

## 1. PARÀMETRES S: FONAMENTS I BIPORTS

- 1.1 Per una línia de transmissió de longitud  $\ell$  i impedància característica  $Z'_0$ ,
- Deduir l'expressió dels seus paràmetres S referits a una impedància de referència  $Z_0 \neq Z'_0$ .
  - Particularitzar les expressions anteriors pels següents casos i comentar el resultat obtingut:
    - $Z'_0 = Z_0$
    - $\ell = \lambda/4$
    - $\ell = \lambda/2$

- 1.2 La matriu de paràmetres S d'un quadripol té la següent expressió, amb  $\tau$ ,  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  i  $\phi_3$  reals i arbitraris.

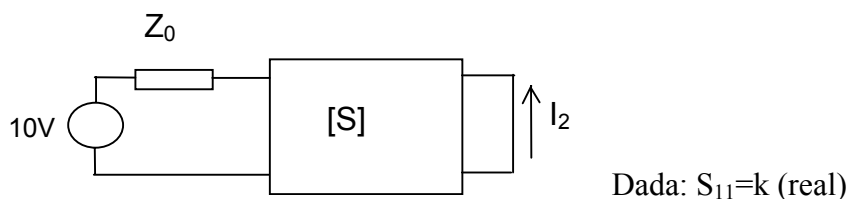
$$[S] = \begin{bmatrix} \cos \tau e^{j\phi_1} & \sin \tau e^{j\phi_2} \\ \sin \tau e^{j\phi_3} & -\cos \tau e^{j(\phi_2 + \phi_3 - \phi_1)} \end{bmatrix}$$

- Indiqueu les propietats físiques del quadripol
  - Calculeu la impedància d'entrada del quadripol en el cas de que sigui recíproc i si  $\Gamma_L = S_{22}^*$ .
- 1.3 Un quadripol té la següent matriu de paràmetres S referida a  $50 \Omega$ :

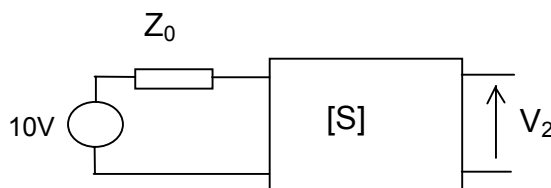
$$[S] = \begin{bmatrix} 0,5 & j0,866 \\ j0,866 & 0,5 \end{bmatrix}$$

Calculeu la matriu de paràmetres S del mateix quadripol però referida a  $75 \Omega$ .

- 1.4 Calculeu els paràmetres S referits a  $Z_0 = 50 \Omega$  d'un quadripol passiu, recíproc, sense pèrdues i simètric en el qual se sap que el corrent  $I_2$  (veure figura) val  $I_2 = j0,18 \text{ A}$ .



- 1.5 El quadripol de la figura és passiu, recíproc i sense pèrdues, i els seus paràmetres S són tals que  $s_{22}$  és real i negatiu i  $s_{11}$  real i positiu. Si la tensió en circuit obert present a la porta 2 en la disposició de la figura és igual a  $V_2 = 5 \angle 0^\circ \text{ V}$ :



- Calculeu els quatre paràmetres S del quadripol.

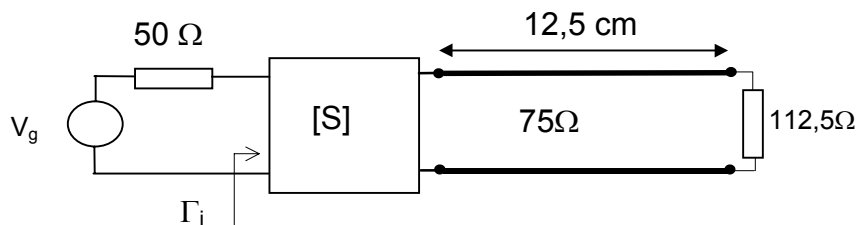
- b) Dibuixeu el circuit equivalent del mateix, utilitzant un inversor d'impedàncies i trams de línia de transmissió. Cal especificar la constant d'inversió de l'inversor, i les impedàncies característiques i longituds de les línies.

1.6 Un quadripol té els següents paràmetres S referits a  $50\ \Omega$ :

$$[S] = \begin{bmatrix} 0,05 \angle 40^\circ & 0,06 \angle 230^\circ \\ 0,95 \angle 140^\circ & 0,07 \angle 60^\circ \end{bmatrix}$$

- Quines propietats del quadripol podeu establir per inspecció de la matriu?
- Calculeu el guany de transferència de potència ( $P_L/P_{avs}$ ) quan es connecta un generador canònic a la porta 1, i una càrrega de valor  $\Gamma_L = 0,5 \angle 120^\circ$  a la porta 2.
- En les condicions de l'apartat anterior, calculeu el coeficient de reflexió a l'entrada (porta 1) del quadripol.
- Calculeu les longituds de línia de transmissió de  $50\ \Omega$  que cal afegir a les portes 1 i 2 per tal de que els paràmetres  $S_{11}$  i  $S_{22}$  siguin reals i positius. Escriure la matriu S del quadripol resultant.

1.7 Es volen conèixer els paràmetres S referits a  $50\ \Omega$  d'un circuit de dues portes del qual se sap que és recíproc i simètric. Per aquest motiu es connecta a la porta de sortida una línia de transmissió de  $75\ \Omega$  i  $12,5\text{ cm}$  de longitud, tal com mostra la figura, i s'observa que a la freqüència de  $0,6\text{ GHz}$  presenta un coeficient de reflexió a l'entrada  $\Gamma_i = 5/13$ . S'observa també que, si es connecta directament la càrrega a la porta de sortida, llavors el coeficient de reflexió a l'entrada és  $\Gamma_i = 0$  a la mateixa freqüència.

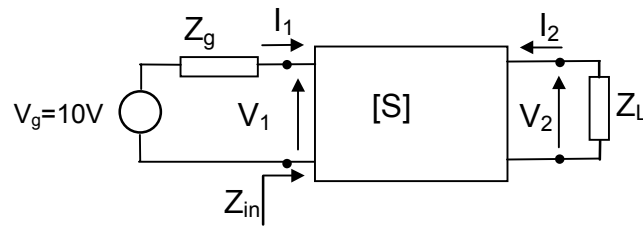


- A partir d'aquests valors, calculeu la matriu de Scattering [S] del circuit.
- Si el circuit és, en realitat, un tram de línia de transmissió, calculi la seva longitud  $\ell$  i la seva impedància característica  $Z_0$ .
- Si la freqüència passa a ser de  $1,2\text{ GHz}$ , calculeu la fracció de potència disponible del generador  $P_{avs}$  que es dissiparà a  $R_L$  quan es connecten les dues línies (com a la figura)

1.8 Es disposa d'una xarxa de dos accessos passiva, recíproca i sense pèrdues de la qual se sap que  $S_{12}$  és imaginari i positiu.

- Trobar la seva matriu de paràmetres [S]
- Suposant que la impedància de referència és  $Z_0 = 50\ \Omega$ , particularitzeu els valors de la matriu anterior per tal que, si s'insereix la xarxa entre una càrrega de valor  $Z_L = 50 + j100\ \Omega$  i un generador d'impedància interna  $50\ \Omega$ , hi hagi adaptació entre ambdós.

1.9 Donada la xarxa de la figura:



- Demostrar que si  $Z_g = Z_0$ , llavors  $a_1 = \frac{1}{2} \bar{V}_g$  independentment de la impedància d'entrada,  $Z_{in}$
- Se sap que la xarxa de dos accessos és recíproca i simètrica. Quan l'accés 2 és en circuit obert es mesura  $V_2 = -j10$  Volts, mentre que si l'accés 2 està en curtcircuit es mesura  $I_2 = j0,2$  Amp. Calculeu els quatre paràmetres S de la xarxa.
- Quina potència es lliura a la càrrega  $Z_L = Z_0$ ?

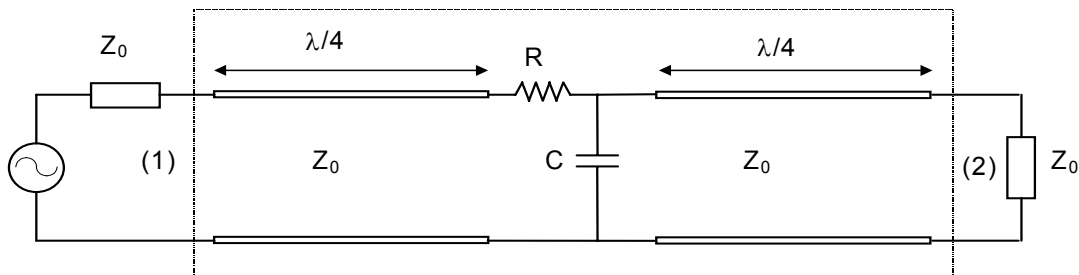
1.10 Pel quadripol de la figura,

- Quina ó quines de les següents propietats té la seva matriu S?. Unitarietat, simetria. Justifiqueu la resposta.
- Calculeu la matriu de paràmetres S a  $f = 3\text{GHz}$ .
- Trobeu l'expressió de l'atenuació de la xarxa, definida com:

$$L = -10 \log \left( \frac{P_L}{P_{DISP}} \right) \text{ (dB)}$$

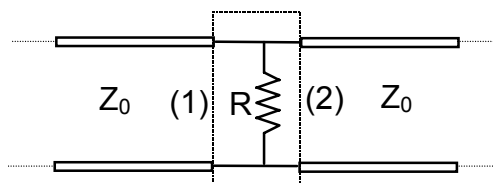
essent  $P_L$  la potència dissipada a la càrrega i  $P_{DISP}$  la potència disponible del generador.

DADES:  $R = 50 \Omega$ ,  $C = 1,061 \text{ pF}$ ,  $Z_0 = 50 \Omega$



1.11 Per la xarxa de dos accessos de la figura, considerant impedància de referència  $Z_0 \neq R$

- Quines propietats aconsegueix la seva matriu S?
- Quina és la quantitat mínima de paràmetres que s'han de calcular per tal de caracteritzar totalment l'estructura?, Perquè?
- Determineu el paràmetre  $S_{11}$ .



- 1.12 Una xarxa passiva, recíproca i sense pèrdues de dues portes adapta una càrrega de valor  $Z_L = 100 + j50 \Omega$ . Calculeu els paràmetres  $[S]$  referits a  $50 \Omega$  de la xarxa sabent que la fase de  $s_{21}$  és igual a  $90^\circ$

- 1.13 Un biport té els següents paràmetres  $[s]$  referits a  $Z_o = 50 \Omega$ :

$$[s] = \begin{bmatrix} 0,69_{\angle -126^\circ} & 0,03_{\angle 37^\circ} \\ 11,6_{\angle 108^\circ} & 0,59_{\angle -31^\circ} \end{bmatrix}$$

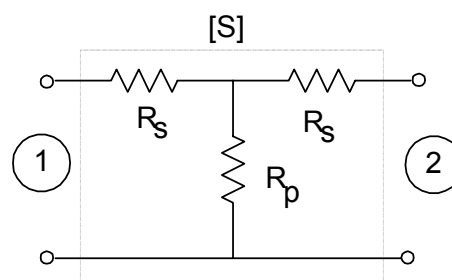
Calculeu el guany de transferència de potència,  $G_t$ , i el coeficient de reflexió a l'entrada del biport,  $\Gamma_{in}$ , si aquest es connecta entre un generador d'impedància interna  $Z_s = 25 \Omega$  i una càrrega  $Z_L = 100 \Omega$ .

- 1.14 Per l'atenuador resistiu en "T" de la figura:

- a) Calculeu la relació que hi ha d'haver entre  $R_s$  i  $R_p$  per tal que  $s_{11} = 0$  (la matriu  $[s]$  està referida a l'impedància  $Z_o$ ).

- b) Calculeu  $s_{21}$  per a la condició de l'apartat a) ( $s_{11} = 0$ ) en funció de  $R_s$  i  $Z_o$ .

- c) Supposeu que l'atenuador es connecta entre un generador d'impedància interna  $Z_s = Z_o$  i una càrrega  $Z_L = Z_o$ . En les condicions dels apartats a) i b), trobeu l'expressió del guany de transferència de potència  $G_t$ .

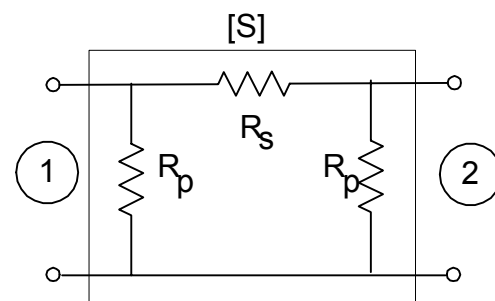


- 1.15 Seguint l'esquema de la figura:

- a) Dissenyeu un atenuador en "π" de 6dB adaptat (calcular  $R_s$  i  $R_p$ ), essent  $Z_o = 50 \Omega$ .

- b) Per l'atenuador dissenyat, calculeu  $G_t$  i  $\Gamma_{in}$  si es connecta entre un generador d'impedància  $Z_s = 50 \Omega$  i una càrrega  $Z_L = 100 \Omega$ .

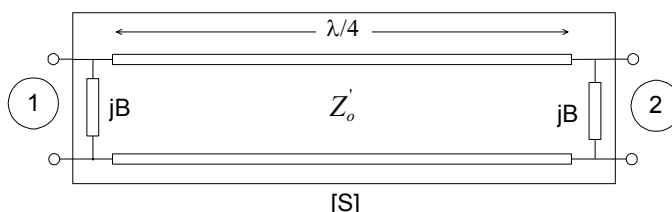
- c) Si la tensió del generador és  $V_s = 5V$ , calculeu la potència lliurada a la càrrega en les condicions de l'apartat b).



- 1.16 Per a la xarxa de 2 ports de la figura, contesteu les següents qüestions:

- a) ¿És simètrica? ¿És recíproca? Indiqueu per què i les implicacions pel què fa a la matriu  $[s]$ .

- b) Calculeu la matriu  $[s]$  referida a  $Z_o$  (diferent, en general, de  $Z_o'$ ).



**Suggestiment:** apliqueu la propietat de simetria.

- c) Imposeu la condició de biport adaptat ( $s_{ii} = 0$ ). ¿Quina relació ha d'haver entre  $Z_o'$ ,  $Z_o$  i  $B$ , per tal que es compleixi?

- d) En les condicions de l'apartat b), calculeu el desfasatge que introdueix la xarxa (fase del paràmetre  $s_{21}$ ) per als següents valors de B:  $B = 1/Z_o$  i  $B = -1/Z_o$ .
- e) De nou per a les condicions de l'apartat c), suposeu que la xarxa es connecta entre un generador d'impedància interna  $Z_s = Z_o$  i una càrrega d'impedància  $Z_L = Z_o$ . Calculeu la potència lliurada a la càrrega si la tensió del generador és de 5 V i  $Z_o = 50\Omega$ .
- f) A la vista dels resultats dels apartats d) i e), indiqueu una possible aplicació de la xarxa.

1.17 La matriu ABCD d'un biport, definida com

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ -I_2 \end{bmatrix}$$

és una descripció útil quan s'interconnecten diversos biports en cascada, ja que la matriu ABCD total és el producte (d'esquerra a dreta) de les matrius ABCD individuals.

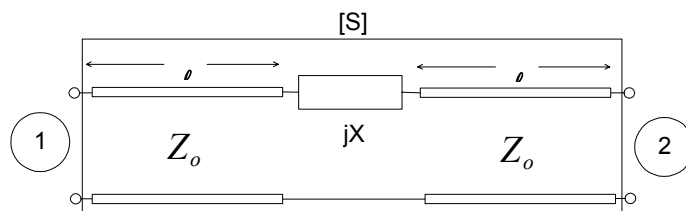
- a) Calculeu la matriu ABCD d'una línia de transmissió ideal, de longitud  $\ell$  i impedància característica  $Z_o$ .



- b) Calculeu la matriu ABCD d'una susceptància  $Y = jB$  en paral·lel.
- c) Calculeu la matriu ABCD del biport de

l'apartat d) de l'exercici 1.16, tot comprovant que  $s_{21} = \frac{2}{A + B/Z_o + CZ_o + D}$ .

- 1.18 Per a la xarxa de 2 ports de la figura, calculeu la matriu de paràmetres [s] referida a  $Z_o$ . **Suggeriment:** Utilitzeu l'efecte de desplaçament dels plans de referència sobre els paràmetres [s].



- 1.19 Un biport té els següents paràmetres [s] referits a  $Z_o = 50\Omega$ :

$$[s] = \begin{bmatrix} 0,6 & j0,8 \\ j0,8 & 0,6 \end{bmatrix}$$

- a) Indiqueu les propietats que compleix, tot justificant-les.
- b) Calculeu el coeficient de reflexió a l'entrada  $\Gamma_{in}$ , per a les següents impedàncies de càrrega:  $Z_L = 50\Omega$ ,  $Z_L = 0$ ,  $Z_L = -j\infty$ .
- c) Si el biport es connecta entre un generador d'impedància interna  $Z_s = 25\Omega$  i una càrrega  $Z_L = 100\Omega$ , calculeu el seu guany de transferència de potència,  $G_t$ .

- d) Per al cas  $Z_L = 50 \Omega$ , calculeu la potència reflectida a l'entrada  $P^-$ , i la potència lliurada a la càrrega,  $P_L$ , ambdues en funció de la potència incident,  $P^+$ .

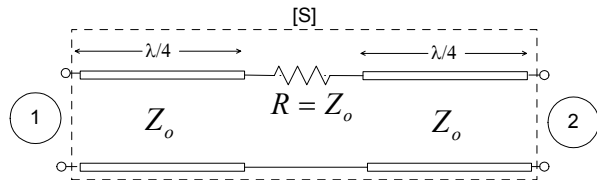
1.20 Un biport té els següents paràmetres  $[s]$  referits a  $Z_o = 50 \Omega$ :

$$[s] = \begin{bmatrix} 0,1 & j0,8 \\ j0,8 & 0,2 \end{bmatrix}$$

- a) Indiqueu les propietats que compleix, tot justificant-les.  
b) Calculeu el coeficient de reflexió a l'entrada  $\Gamma_{in}$ , per a les següents impedàncies de càrrega:  $Z_L = 50 \Omega$ ,  $Z_L = 0$ ,  $Z_L = -j\infty$ .  
c) Per al cas  $Z_L = 50 \Omega$ , indiqueu quina fracció de la potència  $P^+$  incident al port 1 es dissipa al biport.

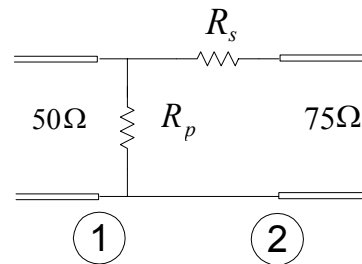
1.21 Per a la xarxa de 2 accessos de la figura:

- a) Indiqueu, de manera raonada, les propietats que compleix.  
b) Calculeu la seva matriu de paràmetres  $[s]$  referida a  $Z_o$ .  
c) Calculeu el coeficient de reflexió a l'entrada,  $\Gamma_{in}$ , si l'accés 2 es deixa en circuit obert.



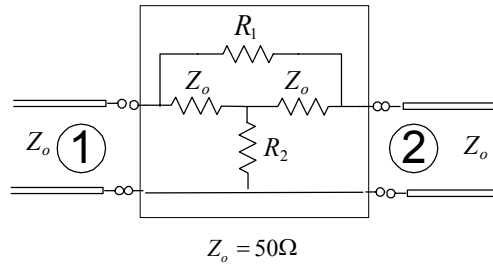
1.22 La xarxa de la figura ha de fer d'adaptador d'impedàncies (amb pèrdues) entre els nivells de  $50 \Omega$  i  $75 \Omega$  ( $s_{11} = s_{22} = 0$ ).

- a) Calculeu els valors de  $R_s$  i  $R_p$  (en  $\Omega$ ), i els de  $s_{12}$  i  $s_{21}$ , així com la pèrdua de transferència de potència.  
b) Si accidentalment la xarxa calculada es connecta a l'inrevés (accessos 1 i 2 intercanviats), ¿quant valdrà la relació d'ona estacionària a l'entrada (línia de  $50 \Omega$ ) i quant valdrà la pèrdua de transferència de potència?. **NOTA:** referiu els paràmetres  $[s]$  a  $50 \Omega$  a l'accés 1 i a  $75 \Omega$  a l'accés 2.



1.23 Utilitzant les propietats de simetria del circuit resistiu de la figura:

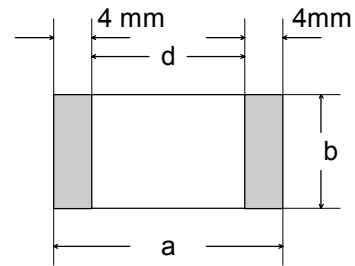
- a) Demostreu que perquè el circuit es comporti com un atenuador ideal cal que  $Z_o^2 = R_1 R_2$ .  
b) Suposant que  $Z_o = 50 \Omega$ , calculeu  $R_1$  i  $R_2$  perquè l'atenuador sigui de 20 dB.  
c) Si l'atenuador dissenyat d'aquesta manera es connecta a una càrrega desadaptada d'impedància  $Z_L = 50 + j100 \Omega$ , ¿quina serà la millora en dB de l'adaptació?



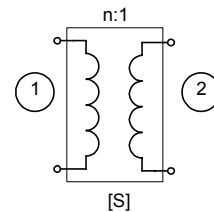
- 1.24 El diafragma de la figura, inserit dins d'una guia rectangular de dimensions  $a=2.86$  mm,  $b = 10.1$  mm, equival, per al mode dominant, a una susceptància normalitzada de valor

$$\bar{B} = -\frac{\lambda_g}{a} \operatorname{tg}^2 \left[ \frac{2\pi(a-d)}{a} \right]$$

Escriviu les expressions dels camps del mode dominant a la guia a cada banda del diafragma, suposant que l'excitació és produïda per un generador de freqüència 10 GHz situat a varies longituds d'ona del diafragma i que, per l'altra banda del diafragma, la guia és infinita (o està acabada en una càrrega adaptada).



- 1.25 Calculeu la matriu [s] referida a  $Z_o$  per a un transformador ideal de relació de transformació  $n:1$ .



- 1.26 Calculeu la matriu de paràmetres [s] d'un tram de línia de transmissió d'impedància característica  $Z_o$ , referida a les impedàncies  $Z_{o1}$  i  $Z_{o2}$  en els accessos 1 i 2 respectivament.

