EQUIPOS DE EMISION Y RECEPCION DE RADIO.

Receptores de radio.

Supuesto de estudiado en módulos anteriores los comportamientos de los circuitos sintonizados paralelo y serie, así como su comportamiento, repasemos antes algunos conceptos.

El circuito sintonizado paralelo *rechaza* todas las frecuencias menos una, la que produce la sintonía del *tanque*, así pues, todas las frecuencias que no sean la de sintonía se irán a tierra bien por la bobina, bien por el condensador.

El circuito sintonizado serie, *acepta* una sola frecuencia, para todas las restantes dispone de una impedancia tanto más elevada cuanto más alta o más baja sea la frecuencia respecto a la de resonancia.

Además de todo lo anterior, existe la característica de *factor de magnificación, Q* o factor de calidad, que expresa la relación existente entre el voltaje aplicado al circuito y el considerado en cada componente por separado.

Los circuitos de los receptores de radio contienen ambas clases de circuitos, paralelo o *tanques* y serie, por separado y en combinación.

Si transcribimos la tensión o la corriente en un circuito sintonizado, en función de su frecuencia cerca de la resonancia, obtenemos la *curva de respuesta*, un ejemplo de la cual es la Fig. 1. El ancho de la curva es una medida de la *selectividad*. La curva se ensancha por abajo y las pérdidas en el circuito hacen

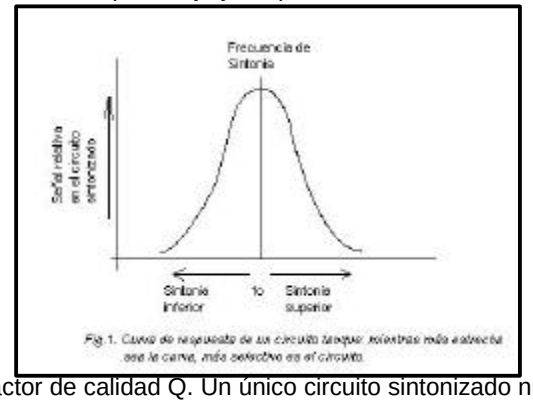


Fig.1. Curva de respuesta de un circuito tanque: cuanto más afectada sea la curva, más selectivo es el circuito.

caer el factor de calidad Q. Un único circuito sintonizado nunca puede suministrar suficiente selectividad en un receptor de radio moderno, y por esta razón, el número de circuitos sintonizados es importante, uno son ajustables y otros fijos.

Receptor a Cristal.

El más simple receptor es el llamado a “cristal” y consta de un circuito sintonizado paralelo un rectificador y un condensador de desacoplo en paralelo con el auricular. Éste ha de ser de alta impedancia, porque así lo demanda el circuito tanque.

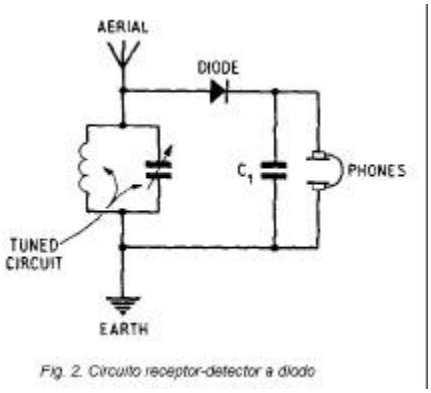


Fig. 2. Circuito receptor-detector a diodo

El circuito funciona de manera que las señales de radio que llegan a la antena se aplican, respecto a tierra, en paralelo con el tanque, y el condensador se ajusta para que el circuito resuene a la frecuencia deseada.

El voltaje necesario para que funcione el circuito ha de ser modulado en amplitud, por lo que lo que se verá en él será de la forma (a) de la figura 3. Donde la frecuencia de modulación está considerada un tono puro. Como la señal es simétrica respecto a cero, es incapaz de hacer vibrar el auricular, aunque sea muy grande, necesitando ser asimétrica, proceso que recibe el nombre de *demodulación o detección*.

Detección en A.M.

Como el diodo sólo conduce en un sentido, sólo pasaran los semiciclos positivos, quedando una forma de onda como la indicada en (b), que aplicada a un condensador consigue que éste se cargue y descargue al ritmo que marca la señal moduladora, siempre que sea de suficientemente pequeña capacidad para hacerlo tan rápidamente como lo marque la señal portadora. El resultado final se ve en (c), que es, precisamente, la información que se desea obtener.

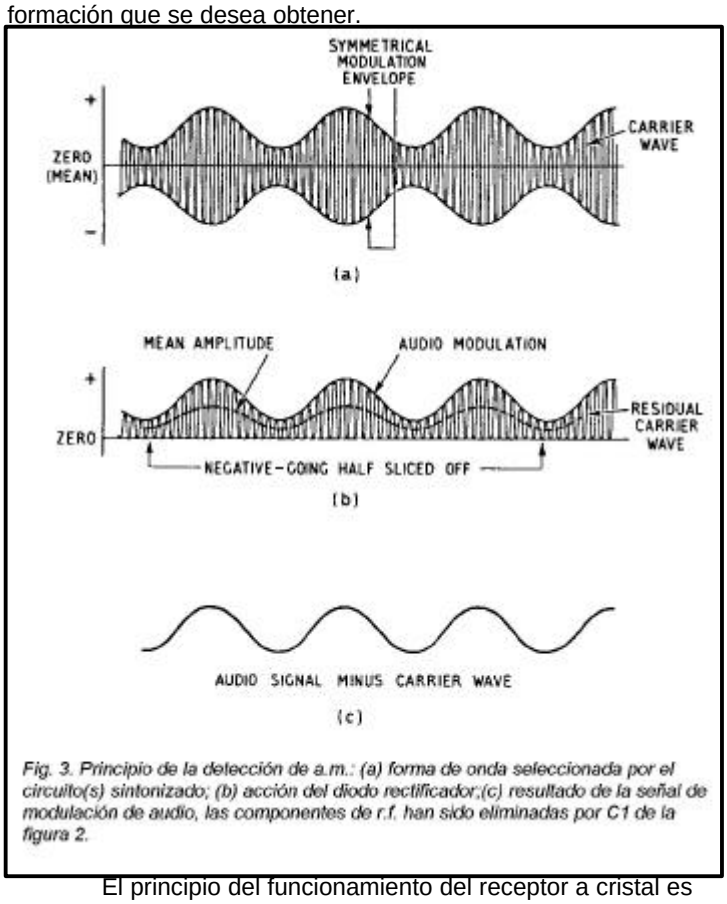


Fig. 3. Principio de la detección de a.m.: (a) forma de onda seleccionada por el circuito(s) sintonizado; (b) acción del diodo rectificador;(c) resultado de la señal de modulación de audio, las componentes de r.f. han sido eliminadas por C1 de la figura 2.

El principio del funcionamiento del receptor a cristal es dramáticamente demostrativo de la detección de a.m. y ningún principiante debe perder la oportunidad de construir uno para comprobar su funcionamiento. Debe entenderse que el sonido en el auricular es débil, debido a la poca fuerza con la que llega la señal al auricular y a que no existe ningún dispositivo amplificador.

Naturalmente, el circuito de la figura 2 no es muy selectivo, las emisoras locales o regionales se podrán encontrar en un amplio margen de maniobra del condensador variable y es posible que algunas emisoras se reciban juntas si hay más de dos de ellas. La selectividad es, pues, pobre. Se escucharán señales indeseadas.

Los receptores de radio modernos son un desarrollo del más simple a cristal; tienen etapas de r.f. en la parte frontal y de

a.f. en la parte final. Las etapas de r.f. son circuitos amplificadores *sintonizados* destinados a amplificar las muy débiles señales que son captadas por la antena, suministrando una aceptable selectividad a la mediocre obtenida por un solo circuito tanque.

Las etapas de a.f. se destinan a amplificar la débil señal de audio que resulta de las sucesivas amplificaciones de r.f. y demodulación final. Por esto un circuito moderno emplea transistores y/o circuitos integrados que suministran toda la parte activa de los receptores.

La Fig. 4 es un diagrama de bloques que muestra un típico receptor de varias etapas. Como se ve, emplea dos amplificadores de r.f., un detector de a.m., un amplificador de a.f. y una salida de potencia para el altavoz.

Sucesivos circuitos sintonizados, como se ve en el diagrama, consiguen más y más selectividad conforme se añaden más y más circuitos tanque, todos ellos acoplados entre sí a la misma frecuencia de sintonía o resonancia. El nivel de audio en la salida del detector se puede evaluar en unos 500 mV, aunque dependerá de las etapas, de las pérdidas de señal y de la profundidad de modulación.

La salida de audio (esos supuestos 500 mV) se amplifican por el amplificador de b.f. para obtener la salida adecuada en el altavoz.

Obsérvese que hay cuatro condensadores variables enlazados entre sí, lo que significa que los cuatro circuitos que los llevan trabajan juntos o, en otras palabras, están enganchados para sintonizarse a la misma frecuencia.

Otra posibilidad, más moderna es sintonizar con diodos varicaps (de capacidad variable), con lo que la sintonía se realiza con potenciómetros o resistencias ajustables que pueden pre-sintonizarse. En la actualidad, la construcción moderna de sintonizadores implica circuitos integrados que memorizan posiciones de sintonía digital, a base de conversores analógicos digitales. Además no se realizan por el procedimiento descrito, sino en F.I. como se describe a continuación.

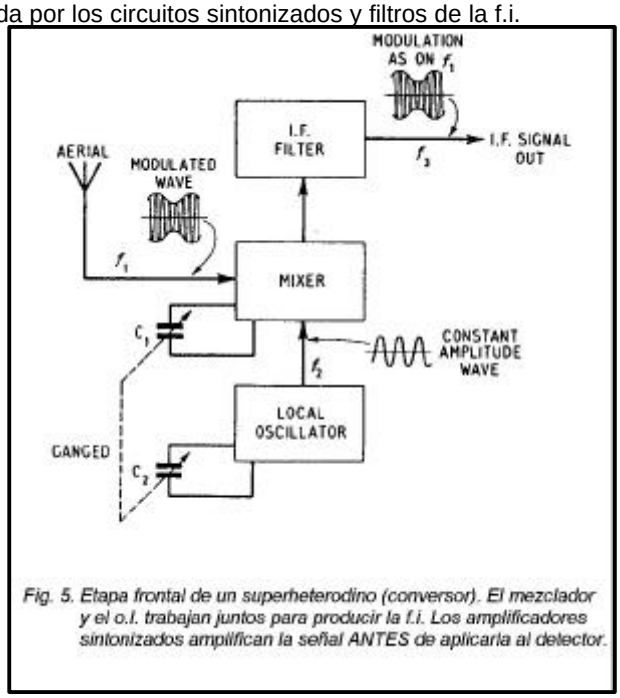


Fig. 5. Etapa frontal de un superheterodino (conversor). El mezclador y el o.l. trabajan juntos para producir la f.i. Los amplificadores sintonizados amplifican la señal ANTES de aplicarla al detector.

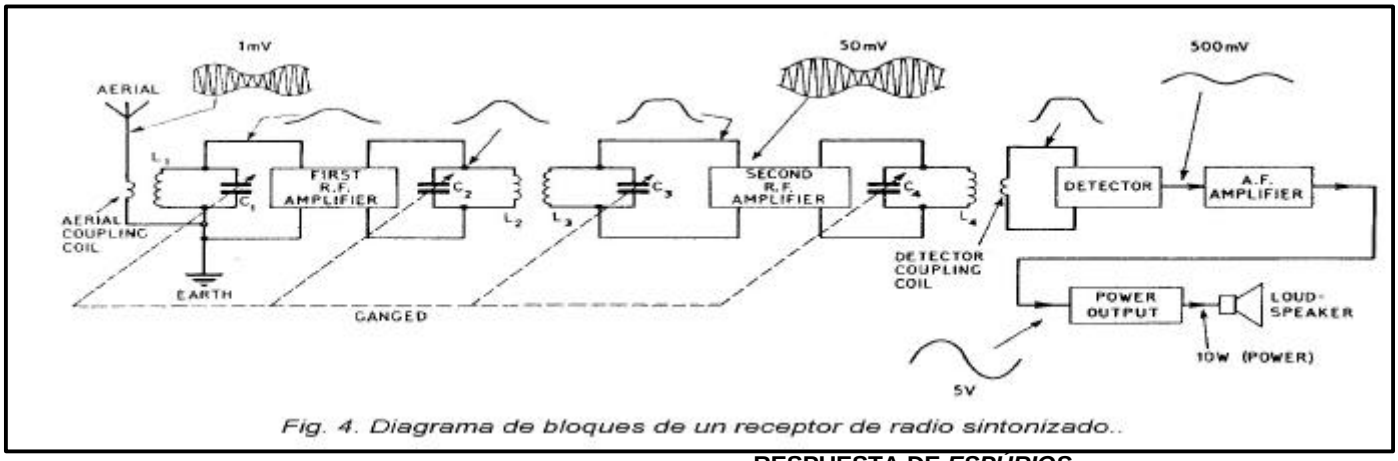


Fig. 4. Diagrama de bloques de un receptor de radio sintonizado..

RECEPTOR SUPERHETEDRODINO

En los receptores superheterodinos, las frecuencias de las señales que provienen de la antena se convierten a una frecuencia intermedia (generalmente de un valor más bajo que la entrante) y se amplifica hasta aplicarla a la etapa detectora. La etapa frontal del receptor se llama a veces conversor de frecuencia y tiene dos partes, el *mezclador* y el *oscilador local*. La señal sintonizada se aplica al mezclador junto con la señal generada por el O.L. que es una senoidal pura. Las dos señales se mezclan y se sintonizan en un circuito o filtro a la salida del mezclador que selecciona la suma de las dos frecuencia o la diferencia entre ellas, la que corresponda a la f.i., lo usual es que si existe una sola f.i., ésta sea de unos 450 Khz. En los receptores de f.m. la f.i. suele ser de 10,7 MHz. En la figura 5 se muestra una etapa frontal de un Superheterodino.

Como se ve en el d.d.b. los condensadores C1 y C2 están *enganchados* para que la diferencia entre f1 y f2 se mantenga constante. El proceso de mezcla crea dos o mas señales de suma y diferencia, como f1+f2, f1-f2, o f2-f1...

La frecuencia del o.l. es casi siempre mayor que la de las que llegan por la antena, así, p.e. en un receptor sintonizado a 95 MHz el o.l. será de 105.7 MHz (95+10,7), En otras palabras, la frecuencia de 95 MHz de entrada se mezcal con los 105.7 Mhz del o.l. y la diferencia o f.i. es de 10,7 Mhz. También hay una salida de 200.7 Mhz (f1+f2) pero es fuertemente rechazada por los circuitos sintonizados y filtros de la f.i.

RESPUESTA DE *ESPÚRIOS*

La F.I. puede conseguirse también por armónicos del O.L. y armónicos de la frecuencia de la señal producidos por el mezclador o la etapa de R.F. Por ejemplo, si una fuerte señal en antena a 100 MHz sobrecarga la etapa frontal de un receptor de f.m., puede darse también el segundo armónico de 200 MHz. Pero si el receptor está sintonizado a 94.65 MHz, el O.L. oscilará a 105.35 MHz. Si el O.L. tiene también una salida del segundo armónico, ésta será a 210,7 MHz que, cuando se mezcla con 200 MHz (segundo armónico de la señal de entrada), producirá la F.I. de 10,7 MHz, esto es llamado *respuesta de media F.I.* Una señal muy fuerte en la F.I. puede también salir del mezcla-

dor y dar una salida continua, no correspondiendo con la situación del control de sintonía. A esto se llama respuesta de F.I.

RESPUESTA DE IMAGEN. FRECUENCIA IMAGEN.

La frecuencia imagen es tal que cae a dos veces la F.I. por encima de la frecuencia de sintonía, cuando el O.L. está por encima de la señal de entrada, que es lo más usual. Supongamos un receptor de f.m. sintonizado a 95 MHz, el oscilador local lo hará a 105.7 MHz, entonces la F.I. será 105.7-95=10.7 MHz. No obstante, también puede obtenerse 10.7 MHz a partir de 116,4 MHz, debido a que 116.4-105.7=10.7 MHz. Esto es la *imagen* o respuesta al *segundo canal*.

Todos estos espurios se reducen con la selectividad de la sintonía en la etapa frontal. Dicho de otra forma, tanto más selectiva sea la etapa frontal, mejor discriminación ante los espurios.

Así pues, los amplificadores de R.F. se encargan de amplificar las débiles señales antes de aplicarlas al mezclador. Claro que si se desea seleccionar varias bandas, han de haber varios circuitos sintonizados, y además variables.

La mayor selectividad se consigue en los pasos de F.I., que simplemente consta de amplificadores sintonizados y acoplados entre sí y al detector. Además, como la F.I. es constante, la sintonía de ella es fija, con lo que se utilizan condensadores y bobinas presintonizadas. Los actuales receptores utilizan c.i. y filtros piezoeléctricos o cerámicos para trabajar conjuntamente con los circuitos LC.

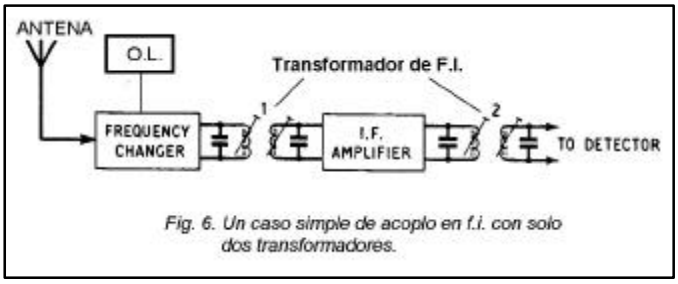
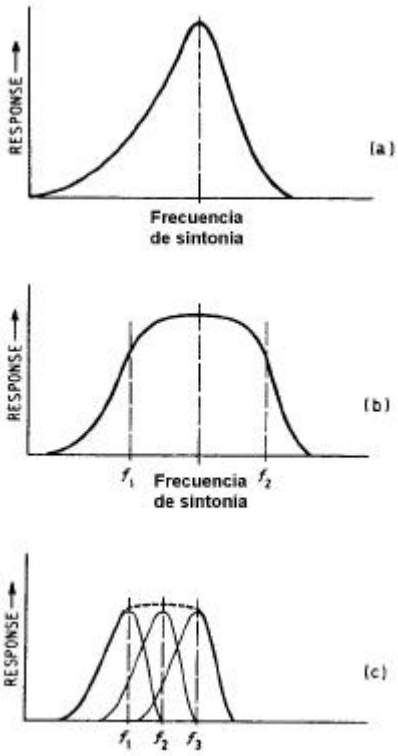


Fig. 6. Un caso simple de acoplo en f.i. con solo dos transformadores.



Cuando se utilizan tres circuitos sintonizados, la curva de respuesta total depende de su ajuste y acoplo. En la Fig.7 (a) se muestra el resultado cuando los tres circuitos están ajustados a la misma frecuencia. En (b) se observa un acoplo en pasobanda, respondiendo a dos frecuencias f1 y f2. En (c), sin embargo, se sintonizan los tres pasos para obtener un ancho de banda específico.

En la Fig. 8 se presenta un diagrama completo de un receptor de f.m./a.m. No se muestra la sección de alimentación, que

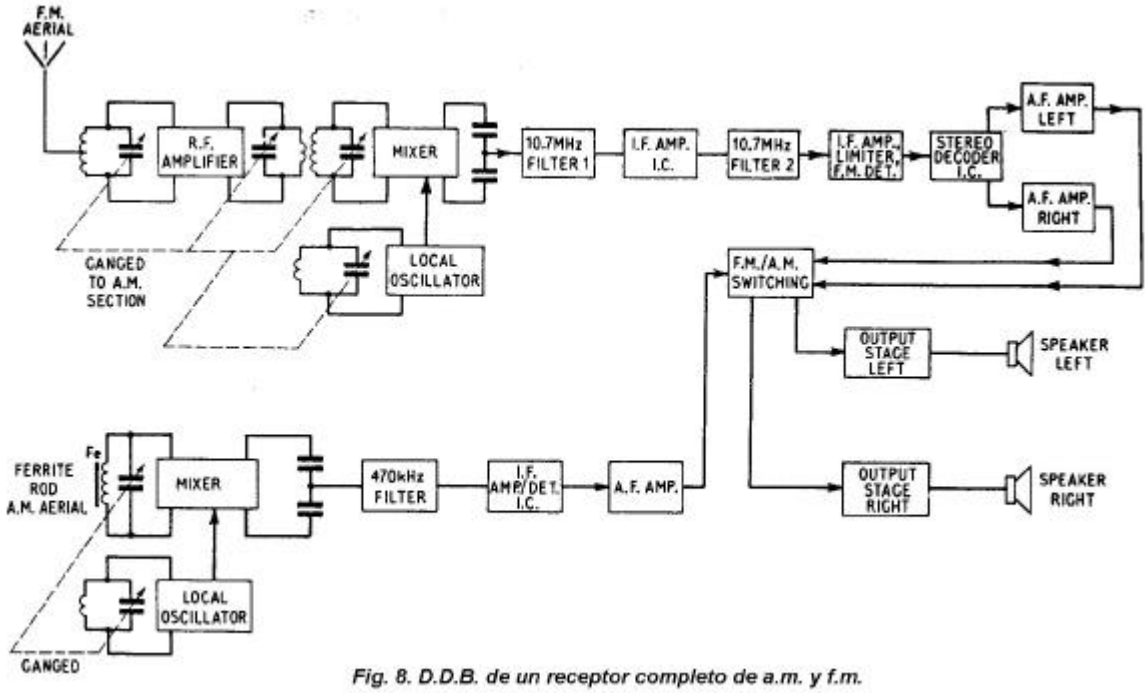


Fig. 8. D.D.B. de un receptor completo de a.m. y f.m.

es común a las dos secciones. Por supuesto que en a.m. se llevan sólo señales mono. Mientras que en f.m. estéreo se manejan los dos canales por separado.

Aparte de que comparten secciones, los circuitos están separados para f.m. y a.m. En la sección de f.m. se observa un amplificador de r.f. con entrada de antena que incluyen tres circuitos sintonizables para el mezclador y uno para el O.L. La salida de F.I. del mezclador se acopla por dos condensadores al primer filtro de F.I. donde empieza a amplificarse la F.I. Se suministra más selectividad con subsiguientes etapas de f.i. y amplificación con limitación de amplitud, para eliminar variaciones de amplitud y luego se detecta. La salida resultante, que es una señal múltiplex en el caso de estéreo, se lleva al decodificador de estéreo (normalmente c.i.) suministrando las señales izquierda y derecha, que son amplificadas por separado.

En la sección de a.m. hay una barra de ferrita exterior, que trabaja con el mezclador y con el oscilador local, está sintonizada por el condensador. La salida de f.i. del mezclador se acopla al filtro de 470 Khz (en este caso, que lo normal es 455 o 450 Khz) de nuevo con dos condensadores y luego amplificada y detectada por un c.i. la a.f. de salida es amplificada y llevada a las etapas de potencia para los altavoces.

Otros receptores tienen otros detalles. Por ejemplo, tanto el oscilador como el mezclador, particularmente en a.m. suelen hacerse con un solo transistor (o con un FET de doble puerta), también pueden haber implicados más c.i. según las prestaciones. Sintonía digital, memorias, doble f.i., etc.

DETECCIÓN DE F.M.

La detección de f.m. es al más compleja que la detección de a.m. en la que, como hemos visto se realiza con un solo diodo. Aunque la mayoría de los actuales circuitos de detección se realizan con c.i., explicaremos el funcionamiento de una detección analógica sencilla, como la representada en la Fig.9.

En este circuito, en (a), T1 acopla la señal de f.m. del colector del transistor a los diodos D1 y D2. Cuando el primario y el secundario están sintonizados entre ellos se produce un desfase de 90º. Desde el colector, a través de C1 se suministra una referencia de fase al centro del secundario de T1, de manera que los dos diodos D1 y D2 conducen por igual ante una portadora. Así que la tensión en R1 y R2 son iguales pero opuestas en fase, lo que provoca que su suma sea CERO.

Ahora cuando se produce una desviación de frecuencia como consecuencia de una modulación, la conducción de ambos diodos es diferente y la tensión que se produce en ambas resistencias también cambia, de manera que la suma ya no es cero, produciéndose una tensión suma de ambas tan grande como desviación se produzca en la frecuencia modulada. La señal de RF se bloquea tanto por el valor de C1 y C2 como por la Reactancia del choque RFC. Así pues, tan grande sea la relación de desviación, tan grande será el audio a la salida, lo mismo que la extensión de la desviación.

El funcionamiento de (b) es distinto, pero similar, aquí se proporciona un tercer devanado sobre el primario, con lo que está en fase con éste. Está conectado al centro del secundario, de manera que se deja influir por éste. Ahora los diodos D1 y D2 están en serie y su tensión suma cargarán el condensador electrolítico C1. Cuando se produce una modulación en frecuencia y por lo tanto una desviación, el secundario, al influir sobre el terciario consigue que éste produzca una suma y una resta en las dos mitades del bobinado del secundario. El resultado es una tensión inducida en el terciario, proporcional a la desviación, lo que cargará el condensador C2 y producirá una tensión en R3 que descarga dicho condensador.

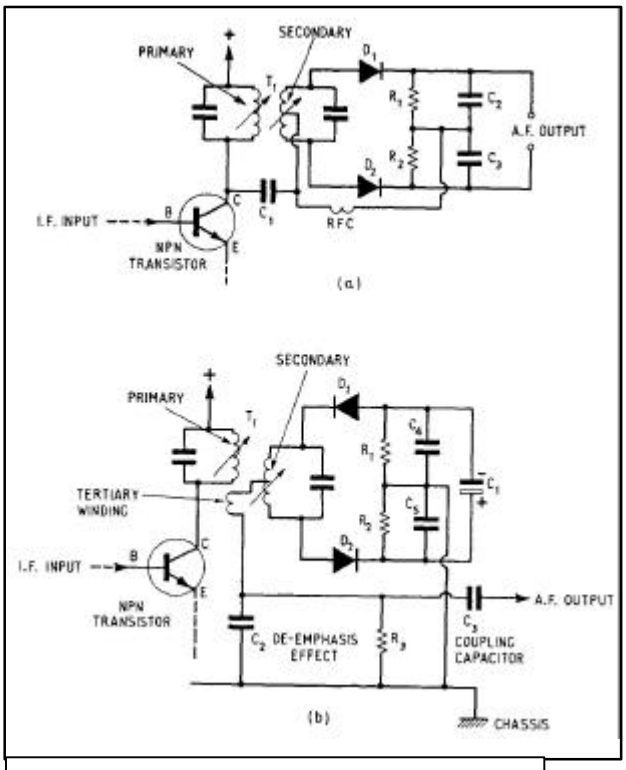


Fig.9. Detectores de F.M.

Limitación de Amplitud (constantes de tiempo).

Como el condensador C1 se calcula de manera que sea grande comparado con los valores de R1 y R2 hace el efecto de "colchón" con la tensión de R1/R2. El tiempo que se lleva en cargar y descargar dicho condensador (resultado de, por ejemplo, una señal que apareciera y desapareciera) dependerá del valor del condensador y de las resistencias, esto se expresa en una constante de tiempo que, en segundos es igual a CR, así, si p.e. C1 es 4 μF y R1+R2 son 27000 Ohmios, la constante es 0.1 seg, tiempo que tarda en alcanzar el 63.2% de carga. Las variaciones rápidas en la variación de amplitud de entrada (p.e. interferencias) son amortiguadas por esta constante de tiempo, manteniendo constante la amplitud.

Des-énfasis

El des-énfasis se consigue con la combinación de C2 y R3, que para 50μs hace que C2 sea de 5 nF y R3 10KΩ. No obstante, los componentes asociados pueden modificar estos valores y hay que tenerlos en cuenta.

Decodificación del estéreo

Decodificar es lo contrario de codificar y, en el caso de un receptor de f.m., consiste en “desenmascarar” las dos señales estéreo existentes. Sin decoder, el receptor tratará la señal demodulada como mono y dará una sola salida. El decoder está conectado a la salida del detector de f.m. y para prevenir que las altas frecuencias afecten a la señal múltiplex, se saca del decoder el des-énfasis: Fig. 10 (a).

El diagrama de bloques de un tipo de decoder puede verse en la figura 10 (b), la señal múltiplex estéreo del detector se filtra en tres componentes, que son la señal mono A+B, las laterales estéreo A-B y el piloto de 19 kHz. La frecuencia del piloto es doblado para restaurar la subportadora de 38 kHz que fue deliberadamente suprimida del transmisor y sin ella la detección de A-B no es posible. A partir de las laterales A-B y de la restaurada 38 kHz, el detector síncrono consigue la información de audio A-B cuando la fase de la subportadora coincida con la del transmisor. Cuando el circuido decoder está correctamente ajustado y la fase es correcta, la subportadora del transmisor se obtiene doblando la frecuencia del piloto en primer lugar. Bajo estas condiciones, el detector de A-B trabaja sincronizado (de ahí el nombre) y se consigue que lleguen a la matriz las señales A-B y A+B.

Tal y como se explicó anteriormente, la matriz, con ambas señales consigue producir la A (izquierda) y la B (derecha).

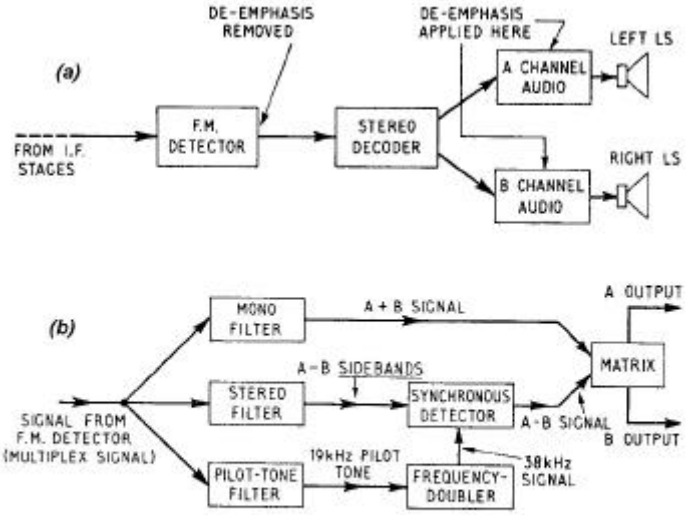


Fig. 10. en (a) se ve el decoder conectado a la salida del detector de f.m. una vez removido el des-énfasis. En (b) un decoder. Lo normal es encontrarlos en c. i.