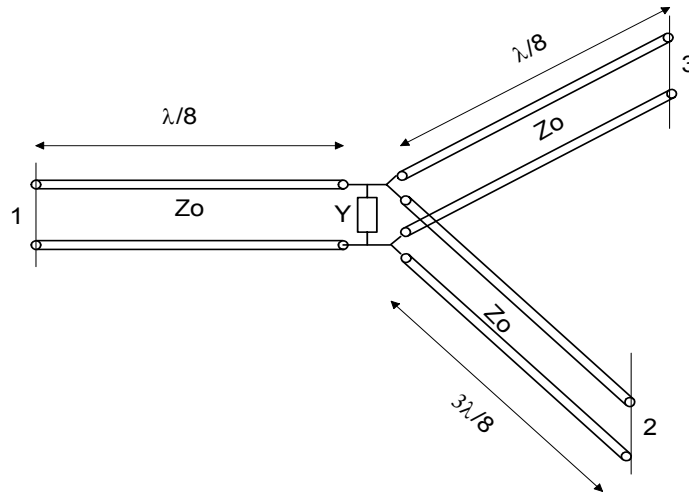
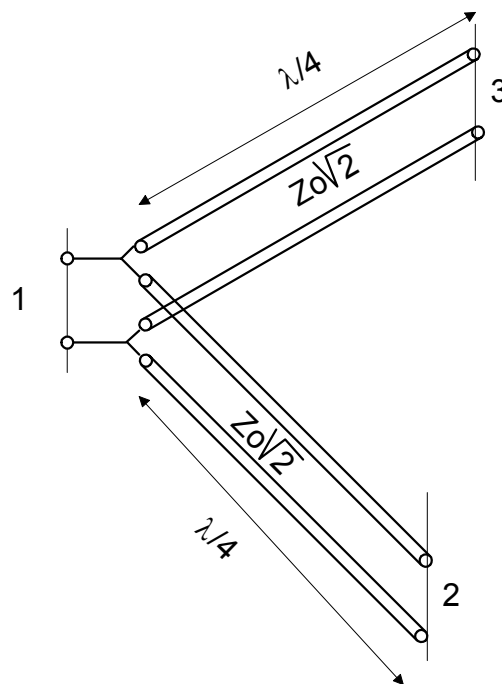


2. XARXES DE TRES Y QUATRE ACCESSOS

2.1 Trobeu els paràmetres S de la xarxa de tres portes de la figura, referits a Z_0 .

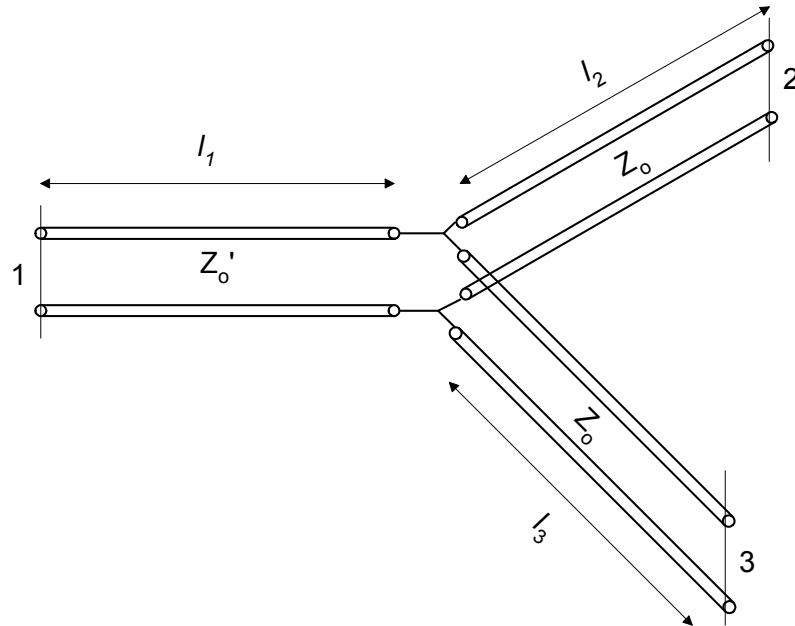


2.2 Considereu el divisor fet amb línies de transmissió ideals de la figura ($Z_0 = 50 \Omega$).



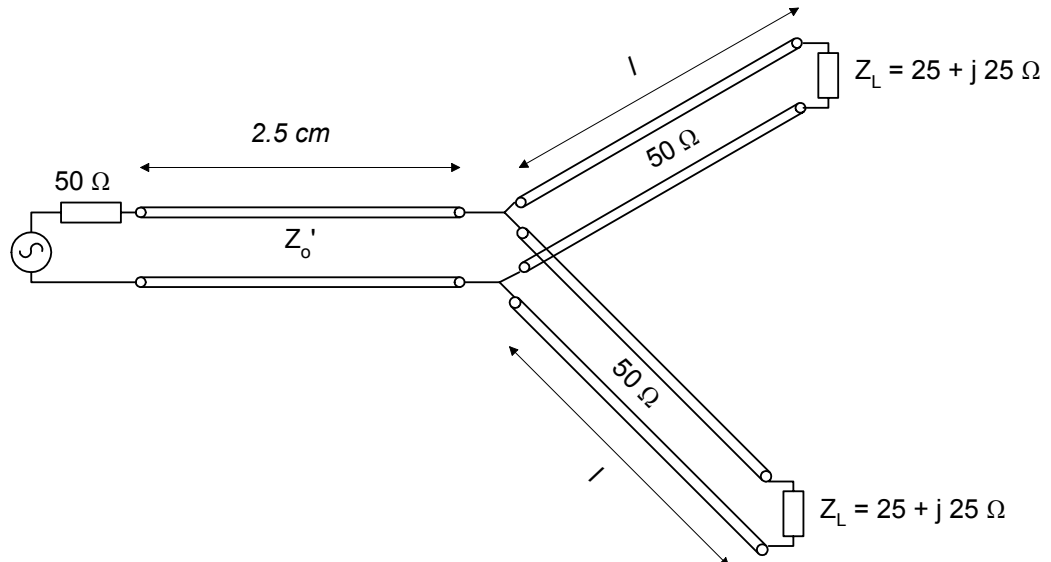
- Trobeu els seus paràmetres S
- Calculeu la fracció de potència que retorna cap a un generador canònic connectat al port 1 (respecte a la seva potència disponible) quan els ports 2 i 3 es carreguen amb impedàncies $40 + j30 \Omega$ i $40 - j30 \Omega$, respectivament

- 2.3 Considereu el divisor fet amb línies de transmissió ideals de la figura. Si la impedància de referència és $Z_0 = 50 \Omega$, $l_2 = l_3 = 3 \text{ mm}$, la velocitat de propagació a totes les línies és $v_p = 2.4 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, i la freqüència de funcionament és 10 GHz



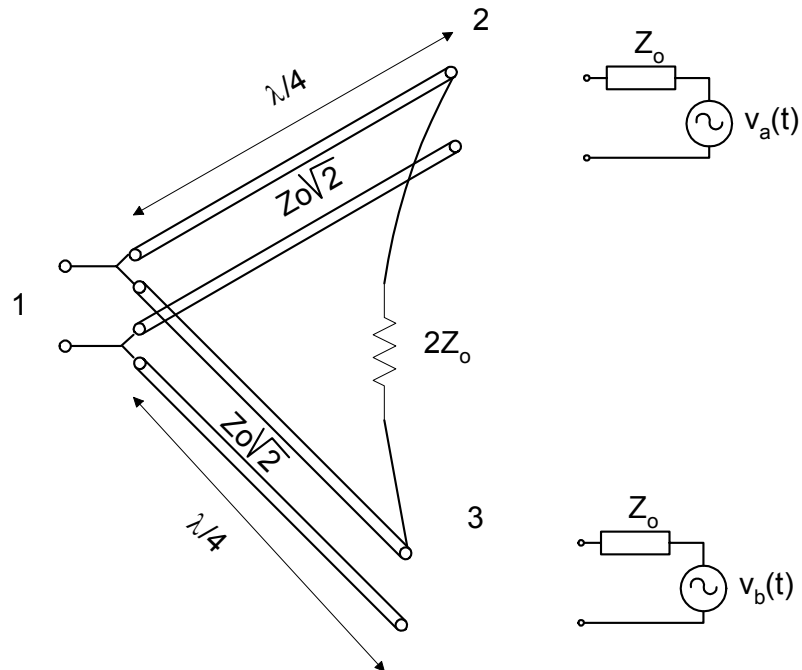
- Calculeu Z'_o i l_1 per tal que $S_{11} = 0$
- Trobeu la seva matriu de paràmetres S

- 2.4 Considereu el divisor fet amb línies de transmissió ideals de la figura.



- Calculeu Z'_o ($> 50 \Omega$) i l per tal que el generador estigui adaptat a 3 GHz .
- Amb els valors anteriors, calculeu les relacions d'ona estacionària a les tres línies.

2.5 La xarxa de tres accessos de la figura constitueix un divisor de Wilkinson.



- a) Als accessos 2 i 3 es connecten els generadors de tensió $v_a(t)$ i $v_b(t)$, respectivament, d'impedància interna Z_0 , sent :

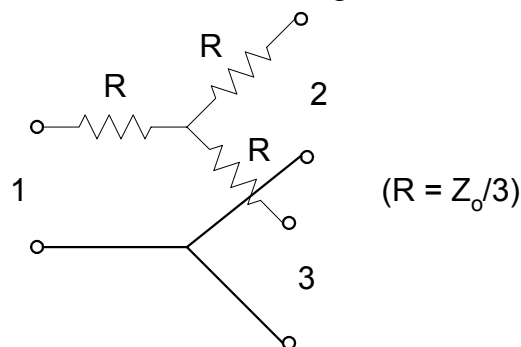
$$v_a(t) = 10 \sin(\omega_0 t + (\pi/4)) \text{ (V)}$$

$$v_b(t) = 10 \cos(\omega_0 t - (\pi/2)) \text{ (V)}$$

Si l'accés 1 s'acaba amb una impedància de valor $Z_1 = 2 Z_0$, determineu l'expressió temporal del corrent (A) que circula per aquesta impedància

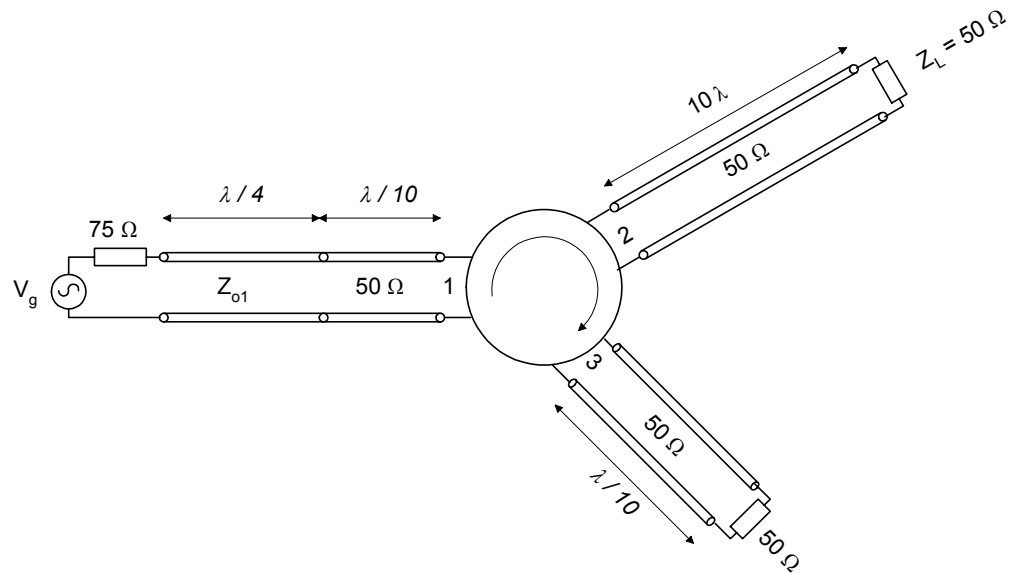
- b) En una altra configuració, l'accés 2 està acabat en un circuit obert, i l'accés 3 en una impedància de valor Z_0 . Si en l'accés 1 es connecta un generador de tensió $v_a(t)$ i d'impedància interna Z_0 , determineu la potència (en W) que es dissipa a la impedància $R = 2 Z_0$ del divisor.

2.6 Considereu el divisor resistiu de la figura.



- a) Indiqueu les propietats que compleix, justificant-les
b) Calculeu la seva matriu de paràmetres S, referida a Z_0
c) A la vista dels paràmetres calculats a b), indiqueu quina és l'atenuació introduïda pel divisor (en dB) en condicions nominals de generador i de càrrega.

2.7 Considereu la xarxa de la figura, on totes les línies i el circulator són ideals.



- Calculeu la d'impedància característica Z_{01} per tal que el generador entregui la màxima potència a la càrrega Z_L .
- Si $V_g = 300$ V, calculeu el valor complex de la tensió i corrent a la càrrega, i la potència que s'hi dissipa.

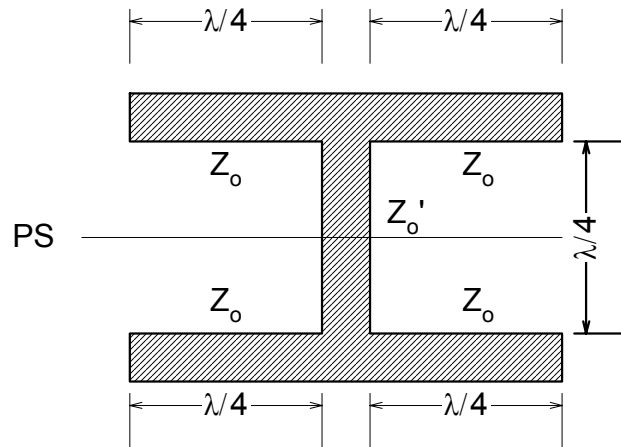
2.8 Es disposa d'una xarxa de tres portes, passiva, recíproca i sense pèrdues, de la qual se sap que els seus paràmetres S a compleixen:

$$S_{11} = 0, \quad S_{12}, S_{13}, S_{22} \text{ i } S_{33} \text{ son reals i positius}$$

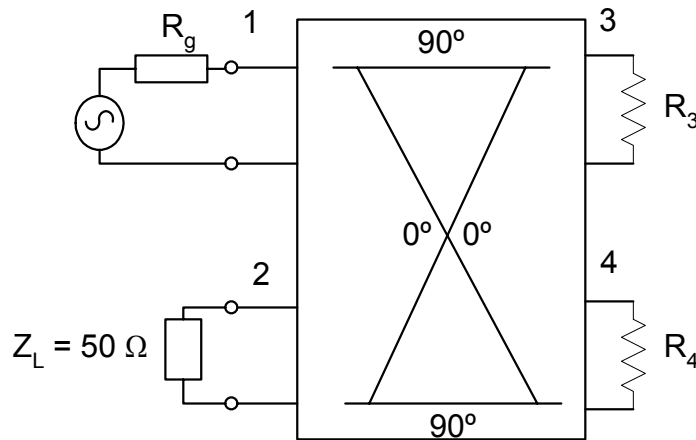
La xarxa es connecta, per la porta 1, a un generador canònic de 1 W de potència, i per les altres dues a sengles impedàncies de referència Z_0 . Llavors, la potència que surt per la porta 2 és de 0.6 W.

- Quina potència surt per la porta 3 i quina n'és reflectida cap al generador ?
- Deduïu la matriu de paràmetres S a partir de l'aplicació de les propietats de la matriu per aquest tipus de xarxa.
- Si ara es curtcircuita la porta 3, i la 2 es deixa connectada a Z_0 , quina és la potència sortint per la porta 2 ?

- 2.9 Trobar la matriu de paràmetres S del circuit de quatre portes de la figura fent ús de la propietat de simetria del circuit. Tots els trams de línia tenen longitud $\lambda/4$, $Z'_o = \frac{1}{2} Z_o$

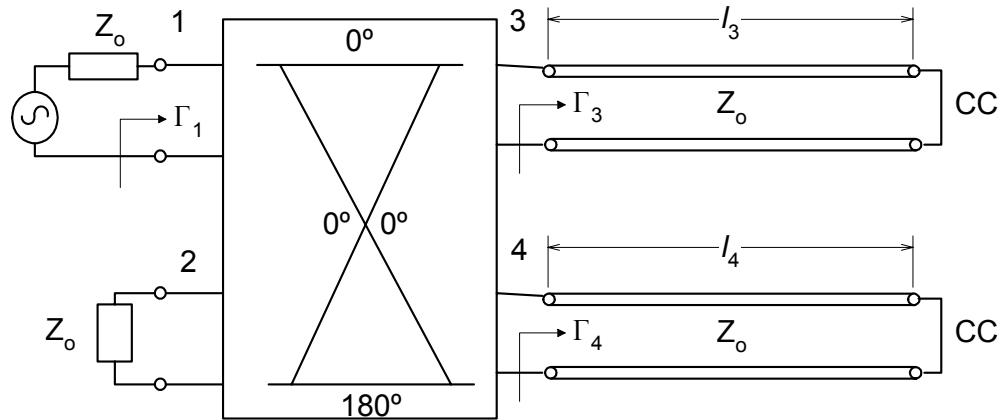


- 2.10 Considereu un generador de potència disponible +5 dBm, i impedància interna $R_g=50 \Omega$ connectat a l'accés 1 de la xarxa de la figura.

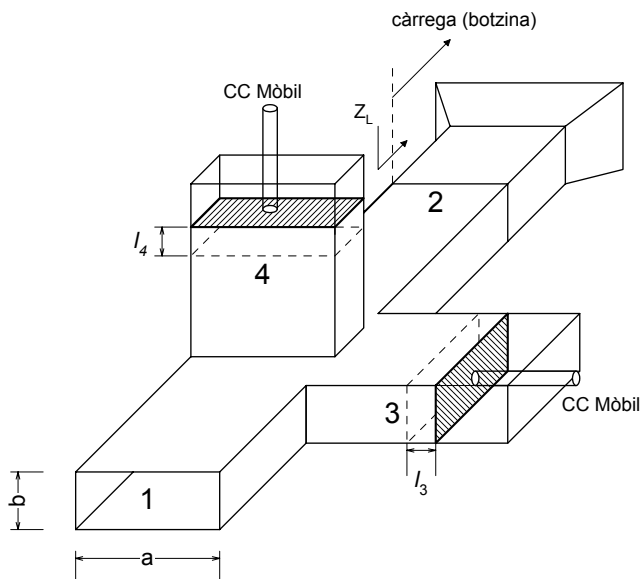


- Si es vol que el generador lliuri tota la potència a la xarxa, quina condició han de complir les resistències R_3 i R_4 si han de ser diferents de la impedància de referència $Z_o = 50 \Omega$?
- Determineu un parell de valors de R_3 i R_4 per tal que la potència lliurada a la càrrega Z_L sigui -5 dBm, en el supòsit de l'apartat anterior.
- Si els accessos 3 i 4 es troben permanentment carregats amb $R_3 = R_4 = R$, escriviu la matriu de paràmetres S (2x2) referida a Z_o , de la xarxa resultant de considerar únicament els accessos 1 i 2.

- 2.11 El circuit de la figura actua com un híbrid ideal de 180° . A les portes 3 i 4 es connecten dos trams de línia de transmissió ideal de longituds variables, l_3 i l_4 respectivament., acabades en curtcircuits. La porta 2 s'acaba amb la impedància de referència Z_o .

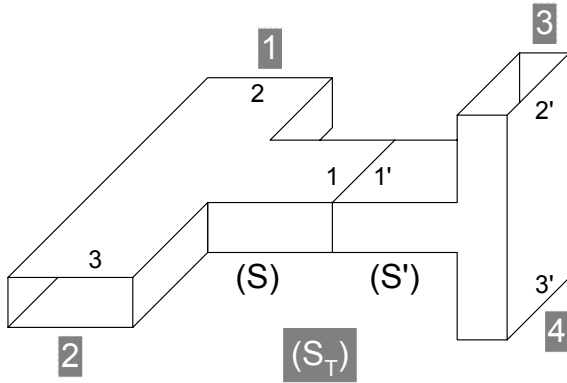


- Escriu l'expressió del coeficient de reflexió Γ_1 en funció de Γ_3 i Γ_4 .
 - Suposant $l_3 = \lambda/8$ i que l_4 pot variar entre 0 i $\lambda/2$, trobeu el valor de l_4 per tal que la impedància d'entrada a la porta 1 sigui :
 - $Z_1 = Z_o$
 - $Z_1 = j Z_o$
 - Per les 2 condicions de l'apartat b), calcular la potència que arriba a la càrrega Z_o de la porta 2 suposant que la potència incident a la porta 1 sigui de 1mW.
- 2.12 La figura mostra una "T" híbrida ("T" màgica) en guia d'ona rectangular, que actua com a dispositiu adaptador de qualsevol càrrega. La càrrega que es vol adaptar, de coeficient de reflexió Γ_L , es connecta a la porta 2 de la T. Γ_3 i Γ_4 són els coeficients de reflexió que presenten dos curtcircuits en guia mòbils situats, respectivament, a distàncies l_3 i l_4 dels plans de referència 3 i 4 de la T. Les dimensions de la guia són: $a = 22.86$ mm, $b = 10.16$ mm. La freqüència de funcionament és 8.5 GHz.



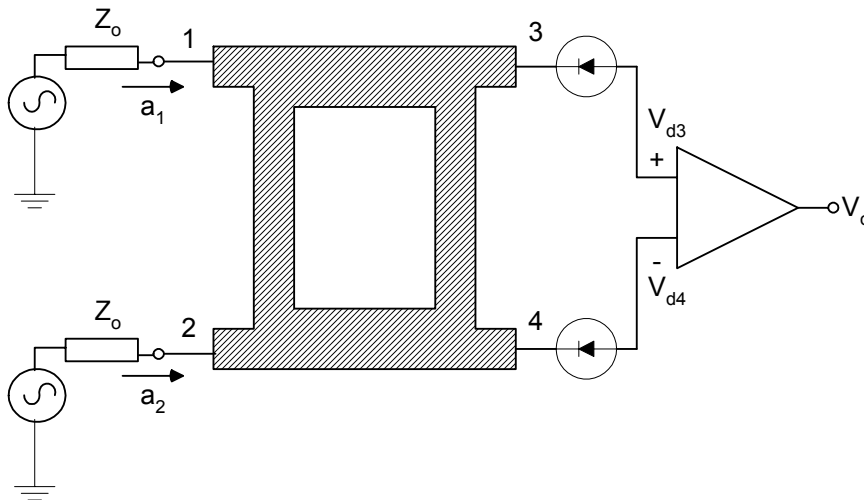
- Demostreu que, per tal que a l'accés 1 no es produeixin reflexions (adaptació), s'ha de complir la següent relació : $\Gamma_L = (1/2) \cdot ((1/\Gamma_3) + (1/\Gamma_4))$.
- En el supòsit de l'apartat anterior, si $l_3 = 24.3$ mm i $l_4 = 17.36$ mm, determineu la impedància normalitzada de la càrrega (botzina), Z_L . Indicació : Aquest apartat es pot resoldre de forma aproximada mitjançant la Carta de Smith, o bé analíticament.

2.13 Considereu la unió d'una "T" de pla E i una de pla H de la figura. Les "T" tenen tots els seus paràmetres S reals, i la porta 1 (i porta 1') adaptades ($S_{11} = S'_{11} = 0$).

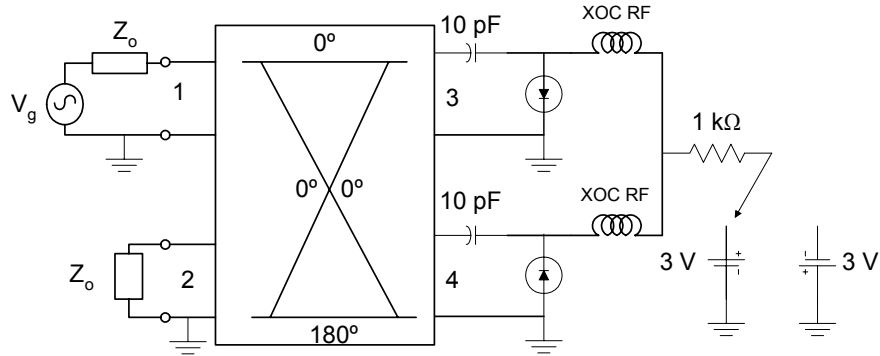


- Escriviu la matriu de paràmetres S de cada T
- Utilitzeu el resultat de l'apartat anterior per calcular la matriu S_T de la unió. És unitària la matriu ?

2.14 Considereu el detector de fase de la figura, format per un híbrid ideal de 90° i dos detectors Schottky quadràtics ($V_{Di} = k \cdot P_{Li}$, sent $i = 3, 4$, P_{Li} la potència que arriba al diode, i k una constant), idèntics i perfectament adaptats. Si els generadors són a la mateixa freqüència i tenen la mateixa amplitud a però fases diferents ($a_1 = a \cdot e^{j\phi_1}$, $a_2 = a \cdot e^{j\phi_2}$), deduïu l'expressió de la tensió de sortida V_o en funció de a i de $(\phi_1 - \phi_2)$.

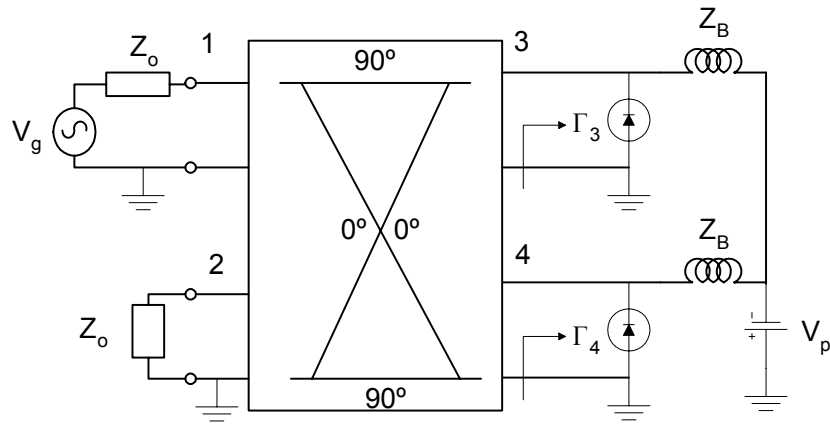


- 2.15 Donat el circuit de la figura, calculeu la relació b_2/a_1 per ambdues posicions de l'interruptor. Els diodes PIN es suposen ideals ($Z = 0$ i $Z = \infty$). La freqüència es 1 GHz i la impedància de referència és $Z_0 = 50 \Omega$.



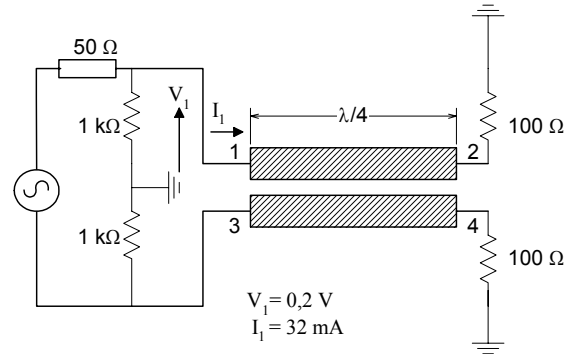
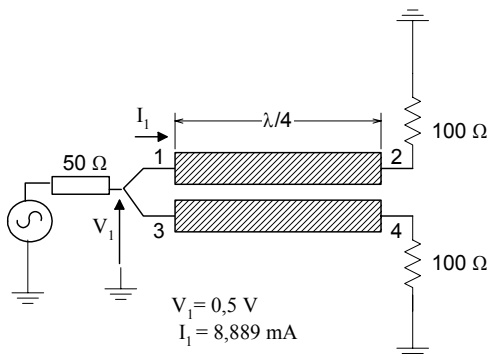
- 2.16 La figura representa un híbrid ideal de 3 dB i 90° , amb diodes varactors ideals i idèntics connectats a les seves portes 3 i 4. La impedància de referència és $Z_0 = 50 \Omega$. La freqüència de treball és de 5 GHz. Els diodes, polaritzats amb una tensió contínua inversa V_p a través d'un xoc de RF ideal ($Z_B(f) = \infty$ per $f \neq 0$), es modelen amb una capacitat $C_d(V_p)$ variable, de valor :

$$C_d = \frac{2}{\sqrt{1 - \frac{V_p}{0.9}}} \text{ pF} \quad (V_p < 0)$$

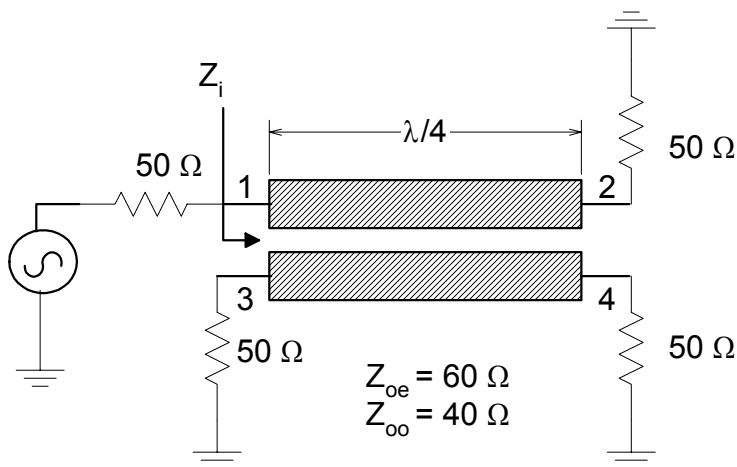


- Escriviu la matriu S de l'híbrid i determineu la condició que han de complir els coeficients de reflexió de les càrregues Γ_3 i Γ_4 , per tal que el generador vegi una càrrega adaptada, sent $Z_2 = Z_0$
- Calculeu l'atenuació de la xarxa ($A = P_d/P_2$), sent P_d la potència disponible del generador, i P_2 la que es dissipa a la càrrega $Z_2 = Z_0$. Supposeu, $Z_3 = Z_4 = Z$ càrregues reactives iguals.
- Deduïu l'expressió del guany de tensió $G_V = 2V_2/V_G$ en funció de les fases de $Z_3 = Z_4 = Z$ ($\phi_3 = \phi_4 = \phi$).
- Calculeu el desfasatge introduït per la xarxa, $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$, sent ϕ_2 la fase de la tensió a la porta 2 i ϕ_1 la fase de la tensió del generador, quan $V_p = -1.5 \text{ V}$

- 2.17 Sobre una secció de dues línies acoblades de longitud $\lambda/4$ a la freqüència de treball, s'efectuen les mesures indicades a la figura adjunta. Calculeu, fent ús de la simetria del circuit, la matriu de paràmetres S referida a $Z_0 = 50 \Omega$.

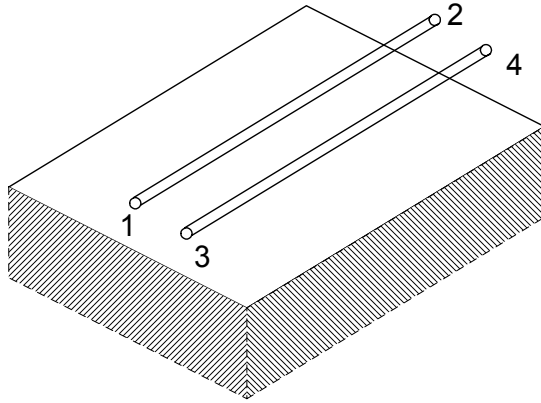


- 2.18 Calculeu la impedància d'entrada Z_i de l'acoblador direccional de la figura a partir de la descomposició del problema en una part parell (simètrica) i una part imparell (antisimètrica). Dades : $Z_0 = 50 \Omega$, $Z_{oe} = 60 \Omega$, $Z_{oo} = 40 \Omega$.



2.19 Un acoblador direccional d'UHF es realitza mitjançant dues línies acoblades simètriques formades per dues barres cilíndriques situades a l'aire sobre un pla de massa, com a la figura. Mesures de capacitat realitzades sobre el sistema proporcionen els següents valors :

- Capacitat entre les barres (connectades entre sí) i massa : $C_a = 111.1 \text{ pF/m}$
- Capacitat entre una barra i l'altra connectada a massa : $C_b = 67.77 \text{ pF/m}$



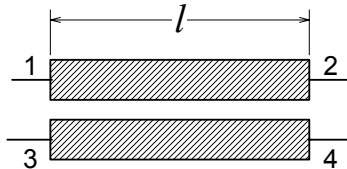
- a) Calculeu la longitud de l'acoblador en cm per tal que l'acoblament a 600 MHz sigui de 20 dB. La impedància de referència és $Z_0 = 50 \Omega$
- b) Si la branca principal (1-2) està acabada ($Z_L = 50 \Omega$), calculeu la magnitud de l'ona estacionària que s'hi produeix si els accessos acoblats (3-4) es deixen en circuit obert.

Dades :

$$S_{13} = \frac{j\alpha \sin \varphi}{\sqrt{1 - \alpha^2} \cos \varphi + j \sin \varphi}, \alpha = \frac{Z_{oe} - Z_{oo}}{Z_{oe} + Z_{oo}}$$

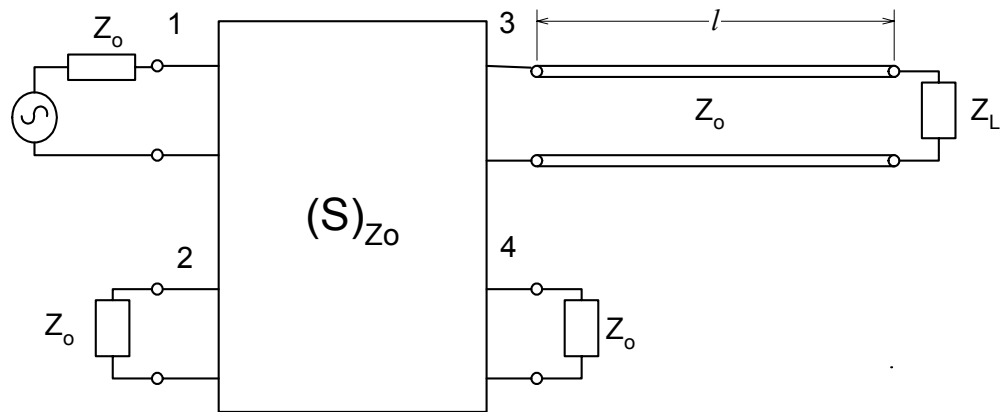
2.20 L'acoblador direccional imperfecte de la figura està realitzat amb línies stripline acoblades, i te els següents paràmetres S :

$$S_{11} = 0.099, S_{12} = -j 0.99, S_{13} = 0.1, S_{14} = j 0.01$$



- a) Utilitzant arguments de simetria i reciprocitat, escriviu la resta d'elements de la matriu de paràmetres S
- b) A partir de la matriu anterior, deduïu si les línies acoblades tenen pèrdues o no.
- c) Calculeu l'Acoblament, la Directivitat i les Pèrdues de Retorn en dB.
- d) Si es situa un generador adaptat a la porta 1, la porta 2 es carrega amb un curtcircuit, i les 3 i 4 amb càrregues adaptades, quan val la relació (b_3/b_4) ?

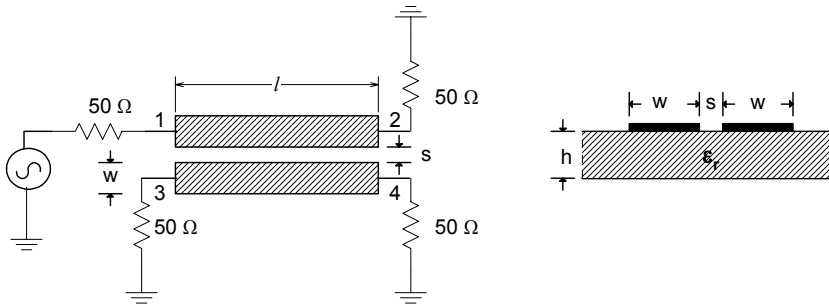
- 2.21 El circuit de la figura, basat en un acoblador direccional ideal d'acoblament $\alpha=0.1\angle 0^\circ$, s'utilitza per a la mesura de la impedància complexa de càrregues, mitjançant el factor M , definit com $M = b_2/b_4$. A l'accés 3 de l'acoblador es connecta un tram de línia de transmissió, d'impedància característica igual a la de referència ($Z_o = 50 \Omega$), de longitud l desconeguda. Quan a l'extrem de la línia es connecta un curtcircuit en substitució de Z_L , s'obté $M = 1 \angle 30^\circ$. Si es reemplaça el curtcircuit per la càrrega Z_L , el valor obtingut és $M = 0.5 \angle 60^\circ$.



- Trobeu l'expressió que relaciona el factor M amb el coeficient de reflexió de la càrrega Z_L .
- Determineu la longitud l de la línia de transmissió en termes de λ , i el valor de Z_L .
- Reescriuiu l'expressió anterior per al cas en que l'acoblador direccional presenti un terme d'aïllament de $40 \text{ dB} \angle 0^\circ$. En aquestes condicions, quin factor M es mesuraria per a la càrrega Z_L ?

$$[S]_{Z_o} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & \alpha \\ 0 & 0 & \alpha & -1 \\ 1 & \alpha & 0 & 0 \\ \alpha & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

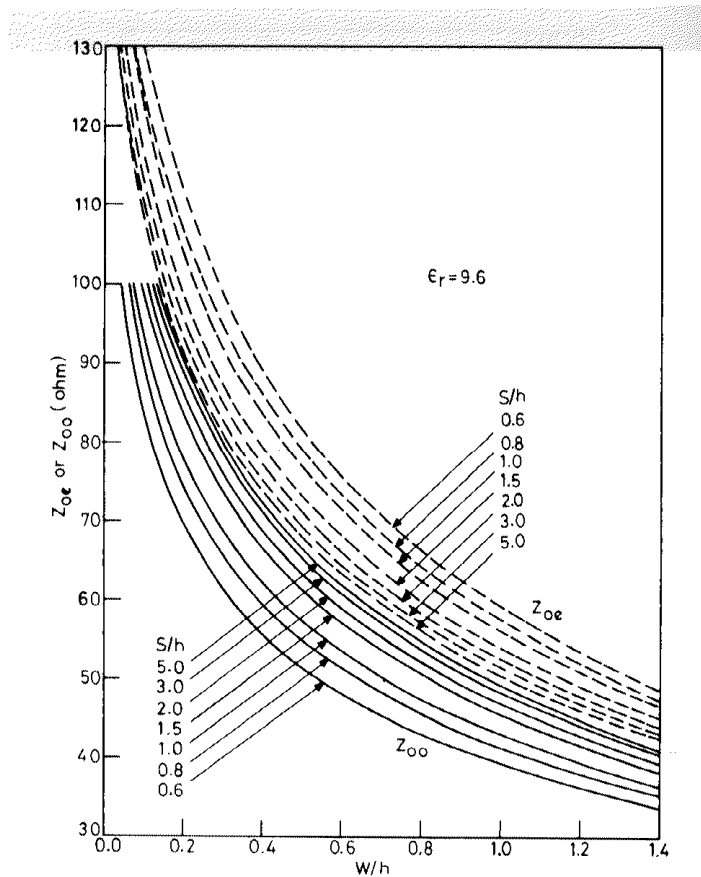
- 2.22 Amb l'estructura de línies acoblades de la figura, es desitja realitzar un acoblador direccional de 15 dB d'acoblament a la freqüència central $f_0 = 3$ GHz. La impedància de referència es $Z_0 = 50 \Omega$ i $\epsilon_{\text{ref}} = 6$ per ambdós modes (parell i imparell).



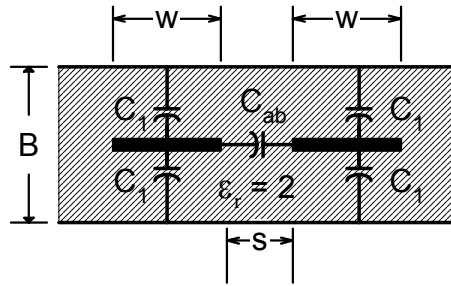
- Calculeu l'amplada (w/h) i separació (s/h) entre línies per obtenir l'acoblament desitjat (utilitzeu les gràfiques adjuntes), i la longitud l (mm).
- Considerant l'acoblador sense pèrdues dissipatives, calculeu les pèrdues d'inserció en dB, entre els accessos 1 i 2. També s'anomenen pèrdues per acoblament.
- Calculeu l'acoblament a la freqüència de 5 GHz.

Dades :

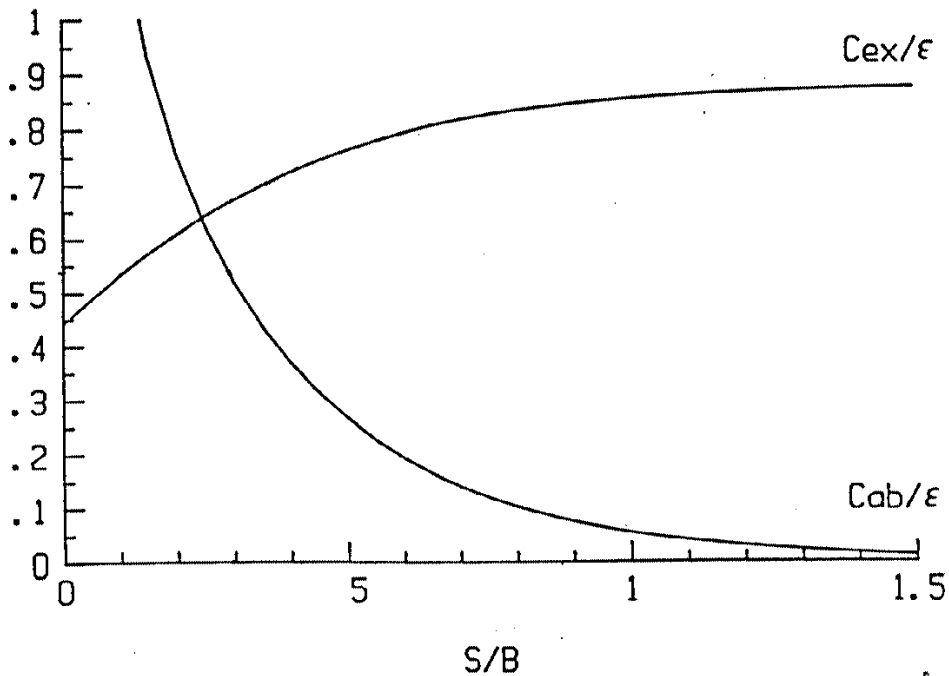
$$S_{13} = \frac{j\alpha \sin \varphi}{\sqrt{1 - \alpha^2 \cos \varphi + j \sin \varphi}}, \alpha = \frac{Z_{oe} - Z_{oo}}{Z_{oe} + Z_{oo}}$$



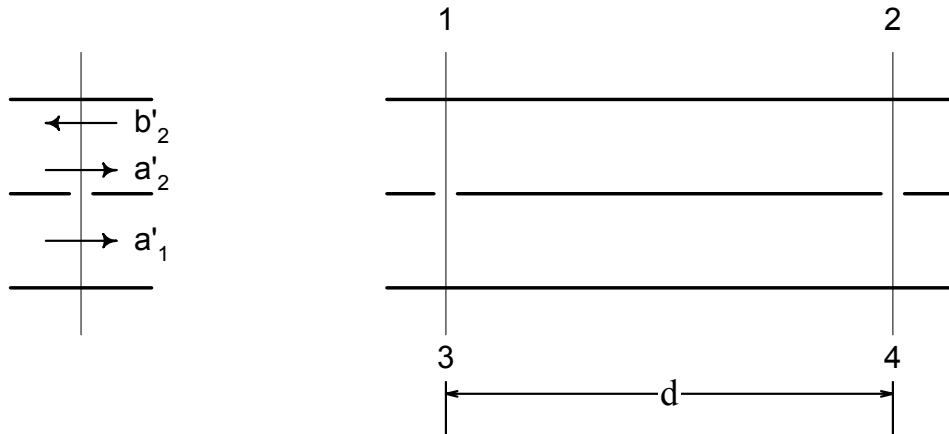
- 2.23 Calculeu les dimensions (amplada w , separació s , i longitud l) d'un parell de línies acoblades stripline de gruix $b = 3 \text{ mm}$, per tal d'obtenir un acoblament de 20 dB a la freqüència central de 10 GHz, sabent que (amb referència a la figura adjunta) : $C_1 = C_p + C_{ex}$, sent C_p la capacitat corresponent al condensador de plaques paral·leles, menyspreant l'efecte de vores, i C_{ex} és la capacitat que té en compte aquest efecte. Les magnituds normalitzades (C_p/ϵ) i (C_{ex}/ϵ) es donen a la gràfica adjunta, en funció de s/b .



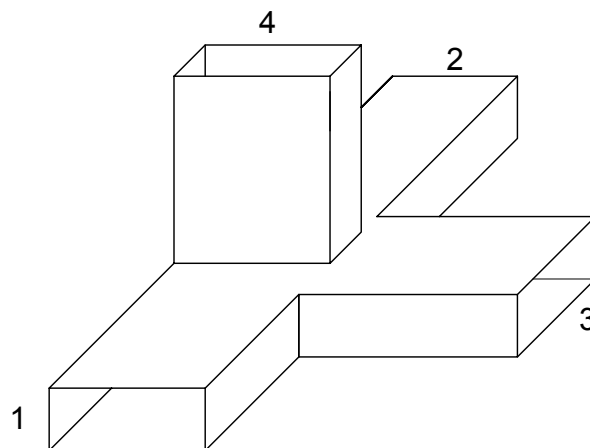
Dades : $S_{13} = \frac{j\alpha \sin\phi}{\sqrt{1-\alpha^2} \cos\alpha + j\sin\phi}$, $\alpha = \frac{Z_{oe} - Z_{oo}}{Z_{oe} + Z_{oo}}$



- 2.24 L'acoblador direccional en guia de la figura està format per dues guies d'ona rectangular (freqüència de tall $f_c = 6.5$ GHz) unides, per la seva cara ampla, mitjançant dos forats que produeixen ones acoblades de valor: $a'_2 = b'_2 = 0.05a'_1$.



- Calculeu el valor de la distància entre els dos forats, d , per una freqüència central de disseny $f_0 = 10$ GHz, i l'acoblament
 - Calculeu l'ample de banda pel qual l'acoblador té una directivitat més gran o igual a 25 dB. Per aquest càlcul, ignoreu l'efecte de dispersió de les guies.
- 2.25 Un generador de 1 mW de potència disponible es connecta a la porta 4 de la "T" híbrida de la figura. La porta 1 està acabada amb una càrrega adaptada i la 2 en curtcircuit.



- Si la porta 3 també està acabada, quines potències absorbeixen les càrregues 1 i 3?. Què passa amb la potència fins 1 mW ?
- Si el curtcircuit de la branca 2 es situa ara a $\lambda_g/4$ del pla de referència, escriviu la matriu de paràmetres S del biport resultant de considerar només els accessos 3 i 4.

3. FILTRES A FREQUÈNCIES DE MICROONES

- 3.1 Es vol dissenyar un filtre passa-banda txebisxev, mitjançant trams de línia de transmissió i inversors de impedàncies, amb les següents especificacions:

Banda de pas: entre $f_1=2,34\text{GHz}$ i $f_2=2,586\text{GHz}$, amb arrissat constant de **3dB**.

Banda atenuada: amb una atenuació superior a **L>35dB** per sota de $f_a=2\text{GHz}$ i per sobre de $f_b=2,85\text{GHz}$.

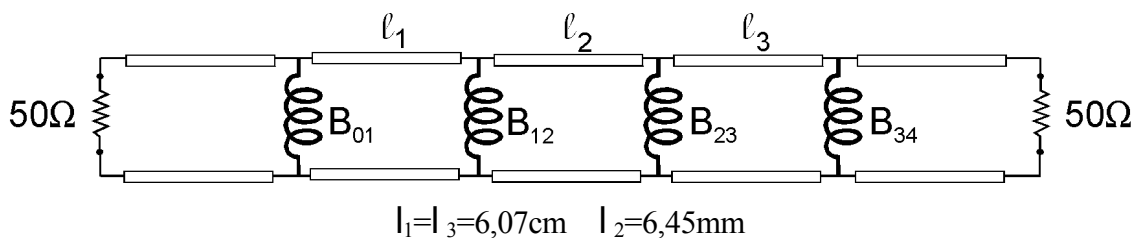
- a) Determini la plantilla del model passa-banda i trobi, a partir del gràfic i la taula adjunta, el prototipus passa baix d'ordre menor possible.
- b) Trobi el filtre passa-banda (Valors dels controls de inversió i longitud dels trams de línia necessaris) a partir del prototipus passa-baix anterior, mitjançant el circuit bobina-línies de transmissió com a inversor.

3.2 Dissenyi un filtre passa-banda per a un receptor de TVSAT, centrat a la freqüència de $f_0=11\text{GHz}$ amb un arrissat dins la banda de pas de **0,5dB**. L'ample de banda ha d'ésser de **1GHz**, mentre que a la freqüència imatge de $f_{im}=13,18\text{GHz}$ atenuï com a mínim **35dB**. Si el filtre es vol construir amb línies acoblades.

- Dibuixi la plantilla de l'atenuació-freqüència per al model passa-banda i la del prototipus passa-baix equivalent. Mitjançant les gràfiques adjuntes (pàg. 24), determini el prototipus (ordre y valor de g_i).
- Determini el filtre passa-banda (valors de les constants de inversió J i longitud de les línies) a partir del prototipus passa-baix anterior, mitjançant línies de transmissió i Inversors de admitància.
- Si es substitueixen les línies de transmissió i inversors per línies acoblades, a partir de les taules adjuntes, ¿Quina és la relació s/h per a cada inversor?

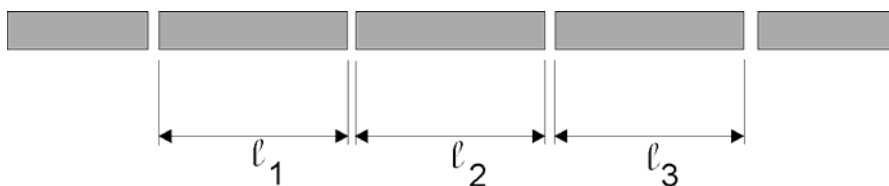
3.3 L'estructura de la figura és un filtre passa-banda, centrat a $f_0=2,0\text{GHz}$ i ample de banda de $W=20\%$, realitzat amb inductàncies en paral·lel i línies de transmissió de 50Ω i dielèctric aire. Trobi:

- Els valors desnormalitzats de les inductàncies.
- El prototipus passa-baix de paràmetres concentrats equivalent.



3.4 El filtre de la figura està realitzat amb línies microstrip de 50Ω i $m_{ref}=1,8$. Les separacions entre els ressonadors ("gaps") equivalen a condensadors en sèrie discrets. Si les freqüències de tall son $f_1=7,61\text{GHz}$ i $f_2=8,41\text{GHz}$:

- Calculi el valor de la capacitat equivalent de cadascun dels "gaps".
- Calculi els valors dels elements del prototipus passa baix.



$$l_1=l_3=11,8\text{mm} \quad l_2=13\text{mm}$$

- 3.5 La figura següent és un esquema dels conductors del pla central d'un circuit 'stripline' que sintetitza un filtre passa banda de tercer ordre amb línies acoblades simètriques.

Si el prototipus passa-baix és un Butterworth ($g_1=g_3=1$, $g_2=2$), els marges de la banda de pas del filtre real son $f_1=20\text{GHz}$ i $f_2=23\text{GHz}$, la constant dielèctrica del substrate és $\epsilon_r=2,2$, calculi els valors de les impedàncies Z_{0e} i Z_{0o} per als trams de línies acoblades, així com les seves longituds l_i ($i=1,2,3$ i 4).

