

ELECTRÓNICA III

TEMA 2

- Ganancia, atenuación.
- Definiciones y uso de los decibeles.
- Conceptos básicos de ruido eléctrico.
 - Orígenes de los ruidos.
- Definiciones de relación señal ruido,
 - cifra de ruido
 - índice de ruido

Entre las especificaciones fundamentales de un circuito está la relación de las potencias o tensiones de salida respecto a las de entrada.

La Ganancia es un número adimensional y se define como:

$$A_V = \frac{V_{SAL}}{V_{ENT}} \quad A_I = \frac{I_{SAL}}{I_{ENT}} \quad A_P = \frac{P_{SAL}}{P_{ENT}}$$

En caso de circuitos que producen atenuaciones, estas relaciones son números menores que uno. Ejemplos de atenuadores: filtros pasivos, o los divisores de tensión o de corriente.

Dentro de un mismo sistema de comunicaciones puede aparecer una señal con una potencia del orden de los mW en un determinado punto o momento de medición, y en otro punto o momento puede aparecer una señal del orden de los KW. Para que la escala no resulte tan extensa y evitar estos inconvenientes se recurre al uso de una escala logarítmica.

Decibeles

Decibel relativo: este valor es utilizado para relacionar pérdidas o ganancias de un sistema.

$$\text{Ganancia de potencia en decibeles} = 10 \log |A_p| \text{ dB}$$

Si las impedancias de entrada y de salida son idénticas, entonces la ganancia de corriente y tensión se define como:

$$\text{Ganancia de corriente en decibeles} = 20 \log |A_i| \text{ dB}$$

$$\text{Ganancia de tensión en decibeles} = 20 \log |A_v| \text{ dB}$$

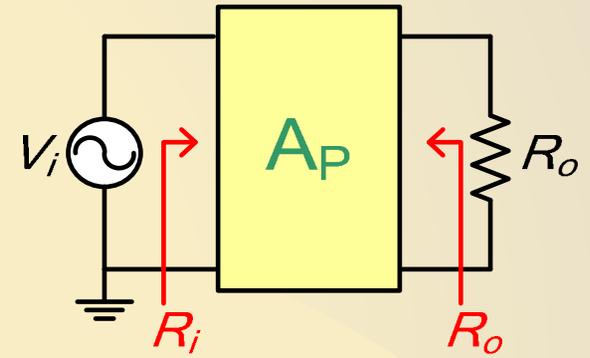
- Las expresiones en decibelios (dB), son comparaciones logarítmicas (en base 10) entre magnitudes del mismo tipo, \Rightarrow son adimensionales.

Decibeleles

4

$$P_L = \frac{V_o^2}{R_o} \quad y \quad P_i = \frac{V_i^2}{R_i} \Rightarrow$$

$$A_P = \frac{P_L}{P_i} = \frac{\frac{V_o^2}{R_o}}{\frac{V_i^2}{R_i}} = \frac{V_o^2}{V_i^2} \cdot \frac{R_i}{R_o} = \left(\frac{V_o}{V_i} \right)^2 \cdot \frac{R_i}{R_o}$$



*Entonces, si se pasa a dB:

$$A_P [dB] = 10 \cdot \log \left[\left(\frac{V_o}{V_i} \right)^2 \cdot \frac{R_i}{R_o} \right] = 20 \cdot \log \left(\frac{V_o}{V_i} \right) + 10 \cdot \log \frac{R_i}{R_o}$$

$$A_P [dB] = 20 \cdot \log A_V + 10 \cdot \log \frac{R_i}{R_o}$$

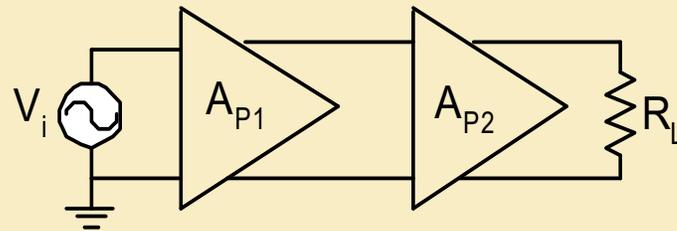
$$A_P [dB] = A_V [dB] + 10 \cdot \log \frac{R_i}{R_o}$$

$$\text{Si } R_i = R_o \Rightarrow A_P [dB] = A_V [dB]$$

Decibeles

5

- Los dB convierten las multiplicaciones en sumas, y las divisiones en restas, lo que hace mucho más sencillos e intuitivos los cálculos.



$$A_P = A_{P1} \cdot A_{P2}$$

$$A_P [dB] = 10 \cdot \log A_P = 10 \cdot \log (A_{P1} \cdot A_{P2}) = 10 \log A_{P1} + 10 \cdot \log A_{P2}$$

- *Entonces*

$$A_P [dB] = A_{P1} [dB] + A_{P2} [dB]$$

- **+3dB equivale a multiplicar la potencia por 2**
- **-3dB equivale a dividir la potencia por 2**
- Si se usa el dB, se evita manejar números o muy pequeños o excesivamente grandes, llenos de ceros, con lo que la posibilidad de error sería muy grande al hacer cálculos.

Decibel absoluto dBm

6

Decibel absoluto: relacionado a un nivel determinado. En sistemas de transmisión los decibeles representan relaciones de potencia, por este motivo las potencias de las señales pueden ser expresada en decibeles

Para lo cual se agrega una tercera letra a la notación.

Si la señal de referencia sea de 1 mW, la potencia P se expresa en decibeles por encima de 1 miliwatt y se denota por dBm.

$$1 \text{ dBm} = 10 \log \frac{P_{SAL}}{1mW}$$

Ganancias de Tensión y Potencia en dBm

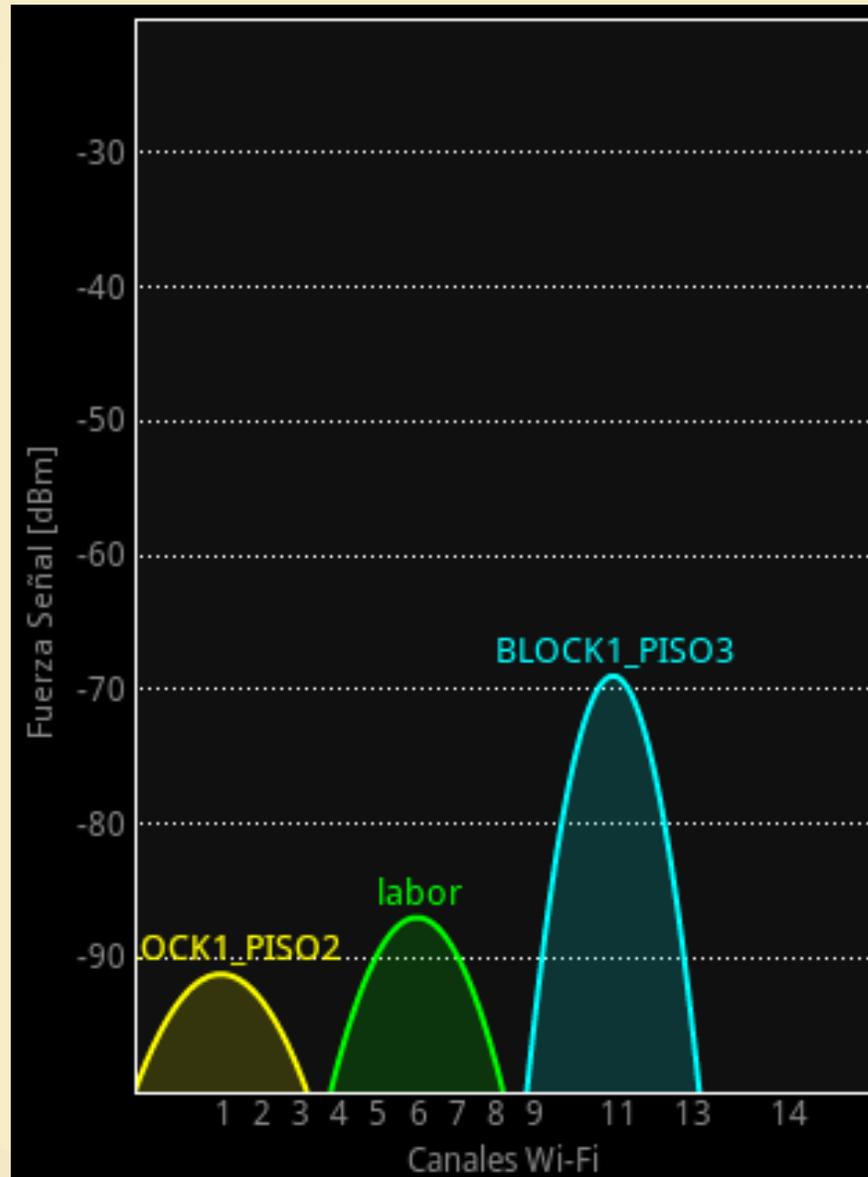
7

Relación (potencia o tensión)	Ganancia de Potencia en dB	Ganancia de Tensión en dB
10^{-6}	-60	-120
10^{-5}	-50	-100
10^{-4}	-40	-80
10^{-3}	-30	-60
10^{-2}	-20	-40
10^{-1}	-10	-20
1	0	0
10^1	10	20
10^2	20	40
10^3	30	60
10^4	40	80
10^5	50	100
10^6	60	120

Potencias expresadas en dBm

dBm	Potencia	Descripción
60	1 kW	Potencia típica de transmisión de una estación de radio FM. Radiación típica de RF de un horno de microondas.
40	10 W	Potencia entregada a las antenas de telefonía móvil
36	4 W	Salida típica de potencia para una banda de radio ciudadana (27 MHz) en muchos países
30	1 W	Fuga RF típica de un horno de microondas. Máxima salida de potencia para un teléfono celular GSM1800/1900
24	250 mW	Máxima salida de potencia para un teléfono celular UMTS/3G (teléfono de potencia clase 3)
21	125 mW	Máxima salida de potencia para un teléfono celular UMTS/3G (teléfono de potencia clase 4)
20	100 mW	BlueTooth Estándar Clase 1 , cobertura de 100 m. Potencia típica de un router inalámbrico WiFi.

Uso del dBm



AdBm -70

0,0000001 mW

Uso del dBm

10

- Tarjetas PCMCIA Orinocco :
 - 11Mbps => **-82 dBm**
 - 5.5Mbps => -87 dBm
 - 2Mbps=> -91 dBm
 - 1Mbps=> -94 dBm.
- Tarjetas CISCO Aironet 350:
 - 11Mbps => **-85 dBm**
 - 5.5 Mbps => -89 dBm
 - 2 Mbps => -91 dBm
 - 1 Mbps => -94 dBm
- Cliente USB Edimax: 11Mbps => **-81 dBm**
- Router/AP Belkin: 11 Mbps => **-78 dBm**

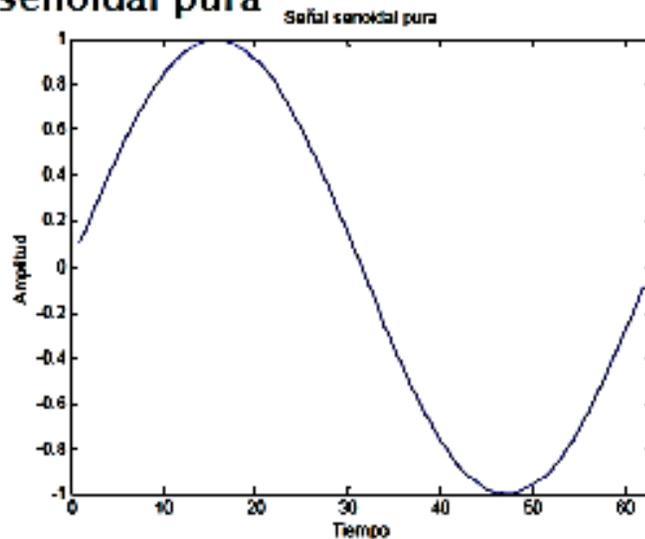
El Ruido

11

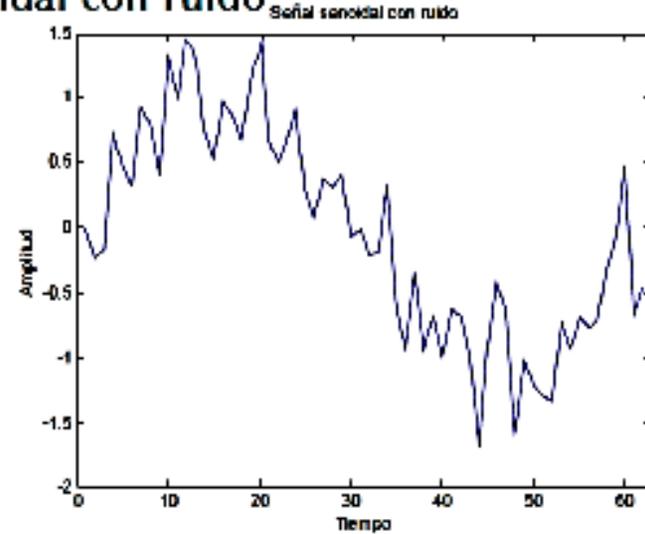
En electrónica y las telecomunicaciones, se denomina ruido a todas las señales eléctricas no deseadas que provienen de diversas fuentes y que interfieren sobre las señales que se transmiten o procesan.

Las distorsiones que produce el ruido afecta tanto a señales analógicas como digitales

Señal senoidal pura



Señal senoidal con ruido



Clasificación del Ruido Eléctrico

12



Ruido correlacionado: tiene relación directa con la señal, es producido por amplificaciones no lineales de la señal. Incluye armónicos y distorsión de intermodulación.

Ruido no correlacionado: está presente sin importar si hay una señal presente o no. Se produce en los medios de transmisión, circuitos, amplificadores, etc.

Origen del Ruido

- Ruidos Internos
- Ruidos Externos

El ruido externo es generado fuera de un sistema de comunicación y se introduce en él.

Se considera ruido externo, sólo si sus frecuencias caen dentro de la banda útil del sistema de comunicación.

El ruido interno es la interferencia eléctrica generada dentro de un dispositivo.

Todo equipo electrónico genera ruido. Tanto los componentes pasivos (resistores y cables) como los dispositivos activos (diodos, transistores) y pueden ser fuentes de ruido.

Ruido Interno

14

- **Ruido térmico**
- **Ruido de impulso o granalla**
- **Ruido de partición**
- **Ruido de centelleo**
- **Ruido de tiempo de tránsito**

RUIDO TERMICO

Se produce por el movimiento aleatorio de los electrones en un conductor debido al calor. Al aumentar la T_0 se incrementa el movimiento de los electrones y produce un flujo de corriente.

El flujo de corriente es resistido: los átomos están agitados y los electrones chocan unos con otros. Esta resistencia aparente del conductor produce una tensión aleatoria que técnicamente se llama ruido (tensión de ruido).

RUIDO TÉRMICO

15

El ruido térmico se considera como una *variable aleatoria de valor medio cero*, pero *su valor instantáneo no es cero*

Matemáticamente la potencia del ruido térmico se calcula con la ecuación:

$$P_N = kTB$$

La densidad espectral del ruido térmico es uniforme en el espectro de frecuencias, es decir que sus componentes espectrales abarcan desde 0 Hz, hasta frecuencias PHz

$$N_o = \frac{P_N}{AB} = kT$$

P_N : Potencia de ruido en Watt

k : Constante Boltzmann $1,38 \cdot 10^{-23}$ Joules/°Kelvin [J/K]

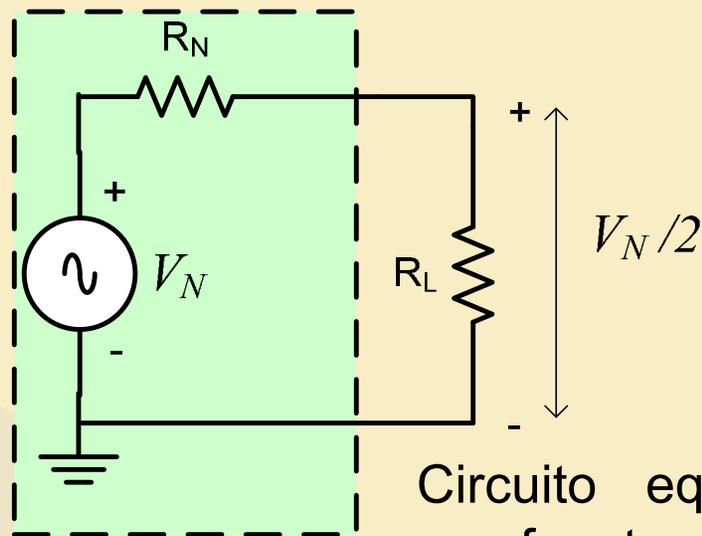
T : Temperatura en grados Kelvin

AB : Ancho de banda de la potencia de ruido en Hertz

N_o : Densidad espectral de ruido, en W/Hz

TENSIÓN DE RUIDO

En ausencia de tensiones externas, el movimiento aleatorio de los electrones da lugar a una corriente que cambia de magnitud y dirección continuamente que, en los extremos del conductor o del elemento de circuito particular, produce una tensión fluctuante: la tensión de ruido. Para el peor de los casos $R_L = R_N$, donde R_L es la resistencia de carga. La tensión de Ruido se puede calcular, según la ecuación:



Circuito equivalente de una fuente de ruido.

$$V_N = \sqrt{4RKT B}$$

RUIDOS DE IMPULSO O GRANALLA

17

El *shot noise* es causado por las variaciones aleatorias en los tiempos de llegada de los portadores de carga (electrones o huecos) a los electrodos de salida en todos los dispositivos activos.

Aparece como una corriente variable de ruido, superpuesta a la corriente de señal de salida.

Se representa mediante una fuente de corriente de:

$$I_N = \sqrt{2qI_0B}$$

I_N = Valor RMS de la corriente ruido en A

q = Valor de la carga de un electrón ($1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb)

I_0 = Corriente de polarización de continua en el dispositivo en A

B = Ancho de banda en donde se observa el ruido en Hz

RUIDOS DE PARTICIÓN

18

- Tiene características similares al de granalla en espectro y forma de generación.
- Se presenta en dispositivos donde una sola corriente se separa en dos o mas trayectorias.
- Ejemplo: La corriente de emisor de un transistor que está formada por las corrientes, de base y colector

RUIDOS EXTERNOS

Proviene de las siguientes fuentes:

- Equipos y máquinas
- Atmosféricos
- Espaciales

RUIDOS TOTAL

Para combinar los efectos de dos o más fuentes de ruido se deben sumar sus valores rms:

$$I_N = \sqrt{I_{N1}^2 + I_{N2}^2 + I_{N3}^2 + \dots + I_{Nn}^2}$$

$$V_N = \sqrt{V_{N1}^2 + V_{N2}^2 + V_{N3}^2 + \dots + V_{Nn}^2}$$

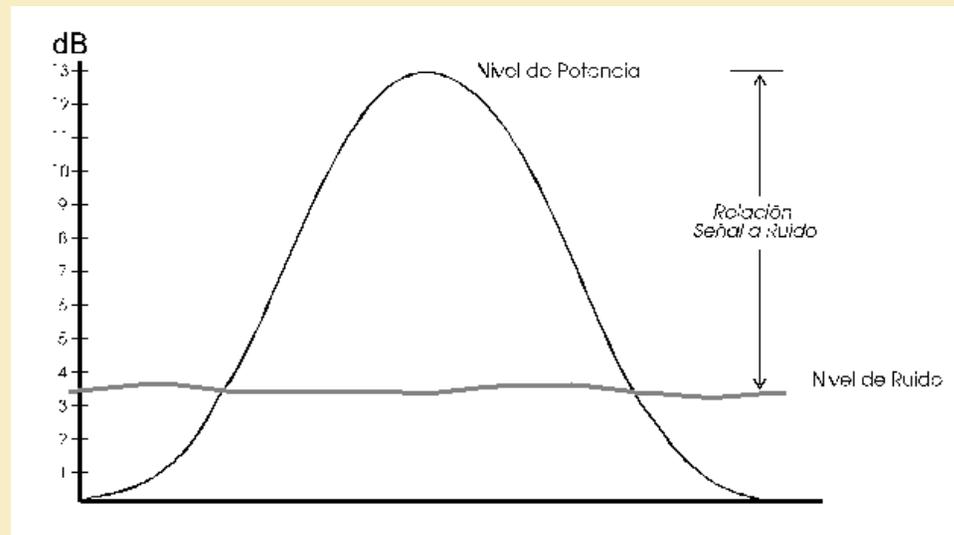
RELACIÓN SEÑAL RUIDO

20

- La relación señal ruido se denota como S/R e indica la cantidad de ruido que contiene una señal en cuestión.
- Está expresado en decibelios (dB).
- Mientras más alto sea este valor, menor será la cantidad de ruido presente en la señal.

$$\frac{S}{N} (dB) = 10 \log \frac{\text{Potencia Señal}}{\text{Potencia Ruido}} = 10 \log \frac{P_S}{P_N}$$

$$\frac{S}{N} (dB) = 20 \log \frac{V_S}{V_N}$$



Todos los conductores producen ruido y los dispositivos activos también añaden su propio ruido, entonces, cualquier etapa en un sistema de comunicación agrega ruido

Es índice que indican la degradación en la relación señal a ruido conforme la señal se propaga por un amplificador, una serie de amplificadores o un sistema de comunicaciones.

La cifra de ruido es la **relación entre de S/N de entrada y la relación S/N de salida.**

$$NF = \frac{(S / N)_i}{(S / N)_o}$$

$$NF(dB) = 10 \log \left[\frac{(S / N)_i}{(S / N)_o} \right]$$