

TEMA 8

Conversión de Frecuencia.

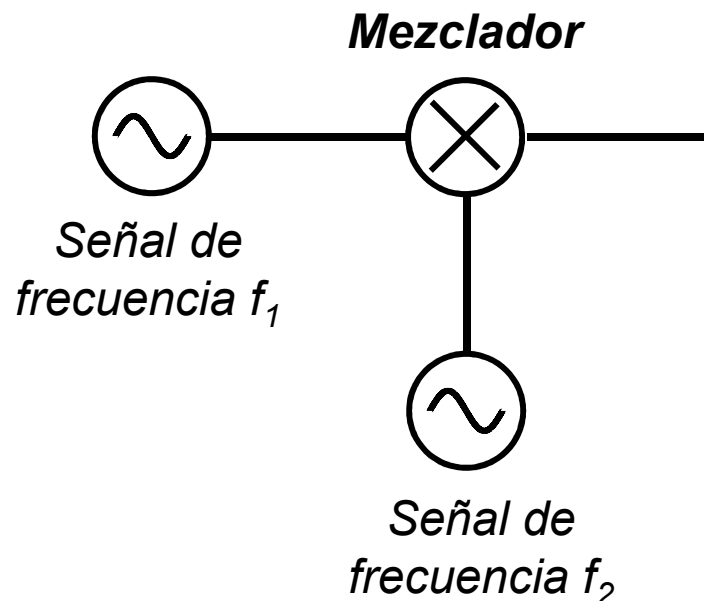
- × Distintos tipos de conversores de frecuencia.
- × Especificaciones principales.
- × Mezcladores
- × Multiplicadores de frecuencia.

Convertor de Frecuencia

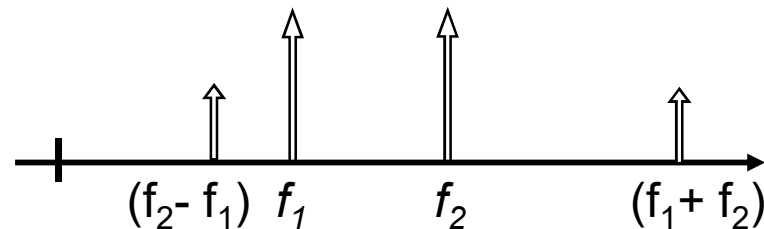
- Los mezcladores son componentes esenciales en radiocomunicaciones.
- Activos o pasivos se usan en todas las etapas de una cadena de emisión o recepción.
- Tienen muchas aplicaciones. Las aplicaciones principales son cambiar de frecuencia la señal, modulaciones y demodulaciones.

Idea fundamental:

Obtener una señal cuya frecuencia sea la suma o la diferencia de la frecuencia de otras dos



- Señal de frecuencias $(f_1 + f_2)$ y $|f_1 - f_2|$



Convertor de Frecuencia

3

¿Cómo generar una señal con frecuencias $(f_1 + f_2)$ y $|f_1 - f_2|$ partiendo de dos de frecuencias f_1 y de f_2 ?

Recordando identidades trigonométricas:

$$\cos\omega_1 t \cdot \cos\omega_2 t = 0,5 \cdot \cos(\omega_1 + \omega_2)t + 0,5 \cdot \cos(\omega_1 - \omega_2)t$$

↑
*Componente de
frecuencia $f_1 + f_2$*

↑
*Componente de
frecuencia $|f_1 - f_2|$*

⇒ Si se multiplican dos señales se obtiene a la salida señales con frecuencia suma y la diferencia de las señales de entrada

¿Cómo multiplicar dos señales?

- Usando dispositivos de respuesta cuadrática:

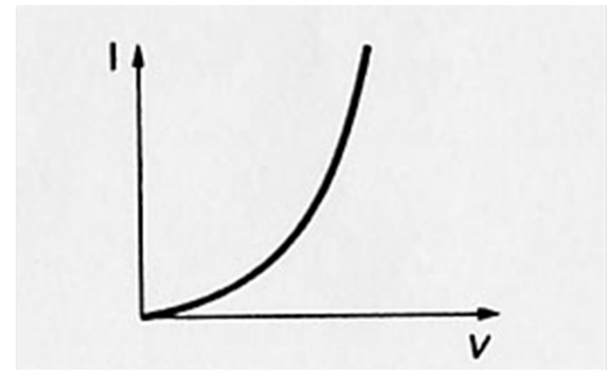


Figura 6. Función de transferencia de la forma $I = a_2 V^2$

Convertor de Frecuencia

$$v_i(t) = V_1 \cos \omega_1 t + V_2 \cos \omega_2 t$$

La corriente de salida i_o es:

$$i_o(t) = I_o + a v_i(t) + b v_i^2(t)$$



Filtrando la continua y Reemplazando:

$$i_o(t) = aV_1 \cos \omega_1 t + aV_2 \cos \omega_2 t + bV_1^2 \cos^2 \omega_1 t + bV_2^2 \cos^2 \omega_2 t + 2bV_1V_2 \cos \omega_1 t \cos \omega_2 t$$

Amplitud	Frecuencia
aV_1	f_1
aV_2	f_2
$\frac{1}{2} bV_1^2$	$2f_1$
$\frac{1}{2} bV_2^2$	$2f_2$
bV_1V_2	$f_1 + f_2$
bV_1V_2	$f_1 - f_2$

$$bV_1^2 \cos^2 \omega_1 t = \frac{b}{2} V_1^2 (1 + \cos 2\omega_1 t)$$

$$bV_2^2 \cos^2 \omega_2 t = \frac{b}{2} V_2^2 (1 + \cos 2\omega_2 t)$$

$$2bV_1V_2 \cos \omega_1 t \cos \omega_2 t = bV_1V_2 [\cos(\omega_1 + \omega_2) + \cos(\omega_1 - \omega_2)]$$

Aplicaciones de los Conversores de Frecuencia

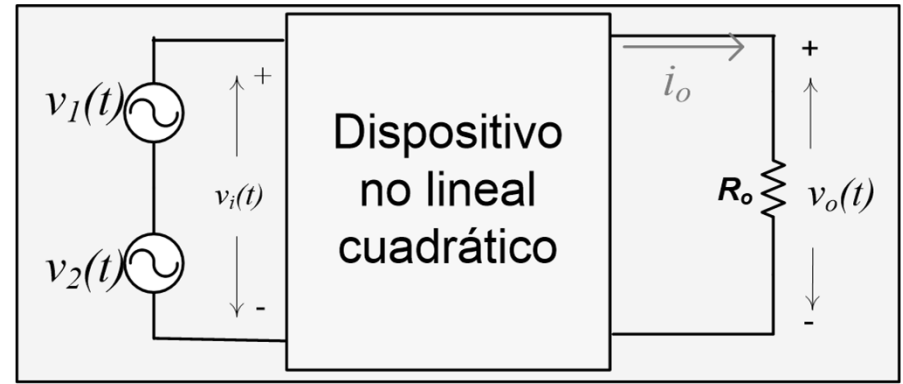
- Mezcladores o desplazadores de frecuencia.
- Multiplicador de frecuencias.
- Moduladores.
- Demoduladores
- Otras aplicaciones:
 - Detectores de fase.
 - Recuperadores de portadora.
 - CAG.
 - (...)

Mezclador o Desplazador de frecuencia

6

Objetivo:

Trasladar (subir o bajar) en frecuencia una señal, sin alterar la información que pudiera llevar



La corriente de salida i_o es:

$$i_o(t) = I_o + a v_i(t) + b v_i^2(t)$$

Si se filtra la continua queda:

$$i_o(t) = aV_1 \cos \omega_1 t + aV_2 \cos \omega_2 t v_i(t) + \frac{1}{2} b V_1^2 \cos 2\omega_1 t + \frac{1}{2} b V_2^2 \cos 2\omega_2 t \\ + bV_1V_2 \cos(\omega_1 + \omega_2)t + bV_1V_2 \cos(\omega_1 - \omega_2)t$$

Ejemplo 1:

$$v_1(t) = v_{OL}(t) = V_{OL} \cos \omega_{OL} t$$

$$v_2(t) = v_{AM}(t) = V_c \cos \omega_c t + V_{BL} \cos(\omega_c + \omega_m)t + V_{BL} \cos(\omega_c - \omega_m)t$$

$$v_i(t) = V_{OL} \cos \omega_{ol} t + V_C \cos \omega_C t + V_{BL} \cos(\omega_C + \omega_m)t + V_{BL} \cos(\omega_C - \omega_m)t$$

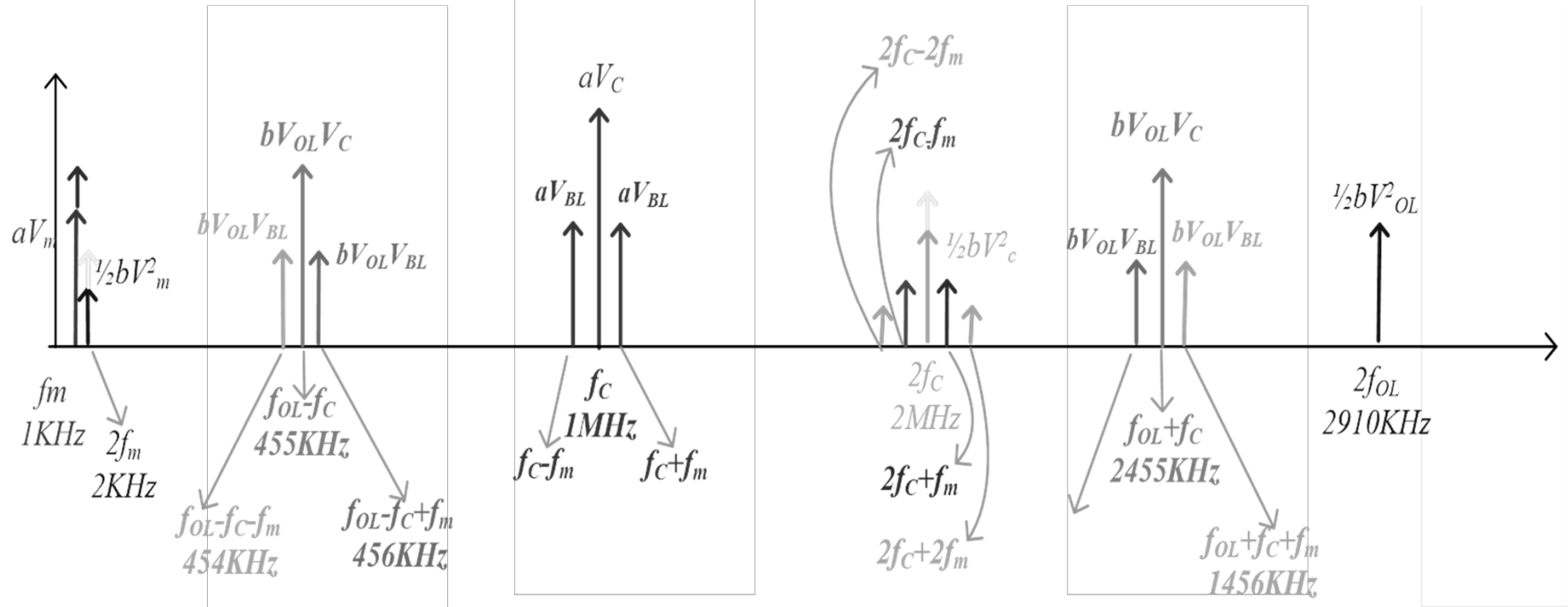
$$\begin{aligned}
 i_o(t) = & aV_{OL} \cos \omega_{OL} t + aV_C \cos \omega_C t + aV_{BL} \cos(\omega_c + \omega_m)t + aV_{BL} \cos(\omega_c - \omega_m)t + \\
 & + \frac{1}{2}bV_{OL}^2 \cos 2\omega_{OL} t + \frac{1}{2}bV_C^2 \cos 2\omega_C t + \frac{1}{2}bV_{BL}^2 \cos 2(\omega_c + \omega_m)t + \frac{1}{2}bV_{BL}^2 \cos 2(\omega_c - \omega_m)t \\
 & + bV_{OL}V_C \cos(\omega_{OL} + \omega_C)t + bV_{OL}V_C \cos(\omega_{OL} - \omega_C)t + \\
 & + bV_{OL}V_{BL} \cos(\omega_{OL} + (\omega_C + \omega_m))t + bV_{OL}V_{BL} \cos(\omega_{OL} - (\omega_C + \omega_m))t + \\
 & + bV_{OL}V_{BL} \cos(\omega_{OL} + (\omega_C - \omega_m))t + bV_{OL}V_{BL} \cos(\omega_{OL} - (\omega_C - \omega_m))t + \\
 & + bV_CV_{BL} \cos(\omega_C + (\omega_C + \omega_m))t + bV_CV_{BL} \cos(\omega_C - (\omega_C + \omega_m))t + \\
 & + bV_CV_{BL} \cos(\omega_C + (\omega_C - \omega_m))t + bV_{OL}V_{BL} \cos(\omega_C - (\omega_C - \omega_m))t + \\
 & + bV_{BL}V_{BL} \cos((\omega_C + \omega_m) + (\omega_C - \omega_m))t + bV_{BL}V_{BL} \cos((\omega_C + \omega_m) - (\omega_C - \omega_m))t +
 \end{aligned}$$

Amplitud	Frecuencia		Amplitud	Frecuencia	Amplitud	Frecuencia
aV_{OL}	f_{OL}	Lineales	$bV_{OL}V_C$	$f_{OL} + f_C$	$bV_{BL}V_C$	$2f_C + f_m$
aV_C	f_C		$bV_{OL}V_C$	$f_{OL} - f_C$	$bV_{BL}V_C$	$-f_m$
aV_{BL}	$f_c + f_m$		$bV_{OL}V_{BL}$	$f_{OL} + f_C + f_m$	bV_CV_{BL}	$2f_C - f_m$
aV_{BL}	$f_c - f_m$		$bV_{OL}V_{BL}$	$f_{OL} - f_C - f_m$	bV_CV_{BL}	$+f_m$
$\frac{1}{2} bV_{OL}^2$	$2f_{OL}$	Cuadráticos puro	$bV_{OL}V_{BL}$	$f_{OL} + f_C - f_m$	$bV_{BL}V_{BL}$	$2f_C$
$\frac{1}{2} bV_C^2$	$2f_C$		$bV_{OL}V_{BL}$	$f_{OL} - f_C + f_m$	$bV_{BL}V_{BL}$	$2f_m$
$\frac{1}{2} bV_{BL}^2$	$2f_C + 2f_m$	Productos cruzados o de intermodulación				
$\frac{1}{2} bV_{BL}^2$	$2f_C - 2f_m$					

MEZCLADORES

Ejemplo numérico:

$$f_{oL}=1455\text{KHz}; f_c=1\text{MHz}; f_m=1000\text{KHz}$$



A la salida del mezclado aparece el espectro de la señal modulada en amplitud en 3 lugares distintos:

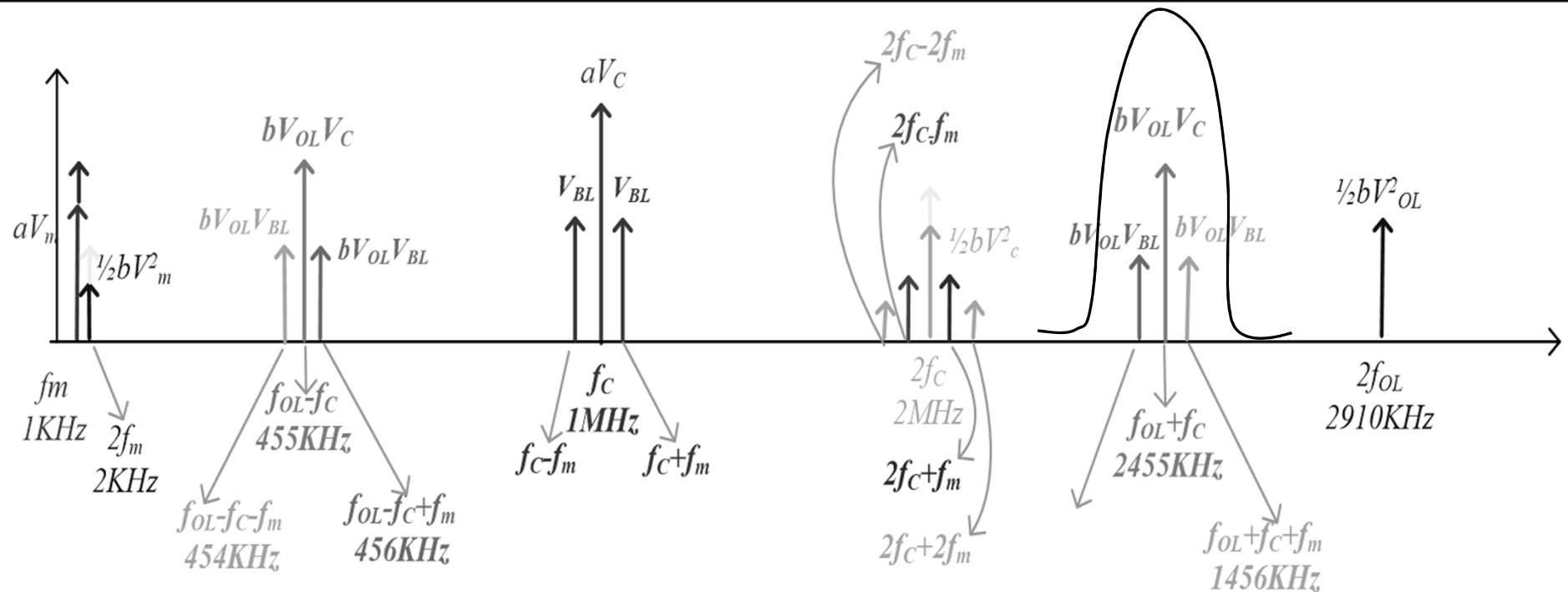
- a la misma frecuencia,
- a la frecuencia suma y
- a la frecuencia diferencia.

Observar: que los tres espectros tienen las mismas proporciones que la señal de entrada. No así el de que aparece con $2f_c$ como frecuencia central.

MEZCLADORES

9

En el ejemplo de abajo, el circuito de carga del mezclador, es un circuito tanque sintonizado a $f_{OL} + f_c$ (frecuencia suma); y Ancho de Banda $AB=2f_m$



Inyección de oscilación inferior

- Cuando la frecuencia del oscilador local se sintoniza arriba de la RF, se llama *inyección lateral alta*, o *inyección de oscilación superior*.
- Cuando el oscilador local se sintoniza abajo de la RF, se llama *inyección lateral inferior*, o *inyección de oscilación inferior*

9

Mezclador

En el ejemplo, el circuito de carga del mezclador, es un circuito tanque sintonizado a $f_{oL} + f_c$ (frecuencia suma); y Ancho de Banda $AB=2f_m$



$$\omega_o^2 LC = 1$$

$$\omega_o = \omega_c + \omega_{oL}$$

$$Q_c = \frac{f_o}{AB} = \frac{R_L}{\omega_o L}$$

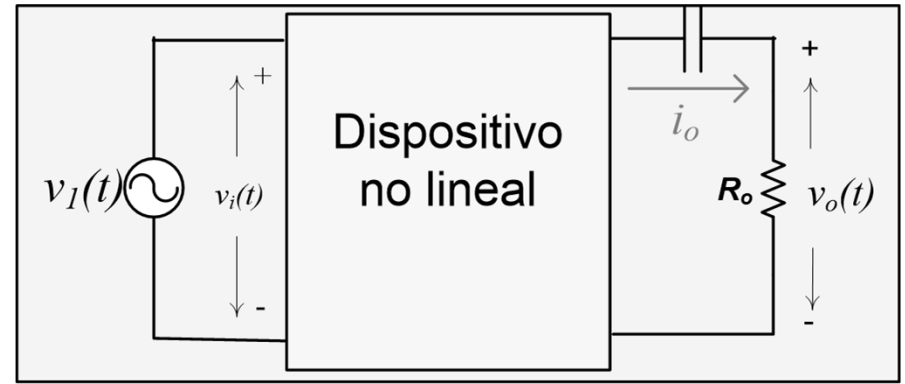
$$AB \geq 2f_{m \text{ máx}}$$

- Se usan mezcladores junto con un filtro paso banda.
- Trasposición de frecuencias hacia arriba (UP converter), o hacia abajo (DOWN converter).
- Por inyección superior o inferior
- Se usan en transmisores y receptores para poder operar en frecuencia intermedia y transmitir en radio frecuencia.
- Se multiplica la señal modulada por tono puro de frecuencia F_{ol} .
- Se obtiene la misma señal RF, pero a frecuencias $F - F_{ol}$ y $F + F_{ol}$.
- Se filtramos y se deja pasar las componentes a $F - F_{ol}$, se obtiene un DOWN converter.
- Se filtramos y se deja pasar las componentes a $F + F_{ol}$, se obtiene un UP-Converter.
- Con una ganancia de conversión igual para todas las frecuencias las características de una modulación en fase, frecuencia o amplitud.

Multiplicador de frecuencia

Objetivo:

Obtener a la salida del circuito una señal con frecuencia múltiple de la de entrada



La corriente de salida i_o es:

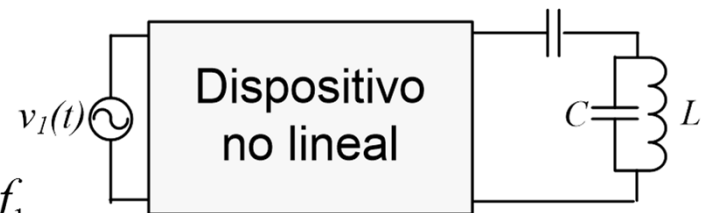
$$i_o(t) = I_o + a v_1(t) + b v_1^2(t) + c v_1^3(t)$$

Si se filtra la continua queda:

$$i_o(t) = a V_1 \cos \omega_1 t + \frac{1}{2} b V_1^2 \cos 2\omega_1 t + c \frac{3}{4} \cos \omega_1 t + \frac{1}{4} c V_1^3 \cos 3\omega_1 t$$

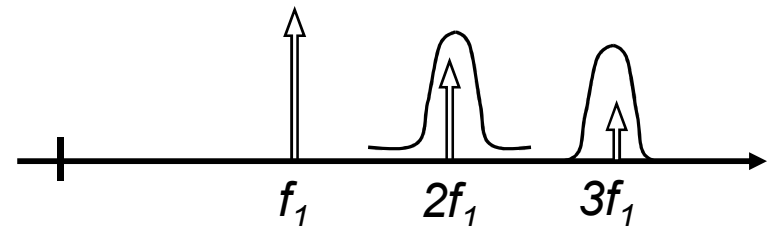
Si se carga la salida con un circuito resonante sintonizado a $2f_1$, se obtiene un duplicador de frecuencia:

$$\omega_o^2 LC = 1; \quad \omega_o = 2f_1$$



Si el circuito resonante de salida es sintonizado a $3f_1$, se obtiene un triplicador de frecuencia:

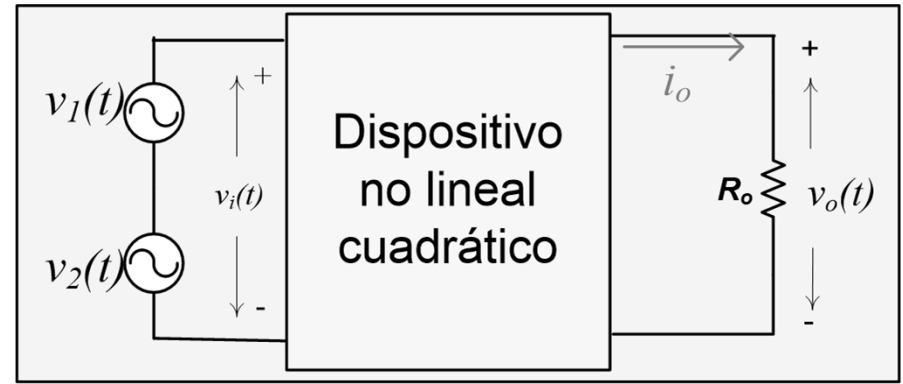
$$\omega_o^2 LC = 1; \quad \omega_o = 3f_1$$



La corriente de salida i_o es:

$$i_o(t) = I_o + a v_i(t) + b v_i^2(t)$$

Si se filtra la continua queda:



$$i_o(t) = aV_1 \cos \omega_1 t + aV_2 \cos \omega_2 t v_i(t) + \frac{1}{2} b V_1^2 \cos 2\omega_1 t + \frac{1}{2} b V_2^2 \cos 2\omega_2 t \\ + b V_1 V_2 \cos(\omega_1 + \omega_2) t + b V_1 V_2 \cos(\omega_1 - \omega_2) t$$

Ejemplo 3:

$$v_1(t) = v_C(t) = V_C \cos \omega_C t \quad v_2(t) = v_m(t) = V_m \cos \omega_m t$$

Entonces:

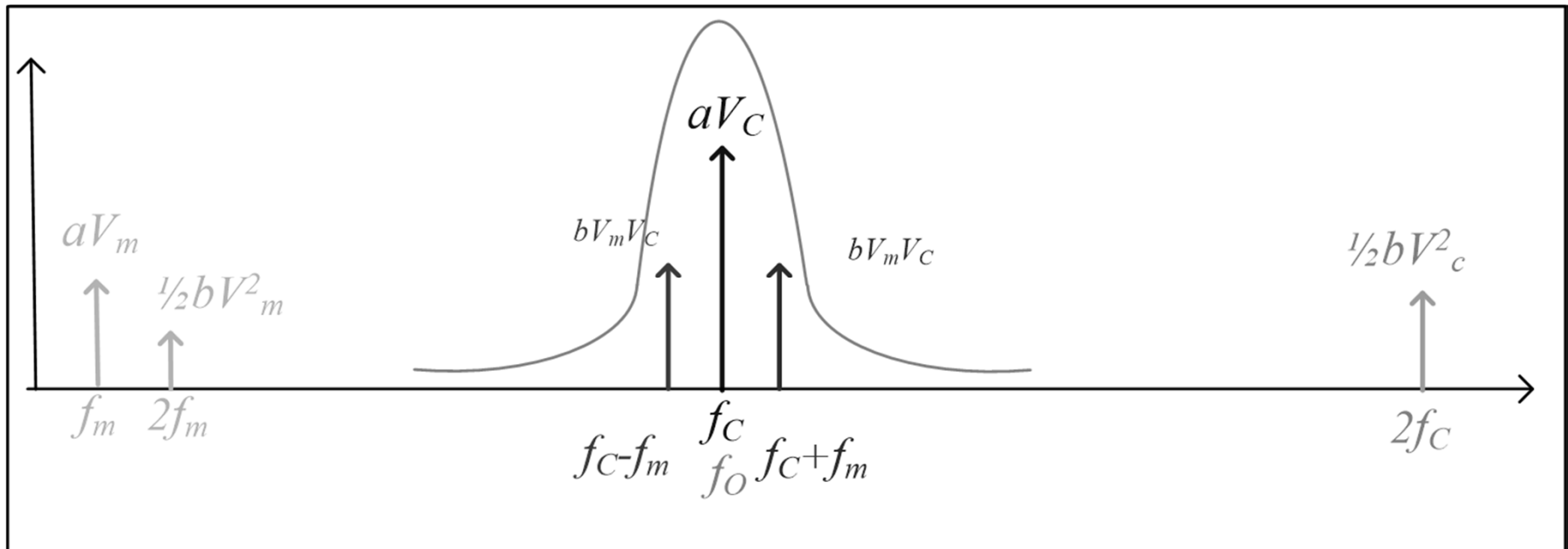
$$i_o(t) = aV_C \cos \omega_C t + aV_m \cos \omega_m t + bV_C^2 \cos^2 \omega_C t + bV_m^2 \cos^2 \omega_m t + \\ + bV_C V_m \cos(\omega_C + \omega_m) t + bV_C V_m \cos(\omega_C - \omega_m) t$$

Modulador de AM de bajo nivel

14

$$i_o(t) = aV_c \cos \omega_c t + aV_m \cos \omega_m t + \frac{1}{2}bV_c^2 \cos 2\omega_c t + \frac{1}{2}bV_m^2 \cos 2\omega_m t + \\ + bV_cV_m \cos(\omega_c + \omega_m)t + bV_cV_m \cos(\omega_c - \omega_m)t$$

Realizando el espectro:



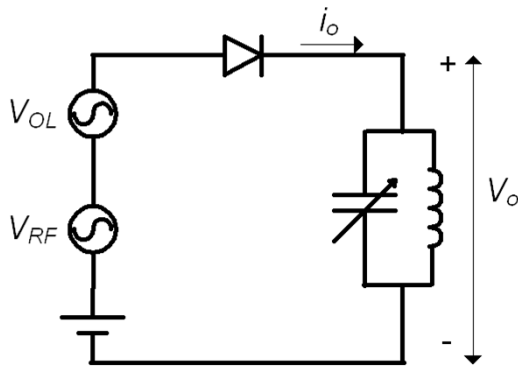
Se filtra la señal con un filtro resonante a $f_0=f_c$ y $AB=2f_{m\text{máx}}$

¿Qué se puede hacer con un dispositivo que logra el producto de las señales de entrada?

1. Un mezclador, para trasladar (subir o bajar) en frecuencia una señal, sin alterar la información que pudiera llevar. Se carga con un filtro que deja pasar la señal deseada (mezclador ascendente o descendente)
2. Un multiplicador de frecuencias por dos, si $f_1=f_c$ y $f_2=0$ y se utiliza como carga un filtro sintonizado a la frecuencia $2f_c$.
3. Un modulador de AM si se hace $f_1=f_c$ y $f_2=f_m$ y se coloca como carga un filtro sintonizado a la frecuencia f_c y con un ancho de banda de $2f_{mmáx}$. (Modulador de bajo nivel)
4. Un detector de señales de AM en sus distintas modalidades, si $f_2=f_c$ y en la entrada de f_1 se introduce una señal modulada en AM y la carga es un filtro pasa bajo que con frecuencia de corte igual o mayor que la frecuencia máxima de banda base. Es decir que su ancho de banda es $f_{mmáx}$. (Detector coherente)

Circuitos Moduladores de bajo nivel

Modulador a diodo



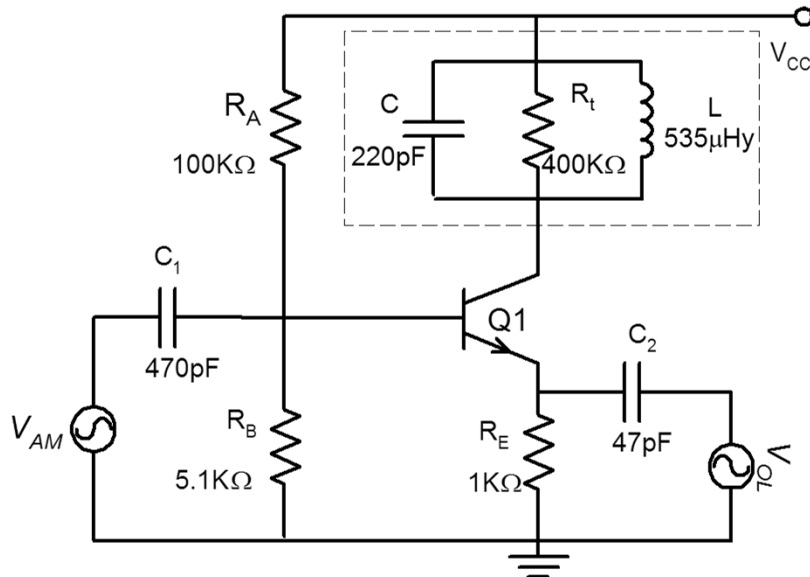
Ventajas:

- Sencillez y economía del circuito

Desventajas:

- Mezclador ruidoso
- Presenta pérdidas en la conversión
- Tiene frecuencias no deseadas debido a términos de tercer orden y superiores
- No tiene aislación entre los puertos de entrada

Modulador con TBJ



Ventajas:

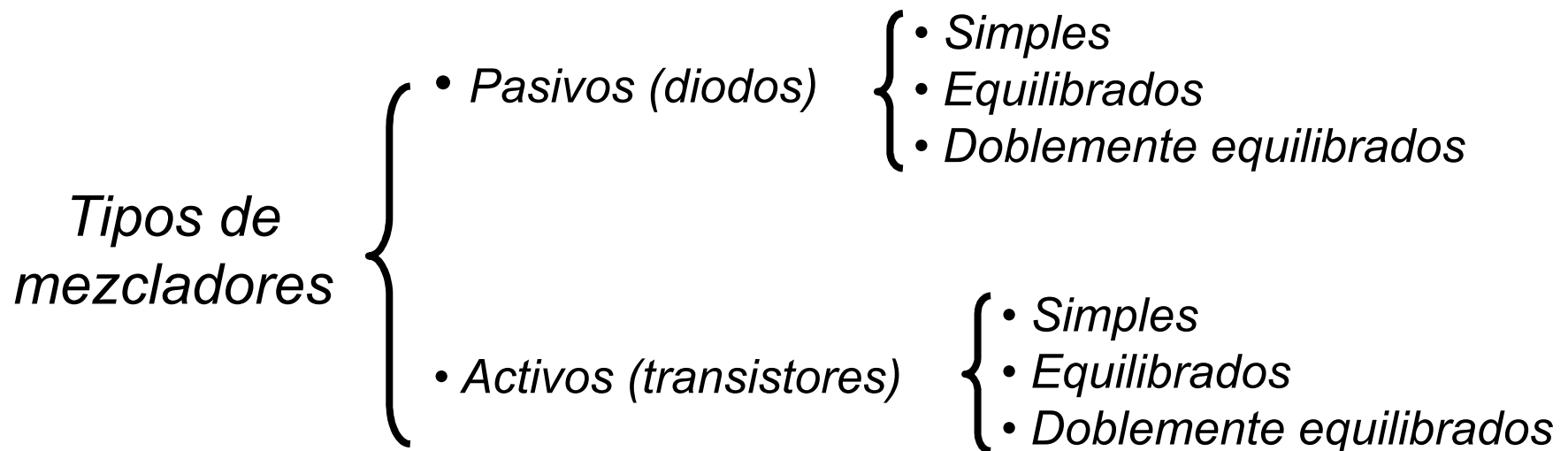
- Muy buena ganancia de conversión en algunos casos alcanza los 20 dB
- Bajo NF

Desventajas:

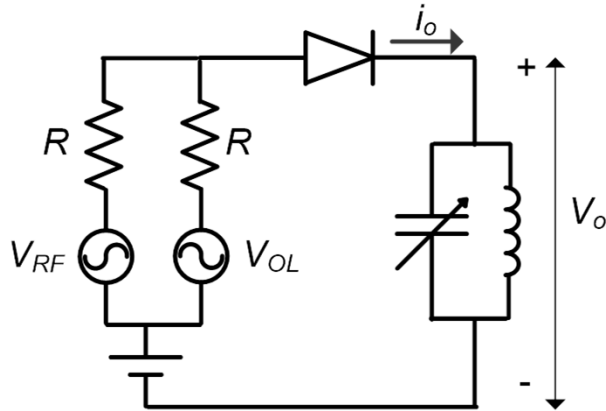
- Presenta productos de IMD de tercer orden altos
- Pequeño rango dinámico

Para el diseño de un mezclador es importante tener en cuenta:

- Comportamiento adecuado a las frecuencias de trabajo.
- Uso de dispositivos con comportamiento lo más parecido a cuadrático, sin términos apreciables en x , x^3 , x^4 , etc.
- Cancelación de componentes indeseadas por simetrías en los circuitos.



Conversor a diodo



$$I = I_S \left[\exp \left(\frac{V_D}{U_T} \right) - 1 \right]$$

$$I_S = 1 \text{ mA}$$

$$U_T = 26 \text{ mV}$$

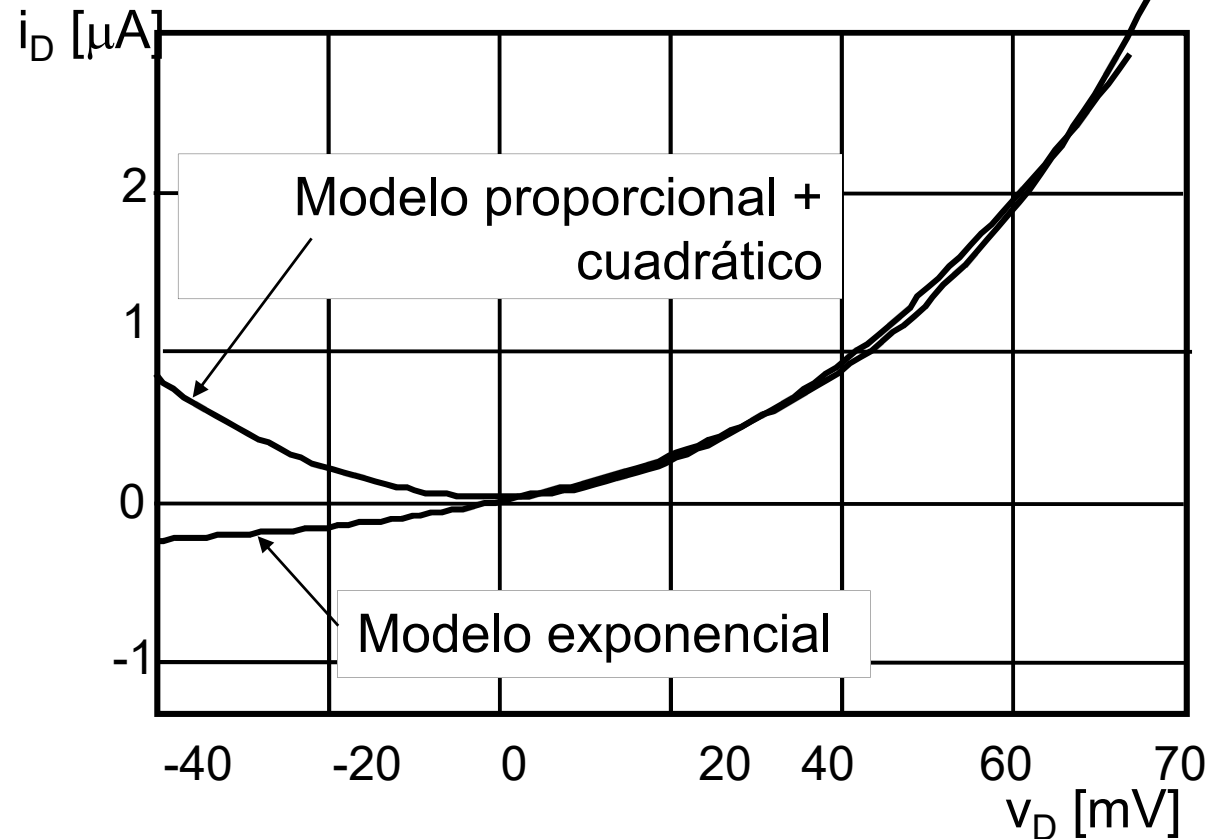
Se sintonizan el circuito de salida a la frecuencia suma o diferencia.

Ventajas:

- Sencillez y economía del circuito

Desventajas:

- Mezclador ruidoso
- Presenta pérdidas en la conversión
- Tiene frecuencias no deseadas debido a términos de tercer orden y superiores
- No tiene aislamiento entre los puertos de entrada



Convertidor con TBJ

El circuito resonante de salida se sintonizan a la suma o diferencia de las frecuencias de entrada, según que se desee hacer pasar

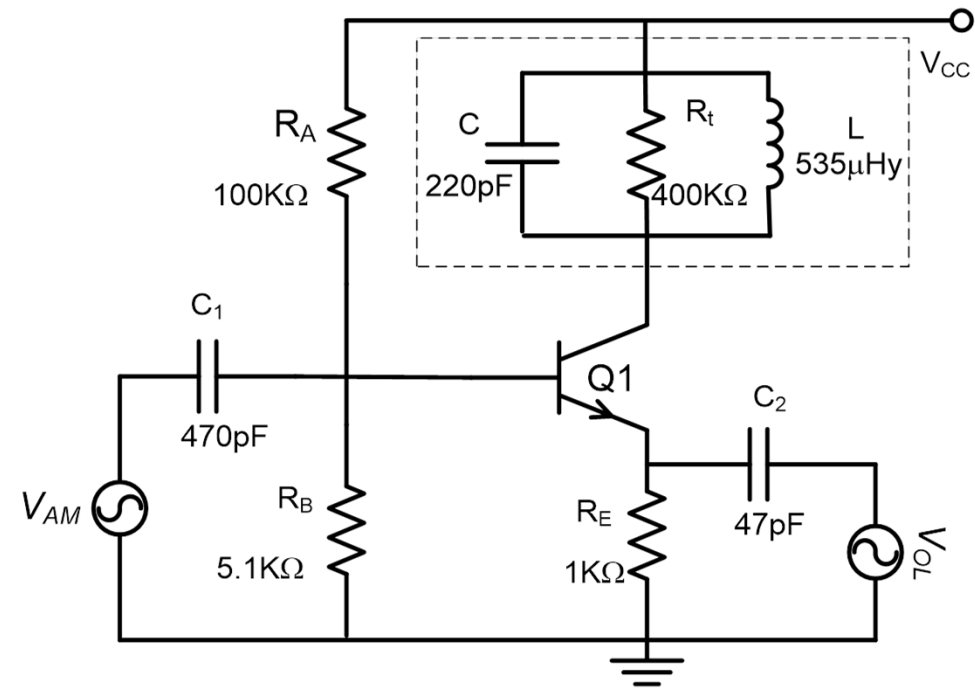
Se calcula la polarización de tal suerte que la tensión base-emisor sea inferior a la tensión umbral. Aproximadamente entre 0,55V y 0,63V

Ventajas:

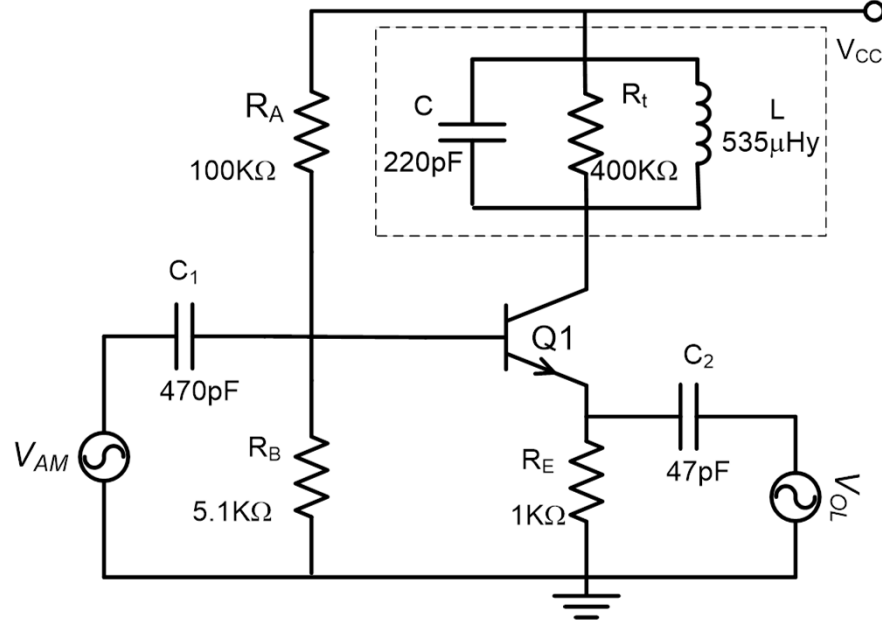
- Muy buena ganancia de conversión en algunos casos alcanza los 20 dB
- Bajo NF

Desventajas:

- Presenta productos de IMD de tercer orden altos
- Pequeño rango dinámico



Convertor con TBJ



Ventajas:

- Muy buena ganancia de conversión en algunos casos alcanza los 20 dB
- Bajo NF

Desventajas:

- Presenta productos de IMD de tercer orden altos
- Pequeño rango dinámico

- Se polariza el circuito de entrada en zona no lineal: $V_{BE}=0,55\text{mV}$
- Se sintonizan el circuito de salida a la frecuencia suma o diferencia.

- Un transistor de efecto de campo tiene una respuesta “más cuadrática” \Rightarrow Sirve mejor para hacer mezcladores

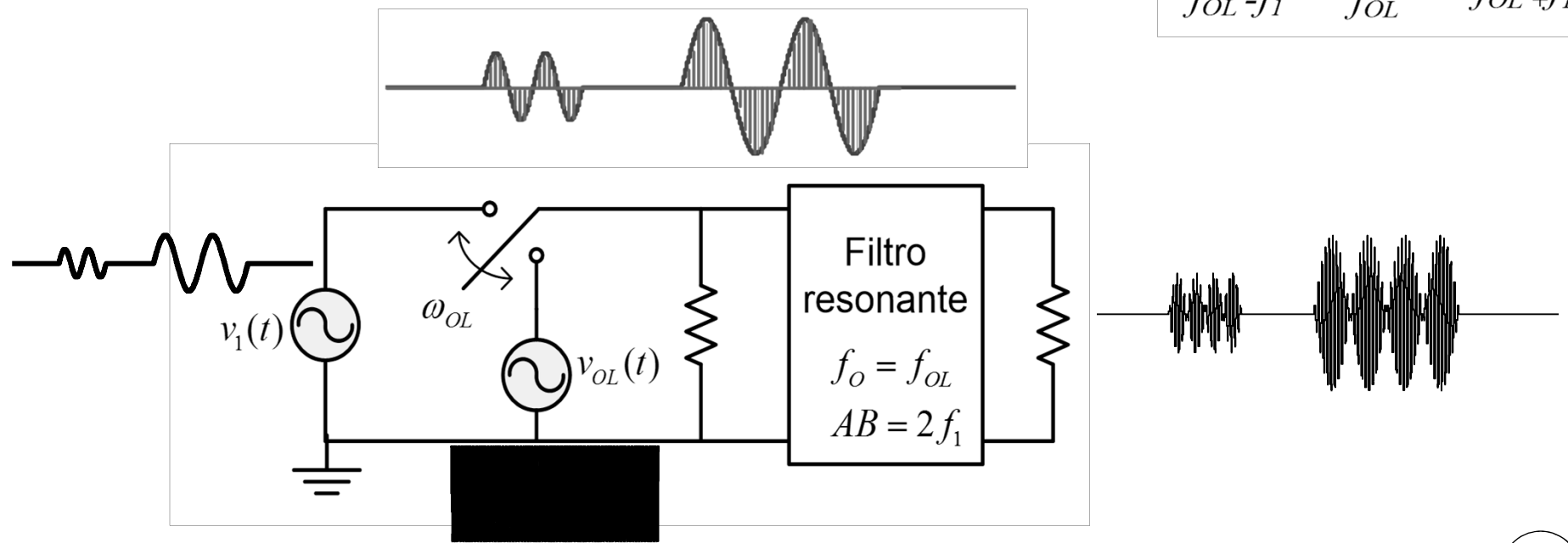
Mezclador Balanceado

21

Los mezcladores balanceados son uno de los circuitos más importantes en los sistemas actuales de comunicaciones.

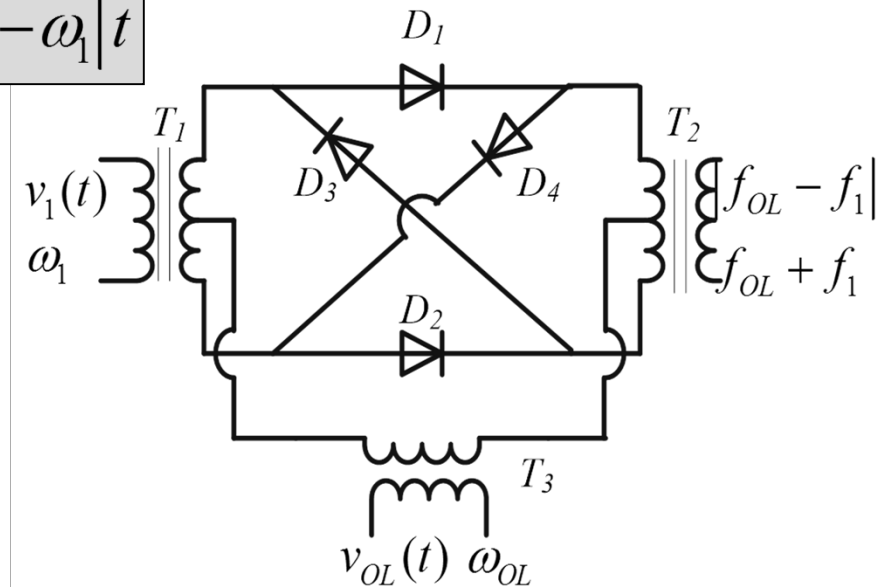
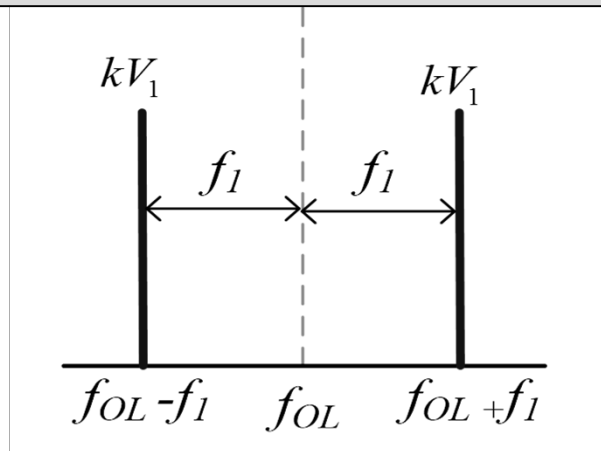
Un mezclador balanceado realiza el producto de las señales de entrada. A la salida solo aparecen la suma y la diferencia de frecuencias de entrada.

Principio de funcionamiento:



Mezclador Balanceado

$$v_o(t) = KV_1 \cos(\omega_{OL} + \omega_1)t + KV_1 \cos|\omega_{OL} - \omega_1|t$$



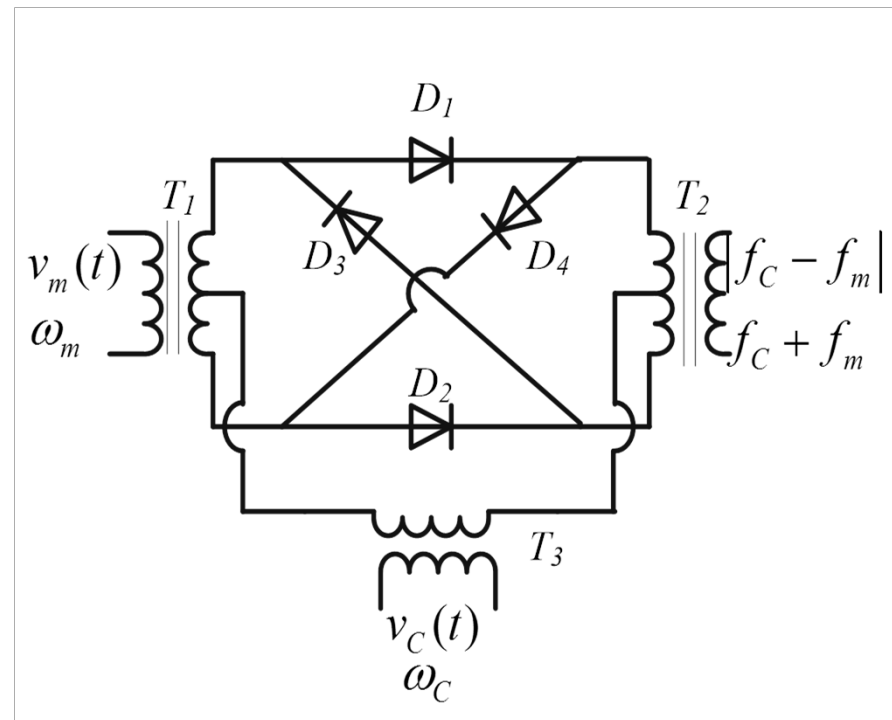
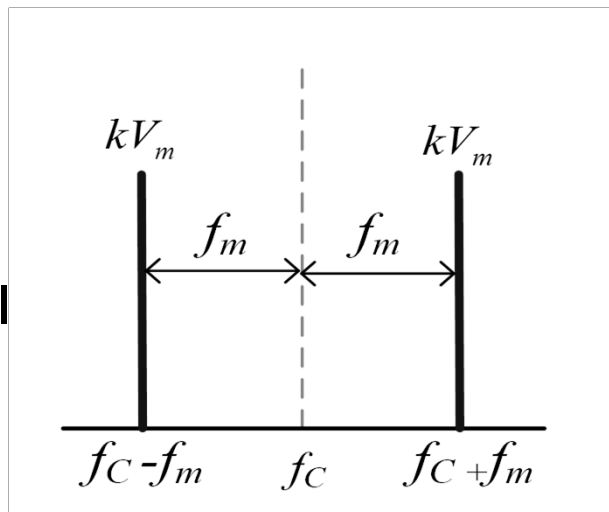
Integrados SBL1, MC1496

- V_{OL} lo suficientemente grande para manejar la conducción de los diodos ($V_{OL} > V_1$).
- Equivalente a multiplicar por una cuadrada de $\pm 1V$ y frecuencia f_{OL}
- Las cuadradas: tienen $f_{OL}, 3f_{OL}, 5f_{OL}, 7f_{OL}, 9f_{OL}$. A la salida: $f_{OL} - f_1; f_{OL} + f_1; 3f_{OL} - f_1; 3f_{OL} + f_1; 5f_{OL} - f_1; 5f_{OL} + f_1; \dots$
- En caso de no estar bien balanceado a la salida aparecerán vestigios de f_{OL} .

Modulador de DBL- Modulador Balanceado

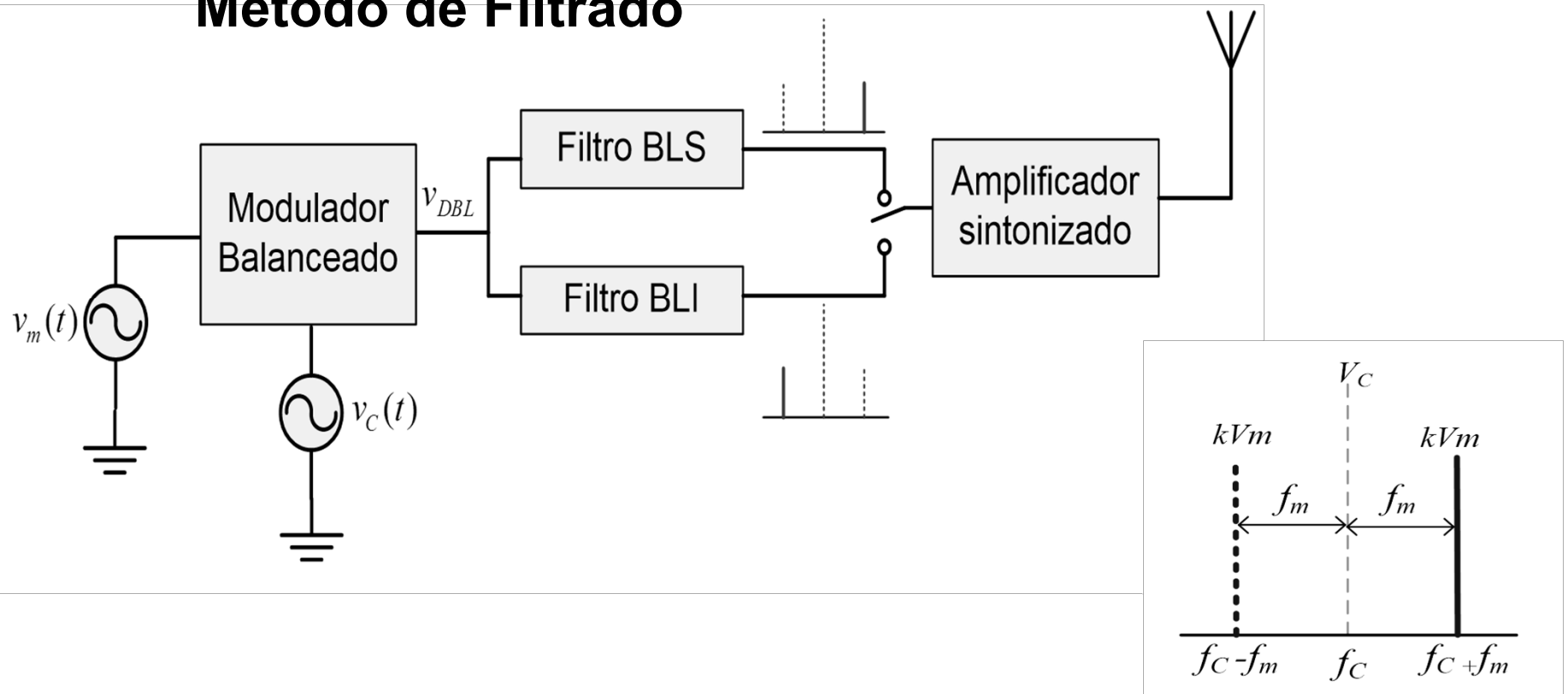
23

$$v_o(t) = v_{DBL}(t) = KV_m \cos(\omega_C + \omega_m)t + KV_m \cos|\omega_C - \omega_m|t$$



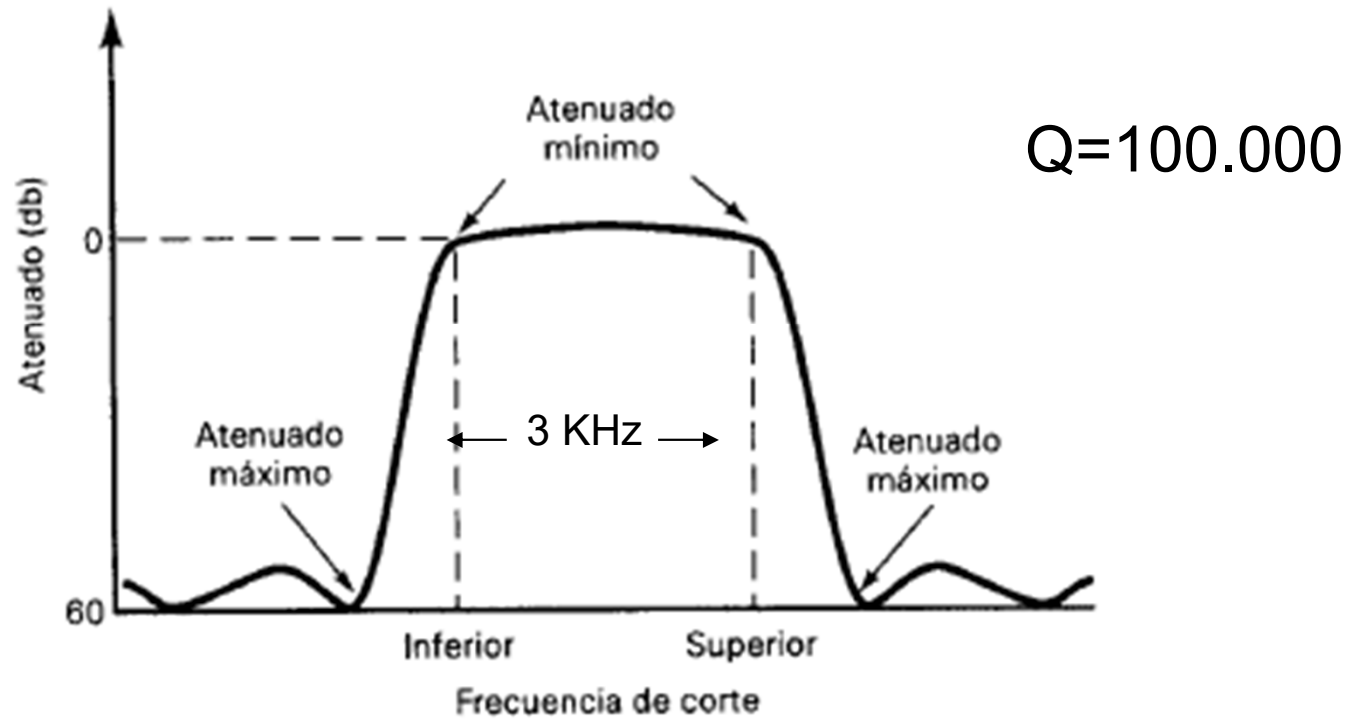
Generación de Banda Lateral Única- BLU

Método de Filtrado



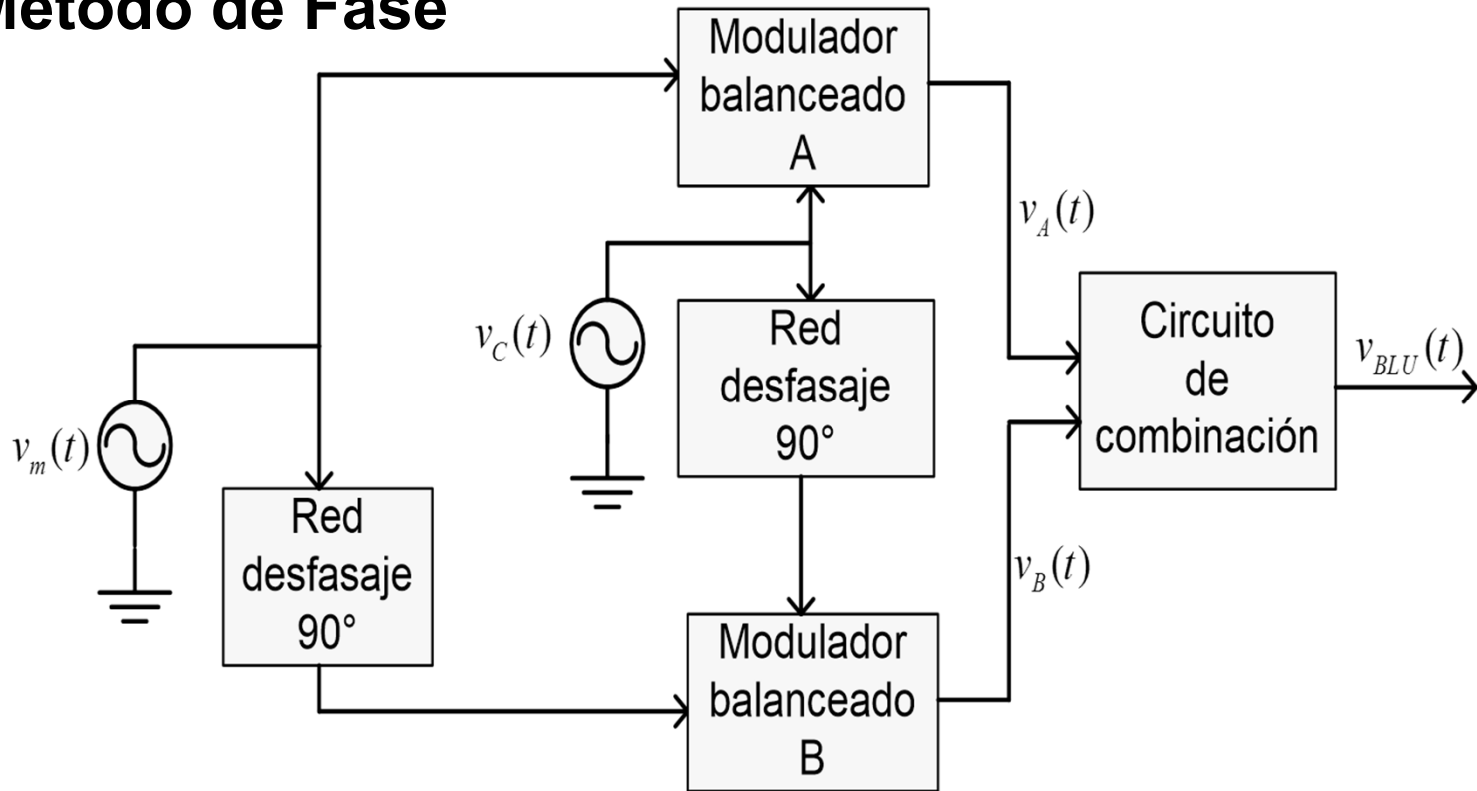
Características de los filtros: banda de paso de 3000 Hz (para uso en banda vocal) y atenuación en el lado de la frecuencia central debe tener una pendiente de por lo menos 40dB en 600Hz. Mecánicos, cristal, cerámicos

Características de Filtros de cristal



Generación de Banda Lateral Unica- BLU

Método de Fase



Modulador Balanceado A:

$$\left. \begin{aligned} v_m(t) &= V_m \cdot \cos \omega_m t \\ v_c(t) &= V_c \cdot \cos \omega_c t \end{aligned} \right\} v_A(t) = k V_m V_c \cdot \cos \omega_m t \cdot \cos \omega_c t$$

Generación de Banda Lateral Unica- BLU

Modulador balanceado B:

$$v_m(t) = V_m \cdot \text{sen} \omega_m t$$

$$v_c(t) = V_c \cdot \text{sen} \omega_c t$$

$$v_B(t) = kV_m V_c \cdot \text{sen} \omega_m t \cdot \text{sen} \omega_c t$$

Identidades geométricas

$$\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]$$

$$-\text{sen} \alpha \cdot \text{sen} \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha + \beta) - \cos(\alpha - \beta)]$$

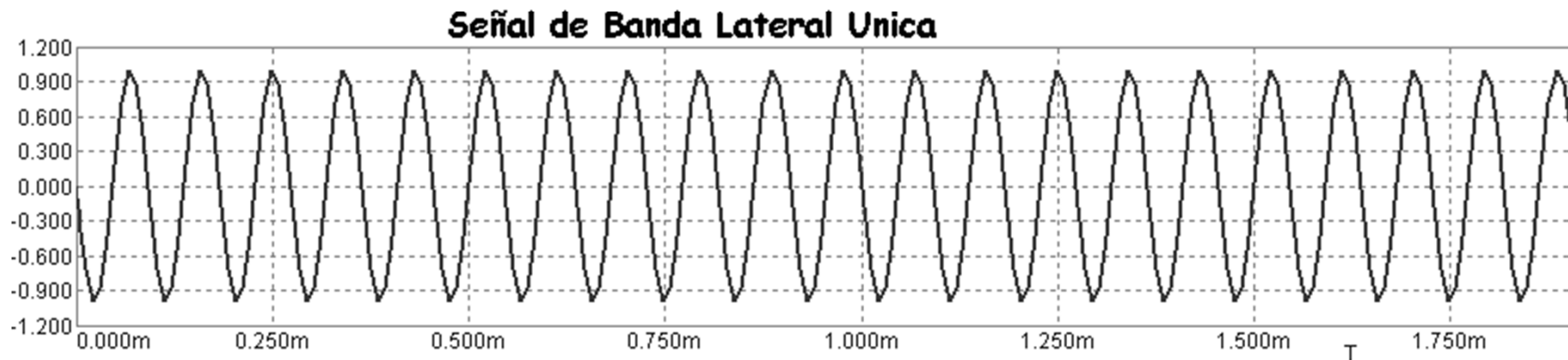
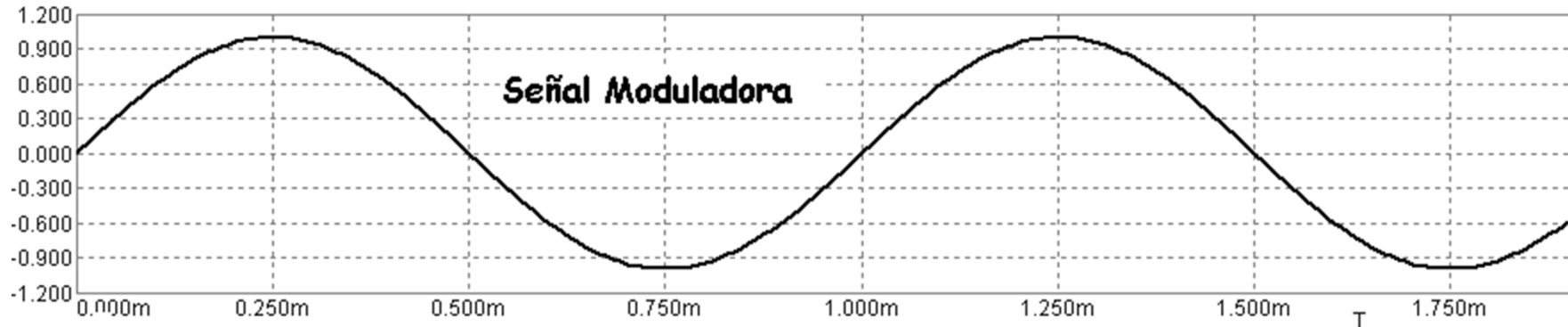
Entonces:

$$v_A(t) = kV_m [\cos(\omega_c + \omega_m)t + \cos(\omega_c - \omega_m)t]$$

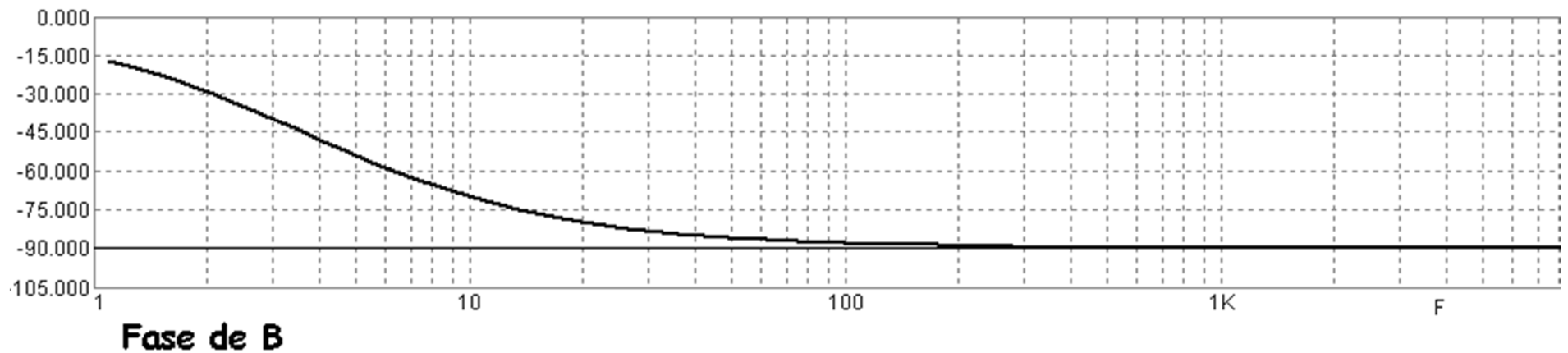
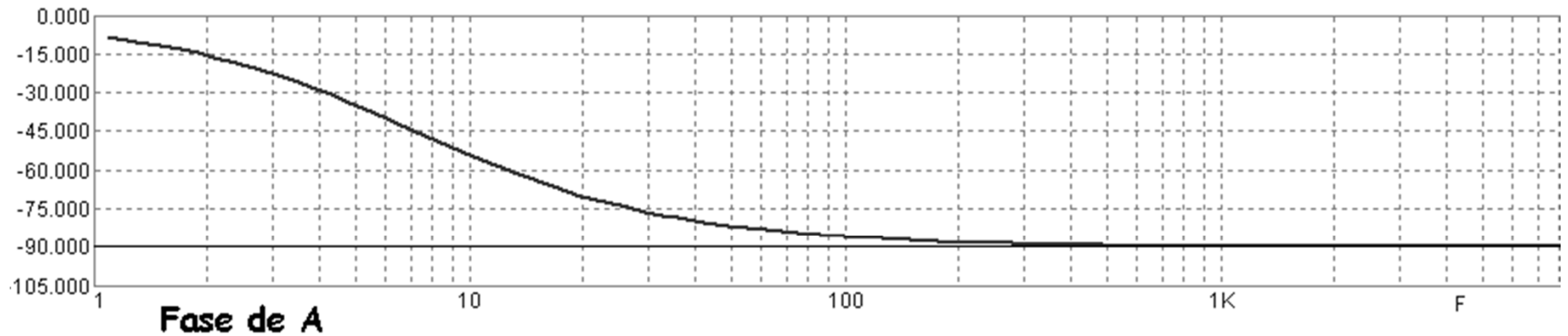
$$v_B(t) = -kV_m [\cos(\omega_c + \omega_m)t - \cos(\omega_c - \omega_m)t]$$

Entonces, si las tensiones se suman, a la salida del circuito de Combinación se obtiene una señal de BLI, y cuando se restan se obtendrá BLS.

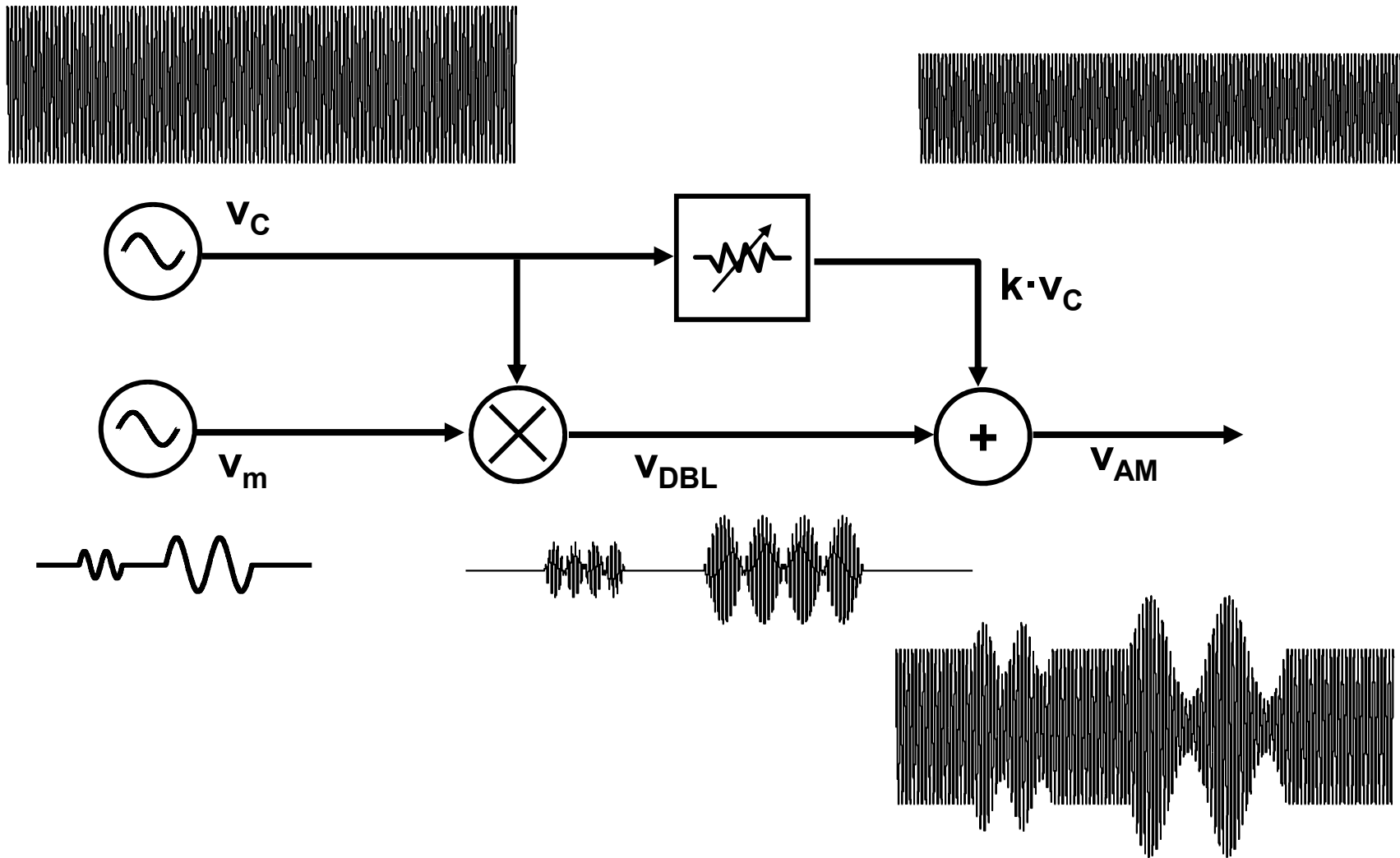
Señales de AM- Banda Lateral Única - BLU



Fase de las señales moduladas A y B



Modulador de AM a partir de DBL



$$v_{DBL}(t) = kV_C + KV_m \cos(\omega_m + \omega_c)t + KV_m \cos(\omega_m - \omega_c)t$$

Parámetros para la evaluación de un mezclador

31

Ganancia de conversión:

$$A_c[dB] = 10 \log \frac{P_{FI}}{P_{RF}}$$

Se define con este nombre al cociente a la relación en decibeles entre la potencia de salida P_{FI} y la Potencia de entrada P_{RF} , la primera tiene su señal a la frecuencia de la frecuencia intermedia (frecuencia de salida del conversor) mientras que la segunda tiene las frecuencias de la señal de entrada.

Transconductancia de conversión:

$$g_c = \frac{i_{FI}}{v_{RF}}$$

Cifra de ruido

Es la relación entre la relación señal ruido en la entrada respecto a la salida, expresado en decibeles.

$$NF = \frac{SNR_{RF}}{SNR_{FI}}$$

Parámetros para la evaluación de un mezclador

32

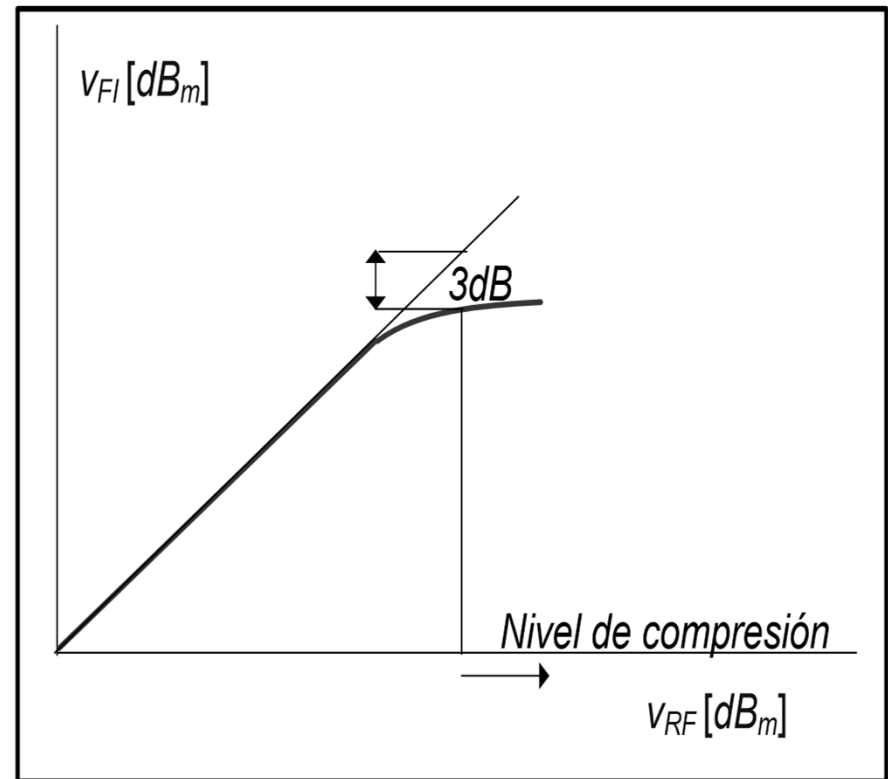
Aislación

Atenuación que presenta de cada una de las señales sobre los otros dos puertos

Compresión de conversión

Pérdida en dB de la señal de salida por debajo de la recta ideal.

La **compresión de conversión** se refiere al nivel de potencia de entrada RF arriba del cual la curva de potencia de salida FI vs potencia de entrada RF se desvía de la linealidad.



Cuantitativamente, la compresión de conversión es la reducción del nivel de salida en dB abajo de la característica lineal.

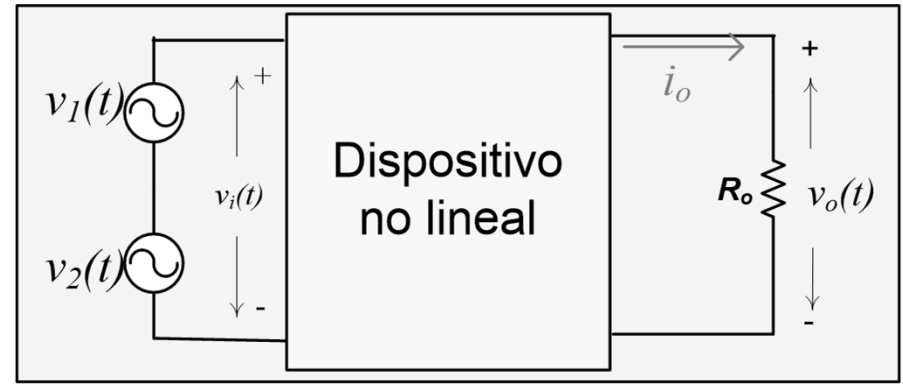
Mezcladores

33

Si se usa TBJ en el amplificador y se polariza en zona no lineal, como el TBJ tiene curva cuadrática y cubica:

La corriente de salida i_o es:

$$i_o(t) = I_o + a v_i(t) + b v_i^2(t) + c v_i^3(t)$$



Término lineal: $aV_1 \cos \omega_1 t + aV_2 \cos \omega_2 t v_i(t)$

Término cuadrático: $\frac{1}{2} b V_1^2 \cos 2\omega_1 t + \frac{1}{2} b V_2^2 \cos 2\omega_2 t +$
 $+ b V_1 V_2 \cos(\omega_1 + \omega_2) t + b V_1 V_2 \cos(\omega_1 - \omega_2) t$

Término cúbico:

$$c V_1^3 \cos \omega_1^3 t + c V_2^3 \cos \omega_2^3 t +$$
$$\frac{3}{4} c V_1^2 V_2 \cos(2\omega_1 + \omega_2) t + \frac{3}{4} c V_1 V_2^2 \cos(\omega_1 + 2\omega_2) t +$$
$$\frac{3}{4} c V_1^2 V_2 \cos(2\omega_1 - \omega_2) t + \frac{3}{4} c V_1 V_2^2 \cos(2\omega_2 - \omega_1) t$$

La salida del mezclador contiene una cantidad infinita de frecuencias armónicas y de producto cruzado, que incluyen las frecuencias de suma y diferencia entre la portadora deseada de RF y la del OL: $i_o(t) = I_o + a v_i(t) + b v_i^2(t) + c v_i^3(t) + \dots$

$$c v_i^3(t) = c v_1^3 + 3 v_1^2 v_2 + 3 v_1 v_2^2 + c v_2^3 \Rightarrow 3f_1; 3f_2; 2f_1 + f_2; 2f_1 - f_2; 2f_2 + f_1; 2f_2 - f_1$$

- Los *productos de tercer orden* caen con frecuencia dentro del ancho de banda del sistema, y producen una distorsión llamada *distorsión de intersección de tercer orden*.
- La distorsión de tercer orden es un caso especial de la distorsión por intermodulación, y es la forma principal de distorsión de frecuencia.
- También se debe considerar los componentes de intermodulación de tercer orden: frecuencias de producto cruzado que se producen cuando la segunda armónica de una señal se suma a la frecuencia fundamental de otra señal
- La distorsión de frecuencia se puede reducir usando un *dispositivo de ley cuadrada*, como un FET. Los dispositivos de ley cuadrada sólo producen componentes de segunda armónica y de intermodulación

La respuesta espuria son señales en FI no deseadas, que aparecen a la salida, debido a la presencia de determinadas señales a la entrada del mezclador.

Estas componentes no deseadas pueden ser:

- Provenir directamente de la antena (si no hay etapa selectora de RF)
- Producidas por la alinealidad del amplificador de RF.
- Producidas por el mismo mezclador
- Provenir de armónicas del oscilador local

Ejemplo:

Las fuentes de mayor interferencia no deseada son:

1. $f_{RF} = f_{FI}$

2. Si en la entrada hay una señal con frecuencia $f_{RF}/2$. Esta se duplicarán por efectos del término cuadrático y combinarse con f_{OL} dando un término de frecuencia FI (que no será la deseada).

3. Si a la entrada hay una señal de frecuencia $f_{RI}/2$, esta se duplica por efecto del término cuadrático.

4. Si el oscilador local produce una segunda armónica de frecuencia $2f_{OL}$; se puede batir con alguna señal, presente en la entrada, de (valor) frecuencia $f_{OL} \pm f_{RI}$, produciendo a la salida una señal de frecuencia f_{RI} .

5. Frecuencia imagen

Respuesta Espúrea: Frecuencia imagen

37

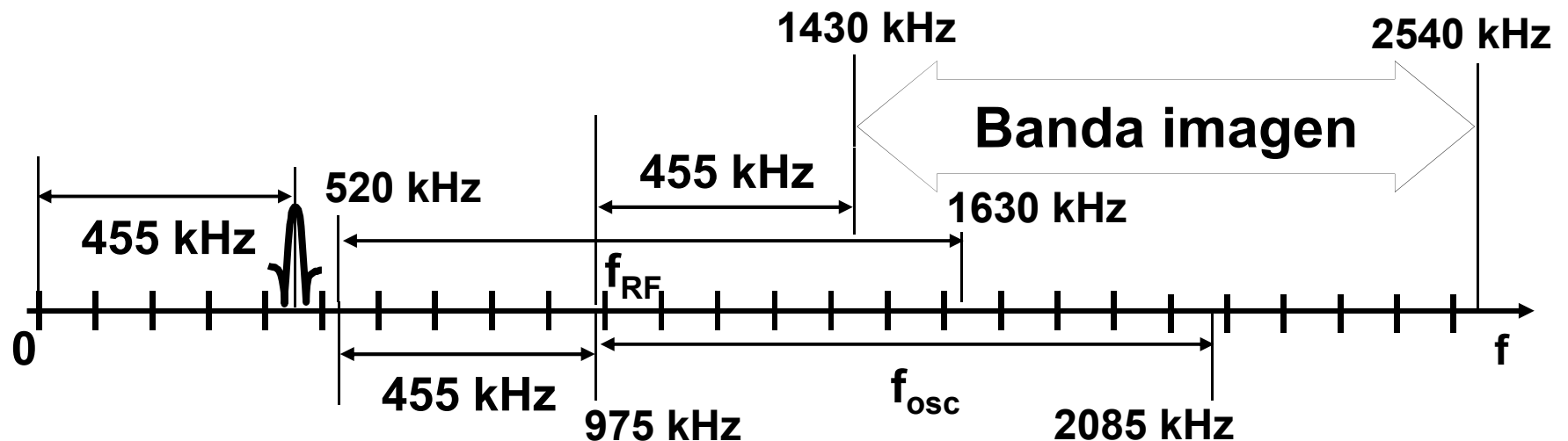
Se plantea la siguiente situación:

- Suponga que se desea escuchar la emisora que emite en 530KHz: $f_c = 530$ KHz. Esta ingresa al mezclador y se bate (heterodina) con la señal del oscilador local que tiene valor $f_{OL} = 985$ KHz (inyección superior)
- En el mezclador: $f_{OL} - f_c = FI$, saliendo del mezclador 455KHz
- Una segunda estación que emite a $f_{c2} = 1440$ KHz, también ingresa al receptor y se bate con el OL:

$$f_{OL} - f_{c2} = 985\text{KHz} - 1440\text{KHz} = 455\text{KHz} \Rightarrow FI$$

$$f_{c2} = f_{im}$$

$$\longrightarrow f_{im} = f_c + 2FI = f_{OL} + FI \quad \text{Muy importante!!}$$



- Es cualquier otra frecuencia que no sea la portadora de la emisora seleccionada que, si se le permite entrar a un receptor y mezclarse con el oscilador local, producirá una frecuencia de producto cruzado que es igual a la frecuencia intermedia.
- **Una vez que una frecuencia imagen a ingresado al mezclador y mezclado, no puede eliminarse por filtración o supresión.**
- Si la portadora de RF seleccionada y su frecuencia imagen entran a un receptor, las dos estaciones se reciben y se demodulan simultáneamente, produciendo dos conjuntos de frecuencias de información.
- La frecuencia imagen está FI por arriba del OL si este es de inyección superior.
- Se puede demostrar que si el OL es de inyección inferior la frecuencia imagen está a FI por debajo del OL:

$$\text{Si } f_{OL} = f_c - FI \Rightarrow f_{im} = f_c - 2FI = f_{OL} - FI$$

Todas estas señales, los 5 casos:

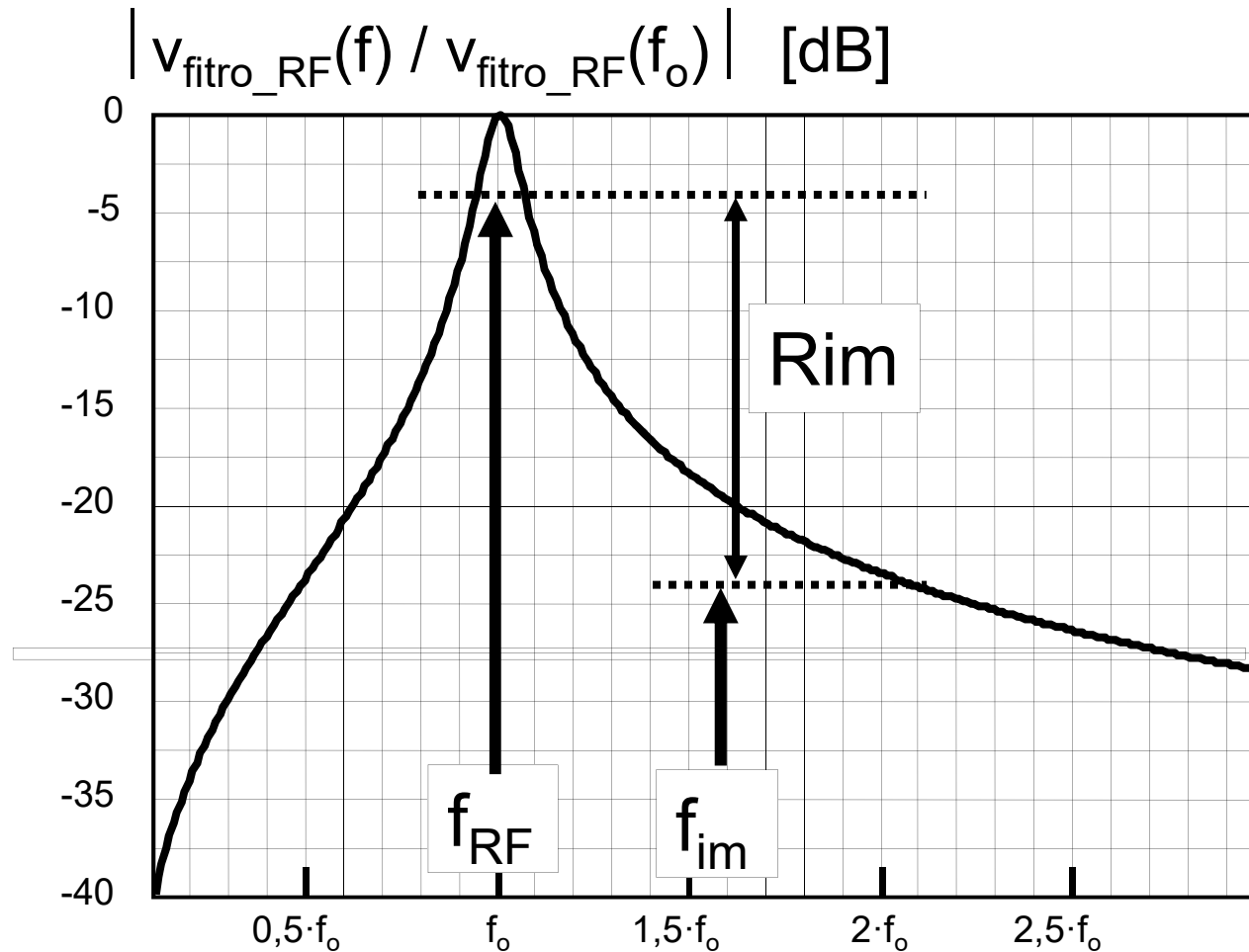
$$f_{RI}; \quad f_{RF}/2; \quad f_{RI}/2; \quad 2f_{OL}; \quad f_i$$

deberán ser rechazadas antes de ingresar al mezclador, o sea debe impedir el ingreso de señales con las frecuencias mencionadas al mezclador, ya que el filtro del mismo y las etapas posteriores no podrían discriminarlas.

Esto indica que la etapa anterior al mezclador deberá tener una buena selectividad y linealidad. Esta etapa es el amplificador de RF.

En el amplificador de RF esto se medirá como rechazo, por ejemplo, el rechazo a la frecuencia imagen será:

Rechazo a la frecuencia imagen- Rim



$$R_{Im} = \frac{A_O}{A_{FI}} = \sqrt{1 + Q_C^2 \left(\frac{f_0}{f_i} - \frac{f_i}{f_0} \right)^2}$$

Valor deseable de Rechazo es $R_{Im} \geq 60\text{dB}$.