

Capítulo 12: Mezcladores en microondas

La necesidad de circuitos conversores de frecuencia en los modernos sistemas de comunicaciones hace importante el estudio de mezcladores en microondas. El aumento en la capacidad de información lleva a que los sistemas de comunicaciones funcionen en bandas cada vez más elevadas. Esto supone la necesidad de circuitos que conviertan dichas frecuencias en las correspondientes de microondas. La utilización de dispositivos de estado sólido posibilita la realización de mezcladores más o menos integrados en microondas. El estudio de mezcladores tendrá que abordar aquellos basados en diodos que llegan a frecuencias más elevadas pero tienen el inconveniente de las pérdidas asociadas a los diodos. Frente a esta opción tecnológica se encuentra la utilización de transistores que no llegan a frecuencias tan elevadas, tienen la ventaja de la ganancia que llevan pareja.

ÍNDICE

- Introducción a los mezcladores.
- Principio de funcionamiento.
- Parámetros básicos y terminología.
- Tipos de mezcladores.
- Mezcladores pasivos.
- Mezcladores activos.
- Conclusiones.



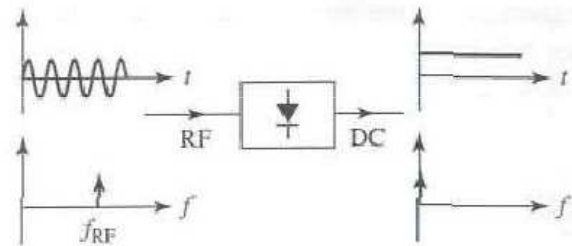
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
-- --
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



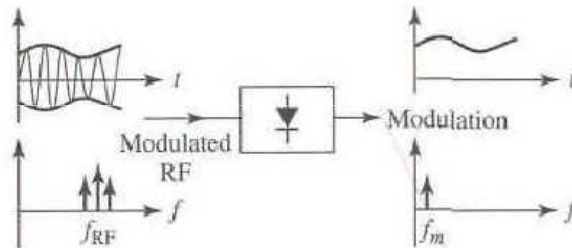
DETECTORES, MEZCLADORES Y RECTIFICADORES

Cartagena99

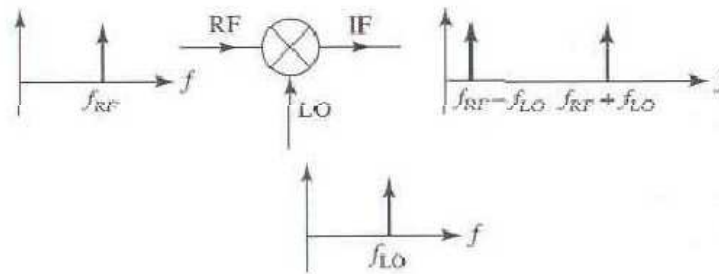
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



(a)



(b)



(c)

Rectificador

Detector

Mezclador



TRODUCCIÓN A LOS MEZCLADORES

1: dispositivo que realiza un desplazamiento en frecuencia de una señal modulada, conservando su modulación, a otra centrada en otra

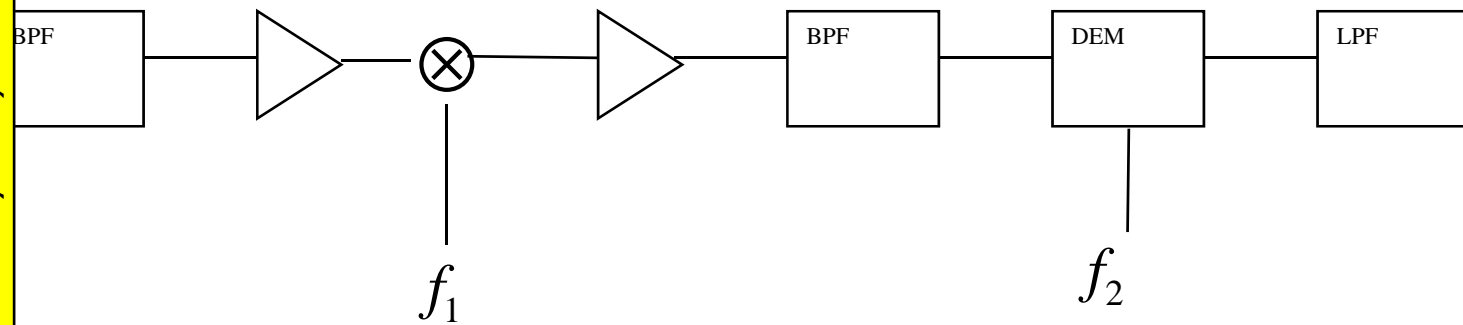
as que entran en juego:

frecuencia de radiofrecuencia, RF: la que hay que trasladar de frecuencia.

frecuencia intermedia IF: la nueva frecuencia resultante.

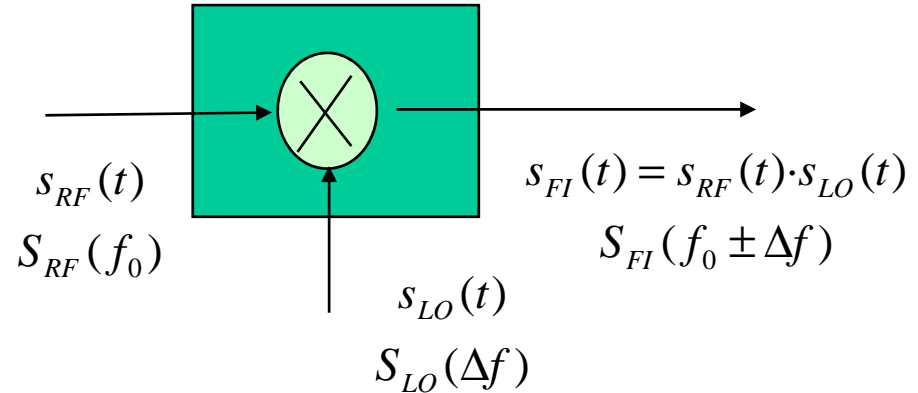
frecuencia de oscilador LO: la que provoca el proceso de mezcla

de un receptor superheterodino:



RODUCCIÓN A LOS MEZCLADORES II

ción de un mezclador:



la señal de entrada

oscilador: $s_{RF}(t) = V_{RF} (1 + mx(t)) \cos(\omega_{RF}t + \Delta\phi y(t))$

de ambas $s_{OL}(t) = V_{OL} \cos(\omega_{OL}t)$

$$s_{FI}(t) = s_{RF}(t) \cdot s_{OL}(t) = KV_{RF}V_{OL} (1 + mx(t)) \cos(\omega_{RF}t + \Delta\phi y(t)) \cos(\omega_{OL}t) =$$

$$= \frac{K}{2} V_{RF} V_{OL} (1 + mx(t)) \cos((\omega_{RF} + \omega_{OL})t + \Delta\phi y(t)) +$$

$$+ \frac{K}{2} V_{RF} V_{OL} (1 + mx(t)) \cos((\omega_{RF} - \omega_{OL})t + \Delta\phi y(t))$$

cias:

factor de ganancia o pérdidas del mezclador

lida están presentes la suma como la diferencia de frecuencias

características de la señal de entrada se mantiene.

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 A LOS MEZCLADORES III

ado anterior se derivan dos tipos de mezcladores

rsor superior (up-converter): traslada la señal de entrada a frecuencias
pres.

rsor inferior (down-converter): traslada la señal de entrada a frecuencias
pres.

l de un filtro para obtener la frecuencia deseada

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

RINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (I)

licación anterior no se puede realizar directamente y se requiere el uso
tivos que tengan una función de transferencia I-V no lineal.

s (Schottky)

stores bipolares

stores de efecto de campo

general de transferencia:

$$I = k_0 + k_1V + k_2V^2 + k_3V^3 + \dots$$

entrada es la suma de la señal RF y OL

$$I = \sum_{m,n} C_{m,n} \cos[(m\omega_{RF} \pm n\omega_{OL})t]$$

ctores C_{mn} dependen de k_i y las amplitudes de RF y OL

nos no deseados: espurios de señal, frecuencias de intermodulación de orden

$m\omega_{RF} + n\omega_{OL}$

crece el orden de la potencia el valor de k disminuye por lo que la importancia

s “batidos” es cada vez menor.

a un factor k_2 elevado pues determina la amplitud de la señal suma y diferencia.

RINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (II)

Clasificación de mezcladores: por la posición en el espectro de la frecuencia de la señal de RF o a la de RF

Mezclador lateral superior: $f_{LO} > f_{RF}$

Mezclador lateral inferior: $f_{LO} < f_{RF}$

Mezcladores:

Mezclador inferior, empleado en receptores:

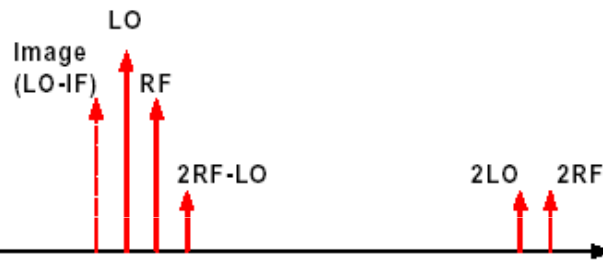
Por inyección lateral superior: $f_{LO} > f_{RF}$

Por inyección lateral inferior: $f_{LO} < f_{RF}$

Mezclador superior, empleado en transmisores:

Por inyección lateral superior: $f_{LO} > f_{RF}$: $f_{RF} = f_{LO} - f_{FI}$

Señal de salida un convertidor inferior por inyección lateral inferior:



Concepto de frecuencia imagen

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



ÁMETROS BÁSICOS Y TERMINOLOGÍA

Modos de funcionamiento: (especificar LO, FI y RF)

Distancia entre puertas: la separación de las puertas es por filtrado (no pueden solaparse las

bandas de frecuencia: no requieren filtrado

Eficiencia de conversión: cociente entre la potencia de la señal de salida y la potencia de entrada a RF (en dB).

Ruido: el cociente entre la potencia total de ruido a la salida del sistema (a la FI) dividida entre la potencia de ruido que habría si el sistema no generara ruido.

Bandas de ruido: existen dos bandas de RF cuyo batido se convierte en la banda de FI de la que se quiere medir el ruido.

Rechazo de imagen: definición de temperatura en simple banda (se rechaza la banda imagen)

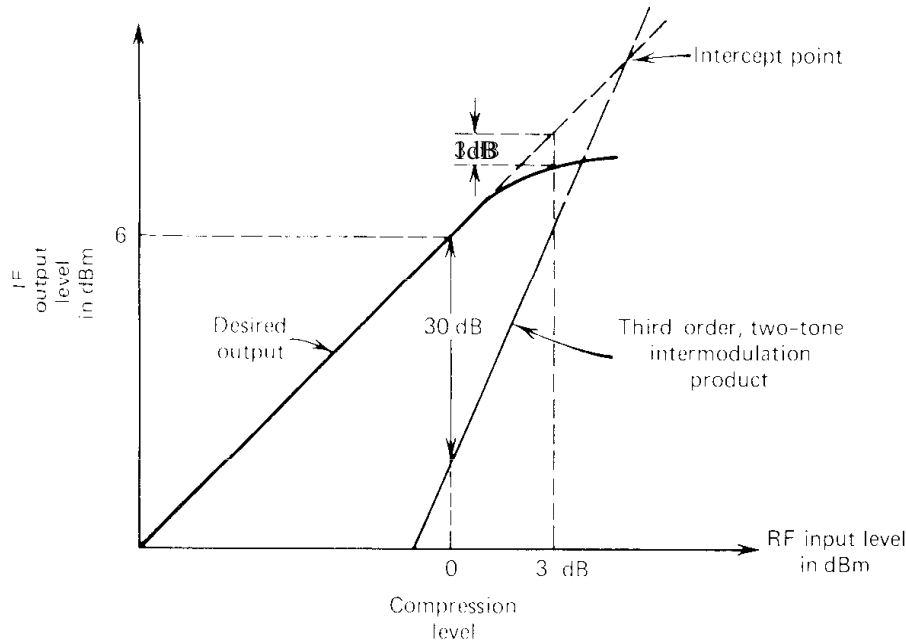
Rechazo de imagen: definición de temperatura en doble banda (se contempla la banda imagen)

Compresión: punto para el que el nivel de potencia de salida en FI es 1 dB menor al que correspondería a la característica lineal.

Margen de potencia: margen de potencia en que no se degrada su funcionamiento.

METROS BÁSICOS Y TERMINOLOGÍA II

intercepción de tercer orden: indica el nivel de los productos de tercer orden ay dos señales de entrada. Es el punto en el que la recta del espurio de tercer erseca a la de entrada.



d: capacidad de mantener el nivel de entrada.

nto: representa el grado de acoplamiento entre los puertos del mezclador:
que sufre la señal al pasar de una puerta a otra sin conversión.

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

RÁMETROS BÁSICOS Y TERMINOLOGÍA III

purias: nivel de pérdidas con el que se recibe la correspondiente mezcla nivel del armónico principal. Se especifican para un determinado nivel de e entrada.

| P _{LO} =10 dBm, P _{RF} =0 dBm | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|
| RF\LO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 0 | 31 | 47 | 42 | 32 |
| 2 | 38 | 45 | 39 | 48 | 46 |
| 3 | 39 | 49 | 37 | 52 | 42 |
| 4 | 64 | 60 | 58 | 56 | 59 |
| 5 | 71 | 69 | 59 | 72 | 55 |

Atenuación del armónico correspondiente

os valores de potencia basta tener en cuenta la dependencia polinómica.

$$L = L_{\text{nom}} - \Delta P_{RF} [dB] \cdot (m - 1) - \Delta P_{OL} [dB] \cdot (n - 1)$$

TIPOS DE MEZCLADORES

fuerte no linealidad, propiedades eléctricas uniformes, bajo ruido, inmunidad a interferencias.

Tipos:

Mezcladores pasivos: basados en diodos.

Diodo Schottky: gran velocidad de conmutación. Llega a muy altas frecuencias.

Mezcladores activos: basados en transistores.

Transistor bipolar: no es popular por no llegar a muy altas frecuencias.

Transistor de efecto de campo (FET): presenta ganancia de conversión pero no llega a frecuencias tan altas como el diodo.

Funcionan con las señales de OL y RF aplicadas a la puerta (gate-pumped) y un filtro en el drenador que obtiene FI.

- » El OL modela la transconductancia.
- » Máxima ganancia de conversión y mínimo ruido.

El OL actúa sobre el drenador (drain-pumped). Menos ventajas que el anterior.

Mezclador resistivo: la OL se aplica a la puerta y la RF al 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

MEZCLADORES PASIVOS: principio de funcionamiento

Se denominan mezcladores resistivos ya que el mezclado se consigue por una resistencia en serie con el tiempo.

El elemento responsable del comportamiento no lineal es el elemento activo de la función I-V

En el caso de un mezclador OL resulta una conductancia:

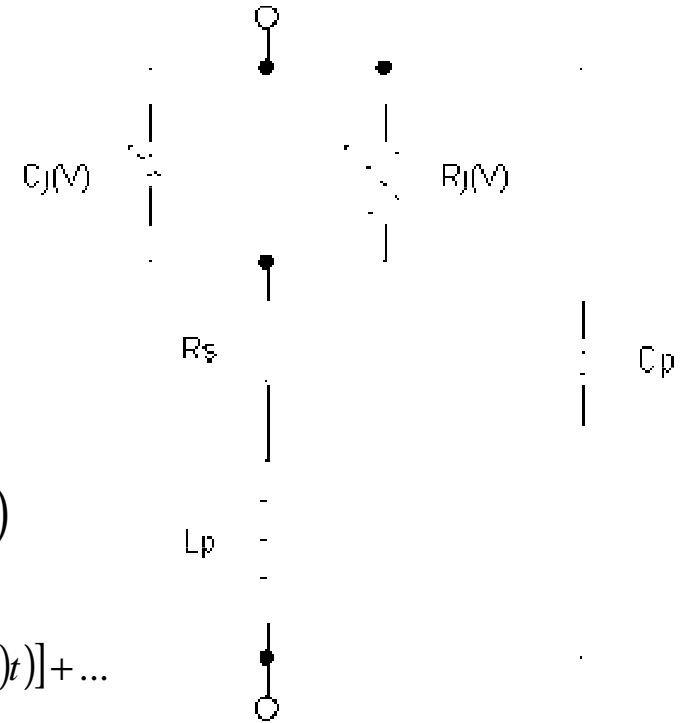
$$G = G_0 + G_1 \cos(\omega_{OL}t) + G_2 \cos(2\omega_{OL}t) + \dots$$

Para asegurar que la conductancia no sea negativa.

Se aplica, ahora, una señal de RF $v_s(t) = V_s \cos(\omega_{RF}t)$

$$i(t) = G_0 V_s \cos(\omega_{RF}t) + \frac{G_1 V_s}{2} [\cos((\omega_{RF} - \omega_{OL})t) + \cos((\omega_{RF} + \omega_{OL})t)] + \dots$$

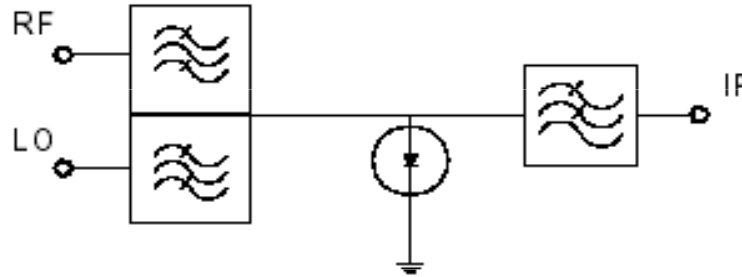
El principio de funcionamiento de un mezclador con diodo está determinado por la forma de la onda de entrada, la frecuencia de la onda de entrada y por las impedancias de entrada y salida del diodo.



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



MEZCLADOR SIMPLE



Las puertas de RF y LO deben separarse mediante un diplexor.

El aislamiento entre RF y LO es pequeño.

La supresión de espurios.

El punto de diseño:

Selección de un diodo apropiado para la aplicación: frecuencia funcionamiento, nivel LO, tipo de encapsulado y coste.

Selección de un filtro paso bajo IF: adaptación en IF y alta impedancia en LO y RF.

RF y LO:

Adaptar las puertas

Aislar, en la medida de lo posible, las dos entradas.

Atención:

La impedancia que presenta el diodo es variable con el tiempo y depende del nivel de LO y de la frecuencia.



ACPLADORES SIMPLEMENTE BALANCEADOS

El inconveniente de los simples del poco aislamiento en RF y LO.

Adicionales:

gestión de la potencia.

Presencia de algunos espurios y ruido AM del LO

Deficiencias:

Bajo rendimiento de conversión.

Necesidad de mayor potencia de LO.

Desventajas:

Uso de un híbrido para conectar las puertas de entrada al diodo.

La diferencia de fase entre los puertos de salida es crítica.

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

RECEPTOR BALANCEADO CON UN HÍBRIDO DE 180° (I)

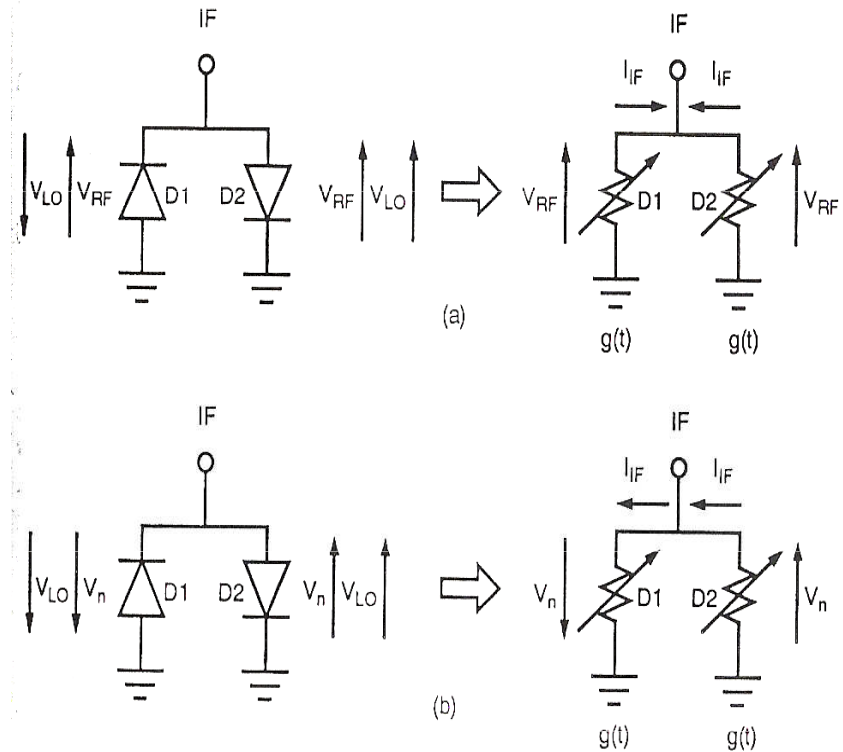
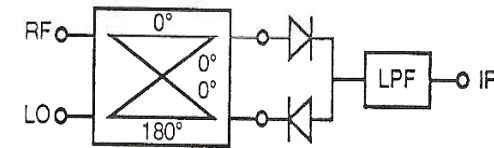
Las ondas de LO y RF se encuentran aisladas.

Los puntos de salida del híbrido se toman para la suma y la diferencia de las ondas de LO y RF.

La onda de RF y la onda de conductancia se suman en los diodos por lo que se obtiene la unión de los diodos.

La conductancia no es la misma para las ondas de ruido de LO: entran en el receptor por la puerta de LO y en la salida se encuentran desfasadas.

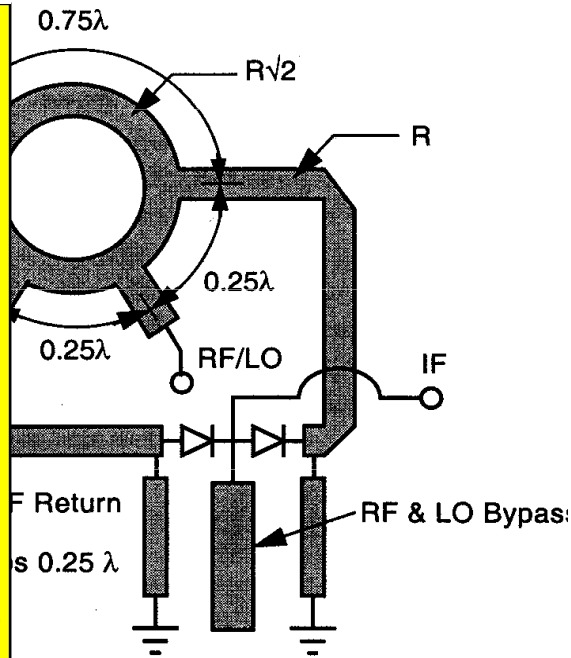
Las ondas espurias de LO se cancelan.



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

LADOR BALANCEADO CON HÍBRIDO DE 180° II

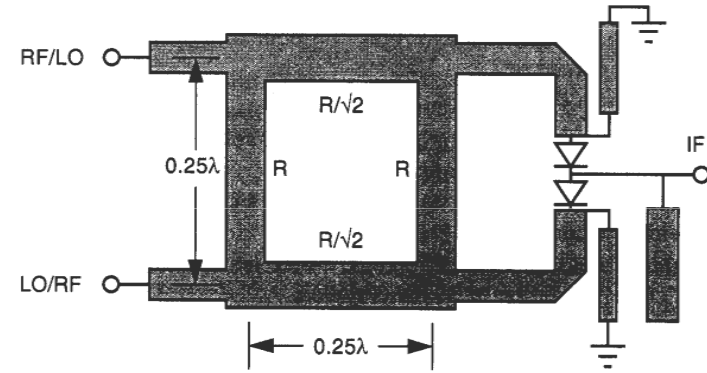
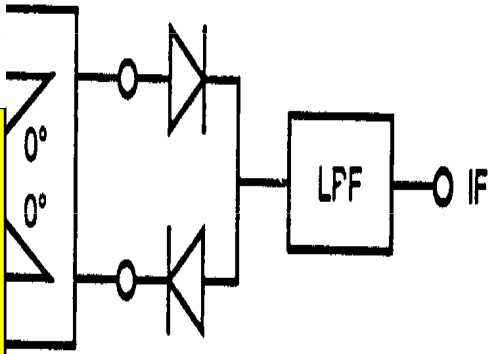
- Cualquiera de los puertos de entrada puede utilizarse para la señal de RF y LO.
- Si los productos de mezcla son $m f_{RF} \pm n f_{LO}$
 - La señal de RF se aplica al puerto suma, se eliminan espurios con m par y n impar.
 - La señal de LO se aplica al puerto suma, se eliminan espurios con m impar y n par.
- El filtro IF debe proporcionar un cortocircuito a masa para la frecuencia de RF para que las pérdidas de conversión sean las mínimas (no es necesario a LO porque están en contrafase por lo que el punto de unión es una tierra virtual)
- Los dos stubs en cortocircuito sirven para que la FI no se introduzca en el híbrido.



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

CLADOR BALANCEADO CON HÍBRIDO DE 90°



es simétrico por lo que el intercambio no afecta al mezclador.

s:

amiento entre RF y LO es pobre.

echazan espurios con m par y n impar o viceversa.

de trabajar como convertidor superior a no ser que se cambie el sentido del diodo pero

s no funcionaría como convertidor inferior.

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

CLADOR DOBLEMENTE BALANCEADO

e cuatro diodos en una configuración estrella.

ento inherente en todas las puertas.

o del ruido y espurios LO.

s:

cuatro diodos y dos híbridos.

e funcionamiento:

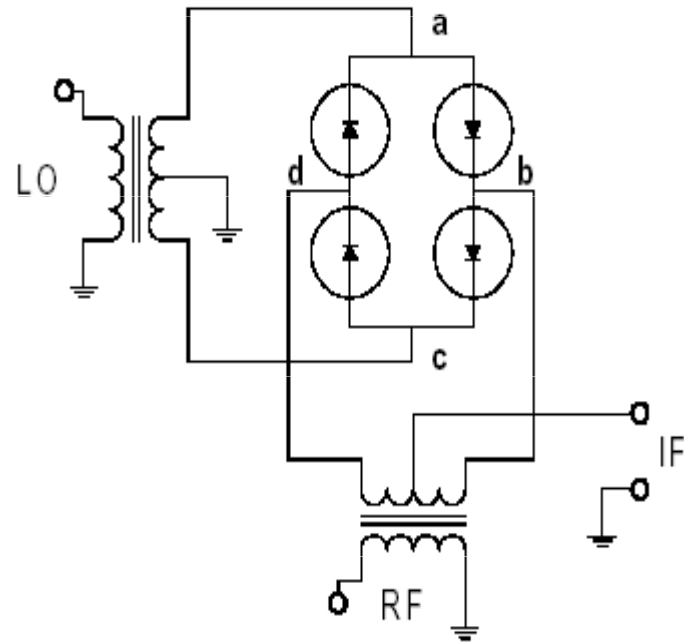
l de LO activa alternativamente los diodos izquierda y la derecha.

atos a y c son tierras virtuales para la señal

ñal de RF en fase y otra en contrafase

ivamente se cambian al puerto de IF bajo

ol de LO.



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

SUMEN DE MEZCLADORES PASIVOS

| Aislamiento entre puertas | | | Rechazo de ruido AM y espurio de OL | Rechazo espurios orden bajo | Requisito potencia de LO | Punto de intercepción de tercer orden | Punto compresión a 1 dB |
|---------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| RF-IF | LO-RF | LO-IF | | | | | |
| Depende de los filtros | Depende de los filtros | Depende de los filtros | No existe | Ninguno | Baja | Bajo | Bajo |
| Depende de los filtros | Bueno | Depende de los filtros | Bueno | (2,2) y (2,1) ó (1,2) | Moderada | Moderado | Moderado |
| Depende de los filtros | Pobre | Depende de los filtros | Bueno | (2,2) | Moderada | Moderado | Moderado |
| Bueno | Bueno | Bueno | Bueno | (2,2), (2,1) y (1,2) | Alta | Alto | Alto |

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

MEZCLADORES ACTIVOS

...án fundamentalmente FET

...compatibilidad con circuitos integrados monolíticos.

...n presentar ganancia de conversión

...as:

...gan a frecuencias tan altas como los diodos.

...ás sencillos para utilizarse en circuitos balanceados.

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



MEZCLADORES ACTIVOS: PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (I)

Un voltaje grande de LO entre la puerta y la fuente (gate pumped) que hace que varíe periódicamente la transconductancia.

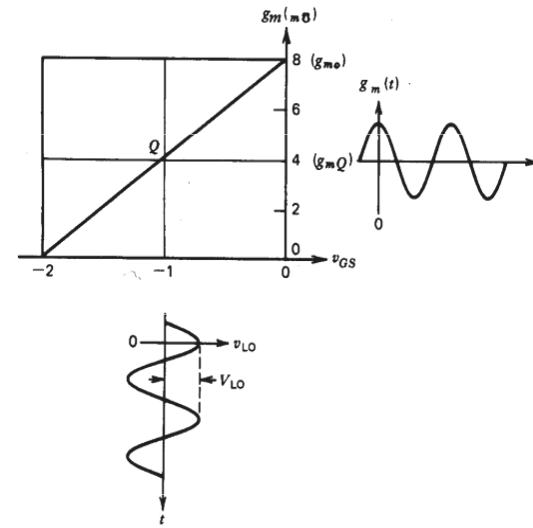
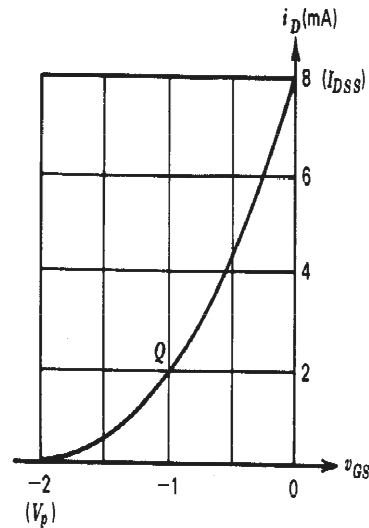
Corriente:

$$i_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_P} \right)^2$$

Derivada de la transconductancia:

$$g_m = \frac{di_D}{dv_{GS}} = g_{mo} \left(1 - \frac{v_{GS}}{V_P} \right) \quad g_{mo} = 2I_{DSS} / V_P$$

Operación de la transconductancia para $V_p = -2V$ e $I_{DSS} = 8 \text{ mA}$



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

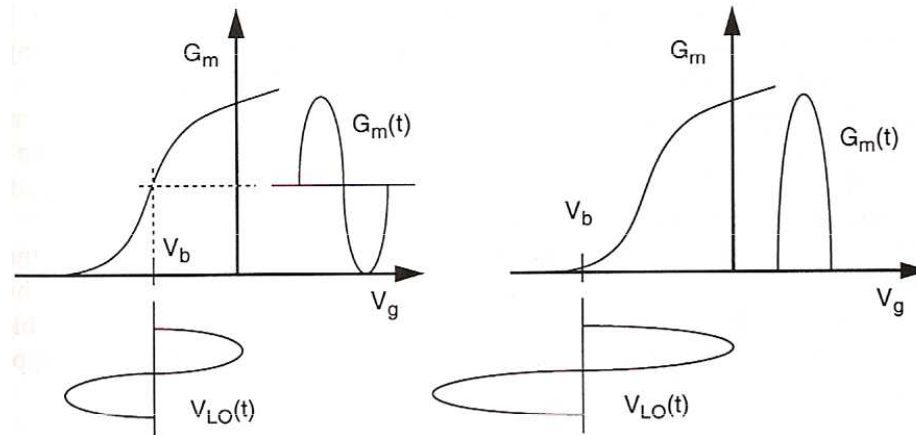
MEZCLADORES ACTIVOS: PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (II)

Hay una polarización de continua: V_{GS} : $v_{GS} = V_{GS} + V_{LO} \cos \omega_{LO} t$
 Transconductancia en el punto de trabajo: $g_{mQ} = g_{mo} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)$

Sea en: $g_m(t) = g_{mQ} + \frac{g_{mo}}{|V_P|} V_{LO} \cos \omega_{LO} t$

Se aplica una señal de RF tal que $V_{RF} \ll V_{LO}$

$$i(t) = g_m(t) \cdot V_{RF} \cos \omega_{RF} t = g_{mQ} V_{RF} \cos \omega_{RF} t + \frac{g_{mo}}{|V_P|} V_{LO} \cos \omega_{LO} t \cdot V_{RF} \cos \omega_{RF} t$$



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

MEZCLADORES ACTIVOS: PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (III)

conductancia es una función lineal y existe suficiente potencia para ET a su máxima transconductancia, esto supone polarizar al FET cerca aje de ruptura.

de LO determina la forma de la transconductancia.

que aplicarse a la puerta.

de aplicarse al drenador o al surtidor.

ador debe estar cortocircuito a LO y asegurar máxima ganancia de conversión ente de drenador.

ortocircuito en LO produce buenas condiciones de estabilidad.

, ante todo, un dispositivo amplificador

de eliminar el LO a la salida con un cortocircuito y/o con un filtro

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

MEZCLADOR SIMPLE CON FET

Se utiliza un diplexor para separar RF y LO.

Características:

Alta eficiencia de conversión.

Baja potencia, bajo coste.

Acoplamiento entre las puertas de RF y LO

Problemas:

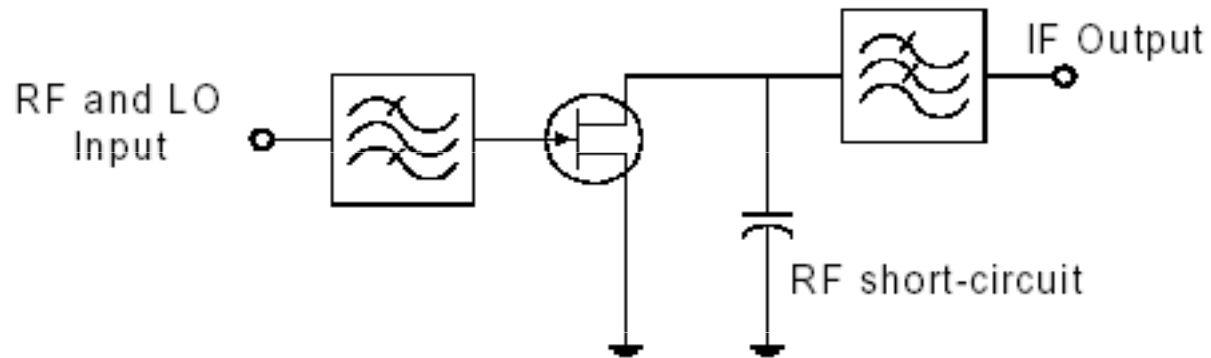
Alta potencia en la puerta del voltaje de ruptura.

Necesario proporcionar suficiente LO para conseguir máxima transconductancia.

Es necesario quitar el drenador a LO

Se debe utilizar un filtro de paso bajo para quedarnos con la frecuencia intermedia.

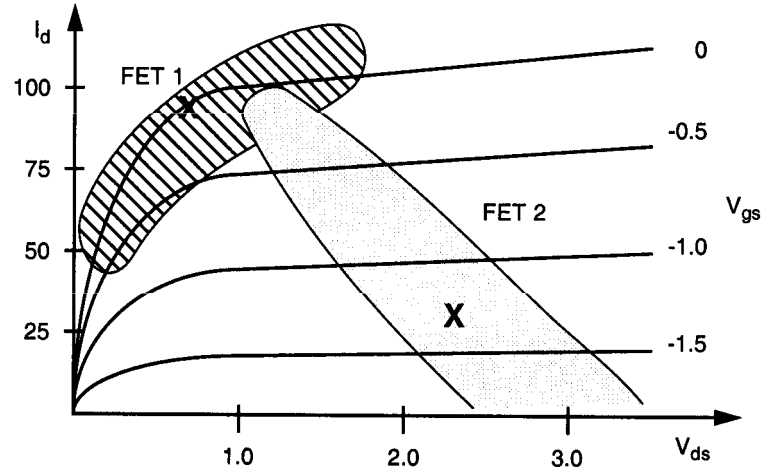
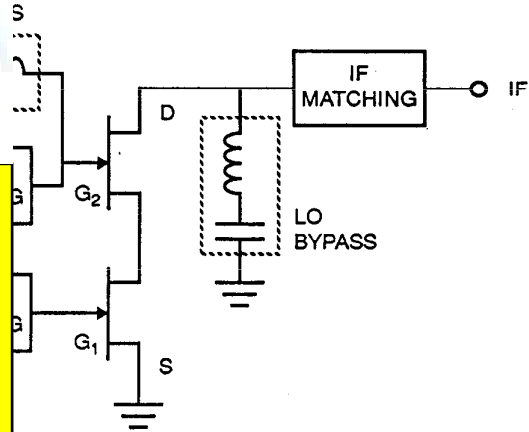
Se debe utilizar un diplexor para aislar RF y LO.



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

MEZCLADOR SIMPLE CON FET DE DOBLE PUERTA



de RF y LO se pueden aplicar a puertas separadas lo que mejora el aislamiento.

os ganancia de conversión y un poco más de ruido. La distorsión es menor.

de funcionamiento:

istor FET1 proporciona la función de mezclado. Es un FET inyectado por drenador con la LO inyectada al transistor superior FET2.

FET operan como un transistor en cascodo.

puerta del FET2 debe estar a tierra para FI

filtro de FI del drenador debe cortocircuitar LO y, al estar cercano, RF.

ación:

voltaje DC de la puerta 1 es alto mientras que el de la puerta 2 es tal para que conmute de a off en cada ciclo de LO.

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

CONVERTIDORES DOBLEMENTE BALANCEADO

Realizarse con transistores de una o dos puertas.

Las convertidores de una puerta son preferibles para los convertidores doblemente balanceados.

Los convertidores de dos puertas para los convertidores doblemente balanceados.

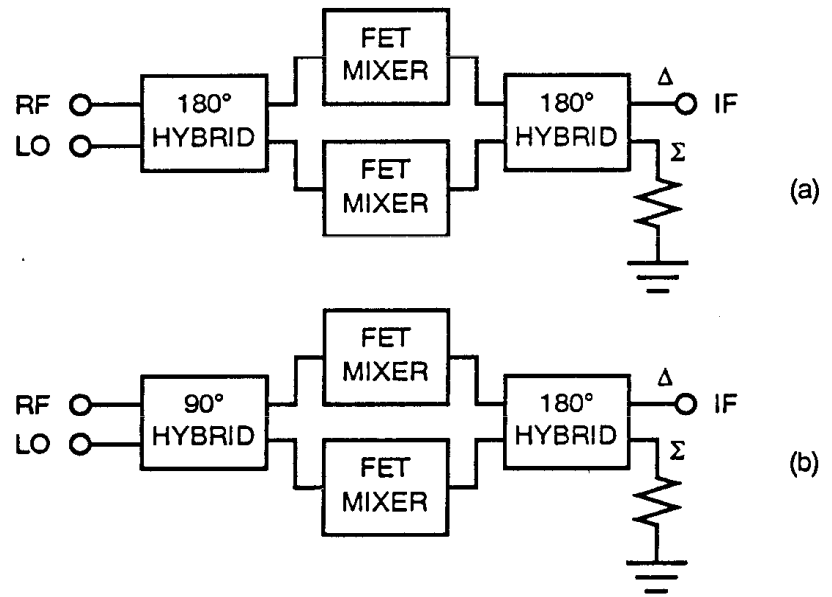
Los convertidores de una puerta conducen en inversa por lo que se requiere un híbrido a la salida FI (mayor aislamiento respecto al de los diodos)

Características:

1. Aislamiento inherente en las puertas de los convertidores de una o dos puertas.

2. Menor ruido AM de la LO

3. Eficiencias de conversión prácticamente iguales a los simples.



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

MEZCLADOR RESISTIVO CON FET

1 una variación de una resistencia, no en la variación temporal de una ctancia.

aplicaciones con poca distorsión.

un voltaje pequeño de polarización se puede conseguir una resistencia lineal.

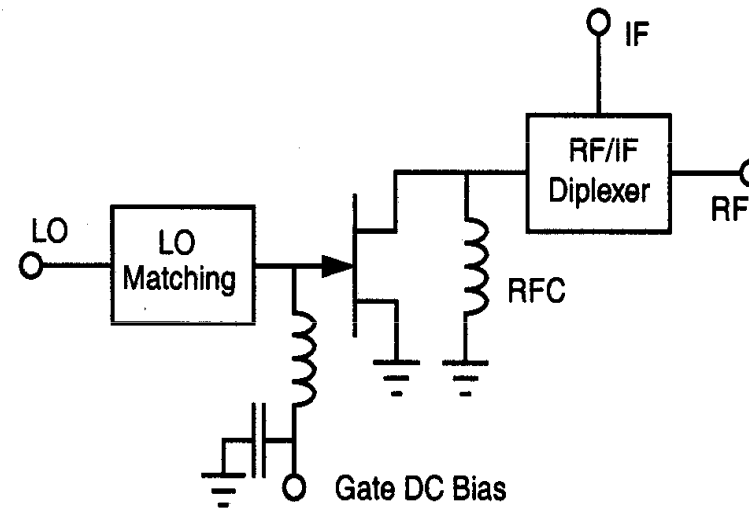
e funcionamiento:

la señal de LO a la puerta junto con la polarización.

la señal de RF al drenador.

la señal de FI en el drenador.

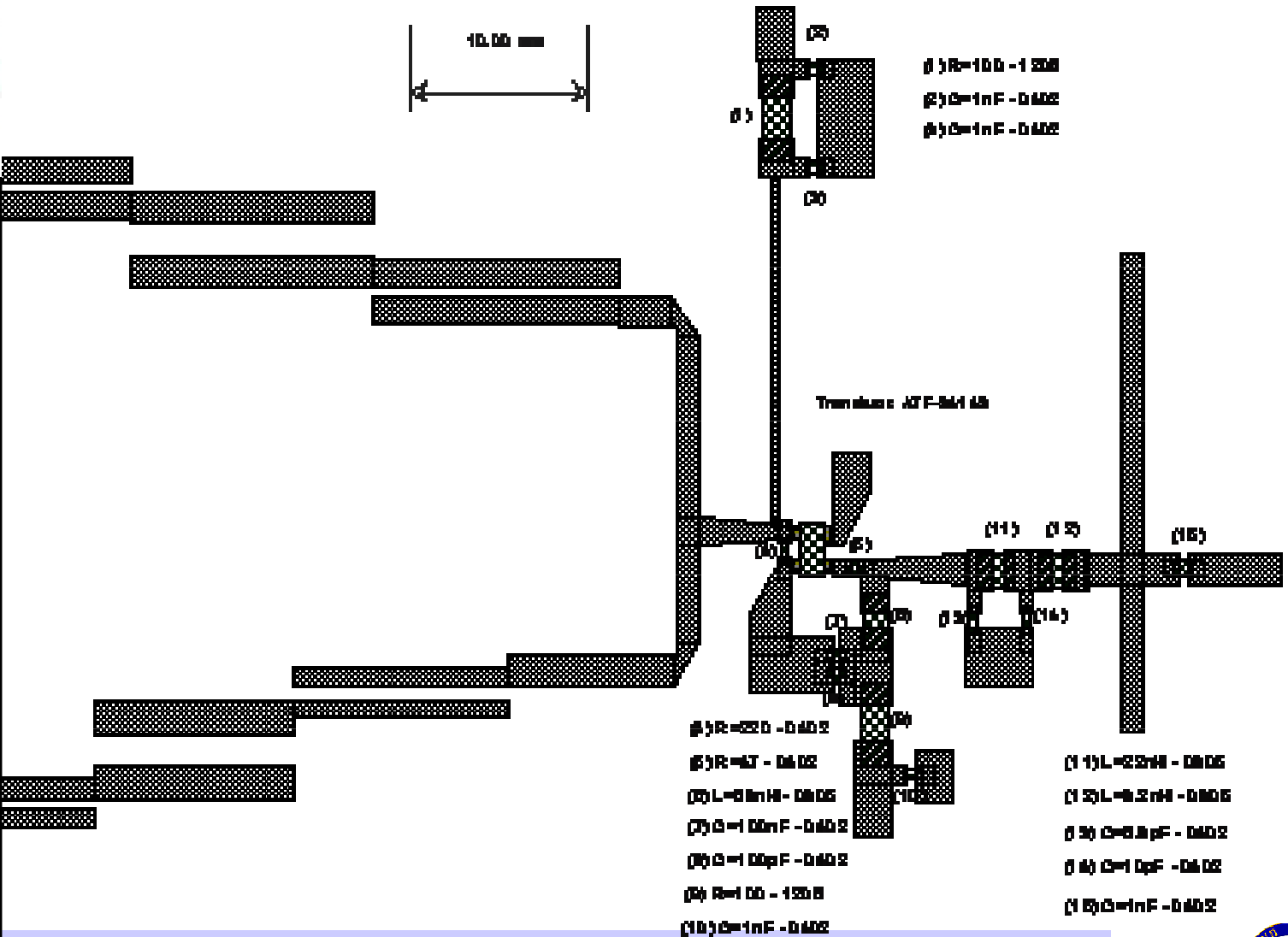
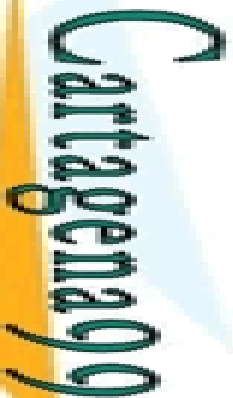
ALARIZAR EL DRENADOR.



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

LAYOUT DE UN MEZCLADOR



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.

BANCO DE MEDIDA

Fuente DC



Analizador espectros



RF

V_{GG}

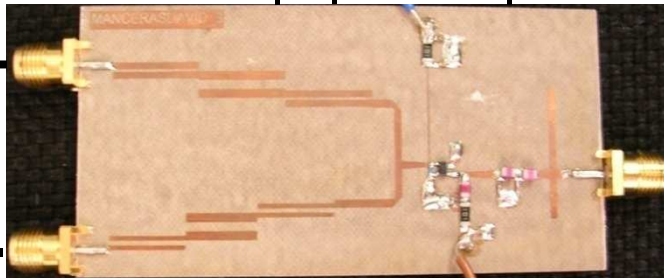
GND

V_{DD}

OL

FI

Mezclador



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

BIBLIOGRAFÍA

s, “*Microwave Mixers*”, Artech House, 1993.

s, “*The RF and Microwave Circuit Design Cookbook*”, Artech House,

ss, C.W. Bostian, F.H. Raab, “*Solid State Radio Engineering*”, John
Sons, 1980.

, “*Mixers*”, Plextek Communications Technology Consultants.

A. Maas, “*Nonlinear Microwave and RF Circuits*”, Artech House, 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

