

Líneas de transmisión

FACULTAD DE INGENIERIA

Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones

Quinto Semestre

Unidad IV: Parámetros de dispersión

PhD. Daniel Antonio Santillán Haro



Unach

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

Libres por la Ciencia y el Saber

1 REDES L

2 Redes no recíprocas

3 Trabajos propuestos

1 REDES L

2 Redes no recíprocas

3 Trabajos propuestos

Introducción

- REDES DE DOS PUERTOS.

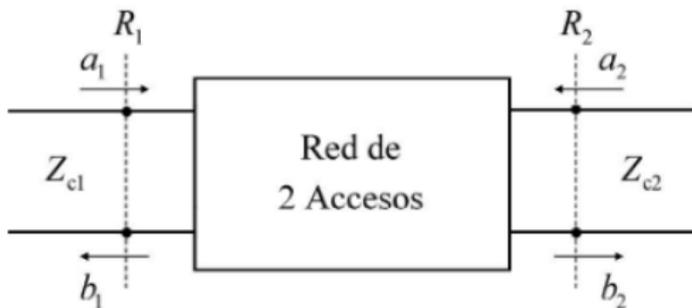


Fig. Red de microondas de dos accesos o cuádrupolo

En este caso, la matriz de dispersión de esta red de dos accesos tendrá tamaño 2×2 , y relacionará el vector de amplitudes de ondas salientes del circuito (b_i con $i=1,2$) y el vector de amplitudes de ondas entrantes al circuito (a_i con $i=1,2$) como sigue:

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

Redes de dos puertos

- Ejemplo.

una red de N accesos al caso que nos ocupa, se tiene que el parámetro S_{11} se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$S_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} = \rho_1 = \frac{Z_1 - Z_{c1}}{Z_1 + Z_{c1}}$$

donde ρ_1 se refiere en este caso al factor de reflexión que se ve (en dirección entrante al circuito) en el plano de referencia del primer acceso de la red, estando lógicamente terminado el otro acceso (ver Figura 1.10). Tal y como puede observarse en la ecuación anterior, para el cálculo de dicho factor de reflexión se debe conocer la impedancia que se ve en el plano de referencia R_1 estando cargado el segundo acceso de la red (Z_1), así como la impedancia característica del primer acceso de la red a la que se referirán los parámetros de dispersión (Z_{c1}).

Redes de dos puertos

- Ejemplo.

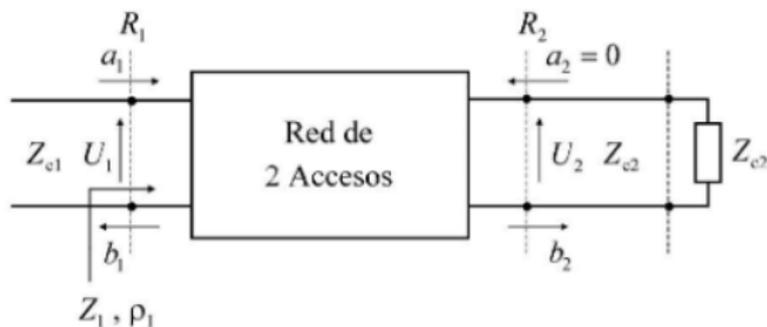


Figura Condición de carga de la red de 2 accesos para obtener los parámetros S_{11} y S_{21}

En cuanto al parámetro S_{21} , se va a deducir una expresión para su cálculo en función de las tensiones U_1 y U_2 que existen, respectivamente, en los planos de referencia R_1 y R_2 de la red bajo la condición de carga mostrada en la Figura 1.1, así como en función del parámetro S_{11} que termina de deducirse.

Redes de dos puertos

- Ejemplo.

Para ello, si se aplica la definición general del parámetro S_{ji} de una red de N accesos recogida a la red de dos accesos que nos ocupa, se tiene la siguiente expresión para el parámetro S_{21} buscado:

$$S_{21} = \left. \frac{b_2}{a_1} \right|_{a_2=0}$$

Conviene ahora expresar las ondas de tensión normalizadas a_1 y b_2 presentes en términos de las mencionadas tensiones U_1 y U_2 . Recordando la ecuación que relaciona la tensión en el plano de una línea de transmisión con las ondas de tensión incidente y reflejada de dicha línea, se deducen las siguientes igualdades:

$$U_1 = U_1^+ + U_1^- = \sqrt{Z_{c1}} (a_1 + b_1) = \sqrt{Z_{c1}} a_1 (1 + S_{11})$$

$$U_2 = U_2^+ + U_2^- = \sqrt{Z_{c2}} (a_2 + b_2) = \sqrt{Z_{c2}} b_2$$

donde se ha hecho uso de la definición del parámetro S_{11} recogida pues la

tensión normalizadas a_1 y b_2 en función de las tensiones U_1 y U_2 :

$$a_1 = \frac{U_1}{\sqrt{Z_{c1}}} \frac{1}{(1 + S_{11})}$$

$$b_2 = \frac{U_2}{\sqrt{Z_{c2}}}$$

expresión para el parámetro S_{21} de la red de dos accesos:

$$S_{21} = \sqrt{\frac{Z_{c1}}{Z_{c2}}} \frac{U_2}{U_1} (1 + S_{11})$$

donde se observa que también aparecen las impedancias características de los dos accesos de la red involucrados en este parámetro de dispersión.

Para el cálculo de los otros dos parámetros de dispersión de la red, es decir los parámetros S_{22} y S_{12} , se deberá cargar en este caso el primero de los accesos de la red con su impedancia característica Z_{c1} tal y como se muestra gráficamente en la siguiente figura.

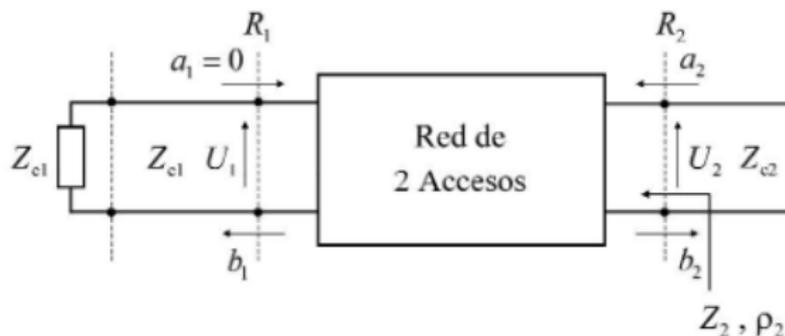


Figura . Condición de carga de la red de 2 accesos para obtener los parámetros S_{22} y S_{12}

Siguiendo un procedimiento análogo al empleado anteriormente en la deducción de los parámetros S_{11} y S_{21} , se obtienen en este caso las siguientes expresiones para los otros dos parámetros de la matriz de dispersión:

$$S_{22} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0} = \rho_2 = \frac{Z_2 - Z_{c2}}{Z_2 + Z_{c2}}$$

$$S_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0} = \sqrt{\frac{Z_{c2}}{Z_{c1}}} \frac{U_1}{U_2} (1 + S_{22})$$

1 REDES L

2 Redes no recíprocas

3 Trabajos propuestos

En esta sección se presentan dos redes pasivas de microondas no recíprocas de gran interés práctico, como son el aislador y el circulador. Ambos dispositivos se caracterizan por contener ferritas (es decir, materiales cerámicos no conductores con propiedades magnéticas muy intensas) que se someten a la acción de un campo magnético estático. Tras definir cada uno de estos dispositivos y su ámbito de aplicación, se mostrará el aspecto típico de sus matrices de dispersión, que como se sabe serán no simétricas (es decir $S_{ij} \neq S_{ji}$).

Un aislador es una red pasiva de dos accesos que idealmente permite el paso de toda la señal en un sentido, e impide que pase señal alguna en el sentido contrario. Se trata por tanto de una red claramente no recíproca. El sentido de paso de la señal se suele indicar mediante una flecha, tal y como se muestra en la siguiente figura.

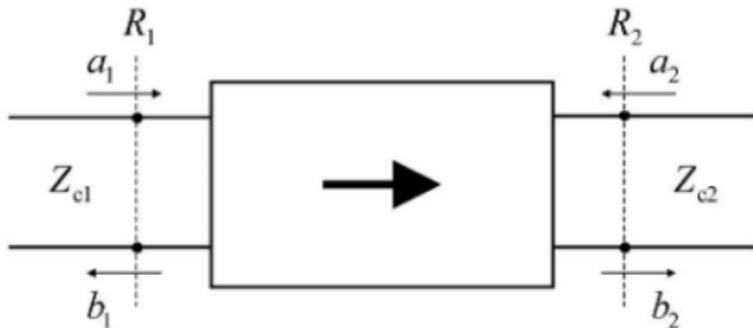


Figura Aspecto de un aislador

Los aisladores se suelen utilizar en aplicaciones de radiofrecuencia y microondas para proteger a los generadores de posibles reflexiones indeseadas. Así por ejemplo, los aisladores se suelen insertar entre el generador y el sistema al que éste alimenta, de manera que ante cualquier pequeña desadaptación que se produzca en el sistema, el aislador se encarga de evitar que las señales reflejadas alcancen el generador, y le ocasionen por tanto daños que puedan resultar irreversibles.

Así pues, un aislador ideal como el mostrado en la Figura tiene la siguiente matriz de parámetros de dispersión:

$$S = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

que como puede observarse no es simétrica ($S_{12} \neq S_{21}$).

Un circulador es una red pasiva y sin pérdidas de tres accesos que idealmente permite el paso de toda la señal que alcanza un acceso hacia otro de las restantes, e impide que pase señal alguna hacia el tercer acceso. En este caso, el sentido de paso de la señal (es decir, hacia qué acceso se dirige la señal que entra por otro de ellos) se determina a partir del sentido de giro (a derechas o izquierdas) de una flecha que se incluye en el esquema de este dispositivo. En la Figura se muestra un ejemplo de este tipo de redes de microondas.

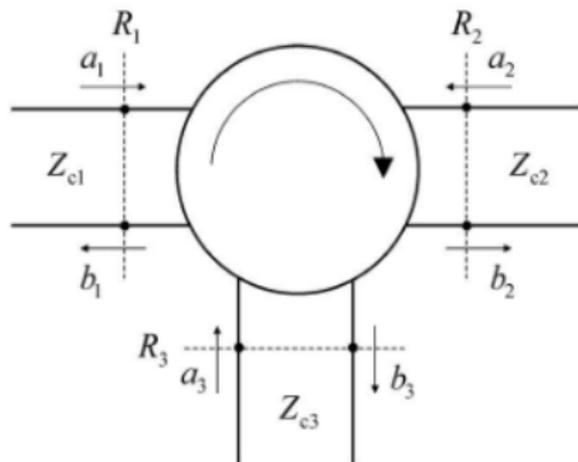


Figura : Aspecto de un circulador con sentido de giro a derechas

Para el circulador ideal mostrado en la Figura se tiene pues que la matriz de dispersión presenta el siguiente aspecto :

$$S = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

que al igual que en el caso del aislador se trata de una matriz no simétrica ($S_{ij} \neq S_{ji}$). Sin embargo, en este caso la matriz de parámetros S mostrada sí cumple la propiedad de unitariedad tal y como corresponde a una red pasiva y sin pérdidas.

Una aplicación real bastante típica en la que suelen utilizarse circuladores es la de los sistemas radar, en los que la misma antena se utiliza tanto en transmisión como en recepción.

como se muestra en la Figura . De esta forma, la señal que produce el generador se hace llegar a través del circulador a la antena, que la radia al espacio libre. A su vez, cuando la antena capta una señal emitida por algún blanco, el circulador la dirige en este caso hacia el receptor para que se procese debidamente.

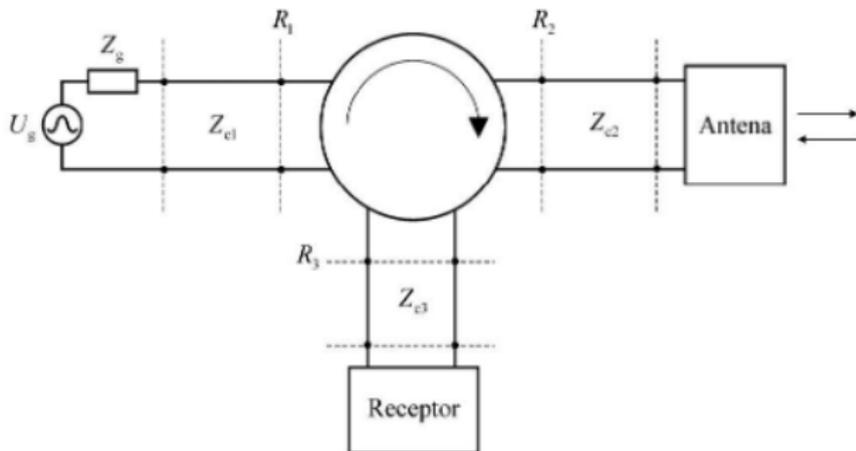


Figura Utilización de un circulador en un sistema radar

1 REDES L

2 Redes no recíprocas

3 Trabajos propuestos

PROPUESTA 1

- Calcular

Problema . Se pide encontrar la matriz de dispersión de un tramo de línea de impedancia característica Z_c , exponente lineal de propagación γ y longitud l , cuyos dos accesos presentan una impedancia característica igual a la de la propia línea de transmisión. En la Figura se muestra la geometría correspondiente a esta estructura.

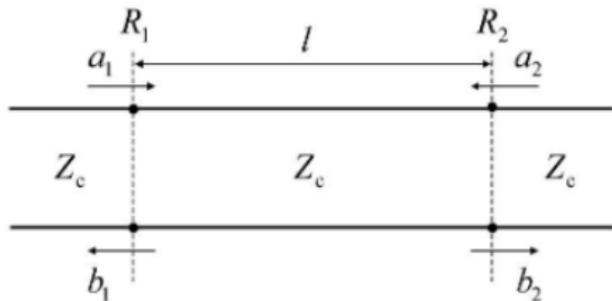


Figura Línea de transmisión de impedancia característica Z_c adaptada a sus accesos

Líneas de transmisión

FACULTAD DE INGENIERIA

Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones

Quinto Semestre

Unidad IV: Parámetros de dispersión

PhD. Daniel Antonio Santillán Haro



Unach

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

Libres por la Ciencia y el Saber