

**Laborator 6**

2022/2023

# **Dispozitive și circuite de microunde pentru radiocomunicații**

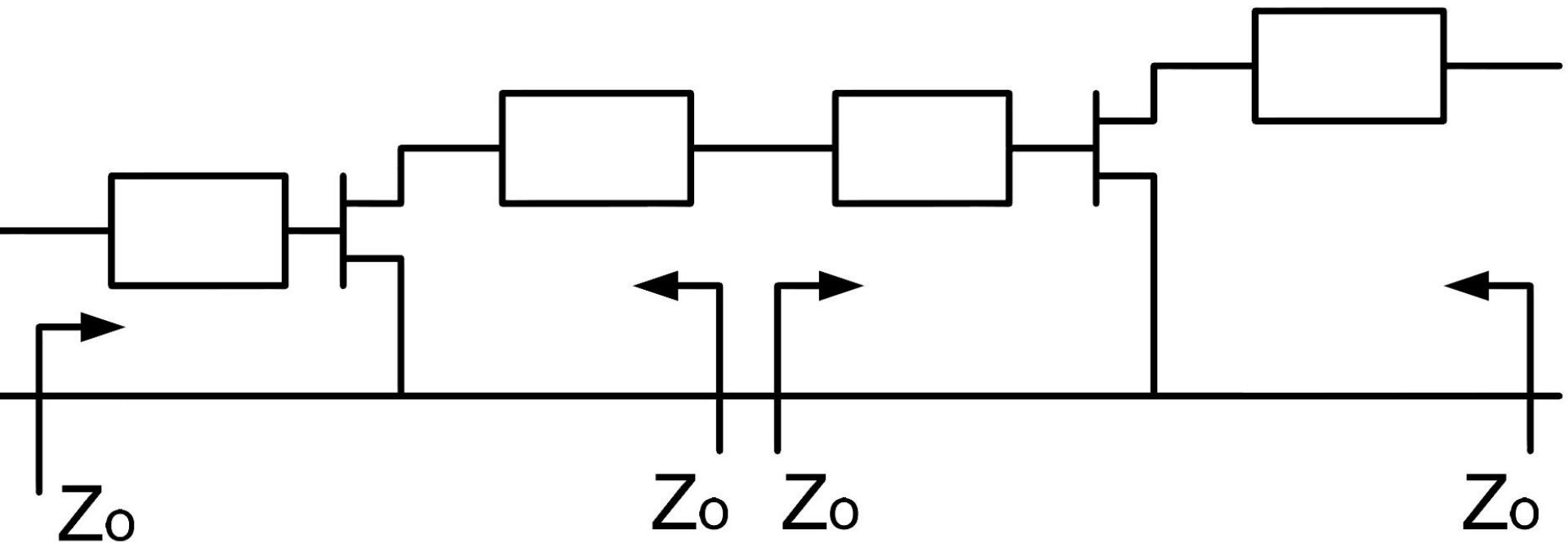
# Mini project

# Tema

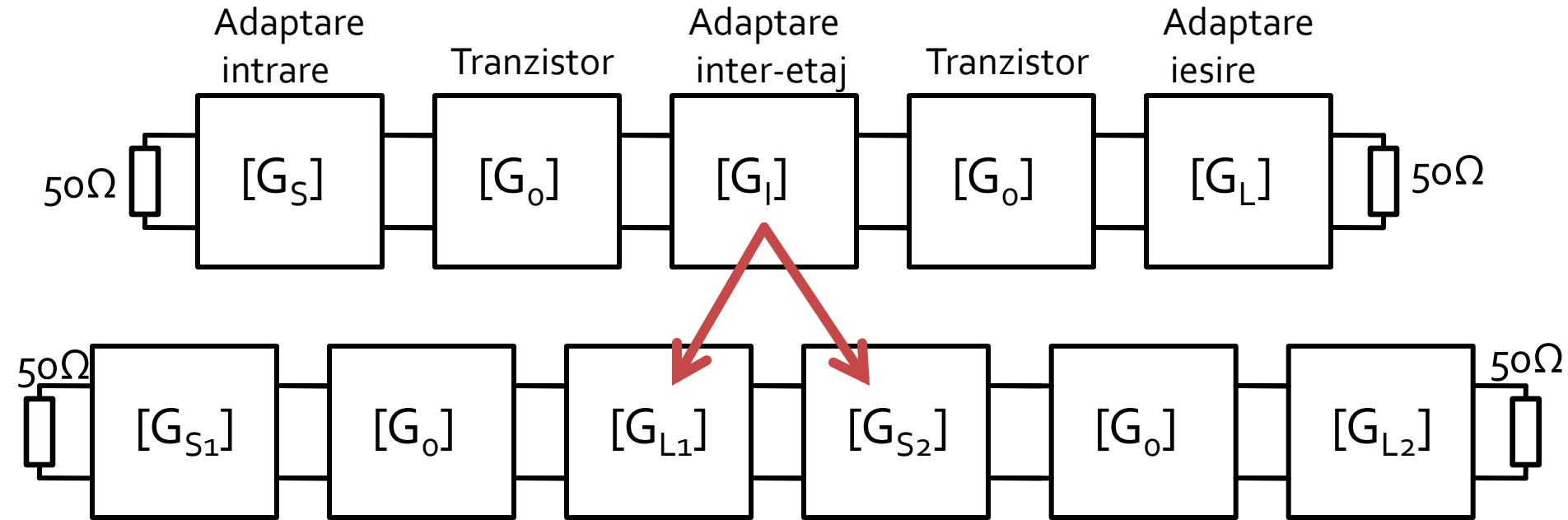
- Se realizează proiectarea unui amplificator multi-etaj de zgomot redus cu tranzistoare care să ofere un câștig de **G [dB]** și un factor de zgomot de **F [dB]** la frecvența de **f [GHz]**. La ieșirea amplificatorului se introduce un filtru trece bandă de ordin **N** și bandă procentuală **B [%]**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

# Amplificatoare in cascada

- Adaptarea inter-etaje se poate projecța în două moduri:
  - adaptarea fiecarui etaj spre un  $\Gamma = \text{o}$  intermediu



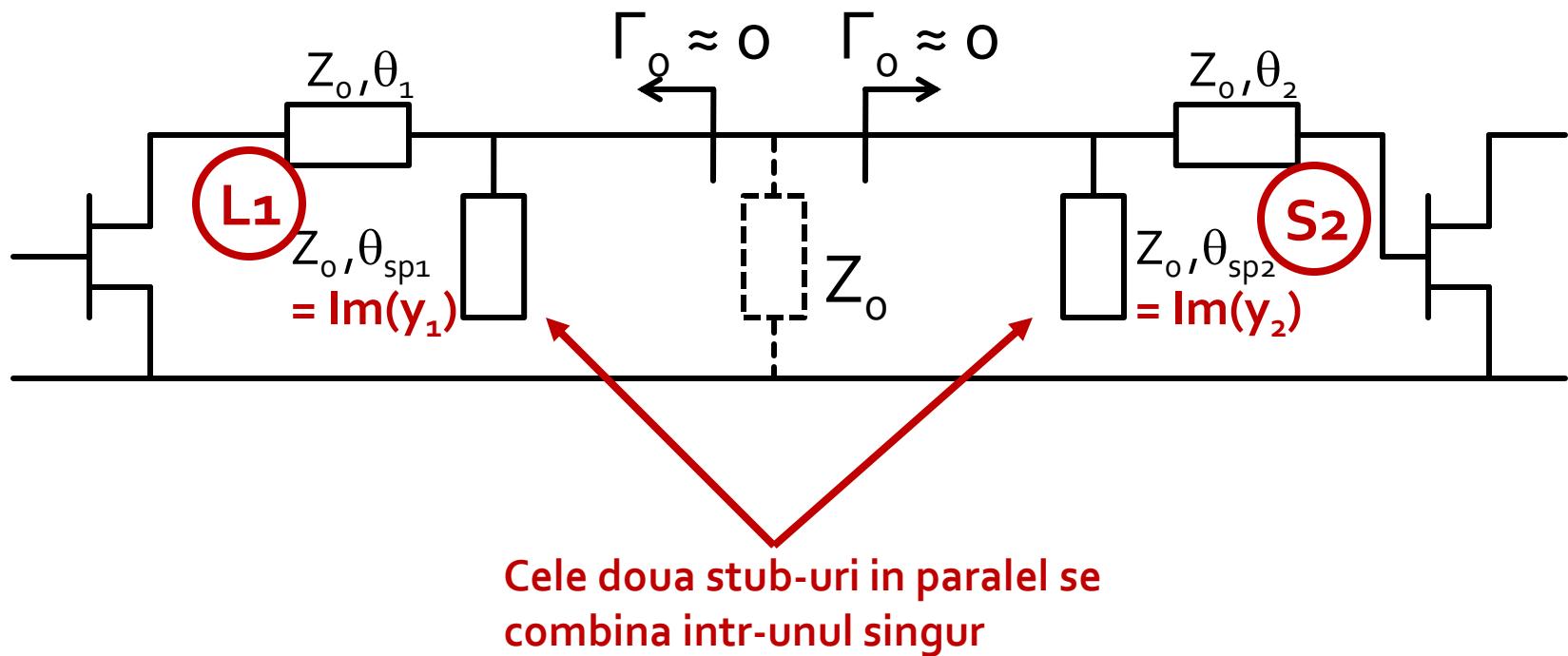
# Proiectare etaje cascadeate



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

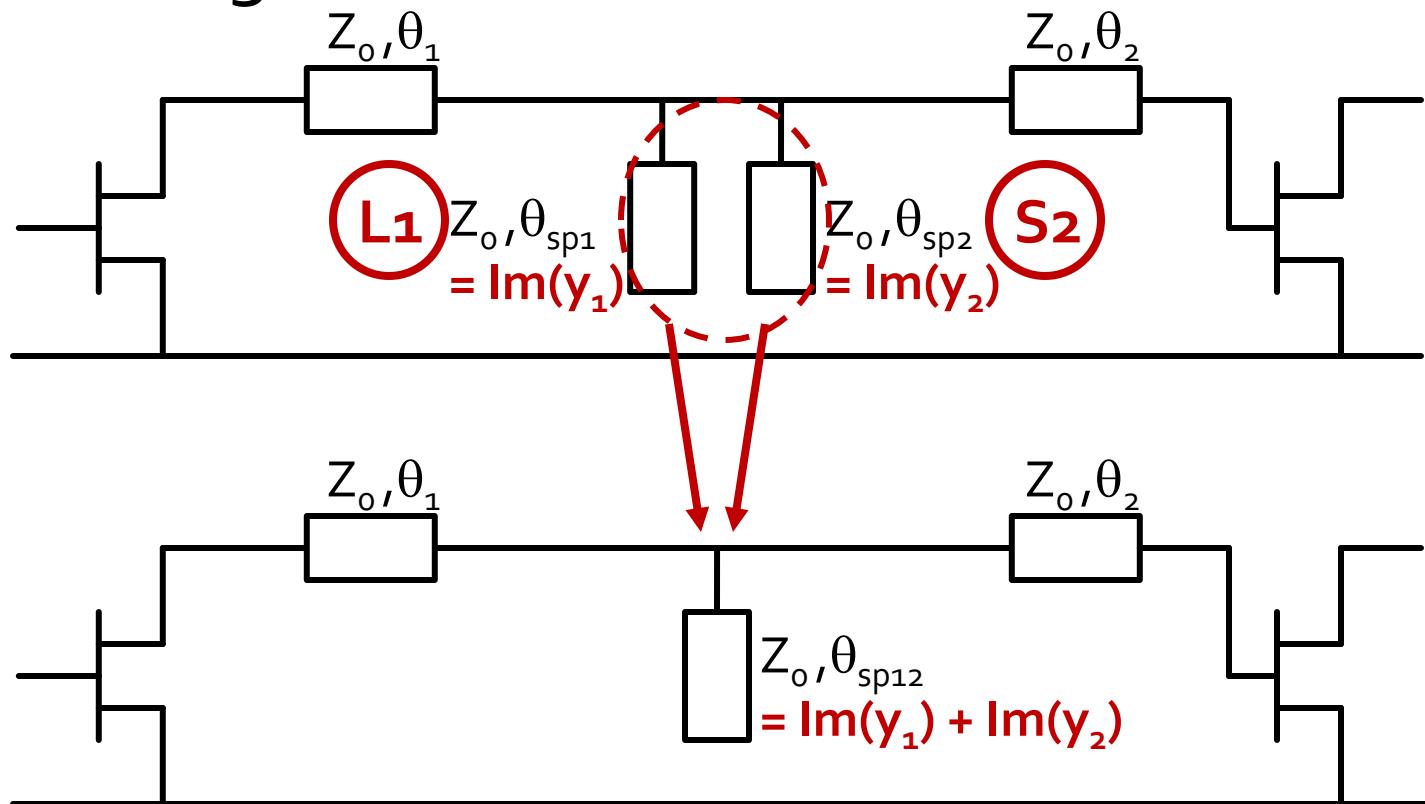
# Adaptare inter-etaje 2

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



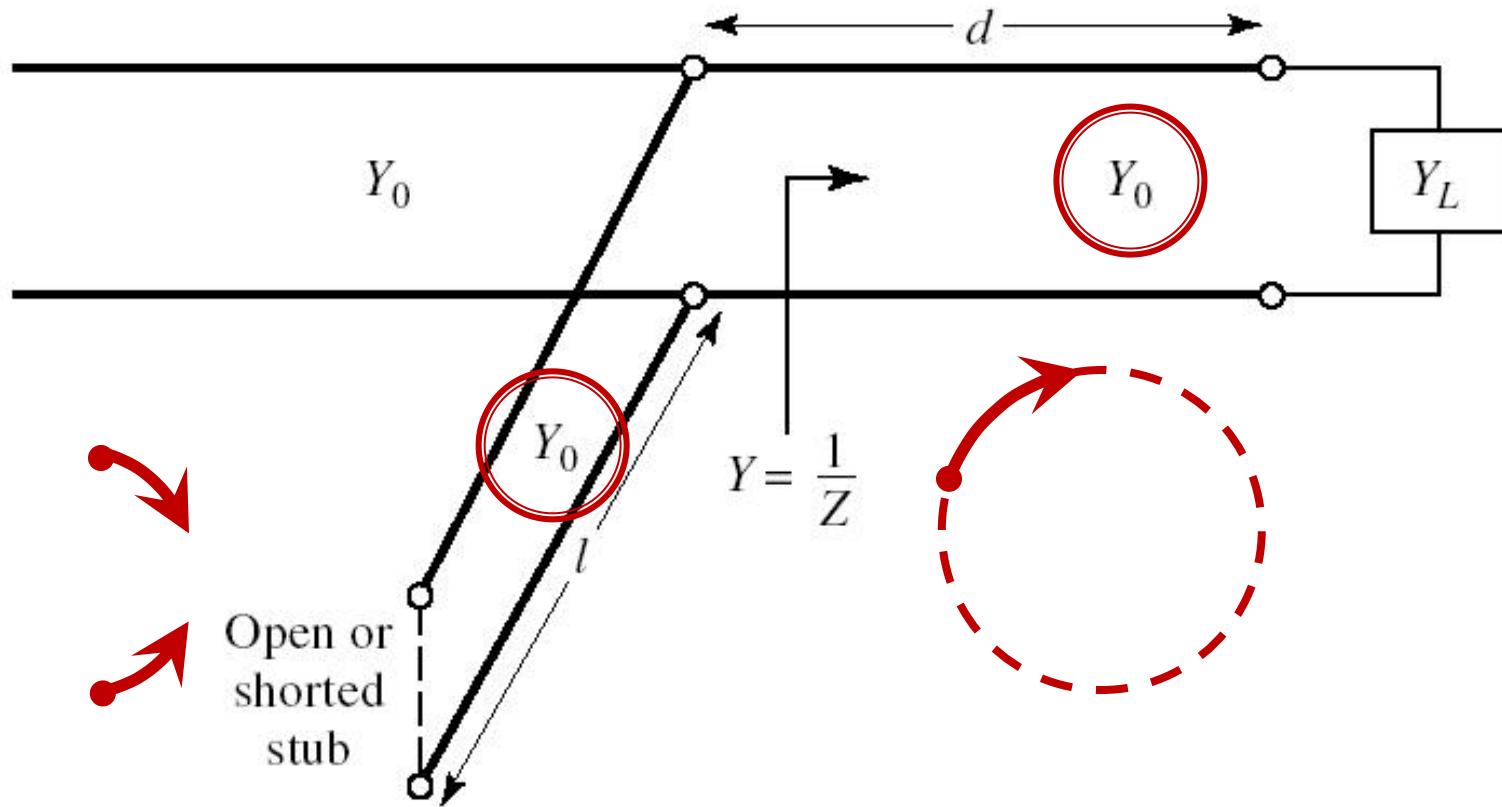
# Adaptare inter-etaje 2

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

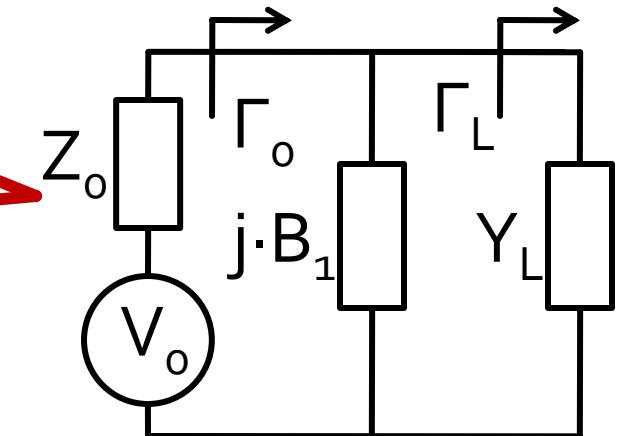
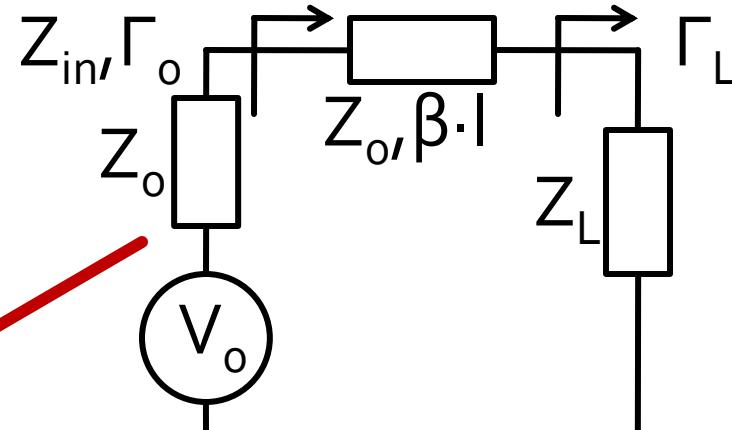
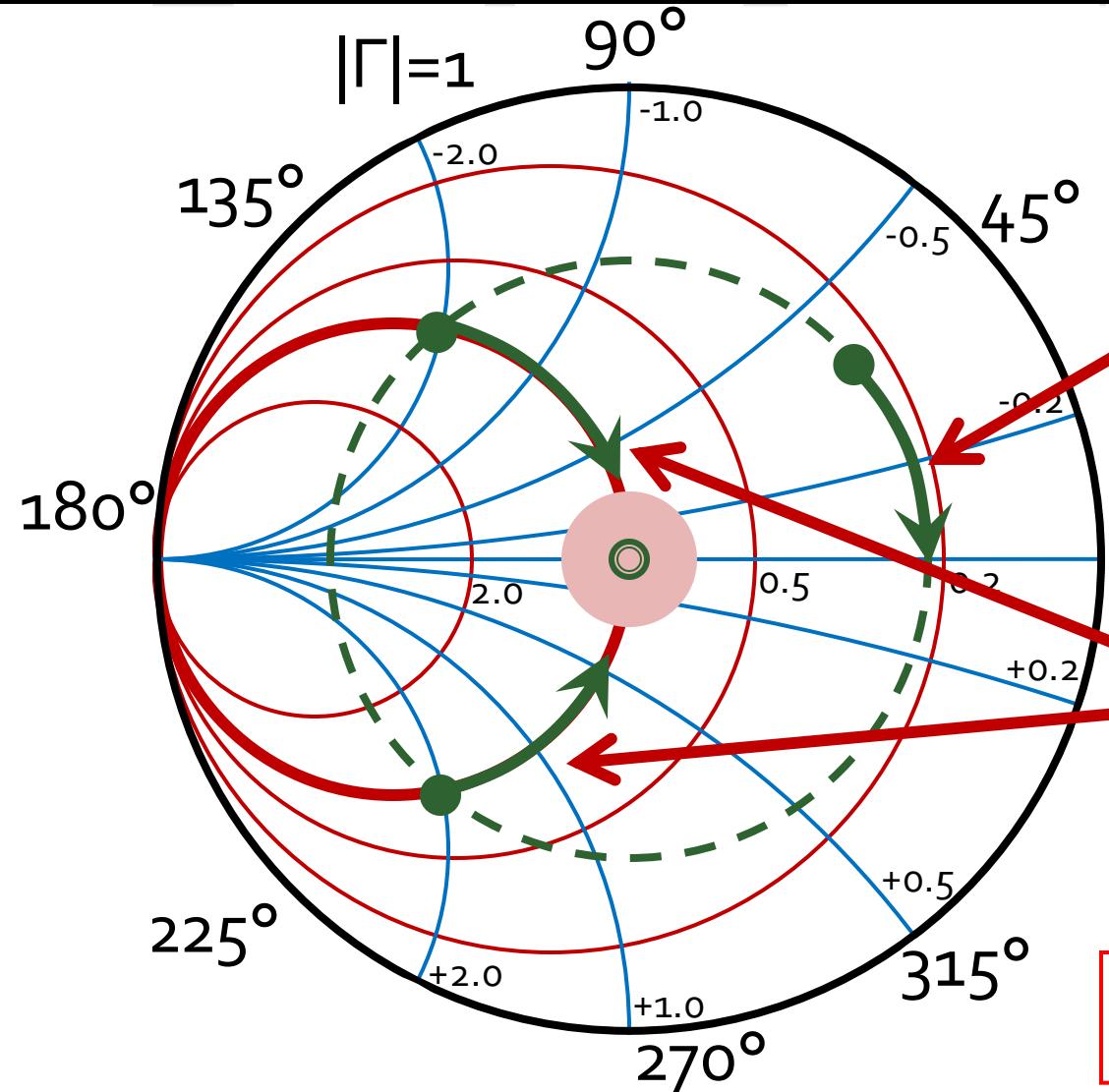


# Caz 1, Shunt Stub

- 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)

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

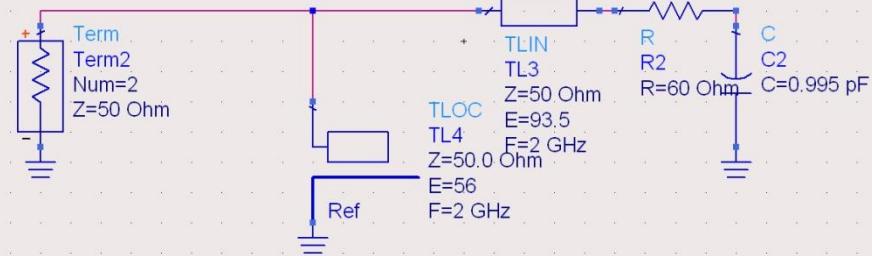
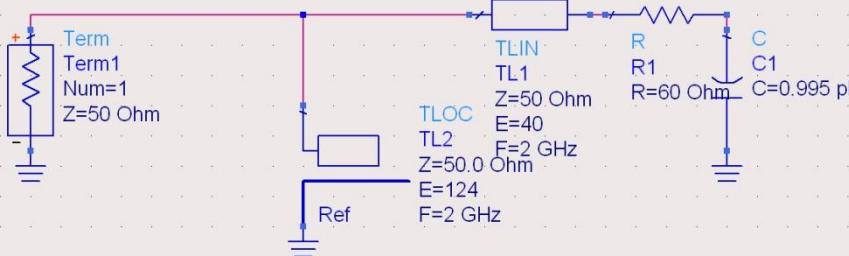
- Se alege **una** din cele doua solutii posibile
- **Semnul (+/-)** solutiei alese la **prima** ecuatie impune **semnul** solutiei utilizate la a **doua** ecuatie

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

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

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

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



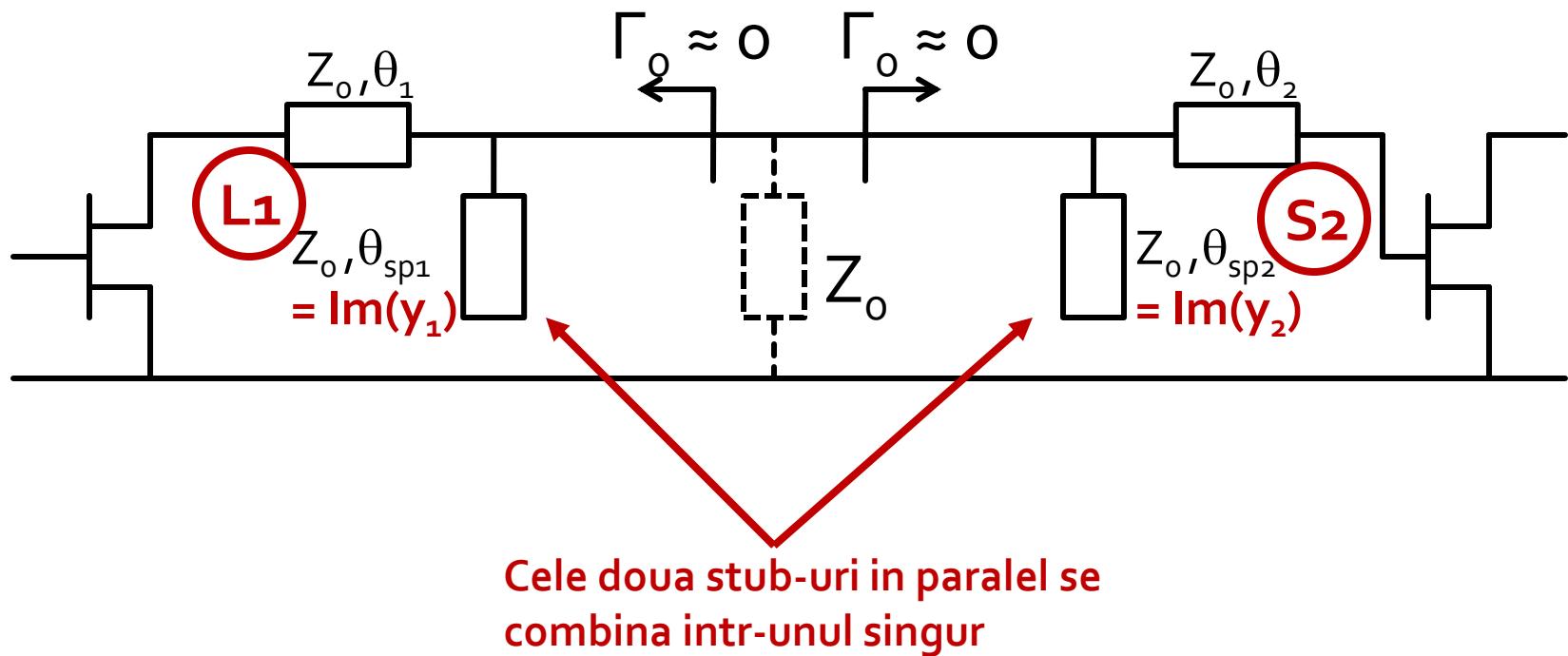
# Mod de lucru

# Etape - 8

- In urma punctelor 1-7 există două amplificatoare cu cale un tranzistor funcționale care indeplinesc relația lui Friis
  - $G_1, G_2 \quad G_{cas} = G_1 \cdot G_2 \quad G_{cas}[dB] = G_{tema} + \Delta G$
  - $F_1, F_2 \quad F_{cas} = F_1 + \frac{1}{G_1}(F_2 - 1) \quad F_{cas}[dB] = F_{tema} - \Delta F$
- Se realizează conectarea în cascada a celor două amplificatoare, pentru a obține un singur amplificator cu două etaje de amplificare
- Pct. 10 exemplu

# Etape - 8

- In urma etapei 6 se cunosc lungimile electrice ale liniilor de la iesirea primului tranzistor si de la intrarea celui de-al doilea

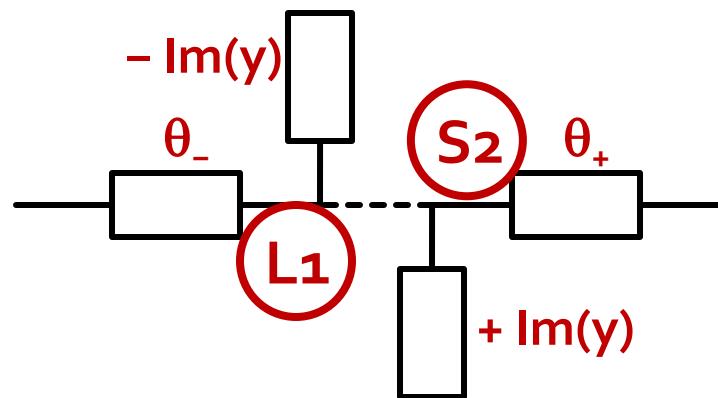
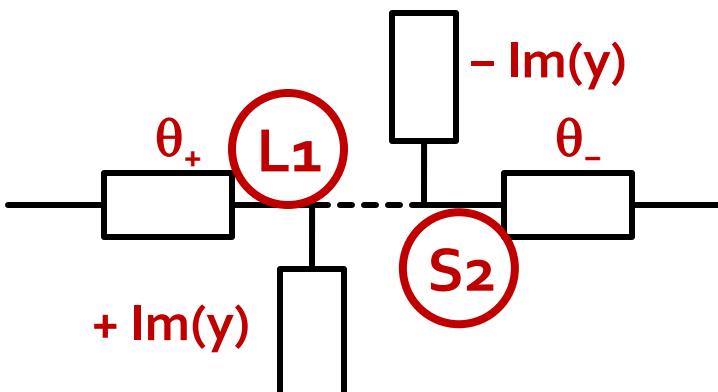
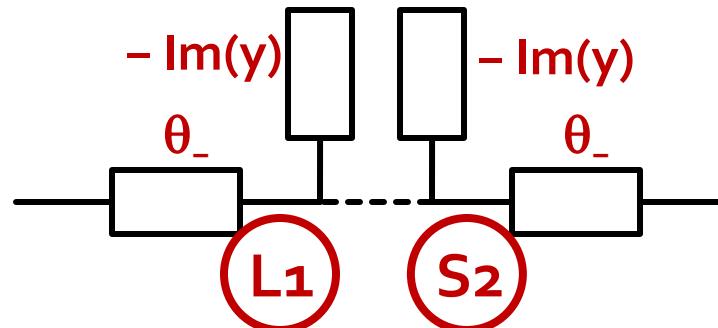
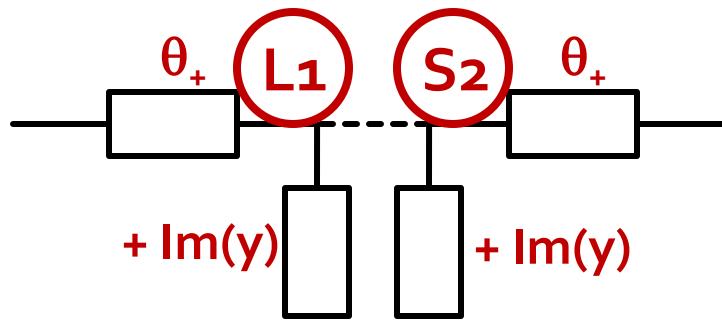


# Etape - 8

- Cele doua linii in serie se pastreaza cu valorile anterioare
  - **Atentie!** solutiile sunt duble +/- la ambele amplificatoare, pentru liniile in serie oricare din variante este posibila
- Cele doua linii in paralel se vor combina intr-o singura linie
  - **Atentie!** admitantele sunt in paralel si se aduna, nu lungimile electrice
  - E necesara recuperarea de la etapa 6 a pasului intermediar care consta in calcularea acestor admitante  $\text{Im}(y_1)$ ,  $\text{Im}(y_2)$
  - Solutiile pentru admitante sunt de asemenea duble, se aleg valorile (+/-) care corespund **solutiilor alese** pentru liniile serie

# Etape - 8

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



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

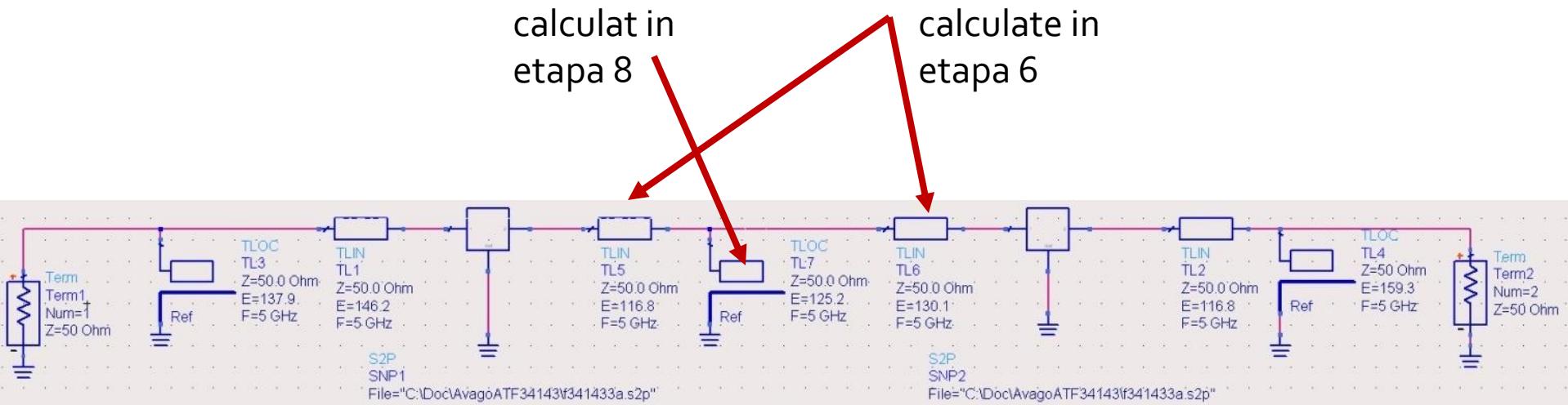
$$\theta_{sp} = \tan^{-1}(\text{Im}[y_{sp}])$$

# Etape - 8

- Se calculeaza admitanta necesara de la stub-ul combinat
  - $\text{Im}(y) = \text{Im}(y_1) + \text{Im}(y_2)$
- Se calculeaza lungimea electrica a liniei care ofera aceasta admitanta
  - $E = \tan^{-1}(\text{Im}(y))$
- Se realizeaza unificarea celor doua amplificatoare, pastrand liniile serie dintre etaje si inlocuind cele doua stub-uri paralel cu stub-ul combinat

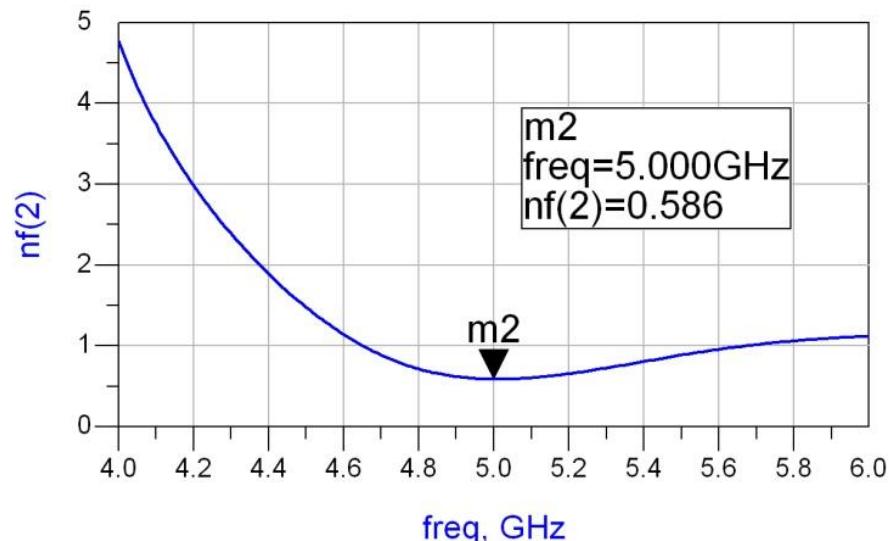
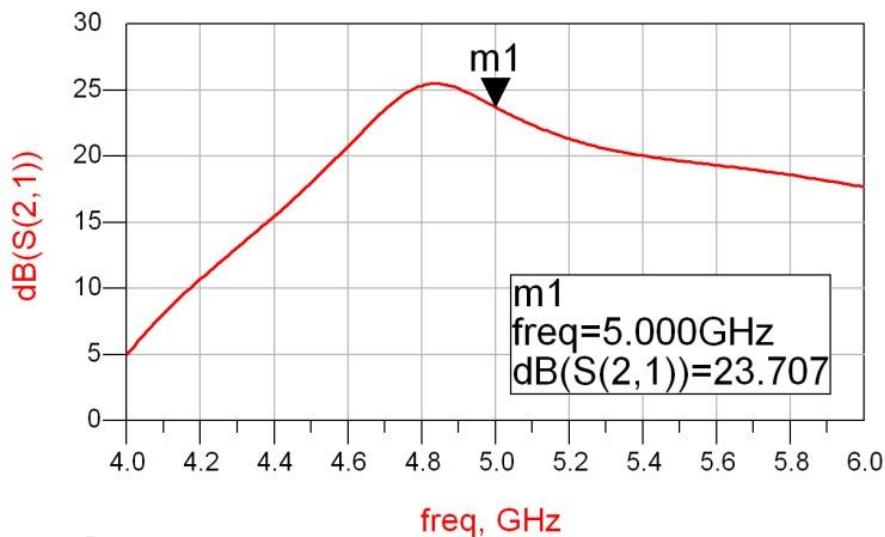
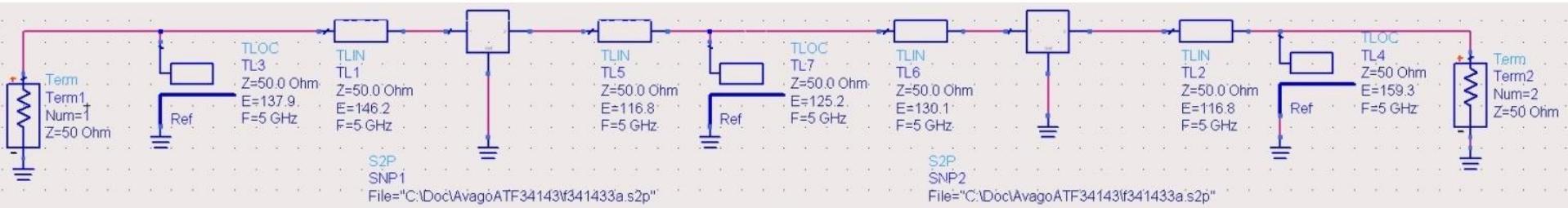
# Etape - 8

- Rezultat
  - amplificator final
- Se poate simula pentru verificare
  - Pct. 11 exemplu



# Etape - 8

- Se poate simula pentru verificare



# Etapa 9

- Proiectarea si implementarea filtrului
- Pct. 13 exemplu
  
- În funcție de tipul de filtru relațiile și schemele pot fi diferite
  - alt filtru decat linii cuplate ofera bonus

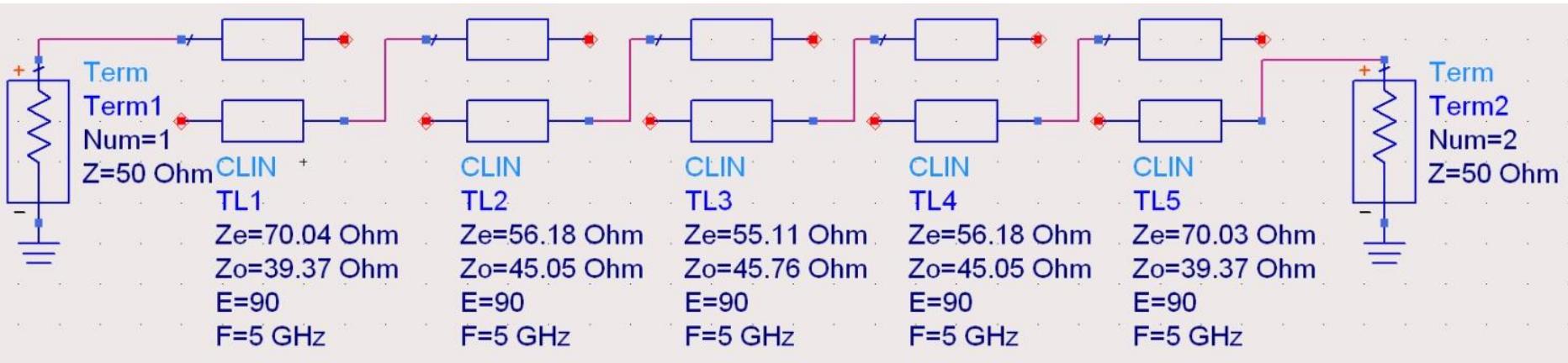
# Etapa 9

- **Atentie!** Proiectarea filtrului se poate face numai prin calcul
  - datorita numarului mare de valori (ordin 5-6, 12-14 valori) **nu se poate** obtine prin reglaj un filtru potrivit

| n | $g_n$  | $Z_o J_n$ | $Z_{oe} [\Omega]$ | $Z_{oo} [\Omega]$ |
|---|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| 1 | 1.6703 | 0.306664  | 70.04             | 39.37             |
| 2 | 1.1926 | 0.111295  | 56.18             | 45.05             |
| 3 | 2.3661 | 0.09351   | 55.11             | 45.76             |
| 4 | 0.8419 | 0.111294  | 56.18             | 45.05             |
| 5 | 1.9841 | 0.306653  | 70.03             | 39.37             |

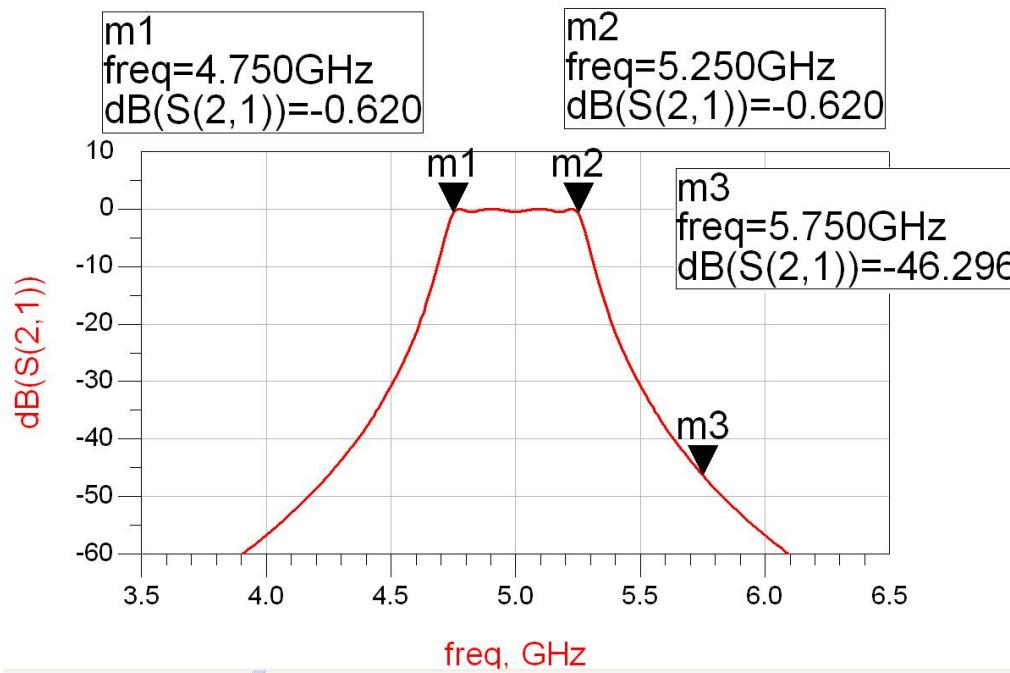
# Etapa 9

- Se simuleaza si se verifica filtrul separat



# Etapa 9

- Se verifica cu atentie banda obtinuta, si valoarea riplului/atenuarii maxime in banda
  - banda corecta intervine **semnificativ** la nota de proiect
  - eventualele atenuari se vor scadea din castigul amplificatorului si se poate ajunge la neindeplinirea cerintelor de castig din tema



# Etapa 10

- Se realizeaza un reglaj final dupa principiile de la laboratorul 3
  - componentelete de la intrare influenteaza preponderent zgomotul, cele de la iesire numai castigul
- Pct. 14 exemplu

# Etapa 11

- Se realizeaza eventualele puncte suplimentare
  - pentru justificare in acest caz va fi necesare predare proiectului ADS arhivat

# Contact

- Laboratorul de microunde si optoelectronica
- <http://rf-opto.etti.tuiasi.ro>
- [rdamian@etti.tuiasi.ro](mailto:rdamian@etti.tuiasi.ro)