

به نام خدا



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

طراحی مدارهای فرکانس بالا

ترم پاییز ۱۴۰۱

تمرین چهارم

شبیه سازی با ADS

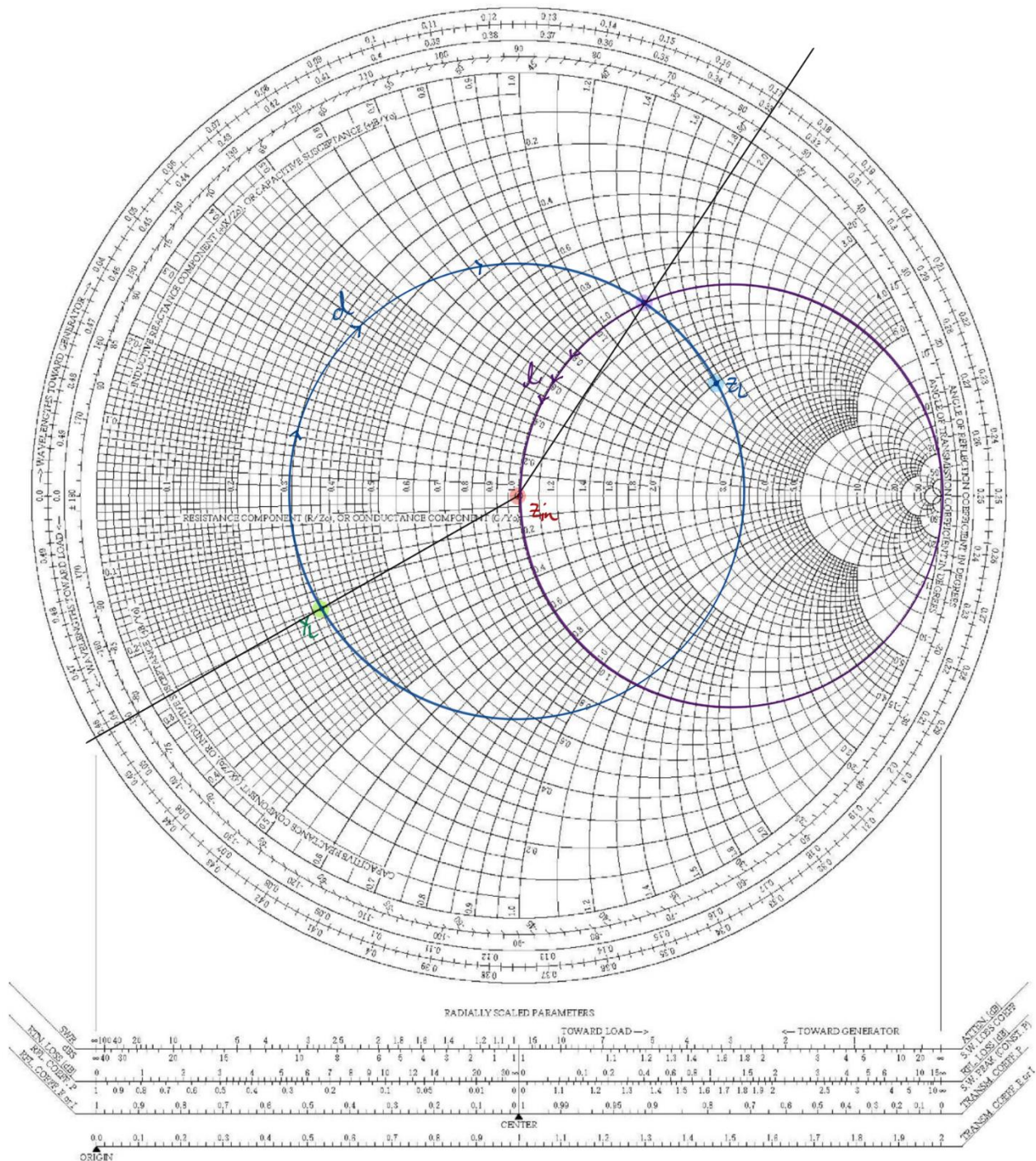
مینا احمدیان نجف آبادی

۹۸۱۶۸۱۳

## سوال ۴

(۴) (تمرین ADS، زمان تحویل تا ۱۷/۰۹/۱۴۰۱) امپدانس  $Z_L = 100 + j75 \Omega$  را با خط  $Z_0 = 50 \Omega$  با روش single stub matching تطبیق دهید. (طول خط و استاب را بر حسب  $\lambda_{eff}$  بدست آورید) برای یک برد با  $\epsilon_r = 9.8$  و  $h = 1.2 \text{ mm}$  در فرکانس  $f_0 = 1 \text{ GHz}$  و  $\lambda_{eff}$  عرض خطوط (W) را بدست آورید. همچنین طول خط و استاب را بر حسب mm بدست آورید.

حل سوال به صورت دستنویس:



$$z_L = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{100 + j75}{50} = 2 + j1.5, \quad \lambda_0 = \frac{c}{f} = 0.3 \text{ m} = 300 \text{ mm}$$

$$d = (0.5\lambda - 0.459\lambda) + 0.171\lambda = 0.212\lambda_0 = 63.6 \text{ mm}$$

$$\gamma_b = -j1.3 \Rightarrow \ell = 0.146\lambda_0 = 43.8 \text{ mm}$$

$$A = \frac{2\pi Z_0}{\eta_0} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left( 0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right), \quad \eta_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 377 \Omega$$

$$A = \frac{50}{60} \sqrt{\frac{9.8 + 1}{2}} + \frac{9.8 - 1}{9.8 + 1} \left( 0.23 + \frac{0.11}{9.8} \right) = 2.13$$

$$B = \frac{\pi \eta_0}{2 Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} = \frac{377 \pi}{2 \times 50 \sqrt{9.8}} = 3.78$$

$$\frac{w}{h} = \frac{8}{e^A - 2e^{-A}} = 0.978, \quad h = 1.2 \text{ mm} \Rightarrow w = 1.17 \text{ mm}$$

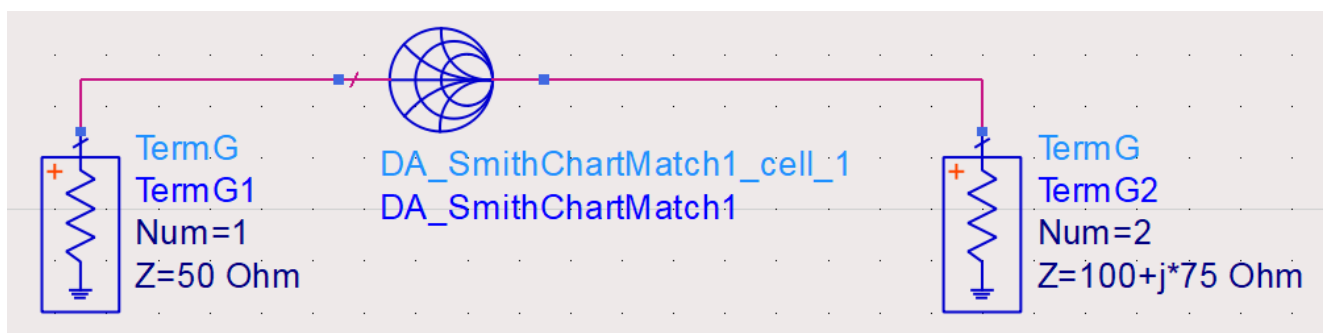
$$\frac{\epsilon_r + 1}{2} < \epsilon_{r\text{eff}} < \epsilon_r \Rightarrow \epsilon_{r\text{eff}} = 6.58 \quad (\text{با استفاده از ADS})$$

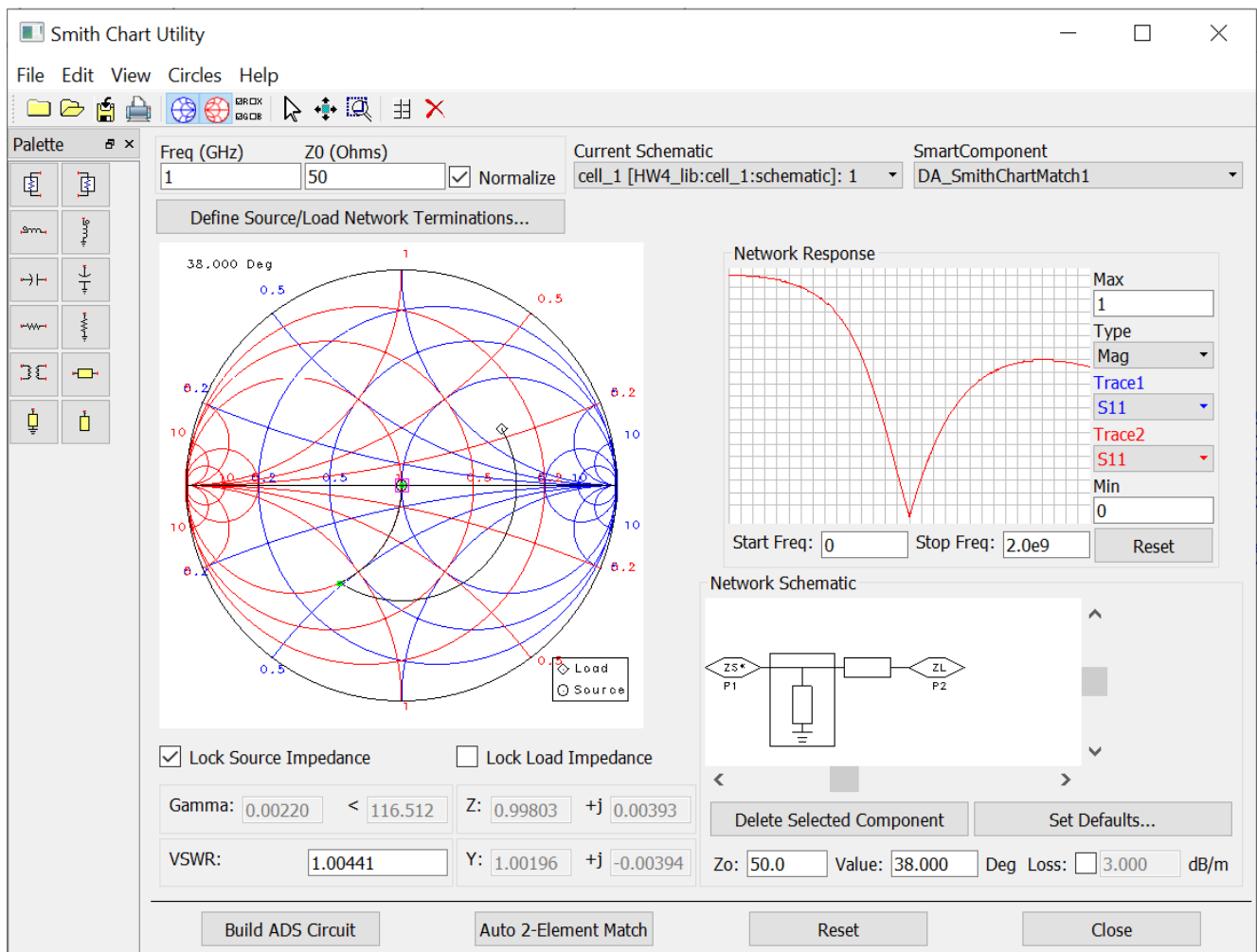
$$\lambda_{\text{eff}} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{r\text{eff}}}} = \frac{300 \text{ mm}}{\sqrt{6.58}} = 117 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} d_{\text{eff}} = 0.212 \lambda_{\text{eff}} = 24.8 \text{ mm} \\ \ell_{\text{eff}} = 0.146 \lambda_{\text{eff}} = 17.1 \text{ mm} \end{cases}$$

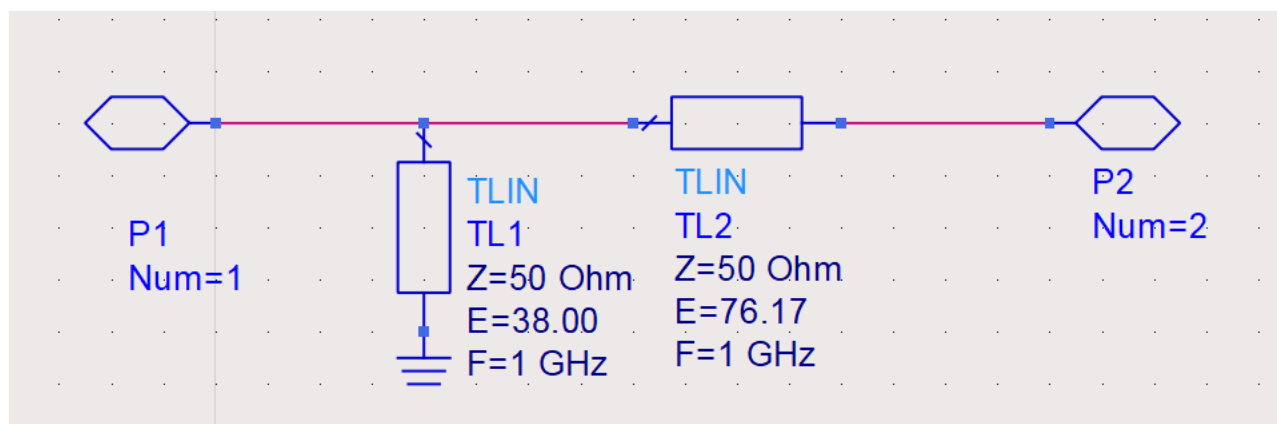
حل سوال با استفاده از نرم افزار ADS :

با استفاده از ابزار Smith Chart مدار تطبیق امپدانس را طراحی می کنیم:





پس از انجام تنظیمات، توسط گزینه Build ADS Circuit مدار طراحی می‌شود. در صفحه شماتیک با انتخاب DA\_SmithChartMatch1 و گزینه Push Into Hierarchy، مدار تطبیق زیر مشاهده می‌شود.



الف- به کمک ابزار LineCalc در ADS نتایج محاسبات خودتان را با نتایج محاسبات LineCalc مقایسه کنید.  
در بخش schematic مدار را با کمک خطوط انتقال ایده آل و طول های بدست آمده شبیه سازی کنید.  $|\Gamma_{in}|$  را  
برای بازه فرکانسی  $0.1\text{GHz} < f < 2\text{GHz}$  رسم کنید.  
نتایج بدست آمده از ابزار LineCalc به صورت زیر است:

LineCalc/untitled

File Simulation Options Help

Component  
Type MLIN ID MLIN: MLIN\_DEFAULT

Substrate Parameters

ID MSUB\_DEFAULT

Er	9.800	N/A
Mur	1.000	N/A
H	1.200	mm
Hu	3.9e+34	mil
T	0.150	mil
Cond	4.1e7	N/A
TanD	0.000	N/A

Component Parameters

Freq 1.000 GHz

Wall1 mil

Wall2 mil

Physical

W 1.158350 mm

L 12.340300 mm

Synthesize Analyze

Electrical

Z0 50.000 Ohm

E\_Eff 38.000 deg

Calculated Results

K\_Eff = 6.575

A\_DB = 0.007

SkinDepth = 0.097

Values are consistent

LineCalc/LCeff.lcs

File Simulation Options Help

Component  
Type MLIN ID MLIN: MLIN\_DEFAULT

Substrate Parameters

ID MSUB\_DEFAULT

Er	9.800	N/A
Mur	1.000	N/A
H	1.200	mm
Hu	3.9e+34	mil
T	0.150	mil
Cond	4.1e7	N/A
TanD	0.000	N/A

Component Parameters

Freq 1.000 GHz

Wall1 mil

Wall2 mil

Physical

W 1.158350 mm

L 24.745600 mm

Synthesize Analyze

Electrical

Z0 50.000 Ohm

E\_Eff 76.2000 deg

Calculated Results

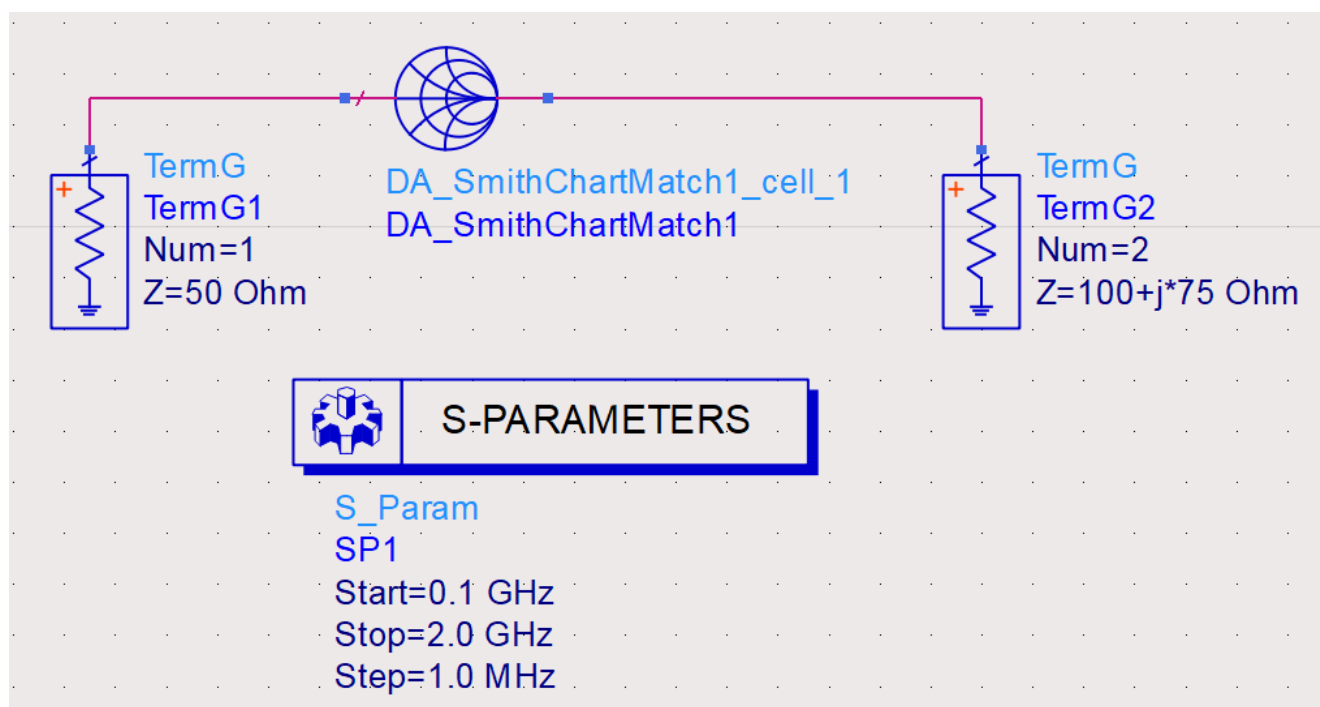
K\_Eff = 6.575

A\_DB = 0.015

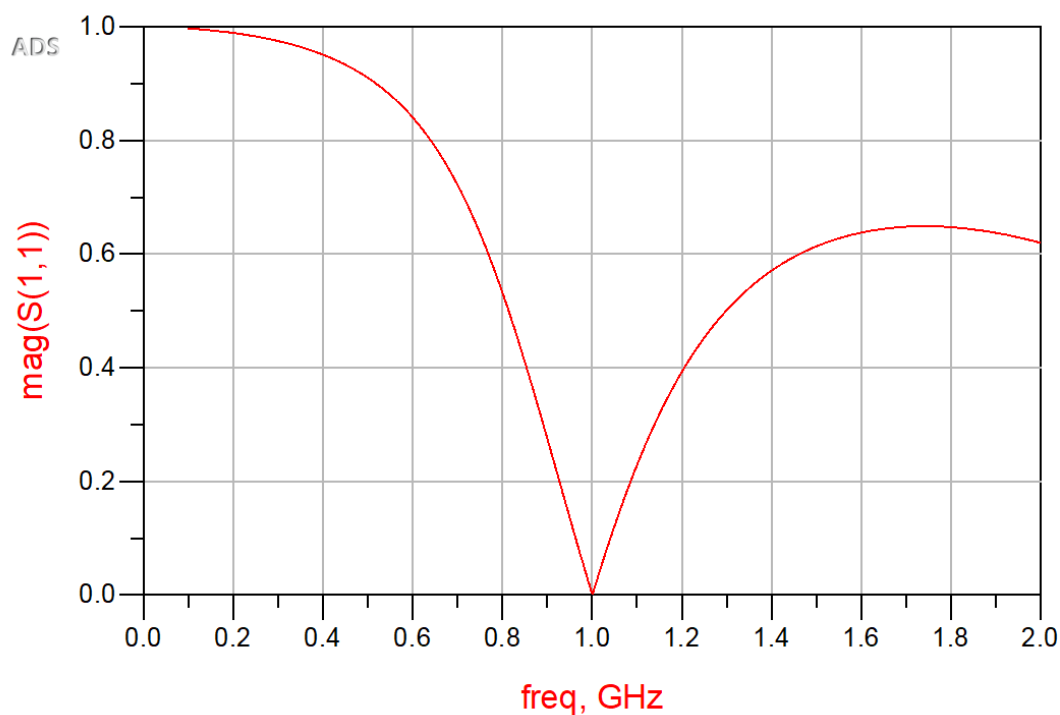
SkinDepth = 0.097

Parameter(s) modified - Values are not consistent

مقادیر بدست آمده در محاسبات عددی و طول موج محاسباتی، بسیار متفاوت تر از مقادیر بدست آمده از ابزار LineCalc است ولی با محاسبه طول موج اثرگذار، اعداد بدست آمده به نتایج نزدیک می شوند.



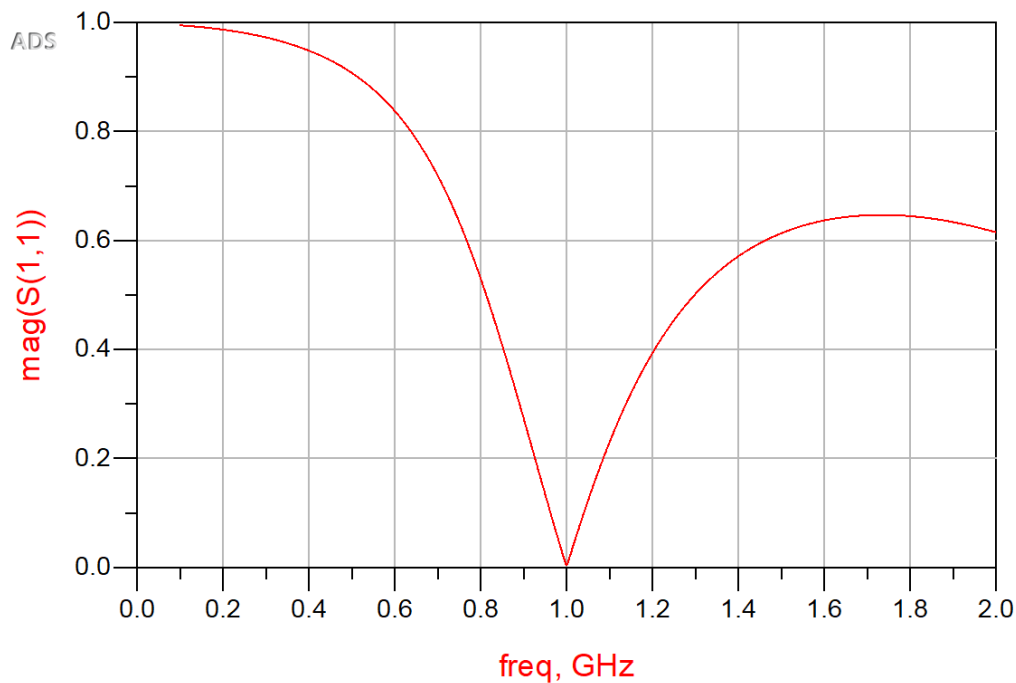
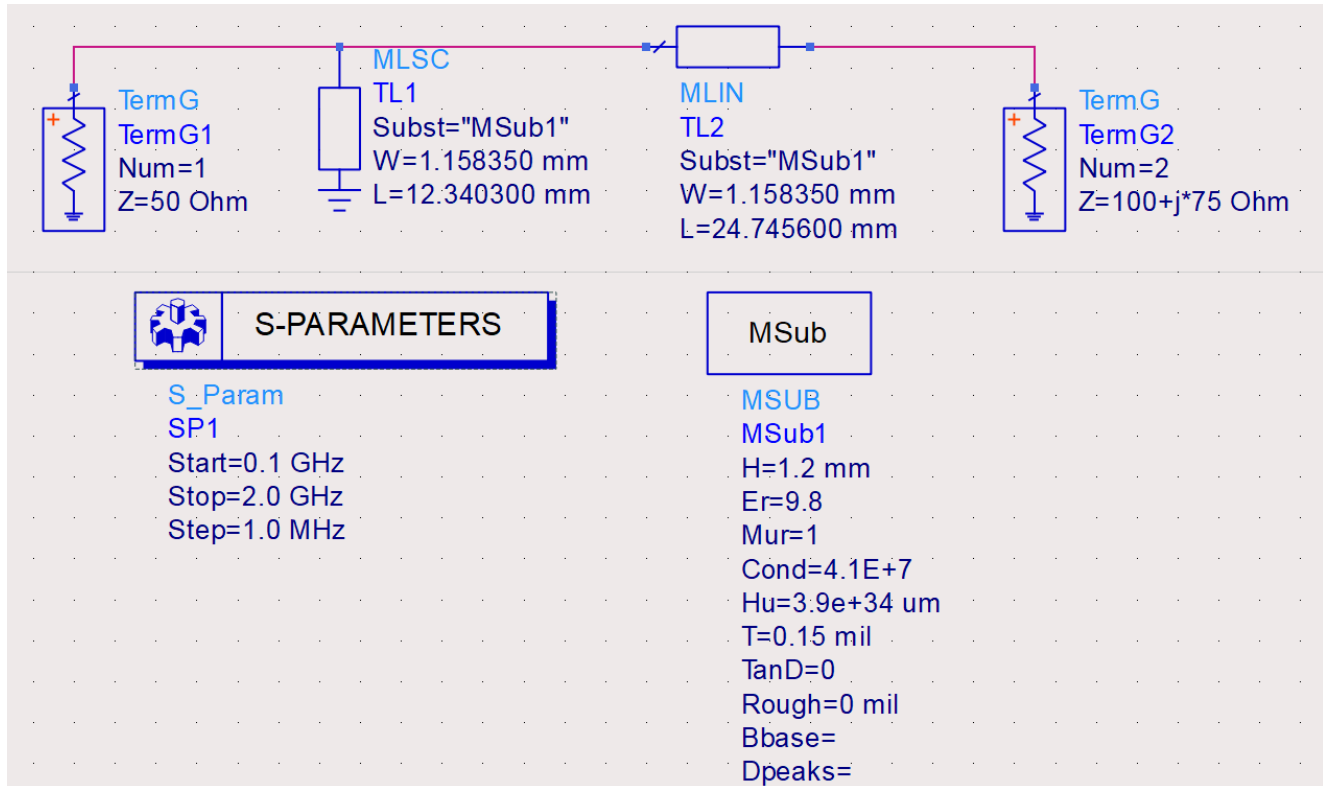
با انجام شبیه سازی بالا، اندازه ضریب انعکاس ورودی به صورت زیر بدست می آید:



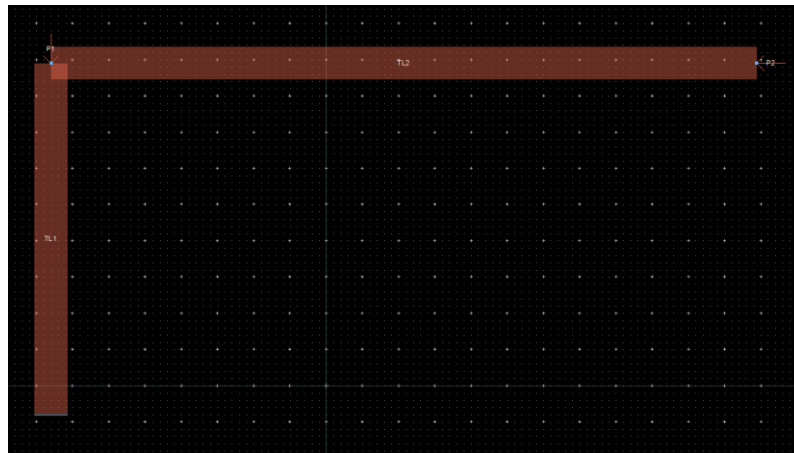


ب- سپس مدار فوق را در بخش EM از ADS شبیه‌سازی کنید به این ترتیب که مدار تطبیق شامل خط و استاب را روی برد با  $h=1.2\text{ mm}$  ،  $\epsilon_r=9.8$  ،  $\tan\delta=0$  و ارتفاع جعبه  $3\text{ cm}$  پیاده کنید سپس  $|\Gamma_{in}|$  را بر حسب فرکانس بدست آورید آیا نتایج با حالت قبل یکسان است؟

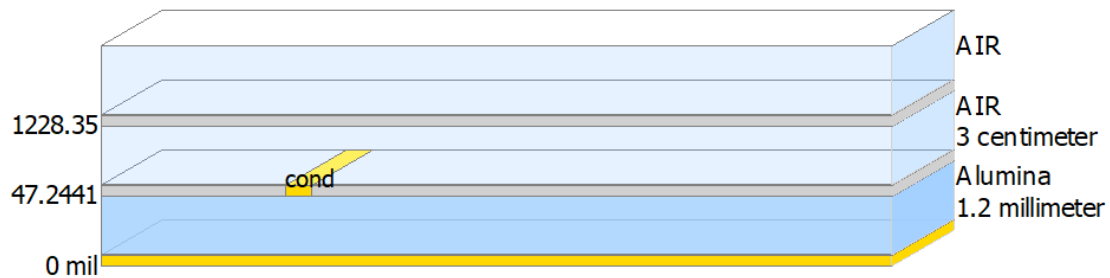
مدار طراحی شده با استفاده از خطوط Microstrip و اندازه ضریب انعکاس ورودی یا Return Loss نیز به صورت زیر است:



سپس از بخش Layout و گزینه‌ی Generate/Update Layout شماتیک فوق را به Layout تبدیل کرده و برای آن پورت قرار می‌دهیم:

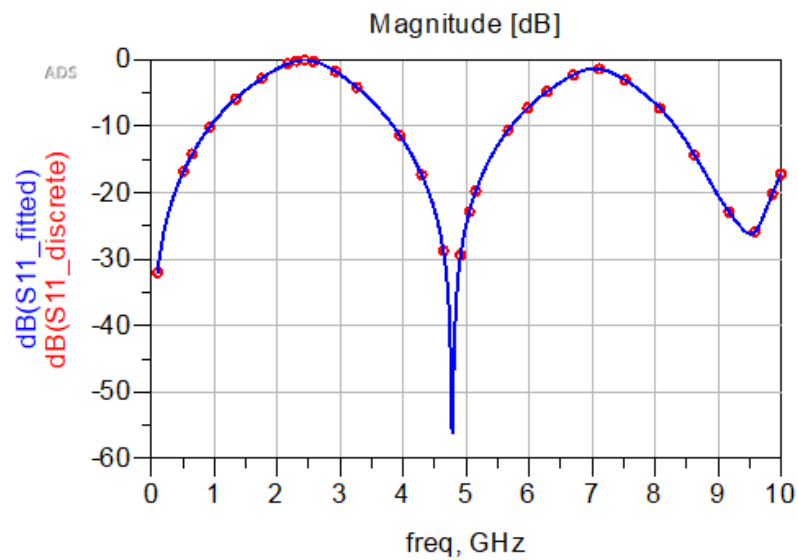


بستر شبیه‌سازی به صورت زیر می‌باشد: ( $\tan \delta = 0$ )



نتایج شبیه‌سازی (EM Simulation) به صورت زیر بدست می‌آید:

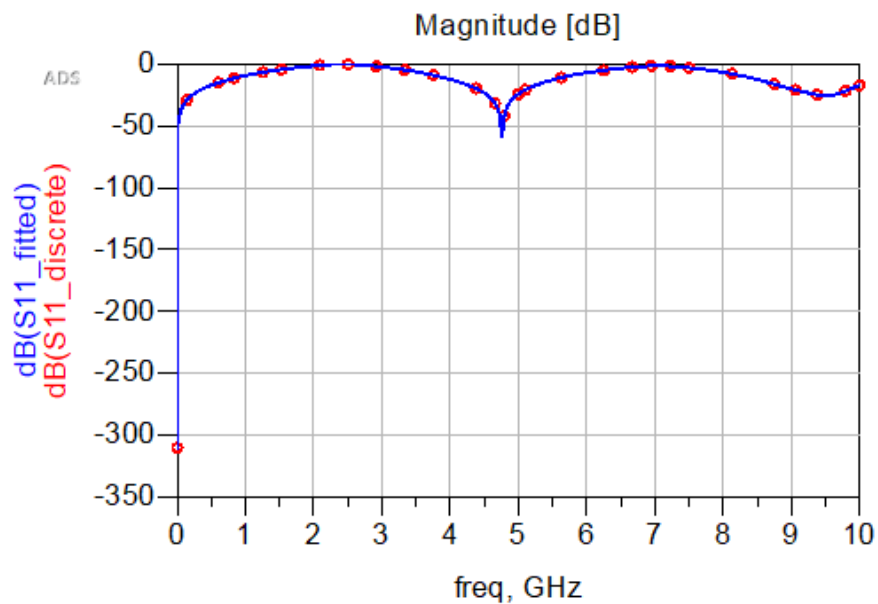
برای  $\tan \delta = 0$



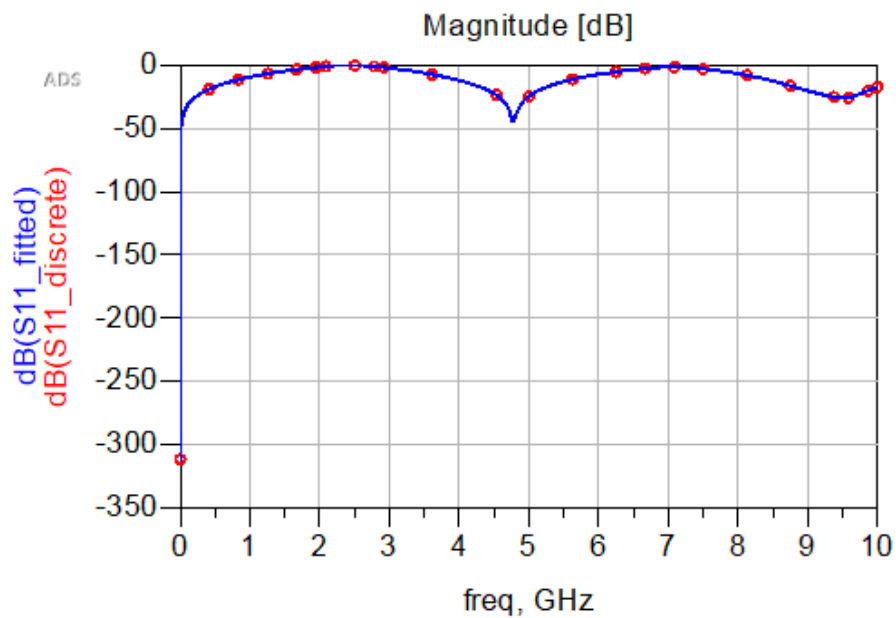
همان‌طور که مشاهده می‌شود نتایج بدست آمده مشابه با حالت قبل نیست.



پ- قسمت قبل را یک بار برای  $\tan\delta=0.003$  و  $\tan\delta=0.01$  تکرار کنید چه تغییری می‌بینید؟ همچنین قسمت (ب) را با ارتفاع جعبه 0.7 cm تکرار کنید. چه تغییری ایجاد می‌شود؟ چرا؟  
برای  $\tan\delta = 0.003$



برای  $\tan\delta = 0.01$



برای  $\tan \delta = 0$  و ارتفاع ۰.۷ سانتی متر

