

## 7. מתנד גשר ווין.

### מטרת הניסוי:

הכרת מבנה, תכונות ואופן פעולה של מתנד גשר ווין. ייצוב הגבר החוג ע"י רכיב לא ליניארי.

### הכנה לניסוי (לפני הגעה למעבדה):

א. פתור את שאלות ההכנה (ראה למטה).

ד. יש להכין את מודל ה- SPICE לניסוי.

שאלות הכנה (יש להעלות את הפתרון לאתר המודל עד 1 שעה לפני תחילת הניסוי):

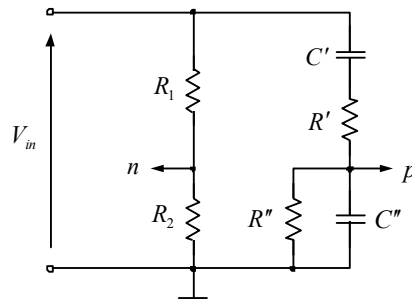
### שאלה 1

1.1 גשר ווין מאוזן.

א. מצא תכונות של גשר ווין מאוזן כאשר  $R' = R'' = 1.6 \text{ k}\Omega$  ו-  $C' = C'' = 10 \text{ nF}$  ע"י סימולציה

ב- OrCad. לשם כך בנה גשר ווין מאוזן (ציור 1), בצע סימולציה לאות קטן והצג הגברים

$$\text{ומופעים לפונקציות תמסורת } \beta(f) = \frac{V_p - V_n}{V_{in}}, \frac{V_p}{V_{in}}$$



ציור 1. גשר ווין.

ב. חשב תדר תהודה  $f_1$  באופן תיאורטי והשווה לתוצאת הסימולציה.

ג. הסבר בצורה גראפית את הקשר בין פונקציות התמסורת שבנית.

ד. האם אפשר לבנות מתנד על בסיס גשר ווין מאוזן? (נניח שניתן לממש גשר עם איזון מדויק.)

1.2 גשר ווין לא מאוזן.

א. מצא תכונות של גשר ווין לא מאוזן. חזור על הסימולציה מהסעיף הקודם עבור נגדים  $R_1$  ו-

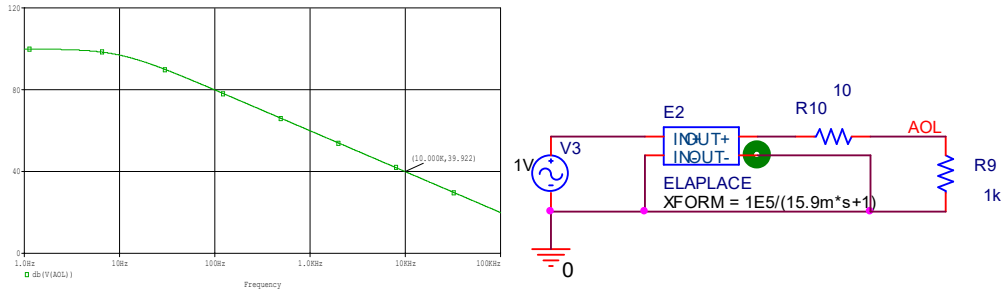
$$R_2 \text{ עם דיוקים מעשיים (1\%): } R_1 = 20.2 \text{ k}\Omega \text{ ו- } R_2 = 9.9 \text{ k}\Omega.$$

ב. מהו הגבר  $\beta(f_1)$  של גשר ווין לא מאוזן שהתקבל עבור תדר התנודות החדש?

חשב הגבר  $A_{OL}(f_1)$  שצריך להיות מסופק ע"י מגבר שרת כדי לקיים תנאי אמפליטודה\*

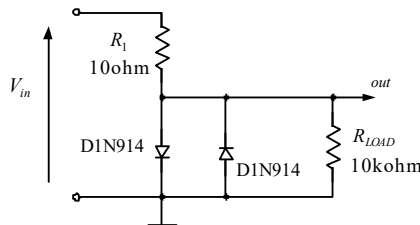
(ראה הערה מטה)

- ג. מדוד גורם טיב  $Q$  אקויוולנטי של גשר ווין המתקבל. הערך ע"י סימולציה ב-OrCad של מעגל תהודה אקויוולנטי, ולא ע"י חישוב אנליטי.
- ד. מהו גורם טיב  $Q$  אקויוולנטי של גשר ווין מאוזן?
- ה. מדוע במתנד מעשי מנסים להגדיל גורם טיב אקויוולנטי? 1.3 מודל של מתנד גשר ווין.
- א. ע"י סימולציה ב-OrCad מצא ערך של נגד  $R_{trim}$  אשר מקיים  $\beta A_{OL} = 1.05 \div 1.1$  עבור  $A_{OL}|_{f=10kHz} = 100$ . פונקצית תמסורת ומודל של המגבר ב- OrCad נתונים בציור 3.



ציור 3. מגבר שרת ב-OrCad.

- ב. מדוע במתנדים מעשיים מתכננים  $\beta A_{OL} > 1$ ?
- ג. הסבר את הקשר בין ערך של נגד  $R_{trim}$  והגבר  $\beta A_{OL}$ .
- ד. ע"י סימולציה DC-sweep בנה אופיין של המגבל שבציור 4. ( $R_1$  הנו התנגדות מוצא של מגבר, ו- $R_{LOAD}$  מתאר התנגדות כניסה של גשר ווין). הסבר איך משתנה ההגבר שלו באות קטן כפונקציה של  $V_{in}$ .



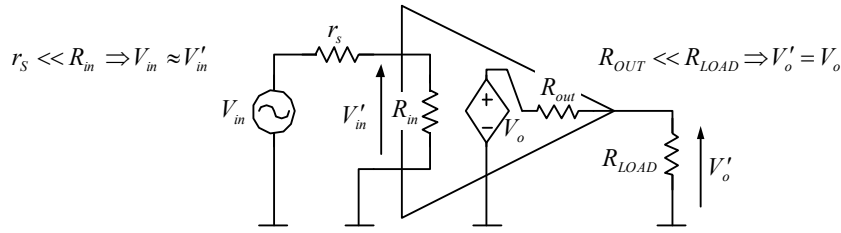
ציור 4. מגבל.

- ה. בנה מודל של מתנד עבור גשר ווין מציור 2. ומגבר מציור 3. ומגבל מציור 4. הצג תנודות ע"י אנליזה Transient. לשם עירור התחלתי יש לקבוע תנאי התחלה עבור אחד מקבלים.
- ו. בנה **בבית** את המעגל שבציור 7.

\* מתנד הנו מערכת עם משוב. ז"א שבאופן כללי אסור "לשבור" משוב במקום כלשהו, כי זה משנה התנגדויות והגברים. כתוצאה מכך אסור לפרק מעגל למשוב ומגבר ולחשב  $A_{OL}$  ו- $\beta$  כתמסורות של מעגלים בנפרד. קיים מקרה שהוא יוצא מהכלל: מערכת עם מגבר שרת.

בניח שהתנגדות כניסה של מגבר שרת גדולה מאוד ( $R_{out} \gg r_s$ ) והתנגדות מוצא קטנה ( $R_{out} \ll R_{LOAD}$ ) איור 2. אפשר לומר שמגבר שרת אינו מעמיס מוצא של משוב, ומשוב אינו מעמיס מוצא של מגבר שרת. במקרה הזה ניתן כניסת המגבר ממוצא של משוב או ניתוק כניסת המשוב ממוצא המגבר אינם משפיעים על התנגדויות והגברים במעגל. ז"א לצורך מדידות או חישובים אנליטיים ניתן לפרק מתנד למשוב (גשר ווין) ולמגבר, ולהתייחס לתמסורות  $\beta$  ו- $A_{OL}$  כמו לתמסורות של מעגלים נפרדים.

אפשר לומר ש- $\beta = \frac{V_p - V_n}{V_{in}}$  (איור 1). ו- $A_{OL}$  הנו הגבר של מגבר שרת.



איור 2. מגבר שרת.

## שאלה 2

1. שרטט תגובת תדר של  $V_p$  בגשר ווין.
2. שרטט תגובת תדר ל  $V_p - V_n$  בגשר ווין.
3. שרטט תגובת פאזה של  $\beta(w)$ .
4. שרטט תגובת פאזה ל  $V_p - V_n$ .
5. ציין ערכים של מתחי  $V_p$  כאשר  $w \rightarrow 0, w \rightarrow w_1, w \rightarrow \infty$
6. ציין ערכים של מתחי  $V_p - V_n$  כאשר  $w \rightarrow 0, w \rightarrow w_1, w \rightarrow \infty$
7. חשב  $A_{OL}$  למתנד גשר ווין מאוזן כאשר  $w = w_1$
8. מצא  $R_{trim}$  ל  $\beta A_{OL} = 1.05$  כאשר  $A_{OL} = 10$  ו  $2R = 230\Omega$ .
9. הסבר מה הקשר בין גורם טיב האקוויוולנטי של  $\beta$  לרעש פאזה של מגבר.
10. הסבר מה היה קורה למתנד עם גורם הטיב האקוויוולנטי של  $\beta$  נמוך, כאשר רעש פאזה של מגבר גבוה.
11. הסבר מתי ומדוע במגבר מעשי יש לדאוג לכך ש  $\beta A_{OL} > 1.05$ .
12. שרטט תגובת תדר של  $\beta$  כאשר גשר ווין אינו מאוזן.