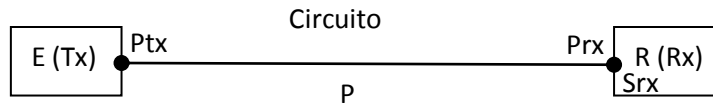


Transmisión, Ganancia, pérdida y uso de dB.

Introducción:



Señal: todo conjunto de ondas electromagnéticas que viajan de un emisor a un receptor con el propósito de transportar un mensaje.

Circuito: Conjunto de vínculos y componentes electrónicos activos y pasivos.

▷ Circuito amplificador: Mayor valor de amplitud a la salida que a la entrada (mejora la señal)

□ Circuito atenuador: Menor valor de amplitud a la salida que a la entrada (degrada la señal)

dB(decibelio): El decibelio es una unidad logarítmica, adimensional y matemáticamente escalar. Es la décima parte de un belio, que es el logaritmo de la relación entre la magnitud estudiada y la de referencia, pero no se utiliza por ser demasiado grande en la práctica, y por eso se utiliza el decibelio. El belio recibió este nombre en honor de Alexander Graham Bell.

Razones para su utilización:

1. El valor G (Ganancia relativa) en dB es el mismo para Potencia que para Tensión.
2. Facilidad para operar al sumar o restar.
3. Números más simples.

Factibilidad técnica: $P_{tx} - P = P_{rx} \geq S_{rx}$

Ejercicios simples:

1. Un circuito tiene una potencia de la señal en la entrada de 0 dBm y su ganancia es $G = -5$ dB, ¿cuál será la potencia en mW a la salida?

$$P_s \text{ (dBm)} = P_e \text{ (dBm)} + G \text{ (dB)} = 0 \text{ dBm} + (-5 \text{ dB}) = -5 \text{ dBm}$$

$$P_s \text{ (dBm)} = -5 \text{ dBm} = 10 \log (P_s \text{ (mW)}) \Rightarrow -5 \text{ dBm} / 10 = \log (P_s \text{ (mW)})$$

$$10^{(-5 \text{ dBm}/10)} = P_s \text{ (mW)} = 0,316 \text{ mW}$$

$$P_e \text{ (dBm)} = 0 \text{ dBm} = 10 \log (P_e \text{ (mW)}) \Rightarrow 0 \text{ dBm} / 10 = \log (P_e \text{ (mW)})$$

$$10^{(0 \text{ dBm}/10)} = P_e \text{ (mW)} = 1 \text{ mW}$$

Verificación: $G = 10 \log (P_s/P_e) = 10 \log (0,316 / 1) = 10 \times (-0,5) = -5 \text{ dB}$

Respuesta: $P_s = 0,316 \text{ mW}$

2. Calcular la tensión en la entrada y en la salida para el problema anterior, suponiendo que trabaja con $R = 50 \Omega$, y expresarlas en dBmV.

$$V_e = \sqrt{P_e \times R} = \sqrt{0,001 \text{ W} \times 50 \Omega} = 0,22360 \text{ V} \Rightarrow V \text{ (dBmV)} = 20 \log (223,6 \text{ mV}) = 46,98 \text{ dBmV}$$

$$V_s = \sqrt{P_s \times R} = \sqrt{0,000316 \text{ W} \times 50 \Omega} = 0,12569 \text{ V} \Rightarrow V \text{ (dBmV)} = 20 \log (125,69 \text{ mV}) = 41,98 \text{ dBmV}$$

Verificación: $G = -5 \text{ dB} = 20 \log (V_s/V_e) = 20 \log (0,12569 \text{ V} / 0,22360 \text{ V}) = -5 \text{ dB}$

Respuesta: $V_e = 46,98 \text{ dBmV}$; $V_s = 41,98 \text{ dBmV}$

3. Si el circuito trabaja a una temperatura constante de 25 C, ¿cuál será la Potencia de ruido térmico en dBm si el circuito actúa como un pasabanda de 10 MHz?.

$$P_N (\text{W}) = k \times T \times B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K} \times (273 + 25 \text{ C}^\circ) \text{ K}^\circ \times 1 \times 10^7 \text{ Hz} = 4,1124 \times 10^{-14} \text{ W}$$

$$P_N (\text{mW}) = 4,1124 \times 10^{-11} \text{ mW}$$

$$P_N (\text{dBm}) = 10 \log (4,1124 \times 10^{-11} \text{ mW}) = -103,85 \text{ dBm}$$

Respuesta: $P_N (\text{dBm}) = -103,85 \text{ dBm}$

4. Un circuito amplificador de 3 dB con $R = 93 \Omega$ recibe en la entrada una señal de 2 V y se verifica que en la salida el ruido total es -50 dBm. ¿Cuál será la relación de potencia S/N adimensional en la entrada si el amplificador es ideal?.

$$P_{se} = V_{se}^2 / R = 2 \text{ V}^2 / 93 \Omega = 0,04301 \text{ W} = 43,01 \text{ mW}$$

$$P_{ns} = P_{ne} + G \Rightarrow P_{ne} = P_{ns} - G = -50 \text{ dBm} - 3 \text{ dB} = -53 \text{ dBm}$$

$$P_{ne} (\text{dBm}) = -53 \text{ dBm} = 10 \log P_{ne} (\text{mW}) \Rightarrow 10^{(-53 \text{ dBm}/10)} = P_{ne} (\text{mW}) = 5,0118 \times 10^{-6} \text{ mW}$$

$$(S/N)_e = P_{se} / P_{ne} = 43,01 \text{ mW} / 5,0118 \times 10^{-6} \text{ mW} = \mathbf{8.581.747,07}$$

Respuesta: $S/N = 8.581.747,07$

5. Calcular la relación S/N en dB en la salida.

$$G \text{ (dB)} = 3 \text{ dB} = 10 \log (P_{ss} / P_{se}) = 10 \log (P_{ss} / 43,01 \text{ mW}) \Rightarrow P_{ss} = 10^{(3\text{dB}/10)} \times 43,01 \text{ mW}$$

$$P_{ss} = 85,816 \text{ mW}$$

$$P_{ns} \text{ (dBm)} = -50 \text{ dBm} = 10 \log P_{ns} \text{ (mW)} \Rightarrow 10^{(-50 \text{ dBm}/10)} = P_{ns} \text{ (mW)} = 0,00001 \text{ mW}$$

$$(S/N)_s \text{ dB} = 10 \log (P_{se} / P_{ne}) = 10 \log (85,816 \text{ mW} / 0,00001 \text{ mW}) = 63,33 \text{ dB}$$

Respuesta: (S/N)_s = 69,33 dB

6. Para el circuito anterior, si la relación S/N adimensional a la salida se deteriora 40%, es decir fuera 40% menor que la original, ¿cuál sería el índice de ruido?.

$$(S/N)_s = 85,816 / 0,00001 = 8.581.600$$

$$(S/N)'_s = (S/N)_s \times (1-0,4) = 5.148.960$$

$$F = (S/N)_e / (S/N)'_s = 8.581.600 / 5148960 = 1,666666$$

$$N = 10 \log (F) = 10 \log (1,66666) = 2,2184 \text{ dB}$$

Respuesta: N = 2,2184 dB

7. Un circuito amplificador no ideal de 5 dB de Ganancia y 3 dB de índice de ruido recibe en la entrada un nivel de señal de 10 dBmV y un nivel de ruido de 50 dBμV. Calcular la Tensión de Ruido Interno (V_{Ni}) del circuito en dBmV.

$$N = 3\text{dB} = 10 \log (F) \Rightarrow F = 10^{(3 \text{ dB}/10)} = 1,99526$$

$$V_{se} \text{ (dBmV)} = 10 \text{ dBmV} = 20 \log V_{se} \text{ (mV)} \Rightarrow 10^{(10 \text{ dBmV}/20)} = V_{se} \text{ (mV)} = 3,1622 \text{ mV}$$

$$V_{ne} \text{ (dBμV)} = 50 \text{ dBμV} = 20 \log V_{se} \text{ (μV)} \Rightarrow 10^{(50 \text{ dBμV}/20)} = V_{ne} \text{ (μV)} = 316,22 \text{ μV}$$

$$V_{ne} \text{ (mV)} = 0,31622 \text{ mV}$$

$$V_{ss} \text{ (dBmV)} = V_{se} \text{ (dBmV)} + G = 10 \text{ dBmV} + 5 \text{ dB} = 15 \text{ dBmV}$$

$$V_{ss} \text{ (dBmV)} = 15 \text{ dBmV} = 20 \log V_{ss} \text{ (mV)} \Rightarrow 10^{(15 \text{ dBmV}/20)} = V_{ss} \text{ (mV)} = 5,6234 \text{ mV}$$

$$V_{ns} \text{ (dB}\mu\text{V)} = V_{ne} \text{ (dB}\mu\text{V)} + G = 50 \text{ dB}\mu\text{V} + 5 \text{ dB} = 55 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$V_{ns} \text{ (dB}\mu\text{V)} = 55 \text{ dB}\mu\text{V} = 20 \log V_{se} \text{ (}\mu\text{V)} \Rightarrow 10^{(55 \text{ dB}\mu\text{V}/20)} = V_{ns} \text{ (}\mu\text{V)} = 562,3413 \mu\text{V}$$

$$V_{ns} \text{ (mV)} = 0,5623413 \text{ mV}$$

$$F = 1,99526 = \frac{(S/N)e^2}{(S/N)s^2} = \frac{\left(\frac{V_{se}}{V_{ne}}\right)^2}{\left(\frac{V_{ss}}{V_{ns} + V_{ni}}\right)^2} = \frac{\left(\frac{3,1622 \text{ mV}}{0,31622 \text{ mV}}\right)^2}{\left(\frac{5,6234 \text{ mV}}{0,5623413 \text{ mV} + V_{ni}}\right)^2} = \frac{100}{\left(\frac{5,6234 \text{ mV}}{0,5623413 \text{ mV} + V_{ni}}\right)^2}$$

$$\frac{\left(\frac{5,6234 \text{ mV}}{0,5623413 \text{ mV} + V_{ni}}\right)^2}{1,99526} = \frac{100}{1,99526} \Rightarrow \frac{5,6234 \text{ mV}}{0,5623413 \text{ mV} + V_{ni}} = \sqrt{50,11878} = 7,07946$$

$$0,5623413 \text{ mV} + V_{ni} = \frac{5,6234 \text{ mV}}{7,07946} = 0,79432 \text{ mV} \Rightarrow V_{ni} = 0,79432 \text{ mV} - 0,5623413 \text{ mV}$$

$$V_{ni} = 0,231984 \text{ mV}$$

$$V_{ni} \text{ (dBmV)} = 20 \log 0,231984 \text{ mV} = -12,69 \text{ dBmV}$$

Problema de parcial (Realizado en clase)

Un circuito está formado por 3 equipos conectados en serie utilizando cable coaxial.



La potencia de entrada del Equipo 1 es de 10 mW, la potencia de entrada del equipo 3 es de 630,96 mW, la potencia de salida del equipo 3 es de 1584,9 mW.

La longitud del Enlace 1 es el doble que la del Enlace 2 y ambos enlaces están contruidos con el mismo material.

La ganancia del equipo 1 es de 20 dB y la del 2 de 7dB.

Redes y Comunicaciones de Datos I
Práctica Nº 2 Ganancia y Pérdida:
Marcelo T. Gentile, Hernán Soperez, Gabriel Filippa

Para este circuito, calcular:

1. Ganancia del equipo 3 en dB. **Respuesta: $G_3 = 4$ dB**
2. Pérdida de los enlaces 1 y 2 en dB. **Respuesta: $P_1 = 6$ dB; $P_2 = 3$ dB**
3. Potencia de entrada y salida en equipo 2 en mW. **Respuesta: $P_{E2} = 251,18$ mW; $P_{S2} = 1258,92$ mW**
4. El ruido interno del Equipo 1 en dBm, suponiendo que es un amplificador no ideal con un índice de ruido de 5 dB al cual ingresa junto con la señal un ruido de 4 dBm. **Respuesta: $P_{NI} = 27,34$ dBm**

Resumen de Formulas

Ganancia y Perdida relativa (dB) e = entrada; s = salida

para potencia $G \text{ (dB)} = 10 \times \log (P_s / P_e)$ (1)

para tensión $G \text{ (dB)} = 20 \times \log (V_s / V_e)$ (2)

para potencia $P \text{ (dB)} = - G \text{ (dB)} = 10 \times \log (P_e / P_s)$ (3)

Ganancia absoluta → Nivel de Señal en un punto

para potencia $\text{dBm} = 10 \times \log P_i$; $\forall P_i$ en mW; $\text{dBW} = 10 \times \log P_i$; $\forall P_i$ en W (5,6)

para tensión $\text{dBmV} = 20 \times \log V_i$; $\forall V_i$ en mV; $\text{dB}\mu\text{V} = 20 \times \log V_i$; $\forall V_i$ en μV (7,8)

Ruido Térmico

Densidad de Potencia de ruido térmico $N_0 \text{ (W/Hz)} = \kappa \times T$; $\forall \kappa = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ (9)

(T en grados Kelvin y $K = C + 273$) $N_0 \text{ (dBm)} = 10 \times \log (\kappa \times T \times 10^3)$ (10)

Potencia de ruido térmico $P_N \text{ (W)} = \kappa \times T \times B = N_0 \times B$ (11)

$P_N \text{ (dBm)} = 10 \times \log (\kappa \times T \times B \times 10^3) = 10 \times \log (N_0 \times B \times 10^3)$ (12)

Relación señal-a-ruido (adimensional) $S/N = (P_s / P_N) = S/N = (V_s / V_N)^2$ (Solo mW, W, mV, etc) (13, 14)

para potencia $S/N \text{ (dB)} = 10 \times \log (P_s / P_N)$ $s = \text{señal}; N = \text{ruido}$ (15)

para tensión $S/N \text{ (dB)} = 20 \times \log (V_s / V_N)$ (16)

Factor de ruido $F = (S/N)_e / (S/N)_s$ Si $F=1 \Rightarrow \text{IDEAL}$; Sino existe N_i (Ruido Interno). (17)

Sino $F = \frac{\frac{P_{Se}}{P_{Ne}}}{\frac{P_{Ss}}{P_{Ns} + P_{Ni}}}$ $S_e = \text{señal entrada}; N_e = \text{ruido entrada}; S_s = \text{señal salida}; N_s = \text{ruido salida};$ (18)

Índice de ruido $N \text{ (dB)} = 10 \times \log F$ Si $F=1; N=0 \Rightarrow \text{IDEAL}$ (19)