezza del segnale ai capi della R_L .

Infine, sapendo che questo transistor ha $h_{fe} = 80$, stimare il valore del parametro h_{ie} .

Dati numerici:

$V_{CC} = 12\text{ V}$; $R_1 = 45\text{ k}\Omega$; $R_2 = 5\text{ k}\Omega$; $R_C = 2.5\text{ k}\Omega$;
 $R_E = 500\ \Omega$; $R_L = 2.5\text{ k}\Omega$.



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

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

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

$$h_{ie} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Esercizio 4. (8 punti)

Due serbatoi di gasolio A e B 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 livello di riempimento secondo la legge $V = 0.01 \frac{V}{litro}$. Si progetti un sistema di controllo che generi un segnale digitale tale da accendere un LED rosso di allarme nel caso in cui la differenza di livello tra il serbatoio A e il serbatoio B sia superiore a 40 litri (si assuma che per costruzione il livello del serbatoio A è sempre maggiore del livello del serbatoio B).

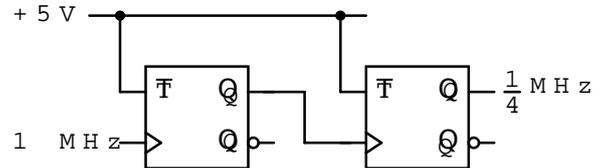
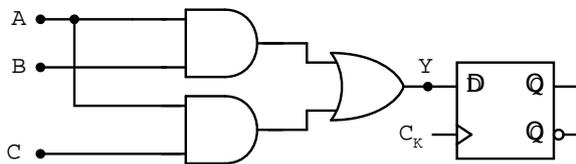
SOLUZIONI ESONERO DI LAB S.S. DEL 20-12-2021 - A

Soluzione Esercizio 1

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

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

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



Tenendo conto che un contatore asincrono è un divisore di frequenza di un fattore 2 per ogni stadio e che $4 \mu s$ richiedono una divisione per 4 del clock generale di $1 MHz$, il circuito necessario è un contatore asincrono a 2 stadi in cui il Q del secondo stadio diventa il clock per il flip-flop.

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 :

$$V_B \simeq V_{CC} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12 \times \frac{5}{45 + 5} = 1.2 \text{ V}$$

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 $V_E = V_B - V_{BE} = 1.2 - 0.7 = 0.5 \text{ V}$.

$$\Rightarrow I_C \approx I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{0.5}{500} = 1 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C \times I_C - V_E = 12 - 2.5 \cdot 10^3 \times 1 \cdot 10^{-3} - 0.5 = 9.0 \text{ V}$$

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 .

$$R_L \parallel R_C = \frac{R_L \times R_C}{R_L + R_C} = \frac{(2.5 \times 2.5) \cdot 10^3}{2.5 + 2.5} = 1.25 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow A_V = -\frac{I_C}{V_T} \times (R_L \parallel R_C) = -\frac{1 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-3}} \times 1.25 \cdot 10^3 = -50$$

Per trovare il segnale che "entra" nella base occorre considerare il partitore tra la resistenza del generatore e la resistenza d'ingresso dell'amplificatore, quindi:

$$V_i = V_s \times \frac{R_i}{R_s + R_i} = V_s \times \frac{R_i}{1/4 R_i + R_i} = 20 \cdot 10^{-3} \times \frac{4}{5} = 16 \text{ mV}$$

Il segnale ai capi di R_L è uguale a: $A_V \times V_i = 50 \times 16 \cdot 10^{-3} = 0.8 \text{ V}$.

L'amplificazione può essere espressa in varie modi, ad esempio:

$$-\frac{I_C}{V_T} \times R_C = -\frac{h_{fe}}{h_{ie}} \times R_C \Rightarrow h_{ie} = h_{fe} \times \frac{V_T}{I_C} = 80 \times \frac{25 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} = 2.0 \text{ k}\Omega$$

Soluzione Esercizio 3

L'amplificatore non assorbe corrente, quindi la corrente del generatore fluisce completamente nel resistore R_1 , di conseguenza abbiamo:

$$0 - V_A = R_1 \times I_G \Rightarrow V_A = -R_1 \times I_G = -40 \cdot 10^3 \times 50 \cdot 10^{-6} = -2 \text{ V}$$

Possiamo ricavare la corrente che scorre nella resistenza R_3 :

$$I_{R_3} = \frac{V_A}{R_3} = \frac{-2}{20 \cdot 10^3} = -100 \mu\text{A}$$

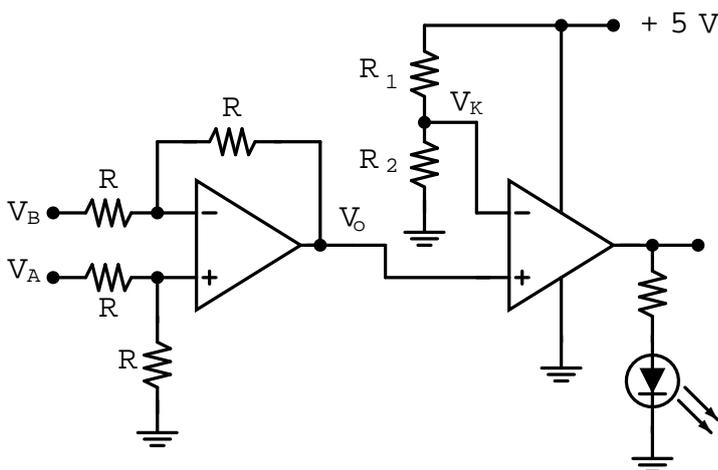
La corrente è negativa quindi vuol dire che entra nel nodo A. A questo punto abbiamo che I_G e I_{R_3} entrano nel nodo, quindi I_{R_2} deve necessariamente uscire. Possiamo ora scrivere la legge dei nodi nel punto A:

$$I_{R_2} = |I_G| + |I_{R_3}| = 50 \mu\text{A} + 100 \mu\text{A} = 150 \mu\text{A}.$$

Applichiamo la legge di Ohm alla resistenza R_2 :

$$V_A - V_o = R_2 \times I_{R_2} \Rightarrow V_o = V_A - R_2 \times I_{R_2} = -2 - 80 \cdot 10^3 \times 150 \cdot 10^{-6} = -14 \text{ V}$$

Soluzione Esercizio 4



Per prima cosa dobbiamo costruire un amplificatore differenziale con amplificazione $A_v=1$ che produca in uscita: $V_O = (V_A - V_B)$. Basta collegare l'uscita del sensore B all'ingresso invertente e quella del sensore A al non invertente ed utilizzare quattro resistenze uguali di valore ad esempio $R = 10 \text{ k}\Omega$. Possiamo alimentare l'amplificatore operazionale con $\pm 5\text{V}$ ed avremo un fondo scala di circa 500 Litri. Dobbiamo ora calcolare la differenza di tensione che equivale alla differenza di 40 litri: il valore ottenuto è $V_{diff} = 40 \times 0.01 = 400 \text{ mV}$. Per generare il segnale digitale dobbiamo costruire un comparatore con tensione di riferimento $V_{ref}=400 \text{ mV}$ (nello schema è indicata V_K). Possiamo ottenerla utilizzando un partitore dalla 5V utilizzando una resistenza da $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ ed una $R_1 = 11.5 \text{ k}\Omega$ in questo modo avremo $V_{ref} = 5\text{V} \frac{R_2}{R_1+R_2} = 400 \text{ mV}$. Per finire collegheremo la tensione di riferimento V_{ref} all'ingresso invertente del comparatore e V_{diff} all'ingresso non invertente del comparatore. Per ottenere un'uscita TTL alimenteremo l'opAmp del comparatore con i valori 0 V e $+5 \text{ V}$. 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.