

# LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

## ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS EN BANDA ESTRECHA

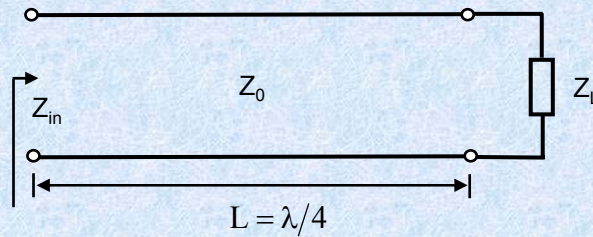
### Adaptación de impedancias

Adaptación de impedancias: Técnicas que consisten en la eliminación de las reflexiones que se producen en una línea de transmisión cuando ésta se encuentra terminada con una carga de impedancia distinta de la impedancia característica de la línea

- ◆ Adaptación de impedancias en banda estrecha:
  - Transformador  $\lambda/4$
  - Adaptación con elementos concentrados
  - Simple sintonizador en serie
  - Simple sintonizador en paralelo
  - Doble sintonizador en serie
  - Doble sintonizador en paralelo

## Transformador $\lambda/4$

Impedancia equivalente de una línea de longitud  $\lambda/4$  terminada por una carga de impedancia  $Z_L$



$$Z(z) = Z_0 \frac{Z_L \cos(\beta z) + jZ_0 \sin(\beta z)}{Z_0 \cos(\beta z) + jZ_L \sin(\beta z)}$$

$$z = \lambda/4$$

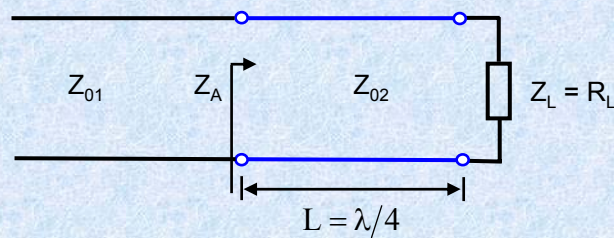
$$\beta z = \pi/2$$

$$Z_{in} = \frac{Z_0^2}{Z_L}$$

## Transformador $\lambda/4$

Adaptación de una impedancia de carga  $Z_L$  real

El transformador  $\lambda/4$  se inserta directamente en la carga  $Z_L$



$$Z_A = \frac{Z_{02}^2}{Z_L} = Z_{01}$$



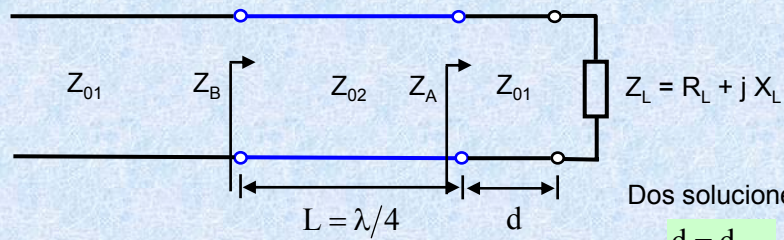
$$Z_{02} = \sqrt{Z_{01} Z_L}$$

La impedancia característica del transformador  $\lambda/4$  es la media geométrica entre la impedancia de la carga y la impedancia característica de la línea a la cual se desea adaptar la carga

## Transformador $\lambda/4$

Adaptación de una impedancia de carga  $Z_L$  **compleja**

El transformador  $\lambda/4$  se inserta a una distancia  $d$  de la carga  $Z_L$  en la que la impedancia es real (puntos correspondientes a un máximo o mínimo de tensión)



Dos soluciones:

$$d = d_{\max}$$

$$d = d_{\min}$$

$$Z_B = \frac{Z_{02}^2}{Z_A} = Z_{01}$$



$$Z_{02} = \sqrt{Z_{01} Z_A}$$

## Transformador $\lambda/4$

Procedimiento para la adaptación de una impedancia de carga  $Z_L$  **compleja**

$$Z_L = R_L + jX_L$$



$$\rho_L = \frac{Z_L - Z_{01}}{Z_L + Z_{01}} = |\rho_L| e^{j\phi_L}$$

Si el transformador  $\lambda/4$  se inserta a una distancia  $d$  de la carga  $Z_L$  en un punto correspondiente a un máximo de tensión ( $d = d_{\max}$ )

$$Z_A = Z_{01} \frac{1 + \rho(d_{\max})}{1 - \rho(d_{\max})} = Z_{01} \frac{1 + |\rho_L|}{1 - |\rho_L|}$$

Si el transformador  $\lambda/4$  se inserta a una distancia  $d$  de la carga  $Z_L$  en un punto correspondiente a un mínimo de tensión ( $d = d_{\min}$ )

$$Z_A = Z_{01} \frac{1 + \rho(d_{\min})}{1 - \rho(d_{\min})} = Z_{01} \frac{1 - |\rho_L|}{1 + |\rho_L|}$$

$$Z_B = \frac{Z_{02}^2}{Z_A} = Z_{01}$$



$$Z_{02} = \sqrt{Z_{01} Z_A}$$

## Elementos Concentrados

◆ Red en L:

– Dos elementos reactivos:

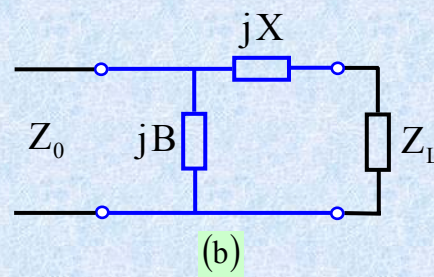
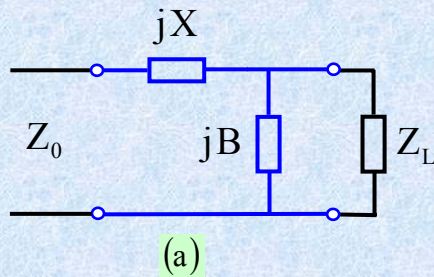
- ❖ Una reactancia en serie
- ❖ Una reactancia en paralelo

$$Z_L = R_L + jX_L$$

Existe dos posibles configuraciones:

$$\text{Si } R_L > Z_0$$

$$\text{Si } R_L < Z_0$$



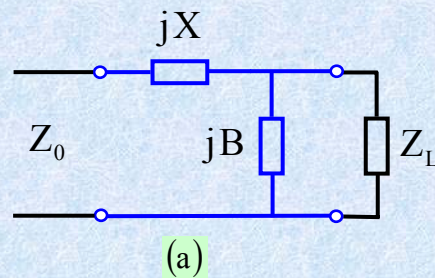
## Elementos Concentrados

Ejemplo:

$$Z_L = 200 - j100\Omega; \quad Z_0 = 100\Omega$$

$$Z_L = R_L + jX_L$$

$$R_L > Z_0$$



## Elementos Concentrados

Ejemplo:

$$Z_L = 200 - j100\Omega; \quad Z_0 = 100\Omega$$

$$\bar{Z}_L = 2 - j$$

$$\bar{Y}_L = 0,4 + j0,2$$

Primera solución

$$\bar{Y}'_L = 0,4 + j0,5$$

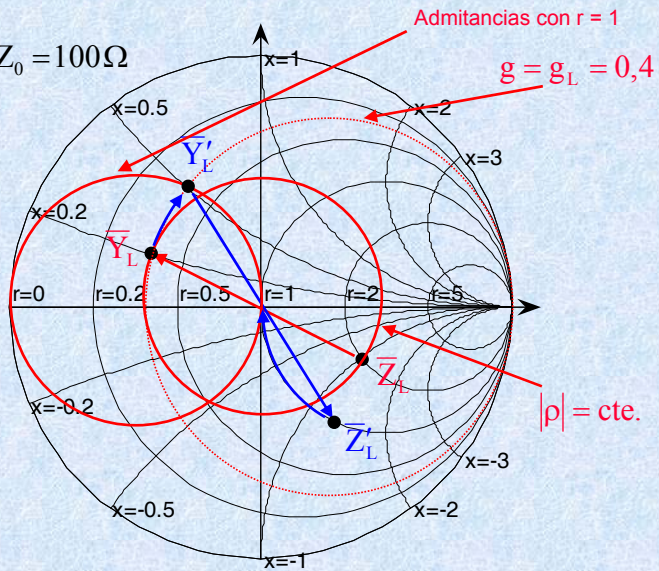
$$\bar{Y}'_L = \bar{Y}_L + jb$$

$$jb = j0,3$$

$$\bar{Z}'_L = 1 - j1,2$$

$$1 = \bar{Z}'_L + jx$$

$$jx = j1,2$$



## Elementos Concentrados

Ejemplo:

$$Z_L = 200 - j100\Omega; \quad Z_0 = 100\Omega$$

$$\bar{Z}_L = 2 - j$$

$$\bar{Y}_L = 0,4 + j0,2$$

Segunda solución

$$\bar{Y}'_L = 0,4 - j0,5$$

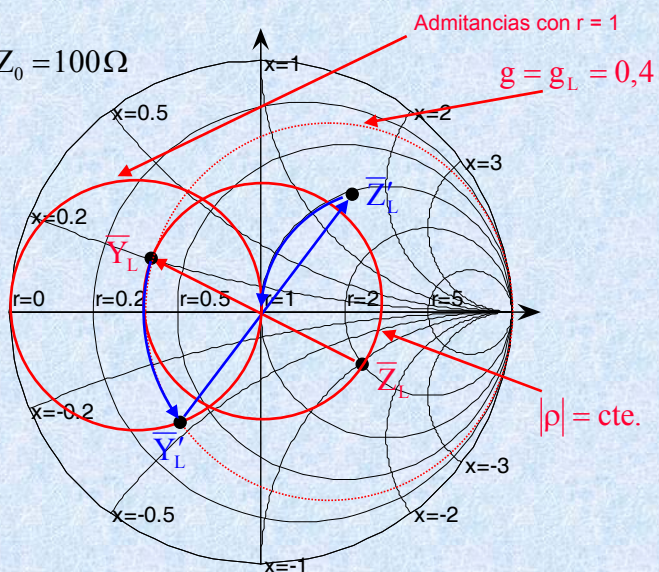
$$\bar{Y}'_L = \bar{Y}_L + jb$$

$$jb = -j0,7$$

$$\bar{Z}'_L = 1 + j1,2$$

$$1 = \bar{Z}'_L + jx$$

$$jx = -j1,2$$



## Elementos Concentrados

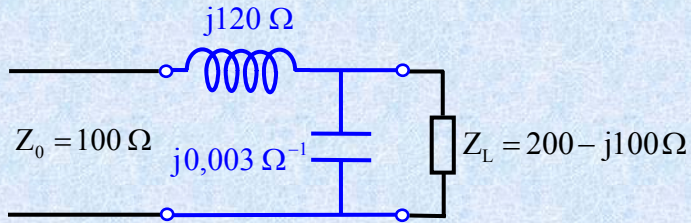
Solución 1:

$jb = j0,3$

$jB = j0,003 \Omega^{-1}$

$jx = j1,2$

$jX = j120 \Omega$



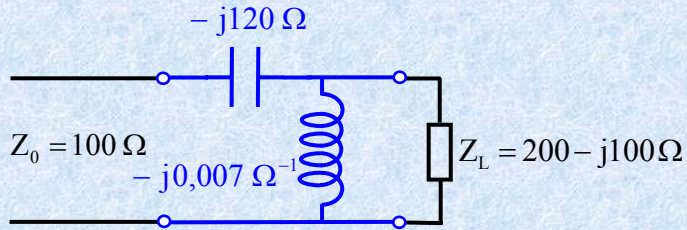
Solución 2:

$jb = -j0,7$

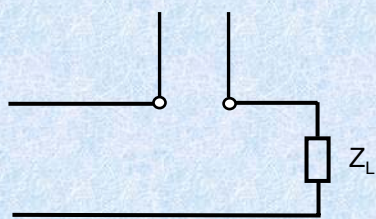
$jB = -j0,007 \Omega^{-1}$

$jx = -j1,2$

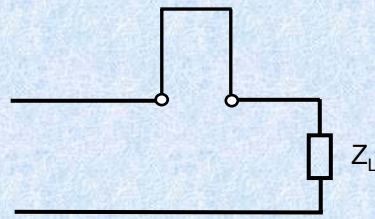
$jX = -j120 \Omega$



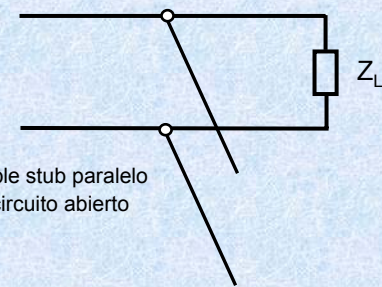
## Simple stub



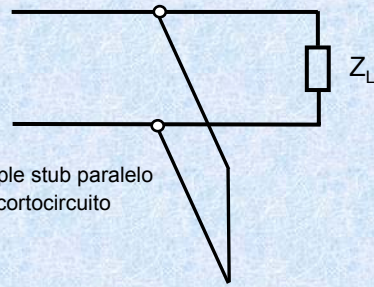
Simple stub serie en circuito abierto



Simple stub serie en cortocircuito



Simple stub paralelo en circuito abierto

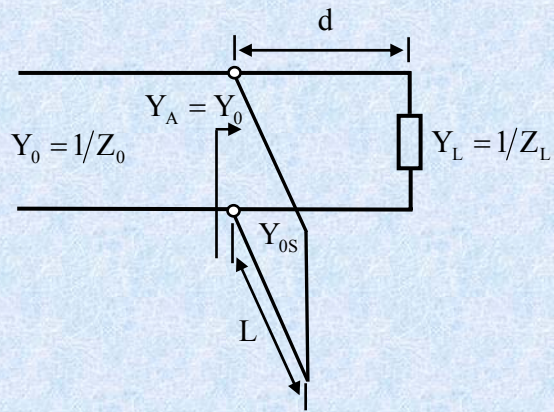


Simple stub paralelo en cortocircuito



## Simple stub

Simple stub paralelo en cortocircuito



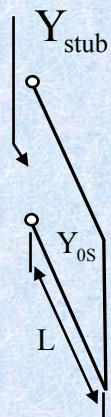
## Simple stub

Simple stub paralelo en cortocircuito

$$Y_A = Y_{\text{stub}} + Y(d) = Y_0 = 1/Z_0$$

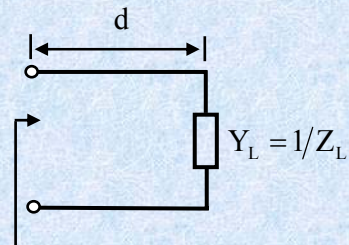
Admitancia equivalente del stub

Admitancia de la línea a una distancia d de la carga



+

$Y(d)$



## Simple stub

Para realizar la adaptación es necesario:

- Determinar la distancia (d) a la carga donde hay que colocar el stub
- Determinar la longitud (L) del stub

La admitancia equivalente de un stub terminado en cortocircuito o circuito abierto es siempre imaginaria

$$Y_{\text{stub}} = jB_{\text{stub}}$$

Por lo tanto, el stub debe colocarse en un punto en el que la admitancia de la línea tenga parte real igual a  $Y_0$  (parte real normalizada igual a la unidad)

$$Y(d) = Y_0 + jB$$

$$\bar{Y}(d) = 1 + jb$$

$$B_{\text{stub}} = -B$$

$$b_{\text{stub}} = -b$$

## Simple stub

Ejemplo:

$$Z_L = 25 + j50\Omega; \quad Z_0 = 50\Omega$$

$$\bar{Z}_L = 0,5 + j$$

$$\bar{Y}_L = 0,4 - j0,8$$

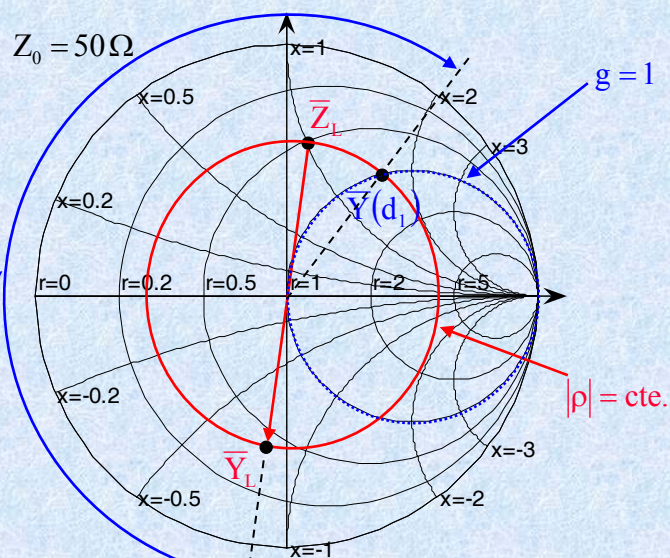
Primera solución

$$\bar{Y}(d_1) = 1 + j1,6$$

$$d_1 = 0,295\lambda$$

$$1 = \bar{Y}(d_1) + \bar{Y}_{\text{stub}}$$

$$\bar{Y}_{\text{stub}} = -j1,6$$





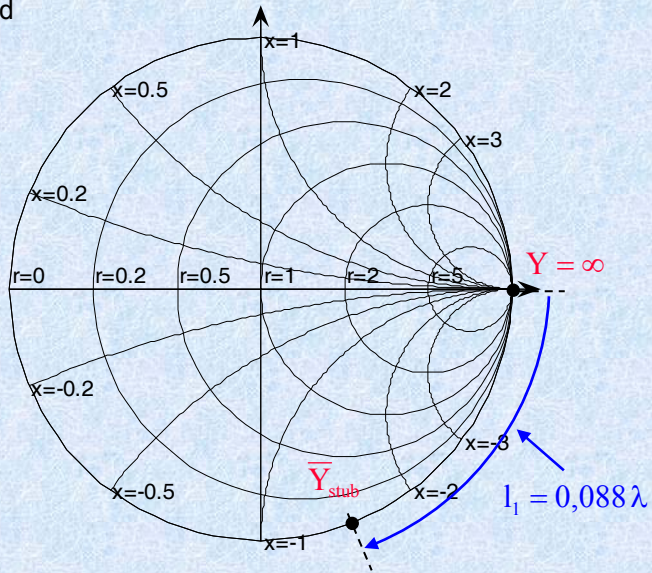
## Simple stub

Cálculo de la longitud del stub:

$$\bar{Y}_{\text{stub}} = -j1,6$$

Stub terminado en cortocircuito:

$$Y = \infty$$



## Simple stub

Ejemplo:

$$Z_L = 25 + j50\Omega; \quad Z_0 = 50\Omega$$

$$\bar{Z}_L = 0,5 + j$$

$$\bar{Y}_L = 0,4 - j0,8$$

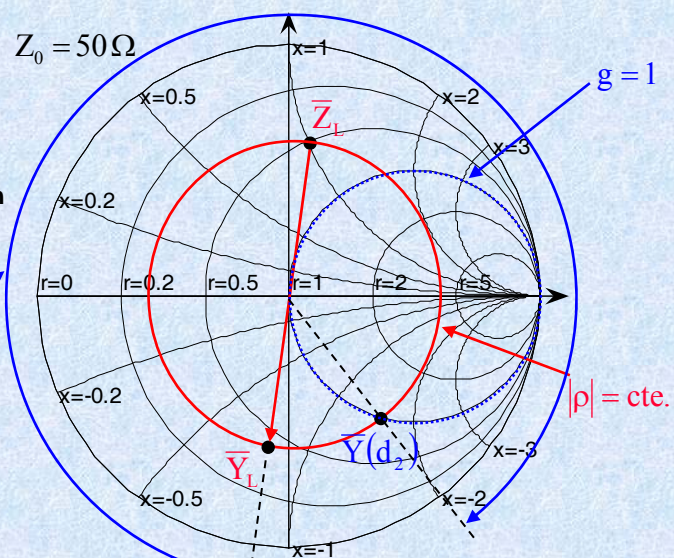
Segunda solución

$$\bar{Y}(d_2) = 1 - j1,6$$

$$d_2 = 0,437\lambda$$

$$1 = \bar{Y}(d_2) + \bar{Y}_{\text{stub}}$$

$$\bar{Y}_{\text{stub}} = j1,6$$



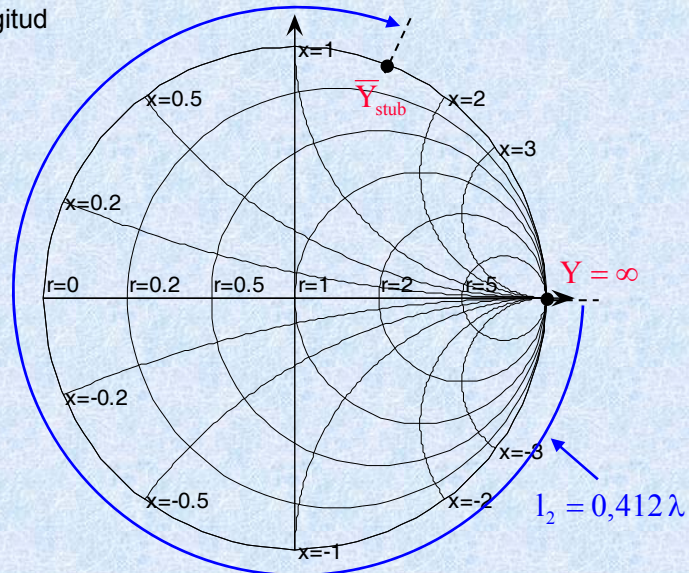
## Simple stub

Cálculo de la longitud del stub:

$$\bar{Y}_{\text{stub}} = j1,6$$

Stub terminado en cortocircuito:

$$Y = \infty$$



## Simple stub

Resumen:

$$Z_L = 25 + j50 \Omega; \quad Z_0 = 50 \Omega$$

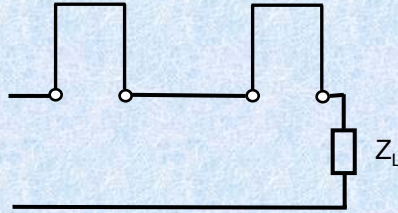
Adaptación mediante simple stub paralelo en cortocircuito:

$$\text{Solución 1: } \left\{ \begin{array}{l} d_1 = 0,295\lambda \\ l_1 = 0,088\lambda \end{array} \right.$$

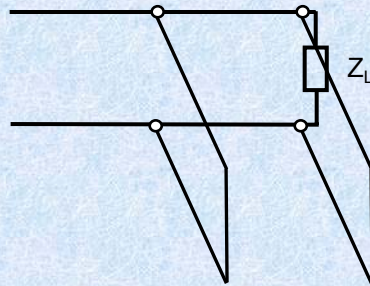
$$\text{Solución 2: } \left\{ \begin{array}{l} d_2 = 0,437\lambda \\ l_2 = 0,412\lambda \end{array} \right.$$

## Doble stub

Doble stub serie

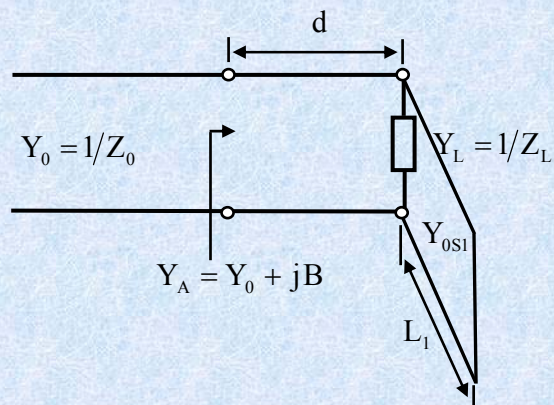


Doble stub paralelo



## Doble stub

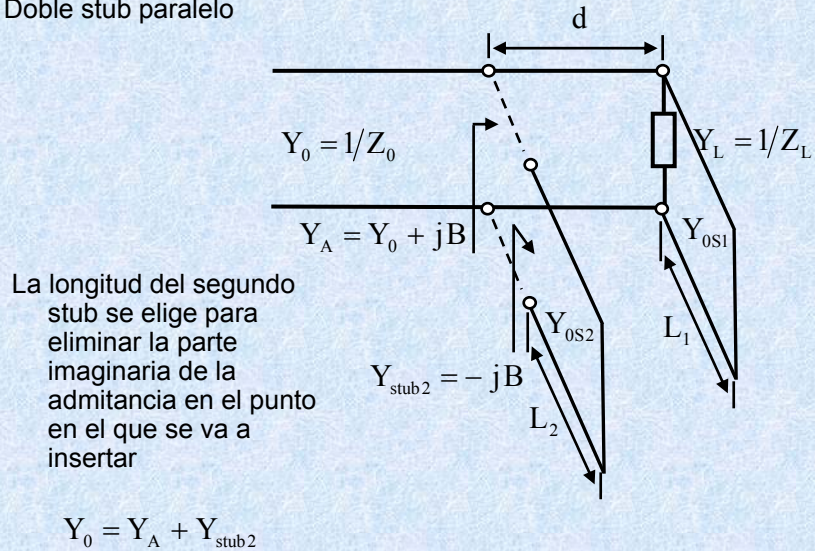
Doble stub paralelo



La longitud del primer stub se elige para que la admittance en el punto en el que se va a insertar el segundo stub tenga parte real igual a la admittance caracteristica de la línea

## Doble stub

Doble stub paralelo

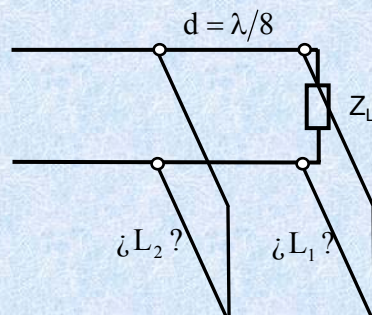


## Doble stub

Ejemplo:

Adaptación mediante doble stub paralelo, ambos terminados en cortocircuito y separados una distancia  $\lambda/8$ , estando el primer stub pegado a la carga, de la siguiente impedancia:

$$Z_L = 25 + j50 \Omega; \quad Z_0 = 50 \Omega$$



## Doble stub

Ejemplo:

$$Z_L = 25 + j50 \Omega; \quad Z_0 = 50 \Omega$$

$$\bar{Z}_L = 0,5 + j$$

$$\bar{Y}_L = 0,4 - j0,8$$

Primera solución

$$\bar{Y}'_{LA} = 0,4 + j0,2$$

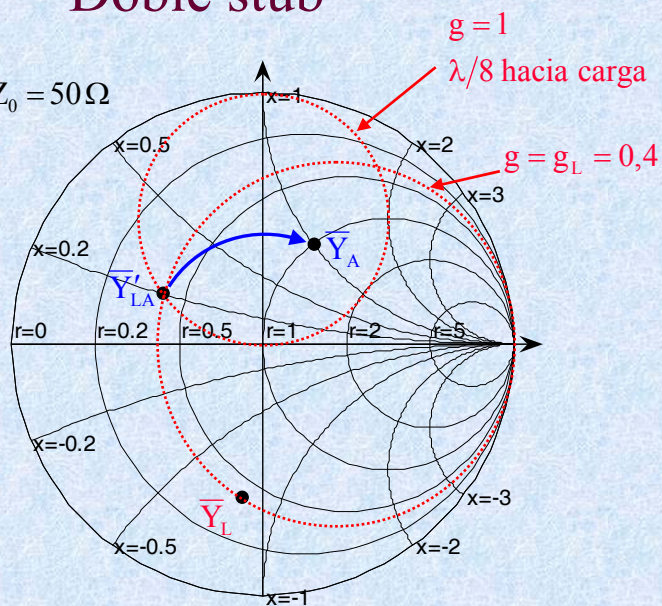
$$\bar{Y}'_{LA} = \bar{Y}_L + \bar{Y}_{\text{stub1}}$$

$$\bar{Y}_{\text{stub1}} = j$$

$$\bar{Y}_A = 1 + j$$

$$1 = \bar{Y}_A + \bar{Y}_{\text{stub2}}$$

$$\bar{Y}_{\text{stub2}} = -j$$



## Doble stub

Ejemplo:

$$Z_L = 25 + j50 \Omega; \quad Z_0 = 50 \Omega$$

$$\bar{Z}_L = 0,5 + j$$

$$\bar{Y}_L = 0,4 - j0,8$$

Segunda solución

$$\bar{Y}'_{LB} = 0,4 + j1,8$$

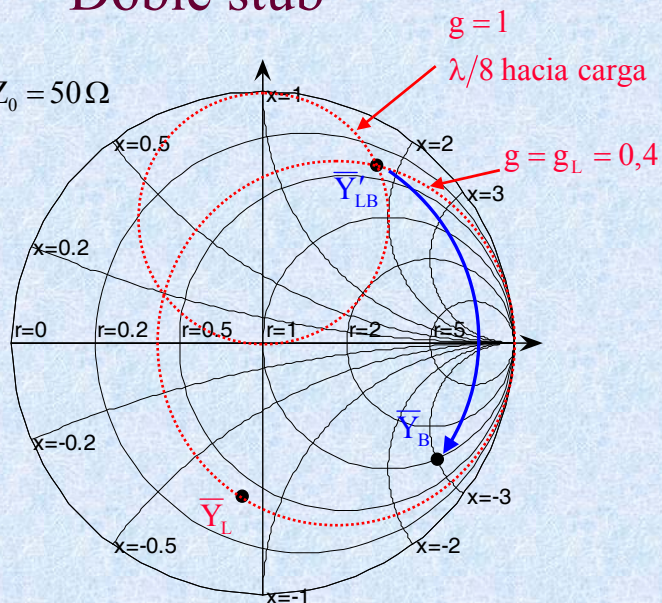
$$\bar{Y}'_{LB} = \bar{Y}_L + \bar{Y}_{\text{stub1}}$$

$$\bar{Y}_{\text{stub1}} = j2,6$$

$$\bar{Y}_B = 1 - j3,0$$

$$1 = \bar{Y}_B + \bar{Y}_{\text{stub2}}$$

$$\bar{Y}_{\text{stub2}} = j3,0$$





## Doble stub

Solución:

$$Z_L = 25 + j50 \Omega; \quad Z_0 = 50 \Omega$$

Adaptación mediante doble stub paralelo en cortocircuito:

$$\text{Solución A: } \begin{cases} \bar{Y}_{\text{stub1}} = j \Rightarrow L_1 = 0,375 \lambda \\ \bar{Y}_{\text{stub2}} = -j \Rightarrow L_2 = 0,125 \lambda \end{cases}$$

$$\text{Solución B: } \begin{cases} \bar{Y}_{\text{stub1}} = j2,6 \Rightarrow L_1 = 0,442 \lambda \\ \bar{Y}_{\text{stub2}} = j3,0 \Rightarrow L_2 = 0,448 \lambda \end{cases}$$

## Doble stub

Zona prohibida:

Doble stub paralelo  
separado  $d = \lambda/8$

Conjunto de  
admitancias de  
cargas que no se  
pueden adaptar si  
la separación entre  
los stubs es  $\lambda/8$  y el  
primer stub está  
pegado a la carga

