# Circuite și Dispozitive pentru Microunde

## Lucrarea nr. 1

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

#### Proiectarea unei rețele de adaptare de impedanță

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 pe scurt la curs, utilizarea unei linii de lungime  $\lambda/4$  <u>la frecvența de lucru</u>, 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 <u>la frecvența de lucru</u>.

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  $\lambda/4$  la frecvența de lucru, scopul fiind același, obținerea unei scăderi sau creșteri graduale a impedanței. Ca urmare valorile impedanțelor caracteristice trebuie să fie <u>crescătoare sau</u> <u>descrescătoare</u> (eventual strict).



Primul pas va consta în proiectarea acestei rețele în funcție de <u>datele individuale</u> primite. Pentru relațiile de calcul sunteți rugați să citiți cursurile 3 și 4 (2015/2016). 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 110 $\Omega$  la un generator de 50 $\Omega$  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).

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

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 50 $\Omega$  la 110 $\Omega$  se intercalează impedanțele caracteristice calculate pentru obținerea unei succesiuni (crescătoare) 50 $\Omega$ , 54.53 $\Omega$ , 70.71 $\Omega$ , 91.68 $\Omega$ , 110 $\Omega$ . Aceleași impedanțe dar în ordine inversă, vor realiza succesiunea descrescătoare pentru adaptarea unui generator de 110 $\Omega$  la o sarcină de 50 $\Omega$ : 110 $\Omega$ , 91.68 $\Omega$ , 70.71 $\Omega$ , 54.53 $\Omega$ , 50 $\Omega$ .

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.

	N = 2			N = 3			Λ	/ = 4			
2	$Z_L/Z_0$	$Z_{1}/Z_{0}$	$Z_2/Z_0$	$Z_{1}/Z_{0}$	$Z_{2}/Z_{0}$	$Z_{3}/Z_{0}$	$Z_{1}/Z_{0}$	$Z_2/Z_0$	$Z_{3}/Z_{0}$	$Z_4/.$	$Z_0$
	1.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.00	00
	1.5	1.1067	1.3554	1.0520	1.2247	1.4259	1.0257	1.1351	1.3215	1.46	24
	2.0	1.1892	1.6818	1.0907	1.4142	1.8337	1.0444	1.2421	1.6102	1.91	50
	3.0	1.3161	2.2795	1.1479	1.7321	2.6135	1.0718	1.4105	2.1269	2.79	90
	4.0	1.4142	2.8285	1.1907	2.0000	3.3594	1.0919	1.5442	2.5903	3.66	33
	6.0	1.5651	3.8336	1.2544	2.4495	4.7832	1.1215	1.7553	3.4182	5.35	00
	8.0	1.6818	4.7568	1.3022	2.8284	6.1434	1.1436	1.9232	4.1597	6.99	55
	10.0	1.7783	5.6233	1.3409	3.1623	7.4577	1.1613	2.0651	4.8424	8.61	10
	1		N = 5					N =	= 6		
$Z_L/Z_0$	$Z_1/Z_1$	$Z_2/Z_0$	$Z_{3}/Z_{0}$	$Z_4/Z_0$	$Z_{5}/Z_{0}$	$Z_{1}/Z_{0}$	$Z_{2}/Z_{0}$	$Z_{3}/Z_{0}$	$Z_{4}/Z_{0}$	$Z_{5}/Z_{0}$	$Z_{6}/Z_{0}$
1.0	1.000	0 1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1.5	1.012	8 1.0790	1.2247	1.3902	1.4810	1.0064	1.0454	1.1496	1.3048	1.4349	1.4905
2.0	1.022	0 1.1391	1.4142	1.7558	1.9569	1.0110	1.0790	1.2693	1.5757	1.8536	1.9782
3.0	1.0354	4 1.2300	1.7321	2.4390	2.8974	1.0176	1.1288	1.4599	2.0549	2.6577	2.9481
4.0	1.045	2 1.2995	2.0000	3.0781	3.8270	1.0225	1.1661	1.6129	2.4800	3.4302	3.9120
6.0	1.059	6 1.4055	2.4495	4.2689	5.6625	1.0296	1.2219	1.8573	3.2305	4.9104	5.8275
8.0	1.070	3 1.4870	2.8284	5.3800	7.4745	1.0349	1.2640	2.0539	3.8950	6.3291	7.7302
10.0	1.078	9 1.5541	3.1623	6.4346	9.2687	1.0392	1.2982	2.2215	4.5015	7.7030	9.6228

Transformator binomial cu mai multe secțiuni

Transformator Cebâșev cu mai multe secțiuni

		N	= 2		<i>N</i> = 3							
ĺ	$\Gamma_m = 0.05$		$\Gamma_m =$	= 0.20		$\Gamma_m = 0.05$	i		$\Gamma_m = 0.20$	)		
$Z_L/Z_0$	$Z_{1}/Z_{0}$	$Z_{2}/Z_{0}$	$Z_{1}/Z_{0}$	$Z_{2}/Z_{0}$	$Z_{1}/Z_{0}$	$Z_{2}/Z_{0}$	$Z_{3}/Z_{0}$	$Z_{1}/Z_{0}$	$Z_{2}/Z_{0}$	$Z_{3}/Z_{0}$		
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	1.6402	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

## Pornirea programului ADS

Programul de simulare utilizat în laborator este Advanced Design System produs de firma Agilent Technologies (companie separată din Hewlett Packard). Programul este instalat pe sistemul de operare XP Professional. În laborator găsiți acest sistem pe o mașina virtuală. Detectați pe desktop icoana care pornește VMware Player. În interfața programului identificați mașina virtuală "RF XP Professional" sau alegeți comanda "Open a Virtual Machine" și căutați mașina în directorul (tipic) D:\DCMR\WXP\_CIM.

Programul se pornește utilizând butonul de Start din Windows alegând succesiunea de comenzi Start > All Programs > Advanced Design System 2003A > Advanced Design System.

```
😹 Start 🕴 💼 Brograms 🔸 📻 Advanced Design System 2001 🔸 🗈 Advanced Design System
```

Fereastra principala a programului - **Advanced Design System** (**Main**) permite gestionarea proiectelor (creare, ștergere, arhivare – in scopul transportului unui proiect pe un alt calculator exista implementată o metodă de arhivare format zip, rezultând un fișier cu extensia "zap" care va păstra structura interna de directoare a proiectului), accesul la fișierele individuale ale proiectului. Fiecare proiect va fi stocat intr-un director propriu cu numele "nume ales" + "\_prj", implicit in directorul de instalare "C:\ADS2003A\users\default\" dar calea poate fi modificată (și cea implicită, de instalare, și individual la crearea unui proiect nou).

🖀 Advanced Design System (I	Main)	
<u>File ⊻iew Options Window</u>	<u>D</u> esignGuide <u>H</u> elp	
620%6		
File Browser		
BC> default <b>1</b> BC hpeesof BC substrates BC untitled_prj	Double click to open	
Use the File menu or the File Browse	r to open a project	

Pentru a asigura găsirea mai ușoară a fișierelor este recomandat să alegeți comanda **View > Startup Directory** pentru a ajunge în directorul implicit urmată de comanda **File > New Project** pentru a crea un proiect nou. Aceleași comenzi pot fi aplicate utilizând butoanele din bara de comenzi a programului. În fereastra care apare se introduce numele dorit al proiectului după calea deja afișata "C:\ADS2003A\users\default\" fără terminația "\_prj" care va fi adăugată automat de program. Numele proiectului va fi dat de numele unuia din componenții echipei de la stația de lucru, urmat de indicativul grupei. Exemplu: C:\ADS2003A\users\default\popescu5401

	New Project 🛛 🗙
	Name C:\ADS2003A\users\default\popescu5401 Browse Browse
Υ	Project Technology Files:
View Startup Directory	ADS Standard: Length unit-millimeter 💽 View Details
Creare proiect nou	OK Cancel Help

Se creează astfel proiectul respectiv, care este deschis automat. Implicit se creează și o primă schemă, într-o fereastră nouă care poate fi utilizată pentru a desena schema ce urmează a fi simulată. În caz că această fereastră nu a fost creată se poate alege butonul pentru a genera această schemă sau comenzile **File > New Design** din meniu. Este recomandat să se salveze aceasta schemă (fereastra [popescu5401\_prj] untitled1) pentru a avea un nume ce poate fi recunoscut. După salvare fișierul corespunzător va putea fi găsit în secțiunea **networks** din structura proiectului (fereastra principală - Main) în caz că îl veți închide din greșeală.



## Simularea transformatorului de impedanță

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.

F	ile	<u>E</u> dit	<u>S</u> elect	⊻iew	<u>D</u> raw	<u>C</u> omponent	<u>O</u> pti	ons	Too	ols	Lay	out	Si	<u>m</u> ula	ite
		Je	<del>ک</del> اخ	8	$\mathbb{R}$	()⇒() ()+()	1	[	Ì	+		2		•‡•	
	Lu	Impe	d-Com	poner	nts		-					•	$\langle$	2	<u> </u>
F	Lu	ітре ітре	d-Com d-With	poner Artwo	nts ork										•
-	Sc Sc	ource	s-Cont s-Freq	rolled Dom:	ain			•		•	•	•	•	•	•
	Sc Sc		s-Nois s-Time	e Dom	ain			•					•		
ſ	Si	mula	tion-D	с С				•	· ·		•			:	
ŀ	Si	mula	tion-S	Para	m									•	

Introduceți în schemă 3 secțiuni de linii de transmisie. Veți remarca că implicit impedanța caracteristică este de 50 Ohm, lungimea electrică ( $E = \beta I$ ) 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.

	Parameter Entry Mode	
nstance Name (name[ <start:stop>])</start:stop>	Standard	-
TL3	Z	
elect Parameter Z=54.35 Ohm	54.35 Ohm	•
E=90 F=3 GHz	Equation Editor	
	Optimization/Statistics/DOE S	etup
	Display parameter on schemat	ic
Add Cut Paste	☐ ☑ Display parameter on schemat Component Options	ic

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  $\Omega$  iar cel de ieșire de 110  $\Omega$ . De asemenea simularea trebuie făcută într-o bandă în jurul frecvenței de 3 GHz, de exemplu în banda 1-3 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.

S_Param Instance Name SP1
Simulation-S_Param         Sppins         Sppins         Term1         Num=1         Z=50 Ohm

schema.

🗑 [ popescu5401_prj ] sch (Schematic): 2										
File Edit Select View Insert Options Tools Layout Simulate Window DynamicLink DesignGuide Help										
	<u>a de en en tal.</u>	<u>ः</u> 🕂 🔍 🕀 🖧 🖧 🔁 🛃								
Simulation-S_	Param 💽 GROUND	🖌 🖓 🛨 📰 🏥 📷 '								
@  <b>_</b>  -										
Sweep Plan		<ul> <li>(a) (a) (a) (a) (a) (a) (a) (a) (a) (a)</li></ul>								
· ()·		······	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·							
NdSet NdSet		TLIN TLI TL2 TL	N 3 3 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5							
Disp Temp Meas Eqn	Num=1. E=90 Z=50 Ohm F=3 GHz.	Z=61,235 Onm Z= · · · · · E=90 · · · · · · E=1 · · · · · · · F=3 GHz · · · · · · F=3	90 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·							
		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·								
		S-PARAMETERS								
		SP1 Start=1.0 GHz Start=5 GHz								
	• • • • • • • • • • • • • • • •	Step=0.05 GHz	• • • • • • • • • • • • • • •							
	Select: Enter the starting point	D items wire 2.375, 1.875	-5.250, 3.125 in A/RF SimSchei //							

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.

Status / Summary
Simulation finished: dataset `lpf' written in: `C:\users\default\lab1_prj\data'.
Resource usage:
Total stopwatch time: 4.23 seconds.
Creating New Display Window
Please Wait
Window Created

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<sub>11</sub> la frecvența data.



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

Plot Traces f	t Attribute	es:0			×		
Plot Type Plot	Options						^
	$\bigoplus$	<b>*</b>		123 4 567 8		Complex Data!:0	
Datasets and Ed	quations	]	Traces Trace	Options	1	You are adding complex data to a that only supports scalar data.	plot
freq           PortZ           PortZ(1)           PortZ(2)           S           S(1,1)           S(1,2)           S(2,1)           S(2,2)	chy	>>Add>> >>Add Vs>> < <delete<< Advanced</delete<< 				How would you like to handle this dB dBm Magnitude Phase Real part Imaginary part Time domain signal	data?
Manage Data:	sets					OK Cance	



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>selectati elementele</u> pe care doriți să le modificați (TL1, TL2 și TL3 în acest caz) și apăsați  $\bigcup$  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 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 Cebîşev se va avea in vedere să se obțină o caracteristica care atinge valoarea 0 (sau foarte apropiată) în <u>trei</u> 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.