

שאלות הכנה

1. מצא בספרות נוסחאות לניתוח ולתכנון (אנליזה וסינתזה, בהתאמה) לחישוב עכבת קו מיקרוסטרף כפונקציה של ממדי הקו, המקדם הדיאלקטרי של החומר, והתדר. יישם את נוסחאות האנליזה לצורך ניתוח של קו מיקרוסטרף קיים לבחירתך, ומציאת עכבתו האופיינית ומהירות הגל בו. את נוסחאות הסינתזה יישם לצורך תכנון קו מיקרוסטרף חדש על פי העכבה האופיינית הנדרשת.
2. לכל אחד מההתקנים הבאים תאר מימוש אחד לפחות בטכנולוגית מיקרוסטרף, הסבר בקצרה את אופן פעולת ההתקן, והצג מטריצת פיזור שלו עם איור המתאים להדקיו:
 - א. קו תמסורת
 - ב. מצמד כיווני
 - ג. מפצל וילקינסון
 - ד. היבריד 90° Hybrid
 - ה. מתאם עכבות בתדר יחיד.
 - ו. מתאם עכבות רחב סרט.
 - ז. מסנן מעביר פס BPF.
 - ח. מצמד "מרוץ עכברים" טבעתי (Rat-race coupler).

$$Z_0 = \frac{87.45}{\sqrt{E_{\text{eff}} + 0.04} \left(\frac{\omega}{h} + 1.0 \right)}$$

$$E_{\text{eff}} = \frac{E_{r+1}}{2} + \frac{E_{r-1}}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{\omega} \right)^{-1/2}$$

$$\gamma_p = \sqrt{\frac{c}{\epsilon_{eff}}}$$

$$z_0(\varphi) = z_0 \sqrt{\frac{\epsilon_0 + 1}{2}}$$

$$\theta = \frac{2\pi l}{\lambda \sqrt{\epsilon_0 \mu}}$$

$$z(q) = z_0 \left[z_1 + \frac{z_2 - z_1}{1 + \frac{1}{q}} \right]$$

AC, DC, and other types of power

$$z_1 = z_0 \left[\frac{2}{1 + \frac{u}{a}} \ln \left(1 + 4 \frac{u}{\omega} \right) \right]^{-1}$$

$$z_c = z_0 \cdot \frac{1 + \frac{\omega}{a}}{2} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_{r+1}}} K(k)$$

$$k = \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{2h^2}{\pi^2}}} \right)}$$

```
% User input for characteristic impedance
Z0 = input('Enter characteristic impedance (ohms): ');

% Assumed physical dimensions
L = 50e-3; % Length in m
W = 2e-3; % Width in m
H = 1.6e-3; % Height in m

% Constants
c = 3e8; % Speed of light in m/s
er = 4.6; % Relative permittivity of FR-4 substrate
eps0 = 8.854e-12; % Permittivity of free space

% Effective dielectric constant
Weff = (60/sqrt(er+1))*(Z0/87)^0.5 - 0.8*(1-exp(-((Z0/60)^0.4)));
Heff = H*Weff/((1.1*H/Weff) + 1.44);
er_eff = (er+1)/2 + (er-1)/2*(1+(10/H)*Weff)^(-0.5);
eps_eff = er_eff*eps0;

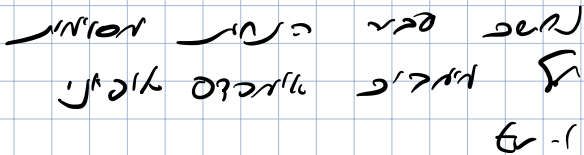
% Phase velocity
v = c/sqrt(eps_eff);

% Characteristic impedance as a function of frequency
f0 = 1e9; % Reference frequency in Hz
Z1 = Z0*((2+Weff/Heff*log(1+4*Heff/Weff))/(1+Weff/Heff*log(1+4*Heff/Weff)));
k = (pi/2)*(Z0/377)*(1/(Weff*1e3 + 0.67*(er_eff-1)*0.93*H*1e3))^0.5;
Kk = ellipke(k^2);
Z2 = Z0*(1+Weff/Heff/2)/(1/sqrt(2*eps_eff)*Kk/ellipk(k^2) + sqrt(er_eff+1)/sqrt(2*eps_eff));

% Electrical length
lambda = v/f0;
theta = 2*pi*Heff/lambda;

% Impedance as a function of frequency
f = 5e9; % Working frequency in Hz
Z = Z0*(Z1 + Z2 - Z1./(1 + 1j*f./f0) + 1j*Z2./(1 + 1j*f./f0))./(Z1 + Z2 + 1j*Z1.*Z2./(Z0^2*(1 + 1j*f./f0)));

% Display results
disp('Assumptions:');
disp(['Characteristic impedance: ' num2str(Z0) ' ohms']);
disp(['Relative permittivity: ' num2str(er)]);
disp('Physical dimensions: ');
disp(['Length: ' num2str(L*1e3) ' mm']);
disp(['Width: ' num2str(W*1e3) ' mm']);
disp(['Height: ' num2str(H*1e3) ' mm']);
disp(' ');
disp(['For Z0 = ' num2str(Z0) ' ohms:']);
disp(['Effective dielectric constant: ' num2str(er_eff)]);
disp(['Phase velocity: ' num2str(v) ' m/s']);
disp(['Electrical length: ' num2str(theta) ' radians']);
disp(['For f = ' num2str(f/1e9) ' GHz:']);
disp(['Impedance: ' num2str(real(Z)) ' + ' num2str(imag(Z)) ' j ohms']);
```



```
>> Pre8code
Enter characteristic impedance (ohms): 50
Assumptions:
Characteristic impedance: 50 ohms
Relative permittivity: 4.6
Physical dimensions:
Length: 50 mm
Width: 2 mm
Height: 1.6 mm

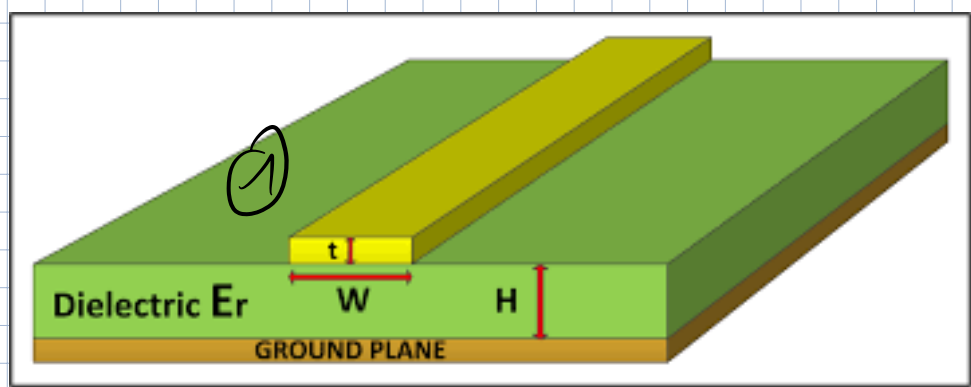
For Z0 = 50 ohms:
Effective dielectric constant: 2.8053
Phase velocity: 60195626878847.2 m/s
Electrical length: 2.1729e-06 radians
For f = 5 GHz:
Impedance: 48.0871 + 9.6084j ohms
```

(2) Γ ממוצע בזמן \rightarrow Γ_{avg} \rightarrow $\Gamma_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T \Gamma dt$ \rightarrow $\Gamma_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} dt$

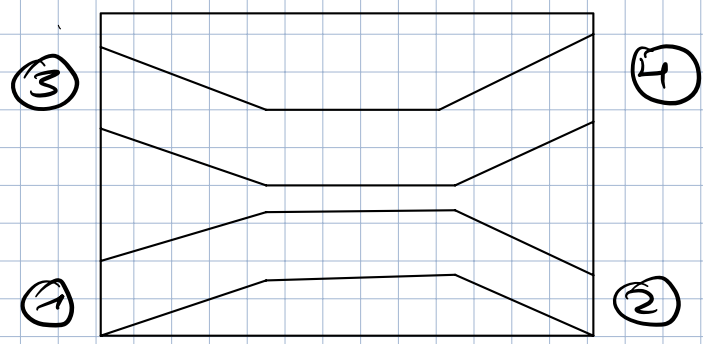
הקו הזה כולל Γ של כל הזמן \rightarrow Γ_{avg} \rightarrow $\Gamma_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T \Gamma dt$ \rightarrow $\Gamma_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} dt$

$$S = \begin{bmatrix} \frac{Z_0 - Z_L}{Z_0 + Z_L} & \frac{2Z_0}{Z_0 + Z_L} \\ \frac{2Z_0}{Z_0 + Z_L} & \frac{Z_0 - Z_L}{Z_0 + Z_L} \end{bmatrix}$$

(2)



(2) Γ ממוצע בזמן \rightarrow Γ_{avg} \rightarrow $\Gamma_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T \Gamma dt$ \rightarrow $\Gamma_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} dt$

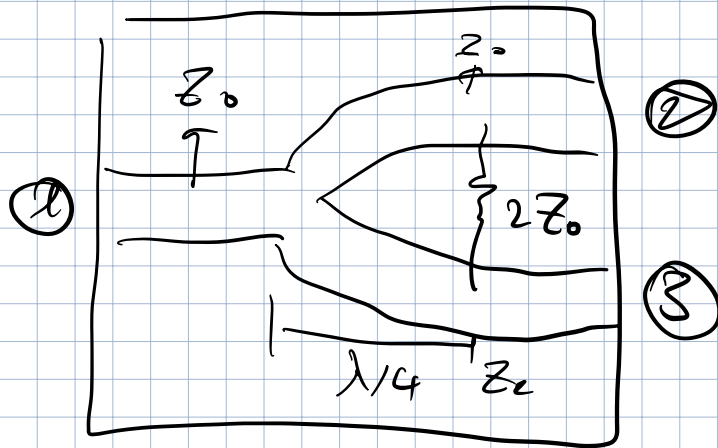


$$C = \frac{Z_0 - Z_{00}}{Z_0 + Z_{00}}$$

כאן Γ ממוצע בזמן \rightarrow Γ_{avg} \rightarrow $\Gamma_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T \Gamma dt$ \rightarrow $\Gamma_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} dt$

$$S_{21} \approx 1, S_{31} = \frac{jC \sin \theta}{\sqrt{1 - C^2 \cos^2 \theta}}$$

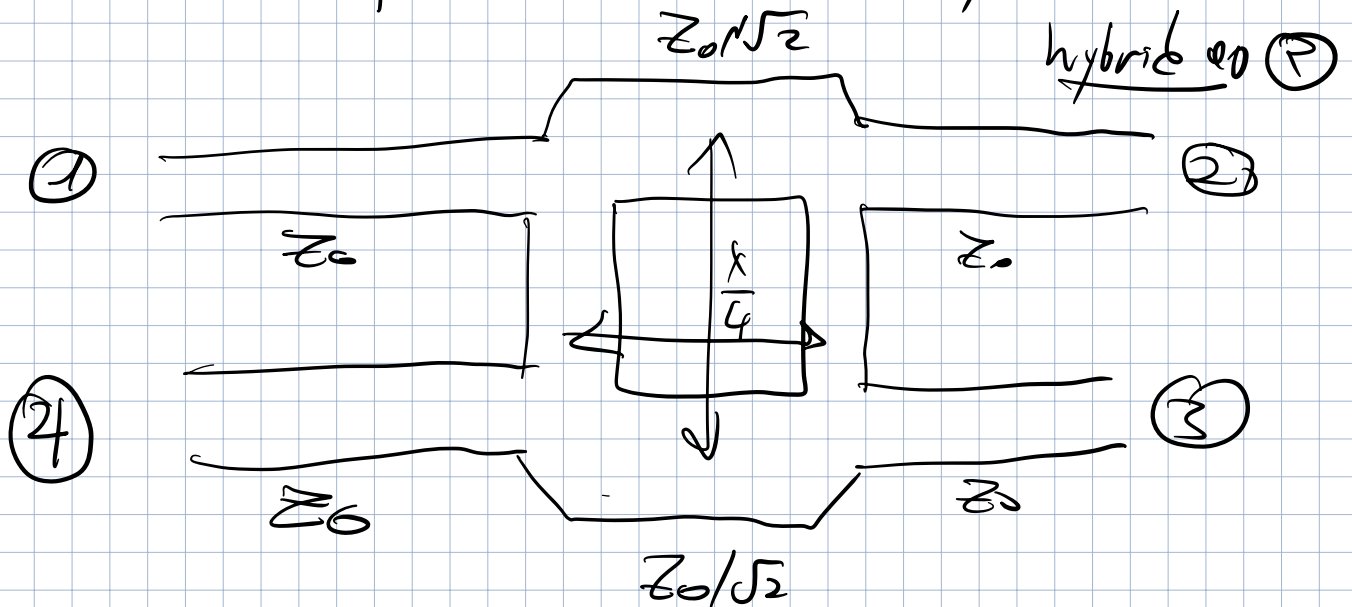
(ד) אפילו וולקנסון הפך ב הקדמי האפסות אל נהיה דנטה לאלו
 μ_s , זהו מרחק הספק בין 2 הקדמי ונראה אל כדור סוג הנה



$$S = \begin{bmatrix} 0 & -j\frac{\sqrt{2}}{2} & -j\frac{\sqrt{2}}{2} \\ -j\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & 0 \\ -j\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

סבלת אורבסס ל חברה גלובלית

הוא הנה מרחק לאפסות מרחק זהו מרחק זהו
 מרחק זהו מרחק זהו מרחק זהו מרחק זהו
 מרחק זהו מרחק זהו מרחק זהו מרחק זהו

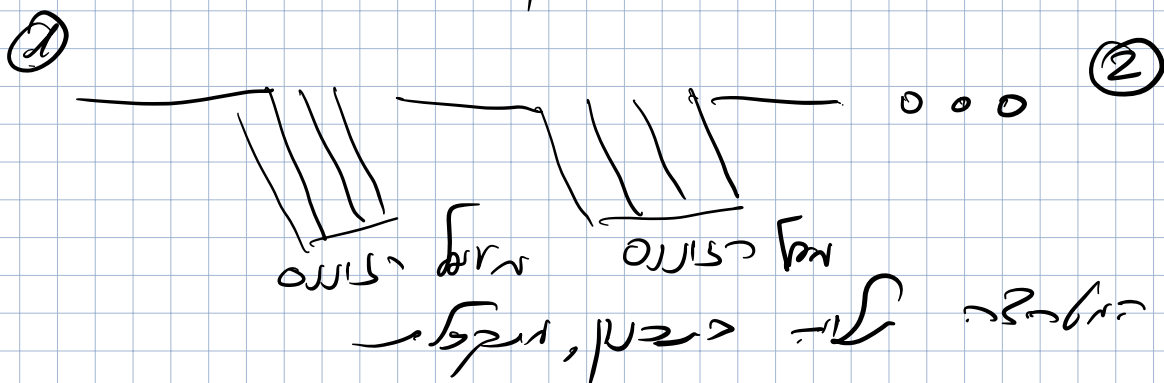


$$[S] = -\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & j & 1 & 0 \\ j & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & j \\ 0 & -j & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

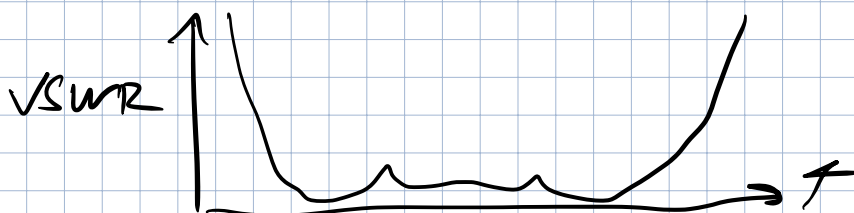
היכרות עם סכום זה של חלקיקי טרנסמיסיה ורפלקסיה בסכום
 זה, יהיו שינויים במחזור קצבאות לטרנסמיסיה ורפלקסיה. היחסים
 והזווית בלבד יהיו משתנים לפיכך בסכום

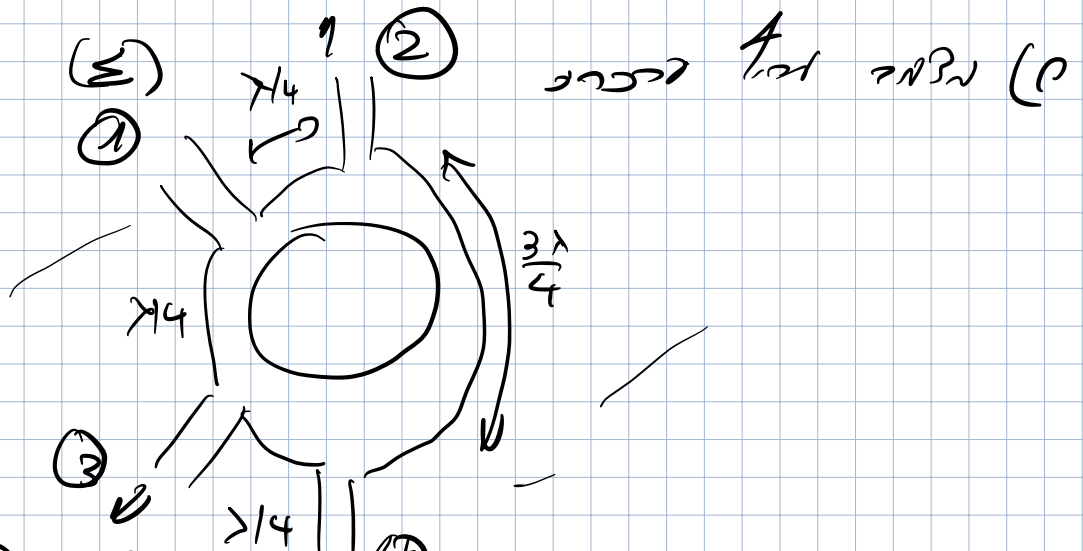
(1) למצא עכבר חסר סרט גבס לרשימת שינויים (2)
 היה ממלא > TL לשם מילוי בסיס הקצוות והקצוות בקווי
 אלה היומנים כ-SLTS בוצעו לה כחלק מה שינויים
 נוספים והחלפה שקלה (3) בגודל אולם נרשם

(4) היקדוטים BPF מכל סדרה זה מראה שינויים מורכבים
 במספר וצורה דקה שאלה מדי יצאה כל מראה וצורה
 כשה מורכב מ-SLTS המראה מדידת לקט ושמן דמיון
 בדרך כלל זה לא נקרא כלל ושמן גלוי



BPF equal-ripple filter $S = \begin{bmatrix} 0 & B \\ A & 0 \end{bmatrix}$ A, B כוונת
 היחסים





התוצאה ממרחב 3D היא שיש 4 נקודות

המטריצה \rightarrow

$$[S] = -\frac{j\sqrt{2}}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

התוצאה היא 2 נקודות 180° apart
 כי למרחב 3D יש 4 נקודות
 ויש 2 נקודות 180° apart
 ויש 2 נקודות 180° apart