



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

TUCUMÁN

FACULTAD REGIONAL

Ingeniería Electrónica – Medidas Electrónicas II

“Analizadores de Onda”

Ing. J.C. Colombo
Prof. Medidas Electrónicas II
24/08/12

1.- Distorsión Armónica

De manera ideal la aplicación de una señal senoidal a un dispositivo electrónico, como un amplificador, resulta en una señal de salida senoidal de mayor amplitud si la ganancia es mayor que la unidad y de la misma forma que la entrada si no hay deformación o distorsión de la misma.

En general, no obstante, la salida no es una auténtica réplica de la entrada debido a los distintos tipos de distorsión que suceden, las que se deben a la alinealidad de las características de los transistores, integrados en el circuito o a otros componentes.

El comportamiento alineal de los circuitos introduce armónicas de la frecuencia fundamental en la onda de salida y la distorsión resultante se llama “ Distorsión Armónica”. Una medición de distorsión representada por una armónica particular es simplemente la relación de la armónica con respecto a la frecuencia fundamental, expresada en %.

$$D_2 = \frac{B_2}{B_1} \quad D_3 = \frac{B_3}{B_1} \quad D_4 = \frac{B_4}{B_1}$$

Donde D_n ($n = 2, 3, 4, \dots$) representa la distorsión armónica n , B_n la amplitud de la armónica n y B_1 la amplitud de la fundamental.

La Distorsión Armónica Total o Factor de Distorsión se define como:

$$D = \sqrt{D_2^2 + D_3^2 + D_4^2 + \dots} \quad /// \quad D = \frac{\sqrt{B_2^2 + B_3^2 + B_4^2 + \dots}}{B_1}$$

Se han desarrollado varios métodos para medir la distorsión armónica causada por una armónica en particular o por la suma de las armónicas.

2.- Analizador de Distorsión Armónica

Es un instrumento diseñado para medir la amplitud relativa (dB) o en % de una componente de frecuencia determinada en formas de ondas complejas o distorsionadas. Actúa como un Voltímetro Selectivo en Frecuencia, que se sintoniza a una frecuencia determinada, una componente armónica de la señal, y rechaza todas las otras componentes.

También se conoce como filtro de banda pasante estrecha que se puede sintonizar a través de un rango particular de frecuencia.

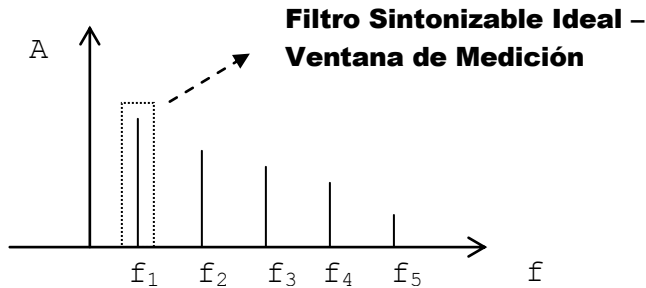


Fig. 1

Señales localizadas en el espectro de frecuencia serán medidas selectivamente tal cual son construidas por el pasador. Por eso es que para una señal particular el Analizador puede indicar su frecuencia y amplitud.

La amplitud es leída en un medidor analógico que puede tener una presentación digital, la frecuencia es leída en un dispositivo electrónico.

Las mejoras continuas en la Sensibilidad, Rango Dinámico y Resolución de frecuencia han ampliado el ámbito de aplicaciones.

Las áreas de mediciones que comprenden los analizadores se dividen en:

1.- Mediciones Selectivas de Señales con grandes diferencias de Nivel. Tales son los casos de:

- Análisis de distorsión, mediciones de señales de bajo nivel muy cerradas en frecuencia o identificación de señales de bajo nivel ocultas por ruido en banda ancha.

2.- Determinación de las características de ruido ($\text{noise} / \sqrt{\text{Hz}}$) mediante la utilización de ancho de banda propio del Analizador.

La densidad espectral de potencia de ruido puede también medirse sobre todo el rango de frecuencia de instrumento.

3.- Prueba de respuesta en frecuencia usando la salida como una fuente de excitación para realizar pruebas de umbrales de niveles muy bajo.

La elevada Sensibilidad del analizador elimina armónicos, respuestas espuria y efectos de lazos a tierra.

Cada generación de analizadores de onda han sido acompañada por respectivos avances tecnológicos, primero fue el Filtro Sintonizable Básico y Voltímetro de Banda Ancha. Luego se agregaron características distintivas como: auto rango, control automático de frecuencia (AFC), barrido electrónico, contador digital, ancho de banda seleccionable y registrador de salida.

Esto hace que sea fácil el uso de analizadores, no obstante no son las únicas consideraciones que intervienen en la elección de un Analizador.

Algunas de las características más significativas de los analizadores de ondas son las que se indican a continuación.

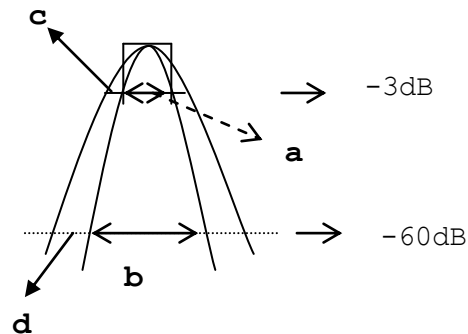
3.- Características Principales de Analizadores de Distorsión

3.1.- Selectividad

La **Selectividad** de un Analizador es su mayor ventaja y su más importante especificación. Es definida como el **ancho de banda de 3 dB y el factor de calidad (o Factor de Forma)** de la banda pasante. **Cuando más pequeño es el factor de calidad más selectivo será el instrumento.**

En la Fig.2 siguiente, si se especifica únicamente el ancho de banda de 3 dB (ancho de banda C) puede llevar a conclusiones erróneas. **Pero especificando la razón de dos anchos de bandas seleccionados**, usualmente a –3dB ó –6dB, y los puntos de –60 dB proporciona mayor definición de la agudeza del contorno, la línea llena en la figura.

Fig. 2



$$\text{Factor de Forma: } FF = \frac{b}{a} \text{ ó } \frac{d}{c} = \frac{\text{AB de } -3\text{dB (ó } -6 \text{ dB)}}{\text{AB de } -60 \text{ dB}}$$

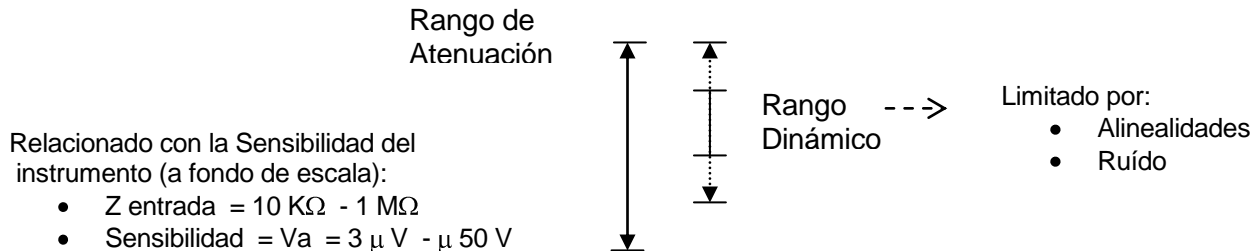
Filtro a Cristal: $FF = 10:1$

Amp. de FI: $FF = 3.5:1$

Un Factor de Forma así definido, da un cuadro exacto de la banda pasante. Actualmente los analizadores tienen **factores de forma como 2:1**. Son particularmente útiles para hacer mediciones de frecuencias críticas donde la densidad de señales es alta.

3.2.- Rango Dinámico

El **Rango Dinámico** es una característica del analizador que define el rango donde la señal más pequeña a la más grande puede acomodarse (o ajustar) simultáneamente por el instrumento. Algunos Analizadores son capaces de tener un rango de 85 dB.



El rango superior del atenuador es limitado por la cantidad de atenuación que le es propia (con el cual está contenido o diseñado) y el inferior por la sensibilidad del instrumento.

El **Rango Dinámico** está limitado por alinealidades y ruido. Analizadores diseñados con dos atenuadores posibilitan localizar el Rango Dinámico de la entrada. Esto evita sobrecarga de entrada que causan mediciones inexactas. Hace que sucesivas mediciones de todos los componentes de frecuencias se realicen de manera rápida y fácil.

El **Autorango** extiende la capacidad de un Analizador para rastrear o localizar el Rango Dinámico de entrada. El **Rango Automático** Hace que sucesivas mediciones de todos los componentes de frecuencias se realicen de manera rápida y fácil sin pérdida de tiempo haciendo cambios de rango hacia arriba y abajo que usualmente se requieren con un Analizador cuando las componentes armónicas de señal tienen grandes diferencias de Amplitud.

3.3.- Impedancia de Entrada

Para obtener mediciones de **alta sensibilidad sin cargar un circuito de prueba de bajo nivel**, es necesario un analizador **con alta Z de entrada**. Existe una relación entre alta sensibilidad y alta Z de entrada. Si bien la relación óptima depende de la aplicación, es habitual un rango de entrada entre $10\text{ K}\Omega - 1\text{ M}\Omega$, mientras el rango de sensibilidad a fondo de escala va de $3\text{ }\mu\text{V} - 50\text{ }\mu\text{V}$.

Un analizador es utilizado para el testeo de sistemas de comunicaciones multiplexado, amplificadores de FI y Video, filtros y atenuadores

3.4.- Registro de Salida

Es habitual dos salidas una lineal y otra logarítmica para los ejes X-Y de un registrador e incluso para un ORC actuando como tal. La salida Y es linealmente proporcional a la Amplitud del Voltaje medido y la logarítmica es proporcional al logaritmo de la amplitud medida (dB). Esto expande el Rango Dinámico del instrumento en un rango de amplitud mayor que 85 dB

Con la **incorporación de sintonía de barrido electrónico** se realiza una graficación en todo el rango de frecuencias a partir de la distribución espectral de frecuencias.

Para el eje X del Registrador otra salida alimenta un voltaje proporcional a la sintonía electrónica, que es una rampa para el barrido horizontal. Esta salida es proporcional a la frecuencia generando un registro X-Y con una escala de frecuencia lineal mediante la cual relaciones de armónicas son determinadas fácilmente. La escala logarítmica proporciona una compresión de escala ampliando el rango de mediciones por un factor de 10, y en el caso de un ORC es posible medir en el mismo ancho de pantalla un mayor rango de frecuencias que la salida lineal.

Las graficaciones pueden hacerse sobre algunas combinaciones de los ejes lineales y logarítmicos: log-log; lin - Log; log - lin, lin -lin.

3.5.- La Nueva Generación

Esta denominación surge hace unos 15 años aproximadamente, por HP, como consecuencia de la incorporación de una serie de características técnicas y de prestación que significaron un avance importante con respecto a la generación anterior.

3.51.- Contador Digital

En la actualidad es común la lectura de frecuencia sobre un contador digital de 5 dígitos, midiendo la frecuencia sintonizada con una exactitud mayor que 0,001% con una resolución de 1 HZ en el rango de 20 HZ – 62 KHZ. Esto es por citar un ejemplo, ya que puede estar superado por nuevas gamas de analizadores de señales.

El contador también suministra lectura instantánea de frecuencia mientras el instrumento está barriendo.

El instrumento se sintoniza fácilmente, lo cual es necesario para acercarse a la sintonía correcta. A esto hay asociado un circuito de control automático de frecuencia (AFC) que captura la componente seleccionada.

El circuito AFC fija la sintonía del instrumento para cualquier componente de señal dentro de la banda pasante, lo que se hace mediante filtros muy selectivos sin peligro de corrimiento fuera de la “Ventana” de sintonía.

3.5.2.- Ancho de Banda Seleccionable

Es común instrumentos con 4 anchos de banda seleccionables o más.

1.- Rango de frecuencia de 20 HZ – 62 KHZ: 4 AB $\left\{ \begin{array}{l} 10 \text{ HZ} \\ 100 \text{ HZ} \\ 1000 \text{ HZ} \\ 3100 \text{ HZ} \end{array} \right.$

El ancho de banda de 10 HZ para el uso en el rango de 20 HZ – 62 KHZ separa componentes de frecuencias estrechamente espaciada pero requieren una cuidadosa sintonía del instrumento.

Un ancho de banda de 100 HZ permite sintonizar más fácilmente ya que la selectividad no es tan importante, y un ancho de banda de 1000 HZ permite ampliar el rango de barrido. El cuarto ancho de banda de 3100 HZ se utiliza cuando se quiere medir un canal de voces telefónicas multiplexado completo o similares canales de comunicación

El Factor de Forma del ancho de banda, relación de ancho de banda en – 60dB a ancho de banda en – 3dB es muy bajo **3,5 : 1**, indicando que la banda pasante del analizador tiene contornos muy empinados. El Factor de Forma es más importante para mediciones altamente selectivas que una simple expresión de ancho de banda de 3 dB.

Los Filtros de Cristal, tienen factor de forma típica de **10:1 o más grande**, lo cual hace que la separación de frecuencias estrechamente espaciadas **sea más difícil**.

3.5.3.- Sintonía Electrónica

Un instrumento sintonizado electrónicamente, simplifica el barrido de frecuencia. Para el tipo de instrumentos que se está considerando es usual disponer de cinco (5) relaciones de barrido: 1, 10, 100, 1000 y 3100 HZ/sg. De manera que el operador puede seleccionar el cambio óptimo entre relación de barrido y ancho de banda (AB).

El instrumento barre hacia arriba hasta el tope del rango desde el comienzo de la frecuencia seleccionada por el Control de Sintonía.

Una Sintonía programada por un voltaje DC alimentado externamente es posible debido a sintonía electrónica.

Cuando se requiere extrema precisión, una entrada distinta permite sintetizar frecuencia u otra fuente de frecuencia para servir como oscilador local al Analizador.

3.5.4.- Rango Automático

La entrada al circuito de auto rango se origina desde la salida del circuito medidor. Cuando el auto rango es conectado, la señal pasa por el comparador de nivel Alto – bajo, el cual comprueba si el nivel de la señal **está entre 1/ 3 V y fondo escala**.

Si la señal es demasiada alta o demasiado baja, el comparador envía un comando digital al circuito lógico que dispara el driver. Los drivers son responsables por el cambio de lectura del atenuador de rango dinámico.

3.5.5.- Salida dB Lineal

Como un subproducto del autorango, salidas **dB lineal** para el medidor y salida **log** en registrador son posibles. El rango dinámico entero puede ser presentado linealmente desde 0 dB a –90 dB en una escala.

Información en la forma de señal analógica DC es tomada de la salida del Circuito Medidor y alimente al amplificador log.

El amplificador log adapta la señal de tensión lineal en una señal dB lineal desde 1/3 de la escala hasta el fondo de escala (10 dB) y –70 dB a –90 dB en el rango de –70 dB.

Cuando el autorango está ON, la salida del amplificador log tiene rango dinámico discontinuo debido al cambio del atenuador. Para evitar las discontinuidades en el rango, se utiliza un generador por paso disparado por el circuito lógico del autorango para alimentar un DC puesto para compensar el cambio de rango en la salida del amplificador logarítmico.

4.- Características Técnicas de Analizador de Onda HP312

Analizando un instrumento como el HP 312 se pueden algunas características particulares que complementan a lo mencionado como características generales de los Analizadores de Ondas.

Tiene un Rango de frecuencia de 10 KHZ – 18 MHZ: 3 AB

{	200 HZ
	1000 HZ
	3100 HZ

Es un voltímetro sintonizado, con anchos de bandas seleccionables de 200 HZ, 1000HZ y 3100HZ. El rango de operación es de 10 KHZ a 18 MHZ en 18 bandas superpuestas.

Con esos anchos de bandas y frecuencia el instrumento puede ser utilizado para mediciones en sistemas de comunicaciones, portadoras en cable coaxil, armónicas, distorsiones por intermodulación y medición de frecuencia.

Tiene un salida digital que indica la frecuencia del centro de banda pasante con una resolución de 10 HZ.

La entrada es terminada en una impedancia seleccionable de 50, 60, 75, 124, 150 o 600Ω.

El medidor puede indicar potencia en dBm absorbida por la impedancia seleccionada o indicar voltaje.

Es un instrumento diseñado para medir la amplitud relativa (dB) de una componente de frecuencia determinada en formas de ondas complejas o distorsionadas. Actúa como un Voltímetro Selectivo en Frecuencia, que se sintoniza a una frecuencia determinada, una componente armónica de la señal, y rechaza todas las otras componentes.

Hay tres Configuraciones Básicas:

1.- Filtro Selectivo de Banda Pasante Estrecha

El cual se puede sintonizar a través de un rango particular de frecuencias

Señales localizadas en el espectro de frecuencias serán medidas tal cual son.
Para mediciones en el rango de AF, 20HZ – 20 KHZ ó 20HZ – 62KHZ

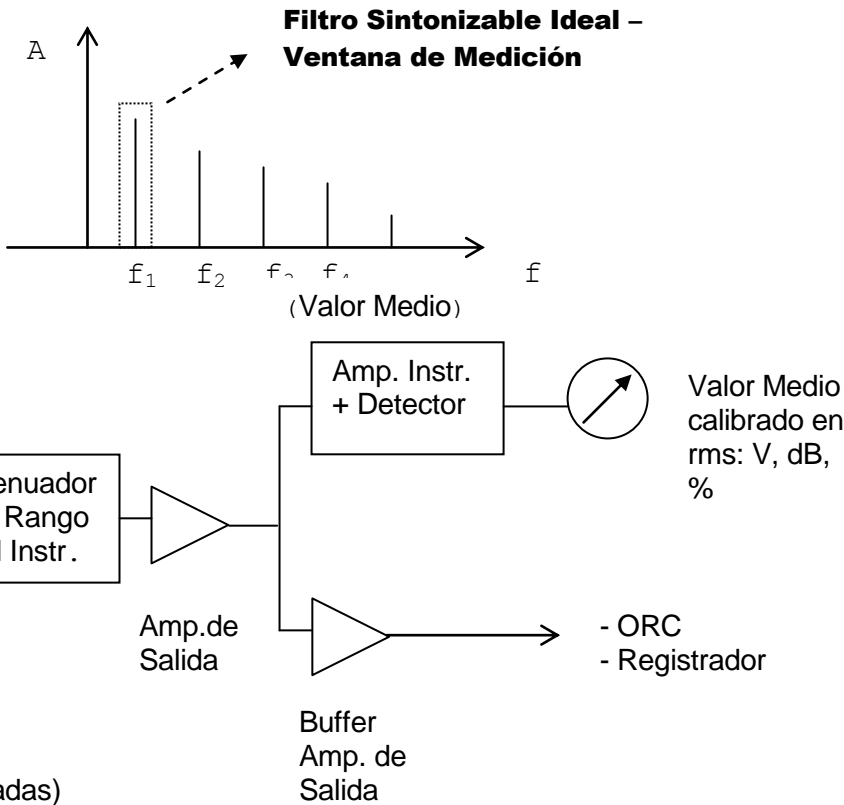


Fig3: Filtro Selectivo de Banda Pasante Estrecha

2.- Analizador de Armónica de Circuito Sintonizado

Para **f** en el orden de los **MHZ** por lo que los instrumentos son para alta frecuencia.

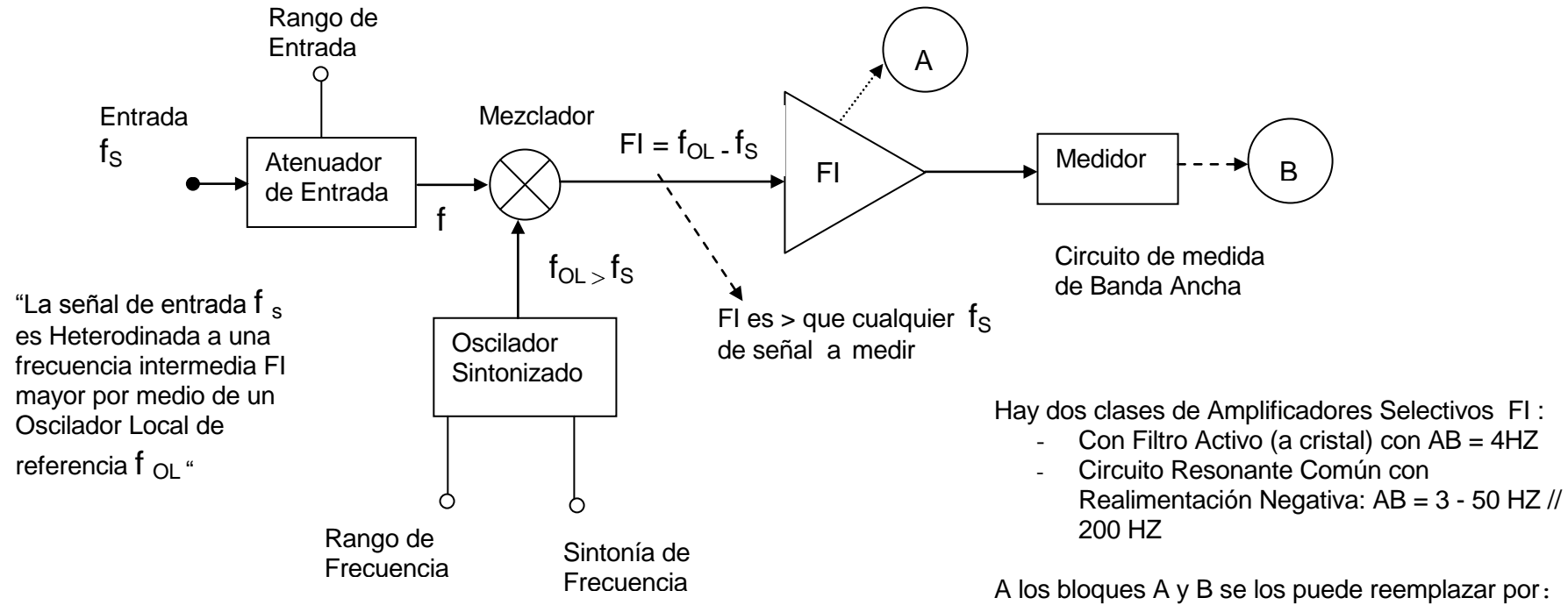
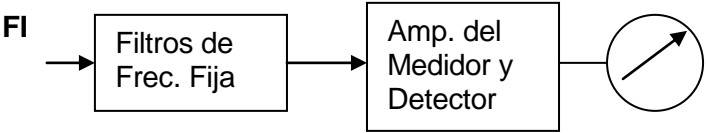


Fig4.- Analizador Armónico Heterodino o Voltímetro Heterodino Sintonizado



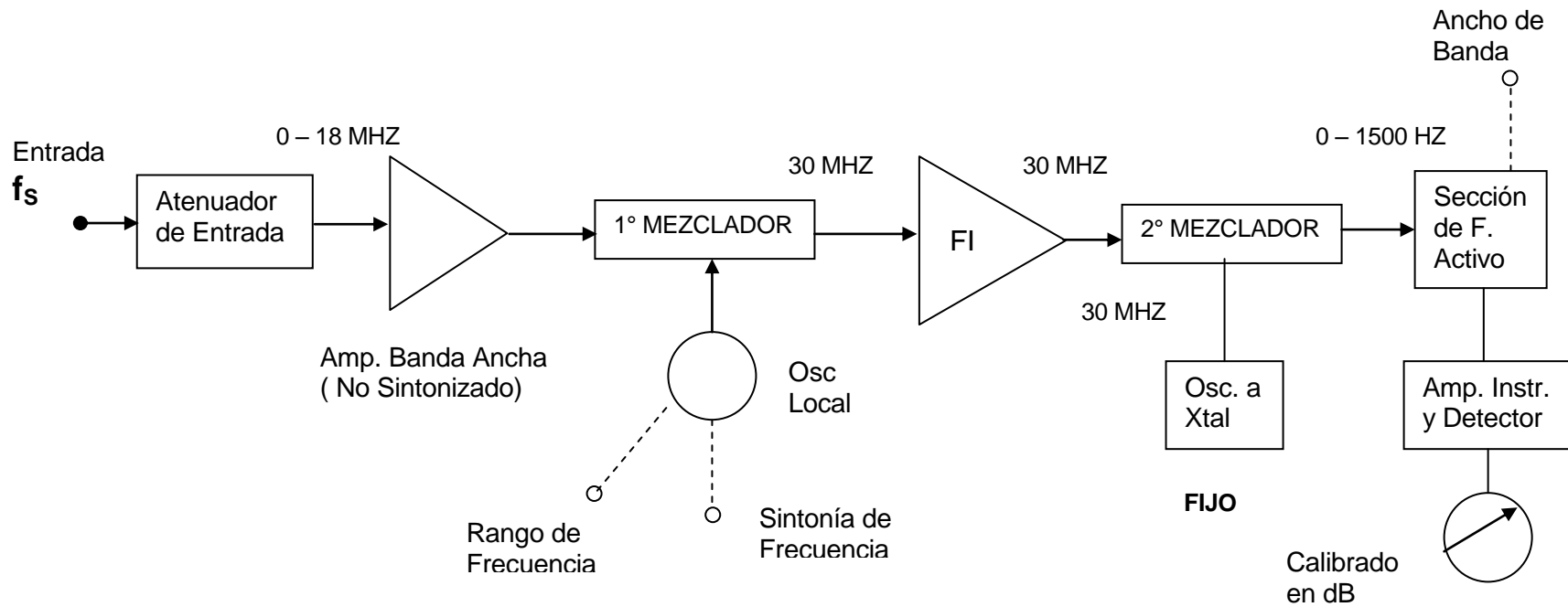
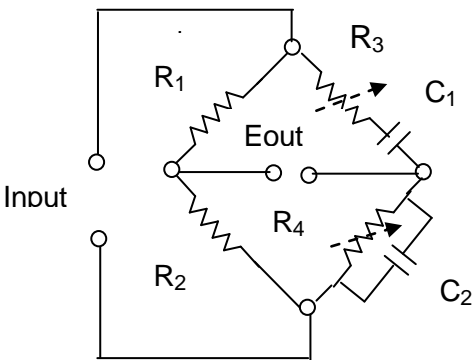
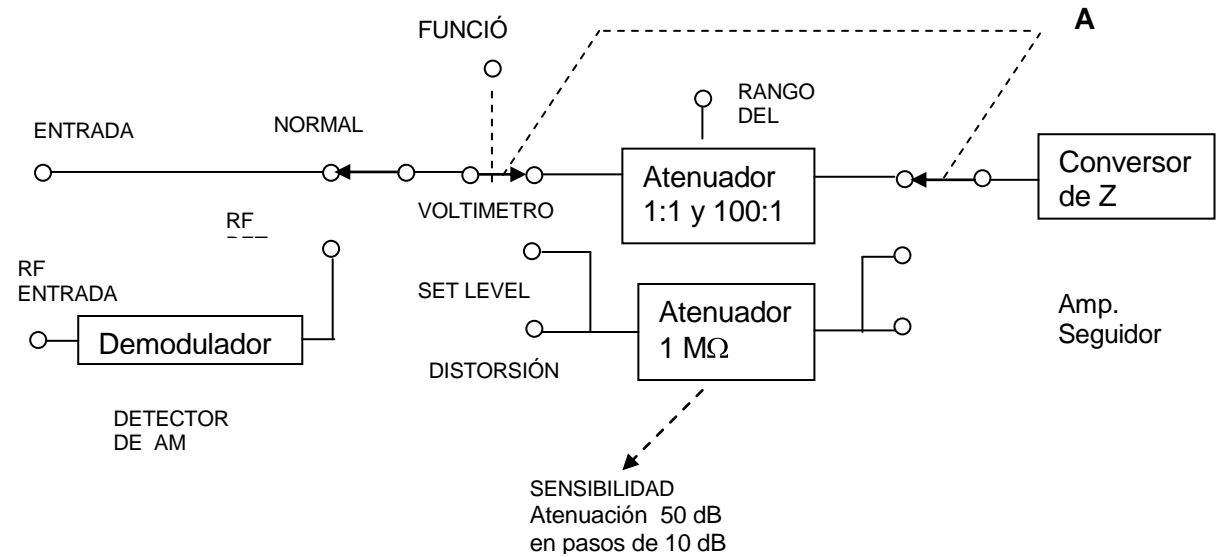


Fig5: Analizador Armónico Heterodino o Voltímetro Heterodino Sintonizado (Con Doble Heterodinación)

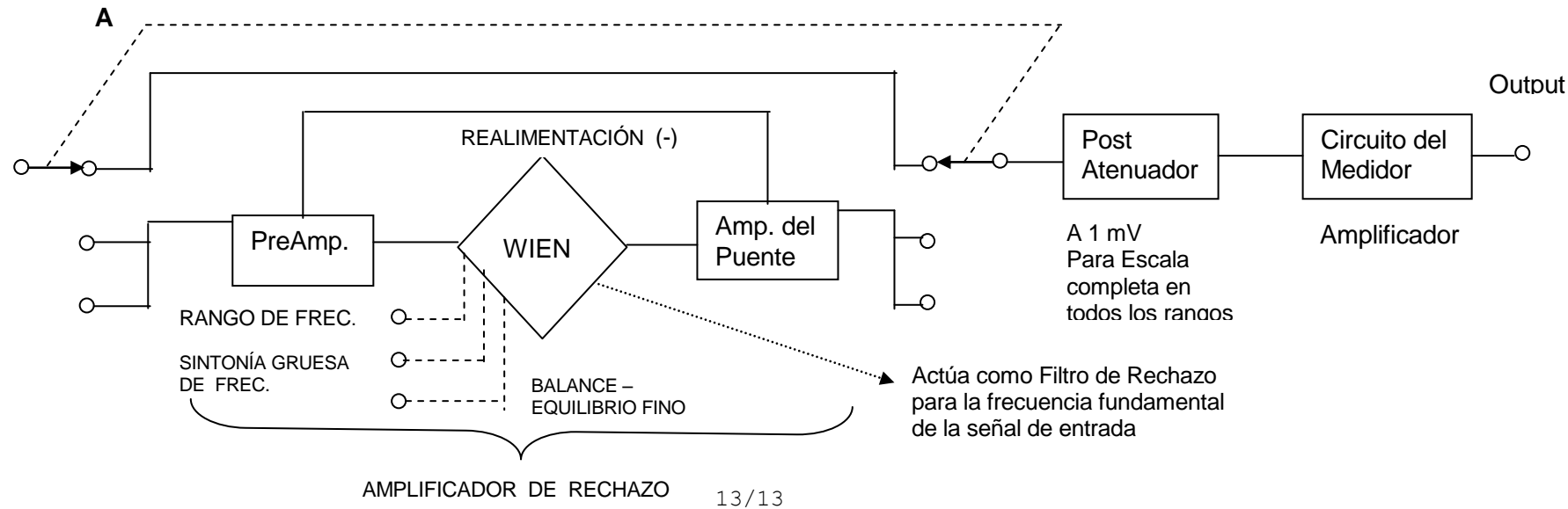
$F_s = 10 \text{ KHZ} - 18 \text{ MHZ}$ en 18 bandas superpuestas. El Ancho de Banda de Medición se controla con Filtro Activo (pendiente simétrica de 70 dB/ octava) y puede seleccionarse en 200, 1000 y 3000 HZ

3 AB $\left\{ \begin{array}{l} 200 \text{ HZ} \\ 1000 \text{ HZ} \\ 3000 \text{ HZ} \end{array} \right\}$ Para un rango de frecuencia entre 10 KHZ – 18 MHZ

3.- Analizador por Supresión de la Fundamental



Condición de Equilibrio del Puente:
 $R_3 = R_4; C_1 = C_2; R_1 = 2R_2$.



AMPLIFICADOR DE RECHAZO