Universitat Autònoma de Barcelona

Escola d’Enginyeria, Departament d’Enginyeria Electrònica

Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)

# Solución de la Lista 5 de problemas (amplificadores de microondas)

Miguel Durán-Sindreu

Curso 2012/2013

Universitat Autònoma de Barcelona

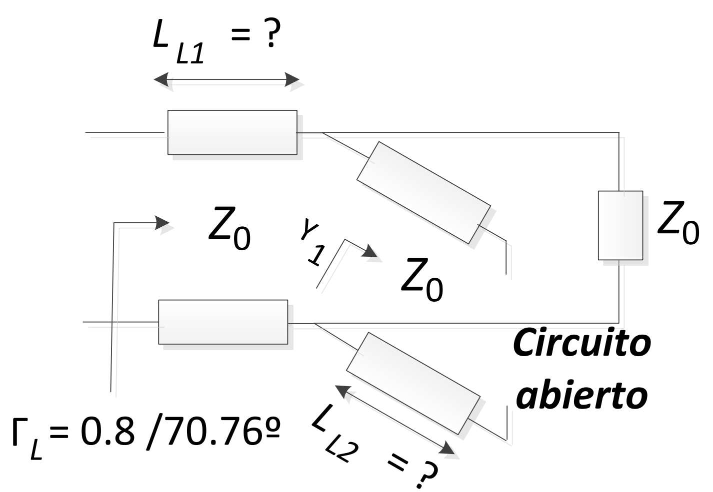
Escola d'Enginyeria, Departament d'Enginyeria Electrònica

Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)

# Lista 5: Problema 1

## Obtención de la red de adaptación a la salida mediante carta de Smith

**1. Mediante la carta de Smith, obtener $L_{L1}$ y $L_{L2}$ para obtener el siguiente coeficiente de reflexión que cumple los requisitos del problema 1.**




Miguel Durán-Sindreu

Curso 2012/2013

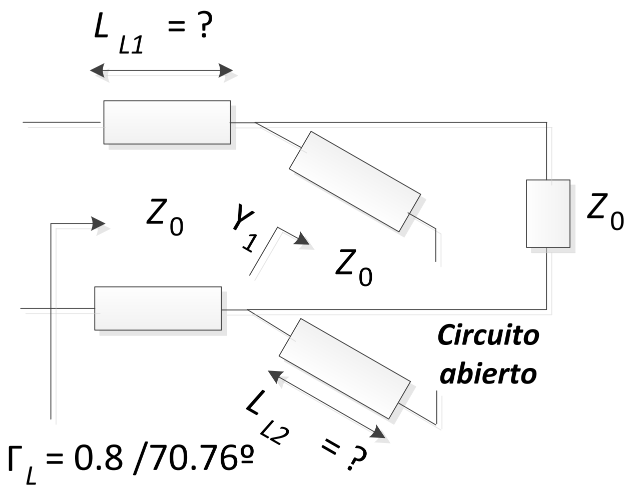


Ingeniería Electrónica de Telecomunicaciones

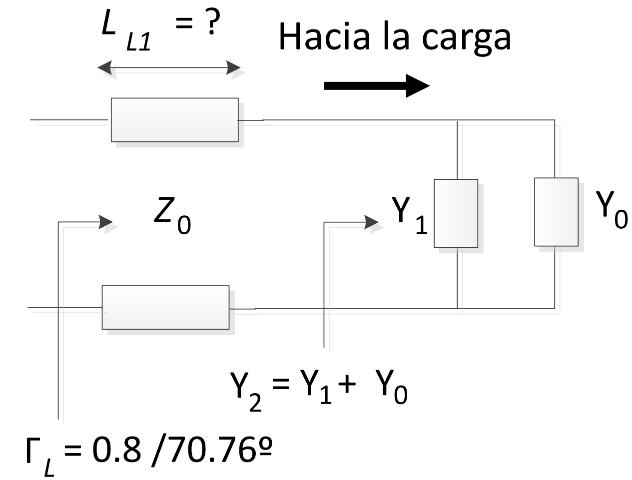
Ingeniería Radiofrecuencia y Microondas

# Lista 5: Problema 1, red de adaptación $\Gamma_L$ con stub en c.a.

Miguel Durán-Sindreu




Trabajamos con admitancias ya que es más cómodo a la hora de tratar el paralelo




Impedancia de entrada $Z_1$ de una línea de longitud $L_{L2}$ acabada en circuito abierto:

$$Z_1 = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 tan(\beta L_{L2})}{Z_0 + jZ_L tan(\beta L_{L2})} \longrightarrow Z_1\Big|_{Z_L \to \infty} = \frac{Z_0}{jtan(\beta L_{L2})}$$

$$\overline{Z_1}\Big|_{Z_L \to \infty} = -jcotan(\beta L_{L2}) \qquad \overline{Y_1}\Big|_{Z_L \to \infty} = jtan(\beta L_{L2})$$

Dado que $Y_1$ es puramente imaginario, la longitud $L_{L1}$ deberá permitir desplazar $\Gamma_L$ (hacia la carga) hasta el círculo de conductancia unidad, para poder satisfacer la condición:

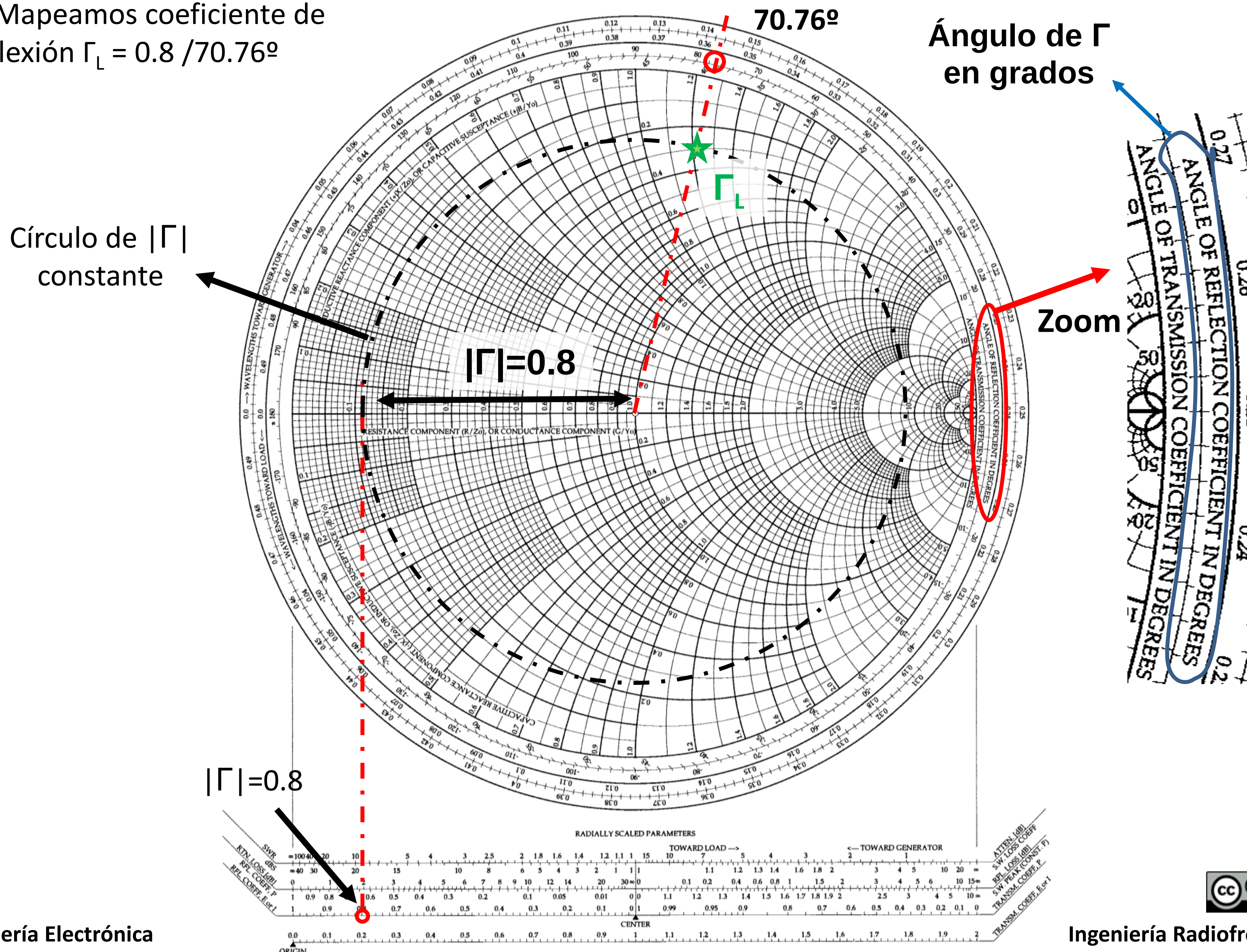
$$Y_2 = Y_1 + Y_0 \rightarrow \overline{Y_2} = \overline{Y_1} + 1$$

Posteriormente, mediante el stub en circuito abierto implementaremos la admitancia $Y_1$ mediante la distancia $L_{L2}$

# Lista 5: Problema 1, red de adaptación $\Gamma_L$ con stub en c.a.

Miguel Durán-Sindreu

1. Mapeamos coeficiente de reflexión $\Gamma_L = 0.8\ /70.76º$



# Lista 5: Problema 1, red de adaptación $\Gamma_L$ con stub en c.a.

Miguel Durán-Sindreu

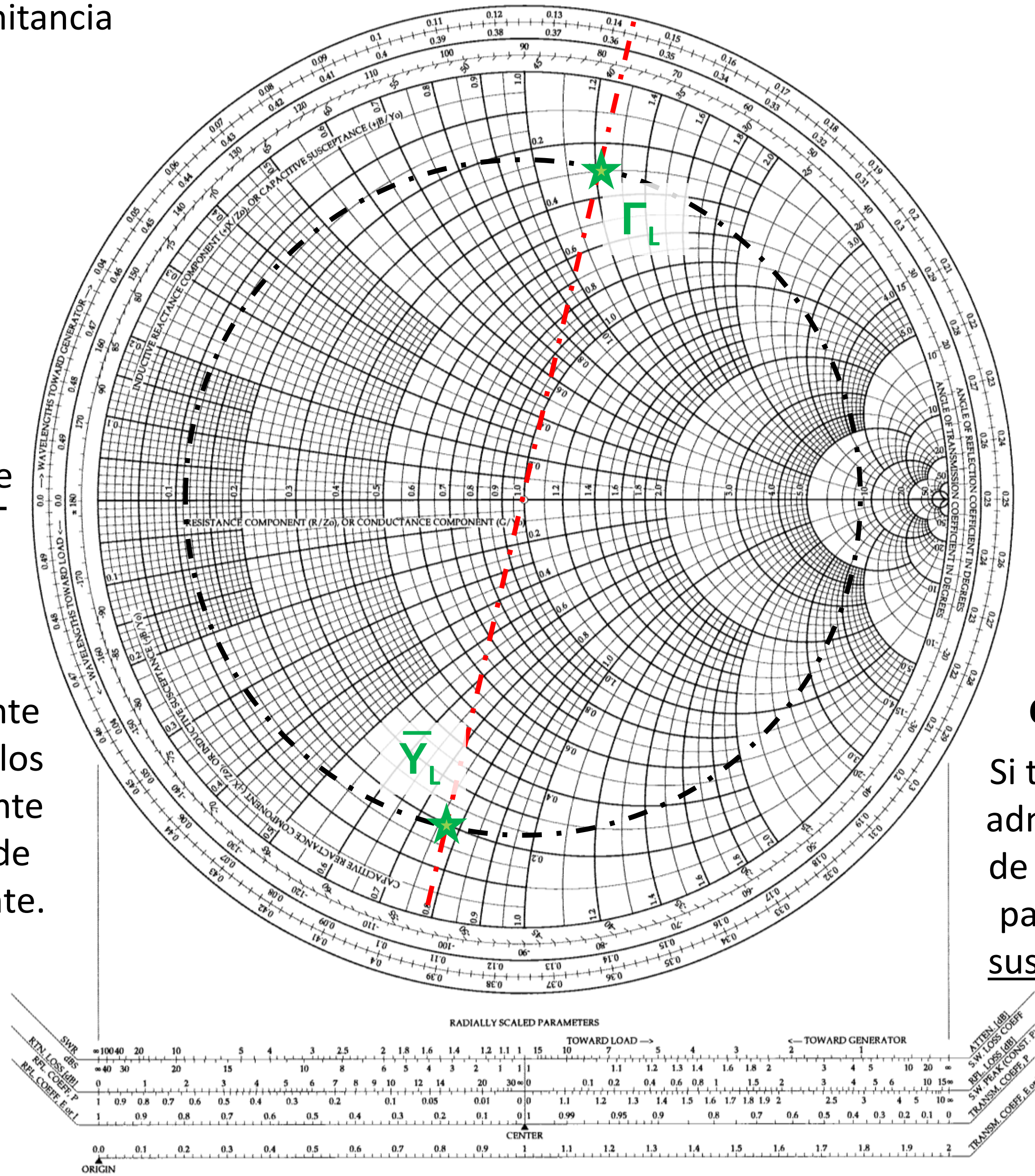
2. Obtenemos admitancia normalizada $\overline{Y_L}$

$$\overline{Y_L} = \frac{1}{\overline{Z_L}}$$

Pasamos de impedancia a admitancia mediante un giro de 180º en Γ (media carta Smith)

**Consecuencias I:**

Si trabajamos mediante admitancias, los círculos de resistencia constante pasan a ser círculos de <u>conductancia</u> constante.




Trabajamos en admitancias ya que nos será más cómodo a la hora de trabajar con el stub en paralelo

**Consecuencias II:**

Si trabajamos mediante admitancias, los círculos de reactancia constante pasan a ser círculos de <u>susceptancia</u> constante.

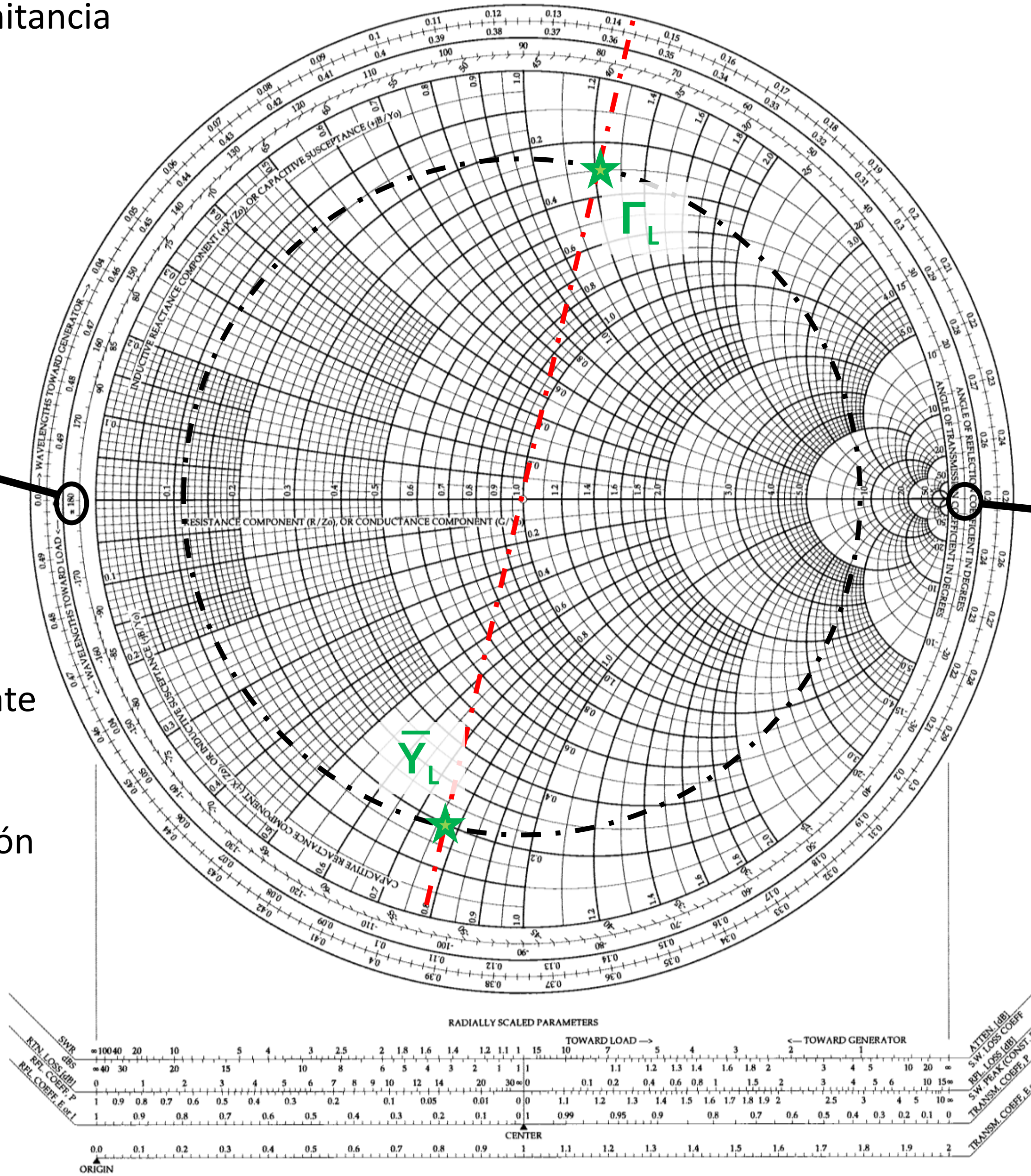
# Lista 5: Problema 1, red de adaptación $\Gamma_L$ con stub en c.a.

Miguel Durán-Sindreu

2. Obtenemos admitancia normalizada $\overline{Y_L}$

$$\overline{Y_L} = \frac{1}{\overline{Z_L}}$$

| **Z:** | **Y:** |
|---|---|
| ±180º | 0º |
| (Γ=-1) | (Γ=1) |
| **c.c.** | **c.a.** |




| **Z:** | **Y:** |
|---|---|
| 0º | ±180º |
| (Γ=1) | (Γ=-1) |
| **c.a.** | **c.c.** |

**Consecuencias III:**

Si trabajamos mediante admitancias, la polaridad del coeficiente de reflexión también se invierte

c.a.→c.c.

c.c. → c.a.

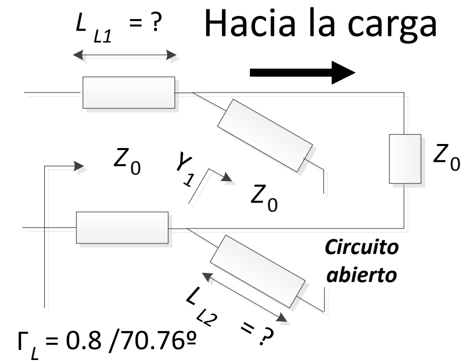
# Lista 5: Problema 1, red de adaptación $\Gamma_L$ con stub en c.a.

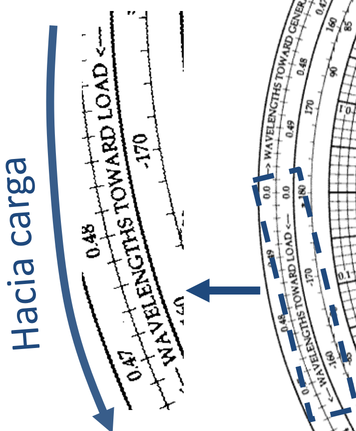
Miguel Durán-Sindreu

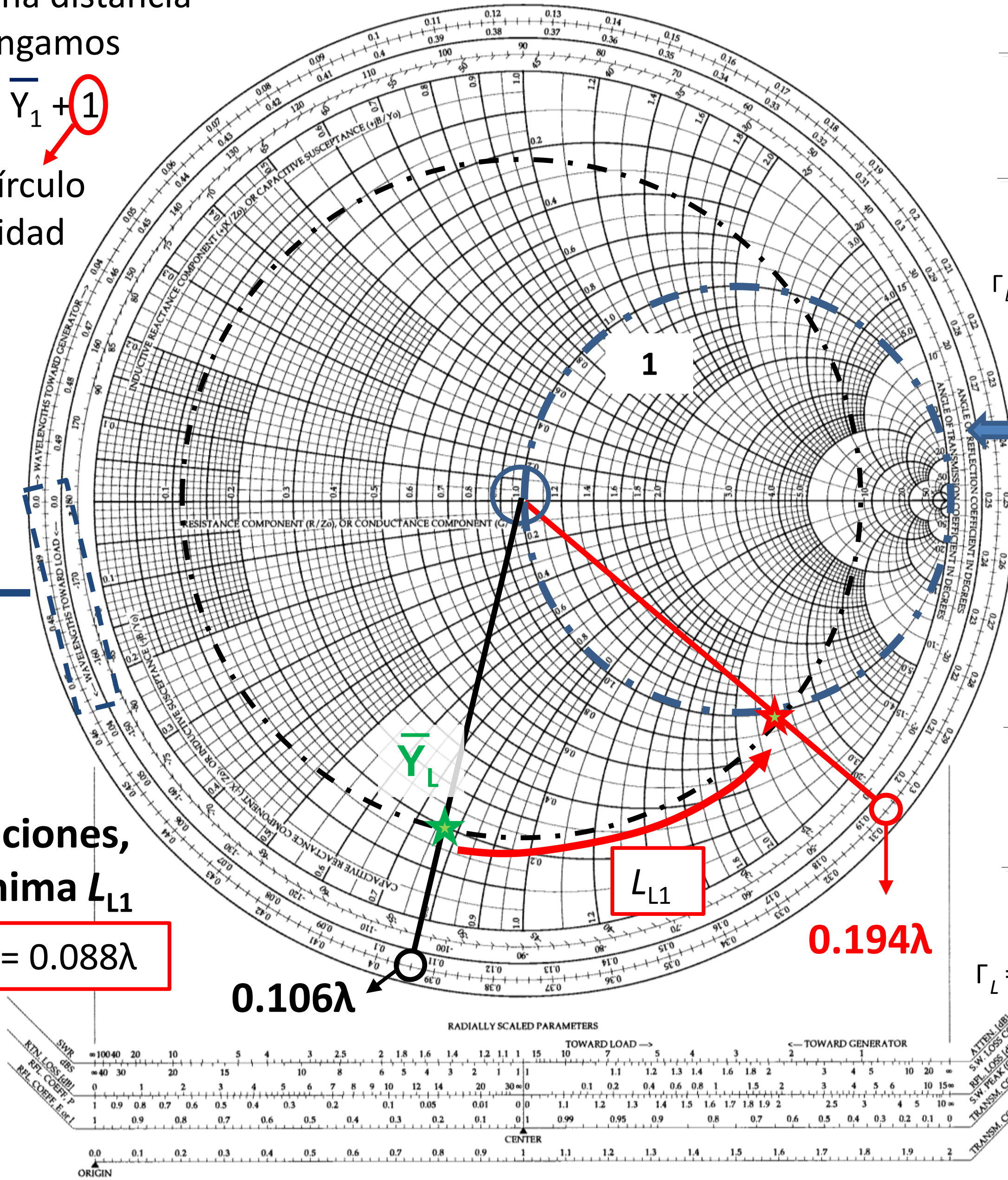
3. Desplazamos $\Gamma_L$ una distancia $L_{L1}$ tal que obtengamos

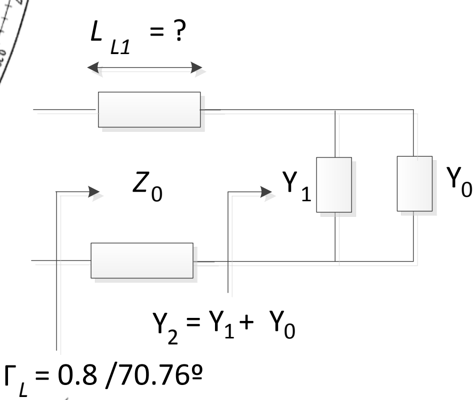
$$Y_2 = Y_1 + Y_0 \rightarrow \overline{Y}_2 = \overline{Y}_1 + 1$$

Hemos de cruzar el círculo de conductancia unidad



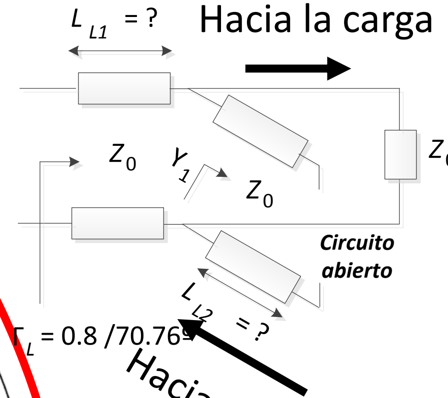

**Tenemos dos soluciones, consideramos mínima $L_{L1}$**

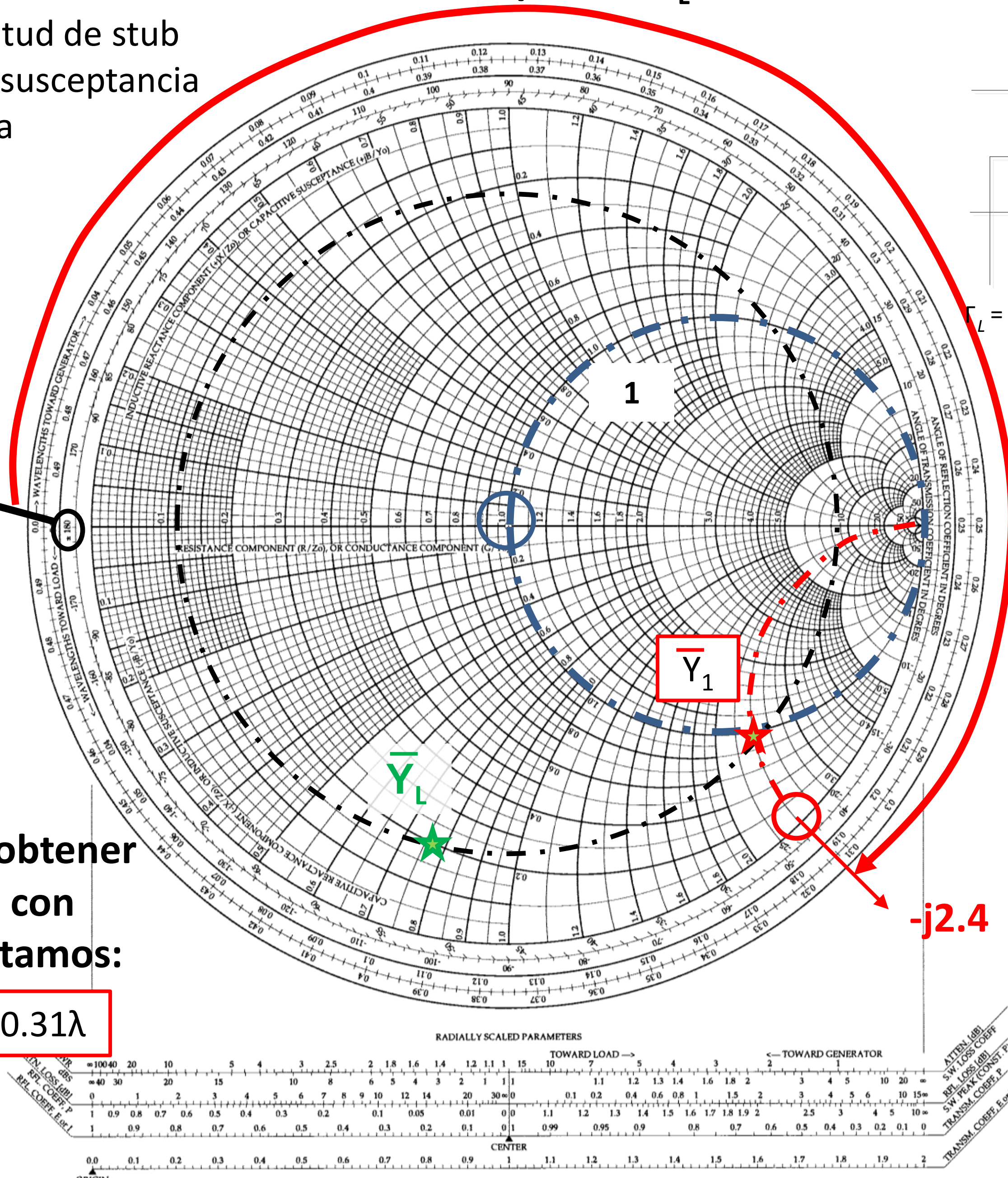
$$\boxed{L_{L1} = 0.194\lambda - 0.106\lambda = 0.088\lambda}$$

Miguel Durán-Sindreu

# Lista 5: Problema 1, red de adaptación $\Gamma_L$ con stub en c.a.

4. Obtenemos longitud de stub para implementar la susceptancia requerida




$L_{L2}$ = 0.31 λ

**Por lo tanto, para obtener el $\Gamma_L$ requerido con mínima $L_{L1}$ necesitamos:**

$L_{L1}$ = 0.088λ ; $L_{L2}$ = 0.31λ

Universitat Autònoma de Barcelona

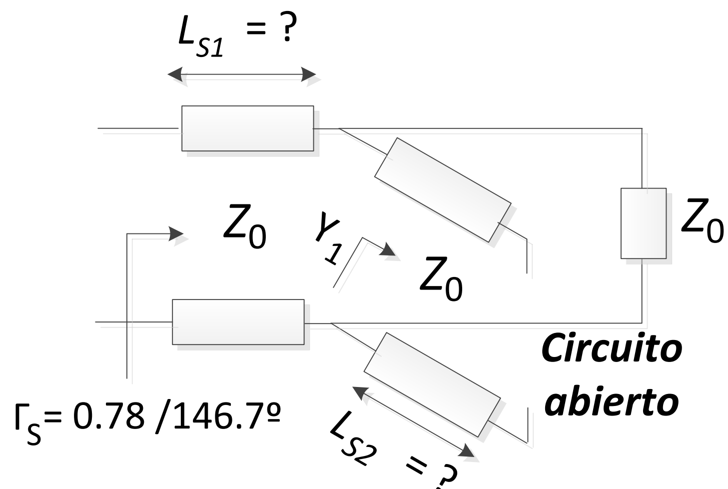
Escola d'Enginyeria, Departament d'Enginyeria Electrònica

Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)

# Lista 5: Problema 1

## Obtención de la red de adaptación a la entrada mediante carta de Smith

**1. Mediante la carta de Smith, obtener $L_{S1}$ y $L_{S2}$ para obtener el siguiente coeficiente de reflexión que cumple los requisitos del problema 1.**

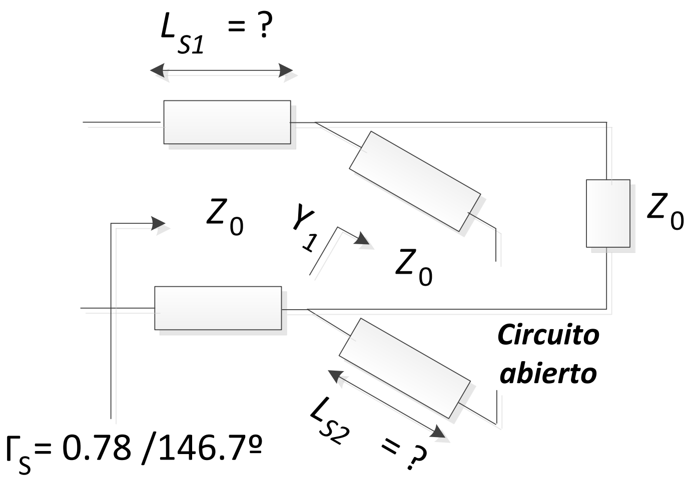



Miguel Durán-Sindreu

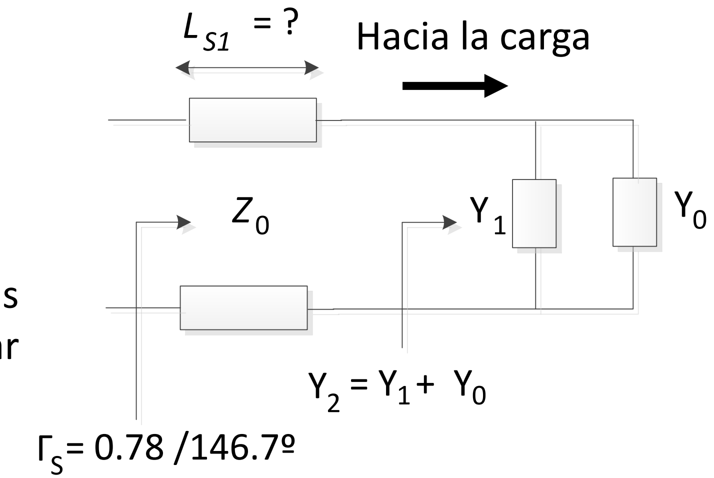
Curso 2012/2013

# Lista 5: Problema 1, red de adaptación $\Gamma_S$ con stub en c.a.

Miguel Durán-Sindreu




Trabajamos con admitancias ya que es más cómodo a la hora de tratar el paralelo




Impedancia de entrada $Z_1$ de una línea de longitud $L_{L2}$ acabada en circuito abierto:

$$Z_1 = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 tan(\beta L_{S2})}{Z_0 + jZ_L tan(\beta L_{S2})} \longrightarrow Z_1\Big|_{Z_L \to \infty} = \frac{Z_0}{jtan(\beta L_{S2})}$$

$$\overline{Z_1}\Big|_{Z_L \to \infty} = -jcotan(\beta L_{S2}) \qquad \overline{Y_1}\Big|_{Z_L \to \infty} = jtan(\beta L_{S2})$$

Dado que $Y_1$ es puramente imaginario, la longitud $L_{S1}$ deberá permitir desplazar $\Gamma_S$ (hacia la carga) hasta el círculo de conductancia unidad, para poder satisfacer la condición:

$$Y_2 = Y_1 + Y_0 \rightarrow \overline{Y_2} = \overline{Y_1} + 1$$

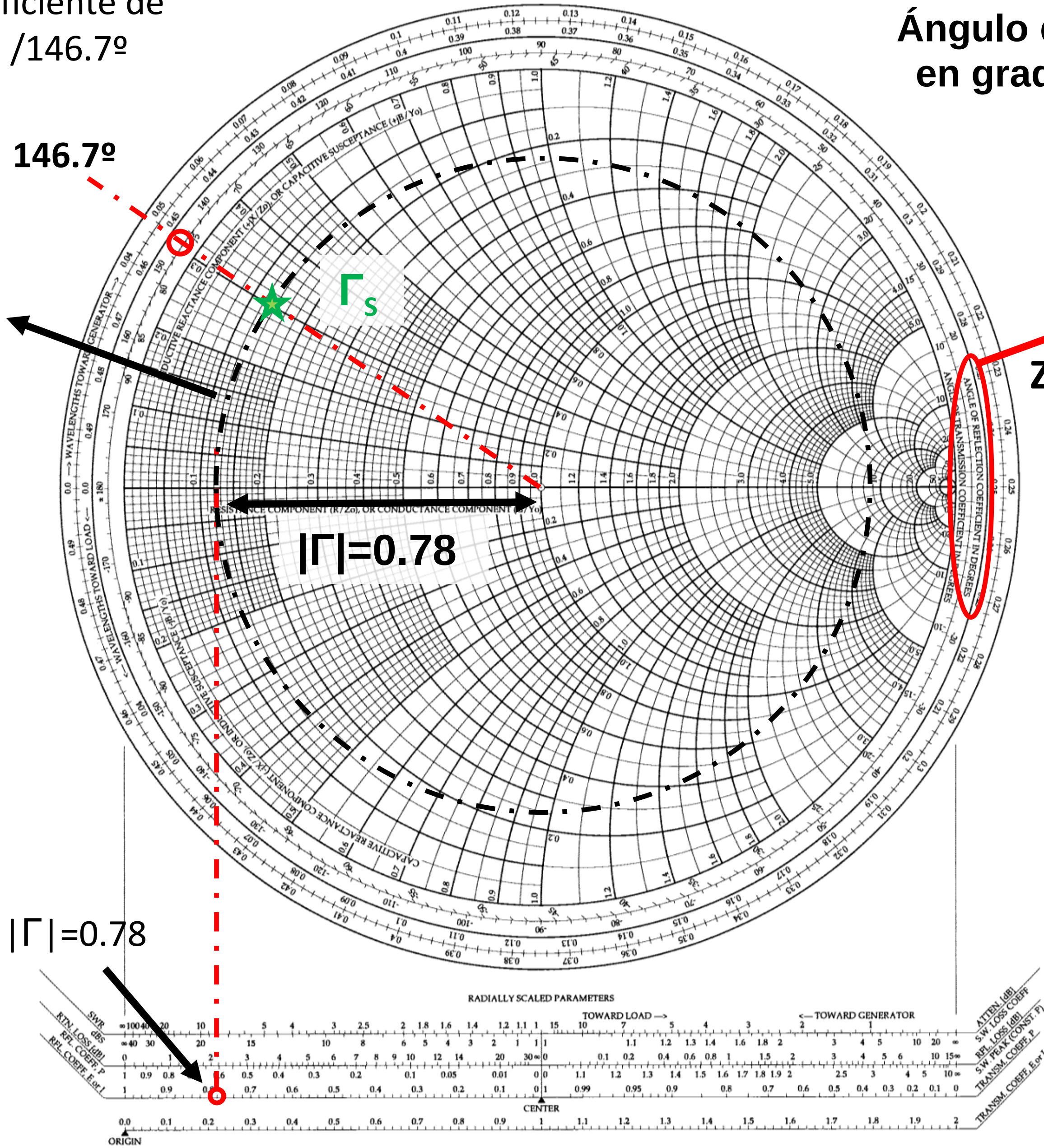
Posteriormente, mediante el stub en circuito abierto implementaremos la admitancia $Y_1$ mediante la distancia $L_{S2}$

# Lista 5: Problema 1, red de adaptación $\Gamma_S$ con stub en c.a.

Miguel Durán-Sindreu

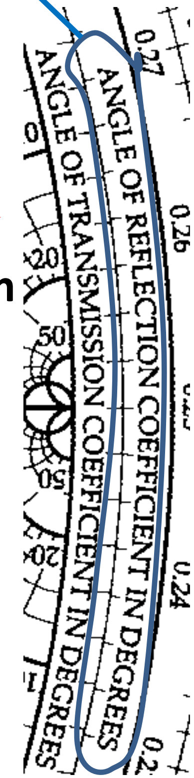
1. Mapeamos coeficiente de reflexión $\Gamma_S$ = 0.78 /146.7º

Círculo de |Γ| constante




Ángulo de Γ en grados

Zoom



# Lista 5: Problema 1, red de adaptación $\Gamma_S$ con stub en c.a.

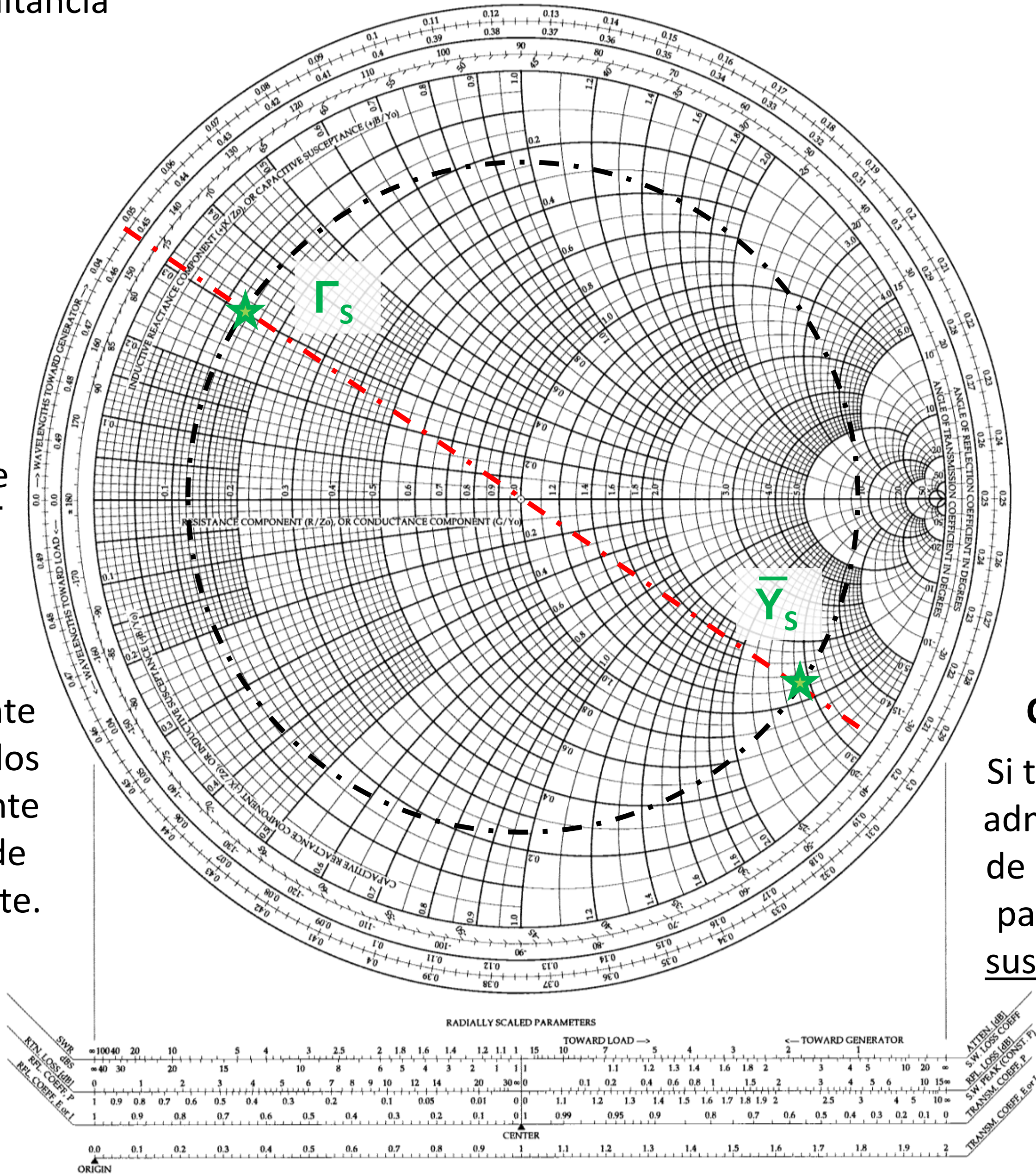
Miguel Durán-Sindreu

2. Obtenemos admitancia normalizada $\overline{Y}_S$

$$\overline{Y_S} = \frac{1}{\overline{Z_S}}$$

Trabajamos en admitancias ya que nos será más cómodo a la hora de trabajar con el stub en paralelo

Pasamos de impedancia a admitancia mediante un giro de 180º en Γ (media carta Smith)




**Consecuencias I:**

Si trabajamos mediante admitancias, los círculos de resistencia constante pasan a ser círculos de <u>conductancia</u> constante.

**Consecuencias II:**

Si trabajamos mediante admitancias, los círculos de reactancia constante pasan a ser círculos de <u>susceptancia</u> constante.

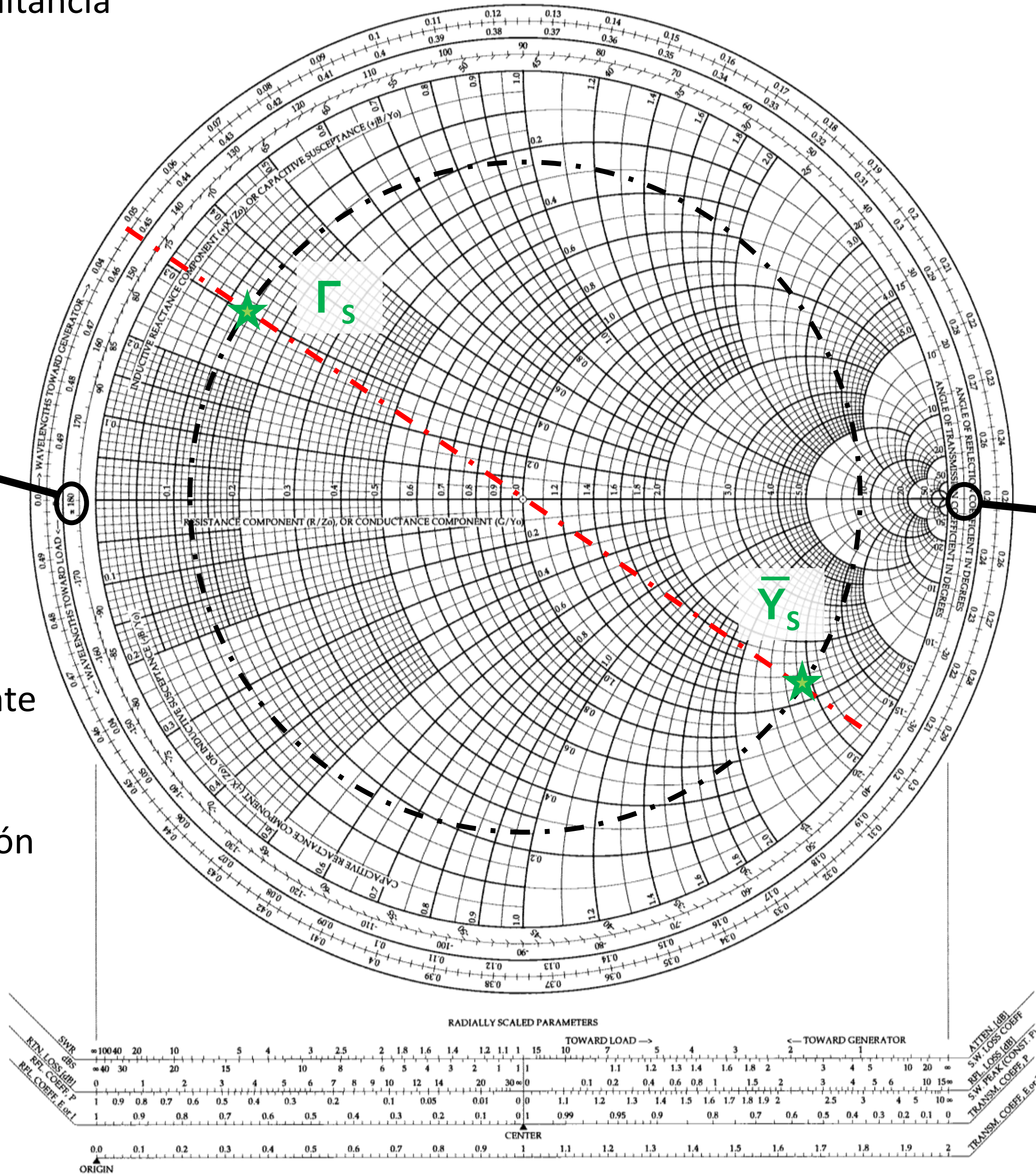
# Lista 5: Problema 1, red de adaptación $\Gamma_S$ con stub en c.a.

Miguel Durán-Sindreu

2. Obtenemos admitancia normalizada $\overline{Y_S}$

$$\overline{Y_S} = \frac{1}{\overline{Z_S}}$$

| **Z:** | **Y:** |
|---|---|
| ±180º | 0º |
| (Γ=-1) | (Γ=1) |
| **c.c.** | **c.a.** |




| **Z:** | **Y:** |
|---|---|
| 0º | ±180º |
| (Γ=1) | (Γ=-1) |
| **c.a.** | **c.c.** |

**Consecuencias III:**

Si trabajamos mediante admitancias, la polaridad del coeficiente de reflexión también se invierte

c.a.→c.c.

c.c. → c.a.

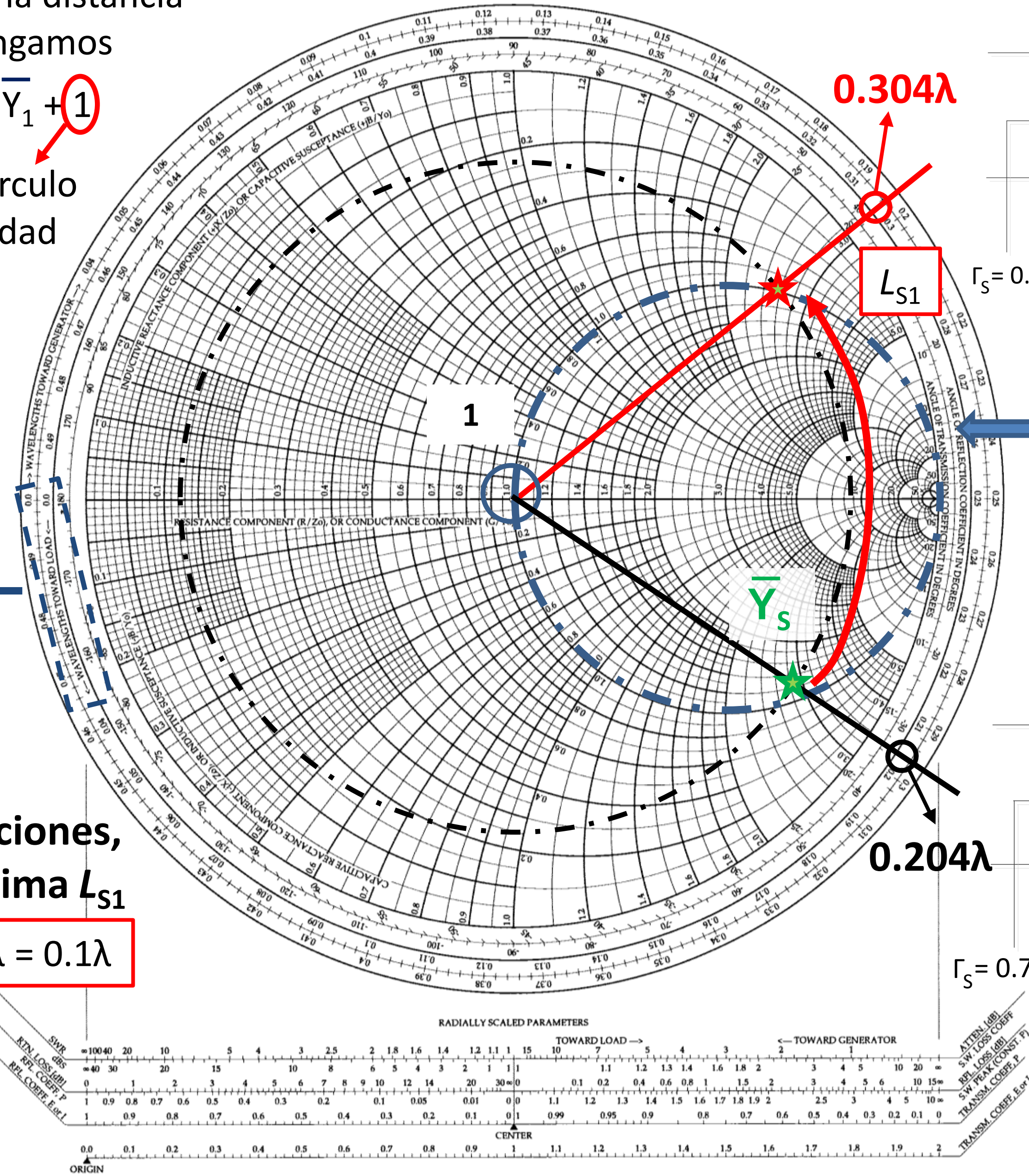
# Lista 5: Problema 1, red de adaptación $\Gamma_S$ con stub en c.a.

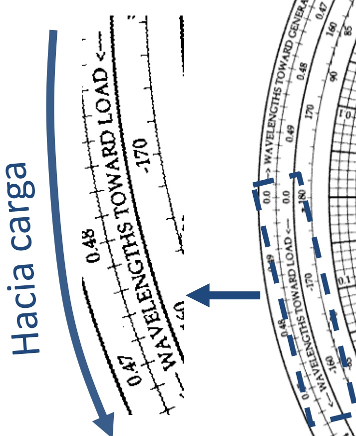
Miguel Durán-Sindreu

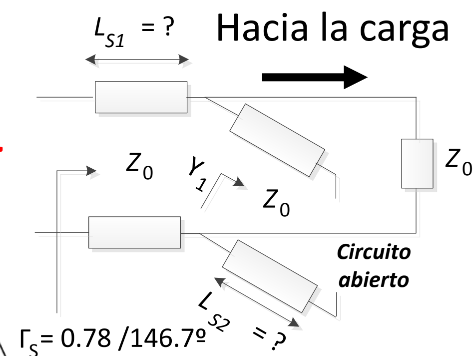
3. Desplazamos $\Gamma_S$ una distancia $L_{S1}$ tal que obtengamos

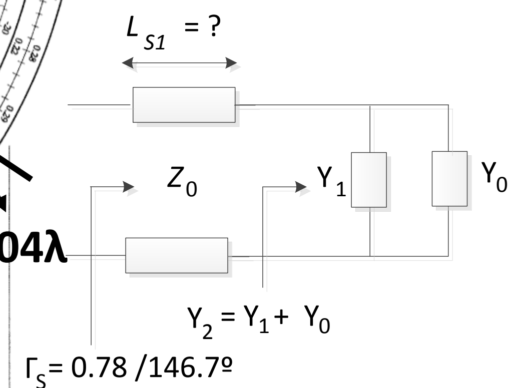
$$Y_2 = Y_1 + Y_0 \rightarrow \overline{Y}_2 = \overline{Y}_1 + 1$$

Hemos de cruzar el círculo de conductancia unidad



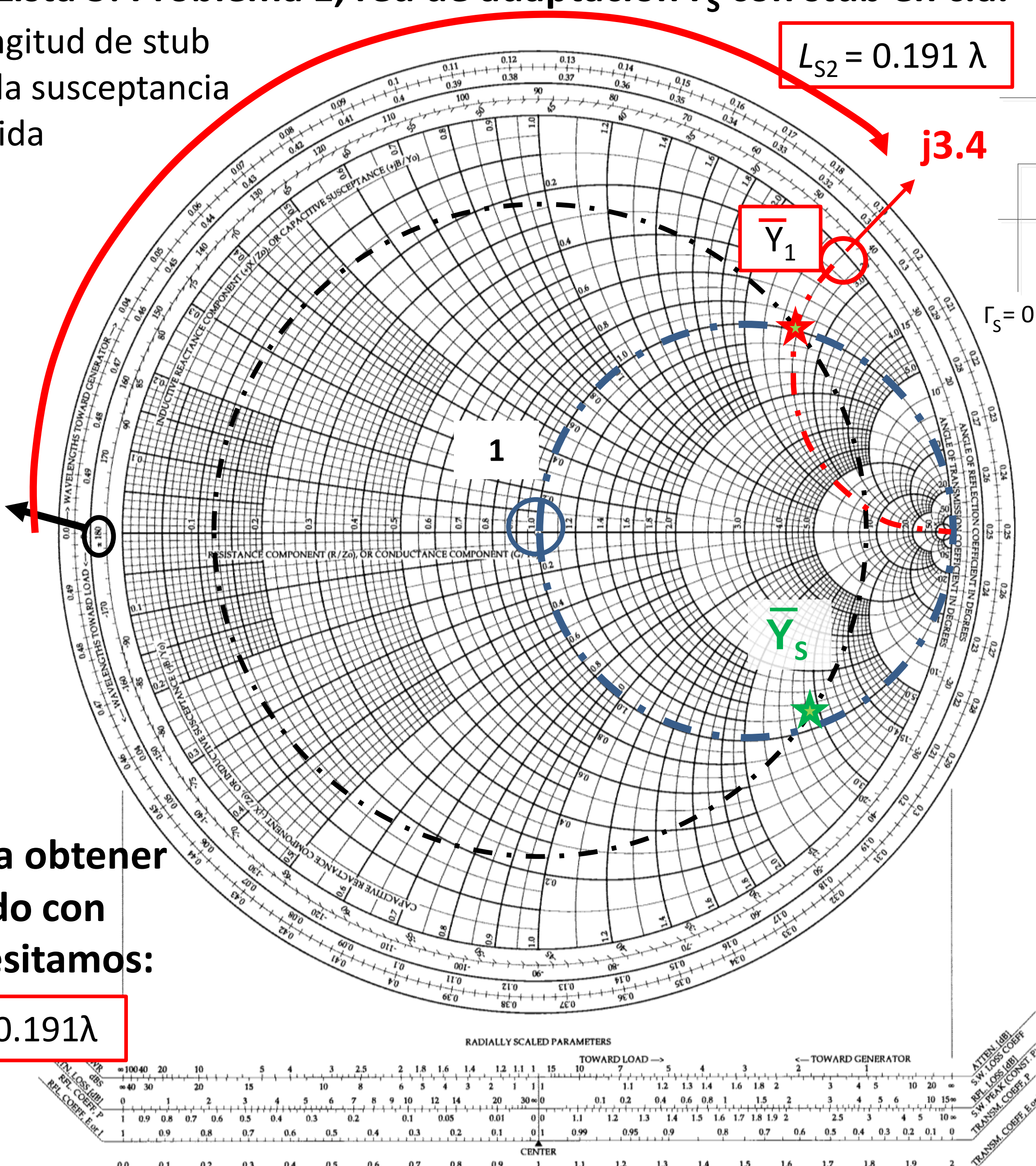

**Tenemos dos soluciones, consideramos mínima $L_{S1}$**

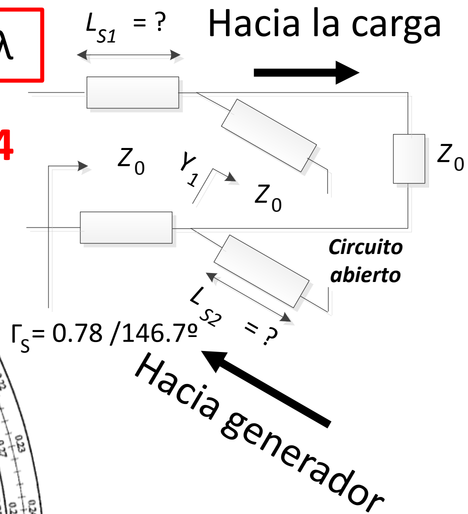
$$\boxed{L_{S1} = 0.304\lambda - 0.204\lambda = 0.1\lambda}$$

# Lista 5: Problema 1, red de adaptación $\Gamma_S$ con stub en c.a.

Miguel Durán-Sindreu

4. Obtenemos longitud de stub para implementar la susceptancia requerida




**Por lo tanto, para obtener el $\Gamma_S$ requerido con mínima $L_{S1}$ necesitamos:**

$$\boxed{L_{S1} = 0.1\lambda\ ;\ L_{S2} = 0.191\lambda}$$

Universitat Autònoma de Barcelona

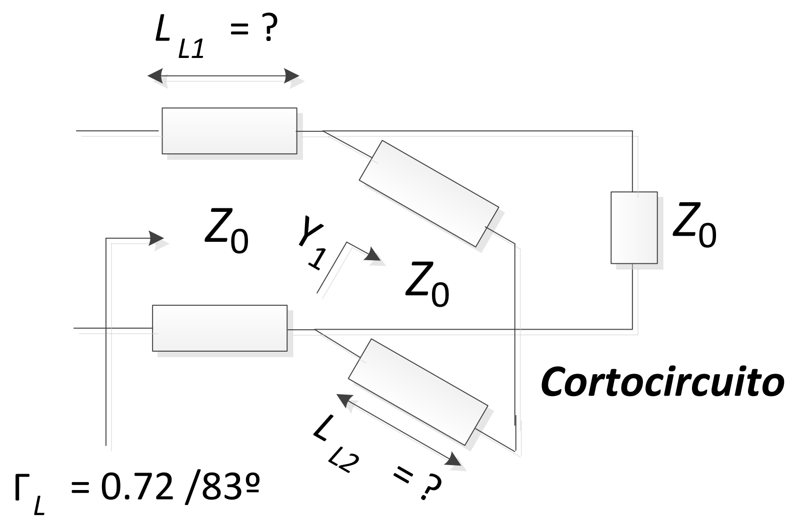
Escola d'Enginyeria, Departament d'Enginyeria Electrònica

Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)

# Lista 5: Problema 2

## Obtención de la red de adaptación a la salida mediante carta de Smith

**2. Mediante la carta de Smith, obtener $L_{L1}$ y $L_{L2}$ para obtener el siguiente coeficiente de reflexión que cumple los requisitos del problema 2.**

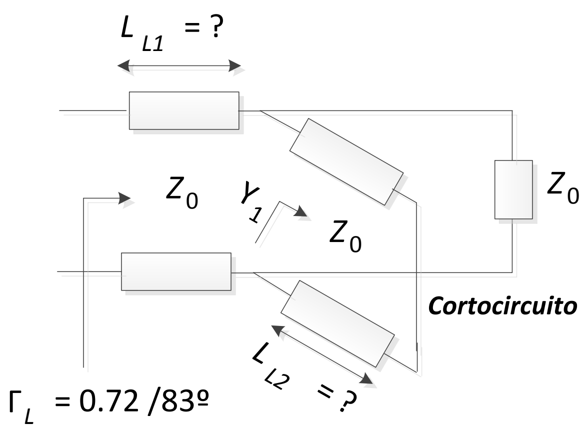



Miguel Durán-Sindreu

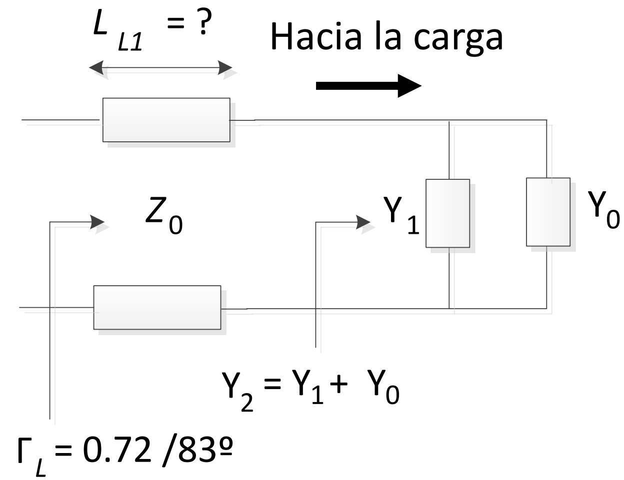
Curso 2012/2013

# Lista 5: Problema 2, red de adaptación $\Gamma_L$ con stub en c.c.

Miguel Durán-Sindreu




Trabajamos con admitancias ya que es más cómodo a la hora de tratar el paralelo




Impedancia de entrada $Z_1$ de una línea de longitud $L_{L2}$ acabada en cortocircuito:

$$Z_1 = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 tan(\beta L_{L2})}{Z_0 + jZ_L tan(\beta L_{L2})} \longrightarrow Z_1\Big|_{Z_L \to 0} = Z_0 j tan(\beta L_{L2})$$

$$\overline{Z_1}\Big|_{Z_L \to 0} = jtan(\beta L_{L2}) \qquad \overline{Y_1}\Big|_{Z_L \to 0} = -jcotan(\beta L_{L2})$$

Dado que $Y_1$ es puramente imaginario, la longitud $L_{L1}$ deberá permitir desplazar $\Gamma_L$ (hacia la carga) hasta el círculo de conductancia unidad, para poder satisfacer la condición:

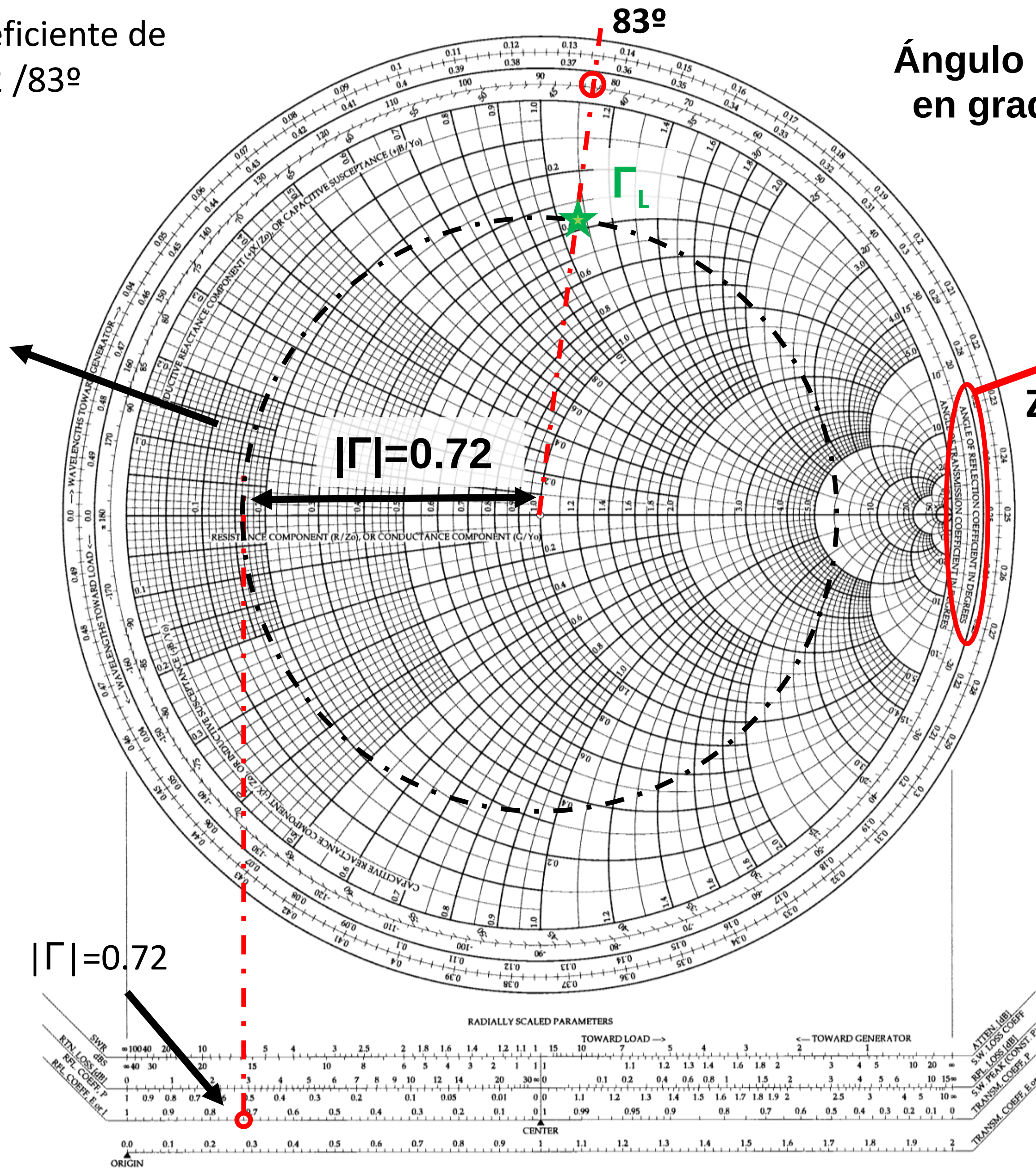
$$Y_2 = Y_1 + Y_0 \rightarrow \overline{Y}_2 = \overline{Y}_1 + 1$$

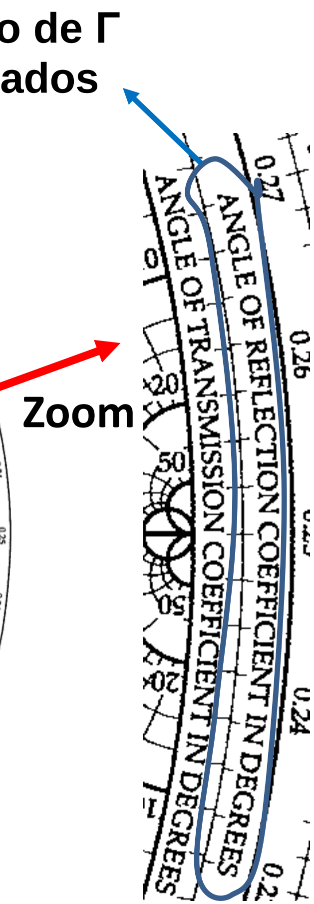
Posteriormente, mediante el stub en cortocircuito implementaremos la admitancia $Y_1$ mediante la distancia $L_{L2}$

# Lista 5: Problema 2, red de adaptación $\Gamma_L$ con stub en c.c.

Miguel Durán-Sindreu

1. Mapeamos coeficiente de reflexión $\Gamma_L$ = 0.72 /83º



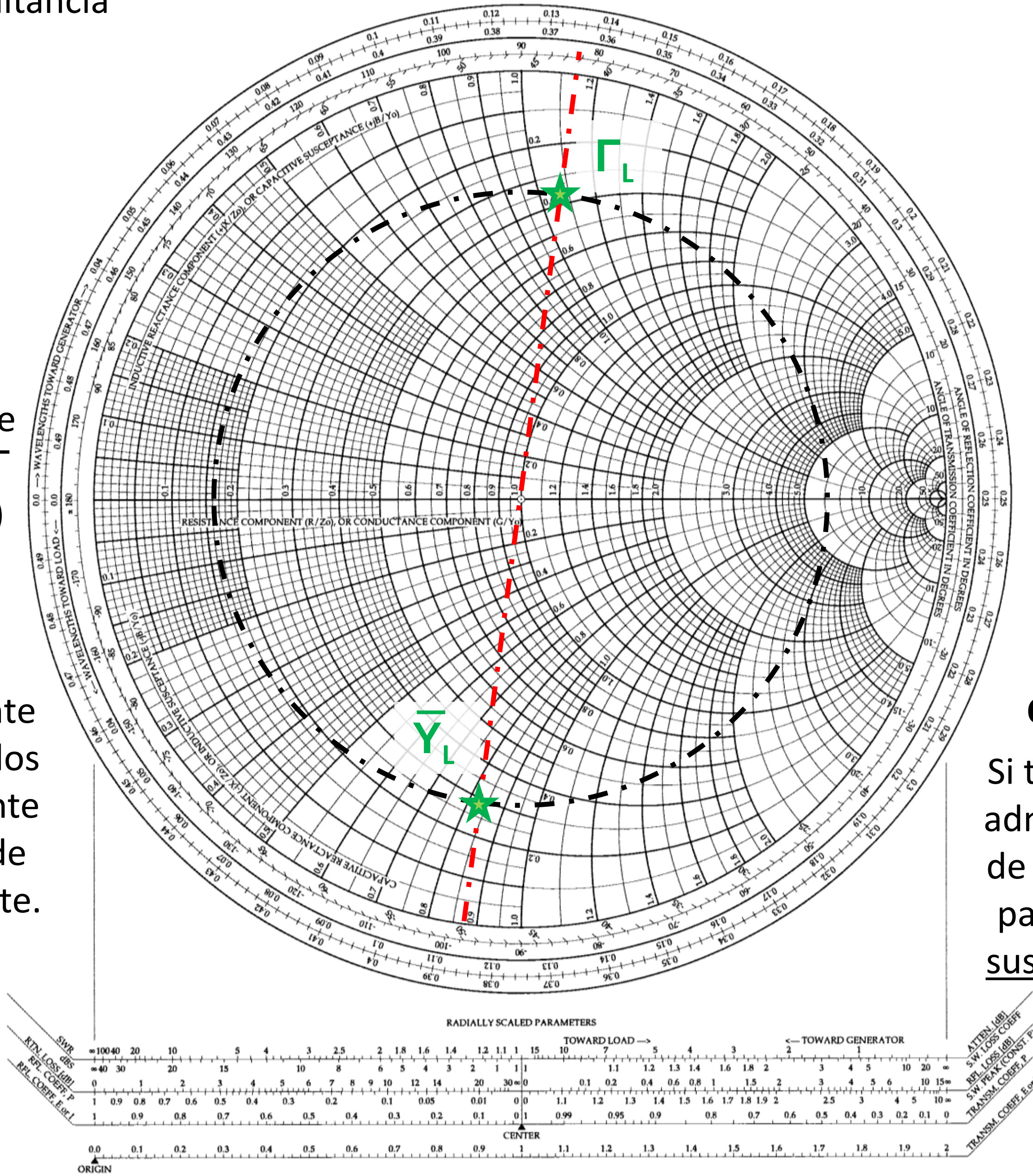
# Lista 5: Problema 2, red de adaptación $\Gamma_L$ con stub en c.c.

Miguel Durán-Sindreu

2. Obtenemos admitancia normalizada $\overline{Y_L}$

$$\overline{Y_L} = \frac{1}{\overline{Z_L}}$$

Pasamos de impedancia a admitancia mediante un giro de 180º en Γ (media carta Smith)




Trabajamos en admitancias ya que nos será más cómodo a la hora de trabajar con el stub en paralelo

**Consecuencias I:**

Si trabajamos mediante admitancias, los círculos de resistencia constante pasan a ser círculos de <u>conductancia</u> constante.

**Consecuencias II:**

Si trabajamos mediante admitancias, los círculos de reactancia constante pasan a ser círculos de <u>susceptancia</u> constante.

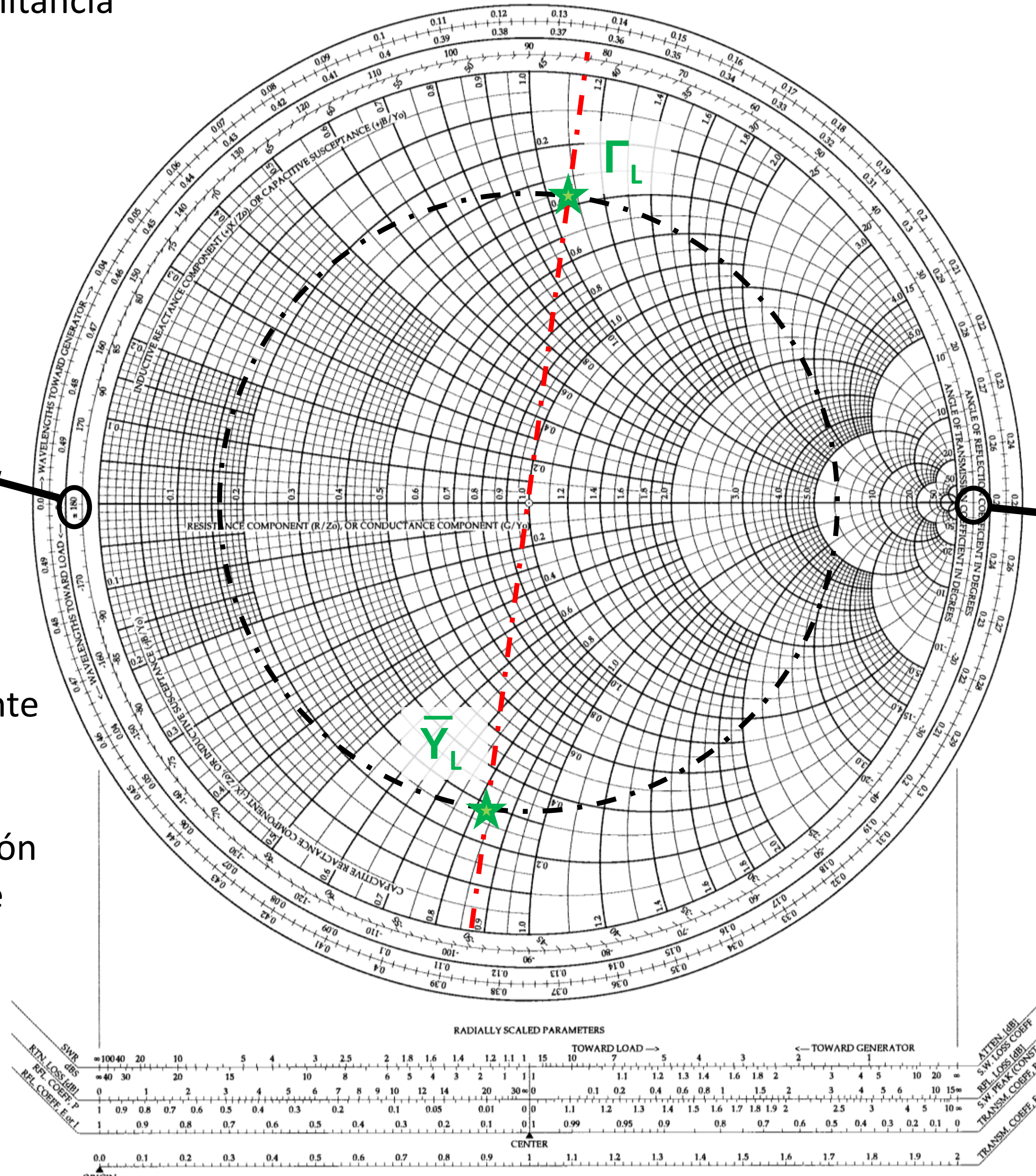
# Lista 5: Problema 2, red de adaptación $\Gamma_L$ con stub en c.c.

Miguel Durán-Sindreu

2. Obtenemos admitancia normalizada $\overline{Y_L}$

$$\overline{Y_L} = \frac{1}{\overline{Z_L}}$$

| **Z:** | **Y:** |
|---|---|
| ±180º | 0º |
| (Γ=-1) | (Γ=1) |
| **c.c.** | **c.a.** |




| **Z:** | **Y:** |
|---|---|
| 0º | ±180º |
| (Γ=1) | (Γ=-1) |
| **c.a.** | **c.c.** |

**Consecuencias III:**

Si trabajamos mediante admitancias, la polaridad del coeficiente de reflexión también se invierte

c.a.→c.c.

c.c. → c.a.

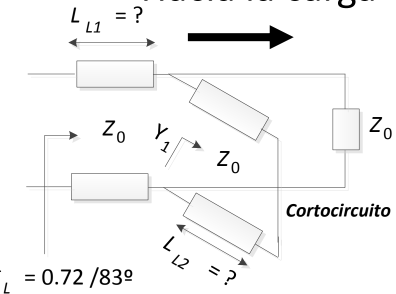
# Lista 5: Problema 2, red de adaptación $\Gamma_L$ con stub en c.c.

Miguel Durán-Sindreu

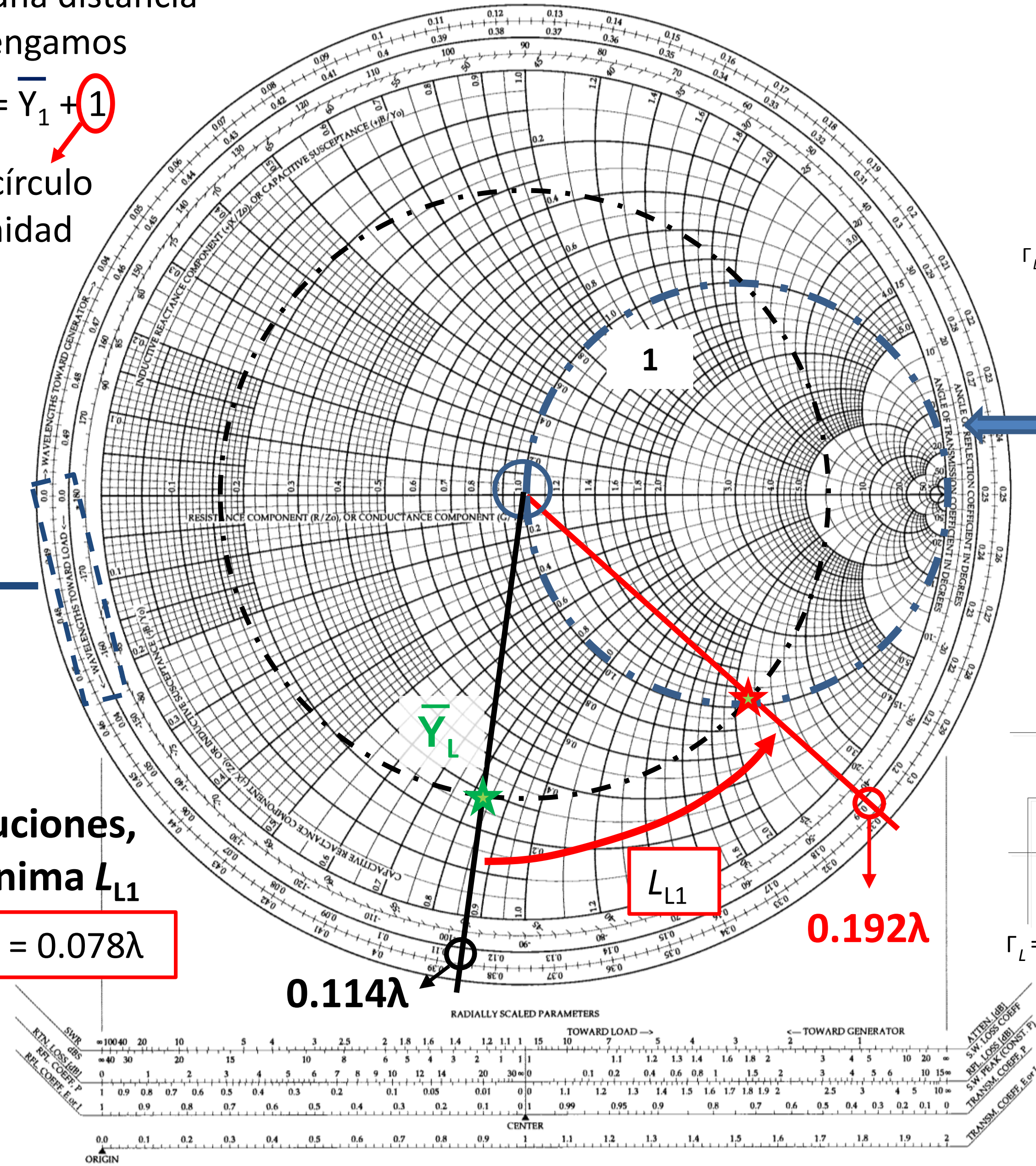
3. Desplazamos $\Gamma_L$ una distancia $L_{L1}$ tal que obtengamos

$$Y_2 = Y_1 + Y_0 \rightarrow \overline{Y}_2 = \overline{Y}_1 + 1$$

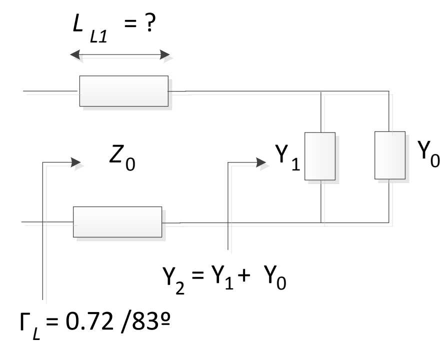
Hemos de cruzar el círculo de conductancia unidad








Círculo conductancia unidad



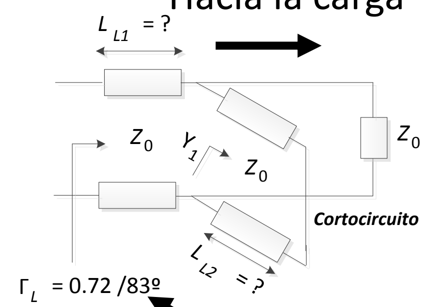

**Tenemos dos soluciones, consideramos mínima $L_{L1}$**

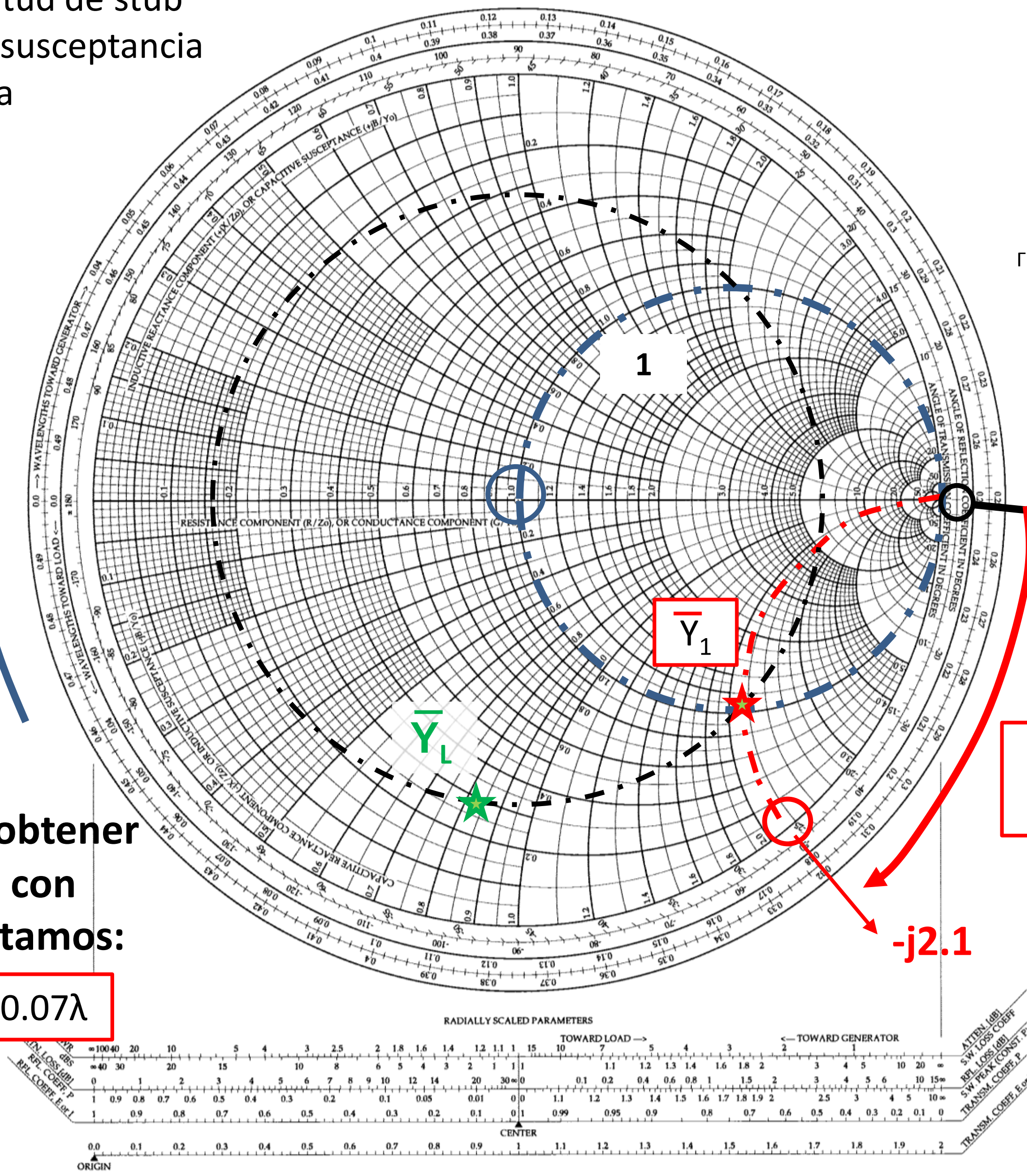
$$\boxed{L_{L1} = 0.192\lambda - 0.114\lambda = 0.078\lambda}$$

# Lista 5: Problema 2, red de adaptación $\Gamma_L$ con stub en c.c.

Miguel Durán-Sindreu

4. Obtenemos longitud de stub para implementar la susceptancia requerida




$L_{L2}$ = 0.32λ-0.25 λ = 0.07 λ

**Por lo tanto, para obtener el $\Gamma_L$ requerido con mínima $L_{L1}$ necesitamos:**

$L_{L1}$ = 0.078λ ; $L_{L2}$ = 0.07λ

Universitat Autònoma de Barcelona

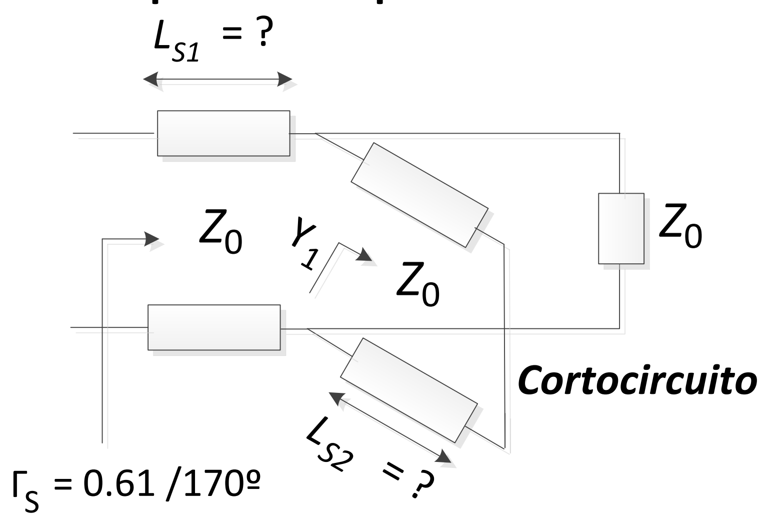
Escola d'Enginyeria, Departament d'Enginyeria Electrònica

Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)

# Lista 5: Problema 2

## Obtención de la red de adaptación a la entrada mediante carta de Smith

**2. Mediante la carta de Smith, obtener $L_{S1}$ y $L_{S2}$ para obtener el siguiente coeficiente de reflexión que cumple los requisitos del problema 2.**

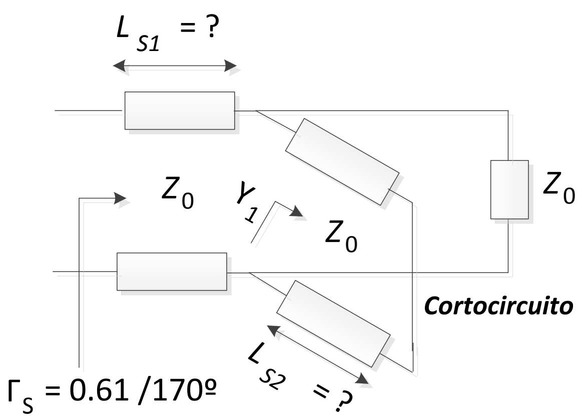



**Miguel Durán-Sindreu**

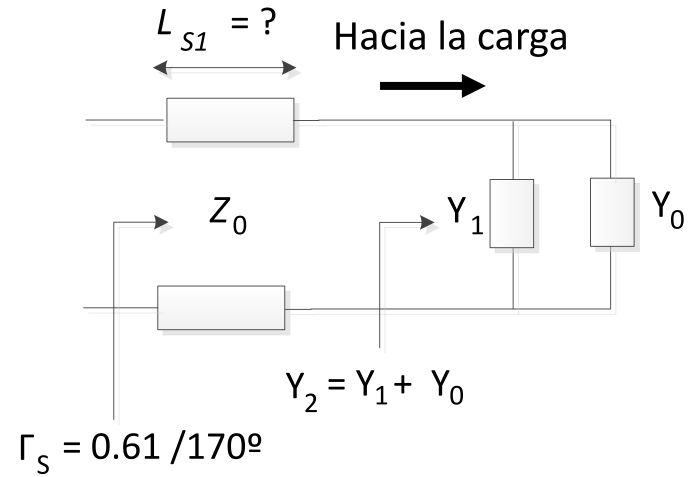
**Curso 2012/2013**

# Lista 5: Problema 2, red de adaptación $\Gamma_S$ con stub en c.c.

Miguel Durán-Sindreu




Trabajamos con admitancias ya que es más cómodo a la hora de tratar el paralelo




Impedancia de entrada $Z_1$ de una línea de longitud $L_{L2}$ acabada en cortocircuito:

$$Z_1 = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 tan(\beta L_{S2})}{Z_0 + jZ_L tan(\beta L_{S2})} \longrightarrow Z_1\Big|_{Z_L \to 0} = Z_0 j tan(\beta L_{S2})$$

$$\overline{Z_1}\Big|_{Z_L \to 0} = j tan(\beta L_{S2}) \qquad \overline{Y_1}\Big|_{Z_L \to 0} = -j cotan(\beta L_{S2})$$

Dado que $Y_1$ es puramente imaginario, la longitud $L_{S1}$ deberá permitir desplazar $\Gamma_S$ (hacia la carga) hasta el círculo de conductancia unidad, para poder satisfacer la condición:

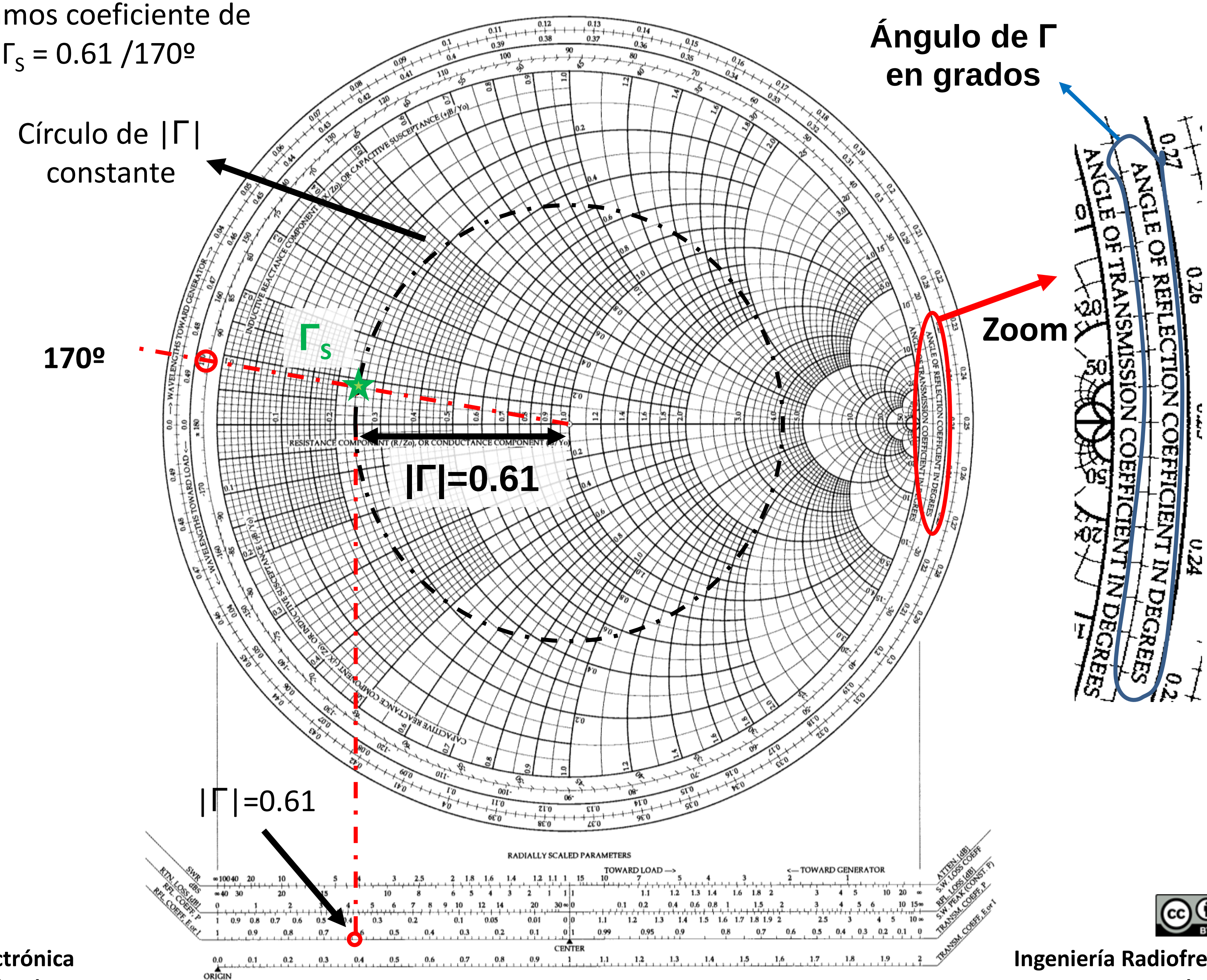
$$Y_2 = Y_1 + Y_0 \rightarrow \overline{Y_2} = \overline{Y_1} + 1$$

Posteriormente, mediante el stub en cortocircuito implementaremos la admitancia $Y_1$ mediante la distancia $L_{S2}$

# Lista 5: Problema 2, red de adaptación $\Gamma_S$ con stub en c.c.

Miguel Durán-Sindreu

1. Mapeamos coeficiente de reflexión $\Gamma_S = 0.61\ /170º$



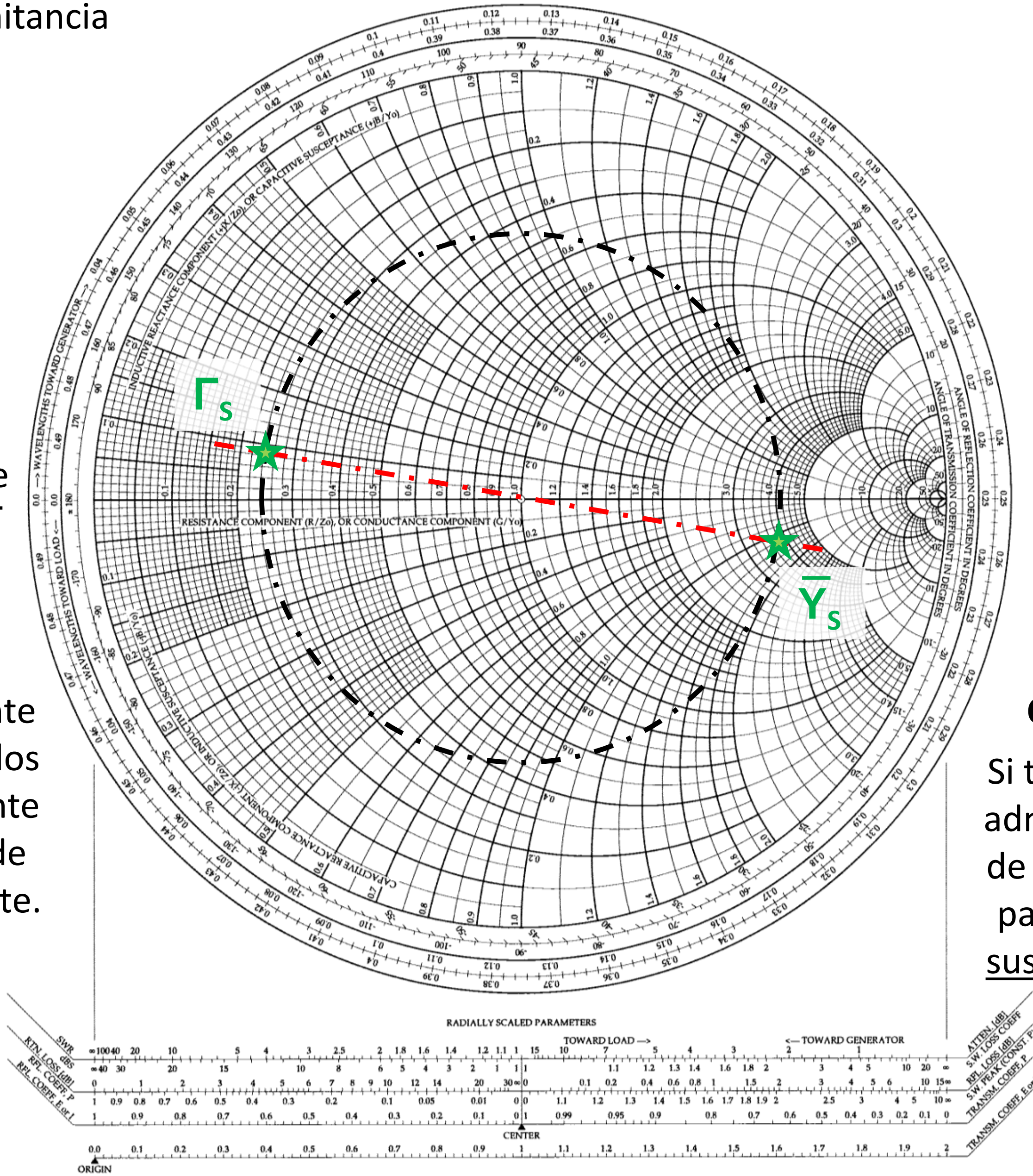
# Lista 5: Problema 2, red de adaptación $\Gamma_S$ con stub en c.c.

Miguel Durán-Sindreu

2. Obtenemos admitancia normalizada $\overline{Y_S}$

$$\overline{Y_S} = \frac{1}{\overline{Z_S}}$$

Pasamos de impedancia a admitancia mediante un giro de 180º en Γ (media carta Smith)




Trabajamos en admitancias ya que nos será más cómodo a la hora de trabajar con el stub en paralelo

**Consecuencias I:**

Si trabajamos mediante admitancias, los círculos de resistencia constante pasan a ser círculos de <u>conductancia</u> constante.

**Consecuencias II:**

Si trabajamos mediante admitancias, los círculos de reactancia constante pasan a ser círculos de <u>susceptancia</u> constante.

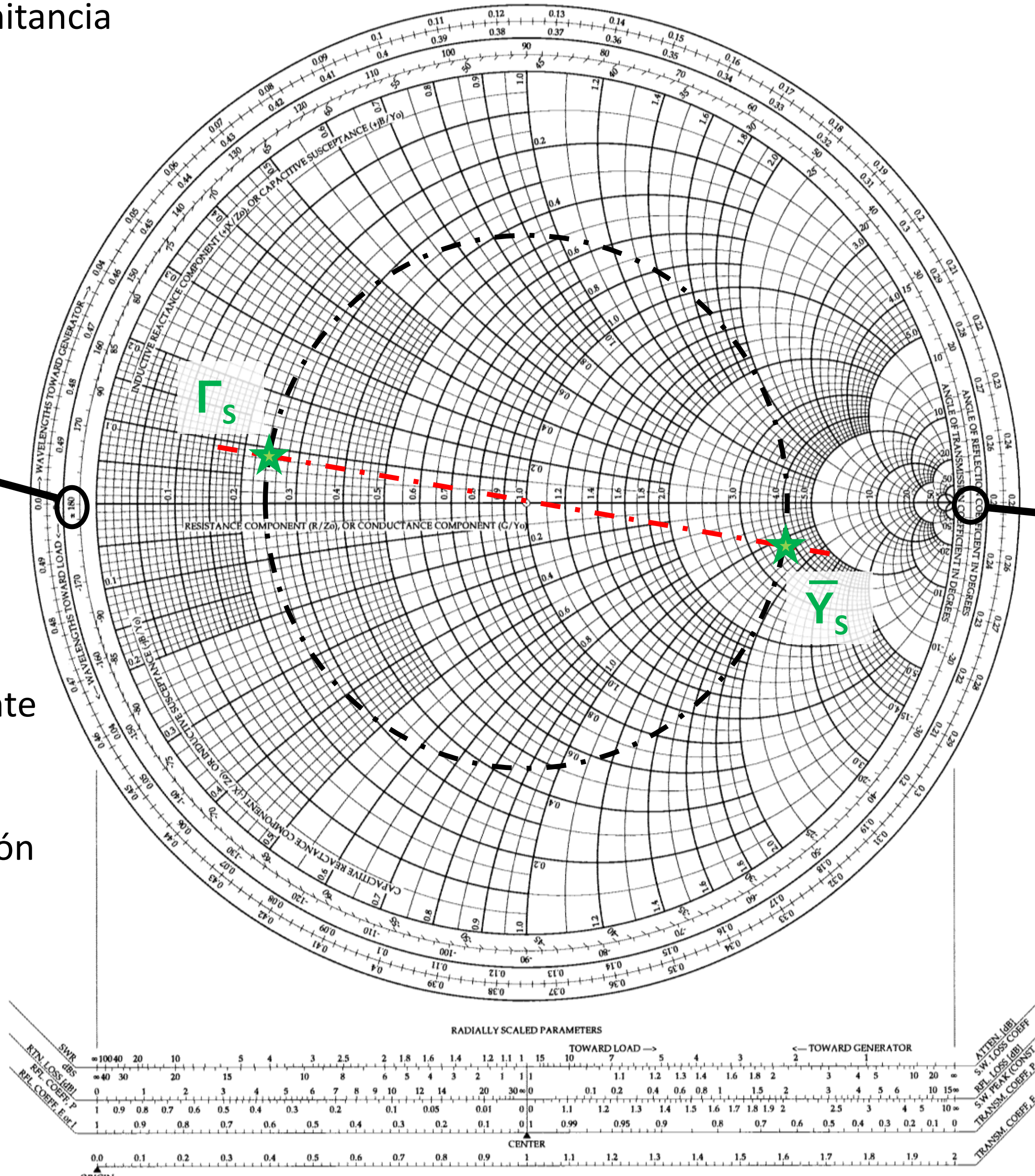
# Lista 5: Problema 2, red de adaptación $\Gamma_S$ con stub en c.c.

Miguel Durán-Sindreu

2. Obtenemos admitancia normalizada $\overline{Y_S}$

$$\overline{Y_S} = \frac{1}{\overline{Z_S}}$$

| **Z:** | **Y:** |
|---|---|
| ±180º | 0º |
| (Γ=-1) | (Γ=1) |
| **c.c.** | **c.a.** |




| **Z:** | **Y:** |
|---|---|
| 0º | ±180º |
| (Γ=1) | (Γ=-1) |
| **c.a.** | **c.c.** |

**Consecuencias III:**

Si trabajamos mediante admitancias, la polaridad del coeficiente de reflexión también se invierte

c.a.→c.c.

c.c. → c.a.

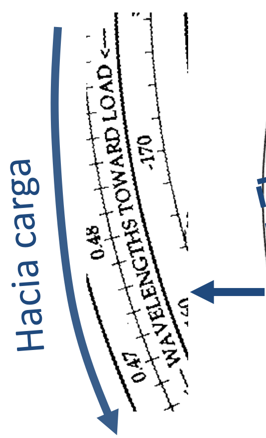
# Lista 5: Problema 2, red de adaptación $\Gamma_S$ con stub en c.c.

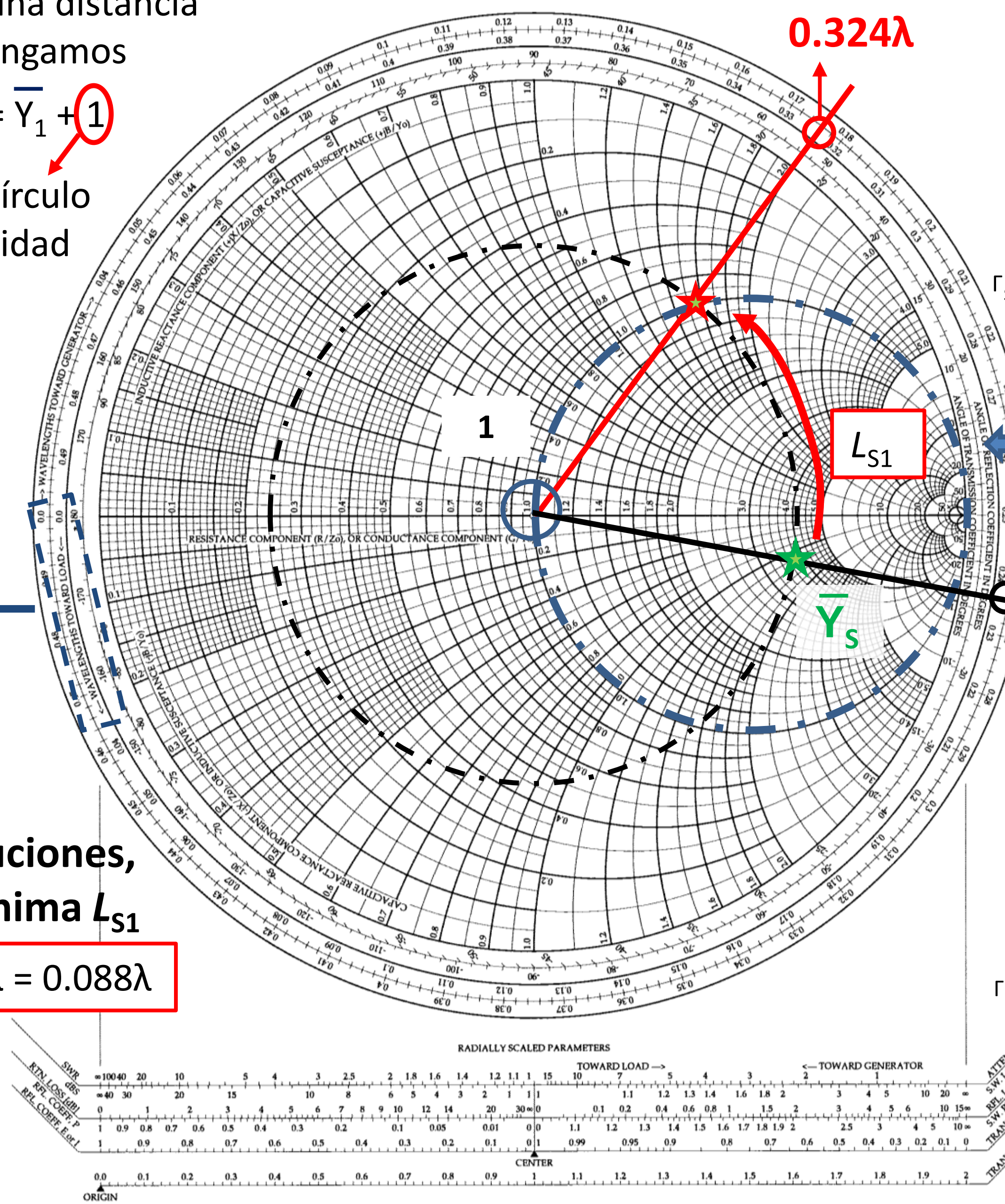
Miguel Durán-Sindreu

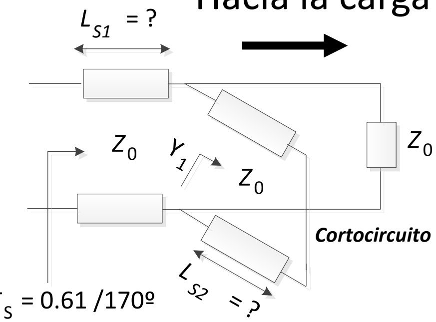
3. Desplazamos $\Gamma_S$ una distancia $L_{S1}$ tal que obtengamos

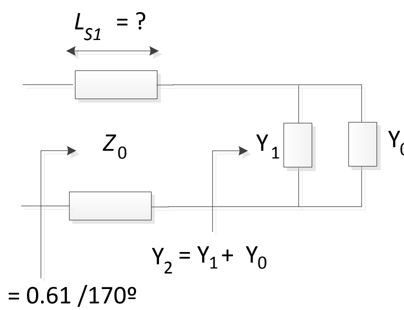
$$Y_2 = Y_1 + Y_0 \rightarrow \overline{Y}_2 = \overline{Y}_1 + 1$$

Hemos de cruzar el círculo de conductancia unidad



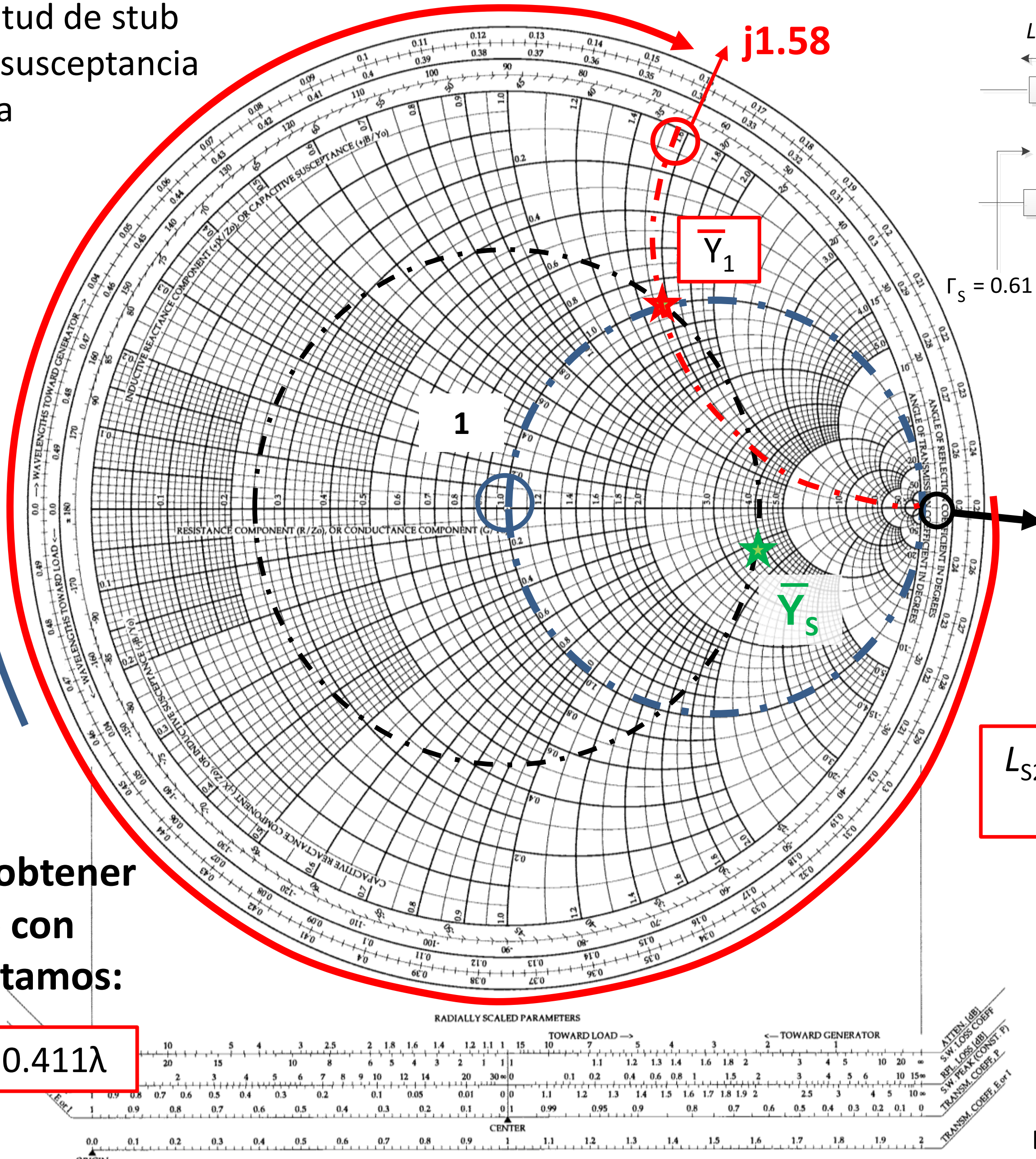

**Tenemos dos soluciones, consideramos mínima $L_{S1}$**

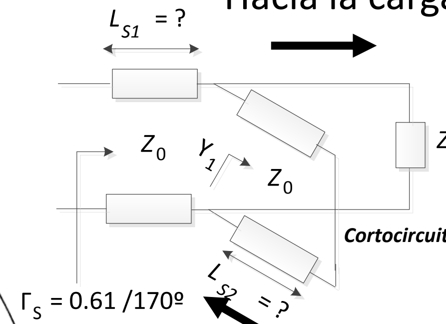
$$\boxed{L_{S1} = 0.324\lambda - 0.236\lambda = 0.088\lambda}$$

# Lista 5: Problema 2, red de adaptación $\Gamma_S$ con stub en c.c.

Miguel Durán-Sindreu

4. Obtenemos longitud de stub para implementar la susceptancia requerida




$L_{S2} = 0.25\lambda + 0.161\ \lambda = 0.411\ \lambda$

**Por lo tanto, para obtener el $\Gamma_S$ requerido con mínima $L_{S1}$ necesitamos:**

$L_{S1} = 0.088\lambda\ ;\ L_{S2} = 0.411\lambda$

Miguel Durán-Sindreu

Universitat Autònoma de Barcelona

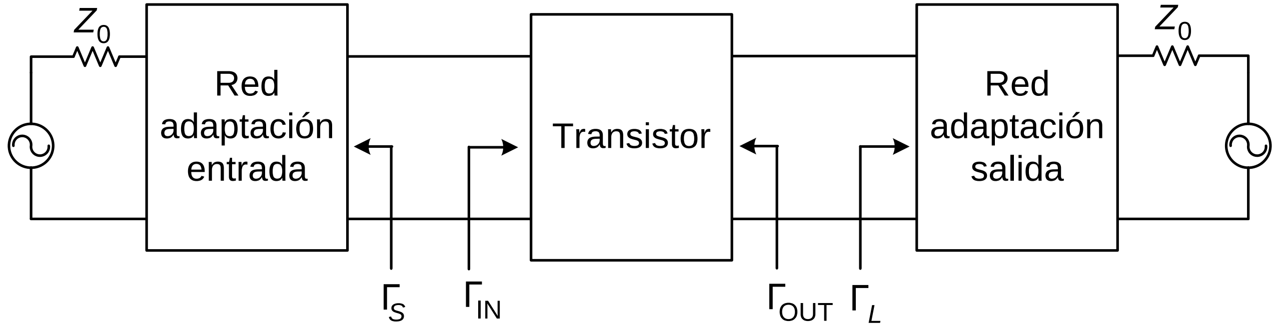
Escola d'Enginyeria, Departament d'Enginyeria Electrònica

Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)

# Lista 5: Problema 3

**3. Diseñar un amplificador con una ganancia de 10 dB a 6 GHz. Representar los círculos de ganancia para $G_s$ = 1 dB y $G_L$ = 2 dB. Diseñar las redes de adaptación mediante stubs en circuito abierto. La matriz del transistor a 6 GHz es:**

$$\boldsymbol{S_{11} = 0.61 < -170^{o} \quad S_{12} = 0 \quad S_{21} = 2.24 < 32^{o} \quad S_{22} = 0.72 < -83^{o}}$$




**Miguel Durán-Sindreu**

Curso 2012/2013

Ingeniería Electrónica de Telecomunicaciones

Ingeniería Radiofrecuencia y Microondas

El centro y radio de los círculos de ganancia de fuente ($G_s$) y de carga ($G_L$) constante se pueden obtener como:

$$\angle C_s = \angle S_{11}{}^*$$

$$g_s = \frac{G_s}{G_{s\,max}} = 0.79 \quad C_s = \frac{g_s S_{11}{}^*}{1-(1-g_s)|S_{11}|^2} = 0.52 \angle 170º \quad R_s = \frac{\sqrt{1-g_s}\,(1-|S_{11}|^2)}{1-(1-g_s)|S_{11}|^2} = 0.31$$

$$\angle C_L = \angle S_{22}{}^*$$

$$g_L = \frac{G_L}{G_{L\,max}} = 0.76 \quad C_L = \frac{g_L S_{22}{}^*}{1-(1-g_L)|S_{22}|^2} = 0.63 \angle 83º \quad R_L = \frac{\sqrt{1-g_L}\,(1-|S_{22}|^2)}{1-(1-g_L)|S_{22}|^2} = 0.27$$

Donde para calcularlos se ha considerado los cálculos de ganancia máxima unilateral (se cumple $S_{12} = 0$) obtenidos en el problema 2 y las ganancias $G_s$ y $G_L$ exigidas en las propias especificaciones del problema 3:

$$G_{s\,\mathrm{max}\,uni} = \frac{1}{1-|S_{11}|^2} = 1.59 \rightarrow 2\,dB \qquad G_o = |S_{21}|^2 = 5.01 \rightarrow 7\,dB$$

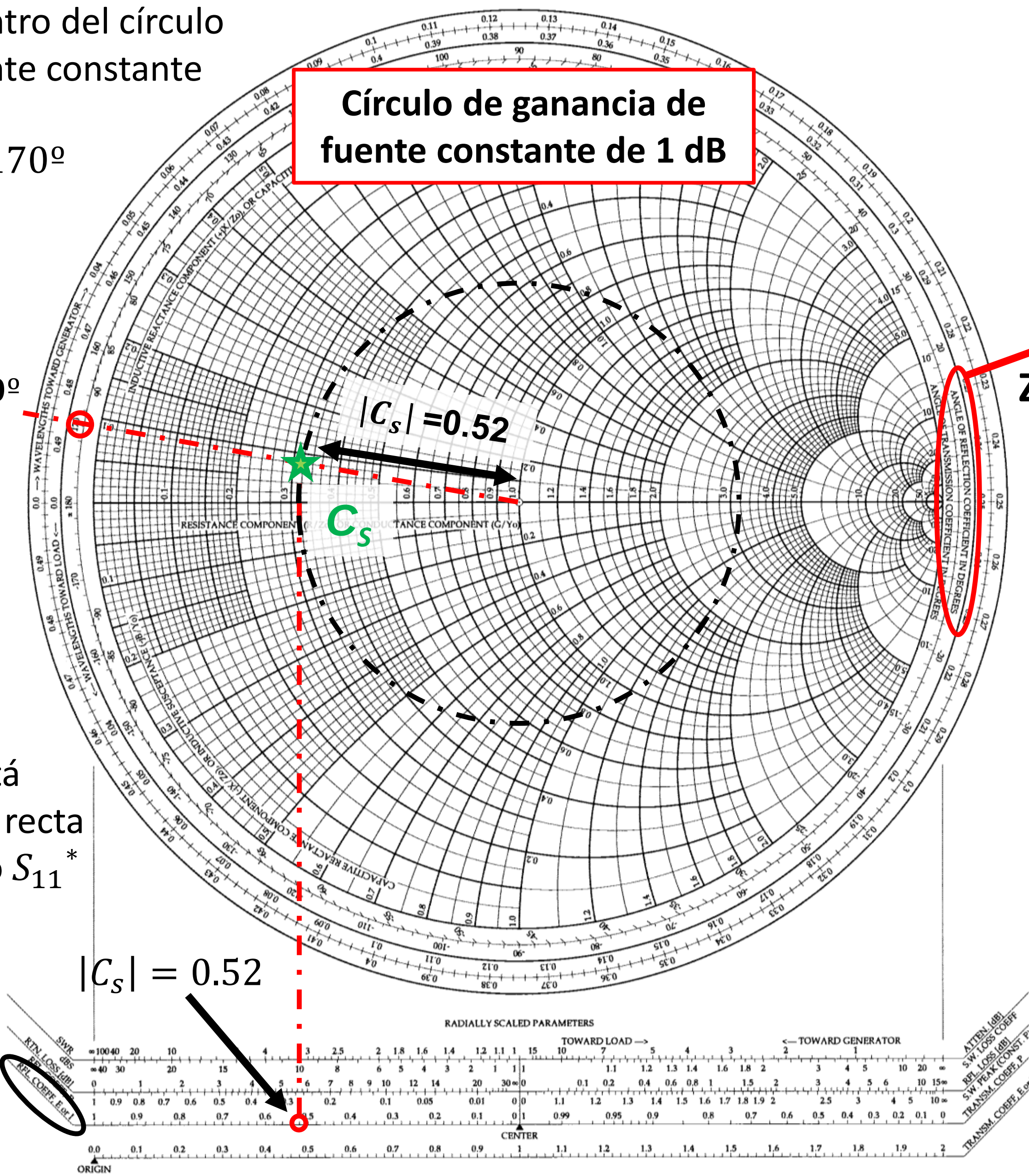
$$G_{L\,\mathrm{max}\,uni} = \frac{1}{1-|S_{22}|^2} = 2.07 \rightarrow 3.2\,dB$$

$$\text{Especificaciones: } G_s = 1\,dB \rightarrow 1.26 \qquad G_L = 2\,dB \rightarrow 1.58$$

1. Mapeamos el centro del círculo de ganancia de fuente constante

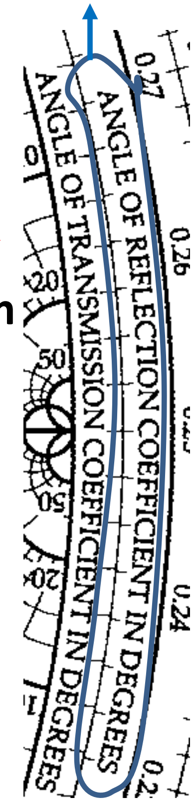
$$C_s = 0.52 < 170º$$

$< C_s = 170º$




Ángulo de Γ en grados

Zoom




El centro $C_s$ está contenidos en una recta dada por el ángulo $S_{11}{}^*$

$$|C_s| = 0.52$$

# Lista 5: Problema 3, círculos de ganancia constante en Smith

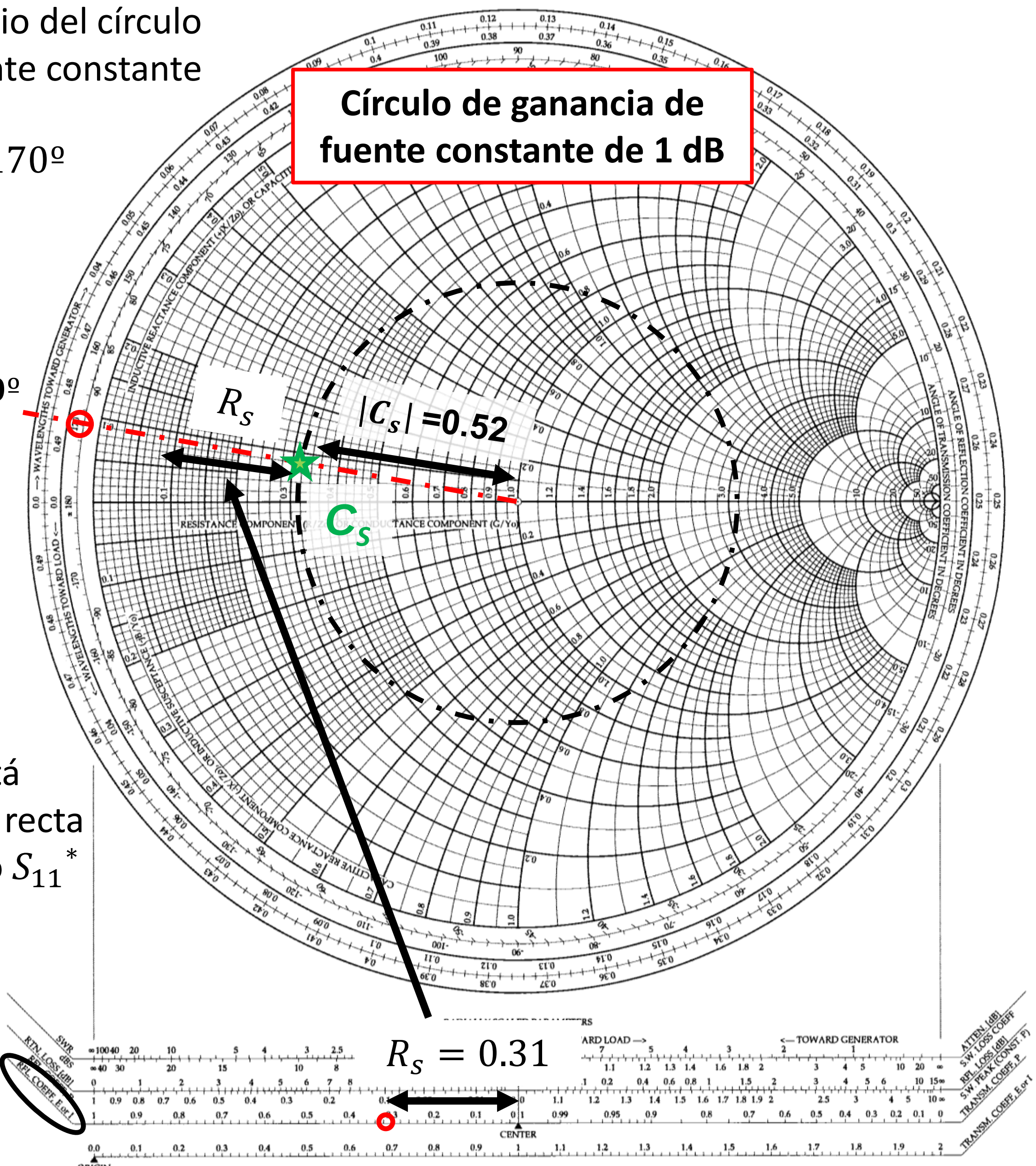
Miguel Durán-Sindreu

2. Mapeamos el radio del círculo de ganancia de fuente constante

$$C_s = 0.52 < 170º$$

$$R_s = 0.31$$

$< \boldsymbol{C_s} = \mathbf{170º}$




El centro $C_s$ está contenidos en una recta dada por el ángulo $S_{11}{}^*$

# Lista 5: Problema 3, círculos de ganancia constante en Smith

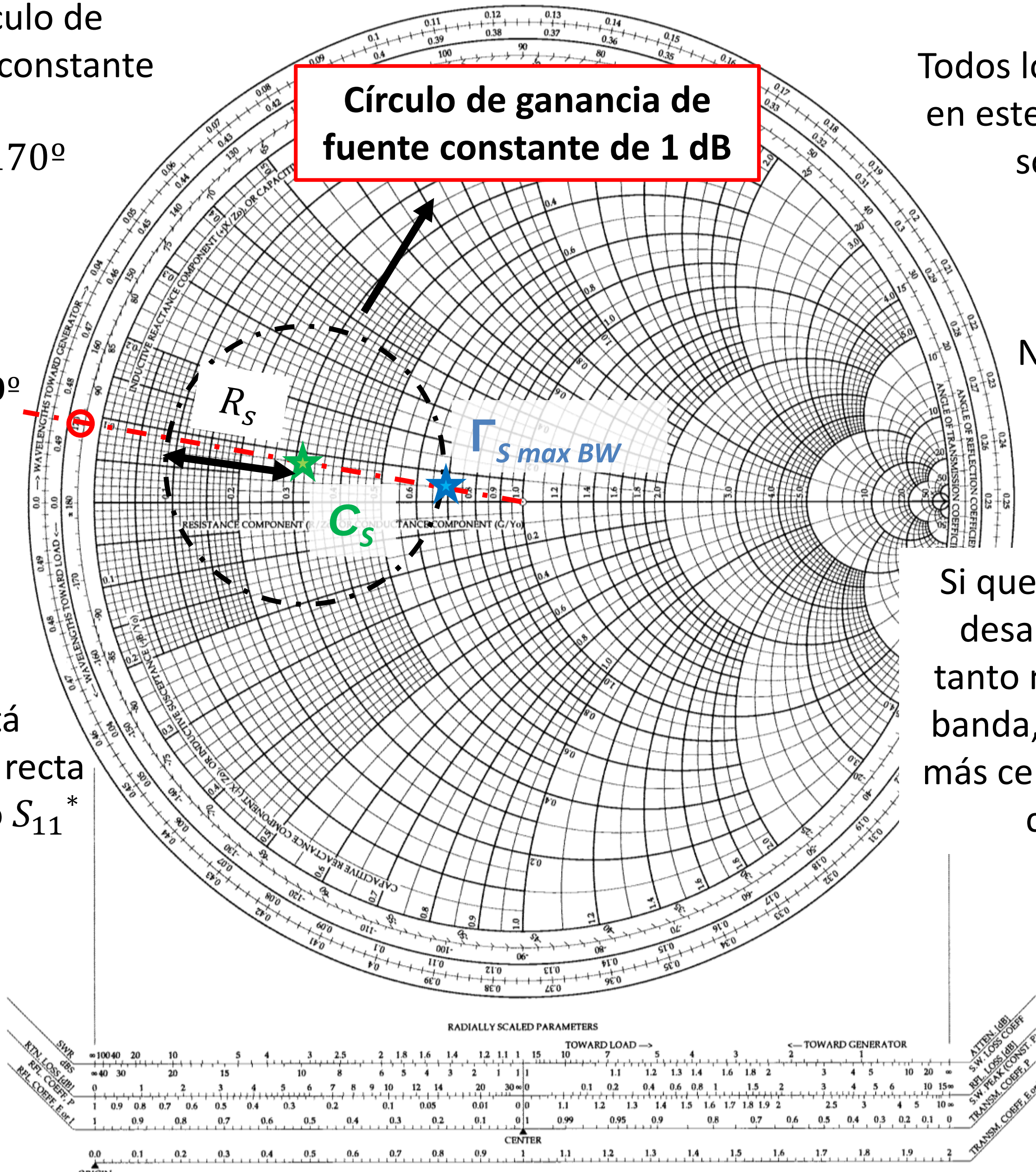
Miguel Durán-Sindreu

3. Mapeamos el círculo de ganancia de fuente constante

$$C_s = 0.52 < 170º$$
$$R_s = 0.31$$

$< C_s = 170º$

El centro $C_s$ está contenidos en una recta dada por el ángulo $S_{11}{}^*$




Todos los puntos contenidos en este círculo son posibles soluciones de $\Gamma_s$

NO hay una solución única de $\Gamma_s$

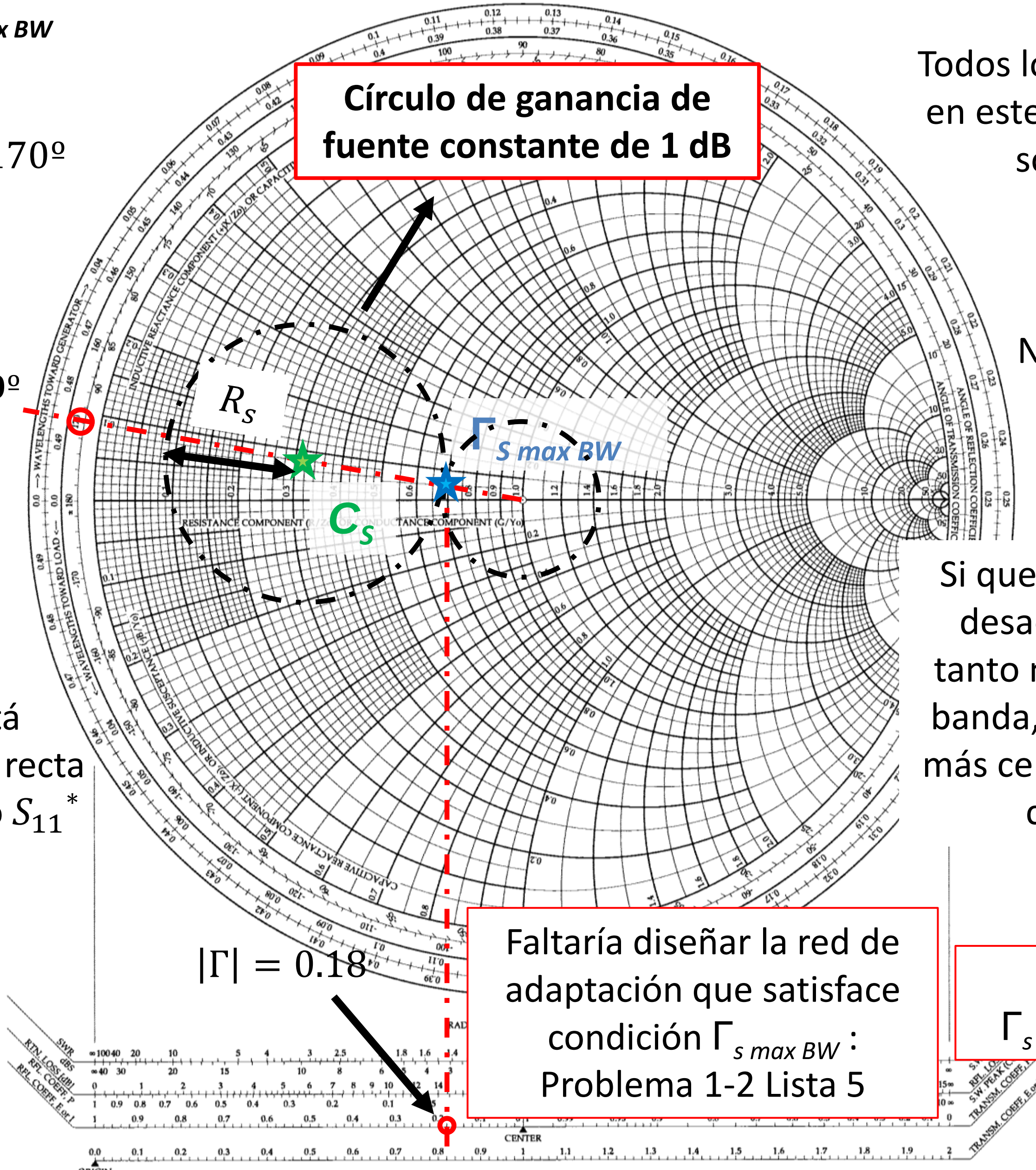
Si queremos minimizar la desadaptación y por lo tanto maximizar ancho de banda, cogeremos el valor más cercano al centro de la carta de Smith

4. Obtenemos $\Gamma_{s\ max\ BW}$

$$C_s = 0.52 < 170º$$
$$R_s = 0.31$$

$< C_s = 170º$

El centro $C_s$ está contenidos en una recta dada por el ángulo $S_{11}{}^*$




Todos los puntos contenidos en este círculo son posibles soluciones de $\Gamma_s$

NO hay una solución única de $\Gamma_s$

Si queremos minimizar la desadaptación y por lo tanto maximizar ancho de banda, cogeremos el valor más cercano al centro de la carta de Smith

En nuestro caso:
$\Gamma_{s\ max\ BW} = 0.18 < 170º$

Faltaría diseñar la red de adaptación que satisface condición $\Gamma_{s\ max\ BW}$ : Problema 1-2 Lista 5

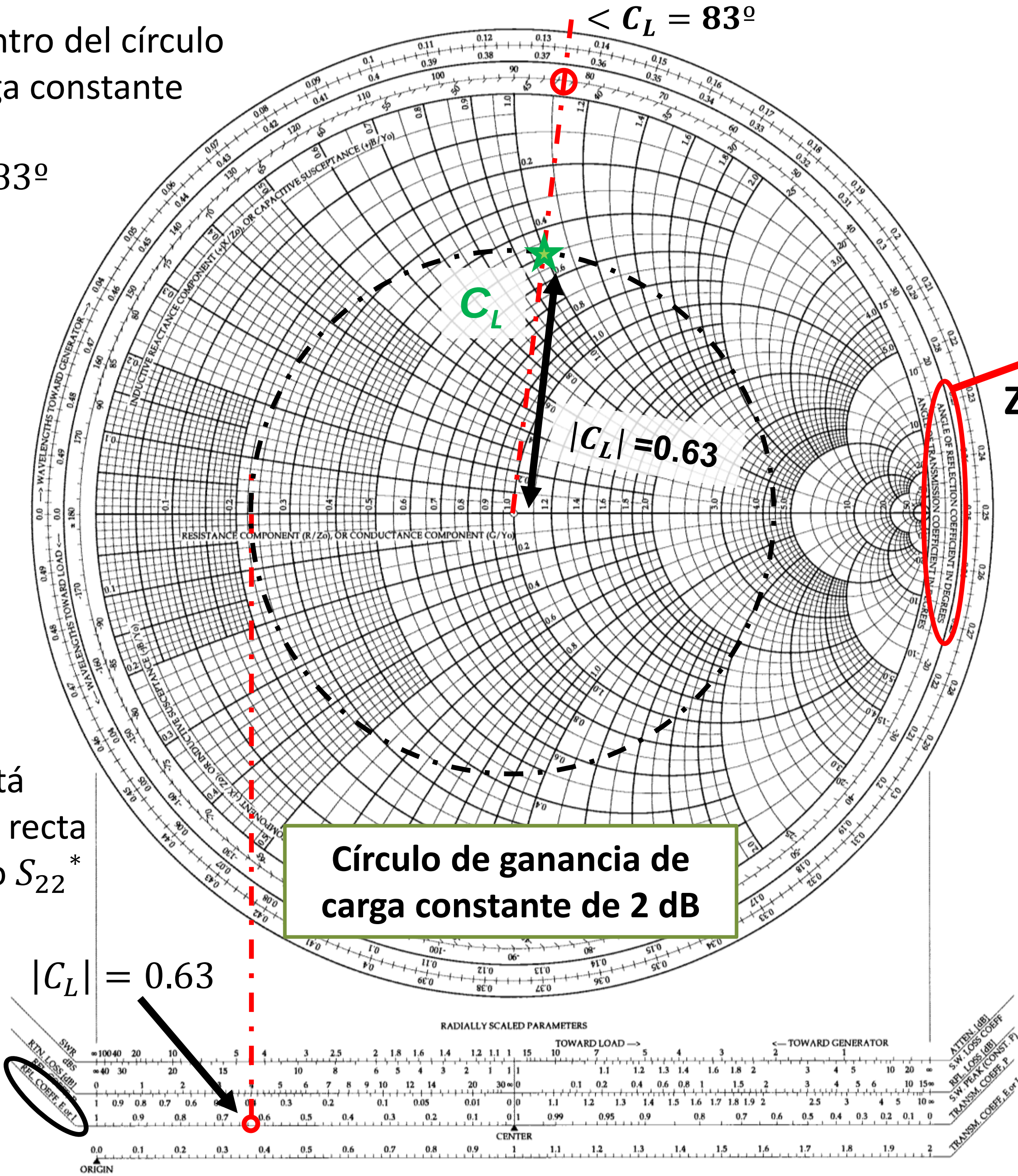
# Lista 5: Problema 3, círculos de ganancia constante en Smith

Miguel Durán-Sindreu

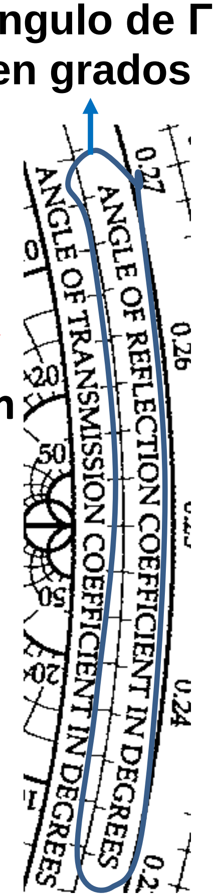
5. Mapeamos el centro del círculo de ganancia de carga constante

$C_L = 0.63 < 83º$

El centro $C_L$ está contenidos en una recta dada por el ángulo $S_{22}{}^*$




Zoom



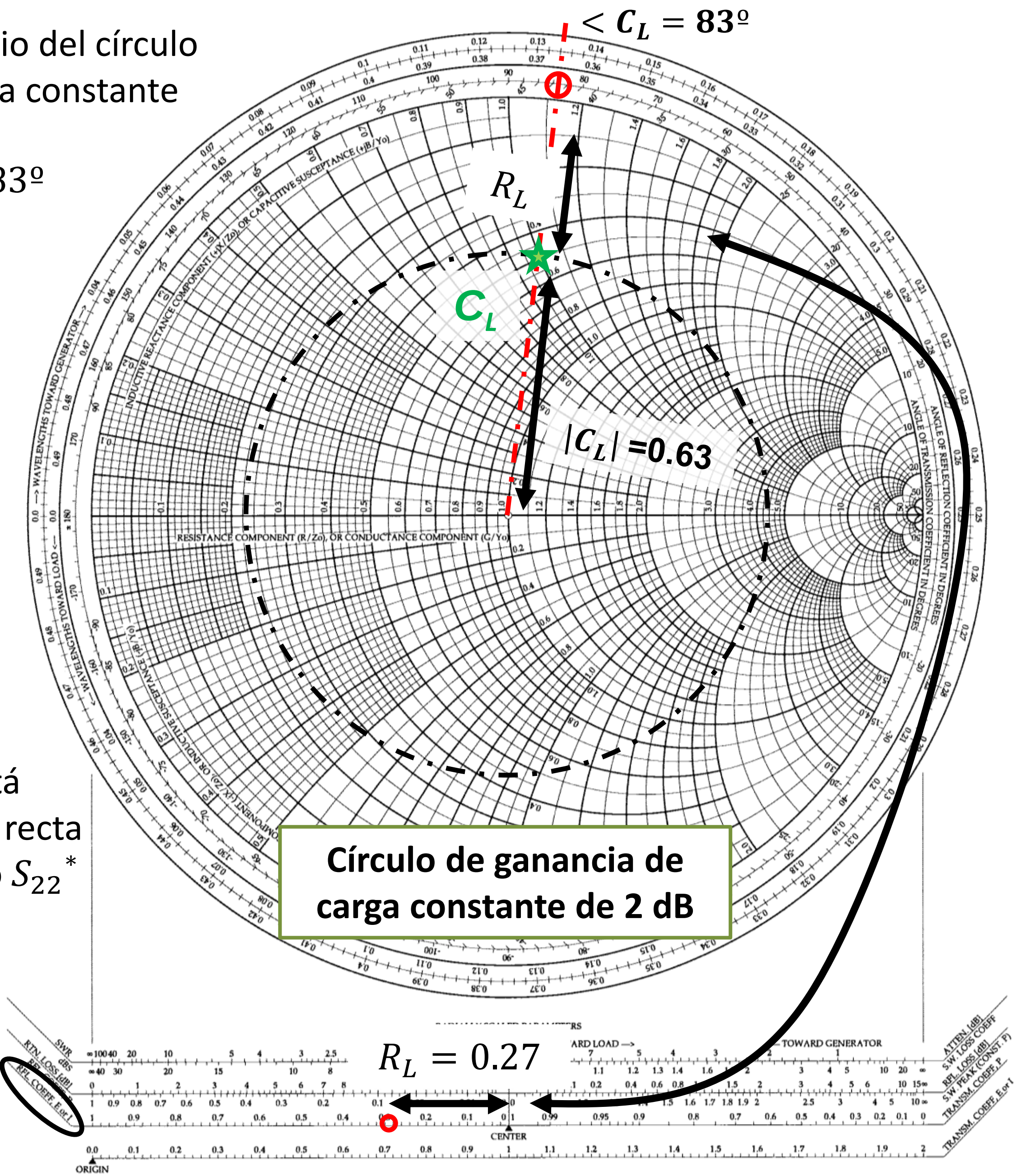
# Lista 5: Problema 3, círculos de ganancia constante en Smith

Miguel Durán-Sindreu

6. Mapeamos el radio del círculo de ganancia de carga constante

$$C_L = 0.63 < 83º$$

$$R_L = 0.27$$



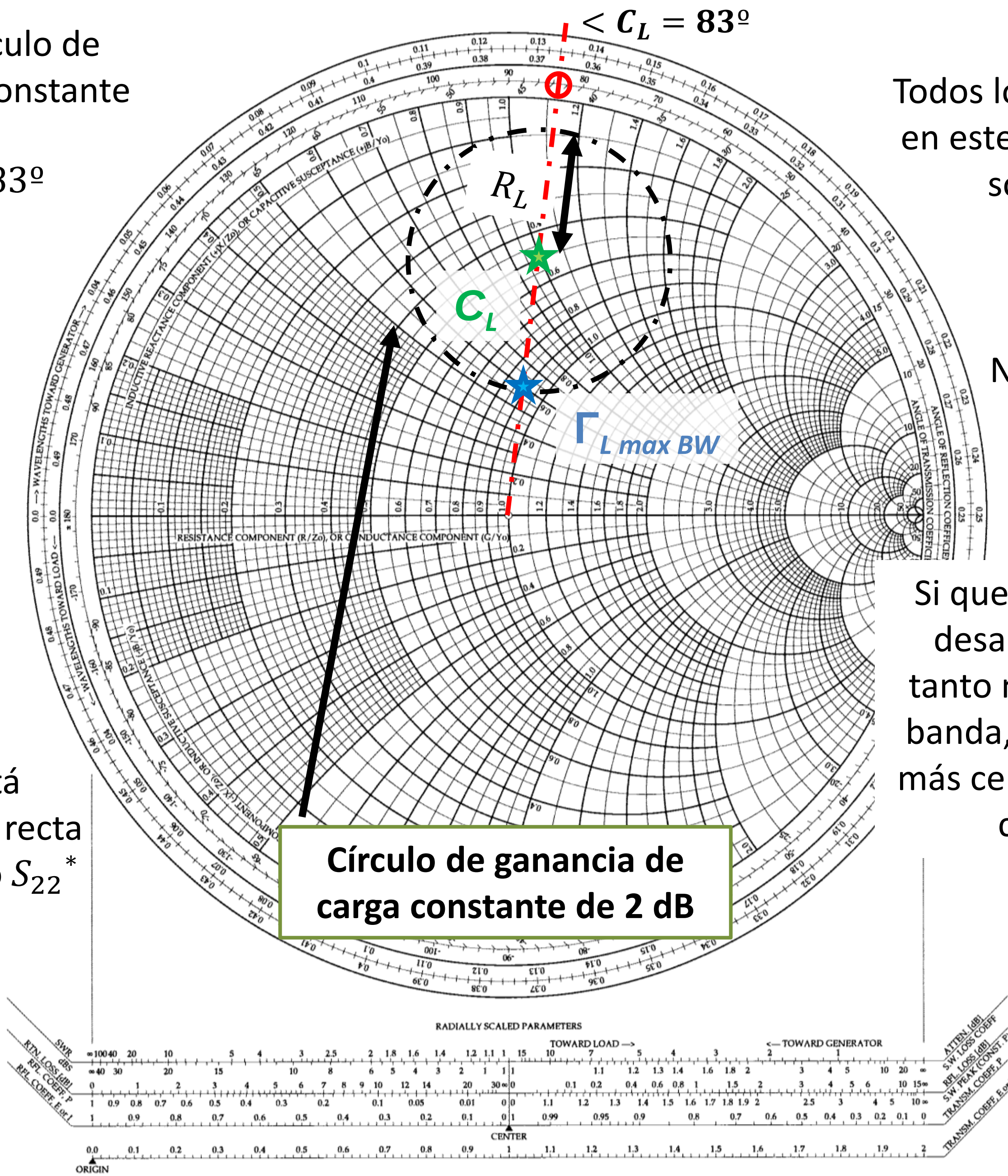

El centro $C_L$ está contenidos en una recta dada por el ángulo $S_{22}{}^*$

# Lista 5: Problema 3, círculos de ganancia constante en Smith

7. Mapeamos el círculo de ganancia de carga constante

$C_L = 0.63 < 83º$

$R_L = 0.27$




Todos los puntos contenidos en este círculo son posibles soluciones de $\Gamma_L$

NO hay una solución única de $\Gamma_L$

Si queremos minimizar la desadaptación y por lo tanto maximizar ancho de banda, cogeremos el valor más cercano al centro de la carta de Smith

El centro $C_L$ está contenidos en una recta dada por el ángulo $S_{22}^*$

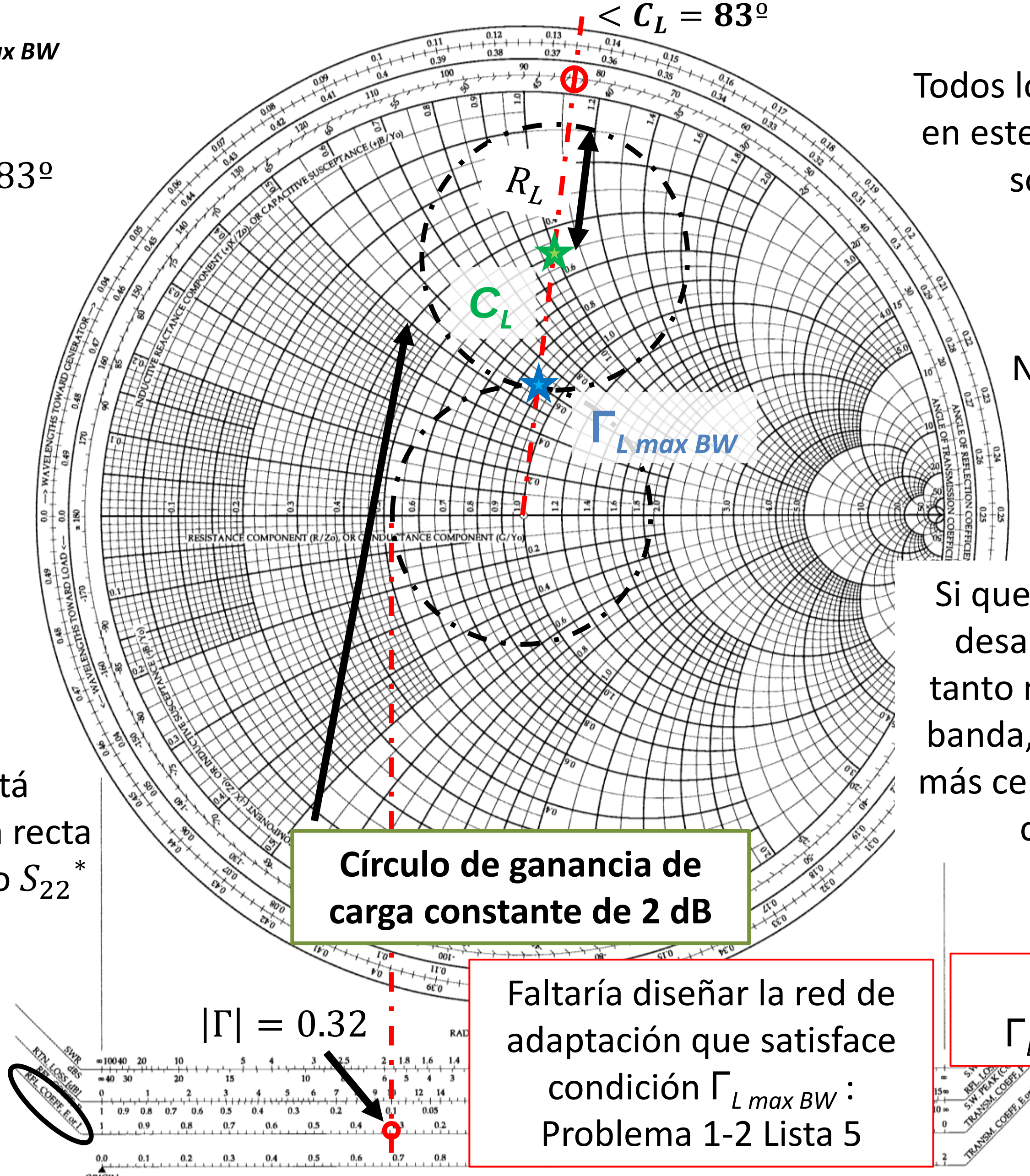
# Lista 5: Problema 3, círculos de ganancia constante en Smith

Miguel Durán-Sindreu

8. Obtenemos $\boldsymbol{\Gamma_{L\,max\,BW}}$

$C_L = 0.63 < 83º$

$R_L = 0.27$




Todos los puntos contenidos en este círculo son posibles soluciones de $\Gamma_L$

NO hay una solución única de $\Gamma_L$

Si queremos minimizar la desadaptación y por lo tanto maximizar ancho de banda, cogeremos el valor más cercano al centro de la carta de Smith

En nuestro caso: $\Gamma_{L\,max\,BW} = 0.32 < 83º$

El centro $C_L$ está contenidos en una recta dada por el ángulo $S_{22}{}^*$

**Círculo de ganancia de carga constante de 2 dB**

Faltaría diseñar la red de adaptación que satisface condición $\Gamma_{L\,max\,BW}$ : Problema 1-2 Lista 5

Universitat Autònoma de Barcelona

Escola d'Enginyeria, Departament d'Enginyeria Electrònica

Bellaterra (Cerdanyola del Vallès)

# Lista 5: Problema 4

**4.- Un transistor FET de GaAs presenta la siguiente matriz de dispersión a 8 GHz ($Z_0$ = 50 Ω):**

$$S_{11} = 0.7 < -110º \quad S_{12} = 0.02 < 60º \quad S_{21} = 3.5 < 60º \quad S_{22} = 0.8 < -70º$$

**Y como parámetros de ruido:**

$$F_{min} = 2.5\, dB \quad \Gamma_{opt} = 0.7 < 120º \quad R_N = 15\, \Omega$$

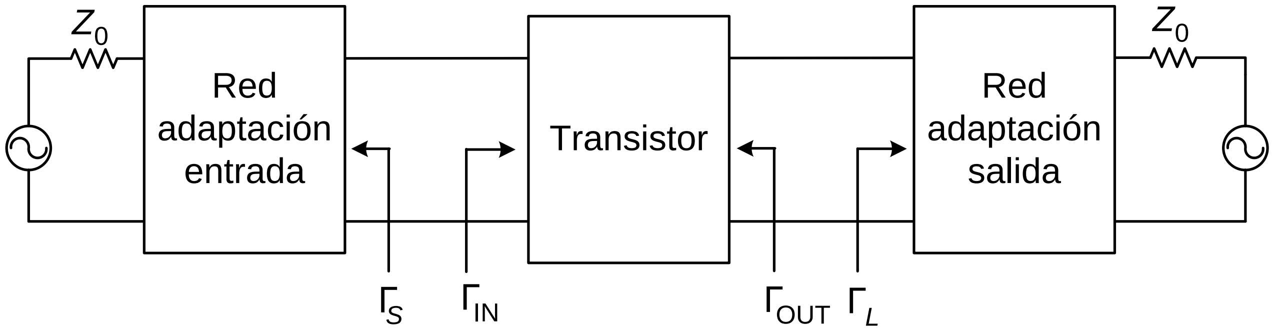
**Diseñar un amplificador con la mínima figura de ruido y la máxima ganancia posible.**
**Diseñar las redes de adaptación mediante stubs en circuito abierto.**

**Miguel Durán-Sindreu**

# Lista 5: Problema 4, análisis de figura de ruido en carta de Smith

Miguel Durán-Sindreu

Consideramos el siguiente diagrama de bloques de un amplificador distribuido:




La ganancia de transferencia (ratio entre potencia entrega a la carga y potencia disponible desde la fuente) teniendo en cuenta las desadaptaciones de fuente y carga se puede calcular como:

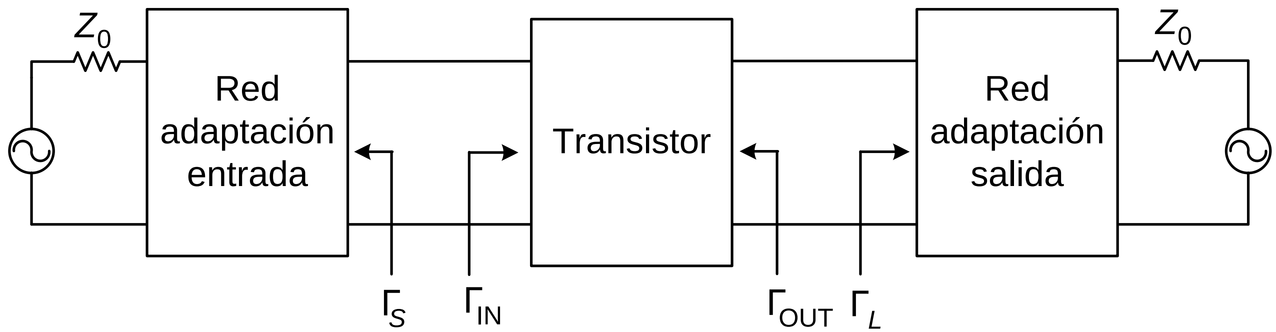
$$G_T = \frac{1-|\Gamma_S|^2}{|1-\Gamma_{IN}\Gamma_S|^2}\cdot|S_{21}|^2\cdot\frac{1-|\Gamma_L|^2}{|1-S_{22}\Gamma_L|^2} = \frac{1-|\Gamma_S|^2}{|1-S_{11}\Gamma_S|^2}\cdot|S_{21}|^2\cdot\frac{1-|\Gamma_L|^2}{|1-\Gamma_{OUT}\Gamma_L|^2}$$

$$\Gamma_{IN} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1-S_{22}\Gamma_L} \qquad \Gamma_{OUT} = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_S}{1-S_{11}\Gamma_S}$$

Por lo tanto, únicamente tenemos $\Gamma_L, \Gamma_S$ como parámetros de diseño para cumplir la condición que nos pidan en nuestro amplificador. En nuestro caso, nos piden que el amplificador tenga la mínima figura de ruido y la máxima ganancia posible.

La figura de ruido viene determinado por el valor de $\Gamma_S$ y consecuentemente habrá un compromiso entre ganancia de fuente y figura de ruido.

Consideramos el siguiente diagrama de bloques de un amplificador distribuido:




## Obtención del coeficiente de reflexión $\Gamma_L$

$\Gamma_L$ no está afectado por la figura de ruido, por lo que tenemos libertad de escogerla.

En este problema escogemos tener una máxima ganancia de carga (aunque podríamos haber considerado otro tipo de diseño como maximizar ancho de banda, etc). De esta forma, $\Gamma_L$ cumple:

$$\Gamma_L \max gain = \frac{B_2 \pm \sqrt{B_2^2 - 4|C_2|^2}}{2C_2} = \cdots = 0.94 < \mathbf{75.6^o}$$

$$\Gamma_L \max gain\ \ aprox.unilateral = S_{22}{}^{*} = \mathbf{0.8 < 70^o}$$

## Obtención del coeficiente de reflexión $\Gamma_s$

Para estudiar compromiso entre la figura de ruido y la ganancia de fuente, es muy útil graficar los círculos de ganancia de fuente constante frente los círculos de figura de ruido constante en la carta de Smith. Esto nos permitirá obtener el valor de $\Gamma_S$ idóneo para nuestra aplicación.

El centro y radio de los círculos de ganancia de fuente ($G_s$) constante se pueden obtener para el caso o aproximación unilateral como (problema 3 lista 5):

$$g_s = \frac{G_s}{G_{s\,\max uni}} \qquad C_s = \frac{g_s S_{11}^{\ *}}{1-(1-g_s)|S_{11}|^2} \qquad R_s = \frac{\sqrt{1-g_s}(1-|S_{11}|^2)}{1-(1-g_s)|S_{11}|^2}$$

Si $G_s = G_{s\,\max uni} \rightarrow \Gamma_{\mathrm{IN}} = \Gamma_{\mathrm{S}}^{\ *} = S_{11} \rightarrow G_{s\,\max uni} = \dfrac{1}{1-|\mathrm{S}_{11}|^2} = 1.96 \rightarrow 2.9dB$ Si $\boldsymbol{G_s} \uparrow \rightarrow \boldsymbol{R_s} \downarrow$

Donde estas ecuaciones consideran transistores unilaterales.

En nuestro caso, $\boldsymbol{S_{12} = 0.02 < 60º \approx 0}$, por lo que podemos aproximar el transistor como unilateral.

Probamos diferentes casos de ganancia de fuente:

$$Caso\ G_{s1} = 2\ dB \rightarrow\ g_{s1} = 0.81 \quad C_{s1} = 0.62 < 110º \quad R_{s1} = 0.25$$

$$Caso\ G_{s2} = 2.7\ dB \rightarrow\ g_{s2} = 0.95 \quad C_{s2} = 0.68 < 110º \quad R_{s3} = 0.12$$

$$Caso\ G_{s3} = 2.8\ dB \rightarrow\ g_{s3} = 0.97 \quad C_{s3} = 0.69 < 110º \quad R_{s2} = 0.09$$

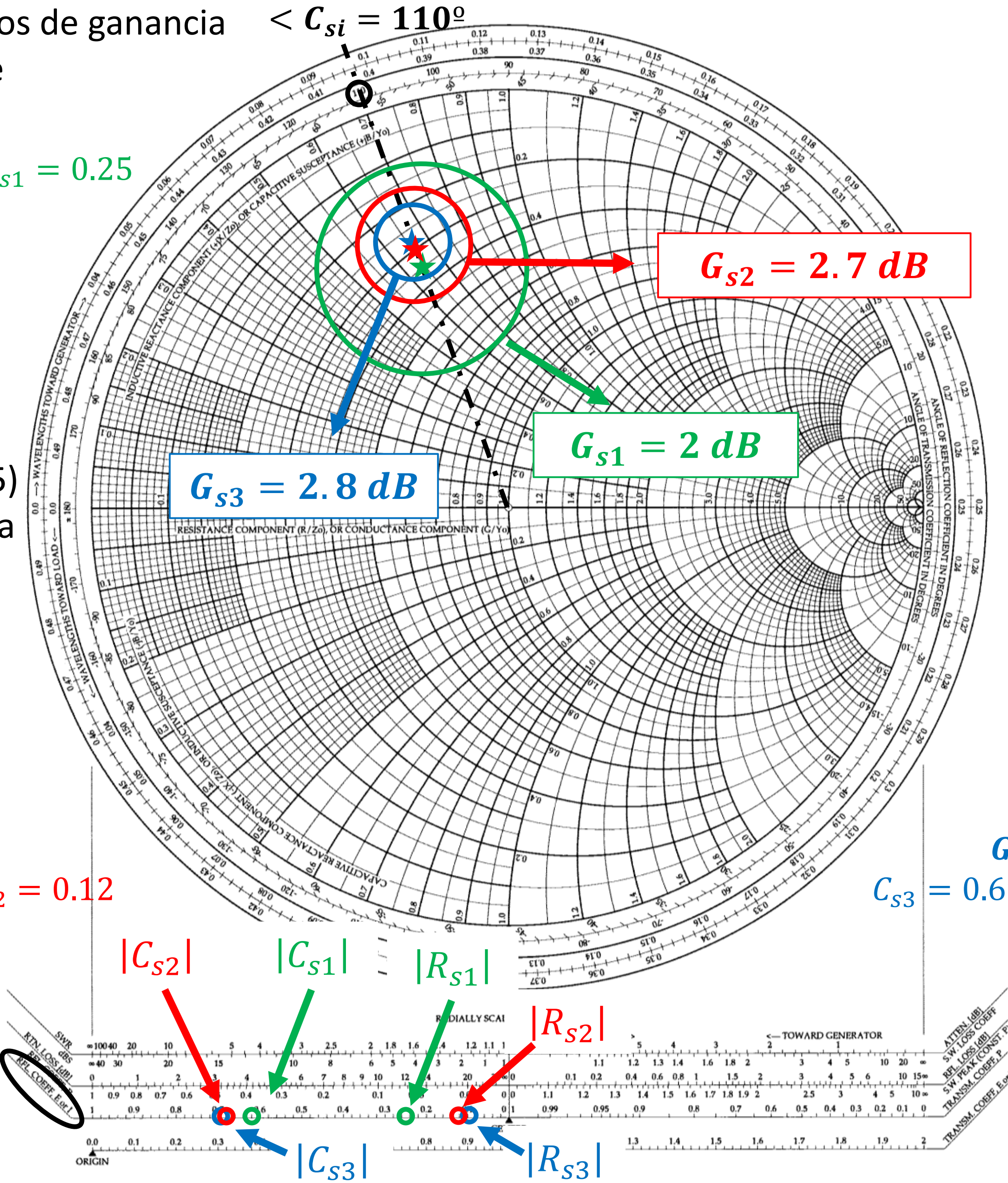
# Lista 5: Problema 4, análisis de figura de ruido en carta de Smith

Miguel Durán-Sindreu

1. Mapeamos círculos de ganancia de fuente constante

$G_{s1} = 2\ dB$

$C_{s1} = 0.62 < 110º \quad R_{s1} = 0.25$




En problema 3 (Lista 5) hay un ejemplo paso a paso

Si $G_s \uparrow \rightarrow R_s \downarrow$

$G_{s2} = 2.7\ dB$

$C_{s2} = 0.68 < 110º \quad R_{s2} = 0.12$

$G_{s3} = 2.8\ dB$

$C_{s3} = 0.69 < 110º \quad R_{s3} = 0.09$

## Círculos de figura de ruido constante

El centro y radio de los círculos de figura de ruido *F* constante se pueden obtener como:

¡ F y $F_{min}$ en lineal !

$$C_F = \frac{\Gamma_{opt}}{N+1} \qquad R_F = \frac{\sqrt{N\left(N+1-\left|\Gamma_{opt}\right|^2\right)}}{N+1} \qquad N = \frac{\left|\Gamma_s - \Gamma_{opt}\right|^2}{1-|\Gamma_s|^2} = \frac{F - \mathrm{F}_{min}}{4R_N/Z_0}\left|1+\Gamma_{opt}\right|^2$$

Donde si $F = F_{min}$, $N = 0$ → $R_F = 0$. Es decir, si $F = F_{min}$ tenemos un solo punto de valor $C_F = \Gamma_{opt}$.

En nuestro caso, $F_{min} = 2.5\ dB, \Gamma_{opt} = 0.7\ < 120º$ , $R_N = 15\ \Omega, Z_0 = 50\ \Omega$

Probamos diferentes casos de figuras de ruido constante:

$$Caso\ F_1 = F_{min} = 2.5\ dB \rightarrow C_{F1} = \Gamma_{opt} = 0.7\ < 120º\ \ R_{F1} = 0 \quad N_1 = 0$$

$$Caso\ F_2 = 2.52\ dB \rightarrow C_{F2} = 0.696 < 120º\ \ R_{F2} = 0.05 \quad N_2 = 0.0054$$

$$Caso\ F_3 = 2.7\ dB \rightarrow C_{F3} = 0.66 < 120º\ \ R_{F3} = 0.17 \quad N_3 = 0.055$$

# Lista 5: Problema 4, análisis de figura de ruido en carta de Smith

Miguel Durán-Sindreu

2. Mapeamos círculos de figura de ruido constante para $F_1 = F_{min}$

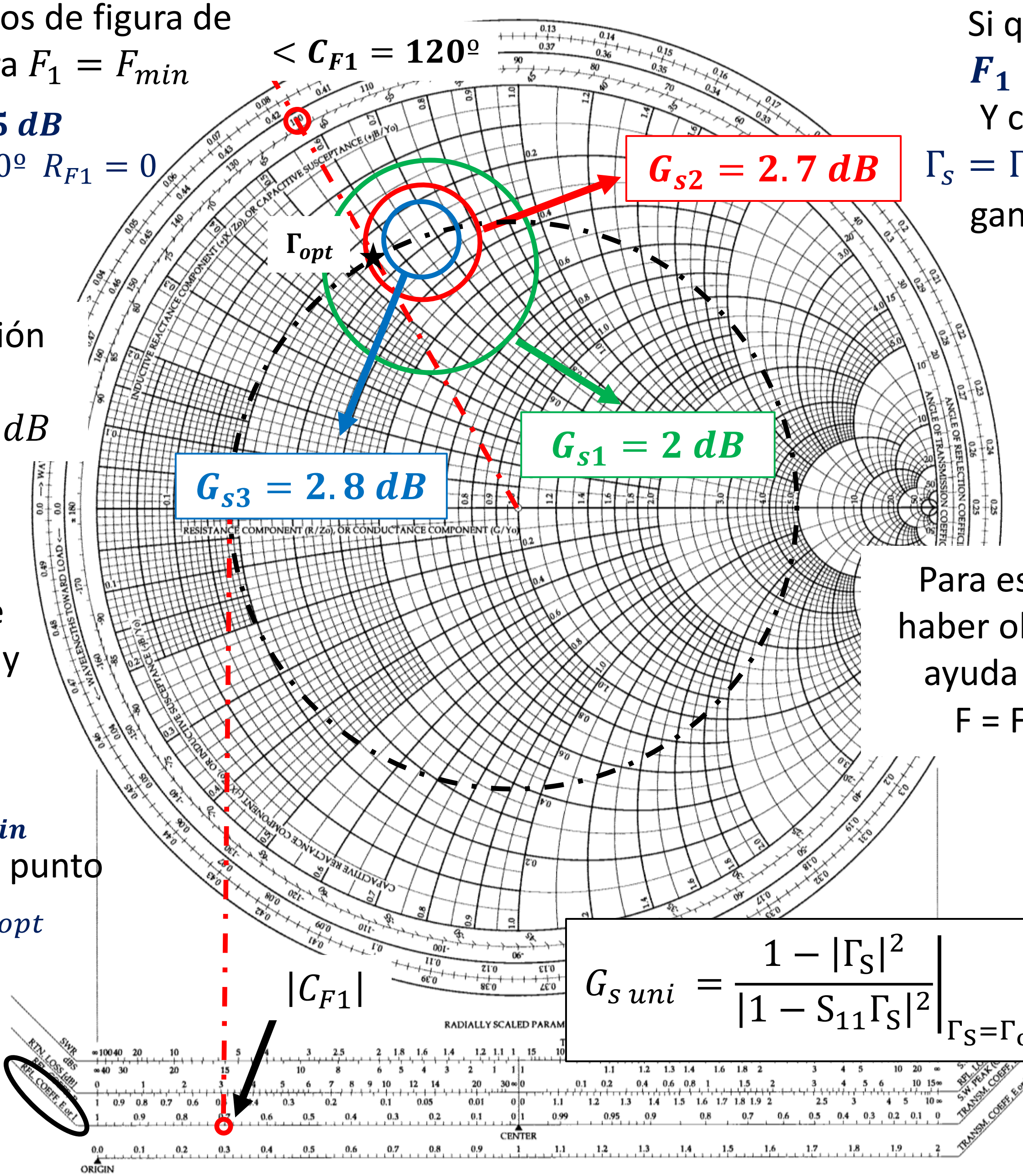
$$\boldsymbol{F_1 = F_{min} = 2.5\ dB}$$

$$C_{F1} = \Gamma_{opt} = 0.7 < 120º \quad R_{F1} = 0$$

Para cumplir condición $\boldsymbol{F_{min}}$ obtenemos $\boldsymbol{G_{s2}} < G_{smax} = 2.9dB$

Compromiso entre ganancia de fuente y figura de ruido

Como $\boldsymbol{F_1 = F_{min}}$ obtenemos un único punto de valor igual a $\Gamma_{opt}$




Si queremos satisfacer $\boldsymbol{F_1 = F_{min} = 2.5\ dB}$ Y consecuentemente $\Gamma_s = \Gamma_{opt}$ obtendremos una ganancia de fuente de $\boldsymbol{G_{s2} = 2.7\ dB}$

Para este caso, podríamos haber obtenido $G_s$ y $\Gamma_s$ sin la ayuda de Smith, ya que si F = Fmin, $\Gamma_s = \Gamma_{opt}$ y:

$$G_{s\,uni} = \left.\frac{1 - |\Gamma_S|^2}{|1 - S_{11}\Gamma_S|^2}\right|_{\Gamma_S = \Gamma_{opt}} = 1.85 \rightarrow 2.68\ dB$$

# Lista 5: Problema 4, análisis de figura de ruido en carta de Smith

Miguel Durán-Sindreu

3. Mapeamos círculos de figura de ruido constante para $F_2 = 2.52\ dB$

$F_2 = 2.52\ dB > F_{min}$

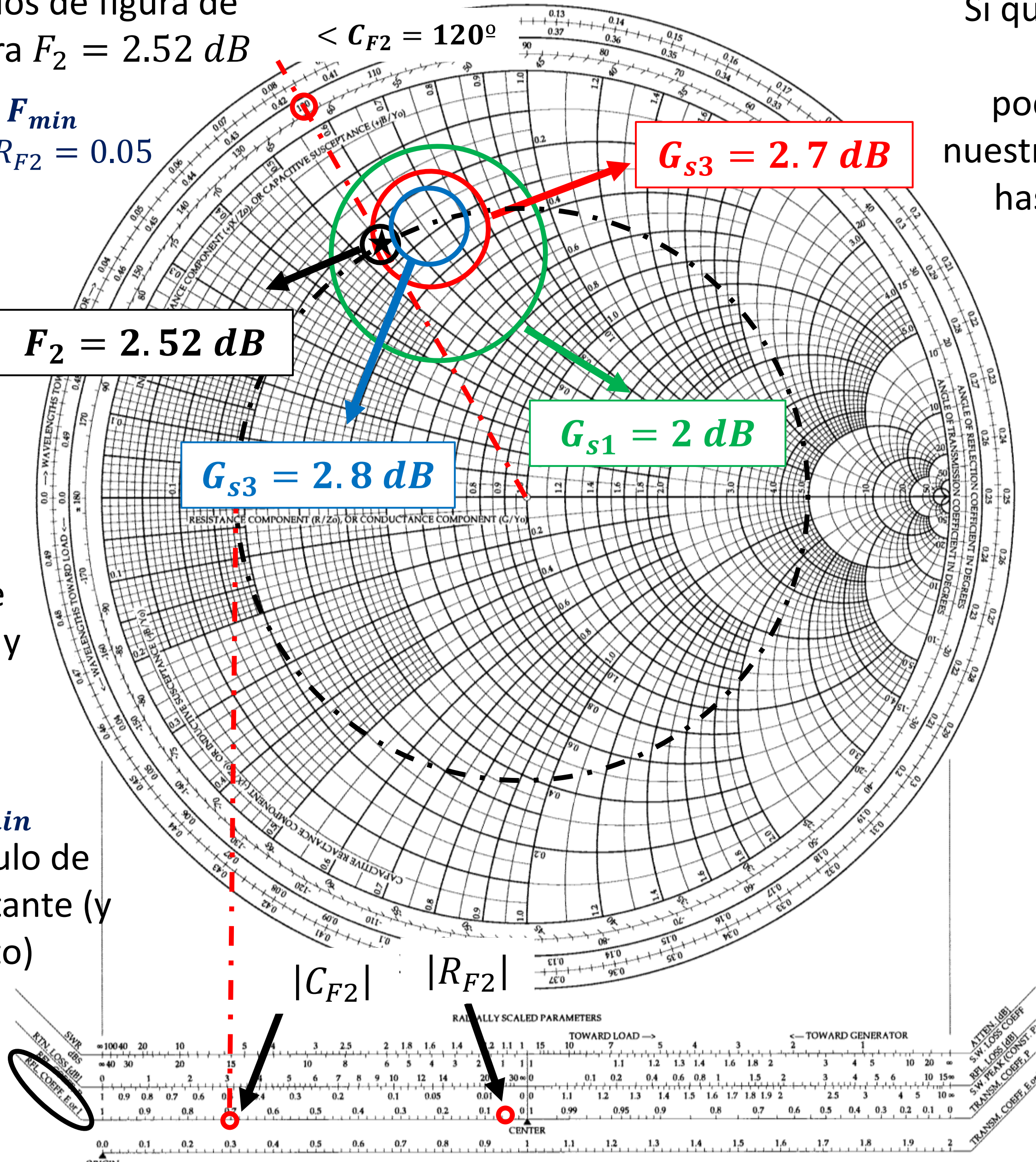
$C_{F2} = 0.696\ \angle 120º \quad R_{F2} = 0.05$

Si $G_s \uparrow \rightarrow R_s \downarrow$

Si $F \downarrow \rightarrow R_F \downarrow$

Compromiso entre ganancia de fuente y figura de ruido

Como $F_2 > F_{min}$ obtenemos un círculo de figura de ruido constante (y no un solo punto)




Si quisiéramos satisfacer $F_2 = 2.52\ dB$ podríamos aumentar nuestra ganancia de fuente hasta $G_{s3} = 2.8\ dB$

★ $C_{F2}$

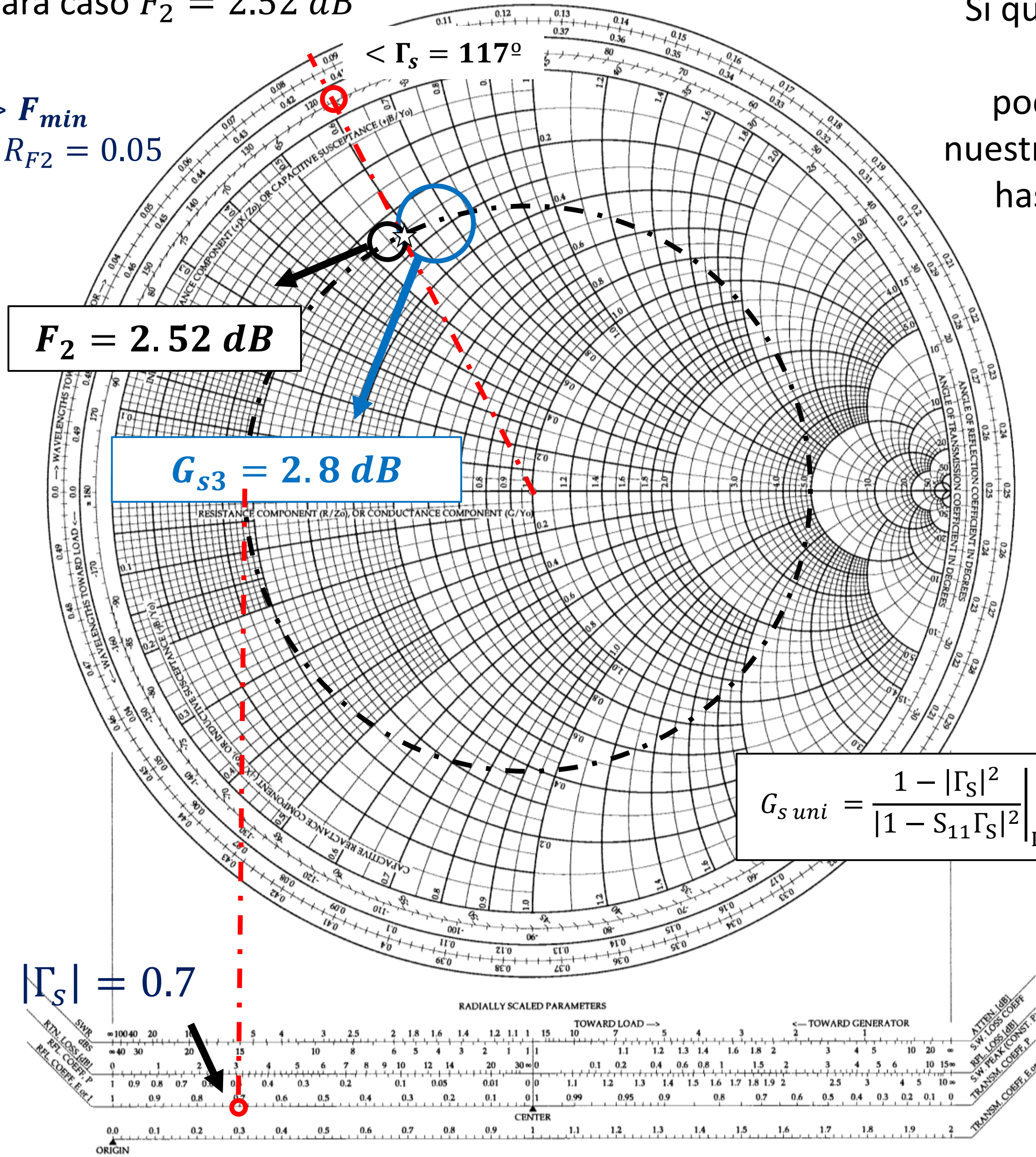
# Lista 5: Problema 4, análisis de figura de ruido en carta de Smith

Miguel Durán-Sindreu

4. Obtenemos $\Gamma_s$ para caso $F_2 = 2.52\ dB$

$\boldsymbol{F_2 = 2.52\ dB > F_{min}}$

$C_{F2} = 0.696\ < 120º\ \ R_{F2} = 0.05$




Si quisiéramos satisfacer $\boldsymbol{F_2 = 2.52\ dB}$ podríamos aumentar nuestra ganancia de fuente hasta $\boldsymbol{G_{s3} = 2.8\ dB}$

Obtenemos $\Gamma_s$ en la intersección de ambos círculos

$$\Gamma_s = 0.7 < 117º$$

Lo demostramos analíticamente

$$G_{s\,uni} = \left.\frac{1 - |\Gamma_S|^2}{|1 - S_{11}\Gamma_S|^2}\right|_{\Gamma_S = 0.7 < 117º} = 1.9 \rightarrow 2.8\ dB$$

5. Buscamos la figura de ruido F que cumpla $G_s = G_{s\,\max uni}$

Podemos hacerlo mediante la carta de Smith o de forma analítica. Lo hacemos analíticamente:

$$\text{Si } G_s = G_{s\,\max uni} \rightarrow \Gamma_{\mathrm{IN}} = \Gamma_{\mathrm{S}}{}^{*} = S_{11} \rightarrow \Gamma_{\mathrm{S}} = \mathbf{0.7} \ \boldsymbol{<} \mathbf{110º}$$

$$N = \frac{\left|\Gamma_s - \Gamma_{opt}\right|^2}{1 - |\Gamma_s|^2} = \cdots = 0.029$$

Además, se cumple:

$$N = \frac{\left|\Gamma_s - \Gamma_{opt}\right|^2}{1 - |\Gamma_s|^2} = \frac{F - \mathrm{F}_{min}}{4R_N/Z_0}\left|1 + \Gamma_{opt}\right|^2$$

Por lo tanto:

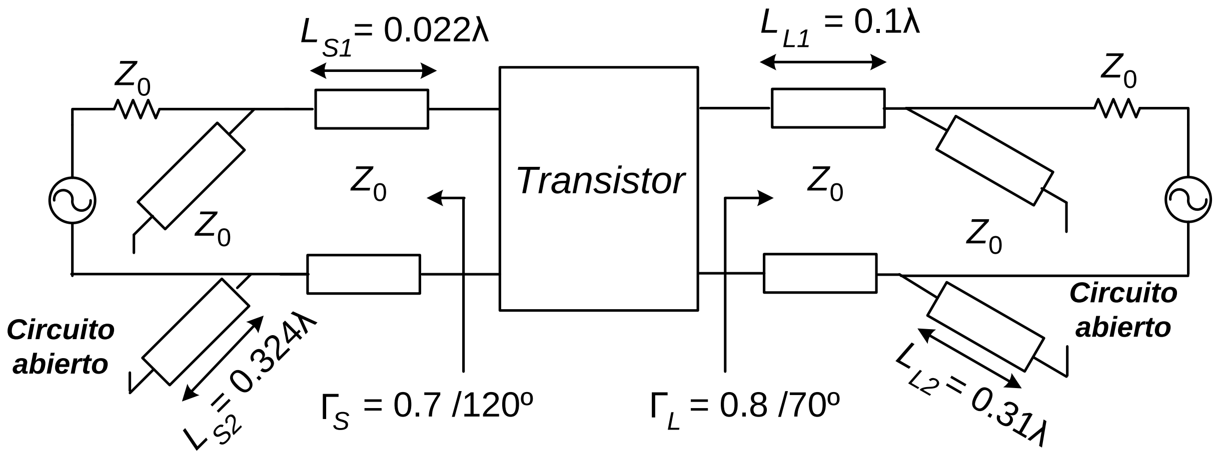
$$F = \frac{N4R_N/Z_0}{\left|1 + \Gamma_{opt}\right|^2} + \mathrm{F}_{min} = \cdots = 1.79 \rightarrow F = 2.54\ dB$$

Es decir, la figura de ruido que satisface máxima ganancia es F = 2.54 dB > $F_2$ > Fmin =2.5 dB

Donde podríamos haber llegado a la misma conclusión con la ayuda de la carta de Smith

6. Diseñar las redes de adaptación mediante stubs en circuito abierto:

Para el caso de $\boldsymbol{F_1 = F_{min} = 2.5\ dB}$ se puede deducir que las redes de adaptación resultantes son:




Donde éstas longitudes se pueden obtener de forma similar a los casos mostrados en los problemas 1 y 2 de la lista 5 de problemas.

Si además obtenemos $\Gamma_{\mathrm{IN}}$ y $\Gamma_{\mathrm{OUT}}$ para el caso unilateral:

$$\Gamma_{\mathrm{IN\ unilateral}} = S_{11} = \mathbf{0.7\ < -110º} \longrightarrow \Gamma_{\mathrm{IN}} \neq \Gamma_{\mathrm{S}}^{*} \longrightarrow \text{Ya que } G_s \neq G_{s\ \max uni}$$

$$\Gamma_{\mathrm{OUT\ uni}lateral} = S_{22} = \mathbf{0.8 < -70º} \longrightarrow \Gamma_{\mathrm{OUT}} = \Gamma_{\mathrm{L}}^{*} \longrightarrow \text{Ya que } G_L = G_{L\ \max uni}$$