

# B 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)

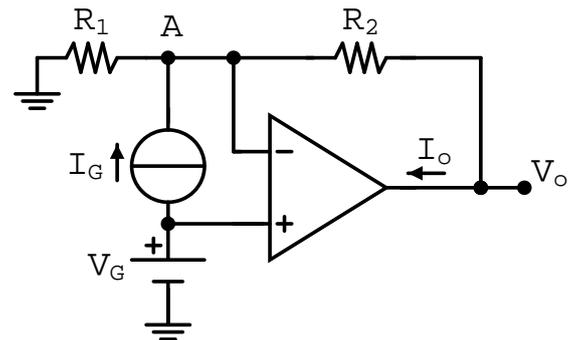
Calcolare la tensione di uscita dell'amplificatore operazionale riportato in figura. Si calcoli anche il valore del potenziale del punto  $A$ .

I valori dei componenti sono i seguenti:

$R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ ;  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ ;  $I_G = 3 \text{ mA}$ ;  $V_G = 4 \text{ V}$ .

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

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



## Esercizio 2. (8 punti)

Il sistema di trigger di un esperimento di fisica di particelle di alte energie vuole selezionare eventi rari aventi una particolare topologia. Per fare ciò utilizza le seguenti informazioni provenienti dal rivelatore:

- A) presenza di un muone;
- B) presenza di un elettrone;
- C) grande energia mancante nel rivelatore.

Il trigger deve dare risposta positiva (1 logico) quando il segnale C 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  $4 \mu\text{s}$  e viene generato a partire dal clock generale dell'esperimento di  $2 \text{ MHz}$ .

- 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  $2 \text{ MHz}$ , necessario al funzionamento del FlipFlop-D.

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

### Esercizio 3. (8 punti)

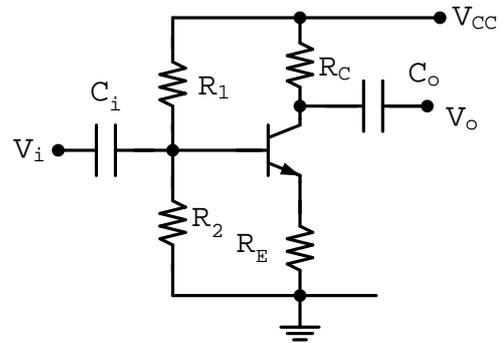
Due criostati sono controllati da due sensori di temperatura. La risposta di ciascun sensore è tale da produrre un segnale di tensione  $V$  proporzionale alla temperatura secondo la legge  $V = 0.025 \frac{V}{T(\text{Kelvin})}$ . Si progetti un sistema di controllo che generi un segnale digitale tale da accendere un LED rosso di allarme nel caso in cui la media delle due temperature superi il valore di 20 Kelvin.

### Esercizio 4. (8 punti)

Determinare il valore dell'alimentazione  $V_{CC}$  dell'amplificatore rappresentato in figura in modo tale che la corrente di collettore  $I_C$  sia di  $2 \text{ mA}$  e scegliere il valore della resistenza  $R_C$  tale che l'amplificazione di tensione  $A_V$  del circuito sia  $-5$ . Trovare poi il valore di  $V_{CE}$ . Infine determinare l'ampiezza massima di un segnale sinusoidale di ingresso in modo tale che il segnale d'uscita non venga deformato.

Dati numerici:

$$R_1 = 40 \text{ k}\Omega; R_2 = 8 \text{ k}\Omega; R_E = 650 \text{ }\Omega.$$



$$V_{CC} = \underline{\hspace{2cm}} \quad R_C = \underline{\hspace{2cm}}$$

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

# SOLUZIONI ESONERO DI LAB S.S. DEL 20-12-2021 - B

## Soluzione Esercizio 1

La tensione del punto A è uguale a quella dell'ingresso invertente che, per un amplificatore operazionale ideale, è uguale a quella dell'ingresso non invertente; quest'ultima è uguale al potenziale del generatore  $V_G$ :

$$V_A = V_G = 4 \text{ V}$$

Ricaviamo la corrente che scorre nella resistenza  $R_1$ :

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

Nel nodo A entra la corrente  $I_G = 3 \text{ mA}$  ed esce la corrente  $I_{R_1} = 2 \text{ mA}$ , quindi necessariamente anche la corrente  $I_{R_2}$  deve uscire dal nodo A e vale:

$$I_{R_2} = I_G - I_{R_1} = 3 - 2 = 1 \text{ mA}$$

Applichiamo la legge di Ohm alla resistenza  $R_2$ :

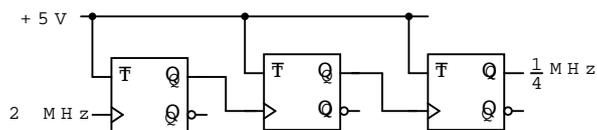
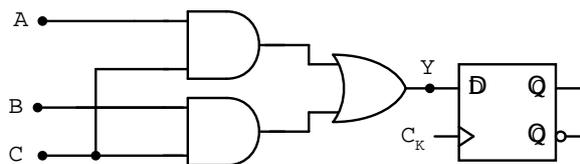
$$V_A - V_o = R_2 \times I_{R_2} \Rightarrow V_o = V_A - R_2 \times I_{R_2} = 4 - 10 \cdot 10^3 \times 1 \cdot 10^{-3} = -6 \text{ V}$$

## Soluzione Esercizio 2

| 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 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

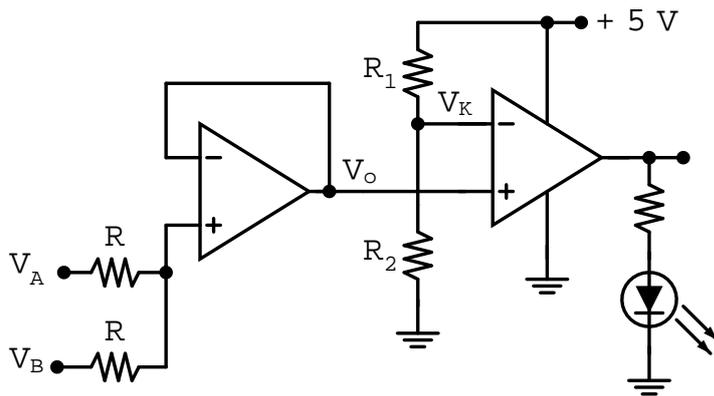
| C \ AB | 0 | 1 |
|--------|---|---|
| 00     | 0 | 0 |
| 01     | 0 | 1 |
| 11     | 0 | 1 |
| 10     | 0 | 1 |

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



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 8 del clock generale di  $2 MHz$ , il circuito necessario è un contatore asincrono a 3 stadi in cui il Q del terzo stadio diventa il clock per il flip-flop.

### Soluzione Esercizio 3



Dobbiamo innanzi tutto costruire un sommatore non invertente con amplificazione  $1/2$  in modo da ottenere il valore medio della quantità di liquido presente nei due serbatoi  $V_0 = 0.5(V_A + V_B)$ . Questo può essere ottenuto mettendo due resistenze uguali sugli ingressi A,B collegati al non invertente ed montando il lato invertente come un inseguitore. Possiamo alimentare il nostro operazionale tra  $0\text{ V}$  e  $5\text{ V}$  essendo i segnali delle sonde definiti positivi.

Per il valore medio richiesto di  $20\text{ Kelvin}$  si ottiene un valore di tensione all'uscita del sommatore pari a:  $V_{media} = 20 \times 0.025 = 500\text{ mV}$ . Possiamo ottenerla utilizzando un partitore dalla  $5\text{ V}$  utilizzando una resistenza da  $R_2 = 1\text{ k}\Omega$  ed una  $R_1 = 9\text{ k}\Omega$  in questo modo avremo  $V_{ref} = 5V \frac{R_2}{R_1+R_2} = 500\text{ mV}$ . Per finire collegheremo la tensione di riferimento  $V_{media}$  all'ingresso non invertente del comparatore e  $V_{ref}$  (nello schema indicata con  $V_K$ ) all'ingresso invertente del comparatore. Per ottenere un'uscita TTL alimenteremo l'opAmp del comparatore con i valori  $0\text{ V}$  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.

### Soluzione Esercizio 4

Il potenziale dell'emettitore vale:  $V_E = R_E \times I_C = 650 \times 2 \cdot 10^{-3} = 1.3\text{ V}$ .

Se assumiamo che il transistor sia nella zona attiva, ovvero  $V_{BE} = 0.7\text{ V}$ , il potenziale della base sarà di  $2\text{ V}$ . Trascurando la corrente di base  $I_B$  rispetto a quella che scorre nella resistenza  $R_2$ , possiamo fare la semplificazione:

$$V_B = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow V_{CC} = V_B \frac{R_1 + R_2}{R_2} = 2 \times \frac{40 + 8}{8} = 12\text{ V}$$

L'amplificazione di questo circuito vale:

$$A_V = \frac{R_C}{R_E} \Rightarrow R_C = A_V \times R_E = 5 \times 650 = 3.25\text{ k}\Omega$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C \times I_C - V_E = 12 - 3.5 \cdot 10^3 \times 2 \cdot 10^{-3} - 1.3 = 4.2\text{ V}$$

La massima escursione del segnale di uscita senza essere tagliato è pari a  $V_{CE} - 0.2 = 4.2 - 0.2 = 4.0\text{ V}$ . Di conseguenza il massimo segnale di ingresso è pari a:

$$V_{i_{max}} = \frac{V_{o_{max}}}{A_V} = \frac{4.0}{5} = 0.8\text{ V}$$