Síntesis de Cuadripolos Descargados LC

REALIZABILIDAD

SÍNTESIS EN CADENA DE MATRICES Z E Y

CEROS EN EL ORIGEN E INFINITO

Introducción

- El concepto de cuadripolos o redes bipuerta puede aplicarse a toda red interpuesta entre un generador y una carga.
- El hecho que, desde cada puerta, el cuadripolo pueda verse como un dipolo, sugiere una relación muy estrecha con los conceptos y topologías discutidas en el capítulo anterior.
- Como el diseño de redes monopuerta o dipolos se efectúa a partir de la relación U-I de la red (impedancia o admitancia terminal), en el caso de cuadripolos hay que tener en cuenta las relaciones U-I para los cuadripolos, las cuales se expresan ahora matricialmente.

$$\mathbf{I} = \mathbf{Y} \cdot \mathbf{U} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} I_1(s) &= y_{11}(s)\,U_1(s) + y_{12}(s)\,U_2(s) \\ I_2(s) &= y_{21}(s)\,U_1(s) + y_{22}(s)\,U_2(s) \end{aligned}$$

$$\mathbf{U} = \mathbf{Z} \cdot \mathbf{I} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} U_1(s) &= z_{11}(s)\,I_1(s) + z_{12}(s)\,I_2(s) \\ U_2(s) &= z_{21}(s)\,I_1(s) + z_{22}(s)\,I_2(s) \end{aligned}$$

- En este caso, estudiaremos matrices de redes pasivas, en las cuales $y_{21}=y_{12}$, por lo tanto, solo hay que conocer el comportamiento de tres elementos: y_{11}, y_{22} e y_{12}
- Como y_{11} e y_{22} son inmitancias terminales, las mismas *son funciones reales positivas*, mientras que y_{21} no tiene que ser necesariamente *real positiva* porque vincula tensión y corriente en dos puntos distintos, y su parte real no puede ser inferida por condiciones energéticas.

$$y_{21}(s) = \left.\frac{I_2(s)}{U_1(s)}\right|_{U_2(s)=0}$$

Propiedades de las inmitancias terminales LC

- Teniendo en cuenta que las inmitancias terminales son funciones de punto impulsor, sus propiedades son las mismas que las analizadas para el caso de dipolos.

- Es decir, tanto y_{11} como y_{22} se caracterizan por:
  - Son funciones racionales reales, impares en *s*, con coeficientes reales y positivos.
  - Cuando *s* tiende a infinito, se comportan como *ks* o *k/s.*
  - Su parte real es nula en todo el eje imaginario, o sea: $Re[F(j\omega)]=0$
  - Sus polos y ceros están sobre el eje imaginario.
  - Todos sus polos y ceros son simples, conjugados dos a dos, y sus residuos son reales y positivos.
  - Solo pueden tener en el origen o en el infinito, un polo simple o un cero simple (consecuencia de la propiedad anterior).

Propiedades de las inmitancias de transferencia LC

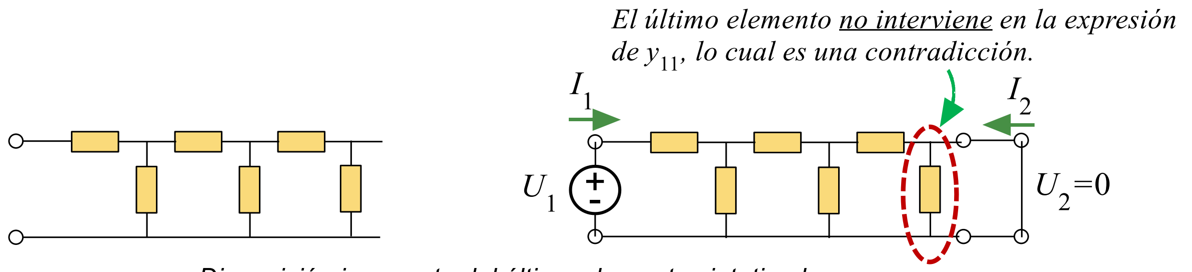
- En el caso de las inmitancias de transferencia, solo algunas de las propiedades anteriores se aplican, debido que la inversión de una función de transferencia carece de sentido.
- Las inmitancias de transferencia LC son funciones racionales reales impares, que pueden tener residuos negativos.
- Por otra parte, los polos de las inmitancias de transferencia son también polos de las inmitancias terminales.
- La combinación de estas dos características indica que las inmitancias de transferencia son cocientes de polinomios en s, con coeficientes reales, cuyo denominador es completo y con coeficientes positivos, mientras que el numerador puede ser incompleto y con coeficientes negativos.
- A su vez, los polos deben estar ubicados en el eje imaginario y, para mantener la respuesta acotada, deben ser simples.
- Por el contrario, los ceros deben también encontrarse sobre el eje imaginario, deben ser pares conjugados, pero pueden no ser simples.
- Por último, el grado del numerador puede encontrarse entre 0 y el grado del denominador + 1.

Propiedades de las inmitancias de transferencia LC

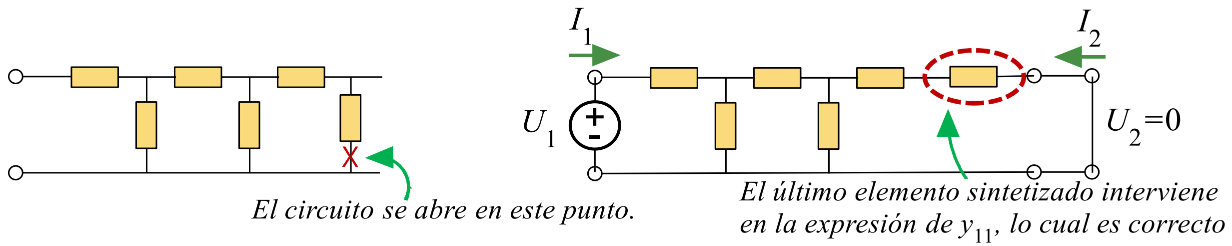
- En base a lo anterior, las propiedades de las inmitancias de transferencia LC que conforman las condiciones necesarias para que una función pueda ser considerada inmitancia de transferencia LC son:
  - Los coeficientes de los polinomios del numerador y denominador deben ser reales, y los del denominador deben ser positivos.
  - Los polos y ceros imaginarios deben ser conjugados. Tanto los polos considerados de a pares conjugados como el eventual polo en el origen deben ser simples
  - El polinomio del denominador debe ser par completo o impar completo, es decir, no le deben faltar términos entre los de orden superior e inferior.
  - El numerador puede ser incompleto y algunos coeficientes pueden ser negativos.
  - El grado del numerador puede ser tan bajo como cero, independientemente del grado del denominador.
  - El grado máximo del numerador es el grado del denominador más uno.

Síntesis en cadena de inmitancia terminal

- Los cuadripolos en cadena son redes sencillas y cómodas para realizar, y tienen la ventaja de poder "ser puestas a tierra" por tener un terminal común.
- Conocido el método para sintetizar inmitancias terminales en cadena (Cauer I y II), podría pensarse que dicho método resulta aplicable para y_{11} e y_{22}.
- Supóngase que se desarrolla en cualquier forma, canónica o no, la admitancia de entrada y_{11}, y se transforma la red obtenida en cuadripolo, abriendo un par de terminales de salida.
- Resulta imprescindible asegurar que los elementos de la terminación deben quedar en *serie* con la puerta de *salida.*
- Si no fuera así, no intervendrían en la expresión de y_{11}, que es la admitancia vista desde la puerta de entrada con la puerta de salida en cortocircuito.



Disposición incorrecta del último elemento sintetizado



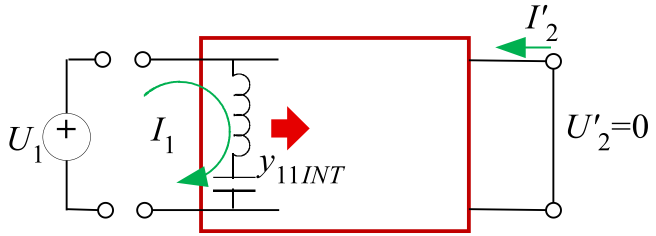
Disposición correcta del último elemento sintetizado

Polos y ceros de la inmitancia de transferencia

- En la red sintetizada a partir de y_{11} resulta:

$$y_{11} = y'_{11} = \left.\frac{I'_1}{U'_1}\right|_{U'_2=0} = \left.\frac{I'_2}{U'_1}\frac{I'_1}{I'_2}\right|_{U'_2=0} = y'_{21}\left.\frac{I'_1}{I'_2}\right|_{U'_2=0}$$

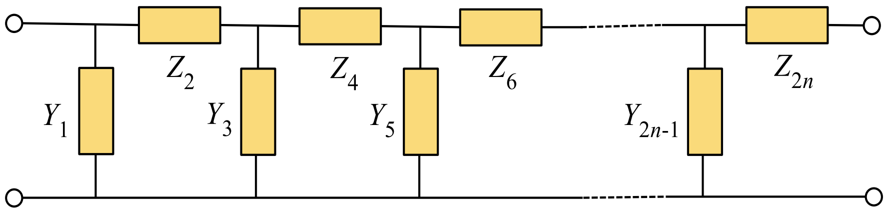
- La relación entre la corriente en el extremo cortocircuitado y la tensión entre bornes a la entrada es una admitancia de transferencia y'_{21}.



- Los polos de y'_{21} son los polos de y_{11} menos los polos de las admitancias que puedan estar en paralelo con los bornes de entrada, que serán *polos particulares* o *propios* o *privados* de y_{11}.
- Extraídos los polos particulares de y_{11}, la parte remanente de y_{11} se denomina *parte interior* de y_{11} y la denotaremos y_{11INT}. Entonces y'_{21} tendrá *todos* los polos de y_{11INT} y *sólo estos.*
- Para que y'_{21} coincida con y_{21}, se requiere que ambas tengan, además de los mismos polos, los mismos ceros e igual factor de proporcionalidad.

Polos y ceros de la inmitancia de transferencia

- De la propia definición de y_{21} y z_{21}, se deduce que sus ceros son aquellas frecuencias en las que no existe transferencia de energía (de la entrada a la salida).
- En una red en cadena, estos ceros coinciden con las frecuencias donde las impedancias en serie o admitancias en paralelo de la parte interior son infinitas, excepto la rama Y_1 que corresponde a la parte propia.



- Dualmente, para la impedancia de transferencia z_{21}, los ceros se corresponden con los polos de Y_1, Y_3, Y_5,..... y con los polos de Z_2, Z_4, Z_6,....., excluidos los polos de Z_{2n} puesto que las ramas en serie con los terminales de salida no intervienen en la formulación de la impedancia de transferencia.
- De aquí, la importante conclusión de que los ceros de y_{21} y z_{21} de una red en cadena dependen solo de la configuración de las ramas y no de los ceros de y_{11} y z_{11} respectivamente

Síntesis de una matriz especificada – 2 parámetros

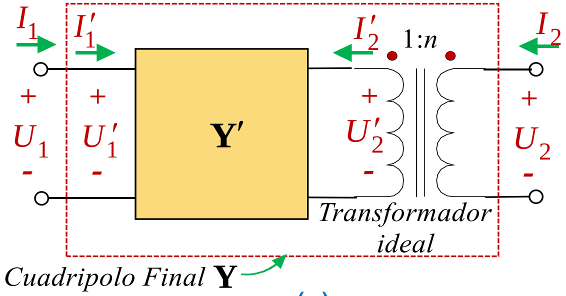
- Dado que la síntesis de la función admitancia de entrada (y_{11} o y_{22}) se puede realizar de manera exacta, efectuando remociones de términos del desarrollo de Foster en cualquier orden, sería posible realizar dicha secuencia de remociones de una manera conveniente para, al mismo tiempo ir realizando $y_{21.}$ Para ello, podría seguirse la siguiente secuencia:
  - Realizar los polos particulares de y_{11} o y_{22} (no presentes en y_{21}) como una admitancia en paralelo con los terminales de entrada.
  - Desarrollar la *parte interior* de y_{11} o y_{22} en forma de red en cadena, realizando los ceros de y_{21}, es decir, remover en cada cero de y_{21} un polo de la inmitancia terminal remanente que va resultando.
  - Transformar la inmitancia terminal y_{11} o y_{22}, en la inmitancia de entrada de un cuadripolo, abriendo un par de terminales de salida.

- El cuadripolo sintetizado de este modo, cuyos parámetros serán identificados como y_{11S} *o* y_{22S} e y_{21S} resulta con las siguientes características:
  - $y_{11S} \mid y_{22S} = y_{11E} \mid y_{22E}$ (por realización como inmitancia terminal).
  - y_{21S} tiene los polos de y_{21E} (por ser compartidos con y_{11E}) y los ceros de y_{21E} (por realización, dado que los ceros de y_{21E} son polos de impedancias de las ramas en serie y polos de admitancias de las ramas en derivación, que fueron sintetizadas haciendo remociones en los ceros de y_{21E}). Por lo tanto $y_{21E}=k\ y_{21S}$

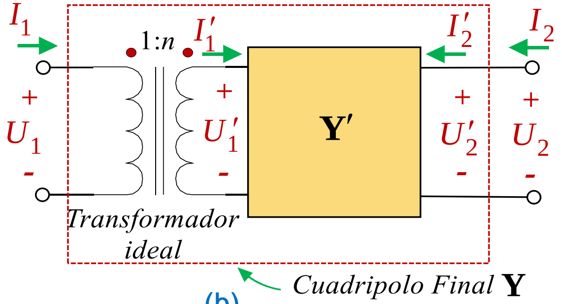
- El cuadripolo sintetizado logra realizar exactamente $y_{11E,}$ y el parámetro y_{21E} se realiza a menos de un factor de proporcionalidad o factor de escala. Por lo tanto, será necesario determinar este factor de escala y realizar esa adecuación en el circuito.

Cambio de nivel de Y y Z en los cuadripolos

- Para adecuar el circuito y compensar el factor de escala no considerado en el proceso de síntesis, pueden emplearse transformadores ideales.



(a)



(b)

$$I_1 = I'_1 \qquad U_1 = U'_1$$

$$I'_2 = n\, I_2 \qquad U'_2 = \frac{1}{n} U_2$$

$$y'_{11}(s) = \left.\frac{I'_1}{U'_1}\right|_{U'_2=0} = \left.\frac{I_1}{U_1}\right|_{U_2=0} = y_{11}(s) \qquad y'_{12}(s) = \left.\frac{I'_1}{U'_2}\right|_{U'_1=0} = \left.\frac{I_1}{\frac{1}{n}U_2}\right|_{U_1=0} = n\, y_{12}(s)$$

$$y'_{21}(s) = \left.\frac{I'_2}{U'_1}\right|_{U'_2=0} = \left.\frac{n\, I_2}{U_1}\right|_{U_2=0} = n\, y_{21}(s) \qquad y'_{22}(s) = \left.\frac{I'_2}{U'_2}\right|_{U'_1=0} = \left.\frac{nI_2}{\frac{1}{n}U_2}\right|_{U_1=0} = n^2 y_{22}(s)$$

$$I_1 = nI'_1 \qquad U_1 = \frac{1}{n} U'_1$$

$$I'_2 = I_2 \qquad U'_2 = U_2$$

$$y'_{11}(s) = \left.\frac{I'_1}{U'_1}\right|_{U'_2=0} = \left.\frac{\frac{1}{n}I_1}{nU_1}\right|_{U_2=0} = \frac{1}{n^2} y_{11}(s) \qquad y'_{12}(s) = \left.\frac{I'_1}{U'_2}\right|_{U'_1=0} = \left.\frac{\frac{1}{n}I_1}{U_2}\right|_{U_1=0} = \frac{1}{n} y_{12}(s)$$

$$y'_{21}(s) = \left.\frac{I'_2}{U'_1}\right|_{U'_2=0} = \left.\frac{I_2}{nU_1}\right|_{U_2=0} = \frac{1}{n} y_{21}(s) \qquad y'_{22}(s) = \left.\frac{I'_2}{U'_2}\right|_{U'_1=0} = \left.\frac{I_2}{U_2}\right|_{U_1=0} = y_{22}(s)$$

La compensación del factor de proporcionalidad entre y'_{21} y y_{21} puede lograrse insertando un transformador en el extremo opuesto a la inmitancia terminal que se sintetizó. Para el caso de Z, puede arribarse a la misma conclusión.

Redes LC con todos ceros en infinito

- Supongamos que se especificaron los parámetros de cortocircuito de una red. Es decir, se conoce la matriz **Y.**

- Si todos los ceros de transmisión se encuentran en infinito, entonces $y_{21,}$ debe ser una función impar en s (para ser realizable) con denominador impar. Es decir, debe ser de la forma:

$$y_{21}(s) = \frac{K}{sB(s)}$$

Constante

Polinomio par

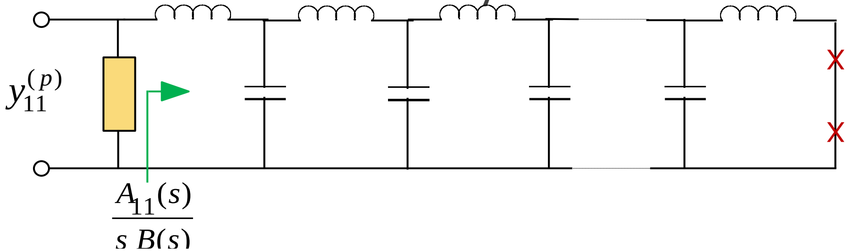
- A su vez, la inmitancia terminal y_{11} debe contener todos los polos de y_{21} junto a los posibles polos particulares.

$$y_{11}(s) = \frac{A_{11}(s)}{sB(s)} + y_{11}^{(P)}(s)$$

- Donde $A_{11}(s)/sB(s)$ y $y_{11}^{(p)}$ son funciones reales positivas impares y $A_{11}(s)$ una función par de s.

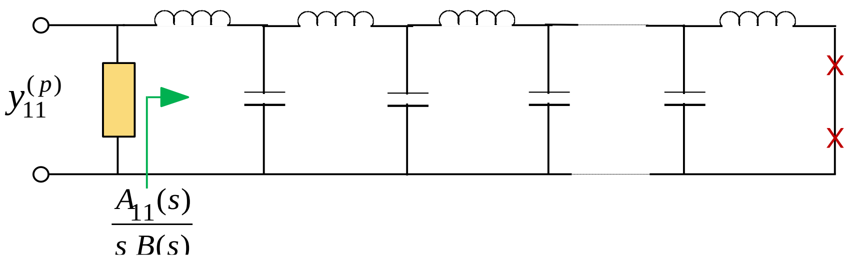
- La parte interior de y_{11} se desarrolla como red en cadena de forma tal que los polos de las impedancias en serie y de las admitancias en paralelo estén en el infinito, para así lograr los ceros de transmisión buscados.

- Por lo tanto, las impedancias en serie serán inductores y las admitancias en paralelo, capacitores



Redes LC con todos ceros en infinito

- Tal como puede observarse, el desarrollo se hará en la tercera forma canónica o Cauer I



- La red empezará y terminará con un inductor en serie, dado que $A_{11}(s)/sB(s)$ no tiene polos en el infinito, por no tenerlos y_{21}, la cual tiene un cero múltiple en el infinito.

- Si se abre ahora la red para obtener un par de terminales de salida, se obtiene un cuadripolo cuya matriz es:

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y'_{11} & y'_{12} \\ y'_{21} & y'_{22} \end{bmatrix}$$

- Siendo que $y'_{11}=y_{11\,\text{int}}= A_{11}(s)/sB(s)$ por la propia construcción de la red y $y'_{21} = y'_{12} = \dfrac{K'}{sB(s)}$

- El valor de K' se calcula a partir de los residuos en s=0, de y'_{11} e y'_{12}. En particular, el residuo de y'_{11} resulta $A_{11}(0)/sB(0)$ y el de y'_{12} resulta $K'/sB(0)$.

- Dado que el circuito se obtuvo mediante remociones en infinito, la red asintótica más simple resultará correspondiente a bajas frecuencias. En ese caso:

$$\underset{s\to 0}{y_{11INT}(s)} = \frac{1}{s}\frac{A_{11}(0)}{B(0)} \qquad \underset{s\to 0}{y'_{11}(s)} = \frac{1}{s\sum L_i}$$

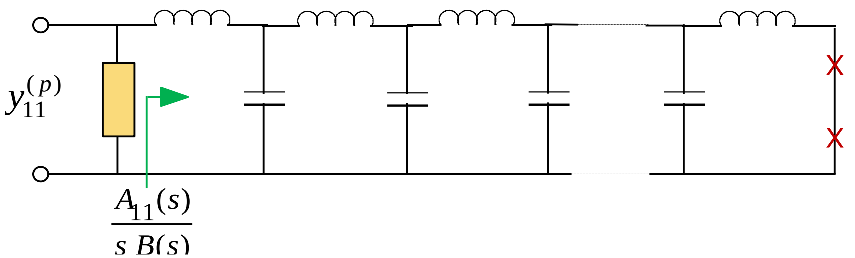
$\Rightarrow$ $y'_{11}=y_{11\,\text{int}}$

$$\underset{s\to 0}{y'_{11}(s)} = \underset{s\to 0}{y_{11INT}(s)} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{s\sum\limits_i L_i} = \frac{A_{11}(0)}{sB(0)}$$

$$\underset{s\to 0}{y_{12}(s)} = \frac{K}{sB(0)} \qquad \underset{s\to 0}{y'_{12}(s)} = -\frac{1}{s\sum L_i} = -\frac{A_{11}(0)}{sB(0)}$$

Redes LC con todos ceros en infinito

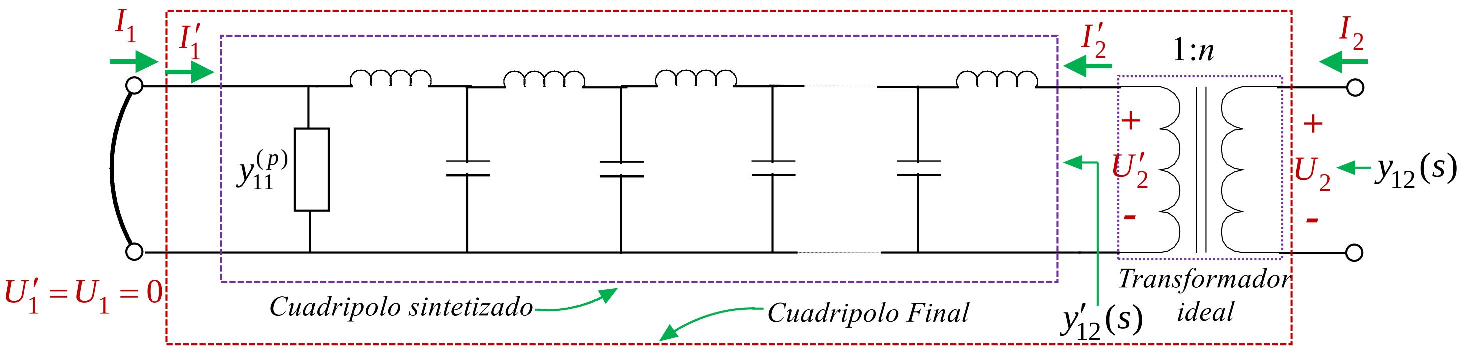
- Para que el circuito sintetizado satisfaga además el factor de escala de $y_{12}(s)$, es decir, para que la síntesis satisfaga por completo los parámetros y_{11} e y_{12} especificados, se postula disponer un transformador ideal de relación 1:n en el otro extremo del cuadripolo.



$$y'_{12}(s) = n \cdot y_{12}(s)$$

- Entonces:

$$n\left[\frac{K}{sB(0)}\right] = -\frac{A_{11}(0)}{sB(0)} \quad \Rightarrow \quad n = -\frac{A_{11}(0)}{K}$$



Redes LC con todos ceros en infinito

Ejemplo

- Sintetizar la matriz **Y** cuyos parámetros son

$$y_{11}(s) = \frac{11,5s^4 + 35s^2 + 20}{s^5 + 6s^3 + 8s} \qquad y_{21}(s) = \frac{-2}{s^3 + 2s}$$

- Si se realiza el Desarrollo de Foster de los parámetros:

$$y_{11}(s) = \frac{11,5s^4 + 35s^2 + 20}{s^5 + 6s^3 + 8s} = \frac{(s^2 + 0,76)(s^2 + 2,28)}{s(s^2 + 2)(s^2 + 4)} = \frac{2,5}{s} + \frac{s}{s^2 + 2} + \frac{8s}{s^2 + 4}$$

$$y_{21}(s) = \frac{-2}{s^3 + 2s} = \frac{-2}{s(s^2 + 2)} = -\frac{1}{s} + \frac{s}{s^2 + 2}$$

- Se observa que
  - $y_{21}(s)$ tiene todos sus ceros (tres) en infinito
  - $y_{11}(s)$ comparte con $y_{21}(s)$ los polos que se encuentran en el origen y en $s=\pm j\sqrt{2}$.
  - $y_{11}(s)$ tiene un polo particular (en rigor un par de polos complejos conjugados) en $\pm j2$.

Redes LC con todos ceros en infinito

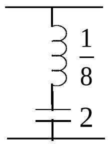
Ejemplo

- Sintetizar la matriz **Y** cuyos parámetros son

$$y_{11}(s)=\frac{11,5s^4+35s^2+20}{s^5+6s^3+8s}=\frac{(s^2+0,76)(s^2+2,28)}{s(s^2+2)(s^2+4)}=\frac{2,5}{s}+\frac{s}{s^2+2}+\frac{8s}{s^2+4} \qquad y_{21}(s)=\frac{-2}{s^3+2s}=\frac{-2}{s(s^2+2)}=-\frac{1}{s}+\frac{s}{s^2+2}$$

- El primer paso de síntesis es realizar los polos particulares de $y_{11}(s)$:

$$y_{11}^{(P)}=\frac{8s}{s^2+4}=\frac{1}{\frac{1}{8}s+\frac{1}{2s}} \Longrightarrow$$

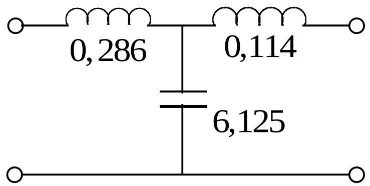


- La parte interior de $y_{11}(s)$ resulta

$$y_{11INT}(s)=\frac{2,5}{s}+\frac{s}{s^2+2}=\frac{\frac{5}{2}s^2+5+s^2}{s\left(s^2+2\right)}=\frac{\frac{7}{2}s^2+5}{s^3+2s}$$

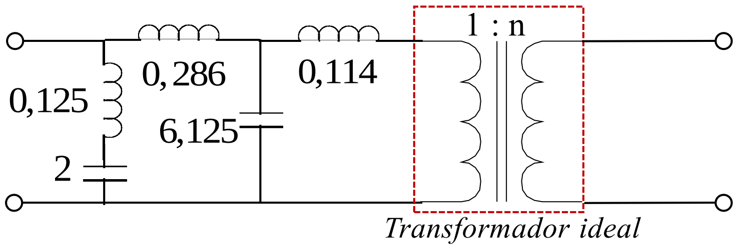
- Por lo tanto, deben realizarse tres remociones de polos en infinito. Sintetizando por división continua (comenzando con $1/y_{11INT}(s)$ que tiene un polo en infinito)

$$y_{11INT}=\frac{3,5s^2+5}{s^3+2s}=\frac{1}{0,286s+\frac{1}{6,125s+\frac{1}{0,114s}}} \Longrightarrow$$

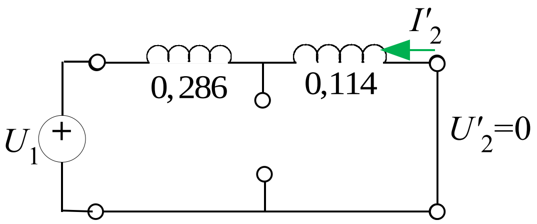


Redes LC con todos ceros en infinito

Ejemplo



- Para ajustar el factor de escala, se realiza el análisis asintótico.
- En bajas frecuencias, la red interior se comporta como:

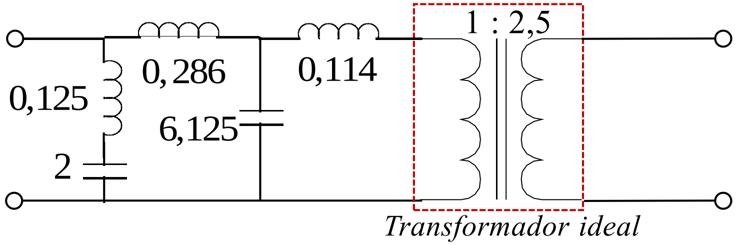


- Es decir, es una inductancia de valor L_{eq}=0,286+0,114=0,4

$$\underset{s\to 0}{y'_{21}(s)} = \frac{-1}{0,4s} = -\frac{2,5}{s} \qquad y_{21}(s) = \frac{-2}{s(s^2+2)} \Rightarrow \underset{s\to 0}{y_{21}(s)} = \frac{-2}{2s} = -\frac{1}{s}$$

- Por lo tanto, el transformador ideal tiene una relación de:

$$n = \frac{y'_{12}(s)}{y_{12}(s)} = \frac{y'_{21}(s)}{y_{21}(s)} = \frac{-2,5/s}{-1/s} = 2,5$$



Redes LC con todos ceros en el origen

- Supongamos que se especificaron los parámetros de cortocircuito de una red. Es decir, se conoce la matriz **Y.**

- Si todos los ceros de transmisión se encuentran en el origen, entonces el análisis puede realizarse en forma análoga al anterior, pero reemplazando s por 1/s. Entonces:

$$y_{21}(s) = \frac{Ks^n}{B(s)}$$

Constante

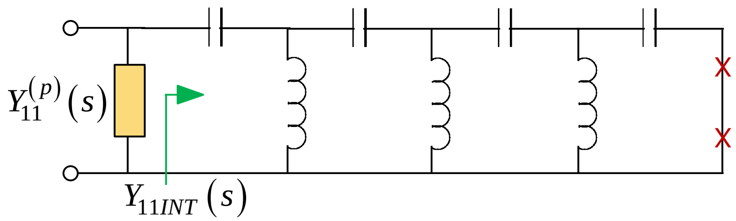
Polinomio par

- Donde *n* debe ser impar e igual a 1 más el grado de *B*(*s*) (si no, y_{21} tendría un cero en infinito, y no es este el caso).

- De la misma manera, *n* debe ser igual al grado de $sA_{11}(s)$, ya que si y_{21} tiene un polo en infinito, también debe tenerlo y_{11}. Por lo tanto $y_{11\,int}$ tiene un cero en el origen, y tendrá la forma:

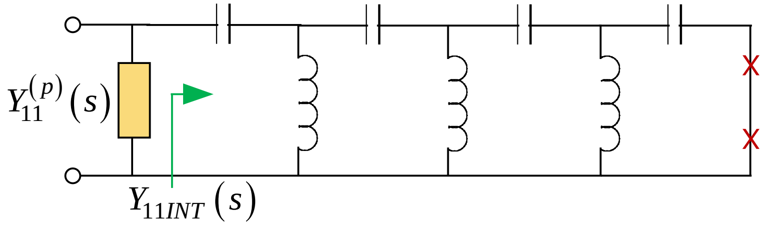
$$y_{11INT}(s) = \frac{sA_{11}(s)}{B(s)}$$

- La síntesis se desarrollará como una red en cadena de polos en el origen para así lograr los ceros de transmisión buscados (Cauer II). Por lo tanto, las impedancias en serie serán capacitores y las admitancias en paralelo, inductores



Redes LC con todos ceros en el origen

- Para que el circuito sintetizado satisfaga además el factor de escala de $y_{12}(s)$, es decir, para que la síntesis satisfaga por completo los parámetros y_{11} e y_{12} especificados, se postula disponer un transformador ideal de relación 1:n en el otro extremo del cuadripolo.



- En este caso, la red asintótica más simple resultará correspondiente a altas frecuencias.
- Entonces:

$$\underset{s\to\infty}{y_{11INT}}(s) = s\frac{A_{11}(\infty)}{B(\infty)} \qquad \underset{s\to\infty}{y'_{11}}(s) = \frac{s}{\sum 1/C_i}$$

$y'_{11}=y_{11\text{ int}}$

$$\underset{s\to\infty}{y'_{11}}(s) = \underset{s\to\infty}{y_{11INT}}(s) \quad \Rightarrow \quad \frac{s}{\sum_i 1/C_i} = \frac{sA_{11}(\infty)}{B(\infty)}$$

$$\underset{s\to\infty}{y_{12}}(s) = \frac{Ks}{B(\infty)} \qquad \underset{s\to\infty}{y'_{12}}(s) = -\frac{s}{\sum 1/C_i} = -\frac{sA_{11}(\infty)}{B(\infty)}$$

$$y'_{12}(s) = n\cdot y_{12}(s)$$

$$n\left[\frac{sK}{B(\infty)}\right] = -\frac{sA_{11}(\infty)}{B(\infty)} \quad \Rightarrow \quad n = -\frac{A_{11}(\infty)}{K}$$

Redes LC con todos ceros en el origen

Ejemplo

- Sintetizar la matriz **Y** cuyos parámetros son

$$y_{11}(s)=\frac{4s^5+15,26s^3+10,06s}{s^4+2,89s^2+1,44} \qquad y_{21}(s)=\frac{-2s^5}{s^4+2,89s^2+1,44}$$

- Si se realiza el Desarrollo de Foster de los parámetros:

$$y_{11}(s)=\frac{4s^5+15,26s^3+10,06s}{s^4+2,89s^2+1,44}=\frac{1,2s}{s^2+0,64}+\frac{2,5s}{s^2+2,25}+4s$$

$$y_{21}(s)=\frac{-2s^5}{s^4+2,89s^2+1,44}=-\frac{0,509s}{s^2+0,64}+\frac{6,289s}{s^2+2,25}-2s$$

- Se observa que
  - $y_{21}(s)$ tiene todos sus ceros (cinco) en el origen
  - $y_{11}(s)$ comparte con $y_{21}(s)$ los polos que se encuentran en infinito, en $s=\pm j\sqrt{0,64}$ y en $s=\pm j\sqrt{2,25}$.
  - $y_{11}(s)$ no tiene polos propios.

Redes LC con todos ceros en el origen

Ejemplo

- Sintetizar la matriz **Y** cuyos parámetros son

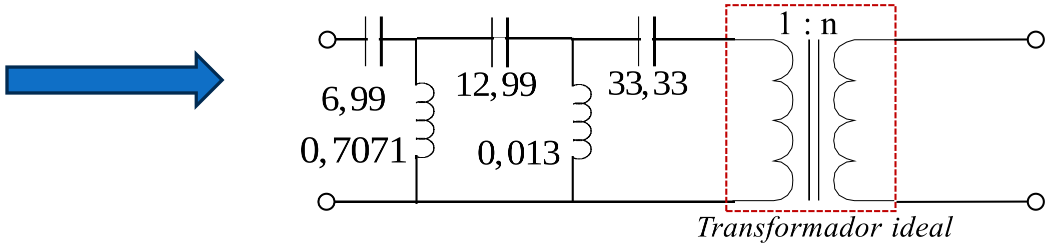
$$y_{11}(s)=\frac{4s^5+15,26s^3+10,06s}{s^4+2,89s^2+1,44}=\frac{1,2s}{s^2+0,64}+\frac{2,5s}{s^2+2,25}+4s \qquad y_{21}(s)=\frac{-2s^5}{s^4+2,89s^2+1,44}=-\frac{0,509s}{s^2+0,64}+\frac{6,289s}{s^2+2,25}-2s$$

- Como y_{11}(s) no tiene polos propios, la parte interior resulta

$$y_{11}(s)=\frac{4s^5+15,26s^3+10,06s}{s^4+2,89s^2+1,44}=\frac{10,06\left(\frac{1}{s}\right)^4+15,26\left(\frac{1}{s}\right)^2+4}{1,44\left(\frac{1}{s}\right)^5+2,89\left(\frac{1}{s}\right)^3+\left(\frac{1}{s}\right)}$$

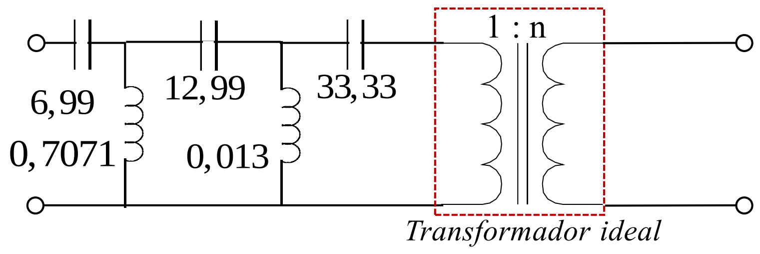
- Por lo tanto, deben realizarse cinco remociones de polos en el origen. Sintetizando por división continua (comenzando con $1/y_{11INT}(s)$ que tiene un polo en infinito)

$$y_{11}(s)=\cfrac{1}{0,143\left(\frac{1}{s}\right)+\cfrac{1}{14,26\left(\frac{1}{s}\right)+\cfrac{1}{0,077\left(\frac{1}{s}\right)+\cfrac{1}{77,03\left(\frac{1}{s}\right)+\cfrac{1}{0,030\left(\frac{1}{s}\right)}}}}}$$

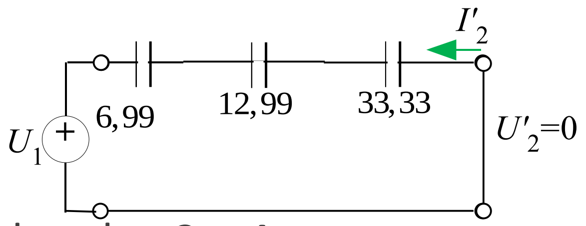


Redes LC con todos ceros en el origen

Ejemplo



- Para ajustar el factor de escala, se realiza el análisis asintótico.
- En altas frecuencias, la red interior se comporta como:

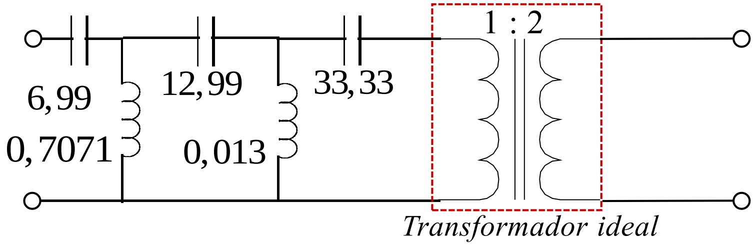


- Es decir, es un capacitor equivalente de valor C_{eq}=4

$$\underset{s\to\infty}{y'_{21}(s)} = -4s \qquad y_{21}(s) = \frac{-2s^5}{s^4 + 2,89s^2 + 1,44} \Rightarrow \underset{s\to\infty}{y_{21}(s)} = \frac{-2s^5}{s^4} = -2s$$

- Por lo tanto, el transformador ideal tiene una relación de:

$$n = \frac{y'_{12}(s)}{y_{12}(s)} = \frac{y'_{21}(s)}{y_{21}(s)} = \frac{-4s}{-2s} = 2$$



Redes LC con ceros en el origen e infinito

- Cuando y_{21} tiene ceros en el origen e infinito, no hay ningún orden impuesto en su realización.
- La única restricción es que queden realizados los n ceros en el origen y los $(m-n)$ ceros en el infinito.
- El orden de la realización queda, en principio, a criterio del diseñador.
- Debe asegurarse que la red debe empezar y terminar en serie *efectivamente* para todas las frecuencias, las más bajas y las más altas, es decir teniendo en cuenta las *redes asintóticas.*

Síntesis de Z

- Todos los temas tratados en esta clase aplican de manera dual para el caso de matrices de impedancia de circuito abierto.
- En el marco de la dualidad, debe invertirse por ejemplo los conceptos de empezar y terminar en serie por empezar y terminar en paralelo.
- Estas ideas permiten comprender que lo que debe asegurarse es que la parte interior de la matriz sea sintetizada por elementos que participen siempre en la determinación de la inmitancia de transferencia, así como los elementos propios no tengan injerencia en la misma.