

## LABORATORIO SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

### PRÁCTICA N° 9

#### 1 TEMA

SIMULACIÓN DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN MICROSTRIP EN ADS

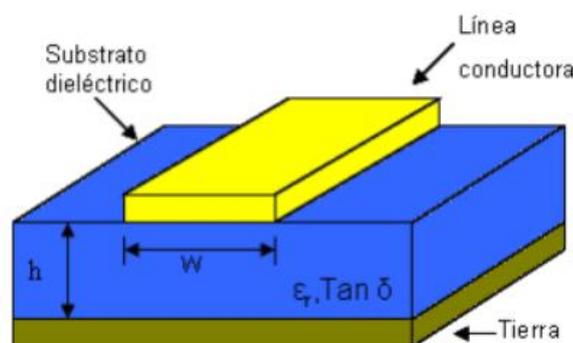
#### 2 OBJETIVOS

- 2.1 Diferenciar las características de una línea de transmisión *microstrip*.
- 2.2 Diseñar de forma analítica una línea de transmisión *microstrip*.
- 2.3 Diseñar una línea de transmisión *microstrip* con la herramienta *LineCalc* de ADS.
- 2.4 Simular en ADS la línea de transmisión *microstrip* en el dominio de la frecuencia.

#### 3 MARCO TEÓRICO

##### 3.1 Línea de transmisión *microstrip*

Las líneas de transmisión *microstrip* son las más usadas en la actualidad especialmente en circuitos integrados. Este tipo de líneas son tiras conductoras que están sobre un sustrato dieléctrico que se emplaza sobre un plano de masa. La geometría de una línea de transmisión *microstrip* se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Geometría de una línea de transmisión *microstrip*.

Al ser una línea abierta permite que se puedan integrar otros elementos como: condensadores, diodos, transistores, aunque por esta misma característica presenta el problema de fugas. Existen pérdidas de radiación y cuando la potencia se propaga parte por el aire y parte por el dieléctrico las velocidades de fase son distintas. Para mitigar estos efectos se cubre la placa con una tapa metálica, a cierta distancia del sustrato.

El modo fundamental es cuasi-TEM, porque cuando la permitividad relativa del sustrato es alta se aproxima a la onda propagada como TEM, en otras palabras, mientras la permitividad relativa sea más grande las líneas de campo se concentran dentro del sustrato.

### ANÁLISIS DE UNA LÍNEA MICROSTRIP:

Cuando se tiene una línea microstrip de ancho  $W$ , permitividad relativa del dieléctrico  $\epsilon_r$  y el espesor del dieléctrico  $h$ , las expresiones aproximadas que describen el desempeño de una línea microstrip se describen en las ecuaciones 1 y 2:

$$\epsilon_{eff} \cong \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W}\right)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$Z_0 \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln \left( \frac{8h}{W} + \frac{W}{4h} \right) & \frac{W}{h} \leq 1 \\ \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \left[ \frac{W}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left( \frac{W}{h} + 1.4444 \right) \right]^{-1} & \frac{W}{h} \geq 1 \end{cases} \quad (2)$$

Estas expresiones proveen un error relativo menor al 1%, es decir una gran precisión.

### DISEÑO DE UNA LÍNEA MICROSTRIP:

Cuando se desea realizar el diseño de una línea microstrip se debe calcular el ancho  $W$  de la tira. Se tiene como datos conocidos el valor de la impedancia característica de la línea  $Z_0$ , la permitividad relativa del dieléctrico  $\epsilon_r$  y el espesor del dieléctrico  $h$ , entonces es posible encontrar el valor del cociente  $\frac{W}{h}$  con la ecuación 3.

$$\frac{W}{h} \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A}-2} & \frac{W}{h} \leq 2 \\ \frac{2}{\pi} \left[ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r-1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right\} \right] & \frac{W}{h} \geq 2 \end{cases} \quad (3)$$

Para el diseño se asume una de las dos condiciones, si no se cumple se tomará la condición restante.

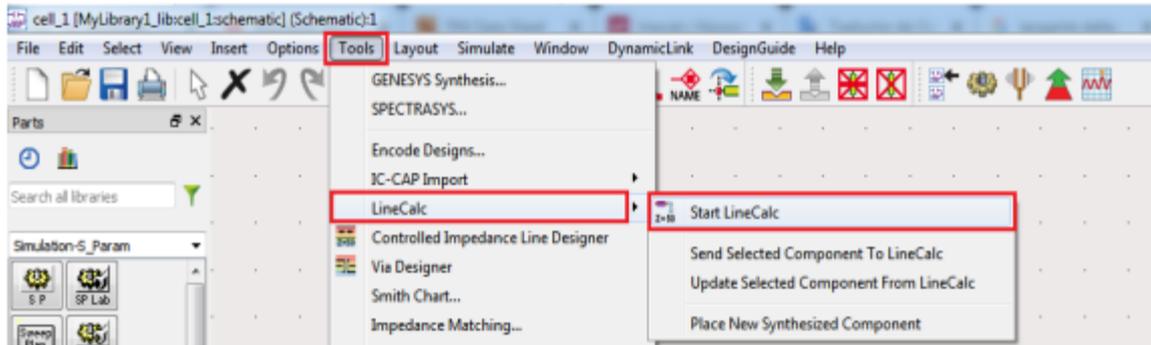
A y B se definen de la siguiente manera:

$$A = \frac{Z_c}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r+1}{2}} + \frac{\epsilon_r-1}{\epsilon_r+1} \left( 0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \quad (4)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_c\sqrt{\epsilon_r}}$$

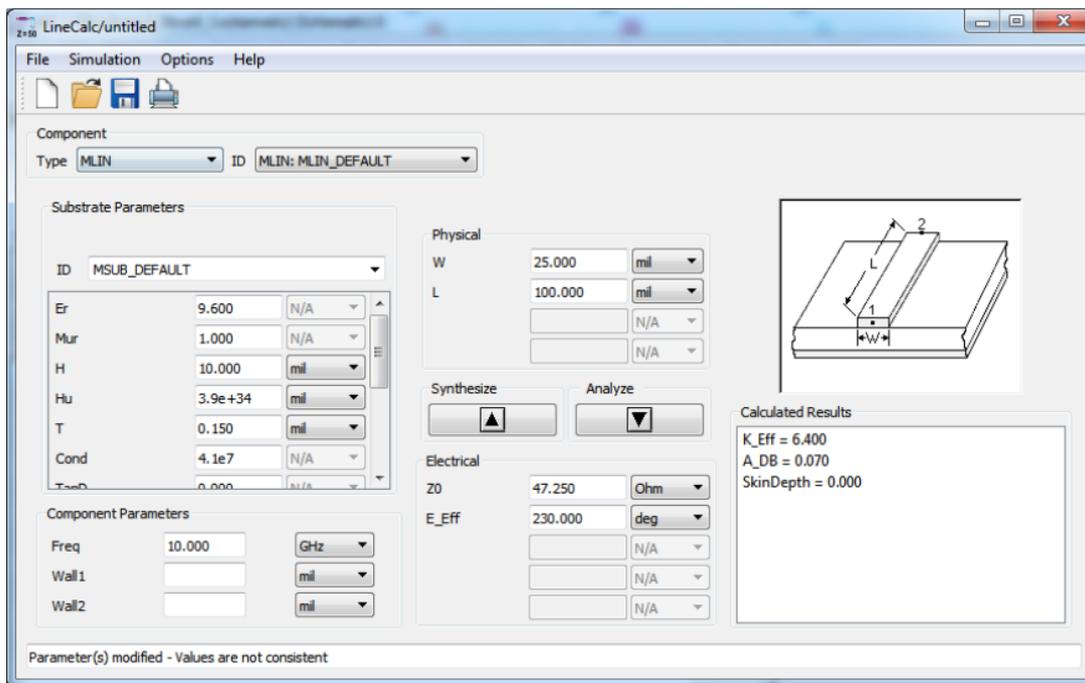
### 3.2 LineCalc

Es una de las múltiples herramientas que posee ADS, ésta permite calcular para un sustrato específico a una frecuencia determinada el largo y ancho de la línea que se desea construir, tomando en cuenta la impedancia y la longitud eléctrica que se desee. La Figura 2 indica donde se encuentra la herramienta *LineCalc*.



**Figura 2.** Ubicación de la herramienta *LineCalc*.

A la izquierda de la interfaz de *LineCalc*, como se muestra en la Figura 3, se encuentran los parámetros que caracterizan el sustrato (*Substrate Parameters*) como: permitividad, espesor, tangente delta, espesor de la capa de cobre sobre el sustrato. En la parte inferior se configuran los parámetros de los componentes como la frecuencia. Las dimensiones físicas se encuentran a la derecha de los parámetros del sustrato, ahí se obtienen los parámetros de ancho y largo de la línea de transmisión una vez definidos los parámetros eléctricos que se encuentran en la parte inferior, los cuales son: la impedancia característica y la longitud eléctrica de la línea. Aunque también puede darse lo inverso con el ancho y largo de la línea se obtienen la impedancia y la longitud eléctrica de la línea.



**Figura 3.** Interfaz de la herramienta *LineCalc*.

Es importante tomar en cuenta las unidades con las que se ingresan los parámetros, para obtener resultados congruentes.

## 4 PREPARATORIO

- 4.1 Presentar una tabla comparativa sobre las características principales de los siguientes sustratos: PTFE, FR4, Rogers4003c y RT/duroid 5870.
- 4.2 Calcular el ancho ( $W$ ) de una línea de transmisión *microstrip* considerando los datos que se indican a continuación:
- Espesor del sustrato ( $h$ )=1.55 mm
  - $\epsilon_r = 4.7$
  - $Z_0 = 50, 75\Omega$ , y  $150\Omega$
- 4.3 Diseñar de forma analítica una línea de transmisión *microstrip* sobre sustrato Rogers4003c con una impedancia característica de  $75\Omega$ .
- 4.4 Utilizar la calculadora *microstrip* que se encuentra en el enlace adjunto para comparar la impedancia obtenida con los cálculos de los numerales 4.2 y 4.3.  
<https://www.pasternack.com/t-calculator-microstrip.aspx?srsId=AfmBOopqdcK2Esdeb6MRjsMTInqwK4p2uDnTfygTvS43damtOphRMXvE>

## 5 EQUIPO Y MATERIALES

- 5.1 Proporcionado en el laboratorio
- Programa computacional ADS.

## 6 PROCEDIMIENTO

- 6.1 Utilizar la herramienta LineCalc para encontrar el ancho de las líneas *microstrip* diseñadas en el numeral 4.2 con las especificaciones de la Tabla 1 y comparar con los resultados del trabajo preparatorio.

**Tabla 1.** Datos de diseño para una línea *microstrip*.

Parámetro	Valor	Variable
Impedancia característica	50 $\Omega$ , 75 $\Omega$ y 150 $\Omega$	$Z_0$
Sustrato	FR4	
Permitividad	4.7	$\epsilon_r$
Capa de cobre sobre sustrato	17 $\mu$ m	T
Espesor	1.55mm	H
Tangente de delta	0.015	TanD

- 6.2 Utilizar la herramienta LineCalc para comprobar el ancho de la línea *microstrip* diseñada en el numeral 4.3.
- 6.3 Realizar en ADS la simulación en el dominio de *S-Parameter* de las líneas *microstrip* diseñadas en el trabajo preparatorio. Comparar los resultados.

## 7 INFORME

7.1 Construir sobre sustrato FR4 la línea de transmisión *microstrip* de  $50\Omega$ . Colocar conectores SMA(f) en los extremos de la línea.

En la placa se debe incluir (imprimir) los nombres de los integrantes del grupo.

**Nota:** Los estudiantes presentarán la línea de transmisión *microstrip* construida al comenzar la sesión de laboratorio de la práctica 10.

## 8 REFERENCIAS

[1] D. Pozar, *Microwave Engineering*. Fourth Edition, Wiley, 2011.

**Elaborado por:** Mtr. William Coloma

**Revisado por:** Dr. Fernando Carrera S.