

Parámetros S

Luego del estudio de líneas de transmisión, que se ha observado el modelo de los parámetros distribuidos de una línea de transmisión, e intervienen los parámetros de las líneas de transmisión, como la constante de propagación de la línea γ y la impedancia característica de la línea Z_0 . Se las ha considerado como un cuadripolo. Además se ha visto que cuando la carga tiene una impedancia distinta a la impedancia característica de la línea aparece un coeficiente de reflexión en la carga. Análogamente ocurre entre el generador y la línea. En virtud de este análisis se postula el modelo de parámetros de dispersión o parámetros S.

Originalmente el estudio de las redes de microondas se han propuesto a apartir de la tecnología de Radar en el MIT Radiation Laboratory a partir de 1940 aproximadamente. Se continuo el estudio en el Instituto Politécnico de Broklyn, y se lo aplica experimentalmente con los instrumentos de medición como el analizador vectorial de redes (VNA).

La representación mas acorde a la transmisión de ondas electromagnéticas incidentes y reflejadas en puertos de entrada y salida se obtiene por medio de los parámetros S [1].

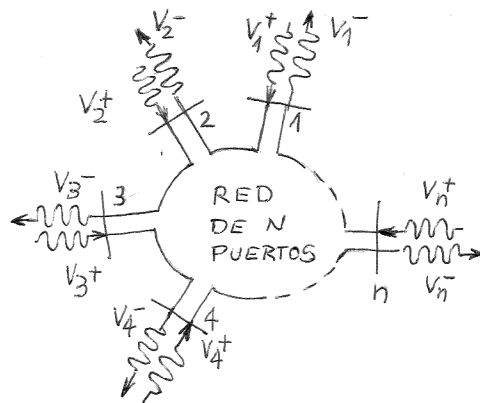


Figura 1: Red de N puertos con ondas incidentes y reflejadas.

Considere una red de n Puertos como se observa en la siguiente Figura 1.

$$\begin{pmatrix} V_1^- \\ V_2^- \\ \vdots \\ V_n^- \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & \dots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & S_{n3} & \dots & S_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1^+ \\ V_2^+ \\ \vdots \\ V_n^+ \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$[V^-] = [S][V^+] \quad (2)$$

donde cada componente de la matriz se define como:

$$S_{ij} = \frac{V_i^-}{V_j^+} \quad (3)$$

donde V_i^+ y V_j^- son las ondas de tensión incidentes y reflejadas en los puertos i y j respectivamente. Haciendo todas las demas ondas incidentes cero, solo la onda incidente distinta de cero V_j^+ .

S_{ij} es el coeficiente de reflexión en el puerto i, cuando todos los demás puertos están adaptados.

La matriz S para una red recíproca es una matriz simétrica y para una red sin pérdidas es matriz unitaria.

Ejemplo

Para medir el parámetro S_{41} se procede como indica la Figura 2. Se aplica una onda incidente en el puerto 1 y se mide la onda reflejada en 4, con los demás puertos adaptados a 50Ω .

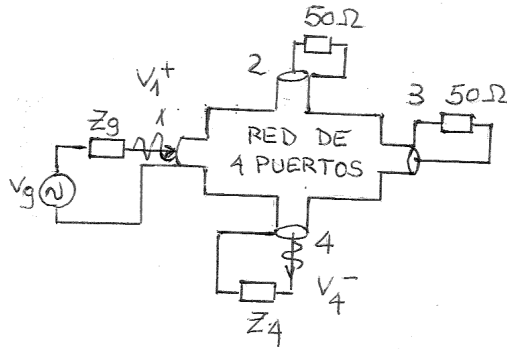


Figura 2: Medición de una red de 4 puertos con ondas incidentes, reflejadas, e impedancias adaptadas en los puertos restantes.

Ejemplo

El parámetro S para medir la ganancia de un amplificador será el coeficiente S_{21} , como se indica en la Figura 3.

El coeficiente se encuentra definido como:

$$S_{21} = \frac{V_2^-}{V_1^+} \quad (4)$$

La onda incide a la entrada del amplificador y la onda reflejada será la salida del amplificador.

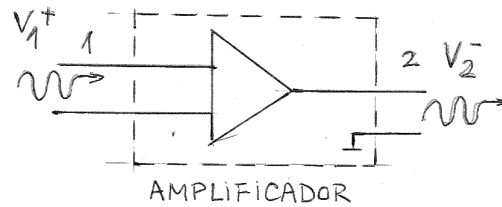


Figura 3: Ondas de tensión en un amplificador.

Ejemplo

Considere el circuito de dos puertos como el un atenuador de 3 dB como se encuentra en la siguiente figura 4, donde se lo conecta a un generador para que incida una onda de tensión en el puerto 1, y observar la onda reflejada en el puerto 1. En el Puerto 2 se debe tener $V_2^+ = 0$, con una carga adaptada.

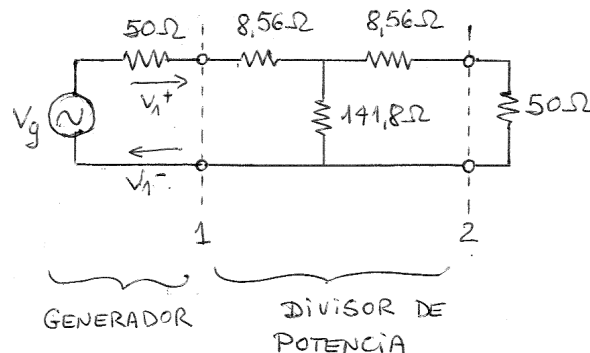


Figura 4: Determinación de la Z_{11} y la Γ_{11} en un Atenuador de 3 dB.

Se quiere obtener el coeficiente de reflexión y la impedancia de entrada. El coeficiente de reflexión a la entrada se encuentra definido mediante el siguiente parámetro:

$$S_{11} = \frac{V_1^-}{V_1^+} = \Gamma_{ent} \quad (5)$$

Se ha visto el coeficiente de reflexión a la entrada del atenuador:

$$\Gamma_{ent} = \frac{Z_{in} - Z_g}{Z_{in} + Z_g} \quad (6)$$

Para obtener la impedancia de entrada del atenuador se tiene el circuito de la Figura 5:

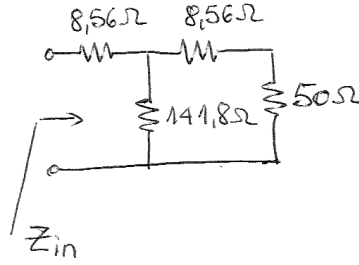


Figura 5: Z_{ent} y Γ_{11} en un Atenuador de 3 dB.

$$Z_{in} = 8,56 \, \Omega + \frac{(8,56 \, \Omega + 50 \, \Omega)141,8 \, \Omega}{8,56 \, \Omega + 50 \, \Omega + 141,8 \, \Omega} \quad (7)$$

$$Z_{in} = 8,56 \, \Omega + \frac{(58,56 \, \Omega)141,8 \, \Omega}{58,56 \, \Omega + 141,8 \, \Omega} \quad (8)$$

$$Z_{in} = 8,56 \, \Omega + 41,44 \, \Omega = 50,004 \, \Omega \cong 50 \, \Omega \quad (9)$$

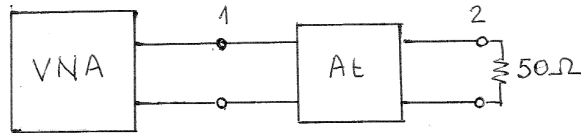


Figura 6: Medición de un Atenuador.

En la figura 6 se puede observar que para medir el atenuador de 3 dB, se conecta en el puerto 1 el analizador vectorial de redes (VNA) en el puerto 1, y en el puerto 2 se conecta una carga $Z_L = 50 \, \Omega$.

Red con líneas de transmisión a la entrada

Si se tiene una red como se indica en la Figura 7, donde se conectan los puertos con una línea de transmisión que posee una determinada longitud. Se deberá tener en cuenta dicha longitud para hacer los cálculos o si se quiere medir se tendrá que considerar dichas líneas cuando se hace la calibración.

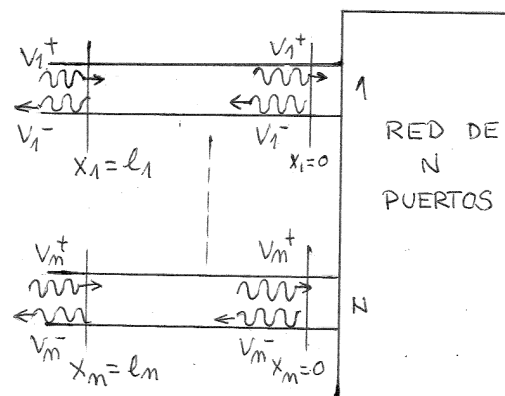


Figura 7: .

Bibliografía

- [1] D. Pozar, *Microwave Engineering, 4th Edition*. Wiley, 2011.