

תרגיל כיתה מס' 8.

שאלה מס' 1.

נדרש למדוד טמפרטורה התונדת על פי-

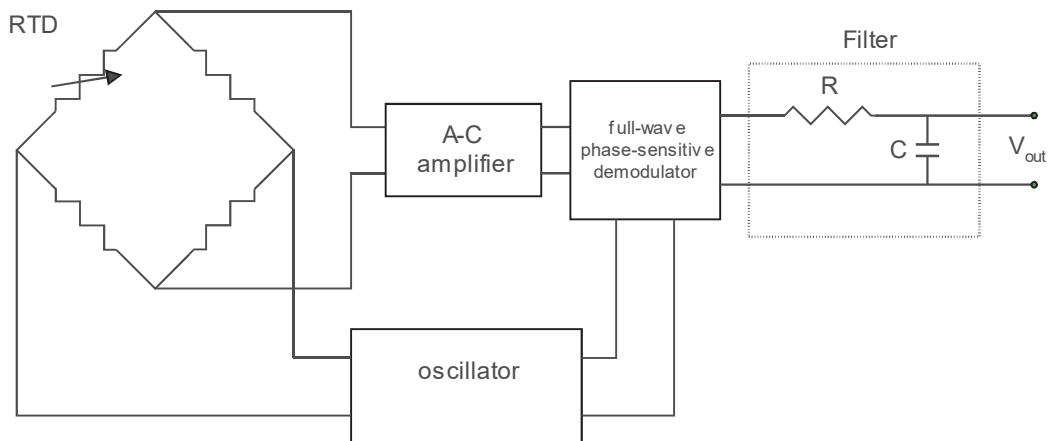
$$\Delta T = A_T \sin(\omega_T t)$$

לצורך המדידה נתון מד טמפרטורה התנגדותי RTD, אשר התנגדותו משתנה על פי –

$$R = R_o (1 + \alpha \Delta T)$$

את המדיד מחברים למעגל גשר המעורער במתח תונד $V_c(t) = A_c \sin(\omega_c t)$ כאשר מתח המוצא מהגשר עובר במגבר AC בעל הגבר A, לאחר מכן אות היציאה מהמגבר עובר דרך רכיב דימודולציה, ולאחר מכן עובר סינון במסנן LPF.

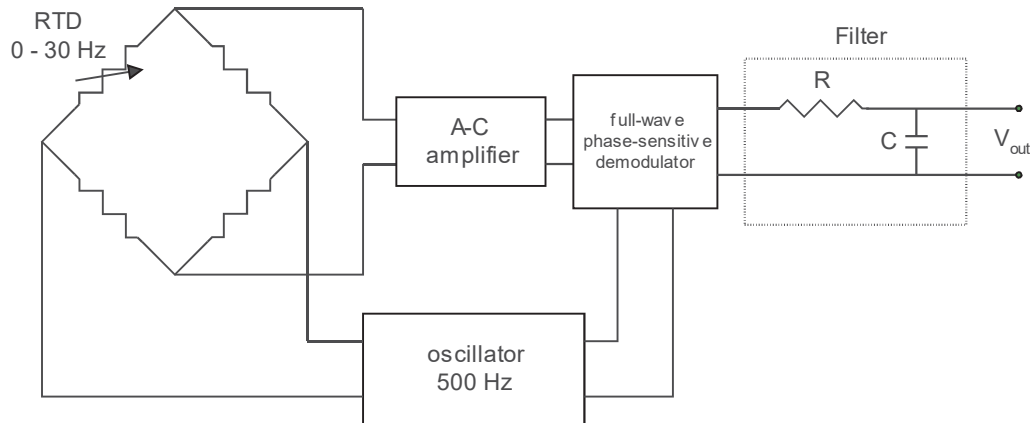
המערכת הכוללת נתונה באיור הבא. מצא את הביטוי המתאר את מתח היציאה מהמסנן $V_{out}(t)$.





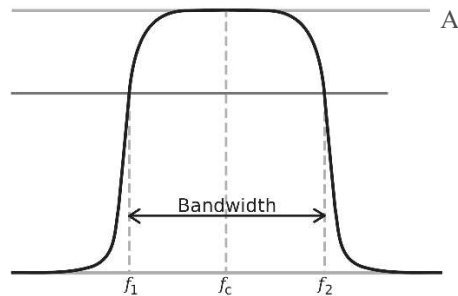
שאלה מס' 2.

נתונה המערכת מהשאלה הקודמת למדידת טמפרטורת משטח באמצעות מד טמפרטורה
 $R_t = R_o (1 + \alpha \Delta T)$ -RTD כאשר $R_o = 100 \Omega$ $\alpha = 0.01 [1/C^0]$
 תדר התופעה הנמדדת הוא מ-0 עד 30 Hz $\Delta T = A_t \sin(2\pi f_t t) = 50 \sin(2\pi f_t t)$
 נתון כי יחס הנגדים: $r = 20$, מתח האספקה הוא $V_C(t) = 25 \sin(1000\pi t)$ והגבר
 AC amplifier הוא $A = 10$.





א. נתון גרף תגובת התדירות של מגבר ה-AC. מהו תחום התדרים של אות המוצא ממגבר ה-AC? מה ייתרון על פני שימוש במגבר DC?



$$f_1 = 100 [Hz], f_2 = 1000 [Hz]$$

- ב. רשום ביטוי למתח המוצא מהמכפל (demodulator). מהו תחום התדרים של אות המוצא מהמכפל?
- ג. לאחר הוספת המסנן, נדרש כי רכיבי אות שאינם מייצגים ישירות את התופעה הפיזיקלית הנמדדת יונחתו ל 3% לכל היותר.
- קבע את גודל הקבל הדרוש במסנן אם נתון שהנגד R הוא בעל התנגדות של $20K\Omega$
- ד. חשב את ההנחתה המקסימלית ואת שינוי הפאזה המקסימלי של האות הנמדד כתוצאה מהוספת המסנן.



Common Mode Rejection Ratio-CMRR

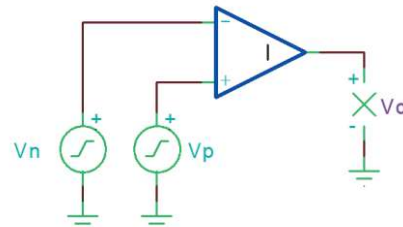
תופעה הנובעת מאי האידיאליות של המגבר. למוצא המגבר מתווסף רכיב התלוי בממוצע ערכי הכניסות למגבר (common mode):

$$V_{cm} = \frac{V_p + V_n}{2}, \quad V_{id} = V_p - V_n$$

$$V_{out} = A_{dm} \cdot V_{id} + A_{cm} V_{cm}$$

A_{dm} – Differential mode gain

A_{cm} – Common mode gain



הגדרת ה-CMRR:

$$CMRR = \frac{A_{dm}}{A_{cm}}$$

עבור מגבר אידיאלי מתקיים $A_{dm} \rightarrow \infty$, $A_{cm} \rightarrow 0$:

$$CMRR_{ideal} = \frac{A_{dm} \rightarrow \infty}{A_{cm} \rightarrow 0} \rightarrow \infty$$

דוגמה ל-CMRR במפרט:



OPA376
OPA2376
OPA4376

www.ti.com

SBOS406D – JUNE 2007 – REVISED AUGUST 2010

ELECTRICAL CHARACTERISTICS: $V_S = +2.2V$ to $+5.5V$

Boldface limits apply over the specified temperature range: $T_A = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$.

At $T_A = +25^\circ C$, $R_L = 10k\Omega$ connected to $V_S/2$, $V_{CM} = V_S/2$, and $V_{OUT} = V_S/2$, unless otherwise noted.

PARAMETERS	CONDITIONS	OPA376, OPA2376, OPA4376			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
INPUT VOLTAGE RANGE					
Common-Mode Voltage Range	V_{CM}	(V-) - 0.1		(V+) + 0.1	V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	(V-) < V_{CM} < (V+) - 1.3 V	76	90	dB

שימו לב שנהוג להגדיר CMRR ביחידות dB. על מנת לבצע חישובי שגיאות יש לבצע מעבר להגבר טהור באמצעות הקשר –

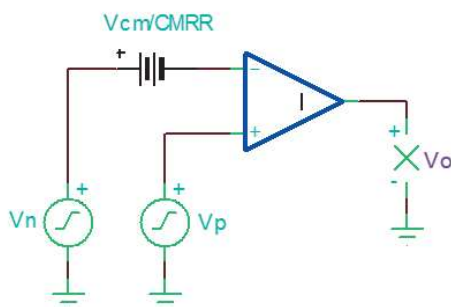
$$CMRR_{dB} = 20 \log_{10} (CMRR)$$

$$\rightarrow CMRR = 10^{\frac{CMRR_{dB}}{20}}$$



שאלה 3-

נהוג למדל מגבר לא אידיאלי באופן הבא-



במודל זה מתווסף מקור מתח על הצד השלילי של המגבר שערכו $\frac{V_{cm}}{CMRR}$.

בדוק שהמידול הנ"ל של מגבר לא אידיאלי הוא נכון. כלומר הראה שמתקיים-

$$V_o = A_{dm}(V_p - V_n) + A_{cm}V_{cm}$$

פתרון שאלה 3-

עבור מגבר אידיאלי –

$$V_o = A_{dm}(V^+ - V^-)$$

במודל המוצע מתקיים –

$$V^+ = V_p, \quad V^- = V_n - \frac{V_{cm}}{CMRR}$$

כלומר –

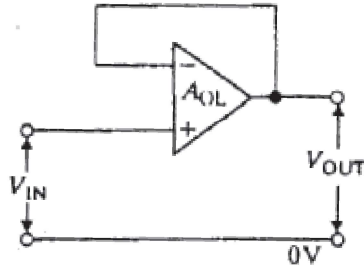
$$V_o = A_{dm}\left(V_p - V_n + \frac{V_{cm}}{CMRR}\right) = A_{dm}(V_p - V_n) + A_{dm} \frac{V_{cm}}{CMRR}$$

לפי הגדרה $CMRR = \frac{A_{dm}}{A_{cm}}$ ולכן-

$$V_o = A_{dm}(V_p - V_n) + A_{cm}V_{cm}$$

שאלה 4-

בהרצאה ראינו מגבר המשמש כחוצץ (buffer) והוא נתון במקרה האידיאלי על-ידי:



ניתן לראות שבמצב זה:

$$V_{out} = V_{in}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 1$$

נתון חוצץ עם מגבר לא אידיאלי כנתון בשרטוט הבא. חשב את יחס המתחים האמיתי $\frac{V_o}{V_p}$.

