

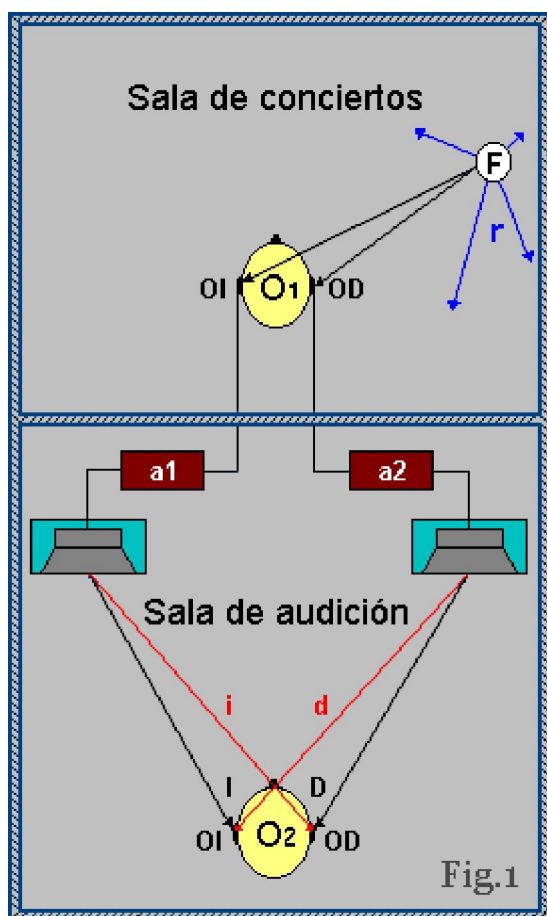
Equipo de sonido 3D TAV-EDF

Roger Andreu (Barcelona)

En este documento se expone un sistema de reproducción de **sonido envolvente 3D** aplicable, tanto a los equipos electroacústicos convencionales como, también, en sistemas de Realidad Virtual, PC multimedia, etc. Un estudio detallado de este proyecto fue publicado por el autor hace algunos años en la REVISTA ESPAÑOLA DE ELECTRONICA.

Para realizar con éxito este proyecto es imprescindible aplicar ciertos criterios constructivos, los cuales, no aparecen en este texto. Por ejemplo, las normas a seguir sobre la respuesta de frecuencia y fase de los altavoces y elementos activos. Tipo y tamaño de los altavoces. Diagramas de directividad, disposición física de los radiadores. Filtros eléctricos y mecánicos, etc.

Empezaremos nuestro proyecto analizando la figura 1, la cual, representa gráficamente el mayor inconveniente de la estereofonía convencional, esto es, la mezcla indeseable de las señales de los canales izquierdo y derecho en un sistema tradicional estereofónico.



Supongamos que en la sala de conciertos situamos una cabeza artificial **O1**, la cual, nos va a servir para recoger el campo sonoro del lugar lo más fielmente posible.

De forma paralela, enviamos dichas señales a sus respectivos altavoces situados en la sala de audición. Con esta disposición podemos observar que el oído izquierdo **OI** del oyente **O2** recibe la señal **I** más la componente perturbadora **d**, es decir: **(I+d)**.

Lo mismo ocurre con el oído derecho **OD**, el cual, recibe la señal **D** más la componente perturbadora **i**, esto es: **(D+i)**.

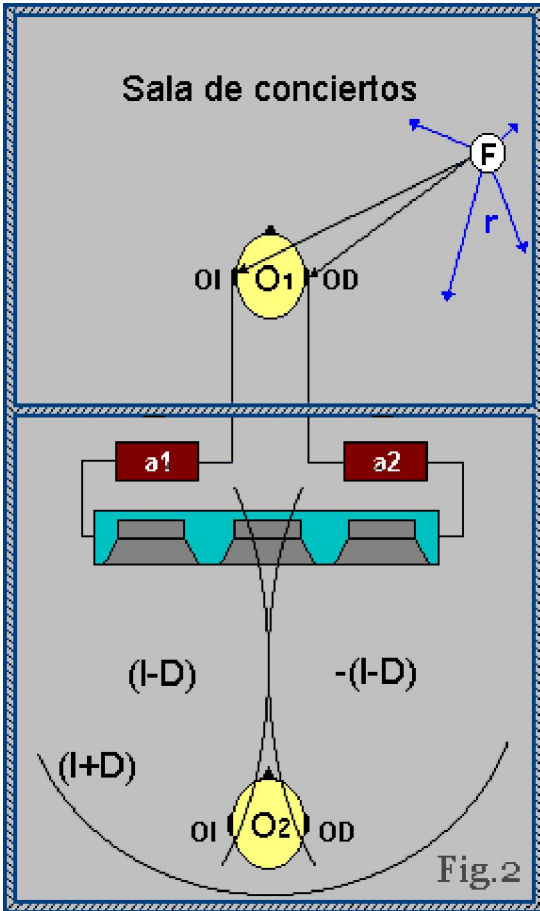
Si, ahora, acercamos los dos altavoces de manera que queden situados en el centro, justo enfrente del oyente, la señal acústica será, en principio, prácticamente igual en ambos oídos. Por lo tanto, tanto la señal **(I+d)**, en las inmediaciones del oído izquierdo como la señal **(D+i)** en las inmediaciones del derecho pasan a convertirse en:

$$(I+D)$$

De hecho **(I+D)** representa un campo acústico común a los dos oídos del oyente que nos será muy útil para obtener las señales **I** y **D** de forma independiente. Se trata, pues, de diseñar un circuito que sea capaz de eliminar de este campo sonoro, la **componente D en el oído izquierdo** y la **componente I en el derecho** y lograr que el oyente **O2** situado delante de los altavoces reciba las mismas señales que la cabeza artificial para obtener la misma impresión de dirección y espacio que obtendríamos en la sala de conciertos.

Este proyecto electro acústico se compone, tal como podemos ver en la figura 2, de una pantalla acústica con tres altavoces, situada justamente delante del oyente. El altavoz central

radia la señal común ya comentada **(I+D)**. Veamos, ahora, el funcionamiento de los altavoces adyacentes.



Para eliminar la componente perturbadora **D** en las inmediaciones del oído izquierdo necesitamos la siguiente composición de señales:

$$(I+D)-D \text{ equivalente a: } (I-D)+D$$

De igual forma, para eliminar la componente **I** en las inmediaciones del oído derecho necesitamos la siguiente composición de señales:

$$(I+D)-I \text{ equivalente a: } -(I-D)+I$$

Observamos que el oído izquierdo **O1** ha de recibir la diferencia de las señales **(I-D)** y el derecho esta misma diferencia pero invertida de fase: **-(I-D)**. Es decir, hemos de crear un dipolo acústico cuyo plano de presión mínima coincida, de forma aproximada, con el plano de simetría de la cabeza del oyente. Las señales adicionales **+I** y **+D** forman el campo común **(I+D)** citado anteriormente.

En estas condiciones, la señal resultante en las inmediaciones del oído izquierdo es:

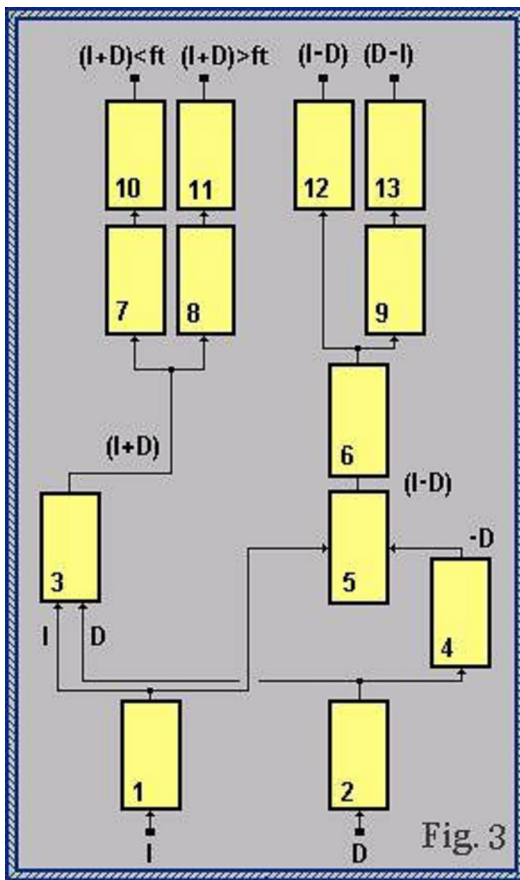
$$(I+D)+(I-D)=2I$$

Y, en las inmediaciones del oído derecho, la señal es:

$$(I+D)+(-(I-D))=2D$$

Con esta disposición hemos eliminado la diafonía del sistema electroacústico puesto que el oído izquierdo del oyente en la sala de audición, recibe únicamente la señal del oído izquierdo de la cabeza artificial situada en la sala de conciertos, Con el oído derecho ocurre exactamente lo mismo **siempre y cuando el oyente se sitúe enfrente de los altavoces.**

Desglose de componentes



En la figura 3 podemos ver un esquema práctico de todo lo dicho hasta el momento. Se compone de las siguientes partes:

1. Amplificador de línea.
2. Amplificador de línea.
3. Mezclador (I+D).
4. Inversor.
5. Mezclador (I-D)
6. Filtro pasa-altos y ecualizador dipolo.
7. Filtro pasa-bajos.
8. Filtro pasa-altos.
9. Inversor (D-I)
10. Amplif. de salida (I+D) $f < 150\text{Hz}$.
11. Amplif. de salida (I+D) $f > 150\text{Hz}$.
12. Amplif. de salida (I-D) $f > 150\text{Hz}$.
13. Amplif. de salida (D-I) $f > 150\text{Hz}$.

Observamos que en el diagrama aparece un cuarto canal destinado a reproducir las frecuencias menores de 150Hz que el dipolo, por su propia naturaleza, es incapaz de reproducir. Esta sería la frecuencia de transición de los filtros pasa-altos y pasa-bajos. Analizando en una cámara anecoica la respuesta de frecuencia de los altavoces generadores del dipolo trabajando conjuntamente, extraeremos la suficiente información para diseñar el ecualizador. También es muy importante añadir al sistema algún dispositivo de medida para igualar la salida de los canales.

Si se cumplen todos los requisitos exigidos por el sistema, se obtendrá una pantalla acústica muy eficaz en la reproducción **espacial** de cualquier programa sonoro, debido a que si bien existe una sola pantalla acústica en la sala de audición, los focos sonoros virtuales se encuentran distribuidos en un amplio espacio alrededor del oyente. Suponemos que la reverberación de la sala tiende a cero y el oyente se encuentra justamente enfrente de la pantalla acústica.

En definitiva, con este sistema de sonido, las señales de los canales izquierdo y derecho son totalmente independientes en la gama de frecuencias utilizada por los oídos del oyente para discernir, en la escucha real, las diferentes posiciones de cada una de las fuentes sonoras. Tal como sucede en la Estereofonía convencional, podemos asignar a cada uno de los instrumentos implicados en la grabación, determinada relación de amplitudes en las señales correspondientes enviadas a los canales izquierdo y derecho. En nuestro caso, si la amplitud es la misma en los dos canales, la fuente sonora virtual y nuestra pantalla acústica 3D se encontrarán en la misma posición. Variando esta relación de amplitudes, podremos situar a cada una de las fuentes sonoras virtuales en cualquier lugar fuera de la pantalla, aunque, desde un punto de vista objetivo, todas ellas se encuentran aún en línea. Es decir, lo que estamos haciendo en este momento es reproducir un programa estereofónico convencional con una pantalla acústica espacial consiguiendo, eso es cierto, un efecto envolvente adicional

al haber eliminado la diafonía en el punto de audición. Sin embargo, la verdadera ventaja de este sistema respecto a uno convencional es que, ahora, debido a la independencia de las señales **(I,D)** en toda la cadena grabación/reproducción, es posible utilizar una **cabeza artificial** en la grabación aprovechando sus ventajas desde el punto de vista espacial o, mucho mejor, sustituir dicha cabeza por un modelo electrónico, es decir, un circuito que permitiera realizar las mismas transformaciones del frente de ondas producidas por aquella. Esto implica un tratamiento independiente de cada canal en la sala de grabación, siguiendo un modelo preestablecido y copiado, además, de nuestra experiencia acústica cotidiana: **a cada nueva posición de la fuente sonora en el espacio, le corresponden determinada relación de amplitud timbre y tiempo en los oídos del oyente.** Este sería, pues, el modelo a seguir.

Registro de la Propiedad Industrial
Roger Andreu. Solicitud: 8701968
Publicación: S 2 007 364