

Laborator 5
2020/2021

Dispozitive și circuite de microunde pentru radiocomunicații

Mini project

Tema

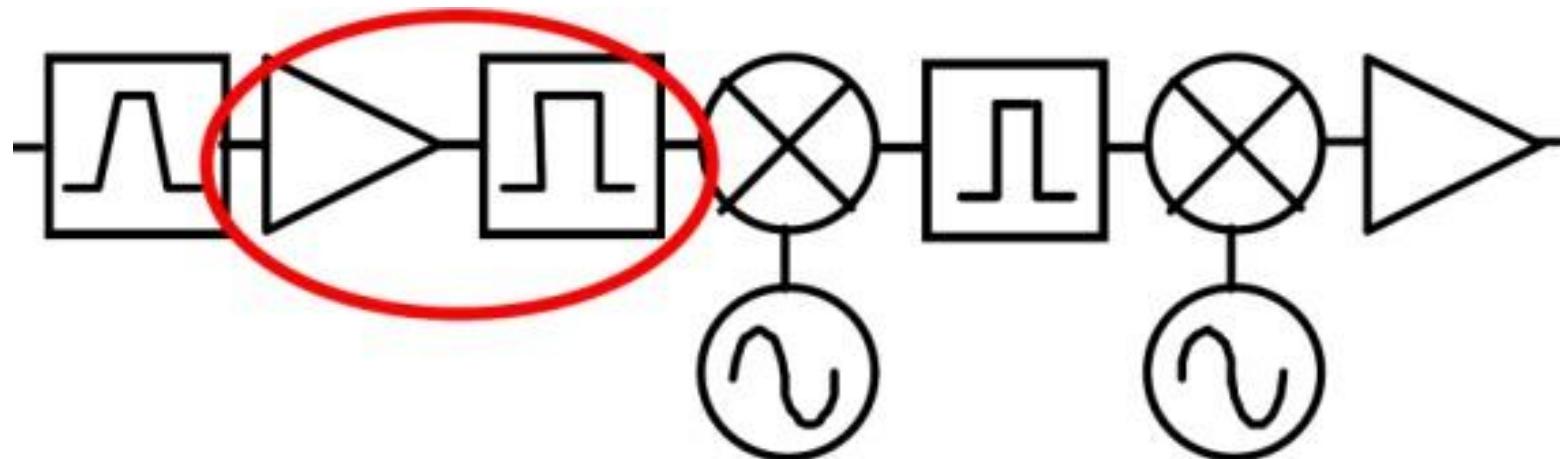
- Se realizează proiectarea unui amplificator multi-etaj de zgomot redus cu tranzistoare care să ofere un câștig de **G [dB]** și un factor de zgomot de **F [dB]** la frecvența de **f [GHz]**. La ieșirea amplificatorului se introduce un filtru trece bandă de ordin **N** și bandă procentuală **B [%]** în jurul frecvenței de lucru.

Tema

- Rețelele de adaptare și elementele filtrului se realizează cu linii de transmisie (C7-C8).
- Nu e permisă utilizarea tranzistoarelor utilizate în exemplele de la curs și laborator (NE 71084, ATF 34143)
- Termen de predare: ultima zi din semestrul I (24.01.2021, 23:59:59)

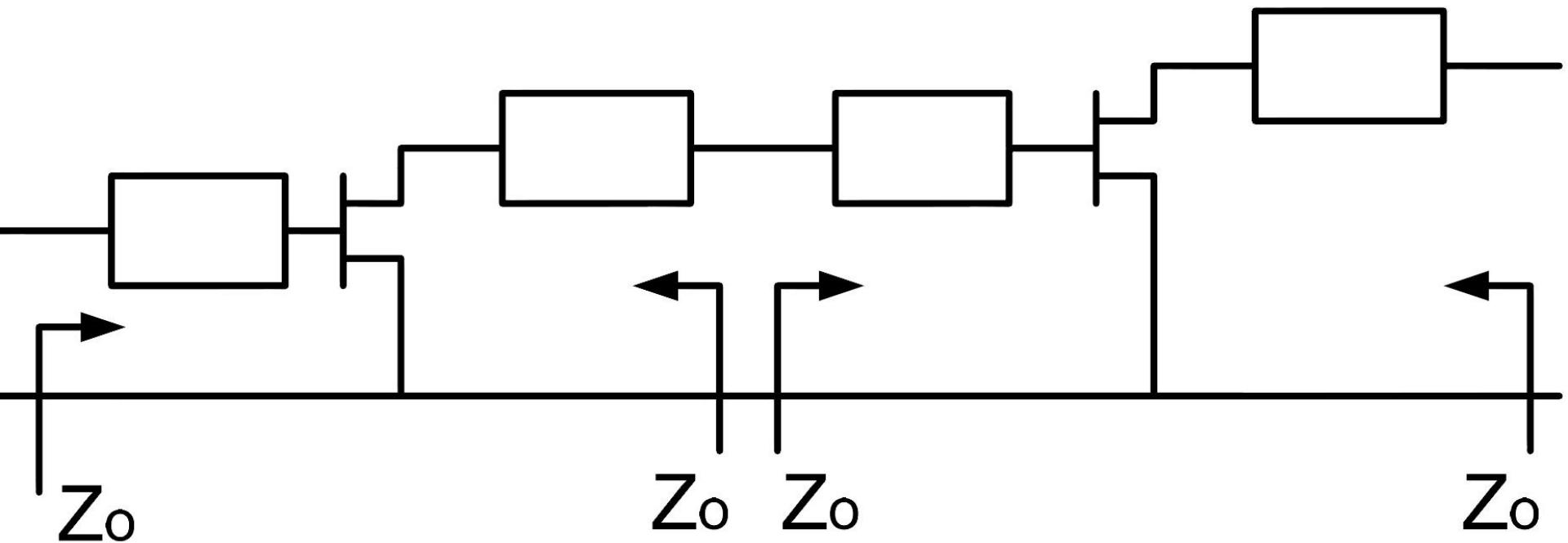
Tema

- structura intalnita frecvent in sistemele de radiocomunicatii

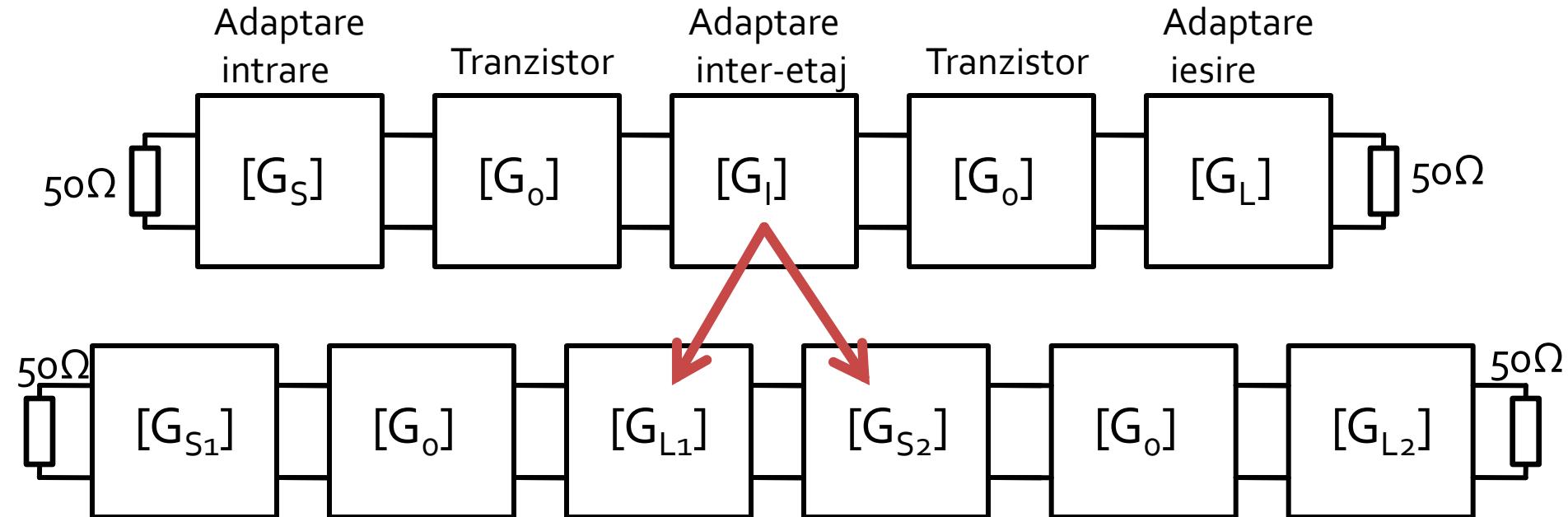


Amplificatoare in cascada

- Adaptarea inter-etaje se poate projecța în două moduri:
 - adaptarea fiecarui etaj spre un $\Gamma = \omega$ intermediar



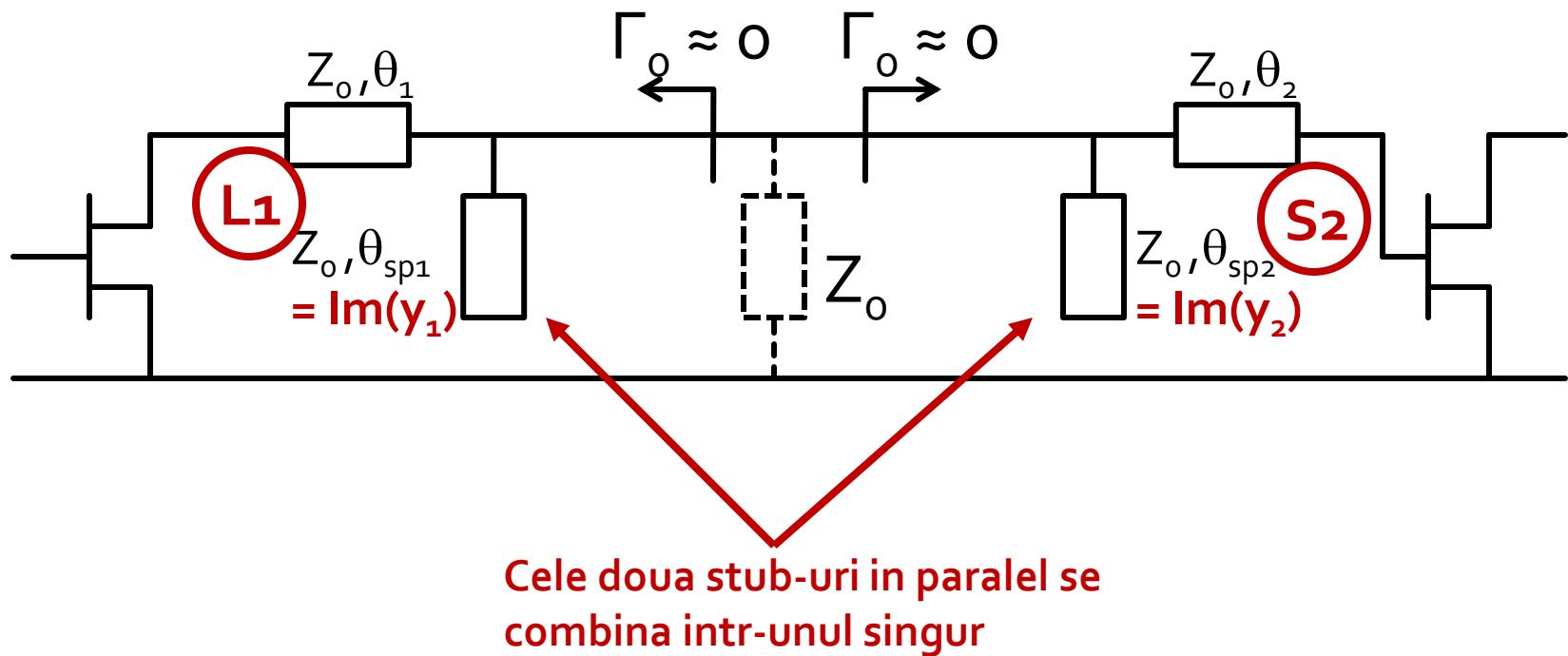
Proiectare etaje cascadeate



- Proiectarea pentru etajele de intrare si iesire e recomandabil sa se faca pe schema mai simpla cu un singur tranzistor

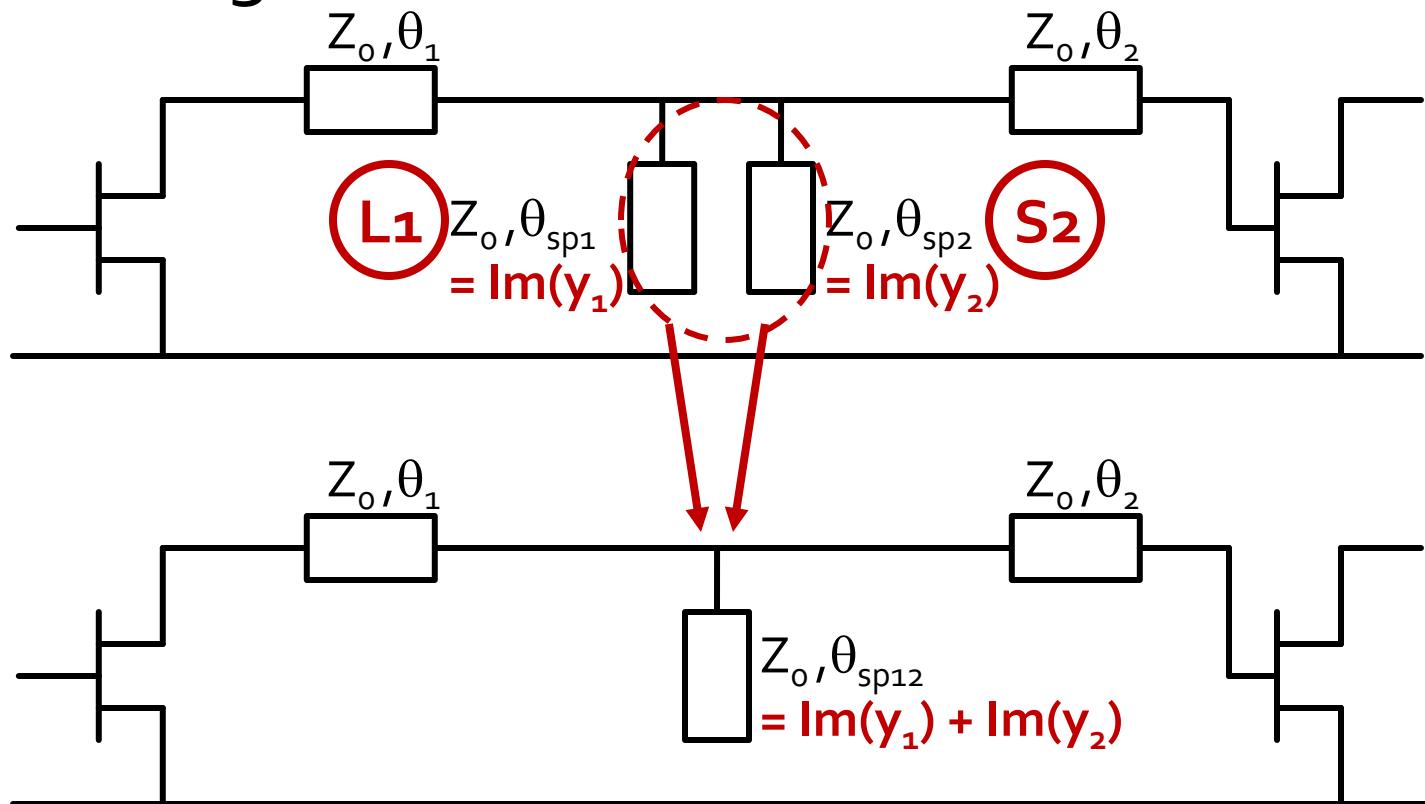
Adaptare inter-etaje 2

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



Adaptare inter-etaje 2

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



Etape - 1

- Impartire pe cele 2 etaje a performantelor
 - G
 - F
- Se utilizeaza formula lui Friis
- Pct. 3 exemplu

$$G_{cas} = G_1 \cdot G_2$$

$$F_{cas} = F_1 + \frac{1}{G_1} (F_2 - 1)$$

- 2 ecuatii, 4 necunoscute, solutii multiple

Formula lui Friis (zgomot)

$$G_{cas} = G_1 \cdot G_2$$

$$F_{cas} = F_1 + \frac{1}{G_1} (F_2 - 1)$$

- Formula lui Friis
 - primul etaj factor de zgomot mai mic, probabil insotit de un castig mai mic
 - al doilea etaj castig mare, probabil insotit de un factor de zgomot mai mare
- Este esential sa se pastreze o rezerva
 - $G = G_{tema} + \Delta G$
 - $F = F_{tema} - \Delta F$
- Tema se interpreteaza
 - $G > G_{tema}$, mai bine, fara a fi nevoie sa se sacrifice alti parametri pentru castiguri mult mai mari
 - $F < F_{tema}$, mai bine, cu cat mai mic cu atat mai bine, e util sa se incerce obtinerea unui **zgomot cat mai mic, cu indeplinirea celorlalte conditii**

Formula lui Friis (zgomot)

■ Avago/Broadcom AppCAD

AppCAD - [NoiseCalc]

File Calculate Application Examples Options Help

NoiseCalc Set Number of Stages = 2 Calculate [F4]

Stage Data	Units	Stage 1	Stage 2
Stage Name:		Avago Duplexer	Avago ATF-xxxx
Noise Figure	dB	0.7	1.2
Gain	dB	9	13
Output IP3	dBm	-100	-14.5
dNF/dTemp	dB/°C	0	0
dG/dTemp	dB/°C	0	0
Stage Analysis:			
NF (Temp corr)	dB	0.70	1.20
Gain (Temp corr)	dB	9.00	13.00
Input Power	dBm	-50.00	-41.00
Output Power	dBm	-41.00	-28.00
d NF/d NF	dB/dB	0.97	0.15
d NF/d Gain	dB/dB	-0.03	0.00
d IP3/d IP3	dBm/dBm	0.00	1.00

Enter System Parameters:

Input Power	-50	dBm
Analysis Temperature	25	°C
Noise BW	1	MHz
Ref Temperature	25	°C
S/N (for sensitivity)	10	dB
Noise Source (Ref)	290	°K

System Analysis:

Gain =	22.00	dB
Noise Figure =	0.85	dB
Noise Temp =	52.34	°K
SNR =	63.13	dB
MDS =	-113.13	dBm
Sensitivity =	-103.13	dBm
Noise Floor =	-173.13	dBm/Hz

Input IP3 =	-7.50	dBm
Output IP3 =	14.50	dBm
Input IM level =	-135.00	dBm
Input IM level =	-85.00	dBc
Output IM level =	-113.00	dBm
Output IM level =	-85.00	dBc
SFDR =	70.42	dB

Etape - 1

- Rezultat:
 - primul tranzistor **G₁/F₁**
 - al doilea tranzistor **G₂/F₂**

Etape - 2

- Alegerea tranzistorului/tranzistoarelor (Gi/Fi)
- Consumatoare de timp
- În funcție de frecvență bipolar/unipolar
- Recomandat să se pornească de la ghiduri de selectie
- Pct. 5 exemplu

Etape - 2

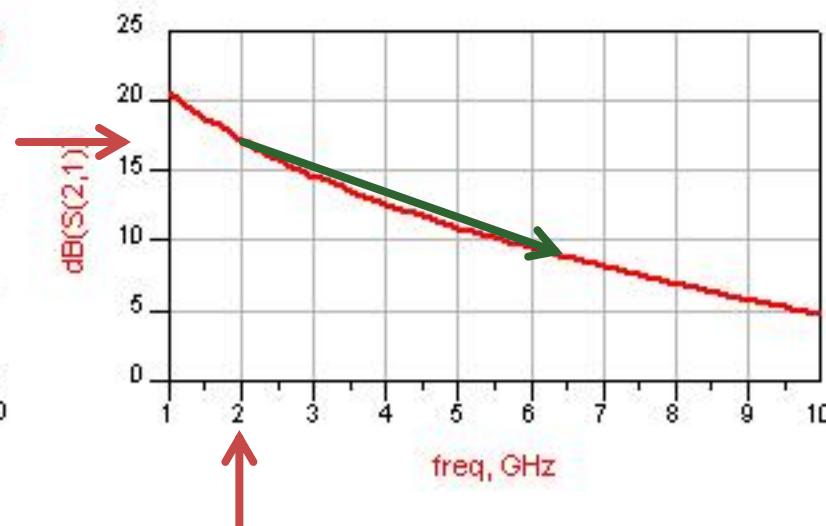
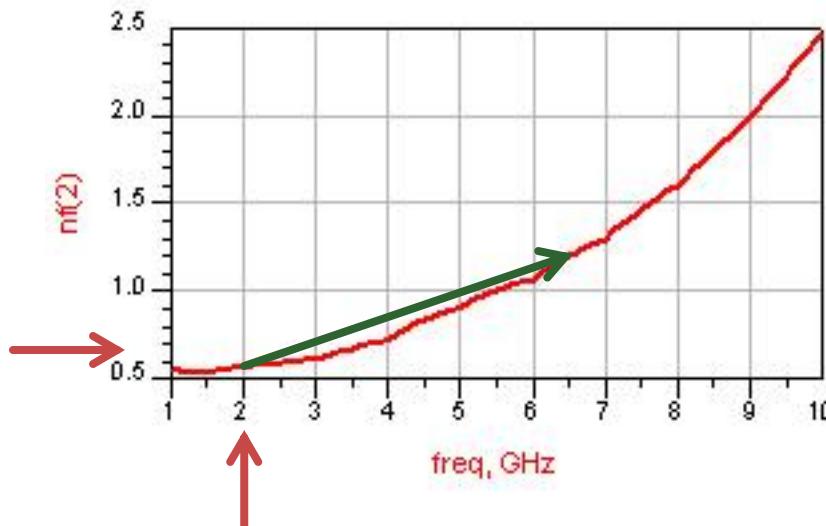
- Cateva ghiduri disponibile pe rf-opto
- -> Google: microwave/rf transistor, low noise, LNA

Low Noise pHEMTs (Typical Specifications @ 25°C Case Temperature)

Part Number	Gate Width (μm)	Frequency Range (GHz)	Test Freq. (GHz)	V _{dd} (V)	I _{dd} (mA)	NF _o (dB)	G _a (dB)	OIP3 (dBm)	P _{1 dB} (dBm)	Package
ATF-33143	1600	0.45 - 6	2	4	80	0.5	15.0	33.5	+22	SOT-343 (SC-70)
ATF-331M4	1600	0.45 - 6	2	4	60	0.6	15.0	31	+19	MiniPak ^[2]
ATF-34143	800	0.45 - 6	2	4	60	0.5	17.5	31.5	+20	SOT-343 (SC-70)
ATF-35143	400	0.45 - 6	2	2	15	0.4	18.0	21	+10	SOT-343 (SC-70)
ATF-38143	800	0.45 - 6	2	2	10	0.4	16.0	22	+12	SOT-343 (SC-70)
ATF-36077	200	1.5 - 18	12	1.5	10	0.5	12.0	—	+5	70 mil SM
ATF-36163	200	1.5 - 18	12	1.5	15	1.2	10.0	—	+5	SOT-343 (SC-70)

Etape - 2

- Se tine cont de variația tipică a parametrilor pentru a estima din performanța la frecvența de test performanța la frecvența proiectului
 - Factorul de zgomot **crește** cu frecvența
 - Castigul **scade** cu frecvența

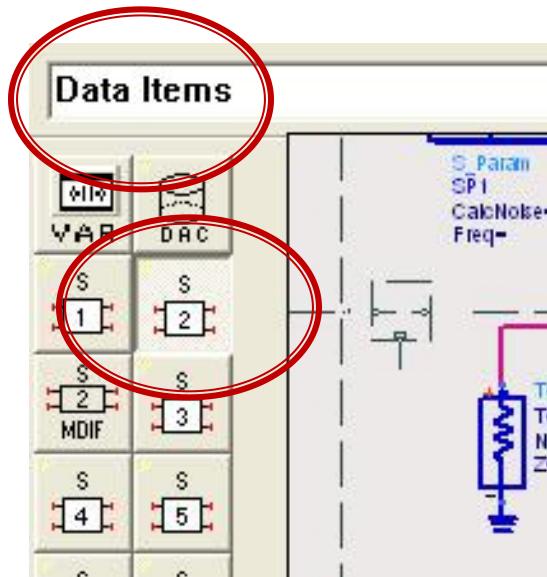


Etape - 2

- Resultat
 - posibil T₁: **ATF34143**
 - posibil T₂: **NE71084**

Etape - 3

- Obținerea modelului pentru tranzistor
- Cel mai des fisierul cu parametri S
- Google, firma producătoare: S2p files, S parameters etc.

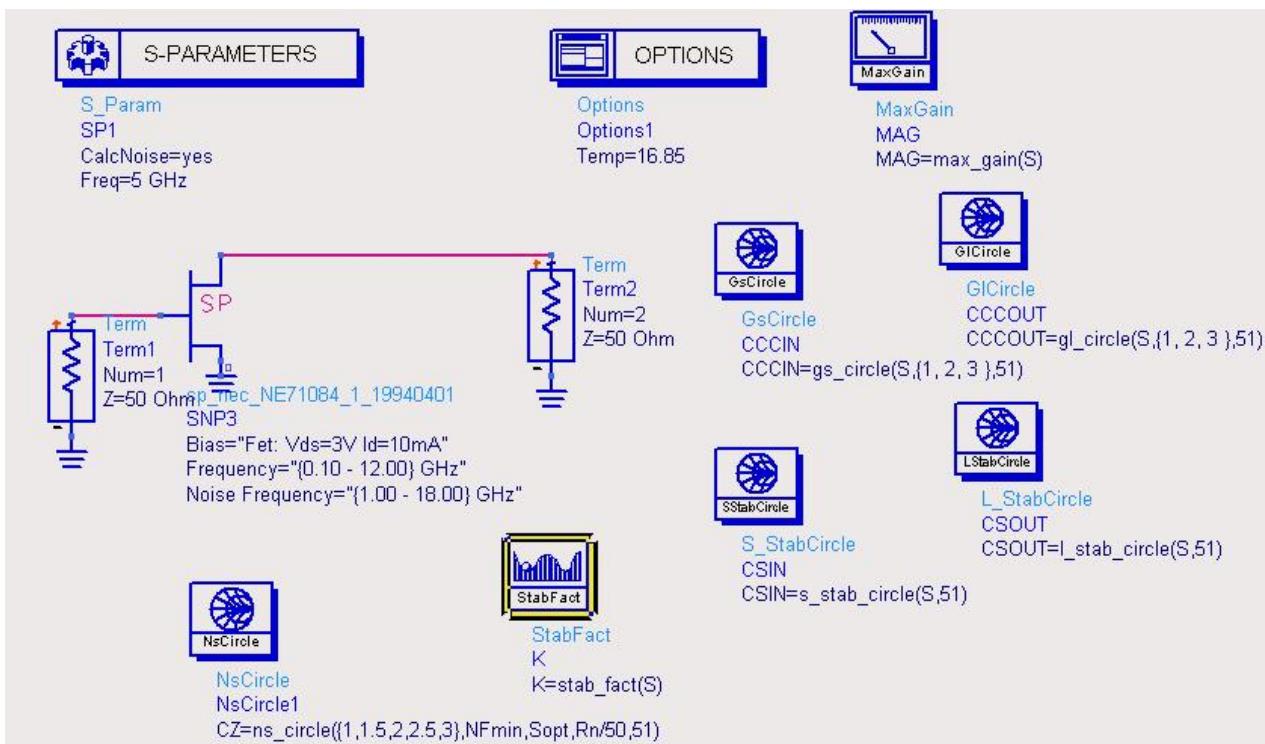


Etape - 4

- Investigarea tranzistorului
 - schema 1/lab 3-4
 - se calculeaza valori (se verifica G/F)
 - se calculeaza cercuri (pozitie, diametru)
 - se estimeaza/alege GS/GL
 - similar lab3-4
 - pentru fiecare tranzistor
- Pct. 7 exemplu

Etape - 4

- se introduce un fisier cu parametri S si se verifica rapid prin simulare (**repetata**)



Etape - 4

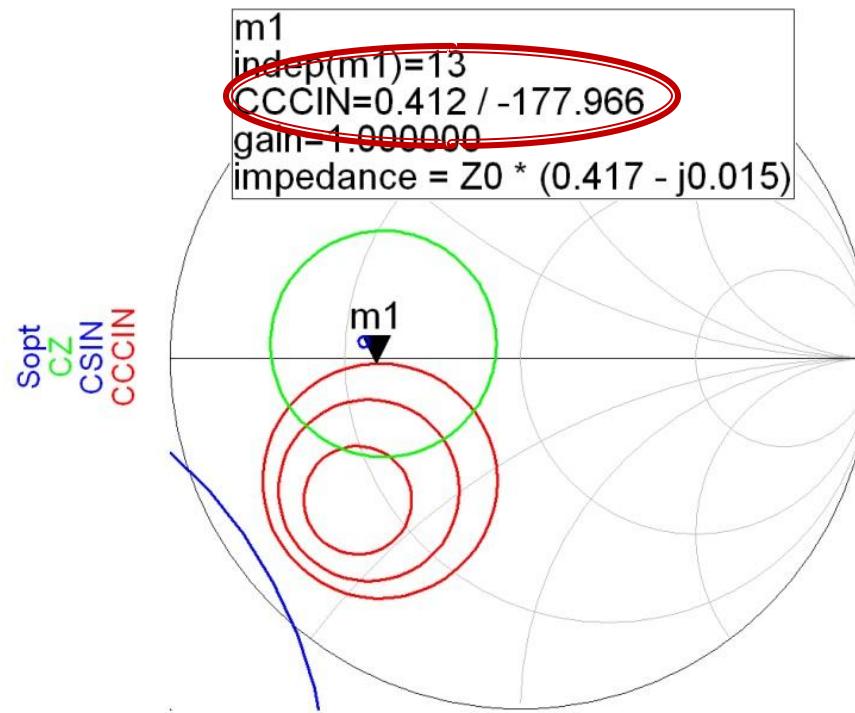
- Resultat
 - potential T₁: **ATF34143** la 3V, 20mA, GS₁ = ~ ... dB, GL₁ = ~ ...dB
 - potential T₂: **NE71084** la 3V, 1mA , GS₂ = ~ ... dB, GL₂ = ~ ...dB

Etape - 5

- Pentru fiecare tranzistor:
 - Se proiecteaza adaptarea la intrare
 - schema 1~2/lab 3-4
 - cercuri desenate
 - cerc de stabilitate
 - cerc(uri) de zgomot (~F ales)
 - cerc(uri) de castig (~GS ales)
- Pct. 8 exemplu

Etape - 5

- Se utilizeaza un marker pentru a obtine valoarea coeficientului de reflexie



Etape - 5

- Se calculeaza dupa exemplele din curs/proiect lungimile electrice ale celor doua linii serie/paralel

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

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

Etape - 5

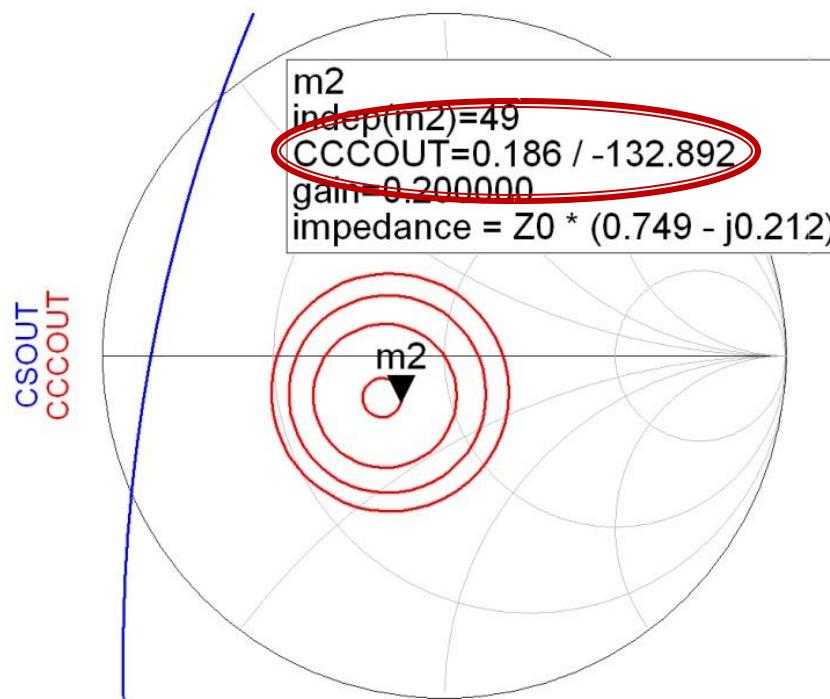
- Rezultat:
 - lungimi electrice **E₁, E₂**
 - pentru fiecare tranzistor

Etape - 6

- Pentru fiecare tranzistor:
 - Se proiecteaza adaptarea la iesire
 - schema 1~2/lab 3-4
 - cercuri desenate
 - cerc de stabilitate
 - ~~cercuri de zgromot (~F ales)~~
 - cercuri de castig (~GL ales)
- Pct. 9 exemplu

Etape - 6

- Se utilizeaza un marker pentru a obtine valoarea coeficientului de reflexie



Etape - 6

- Se calculeaza dupa exemplele din curs/proiect lungimile electrice ale celor doua linii serie/paralel

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

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

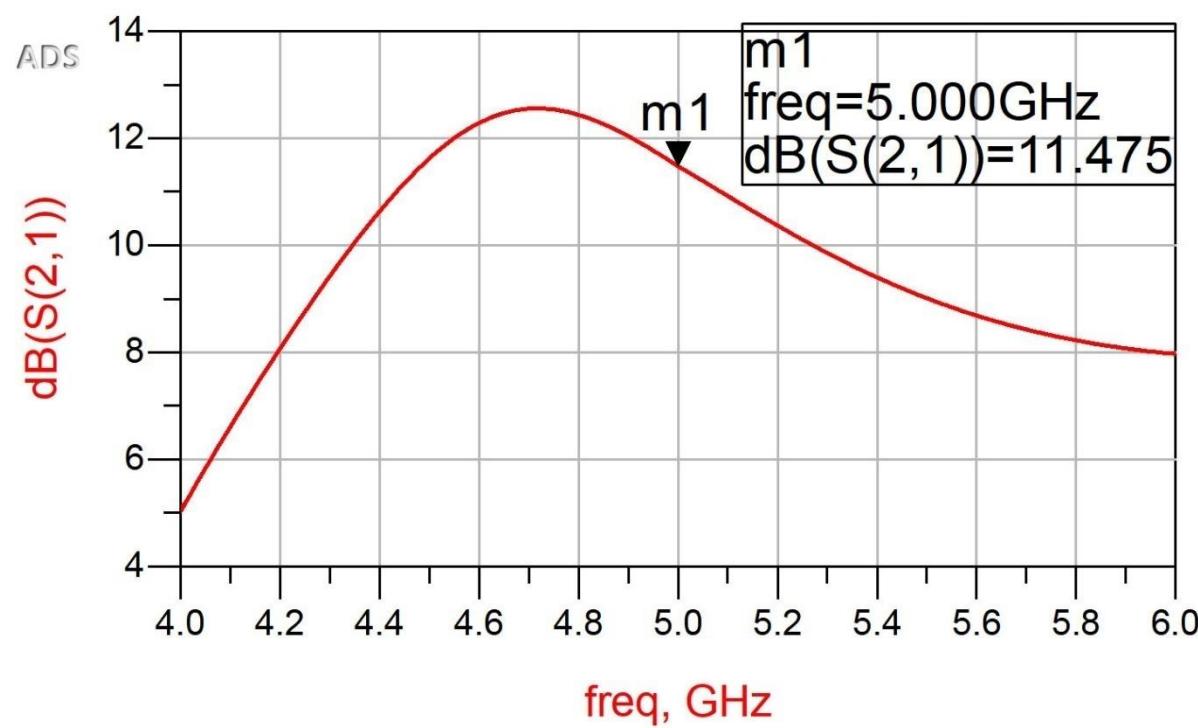
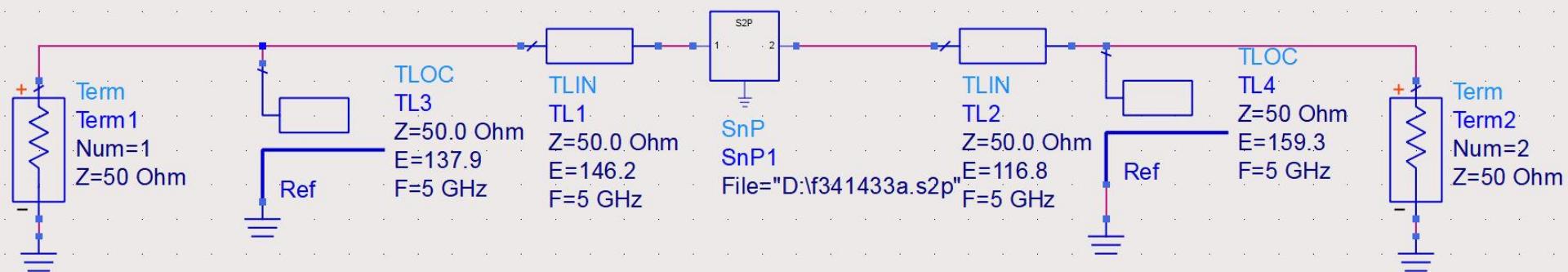
Etape - 6

- Rezultat:
 - lungimi electrice **E₃, E₄**
 - pentru fiecare tranzistor

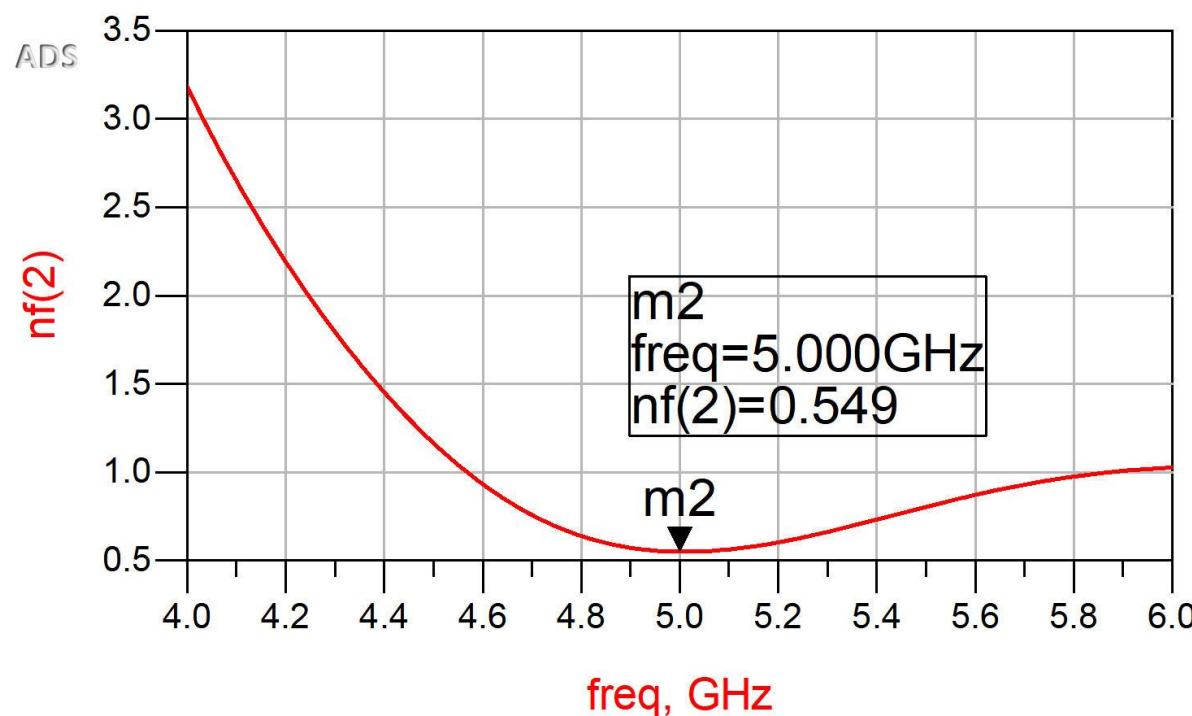
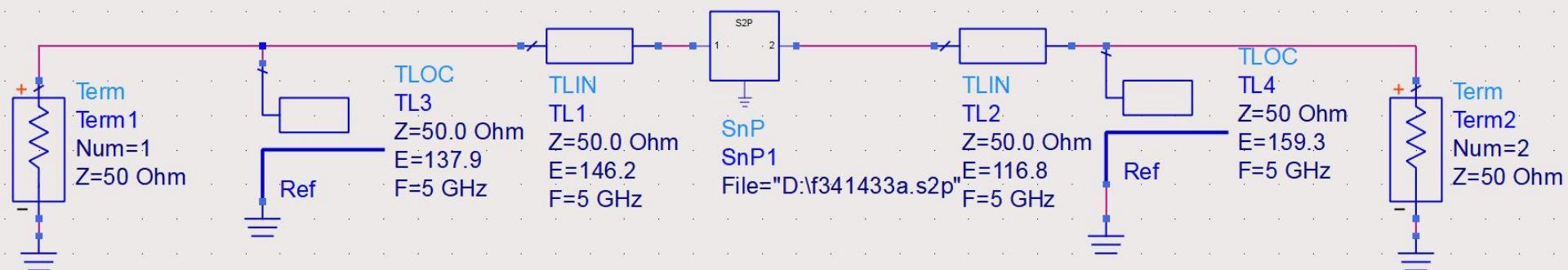
Etape - 7

- Pentru fiecare tranzistor
- Verificare
- Se introduc liniile E₁, E₂ la intrarea tranzistorului si E₃, E₄ la iesire si se verifica daca se obtin rezultatele G/F propuse
 - Se verifica calculele
- Pct. inexistent in exemplu

Etape - 7



Etape - 7

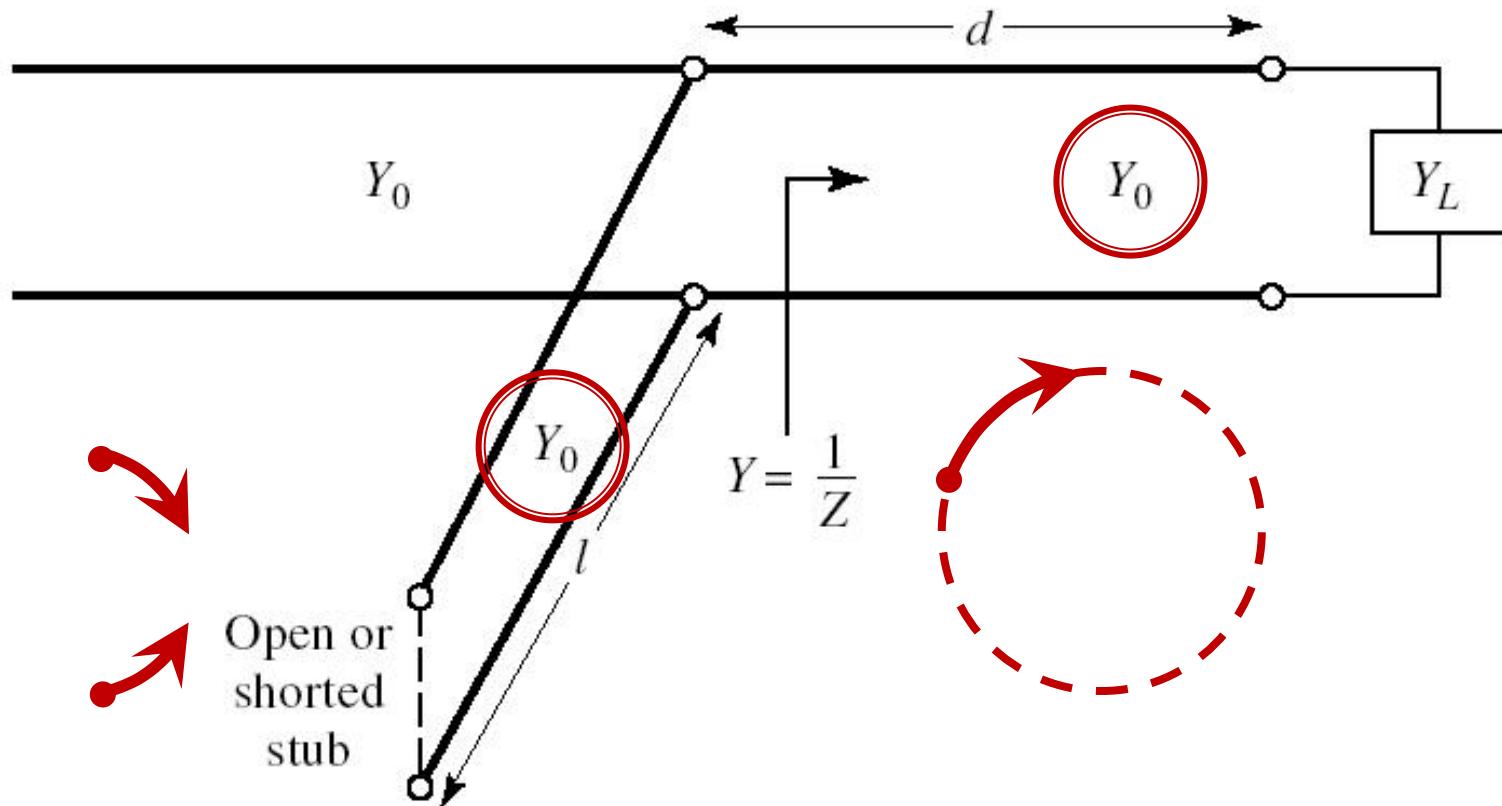


Etape - 7

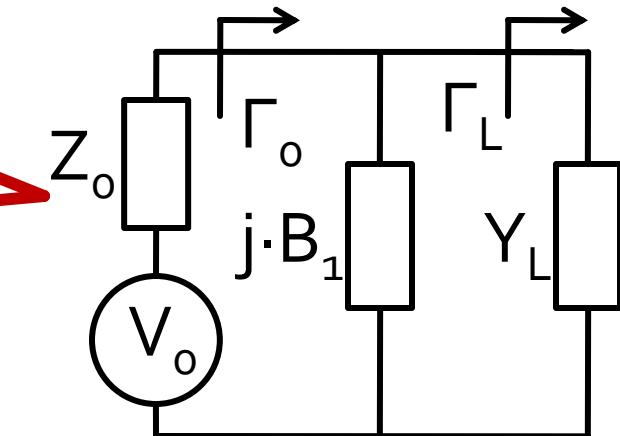
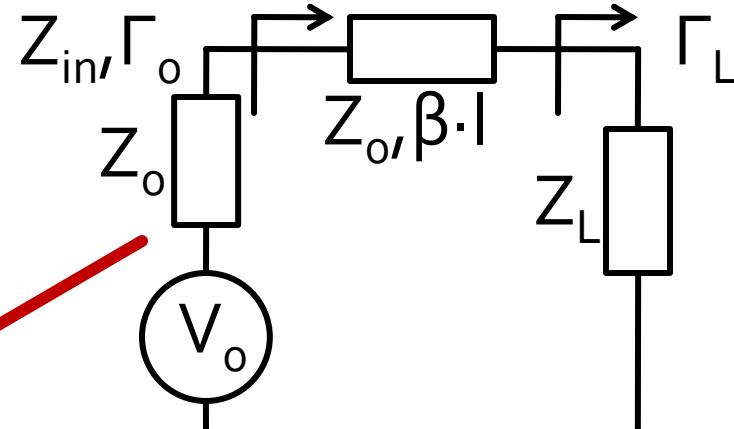
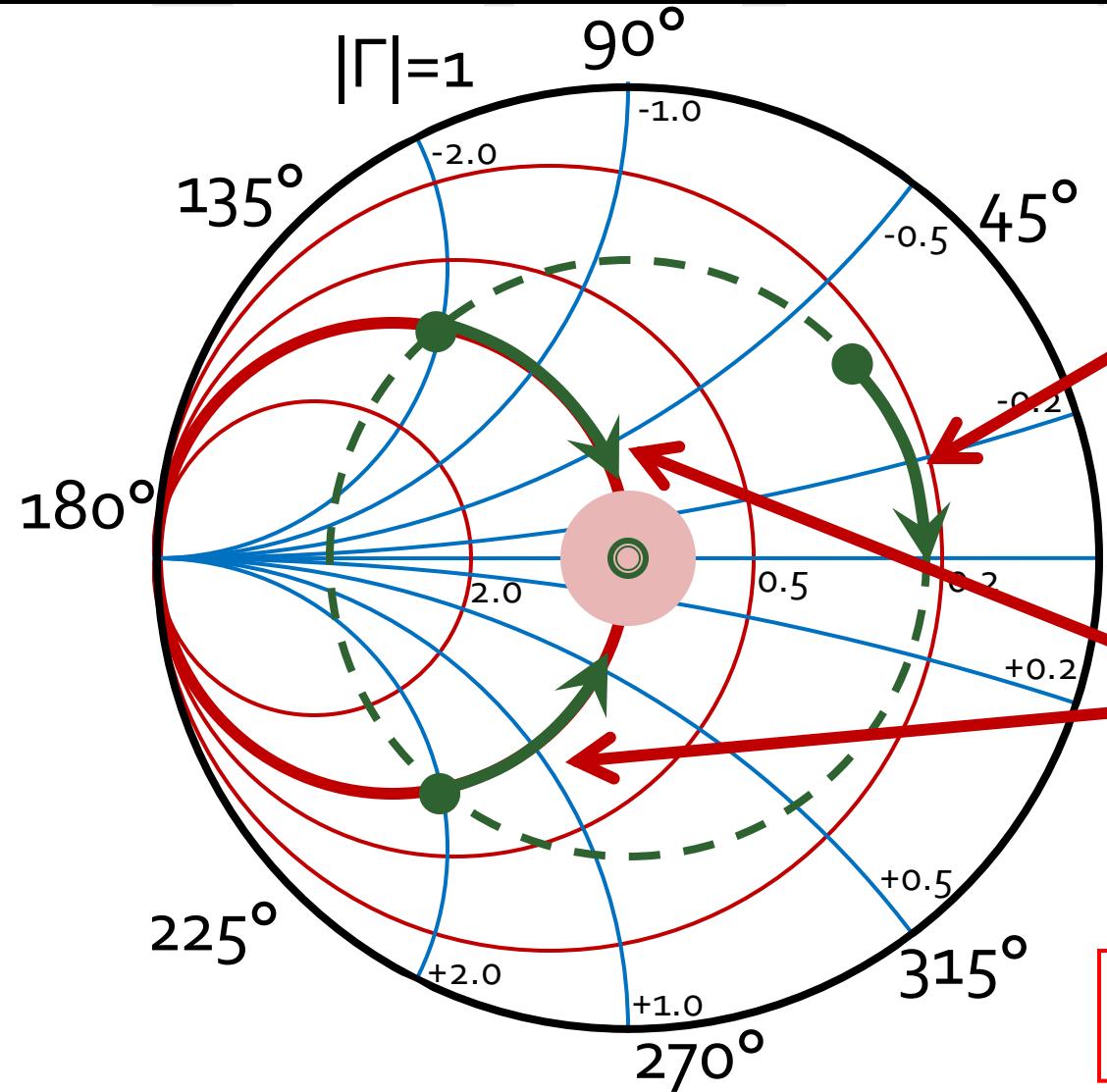
- Rezultat
 - acceptat T₁: **ATF34143 la 3V, 20mA, GS₁ = ... dB, GL₁ = ...dB**
 - acceptat T₂: **NE71084 la 3V, 1mA , GS₂ = ... dB, GL₂ = ...dB**

Caz 1, Shunt Stub

- Shunt Stub (secțiune de linie în paralel)



Adaptare, linie serie + susceptanta in paralel



$$|\Gamma_{in}| = |\Gamma_L|$$

$$g_{in} = 1$$

Calcul analitic (calcul efectiv)

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

$$|\Gamma_s| = 0.593 \angle 46.85^\circ$$

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

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

- **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)

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

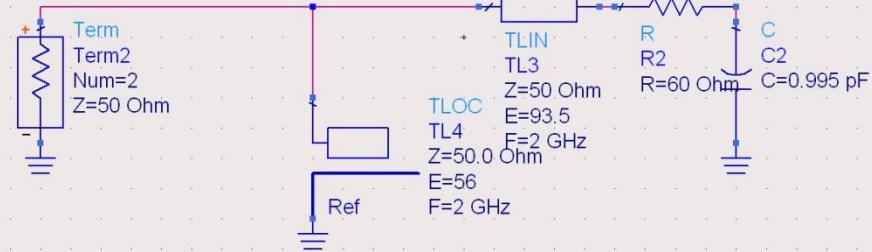
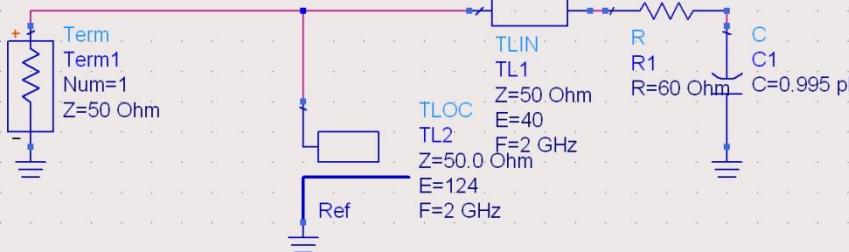
- Se alege **una** din cele doua solutii posibile
- **Semnul (+/-)** solutiei alese la **prima** ecuatie impune **semnul** solutiei utilizate la a **doua** ecuatie

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

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

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

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



Contact

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