

## PROBLEMAS DE AMPLIFICADORES LINEALES DE MICROONDAS

### **PROBLEMA 1 (septiembre 06)**

Se dispone del transistor BFP405 de Infineon con el que se quiere hacer un amplificador de microondas a la frecuencia de 1.8 GHz. Se conocen los parámetros S y de ruido de dicho transistor para unas condiciones de polarización de 1V y de 10 mA:

Frec.	s <sub>11</sub>		s <sub>21</sub>		s <sub>12</sub>		s <sub>22</sub>		F <sub>opt</sub> dB	Γ <sub>opt</sub>		R <sub>n</sub> /50
	Mod	Fase	Mod	Fase	Mod.	Fase	Mod	Fase		Mod	Fase	
1.8 GHz	0.31	-106°	9.49	93°	0.045	57°	0.58	-39°	1.81	0.14	3°	0.31

Se pretende inicialmente hacer un diseño de un amplificador considerando la aproximación de unilaterialidad. Se pide:

- a) Determine las cargas ( $Z_S$  y  $Z_L$ ) que consiguen máxima ganancia de transducción unilateral ( $G_{TU}$ ) y el valor de dicha ganancia de transducción unilateral (dB).
- b) Determine entre qué valores (en dB) se encuentra la ganancia de transducción real del amplificador diseñado.
- c) ¿Cuál es la figura de ruido (en dB) del amplificador resultante?
- d) ¿Cuál es el valor de la ganancia de transducción real? Si existe discrepancia con la respuesta del apartado a, comente por qué

## PROBLEMA 2

Se dispone de un transistor FET, ATF34143 con el que se desea construir un amplificador a la frecuencia de 4 GHz. La tabla siguiente muestra los parámetros de dispersión y de ruido de dicho transistor para la configuración en emisor común para  $V_{DS}=4V$ ,  $I_{DS}=50\text{ mA}$ .

Frec.	S <sub>11</sub>		S <sub>21</sub>		S <sub>12</sub>		S <sub>22</sub>		F <sub>opt</sub>	Γ <sub>opt</sub>		R <sub>n</sub> /50
	Mod	Fase	Mod	Fase	Mod.	Fase	Mod	Fase	dB	Mod	Fase	
4 GHz												
E. C	0.64	161°	4.232	37°	0.094	3°	0.18	162°	0.53	0.43	149°	0.03

- a) Sabiendo que los valores de las circunferencias de estabilidad de fuente y de carga vienen dados en la tabla siguiente, determine las características y regiones de estabilidad a dicha frecuencia (indique claramente si son zonas exteriores o interiores del correspondiente círculo de estabilidad) (sencillo, 4 puntos)

CÍRCULO DE ESTABILIDAD DE FUENTE		CÍRCULO DE ESTABILIDAD DE CARGA	
CENTRO	RADIO	CENTRO	RADIO
2.47 <sub>-167</sub>	1.53	2.51 <sub>-38</sub>	3.36

- b) Determine el error (en dB) que se comete si se decide abordar el diseño del amplificador considerándolo como unilateral. (sencillo, 3 puntos)

A partir de aquí se considera el diseño del transistor como unilateral. Se utilizan los círculos de ganancia asociados a las redes de entrada ( $G_1$ ) en el plano  $\Gamma_S$  y a las redes de salida ( $G_2$ ), en el plano  $\Gamma_L$ . Se recuerda que dichos círculos  $G_1$  y  $G_2$  proceden de los términos asociados a las redes de entrada y salida en la expresión de la ganancia de transducción. Se pregunta:

- c) Para qué cargas se conseguiría la máxima ganancia del amplificador. ¿Es posible conseguir dicha ganancia y cuál sería su valor? (sencillo, 6 puntos)
- d) Si se decide abordar un diseño de mínimo ruido, para qué carga se consigue y cuánto queda la nueva ganancia del amplificador. (sencillo, 6 puntos)
- e) Si se pide una ganancia  $G_1$  de 2 dB, determine, aproximadamente el mínimo ruido que se puede conseguir y la carga para la que ocurre. (media, 8 puntos)
- f) Para la situación del apartado anterior y suponiendo un ancho de banda de un 4%, determine el margen dinámico del amplificador (media, 5 puntos)

Círculos de ruido		
Ruido (dB)	CENTRO	RADIO
0.53	0.43 <sub>149</sub>	0
0.70	0.37 <sub>149</sub>	0.35

**PROBLEMA 3 (FEBRERO 2003)**

Este ejercicio consta de dos apartados A y B totalmente independientes entre sí.

**Apartado A:**

Un transistor, que puede considerarse unilateral, está adaptado a la entrada y salida mediante redes pasivas y sin pérdidas de las que se conocen sus matrices de dispersión  $[S^{ent}]$  y  $[S^{sal}]$ . La ganancia del amplificador es G. Determine en función de los datos  $[S^{ent}]$  y  $[S^{sal}]$  y G

- Los parámetros  $s_{11}$  y  $s_{22}$  del transistor (fácil, 10-15 minutos; 6 puntos)
- El módulo del  $s_{21}$  (muy fácil, 5 minutos; 5 puntos)
- Particularice los parámetros anteriores para los siguientes valores numéricos:  $s_{22ent}=0.65_{-163^\circ}$   $s_{11sal}=0.42_{41^\circ}$ , la fase del parámetro  $s_{21}$  es  $60^\circ$  y la ganancia G es 12.94 dB. Determine la tabla de parámetros S que daría el fabricante para la frecuencia de trabajo (muy fácil, 2 minutos; 1 punto).

$s_{11}$		$s_{21}$		$s_{12}$		$s_{22}$	
Mod	Fase	Mod	Fase	Mod.	Fase	Mod	Fase

- En la situación planteada en la tabla anterior, ¿puede oscilar el transistor? (fácil, 3 minutos; 4 puntos)
- ¿Podría haber alguna situación en la que el transistor pudiera oscilar? (dificultad media-alta; 5 minutos; 5 puntos)
- En caso de respuesta afirmativa en b, determine el diagrama de bloques (indicando la función de cada bloque) y la topología del oscilador propuesto. (dificultad media, 5 minutos; 5 puntos)
- En caso de respuesta negativa en b, proponga una topología para conseguir que oscilara el anterior transistor indicando claramente la función de cada bloque (dificultad media, 5 minutos; 5 puntos)

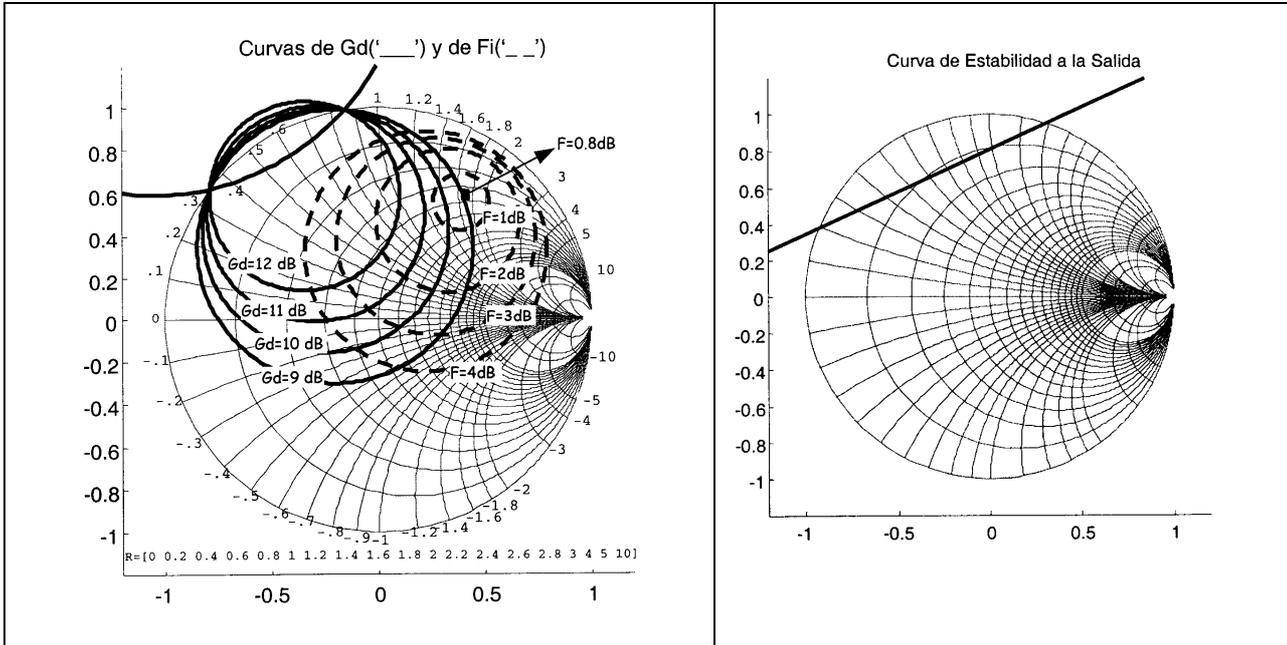
**Apartado B:**

Se ha construido un amplificador basándose en el transistor ATF-34143 del que se da una de sus hojas de características. El amplificador construido ha resultado tener una ganancia de 17 dB, figura de ruido de 0.6 dB y  $ROE_{in}=1.5$  y  $ROE_{out}=2$ .

- Si se excita por un generador de potencia 0 dBm (50 ohmios), determine la potencia de salida que aparece en la carga de salida (de 50 ohmios) (justifique todas las suposiciones que haga). (dificultad media, 15 minutos; 8 puntos)
- Si el generador de entrada posee un margen de potencia desde -10 dBm hasta 15 dBm, determine y justifique el margen de potencia que aparecerá en la carga de salida. (fácil, 5 minutos; 6 puntos)

**PROBLEMA 4 (septiembre 03)**

En las figuras que se adjuntan se representan ciertas curvas de los planos de entrada y salida de un transistor de microondas a la frecuencia de 6 GHz.



Además se conocen los datos que se muestran en la tabla adjunta:

$\Gamma_{opt}$	$Z_{opt}(\Omega)$	$\Gamma_L$ ( $\Gamma_g = \Gamma_{opt}; ROE_{sal}=1$ )	$Z_L(\Omega)$ ( $\Gamma_g = \Gamma_{opt}; ROE_{sal}=1$ )	$S_{11}$	$S_{22}$	$Z_{11}(\Omega)$	Figura de mérito (dB)
$0.7_{55^\circ}$	$35+j85$	$0.18_{88.79^\circ}$	$47+j18$	$0.7_{-105^\circ}$	$0.46_{-70^\circ}$	$13.8-j36.5$	14.36

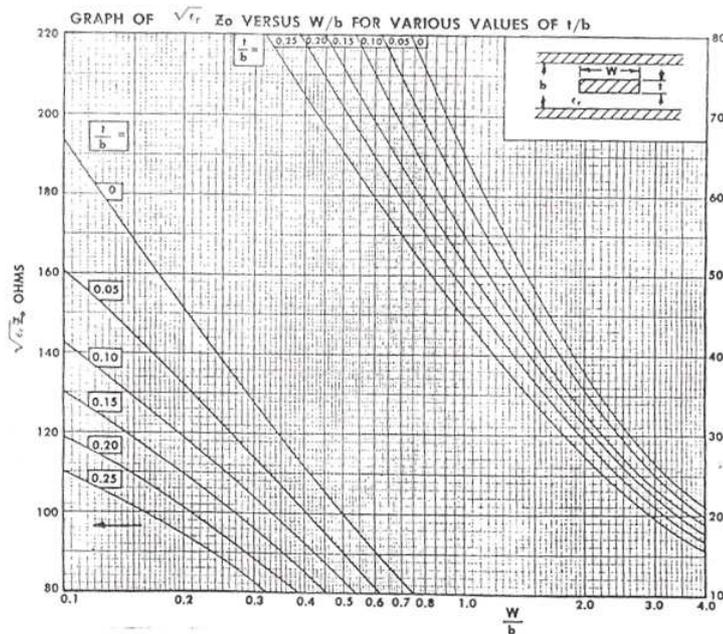
Con todo ello se pide:

- Analice la estabilidad del transistor a la frecuencia de 6 GHz (muy fácil, 3 puntos, 5 minutos)
  - Si la impedancia de generador,  $Z_g$ , es igual a  $Z_{opt}$ , y la impedancia de carga  $Z_L$  es igual a la impedancia característica  $Z_0$ , determine la figura de ruido (F), la ganancia disponible ( $G_d$ ), la ganancia de transducción (G), la ganancia de potencia ( $G_p$ ), la relación de onda estacionaria a la entrada y a la salida ( $ROE_{ent}$  y  $ROE_{sal}$ ) (dificultad media, 10 puntos, 20 minutos)
  - Calcule los módulos de los parámetros  $S_{21}$  y  $S_{12}$  (dificultad media-baja, 4 puntos, 10 minutos)
- A continuación se pretende realizar un amplificador de dos etapas que haga uso del mencionado transistor, pero SIN poner una RED ADAPTADORA INTERMEDIA (RAI) entre ambos transistores.
- Explique las diferencias y similitudes entre el diseño de dos etapas planteado y otro en el que sí se introduzca una RAI (dificultad media-alta, 5 puntos, 10 minutos)
  - Las condiciones de carga de ambos transistores son las siguientes:  $Z_{g1}=Z_{opt}$  y  $Z_{L2}=Z_0$ . (si no resolvió el apartado b), suponga que la ganancia de potencia cuando el transistor se carga con  $Z_L=Z_0$  es de 12.54dB) Bajo dichas condiciones, y siguiendo un proceso razonado, determine:
    - Si a la frecuencia de trabajo puede haber problemas de oscilación (fácil, 3 puntos, 5 minutos)
    - Figura de ruido total del amplificador (dificultad media-alta, 5 puntos, 10 minutos)
    - Ganancia de transducción transistor 1 y del transistor 2 (dificultad media, 5 puntos, 10 minutos)
    - Ganancia de transducción total (difícil, 5 puntos, 10 minutos)

**PROBLEMA 5 (septiembre 08)**

Se pretende realizar un amplificador lineal de microondas para la última etapa de un transmisor a la frecuencia de 1.8 GHz.

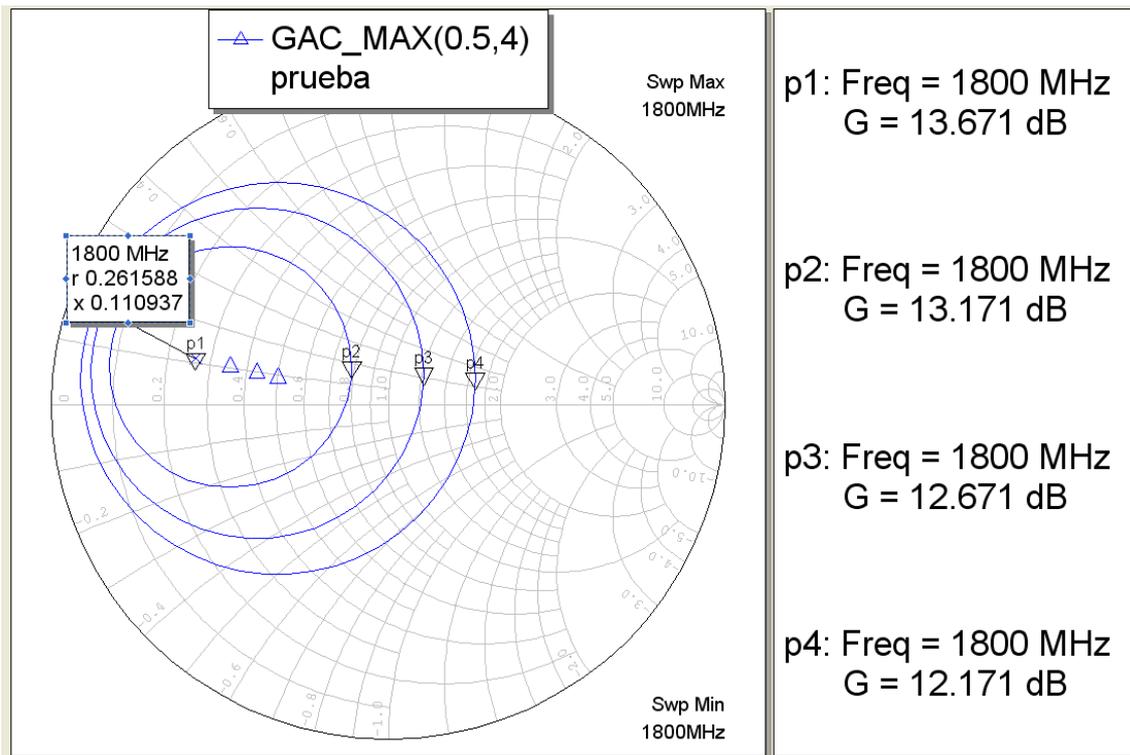
- Se ha decidido utilizar un transistor bipolar para la realización del anterior amplificador. Justifique la elección realizada (2 puntos)
- Se va a diseñar un amplificador de alta ganancia. En la hoja de catálogo dan datos de los parámetros S del transistor para el siguiente conjunto de polarizaciones: a)  $V_{CE}=1V$ ,  $I_C=1mA$ ; b)  $V_{CE}=2.7 V$ ,  $I_C=1mA$ ; c)  $V_{CE}=5V$ ,  $I_C=5mA$ . Justifique cuál de las anteriores polarizaciones elegiría para el amplificador de alta ganancia requerido. (3 puntos)
- Se quiere diseñar la red de polarización basándose en tecnología stripline. Independientemente de la respuesta anterior se ha decidido que la polarización del transistor sea  $V_{CE}=5V$ ,  $I_C=5mA$ . Se sabe que el substrato stripline tiene una permitividad de 4, un espesor de 1mm y un grosor del cobre es  $50\mu m$ . Tomando los datos que necesite del ábaco de la figura, diseñe la red de polarización del colector del transistor (no hace falta que diseñe el divisor de tensión, 5 puntos).



Para la polarización dada la tabla muestra los siguientes datos del transistor. También se muestran algunas de las curvas de ganancia disponible con saltos de 0.5 dB a partir 13.671 dB.

Frec.	$S_{11}$		$S_{22}$		$\Delta$		$F_{opt}$	$\Gamma_{opt}$		$R_n/50$
	Mod	Fase	Mod	Fase	Mod	Fase	dB	Mod	Fase	
1.8 GHz	0.24	-37°	0.69	-28°	0.51	-46.6°	1.5	0.42	39°	0.41

- Determine las cargas  $Z_L$  y  $Z_S$  que consiguen la máxima ganancia de transducción, indique el valor de dicha ganancia de transducción y la figura de ruido del amplificador resultante (4 puntos).



- e) Manteniendo la carga  $Z_L$  se ha decidido rebajar la especificación de ganancia de transducción 0.5 dB con el fin de mejorar las prestaciones de ruido. Discuta qué opciones de diseño tiene (qué parámetros puede modificar y cómo los modificaría) para disminuir el valor de la ganancia de transducción (5 puntos).
- f) De las dos opciones que había en el apartado anterior escoja una (se recomienda que la más sencilla) y determine (indicándolo en la carta de Smith) el conjunto de cargas  $Z_S$  que satisfacen la condición de diseño (ganancia de transducción 0.5 dB menor) (3 puntos).
- g) En las condiciones del apartado anterior, demuestre si es posible conseguir una figura de ruido de 3 dB. En caso afirmativo indique el conjunto de cargas que lo satisfacen (3 puntos).

Se decide hacer un amplificador de dos etapas en base a dos transistores idénticos como los descritos en los apartados anteriores. En el apartado h) se planteará un diseño sin red de adaptación intermedia mientras que en el apartado j) con red de adaptación intermedia. La cargas  $Z_{L2}$  y  $Z_{S1}$  son las del apartado d).

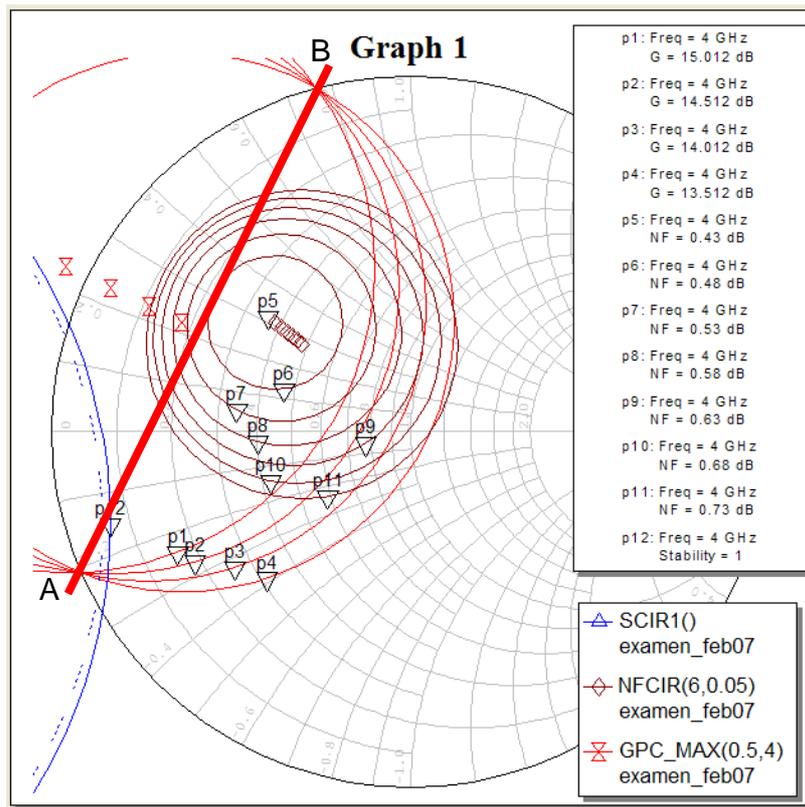
- h) Si no hay red de adaptación intermedia, ¿hay posibilidades de que oscile el amplificador de dos etapas? ¿Cuánto vale la ganancia de transducción total (deduzca de forma rápida la expresión de la ganancia de transducción para las dos etapas)? (5 puntos)
- i) Se coloca una red de adaptación intermedia sin pérdidas para conseguir que  $Z_{S2} = Z_S = Z_{S1}$ . Determine la red de adaptación basada en un simple stub colocado junto al segundo transistor y utilizando el sustrato del apartado c. ¿Cuánto vale la ganancia de transducción y la carga  $Z_{L1}$  en estas condiciones? (10 puntos)

**PROBLEMA 6 (febrero 07)**

Se pretende realizar un amplificador de microondas de bajo ruido a la frecuencia de 4 GHz. Para ello se utiliza el transistor ATF34143 del que se representan, en la figura adjunta, las curvas de ganancia de potencia (representada a partir del valor de su figura de mérito, MSG), de ruido y de estabilidad a la entrada (plano  $\Gamma_S$ ). (Además se adjuntan los centros y radios de las circunferencias representadas para ayudar a una posible representación en la carta de Smith adjunta que se utilizará para la resolución del problema). También se sabe el valor de los siguientes parámetros:  $s_{11}$  ( $0.66_{166^\circ}$ ),  $s_{22}$  ( $0.24_{165^\circ}$ ) y el determinante de la matriz de parámetros S,  $\Delta$ , ( $0.37_{-128.5^\circ}$ ).

CÍRCULO DE ESTABILIDAD DE FUENTE (de entrada)	
CENTRO	RADIO
$2.28_{173^\circ}$	1.43

CÍRCULOS DE GANANCIA DE POTENCIA			CÍRCULOS DE RUIDO		
Ganancia (dB)	Centro	Radio	F(dB)	Centro	Radio
15.0	$1.07_{154.3^\circ}$	0.86	0.43	$0.51_{141^\circ}$	0
14.5	$0.93_{154.3^\circ}$	0.80	0.53	$0.46_{141^\circ}$	0.26
14.0	$0.81_{154.3^\circ}$	0.77	0.63	$0.42_{141^\circ}$	0.36
13.5	$0.71_{154.3^\circ}$	0.76	0.73	$0.39_{141^\circ}$	0.43



- Dibuje de forma aproximada la circunferencia de estabilidad de carga. ¿Cuál es el argumento del centro de la circunferencia de estabilidad de carga? Indique en el dibujo las cargas para las que el transistor anterior es estable. (4 puntos)
- Determine los módulos de los parámetros  $s_{21}$  y  $s_{12}$ . ¿Qué indica la resistencia normalizada de ruido y qué valor tiene? (6 puntos)
- Se quiere construir un amplificador de una sola etapa que tenga una ganancia de potencia de 14 dB, una figura de ruido de 0.73 dB y que se encuentre adaptado a la entrada. Determine las cargas  $Z_L$  y  $Z_S$  que consiguen el anterior diseño, así como la

ganancia de transducción, ganancia disponible y ROE a la entrada y a la salida. (10 puntos)

- d) Se decide construir un amplificador de dos etapas con el transistor del apartado c donde las cargas que se conocen son ( $Z_{S1} = Z_S$ ;  $Z_{s2}=Z_0$  y  $Z_{L2} = Z_L$ ). Se utiliza una red de adaptación intermedia ideal sin pérdidas (RAI). Determine las posibles impedancias  $Z_{L1}$  que hacen viable el anterior diseño y la ganancia de transducción y el ruido que se genera en el amplificador de dos etapas. (10 puntos)

**PROBLEMA 7 (SEPTIEMBRE 07)**

Se pretende realizar un amplificador de microondas de bajo ruido a la frecuencia de 4 GHz para comparar las prestaciones de la realización de un diseño unilateral frente a otro bilateral. Para ello se utiliza el transistor ATF34143 del que se dan los siguientes datos:

Frec.	S <sub>11</sub>		S <sub>21</sub>		S <sub>12</sub>		S <sub>22</sub>		F <sub>opt</sub>	Γ <sub>opt</sub>		R <sub>n</sub> /50
	Mod	Fase	Mod	Fase	Mod.	Fase	Mod	Fase	dB	Mod	Fase	
4 GHz	0.66	166°	3.68	38°	0.116	-8°	0.24	165°	0.43	0.44	141°	0.03

El parámetro Δ vale, (0.37<sub>-128.5°</sub>).

Para la realización del problema puede utilizar las fórmulas que se dan a continuación:

GANANCIA DE TRANSDUCCIÓN						Figura de ruido					
$G_T = \frac{ s_{21} ^2 \cdot (1 -  \Gamma_S ^2) \cdot (1 -  \Gamma_L ^2)}{ (1 - s_{11} \cdot \Gamma_S) \cdot (1 - s_{22} \cdot \Gamma_L) - s_{21} \cdot s_{12} \cdot \Gamma_S \cdot \Gamma_L ^2}$						$f = f_0 + \frac{4 \cdot r_n \cdot  \Gamma_S - \Gamma_{opt} ^2}{(1 -  \Gamma_S ^2) \cdot  1 + \Gamma_{opt} ^2}$					
CÍRCULO DE GANANCIA UNILATERAL G <sub>1</sub>			CÍRCULO DE GANANCIA UNILATERAL G <sub>2</sub>								
CENTRO	RADIO	PARÁM	CENTRO	RADIO	PARÁM						
$\frac{g_S \cdot s_{11}^*}{1 - (1 - g_S) \cdot  s_{11} ^2}$	$\frac{\sqrt{1 - g_S} \cdot (1 -  s_{11} ^2)}{1 - (1 - g_S) \cdot  s_{11} ^2}$	$g_S = \frac{G_S}{G_{Smax}}$	$\frac{g_L \cdot s_{22}^*}{1 - (1 - g_L) \cdot  s_{22} ^2}$	$\frac{\sqrt{1 - g_L} \cdot (1 -  s_{22} ^2)}{1 - (1 - g_L) \cdot  s_{22} ^2}$	$g_L = \frac{G_L}{G_{Lmax}}$						
CÍRCULOS DE GANANCIA DE POTENCIA											
Parámetro normalizado		CENTRO		RADIO							
$g_P = \frac{G_P}{ s_{21} ^2}$		$\frac{(s_{22}^* - \Delta^* \cdot s_{11}) \cdot g_P}{( s_{22} ^2 -  \Delta ^2) \cdot g_P + 1}$		$\frac{(1 - 2K \cdot g_P \cdot  s_{12} \cdot s_{21}  + g_P^2  s_{12} \cdot s_{21} ^2)^{1/2}}{( s_{22} ^2 -  \Delta ^2) \cdot g_P + 1}$							
CÍRCULOS DESADAPTACIÓN ENTRADA			CÍRCULOS DESADAPTACIÓN SALIDA								
<p>Coefficiente de desadaptación: <math>M_1 = \frac{4 \cdot R_S \cdot R_{IN}}{ Z_S + Z_{IN} ^2} = \frac{(1 -  \Gamma_{IN} ^2) \cdot (1 -  \Gamma_S ^2)}{ 1 - \Gamma_{IN} \cdot \Gamma_S ^2} = 1 - \rho^2</math> con <math>\rho = \frac{ROE - 1}{ROE + 1}</math></p>											
CENTRO		RADIO		CENTRO		RADIO					
$\Gamma_{sM} = \frac{M_1 \cdot \Gamma_{in}^*}{1 - (1 - M_1) \cdot  \Gamma_{in}^* ^2}$		$R_{sM} = \frac{\sqrt{1 - M_1} \cdot (1 -  \Gamma_{in}^* ^2)}{1 - (1 - M_1) \cdot  \Gamma_{in}^* ^2}$		$\Gamma_{iM} = \frac{M_2 \cdot \Gamma_{out}^*}{1 - (1 - M_2) \cdot  \Gamma_{out}^* ^2}$		$R_{iM} = \frac{\sqrt{1 - M_2} \cdot (1 -  \Gamma_{out}^* ^2)}{1 - (1 - M_2) \cdot  \Gamma_{out}^* ^2}$					

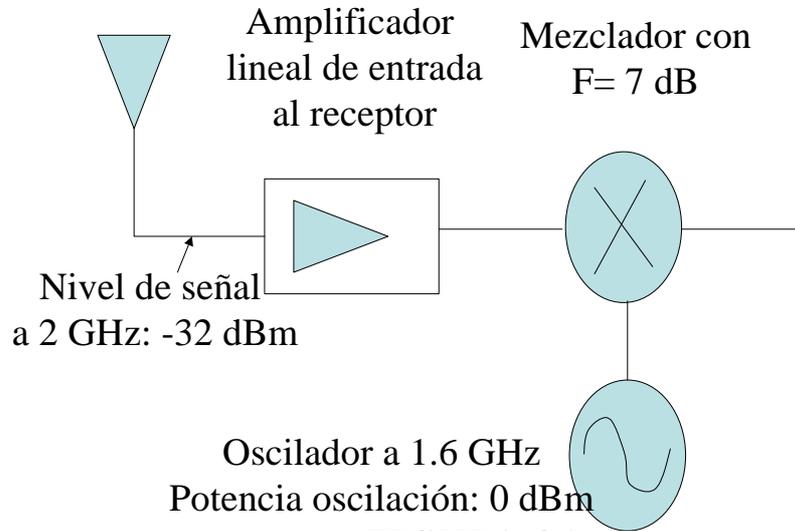
Se pide:

- Determine la circunferencia de estabilidad de carga, dibújela en la carta de Smith e indique el comportamiento del transistor respecto a estabilidad y las cargas (Z<sub>L</sub>) que hacen que el transistor sea estable (5 puntos, haga los cálculos que necesite en la parte posterior y dibuje la circunferencia en la carta de Smith de la última página)

- Se afronta un diseño unilateral, justifique si es válida la aproximación de unilateralidad para este diseño (1 punto)
- Independientemente de la respuesta del apartado anterior, se hace un primer diseño unilateral en el que se quiere conseguir la máxima ganancia de transducción unilateral ( $G_{TUmax}$ ). Determine las cargas ( $Z_L$  y  $Z_S$ ) que consiguen  $G_{TUmax}$ , el valor de dicha  $G_{TUmax}$  (en dB) y el intervalo en que se encuentra la correspondiente ganancia de transducción bilateral (en dB). (6 puntos)
- Se hace un segundo diseño en donde se busca un amplificador que tenga el menor ruido posible. Determine las cargas ( $Z_L$  y  $Z_S$ ) que consiguen un amplificador con el menor ruido posible y la máxima ganancia de transducción posible. Haciendo uso de las circunferencias de ganancia unilateral que estime necesarias, determine el valor de la ganancia de transducción unilateral (determine las circunferencias que necesite con saltos de 1 dB) y el intervalo en que se encuentra la ganancia de transducción bilateral y el ruido bilateral (8 puntos, conteste por detrás y en la carta de Smith de la última página)
- Se sabe que la ganancia de potencia asociada a las cargas del apartado anterior es 14.7 dB. Sin hacer uso de la primera expresión que aparece en la tabla ( $G_T$ ), determine la ganancia de transducción y demuestre que se encuentra en el intervalo dado en el apartado anterior. (7 puntos)
- Sin modificar la ganancia de potencia, se quiere aumentar la ganancia de transducción del anterior amplificador en 1 dB. Determine las cargas ( $Z_L$  y  $Z_S$ ) que consiguen la ganancia de transducción pedida con el menor ruido posible. Determine también la figura de ruido asociada a este nuevo diseño. (8 puntos, utilice la carta de Smith de la última página)

### PROBLEMA 8 (FEBRERO 01)

Se pretende abordar el diseño de un receptor para una señal en la banda de 2 GHz. La figura 4.1 muestra el diagrama de bloques del receptor de las partes que se van a estudiar.



**FIGURA 4.1**

De este receptor sólo se pretende diseñar el amplificador lineal de entrada del receptor, la red de polarización del mezclador y un dispositivo (que no aparece dibujado en el diagrama de bloques y que introduce las señales procedentes del amplificador y oscilador al mezclador como se explica en el apartado c). Además se sabe que la tecnología para realizar los circuitos impresos va a ser stripline, para lo que dispone de placas de substrato con una permitividad relativa de 4 y una tangente de pérdidas de  $10^{-4}$ , espesor del metal 35 micras y grosor de las placas 0.5 mm. Además se sabe que para abordar el diseño del amplificador y del mezclador se pueden utilizar dos posibles transistores A y B cuyas hojas de catálogo se adjuntan.

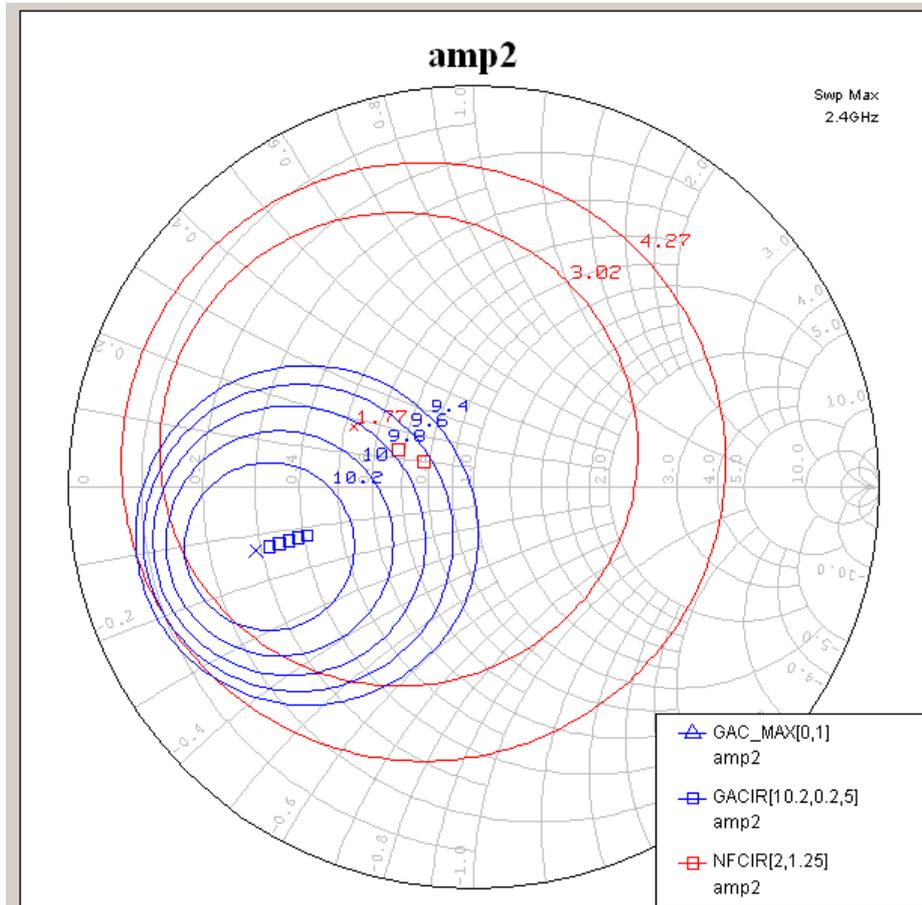
- Basándose, exclusivamente, en las hojas de catálogo discuta y haga una elección entre los transistores A y B para abordar el diseño del amplificador lineal de entrada del receptor. Proponga unas especificaciones de diseño razonables para la construcción de dicho amplificador justificando todas las elecciones.
- Se decide abordar el diseño de dicho amplificador con la elección que usted ha hecho en el apartado anterior. Para ello dispone en estas dos columnas de las circunferencias de estabilidad, ganancia, ruido y transformados conjugados de la ganancia para cada uno de los transistores A ó B. Realice el diseño del amplificador indicando claramente al final cuáles son las características del amplificador deseado.
- En la construcción del mezclador se ha decidido utilizar el transistor A. Se supone que la polarización para la que se facilitan los parámetros S es apropiada para el diseño del mezclador. En este apartado se pretende diseñar la red de polarización de entrada y salida del transistor que constituye el mezclador. Sabiendo que el valor de  $V_{BE}$  es de 0.7V y  $V_{CC}=10$  V, diseñe completamente la red de polarización de entrada y la red de polarización de salida utilizando el menor número de elementos concentrados posibles (dé las dimensiones físicas de cada tramo). Para la implementación de las resistencias se dispone en el laboratorio de resistencias de montaje superficial con tres tipos de formatos (A (2 mm), B(1.2 mm) y C (0.6 mm) donde entre paréntesis se indica la longitud del resistor). Elija qué formato utilizaría para la construcción de las redes de polarización de entrada y salida.

d) Por último se pretende diseñar el dispositivo que introduzca las señales al transistor que hará las veces de mezclador. Se sabe que la señal procedente del amplificador y la procedente del oscilador deben inyectarse conjuntamente a la base del transistor y con el mismo nivel de señal. Describa el dispositivo que va a utilizar y realice el trazado físico del mismo en tecnología stripline con el material presentado anteriormente.

<b>TRANSISTOR A (<math>\Delta=0.12_{138}</math>)</b>				<b>TRANSISTOR B (<math>\Delta=0.30_{64}</math>)</b>			
<b>Estabilidad fuente</b>		<b>Estabilidad carga</b>		<b>Estabilidad fuente</b>		<b>Estabilidad carga</b>	
Centro	Radio	Centro	Radio	Centro	Radio	Centro	Radio
1.48 <sub>-161.7</sub>	0.40	2.14 <sub>44.4</sub>	1.0	1.64 <sub>103</sub>	0.93	23.02 <sub>-56</sub>	23.45
<b>Círculos de ganancia</b>				<b>Círculos de ganancia</b>			
Ganancia (dB)	Centro	Radio		Ganancia (dB)	Centro	Radio	
14.5	0.70 <sub>44.4</sub>	0		13.5	0.99 <sub>124</sub>	1.08	
14.2	0.67 <sub>44.4</sub>	0.16		13.2	0.92 <sub>124</sub>	1.05	
13.9	0.64 <sub>44.4</sub>	0.23		12.9	0.86 <sub>124</sub>	1.02	
13.6	0.61 <sub>44.4</sub>	0.28		12.6	0.80 <sub>124</sub>	0.98	
13.3	0.58 <sub>44.4</sub>	0.33		12.3	0.75 <sub>124</sub>	0.97	
<b>Círculos de ruido</b>				<b>Círculos de ruido</b>			
F(dB)	Centro	Radio		F(dB)	Centro	Radio	
2	0.24 <sub>-179</sub>	0		0.46	0.76 <sub>63</sub>	0	
2.3	0.21 <sub>-179</sub>	0.35		0.8	0.65 <sub>63</sub>	0.27	
2.6	0.18 <sub>-179</sub>	0.47		1.1	0.57 <sub>63</sub>	0.38	
2.9	0.16 <sub>-179</sub>	0.56		1.4	0.50 <sub>63</sub>	0.45	
3.2	0.14 <sub>-179</sub>	0.62		1.7	0.45 <sub>63</sub>	0.52	
<b>Círculos transformados conjugados de ganancia</b>				<b>Círculos transformados conjugados de ganancia</b>			
Ganancia (dB)	Centro	Radio		Ganancia (dB)	Centro	Radio	
14.5	0.82 <sub>-162</sub>	0		13.5	1.8 <sub>103</sub>	1.03	
14.2	0.81 <sub>-162</sub>	0.05		13.2	1.7 <sub>103</sub>	0.94	
13.9	0.80 <sub>-162</sub>	0.07		12.9	1.6 <sub>103</sub>	0.86	
13.6	0.80 <sub>-162</sub>	0.09		12.6	1.5 <sub>103</sub>	0.80	
13.3	0.79 <sub>-162</sub>	0.11		12.3	1.4 <sub>103</sub>	0.76	

**PROBLEMA 9 (FEBRERO 04)**

Se pretende realizar un receptor para un sistema WLAN a la frecuencia de 2.4 GHz. Para ello se va a construir un amplificador como primera etapa del receptor con el transistor bipolar AT-32063. Se ha elegido una polarización de  $V_{CE}=1\text{ V}$  e  $I_C = 2\text{ mA}$  en un transistor en que  $V_{CEMAX}=6.5\text{ V}$ ,  $V_{CESAT}=0.2\text{ V}$  e  $I_{CMAX}=32\text{ mA}$ . Además se dan las curvas de ruido (Nfcir) y de ganancia disponible (Gacir y gacirmax) para dicho transistor y polarización a la frecuencia de 2.4 GHz. Dichas gráficas se muestran a continuación:



Además se conocen los siguientes datos

$\Gamma_{opt}$	$Z_{opt}(\Omega)$	$\Gamma_L$ ( $\Gamma_g = \Gamma_{opt}; ROE_{sal}=1$ )	$Z_L(\Omega)$ ( $\Gamma_g = \Gamma_{opt}; ROE_{sal}=1$ )	$S_{11}$	$S_{22}$	$Z_{11}(\Omega)$	$\Delta =$ $S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}$
$0.33_{153^\circ}$	$26+j9$	$0.63_{51.9}$	$49+j80$	$0.14_{-169^\circ}$	$0.56_{-43^\circ}$	$37.5-2.5j$	$0.03-0.28j$

- Discuta si es razonable la elección del transistor y de la polarización para construir el amplificador correspondiente a la primera etapa del receptor (dificultad media-baja, 15 minutos, 6 puntos, conteste por detrás)
- Analice la estabilidad del transistor a la frecuencia de 2.4 GHz (fácil, 10 minutos, 3 puntos)
- Si la impedancia de generador,  $Z_g$ , es igual a  $Z_{opt}$ , y la impedancia de carga  $Z_L$  es igual a la impedancia característica  $Z_0$ , determine la figura de ruido (F), la ganancia disponible ( $G_d$ ), la ganancia de transducción (G), la ganancia de potencia ( $G_p$ ), la relación de onda estacionaria a la entrada y a la salida ( $ROE_{ent}$  y  $ROE_{sal}$ ) (dificultad media-baja, 10 puntos, 20 minutos; si lo necesita, puede utilizar la parte de detrás)
- La máxima ganancia de potencia que puede conseguirse y la carga para la que se consigue (dificultad media, 7 puntos, 10 minutos)

- e) Si se mantiene la  $Z_g$  del apartado c y se permite una  $ROE_{SAL}$  de 2, razone y determine la carga  $Z_L$  que, para esta nueva situación, proporciona la mayor ganancia de potencia y el valor de dicha ganancia de potencia (dificultad media-baja, 10 minutos, 5 puntos; utilice la parte de detrás para contestar)

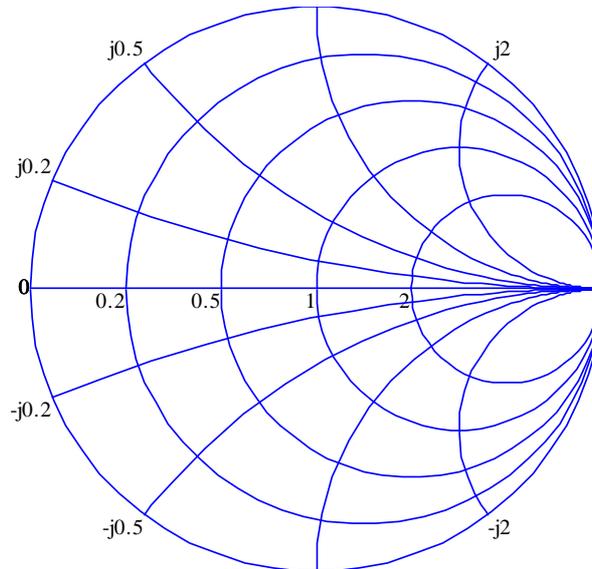
**PROBLEMA 10 (febrero 01)**

Se dispone de un transistor ATF13336 del que se definen sus circunferencias de estabilidad a una frecuencia de 8 GHz

Frec.	$s_{11}$		$s_{21}$		$s_{12}$		$s_{22}$		$F_{opt}$ dB	$\Gamma_{opt}$		$R_n/50$
	Mod	Fase	Mod	Fase	Mod.	Fase	Mod	Fase		Mod	Fase	
2GHz Emisor común	0.55	144	3.1	-4	0.135	-30	0.33	-110	1.2	0.41	-150	0.22

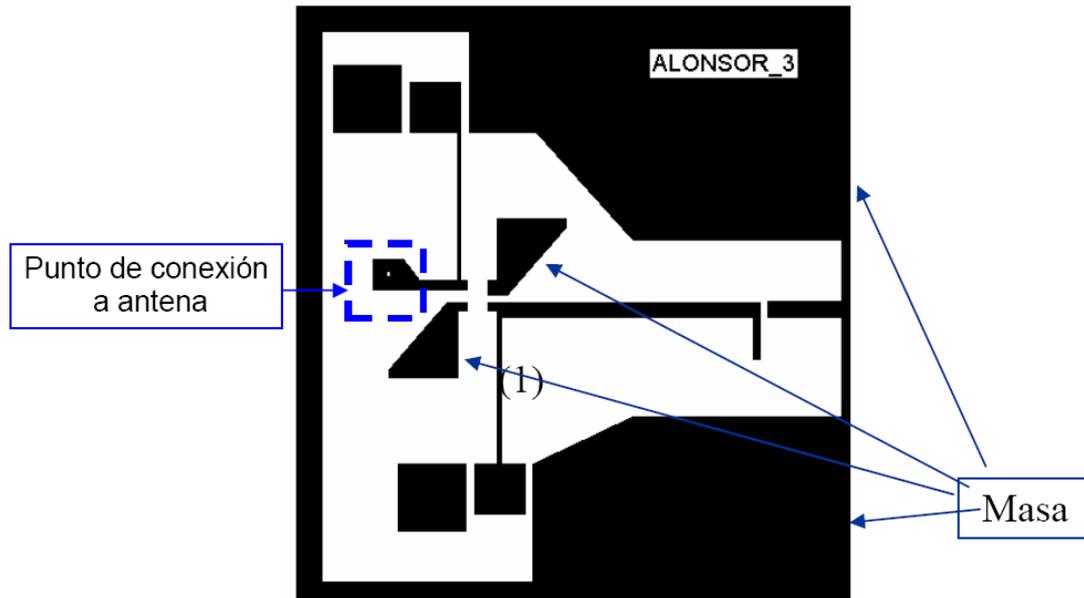
CÍRCULO DE ESTABILIDAD DE FUENTE		CÍRCULO DE ESTABILIDAD DE CARGA	
CENTRO	RADIO	CENTRO	RADIO
3.68 <sub>-130</sub>	2.77	9.03 <sub>-36</sub>	9.90

- a) Determine las características y regiones de estabilidad del transistor a dicha frecuencia (5 puntos) (márquelas aproximadamente en la carta de Smith adjunta)
- b) Discuta sobre la posibilidad práctica de utilizar el anterior transistor como un oscilador (3 puntos)
- c) ¿En qué condiciones se puede utilizar el anterior transistor como amplificador capaz de proporcionar la MAG? (3 puntos)



**PROBLEMA 11 (febrero 2007)**

La figura representa el layout de una antena activa en recepción con bajo ruido a 2 GHz (puede considerarla como un amplificador en donde se ha cambiado la red de adaptación de entrada por una conexión directa a la antena que es quien suministra la impedancia de fuente). El transistor es un FET con 4 patas (con el surtidor con doble pata cortocircuitada internamente).



- Identifique en la figura las redes de polarización de entrada y de salida y explique cuáles son las funciones de la red de polarización. (6 puntos)
- El circuito se ha hecho sobre un sustrato con una permitividad efectiva de 4. La línea marcada como (1) tiene una anchura de 0.2 mm. Justifique la elección de dicho valor de anchura y determine de forma razonada la longitud de la misma. (4 puntos)
- El transistor es un FET que puede funcionar con las siguientes polarizaciones:

$V_{gs}$	$V_{ds}$	$I_{ds}$
-0.5 V	2 V	20 mA
1.5 V	2 V	20 mA
-0.5 V	4 V	50 mA
1.5 V	4 V	50 mA

Coloque el FET en el layout y elija de forma razonada una polarización adecuada de funcionamiento. ( $V_{DSmax}=5.5V$ ,  $I_{DSsat}=100mA$ ) (4 puntos)

- Se quiere diseñar la red de polarización de drenador. Para ello se conecta un generador de  $V_{cc}=10$  V. Indique a qué punto se coloca dicho generador y dónde colocaría los elementos pasivos que se necesiten y qué valores tendrían. (4 puntos)