

TEMA2:

GENERACIÓN Y RECEPCIÓN DE LAS ONDAS DE RADIO.

Concepto de señal, señales analógicas y digitales.

Señales analógicas:

Las señales analógicas son aquellas que representan la información por analogía cuantitativa, según una relación de proporcionalidad. Es decir, los valores de la señal eléctrica son semejantes en cantidad a los de la magnitud física que emite la fuente.

Señales digitales:

Las señales digitales presentan la información mediante un sistema de codificación abstracto, en el cual sólo hay dos símbolos (dígitos): 0 y 1. Para presentar esta información con forma de señal eléctrica, se asocia, normalmente a los "1"s un nivel de tensión alto y a los "0"s un nivel de tensión bajo. Cada uno de estos dígitos se denomina "Bit" y es la unidad elemental de información digital.

SEÑAL ANALÓGICA

Esta es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión, o térmicas como la temperatura, etc.

Señal eléctrica analógica es aquella en la que los valores de la tensión constantemente en forma de corriente alterna, incrementando su valor con signo eléctrico positivo (+) durante medio ciclo y disminuyéndolo a continuación con signo eléctrico negativo (-) en el medio ciclo siguiente.

El cambio constante de polaridad de positivo a negativo provoca que se cree un trazado en forma de onda senoidal.

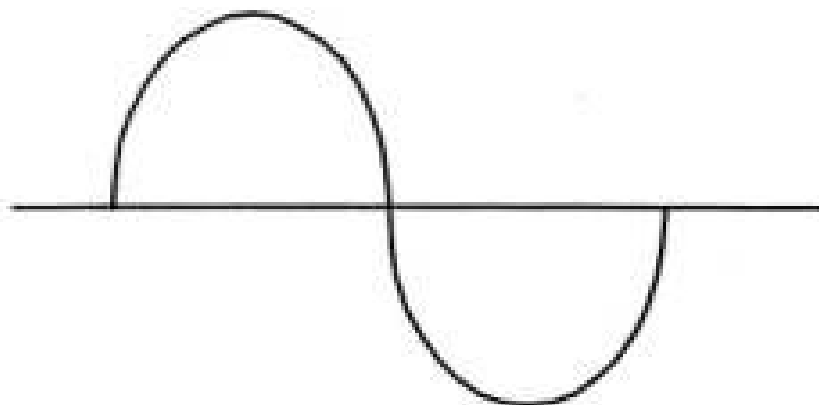
En la naturaleza, el conjunto de señales que percibimos son analógicas, así la luz, el sonido, la energía etc, son señales que tienen una variación continua. Incluso la descomposición de la luz en el arco iris vemos como se realiza de una forma suave y continúa.

Una onda senoidal es una señal analógica de una sola frecuencia. Las tensiones de la voz y del video son señales analógicas que varían de acuerdo con el sonido o variaciones de la luz que corresponden a la información que se está transmitiendo.

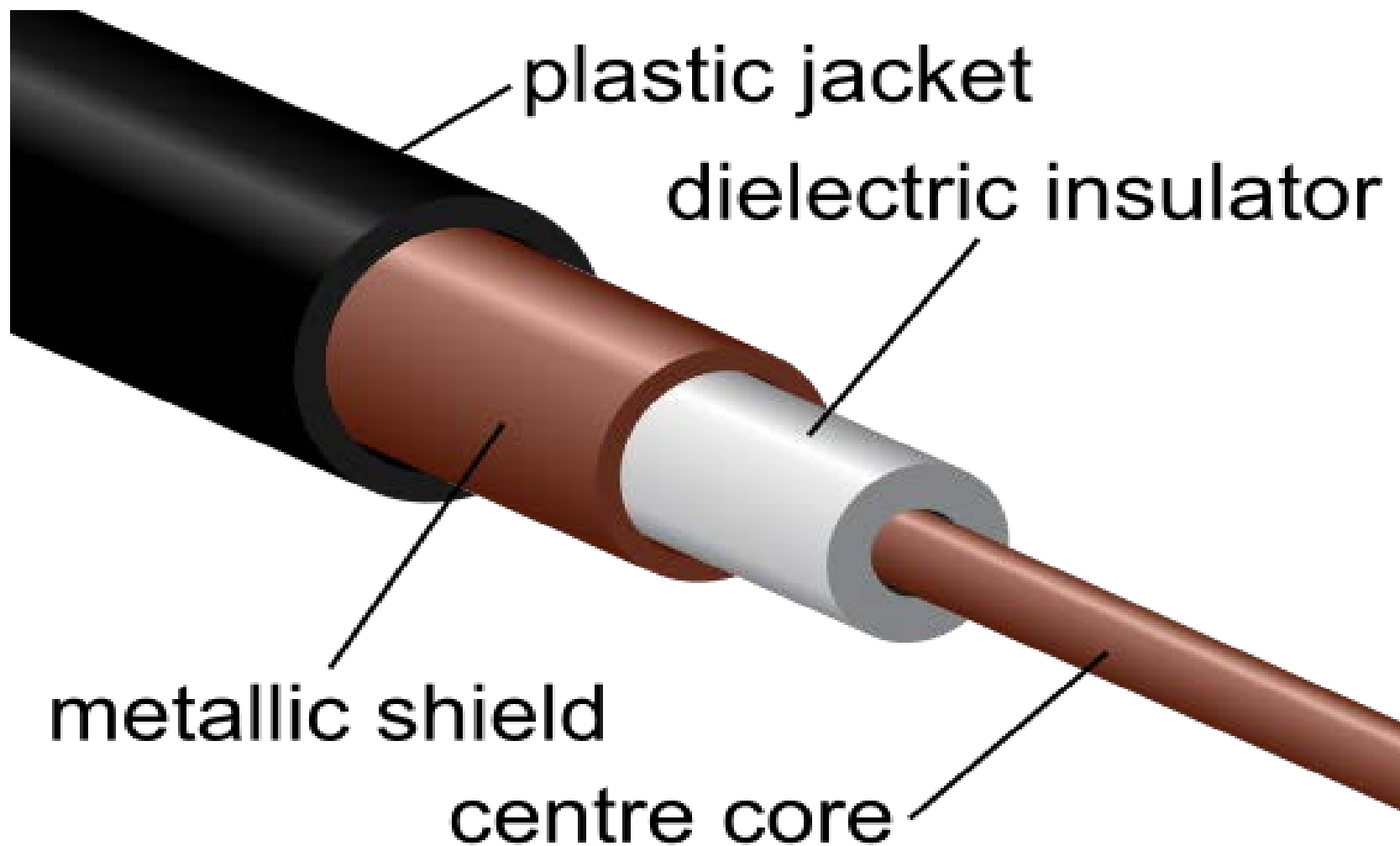
La señal analógica que va por el cable es una especie de campo electromagnético, más precisamente es una onda que se propaga por el espacio, y de esta manera llevando así la información (datos, imágenes, sonido etc.)

Pero la malo es que esta señal puede verse afectada por otros aparatos que produzcan algún campo electromagnético (celulares, hornos de microondas, router etc.) provocando interferencia y por ende que la información no llegue con la calidad deseada.

SEÑAL ANALÓGICA



Por eso es que muchos cables como el coaxial viene con una especie de aislamiento para evitar este tipo de problemas. También se usa el baño en oro para así mejorar la calidad de la señal.

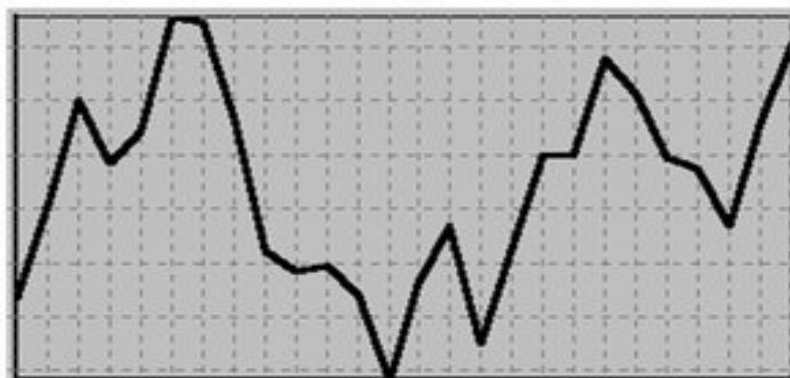


Señal Digital

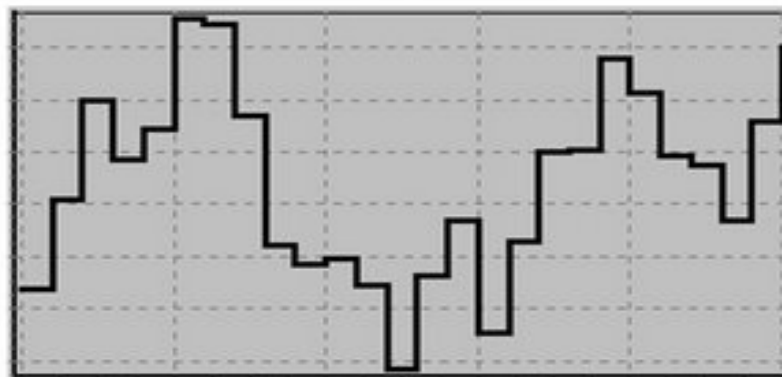
La señal digital es parecida a la analógica, pero en lugar de viajar en base a ondas, esta viaja a través de impulsos (pulsos) eléctricos y cada pulso lleva consigo un **paquete de información** . Esto quiere decir, que la información viaja en una especie de cajas pequeñas protegiendo así la información para que no se vea afectada por el exterior, además de permitir un mayor ancho de banda y por resultado una mayor cantidad de paquetes enviados en un mismo intervalo de tiempo que una señal analógica .

Una señal digital es aquella que presenta una variación discontinua con el tiempo y que sólo puede tomar ciertos valores discretos. Su forma característica es ampliamente conocida: la señal básica es una onda cuadrada (pulsos) y las representaciones se realizan en el dominio del tiempo. Sus parámetros son:

- Altura de pulso (nivel eléctrico)
- Duración (ancho de pulso)
- Frecuencia de repetición (velocidad pulsos por segundo)

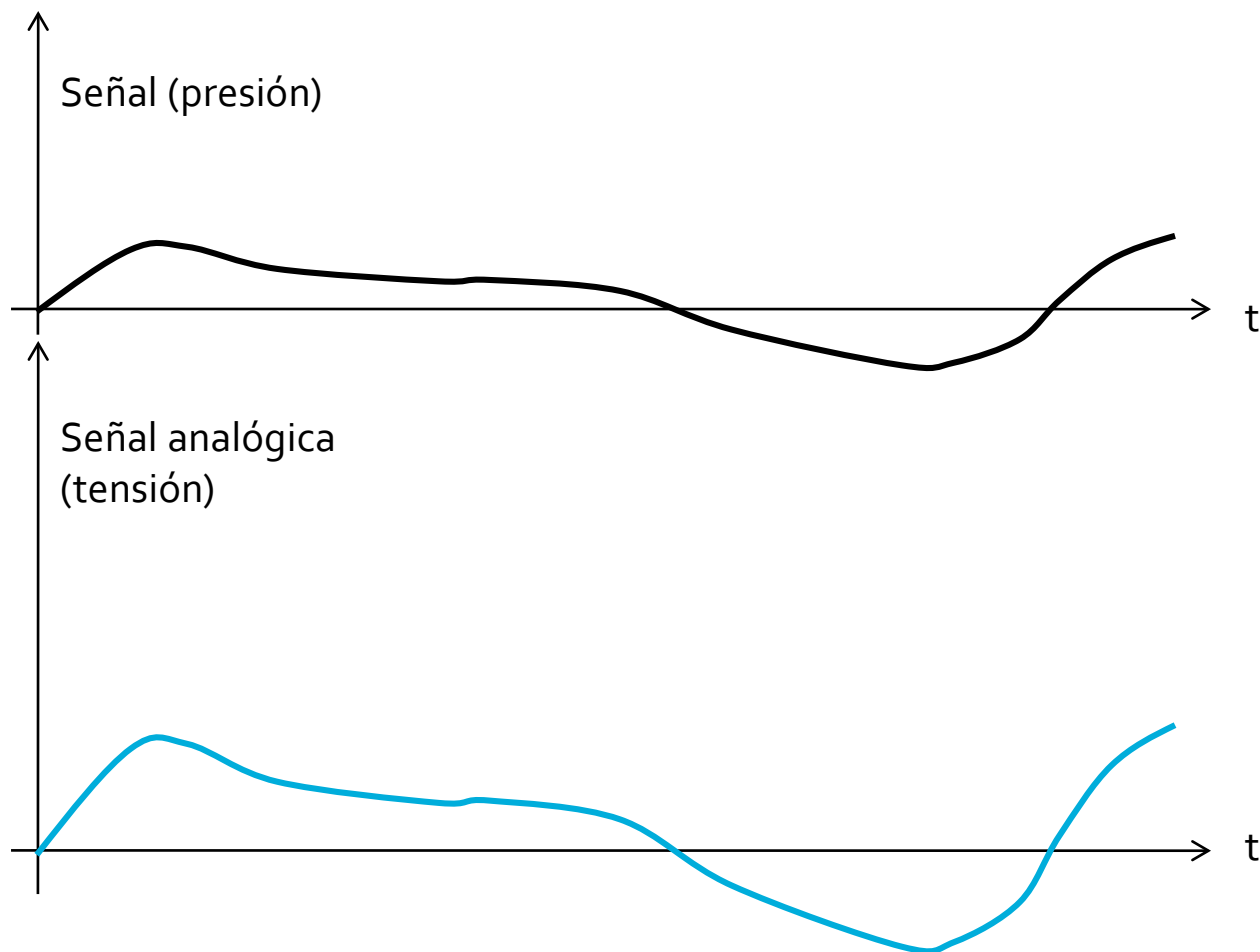


SEÑAL ANALÓGICA



SEÑAL DIGITAL

Concepto de señal analógica.



Concepto de señal, señales digitales.

Ejemplo: Palabra: AB35F

Dato **Codificado en forma digital**

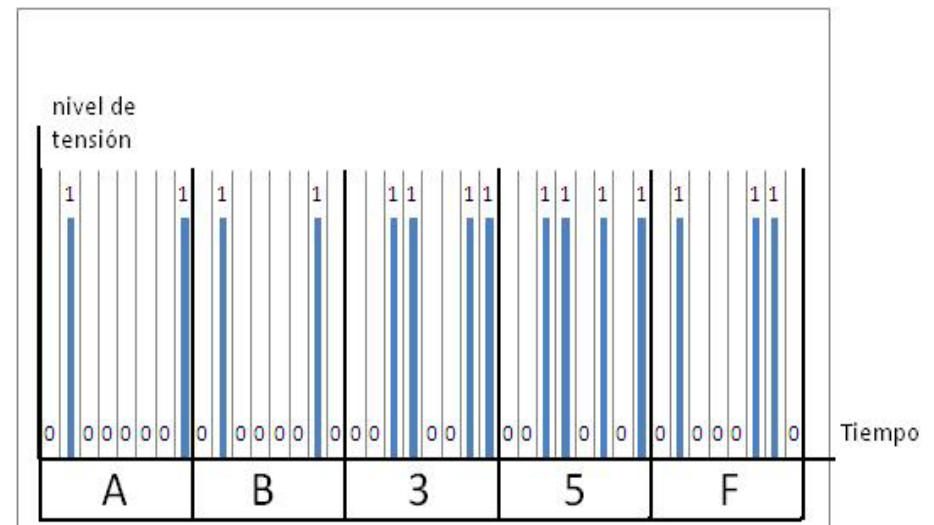
A 0100 0001

B 0100 0010

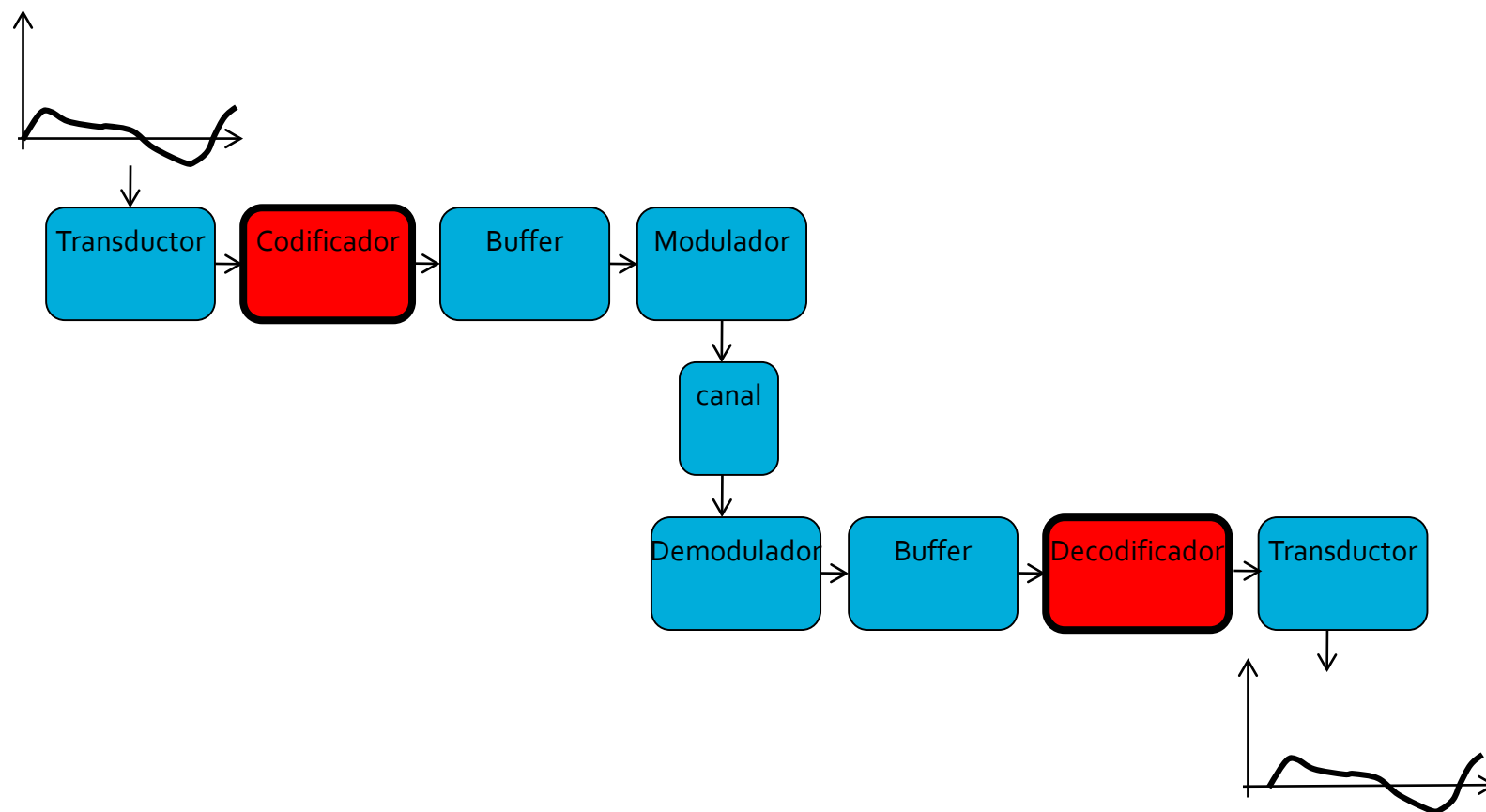
3 0011 0011

F 0100 0110

Presentación en forma de señal eléctrica:



Codificadores y decodificadores



CODIFICADORES

En sentido general, podemos decir que un codificador es un circuito diseñado para pasar información de un sistema a otro con clave diferente, y en tal caso un decodificador sería el circuito o dispositivo que realice la síntesis de este, o sea regresar a la información original.

Un codificador es un bloque combinacional fabricado para convertir una entrada no binaria en una salida de estricto orden binario. Ejemplo, un octal-a-binario es un circuito codificador con ocho entradas (un terminal para cada dígito Octal, o de base 8) y tres salidas (un terminal para cada bit binario).

Los codificadores pueden, también, proporcionar otras operaciones de conversión, tal como ocurre en las calculadoras de bolsillo con el teclado. Un ejemplo es el teclado codificador en ASCII (American Standard Code for Information Interchange).

Es un circuito combinacional formado por 2 a la n entradas y n salidas cuya función es tal que cuando una sola entrada adopta un determinado valor lógico (0 ó 1, según las propiedades del circuito) las salidas representan en binario el número de orden de la entrada que adopte el valor activo.

Los codificadores comerciales construidos con tecnología MSI son prioritarios, esto quiere decir que la combinación presente a la salida, será la correspondiente a la entrada activa de mayor valor decimal.

El diseño de un codificador se realiza como el de cualquier circuito combinacional.

Decodificadores

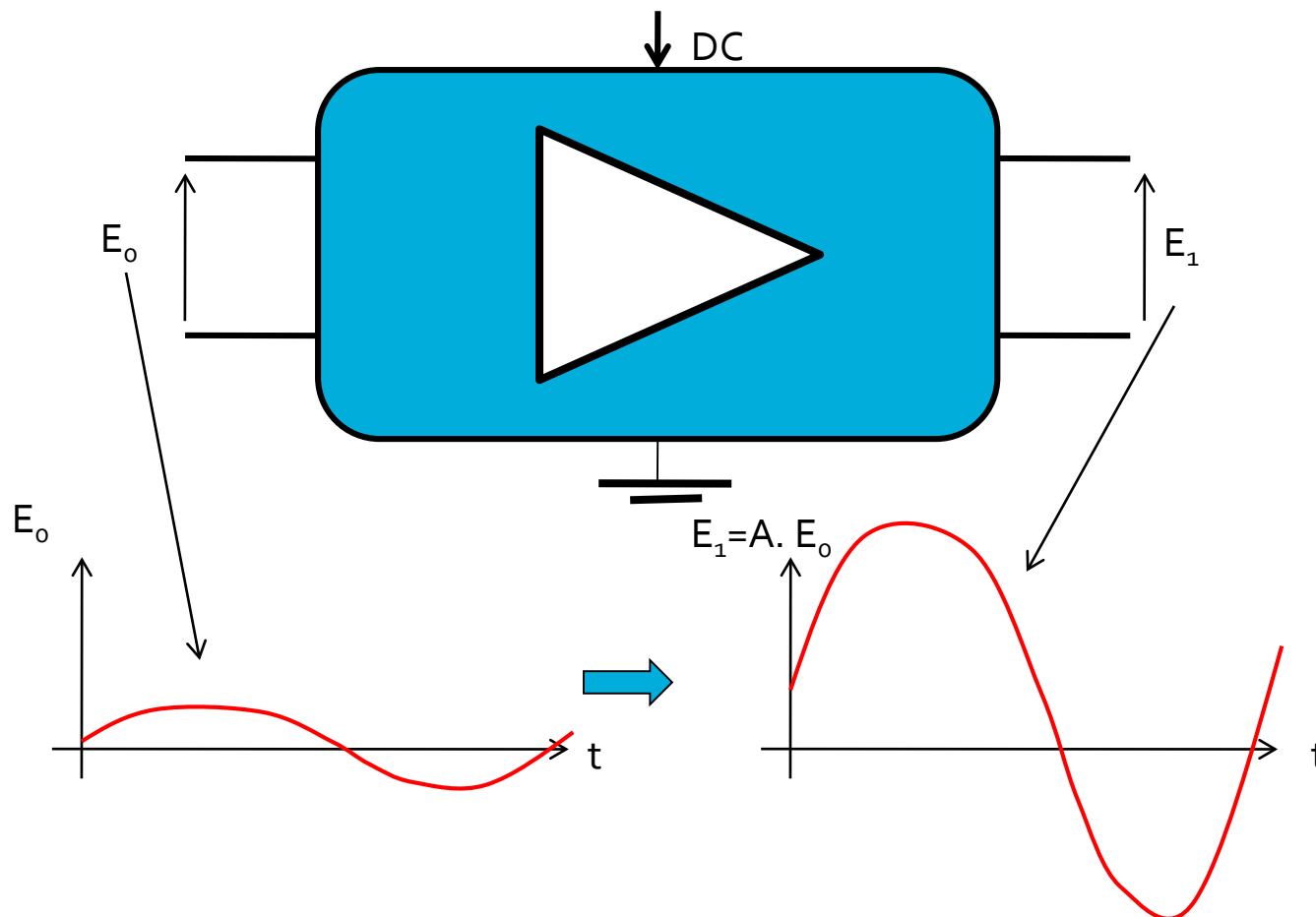
El decodificador es un circuito combinacional diseñado para convertir un número binario (entrada) en word de "unos" y "ceros" (niveles altos y bajos de tensión) con un orden distinto, para ejecutar un trabajo particular.

En Electrónica Digital es a menudo necesario pasar un número binario a otro formato, tal como el requerido para energizar los siete segmentos de los display hechos con diodos emisores de luz, en el orden adecuado para que se ilumine la figura de un individual número decimal.

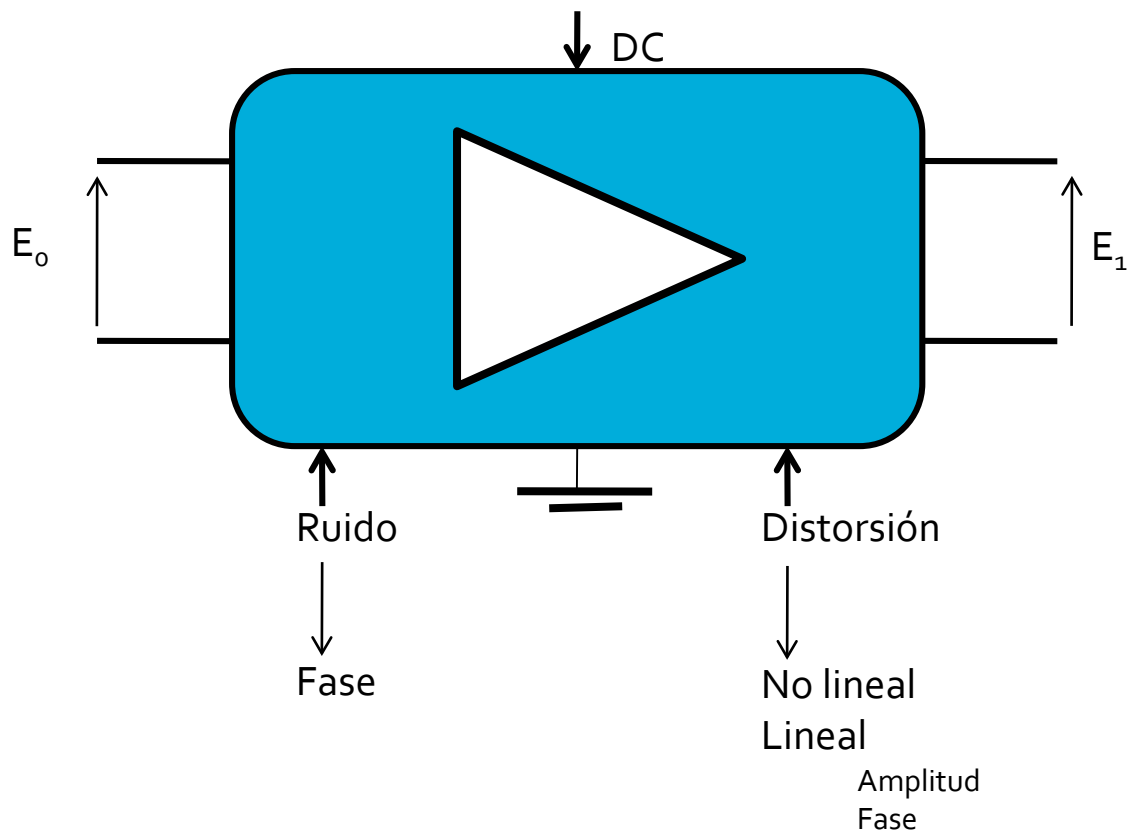
Los decodificadores son también usados en los microprocesadores para convertir instrucciones binarias en señales de tiempo, para controlar máquinas en procesos industriales o implementar circuitos lógicos avanzados. El decodificador convierte números binarios en sus equivalentes Octales (base 8), decimales (base 10) y Hexadecimales.

Un decodificador o descodificador es un [circuito combinacional](#), cuya función es inversa a la del [codificador](#), esto es, convierte un código binario de entrada (natural, [BCD](#), etc.) de N bits de entrada y M líneas de salida (N puede ser cualquier entero y M es un entero menor o igual a 2^N), tales que cada línea de salida será activada para una sola de las combinaciones posibles de entrada.

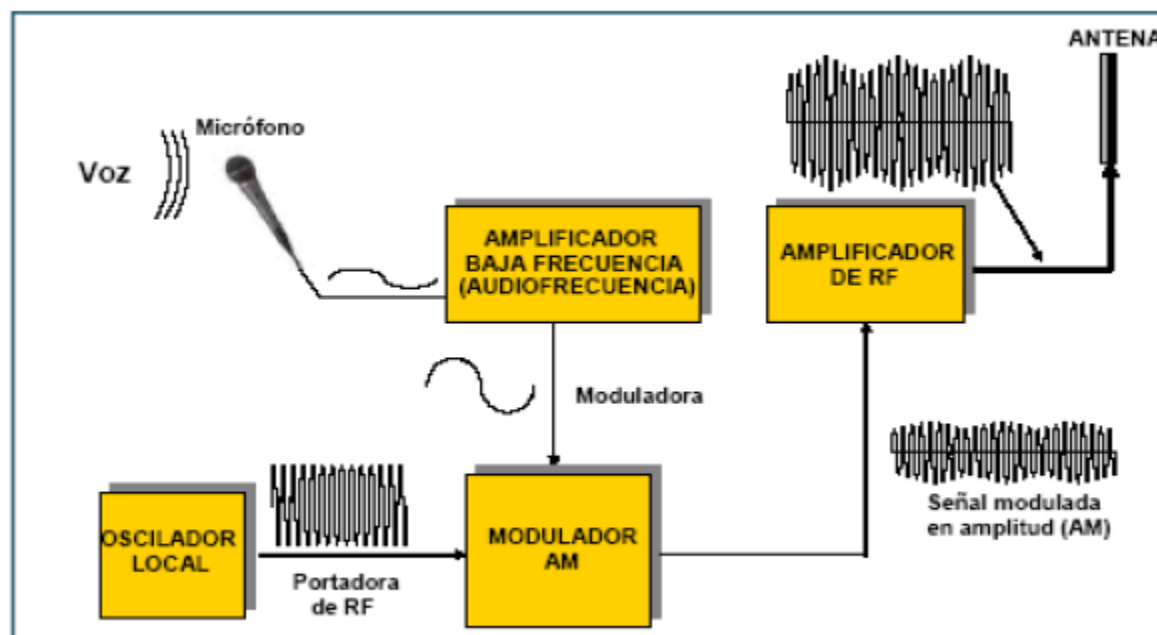
Amplificadores (ideal)



Amplificadores (real)

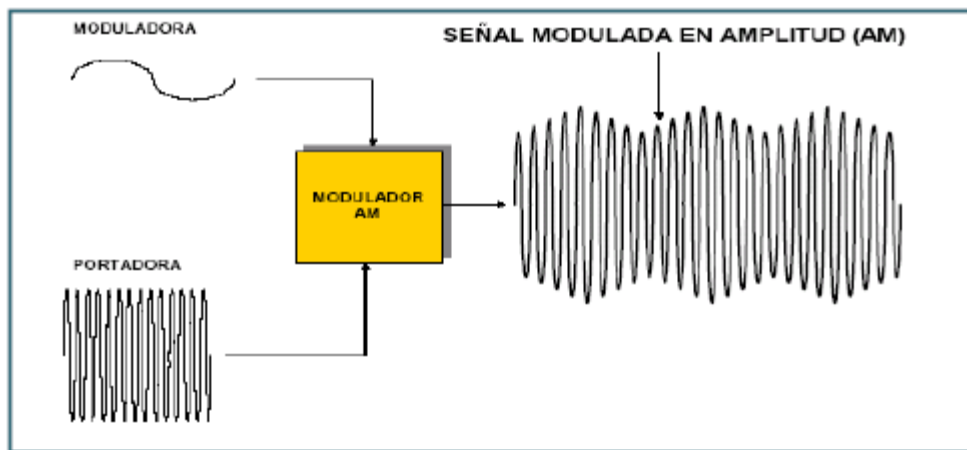


Moduladores y transmisores

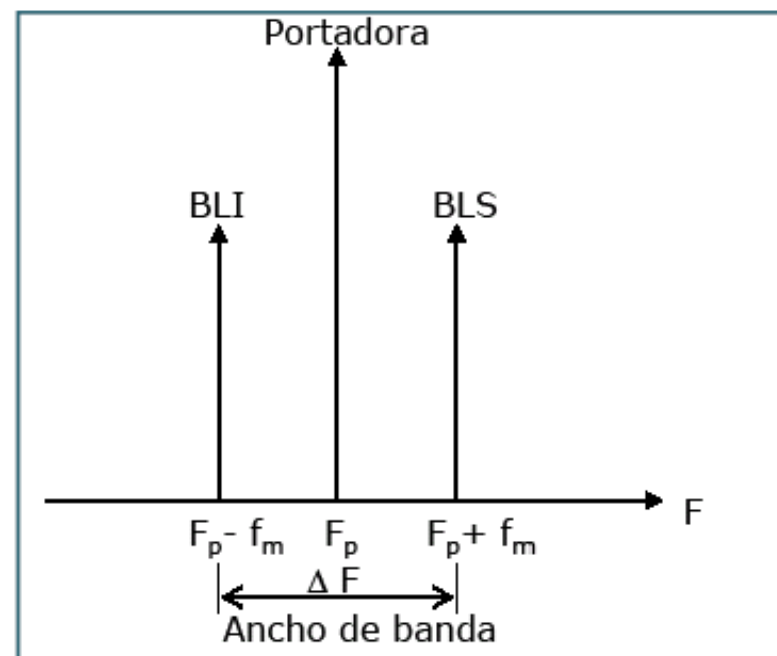


Block diagram of an AM transmitter

Moduladores y transmisores. Señal Modulada



Amplitude modulation



Spectrum of an AM signal

BANDAS LATERALES

Las dos bandas laterales de una señal de AM son imágenes espejo entre sí, puesto que una consiste en la suma de las frecuencias de la portadora y la moduladora, y la otra es la diferencia.

Así que una banda lateral es redundante, suponiendo que se conoce la frecuencia de la portadora, sería innecesario transmitir ambas a fin de comunicar la información.

Es evidente que quitar una banda lateral reduce el ancho de banda por al menos un factor de dos.

Esta reducción de ancho de banda trae dos beneficios. El más notorio es que la señal ocupa menos espectro. Esto permite transmitir el doble de señales en una determinada banda del espectro.

Sin embargo, no menos importante es el aumento en la relación señal a ruido que se logra al reducir el ancho de banda.

Si el ancho de banda de la señal transmitida se reduce en 50%, el ancho de banda del receptor se reduce en una cantidad equivalente.

Puesto que la potencia de ruido es proporcional al ancho de banda, reducir a la mitad el ancho de banda del receptor elimina la mitad del ruido.

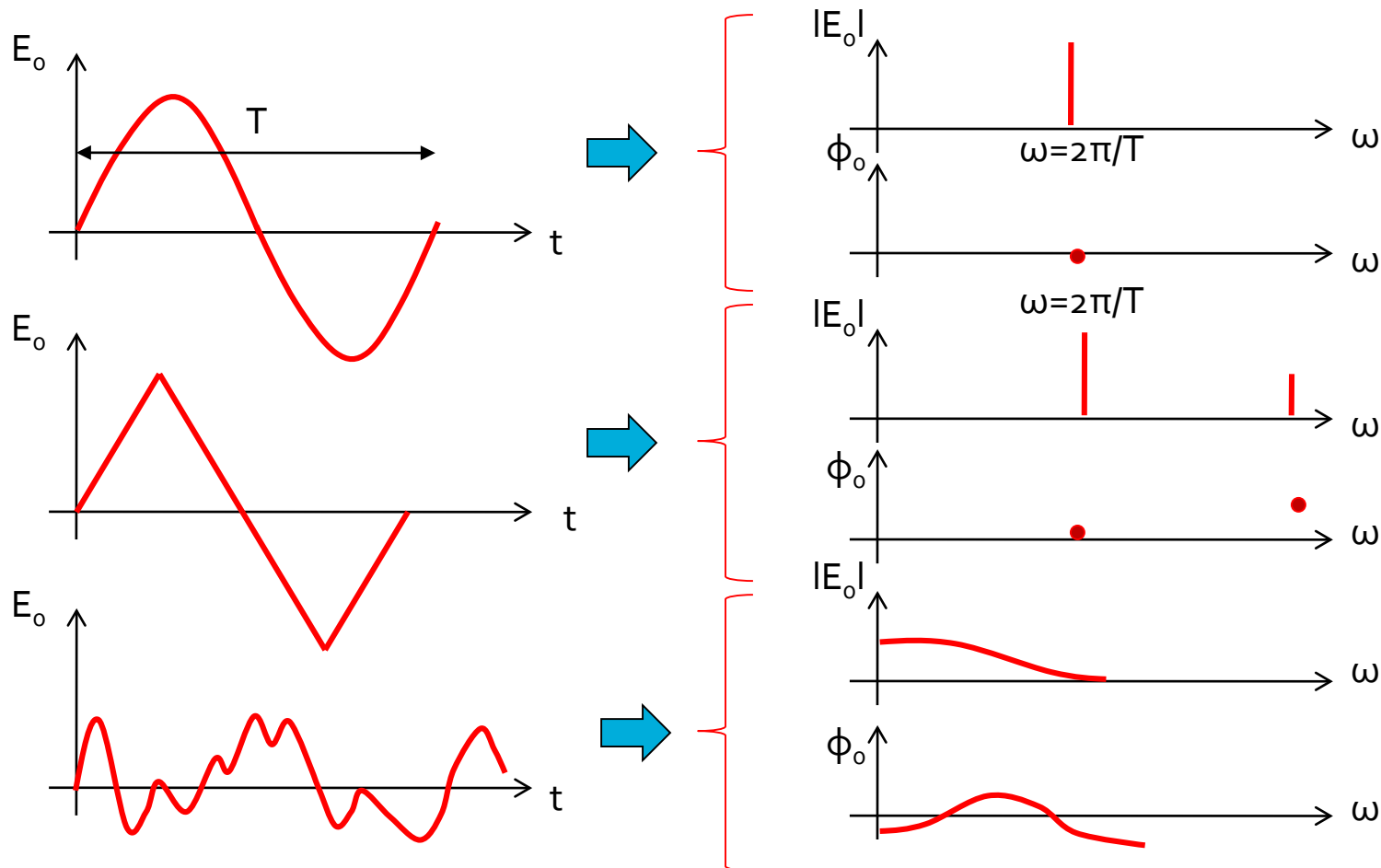
Ej: Suponiendo que la potencia de señal permanece constante, esto representa un aumento de 3 dB en la relación señal a ruido.

Resultando una onda de BLU cuando una banda de componentes de señal de audio (banda base) se traslada a la banda de RF.

Dependiendo de la banda lateral seleccionada el proceso de traducción puede producir inversión de las componentes de frecuencia que comprenden el espectro de audio o no.

Si la BLI es seleccionada no hay ninguna alteración del número o relación de los componentes de la señal salvo un cambio en la escala de frecuencias y la inversión de la relación de frecuencia.

Señal y su espectro



MODULACIÓN DE AMPLITUD (AM) .

Una portadora puede modularse de diferentes modos dependiendo del parámetro de la misma, sobre el que se actúe.

Se modula en amplitud una portadora, cuando sea la distancia existente entre el punto de la misma en el que la portadora vale cero y los puntos en que toma el valor máximo ó mínimo , la que se altere, esto será, su amplitud.

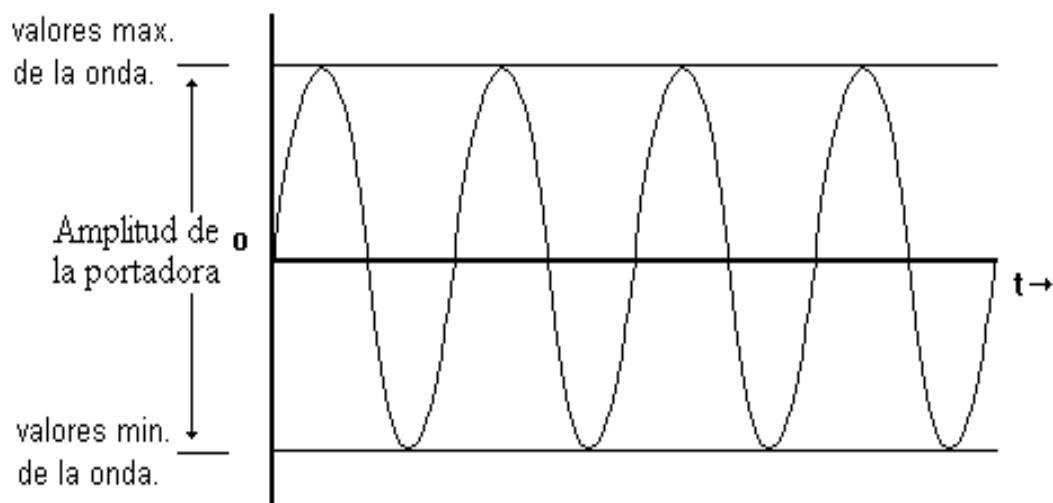


fig 2. Representación de la onda portadora.

Es la amplitud (intensidad) de la información a transmitir varía la amplitud de la onda portadora.

Resultando que , añadiendo esta información obtenemos tres frecuencias:

- La frecuencia de la portadora f .
- La frecuencia suma de la portadora y la información.
- La frecuencia diferencia de la portadora y la información .

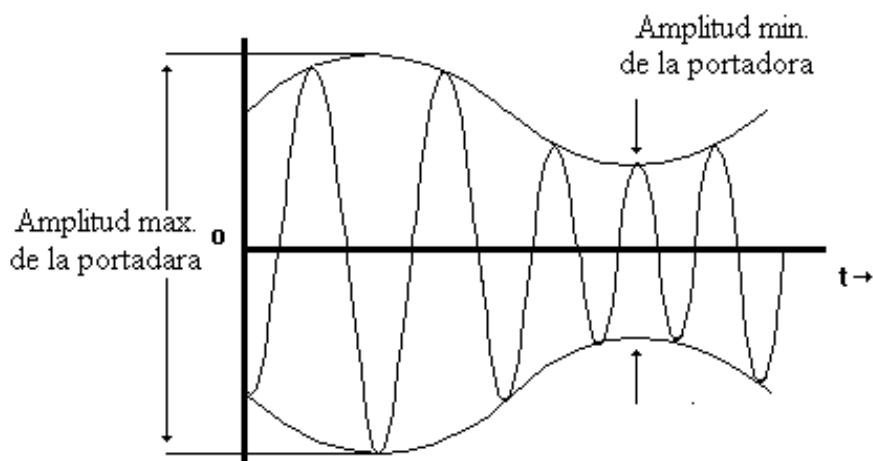


fig 2. Onda modulada en amplitud.

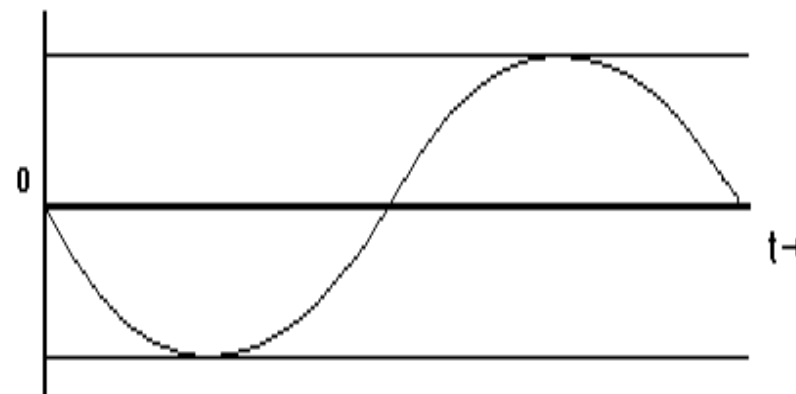


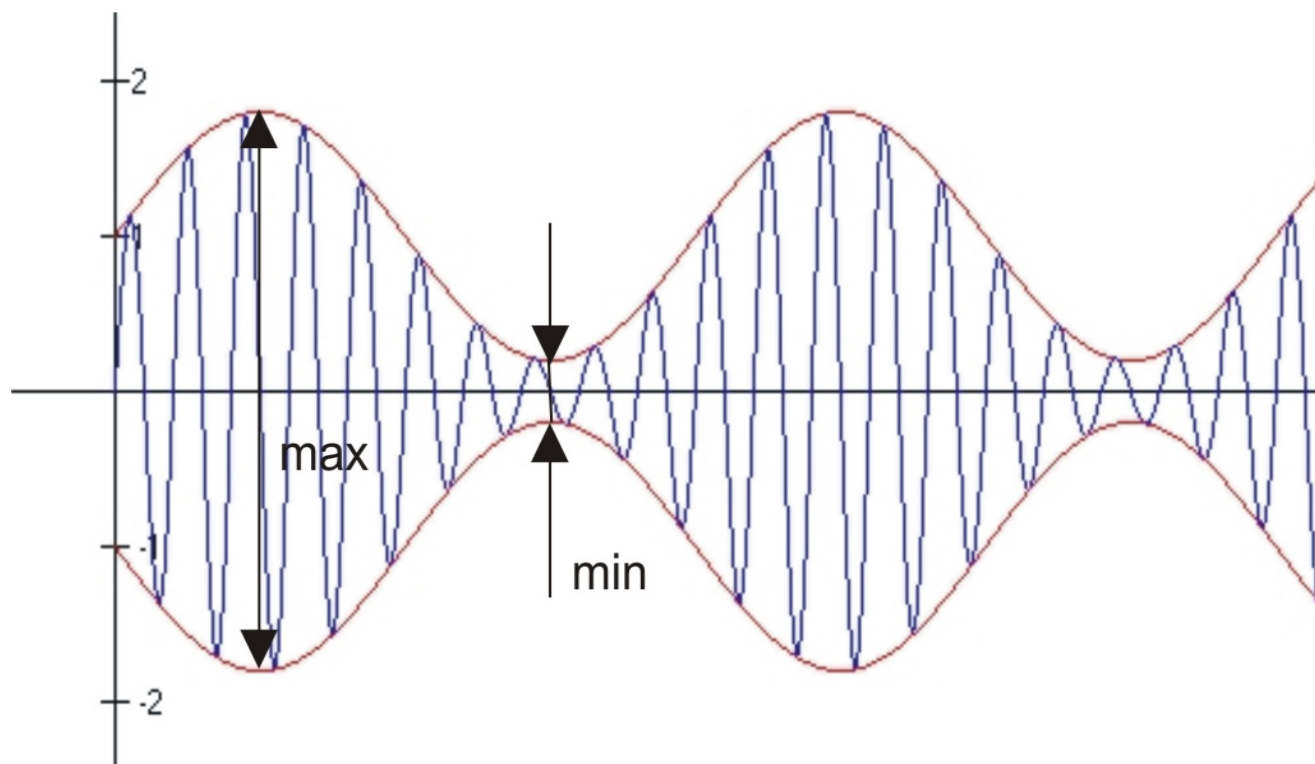
fig 3. Representación de la onda moduladora.

Realizando un análisis podemos pensar que, como normalmente la información no la compone una única onda, sino varias dentro de una banda, sería necesario hacer uso de un gran ancho de banda para transmitir una información cuyas frecuencias estuvieran comprendidas entre los 20 Hz y 20.000 Hz (límites de la banda de frecuencias audibles por el oído humano) con buena calidad.

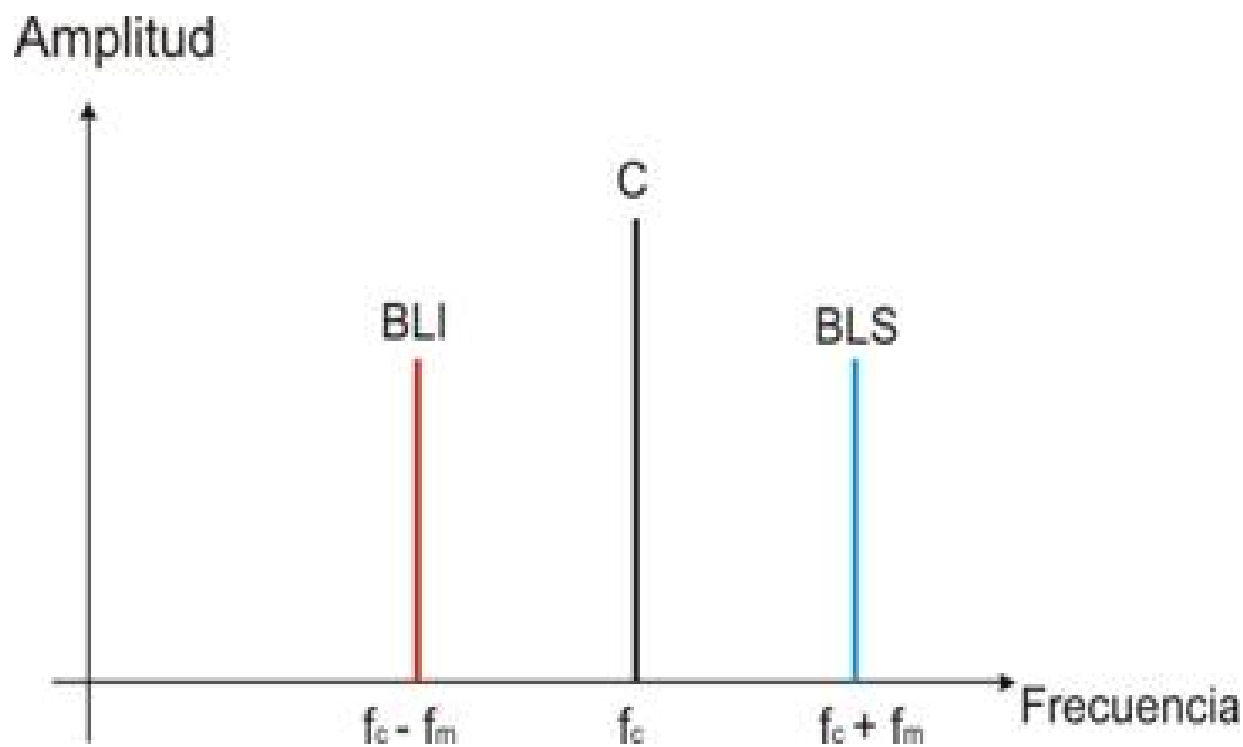
Por otro lado, como el ancho de banda permitido para una emisión está limitado, esta clase de emisión se dedica a usos que no requieren gran calidad de sonido o en los que la información sea de frecuencias próximas entre sí.

Otra característica de la modulación de amplitud es que, en su recepción, los desvanecimientos de señal no provocan demasiado ruido, por lo que es usado en algunos casos de comunicaciones móviles, como ocurre en buena parte de las comunicaciones entre un avión y la torre de control, debido que la posible lejanía y el movimiento del avión puede dar lugar a desvanecimientos. Sin embargo, la modulación en amplitud tiene un inconveniente, y es la vulnerabilidad a las interferencias.

Si representamos en un gráfico el espectro de frecuencias de las señales que componen una señal modulada por una onda sinusoidal pura. Este espectro de la modulación de amplitud es siempre simétrico respecto a la frecuencia portadora.



El método de modulación de amplitud, se denomina de doble banda lateral, ya que se transmiten tanto la banda lateral superior como la inferior, y es el utilizado en el ILS.



Modulación en amplitud (1)

$$E_p = E_{p0} \cdot \cos(\omega_p \cdot t)$$

$$E_m = E_{m0} \cdot \cos(\omega_m \cdot t)$$

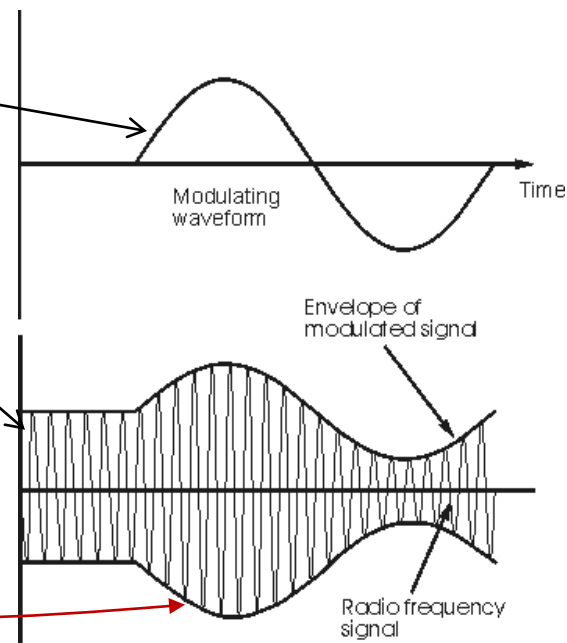
$$E = (E_{p0} + E_{m0} \cdot \cos(\omega_m \cdot t)) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t) = E_{p0} \cdot \left(1 + \frac{E_{m0}}{E_{p0}} \cdot \cos(\omega_m \cdot t)\right) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$$

Índice de modulación (m)

$$E = E_{p0} \cdot \left(1 + \frac{E_{m0}}{E_{p0}} \cdot \cos(\omega_m \cdot t)\right) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$$

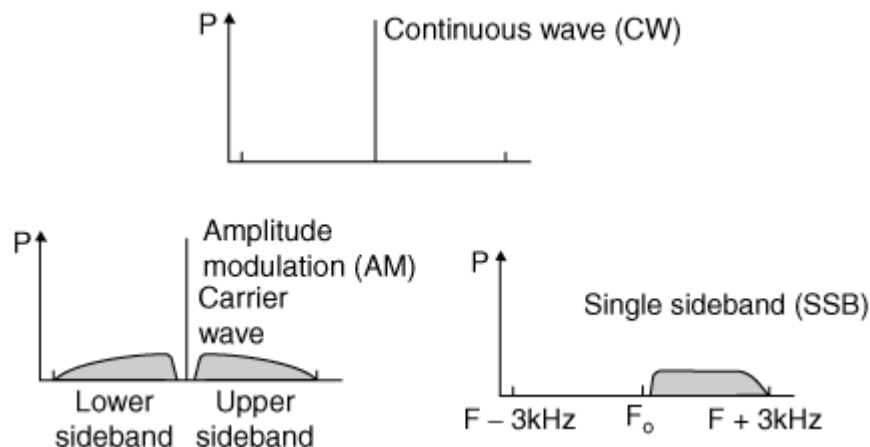
$$E = E_{p0} \cdot (1 + m \cdot \cos(\omega_m \cdot t)) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$$

$$= E_{p0} \cdot \cos(\omega_m \cdot t) + m \cdot E_{p0} \cdot \cos(\omega_m \cdot t) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$$

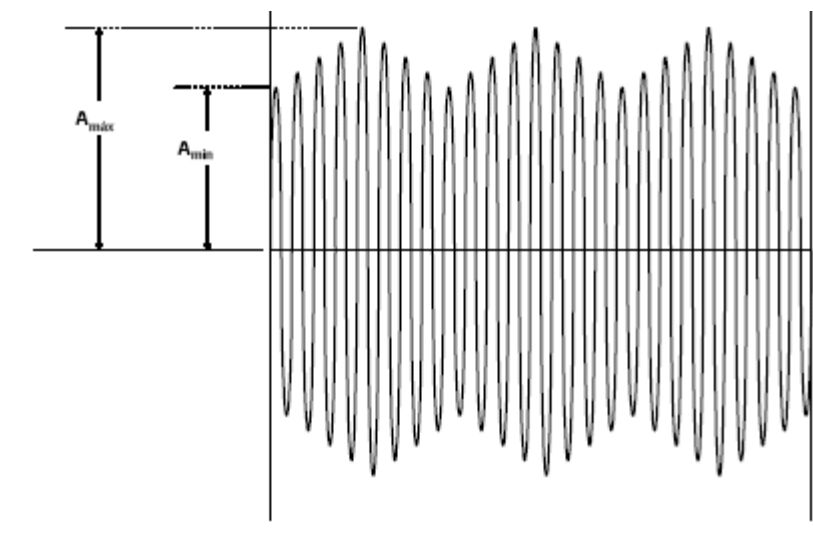


Modulación en amplitud (2)

$$\begin{aligned}
 E &= E_{p0} \cdot \cos(\omega_m \cdot t) + m \cdot E_{p0} \cdot \cos(\omega_m \cdot t) \cdot \cos(\omega_0 \cdot t) \longrightarrow \text{Modulación AM=} \\
 &= E_{p0} \cdot \cos(\omega_m \cdot t) + \longrightarrow \text{Portadora (P o C)+} \\
 &+ \frac{m \cdot E_{p0}}{2} \cdot [\cos((\omega_0 + \omega_m)t) + \cos((\omega_0 - \omega_m)t)] \longrightarrow \text{BLS+BLI (o USB+LSB)}
 \end{aligned}$$



Modulación en amplitud (3)



$$m = \frac{A_{\text{máx}} - A_{\text{mín}}}{A_{\text{máx}} + A_{\text{mín}}}$$

$$m(\%) = \frac{A_{\text{máx}} - A_{\text{mín}}}{A_{\text{máx}} + A_{\text{mín}}} \times 100$$

Modulación en amplitud (4)

Ecuación onda modulada:

$$x_{AM}(t) = A_p \cos(\omega_p t) + A_m x(t) \cos(\omega_p t) = A_p [1 + mx(t)] \cos(\omega_p t)$$

$$m = \frac{A_m}{A_p} \quad m \leq 1, \quad m : \text{Indice de modulación}$$

Espectro onda modulada:

en

$$X_{AM}(j\omega) = \pi A_p [\delta(\omega - \omega_p) + \delta(\omega + \omega_p)] + \frac{A_p m}{2} [X(\omega - \omega_p) + X(\omega + \omega_p)]$$

$$X_{AM}(f) = \frac{A_p}{2} [\delta(f - f_p) + \delta(f + f_p)] + \frac{A_p m}{2} [X(f - f_p) + X(f + f_p)]$$

Potencia onda modulada:

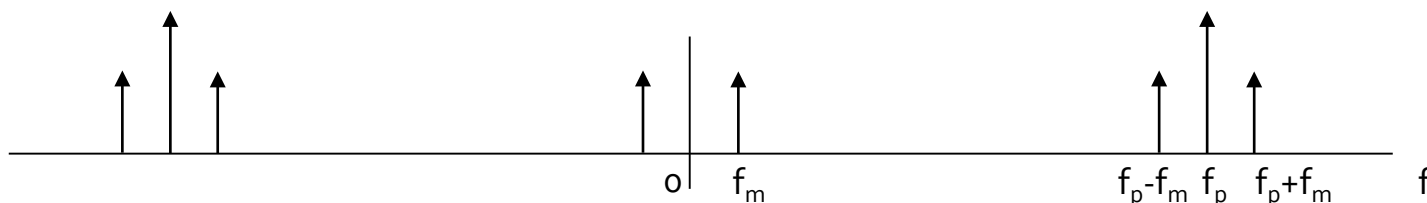
$$P_T = \frac{A_p^2}{2} [1 + m^2 \cdot \overline{x^2(t)}] = P_P + P_{BL} = \frac{A_p^2}{2} + \frac{A_p^2}{2} m^2 \cdot \overline{x^2(t)}$$

Modulación en amplitud (5)

Ecuación onda modulada con un tono:

$$x_m(t) = A_m \cos(\omega_m t) \quad x_{AM}(t) = A_p [1 + m \cdot \cos(\omega_m t)] \cos(\omega_p t)$$

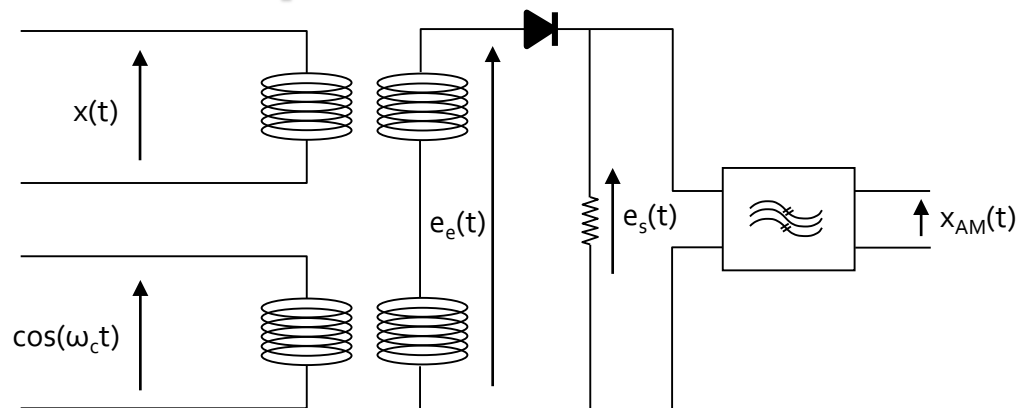
$$x_{AM}(t) = A_p \cos(\omega_p t) + \frac{mA_p}{2} [\cos((\omega_p - \omega_m)t) + \cos((\omega_p + \omega_m)t)]$$



Potencia onda modulada:

$$P_T = \frac{A_p^2}{2} \left[1 + m^2 \frac{1}{2} \right] \quad P_{Pico} = \frac{(A_p + A_m)^2}{2} = \frac{A_p^2}{2} (1 + m)^2$$

Moduladores de amplitud (1)

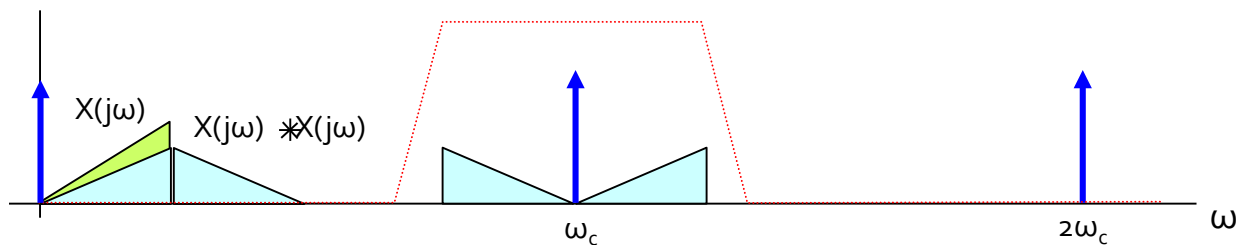


$$e_e(t) = x(t) + \cos(\omega_c t)$$

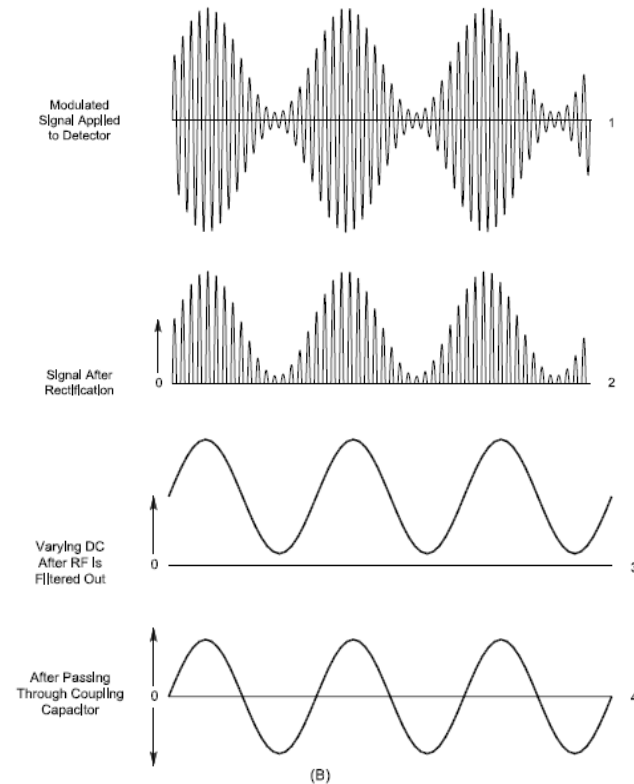
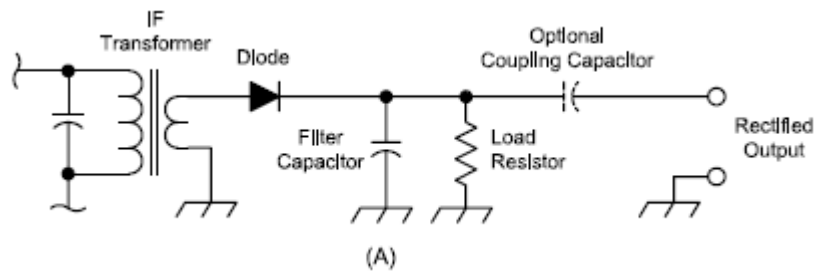
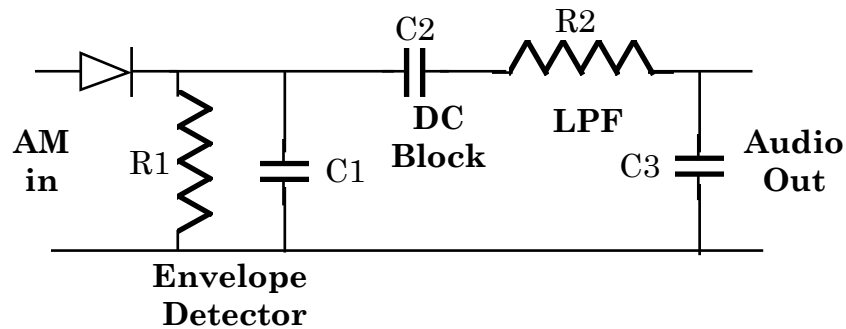
$$e_s(t) = a_1 [x(t) + \cos(\omega_c t)] + a_2 [x(t) + \cos(\omega_c t)]^2$$

$$e_s(t) = a_1 x(t) + a_1 \cos(\omega_c t) + a_2 x^2(t) + a_2 \cos^2(\omega_c t) + 2a_2 x(t) \cos(\omega_c t)$$

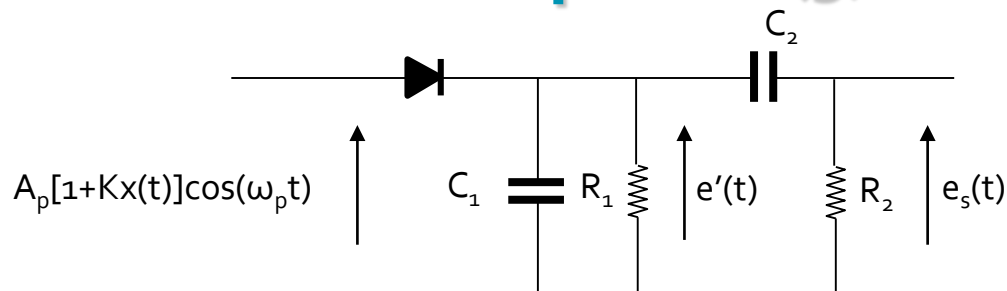
$$e_s(t) = a_1 x(t) + a_2 x^2(t) + a_2 \cos^2(\omega_c t) + a_1 [1 + (2a_2/a_1)x(t)] \cos(\omega_c t)$$



Demoduladores de amplitud (2)



Demoduladores de amplitud (3)



Detector de envolvente:

(1) La Cte de tiempo de R_1, C_1 tiene que ser mayor que $1/f_p$

(2) $e'(t) = K'_D A_c [1 + mx(t)]$ $e_s(t) = K_D x(t)$

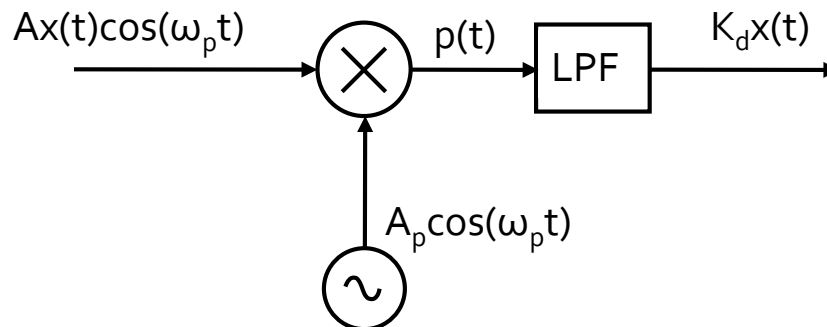
Detector de ley cuadrática:

$$e_d(t) = a_1 A_c [1 + mx(t)] \cos(\omega_c t) + a_2 A_c^2 [1 + mx(t)]^2 \cos^2(\omega_c t) =$$

$$a_1 A_c \cos(\omega_c t) + a_1 A_c mx(t) \cos(\omega_c t) + (a_2 A_c^2 / 2) \cdot [1 + m^2 x^2(t) + 2mx(t)] [1 + \cos(2\omega_c t)]$$

$$e_s(t) = (a_2 A_c^2 / 2) \cdot [m^2 x^2(t) + 2mx(t)]$$

Demodulador síncrono



$$p(t) = K' x(t) \cos(\omega_p t) \cos(\omega_p t) = \frac{K'}{2} x(t) + \frac{K'}{2} x(t) \cos(2\omega_p t)$$

$$x_d(t) = K_d x(t)$$

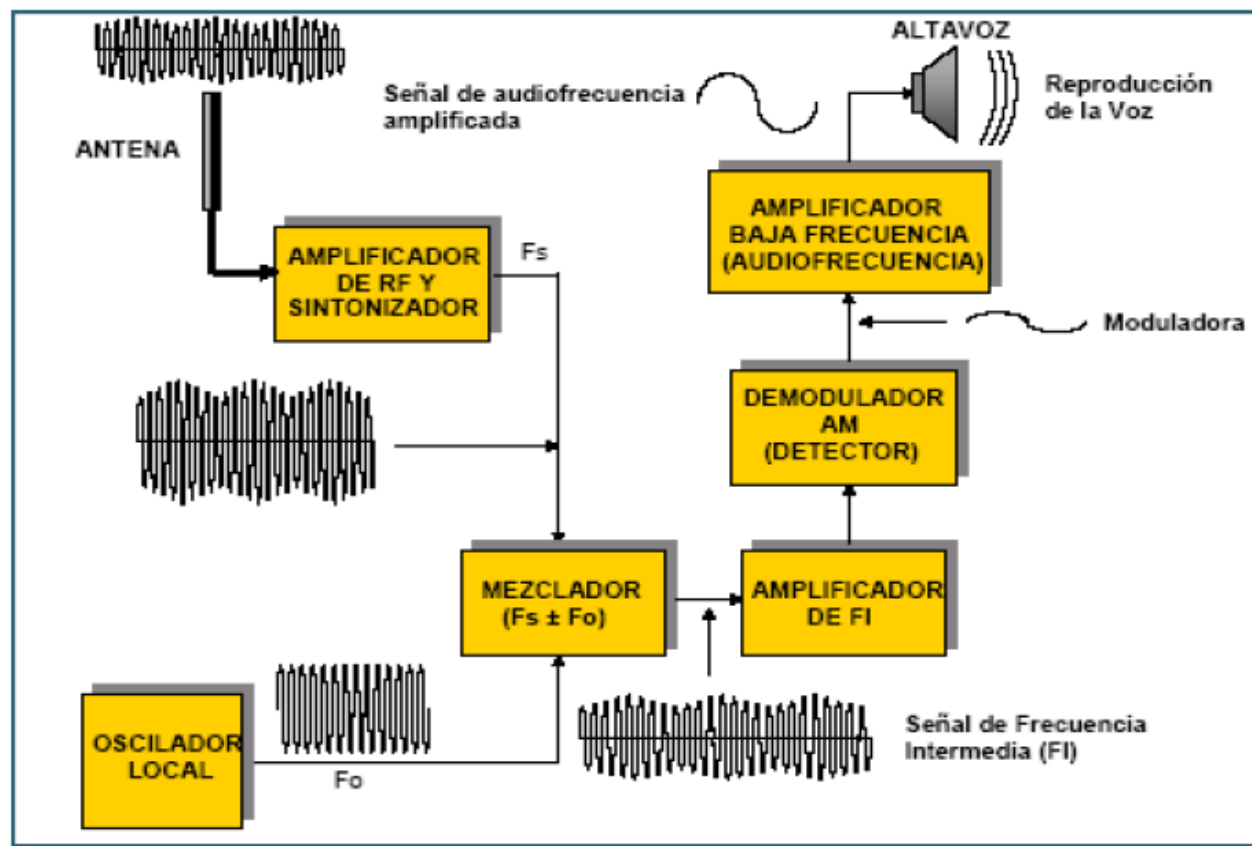
Si el oscilador no es coherente:

$$x_p(t) = A_p \cos(2\pi(f_p + \Delta f)t)$$

$$p(t) = K' x(t) \cos(\omega_p t) \cos(2\pi(f_p + \Delta f)t)$$

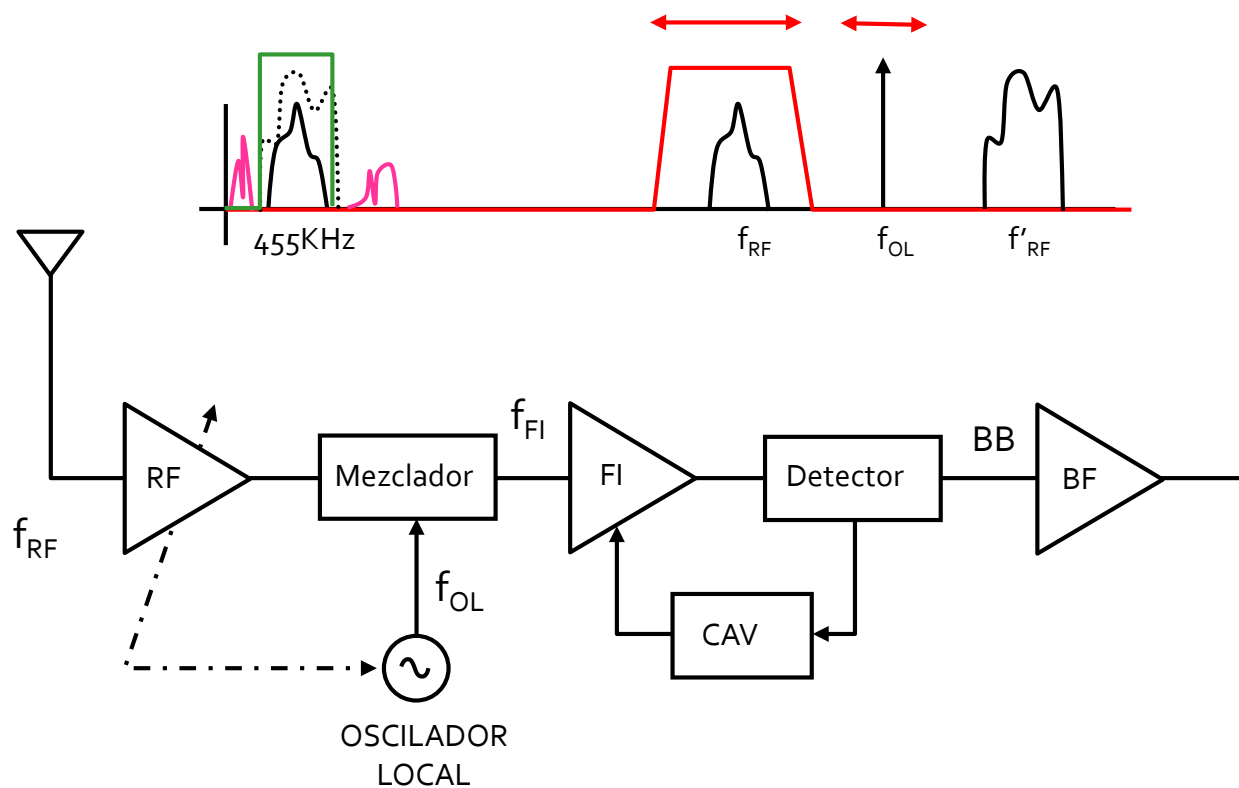
$$x_d(t) = K_d x(t) \cos(2\pi\Delta f t + \Delta\phi)$$

Diagrama de bloques de un receptor AM



Block diagram of an AM receiver

Receptor superheterodino



$$f_{FI} = f_{OL} - f_{RF}$$

Para la frecuencia imagen también se cumple:

$$\begin{cases} f_{FI} = f'_{RF} - f_{OL} \\ 2f_{FI} = f'_{RF} - f_{RF} \end{cases}$$

Ejemplo de transmisor en Aena AM

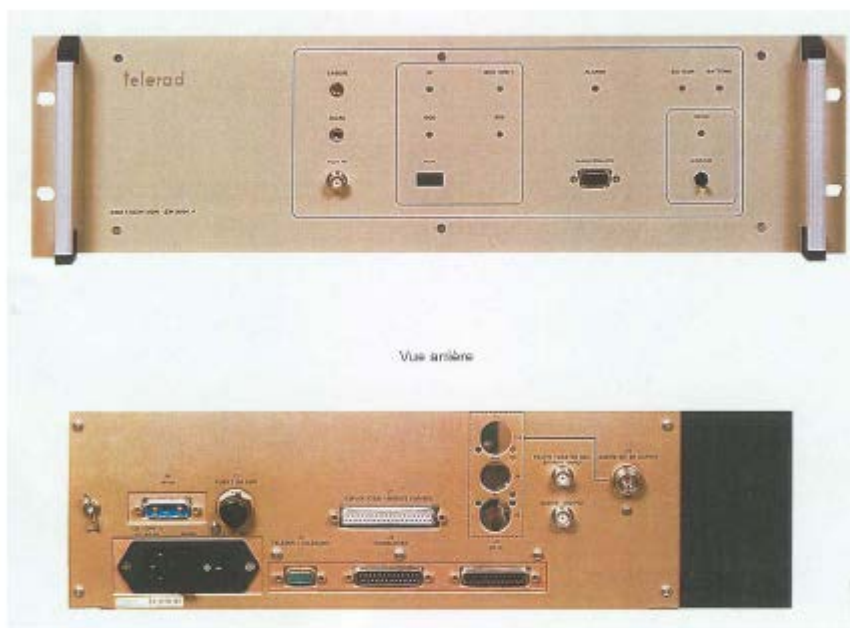


Figura A3.1.- VISTA FRONTAL Y TRASERA DEL TRANSMISOR TELERAD EM 9000 A

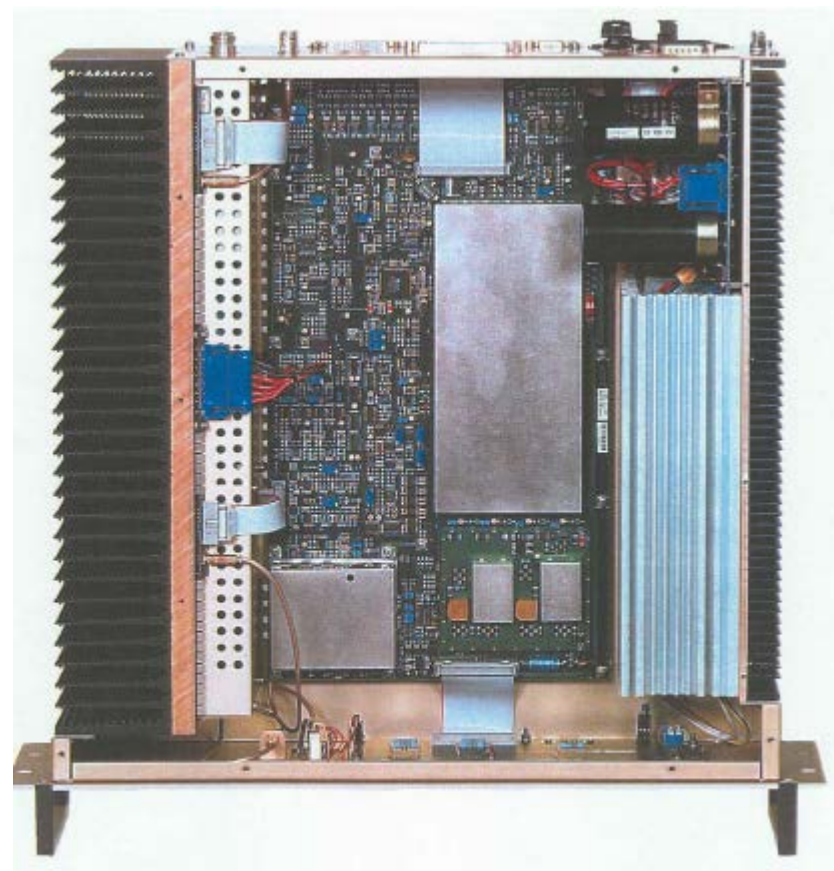


Figura A3.2.- VISTA POR ARRIBA DEL TRANSMISOR TELERAD EM 9000 A

Ejemplo de receptor en Aena AM

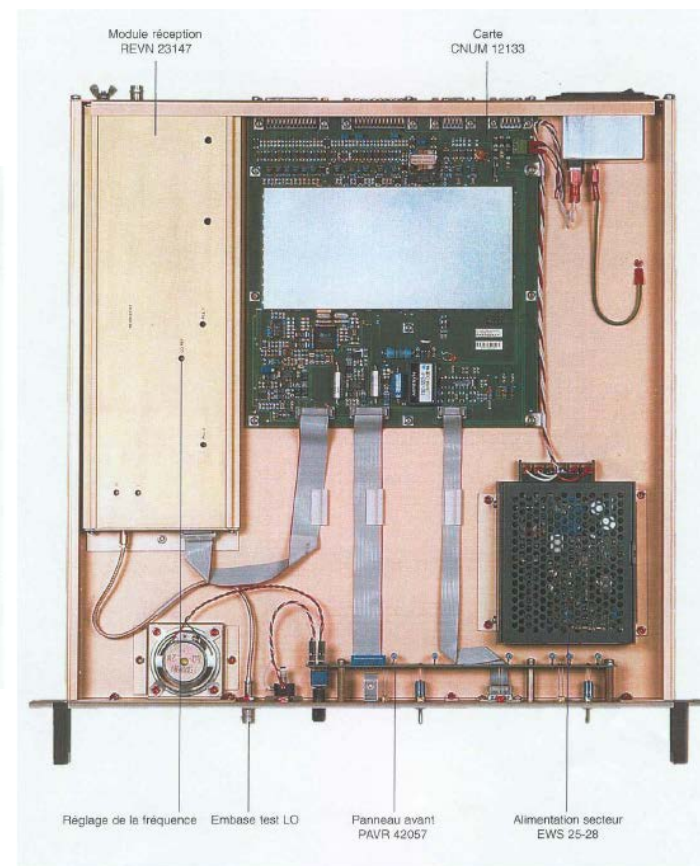
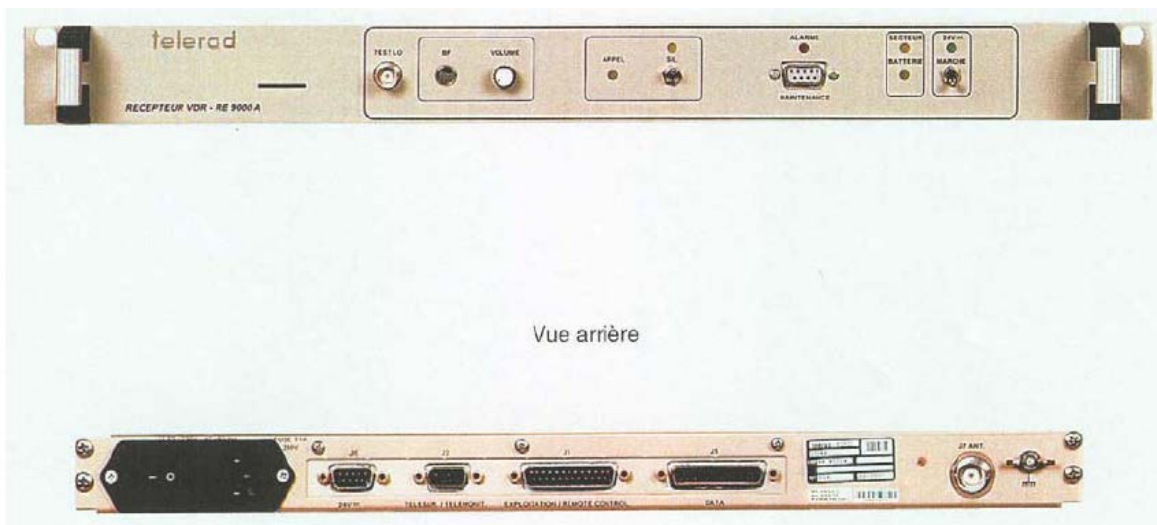


Figura A3.4.- VISTA POR ARRIBA DEL RECEPTOR TELERAD RE 9000