

justMLS

Guía de usuario

Rel. 1.00

1. Introducción

justMLS es un sistema de medida especialmente orientado a aquellos que desean familiarizarse con las mediciones de altavoces. Los sistemas de medición de altavoces suelen ser bastante caros. justMLS hace las mediciones básicas de:

- Función de transferencia con fase, una forma más popular de decir lo mismo es quizás nivel de presión de sonido. Sin embargo es posible también medir por ejemplo la función de transferencia de un amplificador también.
- Medición de impedancia con fase.

Por favor tenga en cuenta que justMLS NO es un programa gratuito o shareware, ni de ningún otro tipo sin coste. Sin embargo, es gratis para todos los usuarios registrados de LspCAD Standard o Profesional.

Si desea más información acerca del programa de modelado de cajas y filtros de cruce LspCAD, la encontrará en la dirección <http://www.ijdata.com>

2. Datos Técnicos

Tamaño MLS:	32764, 16384, 8192 y 4096
Tamaño FFT:	8192, 1024 y 256 punto, usados en bandas de frecuencia diferentes
Frecuencias de muestreo:	9600, 88200, 64000, 48000, 44100, 32000, 22050, 16000, 11025, 8000 Hz y selección de usuario (personalizado)
Suavizado:	Ninguno, $1/24^\circ$, $1/12^\circ$, $1/6^\circ$, $1/3^\circ$, $1/2^\circ$, y 1 octava
Ventana:	$\frac{1}{2}$ Hanning
Representación interna:	5Hz a 50000 Hz, 1000 puntos de frecuencia con espaciado logarítmico.

3. Hardware necesario

justMLS está diseñado para precisar el mínimo hardware posible, aunque sí que necesita ciertos elementos.

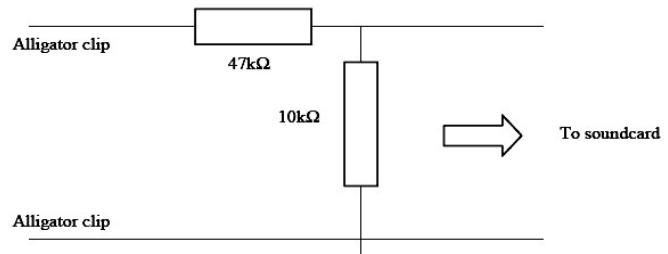
3.1. Tarjeta de sonido

Será necesaria una tarjeta de sonido decente, los factores claves de un resultado satisfactorio son la baja distorsión y ruido, especialmente en la entrada de micrófono. Sin embargo, no será necesaria una tarjeta de sonido muy buena, una tarjeta SB16 debería ser suficiente. Un consejo para los que dispongan de ordenadores portátiles, tienden a tener tarjetas de sonido bastante malas.

3.2. Cabezales medidores de entrada

Puede que se necesiten cabezales medidores de entrada para proteger la entrada de, por ejemplo, un voltaje de salida muy alto del amplificador de potencia. Los cabezales medidores de entrada son sencillos de hacer. Aquí encontrará lo que necesita:

- 4 Pinzas de cocodrilo
- 2 $47k\Omega$ $\frac{1}{4}$ W
resistencia 1%
- 2 $10k\Omega$ $\frac{1}{4}$ W
resistencia 1%
- + un poco de cable



Este simple esquema muestra cómo se hace un cabezal medidor. En aquellos casos en los que será necesario sustituir la resistencia de $47k\Omega$ con otro de un valor más alto (por ejemplo $470k\Omega$). El coeficiente de atenuación no es crítico puesto que justMLS tampoco puede medir valores absolutos.

3.3. Micrófono

Necesitaremos un micrófono decente. Dependiendo de la precisión que deseemos se puede poder o bien una cápsula de micrófono o comprar un micrófono de medición. Los micrófonos comprados vienen con un archivo de datos de calibración, algo que será necesario si deseamos medir la frecuencia y la fase de forma precisa.

Véase a continuación una lista de empresas que venden micrófonos calibrados (solo el nombre por el momento):

Kim Girardin	1400 Homer Rd. Suite 2
Wadenhome Sound	Winona, MN, 55987, USA
	507-454-8844
	kmgrdn@luminet.net

3.4. Amplificador de potencia

Bastante obvio, sin embargo, no hay necesidad de tener un amplificador de potencia de alta tecnología. Cualquier amplificador de potencia de 20 W será suficiente.

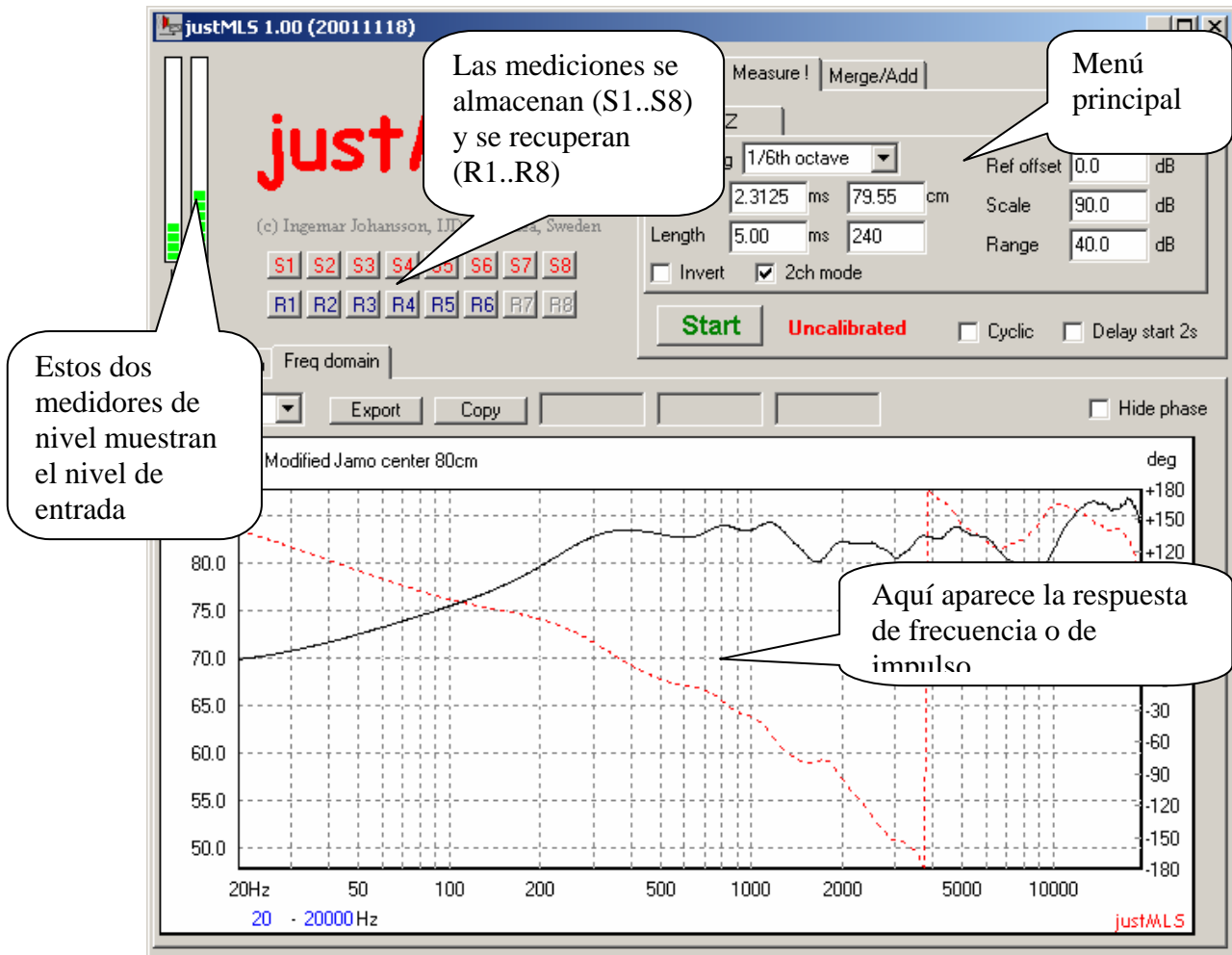
3.5. Preamplificador de micrófono

Será necesario para las mediciones de dos canales a menos que usted sea de esas personas con suerte que tienen una tarjeta de sonido con una entrada de micrófono estéreo.

La interfaz de usuario

3.6. Un primer vistazo a la interfaz de usuario

La interfaz de usuario de justMLS está diseñada con un objetivo de simplicidad. Aunque debería ser en cierta medida avanzada para proporcionar la capacidad de medición de los sistemas profesionales con mucho menos coste. La ventana de justMLS contiene dos controles de pestaña, uno que permite al usuario seleccionar entre respuesta de tiempo (impulso) o de frecuencia. El otro control de pestaña contiene el "menú principal" y permite el ajuste de la frecuencia de muestreo, y operaciones de fusión - suma entre otras cosas.

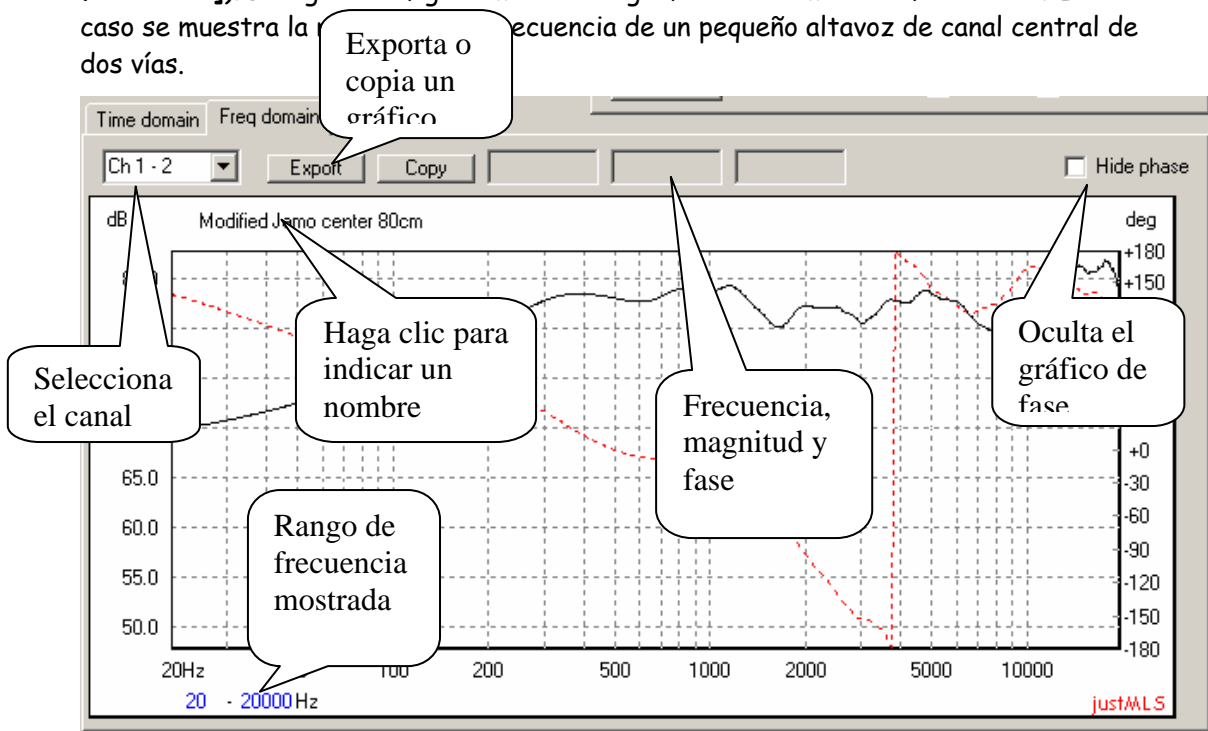


Se pueden almacenar hasta ocho mediciones distintas en la memoria. La última medición visible en los gráficos se llama medición actual. Las dos barras verticales muestran el nivel de entrada.

Los controles tienen valores numéricos que pueden ser modificados igual que los controles de edición normales. También será posible modificar el valor con las teclas Arriba / Abajo del teclado. Si mantenemos pulsada la tecla ctrl. al mismo tiempo que pulsamos las teclas Arriba / Abajo incrementaremos el tamaño del paso.

3.7. Gráfico de dominio temporal / de frecuencia

El dominio temporal muestra la respuesta de impulso (pestaña **Time domain** [Dominio temporal]) o la respuesta de frecuencia (pestaña **Freq. Domain** [Dominio de frecuencia]). La siguiente figura muestra el gráfico del dominio de frecuencia. En este caso se muestra la respuesta de frecuencia de un pequeño altavoz de canal central de dos vías.

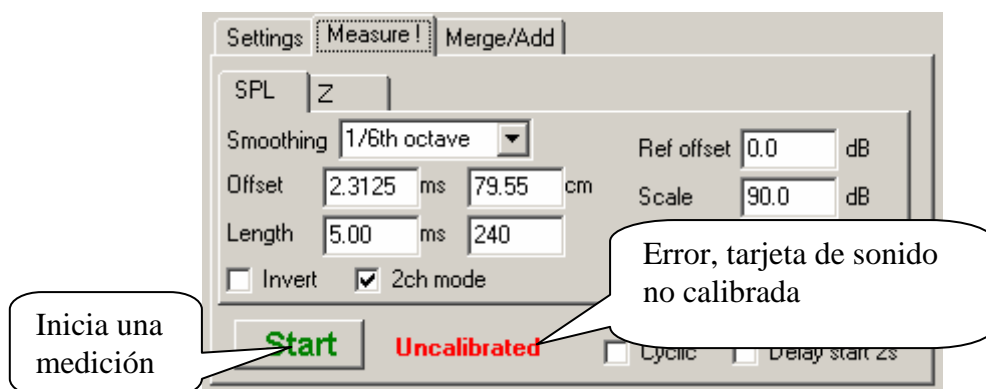


El rango de frecuencias de la pantalla se puede cambiar haciendo clic o bien sobre el limite superior en el gráfico y escribiendo el nuevo valor, o como alternativa usando la tecla Arriba o Abajo del teclado para modificar el valor. Es posible ocultar las lecturas de la fase activando la casilla **Hide Phase** [Ocultar fase]. Los gráficos se pueden exportar [**Export**] en formato de archivo de texto ASCII con un punto de frecuencia por línea. La primera columna se corresponde a la frecuencia, la segunda se corresponde a la magnitud (ohmios o dB) y la tercera columna es la fase (grados). El botón **Copy** [Copiar] permite copiar el gráfico en el portapapeles de Windows. En las mediciones de dos canales será posible seleccionar la vista de la respuesta de frecuencia de **Ch 1** (izquierda), **Ch 2** (derecha) o **Ch 1-2**, en este último caso se muestra la diferencia entre Ch1 y Ch2. La pestaña del dominio temporal muestra la respuesta de impulso, para mediciones de dos canales o de impedancia se muestra la respuesta de impulso de ambos canales.

3.8. El menú principal

El menú principal tiene tres pestañas:

- **Settings [Parámetros]**
Aquí se establecen los parámetros de la tarjeta de sonido así como el ajuste y calibración de nivel.
- **Measure! [Medición]**
Menú de medición, le permite medir funciones de transferencia (**SPL**) o impedancia (**Z**).
- **Merge/Add [Fusión/Suma]**
Un par de funciones simples que le permiten hacer operaciones de fusión o suma de sus mediciones.



3.8.1. Measure!

El menú de medición contiene dos menús secundarios, uno para las mediciones de SPL y otro para las de Z. Las mediciones se inician pulsando sobre el botón **Start** [Inicio].

Si la tarjeta de sonido no está calibrada aparecerá un mensaje de aviso con la palabra **Uncalibrated** [Sin calibrar].

Para realizar mediciones repetitivas hemos de activar la casilla **Cyclic** [Cíclico], si se activa la casilla **Delay Start 2s** [Retrasar el inicio 2s], el inicio de la medición se retrasa aproximadamente 2s.

Mediciones SPL

El menú secundario de SPL contiene los controles que se usan para realizar mediciones de función de transferencia, o como se suele decir en el campo de la construcción de altavoces, el nivel de presión de sonido (SPL).

Invert [Inversión]: Si se activa la casilla de verificación INVERT la fase de la medición cambia 180 grados. Invertir la fase puede ser necesario a veces, una buena regla es que (para un altavoz solo, y con la desviación de la ventana de análisis correcta) la fase debería pasar a través de un valor cero en algún lugar de la banda de paso (el rango de frecuencia operativo) del altavoz.

2ch mode [Modo 2 canales]: Las mediciones de SPL en justMLS se pueden hacer en modo canal único o en modo dos canales. En modo canal único solo se usa la entrada del canal izquierdo (Ch 1). Esto es sencillo, simplemente conecte el micrófono en la entrada de micrófono de la tarjeta de sonido y haga una

medición. En modo dos canales el micrófono se conecta a través de un cabezal medidor de entrada a, por ejemplo, los terminales eléctricos del altavoz que se está midiendo. La idea es que se puede restar el análisis de Ch 2 del análisis de Ch 1 (selecciones **Ch 1 - 2** en el gráfico de dominio temporal / de frecuencia) y así obtener una medición que en si misma compensa las anomalías en la respuesta de frecuencia de la tarjeta de sonido y el amplificador de potencia.

Smoothing [Suavizado]: Suele ser necesario realizar el suavizado de los datos medidos puesto que hace que la lectura de los gráficos sea mucho más sencilla. Se puede seleccionar entre sin suavizado (**None**) hasta suavizado de 1 octava. Una buena alternativa es usar el suavizado de $1/6^\circ$ o $1/12^\circ$ de octava.

Offset [Desviación]: La desviación de la ventana de análisis se da tanto en milisegundos (ms) como en centímetros (cm). En el modo dos canales la selección de la desviación solo afecta al Ch1. El significado es por supuesto compensar el tiempo de desplazamiento entre la unidad de altavoz y e micrófono. Puede ser una buena idea echar un vistazo a la respuesta de dominio temporal y ver que la respuesta de impulso comienza cerca de la izquierda de la ventana. Aunque es importante que el inicio de la respuesta de impulso no quede cortado.

Tenga en cuenta que la representación interna de la desviación es en muestras, es decir que si introduce el valor 30 cm, el valor cambiará a 29,64 cm.

Length [Longitud]: Establece la longitud máxima de la ventana de análisis, este valor se da o bien en muestras o en milisegundos.

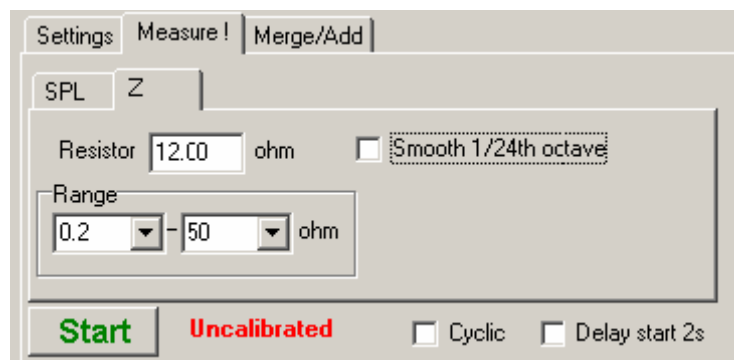
Ref. offset [desviación de referencia]: Si ponemos un valor cero el gráfico se moverá arriba o abajo, lo que puede ser útil si hacemos mediciones de altavoces con mucha resonancia por ejemplo.

Scale [Escala]: El grafico se puede escalar, lo cual será útil para establecer el SPL de referencia en 90 dB por ejemplo.

Range [Rango]: El rango de la pantalla en dB.

Mediciones de impedancia:

En las mediciones de impedancia se usa tanto el Ch 1 como el Ch 2. El valor de la resistencia que se usa en la medición se introduce en el control **Resistor [Resistencia]**. El rango de los valores de impedancia visibles se selecciona en dos cajas desplegadas, el rango máximo es 0.1 a 1000 ohmios. Se puede seleccionar un suavizado de $1/24^\circ$ de octava para suavizar las mediciones ruidosas (active la casilla **Smooth 1/24 octave [Suavizar 1/24° de octava]**).

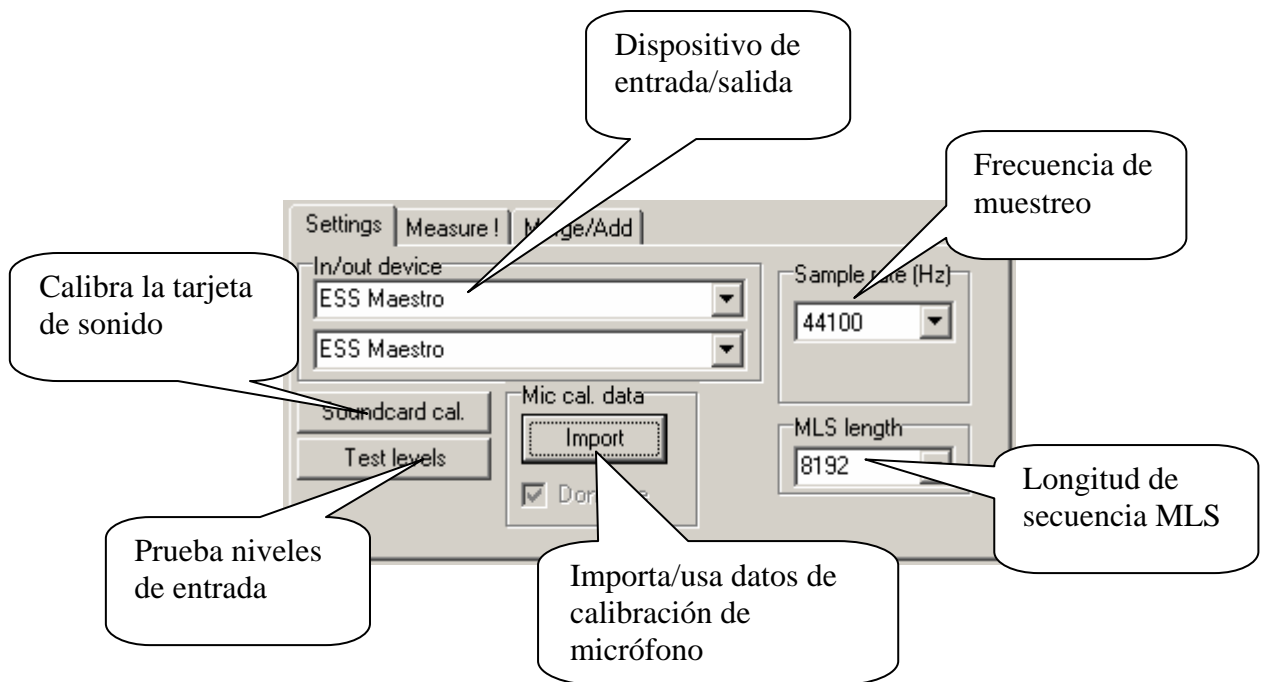
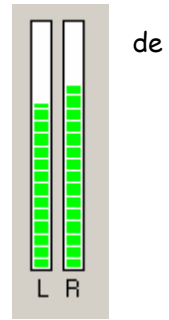


3.8.2. Settings

El menú de parámetros es de uso sencillo e intuitivo. Aquí se establece el dispositivo de entrada y salida y se calibra la tarjeta sonido.

Con el botón **Test levels [Probar niveles]** se puede verificar que el nivel de entrada no es demasiado alto ni demasiado bajo.

La tarjeta de sonido se calibra al pulsar el botón **Soundcard cal. [Calibración de la tarjeta de sonido]**. Véase la sección correspondiente a la calibración, donde encontrará información detallada.



Si tiene un micrófono con datos de calibración podrá cargar el archivo de datos de calibración haciendo clic sobre el botón **Import [Importar]**. Se desactivará la calibración de micrófono si se activa la casilla **Don't use [sin uso]**.

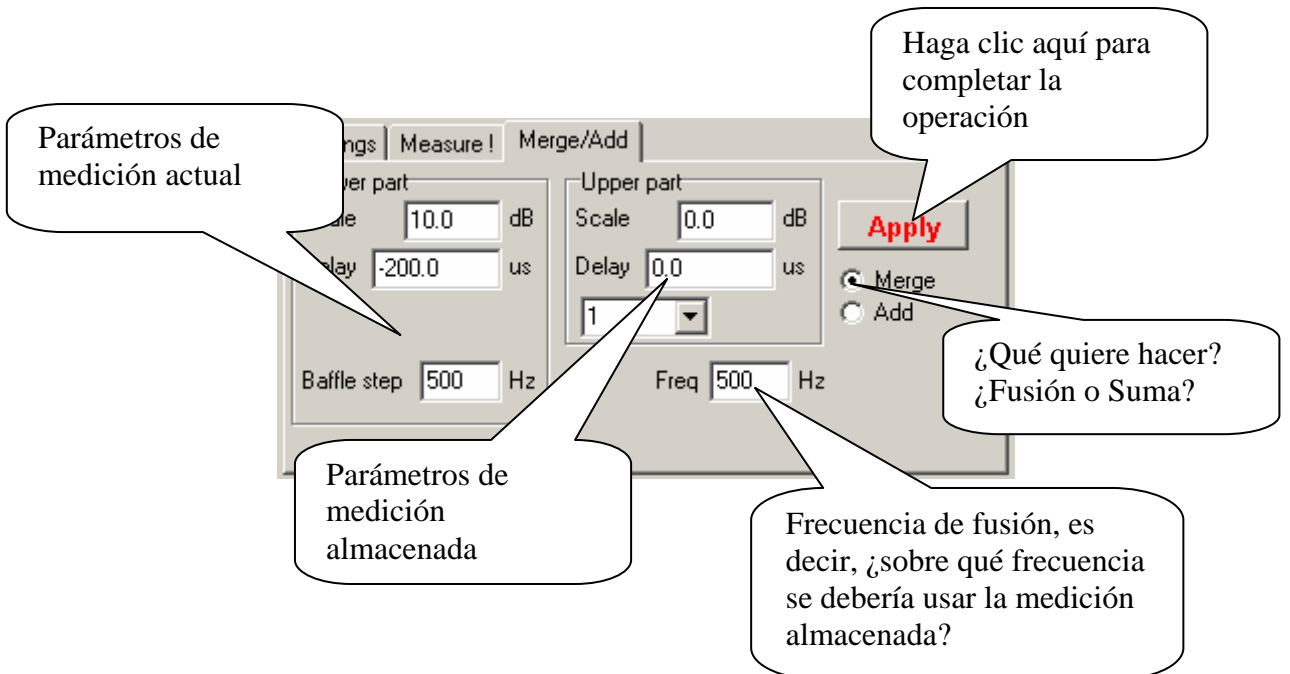
3.8.3. Merge / Add

Las funciones del menú fusión / suma le permiten fusionar por ejemplo mediciones de frecuencia baja de campo cercano con mediciones de campo lejano. La apariencia de este menú varía un poco dependiendo de si la medición actual (la medición que es visible en los gráficos) es una medición de SPL o Z. Las funciones de fusión / suma precisan que se haya realizado previamente al menos dos mediciones. Cuando se hace clic sobre el botón **Apply [Aplicar]** la medición actual se sobrescribe y el menú volverá al menú de medición.

Fusión de mediciones de SPL

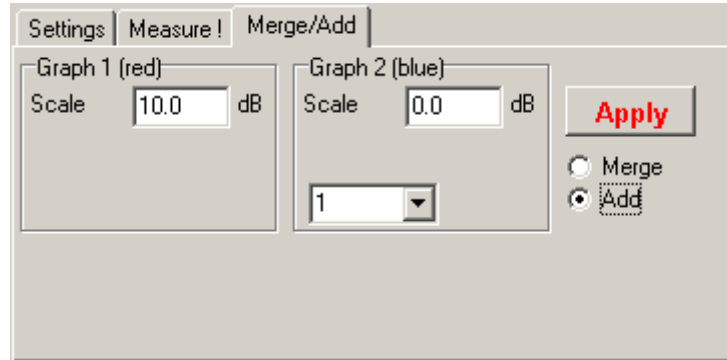
Cuando se fusionan mediciones de SPL el menú se parece al de la figura siguiente, la parte inferior de la medición resultante se toma de la medición actual y la parte superior se toma de la medición almacenada (en este caso medición 1). Para cada parte se puede escalar la medición (**Scale [escala]** en dB) y también modificar la fase de forma que no hay saltos de fase en la frecuencia de fusión (control **Freq. [Frecuencia]**).

La ventaja de usar mediciones de campo cercano para la parte de las frecuencias bajas es que no tendremos problemas con los reflejos de la sala, que podrían perturbar las mediciones. La desventaja es que no se ve el efecto de difracción causado por la propia caja. La solución simple es compensar esto añadiendo un paso de difracción de caja. Si se introduce un valor distinto de cero en el control de Baffle step [Paso de caja] se aplica la función de paso de caja de 6 dB a la medición actual. Si se introduce un valor de 200 Hz entonces el punto de -3dB será 200 Hz, lo que corresponde a un ancho de caja de aproximadamente 20 cm.



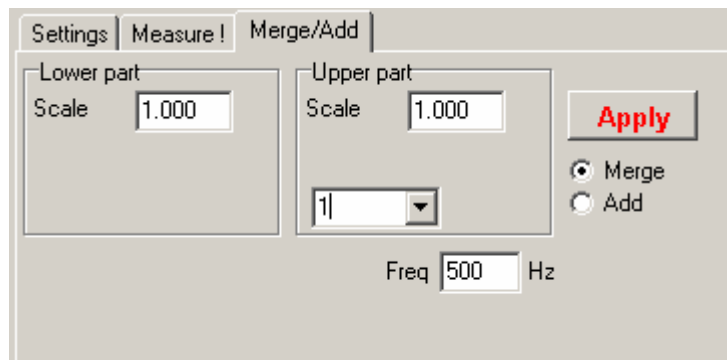
Suma de mediciones de SPL

Cuando se suman mediciones de SPL se selecciona el gráfico almacenado apropiado tal como se indicó antes y se establece la escala adecuada. El gráfico resultante se dibuja con una línea gruesa. La suma de mediciones de SPL se usa cuando calculamos la respuesta total de una caja Bass-reflex a partir de mediciones de campo cercano de la unidad de altavoz y el puerto.



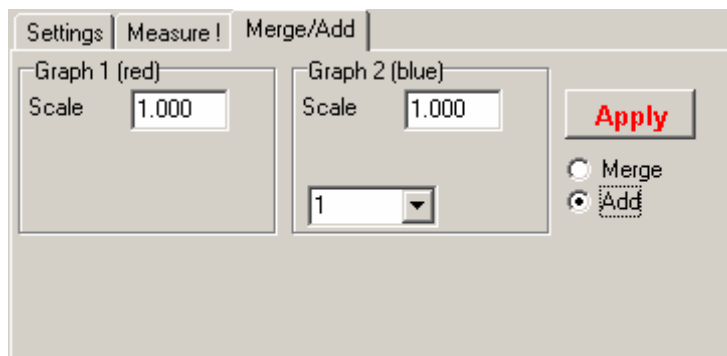
Fusión de mediciones de impedancia

Cuando se fusionan mediciones de impedancia el menú se parece al que se muestra a continuación, la escala serán veces del valor original, es decir un valor de **Scale [escala]** de 0.5 dividirá en dos los valores de impedancia.



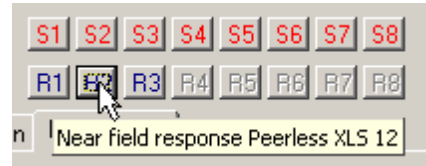
Suma de mediciones de impedancia

Esta función no tiene mucho uso práctico, sin embargo está ahí.



3.9. Almacenar / Recuperar mediciones

Se pueden almacenar hasta ocho mediciones. Si se desea almacenar una medición por ejemplo en la posición 1 de la memoria hemos de pulsar el botón S1. Es importante saber que lo que se guarda es la medición actual (es decir, la medición que es visible en el gráfico). Sin embargo, será posible modificar la escala y el suavizado de la medición después de haberla guardado.

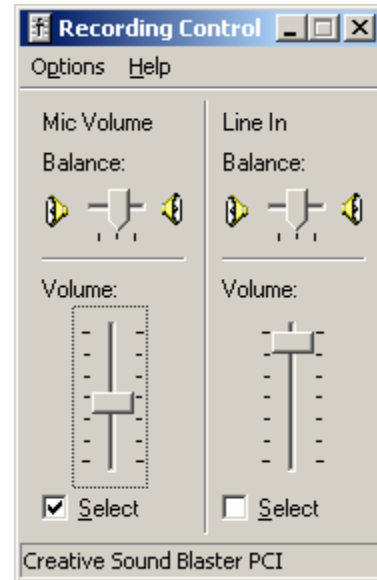


4. Configuración

4.1. Configuración de entrada

Lo primero de todo, antes de hacer otra cosa, es asegurarse de que el control de grabación esté configurado para seleccionar la entrada adecuada. Abrimos el dispositivo mezclador (haciendo doble clic sobre el icono de volumen de la barra de tareas).

En el dispositivo mezclador, seleccionamos el menú **Opciones / Propiedades** y hacemos clic sobre **Reproducción + aceptar**. Aquí podrá ver (probablemente) una barra de control de volumen para el micrófono y la línea de entrada. Seleccione la entrada apropiada.

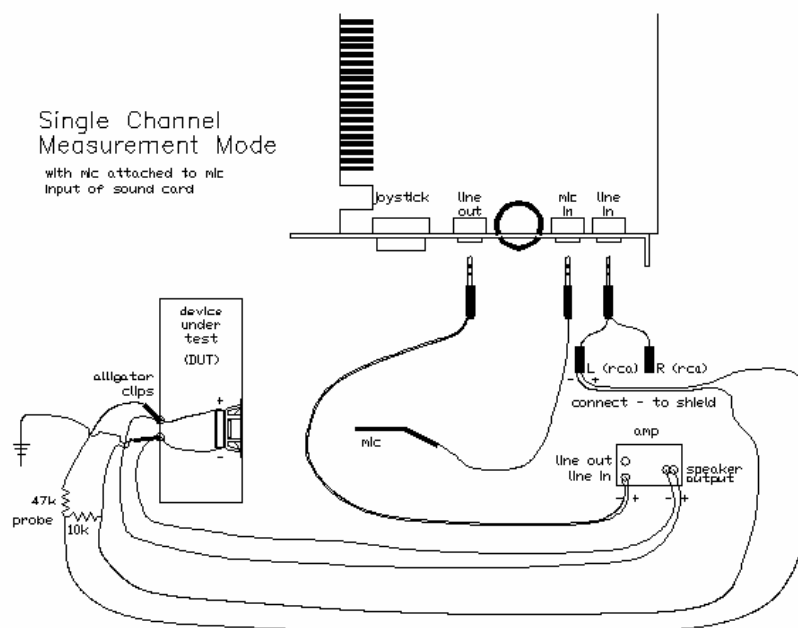


4.1.1. Mediciones de SPL

Las mediciones de SPL se hacen o bien en modo canal único o en modo dos canales.

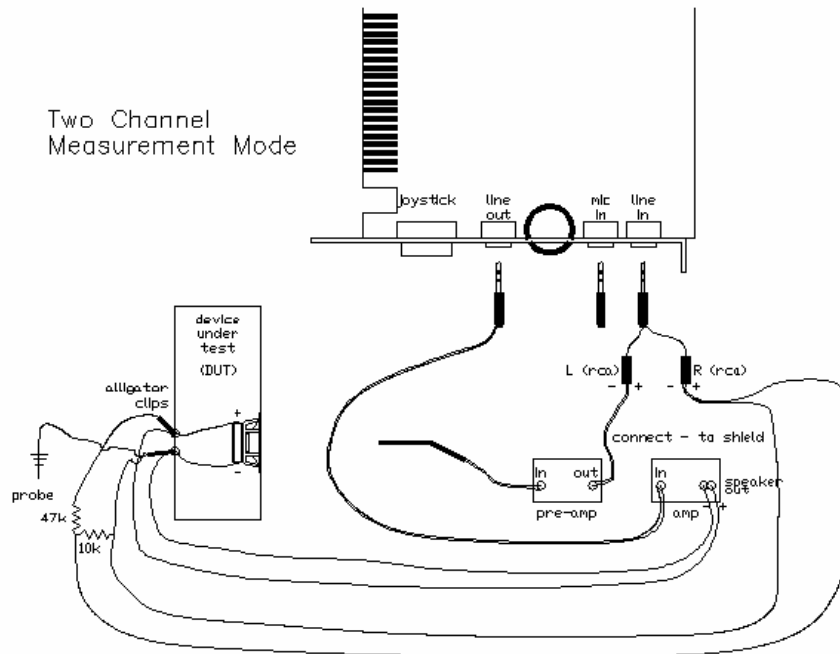
Modo canal único

El modo canal único es la forma más sencilla de medir la respuesta acústica del altavoz. El micrófono se conecta a la entrada del micrófono y se selecciona la entrada de micrófono en el control de mezclador.



Modo dos canales

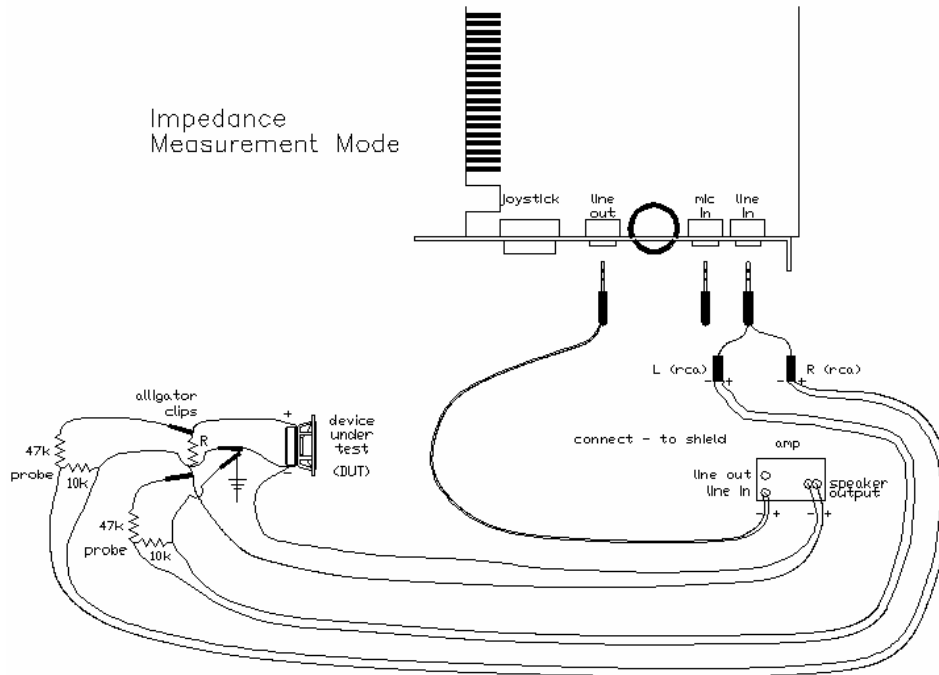
La medición de SPL en modo dos canales se prefiere la línea de entrada puesto que se garantiza una entrada en estéreo real. Es importante conectar el preamplificador de micrófono en el canal izquierdo (también llamado Ch 1 en este manual). El canal derecho (Ch 2) se conecta a los terminales del altavoz que queremos medir (recuerde usar el cabezal medidor).



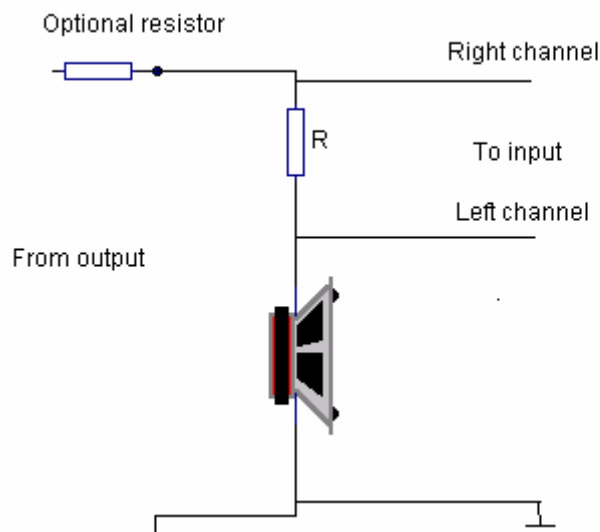
4.1.2. Mediciones de Z

Para hacer mediciones de Z será preciso tener una resistencia. La resistencia y la unidad de altavoz deberán estar conectadas igual que en la figura que aparece más abajo.

Se recomienda usar un amplificador de potencia para controlar la instalación, lo que implica también que **ES MUY RECOMENDADO** usar también cabezales medidores.



En algunos casos es posible usar la línea de salida de la tarjeta de sonido, con lo que se debería usar una "resistencia opcional" de $1k\Omega$. La conexión de los canales izquierdo y derecho no es muy importante puesto que justMLS reconocerá la conexión por sí mismo.



El procedimiento recomendado es seleccionar la entrada (preferiblemente la línea de entrada), calibrar la tarjeta de sonido, establecer los niveles y pulsar el botón **Start**. Es importante realizar la calibración puesto que una pequeña diferencia entre los canales puede implicar una gran variación entre la medición de la impedancia.

4.2. Establecer el nivel de entrada

El nivel de entrada se comprueba haciendo clic sobre el botón **Test levels [Probar niveles]**. El nivel debería fijarse de forma que la zona amarilla de las barras de nivel quede iluminada. La zona roja no debería estar iluminada. Evite sobrecargar (clipping) las entradas puesto que las mediciones empeorarían mucho. La zona roja de los medidores de entrada no debería estar iluminada.

Siga estos pasos y ajuste el nivel en el mezclador hasta que el nivel sea el correcto. Tenga en cuenta que cada unidad de altavoz tendrá diferentes niveles de entrada, por tanto será apropiado establecer los niveles para la unidad más fuerte y mantenerla en todas las mediciones (no es necesario para las mediciones de impedancia). Una norma general es que las unidades de agudos producen picos de nivel más altos puesto que la respuesta de impulso se encuentra mucho más concentrada en el tiempo, en otras palabras, conecte la unidad de agudos primero y ajuste el nivel para que la entrada no se sobrecargue.

4.3. Calibración de las tarjetas de sonido

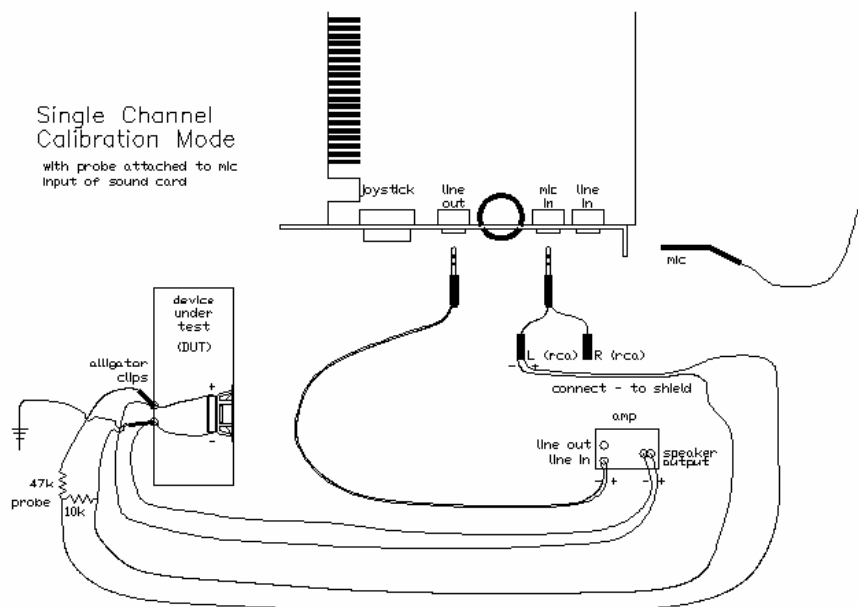
Las tarjetas de sonido tienen que estar calibradas para cada frecuencia de muestreo y para cada longitud de MLS. Se pueden poner pegas a la necesidad de realizar una calibración para cada longitud de MLS puesto que la respuesta de frecuencia no se verá afectada por la longitud de MLS, pero la cuestión es que los filtros antialiasing de las tarjetas de sonido no son totalmente perfectos y esto nos puede dar ondulaciones en la respuesta de frecuencia. Al calibrar la tarjeta de sonido para cada longitud de MLS que se use, se elimina el problema. La calibración para mediciones SPL y Z es independiente, puesto que las mediciones Z usarán probablemente distintos dispositivos que las mediciones de SPL.

4.3.1. Calibración para mediciones de SPL

La calibración para mediciones de SPL no es complicada. El método difiere un poco entre mediciones de canal único y de dos canales.

Mediciones de canal único

- Conecte la entrada de micrófono a la terminal del altavoz que se está midiendo, tenga en cuenta que puede ser necesario atenuar el nivel.
- Pruebe y ajuste los niveles de entrada.
- Realice la calibración para la frecuencia de muestreo / longitud MLS seleccionada
- Conecte el micrófono en la entrada de micrófono
- Pruebe y ajuste los niveles de entrada
- Realice la medición.



Medición de dos canales

Si confía que su tarjeta de sonido tenga la misma respuesta (tanto en fase como en magnitud) en todo el rango de medición, no será necesario realizar la calibración. En

otro caso, lo más sencillo es conectar la salida de la tarjeta de sonido a la línea de entrada.

Una forma más completa (pero más precisa) de realizar la calibración es conectar la salida de la tarjeta de sonido al canal derecho a través de un cabezal medidor. El preamplificador de micrófono se encuentra también conectado a la salida de la tarjeta de sonido, pero ha de estar atenuado. Esta vez la calibración tendrá en cuenta la función de transferencia del preamplificador de sonido.

4.3.2. Calibración para mediciones de Z

Es muy importante que la calibración sea correcta en el caso de las mediciones de Z puesto que un pequeño error en el balance entre los canales nos dará errores muy grandes en los valores de la medición. La forma más sencilla de calibrar la tarjeta de sonido para las mediciones de Z es conectar el canal izquierdo en la figura 5.12 al mismo sitio en el que se encuentra conectado el canal derecho. De esta forma las diferencias de respuesta se compensan y las mediciones resultantes serán precisas.

4.4 Exportar mediciones

Las mediciones se exportan en formato ASCII haciendo clic sobre el botón **Export** [**Exportar**]. A continuación encontrará un ejemplo de un archivo exportado.

FREC.	Mag.	Fase
20.12	67.8	66.1
20.30	68.2	64.1
20.49	68.6	62.3
20.68	69.1	60.6
20.87	69.5	59.1
21.07	69.9	57.7
21.26	70.3	56.5
21.46	70.7	55.4
.		
.		
18991.08	63.2	-129.6
19166.98	83.9	-4.7
19344.50	77.7	-102.0
19523.68	78.8	-10.8
19704.51	105.8	-160.4
19887.02	83.8	-121.8

El número de puntos de frecuencia depende del rango seleccionado, si el rango de muestra seleccionado es 20-20000 Hz entonces solo se exportan los puntos de frecuencia en ese intervalo.

5. Análisis

Como su nombre implica justMLS usa secuencias MLS. Las secuencias MLS dan mediciones muy inmunes al ruido. Sin embargo, hay un problema, que el análisis asume que el sistema a probar es lineal, si medimos sistemas no lineales, como altavoces con cajas de potencia grandes, nos dará resultados no significativos. Otro requisito es que la secuencia MLS es más grande que el tiempo de reverberación en la sala, lo que quiere decir que si la sala de medidas tiene un tiempo de extinción grande la secuencia de MLS ha de ser grande. Generalmente se recomienda usar las secuencias MLS más largas puesto que las mediciones son más limpias.

El análisis de frecuencia en justMLS se realiza usando Transformadas de Fourier (FFT) de distintas longitudes en la respuesta de impulso que es visible en el gráfico de dominio temporal.

Para conseguir la máxima resolución de frecuencia, lo cual es importante en la región de frecuencias bajas, será precisa una secuencia de entrada grande. Para ello se usa un punto FFT de 8192. El problema que surge al usar una secuencia larga es que la inmunidad al ruido no es muy buena especialmente en las frecuencias altas.

Para reducir este problema se usan FFTs más cortas en las regiones de frecuencias altas. En justMLS se computan tres FFTs diferentes.

8192 pt. FFT: hasta 1.25 % de la frecuencia de muestreo

1024 pt. FFT: de 1.25 % hasta 12.5 % de la frecuencia de muestreo

256 pt. FFT: de 12.5 % hasta la mitad de la de la frecuencia de muestreo

Esto quiere decir que si usamos una frecuencia de muestreo de 44100 Hz, se usa 8192 puntos de FFT hasta 550 Hz, 1024 puntos de FFT de 550 Hz hasta 5500 Hz y la parte superior con 256 puntos de FFT.

Este método funciona bastante bien, sin embargo requiere que las ventanas de análisis se coloquen de tal forma que el inicio de la respuesta de impulso se encuentre al inicio de la ventana de análisis FFT. La ventana de análisis se reduce con una ventana $\frac{1}{2}$ Hanning. Para que los siguientes procesados sean más sencillos los puntos de frecuencia se convierten de espaciado de frecuencia lineal del FFT a espaciado logarítmico usando 1000 puntos de frecuencia entre 5 Hz y 50000 Hz, por medio de una interpolación lineal.

6. Mediciones de campo lejano

Las mediciones de campo lejano se realizan con el micrófono colocado a cierta distancia del altavoz. Las distancias suele ser entre 50 y 100 cm dependiendo del tamaño de la caja del altavoz, cuando más grande sea la caja, más grande ha de ser la distancia de medición para conseguir las condiciones de medición de campo lejano. El método de medición difiere un poco dependiendo de si estamos en modo canal único o el modo de dos canales.

Modo canal único:

El parámetro **Offset [Desviación]** puede dejarse generalmente como está puesto que justMLS buscará el punto de inicio más probable para la respuesta de impulso. Es posible mover ese punto de inicio de la ventana FFT hacia delante y hacia atrás también y además ajustarlo al inicio de la respuesta de impulso.

Modo dos canales:

En el modo dos canales justMLS encontrará el inicio de la entrada de referencia (Ch 2). La entrada de micrófono puede retrasarse un poco dependiendo de la distancia entre el micrófono y el altavoz. La forma más sencilla será probablemente midiendo la distancia y escribiendo el valor como desviación de la ventana de análisis en justMLS.

Cuando se realicen mediciones en modo un canal es posible que la respuesta de fase difiera un poco entre mediciones, lo que hace justMLS es que busca el pico más grande de la respuesta de impulso, luego rebobina y busca hacia delante hasta que el nivel sea al menos un décimo del nivel del pico. El punto de inicio de la ventana FFT se establece en 10 muestras más allá de ese punto. Así, el punto de inicio puede variar entre mediciones y eso afectará a la respuesta de fase de la medición simplemente porque se añaden diferentes cantidades de retardo. Este es un tipo de efecto secundario del modo sin hardware de justMLS con canal único.

El método anterior significa que el usuario ha de encontrar los centros acústicos de las unidades de altavoz. La forma más simple de hacer esto es medir todas las unidades de altavoz de forma individual, luego medirlas todas conectadas en paralelo y modelarlo en un programa de modelación de filtros de cruce como LspCAD. En LspCAD hemos de retocar los valores dZ hasta que se encuentre una correspondencia. Más abajo encontrará una descripción detallada de cómo se hace esto con la ayuda de LspCAD (extraído de la sección de tutorial del manual de LspCAD).

"La respuesta de frecuencia de medición ha de ser verificada de alguna manera. Un método que se suele usar es realizar una medición final con todas las unidades de altavoz conectadas juntas y el micrófono situado frente de la unidad de agudos (a cierta distancia).

La respuesta medida tendrá muy mal aspecto pero no deje que eso le asuste. Cree un filtro pasivo avanzado e importe tanto los datos de respuesta de frecuencia como de impedancia que ha medido. Recuerde también indicar las posiciones de todos los altavoces en relación con la posición de la unidad de agudos, deje dZ=0 para todas las unidades de altavoz. Esto significa por supuesto que la posición de la unidad de agudos es dX=dY=dZ=0. Además indique la posición del micrófono, es decir, la distancia entre el micrófono y la caja.

Ahora observe el diagrama *Suma de respuesta de frecuencia*, y compruebe que se parece a las mediciones reales. Si es así entonces podremos continuar con la

construcción de los filtros. Si no es así, entonces tendremos que indicar los valores dZ para algunas de las unidades de altavoz. Esto no será necesario si se han usado mediciones de fase absoluta de un sistema de medición basado en FFT. Si se usan los datos de fase mínima (por ejemplo datos de LMS) entonces hemos de indicar un valor dZ de unos 2-3 cm para las unidades de bajos. La razón es que el sonido de una unidad de bajos viene principalmente del medio de la unidad de altavoz en frecuencias más altas, y por tanto este sonido será retrasado un poco más debido a la forma del cono. A menudo es posible conseguir una dZ midiendo la profundidad del cono del altavoz, es decir, a qué distancia está la tapa guardapolvos en relación con el borde del cono."

En las mediciones de modo dos canales el escenario es un poco más sencillo, también nos ofrece más posibilidades. Se recomienda el procedimiento siguiente. Se puede usar el método de verificación que se ha descrito antes.

1. Comience midiendo la impedancia de las unidades de altavoz individuales, teniendo en cuenta que serán precisos los datos de magnitud y fase para LspCAD.
2. Cuando mida la respuesta de frecuencia de las unidades de altavoz el micrófono ha de estar colocado a una distancia de la unidad de altavoz y en eje. Esto es especialmente importante para las unidades de medios y de agudos puesto que la respuesta de campo cercano y de campo lejano son muy diferentes debido a los efectos de difracción por el borde de la caja. Se recomienda usar una distancia de 1 m, en algunos casos se puede usar una distancia de 60-70 cm. Se recomienda usar un soporte de micrófono de forma que se pueda subir y bajar el micrófono para que siempre esté frente de la unidad de altavoz que se somete a pruebas. Recuerde mantener la distancia entre el micrófono y el plano de la caja constante a lo largo de todas las mediciones.

7. Un pequeño tutorial

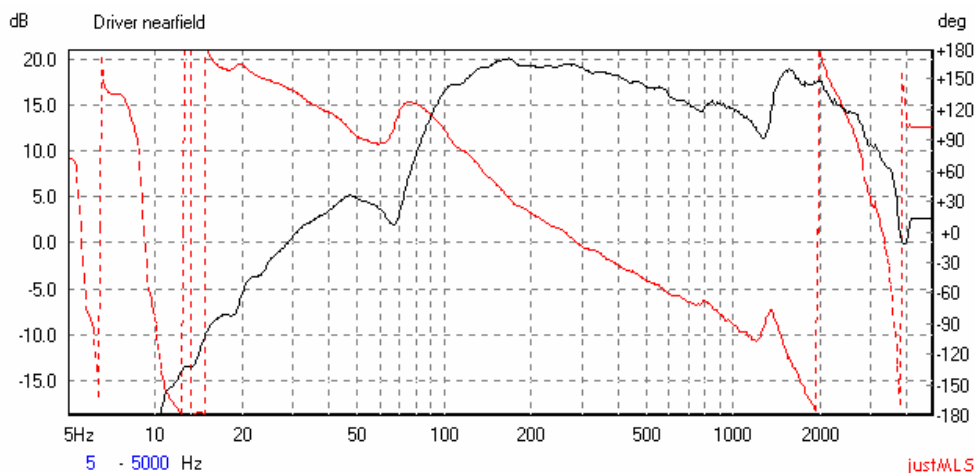
Esta sección describe una sesión de medición de respuesta de frecuencia en la que se usan varias funciones de justMLS.

La respuesta de frecuencia de este ejemplo se medirá tanto en condiciones de campo cercano como de campo lejano. Lo primero que hemos de hacer es calibrar las tarjetas de sonido, esto no será crítico para las mediciones de respuesta con justMLS en modo dos canales, pero se recomienda de todos modos. Como ejemplo se usa un pequeño altavoz bass-reflex de canal central.

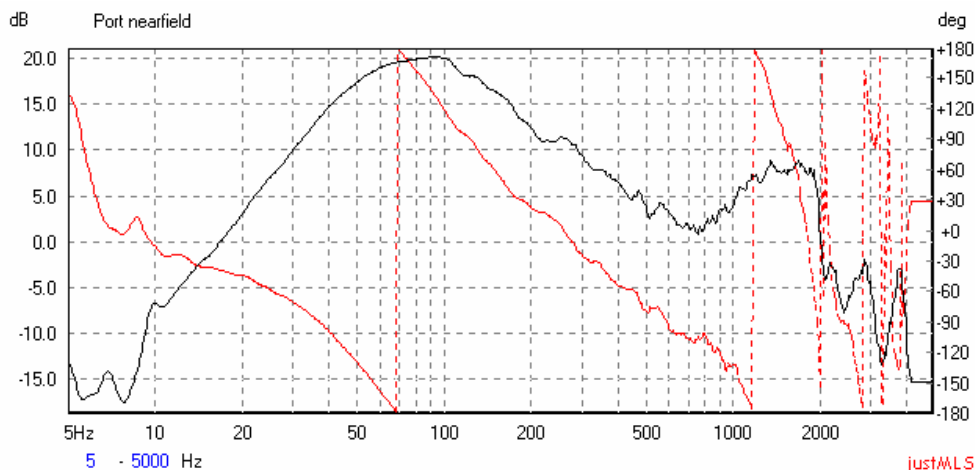
En principio deseamos determinar la respuesta de frecuencias bajas de forma tan precisa como sea posible. Para conseguir esto hemos de realizar mediciones de campo cercano, es decir, mediremos con el micrófono muy cerca de la unidad de altavoz y del puerto.

Respuesta de frecuencias bajas

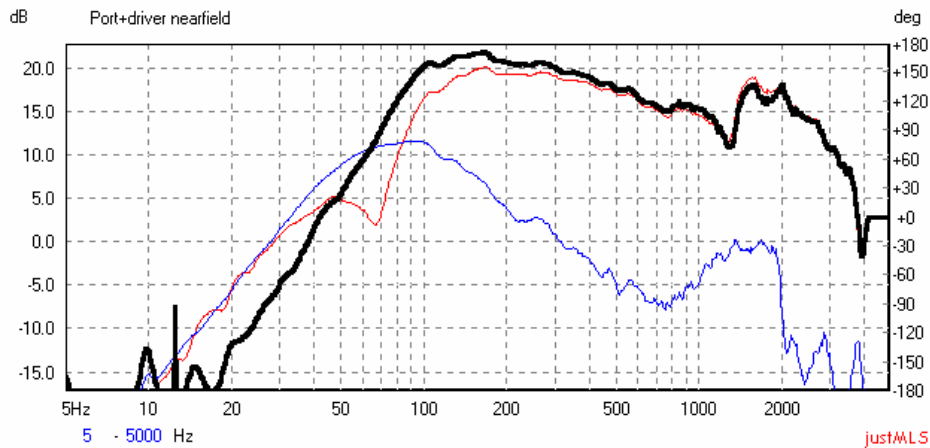
La unidad de bajos se mide con una frecuencia de muestreo de 8000 Hz y longitud MLS de 32768 muestras, a continuación mostramos la respuesta resultante de campo cercano. La medición se realiza con el micrófono directamente frente al cono, a solo 5 mm de la superficie del cono. Para el análisis, se selecciona ver Ch 1 - 2 en el gráfico de respuesta de frecuencia puesto que solo estamos interesados en la respuesta de frecuencia del altavoz, no en la combinación del amplificador de potencia más el altavoz.



El puerto se mide con el micrófono casi en el puerto, a continuación aparece la respuesta de frecuencia.



Las mediciones del altavoz y del puerto se almacenan en las posiciones 1 y 2 de la memoria. Las mediciones del altavoz y del puerto se suman con la función de menú Merge / Add [Fusión / Suma] (véase la siguiente figura). La medición de puerto (en rojo) está escalada hasta 8.6 dB para que se corresponda con el nivel de la unidad de altavoz (en azul) por debajo de la resonancia del puerto. La línea gruesa negra es la suma de respuestas. Se pulsa el botón **Apply [Aplicar]** y la suma se almacenará en la posición 3 de la memoria.



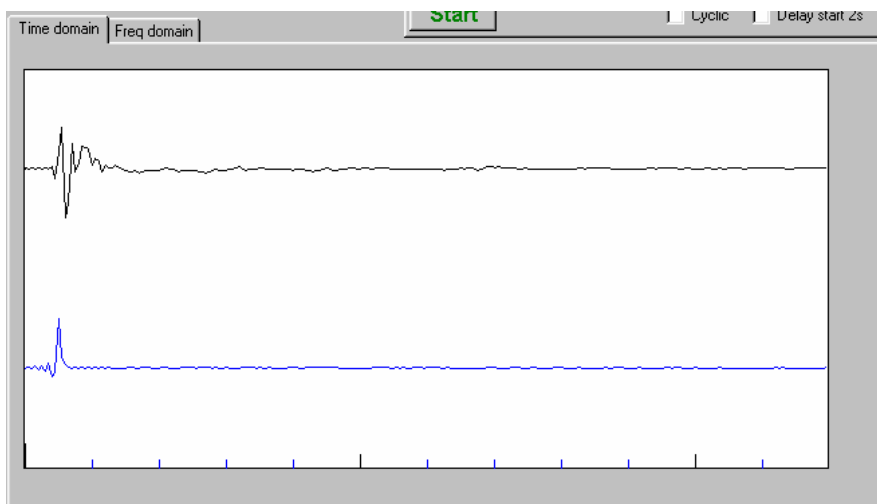
Respuesta de medios y superior

La frecuencia de muestreo se establece en 48000 kHz, lo cual concuerda perfectamente con la tarjeta SB Live y nos garantiza unas buenas mediciones.

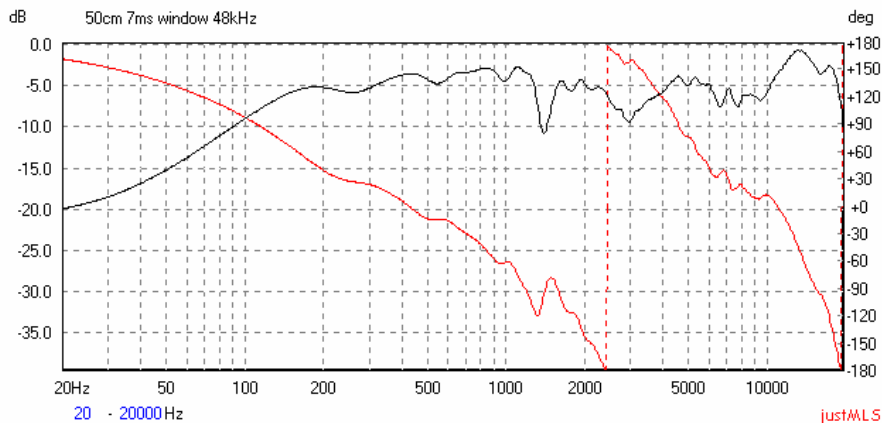
Como estamos realizando una medición de dos canales la señal de referencia se grabará en el canal derecho y la señal de micrófono se grabará en el canal izquierdo. Como el micrófono necesita estar colocado a cierta distancia para garantizar que realmente se está midiendo la respuesta de campo lejano tendremos un retardo en la medición del micrófono en relación a la referencia. En este caso la distancia entre el micrófono y el altavoz es un poco más de 50 cm, así que hemos de indicar una desviación de 50 cm en la ventana de análisis.

La siguiente figura muestra las respuestas de impulso del altavoz (negro) y de la señal de entrada del altavoz. La longitud de la ventana de respuesta de impulsos es de 7 ms y la desviación es de 50.88 cm o 1.4792 ms.

Es importante que la respuesta de impulso del altavoz esté completamente situada dentro de la ventana de análisis, y también es importante que la primera parte se encuentre a la izquierda.



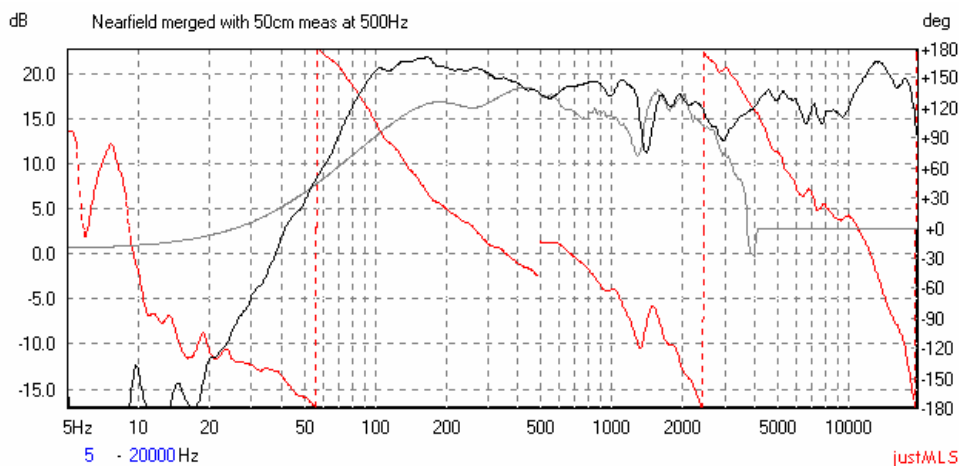
Cuando se establece la desviación de la ventana correctamente, es el momento de echar un vistazo a la respuesta de frecuencia. La longitud del análisis se establece de tal forma que se evitan la mayor parte de los reflejos de la sala, aun consiguiendo algo de resolución en la región de las frecuencias bajas. La mejor opción en este caso es una ventana de 7 ms, véase la figura. Se aplica un suavizado de 1/12^o octava a la medición para que tenga menos ruido.



La medición se almacena en la posición 4 de la memoria.

Respuesta total

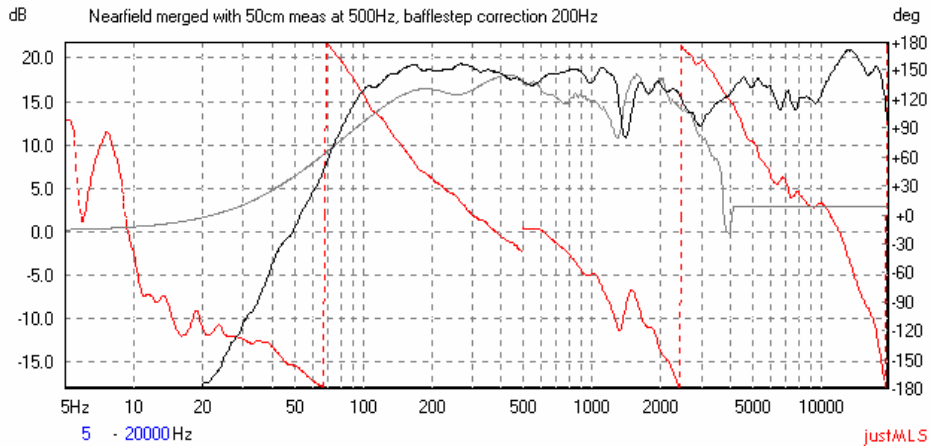
Con las mediciones que tenemos ahora podremos componer una respuesta de frecuencia en el rango de frecuencias completo. Recuperamos las mediciones almacenadas en la posición 3 de la memoria (la medición de campo cercano del puerto + altavoz) y abrimos de nuevo el menú Merge / Add, en este caso seleccionaremos la función Merge [Fusión]. Para el rango de frecuencias bajas tenemos la medición de campo cercano como medición actual. Para el rango de frecuencias más altas seleccionamos la medición almacenada en la posición 4 de la memoria. La medición del rango de frecuencias más altas está escalada de forma que los niveles se corresponden con la frecuencia de fusión (500 Hz). Se podrá reducir la escala de la medición del rango de frecuencias bajas, es cuestión de gustos. La línea negra es la respuesta fusionada que se consigue cuando pulsamos el botón **Apply [Aplicar]**.



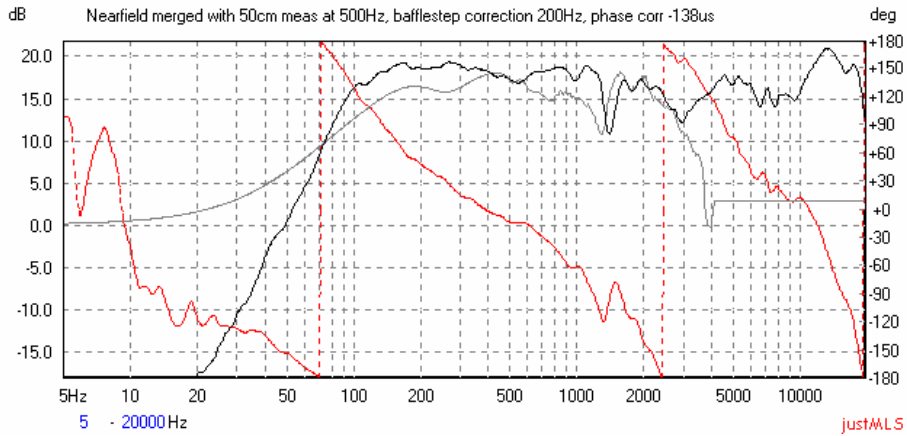
El resultado no es del todo satisfactorio todavía, un problema con las mediciones de campo cercano es que no tienen en cuenta el paso de difracción de la caja que se obtiene de forma automática cuando los altavoces se montan en una caja. Así que, vemos un pico muy pronunciado a 150 Hz que no aparecería si realizáramos una medición al aire libre.

El ancho de la caja es de 20 cm. Si indicamos en el control de baffle step [paso de caja] un valor de 200 Hz, conseguiremos una respuesta de frecuencia en la que se incorpora el paso

de caja a la respuesta de campo cercano, resultando en una respuesta más realista (véase a continuación).



La respuesta de fase (rojo) muestra un ligero salto en la frecuencia de fusión (500 Hz) que no es natural. Indicamos un retarde de la parte baja a -138 us y así conseguimos eliminar este salto de fase.



La respuesta final es la siguiente:

