



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL
TUCUMÁN
Carrera: Ingeniería Electrónica

“Generador de Barridos y Marcas”

Ing. Juan C. Colombo
Año:2007

“Estudio de un Generador de Barrido y Marcas, diferencias respecto a un Generador de Señales Convencional en pruebas y ensayos de dispositivos electrónicos”

INDICE

1.- Objetivos del tema3

2.- Generador de Barrido3 - 10

3.- Generador de barrido y Marcas10 -14

4.- Especificaciones de un Generador de Barrido14 - 21

5.- Aplicaciones Generales21 - 22

6.- Aplicación Específica22 - 27

7.- Bibliografía.....

1.- Objetivos del Tema

El desarrollo del tema Generador de Barrido y Marcas permite que los alumnos incorporen a su conocimiento técnico, un equipo electrónico para la realización de actividades como: ajustar las respuestas de amplificadores, filtros, discriminadores, sintonizadores, radiorreceptores, equipos de audio, ensayos de dispositivos y equipos electrónicos en general, etc.

Las dos características esenciales que facilitan la ejecución de las actividades mencionadas son:

- Disponer de la posibilidad de variar en forma automática una serie de frecuencias entre dos frecuencias extremas, una inferior y otra superior.
- Incorporar marcas a las presentaciones en la pantalla de un Osciloscopio ya que a simple vista se distinguen las tres marcas típicas de las respuestas de los elementos mencionados.

Los objetivos son:

- Estudiar generadores de señales con barrido automático. Analizar el funcionamiento de diferentes esquemas circuitales.
- Mejorar la calidad y rapidez en los ajustes, ensayos y pruebas de dispositivos y equipos electrónicos.
- Comprender la importancia de incorporar marcas a las presentaciones.
- Conocer diferentes formas de barrido.
- Aplicación práctica típica: Ajuste de Discriminador y FI.

2.- Generador de Barrido

Hay conocimientos previos estudiados en asignaturas como Sistemas de Comunicaciones, Electrónica Aplicada II, Técnicas Digitales III como son los temas Amplificador de RF, Mezclador, Amplificador de FI, Modulador Balanceado, Filtros Pasa Bajo y Filtros Pasa banda, así como otros temas ya desarrollados en Medidas Electrónicas II como Osciloscopios, VCO y Generador de Señales Estándar. Este conjunto de conocimientos son necesarios conocer para abordar adecuadamente el tema “**Generadores de Barrido y Marcas**”.

El Generador de Barrido es una extensión lógica de un Generador de Señales Estándar ya que entrega una señal senoidal con la particularidad que la frecuencia es variada en forma automática sobre una banda de frecuencia acotada a dos frecuencias, una frecuencia mínima o inferior y una frecuencia máxima o superior.

Al ampliarse las aplicaciones, en los comienzos de la electrónica, la dificultad era encontrar un método para variar electrónicamente la frecuencia entre los extremos inferior y superior, de modo que se tuviera disponible una salida de frecuencia de barrido rápido para ensayar respuestas de dispositivos como amplificadores, filtros, etc., en un amplio rango de frecuencias

“ Generador de Barrido y Marcas ” FRT - UTN

Los moduladores de frecuencia con tubo de reactancia daban muy poca variación en frecuencia y por lo general un generador de barrido hacía uso de métodos electromecánicos tales como un motor que controlaba el capacitor variable de un circuito oscilador LC, siendo común velocidades de 20 vueltas / sg. A un ciclo completo de variación de frecuencia entre una frecuencia inferior y otra superior se llama Barrido y la velocidad a la que varía la frecuencia puede ser lineal, por pasos o logarítmicas.

Estos elementos mecánicos presentaban desventajas significativas y frecuentemente la mayoría de las mediciones de respuesta se efectuaron con técnicas de punto por punto, utilizando generadores convencionales de una sola frecuencia. El desarrollo de los sistemas de comunicaciones de banda ancha trajo consigo la necesidad de los generadores de frecuencia de barrido de banda ancha de alta frecuencia.

El desarrollo del diodo de estado sólido de capacitancia variable (*varicap*) hizo más por el desarrollo de los generadores de frecuencia de barrido que ningún otro dispositivo electrónico. Este diodo establece el método para sintonizar electrónicamente un oscilador y hace del generador de barrido un instrumento muy valioso.

La **Figura A** muestra el diagrama en bloques de un generador de barrido básico, donde la salida es resultante de una mezcla de señales provenientes de un oscilador maestro de RF y un oscilador controlado por tensión (VCO), al producto de la mezcla se pasa por un filtro pasa bajo para rescatar la frecuencia diferencia que luego se amplifica y es la que utiliza como fuente de señal para ensayos de dispositivos.

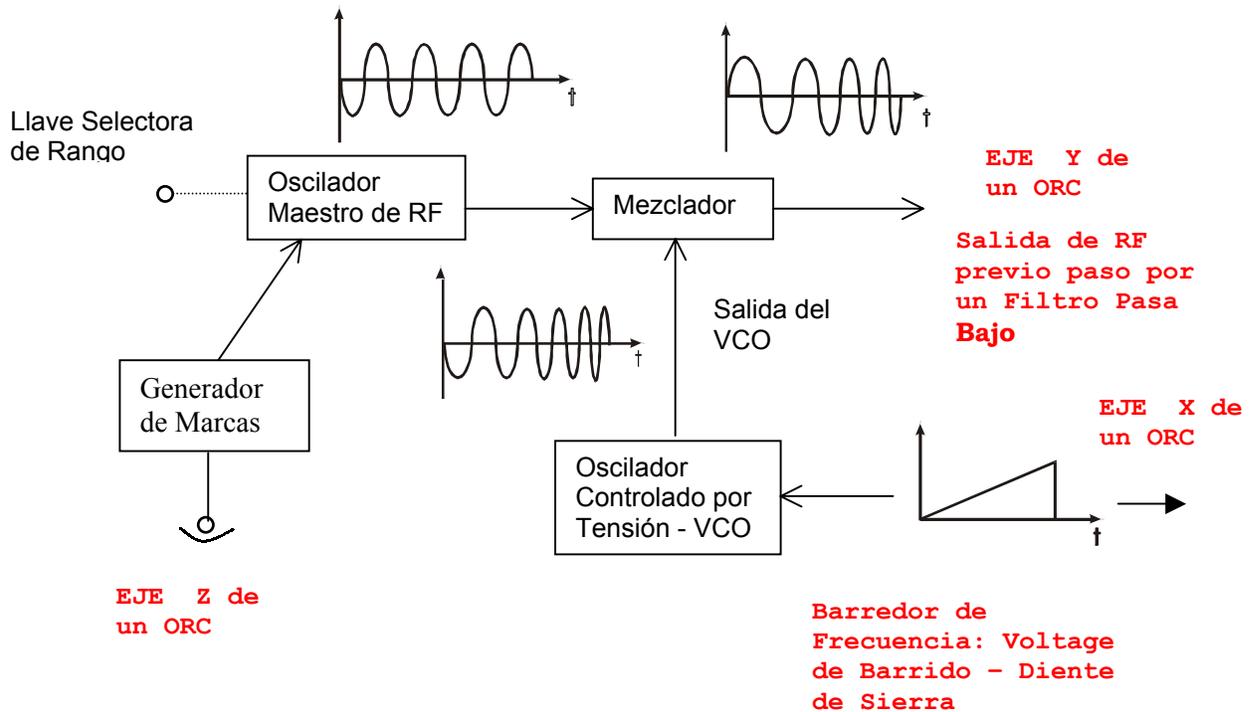


Fig. A.- Diagrama en Bloques de un Generador de Barrido Básico

“ Generador de Barrido y Marcas ”
FRT - UTN

En la Figura 1 siguiente se muestra un esquema más completo de un Generador de Barrido por Batido.

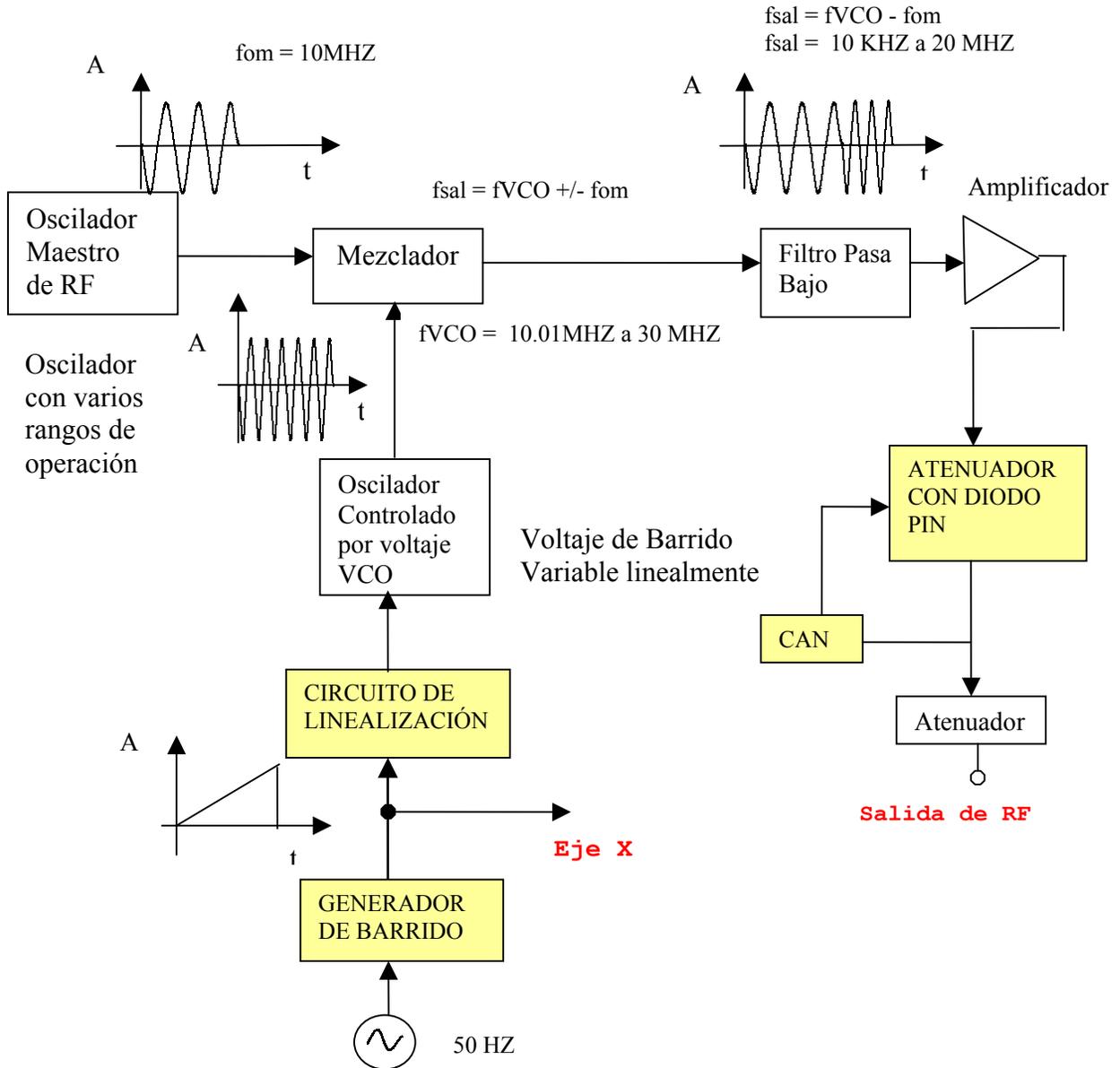


Figura 1.-Diagrama en Bloques General de un Generador de Barrido por Batido

Los generadores de barrido son generadores de señales que producen una salida de onda senoidal con una frecuencia que se hace variar automáticamente entre dos frecuencias extremas seleccionadas y de amplitud constante. Como la variación de frecuencia se produce entre una frecuencia mínima y otra frecuencia máxima a partir de una frecuencia dada por el

“ Generador de Barrido y Marcas” FRT - UTN

Oscilador Maestro de RF, con varios rangos de operación seleccionados por un conmutador de rango.

La variación de frecuencia proviene de un VCO cuya tensión es controlada por la variación de la capacidad de un diodo Varicap (diodo de capacitancia variable) que produce la sintonía electrónica del oscilador.

Una de las formas del voltaje de barrido es una rampa lineal, habitualmente proviene de la señal de 50 HZ de la red de alimentación eléctrica de Baja Tensión, la cual es convertida a una diente de sierra como la indicada para actuar sobre el VCO. Esta señal se utiliza también para el barrido horizontal en un ORC con lo cual se asegura un sincronismo adecuado para visualizar la respuesta de un dispositivo bajo prueba.

Si la frecuencia seleccionada del Oscilador Maestro de RF es de 50 MHz y la salida se varía de 45 – 55 MHz con una señal de barrido de 50 HZ, significa que se producen 50 barridos por segundo.

Para que esto sea posible el VCO debe dar una salida entre 95 – 110 MHz con la velocidad de barrido indicada y ambas señales pasar por el Mezclador el cual da la suma y diferencia entre ambas señales como se indica en la Figura 1). Se filtra la diferencia por un Filtro Pasa Bajo con capacitores cerámicos para limitar el ancho de banda de la señal en observación, con esto cual se elimina la frecuencia suma, en el bloque del Mezclador es común incluir el Filtro Pasa Bajo dentro del mismo.

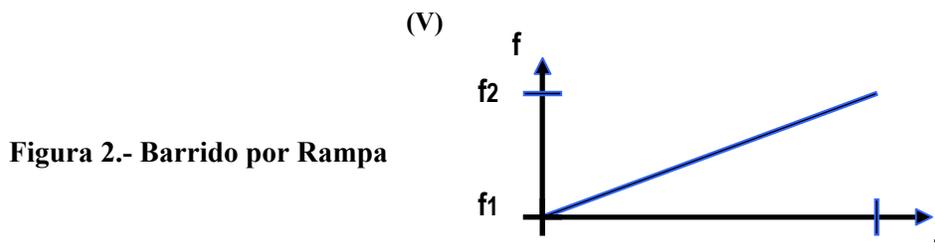
“Cuando el ancho de barrido Δf es pequeño se utiliza el esquema de la Figura A) anterior, donde el barrido de frecuencia es directo sobre el VCO además de tener una adecuada linealidad. Caso contrario cuando el ancho de barrido es grande, es comparable con la frecuencia, se utiliza el esquema correspondiente a un Generador de Barrido por Batido más completo como el de la Figura 1) anterior. “

Como se mencionó anteriormente a un ciclo completo de variación de frecuencia se le llama **barrido**, de manera que pasar por las diferentes frecuencias desde 45 a 55 MHz **es un barrido** y si la frecuencia es de 50 HZ se producen 50 barridos por segundo o sea que a razón de 50 veces por segundo se recorren las frecuencias entre los extremos indicados.

La velocidad a la que se produce la variación de frecuencia puede ser lineal (también por pasos) como logarítmica y la amplitud de la señal de salida se mantiene constante. De manera que el Generador de Barrido de Frecuencia produce, en realidad, una modulación de frecuencia de la señal senoidal dada por el Oscilador Maestro de RF. Es habitual que a la salida del Oscilador Maestro y del VCO antes de acometer al Mezclador se coloque un Separador que asegura que los osciladores se independicen de los cambios que se pueden producir en la Impedancia del circuito al que excitan, los cuales podrían afectar sus frecuencias de trabajos, este circuito además de tener una función de transferencia inversa muy pequeña debe proveer de la ganancia de tensión necesaria para actuar sobre el circuito modulador o mezclador. El Mezclador puede ser un Modulador Balanceado.

“ Generador de Barrido y Marcas ” FRT - UTN

Debido a que la relación entre el voltaje de barrido y la frecuencia del oscilador VCO **no es lineal**, se incluye un circuito de compensación llamado **Circuito de Linealización** cuya función es la de **compensar el voltaje de la frecuencia de barrido y el voltaje de sintonía del VCO**. La cantidad de corrección o compensación necesaria depende del tipo de oscilador utilizado y el rango de frecuencia cubierta por el oscilador. Cuanto más estrecho sea el rango de frecuencia más lineal será la relación voltaje – frecuencia. Es habitual un límite de **2 a 1 en la relación de frecuencia máxima / mínima** de cualquier oscilador de barrido. Lo que se persigue es que cada variación de tensión sea acompañada por una variación de frecuencia como lo indica la **Figura 2)**



Para ello se utiliza un circuito de **linealización** como el de la **Figura 3**. Como en la mayoría de los linealizadores, las características de transferencia ($V_{salida} / V_{entrada}$) se ajusta para adecuar el oscilador. La transferencia no lineal se genera por medio de la aproximación lineal por pasos. Las pendientes lineales, donde la pendiente y el punto de ruptura se ajustan mediante resistencias en el circuito, y proporciona una aproximación a la función de transferencia deseada. Como ejemplo, la ganancia del circuito mostrado está en función de la resistencia de realimentación R_f y la resistencia neta de R_1 hasta R_4 . **El divisor de voltaje ajustable** está construido de resistencias considerablemente más pequeñas que R_f o R_1 hasta R_4 . La ganancia del amplificador principalmente es una función de los valores de R_f y R_1 hasta R_4 . Cuando el voltaje del barrido es bajo, ningún diodo conduce y la ganancia del circuito amplificador operacional es $(R_f / R_1) + 1$. Cuando el voltaje de barrido se aproxima a V_1 , el primer diodo conduce y se incrementa la ganancia del amplificador a $(R_f / R_a) + 1$, donde R_a es la combinación de R_1 y R_2 en paralelo. Cuando el voltaje de barrido alcanza a V_2 , se incrementa de nuevo la ganancia del amplificador a $(R_f / R_b) + 1$, donde R_b es la combinación en paralelo de R_1 , R_2 y R_3 . Cuando el voltaje de barrido alcanza a V_3 , se incrementa la ganancia una tercera vez a $(R_f / R_c) + 1$, donde R_c es la combinación de R_1 hasta R_4 en paralelo.

“ Generador de Barrido y Marcas ”
FRT - UTN

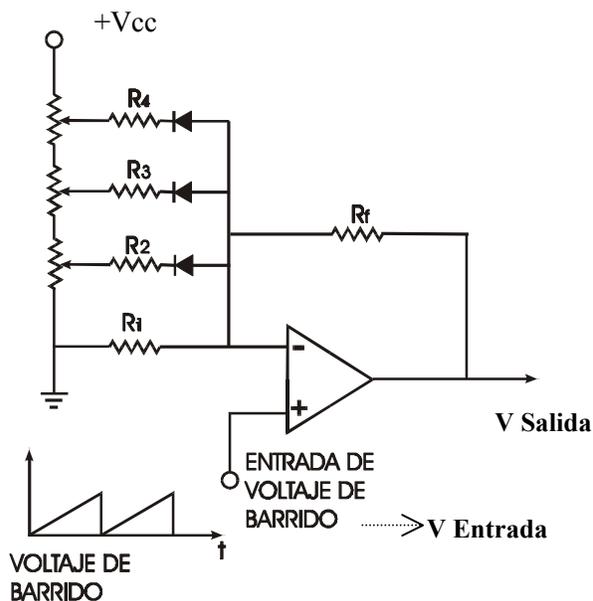


Figura 3.- Circuito de Linealización

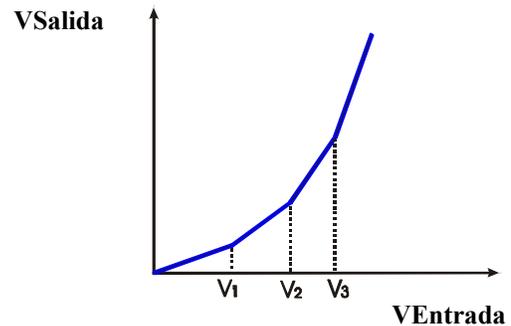


Figura 4.- Relación V Salida/ V Entrada

“El resultado neto es una relación no lineal hecha de segmentos de recta” como se muestra en la Figura 4.

Para permanecer debajo de la relación dos a uno de frecuencia máxima/ mínima para el oscilador de barrido, su frecuencia de operación debe estar arriba del más amplio ancho de barrido. Por ejemplo, se genera una señal de 0 a 300 MHz, al mezclar un oscilador de 400 a 700 MHz con un oscilador de 400 MHz fijo. **El rango de frecuencia de salida cubre desde literalmente cero hasta 300 MHz en tanto que la relación de frecuencia máxima/ mínima del oscilador de barrido es menor que 2.**

Si la frecuencia del Oscilador Maestro está fija en 10.00 MHz y la frecuencia variable se ajusta entre 10.01 MHz a 42 MHz la salida del Mezclador será una onda senoidal cuya frecuencia se recorre desde los 10 KHZ hasta los 32 MHz. **En este caso se debe corregir la relación de frecuencia Máxima a Mínima del VCO ya que es mayor a 2, en lugar de ir de 10.01 MHz a 42 MHz debe ser de 10.01 MHz a 30MHz para tener a la salida una frecuencia entre 10 KHZ y 20 MHz**

Es habitual que para Generadores de FM, la f_m (frecuencia moduladora) sea de 400HZ ó 1 KHZ y la ΔF varía +/- 75 KHZ. Esto quiere decir que dependiendo de la aplicación se utilizará un Generador de FM convencional ó un Generador de FM con Barrido. Como $\Delta F/f_m =$ Índice de Modulación en FM, la f_m es una diente de sierra de baja frecuencia normalmente de 50 HZ, también puede ser de 20 ó 40 HZ. Hay instrumentos con inclusión de marcas en la presentación con barrido máximo de alrededor de 700 HZ.

“ Generador de Barrido y Marcas ” FRT - UTN

Para algunas aplicaciones como la respuesta de un amplificador de FI en FM, es muy útil la presencia de marcas en determinados puntos de la señal de salida a frecuencia preestablecidas, lo cual se hace con pulsos cuyo efecto es intensificar marcas a frecuencias fijas. En FI de FM las marcas típicas son a 10.8, 10.7, 10.6 MHz algo similar ocurre en FI de AM.

Seleccionado un rango de operación del Generador de Barrido, la frecuencia fija del Oscilador Maestro de RF, es variada por la señal de salida del VCO previo paso por un Mezclador. Este dispositivo combina la salida de Oscilador Maestro de RF con la salida del VCO y da como resultante una onda senoidal cuya frecuencia es producto de la diferencia de frecuencias de las señales de los dos osciladores previo paso por un Filtro Pasa Bajo, luego pasa por un amplificador, mantiene la amplitud resultante en pocos decibeles. El CAN asegura un Control Automático de Nivel o Amplitud en un gran margen de frecuencias, es necesaria su presencia porque al existir una gran variación de frecuencia se debe mantener la amplitud en la variación de frecuencia seleccionada. Con el CAN se establece el nivel a la entrada del Atenuador en la salida de RF del Generador de Barrido. Para esto se requiere de una medición de Voltaje exacto y de banda ancha para detectar el nivel de voltaje, es común el uso de un voltímetro de **RMS** verdadero para que la distorsión armónica no afecte la medición.

De manera que un generador de barrido de banda ancha debe tener algún tipo de circuito de *control automático de nivel* (CAN). No es posible mezclar dos señales a varios cientos de MHz, filtrar la diferencia, amplificar el resultado y mantener la amplitud resultante en pocos decibeles. Con el fin de que funcione adecuadamente se requiere un sistema de medición de voltaje constante y de banda ancha para detectar el nivel de voltaje. Idealmente el sistema de medición de voltaje sería del tipo rms verdadero a fin de que la distorsión armónica no afecte la medición. Si la salida del generador de señales tiene una distorsión armónica suficientemente baja, basta un diodo detector sencillo. Si la distorsión armónica es del orden de los 20 dB el diodo detector puede causar un error considerable. Un método alternativo de medición es el termopar calentado. El valor rms es el valor de un voltaje de CA que produciría el mismo calentamiento en una carga resistiva que el valor equivalente de CC, por lo tanto, el calentamiento del termopar asegura que la salida es del valor rms.

Se requiere algún método de variación del voltaje del oscilador. En alguno de los primeros generadores de señales el nivel se establecía mediante la variación del voltaje de la fuente de alimentación del oscilador. Esto no es recomendable, ya que tiende a variar la frecuencia del oscilador, la cual afecta la calibración del selector de frecuencia.

Para superar estos problemas se utiliza un atenuador controlado por voltaje que utiliza diodos *PIN*. El diodo PIN tiene la característica única de que la resistencia RF es función de la corriente de polarización. Los diodos normales de unión también tienen esta característica, pero el diodo PIN no tiene la misma magnitud de capacitancia que el diodo de unión. Por la alta capacitancia del diodo de unión, no es posible atenuar la señal más que unos pocos decibeles. El diodo PIN se construye a partir de tres capas de un semiconductor. Una altamente “dopada” tipo *N* y otra capa también dopada tipo *P* que forma un emparedado con una capa intrínseca de silicio puro. A diferencia del diodo de unión, los materiales tipo *P* y *N* están separados por una capa intrínseca mucho más delgada que la región de vaciamiento de un diodo de unión convencional. Cuando el diodo PIN se polariza directamente, se inyectan portadores desde las dos capas tipo

“ Generador de Barrido y Marcas ” FRT - UTN

P y N que proporcionan los portadores necesarios para la conducción a través de la capa intrínseca. Esta introducción de impurezas en el silicio lo vuelve conductor, ya que el silicio es esencialmente un aislante. Tanto los electrones como los huecos son portadores minoritarios de la capa intrínseca y se combinan eventualmente, lo que los vuelve inadecuados a la conducción. Si el tiempo de recombinación deviene luego respecto al período de la energía de RF que se conducirá, aunque la dirección de la corriente se cambie, habrá suficientes portadores disponibles en la capa intrínseca para continuar la conducción. El tiempo en el que un portador está disponible depende de la construcción del diodo y puede extenderse a varios microsegundos.

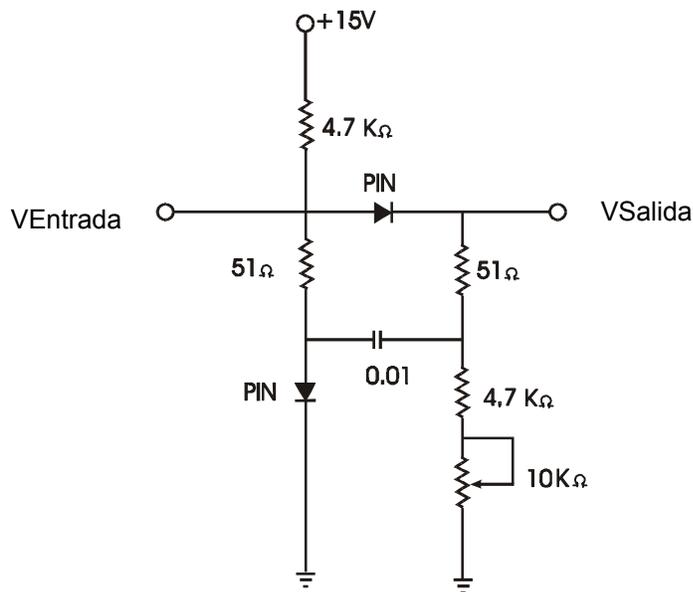


Figura 5.- Atenuador con Diodo PIN

La **Figura 5** muestra un atenuador fabricado con diodos PIN. En este atenuador, que utiliza el circuito T puente, la corriente en el diodo de derivación se incrementa, en tanto que la corriente en el diodo en serie disminuye por el incremento de atenuación. La variación en amplitud del oscilador del generador de señales rara vez es mayor de algunos decibeles, y este atenuador proporciona la atenuación suficiente mientras se mantenga un acoplamiento aceptable entre la impedancia de entrada y salida.

3.- Generador de Barrido y Marcas

Para identificar frecuencias y bandas de interés especial como la respuesta de un amplificador de Frecuencia Intermedia (FI) de AM o FM se **utilizan marcas indicadoras** que proporcionan la ubicación gráfica y automática de la frecuencia central y sus puntos de 3 dB. Generalmente estas marcas son ondas sinusoidales rectificadas en $\frac{1}{2}$ onda. La tensión del marcador puede sumarse a la línea de base del Trazo de un ORC durante ciclos alternados de la tensión de barrido y aparecerán como marcas superpuestas en la curva de respuesta del dispositivo bajo prueba.

“ Generador de Barrido y Marcas ” FRT - UTN

Las marcas son fijas (salvo los generadores digitales que tienen filtros digitales con posibilidad de variar la frecuencia) Si se tienen varios juegos de marcas, por ejemplo 3 juegos significan que en total hay 9 marcas agrupadas de a 3 en los Generadores de Barrido y Marcas con **Filtros Pasa Banda Fijos** para cada grupo de 3. Para el Caso de un Amplificador de FI en Frecuencia Modulada las marcas son a 10.6, 10.7 y 10.8 MHZ, por lo que hay un Filtro Pasa Banda centrado en cada Marca.

En las figuras, **Figura 6a) y Figura 6b)** se presentan diagramas funcionales, que dan idea de cómo se va a conectar el Generador de Barrido y Marcas. Se puede ver el generador de la señal de barrido, que proporciona una señal de diente de sierra que va conectada a la entrada horizontal de un osciloscopio para el barrido del Eje X.

El control de posición y ancho es la etapa donde se fija la frecuencia del oscilador principal y las frecuencias máxima y mínima para el barrido; estos parámetros definen la salida de ambos osciladores (el de RF y el VCO). La salida del mezclador se pasa por un Filtro Pasa bajo y se obtiene la frecuencia diferencia o resta.

La siguiente etapa es un amplificador de radio frecuencia con una alta ganancia y mínima distorsión (idealmente nula). Para poder variar la amplitud de la salida de RF y obtener el valor necesario en cada operación se dispone del atenuador anteriormente mencionado.

La salida de RF se conecta a la entrada vertical del osciloscopio para que muestre la amplitud de la respuesta (Eje Y) en función de la frecuencia (Eje X).

Es muy útil disponer de un voltímetro de **rms** incorporado al instrumento para visualizar la amplitud de la salida y adecuarla a las necesidades del uso.

Otro elemento sumamente útil en este tipo de instrumentos es el generador de marcas, que merece un párrafo aparte.

Generador de marcas

El esquema de conexionado descrito, permite una visualización de la respuesta en frecuencia de un circuito, de gran valor para el desarrollo, reparación o mantenimiento de un equipo o sistema; pero carece de referencias claras para su lectura, es decir, se puede ver la respuesta en frecuencia pero no a qué frecuencia. Para desempeñar esta función existe un elemento generalmente incorporado al generador de barrido, pero que de no ser así puede conectarse en serie, debiendo trabajar ambos en sincronía. Este elemento es **el generador de marcas**, que va conectado al **Eje Z** del osciloscopio, y genera la aparición en la pantalla de una serie de puntos (las marcas) correspondientes a las frecuencias que el operador considere importantes y programe a tal fin, en los instrumentos que así lo permitan, caso contrario hay marcas preseleccionadas en juego de a tres según la aplicación.

Las marcas son de gran utilidad al trabajar con estos equipos, ya que pueden programarse para resaltar frecuencias particulares que sirvan como referencia en el análisis de un sistema. Pueden programarse por ejemplo para ver la frecuencia central y frecuencias de corte de dispositivos tales como amplificadores o filtros, o la influencia de ciertas armónicas en el mismo, etc.

La cantidad y el tipo de marcas que puede entregar un generador de barrido dependen el modelo, pudiendo variar entre una y seis en ciertos equipos, y ser fijas o variables, con la posibilidad de mostrar también las correspondientes armónicas.

“ Generador de Barrido y Marcas ” FRT - UTN

Las Marcas ayudan a determinar la escala de frecuencia horizontal. Previo a conectar el Dispositivo bajo prueba, por ejemplo un Cuadripolo Filtro Pasa Bajo y un Filtro Pasa Alto, se debe verificar que las diferentes partes del sistema: Oscilador; Detector, Cables de Conexión y Osciloscopio no generen distorsiones. Para ello se conecta el Detector al Osciloscopio y se verifica que **la respuesta del mismo sea lineal**, una línea recta horizontal, con esto se comprueba que no hay modulación de ruido y que la amplitud no varía durante al barrido

Cuando se selecciona barrido LOG en lugar de LIN el barrido será lineal por décadas de manera que barrerá más lento en el rango de frecuencias bajas y aumentará la velocidad en altas frecuencias. Esto trae la ventaja que la velocidad de barrido cambia con la frecuencia de salida y mantiene la intensidad a una valor más o menos igual.

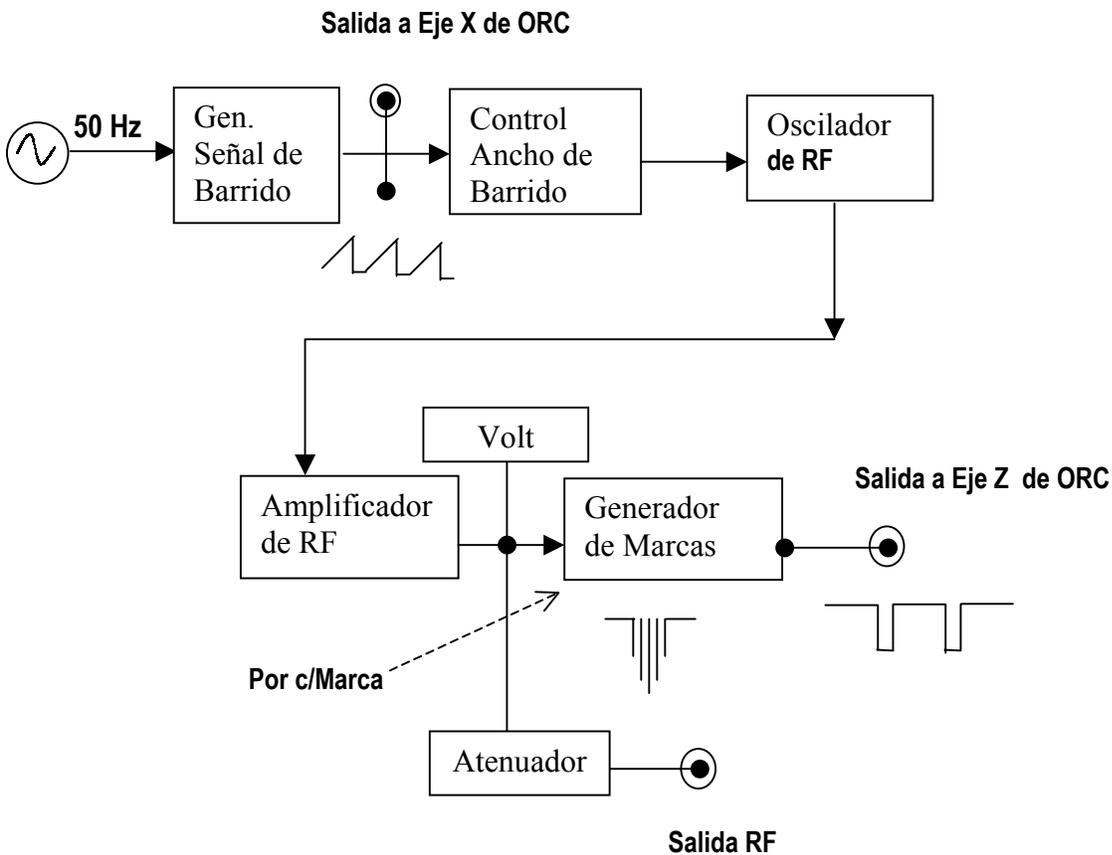


Figura 6a: Generador de Barrido y Marcas

**“ Generador de Barrido y Marcas ”
FRT - UTN**

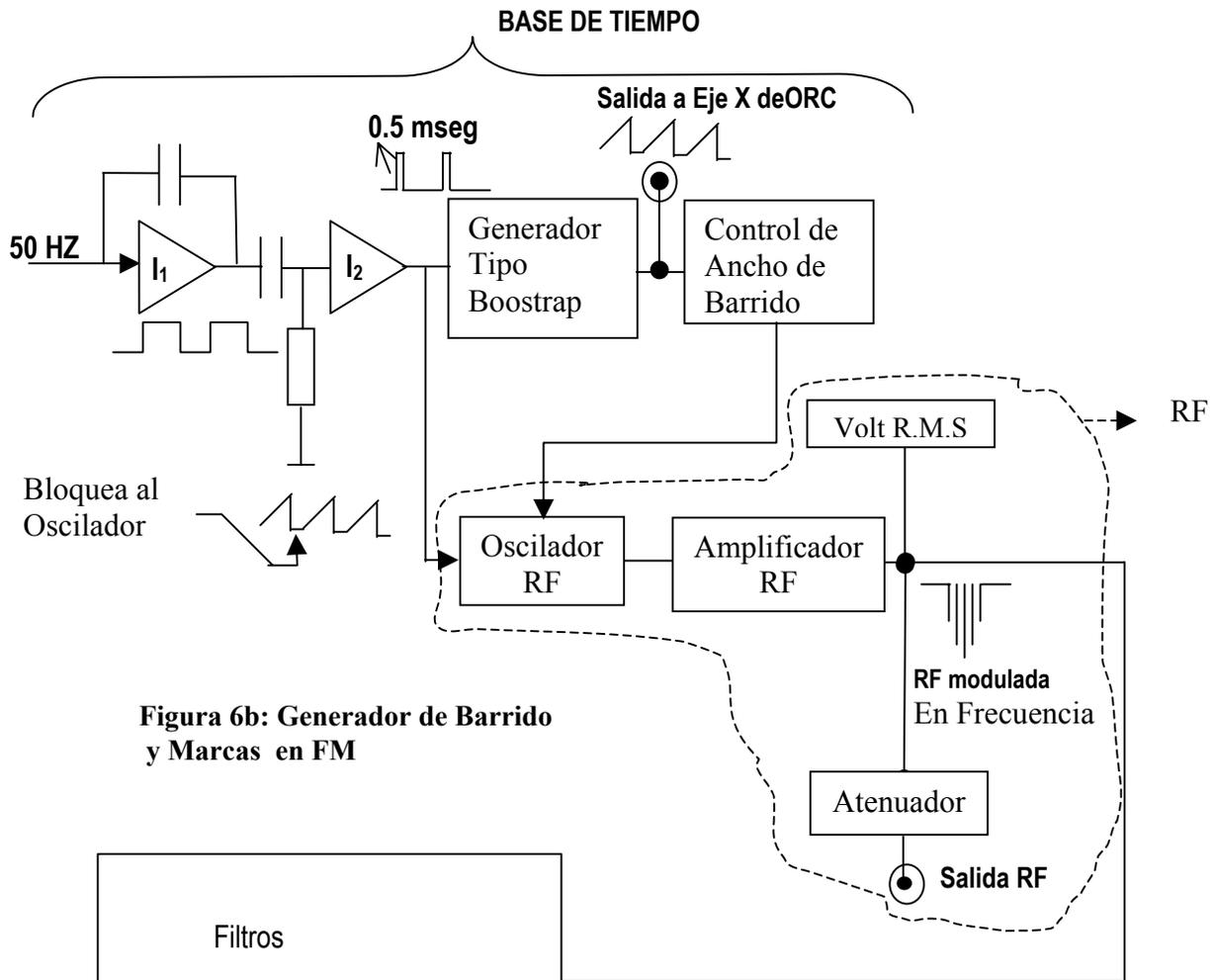
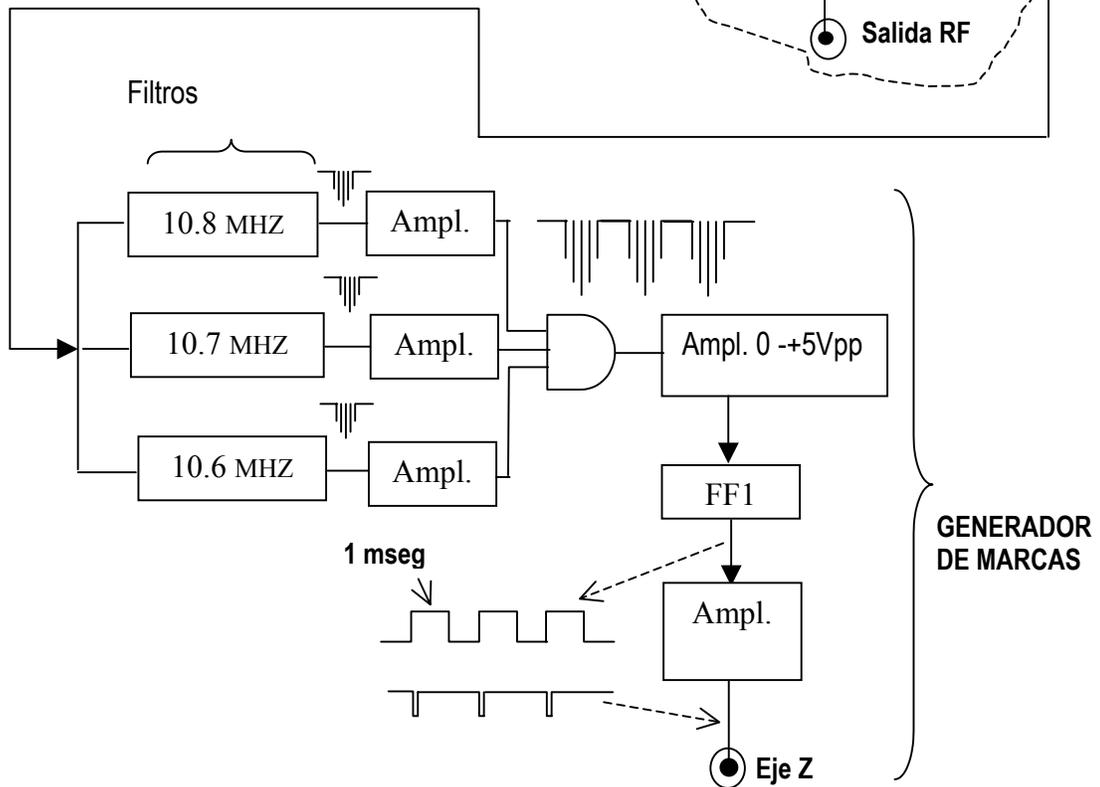
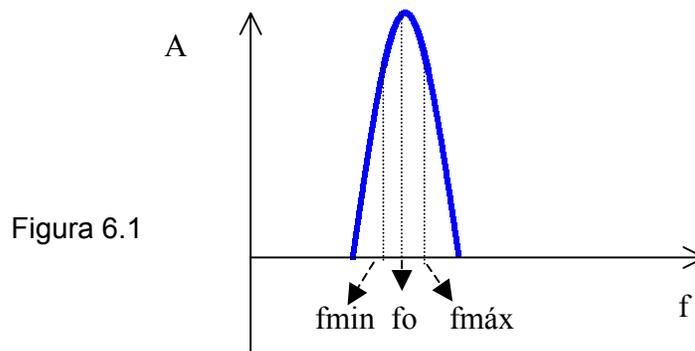


Figura 6b: Generador de Barrido y Marcas en FM



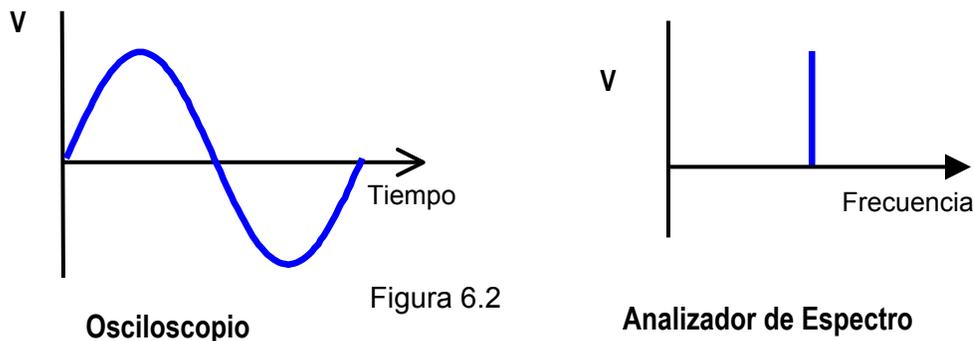
Observaciones sobre Generador de Barrido y Marcas

- Para generadores de FM, la f_m es de 400 HZ ó 1 KHZ, y la Δf varía en +/- 75 KHZ
- Dependiendo de la aplicación se utilizará un Generador de FM o un Generador de Barrido, donde la frecuencia seleccionada, por ejemplo 50 MHz se varía de 45 – 55 MHz con una señal de barrido de 50 HZ. Esta señal de 50 HZ actúa sobre el Varicap, variando la capacitancia del capacitor de sintonía del Oscilador
- Como $\Delta f / f_m$ es igual al índice de modulación en FM, la f_m es una diente de sierra (triangular) o senoidal de baja frecuencia n , normalmente de 50 HZ (también puede ser de 20 , 40 o 400 HZ) y especifica que el barrido se efectúa 50 Veces por segundo, hacia arriba y hacia abajo de la frecuencia seleccionada. Para este instrumento el barrido máximo es de 700 HZ



4.- Especificaciones de un Generador de Barrido

4.1.- Generadores de Ondas Senoidales



Las gráficas muestran las características de una onda senoidal ideal. Las especificaciones reales tienen diferencias con la forma ideal presentándose distorsiones en las ondas.

Las especificaciones asociadas con la pureza espectral son las que ofrecen mayor dificultad para ser comprendidas.

La salida ideal de un Generador de Señales es una onda senoidal con una frecuencia única, lo cual desafortunadamente no es cierto para los generadores de señales reales, todos los generadores son fabricados con componentes reales, es decir no ideales, que introducen ruido

“ Generador de Barrido y Marcas” FRT - UTN

en la fase y distorsiones indeseables. De esta característica no están liberados los generadores de barrido y marcas.

4.2.- Tipos de Generadores

En general los Generadores de Barrido tiene características como

- **CW** : Genera una onda senoidal estable de una única frecuencia .
- **Barrido**: Barre sobre un rango de frecuencias.
- **Generadores de señal resultantes:**
 - Añaden modulación
 - Producen señales del mundo real

Idealmente, toda la potencia de una onda senoidal se concentra en una única frecuencia, el ruido aleatorio en el generador produce que la potencia se distribuya sobre un pequeño rango de frecuencias.

Esta distribución se conoce como ruido de fase y es matemáticamente representada como una modulación aleatoria de la fase.

Las unidades del ruido de fase son dBc/ HZ que equivale a la perdida en DB de la portadora (c) en un ancho de banda de 1 HZ.

El ruido de fase se especifica a una frecuencia de desplazamiento de la frecuencia de salida del CW. por ejemplo -97dBc/HZ a 100 KHZ de offset (corrimiento) de una frecuencia de 20 GHZ.

4.2.1.- Señal de Salida - CW:

Se caracteriza por la frecuencia, amplitud o salida, y pureza espectral

Frecuencia (CW): Genera una onda senoidal estable de una única frecuencia.

- **Rango:** Rango de frecuencias cubiertas por el generador.
- **Resolución:** el menor incremento de frecuencia disponible.
- **Precisión:** que tan precisa es la señal una vez establecida.

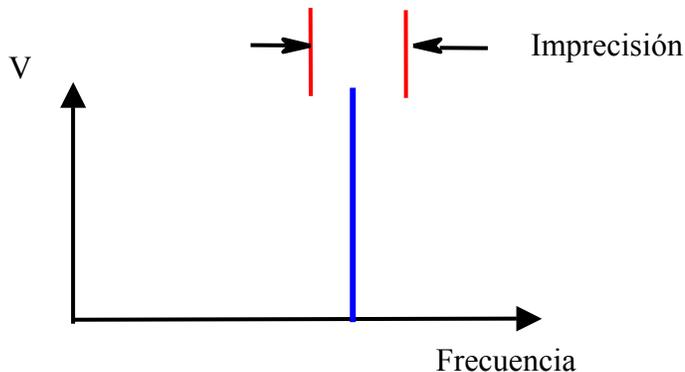


Figura 6.3

“ Generador de Barrido y Marcas” FRT - UTN

Ejemplo:

$$\begin{aligned} \text{Precisión} &= \pm f_{CW} * \text{taging} * t_{cal} \\ &= \pm \text{frecuencia de salida} \times \text{variación ó corrimiento de frecuencia} \\ &\quad \text{en un año} \times \text{tiempo transcurrido desde la última calibración.} \end{aligned}$$

Si: f_{CW} = Frecuencia CW = 1 GHz
 tagging = Variación de Frecuencia = 0.152 ppm/año
 tcal = tiempo desde la última calibración = 1 año

La precisión es: Precisión = 152 HZ

El **rango**, la **resolución** y la **precisión** son las principales características de la especificación de la frecuencia. El **rango** especifica las frecuencias de salida que el generador puede producir; la **resolución** es el incremento de frecuencia mas pequeño que se puede realizar; la **precisión** de un generador es afectada por dos parámetros, la **estabilidad** del oscilador y el **intervalo de tiempo** que ha transcurrido desde la **última calibración**.

Un oscilador de referencia (de muy buena calidad) (es el Oscilador Maestro) tiene un envejecimiento de 0.152 ppm por año. Esta tasa de envejecimiento indica cuanto puede variar hacia arriba o hacia abajo la frecuencia del valor especificado a 1 GHz un generador que no ha sido calibrado en **un año** con una tasa de envejecimiento de 0.152 ppm por año podrá tener una variación de 152 HZ de dicha frecuencia de salida.

Amplitud: {
- Rango (-136dBm to +13dBm)
- Precisión (+/- 0.5dB)
- Resolución (0.02dB)
- Velocidad de Conmutación (25ms)
- Protección de Potencia Inversa

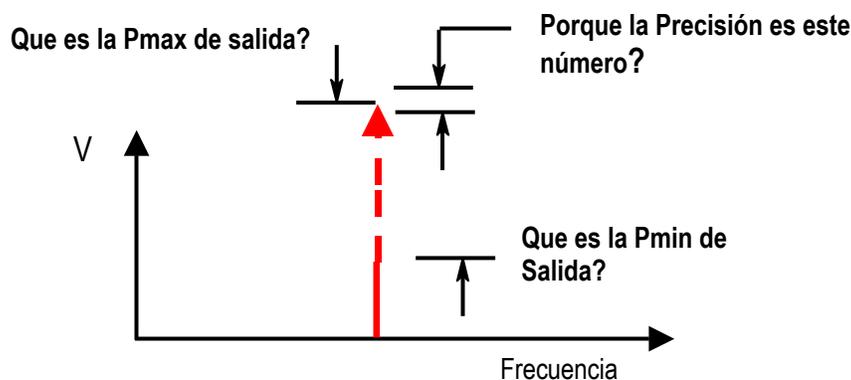


Figura 6.4

“ Generador de Barrido y Marcas ” FRT - UTN

Rango, precisión, resolución, velocidad de conmutación y protección contra potencia inversa son las principales especificaciones para la amplitud de un generador de señales.

El **rango** del generador está determinado por la máxima potencia de salida y la magnitud de la atenuación interna que se produce en el generador.

Los generadores monitorean su potencia de salida para así mantener la precisión de la amplitud. Los circuitos automáticos de nivel (CAN) son utilizados para la medición de la potencia de salida.

La **resolución del** generador está determinada por el incremento de amplitud mas pequeño que pueda realizar.

La **velocidad de conmutación** determina con que rapidez el generador puede cambiar de un nivel de amplitud a otro

Estos generadores se utilizan, entre otras cosas, para la prueba de transceptores, estos tienen transmisores por lo que la conexión entre la fuente y el transceptor cuando son encendidos conduce una señal desde el dispositivo bajo prueba hacia el conector de salida del generador.

La **protección de potencia inversa** evita que la señal viaje en dirección incorrecta dañando al generador. **El generador esta protegido contra señales accidentales generadas por el Dispositivo Bajo Prueba (DBP)**

Pureza Espectral {
• Ruido de Fase
• FM Residual
• Ruido

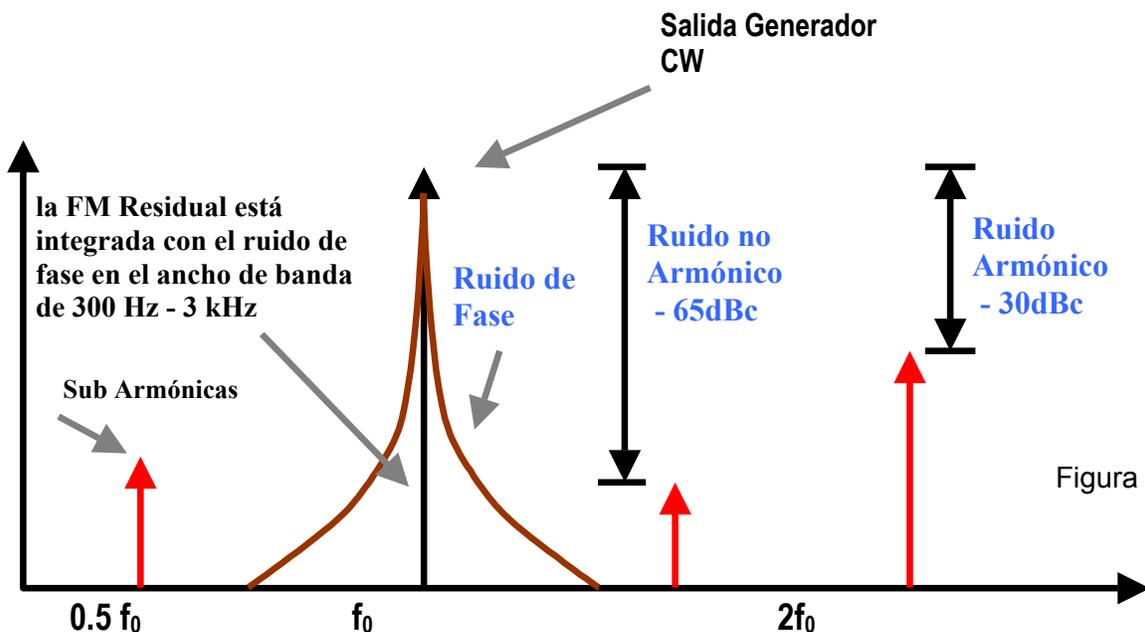


Figura 6.5

“ Generador de Barrido y Marcas” FRT - UTN

Las especificaciones asociadas con la pureza espectral son las más difíciles de comprender. La salida de un generador de onda ideal es una onda senoidal de una única frecuencia. Desafortunadamente, no es así para los generadores de onda portadora reales, todos los generadores son implementados con componentes reales (no ideales) estos componentes introducen ruido de fase y distorsiones indeseables. .

El ruido armónico está compuesto por señales que son múltiplos enteros de la señal de salida del generador de onda portadora. Los generadores tienen un gran número de componentes no lineales. Estos componentes son necesarios para entregar un extenso ancho de banda y potencia en la salida.

Consideraremos la salida de un amplificador

$$v_o(t) = a_1 v_i(t) + a_2 v_i^2(t) + a_3 v_i^3(t) + \dots$$

Para una señal senoidal de entrada, la salida está dada por:

$$\begin{aligned} v_o(t) &= a_1 \sin(\omega t) + a_2 \sin^2(\omega t) + a_3 \sin^3(\omega t) + \dots \\ &= a_2/2 + a_1 \sin(\omega t) + 3a_3/4 \sin(\omega t) + a_2/2 \sin(2\omega t) + a_3/4 \sin(3\omega t) + \dots \end{aligned}$$

“Las características no lineales de los amplificadores introducen armónicas de segundo orden, tercer orden y ordenes superiores. Una armónica de segundo orden típica se especifica con -30 dBc (30 dB por debajo de la salida de la frecuencia fundamental). El ruido no armónico puede tener una gran variedad de fuentes (por ejemplo la fuente de alimentación) y son típicamente del orden de - 65dBc. Además, a veces, se utilizan multiplicadores para extender el rango de frecuencia de salida apareciendo entonces Sub Armónicas.”

4.2.2.- Barrido

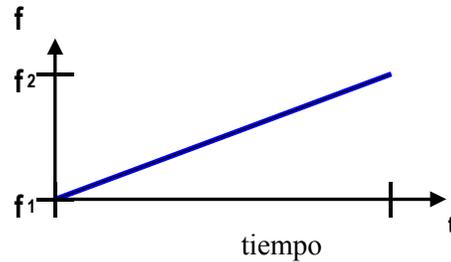
Características de Barridos

- Barre sobre un rango de frecuencias.
- Puede ser tanto lineal o continuo con una rampa y por escalones o pasos. También conocidos como de lista arbitraria (también pueden ser logarítmicos).
- Se seleccionan las frecuencias inicial, final y las marcas en los generadores sintetizados mediante filtros digitales, caso contrario, las marcas son fijas mediante filtros cerámicos .
- Se disponen de tiempos de barridos de 0.01 sg hasta 1000 sg.
- Los barridos pueden ser continuos o por pasos (discretos) con una resolución de 0.01 sg entre pasos. Para barridos logarítmicos la frecuencia mínima puede ser de 1 o 2 HZ.
- La distorsión armónica de una onda senoidal de salida varía de -25 hasta - 65 dB.
- La onda de salida además de variar la frecuencia se puede variar su amplitud y fase .

Tipos de Barrido: { **Rampa**
Pasos

Los generadores de barrido añaden la capacidad de barrer un rango de frecuencias, potencia o ambos. Hay dos tipos de generadores de barrido, por rampa y por pasos también denominados de lista arbitraria.

- **Barrido por Rampa** { - Precisión
- Tiempo de Barrido
- Resolución



- **Barrido por Pasos** { - Precisión
- Número de Puntos
- Tiempo de Conmutación

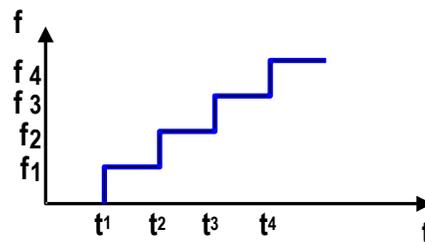


Figura 7.- Barrido por Rampa / pasos

En los generadores por rampa la frecuencia de la onda seno de salida es incrementada desde una frecuencia inicial hasta la frecuencia final. Esto produce una grafica lineal de la frecuencia versus el tiempo.

En los generadores por pasos la frecuencia es abruptamente cambiada de un valor a otro el generador se mantiene en cada valor de frecuencia un intervalo de tiempo especificado.

Para los generadores por rampa se especifican: la precisión, tiempo de barrido y resolución de frecuencia.

Para los generadores por pasos se especifican: la precisión, número de puntos y tiempo de conmutación. La cantidad de puntos puede variar desde unos cuantos a cientos de ellos. El tiempo de conmutación es el tiempo necesario para que el generador conmute de una frecuencia a otra.

Barrido Lineal

La variación de frecuencia es proporcional al tiempo con lo que a iguales intervalos de tiempo de operación corresponden iguales incrementos en el valor de frecuencia.

“ Generador de Barrido y Marcas” FRT - UTN

Para la Figura 7) anterior

$$T = K \Delta F \quad \left\{ \begin{array}{l} \Delta F = \text{Variación de frecuencia} = \text{Frec. Final} - \text{Frec. Inicial} \\ = \text{Frecuencia Final} - \text{Frecuencia Inicial} \end{array} \right.$$

Para $f_{\text{inicial}} = 100 \text{ HZ}$ y $f_{\text{final}} = 1 \text{ KHZ}$ $\rightarrow T = K \Delta F = K (1000 - 100) = 900 K$

De manera similar sucede para otro rango de frecuencias.

Para $f_{\text{inicial}} = 1 \text{ KHZ}$ y $f_{\text{final}} = 10 \text{ KHZ}$ $\rightarrow T = K \Delta F = K (10000 - 1000) = 9000 K$

Tarda 10 veces más en barrer el segundo ancho de banda.

“Si se quiere graficar en un osciloscopio una banda ancha grande no alcanzaría el ancho de la pantalla puesto que tiene 10 divisiones en el Eje X. Para el caso del Ajuste de FI en FM sí entraría porque el ancho de banda va de 10.6 MHz a 10.8 MHz o sea que es de 200 KHZ dividido por 10 daría 20KHZ por división del ORC en el eje horizontal.”

Barrido Logarítmico

Se obtiene un incremento de la frecuencia tal que a períodos de tiempos iguales se obtiene una frecuencia final que sea un múltiplo de la frecuencia inicial.

$$T = K \log f_{\text{final}} / f_{\text{inicial}}$$

Para $f_{\text{inicial}} = 100 \text{ HZ}$ y $f_{\text{final}} = 1 \text{ KHZ}$ $\rightarrow T = K \log 1000/100 = K$

De manera similar sucede para otro rango de frecuencias.

Para $f_{\text{inicial}} = 1 \text{ KHZ}$ y $f_{\text{final}} = 10 \text{ KHZ}$ $\rightarrow T = K \log 10 \text{ KHZ} / 1 \text{ KHZ} = K$

Ejemplo: Un barrido logarítmico de 100 HZ a 10 KHZ, si tomamos el tiempo para pasar de 100 HZ a 1 KHZ vemos que es el mismo que para pasar de 1 KHZ a 10 KHZ, debido a que hubo multiplicaciones por 10. Sin embargo solo se ha producido un incremento de 900 HZ al pasar de 100 HZ a 1 KHZ y luego 9000 HZ al pasar de 1 KHZ a 10 KHZ.

Cuando usar este método?

Cuando el recorrido es grande (ancho de banda grande), como por ejemplo el comprendido por la banda audible de 20HZ a 20 KHZ, ya que de otra forma no podría ser analizado en detalle, ya

“ Generador de Barrido y Marcas” FRT - UTN

que sería imposible visualizar en la pantalla de un Osciloscopio debido a su gran extensión y saldría fuera de los márgenes del eje horizontal.

4.2.3.- Generadores de Señales - Funciones Adicionales

Agregan Modulación de AM y FM, u otros tipos de modulación. En la actualidad estos son Generadores Sintetizados de frecuencia.

5.- Aplicaciones Generales

En general, los generadores de barrido y marcas, se utilizan para medir la respuesta de amplificadores, filtros y componentes sobre bandas de frecuencias específica o ancho de banda. Tales son los casos de la respuesta de amplificadores de Banda Angosta, como la Frecuencia intermedia en receptores de AM y FM, ajuste de discriminador y sintonizador, y de Banda Ancha como el Amplificador Vertical de un ORC. En especial se nota la ventaja de utilizar un Generador de Barrido para analizar la respuesta de un amplificador de banda ancha, hacerlo manualmente demanda mucho tiempo porque hay que cambiar una a una las frecuencias de ensayo hasta cubrir el ancho de banda más aún cuando se está en una etapa de diseño del amplificador, en cambio con un Generador de Barrido se hace rápidamente porque el barrido es automático sobre al ancho de banda predefinido. Es habitual que la señal que controla el VCO sea una rampa lineal que es la misma que controla el barrido horizontal de un ORC, donde se visualiza la respuesta de un dispositivo bajo prueba.

Cuando se ajusta un Amplificador de Frecuencia Intermedia y Discriminador se requiere que la curva de respuesta del amplificador de FI tenga máxima linealidad y amplitud. La respuesta del Discriminador debe tener máxima linealidad y pendiente entre dichos puntos.

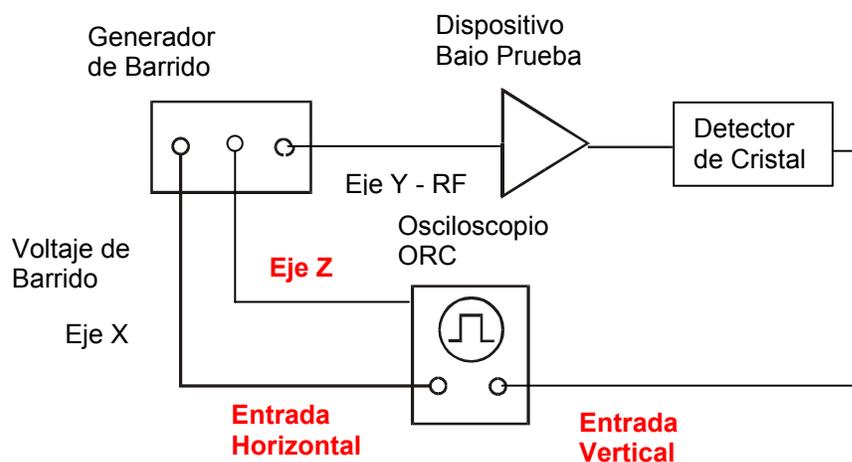


Fig. B: Configuración Típica para medir respuesta en frecuencia

Para determinar la respuesta en frecuencia de un sistema se requieren dos dispositivos auxiliares: un osciloscopio (ORC) y un detector de cristal, o simplemente detector. La Figura B)

“ Generador de Barrido y Marcas ” FRT - UTN

anterior muestra la configuración típica para representar la respuesta en frecuencia del circuito utilizando un generador de barrido. La salida del generador de barrido (RF) se alimenta a la entrada del circuito y la salida alimenta a un detector de cristal. El detector de cristal es un diodo rectificador y capacitor para eliminar el voltaje de rizo rectificado. En la Figura C) siguiente, puede verse un diagrama simplificado de un detector de cristal.

Como en el generador de barrido, también es necesario que la respuesta del detector sea plana desde la frecuencia más baja hasta la más alta a ser medida. Un método fácil y exacto para la determinación de la respuesta en frecuencia del sistema de barrido es conectar el detector de cristal al generador de barrido y presentar el resultado en el osciloscopio. Esto muestra la respuesta en frecuencia del sistema de medición, lo que sirve para cualquier corrección requerida por la carencia de una amplitud plana perfecta. En términos generales en un buen sistema de medición de barrido la respuesta en frecuencia máxima y mínima es menor a 1 dB.

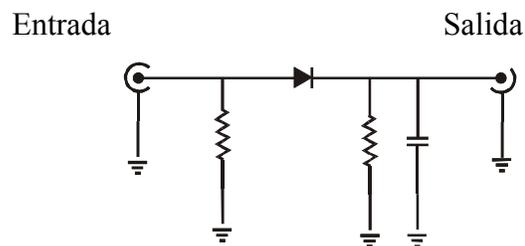


Figura C).- Detector de Cristal

El detector de cristal presenta como un inconveniente su relativamente pequeño ancho de banda, por lo cual no resulta adecuado para ensayos de sistemas de ancho de banda elevado. Una posible solución sería utilizar un conjunto de detectores para distintos rangos de frecuencia correlativos conectados en paralelo. Estos detectores deberían trabajar alternadamente en forma sincrónica usando como referencia la salida del voltaje de barrido del generador (Eje X). Otra forma sería prescindir del detector, y perder la curva de respuesta en frecuencia, que no es más que la envolvente de la salida del sistema a ensayar. En su lugar se observaría el espectro de esta señal, no como una curva, sino como una forma llena.

6.- Aplicación Específica

6.1.- Ajuste de un Receptor de FM utilizando un Generador de Barrido y Marcas

6.1.1.- Ajuste del Circuito de FI y del Discriminador

Desde el surgimiento de circuitos integrados, como los antiguos HA1137, TBA120 o similares con tecnología más actualizada, se redujo la tediosa tarea de ajuste del circuito de FI y del Discriminador, relacionados entre sí, mediante el simple retoque de dos circuitos tanques. No obstante, éstos requieren el mayor cuidado y atención, ya que el mal ajuste perjudicaría la calidad del equipo. El incorrecto ajuste del tanque T1 (de la etapa de FI) trae como

“ Generador de Barrido y Marcas ” FRT - UTN

consecuencias, baja sensibilidad y asimetría en la curva respuesta de FI. Esto provoca la imposibilidad del adecuado ajuste del discriminador, con la consecuente sintonía defectuosa y el mal comportamiento del **control automático de frecuencia (CAF)**. Otro tanto tiene que ver con la bobina del tanque T2 (del Discriminador), ya que el incorrecto ajuste de éste produce baja sensibilidad y distorsión de audio.

Algo similar ocurre con las mismas tareas en un **Receptor de AM**.

Instrumental necesario

Un generador de barrido Monfrini GB300B o similar; un osciloscopio que tenga un ancho de banda de 50 MHz con una sensibilidad mínima de 100mV/Div y un voltímetro electrónico tipo HP 4274 ó similar de RMS verdadero.

En la Figura 8) se muestra el diagrama en bloques y sus conexiones.

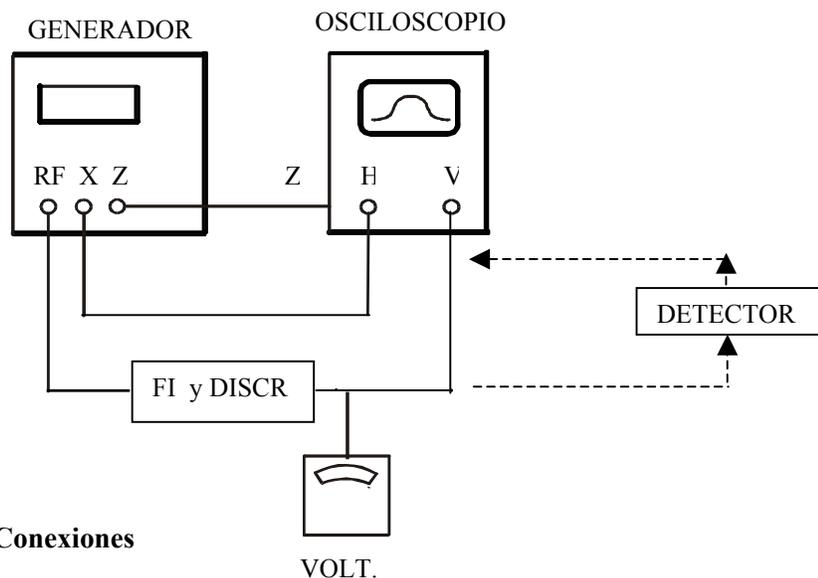


Figura 8.- Esquema de Conexiones

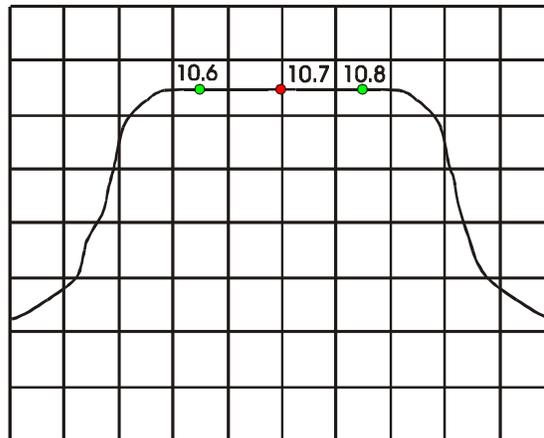
6.1.1.1.- Ajuste de la FI

- 1.- De acuerdo con el diagrama de la Figura 8) se conecta la salida del eje X del generador de barrido a la entrada horizontal del osciloscopio.
- 2.- La salida del eje Z a la entrada del eje Z del osciloscopio.
- 3.- Colocar el control de frecuencia horizontal en entrada externa.
- 4.- Colocar por medio del control de posición del generador de barrido el centrado de las tres marcas a 10.6MHz, 10.7 MHz y 10.8MHz.
- 5.- Conectar la salida de RF del generador de barrido a la entrada del circuito.
- 6.- Conectar las puntas de entrada vertical del osciloscopio al extremo libre de una R de 33 K Ω y masa

“ Generador de Barrido y Marcas” FRT - UTN

que va a la pata trece del HA1137 que actúa como **detector de nivel** y se aprovecha como **demodulador** caso contrario si se analiza la respuesta de un filtro o un amplificador común se **adiciona un diodo detector de nivel** como se indica en el gráfico agregado con líneas de trazo **caso contrario no se verá la forma indicada en la pantalla del ORC**. Sobre este mismo punto se conecta el voltímetro en CC, éste debe ser de alta impedancia para no cargar al detector.

7.- Con el Generador a máxima salida, ajustar T1 hasta obtener la curva de la Figura 9). La curva se observa saturada, pero lo importante es que las marcas queden perfectamente centradas. La tensión será aproximadamente 2.3V.

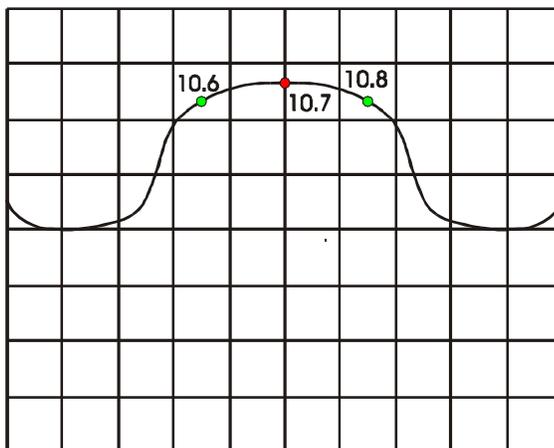


**Plena Limitación
2.3V**

Figura9 .- AJUSTE DE T1

8.- Bajar 20dB el atenuador de RF y observar que el centrado de las marcas y simetría de la curva se mantengan, de no ser así retocar T1 hasta conseguir la curva de la Figura10), que indica que la etapa de FI está en el umbral de limitación, por lo tanto es más representativa por no estar saturada.

Las marcas deben estar centradas y la curva simétrica. La tensión es aproximadamente 1V. A veces la mejor curva no corresponde a la máxima tensión ya que ésta se toma como referencia

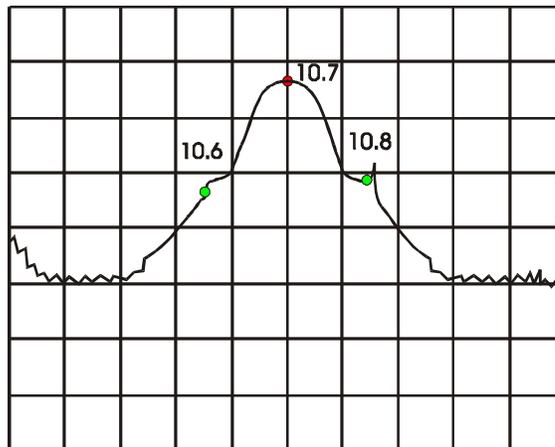


**Tensión
Aproximada 1V**

Figura 10.- Retoque de T1

“ Generador de Barrido y Marcas” FRT - UTN

9.- Atenuar 10dB la señal del generador, en estas condiciones la amplitud de la señal es menor de lo necesario para que actúe el limitador. Por eso, el ruido está presente en la curva como se observa en la Figura 11), pero la misma debe permanecer simétrica. Este punto se Tomará como referencia. La tensión es aproximadamente 0.5 V.



Tensión Aproximada
0.5 V

Figura 11.- Generador Atenuado

6.1.1.2.- Ajuste del Discriminador

Repetir los puntos 1 a 5 del ajuste de FI.

6.- Hacer que el punto de cruce por cero en el centro de la pantalla coincida con la marca de 10.7MHz.

7.- Conectar las puntas de la entrada vertical del osciloscopio sobre la patita X.

8.- Hay que cuidar que la intensidad de la señal del generador sea la adecuada, debe ser la suficiente como para que actúe la etapa limitadora, de tal manera que el discriminador responda solo a la modulación en frecuencia. Además, las señales grandes tenderán a deformar la curva. Por lo tanto, se sugiere que la posición del atenuador esté en -10dB y el variable al máximo.

9.- Ajustar el núcleo de T2 hasta obtener máxima conformación de la curva y perfecta linealidad del flanco, tomando como referencia las marcas de 10.6 y 10.8MHz y mantener la marca de 10.7 MHz en el punto de cruce por cero de referencia, como se ve en la Figura 12).

“ Generador de Barrido y Marcas” FRT - UTN



Figura 12.- Ajuste del Discriminador

Una vez terminado el ajuste fijar los núcleos con esmalte.

6.1.1.3.- Resultado Final

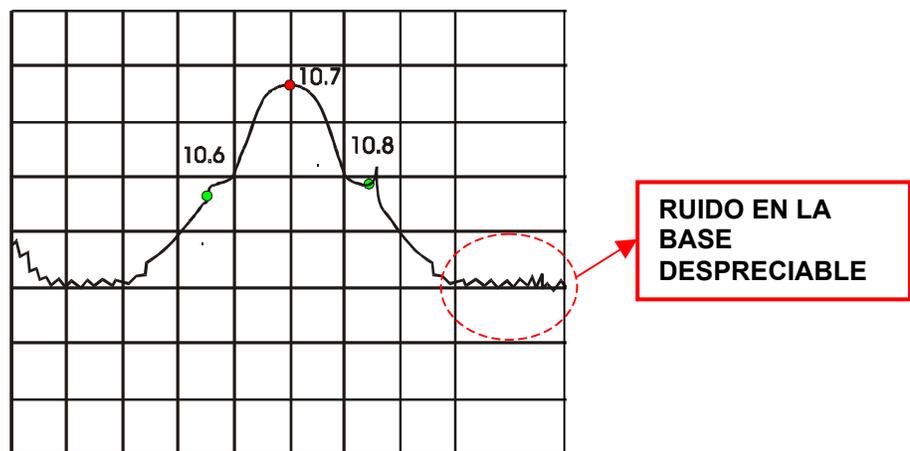


Figura 13.- Generador Atenuado

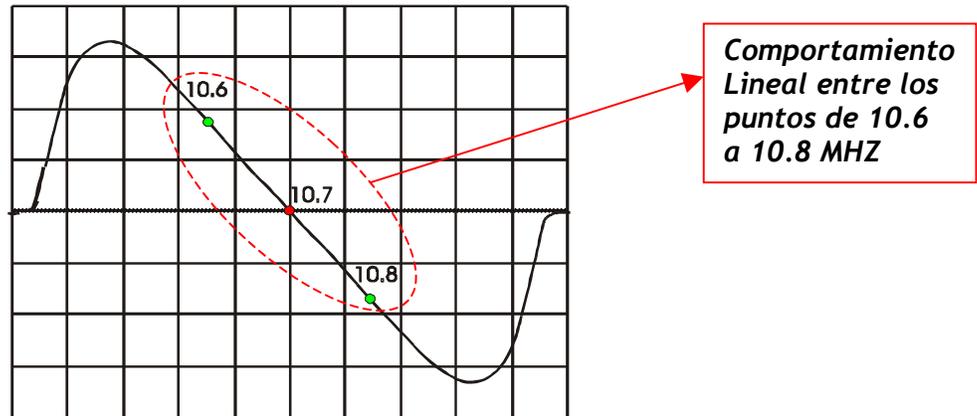


Figura 14.- Ajuste del Discriminador

7.- Bibliografía

- Stanley Wolf – Richard F.M. Smith: “ Guía para Mediciones Electrónicas y Prácticas de Laboratorio “. México. Prentice Hall. (1992).
- “Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición”. Cooper - Heltrick. (2002)
- “Mediciones Electrónicas “. Hugo Omar Grazzini. UNIVERSITAS (2003).
- RODE & SCHWARZ: “ Electronic Measuring Instruments and Systems “. Alemania 1984.
- Sweep Function Generator – GFE – 8017G : Good Will . Taiwan
- Terman y Pettit: “ Mediciones Electrónicas “. Argentina. ARBÓ (1972).

Ing. Juan C. Colombo
Prof. Medidas Electrónicas II
20/06/07