

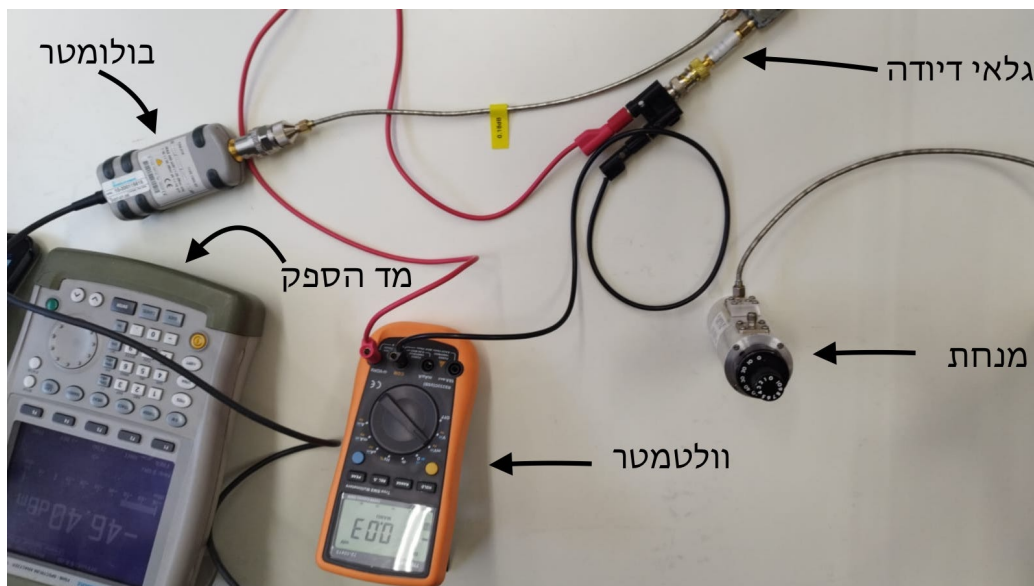
מעבדה מתקדמת במיקרוגלים מכשירי מדידה למיקורגל

מאת: אוהד פורמן, 301658852

1 מבוא

בניסוי נבחנה הפעולה של מכשירי מדידה ונבדקו הנתונים המתקבלים במדידה. זאת עבור מתח והספק נמדד של גלים א"מ ועבור רזונטור. בנוסף נבחנו רעשים הנגרמים מהמערכת מדידה ומהתכונות הפיזיקליות של המערכת עבור המדידות. בוצעו מדידות של LPF ומנחת לווידוא כיוול.

2 מערך הניסוי



איור 1: מדידת הספק ומתח על כניסה ויציאה של גלאי דיודה באמצעות בולומטר

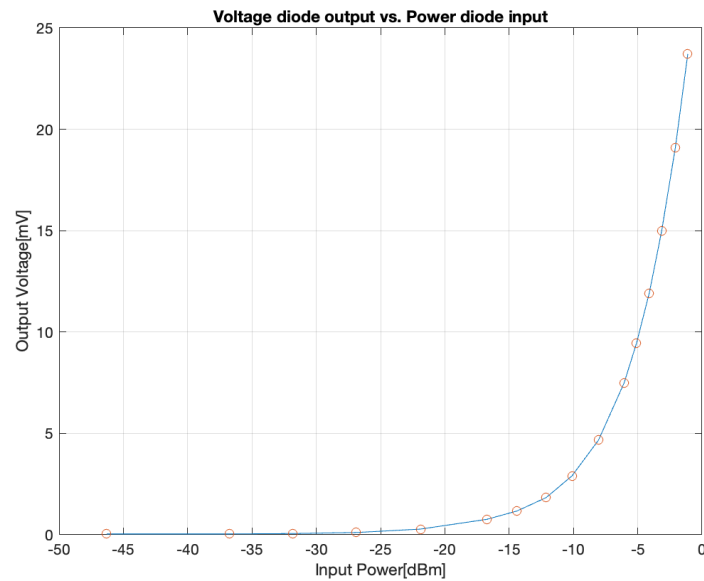
מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



איור 2: שימוש במחולל אותות ספקטרום אנלייזר למדידת רעשי במנחת והשוואת RBW וSPAN

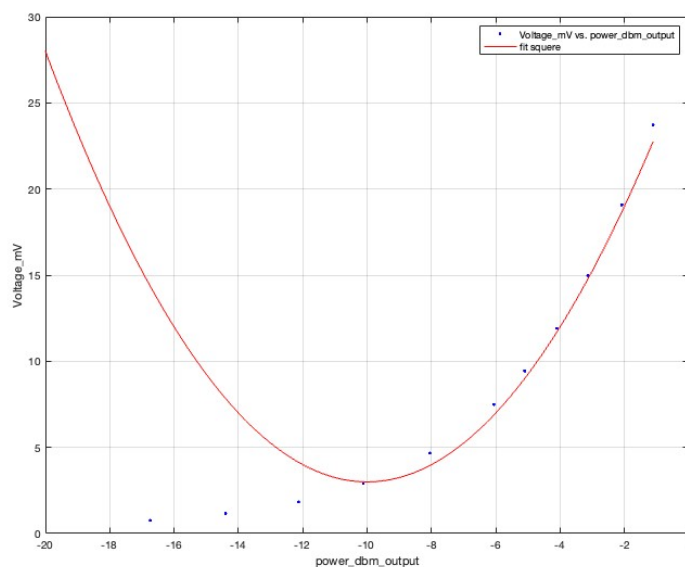
3 עיבוד וניתוח תוצאות

3.1 צייר את גרף הכיול של הדיודה מתוך המדידות (מתח מוצא להספק כניסה) של הגלאי, והסבר את המתקבל.



איור 3: מתח היציאה של גלאי הדיודה כפי שנמדד בוולטמטר לעומת מדידת ההספק מהבולומטר אל מד ההספקת מתקבלת תלות אקספוננציאלית כמצופה ממהתאמה

3.2 סמן על הגרף את התחום בו מתקיימת תגובת Square-law, והסבר את משמעותו.



איור 4: התאמה פרבולית אל תחום בהתאמה הכי גבוהה בגרף לפרבולה, התחום המתואר הוא תחום פעילות שמתאים לתלות ריבועית

3.3 מהו קבוע ההמרה של גלאי הדיודה ?

מתוך ההתאמה:

$$k = \frac{1}{4} \left[\frac{mV}{dBm} \right]$$

המתקבל הוא מקדם התלות הריבועית בתחום הנ"ל

3.4 מהן היחידות של הצירים בתמונה המתקבלת על נתח התדר ?

נתח התדר מציג את התדר בציר האופקי והספק בציר האנכי היחידות הן Hz ברזולוציה הנבחרת מבחינת סדרי גודל, והספק ב dBm

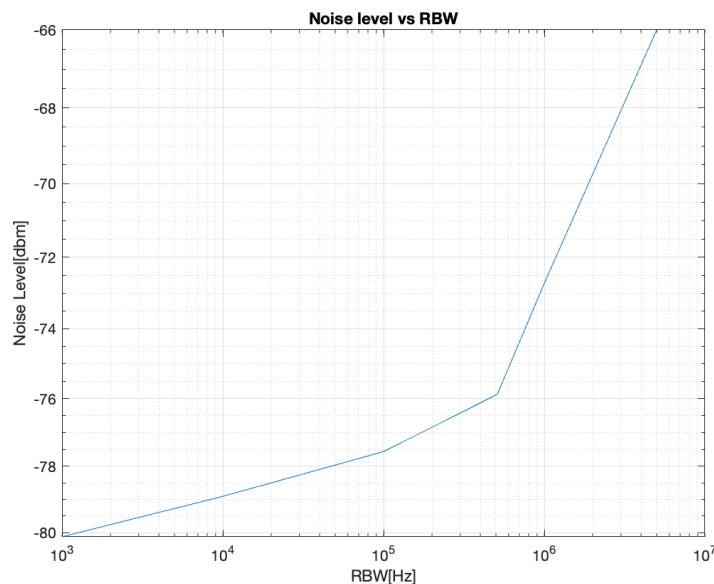
3.5 כיצד שינתה הקטנת ה-Span את התמונה שהתקבלה בנתח התדר? האם התמונה מייצגת נאמנה את אות המקור? הסבר?

הקטנת ה-span גורמת למיקוד באות המשודר כל עוד דואגים למרכז באות המבוקש. עם זאת שינוי זה גורם לשינויים ברזולוציה הנמדדת לכן יש לבחור את הפריסה באופן כזה שהאות עדיין מתאר את האות כראוי.

3.6 שרטט גרף של רמת הרעש כפונקציה של RBW מתוך הגרף חלצו את רמת הרעש ליחידת רוחב סרט של נתח התדר. בכמה היא שונה מהרעש התרמי ומה הסיבה להבדל זה?



איור 5: דוגמת מדידת רעש



איור 6: רמת הרעש לעומת ערכי RBW נבחרים בספקטרום אנלייזר

הרעש מ-RBW הוא רעש שנובע מעיבוד האות של המכשיר ושונה מהותית מהרעש התרמי שמקורו במכשירי האלקטרוניים הבונים את המכשיר מכיוון שהרעש התרמי לא תלוי ברעש ה-RBW ההבדלים הם כתלות ברעש ה-RBW בחירה נכונה תגרום לרעש ה-RBW להתקרב לרעש התרמי שהוא ברירת מחדל של המערכת, בחירה שגויה תהפוך אותו למשמעותי יותר ומוסיף רעש.

3.7 מה סיבת שינוי היחס בין האות לבין הרעש כתוצאה משינוי רוחב הסרט (RBW) של נתח התדר ?

בספקטרום אנלייזר RBW הוא פרמטר של פילטר מובנה במכשיר המשמש למיקוד מדידה בתדרים רצויים. רעש הנגרם מפעולה זו הוא רעש הנגרם ע"י הפילטר והוא רעש לבן הפרופרציוני ל-RBW. הפרמטר מגדיל את הרעש עם הגדלתו מכיוון שפעולתו גורמת לקריאה של מידע רחב יותר על האות בתחום התדר, כך גם לגבי הרעש, בפס רחב יותר רעש בתחום תדר גדול יותר נכנס למדידה.

3.8 איזה פרמטר של סריקת התדר במכשיר השתנה כתוצאה משינוי רוחב הסרט ומה הקשר ביניהם ?

רזולוציית הסריקה נקבעת ע"י RBW אשר קשור אל BW, העלאת רוחב הפס גורמת להפחתה ב-RBW אשר גורר הפחתה של של הרזולוציה בתדר. מכך מתקבל שהסריקה תהיה פחות "חלקה" ובעלת פחות מידע בספקטרום. בנוסף הטווח הדינאמי ישתנה כתוצאה מהאפקט עם הרעש מסעיף קודם.

3.9 הצג את מקדמי ההעברה וההחזרה הנמדדים של הרכיב שמדדתם לאימות הכיול באמצעות גרף.

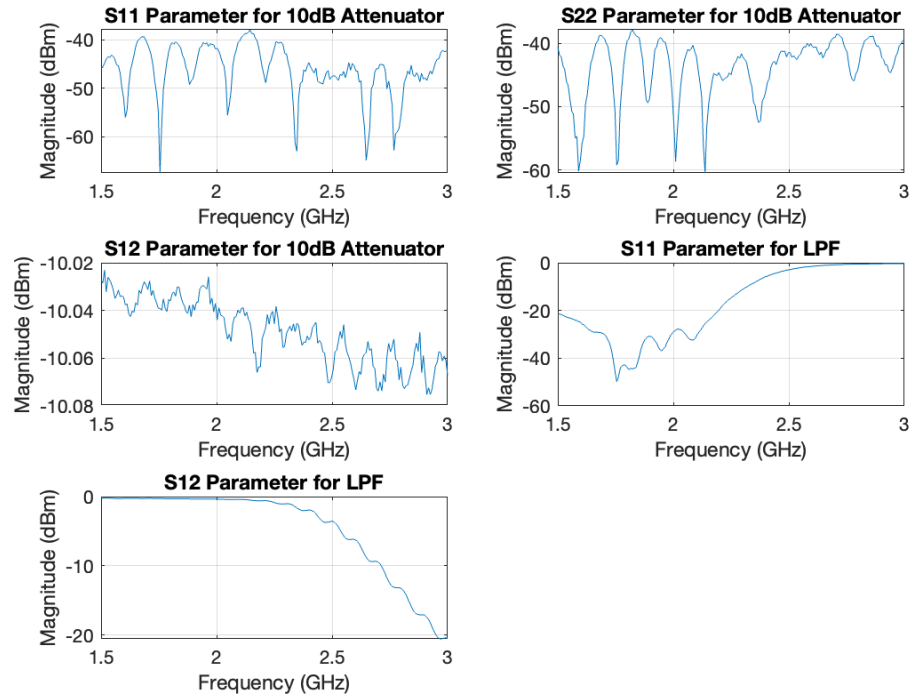


איור 7: LPF

מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



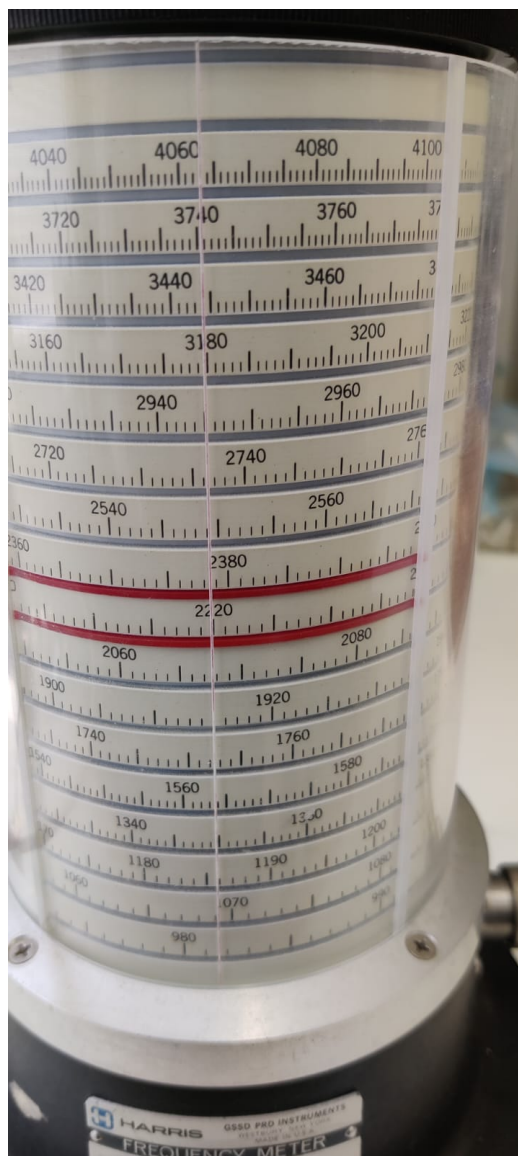
איור 8: מנחת



איור 9: פרמטרי מנחת LPF

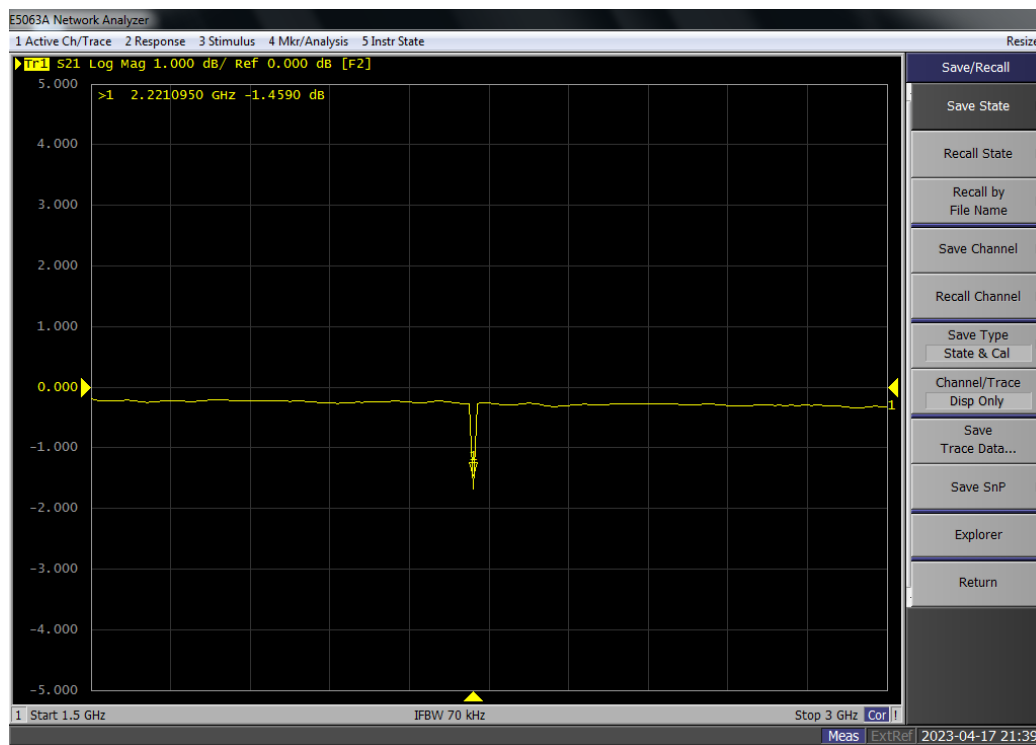
מעבדה מתקדמת במיקרוגלים

3.10 מה הסטיות בין הקריאות של מד התדר המהודי ושל נתח הרשת שהתקבלו במדידות התדר של מוצא נתח הרשת באמצעות מד התדר המהודי ?



איור 10: מדידה אנלוגית של הרזונטור

מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



איור 11: מדידה דיגיטלית של הרזונטור

התקבלה סטייה של:

$$\Delta f = |2.220 - 2.221| = 0.001 [Ghz]$$

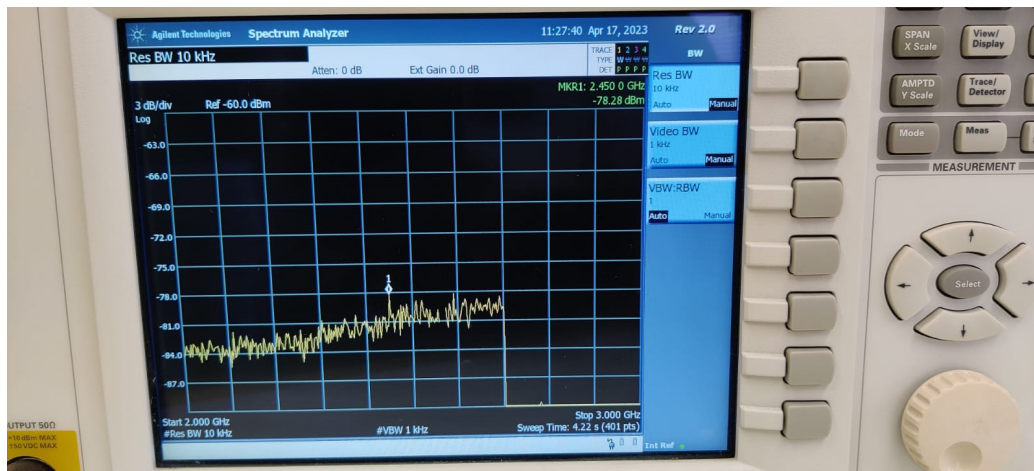
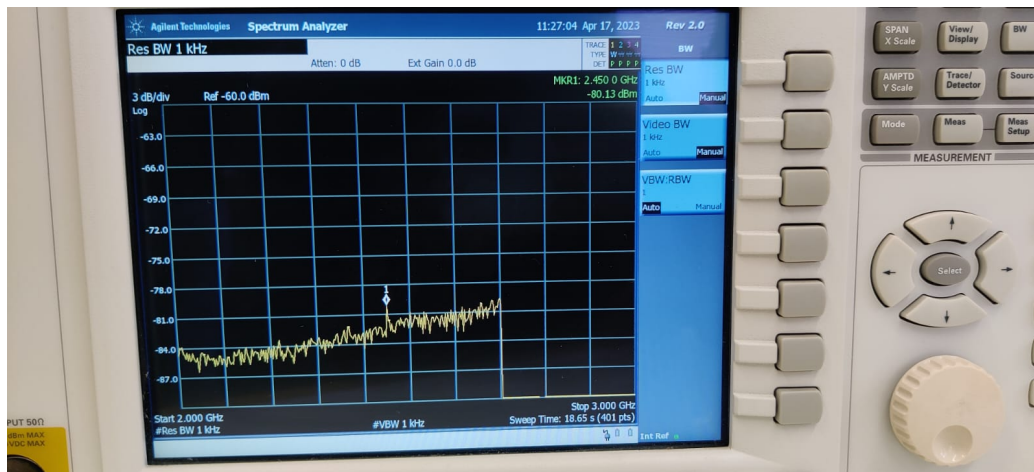
4 מסקנות

בניסוי נראו תופעות רעש והשפעת פרמטרי מדידה עליהם. נראתה תלות מתח הספק על דיודה ואומתה התלות המצופה בשני תחומים אקספוננציאלי כללי וריבועי בתחום. הוכח כול באמצעות מנחת רזוננטור ופילטר וצפו פרמטרי הפיזור שלהם. הניסוי מהווה התנסות במדידות שונות והגורמים המשפיעים עליהן.

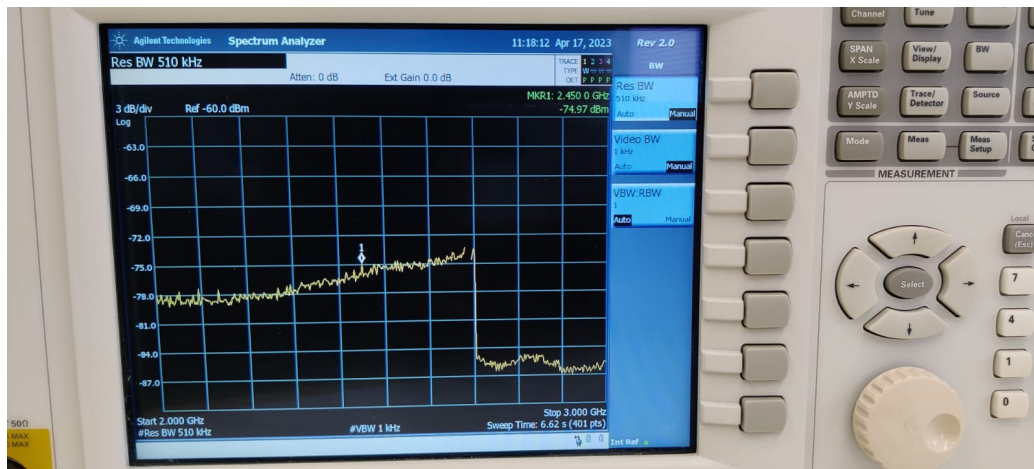
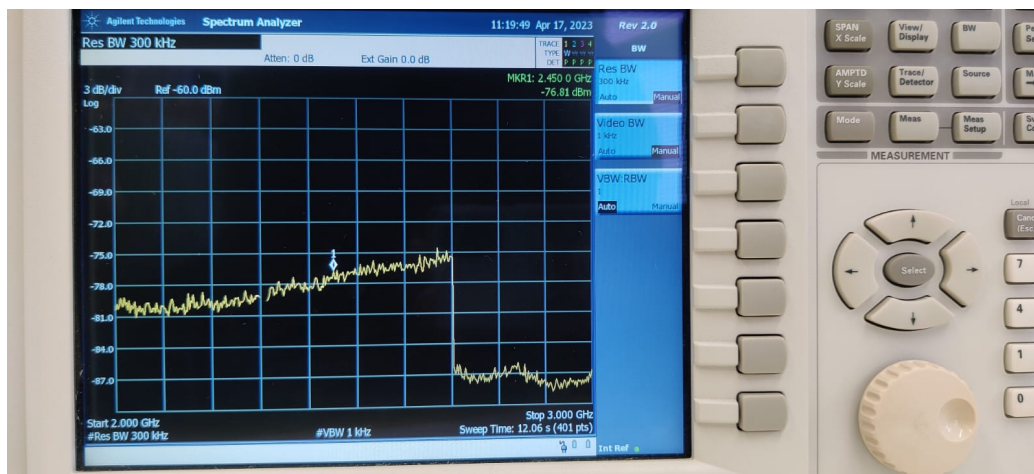
5 נספחים

מדידות רעש:

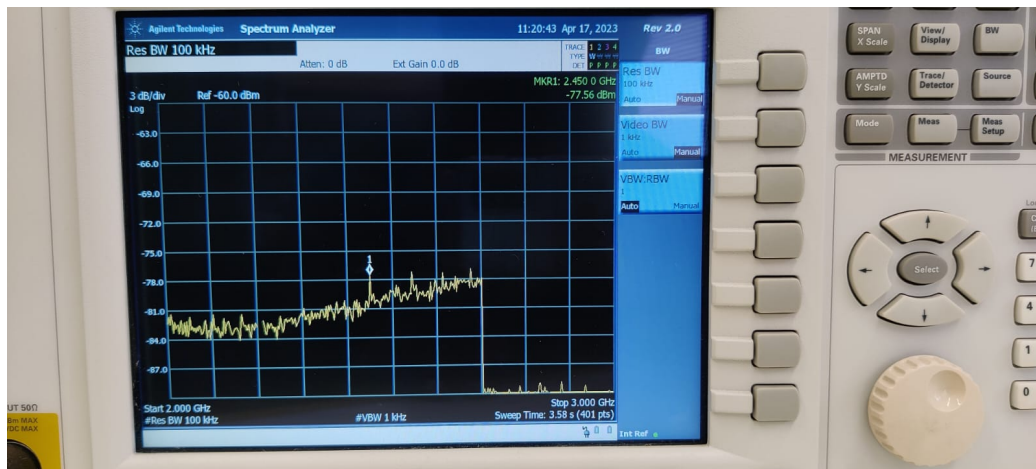
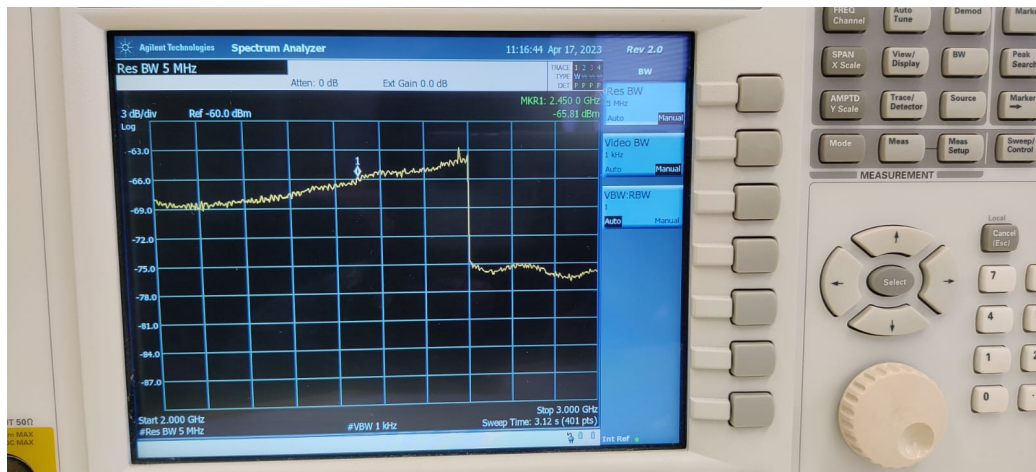
מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



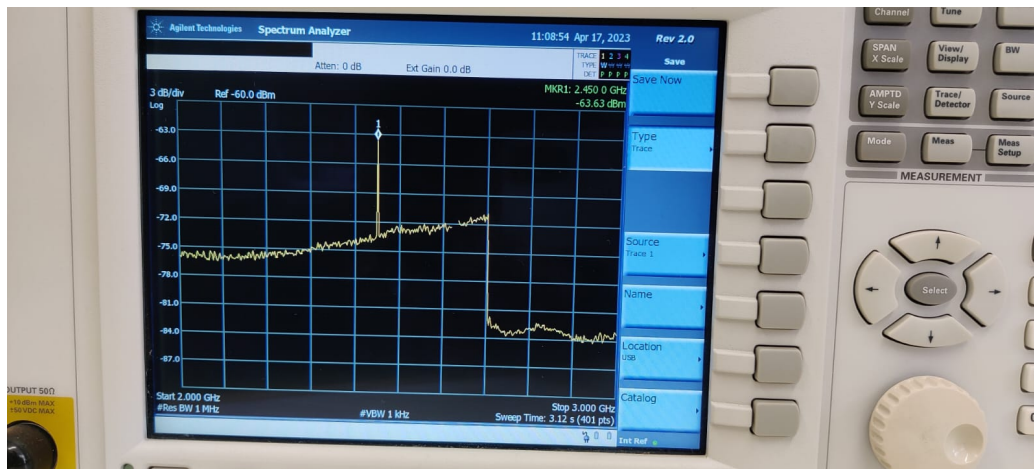
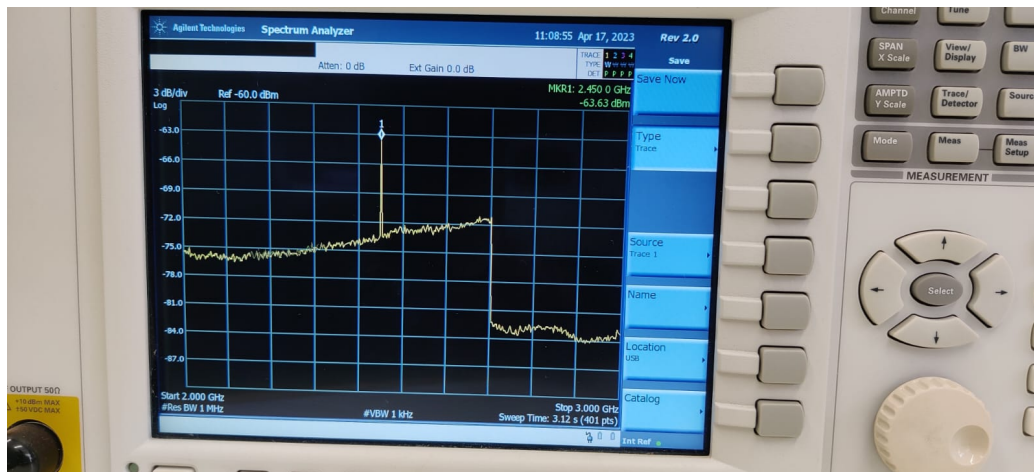
מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



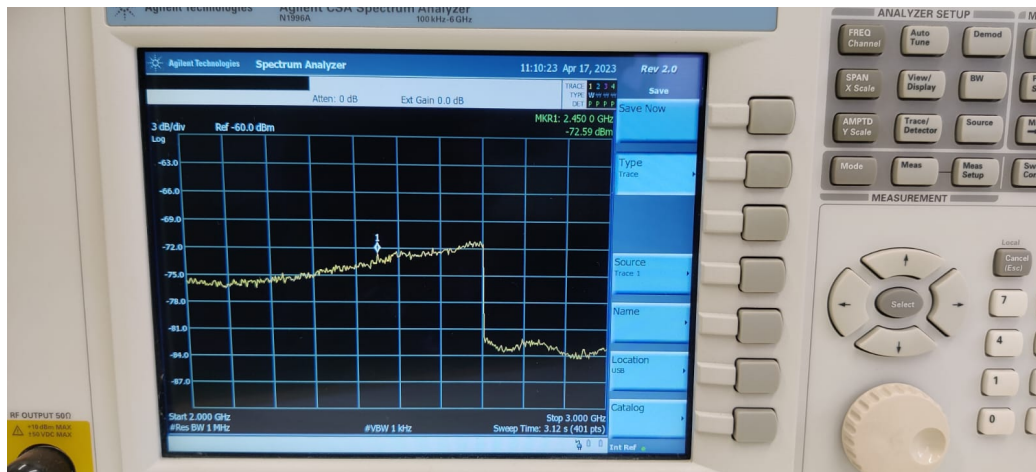
מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



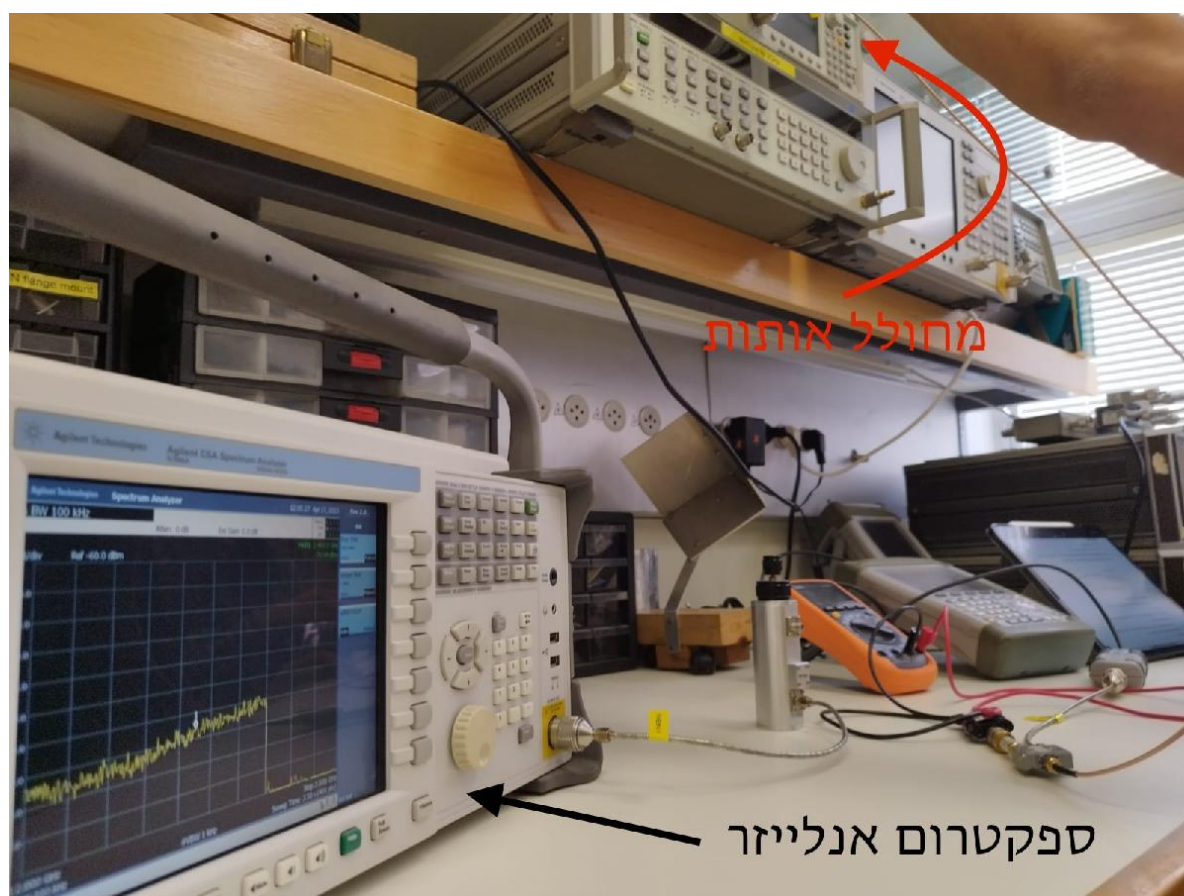
מצורף קוד עיבוד נתונים מלא

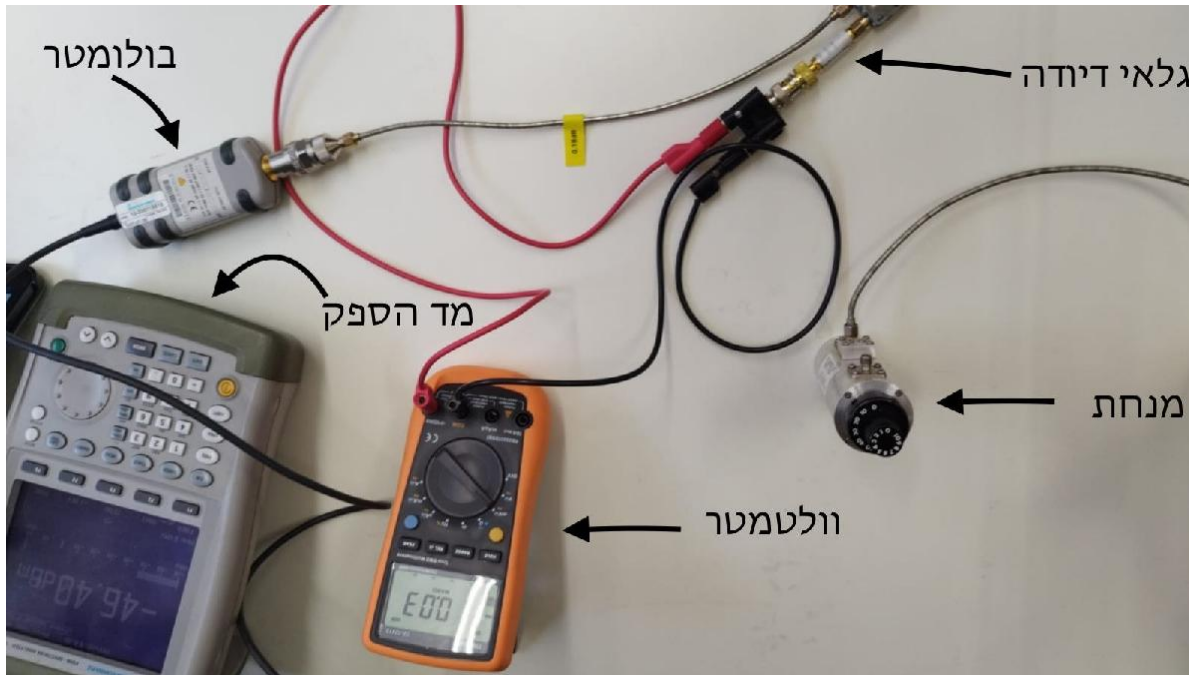
Advanced micro wave lab - experiments 1 and 2

Table of Contents

Advanced micro wave lab - experiments 1 and 2	1
Experiment 2.....	1
Section 1 - measurements devices.....	2
Section 2 - Noise Vs RBW.....	5
Experiment 1.....	6
Section 1 - loads, wave patterns	7
Section 2 - Cutoff freq.....	17
Functions.....	18

Experiment 2





Section 1 - measurements devices

measurements

```
power_dbm_input=[0.04,0.04,0.06,0.11,0.28,0.76,1.17,1.83,2.9,...
4.67,7.49,9.44,11.91,14.99,19.08,23.71] ;
power_dbm_output=[-46.3,-36.75,-31.85,-26.9,-21.89,-16.74,-14.4,...
-12.13,-10.12,-8.05,-6.06,-5.1,-4.11,-3.14,-2.08,-1.11];
Voltage_mV =[0.04,0.04,0.06,0.11,0.28,0.76,1.17,1.83,2.9,4.67,...
7.49,9.44,11.91,14.99,19.08,23.71];
T1 = table(power_dbm_input', power_dbm_output',Voltage_mV', 'VariableNames', {'Power d
```

T1 = 16×3 table

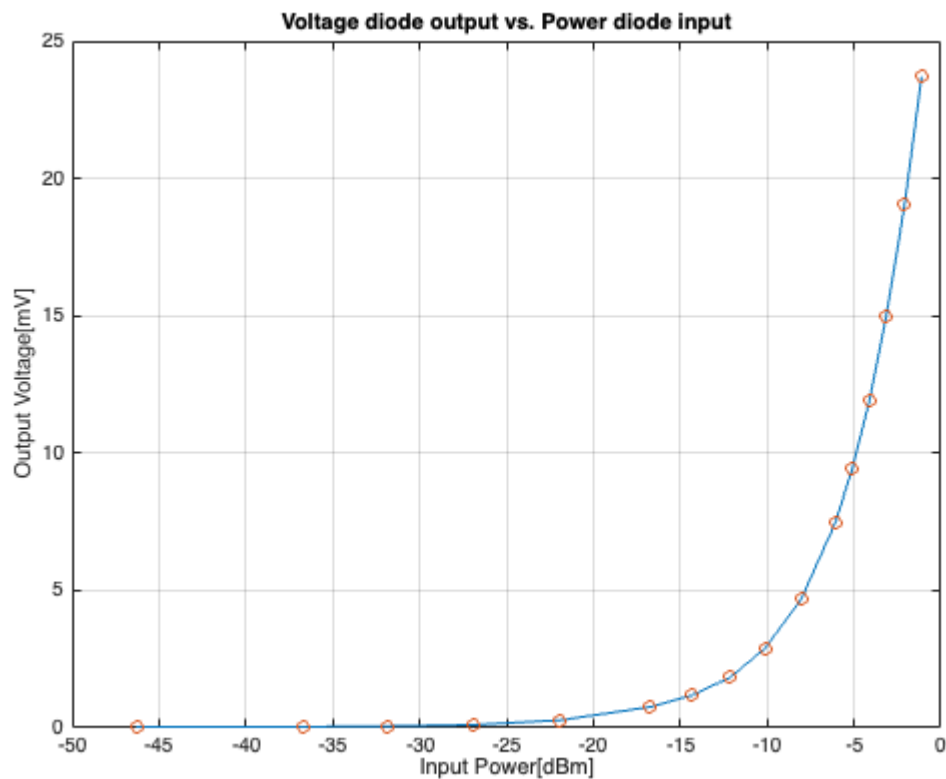
	Power dbm input	Power dbm output	Voltage mV
1	0.0400	-46.3000	0.0400
2	0.0400	-36.7500	0.0400
3	0.0600	-31.8500	0.0600
4	0.1100	-26.9000	0.1100
5	0.2800	-21.8900	0.2800
6	0.7600	-16.7400	0.7600
7	1.1700	-14.4000	1.1700
8	1.8300	-12.1300	1.8300
9	2.9000	-10.1200	2.9000
10	4.6700	-8.0500	4.6700
11	7.4900	-6.0600	7.4900

	Power dbm input	Power dbm output	Voltage mV
12	9.4400	-5.1000	9.4400
13	11.9100	-4.1100	11.9100
14	14.9900	-3.1400	14.9900

⋮

Plot

```
figure;
plot(power_dbm_output,Voltage_mV)
hold on
scatter(power_dbm_output,Voltage_mV)
grid on
title('Voltage diode output vs. Power diode input')
xlabel('Input Power[dBm]')
ylabel('Output Voltage[mV]')
```

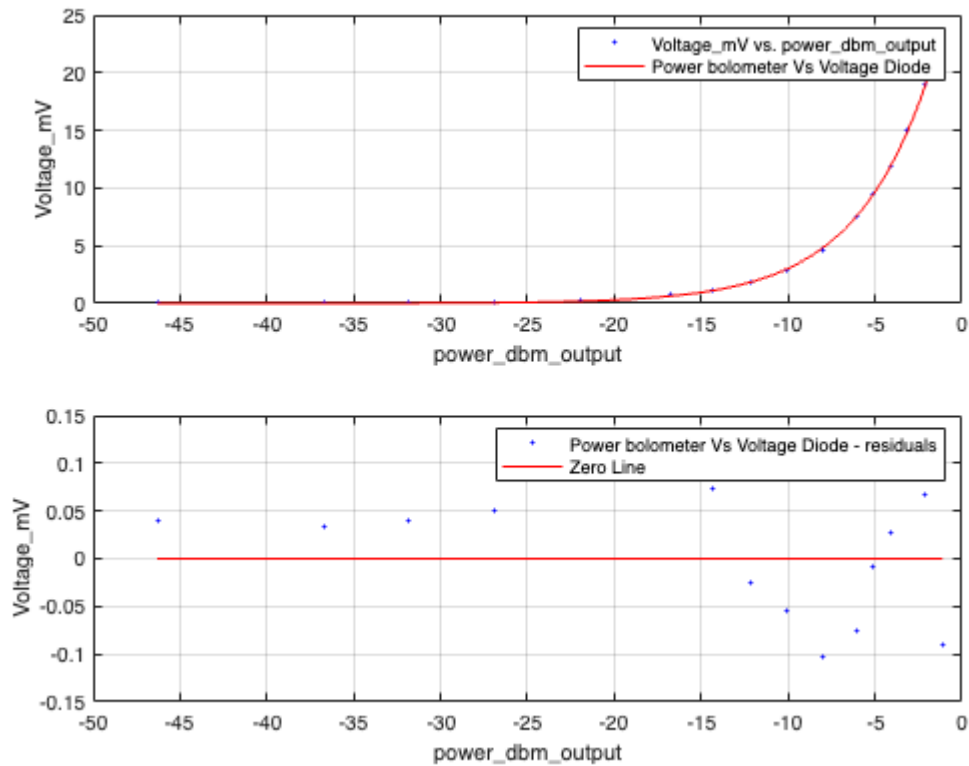


```
% saveas(gcf, '/Users/ohadformanair/Documents/Git/AML/LAB_1p2/Plots/V0lt_vs_power.png')
Exponential_fit(power_dbm_output, Voltage_mV)
```

```
ans =
    General model Exp1:
    ans(x) = a*exp(b*x)
    Coefficients (with 95% confidence bounds):
```

```
a = 30.78 (30.55, 31.01)
b = 0.2316 (0.2292, 0.2339)
```

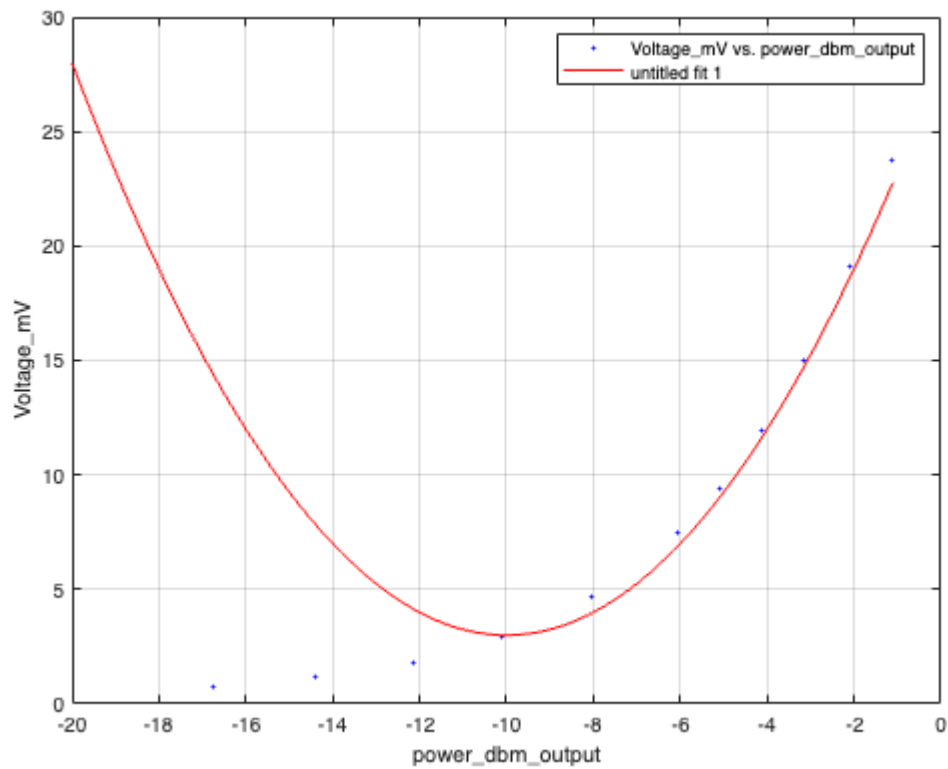
```
saveas(gcf, '/Users/ohadformanair/Documents/Git/AML/LAB_1p2/Plots/V_vs_P.png', 'png');
```



```
Fitareaof2nd(power_dbm_output, Voltage_mV)
```

```
ans =
General model:
ans(x) = (b*x-a)^(2)+3
Coefficients (with 95% confidence bounds):
a = -5 (fixed at bound)
b = 0.5 (fixed at bound)
```

```
xlim([-20,0])
```



Section 2 - Noise Vs RBW

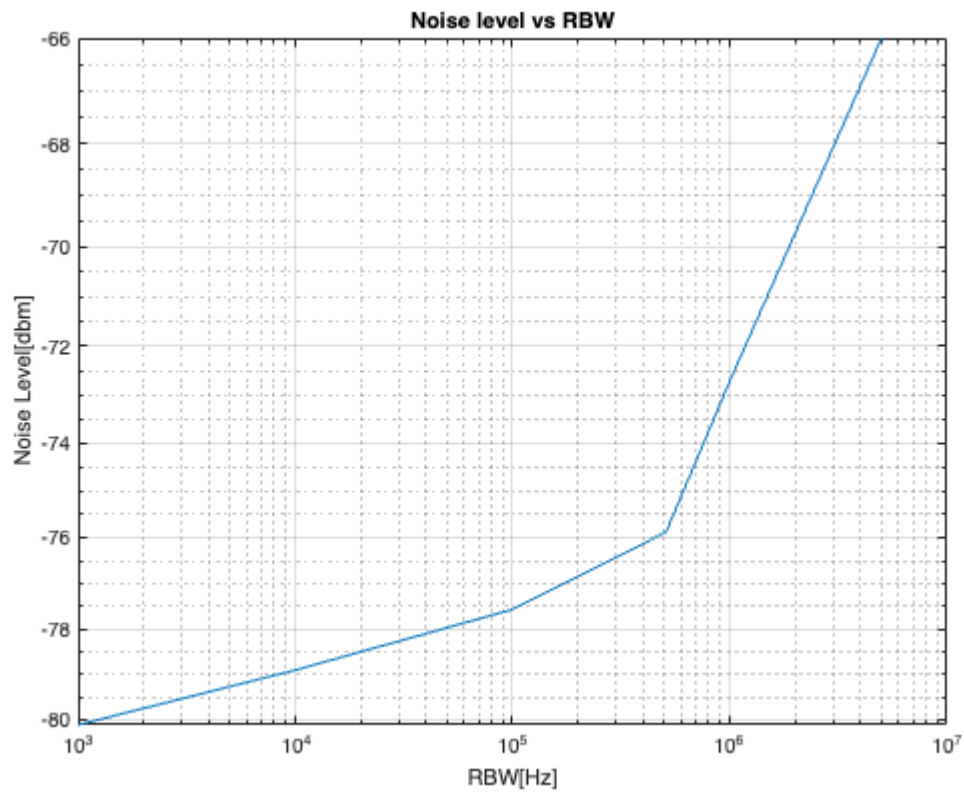
RBW

```
RBW = [1e3,10e3,100e3,510e3,1e6,5e6];
noise_level = [-80.13,-78.9,-77.56,-75.88,-72.72,-66];
T2 = table(RBW', noise_level', 'VariableNames', {'RBW', 'Noise_Level'})
```

T2 = 6×2 table

	RBW	Noise_Level
1	1000	-80.1300
2	10000	-78.9000
3	100000	-77.5600
4	510000	-75.8800
5	1000000	-72.7200
6	5000000	-66

```
figure;
loglog(RBW,noise_level)
xlabel('RBW[Hz]')
ylabel('Noise Level[dbm]')
title('Noise level vs RBW')
grid on
```



```
% saveas(gcf, '/Users/ohadformanair/Documents/Git/AML/LAB_1p2/Plots/Noise_vs_DBW.png',
```

Experiment 1


```
% Get the directory path where the csv files are located
dir_path = '/Users/ohadformanair/Downloads/traces';
```

```
% Read the csv files
```

```
s11_atten = readtable(fullfile(dir_path, '1.csv'));
```

Warning: Column headers from the file were modified to make them valid MATLAB identifiers before creating variable names for the table. The original column headers are saved in the VariableDescriptions property.
Set 'VariableNamingRule' to 'preserve' to use the original column headers as table variable names.

```
s22_atten = readtable(fullfile(dir_path, '2.csv'));
```

Warning: Column headers from the file were modified to make them valid MATLAB identifiers before creating variable names for the table. The original column headers are saved in the VariableDescriptions property.
Set 'VariableNamingRule' to 'preserve' to use the original column headers as table variable names.

```
s12_atten = readtable(fullfile(dir_path, '3.csv'));
```

Warning: Column headers from the file were modified to make them valid MATLAB identifiers before creating variable names for the table. The original column headers are saved in the VariableDescriptions property.
Set 'VariableNamingRule' to 'preserve' to use the original column headers as table variable names.

```
s12_lpf = readtable(fullfile(dir_path, '4.csv'));
```

Warning: Column headers from the file were modified to make them valid MATLAB identifiers before creating variable names for the table. The original column headers are saved in the VariableDescriptions property.
Set 'VariableNamingRule' to 'preserve' to use the original column headers as table variable names.

```
s11_lpf = readtable(fullfile(dir_path, '5.csv'));
```

Warning: Column headers from the file were modified to make them valid MATLAB identifiers before creating variable names for the table. The original column headers are saved in the VariableDescriptions property.
Set 'VariableNamingRule' to 'preserve' to use the original column headers as table variable names.

```
% Extract the frequency and data columns, and convert frequency to GHz
```

```
freq_s11 = s11_atten(:, 'Frequency') / 1e9;
s11 = s11_atten(:, 'FormattedData');
freq_s22 = s22_atten(:, 'Frequency') / 1e9;
s22 = s22_atten(:, 'FormattedData');
freq_s12_atten = s12_atten(:, 'Frequency') / 1e9;
s12_atten = s12_atten(:, 'FormattedData');
freq_s12_lpf = s12_lpf(:, 'Frequency') / 1e9;
s12_lpf = s12_lpf(:, 'FormattedData');
freq_s11_lpf = s11_lpf(:, 'Frequency') / 1e9;
s11_lpf = s11_lpf(:, 'FormattedData');
```

```
% Plot the data
```

```
figure;
subplot(3,2,1);
plot(freq_s11, s11);
```



```

title('S11 Parameter for 10dB Attenuator');
xlabel('Frequency (GHz)');
ylabel('Magnitude (dBm)');
grid on;

subplot(3,2,2);
plot(freq_s22, s22);
title('S22 Parameter for 10dB Attenuator');
xlabel('Frequency (GHz)');
ylabel('Magnitude (dBm)');
grid on;

subplot(3,2,3);
plot(freq_s12_atten, s12_atten);
title('S12 Parameter for 10dB Attenuator');
xlabel('Frequency (GHz)');
ylabel('Magnitude (dBm)');
grid on;

subplot(3,2,4);
plot(freq_s11_lpf, s11_lpf);
title('S11 Parameter for LPF');
xlabel('Frequency (GHz)');
ylabel('Magnitude (dBm)');
grid on;

subplot(3,2,5);
plot(freq_s12_lpf, s12_lpf);
title('S12 Parameter for LPF');
xlabel('Frequency (GHz)');
ylabel('Magnitude (dBm)');
grid on;
saveas(gcf, fullfile(dir_path, 'myfigure.png'));

```

