

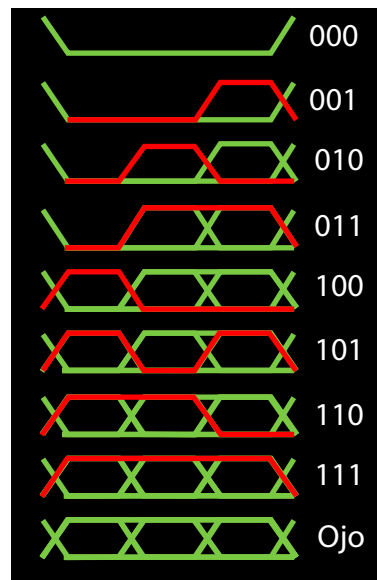
Introducción

Video digital es una extensión del video analógico. La diferencia es que el video digital es una representación numérica de un voltaje analógico que ha sido digitalizado por un proceso que depende de dos partes. Primero, es muestreado de acuerdo al teorema de Nyquist y luego es uniformemente cuantizado para obtener los valores digitales de acuerdo a los intervalos creados durante el muestreo.

Televisión digital usa la señal digital en serie (SDI) para ser distribuida dentro de la planta ó el estudio. SDI representa enormes ventajas al usar solo un cable para distribución. Sin embargo, SDI también representa desafíos muy críticos para mantener calidad de señal durante la distribución, enrutamiento, conmutación y edición de la señal. Hay tres formas básicas de la señal digital en serie (SDI), la primera es de resolución estándar (SD-SDI), la segunda es de alta resolución (HD-SDI) y la tercera es de 3G-SDI. La velocidad de transmisión para resolución estándar es de 270 Mbits/segundo mientras que para alta resolución es de 1.485 Gbits/segundo y para 3G es de 2.97 Gbits/segundo. En una previa Nota Técnica: Frecuencias de muestreo para 4:4:4, 4:2:2 y 4:2:0, etc. Pueden ver como se deriva la velocidad de transmisión para SD-SDI y HD-SDI. También ya se menciona el nuevo sistema de 4K ó de Ultra HD. Este formato todavía no se ha formalizado y por lo tanto no existen especificaciones, pero las técnicas de evaluación y medición de la calidad de esta señal serán similares a las indicadas en este artículo.

Si la señal SDI no es transmitida ó recibida en forma correcta, serios problemas pueden ocurrir. Por eso, es necesario verificar que todos los pulsos en la señal digital estén presentes y aún más importante, es que estén presente en el tiempo correcto y los pulsos estén alineados del uno al otro. A estas altas velocidades de transmisión, es importante que la integridad de la señal sea mantenido ya que las tasas de error son muy bajas como pueden ver en las especificaciones.

Dos de las herramientas disponibles a ingenieros



Formación del Patrón de Ojo con una secuencia de 3 bits

y técnicos para medir la calidad de la señal son, el diagrama de ojo (eye pattern) con el cual se puede observar deficiencias en la señal digital y el diagrama de inestabilidad donde se hace medición de inestabilidad (jitter).

Formación del Patrón de Ojo

El patrón ó el diagrama de ojo se forma superponiendo todos los valores digitales que están siendo transmitidas, o sea usando todas las combinaciones de los bits uno y cero que son transmitidas en SDI. El simplificado gráfico arriba muestra como una secuencia de 3 bits llega a formar el diagrama de ojo conforme los valores binarios van ascendiendo de 000 a 111.

Cabe recordar que la señal SDI no lleva una señal de reloj separado de los datos. El reloj es embebido dentro de la misma señal y tiene que ser extraído por el equipo receptor. Después de extraer el reloj, se usa este reloj para sincronizar las muestras de los bits de uno a otro para formar el ojo. Esto es exactamente lo que hace todo equipo receptor para decodificar la señal digital. Los equipos de medición hacen lo mismo para mostrar el patrón de ojo.

Cuando la señal no esta en buen estado y contiene

mucho ruido, inestabilidad y distorsión, se hace más difícil extraer el reloj y esto hace más difícil recibir la señal para una buena recepción. A continuación, queremos explicar como se usa el patrón ó diagrama de ojo para analizar la calidad de la señal SDI.

Posible Problemas con Señal Digital en Serie (SDI)

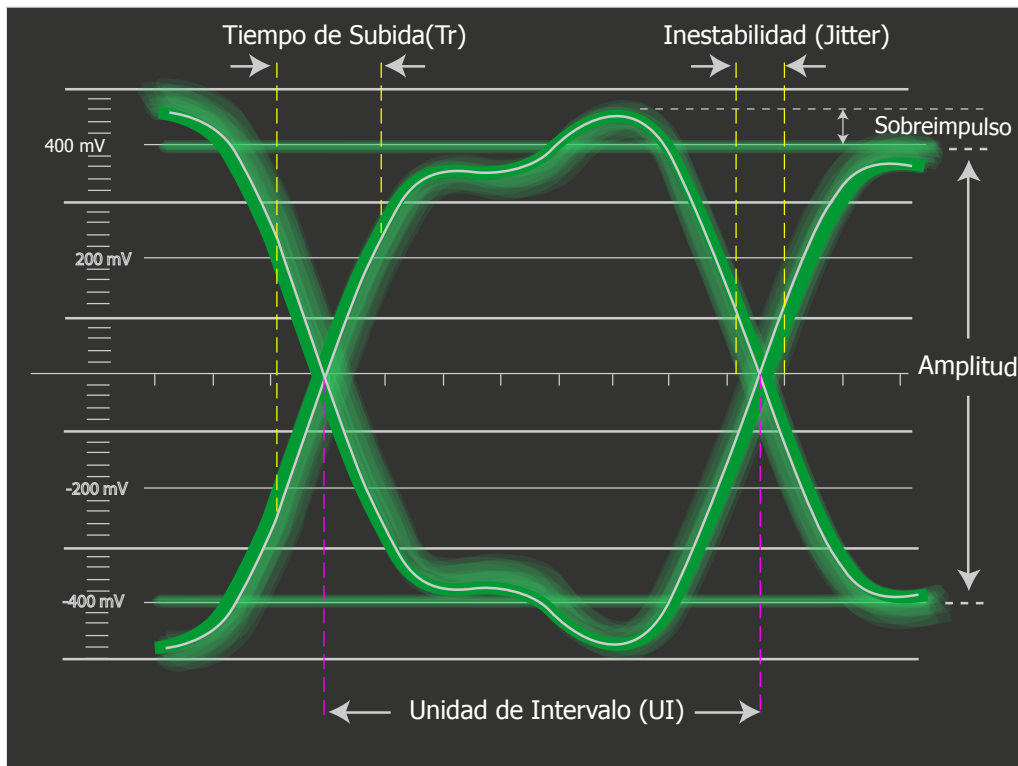
Mientras hemos sido convencidos de que las señales digitales son mejores que las señales analógicas, que son más robustas, que no se malogran mucho y hasta queremos decir que todo es perfecto en el mundo digital. Sin embargo, señales digitales también corren riesgos al ser distribuidas. Los más comunes problemas son:

- Reducción de amplitud
- Acumulación de errores de sincronismo en tiempo
- Acumulación de errores en alineamiento de los pulsos
- Acumulación de excesivo ruido
- Producción de sobreimpulso

Combinación de los factores incluidos arriba, hace

que la señal digital corra el peligro de aproximarse al llamado 'digital cliff' - este precipicio digital es donde se pierde capacidad de recibir una adecuada señal que no permite que la señal sea decodificada porque la acumulación de errores es mucho. Esta característica de señales digitales es diferente que las señales analógicas, la señal analógica pierde capacidad de señal en forma mas pasiva que la digital que trabaja de acuerdo a más exigentes especificaciones. Para prevenir estos problemas, se utiliza equipos de medición que tienen capacidad de mostrar el diagrama de ojo (eye pattern) y nivel de inestabilidad (jitter). Al analizar el diagrama de ojo y los diagramas de inestabilidad, el ingeniero ó el técnico puede prevenir mayores problemas en el futuro que sean asociados con la transmisión de la señal digital (SDI). La señal digital (SDI), debe mantenerse de acuerdo a exactas especificaciones a lo largo del ramo de transmisión y distribución. Mientras algunos sistemas digitales pueden trabajar por cierto tiempo sin adherirse a estas especificaciones, eventualmente van a fallar. Es difícil determinar en que punto ó donde van a fallar, pero es importante mantener la integridad de la señal de acuerdo a las especificaciones. La siguiente tabla indica las más básicas especificaciones para señales SDI.

| SPECIFICACIÓN | SD | HD | 3G |
|--|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Velocidad de transmisión | 270 Mb/s | 1.485 Gb/s | 2.97 Gb/s |
| Unidad de Intervalo (UI) | 3.7 ns | 673.4 ps | 336.7 ps |
| Amplitud | 800 mV +/- 10% | 800 mV +/- 10% | 800 mV +/- 10% |
| Tiempo de subida (Tr) (20% to 80%) | < 1.5 ns | <270 ps | < 135 ps |
| Sobreimpulso | < 10% | < 10% | < 10% |
| Inestabilidad en tiempo (Timing jitter) | < 0.2 UI p-p filtro de 10Hz | < 1.0 UI p-p filtro de 10Hz | < 2.0 UI p-p filtro de 10Hz |
| Inestabilidad en alineación (Alignment jitter) | < 0.2 UI p-p filtro de 1Khz | < 0.2 UI p-p filtro de 100Khz | < 0.3 UI p-p filtro de 100Khz |
| Estándar SMPTE | SMPTE 259M | SMPTE 292M | SMPTE 424M |



Como evaluar SDI usando el Diagrama de Ojo

Utilizando el monitor de forma de onda, los ingenieros pueden analizar el diagrama de ojo (como se muestra en la figura arriba) y el diagrama de inestabilidad (jitter) para determinar o prevenir problemas con la señal digital de SDI.

La señal de SD, HD ó 3G que es utilizada para hacer la medición debe ser la barras de color de 100%. Se debe utilizar un cable coaxial de 75 ohms, de buena calidad y de menos de un metro de longitud entre el generador y el instrumento de prueba. Después se puede ir añadiendo más longitud de cable hasta 300 metros para SD y 100 metros para HD para verificar que la calidad de la señal sigue en buen nivel. Para hacer las mediciones, se utilizan los cursores de tiempo y de amplitud, como se puede observar en el diagrama de ojo mostrado abajo. Los parámetros que son medidos, deben ser comparados con las especificaciones para determinar la integridad de la señal.

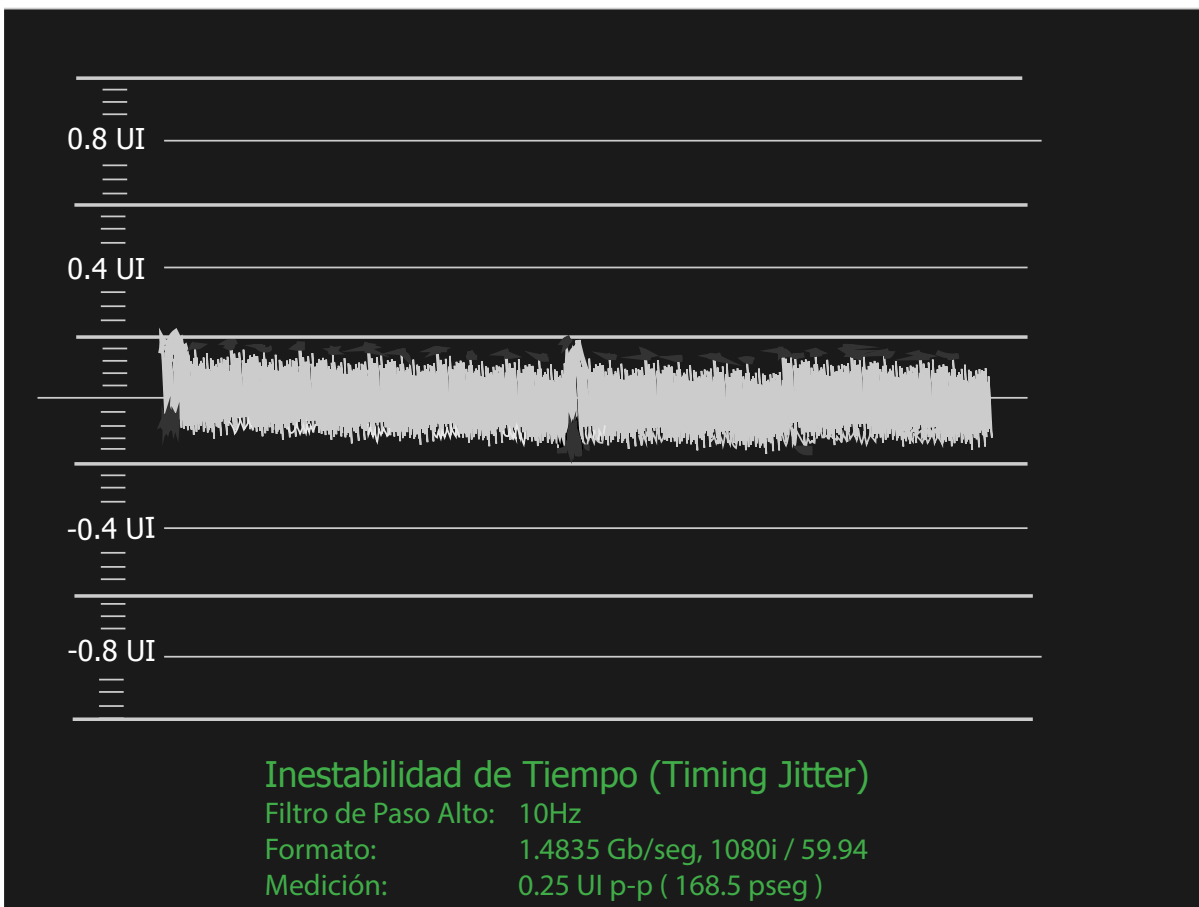
Unidad de Intervalo:

Este parámetro es básicamente el período de la velocidad de transmisión. Un ojo abierto es bueno y un ojo cerrado puede reducir la integridad de la señal recibida. En sistemas de televisión, se utiliza un sistema

de corrección progresiva de errores (Forward Error Correction). Este sistema hace posible que la señal puede ser recuperada aún cuando el ojo está casi cerrado, porque también los equipos receptores usan corrección de errores e igualadores (equalizers) de señal. Después que la señal ha sido ecualizada, se le llama el ojo con ecualización (equalized eye) porque ha sido compensado para eliminar distorsiones de la señal. Pero, es recomendable empujar con un ojo abierto aún sin ecualización, porque de acuerdo a la distancia de transmisión y la capacidad del sistema de ecualización del receptor, la señal puede ser distorsionada en forma exagerada, que sería difícil recuperarla ya que el proceso de transmisión genera inestabilidades en forma aleatoria que influyen mucho en la calidad del ojo de la señal que debe trabajar con muy bajas tasas de error.

Amplitud:

Mantener la correcta amplitud de señal es importantísimo para mantener una correcta proporción de señal y de ruido (S/N), y porque los sistemas de recepción como el equalizador, dependen mucho de la amplitud de la señal para proveer un nivel adecuado de compensación, de lo contrario, los mismos equalizadores pueden crear más distorsión.



Tiempo de Subida (Tr):

Distorsión del tiempo en subida (Tr) contribuye en generar sobreimpulsos y oscilaciones, y quizás más importante es que va a reducir el tiempo necesario para hacer el muestreo (sampling) dentro del ojo. Mientras no hemos mencionado el tiempo en bajada (Tf), este parámetro también es importante y debe seguir fielmente a la característica del Tr. La diferencia entre Tr y Tf no debe exceder 100 ps para HD, 0.5 ns para SD y 50 ps para 3G.

Sobreimpulso:

Sobreimpulsos indican defectuoso Tr o Tf, también un mal encaje de impedancia que genera pérdidas de retorno en los cables de transmisión.

Inestabilidad (jitter):

El intervalo entre las transiciones de la señal digital (SDI) varía de posición ideal en tiempo. Esto es conocido como inestabilidad (jitter) de la señal. En sistemas digitales, hay dos fuentes que producen inestabi-

lidad en la señal. Uno es conocido como inestabilidad aleatorio (random) que es debido primordialmente a ruido térmico y a ruido de disparo de los diferentes elementos electrónicos. La otra clase de inestabilidad es llamado determinístico. Este tipo de inestabilidad es más fácil de ser caracterizado que el aleatorio ya que es más adecuado a la medición. Inestabilidad determinístico puede ser producido por: conmutación de fuentes de corriente, diferencias en tiempos en subida (Tr) y tiempos en bajada (Tf), conversión de paralelo a serie, característica de los cables en ciertas frecuencias, etc.

En el área de vídeo digital, acostumbramos a medir la inestabilidad de la señal digital mirando a dos clases de inestabilidad:

Inestabilidad en tiempo (Timing jitter), que es la variación en la posición de los puntos de transición de la señal. Esta variación es de acuerdo a la comparación con un reloj ideal. La medición se hace usando un filtro de paso alto (HPF) con frecuencia de

esquina de 10 Hz para SD, HD and 3G. También hay un elemento al que se refiere como 'wander', esto es variaciones de muy bajas frecuencias que hace que el diagrama de ojo se este moviendo lentamente.

Inestabilidad de alineación (Alignment jitter), que es la variación de los puntos de transición de la que es la variación de los puntos de transición de la señal pero comparado con el reloj de la señal. Como mencionamos anteriormente, el reloj no es una señal distribuida separadamente, sino que es extraído de la misma señal. El reloj es extraído por un proceso donde se varia el ancho de banda para limitar la inestabilidad de muy bajas frecuencias. Es por esto que las especificaciones de inestabilidad(jitter) son dadas usando un filtro de paso alto (HPF) con frecuencia de esquina de 1Khz para SD y de 100Khz para HD ó 3G. Debido a que tenemos que medir dos tipos de inestabilidad, los modernos instrumentos de prueba y medición ahora ofrecen la característica de medir la inestabilidad separado del patrón de ojo. O sea que ofrecen ver el pico-a-pico (peak-to-peak) de los dos tipos de inestabilidad, de tiempo y de alineación con los respectivos filtros seleccionados, esto es algo casi ya automatico y ayudan a los ingenieros y técnicos a hacer medición con mas precisión. Pueden observar un simple ejemplo en el diagrama al lado mostrando una medición de inestabilidad de tiempo.

Equipos de prueba y medición

Existen varios proveedores de equipos de prueba y medición que ofrecen capacidad de ver el patrón de ojo y el diagrama de inestabilidad. Los mas conocidos son Tektronix, Harris (Videotek) y Leader. La mayoría de los equipos ahora ofrecen capacidad de trabajar con señales desde SD hasta 3G. En algunos modelos, también incorporan una salida de patrón de prueba como barras de color. Aumentando la longitud de cable, es una prueba fácil de ver cuanto de margen existe antes de llegar al precipicio.

Sumario

En esta Nota Técnica hemos elaborado como se analiza una señal SDI usando el diagrama de ojo y el diagrama de inestabilidad. Mientras estas son herramientas muy útiles para prevenir problemas, hay otras formas de probar la señal para comprobar que esta trabajando dentro de las especificaciones. La mejor referencia sobre especificaciones se encuentra en el sitio de SMPTE (Sociedad de Ingenieros de Cine y Televisión) <http://standards.smpte.org>.

En futuras Notas Técnicas, esperamos expandir las otras formas de analizar la señal SDI:

- Probando con estrés inducido (Stress testing)
- Chequeo con señal patológica (SDI check field)
- Chequeo de errores de redundancia cíclica (CRC error testing)

Contacto

Por favor contacten a:
marketing@portaldtv.com

si desea:

- Hacer reproducciones de Notas Técnicas.
- Traducciones de documentos técnicos entre inglés y español.
- Apoyo técnico en ramas de televisión digital y multimedia.