

# PROBLEMAS DE MICROONDAS: ANÁLISIS DE CIRCUITOS DE MICROONDAS

## PROBLEMA 1 (examen febrero 2002)

El objetivo de este ejercicio es caracterizar un determinado circuito de microondas y la realización de un balance energético en el mismo.

- Se pretende caracterizar una discontinuidad en un circuito de microondas. Las medidas han demostrado que el circuito equivalente de la figura 2.1 (recíproco y sin pérdidas) representa dicha discontinuidad. También se sabe que el parámetro  $s_{11}$  medido respecto a una impedancia de 50 ohmios vale  $0.62_{29.7^\circ}$ . Determine el valor de la reactancia  $X$ , la relación del transformador y el resto de los parámetros S del circuito correspondiente de la discontinuidad. (20 minutos)
- Se dispone de un generador de tensión (definido por  $V_g$  y  $Z_g$ , figura 2.2) que origina una onda de potencia  $b_g$  (definida como aquella onda de potencia que el generador excitaría en una línea de transmisión indefinida de impedancia  $Z_0=50$  ohm). Obtenga el valor de  $b_g$  en función del voltaje del generador en circuito abierto y de la impedancia del generador  $Z_g$ . (10 minutos)
- Dicho generador se conecta al cuádrupolo del apartado a. Determine el valor de la potencia consumida en una carga  $Z_L$  en función de las ondas de potencia  $b_g$ ,  $\mathbf{a}$  y  $\mathbf{b}$  (donde  $\mathbf{a}$  y  $\mathbf{b}$  son los vectores de las ondas de potencia de entrada y salida del cuádrupolo) y de los correspondientes coeficientes de reflexión de generador  $\Gamma_g$  y  $\Gamma_L$  respectivamente. Aplicación para  $V_g=10$  V,  $Z_g=Z_L=60$  ohm (15 minutos)

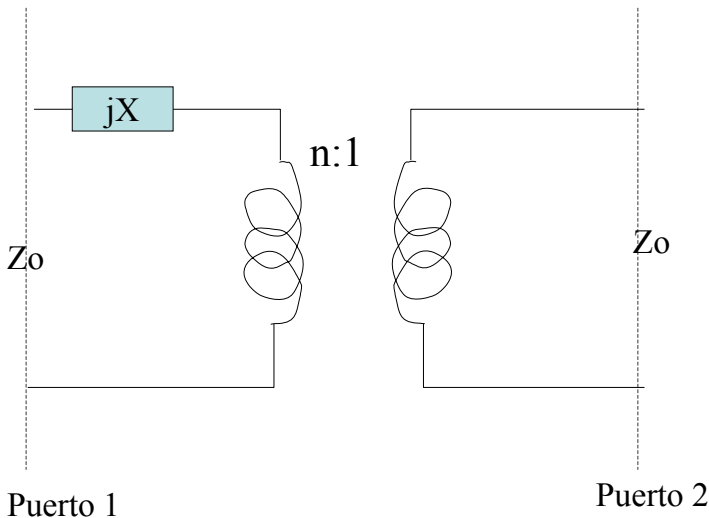


Figura 2.1.

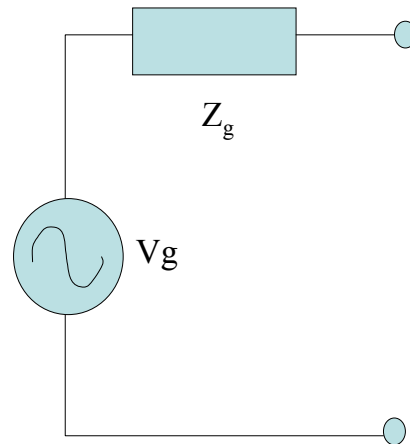


Figura 2.2

## PROBLEMA 2

Calcular la matriz final de una T plano H si el brazo correspondiente al eje de simetría se cierra con un cortocircuito variable. Comente los resultados.

## PROBLEMA 3 (examen febrero de 2000)

La red de la figura representa una unión ternaria con tramos de línea con longitudes  $\lambda/4$  e impedancias normalizadas  $\sqrt{2}$ . Se pide:

- Encuentre la matriz de parámetros S referida a una impedancia normalizada de 1 en la red de la figura 1. (Se recomienda ayudarse de un análisis en modo par o impar)

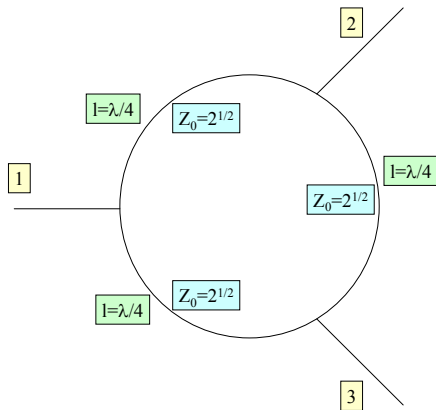


Figura 1

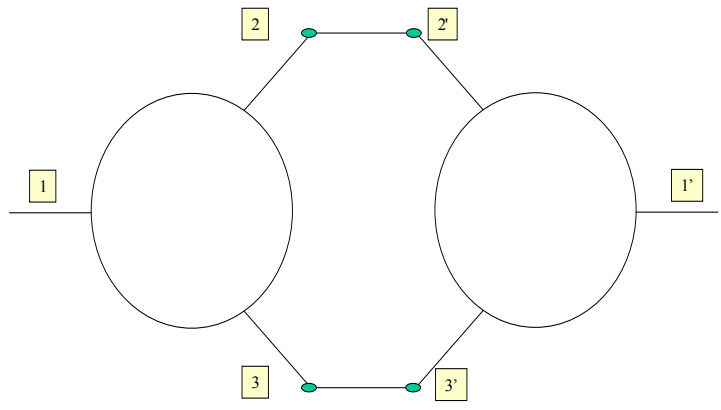


Figura 2

- Basándose en un análisis en vectores o valores propios, justifique la validez de la matriz anteriormente obtenida.
- Encuentre la expresión del coeficiente de reflexión en el acceso 1 cuando los accesos 2 y 3 se cargan de igual forma.
- Si las dos redes anteriores se conectan como muestra la figura 2. Determine la matriz de parámetros S del nuevo cuadripolo.

#### PROBLEMA 4

Se desea diseñar un divisor de potencia Wilkinson asimétrico (con relación de potencia  $K^2 = P_3/P_2 \neq 1$ ).

- Determine el valor de las impedancias de las líneas  $Z_{02}$  y  $Z_{03}$  y de la resistencia R para conseguir dicha relación de división (expresiones de Pozar 7.37).
- Discuta la forma de la matriz de parámetros S de dicho divisor.
- Aplique los resultados del apartado a para el diseño de un divisor de potencia Wilkinson en que la relación de potencia entre las puertas de salida sea 3 dB.

#### PROBLEMA 5 (examen febrero 2001)

Se dispone de una unión de tres puertas que presenta la siguiente matriz de admitancias

$$Y = \frac{1}{2} \cdot \begin{pmatrix} 0 & \sqrt{2}j & -\sqrt{2}j \\ \sqrt{2}j & 0 & 0 \\ -\sqrt{2}j & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

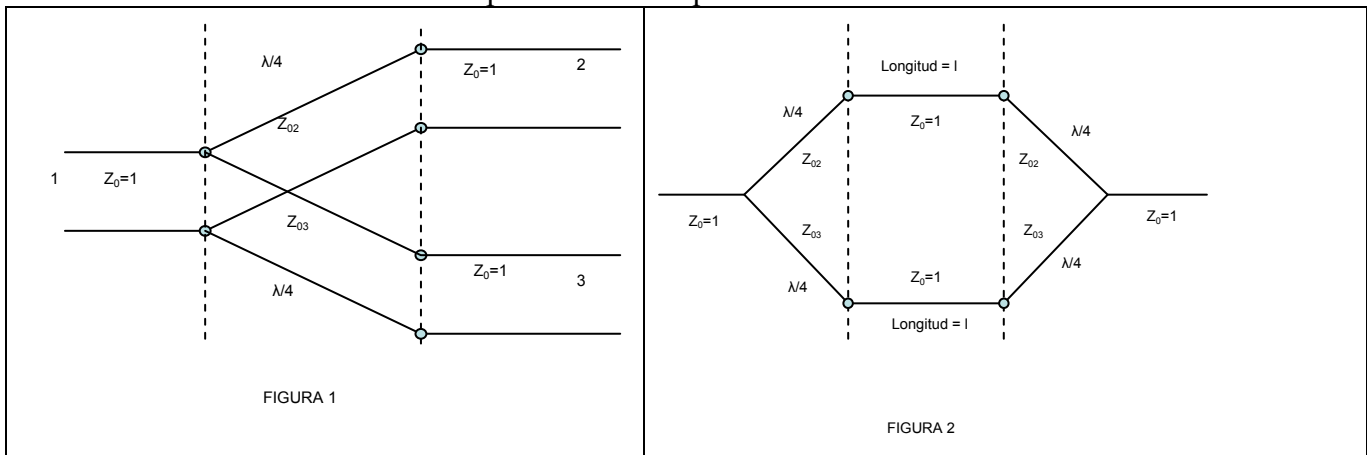
- Determine los valores propios en dispersión y la matriz de parámetros S sin invertir ninguna matriz. Justifique el proceso de cálculo
- Se decide cerrar uno de los brazos de la unión con un cortocircuito desplazable para formar un nuevo cuadripolo. Determine, si es posible, la posición del cortocircuito para conseguir transmisión total y degeneración del cuadripolo resultante.
- Diga todas las características que tenga la unión del apartado a y explique con qué tipo de línea de transmisión se podría realizar.
- Si se supone que los brazos 2 y 3 del hexapolo anterior se realizan con tramos de guías rectangulares similares a los que se han utilizado en el laboratorio (de dimensiones  $a=2.286$

cm y  $b=1.012$  cm). ¿Se podría transmitir una onda de frecuencia 6 GHz? ¿En qué condiciones?

**PROBLEMA 6** (examen febrero 2002)

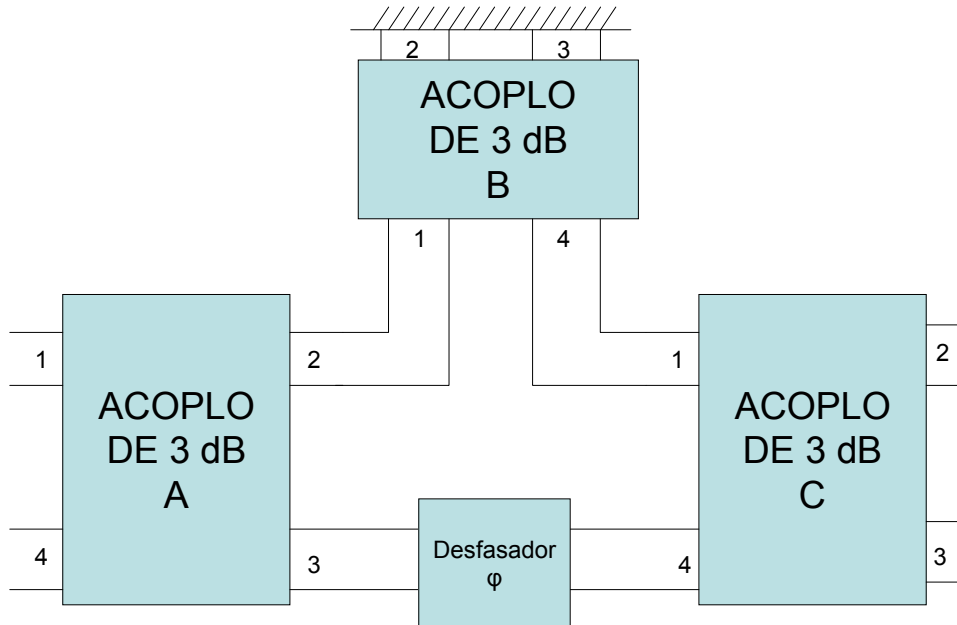
Se pretende diseñar un divisor no balanceado con tramos de línea de  $\lambda/4$  como se muestra en la figura 1. Si el divisor debe estar adaptado en la puerta 1 y si la potencia que sale por la puerta 2 debe ser  $1/4$  de la que entra por la 1 cuando los accesos 2 y 3 están perfectamente adaptados, calcular:

- Los valores de  $Z_{02}$  y  $Z_{03}$  para que esto ocurra.
- Los parámetros S del divisor.
- Si los accesos 2 y 3 se cargan con idéntica carga  $Z_L$ , calcule el coeficiente de reflexión que se vería en el acceso 1 en función del coeficiente  $\rho_L$ .
- Si dos divisores como estos se conectan entre sí con sendas líneas de transmisión de impedancia  $Z_0$  y longitud  $l$  como muestra la figura 2, determine el parámetro  $s_{11}$  de la nueva red de dos accesos para el caso en que  $l=\lambda/2$ .



**PROBLEMA 7**

El dispositivo de la figura está constituido por tres acoplos 3dB. El acoplo A tiene cargada su puerta 4 con una carga adaptada; el acoplo B tiene cerradas las salidas 2 y 3 con un cortocircuito. Demuestre que el cuadripolo constituido por la entrada 1 del acoplo A y las salidas 2 ó 3 del acoplo C es un atenuador variable.



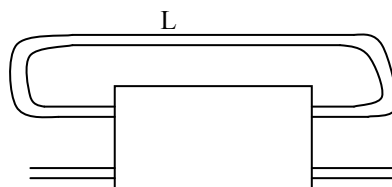
**PROBLEMA 8**

Calcular las matrices Z e Y de la T mágica de matriz  $S = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ . ¿Se podría

cerrar de alguna forma para convertirlo en un cuadripolo que fuese un desfasador?

**PROBLEMA 9**

En el acoplo directivo perfecto de la figura, se unen dos de sus puertas por una guía sin pérdidas de longitud L de forma que resulta un cuadripolo. Estudiar si el cuadripolo resultante está siempre adaptado para cualquier valor de L.



**PROBLEMA 10**

Un acoplo directivo tiene la siguiente matriz de dispersión:

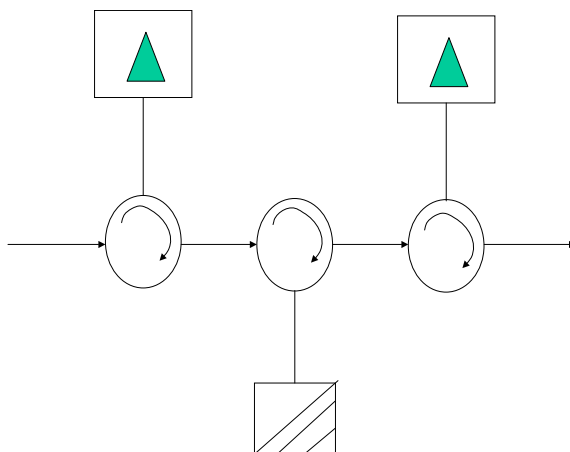
$$[S] = \begin{bmatrix} 0.05_{30^\circ} & 0.96_{0^\circ} & 0.1_{90^\circ} & 0.05_{90^\circ} \\ 0.96_{0^\circ} & 0.05_{30^\circ} & 0.05_{90^\circ} & 0.1_{90^\circ} \\ 0.1_{90^\circ} & 0.05_{90^\circ} & 0.04_{30^\circ} & 0.96_{0^\circ} \\ 0.05_{90^\circ} & 0.1_{90^\circ} & 0.96_{0^\circ} & 0.05_{30^\circ} \end{bmatrix}$$

- Determine el aislamiento, el acoplamiento y la directividad del citado acoplo.
- Determine las pérdidas de retorno en el puerto de entrada cuando todos los demás se cierran por cargas adaptadas.

### PROBLEMA 11

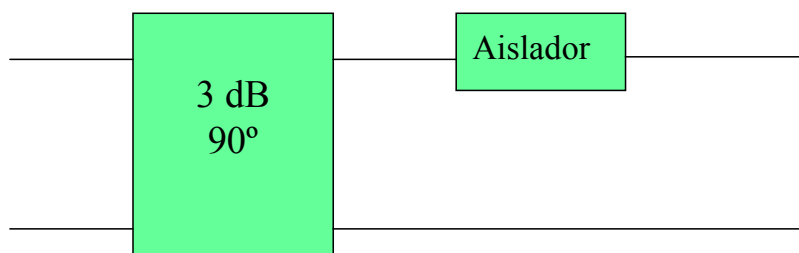
Hallar la matriz de parámetros S del circuito mostrado en la figura constituido por tres circuladores ideales y 2 amplificadores a reflexión. La constante de reflexión de los amplificadores es  $\rho$ .

*Nota:* Los amplificadores a reflexión son dispositivos activos que se comportan como resistencias negativas, dando lugar a coeficientes de reflexión de tensión con módulo mayor que la unidad con lo que la señal reflejada resulta amplificada.



### PROBLEMA 12

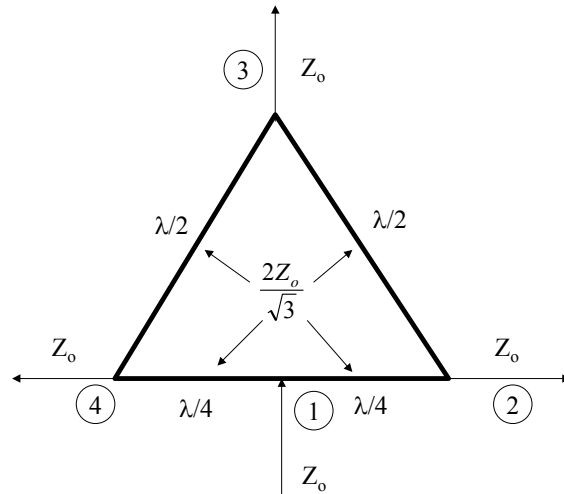
El circuito de la figura representa un híbrido de  $90^\circ$  con un aislador ideal. Halle la matriz S del conjunto.



*Nota:* un aislador ideal es un cuadripolo que permite el paso de señal en un sentido (en este caso, permite el paso de señal de entrada a salida y no de salida a entrada) y la absorbe en el otro.

**PROBLEMA 13** (examen septiembre 2000)

La figura representa un polígono de cuatro accesos de Bagley. Apoyándose en un análisis en modo par o impar encuentre los parámetros S de la estructura con respecto a  $Z_0$



¿Podría servir esta estructura como acoplador direccional? ¿Por qué?

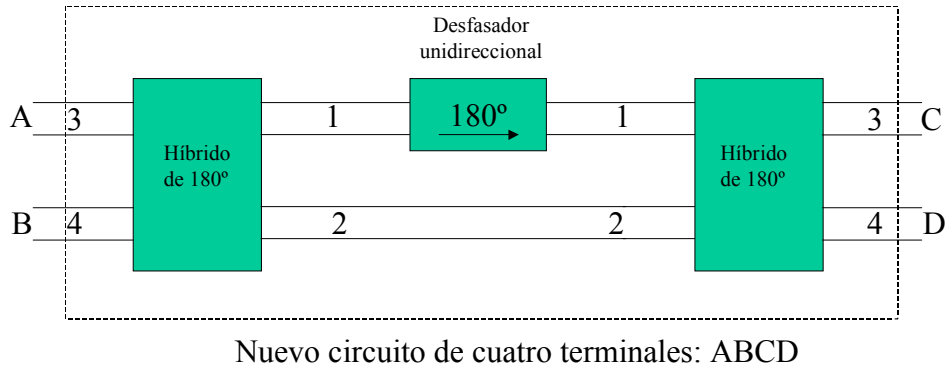
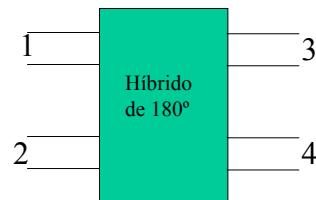
**PROBLEMA 14** (examen febrero 2002)

Se disponen de dos híbridos “rat-race” de  $180^\circ$  y de un desfaseador unidireccional de  $180^\circ$  (ambos ideales) que se conectan como indica la figura por líneas de transmisión de longitud nula.

Del híbrido se sabe que: si se introduce señal por la puerta 1, las puertas 3 y 4 están desfasadas  $180^\circ$  y las 1-2 y 3-4 se encuentran desacopladas entre sí. El desfaseador unidireccional no es más que un circuito adaptado que en una dirección no desfasa nada y en la otra, la indicada por la flecha, desfasa  $180^\circ$ . Se pide:

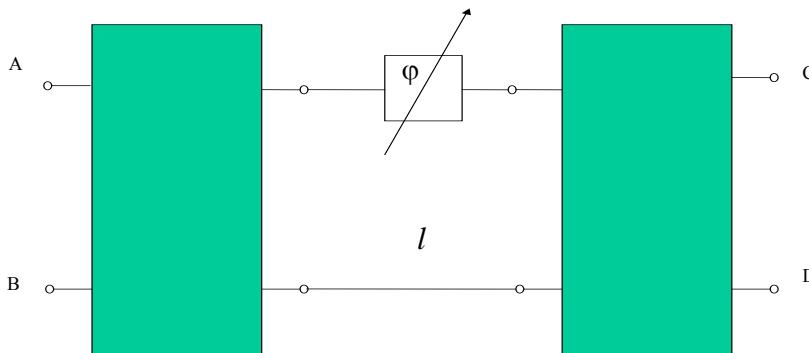
- La matriz de parámetros S del híbrido y del desfaseador unidireccional. Dibuje el híbrido indicando claramente sus puertas.
- La matriz de parámetros S de la red de cuatro terminales formada ABCD.
- ¿En qué se parece y en qué se diferencia la red anterior de un circulador ideal de cuatro puertas?
- Podría modificar externamente la red anterior ABCD para conseguir que todos los parámetros S de la red ABCD fueran positivos. Qué haría y cómo sería la nueva red.
- Se decide construir el anterior desfaseador unidireccional haciendo uso de circuladores de tres puertas. Suponiendo que los circuladores fueran ideales, describa el esquema del circuito.

Numeración del rat-race



### PROBLEMA 15

Un modulador de amplitud muy sencillo se puede construir con dos acoplos directivos de 3 dB, un desfasador variable y un trozo de línea de longitud  $l$  según indica la figura:



- Deduzca las amplitudes que salen por las puertas C y D cuando se alimenta por A (y se carga a adaptación la puerta B). Hágalo en función de  $\varphi$ .
- ¿Qué pasa si no se pone la carga en B?
- ¿Qué diferencias aparecerían si consideráramos matrices de dispersión reales en lugar de las ideales?
- Sustituye los acoplos 3 dB por T's mágicas y repite el apartado a. Dibuja el esquema correspondiente.

### PROBLEMA 16

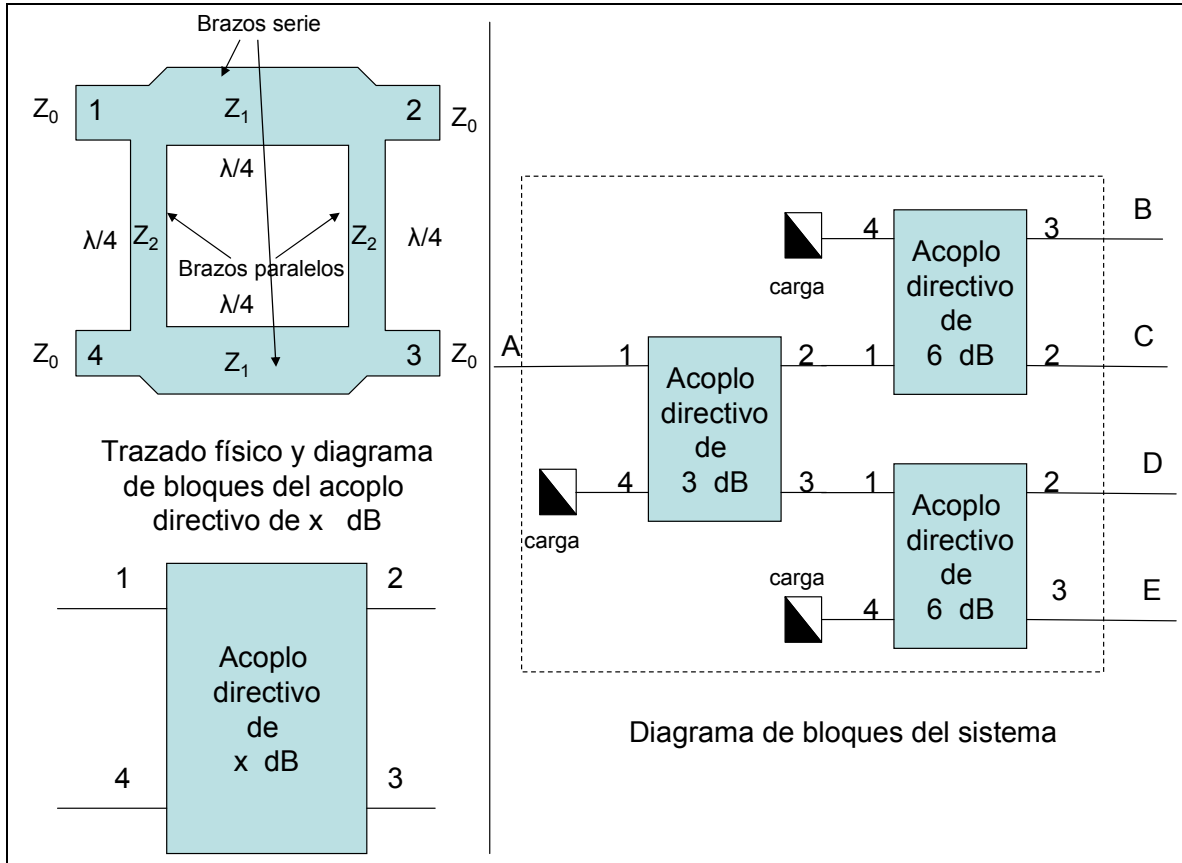
Determine los valores y vectores propios de un octopolo cuya matriz de dispersión es la siguiente:

$$S = \begin{bmatrix} \alpha & \beta & \delta & \gamma \\ \gamma & \alpha & \beta & \delta \\ \delta & \gamma & \alpha & \beta \\ \beta & \delta & \gamma & \alpha \end{bmatrix}$$

¿Cómo haría para convertirlo en un circulator de 4 puertas?

**PROBLEMA 17** (examen febrero 2003)

El circuito de la figura se ha diseñado para una frecuencia de 3GHz y está constituido por acoplos directivos de 3 y 6 dB (que serán considerados ideales en los apartados a-d) respectivamente (la puerta 2 es la puerta de transmisión y la 3 de acoplamiento). Los parámetros de diseño serán las impedancias de los brazos serie y paralelo tal como indica la figura.



- Escriba las matrices de parámetros S de los acoplos directivos anteriores. (Dificultad media-baja, 15 minutos)
- Encuentre la matriz de parámetros S de todo el sistema (ABCDE). (fácil, 10 minutos)
- En caso de que las fases de salida (BCDE) no fueran simétricas, proponga alguna modificación en el circuito para conseguir dicha simetría de fase. (fácil, 5 minutos)
- Sintetice las impedancias de los brazos serie y paralelo de cada uno de los acoplos directivos de 3 y 6 dB. (difícil, 1 hora)
- Dicho circuito se construye en tecnología stripline sobre un sustrato con las siguientes características:  $\epsilon_r=4$ ,  $\text{tg}\delta=10^{-3}$ ,  $\sigma=5.8 \cdot 10^7$ , altura del sustrato 0.5 mm y grosor del cobre 50 micras. Determine las anchuras y longitudes de cada uno de los brazos de los híbridos diseñados (fácil, 10 minutos).
- Con las condiciones de todos los apartados anteriores, qué parámetro de transmisión de potencia entre las puertas A-B y A-C (expresado en unidades logarítmicas) espera encontrar en un medidor que se conectara entre dichas puertas. (dificultad media, 15 minutos)

**PROBLEMA 18**

Diseñe un acoplo de 20 dB basándose en tecnología de líneas acopladas stripline, con un espesor de 0.158 cm, constante dieléctrica de 2.56, con impedancia característica 50 ohm para una frecuencia central de 3 GHz.



**PROBLEMA 19** (examen febrero 1998)

Una unión con simetría ternaria y vocación de circulador presenta la siguiente matriz de dispersión:

	$0.9 f_0$	$f_0$	$1.1 f_0$
$\alpha$	$0.45_{45^\circ}$	$0.5_{0^\circ}$	$0.52_{-30^\circ}$
$\beta$	$0.77_{120^\circ}$	$0.75_{90^\circ}$	$0.72_{60^\circ}$
$\gamma$	$0.35_{225^\circ}$	$0.30_{180^\circ}$	$0.27_{150^\circ}$

(datos procedentes de medida)

La unión está hecha con una ferrita de las características siguientes:  $4\pi M_s=1700\text{G}$ ;  $\Delta H=20\text{ Oe}$ ;  $\epsilon_r=15$ ;  $\text{tg}\delta=10^{-2}$ .

- Determine el tipo de circuito y los elementos concentrados necesarios en él para la obtención de la condición de circulación a  $f_0$ .
- ¿Puede dar una indicación del mérito esperable de este circulador? ¿Y de su factor de calidad?