

# Sistemas de Radiofrecuencia

## Práctica 2. Diseño de un amplificador de bajo ruido (LNA)



**Almudena Suárez Rodríguez**  
**Franco Ramírez Terán**  
**Mabel Pontón Lobete**

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



### Diseño de un amplificador de bajo ruido con el software ADS

**Objetivo:** Diseño de un amplificador de bajo ruido (LNA) a la frecuencia de 4 GHz con una figura de ruido de 1.3 dB y máxima ganancia posible.

#### Pasos a seguir:

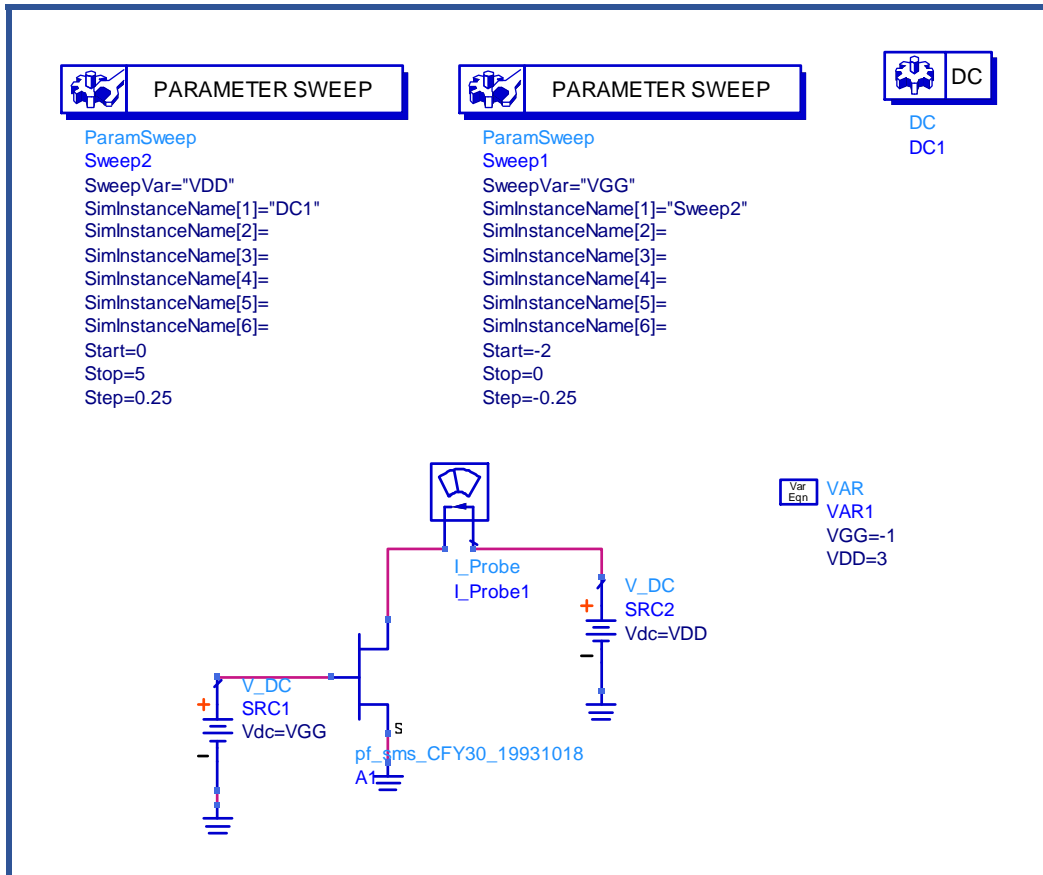
- 1- Elección del modelo del transistor.
- 2- Trazado de las curvas características y elección del punto de trabajo.
- 3- Cálculo de los parámetros S.
- 4- Análisis de estabilidad.
  - a. Cálculo de parámetros  $\Delta$  y  $k$
  - b. Trazado de círculos de estabilidad
- 5- Trazado del círculo de figura de ruido constante  $NF = 1.3$  dB.
- 6- Trazado de varios círculos de ganancia disponible constante y elección de la máxima cumpliendo la especificación de NF.
- 7- Obtención de los valores de impedancia de fuente  $Z_s$  y carga  $Z_L$ .
- 8- Síntesis de las redes de adaptación de entrada y salida.
- 9- Verificación del cumplimiento de las especificaciones.

**1. Elección del modelo del transistor**

En primer lugar, se ha de elegir un transistor en el que se basará el diseño del amplificador. En este caso se ha elegido el transistor MOSFET CFY30. Su modelo está disponible en la librería de ADS 2009.

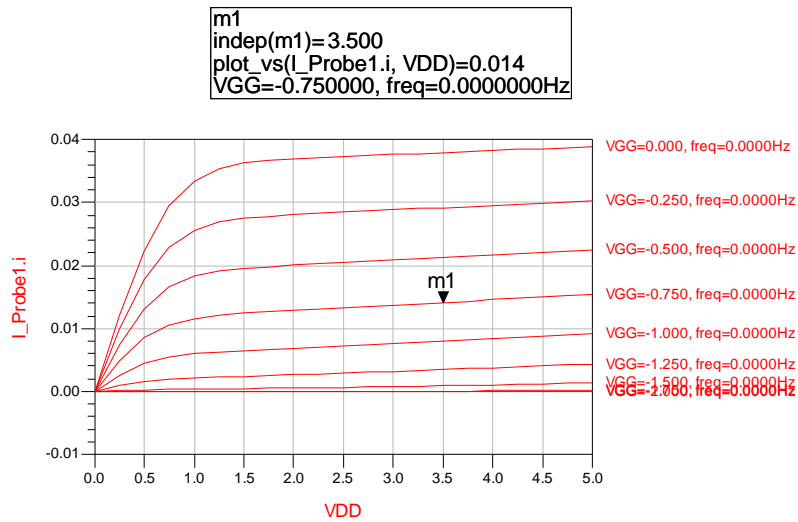
**2. Trazado de las curvas características y elección del punto de trabajo.**

Trazamos las curvas características del transistor y elegimos un punto de trabajo. La hoja de datos del transistor facilitada por el fabricante puede ser una buena referencia para elegir dicho punto.



Esquemático para el trazado de las curvas características del transistor

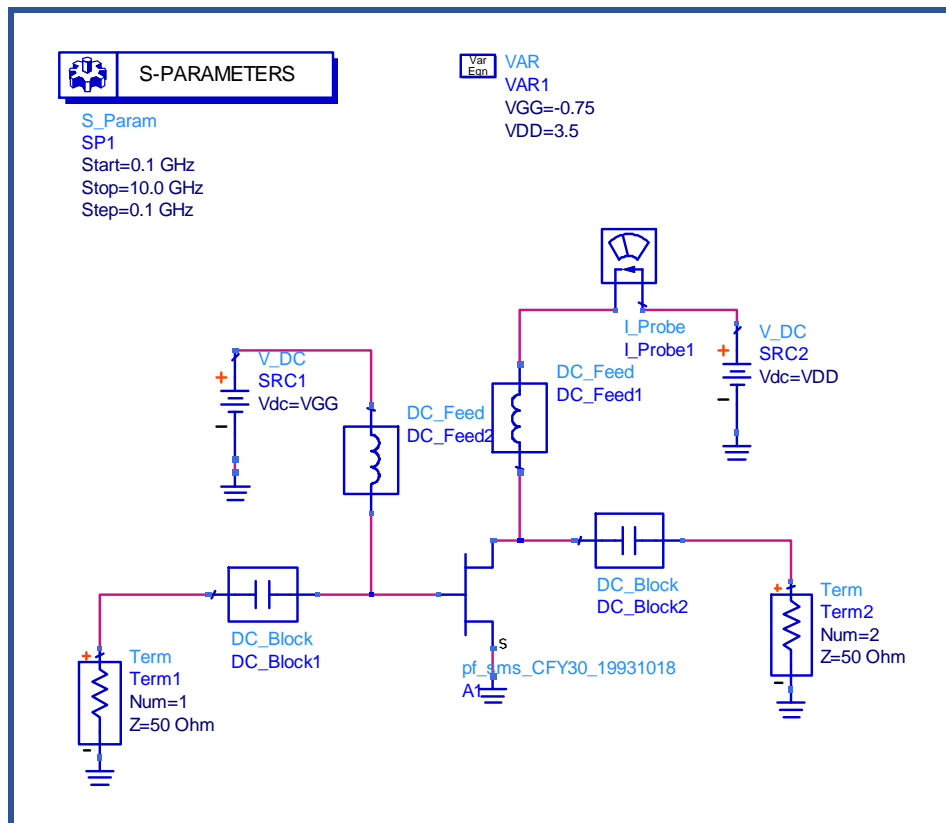
## PRÁCTICA 2: DISEÑO DE UN AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO (LNA)



Curva característica del transistor CFY30 y elección de un punto de trabajo

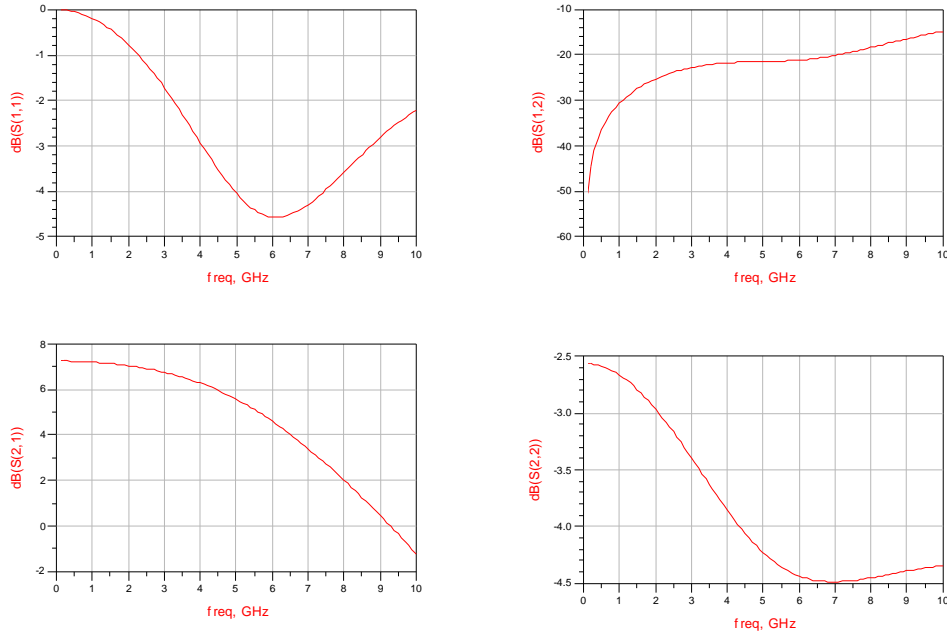
### 3. Cálculo de los parámetros S.

A continuación, se trazan los parámetros S del transistor para el punto de polarización elegido.



Esquemático para el cálculo de los parámetros S del cuadripolo en el punto de operación elegido

## PRÁCTICA 2: DISEÑO DE UN AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO (LNA)



Parámetros S de la red de dos puertos en el punto de operación elegido.

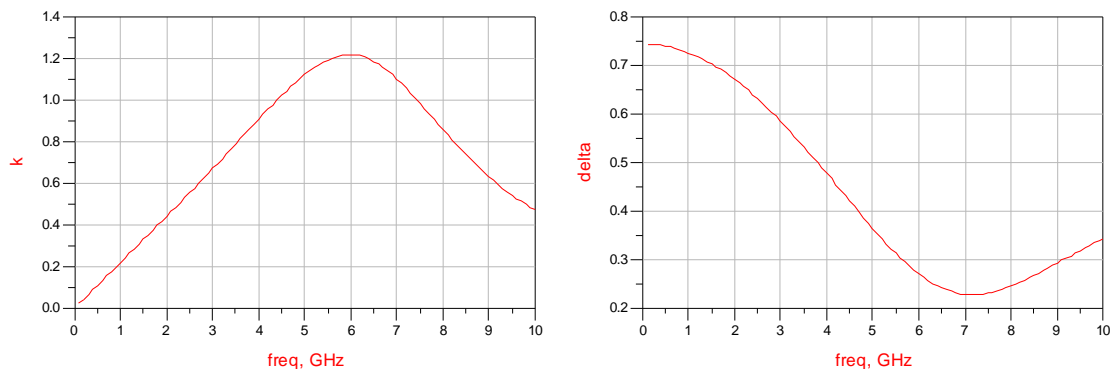
**NOTA:** Si se dispone de los parámetros [S] del fabricante para el mismo punto de operación o similar, verificar concordancia.

### 4. Análisis de estabilidad

- a. Analizamos la estabilidad calculando los **parámetros ( $k$  y  $|\Delta\omega|$ )**. Para ello en el datadisplay del análisis de parámetros S (apartado 3), escribimos las correspondientes expresiones y las trazamos en función de la frecuencia.

**Eqn**  $k = (1 - \text{mag}(S(1,1))^2 - \text{mag}(S(2,2))^2 + \text{delta}^2) / (2 * \text{mag}(S(1,2) * S(2,1)))$

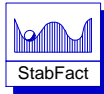
**Eqn**  $\text{delta} = \text{mag}(S(1,1) * S(2,2) - S(1,2) * S(2,1))$



Parámetros de estabilidad  $k$  y  $|\Delta\omega|$  de la red de dos puertos

## PRÁCTICA 2: DISEÑO DE UN AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO (LNA)

**NOTA:** El factor  $k$  también puede evaluarse directamente utilizando el siguiente elemento en el esquemático (dentro de la paleta "Simulation-S\_Param"):



StabFact  
StabFact1  
StabFact1=stab\_fact(S)

### PREGUNTA:

- ¿Cuándo se puede aplicar el criterio de estabilidad de Rollet?

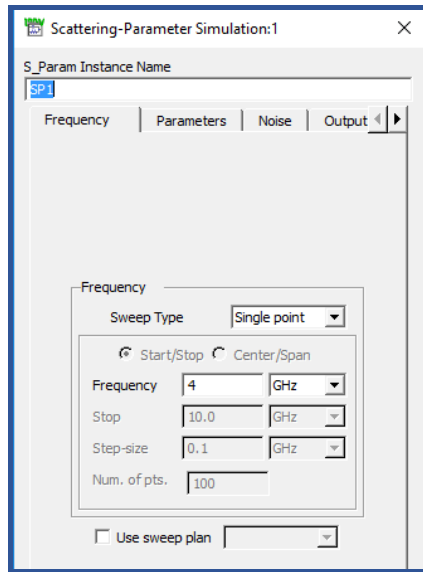
### EJERCICIO:




- Comprobar si el transistor es incondicionalmente estable a la frecuencia de interés.

#### b. Trazado de círculos de estabilidad.

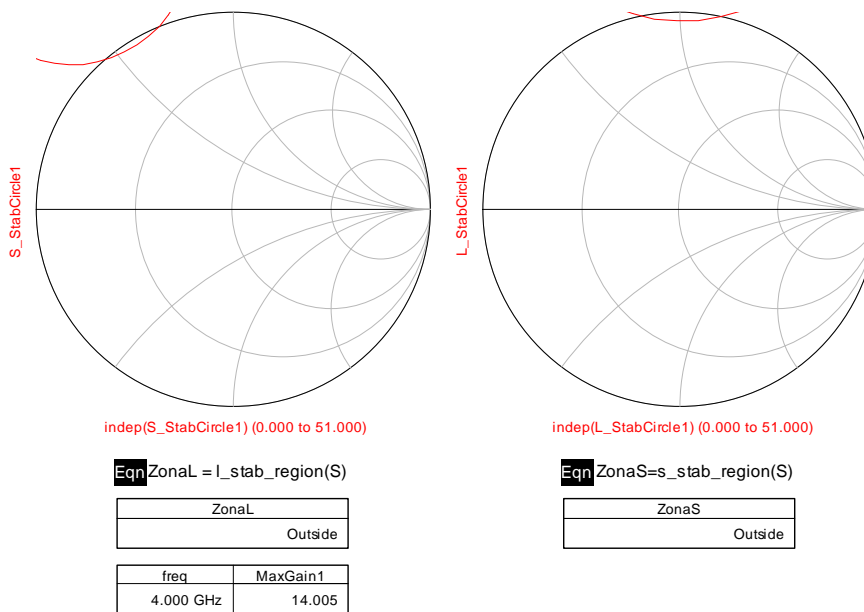
El análisis de círculos de estabilidad se hará para la frecuencia de diseño (*single point*) y utilizando las correspondientes herramientas que tiene implementadas ADS para ello (S\_StabCircle y L\_StabCircle y MaxGain).

## PRÁCTICA 2: DISEÑO DE UN AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO (LNA)



		
S_StabCircle	L_StabCircle	MaxGain
S_StabCircle1	L_StabCircle1	MaxGain1
S_StabCircle1=s_stab_circle(S,51)	L_StabCircle1=l_stab_circle(S,51)	MaxGain1=max_gain(S)

Herramientas para el cálculo de los círculos de estabilidad y ganancia máxima que tiene implementados ADS



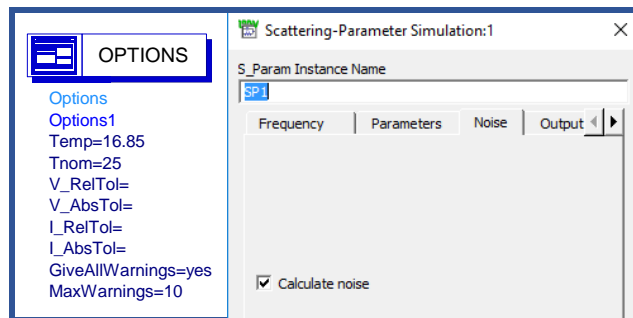
Círculos de estabilidad de la red de dos puertos

**EJERCICIO:**

- Verificar las zonas estables e inestables en la carta de Smith.
- Calcular la máxima ganancia estable

**5. Trazado del círculo de figura de ruido contante  $NF = 1.3$  dB.**

Para el trazado del círculo de figura de ruido constante se ha de habilitar previamente el análisis de ruido fijando además la temperatura a 290 °K (16.85 °C), como se muestra a continuación:



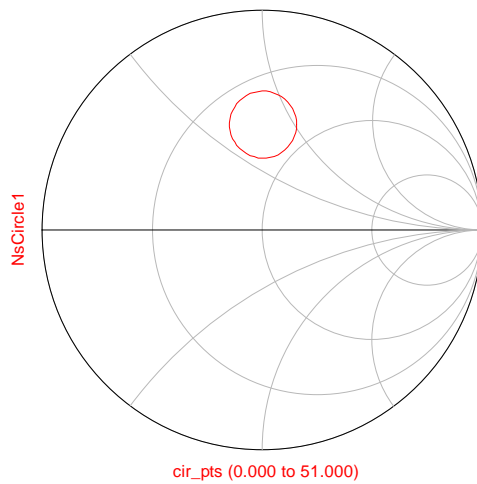
Habilitamos el análisis de ruido en el esquemático mediante el bloque OPTIONS

Trazamos el círculo de figura de ruido constante para  $NF = 1.3$  dB con la herramienta NsCircle dentro de la paleta Simulation-S\_Param.



NsCircle  
 NsCircle1  
 NsCircle1=ns\_circle(1.3,NFmin,Sopt,Rn/50,51)





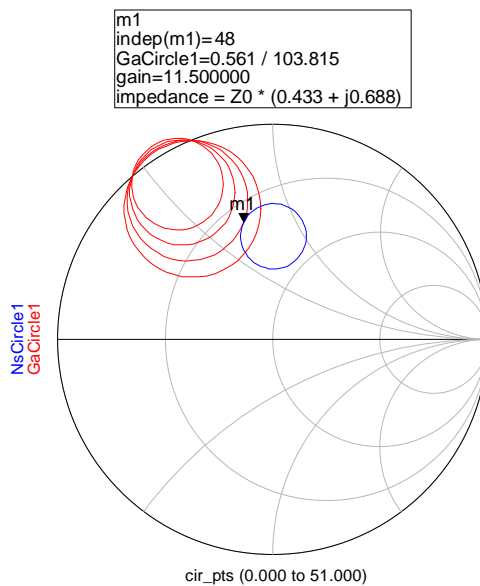
Círculo de figura de ruido constante NF = 1.3 dB

**6. Trazado de varios círculos de ganancia disponible constante y elección de la máxima cumpliendo la especificación de NF**

Con la herramienta GaCircle dentro de la paleta Simulation-S\_Param, trazamos varios círculos de ganancia disponible constante y elegiremos la máxima cumpliendo la especificación de ruido.



```
GaCircle
GaCircle1
GaCircle1=ga_circle(S,{11,11.5,12,12.5},51)
```



Círculos de figura de ruido constante NF = 1.3 dB y distintas ganancias disponibles constantes

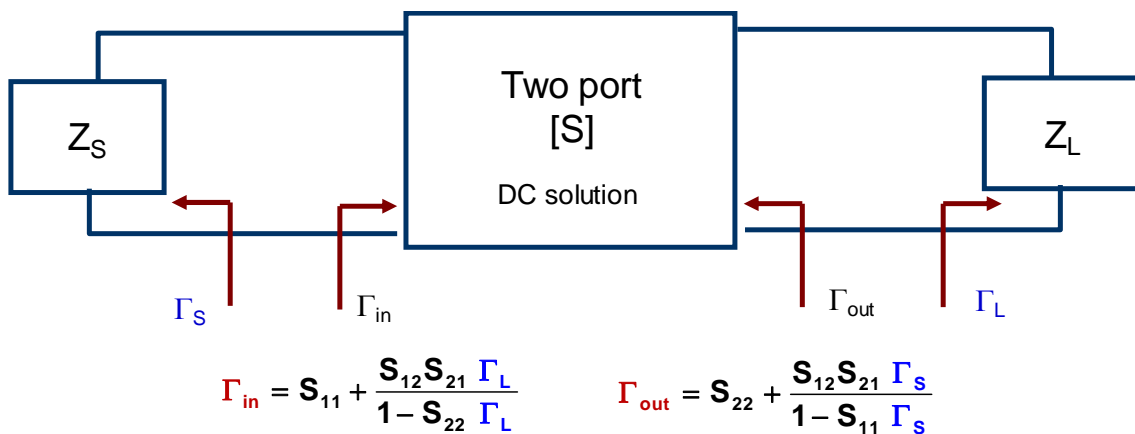
PREGUNTA:

- ¿Cuál es el valor de  $\Gamma_s$  que proporciona máxima ganancia con la especificación de NF?

7. Obtención de los valores de impedancia de fuente  $Z_s$  y carga  $Z_L$

Calculamos el valor de  $\Gamma_{out}$  para el cuadripolo cargado con  $\Gamma_s$  a la entrada y a continuación obtenemos calculamos los valores para  $Z_s$  y  $Z_L$ .

Para ello nos podemos ayudar del siguiente esquema:



En el datadisplay podemos escribir las ecuaciones necesarias para este cálculo.

**Eqn** GS = polar(0.561,103.815)

**Eqn** Gout = S(2,2) + S(1,2)\*S(2,1)\*GS/(1-S(1,1)\*GS)

**Eqn** GL = conj(Gout)

**Eqn** ZS=stoz(GS)      **Eqn** ZL = stoz(GL)

ZS
21.650 + j34.422

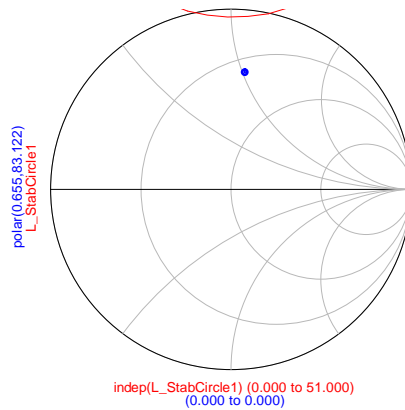
freq	ZL
4.000 GHz	22.406 + j51.135

freq	GL
4.000 GHz	0.655 / 83.122

Cálculo de los valores de impedancia de fuente  $Z_s$  y carga  $Z_L$  para el diseño

**EJERCICIO:**

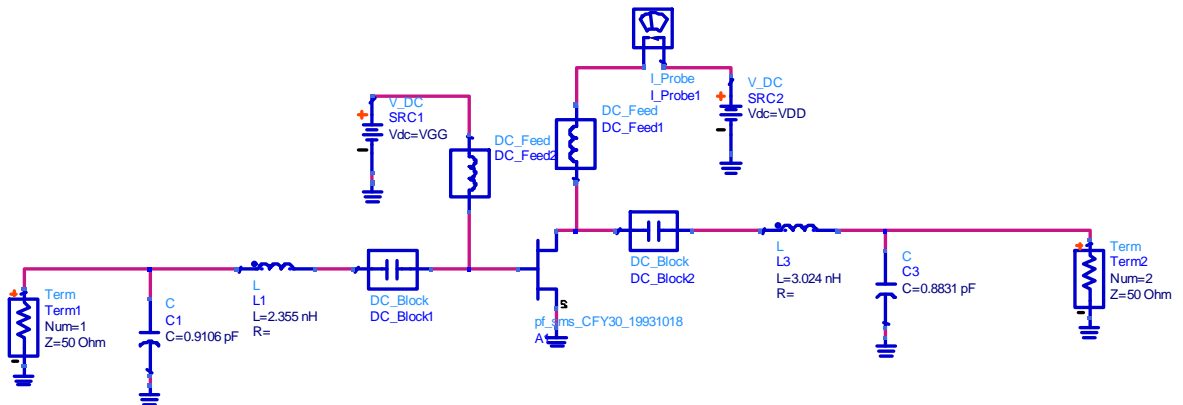
- Verificar que  $\Gamma_L$  no cae en zona inestable.



Verificación de la estabilidad de  $\Gamma_L$

**8. Síntesis de las redes de adaptación de entrada y salida**

Con las herramientas que se consideren oportunas, se calcularán las redes de adaptación de entrada y salida.



Red 1 Ejemplo de red de adaptación de entrada y salida

**EJERCICIO:**

- Diseñar las redes de adaptación con elementos discretos y con elementos distribuidos ideales. En los casos que sean viables, implementar las DC\_Feed y los DC\_block como parte de la red de adaptación.

**PREGUNTA:**

- ¿Cuáles son las principales diferencias entre ambas redes de adaptación? ¿Presentan alguna limitación?

**9. Verificación del cumplimiento de las especificaciones**

Una vez concluido el diseño comprobamos que se cumplen las especificaciones de figura de ruido y ganancia.

freq	nf	
	nf(1)	nf(2)
4.000 GHz	13.859	1.301

freq	dB(S(2,1))
4.000 GHz	11.502

Resultados de figura de ruido y ganancia para el diseño a 4 GHz