



# 4Z1ZV

כל מה שרצית לדעת על מדידות עם

**NanoVNA**

צביקה סגל

[zvisegal@yahoo.com](mailto:zvisegal@yahoo.com)

All About NanoVNA

צביקה סגל [zvisegal@yahoo.com](mailto:zvisegal@yahoo.com)



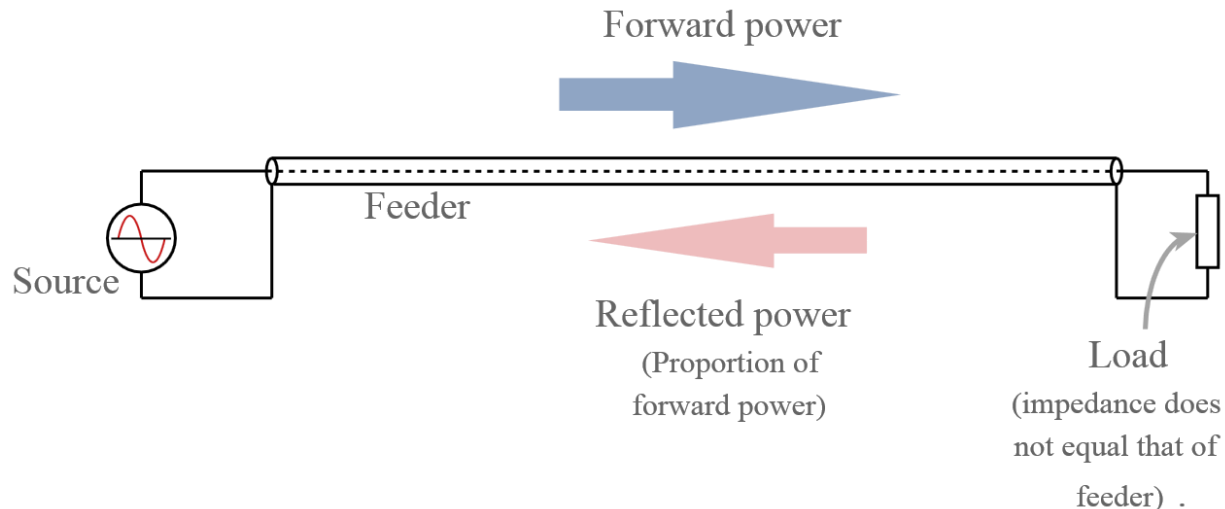
# תוכן ההרצאה

- תאום מקור/עומס/קו תמסורת/אנטנה – כל כך למה ?
- מושגי יסוד
- שיטות מדידת תאום אנטנה
- מה זה NanoVNA
- כיוול
- מסכים עיקריים
- S Parameters
- Smith Chart
- מדידות שונות
- Q&A



# תאום אנטנה/עומס – כל כך למה ?

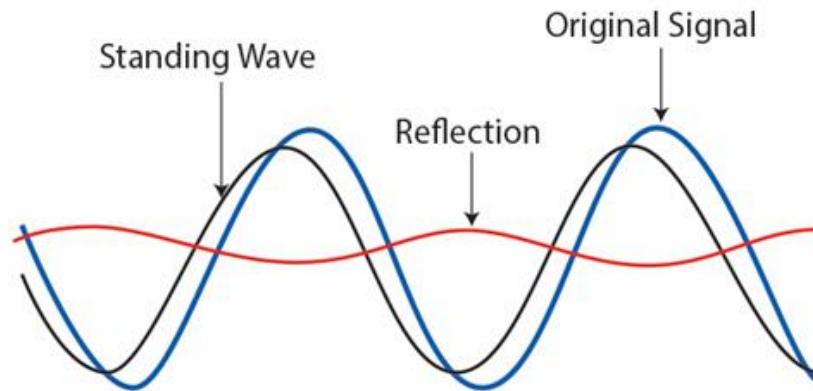
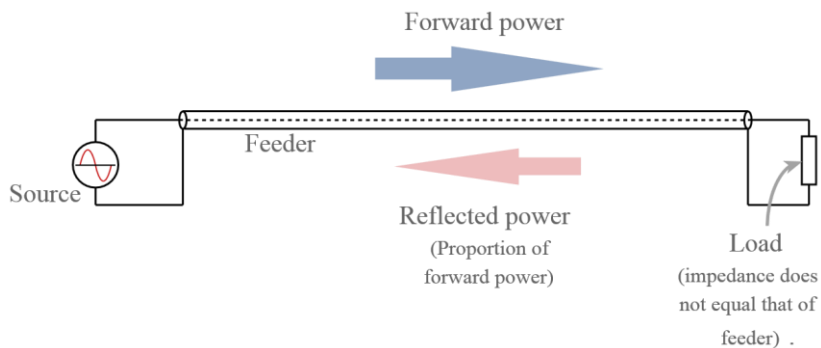
- העברת מירב ההספק לאנטנה
- הגנה על המקמ"ש
- **בתאום מלא** – אימפדנס האנטנה = אימפדנס קו התמסורת = אימפדנס קו התמסורת – אין החזרות וכל ההספק עובר לאנטנה





# יג"ע – מושגי יסוד

- הספק מתקדם, הספק חוזר
- מקדם החזרה – היחס בין הספק מתקדם לחוזר
- הפסד אי תאום Mismatch Loss – היחס בין הספק המקור להספק שמגיע לעומס
- הפסד שלוב Insertion Loss - היחס בין הספק המקור להספק העומס – למשל ניחות כבל, מסנן, מתג וכו' (כוונה להספק שמתבזבז בהתקן, אבל לעיתים משמש גם בהגדרת חוסר תאום)
- הפסד חוזר Return Loss – היחס בין ההספק המתקדם לחוזר
- יג"ע VSWR – יחס גלים עומדים – לא ניתן למדידה ישירה בקו תמסורת קואכסיאלי



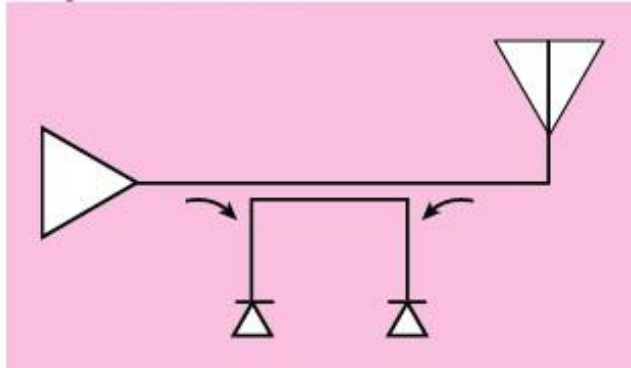
$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \quad RL = -20 \log \left[ \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \right]$$

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \quad RL = -20 \log (\Gamma)$$

$$\Gamma = 10^{\frac{-RL}{20}} \quad VSWR = \frac{1 + 10^{\frac{-RL}{20}}}{1 - 10^{\frac{-RL}{20}}}$$



# מה מבלייל המושגים ניתן למדוד ?



- באופן ישיר – הספק מתקדם, הספק חוזר
- שאר הפרמטרים – על ידי חישוב
- ידני

• טבלאות

• ציוד מתאים 😊





$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \quad RL = -20 \log \left[ \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \right]$$

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \quad RL = -20 \log (\Gamma)$$

$$\Gamma = 10^{\frac{-RL}{20}} \quad VSWR = \frac{1 + 10^{\frac{-RL}{20}}}{1 - 10^{\frac{-RL}{20}}}$$

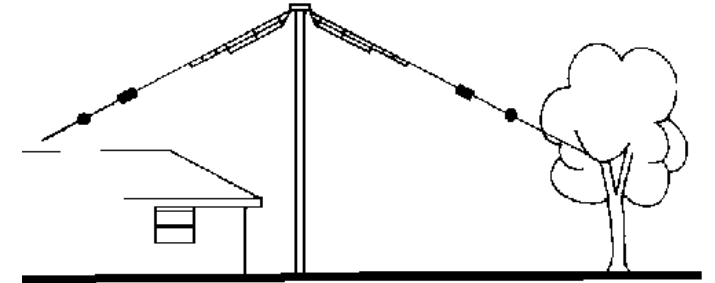
# הקשר בין המושגים

Return Loss (dB)	Reflected Pwr (%)	Forward Power (%)	Mismatch Loss (dB)	VSWR	Reflection Coefficient
0.00	100.00	0.00	∞	∞	1.00
1.00	79.43	20.57	6.87	17.39	0.89
2.00	63.10	36.90	4.33	8.72	0.79
3.00	50.12	49.88	3.02	5.85	0.71
4.00	39.81	60.19	2.20	4.42	0.63
5.00	31.62	68.38	1.65	3.57	0.56
6.00	25.12	74.88	1.26	3.01	0.50
7.00	19.95	80.05	0.97	2.61	0.45
8.00	15.85	84.15	0.75	2.32	0.40
9.00	12.59	87.41	0.58	2.10	0.35
10.00	10.00	90.00	0.46	1.92	0.32
12.00	6.31	93.69	0.28	1.67	0.25
15.00	3.16	96.84	0.14	1.43	0.18
20.00	1.00	99.00	0.04	1.22	0.10
30.00	0.10	99.90	0.00	1.07	0.03
∞	0.00	100.00	0.00	1.00	0.00



# איך מתאמים אנטנה ?

- התאום האופטימאלי הוא אנטנה מתואמת מראש (למשל דיפול, וורטיקאל בכפולות של רבע אורך גל)
- בעזרת שנאים, BALUN, סלילי העמסה, STUBS, מתאם אנטנה

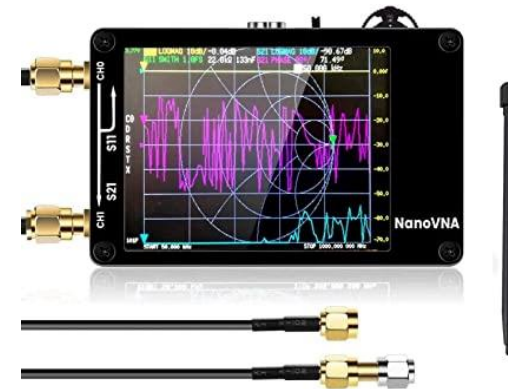


**ניתן לתאם מסמר ל-50 אוהם, אבל הוא לא יהיה בהכרח אנטנה יעילה**



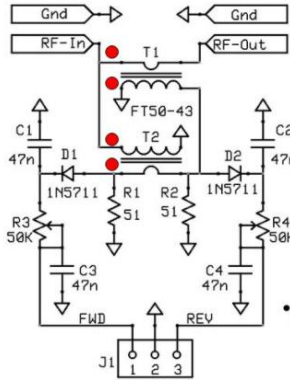
# איך מודדים תאום ?

- מד הספק/יג"ע מובנה במקמ"ש
- מד הספק יג"ע חיצוני
- אנטנה אנלייזר
- NanoVNA

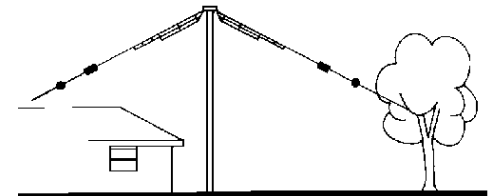


All About NanoVNA  
zvisegal@yahoo.com

צביקה סגל



# מד הספק מתקדם/חוזר

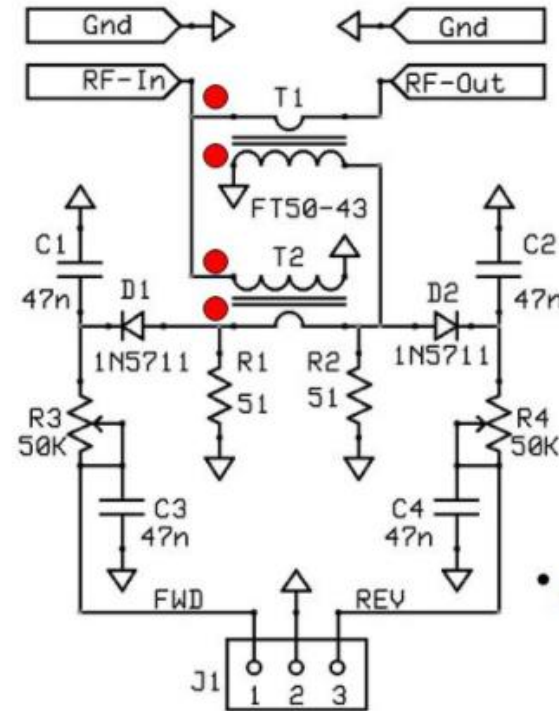


All About NanoVNA  
zvisegal@yahoo.com

צביקה סגל



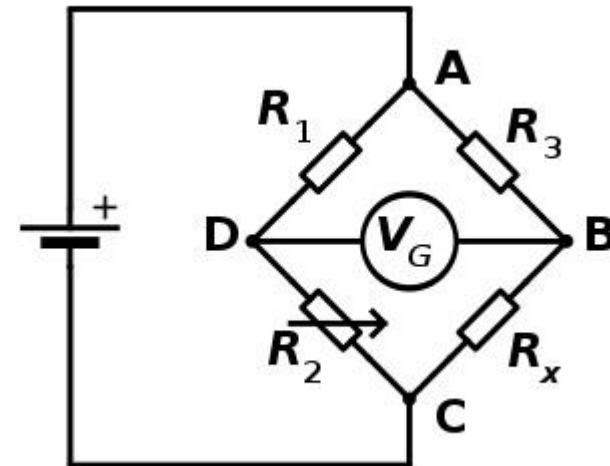
# מעגל הדגימה של מד הספק/יג"ע





# אנטנה אנלייזר

- כולם מבוססים על גשר ויטסטון
- מודדים את מפל המתח על הזרועות בעזרת דיודות ומחשבים את ההספק המתקדם, חוזר, יג"ע וכו'



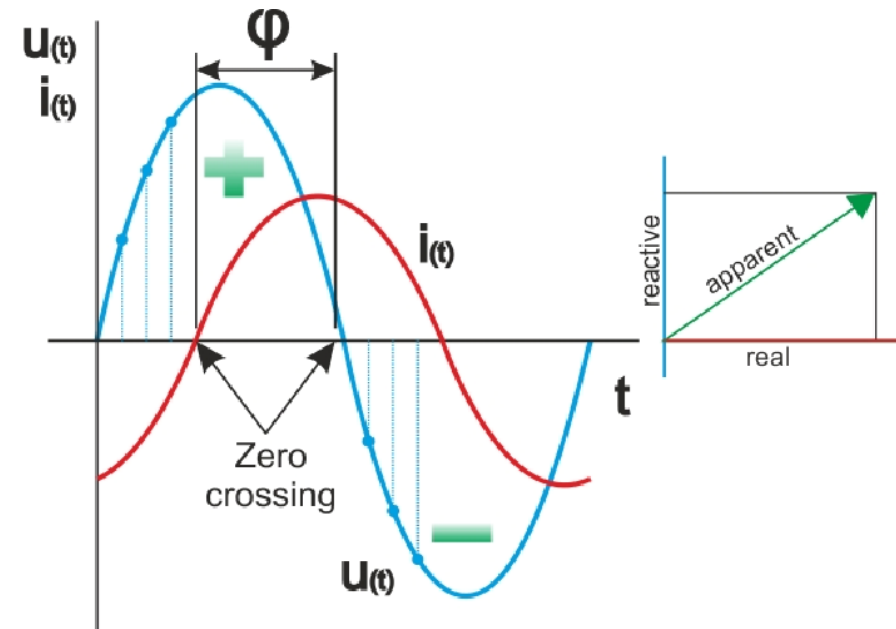




# מושגים נוספים

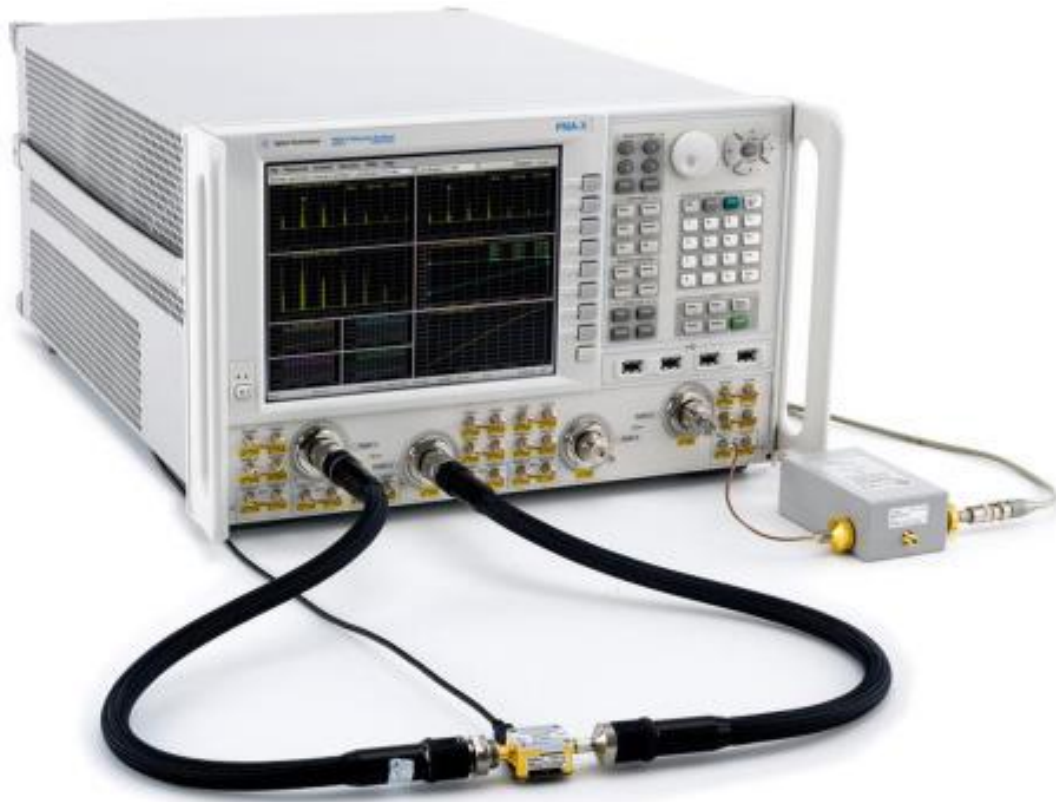
- עומס שאינו אוהמי טהור
- קיים מרכיב קבולי או השראותי
- קיים הפרש פאזה בין המתח לזרם
- מבטאים אותו כגודל זווית (ווקטורי) או כסכום של רכיב ממשי ודימיוני

Load Type	Circuit	Voltage/Current Waveform	Vector Diagram
Resistance			
Inductance			
Capacitance			





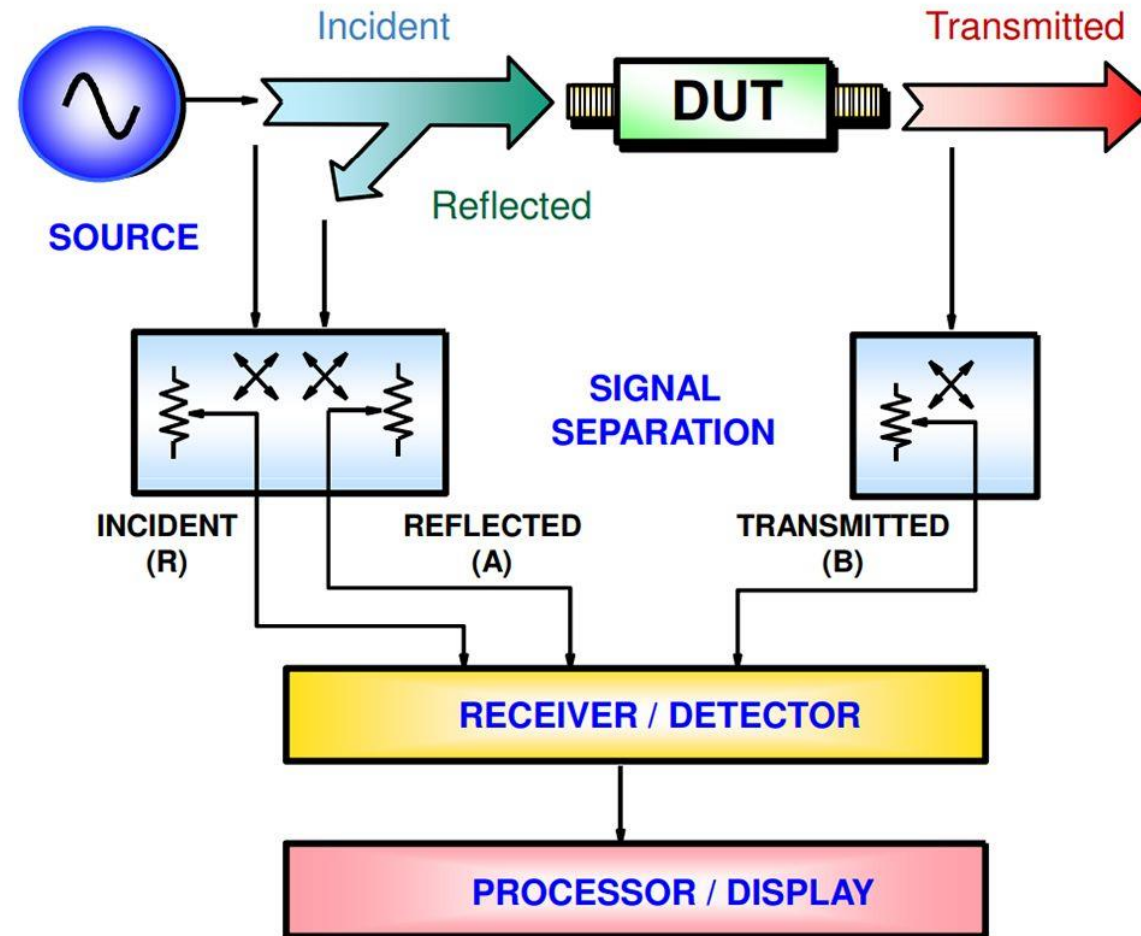
# VNA – Vector Network Analyzer



- מכשירים יקרי ערך (עשרות אלפי דולרים)
- משמשים לבדיקת תגובת תדר של התקנים
- יכולת מדידת אמפליטודה ופאזה כפונקציה של תדר
- יכולת מדידת החזרות ומעבר



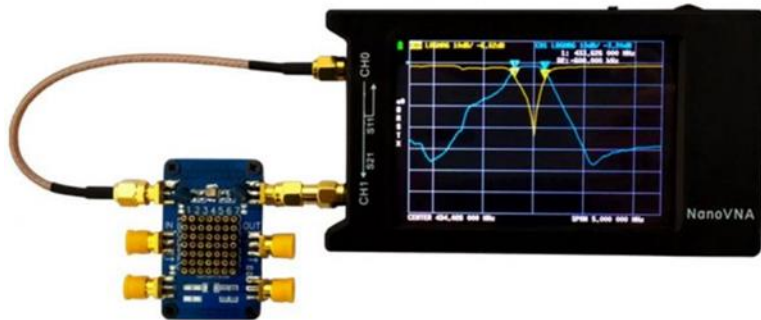
# VNA – Block Diagram





# NanoVNA

- מכשיר זעיר בעלות של 50-100 דולר
- יש לו את כל היכולות הפונקציונאליות של VNA יקר ערך למעט (אולי..):



- תחום דינאמי
- יציבות וניקיון מקור התדר
- דיוקי מדידה
- גודל מסך

- הסוד בפשטותו הגאונית
- מתבסס על רכיבים מסחריים זולים OFF THE SHELF
- תהליך כיול פשוט וחכם
- עבוד חכם בתוכנה



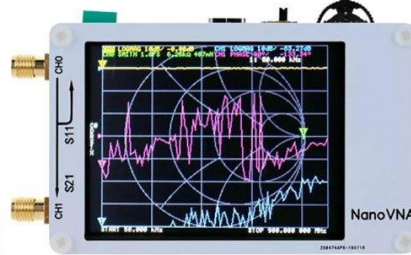
ORIGINAL NANOVNA KITSET BY EDDY555



NANOVNA-H BY HUGEN (NANOVNA.COM)



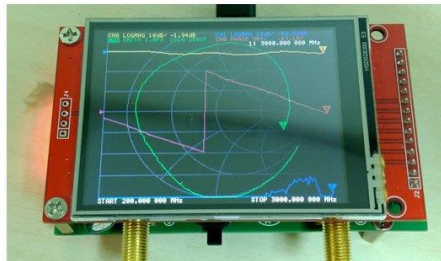
NANOVNA-F



NANOVNA-H CLONE  
(POSSIBLY LOWER QUALITY)



NOOLEC BRAND OF NANOVNA-H  
(REMITTS ROYALTY TO EDDY555)

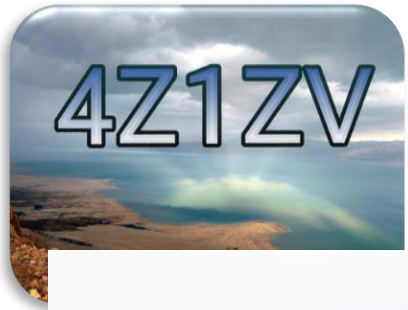


NANOVNA 2.0 (OWCOMM VERSION)  
(PROTOTYPE)

# מצא את ההבדלים

- מקור ואיכות ההעתקים – עריכה, סיכוכים
- גודל צג, אריזה, מחברים, סוללה
- מעבד וארכיטקטורה
- דגימה מקבילית מול סריקה
- תחום תדרי
- תדר יסוד עד 300 מגהרץ והרמוניות עד 900 מגהרץ
- תדר יסוד לכל התחום (עד 3 גיגהרץ ויותר)
- תחום דינמי
- תוכנות תומכות
- לינק לאתר השוואה ומידע -

<https://nanorfe.com/nanovna-v2.html>



# המלצת "המערכת"



- המקורי/העתקים הבסיסי עד 900 מגה
- כ-50 דולר
- מתאים לרוב הצרכים של UHF-HF
- מסך קטן 2.8

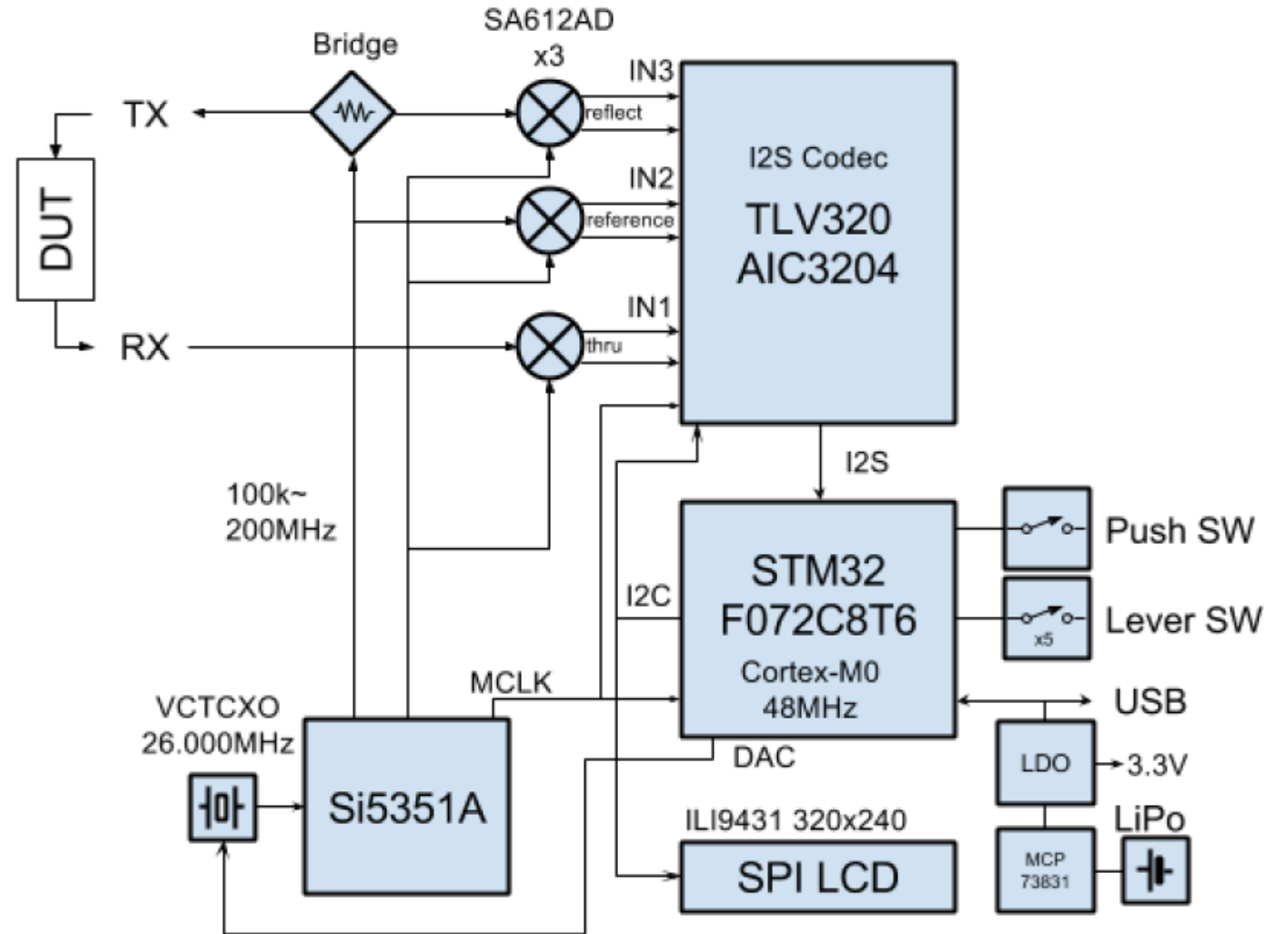
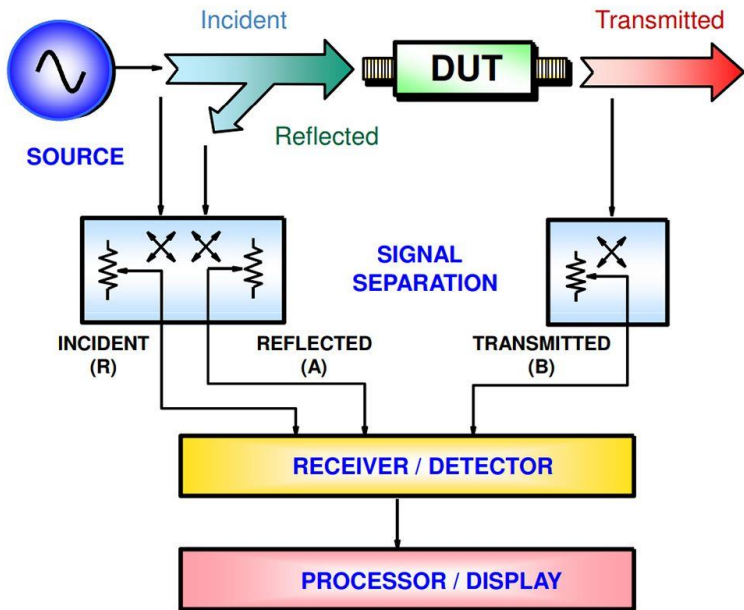


## NanoVNA SAAN

- כ-100 דולר
- אריזת מתכת איכותית ומחברי N
- מסך "4"
- כסוי עד 4 גיגהרץ עם תחום דינמי משופר
- השקעה מצויינת לטווח ארוך

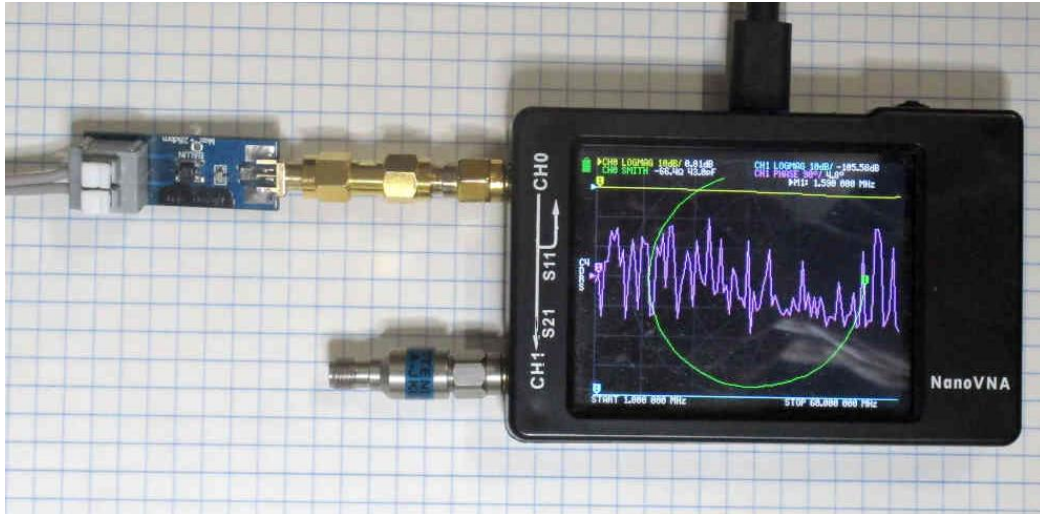


# דיאגרמת מלבנים – Original NanoVNA





# אופן השימוש



• כיול – Open, Short, Load, Through

• מדידות S11 – הדק יחיד

• הספק חוזר

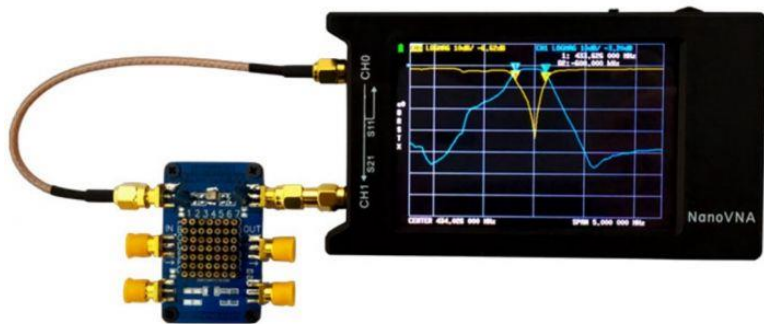
• יג"ע

• פאזה

• תגובה לפולס/הלם

• מדידות אורך כבל

• מדידות התנגדות/קבול/השראות



• מדידות S21 – שתי הדקים

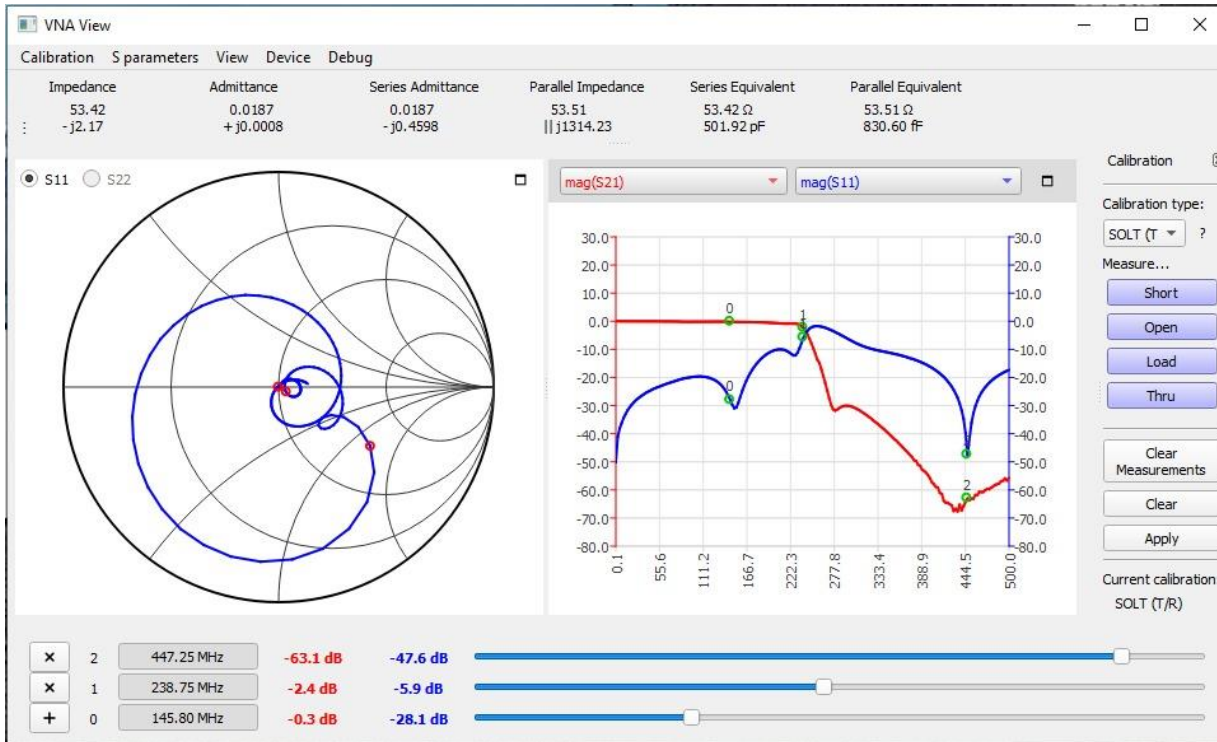
• מדידות ניחות/הגבר/תגובת תדר

# מדידת יג"ע לאנטנה





# מדידת מסנן - דיפלקסור

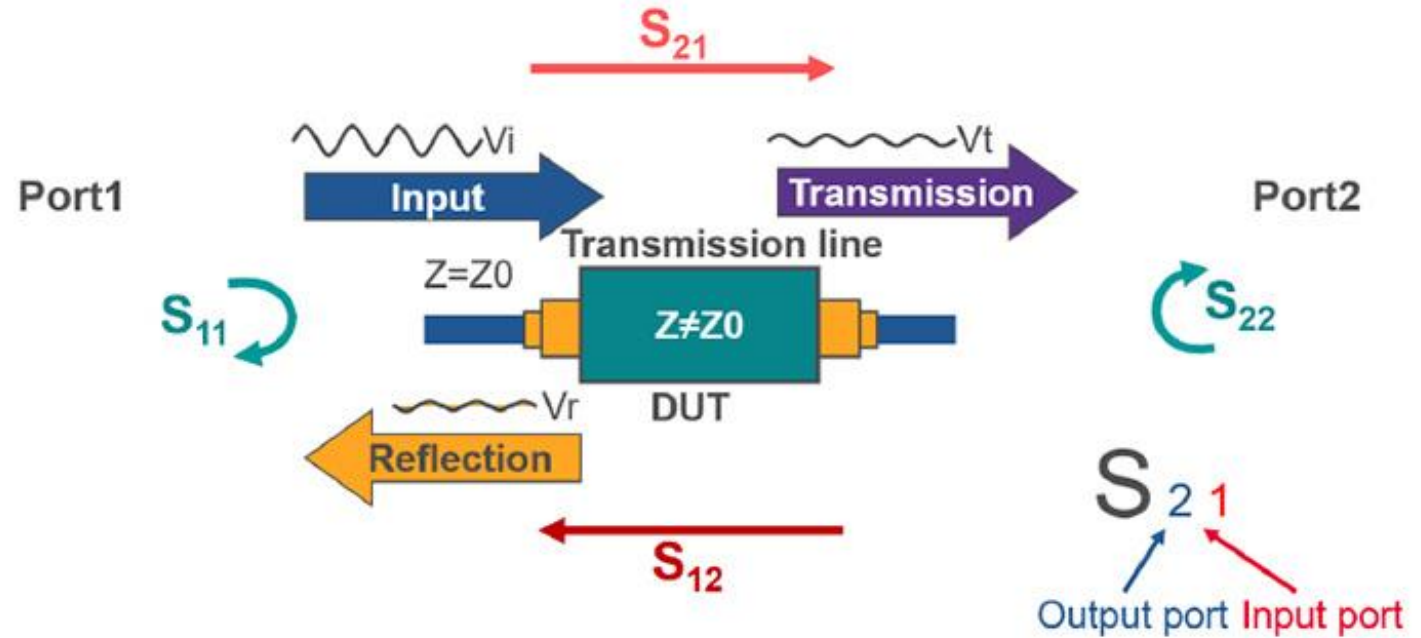




# S-Parameters

$$S_{11} = \frac{\text{Reflected voltage}}{\text{Input voltage}} : \text{Forward return loss}$$

$$S_{21} = \frac{\text{Output Voltage}}{\text{Input voltage}} : \text{Forward attenuation}$$



Reflection/Input = Reflection coefficient  $\rightarrow S_{11}, S_{22}$

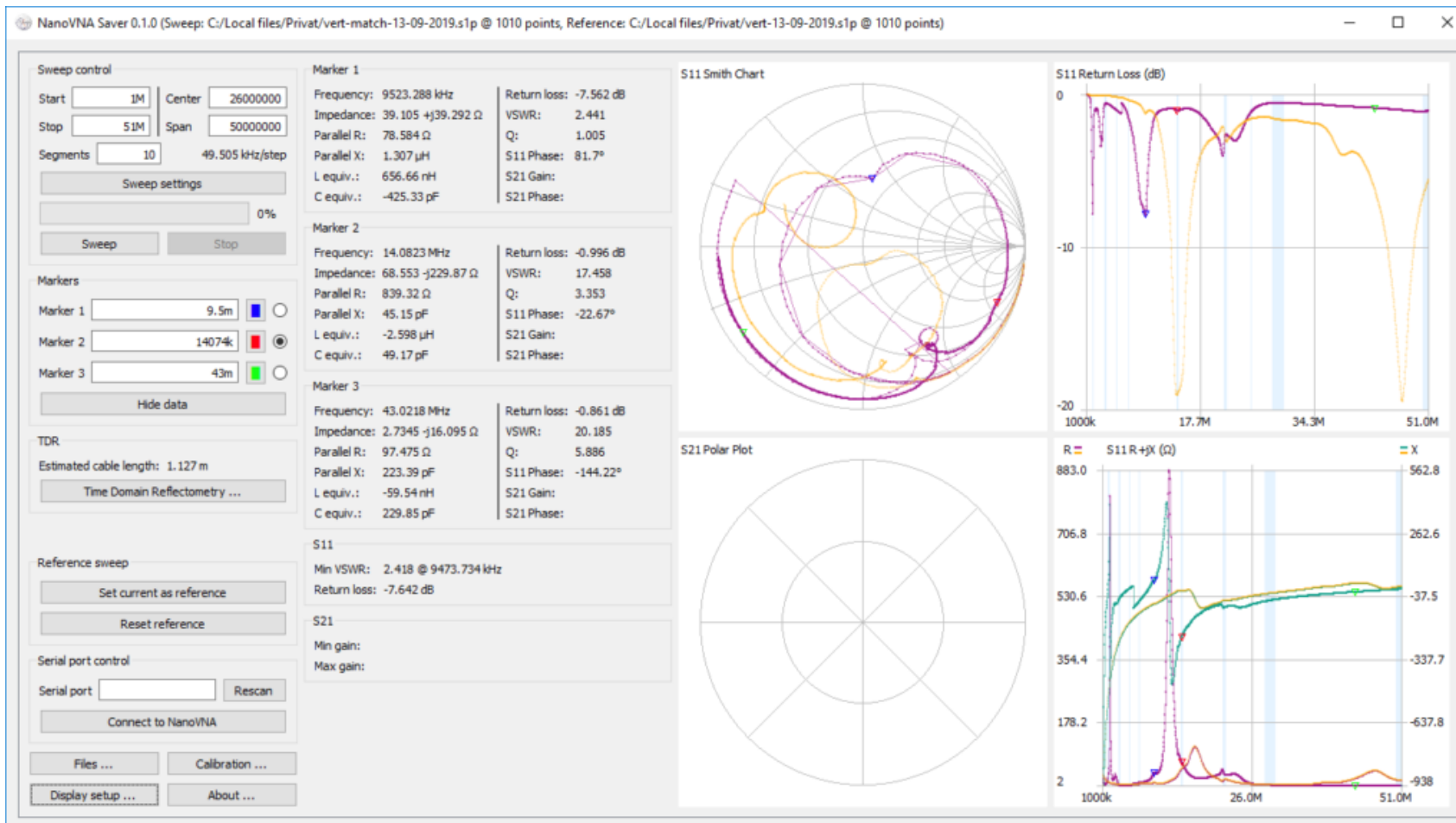
Transmission/Input = Transmission coefficient  $\rightarrow S_{21}, S_{12}$



# NanoVNA Saver - ממשק מחשב

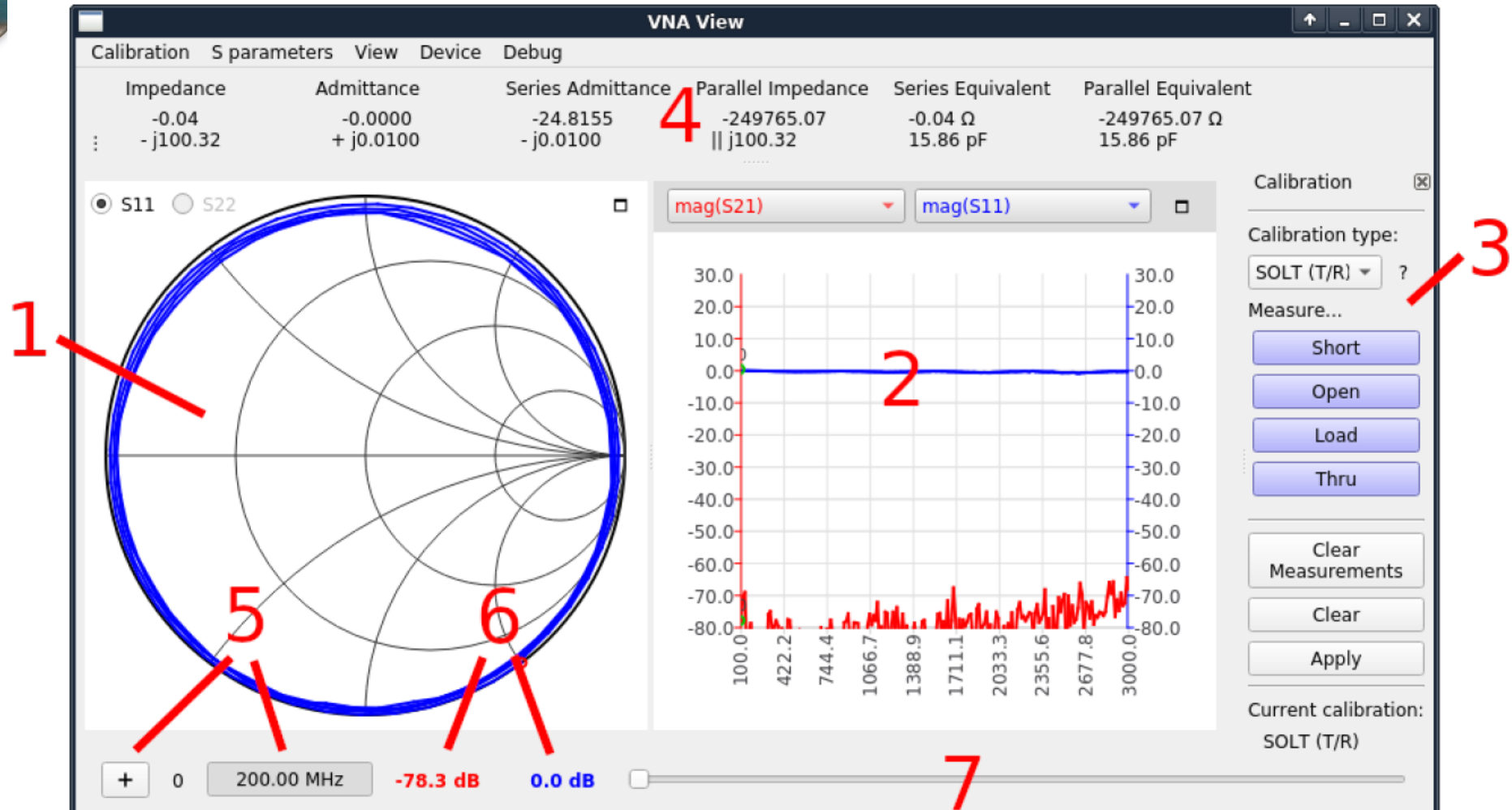
לינק להורדת התוכנות

<https://nanorfe.com/nanovna-v2-software.html>





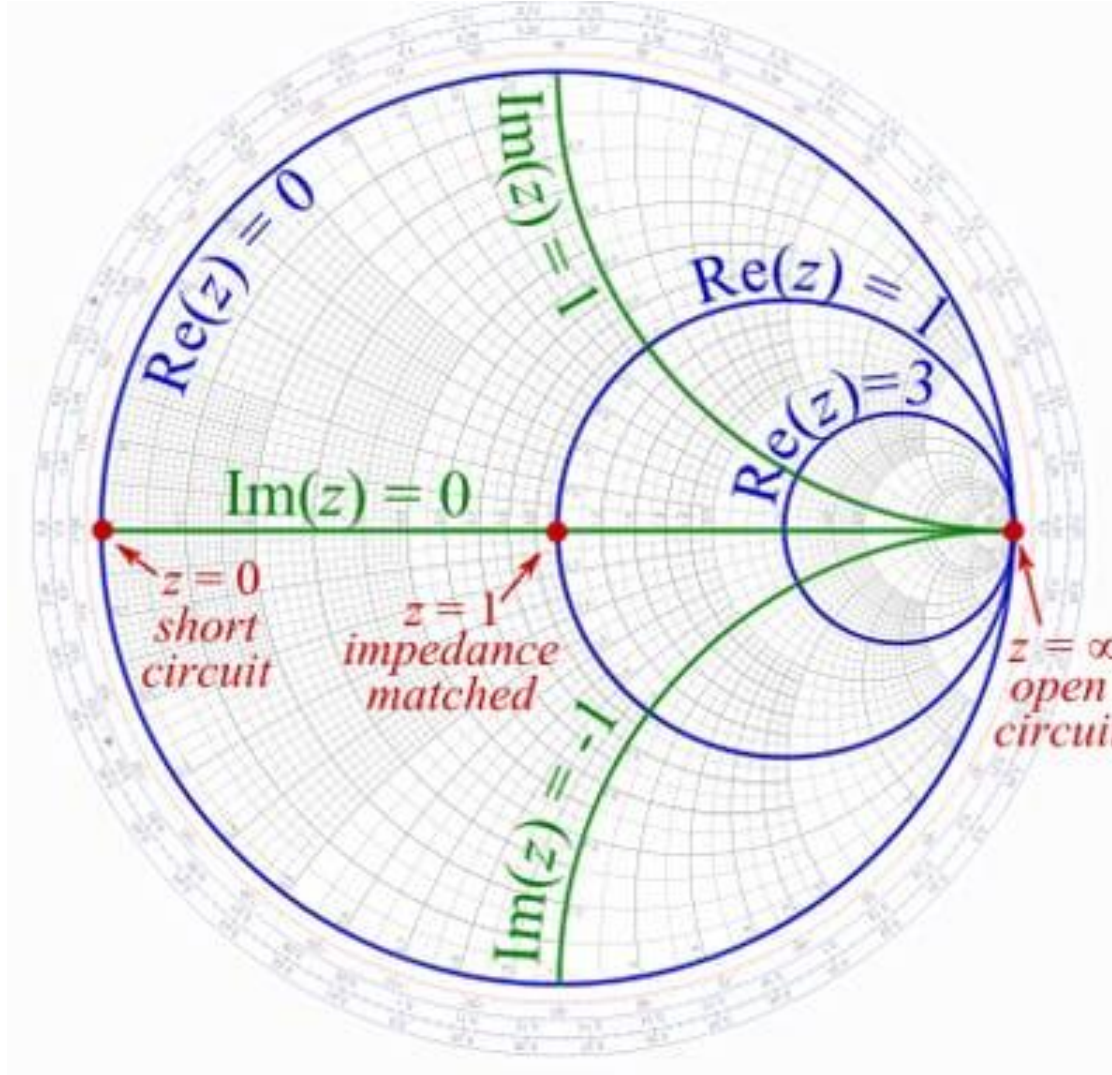
# ממשק מחשב - NanoVNA-QT





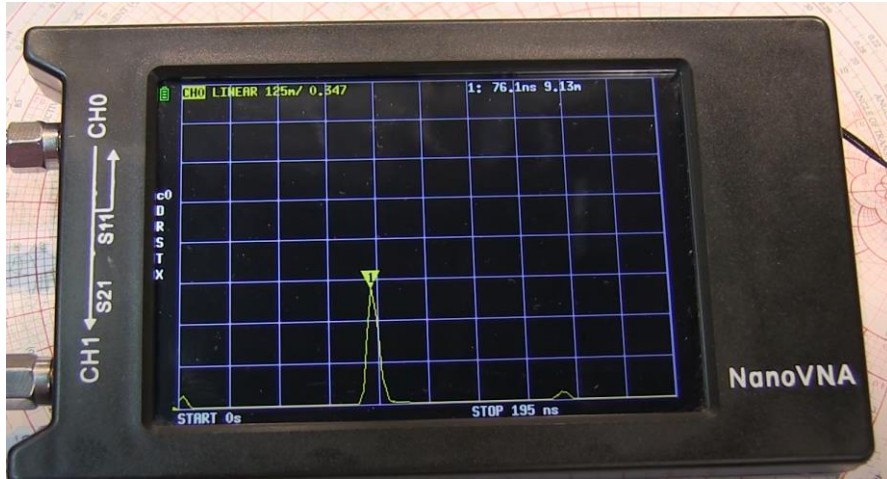
# דיאגרמת סמית

- טרנספורמציה של כל העולם הקומפלקסי לתוך מעגל חזותי "פשוט"





# מדידת אורך כבל



- CH0, Linear
- Transform → Low Pass Impulse
- Transform ON
- Cable Velocity Factor
- Start Frequency – 50Khz

$$\text{Stop Freq[Mhz]} \approx 6000 \times Vf / \text{Max\_Length[m]}$$

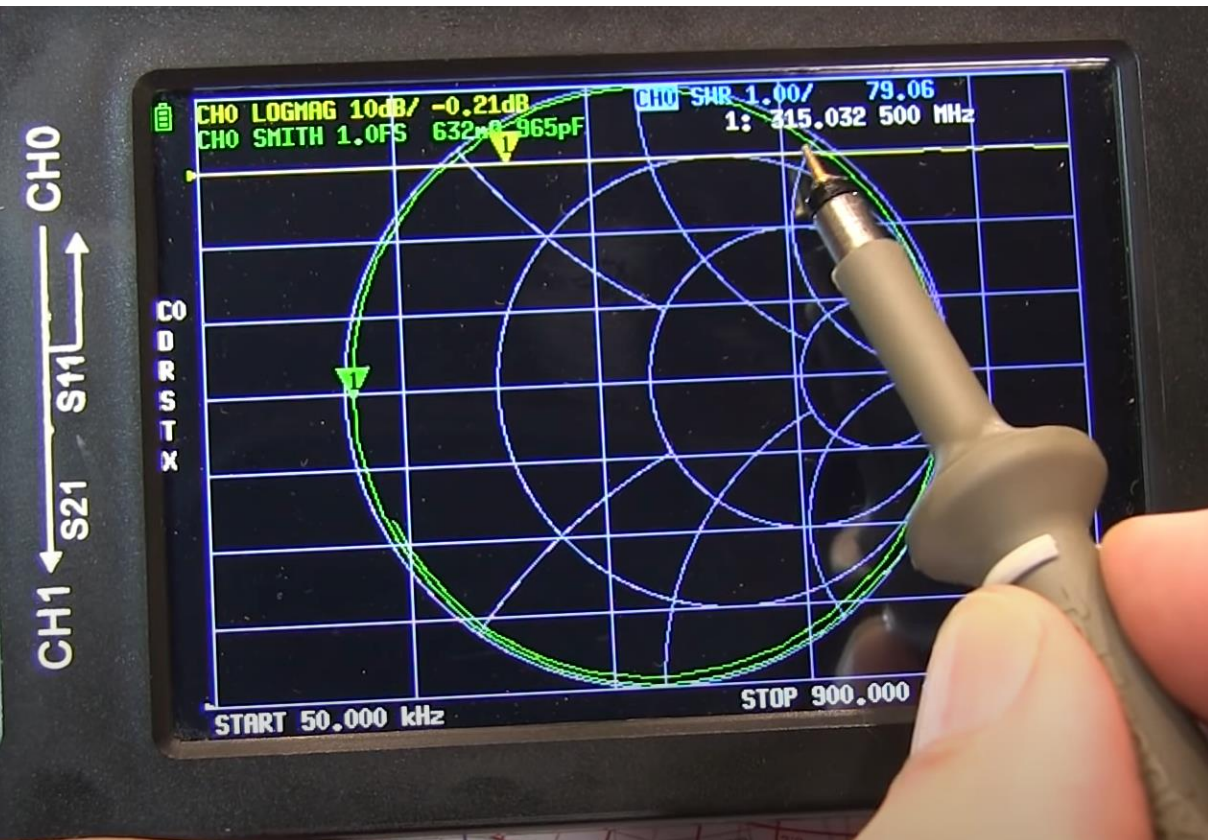


# מדידת אורך כבל לפי הסחת הפאזה

- חצי "סבוב" = רבע אורך גל
- סבוב מלא = חצי אורך גל

- אורך הכבל לחצי מחזור  
 $L[m]=75 \times Vf / f[Mhz]$

- אורך הכבל לסבוב שלם  
 $L[m]=150 \times Vf / f[Mhz]$





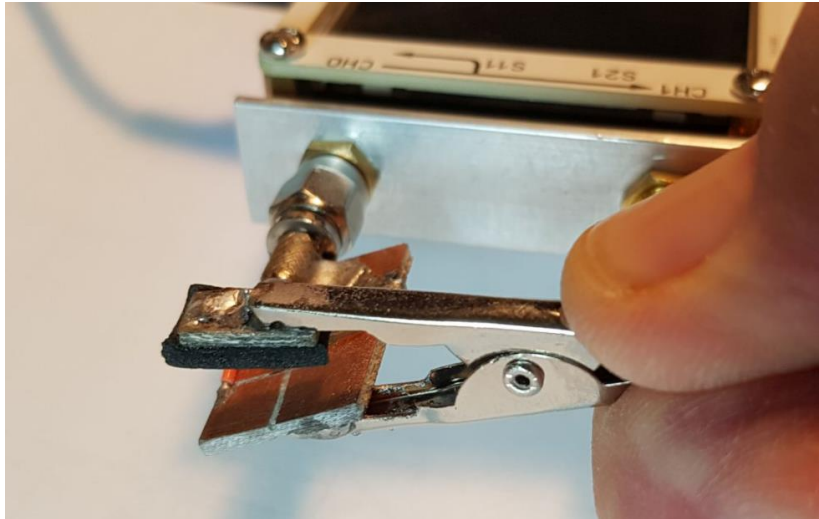
# מדידת התנגדות, קבול, השראות



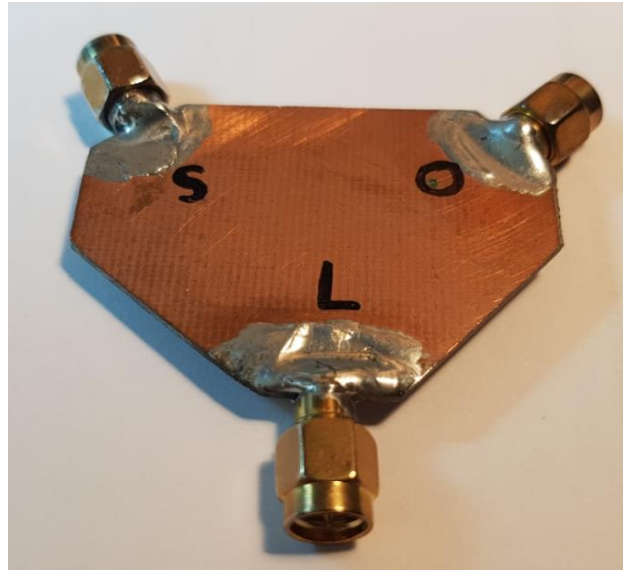
- מכיילים עם נתק, קצר ונגד 50 אוהם
  - מבצעים את המדידה בתדר:
    - נמוך ככל שניתן להקטין השראות/קבול פרזיטי
    - קרוב ככל שניתן לאימפדנס 50 אוהם להקטנת שגיאת מדידה
  - בעומס ראקטיבי – רצוי בסביבות הסחת פאזה של  $\pm 90^\circ$  מעלות
- השני תנאים האחרונים לא תמיד מתקיימים ואז בוחרים בתחום תדר הנמוך ביותר עם קריאה יציבה**



# Advanced Jigs by Victor 4Z4ME



**Components Jigs**



**Calibration Jig**



**Trap Jig**





# עבודה מעשית - מדידות



All About NanoVNA  
zvisegal@yahoo.com

צביקה סגל