



Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
de Telecomunicació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

DEPARTAMENT DE TEORIA DEL SENYAL I COMUNICACIONS

MICROONES

14 de gener de 2010

Data notes provisionals: 22-01

Fi d'al·legacions: 26-01

Data notes revisades: 27-01

Professors: Adolf Comerón, Núria Duffo i Lluís Pradell.

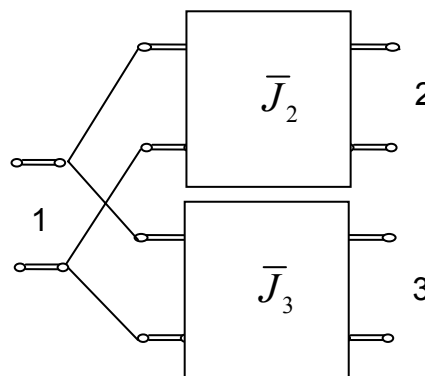
Informacions addicionals:

- Cal realitzar només tres dels quatre problemes proposats
- Temps: 3 hores. Comenci cada exercici en un full apart.

PROBLEMA 1

Es vol dissenyar un divisor de potència amb una xarxa passiva, sense pèrdues i recíproca, de tal manera que la porta 1 és la d'entrada i la potència es reparteix entre les portes 2 i 3 de manera desigual. La impedància dels accessos és $Z_0 = 50\Omega$

- Trobeu els paràmetres $[S]$, sabent que les pèrdues d'inserció a la branca 2 (S_{21}) són de 6 dB, la porta d'entrada està adaptada, els paràmetres S_{21} i S_{31} són imaginaris purs i amb fase $3\pi/2$, i el paràmetre S_{22} és real i positiu.
- Si el divisor es realitza mitjançant dos inversors d'admitància en paral·lel, tal com mostra la figura, calculeu les constants \bar{J}_2 i \bar{J}_3 .
- Si cada un dels inversors es realitza amb línies de longitud $\lambda/4$ i impedàncies Z_{02} i Z_{03} respectivament, calculeu els valors d'aquestes.



PROBLEMA 2

- Escriviu la matriu de paràmetres S del híbrid esquematitzat a la figura 1. Determineu el coeficient de reflexió vist des de l'accés 1 si els accessos 2 i 3 estan carregats amb coeficients de reflexió iguals i l'accés 4 està adaptat ($\Gamma_4 = 0$).
- Determineu el coeficient de reflexió vist des de l'accés 1 si els accessos 2 i 3 estan carregats amb terminacions adaptades ($\Gamma_2 = \Gamma_3 = 0$) i l'accés 4 està carregat amb un coeficient de reflexió arbitrari Γ_4 .

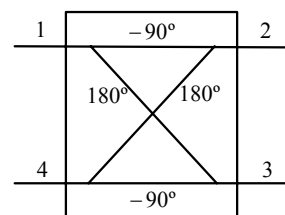


Fig. 1

- En el circuit de la figura 2 determineu la potència dissipada a les càrregues adaptades dels accessos 4, 2' i 3' en funció de la potència disponible P_{DISP} del generador i dels paràmetres S dels biports idèntics connectats entre els accessos 2 i 1', i 3 i 4' respectivament.

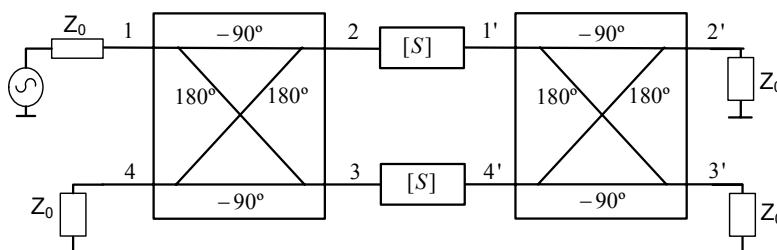


Fig. 2

- Si els biports són amplificadors amb un guany de transferència de potència de 15 dB quan treballen entre impedàncies de generador i de càrrega iguals a la de referència, i la potència de sortida de cada un d'ells és de 20 dBm, quina és la potència disponible del generador?

PROBLEMA 3

Un circuit de 3 accessos té una matriu $[S] = \begin{bmatrix} 0 & e^{j\varphi_2} & 0 \\ 0 & 0 & e^{j\varphi_3} \\ e^{j\varphi_1} & 0 & 0 \end{bmatrix}$ referida a Z_0 .

a) Calculeu, en funció de φ_1 , φ_2 y φ_3 , les longituds elèctriques θ_1 , θ_2 y θ_3 de les línies de transmissió d'impedància característica Z_0 que cal afegir als accessos 1, 2 i 3 respectivament perquè la matriu es transformi en

$$[S] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

b) Si l'accés 3 del circuit es carrega amb una càrrega que presenta un coeficient de reflexió Γ_L (fig. 1), trobeu la matriu $[S]$ del circuit de dos accessos resultant.

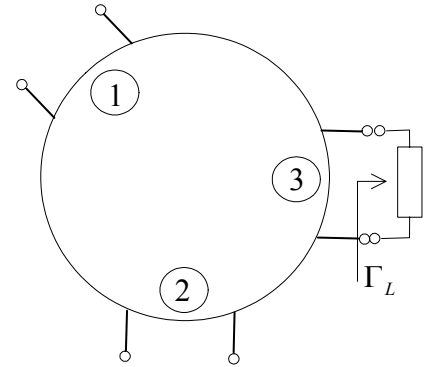


Fig. 1

c) Amb la configuració de la figura 2, on D és un diode PIN ideal, els elements reactius paràsits del qual es poden negligir, i se suposa que els elements de desacoblament de contínua i de bloqueig de microones es comporten també de manera ideal, es vol controlar l'atenuació de les ones en el sentit 1→2. Quant ha de valer Z'_0 perquè, en canviar el corrent de polarització del diode PIN, l'atenuació pugui anar de 0 dB fins a la supressió total de l'ona que surt per l'accés 2? Raoneu la resposta.

d) Si $Z_0 = 50\Omega$, quin corrent continu I_0 s'ha de fer passar per D perquè l'atenuació en el sentit 1→2 sigui de 10 dB? **Nota:** per a un diode d'unió $i = I_s(e^{\alpha v} - 1)$; preneu $\alpha = 40\text{ V}^{-1}$ i negligiu I_s davant d' I_0 .

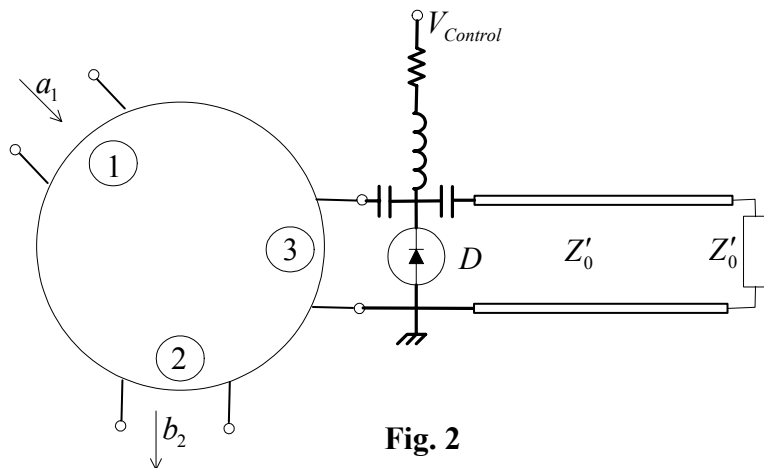


Fig. 2

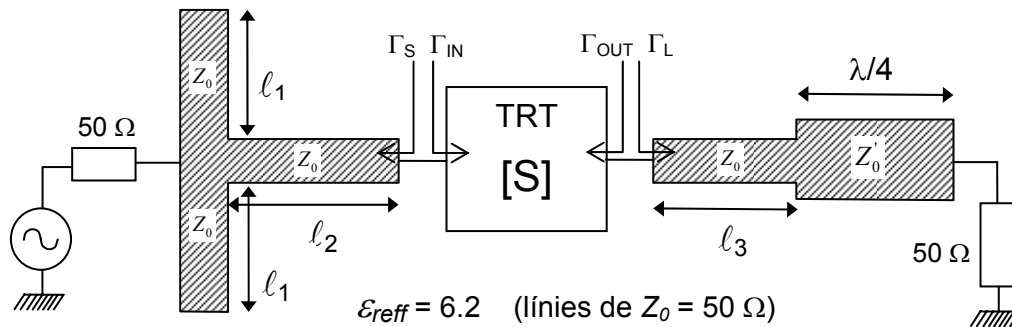
PROBLEMA 4

El circuit de la figura és un amplificador a 3 GHz realitzat en microstrip amb un transistor que presenta els següents paràmetres S i de soroll (referits a $Z_0 = 50 \Omega$):

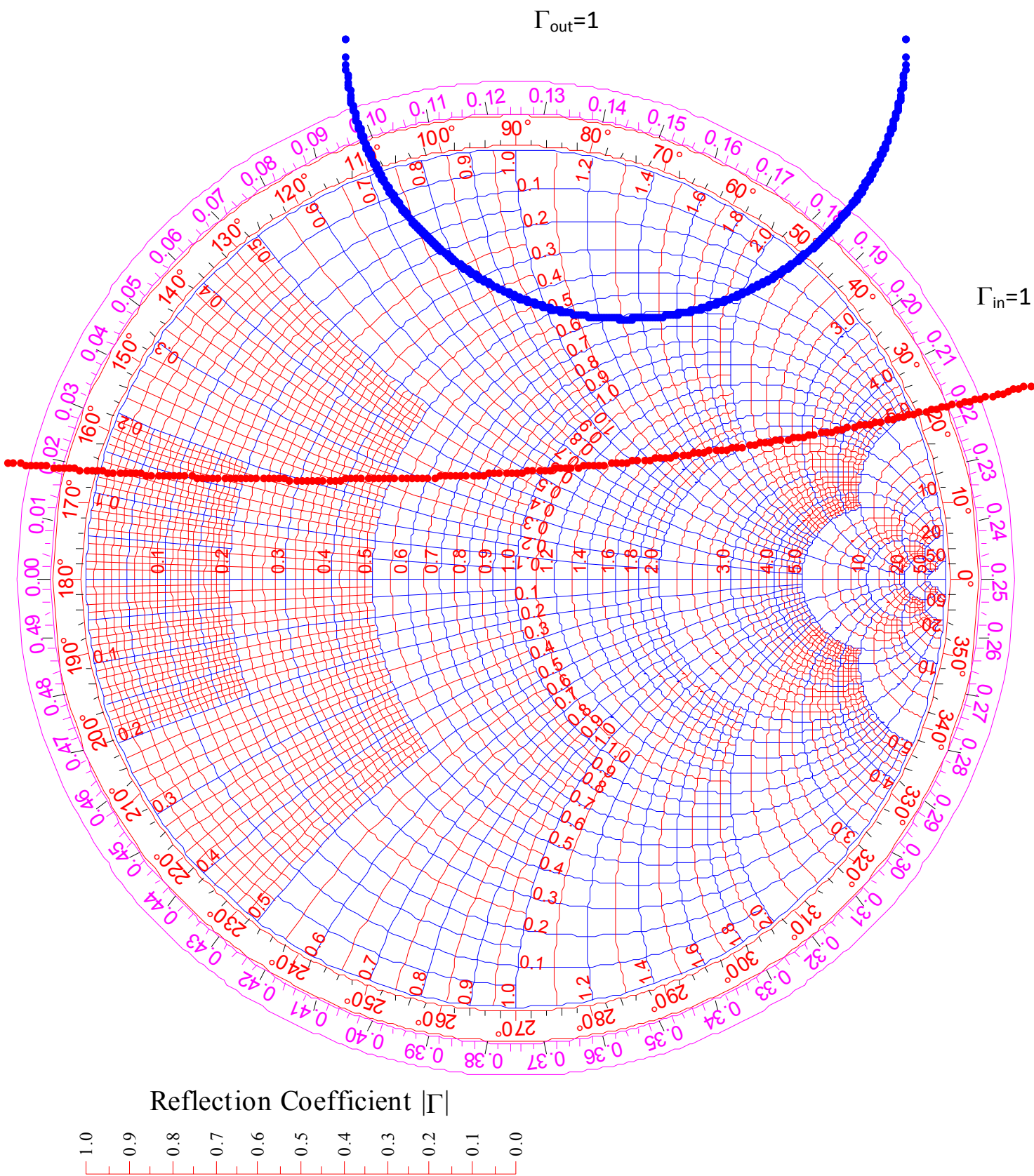
$$[S] = \begin{bmatrix} 0.923_{\angle -59^\circ} & 0.107_{\angle 55^\circ} \\ 2.717_{\angle 133^\circ} & 0.673_{\angle -33^\circ} \end{bmatrix} ; F_{\min} = 0.87 \text{ dB} ; \Gamma_{\text{opt}} = 0.71_{\angle 53^\circ}$$

A les Carta de Smith adjunta es representen els cercles d'estabilitat del transistor. Amb aquestes dades, es demana:

- El guany de transferència de potència unilateral màxim G_{TUmax} pel transistor indicat
- Les longituds ℓ_1 i ℓ_2 (en mm) per assolir el mínim soroll
- Els valors de Z'_0 i ℓ_3 per obtenir el màxim G_{TU} , tot mantenint el soroll mínim. Quan val el G_{TU} assolit?
- És el disseny realitzat estable? Raoni la resposta. Si no ho és, indiqui quin paràmetre (guany o factor de soroll) cal sacrificar per tal d'assegurar l'estabilitat, i doni un possible valor de guany unilateral i factor de soroll que produeixin un disseny estable.



$$G_T = \frac{|S_{21}|^2 (1 - |\Gamma_L|^2) (1 - |\Gamma_s|^2)}{|(1 - S_{11}\Gamma_s)(1 - S_{22}\Gamma_L) - S_{12}S_{21}\Gamma_L\Gamma_s|^2}$$

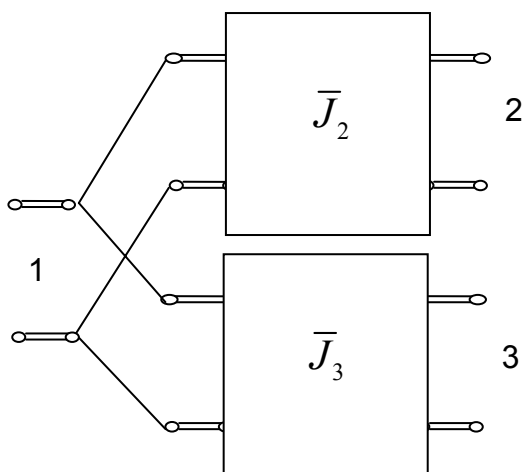


  <p>Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona</p> <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA</p> <p>DEPARTAMENT DE TEORIA DEL SENYAL I COMUNICACIONS</p>	<p>MICROONES</p> <p>14 de gener de 2010</p> <p>Data notes provisionals:</p> <p>Fi d'al·legacions:</p> <p>Data notes revisades:</p>

PROBLEMA 1

Es vol dissenyar un divisor de potència amb una xarxa passiva, sense pèrdues i recíproca, de tal manera que la porta 1 és la d'entrada i la potència es reparteix entre les portes 2 i 3 de manera desigual. La impedància dels accessos és $Z_0=50\Omega$

- Trobeu els paràmetres [S], sabent que les pèrdues d'inserció a la branca 2 (S_{21}) són de 6 dB, la porta d'entrada està adaptada, els paràmetres S_{21} i S_{31} són imaginaris purs amb fase $3\pi/2$, i el paràmetre S_{22} és real i positiu.
- Si el divisor es realitza mitjançant dos inversors d'admitància en paral·lel, tal com mostra la figura, calculeu les constants \bar{J}_2 i \bar{J}_3



- Si cada un dels inversors es realitza amb línies de longitud $\lambda/4$ i impedàncies Z_{02} i Z_{03} respectivament, calculeu els valors d'aquestes.

SOLUCIÓ:

- Porta d'entrada adaptada: $S_{11}=0$

Pèrdues d'inserció 6dB: $-10\log|S_{21}|^2 = 6$, per tant: $|S_{21}| = 1/2$.

Tenint en compte que és un circuit sense pèrdues podem aplicar unitarietat:

$$\begin{aligned}
 0 + |S_{21}|^2 + |S_{31}|^2 &= 1 \\
 |S_{21}|^2 + |S_{22}|^2 + |S_{23}|^2 &= 1 \\
 |S_{31}|^2 + |S_{23}|^2 + |S_{33}|^2 &= 1 \\
 S_{21}S_{22}^* + S_{31}S_{23}^* &= 0 \\
 S_{21}S_{32}^* + S_{31}S_{33}^* &= 0
 \end{aligned}$$

Substituint en la primera:

$$\frac{1}{4} + |S_{31}|^2 = 1 \longrightarrow |S_{31}| = \sqrt{3}/2$$

Els paràmetres S_{21} i S_{31} : fase= $3\pi/2$, per tant: $S_{21} = -j/2$, i $S_{31} = -j\sqrt{3}/2$. Substituïm a les altres equacions:

$$1/4 + |S_{22}|^2 + |S_{23}|^2 = 1$$

$$3/4 + |S_{23}|^2 + |S_{33}|^2 = 1$$

$$-\frac{j}{2}S_{22}^* - j\frac{\sqrt{3}}{2}S_{23}^* = 0 \rightarrow S_{22} = -\sqrt{3}S_{23}$$

$$-\frac{j}{2}S_{23}^* - j\frac{\sqrt{3}}{2}S_{33}^* = 0 \rightarrow S_{33} = -\frac{1}{\sqrt{3}}S_{23}$$

Ens queda:

$$\frac{1}{4} + 3|S_{23}|^2 + |S_{23}|^2 = 1 \rightarrow |S_{23}| = \sqrt{3}/4$$

I per tant,

$$|S_{22}| = \sqrt{3}S_{23} = 3/4$$

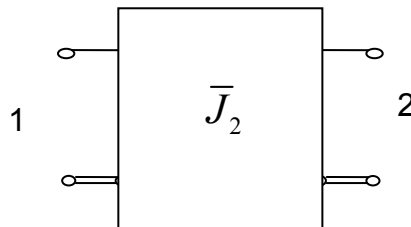
I com que aquest últim ha de ser real i positiu, trobem les fases:

$$S_{22} = \frac{3}{4}, \quad S_{23} = -\frac{\sqrt{3}}{4}, \quad S_{33} = \frac{1}{4}$$

La matriu queda per tant:

$$[S] = \begin{bmatrix} 0 & -j/2 & -j\sqrt{3}/2 \\ -j/2 & 3/4 & -\sqrt{3}/4 \\ -j\sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/4 & 1/4 \end{bmatrix}$$

b) Una manera de resoldre aquest apartat és deixant l'accés 3 en cc, doncs des de l'entrada es veurà com un circuit obert i llavors quedarà només un inversor (el de l'accés 2):



Les entrades en funció de les sortides es poden calcular a partir dels paràmetres S del divisor, fent $a_3 = -b_3$ (curtcircuit):

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -j/2 & -j\sqrt{3}/2 \\ -j/2 & 3/4 & -\sqrt{3}/4 \\ -j\sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/4 & 1/4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ -b_3 \end{bmatrix}$$

De la tercera equació podem trobar b_3 en funció de les altres dues entrades i substituir en les dues primeres equacions:

$$\frac{5}{4}b_3 = -\frac{j\sqrt{3}}{2}a_1 - \frac{\sqrt{3}}{4}a_2 \rightarrow b_3 = -\frac{j2\sqrt{3}}{5}a_1 - \frac{\sqrt{3}}{5}a_2$$

$$b_1 = -\frac{j}{2}a_2 + j\frac{\sqrt{3}}{2}\left(-\frac{j2\sqrt{3}}{5}a_1 - \frac{\sqrt{3}}{5}a_2\right) = +\frac{3}{5}a_1 - j\frac{4}{5}a_2$$

$$b_2 = -\frac{j}{2}a_1 + \frac{3}{4}a_2 + \frac{\sqrt{3}}{4}\left(-\frac{j2\sqrt{3}}{5}a_1 - \frac{\sqrt{3}}{5}a_2\right) = -j\frac{4}{5}a_1 + \frac{3}{5}a_2$$

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3/5 & -j4/5 \\ -j4/5 & 3/5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$$

I que es corresponen als paràmetres [S] del inversor d'admitàncies, per tant igualant el S_{11} :

$$S_{11} = \frac{3}{5} = \frac{1 - |\bar{J}_2|^2}{1 + |\bar{J}_2|^2} \rightarrow |\bar{J}_2| = \frac{1}{2}$$

Si fem al mateix per l'altre inversor (deixem la porta 2 en curtcircuit):

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -j/2 & -j\sqrt{3}/2 \\ -j/2 & 3/4 & -\sqrt{3}/4 \\ -j\sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/4 & 1/4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ -b_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$$

$$b_2 \frac{7}{4} = -\frac{j}{2}a_1 - \frac{\sqrt{3}}{4}a_3 \rightarrow b_2 = -\frac{j2}{7}a_1 - \frac{\sqrt{3}}{7}a_3$$

$$b_1 = \frac{j}{2}\left(-\frac{j2}{7}a_1 - \frac{\sqrt{3}}{7}a_3\right) + j\frac{\sqrt{3}}{2}a_3 = +\frac{1}{7}a_1 - j\frac{4\sqrt{3}}{7}a_3$$

$$b_3 = -\frac{j\sqrt{3}}{2}a_1 + \frac{\sqrt{3}}{4}\left(-\frac{j2}{7}a_1 - \frac{\sqrt{3}}{7}a_3\right) + \frac{1}{4}a_3 = -j\frac{4\sqrt{3}}{7}a_1 + \frac{1}{7}a_3$$

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/7 & -j4\sqrt{3}/7 \\ -j4\sqrt{3}/7 & 1/7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_3 \end{bmatrix}$$

I això ens porta a:

$$S_{11} = \frac{1}{7} = \frac{1 - |\bar{J}_3|^2}{1 + |\bar{J}_3|^2} \rightarrow |\bar{J}_3| = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

c) Si per a la J_2 tenim una línia de longitud $\frac{\lambda}{4}$ a l'entrada:

$$Y_{in} = \frac{Y_{02}^2}{Y_L}$$

$$\overline{Y_{in}} = \frac{Y_{02}^2}{Y_0^2} = \bar{J}_2^2$$

$$\frac{Z_{02}^2}{Z_0^2} = \frac{1}{\bar{J}_2^2} \rightarrow Z_{02} = \frac{Z_0}{\bar{J}_2} = 100\Omega$$

I per a l'altre inversor, tindrem:

$$Z_{03} = \frac{Z_0}{\bar{J}_3} = 57,7\Omega$$

PROBLEMA 2

- a) Escriviu la matriu de paràmetres S de l'híbrid esquematitzat a la figura 1.

Determineu el coeficient de reflexió vist des de l'accés 1 si els accessos 2 i 3 estan carregats amb coeficients de reflexió iguals i l'accés 4 està adaptat ($\Gamma_4 = 0$).

- b) Determineu el coeficient de reflexió vist des de l'accés 1 si els accessos 2 i 3 estan carregats amb terminacions adaptades ($\Gamma_2 = \Gamma_3 = 0$) i l'accés 4 està carregat amb un coeficient de reflexió arbitrari Γ_4 .

- c) En el circuit de la figura 2 determineu la potència dissipada a les càrreges adaptades dels accessos 4, 2' i 3' en funció de la potència disponible P_{DISP} del generador i dels paràmetres S dels biports idèntics connectats entre els accessos 2 i 1', i 3 i 4' respectivament.

- d) Si els biports són amplificadors amb un guany de transferència de potència de 15 dB quan treballen entre impedàncies de generador i de càrrega iguals a la de referència, i la potència de sortida de cada un d'ells és de 20 dBm, quina és la potència disponible del generador?

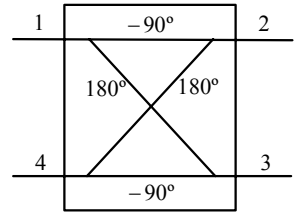


Fig. 1

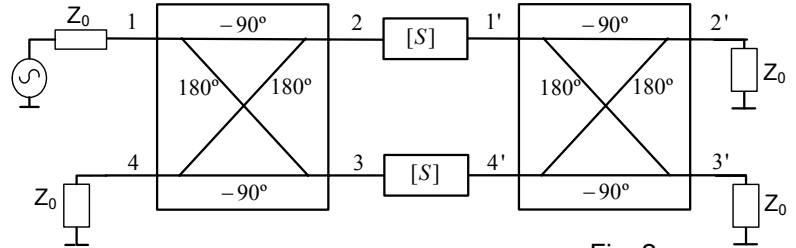


Fig. 2

SOLUCIÓ

Paràmetres [S] del circuit híbrid:

$$[S] = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} 0 & -j & -1 & 0 \\ -j & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & -j \\ 0 & -1 & -j & 0 \end{pmatrix}$$

Coeficient de reflexió si $\Gamma_2 = \Gamma_3 = \Gamma$ i $\Gamma_4 = 0$

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{pmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} 0 & -j & -1 & 0 \\ -j & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & -j \\ 0 & -1 & -j & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ \Gamma b_2 \\ \Gamma b_3 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Per tant, equacions 2 i 3:

$$b_2 = -j \frac{\sqrt{2}}{2} a_1$$

$$b_3 = -\frac{\sqrt{2}}{2} a_1$$

Substituint a la primera:

$$b_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} (-j\Gamma b_2 - \Gamma b_3) = \frac{1}{2} \Gamma a_1 (-1 + 1) = 0 \rightarrow \Gamma_{in1} = 0$$

- b) Ara $\Gamma_2 = \Gamma_3 = 0$, per tant:

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{pmatrix} = \frac{\sqrt{2}}{2} \begin{pmatrix} 0 & -j & -1 & 0 \\ -j & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & -j \\ 0 & -1 & -j & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ 0 \\ 0 \\ \Gamma_4 b_4 \end{pmatrix}$$

$$b_1 = 0 \rightarrow \Gamma_{in1} = 0$$

$$c) \Gamma'_2 = \Gamma'_3 = 0 \rightarrow \Gamma'_{in1} = 0 \text{ i } \Gamma_2 = \Gamma_3 = \Gamma \rightarrow \Gamma_{in1} = 0$$

$$P'_2 = \frac{1}{2}(|b'_2|^2 - |a'_2|^2) = \frac{1}{2}|b'_2|^2$$

$$b'_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}(-ja'_1 - a'_4)$$

$$a'_1 = S_{21}b_2 + S_{22}b'_1 = S_{21}b_2 = -jS_{21}\frac{\sqrt{2}}{2}a_1$$

$$a'_4 = S_{21}b_3 + S_{22}b'_4 = S_{21}b_3 = -S_{21}\frac{\sqrt{2}}{2}a_1$$

$$b'_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}\left(-S_{21}\frac{\sqrt{2}}{2}a_1 + S_{21}\frac{\sqrt{2}}{2}a_1\right) = 0$$

Per tant,

$$P'_2 = 0$$

Per a l'altre sortida:

$$P'_3 = \frac{1}{2}(|b'_3|^2 - |a'_3|^2) = \frac{1}{2}|b'_3|^2$$

$$b'_3 = \frac{\sqrt{2}}{2}(-a'_1 - ja'_4) = \frac{\sqrt{2}}{2}\left(jS_{21}\frac{\sqrt{2}}{2}a_1 + jS_{21}\frac{\sqrt{2}}{2}a_1\right) = jS_{21}a_1$$

$$P'_3 = \frac{1}{2}|a_1|^2|S_{21}|^2 = |S_{21}|^2P_{DISP}$$

Per la sortida 4 del primer híbrid:

$$P_4 = \frac{1}{2}(|b_4|^2 - |a_4|^2) = \frac{1}{2}|b_4|^2$$

$$b_4 = \frac{\sqrt{2}}{2}(-\Gamma_2b_2 - j\Gamma_3b_3) = 0 \rightarrow P_4 = 0$$

$$d) G_T = 15\text{dB} \rightarrow 10\log|S_{21}|^2 = 15\text{dB}$$

Potència que entra per l'accés 1', que és la que surt de l'amplificador:

$$P'_1 = \frac{1}{2}|a'_1|^2 = \frac{1}{4}|S_{21}|^2|a_1|^2 = \frac{1}{2}|S_{21}|^2P_{DISP}$$

$$P'_1(\text{dB}) = -3 + 10\log|S_{21}|^2 + P_{DISP}$$

$$P_{DISP} = P'_1(\text{dB}) - 10\log|S_{21}|^2 + 3\text{dB} = 20\text{dBm} - 15\text{dB} + 3\text{dB} = 8\text{dBm}$$

PROBLEMA 3

Un circuit de 3 accessos té una matriu $[S] = \begin{bmatrix} 0 & e^{j\varphi_2} & 0 \\ 0 & 0 & e^{j\varphi_3} \\ e^{j\varphi_1} & 0 & 0 \end{bmatrix}$ referida a Z_0 .

a) Calculeu, en funció de φ_1 , φ_2 y φ_3 , les longituds elèctriques θ_1 , θ_2 y θ_3 de les línies de transmissió d'impedància característica Z_0 que cal afegir als accessos 1, 2 i 3 respectivament perquè la matriu es transformi en

$$[S] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

b) Si l'accés 3 del circuit es carrega amb una càrrega que presenta un coeficient de reflexió Γ_L (fig. 1), trobeu la matriu $[S]$ del circuit de dos accessos resultant.

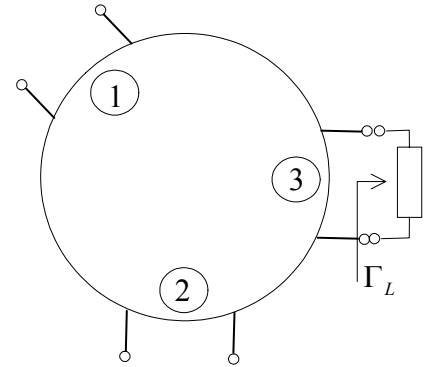


Fig. 1

c) Amb la configuració de la figura 2, on D és un diode PIN ideal, els elements reactius paràsits del qual es poden negligir, i se suposa que els elements de desacoblament de contínua i de bloqueig de microones es comporten també de manera ideal, es vol controlar l'atenuació de les ones en el sentit 1→2. Quant ha de valer Z'_0 perquè, en canviar el corrent de polarització del diode PIN, l'atenuació pugui anar de 0 dB fins a la supressió total de l'ona que surt per l'accés 2? Raoneu la resposta.

d) Si $Z_0 = 50\Omega$, quin corrent continu I_0 s'ha de fer passar per D perquè l'atenuació en el sentit 1→2 sigui de 10 dB? **Nota:** per a un diode d'unió $i = I_s(e^{\alpha v} - 1)$; preneu $\alpha = 40\text{ V}^{-1}$ i negligiu I_s davant d' I_0 .

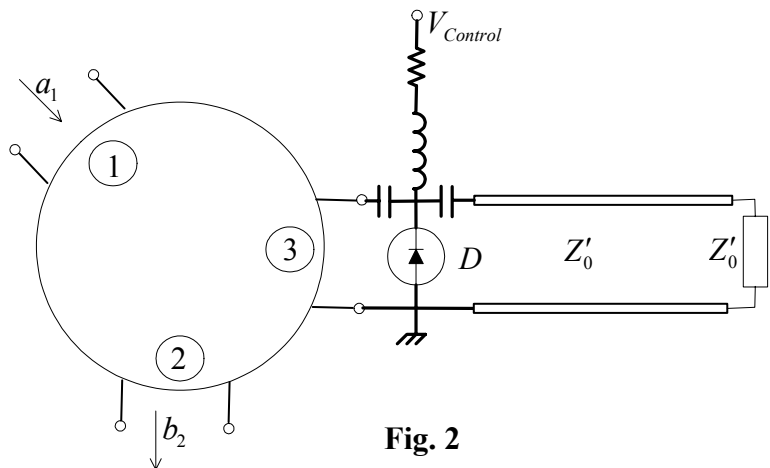


Fig. 2

SOLUCIÓ:

a) Al afegir línies de transmissió d'impedància de referència als accessos del circuit, només canvia la fase dels paràmetres S. Per tant,

$$0 = \varphi_2 - \beta\ell_1 - \beta\ell_2$$

$$0 = \varphi_3 - \beta\ell_2 - \beta\ell_3$$

$$0 = \varphi_1 - \beta\ell_1 - \beta\ell_3$$

Restant les dues primeres:

$$0 = \varphi_2 - \varphi_3 - \beta\ell_1 + \beta\ell_3$$

I sumant amb l'última:

$$0 = \varphi_2 - \varphi_3 + \varphi_1 - 2\beta\ell_1$$

Per tant:

$$\theta_1 = \beta\ell_1 = \frac{1}{2}(\varphi_2 - \varphi_3 + \varphi_1)$$

$$\theta_2 = \beta\ell_2 = \varphi_2 - \beta\ell_1 = \frac{1}{2}(\varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_1)$$

$$\theta_3 = \beta\ell_3 = \varphi_3 - \beta\ell_2 = \frac{1}{2}(\varphi_3 - \varphi_2 + \varphi_1)$$

b)
$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ b_3\Gamma_3 \end{pmatrix}$$

Que escrit separatament:

$$b_1 = a_2$$

$$b_2 = b_3\Gamma_3$$

$$b_3 = a_1$$

I per tant:

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \Gamma_3 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

c) Hem quedat que:

$$b_2 = \Gamma_3 a_1$$

Per tant interessa que $\Gamma_3 = 0$ en un estat del diode (supressió total de l'ona), y $|\Gamma_3| = 1$ per a l'altre estat (atenuació 0 dB).

- Si diode està en Off: $Z_3 = Z'_0$, i per tant per $\Gamma_3 = 0 \rightarrow Z'_0 = Z_0$, llavors: $P_2=0$

- Si diode està en ON: $\Gamma_3 = -1 \rightarrow b_2 = -a_1$, i per tant $P_2=P_1$

d) La tensió al diode serà $v = V_0 + v_{RF}$. Si desenvolupem al voltant de $V_0 \gg v_a$:

$$i = I_S(e^{\alpha v} - 1) = I_S(e^{\alpha V_0} - 1) + I_S\alpha e^{\alpha V_0}v_{RF}$$

Per tant el corrent de continua és:

$$I_0 \cong I_S e^{\alpha V_0}$$

I per al senyal de microones:

$$i_{RF} = I_S\alpha e^{\alpha V_0}v_{RF} = I_0\alpha v_{RF} \rightarrow R_j = \frac{1}{I_0\alpha}$$

Per altre banda, una atenuació de 10 dB vol dir:

$$P_2 = \frac{1}{2}|b_2|^2 = \frac{1}{2}|a_1|^2|\Gamma_3|^2$$

$$P_2(\text{dBm}) = P_1(\text{dBm}) + 20\log|\Gamma_3|$$

$$|\Gamma_3| = \frac{1}{\sqrt{10}} = 0,32$$

$$\Gamma_3 = \frac{\frac{Z_0 R_j}{Z_0 + R_j} - Z_0}{\frac{Z_0 R_j}{Z_0 + R_j} + Z_0} = -\frac{2Z_0}{Z_0 + 2R_j} = -0,32 \rightarrow R_j = 54,06\Omega$$

I substituint en l'ecuació de la resistència: $I_0 = \frac{1}{\alpha R_j} = 0,46mA$

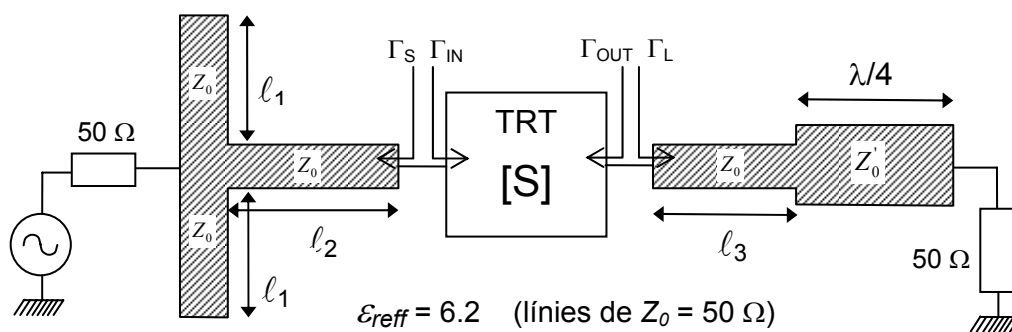
PROBLEMA 4

El circuit de la figura és un amplificador a 3 GHz realitzat en microstrip amb un transistor que presenta els següents paràmetres S i de soroll (referits a $Z_0 = 50 \Omega$):

$$[S] = \begin{bmatrix} 0.923_{\angle -59^\circ} & 0.107_{\angle 55^\circ} \\ 2.717_{\angle 133^\circ} & 0.673_{\angle -33^\circ} \end{bmatrix}; \quad F_{\min} = 0.87 \text{ dB}; \quad \Gamma_{\text{opt}} = 0.71_{\angle 53^\circ}$$

A les Carta de Smith adjunta es representen els cercles d'estabilitat del transistor. Amb aquestes dades, es demana:

- El guany de transferència de potència unilateral màxim $G_{TU\text{màx}}$ pel transistor indicat
- Les longituds ℓ_1 i ℓ_2 (en mm) per assolir el mínim soroll
- Els valors de Z'_0 i ℓ_3 per obtenir el màxim G_{TU} , tot mantenint el soroll mínim. Quan val el G_{TU} assolit?
- És el disseny realitzat estable? Raoni la resposta. Si no ho és, indiqui quin paràmetre (guany o factor de soroll) cal sacrificar per tal d'assegurar l'estabilitat, i doni un possible valor de guany unilateral i factor de soroll que produeixin un disseny estable.



$$G_T = \frac{|S_{21}|^2 (1 - |\Gamma_L|^2) (1 - |\Gamma_s|^2)}{|(1 - S_{11}\Gamma_s)(1 - S_{22}\Gamma_L) - S_{12}S_{21}\Gamma_L\Gamma_s|^2}$$

SOLUCIÓ:

- $G_{TU\text{màx}}$

$$G_{TU\text{màx}} = G_{S\text{màx}} \cdot G_I \cdot G_{L\text{màx}}$$

$$G_{Sm\grave{a}x} = \frac{1}{1 - |S_{11}|^2} = 6,75$$

$$G_I = |S_{21}|^2 = 7,38$$

$$G_{Lm\grave{a}x} = \frac{1}{1 - |S_{22}|^2} = 1,83$$

Per tant, multiplicant els tres factors:

$$G_{TUm\grave{a}x} = 91,13 \rightarrow G_{TUm\grave{a}x}(dB) = 19,6dB$$

b) Les longituds ℓ_1 i ℓ_2 (en mm) per assolir el mínim soroll

$$\Gamma_S = \Gamma_{opt} = 0,71 \angle 53^\circ, \bar{Z}_S = 0,76 + j0,48 \text{ i } \bar{Y}_S = 0,21 - j0,48$$

$$\text{Calculem la longitud d'ona: } \lambda = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_{reff}}} = 40,16mm$$

El primer tram de línia (ℓ_2) ens mou des de l'admitància \bar{Y}_S corresponent a Γ_S fins a una admitància de part real igual a 1, girant a la C.S.

$$\text{Solució A: } \ell_{2A} = 0,114\lambda = 4,58mm \rightarrow \bar{Y}_{1A} = 1 - j2 \rightarrow \bar{Y}_{stubA} = -j1$$

$$\text{Solució B: } \ell_{2B} = 0,238\lambda = 9,58mm \rightarrow \bar{Y}_{1B} = 1 + j2 \rightarrow \bar{Y}_{stubB} = j1$$

Llavors el tram de ℓ_1 està sintetitzant la part imaginària: (\bar{Y}_{stub}): des del circuit obert d'admitància ens movem cap a generador fins a arribar a \bar{Y}_{stub} .

$$\text{Solució A: } \ell_{1A} = 0,375\lambda = 15,06mm$$

$$\text{Solució B: } \ell_{1B} = 0,125\lambda = 5,02mm$$

c) Màxim G_{TU} , amb soroll mínim, vol dir maximitzar G_L , per tant: $\Gamma_L = S_{22}^* = 0,673 \angle 33^\circ$

Des de aquest punt, ens movem cap a càrrega fins que la impedància sigui real:

$$\text{Llavors: } \ell_3 = 0,204\lambda = 8,2mm \rightarrow \bar{Z}_1 = 0,19 \rightarrow Z'_0 = \sqrt{\bar{Z}_1 50} = 22\Omega$$

$$G_{TU}(dB) = G_S(\Gamma_{opt}) + G_I + G_{LMAX} = 5,9dB + 8,68dB + 2,62dB = 17,2dB$$

d) El disseny no és estable doncs S_{22}^* cau a la zona inestable. Cal sacrificar guany.

Possible disseny estable: $F=F_{min}$ per $\Gamma_S = \Gamma_{opt}$ i $\Gamma_L = 0,464 \angle 33^\circ$

$$G_{TU}(dB) = G_S(\Gamma_{opt}) + G_I + G_L(\Gamma_L = 0,464 \angle 33^\circ) = 5,9dB + 8,68dB + 2,2dB = 16,78dB$$