

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

# **FACULTAD REGIONAL**

# Ingeniería Electrónica - Medidas Electrónicas II

**TUCUMÁN** 

"Sintetizadores"

Ing. J.C. Colombo Prof. Medidas Electrónicas II 20/05/08

#### 1.- Sintetizador de Frecuencias

Es un Generador de Señales cuya frecuencia de salida variable se deriva de una frecuencia standard extremadamente estable, generalmente un oscilador a cristal de precisión que infiere al circuito una gran estabilidad y precisión en frecuencia. También se considera como la generación de señales analógicas utilizando técnicas digitales con operaciones aritméticas binarias (suma, resta, multiplicación y división).

Diversos circuitos se encargan de procesar esta señal de referencia que produce una frecuencia de salida que resulta ser un múltiplo entero o fraccionario de la frecuencia original. Por lo tanto, el conjunto de frecuencias de salida es discreto y su número, rango y resolución depende de la topología del sintetizador.

Según su funcionamiento los sintetizadores se dividen se dividen en Sintetizador Directo Analógico, Sintetizador Digital (Síntesis Digital Directa - DDS) y Sintetizador Indirecto (con Lazo Enclavado en Fase - PLL).

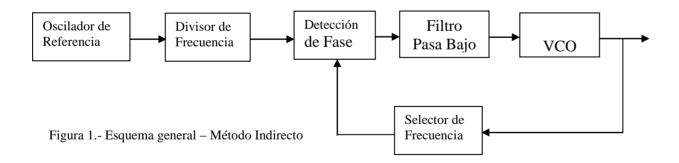
En sus orígenes los sintetizadores se utilizaban en las comunicaciones de alta frecuencia, entre 50 MHZ a 10GHZ y luego en baja frecuencia

### 2.- Características comunes a distintos sintetizadores:

- 1.- Ajuste digital de frecuencia por medio de llaves divisoras o divisores programables como el prescaler. El ajuste de f se hace por saltos, los que pueden se tan pequeños como se necesite, habitualmente saltos más pequeños implican una mayor complejidad en la circuitería aunque con el desarrollo actual de integración esto se minimiza. Para posibilitar un ajuste continuo de la frecuencia se incluye un interpolador que actúa entre los escalones mínimos de ajuste digital.
- 2.- **Pureza Espectral**, se logra con una elevada supresión de ruído y de señales espurias. Un sintetizador debe producir una sola frecuencia de salida sin distorsión u otras impurezas espectrales.
- 3.- Oscilador Patrón controlado por cristal de cuarzo muy estable. Es clave porque de su estabilidad depende la exactitud de todas las frecuencias a obtener.
- 4.- Posibilidad de recibir la inyección de una señal patrón externa de mayor exactitud que la del oscilador interno.
- 5.- Generan señales de RF con modulación de AM, FM, ASK, FSK, Pulsos, etc.
- 6.- Elevada resolución de frecuencia: es considerada como el más pequeño cambio de frecuencia que puede aceptar un sintetizador en un amplio rango que va desde algunos HZ hasta cientos de MGHZ. Normalmente la resolución es una potencia de 10, o sea 1, 10, 100HZ, etc.

- 7.- La precisión de frecuencia es la diferencia entre la frecuencia real y la frecuencia deseada o marcada. No hay que confundir con resolución. Un sintetizador puede tener muchos dígitos y una resolución de frecuencia muy estrecha, lo cual no significa que la frecuencia real sea la indicada por el último dígito.
- 8.- Tiempo de enganche: es la cantidad de tiempo desde el instante en que se solicita una nueva frecuencia hasta el momento en que la salida ha asumido esa frecuencia o se obtiene la misma. El tiempo de enganche puede variar desde menos de 1 ciclo de la frecuencia de salida hasta varios segundos para los sintetizadores de elevada precisión. La tecnología actual hace que esto se disminuya al orden de los ms, µs o ns según el tipo de síntesis que se realice. Esta característica es crítica cuando se requiere un cambio de frecuencia muy rápida, como es el caso de utilizar un sintetizador para ajustar frecuencias de un receptor y de un transmisor. Cuando se cambia de recepción a transmisión el sintetizador debe suministrar en forma rápida la frecuencia deseada.
- 9.- **Estabilidad de frecuencia**: Es algo realmente destacado y está asociado, en general, a un oscilador a cristal. La estabilidad del sintetizador es la estabilidad del oscilador a cristal. Hay diseños en los que se utiliza más de un oscilador a cristal u otros osciladores no controlados a cristal. En todos los casos la estabilidad es una función de los osciladores involucrados.
- 10.- **Señal radiada por el sintetizador**: se generan numerosas señales internas de diferentes frecuencias y pueden producir interferencias no deseables. Para evitar esto se hace uso de un blindaje especial, todas las líneas de programación, alimentación y de otros controles están desacopladas y blindadas. La salida del sintetizador se pasa por un Filtro Pasa banda para eliminar cualquier señal interna no deseada.

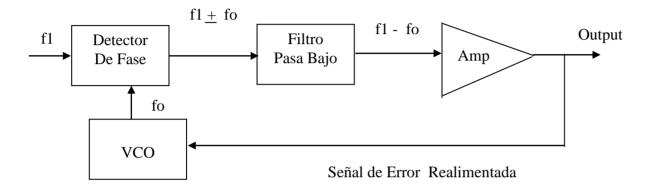
### 3.- Método Indirecto de Síntesis de Frecuencias



El Oscilador de Referencia se utiliza solamente como un elemento de comparación para un oscilador convencional como es el VCO al que lo mantiene en Fase y Frecuencia, al comienzo se utilizaba solamente Phase Locked Loop (PLL). Actualmente los PLL se combinan con Filtros Pasa Bajo (PB).

En comparación con el Método Directo los **tiempos de transición** para el cambio de una frecuencia son del orden de **msg** debido a la alta selectividad de los PLL (osciladores enclavados en fase). Las señales espurias pueden atenuarse hasta los **80 dB**.

Figura 2 .- Lazo Enclavado en Fase – PLL (Phase Locked Loop)



En ausencia de una señal de entrada, el VCO genera una señal de frecuencia **fo** la cual es mostrada como la frecuencia de funcionamiento libre o frecuencia central.

Cuando esta frecuencia se alimenta junto con una señal de entrada de frecuencia f1 al circuito Detector de Fase (Mezclador), éste produce una señal de salida conteniendo la suma y diferencia de ambas frecuencias f1 +/- fo.

La frecuencia suma no puede pasar por el Filtro Pasa Bajo pero la diferencia sí y va al amplificador el cual proporciona la señal de salida y también la señal de realimentación para el control de frecuencia del VCO realimentando al sistema.

La señal realimentada es de tal polaridad que ocasiona que la frecuencia generada por el VCO se desplace hacia la frecuencia de la señal de entrada. Si la frecuencia de entrada es suficientemente cercana (estrecha o cerrada) a la frecuencia central del lazo, el sistema realimentado causará que las dos frecuencias sean sincronizadas o simultaneamente enclavadas o enganchadas.

Sin embargo normalmente habrá una diferencia de Fase entre la señal de entrada y la señal del Oscilador Local, esta diferencia de Fase es necesaria para habilitar o permitir al Detector de Fase (Mezclador) generar la señal de error que mantiene **el lazo enclavado o cerrado** 

El rango de frecuencia de entrada para lo cual se producirá el enganche de Fase es conocido como "Rango de Captura". Una vez que una señal ha producido el enclavamiento del lazo hay un rango de frecuencia de señales de entrada conocido como "Rango de Enganche" (o enclavamiento) que mantendrá el lazo enclavado.

Una vez que el lazo está enclavado la diferencia de frecuencia **f1 - fo es cero** y una señal de error de frecuencia cero lo mantiene cerrado (enclavado). Si hay una pequeña desviación en la frecuencia de entrada, esta señal de error cambia para mantener el lazo enclavado.

Si la señal de entrada f1 es modulada en frecuencia FM, la señal de error cambiará con la modulación de frecuencia y la señal de salida será la componente demodulada.

Una de las ventajas del circuito PLL es su habilidad para **rastrear señales débiles** (como son las de satélites) y de mantener un ancho de banda constante, además los circuitos con PLL pueden suministrar figuras de bajo ruído siendo muy utilizados en receptores de señales débiles. También se utilizan en aplicaciones donde se necesitan salidas con muy bajo nivel de ruido, especialmente en circuitos de FM.

#### **FILTRO PASA BAJO**

Una vez que el lazo está enclavado, la señal pasante a través del Filtro Pasa Bajo es de frecuencia cero por lo que la característica de frecuencia de este filtro no es importante.

Sin embargo dichas características de Filtro PB son importantes en el proceso de captura. En equipos como receptores de radio, transmisores o generadores de señales es necesario tener habilidad para generar una señal de muy alta estabilidad y de frecuencia conocida.

Si consideramos que un oscilador a cristal en horno de temperatura controlada reúne los requisitos anteriores, se pueden de hecho emplear bandas de osciladores a cristales en hornos de temperatura controlada, la contra que tiene es el precio y la cantidad de cristales a colocar si el número de frecuencias estables requeridas es muy grande.

Por esta razón es que se utilizan PLL's para llevar la multiplicación de frecuencia de salida por enclavamiento del lazo en una armónica de la frecuencia de entrada. Esto es satisfactorio hasta la décima armónica por la facilidad que tienen los PLL's para enclavarse en una armónica incorrecta.

Considerando la **Figura 3**, se utiliza un divisor de frecuencia o circuito contador para generar una armónica de una frecuencia de entrada de referencia estable. **El VCO opera en una armónica de la frecuencia de referencia** pero su salida es dividida en frecuencia por un circuito contador digital así que la señal de frecuencia dividida es comparada en Fase con la señal de referencia. Cualquier error de señal es realimentada como lo indica la **Fig.2)** para causar que la frecuencia del VCO enclave en la armónica de la frecuencia de referencia.

### Ejemplo:

Si la frecuencia de referencia de un oscilador a cristal estable es de 10 KHZ y si el circuito divisor de frecuencia está puesto para dividir la frecuencia por 123, la frecuencia de salida será de 1,23 MHZ.; de la misma manera si el divisor de frecuencia está puesto para dividir la frecuencia de la señal del oscilador Local por 77, la señal de salida será 770 KHZ.

En sintetizadores, el comparador de fase es realmente un mezclador que produce a su salida la suma y resta de frecuencia de las señales que entran a él. La frecuencia diferencia es el voltaje de realimentación requerida por el cual mantiene el lazo enclavado, pero si la frecuencia suma no es eliminada por un filtrado eficiente, se producirá una indeseable modulación en frecuencia de la señal del oscilador local. Esto puede ocurrir debido a que el oscilador local del lazo está operando a varias veces la frecuencia de la señal de entrada, de

manera que la frecuencia suma puede causar alguna variación periódica de la señal osciladora requerida. En circuitos multiplicadores de frecuencia es necesario filtrar totalmente reduciendo la amplitud de la señal de frecuencia suma por un factor muy grande; este fuerte

filtrado produce una reducción del rango de captura y en grado menor la disminución de la respuesta transitoria del lazo.

En algunos casos se puede obtener la frecuencia de salida más fácilmente por enclavamiento del lazo en una armónica de la frecuencia de referencia y empleando un divisor.

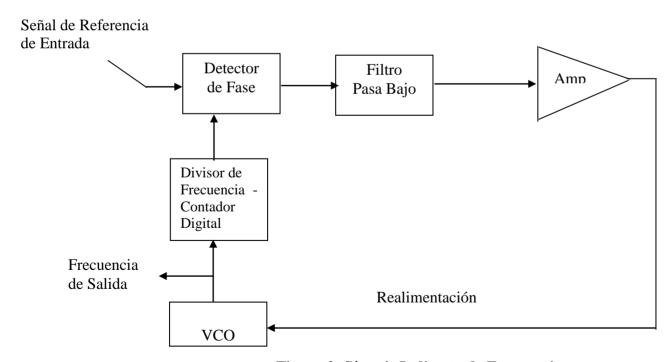


Figura 3: Síntesis Indirecta de Frecuencia

#### 4.- Sintetizador Indirecto

Mediante un generador de armónicas se obtienen una serie de frecuencias fijas, partiendo de la frecuencia de referencia **fr, igual a fc.** Mediante filtros de banda angosta, de frecuencia fija, se eliminan señales espurias en cada una de ellas. Luego, el operador selecciona las armónicas necesarias de acuerdo a la frecuencia a obtener, las que se inyectan en mezcladores incluidos en lazos con enganche de fase. Se obtiene una moderada supresión de armónicas, cuya componente remanente se elimina mediante los osciladores enganchados en fase.

Los transitorios al cambiar la frecuencia son de elevada duración (del orden de varios milisegundos) El sistema puede ser operado a control remoto con facilidad.

# 4.1.- Diagrama en Bloque de un Sintetizador

El esquema de la Figura 4 es del tipo indirecto para la banda de 2 a 30 MHZ. Los saltos mínimos son de 100 HZ en toda la gama de frecuencias. Consiste de 5 lazos enganchados en fase, indicados como PLL (Phase Locked Loop)
Las funciones de cada parte es la siguiente:

- PLL 1: Controla las unidades de KHZ y las centenas de HZ de la frecuencia a obtener.
- PLL 2: Controla las decenas y centenas de KHZ de la frecuencia a obtener.
- PLL 3: Controla las unidades de MHZ de la frecuencia a obtener.
- PLL 4: Actúa como sumador de la frecuencia obtenida en PLL2 y la obtenida en PLL1 dividida por 100.
- PLL 5: Actúa como sumador de la frecuencia obtenida en PLL3 y el VCO 4.
- F1 a F5: Filtros RC.
- % N1: divisor digital programable (contador).
- VF: Valor final del contador : 900
- VI: Valor inicial del contador : 00 hasta 99 según la frecuencia que se desee obtener; determina las centenas de HZ y las unidades de KHZ a obtener.
- D1: Divisor digital fijo (%100)
- % N2: Contador digital programable: su valor inicial determina las decenas y centenas de KHZ (en general un contador digital programable es un contador en el cual el número inicial a partir del cual cuenta puede ser variado mediante una llave externa)
- M 4: Mezclador.
- F'4: Filtro pasa bajo con frecuencia de corte 100 KHZ.
- % N3: Contador digital programable : su valor inicial determina las unidades de MHZ.

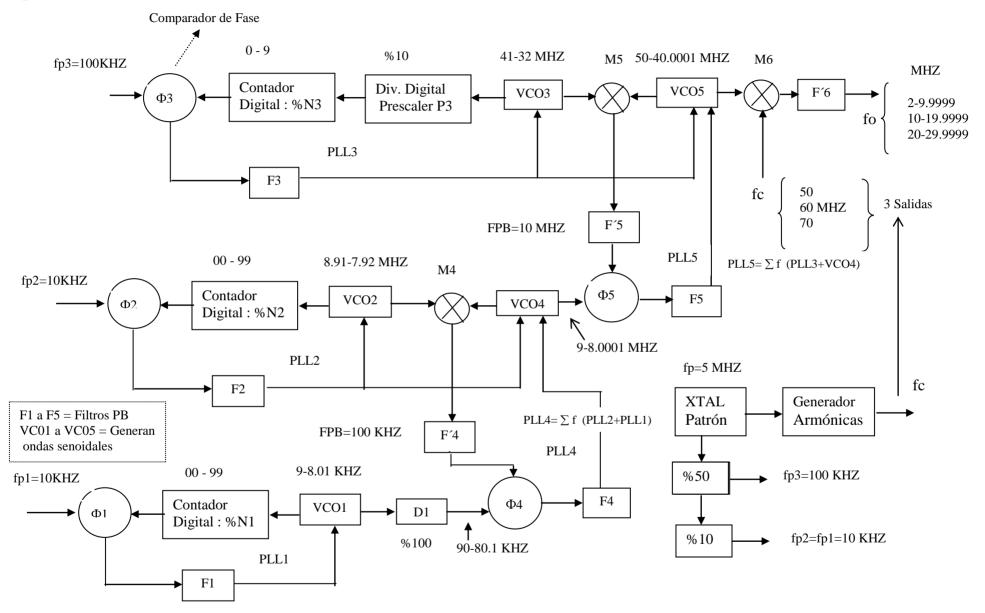
- P3: Prescaler (divisor digital) fijo %10.
- M 5: Mezclador.
- F'5: Filtro pasa bajo con frecuencia de corte 10 MHZ.
- Según Fc = 50, 60 ó 70 MHZ se obtendrán a la salida 0, 1, 2 decenas de MHZ.
- Los VCO 1 a VCO 5 generan ondas senoidales. Las mismas pueden obtenerse usando circuitos LC controlados con varactores. Podrían utilizarse multivibradores que admiten mayor relación entre la frecuencia mínima y la frecuencia máxima, y cuya variación de frecuencia con la tensión de control aplicada es lineal, pero esto exige generar, mediante el uso de filtros las ondas senoidales necesarias para los mezcladores M4, M5 y M6 ( se deben agregar 4 filtros).

En VC01 este problema no existe, puesto que su señal no es aplicada a un mezclador sino a un comparador de fase que opera con ondas cuadradas.

La alinealidad de las características de Capacidad vs. Tensión continua aplicada a un varactor, no es demasiado importante, puesto que se está en un lazo cerrado. La variación de las características del varactor con la temperatura tampoco es de mucha importancia si se la tiene en cuenta en el diseño del Sintetizador (la frecuencia no debe llevarse más allá de los límites del lock range).

• fp1 , fp2, fp3 : señales de referencias para los comparadores de fase 1 ,2 y 3 se obtiene por división digital del Oscilador Patrón a Cristal de 5 Mhz.

Figura 4.- Sintetizador Indirecto



#### 5.- Método Directo de Síntesis de Frecuencia

Consiste en que la señal de salida se obtiene por sucesivas multiplicaciones, divisiones, y mezcla (suma y resta) y filtros pasa banda, de frecuencias que se generan a partir del Oscilador de Referencia. Esto conjunto de elementos proporciona una elevada estabilidad y rapidez en el cambio de frecuencia de salida al no estar afectado del tiempo de respuesta del bucle de Comparación de Fase que tiene los indirectos.

Las armónicas se seleccionan mediante Filtros Pasa Banda, de Banda Angosta habitualmente fijos, lo que asegura una rápida variación de la frecuencia seleccionada. El tiempo de transición entre una selección de frecuencia y otra es de 10 a 100 μsg, o menor, con una supresión de señales espurias de 10 dB. Estos dos últimos parámetros son superiores a Sintetizadores por Método Indirecto.

La desventaja que tiene este tipo de sintetizador es que ante cambios de frecuencia, se producen problemas de discontinuidad de fase y aparición de señales espurias en la salida. Esto último se evita mediante el uso de Filtros Pasa Bajo (FPB) no dejan pasar las componentes de alta frecuencia de la señal seleccionada.

En la Figura 5 se muestra un ejemplo de este tipo de generadores. La resolución y rango de frecuencias están en función del número y tipo de circuitos que lo componen.

Figura 5: Método Directo Analógico de Sintetización de Frecuencia

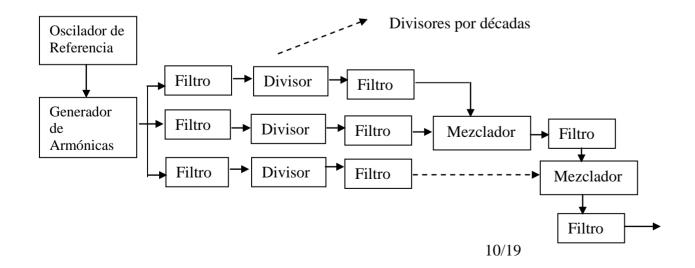
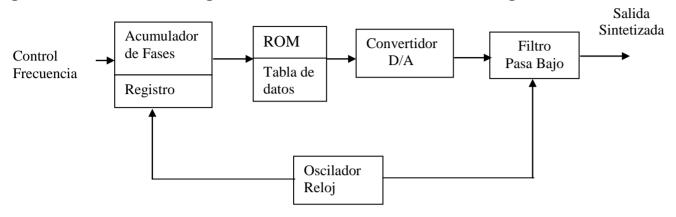
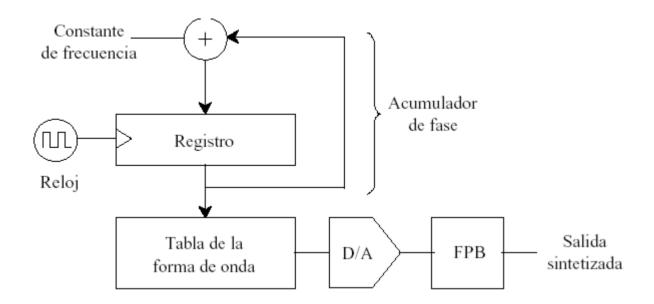


Figura 6: Método Directo Digital de Sintetización de Frecuencia Programables



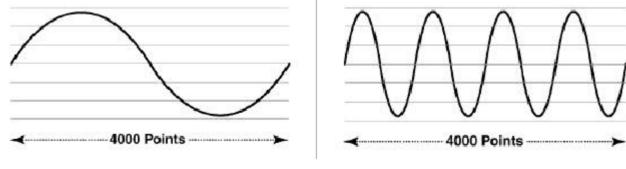
En la ROM se programa la generación de una señal senoidal de determinada características, forma, frecuencia, nivel pp, etc., y el Acumulador de Fase genera el valor creciente de las fases de una sinusoide a intervalos de muestras fijados por un Reloj Oscilador. En cada impulso de reloj la Fase avanza un valor proporcional a la frecuencia preestablecida. Las fases se digitalizan en la ROM convirtiéndose en una serie de muestras digitales de una señal senoidal, que se pasan por el Convertidor D / A que las convierte en una escalera cuya envolvente es una senoide. El Filtro PB elimina las componentes de altas frecuencias no deseables, dando la señal senoidal seleccionada, previo proceso de interpolación analógica que elimina los escalones de la forma de onda producto de la conversión..

En el proceso de síntesis muestreada, conocida como síntesis digital directa (DDS), se utiliza una tabla de datos almacenada en la ROM, que corresponde a una forma de onda determinada, generalmente una señal senoidal, cuya variable de entrada es la fase y cuya salida es la amplitud correspondiente que pasa a la salida a través de un convertidor digital analógico y un filtro paso bajo que realiza un proceso de interpolación analógica para eliminar los escalones de la forma de onda provenientes de la conversión. Un diagrama en bloques de un generador por síntesis muestreada es el siguiente:



El acumulador de fase funciona de modo que se pueda configurar el valor incremento del dato de fase de entrada a la tabla. El valor "constante de frecuencia" determina el número de pasos de fase que hay entre una entrada a la tabla y la siguiente. Si tiene como valor 1 se recuperan todos los valores de la tabla. La resolución en fase es máxima y la frecuencia mínima (máximo número de puntos extraídos de la tabla a frecuencia de reloj fija).

Si el valor de la constante de frecuencia es, por ejemplo, 4 se extrae de la tabla 1 de cada 4 valores. En este caso la resolución en fase baja a la cuarta parte mientras que la frecuencia se cuadruplica manteniéndose el numero total de puntos como se muestra dad a continuación. El valor máximo de la constante de frecuencia vendrá dado, para una determinada configuración de acumulador de fase, por el criterio de Nyquist.



### Cambio de la base de tiempos en un generador de síntesis muestreada.

Este esquema está limitado por la frecuencia máxima que genera el Convertidor D/A aunque se está imponiendo con la incorporación de los  $\mu$ P a este tipo de generadores.

Las principales ventajas de la síntesis muestreada son:

- Gran velocidad de cambio de frecuencia ya que el tamaño del paso de fase puede cambiar de un paso al siguiente con lo cual cambia la frecuencia de la señal de salida.
- Se puede elegir cualquier punto de la tabla como elemento inicial lo cual permite tomar de modo arbitrario la fase origen de la forma de onda.
- Al aumenta la capacidad de la ROM se pueden incluir tablas de otras formas de ondas, lo cual convierte al sintetizador en un generador de funciones sintetizado.
- Elevada exactitud en frecuencia puesto mediante la incorporación de un acumulador de fase de gran resolución si se dispone de un registro de gran numero de bits.

La desventaja de este sintetizador es un limitado rango de frecuencias que para tecnologías convencionales es del orden de 10 MHz. Para esas grandes frecuencias el número de puntos por ciclo evidentemente se reduce acercándose al límite establecido por el criterio de Nyquist con lo que la calidad de la forma de onda se degrada. Además, existen algunas otras desventajas propias del uso de sistemas de muestreo y convertidores Digital analógico como son el ruido de cuantización, el aliasing y la posible aparición de componentes espurias en la salida. Estos dos últimos problemas pueden resolverse adecuando el diseño del filtro paso bajo de salida.

### Características de un Sintetizador de Muestreo o DDS

Los parámetros de mayor importancia del proceso de muestreo y conversión analógica en los generadores de síntesis muestreada son los a que a continuación se indican.

 Velocidad de muestreo: es un parámetro que define la máxima velocidad de extracción y conversión de los datos de la memoria. Para tecnologías convencionales es del orden de 100 MS/s llegándose a alcanzar con tecnologías avanzadas (AsGa) los 2.6 GS/s.

- Resolución vertical (en amplitud): es el número de bit del convertidor digital/analógico. Para generadores de alta frecuencia se utilizan convertidores de 8 o 10 bits, mientras que en generadores de propósito general a frecuencias más reducidas se pueden encontrar convertidores de 12 o 14 bits. Por ejemplo, si la salida de un generador con un convertidor de 10 bits (1024 niveles) es de 1 Vp-p, se tiene una resolución (menor incremento posible en la salida) de aproximadamente 1 mV; si la salida es de 1 V a través de un CD/A de 12 bits se tiene una resolución de 0,24 mV. Hay que tener presente las características de los CD/A y la frecuencia.
- Profundidad de la memoria: el aumento del tamaño de la memoria del generador implica algunas mejoras en su
  funcionamiento. Por un lado se puede incluir más de un ciclo de la señal lo cual lo cual reduce la distorsión que puede aparecer
  en la salida debido a la "vuelta atrás" desde la posición final de forma de onda hasta la posición inicial. Por otro lado, sobretodo
  para señales de alta frecuencia, señales con flancos de gran pendiente o formas de ondas complejas, se puede aumentar el
  número de puntos y, por lo tanto, la calidad de la señal de salida. Hoy en día se pueden encontrar generadores con memoria de
  hasta 8 MS.
- **Resolución horizontal:** la resolución depende del número de bits del acumulador de fase. Una especificación usual en este tipo de equipo es una resolución de 0.1 Hz de Resolución Horizontal, aunque es posible encontrar equipos especializados con resolución de hasta 1 µHz.
- Rango de frecuencia: Habitualmente no hay límite inferior en el rango de frecuencia que entrega el sintetizador, mientras que el límite superior depende de la velocidad de muestreo y de la profundidad de memoria. La frecuencia máxima que se puede obtener sin perdida de información se puede calcular como fmax = (velocidad de muestreo / profundidad de memoria) x (número de ciclos en memoria).

Para valores superiores de frecuencia de salida se han "saltar" puntos degradándose la calidad de señal y manteniéndose la resolución horizontal constante a su valor máximo. Para valores inferiores se ha de bajar adecuadamente la frecuencia del reloj del acumulador de fase (velocidad de muestreo efectiva) de modo que se vuelque a la salida toda la información de la memoria en el tiempo especificado (número de ciclos en memoria / frec salida). En este caso la calidad de la señal se mantiene mientras que la resolución horizontal se degrada.

Velocidad de cambio de frecuencia (frequency switching speed): este parámetro depende del tiempo de estabilización del
circuito ante un cambio de la frecuencia. Afecta fundamentalmente a los sistemas de síntesis indirecta donde aparecen circuitos
PLL. Esta velocidad de respuesta depende de la frecuencia final de salida del sintetizador de modo que el tiempo aumenta
cuando disminuye la frecuencia. Se suele especificar el tiempo de cambio hasta una frecuencia de 100 Hz y suele ser desde
decenas de milisegundos en equipos básicos, hasta centenares de microsegundos en los equipos más especializados. En los
generadores con síntesis muestreada este tiempo es tan sólo el de algunos ciclos de reloj.

- Calidad de señal (signal purity). Esta especificación afecta a todos los sistemas que, en forma similar a estos, trabajan en el dominio de la frecuencia y determina la degradación del espectro de la señal de salida respecto del espectro ideal.
   Se suelen dar los siguientes parámetros:
  - Ruido de fase: Determina la modulación de fase de la señal y se suele dar en magnitud logarítmica dB por Hz.
  - **Señales espurias**: son señales no armónicas que aparecen en la salida que suelen provenir del defecto de filtrado de los escalones entre los diferentes niveles de salida del convertidor CD/A. También aparecen cuando se selecciona un cambio de frecuencia de salida. Se suele especificar también en magnitud logarítmica.

#### 5.1.- Funcionamiento del Sintetizador Directo

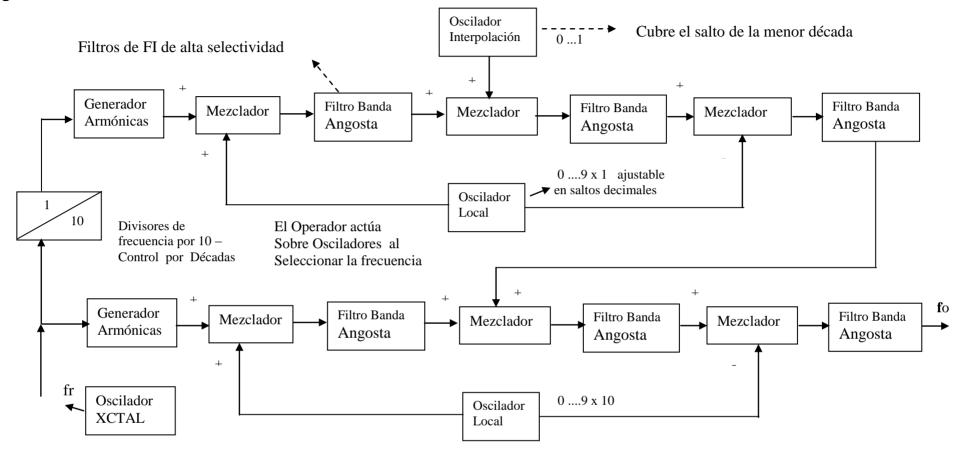
Del oscilador a cristal se obtiene la frecuencia de referencia **fr** y mediante divisores por diez se obtienen frecuencias de control, decádicas. Cada una de estas frecuencias de control se aplican a un generador de armónicas y luego a un mezclador y circuito de reconversión provistos para la selección de la armónica deseada.

Cada mezclador y circuito de reconversión incluye un oscilador local y un conjunto de filtros de frecuencia intermedia de alta selectividad

Los osciladores locales son ajustables en saltos decimales, y el operador actúa sobre ellos al seleccionar la frecuencia. Existe una correspondencia biunívoca entre cada frecuencia a obtener a la salida y las correspondientes frecuencias a generar en los osciladores locales.

Dado que la frecuencia generada por el oscilador local se suma en el primer mezclador y luego vuelve a restarse, su inestabilidad no influye sobre la frecuencia de salida **fo.** El oscilador de interpolación cubre el salto de la menor década. Este método puede resultar económico, pero **no se presta** para el control remoto.

Figura 7.- Sintetizador Directo



La inestabilidad del Oscilador Local no afecta la estabilidad puesto que en el primer mezclador se suma y en el segundo se resta.

Este dispositivo en particular no es apto para control remoto

# 6.- Ejemplo de Selección de Frecuencias en un Sintetizador

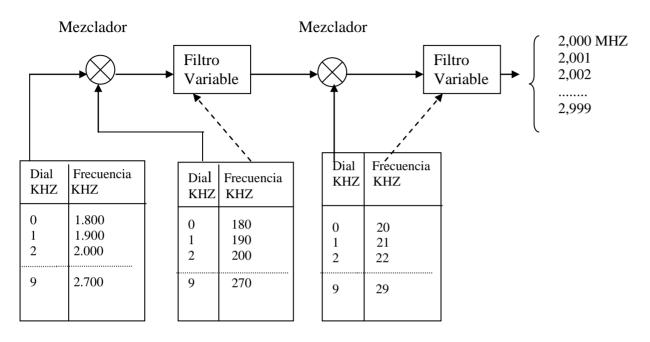


Fig. A

# **Características Principales:**

- Se considera un cristal para varios canales : para el caso de la banda de VHF(30-300MHZ) tiene 880 canales espaciados 50 KHZ entre 26 y 70 MHZ.
- Tipo de Sintetizador: Directo.
- Sintetizador de Fig A): 3 mandos de 10 posiciones.
  - Frecuencias generadas en cada posición seleccionada.
  - Banda a cubrir 2 a 2,999 MHZ por saltos de 1 KHZ.
  - Los índices de mandos se colocan de izquierda a derecha.
- Ejemplo 1 : Indice de mandos colocados en posiciones : 9 1 2
  - El código arbitrario 912 corresponde a las frecuencias de:

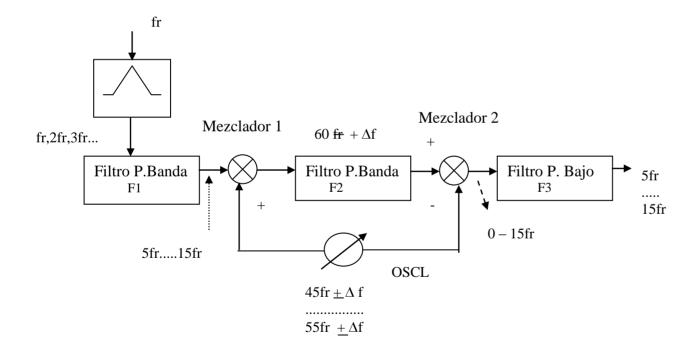
2700 + 190 + 22 = 2.912 KHZ.

- La frecuencia seleccionada de 2912 KHZ se obtiene sumando en una primera etapa → 2700 + 190 = 2890 KHZ

- En una segunda etapa se suma  $\rightarrow$  2890 + 22 = 2912 KHZ.
- Ejemplo 2: Obtener una frecuencia de 6879 KHZ, para lo cual hay dos posibilidades:
  - 1) Sumar la 6° armónica de 1000 KHZ , la 8° armónica de 100 KHZ , la 7° armónica de 10 KHZ  $\rightarrow$  6000 + 800 + 70 + 9 = 6879 KHZ.

Esto se puede lograr con cualquiera de los métodos vistos Directo o Indirecto 2) Obtener la armónica de orden 6879 de 1 KHZ : entre la armónica de orden 6878 y la de orden 6879 hay una separación de 1 KHZ lo que implica un filtro con esa capacidad de separación más difícil de conseguir antiguamente , en especial si se tratan de frecuencias variables, no obstante no es una limitación por el desarrollo actual de los CI.

# 7.- Ejemplo de Obtención de Armónicas mediante Filtros en Método Directo.



fr se deforma y mediante el Filtro Pasa Banda F1 se eligen las armónicas que se desean seleccionar por pasos. Se considera que a este primer filtro entran las armónicas fr, 2fr, 3fr, 4fr, 5fr,.....15fr y a la salida de F1 se tienen las frecuencias 5fr, 6fr, 7 fr,.....15 fr.

Mediante el oscilador OSCL se elige una de estas 11 armónicas. EL oscilador produce las frecuencias desde 45 fr hasta 55 fr por saltos de 1 fr con un error tal que  $2\Delta f$  < fr.

Si se desea obtener la armónica 5 fr, en el Mezclador 1 se mezcla la banda de 5 fr hasta 15 fr con la frecuencia de 55fr +/- Δf.

El Filtro Pasa Banda F2 es de un ancho de banda fr y está sintonizado para  $60 \text{fr} + /- \Delta f$ . La señal que se obtiene a la salida de F2 es  $55 \text{fr} + /- \Delta f$   $+5 \text{fr} = 60 \text{fr} + /- \Delta f$ .

Los productos de una segunda mezcla de la salida del oscilador con 60 fr +/-  $\Delta$ f , transmitidos pr un Filtro Pasa Bajo F3 ( o – 15 fr ) dan lugar finalmente a la frecuencia (60fr +/-  $\Delta$ f ) - (55fr +/-  $\Delta$ f ) = 5fr o sea la armónica que se deseaba obtener.

Por último la doble conversión elimina la variación +/- Δf del oscilador.

# 8.- Aplicaciones

Tiene un gran variedad de aplicaciones, lo más importante es que se utilizaran cuando se necesite gran variedad de frecuencias diferentes con elevada estabilidad.

Algunas aplicaciones son:

- Campo de las comunicaciones de alta frecuencia: 50 MHz a 10 GHZ;
   Campo de Bajas frecuencias: 0,001HZ a 120 KHZ; Ondas cortas 2 a 30 MHZ; para FM: 88 a 108 MHZ; ó generadores patrones que cubre desde 0,01HZ hasta 50 MHZ o 500MHZ.
- Patrones de frecuencias desde fracciones de HZ hasta centenas de MHZ.
- Medición de frecuencias por batido.
- Excitadores para equipos de banda lateral única.
- Sistema de transmisión por desplazamiento de frecuencia (FSK).
- Sistemas que exigen su manejo a control remoto en forma muy precisa y rápida (Sistemas de Mediciones Automáticas).
- Osciladores Locales en receptores de comunicaciones de alta calidad.
- La incorporación de microprocesadores a los generadores sintetizados dan amplias posibilidades de otras aplicaciones.

Ing. J.C. Colombo

Prof. Medidas Electrónicas II

**FRT-UTN** 

24/05/12