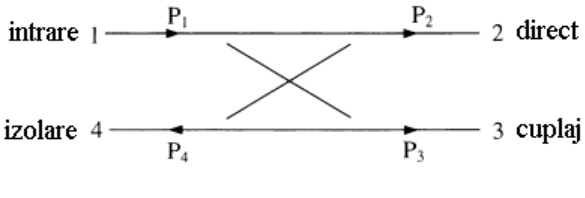
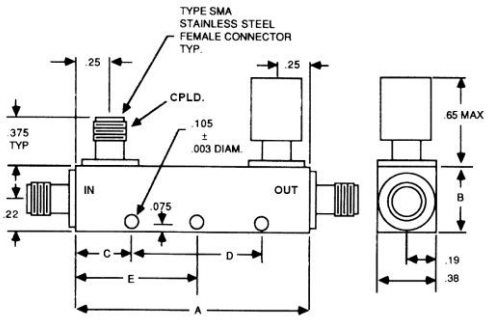
Circuite și Dispozitive pentru Microunde

Lucrarea nr. 3

Un cuplor direcțional este un dispozitiv care permite controlul transferului de energie de microunde între mai multe porturi. De obicei cuploarele au patru porturi, un port de intrare, poarta directă (sau de ieșire, la care se obține partea cea mai mare a energiei) și poarta de cuplaj (la care se obține o porțiune controlată a energiei de intrare). Mai există o poartă izolată la care în principiu se urmărește să nu se obțină energie, de multe ori nefiind prezentă cu conector extern la dispozitive (e terminată intern).





<u>Parametrii</u> principali ai cuplorului

$$C = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_3} = -20 \cdot \log \beta = -20 \cdot \log |S_{31}|$$

$$D = 10 \cdot \log \frac{P_3}{P_4} = 20 \cdot \log \frac{\beta}{|S_{14}|}$$

$$I = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_4} = 20 \cdot \log |S_{14}|$$

$$I = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_4} = 10 \log \frac{P_1}{P_3} \frac{P_3}{P_4} = 10 \log \frac{P_1}{P_3} + 10 \log \frac{P_3}{P_4} = C + D$$

<u>Observații</u>

1. Deși numerele alocate porților sunt introduse prin convenție și pot fi schimbate, tradițional numerele alocate (corespunzătoare formulelor!) sunt cele din figura 1
2. Definițiile "oficiale" ale parametrilor (e vorba mai ales de coeficientul de cuplaj) sunt cele din relațiile indicate. Definițiile sunt introduse relativ la puterile semnalului și sunt în coordonate logaritmice. Ținând seama de conservarea energiilor în circuit $P_1 > P_3$, $P_3 > P_4$, $P_1 > P_4$ deci C[dB] > 0, D[dB] > 0, I[dB] > 0 în coordonate logaritmice, C > 1, D > 1, I > 1 în coordonate liniare.
3. De multe ori relațiile de proiectare fac referire la coeficientul de cuplaj în tensiune $\beta = |S_{31}|$ în relațiile anterioare (uneori greșit notat tot cu C, fapt generator de confuzii). În această definiție β < 1, β[dB] < 0. În utilizarea relațiilor de proiectare e necesar mai întâi să se ia decizia corectă despre care din parametri trebuie utilizat. De asemenea ADS va face afișarea parametrilor S, de aceea mărimile afișate vor corespunde

definițiilor introduse relativ la tensiuni (de exemplu un cuplor de 3dB va avea C = +3dB dar va fi afișat în ADS ca dB(S(2,1)) = -3dB)

4. Relațiile de proiectare sunt suficient de precise astfel încât la această lucrare nu ar trebui să aveți nevoie de reglaj (tune) pentru a obține rezultatele dorite. Este totuși necesar să efectuați calculele cu suficientă precizie (relațiile în care apare radical sau ridicare la pătrat impun utilizarea a măcar 4 cifre semnificative).
5. De obicei cuploarele sunt realizate cu linii de transmisie microstrip din motive de simplitate și precizie a realizării.
6. Pentru două din cuploarele analizate la laborator relațiile de proiectare oferă admitanțele raportate. Pentru obținerea valorilor de impedanță caracteristică necesare în ADS se reamintește:

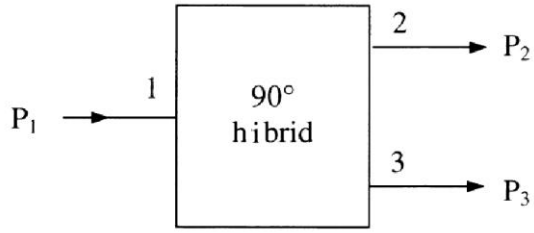
$$y = \frac{Y}{Y_0} = \frac{1/Z}{1/Z_0} = \frac{Z_0}{Z} \Rightarrow Z = \frac{Z_0}{y}$$

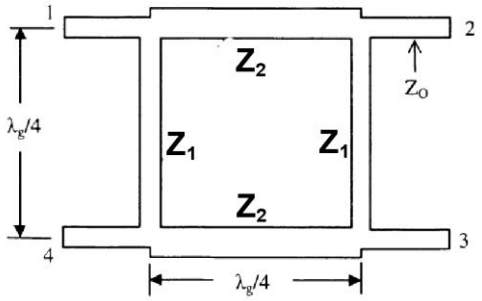
Cuplorul hibrid în cuadratură (90°)

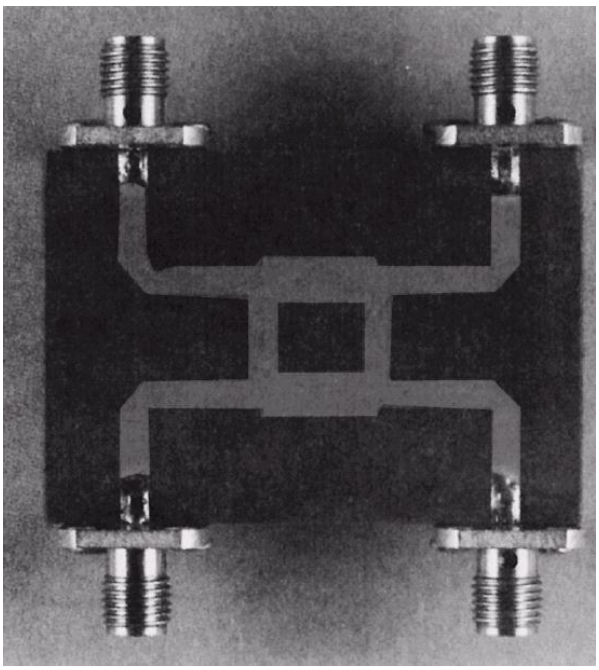
Relații de proiectare:

$$y_2^2 = 1 + y_1^2,\ C = \frac{\sqrt{y_2^2 - 1}}{y_2}$$

unde y_1 corespunde lui Z_1 iar y_2 corespunde lui Z_2 în figura următoare. Se remarcă faptul că relația este în coordonate liniare, și că C < 1, deci este vorba de coeficientul de cuplaj în tensiune β.







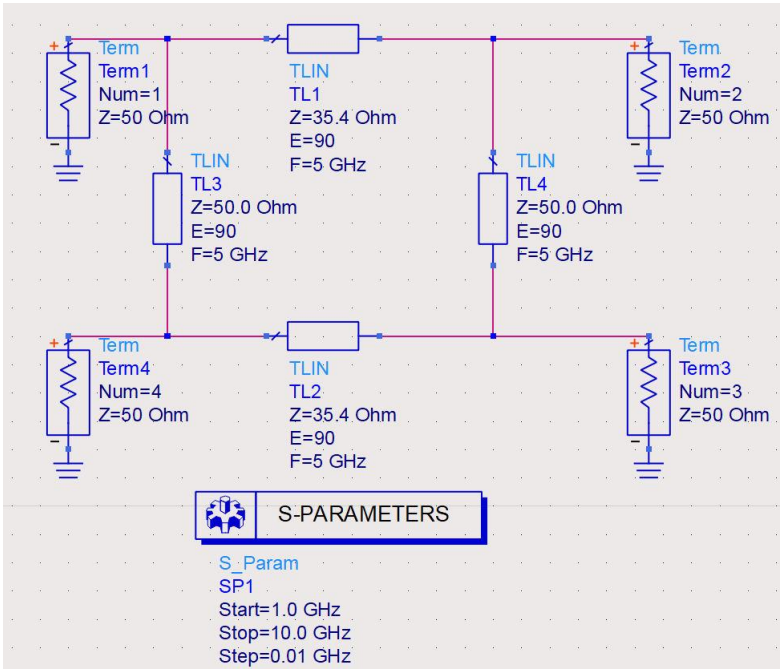
Exemplu: Un cuplor hibrid pe impedanța de 50Ω, cu coeficient de cuplaj de 3dB la 5GHz.

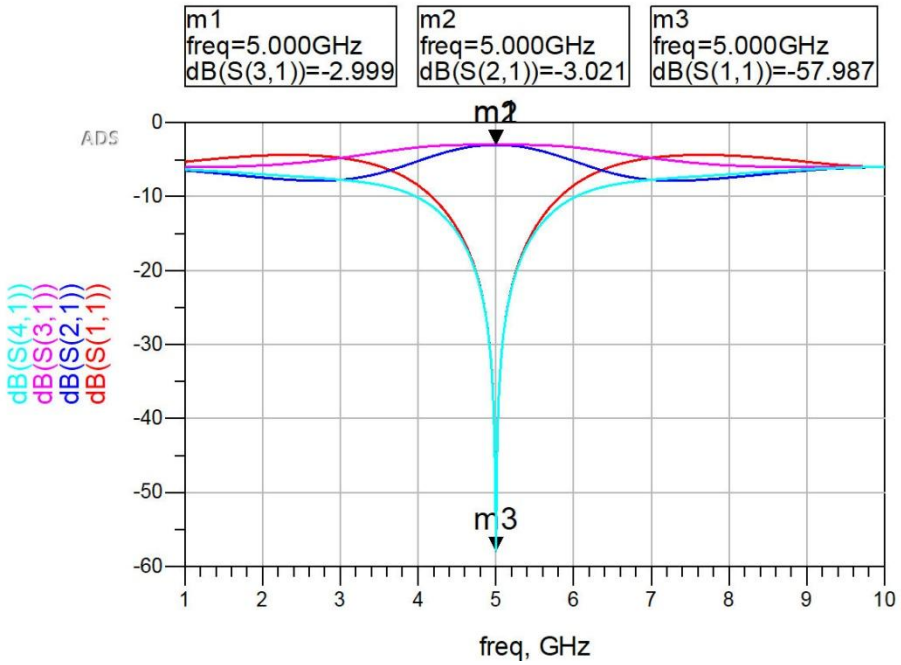
$$\beta = 10^{-C[dB]/20} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.7071 = \frac{\sqrt{y_2^2 - 1}}{y_2} \Rightarrow \sqrt{2} = 1.4142 = \frac{y_2}{\sqrt{y_2^2 - 1}}$$

$$2 \cdot (y_2^2 - 1) = y_2^2 \Rightarrow y_2 = \sqrt{2} = 1.4142 \qquad y_2^2 = 1 + y_1^2 \Rightarrow y_1 = 1$$

Observație

Tema individuală primită în laborator nu va fi cu un coeficient de cuplaj de 3dB, deci va fi un cuplor în cuadratură, dar nu un cuplor hibrid. Ca urmare, în locul lui $1/\sqrt{2}$ (caracteristic strict valorii de 3dB) va apărea valoarea numerică corespunzătoare datelor primite.





Cuplorul hibrid în inel (180°)

Relații de proiectare

$$y_2^2 + y_1^2 = 1,\ C[\text{dB}] = -20 \cdot \log(\beta) = -20 \cdot \log(y_1)$$

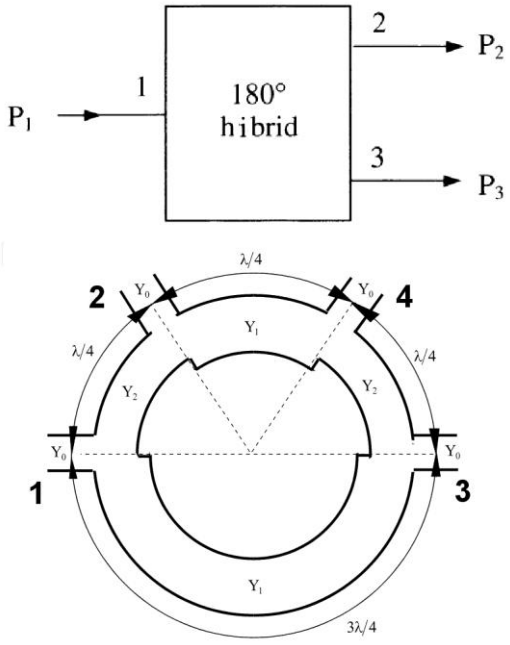
unde y_1 și y_2 corespund liniilor conform imaginii următoare.

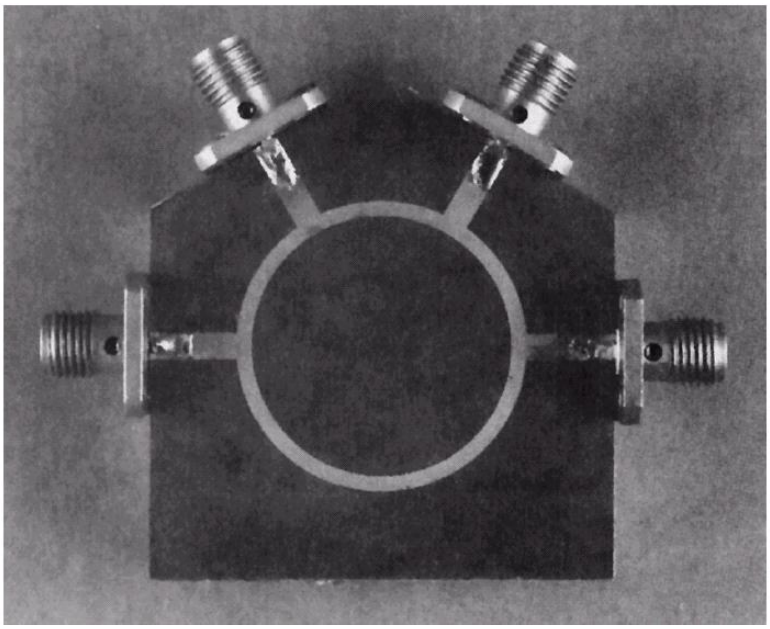
Exemplu: Un cuplor hibrid în inel pe impedanța de 50Ω, cu coeficient de cuplaj de 3dB la 5GHz.

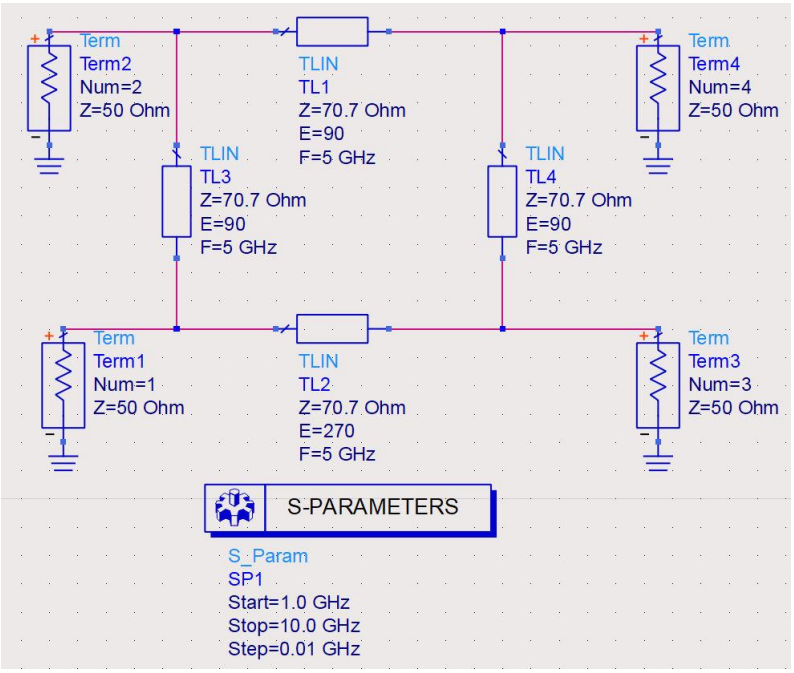
$$\beta = 10^{-C[dB]/20} = y_1 \Rightarrow y_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.7071 \qquad y_2^2 + y_1^2 = 1 \Rightarrow y_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.7071$$

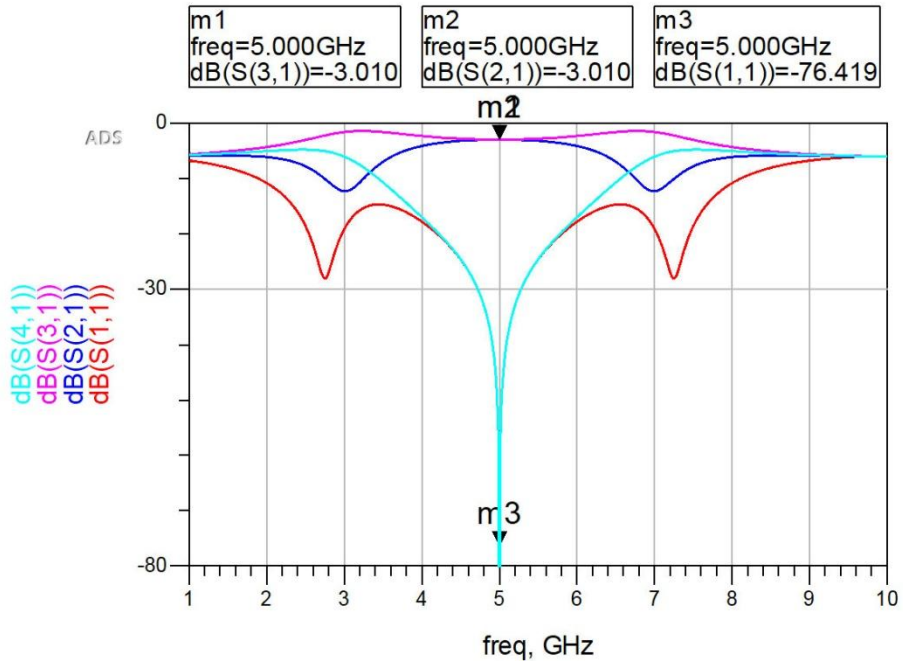
Observație

Tema individuală primită în laborator nu va fi cu un coeficient de cuplaj de 3dB, deci va fi un cuplor în antifază, dar nu un cuplor hibrid. De asemenea, $1/\sqrt{2}$ va trebui înlocuit cu valoarea numerică rezultată din datele primite.









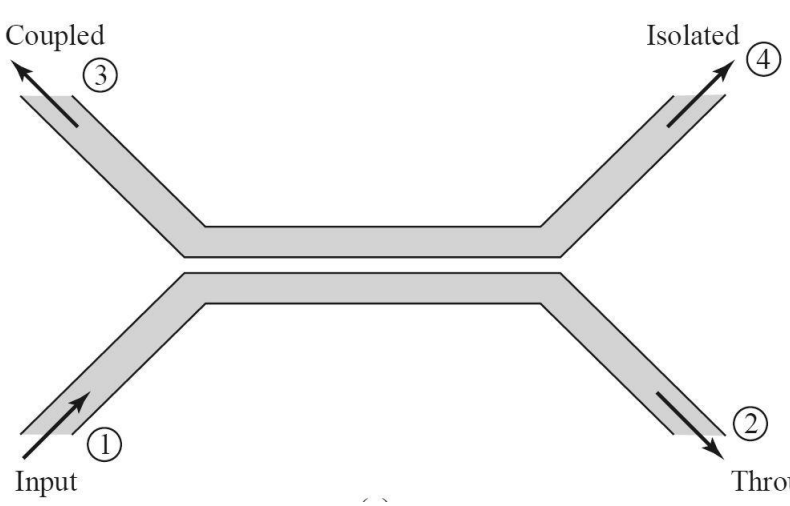
Suplimentar: Găsiți o altă intrare de semnal validă, și identificați la intrarea semnalului pe acel port, unde regăsim puteri de ieșire.

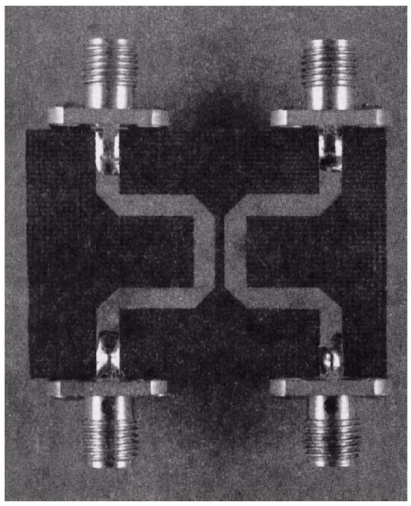
Cuplorul prin proximitate

Relații de proiectare

$$Z_{ce}Z_{co} = Z_0^2 \ , \ C = \frac{Z_{ce} - Z_{co}}{Z_{ce} + Z_{co}}$$

Se remarcă faptul că relația este în coordonate liniare, și că C < 1, deci este vorba de coeficientul de cuplaj în tensiune β.



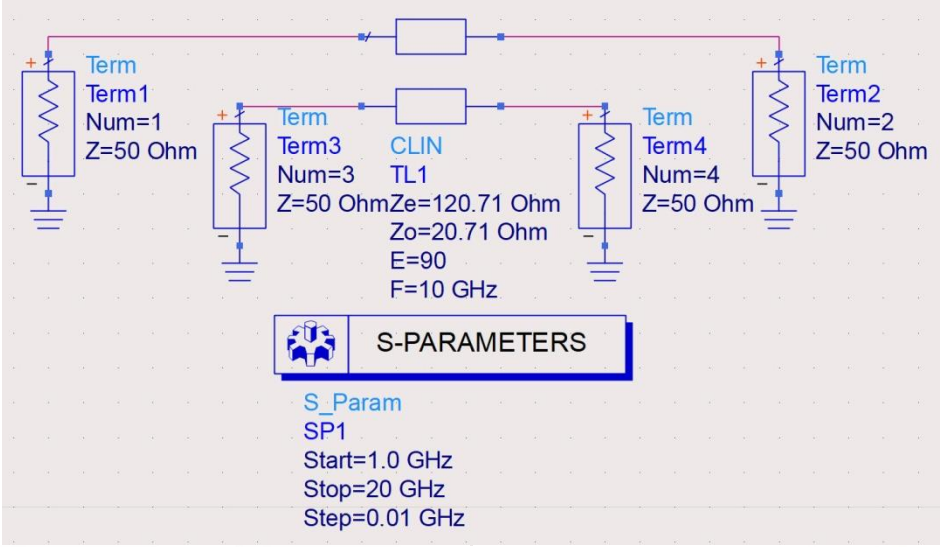


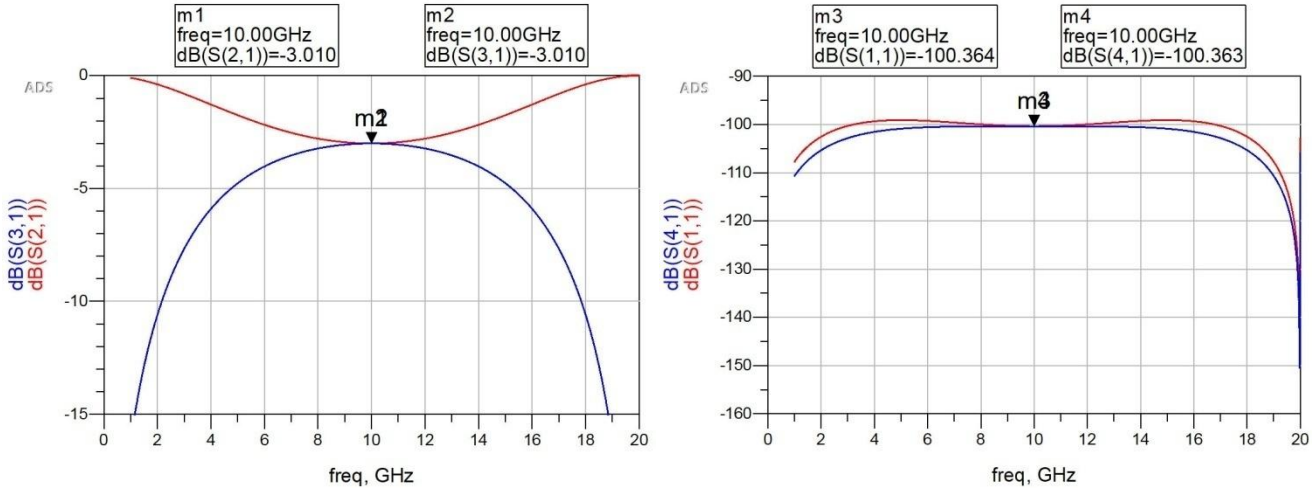
Exemplu: Un cuplor prin proximitate pe impedanța de 50Ω, cu coeficient de cuplaj de 3dB la 10GHz.

$\beta = 10^{-C[dB]/20} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.7071 = \frac{Z_{ce} - Z_{co}}{Z_{ce} + Z_{co}}$; $Z_{ce}Z_{co} = 2500$; sistem de două ecuații cu două necunoscute, prin rezolvare: $Z_{ce} = 120.71\Omega$; $Z_{co} = 20.71\Omega$

Observație

Ca și în cazurile anterioare, tema individuală primită în laborator nu va fi cu un coeficient de cuplaj de 3dB, deci $1/\sqrt{2}$ va trebui înlocuit cu valoarea numerică rezultată din datele primite. În schimb valoarea 2500 = 50(Ω) · 50(Ω) se va regăsi în cazul tuturor temelor.





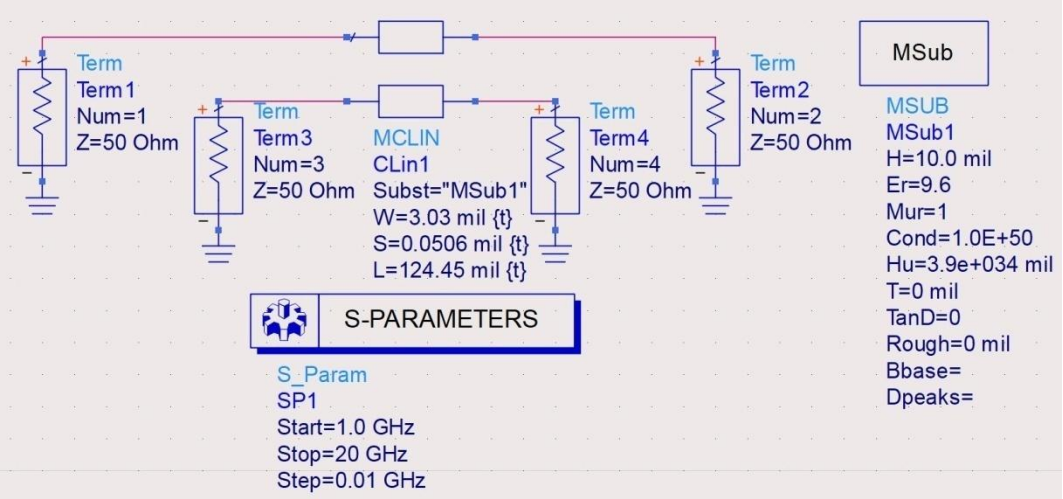
Notă importantă

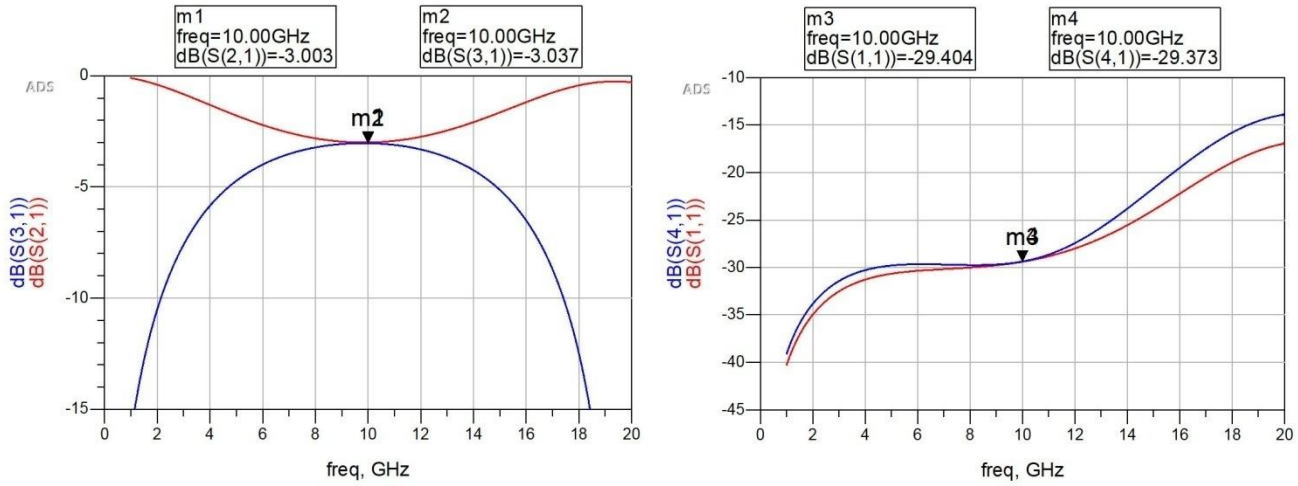
În laborator se vor primi 3 valori individuale și vor trebui proiectate și simulate trei cuploare (cuadratură, inel și proximitate). La sfârșitul laboratorului se predau foile cu rezultate pe care **trebuie** să apară:

1. Rezultate calcule: y_1/y_2 sau Z_{ce}/Z_{co}
2. Schema din ADS, în care e important să fie indicată numerotarea nodurilor (pentru a evita confuziile generate de numerotări diferite de cea standard, orice numerotare e permisă dar trebuie scoasă în evidență)
3. Rezultatele grafice ale simulărilor (4 parametri S pentru intrarea de semnal pe un anumit port)
4. Identificarea (în legătură **corectă** cu rezultatele simulărilor și cu schema reprezentate anterior) a porturilor (intrare, ieșire, cuplaj, izolare)

Activitate suplimentară (bonus 1p la nota finală la laborator)

Realizați cuplorul proiectat anterior cu linii cuplate microstrip, conform exemplului următor.

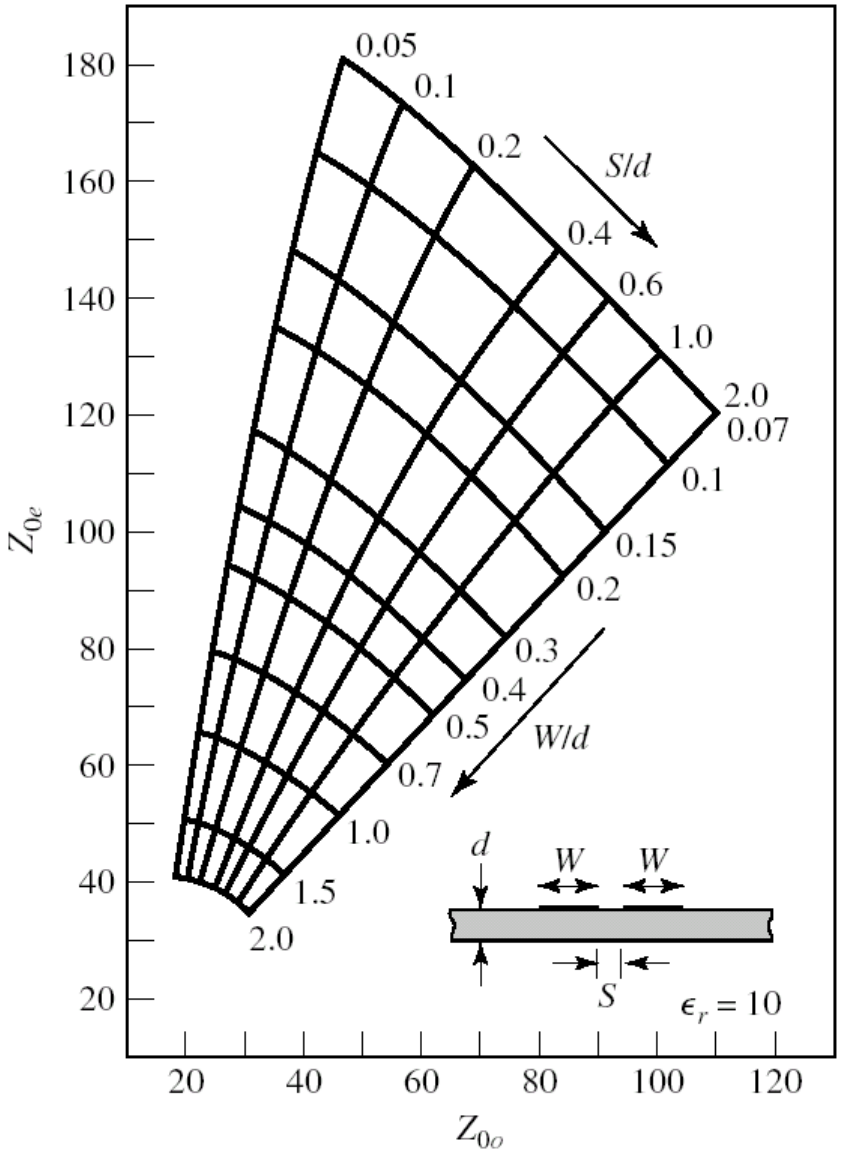




Pentru realizarea microstrip Z_{ce} şi Z_{co} depind de geometrie si pot fi estimate inițial din figura următoare. Este necesar de obicei reglaj (Tune) pentru a afla valorile exacte. Se poate folosi utilitarul Linecalc (P2).

Pentru substrat se vor folosi caracteristicile materialului RO4003C (Rogers Corporation):

$\varepsilon_r = 3.55$; h = 12 / 16 / 20 mil ; $\tan\delta = 0.0027$; $\sigma = 5.813 \cdot 10^7$ S/m ; t = 1/2 / 1 / 2 oz. (0.6 / 1.3 / 2.6 mil)



Even- and odd-mode characteristic impedance design data for coupled microstrip lines on a substrate with $\varepsilon_r = 10$.