

## DECIBEL (dB)

Se denomina decibelio a la unidad empleada en acústica y telecomunicación para expresar la relación entre dos potencias, acústicas o eléctricas.

Es más notorio un aumento de nivel de 1W a niveles “bajos” que la misma razón de cambio en niveles “altos”, por ejemplo; cuando se tiene un aumento de nivel de 2W a 3W existe una razón de cambio de 1,5 (3W/2W), lo que sería igual a un aumento del 50%, sin embargo, al tener un aumento de nivel de 10W a 11W existe una razón de cambio de 1,1 (11W/10W), lo que sería igual a un aumento del 10%. Es esta razón la que determina el cambio de intensidad.

A esto se debe que los valores en decibeles se basan en la razón de dos niveles de potencia, además de utilizar el logaritmo de la razón de potencia. El objetivo es lograr el uso de números pequeños que comprendan los extremos de valores pequeños y grandes. Para el manejo del Decibel(dB) se requiere el uso de logaritmos de base 10<sup>1</sup>.

Originalmente la unidad logarítmica para las mediciones de audio se definió como bel, el cual es igual a  $\log(P_2/P_1)$ , sin embargo, la unidad que más se usa es el decibel, el cual equivale a una décima parte del bel, aunque esta unidad surgió para aplicarse al audio, el dB se usa comúnmente para señales de RF.

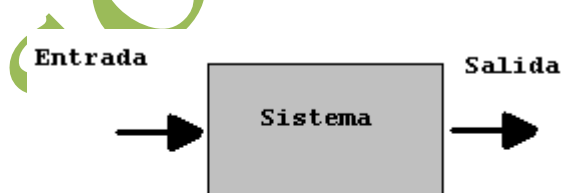
La expresión para comparar dos valores de potencia en unidades decibel es:

$$\text{dB} = 10 \times \log (P_2/P_1) \quad \dots(1)$$

Para aplicar la ecuación 1 debe tenerse en cuenta lo siguiente:

Las potencias  $P_2$  y  $P_1$  deben de tener las mismas unidades ya sea W, mW o cualquier otro múltiplo o submúltiplo. Es recomendable tener  $P_2$  en el numerador el cual representa la potencia más alta, por lo que la razón debe ser mayor que 1. Esto da pie a evitar trabajar con logaritmos negativos o fracciones.

Para efectos de la ecuación (1) considérese el siguiente ejemplo:



**FIGURA 1**

Con respecto a la figura 1 se tiene un sistema cuya entrada es de 20 mW y salida de 2 W a cuantos dB equivale dicho aumento de potencia?

Analizando los datos se puede apreciar una potencia “mayor” a la salida del sistema con respecto a la entrada, con lo que se puede asegurar que se trata de una

<sup>1</sup> Ver ANEXO.

ganancia de potencia producida por un amplificador para una señal específica. Sustituyendo los datos en la ecuación (1) se tiene:

$$\text{dB} = 10 \log (2000 \text{ mW} / 20 \text{ mW})$$

Observar que las unidades de potencia son las mismas, se tiene:

$$\text{dB} = 20$$

El resultado es 20 dB, se puede apreciar que se tiene un valor “positivo” lo cual indica también que se trata de una ganancia.

Considerar ahora, en el mismo sistema de la figura 1, una entrada de 2 W y una salida de 20 mW.

Sustituyendo en la ecuación 1, se tiene:

$$\text{dB} = 10 \log (20 \text{ mW} / 2000 \text{ mW})$$

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

el resultado es  $-20$  dB, un valor “negativo” indica una pérdida o atenuación de la señal originada por un atenuador. Como se mencionó en párrafos anteriores, puede ser recomendable colocar en el numerador la potencia más grande, para evitar trabajar con fracciones, sin embargo, al hacer el cálculo y realizar la interpretación de dicho resultado con respecto de los datos, tener cuidado y llegar a la conclusión de que se trata de un amplificador o atenuador ya que se tendrá un valor “positivo” como resultado.

Un nivel mayor de salida con respecto a la entrada es causa de una ganancia y por el contrario, un nivel mayor de entrada con respecto a la salida es causa de una pérdida o atenuación.

No se necesitan valores de impedancia<sup>2</sup> para calcular la ganancia o pérdida de dB en el nivel de potencia. La razón es que un efecto de una impedancia alta o baja está incluida en el valor de la potencia.

Para sumar ruidos, o señales en general, es muy importante considerar que no es correcto sumar directamente valores de las fuentes de ruido expresados en dB. Así, dos fuentes de ruido de 21 dB no dan como resultado 42 dB sino 24 dB. Para esto se emplea la fórmula:

$$\text{dB} = 10 \log(\text{antilog}(X_1/10) + \text{antilog}(X_2/10) + \dots) \quad \dots(2)$$

en donde  $X_n$  son los valores de ruido o señal, expresados en dB a sumar.

#### RAZON DE VOLTAJE Y UNIDADES dB

<sup>2</sup> La oposición a una corriente alterna en un circuito que contiene resistencia, inductancia y/o capacitancia recibe el nombre de IMPEDANCIA, se mide en Ohms.

Recordar que la potencia es  $I^2R$  o  $V^2/R$ . Ya que las unidades dB se usan con niveles de señal de tensión alterna (ca), Impedancia (Z) en lugar de R. Entonces  $P=I^2Z$  o  $V^2/Z$ . La fórmula para dB para razones de voltaje puede derivarse de la razón de potencia de la ecuación 1:

$$\text{dB} = 10 \log (P_2/P_1)$$

Sustituyendo  $V^2/Z = P$  se tiene:

$$\text{dB} = 10 \log ((V_2^2/ Z_2) / (V_1^2/ Z_1)) \quad \dots(3)$$

De acuerdo a las propiedades de los logaritmos

Se tiene en ecuacion 3

$$\text{dB} = 20 \log ((V_2/ \sqrt{Z_2}) / ((V_1/ \sqrt{Z_1})) \quad \dots(4)$$

Simplificando

$$\text{dB} = 20 \log ((V_2\sqrt{Z_1})/(V_1\sqrt{Z_2})) \quad \dots(5)$$

Para el caso de  $Z_1 = Z_2$

$$\text{dB} = 20 \log (V_2/V_1) \quad \dots(6)$$

La ecuación anterior es la forma en la cual las razones de voltaje generalmente se convierten en unidades dB. Sin embargo la fórmula se aplica solamente para un mismo valor de Z.

Cuando  $Z_2$  y  $Z_1$  son diferentes , la razón del voltaje debe multiplicarse por el factor de corrección  $\sqrt{Z_1} / \sqrt{Z_2}$ .

Para poder apreciar la ecuación 5 observar el siguiente ejemplo:

¿Cuál es la pérdida o ganancia en dB cuando un voltaje de entrada de 15 mV a través de una impedancia de 75  $\Omega$  y un voltaje de salida de 3mV para una impedancia de 300  $\Omega$ ?

Sustituyendo en (5) asegurándose de que los voltajes tengan las mismas unidades se tiene:

$$\text{dB} = 20 \log ((3\text{mV}/15\text{mV})(\sqrt{(75/300)}))$$

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

Lo cual indica que es una pérdida o atenuación.

Para una razón de corriente en unidades de dB se tiene:

$$\text{dB} = 20 \log ((I_2\sqrt{Z_2}) / (I_1\sqrt{Z_1})) \quad \dots(7)$$

## Niveles de referencia en dB

Cuando sólo un valor de P o de V se convierte en unidades dB, se supone un nivel de referencia para el otro valor, sin embargo se deben de tener dos valores para una comparación de dB. Se usan mucho diferentes referencias; el valor puede determinarse en forma abreviada como se muestra a continuación.

$$\begin{aligned} \text{dB} &= 6 \text{ mW Referencia en } 500 \Omega \\ \text{dBm} &= 1 \text{ mW Referencia en } 600 \Omega \\ \text{dBmV} &= 1 \text{ mV Referencia en } 75 \Omega \end{aligned}$$

Cualquier nivel de potencia puede compararse con la referencia de 6 mW mediante la fórmula:

$$\text{dB} = 10 \log (P / 6\text{mW}) \quad \dots(8)$$

La referencia de 1 mW se usa generalmente para servicio telefónico y equipo de estudio de estaciones radioemisoras con la fórmula:

$$\text{dBm} = 10 \log (P / 1\text{mW}) \quad \dots(9)$$

La referencia de 1 mV se usa para el voltaje de señal de RF, en líneas coaxiales de transmisión con una impedancia de 75  $\Omega$  con la fórmula:

$$\text{dBmV} = 20 \log (V / 1\text{mV}) \quad \dots(10)$$

## Unidad VU

Para mediciones de audio en radiodifusión, la referencia de 1 mW es 600  $\Omega$  se usa para definir unidad de volumen (UV). Su principal aplicación es para un voltmetro de ca calibrado en VU para monitorear la modulación de audio. El medidor de UV tiene características normalizadas a 1 000Hz. Para indicar los voltajes relativos de volumen para las formas complejas de onda en las señales de voz y música.

Para cualquier referencia estándar que se use, un valor positivo en dB será igual a un nivel mayor que la referencia, un valor negativo en dB significa un nivel menor que la referencia y 0 dB significa un nivel igual que la referencia.

Es importante señalar que en los valores negativos en dB un número más alto significa una menor señal por que está más bajo que el nivel de referencia.

Es importante recordar que 0 dB no es un nivel 0, sino que es un valor igual que la referencia, de acuerdo a lo anterior y a manera de ejemplo ver figura 2.

En la tabla 1 se muestran algunas razones de potencia y sus valores dB como procedimientos rápidos de cálculo, se puede notar que las mismas razones invertidas se aplican para + dB y - dB. Por ejemplo, el doble de la potencia es 3 dB, por el contrario, la mitad de la potencia es -3 dB.

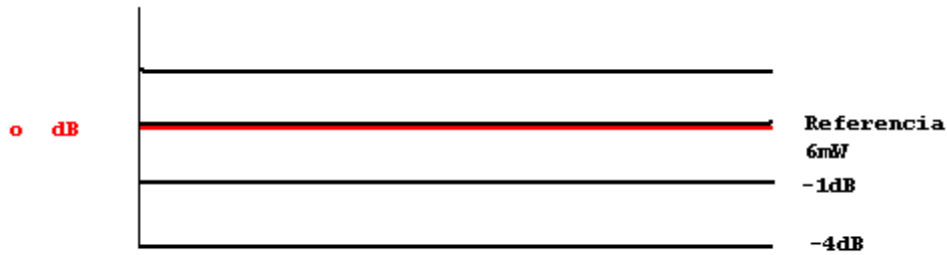


FIGURA 2

TABLA 1

| Razón de potencia | Decibeles |
|-------------------|-----------|
| 100               | 20        |
| 10                | 10        |
| 2                 | 3         |
| 1.26              | 1         |
| 1                 | 0         |
| 0.5               | -3        |
| 0.1               | -10       |
| 0.01              | -20       |

EL dBr

Es la relación entre la potencia en cualquier punto en un circuito y la potencia en el origen del circuito. Generalmente se toma como punto de nivel cero de referencia el nivel de transmisión en las terminales de los circuitos bifilares. La potencia que se aplica es de 1 mW en 600 Ohms y la frecuencia del tono es de 1 000 Hz en EU y 800 Hz en Europa.

Conversión de dB en potencia.

Para hacer este cálculo se parte de la fórmula (8)

$$dB = 10 \log (P / 6mW)$$

despejando se tiene:

$$P = 6mW \times \text{antilog}(dB/10) \quad \dots(11)$$

P es la potencia que se desea calcular , en W, a partir de un nivel de dB.

Adición y sustracción de unidades decibeles

Ya que el dB sea una unidad logarítmica significa que los valores de ganancia en cascada se suman en lugar de multiplicarse, y que las pérdidas se restan.

Niveles de intensidad del sonido y dB

Las ondas sonoras consisten en variaciones en la presión del aire. La intensidad subjetiva o sonoridad depende de la magnitud de la presión del aire y la intensidad

correspondiente de potencia que alcanza al oído, medidas en  $W$  por centímetro cuadrado ( $W/cm^2$ ). La intensidad mínima que normalmente puede oírse es  $10^{-16} W/cm^2$ . este valor se define como 0 dB, un nivel de referencia para el umbral de audibilidad. En la intensidad del sonido, 1 dB arriba del umbral se llama unidad fono.

El sonido tiene niveles de intensidad subjetiva que varían de 0 dB hasta aproximadamente 130 dB, el cual es el umbral del dolor.

En la tabla 2 se muestran algunos sonidos comunes y sus niveles de intensidad.

| Tipo de sonido        | $W/cm^2$   | Nivel dB |
|-----------------------|------------|----------|
| Umbral del dolor      | $10^{-3}$  | 130      |
| Martillo neumático    | $10^{-4}$  | 120      |
| Trueno                | $10^{-5}$  | 110      |
| Música muy fuerte     | $10^{-5}$  | 110      |
| Tren subterráneo      | $10^{-6}$  | 100      |
| Música fuerte         | $10^{-8}$  | 80       |
| Conversación          | $10^{-10}$ | 60       |
| Música de fondo       | $10^{-10}$ | 60       |
| Música suave          | $10^{-13}$ | 30       |
| Suspiro               | $10^{-14}$ | 20       |
| Umbral de audibilidad | $10^{-16}$ | 0        |

SOLECMEEXICO

## ANEXO

### Logaritmos

La necesidad de abreviar y facilitar los cálculos aritméticos en distintas ramas de la ciencia, donde con frecuencia se realizan múltiples operaciones que, resueltas por los procedimientos ordinarios de la aritmética, significan un considerable esfuerzo y una gran pérdida de tiempo, dio lugar a que distintos investigadores se dedicaran a la tarea de estudiar formas más sencillas que simplificaran estos cálculos, segándose así al descubrimiento de los logaritmos que representan un recurso valiosísimo, por que por medio de ellos puede obtenerse el resultado de operaciones muy complicadas, con ricísima facilidad y extraordinaria rapidez.

Si se tiene  $a^4 = d$

Una operación muy importante inversa de la potenciación, consiste en determinar el exponente conociendo la base y la potencia.

Por ejemplo sabiendo que la base es 10 la potencia es 1 000, averiguar el exponente, de acuerdo a los exponentes la respuesta es 3.

$$10^3 = 1\ 000$$

Esto es lo que da origen a los logaritmos base 10. los logaritmos deben considerarse como exponentes, y de aquí resulta la estrecha relación que existen entre las propiedades generales de los logaritmos y las leyes generales de los exponentes. Puesto que las primeras no son en realidad más que la consecuencia lógica de las segundas.

Cualquier número positivo diferente de 1, puede ser tomado como base de un sistema de logaritmos, sin embargo, los sistemas usados corrientemente son dos: el sistema de logaritmos decimales (base 10) –log– y el sistema de logaritmos naturales o *Neperianos* (ln) cuya base es el número  $e = 2.718281\dots$

Algunas propiedades de logaritmos son:

La base de un sistema de logaritmos no puede ser un número negativo.

$$A^0 = 1$$

$$A^1 = A$$

$$\log AB = \log A + \log B$$

$$\log(A/B) = \log A - \log B$$

$$\log A^n = n \log A$$

$$\log \sqrt[n]{A} = (\log A) / n$$

El la página [www.solecmexico](http://www.solecmexico) se puede encontrar un programa completo que calcula los logaritmos, antilogaritmos de base 10, e y n.

BIBLIOGRAFIA

Grob CIRCUITOS ELECTRONICOS Y SUS APLICACIONES.  
McGraw-Hill. México.

Arquimides Caballero. MATEMATICAS  
Esfinge. México.

[www.solecmexico.com](http://www.solecmexico.com)

SOLECMEXICO