

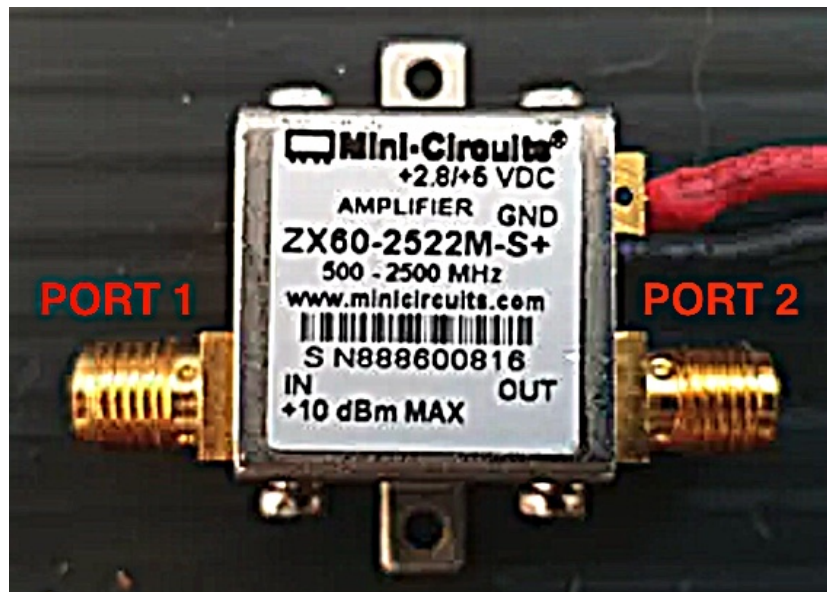
מעבדה מתקדמת במיקרוגלים מגברים

מאת: אוהד פורמן, 301658852

1 מבוא

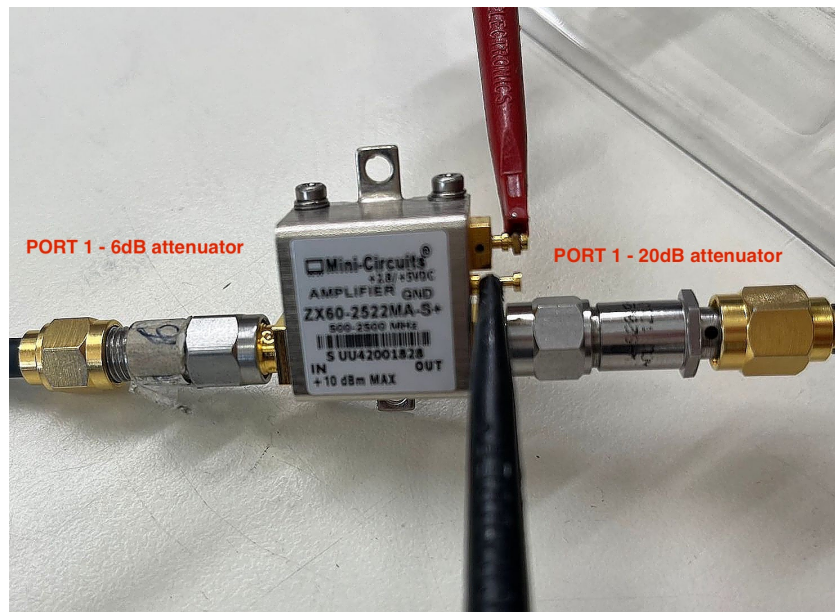
בניסוי נמדדה תגובת התדר של 2 מגברים, מגבר אחד בייצור מסחרי של MINI-CIRCUITS ומגבר ייצור עצמי של המעבדה. נבחנה ההתנהגות כתלות בתדר של המגברים, כניסת 2 אותות באמצעות מצמד ושינויים בהספק יציאה לעומת כניסה עם דגש על נקודות מעניינות כמו נקודת הדחיסה.

2 מערך הניסוי



איור 1: רכיב המגבר- תחום עבודה מומלץ $500 - 2500 MHz$

מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



איור 2: מערך הניסוי - חיבור המגבר למתח DC ולמנחתים בכניסה וביציאה על מנת לשמור על הרכיב



איור 3: מצמד לצמד כניסות, עבור הכנסת צמד אותות למגבר *elisra*

3 עיבוד וניתוח תוצאות

*נשים לב שהכיול עם המנחתים לא התקבל כמתוכנן ולכן במהלך העיבוד וניתוח נסתכל עליהם כעל אידיאלית עם ההנחתה הנתונה להם.

3.1 מדידות עם שינוי מתח כניסה

על מנת לקבל תמונה אחרי המנחת שהוא רכיב שומר על הרכיב העיקרי ולא חלק מהרכיב תחת בדיקה נשתמש בעיבוד תמונה ל"עקיפה" של ההנחתה. יתואר כגרף אדום שהוא המדידה מוזזת ב 20dB של המנחת.

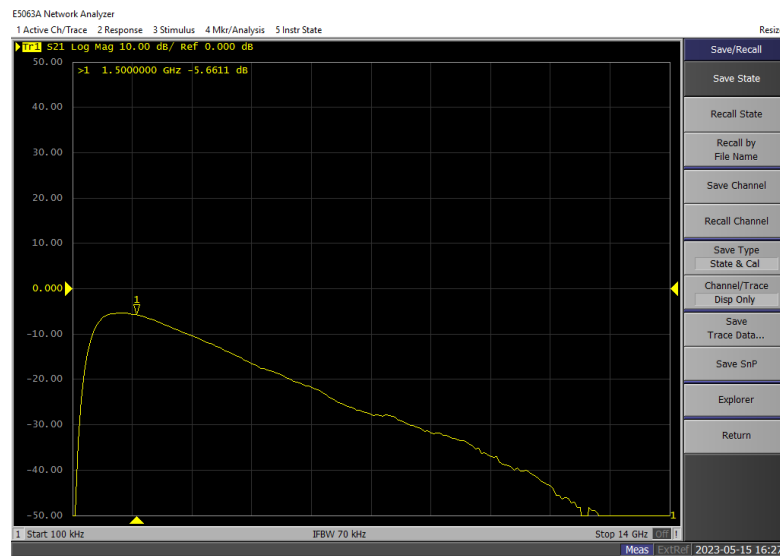


איור 4: הספק כניסה - 0dB

מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



איור 5: הספק כניסה - -5dB



איור 6: הספק כניסה - -10dB

מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



איור 7: הספק כניסה - -15 dB

נשים לב שגם בכניסה יש מנחת של 6 dB ולכן ההספק בכניסה הוא הזזה מטה של ערך זה.

טבלה 1: Measurements Power Output and Power Input

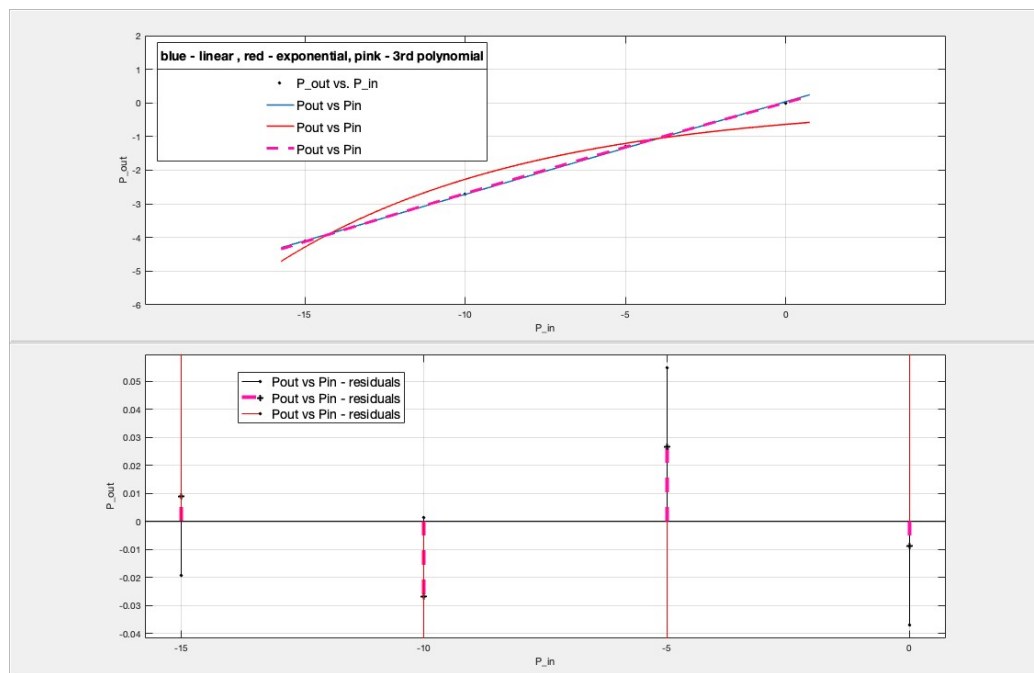
(dB) S21	(dBm) Power Input	Measurement
-7.1453	0	Measurement 1
-5.9002	-5	Measurement 2
-5.6611	-10	Measurement 3
-5.6185	-15	Measurement 4

$$S21_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \rightarrow P_2 = P_{out} = 10^{\frac{S21}{10}} P_{in}$$

טבלה 2: Measurements Power Output and Power Input

(dBm) Power Output	(dBm) Power Input	Measurement
0	0	Measurement 1
-1.2851	-5	Measurement 2
-2.7158	-10	Measurement 3
-4.1138	-15	Measurement 4

מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



איור 8: התאמה אקספוננציאלית, פולינומית ופרבולית לנתוני הטבלה

ההתאמה הפרבולית מספקת את ההתאמה הטובה ביותר, באמצעות ההתאמה נמשיך את המדידות לקבלת נקודת הדחיסה $1dBm$.

התאמה לינארית:

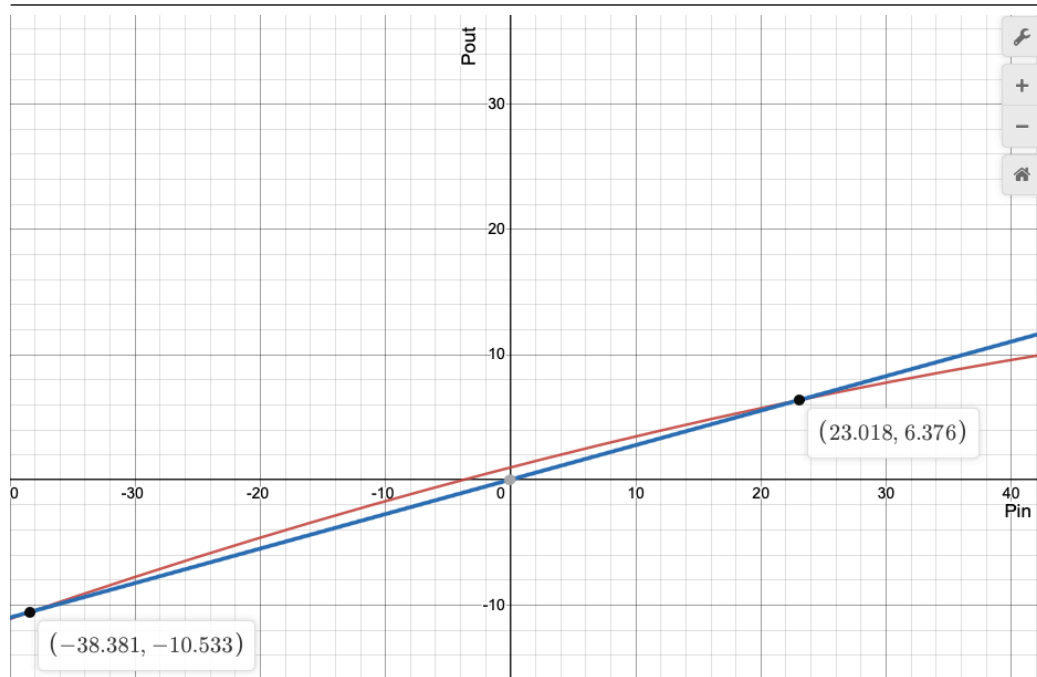
$$y_{linear} = p_1x + p_2 = 0.2754x + 0.0371$$

התאמה פרבולית:

$$y_{parabolic} = p_1x^2 + p_2x + p_3 = -0.0011x^2 + 0.2585x + 0.0089$$

לנקודת הדחיסה נדרוש הפרש של יחידה. נחפש את P_{in} שנותן נקודת חיתוך עבור הפרבולה פלוס יחידה:

מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



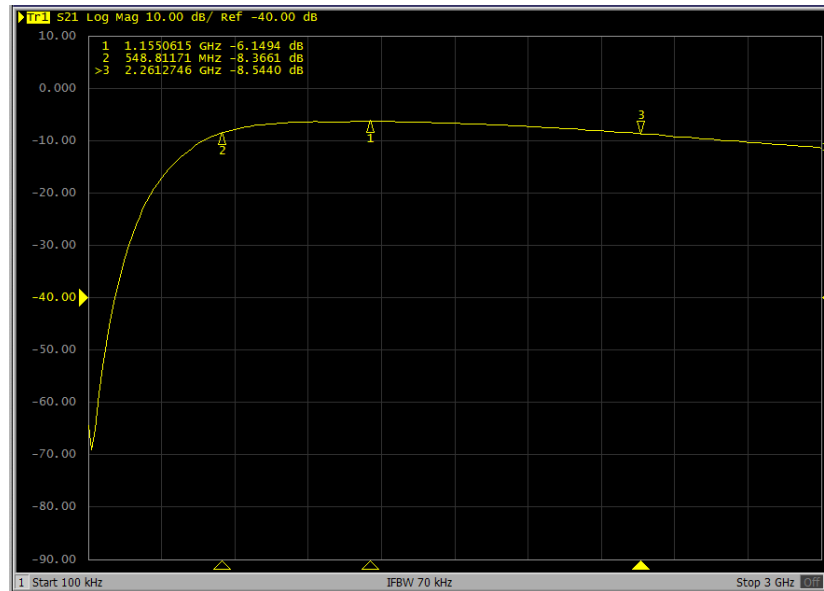
איור 9: נקודת דחיסה $1dBm$

הנקודה המתקבלת:

$$P_{in} = 23.0178(dBm); P_{out} = 6.376(dBm)$$

*חשוב לשים לב שמדובר בנקודה "מדומה" מכיוון שהמערכת לא כוילה למנחתים, המדידה מתארת את המגמה, לכן מה שניתן להסיק ממנה היא לא הנקודה שהתקבלה אלא מרחק הנקודה מהאזור הנמדד. המשך במסקנות.

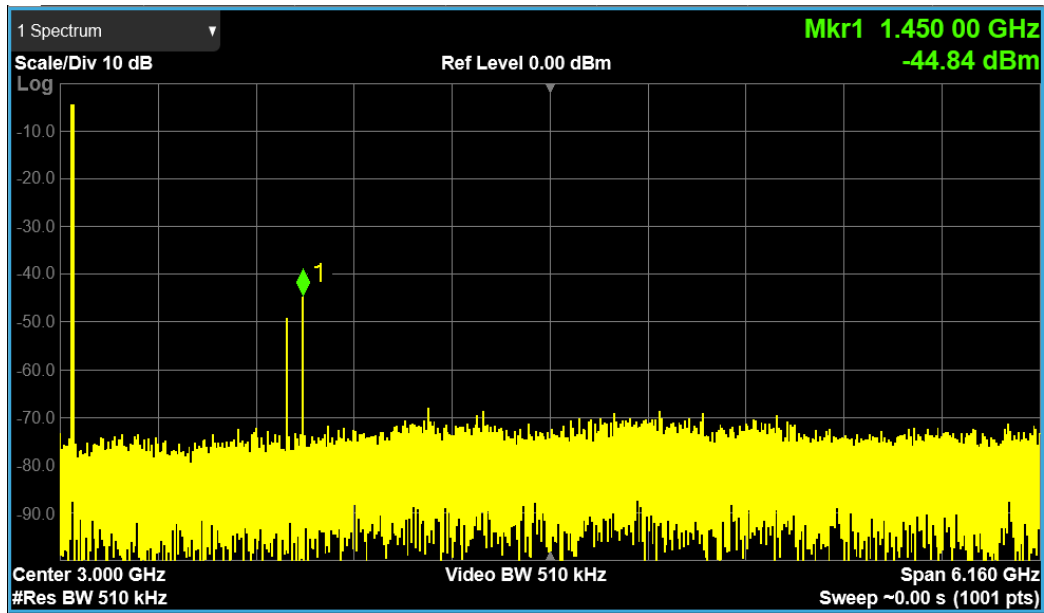
מעבדה מתקדמת במיקרוגלים



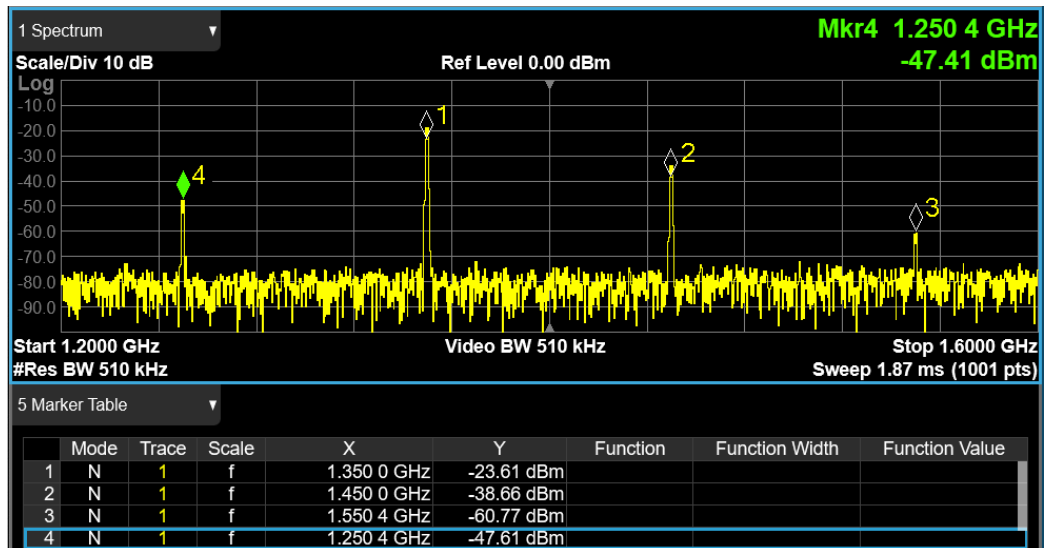
איור 10: מדידת רוחב פס ותדר מרכזי

מתוך המדידות ניתן לראות את התלות ההגברה בתדר, מתקבל פס הגברה עם תדר מרכזי.

$$\begin{aligned}
 Band &= 2.1455[GHz] \\
 Start &= 548.8117[MHz] \\
 Stop &= 2.2613[GHz] \\
 Center &= 1.1551[GHz]
 \end{aligned}$$



איור 11: מדידות ההרמוניות עם הכנסת 2 אותות עבור מגבר חברת *elisra*



איור 12: מדידות ההרמוניות עם הכנסת 2 אותות עבור מגבר חברת *elisra*

4 מסקנות

מגבר בייצור מסחרי - ZX60:

תוצאות המדידה מראות את ההגבר המתקבל מהמערכת בכללותה עם המנחתים מכיוון שלא כוילו מההתאמות התקבלה התאמה מיטבית עבור פרבולה אשר תתאר את המגמה של המדידות שהתקבלו, לכן ניתן להניח להתחום הנמדד הוא עבור תחילת התחום שבו התלות הופכת ללא לינארית, $SFDR$.

נשים לב שהמערכת מוגברת לכן הנקודה שהתקבלה מתארת את המגמה ביחס לנקודת ייחוס שאיננה הדקי המגבר, אזי, הנקודה בערכה המספרי איננה נכונה עבור נקודת הדחיסה, אך המרחק מהמדידה משקף את המגבר בהנחה שהמנחת פועל בצורה קבועה בתדר. הנקודה שהתקבלה אכן נמצאת במרחק יחסית גדול מנקודות המדידה, מה שמלמד שהמגבר בעל טווח דינאמי טוב לפני שהוא מתחיל להיכנס לתופעה האי-לינארית.

פרמטרי המגבר כפי שמתוארים בדף הנתונים ופיזית עליו התקבלו כקרובים עם תחומים מעט נמוכים ממה שהיצרן דיווח, המגבר עבד בתחום הנדרש ע"י היצרן אך רוחב הפס היה פחות מתחום העבודה שהיצרן דיווח, משינוי גם בתדר התחלתי וגם סופי. התזוזות לא הראו על כישלון טוטאלי של היצרן אבל עדיין לא מדויק עם סטיות של עשרות עד מאות מגה-הרץ.

מגבר *Elisra*:

במגבר זה ביצענו מדידה של 2 אותות כניסה באמצעות מצמד, ניתן לראות איור 11 שמתאר תחום עבודה שלא מראה מודולציה מסדר 3 לעומת הופעתה באיור 12, התקבלו בנוסף לתדרי האותות 2 אותות נוספים:

$$\begin{aligned} f(\text{Signal}_1) &: 1.35[\text{Ghz}] \\ f(\text{Signal}_2) &: 1.45[\text{Ghz}] \\ f(\text{Signal}_3) &: 2f_1 - f_2 = 1.55[\text{Ghz}] \\ f(\text{Signal}_4) &: 2f_2 - f_1 = 1.25[\text{Ghz}] \end{aligned}$$

האותות מתקבלים בדיוק בתדרים המצופים, ניתן לראות את הבעתיות של התופעה, מדובר באותות שנראים כאילו נשלחו ב"כוונה" יש בהם את המידע בתדר מוגדר היטב, בעל עוצמה שנראית היטב, ממרוכזת בצורה טובה ממש כמו האותות של ההרמוניה הבסיסית, עם זאת אלה אינם האותות הנשלחים אלא תופעה של המגבר. ממש אפקט לוואי של פעולת המגבר ה"מתחזה" לאות אמיתי שאינו נראה כמו הפרעה או רעש אלא כמו אות מכוון מצד הכניסה.