

הטכניון - מ.ט.ל.
הפקולטה להנדסת חשמל



COMMUNICATION LABORATORY

ה פ ע ב ד ה ל ת ק ש ו ר ת

ניסוי 75

תכן מסוגים פסיביים ואקטיביים

משימות לסטודנט

מרץ 2017

שאלות הכנה

1. בנספח א' מודגמת סינטזה של רשת בשיטת Caer של הפונקציה:

$$Z(s) = \frac{s^4 + 4s^2 + 3}{s^3 + 2s}$$

איזו רשת נקבל במידה והופכים את סדר האיברים במונה ובמכנה?

$$Z(s) = \frac{3 + 4s^2 + s^4}{2s + s^3}$$

מה המסקנה מתוך התרגיל?

2. בצע התמרה של מסנן מעביר נמוכים (LP) מנורמל, למסנן חוסם פס מנורמל. העזר בנוסחאות שבסעיף 5. ציין בתשובתך לאן מועברים:

תדרי הקטעון $\omega_c = \pm 1$, התדר $\omega_0 = 0$ והתדרים $\omega = \pm \infty$.

הוסף סרטוט המתאר את המצב לפני ההמרה והמצב אחרי ההמרה.

3. תכנן מסנן מעביר פס מסוג Chebyshev, בעל תדר מרכזי 70MHz, רוחב פס 20MHz המוגדר ע"י נקודות -

3dB [תזכורת במסנן צ'בישב ההנחתה שווה לגליות], הנחתה מינימאלית של 15dB בתדרים 55MHz ו-

85MHz. על המסנן להיות מתואם לאימפדנס כניסה של 50Ω .

4. תכנן מסנן מעביר פס מסוג Chebyshev, בעל תדר מרכזי 10MHz, רוחב פס של 29%, גליות 3dB וסדר 3. על

המסנן להיות מתואם לאימפדנס כניסה של 50Ω .

5. תכנן מסנן מעביר נמוכים מסוג Butterworth שתדר הקטעון שלו 100 MHz. בתדר 500 MHz נדרשת הנחתה

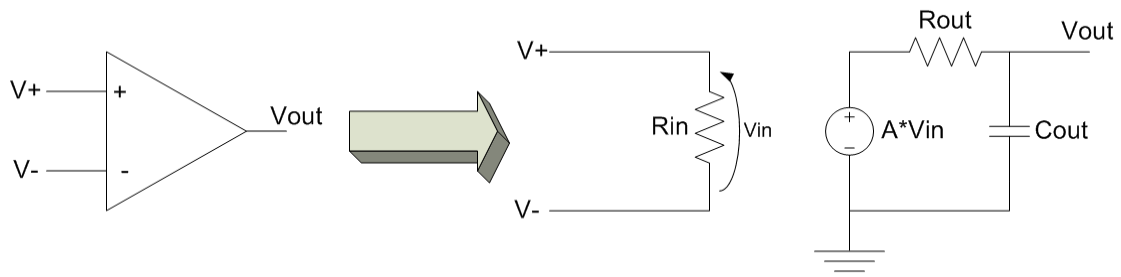
של לפחות 60 dB. תניח שגורם הטיב, בתדר הקטעון, של הקבלים גדול פי 5 מגורם הטיב של הסלילים. מה

הערכים המינימלים של גורמי הטיב כדי שתוספת הפסד בתחום המעבר יהיה נמוך מ-1 dB?

עבור איזה מימוש מקבלים הפסד נמוך יותר, רכיב ראשון קבל או סליל?

תעריך את תוספת הפסד של המסנן, כאשר גורמי הטיב הלא מעומסים של כל הרכיבים 200.

6. בשאלה זאת נעסוק במעגלי גוזר ואינטגרטור המתבססים על מגבר השרת הלא אידיאלי הנתון בשרטוט הבא:



א. חשב את פונקציית התמסורת של מעגלי גוזר ואינטגרטור הממומשים בעזרת מגבר השרת הלא אידיאלי בעזרת הנגד R והקבל C .

ב. בצע סימולציית Spice, והצג את תגובת התדר של מעגלי הגוזר והאינטגרטור מסעיף קודם, בתחום התדרים $100\text{Hz} - 100\text{MHz}$. השתמש בערכים הבאים עבור מגבר השרת:

$$C_{out} = 100\text{nF}$$

$$R_{in} = 50\text{K}\Omega$$

$$R_{out} = 50\Omega$$

$$A = 100$$

ובערכים הבאים עבור שאר הרכיבים:

$$R = 1\text{K}\Omega$$

$$C = 1\text{nF}$$

הדרכה: השתמש ברכיב E כמקור מתח מבוקר מתח אידיאלי והוסף את ההתנגדויות והקיבולים הנדרשים כדי ליצור את המגבר הלא אידיאלי.

ג. התייחס להבדלים בין תגובת התדר שקבלת לבין תגובת תדר של גוזר ואינטגרטור אידיאליים.

7. תכנן מסנן מעביר נמוכים מסוג Bessel, בקונפיגורציית Multiple Feedback. על המסנן להיות מסדר שני, בעל תדר קיטעון 10MHz . קבע את כל הנגדים זהים והקבל הגדול ביותר – 68pF . פונקציית תמסורת של מסנן Bessel מעביר נמוכים מנורמל מסדר שני הינה:

$$H(s) = \frac{3}{s^2 + 3s + 3}$$

הערה: עליך למצוא את תדר הקיטעון של מסנן Bessel המנורמל לצורך התמרת התדר.

8. חשב את פונקציית התמסורת של המעגלים מסעיף 7.2 (מסנן Sallen-Key). הנח כי $R_1 = R_2 = R$,

$C_1 = C_2 = C$, $R_4 = (K - 1)R_3$. הראה כי עבור שני המסננים פונקציית תמסורת היא מסדר שני, עם גורם

$$\text{טיב } Q = 1/(3 - K) \text{ ותדר תהודה } \omega_0 = 1/RC$$

9. תכנן מסננים Sallen-Key בקונפיגורציית מעביר נמוכים מסדר שני מסוג Butterworth ו-Bessel עם רוחב פס -3dB של 50kHz לפי הטבלה בנספח ה'. הנח $R_1 = R_2 = R$, $C_1 = C_2 = 1\text{nF}$, $R_3 = 10\text{K}\Omega$. מצא את R ו- R_4 .

מה ה-GBW וה-Sr הדרושים מהמגבר כאשר עוצמת האות המקסימלית ביציאת המסנן הינה 5V_{pp} ?

מהלך הניסוי

חלק א' – סימולציה

עבור כל המסננים בחלק זה עליך להציג בדו"ח מסכם את פונקציות ההעברה ואת תגובות הפאזה. הקפד על תחום תדרים סביר בסימולציות, על מנת לכסות גם את תחומי ההעברה של המסננים וגם תחילת תחומי החסימה, כמו כן ניתן להיעזר בנספח א' ובחוברות העזר של תוכנות הסימולציה שנמצאות [באתר המעבדה](#).

1. השתמש בתוכנת Orcad – PSpice לסימולציית שני המסננים הפסיביים אשר תכנת בשאלות ההכנה (שאלות 3 ו-4). עבור כל מסנן השווה בין שלוש צורות:
 - א. המסנן האידיאלי
 - ב. מסנן מורכב מרכיבים בעלי הפסדים. השתמש ב- $Q=30@100\text{MHz}$ עבור סלילים ו- $Q=200@100\text{MHz}$ עבור קבלים. תיצג את ההפסדים בעזרת נגד טורי (עבור הסלילים) ונגד מקבילי (עבור הקבלים) לפי הנוסחאות של סעיפים 6.1 ו-6.3 של חוברת הניסוי.
 - ג. כמו ב', אך החלף את ערכי הרכיבים לערכים הקרובים ביותר הקיימים בסדרת רכיבים אמיתיים בעלי 10% דיוק:

רכיב	ערכים סטנדרטיים 10% (קיימות כל המכפלות של 10: $10^{-12}, \dots, 10^{-2}, 10^{-1}, 1$)											
L	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82
C	10		15		22		33		47		68	

2. הסבר את ההבדלים ב-insertion loss, תדר מרכזי ורוחב סרט בין צורות שונות של אותו מסנן ובין שני המסננים.
3. בנה את מסנן ה-Sallen-Key בקונפיגורציית מעביר נמוכים מסוג Butterworth מסדר שני על פי התכנון בשאלות ההכנה. השתמש ברכיב E עבור המגבר. השווה בין שני המקרים:
 - א. מסנן עם ערכי הנגדים המחושבים.
 - ב. מסנן עם ערכי נגדים הנבחרים מתוך הרשימה הבאה (על פי הערך הקרוב ביותר):
 $2.7K\Omega, 3.3K\Omega, 3.9K\Omega, 5.6K, 8.2K, 10K$

חלק ב' – מדידות

מדידות תגובת תדר נעשות בעזרת נתח רשת (Network Analyzer). עבור כל מסנן מעביר פס עליך למדוד את התדר המרכזי, לחשב את רוחב הפס (נקודות -3dB) ולמדוד את ההנחתה בתדר המרכזי (insertion loss). עבור מסנן מעביר נמוכים יש למדוד את רוחב הפס והנחתה בפס ההעברה.

1. מדוד את המסננים הפאסיביים המקובצים אשר תכננת בשאלות ההכנה (שאלות 3 ו-4). השווה את המדידות לתוצאות הסימולציה.
2. מדוד את מסנן ה-Multiple Feedback.

א. מדוע רואים ירידה לא ליניארית של פונקציית התמסורת מעל תדר הקטעון?

ב. המעגל מומש בעזרת מגבר שרת בעל מכפלת הגבר-רוחב סרט של 160MHz. תדר הקטעון של המסנן הינו 10MHz, לכן לא ניתן למדוד במדויק את שיפוע פונקציית התמסורת ב-dB/decade. חשב מה השיפוע הצפוי ב-dB/octave. השווה למדידה.

3. בנה ומדוד את מעגל הגוזר ומעגל האינטרגטור. השתמש בנגד $R = 3K\Omega$ וקבל $C = 1nF$

א. מדוד את תגובת הפאזה והאמפליטודה של המעגלים. הסבר את התוצאה, שימו לב שבסעיף זה יש להוריד את עוצמת סיגנל הכניסה ובלבד שלא מתקבלת הערה source power turn off.

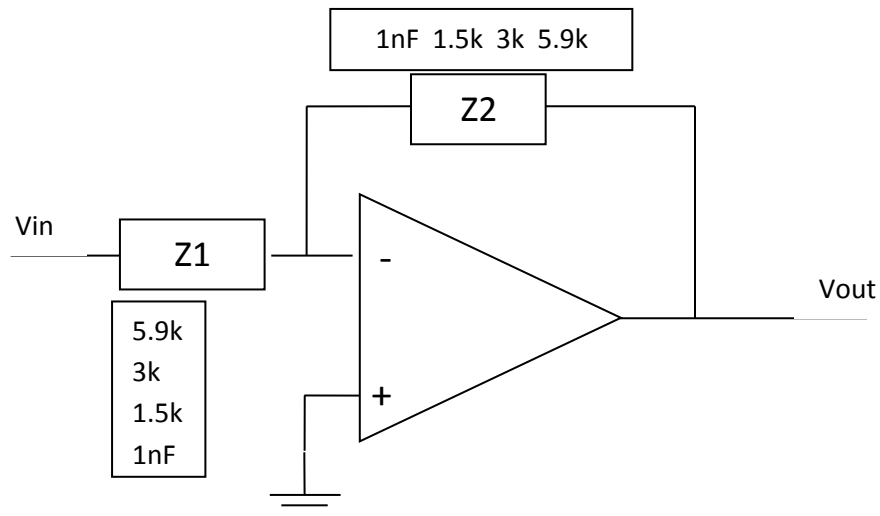
כדי לכייל את עוצמת הכניסה יש לבצע את השלבים הבאים:
menu → man power

בוחרים את הספק כניסה בעזרת power range לתחום שמתאים וקובעים את הערך המתאים כך שלא תתקבל ההודעה.

ב. בעזרת סקופ מדוד את התגובה הזמנית של הגוזר לכניסת סינוס בעל אמפליטודה של 100mV (peak to peak) בתדר 500KHz. מדוד את הפרש הפאזה בין אות הכניסה ואות המוצא והשווה לתוצאה התיאורטית.

ג. בעזרת סקופ מדוד את התגובה הזמנית של האינטגרטור לכניסת גל ריבועי בתדר 10KHz בעל אמפליטודה של 100mV (peak to peak). חשב את שיפוע אות המוצא והשווה לתוצאה התיאורטית.

ערכי הרכיבים במדגם של גוזר / אינטגרטור:

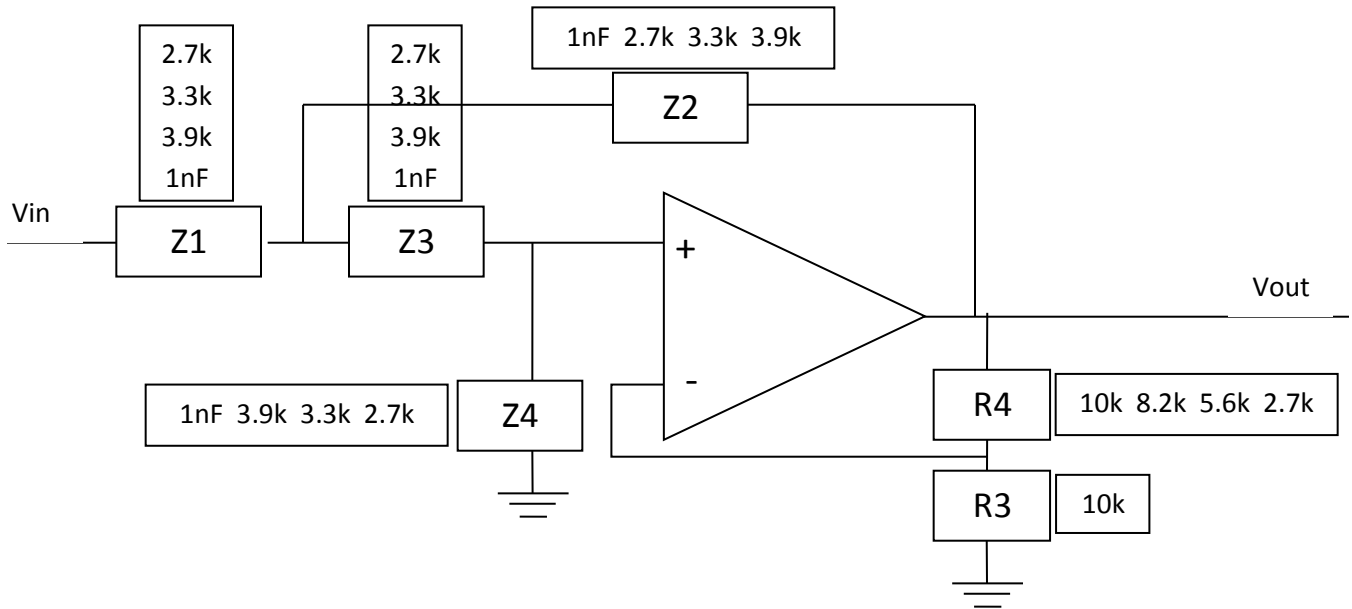


4. בנה ומדוד את מסנן ה-Sallen-Key בקונפיגורציות הבאות:

א. מעביר נמוכים מסוג Butterworth.

ב. מעביר נמוכים מסוג Bessel.

ערכי הרכיבים במדגם של מסנן Sallen-Key:



סיכום

1. בדוק טרם עזיבתך כי מדדת את כל המסננים. וודא כי הינך יודע היכן להגיש את הדו"חות. הכן דו"ח מסכם הכולל את תוצאות כל מדידותיך, מסקנותיך ותשובות ענייניות לכל השאלות.
2. לאור התוצאות שקבלת בניסוי, פרט מהן היתרונות והחסרונות ומתי כדאי להשתמש בכל אחד מסוגי המימושים: מסנן פסיבי מקובץ או מסנן אקטיבי. התייחס בתשובתך גם לתופעות הנגרמות מאי אידיאליות הרכיבים.

נספח א'- הדרכה לשימוש Orcad –PSpice

כדי לבצע סימולציה של PSpice ב-Orcad יש לבצע את השלבים הבאים:

1. היכנסו ל-Orcad capture cis פתחו קובץ חדש project → file בחרו את האופציה של Analog and Mix A/D ורשמו שם לקובץ, בחלון החדש שנפתח בחרו create upon existing.
2. פתחו את schematic, מחק את סימון האדמה ושרטטו את השרטוט החשמלי של המעגל הרצוי.
3. בחרו את מקור המתח הסינוסי שנקרא Vsin והכניסו את האמפ' (1v) בחרו offset=0.
4. לאחר שהמעגל גמור שמרו אותו וכעת לחצו על לשונית ה-Pspice, תנו שם לקובץ הסימולציה ולחצו על create.
5. בשלב הבא אנו בוחרים את צורת הניתוח שאנחנו רוצים ישנם שתי אופציות מרכזיות ניתוח בתחום הזמן ובתחום התדר, מאחר שאנו עוסקים במסננים, נבחר את הניתוח בתחום התדר. לשם כך בחרו בלשונית analysis type → frequency בחרו תדר התחלה ותדר סיום ולחצו אישור.
6. בשלב הבא נוכל להשתמש ב-probs שנמצאים בסרגל מעל הסכמה, הוסיפו אותם למקומות שאותם תרצו למדוד.
7. לחצו על run Pspice (חץ ימני) ולחצו על ok אם יש חלון קופץ, כעת קיבלתם את עקום הענות של המעגל בתחום התדר.

הערות

- ניתן לשנות את צבע הגרפים על ידי שינוי צבע ה-prob.
- אם רוצים תחום תדרים שונה יש לשנות שוב את תדר ההתחלה ותדר הקטעון.