



LA DISTORSIÓN se

Algunos de nuestros lectores nos han preguntado como se puede medir la distorsión de sus amplificadores HI-FI sin utilizar el PC. En este artículo encontraréis la respuesta.

Es sabido que aplicando una señal BF a la toma de entrada de cualquier amplificador, este lo amplifica y la reproduce potenciada en su salida.

En práctica la señal que se extrae de la salida de un amplificador difícilmente es igual al que se ha aplicado en la entrada, ya que siempre se altera debido a la Distorsión TDH (Total Harmonic Distorsion).

Cuanto menor sea la amplitud de la señal THD, mayor será la fidelidad del sonido del amplificador.

Por tanto, os preguntaráis como se puede medir la THD, y la respuesta es muy sencilla, porque basta con poseer un Medidor de Distorsión.

Considerando su elevado coste y sabiendo que se trata de un instrumento que no se emplea con frecuencia, ninguno se planteo su adquisición.

Entonces, para que podáis realizar este tipo de mediciones, os proponemos un Medidor de Distorsiones muy económico, y os enseñaremos a utilizarlo con un Osciloscopio o con un Tester digital.

Con la lectura de esta artículo aumentaréis vuestros conocimientos técnicos, y gracias al bajo coste del Medidor de Distorsiones, prevemos que serán muchos los aficionados que lo realizarán.

Así pues, comenzamos nuestro trabajo comentando que, la medición de la distorsión se realiza sobre una frecuencia de 1.000 Hz, para que de esta manera, podamos separar más fácilmente las armónicas pares de las impares.

Utilizando una frecuencia de 1.000 Hz, las octavas superiores, que son pares, corresponden a la frecuencia de 2.000 - 4.000 - 8.000 Hz.

De hecho, el doble de 1.000 Hz es 2.000 Hz, el doble de 2.000 es 4.000 Hz y el doble de 4.000 es justamente 8.000 Hz.

Estas frecuencias de 1.000 – 2.000 – 4.000 Hz, etc., que son pares, son todas DO de distintas octavas.

Por ejemplo la nota DO de la 5° octava corresponde exactamente a 1.046 Hz.

Un mal amplificador, además de amplificar las

MIDE también ASÍ

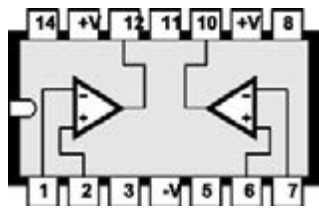


Fig.1 las conexiones del integrado LM.747 que se ven arriba con la muesca de referencia en U dirigida hacia la izquierda. La tensión Positiva de alimentación se aplica sobre los pines 13-9, mientras la tensión Negativa se aplica sobre el pin 4.

frecuencias pares genera muchas frecuencias impares, como:

$$1.000 + 2.000 = 3.000 \text{ Hz}$$

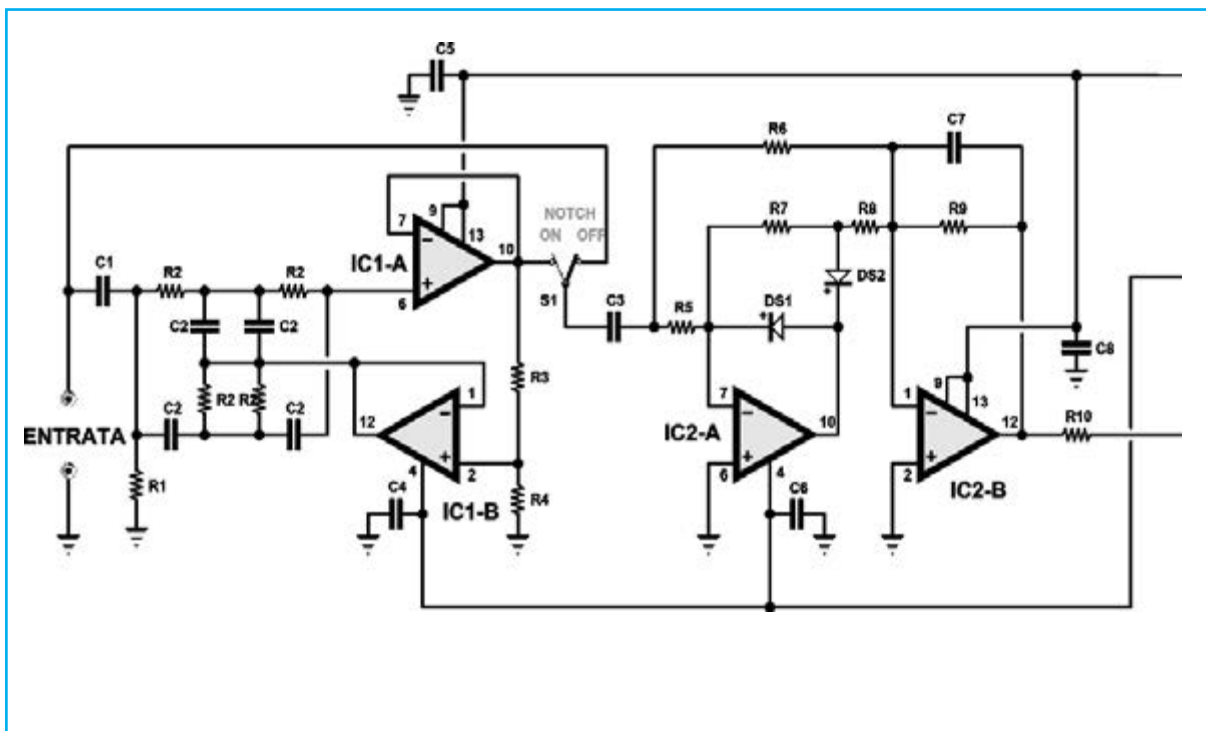
Que corresponde con una nota SOL en 6° octava;

$$1.000 + 4.000 = 5.000 \text{ Hz}$$

Que corresponde con una nota RE en 7° octava, etc.

Si mezclamos las frecuencias impares con las pares nuestro oído lo interpreta como notas disonantes, y por tanto nos parece un ruido distorsionado.

Por ello, cuanto menor sea la amplitud de las frecuencias impares respecto a las pares, mejor nos resultará el sonido que entrega el amplificador.



LISTADO DE COMPONENTES

R1 = 100.000 ohm	C1 = 100.000 pF poliester	C13 = 100.000 pF poliester
R2 = 47.000 ohm x 4	C2 = 3.300 pF poliester x 4	C14 = 470 microF. eletr.
R3 = 3.300 ohm	C3 = 100.000 pF poliester	C15 = 470 microF. eletr.
R4 = 8.200 ohm	C4 = 100.000 pF poliester	DS1 = diodo 1N.4148
R5 = 22.000 ohm	C5 = 100.000 pF poliester	DS2 = diodo 1N.4148
R6 = 22.000 ohm	C6 = 100.000 pF poliester	RS1 = puente rec.100 V 1 A
R7 = 22.000 ohm	C7 = 330.000 pF poliester	IC1 = integrado LM747
R8 = 10.000 ohm	C8 = 100.000 pF poliester	IC2 = integrado LM747
R9 = 100.000 ohm	C9 = 100.000 pF poliester	IC3 = integrado MC.78L12
R10 = 1.000 ohm	C10 = 100.000 pF poliester	IC4 = integrado MC.79L12
	C11 = 100.000 pF poliester	T1 = trasfo. 3 Watt (T003.03)
	C12 = 100.000 pF poliester	sec. 16+16 V 100 mA
		S1-S2 = conmutador

ESQUEMA ELÉCTRICO

En la Fig.2 os mostramos el esquema eléctrico del Medidor de Distorsión, y como podés observar, para llevarlo a cabo se necesitan 2 integrados tipo LM.747 más aquellos de la fase de alimentación.

Estos integrados LM.747, como se puede ver en la Fig.1, tienen en su interior dos operaciones.

Los dos primeros, con las siglas IC1/A y IC1/B, se utilizan para obtener un filtro notch para una frecuencia de 1.000 Hz, dejando pasar todas las frecuencias de THD que generan la distorsión.

Para realizar este filtro notch necesario para eliminar los 1.000 Hz, necesitamos 4 resistencias (ver R2) y 4 condensadores (ver C2).

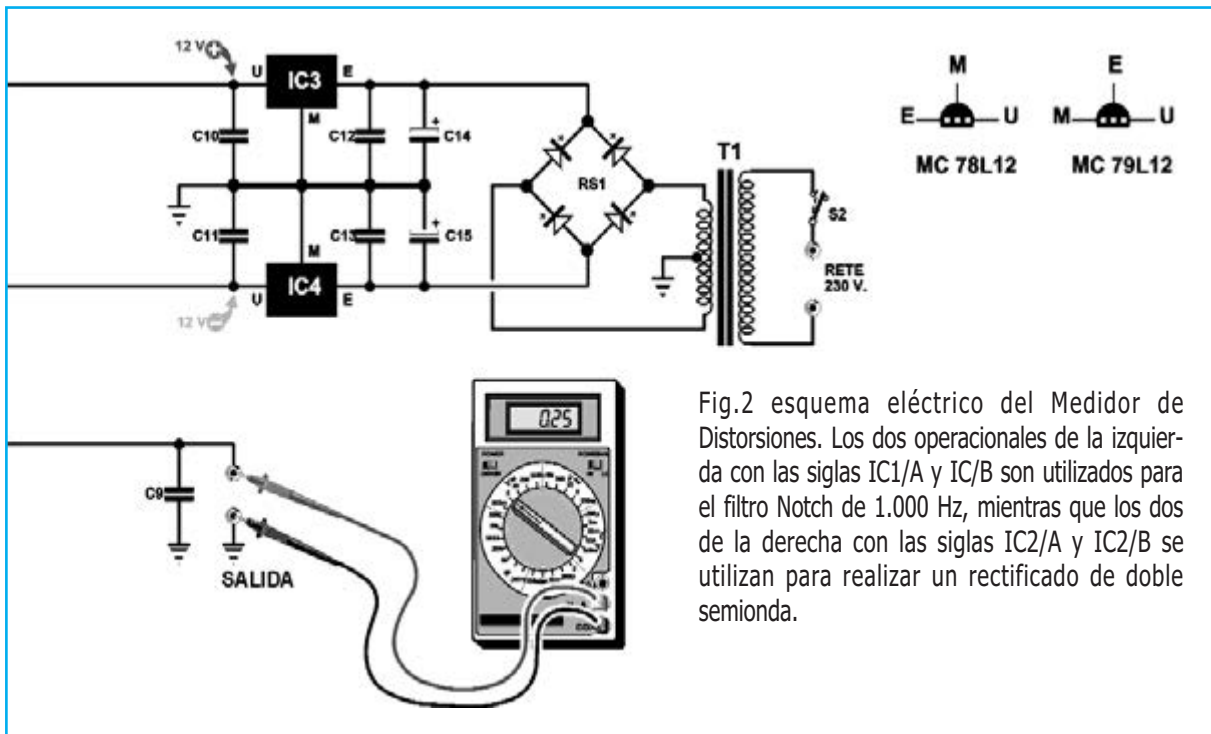
La frecuencia del filtro notch la podemos calcular con esta sencilla formula:

$$\text{Hertz} = 159.000 : (R2 \text{ Kiloohm} \times C2 \text{ pF}) \times 1.000$$

Conociendo la frecuencia que debemos eliminar podremos calcular el valor de C2 o de R2 con la formula:

$$C2 \text{ en pF} = 159.000 : (R2 \text{ in } K_ \times \text{Hz}) \times 1.000$$

$$R2 \text{ en } K_ = 159.000 : (C2 \text{ in pF} \times \text{Hz}) \times 1.000$$



Habiendo utilizado (en este esquema) las resistencias R2 de 47.000 ohm iguales a 47 KOhm, y para el C2 los condensadores de 3.300 pF, el filtro notch eliminará la frecuencia de:

$$159.000 : (47 \times 3.300) \times 1.000 = 1.025 \text{ Hertz}$$

Nota: como las resistencias R2 y los condensadores C2 tienen una tolerancia, podréis obtener una frecuencia notch de 960 Hz o de 1.050 Hz.

De todos modos con frecuencias cercanas a los solicitados 1.000 Hz, el resultado no cambia.

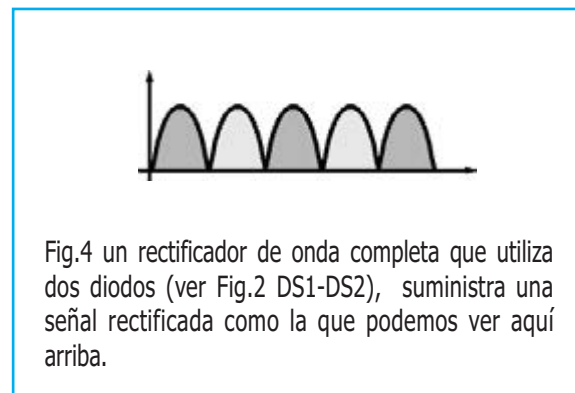
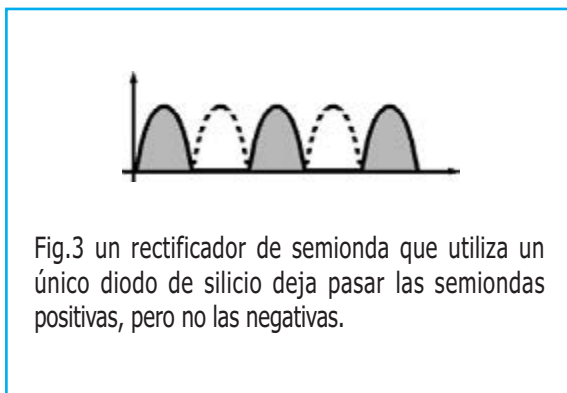
El filtro notch eliminando unos 1.000 Hz, dejará pasar hacia la siguiente etapa rectificadora, compuesto por el integrado IC2, únicamente

las frecuencias THD que generan la distorsión, por tanto, con medirlas será suficiente para conocer su valor.

Utilizando los dos operacionales IC2/A-IC2/B que hay en el segundo integrado LM.747, hemos realizado un rectificador de doble semionda capaz de rectificar, sin ninguna pérdida, las más pequeñas variaciones de amplitud.

Muchos se preguntarán porque motivo hemos utilizado dos operacionales para realizar un estadio rectificador, cuando se podía haber hecho perfectamente con diodos rectificadores de silicio.

Quizás no todo el mundo sepa que los diodos de silicio comienzan a rectificar una señal



alterna, cuando ésta supera los 0,7 voltios. Todas las señales alternas con un valor menor de voltaje no podrán ser por tanto rectificadas, y las tensiones medidas entre 0,10 y 0,69 voltios por un tester nos indicará siempre el valor de 0 voltios.

Por su parte, un buen rectificador hecho con dos amplificadores operacionales (ver IC2/A-IC2/B) es capaz de rectificar tensiones a muy bajo voltaje, y es por ello que se utiliza en instrumentos de medida de gran precisión.

Volviendo a nuestro esquema eléctrico, necesitamos que cuando el conmutador S1 se sitúe en posición Notch OFF (ver fig.2), la señal de 1.000 Hz se transfiera directamente a través del condensador C3, a la entrada del rectificador compuesto por IC2/A-IC2/B, excluyendo el filtro notch.

Cuando la palanca del conmutador S1 se sitúe en posición Notch ON, la señal de 1.000 Hz pasará antes por el filtro notch, y luego por el rectificador para aprovechar el valor de la tensión THD.

Para alimentar los dos integrados LM. 747 se necesita una tensión dual de 12+12 voltios, que extraeremos de la etapa de alimentación, el cual mostramos en el lado derecho del esquema de la Fig.2.

El integrado MC.78L12, con las siglas IC3, nos sirve para estabilizar los 12 voltios positivos, mientras que el integrado MC.79L12, con las siglas IC4, nos sirve para estabilizar los 12 voltios negativos.

REALIZACIÓN PRÁCTICA

La realización práctica de este medidor de distorsiones LX.1743 es tan sencillo que, una vez finalizado, os podemos asegurar que funcionará a la perfección aún siendo este vuestro primer montaje.

Para comenzar os aconsejamos insertar en el circuito impreso los zócalos de los dos integrados IC1-IC2, y después de soldar todos sus terminales a las pista de cobre, podéis continuar insertando todas las resistencias y los dos diodos de silicio DS1-DS2.

Como podéis comprobar en el dibujo de la fig.5, el lado del DS1 marcado por una banda

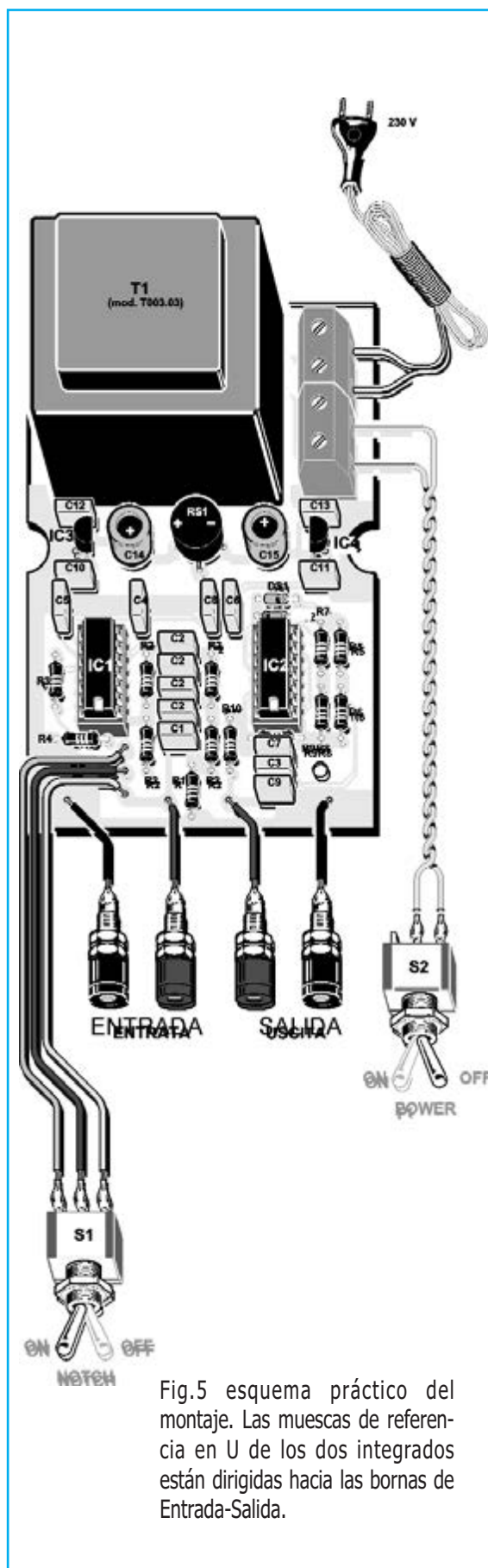


Fig.5 esquema práctico del montaje. Las muescas de referencia en U de los dos integrados están dirigidas hacia las bornas de Entrada-Salida.

negra está dirigido hacia la derecha, mientras que del lado DS2 marcado también por una banda negra lo está hacia la izquierda.

Finalizada la operación podéis introducir todos los condensadores de poliéster, aquellos que tengan impreso en el cuerpo la sigla 3n3 son de 3.300 pF, los de 100.000 tienen escrito .1 y el condensador C7 de 330.000 pF contiene la sigla .33.

Si continuamos con el montaje, podéis introducir en el circuito impreso los dos pequeños integrados estabilizadores denominados IC3-IC4.

El integrado IC3 con las siglas MC.78L12 se coloca cercano al electrolítico C14, dirigiendo hacia este último la parte plana de su cuerpo.

El integrado IC4 MC.79L12 se colocará cerca del electrolítico C15, dirigiendo hacia este último la parte plana de su cuerpo.

Nota: algunos fabricantes escriben en el cuerpo del integrado las siglas L.78L12 y L.79L12, además de uA.78L12 y uA.79L12.

El cuerpo de estos integrados estabilizadores no se introducen con fuerza en el circuito impreso, ya que deben estar elevados a unos 8-9mm.

Ahora podéis insertar el puente rectificador RS1 elevando su cuerpo a uno 12-15mm del circuito impreso.

Al introducir los cuatro terminales fijos que el señalado con un + esté dirigido hacia el electrolítico C14.

Para completar el montaje, insertad en el circuito impreso la clema de 4 polos útil para conectar el conmutador S2 y los dos cables del cordón de red de 230 voltios.

Cercano a la clema debéis introducir el pequeño transformador de alimentación y, una vez hecho esto, no os quedará más que observar con satisfacción el montaje de vuestro Distorsiómetro.

Antes de fijar el circuito impreso en el interior del mueble, deberéis insertar en los zócalos los dos integrados LM.747 (ver IC1-IC2), dirigiendo hacia los terminales INPUT y OUTPUT (entrada y salida) el lado del cuerpo marcado con una pequeña muesca en U.



Fig.6 fotografía del frontal de aluminio del mueble mecanizado y serigrafiado.

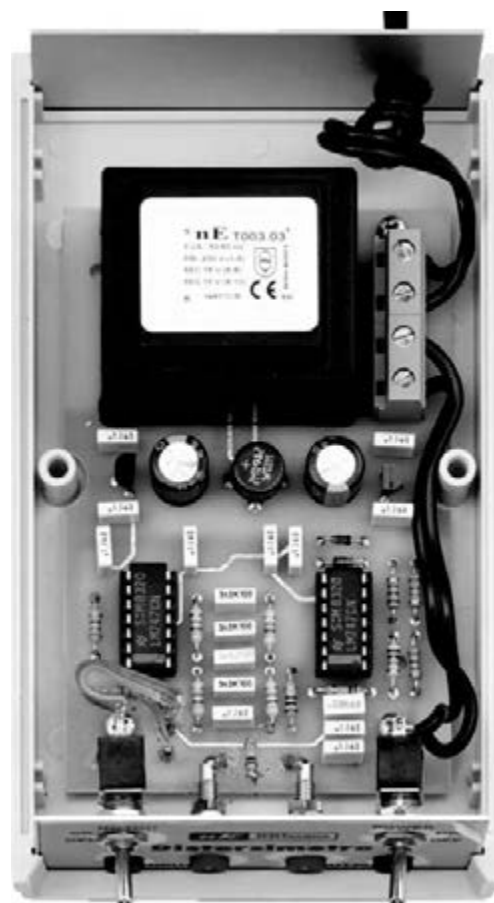


Fig.7 fotografía del circuito impreso montado y fijado en el interior del mueble, por medio de los tornillos incluidos en el kit.

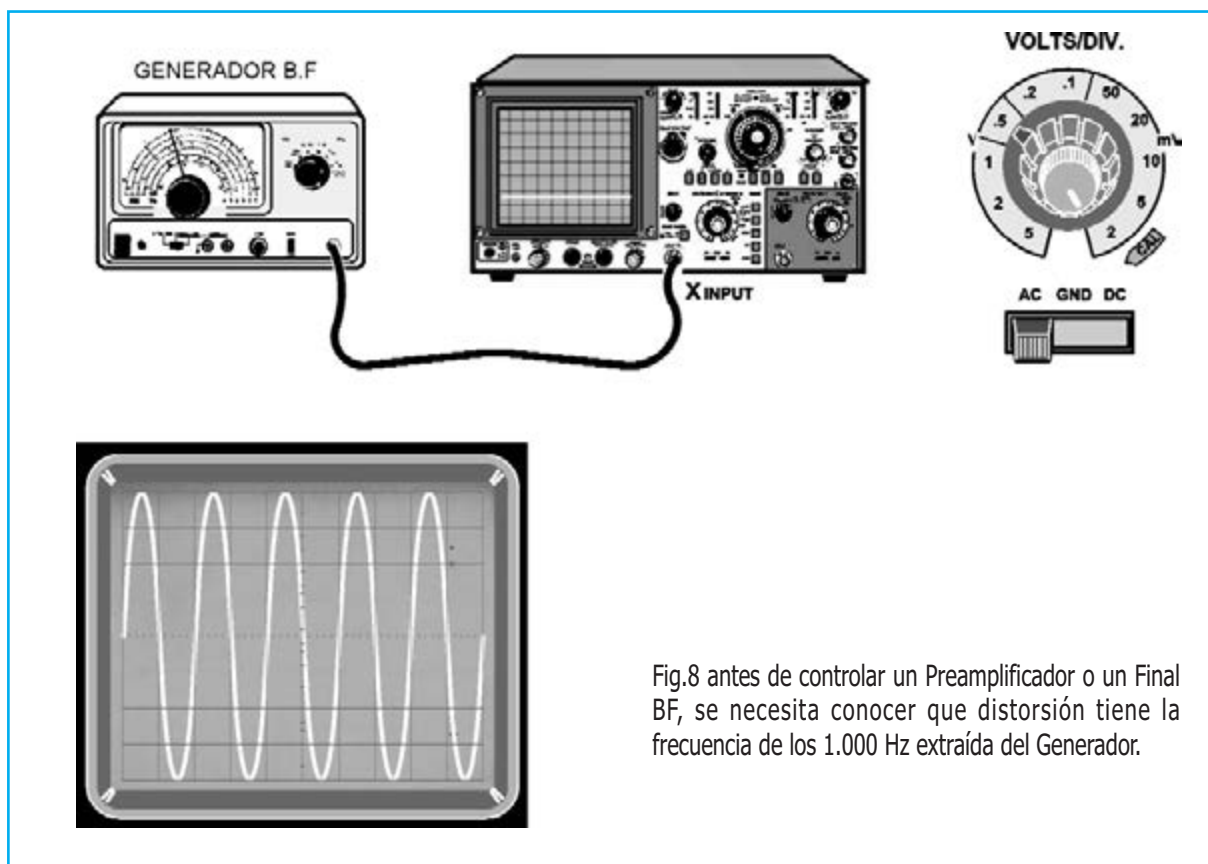


Fig.8 antes de controlar un Preamplificador o un Final BF, se necesita conocer que distorsión tiene la frecuencia de los 1.000 Hz extraída del Generador.

Luego, podréis abrir el mueble plástico para sacar el panel frontal que, como veréis en la Fig.6, viene mecanizado y serigrafiado.

Sobre el panel pondréis, a la izquierda, las dos bornas negra y roja de entrada y, a la derecha, las bornas de salida.

Para insertar estas cuatro bornas en sus respectivos orificios, podréis soldar en el circuito impreso dos pequeños fragmentos de hilo de cobre, soldando a su otro extremo las bornas.

Sobre el panel también irán fijados los dos conmutadores de palanca S1-S2.

Con pequeñas porciones de cable, deberemos conectar los terminales del conmutador S1 a los terminales principales situados junto al integrado IC1, mientras que los terminales del conmutador S2 estarán conectados a la clema junto al cordón de red (ver fig.5).

CONTROLAR la DISTORSIÓN con un OSCILOSCOPIO

Antes de medir el porcentaje de distorsión de un preamplificador BF o de un etapa Final de potencia, deberéis conocer que distorsión

presenta la frecuencia de 1.000 Hz extraída del Generador BF.

La primera operación que debemos ejecutar es la de extraer del Generador BF una frecuencia de 1.000 Hz, y aplicarla sobre la entrada del Osciloscopio, en la cual deberéis girar el mando de Volts/Div. a 0,5 voltios x división, y cambiar la palanca del selector AC-GND-DC a la posición AC (ver Fig.8).

La segunda, deberéis girar el mando que regula la amplitud de la señal de salida del Generador BF, hasta hacer aparecer en la pantalla las sinusoides que cubren un total de 8 cuadrados (ver fig.8).

Como el mando de los Volts/Div. se sitúa en 0,5 Volt x división, y sabiendo que la señal cubre 8 cuadrados, su amplitud será igual a:

$$0,5 \times 8 = 4 \text{ Volt}$$

Sin mover el mando del Generador BF, aplicad esta señal en la entrada del Medidor de distorsiones, y luego cambiad la palanca del conmutador S1 a la posición "notch OFF", de tal modo que la señal BF pase directamente al rectificador excluyendo al filtro notch.

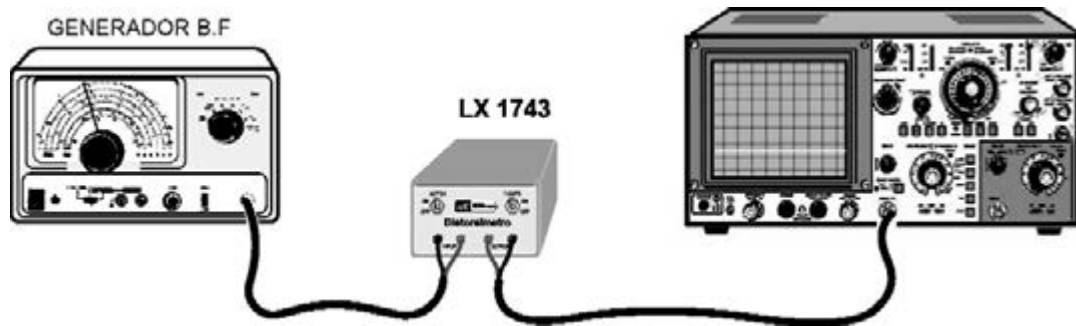


Fig.9 sin modificar la amplitud de la señal BF, aplicada esta señal en la entrada del Medidor de Distorsiones. Si movéis la palanca del conmutador S1 a la posición "notch OFF", la señal BF pasará al rectificador excluyendo el Filtro Notch; si cambiamos la palanca del conmutador S1 a la posición "notch ON", la señal pasará por el Filtro Notch, y luego seguirá hacia el rectificador.

Fig.10 situad el mando de los Volts/Div. a 0,5V y la palanca AC-GNC-DC en DC: la línea horizontal alcanzará el octavo cuadrado. En caso contrario, seguid girando el mando de la señal de salida del Generador BF, hasta que la línea alcance el 8º cuadrado.

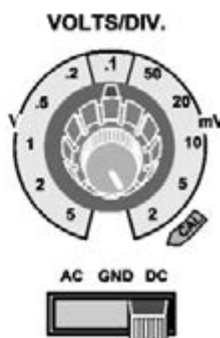
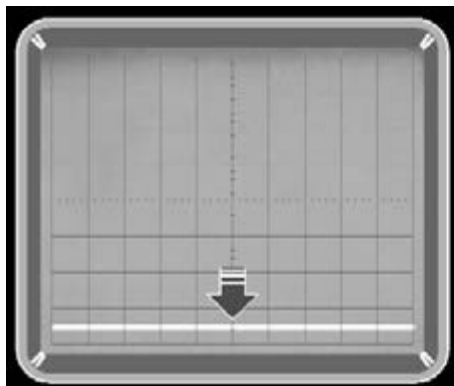
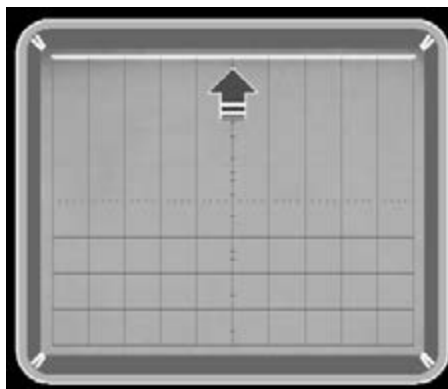


Fig.11 girad el mando de la sintonía del Generador BF a unos 1.000 Hz, hasta conseguir que la línea descienda el máximo posible (Fig.10). Para obtener una mayor precisión, podéis girar el mando de los Volts/Div. a 0,1 Volt x cuadrado.



Ahora conectar el Osciloscopio a la salida del Medidor de Distorsiones (ver Fig.9), y luego cambiar la palanca del selector AC-GND-DC a la posición DC, como se puede ver en la Fig.10.

Como el mando de los Volts/Div. del osciloscopio está situada en 0,5 Voltios x cuadrado, y sabiendo que la señal BF tiene una amplitud de 4 voltios, la línea horizontal que aparece en la pantalla alcanzará el 8º cuadrado, de hecho:

$$4 : 0,5 = 8 \text{ cuadrados (ver fig.10)}$$

Sino fuera así, cambiar el mando de la señal de salida del Generador BF hasta llevar la línea horizontal sobre el 8º cuadrado.

Ahora cambiar la palanca del conmutador S1 del Medidor de Distorsiones a la posición "notch ON", y con un movimiento milimétrico, girar el mando de sintonía del Generador BF a los 1.000 Hz.

Veréis que la línea horizontal que antes estaba situada en el 8º cuadrado (ver fig.10) comenzará a bajar.

Como primera operación girar el mando Volts/Div. a 0,5 voltios, luego cambiar la palanca del selector AC-GND-DC a la posición DC. Como segunda operación girar el mando que regula la amplitud de la señal BF hasta que aparezca en la pantalla las sinusoides que cubre los 8 cuadrados.

La amplitud de esta señal se corresponde con una tensión alterna de $8 \times 0,5 = 4$ voltios.

Si queréis conseguir una mayor precisión, girar el mando de Volt/Div. de 0,5 voltios x cuadrado

a 0,1 voltios x cuadrado (ver Fig.11).

Debido a ello, la línea horizontal descenderá (0,5 de cuadrado), esta tensión será igual a:

$$0,5 \times 0,1 = 0,05 \text{ Voltios}$$

Conociendo el valor mínimo, podemos calcular cual es el porcentaje de distorsión del Generador, con la siguiente formula:

$$\text{Distorsión \%} = (\text{Volt min} : \text{Volt max}) \times 100$$

Si sabemos que el voltaje máximo de la señal es de 4 voltios (ver Fig.10), y que los voltios mínimos han descendido a 0,05 voltios (ver Fig.11), concluiréis que este Generador BF tiene una distorsión del:

$$(0,05 : 4) \times 100 = 1,25\%$$

Nos os sorprendáis si vuestro Generador BF tiene un valor tan alto, ya que también hay otros que alcanzan valores superiores.

CONTINUANDO con la MEDICIÓN

Conectad la salida del Generador de BF directamente con la entrada del Amplificador o Preamplificador para probarlo, y conectad después su salida al Medidor de Distorsiones (ver Fig.12).

Mover la palanca del conmutador S1 del Notch a la posición "OFF" (ver Fig.13), de tal manera que la señal BF pase directamente a la etapa rectificadora sin pasar por el filtro notch.

Teniendo conectado a la salida del Medidor de Distorsiones el Osciloscopio con la palanca del

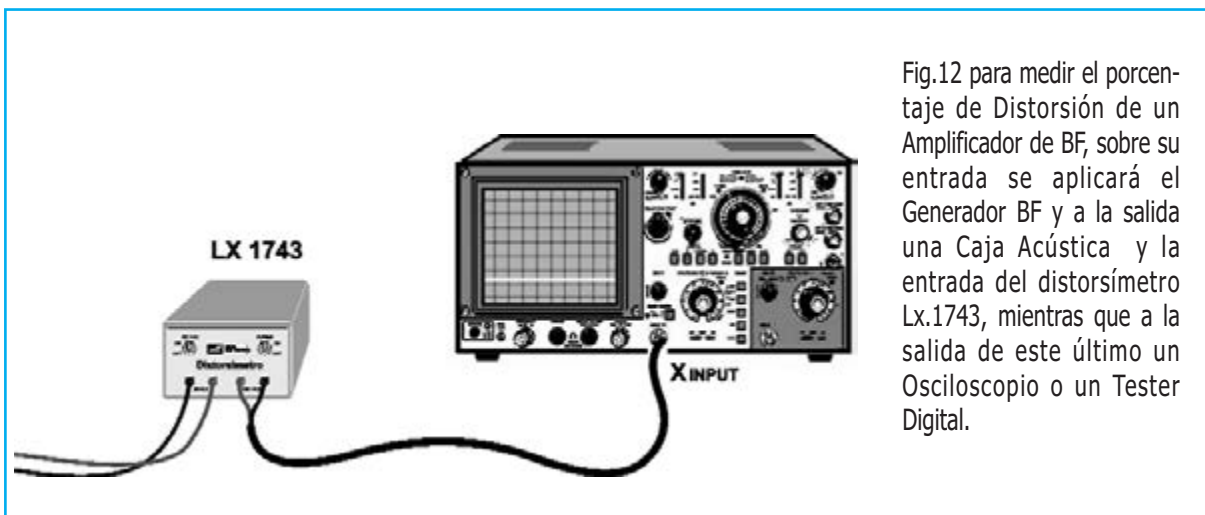


Fig.12 para medir el porcentaje de Distorsión de un Amplificador de BF, sobre su entrada se aplicará el Generador BF y a la salida una Caja Acústica y la entrada del distorsímetro Lx.1743, mientras que a la salida de este último un Osciloscopio o un Tester Digital.

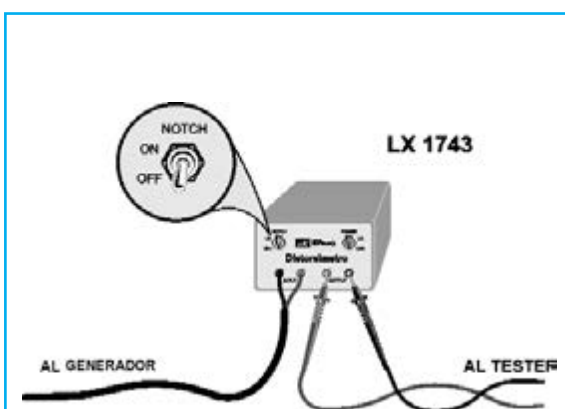


Fig.13 cuando el conmutador S1 se sitúa en la posición OFF, la señal BF pasa directamente de la entrada al rectificador de doble onda.

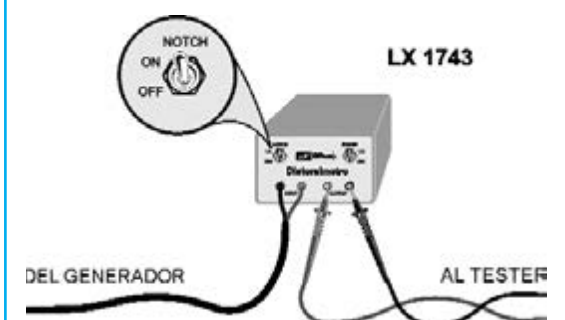


Fig.14 cuando el conmutador S1 se sitúa en ON, la señal BF pasa primero a través del Filtro Notch y luego va hacia el rectificador de doble onda.

selector AC-GND-DC en la posición DC (ver Fig.10), y el mando de los Volts/Div. situado en 0,5 volt x cuadrado, la línea horizontal alcanzará el 8º cuadrado.

A continuación, girad el mando del conmutador S1 del Medidor de Distorsiones hasta situarlo en “notch ON” (ver Fig.14), y luego moved el mando de la sintonía del generador BF a la frecuencia de 1.000 Hz, hasta que la línea horizontal caiga lo máximo posible en la pantalla.

Si queremos tener una mayor precisión, debemos girad el mando de los Volts/Div. de 0,5 voltios x cuadrado a 0,1 voltios x cuadrado (ver Fig.11).

Suponiendo que la línea horizontal descienda a 0,7 por cuadro, esta tensión será de:

$$\text{Distorsión \%} = (\text{Volt min} : \text{Volt max}) \times 100$$

Sabiendo que el valor máximo de 1.000 Hz son 4 voltios (ver Fig.10), y que los voltios mínimos han descendido en 0,07 voltios, la distorsión total será igual a:

$$(0,07 : 4) \times 100 = 1,75 \%$$

Para conocer el valor real de distorsión del Preamplificador o etapa Final de potencia, nos vale con restar a la distorsión total la del Generador BF.

Como la distorsión del Generador BF es igual a 1,25%, debemos realizar la siguiente operación:

$$1,754 - 1,25 = 0,5 \% \text{ distorsión real}$$

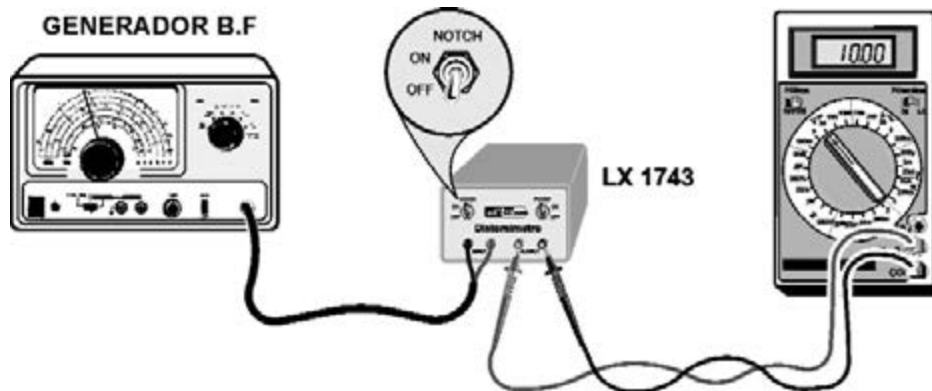


Fig.15 si utilizáis un Tester digital, antes debéis saber cuál es la distorsión que presenta la frecuencia de 1.000 Hz extraída del Generador BF. Luego cambiaréis el conmutador S1 a la posición OFF y el mando del Tester en 20 Voltios DC. A continuación girad el mando de la señal de salida del generador BF hasta que podáis leer en el Tester una tensión continua de 10,00 voltios.

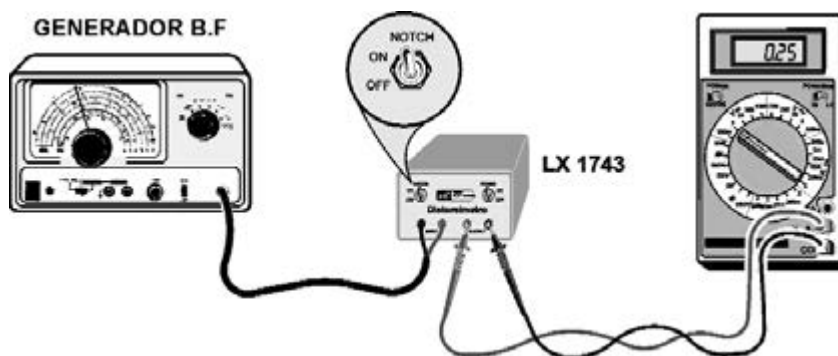


Fig.16 con una tensión de 10,00 voltios (ver Fig.15), situad la palanca del conmutador S1 en la posición ON, de tal modo que la señal de BF pase a través del Filtro Notch y posteriormente por el rectificador. Después girad el mando de sintonía del Generador BF, hasta que la tensión descienda al mínimo. Para conseguir una mayor precisión, podéis girar el mando a 2 voltios DC.

CONTROLAR la DISTORSIÓN con un TESTER DIGITAL

Si para medir la distorsión utilizáis un tester digital, la primera operación que debéis controlar es la de verificar que el valor de la distorsión tiene una frecuencia de 1.000 Hz, procedentes del Generador BF.

Luego, conectad la salida del Generador de BF a la entrada del Medidor de Distorsiones, y después moved la palanca del conmutador S1 a la posición OFF (ver Fig.15), de tal manera que la señal BF pase directamente al rectificador sin pasar por el Filtro Notch.

A continuación, girad el mando de la señal de salida del Generador BF hasta que en el tester podáis ver una tensión de 10,00 voltios (ver Fig.15).

Una vez hecho, mover la palanca del conmutador S1 a la posición ON (ver Fig.16), de modo

que la señal BF pase primero por el Filtro Notch, y luego por el rectificador.

Con un pequeño movimiento girad el mando del Generador BF a uno 1.000 Hz, hasta que veáis que la tensión del tester comienza a descender al mínimo.

Si la tensión que se lee en el tester alcanza los 0,25 voltios (ver Fig.16), podréis calcular el porcentaje de distorsión del Generador BF, con la siguiente fórmula:

$$\text{Distorsión \%} = (\text{Volt min} : \text{Volt max}) \times 100$$

Sabiendo que los voltios máximos son 10 V. (ver Fig.15), y que los voltios mínimos han sido 0,25 V. (ver Fig.16), el Generador BF tendrá una distorsión del:

$$(0,25 : 10) \times 100 = 2,5 \%$$

Sabiendo que la distorsión de generador BF tiene un valor de 2,5%, lo podéis conectar a la toma de entrada del Amplificador Final o del Preamplificador, conectando después en su salida el medidor de Distorsiones, y a en la salida de este último el Tester digital o el Osciloscopio.

Finalizado esto, deberéis girar suavemente el mando de sintonía del generador BF a unos 1.000 Hz, para que la tensión caiga al mínimo. Porque cuando hayamos conseguido que la tensión llegue a los 0,31 voltios, la tensión total será igual a:

$$(0,31 : 10) \times 100 = 3,1 \%$$

Para obtener el valor real de la distorsión del Preamplificador o del Final que hemos testado, basta con restar la distorsión de la señal de 1.000 Hz del Generador BF, que en nuestro ejemplo resultó ser del 2,5%.

$$3,1 - 2,5 = 0,6 \% \text{ distorsión real}$$

Nosotros hemos utilizado un tester digital para controlar la distorsión, pero muchos pensarán que esto también se podría haber llevado a cabo con un tester analógico de aguja. Sin embargo no es así.

Cuando se reduce su sensibilidad para buscar el valor mínimo, será suficiente un pequeño cambio de la sintonía del Generador BF para que la aguja empiece a moverse violentamente hasta el punto de romperse.

LO que siempre debéis RECORDAR

El mando de la sintonía del generador BF siempre se gira con un movimiento suave, casi milimétrico, para poder centrar la frecuencia de corte del Filtro Notch.

En sustitución de un Generador BF podéis utilizar, nuestro Generador DDS

Con el Generador DDS es posible variar la frecuencia en +/- incluso de 1 Hertz, por lo que su sintonía será realmente de gran precisión.

Por otro lado, en números recientes presentamos otro Generador de Ondas sinusoidales de 1.000 Hz, mucho más económico.

Cuando empecéis a probar los Preamplificadores de BF, deberéis recordar que sobre la salida debéis aplicar una carga resistiva, que puede estar hecha por una resistencia común que tenga un valor entre 10.000 – 47.000 ohm.

En referencia a esta resistencia se extrae la señal que se aplica en la entrada del Medidor de distorsiones LX.1743, y después en la salida de este último irá conectado al Osciloscopio (ver Fig. 12), o sino un Tester digital.

Para probar una etapa Final de potencia, podéis conectar el Medidor de Distorsiones directamente a la Caja Acústica (ver Fig.12), pero como una nota de 1.000 Hertz puede causar un ruido ensordecedor, es posible cambiar la Caja Acústica con una carga resistiva que tenga su potencia en Watt igual o mayor a la de nuestro amplificador.

El kit de esta carga resistiva con las siglas LX.1116 lo hemos publicado en la Revista N.115.

Normalmente la medición de la distorsión de un Amplificador de potencia se realiza sobre los tres cuartos de su potencia máxima. Por tanto si tenéis un amplificador de 50 Watt regulad su volumen en unos 30-35 Watt.

Si queréis disminuir la amplitud de la señal BF aplicada en el Osciloscopio o en el Tester, podéis poner en paralelo un carga resistiva un trimmer de 1.000 ohm.

Como la medida estándar empleada es de unos 1.000 Hz, el control de los tonos Bajos y Altos se regula de manera que nunca varíen las frecuencias de los tonos medios.

CONCLUSIÓN

Ahora que sabéis construir un económico Medidor de distorsiones, podéis utilizarlo para controlar el porcentaje de distorsión de vuestro Generador BF, o para medir el porcentaje de distorsiones del Preamplificador o etapa Final de potencia, utilizando como medidor un Osciloscopio o un Tester digital.

PRECIO DE REALIZACIÓN

LX 1743: Todos los componentes necesarios del kit mostrado en las Figs. 5-7, junto con el circuito impreso, el mueble plástico con frontal mecanizado y serigrafiado **MO 1743**, más 4 bananas de entrada y salida:.....76,50e

CS 1743: circuito impreso LX.1743:.....13,00e

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA