

Curs 14

2025/2026

Dispozitive și circuite de microunde pentru radiocomunicații

Disciplina 2025/2026

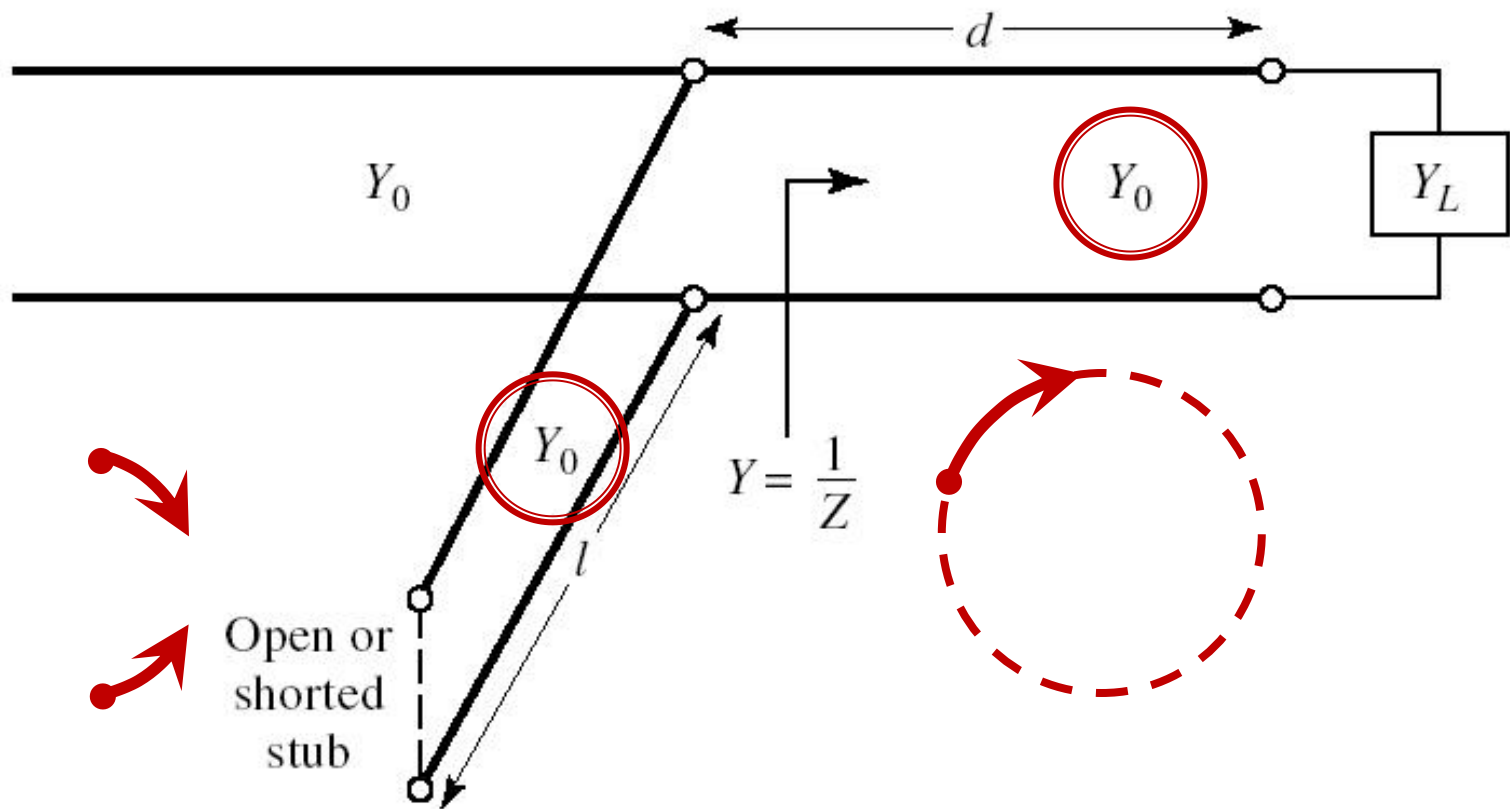
- 2C/1L (+1), **DCMR (CDM)**
- Minim 7 prezente (curs+laborator)
- Curs - **conf. Radu Damian**
 - Vineri 10-12/**Video (istoric)**, C1, corp C
 - E – **50%** din nota
 - probleme + (2p prez. curs) + (3 teste) + (bonus activitate)
 - primul test L1: ~01.10.2025 (t2 si t3 neanuntate la **curs**)
 - 3pz (C) $\approx$ +0.5p (**2p** max)
 - toate materialele permise

Adaptarea cu sectiuni de linii (stub)

Adaptarea de impedanță

Single stub tuning

- Shunt Stub (sectiune de linie in paralel)

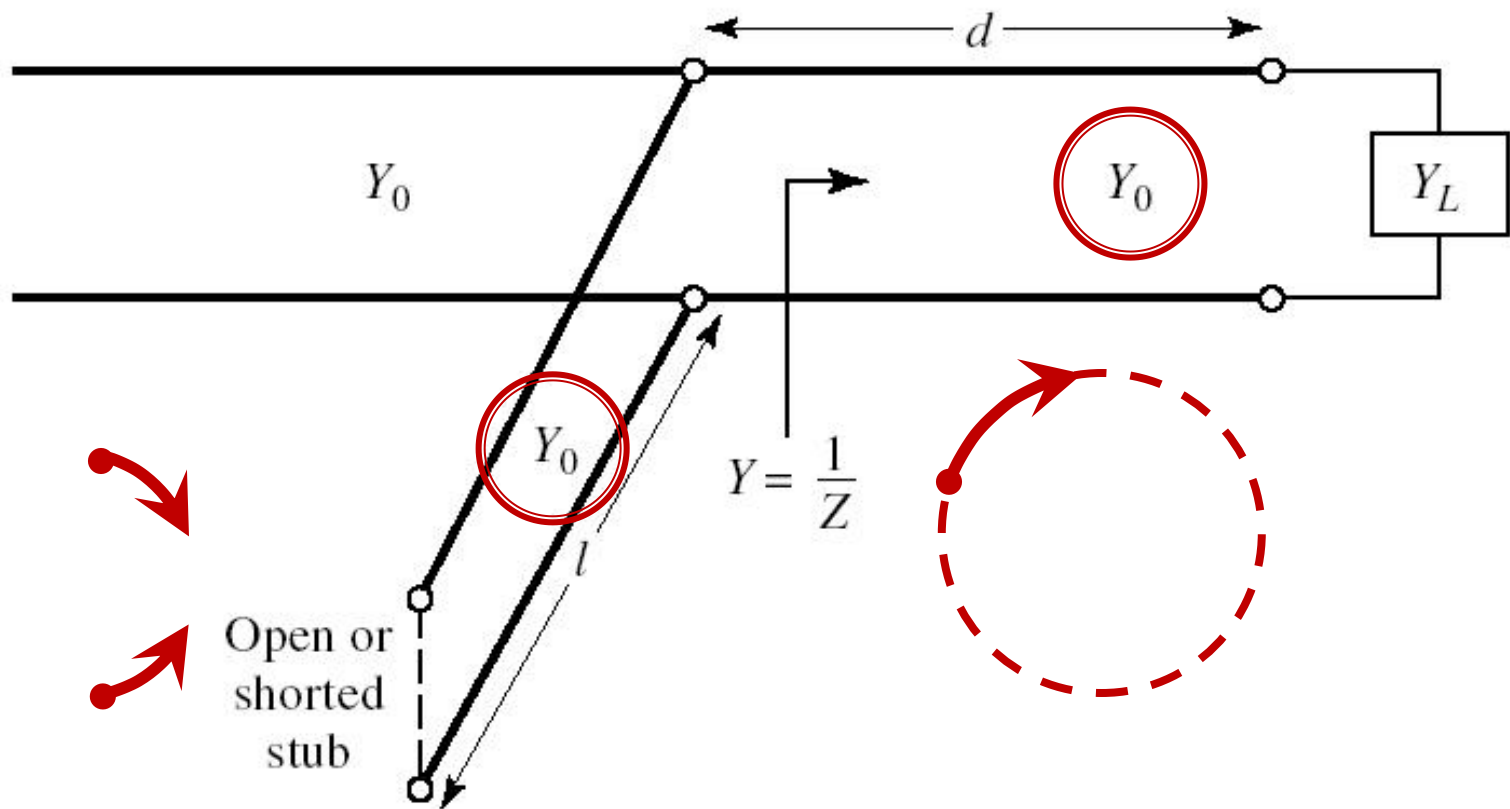


Solutii analitice

Examen / Proiect

Caz 1, Shunt Stub

- Shunt Stub (sectiune de linie in paralel)



Calcul analitic (calcul efectiv)

$$\cos(\varphi + 2\theta) = -|\Gamma_S|$$

$$\Gamma_S = 0.593 \angle 46.85^\circ$$

$$\theta_{sp} = \beta \cdot l = \tan^{-1} \frac{\mp 2 \cdot |\Gamma_S|}{\sqrt{1 - |\Gamma_S|^2}}$$

$$|\Gamma_S| = 0.593; \quad \varphi = 46.85^\circ \quad \cos(\varphi + 2\theta) = -0.593 \Rightarrow (\varphi + 2\theta) = \pm 126.35^\circ$$

- **Semnul** (+/-) solutiei alese la ecuatia **liniei serie** impune **semnul** solutiei utilizate la ecuatia **stub-ului paralel**

- **solutia "cu +"** ↓

$$(46.85^\circ + 2\theta) = +126.35^\circ \quad \theta = +39.7^\circ \quad \text{Im } y_S = \frac{-2 \cdot |\Gamma_S|}{\sqrt{1 - |\Gamma_S|^2}} = -1.472$$

$$\theta_{sp} = \tan^{-1}(\text{Im } y_S) = -55.8^\circ \underline{(+180^\circ)} \rightarrow \theta_{sp} = 124.2^\circ$$

- **solutia "cu -"** ↓

$$(46.85^\circ + 2\theta) = -126.35^\circ \quad \theta = -86.6^\circ \underline{(+180^\circ)} \rightarrow \theta = 93.4^\circ$$

$$\text{Im } y_S = \frac{+2 \cdot |\Gamma_S|}{\sqrt{1 - |\Gamma_S|^2}} = +1.472 \quad \theta_{sp} = \tan^{-1}(\text{Im } y_S) = 55.8^\circ$$

Calcul analitic (calcul efectiv)

$$(\varphi + 2\theta) = \begin{cases} +126.35^\circ \\ -126.35^\circ \end{cases} \quad \theta = \begin{cases} 39.7^\circ \\ 93.4^\circ \end{cases} \quad \text{Im}[y_s(\theta)] = \begin{cases} -1.472 \\ +1.472 \end{cases} \quad \theta_{sp} = \begin{cases} -55.8^\circ + 180^\circ = 124.2^\circ \\ +55.8^\circ \end{cases}$$

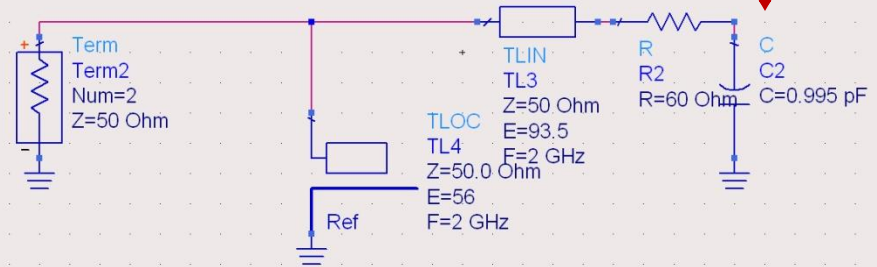
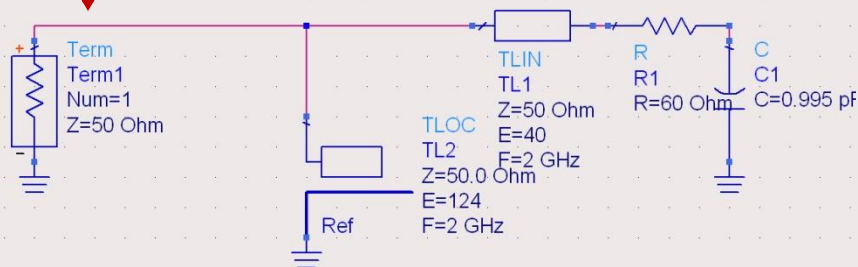
- Se alege **una** din cele doua solutii posibile
- **Semnul** (+/-) solutiei alese la **prima** ecuatie impune **semnul** solutiei utilizate la a **doua** ecuatie

$$l_1 = \frac{39.7^\circ}{360^\circ} \cdot \lambda = 0.110 \cdot \lambda$$

$$l_2 = \frac{124.2^\circ}{360^\circ} \cdot \lambda = 0.345 \cdot \lambda$$

$$l_1 = \frac{93.4^\circ}{360^\circ} \cdot \lambda = 0.259 \cdot \lambda$$

$$l_2 = \frac{55.8^\circ}{360^\circ} \cdot \lambda = 0.155 \cdot \lambda$$

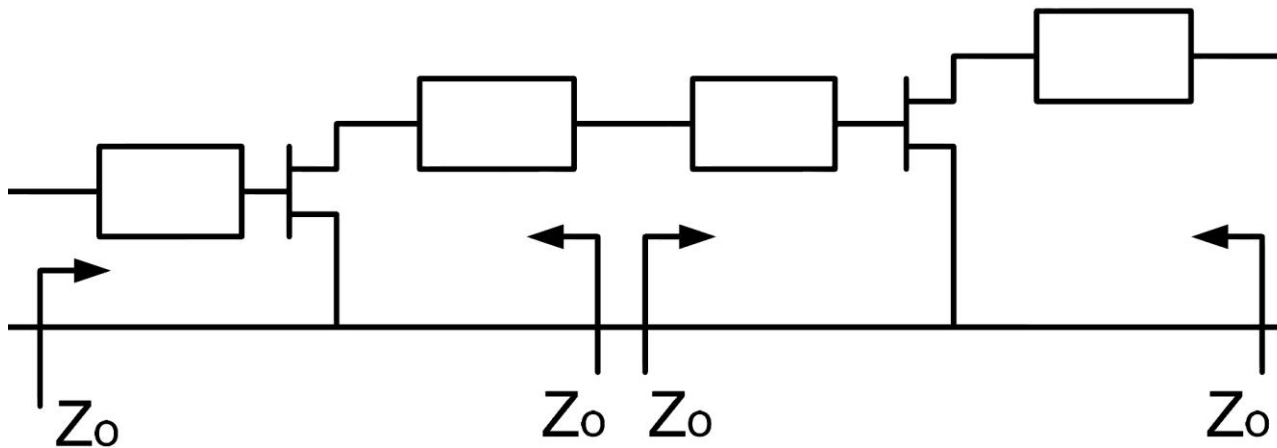


Amplificatoare in cascada

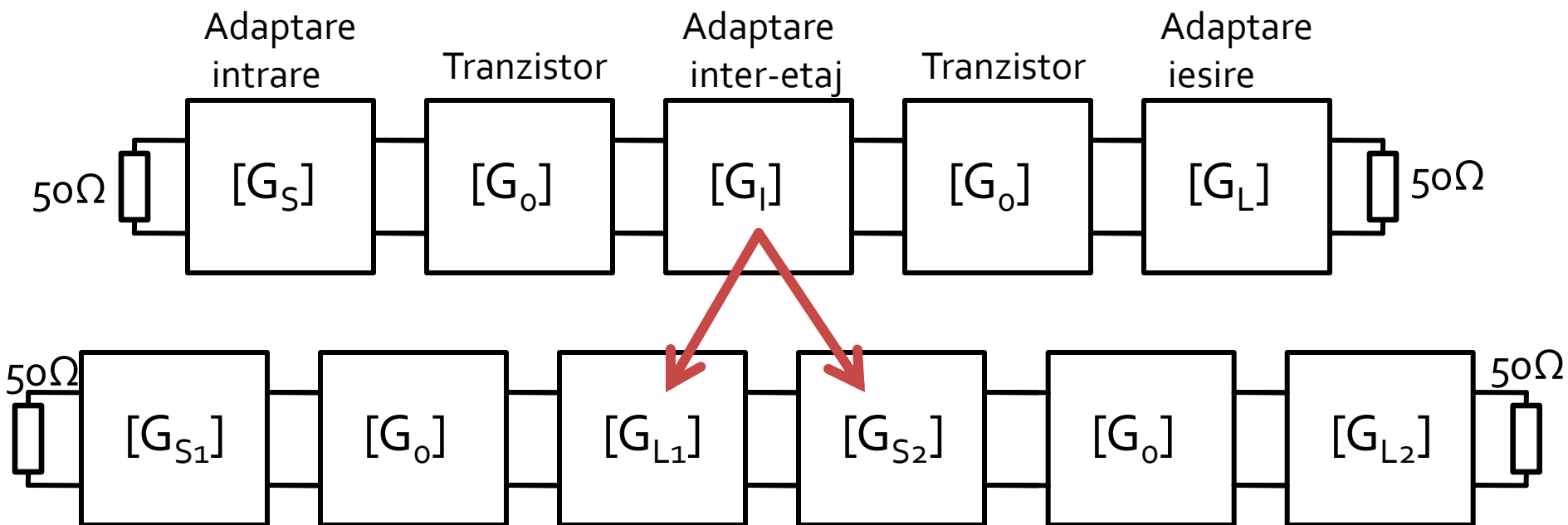
Amplificatoare de microunde

Adaptare inter-etaje 2

- Utilizarea mai multor linii de transmisie pentru adaptarea la un punct intermediar cu coeficient de reflexie $\Gamma=0$ permite controlul in detaliu al punctului final



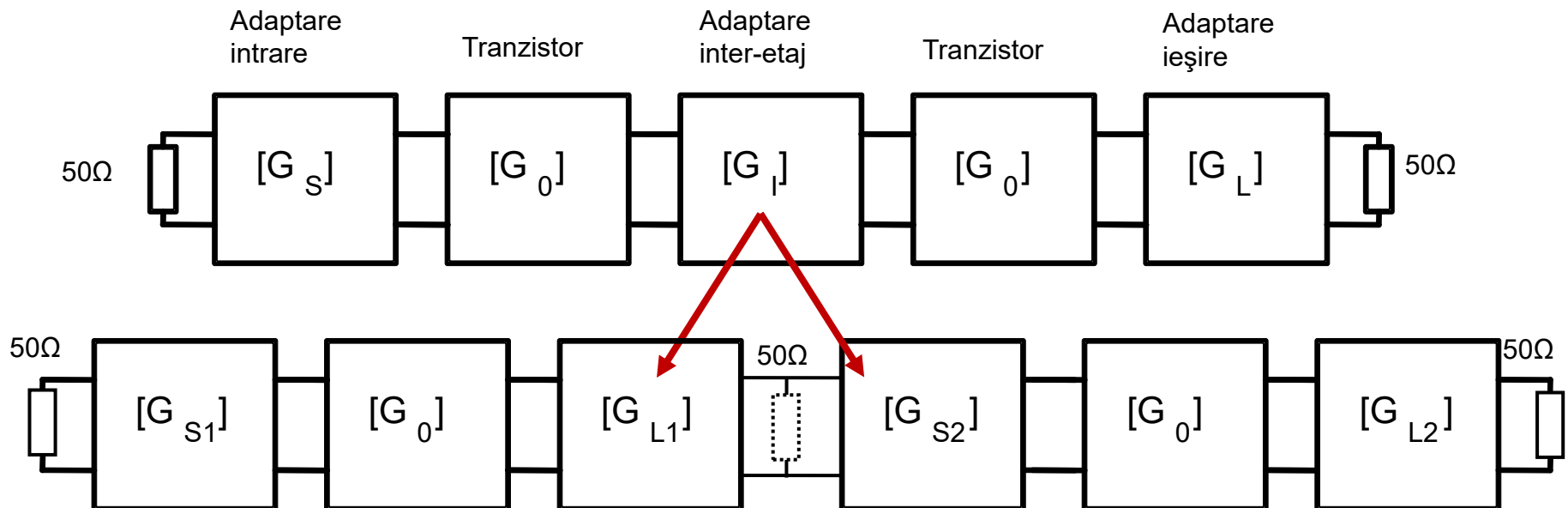
Proiectare etaje cascade



- **Calcul castig**
 - Adaptarea inter-etaje poate aduce un supliment de castig la ambele etaje de amplificare
 - Proiectarea pentru etajele de intrare si iesire e recomandabil sa se faca pe schema mai simpla cu un singur tranzistor

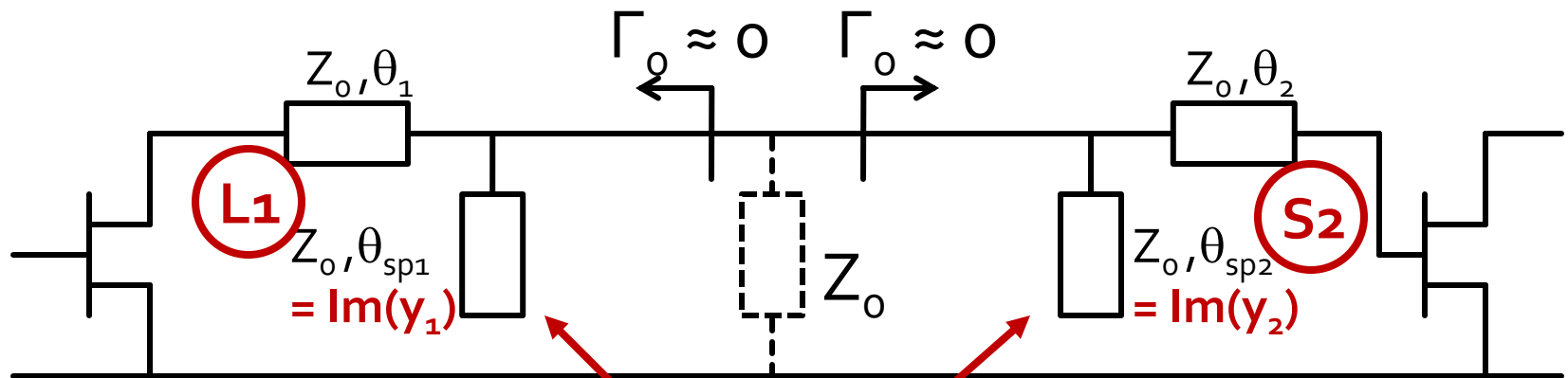
Adaptare inter-etaje 2

- Utilizarea mai multor linii de transmisie pentru adaptarea la un punct intermediar cu coeficient de reflexie $\Gamma=0$ permite controlul in detaliu al punctului final



Adaptare inter-etaje 2

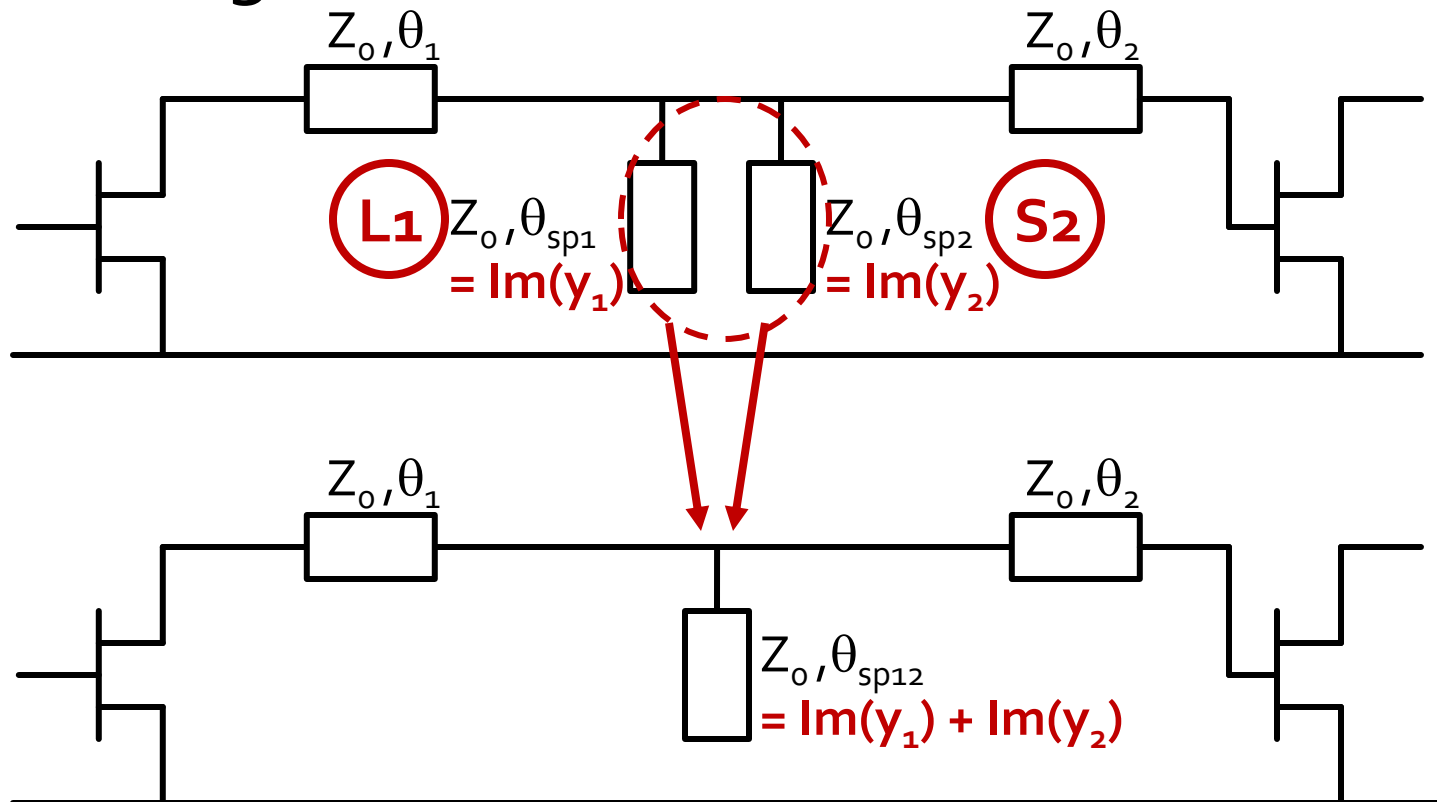
- Unul din etaje **creaza** prin reteaua sa de adaptare un coeficient de reflexie $\Gamma=0$ la care apoi se adapteaza celalalt etaj



Cele doua stub-uri in paralel se combina intr-unul singur

Adaptare inter-etaje 2

- Cele doua stub-uri in paralel se combina intr-unul singur



Combinarea celor 2 stub-uri paralel

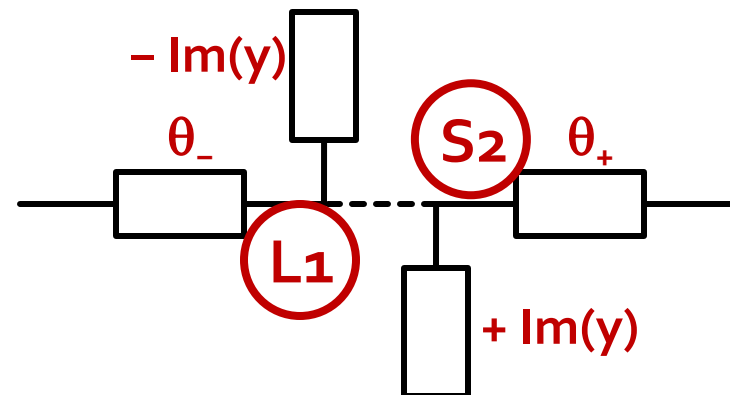
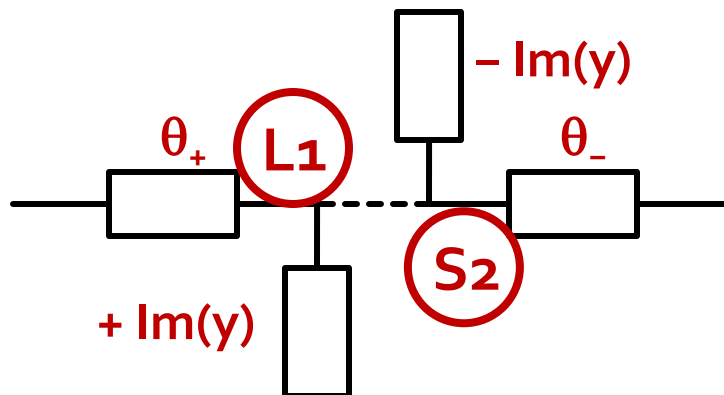
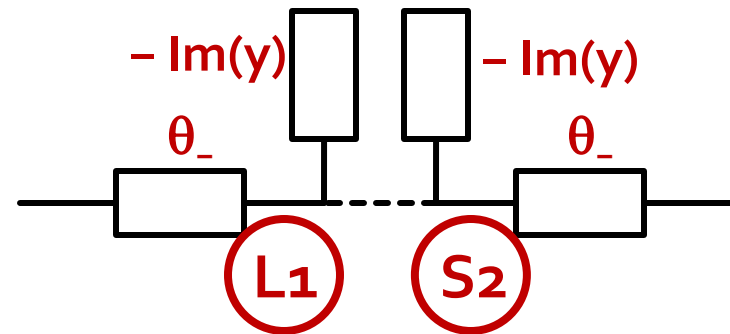
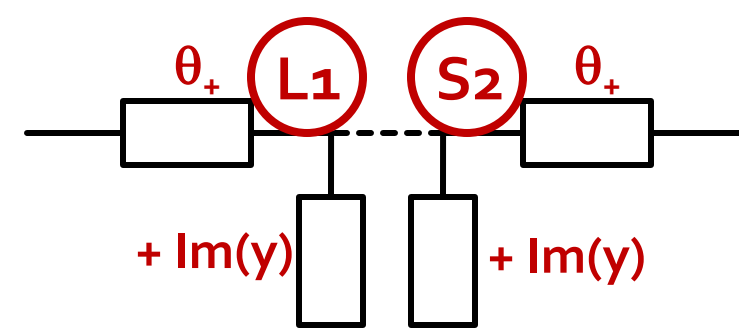
- Cele doua stub-uri in paralel se combina intr-unul singur
- Exista **4 combinatii posibile** in functie de cum se combina lungimile electrice alese pentru cele doua linii serie
 - pentru fiecare lungime electrica aleasa (θ) se foloseste obligatoriu $\text{Im}[y(\theta)]$ corespunzator

■ Ex:

$$\theta_{L1} = 116.8^\circ \quad \theta_{S2} = 130.1^\circ \quad \text{Im}[y_{sp}] = \text{Im}[y_{L1}(\theta)] + \text{Im}[y_{S2}(\theta)] = -1.418$$
$$\theta_{sp} = \tan^{-1}(\text{Im}[y_{sp}]) \quad \theta_{sp} = 125.2^\circ$$

Combinarea celor 2 stub-uri paralel

- 4 combinatii posibile
 - admitantele** sunt in paralel si se **aduna**, nu lungimile electrice



$$Im[y_{sp}] = Im[y_{L1}(\theta)] + Im[y_{S2}(\theta)]$$

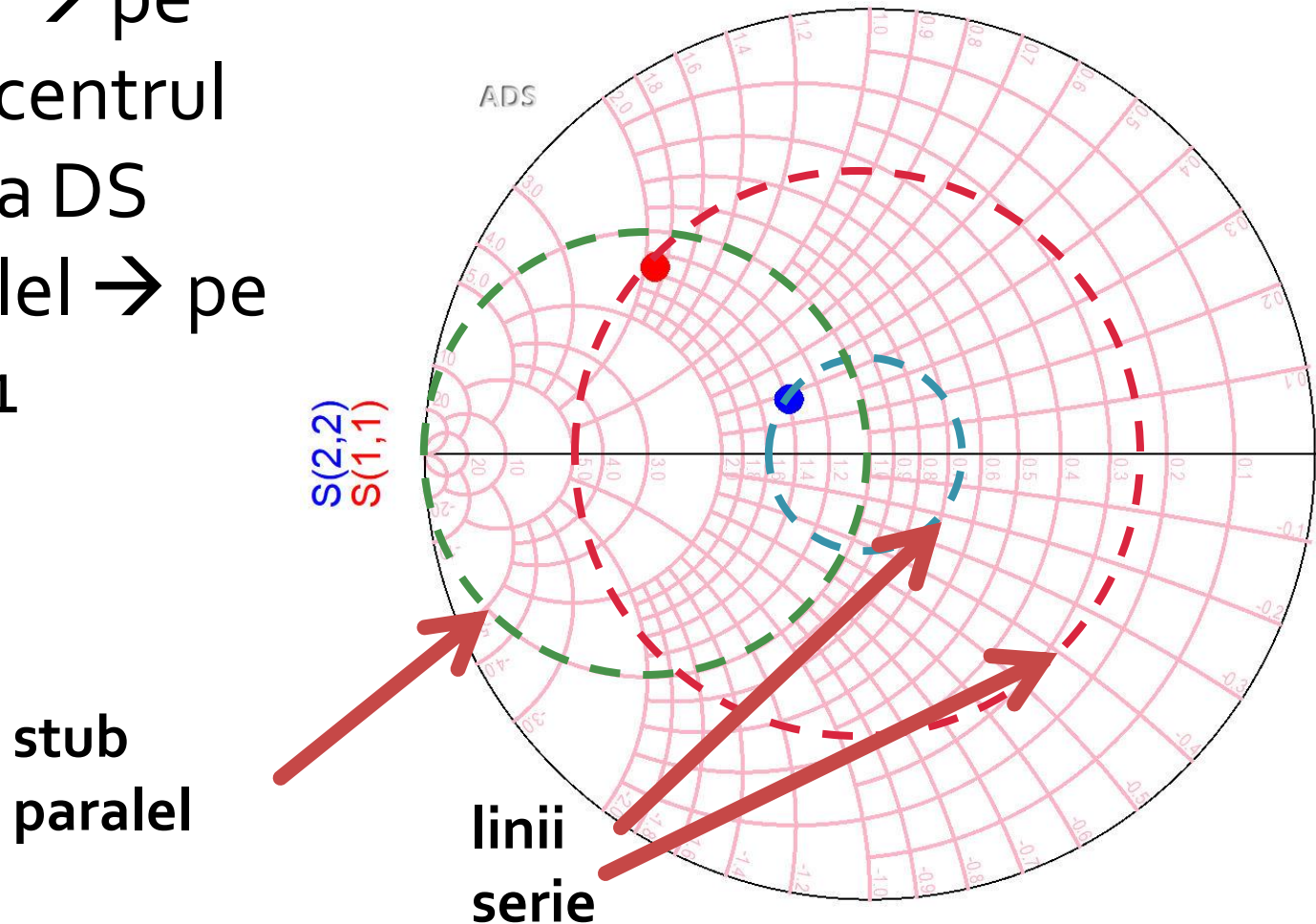
$$\theta_{sp} = \tan^{-1}(Im[y_{sp}])$$

Combinarea celor 2 stub-uri paralel

		Soluția S2A	Soluția S2B
		$\theta = 130.1^\circ$ $\text{Im}[y(\theta)] = -1.039$	$\theta = 12.6^\circ$ $\text{Im}[y(\theta)] = +1.039$
Soluția L1A	$\theta = 116.8^\circ$ $\text{Im}[y(\theta)] = -0.379$	$\theta_{L1} = 116.8^\circ$ $\text{Im}[y(\theta)] = -1.418$ $\theta_p = 125.2^\circ$ $\theta_{S2} = 130.1^\circ$	$\theta_{L1} = 116.8^\circ$ $\text{Im}[y(\theta)] = +0.66$ $\theta_p = 33.4^\circ$ $\theta_{S2} = 12.6^\circ$
Soluția L1B	$\theta = 16.1^\circ$ $\text{Im}[y(\theta)] = +0.379$	$\theta_{L1} = 16.1^\circ$ $\text{Im}[y(\theta)] = -0.66$ $\theta_p = 146.6^\circ$ $\theta_{S2} = 130.1^\circ$	$\theta_{L1} = 16.1^\circ$ $\text{Im}[y(\theta)] = 1.418$ $\theta_p = 54.8^\circ$ $\theta_{S2} = 12.6^\circ$

Diagrama Smith

- linie serie $\rightarrow$ pe cercul cu centrul in originea DS
- stub paralel $\rightarrow$ pe cercul $g=1$

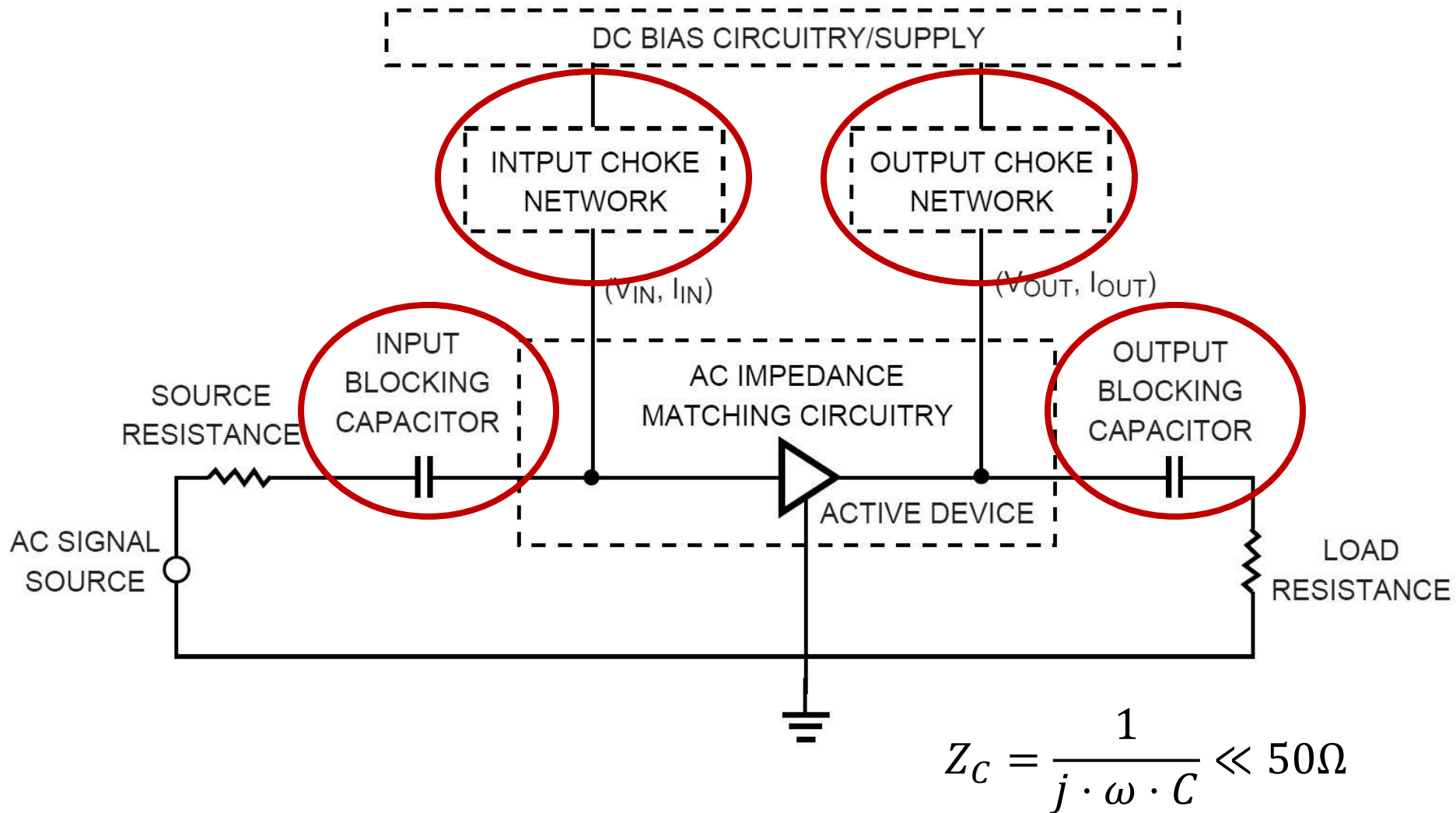


Supliment Mini Proiect

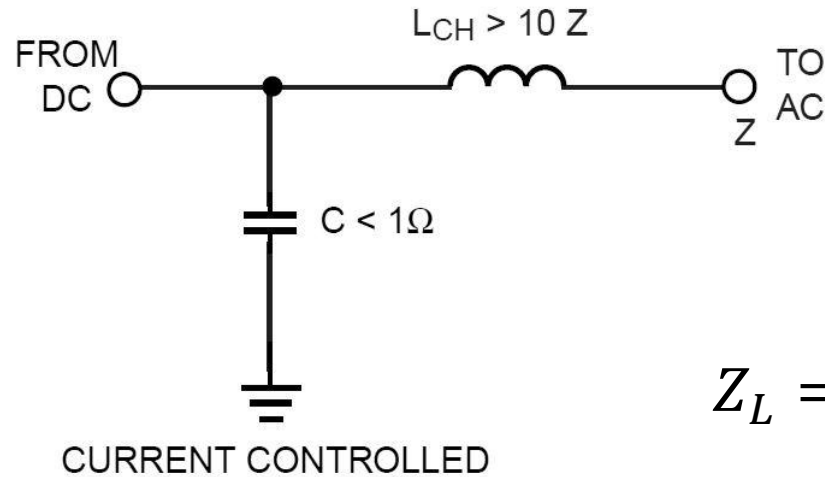
Polarizare

- <https://rf-opto.etti.tuiasi.ro>
- note de aplicatii importante Agilent
 - decuplarea circuit de semnal/circuit de polarizare **5988-0275EN**
 - detalii de implementare a circuitelor de polarizare pentru tranzistoarele cu microunde **5988-0424EN**
- Appcad contine instrumente pentru calculul schemelor de polarizare

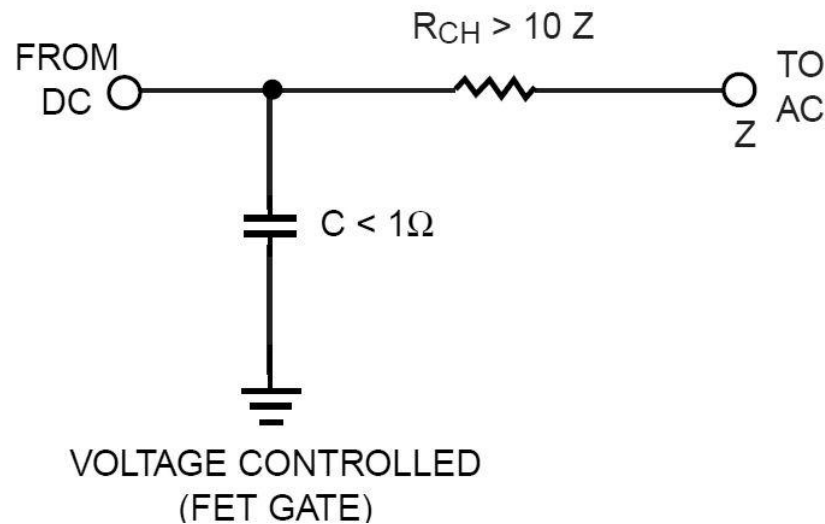
Polarizare



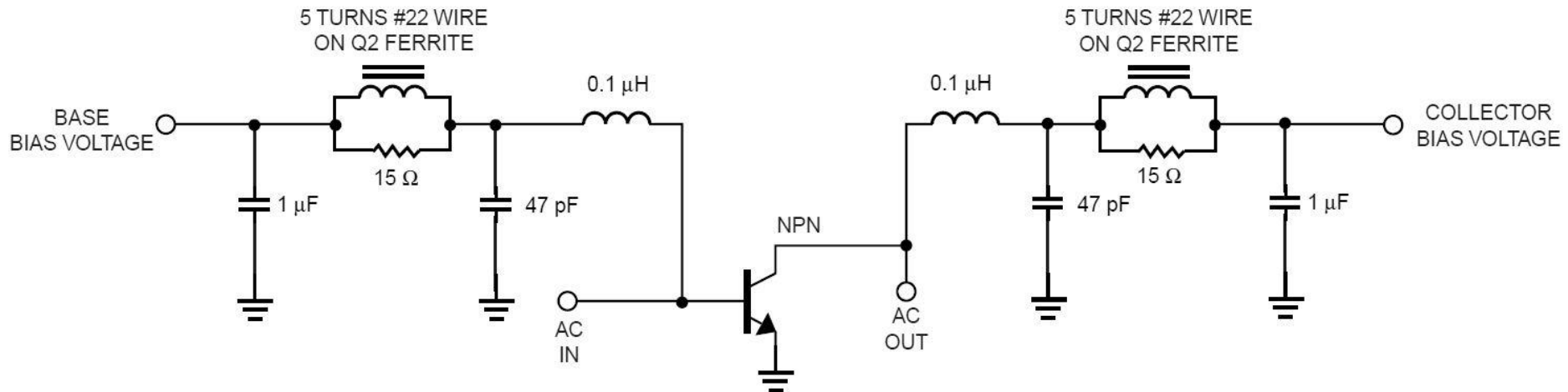
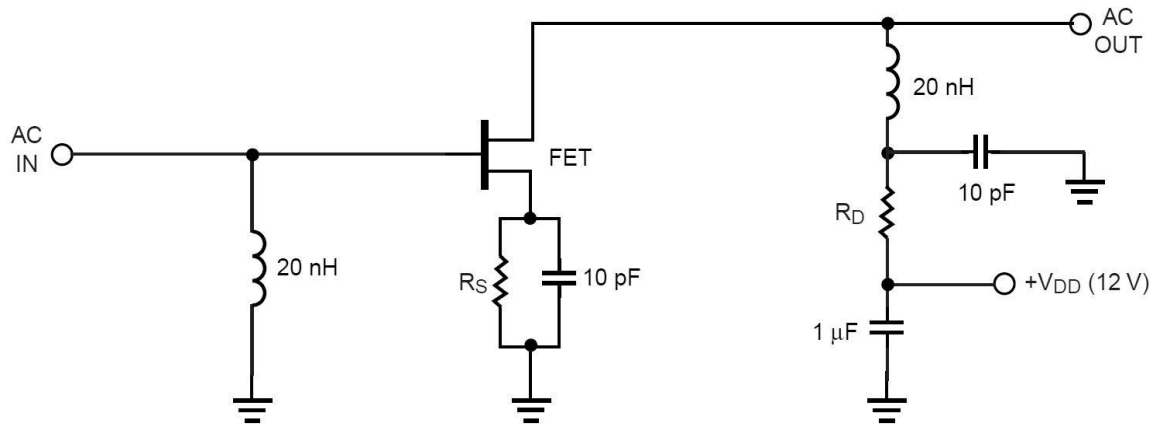
Polarizare, soc tipic



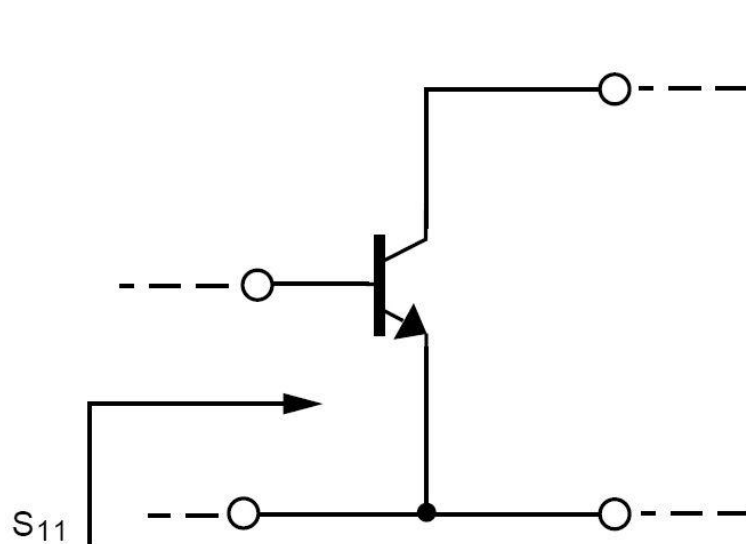
$$Z_L = j \cdot \omega \cdot L \gg 50\Omega$$



Polarizare, scheme/valori tipice

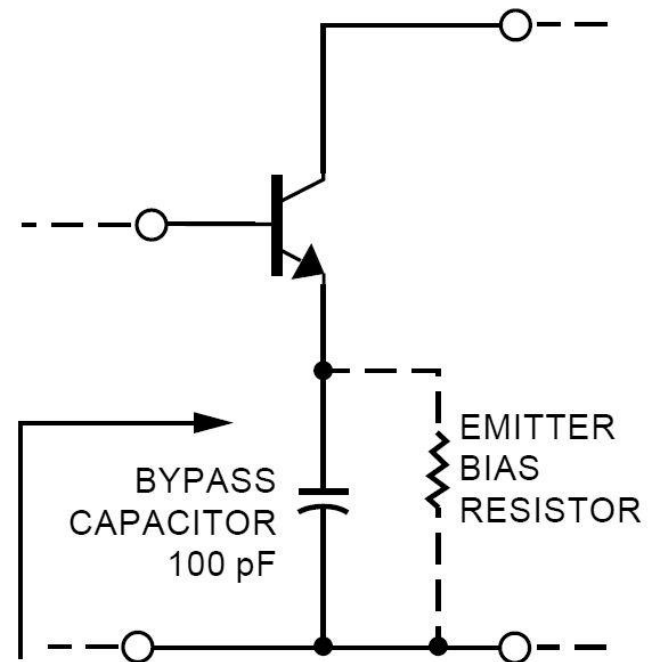


Polarizare, problema elementelor conectate in E/S



$$S_{11} \text{ (AT 4 GHz)} = 0.52 \angle 154^\circ$$

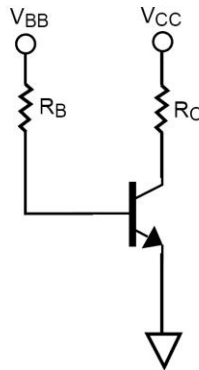
$$S_{11} \text{ (AT 0.1 GHz)} = 0.901 \angle -14.9^\circ$$



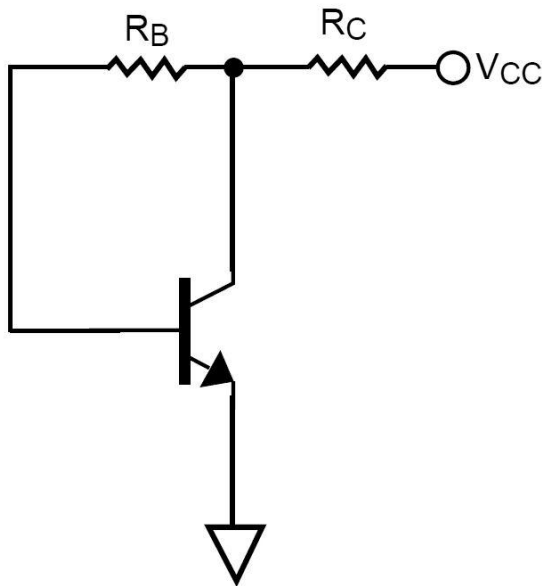
$$S'_{11} \text{ (AT 4 GHz)} = 0.52 \angle 154^\circ \text{ UNCHANGED AT 4 GHz}$$

$$S'_{11} \text{ (AT 0.1 GHz)} = 1.066 \angle -8.5^\circ \quad |S_{11}| > 1 \text{ AT 0.1 GHz}$$

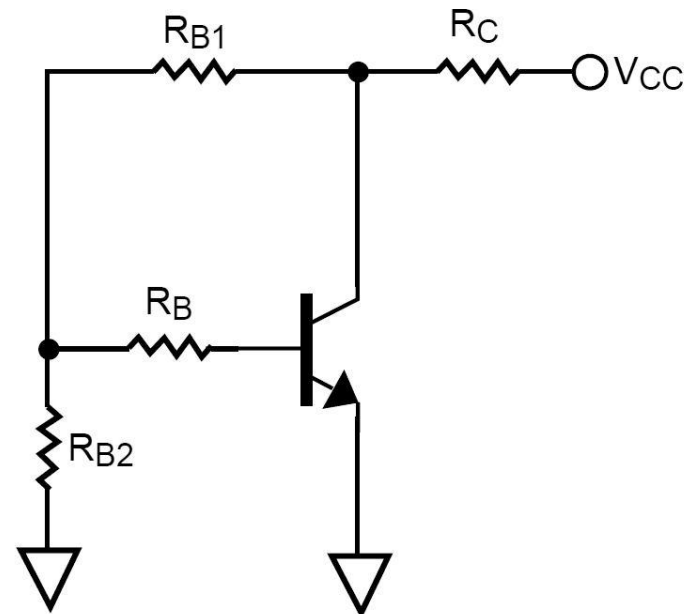
Polarizare TB scheme de polarizare



NON-STABILIZED



VOLTAGE FEEDBACK



VOLTAGE FEEDBACK AND CONSTANT
BASE CURRENT SOURCE

Implementare cu linii microstrip

- linii microstrip
 - strat dielectric
 - metalizare totala (plan de masa)
 - trasee care fixeaza
 - impedanta caracteristica
 - lungime fizica/electrica

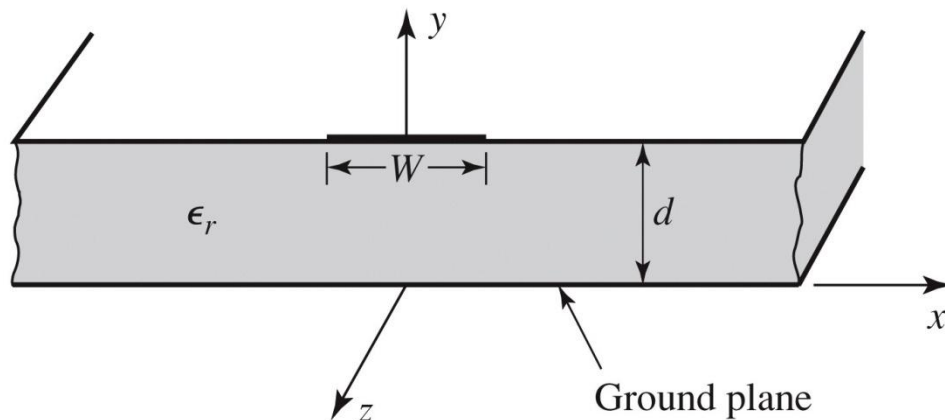


Figure 3.25a
© John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Implementare cu linii microstrip

- Linie quasi TEM

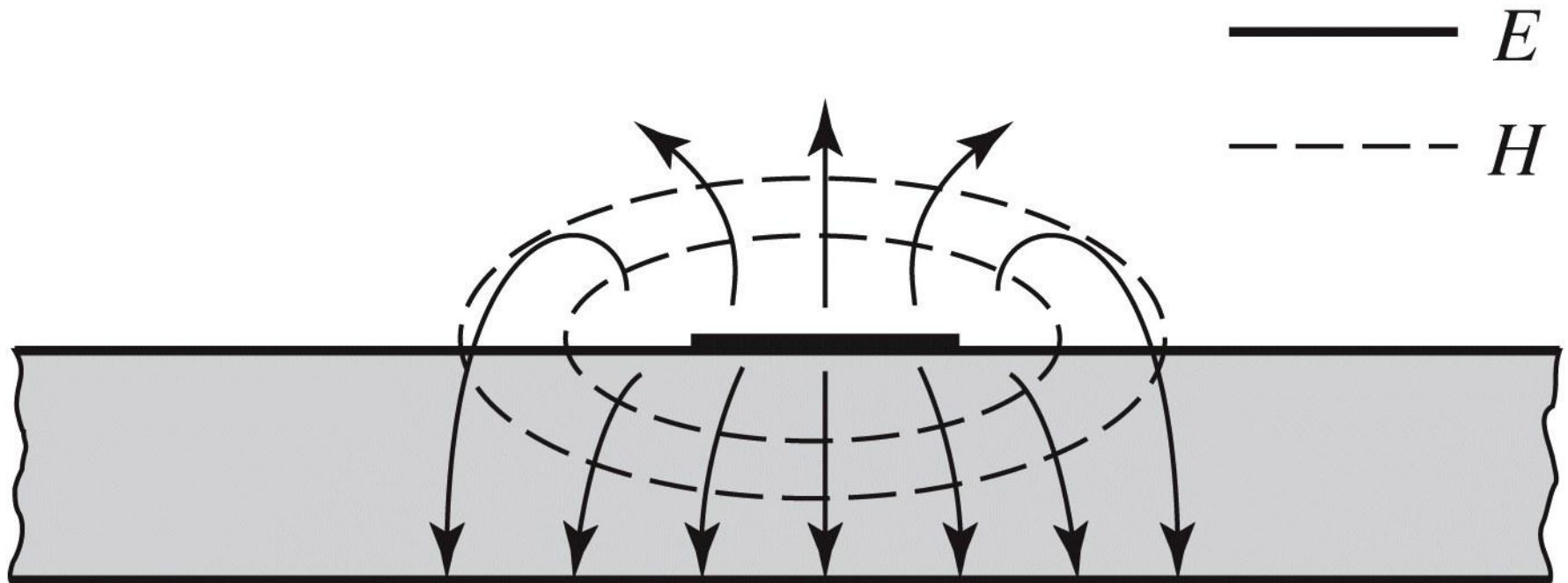
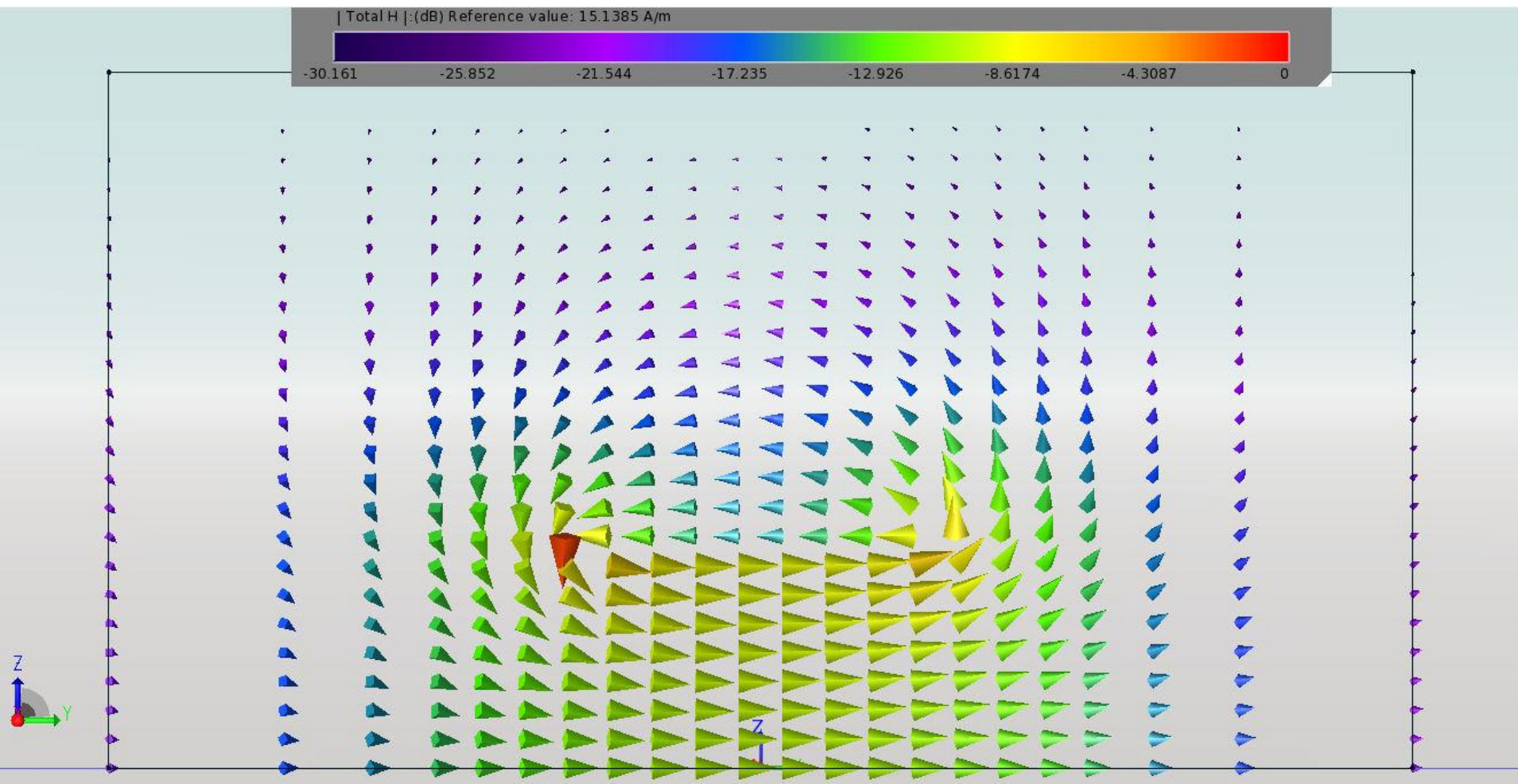


Figure 3.25b
© John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

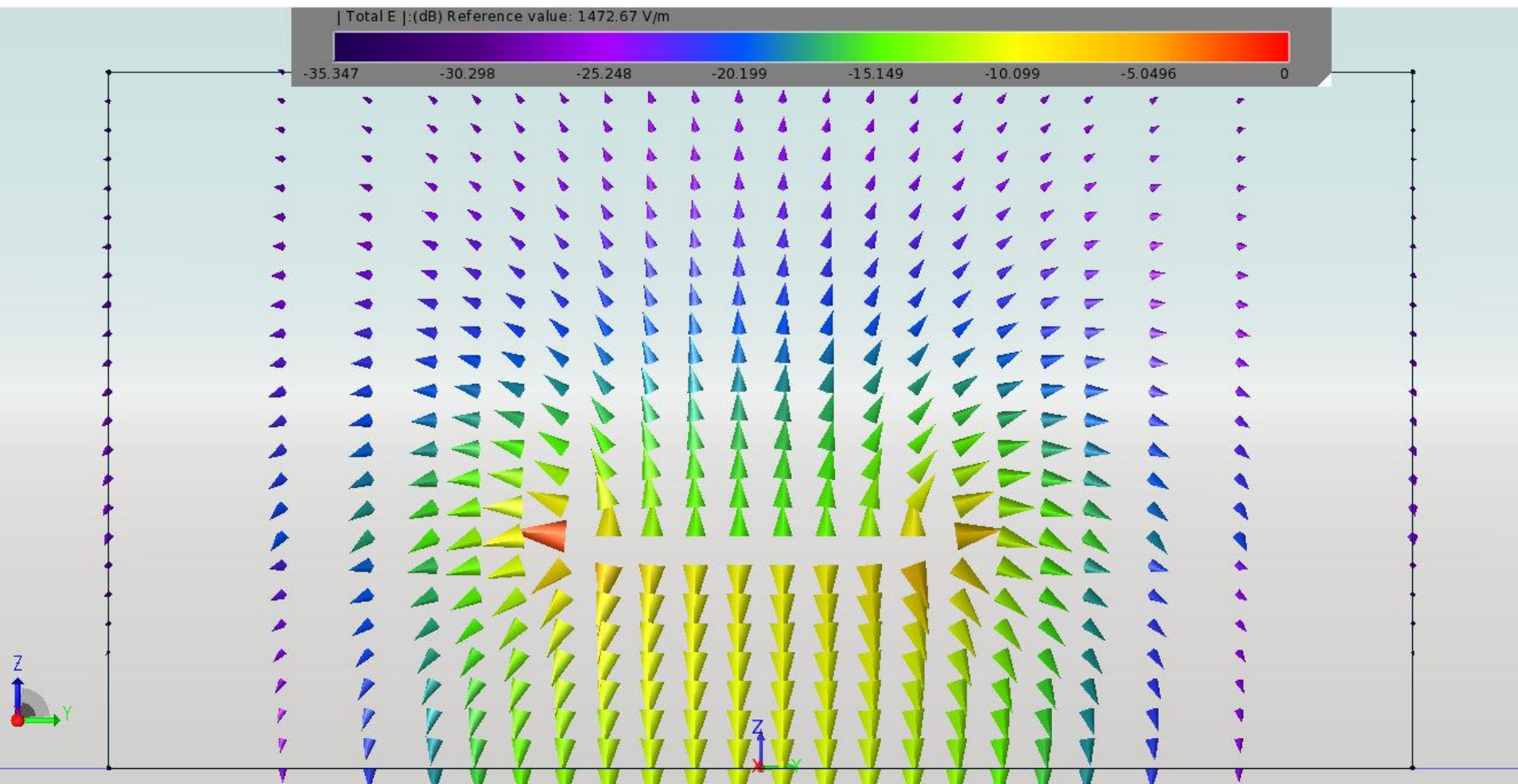
Implementare cu linii microstrip

- Linie quasi TEM, EmPro



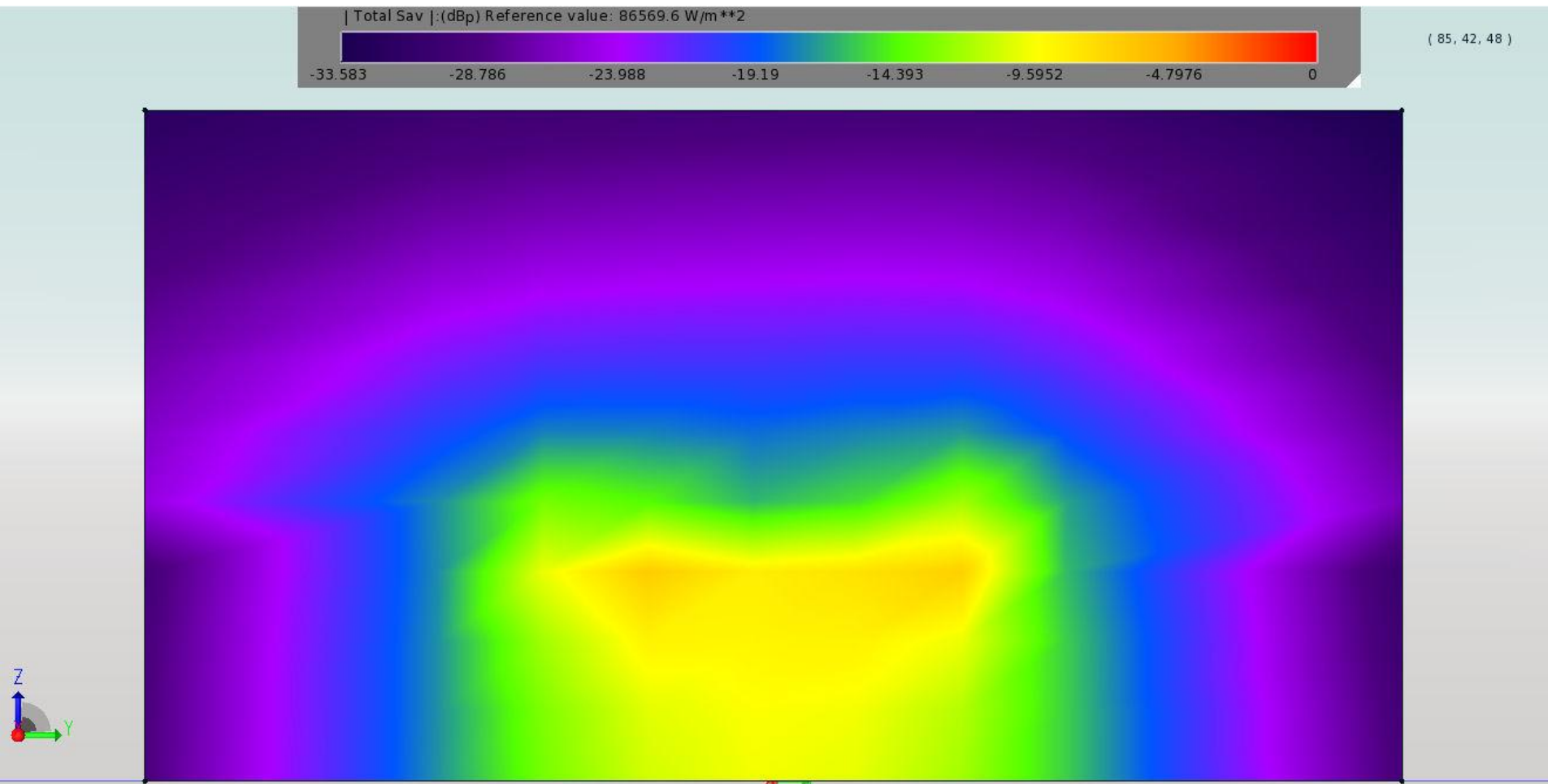
Implementare cu linii microstrip

- Linie quasi TEM, EmPro



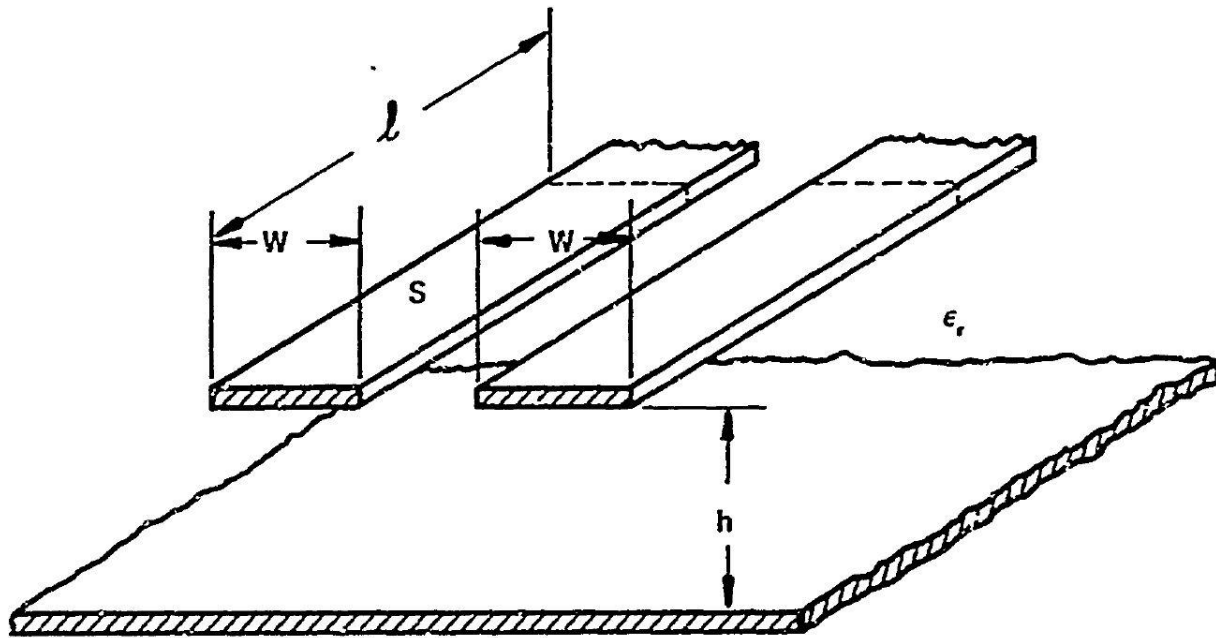
Implementare cu linii microstrip

- Linie quasi TEM, EmPro



Implementare cu linii microstrip

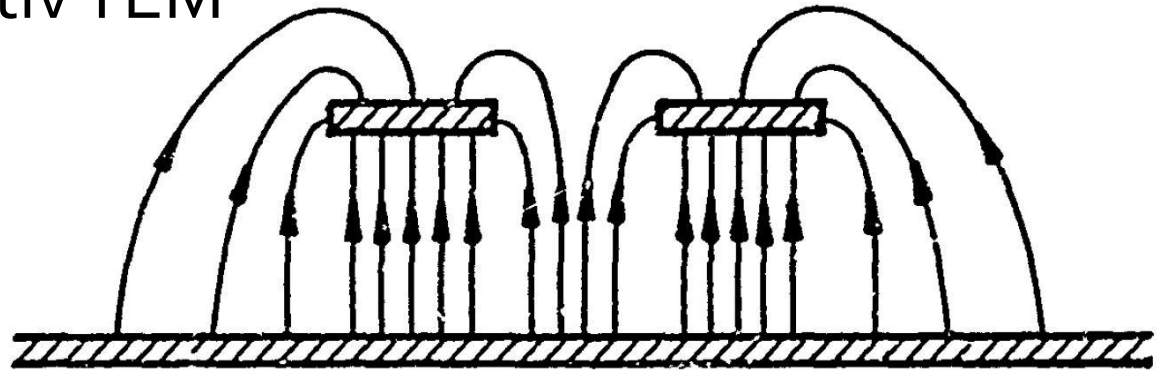
- ~ Aproximativ TEM



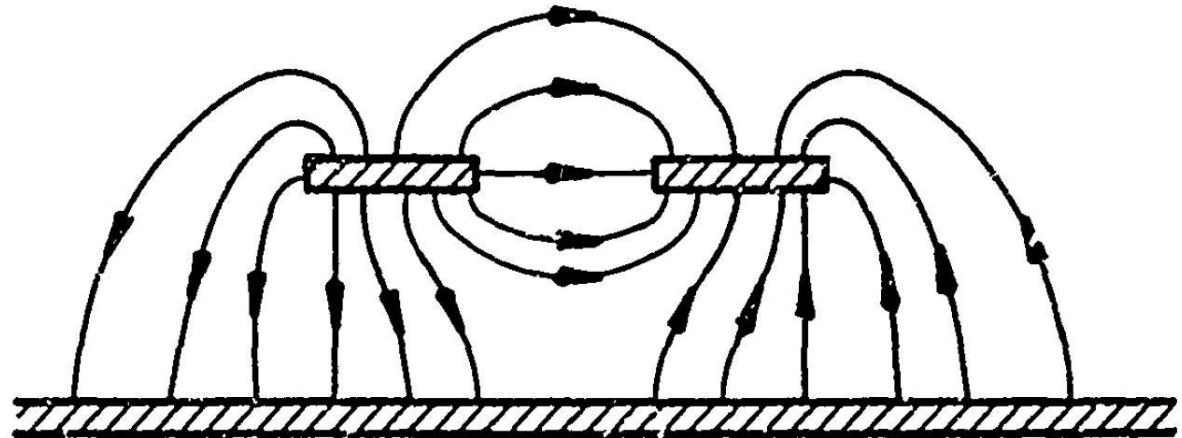
a) COUPLED STRIP GEOMETRY

Implementare cu linii microstrip

- ~ Aproximativ TEM



b) EVEN MODE ELECTRIC FIELD PATTERN (SCHEMATIC)



c) ODD MODE ELECTRIC FIELD PATTERN (SCHEMATIC)

Implementare cu linii microstrip

- Se echivaleaza linia cu o linie cu dielectric omogen echivalent

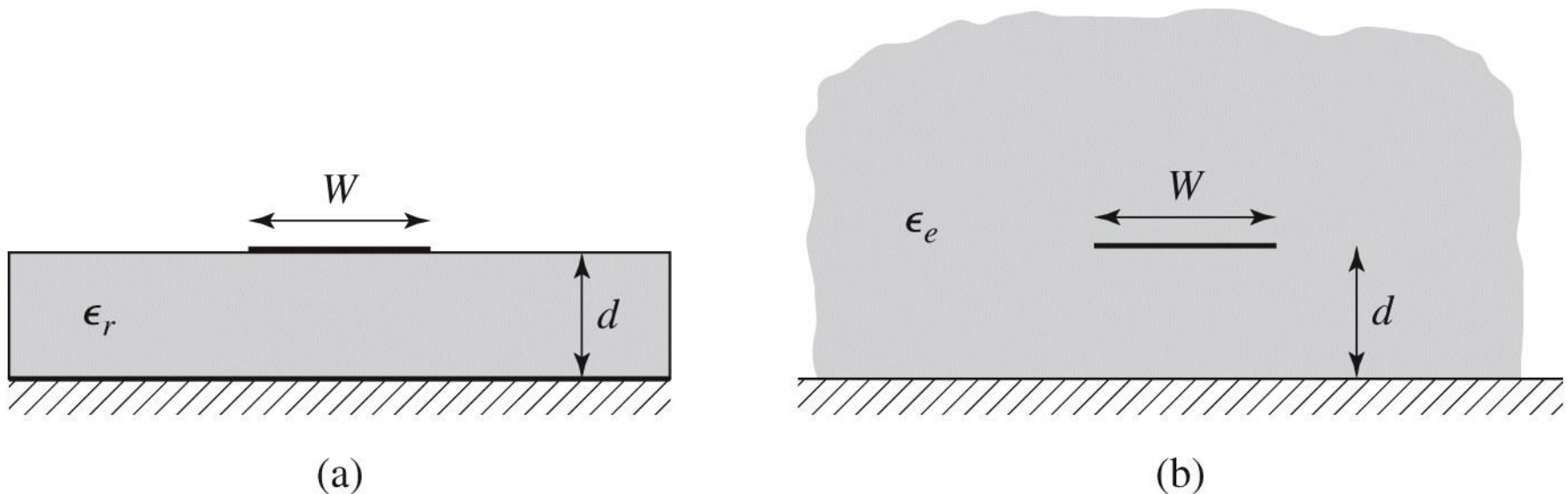


Figure 3.26
© John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Calcul

■ Calcul empiric

$$v_p = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_e}},$$

$$\beta = k_0 \sqrt{\epsilon_e},$$

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12d/W}}.$$

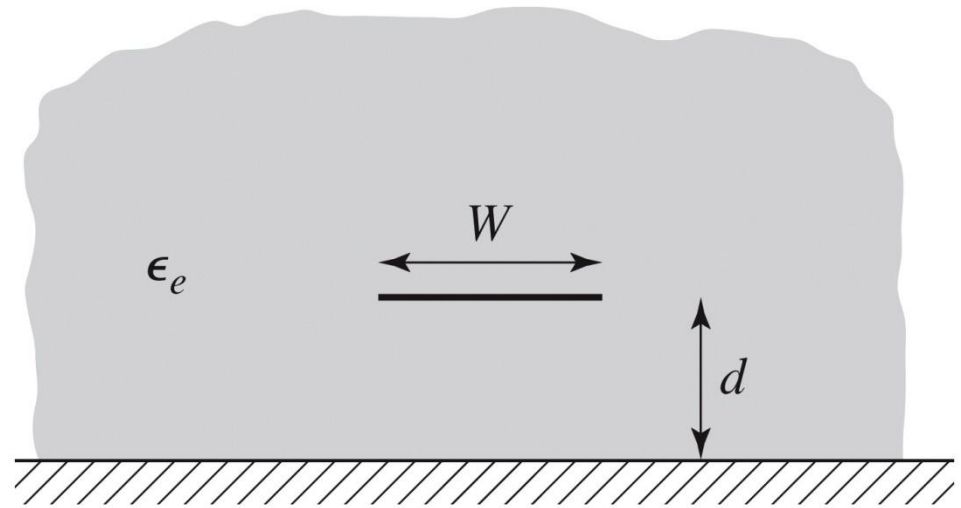


Figure 3.26b
© John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

$$Z_0 = \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\epsilon_e}} \ln \left(\frac{8d}{W} + \frac{W}{4d} \right) & \text{for } W/d \leq 1 \\ \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_e} [W/d + 1.393 + 0.667 \ln (W/d + 1.444)]} & \text{for } W/d \geq 1. \end{cases}$$

Calcul

■ Calcul empiric

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

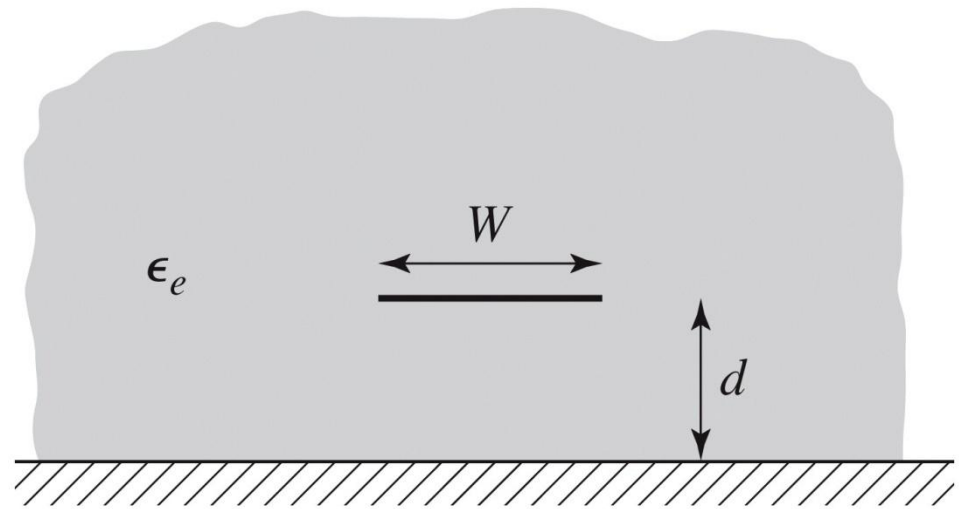
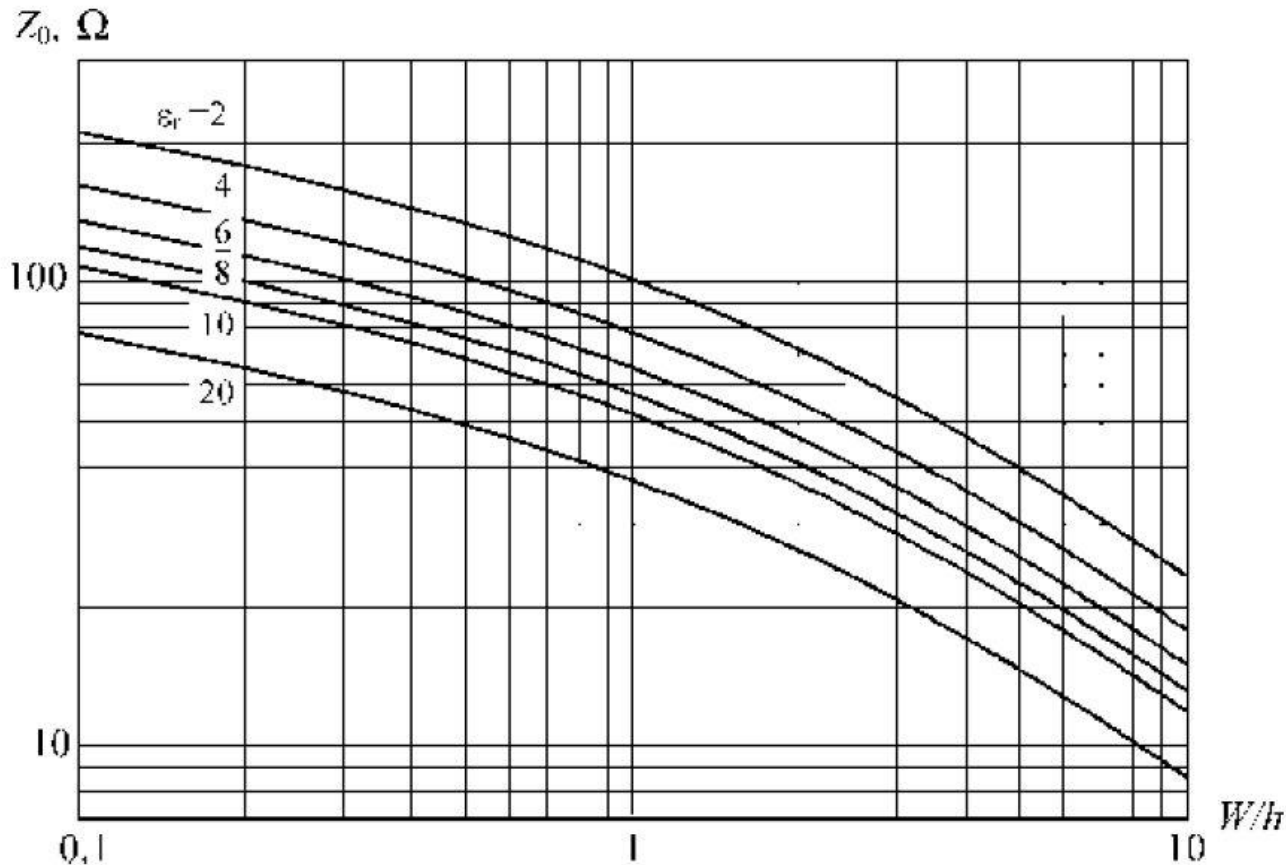


Figure 3.26b
© John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

$$\frac{W}{d} = \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} & \text{for } W/d < 2 \\ \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right\} \right] & \text{for } W/d > 2, \end{cases}$$

Impedanta caracteristica

- Pentru **impedante mari** e nevoie de **latimi mici** ale traseelor
- Pentru **impedante mici** e nevoie de **latimi mari** ale traseelor



$$k_0 = \frac{2\pi f}{c}$$
$$\beta \ell = \sqrt{\epsilon_e} k_0 \ell,$$

Microstrip standardizare

- Standardizare
 - dimensiuni in **mil**
 - 1 mil = 10^{-3} inch
 - 1 inch = 2.54 cm
- Inaltimea conductoarelor
 - in functie de greutatea cuprului
 - uncii / picioare pătrate (oz/ft²)
 - 10z=28.35g și 1ft=30.48cm

Greutatea cuprului depus		Grosimea stratului	
oz/ft ²	g/ft ²	inch	mm
0.5	14.175	0.0007	0.0178
1.0	28.35	0.0014	0.0356
2.0	56.7	0.0028	0.0712

Microstrip standardizare

- Tipic inaltimea straturilor de dielectric de asemenea standardizat in mil

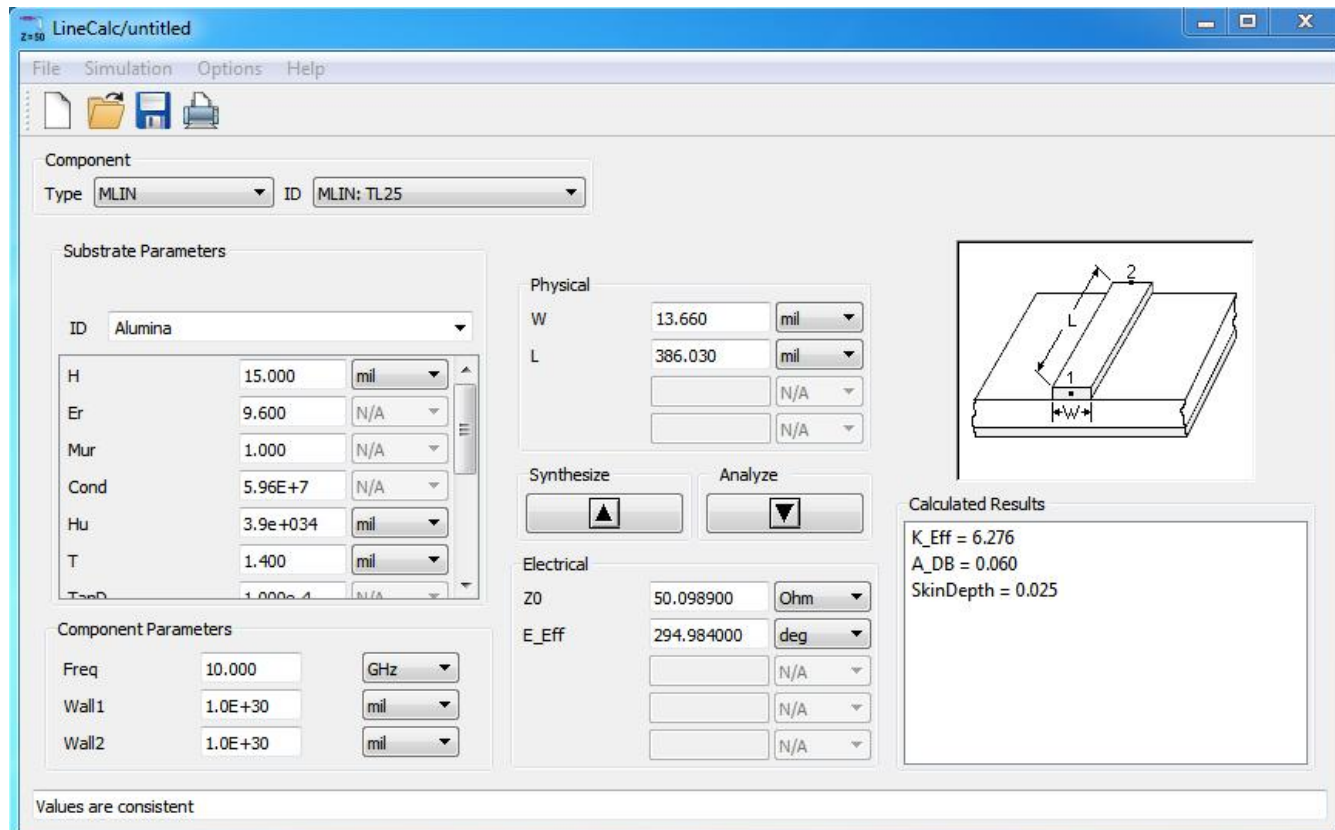
Standard Thickness
RO4003C: 0.008" (0.203mm), 0.012 (0.305mm), 0.016" (0.406mm), 0.020" (0.508mm) 0.032" (0.813mm), 0.060" (1.524mm) RO4350B: *0.004" (0.101mm), 0.0066" (0.168mm) 0.010" (0.254mm), 0.0133 (0.338mm), 0.0166 (0.422mm), 0.020" (0.508mm) 0.030" (0.762mm), 0.060" (1.524mm)

Microstrip, materiale substrat

	Constanta dielectrică relativă	Factorul de pierderi dielectrice	Conductivitate termică	Coeficient liniar de expansiune	Coeficient de temperatură a lui ϵ_r
Material	-	-	W/cm/K	ppm/K	ppm/K
Al_2O_3 (99.5%)	9.8	0.0001	0.37	6.3	+136
Al_2O_3 (96%)	9.4	0.001	0.35	6.4	-
Safir	9.4;11.6	0.0001	0.42	6.0	+110-+140
Sticlă cuarț	3.78	0.0001	0.017	0.55	+13
Sticlă Corning 7059	5.75	0.0036	0.012	4.6	-
BeO Ceramic (98%)	6.3	0.006	2.1	6.1	+107
TiO_2	85	0.004	0.05	7.5	-575
Tetratitanat de Ba (BaTi_4O_9)	37	0.0005	0.02	9.4	-26
Zirconat	20-40	0.002	-	5.0	-130-+100
GaAs	12.9	0.002	0.46	5.7	-
Si	11.9	0.015	1.45	4.2	-
Ferită	9-16	0.001	-	-	-

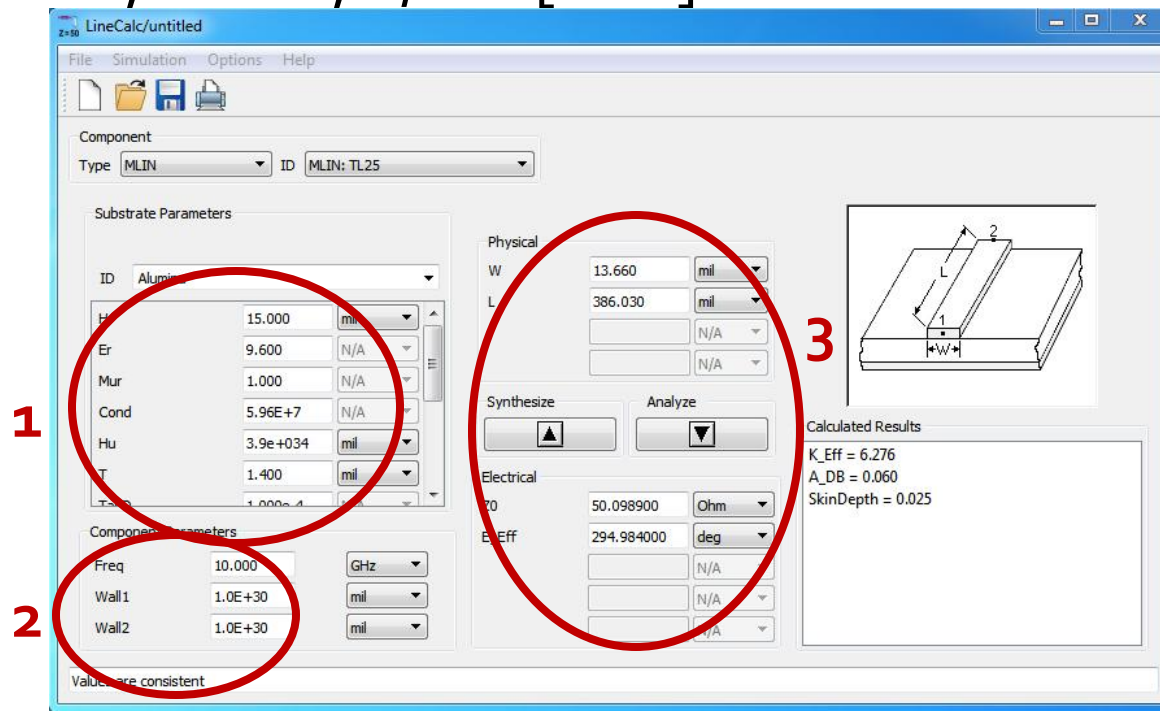
ADS linecalc

- In scheme:
 - >Tools>LineCalc>Start
 - Pentru linii Microstrip >Tools>LineCalc>Send to Linecalc



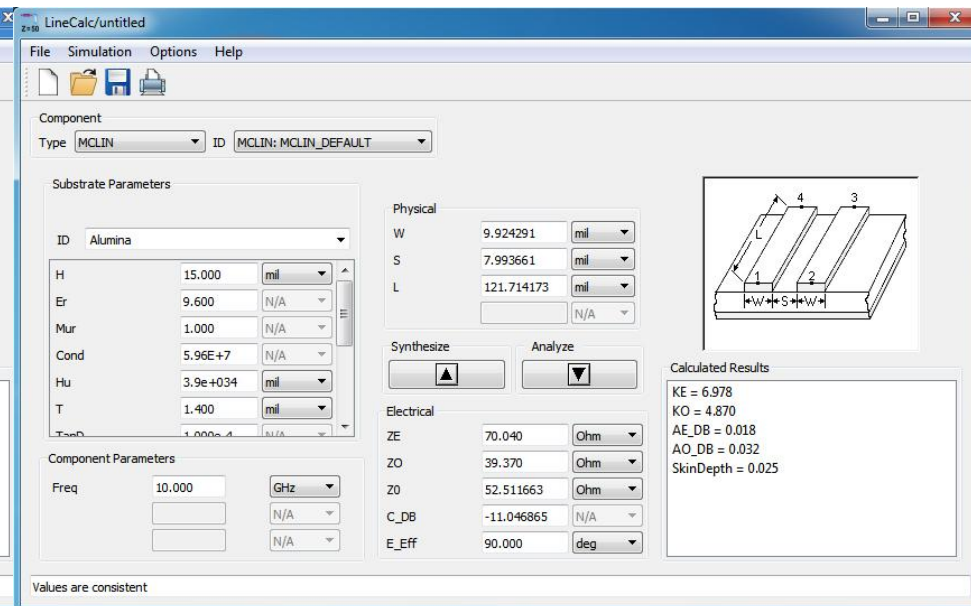
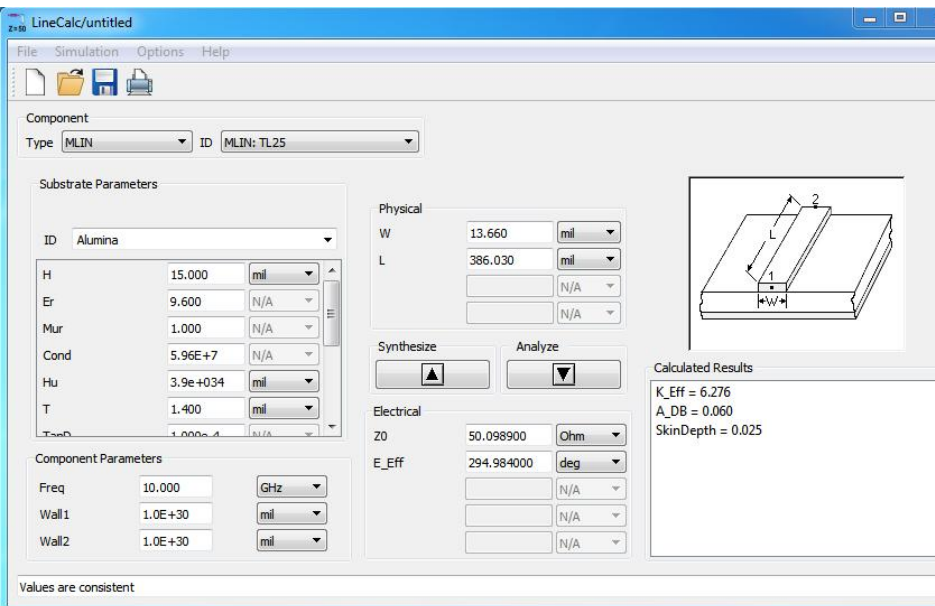
ADS linecalc

- 1. Definire (receptie din schema) substrat
- 2. Introducere frecventa
- 3. Introducere date de intrare
 - Analiza: $W, L \rightarrow Z_0, E$ sau $Z_e, Z_0, E / la f [GHz]$
 - Sinteza: $Z_0, E \rightarrow W, L / la f [GHz]$



ADS linecalc

- Se poate utiliza pentru:
 - linii microstrip MLIN: $W, L \Leftrightarrow Z_0, E$
 - linii cuplate microstrip MCLIN: $W, L \Leftrightarrow Z_e, Z_0, E$



ADS linecalc

LineCalc/untitled

File Simulation Options Help

Component
Type: **MCLIN** ID: MCLIN: MCLIN_DEFAULT

Substrate Parameters

ID	Alumina	
H	15.000	mil
Er	9.600	N/A
Mur	1.000	N/A
Cond	5.96E+7	N/A
Hu	3.9e+034	mil
T	1.400	mil
TanD	1.000e-4	N/A

Physical

W	9.924291	mil
S	7.993661	mil
L	121.714173	mil
		N/A

Synthesize Analyze

Electrical

ZE	70.040	Ohm
ZO	39.370	Ohm
Z0	52.511633	Ohm
C_DB	-11.046865	N/A
E_Eff	90.000	deg

Component Parameters

Freq	10.000	GHz
		N/A
		N/A

Diagram: A 3D perspective view of a microstrip line on a substrate. The line is labeled with 1, 2, 3, and 4 at different points. Dimensions W, S, and L are indicated with arrows.

Calculated Results

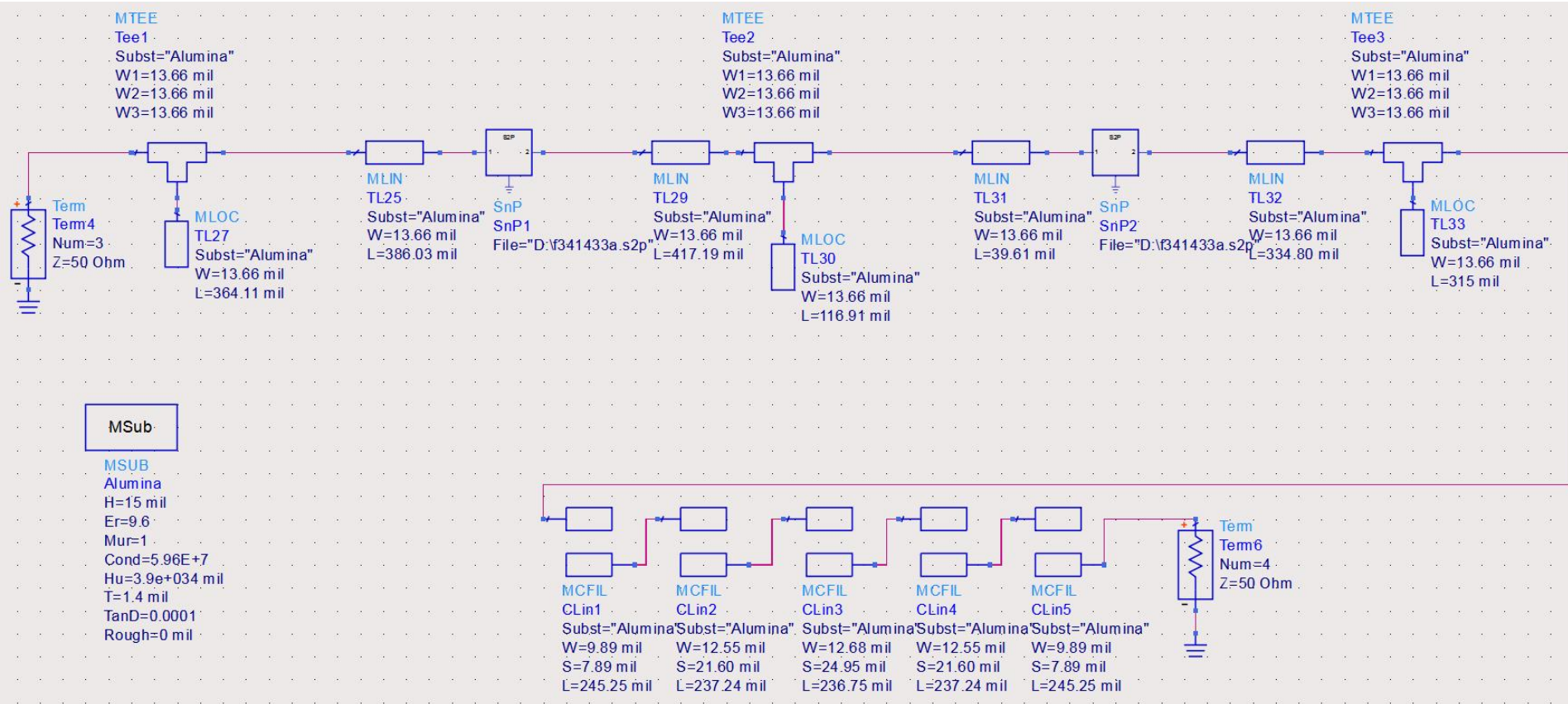
KE = 6.978
KO = 4.870
AE_DB = 0.018
AO_DB = 0.032
SkinDepth = 0.025

Values are consistent

Linii de transmisie

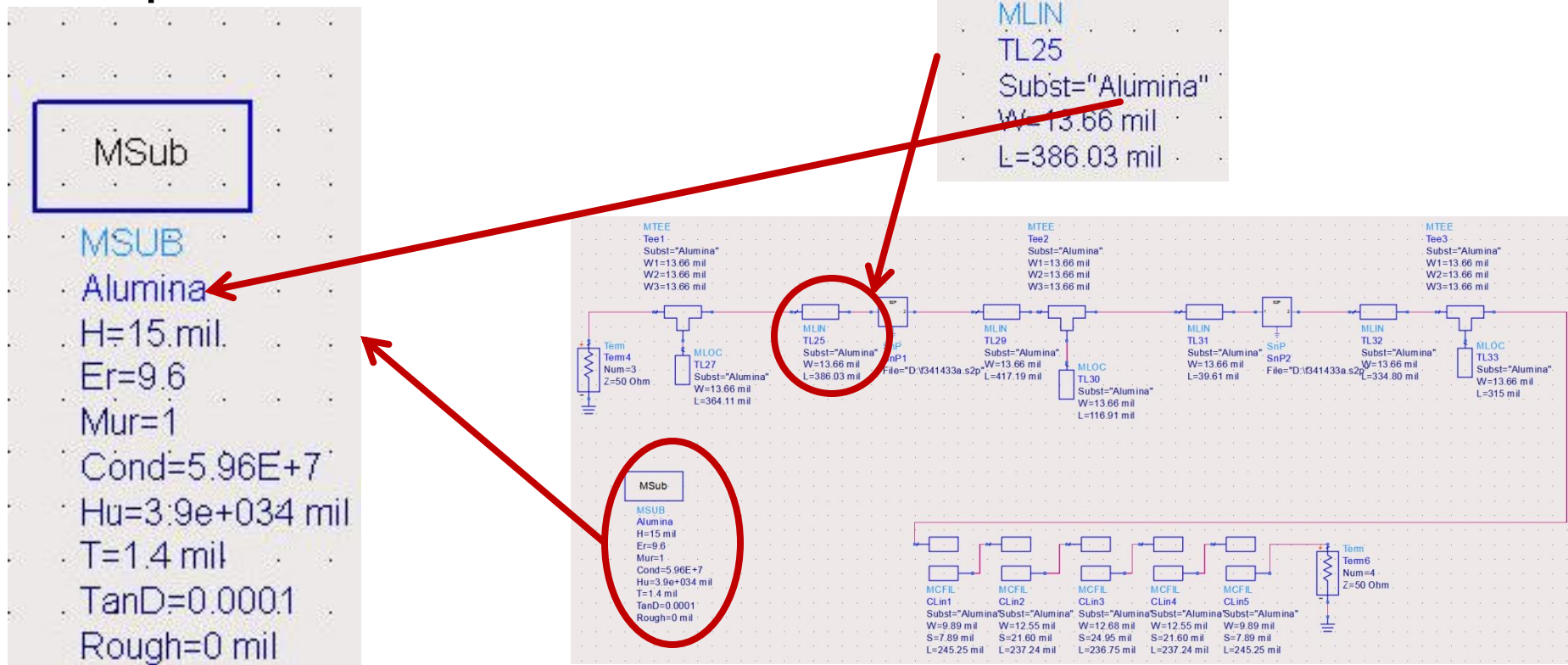
- <https://rf-opto.etti.tuiasi.ro>
- linii de transmisie Rogers
 - relatii dependente de
 - t , inaltimea metalizarilor
 - f , frecventa
 - relatii pentru
 - microstrip
 - strip
 - linii cuplate

Implementare cu linii microstrip



Implementare cu linii microstrip

- Se introduce modelul de substrat
- Liniile/liniile cuplate se calculeaza cu Linecalc pentru acelasi substrat



Implementare cu linii microstrip

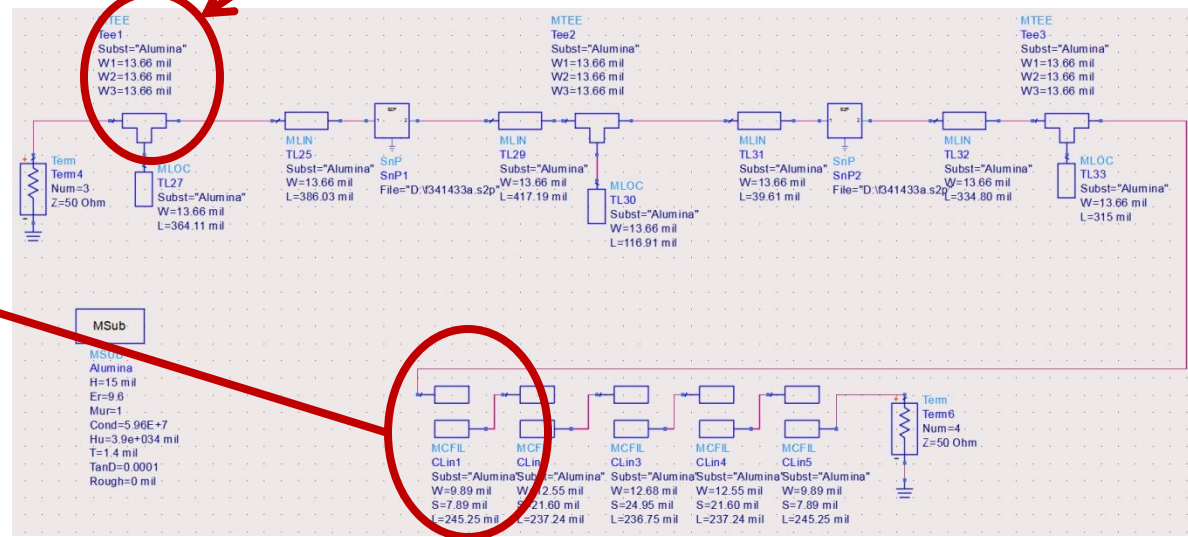
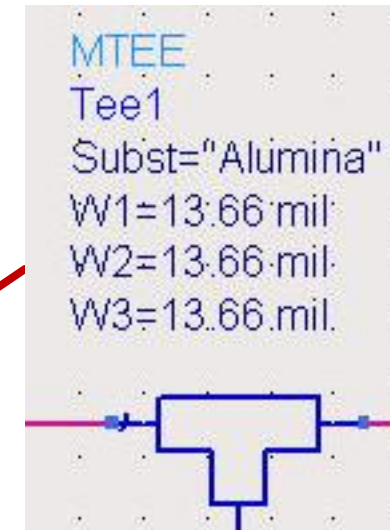
- Se folosesc componente din paleta

Transmission Lines – Microstrip

- MSUB - substrat
- MLIN – linie serie
- MLOC – stub paralel in gol
- MTEE – modelare conexiune cu stub in paralel
- MCFIL – sectiune de filtru cu linii cuplate
(alternativa mai precisa decat MCLIN – se tine
cont de faptul ca doua sectiuni succesive sunt in
fizic alaturate)

Implementare cu linii microstrip

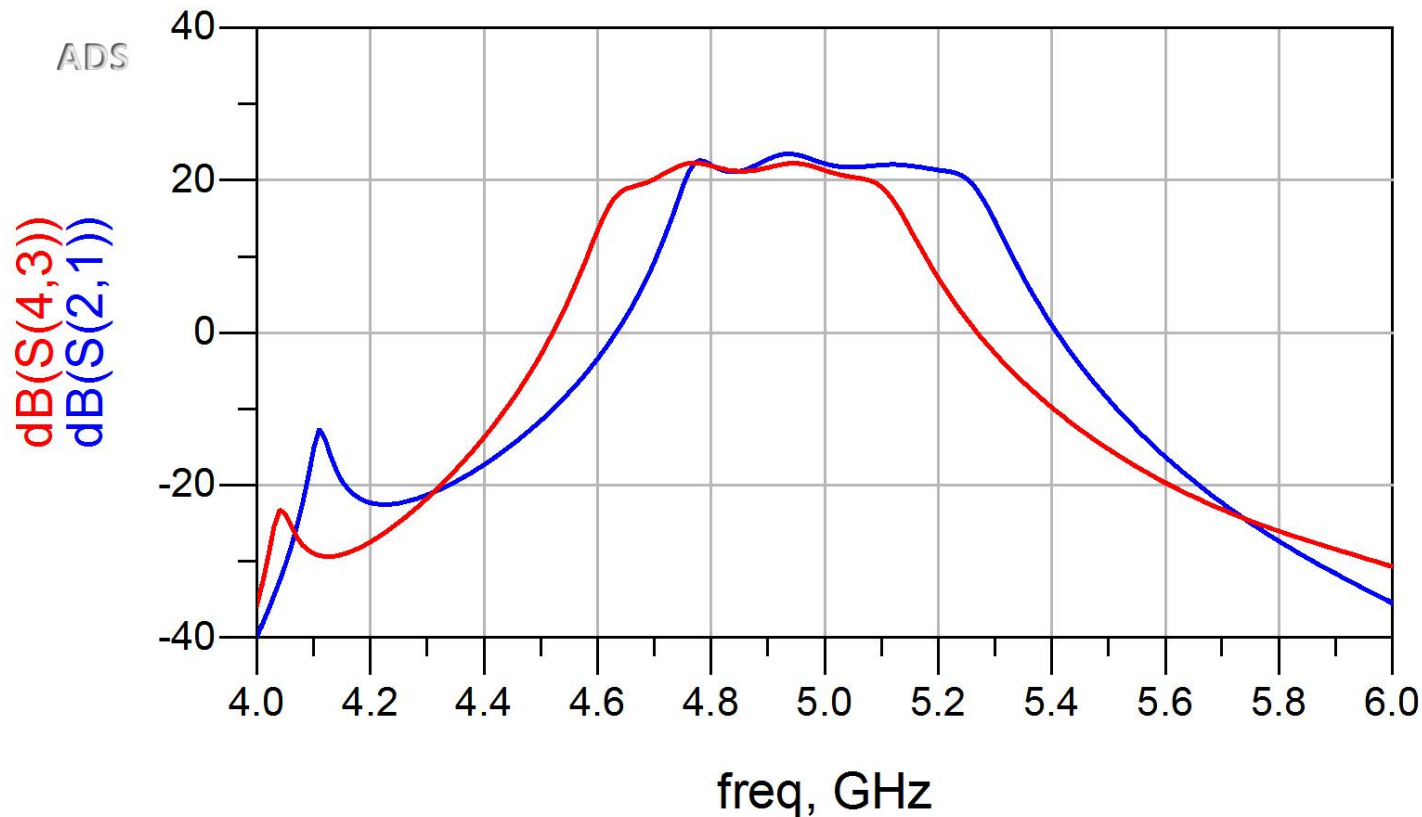
- E necesara atentie la completarea parametrilor pentru MTEE si MCFIL prin verificarea in schema a latimii liniilor conectate la fiecare terminal



Implementare cu linii microstrip

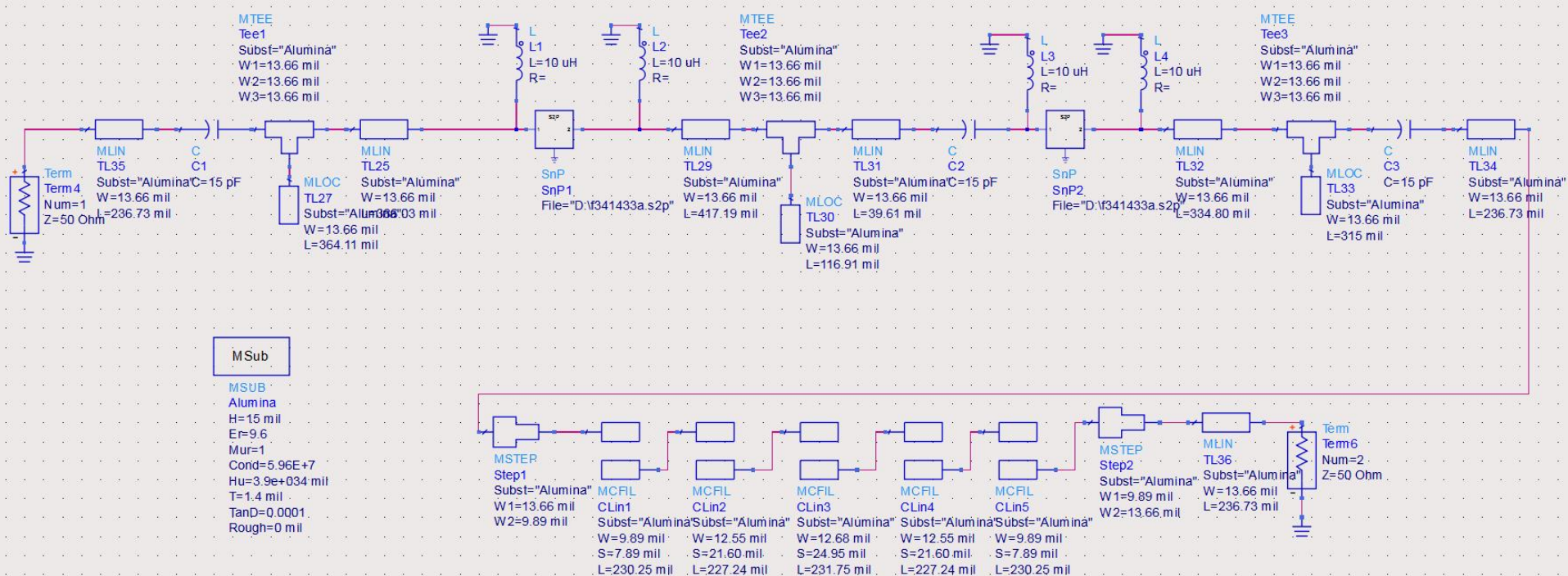
Rezultat

- Se constata o deplasare a benzii obtinute (albastru) spre frecvente mai mici fata de modelele ideale (rosu)
 - datorat diferentei MCFIL / MCLIN

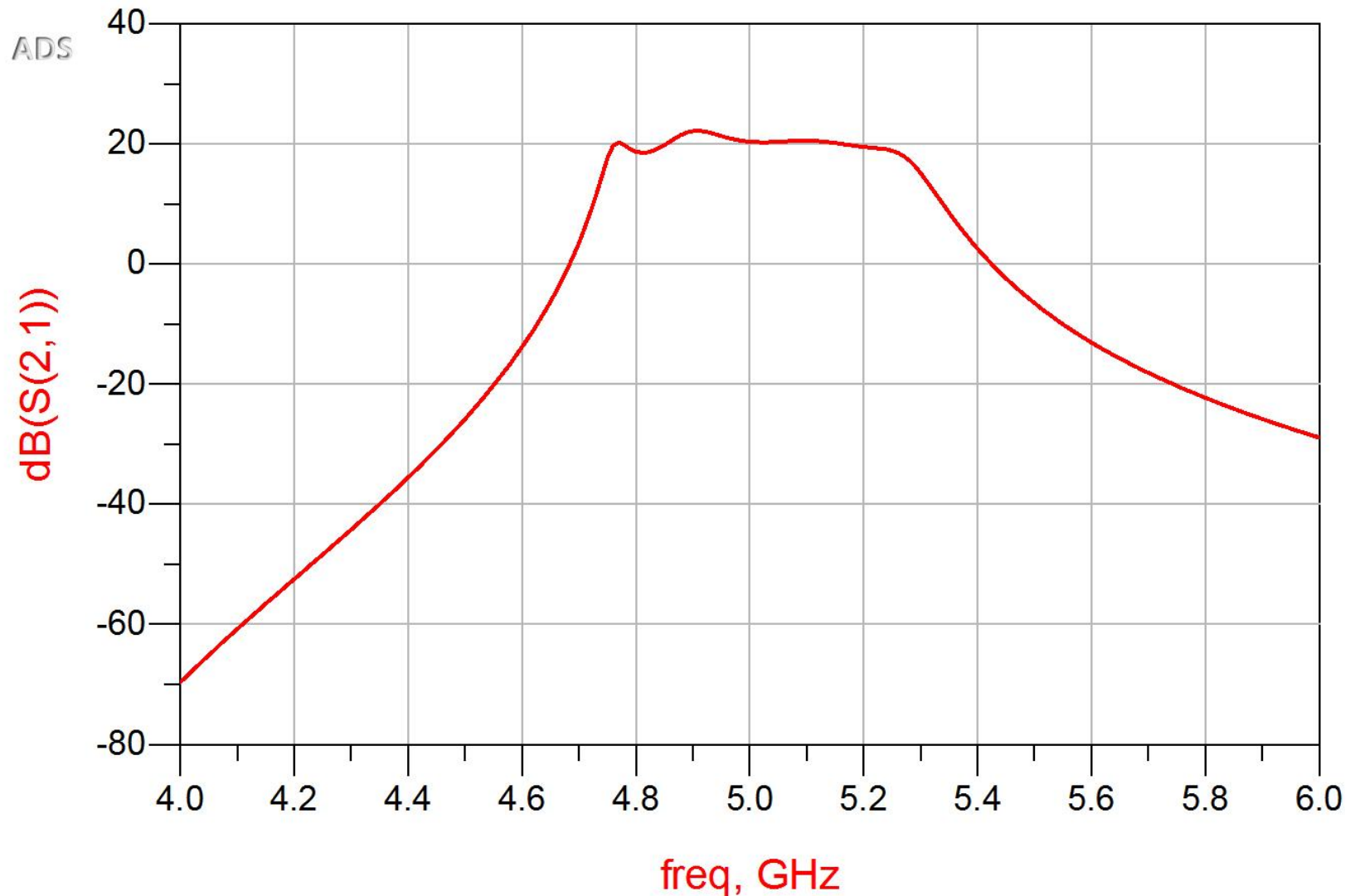


Introducere elemente de polarizare

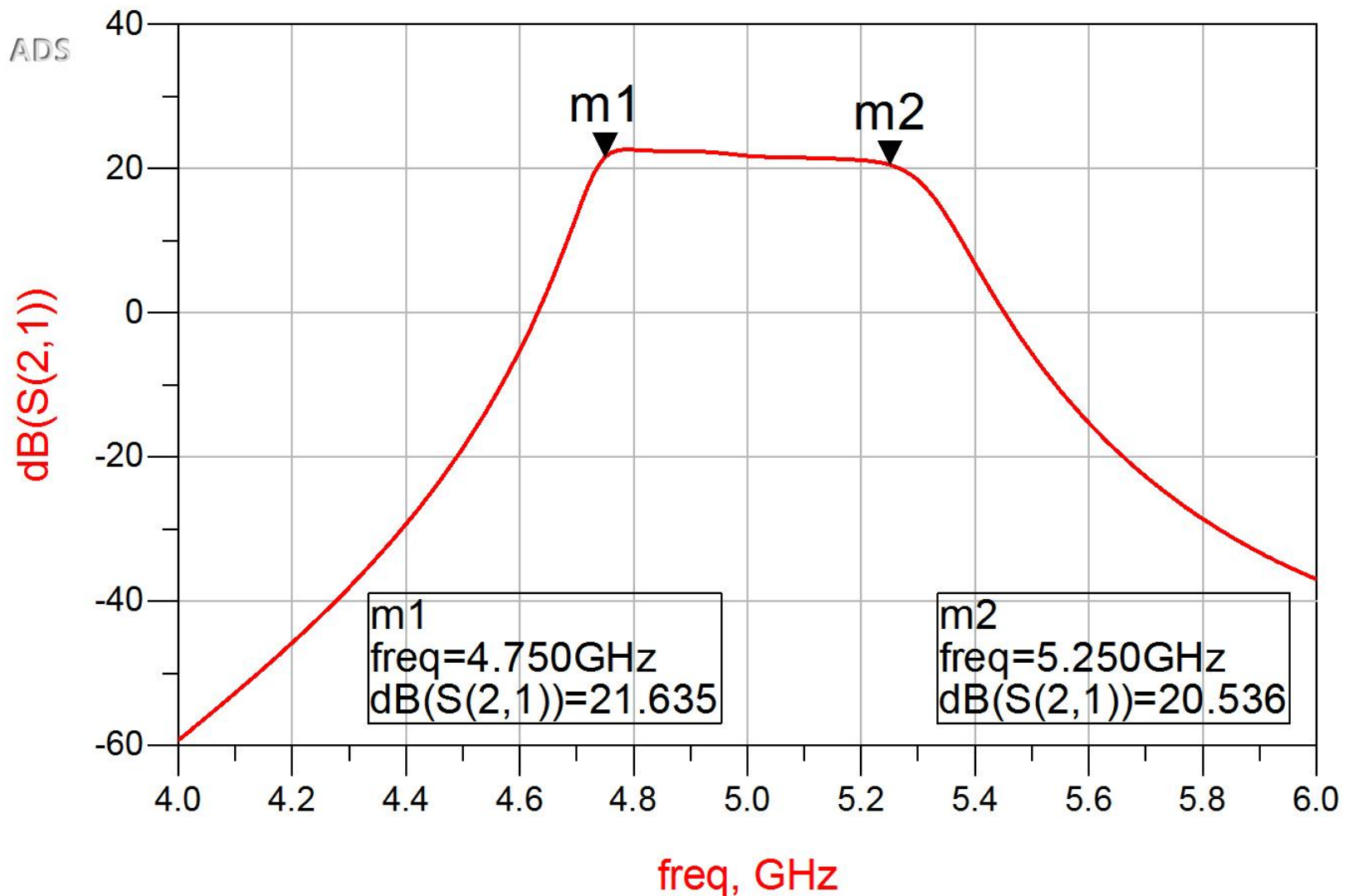
- Reglaj de lungimi la elementele filtrului pentru reglarea frecventelor in jurul $f_0 = 5\text{GHz}$
- Introducere L (soc RF) si C (decuplare)



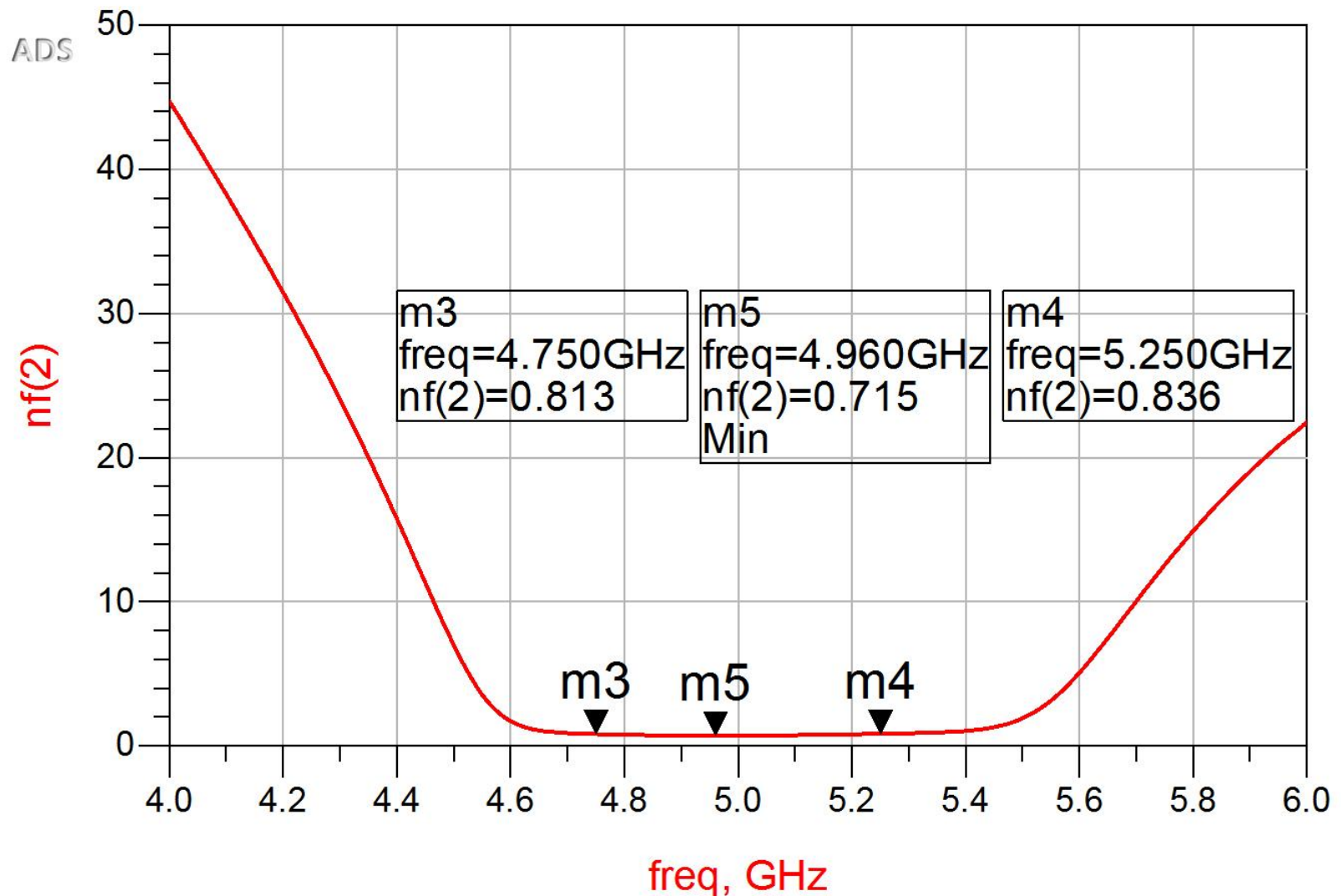
Castig -> Reglaj/Optimizare



Rezultat final (Castig)

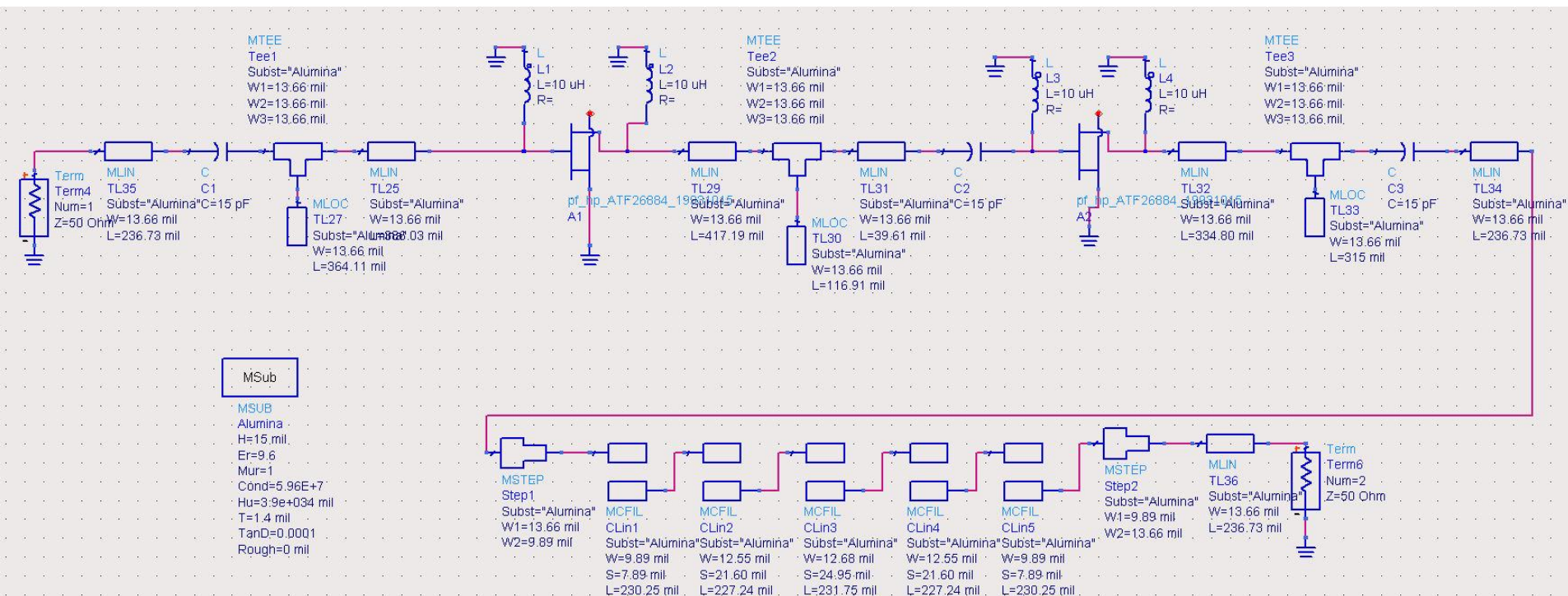


Rezultat final (Zgomot)

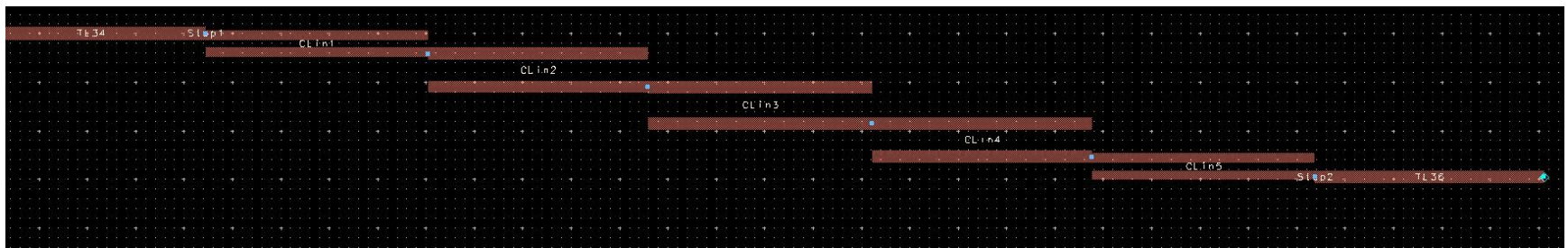
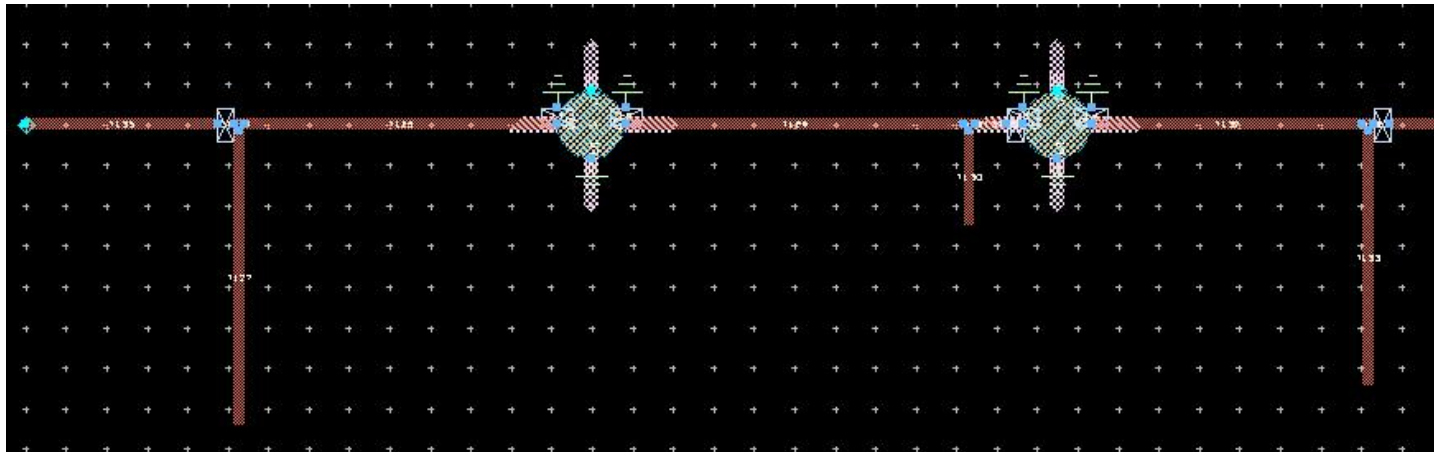
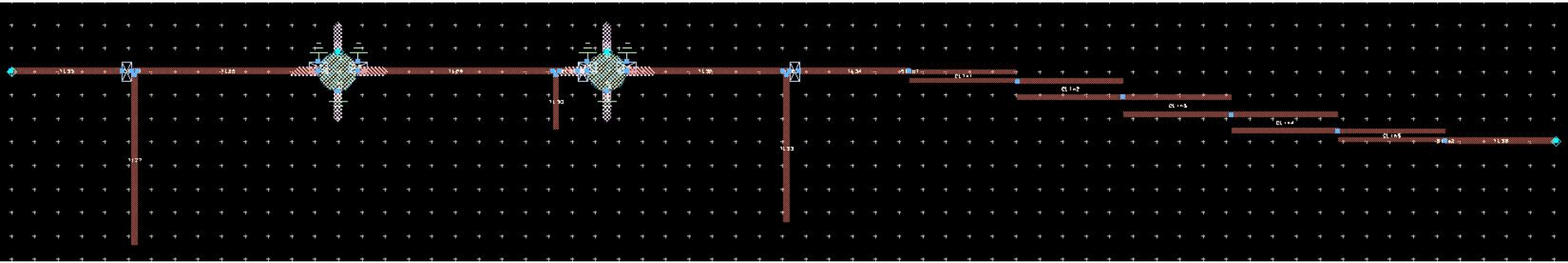


Layout (Exemplu)

- Inlocuirea (fictiva) a tranzistoarelor si elementelor concentrate (LC) cu elemente pentru care ADS are informatii despre capsule



Layout (Exemplu)



Examen

Probleme

Istoric

Other data

[Manual examen on-line](#) (pdf, 2.65 MB, ro, )
[Online Exam manual](#) (pdf, 2.56 MB, en, )
[Simulare Examen](#) (video) (mp4, 65.12 MB, ro, )
[DCMR Curs 3 Linii de transmisie](#) (video) (mp4, 174.88 MB, ro, )
[DCMR Curs 4 Adaptare de impedanta](#) (video) (mp4, 206.99 MB, ro, )
[DCMR Curs 5 Analiza de retea](#) (video) (mp4, 196.2 MB, ro, )
[DCMR Curs 6 Analiza de retea \(Divizoare/Cuploare\)](#) (mp4, 214.04 MB, ro, )
[DCMR Curs 7 Diagrama Smith, Adaptare de impedanta](#) (video) (mp4, 331.63 MB, ro, )
[DCMR Curs 8 Amplificatoare](#) (video) (mp4, 460.75 MB, ro, )
[DCMR Curs 10 Supliment Proiect](#) (video) (mp4, 192.23 MB, ro, )
[Exemplu Proiect 2020](#) (pdf, 2.49 MB, ro, )
[Indicatii Proiect 1 Online \(2020\)](#) (pdf, 1.82 MB, ro, )
[Note de aplicatii importante - Agilent](#) (rar, 2.36 MB, ro, )
[Linii de transmisie - Rogers](#) (rar, 84.4 KB, ro, )

Previous years

2022-2023

2021-2022

2020-2021

2019-2020

2018-2019

M

Server-ul "rf-opto" pastreaza istoricul materialelor pentru anii anteriori
Alegeti anul recent corespunzator pentru vizualizare sau "More years" pentru a afisa mai multi ani din istoric

Istoric 2009 - 2025

[DCMR Curs 7 Diagrama Smith, Adaptare de impedanta \(video\)](#) (mp4, 331.63 MB, ro, )
[DCMR Curs 8 Amplificatoare \(video\)](#) (mp4, 460.75 MB, ro, )
[DCMR Curs 10 Supliment Proiect \(video\)](#) (mp4, 192.23 MB, ro, )
[Exemplu Proiect 2020](#) (pdf, 2.49 MB, ro, )
[Indicatii Proiect 1 Online \(2020\)](#) (pdf, 1.82 MB, ro, )
[Note de aplicatii importante - Agilent](#) (rar, 2.36 MB, ro, )
[Linii de transmisie - Rogers](#) (rar, 84.4 KB, ro, )

Previous years

2022-2023

2021-2022

2020-2021

2019-2020

2018-2019

More years...

Microwave Devices and Circuits for Radiocommunications (English)

Course: MDCR (2019-2020)

Course Coordinator: Assoc.P. Dr. Radu-Florin Damian

Code: EDOS412T

Discipline Type: DOS; Alternative, Specialty

Credits: 4

Enrollment Year: 4, Sem. 7

Activities

2016-2017

2015-2016

2014-2015

2013-2014

2012-2013

2011-2012

2010-2011

2009-2010

Circuits for Radiocommunications

Week, Specialization Section, Timetable:
Hours/Week, Half Group, Timetable:

Subiecte si rezolvari

- 2009 – 2025
 - in fiecare an 1-2 seturi (~50) de probleme
 - rezolvari numerice

[Selection guides 2019](#) (zip, 3.2 MB, en, )
[Tranzistoare Infineon](#) (zip, 37.17 MB, en, )
[Colectie parametri S - 2010](#) (7z, 9.09 MB, en, )

Examen

[Examen DCMR 2021](#) (pdf, 1.01 MB, ro, )
[Rezolvari DCMR 2021](#) (pdf, 1.1 MB, ro, )
[Verificare proiecte 2021](#) (zap, 34.3 MB, en, )
[Detalii notare DCMR 2021 \(L, P\)](#) (htm, 10.81 KB, ro, )

Other data

[Manual examen on-line](#) (pdf, 2.65 MB, ro, )
[Simulare Examen \(video\)](#) (mp4, 65.12 MB, ro, )

Problema 1

- Dacă impedanța este $50.2\Omega + j \cdot 46.2\Omega$, calculați admitanța normalizată. **(1p)**
- Dacă impedanța este $63.1\Omega + j \cdot 51.7\Omega$, calculați admitanța normalizată. **(1p)**
- Dacă impedanța este $66.6\Omega - j \cdot 67.2\Omega$, calculați admitanța normalizată. **(1p)**
- Dacă impedanța este $42.5\Omega + j \cdot 45.3\Omega$, calculați admitanța normalizată. **(1p)**

Important 1

Examen

- Operatii cu numere complexe!
- $z = a + j \cdot b ; j^2 = -1$

Reprezentare polara

■ Formula lui Euler

$$e^{j \cdot x} = \cos x + j \cdot \sin x; \forall x \in R$$

■ Reprezentare polara

$$z = a + j \cdot b = |z| \cdot e^{j \cdot \varphi}$$

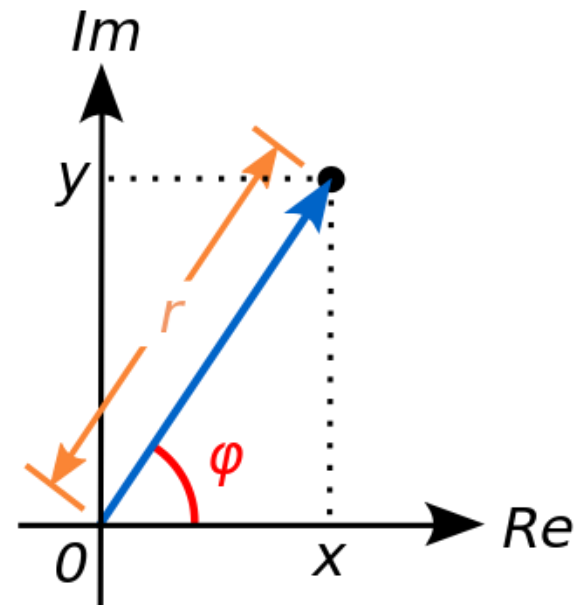
$$z = a + j \cdot b = |z| \cdot (\cos \varphi + j \cdot \sin \varphi)$$

$$z^n = (|z| \cdot e^{j \cdot \varphi})^n = |z|^n \cdot e^{j \cdot n \cdot \varphi} = |z|^n \cdot [\cos(n \cdot \varphi) + j \cdot \sin(n \cdot \varphi)]$$

$$\rightarrow \sqrt{z} = (|z| \cdot e^{j \cdot \varphi})^{1/2} = \sqrt{|z|} \cdot e^{j \cdot \frac{\varphi}{2}} = \sqrt{|z|} \cdot \left(\cos \frac{\varphi}{2} + j \cdot \sin \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$z \cdot w = |z| \cdot e^{j \cdot \varphi} \cdot |w| \cdot e^{j \cdot \theta} = |z| \cdot |w| \cdot e^{j \cdot (\varphi + \theta)} = |z| \cdot |w| \cdot [\cos(\varphi + \theta) + j \cdot \sin(\varphi + \theta)]$$

$$z/w = \frac{|z| \cdot e^{j \cdot \varphi}}{|w| \cdot e^{j \cdot \theta}} = \frac{|z|}{|w|} \cdot e^{j \cdot \varphi} \cdot e^{-j \cdot \theta} = \frac{|z|}{|w|} \cdot e^{j \cdot (\varphi - \theta)} = \frac{|z|}{|w|} \cdot [\cos(\varphi - \theta) + j \cdot \sin(\varphi - \theta)]$$

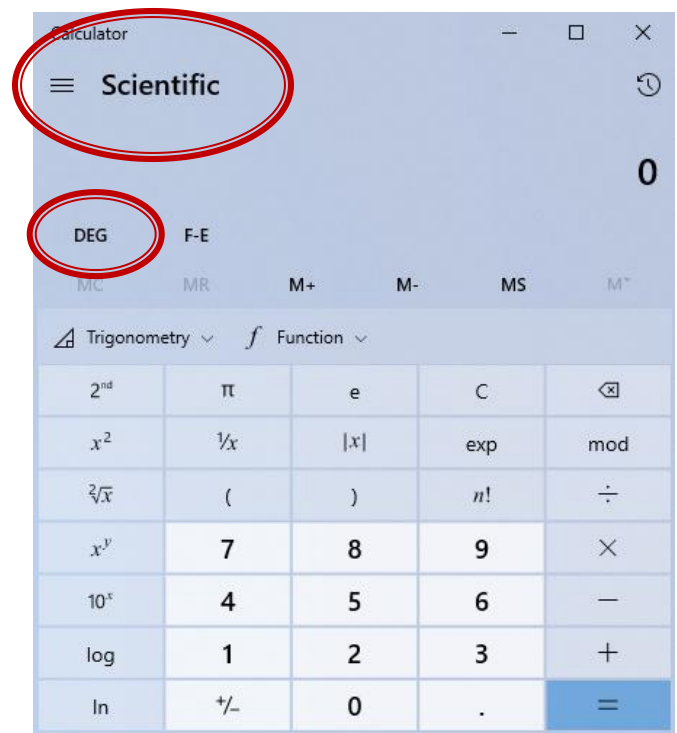


Reprezentare polara

- unitate de masura standard – radiani
- unitate de masura traditionala in microunde – **grade format zecimal** (55.89°)

$$\varphi = \arg(z) = \begin{cases} \arctan\left(\frac{b}{a}\right), & a > 0 \\ \arctan\left(\frac{b}{a}\right) + \pi, & a < 0, b \geq 0 \\ \arctan\left(\frac{b}{a}\right) - \pi, & a < 0, b < 0 \\ \frac{\pi}{2}, -\frac{\pi}{2}, \text{nedefinit} & a = 0 \end{cases}$$

$$\varphi[^\circ] = 180^\circ \cdot \frac{\varphi[\text{rad}]}{\pi} \qquad \varphi[\text{rad}] = \pi \cdot \frac{\varphi[^\circ]}{180^\circ}$$



Reprezentare polara

- **Atentie la reprezentarea unghiurilor!!**
 - programele matematice – lucreaza standard in radiani
 - e necesara o **conversie** inainte si una dupa aplicarea unei functii trigonometrice
 - calculatoarele (stiintifice) au posibilitatea (de obicei) de a stabili unitatea de masura pentru unghiuri
 - e necesara **verificarea** unitatii de masura curente

$$\varphi[^\circ] = 180^\circ \cdot \frac{\varphi[rad]}{\pi}$$
$$\varphi[rad] = \pi \cdot \frac{\varphi[^\circ]}{180^\circ}$$

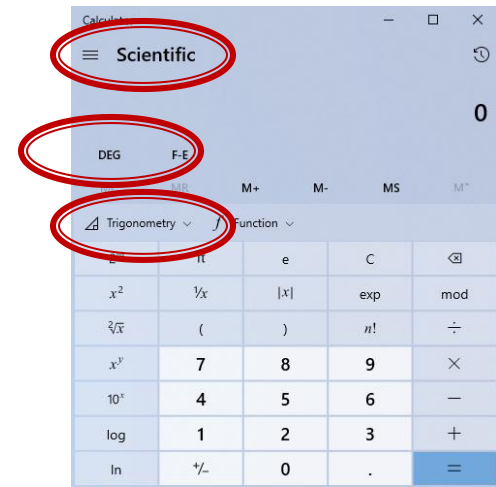
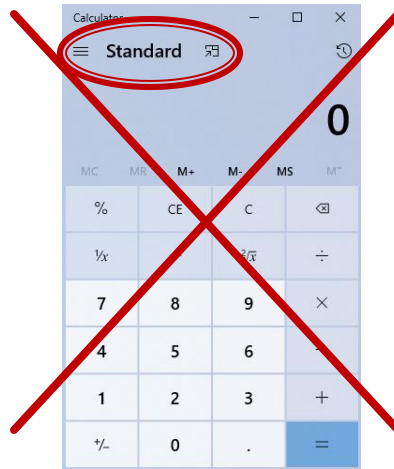


Diagrama Smith

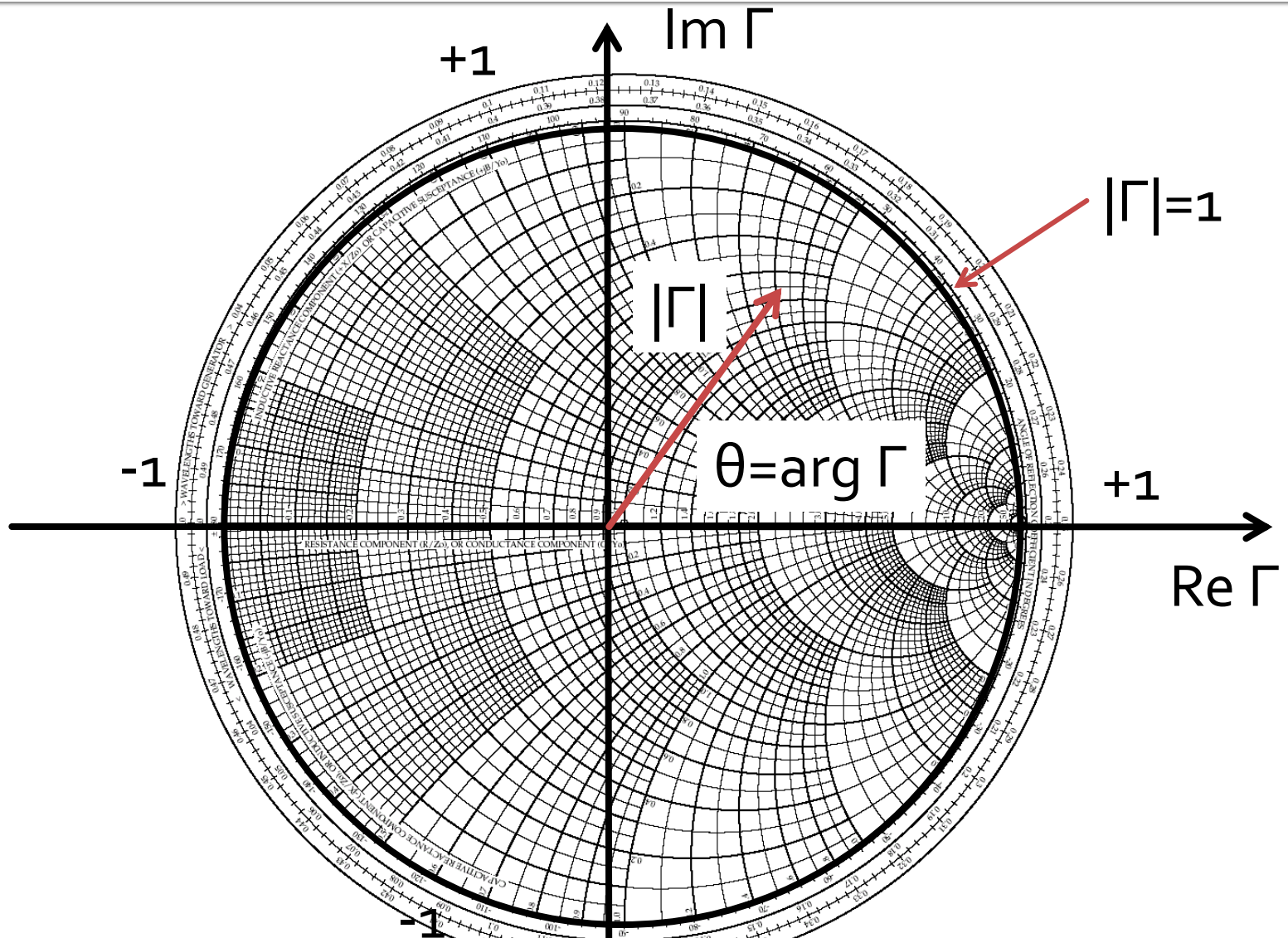
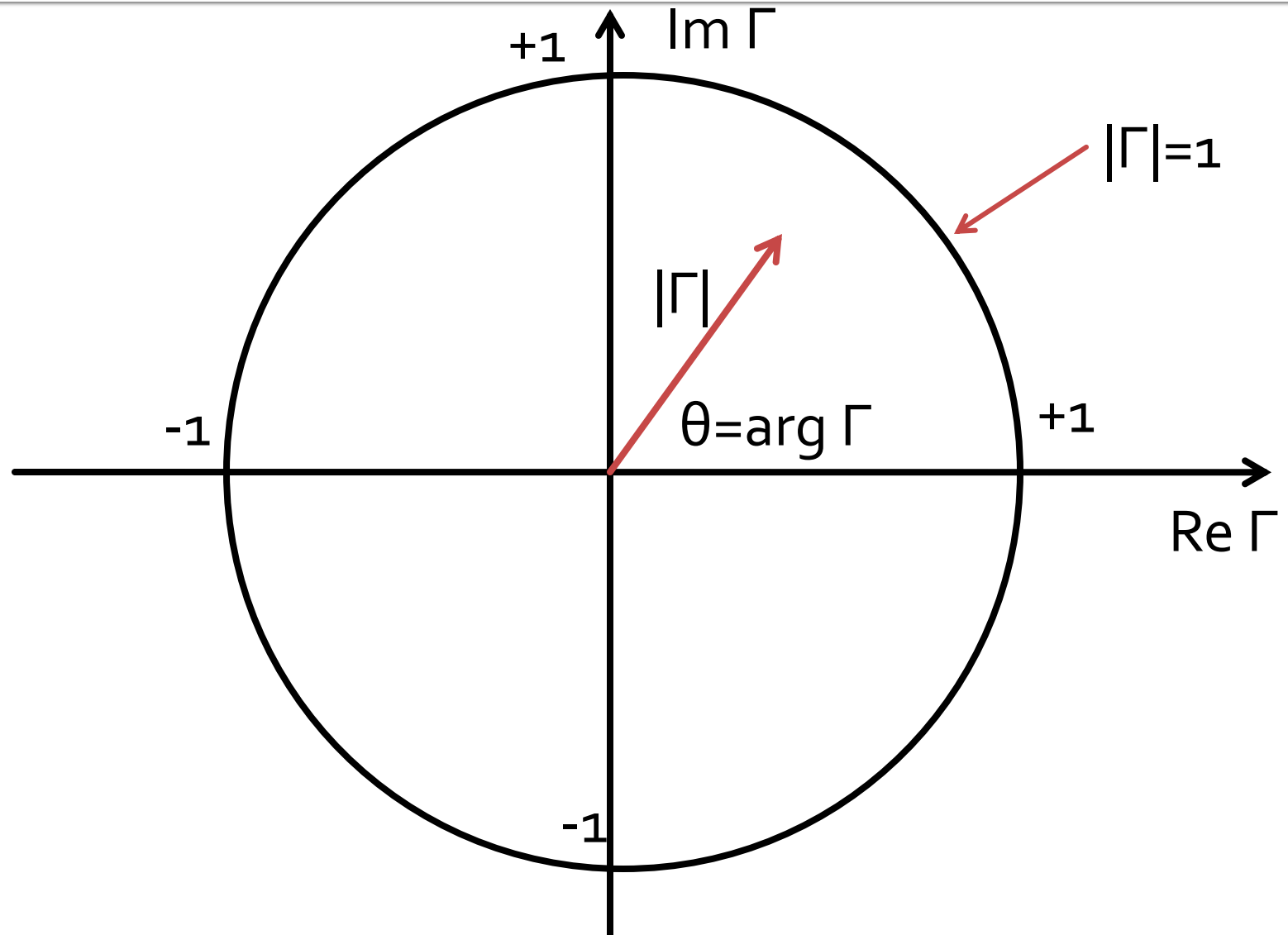


Diagrama Smith



Important 2

Reprezentare logaritmică

$$\text{dB} = 10 \cdot \log_{10} (P_2 / P_1)$$

$$0 \text{ dB} = 1$$

$$+ 0.1 \text{ dB} = 1.023 (+2.3\%)$$

$$+ 3 \text{ dB} = 2$$

$$+ 5 \text{ dB} = 3$$

$$+ 10 \text{ dB} = 10$$

$$-3 \text{ dB} = 0.5$$

$$-10 \text{ dB} = 0.1$$

$$-20 \text{ dB} = 0.01$$

$$-30 \text{ dB} = 0.001$$

$$\text{dBm} = 10 \cdot \log_{10} (P / 1 \text{ mW})$$

$$0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$$

$$3 \text{ dBm} = 2 \text{ mW}$$

$$5 \text{ dBm} = 3 \text{ mW}$$

$$10 \text{ dBm} = 10 \text{ mW}$$

$$20 \text{ dBm} = 100 \text{ mW}$$

$$-3 \text{ dBm} = 0.5 \text{ mW}$$

$$-10 \text{ dBm} = 100 \mu\text{W}$$

$$-30 \text{ dBm} = 1 \mu\text{W}$$

$$-60 \text{ dBm} = 1 \text{ nW}$$

$$[\text{dBm}] + [\text{dB}] = [\text{dBm}]$$

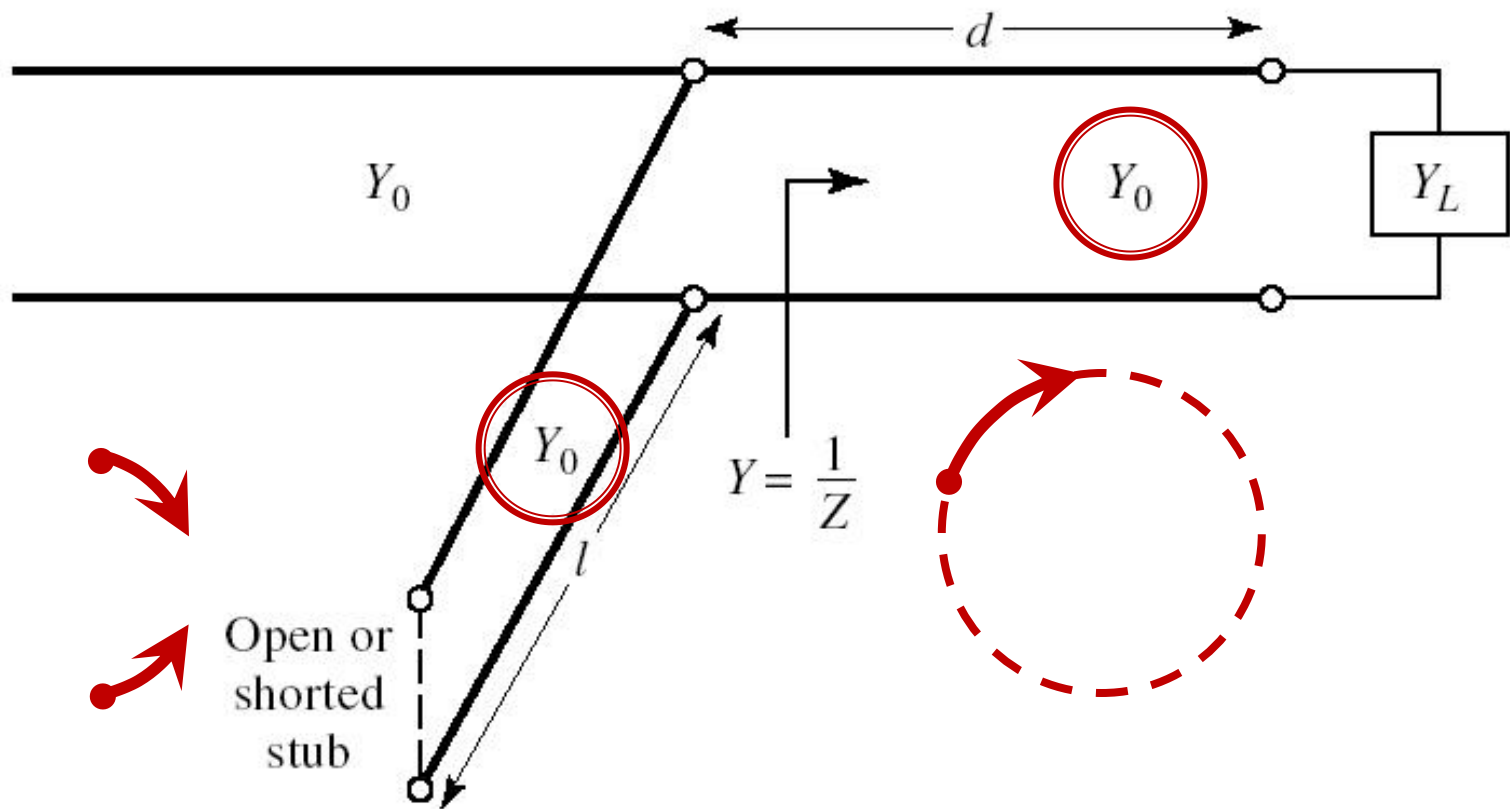
$$[\text{dBm/Hz}] + [\text{dB}] = [\text{dBm/Hz}]$$

$$[x] + [\text{dB}] = [x]$$

Important 3

Caz 1, Shunt Stub

- Shunt Stub (sectiune de linie in paralel)



Calcul analitic (calcul efectiv)

$$\cos(\varphi + 2\theta) = -|\Gamma_S|$$

$$\Gamma_S = 0.593 \angle 46.85^\circ$$

$$\theta_{sp} = \beta \cdot l = \tan^{-1} \frac{\mp 2 \cdot |\Gamma_S|}{\sqrt{1 - |\Gamma_S|^2}}$$

$$|\Gamma_S| = 0.593; \quad \varphi = 46.85^\circ \quad \cos(\varphi + 2\theta) = -0.593 \Rightarrow (\varphi + 2\theta) = \pm 126.35^\circ$$

- **Semnul** (+/-) solutiei alese la ecuatia **liniei serie** impune **semnul** solutiei utilizate la ecuatia **stub-ului paralel**

- **solutia "cu +"** ↓

$$(46.85^\circ + 2\theta) = +126.35^\circ \quad \theta = +39.7^\circ \quad \text{Im } y_S = \frac{-2 \cdot |\Gamma_S|}{\sqrt{1 - |\Gamma_S|^2}} = -1.472$$

$$\theta_{sp} = \tan^{-1}(\text{Im } y_S) = -55.8^\circ (+180^\circ) \rightarrow \theta_{sp} = 124.2^\circ$$

- **solutia "cu -"** ↓

$$(46.85^\circ + 2\theta) = -126.35^\circ \quad \theta = -86.6^\circ (+180^\circ) \rightarrow \theta = 93.4^\circ$$

$$\text{Im } y_S = \frac{+2 \cdot |\Gamma_S|}{\sqrt{1 - |\Gamma_S|^2}} = +1.472 \quad \theta_{sp} = \tan^{-1}(\text{Im } y_S) = 55.8^\circ$$

Calcul analitic (calcul efectiv)

$$(\varphi + 2\theta) = \begin{cases} +126.35^\circ \\ -126.35^\circ \end{cases} \quad \theta = \begin{cases} 39.7^\circ \\ 93.4^\circ \end{cases} \quad \text{Im}[y_s(\theta)] = \begin{cases} -1.472 \\ +1.472 \end{cases} \quad \theta_{sp} = \begin{cases} -55.8^\circ + 180^\circ = 124.2^\circ \\ +55.8^\circ \end{cases}$$

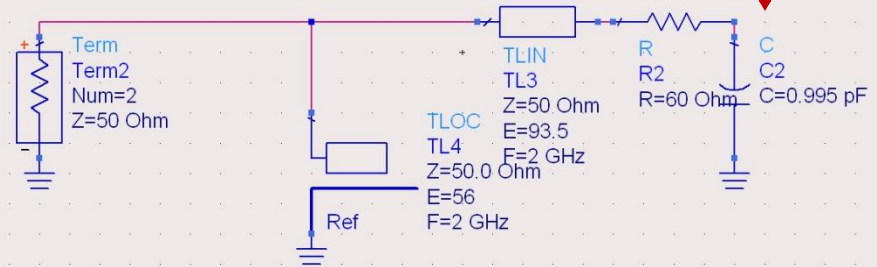
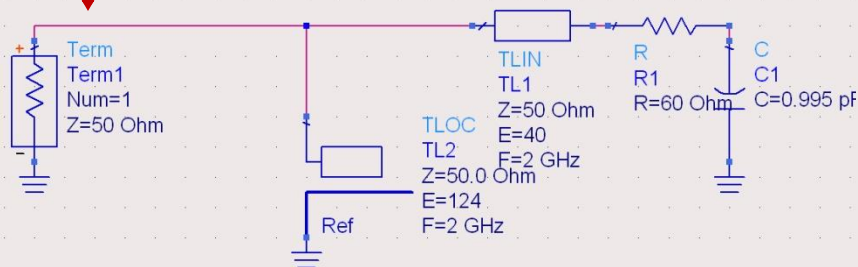
- Se alege **una** din cele doua solutii posibile
- **Semnul** (+/-) solutiei alese la **prima** ecuatie impune **semnul** solutiei utilizate la a **doua** ecuatie

$$l_1 = \frac{39.7^\circ}{360^\circ} \cdot \lambda = 0.110 \cdot \lambda$$

$$l_2 = \frac{124.2^\circ}{360^\circ} \cdot \lambda = 0.345 \cdot \lambda$$

$$l_1 = \frac{93.4^\circ}{360^\circ} \cdot \lambda = 0.259 \cdot \lambda$$

$$l_2 = \frac{55.8^\circ}{360^\circ} \cdot \lambda = 0.155 \cdot \lambda$$



Important 4

Calculul atenuarii/amplificarii

$$\text{Pierderi/Castig} = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

$$\text{Pierderi[dB]} = [-] 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)$$

$$\text{Pierderi[dB]} = [-] 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_{out}}{P_0} \cdot \frac{P_0}{P_{in}} \right) = [-] 10 \cdot \left[\log_{10} \left(\frac{P_{out}}{P_0} \right) - \log_{10} \left(\frac{P_{in}}{P_0} \right) \right]$$

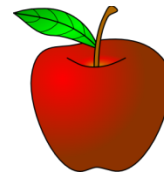
$$\text{Pierderi[dB]} = [-] (P_{out} [\text{dBm}] - P_{in} [\text{dBm}])$$



=



-



Example

Problema 1

- Dacă admitanța normalizată este $0.705 - j \cdot 0.965$, calculați impedanța. (1p)
 - **Notă.** Exceptând situațiile în care în problemă este **specificat altfel**, impedanța de referință se consideră **50Ω**.

$$Y = \frac{1}{Z} \quad Y_0 = \frac{1}{Z_0} = \frac{1}{50\Omega} = 0.02S$$

$$z = \frac{Z}{Z_0} \quad y = \frac{Y}{Y_0} = \frac{Z_0}{Z}$$

$$Z = \frac{Z_0}{y} = \frac{50\Omega}{0.705 - j \cdot 0.965} = 24.68\Omega + j \cdot 33.78\Omega$$

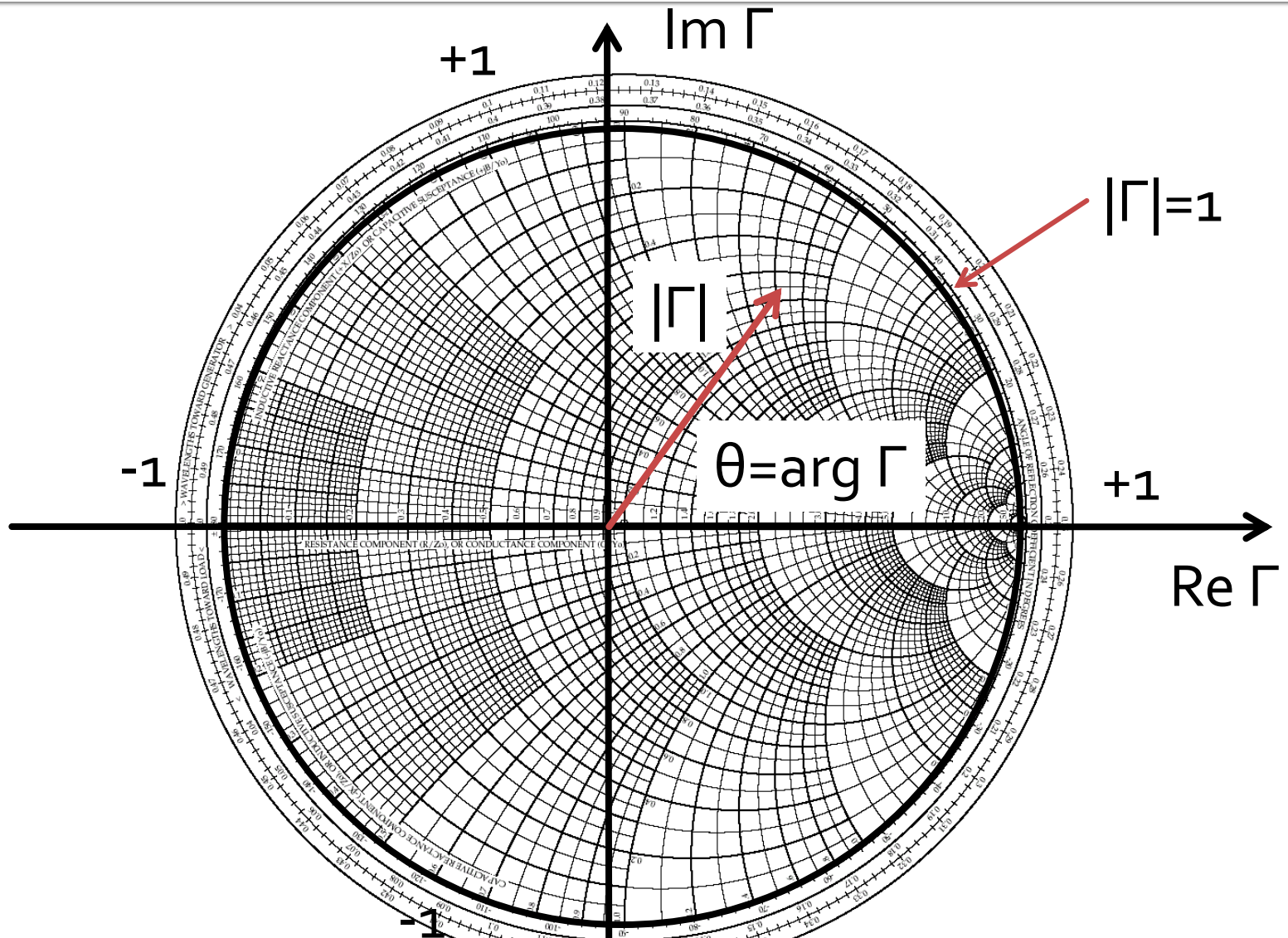
Problema 1 (seminar)

- Dacă admitanța normalizată este $0.930 + j \cdot 0.745$, calculați impedanța. **(1p)**

Problema 2

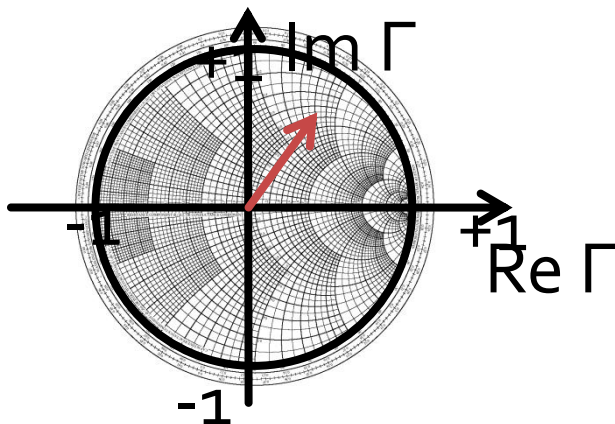
- Schițați o diagrama Smith (numai cercul exterior și axele) și reprezentați punctul corespunzător pentru o **impedanță de referință de 75Ω** și:
 - o impedanță normalizată de $0.870 - j \cdot 0.975$ (**1p**)
 - o rezistență de 63Ω în serie cu o bobină de 0.84nH , la frecvența de 7.4 GHz (**1p**)

Diagrama Smith



Problema 2

- Schițați o diagrama Smith (numai cercul exterior și axele) și reprezentați punctul corespunzător pentru o **impedanță de referință de 75Ω** și:
 - o impedanță normalizată de $0.870 - j \cdot 0.975$ (**1p**)



$\Gamma = ?$

Problema 2

- Schițați o diagrama Smith (numai cercul exterior și axele) și reprezentați punctul corespunzător pentru o **impedanță de referință de 75Ω** și:
 - o impedanță normalizată de $0.870 - j \cdot 0.975$ (**1p**)

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} = \frac{z - 1}{z + 1} = \text{Re} \Gamma + j \cdot \text{Im} \Gamma = |\Gamma| \cdot e^{j \cdot \arg(\Gamma)}$$

$$\Gamma = \frac{z - 1}{z + 1} = \frac{0.870 - j \cdot 0.975 - 1}{0.870 - j \cdot 0.975 + 1} = 0.159 - j \cdot 0.438$$

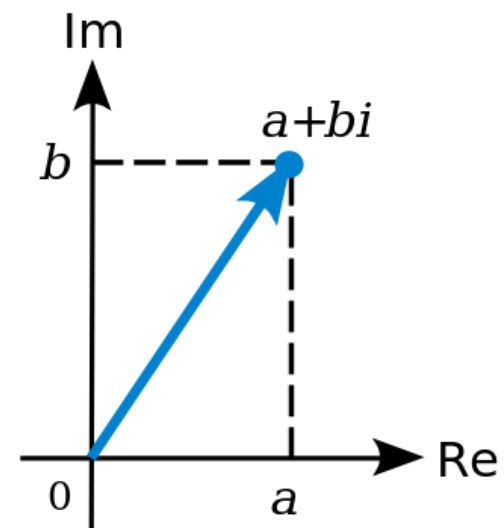
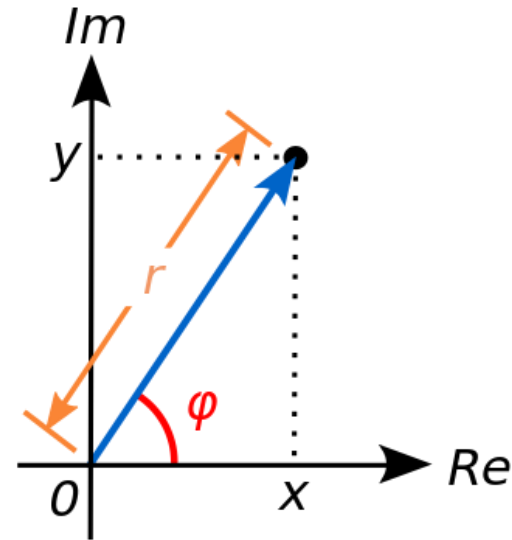
Reprezentare polara

■ Reprezentare polara/carteziana

$$|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$|z| = z \cdot z^*$$

$$\varphi = \arg(z) = \begin{cases} \arctan\left(\frac{b}{a}\right), & a > 0 \\ \arctan\left(\frac{b}{a}\right) + \pi, & a < 0, b \geq 0 \\ \arctan\left(\frac{b}{a}\right) - \pi, & a < 0, b < 0 \\ \frac{\pi}{2}, -\frac{\pi}{2}, \text{nedefinit} & a = 0 \end{cases}$$



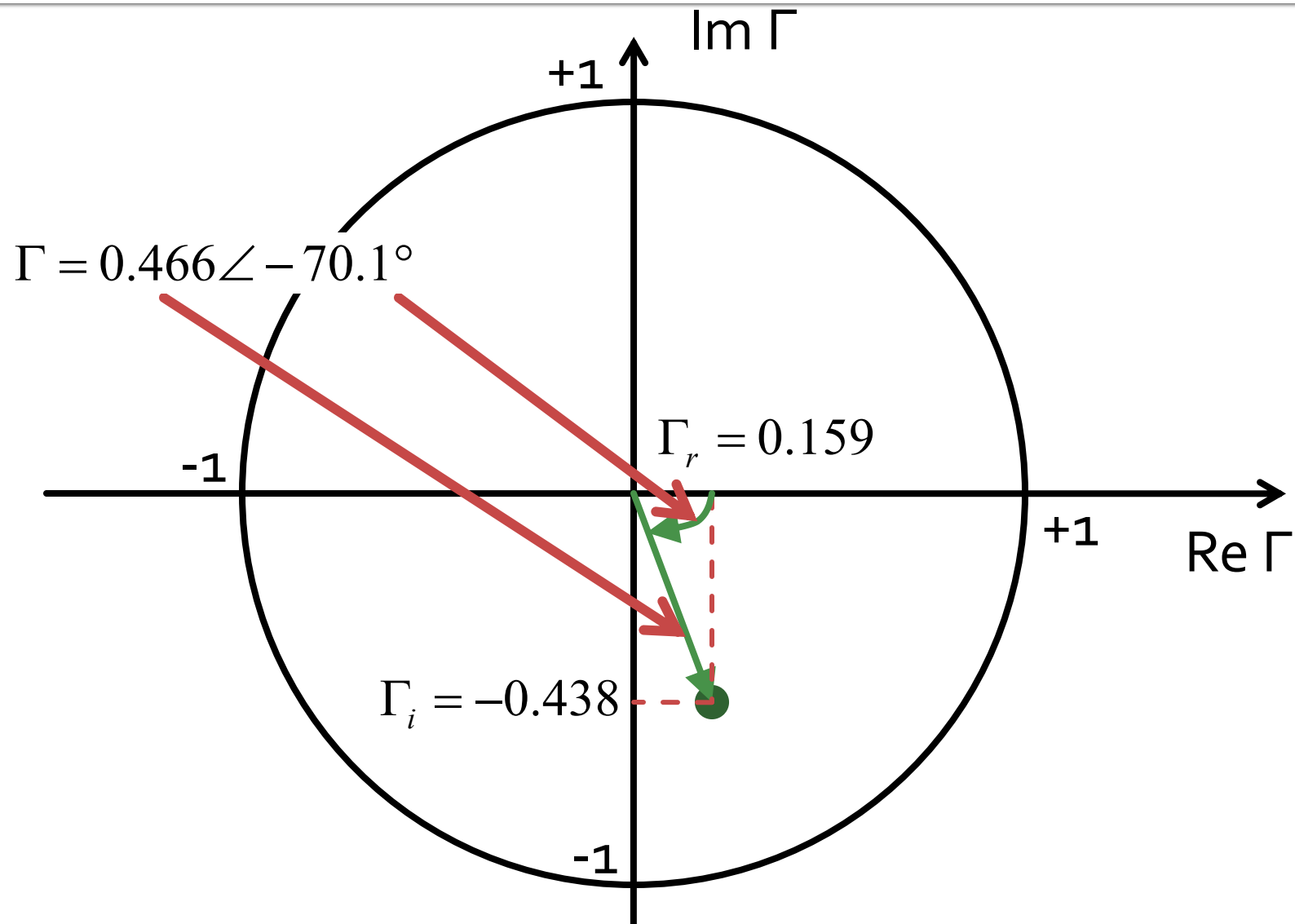
Problema 2

$$\Gamma = 0.159 - j \cdot 0.438$$

$$|\Gamma| = \sqrt{0.159^2 + 0.438^2} = 0.466$$

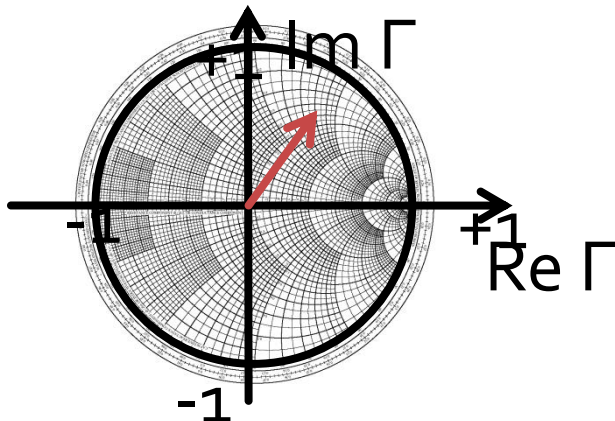
$$\arg(\Gamma) = \arctan\left(\frac{-0.438}{0.159}\right) = -1.223 \text{ rad} = -70.05^\circ$$

Problema 2



Problema 2

- Schițați o diagrama Smith (numai cercul exterior și axele) și reprezentați punctul corespunzător pentru o **impedanță de referință de 75Ω** și:
 - o rezistență de 63Ω în serie cu o bobină de 0.84nH , la frecvența de 7.4GHz (**1p**)



$\Gamma = ?$

Problema 2

- Schițați o diagrama Smith (numai cercul exterior și axele) și reprezentați punctul corespunzător pentru o **impedanță de referință de 75Ω** și:
 - o rezistență de 63Ω în **serie** cu o bobină de 0.84nH , la frecvența de 7.4 GHz (**1p**)

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$

$$Z = R + j \cdot \omega \cdot L = R + j \cdot 2\pi \cdot f \cdot L = 63\Omega + j \cdot 2\pi \cdot 7.4 \cdot 10^9 \cdot 0.84 \cdot 10^{-9}$$

$$Z = 63\Omega + j \cdot 39.20\Omega$$

Problema 2

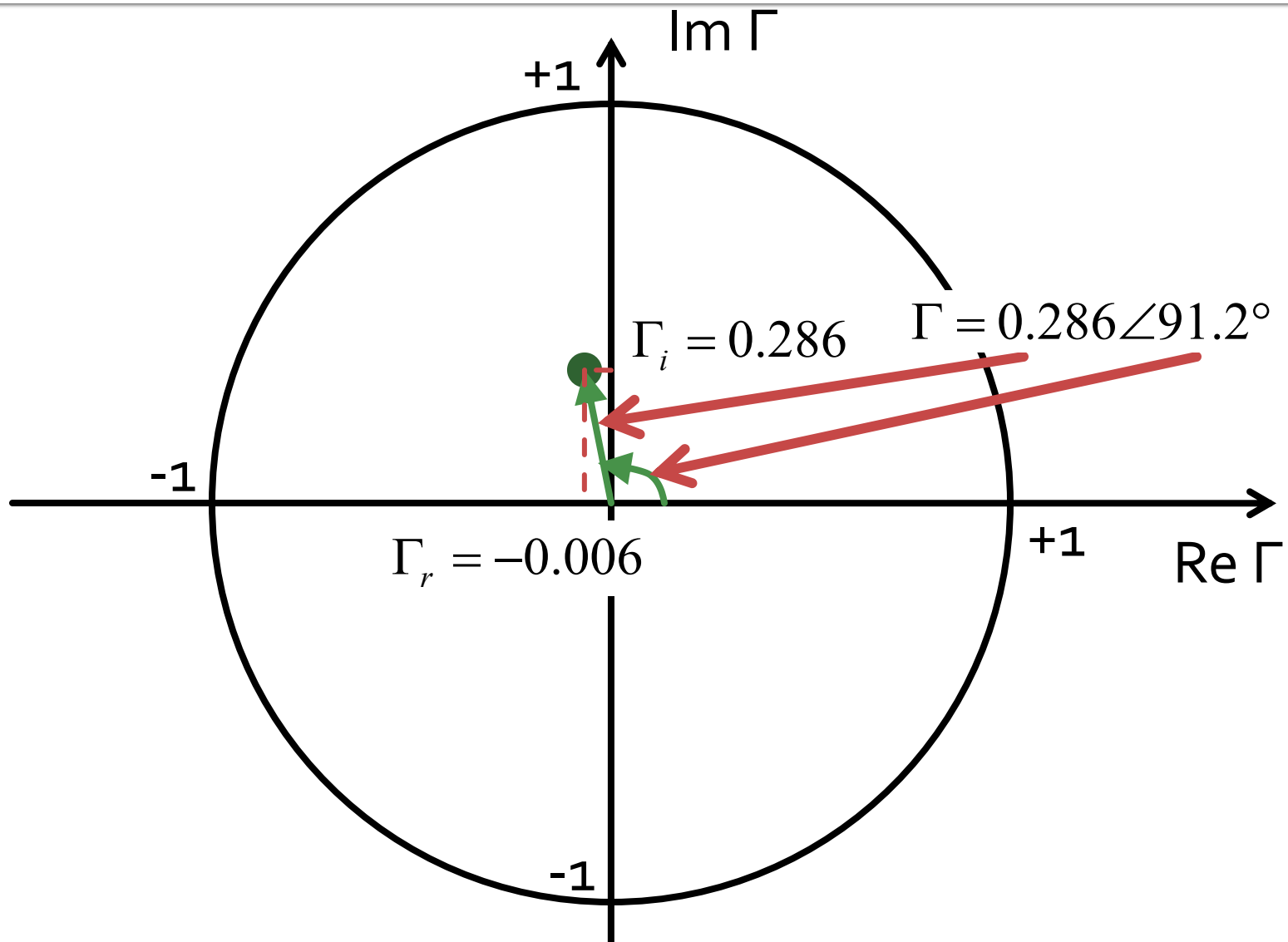
$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} = \frac{63\Omega + j \cdot 39.20\Omega - 75\Omega}{63\Omega + j \cdot 39.20\Omega + 75\Omega} = -0.006 + j \cdot 0.286$$

■ similar:

$$|\Gamma| = \sqrt{0.006^2 + 0.286^2} = 0.286$$

$$\arg(\Gamma) = \arctan\left(\frac{0.286}{-0.006}\right) + \pi = 1.5911 \text{ rad} = 91.17^\circ$$

Problema 2



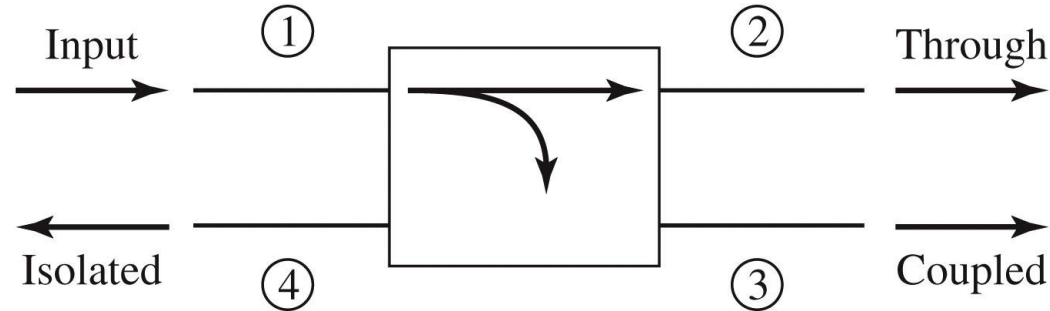
Problema 2 (seminar)

- Schițați o diagrama Smith (numai cercul exterior și axele) și reprezentați punctul corespunzător pentru o impedanță de referință de 80Ω și:
 - o impedanță normalizată de $0.710 - j \cdot 1.155$ (**1p**)
 - o rezistență de 39Ω în paralel cu o capacitate de 0.32 pF , la frecvența de 10.0 GHz (**1p**)

Problema 3

- Se aplică un semnal cu puterea de 1.75mW la intrarea unui cuplor fără pierderi caracterizat de un coeficient de cuplaj de 4.1dB și o izolare de 23.3dB , care are la intrare $VSWR = 2.465$.
 - Calculați puterea de ieșire (în dBm) la portul de ieșire. (1p)
 - Proiectați un cuplor în inel ideal care să ofere același coeficient de cuplaj. (1p)

Cuplor directional



$$|S_{12}|^2 = \alpha^2 = 1 - \beta^2$$

$$|S_{13}|^2 = \beta^2$$

Cuplaj

$$C = 10 \log \frac{P_1}{P_3} = -20 \cdot \log(\beta) [\text{dB}]$$

Directivitate

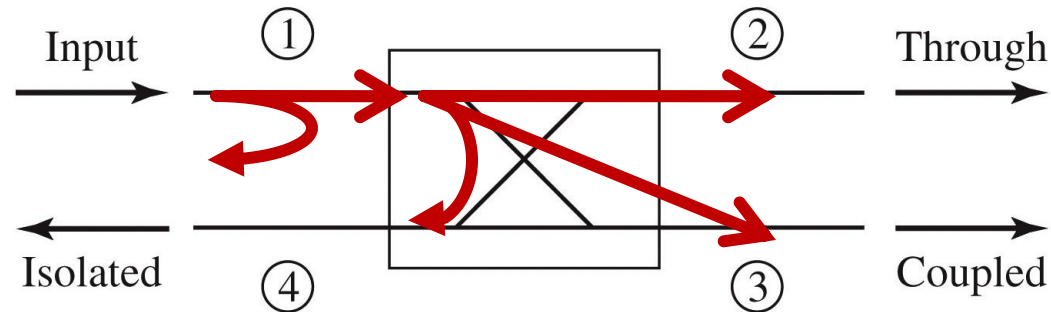
$$D = 10 \log \frac{P_3}{P_4} = 20 \cdot \log \left(\frac{\beta}{|S_{14}|} \right) [\text{dB}]$$

Izolare

$$I = 10 \log \frac{P_1}{P_4} = -20 \cdot \log |S_{14}| [\text{dB}]$$

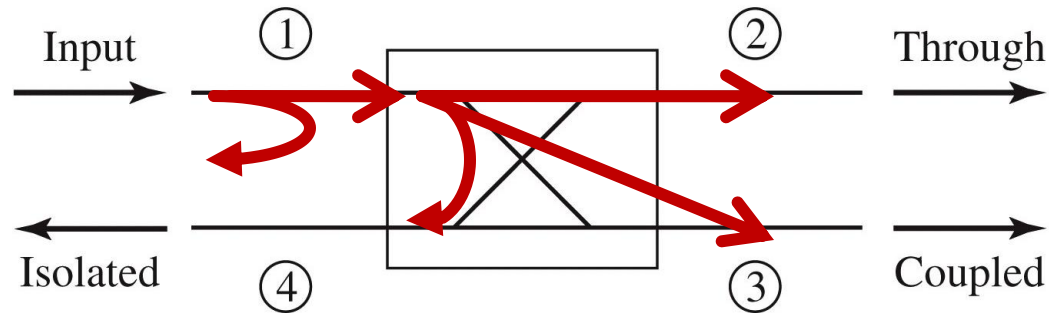
$$I = D + C, \text{ dB}$$

Problema 3



- Cuplor fără pierderi, puterea de intrare se regăsește în totalitate la:
 - portul de ieșire,
 - portul de cuplaj,
 - portul izolat
 - sau se reflectă la intrare, **înainte** de a intra în cuplor

Problema 3



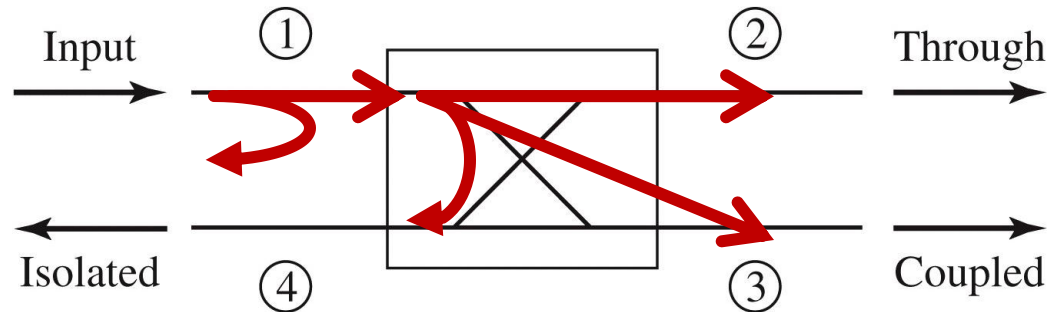
- Puterea reflectata la intrare, **inainte** de a intra in cuplor

$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad |\Gamma_{in}| = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} = 0.423$$

$$P_{refl} = P_{in} \cdot |\Gamma_{in}|^2 = 1.75mW \cdot 0.423^2 = 0.313mW$$

$$P_1 = P_{in} - P_{refl} = 1.75mW - 0.313mW = 1.437mW$$

Problema 3



■ Puterile transferate spre:

- portul de cuplaj
- portul izolat

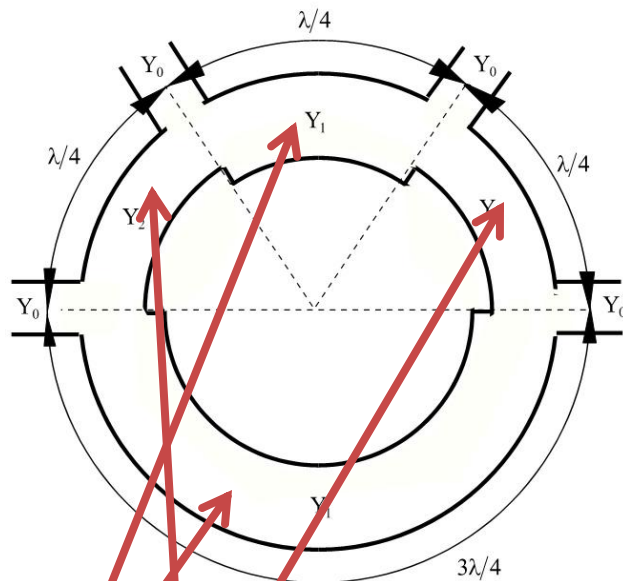
$$I = 10 \log \frac{P_1}{P_4} = -20 \cdot \log |S_{14}| [\text{dB}] \quad C = 10 \log \frac{P_1}{P_3} = -20 \cdot \log(\beta) [\text{dB}]$$

$$P_4 = \frac{P_1}{10^{\frac{I[\text{dB}]}{10}}} = \frac{1.437 \text{ mW}}{213.8} = 0.0067 \text{ mW} \quad P_3 = \frac{P_1}{10^{\frac{C[\text{dB}]}{10}}} = \frac{1.437 \text{ mW}}{2.57} = 0.559 \text{ mW}$$

$$P_2 = P_1 - P_3 - P_4 = 1.437 \text{ mW} - 0.0067 \text{ mW} - 0.559 \text{ mW} = 0.871 \text{ mW}$$

$$P_2 [\text{dBm}] = 10 \cdot \log \frac{P_2 [\text{W}]}{1 \text{ mW}} = 10 \cdot \log 0.871 \text{ dBm} = -0.06 \text{ dBm}$$

Cuplorul în inel



$$y_1^2 + y_2^2 = 1$$

$$C \text{ [dB]} = -20 \cdot \log(y_1)$$

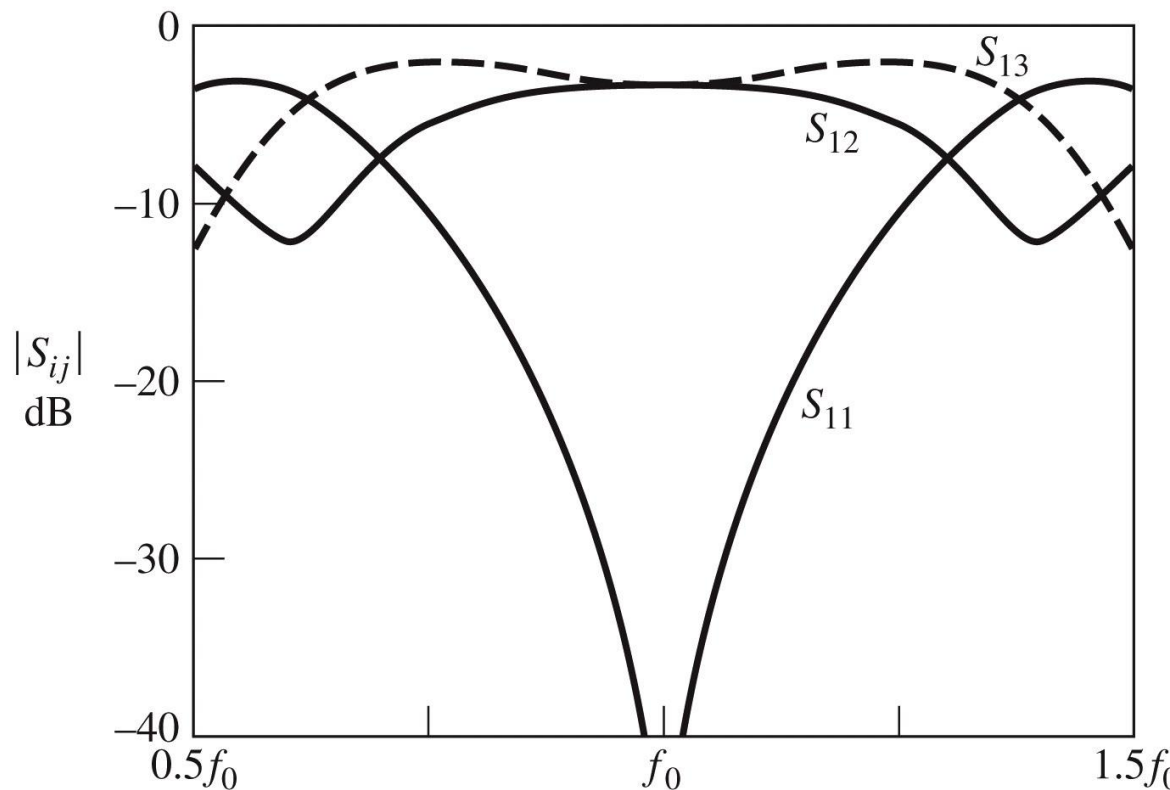
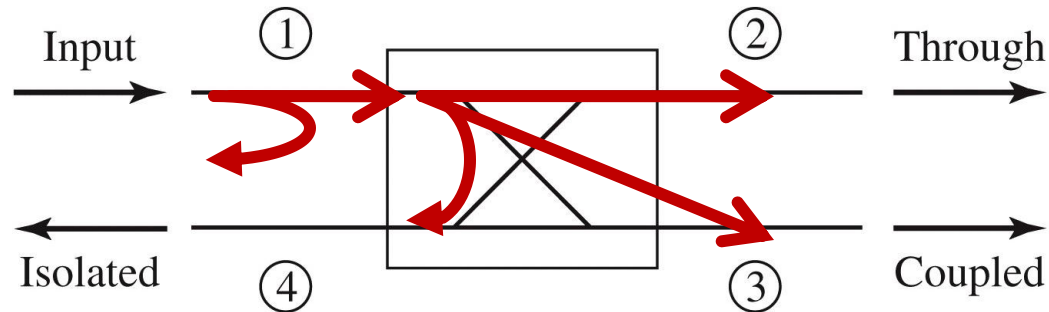


Figure 7.46
© John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 3



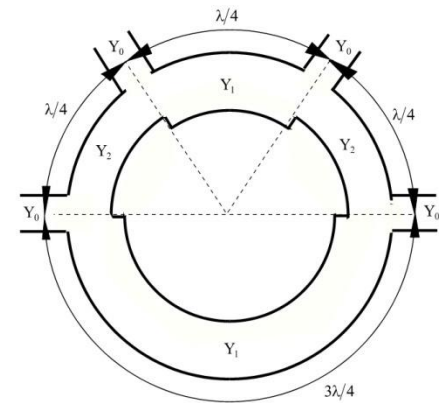
■ Proiectarea cuplorului

$$y_1 = 10^{-C[\text{dB}]/20} = 0.624$$

$$y_2 = \sqrt{1 - y_1^2} = 0.781$$

$$Z_1 = \frac{Z_0}{y_1} = 80.128\Omega$$

$$Z_2 = \frac{Z_0}{y_2} = 63.986\Omega$$



$$y_1^2 + y_2^2 = 1$$

$$C [\text{dB}] = -20 \cdot \log(y_1)$$

Problema 3 (seminar)

- Se aplică un semnal cu puterea de 3.00mW la intrarea unui cuplor fără pierderi caracterizat de un coeficient de cuplaj de 5.2dB și o izolare de 18.5dB , care are la intrare $VSWR = 2.380$.
 - Calculați puterea de ieșire (în dBm) la portul de ieșire. (1p)
 - Proiectați un cuplor în inel ideal care să ofere același coeficient de cuplaj. (1p)

Problema 4

- Calculați factorul de zgomot al circuitului care conține înseriate, în ordinea indicată, următoarele amplificatoare: **(2p)**
 - Amplificator 1: Factor de zgomot 2.1dB, Câștig 8.0dB ,
 - Amplificator 2: Factor de zgomot 2.1dB, Câștig 11.1dB ,
 - Amplificator 3: Factor de zgomot 3.7dB, Câștig 13.8dB .
- Formula lui Friis (**in coordonate liniare!**)

$$F_{cas} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \frac{F_4 - 1}{G_1 \cdot G_2 \cdot G_3} + \dots$$

Problema 4

- Formula lui Friis (**in coordonate liniare!**)

$$F_{cas} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2}$$

$$F_1 = 10^{\frac{F_1[dB]}{10}} = 10^{0.21} = 1.622$$

$$G_1 = 10^{\frac{G_1[dB]}{10}} = 10^{0.8} = 6.310$$

$$F_2 = 10^{\frac{F_2[dB]}{10}} = 10^{0.21} = 1.622$$

$$G_2 = 10^{\frac{G_2[dB]}{10}} = 10^{1.11} = 12.882$$

$$F_3 = 10^{\frac{F_3[dB]}{10}} = 10^{0.37} = 2.344$$

- Atentie la unitati de masura (**toate sunt adimensionale!**)

$$F_{cas} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} = 1.737$$

$$F_{cas}[dB] = 10 \cdot \log F_{cas} = 10 \cdot \log(1.737) = 2.398 dB$$

Problema 4 (seminar)

- Calculați factorul de zgomot al circuitului care conține înseriate, în ordinea indicată, următoarele amplificatoare: **(2p)**
 - Amplificator 1: Factor de zgomot 2.7dB, Câștig 7.3dB ,
 - Amplificator 2: Factor de zgomot 3.1dB, Câștig 11.7dB,
 - Amplificator 3: Factor de zgomot 4.5dB, Câștig 12.1dB.

Problema 5a

- 5a. Parametrii S ai unui tranzistor la frecvența de 0.9 GHz sunt dați în tabelul următor:

S_{11}		S_{12}		S_{21}		S_{22}	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.
0.717	-123.4°	0.049	43.9°	12.733	105.2°	0.303	-138.8°

- Determinați cercurile de stabilitate la intrare și ieșire. **(1.5p)**
- Tranzistorul este necondiționat stabil la frecvența de 0.9 GHz? **(0.5p)**
- Se obține un sistem stabil dacă la ieșire se conectează tranzistorul la 50Ω , iar la intrare sursa cu impedanța de 55Ω este conectată printr-o linie de 50Ω de lungime 0.20λ ? **(1p)**
- Cum se modifică stabilitatea sistemului dacă în urma unei defecțiuni sursa devine:
 - gol? **(0.5p)**
 - scurtcircuit? **(0.5p)**

Problema 5a

- 5a. Parametrii S ai unui tranzistor la frecvența de 0.9 GHz sunt dați în tabelul următor:

S_{11}		S_{12}		S_{21}		S_{22}	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.
0.717	-123.4°	0.049	43.9°	12.733	105.2°	0.303	-138.8°

- Determinați cercurile de stabilitate la intrare și ieșire. **(1.5p)**

$$C_S = \frac{(S_{11} - \Delta \cdot S_{22}^*)^*}{|S_{11}|^2 - |\Delta|^2} = -1.215 + 2.928 \cdot j$$

$$|C_S| = 3.170$$

$$R_S = \frac{|S_{12} \cdot S_{21}|}{||S_{11}|^2 - |\Delta|^2|} = 2.525$$

Problema 5a

- 5a. Parametrii S ai unui tranzistor la frecvența de 0.9 GHz sunt dați în tabelul următor:

S_{11}		S_{12}		S_{21}		S_{22}	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.
0.717	-123.4°	0.049	43.9°	12.733	105.2°	0.303	-138.8°

- Determinați cercurile de stabilitate la intrare și ieșire. **(1.5p)**

$$C_L = \frac{(S_{22} - \Delta \cdot S_{11}^*)^*}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2} = 0.521 - 3.105 \cdot j$$

$$|C_L| = 3.149$$

$$R_L = \frac{|S_{12} \cdot S_{21}|}{\left| |S_{22}|^2 - |\Delta|^2 \right|} = 3.562$$

Problema 5a

- 5a. Parametrii S ai unui tranzistor la frecvența de 0.9 GHz sunt dați în tabelul următor:

S_{11}		S_{12}		S_{21}		S_{22}	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.
0.717	-123.4°	0.049	43.9°	12.733	105.2°	0.303	-138.8°

- Tranzistorul este necondiționat stabil la frecvența de 0.9 GHz?
(0.5p)
- Doua metode
 - utilizare cercuri de stabilitate
 - utilizarea condițiilor analitice de stabilitate

Problema 5a

- 5a. Parametrii S ai unui tranzistor la frecvența de 0.9 GHz sunt dați în tabelul următor:

S_{11}		S_{12}		S_{21}		S_{22}	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.
0.717	-123.4°	0.049	43.9°	12.733	105.2°	0.303	-138.8°

- Tranzistorul este necondiționat stabil la frecvența de 0.9 GHz? (0.5p)
- Doua metode
 - utilizare cercuri de stabilitate**
 - utilizarea condițiilor analitice de stabilitate

$$\begin{cases} \left| |C_S| - R_S \right| = 0.645 > 1 & \text{FALS} \\ |S_{22}| = 0.303 < 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \left| |C_L| - R_L \right| = 0.413 > 1 & \text{FALS} \\ |S_{11}| = 0.717 < 1 \end{cases}$$

Problema 5a

- 5a. Parametrii S ai unui tranzistor la frecvența de 0.9 GHz sunt dați în tabelul următor:

S_{11}		S_{12}		S_{21}		S_{22}	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.
0.717	-123.4°	0.049	43.9°	12.733	105.2°	0.303	-138.8°

- Tranzistorul este necondiționat stabil la frecvența de 0.9 GHz? (0.5p)
- Doua metode
 - utilizare cercuri de stabilitate
 - utilizarea condițiilor analitice de stabilitate**

$$\begin{aligned}
 |S_{11}| &= 0.717 < 1 & |S_{22}| &= 0.303 < 1 \\
 \Delta &= S_{11} \cdot S_{22} - S_{12} \cdot S_{21} & |\Delta| &= 0.517 < 1 \\
 K &= \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2 \cdot |S_{12} \cdot S_{21}|} = 0.530 > 1 \quad \text{FALS}
 \end{aligned}$$

Problema 5a

- 5a. Parametrii S ai unui tranzistor la frecvența de 0.9 GHz sunt dați în tabelul următor:

S_{11}		S_{12}		S_{21}		S_{22}	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.
0.717	-123.4°	0.049	43.9°	12.733	105.2°	0.303	-138.8°

- Se obține un sistem stabil dacă la ieșire se conectează tranzistorul la 50Ω , iar la intrare sursa cu impedanța de 55Ω este conectată printr-o linie de 50Ω de lungime 0.20λ ? **(1p)**
- Conectare la ieșire la 50Ω , coeficient de reflexie la ieșire egal cu S_{22} ,

$$|S_{22}| = 0.303 < 1$$

- La ieșire avem indeplinita relația de stabilitate

Problema 5a

- 5a. Parametrii S ai unui tranzistor la frecvența de 0.9 GHz sunt dați în tabelul următor:

S ₁₁		S ₁₂		S ₂₁		S ₂₂	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.
0.717	-123.4°	0.049	43.9°	12.733	105.2°	0.303	-138.8°

- Se obține un sistem stabil dacă la ieșire se conectează tranzistorul la 50Ω, iar la intrare sursa cu impedanța de 55Ω este conectată printr-o linie de 50Ω de lungime 0.20λ? (1p)
- Conectare la intrare, la nivelul tranziției sursa/linie apare dezadaptare, apare un coeficient de reflexie,

$$\Gamma_0 = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} = \frac{55\Omega - 50\Omega}{55\Omega + 50\Omega} = 0.048$$

- Prin linia de lungime 0.20λ, la nivelul intrării în tranzistor acest coeficient de reflexie devine:

$$\Gamma_s = \Gamma_0 \cdot e^{-2j\beta \cdot l} = \Gamma_0 \cdot e^{-2j \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l}$$

Problema 5a

- 5a. Parametrii S ai unui tranzistor la frecvența de 0.9 GHz sunt dați în tabelul următor:

S_{11}		S_{12}		S_{21}		S_{22}	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.
0.717	-123.4°	0.049	43.9°	12.733	105.2°	0.303	-138.8°

- Se obține un sistem stabil dacă la ieșire se conectează tranzistorul la 50Ω , iar la intrare sursa cu impedanța de 55Ω este conectată printr-o linie de 50Ω de lungime 0.20λ ? **(1p)**
- Prin linia de lungime 0.20λ , la nivelul intrării în tranzistor acest coeficient de reflexie devine:

$$\Gamma_s = \Gamma_0 \cdot e^{-2j \cdot \beta \cdot l} = \Gamma_0 \cdot e^{-2j \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l}$$

$$\Gamma_s = \Gamma_0 \cdot e^{-2j \cdot \frac{2\pi}{\lambda} \cdot l} = 0.048 \cdot [\cos(-4\pi \cdot 0.20) + j \cdot \sin(-4\pi \cdot 0.20)]$$

$$\Gamma_s = -0.039 - j \cdot 0.028$$

Problema 5a

- 5a. Parametrii S ai unui tranzistor la frecvența de 0.9 GHz sunt dați în tabelul următor:

S_{11}		S_{12}		S_{21}		S_{22}	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.
0.717	-123.4°	0.049	43.9°	12.733	105.2°	0.303	-138.8°

- Se obține un sistem stabil dacă la ieșire se conectează tranzistorul la 50Ω , iar la intrare sursa cu impedanța de 55Ω este conectată printr-o linie de 50Ω de lungime 0.20λ ? (**1p**)
- Distanța dintre acest punct (Γ_s) și centrul cercului de stabilitate

$$|\Gamma_s - C_s| = 3.182 > R_s = 2.525$$

- deci punctul Γ_s este în **exteriorul** cercului de stabilitate
- Centrul diagramei Smith este un punct de stabilitate și se găsește în **exteriorul** cercului de stabilitate

$$|C_s| = 3.170 > R_s = 2.525$$

- Rezulta că punctul Γ_s este **punct de stabilitate**

Problema 5a

- 5a. Parametrii S ai unui tranzistor la frecvența de 0.9 GHz sunt dați în tabelul următor:

S_{11}		S_{12}		S_{21}		S_{22}	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.
0.717	-123.4°	0.049	43.9°	12.733	105.2°	0.303	-138.8°

- Cum se modifică stabilitatea sistemului dacă în urma unei defecțiuni sursa devine:
 - gol? (0.5p)
 - scurtcircuit? (0.5p)
- Cu sursa în gol sau scurtcircuit, tranzistorul este conectat cu o secțiune de linie de 50Ω la gol sau scurtcircuit, ca urmare impedanța văzută de tranzistor la intrare este

- gol
$$Z_s = -j \cdot Z_0 \cdot \cot \beta \cdot l = -j \cdot 50\Omega \cdot \cot(2\pi \cdot 0.20)$$

- scurtcircuit
$$Z_s = j \cdot Z_0 \cdot \tan \beta \cdot l = j \cdot 50\Omega \cdot \tan(2\pi \cdot 0.20)$$

Problema 5a

- 5a. Parametrii S ai unui tranzistor la frecvența de 0.9 GHz sunt dați în tabelul următor:

S ₁₁		S ₁₂		S ₂₁		S ₂₂	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.
0.717	-123.4°	0.049	43.9°	12.733	105.2°	0.303	-138.8°

- Cum se modifică stabilitatea sistemului dacă în urma unei defecțiuni sursa devine:
 - gol? (0.5p)
 - scurtcircuit? (0.5p)
- Similar cu situația anterioară calculăm coeficientul de reflexie și poziționarea acestuia față de cercul de stabilitate

$$\Gamma_S = \frac{Z_S - Z_0}{Z_S + Z_0}$$

- gol $\Gamma_S = 0.809 + j \cdot 0.588 \quad |\Gamma_S - C_S| = 3.094 > R_S = 2.525$
- scurtcircuit $\Gamma_S = -0.809 - j \cdot 0.588 \quad |\Gamma_S - C_S| = 3.539 > R_S = 2.525$

Problema 5a (seminar)

- Parametrii S ai unui tranzistor la frecvența de 0.8 GHz sunt dați în tabelul următor:

S_{11}		S_{12}		S_{21}		S_{22}	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.
0.732	-115.8°	0.046	45.4°	13.834	109.6°	0.302	-132.4°

- Determinați cercurile de stabilitate la intrare și ieșire. **(1.5p)**
- Tranzistorul este necondiționat stabil la frecvența de 0.8 GHz? **(0.5p)**
- Se obține un sistem stabil dacă la ieșire se conectează tranzistorul la 50Ω , iar la intrare sursa cu impedanța de 64Ω este conectată printr-o linie de 50Ω de lungime 0.10λ ? **(1p)**
- Cum se modifică stabilitatea sistemului dacă în urma unei defecțiuni sursa devine:
 - gol? **(0.5p)**
 - scurtcircuit? **(0.5p)**

Contact

- Laboratorul de microunde si optoelectronica
- <https://rf-opto.etti.tuiasi.ro>
- rdamian@etti.tuiasi.ro