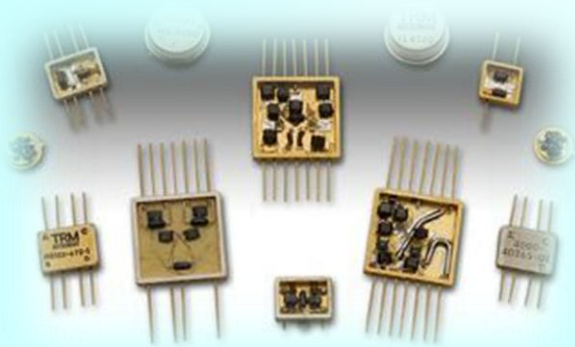


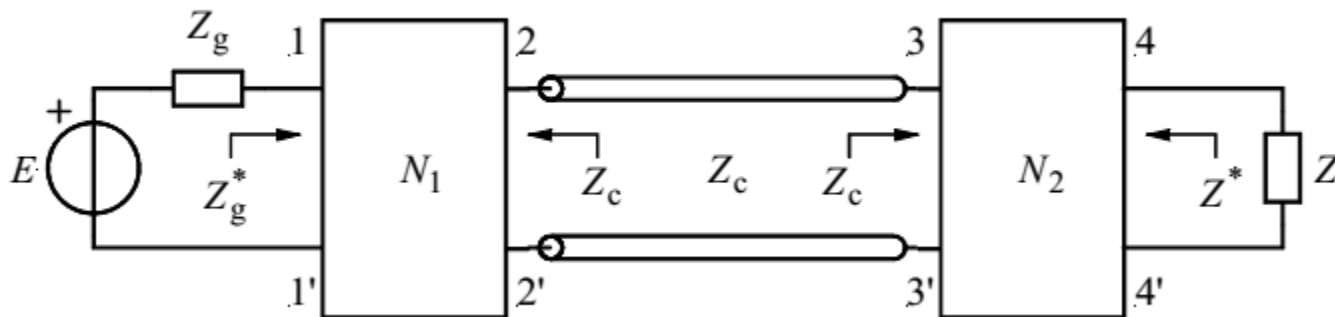
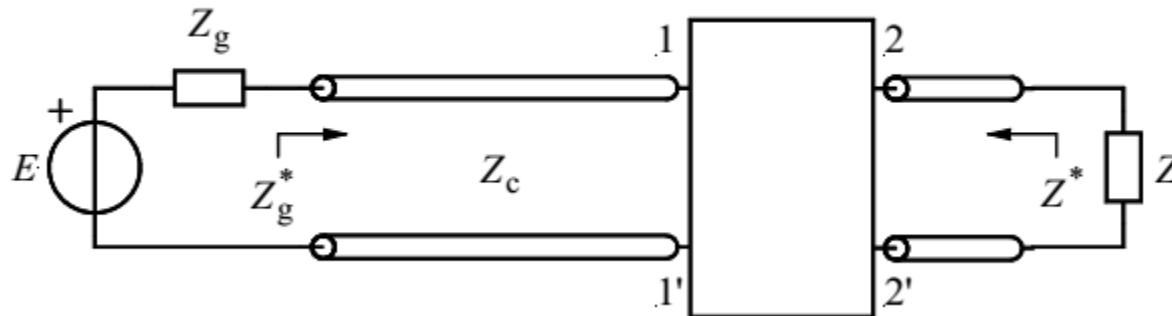
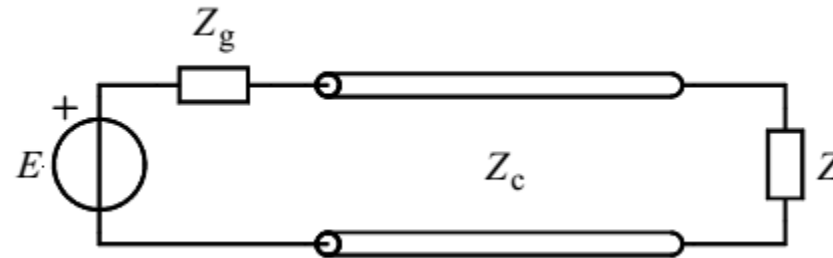
Микроталасна пасивна кола



Милка Потребић
Дејан Тошић



Мреже за прилагођење





Фактори за избор мреже за прилагођење

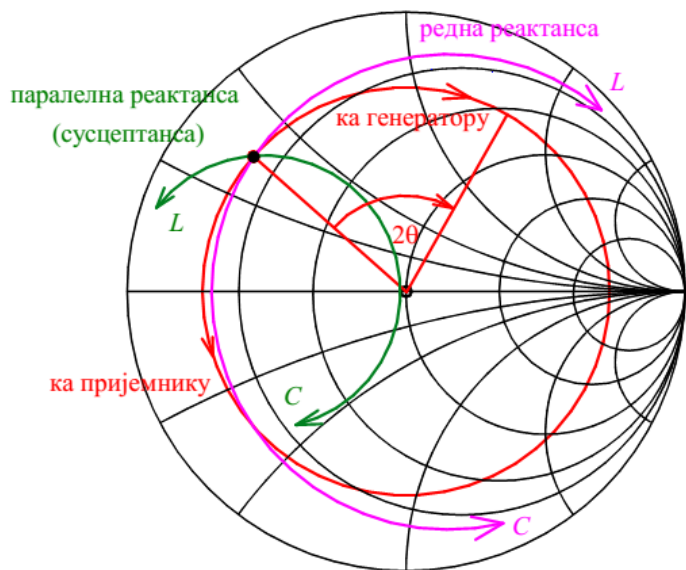
- Комплексност
- Широкопојасност
- Имплементација
- Могућност подешавања



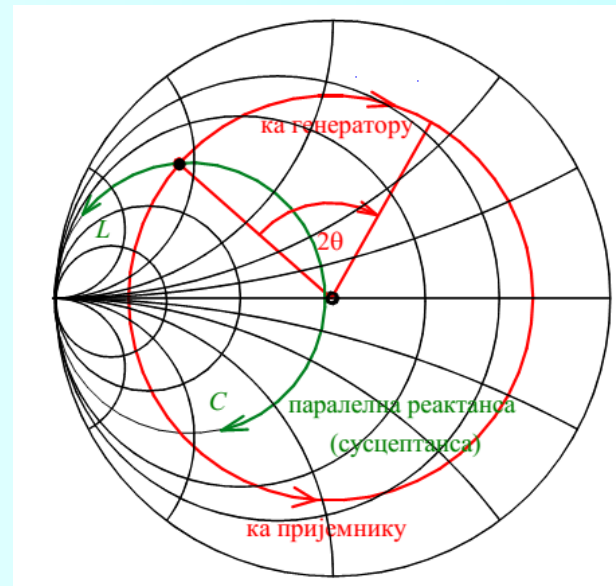
Примена Смитовог дијаграма у синтези мрежа за прилагођење

- Померање дуж вода према генератору или пријемнику
- Прикључење редне реактансе (калема, кондензатора или огранка вода)
- Прикључивање паралелне реактансе (калема, кондензатора или огранка вода)

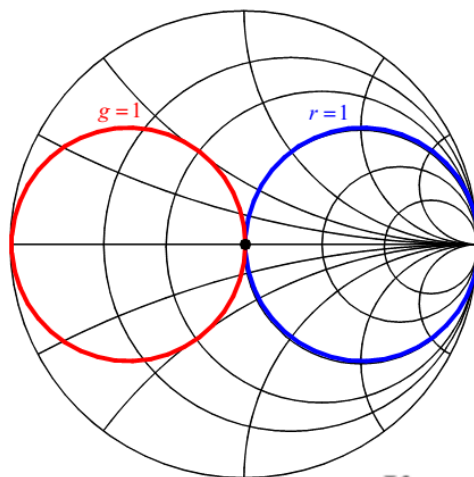
Операције у Смитовом дијаграму



Операције у Смитовом дијаграму

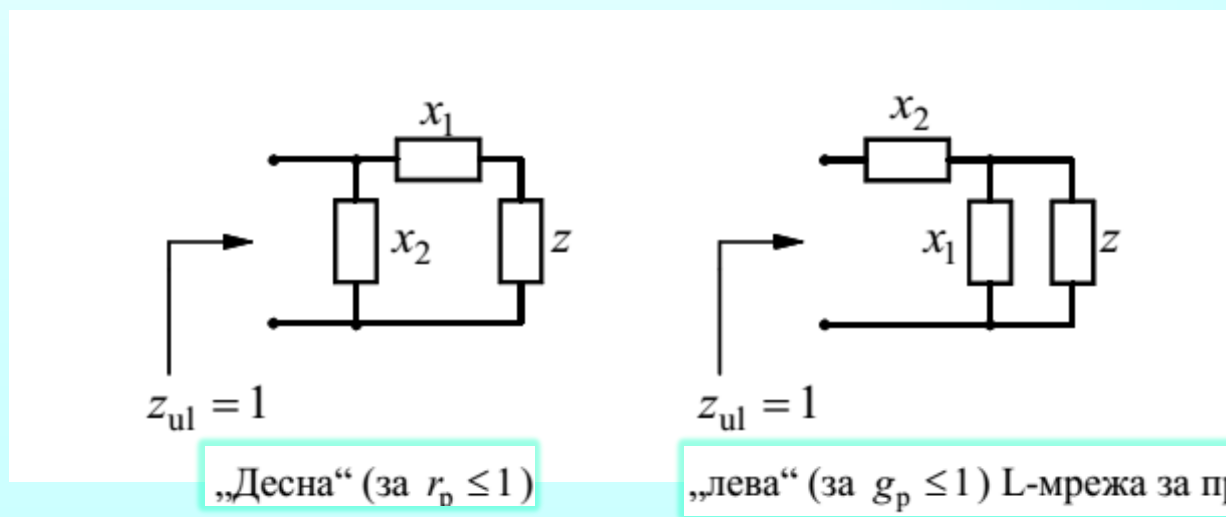
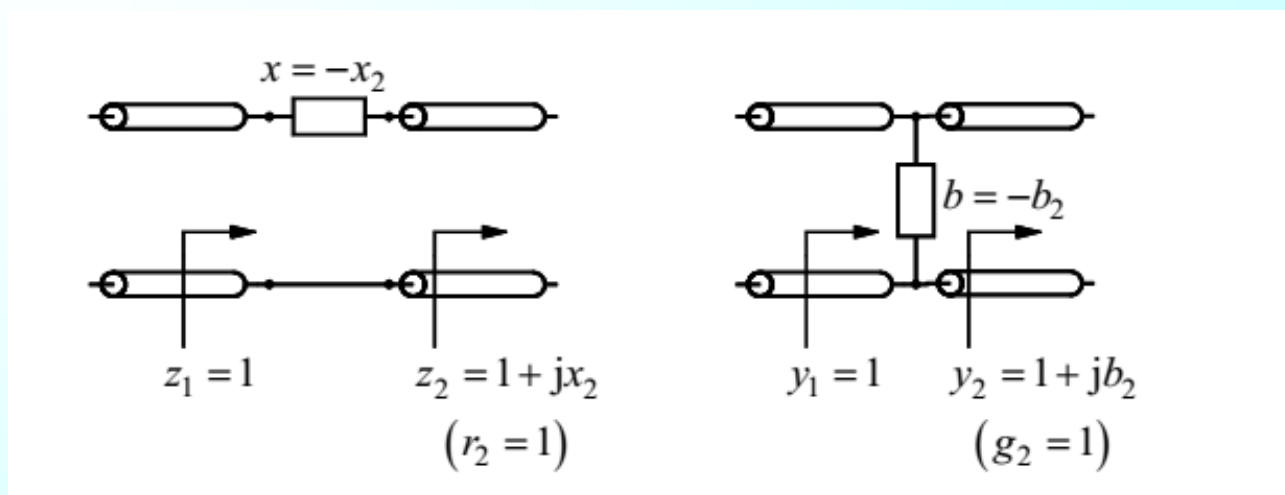


Операције у инверзном Смитовом дијаграму

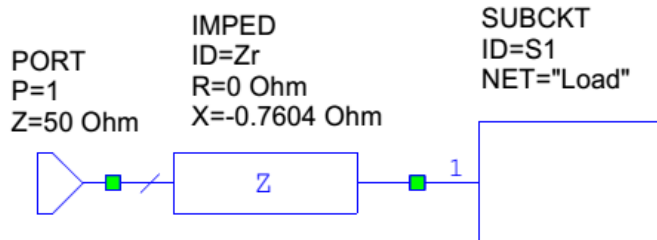
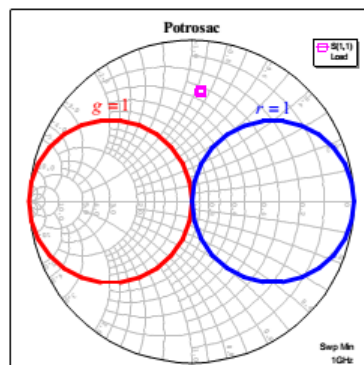
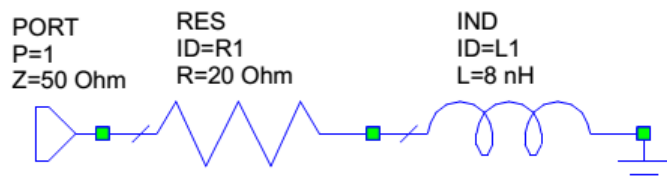


Кругови $r=1$ и $g=1$ у Смитовом дијаграму

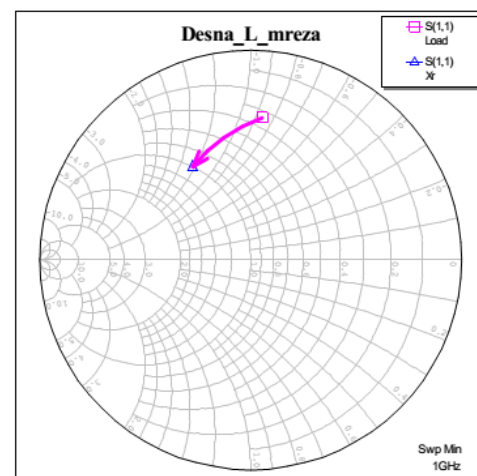
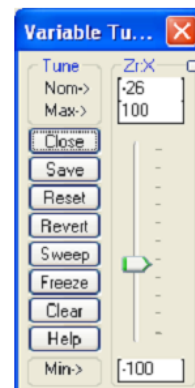
Прилагођење помоћу концентрисаних компоненти (L-мреже за прилагођење)



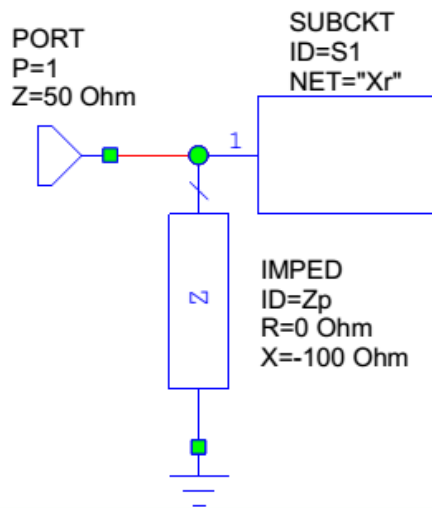
Пример. Потрошач у облику редне RL везе отпорности $R = 20 \Omega$ и индуктивности $L = 8 \text{ nH}$ прилагодити на вод карактеристичне импедансе $Z_c = 50 \Omega$ на учестаности $f = 1 \text{ GHz}$ помоћу свих могућих L-мрежа са концентрисаним елементима. Затим проучити прилагођење (s_{11} или VSWR) у опсегу $0,5 - 1,5 \text{ GHz}$. Одредити која од примењених мрежа има највећи пропусни опсег и колики је (у процентима), ако се захтева $\text{VSWR} < 1,5$.



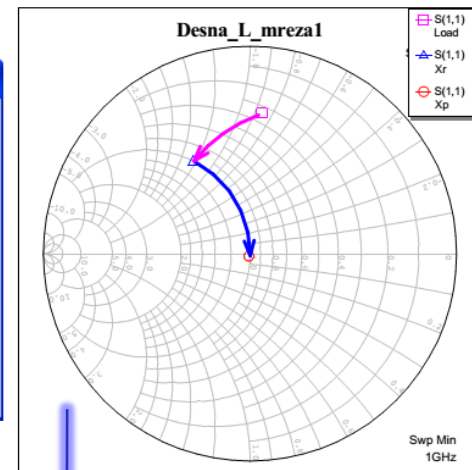
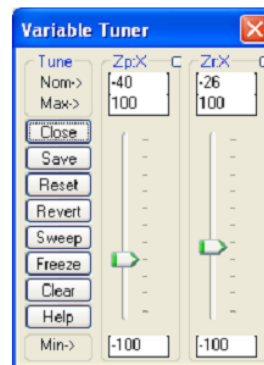
Редна реактанса мреже за прилагођење



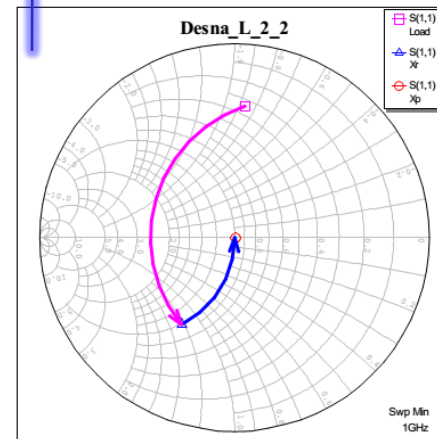
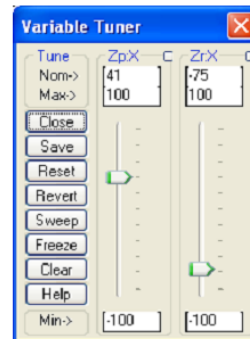
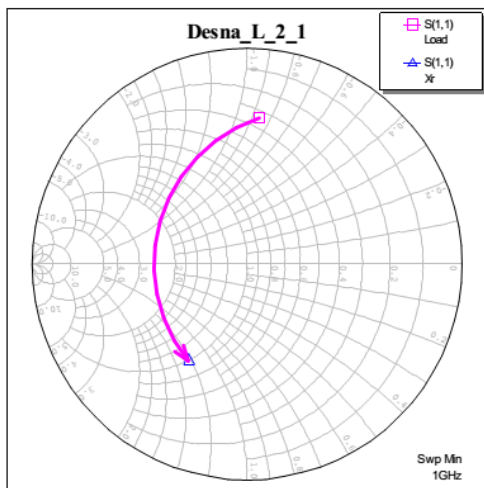
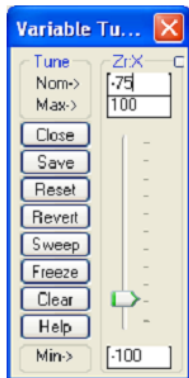
Кораци у реализацији прилагођења...



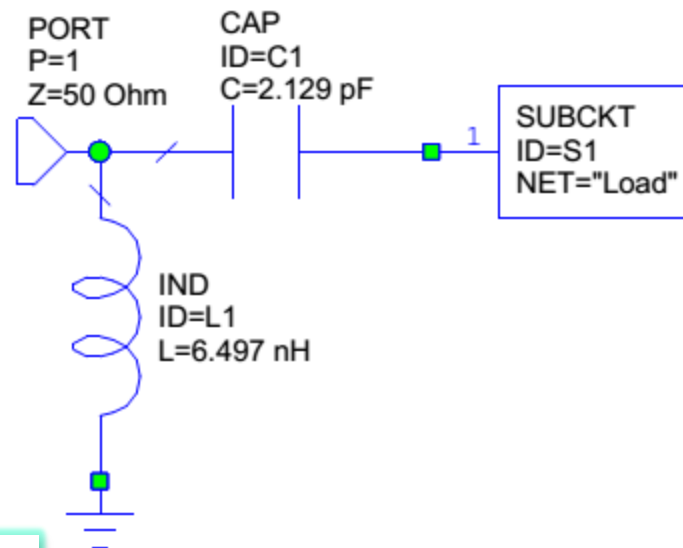
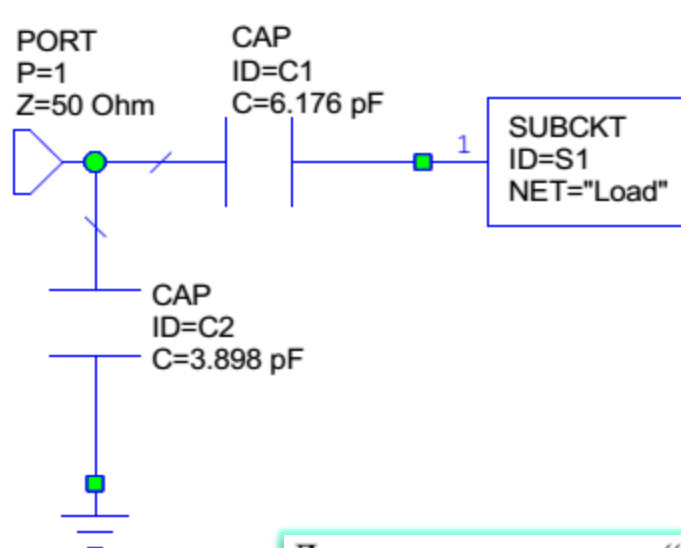
Паралелна реактанса мреже за прилагођење



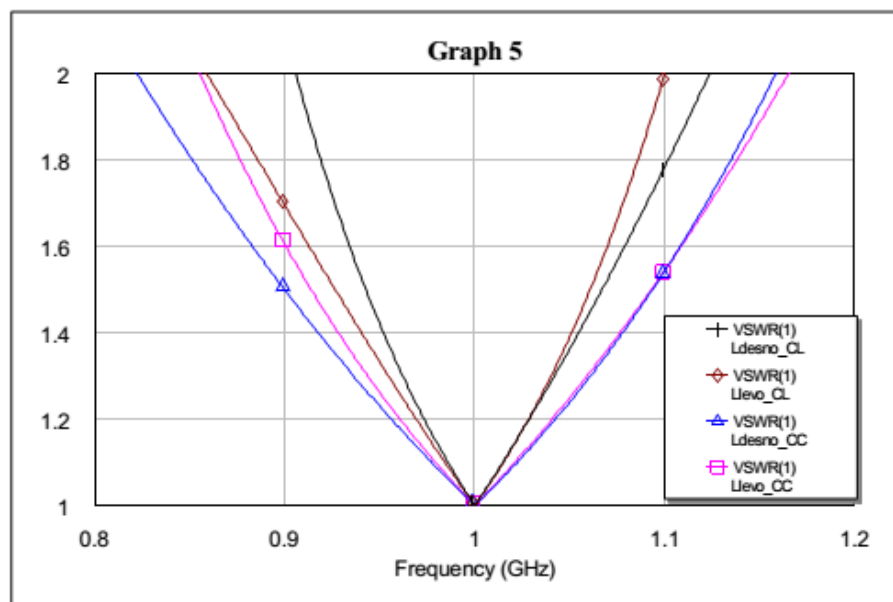
Померање у центар Смитовог дијаграма



Реализација прилагођења

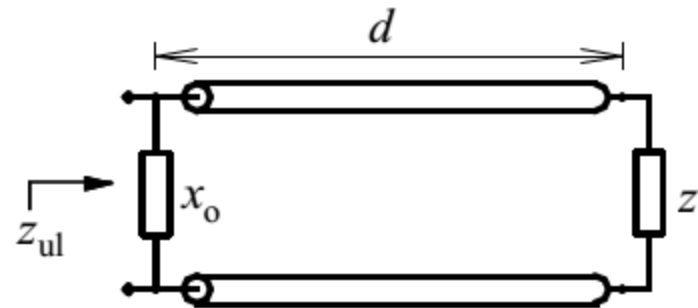
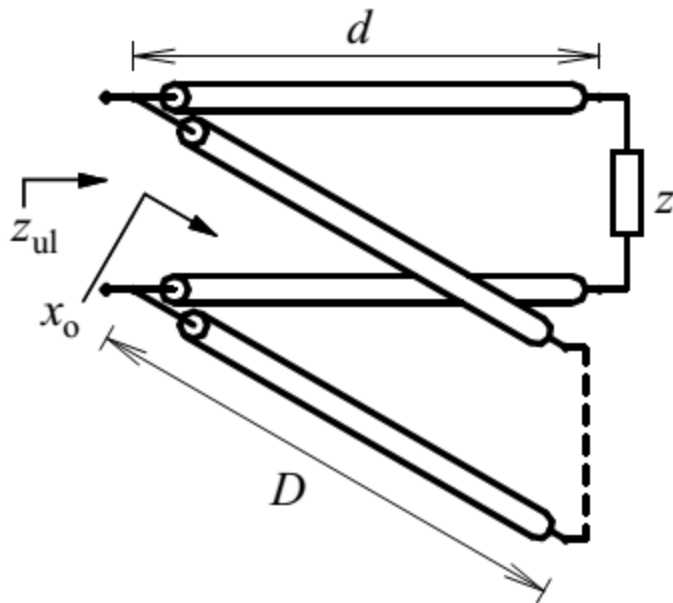


Два решења за „десну“ L-мрежу



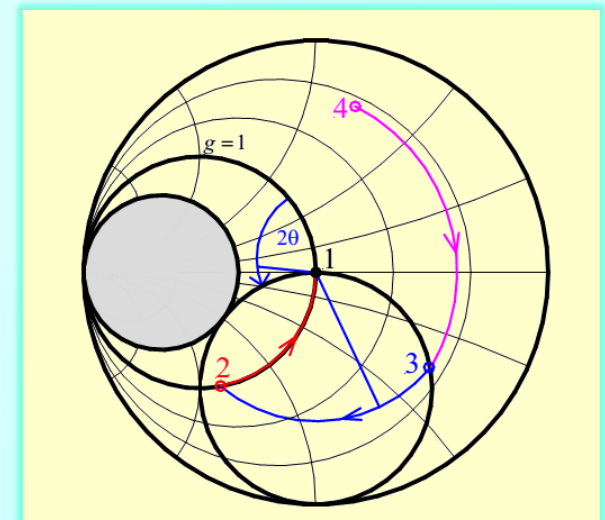
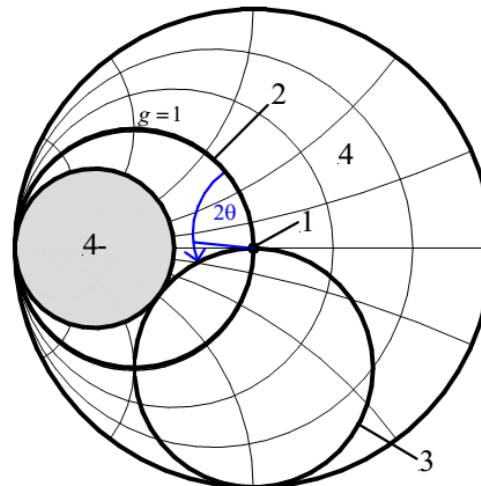
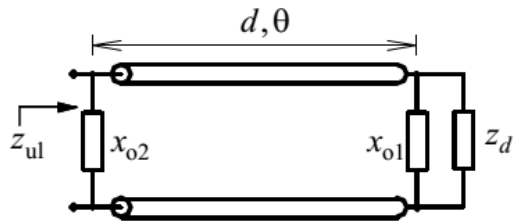
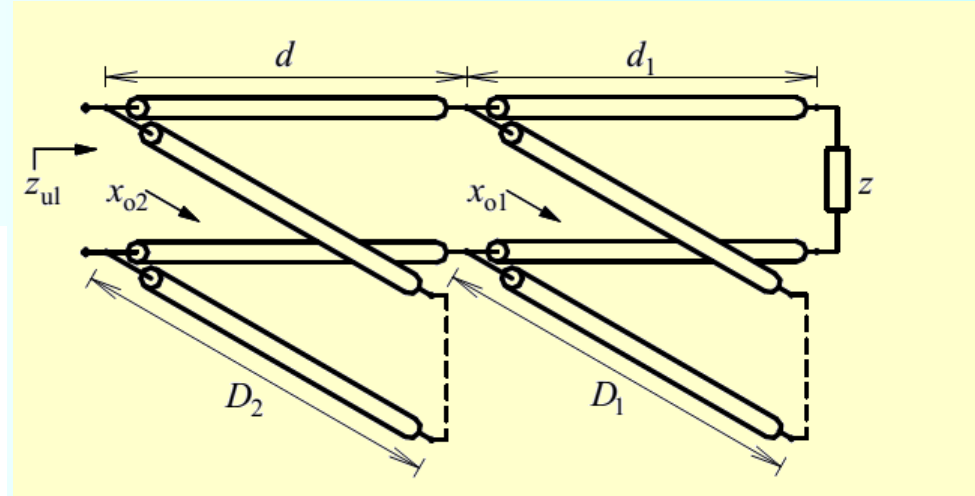
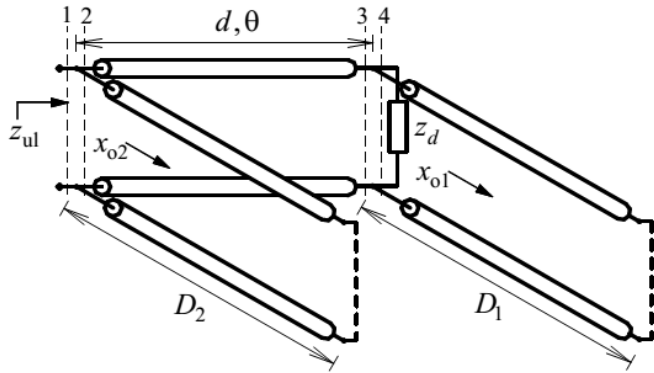
Прилагођење помоћу огранака водова

Мрежа за прилагођење са једним огранком

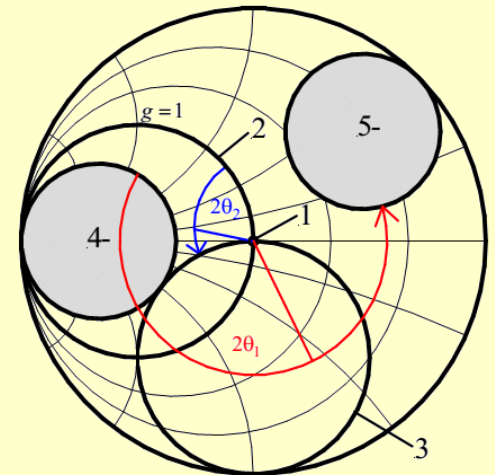
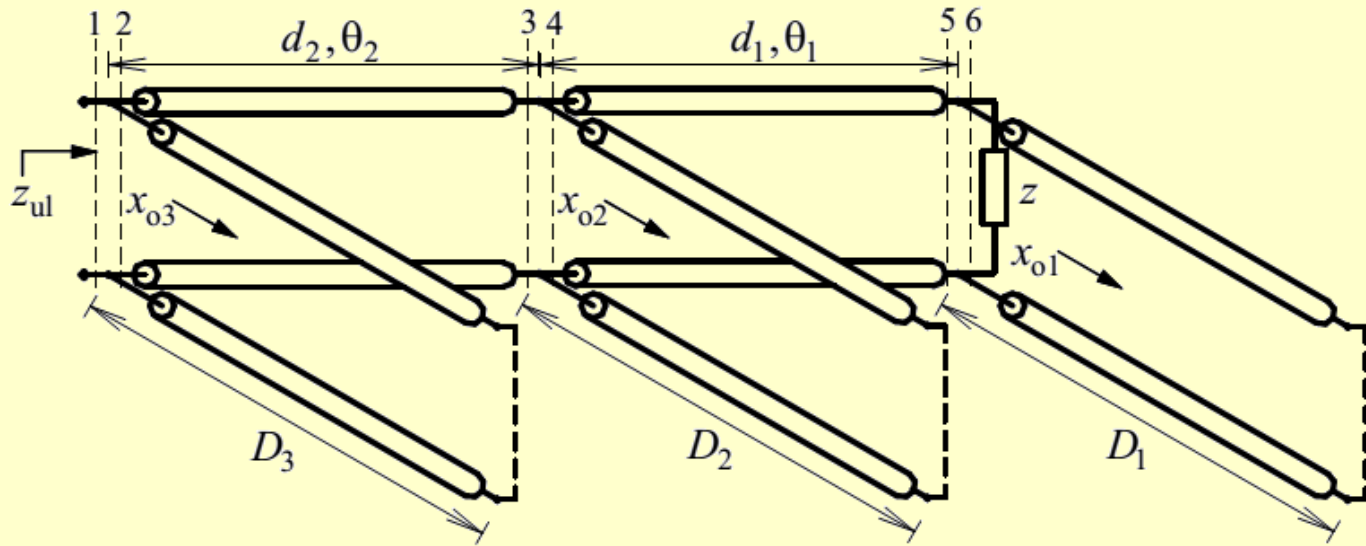


Мрежа за прилагођење са два огранка

$$d = \lambda g / 8, 3\lambda g / 8$$



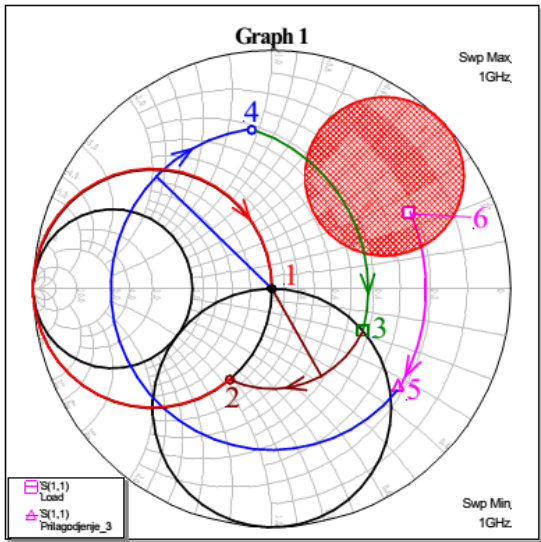
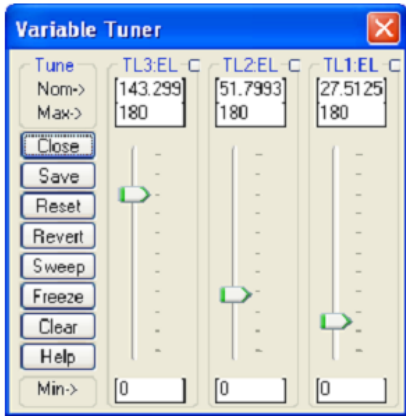
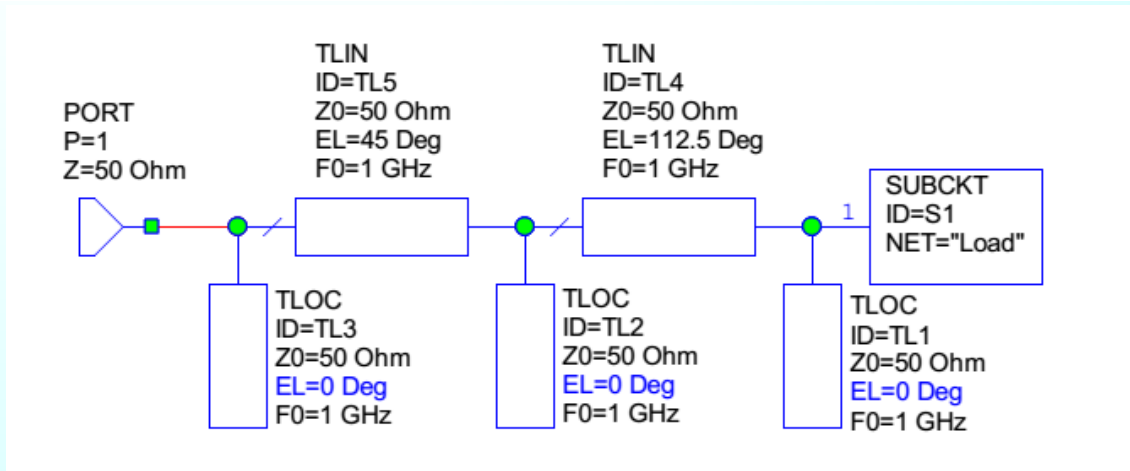
Мрежа за прилагођење са три огранка





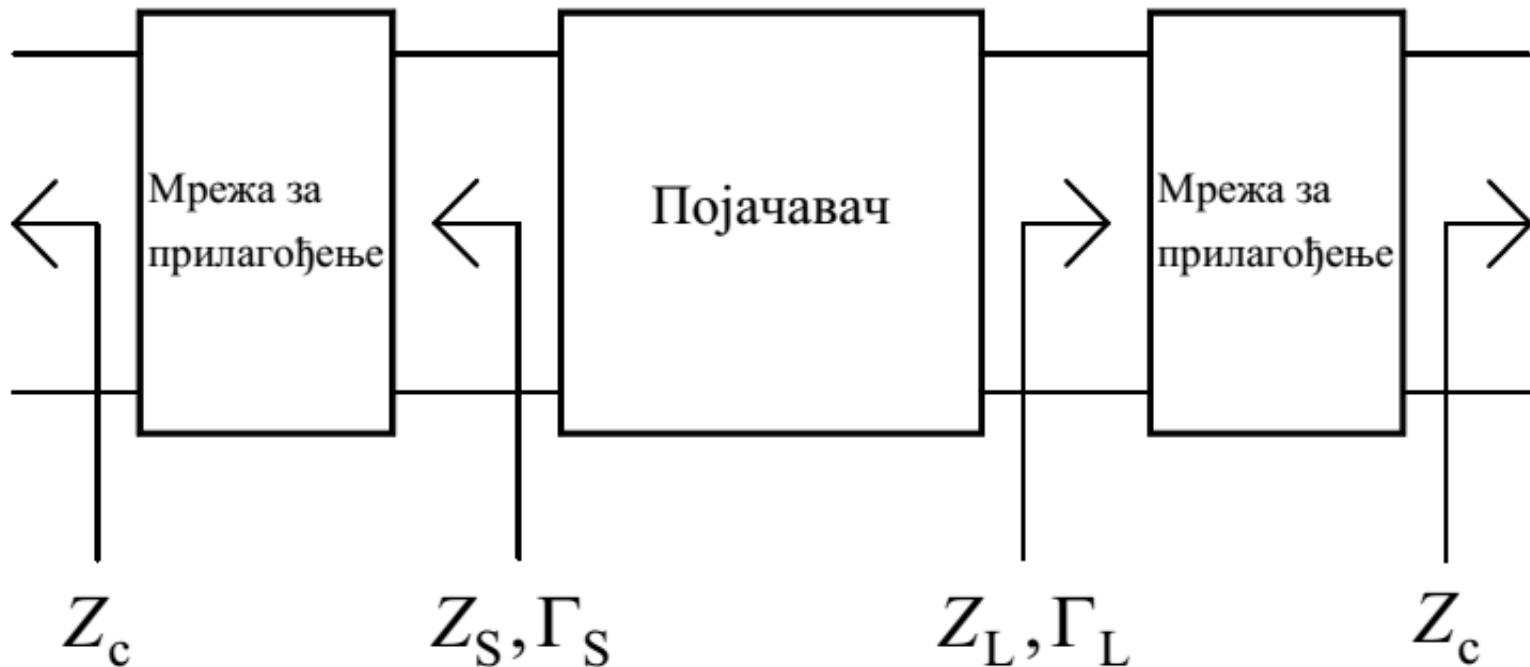
Модел прилагођења са три огранка у програму MWO

Пример. Потрошач у облику редне RL везе отпорности $R = 100 \, \Omega$ и индуктивности $L = 18 \, \text{nH}$ прилагодити на вод карактеристичне импедансе $Z_c = 50 \, \Omega$ на учестаности $f = 1 \, \text{GHz}$ помоћу мреже са два или три огранка. Дужине секција водова су $d_1 = 5\lambda_g / 16$ и $d_2 = \lambda_g / 8$.



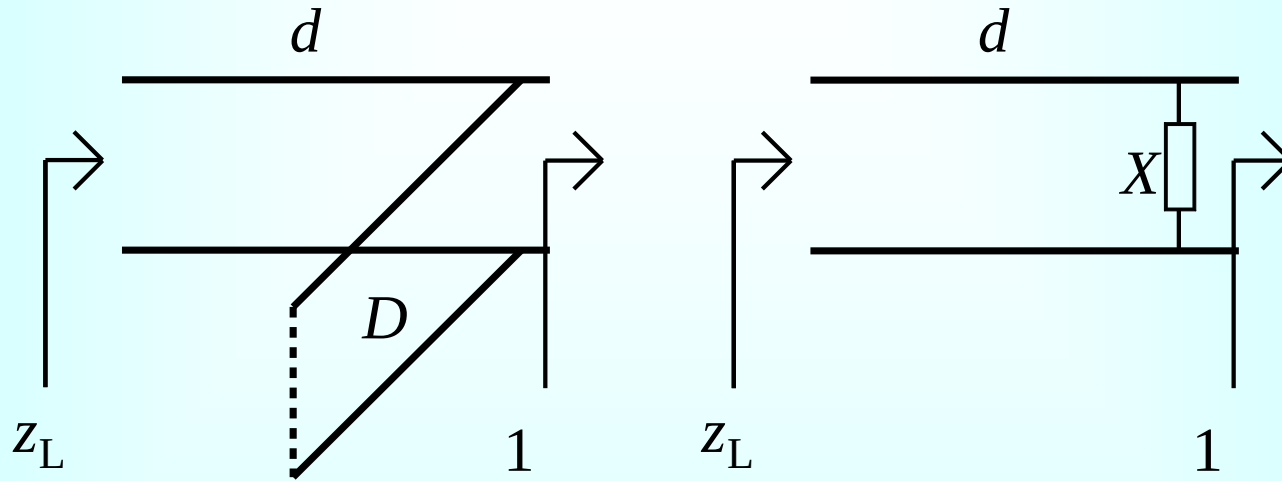


Прилагођење улаза и излаза појачавача

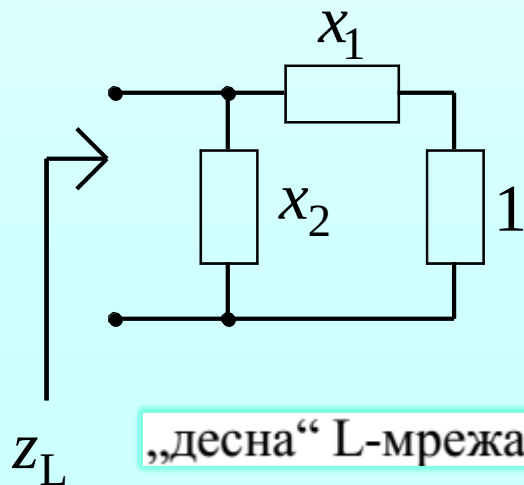




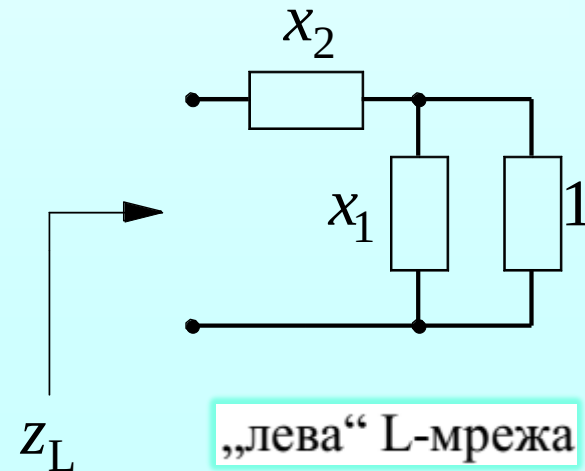
Прилагођење излаза појачавача



мрежа са једним огранком



„десна“ L-мрежа.

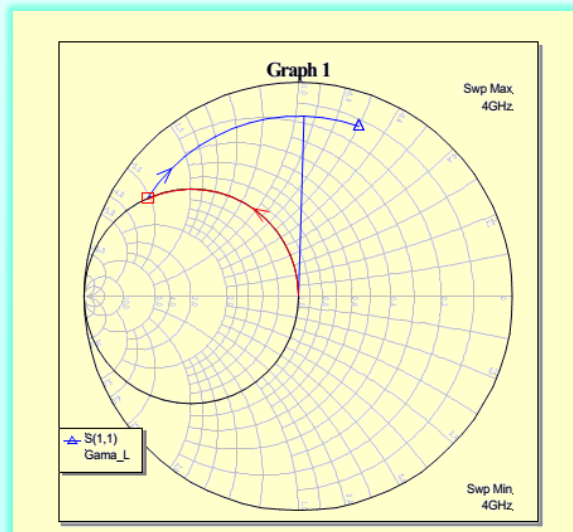
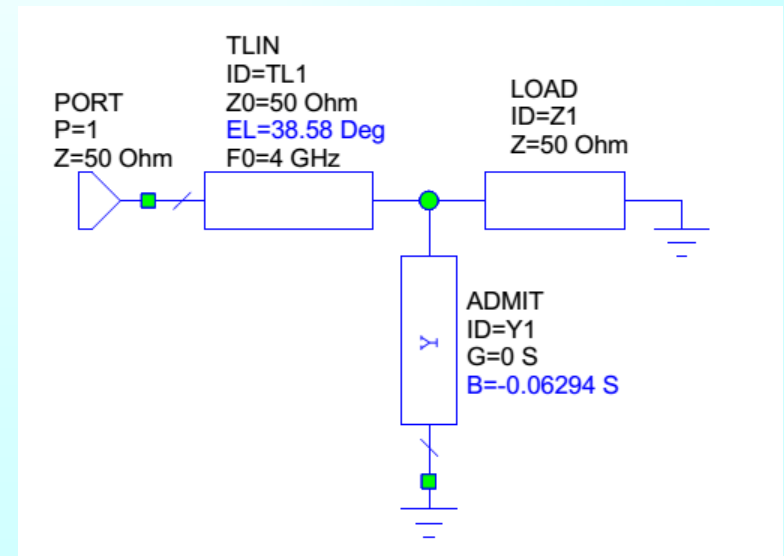
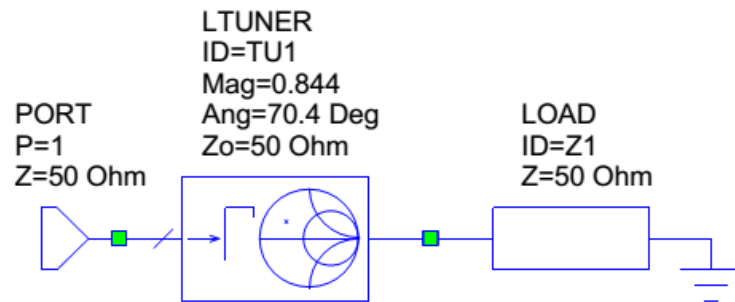


„лева“ L-мрежа

Пример прилагођења појачавача

$$f = 4 \text{ GHz}, \quad \Gamma_S = 0,475 \angle 166^\circ, \quad \Gamma_L = 0,844 \angle 70,4^\circ$$

користити микротракасте огранке минималне дужине

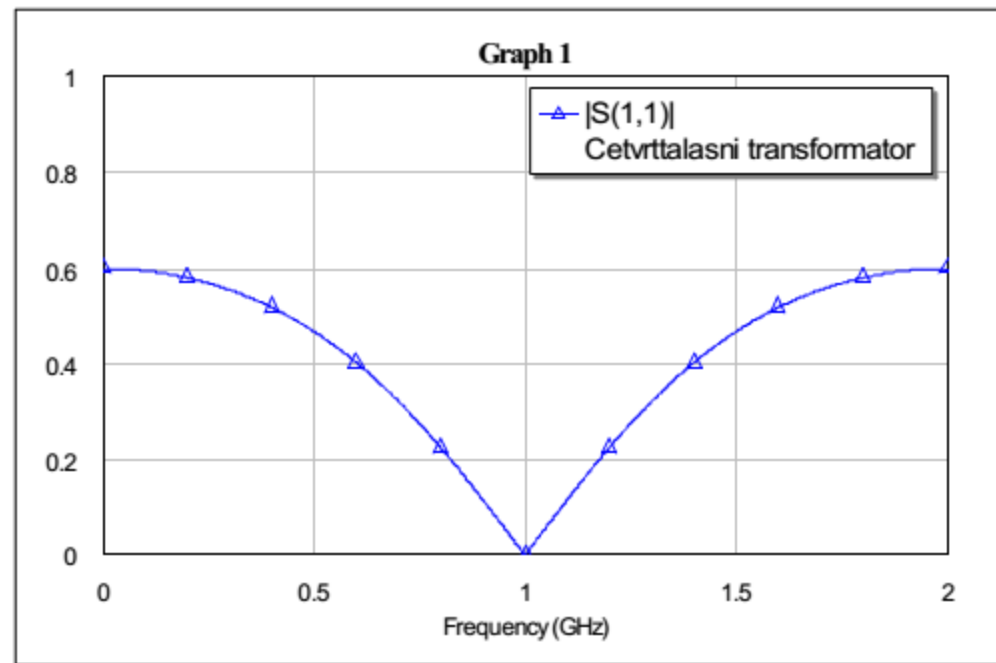




Четвртталасни трансформатор импедансе

$$Z_{ul} = Z_c^2 / Z$$

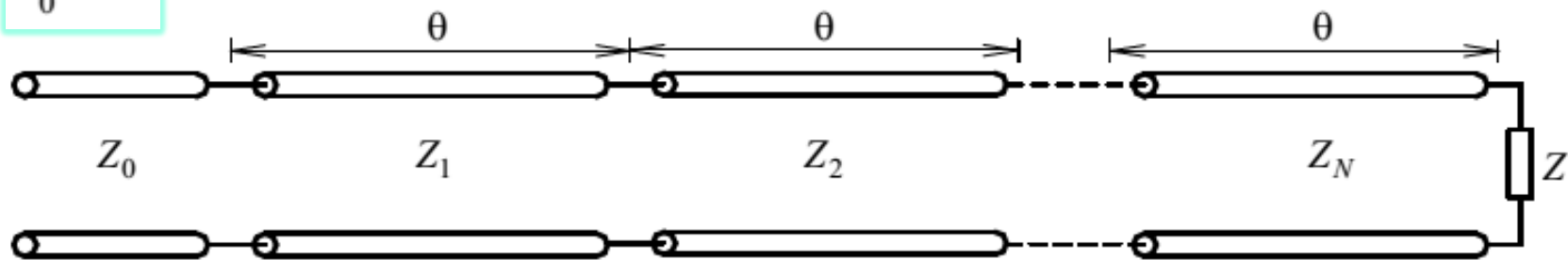
$$Z_c = \sqrt{Z_0 Z}$$



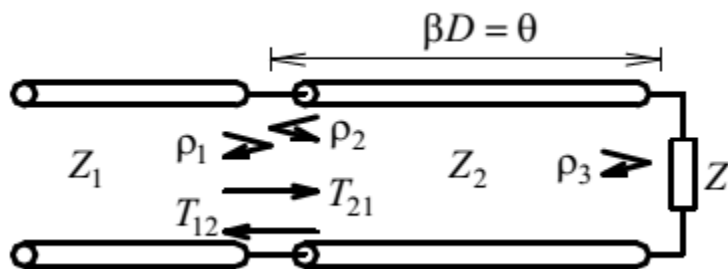
Широкопојасна прилагођења помоћу четвртталасних секција водова



$$Z_0 < Z$$



$$Z_0 < Z_1 < Z_2 < \dots < Z$$



$$\rho_1 = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}, \quad \rho_2 = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} = -\rho_1, \quad \rho_3 = \frac{Z - Z_2}{Z + Z_2},$$

$$T_{21} = 1 + \rho_1, \quad T_{12} = 1 + \rho_2 = 1 - \rho_1.$$

$$\rho = \rho_1 + T_{12}T_{21}\rho_3 e^{-j2\theta} \sum_{n=0}^{\infty} (\rho_2\rho_3 e^{-j2\theta})^n = \rho_1 + \frac{T_{12}T_{21}\rho_3 e^{-j2\theta}}{1 - \rho_2\rho_3 e^{-j2\theta}}$$

$$\rightarrow \rho = \rho_1 + \rho_3 e^{-j2\theta}$$

N секција једнаких електричних дужина

$$\rho = \sum_{n=0}^N \rho_n (e^{-j2\theta})^n$$

$$\rho_n = \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} + Z_n}, \quad Z_{N+1} = Z$$

$$\rho_n = \frac{Z_{n+1} - Z_n}{Z_{n+1} + Z_n} \approx \frac{1}{2} \ln \frac{Z_{n+1}}{Z_n}$$



Симетрични трансформатор импедансе

$$\rho = 2e^{-jN\theta} \left[\rho_0 \cos N\theta + \rho_1 \cos(N-2)\theta + \dots \right]$$

$$\rho_0 = \rho_N, \quad \rho_1 = \rho_{N-1}, \quad \rho_2 = \rho_{N-2}, \dots$$

- Биномијални трансформатор импедансе
- Чебишевљев трансформатор импедансе



Биномијални трансформатор импедансе

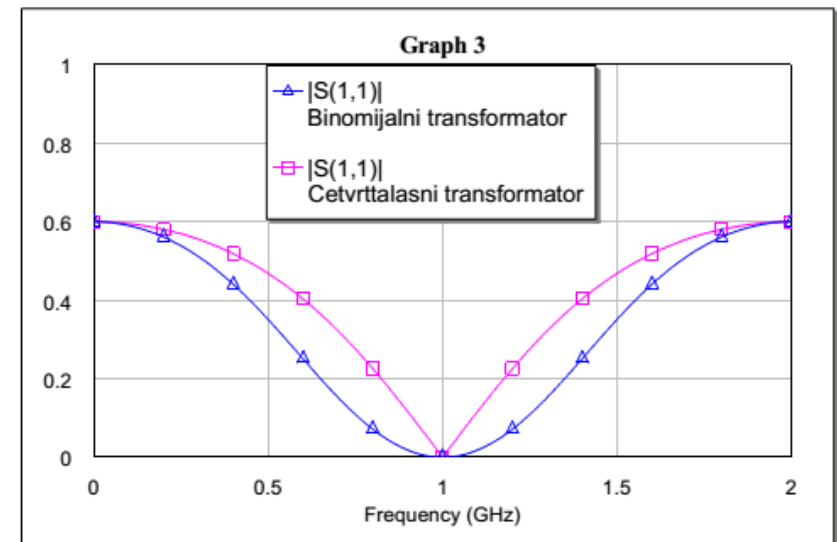
$$\rho = A \left(1 + e^{-j2\theta} \right)^N$$

$$\rho(\pi) = \frac{1}{2} (\ln z) = A \cdot 2^N$$

$$z_{n+1} = z_n \cdot z^{\left(2^{-N} C_n^N \right)}, \quad n = 0, 1, 2, \dots, N-1, \quad z_0 = 1$$

$$C_n^N = \binom{N}{n} = \frac{N!}{(N-n)!n!}$$

$$0,5Z_0 < Z < 2Z_0$$





Чебишевљево трансформатор импедансе

Број секција N , пропусни опсег задаје се углом θ_m

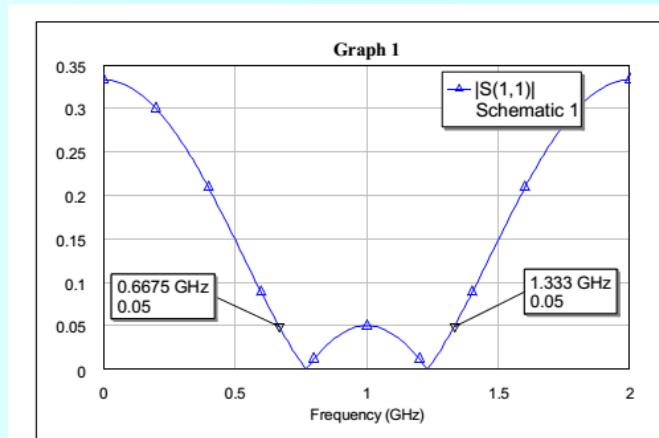
$$\rho(\theta) = \rho_m e^{-jN\theta} T_N \left(\frac{\cos \theta}{\cos \theta_m} \right)$$

$$\rho(\pi) = \frac{1}{2} \ln z = \rho_m e^{-jN\pi} T_N (-\sec \theta_m) = \rho_m T_N (\sec \theta_m)$$

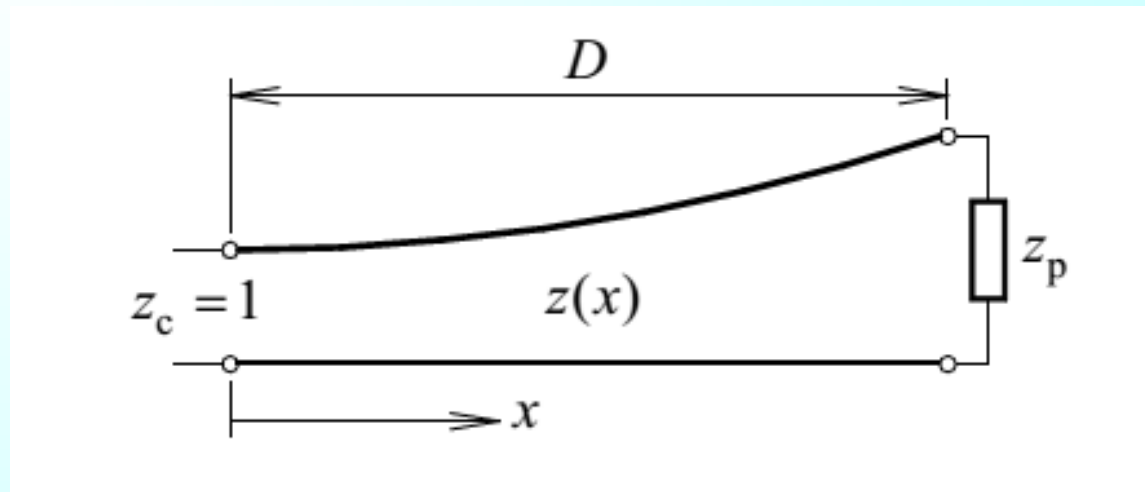
$$\rho_m = \frac{\ln z}{2 T_N (\sec \theta_m)}$$

$$\rho_m T_N \left(\frac{\cos \theta}{\cos \theta_m} \right) = 2 [\rho_0 \cos N\theta + \rho_1 \cos (N-2)\theta + \dots]$$

$$z_{n+1} = z_n e^{2\rho_n}, \quad n = 0, \dots, N-1$$



Широкопојасна прилагођења помоћу водова са континуалном променом карактеристичне импедансе



$$d\rho_0 = \frac{z + dz - z}{z + dz + z} \approx \frac{dz}{2z} = \frac{1}{2} \frac{d}{dx} (\ln z) dx$$

$$d\rho = d\rho_0 e^{-j2\beta x} = e^{-j2\beta x} \frac{1}{2} \frac{d}{dx} (\ln z) dx$$

$$\rho(\beta) = \frac{1}{2} \int_0^D e^{-j2\beta x} \frac{d}{dx} (\ln z) dx$$

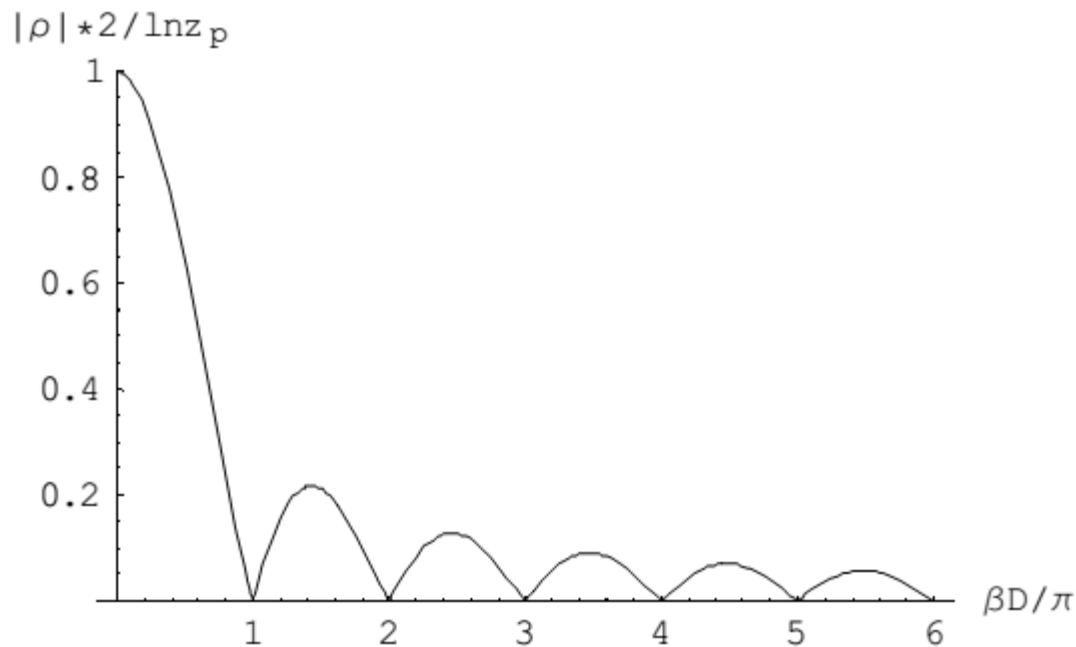
$$\beta = 2\pi f / c_\phi$$



Експоненцијални тејпер

$$z(x) = e^{\alpha x}, \quad \alpha = \frac{1}{D} \ln z_p$$

$$\rho(\beta) = \frac{1}{2} \ln z_p e^{-j\beta D} \frac{\sin \beta D}{\beta D}$$





Троугаони тејпер

$$\frac{d(\ln z)}{dx} = \begin{cases} 4 \frac{x}{D^2} \ln z_p & 0 \leq x \leq \frac{D}{2} \\ 4 \frac{D-x}{D^2} \ln z_p & \frac{D}{2} \leq x \leq D. \end{cases}$$

$$\rho(\beta) = \frac{1}{2} e^{-j\beta D} \ln z_p \left[\frac{\sin(\beta D / 2)}{\beta D / 2} \right]^2$$

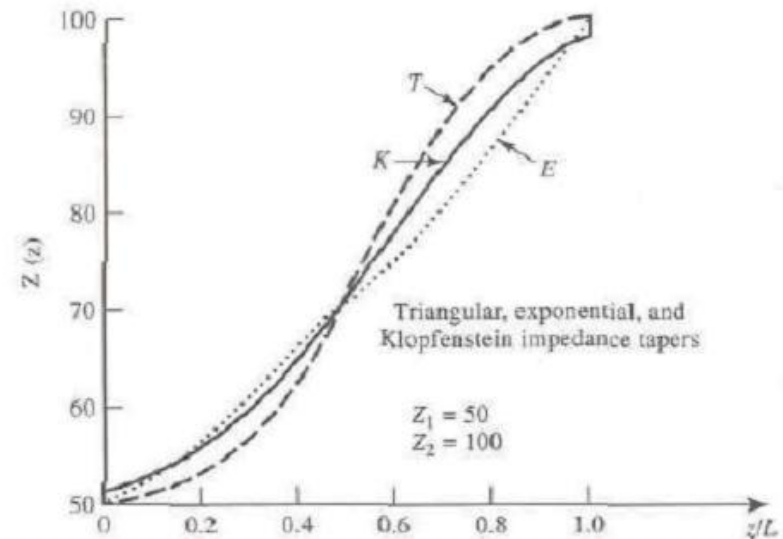
Чебишевљевој тејпер



$$\ln z = \frac{1}{2} \ln z_p + \frac{\rho_0}{\text{ch } A} A^2 \phi\left(\frac{2x}{D} - 1, A\right)$$

$$\phi(x, A) = -\phi(-x, A) = \int_0^x \frac{I_1\left(A\sqrt{1-y^2}\right)}{A\sqrt{1-y^2}} dy, \quad |x| < 1$$

$$\rho(\beta) = \rho_0 e^{-j\beta D} \frac{\cos \sqrt{(\beta D)^2 - A^2}}{\text{ch } A}, \quad \beta D \geq A$$

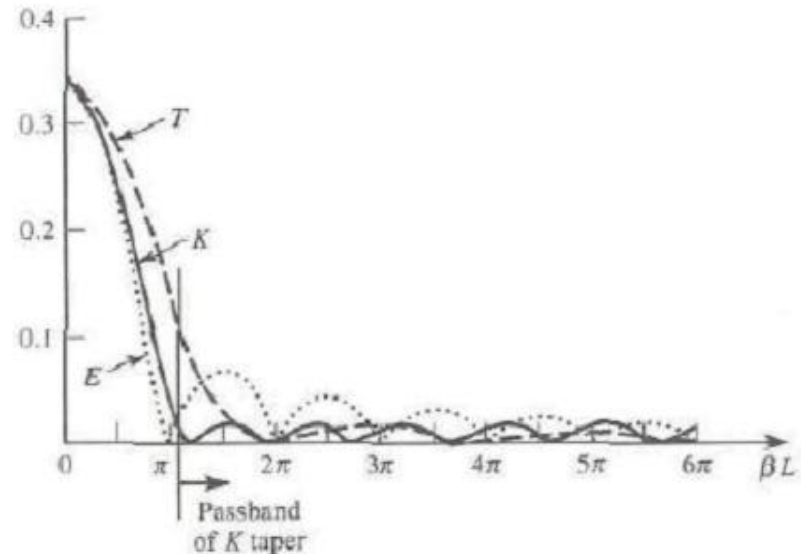


$$\beta D < A$$

$$\rho_0 = \frac{z_p - 1}{z_p + 1} \approx \frac{1}{2} \ln z_p$$

$$\beta D > A$$

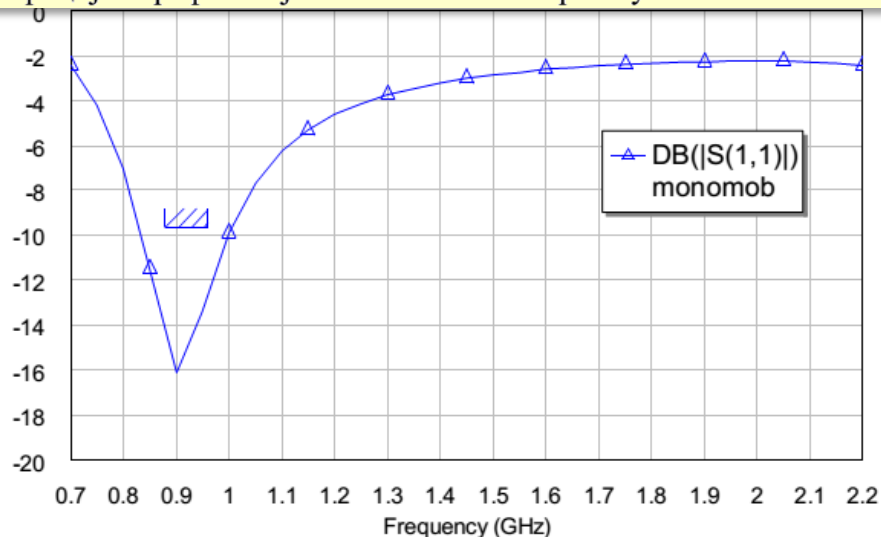
$$\rho_m = \frac{\rho_0}{\text{ch } A}$$



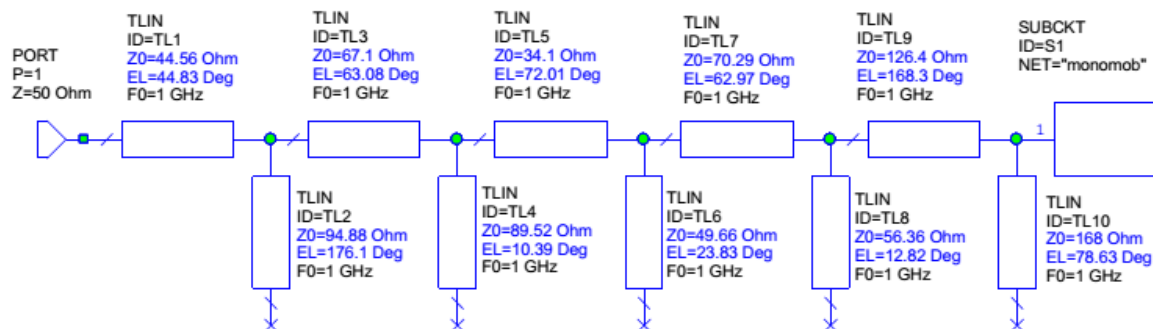
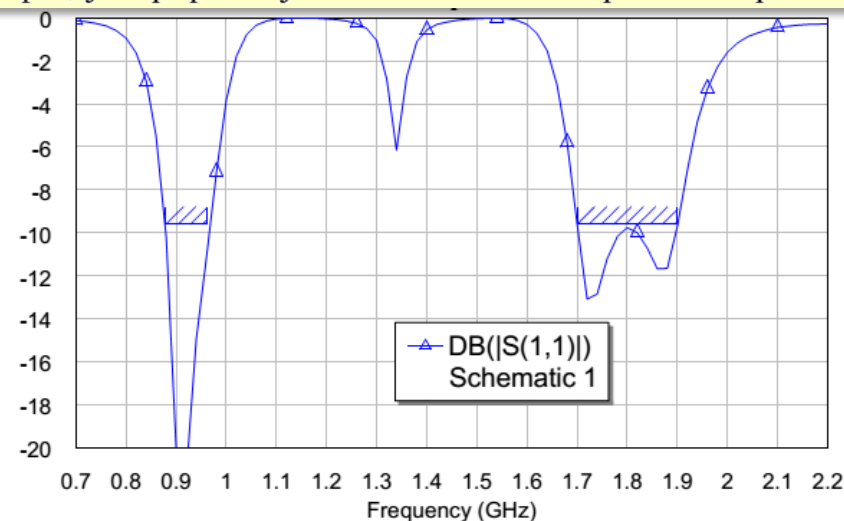
Пројектовање широкопојасних прилагођења оптимизацијом и хеуристичком синтезом



Коефицијент рефлексије монопол антене прикључене на 50-омски вод



Коефицијент рефлексије монопол антене са мрежом за прилагођење



Мрежа за прилагођење монопол антене