

INTRODUCCIÓN

Un altavoz sin recinto o pantalla acústica posee un rendimiento acústico muy pobre. La razón se comprende fácilmente si se tiene en cuenta que el altavoz radia energía acústica por la parte anterior y posterior del diafragma. Esta forma de radiar la energía acústica en vez de mejorar los resultados y aumentar el volumen sonoro, como en un principio puede parecer, es contra productiva, ya que las dos ondas sonoras generadas están en oposición de fase y, por tanto, sus efectos se anularán parcialmente.

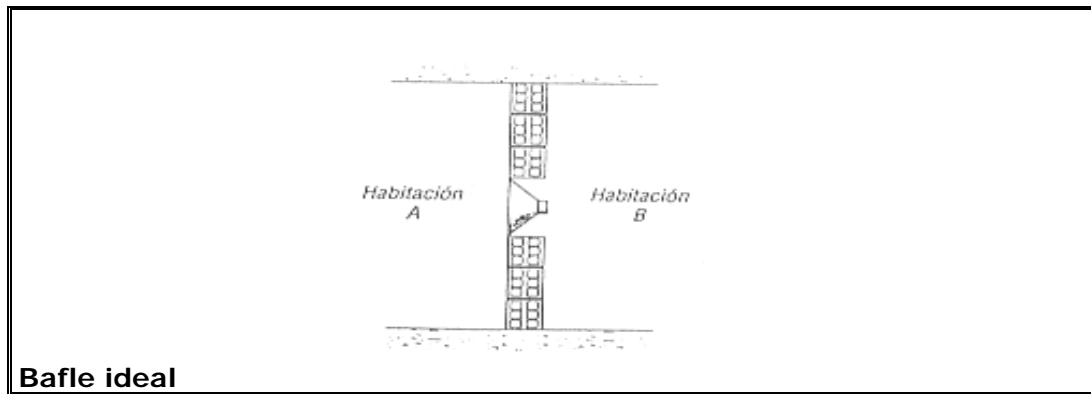
Así, cuando en un instante dado el diafragma se desplaza hacia delante, provocando una compresión del aire situado en su parte anterior, al mismo tiempo el aire en contacto con la parte posterior del diafragma sufre un enrarecimiento o depresión.

Es fácil comprender que el frente de presión originado en la cara anterior del diafragma, y que avanza en todas las direcciones, alcanza la cara posterior y anula en parte la depresión que allí se origina. La compresión del aire hacia delante complementa por tanto la depresión de atrás y tiende a establecer el equilibrio del diafragma, reduciéndose el rendimiento del altavoz.

Para evitar este problema se provee al altavoz de una caja, o pantalla acústica, que impida la acción de una onda sonora sobre la otra, es decir que aisle la masa de aire situada en la parte posterior. El efecto que produce la pantalla acústica (esto es, impedir la interacción perjudicial entre las ondas generadas en la parte anterior y posterior del altavoz) se conoce con el nombre de baffle.

EL BAFLE IDEAL

Se ha dicho en el apartado anterior que la misión del baffle es evitar la neutralización de las ondas sonoras generadas en la parte anterior y posterior del diafragma. Lógicamente, el sistema más perfecto consiste en disponer el altavoz en un tabique de separación de dos habitaciones, de forma que una de ellas reciba solo las ondas generadas en la parte anterior del diafragma y la otra las ondas sonoras generadas en la parte posterior. Este el baffle ideal, pues es imposible la interacción de ambas ondas, sin embargo presenta el inconveniente de tener que disponer de dos habitaciones de dimensiones parecidas y, además, el que en ambas se oye el sonido, lo cual no siempre es deseable.

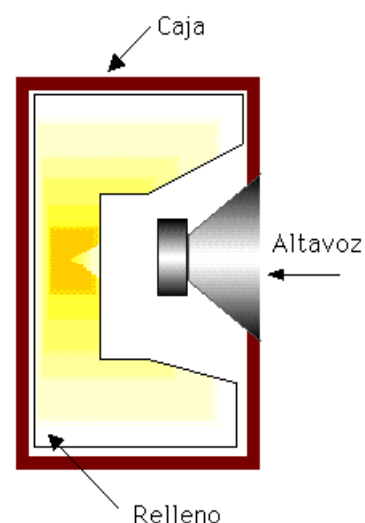


TIPOS DE BAFLES

Baffle cerrado

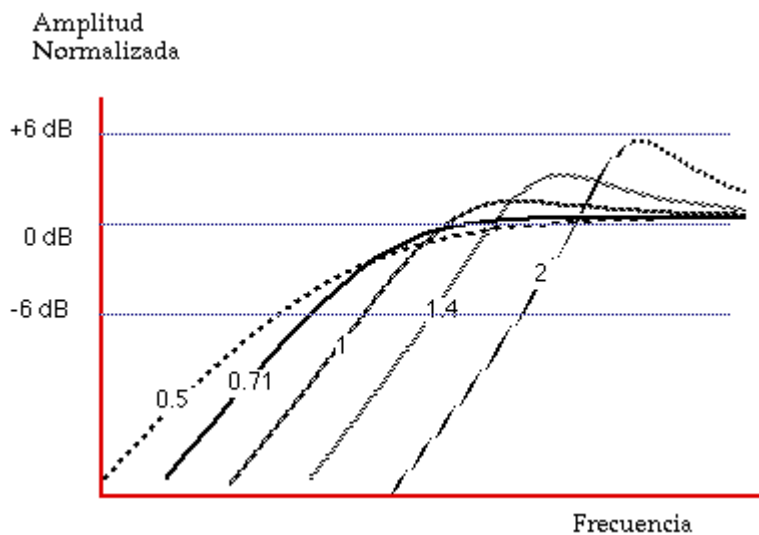
Una solución consiste en montar el altavoz o altavoces en una caja acústica completamente cerrada, de forma que la radiación posterior no pueda salir del interior de la caja. Sin embargo, esto empeora las condiciones de trabajo del altavoz. Ciertamente, si se elige una caja de dimensiones reducidas, la masa de aire contenida en esta está sometida a depresiones y presiones mucho mayores que las de la masa de aire de la habitación. El efecto es como si las suspensiones elásticas del altavoz se hubiesen hecho más rígidas y como consecuencia, aumenta el valor de la frecuencia de resonancia del altavoz. Cuanto menor sea el volumen de aire en la caja, mayor será la frecuencia de resonancia del altavoz. Cuanto menor sea el volumen de aire en la caja, mayor será la frecuencia de resonancia del altavoz y, por tanto, menor será la respuesta en el extremo de los sonidos graves.

En este tipo de baffle es muy importante recubrir la parte interna con una capa de, como mínimo, 25mm de espesor de lana de vidrio o de otro material absorbente del sonido, con la finalidad de evitar las indeseables reflexiones de las ondas, especialmente las de AF, en el interior del recinto.



Como ventaja de este tipo de caja acústica cabe citar el suave descenso de la curva de respuesta por debajo de la frecuencia de resonancia (unos 12Db /octava), lo cual significa que no habrá una excesiva coloración en la frecuencia de resonancia; es decir, no habrá excesiva presencia de señales extrañas al mensaje sonoro.

Esta es la influencia de la caja cerrada sobre la frecuencia de resonancia de un altavoz:



Bafle reflector de bajos

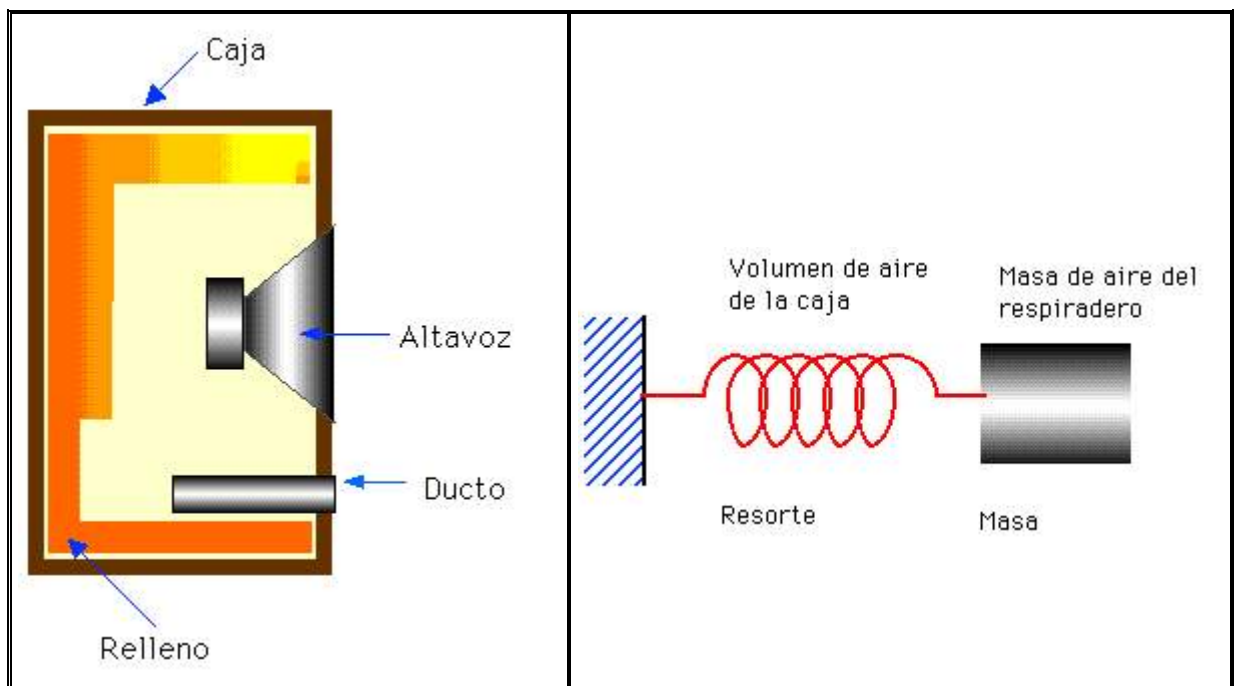
El bafle reflector de bajos es el también conocido en inglés como *bass-reflex*, este es una variante perfeccionada del bafle de resonancia infinito, con el fin de reducir el pico de resonancia del altavoz y extender el margen de reproducción para los tonos bajos.

El bafle reflector de bajos consiste en una caja cerrada, igual que la del bafle de resonancia infinito, a la que se le practica, además de los orificios de los altavoces, una o dos ventanas rectangulares. Este bafle basa su principio de funcionamiento en la resonancia mecánica (a una frecuencia dada que depende del volumen de la caja aérea de la ventana) del volumen del aire puesto en vibración por el diafragma del altavoz.

En las proximidades de la frecuencia de resonancia, la onda sonora producida en la parte posterior del diafragma del altavoz sufre en la caja una inversión de fase con la onda sonora generada en la parte anterior del diafragma y, por tanto la refuerza. Por otra parte, a la frecuencia de resonancia la carga que el aire contenido en la caja ofrece al altavoz es mayor que la ofrecida a las demás frecuencias, por lo que las oscilaciones del cono poseen, a la frecuencia de resonancia, una amplitud menor que a cualquier otra frecuencia. Como consecuencia de esto, si la frecuencia de resonancia del altavoz y del bafle reflector de bajos coinciden, el pico de resonancia del altavoz queda amortiguado por la mayor carga del bafle reflector de

bajos y el margen de frecuencias reproducibles se extiende gracias a la radiación sonora procedente de la ventana.

Como la frecuencia de resonancia del baffle reflector de bajos depende de su volumen y del área de su ventana, cuanto menor sea el volumen de la caja mayor será la frecuencia de resonancia, mientras que cuanto menor sea la superficie de su ventana menor será la frecuencia de resonancia, . Es decir. La frecuencia de resonancia de un baffle reflector de bajos es directamente proporcional a la superficie de su ventana e inversamente proporcional al volumen de aire de la caja.



Dado que, tal y como se ha dicho, la máxima efectividad de un baffle reflector de bajos se obtiene cuando la frecuencia de resonancia del altavoz coincide con la frecuencia de resonancia del baffle reflector de bajos, es preciso sintonizar ambas frecuencias. Esto se puede realizar de tres formas:

- Ajustando la frecuencia de resonancia del altavoz a la del baffle reflector de bajos.
- Variando el volumen de aire de la caja.
- Modificando la superficie de la ventana.

Tanto el primero como el segundo método son de difícil realización, puesto que resulta prácticamente imposible y poco

económico variar las características de un altavoz, y el segundo supone, además, efectuar una serie de cambios en las dimensiones de la caja que no siempre pueden ajustarse a las deseadas, máximo si ya está construida.

El tercer sistema es el más fácil, rápido y económico. La forma de realizar la sintonización por este método consiste en: Se intercala entre el altavoz y la salida del amplificador una resistencia de unos 100Ω , así como un voltímetro de C.A de gran sensibilidad en derivación con la bobina móvil del altavoz. A continuación, se aplica una señal de unos 100 Hz a la entrada del amplificador, teniendo la ventana del baffle reflector de bajos totalmente cerrada. Se ajusta el volumen del amplificador de forma que la aguja del voltímetro se desvie a $1/3$ de escala.

Una vez obtenida esta desviación, se disminuye la frecuencia proporcionada por el generador de BF hasta que la aguja del voltímetro marque la máxima desviación, la cual corresponde con la frecuencia de resonancia del altavoz. A continuación, se abre un poco la ventana del baffle reflector de bajos, con lo que la aguja correspondiente a ese mínimo es la de sintonía del baffle reflector de bajos con el altavoz, por lo que basta con cerrar la superficie de la ventana sobrante para tener el equipo ajustado.

La curva de respuesta del altavoz de una caja baffle reflector de bajos varía según la abertura de la ventana.

Existe otro tipo de baffle reflector de bajos, en el cual se consigue reducir el tamaño de la caja sin que la distancia entre el altavoz y la ventana quede tan reducida que perjudique el efecto baffle para las frecuencias superiores a la resonancia. Consiste en añadir a la ventana un conducto interno, de forma que la abertura quede próxima al fondo de la caja.

Pantalla acústica con radiador pasivo

Consiste en un baffle reflector de bajos en el que se sustituye el aire de la ventana por un altavoz desprovisto de sistema motor.

El radiador pasivo no se excita por la señal eléctrica que proporciona el amplificador, sino por las variaciones de presión del aire encerrado dentro de la caja acústica. Al diafragma del radiador pasivo se le añade una masa, de forma que este resuene cerca de la frecuencia de resonancia, reforzando así la señal del altavoz.

Las ventajas de este sistema sobre el baffle reflector de bajos son, principalmente, que el recinto se comporta de una forma más cercana a la de un recinto cerrado cuando las frecuencias son inferiores a la frecuencia a la que está ajustado, reduciéndose la posibilidad de distorsión, y que en un baffle reflector de bajos el aire de la ventana tiende a moverse de manera incontrolada, mientras que en el radiador pasivo se comporta de forma muy parecida a la de un altavoz.

Cajas Acústicas de carga simétrica.

Un modelo de caja acústica que ha ganado mucha popularidad para reproducción de bajas frecuencias. El diseño tiene la virtud de tener una respuesta tipo Pasa-Banda y, por lo tanto filtrar acústicamente cualquier distorsión que genere el altavoz.

CONSTRUCCIÓN DE LAS PANTALLAS ACÚSTICAS

Las pantallas acústicas incorporan dos, tres e incluso más altavoces, además de los filtros correspondientes. La construcción de una pantalla acústica es muy delicada si se desea obtener de ella un buen rendimiento, por lo que es aconsejable la adquisición de cajas ya construidas o prefabricadas por firmas de reconocida solvencia en la materia.

Las precauciones y normas mínimas que deben seguirse en el diseño y fabricación de un baffle son las que se citan a continuación. En primer lugar debe considerarse la rigidez de la caja. Esta a de ser lo suficientemente rígida coma para que las vibraciones sonoras, es decir, las ondas de presión que ejerzan sobre sus paredes, no provoquen vibraciones indeseables. Para obtener la mayor rigidez posible de la caja debe emplearse una madera de bastante grosor (unos 2 cm o más). Las uniones deben estar herméticamente cerradas, incluso alrededor del cable de entrada, y estar reforzadas con listones.

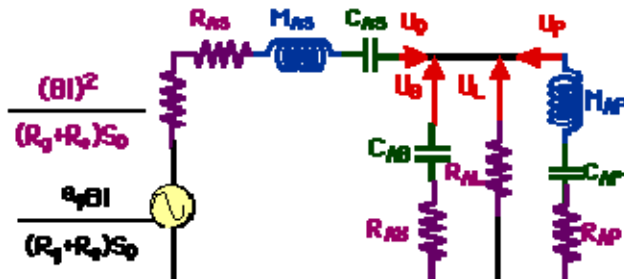
La caja se debe recubrir interiormente con una capa de un grosor de 25mm de una lana de vidrio o material amortiguador. Se aconseja tratar las caras externas de la caja con alguna sustancia o material que las impermeabilice y evite su deformación.

Finalmente, debe cuidarse el aspecto decorativo de la caja, ya que en la práctica formará parte del mobiliario.

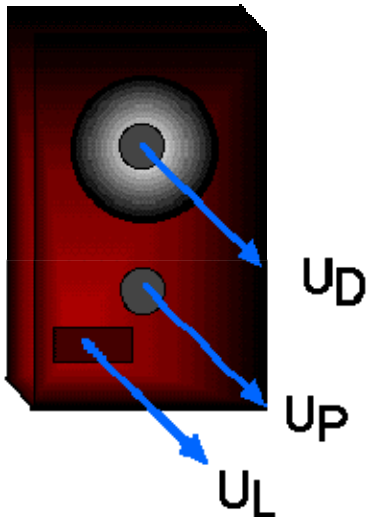
Los altavoces se montan en la parte frontal del baffle, no debiendo sobresalir de la superficie de este y cuidando que no queden huecos o fisuras entre ellos y la madera. Si el altavoz no posee en su borde externo una cinta de fieltro, deberá colocársele. No han de emplearse soportes amortiguadores para la sujeción del altavoz, sino rígidos.

Los altavoces y las cajas acústicas

En el caso de un altavoz generalizado de radiación directa, el efecto de la carga acústica de la caja se puede representar como se observa en las figuras.



Circuito equivalente de una Caja acústica generalizada



Caja acústica generalizada.

Donde U_D , U_P y U_L son las velocidades volumétricas acústicas generadas por el movimiento de aire del diafragma del altavoz, del ducto o radiador pasivo y de las pérdidas de la caja respectivamente. Los demás parámetros son los siguientes:

R_{AL} : Resistencia acústica causada por las fugas de la caja

C_{AB} : Elasticidad acústica del aire encerrado

R_{AB} : Resistencia causada por la absorción de energía acústica

M_{AP} : Masa acústica del ducto o del radiador pasivo incluyendo la carga del aire

C_{AP} : Elasticidad acústica de la suspensión del radiador pasivo

R_{AP} : Resistencia acústica de las pérdidas del ducto o del radiador pasivo.

A frecuencias muy bajas, donde las dimensiones de los espacios entre las aberturas es mucho menor que una longitud de onda, el sistema

se puede aproximar como una combinación de fuentes coincidentes. Entonces la velocidad volumétrica resultante es:

$$U_o = U_D + U_P + U_L$$

La potencia acústica radiada por el sistema es:

$$P_A = |U_D|^2 R_{AR}$$

Donde

P_A: Potencia acústica de salida

R_{AR}: Parte resistiva de la carga de radiación del sistema.

¿QUÉ ALTAVOCES INSERTAREMOS EN LAS CAJAS ACÚSTICAS DEPENDIENDO DE SUS CARACTERÍSTICAS?

Introducción

El reproductor acústico en un equipo de audio es la bocina o altavoz, parte de la "pantalla acústica", formada además por el recinto (baffle o caja acústica). Antes se llamaba altoparlante, término que cayó en desuso.

Tiempo atrás, el altavoz no debía reunir exigentes requisitos, pero en la medida en que fue avanzando la técnica y se construyeron equipos de audio de buena calidad, se ha exigido un estudio profundo sobre la construcción de los altavoces ya que no serviría de nada tener un equipo estereofónico de alta fidelidad si las señales eléctricas que éste amplifica no pudieran ser transformadas en ondas acústicas en toda la gama del espectro audible (de 20 Hz a 20 kHz).

El altavoz puede definirse como un complejo electroacústico destinado a la transformación de la energía eléctrica en energía acústica. Por ello también se le denomina traductor electroacústico.

Este complejo puede asumir diferentes formas, las cuales se diferencian bien por su sistema mecánico, bien por su sistema eléctrico o bien por el sistema acoplamiento de la fuente sonora al medio exterior.

En lo que hace referencia al sistema mecánico o eléctrico, se pueden distinguir, entre otros, los altavoces electrodinámicos, los electrostáticos, los electromagnéticos, los piezoeléctricos, etc.

Con referencia al acoplamiento de la fuente sonora con el medio externo deben tenerse presente varios sistemas de altavoces

provistos de bocinas, de pantallas o recintos acústicos que no dejan de ser, en realidad más que altavoces en forma de laberintos.

Con referencia, en general, a los distintos tipos que se acaban de enumerar, todo altavoz puede considerarse genéricamente constituido por una membrana puesta en vibración por un oportuno sistema electromecánico accionado por una corriente acústicamente modulada. La membrana debe ser tal que esté en condiciones de poder desarrollar, en un ambiente dado, una suficiente energía sonora.

La propiedad esencial e ideal de un altavoz, cuando es utilizado con un micrófono y un sistema de amplificación ideal, debe ser reproducir, en un ambiente, una onda sonora idéntica a la que, en el lugar de origen, ha recogido el micrófono. En otros términos, la membrana debe vibrar uniformemente y proporcionalmente para cualquier período de vibraciones.

Ya se ha dicho que el límite de la frecuencia audible está comprendido entre los 20 y los 4.000 ciclos para las frecuencias bajas y desde los 4.000 a los 20.000 ciclos para las más altas. Para una buena reproducción del sonido y de los ruidos, para una fiel reproducción del timbre, un altavoz debe responder uniformemente a todas las frecuencias comprendidas entre los 30 y 15.000 ciclos por segundo cuando menos y emitir una energía sonora proporcional en todo momento a la tensión eléctrica instantánea que se aplique.

El rendimiento de los altavoces comerciales, es decir, el rendimiento de la transformación de la energía eléctrica en sonora, es muy bajo. La mayoría de ellos tienen rendimientos inferiores al 5%, e incluso algunos llegan al 1%.

El altavoz de radiación directa no transforma en energía acústica más que una pequeñísima parte de la energía eléctrica que sale del amplificador. El rendimiento energético es, por consiguiente, poco elevado, pero no debe extrañar desde el momento que está en el orden de los otros instrumentos que producen transformaciones similares.

Cuando se indica la potencia consumida por un altavoz, se refiere siempre a la potencia eléctrica, que es muy distinta a la disipada en forma acústica. Admitiendo, como se ha indicado, un rendimiento de un 5%, 5 vatios eléctricos se convertirán en 0.25 vatios acústicos. De ello no hay que asombrarse, puesto que todos los instrumentos musicales tienen muy mal rendimiento energético.

Construcción de los altavoces

En realidad, el proceso de transformación de señal eléctrica en onda acústica se lleva a cabo en dos pasos: primero se hace una transformación de energía eléctrica en mecánica y luego la energía mecánica se transforma en energía sonora.

De acuerdo con lo dicho, podemos dividir a las piezas constituyentes del altavoz de la siguiente manera:

Parte Electromagnética.

Parte Mecánica.

Parte Acústica.

La parte electromagnética la forman un imán y una bobina móvil. La bobina está sumergida dentro del campo magnético del imán de tal manera que, al ser recorrida por corriente, se produce una acción electromagnética y, como consecuencia, dicha bobina se mueve.

La parte mecánica está formada por el cono y su sistema de suspensión. El cono es solidario a la bobina y, por lo tanto, acompaña al movimiento de la misma cuando es recorrida por corriente. De esta manera, el cono vibra cuando por la bobina circula una corriente variable.

Por último digamos que la parte acústica es la encargada de transmitir al recinto de audición la energía sonora desarrollada por el cono.

Características

Se ha visto anteriormente el principio de funcionamiento de las distintas altavoces, prestando especial atención a los altavoces dinámicos por ser los más utilizados. Esto nos ha permitido comprender que la calidad de cada elemento que los compone determina las características del mismo.

Para elegir el altavoz (bocina) adecuado debemos estudiar las características que brinda el fabricante y actuar en consecuencia, según nuestra necesidad. Se pueden resumir las características técnicas de un altavoz (bocina) en las siguientes:

Respuesta en frecuencia.

Frecuencia de resonancia.

Directividad.

Potencia máxima y mínima.

Rendimiento.

Impedancia

La impedancia del altavoz no sólo depende de su principio de funcionamiento, sino también de su forma constructiva y los materiales empleados.

Se pueden considerar tres factores que determinan la impedancia del altavoz que son:

La resistencia eléctrica del altavoz.

La reactancia inductiva del arrollamiento (bobina móvil).

La resistencia debido a las corrientes inductivas en la bobina a causa del campo magnético en el cual se encuentra sumergida cuando se desplaza.

La resistencia eléctrica se calcula como:

$$R = r (1 / S)$$

Donde:

R = resistencia eléctrica de la bobina.

r = resistividad del alambre empleado.

S = sección del alambre.

L = longitud total del alambre.

La reactancia inductiva dependerá de la frecuencia y se calcula de la siguiente manera:

$$X_L = 6.28 f.L.$$

Donde:

X_L = reactancia inductiva de la bobina móvil.

f = frecuencia de la señal que excita al altoparlante.

L = inductancia de la bobina móvil.

Se trata de que la reactancia inductiva sea la menor posible y para ello la bobina debe tener pocas vueltas.

La tercer componente de la impedancia del altavoz se debe a que en la bobina se producen dos efectos: una acción electromagnética que hace que se mueva cuando es recorrida por corriente; este movimiento provocará un efecto secundario ya que al moverse dentro de un campo magnético se inducirá en ella una tensión y circulará una corriente entendiéndose que este es un efecto resistivo.

Esta tercer componente es la más difícil de mantener constante ya que, en su movimiento, la bobina móvil arrastra al cono, razón por la cual el movimiento dependerá de la forma constructiva de la bocina.

Si bien es conveniente que el altavoz tenga impedancia constante en toda la gama de audio para no modificar la recta de carga del transistor de salida del amplificador, esto es imposible.

La impedancia de un altavoz se mide a una frecuencia de 1KHz.

En el caso de los altavoces para bajas frecuencias, la impedancia se mide a 400Hz y en altavoces de alta frecuencia es usual medirlas a 4kHz (figura 16)

Valores comunes de impedancia son: 2; 3; 4; 8; y 25 ohms. Todos estos valores se especifican para una frecuencia elegida internacionalmente en 1kHz.

Respuesta en frecuencia

Proporciona el dato de la presión sonora generada por la bocina en función de la frecuencia.

Para levantar la curva de respuesta en frecuencia se suministra al altavoz una señal de igual potencia y frecuencia variable; luego se mide la potencia sonora generada por dicho altavoz llevando los valores obtenidos a un cuadro. Con estos datos se construye la curva de presión sonora en función de la frecuencia (figura 17)

Otros métodos modernos utilizan un graficador para obtener la curva de respuesta en frecuencia del transductor electroacústico.

En la curva de la figura se observan las variaciones de la presión sonora proporcionada por el altavoz para una misma potencia de entrada y a distintas frecuencias.

Notándose la variación en la respuesta en frecuencia; así por ejemplo, mientras que para 100Hz la presión sonora es de 17dB, para 1000Hz vale 28dB.

El máximo, que se encuentra en la zona de bajas frecuencias, corresponde a las "frecuencias de resonancia" del altavoz. En el extremo superior se encuentra la frecuencia de corte, correspondiente a la máxima frecuencia que es capaz de reproducir esta unidad (f_c).

Nótese que a lo largo de la gráfica hay varias oscilaciones, pero estas no son importantes mientras la diferencia en la presión sonora no supere los 12dB, aproximadamente, y no existan diferencias considerables entre picos y vales cercanos (el crecimiento o decrecimiento debe ser gradual). A la zona comprendida por las señales que no provocan una variación en la presión sonora superior a los 12dB se le llama "centro del rango". La frecuencia de corte será aquella para la cual la intensidad sonora cae aproximadamente 3dB del centro de la banda.

Si en el centro del rango hay algún pico de más de 5db, provocará un sonido chillón; si hay varios picos de este valor, el sonido será hueco, mientras que si hay un valle pronunciado, el sonido emitido será "vacío" o sin vida.

Como es imposible conseguir un altavoz que posea respuesta plana en toda la banda de ruido, se recurre a la utilización conjunta de 2, 3 o más bocinas que trabajen en distintos centros de rango par cubrir todo el espectro.

Frecuencia de resonancia

Es la frecuencia "mecánica" de resonancia (frecuencia de vibración del material) de la bobina móvil y el cono o diafragma. Para conocerlo se aplica un impulso de tensión a la bobina móvil; al quitarlo, el cono vibrará a su frecuencia de resonancia.

La importancia de este dato radica en que marca el límite inferior de la curva de respuesta en frecuencia del parlante. La frecuencia de resonancia se determina fácilmente a partir de la curva de variación de la impedancia del altavoz con la frecuencia, ya que produce un máximo de impedancia.

La frecuencia de resonancia depende del sistema mecánico de montaje, del material de construcción del cono., del sistema de suspensión utilizado, del diámetro del diafragma, etc.

La frecuencia de resonancia varía en relación inversa al diámetro del cono. Por ejemplo un parlante de 5" de diámetro (12.5cm) tendrá una frecuencia de resonancia mayor que uno de 12" (30.5cm) de iguales características (figura 19).

Asimismo, un altavoz con cono construido con material rígido tendrá una frecuencia de resonancia superior que otro cuyo diafragma es ligero. Una suspensión fuerte aumentará la frecuencia de resonancia de la bocina.

La tabla siguiente muestra la frecuencia para distintos tamaños de cono.

DIAMETRO	FRECUENCIA DE RESONANCIA
8 pulgadas	60 a 150 Hz.
12 pulgadas	30 a 85 Hz.
15 pulgadas	25 a 55 Hz.
18 pulgadas	20Hz.
30 pulgadas	15Hz.

Directividad

La directividad de un altavoz se suministra a partir de sus diagramas polares. Su respuesta no es omnidireccional y posee características bien definidas.

Generalmente se suministran varias curvas para distintas frecuencias, pues a medida que aumenta la frecuencia la bocina se hace más directiva. Si no especifica lo contrario, se supone que la cara de la bocina apunta a la posición 0.

Potencia máxima y mínima del altavoz

La potencia máxima o potencia admisible es el valor máximo de potencia que se le puede aplicar al altavoz (durante un corto tiempo) sin que se destruya.

Se llama potencia de régimen al máximo valor de potencia que puede soportar el altavoz en un régimen continuo. Es menor que la potencia máxima admisible.

La potencia de un altavoz depende de sus dimensiones y forma constructiva (forma del cono, dimensiones del altavoz, sección del alambre del altavoz, etc.)

En general hay tres formas en que se construyen los conos de un altavoz:

Conos de paredes rectas

Conos de paredes elípticas

Conos de sección plana

Los primeros soportan mayor potencia que los de sección elíptica y a su vez, estos soportan mayor potencia que los de diafragma de sección plana (siempre hablando para un mismo diámetro del parlante).

Digamos entonces que, para el altavoz de graves o también de rango extendido soporte una potencia elevada, la bobina móvil deberá ser larga para poder aumentar el recorrido del diafragma, pero esto disminuye el rendimiento del parlante. Para reproductores de tonos medios o altos esto no es necesario ya que para la misma potencia el recorrido del diafragma es bastante inferior.

La potencia mínima depende del altavoz y de su recinto acústico; es la potencia mínima que se le debe suministrar a la pantalla acústica para obtener un nivel confortable de audición.

Tipos de altavoces que podemos insertar en una caja acústica

Altavoces para tonos graves

Son altavoces cuya frecuencia de resonancia es muy baja, con el objeto de que puedan reproducir tonos muy bajos. De esta manera, debe ser una cantidad de grandes dimensiones, ya que la frecuencia de resonancia guarda relación inversa con el diámetro del diafragma.

Cuando se le aplica una señal de baja frecuencia, el rendimiento de las bocinas es bueno, ya que se mueve todo el diafragma en conjunto. En la medida que aumenta la frecuencia, el desempeño del cono no es tan bueno y sólo irradia energía la porción que se encuentra en el centro, cerca de la bobina, permaneciendo inmóvil el resto del cono.

De esta manera, el rendimiento de una unidad de bajos o WOOFER disminuye a medida que aumenta la frecuencia.

La frecuencia de resonancia de una unidad reproductora de baja frecuencia debe ubicarse en torno de los 20Hz. Debe poseer una respuesta casi plana (en la curva idealizada del altavoz) hasta el límite inferior de las frecuencias vocales, y la frecuencia de corte se debe ubicar alrededor de los 4000Hz.

Sin embargo, cuando se conectan varios parlantes que abarcan toda la banda de audio, la frecuencia de corte puede ubicarse alrededor de 1kHz.

El diámetro de la bocina debe ser superior a las 10" y su cono será rígido pero con una suspensión suave. Generalmente el cono no es muy ligero; la suspensión posee corrugaciones flexibles en el borde externo de dicho diafragma.

En general hay dos formas de construir altavoces de baja frecuencia:

Un sistema consiste en colocar un anillo moldeado que desacopla la parte del diafragma que se encuentra alrededor de la bobina móvil con el objeto de eliminar la reproducción de tonos altos

No es un altavoz muy común y su frecuencia de corte generalmente no alcanza los 3kHz.

El sistema más utilizado consiste en el uso de una bobina móvil de diámetro grande y larga. El diafragma es generalmente pesado pero construido con material blando. Se construye así pues la bobina debe efectuar un recorrido que a veces alcanza o sobrepasa los 20mm.

La bobina móvil se construye así pues debe efectuar un largo recorrido por el entrehierro magnético durante la reproducción de señales de bajas frecuencias. El entrehierro, a su vez, debe poseer un campo magnético de densidad uniforme para todo el recorrido de la bobina móvil.

En muchas ocasiones, cuando se requiere un altavoz de alta calidad, se fabrica el entrehierro de modo que sea mucho más largo

que la bobina para que esta última pueda desplazarse a lo largo del mismo sin que ninguna espira salga de la zona donde el campo magnético es uniforme. Este resulta un diseño caro, pero es imprescindible cuando el diámetro de la bobina debe ser grande.

En este caso no se aprovecha la totalidad del campo magnético y por lo tanto disminuye el rendimiento del parlante.

Altavoces para tonos medios

Deben ser altavoces de mínima distorsión pues su desempeño se advierte muy fácilmente, ya que deben reproducir la mayor parte de los sonidos. Debe poseer una frecuencia de resonancia no superior a los 200Hz y una frecuencia de corte del orden de los 7 u 8kHz.

El sonido comprendido entre estas frecuencias define "el carácter" de la grabación ya que la parte media del espectro es la región en la cual el oído humano es más sensible. El "SQUAWKER", reproductor de medios, es el altavoz que más introduce el efecto de coloración, razón por la cual su diseño es delicado.

Para evitar intermodulación con los sonidos de baja frecuencia emitidos por el woofer, se suele aislar al squawker mediante una cubierta rígida.

Por ejemplo, un reproductor de medios común puede poseer las siguientes características:

Diámetro del cono.....6" (15cm)

Respuesta en frecuencia.....200 a 800Hz

Diámetro de la bobina móvil.....1" (25mm)

Impedancia a 1kHz.....8ohm

Peso.....1500gramos

Profundidad.....80mm

Potencia admisible.....70watt (a 1kHz continuo)

El diafragma debe ser liviano y no necesariamente grande pues no reproducirá tonos bajos.

Altavoces para tonos agudos

Se trata en este caso de parlantes con el diafragma de pequeñas dimensiones ya que también lo serán las longitudes de onda de las señales que deben reproducir. La frecuencia de resonancia de estos parlantes se sitúa por encima de los 2000Hz mientras que la frecuencia de corte es superior a los 20kHz .

En la actualidad se diseñan altavoces del tipo trompeta específicamente para reproducir señales de alta frecuencia. Este tipo de altavoces consiste en agregar una trompeta de material rígido a la unidad de excitación, del tipo dinámica .

La unidad de excitación está constituida por el circuito magnético que provee el imán permanente, la bobina móvil que es de

grandes dimensiones y el diafragma que es rígido y de dimensiones reducidas. La trompeta posee una cámara sonora y la boca.

Dicha trompeta funciona como un adaptador acústico bajo el mismo principio de funcionamiento que un transformador. En la garganta de la trompeta (cámara sonora) la presión del aire es grande mientras que la masa de aire alijado es pequeña. En la boca de la bocina la masa de aire es grande en comparación con la existente en la cámara mientras que la presión es reducida.

Las bocinas se utilizan para aumentar o reforzar sonidos, tal es el caso cuando uno se lleva las manos a la boca, ahuecándolas en torno de los labios, para hacerse oír a distancia.

Retornando a los reproductores de tonos altos convencionales, digamos que existe el modelo "DOMO RADIANTE" que incluye su propia caja acústica en forma de bocina con el fin de ensanchar el haz en que se concentran los sonidos agudos para lograr su mejor difusión. Además, estos "tweeters", reproductores de agudos, son blindados en su parte trasera con una carcasa metálica, con el fin de evitar la interacción con otras bocinas.

Son bocinas caras y se destruyen de inmediato si se les aplica una señal de baja frecuencia.

Filtros divisores de frecuencias

Se denominan filtros divisores de frecuencia a las unidades diseñadas para separar las señales de audio con el objeto de que puedan aplicarse a la bocina adecuada.

Los filtros son generalmente circuitos pasivos compuestos por inductores y capacitores que se basan en el principio por el cual un capacitor deja pasar con mayor facilidad las señales de alta frecuencia ofreciendo una reactancia considerable al paso de los tonos bajos mientras que un inductor (bobina) permite el paso de las señales de baja frecuencia, bloqueando los tonos altos.

El filtro más sencillo consistirá en colocar un capacitor en serie con el tweeter y un inductor en serie con el woofer; luego ambos conjuntos se conectan en paralelo.

Las formulas de cálculo de este filtro son:

$$C = 1 / (2\pi f Z)$$

$$L = Z / 2\pi f$$

Donde:

C = capacitor a colocar en serie con el tweeter

L = inductor a colocare en serie con el woofer

Z = impedancia del altavoz

F = frecuencia de cruce del divisor

La frecuencia de cruce es la frecuencia para la cual se cortan las curvas de respuesta del inductor y capacitor.

Otra forma de conseguir una derivación de las señales de distintas frecuencias consiste en colocar un inductor en paralelo con el tweeter y un capacitor en paralelo con el woofer; luego el conjunto se conecta en serie.

Las formulas de cálculo son las mismas que en el ejemplo anterior. Con esta configuración aumenta la impedancia de la carga. Con estos dos filtros se consigue una atenuación de 6dB/octava.

Si se quiere obtener un filtro divisor de frecuencias de dos vías de mayor efectividad basta con combinar los efectos de los dos circuitos anteriores.

Por supuesto, es un filtro de mayor efectividad (12dB/octava). En este circuito $L1 = L2$ y $C1 = C1$. Las formulas del cálculo son las siguientes:

$$L = Z / 2\pi f$$

$$C = 1 / (2\pi f Z)$$

Donde:

L = inductor de filtro

C = capacitor de filtro

Z = impedancia de los parlantes

f = frecuencia de cruce

Filtros divisores de frecuencia de tres vías

Se utilizan para conectar una bocina reproductora de agudos (tweeter), otra reproductora de medios (squawker) y una tercera reproductora de bajos (woofer).

Un filtro sencillo consiste en colocar un inductor en serie con el woofer, un inductor y un capacitor en serie con el squawker (todos en serie) y un capacitor en serie con el tweeter; luego, los tres conjuntos se conectan en paralelo (figura 32).

$L1$ deja pasar los tonos bajos hacia el woofer impidiendo el paso de las señales de alta frecuencia mientras que $C3$ permite el paso de los tonos altos hacia el woofer ofreciendo alta impedancia a los tonos bajos.

$C2$ y $L2$ forman un circuito resonante que ofrece mínima impedancia en el rango de las frecuencias vocales (frecuencia media).

Este sistema proporciona una atenuación de 6dB/octava.

Las formulas de cálculo son las siguientes:

$$L1 = Z / 2\pi f1 \quad L2 = Z / 2\pi f2$$

$$C2 = 1 / (2\pi f1 Z) \quad C3 = 1 / (2\pi f2 Z)$$

Donde:

$f1$ = frecuencia de cruce entre el woofer y el squawker

$f2$ = frecuencia de cruce entre el squawker y el tweeter

Frecuencia de cruce

Sabemos que en un circuito oscilante se llama frecuencia de corte a aquella en la cual la amplitud de la señal cae al 70.7% de su valor máximo; así se tiene una frecuencia de corte inferior a f_1 y una frecuencia de corte superior a f_2 .

La diferencia $f_2 - f_1$ es el ancho de banda del circuito si consideramos un divisor de frecuencia compuesto por una sola bobina o un solo capacitor, se tendrá sólo una frecuencia de corte. Esta frecuencia será aquella para la cual la tensión en la bobina cae al 70.7% del valor máximo (el otro 29.3% caerá en el capacitor o en el inductor, según el caso).

Si ahora se tiene en el divisor de frecuencias un capacitor conectado al tweeter y una bobina en serie con el woofer, las curvas de respuesta serán complementarias. Los elementos pasivos se eligen de forma tal que el comportamiento de los filtros sea perfectamente complementario.

Al considerar ambos circuitos en conjunto, se busca obtener una respuesta plana en todo el espectro, es decir, que la tensión de salida del conjunto se mantenga siempre por encima del 70.7% de la tensión máxima.

Al valor de frecuencia para el cual se cruzan ambas curvas se le denomina FRECUENCIA DE CRUCE y en ese momento la mitad de potencia que suministra el amplificador cae en el woofer e inductor y la otra mitad en el tweeter y capacitor (recuerde que $0.707 V_{\text{máx}}$ equivale a un punto de potencia mitad).

Cuando se utiliza un divisor de frecuencias de tres vías hay dos frecuencias de cruce: la correspondiente a la vía de graves con la de medios y la debida a la vía de medios con la de agudos.

Ahora bien, cuando se coloca un divisor de frecuencias a una bocina, su curva de respuesta en frecuencias puede verse seriamente afectada por causa de la frecuencia de resonancia de la bocina, o de la frecuencia de resonancia entre elementos del filtro y bobina móvil.

Altavoces múltiples

Dondequiera que el costo y el espacio lo permitan, son preferibles altavoces múltiples más pequeños que cubren la misma gama de frecuencia, a un solo altavoz mayor. En algunas aplicaciones esto es generalmente imprescindible, como para el esfuerzo del sonido en salas de espectáculos o estadios, pero es también apropiado incluso para instalaciones caseras, por las razones siguientes:

Una eficacia y frecuencia de respuesta excelentes debidas a los conos más ligeros.

Un patrón direccional mejor debido a la colocación variable de los altavoces individuales.

Menos desperdicio de fuerza, tales como pérdida de calor en las bobinas.

Cuando los altavoces están acoplados en sistema múltiple, se presentará una nueva impedancia a la fuente, que depende del método de conexión. No es recomendable una conexión en serie de un grupo numerosos de altavoces, ya que los voltajes transitorios son lo suficientemente elevados para provocar chispas en las unidades impulsoras. Por lo tanto es preferible la conexión serie-paralela.

Si se usan simultáneamente dos altavoces, idénticos solamente, la elección de la conexión no es decisiva. Puede emplearse cualquier método que proporcione la equiparación más conveniente con las derivaciones del transformador. La impedancia total de dos altavoces idénticos conectados en serie será el doble de la impedancia de la bobina móvil de cualquiera de ellos. Del mismo modo, cuando dos bobinas móviles idénticas están conectadas en paralelo la impedancia resultante de la combinación será de la mitad de la impedancia de cualquiera de las dos.

Es sumamente importante cuando se operan altavoces múltiples que se encuentran muy cerca el uno del otro que se hallen debidamente faseados. Esto significa que los diversos conos tienen que establecer simultáneamente una alternación de comprensión y tienen también que provocar rarefacción simultáneamente. Si no lo hacen, puede producirse interferencia y cancelación parcial. Esto quiere decir que los conos tienen que moverse simultáneamente en la misma dirección y esta dirección del movimiento dependerá de la dirección del flujo de la corriente a través de la bobina móvil, siempre y cuando, naturalmente, todos los demás factores sean iguales.

Por consiguiente, la solución del problema descansa sencillamente en conectar la señal común a las diversas bobinas móviles de manera tal que la dirección del flujo de corriente sea la misma en cada bobina en cualquier tiempo dado. Par el funcionamiento en serie de dos altavoces, dos terminales diferentes tienen que servir como unión entre las unidades. Luego el otro par diferente se conectará a través de la fuente. Para el funcionamiento en paralelo de dos unidades cada par de terminales iguales se empalma a través de la fuente.

Sistemas complementarios

Una disposición más extensamente empleada aún de altavoces múltiples, es aquella en que las diversas unidades cubren las gamas de frecuencias complementarias.

Este sistema tiene todas las ventajas ya citadas para idénticos arreglos múltiples, y, además, las siguientes:

Menos distorsión de ínter modulación

Menos distorsión transitoria

Menos distorsión de modulación de frecuencia

Puesto que el radiador directo de tipo de cono no es muy eficaz a la frecuencia más alta, se emplea normalmente para el elemento de baja frecuencia, generalmente conocido como altavoz para sonidos graves o woofer. Los elementos de alta frecuencia revisten, casi invariablemente, forma de bocina, comúnmente conocida como altavoz para notas agudas, o tweeter.

El mayor problema con todos los altavoces de alta frecuencia es su directividad extremadamente acentuada. Para hacer el patrón de radiación de alta frecuencia aproximadamente como el de las frecuencias más bajas, se usan diversas modificaciones de la conicidad exponencial básica. Estas influyen las bocas multicelulares y multiseccionales, llamadas rendijas ópticas y destellos alternativos. Cada uno de estos métodos tiene fervorosos patrocinadores, pero la efectividad del uno sobre el otro descansa particularmente en el gusto particular, así como en el funcionamiento del resto del sistema del altavoz.

Los diversos elementos pueden montarse en puntos un tanto separados pero repetidas pruebas de oído confirmarían que deberían estar tan juntos como fuera posible, de manera tal que el sonido parecerá que emerge de un punto único de la fuente de origen. Algunas veces están montados en serie sobre un eje común y en algunos casos las diferentes unidades son partes integrantes de un montaje de altavoz coaxial único.

LAS TROMPETAS EN LAS CAJAS ACÚSTICAS

Existe otro bafle en el cual la radiación sonora no se produce directamente, sino a través de un tubo en forma de bocina o trompeta, que mejora el rendimiento del altavoz. Este se encuentra alojado en el interior de una caja con fondo cerrado, como las ya descritas, y en la parte frontal se efectúa una abertura donde se ajusta la garganta o parte estrecha de una trompeta.

La utilización de una trompeta en un bafle aumenta el rendimiento del altavoz, los desplazamientos del diafragma del altavoz son menos amplios y la distorsión queda por todo ello

reducida. Además la trompeta amortigua al altavoz en toda la gamma de funcionamiento, lo cual supone una notable ventaja sobre el bafle.

El límite inferior de frecuencias reproducibles viene determinado por el tamaño de su boca. Si la frecuencia es baja y la superficie de la boca es pequeña, los frentes de presión tienen tendencia a retroceder a partir de la boca hacia la garganta, con lo cual se reduce el rendimiento. Por el contrario, cuando la frecuencia es elevada, los sucesivos frentes de onda avanzan hacia la boca e impiden que la onda de retroceso alcance la garganta, con lo que se evita que se altere la vibración del diafragma del altavoz.

Existen dos tipos fundamentales de trompeta:

1._ *Trompeta exponencial: La dimensión de la boca de la trompeta debe estar comprendida entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de la longitud de onda más larga que deba reproducirse.*

2._ Trompeta plegada: Si se desea cubrir un amplio margen de frecuencias de audio la trompeta tendrá unas dimensiones extremadamente grandes, por ello algunos recintos acústicos solo disponen de trompetas para agudos.

Que es un amplificador de clase A? Que es clase B? y AB? y C?

Todos esos términos se refieren a las características de funcionamiento de las etapas de salida de los amplificadores. Resumiendo, los amplificadores de clase A son los que mejor suenan, mas cuestan y los menos prácticos. Despilfarran corriente y devuelven señales muy limpias. La clase AB domina el mercado y rivaliza con los mejores de clase A en calidad de sonido. Usa menos corriente que los de clase A y pueden ser mas baratos, pequeños, frescos, y ligeros.

En la siguiente discusión, asumiremos que hablamos de transistores de etapas de salida, con un transistor por función. En algunos amplificadores los dispositivos de salida son a válvulas. La mayoría de los amps usan mas de un transistor o válvula por función para incrementar la potencia.

La clase A se refiere a una etapa de salida con una corriente de polarización mayor que la máxima corriente de salida que dan, de tal forma que los transistores de salida siempre están consumiendo corriente. La gran ventaja de la clase A es que es casi lineal, y en consecuencia la distorsión es menor.

La gran desventaja de la clase A es que es poco eficiente, es decir que requiere un amplificador de clase A muy grande para dar 50 watts, y ese amplificador usa mucha corriente y se pone a muy alta temperatura.

Los amplificadores de clase B tienen una gran desventaja, una

distorsión audible con señales pequeñas. Esta distorsión puede ser tan mala que lleva a notarse con señales mas grandes. Esta distorsión se llama distorsión de filtro, porque sucede en un punto que la etapa de salida se cruza entre la fuente y la corriente de amortiguación. No hay casi ampl de clase B hoy en día a la venta.

Los amplificadores de clase C son similares a los de clase B en que la etapa de salida tiene corriente de polarización cero. Sin embargo, los amplificadores de clase C tienen una región de corriente libre cero que es mas del 50% del suministro total de voltaje. Las desventajas de los ampl de clase B son mas evidentes en los amp de clase C, por tanto los de clase C tampoco son prácticos para audio.

Los amplificadores de clase A a menudo consisten en un transistor de salida conectado al positivo de la fuente de alimentación y un transistor de corriente constante conectado de la salida al negativo de la fuente de alimentación. La señal del transistor de salida modula tanto el voltaje como la corriente de salida. Cuando no hay señal de entrada, la corriente de polarización constante fluye directamente del positivo de la fuente de alimentación al negativo, resultando que no hay corriente de salida, se gasta mucha corriente. Algunos amp de clase A mas sofisticados tienen dos transistores de salida en configuración push-pull. Los amp clase B consisten en un transistor de salida conectado de la salida al positivo de la fuente de alimentación y a otro transistor de salida conectado de la salida al Terminal negativo de la fuente de alimentación. La señal fuerza a un transistor a conducir mientras que al otro lo corta, así en clase B, no se gasta energía del Terminal positivo al Terminal negativo.

Los amplificadores de clase AB son casi iguales a los de clase B en que tienen dos transistores de salida. Sin embargo, los amp de clase AB difieren de los de clase B en que tienen una pequeña corriente de libre fluyendo del Terminal positivo al negativo incluso si no hay señal de entrada. Esta corriente de libre incrementa ligeramente el consumo de corriente, pero no se incrementa tanto como para parecerse a los de clase A. Esta corriente de libre incluso corrige casi todas las no linealidades asociadas con la distorsión del filtro. Estos amplificadores se llaman de clase AB en vez de A porque con señales grandes, se comportan como ampl clase B, pero con señales pequeñas, se comportan como ampl de clase A. La mayoría de los amplificadores disponibles en el mercado son de clase AB.

Algunos buenos amplificadores hoy en día usan variaciones de los temas anteriores. Por ejemplo, algunos clase A tienen los dos transistores alimentados, aunque siempre estén funcionando. Un ejemplo específico de esta clase de ampl es la topología "Stasis" (TM) promovida por Threshold, y usada en unos pocos amp de high-end. Los amplificadores Stasis (TM) son de clase A, pero no son iguales a los ampl de clase A clásicos. Los Ampl de clase D usan técnicas de modulación de pulsos para obtener incluso mayor eficiencia que los de clase B. Mientras los amp de clase B emplean los transistores en régimen lineal para modular la corriente y el voltaje de salida, no podrían ser más eficientes de un 71%. Los amplificadores de clase D usan transistores que están o bien encendidos o bien apagados, y casi nunca entre-medias y así gastan la menor cantidad de corriente.

Equipo de música ideal para un automóvil

Este equipo debe incorporar en la parte delantera, dos altavoces para tonos agudos con sus respectivos filtros para no dejar pasar otra frecuencia que no sean las altas frecuencias, también dos altavoces para tonos medios con sus respectivos filtros. En la parte trasera del coche, en las puertas colocaremos dos altavoces de tonos medios con filtros. En la bandeja se colocaran dos altavoces múltiples para tener una compensación acústica. Y en el maletero colocaremos un altavoz de tonos bajos o graves con sus filtros.

Para poder poner en funcionamiento estos elementos citados, necesitamos un radio CD para conectar los altavoces delanteros, también necesitaríamos que tuviese salidas RCA para poder conectar el amplificador de clase A donde van conectados los altavoces traseros, los de la bandeja y el altavoz de los sonidos graves. El cable que utilizaríamos sería cable libre de oxígeno para evitar la oxidación de estos y el mal funcionamiento.

