

Diagramas de flujo – El método gráfico.

Como se sabe, los parámetros de dispersión describen el flujo de señal. De tal manera los diagramas de flujo pueden mostrar los parámetros de dispersión como elementos de flujo de señal. Se puede dibujar el diagrama de flujo de una red de 3 puertos, la figura 2:

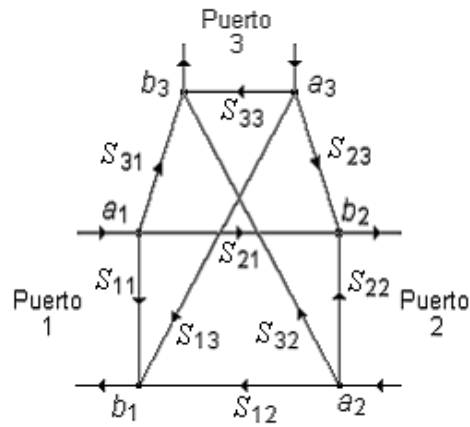


Figura 2. Diagrama de flujo de una red de 3 puertos.

Los nodos que representan las ondas que entran y salen de la red se designan a_n , b_n respectivamente. Siempre hay una línea de conexión entre el nodo a_n y el nodo b_n dentro del diagrama de flujo de la red, y estas líneas de conexión siempre van de a hacia b . Estas líneas se asocian a los parámetros de dispersión S . Las redes se pueden conectar en cascada una tras la otra, y, de igual manera, sus diagramas de pueden conectan en cascada como se muestra abajo donde dos redes de 2 puertos se conectan en cascada. Es interesante notar que los nodos b_2 y a'_1 son sinónimos. Los nodos a_2 y b'_1 también son sinónimos. En un diagrama de flujo nodos sinónimos se conectan con una flecha de valor unitario que significa que no hay longitud eléctrica entre estos nodos. Estos dos grupos de nodos no se deben considerar como idénticos. La dirección de la flecha entre b_2 y a'_1 es importante. Los elementos básicos de líneas de transmisión se pueden considera como grupos de 1 puerto, 2 puertos o múltiple puertos. Cada puerto tendrá dos nodos; uno donde entra la onda (a), y el otro por donde sale la onda (b).

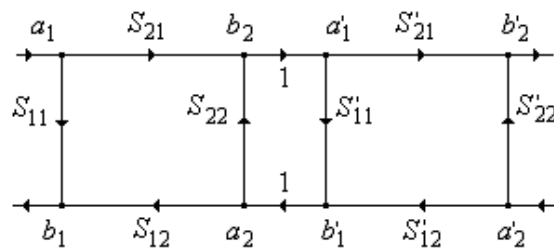
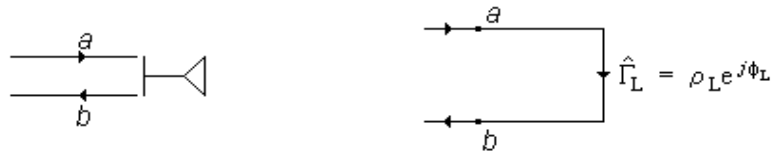


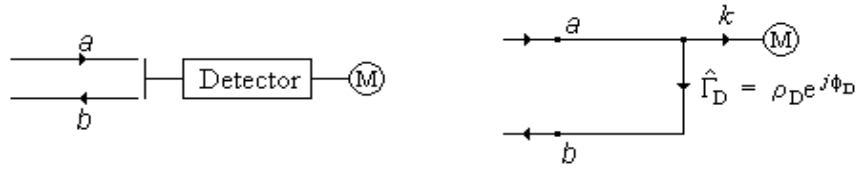
Figura 3. Dos redes de 2 – puertos en cascada

La representación en términos de diagramas de flujo de algunas redes de 1 puerto se muestra en la figura 4. M es la lectura de medición de un indicador, k representa la ley del detector y no cambia cuando se cambia el nivel de potencia siempre y cuando la ley del detector no cambia según el nivel de potencia.

También M incluye el efecto de pérdidas de transmisión debido a la reflexión del detector $\sqrt{1-\rho_D^2}$.



Terminación



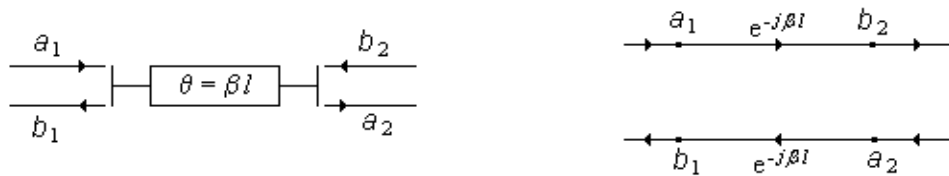
Detector



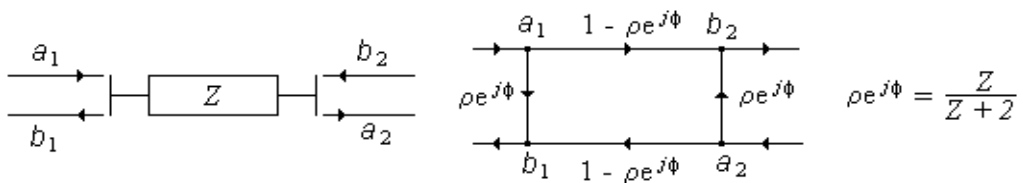
Generador

Figura 4. Diagramas de flujo de algunas redes de 1 – puerto.

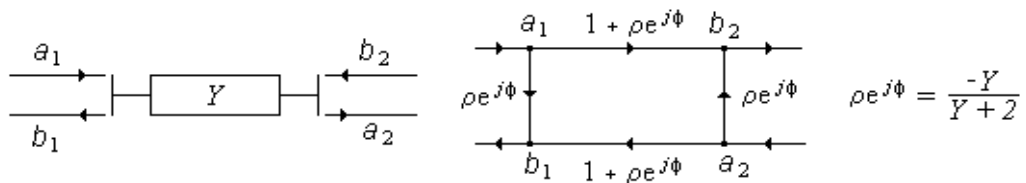
Se muestra en la figura 5 los diagramas de algunas redes de 2 puertos. Estas son las que más se utilizan. Es importante recordar que $\hat{\Gamma}$ significa la expresión completa del coeficiente de reflexión, la magnitud y la fase. En otras palabras, $\hat{\Gamma}$ describe toda la información incluida en S_{11} y S_{22} . ρ es el valor absoluto del coeficiente de reflexión.



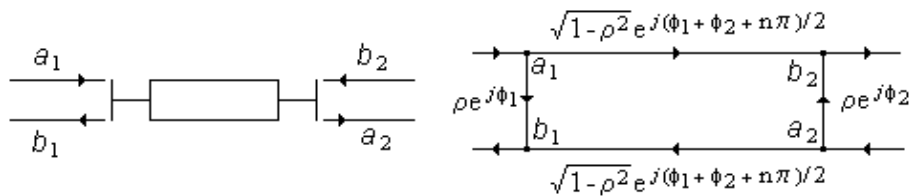
Trozo de línea de transmisión, sin pérdidas, sin reflexiones



Impedancia en serie



Admitancia



Red de 2 puertos bilateral, sin pérdidas

Figura 5. Diagramas de flujo de algunas redes de 2 puertos.

El diagrama de flujo de una red de 3 puertos se mostró arriba. Un ejemplo es el acoplador direccional mostrado en la figura 6. Un acoplador direccional (hacia delante) divide la señal que entra al puerto 1 en dos partes. Una parte de la señal se acopla en el brazo auxiliar y sale del puerto 3, y la parte restante sale del dispositivo por el puerto 2. En otras palabras, el acoplador direccional en la dirección positiva (hacia delante) opera como un divisor de potencia. El acople C determina cuanto de la señal que entra por el puerto 1 será acoplado en el brazo auxiliar y saldrá del puerto 3. Por ejemplo, un acoplador direccional de 3 dB divide la señal en dos partes iguales. La mitad de potencia (3 dB) que entra en el puerto 1 aparecerá en el puerto 3. La otra mitad de potencia saldrá del dispositivo por el puerto 2. Un acoplador de 10 dB significa que al entrar una señal en el puerto 1, un décimo (1/10) de la potencia se acopla en el brazo auxiliar y sale por el puerto 3 mientras el resto de la señal sale por el puerto 2. (Si hay reflexiones de potencia desde el brazo auxiliar, del puerto 3, esta potencia se absorbe por una carga construida en el terminal muerto del brazo auxiliar. En términos de dB, el nivel de potencia en el puerto 2 será 0.46 dB menos que la señal que entra en el puerto 1 (puesto que una pérdida de potencia de 0.1 es 0.46 dB).

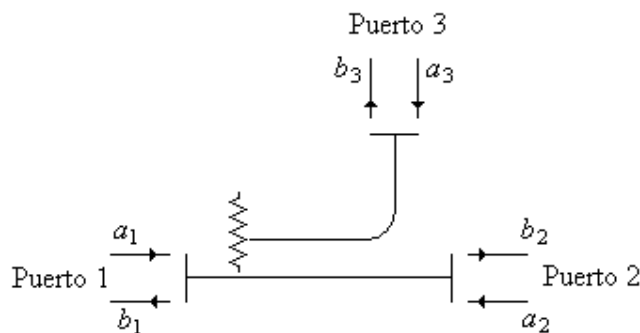


Figura 6. El acoplador direccional

Si se invierte el acoplador direccional y el puerto 2 es la entrada, teóricamente no llegará potencia al puerto 3. Si hay acoplamiento entre el brazo principal y el brazo auxiliar, pero la potencia que entra en el brazo auxiliar se absorbe por la carga ubicada en el terminal muerto del brazo auxiliar. De este modo, si no hay reflexiones a la entrada del puerto 2 para causar pérdida de potencia, la potencia que aparece en el puerto 1 se disminuirá por la cantidad que se acopla y se absorbe. En la práctica, no es posible lograr una directividad perfecta para acopladores direccionales de banda ancha y alguna señal llegará al puerto 3. La relación entre los niveles de señal en dirección invertida comparada la señal en dirección hacia delante que aparece en el puerto 3 es la directividad, D .

El diagrama de flujo de un acoplador direccional se muestra abajo, Fig. 7. Comparando las figuras

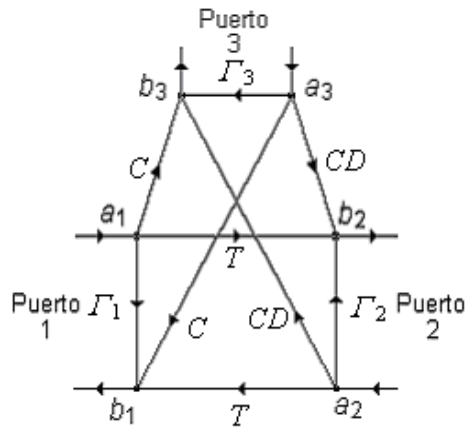


Figura 7. Diagrama de flujo de un acoplador direccional

2 y 7 se puede observar que los dos son idénticos, excepto que los parámetros S se han sustituido por valores actuales de coeficientes de reflexión y transmisión.

Los experimentos de medición se construyen de componentes que se pueden representar por diagramas de flujo. El diagrama de flujo de cada componente tiene puertos de entrada y salida que muestra el flujo de potencia. Los diagramas de flujo fácilmente se conectan en cascada y el diagrama de flujo completo de cualquier experimento de medición se puede dibujar. Normalmente es necesario saber qué pasa con la señal de entrada en un punto de la salida en el diagrama de flujo. Se puede manipular los diagramas de flujo usando el método gráfico y aunque a veces el proceso es bastante largo, se puede visualizar el sentido físico y las aproximaciones se hacen en cualquier etapa de la manipulación. Hay solamente 4 reglas para recordar para reducir el diagrama de flujo.

Regla 1. Dos caminos cuyo nodo común tiene un sólo camino de entrada y un camino de salida (caminos en serie) se pueden combinar para formar un sólo camino cuyo coeficiente es el producto de los coeficientes de los caminos originales. Así, se elimina el nodo común. Véase la figura 8.

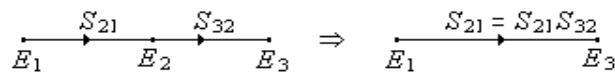


Figura 8. Eliminación de un nodo.

Para verificar:

$$E_2 = S_{21} E_1 \Rightarrow E_3 = S_{32} E_2 = S_{32} S_{21} E_1 \quad (1)$$

Regla 2. Dos caminos apuntando desde un nodo común a otro nodo común (caminos en paralelo) se pueden combinar en un camino sencillo cuyo coeficiente es la suma de los coeficientes de los caminos originales, Fig. 9.

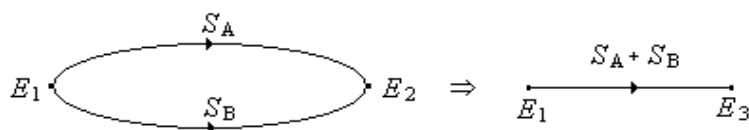


Figura 9. Eliminación de caminos

Para verificar:

$$E_2 = S_A E_1 + S_B E_1 = (S_A + S_B) E_1 \quad (2)$$

Regla 3. Cuando el nodo n posee un camino que empieza y termina en el nodo n , de coeficiente S_{nn} el camino cerrado se puede eliminar al dividir el coeficiente de *todo* camino que entra al nodo n por $(1 - S_{nn})$, Véase la figura 10.

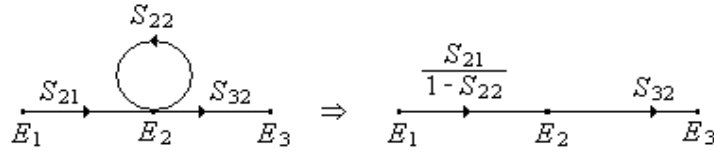


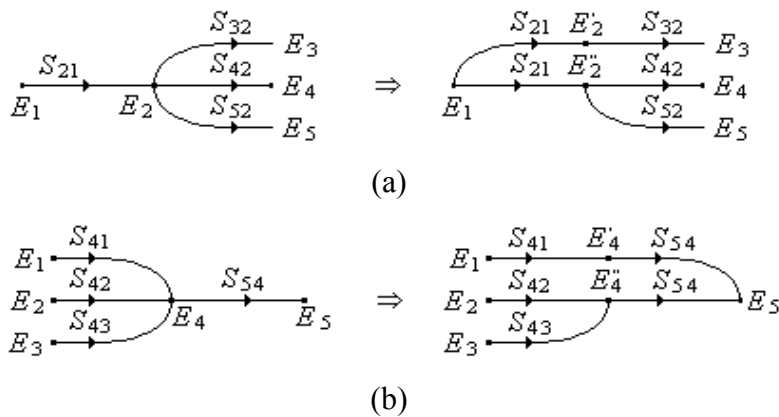
Figura 10. Eliminación de un camino cerrado.

Para verificar:

$$\begin{aligned} E_2 &= S_{21} E_1 + S_{22} E_2, E_3 = S_{32} E_2 \\ \Rightarrow E_2 - S_{22} E_2 &= S_{21} E_1 \\ \Rightarrow E_2 (1 - S_{22}) &= S_{21} E_1 \Rightarrow E_2 = \frac{S_{21} E_1}{(1 - S_{22})}, \Rightarrow E_3 = \frac{S_{21} S_{32} E_1}{(1 - S_{22})} \end{aligned} \quad (3)$$

La regla siguiente es una de expansión y no de reducción y ayuda a hacer más reducciones en etapas siguientes.

Regla 4. Un nodo se puede duplicar (convertir en dos nodos que luego se puede tratar como dos nodos separados) siempre y cuando el diagrama de flujo resultante contenga una vez y sólo una vez, cada combinación de caminos separados de entrada y salida (no un camino cerrado) que se conectan al nodo original. Cualquier camino cerrado conectado al nodo original también debe ser conectado a cada uno de los nodos que resultan de la duplicación. Véase la figura 11.



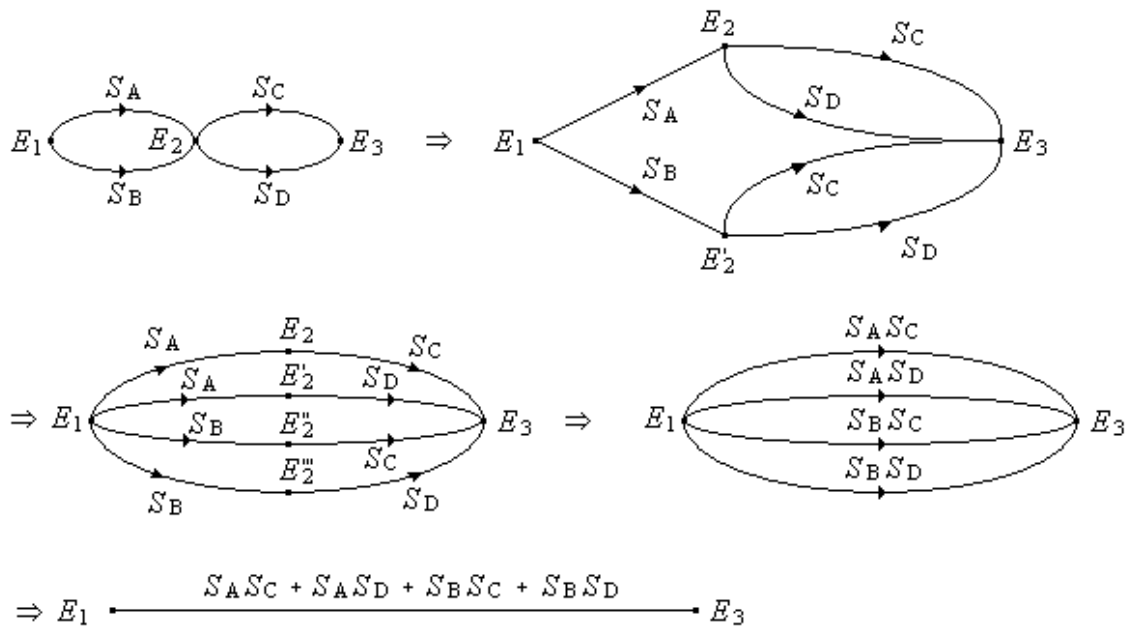
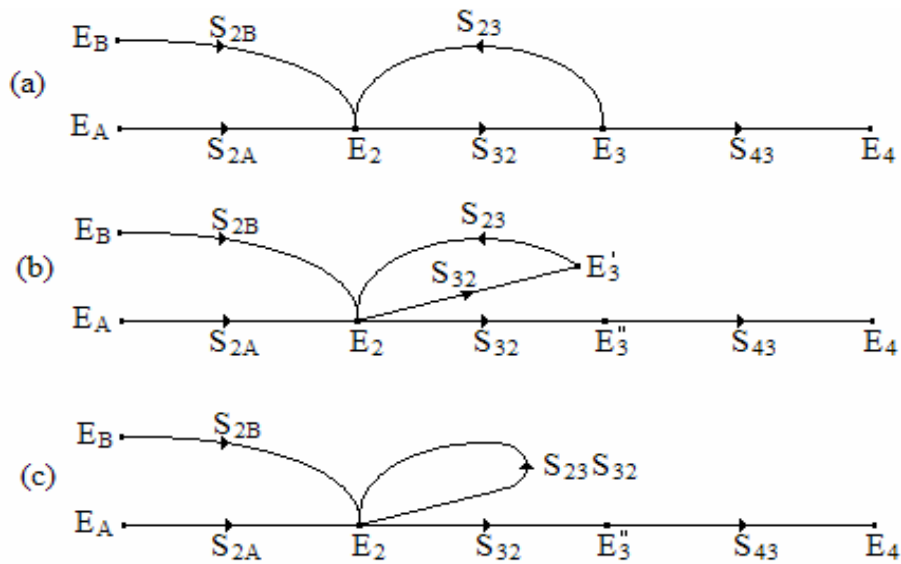


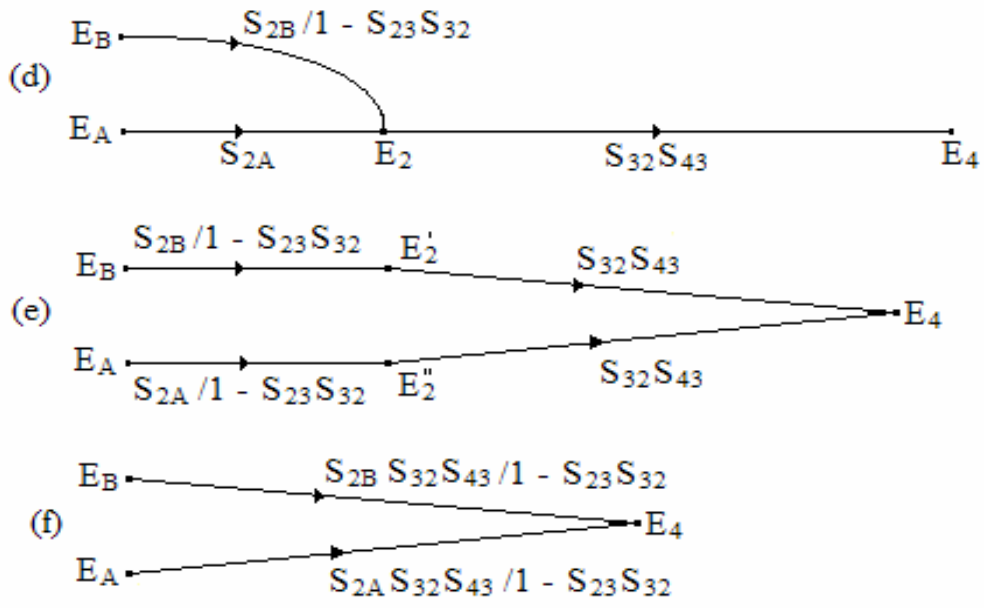
Figura. 11. Duplicación de nodos.

Para verificar, Fig. 11(c):

$$\begin{aligned}
 E_2 &= S_A E_1 + S_B E_1 = (S_A + S_B) E_1 \\
 E_3 &= S_C E_2 + S_D E_2 = (S_C + S_D) E_2 \\
 \Rightarrow E_3 &= (S_C + S_D)(S_A + S_B) E_1 = (S_A S_C + S_A S_D + S_B S_C + S_B S_D) E_1
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Otro ejemplo de duplicación de nodos se ve abajo, Fig. 12.





$$\Rightarrow E_4 = \frac{S_{2B}S_{32}S_{43}}{1 - S_{23}S_{32}} E_B + \frac{S_{2A}S_{32}S_{43}}{1 - S_{23}S_{32}} E_A \quad (5)$$