

EXAMEN PARCIAL DE TECNOLOGÍAS DE ALTA FRECUENCIA

DPTO. DE TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES

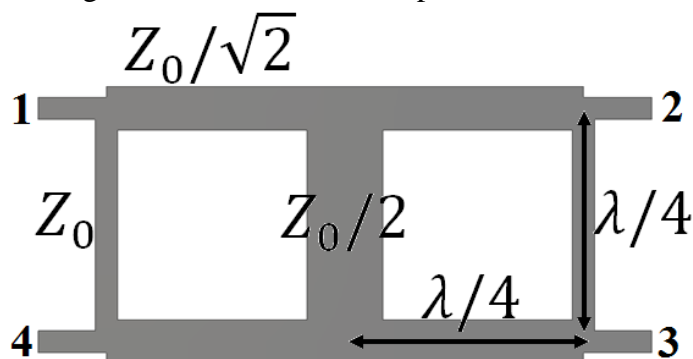
29 de abril de 2013

(hay que entregar la hoja de cada enunciado, duración total 1 hora 45 minutos)

Alumno:

PROBLEMA 1 DE ANÁLISIS DE CIRCUITOS DE MICROONDAS: (30 minutos, 30 puntos)

Se quiere realizar el análisis y obtención de la matriz de parámetros S de la red que se muestra en la figura. Puede considerarse que la línea central vertical puede descomponerse en el paralelo de dos líneas sumamente próximas. Encuentre la matriz de parámetros [S] del siguiente circuito de cuatro puertos.



En primer lugar debemos observar la total simetría del circuito, por lo que únicamente es necesario calcular cuatro parámetros:

$$S_{11} = S_{22} = S_{33} = S_{44}$$

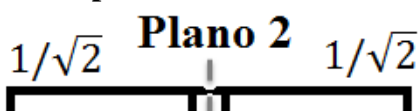
$$S_{12} = S_{21} = S_{34} = S_{43}$$

$$S_{13} = S_{31} = S_{24} = S_{42}$$

$$S_{14} = S_{41} = S_{23} = S_{32}$$

Para obtener dichos parámetros se puede realizar un análisis de modos par-impar y hay dos opciones. La primera consiste en emplear la simetría horizontal y calcular los parámetros de reflexión y transmisión. La segunda opción se basa en emplear una doble simetría para calcular únicamente los parámetros de reflexión. En esta solución se va a seguir la segunda opción.

En primer lugar vamos a considerar la línea central como el paralelo de dos líneas de impedancia doble y así tenemos la siguiente estructura simétrica (normalizada respecto Z_0) respecto a dos planos:



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

(1) P1 - P2	a	a	a	a	$a\Gamma_1$
(2) P1 - I2	a	$-a$	$-a$	a	$a\Gamma_2$
(3) I1 - P2	a	a	$-a$	$-a$	$a\Gamma_3$
(4) I1 - I2	a	$-a$	a	$-a$	$a\Gamma_4$
(1)+(2)+(3)+(4)	$4a$	0	0	0	$a(\Gamma_1 + \Gamma_2 + \Gamma_3 + \Gamma_4)$
(1)-(2)+(3)-(4)	0	$4a$	0	0	$a(\Gamma_1 - \Gamma_2 + \Gamma_3 - \Gamma_4)$
(1)-(2)-(3)+(4)	0	0	$4a$	0	$a(\Gamma_1 - \Gamma_2 - \Gamma_3 + \Gamma_4)$
(1)+(2)-(3)-(4)	0	0	0	$4a$	$a(\Gamma_1 + \Gamma_2 - \Gamma_3 - \Gamma_4)$

A partir de esta tabla podemos calcular los parámetros [S]:

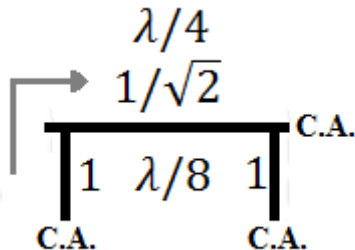
$$s_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=a_3=a_4=0} = \frac{\Gamma_1 + \Gamma_2 + \Gamma_3 + \Gamma_4}{4}$$

$$s_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=a_3=a_4=0} = \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2 + \Gamma_3 - \Gamma_4}{4}$$

$$s_{13} = \left. \frac{b_1}{a_3} \right|_{a_1=a_2=a_4=0} = \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2 - \Gamma_3 + \Gamma_4}{4}$$

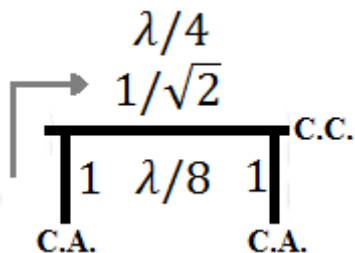
$$s_{14} = \left. \frac{b_1}{a_4} \right|_{a_1=a_2=a_3=0} = \frac{\Gamma_1 + \Gamma_2 - \Gamma_3 - \Gamma_4}{4}$$

Calculamos los coeficientes de reflexión en los cuatro casos a partir de las impedancias de entrada:



$$Z_{IN1} = j$$

$$\Gamma_1 = \frac{j-1}{j+1} = j$$

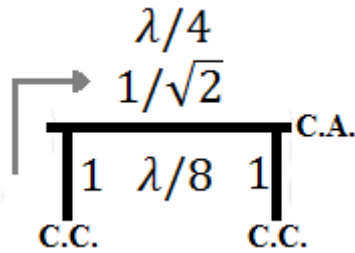


$$Z_{IN2} = -j$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

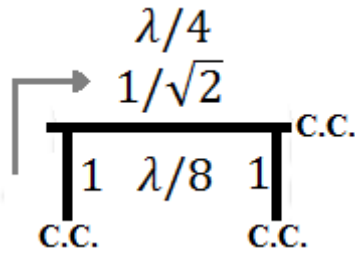
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



$$Z_{IN3} = -j$$

$$\Gamma_3 = -j$$



$$Z_{IN4} = j$$

$$\Gamma_4 = j$$

Así la matriz de parámetros [S] resulta:

$$S_{11} = S_{22} = S_{33} = S_{44} = 0$$

$$S_{12} = S_{21} = S_{34} = S_{43} = 0$$

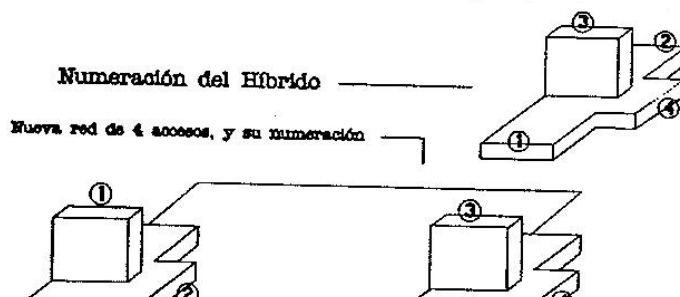
$$S_{13} = S_{31} = S_{24} = S_{42} = j$$

$$S_{14} = S_{41} = S_{23} = S_{32} = 0$$

Se trata de un acoplo de 0 dB o “cruce” ya que cruza las señales en las puertas 1 y 2 a la 4 y 3 respectivamente.

PROBLEMA 2 DE ANÁLISIS DE CIRCUITOS DE MICROONDAS (30 minutos, 30 puntos)

Sean los tres circuitos de la figura (dos Ts mágicas ideales y un desfasador anisótropo unidireccional ideal) que se conectan según se indica en la misma. La numeración de los puertos en la T mágica es la que se aprecia en la parte superior derecha de la figura.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

- a. La matriz S de la T mágica y del desfaseador unidireccional
- b. La matriz resultante de la red de CUATRO accesos, con la numeración indicada en la parte central de la figura. ¿Qué tipo de red es la resultante?
- a. La simetría de las Ts mágicas ideales asegura que $S_{31}=-S_{32}$, $S_{41}=S_{42}$ y $S_{43}=0$. El hecho de que sean Ts mágicas además supone que todos los puertos estén adaptados y $S_{21}=0$. Como no hay pérdidas la magnitud de los coeficientes no nulos es $1/\sqrt{2}$. Además, el enunciado indica que *el desfase de 180° se da entre los puertos 2 y 3*, con lo que los otros parámetros de transmisión tendrán un desfase de 0°. La matriz resultante es por tanto

$$S_T = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

En cuanto desfaseador, está adaptado en ambos puertos ($S_{11}=S_{22}=0$) y produce un desfase de 180° entre el puerto 1 y el 2 ($S_{21}=-1$). El enunciado no deja claro cuál es la transmisión inversa, diferente en cualquier caso de la directa. Puede interpretarse que no introduce desfase aunque haya transmisión total ($S_{12}=1$) o que aísla por completo ($S_{12}=0$). Las dos soluciones se muestran a continuación y se utilizarán para el segundo apartado.

$$S_D = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \quad S_D = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

La representación gráfica de los parámetros de transmisión de cada una de las redes será útil en el apartado siguiente.



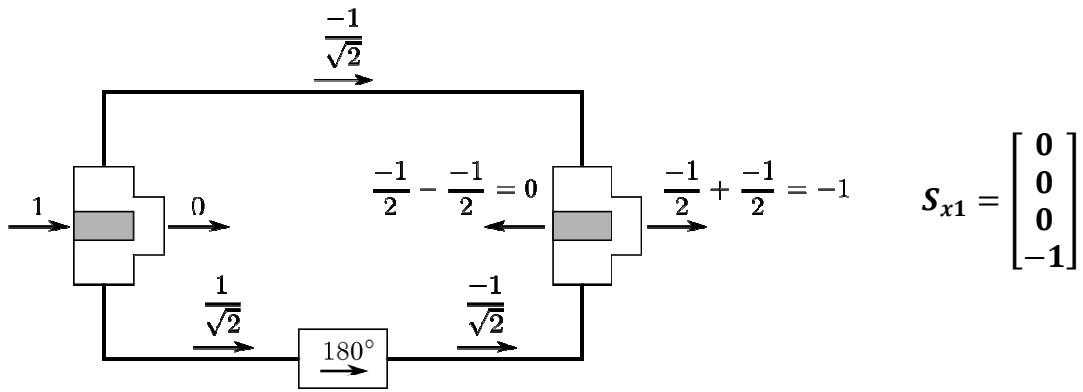
- b. En la siguiente solución cada uno de los puertos es excitado sucesivamente con una onda de potencia normalizada, por lo que las ondas de potencia de salida son directamente en cada caso los coeficientes de una columna de la matriz de scattering.

- Excitación en el puerto 1 (parámetros S_{x1})

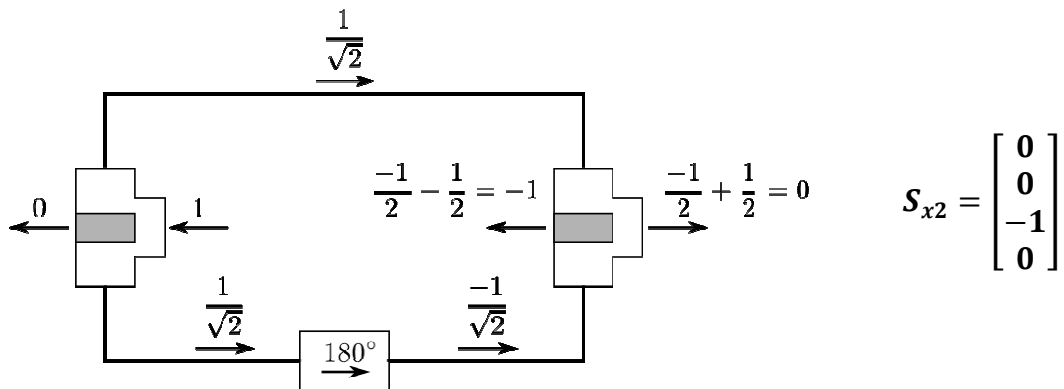
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

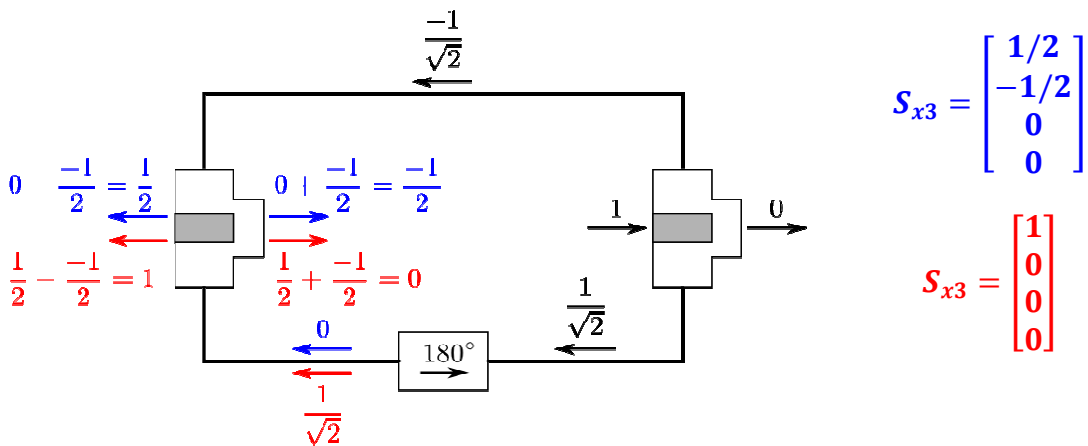
Cartagena99



- Excitación en el puerto 2 (parámetros S_{x2})



- Excitación en el puerto 3 (parámetros S_{x3})

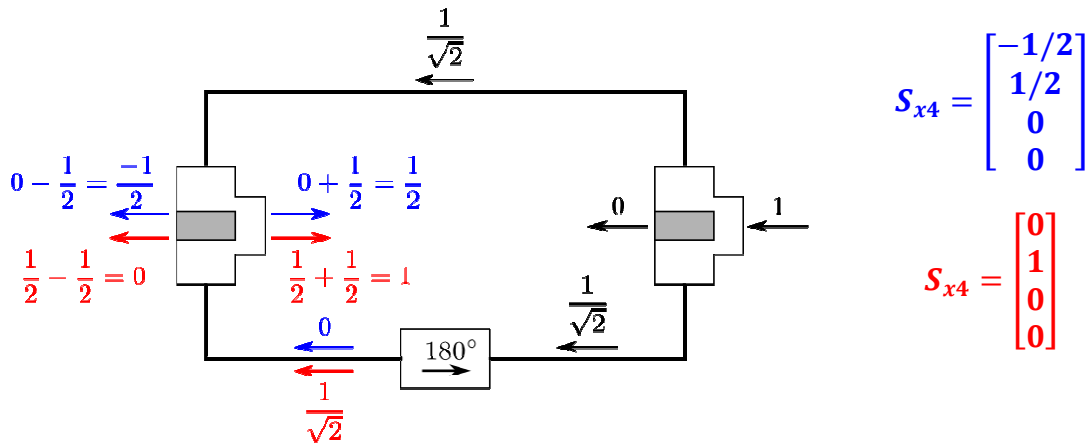


- Excitación en el puerto 4 (parámetros S_{x4})

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



La matriz de scattering completa resulta, por tanto,

$$S = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad S = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Ambas soluciones corresponden a redes no recíprocas, al ser las matrices asimétricas. El segundo caso es un circulador de cuatro puertos, en el cual se producen inversiones de fase fácilmente compensables mediante cambio de planos de referencia.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

EXAMEN PARCIAL DE TECNOLOGÍAS DE ALTA FRECUENCIA
DPTO. DE TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES

29 de abril de 2013

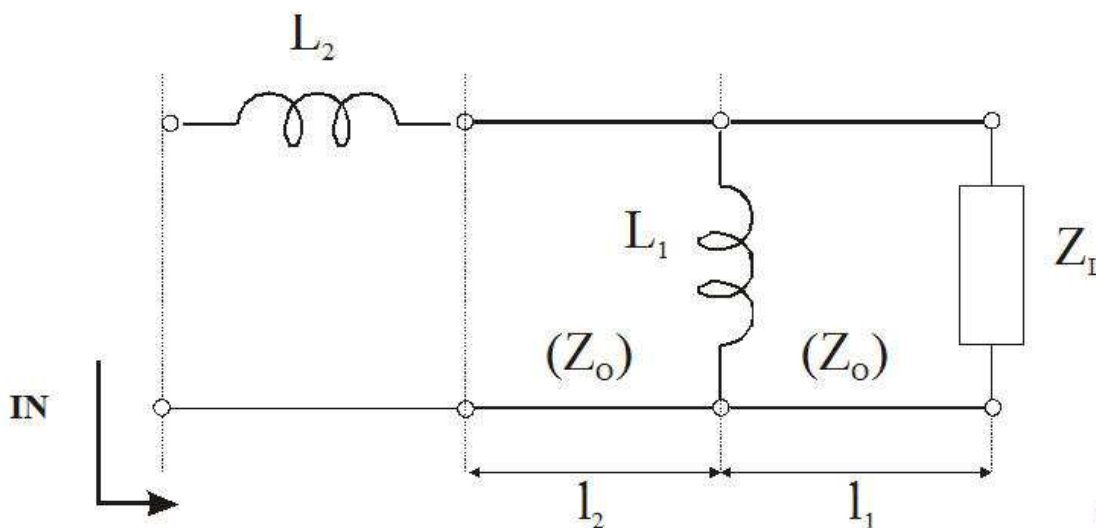
(hay que entregar la hoja de cada enunciado)

Alumno:

PROBLEMA DE ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS: (30 minutos, 30 puntos)

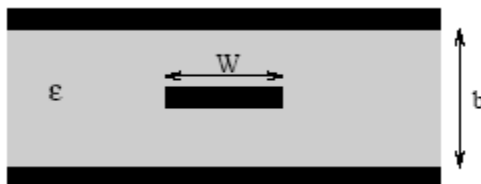
Sea el circuito de la figura que incluye dos tramos de línea de transmisión ideales con dieléctrico aire, de tamaños $l_1 = \lambda/4$ y $l_2 = \lambda/8$ a la frecuencia de trabajo $f = 1\text{GHz}$. Suponga que Z_L es una resistencia de 20Ω en serie con una inductancia de 10 nH . Para $Z_0 = 50\Omega$:

- Calcule los valores de L_1 y L_2 necesarios para adaptar la entrada. (20 puntos)
- Para la red resultante, determine las pérdidas de retorno y la ROE cuando se duplica la frecuencia (10 puntos)



CUESTIONES DE TEORÍA DE GUÍAS Y LÍNEAS (10 puntos, 10 minutos)

Considere una estructura stripline como línea de transmisión (ver figura) donde la anchura de la tira se denota W y la altura entre las placas paralelas b



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



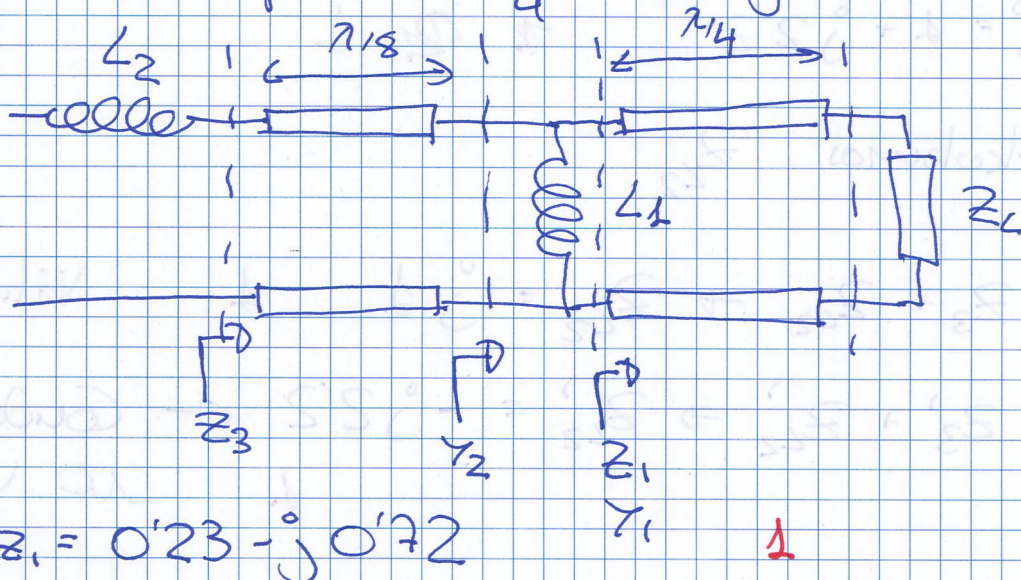
ADAPTACIÓN IMPEDANCIAS

$$f = 1 \text{ GHz} \rightarrow \omega = 2\pi f = 6.28 \cdot 10^9 \text{ rad/s}$$

$$Z_L = 20 + j\omega L = 20 + j62.8 \Omega \quad 1$$

$$\bar{Z}_L = \frac{Z_L}{50} = 0.4 + j1.26 \quad 1$$

1) ~~Problema~~ Desplazamos $\frac{Z_L}{4}$ hacia generador



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

4) Calculamos los valores de Z_1

$$4 \angle 0^\circ = 8 \angle 90^\circ - j12 \angle 0^\circ - Z_1 \angle 0^\circ \Rightarrow Z_1 = 8 \angle 90^\circ - j12 \angle 0^\circ = j8 - j12 = -j4$$

$$\Rightarrow Z_1 = -j300 \Omega$$

5) Desplazamos $\frac{Z}{8} + \frac{Z}{4}$ hacia generador

$$Z_3 = j1 \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$

$$Z_3' = 4 + j2.2 \quad \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$

6) Calculamos Z_{L2}

$$4 = Z_3 + Z_{L2} \Rightarrow Z_{L2} = j1 \quad \downarrow \quad \text{válida} \quad \downarrow$$

$$4 = Z_3' + Z_{L2}' \Rightarrow Z_{L2}' = -j2.2 \quad \downarrow \quad \text{Condensador} \quad \downarrow$$

NO USADA.

7) Calculamos Z_1 y Z_2

$$Z_1 = -j146 = \frac{-j146}{\omega L_1} \Rightarrow L_1 = \frac{146}{\omega} = \frac{146}{50} = 2.92 \text{ mH}$$

$$Z_2 = -j0.0292 = -j \frac{1}{\omega C_2} \Rightarrow C_2 = \frac{1}{\omega \cdot 0.0292} = 54.5 \text{ nF}$$



$$\bar{Z}_{L2} = j \rightarrow Z_{L2} = j50 = j\omega L_2 \rightarrow$$

$$L_2 = 796 \mu\text{H} \quad \rightarrow \quad Z$$

b) $\omega = 2 \text{ GHz}$

$$Z_{L2} = j2\pi\omega \cdot L_2 = j975 \Omega \quad \downarrow$$

$$Y_{L4} = -j \frac{1}{2\pi\omega L_4} = -j00046 \text{ S} \quad \downarrow$$

$$Z_2 = 20 + j2\pi\omega L = j12567 \Omega + 20 \quad \downarrow$$

Tramo $\frac{R}{4} \rightarrow$ tramo $\frac{R}{2} \quad \downarrow$

tramo $\frac{R}{8} \rightarrow$ tramo $\frac{R}{4} \quad \downarrow$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

$$= 0'0012 - j0'0043 - j0'0224$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$Z_{in} = Z_3 + Z_{12} = 3 + 4.5j \quad 1$$

$$\Gamma_{in} = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} = \frac{0.36 + 0.89j}{-0.167 + 0.92j} \quad 1$$

$$RL = -20 \log_{10} |\Gamma_{in}| = 23.33 \quad 1$$

$$ROE = \frac{1 + |\Gamma_{in}|}{1 - |\Gamma_{in}|} = 51.82 \quad 1$$

Teoría

a) ~~$Z_C < Z_E < Z_A \approx Z_B > Z_D$~~
 $Z_C < Z_E < Z_A \approx Z_B > Z_D$
 Orden $\rightarrow 5$
 Justificación $\rightarrow 2$

b) $Z_0^A = 50 \Omega$ $\epsilon_r = 4.5$
 $\epsilon_r = 9$
 $Z_0^A = \frac{Z_0^A}{\sqrt{\epsilon_r}}$
 3 pts $n' = \frac{2}{\sqrt{2}}$