



Project 1

Design L-network matching circuits

จัดทำโดย

นายธรรมราช งามอยู่ รหัสนักศึกษา 62070502431

เสนอ

ผศ.ดร.ธอริน อีระเดชวานิชกุล

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

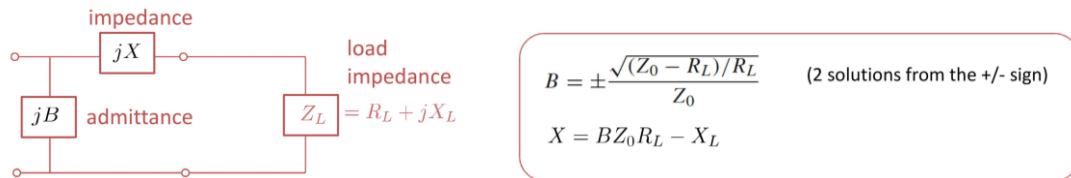
รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา

ENE450 Applied Communications and Transmission Lines

Design L-network matching circuits

Set 11a : $Z_0 = 50 \text{ ohms}$, $Z_L = 35 - 20j \text{ ohms}$. At frequency = 2 GHz

จาก set ของ impedance ที่ได้รับ พบว่ามีค่า $Z_0 = 50 \text{ ohms}$, $R_L = 35 \text{ ohms}$, $X_L = -20$
สังเกตเห็นได้ว่า $R_L < Z_0$ จึงมีหลักการออกแบบดังนี้

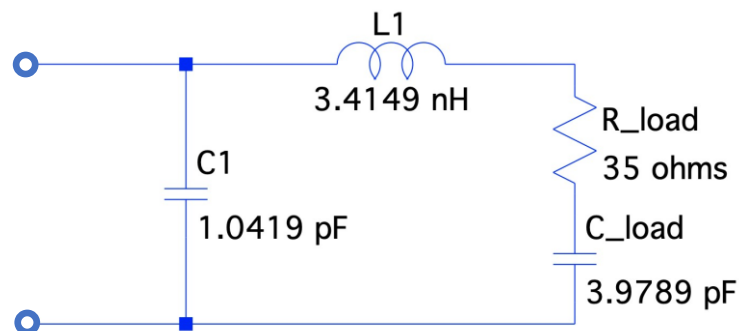


เมื่อพิจารณาที่ *Load impedance* พบว่า มีค่า $R_{\text{load}} 35 \Omega$ และ $C_{\text{load}} = \frac{1}{j\omega X_L} = 3.9789 \text{ pF}$

จากสมการข้างต้นจะได้ค่า $B = \pm 0.01309307341$ จึงทำให้เราหาค่า X ได้ 2 ค่า และสามารถสร้างวงจรได้ทั้งหมด 2 วิธี ดังนี้

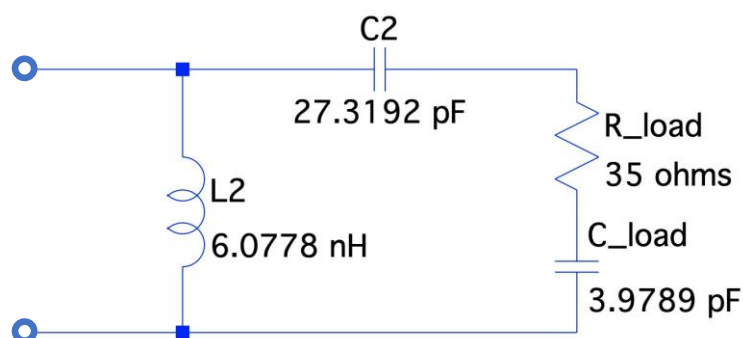
Solution 1 : Let $B = 0.01309307341$ and $X = 42.91287847$

$$L1 = \frac{X}{2\pi f} = 3.4149 \text{ nH} \quad C1 = \frac{B}{2\pi f} = 1.0419 \text{ pF}$$



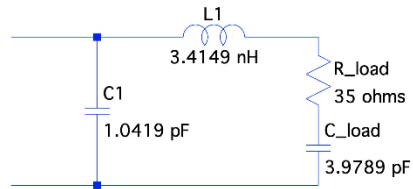
Solution 2 : Let $B = -0.01309307341$ and $X = -2.912878468$

$$L2 = \frac{-1}{2\pi f B} = 6.0778 \text{ nH} \quad C2 = \frac{-1}{2\pi f X} = 27.3192 \text{ pF}$$



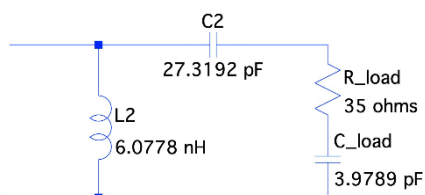
จากวงจรข้างที่เราทำการ Design ทั้งสองวงจร สามารถทำการยุบวงจร เพื่อหาค่า Z_{in} ที่เราจะต้องนำไปใช้ในการ plot กราฟในโปรแกรม MATLAB สำหรับขั้นตอนต่อไป

Solution 1 : เมื่อ $Z_{Load} = 35 - 20j$ ohms



$$Z_{in} = \frac{(Z_{load} + Z_{L1})(Z_{C1})}{Z_{load} + Z_{L1} + Z_{C1}}$$

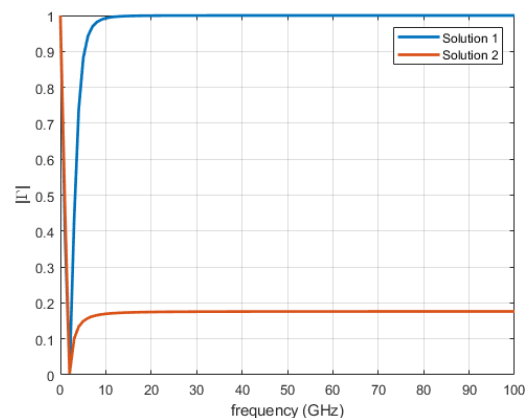
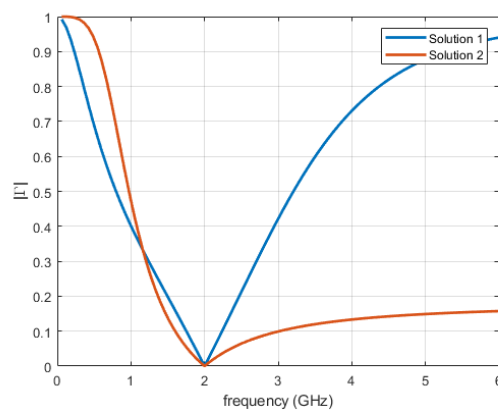
Solution 2 : เมื่อ $Z_{Load} = 35 - 20j$ ohms



$$Z_{in} = \frac{(Z_{load} + Z_{C2})(Z_{L2})}{Z_{load} + Z_{L2} + Z_{C2}}$$

➤ Use Matlab program to plot $|\Gamma|$ vs frequency for both solutions

ผลจากการ simulation ที่ช่วงความถี่ 0 – 6 GHz และ 0 – 100 GHz ผ่านโปรแกรม MATLAB



MATLAB program coding

```
% Magnitude of the reflection coefficient v.s. frequency (Figure 5.3 in
% the textbook), page 233
% EIE/ENE 450 Applied Communications and Transmission Lines
% Instructor: Watcharapan Suwansantisuk

%-----%
% adjustable parameters %
%-----%
clear all;
f0 = 2 * 10^(9);

B1 = 0.01309307341;
X1 = 42.91287847;

B2 = -0.01309307341;
X2 = -2.912878468;

% a series of RC load
R_load = 35; % (Ohm) resistor at the load
C_load = 1./(2*pi*f0*20); % (F) capacitor in the load ( $X_L = 20$ )

% circuit elements in the matching network
L1 = X1./(2*pi*f0); % (H) inductor at the matching network (solution 1)
C1 = B1./(2*pi*f0); % (F) capacitor at the matching network (solution 1)

C2 = -1./(2*pi*f0*X2); % (F) capacitor at the matching network (solution 2)
L2 = -1./(2*pi*f0*B2); % (H) inductor at the matching network (solution 2)

Z0 = 50; % (Ohm) characteristic impedance
f = linspace(0, 6 * 10^(9)); % (Hz) range of frequencies to plot

%-----%
% program starts here %
%-----%

ZL = R_load + 1./(j*2*pi*f*C_load); % load impedance

% Solution 1
ZC1 = 1./(j*2*pi*f*C1); % impedance of C in the matching network
ZL1 = j*2*pi*f*L1;
Zin1 = ( ( ZL + ZL1 ) .* ( ZC1 ) ) ./ ( ZL + ZL1 + ZC1 ); % input impedance
Gamma1 = ( Zin1 - Z0 ) ./ ( Zin1 + Z0 ); % reflection coefficient at the
matching network

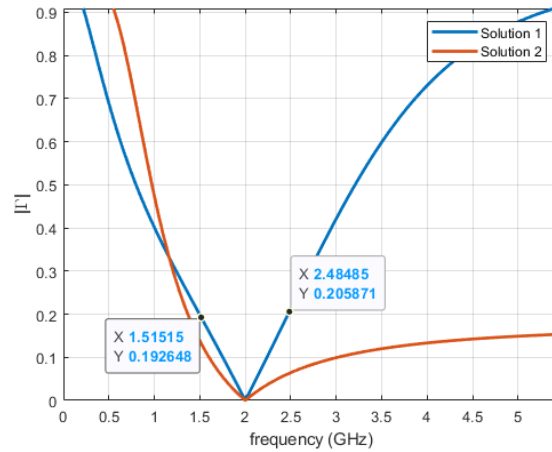
% Solution 2
ZL2 = j*2*pi*f*L2;
ZC2 = 1./(j*2*pi*f*C2);
Zin2 = ( ( ZL + ZC2 ) .* ( ZL2 ) ) ./ ( ZL + ZL2 + ZC2 ); % impedance of L in
the matching network
Gamma2 = ( Zin2 - Z0 ) ./ ( Zin2 + Z0 ); % reflection coefficient at the
matching network

plot( f/10^9, abs(Gamma1), ...
      f/10^9, abs(Gamma2), 'Linewidth', 2 );

xlabel('frequency (GHz)');
ylabel('| \Gamma |');
legend('Solution 1', 'Solution 2');
grid on
```

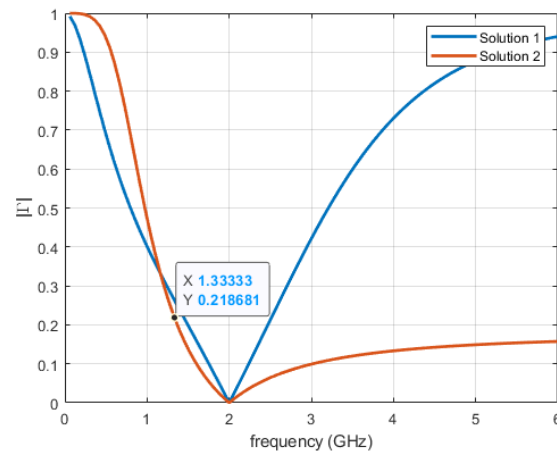
- Determine the fractional bandwidths for both solutions ($\Gamma_m = 0.2$)

Simulation Result of Solution 1



$$\text{The fractional bandwidths} = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_0} = \frac{(2.48485 - 1.51515) \times 10^9}{2 \times 10^9} = 0.48485 \text{ (48.485\%)}$$

Simulation Result of Solution 2



$$\text{The fractional bandwidths} = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_0} = \frac{(\infty - 1.33333) \times 10^9}{2 \times 10^9} = \text{หาค่าไม่ได้}$$

- Discuss which solution is better

จากการทดลองที่ได้ทำการวัดค่า f_{\max} และ f_{\min} ที่ $\Gamma_m = 0.2$ ของทั้งสอง solution พบว่าใน solution 1 วงจรเกิดการ matching กันที่ความถี่ที่เราออกแบบไว้ (2 GHz) มีค่า The fractional bandwidths เท่ากับ 48.485% ส่วน solution 2 พบว่าที่ $\Gamma_m = 0.2$ ไม่สามารถวัดค่า f_{\max} ได้ เมื่อพิจารณาจากการ simulation ที่ช่วงความถี่ 0 – 100 GHz ดังรูปข้างต้น จะเห็นได้ชัดว่าเส้นกราฟทางฝั่ง f_{\max} จะมีความเป็นเส้นตรง และไม่ผ่านที่ $\Gamma_m = 0.2$ ทำให้ The fractional bandwidths ของ solution 2 หาค่าไม่ได้ ดังนั้นต้องเลือก solution 2 จะดีที่สุด