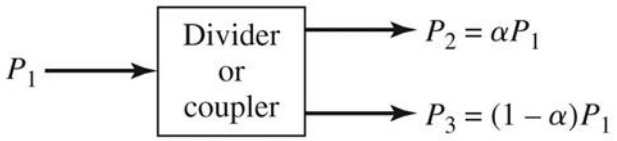
Circuite și Dispozitive pentru Microunde

Lucrarea nr. 4

În lucrarea 3 de laborator au fost analizate cuploarele direcționale, dispozitive cu patru porturi, din care o poartă izolată la care în principiu se urmărește să nu se obțină energie. Din discuția de la curs, necesitatea de a utiliza un dispozitiv cu patru porturi din care numai trei utilizate provine din necesitatea de a obține funcționalitatea primară (controlul transferului de energie de microunde între un port de intrare și două porturi de ieșire) cu un dispozitiv care să fie reciproc (fără circuite active sau materiale magnetice), fără pierderi și adaptat la toate porțile. Matematic acest lucru e imposibil de obținut cu un dispozitiv cu 3 porturi.

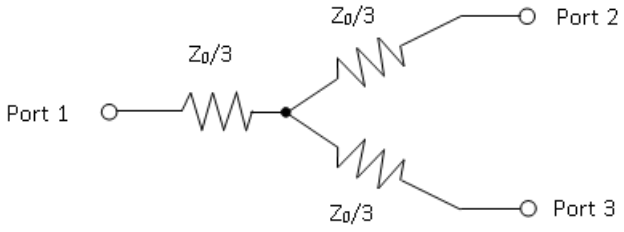
Cuploarele analizate sunt dispozitive foarte des întâlnite în practică dar au unele dezavantaje care le limitează utilizarea în anumite aplicații, cum ar fi bandă îngustă (cuadratură și inel) sau cuplaj redus (proximitate). În acele situații în care aceste dezavantaje contează se alege utilizarea unei alte clase de dispozitive, numite divizoare de putere, care sunt dispozitive cu trei porturi la care se renunță la una din condițiile preferabile amintite anterior (reciprocitate, pierderi, adaptare). Dispozitivele nereciproce generează o clasă distinctă, circulatoare. Divizoarele de putere sunt circuitele cu 3 porți care au pierderi sau sunt dezadaptate. De cele mai multe ori divizoarele sunt folosite pentru împărțirea egală a puterii pe porturile de ieșire ($P_2 = P_3$) dar există și scheme utilizate pentru ieșiri inegale.

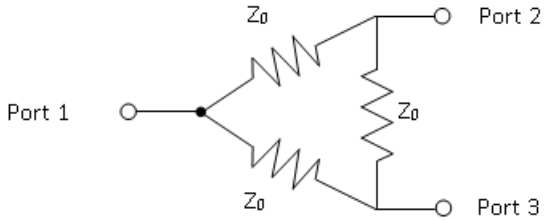


Împărțire egală a puterilor între porturile de ieșire

Divizorul rezistiv

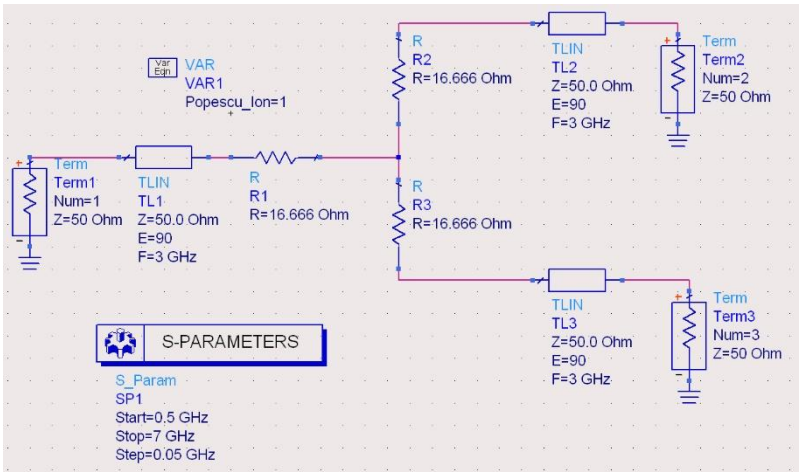
La joncțiunea între cele trei linii (intrare și două ieșiri) se introduc 3 rezistori egali, în conexiune stea sau triunghi.

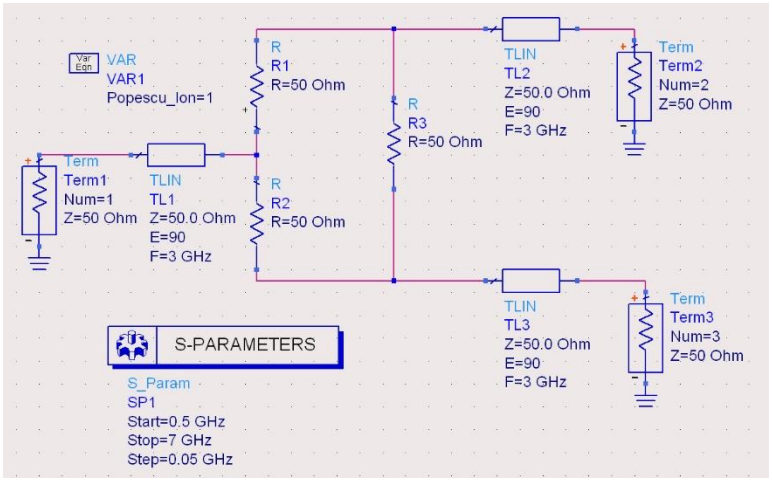




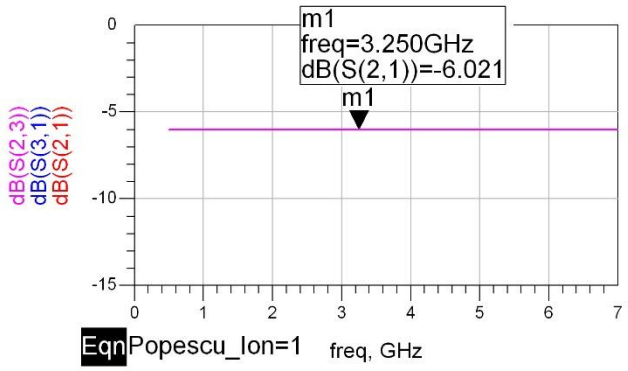
În ambele situații Z_0 este impedanța caracteristică pentru toate cele trei linii conectate.

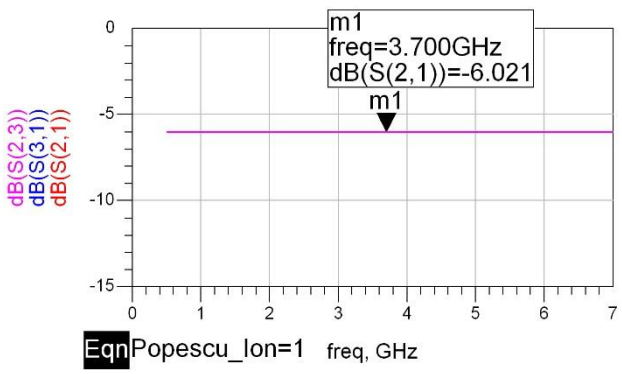
Se realizează cele două scheme în ADS. Componentele utilizate au fost folosite anterior (dacă e cazul verificați materialele precedente). Utilizați un bloc **VAR** (în bara de butoane principală) pentru a vă introduce numele pe schemă. Pentru schema în stea $Z_0 / 3 = 16.666\Omega$. Se introduc linii de acces la porturi de 50Ω (nu modifică în nici un fel rezultatele).





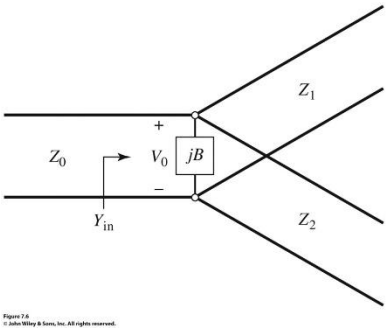
După realizarea simulării rezultatele care se obțin sunt foarte similare între ele (figura următoare). Probabil va trebui să modificați axa Y și să eliminați Auto Scale pentru vizualizare comodă. Folosiți butonul **Eqn** pentru a vă introduce numele și pe rezultate. Se reprezintă transmisia de la poarta de intrare (1) la cele două porți de ieșire și modul în care cele două ieșiri se influențează între ele.

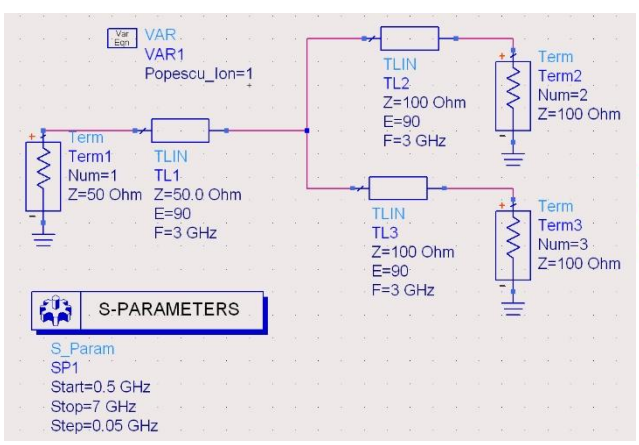


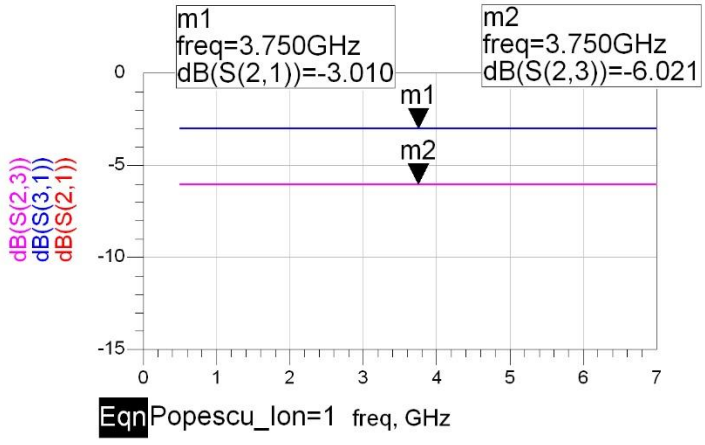


Divizarea joncțiunii în T

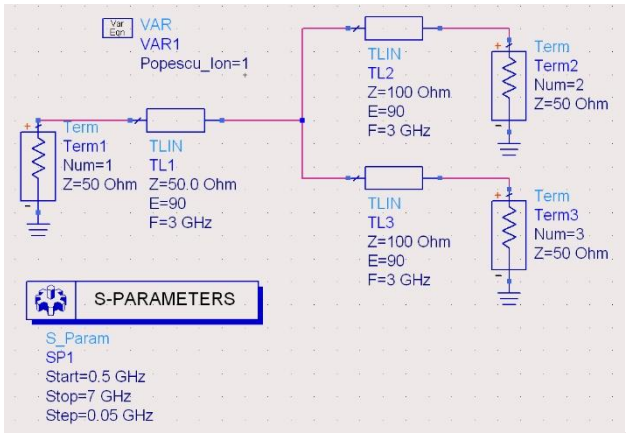
Joncțiunea în T reprezintă ramificarea liniei (traseului) de intrare în două linii (trasee) de ieșire. Schema este fără pierderi și reciprocă, se poate face adaptarea la un singur port, cel de intrare. Cele două linii de ieșire trebuie să aibă valorile $Z_1 = Z_2 = 2Z_0 = 100\Omega$.

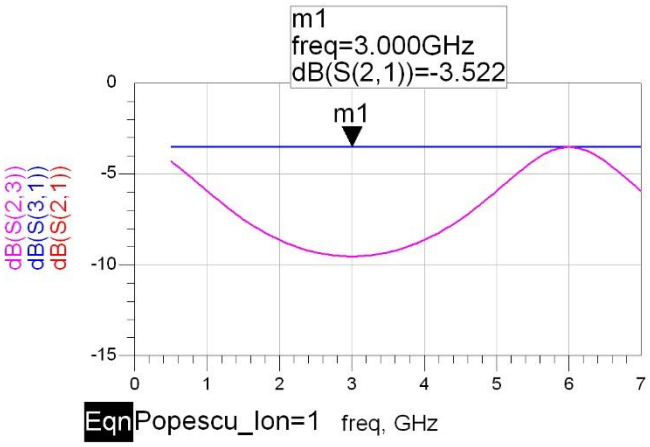




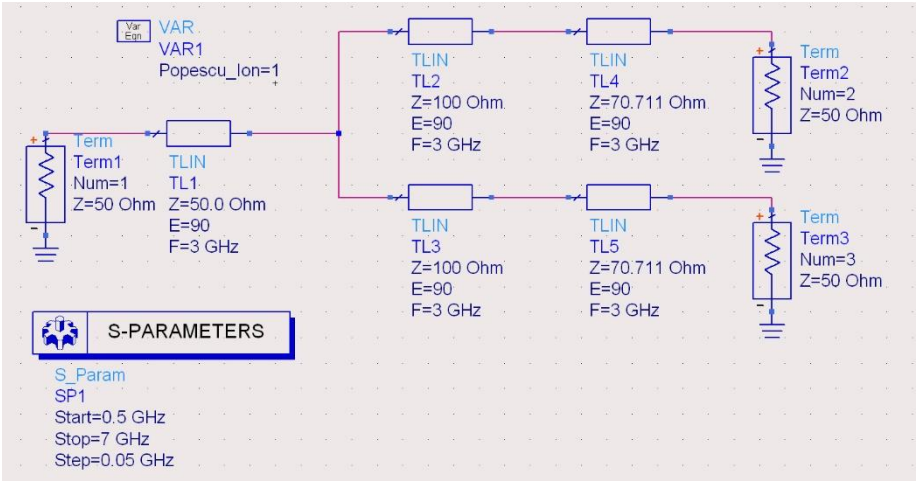


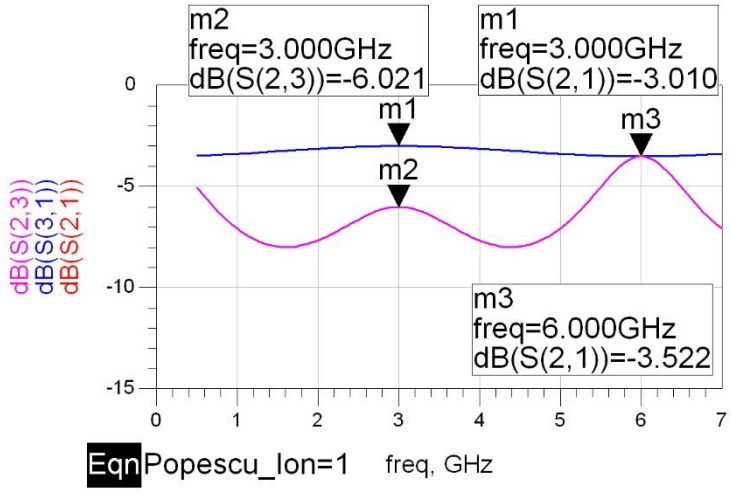
Se observă că linia de intrare este adaptată la 50Ω, în timp ce liniile de ieșire sunt adaptate la 100Ω. O conectare directă la sarcini de 50Ω nu are rezultate potrivite (figura următoare: puterea transmisă se reduce pe ambele ieșiri).





Dacă acest lucru nu este acceptabil, se introduc transformatoare în sfert de lungime de undă potrivite (100 -> 50, Z = $\sqrt{(100 \cdot 50)}\Omega = 70.71\Omega$)





La frecvența la care transformatorul în sfert de lungime de undă realizează adaptarea, se revine la împărțirea puterii în două jumătăți (dar numai la această frecvență - în exemplu 3GHz).

Divizorul Wilkinson

Pentru divizorul Wilkinson legătura la porturile de ieșire se face prin două transformatoare în sfert de lungime de undă. Pentru împărțire egală a puterii pe cele două porturi de ieșire transformatoarele au impedanțele $Z_1 = Z_2 = Z_0 \cdot \sqrt{2}$. Între cele două porturi de ieșire se conectează un rezistor $R = 2 \cdot Z_0$.

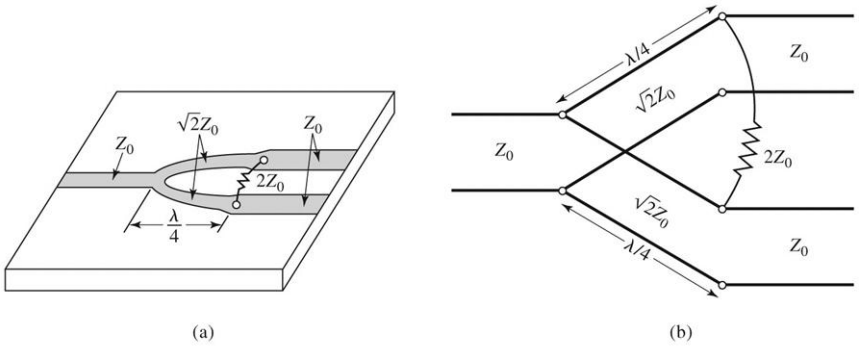
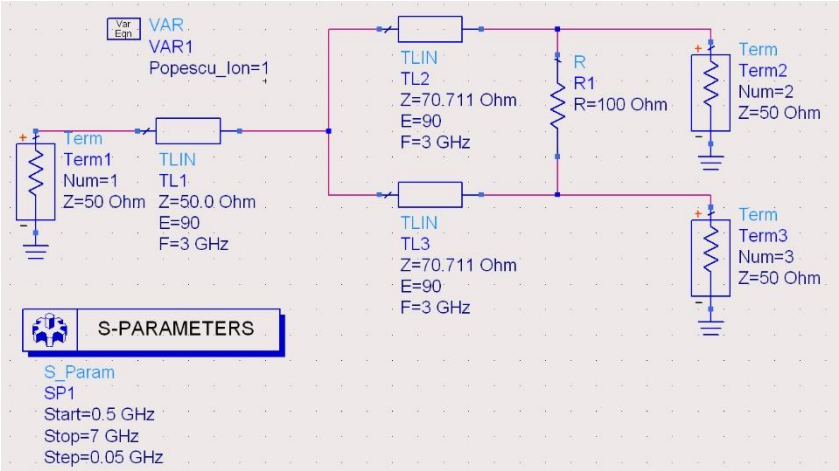
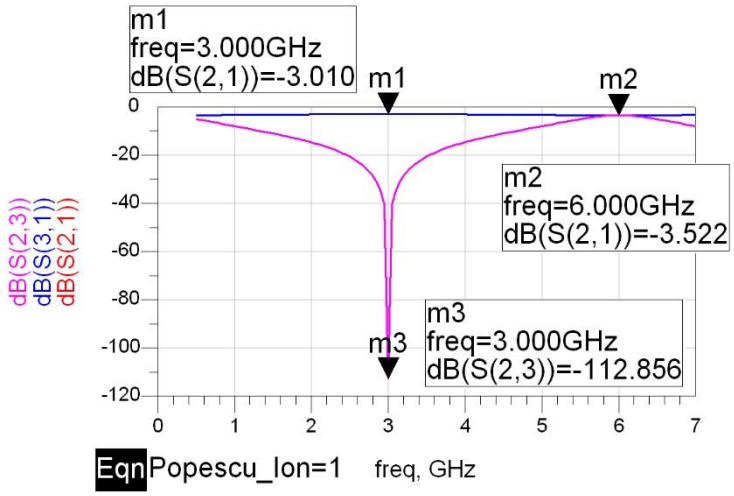


Figure 7.8
© John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.





Deși există un rezistor în schemă (ceea ce indică introducerea pierderilor în schema divizorului) se poate observa din rezultate că divizorul "pare" fără pierderi, transmisie egală spre cele două porturi de ieșire (S(2,1) și S(3,1) de -3dB, adică jumătate din puterea de intrare). Pierderile pe rezistor apar la transmisia între cele două porturi de ieșire, S(2,3), și apare o caracteristică foarte importantă a divizorului Wilkinson: izolare între porturile de ieșire, transmisie -X00dB la frecvența de lucru (3GHz pentru acest exemplu).

Împărțire inegală a puterilor între porturile de ieșire

Divizarea joncțiunii în T

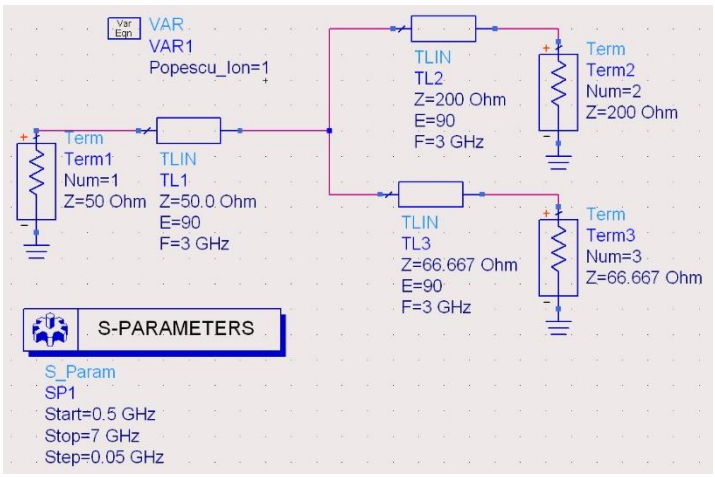
Controlând impedanțele liniilor de ieșire putem controla puterea pe fiecare port. Valorile impedanțelor caracteristice Z_1 și Z_2 nu pot fi oarecare, relația dintre ele rezultând din necesitatea ca portul de intrare să rezulte adaptat. Relațiile de proiectare oferă valorile impedanțelor în funcție de o repartiție dorită a puterilor pe liniile de ieșire:

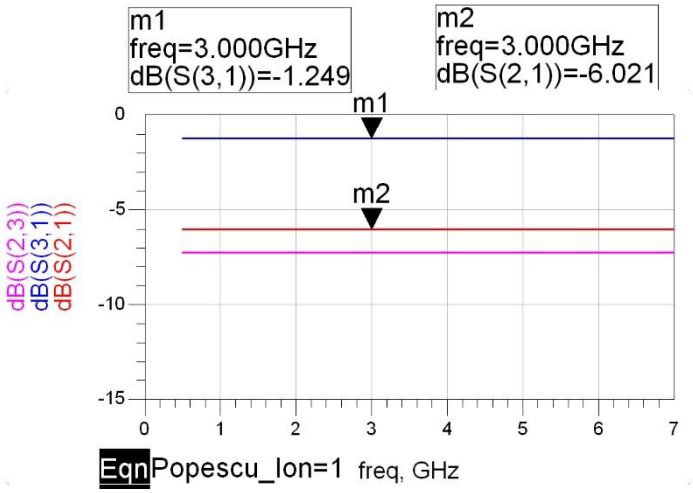
$P_2 / P_3 = \alpha$; $Z_1 = Z_0 \cdot (1 + 1/\alpha)$; $Z_2 = Z_0 \cdot (1 + \alpha)$

Ca exemplu considerăm o repartiție în raport 1:3 pentru puterile la porturile 2 și 3 pentru un divizor care trebuie să lucreze pe $Z_0 = 50\Omega$ la frecvența de 3GHz : $P_2 / P_3 = \alpha = 1/3$. Prin utilizarea relațiilor anterioare vom obține:

$Z_1 = 50\Omega \cdot (1 + 3) = 200\Omega$ și $Z_2 = 50\Omega \cdot (1 + 1/3) = 66.67\Omega$.

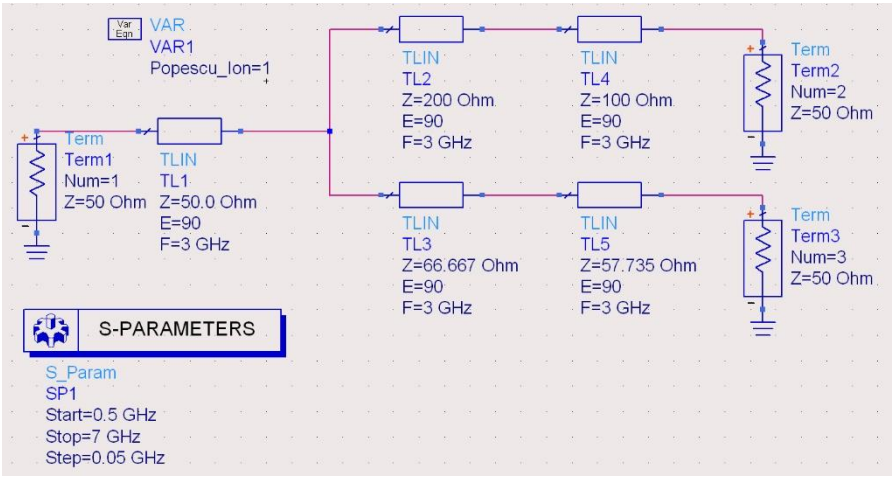
In schema următoare se verifică funcționarea divizorului, prin cuplarea liniilor de ieșire la impedanțele de port care să ofere adaptare (200Ω și 66.67Ω).

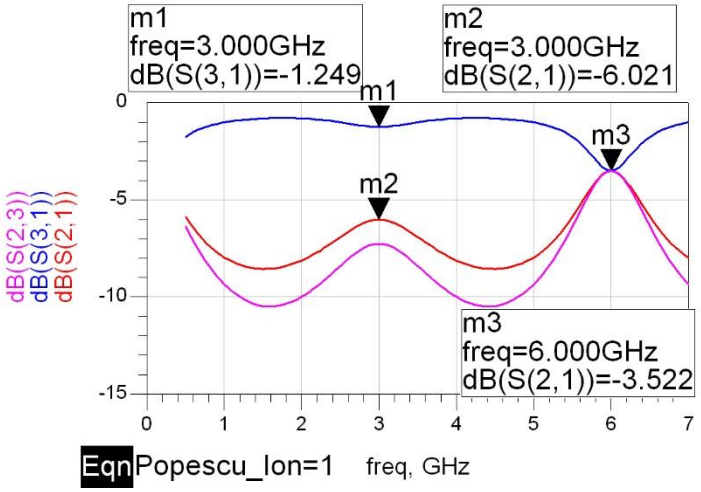




Ca în cazul anterior (simulat la divizoarele cu împărțire egală a puterilor) conectarea la porturi de 50Ω nu ar oferi rezultatele corecte. Se introduc transformatoare în sfert de lungime de undă potrivite:

200 -> 50, Z = √(200·50)Ω = 100Ω și 66.667 -> 50, Z = √(66.667·50)Ω = 57.735Ω





La frecvența de lucru se obține la portul 2 o putere cu 6dB sub puterea de intrare (se reamintește -3dB ≈ 1/2, -6dB ≈ 1/2·1/2 = 1/4) deci $P_2 = 1/4 \cdot P_1$, $P_3 = 3/4 \cdot P_1$ raportul obținut este 1:3 conform cu cel dorit.

<u>Divizorul Wilkinson</u>

Pentru împărțire inegală a puterilor în divizorul Wilkinson cele două transformatoare în sfert de lungime de undă vor avea impedanțe diferite, $Z_1 \neq Z_2$ și divizorul nu se mai obține adaptat la porturile de ieșire. Relațiile de proiectare sunt:

$P_2 / P_3 = \alpha = 1/3$; $Z_1 = Z_0 / \alpha \cdot \sqrt{[(1 + \alpha) \cdot \sqrt{\alpha}]}$; $Z_2 = Z_1 \cdot \alpha = Z_0 \cdot \sqrt{[(1 + \alpha) \cdot \sqrt{\alpha}]}$;

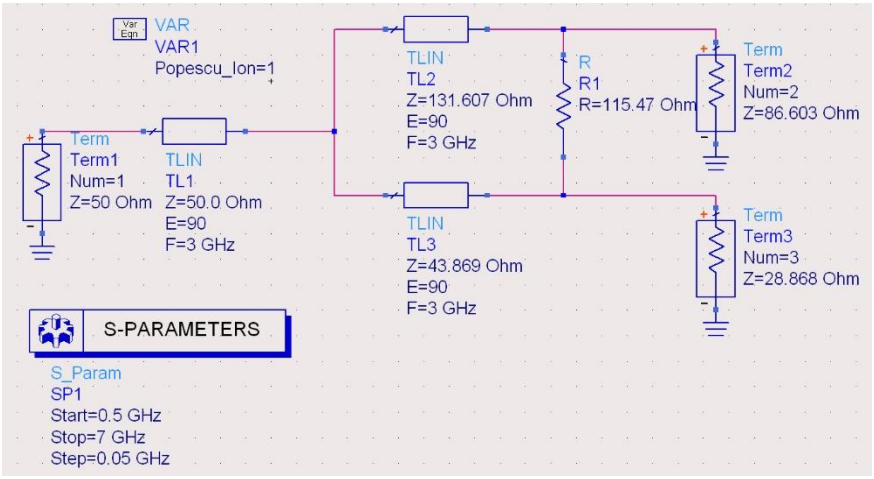
Valoarea rezistenței R care se conectează între cele două porturi de ieșire, și valorile impedanțelor necesare pentru porturile care să ofere adaptare (R_1 și R_2) se calculează:

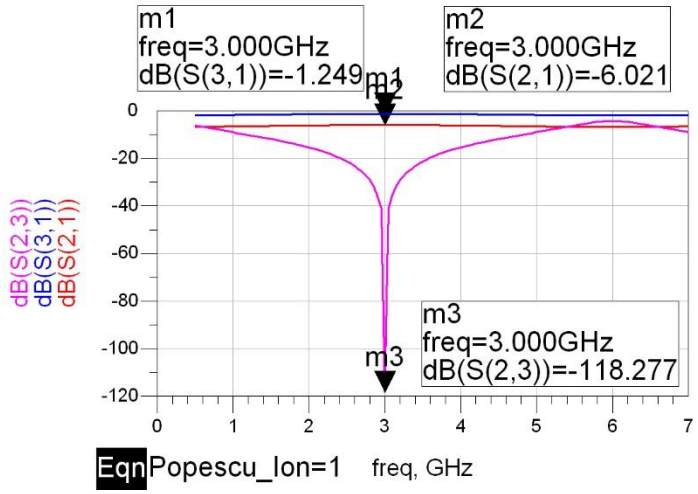
$R = Z_0 \cdot (1 + \alpha) / \sqrt{\alpha}$; $R_1 = Z_0 / \sqrt{\alpha}$; $R_2 = R_1 \cdot \alpha = Z_0 \cdot \sqrt{\alpha}$

Pentru același exemplu, o repartiție în raport 1:3 pentru puterile la porturile 2 și 3 impedanță $Z_0 = 50\Omega$ la frecvența de 3GHz : $P_2 / P_3 = \alpha = 1/3$.

$P_2 / P_3 = \alpha = 1/3$; $Z_1 = Z_0 / (1/3) \cdot \sqrt{[(1 + 1/3) \cdot \sqrt{(1/3)}]} = 131.607\Omega$; $Z_2 = Z_1 \cdot \alpha = Z_0 \cdot \sqrt{[(1 + \alpha) \cdot \sqrt{\alpha}]} = Z_1 \cdot (1/3) = 43.869\Omega$;

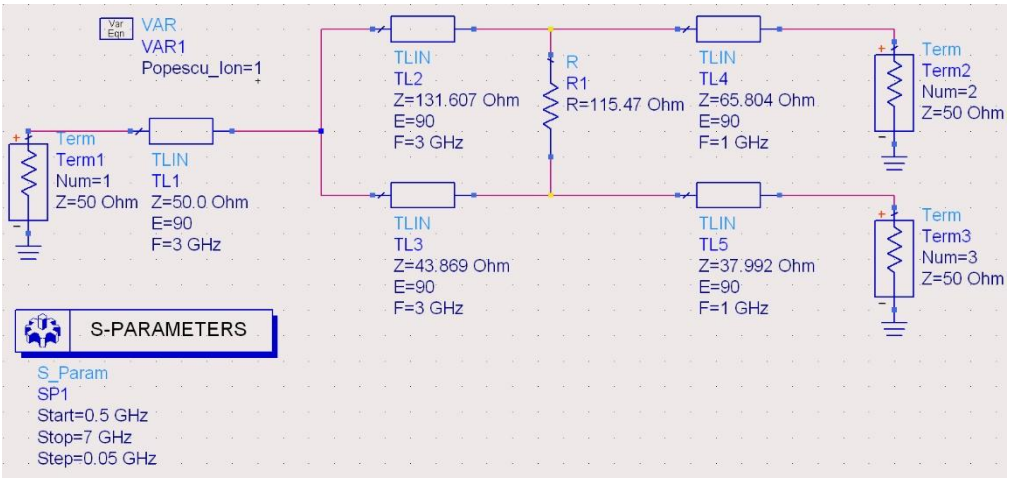
$R = Z_0 \cdot (1 + 1/3) / \sqrt{(1/3)} = 115.47\Omega$; Divizorul trebuie să lucreze pe $R_1 = Z_0 / \sqrt{(1/3)} = 86.603\Omega$ și $R_2 = Z_0 \cdot \sqrt{(1/3)} = R_1 \cdot (1/3) = 28.868\Omega$

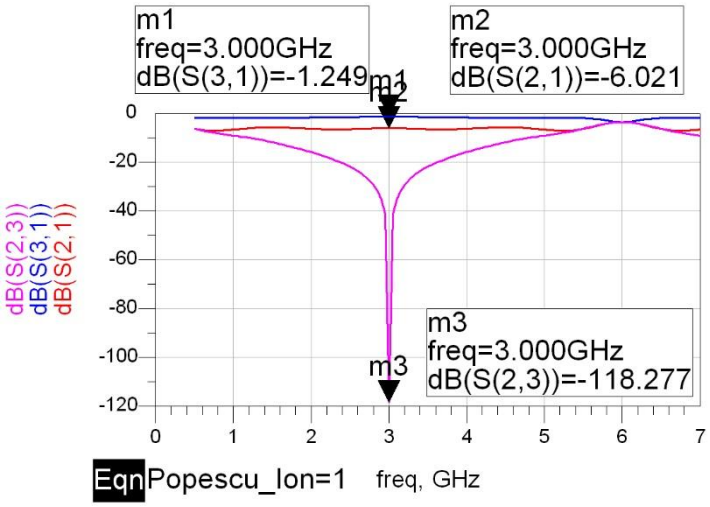




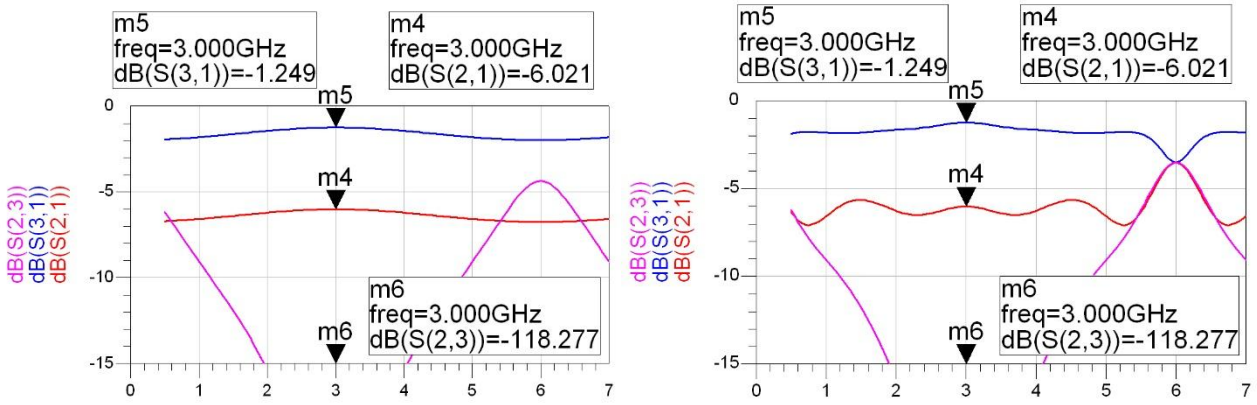
Se obține din nou izolare mare între porturile de ieșire la frecvența de lucru 3GHz, și aceeași împărțire a puterilor ca în cazul anterior: -6dB ≈ 1/4, raport obținut 1:3. Pentru divizor care lucrează pe $Z_0 = 50\Omega$ se introduc transformatoare în sfert de lungime de undă potrivite:

R_1 -> 50, $Z = \sqrt{(86.603 \cdot 50)}\Omega = 65.804\Omega$ și R_2 -> 50, $Z = \sqrt{(28.868 \cdot 50)}\Omega = 37.992\Omega$





Datorită valorii foarte mari a izolării S(2,3) la 3GHz, efectul transformatoarelor asupra benzii de lucru este mai puțin vizibil în graficele anterioare. Putem realiza o comparație în detaliu între cele două rezultate printr-o ajustare similară a axei Y, limitare la intervalul (0 -15dB):



Se observă că transformatoarele λ/4 nu modifică rezultatele la 3GHz, principial ele schimbă valoarea impedanței porturilor din 50Ω în valorile care erau existente înainte în schemă ca terminații 86.603Ω și 28.868Ω oferind deci același rezultat, dar acest lucru se întâmplă exact doar la frecvența de 3 GHz.

<u>Notă importantă</u>

În laborator se va realiza simularea celor 4 divizoare cu împărțirea egală a puterii (rezistiv stea, rezistiv triunghi, joncțiune T, Wilkinson). Se depun, pentru fiecare divizor, schema și rezultatele. **<u>Nu uitați</u>** să personalizați schemele și rezultatele utilizând **VAR** și **Eqn**.

Pentru cele două divizoare cu distribuție inegală a puterilor (joncțiune T, Wilkinson) veți primi 3 valori individuale (Z_0, f_0, α) și vor trebui proiectate și simulate divizoarele. La sfârșitul laboratorului se predau foile cu rezultate pe care **<u>trebuie</u>** să apară:

1. Rezultate simulări (numeric): P_2/P_3 [dB] @ f_0
2. Schema din ADS, personalizată cu **VAR**
3. Rezultatele grafice ale simulărilor, personalizate cu **Eqn**

Activitate suplimentară (bonus 1p la nota laborator L4)

Scrieți pe o foaie de hârtie și scanați/fotografiați: Validarea prin calcul a puterilor obținute P_2/P_3 (dB) pentru tema proprie și obținerea corectă a raportului $P_2 / P_3 = \alpha$ cerut.