

דוח מכין 5

מגשים:

אור שאול

אריאל רנה

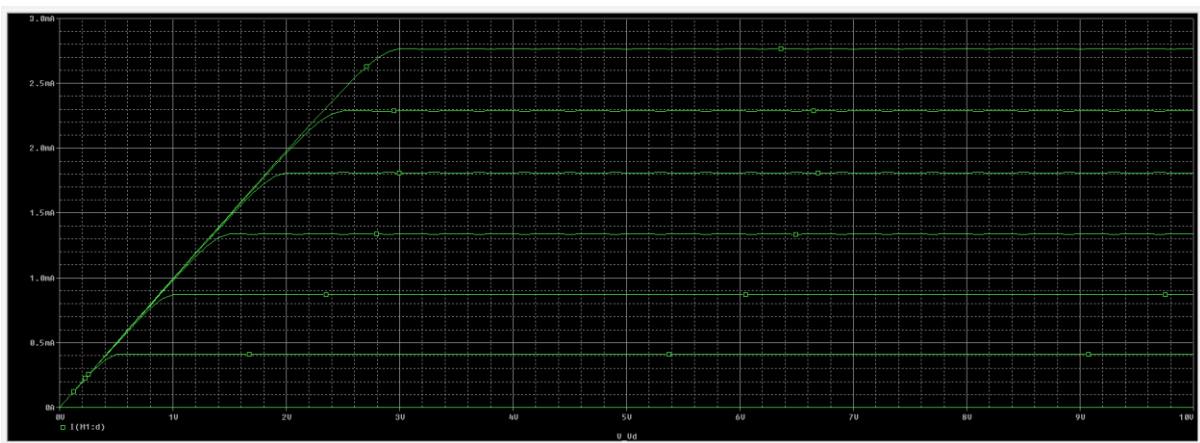
1.1. טרנזיסטור מסוג Depletion מוליך כאשר $V_{th} > V_{gs}$ ומפסיק להוליך כאשר $V_{gs} > V_{th}$.
טרנזיסטור מסוג Enhancement מתנהג בדיוק הפוך – כאשר $V_{th} > V_{gs}$ הטרנזיסטור לא מוליך וכאשר $V_{gs} > V_{th}$ הטרנזיסטור מוליך.

1.2. מבחינת מבנה הטרנזיסטור קיימת סימטריה כך ש-source ו-drain הינם פורטים זהים (כלומר שניהם מאולחים באופן זהה. בפועל, קיימת קונבנציה לחבר את ה-drain לנקודת המתח הגבוהה ואת ה-source לנקודת המתח הנמוך (ב-NMOS זה כך, כאשר ב-PMOS זה ההפך). מכאן נובעת חוסר הסימטריה בשימוש הטרנזיסטור.

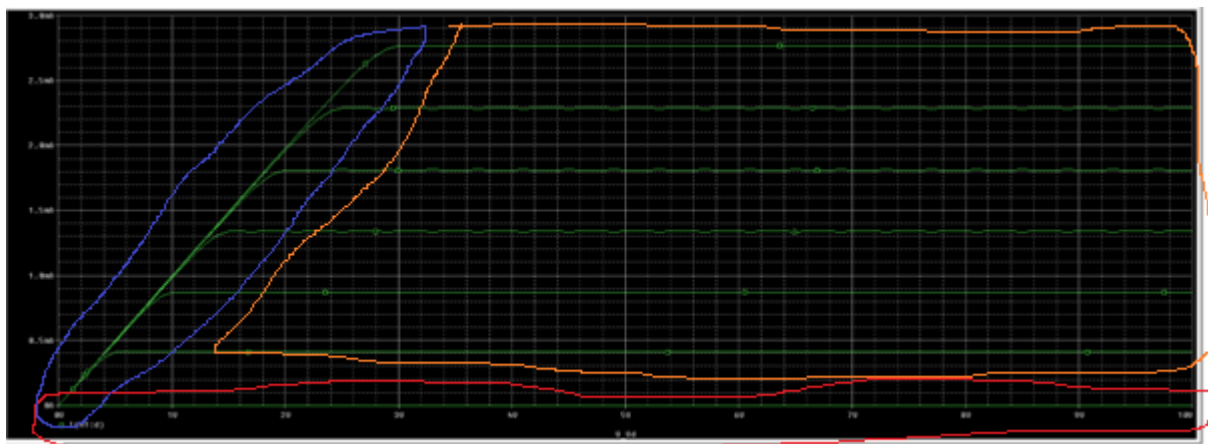
1.3. כאשר נרצה להשתמש בטרנזיסטור Mosfet בתור מגבר, נרצה לעבוד בתחום הרוויה של הטרנזיסטור. במצב זה ישנו קשר לינארי בין מתח השערים שניתן להפעיל כמגבר. לעומת זאת, עבור שימוש כמתג, נרצה ליצור מצב בו המתח בשערים מעביר בין מצב לינארי (ON הולכה) ולבין מצב קטעון (OFF אין הולכה).

1.4. הסיבה העיקרית לשימוש טרנזיסטור מסוג Mosfet על פני טרנזיסטור מסוג BJT היא ש-Mosfet ישנה צריכת הספק נמוכה יותר מכיוון שה-Mosfet Gate מנותק לחלוטין מהטרנזיסטור ואין זרם זליגה מה-Gate לתוך הטרנזיסטור (מעשית, ישנו זרם זליגה קטן אך זניח). לעומת זאת, בטרנזיסטור BJT Base מחובר לטרנזיסטור וכן מתקיים זרם זליגה, והוא עלול להיות משמעותי ולצורך הספק גבוה יחסית ל-Mosfet. בנוסף, מימוש Mosfet דורש שטח קטן יותר מאשר טרנזיסטור BJT ולכן עדיף גם מנקודת המבט הזו.

2.1

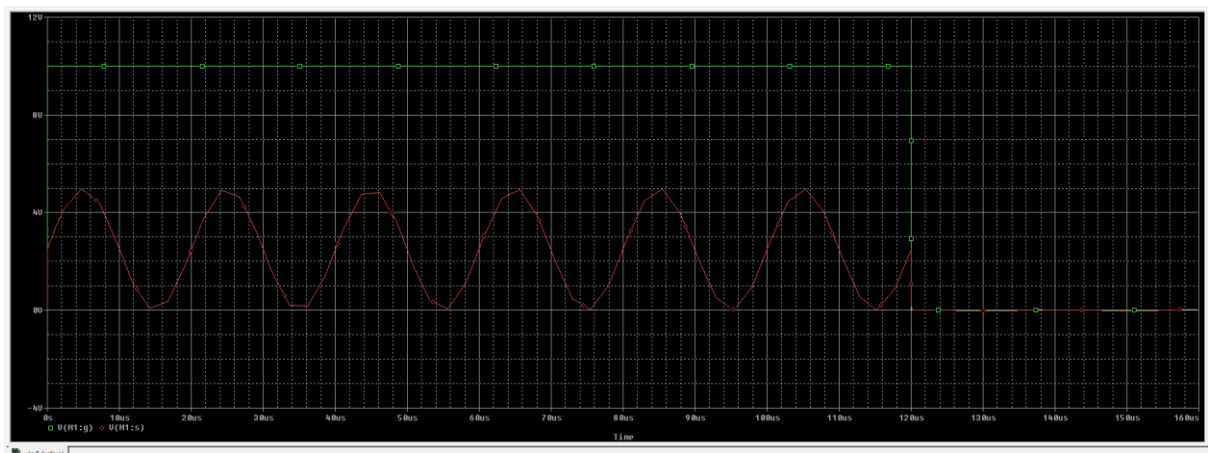


מהגרף ניתן להסיק כי $v_t = 2v$. נשווה לקובץ המידע שם נתון $v_t = 2.1v$ ולכן הסימולציה קרובה מאוד לערך הנתון.



בכחול ניתן לראות את החלק הליניארי, באדום את הקיטעון ובכתום את תחום הרוויה.

3.1.



כאשר $V_1 = 0$ מתקיים $V_{GS} < v_t$ כיוון שזה NMOS.

לכן כאשר $V_1 = 0$ הטרנזיסטור במצב קטעון, ולכן הנקודה V_s מחוברת דרך הנגד לאדמה והמתח בה הוא 0.

כאשר $V_1 = 10V$ מתקיים $V_{gs} - v_t > V_{ds}$, ומשוואה זאת מתקיימת מכיוון ש:

$$V_{gs} - v_t = 12 - v_t > 5V, \quad V_{ds} = V_D = V_2 \leq 5V$$

ולכן הטרנזיסטור במצב לינארי ואנו רואים את הפולס. אפקטיבית, כאשר ה NMOS פתוח, נקבל מתח ב V_s , נקבל נתק בין Source ל Drain ו $V_s = 0$.

3.2. לפי ה-*data sheet* מתקיים $v_t = 2.1V$. לכן הניתוח שביצענו בסעיף הקודם אכן נכון:

$$V_{gs} - 2.1 = 10 - 2.1 = 7.9V > 5V, \quad V_{ds} = V_D = V_2 \leq 5V$$

כלומר כאשר $V_1 = 0$ הטרנזיסטור במצב קטעון וכאשר $V_1 = 10V$ הטרנזיסטור במצב לינארי.

לכן הטרנזיסטור מתפקד כמתג כתלות ב- V_1 , אם $V_1 = 10V$ אז הכניסה מועברת ל- V_s , ואם $V_1 = 0$ אז $V_s = 0$.

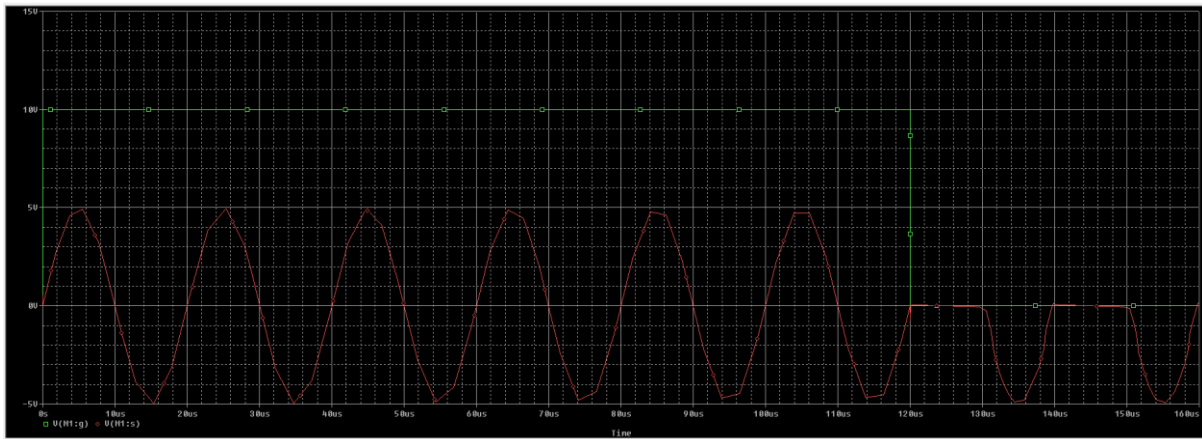
3.3. נמדוד עם Cursors את V_{ds} ואת V_d במצב הולכה:

$$V_d = 4.8397 [V], V_s = 4.8188 [V]$$

ממחלק מתח נקבל:

$$V_s = V_d \cdot \frac{R_s}{R_s + r_{ds}} \rightarrow r_{ds} = \frac{R_s V_d}{V_s} - R_s = 4.33 \Omega$$

3.4



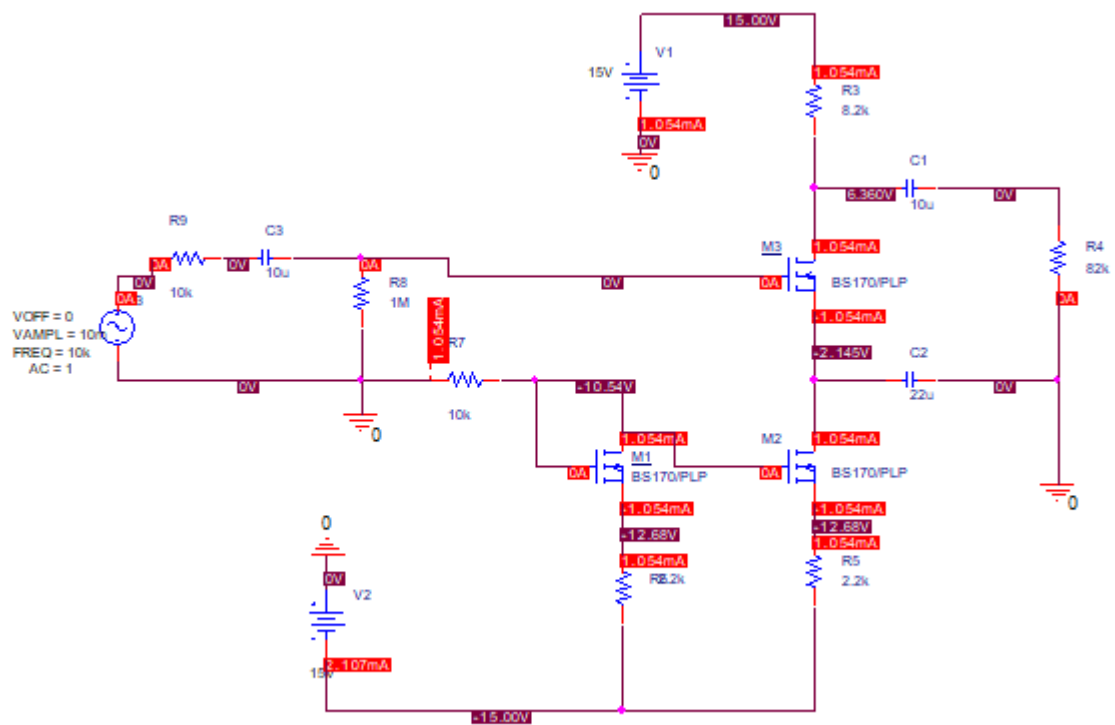
כאשר $V_1 = 10V$ מתקיים $V_{gs} - v_t > V_{ds}$, ומשוואה זאת מתקיימת מכיוון ש:

$$V_{gs} - v_t = 10 - v_t > 5V, \quad V_{ds} = V_D = V_2 \leq 5V$$

ולכן הטרנזיסטור במצב לינארי ואנו רואים את הפולס.

כאשר $V_1 = 0$ וגם $V_2 > 0$ מתקיים $V_{GS} < v_t$ כיוון שזה NMOS ולכן מצב קטעון.

אך כאשר $V_1 = 0$ וגם $V_2 < 0$ אז ההדקים S, D מתהפכים כי כעת בהדק העליון יש מתח נמוך לעומת ההדק התחתון שבו יש מתח גבוה. במצב זה אין קטעון ולכן אנו רואים את החלק השלילי של הפולס.

$$R_f = 7.3 \text{ [k}\Omega\text{]}, R_2 = R_3 = 7.9 \text{ [k}\Omega\text{]}$$


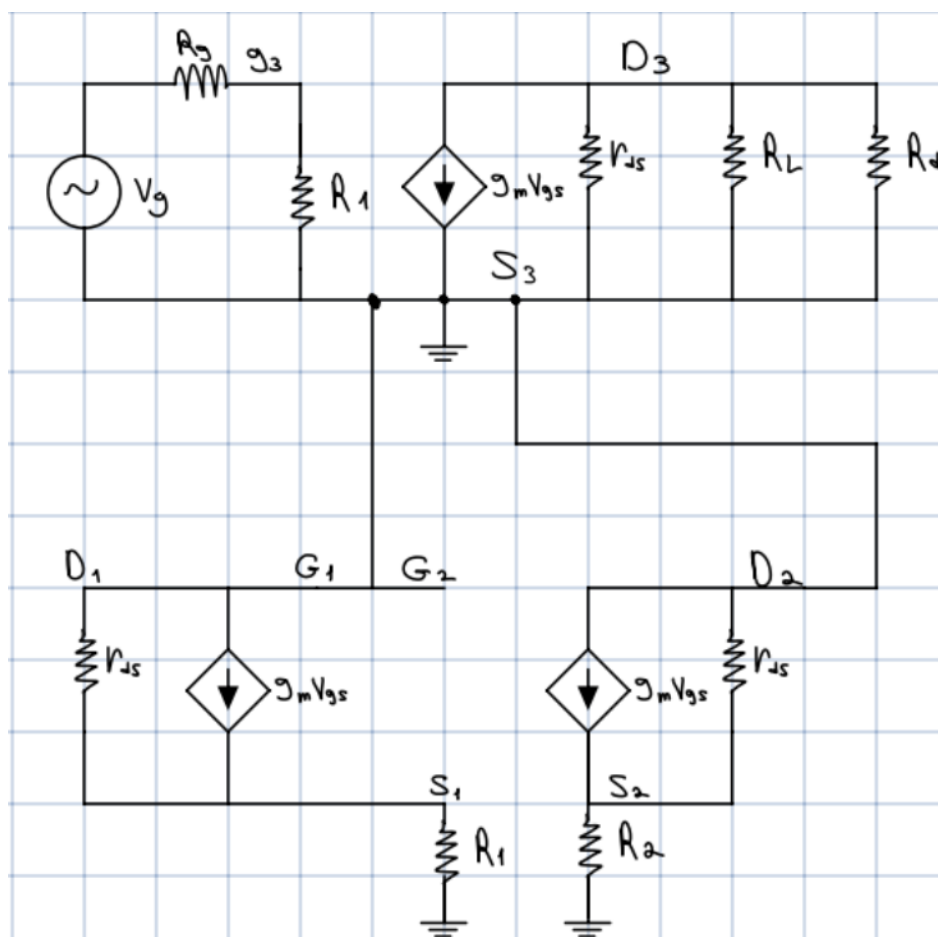
Transistor	V_G	V_S	V_D	I_{DS}
M1	$-10.54V$	$-12.68V$	$-10.54V$	$1.054mA$
M2	$-10.54V$	$-12.68V$	$-2.145V$	$1.054mA$
M3	$0V$	$-2.145V$	$6.36V$	$1.054mA$

Transistor	V_{GS}	V_{DS}	I_{DS}	State
M1	$2.14V$	$2.14V$	$1.054mA$	sat
M2	$2.14V$	10.535	$1.054mA$	sat
M3	$2.145V$	$8.505V$	$1.054mA$	sat

בכל הטרנזיסטורים מתקיים $V_{DS} > V_{GS} - V_t$ ולכן כולם במצב רוויה.

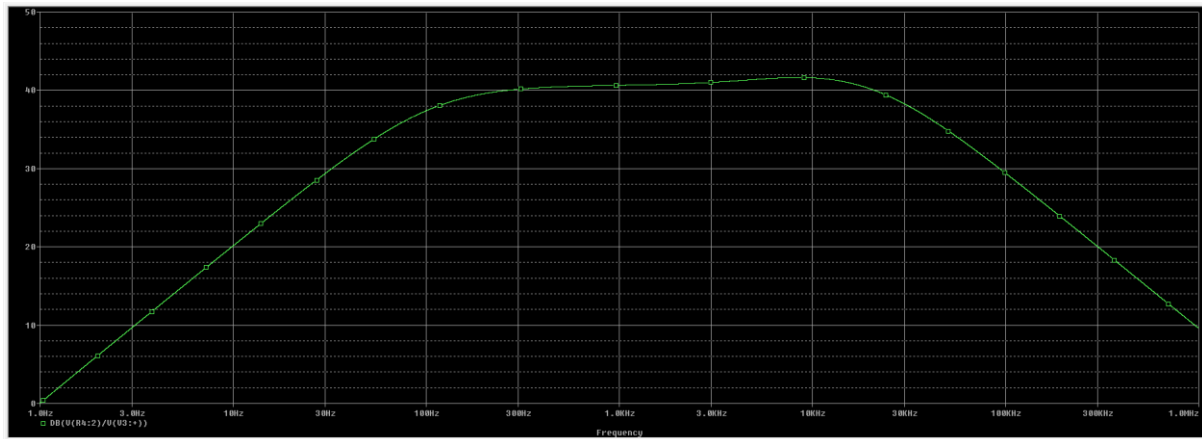
$$g_{m3} = 2\sqrt{kI_{DS}} = 2\sqrt{k^2(V_{GS} - V_t)^2} = 2k(V_{GS} - V_t) = \frac{2I_{DS}}{V_{GS} - V_t} = 14.538 \frac{mA}{V}$$

.4.3

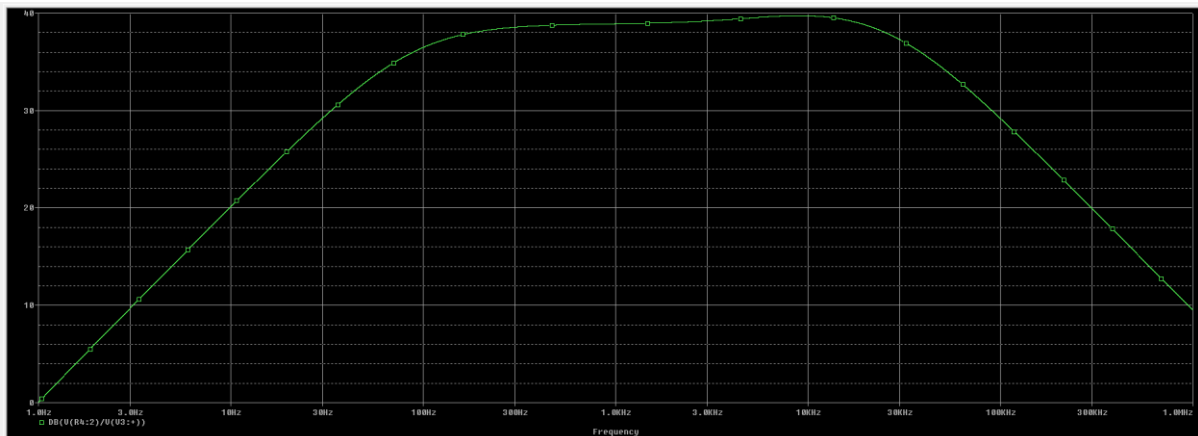


4.4. מטרת הקבל היא לנתק את ראי הזרם ב-AC מבלי לנתק אותו ב-DC, כיוון שב-AC תהיה אדמה משני צידי הראי ולכן לא יזרום זרם.

4.5. עבור $R_f = 10 [k\Omega]$



עבור $R_f = 16[k\Omega]$



עבור $R_f = 10k\Omega$:

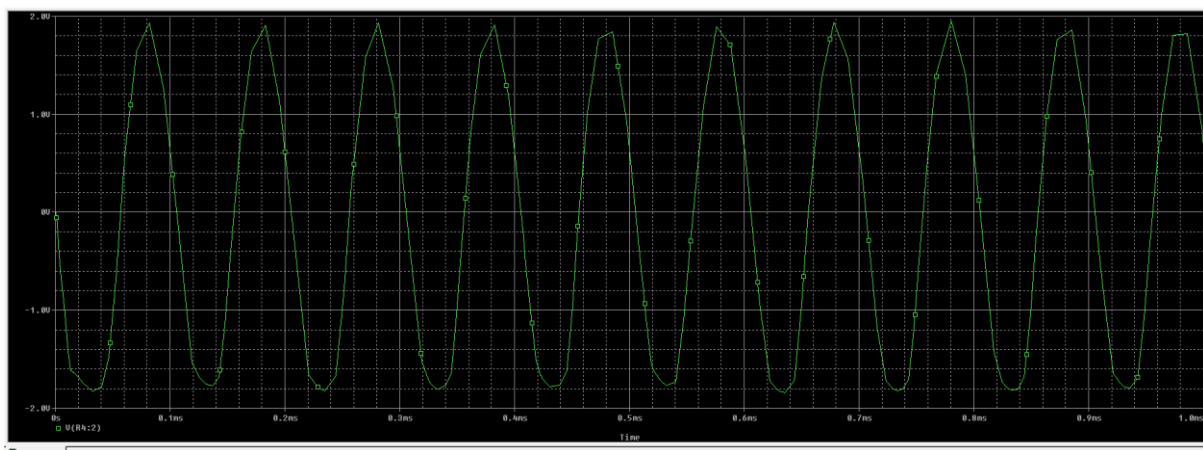
$$f_{-3dB\ low} = 111.7511Hz, \quad f_{-3dB\ high} = 32.1487kHz, \quad BW = 32.0377kHz, \\ A = 40.82dB$$

עבור $R_f = 16k\Omega$:

$$f_{-3dB\ low} = 90.0012Hz, \quad f_{-3dB\ high} = 38.1555kHz, \quad BW = 38.0488kHz, \\ A = 39.069dB$$

כפי שניתן לראות, התקבל מסנן BPF וככל שמגדילים את R_f כך ה- BW גדל.

4.6.



נסמלץ בנוסף מעגל בעל עומס של $R_L = 1[M\Omega]$ ונקבל:

$$AMP_{82} = 1.86 [V], AMP_{1M} = 2.025 [V]$$

$$AMP_{82} = AMP_{1M} \frac{R_L}{R_L + R_{out}}$$

$$R_{out} = R_L \frac{AMP_{1M} - AMP_{82k}}{AMP_{82k}} = 7.274 [k\Omega]$$

4.7. המעגל משמש בתור BPF (שכן מדובר במגבר CS) אך הוא גם יכול לשמש בתור – *trans* *conductance – amplifier*.