

A Laurea in Fisica - Anno Accademico 2021-2022

21 dicembre 2022 – Esonero del Laboratorio di Segnali e Sistemi

Nome :

Cognome :

Matricola :

Canale/Prof :

Gruppo Lab.:

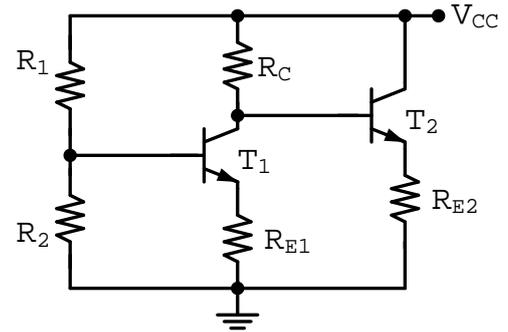
Riportate su questo foglio le risposte numeriche con le relative unità di misura.

Esercizio 1. (8 punti)

Alcuni studenti costruiscono in laboratorio il circuito illustrato in figura utilizzando i componenti elencati. Determinare il punto di lavoro dei due transistor del circuito e stabilire in quale zona di lavoro si trovano (attiva, saturazione o interdizione).

Dati numerici:

$V_{CC} = 9\text{ V}$; $R_1 = 33\text{ k}\Omega$; $R_2 = 14.5\text{ k}\Omega$; $R_C = 6.8\text{ k}\Omega$;
 $R_{E1} = 1.4\text{ k}\Omega$; $R_{E2} = 1.0\text{ k}\Omega$.



$$V_{CE1} = \text{_____}; \quad I_{E1} = \text{_____} \quad I_{C1} = \text{_____}$$

$$\text{stato} - T1 = \text{_____}$$

$$V_{CE2} = \text{_____}; \quad I_{E2} = \text{_____} \quad I_{C2} = \text{_____}$$

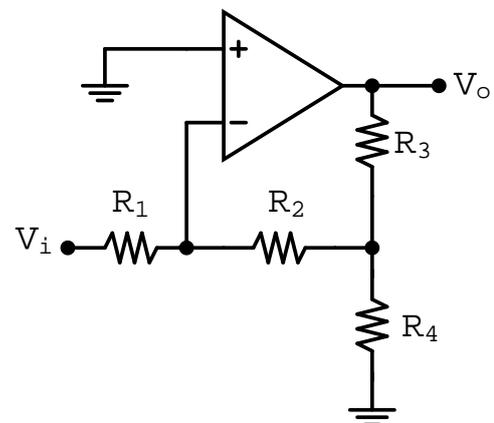
$$\text{stato} - T2 = \text{_____}$$

Esercizio 2. (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:

$V_i = 2\text{ V}$; $R_1 = 4\text{ k}\Omega$; $R_2 = 8\text{ k}\Omega$; $R_3 = 3\text{ k}\Omega$;
 $R_4 = 6\text{ k}\Omega$.



$$I_{R1} = \text{_____}$$

$$V_o = \text{_____}$$

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

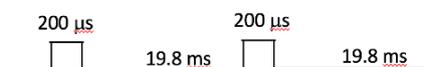
Esercizio 3. (8 punti)

Si ha una tensione continua di ingresso V_i che varia nell'intervallo tra $2.5 \div 5.0 V$. Si progetti un circuito con uno o più amplificatori operazionali che dia in uscita un segnale V_o che varia nell'intervallo $0 \div 3.75 V$, dove al valore di ingresso di $2.5 V$ deve corrispondere il valore di uscita di $0 V$.

Esercizio 4. (8 punti)

Il segnale di clock di un esperimento di fisica della particelle è sincronizzato con quello dell'acceleratore che fornisce un segnale TTL della durata di $200 \mu s$ con una frequenza di ripetizione di 50 Hz come illustrato in figura.

Il sistema di acquisizione dell'esperimento vuole acquisire dati solo una volta ogni 10 colpi di clock. Disegnare il circuito digitale necessario ad eseguire questo tipo di presa dati.



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

Soluzione Esercizio 1

$$V_B = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 9 \times \frac{14.5}{33 + 14.5} = 2.75 \text{ V}$$

Ipotesi: il transistor T_1 NON è in interdizione $\Rightarrow V_{E1} = 2.75 - 0.7 = 2.05 \text{ V}$.

$$I_{E1} = \frac{V_{E1}}{R_{E1}} = \frac{2.05}{1.4 \cdot 10^3} = 1.46 \text{ mA}$$

Ipotesi: il transistor T_1 è nella zona attiva, allora $I_{C1} = I_{E1} = 1.46 \text{ mA}$.

Di conseguenza: $V_{RC} = R_C \times I_{C1} = 6.8 \cdot 10^3 \times 1.46 \cdot 10^{-3} = 9.9 \text{ V}$.

Questo valore è troppo grande perché implicherebbe una V_{CE} negativa, quindi il transistor T_1 deve essere in SATURAZIONE e si ha: $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$.

Ricaviamo la caduta di tensione ai capi di R_C per calcolare la I_{C1} :

$$V_{RC} = V_{CC} - V_{CE} - V_{E1} = 9 - 0.2 - 2.05 = 6.75 \text{ V} \Rightarrow I_{C1} = \frac{V_{RC}}{R_C} = \frac{6.75}{6.8} \simeq 1.0 \text{ mA}$$

Per il transistor T_2 la tensione di base è uguale alla tensione del collettore di T_1 , quindi

$$V_{B2} = V_{C1} = V_{CE} + V_{E1} = 0.2 + 2.05 = 2.25 \text{ V}.$$

Ipotesi: il transistor T_2 NON è in interdizione $\Rightarrow V_{E2} = 2.25 - 0.7 = 1.55 \text{ V}$.

$$I_{E2} = \frac{V_{E2}}{R_{E2}} = \frac{1.55}{1.0 \cdot 10^3} = 1.55 \text{ mA}$$

Dato che T_2 è un emitter follower (non c'è la R_C), di sicuro si trova nella zona ATTIVA e $I_{C2} = I_{E2} = 1.55 \text{ mA}$

Soluzione Esercizio 2

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

$$I_{R1} = \frac{V_i}{R_1} = \frac{2}{4 \cdot 10^3} = 0.5 \text{ mA}$$

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

$$I_{R2} = \frac{0 - V_A}{R_2} \Rightarrow V_A = -R_2 \times I_{R1} = -8 \cdot 10^3 \times 0.5 \cdot 10^{-3} = -4 \text{ V}.$$

Dall'equazione delle correnti del nodo A abbiamo:

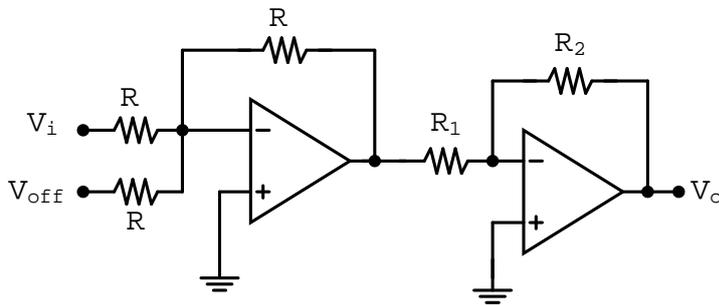
$$I_{R2} = \frac{V_A - V_o}{R_3} + \frac{V_A}{R_4};$$

Risolvendo l'equazione si trova:

$$V_o = V_A \times \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) - I_{R2} \times R_3 = -4 \times \left(1 + \frac{3}{6}\right) - 0.5 \cdot 10^{-3} \times 3 \cdot 10^3 = -7.5 \text{ V}$$

Soluzione Esercizio 3

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.

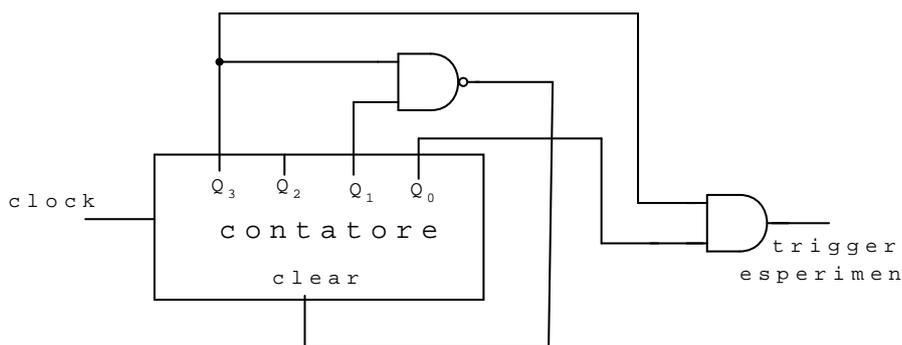
Per trovare il valore dell'amplificazione del secondo stadio, dobbiamo fare in modo che quando il segnale di ingresso valga $5.0 V$ (ovvero $5.0 - 2.5 = 2.5 V$ dopo che abbiamo sommato l'offset, anzi, $-2.5 V$ visto che è un sommatore invertente, ma qui possiamo considerare i moduli), il segnale d'uscita 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 $R_2 = 1.5 k\Omega$

Soluzione Esercizio 4

Potremmo ad esempio usare un contatore modulo 10 per selezionare un trigger ogni 10 impulsi di clock:



Il contatore inizia a contare gli impulsi di clock partendo da zero; quando arriva al numero 9 (cioè al decimo clock), sul contatore è impostato il numero binario 1001. Il primo e l'ultimo bit vengono mandati a un AND a 2 ingressi e quando è impostato il numero 9, l'uscita dell'AND diventa 1 e fornisce il trigger all'esperimento. Al clock successivo viene impostato il numero 1010, 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 decimo conteggio (ovvero il numero 9 sul contatore).