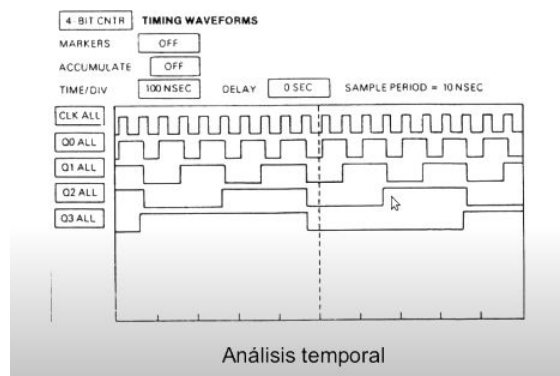


[AEL] Analizador de Estados Lógicos	2
[AEB] Analizador de Espectro de Barrido	9
[PRF] Potencia en RF	17
[SIN] Sintetizadores en Frecuencia	25
[CNT] Contadores	35

[AEL] Analizador de Estados Lógicos

- Para un AEL. Explique:
 - ¿Qué condiciones debe cumplir un glitch para poder ser detectado por el AEL?
El glitch para ser detectado debe superar los umbrales de tensión que pueden ser prefijados por el usuario. si el glitch superó dos veces los umbrales superiores e inferiores, el AL nos informará en la próxima muestra que hubo un glitch mediante el modo “glitch detect” hasta un ancho mínimo. Cualquier glitch que supere solamente uno de los umbrales, el AEL no es capaz de detectarlo, y estos son peligrosos porque pueden estar fuera de los valores máximos de la lógica que se esté utilizando.
Para este último caso se puede utilizar un osciloscopio de memoria profunda(DMO).
 - En qué caso utilizaría el clock interno?
En casos en donde necesite encontrar transiciones indeseadas dentro de mi sistema, como la frecuencia del AL es mayor a la del DUT es capaz de muestrear entre transiciones del clock del DUT permitiendo visualizar transiciones parásitas que no serían visibles en el modo de estado.
- Sobre el Analizador de estados lógicos se pide:
 - ¿Cuál es la diferencia entre el modo analizador de estados y el modo analizador temporal?. ¿En qué casos utilizaría cada uno ?
Análisis temporal: Utiliza un clock interno que generalmente es mayor que el del circuito medido. Es llamado modo asíncrono porque las líneas se capturan en sincronismo con un clock interno, asíncrono al circuito medido. Es posible visualizar tiempos. *Es utilizado para debuggear problemas a nivel de hardware.*
La visualización es similar a un osciloscopio(una senoidal la mostraría como una onda cuadrada), aunque solo muestra dos niveles.



Análisis de estado: Utiliza un clock externo proveniente del sistema a medir. Es llamado modo síncrono porque los datos se capturan en sincronismo con el circuito ensayado. No soy capaz de ver tiempos, solo interesa la transición entre estados. *Se utiliza para depurar problemas a nivel de software.*

La visualización es bajo la forma de palabras digitales(binario, compl.2, hexa, decimal, etc.)

4-BIT CNTR	STATE LISTING
MARKERS	OFF
LABEL >	Q
BASE >	BIN
+0000	0000
+0001	0001
+0002	0010
+0003	0011
+0004	0100
+0005	0101
+0006	0110
+0007	0111
+0008	1000
+0009	1001
+0010	1010
+0011	1011
+0012	1100
+0013	1101
+0014	1110

Análisis de estado

- ¿Qué es un glitch y que tipo de glitch puede detectar el analizador de estados lógicos?

Los glitches son transiciones indeseadas que ocurren a nivel de hardware que puede llegar a producirse por interferencias o en malos diseños de PCB por problemas en tiempos de propagación.

El glitch para ser detectado debe superar los umbrales de tensión que pueden ser prefijados por el usuario. si el glitch superó dos veces los umbrales superiores e inferiores, el AL nos informará en la próxima muestra que hubo un glitch mediante el modo “glitch detect” hasta un ancho mínimo. Cualquier glitch que supere solamente uno de los umbrales, el AEL no es capaz de detectarlo, y estos son peligrosos porque pueden estar fuera de los valores máximos de la lógica que se esté utilizando.

Para este último caso se puede utilizar un osciloscopio de memoria profunda(DMO).

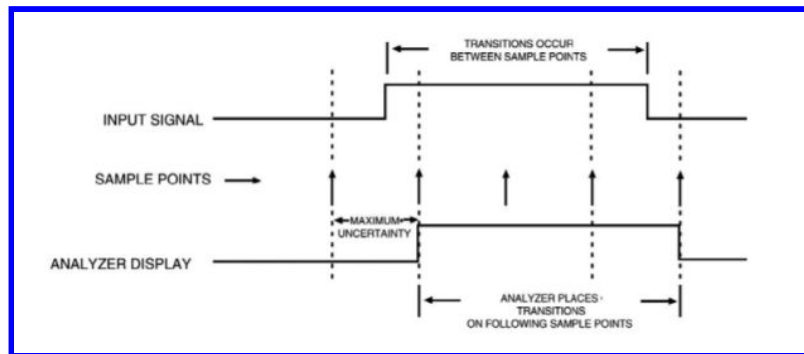
- ¿Para que se utiliza el clock qualifier?

El clock qualifier es un circuito **combinacional** presente dentro del modo de adquisición por “estados”, en el cual el **AEL** muestrea en forma síncrona con respecto una señal de clock (u otra de interés) proveniente del DUT, se utiliza el clock qualifier para enmascarar ciclos de clock que no son de interés durante el análisis de estados. Estos datos ni siquiera son guardados dentro del LATCH, simplemente se descartan. *EJEMPLO: Solamente detectar el flujo de datos cuando se recepte una señal de RE (Read Enable).*

- ¿Qué características poseen las puntas activas?

Mismas características de las pasivas, pero permiten inyectar un estímulo, por ejemplo un estímulo, por ejemplo cuando el sistema espera un acknowledge.

- Explicar los siguientes conceptos de un analizador lógico, en lo posible graficar
 - Incertidumbre de análisis temporal.



La figura muestra la **incertidumbre** que ocurre entre en **análisis temporal** de una señal de entrada, se puede observar que entre los dos primeros puntos de muestreo se produjo una conmutación, de bajo a alto, el AL es capaz de reconocer **que** ocurrió una transición pero no el **cuando**, esto genera cierta ambigüedad entre el momento que efectivamente ocurre la transición y la muestra del cambio por parte del AL.

La máxima incertidumbre es de un periodo de muestreo del AL.

- Método de disparo negativo con un retardo de 5 ocurrencias

FILMINA 23 AEL

- Uso del clock interno

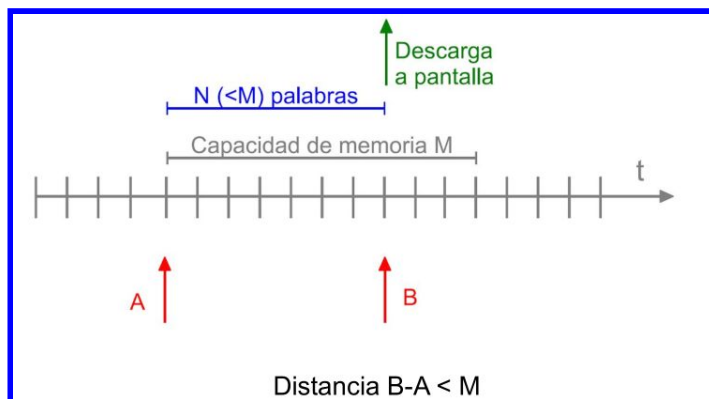
En casos en donde necesite encontrar transiciones indeseadas dentro de mi sistema, como la frecuencia del AL es mayor a la del DUT es capaz de muestrear entre transiciones del clock del DUT permitiendo visualizar transiciones parásitas que no serían visibles en el modo de estado.

- Para un analizador de estados lógicos, explicar los siguientes modos de disparo. Graficar y comentar algún ejemplo de su utilización

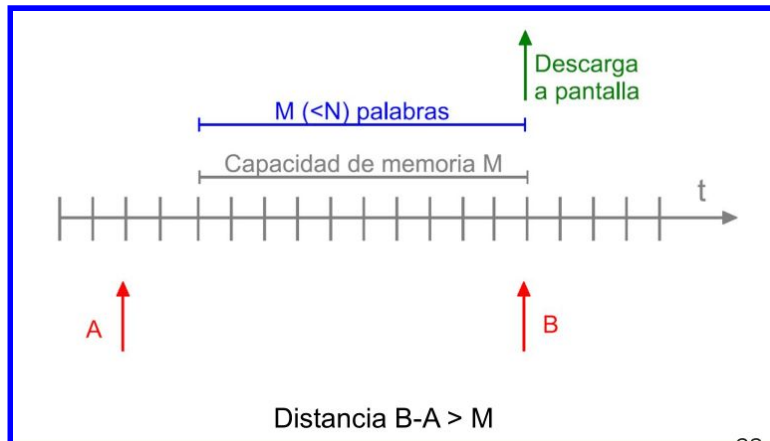
- Lógica de disparo serie

Se utilizan dos palabras de disparo para inicio y fin de la captura respectivamente. Se pueden dar dos casos.

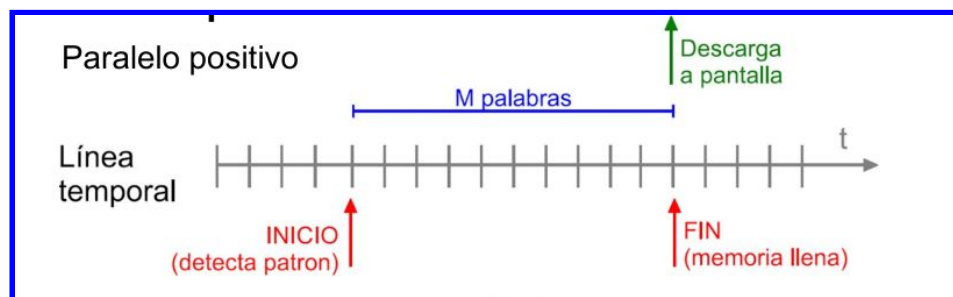
$N < M \rightarrow$ Se capturan N palabras.



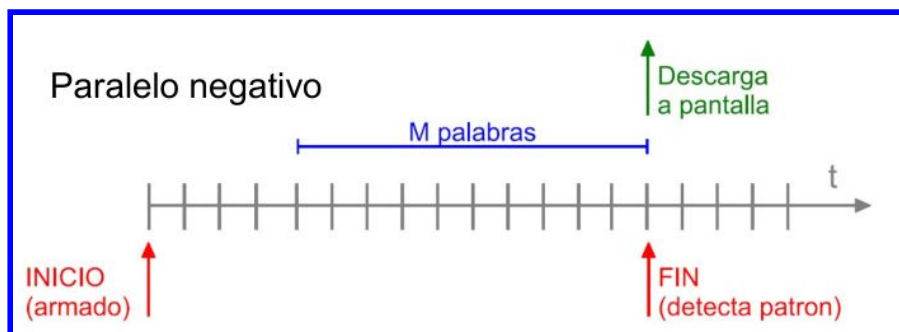
$N > M \rightarrow$ Se capturan las últimas M palabras.



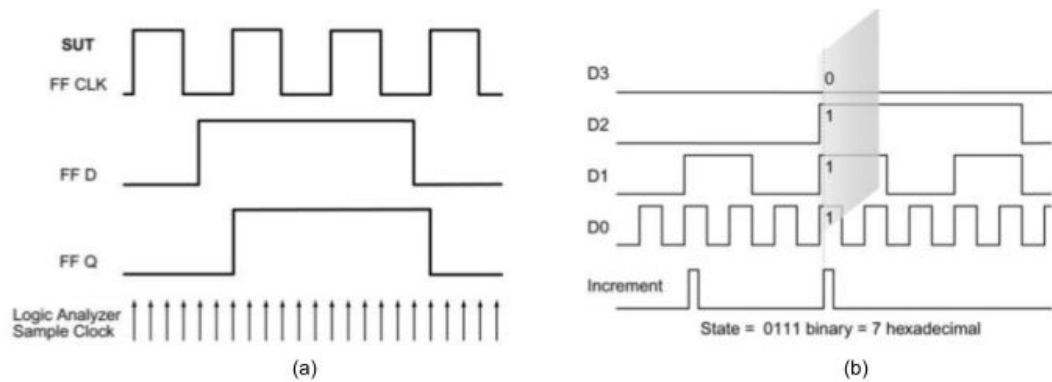
- Lógica de disparo paralelo positivo
La adquisición comienza con el patrón y finaliza cuando se llena la memoria de tamaño M . La memoria contiene las M palabras posteriores al patrón. Ej: Para investigar sobre las consecuencias que se produjeron a raíz del evento en cuestión.



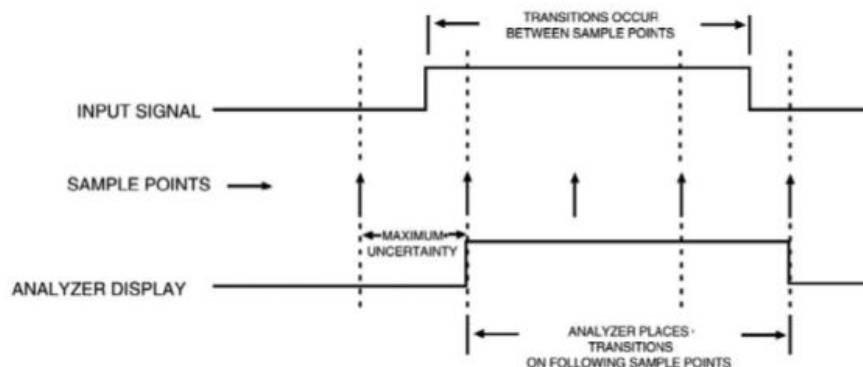
- Lógica de disparo paralelo negativo
La adquisición comienza con el "armado" del instrumento, y finaliza cuando se encuentra el patrón. La memoria contiene las últimas M palabras previas a producirse el patrón. Ej: Para investigar sobre las causas que produjeron el evento en cuestión.



- Dados los casos de medición de la siguiente figura, explique a qué modos de funcionamiento del analizador lógico corresponden, así como sus características generales.



- Indique cuáles de estas afirmaciones son correctas para un analizador de estados lógicos:
 - La frecuencia del clock interno en general es menor al del externo.
 - En el modo de disparo serie pueden sobreescribirse datos en memoria
 - Mediante el analizador de estados lógicos se puede observar cualquier tipo de glitches
 - El muestreo transicional requiere almacenar valores de estados y valores de tiempos
- Indique cuáles de estas afirmaciones son correctas para un analizador de estados lógicos:
 - La frecuencia del clock interno en general debe ser mayor que la del externo. (circuito externo a medir).
 - El tiempo de almacenamiento disponible depende solo de la frecuencia de clock utilizada para la captura.
 - El muestreo transicional se basa en valores de estados y valores de tiempo.
 - Mediante el analizador de estados lógicos, se pueden analizar cualquier tipo de glitches.
- Teniendo en cuenta la siguiente figura, extraída de la AN 1337 de Keysight que es referencia de la materia, se pide:



- Explique claramente qué características del AL ilustra esta figura, y en qué modo de funcionamiento es importante este concepto.

La figura muestra la **incertidumbre** que ocurre entre en **análisis temporal** de una señal de entrada, se puede observar que entre los dos primeros

puntos de muestreo se produjo una conmutación, de bajo a alto, el AL es capaz de reconocer **que** ocurrió una transición pero no el **cuando**, esto genera cierta ambigüedad entre el momento que efectivamente ocurre la transición y la muestra del cambio por parte del AL.

La máxima incertidumbre es de un periodo de muestreo del AL.

- De qué parámetros del AL depende esta incertidumbre y cual es la relación concreta?

Concretamente esta incertidumbre depende de 2 factores:

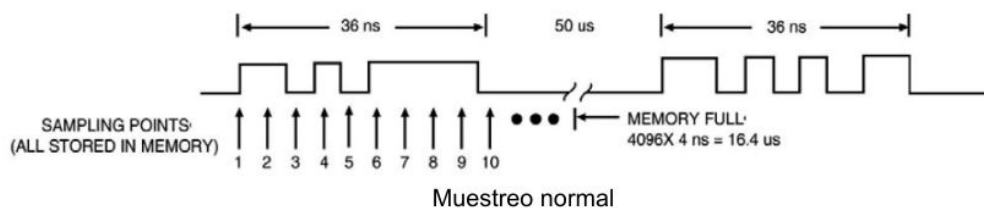
- Velocidad de los circuitos del AL. (Máxima tasa de muestreo).
- Tamaño o profundidad de memoria.

Para mejorar la incertidumbre se puede aumentar la tasa de muestreo (mejorar la resolución), pero ya que cada punto de muestreo usa una posición de memoria, también voy a estar disminuyendo mi ventana de adquisición, y si la memoria no es lo suficientemente grande el evento que quiero capturar puede ser sobrescrito antes de poder visualizarlo. Este compromiso entre memoria y velocidad de muestreo se puede representar con la siguiente fórmula.

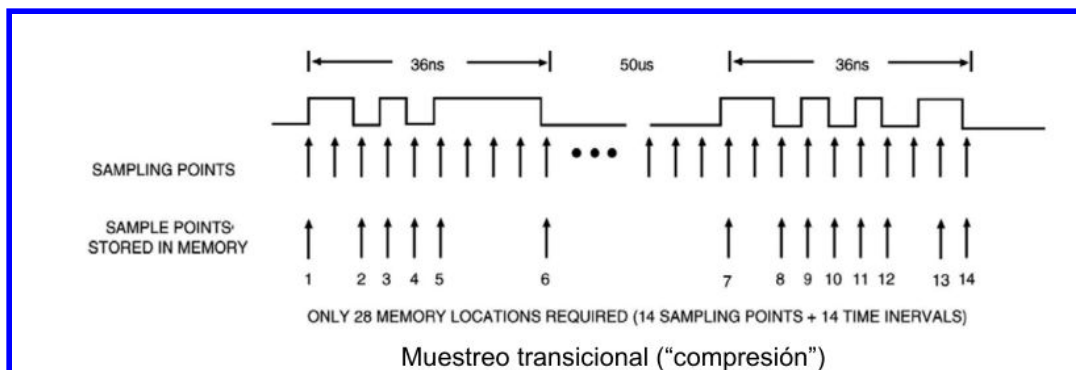
$$T_{\text{MEDIDO}} = n * t_{\text{clk}}$$

- ¿Cuáles de estos conceptos sobre el disparo (trigger) de un analizador lógico son correctos?
 - En el disparo paralelo positivo la adquisición comienza con un patrón y finaliza cuando se llena la memoria de almacenamiento.
 - En el disparo paralelo negativo la adquisición captura información hasta que encuentra el patrón de finalización
 - En el disparo serie se utiliza un solo patrón, que da comienzo a la captura.
 - El usuario puede elegir un nivel de tensión que desee para definir el nivel de disparo.
- ¿Qué diferencias fundamentales presenta el analizador lógico respecto a las puntas de prueba lógicas?
 - Las puntas lógicas no permiten medir salidas de circuitos secuenciales
 - El analizador lógico permite registrar la secuencia de estados de un circuito secuencial
 - Una punta lógica sólo permite capturar una línea digital, mientras que el analizador lógico permite capturar múltiples líneas
 - El analizador lógico permite analizar la forma real de los pulsos de entrada
- La ventaja que introduce el muestreo transicional en el analizador de estados lógicos consiste en que
 - Permite el ahorro significativo de memoria para cualquier tipo de eventos independientemente de su separación en el tiempo
 - Permite un ahorro significativo de memoria para capturar eventos muy distanciados entre sí en el tiempo

- Permite analizar la forma real (analógica) de los pulsos de entrada
- No introduce ventajas significativas con respecto a los demás modos de muestreo
- En cuáles de los siguientes casos es imprescindible el uso de un analizador de estados lógicos (indicar en los casos correctos que clock utilizará, interno o externo) (x2)
 - Para medir circuitos combinacionales
 - Para medir circuitos secuenciales asíncronos
 - Para medir circuitos secuenciales síncronos **clock externo**
 - Para detectar problemas de software en circuitos digitales **clock externo**
 - Para detectar problemas de hardware en circuitos digitales **clock interno**
- Mediante un analizador lógico se debe diagnosticar el sig problema de software: dentro de un bucle de 100 ciclos de lectura de datos, en la quinta iteración de lectura arroja valores incorrectos. Especifique cómo utilizará los siguientes controles para este caso:
 - Modo de estado o de tiempo
 - Clock Qualifier
 - Modo de disparo
 - Retardo (en ciclos o en disparos)
 - Modo normal o transicional
- Para un analizador lógico, considere el caso de medición de la Figura. Como se observa, para esta señal en forma de dos rafagas, el analizador captura los primeros 16,4 us de señal, tras lo cual la memoria del instrumento se llena. Interesa capturar ambas rafagas de 36 ns cada una sin perder datos. Basándose en lo visto en clase, indique que acción habría que tomar para lograr esto.



A través del **muestreo transicional** → utilizar un detector de transiciones que le indica al DMA (Direct Memory Access) si debe o no almacenar el dato actual.



[AEB] Analizador de Espectro de Barrido

- Dados los siguientes bloques de un AEB, conectarlos con sus características correspondientes:
 - Amplificador de FI → Determina el piso de ruido mostrado en pantalla (DANL)
 - Filtro de resolución (FI) (RBW) → Es un filtro pasabanda - Determina el SPAN del instrumento - Determina el tiempo de barrido (Sweep Time)
 - Oscilador local (LO) → Ocasiona el ruido de fase -
 - Mezclador → Es el principal generador de productos de distorsión
 - Filtro de frecuencia imagen → Es un filtro pasabajo -
 - Filtro de video → Se encuentra luego del detector de envolvente -
- Ocasiona el ruido de fase
- Es el principal generador de productos de distorsión
- Se encuentra luego del detector de envolvente
- Es un filtro pasabajo
- Determina el SPAN del instrumento
- Es un filtro pasabanda
- Determina el piso de ruido mostrado en pantalla (DANL)
- Determina el tiempo de barrido (Sweep Time)
- Explicar la diferencia entre Filtro de video y promediado de video

La diferencia, es que el filtrado de video se hace en tiempo real, se ve el efecto total del promediado a medida que el barrido avanza, y cada punto es promediado solo una vez, aproximadamente $1/VBW$ para cada barrido. En cambio, el promediado de video, necesita de varios barridos para ver el efecto final, y cada punto se promedia varias veces, teniendo en cuenta el valor actual y el valor del promediado anterior.

- Datos: SPAN = 100 MHz
RBW = 1KHz
VBW = 10KHz
k=3
 - Calcular ST -- con RBW^2 , ya que $RBW < VBW$
 - Si se cambia VBW a 100 Hz, cambia ST? (si cambia, calcular

$$ST = (k * SPAN) / (RBW^2)$$

$$ST = (3 * 100 \text{ MHz}) / (1\text{KHz}^2)$$

$$ST = 300 \text{ seg.}$$

Para VBW = 100 Hz →

$$ST = (k \cdot SPAN) / (RBW \cdot VBW)$$

$$ST = (3 \cdot 100 \text{ MHz}) / (100 \text{ Hz} \cdot 1 \text{ KHz})$$

$$ST = 3000 \text{ seg.}$$

- En base a la Fig.1, se pide:
 - Indicar en la figura y calcular ancho de banda de resolución (RBW) y factor de forma del filtro
 - Indicar en la figura y calcular el piso de ruido promedio (DANL)

The DANL specifies all the internal noise of the spectrum analyzer referenced to 1 Hz and represented in dBm/Hz. The DANL is frequency dependent and it increases with frequency. Spectrum analyzers use preamplifiers to reduce DANL. The instrument is unable to measure any input signal that is below this level.

- Indicar en la figura explicar brevemente qué efecto tiene el ruido de fase y cómo se puede reducir el mismo

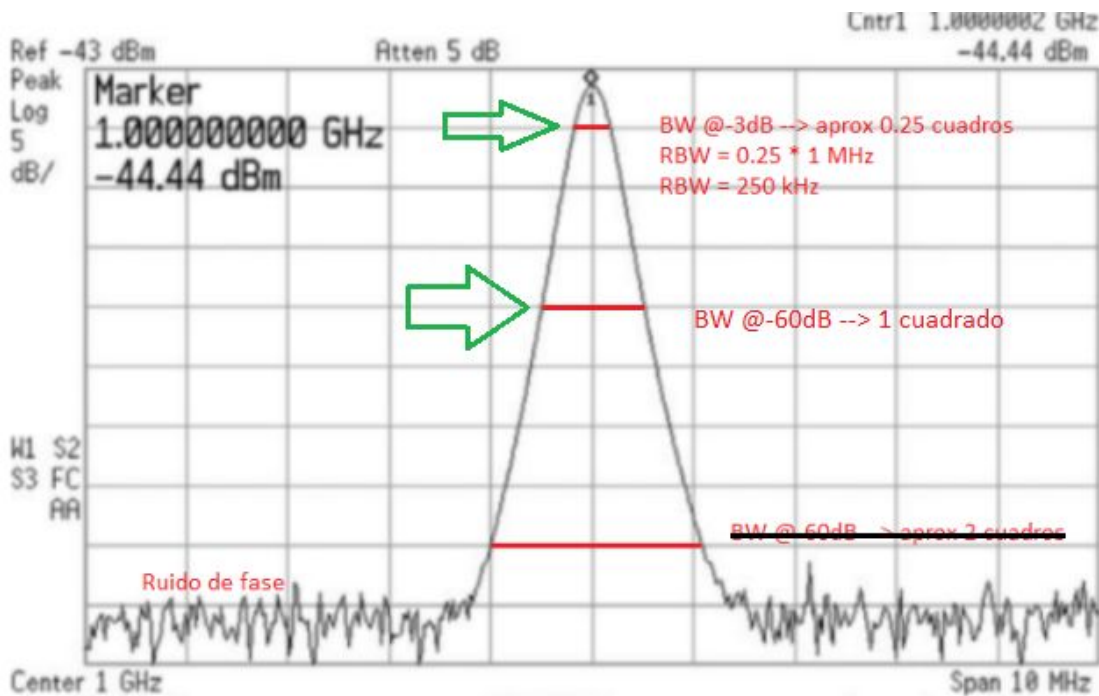


Figura 1: Caso de medición en un Analizador de Espectro de Barrido (AEB)

$$FF = (BW @ -60 \text{ dB} / BW @ -3 \text{ dB})$$

$$FF = (1 \text{ MHz}) / (0,25 \text{ MHz})$$

$$FF = 4:1$$

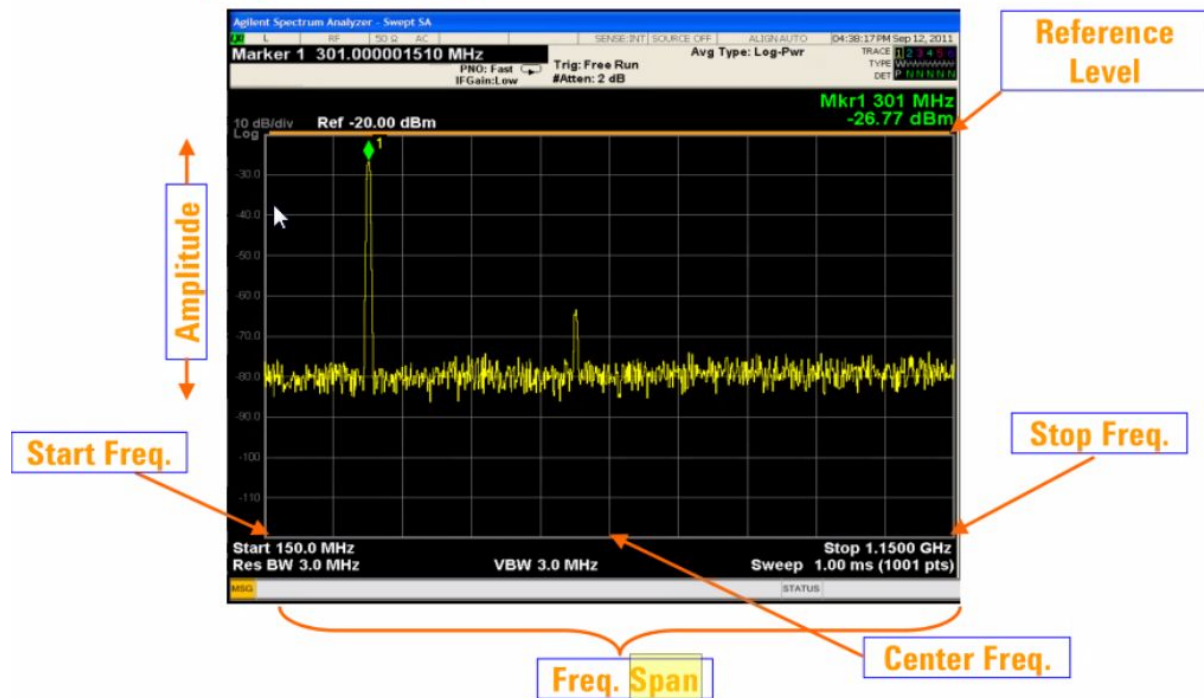
Para conseguir la mejor sensibilidad (menor ruido):

- RBW más angosto
- Mínima atenuación de la entrada RF
- VBW < .1 RBW a .01 RBW

Todo esto trae a consecuencia un mayor tiempo de barrido. Una baja atenuación, aumenta la desadaptación, por lo que se reduce la precisión de la medición

Theory of Operation

Display terminology



- [AEB] y [AEF]
 - Explique las diferencias fundamentales entre un analizador de espectro de barrido y un analizador de fourier: ¿En qué caso se utilizará cada uno? Ventajas y desventajas? Comente el funcionamiento de cada uno
 - Cómo se calcula el ancho de banda de resolución RBW en cada caso?

AEB: El analizador de espectro de barrido mide la magnitud de una señal vs la frecuencia, en todo el rango de frecuencias del instrumento **NO POSEE INFORMACIÓN DE FASE.**

Desventaja: requiere un cierto tiempo para obtener el espectro de la señal, siendo poco útil para señales cuyo espectro sea muy variable.

Ventajas sobre AEF: El nivel de ruido es inferior debido al filtro que reduce el piso de ruido. Además, posee un mejor SPAN ya que hace un barrido por segmento.

$$RBW \Rightarrow ST = (k * SPAN) / (RBW^2)$$

AEF: El analizador de espectro de Fourier, mide la magnitud y la fase de una señal de entrada en una frecuencia particular dentro del ancho de banda de IF del instrumento. Es muy útil para señales con espectro variable. Conserva información de fase de cada componente espectral.

Desventaja: Posee niveles de ruido superiores.

$$RBW = f_s / N = 1 / TR$$

- [AEB] En la figura 2 se puede ver una señal de AM en la parte inferior (no prestar atención a la señal superior) De esta imagen obtener:
 - Valor de la constante K del filtro de resolución
 - Expresión y valor del índice de modulación

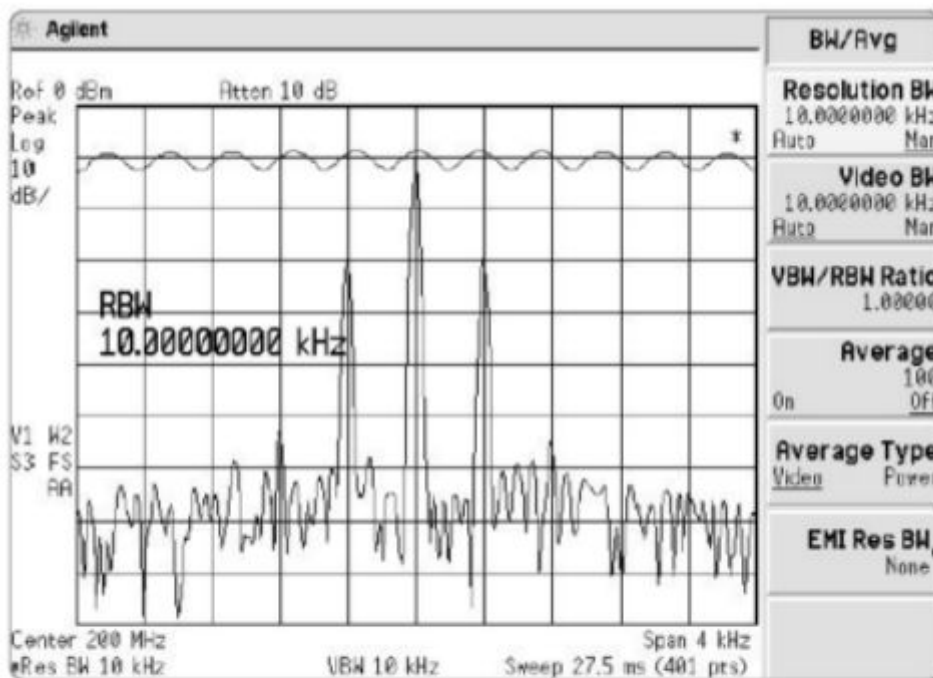


Figura 2: Pantalla de un Analizador de Espectro de Barrido

Cálculo de K:

$$ST = (k * SPAN) / (RBW^2)$$

$$RBW^2 * ST = k * SPAN$$

$$k = RBW^2 * ST / SPAN$$

$$k = ((10\text{kHz})^2 * 27.5\text{ms}) / 4 \text{ kHz}$$

$$ST = (k1 * SPAN) / (RBW * VBW)$$

$$k = [ST * (RBW * VBW)] / SPAN$$

Viendo el gráfico:

Span: 4 kHz

ST = 27.5 ms

VBW = 10 kHz

RBW = 10 kHz

$k = [27.5 \text{ ms} \times (10 \text{ kHz} \times 10 \text{ kHz})] / 4 \text{ kHz}$

$k = 27,5 \times 10^{-3} \text{ seg} \times [10000 \text{ hz} \times 100000 \text{ hz}] / 4000 \text{ hz}$

K=687,5

Índice de modulación:

$m = 2 \times 10^{(A/20)} \rightarrow$ Siendo A la diferencia de amplitud entre la portadora y las bandas laterales (por ende A en dB será negativo), aprox -17 dB

$m = 2 \times 10^{(-17/20)}$

m = 0.2825

Luego, con la misma señal de entrada, se aplica span cero como se observa en la figura 3 (no prestar atención a la señal inferior), explique:

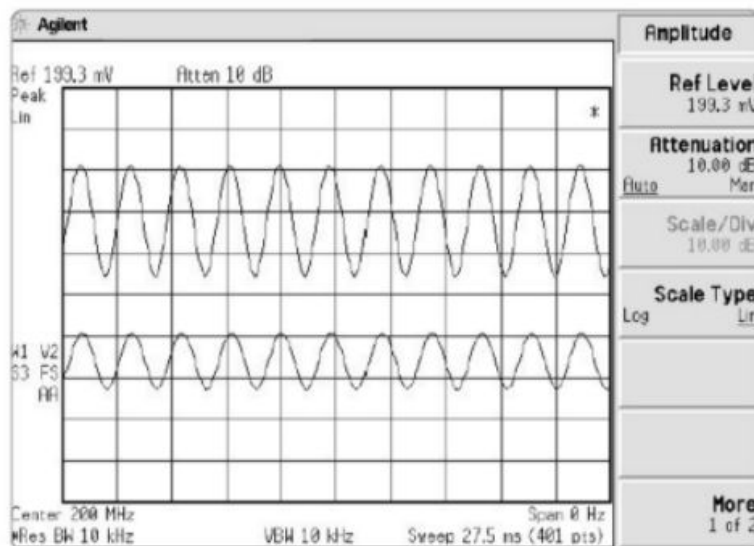


Figura 3: Pantalla de un Analizador de Espectro de Barrido luego de aplicar *span cero*

- Para que se usa esta visualización y cuáles son los tres ajustes básicos para lograrla?

El zero span se usa para medir potencia en relación al tiempo. Es útil para demodulación de audio, mediciones de potencia, de ruido

Pasos: 1) Ajustar el SPAN a 0.

2) Ajustar el RBW, tan angosto como la señal medida (un poquito más ancha)

3) Ajustar la frecuencia central a la frecuencia de la portadora

4) Ajustar VBW, tiene que ser más ancho que el RBW para evitar suavizado excesivo de la señal.

- Cómo se varió la imagen obtenida de la onda superior a la inferior? (Con igual señal de entrada)

Se movió la señal hacia abajo, y se utilizó otra escala por división. Esto se puede hacer ya que no modifica la diferencia absoluta entre Emax y Emin.

- Cómo calcularía el índice de modulación en base a esta imagen? Se corrobora con lo calculado en la figura 2?

$$m = (E_{\max} - E_{\min}) / (E_{\max} + E_{\min})$$

Siendo aproximadamente $E_{\min} = 5.5$ y $E_{\max} = 8$

$$m = 0.1851$$

Si dice que la referencia son 200 mV, significa que son 25mV por cuadrado.

Entonces: $E_{\max} = 200\text{mV}$; $E_{\min} = 137.5\text{mV}$

$$m = 0.1851$$

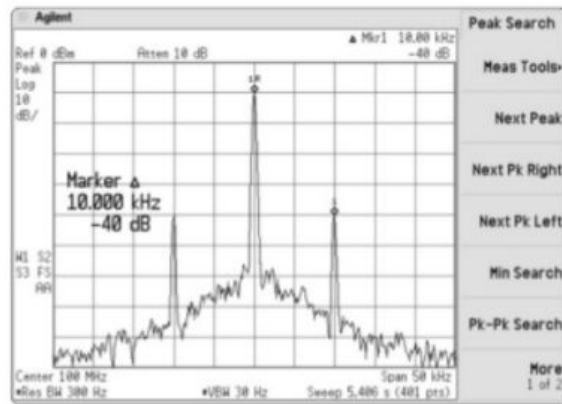
Datos adicionales del SPAN ZERO:

- Se sintoniza el LO en un punto fijo
 - Se pasa de la frecuencia al dominio del tiempo
 - Vemos la envolvente, no la portadora
 - El tiempo de barrido tiene que ser un par de ciclos (al menos) de la modulante
- [AEB] En la pantalla de un AEB se observa un piso de ruido de -110 dBm con RBW = 10 KHz. La resistencia de entrada genera ruido térmico de -174 dBm a 25°C y 1 Hz. En base a estos datos, calcule la figura de ruido del instrumento.

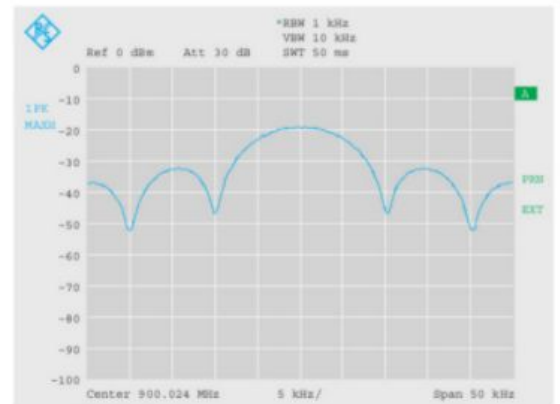
$$NF = N_o(\text{dBm})|_{\text{RBW}} - 10 \cdot \log(\text{RBW}/1) + 174 \text{ dBm}$$

$$NF = -110 \text{ dBm} - 10 \cdot \log(10\text{k}) + 174 \text{ dBm}$$

$$NF = 24 \text{ dBm}$$
 - Dadas las mediciones de la Fig. 1, indique a qué casos se refieren y especifique la información que pueda Ud. obtener de estas mediciones (tipo de modulación, índice de modulación, frecuencias de portadora/modulante, ancho de banda ocupado, ciclo de trabajo, etc., dependiendo de lo que sea posible en cada caso).



(a)



(b)

Figura 1: Casos de medición mediante AEB

Figura A)

Tipo de modulación : Amplitud modulada

$$m = (2 \cdot E_{USB}) / E_c$$

$$m = (2 \cdot 10) / 100$$

$$m = 0,2$$

Frecuencia Portadora = 100Mhz

Figura B

Fportadora = 900,024 Mhz

modulación en PRF

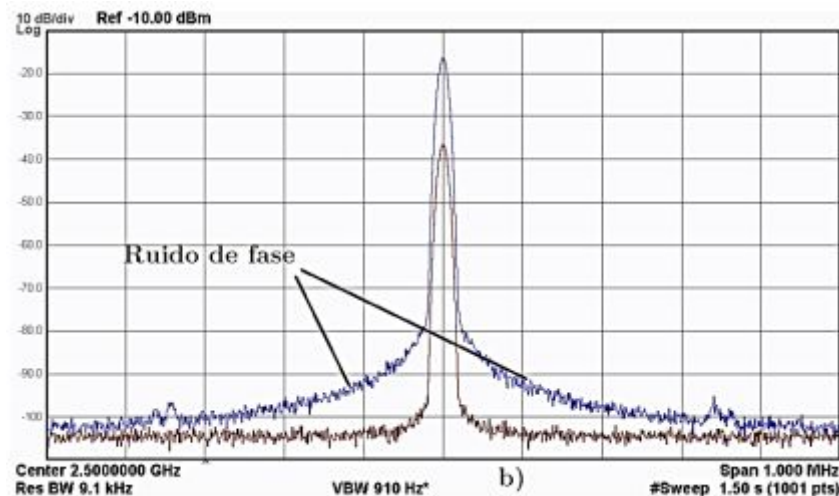
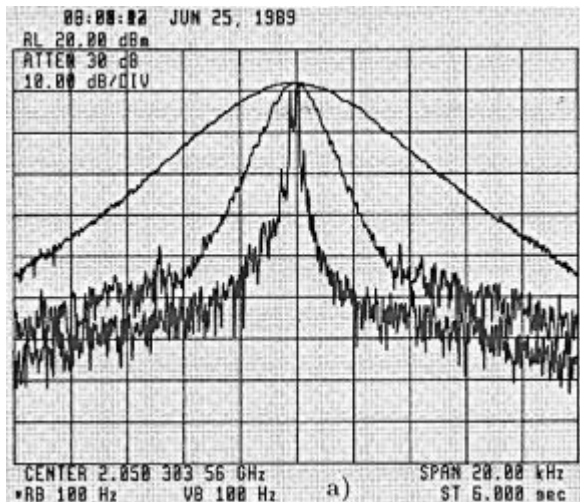
- [AEB] Respecto a las limitaciones de medición del AEB, se pide:
 - Explique los dos tipos de ruido que afectan al analizador de espectro de barrido, y dibuje un caso representativo para cada uno de ellos
 - Relacione el piso de ruido que se observa en la pantalla con el ruido térmico presente a la entrada del instrumento, y brinde un ejemplo numérico

Los dos tipos de ruido que afectan al analizador de espectro de barrido son:

- **FM Resudial:** Causada por la inestabilidad del oscilador local, y ésta pasa por el mezclador y llega al filtro FI, el cual no lo puede discriminar de la señal original. Esta FM residual es un producto de modulación que se genera a la izquierda del producto deseado. Para resolver este problema, el LO limita el RBW del filtro. El efecto de este tipo de ruido sobre el espectro mostrado, es una difuminación, como si se montara sobre un piso de ruido extra. Solo es posible ver el efecto a medida que se achica el ancho del banda del filtro FI.
En la imagen (Jun 25 1989) se puede ver que a medida que la resolución del filtro FI es más angosta, podemos ver mejor el efecto de la FM residual.
- **Ruido de fase:** Otro defecto del oscilador local, también se llama ruido de bandas laterales, y es consecuencia de los productos de modulación en fase. También es un ruido que llega al filtro FI, y la amplitud de las bandas se muestra en la pantalla si superan el piso de ruido. El ruido de fase es proporcional a la estabilidad del oscilador local, y del RBW del filtro FI. Se especifica en términos de dBc a un

desplazamiento de frecuencia específico, o en base a una curva en función del desplazamiento en frecuencia.

En la imagen (Ref -10.00 dBm), el ruido de fase se muestra cuando la señal está muy por encima del piso de ruido. Vemos como la señal inferior que no tiene suficiente amplitud no logra mostrar el ruido de fase, en cambio sí lo hace la señal superior, que “levanta el espectro a los lados de la frecuencia central.



- Relación entre el piso de ruido observado en pantalla (DANL) y el ruido térmico en la entrada del instrumento:

El DANL nos limita la medición de señales de baja amplitud, que es causado en conjunto por el atenuador RF, el mezclador y el amplificador FI, los cuales generan ruido térmico, el cual no es muy significativo pero tiene un efecto directo en la capacidad del analizador de mostrar señales débiles, ya que atenúa la señal de entrada. Es decir, reduce la SNR, y empeora la sensibilidad.

Se puede hallar el piso de ruido del analizador viendo el ruido en la pantalla cuando la entrada está terminada en una carga resistiva de 50 Ohm. Si reducimos la RBW por un factor de 10, el nivel de ruido cae 10 dB.

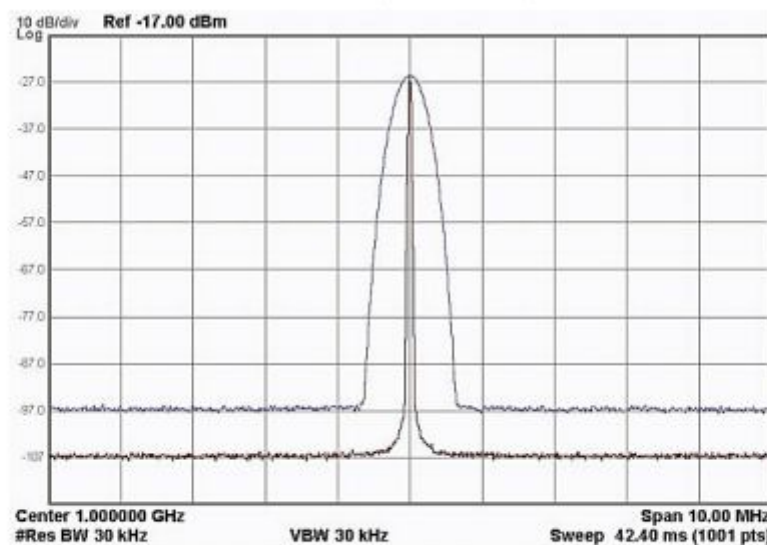
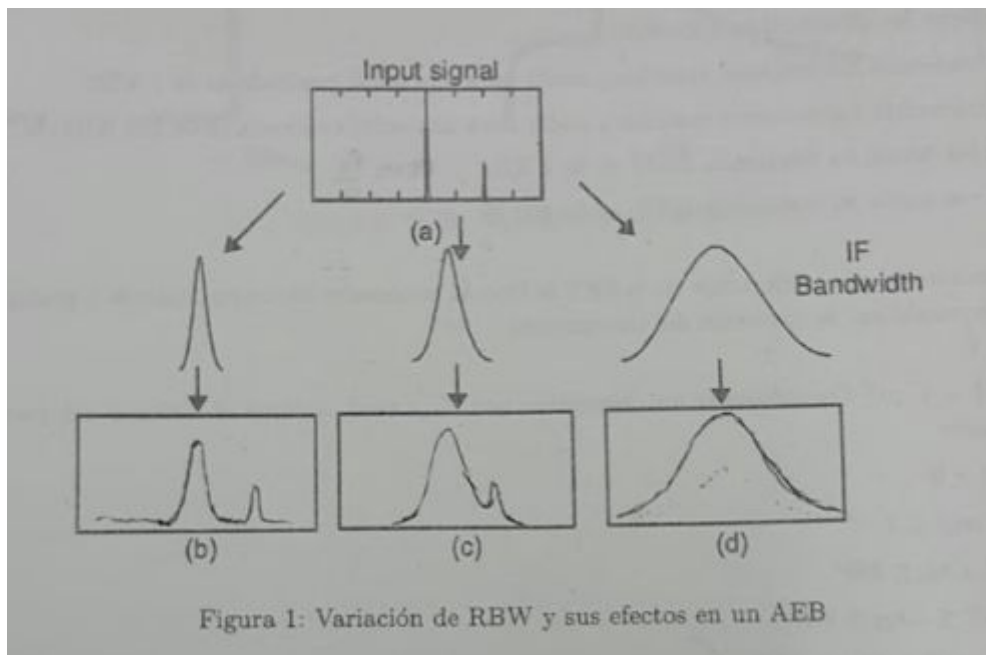
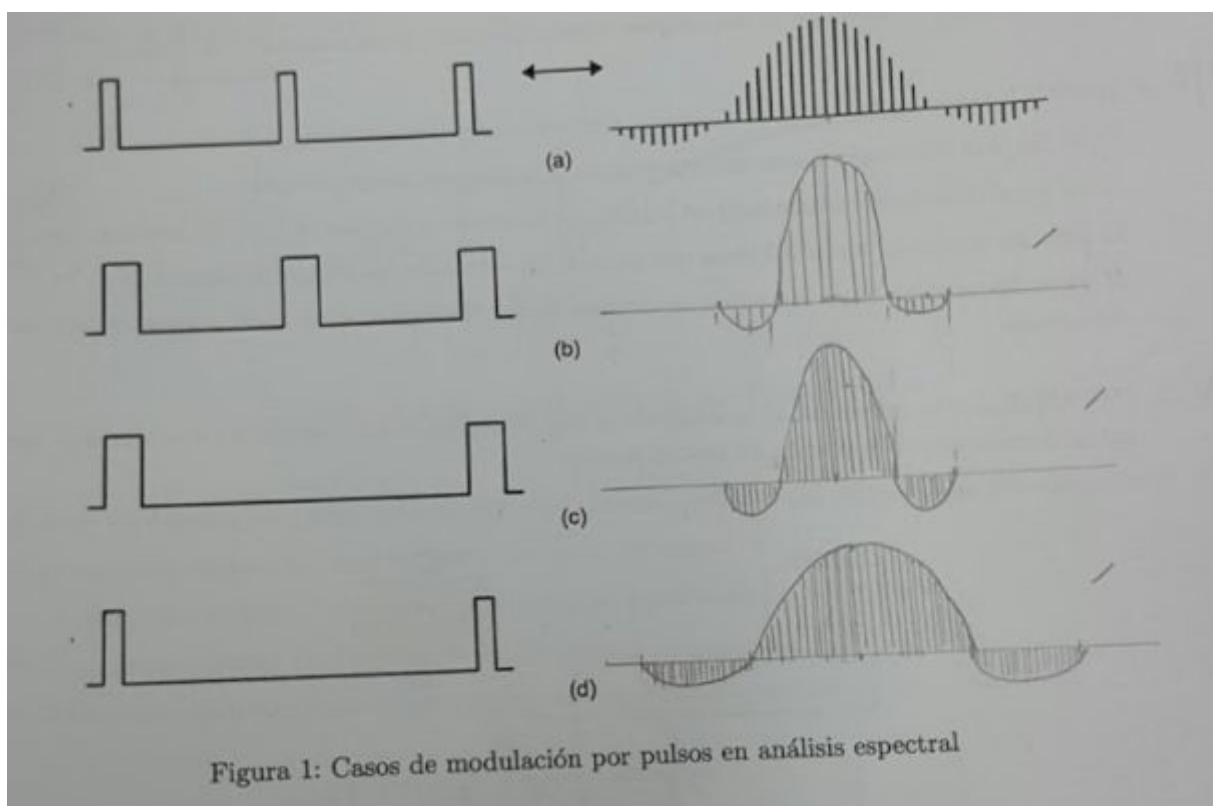


Figura 3-17: El piso del ruido se reduce 10dB cuando el RBW se reduce 10 veces.

- AEB Dada la señal de entrada a un AEB de la fig 1. dibuje qué se vería en pantalla para los filtros b, c y d, e indique si las mediciones serían correctas en todos los casos

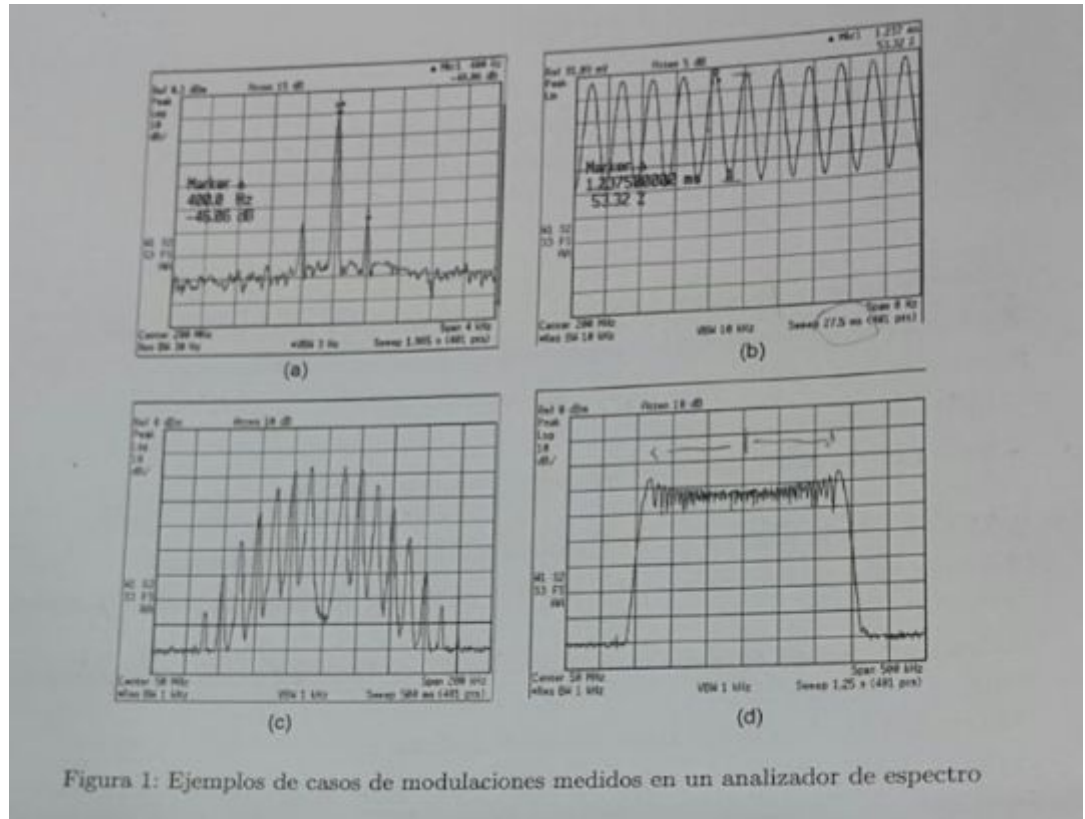


-
-
- Considere los casos de modulaciones por pulsos ilustrados en la Fig. 1. Partiendo del caso (a), y observando los parámetros que varían en el dominio del tiempo, dibuje en forma cualitativa e indique claramente los cambios en el espectro para los casos (b), © y (d)
-



-
-
- Observe las imágenes de modulaciones de la Fig.1, tomadas mediante un analizador de espectro de barrido. En base a ellas, se pide:

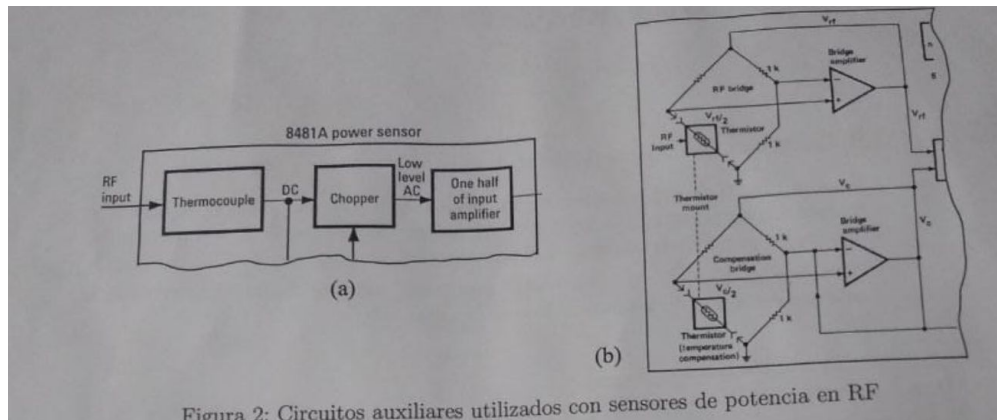
- Explicar para cada imagen de qué caso se trata, y especificar los ajustes utilizados en el instrumento (SPAN, RBW, VBW, REF LEVEL, dB/div, ST, etc)
- extraer información que Ud. considere relevante (frecuencias de portadora/modulante, amplitudes de portadora/modulante, índice de modulación, ancho de banda ocupado, si se trata de algún caso particular, etc)



- En un analizador de espectro de barrido, ¿qué sucede si se disminuye el RBW en 10 veces? (considere que está activado el modo automático y que $VBW > RBW$)
 - El piso de ruido aumenta 10 veces (10 dB)
 - El piso de ruido disminuye 10 veces (10 dB)
 - El tiempo de barrido aumenta 100 veces
 - El tiempo de barrido disminuye 10 veces
 - Ninguno

[PRF] Potencia en RF

- En la figura 2 se observan dos circuitos utilizados con sensores a termocupla (a) y a termistor (b). En base a estas figuras, explique el funcionamiento de estos circuitos discriminando las funciones de sus bloques.



La figura a corresponde a un sensor de termocupla, a penas la señal sale del elemento sensor, esta tensión se hace conmutar de modo que si tengo un ruido de tipo rosa que afecta más a bajas frecuencias que en alta, que es el que principalmente me va a afectar, al conmutar esta tensión manteniendo la amplitud original la señal es llevada a zonas de menor ruido haciendo más robusta la señal frente al ruido que se puede introducir en el cable que conecta el sensor con el medidor. El oscilador que hace el troceado (*chopper*) es parte del equipo de medición y se conecta al sensor a través del cable conector, y es usado también para tener una detección síncrona dentro del instrumento.

Como segunda medida esta señal ahora conmutada es amplificada antes de salir del sensor.

La figura b corresponde a un sensor de termistor basado en la técnica de sustitución de un bolómetro, al puente original que mide la diferencia de potencia con una fuente auxiliar de AF (audiofrecuencia) o RF (baja) es mejorado ya que este tiene la desventaja de ser susceptible a cambios de temperatura ambiente, para subsanar esto se coloca otro puente que sensa el aporte de la temperatura en la medición de potencia sin conexión con la señal de RF.

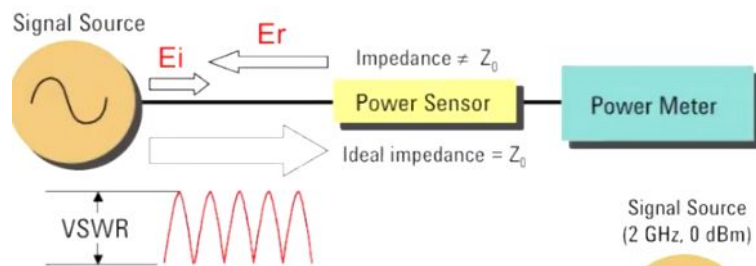
Aparte de esto se observa que el puente que mide la potencia es un circuito **autobalanceado**, ya que el amplificador siempre está sensando la diferencia entre las dos terminales y aplica una tensión de realimentación proporcional a esa diferencia, y esta tensión es la que se va a estar midiendo, es decir es la **tensión de sustitución**.

Se dice también que es **autocompensado** por el segundo puente que sensa constantemente la variación de temperatura y su aporte en la medición de potencia.

- Explicar cuales son los errores cometidos en la medición de potencia.

Errores en la medición de potencia

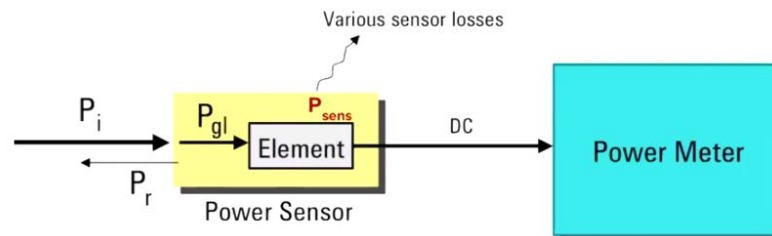
a. **Errores de desadaptación en la conexión a la fuente** (reflexiones que no ingresan al montaje) : Aparición de un ROE por la desadaptación entre la fuente y el sensor, provocando una E_i y E_r .



b. Errores dentro del montaje del sensor

- Potencia disipada en **otros elementos**
- (Potencia proveniente de **otras fuentes** que producen calentamiento del sensor)

Errores por pérdidas en el montaje del sensor



$$\text{Cal Factor : } K_b = \eta_e \frac{P_{gl}}{P_i} \quad (\eta_e = \text{Effective Efficiency})$$

$$= \eta_e (1 - \rho^2)$$

- Printed on sensor label (8480 series)
- Stored in EEPROM (E-series and P-series)

$$\begin{aligned} \text{a) } P_{gl} &= P_i - P_r = (1 - \rho^2) P_i \\ \text{b) } P_{sens} &= \eta_e \cdot P_{gl} \\ &= \eta_e \cdot (1 - \rho^2) \cdot P_i \end{aligned}$$

$$\Rightarrow K_b = P_{sens} / P_i = \eta_e \cdot (1 - \rho^2)$$

c. Errores del instrumento de medición, suele ser más predecible, viene especificado en la hoja de datos.

- Para una portadora modulada por pulsos, se mide una potencia media de +30 dBm y una potencia de pulso de +50 dBm. Calcule su ciclo de trabajo D.

$$P \text{ (watt)} = \frac{10^{\frac{P(dBm)}{10}}}{1000}$$

$$P_{\text{MEDIA}} = P_{\text{PROMEDIO}} = P_{\text{AVG}} = +30\text{dB} = 1\text{W}$$

$$P_{\text{PULSO}} = 50 \text{ dB} = 100\text{W}$$

D= Ciclo de trabajo

$$D = P_{\text{AVG}} / P_{\text{PULSO}}$$

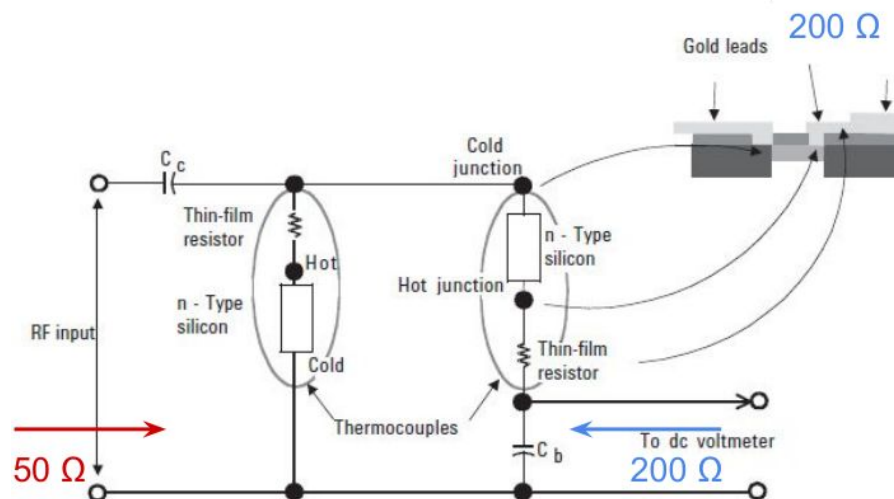
$$D = 1/100$$

$$D = 0,01$$

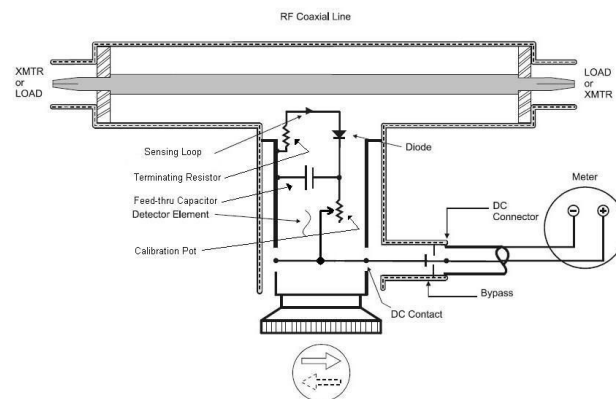
- ¿Cuál de los siguientes puntos corresponden a funciones del instrumento visto Agilent 432A visto en la materia para medición de termistores?
 - Posee compensación automática ante variaciones de temperatura ambiente.
 - De los dos sensores utilizados, uno de los sensores es sensible sólo a la temperatura ambiente, mientras que el otro lo es tanto a la temperatura ambiente como a la potencia de RF medida.
 - Ambos sensores reciben la potencia de RF medida.
 - Cuando no ingresa potencia de RF, las tensiones en ambos puentes son iguales.
 - La potencia promedio se obtiene mediante cálculo digital en un microprocesador
 - El instrumento discrimina potencia incidente de potencia reflejada.
- Indique las propiedades que corresponden con cada dispositivo.

1- Acoplador direccional [b]	a- Miden potencia de RF
2- Sensores a Termistor [d,a,g,h]	b- Poseen parámetros de aislación y pérdida de inserción
3- Sensores a Termocupla [c,g,a]	c- Entregan tensiones muy pequeñas
4- Sensores a Diodo [e,f,a]	d- Requieren un instrumento de compensación de temperatura ambiente
	e- Utilizan la curva tensión vs corriente
	f- Se utilizan los tipos Planar dopped barrier (PDB)
	g- Pueden ser metálicos o semiconductores
	h- Se utilizan mediante la tecnica de sustitucion

- Mencionar cuales son las dos principales funciones del circuito de la figura y a que tipo de sensor corresponde. ¿Cuál es la impedancia de cada una de sus ramas?
Corresponde a un montaje para termocuplas, no hace falta la compensación de temperatura porque son elementos mucho más estables en temperatura. Del lado de RF se busca que las resistencias se encuentren en paralelo, la señal de RF se acopla por C_c y encuentra masa a través de la primera rama y en la segunda rama a través del capacitor C_b dando una resistencia equivalente de 50 Ohm. Por el otro extremo el de la corriente en DC observa dos resistencias en serie cuya equivalente es del orden de los 200 Ohm, se aumenta la impedancia del lado de baja frecuencia para tener alta sensibilidad.



- En un vatímetro de Thruline, ¿Cómo se modifica el circuito para medir la potencia reflejada?



Se cambia el sentido del tapón, lo que produce un cambio de sentido del lazo de sentido

- En el método volumétrico se incluye un capacitor de paso, un stub de $\lambda/4$, un conductor de sección decreciente y una fuente auxiliar. ¿Qué función tienen estos componentes?
 - El stub cierra el circuito de continua.
 - El capacitor cierra el circuito de alterna.
 - El stub bloquea la corriente continua.
 - Estos elementos compensan el sistema ante variaciones de temperatura.

- El conductor de sección decreciente tiene como fin adaptar impedancias.
- El conductor de sección decreciente es el sensor de potencia.
- La fuente auxiliar trabaja en AF para sustituir a la señal de entrada durante la medición.
- La fuente auxiliar trabaja en RF para sumarse a la señal de entrada durante la medición.
-
- Suponga el montaje de la figura para medición de potencia en radiofrecuencia, el acoplador direccional tiene un factor de acoplamiento de -30 dB, un factor de aislamiento de -60 dB y una pérdida de inserción de -5 dB. Todos los puertos están adaptados y la potencia incidente es de 100 [W]. Con estos datos se pide

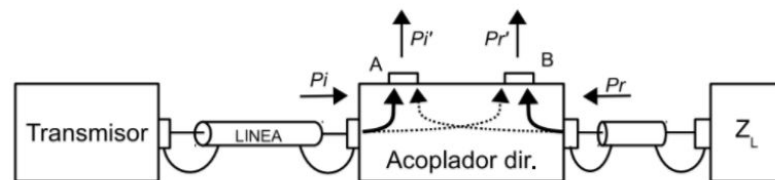


Figura 1: Esquema de medición con acoplador direccional

- Potencia en el puerto acoplado P'_i .
 $C = -10 \log (P'_i / P_i) \rightarrow P'_i / P_i = 10^{(-30/10)}$
 $P'_i = 0,001 * P_i = 0,001 * 100 \text{ [W]} = 0,1 \text{ [W]}$
- Potencia en el puerto acoplado P'_r .
 $A = -10 \log (P'_r / P_i) \rightarrow P'_r / P_i = 10^{(-60/10)}$
 $P'_r = 0,001 * P_i = 1 \times 10^{(-6)} * 100 \text{ [W]} = 100 \text{ [uW]}$
- Factor de directividad
 $D = A - C = 60 \text{ dB} - 30 \text{ dB} = 30 \text{ dB}$
- Potencia en el puerto de salida
 $IL = -10 \log (P_r / P_i) \rightarrow P_r / P_i = 10^{(-5/10)}$
 $P_r = 0,316 * P_i = 0,316 * 100 \text{ [W]} = 31,6 \text{ [W]}$
- Teniendo en cuenta la figura, relacione los parámetros con sus respectivos cálculos.

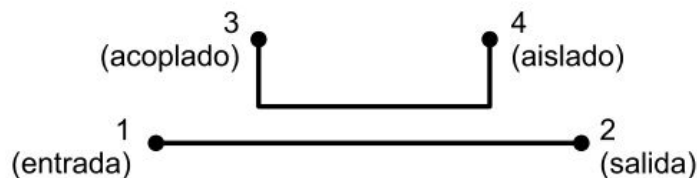


Figura 4: Diagrama conceptual de un acoplador direccional

Factor de acoplamiento	$-10 \log (P_4/P_3)$
Aislación	$-10 \log (P_3/P_1)$
Directividad	$-10 \log (P_2/P_1)$
Pérdida de inserción	$-10 \log (P_4/P_1)$

- Sobre la base de la figura completa y explique la función de los bloques vacíos.

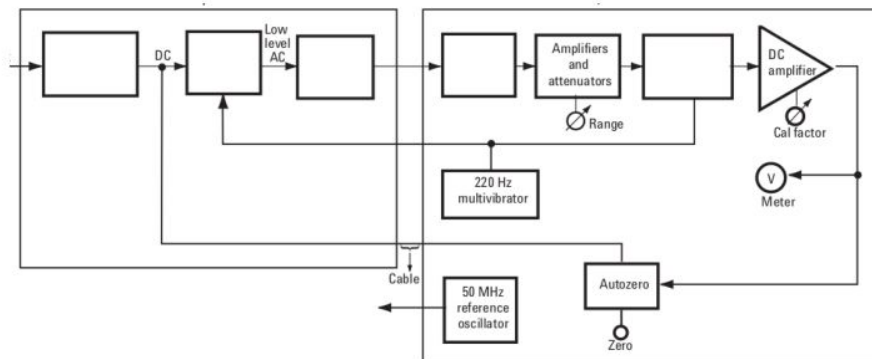
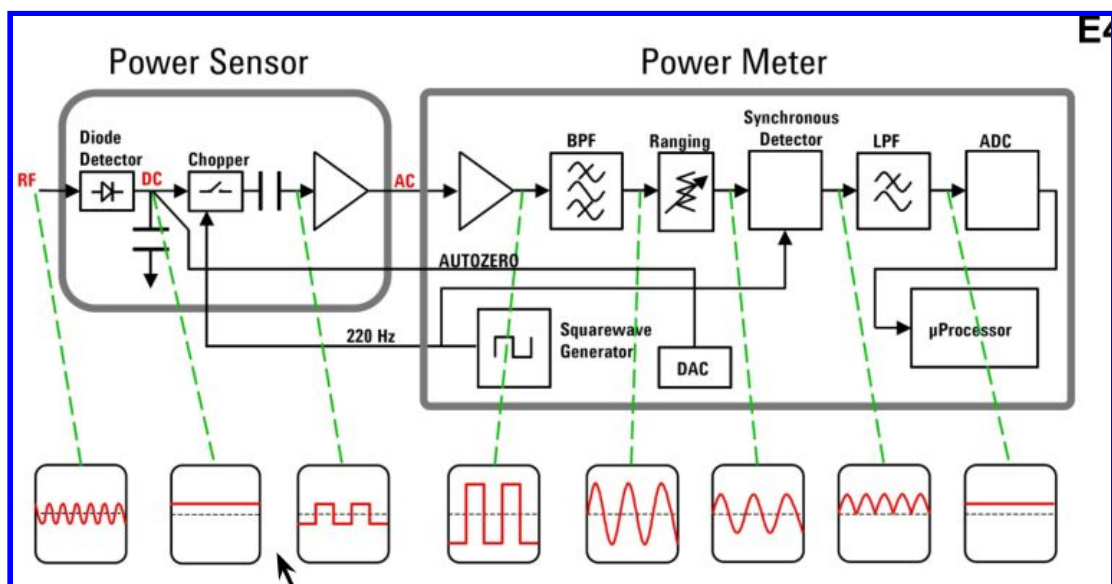


Figura 2: Casos de medición mediante AEB



A penas se realiza la medición, el sensor de potencia realiza un trazado de la señal RF de entrada para dirigirla a frecuencias libres de “ruido rosa”, luego esa esa señal es amplificada antes de ingresar en el cable. Una vez recibida la señal conmutada de medición es amplificada nuevamente y acoplada dentro del rango de medición, luego ingresa a un detector síncrono que tiene como particularidad estar al mismo clock que el elemento chopeador del sensor, cuya señal de clock es enviada a través del cable conector. Finalmente esa señal detectada es pasada a un filtro PB que recupera la señal de continua que representa la medición de RF.

- Para el circuito de RF de la figura 2a existen formas de onda de la Fig 2b. Indique a qué magnitud corresponde cada forma de onda y cuál es la forma de onda de la potencia que se mide comúnmente para este caso

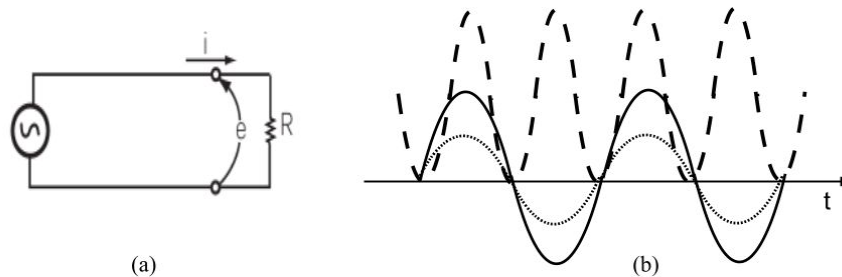


Figura 2: Magnitudes involucradas en un caso de CW en RF

En alta frecuencia las longitudes de las líneas que estoy usando empiezan a ser comparables con las longitudes de onda que estamos manejando por lo tanto ya no es lo mismo medir en un lugar u otro en la línea, ya que tanto la corriente (I) como la tensión (V) van a ir variando con la posición. Debido a esto el cálculo de potencia no se realiza a través del producto de $V \cdot I$, sino que es más conveniente hacer una medición de potencia y en particular la potencia promedio.

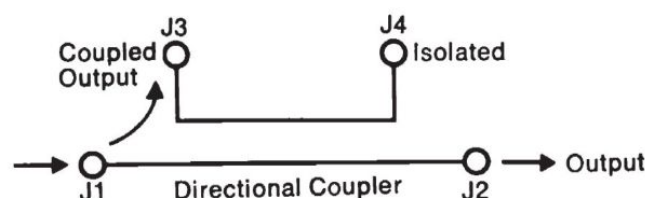
Se define la potencia promedio de una señal arbitraria como la transferencia de energía por unidad de tiempo promediada sobre varios periodos de su componente de más baja frecuencia.

Línea de trazos → Potencia instantánea en AC

Línea de puntos → Voltaje a lo largo del tiempo

Línea continua → Corriente a lo largo del tiempo

- Sea una portadora modulada por un pulso gaussiano. Considerando las frecuencias de modulante y de portadora, indique cuáles de las siguientes condiciones se deben cumplir respecto a ellas para ser capaz de medir potencia envolvente de pulso:
 - El sensor debe tener tiempo de respuesta menor a un ciclo de la portadora
 - El tiempo de respuesta del sensor debe ser menor a un ciclo de la modulante
 - El sensor mide potencia sobre múltiples ciclos de la portadora
 - El sensor mide potencia sobre múltiples ciclos de la modulante
- En un acoplador direccional se aplica potencia incidente $P_i = 100$ W y del lado contrario se conecta una antena en resonancia. Si la directividad es 40 dB y el factor de acoplamiento es 20 dB, calcule las potencias en los puertos secundarios acoplado y aislado.



$$D = 40 \text{ dB}$$

$$C = 20 \text{ dB}$$

$$C = -10 \log (P_3 / P_1) \rightarrow P_3 / P_1 = 10^{(-40/10)}$$

$$P_3 = 100 \times 10^{(-6)} * P_1 = 100 \times 10^{(-6)} * 100 \text{ [W]} = 10 \text{ [mW]}$$

$$D = A - C \rightarrow A = D + C = 60 \text{ dB}$$

$$A = -10 \log (P_4 / P_1) \rightarrow P_4 / P_1 = 10^{(-60/10)}$$

$$P_4 = 1 \times 10^{(-6)} * P_1 = 1 \times 10^{(-6)} * 100 \text{ [W]} = 100 \text{ [uW]}$$

- ¿Cuál es la función del puente de compensación en un sistema de medición basado en termistores?

Se dice también que es **autocompensado** por el segundo puente que sensa constantemente la variación de temperatura y su aporte en la medición de potencia, sabiendo que el primer puente es afectado tanto por la potencia de RF y Temp, sacando su diferencias es posible discriminar la potencia de RF.

- En qué zona de su curva se utilizan los diodos para medir la potencia de RF?.
Teniendo en cuenta esto, ¿se puede utilizar diodos de silicio para este fin?.

Los diodos se utilizan en la zona cuadrática de la curva corriente de entrada vs tensión de salida, es decir que la tensión de salida es proporcional a la corriente de entrada al cuadrado, es decir que naturalmente nos va a estar sensando la potencia de entrada. Cabe aclarar que el diodo no disipa potencia, sino que se disipa en una resistencia RL que a su vez sirve para adaptar impedancias.

Por parte de las tecnologías, el diodo de silicio no es práctico, porque tiene una alta tensión de umbral y bajo ancho de banda. En la actualidad se utiliza la tecnología PDB (Planar-Dopped Barrier) dos diodos en configuración balanceada, con una T_{TH} aproximadamente 0 V.

- Para medir la potencia de Radiofrecuencia existen tres métodos diferentes:
 - Termistor
 - Termocupla
 - Diodo detector

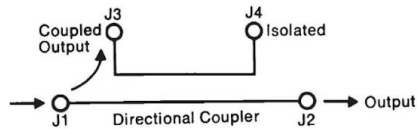
Explicar los atributos de cada uno, sus funcionamientos y en cuáles de los siguientes casos utilizaría cada uno:

- Potencia promedio (Cualquiera de los 3)
- Potencia de Pulso (Termocupla o Termistor)
- Potencia de Pico envolvente (Diodo Detector)

- Enumere los parámetros que recuerde de un acoplador direccional, exprese su cálculo y realice un dibujo simple indicando donde afecta cada parámetro.

Especificaciones de los acopladores direccionales

Factor de acoplamiento (6- 60 dB): potencia en el puerto ACOPLADO respecto a potencia incidente en la ENTRADA, *cuando todos los puertos están adaptados*. Debe proveer un nivel suficiente al sensor sin sobrecargarlo. Cuanto más acopla, más afecta al primario (por ej. Si C=20dB, reduce TX en 1 %)



$$C_{3,1} = -10 \log \frac{P_3}{P_1}$$

Directividad (~ 30 dB): nivel en el puerto AISLADO respecto al puerto ACOPLADO

Aislación: potencia en el puerto AISLADO respecto al puerto de ENTRADA

$$\begin{aligned} D_{3,4} &= -10 \log \frac{P_4}{P_3} \\ &= -10 \log \frac{P_4}{P_1} + 10 \log \frac{P_3}{P_1} \end{aligned}$$

$$A_{4,1} = -10 \log \frac{P_4}{P_1} = D_{4,3} + C_{3,1}$$

Pérdida de inserción (~0,2 dB): atenuación de señal al pasar por el primario. Puede considerar ó no las pérdidas del conductor

$$Ins. Loss = -10 \log \frac{P_2}{P_1} \approx -10 \log \left(1 - \frac{P_3}{P_1} \right)$$

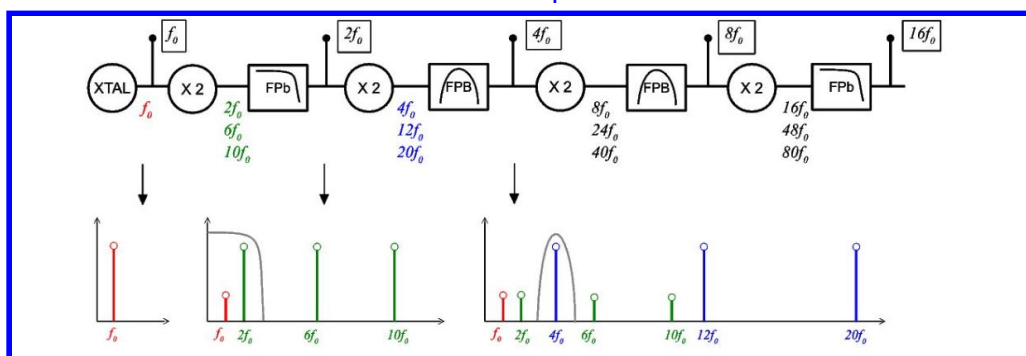
[SIN] Sintetizadores en Frecuencia

- Describa el procedimiento de un sintetizador sinusoidal analogico por metodo directo.

- Graficar la *Cadena Básica*.

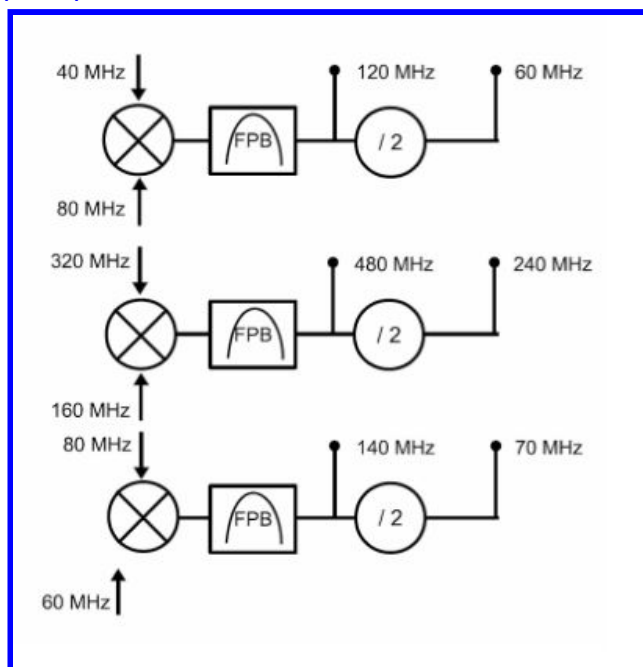
Se utiliza un oscilador a cristal de alta estabilidad, que por medio de dobladores o multiplicadores se logra la familia de frecuencias del doble del anterior.

Se producen las componentes $2f_{IN}$ y sus armónicas impares: $6f_{IN}$, $10f_{IN}$, $14f_{IN}$, etc. Para la primera etapa se puede utilizar un filtro pasa bajos, a partir de la segunda, se colocan filtros pasa banda ya que las componentes de interés se acercan a los residuos de componentes indeseadas.



- ¿Cómo se obtiene una buena resolución sin sacrificar alcance en frecuencia?

Se toma la salida de los dobladores luego de ser filtradas y se aplican a mezcladores que hacen las operaciones de suma y resta para mejorar la resolución. Finalmente estas nuevas frecuencias pueden ser divididas a través de divisores. Para este esquema el menor paso es el del cristal principal.



- Características generales que lo diferencian de los demás?
 - Llegan a frecuencias muy altas
 - Excelente pureza espectral.
 - Rápida conmutación, solamente se deben mover llaves. Típicamente algunas decenas de us (20 a 50 us)
- Indique cuáles de las siguientes características generales de sintetizadores son correctas: (*Supongo que habla de síntesis directa analógica*)
 - El método de síntesis directa permite alta velocidad de conmutación entre frecuencias.
 - El método de síntesis directa utiliza exclusivamente la operación aritmética de suma (**FALSO: utiliza multiplicadores también**)
 - La síntesis directa ofrece muy buena pureza espectral.
 - El detector de fase es esencialmente un filtro. (**FALSO: es una XOR**).
- Indique las características que se cumplen en los métodos de **síntesis indirecta**:
 - El conformador compara la fase del oscilador de referencia con la fase proveniente del lazo de realimentación
 - El PLL fraccional utiliza un divisor donde el valor N es fraccional
 - El PLL fraccional requiere múltiples ciclos de señal de salida para calcular el divisor fraccional.
 - El integrador del PLL fraccional se debe llevar el valor $-e_r$ inicio de cada periodo base. (En cada ciclo se lleva a 0 el e_r , guarda, **PUEDA ESTAR MAL POR EL SIGNO NEGATIVO**)
- Se tiene un PLL fraccional donde se desea obtener $f_o = 4,555$ MHz, a partir de una $f_i = 1$ Mhz. ¿Cuáles pueden ser los valores utilizados para llegar a esto?

$N = 5$
 $N-1 = 4$
 ciclos = $10^3 = 1000$

$M = [N * \text{ciclos}_N + (N-1) * \text{ciclos}_{(N-1)}] / \text{Total ciclos periodo base}$
 $= [5 * 555 + 4 * 445] / 1000$
 $M = 4,555$

$D = \text{Ciclos}_{(N-1)} / \text{Total ciclos periodo base}$
 $= 445 / 1000$
 $D = 0,445$

 - $N = 5, D = 0,445$
 - $N = 5$, periodo base = 1000 ciclos de f_o , 555 ciclos en N y 445 en N-1.
 - $N = 5$, periodo base = 100 ciclos de f_o , ciclos en N = 55 y 45 en N-1.
 - $N = 5$, periodo base = 10000 ciclos de f_o , 4550 ciclos en N y 5450 en N-1.

- N = 7
N-1 = 6
ciclos = $10^3 = 1000$

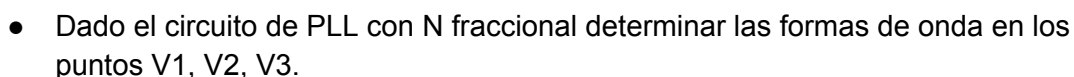
$$M = [N * \text{ciclos}_N + (N-1) * \text{ciclos}_{(N-1)}] / \text{Total ciclos periodo base}$$

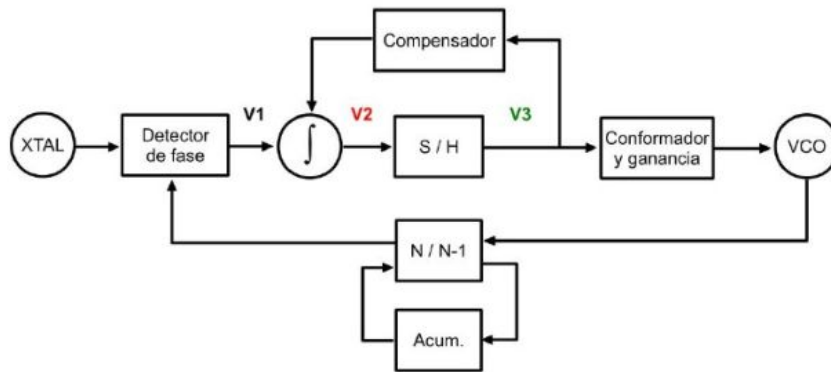
$$= [7 * 555 + 6 * 445] / 1000$$

$$M = 6,555$$

D = Ciclos_(N-1) / Total ciclos periodo base
= 445 / 1000
D = 0,445

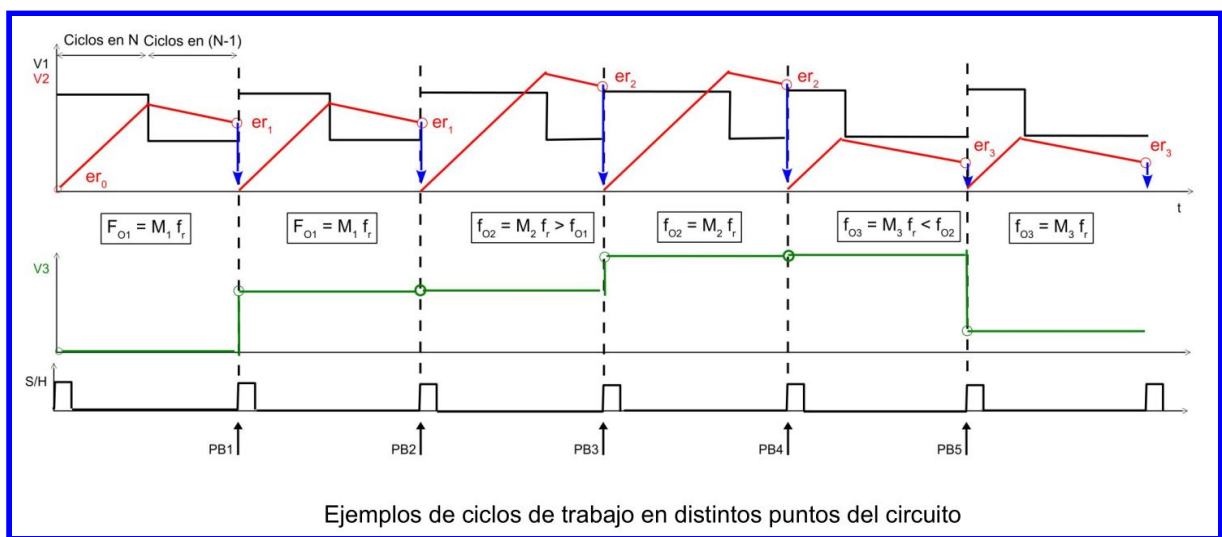
- Sintetizador con AWG con DDS, explicar diagrama en bloque y daba M, Fc y n para calcular la frecuencia de salida fo.





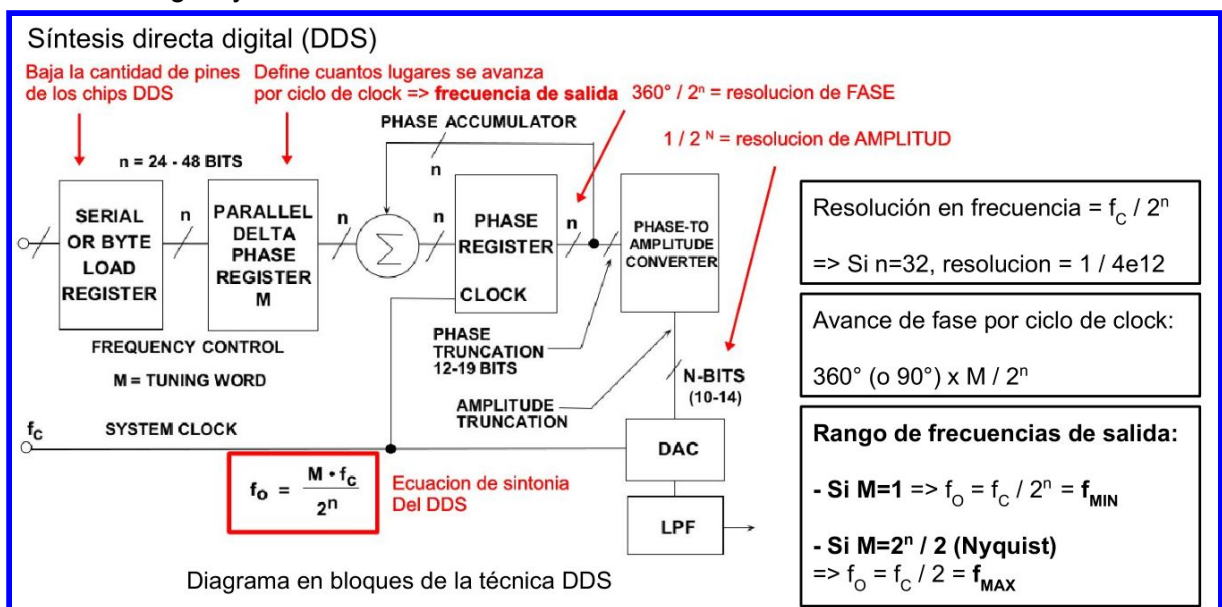
Esquema básico de un PLL de división fraccional

0



Ejemplos de ciclos de trabajo en distintos puntos del circuito

- Diagrama en bloque (y explicar el funcionamiento de cada uno) de un sintetizador DDS. ¿Cuáles son sus ventajas y desventajas con respecto al sintetizador directo analógico y a los sintetizadores indirectos?



Ventajas:

- Excelente resolución
 - Bajo costo
 - Posibilidad de generar formas de ondas arbitrarias (AWG: Arbitrary Waveform Generator)
- Siendo $f_o = 8,567$ MHz y $f_{ref} = 1$ Mhz, calcular periodo base, N, N-1, ciclos N, ciclos N-1, divisor M y el tiempo que le llevaría al dispositivo efectuar un ciclo de divisiones M ($1/f_s \cdot$ periodo base).

Periodo base = $10^3 = 1000$

N = 9

N-1 = 8

$ciclos_N = 567$

$ciclos_{(N-1)} = 1000 - 567 = 433$

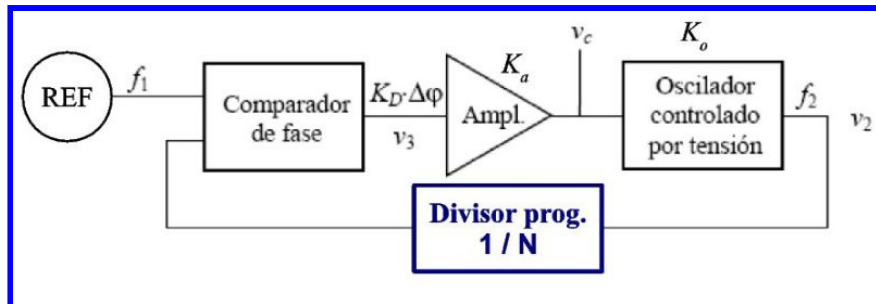
$$M = [N \cdot ciclos_N + (N-1) \cdot ciclos_{(N-1)}] / \text{Total ciclos periodo base}$$
$$= [9 \cdot 567 + 8 \cdot 433] / 1000$$

$$M = 8,565$$

$$T = \text{ciclos periodo base} \cdot 1/f_o$$
$$= 1000 \cdot 1 / 8,567 \text{ Mhz}$$

$$T = 116,72 \text{ us}$$

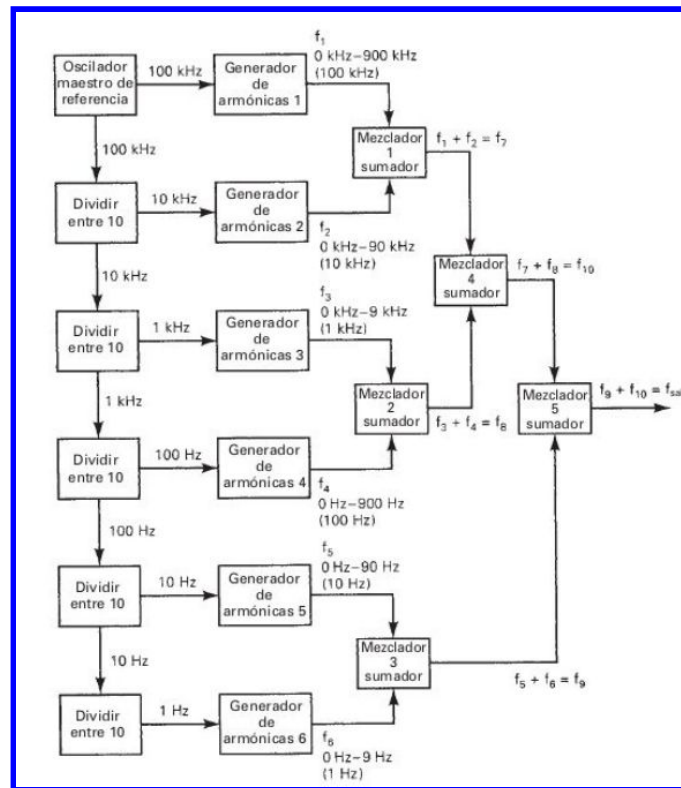
- Para un PLL de división entera.
 - Dibuje el esquema general de un PLL con división entera.



- Indique brevemente la función de sus bloques y brinde un ejemplo numérico. El comparador de fase me va a generar una tensión de error en función de la diferencia de fase entre la señal q estoy generando y mi oscilador de referencia, tratando que $N \cdot f_2$ sea igual a f_1 . A través del amplificador se introduce una constante K_a que me genera una tensión para controlar el VCO.
- Indique cuáles de los siguientes enunciados son verdaderos para un PLL de división entera:
 - La salida del comparador de fase se conecta directamente al oscilador controlado por tensión (VCO).

- El paso de frecuencia de salida no puede ser menor que la frecuencia de referencia.
 - La frecuencia de salida es siempre igual a la frecuencia de referencia.
 - El comparador de fase es básicamente una compuerta XOR.
- Indique las características que se cumplen en los métodos de síntesis indirecta:
 - El conformador adapta una pendiente lineal a una curva no lineal.
 - El PLL fraccional utiliza un divisor donde el valor N es fraccional.
 - El PLL fraccional es mucho más rápido para reaccionar a cambios que el PLL de división entera.
- En un generador por síntesis indirecta, se procura lograr la aproximación a la frecuencia requerida en el menor tiempo, ajustando luego el sistema para lograr la mejor precisión posible. Indique cómo se logra este efecto:
 - El circuito de captura disminuye el ancho del filtro paso bajo a medida que el detector de fase acusa menor diferencia.
 - El circuito de captura aumenta el ancho del filtro paso bajo a medida que el detector de fase arroja menor diferencia
 - Se varía el valor de N a medida que varía la diferencia de fase.
 - Se utiliza un filtro con el mayor ancho de banda posible, el cual se mantiene constante sin importar la diferencia de fase.
- Indique y explique cuáles de las siguientes opciones son correctas en una síntesis senoidal por **método indirecto**:
 - Mediante el uso de mezcladores se mejora la resolución en frecuencia.
 - La cadena de multiplicación se realiza con rectificadores balanceados.
 - *Genera un gran contenido de ruido y posee una distorsión muy alta. (LA ÚNICA QUE ES INDIRECTA)*
 - En la cadena de síntesis se utilizan tanto filtros pasa bajos como filtros pasa banda.
- Indique y explique cuáles de los siguientes enunciados son verdaderos para un PLL de división entera:
 - El comparador de fase es prácticamente una compuerta NAND.
 - La frecuencia de salida es siempre igual a la frecuencia de entrada.
 - El tiempo de conmutación es menor en comparación al de una síntesis senoidal por método directo.
 - La resolución en frecuencia no puede ser menor que la frecuencia del oscilador de referencia.
- Sintetizadores de frecuencia
 - Te pedía la cadena básica del método directo con rectificadores (la que multiplica por 2 , aplica FPB, vuelve al multiplicar por 2 y por último aplica un filtro pasa banda).
 - Pedía características generales de este método(bajo ruido, gran AB, baja distorsión). Luego te pedía como podrías hacer para aumentar el AB sin perder resolución, yo le puse que utilizando mezcladores balanceados y le

hice el primer gráfico que hay en el lianjosh, el que usa divisores por 10 y luego va multiplicando y sumando para armar la frecuencia deseada.



- Para un PLL de división fraccional, el divisor es de valores ($N=29$, $N-1=19$), el oscilador de referencia es de 1 Mhz y el período base es de 1000 ciclos. Con estos datos se pide:

- Rango y paso de frecuencias de salida.

f_o = puede variar entre [19 MHz - 29 MHz]

$$f_{O[N-1]} = (N-1) * f_{REF} = 19 * 1 \text{ MHz} = 19 \text{ MHz}$$

$$f_{O[N]} = (N) * f_{REF} = 29 * 1 \text{ MHz} = 29 \text{ MHz}$$

resolución = $(f_{REF} / \text{ciclos de periodo de base}) = 1 \text{ Mhz} / 1000 = 1000 \text{ Hz} = 1 \text{ kHz}$

- Ciclos de trabajo D necesario para obtener un divisor fraccional $M = 19,471$.

$$N = 29$$

$$N-1 = 19$$

$$\text{ciclos} = 10^4 = 10000$$

$$M = [N * \text{ciclos}_N + (N-1) * \text{ciclos}_{(N-1)}] / \text{Total ciclos periodo base}$$

$$= [29 * 471 + 19 * 9529] / 10000$$

$$M = 19,471$$

$$D = \text{Ciclos}_{(N-1)} / \text{Total ciclos periodo base}$$

$$= 9529 / 10000$$

$$D = 0,9529$$

- Indique y explique cuáles de las siguientes opciones son correctas en una síntesis senoidal por **método directo**:

- Mediante el uso de mezcladores se mejora la resolución en frecuencia.
- La cadena de multiplicación se realiza con rectificadores balanceados.
- Una de sus ventajas es el gran ancho de banda que se puede obtener.
- En la cadena de síntesis se utilizan tanto filtros pasa bajos como filtros pasa banda.

- En un PLL de división fraccional, se desea obtener frecuencias de salida entre 10 Mhz y 20 Mhz con paso de 10 Khz. Con estos datos:

- Calcule valores de N, N-1, f_{IN} y PB.

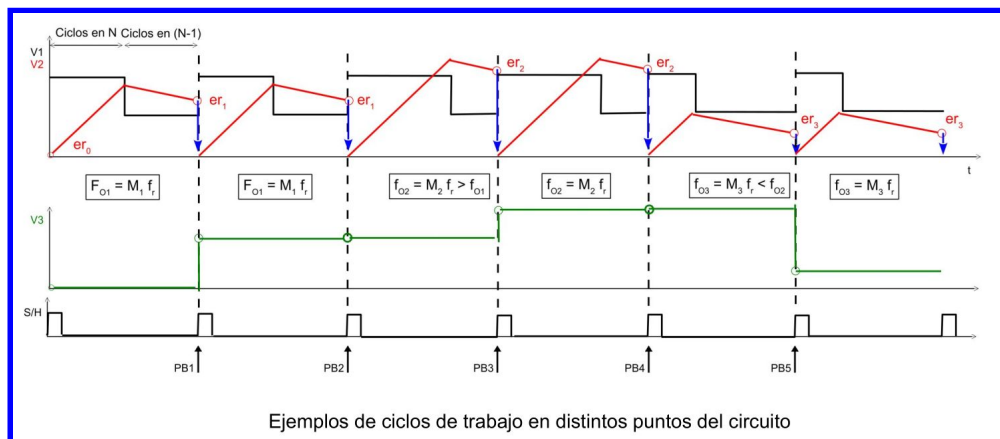
$$N = 20$$

$$N-1 = 10$$

$$f_{REF} = 1 \text{ Mhz}$$

$$\text{Ciclos de periodo base} = f_{REF} / \text{resolución} = 1 \text{ Mhz} / 10 \text{ KHz} = 100$$

- Dibuje las curvas de tensión de error antes y luego del Sample & Hold.



- Calcule ciclo de trabajo necesario para obtener $f_o = 11,25 \text{ Mhz}$
Es necesario aumentar los ciclos para una resolución de 0,5 MHz
Ciclos = 200

$$M = [N * \text{ciclos}_N + (N-1) * \text{ciclos}_{(N-1)}] / \text{Total ciclos periodo base}$$

$$= [20 * 25 + 10 * 175] / 200$$

$$M = 11,25$$

$$D = \text{Ciclos}_{(N-1)} / \text{Total ciclos periodo base}$$

$$= 175 / 200$$

$$D = 0,875$$

- Indique los métodos disponibles para realizar síntesis senoidal, indicando las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.
 - Síntesis Directa Analógica (ADS)
 - Síntesis Directa Digital (DDS o AWG)
 - Síntesis Indirecta

- PLL con división entera
- PLL de división fraccional

La diferencia entre Directo e Indirecta radica en la cantidad de osciladores, el Directo tiene un solo oscilador que mediante sucesivas operaciones se llega a la frecuencia deseada, en cambio el PLL cuenta con 2 osciladores en su estructura más básica, la f_{REF} y el VCO (Voltage Controlled Oscillator).

VENTAJAS Y DESVENTAJAS SACAR DE FILMINAS

- Para un PLL de división fraccional se requiere una frecuencia de 8,547 Mhz a partir de un oscilador de referencia de 1 Mhz. Con estos requerimientos calcule:
 - Cantidad de ciclos del periodo base.
 $PB = 10^3 = 1000$
 - Valores de N y N-1
 $N = 9$
 $N-1 = 8$
 - Ciclos en N y en N-1, y el valor del divisor fraccional M resultante.
 $ciclos_N = 547$
 $ciclos_{(N-1)} = 1000 - 547 = 453$

$$M = [N * ciclos_N + (N-1) * ciclos_{(N-1)}] / Total\ ciclos\ periodo\ base$$

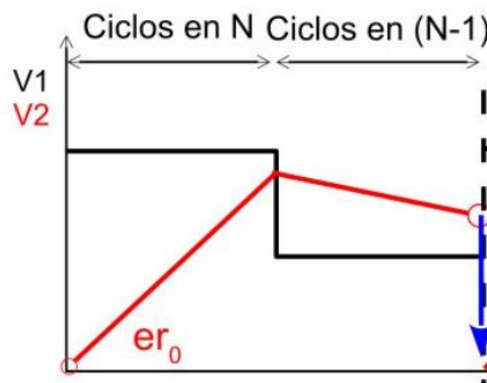
$$= [9 * 547 + 8 * 453] / 1000$$

$$M = 8,547$$
 - ¿Cuánto tiempo toma aplicar un cambio de M a la salida?
 $T = ciclos\ periodo\ base * 1/f_o$
 $= 1000 * 1/ 8,547\ Mhz$
 $T = 117\ us$
- Indique qué propiedades de la columna derecha pertenecen a qué métodos de sintonía de la columna izquierda (se puede enumerar o unir mediante líneas)

Síntesis Digital Directa (DDS)	Muy costoso y voluminoso
Síntesis senoidal directa	Baja velocidad de conmutación de frecuencia
PLL de división entera	Genera una señal senoidal
PLL de división fraccional	Utilizan un acumulador de fase
	Pobre pureza espectral
	Requiere un integrador delta-sigma

	Utiliza un VCO (PLL fraccional y entero)
	Utiliza un bloque de muestreo y retención
	No puede lograr buena resolución y buen ancho de banda a la vez

- Teniendo en cuenta la Figura. Explique y grafique a que nos referimos al decir que el PLL fraccional requiere múltiples ciclos de clock de referencia f_o para obtener el valor de división fraccional M.



El integrador sigma delta se encarga de producir las pendientes de integración positiva y luego negativa, resultando en un valor de error que es captado en cada nuevo ciclo de periodo de base por el sample&hold y es el valor de tensión que luego será utilizado por el VCO para modificar o mantener la frecuencia pretendida.

- Para un PLL de división fraccional el divisor es de valores $N=5$ y $N-1 = 7$. Si el oscilador de referencia es de 1 MHz y el periodo de base es de 100 ciclos. Con estos datos calcule el paso de frecuencia disponible y que habría que cambiar para hacer este paso 10 veces menor.

$PB = \text{total de ciclos de periodo base}$

$$\text{Resolución}_1 = f_{REF} / PB = 1 \text{ MHz} / 100 = 10 \text{ KHz}$$

Para disminuir la resolución de frecuencia y mantener la misma frecuencia de referencia es necesario aumentar la cantidad de ciclos por periodo base, en este caso 10 veces más.

$$\text{Resolución}_2 = f_{REF} / PB = 1 \text{ MHz} / 100 \cdot 10 = 1 \text{ KHz}$$

[CNT] Contadores

- [CNT] A partir de los diagramas en bloque de la Fig. 3, explique el funcionamiento de un contador para medición de frecuencia y para medición de período.
Preferentemente indique las formas de onda principales para cada esquema
- Curvas de error de cuenta para ambos caso

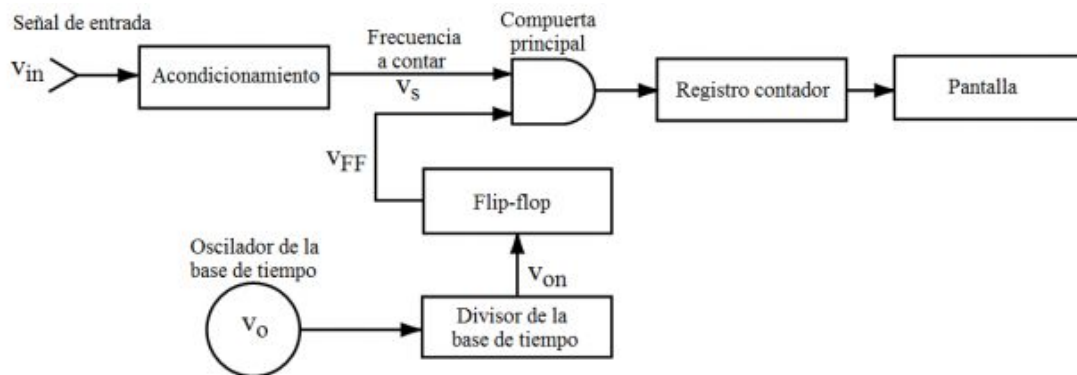


Figura 11-1: Diagramas de bloques de un contador en modo frecuencímetro.

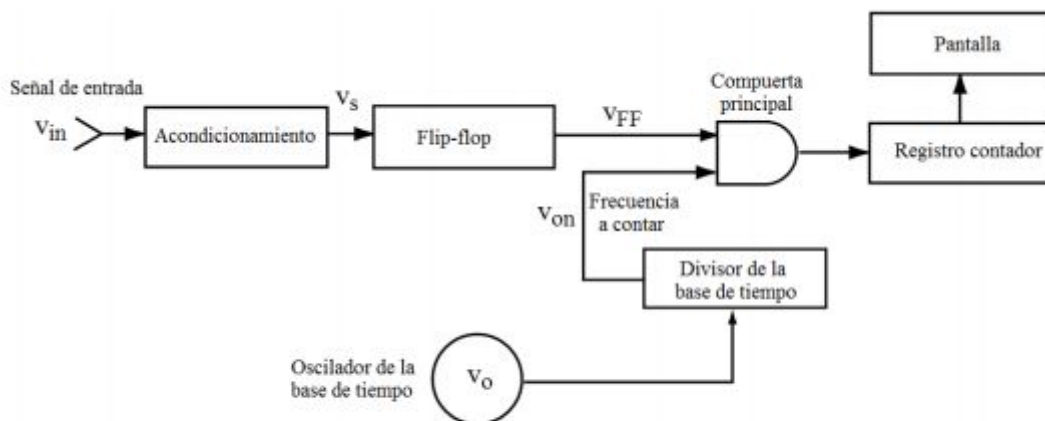
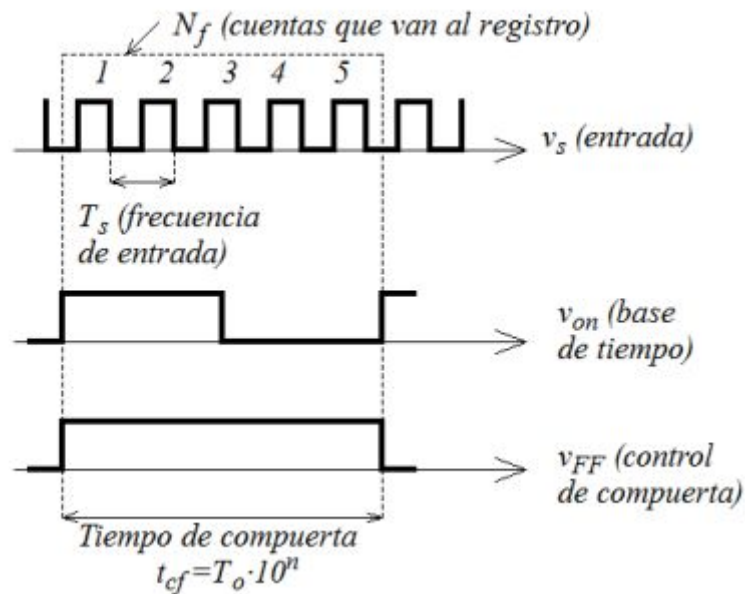


Figura 11-3: Diagrama de bloques de un contador en modo periodímetro.

MODO FRECUENCIMETRO:

La señal de entrada es la señal de frecuencia a medir (V_s). Pasa a través de un bloque de acondicionamiento, que además de acondicionar niveles de tensión y de impedancia, produce un pulso por cada ciclo de V_{in} . Este tren de pulsos V_s , pasa por la compuerta principal y produce un conteo en el bloque Registro contador. El tiempo que está abierta la compuerta principal es el T_c y es controlado por la señal V_{FF} proveniente del flip-flop. La señal V_{FF} se pone en alto en un flanco ascendente de V_{on} y en bajo en el siguiente flanco ascendente (es decir, un biestable). A su vez, la señal V_{on} es la señal de un oscilador que produce una señal V_o de frecuencia de referencia, dividida por décadas según conveniencia. La precisión de T_c depende de esta base de tiempos.



En la figura de arriba, podemos ver las señales en juego. La señal V_o tiene frecuencia f_o y período T_o , que al pasar por el bloque divisor, pasa a tener una frecuencia $f_o/10^n$, y un período $T_o \cdot 10^n$.

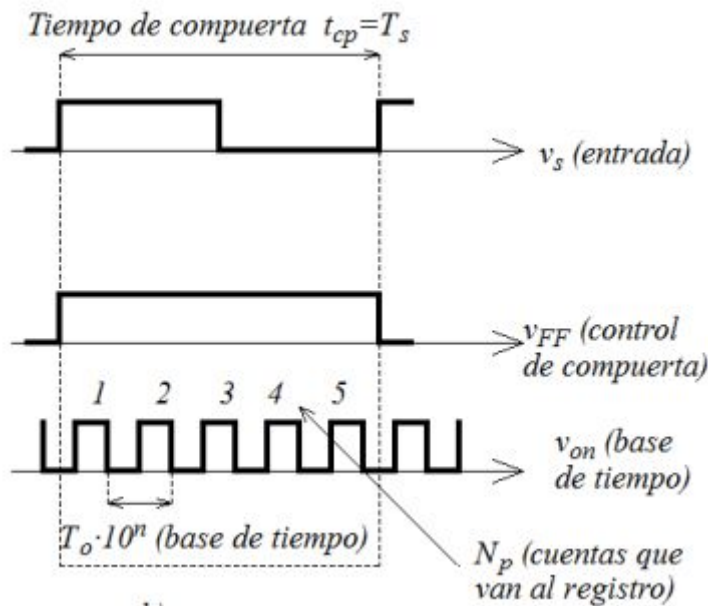
La duración de un pulso de v_{ff} es t_c , y es el tiempo que la compuerta principal va a estar abierto, y producirá el conteo en bloque del contador. Nuestro contador va a calcular la frecuencia dividiendo N en t_c .

$$f_s = \frac{\text{Nro de ciclos}}{t_c} = \frac{N_f}{T_o \cdot 10^n} = \frac{5}{0,1\mu \cdot 10^3} = 50\text{kHz}$$

MODO PERIODÍMETRO:

Funciona al revés del frecuencímetro, se cuentan los pulsos de la base de tiempos, N_p , cuya duración conocemos perfectamente, y lo que controla el tiempo t_c son los pulsos de la señal de entrada, T_s . Luego el contador hace

$$t_{cp} = T_s = T_o \cdot 10^n \cdot N_p$$



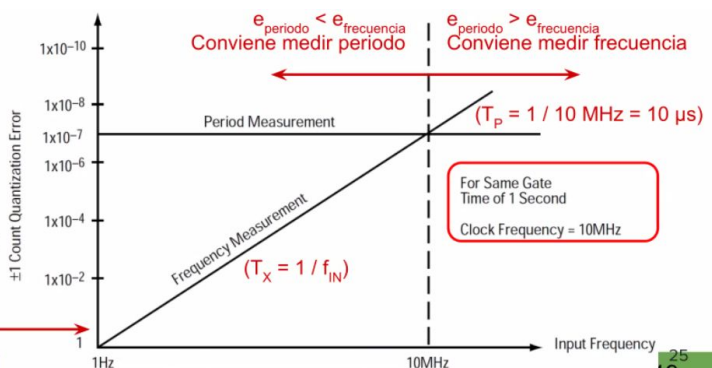
Curvas de error en los distintos modos de funcionamiento:

La medición de periodo **tiene menor error de cuenta para toda $f_{IN} < f_C$**

La medición de frecuencia **tiene menor Error de cuenta para $f_{IN} > f_C$**

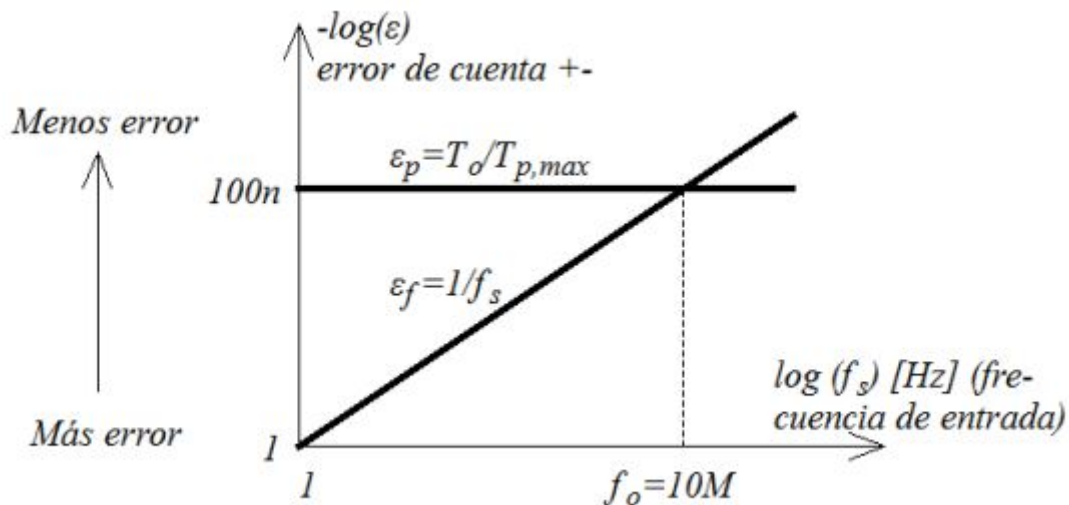
Esto se utiliza en el **contador recíproco**, El cual **conmuta los métodos de medición según se encuentre de un lado u otro del límite**

ATENCIÓN: El error DECRECE hacia arriba!



Una breve explicación del gráfico: Mientras que la frecuencia a medir sea MENOR que la frecuencia del clock (10 MHz en este caso), conviene medir período, ya que el error es menor. Ahora bien, si la frecuencia es mayor a la frecuencia del clock, conviene medir la frecuencia, ya que tiene un menor error. (Se ve que el eje Y mientras aumenta, significa que el error se hace más chico).

Resumen: Para frecuencias menores a 10 MHz, conviene usar el periodómetro, ya que tenemos una mayor resolución para $f_s < f_o$. En cambio, para $f_s > f_o$, conviene el modo frecuencímetro.



- [CNT]
 $F_x = 50 \text{ KHz}$ (señal a medir)
 $F_c = 40 \text{ KHz}$ (frecuencia de la base de tiempo)
 ¿qué método es mejor para tener un menor error de cuantización?

Se observa que la frecuencia de la señal a medir es mayor que la frecuencia del clock, por lo tanto conviene utilizar el modo FRECUENCIMETRO del contador.

- [CNT] Clasificar y justificar todos los tipos de errores (te daba una lista con los 6)

Errores sistemáticos (se pueden ponderar y corregir)

- **Retardo diferencial entre canales:** Error introducido debido a que las longitudes físicas que recorren los canales de entrada son distintas. Al recorrer distintas longitudes se genera un retraso que ocasiona el error.
- **Error de tiempo de disparo (Schmitt):** También llamado de gatillado. Si la señal tiene distinto rise time que fall time, tiene un “error de ciclo de histéresis”. El nombre proviene a que el error proviene porque el tiempo de compuerta es inexacto debido a alguna falla en el disparo. Para disminuir el error, se agranda la amplitud de la señal de entrada, para disminuir rise y fall time en la misma proporción.
- **Error en la base de tiempos (largo plazo);** Tasa de envejecimiento o estabilidad a largo plazo, es la desviación gradual de la frecuencia de referencia, a medida que transcurren los años y es inherente a la calidad de los cristales usados para generar la frecuencia de ref. Se expresa en desviación de frecuencia en partes por millón por mes. Se compensa este error calibrando el instrumento.

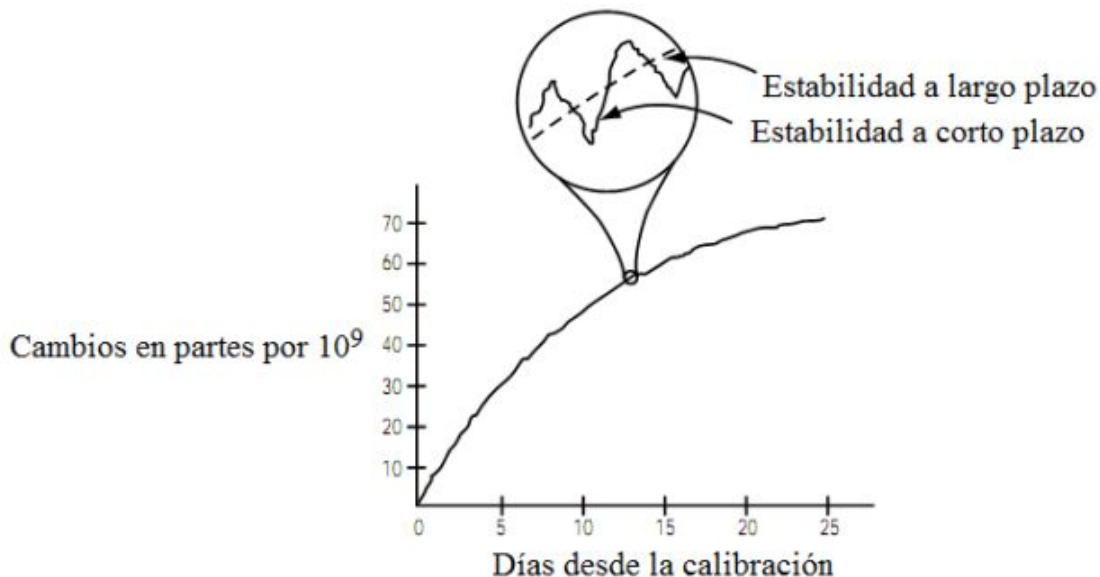
Errores aleatorios (solo puedo conocerlos y minimizarlos)

- **Error de cuantización(+1 cuenta):** Es la indecisión digital

Error de cuenta ± 1 en modo frecuencímetro: $\epsilon_f = \pm \frac{1}{f_s}$

Error de cuenta ± 1 en modo periodómetro: $\epsilon_p = \pm \frac{T_o}{t_{p,max}} = \pm \frac{T_o}{T_{s,max}}$

- **Error de trigger aleatorio (Schmitt):** Es el error causado por el ruido de la señal de entrada y el ruido presente en los canales de entrada del contador.
Se produce cuando el piso de ruido supera la ventana de histéresis. Perjudica la medición de período y de intervalo de tiempo.
- **Error de base de tiempos (corto plazo):** Es el error debido a la variación relativa de f_o , producto de imperfecciones en el oscilador de la base de tiempo. Esto produce que f_o varíe entre un máximo y un mínimo en un período de tiempo mucho menor (días)



- [CNT] Se desea medir frecuencia $f = 200$ KHz con resolución de una parte por mil (10^{-3}). ¿Cuál es el período mínimo necesario del oscilador de base de tiempo?

$F_x = 200$ KHz

Resolución = 10^{-3}

$N = 10^3$ cuentas (al menos)

$N = F_x \times T_p \rightarrow T_p = N / F_x \rightarrow T_p = 10^3 / 200 \text{ kHz} = 5 \text{ ms}$

- Indique las consideraciones a tener en cuenta al utilizar un contador electrónico:
 - Cuando se mide frecuencia, cuanto mayor es el tiempo de compuerta, peor es la resolución del dispositivo
 - Para medir período, se cuenta cuántos ciclos de la base de tiempo entran en un ciclo de la señal a medir
 - El flip-flop de compuerta se aplica siempre al clock interno
 - Para señales de baja frecuencia, se obtiene mejor resolución si se mide el período que si se mide frecuencia
- Indique cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas respecto al acondicionador de señales de un contador:
 - El acoplamiento AC se aplica para centrar en 0V las señales moduladas por pulsos
 - El trigger de Schmitt define la sensibilidad del instrumento
 - El AGC se usa para cambiar el ancho de histéresis del trigger de Schmitt
 - La ventana del trigger de Schmitt es comúnmente variable
- La sensibilidad de cierto contador es de $10 \text{ mV}_{\text{RMS}}$. Con base en este dato, ¿cuál es la mínima amplitud pico a pico que podría detectar para una señal de entrada cuadrada?
 - 10 mVpp
 - 28,28 mVpp
 - 20 mVpp
 - 14,14 mVpp

$$\text{Sens} = V_{\text{pp}} / 2 \cdot \text{Sqrt}(2)$$

$$V_{\text{pp}} = \text{Sens} \cdot 2 \cdot \text{Sqrt}(2)$$

$$V_{\text{pp}} = 10 \text{ mVpp} \times \text{Sqrt}(2) \times 2$$

$$V_{\text{pp}} = 28,28 \text{ mVpp}$$