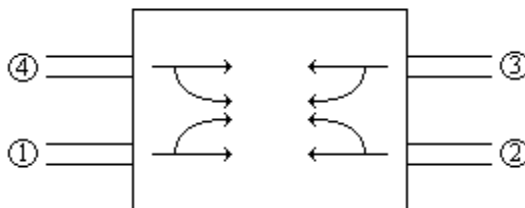


Dispositivos para microondas

Dispositivos de 4 puertos.

El acoplador bi-direccional.



Un acoplador bi-direccional es un dispositivo de microondas de 4 puertos que tiene las siguientes propiedades: Con referencia al diagrama, el acoplador bi-direccional tiene la propiedad que una onda incidente en el puerto 1, acopla potencia en los puertos 2 y 3 más no en el puerto 4. De igual manera para potencia incidente en el puerto 4, se acopla potencia en los puertos 2 y 3 más no en el puerto 1. Los puertos 1 y 4 son desacoplados. Para ondas incidente en los puertos 2 o 3, la potencia se acopla en los puertos 1 y 4 solamente, y así los puertos 2 y 3 también son desacoplados. Además los 4 puertos son acoplados o adaptados, o sea, si 3 de los 4 puertos se terminan con cargas acopladas, el puerto 4 aparece terminado en una carga acoplada, y una señal incidente en este puerto 4 no sufre ninguna reflexión.

Se utilizan los acopladores en puentes de impedancia para mediciones de microondas y en el monitorear de potencia. Por ejemplo, con referencia al diagrama, si un transmisor de radar se conecta al puerto 1, la antena en el puerto 2, un detector de cristal en el puerto 3 y una carga acoplada en el puerto 4, la potencia recibida en el puerto 3 es proporcional a la potencia que fluye del transmisor a la antena en la dirección positiva solamente. Si hay una señal reflejado de la antena, no se acopla en el puerto 3 (ya que los puertos 2 y 3 son desacoplados) y el detector monitorea la potencia de salida del transmisor.

El acoplador bi-direccional normal consiste de dos guías de onda con aperturas de acople localizadas en una pared común. Como estos dispositivos se requieren para operar en una banda de frecuencias no es posible lograr un desempeño ideal en toda la banda de frecuencias. El desempeño de un acoplador bi-direccional se mide por los dos parámetros que son el coeficiente de acople C y la directividad D . Asuma que P_i es la potencia incidente en el puerto 1 y P_r es la potencia acoplada en el puerto 3. El coeficiente de acople C , es dado por:

$$C = 10 \log \{P_i/P_r\} \quad (1)$$

Para una acoplador ideal la potencia acoplada P_b en el puerto 4 debe igual a cero. Una limitación práctica es que el acoplador no es perfecto. Entonces se mide otro parámetro, la directividad D , que mide cuán perfecto es el acoplador, donde

$$D = 10 \log \{P_t/P_b\} \quad (2)$$

La directividad es una medición de cómo la potencia se puede acoplar en la dirección requerida en la segunda guía de onda.

Varias propiedades del acoplador ideal se pueden deducir de la simetría y las propiedades unitarias de su matriz de dispersión. De la definición básica del diagrama arriba, es que es un dispositivo con $S_{14} = S_{23} = 0$, $S_{11} = S_{22} = 0$, o sea, los puertos 1 y 2 son acoplados y los elementos de acople S_{12} , S_{13} , S_{24} , S_{34} no son iguales a cero. La matriz [S] del acoplador entonces tiene la forma

$$[S] = \begin{bmatrix} 0 & S_{12} & S_{13} & 0 \\ S_{12} & 0 & 0 & S_{24} \\ S_{13} & 0 & S_{33} & S_{34} \\ 0 & S_{24} & S_{34} & S_{44} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Si multiplicamos la fila 1 con el c. c. de la fila 3 y también multiplicamos la fila 2 con el c. c. de la fila 4, tenemos

$$S_{13}S_{33}^* = 0 \text{ y } S_{24}S_{44}^* = 0 \quad (4)$$

por la naturaleza unitaria de la matriz de dispersión. Como se asume que S_{13} y S_{24} no son iguales a cero, las ecuaciones (4) demuestran que

$$S_{33} = S_{44} = 0 \quad (5)$$

o sea, todos los puertos son acoplados. Entonces la matriz de dispersión ahora es de la forma:

$$[S] = \begin{bmatrix} 0 & S_{12} & S_{13} & 0 \\ S_{12} & 0 & 0 & S_{24} \\ S_{13} & 0 & 0 & S_{34} \\ 0 & S_{24} & S_{34} & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Si multiplicamos la fila 1 con el c. c. de la fila 4 y también la fila 2 con el c. c. de la fila 3, encontramos que

$$S_{12}S_{24}^* + S_{13}S_{34}^* = 0 \text{ y } S_{12}S_{13}^* + S_{24}S_{34}^* = 0 \quad (7)$$

Notemos que $S_{12}S_{24}^* = |S_{12}||S_{24}|$, esas ecuaciones (7) nos da

$$|S_{12}||S_{24}| = |S_{13}||S_{34}| \quad (8)$$

$$|S_{12}||S_{13}| = |S_{24}||S_{34}| \quad (9)$$

La ecuación (8)/ la ecuación (9) nos da

$$S_{24}/S_{13} = S_{13}/S_{24} \text{ o sea } S_{13} = S_{24} \quad (10)$$

Entonces el acople de los puertos 1 y 3 es igual al de los puertos 2 y 4.

También si se sustituye la ecuación (10) en la ecuación (9), tenemos

$$S_{12} = S_{34} \quad (11)$$

Entonces el acople de los puertos 1 y 2 es igual al de los puertos 3 y 4.

Si multiplicamos la fila 1 con el c. c. de si misma, el resultado es 1

$$|S_{12}|^2 + |S_{13}|^2 = 1 \quad (12)$$

de igual manera

$$|S_{12}|^2 + |S_{24}|^2 = 1 \quad (13)$$

Si escogemos el plano terminal de puerto 1, podemos ajustar el ángulo de fase de S_{12} de manera que S_{12} sea real. Asumamos que S_{12} es un número real, digamos C_1 . De igual forma se puede escoger el plano terminal del puerto 3 de manera que S_{13} sea imaginario positivo, digamos jC_2 , donde C_2 es un número real positivo. Ahora tenemos

$$C_1^2 + C_2^2 = 1 \quad (14)$$

También podemos escoger el plano terminal del puerto 4 para que S_{34} sea real e igual a C_1 según la ecuación (11). Ahora es necesario que S_{24} sea igual a jC_2 porque la ecuación (7) da

$$S_{12}S_{24}^* + S_{13}S_{34}^* = 0$$

Entonces la matriz de dispersión del acoplador bi-direccional ideal es

$$[S] = \begin{bmatrix} 0 & C_1 & jC_2 & 0 \\ C_1 & 0 & 0 & jC_2 \\ jC_2 & 0 & 0 & C_1 \\ 0 & jC_2 & C_1 & 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

donde $C_2 = (1 - C_1^2)^{1/2}$ de la ecuación (14). También se puede demostrar usando las propiedades unitarias de la matriz de dispersión de un dispositivo recíproco, sin pérdidas, de 4 puertos, que si todos los puertos son acoplados, el dispositivo debe ser un acoplador bi-direccional.