



Instituto Tecnológico de Costa Rica

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

LABORATORIO I: INTRODUCCIÓN A TALLER DE INSTRUMENTACIÓN

EL-5822 Taller de Instrumentación

Autores:

Cristian Alonso Arias Vargas

Natalia Maria Navarro Vega

Luis Diego Trejos Madrid

II Semestre 2023

1. Investigación previa

1. ¿Cómo se mide el signal-to-noise ratio (SNR) para la señal analógica? Brinde un ejemplo.

El SNR, o la relación señal a ruido, es un parámetro útil para medir la calidad de un sistema analógico. Se puede presentar como una medida en dB, y se calcula con la fórmula:

$$SNR = 10 \log_{10} \left(\frac{P_s}{P_n} \right) \quad (1)$$

Donde P_s es la potencia de la señal de interés y P_n corresponde a la potencia del ruido presente.

También se puede calcular utilizando el valor cuadrático medio de la tensión de ambas señales, la de ruido ($E[n^2(t)]$) y la de interés ($E[s^2(t)]$), en este caso la fórmula se representa como:

$$SNR = 10 \log_{10} \left(\frac{E[s^2(t)]}{E[n^2(t)]} \right) \quad (2)$$

Un ejemplo de esto es el ejemplo 9.1 presentado en el la segunda edición del libro Introduction to analog (&) digital communications. En este se plantea la transmisión de una señal cuya fase es desconocida para el receptor y además llega con ruido blanco cuya potencia espectral es $N_0/2$. Para ambas señales se calcula la tensión cuadrática media, las cuales son:

$$E[s^2(t)] = \frac{A_c^2}{2} \quad (3)$$

$$E[n^2(t)] = N_0 B \quad (4)$$

Por lo que el valor de SNR es:

$$SNR = \frac{E[s^2(t)]}{E[n^2(t)]} = \frac{A_c^2}{2N_0 B} \quad (5)$$

Si se deseara obtener el valor en dB se debe hacer la ecuación:

$$SNR = 10 \log_{10} \left(\frac{A_c^2}{2N_0 B} \right) \quad (6)$$

2. ¿Cuál es el ancho de banda típico para señales de audio? ¿Una señal de audio tiene componente DC?

El ancho de banda típico es entre 20 Hz y los 20 Khz. Sin embargo, pocas personas son capaces de escuchar por encima de los 16 Khz, o por debajo de los 40 Hz.

En lo referente a la componente DC, en la representación digital de una señal de audio el DC equivale al silencio, una señal constante de amplitud cero. Debido al mal funcionamiento de un micrófono, una placa de audio o como resultado del procesamiento de una señal, pueden producirse desviaciones del DC, llamadas en inglés DC offset o DC bias. Estas desviaciones hacen que toda la señal quede desplazada con respecto del cero y son consecuencias indeseables por varias razones, por ejemplo, en el funcionamiento de los aparatos eléctricos, una señal con DC offset hace que el sistema no funcione dentro de sus valores de operación, lo que puede deteriorar el equipamiento o la calidad del audio. [2]

3. ¿Cómo afecta el ruido térmico al SNR de una señal analógica? ¿Cuántos dBm tiene el ruido térmico para la impedancia de 50Ω para una señal cuyo $BW = 20 \text{ kHz}$?

Este tipo de ruido se debe a la agitación térmica de los electrones en un conductor y se encuentra a todos los dispositivos electrónicos y sistemas que tienen resistencias. El ruido térmico se presenta como una fluctuación de voltaje o corriente en la señal y afecta la relación señal a ruido. Para una resistencia, el ruido térmico se puede calcular de la forma:

$$P_N = 4KTB \quad (7)$$

En donde K es la constante de Boltzmann, T es la temperatura en Kelvin, B el ancho de banda, y P es la potencia causada por el ruido térmico en una resistencia [3]. Si se quiere calcular el valor en dBm se puede realizar de la siguiente manera:

Tomando una temperatura de 300 K

$$\begin{aligned} P_N &= 4(1,3810^{-23})(300)(20000) \\ P_N &= 3,312 \times 10^{-16} \text{ W} \end{aligned} \quad (8)$$

Por lo que el SNR en dBm sería:

$$\begin{aligned} SNR &= 10 \log_{10}(P_N/1 \times 10^{-3}) \\ SNR &= 10 \log_{10}(3,312 \times 10^{-16}/1 \times 10^{-3}) \\ SNR &= -124 \text{ dBm} \end{aligned} \quad (9)$$

4. ¿Qué es ruido de cuantización? ¿Bajo que circunstancias se podría modelar este ruido aditivo?

El ruido de cuantización es un tipo de ruido presente en las señales PCM cuando se muestrea a una velocidad de Nyquist o a una más rápida. Muestrear a esta velocidad da lugar a que exista un ruido que es despreciable para el canal, pero, que nos da como resultado un error en la forma de onda analógica cuando se es recuperada. Se puede interpretar como un error de redondeo. [4]

Para modelar el ruido de cuantización cuando se convierte de una señal analógica a una señal PCM (digital) se usa la distribución uniforme.[4]

5. ¿Para una grabación de audio, el piso de la señal es predominado por el ruido de cuantización o el ruido térmico?

Para la grabaciones de audio es necesario tomar como piso de la señal al ruido de cuantización, ya que, como se explica en la pregunta anterior, cuando se convierte una señal analógica a una señal digital existe cierto error de muestreo.

En el caso del ruido térmico, este también ensucia la señal digital debido al movimiento aleatorio de los electrones por consecuencia de la temperatura. Pero, este tipo de ruido no afecta en gran medida ya que es predecible. [5]

6. ¿Cuáles son las tasas de muestreo más populares para grabaciones de audio? ¿La cantidad de bits por muestra?

Entre algunas de las tasas de muestreo más usadas se puede encontrar es la $44,1kHz$ a 16 bits por muestra, usada principalmente para la grabación de audio. Después, se encuentra la tasa de $48kHz$ a 24 bits por muestra, comúnmente usado para la grabación de audio para vídeos, películas y otras aplicaciones multimedia.

Asimismo, se puede usar una tasa de $96kHz$ a 24 bits por muestra, usados para obtener una mayor calidad de audio (mezclas de música, masterización). Y por último, esta la tasa de $192kHz$ a 24 bits por muestra, esta última tasa es usada cuando se requiere registrar con gran precisión señales y sonidos detallados. [6]

7. ¿Cuáles son los formatos de audio cuya compresión o almacenamiento no agrega distorsión?

Estos formatos de audio sin distorsión también se les llama formato de audio sin pérdida, entre estos están: FLAC (Free Lossless Audio Codec), ALAC (Apple Lossless Audio Codec), WAV (Waveform Audio File Format), AIFF (Audio Interchange File Format), WMA Lossless (Windows Media Audio Lossless), APE (Monkey's Audio), los cuales tienen como características la preservación de la calidad del sonido, flexibilidad y compatibilidad dependiendo del formato, admiten metadatos, así como tasas de bits variables. [7]

8. ¿Cómo se puede utilizar un barrido de frecuencias para modelar la respuesta en frecuencia de un dispositivo bajo prueba (DUT)? Investigue el procedimiento a realizar cada grabación de audio para tener la estimación de la respuesta en frecuencia.

Corresponde a un método al que se le debe de aplicar una serie de señales sinusoidales de diferentes frecuencias al DUT y medir su respuesta en términos de amplitud y fase en cada frecuencia. Esto se hace con el objetivo de entender cómo el DUT responde a diferentes frecuencias y cómo su comportamiento cambia en función de la frecuencia.

Además, como procedimiento se tienen que conectar el generador de señales como fuente de entrada (en este caso sería el parlante) al DUT, se debe de contar con el instrumento para medir la respuesta en frecuencia del DUT, estos pueden ser un analizador de espectro o un osciloscopio, asimismo es necesario establecer el rango de frecuencias que se va a investigar para así realizar el barrido de frecuencias (grabación del barrido), con esto es posible realizar las mediciones y el registro de los datos (medición de la amplitud y la fase de la señal), ya con los datos se lleva a cabo el análisis de estos, graficación de la amplitud y fase en función de la frecuencia y se puede crear el modelo matemático que describa la respuesta en frecuencia del DUT. [8]

Referencias

- [1] S. Haykin, Introduction to Analog and Digital Communications. Wiley & Sons, Incorporated, John, 2007.
- [2] Análisis de la forma de onda digital. <https://static.uvq.edu.ar/mdm/TSD/unidad-06-02.html>
- [3] S. Haykin y M. Moher, Communication Systems. Wiley & Sons, Limited, John, 2009.
- [4] L. W. Couch II, Sistemas de comunicación digitales y analógicos, 7a ed. México: Pearson Educación, 2008.
- [5] W. Tomasi, Sistemas de comunicaciones electrónicas, 4a ed. México: Pearson Educación, 2003.
- [6] Edítalo Pro. El Mejor FORMATO de AUDIO para GRABAR y EDITAR. (18 de septiembre de 2019). Accedido el 5 de agosto de 2023. [Video en línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=e5EHCyfgmH0>

- [7] Grupo ATICO34. 18 tipos de formato de audio y sus características. Disponible en: https://protecciondatos-lopd.com/empresas/tipos-formato-audio/#Apple_Lossless
- [8] C. Romero y M. Martínez. Metodología para la obtención de la respuesta en frecuencia. Universidad de La Salle. 2018. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1177&context=ing_electrica