

## Capítulo 2: Amplificadores de microondas

Objetivo: Diseño de amplificadores de microondas. Se partirá de los parámetros medidos o proporcionados por el fabricante para llegar a construir un amplificador con las características pedidas de: estabilidad, ganancia, ruido, ancho de banda y desadaptación a la entrada y salida pedida ( $ROE_{in}$  y  $ROE_{out}$ ).

Indispensable, desde el punto de vista de diseño, el manejo de la carta de Smith.

También se verán características adicionales de diseño como estrategias de polarización.

Por último se contemplarán los tipos de amplificadores de potencia.

# ÍNDICE



ión.

es de la transformación bilineal.

de diseño de amplificadores de microondas en transmisión.

d de amplificadores de microondas: circunferencias de estabilidad.

en amplificadores de microondas: circunferencias de ganancia.

amplificadores de microondas: circunferencias de ruido.

ción de entrada y salida: circunferencias de desadaptación.

dores de banda ancha.

ón de amplificadores.

dores de potencia.

nes.

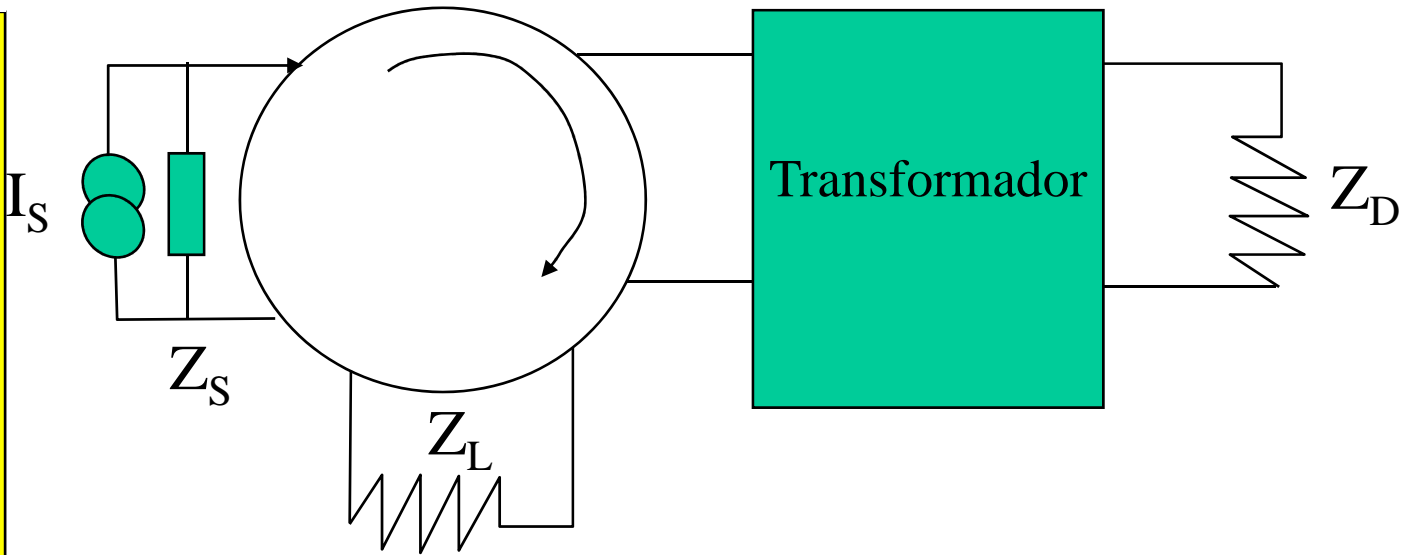


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# INTRODUCCIÓN A AMPLIFICADORES EN MICROONDAS (I)

plificadores paramétricos a reflexión construidos básicamente con  
y circuladores (desde 1958 hasta década de 1970)

el concepto de resistencia negativa del diodo varáctor, diodo Gunn o Impatt.



realizadas en el transistor bipolar durante la década de los 70 le permitieron que  
ajajar como oscilador hasta 10 GHz.

empo se empezaron a utilizar BJTs y MESFETs en circuitos amplificadores en

turización y reducción de efectos parásitos de L y C.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
...  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## INTRODUCCIÓN (II): DISEÑO DE UN AMPLIFICADOR DE MICROONDAS EN TRANSMISIÓN

Se trata del diseño de amplificadores basados en dispositivos semiconductores. El entorno de los dispositivos será en transmisión.

En esta tecnología híbrida, se integran líneas de transmisión impresas con componentes integrados (tecnología MIC, microwave integrated circuits).

Se presentará la tecnología monolítica (MMIC, monolithic microwave integrated circuits) donde todas las redes aparecen integradas en un circuito único.

En cualquier amplificador en tecnología híbrida requiere distintas tareas. Estas tareas marcan las tareas de diseño, propiamente dicho.

Selección del dispositivo transistor.

Optimización del mismo.

Selección del sustrato.

**Diseño de la red de polarización.**

**Diseño de la red de microondas o radiofrecuencia.**

Verificación y ajuste del amplificador.

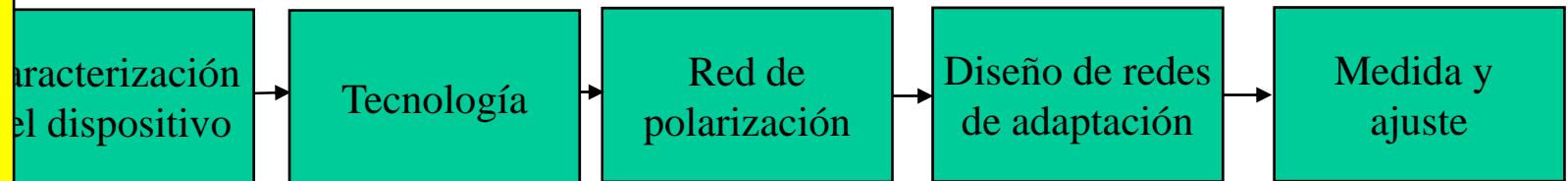
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# INTRODUCCIÓN (III): ÑO DE UN AMPLIFICADOR DE MICROONDAS

Tipo: bipolar, FET  
 Configuración: EC, BC  
 Clase: A, AB, B, C  
 Fabricante

- Cálculo de impedancias
- Síntesis de las redes

Selección sustrato



del fabricante  
 terización propia

- Selección del punto de trabajo
- Circuito DC para obtenerlo
- Red de desacoplo
- Red de polarización independiente del circuito

Elementos ajustables

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



## RODUCCIÓN (IV): elección del dispositivo

ogía bipolar se utiliza para aplicaciones de hasta 8 GHz, en  
lores de ganancia (no son recomendables en bajo ruido) y para  
s por su bajo ruido de fase.

o de la tecnología de los FET:

icaciones donde el ruido sea importante es la primera opción.

movilidad de los dispositivos: se pueden alcanzar frecuencias mayores.

asta 40 GHz basados en homoestructuras.

asta 120 GHz basados en heteroestructuras.

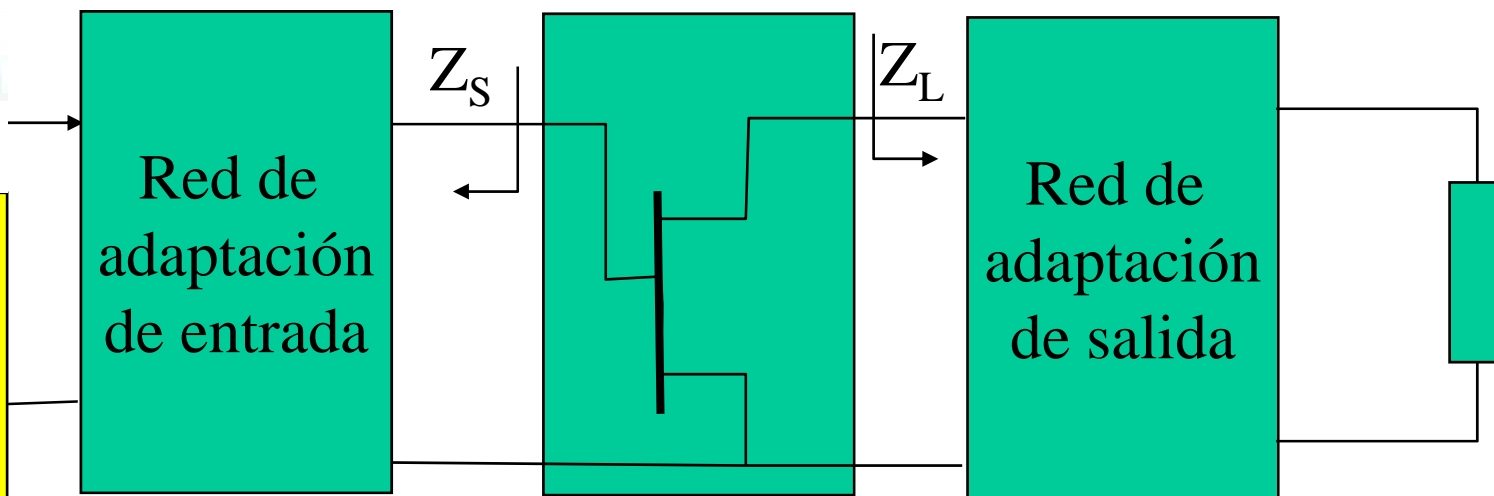
efectos parásitos provocan realimentación del dispositivo que pueden  
cilar:

ancia de la fuente a masa

idad entre drenador (colector) y puerta (base)

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# SECCIÓN (V): diseño de la red de radiofrecuencia



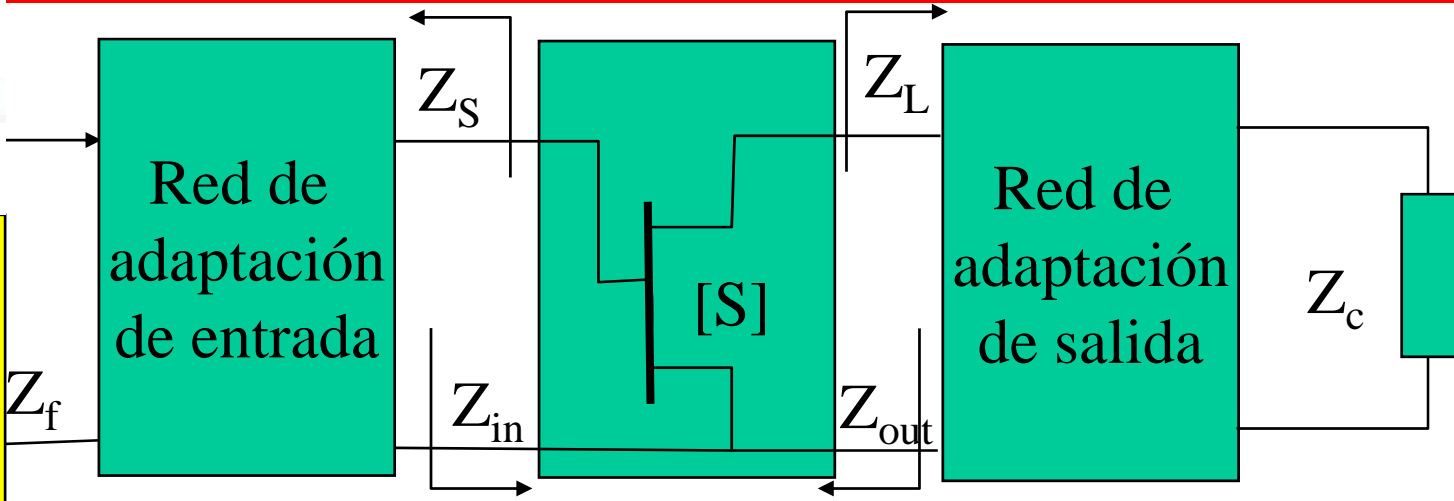
de este instante se prestará atención al diseño de la red de radiofrecuencia y se dejará para el final del tema la red de polarización.

de radiofrecuencia tendrá por objeto sintetizar las impedancias de entrada ( $Z_S$ ) y de carga ( $Z_L$ ) para conseguir las propiedades que se buscan.

Estas impedancias se consiguen por las llamadas redes de adaptación de entrada y salida. Estas redes, más que redes de adaptación, son redes de transformación de impedancias que transforman las impedancias terminales en impedancias deseadas ( $Z_S$ ) y ( $Z_L$ ).



# INTRODUCCIÓN (VI): objetivo



Objetivo:  
 Determinación de las impedancias de carga  $Z_S$  y  $Z_L$  con que es necesario cargar el transistor, definido a partir de los parámetros  $S$ , para conseguir las características de diseño pedidas al amplificador: estabilidad, ganancia, ruido, desadaptación a la entrada y a la salida (desajuste entre  $Z_S$  y  $Z_{in}$  ó  $Z_L$  y  $Z_{out}$ )

Carta de Smith

Transformación bilineal:  $Z_{in} = f([S], Z_L)$ ;  $Z_{out} = f([S], Z_S)$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70





# TRANSFORMACIÓN BILINEAL (I)

artida:

geométrico de las cargas objeto de diseño suele ser una circunferencia.

ión entre cargas en dos planos diferentes viene dada por una transformación

circunferencia en un plano A, mediante una transformación bilineal, se  
ma en otra circunferencia en un plano B

uación de una circunferencia: circunferencia, centro  $(x_o, y_o)$  y radio R

$$(x - x_o)^2 + (y - y_o)^2 = R^2 \Rightarrow x^2 + y^2 - 2xx_o - 2yy_o + (x_o^2 + y_o^2 - R^2) = 0$$

Smith trabaja en el plano complejo, luego es conveniente trabajar en

on números complejos:  $z=x+jy$ ,  $z_o=x_o+jy_o$

$$|Z - Z_o|^2 - R^2 = 0 \Rightarrow (Z - Z_o) \cdot (Z - Z_o)^* - R^2 = 0$$

$$Z \cdot Z^* - Z \cdot Z_o^* - Z^* \cdot Z_o + (Z_o \cdot Z_o^* - R^2) = 0 \quad (1)$$

# TRANSFORMACIÓN BILINEAL (II)

El paso es la transformación de un lugar geométrico en un plano en otro métrico en otro plano.

Transformación bilineal del plano complejo  $Z$  en el plano complejo  $W$

$$W = \frac{A \cdot Z + B}{C \cdot Z + D} \Rightarrow |W|^2 = \rho^2 \Rightarrow \frac{A \cdot Z + B}{C \cdot Z + D} \cdot \frac{A^* \cdot Z^* + B^*}{C^* \cdot Z^* + D^*} - \rho^2 = 0$$

Entonces: circunferencias del plano  $Z$  se transforman en circunferencias en  $W$  y viceversa.

$$\rho^2 C \cdot C^* - Z \cdot (\rho^2 C \cdot D^* - A \cdot B^*) - Z^* \cdot (\rho^2 D \cdot C^* - B \cdot A^*) + (B \cdot B^* - \rho^2 D \cdot D^*) = 0 \quad (2)$$

Usando (1) y (2), la circunferencia  $|W|^2 = \rho^2$  resulta en una circunferencia en  $Z$  con centro y radio:

$$Z_o = \frac{(\rho^2 D \cdot C^* - B \cdot A^*)}{|A|^2 - \rho^2 \cdot |C|^2}; R = \rho \cdot \frac{|A \cdot D - B \cdot C|}{\left| |A|^2 - \rho^2 \cdot |C|^2 \right|}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# DISEÑO DE AMPLIFICADORES DE MICROONDAS ANALIZANDO LOS PARÁMETROS S DEL TRANSISTOR

El diseño viene definido por los parámetros S que da el fabricante o por las condiciones que se le puedan hacer del mismo conectado a líneas de 50 ohm.

Los parámetros S varían con cualquier cambio en la polarización, con cualquier cambio en las condiciones de medida (temperatura, humedad, ...)

Se debe dejar algún margen de variación de los parámetros S

en el diseño:

1. Ganancia de potencia.

2. Figura de ruido.

3. Estabilidad que supone que no haya oscilaciones

4. Coeficiente de entrada y salida lo más cercanos a la unidad.

5. Respuesta en frecuencia uniforme en un ancho de banda (ROE por debajo de un valor en esa banda)

6. Linealidad de fase lineal.

7. Estabilidad a pequeños cambios en los parámetros S

8. Técnicas en baja frecuencia son válidas (amplificadores balanceados,

push-pull, ...) pero asegurando la estabilidad del dispositivo

9. Estabilización mediante cargas resistivas en entrada, salida o ambas (PADDING)

10. Estabilización mediante realimentación negativa

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# PLAN DE PROPIEDADES EN EL DISEÑO DE LA DE RADIOFRECUENCIA DE UN AMPLIFICADOR

D	CARACTERÍSTICA	PLANO $\Gamma_S$	PLANO $\Gamma_L$
Entrada	Entrada (se define en $\Gamma_{in}$ que depende de $\Gamma_L$ )		X
	Salida (se define en $\Gamma_{out}$ que depende de $\Gamma_S$ )	X	
Potencia	Potencia		X
	Transducción	X	X
	Disponible	X	
		X	
Salida	Entrada	X	
	Salida		X



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



## CEPTO DE GANANCIA EN UN AMPLIFICADOR (I)

es:

ganancia de potencia:  $G_p = (\text{Potencia entregada a la carga}) / (\text{Potencia de entrada al amplificador})$

ganancia de transducción:  $G = (\text{Potencia entregada a la carga}) / (\text{Potencia disponible del generador})$

ganancia disponible:  $G_a = (\text{Potencia disponible en la carga}) / (\text{Potencia disponible del generador})$

Desde el punto de vista de diseño la ganancia importante es la de transducción ya que nos da una idea de las potencias a las que se tienen acceso real: la potencia que recibe la carga y la potencia que entrega el generador.

Por lo tanto, para simplificar el diseño y considerar sólo una carga (en el plano de salida o en el de entrada), se suele hacer un diseño en términos de ganancia de potencia (ganancia disponible o ganancia de potencia) o disponible (plano de entrada).

Se suele utilizar la ganancia de potencia cuando queremos separar el plano de salida en donde nos interesa la ganancia de potencia del plano de entrada donde diseñaríamos para un ruido determinado.

Las curvas de ganancias de potencia NO tienen intersección con las de ruido.

Las curvas de ganancia disponible SÍ tienen intersección con las de ruido.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## CONCEPTO DE GANANCIA EN UN AMPLIFICADOR (II)

Definiremos el concepto de estabilidad en un amplificador para poder generalizar las expresiones de ganancia.

Un amplificador es estable cuando no oscila, es decir cuando la potencia reflejada en la entrada del amplificador es menor que la potencia incidente. Esto supone que el módulo del coeficiente de reflexión es menor que 1.

$$|\Gamma_{IN}| < 1 \text{ y } |\Gamma_{OUT}| < 1$$

En condiciones de estabilidad incondicional. Independientemente de la carga que se conecte a la salida siempre se verifica la condición anterior. Entonces:

Se puede conseguir adaptación conjugada SIMULTÁNEA a la entrada y a la salida

$$G_a = G_{max}$$

En condiciones de estabilidad condicional: dependiendo de las cargas que se conecten, el amplificador será estable o inestable. El carácter de estabilidad del transistor es uno, pero las condiciones de estabilidad de entrada o de salida son diferentes.

Un transistor sólo es condicionalmente estable, no se puede conseguir adaptación **simultánea** en la entrada y la salida manteniendo la estabilidad del transistor.

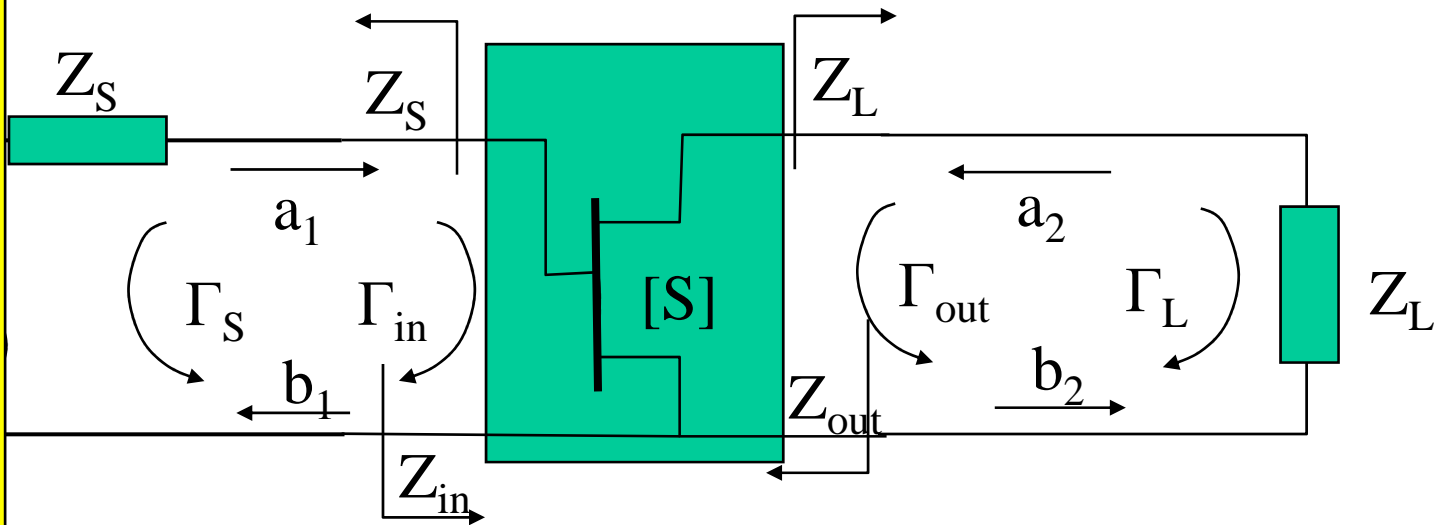
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



## EPTO DE GANANCIA EN UN AMPLIFICADOR (III)

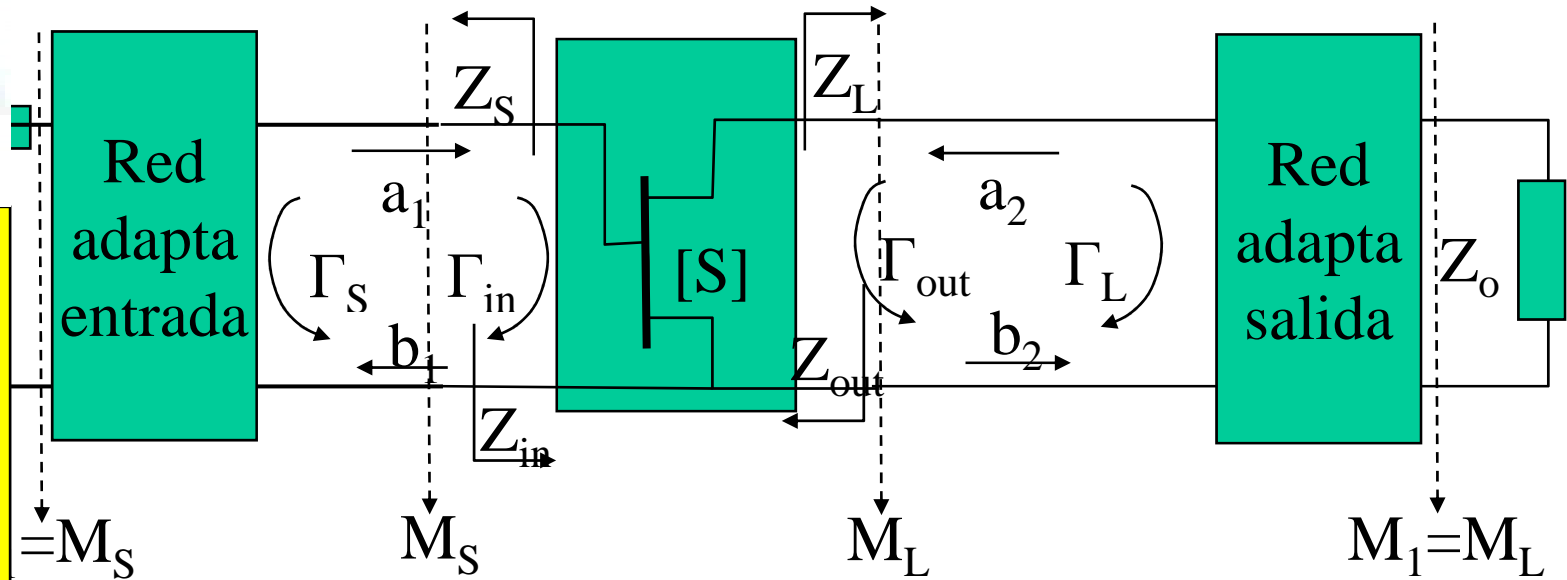
muestra el conjunto de cargas y de transformaciones entre ellas que en el diseño de un amplificador.

Se ha insistido que el diseño consistirá en sintetizar  $Z_S$  y  $Z_L$  pero  $Z_S$  influye en  $Z_{out}$  mientras que  $Z_L$  en  $Z_{in}$ . En los planos de entrada y salida habrá que considerar la desadaptación que se produce mediante el coeficiente de desadaptación  $M$ .



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# GANANCIA EN UN AMPLIFICADOR (IV): TENCIÓN DE EXPRESIONES DE GANANCIA



de entrada (S, source) y en el plano de salida (L, load) los coeficientes de  
son  $M_S$  y  $M_L$  y representan la discrepancia entre  $Z_S$  y el conjugado de  $Z_{in}$  ( $M_S$ )  
el conjugado de  $Z_{out}$  ( $M_L$ ).

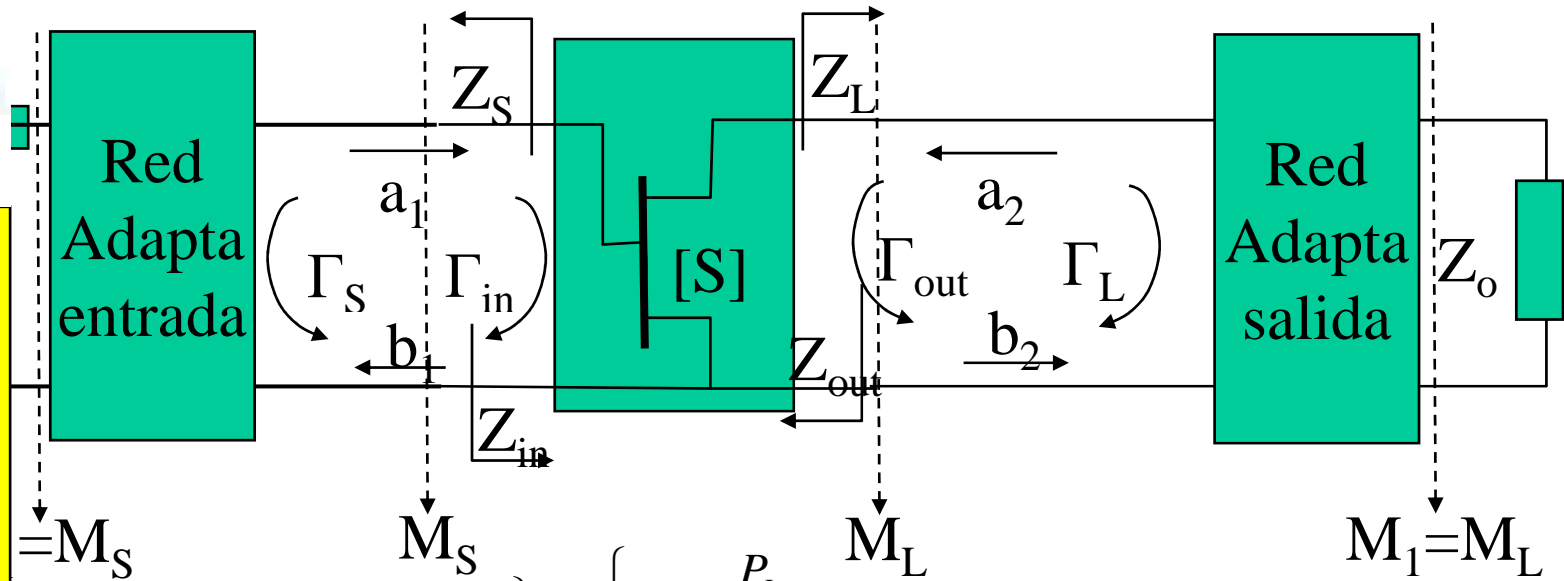
ha enunciado en el capítulo 3 sobre el coeficiente de desadaptación se puede  
el coeficiente de desadaptación a lo largo de la red de entrada y de la red de salida  
constantes. Es decir:  $M_S = M_1$  y  $M_L = M_2$

donde se encuentra  $M_1$  podemos identificar el coeficiente de reflexión conjugado  
coeficiente de reflexión a la línea y con los parámetros con él relacionados.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# GANANCIA EN UN AMPLIFICADOR (V): TENCIÓN DE EXPRESIONES DE GANANCIA



$$\left. \begin{aligned} P_{inc} &= \frac{1}{2} \cdot |V^+|^2 \cdot Y_c \\ P_{in} &= (1 - |\rho_S|^2) \cdot P_{inc} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} G_p = \frac{P_L}{P_{in}} \\ G = \frac{P_L}{P_{inc}} = (1 - |\rho_S|^2) \cdot G_p \end{cases}$$

de invarianza del coeficiente de desadaptación. Desarrollando a partir del plano 1

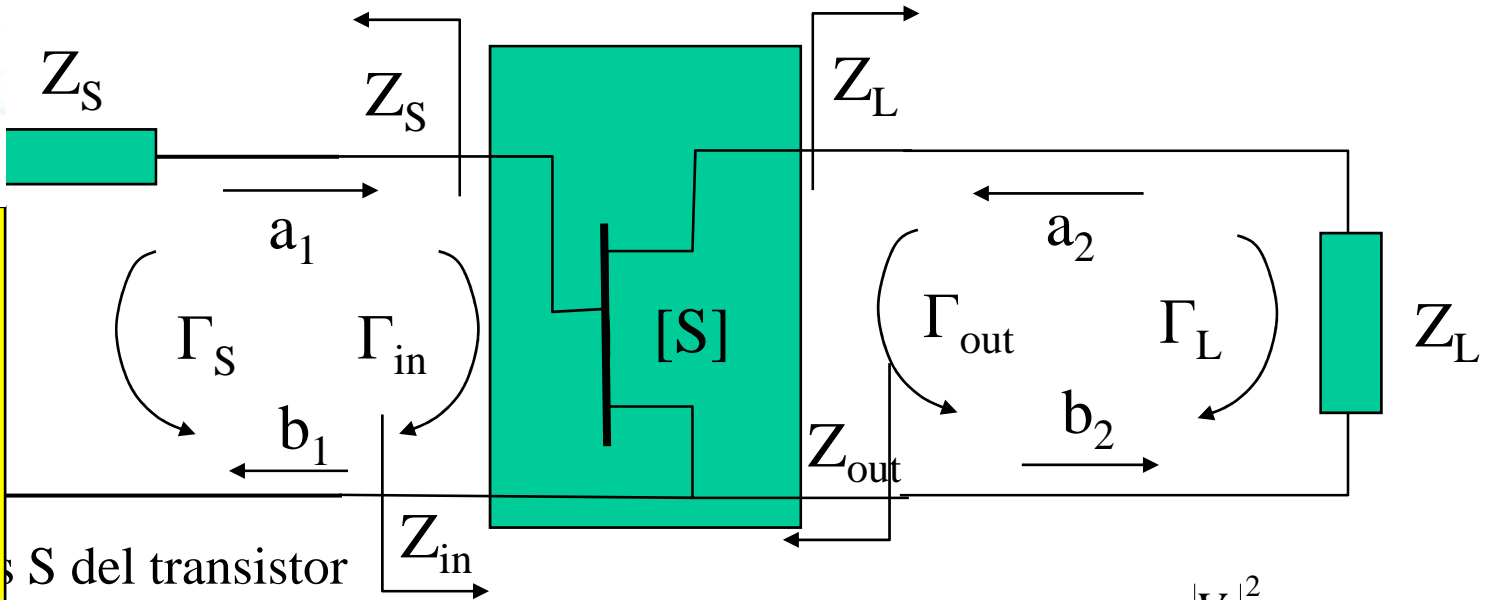
$$M_1 = \frac{4 \cdot R_S \cdot R_{IN}}{|Z_S + Z_{IN}|^2} = M_1$$

$$ROE_1 = \frac{1 + |\Gamma_1|}{1 - |\Gamma_1|} = \frac{1 + \sqrt{1 - M_1}}{1 - \sqrt{1 - M_1}} \stackrel{\text{teorema}}{=} \frac{1 + \sqrt{1 - M_S}}{1 - \sqrt{1 - M_S}} = \frac{1 + |\rho_S|}{1 - |\rho_S|}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# EPTO DE GANANCIA EN UN AMPLIFICADOR (VI): OBTENCIÓN DE EXPRESIONES DE GANANCIA



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

...  
 S del transistor

$$s_{11}a_1 + s_{12}a_2$$

$$s_{21}a_1 + s_{22}a_2$$

de terminación

$$= \Gamma_L b_2$$

co de entrada:

$$s_{21} \cdot \Gamma_L = \frac{(s_{11} - \Delta \cdot \Gamma_L)}{1 - s_{22} \cdot \Gamma_L}$$

$$s_{22} \cdot \Gamma_L$$

$$P_{in} = P_{disp} \cdot M_S = \frac{|V_S|^2}{8R_S} \cdot M_S$$

$$M_S = \frac{4R_{in}R_S}{|Z_S + Z_{IN}|^2} = \frac{(1 - |\Gamma_{IN}|^2) \cdot (1 - |\Gamma_S|^2)}{|1 - \Gamma_{IN} \cdot \Gamma_S|^2}$$

$$M_L = \frac{4R_{out}R_L}{|Z_L + Z_{OUT}|^2} = \frac{(1 - |\Gamma_{OUT}|^2) \cdot (1 - |\Gamma_L|^2)}{|1 - \Gamma_{OUT} \cdot \Gamma_L|^2}$$



# GANANCIA DE POTENCIA DE UN AMPLIFICADOR (VII): OBTENCIÓN DE EXPRESIONES DE GANANCIA

de potencia:

$$G_P = \frac{|s_{21}|^2 \cdot (1 - |\Gamma_L|^2)}{|1 - s_{22} \cdot \Gamma_L|^2 \cdot (1 - |\Gamma_{IN}|^2)} = \frac{|s_{21}|^2 \cdot (1 - |\Gamma_L|^2)}{|1 - s_{22} \cdot \Gamma_L|^2 - |s_{11} - \Delta \cdot \Gamma_L|^2}; \Delta = s_{11} \cdot s_{22} - s_{12} \cdot s_{21}$$

de transducción:

$$M_S = \frac{|s_{21}|^2 \cdot (1 - |\Gamma_S|^2) \cdot (1 - |\Gamma_L|^2)}{|1 - s_{22} \cdot \Gamma_L|^2 |1 - \Gamma_{IN} \cdot \Gamma_S|^2} = \frac{|s_{21}|^2 \cdot (1 - |\Gamma_S|^2) \cdot (1 - |\Gamma_L|^2)}{|(1 - s_{11} \cdot \Gamma_S) \cdot (1 - s_{22} \cdot \Gamma_L) - s_{21} \cdot s_{12} \cdot \Gamma_S \cdot \Gamma_L|^2}$$

condiciones de estabilidad incondicional:

$$\begin{aligned} Z_S &= Z_{IN}^* \\ Z_L &= Z_{OUT}^* \end{aligned} \quad K > 1$$

$$G = G_{MAX} = \frac{|s_{21}|}{|s_{12}|} \cdot (K - \sqrt{K^2 - 1}) = MAG$$

$$\frac{|s_{21}|}{|s_{12}|} = \textit{figura de mérito}$$

Factor de Rollet

$$K = \frac{1 - |s_{11}|^2 - |s_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2 |s_{12} \cdot s_{21}|}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## PUNTO DE GANANCIA EN UN AMPLIFICADOR (VIII): CONDICIONES DE UNILATERALIDAD

En unilateral se puede aproximar el parámetro  $s_{12}=0$ .

Las expresiones de la ganancia se simplifican al precio de aparecer un error que analizar si es tolerable o no.

Ganancia de transducción

$$G_{TU} = G = \frac{|s_{21}|^2 \cdot (1 - |\Gamma_S|^2) \cdot (1 - |\Gamma_L|^2)}{|(1 - s_{11} \cdot \Gamma_S) \cdot (1 - s_{22} \cdot \Gamma_L)|^2}$$

Ganancia de potencia

$$G_{PU} = \frac{|s_{21}|^2 \cdot (1 - |\Gamma_L|^2)}{|1 - s_{22} \cdot \Gamma_L|^2 \cdot (1 - |s_{11}|^2)};$$

Índice de mérito unilateral

$$U = \frac{|s_{12}| \cdot |s_{21}| \cdot |s_{11}| \cdot |s_{22}|}{(1 - |s_{11}|^2) \cdot (1 - |s_{22}|^2)}$$

Relación obtenido

$$\frac{1}{(1+U)^2} < \frac{G_T}{G_{TU}} < \frac{1}{(1-U)^2}$$

# ESTABILIDAD EN AMPLIFICADORES (I): CIRCUNFERENCIAS DE ESTABILIDAD

Un amplificador es estable cuando la potencia reflejada en la puerta de salida es menor que la potencia incidente.

El módulo del coeficiente de reflexión es menor que 1.

$$|\Gamma_{IN}| = \left| \frac{(s_{11} - \Delta \cdot \Gamma_L)}{1 - s_{22} \cdot \Gamma_L} \right| < 1 \quad |\Gamma_{OUT}| = \left| \frac{(s_{22} - \Delta \cdot \Gamma_S)}{1 - s_{11} \cdot \Gamma_S} \right| < 1$$

Los círculos de los coeficientes de reflexión que definen la condición de estabilidad dependen de las condiciones de carga a la entrada y a la salida que, a su vez, son los resultados del diseño del amplificador para unas determinadas características.

Se determinan las cargas  $\Gamma_L$  ( $Z_L$ ) (circunferencia de estabilidad de carga) y  $\Gamma_S$  ( $Z_S$ ) (circunferencia de estabilidad de fuente) que hacen que  $\Gamma_{IN}$  y  $\Gamma_{OUT}$  son menores que 1.

La transformación bilineal entre  $\Gamma_L$  y  $\Gamma_{IN}$ : circunferencia en el plano  $\Gamma_{IN}$  se transforma en una circunferencia en el plano  $\Gamma_L$ .

$$R_{LC} = \frac{(s_{22} - \Delta \cdot s_{11}^*)^*}{|s_{22}|^2 - |\Delta|^2} \quad R_{SC} = \frac{|s_{12} \cdot s_{21}|}{|s_{22}|^2 - |\Delta|^2} \quad \Gamma_{SC} = \frac{(s_{11} - \Delta \cdot s_{22}^*)^*}{|s_{11}|^2 - |\Delta|^2} \quad R_{SC} = \frac{|s_{12} \cdot s_{21}|}{|s_{11}|^2 - |\Delta|^2}$$

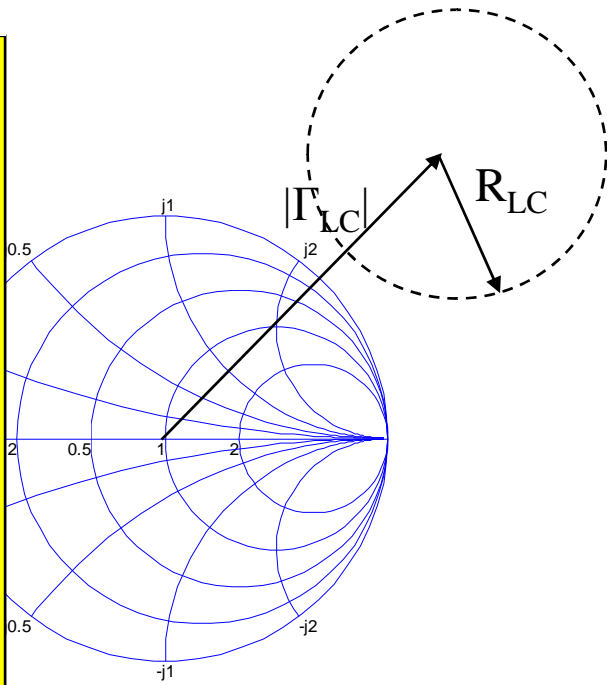
Definición de regiones (para el círculo de estabilidad de carga): el valor  $\Gamma_L = 0$  se proyecta en el plano  $\Gamma_{IN}$  en  $\Gamma_{IN} = s_{11}$ . Si  $|s_{11}| < 1$  la región en que está  $\Gamma_L = 0$  es estable (que está interior o exterior al círculo de estabilidad de carga).

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

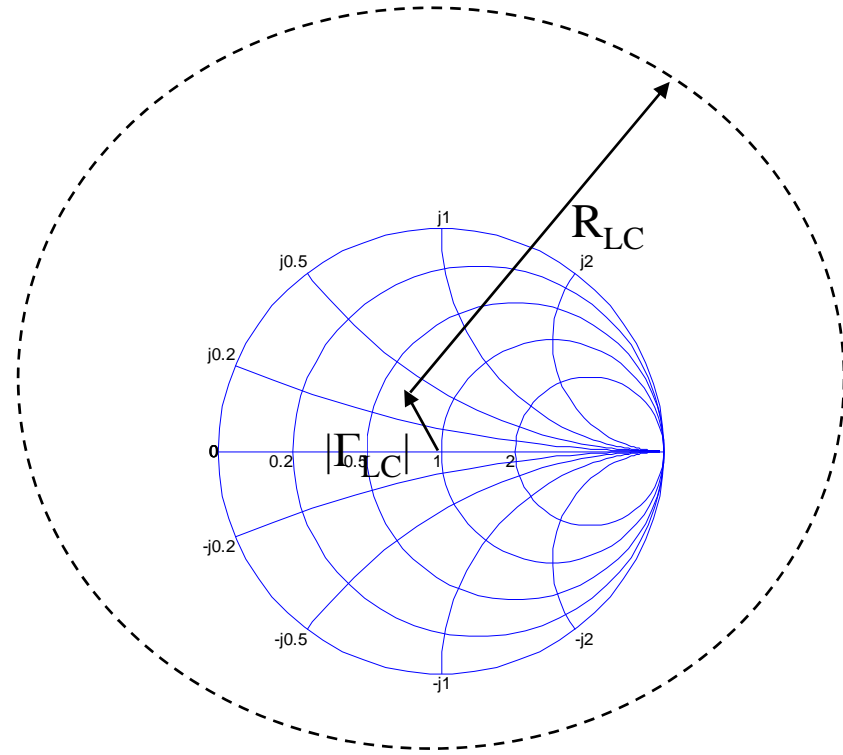


# ESTABILIDAD EN AMPLIFICADORES (II): ESTABILIDAD INCONDICIONAL (I)

ituaciones: circunferencia de estabilidad exterior a la carta de Smith ó  
mith interior a la circunferencia de estabilidad



$$|\Gamma_{LC}| > 1 + R_{LC}$$



$$|\Gamma_{LC}| + 1 < R_{LC}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# ESTABILIDAD EN AMPLIFICADORES (III): ESTABILIDAD INCONDICIONAL (II)

Condiciones necesarias y suficientes para estabilidad incondicional

de Rollet 
$$K = \frac{1 - |s_{11}|^2 - |s_{22}|^2 + |\Delta|^2}{2|s_{12} \cdot s_{21}|} > 1$$

$$|s_{11}| < 1; |s_{22}| < 1$$

$$|s_{12} \cdot s_{21}| < 1 - |s_{11}|^2 \quad (1)$$

$$|s_{12} \cdot s_{21}| < 1 - |s_{22}|^2 \quad (2)$$

Cuando (1) y (2) se puede poner

$$K > 1 + \frac{|\Delta|^2 - 1}{2|s_{12} \cdot s_{21}|}$$

$$\Delta = s_{11} \cdot s_{22} - s_{12} \cdot s_{21}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

## ESTABILIDAD EN AMPLIFICADORES (IV): PROPIEDADES DEL FACTOR DE ROLLET

$$K]_z = \frac{2r_{11}r_{22} - \operatorname{Re}(z_{12} \cdot z_{21})}{|z_{12} \cdot z_{21}|}$$

$$K]_y = \frac{2g_{11}g_{22} - \operatorname{Re}(y_{12} \cdot y_{21})}{|y_{12} \cdot y_{21}|}$$

---

ectan en serie con la entrada y la salida sendas resistencias el factor K  
mentado ya que no se ve modificado el parámetro  $z_{12}$  ( $K' > K$ )  
bia si se añaden al cuadripolo elementos reactivos puros  
riante con cualquier cambio de referencia de los parámetros S

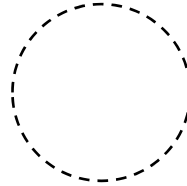
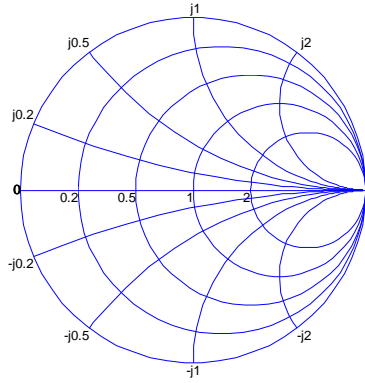
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



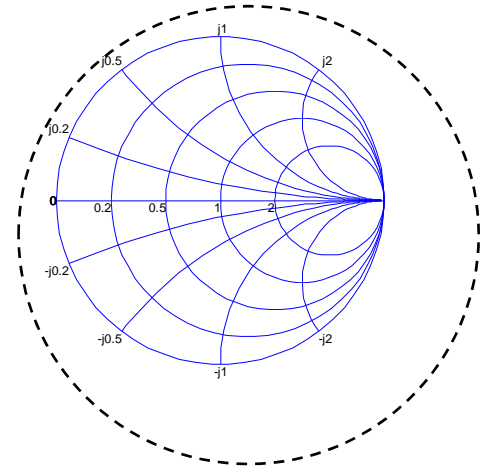
# ESTABILIDAD EN AMPLIFICADORES (V): ESTABILIDAD CONDICIONAL

ositivo inestable existen cuatro posibles configuraciones de las  
ias, de las cuales será más importante la última configuración.

le estabilidad cae totalmente fuera de la carta de Smith y  $|s_{11}| > 1$ : corresponde a  $K < -1$ ,



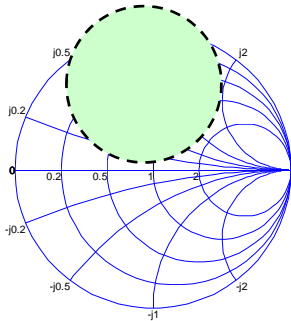
le estabilidad encierra la carta de Smith y  $|s_{11}| > 1$ ;  $K < -1$



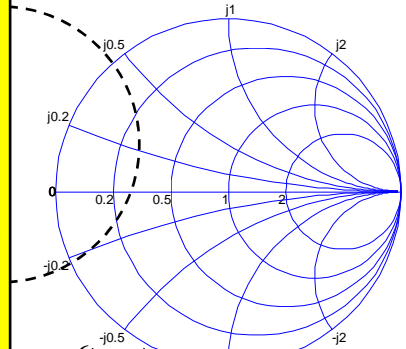
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
-- --  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# ESTABILIDAD EN AMPLIFICADORES (VI): ESTABILIDAD CONDICIONAL

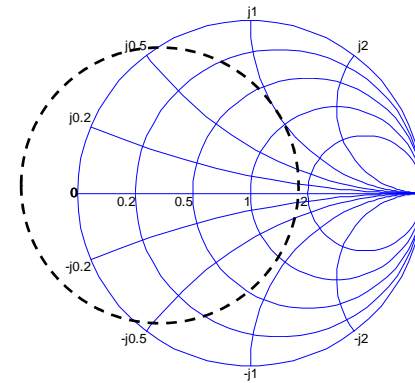
El círculo de estabilidad cae totalmente dentro de la carta de Smith: puede haber amplificadores estables dentro o fuera de la carta de Smith dependiendo de  $s_{11}$



El círculo de estabilidad es secante a la carta de Smith ( $-1 < K < 1$ ). Hay dos situaciones, una que incluya al origen o que no lo incluya.



$$\begin{cases} |s_{11}| > 1 \Rightarrow \text{exterior inestable} \\ |s_{11}| < 1 \Rightarrow \text{exterior estable} \end{cases}$$



$$\Gamma_L = 0 \Rightarrow \Gamma_{IN} = s_{11} \Rightarrow \begin{cases} |s_{11}| > 1 \Rightarrow \text{interior inestable} \\ |s_{11}| < 1 \Rightarrow \text{interior estable} \end{cases}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# PLO CON EL TRANSISTOR MESFET DE AVAGO ATF34143: parámetros S

Parameters,  $V_{DS} = 3\text{ V}$ ,  $I_{DS} = 20\text{ mA}$

$S_{21}$		$S_{12}$		$S_{22}$		MSG/MAG	
Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	dB	
10.079	153	0.035	68	0.40	-35	24.59	
9.642	137	-26.02	0.050	56	0.34	-56	22.85
8.867	126	-24.29	0.061	48	0.32	-71	21.62
7.443	106	-22.27	0.077	34	0.29	-98	19.85
6.843	98	-21.62	0.083	28	0.28	-110	19.16
6.306	90	-21.11	0.088	23	0.26	-120	18.55
5.438	75	-20.45	0.095	15	0.25	-140	17.58
4.762	62	-19.83	0.102	7	0.23	-156	16.69
3.806	38	-19.09	0.111	-8	0.22	174	15.35
3.165	16	-18.49	0.119	-21	0.22	146	14.25
2.706	-5	-18.06	0.125	-35	0.23	118	13.35
2.326	-27	-17.79	0.129	-49	0.25	91	10.91
2.017	-47	-17.52	0.133	-62	0.29	67	9.71
1.758	-66	-17.39	0.135	-75	0.34	46	8.79
1.568	-86	-17.08	0.140	-88	0.39	28	8.31
1.393	-105	-16.95	0.142	-103	0.43	10	7.56
1.222	-126	-16.95	0.142	-118	0.47	-10	6.83
1.045	-145	-17.39	0.135	-133	0.53	-28	6.18
0.895	-161	-17.86	0.128	-145	0.58	-42	5.62
0.789	-177	-18.13	0.124	-156	0.62	-57	5.04
0.701	166	-18.13	0.124	-168	0.65	-70	3.86
0.615	149	-18.06	0.125	177	0.68	-85	3.00
0.518	133	-18.94	0.113	165	0.71	-103	2.52

ATF-34143 Typical Scattering Parameters,  $V_{DS} = 4\text{ V}$ ,  $I_{DS} = 60\text{ mA}$

Freq. GHz	$S_{11}$ Mag.	$S_{11}$ Ang.	dB	$S_{21}$ Mag.	$S_{21}$ Ang.	dB	$S_{12}$ Mag.	$S_{12}$ Ang.	$S_{22}$ Mag.	$S_{22}$ Ang.	MSG/MAG dB
0.5	0.95	-41	21.91	12.454	150	-31.06	0.028	68	0.29	-41	26.48
0.8	0.89	-65	21.33	11.654	134	-28.18	0.039	57	0.24	-67	24.75
1.0	0.85	-83	20.46	10.549	123	-26.56	0.047	49	0.23	-84	23.51
1.5	0.78	-111	18.74	8.646	103	-24.44	0.060	38	0.21	-114	21.59
1.8	0.75	-122	17.92	7.873	95	-23.74	0.065	33	0.21	-125	20.83
2.0	0.73	-133	17.16	7.207	87	-23.22	0.069	29	0.20	-136	20.19
2.5	0.69	-151	15.78	6.149	73	-22.38	0.076	22	0.19	-155	19.08
3.0	0.67	-168	14.56	5.345	60	-21.62	0.083	15	0.19	-171	18.09
4.0	0.64	161	12.53	4.232	37	-20.54	0.094	3	0.18	162	16.53
5.0	0.63	134	10.88	3.501	16	-19.58	0.105	-10	0.19	135	15.23
6.0	0.64	111	9.49	2.983	-5	-18.79	0.115	-24	0.21	109	12.89
7.0	0.66	86	8.15	2.557	-26	-18.27	0.122	-38	0.24	84	11.22
8.0	0.69	65	6.92	2.217	-46	-17.79	0.129	-51	0.28	62	10.21
9.0	0.73	46	5.72	1.932	-65	-17.46	0.134	-65	0.33	42	9.36
10.0	0.76	28	4.73	1.723	-84	-16.95	0.142	-79	0.38	25	8.94
11.0	0.78	9	3.70	1.531	-104	-16.71	0.146	-94	0.42	7	8.23
12.0	0.81	-11	2.57	1.344	-124	-16.71	0.146	-111	0.47	-12	7.56
13.0	0.84	-30	1.20	1.148	-143	-17.02	0.141	-126	0.52	-29	6.94
14.0	0.86	-44	-0.12	0.986	-159	-17.46	0.134	-139	0.58	-43	6.37
15.0	0.87	-56	-1.21	0.870	-175	-17.59	0.132	-150	0.62	-58	5.78
16.0	0.86	-72	-2.21	0.775	168	-17.59	0.132	-163	0.65	-71	4.60
17.0	0.86	-88	-3.35	0.680	151	-17.65	0.131	-178	0.68	-86	3.79
18.0	0.89	-101.99	-4.81	0.575	135	-18.42	0.120	169	0.71	-104	3.33

ATF-34143 Typical Noise Parameters

$V_{DS} = 4\text{ V}$ ,  $I_{DS} = 60\text{ mA}$

Freq. GHz	$F_{min}$ dB	Mag.	$\Gamma_{opt}$ Ang.	$R_{n50}$	$G_n$ dB
0.5	0.11	0.84	15	0.14	24.5
0.9	0.14	0.78	30	0.12	20.7
1.0	0.15	0.77	34	0.12	20.2
1.5	0.20	0.69	53	0.10	18.5
1.8	0.23	0.66	62	0.10	17.7
2.0	0.26	0.62	72	0.09	17.2
2.5	0.33	0.55	91	0.07	16.3
3.0	0.39	0.50	111	0.05	15.4
4.0	0.53	0.43	149	0.03	13.7
5.0	0.67	0.39	-173	0.04	12.3
6.0	0.81	0.39	-137	0.07	11.1
7.0	0.96	0.42	-104	0.14	10.0
8.0	1.10	0.47	-76	0.26	9.2
9.0	1.25	0.54	-53	0.41	8.6
10.0	1.39	0.62	-37	0.60	8.2

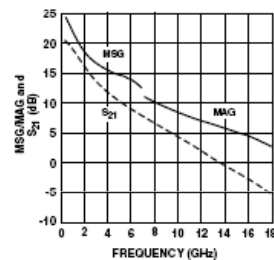


Figure 23. MSG/MAG and  $|S_{21}|^2$  vs. Frequency at 3 V, 20 mA.

Ang.	$R_{n50}$	$G_n$ dB
13	0.16	21.8
27	0.14	18.3
31	0.13	17.8
48	0.11	16.4
57	0.10	16.0
66	0.09	15.6
83	0.07	14.8
102	0.06	14.0
138	0.03	12.6
174	0.03	11.4
-151	0.05	10.3
-118	0.10	9.4
-88	0.18	8.6
-63	0.30	8.0
-43	0.46	7.5

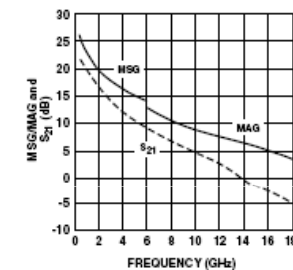
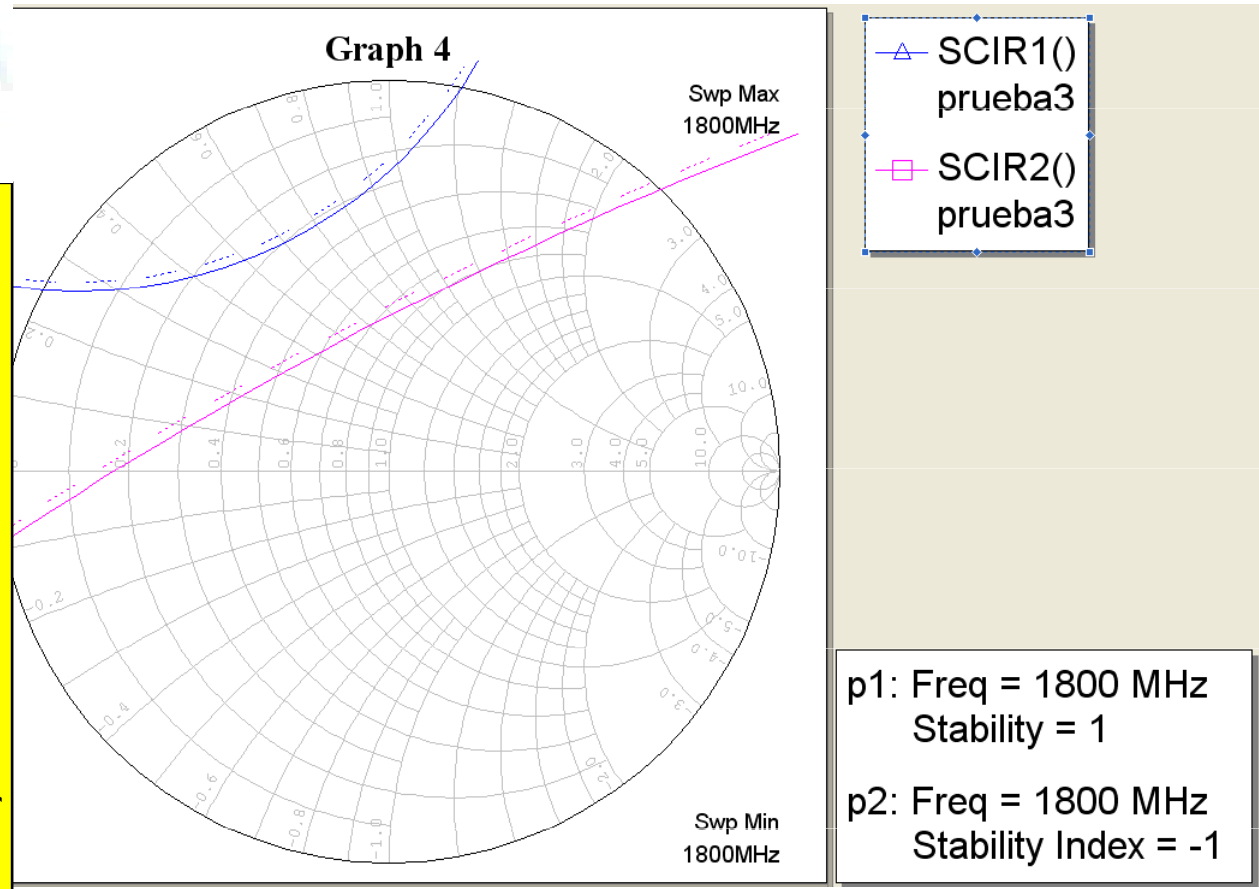


Figure 26. MSG/MAG and  $|S_{21}|^2$  vs. Frequency at 4 V, 60 mA.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# CUNFERENCIAS DE ESTABILIDAD CON CROWAVE OFFICE PARA EL ATF34143



Factor condicionalmente estable con región estable en el plano  $\Gamma_L$  interior a la otra circunferencia de estabilidad y en el plano  $\Gamma_S$  exterior a la otra circunferencia de estabilidad



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

# CURVA DE POTENCIA EN AMPLIFICADORES (I)

de potencia normalizada  $g_P = \frac{G_P}{|s_{21}|^2}$  que si se desarrolla, resulta en:

$$\Gamma_L^* - \left[ \frac{g_P \cdot (s_{22} - \Delta \cdot s_{11}^*) \cdot \Gamma_L + g_P \cdot (s_{22}^* - \Delta^* \cdot s_{11}) \cdot \Gamma_L^* - (1 - |s_{11}|^2) \cdot g_P + 1}{(|s_{22}|^2 - |\Delta|^2) \cdot g_P + 1} \right] = 0$$

que es una circunferencia en el plano de impedancias de carga  $\Gamma_L$

$$R_{LG} = \frac{(s_{22}^* - \Delta^* \cdot s_{11}) \cdot g_P}{(|s_{22}|^2 - |\Delta|^2) \cdot g_P + 1} = \frac{\left(1 - 2K \cdot g_P \cdot |s_{12} \cdot s_{21}| + g_P^2 |s_{12} \cdot s_{21}|^2\right)^{1/2}}{\left(|s_{22}|^2 - |\Delta|^2\right) \cdot g_P + 1}$$

casos:

o  $g_P$  tiende a infinito la circunferencia degenera en la de estabilidad de carga.

o  $g_P=0$ ,  $\Gamma_{LG}=0$ ,  $R_{LG}=1$ , que es la carta de Smith

es normal dibujar las circunferencias a saltos de 1 dB desde el máximo:

partir de la MAG para incondicionalmente estables

partir de la figura de mérito para transistores condicionalmente estables.

ubicación de los centros de las circunferencias de ganancia constante están sobre la recta que los de estabilidad.

expresiones de ganancia disponible serían duales a las de potencia.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# ANÁLISIS DE POTENCIA EN AMPLIFICADORES (II): PROPIEDADES DE LOS CÍRCULOS DE GANANCIA POSITIVOS INCONDICIONALMENTE ESTABLES

un dispositivo es estable un conjunto de círculos cae dentro de la carta de Smith:

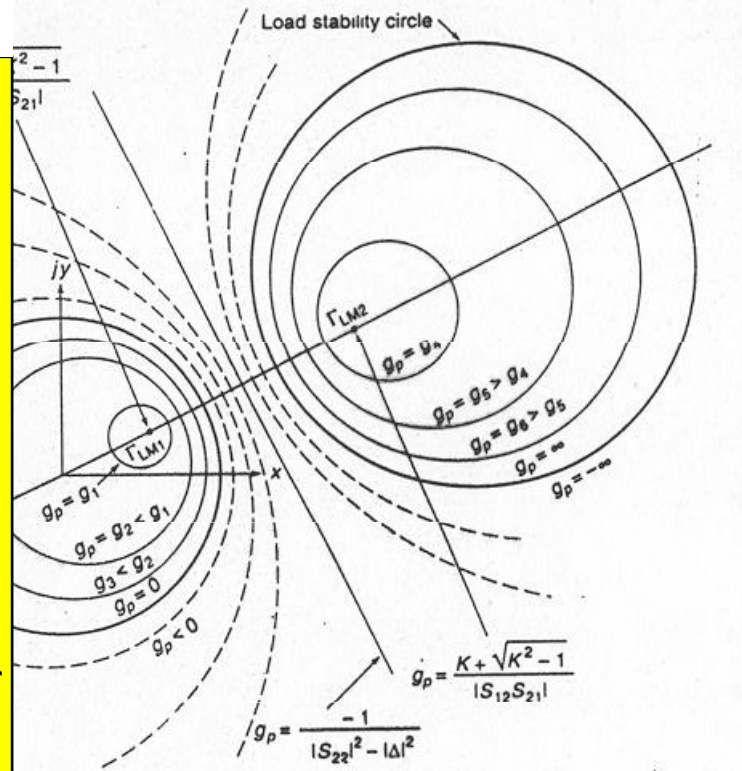
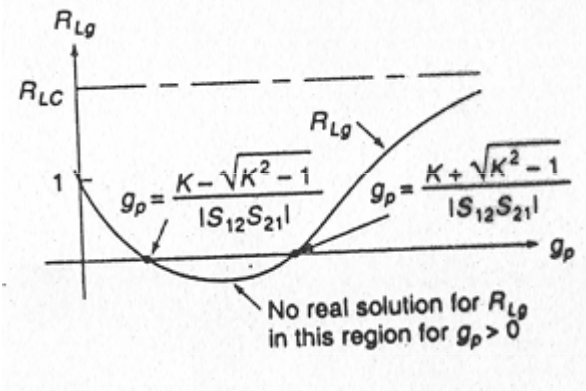


Fig. 12.10 Normalized power gain for an absolutely stable transistor when the load is outside the Smith chart. The circles of constant negative power gain are dashed circles.

$$g_p = \frac{K \pm \sqrt{K^2 - 1}}{|S_{12} \cdot S_{21}|}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# EXISTENCIA DE POTENCIA EN AMPLIFICADORES (III): PROPIEDADES DE LOS CÍRCULOS DE GANANCIA POSITIVOS CONDICIONALMENTE ESTABLES

es:

El círculo de ganancia cortará en dos puntos la carta de Smith que coinciden con el círculo de estabilidad. Estos dos puntos son invariantes

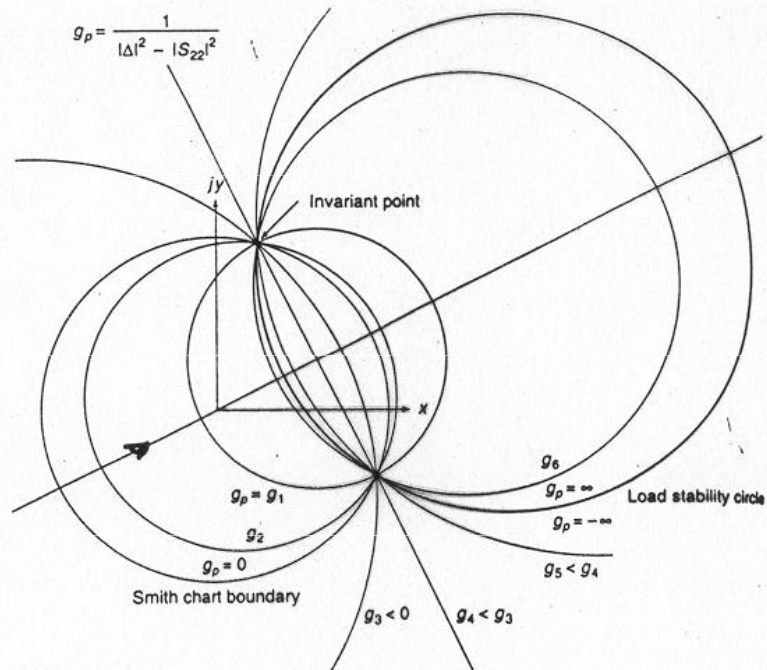
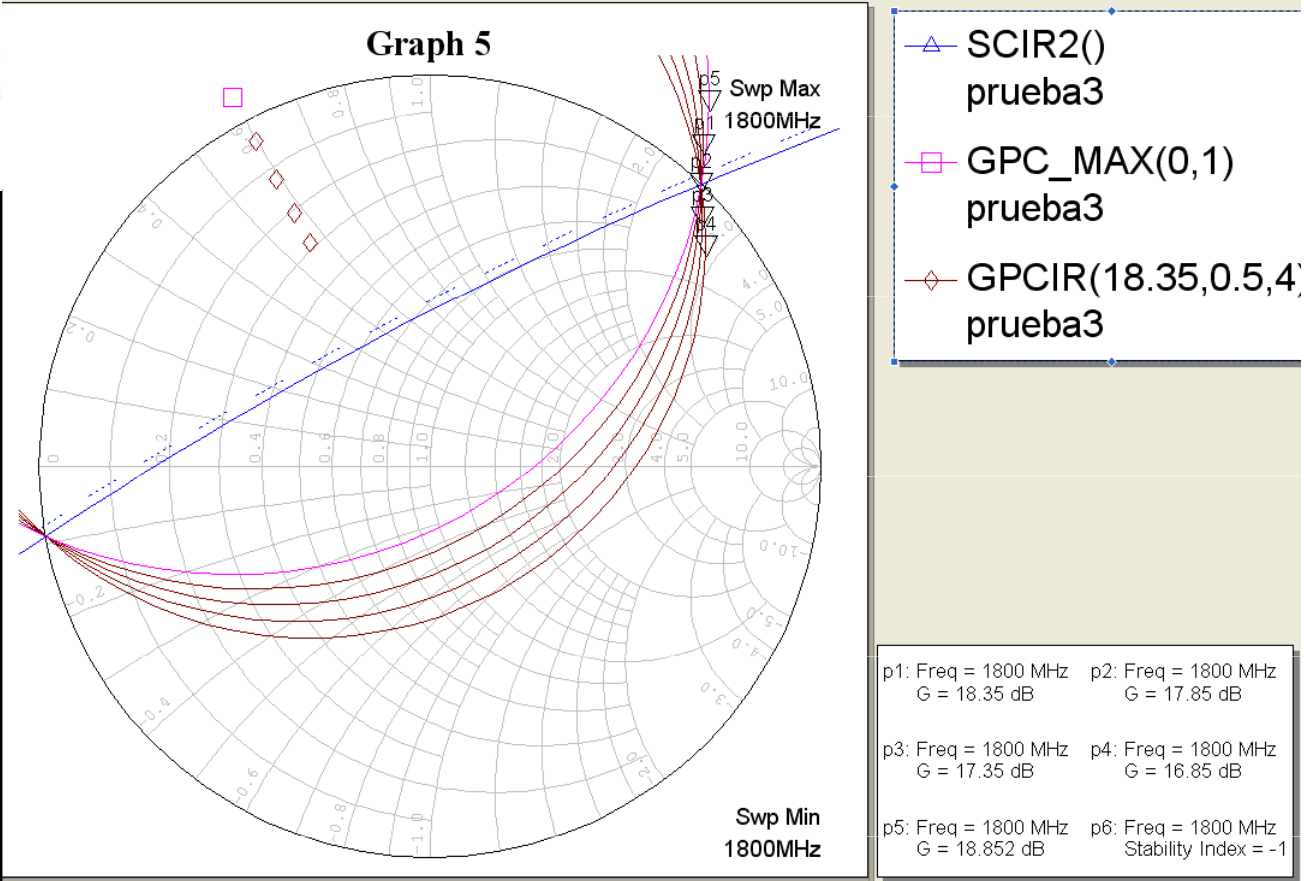


FIGURE 10.18  
Constant normalized power-gain circles for an unstable device.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# CUNFERENCIAS DE GANANCIA DE POTENCIA N MICROWAVE OFFICE PARA EL ATF34143



condicionalmente estable, las circunferencias de ganancia de potencia están  
 $\Gamma_L$  y se cortan en los dos puntos invariantes con la de estabilidad de carga.  
 para una máxima ganancia de potencia de 18.85 dB y luego saltos de 0.5 dB



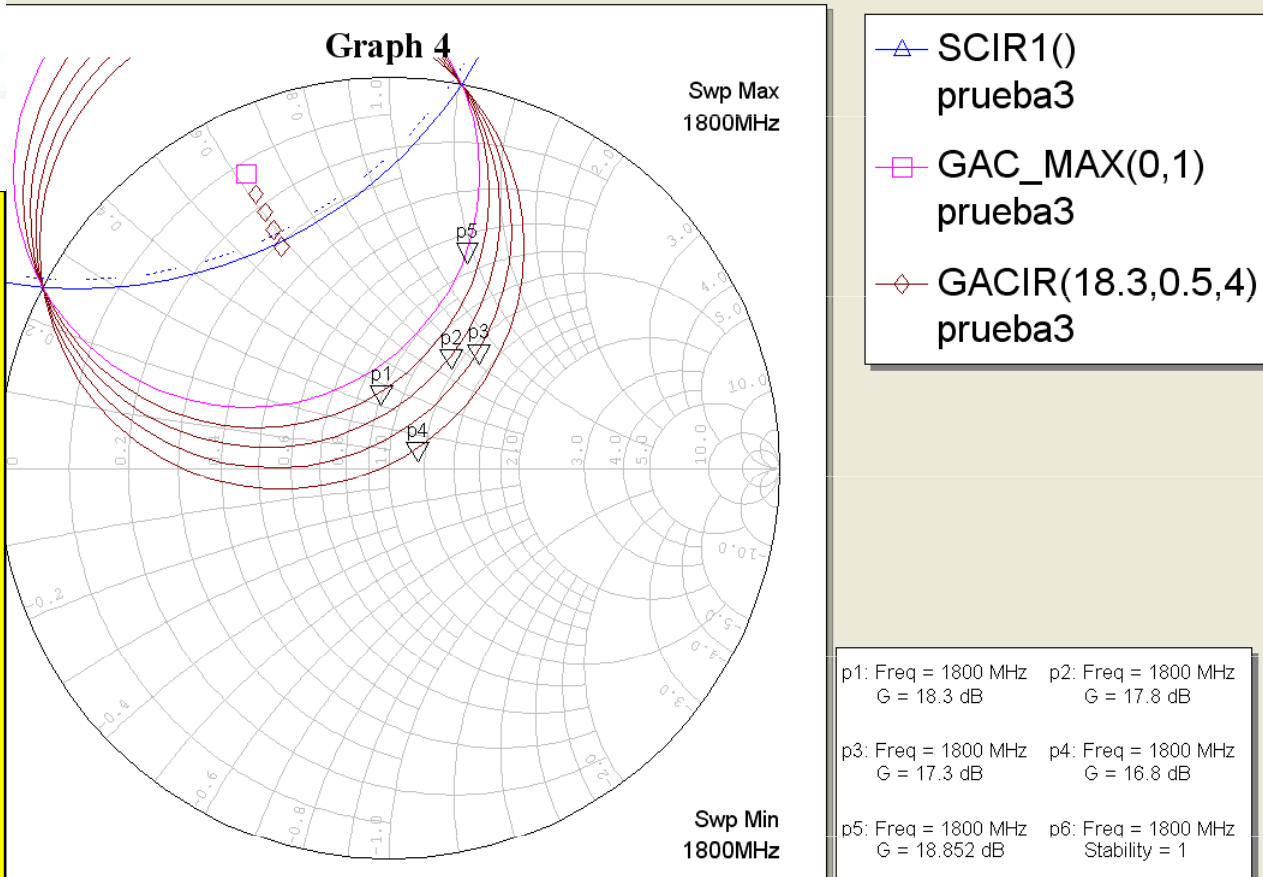
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# REFERENCIAS DE GANANCIA DISPONIBLE CON MICROWAVE OFFICE PARA EL ATF34143



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



condicionalmente estable, las circunferencias de ganancia disponible están  
 y se cortan en los dos puntos invariantes con la de estabilidad de carga.  
 una máxima ganancia disponible de 18.85 dB y luego saltos de 0.5 dB



# CIENCIA EN AMPLIFICADORES UNILATERALES (IV): CIRCULOS DE GANANCIA EN CONDICIONES DE UNILATERALIDAD

aproximar  $s_{12}=0$ . Pueden aparecer nuevas circunferencias de ganancia completamente diferentes a las bilaterales que se han presentado de la ganancia de transducción:

$$G = \frac{(1-|\Gamma_S|^2) \cdot |s_{21}|^2 \cdot (1-|\Gamma_L|^2)}{|1-\Gamma_{IN} \cdot \Gamma_S|^2 |1-s_{22} \cdot \Gamma_L|^2} = \frac{(1-|\Gamma_S|^2)}{|1-s_{11} \cdot \Gamma_S|^2} \cdot |s_{21}|^2 \cdot \frac{(1-|\Gamma_L|^2)}{|1-s_{22} \cdot \Gamma_L|^2} = G_S \cdot G_0 \cdot G_L$$

Los círculos:

$$g_S = \frac{s_{11} \cdot s_{11}^*}{g_S \cdot |s_{11}|^2} = \frac{\sqrt{1-g_S} \cdot (1-|s_{11}|^2)}{1-(1-g_S) \cdot |s_{11}|^2} \quad g_S = \frac{G_S}{G_{Smax}}$$

$$g_L = \frac{s_{22} \cdot s_{22}^*}{g_L \cdot |s_{22}|^2} = \frac{\sqrt{1-g_L} \cdot (1-|s_{22}|^2)}{1-(1-g_L) \cdot |s_{22}|^2} \quad g_L = \frac{G_L}{G_{Lmax}}$$

Los puntos de cada familia caen sobre rectas con ángulo  $s_{11}^*$  ó  $s_{22}^*$

La ganancia se da cuando  $g_S$  ó  $g_L=1$  corresponde al punto  $s_{11}^*$  ó  $s_{22}^*$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# RUIDO EN AMPLIFICADORES (I)

## INTRODUCCIÓN

es:

térmico es el resultante del movimiento de los electrones en una resistencia a la agitación térmica. Se refleja en un voltaje aleatorio en dicha resistencia.

forma analítica de definirlo por lo que estadísticamente se considera como un proceso ergódico cuya densidad espectral de potencia (a frecuencias inferiores a 1000 Hz) es constante (función de correlación delta en el origen)

función es par por lo que podemos modelarla para  $f > 0$ :

en margen de frecuencias:  $P_N = 4kTR\Delta f$

$$\left. \begin{aligned} S_e(\omega) &= 4kTR \\ S_i(\omega) &= 4kT/R \end{aligned} \right\}$$

$$k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J / K}$$

shot: debido a la naturaleza discreta de los portadores que constituyen la corriente en las uniones p-n. Su valor es proporcional a la tensión de polarización y a la densidad espectral plana.

flicker: proporcional a  $1/f$

En alta frecuencia, en amplificadores, influyen el shot y el térmico: habrá que buscar un punto de polarización que con buena ganancia (valor importante de la conductancia) tenga el menor ruido shot posible

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# RUIDO EN AMPLIFICADORES (II)

Definición del ruido:

El factor de ruido a una frecuencia dada es la relación entre la potencia de ruido presente a la salida del cuadripolo en los casos en que el cuadripolo fuera real e ideal.

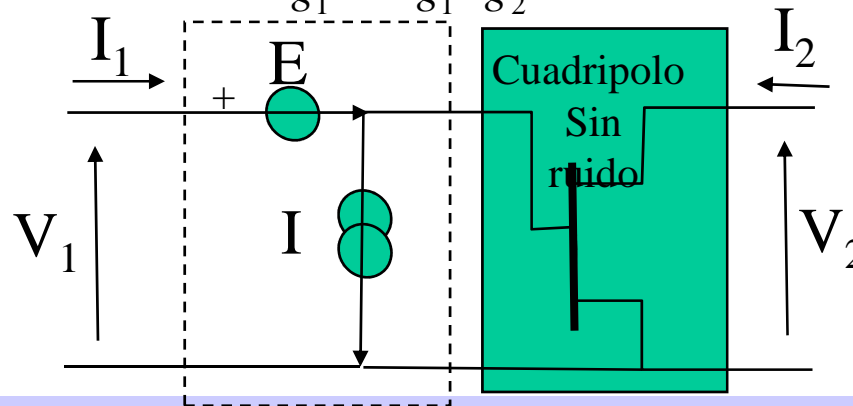
$$f = \frac{kT_0BG + N_{in}}{kT_0BG} = \frac{kT_0BG + kT_{eq}BG}{kT_0BG} = 1 + \frac{T_{eq}}{T_0}$$

$$T_{eq} = T_0 \cdot (f - 1)$$

Los dispositivos de muy bajo nivel de ruido se representan en función de  $T_{eq}$ . Cuando hay varias etapas, interesa amplificadores con un factor de ruido lo más bajo posible, lo que supone que la primera etapa tenga el menor ruido posible.

$$f = f_1 + \frac{f_2 - 1}{g_1} + \frac{f_3 - 1}{g_1 \cdot g_2} + \dots$$

Modelo del ruido



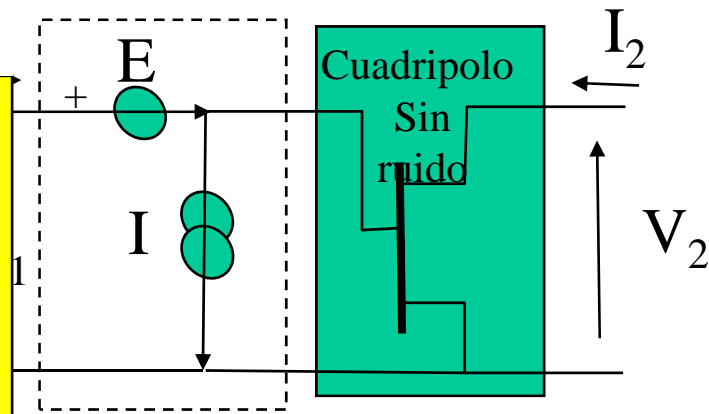
$$V_1 = AV_2 + BI_2 + E$$

$$I_1 = CV_2 + DI_2 + I$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# RUIDO EN AMPLIFICADORES (III)

re (de ruido) no modifica el ruido luego su figura de ruido será la de la  
 osa



$$\overline{I_s^2} + \overline{|I + Y_S E|^2} =$$

$$\overline{I_s^2} + \overline{I^2} + |Y_S|^2 \overline{E^2} + Y_S^* \overline{I \cdot E^*} + Y_S \overline{I^* \cdot E}$$

$$f = 1 + \frac{\overline{|I + Y_S E|^2}}{\overline{I_s^2}}$$

ponemos I en una parte incorrelada con E y otra totalmente correlada

$$\left. \begin{aligned} \overline{I_n^* \cdot E} = 0; \overline{I_n^* \cdot (I - I_n)} = 0 \\ \overline{I^* \cdot E} = \overline{E \cdot (I - I_n)^*} = Y_\gamma^* \cdot \overline{E^2} \\ \overline{I^2} = \overline{(I - I_n)^2} + \overline{I_n^2} = |Y_\gamma|^2 \cdot \overline{E^2} + \overline{I_n^2} \\ f = 1 + \frac{|Y_\gamma + Y_S|^2 \cdot \overline{E^2} + \overline{I_n^2}}{\overline{I_s^2}} \end{aligned} \right\} \begin{cases} \overline{E^2} = 4kT_0 R_n B \\ \overline{I_n^2} = 4kT_0 G_n B \end{cases}$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# RUIDO EN AMPLIFICADORES (IV)

$$f = 1 + \frac{G_n}{G_S} + \frac{R_n}{G_S} \cdot \left[ (G_S + G_\gamma)^2 + (B_S + B_\gamma)^2 \right]$$

Busca el mínimo de la anterior función, resulta para  $G_S = G_o$

$$\left( \frac{G_n + R_n \cdot G_\gamma^2}{R_n} \right)^{1/2}; B_o = -B_\gamma \quad f = f_o + \frac{r_n}{g_S} \cdot \left[ (g_S - g_o)^2 + (b_S - b_o)^2 \right]$$

Buscando las admitancias en función de los coeficientes de reflexión

$$f = f_o + \frac{4 \cdot r_n \cdot |\Gamma_S - \Gamma_o|^2}{(1 - |\Gamma_S|^2) \cdot |1 + \Gamma_o|^2}; N_i = \frac{(f - f_o) \cdot |1 + \Gamma_o|^2}{4 \cdot r_n} = \frac{|\Gamma_S - \Gamma_o|^2}{(1 - |\Gamma_S|^2)}$$

La figura de ruido constante resulta un conjunto de circunferencias

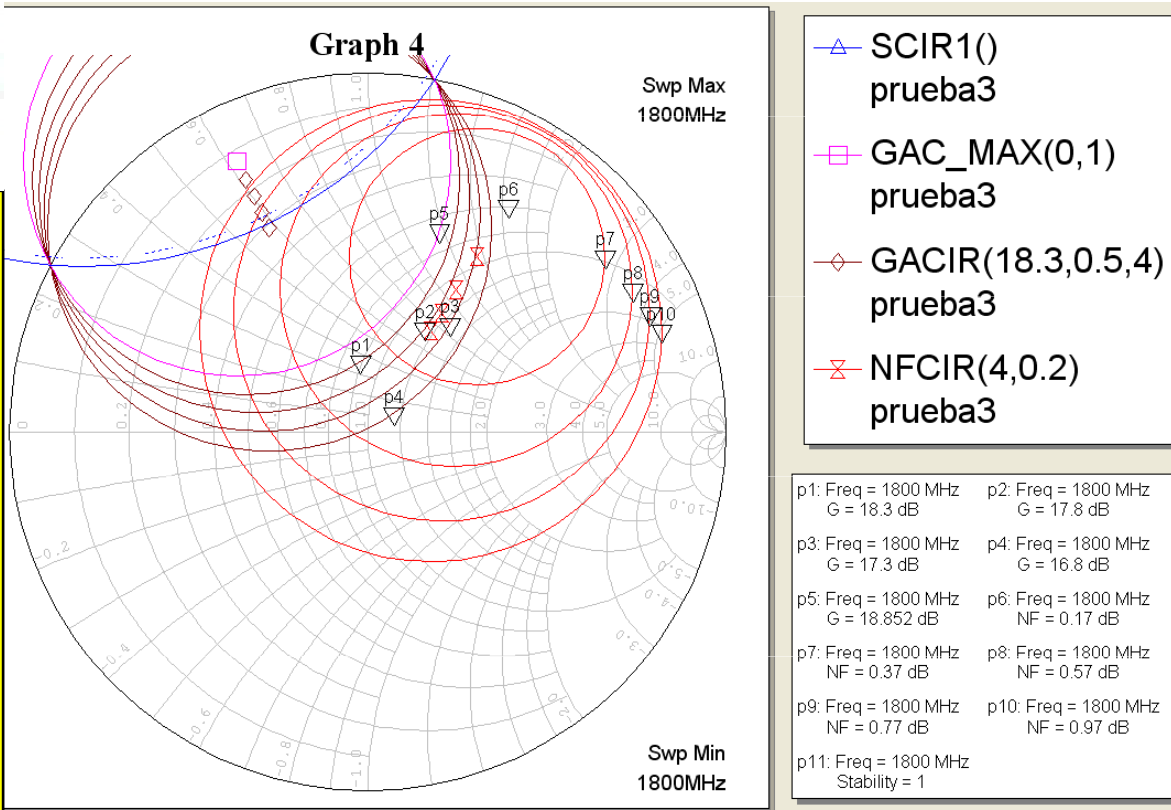
$$\Gamma_i = \frac{\Gamma_{opt}}{N_i + 1} \quad R_i = \frac{\sqrt{N_i \cdot (N_i + 1 - |\Gamma_{OPT}|^2)}}{N_i + 1} \quad N_i = \frac{f - f_o}{4 \cdot \left( \frac{R_n}{Z_o} \right)} \cdot |1 + \Gamma_o|^2$$

Los puntos están sobre la recta cuyo vector de dirección es  $\Gamma_o$

El mínimo  $f_i = f_o$  se reduce al punto  $\Gamma_o$



# CONFERENCIAS DE RUIDO CON MICROWAVE OFFICE PARA EL ATF34143

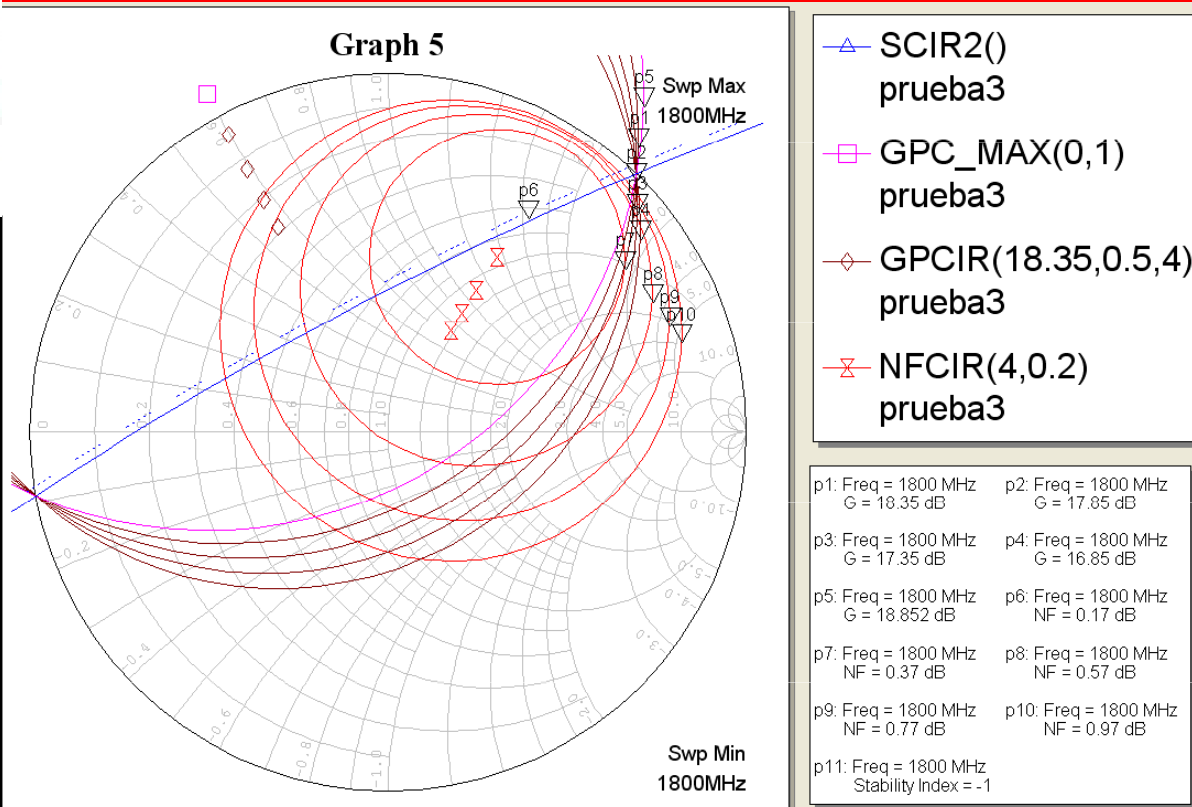


condicionalmente estable, las circunferencias de ganancia disponible están  
 y se cortan en los dos puntos invariantes con la de estabilidad de carga.  
 muestran las circunferencias de ruido que, al estar en el mismo plano que  
 las de ganancia disponible, tienen intersección.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# CUNFERENCIAS DE RUIDO CON MICROWAVE OFFICE PARA EL ATF34143



condicionalmente estable, las circunferencias de ganancia de potencia están  $\Gamma_L$  y se cortan en los dos puntos invariantes con la de estabilidad de carga. También se muestran las circunferencias de ruido que NO se cortan con las de ganancia de potencia por estar en planos distintos. Sí habría intersección con las curvas conjugadas de ganancia de potencia que se muestran a continuación.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# ADAPTACIÓN EN AMPLIFICADORES (I): TRANSFORMACIÓN DE CÍRCULO DE GANANCIA

objetivo de diseño: elegir cargas de salida y entrada que cumplan unas determinadas especificaciones de ganancia o de ruido y de estabilidad.

objetivo: máxima transferencia de energía (en la medida de lo posible) lo que requiere adaptación entrada y/o salida.

Objetivo: transformación del círculo de ganancia del plano  $\Gamma_L$  al plano de

objetivo: círculo por la transformación bilineal

$$\Gamma_{inc}^* = \frac{R_{Lg}^2 \cdot s_{22} \cdot \Delta^* + (s_{22} \cdot \Gamma_{Lg} - 1) \cdot (s_{11}^* - \Delta^* \cdot \Gamma_{Lg}^*)}{|R_{Lg} \cdot s_{22}|^2 - |s_{22} \cdot \Gamma_{Lg} - 1|^2} \quad R_{in} = \frac{|s_{12} \cdot s_{21}| \cdot R_{Lg}}{\left| |R_{Lg} \cdot s_{22}|^2 - |s_{22} \cdot \Gamma_{Lg} - 1|^2 \right|}$$

objetivo: valores cargas están en el plano de entrada.

objetivo: expresiones equivalentes para la transformación de las circunferencias de ganancia disponible en el plano  $\Gamma_{OUT}$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



## DESADAPTACIÓN EN AMPLIFICADORES (II): CÍRCULOS DE DESADAPTACIÓN

Para diseñar un amplificador con una  $ROE_{(in \text{ o } out)}$  determinada a partir de una ya seleccionada.

Se conocen los coeficientes de reflexión conocidos y expresiones de partida:

$$\rho = \frac{ROE - 1}{ROE + 1} \quad M = \frac{(1 - |\Gamma_{IN}|^2) \cdot (1 - |\Gamma_S|^2)}{|1 - \Gamma_{IN} \cdot \Gamma_S|^2} = 1 - \rho^2$$

Si se conoce un criterio de desadaptación a la entrada, se conoce una carga determinada  $\Gamma_{L1}$  que se corresponde con un  $\Gamma_{IN1}$ . La expresión de desadaptación resulta una circunferencia en el plano  $\Gamma_S$ .

$$R_{sM} = \frac{M_1 \cdot \Gamma_{in}^*}{1 - (1 - M_1) \cdot |\Gamma_{in}^*|^2} = \frac{\sqrt{1 - M_1} \cdot (1 - |\Gamma_{in}^*|^2)}{1 - (1 - M_1) \cdot |\Gamma_{in}^*|^2}$$

Se puede hacer para la desadaptación a la salida:

$$R_{lM} = \frac{M_2 \cdot \Gamma_{out}^*}{1 - (1 - M_2) \cdot |\Gamma_{out}^*|^2} = \frac{\sqrt{1 - M_2} \cdot (1 - |\Gamma_{out}^*|^2)}{1 - (1 - M_2) \cdot |\Gamma_{out}^*|^2}$$

## AMPLIFICADORES DE VARIAS ETAPAS: CONSIDERACIONES DE GANANCIA

La ganancia total del amplificador es el producto de las ganancias parciales sólo en los casos de las ganancias de potencia y disponible ya que sólo dependen de una de las cargas. Se puede afirmar lo mismo para la ganancia de transducción que depende de las cargas de los planos.

La afirmación anterior se puede aplicar a la ganancia de transducción en el caso de que exista adaptación conjugada simultánea a la entrada y a la salida.

Si no existe adaptación conjugada simultánea la afirmación sobre los productos de ganancias parciales no es cierta porque se considerarían los coeficientes de desadaptación ( $M_i$ ) dos veces.

Para un amplificador de dos etapas puede ponerse que:

$$G_p = \prod_{i=1}^n G_{pi} \Big|_{n=2} = G_{p1} \cdot G_{p2}; G_a = \prod_{i=1}^n G_{ai} \Big|_{n=2} = G_{a1} \cdot G_{a2}$$

$$\frac{P_{L2}}{P_{dg1}} = \frac{P_{in2} \cdot G_{P2}}{P_{dg1}} = \frac{P_{dg1} \cdot M_1 \cdot G_{P1} \cdot G_{P2}}{P_{dg1}} = G_{T1} \cdot G_{p2} = G_{a1} \cdot G_{T2}$$

# AMPLIFICADORES DE VARIAS ETAPAS: CONSIDERACIONES DE RUIDO

ruido de la primera etapa:  $P_{n1,out} = G_{p1} \cdot G_{p2} \cdot f_1 \cdot k \cdot T \cdot \Delta f \cdot M_1$

ruido de la segunda etapa:  $P_{n2,out} = G_{p2} \cdot (f_2 - 1) \cdot k \cdot T \cdot \Delta f \cdot M_2$

ruido total a la salida:

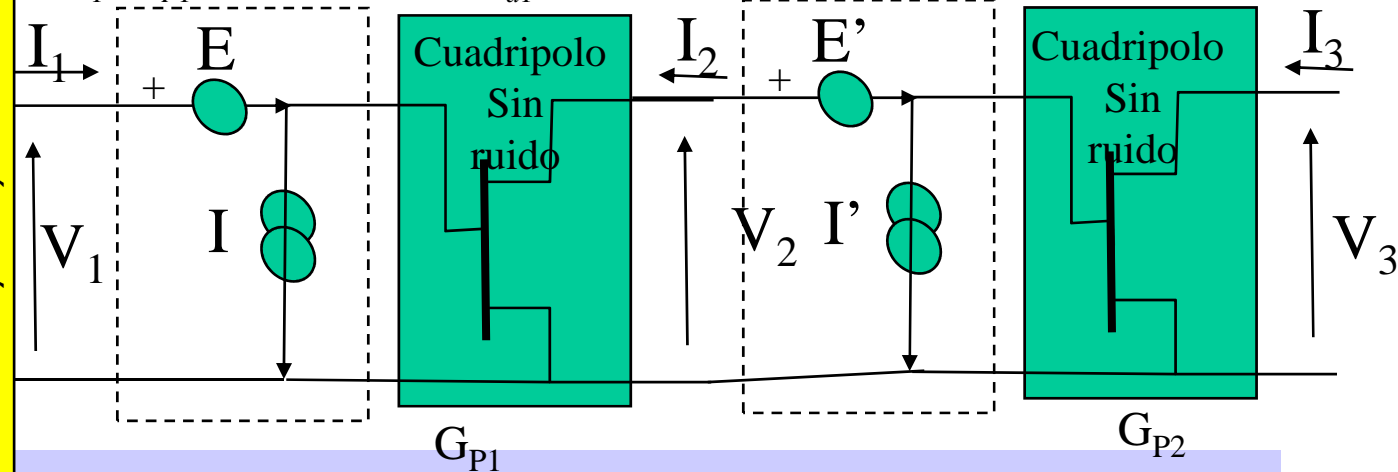
$$P_{n,out} = G_{p1} \cdot G_{p2} \cdot f_1 \cdot k \cdot T \cdot \Delta f \cdot M_1 + G_{p2} \cdot (f_2 - 1) \cdot k \cdot T \cdot \Delta f \cdot M_2$$

ruido a la salida asociado a una nueva figura de ruido F:

$$P_{n,out} = G_{p1} \cdot G_{p2} \cdot f \cdot k \cdot T \cdot \Delta f \cdot M_1$$

de la figura de ruido para dos etapas. Figura de ruido para n etapas:

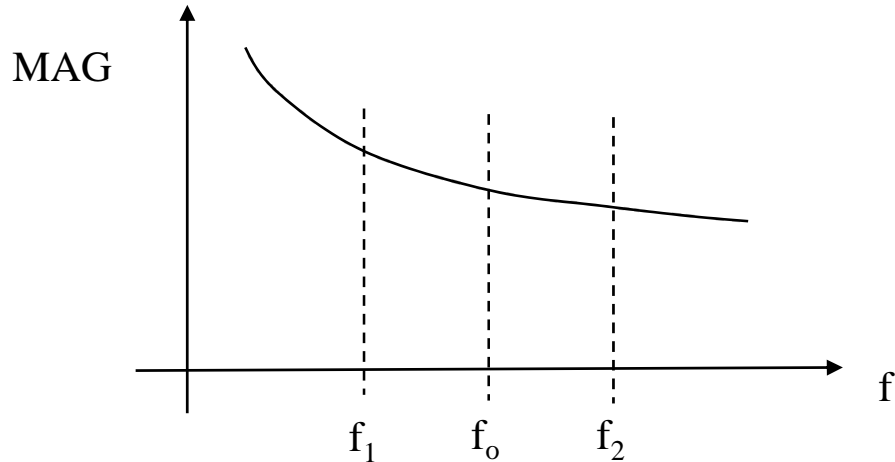
$$f = f_1 + (f_2 - 1) \cdot \frac{M_2}{M_1 \cdot G_{p1}} + (f_3 - 1) \cdot \frac{M_3}{M_1 \cdot G_{p1} \cdot G_{p2}} + \dots$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# AMPLIFICADORES DE BANDA ANCHA

Un amplificador ideal debería tener una ganancia constante a lo largo de toda la banda de trabajo, pero esto no es así por el decrecimiento del parámetro  $s_{21}$  con la frecuencia.



Requisitos para la construcción de un amplificador de banda ancha:

1. Buena adaptación reactivas que compensen variaciones de  $s_{21}$ . Se traduce en una buena adaptación.

2. Buena adaptación con pérdidas: buena adaptación pero disminuye la ganancia y aumenta la figura de ruido.

3. Compensación negativa: aplanar la respuesta y mejorar la adaptación y estabilidad del sistema.

# AMPLIFICADORES BALANCEADOS

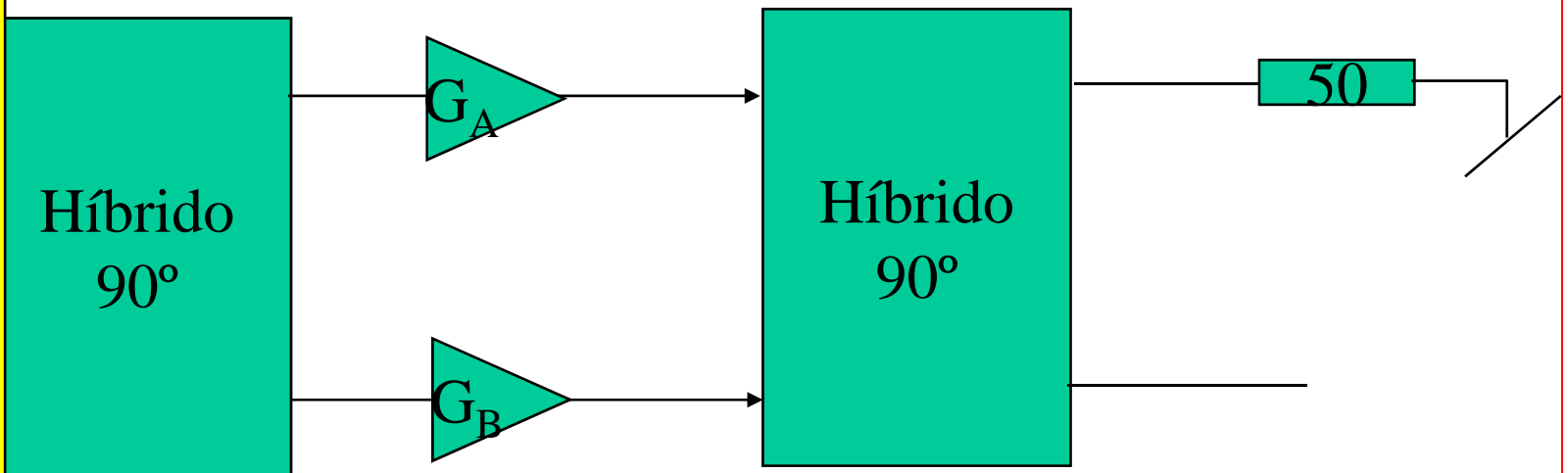
derados en ocasiones amplificadores de banda ancha.

la utilización de híbridos de  $90^\circ$  y mediante una redundancia que da en caso de ruptura de uno de los amplificadores se consigue una ganancia igual a la del amplificador del que proceden.

los amplificadores individuales se pueden optimizar despreocupándonos de la impedancia: las reflexiones se absorberán por los acopladores.

Si la impedancia falla se traduce en una pérdida de 6 dB

de banda viene limitado por el del híbrido.

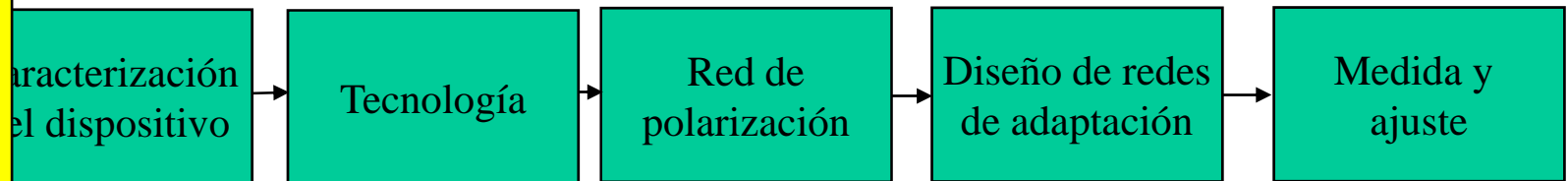


# ÑO DE UN AMPLIFICADOR DE MICROONDAS

Tipo: bipolar, FET  
 Configuración: EC, BC  
 Clase: A, AB, B, C  
 Fabricante

- Cálculo de impedancias
- Síntesis de las redes

Selección sustrato



del fabricante  
 caracterización propia

- Selección del punto de trabajo
- Circuito DC para obtenerlo
- Red de desacoplo
- Red de polarización independiente del circuito

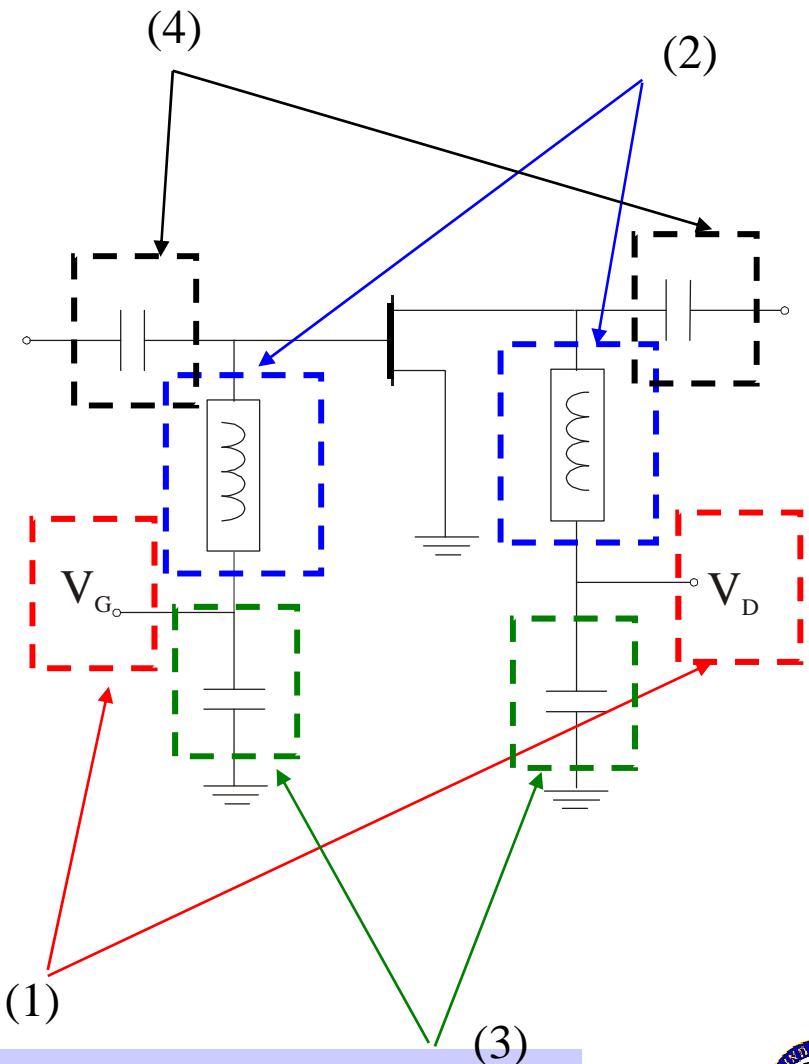
Elementos ajustables

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# POLARIZACIÓN DE AMPLIFICADORES

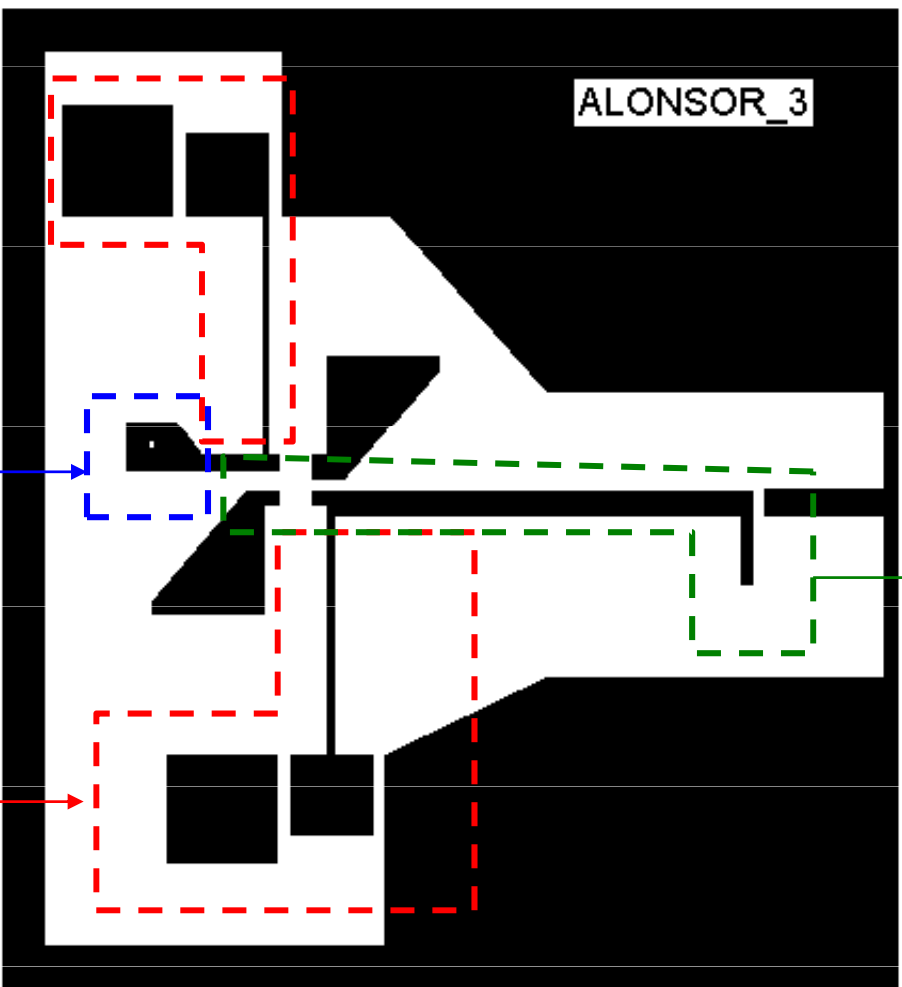
- punto de polarización del circuito:
- modo de polarización (fija  $V_g$  y  $V_d$ ) (1)
- el RF no debe introducirse en el modo DC (2)
- el modo RF no debe verse afectado por el modo DC: reduce el efecto de las transiciones transitorias y garantiza un corto tiempo de subida (3)
- los circuitos RF exteriores no deben verse afectados por la polarización del modo en cuestión: aísla etapas de RF (4)
- utilizar dos fuentes de polarización o una (autopolarizado)
- puntos concentrados.
- puntos distribuidos.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# EJEMPLO DE TRAZADO FÍSICO PARA UN RADIADOR VO EN RECEPCIÓN (AMPLIFICADOR SIN RED DE ADAPTACIÓN EN LA ENTRADA



Conexión  
externa

Realización

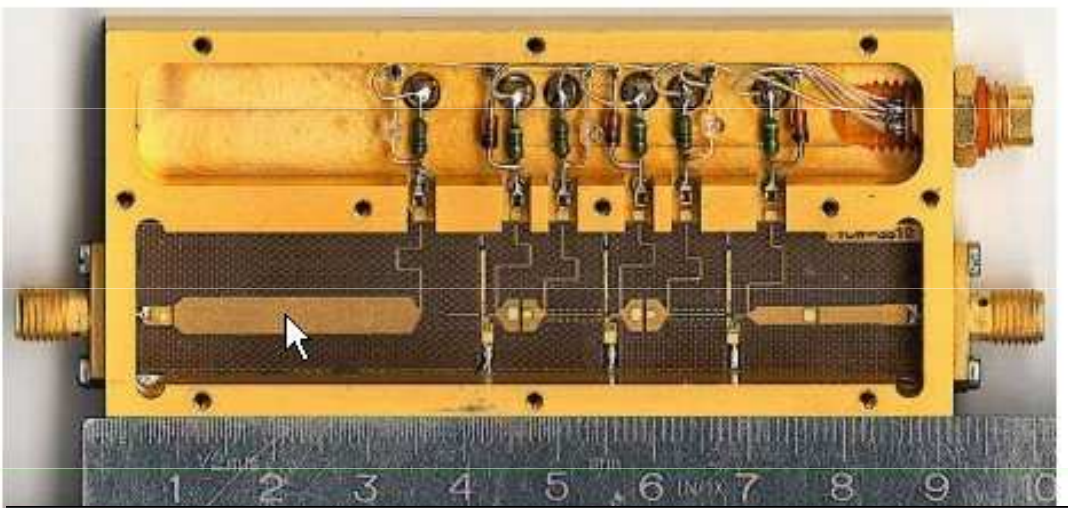
Red de  
radiofrecuencia



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

# AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO (Centro Astronómico Yebes)



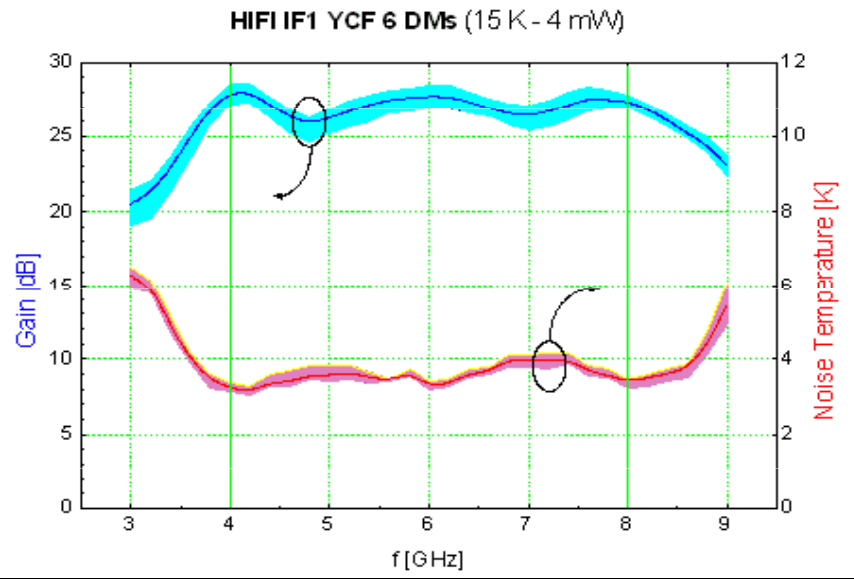
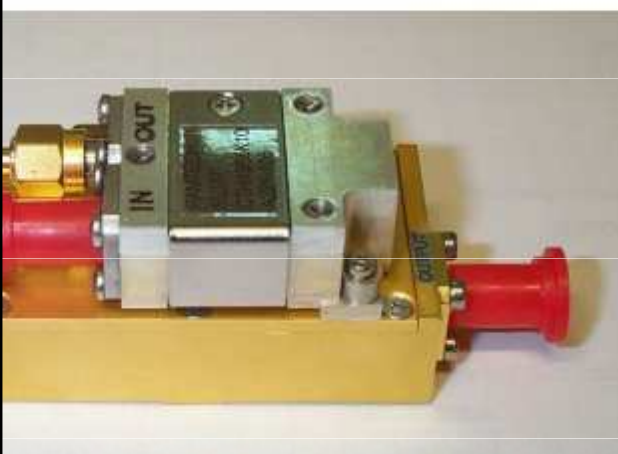
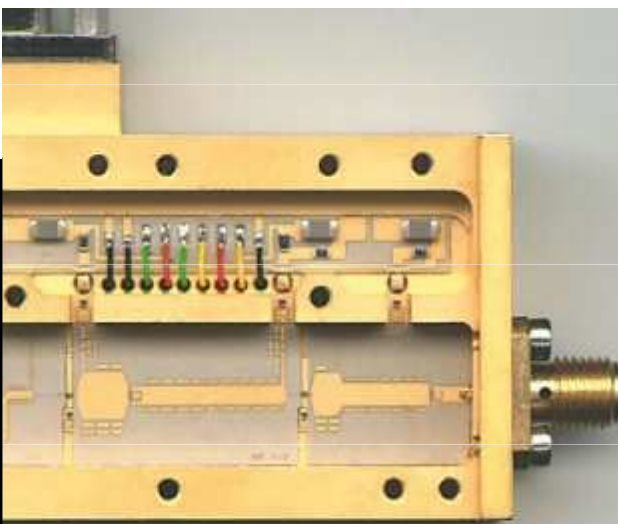
RESULTADOS 3.2-4.7 GHz @ 15 K	
Temperatura de ruido / NF med.	2.6 K / 0.038 dB
Ganacia (variación de ganancia)	36.1 dB ( $\pm 1.1$ )
Reflexión de entrada	< -8.0 dB
Reflexión de salida	< -13.5 dB
Fluctuaciones de ganancia @1 Hz	
Disipación de potencia	21.8 mW

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

www.cartagen99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.



# AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO (II) (Centro Astronómico Yebes)



RESULTADOS 4-8 GHz @ 15 K  
(promedio DMs)

Temperatura de ruido media / NF	3.6 K / 0.053 dB
Ganacia (variación de ganancia)	27.1 dB (±1.1)
Reflexión de entrada	Aislador
Reflexión de salida	< -13.0 dB
Fluctuaciones de ganancia @1 Hz	$9.4 \times 10^{-5} \text{ Hz}^{-1/2}$
Disipación de potencia	4 mW

Grupo de Radiofrecuencia, UC3M, Septiembre 2010.  
Tema 2: Amplificadores de Microondas

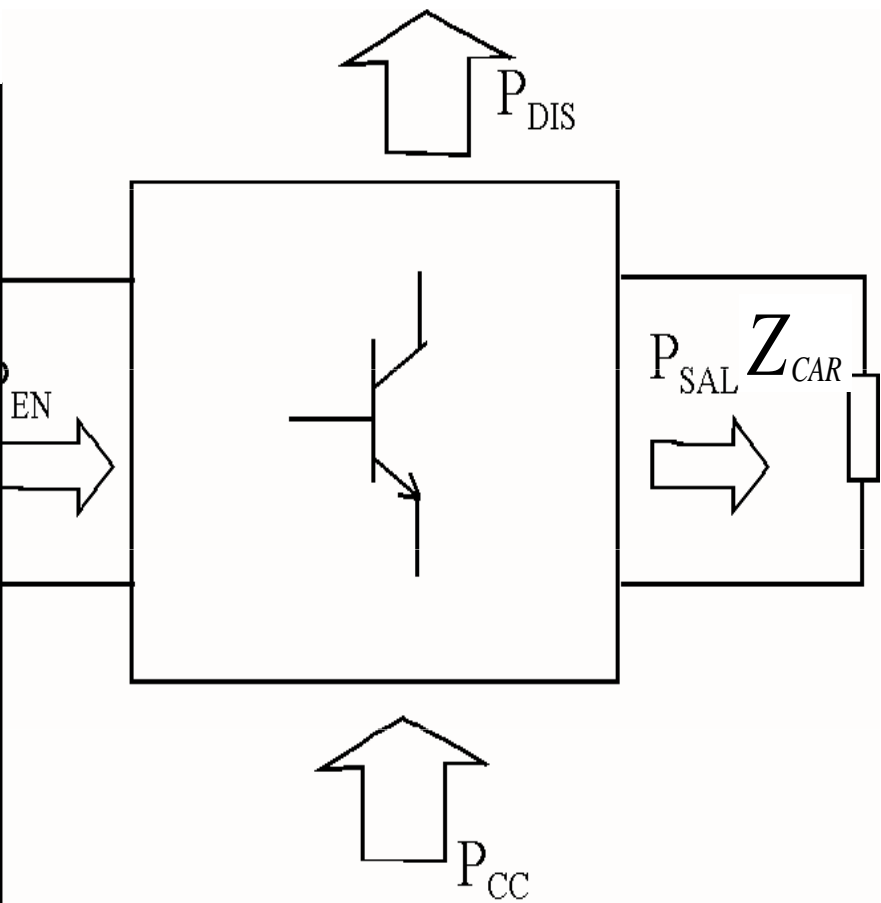
Subsistema RF y antenas-2- 51



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

# AMPLIFICADORES DE POTENCIA



$$\eta_s = \frac{P_{SAL}}{P_{CC}}$$

$$\eta_{AÑAD} = \frac{P_{SAL}}{P_{CC} + P_{EN}}$$

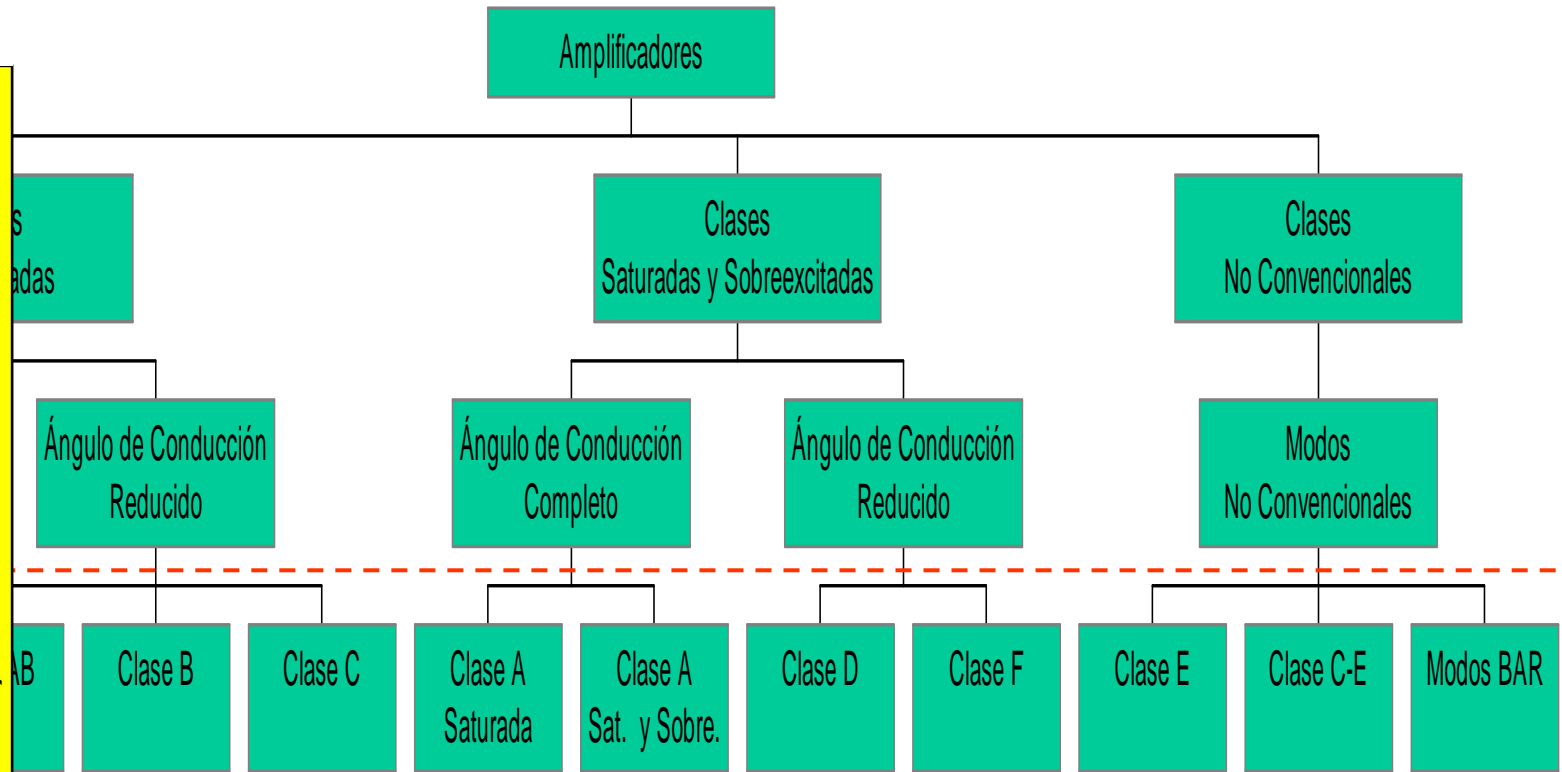
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
...  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# AMPLIFICADORES DE POTENCIA

Clasificación:



Alto rendimiento ( → No linealidad)

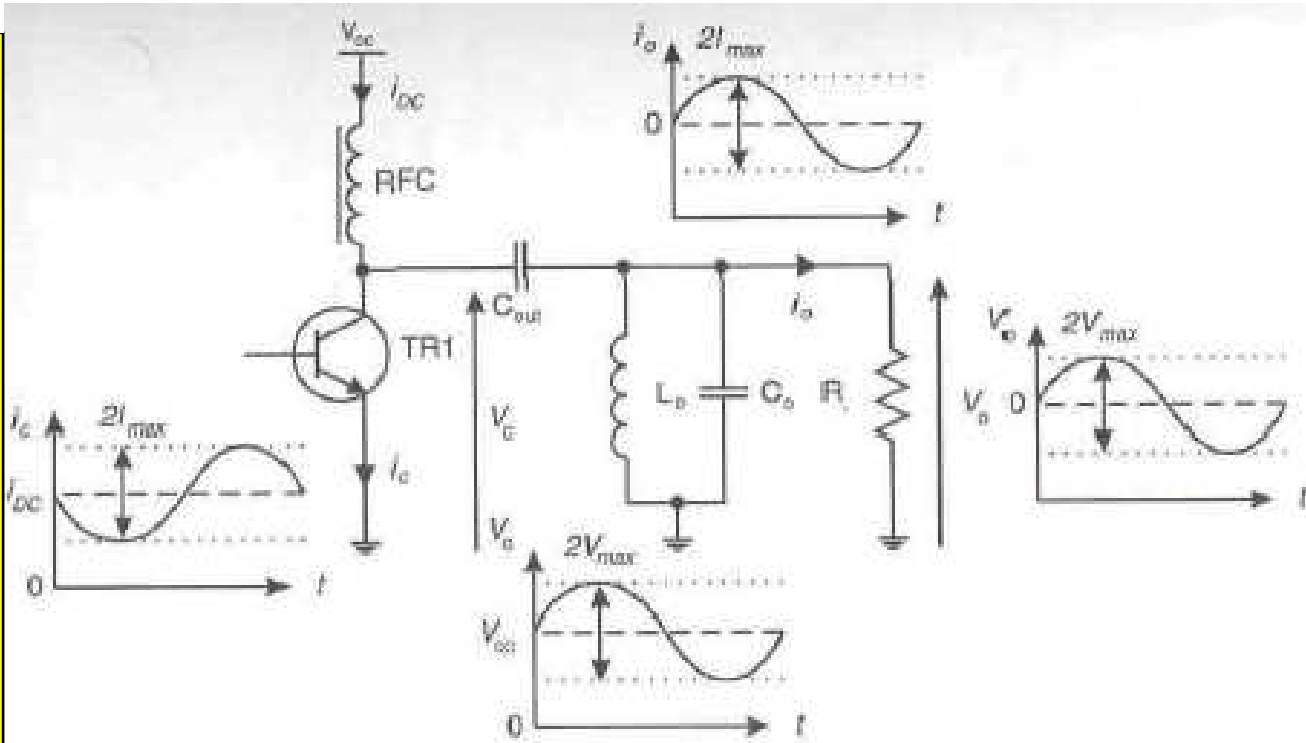


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

# AMPLIFICADORES DE POTENCIA

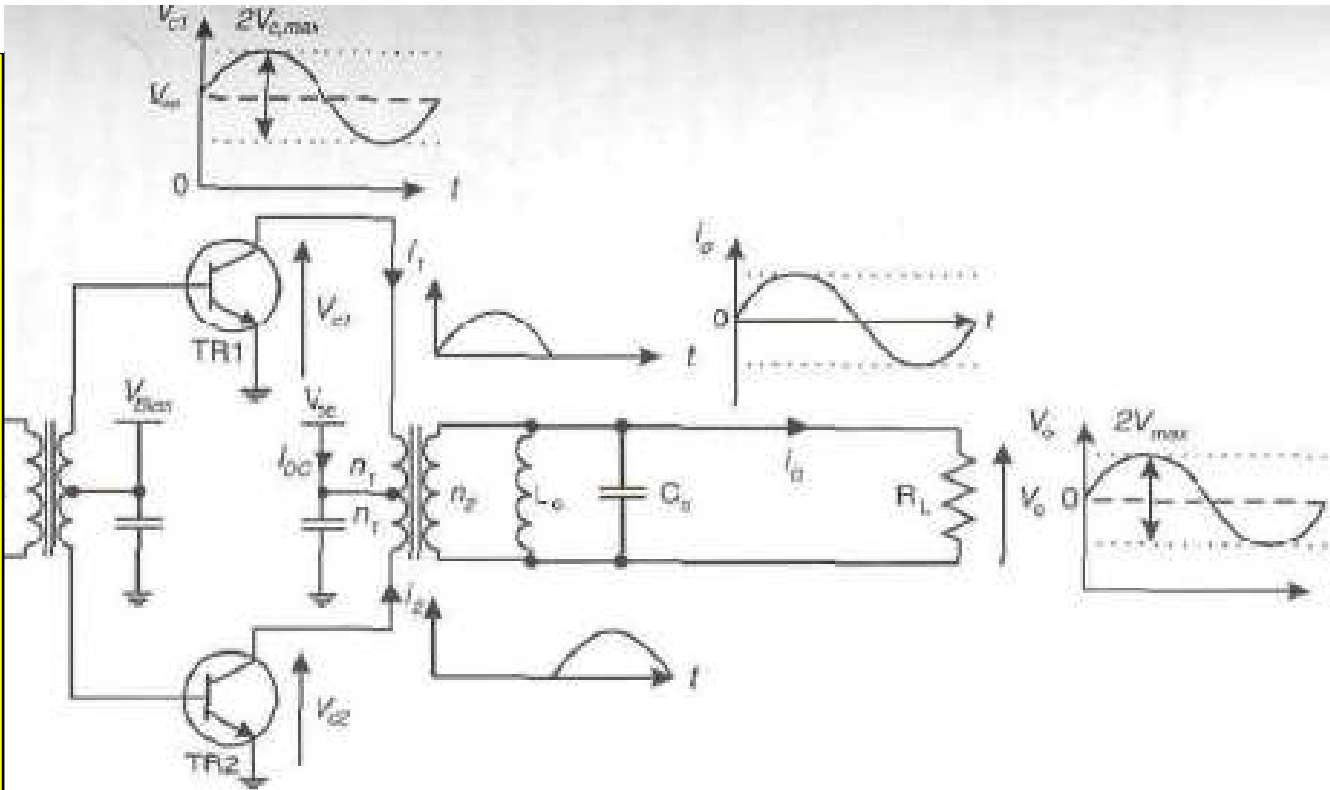
Amplificador Clase A:



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# AMPLIFICADORES DE POTENCIA

Amplificador Clase B:

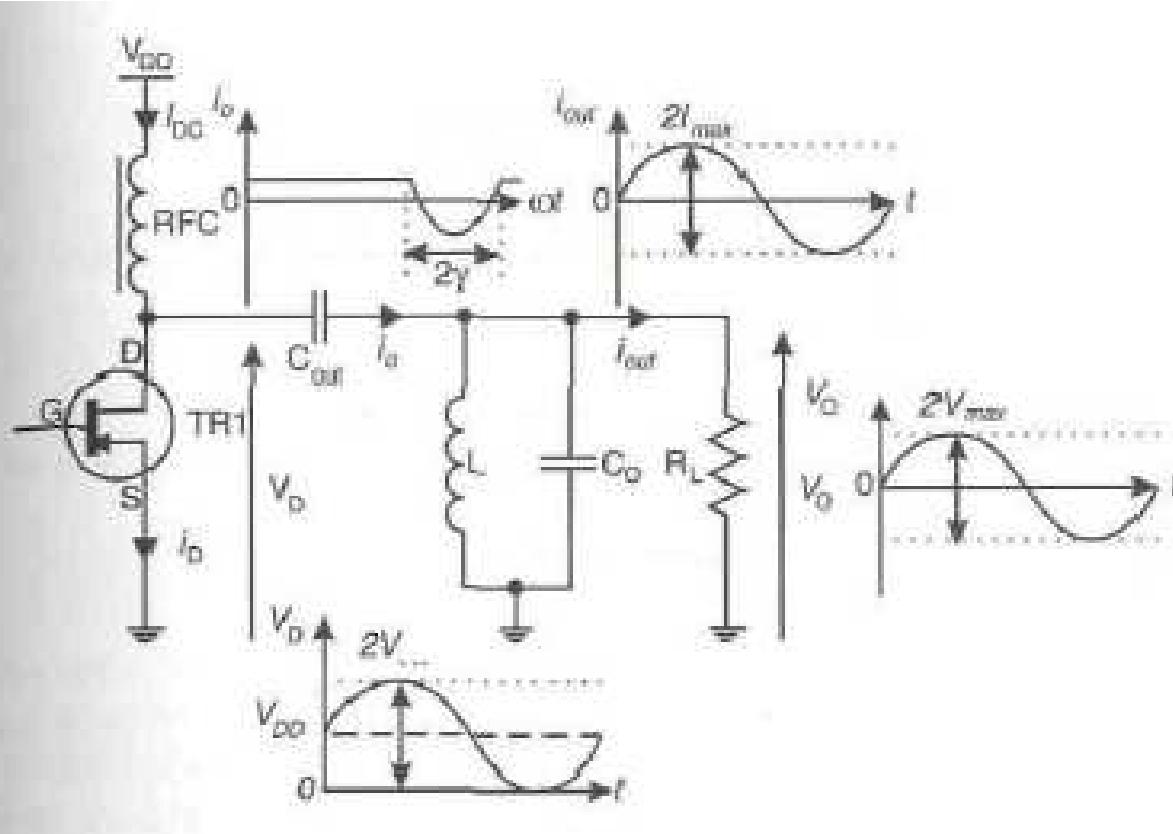


Topología Push-Pull

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# AMPLIFICADORES DE POTENCIA

Amplificador Clase C:

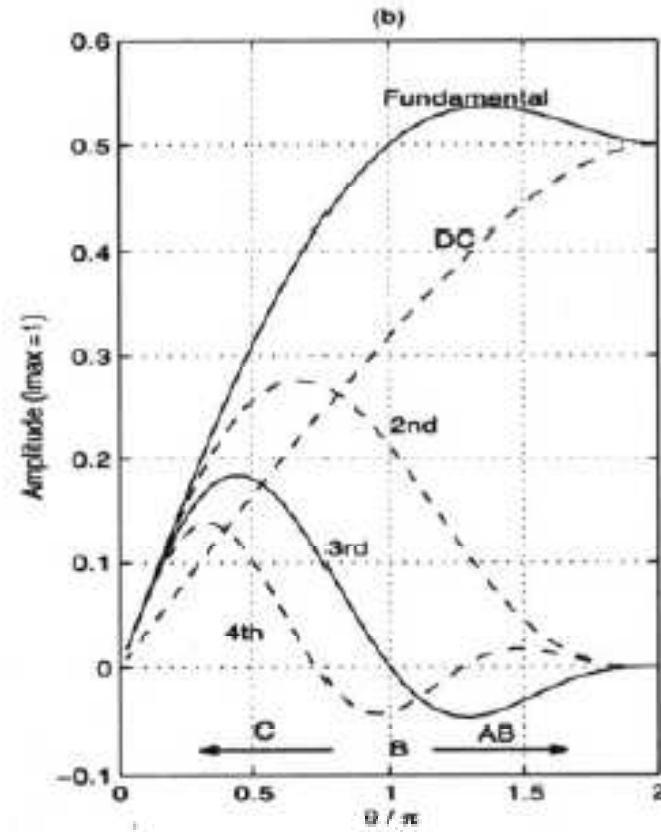
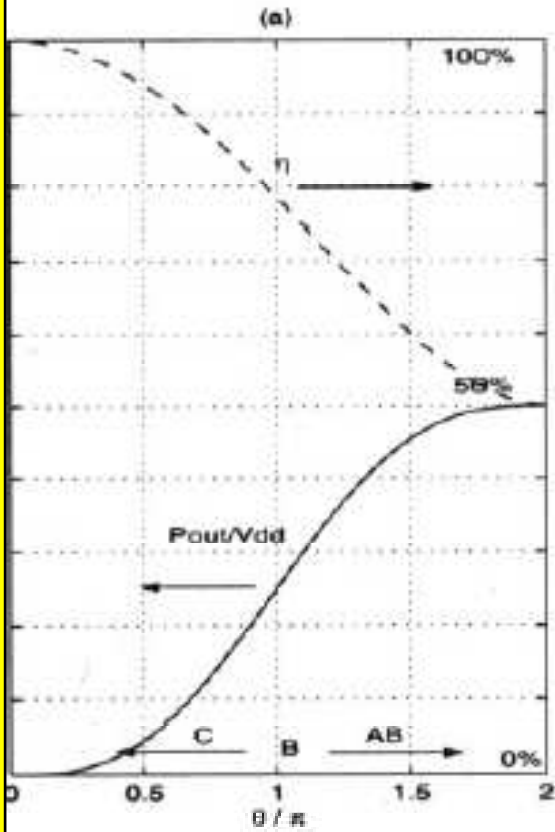


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# AMPLIFICADORES DE POTENCIA

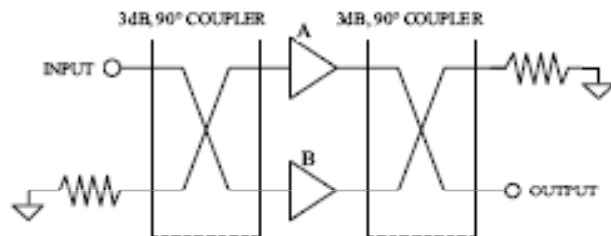
encia y componentes de Fourier de la  
nte de colector o drenador.



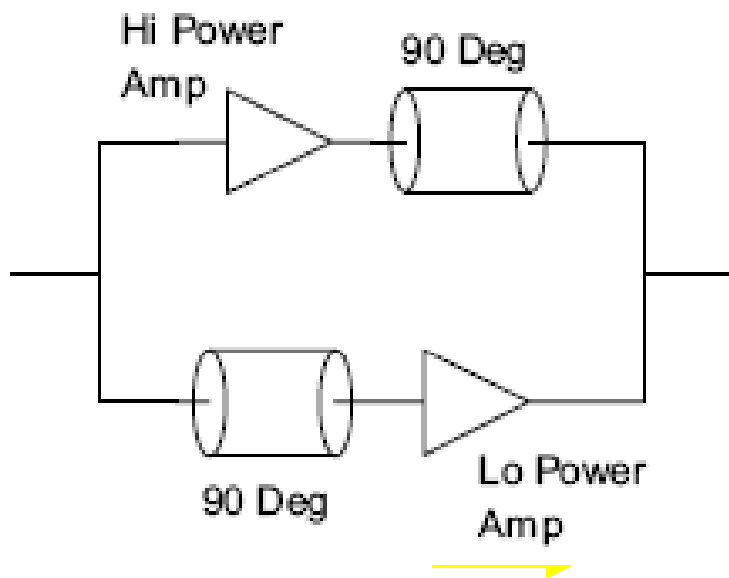
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# AMPLIFICADORES DE POTENCIA

dad de combinar para obtener potencias elevadas:



Amplificador Dougherty:



Cartagena99

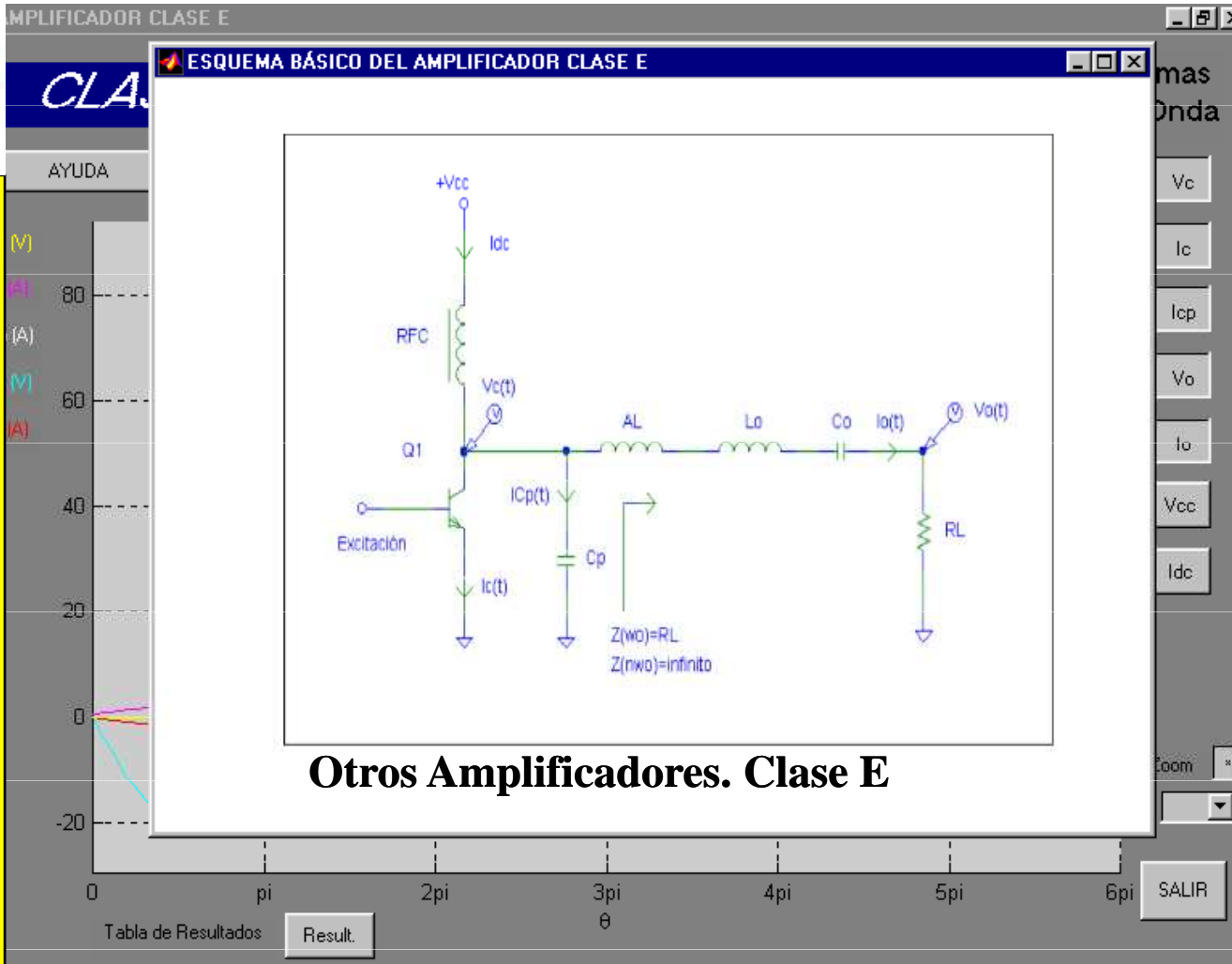
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



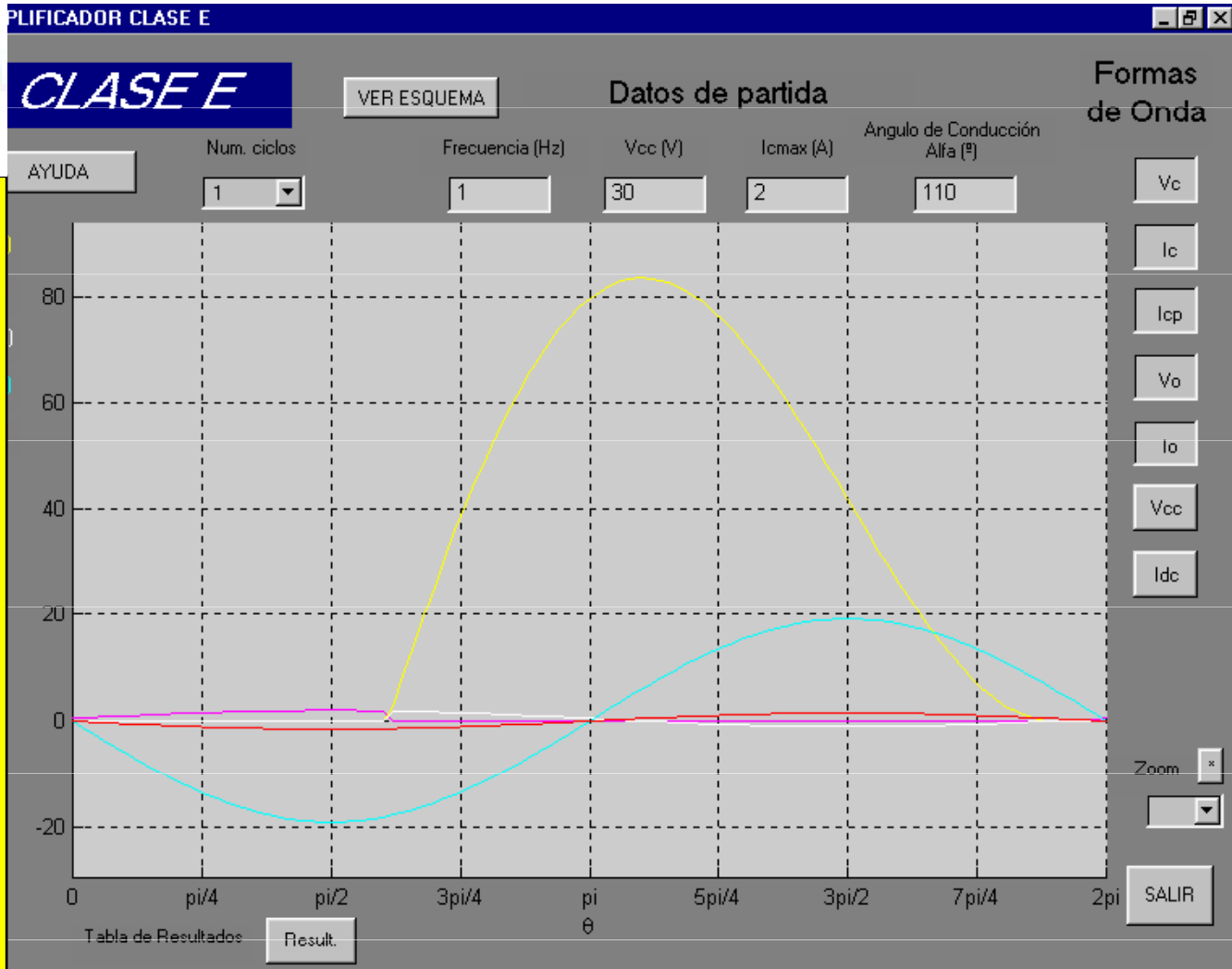
# AMPLIFICADORES DE POTENCIA

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# AMPLIFICADORES DE POTENCIA

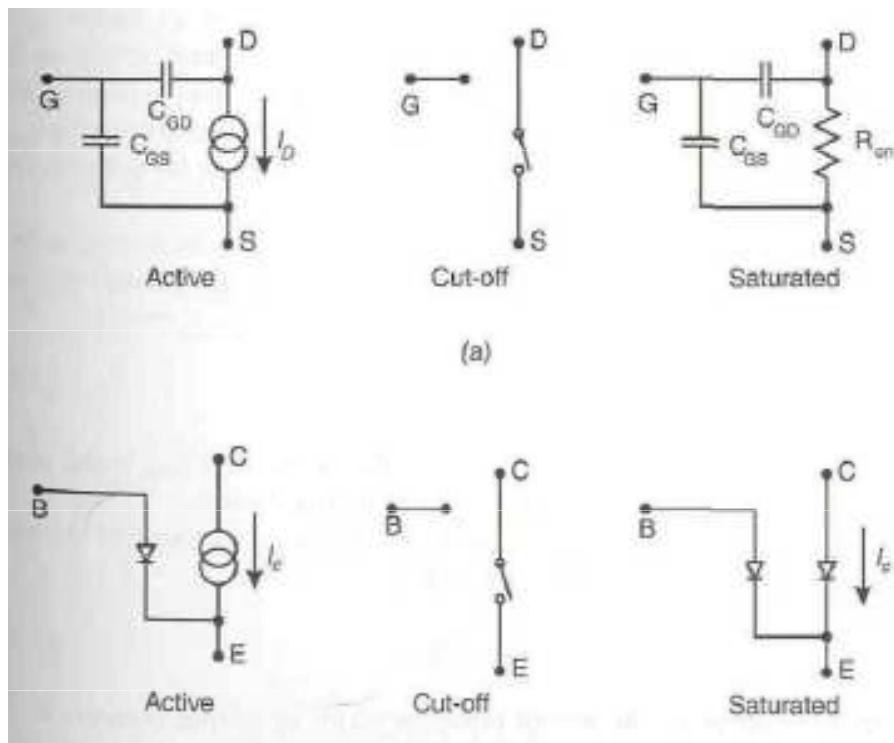


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
-- --  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# AMPLIFICADORES DE POTENCIA

## Modelos para BJT y FET en distintas zonas de funcionamiento



Existen diferentes modelos:

Gummel-pool  
Curtice  
Statz

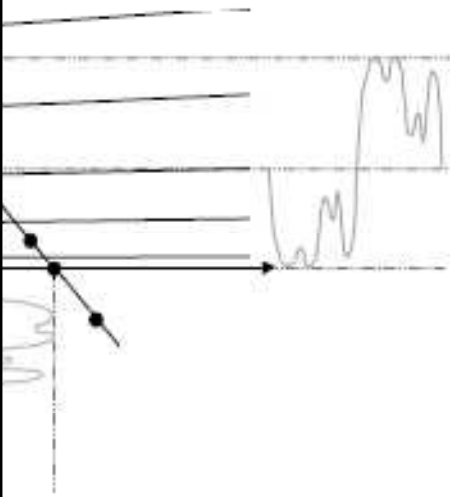


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



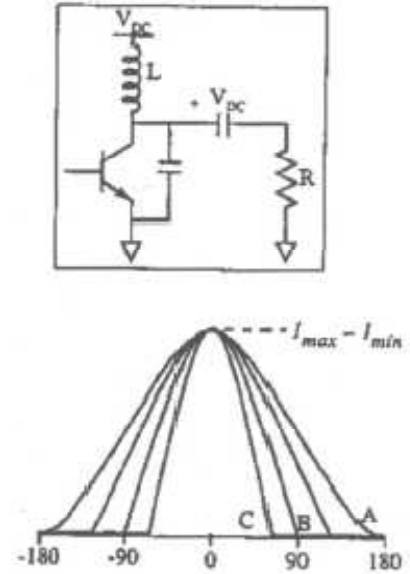
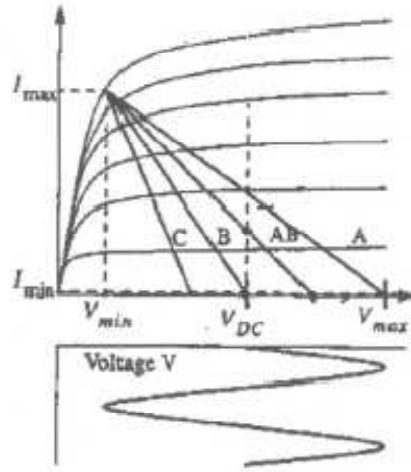
# AMPLIFICADORES DE POTENCIA

ón:



posible funcionamiento

s condiciones de carga



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVIÁ WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# AMPLIFICADORES DE POTENCIA

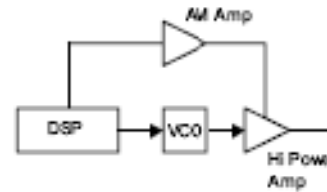
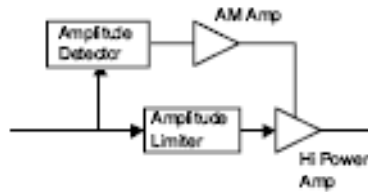
en carga

CLASE	$\eta_{SA, Lmax}$	$Z_{fo}$	$Z_{out}$	$Z_{in, out}$
"A"	50%	Real $R_{fo}$	c.c	c.c
"A" satu.	63.5%	Real $R_{fo}$	c.c	c.a
"A" satu. y sobre.	80%	Real $R_{fo}$	c.c	Real $R_{fo}$
"B"	78.5%	Real $R_{fo}$	c.c	c.c
"C"	100%	Real $R_{fo}$	c.c	c.c
"C" satu.	100%	Real $R_{fo}$	c.c	c.c
"C-E"	80%	Compleja $Z_{fo}$	Alta(c.a)	Alta(c.a)
"D"	100%	Real $R_{fo}$	c.c	c.a
"E"	100%	Compleja $Z_{fo}$	Alta(c.a)	Alta(c.a)
"F"	88%	Real $R_{fo}$	c.c	Real $R_{fo}$
"BAR"	80%	Real $R_{fo}$	Alta(c.a)	Alta(c.a)

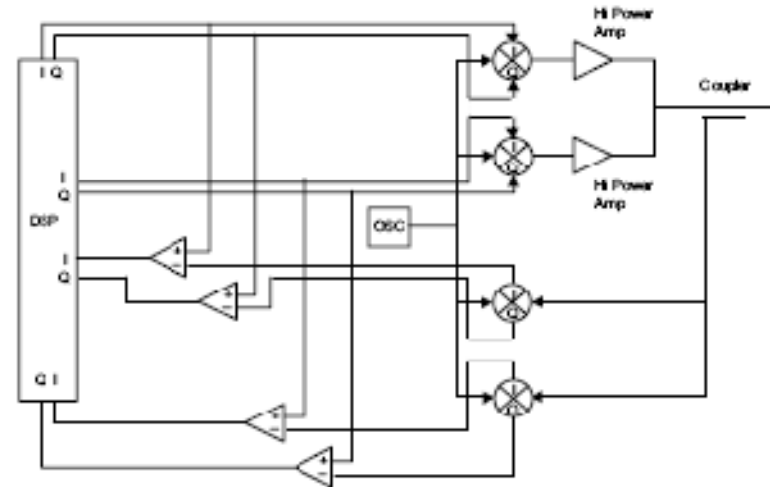
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

# AMPLIFICADORES DE POTENCIA

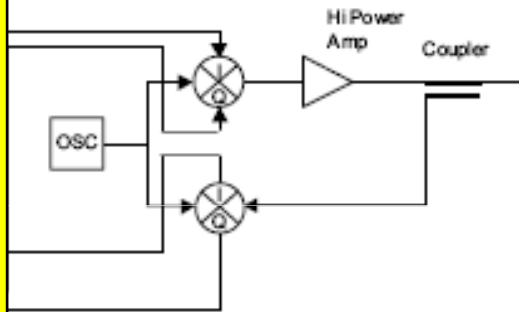
Técnicas de Linearización o Predistorsión:



Callum



Adaptativa



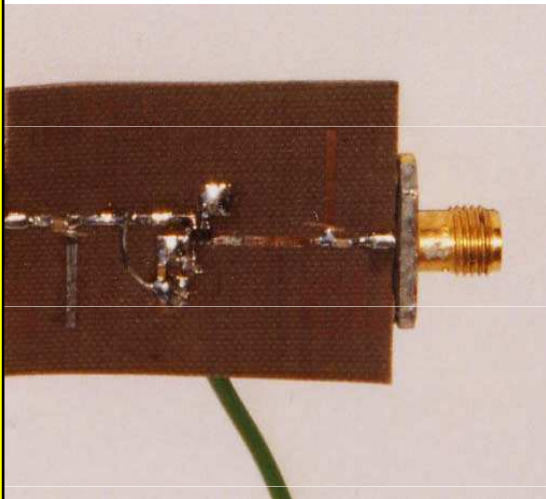
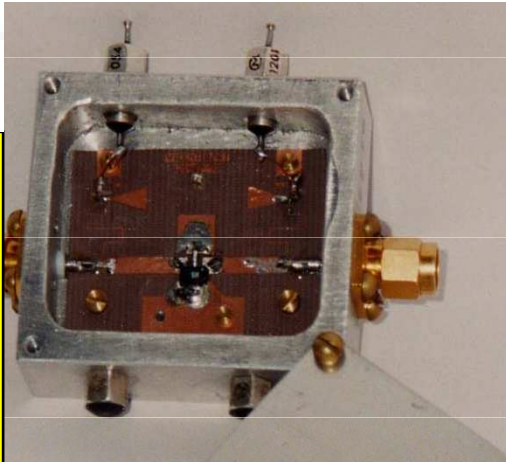
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70





## AMPLIFICADORES DE POTENCIA

### Clase A saturada y sobreexcitada

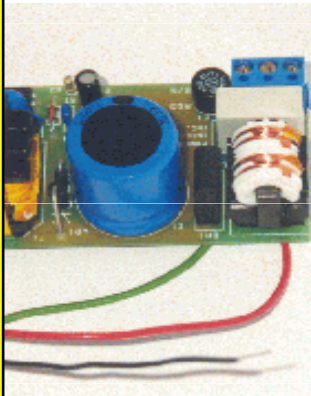
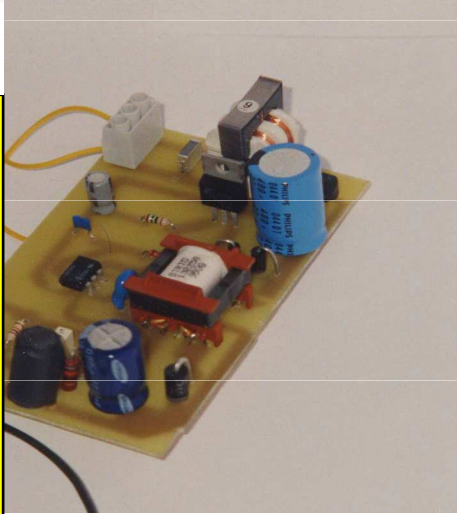


Tensión de alimentación	10 V
Ganancia	10.5 dB
Potencia de salida	0.75 W
Eficiencia	69.5%
Frecuencia de trabajo	1650-1700 MHz

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## AMPLIFICADORES DE POTENCIA

### ase D. Fuentes cc



Tensión de entrada	165 a 265 VAC
Tensión de salida	7.5 V $\pm$ 2%
Potencia de salida (continua)	7.5 W
Potencia de salida (pico)	15 W
Eficiencia	94 %
Rizado	$\pm$ 20 mV

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
 ---  
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# CONCLUSIONES

rdado el diseño de amplificadores en microondas  
o ha sido el diseño de cargas de entrada y salida que lleven al  
o transistor a cumplir unas características de estabilidad, ganancia,  
adaptación, anchura de banda y potencia determinadas.  
ntas matemáticas a utilizar: carta de Smith y transformación bilineal.  
plicadas:  
ptación para sintetizar las impedancias requeridas.  
arización para poner al dispositivo en unas condiciones de trabajo dadas.  
s tienen que estar perfectamente aisladas entre sí.  
dores de varias etapas



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# BIBLIOGRAFÍA

in, “Foundations for microwave engineering”, segunda edición, 1992,

ar, “Microwave engineering”, tercera edición, 2007, Wiley.

ez, “Microwave transistor amplifiers, analysis and design”, segunda edición, Prentice Hall, 1984.

onio, F. Giannini, E. Limiti, “High efficiency RF and microwave solid state power amplifiers”, Wiley 2009.

Bhartia, “Microwave solid state circuit design”, Segunda Edición, Wiley, 2003.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70  
--  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70