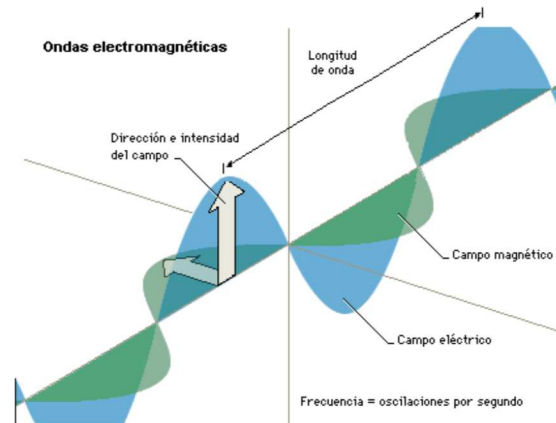


MODULACION CW

Radiofrecuencia y ondas hertzianas

Las radiofrecuencias (RF), también llamadas ondas hertzianas en honor a su inventor, es un tipo de campo electromagnético variable, es decir una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, la cual tiene un componente eléctrico que induce un campo magnético y viceversa.

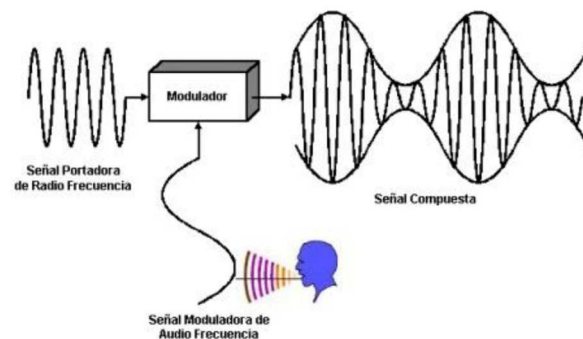


Propagación de las ondas de radiofrecuencia

Las ondas de radiofrecuencia se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro, a diferencia de otros tipos de onda, como el sonido, que necesitan un medio material para propagarse, la radiación electromagnética se puede propagar en el vacío. En condiciones especiales y con una atmósfera uniforme, las ondas de radio tienden a desplazarse en línea recta, esto quiere decir que siempre que haya una línea de vista entre el emisor y el receptor, este tipo de comunicación será bastante eficiente, pero si se requiere de una comunicación de un punto a otro, el cual se encuentra más allá del horizonte, tendremos que tomar en cuenta las distintas condiciones de propagación y las adecuadas frecuencias para su correcta comunicación.

Sistemas de modulación de la radiofrecuencia

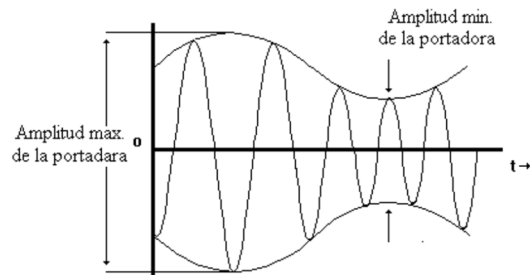
Modular una señal consiste en modificar alguna de las características de esa señal, llamada portadora, de acuerdo con las características de otra señal llamada moduladora. La señal portadora es una señal pura de radiofrecuencia y la señal moduladora puede ser la frecuencia de vibración de la voz humana.



Las formas básicas de modulación analógica son:

Amplitud de modulación (AM)

La modulación en amplitud (AM) funciona mediante la variación de la amplitud de la señal transmitida en relación con la información vocal que se envía.



Frecuencia modulada (FM)

La modulación de frecuencia consiste en variar la frecuencia de la onda portadora de acuerdo con la intensidad de la onda de información. La amplitud de la onda modulada es constante e igual que la de la onda portadora. La frecuencia de la portadora oscila

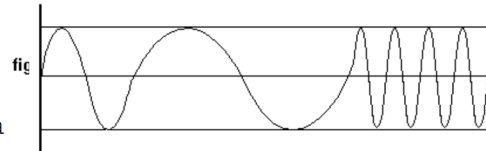
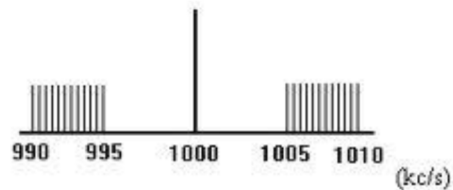


fig 5. Onda modulada en frecuencia.

más o menos rápidamente, según la onda moduladora, esto es, si aplicamos una moduladora de 100Hz, la onda modulada se desplaza arriba y abajo cien veces en un segundo respecto de su frecuencia central, que es la portadora; además el grado de esta variación dependerá del volumen con que modulemos la portadora, a lo que denominamos "índice de modulación". Debido a que los ruidos o interferencias alteran la amplitud de la onda, no afecta a la información transmitida en FM, puesto que la información se extrae de la variación de frecuencia y no de la amplitud, que es constante. Como consecuencia de estas características de modulación podemos observar cómo la calidad de sonido o imagen es mayor cuando modulamos en frecuencia que cuando lo hacemos en amplitud.

Modulación en banda lateral (SSB)

La modulación en banda lateral única (BLU) o (SSB) del inglés Single Side Band, es una evolución de la AM. En la transmisión en amplitud modulada se gasta la mitad de energía en transmitir una onda de frecuencia constante llamada portadora. Y sólo un cuarto en transmitir la información de la señal moduladora



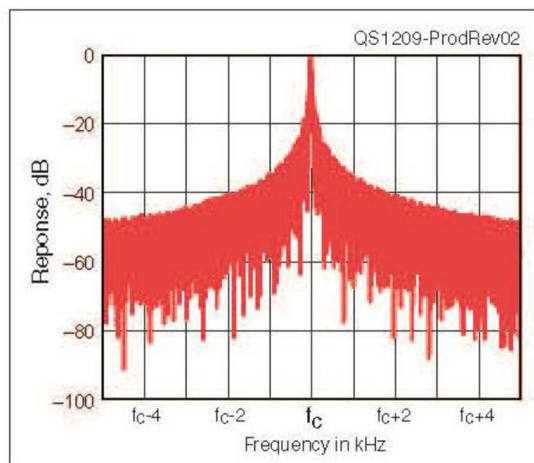
bandas laterales a ambos lados de la frecuencia central

(normalmente voz) en una banda de frecuencias por encima de la portadora. El otro cuarto se consume en transmitir exactamente la misma información, pero en una banda de frecuencias por debajo de la portadora. Es evidente que ambas bandas laterales son redundantes, bastaría con enviar una sola y la portadora tampoco es necesaria. Por medio de filtros colocados en el circuito de transmisión, el transmisor BLU elimina la portadora y una de las dos bandas. El receptor, para poder reproducir la señal que recibe, genera localmente (mediante un oscilador) la portadora no transmitida, y con la banda lateral que recibe, reconstruye la información de la señal moduladora original. La superioridad tecnológica de la Banda Lateral Única sobre la Amplitud Modulada

reside en esa necesidad de gastar sólo un cuarto de la energía para transmitir la misma información. En contrapartida, los circuitos de transmisores y receptores son más complejos y más caros. Otra ventaja de esta modulación sobre la AM estriba en que la potencia de emisión se concentra en un ancho de banda más estrecho (normalmente 2,4 kilohercios); por lo tanto, es muy sobria en el uso de las frecuencias, permitiendo más transmisiones simultáneas en una banda dada. La modalidad de mayor uso es la USB (banda lateral superior, del inglés Upper Side Band). Por razones históricas, en el servicio de radioaficionados para frecuencias por debajo de 10.7MHz se transmite sólo la banda inferior (LSB), y por encima, sólo la banda superior (USB). La LSB también se utiliza en algunas comunicaciones marinas.

Modulación por onda continua (CW) (Del inglés Continuous Wave) (A1A)

La modulación por onda continua consiste en emitir una onda portadora de radiofrecuencia de constante amplitud y frecuencia sin modulación, para después modularla mediante el método de corte-emisión de la misma onda de radio. De alguna manera es una forma de modulación de amplitud que depende de la velocidad de manipulación y que genera una doble banda lateral. La frecuencia con la que se modula depende de la velocidad de manipulación y a su vez



condicionará su doble banda lateral. En telegrafía se designa A1A, es decir, telegrafía en recepción auditiva, mediante la interrupción de una onda electromagnética continua. La información es portada en la diferente duración de los periodos de encendido y apagado de la señal, por ejemplo, por código Morse. En este sistema de modulación se aprovecha el 100 % de la energía ya que el 100% de la energía transmite información. Es un sistema de transmisión binario que consiste en emitir e interrumpir la señal portadora de acuerdo al Código Morse. El corte y la restitución de la transmisión se efectúan mediante un interruptor operado a mano o electrónicamente, conocido con el nombre de manipulador. La popularidad del CW entre los radioaficionados se debe principalmente al reducido ancho de banda (como máximo en bandas de HF se permiten 200Hz) que se necesita para establecer comunicación. La reducción del ancho de banda implica un mayor rendimiento de la potencia radiada, al concentrarse ésta en la señal portadora, ayudando a establecer con más facilidad contactos a larga distancia. Como a priori, la emisión de una onda de radiofrecuencia portadora de amplitud y frecuencia constante no tiene ninguna complicación, y como la generación del tono morse corre a cargo del receptor (ya que la onda de radiofrecuencia no

transporta ningún tipo de modulación de sonido de baja frecuencia) corresponde al receptor generar el tono morse cuando detecte la señal portadora de radiofrecuencia.

Receptores HF

La radio "a Galena"

Uno de los receptores más sencillos y tradicionales es el receptor de Galena ("la radio a Galena") que sirve para recibir señales de amplitud modulada. Consiste de un detector simple realizado con una "piedra de Galena", conectada a la antena por medio de un circuito sintonizado que es el encargado de seleccionar una pequeña banda de frecuencias del espectro.

El receptor de radiofrecuencia sintonizada

Emplea una o más etapas amplificadoras de radiofrecuencia para aumentar el nivel de las señales recibidas a valores convenientes. En ellos todas las etapas amplificadoras se sintonizan simultáneamente a la frecuencia de recepción para conseguir sensibilidad y selectividad, ello dificulta la realización práctica del circuito pues cuesta mantener la sintonía de todas las etapas a medida que se cambia la frecuencia y tiene tendencia a auto oscilar.

El receptor de conversión directa

El receptor de conversión directa, es un procedimiento sencillo y popular para poder recibir las señales de CW y de BLU. La señal sintonizada se aplica a la etapa detectora conjuntamente con una señal de radiofrecuencia generada localmente por medio de un oscilador de HF. La frecuencia de este oscilador se mantiene ligeramente superior (o inferior) a la frecuencia de la señal de manera que la mezcla o batido resulte en una frecuencia audible. Por ejemplo, si la señal sintonizada es de 7.155,0KHz y el oscilador local de HF se sintoniza a 7.155,4KHz, la mezcla o heterodinación en el circuito detector proporciona una resultante de 400Hz (audible) que se aplica a un amplificador de baja frecuencia y alta ganancia a través de un filtro de audio como una banda de paso muy estrecha. La selectividad de esta clase de receptor se obtiene por medio de los circuitos LC sintonizados previos a la etapa detectora y por el filtro de audio incluido en el detector y el amplificador de baja frecuencia. Los modelos populares Heathkit HW-7 y HW-8, transceptores para CW, emplean este mismo receptor. La sensibilidad obtenida es del orden de un microvoltio o menos con una selectividad inferior a 1KHz. El amplificador de baja frecuencia de estos transceptores tiene una ganancia de unos 100dB.

El receptor regenerativo o "a reacción"

Algo más complejo físicamente que el receptor de Galena (ya utiliza por lo menos un amplificador), el receptor regenerativo fue desarrollado en 1912 por el ingeniero norteamericano Edwing H. Armstrong. Su principio de funcionamiento es muy ingenioso:

consiste en reinyectar la señal obtenida en la salida de un amplificador de radiofrecuencia (de válvula o transistor), nuevamente en su entrada para volverla a amplificar una y otra vez. Ajustando cuidadosamente los parámetros de funcionamiento se logra amplificar la señal miles de veces, llegando casi al borde de la oscilación. Este proceso, simultáneamente aumenta mucho la selectividad del aparato.

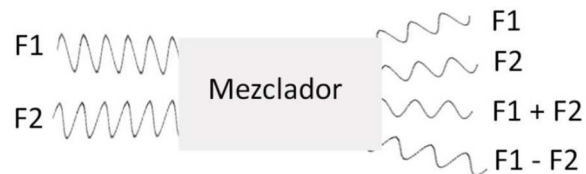
El receptor superregenerativo

En el receptor superregenerativo llega un punto en que el amplificador realmente comienza a oscilar, pero en ese preciso instante se hace extinguir o "apagar" (quenching) la autooscilación, recurriendo a características propias del circuito o mediante algún elemento circuito externo; el ciclo se repite indefinidamente. Los receptores regenerativos se emplean principalmente en frecuencias medias o elevadas, mientras que el superregenerativo, en frecuencias muy elevadas.

El receptor Heterodino

Principio Heterodino

Heterodinar significa mezclar. En el receptor heterodino se mezclan principalmente dos frecuencias. El proceso heterodino es extremadamente importante en la transmisión de radio, de hecho, el desarrollo de los esquemas de heterodinación, fue uno de los principales acontecimientos que dio lugar a la comunicación de masas por medio de la radio. ¿Qué pasa cuando se mezclan (batan) dos señales de radiofrecuencia de distinta frecuencia? Cuando se mezclan dos señales de radiofrecuencia de distinta frecuencia se producen 4 señales de radio diferentes.

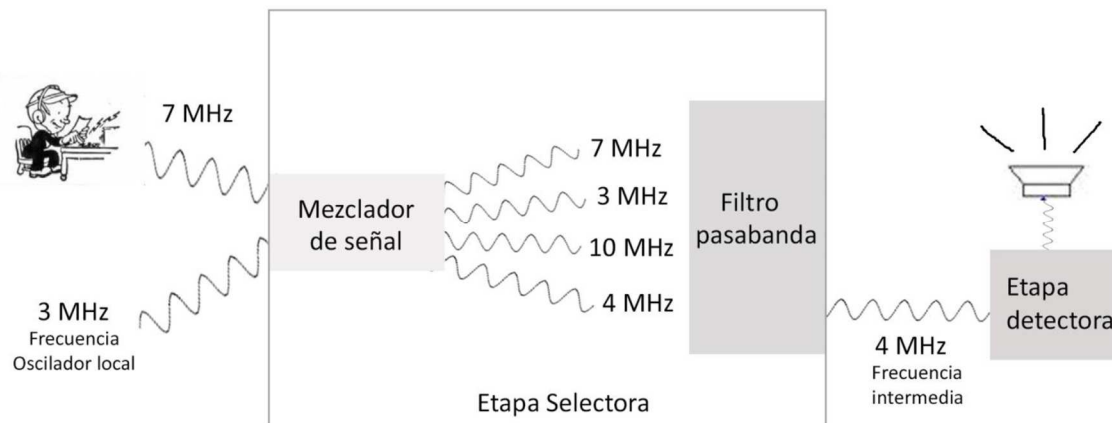


1: señal de radio original F1

sin mezclar (pura); 2: señal de radio original F2 sin mezclar (pura); 3: señal de radio suma de la señal 1 y la 2 ($F1 + F2$); y 4: señal de radio resta de la señal 1 y la 2 ($F1 - F2$).

Principio de funcionamiento del receptor heterodino

Según el principio de heterodinar, en el receptor, una vez recibida la señal de radio frecuencia, un componente electrónico llamado oscilador, genera una señal de radiofrecuencia pura artificial que otro circuito se encarga de mezclar, de la mezcla-batido de estas señales, cuyo resultado son 4 señales de radio independientes, después un filtro se encarga de absorber las 3 señales de radio que no nos interesan, la original recibida, la del oscilador local y la suma de la recibida+oscilador local. Tan sólo nos quedamos con la señal que resulta de la resta de la recibida-oscilador local, esta señal será siempre constante en frecuencia ya en todo el circuito y se llamará frecuencia intermedia, siempre será menor que la frecuencia recibida por el receptor.



Paso banda

Es un filtro que deja pasar sólo la gama de frecuencias o longitudes de onda, atenuando las demás, se llama "banda de paso" a la gama de frecuencias que permite pasar el filtro.

¿Por qué la frecuencia intermedia es siempre menor que la frecuencia de recepción?

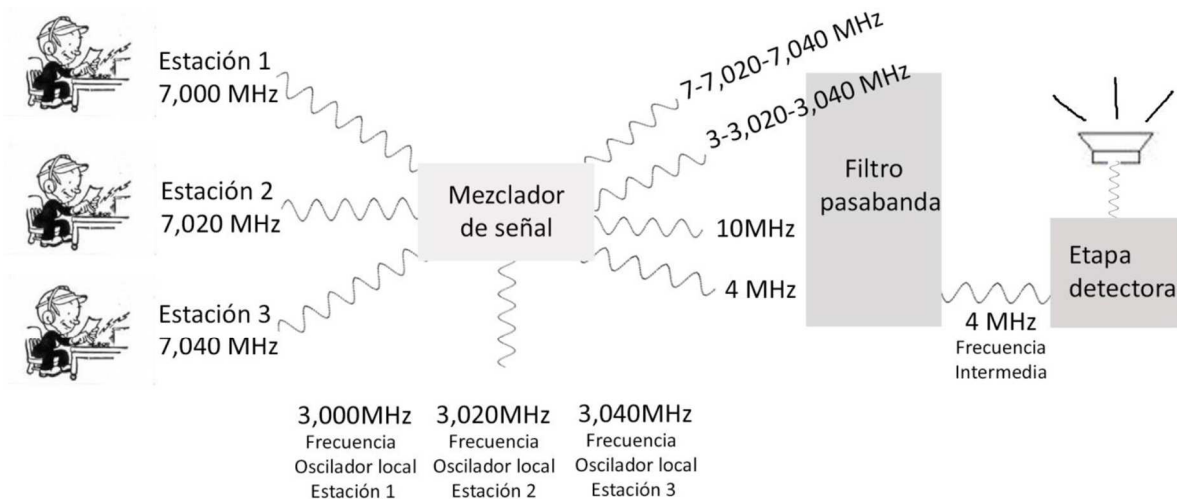
La razón principal para usar una frecuencia intermedia es mejorar la selectividad de frecuencia. A frecuencias muy altas, el procesamiento de señal se realiza mal. Los dispositivos activos tales como transistores no pueden ofrecer mucha amplificación. Circuitos ordinarios que utilizan condensadores y bobinas deben ser reemplazados con técnicas complicadas de alta frecuencia, tales como líneas de cinta y guías de onda, por lo tanto, una señal de alta frecuencia se convierte en una señal menor para procesarla convenientemente.

¿Por qué proporciona mejores características de señal ruido?

¿Qué ventaja tiene en el receptor heterodino al trabajar con la frecuencia intermedia? Pues que es difícil construir amplificadores, filtros y detectores que pueden ser ajustados a diferentes frecuencias, con la frecuencia intermedia, todos los filtros, amplificadores, cables, apantallamientos, etc. solo deberán estar diseñados para una frecuencia fija y, sin embargo, podremos sintonizar un montón de frecuencias, simplemente modificando la frecuencia de emisión del oscilador local (dial de recepción).

Un ejemplo

Supongamos que estamos en 40 metros y que la frecuencia permitida para transmisión en CW es de 7,000MHz a 7,040MHz, para poder escuchar en ese rango de frecuencias vamos a necesitar un receptor de HF que sea capaz de recibir desde la frecuencia más baja hasta la más alta, imaginemos que tenemos a 3 estaciones de radio emitiendo en distintas frecuencias del rango permitido. Estación 1: transmite en 7,000MHz. Estación 2: transmite en 7,020MHz. Estación 3: transmite en 7,040MHz.



Estación 1: transmite en 7,000MHz, para sintonizarla giramos el dial de nuestro receptor haciendo que el oscilador local oscile a la frecuencia de 3,020MHz, esto hace que la resta de la señal de entrada menos la señal del oscilador $7\text{MHz} - 3\text{MHz}$ sea igual a 4MHz que es la Frecuencia Intermedia. Estación 2: transmite en 7,020MHz, para sintonizarla giramos el dial de nuestro receptor haciendo que el oscilador local oscile a la frecuencia de 3,020MHz, esto hace que la resta de la señal de entrada menos la señal del oscilador $7,020\text{MHz} - 3,020\text{MHz}$ sea igual a 4MHz que es la Frecuencia Intermedia. Estación 3: transmite en 7,040MHz, para sintonizarla giramos el dial de nuestro receptor haciendo que el oscilador local oscile a la frecuencia de 3,040MHz, esto hace que la resta de la señal de entrada menos la señal del oscilador $7,040\text{MHz} - 3,040\text{MHz}$ sea igual a 4MHz, que es la Frecuencia Intermedia. De esta manera gracias al principio de heterodinación, fijando la frecuencia de batido entre la portadora entrante y un oscilador local, a una frecuencia fija intermedia (IF), la mayor parte de un receptor de radio puede estar construido de manera que pueda ser utilizado por cualquier señal de radio entrante. Sólo se sintoniza el oscilador local, para producir una frecuencia de batido igual a la frecuencia fija IF. Ahora se da por sentado que un receptor de radio puede sintonizar cualquiera de las estaciones de radio emitidas a nivel local, pero si no fuera por el proceso de heterodinación, se tendría que tener un receptor de radio para cada emisora. Si no fuera por el principio de heterodinación, si tuviéramos varias portadoras moduladas, para la demodulación se necesitaría un detector sintonizado para cada una de las distintas frecuencias, lo que significa complicar los receptores.

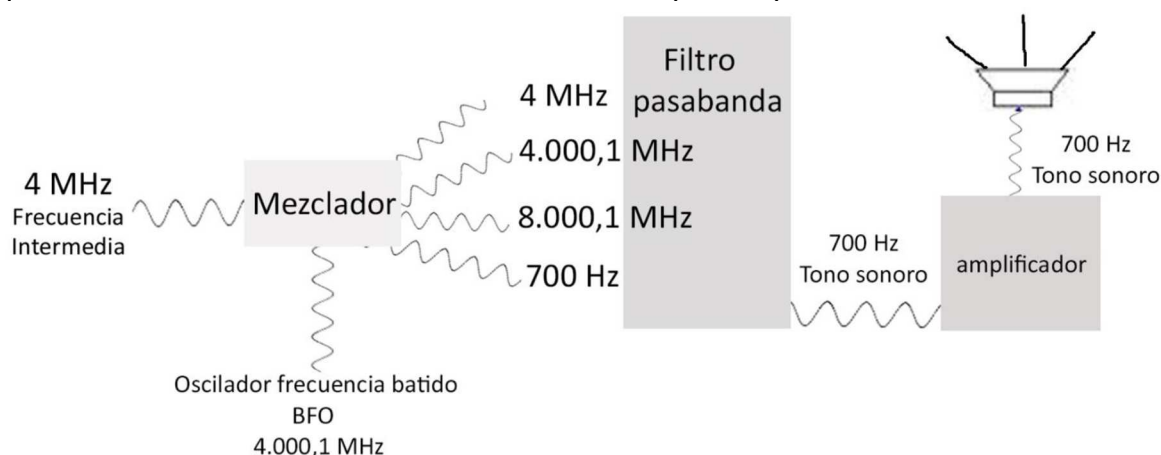
VF0

Para que un receptor pueda recibir un rango de frecuencias, es necesario que el oscilador local cambie su frecuencia, apareciendo

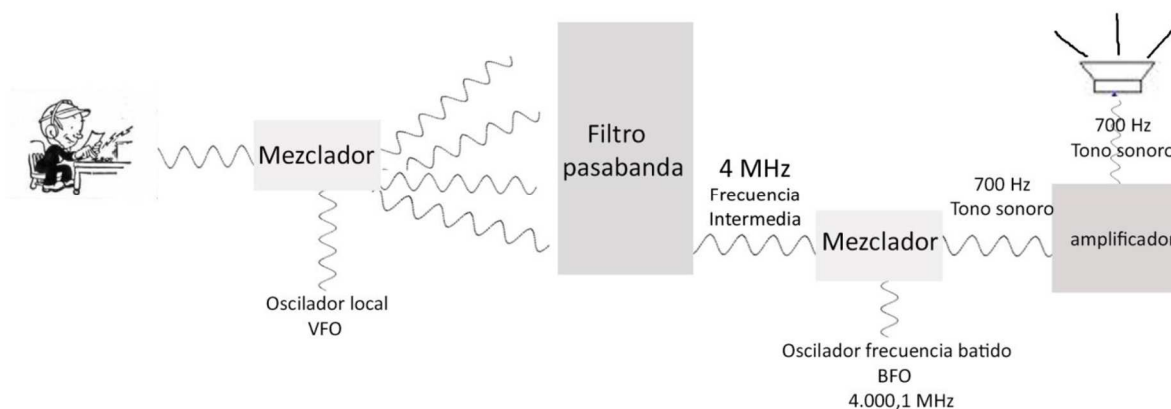
las siglas de vfo (oscilador de frecuencia variable), gracias al vfo la frecuencia del oscilador local puede variar a voluntad convirtiéndose en el dial del receptor.

La modulación CW y el receptor heterodino

Como la señal emitida en el modo de transmisión CW es una portadora pura (sin estar mezclada por otra señal), una vez que es procesada por el receptor heterodino y convertida en una frecuencia intermedia, ya sólo queda convertirla en una señal de baja frecuencia (todo audible) de unos 800 o 700Hz (tono morse), para ello utilizamos un BFO (oscilador de frecuencia de batido), es un oscilador usado para crear una señal de audiofrecuencia a partir de transmisiones de ondas portadoras para hacerlas audibles, ya que se emiten inaudibles. Lo que se hace es heterodinar la frecuencia intermedia con la señal del oscilador de la frecuencia de batido para filtrar las 4 señales que aparecen y quedarnos con la resta de las señales (700Hz).



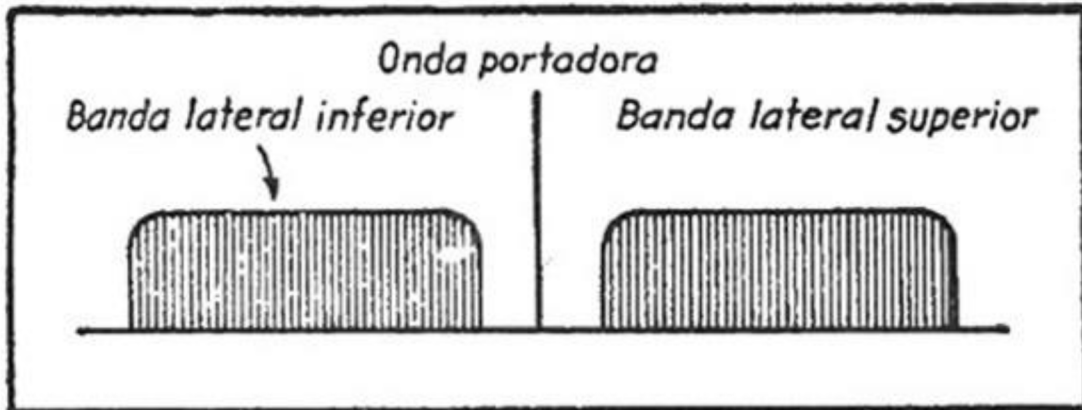
Esquema completo receptor heterodino con BFO (oscilador de frecuencia de batido)



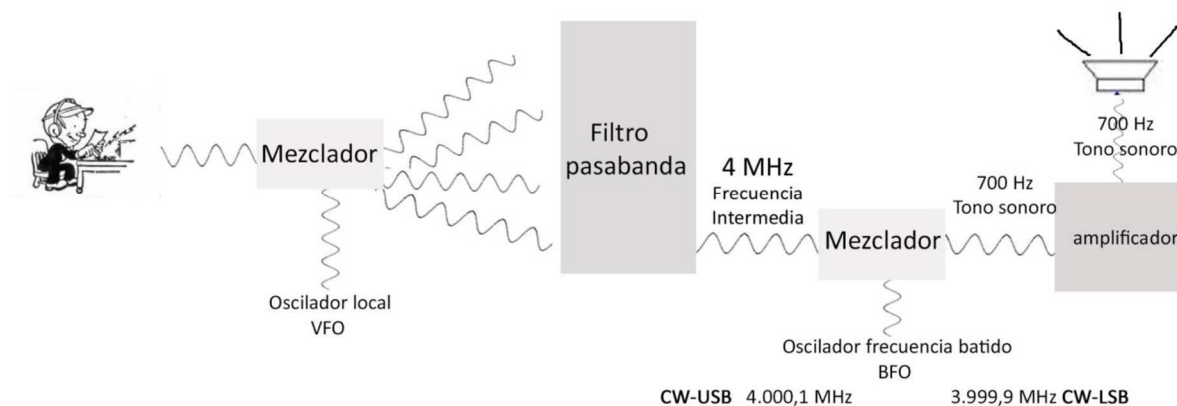
Modo CW- Reverse

CW Reverse permite escuchar el tono de CW (700Hz) utilizando la banda lateral opuesta de la señal de la frecuencia intermedia.

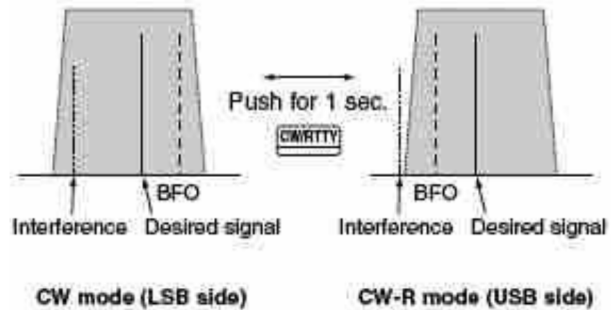
Toda onda de radiofrecuencia portadora posee bandas laterales en los extremos de su emisión.



Antiguamente los transceptores poseían los modos CW-USB y CW-LSB, pero al final se ha estandarizado como norma el uso del modo CW-USB como modo CW por defecto para la modulación CW, de tal manera que actualmente los modernos transceptores incorporan el modo CW y CW-R (CW Reverse). En ocasiones, ocurre que podemos tener un ruido de interferencia en alguna parte de la banda de recepción y sin la necesidad de utilizar ningún filtro de recepción pasabanda, simplemente activamos el modo CW-R, de esta manera el BFO en vez de mezclar la señal con la banda lateral superior de la portadora, lo mezcla por la banda lateral inferior, cabe destacar que el VFO no cambia, es decir el frecuencímetro no se mueve cuando cambiamos de un modo a otro, ni en transmisión ni en recepción, y si hemos ajustado correctamente la señal de la frecuencia de recepción a batido 0, el tono de CW debe de ser igual en el modo CW que en el modo CW-R, pero con la peculiaridad de que la señal de interferencia se atenúa o desaparece, todo esto sin necesidad de incorporar ningún filtro adicional de recepción.



La ventaja de cambiar entre CW y CW-R es que se puede elegir 100Hz arriba o abajo de la frecuencia portadora del ruido y omitir el QRM en uno de los dos modos, sin embargo el sonido de tono morse (de 0 a 800Hz) no varía en un modo u otro.



Batido 0 (Zero beat)

Es una forma antigua que tenían los receptores de comprobar la exactitud de la frecuencia de recepción, consiste en quitar el desplazamiento de frecuencia del BFO para así comprobar cuando el tono de morse, girando el regulador del tono de BFO desaparecía, en el momento de la desaparición del tono auditivo se conseguía lo que se llamaba un Batido 0, es decir la frecuencia exacta de recepción, ya que la frecuencia de recepción y la frecuencia de batido del BFO eran exactamente las mismas.

CW Pitch (Tono de audio)

El control CW Pitch permite al operador seleccionar la frecuencia de audio preferida para recibir el tono de morse que está sobre unos 300 a 900Hz, esto es a gusto del operador. Esto trae algunos problemas, ya que si la única forma de averiguar la frecuencia exacta de emisión de la estación emisora es a través del tono morse que escuchamos (también ayuda el medidor de señal), el poder discernir ese tono hercios arriba hercios abajo condicionará que seamos capaces de colocarnos en la frecuencia exacta o un poco arriba o abajo. Para variar este tono musical, cambiamos la frecuencia de batido del BFO para que suene ligeramente más grave o más agudo, a nuestro oído.

SPLIT y el RIT

El Split, simplemente consiste en transmitir en una frecuencia y escuchar en otra distinta o en otro rango de frecuencias, para ello en la modulación CW utilizamos el RIT (receive incremental tuning) que no es otra cosa que un desplazador de recepción, de esta manera podemos seguir transmitiendo en la frecuencia principal y al soltar el manipulador recibir en otra frecuencia desplazada de la principal, normalmente se puede desplazar la frecuencia de recepción entre los 10Hz y los 100Hz dependiendo del tipo de modulación. El modo split se utiliza mucho en los Pile-up, un Pile-up se crea cuando una estación de Dx o en un concurso llama CQ y todas las demás estaciones desean hacer contacto con esa estación, mientras más rara sea su localización habrá más y más radioaficionados queriendo contactarla, de esta manera para no saturar la frecuencia se decide recibir una frecuencia diferente (normalmente desplazada unos Hz) de la que se transmite.

Filtros de Frecuencia intermedia y la selectividad del receptor

Muchas veces los que practicamos esta maravillosa modulación no nos damos cuenta de que en realidad la modulación CW consiste en ser auténticas "portadoras", término acuñado de los aficionados a la CB cuando alguno de ellos transmite sin emitir ningún sonido perjudicando el QSO. En realidad, nosotros somos "portadoras" pero de banda estrecha, de banda muy muy estrecha, de ahí el sonido tan bronco que se produce cuando conmutamos de otros modos a la CW. El hecho de tener esa banda tan estrecha implica que las interferencias con otros aficionados sean inevitables de tal manera que cuando hay, por ejemplo, algún concurso nos vemos obligados a utilizar filtros que reducen el ancho de banda de recepción.

Modificar el ancho de banda de la frecuencia intermedia afecta a la selectividad del receptor en la medida que estrechamos la banda de escucha para eliminar frecuencias adyacentes que pueden tener ruidos de banda o interferencias de otras estaciones.

Normalmente el filtro de banda ataca a la frecuencia intermedia y unos equipos los traen incluidos y en otros son opcionales.

Filtro 2,4KHz: es un primer filtro menos restrictivo y que eliminará gran parte de las interferencias.

Filtro 500Hz: es un filtro que eliminará parte de las interferencias en condiciones generales, pero mucho más cerrado.

Filtro 300Hz: es un filtro sobre todo para concursos que eliminará interferencias de otras estaciones, pero tan restrictivo que posiblemente al escanear la banda nos impida escuchar ciertas estaciones.

Los transceptores que incorporan el DSP (procesamiento digital de señal) permiten ajustar a voluntad la banda de paso de la frecuencia intermedia desde unos 300Hz hasta unos 3 o 4KHz.

Filtros Notch

Los filtros Notch normalmente se realizan en la FI, pero también se pueden hacer en la frecuencia de audio. Esta característica le da la posibilidad de rechazar o "sintonizar fuera" una señal de CW no deseada u otra heterodina. Puede ser introducida por un control analógico ajustable de la frecuencia del notch, o la tecnología de proceso digital de la señal (DSP). El filtrado notch DSP puede ser particularmente muy útil porque puede "buscar y destruir" portadoras múltiples.

Filtros de audio

El filtrado puede también hacerse en las etapas de audio de la radio. Muchas radios utilizan el filtrado del audio como suplemento del filtrado de la FI. La desventaja principal del filtrado de audio es que este se hace normalmente fuera del circuito de AGC del receptor y las señales fuertes filtradas por el filtro de audio pueden afectar al nivel de volumen de la señal deseada por el drenado del AGC.

Autor: EA7JMM