

Híbrido «Rat-race» a 3 GHz

Diseño e implementación en tecnología microstrip

L. Fernández Rojo D. Valiente García J.R. Gisbert Valls

4º Ingeniería de Telecomunicaciones
Universidad Miguel Hernández de Elche

Viernes 8 de Junio de 2007

Índice

1 Introducción

- Cálculos teóricos
- Cálculo de la permitividad relativa del dieléctrico

2 Simulación del circuito

- Matlab, simulación
- TouchStone, simulación

3 Implementación

- Cálculos previos
- Medidas experimentales

4 Conclusiones

Características principales

- Diseño de un híbrido de 180° «**rat-race**».
- Frecuencia de diseño **3 GHz**.
- Tecnología **microstrip**.



Figura: Híbrido «rat-race» comercial

Características principales

- Diseño de un híbrido de 180° «rat-race».
- Frecuencia de diseño **3 GHz**.
- Tecnología **microstrip**.



Figura: Híbrido «rat-race» comercial

Características principales

- Diseño de un híbrido de 180° «rat-race».
- Frecuencia de diseño **3 GHz**.
- Tecnología **microstrip**.



Figura: Híbrido «rat-race» comercial

Índice

1 Introducción

- Cálculos teóricos
- Cálculo de la permitividad relativa del dieléctrico

2 Simulación del circuito

- Matlab, simulación
- TouchStone, simulación

3 Implementación

- Cálculos previos
- Medidas experimentales

4 Conclusiones

Matriz de Parámetros de Dispersión

La matriz de parámetros S a la **frecuencia de diseño** y cargando cada puerta con Z_0 es la siguiente:

Parámetros de dispersión, comportamiento deseado

$$S = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & -j & 0 & j \\ -j & 0 & -j & 0 \\ 0 & -j & 0 & -j \\ j & 0 & -j & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Cálculo de S_{11}

- Se seleccionan las dos excitaciones siguientes:

$$1^a \text{ excitacion} \begin{cases} a_1^1 = a \\ a_2^1 = 0 \\ a_3^1 = 0 \\ a_4^1 = a \end{cases}$$

$$2^a \text{ excitacion} \begin{cases} a_1^2 = a \\ a_2^2 = 0 \\ a_3^2 = 0 \\ a_4^2 = -a \end{cases}$$

- Y este es el circuito resultante:

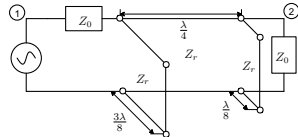
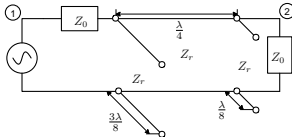


Figura: Cálculo de S_{11} a. 1^a excitación b. 2^a excitación

Cálculo de S_{12} y S_{22}

- Ahora se seleccionan las dos excitaciones siguientes
- Ambas idénticas para S_{22} y S_{12} , al igual que el circuito

$$1^a \text{ excitación} \begin{cases} a_1^1 = 0 \\ a_2^1 = a \\ a_3^1 = a \\ a_4^1 = 0 \end{cases}$$

$$2^a \text{ excitación} \begin{cases} a_1^2 = 0 \\ a_2^2 = a \\ a_3^2 = -a \\ a_4^2 = 0 \end{cases}$$

- Y de nuevo este es el circuito resultante.

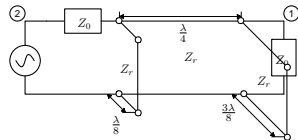
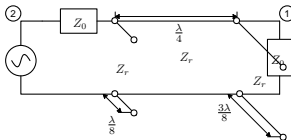


Figura: Cálculo de S_{12} a. 1^a excitación b. 2^a excitación

Cálculo del resto de parámetros

- Red **simétrica** y **recíproca**.
- Una vez realizados los cálculos anteriores, el resto de parámetros se obtiene como combinación de los resultados obtenidos.

Parámetros S, primer grupo

$$\begin{aligned}
 S_{11} &= \frac{1}{2} (S_{11}^1 + S_{11}^2) & S_{22} &= \frac{1}{2} (S_{22}^1 + S_{22}^2) \\
 S_{12} &= \frac{1}{2} (S_{12}^1 + S_{12}^2) & S_{13} &= \frac{1}{2} (S_{12}^1 - S_{12}^2) \\
 S_{23} &= \frac{1}{2} (S_{22}^1 - S_{22}^2) & S_{14} &= \frac{1}{2} (S_{11}^1 - S_{11}^2)
 \end{aligned} \tag{2}$$

Cálculo del resto de parámetros

- Red **simétrica** y **recíproca**.
- Una vez realizados los cálculos anteriores, el resto de parámetros se obtiene como combinación de los resultados obtenidos.

Parámetros S, primer grupo

$$\begin{aligned}
 S_{11} &= \frac{1}{2} (S_{11}^1 + S_{11}^2) & S_{22} &= \frac{1}{2} (S_{22}^1 + S_{22}^2) \\
 S_{12} &= \frac{1}{2} (S_{12}^1 + S_{12}^2) & S_{13} &= \frac{1}{2} (S_{12}^1 - S_{12}^2) \\
 S_{23} &= \frac{1}{2} (S_{22}^1 - S_{22}^2) & S_{14} &= \frac{1}{2} (S_{11}^1 - S_{11}^2)
 \end{aligned} \tag{2}$$

Cálculo del. . . continuación

Matriz calculada teóricamente

$$\begin{aligned}
 S &= \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} \end{pmatrix} \\
 &= \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} \\ S_{12} & S_{22} & S_{23} & S_{13} \\ S_{13} & S_{23} & S_{22} & S_{12} \\ S_{14} & S_{13} & S_{12} & S_{11} \end{pmatrix}
 \end{aligned} \tag{3}$$

Índice

1 Introducción

- Cálculos teóricos
- Cálculo de la permitividad relativa del dieléctrico

2 Simulación del circuito

- Matlab, simulación
- TouchStone, simulación

3 Implementación

- Cálculos previos
- Medidas experimentales

4 Conclusiones

Cálculos – Permitividad efectiva

- Utilizamos la medida experimental de f para obtener la ϵ_{eff} .

$$\text{Valores conocidos} \quad \left\{ \begin{array}{l} \lambda = 17,2 \text{ cm} \\ c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ f = 1,005 \text{ GHz} \end{array} \right.$$

Permitividad efectiva

$$\lambda = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} \rightarrow \epsilon_{\text{eff}} = \left(\frac{c}{\lambda \cdot f} \right)^2 = 3,009 \text{ F/m} \quad (4)$$

Cálculos – Permitividad relativa

- A partir de los siguientes datos del material y con la ayuda de *AppCad* se obtiene el valor de la ϵ_{rel} .

$$\text{Valores conocidos} \quad \left\{ \begin{array}{l} H = 800 \, \mu\text{m} \\ W = 500 \, \mu\text{m} \\ T = 30 \, \mu\text{m} \end{array} \right.$$

Permitividad relativa

$$\epsilon_{\text{rel}} = 4,392 \frac{\text{F}}{\text{m}} \quad (5)$$

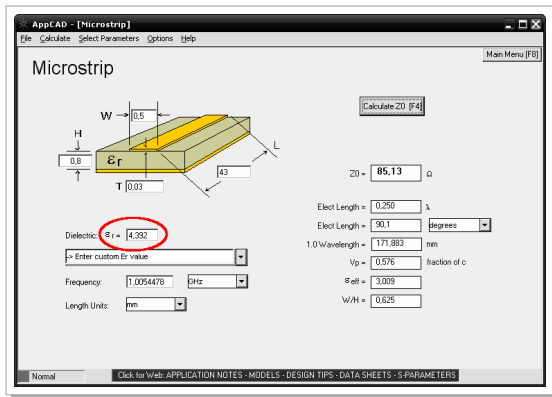


Figura: Toma de *AppCad*, cálculo de ϵ_{rel}

Índice

1 Introducción

- Cálculos teóricos
- Cálculo de la permitividad relativa del dieléctrico

2 Simulación del circuito

- Matlab, simulación
- TouchStone, simulación

3 Implementación

- Cálculos previos
- Medidas experimentales

4 Conclusiones

Simulación mediante *Matlab*

- Representamos los parámetros S calculados con Matlab. En la figuras siguientes podemos observar los resultados obtenidos.
 - Se cumplen los requisitos para el **módulo**. A la frecuencia de diseño:
 - $\|S_{11}\|_{\text{dB}}$ tiende a $-\infty$.
 - $\|S_{12}\|_{\text{dB}}$ y $\|S_{14}\|_{\text{dB}}$ son iguales a -3 dB.
 - Y también para la **fase**.
 - $\Phi_{S_{12}} = \frac{-\pi}{2}$
 - $\Phi_{S_{14}} = \frac{\pi}{2}$
 - Ambas se diferencian en 180°

Simulación mediante *Matlab*

- Representamos los parámetros S calculados con Matlab. En la figuras siguientes podemos observar los resultados obtenidos.
 - Se cumplen los requisitos para el **módulo**. A la frecuencia de diseño:
 - $\|S_{11}\|_{\text{dB}}$ tiende a $-\infty$.
 - $\|S_{12}\|_{\text{dB}}$ y $\|S_{14}\|_{\text{dB}}$ son iguales a -3 dB.
 - Y también para la **fase**.
 - $\Phi_{S_{12}} = \frac{-\pi}{2}$
 - $\Phi_{S_{14}} = \frac{\pi}{2}$
 - Ambas se diferencian en 180°

Simulación mediante *Matlab*

- Representamos los parámetros S calculados con Matlab. En la figuras siguientes podemos observar los resultados obtenidos.
 - Se cumplen los requisitos para el **módulo**. A la frecuencia de diseño:
 - $\|S_{11}\|_{\text{dB}}$ tiende a $-\infty$.
 - $\|S_{12}\|_{\text{dB}}$ y $\|S_{14}\|_{\text{dB}}$ son iguales a -3 dB.
 - Y también para la **fase**.
 - $\Phi_{S_{12}} = \frac{-\pi}{2}$
 - $\Phi_{S_{14}} = \frac{\pi}{2}$
 - Ambas se diferencian en 180°

Simulación del módulo

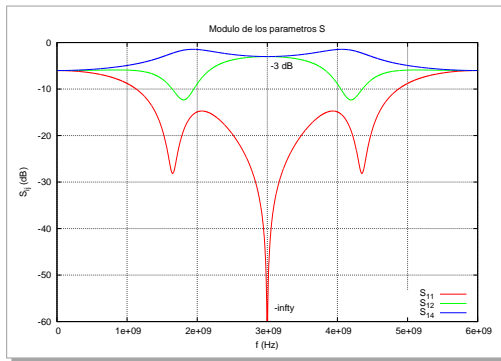


Figura: Toma de *Matlab*, simulación del módulo de los parámetros S

Simulación de la fase

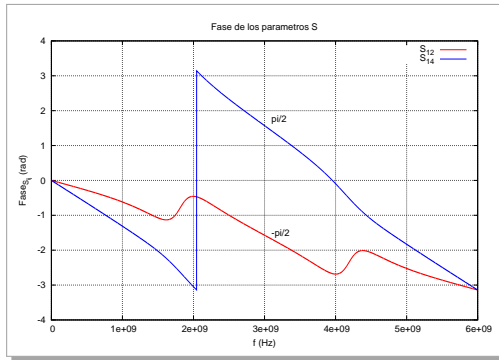


Figura: Toma de *Matlab*, fase de S_{12} y S_{14}

Índice

1 Introducción

- Cálculos teóricos
- Cálculo de la permitividad relativa del dieléctrico

2 Simulación del circuito

- Matlab, simulación
- TouchStone, simulación

3 Implementación

- Cálculos previos
- Medidas experimentales

4 Conclusiones

Comandos utilizados

- Comando mCurve

- `MCURVE_xxx n1 n2 W ANG RAD`

- Comando mBend

- `MBEND_xxx n1 n2 W ANG M`

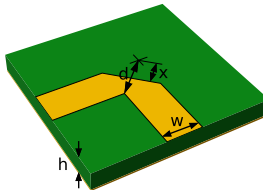


Figura: MBEND, codo en tecnología microstrip

Índice

1 Introducción

- Cálculos teóricos
- Cálculo de la permitividad relativa del dieléctrico

2 Simulación del circuito

- Matlab, simulación
- TouchStone, simulación

3 Implementación

- Cálculos previos
- Medidas experimentales

4 Conclusiones

Cálculos previos

- Anchura de las puertas

$$Z_0 = 50 \, \Omega \quad \longrightarrow \quad \begin{cases} W_{\text{puertas}} = 1,497 \, \text{mm} \\ \epsilon_{\text{eff}} = 3,287 \, \text{F/m} \end{cases} \quad (6)$$

- Anchura del anillo

$$Z_r = Z_0 \sqrt{2} = 70,71 \, \Omega \quad \longrightarrow \quad \begin{cases} W_{\text{anillo}} = 0,773 \, \text{mm} \\ \epsilon_{\text{eff}} = 3,104 \, \text{F/m} \end{cases} \quad (7)$$

- Radio del anillo

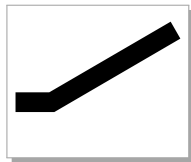
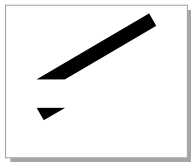
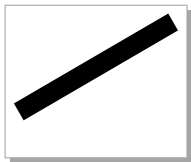
$$2\pi R = \frac{6\lambda}{4} \quad \longrightarrow \quad R = 1,335 \, \text{cm} \quad (8)$$

Criterios prácticos

- Unión anillo-puertos

$$\left. \begin{aligned} \pi (R_{\text{ext}}^2 - R_{\text{int}}^2) &= \pi (R^2 - R_{\text{int}}^2) \\ R_{\text{ext}} - R_{\text{int}} &= W_{\text{anillo}} \end{aligned} \right\}$$

- Radio exterior = 13,93 mm
- Radio interior = 13,16 mm
- Puertas 2 y 3



Negativo

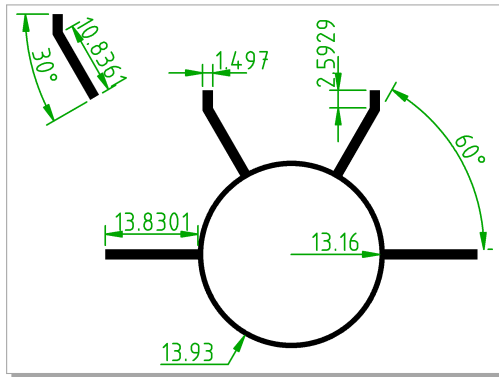


Figura: Híbrido *Rat-race* cuya frecuencia de diseño es 3 GHz. La imagen no se encuentra a escala

Índice

1 Introducción

- Cálculos teóricos
- Cálculo de la permitividad relativa del dieléctrico

2 Simulación del circuito

- Matlab, simulación
- TouchStone, simulación

3 Implementación

- Cálculos previos
- **Medidas experimentales**

4 Conclusiones

Módulo de los parámetros S

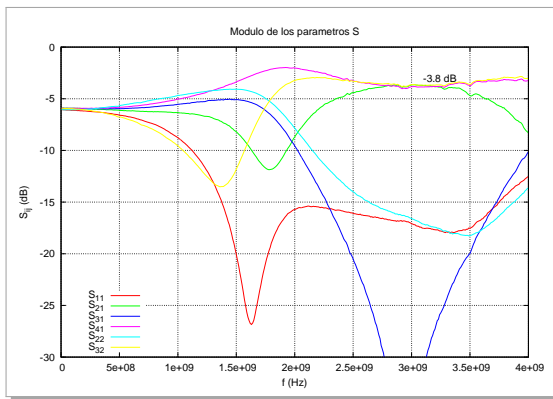


Figura: Módulo de los parámetros de dispersión

Fase de los parámetros S

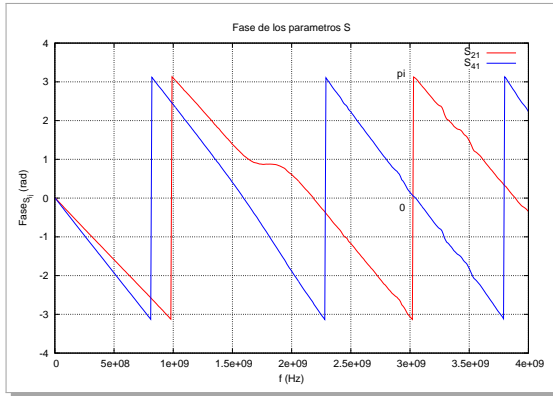


Figura: Fase de los parámetros de dispersión

Comparación

- A la frecuencia de diseño:
 - Módulo de S_{12} y $S_{14} \simeq 3,8$ dB.
 - El desfase entre S_{12} y $S_{14} \simeq \pi$.
- La desviación en frecuencia es $\simeq 5$ MHz.