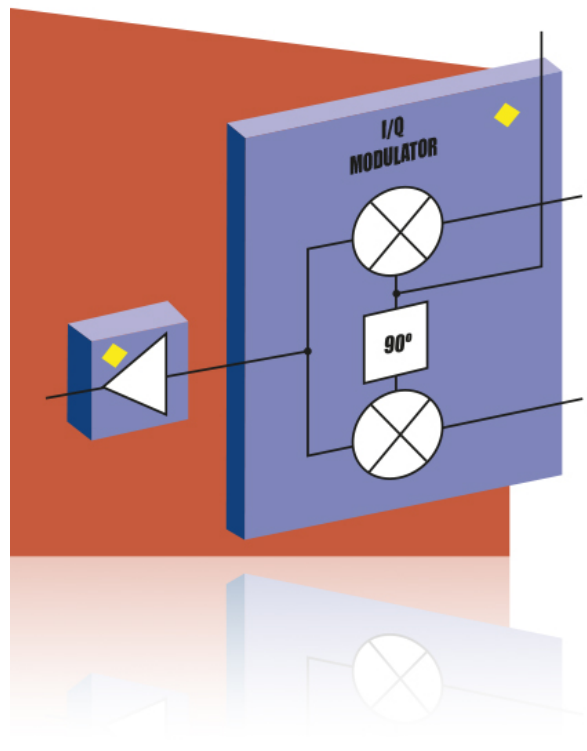


# Electrónica de Radiofrecuencia

## Hoja de ejercicios 3



### Profesores

Juan Pablo Pascual Gutiérrez

Enrique Villa Benito

Luisa María de la Fuente Rodríguez

José Ángel García García

*Departamento de Ingeniería de Comunicaciones*

**GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN**  
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación.  
Universidad de Cantabria.

Asignatura: " **ELECTRÓNICA DE RADIOFRECUENCIA** ".  
Hola de Prácticas nº 3

---

Objetivo: Diseño y simulación de amplificadores en pequeña señal mono etapa a partir de los parámetros de Scattering de un transistor para una frecuencia y polarización dadas.

**Problema 1:**

Diseñar un amplificador a 6 GHz con un transistor FET de AsGa polarizado con  $V_{ds}=4$  V y  $I_{ds}=0.5 I_{dss}$ , cuyos parámetros S son:

$$S_{11}=0.6 \angle -170$$

$$S_{12}=0.06 \angle 15$$

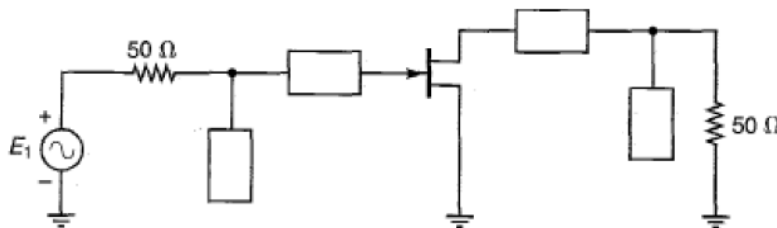
$$S_{21}=2.1 \angle 25$$

$$S_{22}=0.55 \angle -90$$

y se pueden representar en ADS con una caja de parámetros S definidos por ecuaciones (S2P\_eqn).

Obtener usando MatLab o bien ADS el factor de Rollet K, el factor de unilateralidad u y la máxima ganancia en transferencia. Diseñar las redes de adaptación que proporcionen esa ganancia e implementarlas como líneas ideales siguiendo el esquema adjunto (línea en serie terminada con resistencia de 50 Ohm en paralelo con stub en abierto ó en corto según convenga). Usar la carta de Smith en papel o la Smith Chart Utility.

Comprobar en ADS que la red de entrada y la de salida presentan la impedancia/admitancia deseadas. Conectarlas al transistor para simular finalmente el amplificador completo en el ADS obteniendo los parámetros de scattering a la frecuencia dada.



**Noise Parameters**

$$F_{MIN} = 2.9 \text{ dB}$$

$$R_n = 9.42 \text{ ohms}$$

$$\Gamma_O = 0.542 / 141^\circ$$

$$\Gamma_L = 0.575 / 104.5^\circ$$

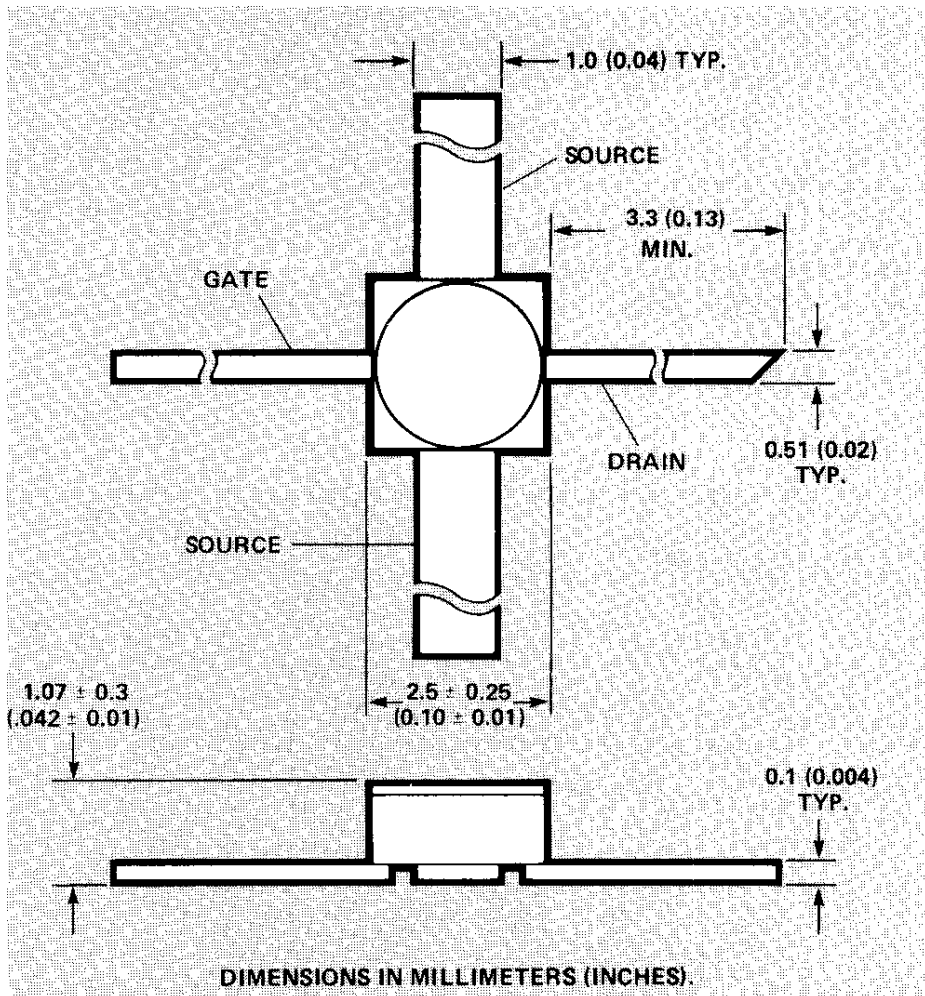
**Problema 2:**

Añadir los parámetros de ruido adjuntos al transistor del ejercicio anterior en ADS, activar la simulación de ruido y representar  $nf(2)$  (Figura de ruido) del amplificador del ejercicio anterior tomando nota del valor del ruido. Ahora el objetivo será rehacer el diseño para reducir el ruido. Para ello vamos a diseñar un amplificador a 6 GHz con el transistor anterior HFET 1101 siguiendo la nota de aplicación 970 de HP para un compromiso entre el mínimo ruido y la ganancia de adaptación conjugada. Se deberá seguir el procedimiento en la hoja del fabricante del transistor, buscando una impedancia de fuente a presentar al transistor que sea un término medio entre la que da el mínimo ruido y la que da la mejor adaptación de entrada. Para ello habrá que representar los círculos de ganancia disponible y los de ruido dibujándolos en una carta de Smith de la impedancia de fuente, junto con el valor recomendado por el fabricante. Fijada la impedancia de fuente, la de carga se elegirá para tener adaptación conjugada a la salida.

Las admitancias deseadas se implementarán con redes de líneas ideales formadas por stub en paralelo con transformador  $\lambda/4$  terminado con 50 Ohm, tal y como se hizo en otros ejercicios anteriores y como sugiere el fabricante.

Las redes de adaptación se comprobarán en el ADS, uniéndose luego al transistor para simular el amplificador completo, obteniendo la ganancia, la adaptación y el ruido del amplificador. Repetir la simulación usando en lugar de líneas ideales, líneas microstrip con el sustrato recomendado por el fabricante. Usar la herramienta "autolayout" para visualizar el aspecto que tendrían las redes de adaptación. Añadir estructuras con forma de "T" en microstrip (MTEE) y comprobar cómo se deteriora el funcionamiento por efecto de las "Tees". Volver a optimizar para mantener el funcionamiento deseado. Para poder representar la huella del transistor a efectos de layout se puede sustituir la caja S2P por el elemento S2P\_pad3 de la librería ads\_rflib, que generará una huella de dimensiones editables para que sean compatibles con las anchuras de las patas del transistor encapsulado.

Utilizar la herramienta de simulación Momentum para simular la estructura de la red de entrada y la red de salida generando sendos ficheros de parámetros S para insertarlos en una simulación más realista y comparar con los resultados según los modelos esquemáticos.



Advanced Design System 2024 Update 1.1 (Main)

File Edit Instance Parameters

Library name: ads\_rfb  
Cell name: S2P\_Pad3  
View name: layout  
Instance name: S2P1

Select Parameter

Parameter Entry Mode

File Name

File: Data file name

OK Apply Cancel Help

Component Library

Component	Description
R_Conn	Resistor (Conn Artwork)
R_dx dy	Resistor (Delta X - Delta Y)
R_Pad1	Resistor (Pad Artwork)
R_Space	Resistor (Space Artwork)
RULER	Ruler
S2P_Conn	2-Port S-parameter File (Conn Artwork)
<b>S2P_Pad3</b>	<b>2-Port S-parameter File (Pad Artwork)</b>
S2P_Conv	2-Port S-parameter File (Conv Artwork)

S2P1

Properties

Property	Value
Component Text	Anal For CAE
Font	10
Size	10

Command Quick Help - Select

Click and drag to select vertices  
Press V for combined vertex/object selection (ds)  
Press and hold Ctrl, then Click and drag to select  
Press and hold Shift, then Click to deselect  
Press M to Move an object using reference  
Press F8 to Follow the object reference

Don't show this window for Select command

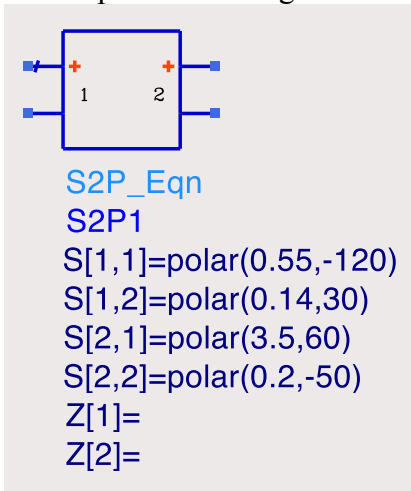
Edit Param: Enter component location

S2P\_Pad3 S2P1

cond:drawing 185,000, -20,000 175,000, 5,000 um

**Problema 3:** Diseño con estabilidad condicional. (Basado en Ej. 3.8.2 Guillermo)

Hacer un esquemático en ADS usando un transistor definido por los parámetros S a 4 GHz como aparece en la figura:

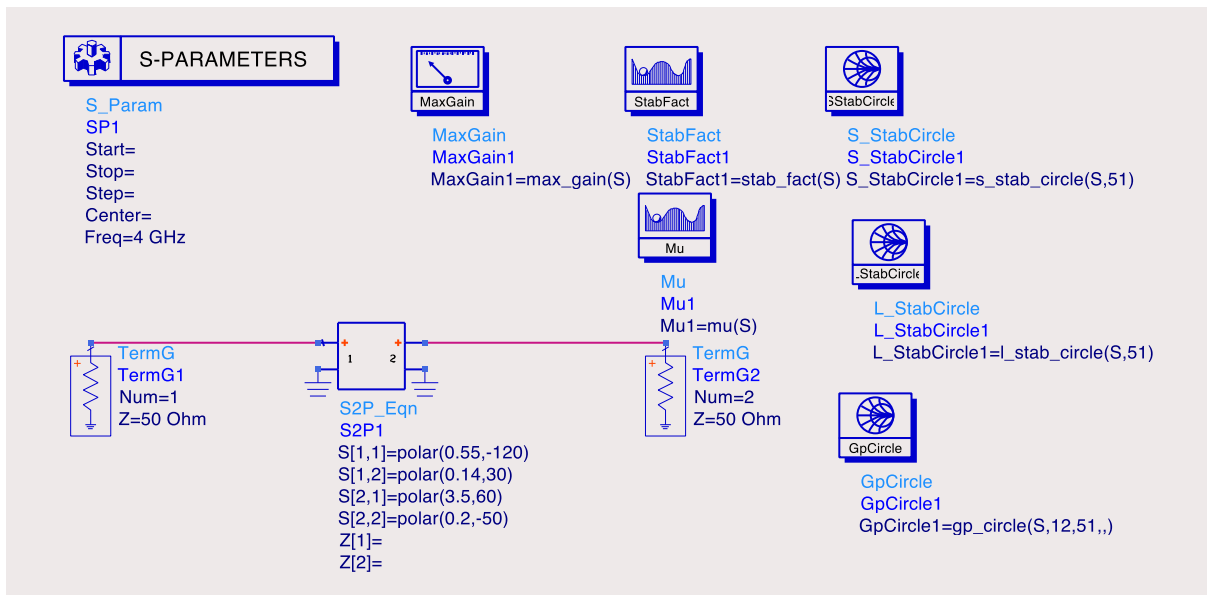


- Evaluar la estabilidad (Factor de Rollet, factor  $\mu$ )
- Determinar la máxima ganancia
- Elegir un valor de ganancia aproximadamente 2 dB menor del máximo y trazar el círculo correspondiente de ganancia en potencia.
- Superponer con el círculo de estabilidad de carga comprobando el lado estable ( $s_{11} < 1$ ?). Determinar un  $\Gamma_L$  tal que garantice la ganancia en potencia y a la vez sea estable.
- Obtener  $S_{11}$  del transistor cargado con  $Z_L$  ( $\Gamma_L$ ) y determinar  $\Gamma_S$
- Representar el círculo de estabilidad de fuente identificando el lado estable ( $S_{22} > 1$ ?).
- Comprobar que  $\Gamma_S$  no está en la zona inestable del círculo de estabilidad de fuente
- Implementar las redes correspondientes a  $\Gamma_S$  y  $\Gamma_L$  con la impedance matching utility.
- Construir el amplificador completo y obtener su adaptación entrada y salida y su ganancia. ¿Los valores son acordes con lo esperado?

**Problema 4:** Amplificador Multietapa.

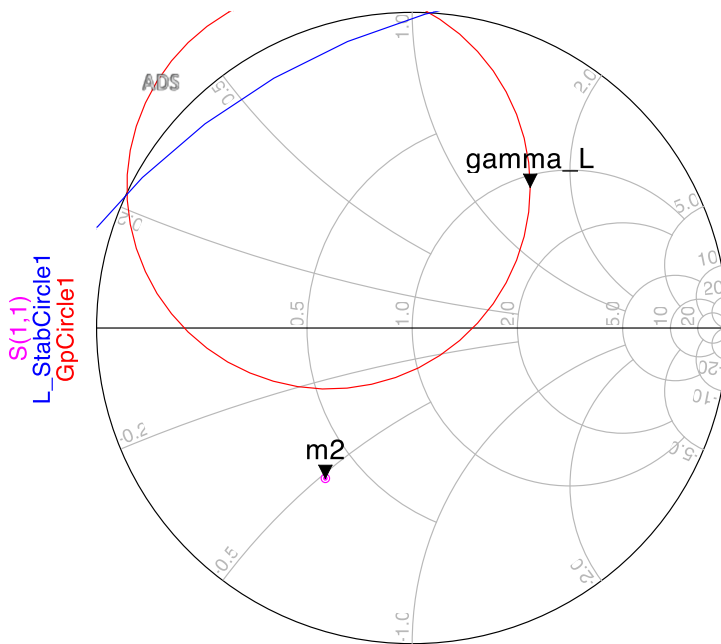
Construir un circuito en ADS combinando las versiones con líneas ideales de los amplificadores de los dos primeros ejercicios. Elegir el orden de conexión suponiendo que se priorizará un ruido lo más bajo posible con una ganancia moderada-alta. Presentar el esquemático completo en ADS y los resultados de las simulaciones en ruido, adaptación de entrada, de salida, ganancia, aislamiento entrada-salida y estabilidad del conjunto de ambas etapas. (Opcional: optimizar el diseño para maximizar ganancia).

SOL. Ejercicio 3:



freq	MaxGain1	Mu1	StabFact1
4.000 GHz	13.979	0.905	0.947

gamma\_L  
 indep(gamma\_L)=51  
 GpCircle1=0.582 / 50.025  
 gain=12.000, freq=4.000E9  
 impedance = 55.980 + j75.435

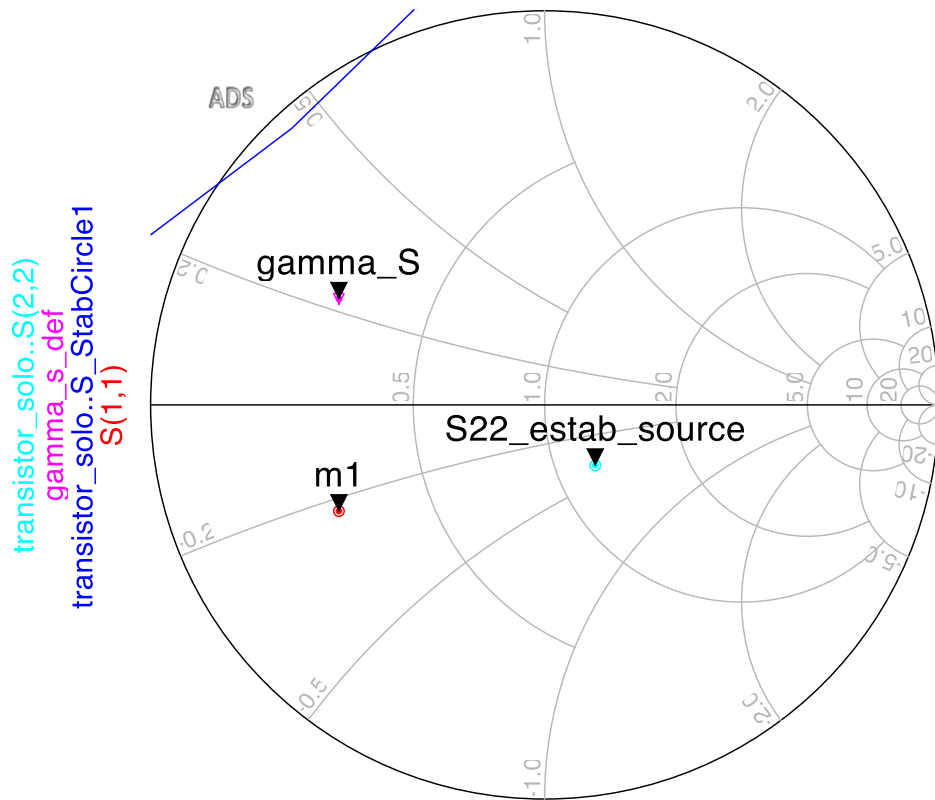


cir\_pts (0.000 to 51.000)  
 indep(L\_StabCircle1) (0.000 to 51.000)  
 freq (4.000 GHz to 4.000 GHz)

m2  
 freq=4.000 GHz  
 S(1,1)=0.550 / -120.000  
 impedance = Z0 \* (0.377 - j0.514)

gamma\_S  
 freq=4.000 GHz  
 gamma\_s\_def=0.587 / 152.736  
 impedance = 13.704 + j11.262

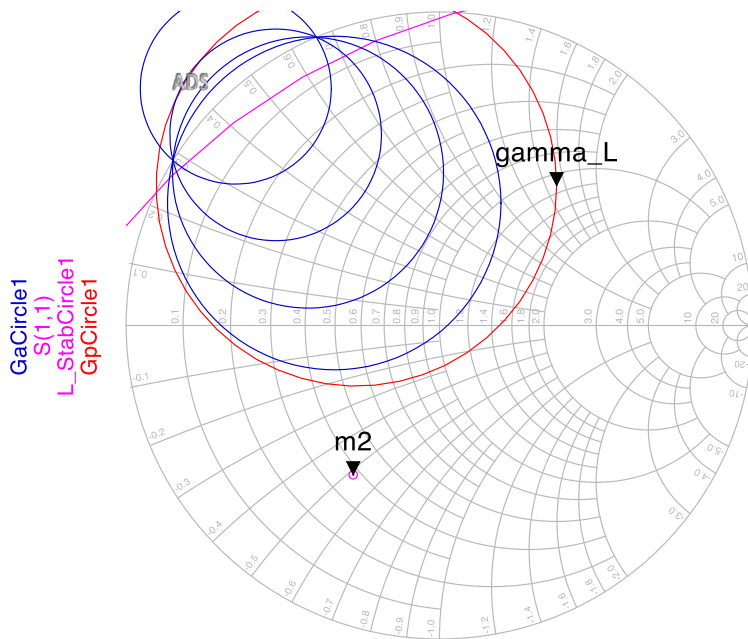
S22\_estab\_source  
 freq=4.000 GHz  
 transistor\_solo..S(2,2)=0.200 / -50.000  
 impedance = Z0 \* (1.226 - j0.391)



freq (4.000 GHz to 4.000 GHz)  
 indep(transistor\_solo..S\_StabCircle1) (0.000 to 51.000)

m1  
 freq=4.000 GHz  
 S(1,1)=0.587 / -152.736  
 impedance = 13.704 - j11.262

Eqn gamma\_s\_def=conj(S(1,1))



```

gamma_L
indep(gamma_L)=51
GpCircle1=0.582 / 50.025
gain=12.000, freq=4.000E9
impedance = 55.980 + j75.435

```

```

m2
freq=4.000 GHz
S(1,1)=0.550 / -120.000
impedance = Z0 * (0.377 - j0.514)

```

```

cir_pts (0.000 to 51.000)
indep(L_StabCircle1) (0.000 to 51.000)
freq (4.000 GHz to 4.000 GHz)
cir_pts (0.000 to 101.000)

```

Si se pintan los círculos de ganancia disponible se ve que el origen caería en zona inestable.