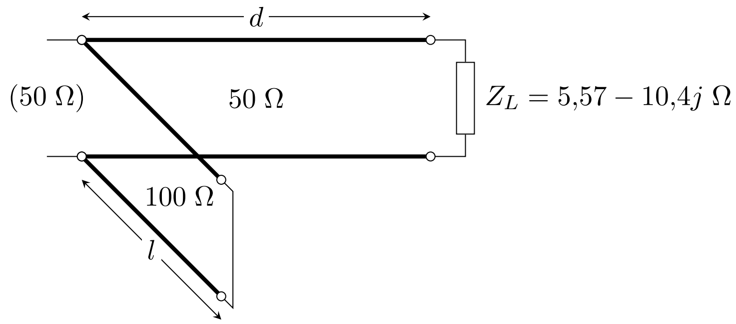
Problema 1

¿Qué valores deberían de tomar l y d para lograr la adaptación en el siguiente esquema?



Problema 2

Una línea de transmisión de 50 Ω está cargada por una impedancia de $50 + 35j$ Ω. ¿A qué distancia de la carga debe colocarse una sección $\lambda/4$ para acoplar a línea a la carga? ¿Cuál debe ser el valor de su impedancia característica?

Problema 3

Para determinar el valor de una impedancia de carga no adaptada colocada en el extremo de una línea de transmisión de impedancia $Z_0 = 50$ Ω se dispone de una línea ranurada de igual impedancia en la que se han realizado las siguientes medidas:

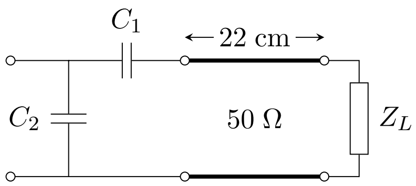
- ROE de valor 2,8 a la frecuencia de 2 GHz.
- Colocando un plano de cortocircuito a 20,85 cm de la carga desconocida, la posición de un mínimo existente en las condiciones iniciales se ha desplazado hacia la carga una distancia de 2,28 cm.

Con la ayuda del diagrama de Smith se pide:

1. Determinar la impedancia vista en la sección donde se ha introducido el plano de cortocircuito, y así mismo la impedancia de carga desconocida.
2. Determinar a qué distancia debe colocarse una impedancia inductiva en paralelo para adaptar la carga y cuál sería su valor.

Problema 4

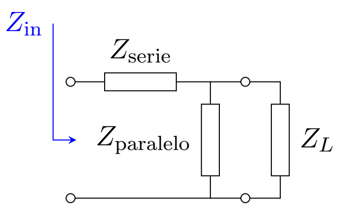
Hallar el valor de los condensadores C_1 y C_2 que adaptan una impedancia $Z_L = 7 + 34j\ \Omega$ a una impedancia de 50 Ω. La frecuencia de trabajo es 2 GHz, y la línea de transmisión está rellena de aire.



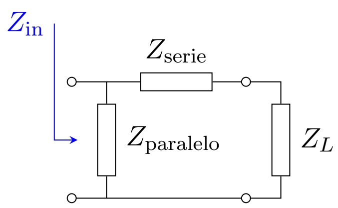
Cuando se construye el anterior adaptador se ha comprobado que existe un error debido a la tolerancia de los condensadores. Si la tolerancia de los condensadores es del ±5 %, determine el valor de las pérdidas de retorno a la entrada del circuito.

Problema 5

Se quiere realizar una red de adaptación basada en una red de elementos concentrados, con conexión paralelo-serie o bien serie-paralelo, que adapte una carga de impedancia normalizada $\overline{Z}_L = 0{,}52 + 0{,}25j$ a otra impedancia normalizada $\overline{Z}_{\text{in}} = 0{,}82 - 1{,}65j$, como se muestra en la figura:



Paralelo-serie

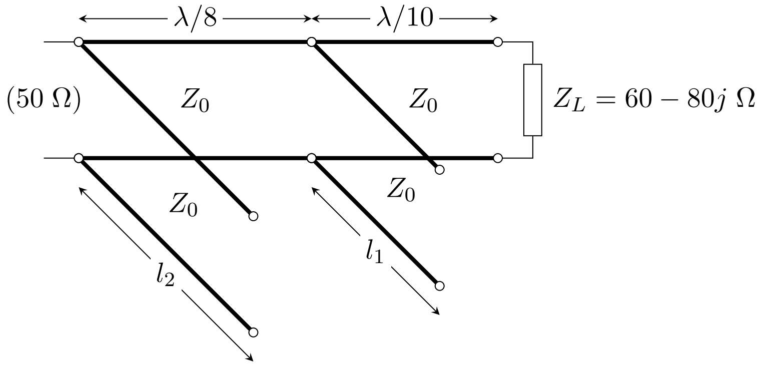


Serie-paralelo

1. Compruebe si es posible realizar la adaptación propuesta adaptación.
2. Realice la red de adaptación con la estructura que sea posible identificando los elementos concentrados (bobinas o condensadores) asociados a Z_{serie} y Z_{paralelo}. En caso de que ambas redes sean posibles, hágalo solo para una de ellas.

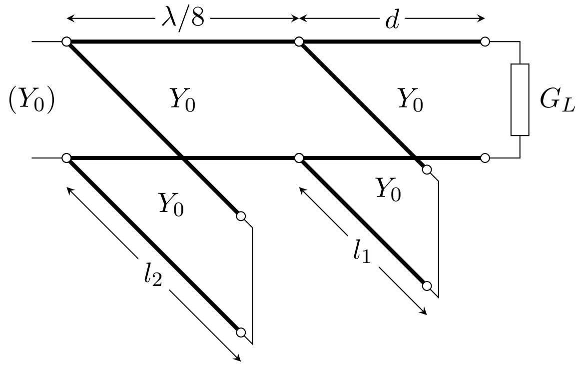
Problema 6

Calcular los valores de l_1 y l_2 de los stubs en circuito abierto para que la red de la figura sea de adaptación:



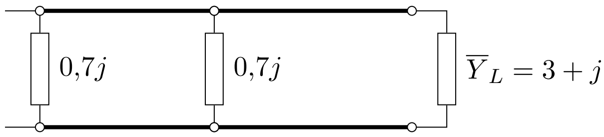
Problema 7

En el esquema de la figura, antes de insertar los stubs en cortocircuito para conseguir la adaptación se había medido una ROE de 4. Calcular el valor de d que hace que los valores de l_1 y l_2 que consiguen la adaptación sean únicos, siendo la admitancia de carga una conductancia pura, G_L.



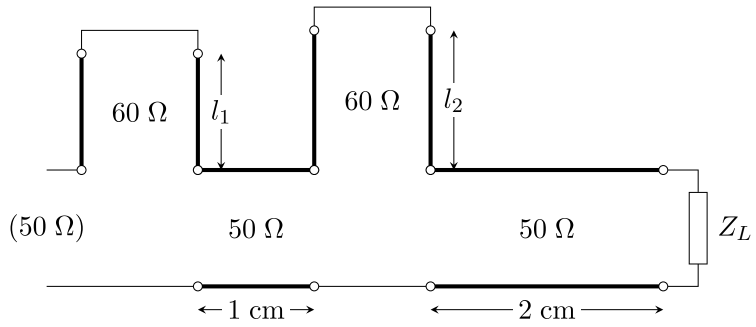
Problema 8

¿Para qué valores de de l_1 y l_2 se logra la adaptación en el siguiente circuito? Tenga en cuenta que todos los valores mostrados son admitancias normalizadas respecto a la impedancia de entrada, que también es la impedancia característica de las líneas.



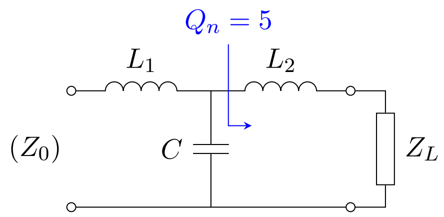
Problema 9

En la siguiente figura se puede ver un circuito de adaptación a base de stubs terminados en cortocircuito y conectados en serie, que ha de funcionar a 3 GHz. Determine l_1 y l_2, si el dieléctrico de todas las líneas es el vacío.



Problema 10

Se quiere adaptar una impedancia $Z_L = 10 - 15j\ \Omega$ respecto a la de referencia de 50 Ω. Se decide utilizar una red en T formada por inductores o condensadores como muestra la figura.



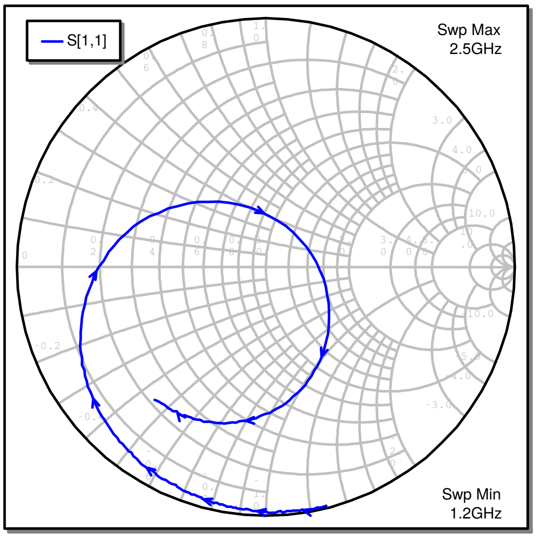
En dicha red se define un parámetro de calidad denominado Q_n (Q del nodo) como la relación entre el módulo de la parte imaginaria de la impedancia a adaptar y su parte real,

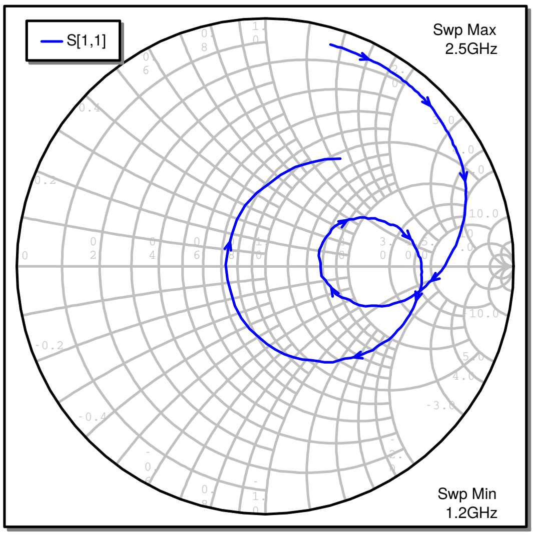
$$Q_n = \frac{|X|}{R} = \frac{|\overline{X}|}{\overline{R}} \quad \text{siendo } Z = R + jX.$$

Diseñe la red de adaptación, para que funcione a 2 GHz, de modo que $Q_n = 5$ en el punto entre el inductor L_1 y el condensador C.

Problema 11

Se han diseñado dos circuitos de microondas a la frecuencia de 1,8 GHz. Las figuras representan la medida en carta de Smith de impedancias del parámetro s_{11} de dichos circuitos, referido a 50 Ω, en un margen de frecuencias desde 1,2 a 2,5 GHz, donde cada dos puntos están separados por 100 MHz. Nótese que uno de los puntos corresponde a la frecuencia de diseño.





1. Proponga un criterio para establecer cuál de los dos circuitos tiene mayor ancho de banda. De acuerdo con ese criterio, determine aproximadamente el ancho de banda relativo (es decir, en tanto por ciento respecto a la frecuencia de diseño) de cada circuito.

2. Se decide adaptar el circuito B a la frecuencia de diseño con una estructura formada por un adaptador con dos stubs en paralelo separados $\lambda/8$, con cada stub acabado en circuito abierto. Las impedancias características de los stubs y de la línea de separación entre ellos son 60 Ω y 50 Ω, respectivamente. Determine el circuito de adaptación.

3. Para la construcción del adaptador se utiliza una estructura stripline. Para ello se dispone de dos placas de substrato dieléctrico con $\varepsilon_r = 2{,}4$. Sabiendo que el espesor de cada substrato es $h = 0{,}5$ mm, y que puede suponerse que es mucho menor que las anchuras de las líneas, determine las dimensiones (anchura y longitud) de la línea y los stubs.

4. Se ha medido el anterior circuito y se ha observado que la adaptación no es perfecta. Se ha comprobado que la causa es que el dieléctrico de una de las placas tiene $\varepsilon_r = 3$, aunque la otra es correcta. Explique qué es lo que se habría observado en la medida, por qué ocurre y cómo modificaría (cualitativamente) las anchuras y longitudes del adaptador para rediseñarlo y recuperar la adaptación perfecta a la frecuencia de diseño.

Problema 12

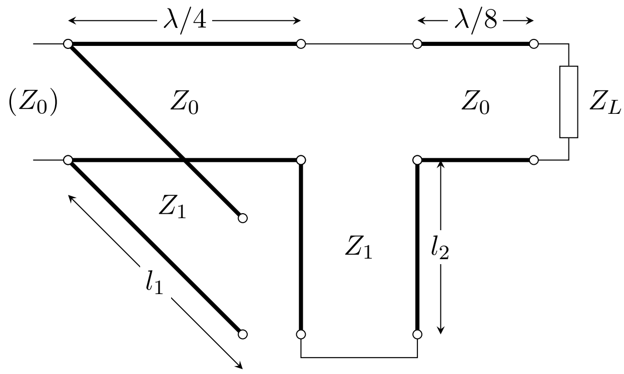
Se pretende realizar un adaptador de impedancias basado en un adaptador con dos stubs de 60 Ω en cortocircuito separados $\lambda/8$ por una línea de 50 Ω, el más próximo a la carga en serie y el otro en paralelo. Tanto la línea como los stubs tienen $\epsilon_{r,\text{eff}} = 4$.

1. Se sabe que la frecuencia de trabajo es 2 GHz, y las pérdidas de retorno medidas de 8 dB. La línea de medida, de 50 Ω, está marcada en distancia que aumenta al separarse del punto de conexión de la carga, pero con origen arbitrario. Cuando la línea se acaba en circuito abierto aparece un máximo de onda estacionaria en la abscisa 2 cm. Por el contrario, cuando se carga con la impedancia problema hay un mínimo de onda estacionaria en 10,625 cm. Dibuje sobre un diagrama ambas ondas estacionarias de forma aproximada y determine el valor de la carga problema.

2. Diseñe el adaptador, determinando las longitudes de todas las líneas.

Problema 13

Sea el adaptador en doble stub de la figura, de modo que a la frecuencia de trabajo es $l_1 = \lambda/10$, $l_2 = \lambda/8$, $Z_0 = 50\ \Omega$ y $Z_1 = 100\ \Omega$.



Se pide:

1. Calcule la impedancia de carga Z_L para la cual funciona el adaptadora la frecuencia de trabajo.
2. Determine razonadamente (con ayuda de la carta de Smith) el conjunto de cargas Z_L que pueden ser adaptadas con el doble stub de la figura, si es posible cambiar l_1 y l_2.
3. Indique cuál sería la impedancia vista a la entrada del adaptador a frecuencia doble si se cortocircuita la carga Z_L. ¿Qué ROE corresponde a esta nueva situación?

Problema 14

Se dispone de una línea de transmisión de bajas pérdidas y $\epsilon_{r,\text{eff}} = 4$, cerrada por una impedancia terminal que se quiere determinar a una frecuencia de trabajo de 2 GHz. La línea está calibrada en distancia, con origen desconocido. Cuando la línea se acaba en cortocircuito, aparece un mínimo en la abscisa 2 cm. Sin embargo, cuando la línea se carga con la impedancia que se quiere caracterizar se observa lo siguiente:

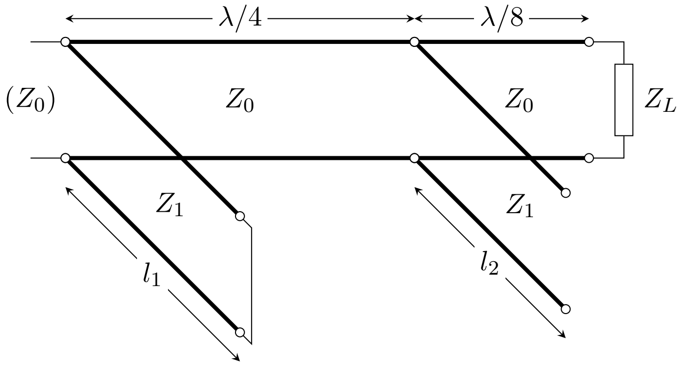
- En la abscisa 2 cm las pérdidas de retorno son 8 dB.
- En la abscisa 10,625 cm hay un mínimo de la onda estacionaria, y la ROE es 2,2.

Se pide:

1. Determine si la linea está calibrada en direcciones crecientes hacia la carga, o al revés.
2. Determine el valor de la impedancia problema.
3. Determine la atenuación de la línea (en Np/cm).

Problema 15

Sea el adaptador en doble stub de la figura, de modo que a la frecuencia de trabajo es $l_1 = \lambda/10$, $l_2 = \lambda/8$, $Z_0 = 50\ \Omega$ y $Z_1 = 100\ \Omega$.

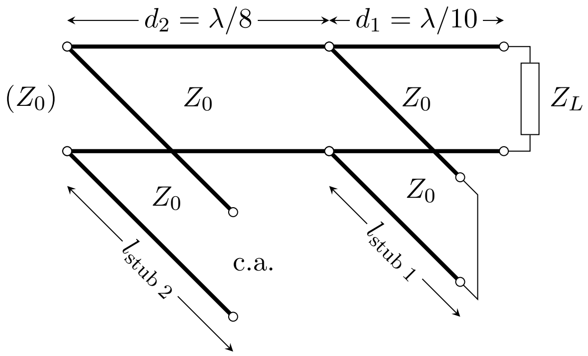


Se pide:

1. Calcule la impedancia de carga Z_L para la cual funciona el adaptadora la frecuencia de trabajo.
2. Determine el elemento reactivo (capacidad o inductancia) que puede reemplazar al stub en cortocircuito a $f = 1$ GHz.
3. Indique cuál sería la impedancia vista a la entrada del adaptador a frecuencia doble si se cortocircuita la carga Z_L. ¿Qué ROE corresponde a esta nueva situación?

Problema 16

Teniendo en cuenta el problema de la figura y sabiendo que $Z_0 = 50\ \Omega$:



Se pide:

1. Obtener las longitudes de los stubs para asegurar la adaptación de una carga $Z_L = 55 - 65j\ \Omega$.
2. Si $d_1 = 0$, ¿cuánto ha de valer Z_L para que haya adaptación?

3. Se pretende sustituir los stubs por elementos discretos. No obstante, sólo se dispone de condensadores, cuyo valor de capacidad es un 10 % mayor del valor requerido. Se pide determinar la impedancia observada a la entrada, así como el coeficiente de reflexión y la relación de onda estacionaria asociados.

Solución

1. El problema tiene dos soluciones, que se muestran en rojo y azul en la primera carta de Smith.

	Solución 1		Solución 2	
	B_{stub}	l_{stub}	B_{stub}	l_{stub}
stub 1	0,700	0,347λ	−1,292	0,105λ
stub 2	1,912	0,173λ	0,088	0,014λ

$$j\overline{B}_{\text{stub }1} = \frac{-j}{\tan\left(\beta l_{\text{stub }1}\right)}$$
$$j\overline{B}_{\text{stub }2} = j\tan\left(\beta l_{\text{stub }2}\right)$$

2. La red de adaptación sigue siendo igual desde el stub 1 hacia la entrada. Como en ésta sigue habiendo adaptación, las admitancias vistas hacia la derecha a lo largo de la red deben ser las mismas. En particular, la admitancia a la derecha del stub 1 será la calculada e indicada en la carta de Smith $\overline{Y}_1$, y esta es la nueva carga.

$$Z'_L = \frac{Z_0}{\overline{Y}_1} = 19{,}013 - 22{,}560\ \Omega$$

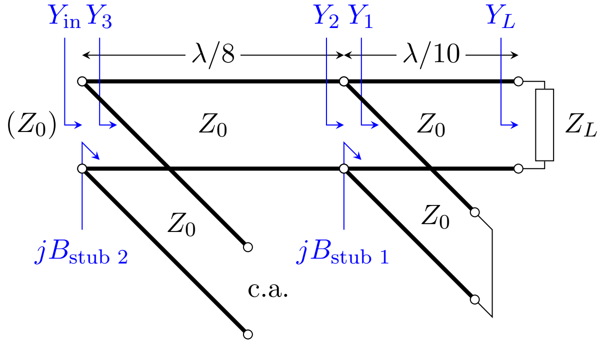
3. Como la solución se implementa con condensadores, las susceptancias $\overline{B}_{\text{stub }1}$ y $\overline{B}_{\text{stub }2}$ han de ser ambas positivas, ya que $jB = j\omega C$, correspodne a la solución 1. Sin embargo, como los condensadores tienen capacidades un 10 % más altas de lo requerido, las nuevas susceptancias también serán un 10 % superiores a las calculadas, es decir,

$$\overline{B}_{C_1} = 1{,}1\overline{B}_{\text{stub }1} = 0{,}770$$
$$\overline{B}_{C_2} = 1{,}1\overline{B}_{\text{stub }2} = 2{,}103$$

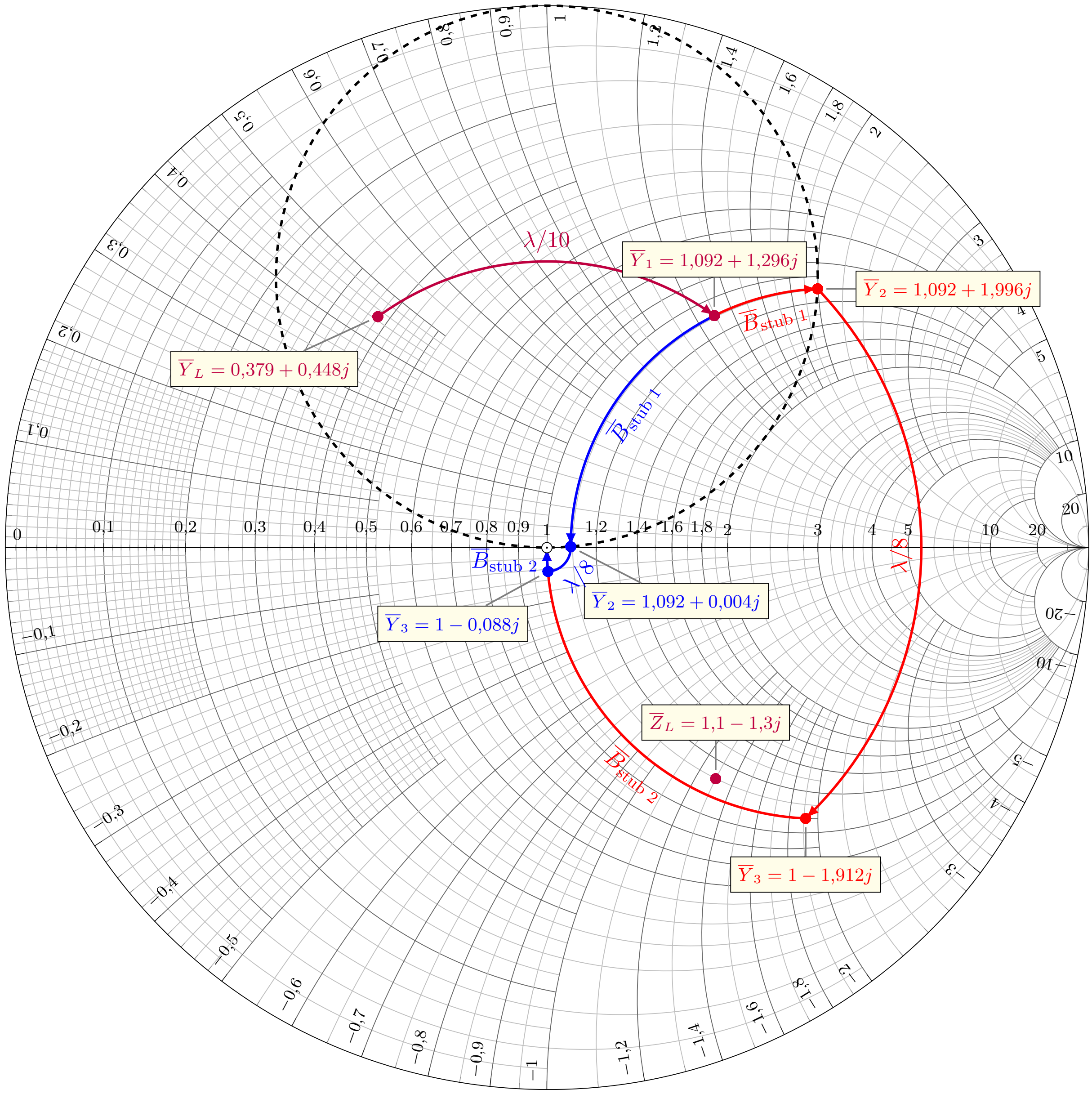
La solución consiste en repetir los desplazamientos de la solución del primer apartado, pero alargando los arcos correspondientes a los stubs utilizando los valores recién calculados. La segunda carta de Smith contiene la solución de la red de adaptación original (en rojo) y de la red con los valores erróneos (en verde). El resultado es:

$$\overline{Y}'_{\text{in}} = 0{,}938 + 0{,}188j$$
$$\overline{Z}'_{\text{in}} = \frac{1}{\overline{Y}'_{\text{in}}} = 1{,}025 - 0{,}204j$$
$$Z'_{\text{in}} = Z_0\,\overline{Z}'_{\text{in}} = 51{,}253 - 10{,}248j\ \Omega$$
$$\Gamma'_{\text{in}} = \frac{1 - \overline{Y}'_{\text{in}}}{1 + \overline{Y}'_{\text{in}}} = 0{,}101\,e^{-j1{,}348}$$
$$\text{ROE}' = \frac{1 + |\Gamma'_{\text{in}}|}{1 - |\Gamma'_{\text{in}}|} = 1{,}226$$

Apartado 1

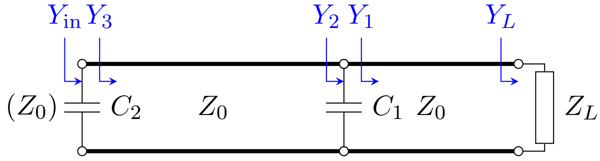


Y_{in} Y_3
Y_2 Y_1
Y_L
$\lambda/8$
$\lambda/10$
(Z_0)
Z_0
Z_0
Z_L
Z_0
Z_0
$jB_{\text{stub 2}}$
$jB_{\text{stub 1}}$
c.a.

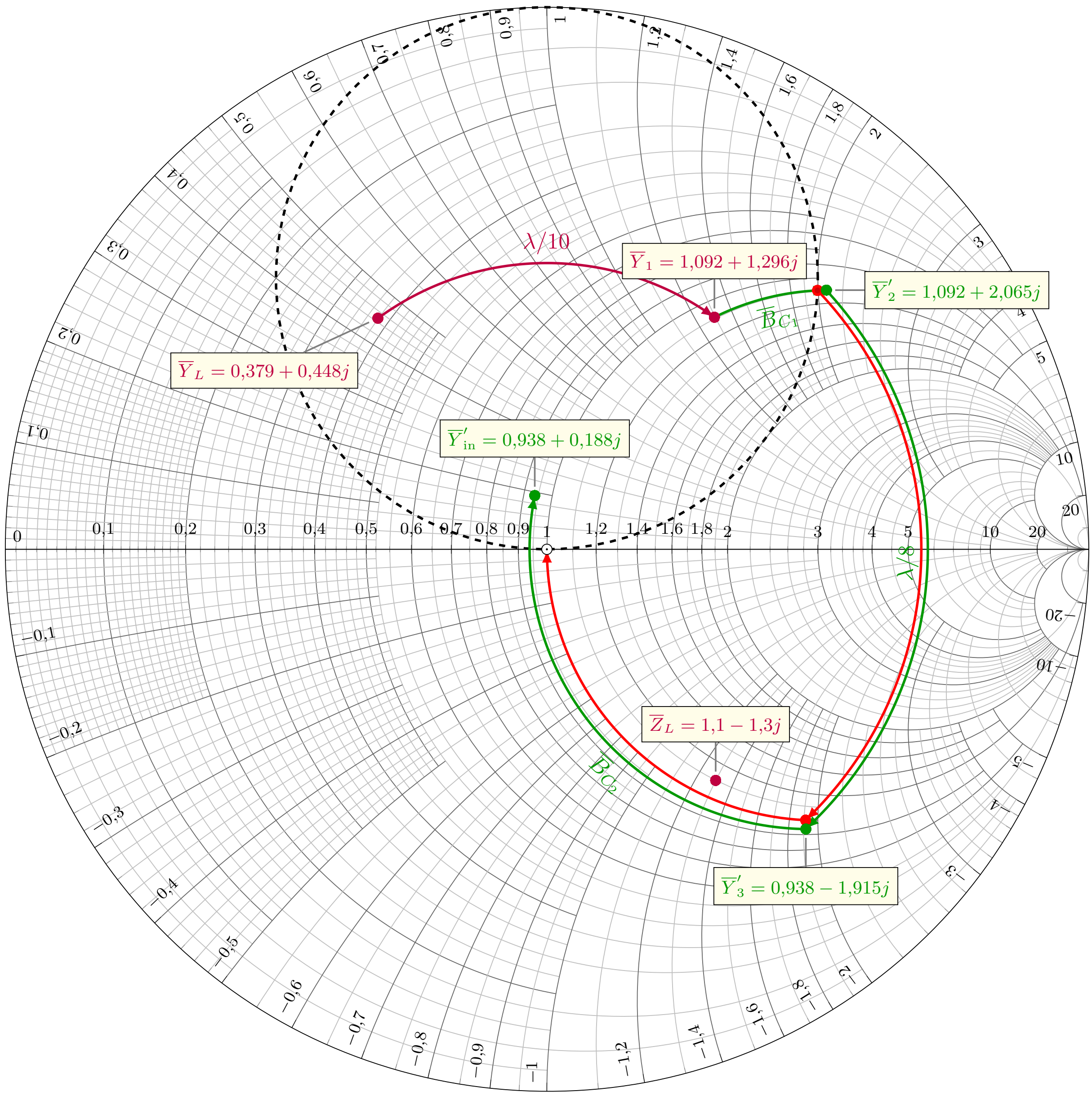


$\lambda/10$
$\overline{Y}_1 = 1{,}092 + 1{,}296j$
$\overline{Y}_2 = 1{,}092 + 1{,}996j$
$\overline{B}_{\text{stub 1}}$
$\overline{Y}_L = 0{,}379 + 0{,}448j$
$\overline{B}_{\text{stub 1}}$
$\lambda/8$
$\overline{B}_{\text{stub 2}}$
$\lambda/8$
$\overline{Y}_2 = 1{,}092 + 0{,}004j$
$\overline{Y}_3 = 1 - 0{,}088j$
$\overline{Z}_L = 1{,}1 - 1{,}3j$
$\overline{B}_{\text{stub 2}}$
$\overline{Y}_3 = 1 - 1{,}912j$

Apartado 3



Y_{in} Y_3
Y_2 Y_1
Y_L
(Z_0)
C_2
Z_0
C_1
Z_0
Z_L

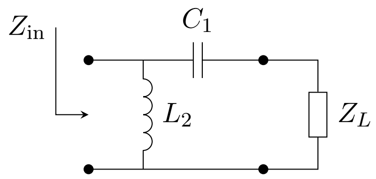


$\lambda/10$
$\overline{Y}_1 = 1{,}092 + 1{,}296j$
$\overline{Y}'_2 = 1{,}092 + 2{,}065j$
$\overline{B}_{C_1}$
$\overline{Y}_L = 0{,}379 + 0{,}448j$
$\overline{Y}'_{in} = 0{,}938 + 0{,}188j$
$\lambda/8$
$\overline{Z}_L = 1{,}1 - 1{,}3j$
$\overline{B}_{C_2}$
$\overline{Y}'_3 = 0{,}938 - 1{,}915j$

Problema 17

Considere una impedancia de carga $Z_L = 30{+}25j\ \Omega$. Al conectarla a una línea de transmisión de impedancia característica $Z_0 = 50\ \Omega$ y $\varepsilon_r = 2{,}25$, y excitar a una frecuencia de 1 GHz, se observa un máximo del diagrama de onda estacionaria, de valor arbitrario V_1 y en una posición z_1. Si se cambia la carga Z_L por un cortocircuito se observan dos máximos del nuevo diagrama de onda estacionaria, de valor V_2 y en las posiciones z_2 y z_2' (una a cada lado de z_1, con z_2 más cerca de la carga).

1. ¿Cúanto vale V_2/V_1?
2. ¿Qué distancia hay entre z_2 y z_1? ¿Y entre z_2' y z_1?
3. Con la red que se muestra en la figura se desea convertir la impedancia Z_L a otra $Z_{\text{in}} = 10 + 27{,}5j\ \Omega$. Obtenga el valor de sus componentes C_1 y L_2, asumiendo de nuevo una frecuencia de trabajo de 1 GHz. Haga uso de la carta de Smith.



Solución

1. El coeficiente de reflexión correspondiente a la carga es

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = 0{,}382\, e^{1{,}943j}$$

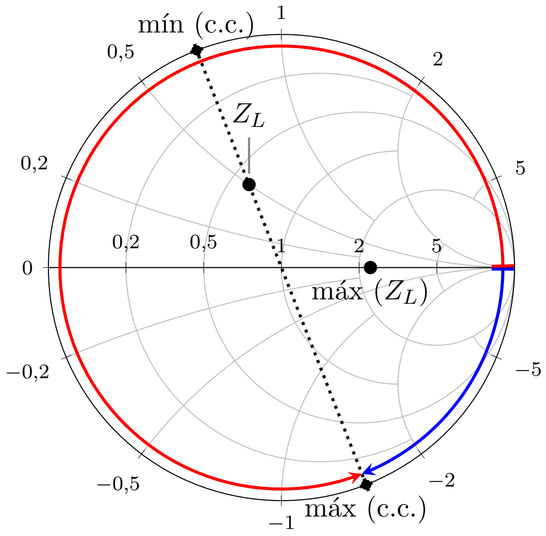
de modo que el nivel de los máximos del diagrama de onda estacionaria es $V_1 = V_0^+\big(1 + |\Gamma_L|\big) = 1{,}382\, V_0^+$. En el caso del cortocircuito, el coeficiente de reflexión tiene módulo unidad y los máximos tienen nivel $V_2 = 2V_0^+$. La respuesta es, por tanto,

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{2}{1 + |\Gamma_L|} = 1{,}447$$

2. Con la carga, el máximo de la onda estacionaria se halla en la fase 0 rad de la carta de Smith. Al cambiar la carga por el cortocircuito, en la fase de la carta de Smith correspondiente a Γ_L ($\phi = 1{,}943$ rad, como se ha indicado antes) aparecerá el mínimo del nuevo diagrama de onda estacionaria (que es un nulo). Los máximos estarán a $\lambda/4$, es decir, a π rad en la carta de Smith, en la fase $\phi + \pi = 5{,}084$ rad o $\phi - \pi = -1{,}199$ rad, dependiendo del sentido de giro. De este modo, las distancias pedidas son:

$$2\beta(z_1 - z_2) = \phi + \pi \ \Rightarrow\ z_1 - z_2 = \frac{\lambda}{4\pi}(\phi + \pi) = \frac{\lambda}{4\pi}5{,}084 = 0{,}405\lambda = 8{,}092 \text{ cm}$$
$$2\beta(z_1 - z_2') = \phi - \pi \ \Rightarrow\ z_1 - z_2' = \frac{\lambda}{4\pi}(\phi - \pi) = -\frac{\lambda}{4\pi}1{,}199 = -0{,}095\lambda = -1{,}908 \text{ cm}$$

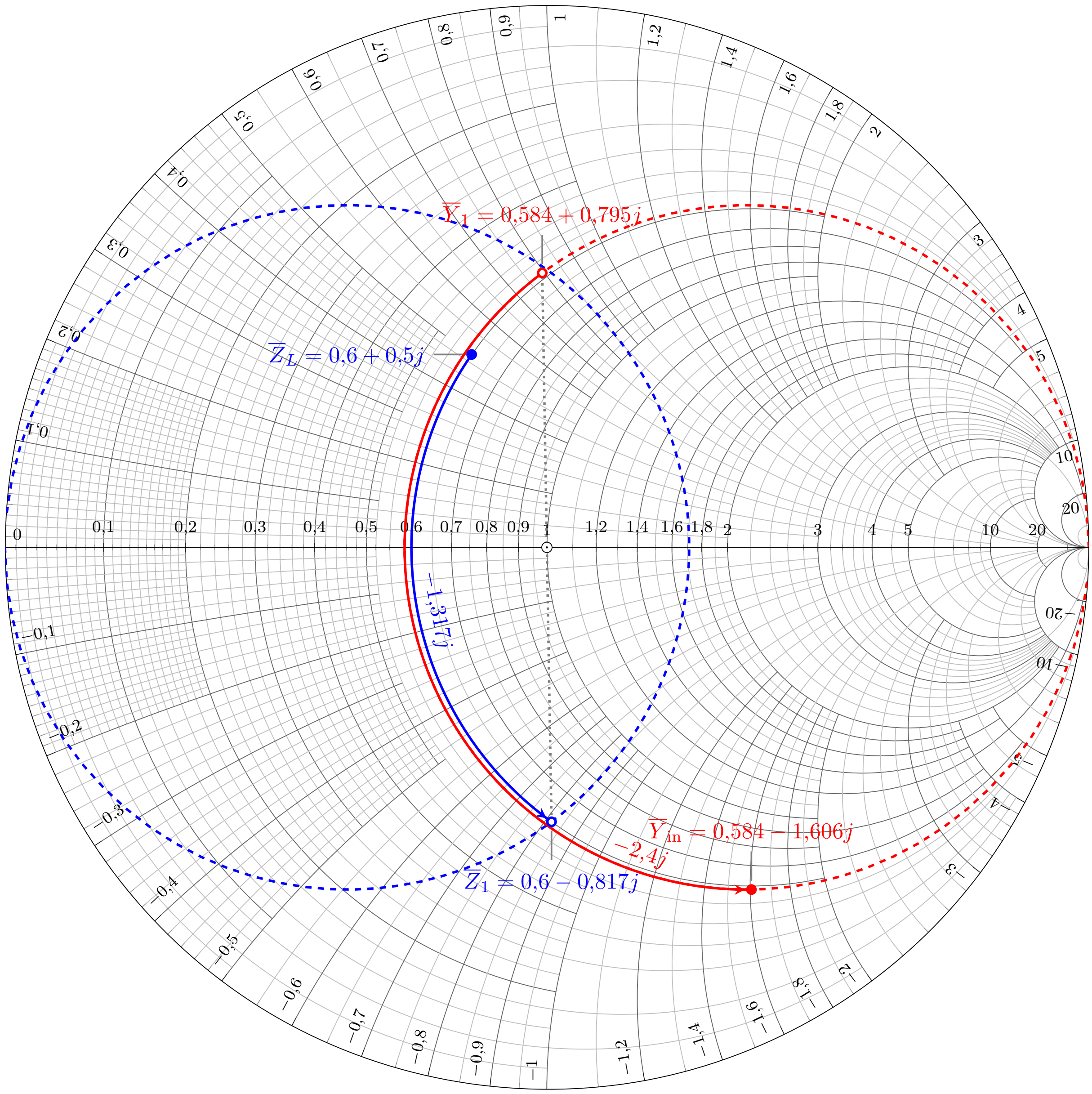
donde se ha tenido en cuenta que la longitud de onda en la linea de transmisión es $\lambda = c/\sqrt{\varepsilon_r}f = 20$ cm.



3. Como se muestra en la carta de Smith (donde en azul se representan impedancias, y en rojo admitancias), la reactancia del condensador es $\overline{X}_1 = -1{,}317j$, y la susceptancia de la bobina $\overline{B}_2 = -2{,}4j$. Por tanto, los valores de ambos componentes son

$$\overline{X}_1 = \frac{1}{-\omega C_1 Z_0} \;\Rightarrow\; C_1 = -\frac{1}{\omega Z_0 \overline{X}_1} = 2{,}417 \text{ pF}$$

$$\overline{B}_1 = \frac{Z_0}{-\omega L_2} \;\Rightarrow\; L_2 = -\frac{Z_0}{\omega \overline{B}_2} = 3{,}314 \text{ nH}$$


$\overline{Y}_1 = 0{,}584 + 0{,}795j$
$\overline{Z}_L = 0{,}6 + 0{,}5j$
$-1{,}317j$
$\overline{Y}_{\text{in}} = 0{,}584 - 1{,}606j$
$-2{,}4j$
$\overline{Z}_1 = 0{,}6 - 0{,}817j$