LABORATORIO DE SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

PRÁCTICA N°12

1. TEMA

DIVISOR DE POTENCIA WILKINSON

2. OBJETIVOS

2.1. Reconocer los diferentes tipos de divisores de potencia.
2.2. Analizar las ventajas de un divisor de potencia Wilkinson.
2.3. Diseñar un divisor de potencia Wilkinson con tecnología microstrip
2.4. Simular un divisor de potencia Wilkinson con tecnología microstrip en ADS

3. MARCO TEÓRICO

Los divisores de potencia son elementos pasivos, es decir que no son capaces de generar potencia. Un divisor de potencia divide una señal en dos o más señales de menor potencia. Puede tener tres puertos o más, idealmente puede ser sin pérdidas. Usualmente los divisores de potencia proveen señales de salida en fase y con la misma potencia (por ejemplo, divisor de potencia 1:2 con un coeficiente de pérdidas de transmisión de 3dB), sin embargo, también es posible conseguir una división de potencia desigual. El uso creciente de tecnología planar para líneas condujo al desarrollo de divisores de potencia como el Wilkinson.

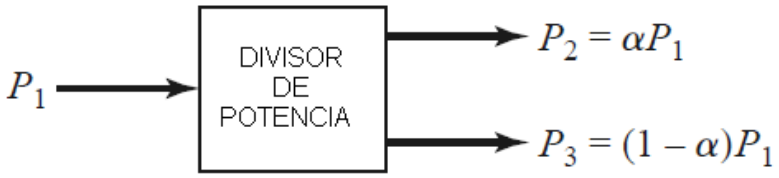

Figura 3.1. Divisor de potencia

El divisor de potencia Wilkinson es ventajoso en comparación a otros debido a que, cuando los puertos de salida están acoplados no presenta pérdidas, esto quiere decir que solamente se disipa la potencia reflejada en los puertos de salida. Puede dividir la potencia de manera arbitraria o igual. Este divisor se suele construir con tecnología microstrip o stripline como se muestra en la figura 3.2 y el circuito equivalente de la línea de transmisión se muestra en la figura 3.3

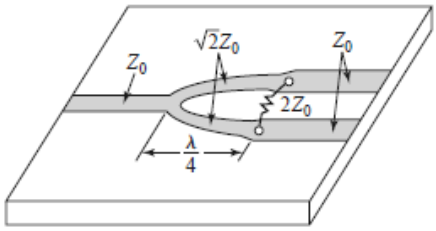

Figura 3.2. Divisor de potencia Wilkinson con microstrip

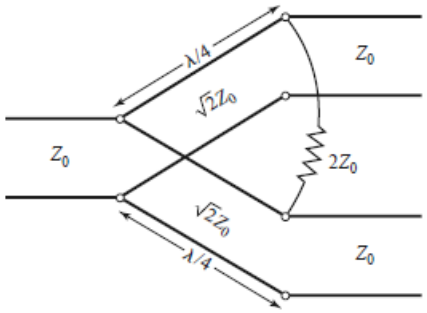

Figura 3.3. Circuito equivalente divisor de potencia Wilkinson

Se analiza el circuito de la figura 3.3 siendo reducido a dos circuitos más simples controlados por fuentes simétricas y asimétricas en los puertos de salida. Esta técnica se denomina se análisis par-impar.

Análisis Par-Impar

Las impedancias son normalizadas a la impedancia característica por simplicidad, se vuelve a dibujar el modelo circuital ahora con las fuentes de voltaje en los puertos de salida como muestra la figura 3.4. La red es simétrica en referencia al plano medio.

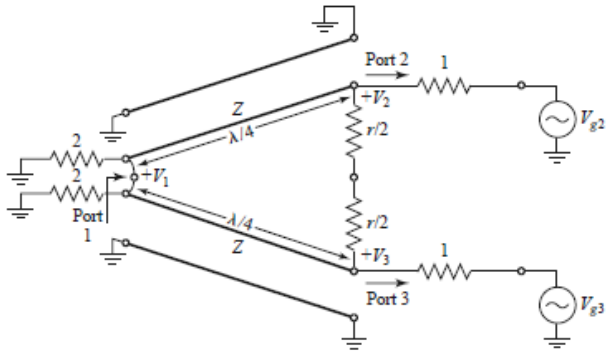

Figura 3.4 Circuito del divisor de potencia Wilkinson normalizado y simétrico.

Las dos resistencias de la fuente de valor normalizado 2 se combinan en paralelo para tener un valor de resistencia normalizado 1, que representa la impedancia de la fuente acoplada. Las líneas de un cuarto de longitud de onda tienen una tienen una impedancia característica

normalizada Z, y la resistencia en paralelo tiene un valor normalizado r; para un divisor de potencia igual estos valores son $Z = \sqrt{2}$ y $r = 2$.

Se analizan dos modos de alimentación del circuito, el modo par donde: $V_{g2} = V_{g3} = 2V_0$, y el modo impar donde $V_{g2} = -V_{g3} = 2V_0$. Al superponer los dos modos se produce una excitación de $V_{g2} = 4V_0$ y $V_{g3} = 0$, de donde se obtienen los parámetros de dispersión de la red.

Modo Par

En el modo par, $V_{g2} = V_{g3} = 2V_0$, entonces $V_2^e = V_3^e$, por lo tanto, no hay flujo de corriente a través de las resistencias $r/2$ o el corto circuito entre las entradas en el puerto 1. Entonces el circuito de la figura 3.4 se separa con circuitos abiertos como muestra la figura 3.5.

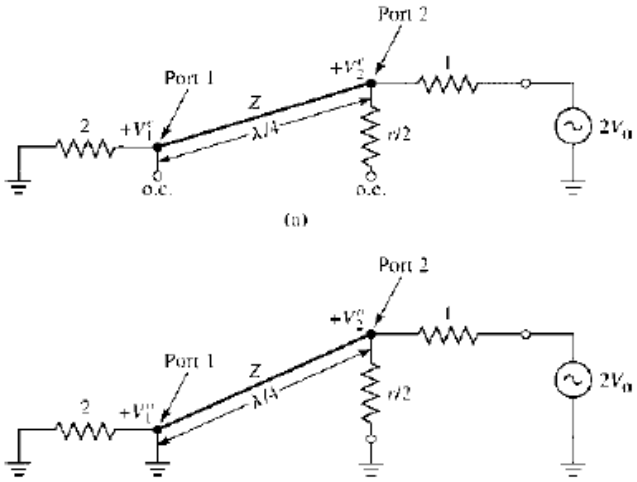

Figura 3.5. División del circuito de la figura 3.4

Desde el puerto 2 se puede ver una impedancia debido a que la línea de transmisión se ve como un transformados lambda cuartos. Entonces si $Z = \sqrt{2}$, el puerto 2 está acoplado para el modo par, así que $V_2^e = V_0$ ya que $Z_{in}^e = 1$. La resistencia $r/2$ en este caso es despreciable porque su extremo está en circuito abierto. Ahora se encuentra V_1^e de la ecuación de la línea de transmisión. Si $x = 0$ en el puerto 1 y $x = -\lambda/4$ en el puerto 2, se puede escribir el voltaje en la línea de transmisión como:

$$V(x) = V^+\left(e^{-j\beta x} + \Gamma e^{j\beta x}\right)$$

Entonces,

$$V_2^e = V\left(-\frac{\lambda}{4}\right) = jV^+(1-\Gamma) = V_0$$

$$V_1^e = V(0) = V^+(1+\Gamma) = j\,V_0\frac{\Gamma+1}{\Gamma-1}$$

El coeficiente de reflexión Γ, es el que se ve en el puerto 1 mirando hacia la resistencia de valor normalizado 2, entonces:

$$\Gamma = \frac{2-\sqrt{2}}{2+\sqrt{2}}$$

y

$$V_1^e = -j\,V_0\sqrt{2}$$

Modo Impar

Para el modo impar, $V_{g2} = -V_{g3} = 2V_0$, entonces $V_2^o = -V_3^o$ y hay un voltaje nulo en medio del circuito de la figura 3.4. Ahora se pone en corto circuito los puntos medios como muestra el modelo inferior de la figura 3.5. Hacia el puerto 2 se mira una impedancia de $r/2$, ya que la línea de transmisión conectada en paralelo es de $\lambda/4$ de largo y está en corto circuito el puerto 1, por lo que parece un corto circuito en el puerto 2. Por lo tanto, el puerto 2 estará acoplado al modo impar si se selecciona $r = 2$. Ahora $V_2^o = V_0$ y $V_1^o = 0$, para este modo toda la potencia se entrega a las resistencias $r/2$, sin que nada vaya al puerto 1.

Finalmente hay que encontrar la impedancia de entrada en el puerto 1 del divisor Wilkinson, cuando los puertos 2 y 3 estén terminados en cargas acopladas. El resultado se muestra en la figura 3.6, donde se mira algo similar al modo par ya que $V_2 = V_3$. No hay flujo de corriente a través de la resistencia de valor normalizado 2, por lo que puede ser eliminada, entonces el circuito se ve como el inferior de la figura 3.6. Luego se tiene la conexión de dos transformadores lambda cuartos en paralelo terminados en cargas unitarias (normalizadas). La impedancia de entrada es:

$$Z_{in} = \frac{1}{2}(\sqrt{2})^2 = 1$$

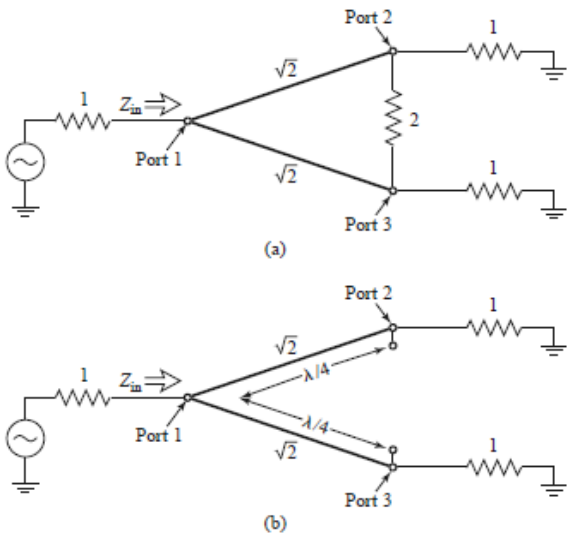

Figura 3.6. Análisis divisor Wilkinson

A continuación, se muestran los parámetros de dispersión para el divisor de potencia Wilkinson.

$$S_{11} = 0 \qquad (Z_{in} = 1 \text{en el puerto 1})$$

$$S_{22} = S_{33} = 0 \qquad \text{(los puertos 2 y 3 están acoplados para los monos par e impar)}$$

$$S_{12} = S_{21} = \frac{V_1^e + V_1^o}{V_2^e + V_2^o} = -j/\sqrt{2} \qquad \text{(simetría debido a la reciprocidad)}$$

$$S_{13} = S_{31} = -j/\sqrt{2} \qquad \text{(simetría de los puertos 2 y 3)}$$

$$S_{23} = S_{32} = 0 \qquad \text{Por división a abierto o cerrado}$$

La fórmula anterior para S_{12} se aplica debido a que todos los puertos están acoplados cuando terminan en cargas acopladas. Nótese que cuando el divisor se activa en el puerto 1 y las salidas están acopladas, no se disipa potencia en la resistencia. Entonces, el divisor es sin pérdidas cuando las salidas están acopladas y únicamente la potencia reflejada de los puertos 2 o 3 se disipa en la resistencia. Así, $S_{23} = S_{32} = 0$ porque los puertos 2 y 3 están aislados.

Layout de ADS

Una vez creado el modelo esquemático, ADS puede crear su *Layout*, para ello se ubica en el menú principal la opción que se muestra en la figura 3.7.

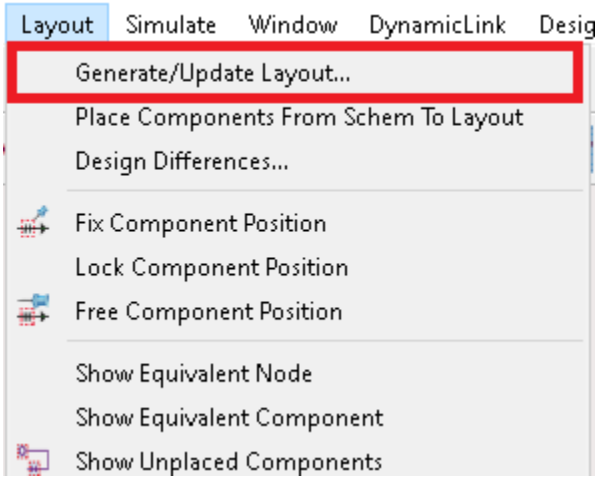

Figura 3.7. Ubicación del Layout de ADS

Revisar que la configuración para generar el Layout incluya que se borren los componentes desactivados y el modelo esté sincronizado con todo el diseño, figura 3.8.

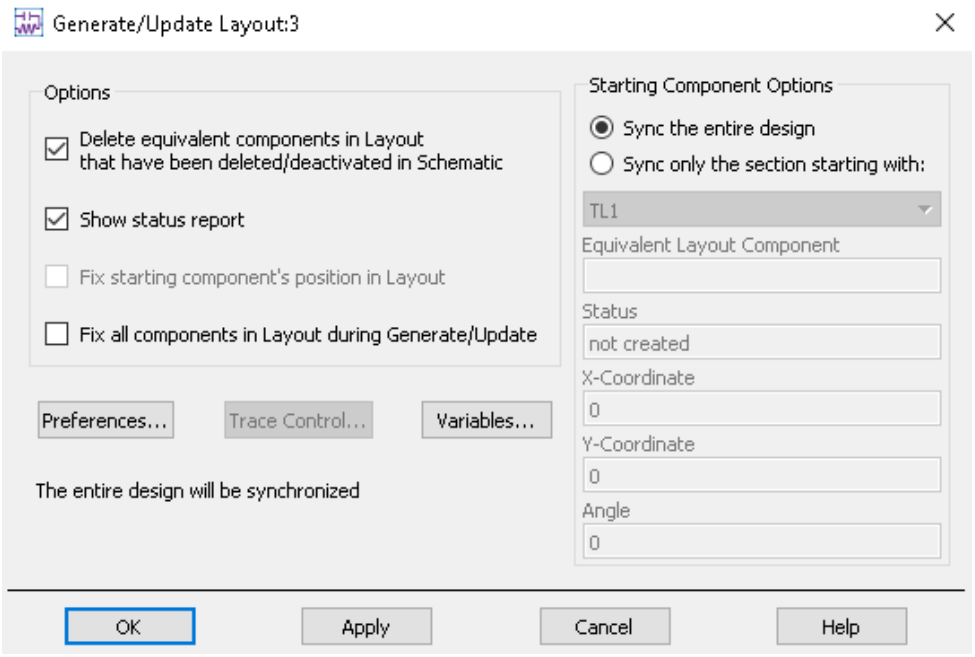

Figura 3.8. Configuración para Layout

Aparece inmediatamente el modelo del Layout como se muestra en la figura 3.9.

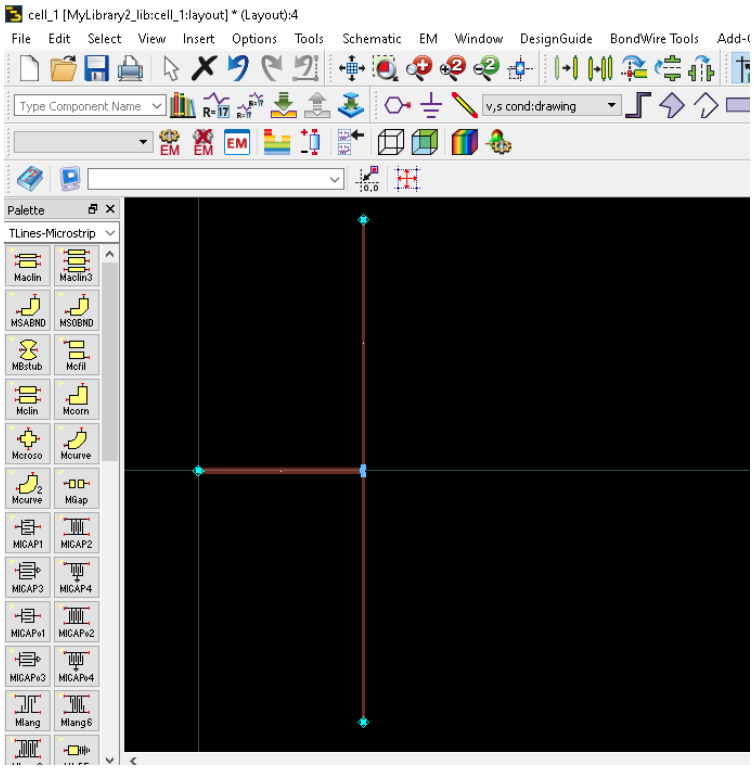

Figura 3.9. Ventana del Layout

Insertar los puertos para observar la respuesta del modelo, figura 3.10.

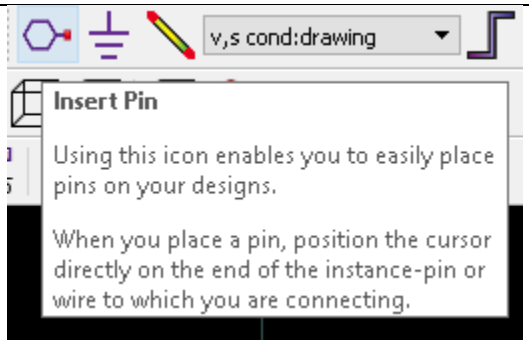

Figura 3.10. Insertar Pin

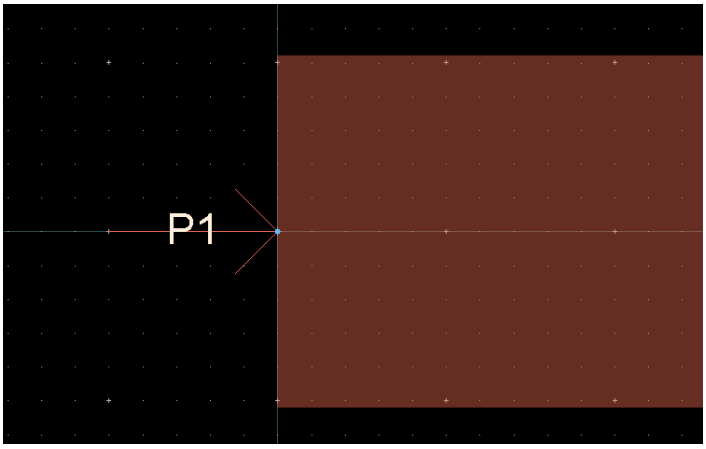

Figura 3.11 Puerto

Simulación utilizando Momentum

Inicializar la ventana para la configuración de simulación electromagnética (EM)

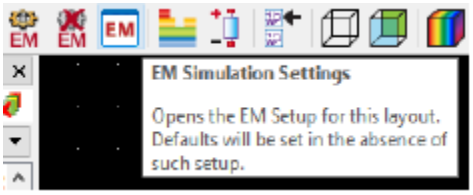

Figura 3.12. Simulación electromagnética

Configurar las opciones de la ventana *EM Setup for Simulation,* figura 3.13

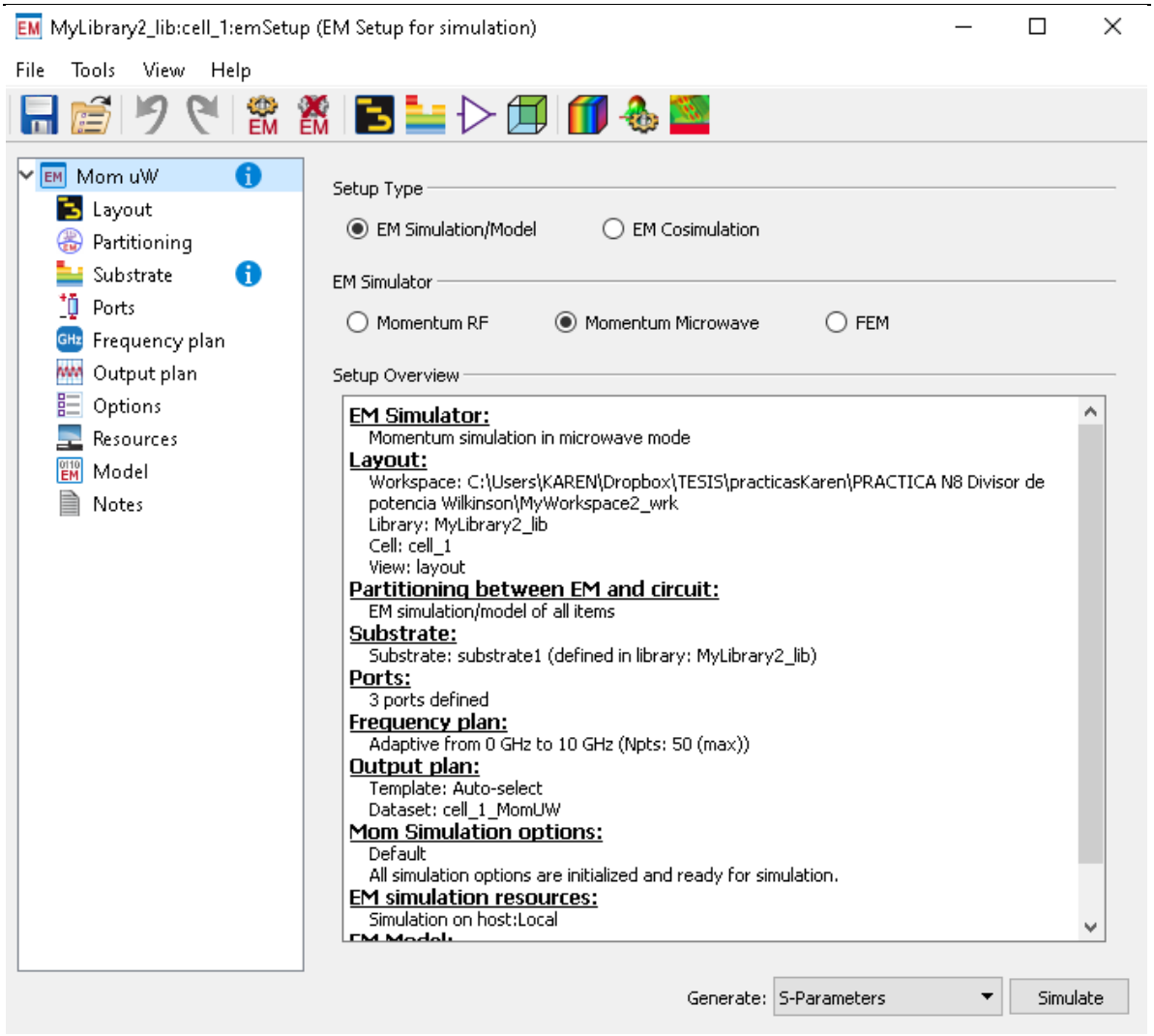

Figura 3.13. Ventana EM Setup for Simulation

Configurar el substrato para la simulación, en la opción *Substrate*, luego de click en *open,* como se muestra en la figura 3.14

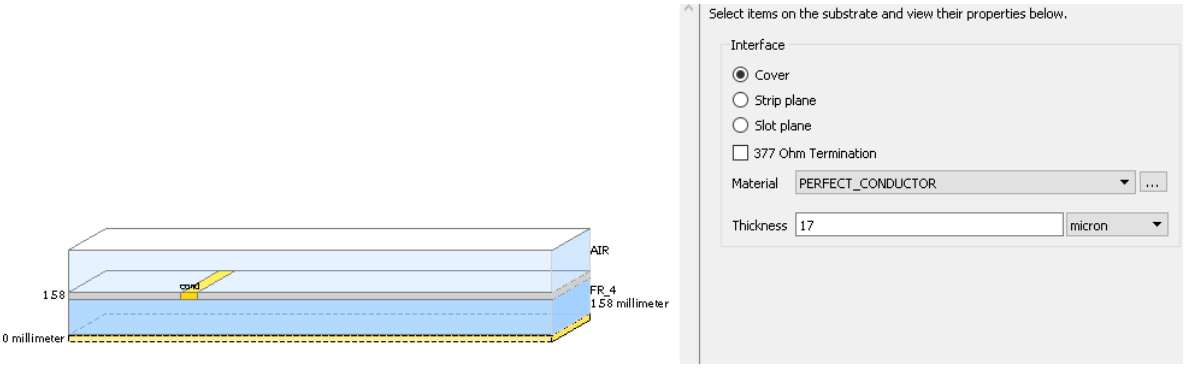

Figura 3.14. Substrato

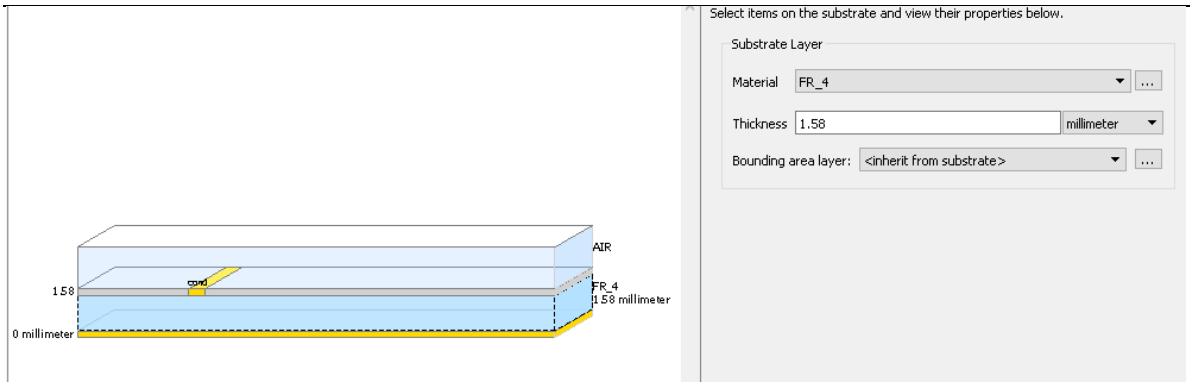

Figura 3.15. Substrato

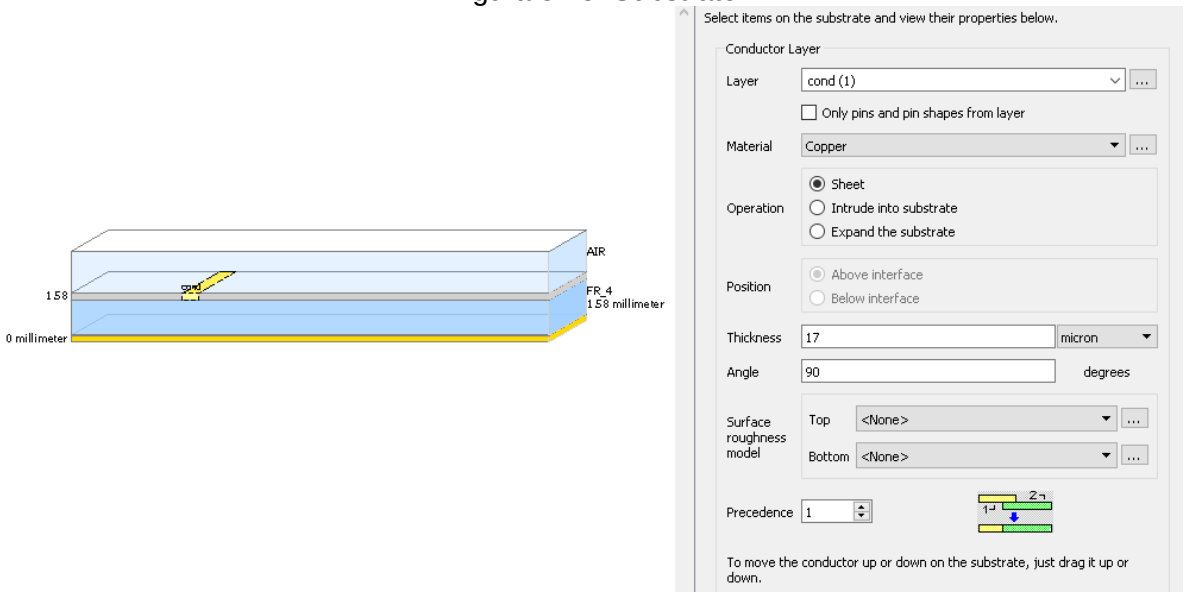

Figura 3.16. Substrato

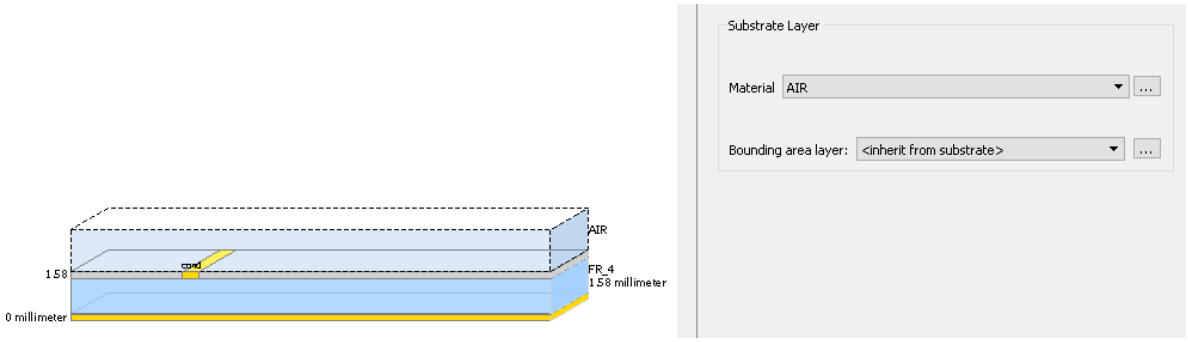

Figura 3.17. Substrato

Configurar el rango de frecuencia y puntos a simular, figura 3.18.

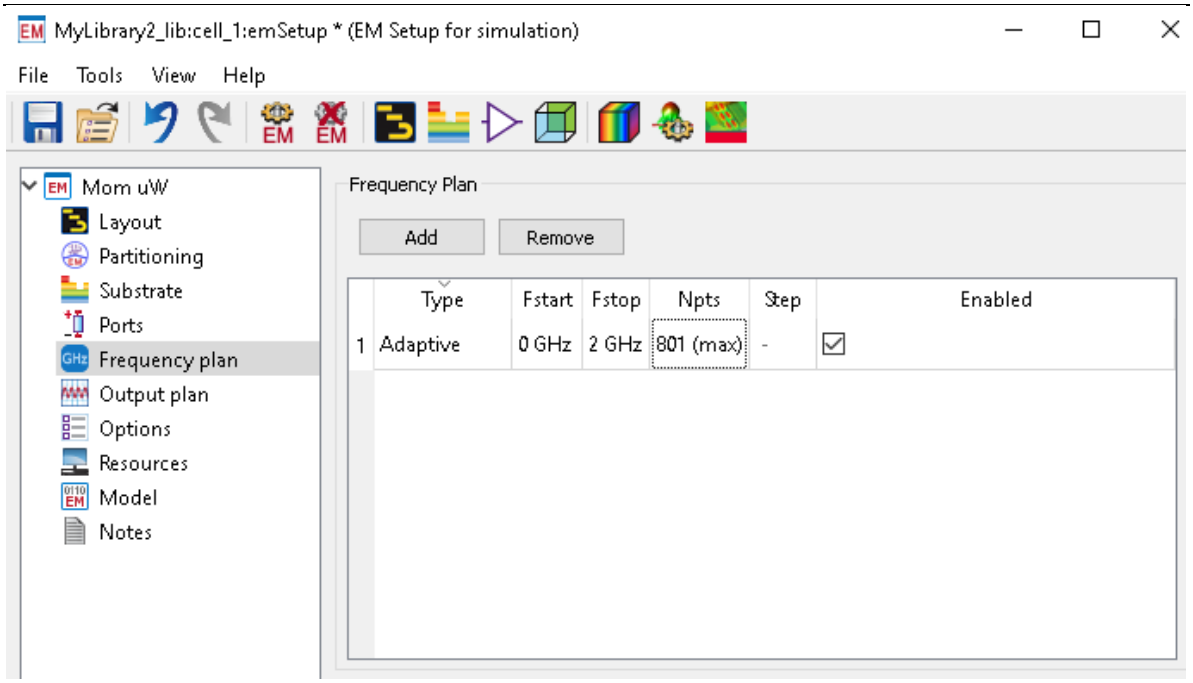

Figura 3.18. Rango de frecuencia y puntos a simular

Ejecutar la simulación, figura 3.19

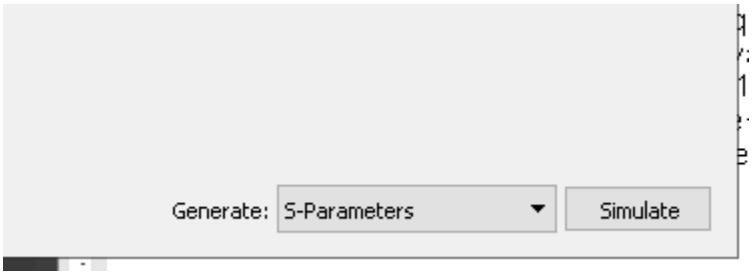

Figura 3.19. Simular

4. TRABAJO PREPARATORIO

4.1. Consultar sobre los divisores de potencia del tipo *T-junction*.

4.2. Diseñar con tecnología microstrip un divisor de potencia. El modelo del divisor se muestra en la figura 4.1. Determinar los valores de w y w1, de tal manera que la impedancia que se ve en el puerto P1 sea 50Ω y en los puertos P2 y P3 sea 100Ω. Simular el modelo en el **Layout** de ADS, utilizar el substrato FR4 (h=1.58mm; $\varepsilon_r = 4.24$; $\tan\delta = 0.025$, t=17µm), frecuencia de 1 GHz.

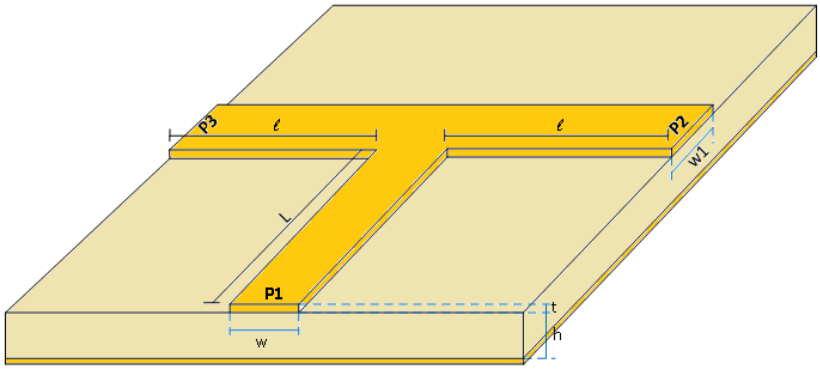

Figura 4.1. Divisor de potencia microstrip

4.3. Diseñar con tecnología microstrip una línea de transmisión que tenga la forma que se muestra en la figura 4.2. El substrato es FR4 (h=1.58mm; $\varepsilon_r = 4.24$; $\tan\delta = 0.025$) y la frecuencia operación es 1 GHz. La línea debe presentar entre los puertos P1 y P2 una longitud eléctrica de 90° y su impedancia debe ser de 70.71Ω. Los valores de L1 Y L2 deben estar parametrizados, es decir, declarados variables, esta simulación se debe realizar en un esquemático de ADS. Para el codo del diseño usar el componente MSOBND_MDS.

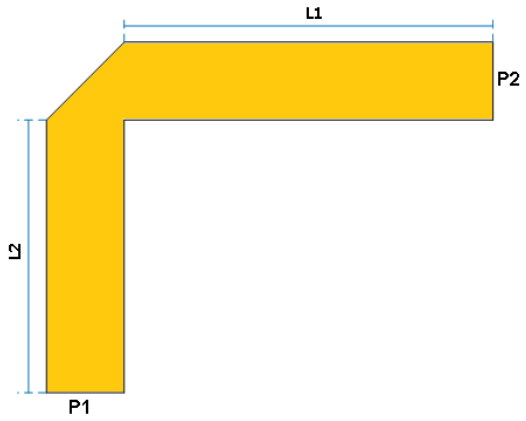

Figura 4.2. Modelo de línea de transmisión microstrip

5. EQUIPO Y MATERIALES

- Computador con el programa ADS

6. PROCEDIMIENTO

6.1. Construir un divisor de potencia Wilkinson a partir de la línea microstrip que se diseñó en el trabajo preparatorio en el numeral (4.3).

7. INFORME

7.1. Presentar el modelo esquemático del divisor de potencia Wilkinson y el resultado de la simulación.
7.2. Mencione cuáles son las ventajas de usar un divisor de potencia Wilkinson en lugar de uno de tipo *T-junction*.
7.3. Conclusiones y Recomendaciones
7.4. Bibliografía.

8. REFERENCIAS

[1] D. Pózar, Microwave Enginnering, New York: JohnWiley & Sons, Inc., 2012.

[2] KF5OBS, Dirección, *KF5OBS #28: Wilkinson Splitter / Combiner Basics.* [Película]. Alemania: Youtube, 2014.

Elaborado por: Karen Pantoja

Revisado por: Dr. Fernando Carrera/ Jefe de Laboratorio