**<u>פתרון שאלה 1:</u>**

מחברים 2 מדידים מסוג PTD100 בחלק העליון והתחתון של קורה כמתואר בשרטוט:

נתוני המדידים:

מקדם ההתנגדות הטרמי: 0.00385 Ω/Ω /C

הספק מקסימאלי: 0.2mW

ידוע שהטמפרטורה יכולה להשתנות בתחום 0-250C

בהמשך השאלה הניחו שיש גישה למלאי של נגדים קבועים.

א. מעוניינים למדוד את הפרש הטמפרטורה בין החלק הגבוה והנמוך של הקורה

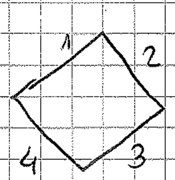
a. איך תחברו את המדידים לגשר, ציינו אם צריך להוסיף נגדים למעגל הגשר, ואם כן מה גודלם ומאיזה שיקול בחרתם אותם.

b. מהי הרגישות של היציאה מהגשר להפרש הטמפרטורה?

c. מהי שגיאת האי-ליניאריות (מסדר שני, הזניחו איברים מסדר שלישי).

תשובה:

a. נחבר את שני המדידים לרגליים צמודות של הגשר כדי לממש חיסור. את הרגליים האחרות נחבר לנגדים כך שיחס האיפוס r יהיה גדול (r=10):




$R_0 = 100\,\Omega$

$R_1 = r R_0$

$R_2 = R_0(1+\alpha T_H)$

$R_3 = R_0(1+\alpha T_L)$

$\cancel{R_4 = R_0(1+\alpha T_L)}$ $R_4 = r R_0$

b. רגישות להפרש טמפ: אפשר להשתמש בקירוב שפיתחנו בהרצאה, או לפתח קירוב יותר מדויק:

$$V_0 = V_s\left[\frac{1+\alpha T_H}{1+\alpha T_H + r} - \frac{1+\alpha T_L}{1+\alpha T_L + r}\right]$$

$$= \frac{V_s}{1+r}\left[\frac{1+\alpha T_H}{1+\frac{\alpha T_H}{1+r}} - \frac{1+\alpha T_L}{1+\frac{\alpha T_L}{1+r}}\right] = \frac{V_s}{(1+r)^2}\left[\frac{\alpha r(T_H - T_L)}{\left(1+\frac{\alpha T_H}{1+r}\right)\left(1+\frac{\alpha T_L}{1+r}\right)}\right]$$

$$\underset{r>>1}{\approx} V_s \frac{\alpha r(T_H - T_L)}{(1+r)^2}\left(1-\frac{\alpha T_H}{1+r}\right)\left(1-\frac{\alpha T_L}{1+r}\right)$$

בקירוב הלינארי נקבל:

$$V_{0,LIN} \underset{r>>1}{\approx} V_s \frac{\alpha r(T_H - T_L)}{(1+r)^2}$$

והרגישות היא: $S = \frac{\alpha r}{(1+r)^2} = \frac{0.00385*10}{121} = 318.2\mu V/V/C$

c. שגיאת האי לינאריות כתוצאה מאיברים מסדר שני (והזנחת האיברים מסדר 3)

$$\frac{V_0 - V_{0,LIN}}{V_s} \underset{r>>1}{\approx} -\frac{\alpha r(T_H - T_L)}{(1+r)^2}\left(\frac{\alpha T_H}{1+r} + \frac{\alpha T_L}{1+r}\right) = -\frac{\alpha^2 r(T_H - T_L)(T_H + T_L)}{(1+r)^3}$$

ב. מעוניינים למדוד את הטמפרטורה הממוצעת בכל הקורה

a. הציעו שתי שיטות לחיבור המדידים לגשר, בכל שיטה ציינו אם צריך להוסיף נגדים למעגל הגשר, ואם כן מה גודלם ומאיזה שיקול בחרתם אותם.

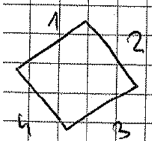
b. בכל שיטה ציינו מהי הרגישות של היציאה מהגשר לממוצע הטמפרטורה?

c. בכל שיטה ציינו מהי שגיאת האי-ליניאריות. איזו שיטה עדיפה למזעור האי-לינאריות.

d. איזה מתח אספקה תבחר כדי לקבל רגישות מקסימאלית. באיזו שיטה אפשר לבחור מתח אספקה גדול יותר? באיזו שיטה הרגישות גבוהה יותר?

תשובה

**שיטה I**



ב. שיטה I

שני מדידים על רגל 2

$r = 10 \quad R_0 = 100\Omega$

$\cancel{R_1 = rR_0 = 1k\Omega}$

$R_2 = R_0(1+\alpha T_H) + R_0(1+\alpha T_L)$

$= 2R_0\left(1+\alpha \frac{T_H+T_L}{2}\right) = 2R_0(1+\alpha T_A)$

$\delta_2 = \alpha T_A$

$T_A = \frac{T_H+T_L}{2}$

~~[illegible]~~

$R_1 = r \cdot 2R_0 = 2k\Omega$

$R_3 = 2R_0 = 200\Omega$

$R_4 = R_1 = 2k\Omega$

$$V_0 = V_s\left[\frac{1+\alpha T_A}{1+\alpha T_A + r} - \frac{1}{1+r}\right] = \frac{V_s}{1+r}\left[\frac{1+\alpha T_A}{1+\dfrac{\alpha T_A}{1+r}} - 1\right] = \frac{V_s}{(1+r)^2}\frac{\alpha r T_A}{\left(1+\dfrac{\alpha T_A}{1+r}\right)}$$

$$\underset{r>>1}{\approx} V_s \frac{\alpha r T_A}{(1+r)^2}\left(1-\frac{\alpha T_A}{1+r}\right)$$

רגישות (המקדם של החלק הלינארי: $S = \dfrac{\alpha r}{(1+r)^2} = 318.2\mu V/V/^\circ C$ (כמו מקודם)

שגיאת האי-לינאריות

$$\frac{V_0 - V_{0,LIN}}{V_s} \underset{r>>1}{\approx} -\frac{\alpha r T_A}{(1+r)^2}\left(\frac{\alpha T_A}{1+r}\right) = -\frac{\alpha^2 r T_A^2}{(1+r)^3}$$

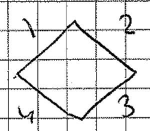
מתח מקסימאלי: מתנאי הספק על מד עיבור בודד ברגל 2 - נתחשב במד העיבור שחשוף לטמפ גבוהה שההתנגדות שלו יותר גבוהה ולכן ההספק יותר גבוה:

מקבלים: $V_s^2 \dfrac{R_0(1+\alpha T_H)}{(R_1+R_2)^2} \le P_{\max}$

$$V_s^2 \le P_{\max}\frac{(R_1+R_2)^2}{R_0(1+\alpha T_H)} = \begin{cases} \dfrac{0.2}{1000}\dfrac{(2000+200)^2}{100} = 9.68 & Both\ at 0C \\ \dfrac{0.2}{1000}\dfrac{(2000+296)^2}{196} = 5.38 & TL=0; TH=250 \\ \dfrac{0.2}{1000}\dfrac{(2000+392)^2}{196} = 5.84 & Both\ at 250C \end{cases}$$

ולכן מתח האספקה המקסימאלי הוא: $V_{s,\max} = \sqrt{5.38} = 2.31V$

**שיטה II**




ב כל II

מגדר אחד על '2' ושני על '4'

משיקים לטמפ' T=0

$R_0 = 100\Omega$

$R_2 = R_0(1+\alpha T_H)$ $R_1 = rR_0 = 1k\Omega$

$R_4 = R_0(1+\alpha T_L)$ $R_3 = R_0/r = 10\Omega$

$$V_0 = V_s\left[\frac{1+\alpha T_H}{1+\alpha T_H + r} - \frac{1/r}{(1+\alpha T_L + 1/r)}\right]$$

$$= \frac{V_s}{1+r}\left[\frac{1+\alpha T_H}{1+\dfrac{\alpha T_H}{1+r}} - \frac{1}{1+\dfrac{r\alpha T_L}{1+r}}\right] = \frac{V_s}{(1+r)^2}\left[\frac{\alpha r(T_H+T_L)+r\alpha^2 T_H T_L}{\left(1+\dfrac{\alpha T_H}{1+r}\right)\left(1+\dfrac{r\alpha T_L}{1+r}\right)}\right]$$

$$\underset{r>>1}{\approx} V_s\frac{\left(2\alpha r T_A + r\alpha^2 T_H T_L\right)}{(1+r)^2}\left(1-\frac{\alpha T_H}{1+r}\right)\left(1-\frac{r\alpha T_L}{1+r}\right)$$

רגישות (המקדם של החלק הלינארי: $S = \dfrac{2\alpha r}{(1+r)^2} = 636.4\mu V / V /^\circ C$

*****פי 2 יותר גדולה**

שגיאת האי-לינאריות מסדר שני

$$\frac{V_0 - V_{0,LIN}}{V_s} \underset{r>>1}{\approx} \frac{r\alpha^2 T_H T_L}{(1+r)^2} - \frac{2\alpha^2 r T_A\left(T_H + rT_L\right)}{(1+r)^3}$$

יותר גדולה משגיאת האי-לינאריות בשיטה הראשונה, בשני מקרה קיצון שבהם:

(1) TL=TH=TA

(2) TL=0; TA=TH/2

**מתח מקסימאלי: מתנאי הספק על מד העיבור ברגל 4 (ששם הזרם יותר גדול בגלל ההתנגדות הנמוכה של רגל 3):**

מקבלים: $V_s^2 \dfrac{R_4}{(R_3+R_4)^2} \le P_{\max}$

$$V_s^2 \le P_{\max}\frac{(R_3+R_4)^2}{R_4} = \begin{cases} \dfrac{0.2}{1000}\dfrac{(10+100)^2}{100} = 0.012 & at0C \\ \dfrac{0.2}{1000}\dfrac{(10+196)^2}{196} = 0.04 & at250C \end{cases}$$

ולכן מתח האספקה המקסימאלי הוא: $V_{s,\max} = \sqrt{0.012} = 0.1V$

מתח אספקה הרבה יותר נמוך

**מסקנה השיטה הראשונה עדיפה: אמנם הרגישות ליחידת מתח אספקה יותר נמוכה, אבל אפשר להשתמש במתח אספקה גדול בסדר גודל! בנוסף, דגיאת האי לינאריות יותר קטנה.**