

עבודת הגשה במיקרו-גלים AWR

מגישים:

**בני אמן 205873599
נבו כוינה 307901801**

מרצה: ד"ר זאב פרדקין

הצהרת טוהר הבחינות:

עם חתימתי מטה הנני מצהיר בזאת כי פתרתנו את העבודה בעצמנו ללא סיוע אסור. ידוע לנו כי למרצה שמורה האפשרות לבדוק את ידיעותינו במידה ותתגלה חריגה מההצהרה כאשר החריגה תחשב כעברת משמעת חמורה על כל המשתמע מכך על החתום : המגישים בני אמן ונבו כוינה

- הערה – נעזרנו בקובץ Passive RF components design with AWR_ שהיה במודל, בהקלטה של בני מהשיעור זום שהיה, מהסרטונים שהיו בקובץ סרטונים בעברית שהבאת לנו, מהחומר והספרים שלמדנו במהלך הסמסטר.

התבקשנו לבנות מצמד כיווני שמבוסס על צימוד קיבולי שניתן לבנות מזוג קווי תמסורת של MICROSTRIP ולקבל גרפים של פרמטרי מטריצת S כתלות בתדירות.

להלן הנתונים שלנו :

רוחב קו המצמד $(W) = 1 \text{ מ"מ}$

מרווח בין קווי המצמד $(S) = 0.25 \text{ מ"מ}$

אורך המצמד $(L) = 8 \text{ מ"מ}$

עובי המצע $(T) = 1 \text{ מ"מ}$

ההתנגדות הסגולית ביחס לזהב $(\text{Rho}) = 1.5 \text{ מ"מ}$

$\tan \delta (Tand) = 0.0037$

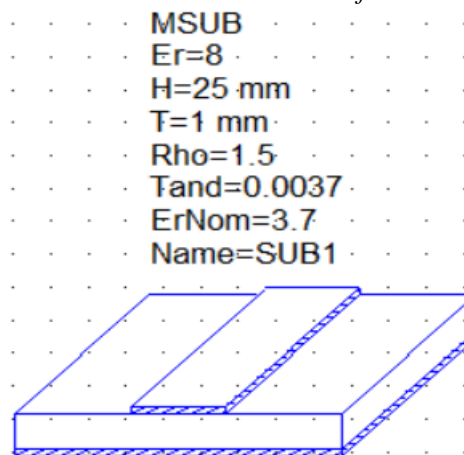
תדר מרכזי $= 4 \text{ ג'יגה הרץ}$

קבוע דיאלקטרי של המצע $(\text{Er}) = 8$

מקדם הצימוד המקסימלי בתדר המרכזי $= 11 \text{ dB}$

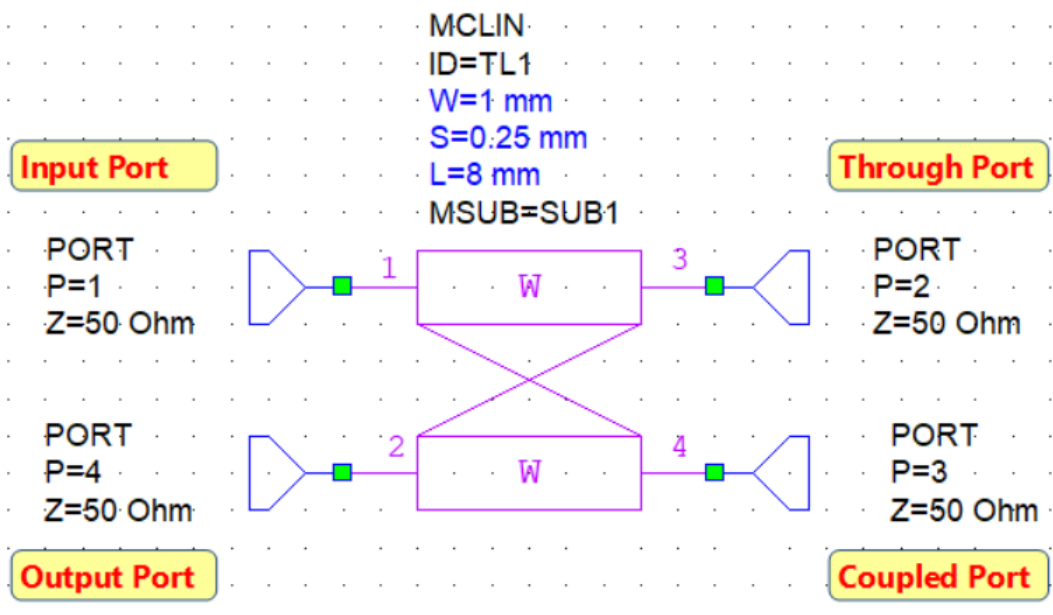
בכדי לבנות את המצמד השתמשנו ב*Wizard*.

מודל המצע *MSUB* שבנינו בעזרת *Global Definition* מוצג באיור 1 הבא:



איור 1. מודל המצע

להלן מוצג איור מספר 2 שמציג את מספור הפורטים בתוכנה:



איור 2. מספור הפורטים בתוכנה

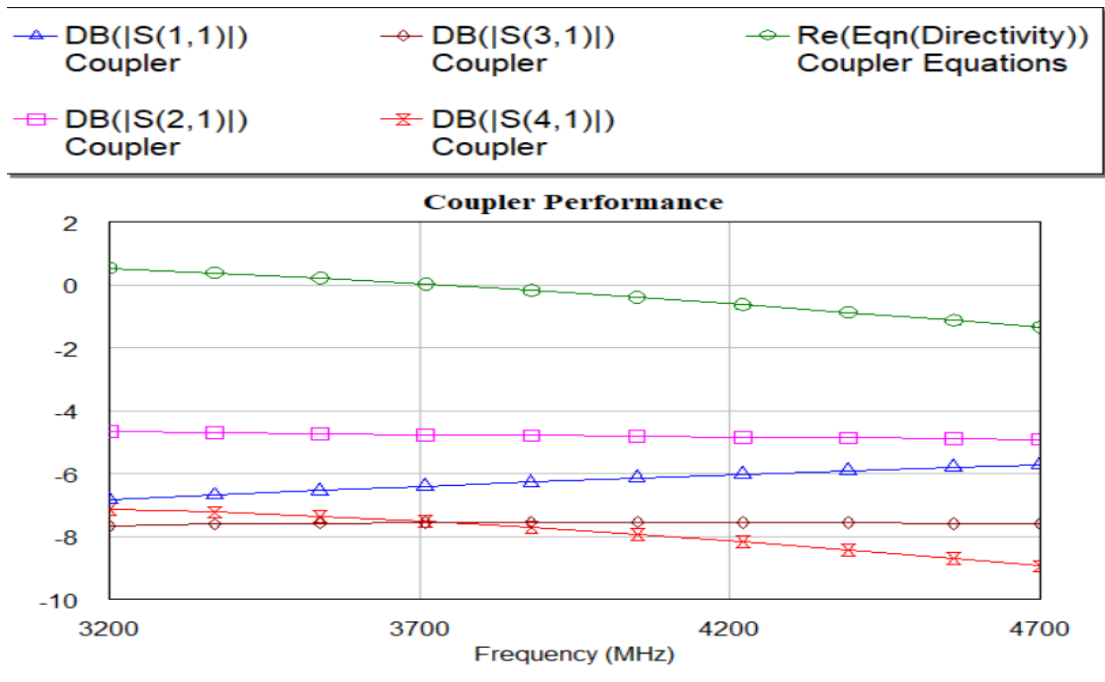
בנינו כעת את המשוואות בתוכנה על מנת שנוכל לחשב ולמצוא את $Directivity$

$$S31 = \text{Coupler:DB}(|S(3,1)|)$$

$$S41 = \text{Coupler:DB}(|S(4,1)|)$$

$$Directivity = S41 - S31$$

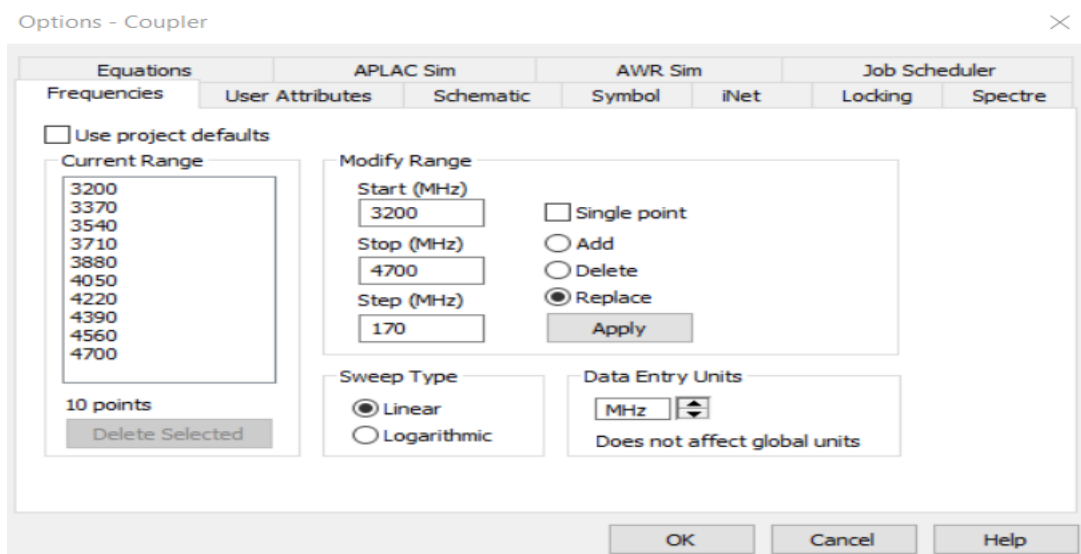
Directivity : { 0.5322,0.3813,0.2129,0.02694,-0.176,-0.395,-0.6284,-0.874,-1.128,-1.342 }



איור 3. מטריצת S המתקבלת

באיור 3 מוצג לנו $S11$ שהוא **מקדם ההחזרה** של המצמד, כמו כן מוצג לנו $S31$ שהוא ה **Coupling** של המצמד, ומוצג לנו גם $S41-S31$ שהוא **Directivity** של המצמד.

ניתן לראות ע"פ איור 4 שבכל גרף שנציג ישנם 10 נקודות בדיקה.



איור 4. הגדרת מספר נקודות הבדיקה + הגדרת רוחב הסרט

נבצע כעת אופטימיזציה על מנת לקבל תוצאות טובות יותר.

באיור 5 מוצג כי עבור S_{31} נקבע מקדם צימוד שיהיה קטן מ -19 dB :

Modify Optimization Goal

Measurement

Coupler:DB(|S(3,1)|)

Coupler Equations:Re(Eqn(Directivity))
Coupler:DB(|S(1,1)|)
Coupler:DB(|S(2,1)|)
Coupler:DB(|S(3,1)|)
Coupler:DB(|S(4,1)|)

New/Edit Meas...

Goal Type

☐ Meas > Goal
☒ Meas < Goal
☐ Meas = Goal

Range

Start ☐ Min 3700 MHz Stop ☐ Max 4300 MHz

☒ Enable goal

OK

Cancel

Help

Cost=Weight * | Meas-Goal | ^L

☐ Sloped Goal start -19 unitless Weight 1

☒ Use default L 2

איור 5. קביעת מקדם צימוד קטן מ -19 dB

באיור 6 מוצגת הדרישה שבה מקדם הצימוד יהיה מקסימלי של -11 dB

Modify Optimization Goal

Measurement

Coupler:DB(|S(3,1)|)

Coupler Equations:Re(Eqn(Directivity))
Coupler:DB(|S(1,1)|)
Coupler:DB(|S(2,1)|)
Coupler:DB(|S(3,1)|)
Coupler:DB(|S(4,1)|)

New/Edit Meas...

Goal Type

☒ Meas > Goal
☐ Meas < Goal
☐ Meas = Goal

Range

Start ☐ Min 3700 MHz Stop ☐ Max 4300 MHz

☒ Enable goal

OK

Cancel

Help

Cost=Weight * | Meas-Goal | ^L

☐ Sloped Goal start -11 unitless Weight 1

☒ Use default L 2

איור 6. קביעת מקדם צימוד מקסימלי -11 dB

באיור 7 מוצגת האופטימיזציה עבור מקדם ההחזרה של S_{11} :

New Optimization Goal

Measurement

Coupler:DB(|S(1,1)|)

Coupler Equations:Re(Eqn(Directivity))

Coupler:DB(|S(1,1)|)

Coupler:DB(|S(2,1)|)

Coupler:DB(|S(3,1)|)

Coupler:DB(|S(4,1)|)

New/Edit Meas...

Goal Type

☐ Meas > Goal

☒ Meas < Goal

☐ Meas = Goal

Range

Start ☐ Min 3700 MHz Stop ☐ Max 4300 MHz

☒ Enable goal

OK

Cancel

Help

Cost=Weight * | Meas-Goal | ^L

☐ Sloped Goal start -20 unitless Weight 1

☒ Use default L 2

איור 7. ביצוע אופטימיזציה עבור מקדם ההחזרה

באיור 8 מוצג הדרישה שה $Directivity$ יהיה קטן מ -15 dB-

New Optimization Goal

Measurement

Coupler Equations:Re(Eqn(Directivity))

Coupler Equations:Re(Eqn(Directivity))

Coupler:DB(|S(1,1)|)

Coupler:DB(|S(2,1)|)

Coupler:DB(|S(3,1)|)

Coupler:DB(|S(4,1)|)

New/Edit Meas...

Goal Type

☐ Meas > Goal

☒ Meas < Goal

☐ Meas = Goal

Range

Start ☐ Min 3700 MHz Stop ☐ Max 4300 MHz

☒ Enable goal

OK

Cancel

Help

Cost=Weight * | Meas-Goal | ^L

☐ Sloped Goal start -15 unitless Weight 1.0

☒ Use default L 2

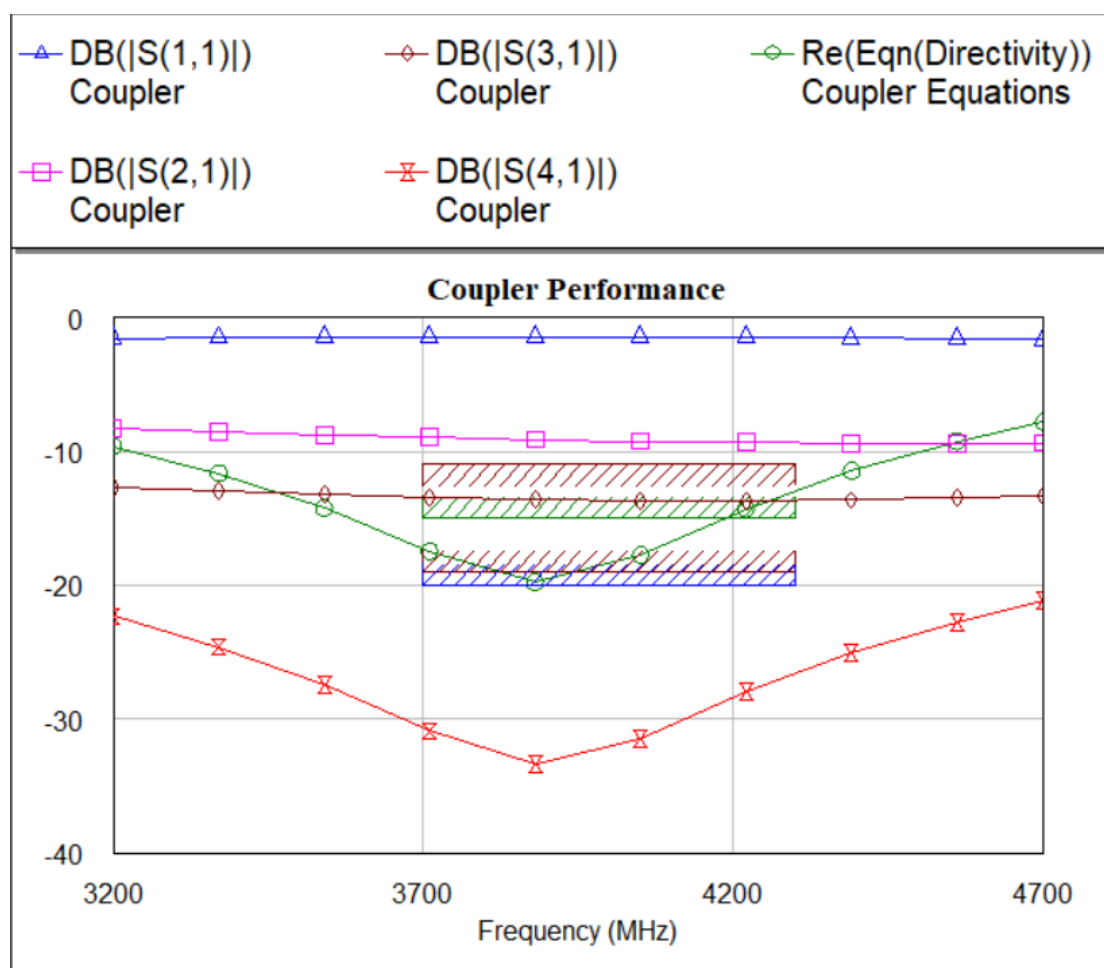
איור 8. אופטימיזציה $Directivity$

כעת נבצע תהליך מיקסום הערכים של המערכת (בכדי שיהיו כמה שפחות הפסדים)

Coupler	MCLIN	TL1	L	8.82355	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.4	20
Coupler	MCLIN	TL1	W	1.02213	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.8	1.2
Coupler	MCLIN	TL1	S	9.61963	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1e-11	30
Coupler	EQN		W1	28.589	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Coupler	EQN		S1	32.32	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Coupler	EQN		L1	8.023	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Coupler	EQN		Scale	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Coupler	PORT	P4	Z	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Coupler	PORT	P2	Z	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Coupler	PORT	P3	Z	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Coupler	PORT	P1	Z	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Global Definitions	MSUB	SUB1	T	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Global Definitions	MSUB	SUB1	Rho	1.5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Global Definitions	MSUB	SUB1	Er	8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Global Definitions	MSUB	SUB1	H	25	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Global Definitions	MSUB	SUB1	Tand	0.0037	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

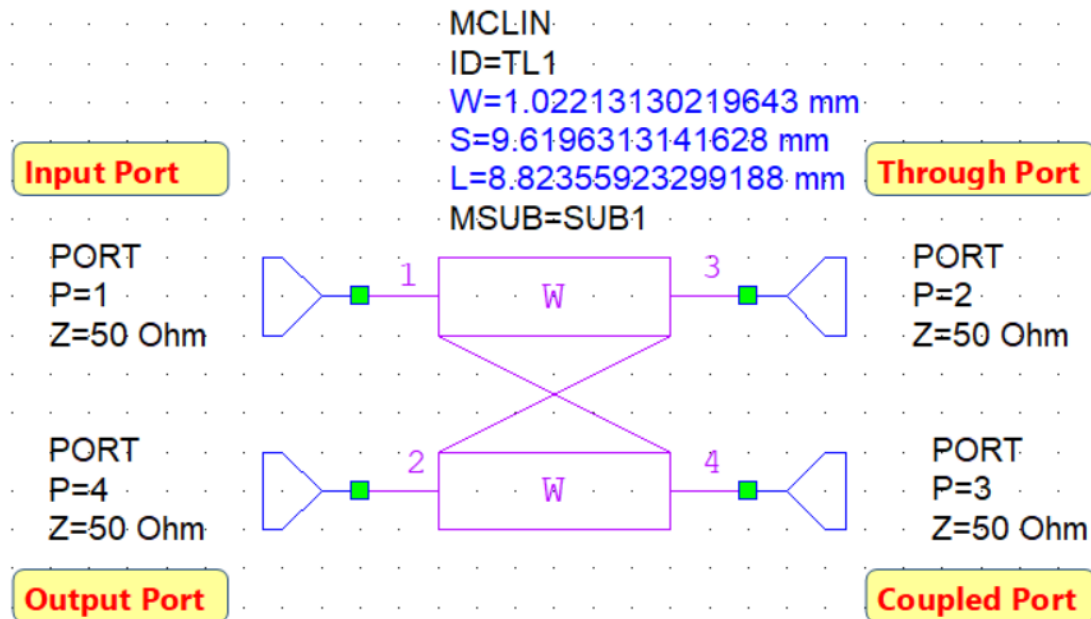
איור 9. ביצוע מיקסום ערכי המצמד

באיור 10 מוצג הגרף המתקבל לאחר כל ביצועי האופטימיזציה:



איור 10. גרף מטריצת המצמד המתקבלת לאחר מיקסום הערכים

באיור 11 מוצג מבנה המצמד ונתוניו לאחר כל ביצועי האופטימיזציה:

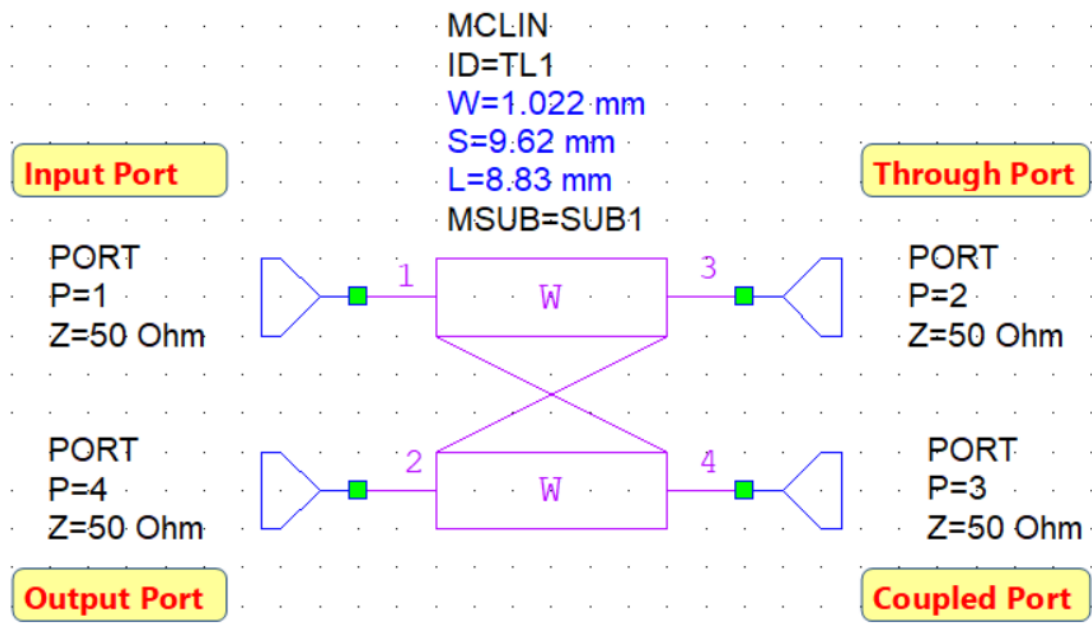


איור 11. מבנה המצמד לאחר ביצועי האופטימיזציה

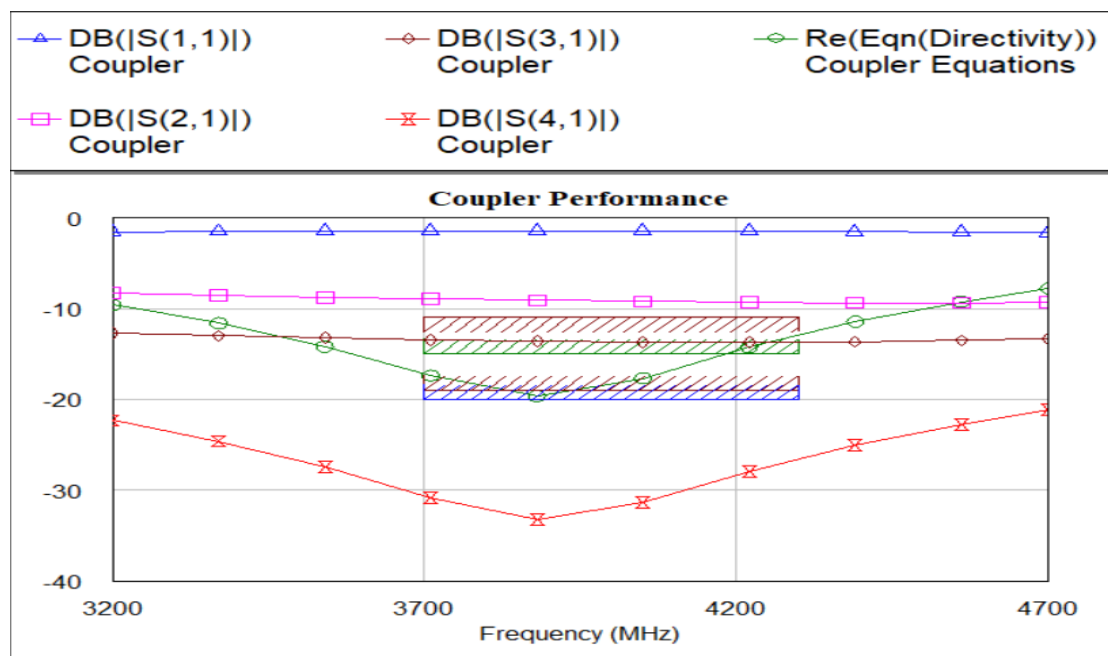
כעת נבצע שינויים בפרמטרים נבדקים (אורך המצמד, רוחב קו, מרחק בין שני קווים מצומדים) בקפיצות של כ-10%-20% כלפי מעלה וגם כלפי מטה כאשר בסך הכל יש לעשות גרף על לפחות 10 נקודות בכל גרף.

בשינויים אלו בעצם נבדוק את התלות של ההספק העובר (ישירות) בתדר מרכזי, הספק מצומד *COUPLING* בתדר מרכזי ורוחב פס.

בכדי שיהיה לנו יותר נוח בחישובים אז אלו הפרמטרים ההתחלתיים של המצמד שלנו:



איור 12. מבנה המצמד הסופי שאיתו אנו עבדנו



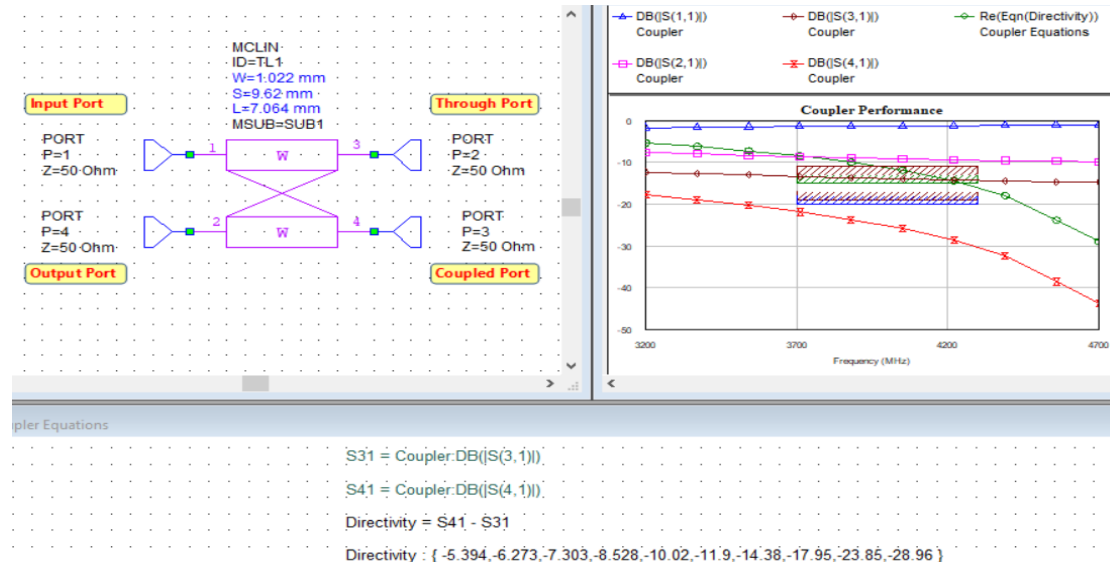
איור 12. מטריצת S

פרמטר נבדק מספר 1 – אורך המצמד

הקטנת אורך המצמד (L) ב-20%

$$8.83 \cdot 10^{-3} * \frac{20}{100} = 1.766 \cdot 10^{-3} \rightarrow 8.85 \cdot 10^{-3} - 1.766 \cdot 10^{-3} = 7.064 [mm]$$

באיור 13 מוצג מבנה המצמד ומטריצת S לאחר תהליך הקטנת אורך המצמד

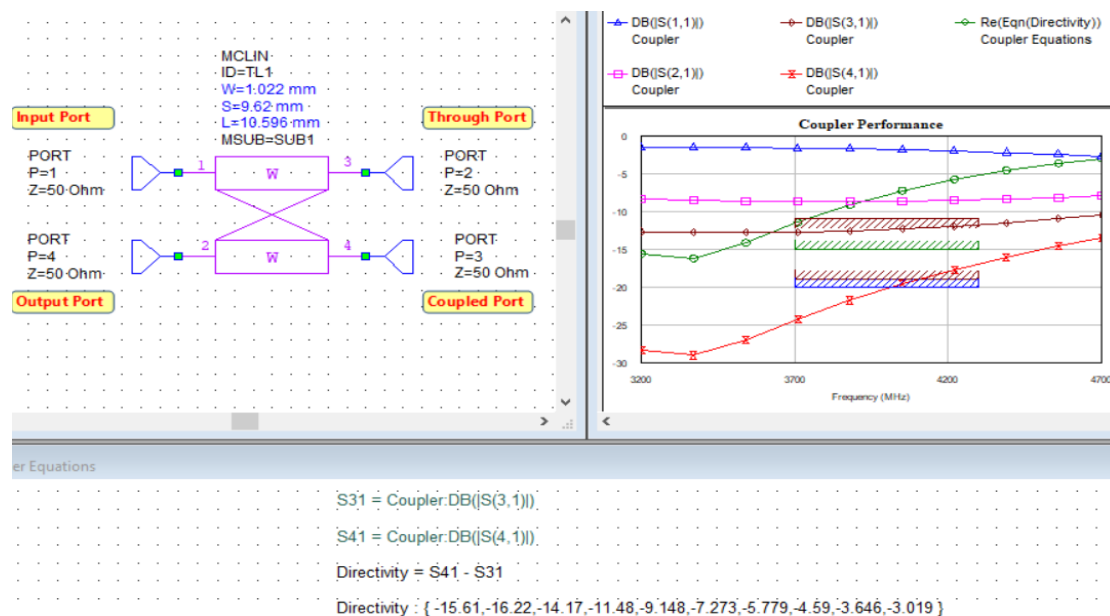


איור 13. הקטנת אורך המצמד ב-20% והתוצאות המתקבלות

הגדלת אורך המצמד ב-20%

$$8.83 \cdot 10^{-3} * \frac{20}{100} = 1.766 \cdot 10^{-3} \rightarrow 8.83 \cdot 10^{-3} + 1.766 \cdot 10^{-3} = 10.596 [mm]$$

באיור 14 מוצג מבנה המצמד ומטריצת S לאחר תהליך הגדלת אורך המצמד



איור 14. הגדלת אורך המצמד ב-20% והתוצאות המתקבלות

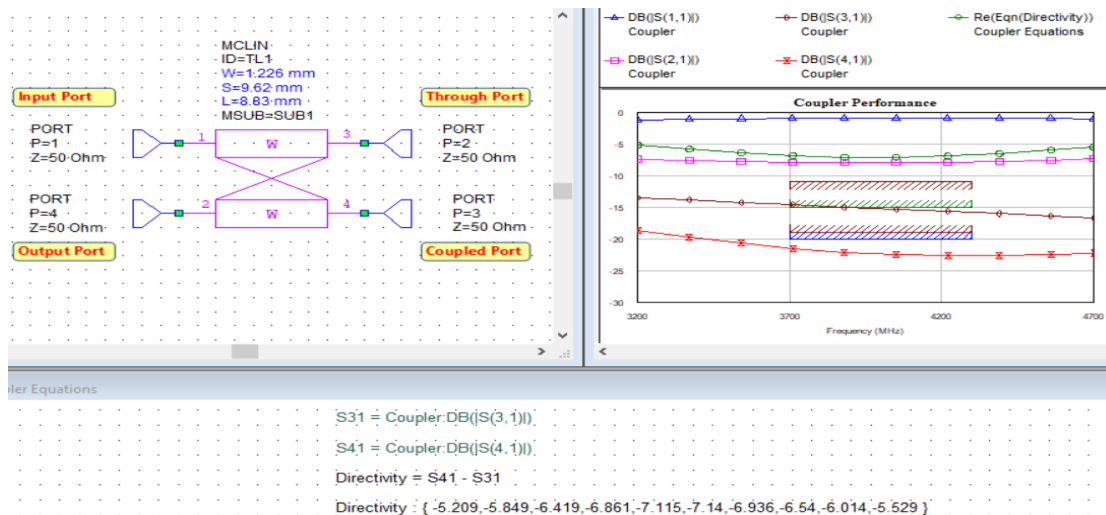
ניתן לראות כי הגדלת אורך המצמד גרמה לכך שהכיווניות כבר לא מתכנסת בתדר המרכזי שלנו כאשר הקטנו את אורך המצמד הכיווניות גם לא מתכנסת

הצימוד לא השתנה בשני המקרים

פרמטר נבדק מספר 2 – רוחב קו
הגדלת רוחב הקו (W) ב-20%

$$1.022 \cdot 10^{-3} * \frac{20}{100} = 0.2044 \cdot 10^{-3} \rightarrow 1.022 \cdot 10^{-3} + 0.204 \cdot 10^{-3} = 1.226 [mm]$$

באיור 15 מוצג מבנה המצמד ומטריצת S לאחר תהליך הגדלת רוחב הקו

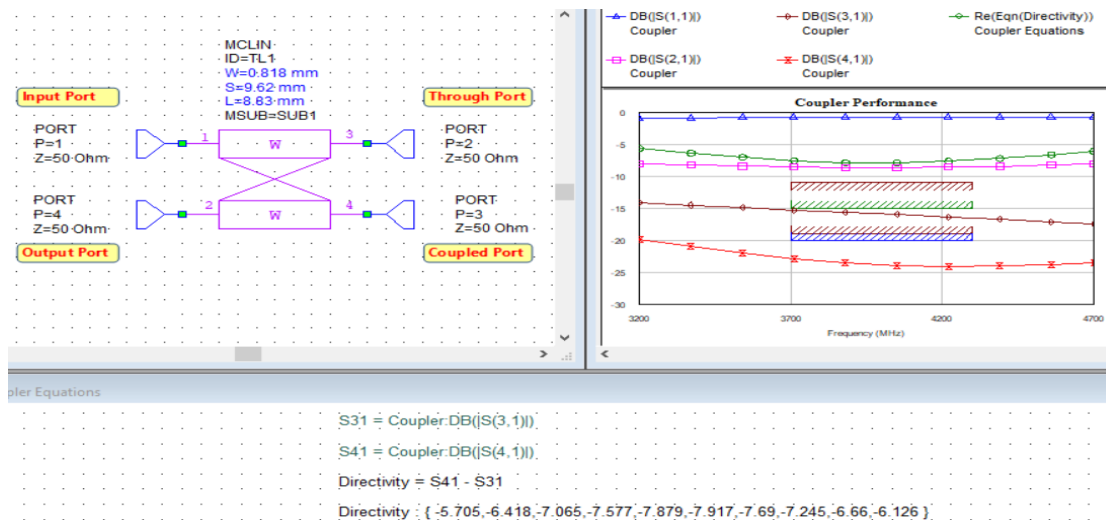


איור 15. הגדלת רוחב הקו ב-20% והתוצאות המתקבלות

הקטנת רוחב הקו (W) ב-20%

$$1.022 \cdot 10^{-3} * \frac{20}{100} = 0.2044 \cdot 10^{-3} \rightarrow 1.022 \cdot 10^{-3} - 0.204 \cdot 10^{-3} = 0.818 [mm]$$

באיור 16 מוצג מבנה המצמד ומטריצת S לאחר תהליך הקטנת רוחב הקו ב-20%



איור 16. מבנה המצמד ומטריצת S לאחר תהליך הקטנת רוחב הקו

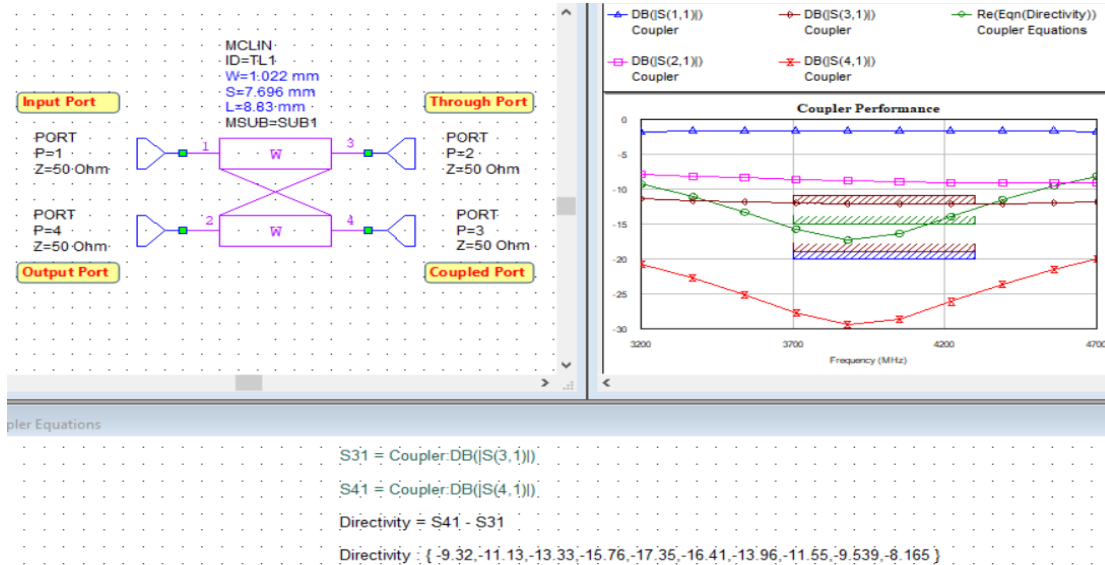
הגדלת והקטנת רוחב הקו הביאה לכך שהכיווניות הוגבהה בכ 5 dB וכך גם הצימוד

פרמטר נבדק מספר 3 - מרחק בין שני קווים מצומדים (S)

הקטנת המרווח בין שני קווים מצומדים ב-20%

$$9.62 \cdot 10^{-3} * \frac{20}{100} = 1.924 \cdot 10^{-3} \rightarrow 9.62 \cdot 10^{-3} - 1.924 \cdot 10^{-3} = 7.696 [mm]$$

באיור 17 מוצג מבנה המצמד ומטריצת S לאחר הקטנת המרווח בין שני קווים

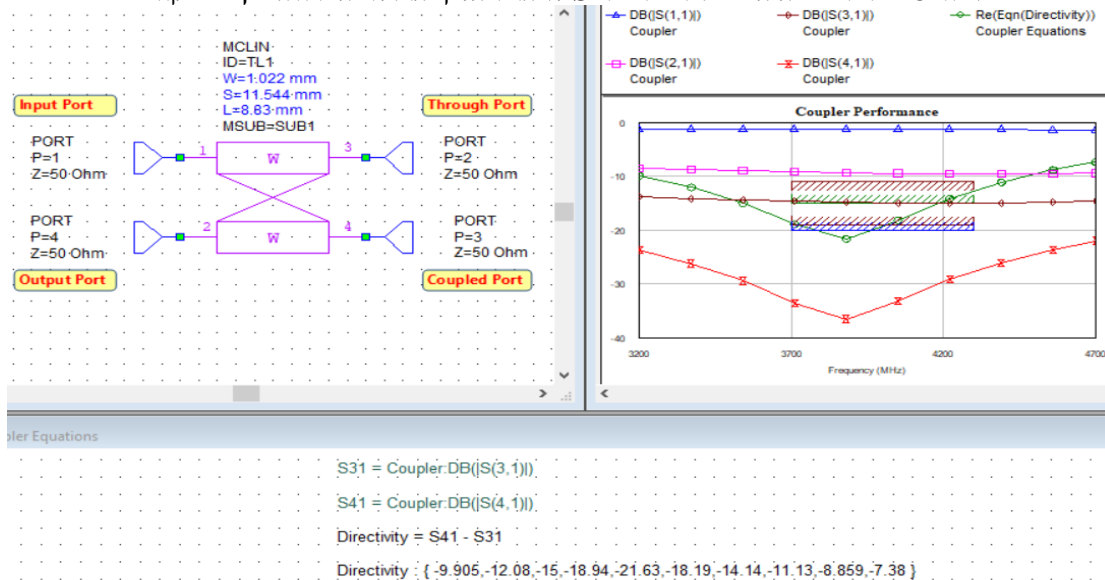


איור 17. הקטנת המרווח בין הקווים של המצמד ב-20% והתוצאות המתקבלות

הגדלת המרווח בין שני קווים מצומדים ב-20%

$$9.62 \cdot 10^{-3} * \frac{20}{100} = 1.924 \cdot 10^{-3} \rightarrow 9.62 \cdot 10^{-3} + 1.924 \cdot 10^{-3} = 11.544 [mm]$$

באיור 18 מוצג מבנה המצמד ומטריצת S לאחר תהליך הגדלת המרווח בין שני קווים



איור 18. הגדלת המרווח בין הקווים של המצמד ב-20% והתוצאות המתקבלות

ניתן לראות כי הגדלת/הקטנת המרווח בין הקווים לא השפיעה על הצימוד ועל הכיווניות.

מסקנות

פרמטר מספר 2 – הגדלת/הקטנת רוחב הקו היה היחיד שהשפיע על הכיווניות/צימוד

יש לציין שמסקנות נוספות ישנן במהלך הדוח וגם כי מסקנות אלה תואמות לתיאוריה הנלמדה בכיתה