Circuite și Dispozitive pentru Microunde

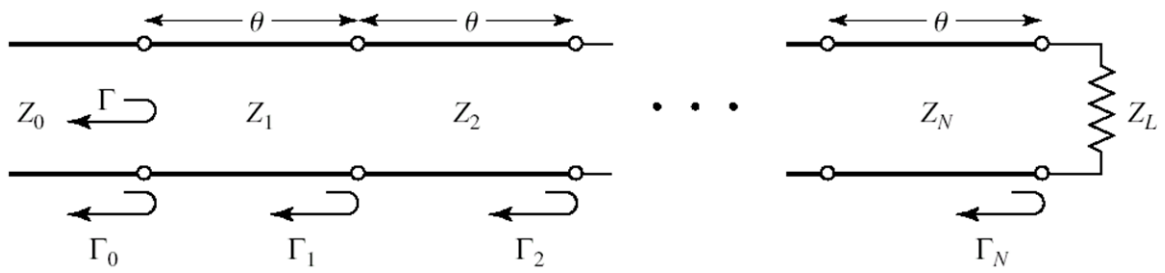
Lucrarea nr. 2

Notă: Chiar dacă o imagine conține mai multă informație decât textul din 1000 de cuvinte, trebuie citit si textul.

Proiectarea unei transformator de impedanță multisecțiune

Dezadaptarea, cu pierderea corespunzătoare de putere, apare în momentul în care există o nepotrivire între impedanța generatorului de semnal și impedanța sarcinii. Aceasta poate fi controlată în mai multe moduri, varianta cea mai simplă fiind cea amintită la curs/L1, utilizarea unei linii de lungime λ/4 **la frecvența de lucru**, cu o impedanță caracteristică situată la egală depărtare (progresie geometrică) între valoarea impedanței generatorului și sarcinii. În locul unei modificări în salt a impedanței se obține o trecere (scădere sau creștere) graduală a impedanței, îmbunătățindu-se transferul de putere **la frecvența de lucru**.

Dezavantajul transformatorului în sfert de lungime de undă constă în banda relativ îngustă. Obținerea unei benzi de adaptare mai largă se poate obține prin introducerea intre generator și sarcină a mai multor secțiuni de linie de lungime λ/4 la frecvența de lucru, scopul fiind același, obținerea unei scăderi sau creșteri graduale a impedanței. Ca urmare valorile impedanțelor caracteristice trebuie să fie **crescătoare sau descrescătoare** (eventual strict, incluzând și valorile impedanțelor sursei și sarcinii).



Primul pas va consta în proiectarea acestei rețele în funcție de **datele individuale** primite. Pentru relațiile de calcul sunteți îndemnați să citiți cursurile 3 și 4. La laborator se vor folosi tabelele pentru proiectare rapidă, pentru transformatorul cu mai multe secțiuni binomial sau Cebîșev. Cele două modalități de alegere a impedanțelor diferă prin modul în care este permisă atingerea limitei de pierdere de putere (doar la capetele benzii - binomial, sau de mai multe ori în interiorul benzii - Cebîșev)

Vom presupune că tema primită constă în proiectarea unui transformator binomial cu trei secțiuni care să adapteze o sarcină de 110Ω la un generator de 50Ω la frecvența de 3 GHz. Aceasta va implica un raport $Z_L/Z_0 \approx 2$. Deci din tabelul corespunzător vom reține linia pentru $Z_L/Z_0 = 2$ din zona corespunzătoare transformatorului cu 3 secțiuni (N=3).

$Z_1/Z_0 = 1.0907$, Z_1=54.53 Ω; $Z_2/Z_0 = 1.4142$, Z_2=70.71 Ω; $Z_3/Z_0 = 1.8337$, Z_3=91.68 Ω

Se menționează în acest moment că, deși tabelele sunt completate numai pentru valori $Z_L/Z_0 > 1$, ele pot fi folosite și pentru adaptarea unui generator la o sarcină de impedanță mai mică. Astfel pentru adaptarea (aproximativă în acest moment) de la 50Ω la 110Ω se intercalează impedanțele caracteristice calculate pentru obținerea unei succesiuni (crescătoare) 50Ω, 54.53Ω, 70.71Ω, 91.68Ω, 110Ω. Aceleași impedanțe **dar în ordine inversă**, vor realiza succesiunea descrescătoare pentru adaptarea unui generator de 110Ω la o sarcină de 50Ω: 110Ω, 91.68Ω, 70.71Ω, 54.53Ω, 50Ω. Ca urmare, pentru utilizarea tabelelor următoare se va

interpreta ca Z_0 valoarea cea mai mică dintre cele două impedanțe primite în temă (generator sau sarcină), iar ca Z_L valoarea cea mai mare. Z_1 va fi amplasat lângă Z_0, iar Z_3 va fi amplasat lângă Z_L.

Valorile inițiale pentru transformatoarele Cebîșev se obțin din al doilea tabel, utilizând un parametru suplimentar: valoarea maximă acceptabilă a coeficientului de reflexie (în cazul de față $|\Gamma| = 0.15 \approx 0.20$).

Transformator binomial cu mai multe secţiuni

	$N=2$		$N=3$			$N=4$			
Z_L/Z_0	Z_1/Z_0	Z_2/Z_0	Z_1/Z_0	Z_2/Z_0	Z_3/Z_0	Z_1/Z_0	Z_2/Z_0	Z_3/Z_0	Z_4/Z_0
1.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.5	1.1067	1.3554	1.0520	1.2247	1.4259	1.0257	1.1351	1.3215	1.4624
2.0	1.1892	1.6818	1.0907	1.4142	1.8337	1.0444	1.2421	1.6102	1.9150
3.0	1.3161	2.2795	1.1479	1.7321	2.6135	1.0718	1.4105	2.1269	2.7990
4.0	1.4142	2.8285	1.1907	2.0000	3.3594	1.0919	1.5442	2.5903	3.6633
6.0	1.5651	3.8336	1.2544	2.4495	4.7832	1.1215	1.7553	3.4182	5.3500
8.0	1.6818	4.7568	1.3022	2.8284	6.1434	1.1436	1.9232	4.1597	6.9955
10.0	1.7783	5.6233	1.3409	3.1623	7.4577	1.1613	2.0651	4.8424	8.6110

	$N=5$					$N=6$					
Z_L/Z_0	Z_1/Z_0	Z_2/Z_0	Z_3/Z_0	Z_4/Z_0	Z_5/Z_0	Z_1/Z_0	Z_2/Z_0	Z_3/Z_0	Z_4/Z_0	Z_5/Z_0	Z_6/Z_0
1.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.5	1.0128	1.0790	1.2247	1.3902	1.4810	1.0064	1.0454	1.1496	1.3048	1.4349	1.4905
2.0	1.0220	1.1391	1.4142	1.7558	1.9569	1.0110	1.0790	1.2693	1.5757	1.8536	1.9782
3.0	1.0354	1.2300	1.7321	2.4390	2.8974	1.0176	1.1288	1.4599	2.0549	2.6577	2.9481
4.0	1.0452	1.2995	2.0000	3.0781	3.8270	1.0225	1.1661	1.6129	2.4800	3.4302	3.9120
6.0	1.0596	1.4055	2.4495	4.2689	5.6625	1.0296	1.2219	1.8573	3.2305	4.9104	5.8275
8.0	1.0703	1.4870	2.8284	5.3800	7.4745	1.0349	1.2640	2.0539	3.8950	6.3291	7.7302
10.0	1.0789	1.5541	3.1623	6.4346	9.2687	1.0392	1.2982	2.2215	4.5015	7.7030	9.6228

Transformator Cebâşev cu mai multe secţiuni

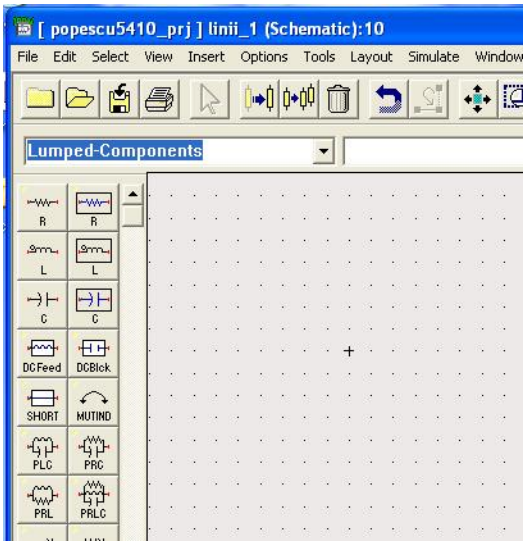
	$N=2$				$N=3$					
	$\Gamma_m=0.05$		$\Gamma_m=0.20$		$\Gamma_m=0.05$			$\Gamma_m=0.20$		
Z_L/Z_0	Z_1/Z_0	Z_2/Z_0	Z_1/Z_0	Z_2/Z_0	Z_1/Z_0	Z_2/Z_0	Z_3/Z_0	Z_1/Z_0	Z_2/Z_0	Z_3/Z_0
1.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.5	1.1347	1.3219	1.2247	1.2247	1.1029	1.2247	1.3601	1.2247	1.2247	1.2247
2.0	1.2193	1.6482	1.3161	1.5197	1.1475	1.4142	1.7429	1.2855	1.4142	1.5558
3.0	1.3494	2.2232	1.4565	2.0598	1.2171	1.7321	2.4649	1.3743	1.7321	2.1829
4.0	1.4500	2.7585	1.5651	2.5558	1.2662	2.0000	3.1591	1.4333	2.0000	2.7908
6.0	1.6047	3.7389	1.7321	3.4641	1.3383	2.4495	4.4833	1.5193	2.4495	3.9492
8.0	1.7244	4.6393	1.8612	4.2983	1.3944	2.8284	5.7372	1.5766	2.8284	5.0742
10.0	1.8233	5.4845	1.9680	5.0813	1.4385	3.1623	6.9517	1.6415	3.1623	6.0920

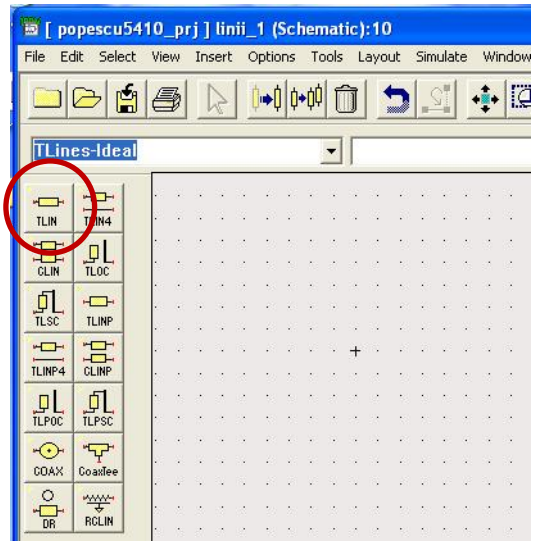
$N=4$

	$\Gamma_m=0.05$				$\Gamma_m=0.20$			
Z_L/Z_0	Z_1/Z_0	Z_2/Z_0	Z_3/Z_0	Z_4/Z_0	Z_1/Z_0	Z_2/Z_0	Z_3/Z_0	Z_4/Z_0
1.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.5	1.0892	1.1742	1.2775	1.3772	1.2247	1.2247	1.2247	1.2247
2.0	1.1201	1.2979	1.5409	1.7855	1.2727	1.3634	1.4669	1.5715
3.0	1.1586	1.4876	2.0167	2.5893	1.4879	1.5819	1.8965	2.0163
4.0	1.1906	1.6414	2.4369	3.3597	1.3692	1.7490	2.2870	2.9214
6.0	1.2290	1.8773	3.1961	4.8820	1.4415	2.0231	2.9657	4.1623
8.0	1.2583	2.0657	3.8728	6.3578	1.4914	2.2428	3.5670	5.3641
10.0	1.2832	2.2268	4.4907	7.7930	1.5163	2.4210	4.1305	6.5950

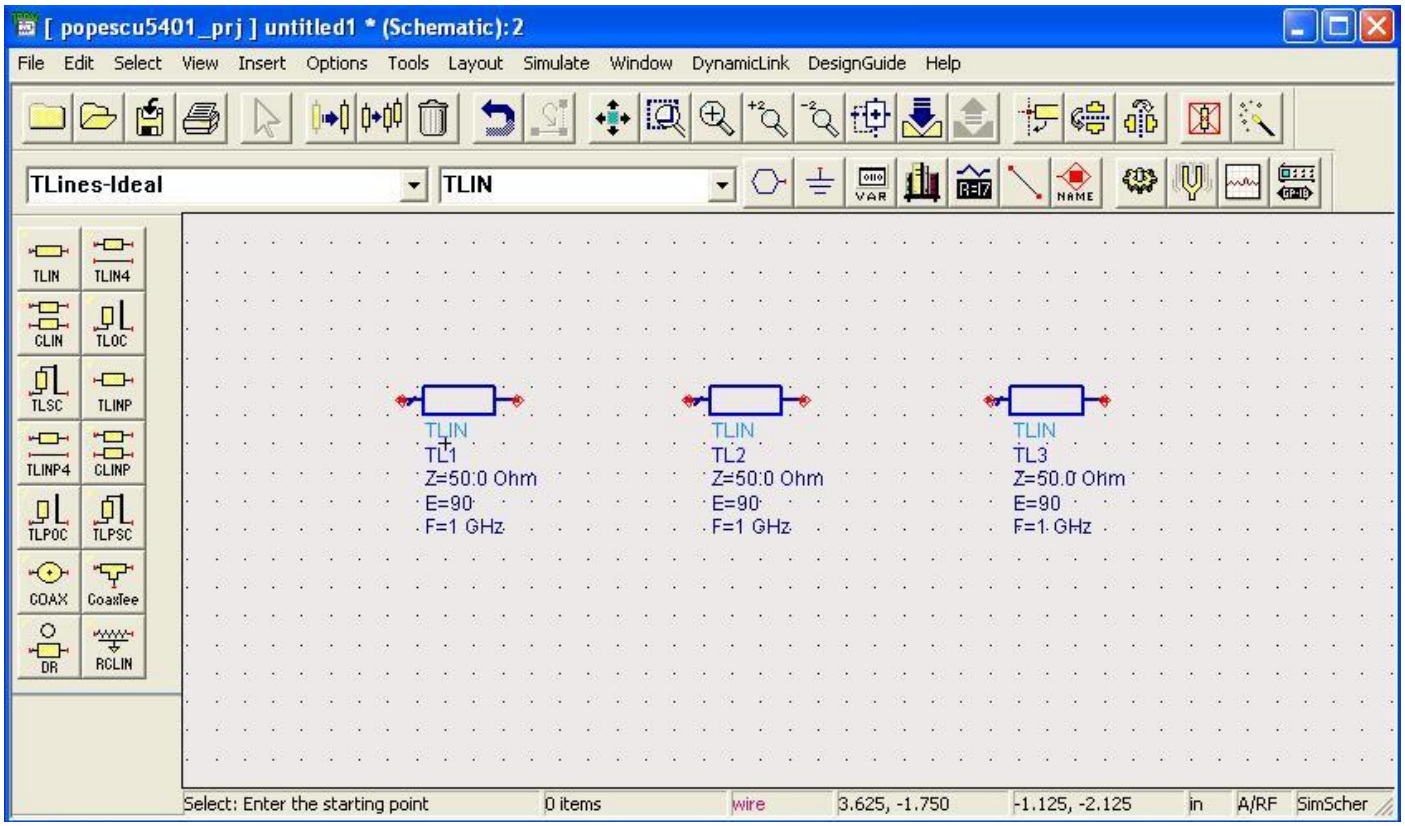
Simularea transformatorului de impedanță multisecțiune

În schema existentă de la pasul precedent vom desena transformatorul multisecțiune calculat pentru datele proprii. Pentru aceasta se accesează paleta de componente unde apare împărțirea pe secțiuni a elementelor care pot fi introduse. Implicit paleta deschisă este **Lumped-Components** dar va trebui să schimbați pentru a introduce elemente linie de transmisie **TLines-Ideal**. Elementul care trebuie introdus este primul din listă intitulat TLIN. Reprezintă linia de transmisie ideală, în care elementele referitoare la structură sunt eliminate.

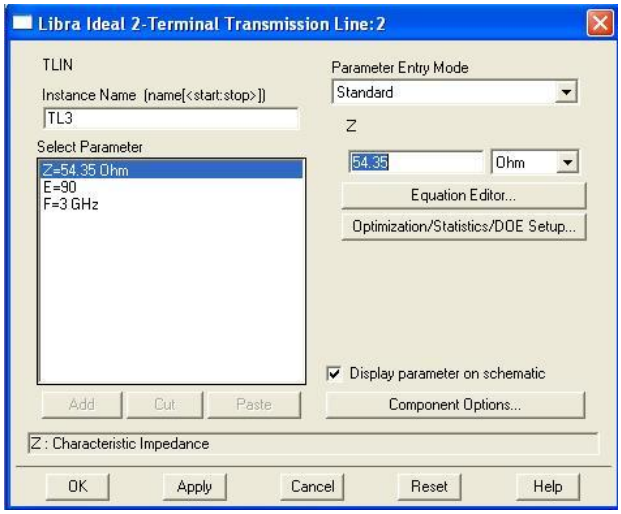




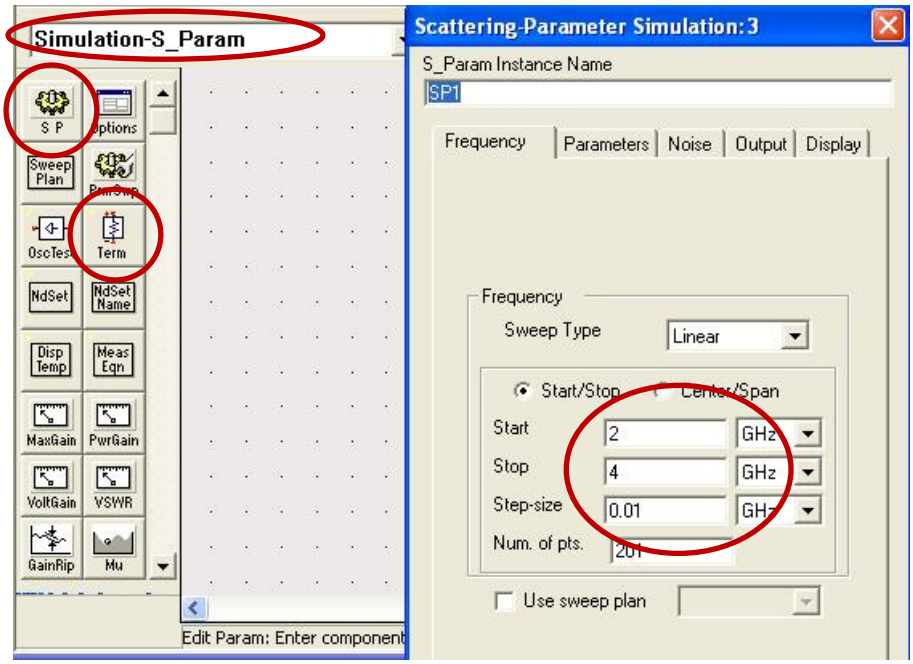
Introduceți în schemă 3 secțiuni de linii de transmisie. Veți remarca că implicit impedanța caracteristică este de 50 Ohm, lungimea electrică (E = βl) este de 90 grade la frecvența de 1GHz.



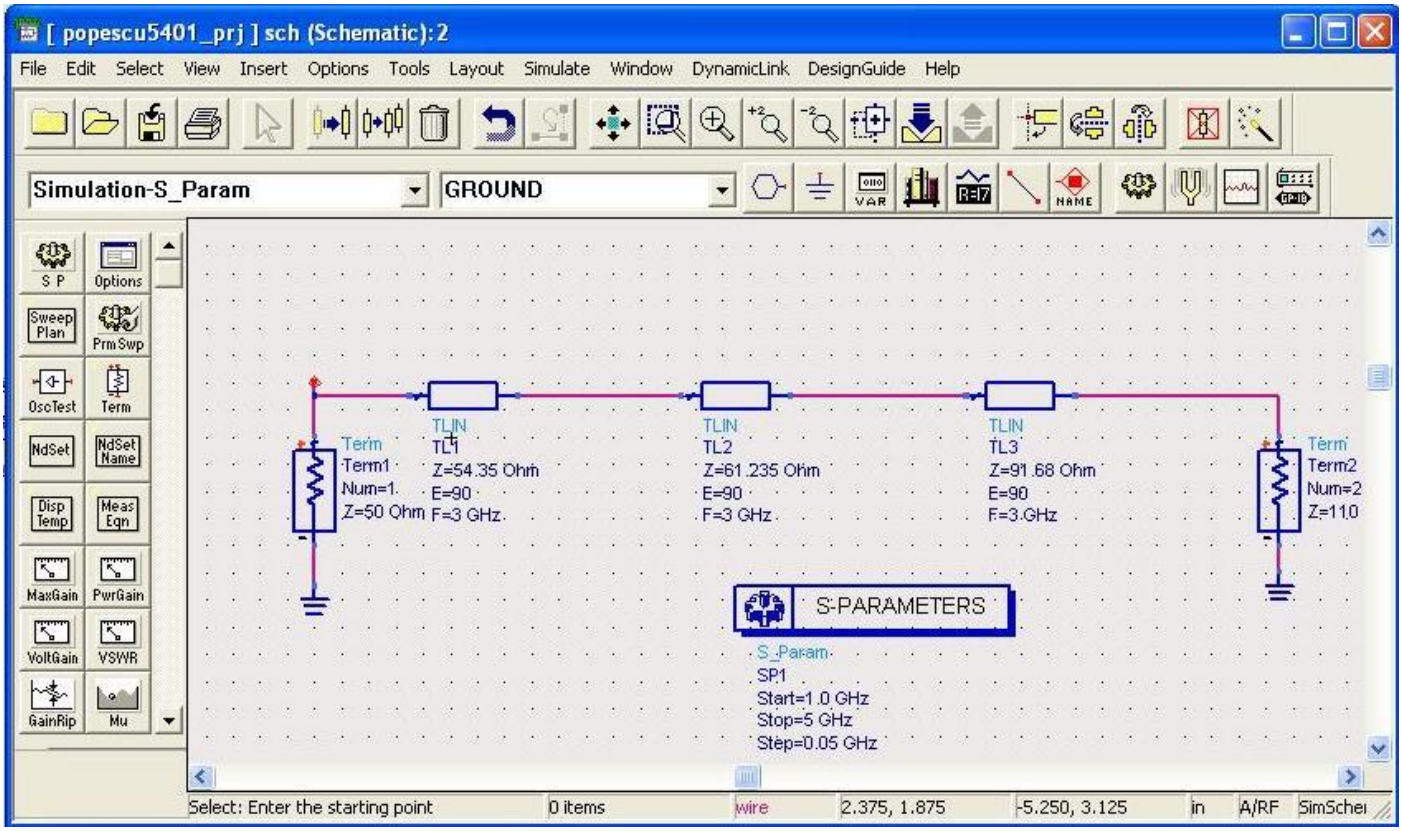
Va trebui să schimbați aceste valori. Prin dublu click pe un element se deschide fereastra corespunzătoare elementului in care se pot schimba acești parametri.



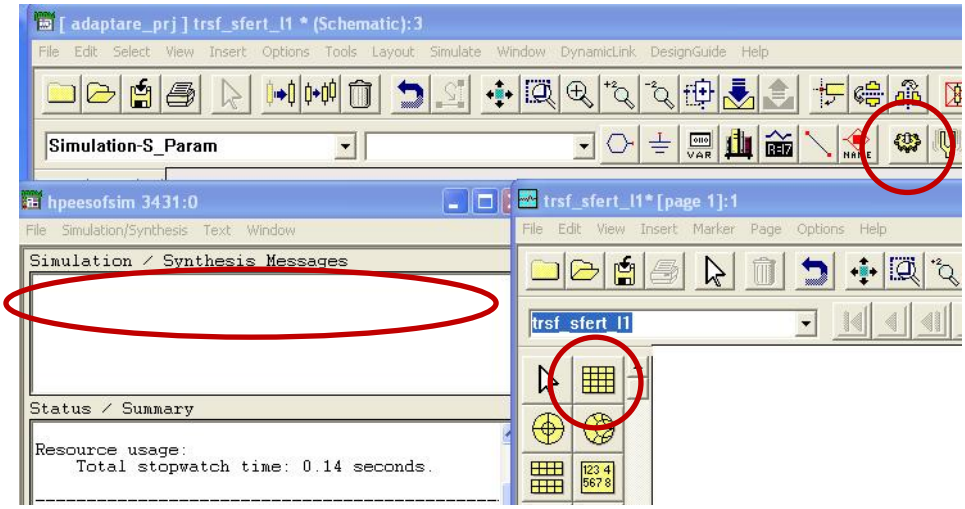
Simularea care va releva calitatea adaptării va fi o simulare a parametrilor S. Pentru a indica simularea pentru schemă, trebuie introdus un controler de simulare, în acest caz el poate fi găsit in paleta **Simulation-S_Param** Se introduc elementele din imagine: un controler de simulare si doi terminatori care vor fi cele două porturi: intrarea și ieșirea. In acest caz ne interesează ca terminatorul de intrare să aibă o impedanță de 50 Ω iar cel de ieșire de 110 Ω. De asemenea simularea trebuie făcută într-o bandă în jurul frecvenței de 3 GHz, de exemplu în banda 1-5 GHz cu un pas de 0.05 GHz. Nu uitați să schimbați **parametrii controler-ului** de simulare corespunzător temei primite. De asemenea impedanțele terminatorilor trebuie schimbate, pentru a corespunde valorilor din tema individuală.



Utilizați fire , masă , și eventual rotire  din bara de comenzi pentru a completa schema.

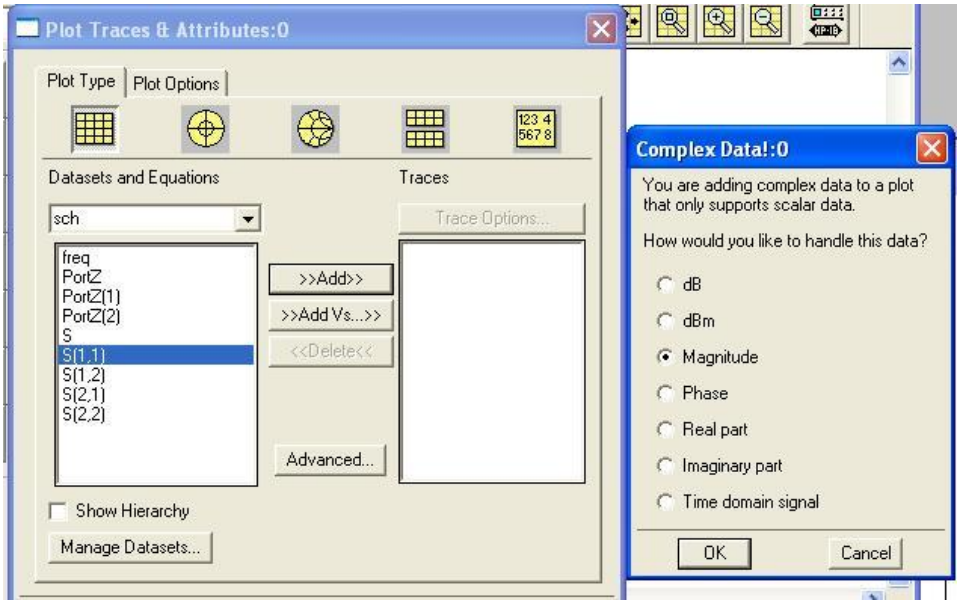


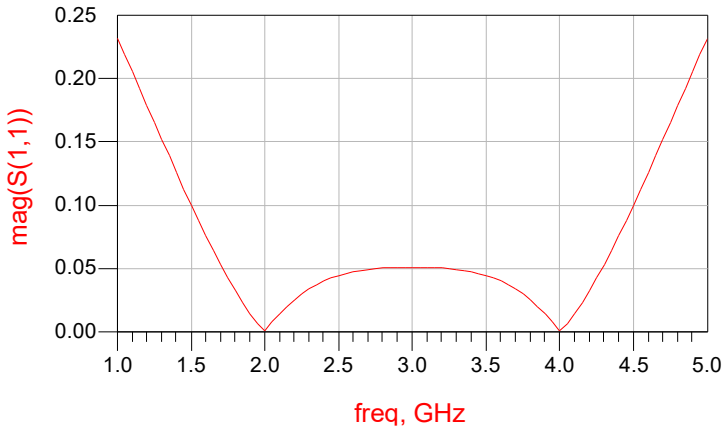
Urmează simularea efectivă , sau **F7** sau comanda din meniu **Simulate > Simulate**. Deoarece este o simulare de circuit, cu modele corespunzătoare dispozitivelor, vă puteți aștepta ca simularea să dureze puțin, de ordinul secundelor. Fereastra simulatorului prezentată mai jos rămâne deschisă. Urmăriți mesajele pentru a identifica un eventual mesaj de eroare. Dacă e cazul, încercați să îl interpretați și să corectați eroarea, în caz de insucces apelați la ajutorul cadrului didactic.



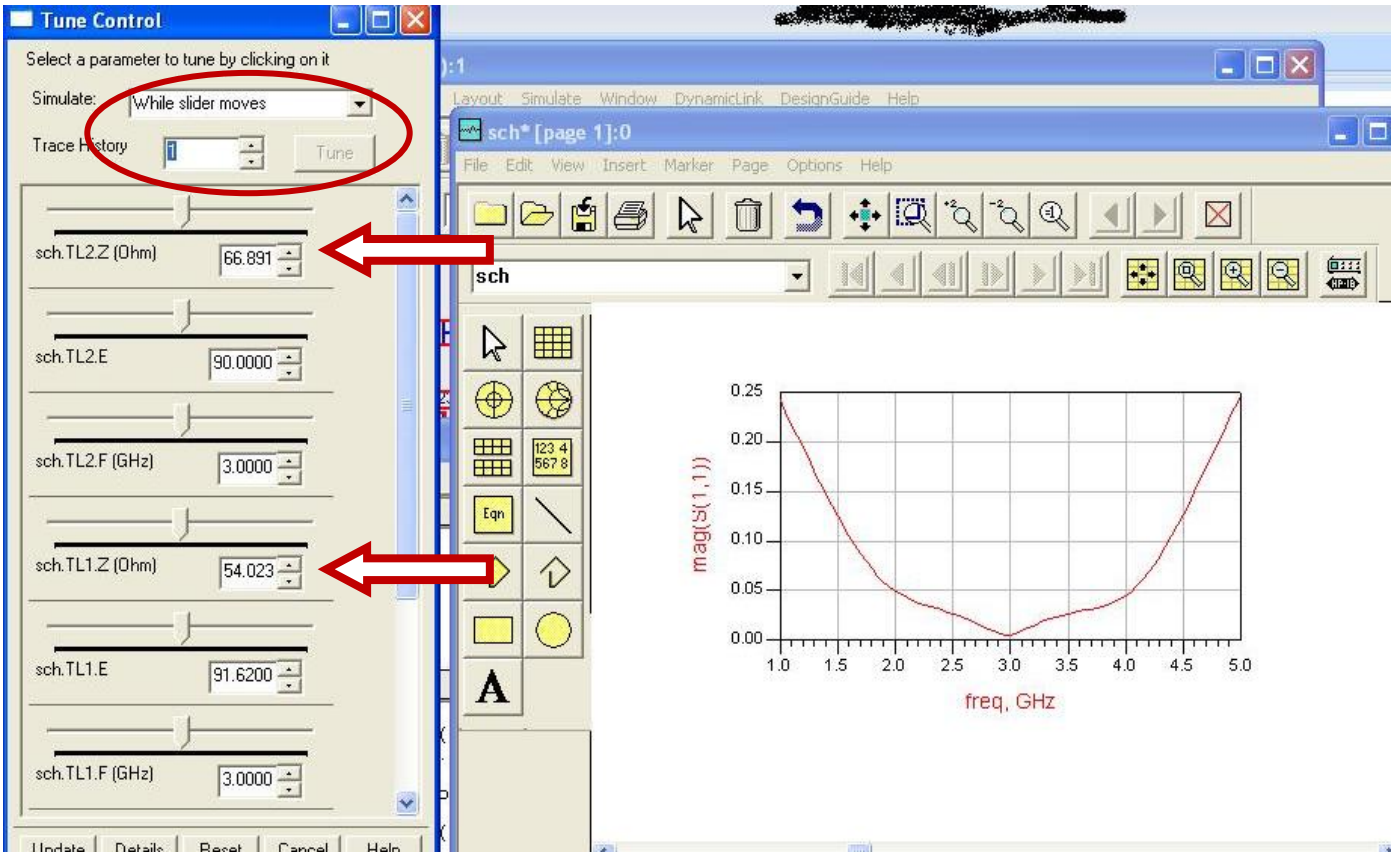
După terminarea **cu succes** a analizei se va deschide fereastra de vizualizare a rezultatelor. Rezultatul care va prezenta succesul adaptării la frecvența dată fi reprezentarea parametrilor S din care să rezulte un coeficient de reflexie nul la acea frecvență. Deoarece raportul Z_L/Z_0 nu a fost identificat cu precizie în tabel, vă puteți aștepta să nu obțineți de la început valoarea minimă a lui S_{11} la frecvența dată.

Vă interesează să reprezentaţi coeficientul de reflexie ca amplitudine, deci veţi alege în momentul plasării graficului rectangular pe ecran S(1,1) şi reprezentarea modulului (Magnitude).



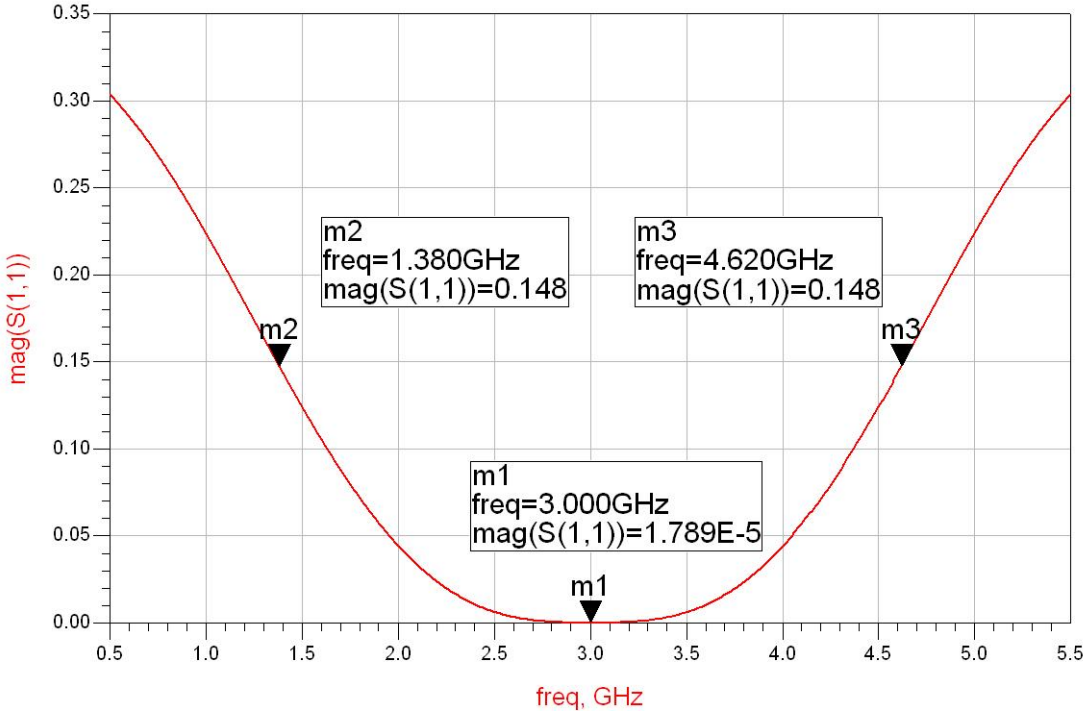


Adaptarea nu este perfectă datorită raportului Z_L/Z_0 care nu este exact egal cu 2. Va fi necesară utilizarea utilitarului de reglaj fin pentru a finaliza adaptarea . Pentru aceasta **<u>selectați elementele</u>** pe care doriți să le modificați (TL1, TL2 și TL3 în acest caz) și apăsați  pentru a porni utilitarul de reglaj.

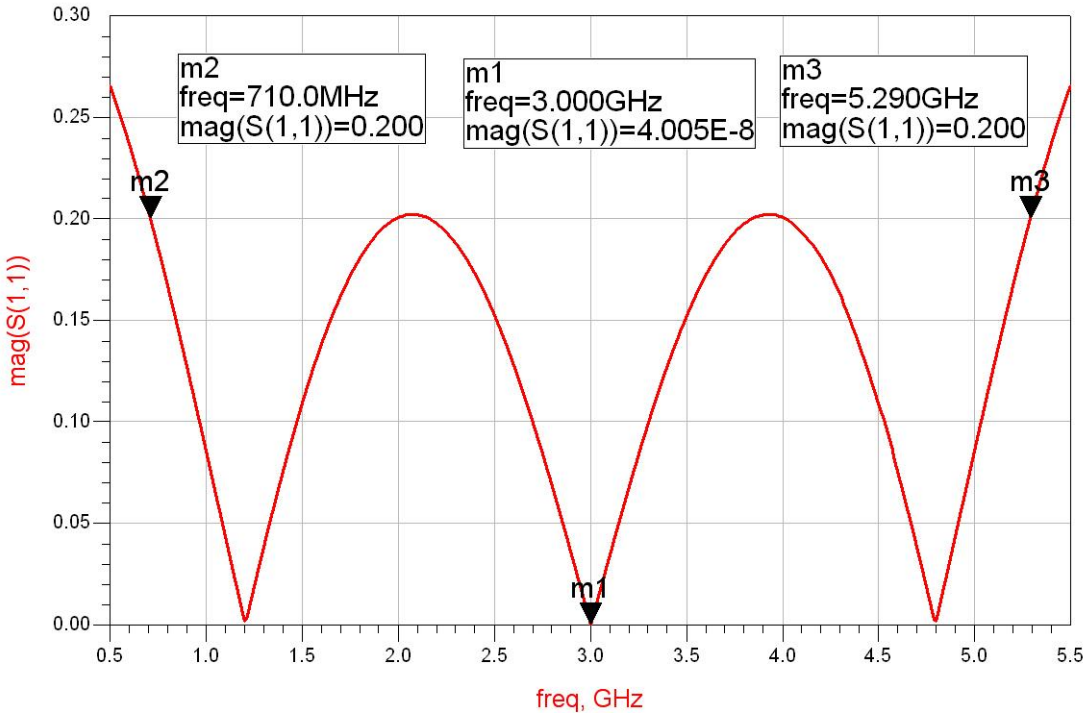


Va fi necesar poate să modificați (după preferință) alegerea din zona **Simulate** și **Trace History** pentru a urmări rezultatul cu claritate în timp real. Se vor modifica (**numai**) impedanțele caracteristice ale celor trei linii de transmisie pentru a obține rezultatul dorit. Utilizați 1-2 marker-i (**Marker > New**) pentru a vizualiza rezultatele în vederea predării lor.

Rezultatele finale ar trebui să fie similare celor din figurile următoare.



Pentru transformatorul binomial se va avea in vedere să se obțină caracteristica care atinge valoarea 0 (sau foarte apropiată) la frecvența de funcționare, are o formă cu minim plat, și e caracterizată de cea mai largă bandă posibil (cu respectarea celorlalte condiții).



Pentru transformatorul Cebîșev se va avea in vedere să se obțină o caracteristica care atinge valoarea 0 (sau foarte apropiată) în **trei** puncte (numărul de secțiuni de linie) din care unul la frecvența de funcționare, iar maximele dintre acestea ating valoarea coeficientului de reflexie maxim admisibil (primit în temă).

În ambele situații, doi marker-i (sau 1 marker care este mutat) se folosesc pentru a detecta cele două frecvențe care reprezintă capetele benzii de adaptare cu limita de coeficient de reflexie impusă prin temă.

Notă. La sfârșitul lucrării se predau valorile finale obținute prin **reglaj** corespunzător, nu valorile inițiale obținute din tabele.