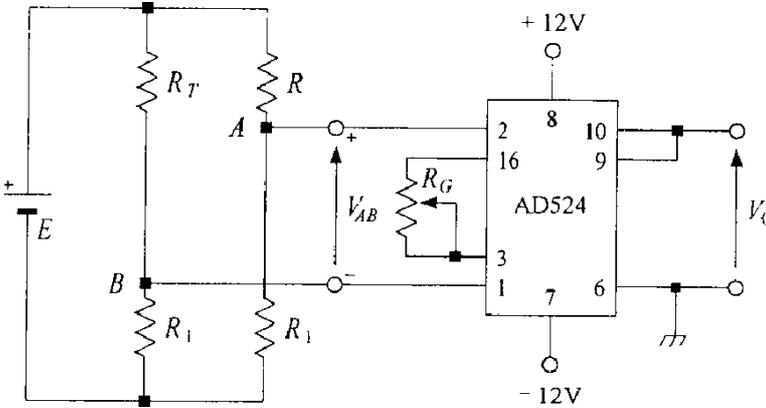


Esercitazione di Sistemi – Sensori e Trasduttori

Classe: **5 TRA**

Esercizio 1

La termoresistenza R_T viene utilizzata per misurare una temperatura variabile nel range $-10^\circ\text{C} \div 100^\circ\text{C}$. Si vuole realizzare un circuito di condizionamento affinché a -10°C corrispondano 0V e a 100°C corrispondano 5V.



Il generatore del ponte di Wheatstone fornisce una fem pari a $E=10\text{V}$.

La termoresistenza R_T ha le seguenti caratteristiche:

- resistenza $R_T = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot T)$
- coefficiente di temperatura $\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- resistenza a 0°C vale $R_0 = 100\Omega$
- massima corrente sopportabile $I_{\text{MAX}} = 2\text{mA}$.

L'amplificatore operazionale AD524 ha le seguenti caratteristiche:

- guadagni G fissi (1, 10, 100, 1000) ottenibili senza componenti esterni
- guadagni G compresi tra 1 e 1000 ottenibili

con l'utilizzo di un resistore R_G esterno, da dimensionare secondo la formula: $R_G = \frac{40\text{k}\Omega}{G - 1}$

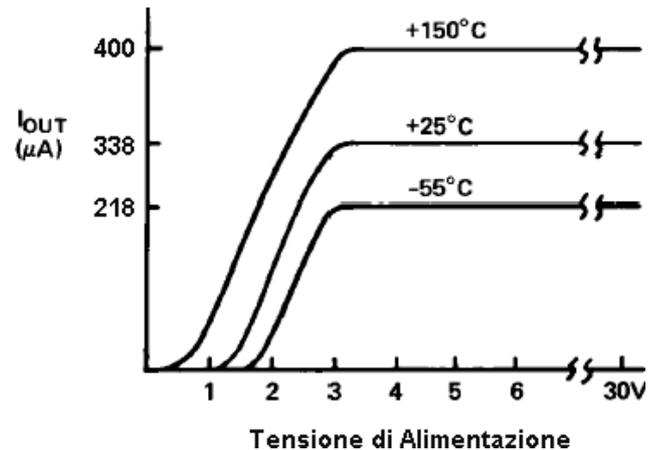
Esercizio 2

Un sensore di temperatura presenta le caratteristiche I-T-V mostrate in figura, dove:

- I è la corrente fornita in uscita, I_{OUT} , la quale varia in funzione della temperatura T
- T è la temperatura misurata in Kelvin: $T_K = T_C + 273$
- V è la tensione di alimentazione del sensore.

Studia la caratteristica e determina:

- il range di funzionamento del sensore
- in quale dei due intervalli $-55^\circ\text{C} \div 25^\circ\text{C}$ o $25^\circ\text{C} \div 150^\circ\text{C}$ il sensore presenta una maggiore sensibilità.



Esercizio 3

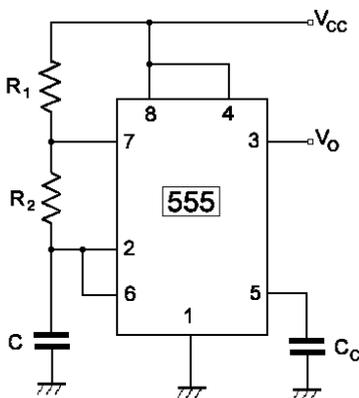
Progetta l'astabile in figura, realizzato con un timer 555, in modo da ottenere un'onda in uscita con duty cycle $D=75\%$ e ampiezza $V_O=5\text{V}$, la cui frequenza è funzione dell'umidità relativa misurata dal sensore di capacità $C=C_0+\Delta C$. La capacità nominale è $C_0=112\text{pF}$ ($U\%=40\%$, $T=25\%$, $f=100\text{kHz}$).

Dimensiona i componenti resistivi R_1 , R_2 e la capacità C_C secondo le specifiche del timer 555:

- $R_1 > 1\text{k}\Omega$
- se $R_1 + R_2 < 3,5\text{M}\Omega \Rightarrow V_{\text{CC}}=5\text{V}$ e $V_{\text{OMAX}}=5\text{V}$
- se $R_1 + R_2 < 10\text{M}\Omega \Rightarrow V_{\text{CC}}=15\text{V}$ e $V_{\text{OMAX}}=14\text{V}$
- per avere un'onda quadra, scegliere $R_2 \geq 20 \cdot R_1$
- $C_C = 10\text{nF}$.

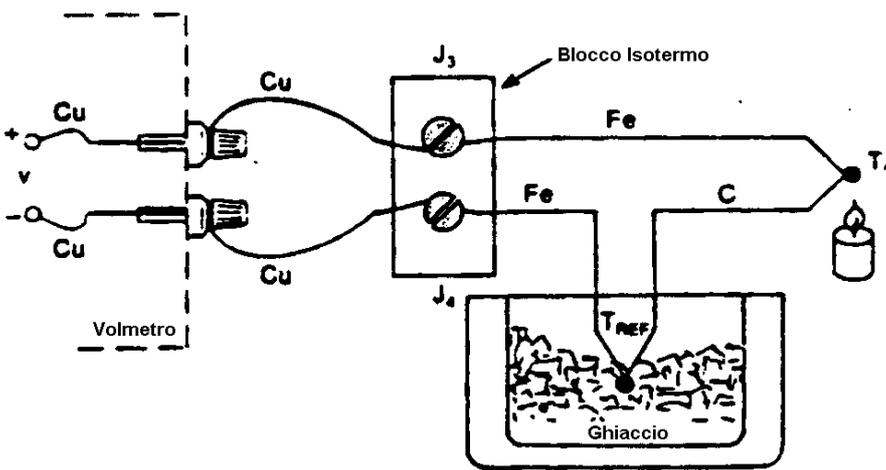
Determina:

- la massima e la minima frequenza dell'onda in uscita al variare dell'umidità relativa nel range tra il $10\% \div 90\%$
- la ΔC del sensore quando $U\%=10\%$



U%	C [pF]
0	103,6
10	105,7
20	107,8
30	109,9
40	112,0
50	114,5
60	117,0
70	119,5
80	122,0
90	124,5
100	127,0

Esercizio 4



La temperatura $T_1=700^\circ\text{C}$ rilevata da una termocoppia ferro-costantana (Fe-C) viene visualizzata mediante un volmetro. La termocoppia presenta un coefficiente di temperatura $\alpha=60\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ e la temperatura di riferimento è $T_{\text{REF}}=0^\circ\text{C}$ (ricorda che ai fini dei calcoli le temperature vanno misurate in Kelvin: $T_K = T_{^\circ\text{C}} + 273$).

Per collegare la termocoppia al volmetro vengono utilizzati degli extension wires (filì di prolungamento) in rame (Cu), collegati mediante un blocchetto isotermo che assicura uguale temperatura alle 2 giunzioni J_3

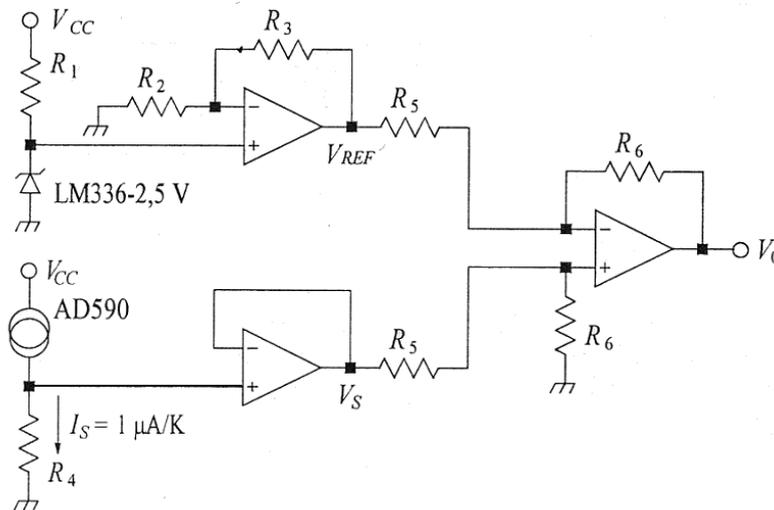
e J_4 .

Determina la tensione visualizzata sul volmetro.

Esercizio 5

Si vuole rilevare la temperatura di un ambiente mediante un sensore AD590 e il circuito di condizionamento in figura, ad alimentazione singola $V_{\text{CC}}=5\text{V}$. Il sensore AD590 fornisce $1\mu\text{A}/\text{K}$ nell'intervallo di temperature tra 218K e 423K. La successiva conversione corrente-tensione è realizzata dalla resistenza $R_4=10\text{k}\Omega$. Lo zener LM336 ha una $V_Z=2,5\text{V}$ ed è il responsabile del riferimento. Gli amplificatori operazionali sono da considerarsi ideali.

- Dimensionare la resistenza R_1 in modo da mantenere lo zener in breakdown ad una corrente massima di 1mA.
- Dimensionare le resistenze R_2 ed R_3 in modo da avere come tensione di riferimento $V_{\text{REF}}=2,53\text{V}$ (necessaria per realizzare l'offset in uscita $V_0=0\text{V}$ alla temperatura di -20°C).
- Dimensionare le resistenze R_5 ed R_6 per poter effettuare misure di temperatura tra -20°C e 120°C ottenendo una tensione di uscita $0\text{V} \leq V_0 \leq 5\text{V}$.



Esercitazione di Elettronica – Sensori e Trasduttori - Risoluzione

Esercizio 1

Vogliamo che per $-10^{\circ}\text{C} \leq T \leq 100^{\circ}\text{C}$ si abbia $0\text{V} \leq V_0 \leq 5\text{V}$.

$$R_T = 100 \cdot (1 + 3,85 \cdot 10^{-3} \cdot T) \Omega$$

da cui: $R_T(-10^{\circ}\text{C}) = 96,15\Omega$ (valore commerciale 82Ω + trimmer da 22Ω)

$$R_T(100^{\circ}\text{C}) = 138,5\Omega$$

L'amplificatore per strumentazione ha una resistenza di ingresso molto alta e non carica la il ponte di Wheatstone \Rightarrow mediante una equazione alla maglia di ingresso, calcoliamo la R_1 nella condizione peggiore di massima corrente sopportabile dal sensore:

$$R_1 = \frac{10\text{V}}{2\text{mA}} - R_T(-10^{\circ}\text{C}) = 4903,8\Omega \text{ (valore commerciale } 4,9\text{k}\Omega)$$

Bilanciamo il ponte per avere $V_0 = 0\text{V}$ quando $T = -10^{\circ}\text{C}$:

$$V_{AB}(-10^{\circ}\text{C}) = \left[\frac{R_1}{R_1 + R} - \frac{R_1}{R_1 + R_T(-10^{\circ}\text{C})} \right] = 0\text{V}$$

da cui: $R = R_T(-10^{\circ}\text{C}) = 96,15\Omega$

$$V_{AB}(100^{\circ}\text{C}) = \left[\frac{R_1}{R_1 + R} - \frac{R_1}{R_1 + R_T(100^{\circ}\text{C})} \right] = 82,4\text{mV}$$

Il guadagno dell'amplificatore per strumentazione risulta:

$$G = \frac{V_0}{V_{AB}} = \frac{5\text{V}}{82,4\text{mV}} = 60,7$$

$$\text{Quindi la resistenza } R_G = \frac{40\text{k}\Omega}{60,7 - 1} = 670\Omega$$

Esercizio 2

Range di funzionamento del sensore: $-55^{\circ}\text{C} \leq T \leq 150^{\circ}\text{C}$.

Campo d'uscita del sensore $218\mu\text{A} \leq I \leq 400\mu\text{A}$.

$$S_1 = \frac{\Delta I}{\Delta T} = \frac{338\mu - 218\mu}{273 + 25 - (273 - 55)} = 1,5\mu\text{A} / \text{K}$$

$$S_2 = \frac{\Delta I}{\Delta T} = \frac{400\mu - 338\mu}{273 + 150 - (273 + 25)} = 0,5\mu\text{A} / \text{K}$$

Il sensore ha una maggiore sensibilità nel range di temperature tra $-55^{\circ}\text{C} \leq T \leq 25^{\circ}\text{C}$.

Esercizio 3

Scelto ad esempio un resistore $R_1=100\text{k}\Omega$, dalla formula del duty cycle per un astabile con timer 555 otteniamo:

$$D = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2} \Rightarrow R_2 = 50 \text{ k}\Omega$$

Dato che $R_1+R_2 < 3,5\text{M}\Omega$ e $V_{CC}=5\text{V} \Rightarrow$ avrò in uscita un'onda di ampiezza $V_{\text{OMAX}}=5\text{V}$
La frequenza dell'onda in uscita sarà pari a:

$$f = \frac{1}{T_{\text{CARICA}} + T_{\text{SCARICA}}} = \frac{1}{0,7 \cdot C \cdot (R_1 + 2R_2)}$$

quindi, facendo utilizzo della tabella (U%-C):
 $f_{(10\%)} \equiv f_{(105,7\text{pF})} = 67,6\text{kHz}$
 $f_{(90\%)} \equiv f_{(124,5\text{pF})} = 57,4\text{kHz}$

Calcoliamo la ΔC del sensore quando $U\%=10\%$:

$$\Delta C = 105,7\text{pF} - 112\text{pF} = -6,3\text{pF}$$

Esercizio 4

Applico il secondo principio di Kirchhoff:

$$V + V_{\text{Cu-Cu}}(T_{\text{Cu}}) + V_{\text{Fe-Cu}}(T_{\text{Blocco}}) + V_{\text{C-Fe}}(T_1) + V_{\text{Fe-C}}(T_{\text{REF}}) + V_{\text{Cu-Fe}}(T_{\text{Blocco}}) + V_{\text{Cu-Cu}}(T_{\text{Cu}}) = 0$$

$$V_{\text{Cu-Cu}}(T_{\text{Cu}}) = 0\text{V}$$

$$V_{\text{Cu-Fe}}(T_{\text{Blocco}}) = -V_{\text{Fe-Cu}}(T_{\text{Blocco}})$$

Quindi otteniamo la tensione misurata dal volmetro:

$$V = V_{\text{Fe-C}}(T_1) - V_{\text{Fe-C}}(T_{\text{REF}}) = \alpha \cdot (T_1 - T_{\text{REF}}) = 60\mu\text{V/K} \cdot 700\text{K} = 42\text{mV}$$

Esercizio 5

Dimensioniamo la resistenza R_1 :

$$R_1 = \frac{V_{CC} - 2,5}{I_{R1}} = \frac{5 - 2,5}{10^{-3}} = 2,5\text{k}\Omega$$

Dimensioniamo le resistenze R_2 ed R_3 in modo da avere come tensione di riferimento $V_{\text{REF}}=2,53\text{V}$:

$$V_{\text{REF}} = 2,5 \cdot \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right) \Rightarrow \text{posto } R_2 = 10\text{k}\Omega, \text{ avremo } R_3 = 0,012 \cdot 10\text{k}\Omega = 120\Omega$$

Quindi:

$$V_S = I_S \cdot R_4$$

$$V_O = \frac{R_6}{R_5} \cdot (V_{\text{REF}} - V_S)$$