

C Laurea in Fisica - Anno Accademico 2021-2022

21 dicembre 2022 – 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)

In una macchina industriale si prelevano dei campioni per il controllo di qualità da un nastro trasportatore. I pezzi passano sul nastro alla frequenza di 1 pezzo ogni secondo. Si progetti un circuito logico che generi un segnale TTL che permetta di prelevare un pezzo ogni 12 secondi.

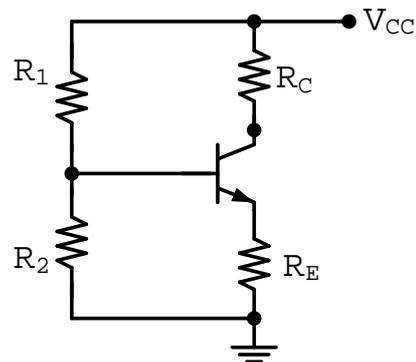
Esercizio 2. (8 punti)

Alcuni studenti costruiscono in laboratorio il circuito illustrato in figura utilizzando i componenti elencati. Determinare il punto di lavoro del transistor e stabilire in quale zona di lavoro si trova (attiva, saturazione o interdizione). Un gruppo di studenti utilizza per sbaglio una resistenza R'_E diversa. Determinare quali saranno i risultati trovati da questi studenti.

Dati numerici:

$V_{CC} = 9\text{ V}$; $R_1 = 33\text{ k}\Omega$; $R_2 = 10\text{ k}\Omega$; $R_C = 5.6\text{ k}\Omega$;

$R_E = 1.4\text{ k}\Omega$; $R'_E = 1.0\text{ k}\Omega$.



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

$$\text{stato} - T = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V'_{CE} = \underline{\hspace{2cm}}; \quad I'_E = \underline{\hspace{2cm}} \quad I'_C = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{stato} - T' = \underline{\hspace{2cm}}$$

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

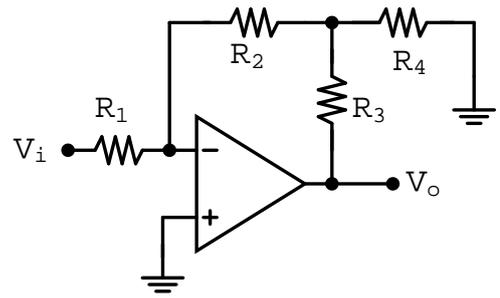
Esercizio 3. (8 punti)

Calcolare la corrente che scorre sulla resistenza R_1 e la tensione di uscita dell'amplificatore operazionale riportato in figura.

I valori dei componenti sono i seguenti:

$V_i = 4 \text{ V}$; $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_3 = 2 \text{ k}\Omega$;

$R_4 = 4 \text{ k}\Omega$.



$$I_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

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

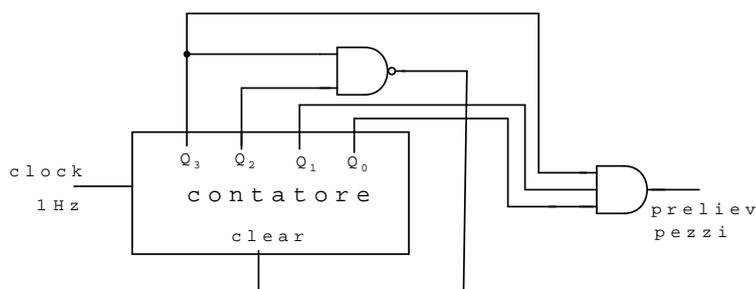
Esercizio 4. (8 punti)

Data una tensione continua di ingresso nel range $-5 < V_i < -2.5 \text{ V}$, si progetti un circuito traslatore di livello, facendo uso di uno o più amplificatori operazionali, in grado di produrre un'uscita V_o nell'intervallo $-3.75 \text{ V} < V_o < 0$, dove al segnale di ingresso di -5 V corrisponde il segnale d'uscita di -3.75 V .

SOLUZIONI ESONERO DI LAB S.S. DEL 21-12-2022 - C

Soluzione Esercizio 1

Potremmo ad esempio usare un contatore modulo 12 per prelevare un pezzo ogni 12:



Mandiamo al contatore un clock ad una frequenza di 1 Hz (che per semplicità possiamo assumere che sia sincronizzato con il passaggio dei pezzi sul nastro trasportatore). Il contatore inizia a contare gli impulsi di clock partendo da zero; quando arriva al numero 11 (cioè al dodicesimo clock), sul contatore è impostato il numero binario 1011. Questi tre bit (Q_0 , Q_1 e Q_3) vengono mandati a un AND a 3 ingressi e quando è impostato il numero 11, l'uscita dell'AND diventa 1 e abilita il prelievo del pezzo da controllare dal nastro trasportatore. Al clock successivo viene impostato il numero 1100, ma il NAND manda un impulso al clear del contatore che lo riavverte e inizia di nuovo a contare da 0 e contemporaneamente anche l'uscita dell'AND torna a zero, fino a quando non si raggiunge il dodicesimo conteggio (ovvero il numero 11 sul contatore).

Soluzione Esercizio 2

$$V_B = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 9 \times \frac{10}{33 + 10} = 2.1 \text{ V}$$

Ipotesi: il transistor NON è in interdizione $\Rightarrow V_E = 2.1 - 0.7 = 1.4 \text{ V}$.

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1.4}{1.4 \cdot 10^3} = 1.0 \text{ mA}$$

Ipotesi: il transistor è nella zona attiva, allora $I_C = I_E = 1.0 \text{ mA}$.

Di conseguenza: $V_{R_C} = R_C \times I_C = 5.6 \cdot 10^3 \times 1.0 \cdot 10^{-3} = 5.6 \text{ V}$.

Quindi: $V_{C_E} = V_{CC} - V_{R_C} - V_E = 9 - 5.6 - 1.4 = 2.0 \text{ V}$.

L'ipotesi è confermata, il transistor è in zona attiva.

Vediamo che succede nel circuito degli studenti che hanno sbagliato a mettere la R_E . Il valore di V_E non cambia perché dipende solo dal partitore di base. Però cambia la corrente di emettitore:

$$I'_E = \frac{V_E}{R'_E} = \frac{1.4}{1.0 \cdot 10^3} = 1.4 \text{ mA}$$

Ipotesi: il transistor è nella zona attiva, allora $I'_C = I'_E = 1.4 \text{ mA}$.

Di conseguenza: $V'_{R_C} = R_C \times I'_C = 5.6 \cdot 10^3 \times 1.4 \cdot 10^{-3} = 7.84 \text{ V}$.

Quindi: $V'_{CE} = V_{CC} - V'_{RC} - V_E = 9 - 7.84 - 1.4 = -0.24 V$

Dato che la V_{CE} non può essere negativa, questo vuol dire che il transistor è in saturazione e si ha: $V'_{CE} = 0.2 V$.

Ricaviamo la caduta di tensione ai capi di R_C per calcolare la I'_C :

$$V'_{RC} = V_{CC} - V'_{CE} - V_E = 9 - 0.2 - 1.4 = 7.4 V \Rightarrow I'_C = \frac{V'_{RC}}{R_C} = \frac{7.4}{5.6 \cdot 10^3} \simeq 1.32 mA$$

Soluzione Esercizio 3

La tensione ai due ingressi dell'operazionale è uguale a zero, quindi abbiamo:

$$I_{R1} = \frac{V_i}{R_1} = \frac{4}{2 \cdot 10^3} = 2.0 mA$$

Chiamiamo V_A la tensione ai capi del nodo R_2, R_3, R_4 . Dato che $I_{R1} = I_{R2}$, abbiamo:

$$I_{R2} = \frac{0 - V_A}{R_2} \Rightarrow V_A = -R_2 \times I_{R1} = -1 \cdot 10^3 \times 2.0 \cdot 10^{-3} = -2 V.$$

Dall'equazione delle correnti del nodo A abbiamo:

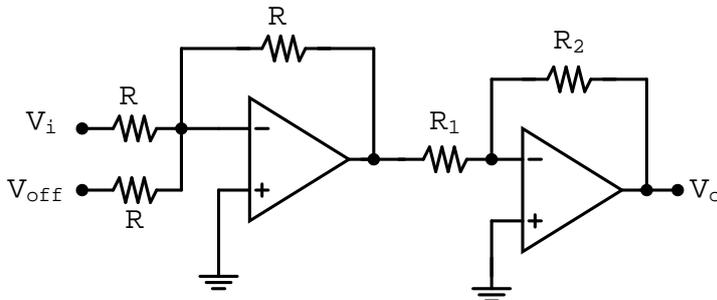
$$I_{R2} = \frac{V_A - V_o}{R_3} + \frac{V_A}{R_4};$$

Risolvendo l'equazione si trova:

$$V_o = V_A \times \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) - I_{R2} \times R_3 = -2 \times \left(1 + \frac{2}{4}\right) - 2.0 \cdot 10^{-3} \times 2 \cdot 10^3 = -7.0 V$$

Soluzione Esercizio 4

Una possibile soluzione dell'esercizio è data dallo schema seguente, ovvero un sommatore invertente seguito da un amplificatore invertente:



Come prima cosa aggiungiamo un offset di $2.5 V$ al segnale d'ingresso in modo tale che a $V_i = -2.5 V$ corrisponda un segnale di uscita di $0 V$, qualunque sia l'amplificazione dell'amplificatore invertente.

Per trovare il valore dell'amplificazione del secondo stadio, dobbiamo fare in modo che quando il segnale di ingresso vale $-5.0 V$ (ovvero $-5.0 + 2.5 = -2.5 V$ dopo che abbiamo sommato l'offset, anzi, $2.5 V$ visto che è un sommatore invertente, ma qui possiamo considerare i moduli), il segnale d'uscita valga $-3.75 V$, quindi l'amplificazione deve valere:

$$|A| = \frac{3.75}{2.5} = 1.5$$

Una possibile scelta delle resistenze potrebbe essere: $R = R = R_1 = 1.0 k\Omega$ e $R_2 = 1.5 k\Omega$