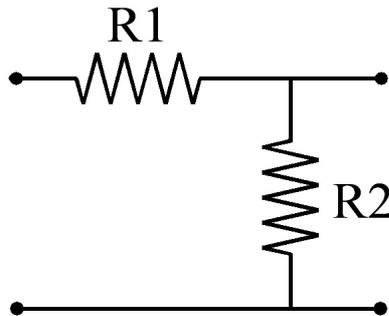


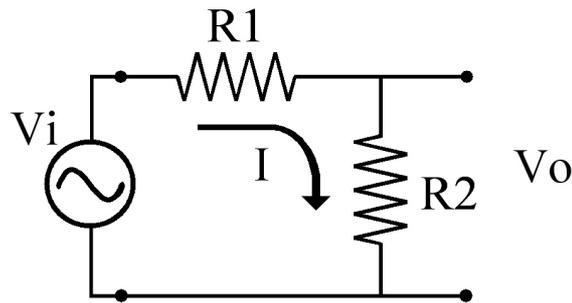
Un viejo y querido amigo alemán: Georg Simon Ohm

Estimados lectores de **Tecnoprofile**, vamos a tratar un tema que muchas veces pasa soslayado por ser simple. ¡Quién no conoce la ley de Ohm! Si interpretamos bien sus aplicaciones y variables involucradas podremos entender bien el porqué de muchas utilidades. No voy a hablar de dicha ley, simplemente voy a introducir algunas formas de aprovechamiento.

En primer término deberíamos hablar un poco de la base común de sus empleos: el viejo, querido y práctico divisor resistivo de tensión.



El circuito es poco glamoroso, pero tiene posibilidades, ya veremos. En principio vamos a ver por qué se llama divisor de tensión resistivo. Para ello le aplicamos en su entrada una señal con un valor de tensión determinado (V_i) y veremos qué sucede en la salida (V_o). Debido a que el circuito se cierra por las resistencias R_1 y R_2 va a circular por el mismo una corriente I .



Esta corriente I vale:

$$I = \frac{V_i}{R_1 + R_2}$$

La V_o de salida será en consecuencia la caída de tensión de la corriente I en la resistencia R_2 ; o sea:

$$V_o = \frac{V_i \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Ya tenemos armado con 2 resistencias nuestro divisor donde, eligiendo convenientemente los valores de R_1 y R_2 , podemos conseguir la atenuación que necesitemos. Algo que resulta útil sería la relación entre la tensión de entrada y la de salida, es decir la transferencia o razón de atenuación.

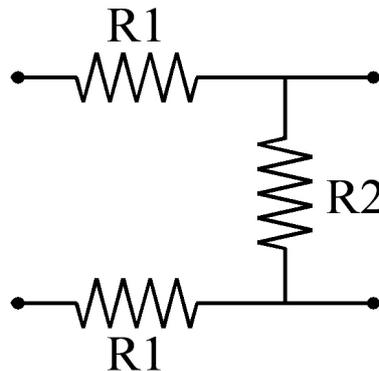
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Entonces si necesitamos una atenuación de la mitad de tensión, los valores de **R1** y **R2** deben ser iguales. Con ello logramos que la relación entre **V_o** y **V_i** sea de 1/2.

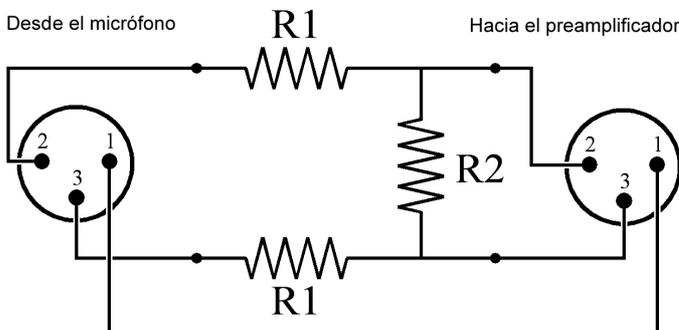
Si esta disminución de la tensión la quisiéramos expresar en decibeles simplemente multiplicamos por 20 el logaritmo decimal de la relación, es decir:

$$Att[dB] = 20 \cdot \log \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Una de las primeras aplicaciones que se me ocurren para armar en casa sería la de atenuación para entrada de micrófono en una consola que no posea dicho pad. Generalmente vienen establecidos con un valor de **-20 dB** (**-30 dB** en consolas más antiguas) que es para contrarrestar la mínima ganancia del preamplificador de entrada (**20 dB**). En este caso se trata de un atenuador balanceado que se puede armar dentro del conector XLR3 de un cable que se destine para este propósito. El circuito sería:

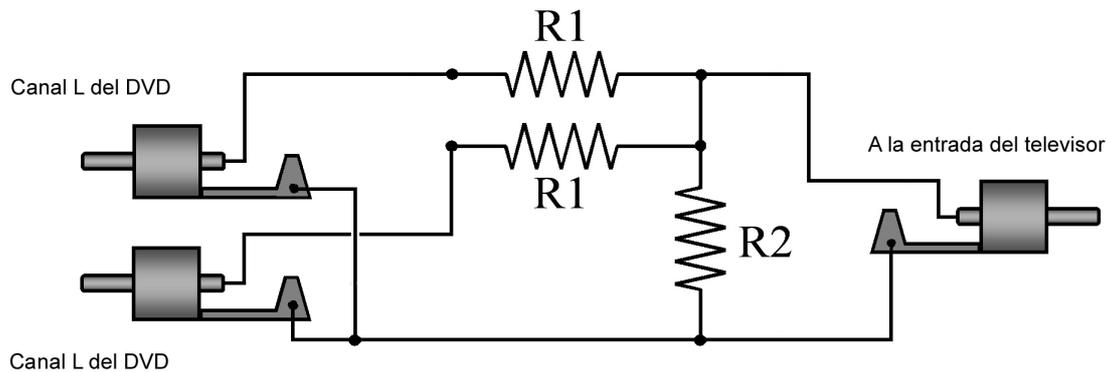


En este caso hay que tener cierta precaución con el valor de **R2** debido a que tiene que reflejar una resistencia (impedancia es el término correcto, aunque sólo usaremos la parte resistiva) en la entrada del preamplificador debidamente baja. Entonces fijando por ejemplo a **R2** de **100 Ω** (valor comercial, o sea, que se consigue en casas de electrónica) las **R1** deben ser de **450 Ω**, como no hay valor comercial de **450 Ω** un reemplazo puede ser de **430 Ω** con la que se consigue una atenuación de **19,6 dB**.



Otra aplicación que puede resultar útil es la de sumador. Mi reproductor de DVD tiene una salida estéreo con conectores RCA, el televisor tiene entrada de audio mono (RCA), para oír los dos canales del estéreo debo juntarlos, pero si los uno directamente, el nivel de la señal

resultante, en los pasajes de alta sonoridad, satura la entrada con la consecuente distorsión.
Solución: un sumador desbalanceado como el de la figura.



En este caso las resistencias son todas iguales para conseguir, en concepto de niveles, la mitad de cada canal y que la suma sea igual a cualquiera de las entradas. Como las señales que se manejan son de línea los valores de las resistencias pueden ser del orden de **1000 Ω**. Ahora veamos la siguiente situación: tengo un amplificador de potencia en un sitio y a **68 m** del mismo coloco el parlante con sus características **8 Ω**. Se puede deducir que la carga de **8 Ω** del parlante sería **R2**. La resistencia del cable que hace la conexión es **R1**. El cable tiene una sección determinada (supongamos **0,25 mm²**, típico cable espléndidamente económico para parlantes, con vivos colores rojo y negro) y está elaborado con cobre electrolítico (cable común) que debido a su resistividad $\rho = 0,0175 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ va a tener una resistencia de:

$$R_{\text{cable}} = \frac{\rho \cdot l}{S} = \frac{0,0175 \left[\frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} \right] \cdot 136[\text{m}]}{0,25[\text{mm}^2]} = 9,52 \text{ } \Omega$$

Entonces la atenuación del sistema será:

$$Att[\text{dB}] = 20 \cdot \log \frac{8 \text{ } \Omega}{9,52 \text{ } \Omega + 8 \text{ } \Omega} = -6,8 \text{ dB}$$

No es una cifra muy alentadora, estamos perdiendo más de la mitad de la tensión en el cable; entonces como somos gente inteligente y vivaracha, vamos a calcular qué sección deberíamos usar para obtener una pérdida de **0,5 dB** como máximo.

$$-0,5 \text{ dB} = 20 \cdot \log \frac{R2}{R1 + R2}$$

$$\frac{-0,5}{20} = \log \frac{R2}{R1 + R2}$$

$$10^{\frac{-0,5}{20}} = \frac{R2}{R1 + R2}$$

$$R1 + R2 = \frac{R2}{10^{\frac{-0,5}{20}}}$$

$$R1 = \frac{R2}{10^{\frac{-0,5}{20}}} - R2$$

$$R1 = \frac{8 \text{ } \Omega}{10^{\frac{-0,5}{20}}} - 8 \text{ } \Omega = 0,474 \text{ } \Omega$$

Ahora que sabemos la resistencia del cable que necesitamos para llegar al valor de atenuación buscado, procedemos a calcular la sección del mismo.

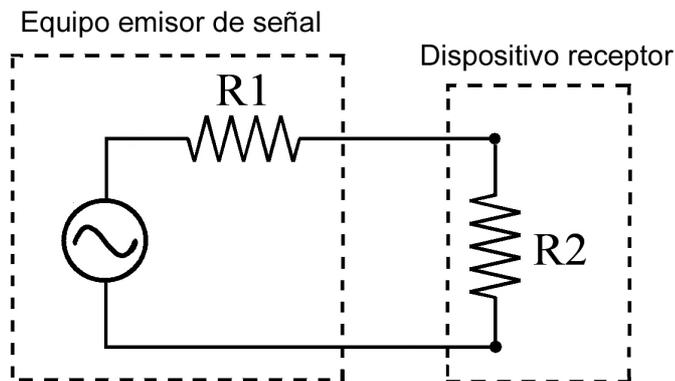
$$R_{\text{cable}} = \frac{\rho \cdot l}{S} \Rightarrow S = \frac{\rho \cdot l}{R_{\text{cable}}}$$

$$S = \frac{0,0175 \Omega \text{mm}^2/\text{m} \cdot 136 \text{ m}}{0,474 \Omega} = 5 \text{ mm}^2$$

Cable gordito, pero, en esa longitud la otra opción es pasar a línea de parlantes con transformadores y por sólo un parlante no vale la pena.

Todos sabemos que en los equipos actuales la salida de un dispositivo se puede conectar a varias entradas en paralelo sin que esto provoque una atenuación sensible. Nuevamente nos auxiliamos de nuestro divisor resistivo y vemos qué sucede.

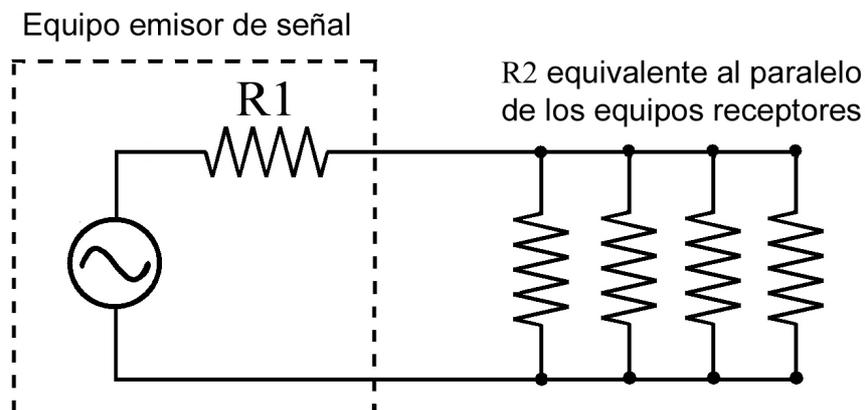
Las impedancias de salida de línea de los equipos están en el orden de los **100 Ω** y las de entradas en **30 kΩ**. Esta diferencia nos garantiza que la señal se desarrolle casi en su totalidad en el receptor y la caída sobre la impedancia de salida sea mínima. Para verificar esto miremos la siguiente figura:



La pérdida de señal debido a esta típica configuración es de:

$$Att[\text{dB}] = 20 \cdot \log \frac{30000 \Omega}{100 \Omega + 30000 \Omega} = -0,03 \text{ dB}$$

Ahora bien, si la salida la conectamos en paralelo a varias entradas la impedancia reflejada en **R2** va a ir disminuyendo acorde a la cantidad de equipos conectados.



Si nos permitimos una atenuación máxima, por ejemplo, de **1 dB**, entonces deberíamos ver reflejada una impedancia de:

$$-1 \text{ dB} = 20 \cdot \log \frac{R2}{R1 + R2}$$

$$\frac{-1}{20} = \log \frac{R2}{R1 + R2}$$

$$10^{\frac{-1}{20}} = \frac{R2}{R1 + R2}$$

$$10^{\frac{-1}{20}} \cdot (R1 + R2) = R2$$

$$R2 - 10^{\frac{-1}{20}} R2 = 10^{\frac{-1}{20}} R1$$

$$R2 = \frac{10^{\frac{-1}{20}} R1}{1 - 10^{\frac{-1}{20}}}$$

$$R2 = \frac{10^{\frac{-1}{20}} \cdot 100 \Omega}{1 - 10^{\frac{-1}{20}}} = 820 \Omega$$

Como están conectados en paralelo y asumimos a todos con la misma impedancia de **30 kΩ**, entonces la cantidad de equipos a conectar serían:

$$R // total = \frac{30000 \Omega}{n^\circ \text{ de equipos}}$$

$$\Rightarrow n^\circ \text{ de equipos} = \frac{30000 \Omega}{820 \Omega} = 36$$

Como ven, tiene su ventaja esta diferencia de impedancias con que se fabrican los equipos actuales. En épocas pretéritas la impedancia de entrada y salida de los dispositivos era de **600 Ω**, que fueron heredados de las líneas telefónicas. Ésta se comporta como una línea de transmisión y tiene sus ventajas cuando las longitudes de los cables se hallan en el orden del cuarto de longitud de onda transmitida. En el caso del audio analógico, necesitaríamos un cable entre el reproductor de CD y el amplificador de 3 km para empezar a observar los fenómenos de líneas de transmisión; nada que se vea fácilmente en un living.

El ejemplo anterior tiene una visión antagónica con respecto a la impedancia de los micrófonos y la impedancia de entrada de los preamplificadores. Debido a la necesidad de alta ganancia

en las etapas de preamplificación y el nivel de tensión de ruido por la resistencia de los micrófonos es que éstos se hacen de baja impedancia (generalmente **150 Ω**). Si conecto un micrófono a dos preamplificadores (cuya impedancia de entrada es de **1500 Ω**) la impedancia que vería el transductor sería **750 Ω**, esto acarrea dos problemas:

- Por un lado la atenuación extra (**-1,6 dB** comparado con los **-0,8 dB** de uso normal) que necesitamos compensar con más ganancia y el consiguiente aumento de ruido.
- Por otro lado (exclusivo para micrófonos electret pedorros, muy comunes hoy en día) la exigencia del amplificador de salida al ver una carga tan baja con el consecuente aumento de distorsión.

En último término si analizan con sumo cuidado las impedancias de modo común en las entradas balanceadas y confirman desbalances en las líneas (debido a suciedad de contactos, conectores en mal estado, soldaduras frías, apareamiento deficiente de las resistencias de phantom, etc.) se puede calcular cuánto de la señal de ruido, que es de modo común, pasa a ser diferencial y se verá amplificada con el consiguiente deterioro de la relación señal ruido.

Espero que haya servido para esclarecer algunas pequeñas cosas que tenemos cotidianamente frente a nosotros y no le prestamos la debida atención.

Nos encontramos la próxima, muchos éxitos y buenas grabaciones.

Indio Gauvron
ln_dio_ar@yahoo.com.ar