

ELECTRÓNICA

NUEVA

ESPECIAL APLICACIONES PARA OSCILOSCOPIO

GENERADOR DE FIGURAS DE LISSAJOUS
OSCILOSCOPIO COMO IMPEDANCÍMETRO
OSCILOSCOPIO COMO FRECUENCÍMETRO



CAJAS ACÚSTICAS Y FILTROS

LOS MONTAJES MÁS POPULARES

CONVERSOR FRECUENCIA-TENSIÓN
SUPERHETERODINO PARA ONDA MEDIA
DETECTOR DE POLARIDAD DE ALTAVOCES



DIRECCIÓN

C/ Ferraz, 37
Teléf: (91) 542 73 80
Fax: (91) 559 94 17
MADRID 28008

DIRECTOR EDITORIAL:

Eugenio Páez Martín

Diseño Gráfico:

Paloma López Durán

Redactor:

Roberto Quirós García

SERVICIO TÉCNICO

Lunes y Miércoles de 17 a 20 h.

Teléf.: 91 542 73 80

Fax: 91 559 94 17

Correo Electrónico:

tecnico@nuevaelectronica.com

SUSCRIPCIONES

CONSULTAS

PEDIDOS

Teléf.: 91 542 73 80

Fax: 91 559 94 17

Correo Electrónico:

revista@nuevaelectronica.com

PAGINA WEB:

www.nuevaelectronica.com

FOTOMECÁNICA:

Vídelec S.L.

Teléf.:(91) 375 02 70

IMPRESIÓN:

IBERGRAPHI 2002

C/ Mar Tirreno 7

San Fernando de Henares - Madrid

DISTRIBUCIÓN:

Coedis, S.A.

Teléf.:(93) 680 03 60

MOLINS DE REI

(Barcelona)

Traducción en Lengua
española de la revista
"Nuova Elettronica", Italia.
DIRECTOR GENERAL
Montuschi Giuseppe

DEPÓSITO LEGAL:

M-18437-1983

Suscripción anual	50,00 Euros
Susc. certificada	85,00 Euros.
Europa	89,00 Euros.
América	152,00 Euros.

Cupón de suscripciones y pedidos en
página 37.

Nº 263

5,25 Euros. (Incluido I.V.A.)

Canarias, Ceuta y Melilla

5,25 Euros (Incluidos portes)

SUMARIO

EL OSCILOSCOPIO y las figuras de LISSAJOUS



Cuando el investigador francés Jules Antoine Lissajous (1822-1880) creó un dispositivo mecánico compuesto por dos diapasones y dos espejos con el que logró hacer visible la composición geométrica de dos movimientos armónicos de frecuencias idénticas o diferentes, ciertamente no pensó que su nombre quedaría unido a un instrumento de medida, entonces inexistente, que hoy todos conocemos con el nombre de osciloscopio.

(LX 1612) pag.4

EL OSCILOSCOPIO como IMPEDANCÍMETRO

Para conocer el valor de una bobina o de una impedancia en microhenrios o milihenrios es indispensable disponer, en principio, de un impedancímetro. Muy pocas personas saben que para realizar este tipo de medida se puede utilizar también el osciloscopio. pag.14

EL OSCILOSCOPIO como FRECUENCÍMETRO

Aunque no se disponga de un frecuencímetro digital se puede conocer el valor de la frecuencia de una señal utilizando el osciloscopio como instrumento de medida. En este artículo explicamos como medir la frecuencia de señales sinusoidales, cuadradas, triangulares, en diente de sierra y trenes de impulsos utilizando un osciloscopio. pag.26

CUPÓN DE PEDIDOS Y SUSCRIPCIONES pag.37

HI-FI: CAJAS ACÚSTICAS Y FILTROS pag.42

CATÁLOGO DE KITS pag.56

LOS MONTAJES MÁS POPULARES

Convertor Frecuencia-Tensión

No todo el mundo conoce que existen integrados convertidores de frecuencia a tensión que permiten medir fácilmente, con un téster común, frecuencias desde pocos Hertzios hasta 0,1 Megahertzios. Aquí presentamos un dispositivo que permite convertir un téster en un económico frecuencímetro. Además este tipo de circuito tiene múltiples aplicaciones relacionadas con la contabilización de eventos.

(LX 1414) pag.59

Superheterodino para Onda Media

Hoy en día se pueden encontrar muchos integrados que contienen todas las etapas de un receptor superheterodino OM. Aquí presentamos un receptor realizado con componentes discretos que permite controlar todas las etapas y es más utilizable desde el punto de vista didáctico.

(LX 5039) pag.63

Detector de polaridad de altavoces

Para conectar en fase los altavoces de un equipo estéreo, cuadrafónico o surround hay que conocer la polaridad de sus terminales. El circuito que aquí se presenta permite identificar, con extrema facilidad, el polo positivo y el polo negativo de un altavoz o de una caja acústica.

(LX 1481)..... pag.67

www.nuevaelectronica.com



EL OSCILOSCOPIO

En el pasado, cuando no existían los **frecuencímetros digitales**, las **figuras de Lissajous** se utilizaban para determinar el valor de una frecuencia desconocida.

Hoy en día estas figuras se utilizan fundamentalmente con **objetivos didácticos** ya que permiten ver en la pantalla de un osciloscopio el resultado de la **superposición de dos ondas sinusoidales** utilizando amplitudes y fases diferentes.

Sin duda estas figuras tienen un gran atractivo por sus **efectos visuales** y por las **numerosas combinaciones** que producen en la pantalla de un osciloscopio.

Motivados por las razones anteriormente expuestas hemos diseñado un circuito que permite visualizar las **figuras de Lissajous** en la pantalla de cualquier **osciloscopio**.

NOTA: Hay que tener presente que por razones de espacio solo hemos reproducido en el

artículo un número limitado de figuras. El circuito puede generar muchísimas más.

ESQUEMA ELÉCTRICO

Quienes hayan visto publicadas figuras de **Lissajous** en libros y manuales de electrónica seguramente piensen que para poder obtenerlas hacen falta circuitos **complejos** con varios integrados y transistores. Ciertamente no es así, basta con observar el esquema eléctrico de la Fig.1 compuesto por **1 transformador, 4 resistencias, 3 potenciómetros, 4 condensadores, 1 diodo de silicio y 1 diodo LED** utilizado para señalar el **encendido** del circuito.

Como se puede observar la tensión de **8 voltios** presente en el **secundario** del transformador **T1** se aplica a los contactos del potenciómetro **R2** y de la resistencia **R3**, conectada en **serie**.

También se conecta al **secundario** del transformador el diodo **DS1**, utilizado para **rectifi-**

car la tensión alterna y posibilitar el encendido del diodo LED DL1.

Las figuras mostradas en la pantalla del osciloscopio pueden hacerse **más grandes** o **más pequeñas** girando el mando del potenciómetro R2, de forma similar al **zoom** de una videocámara.

La tensión obtenida del cursor del **potenciómetro R2** se aplica, mediante la resistencia R5, al **potenciómetro R6**, que hemos denominado **X** ya que permite regular la señal aplicada a la **entrada X (Horizontal)** del osciloscopio (ver **X Input** en la Fig.1).

La tensión obtenida del cursor del **potenciómetro R2** también se aplica al **potenciómetro R4**, que hemos denominado **Y** ya que permite regular la señal aplicada a la **entrada Y (Vertical)** del osciloscopio (ver **Y Input** en la Fig.1).

Girando los cursores de los potenciómetros **R4-R6** se puede obtener fácilmente un **círculo** perfecto (ver Fig.13), mientras que girando el cursor del potenciómetro **R2** el círculo puede **reducirse** hasta convertirse en un minúsculo **anillo** (ver Fig.12) o bien puede **ampliarse** incluso a un tamaño mayor que la pantalla del osciloscopio.

Cuando el investigador francés Jules Antoine Lissajous (1822-1880) creó un dispositivo mecánico compuesto por dos diapasones y dos espejos con el que logró hacer visible la composición geométrica de dos movimientos armónicos de frecuencias idénticas o diferentes, ciertamente no pensó que su nombre quedaría unido a un instrumento de medida, entonces inexistente, que hoy todos conocemos con el nombre de osciloscopio.

y las figuras de LISSAJOUS

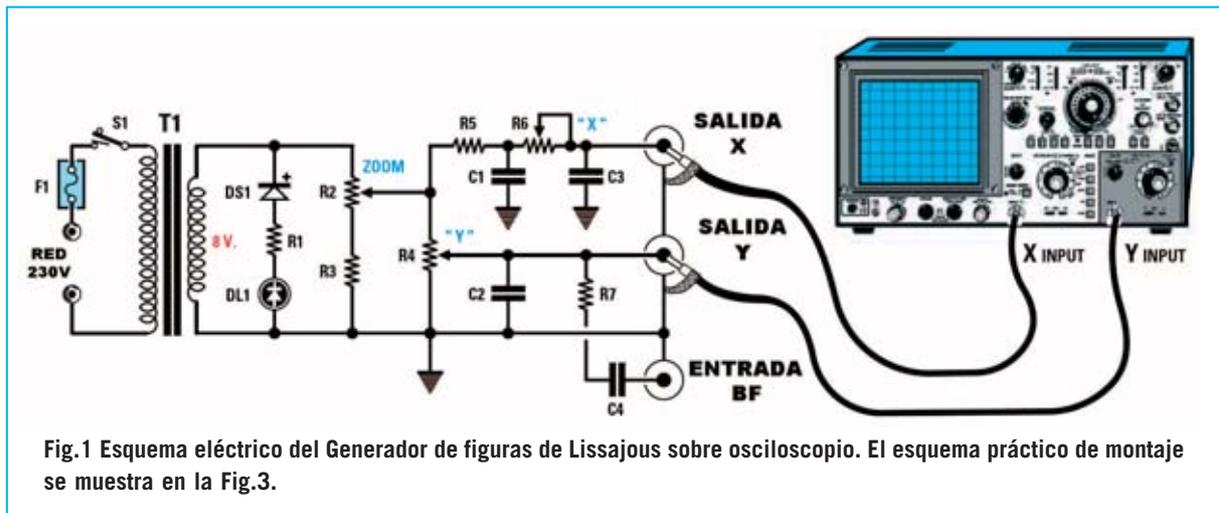


Fig.1 Esquema eléctrico del Generador de figuras de Lissajous sobre osciloscopio. El esquema práctico de montaje se muestra en la Fig.3.

LISTA DE COMPONENTES LX.1612

R1 = 180 ohmios

R2 = Potenciómetro 1.000 ohmios

R3 = 100 ohmios

R4 = Potenciómetro 1 megaohmio

R5 = 100.000 ohmios

R6 = Potenciómetro 100.000 ohmios

R7 = 3.300 ohmios

C1 = 120.000 pF poliéster

C2 = 4.700 pF poliéster

C3 = 120.000 pF poliéster

C4 = 1 microF. poliéster

DS1 = Diodo 1N.4007

DL1 = Diodo LED

F1 = Fusible 1 A

T1 = Transformador 3 W (T003.02)
sec. 0-8-12V 200mA

S1 = Interruptor

En el esquema eléctrico de la Fig.1 también se puede apreciar una toma denominada **Entrada BF** que, mediante el condensador **C4** y la resistencia **R7**, se aplica directamente al **canal Y** del osciloscopio.

Aplicando a esta **entrada** una onda **sinusoidal** o **cuadrada** se pueden conseguir una infinidad de **figuras de Lissajous** muy interesantes, como posteriormente detallamos.

REALIZACIÓN PRÁCTICA

En el pequeño circuito impreso **LX.1612** hay que montar los pocos componentes mostrados en la Fig.3.

Aconsejamos comenzar el montaje con el pequeño transformador **T1** y continuar con las dos **clemas de 2 polos**, una utilizada para entrar con la tensión de **red de 230 voltios** y otra utilizada para conectar el interruptor de encendido **S1**.

Acto seguido se pueden instalar las **resistencias**, los **condensadores de poliéster** y el diodo rectificador **DS1**, orientando su **franja blanca** de referencia hacia la izquierda (ver Fig.3).

Llegado este punto se puede realizar el montaje de los **tres potenciómetros**, operación que no presenta ninguna dificultad, si bien hay que prestar bastante atención.

En primer lugar hay que **identificar** los valores, serigrafiados sobre sus cuerpos. Después hay que **acortar sus ejes** para que sobresalgan ligeramente del panel frontal y poder fijar los mandos de control.

Los terminales del potenciómetro **R2 (1.000 ohmios)** se montan en los agujeros del circuito impreso referenciados con la palabra **zoom**. Los terminales del potenciómetro **R6 (100.000 ohmios)** se montan en los agujeros del circuito impreso referenciados con la letra **X**. Los terminales del potenciómetro **R4 (1 megaohmio)** se montan en los agujeros del circuito impreso referenciados con la letra **Y**.

Una vez realizadas estas operaciones hay que soldar, utilizando unos cortos trozos de cable de cobre, sus **cuerpos metálicos** al terminal

de **masa** del **circuito impreso** para evitar captar el zumbido de alterna (ver Fig.2).

Con el panel frontal instalado, hay que montar, a la derecha, el **conector** correspondiente a la señal de **Entrada BF**. El conector se fija mediante su **tuerca**, teniendo presente que también hay que instalar la **arandela** de conexión a **masa**. Una vez montado el conector hay que instalar el **cable coaxial**, teniendo en cuenta que la **mall**a se conecta a **masa**.

A la izquierda del panel frontal se monta el portaled metálico para diodo LED **DL1**. Este componente ha de montarse respetando la **polaridad** de sus terminales (el Ánodo es el terminal **más largo**).

En el **panel posterior** hay que instalar los **2 conectores BNC hembra (X-Y)** utilizados para conectar el circuito a las entradas **X-Y** del osciloscopio mediante **dos latiguillos** de cable coaxial con conectores **BNC macho**. Una vez fijados hay que conectarlos al circuito impreso mediante dos trozos de **cable coaxial**, teniendo en cuenta que la **mall**a se conecta a **masa**.

Continuando con el panel posterior hay que fijar el interruptor de encendido **S1**, conectando sus terminales mediante dos cables a la clema correspondiente, el cable para la conexión a la toma de **red de 230 Voltios** y el portafusibles **F1** (ver Fig.3).

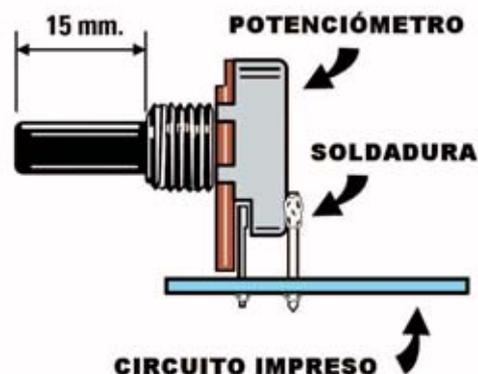


Fig.2 Antes de fijar los 3 potenciómetros al circuito impreso (ver Fig.3) se han de acortar sus ejes a unos 15 mm. Para evitar que capturen el zumbido de 50 Hz de la señal alterna de red hay que conectar sus cuerpos metálicos a la masa del circuito impreso utilizando trozos de cable de cobre desnudo.

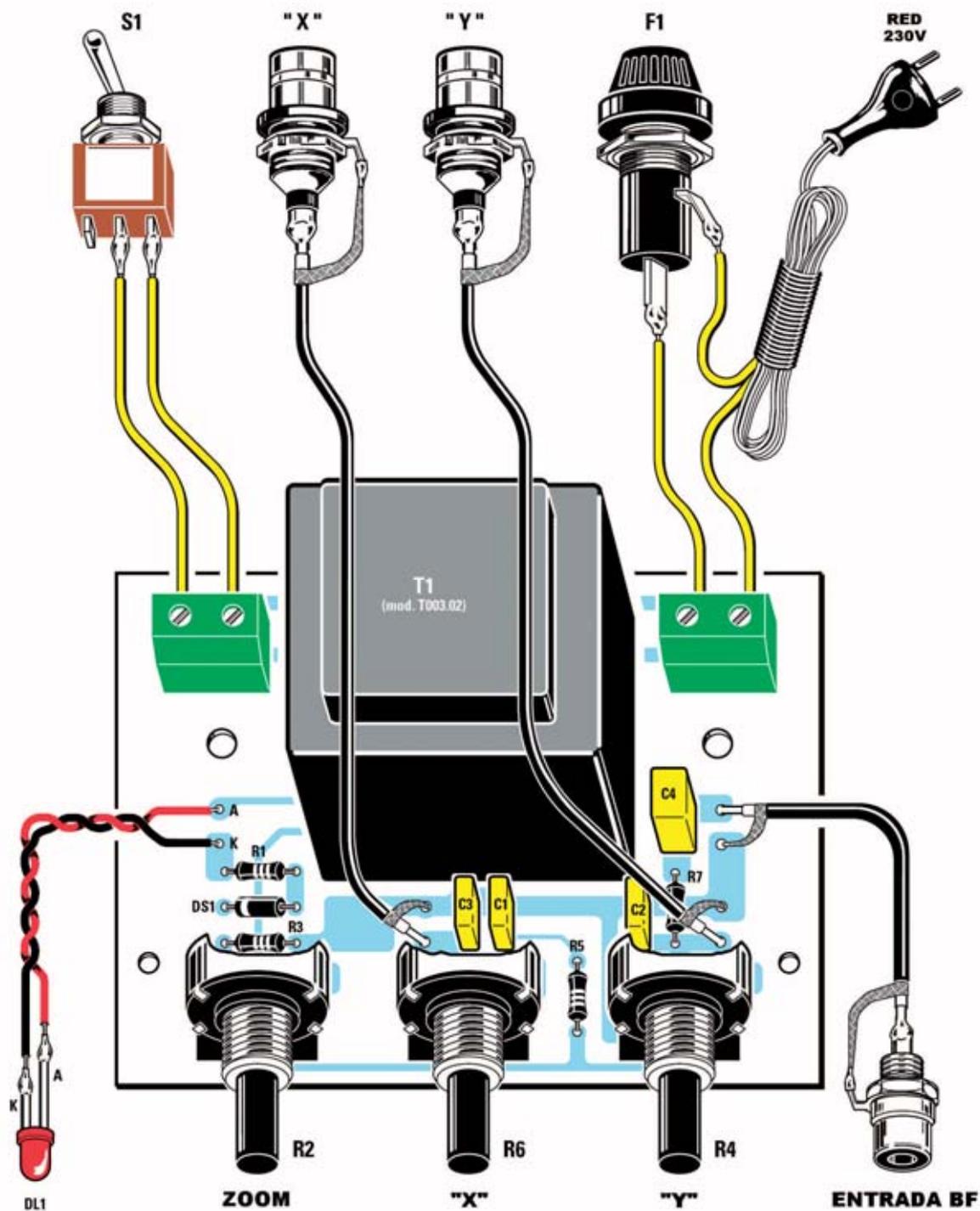


Fig.3 Esquema práctico de montaje del Generador de figuras de Lissajous. En el panel frontal se han de instalar el diodo LED DL1, el potenciómetro R2 (zoom), el potenciómetro R6 (X), el potenciómetro R4 (Y) y el conector para la entrada de la señal BF. En el panel posterior del mueble se han de fijar el interruptor de encendido S1, el portafusibles F1 y los dos conectores BNC HEMBRA donde están disponibles las señales X e Y a aplicar al osciloscopio. La malla protectora de los cables coaxiales se ha de conectar al terminal de masa de los conectores BNC y a la pista de masa del circuito impreso.

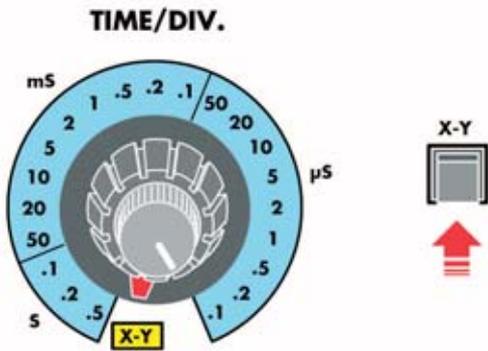


Fig.4 En algunos osciloscopios para activar la función X-Y hay que ajustar el mando Time/Div. a la posición X-Y, mientras que en otros hay que presionar un pulsador o desplazar una palanca identificada con la referencia X-Y.

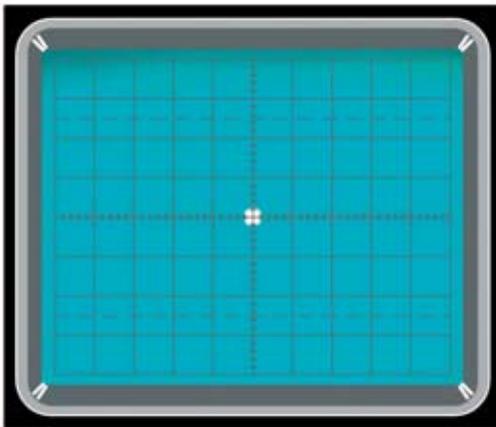


Fig.5 Cuando se activa la función X-Y en la pantalla del osciloscopio aparece un punto muy luminoso en lugar de una línea horizontal.

Para concluir solo queda fijar el circuito impreso en la base del mueble utilizando **dos tornillos metálicos**, en coincidencia con los agujeros presentes en la base del mueble, y **dos separadores de plástico** con **base autoadhesiva** que se han de instalar a los lados del transformador **T1** (ver Fig.21).

Una vez cerrada la **tapa** del mueble ya se puede proceder a experimentar con las **figuras de Lissajous**.

AJUSTE del OSCILOSCOPIO

Para obtener las figuras de **Lissajous** hay que aplicar la señal generada por el circuito **LX.1612** a las **entradas X-Y** del osciloscopio, denominadas en algunos modelos **CH1-CH2**, y, a continuación, activar la **función X-Y** (ver Fig.6).

En algunos osciloscopios la **función X-Y** se activa llevando el mando **Time/Div.** a la posición **X-Y** (ver Fig.4), mientras que en otros modelos de osciloscopio la **función X-Y** se activa presionando un **pulsador** identificado con la inscripción **X-Y** (ver Fig.4).

NOTA: Como síntoma de que el osciloscopio está puesto en **modo X-Y** en el centro de la **pantalla** aparece un **punto** muy luminoso en lugar de una línea horizontal (ver Fig.5).

Llegado este punto hay que ajustar el mando de los selectores **Volts/Div.** de los canales **X-Y** (**CH1-CH2**) al valor de **0.2 Volts/Div.** (ver Fig.6).

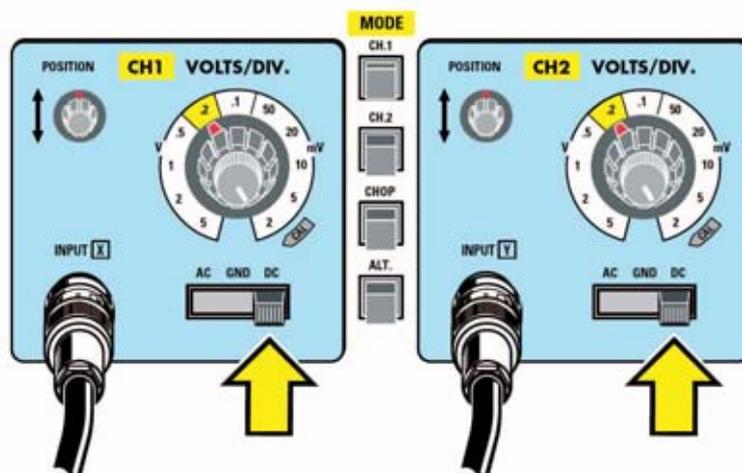


Fig.6 Con el punto mostrado en la Fig.5 en pantalla hay que ajustar los mandos Volts/Div. de los canales X-Y (CH1-CH2) a la posición 0.2 Volts/Div. Por último hay que ajustar las palancas de los conmutadores AC-GND-DC a la posición DC.

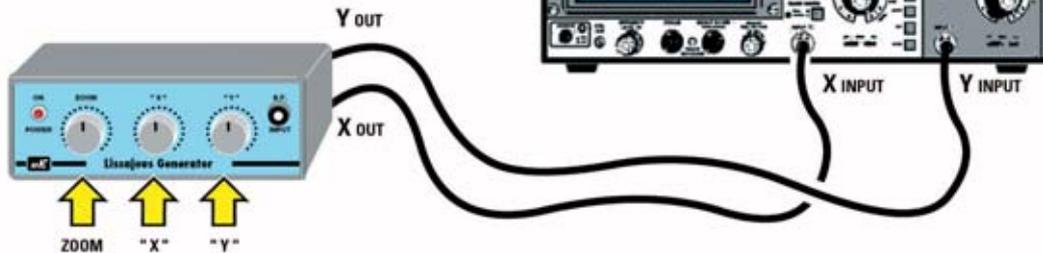


Fig.7 Para conectar los dos BNC HEMBRA de salida situados en la parte trasera del mueble hay que utilizar dos cables coaxiales de 50 cm dotados de dos conectores BNC MACHO. Quienes no dispongan de estos cables nos los pueden solicitar.

A continuación hay que ajustar el conmutador **AC-GND-DC** de los canales **X-Y (CH1-CH2)** en la posición **DC** (ver Fig.6).

Una vez realizadas estas sencillas operaciones hay que conectar, mediante **cables coaxiales con BNC**, las **salidas X-Y del LX.1612** a las tomas **Input X - Input Y del osciloscopio** (ver Fig.7). Ya se pueden visualizar las **figuras de Lissajous**.

ELIPSES y CÍRCULOS

Las figuras más sencillas que se pueden obtener utilizando nuestro circuito son **elipses** y **círculos**.

Una vez **ajustado** el osciloscopio como se indica en la Fig.6 hay que alimentar el circuito **LX.1612**. En la pantalla aparecerá una figura con forma de **elipse** (ver Fig.8).

Girando el mando del potenciómetro **R4 (Y)** se puede modificar la elipse en **sentido vertical** mientras que girando el mando del potenciómetro **R6 (X)** se puede modificar su **inclinación horizontal** (ver Figs.10-11).

Llegado este punto cada uno puede ajustar los tres potenciómetros **R2-R4-R6** a su gusto para generar diversas figuras.

Para conseguir en la pantalla del osciloscopio un **círculo perfecto** es aconsejable ajustar en primer lugar el potenciómetro **R2 (zoom)** de

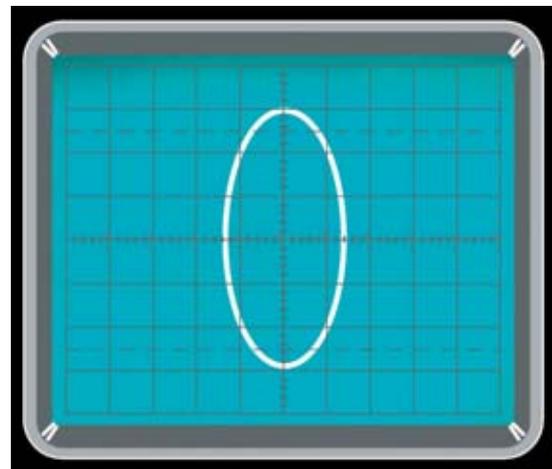


Fig.8 Girando el mando del potenciómetro R6 se obtiene una elipse que se puede ampliar o reducir.

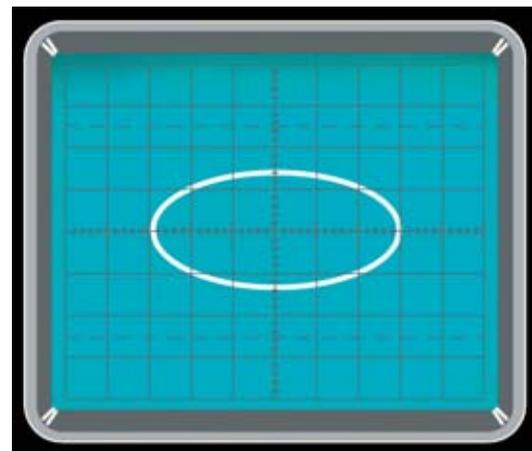


Fig.9 Cruzando las entradas X-Y la elipse se muestra en posición horizontal en lugar de en posición vertical.

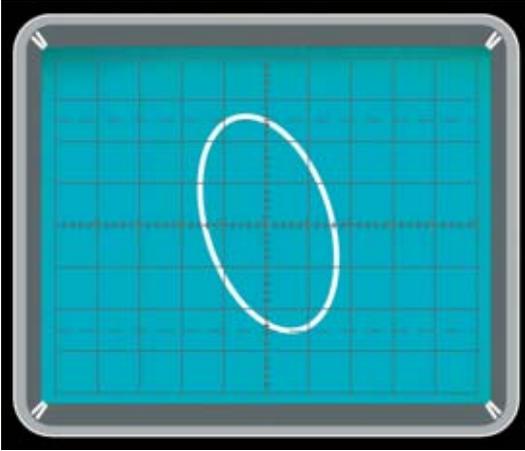


Fig.10 Para variar la inclinación de la elipse hay que girar el mando del potenciómetro R6, ya que controla la entrada X del osciloscopio.

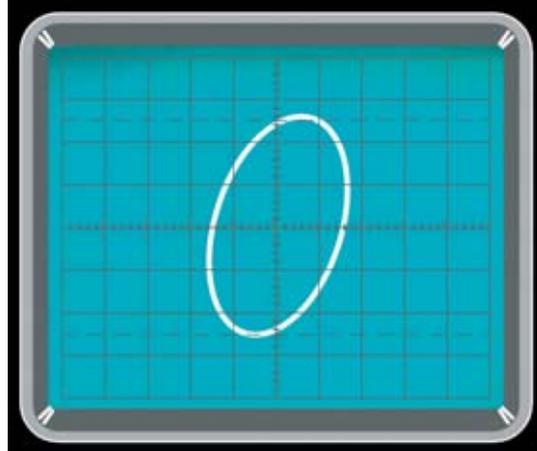


Fig.11 Actuando sobre el mando del potenciómetro R6 se puede inclinar la elipse mostrada en la Fig.10 hacia la derecha.

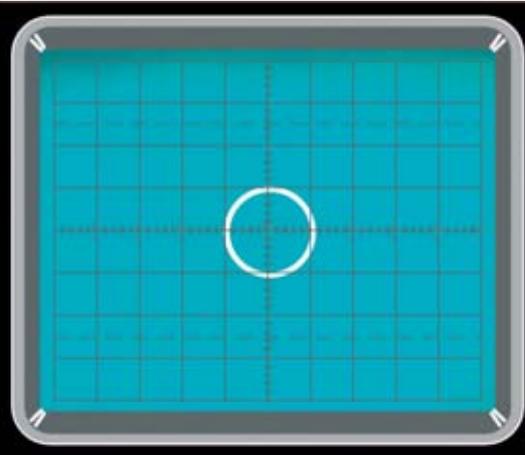


Fig.12 Para obtener círculos perfectos hay que actuar sobre el mando del potenciómetro R2 (zoom) y, a continuación, sobre R4-R6 de forma que se obtenga un pequeño y perfecto anillo.

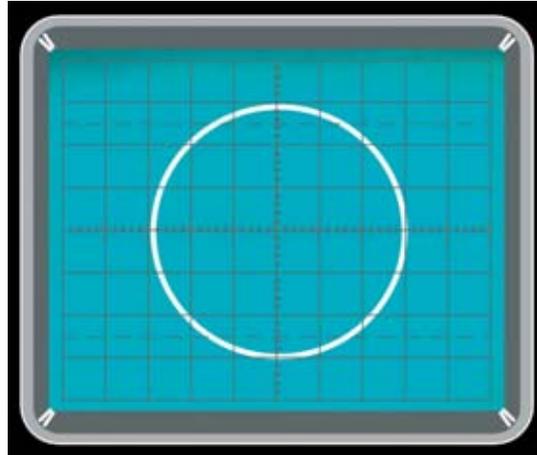


Fig.13 Una vez obtenida la imagen mostrada en la Fig.12 se puede actuar sobre el mando del potenciómetro R2 (zoom) para agrandar el anillo a las dimensiones deseadas.

forma que en la pantalla aparezca un **anillo de pequeñas dimensiones** (ver Fig.12).

Puesto que esta figura no será perfectamente circular hay que actuar sobre los potenciómetros **R4-R6** hasta lograr un **círculo perfecto**. Después ya solo queda actuar sobre el mando del potenciómetro **R2 (zoom)** para obtener un círculo con las **dimensiones deseadas** (ver Fig.13).

SEÑALES con un GENERADOR BF

Quienes dispongan de un **Generador BF** de **onda sinusoidal** u **onda cuadrada** pueden obtener fi-

guras realmente atractivas. No obstante quien no disponga de un Generador BF puede **construir** uno de los sencillos kits publicados en la Revista.

Manteniendo conectadas las **salidas X-Y** del **LX.1612** a las entradas del **osciloscopio** hay que conectar la **salida** del **Generador BF** al conector **BF Input** presente en el panel frontal del **LX.1612** (ver Fig.14).

En primer lugar hay que ajustar el **Generador BF** para que proporcione ondas **sinusoidales**, ajustando la frecuencia a un valor de unos **200-300-500 Hz**.

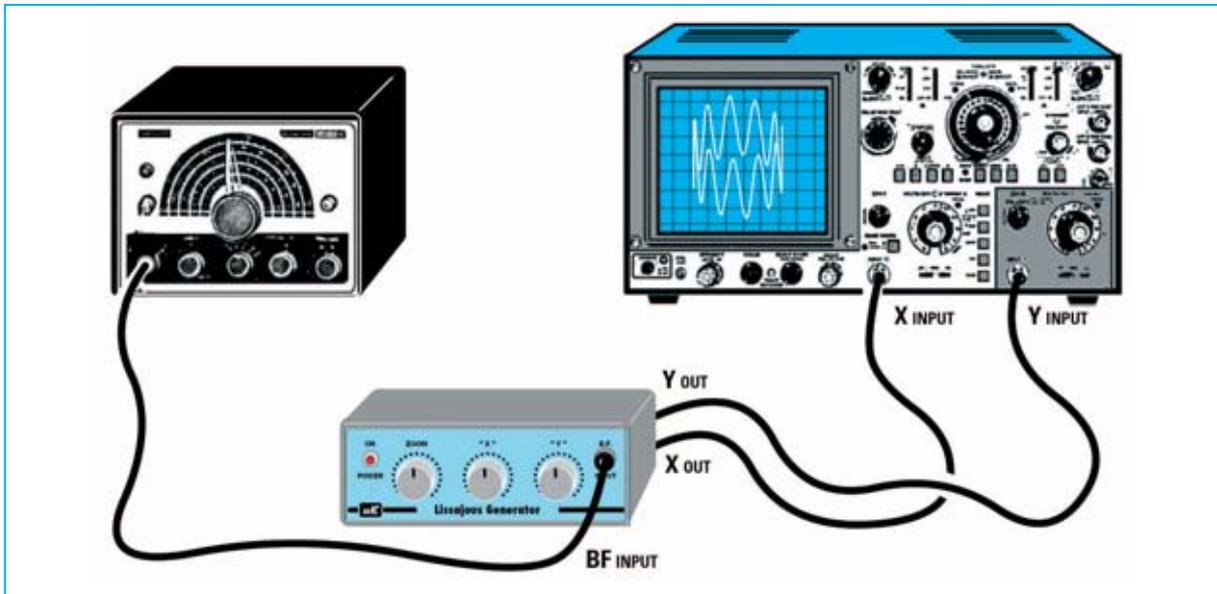


Fig.14 Quienes dispongan de un Generador BF de ondas sinusoidales y cuadradas pueden obtener figuras muy atractivas aplicando la señal generada a la entrada BF.

Estos valores de frecuencia **no son críticos**. Por lo tanto aunque se generen **180-250-485 Hz** también aparecerán en la pantalla figuras parecidas a las reproducidas en las Figs.15-16.

Probablemente estas figuras **no** permanecerán **estáticas** sino que **girarán** sobre sí mismas, con mayor o menor velocidad de giro.

Esta rotación se produce cuando la frecuencia proporcionada por el **Generador BF** no es un **múltiplo** exacto de los **50 Hz** de la red. De hecho para conseguir una elipse o un círculo (Figs.10-12-13) se utiliza la frecuencia de **50 Hz** obtenida del **secundario** del transformador **T1**.

Si, ajustando el selector de frecuencia del **Generador BF**, se **para** el movimiento rotatorio de estas figuras, la frecuencia aplicada a la **entrada BF** es **múltiplo** exacto de **50 Hz**.

Para conocer el **valor exacto** de la **frecuencia** aplicada a la **entrada BF** solo hay que contar el número de **picos** de las **ondas enteras**.

Por ejemplo, si se cuentan **6 picos** (ver Fig.15) significa que la **frecuencia** proporcionada por el **Generador BF** es de:

$$\text{Frecuencia (Hz)} = 50 \times 6 = 300 \text{ Hz}$$

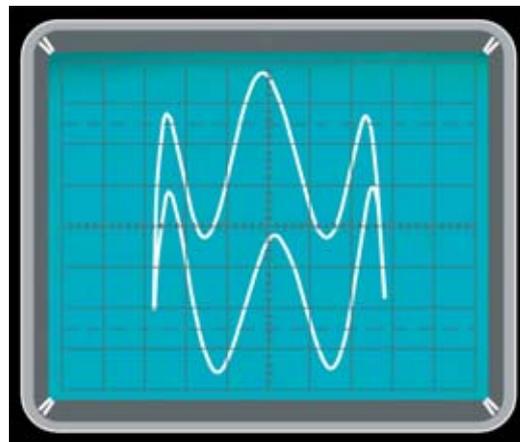


Fig.15 Mediante el número de picos de las ondas sinusoidales se puede obtener la frecuencia exacta proporcionada por el Generador BF.

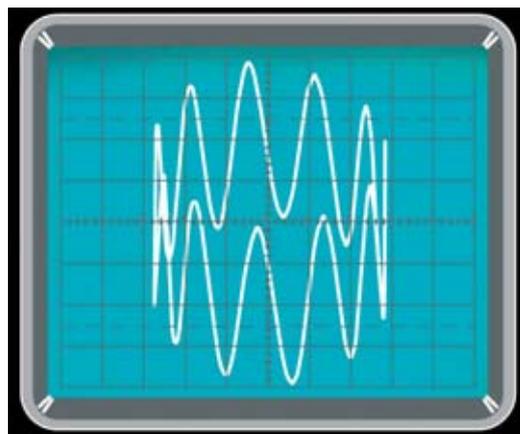


Fig.16 Puesto que en esta figura hay 11 sinusoides completas se puede afirmar que el Generador BF proporciona una frecuencia de $11 \times 50 = 550 \text{ Hz}$.

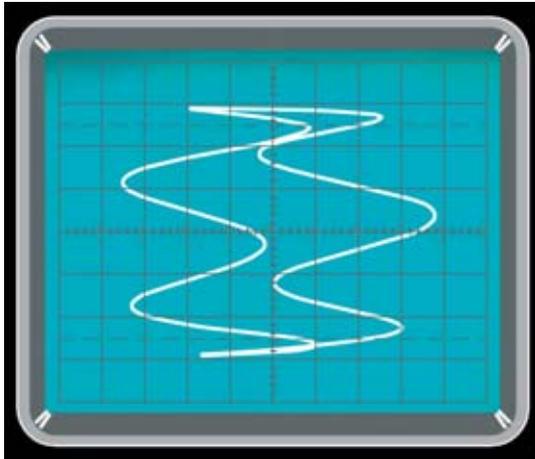


Fig.17 Si se cruzan los cables de las entradas X-Y se intercambian las coordenadas horizontales y verticales. Esta imagen corresponde a la mostrada en la Fig.15 con los cables X-Y cruzados.

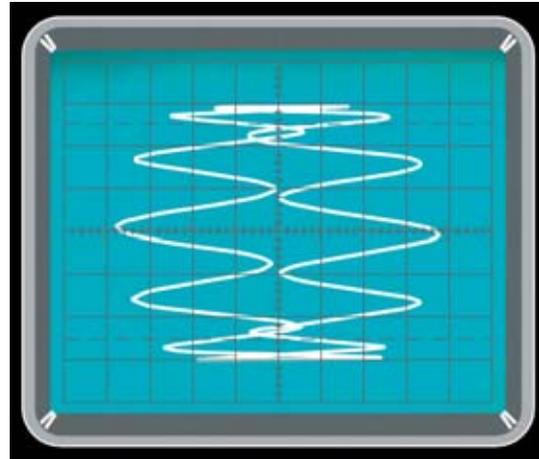


Fig.18 Esta imagen corresponde a la mostrada en la Fig.16 con los cables X-Y cruzados.

Si en la pantalla del osciloscopio aparecen **11 picos** (ver Fig.16) significa que la **frecuencia** proporcionada por el **Generador BF** es de:

$$\text{Frecuencia (Hz)} = 50 \times 11 = 550 \text{ Hz}$$

Este sencillo ejemplo explica como se utilizaba el método de las curvas de **Lissajous** en el pasado, cuando no existían los **frecuencímetros digitales**, para realizar medidas de **frecuencia** utilizando un **Generador BF** y una **frecuencia patrón**.

ENTRADAS X-Y CRUZADAS

Cruzando los cables coaxiales conectados a las entradas **X** e **Y** del **osciloscopio** las figuras generadas se visualizan en sentido **horizontal** en lugar de en sentido **vertical** (ver Figs.17-18).

ONDAS SINUSOIDALES y CUADRADAS

Quienes dispongan de un **Generador BF** capaz de proporcionar **ondas cuadradas** pueden obtener interesantes figuras. Estas imágenes,

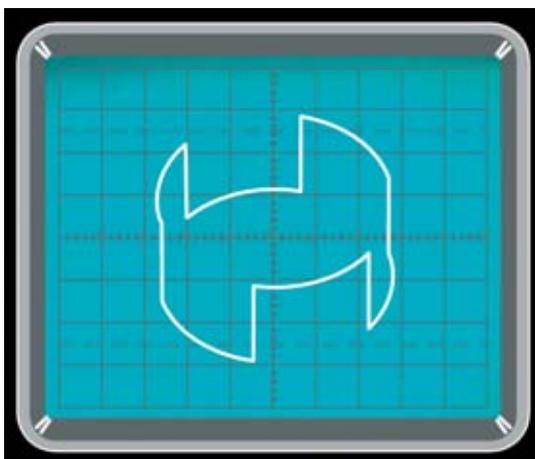


Fig.19 Si a la entrada BF del LX.1612 se aplica una onda **CUADRADA** aparecerá esta figura que, al estar compuesta por 3 ondas completas, indica que el **Generador BF** proporciona una frecuencia de $3 \times 50 = 150 \text{ Hz}$.

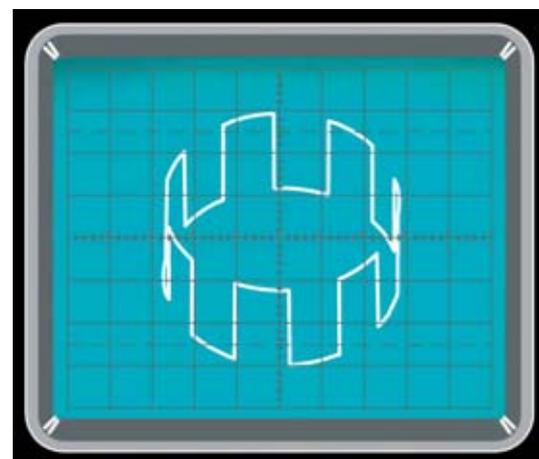


Fig.20 Si se aplica a la entrada BF del LX.1612 una onda **CUADRADA** y aparece en la pantalla del osciloscopio una figura compuesta por 7 ondas completas se puede afirmar que el **Generador BF** proporciona una frecuencia de $7 \times 50 = 350 \text{ Hz}$.



Fig.21 Una vez montados todos los componentes en el circuito impreso LX.1612 hay que fijarlo a la base del mueble de plástico y realizar las conexiones con los componentes instalados en el panel frontal y en el panel posterior.

por su forma característica, se suelen denominar **coronas** (ver Figs.19-20).

Todo lo anteriormente expuesto para el **cálculo de frecuencia** con **ondas sinusoidales** también es válido para las **ondas cuadradas**.

Si, por ejemplo, las **ondas cuadradas** son **3** (ver Fig.19) la **frecuencia** proporcionada por el **Generador BF** es de:

$$\text{Frecuencia (Hz)} = 50 \times 3 = 150 \text{ Hz}$$

Si en la pantalla del osciloscopio aparecen **7 ondas cuadradas** (ver Fig.20) la **frecuencia** proporcionada por el **Generador BF** es de:

$$\text{Frecuencia (Hz)} = 50 \times 7 = 350 \text{ Hz}$$

Actuando sobre los **potenciómetros R2-R4-R6** y sobre la **amplitud** de la señal de salida

del **Generador BF** se pueden conseguir muchas más composiciones.

CONCLUSIÓN

Una vez que hemos presentado el circuito capaz de generar las **figuras de Lissajous** cada uno puede poner a prueba su **creatividad** generando **formas de onda** diferentes a las que nosotros hemos propuesto.

PRECIO de REALIZACIÓN

- LX.1612:** Precio de todos los componentes necesarios para la realización del kit (ver Fig.3), incluyendo circuito impreso, transformador, mueble de plástico **MO.1612** con el panel frontal y el panel posterior perforados y serigrafiados46,65 €
- LX.1612:** Circuito impreso6,55 €
- RG01.05:** Cable coaxial de **50 cm** con conectores **BNC macho**7,90 €

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.



EL OSCILOSCOPIO

Para conocer el valor de una bobina o de una impedancia en microhenrios o milihenrios es indispensable disponer, en principio, de un impedancímetro. Muy pocas personas saben que para realizar este tipo de medida se puede utilizar también el osciloscopio, tal y como exponemos en este artículo.

Muy pocos conocen que es posible medir el valor de una bobina o de una impedancia utilizando un osciloscopio, ya que comúnmente se piensa que la única finalidad de este instrumento consiste en visualizar la forma, amplitud y frecuencia de una señal eléctrica.

En este artículo exponemos como con un osciloscopio y un Generador RF capaz de proporcionar frecuencias incluidas entre 50 KHz y 20-30 MHz es posible determinar con extrema facilidad y con muy buena precisión el valor, expresado en microhenrios o milihenrios, de una bobina o de una impedancia, la frecuencia de sintonía de una MF o la frecuen-

cia de sintonía de un Filtro Cerámico de 455 KHz o de 10,7 MHz.

OPERACIONES PRELIMINARES

La primera operación para realizar estas medidas consiste en ajustar los mandos de control del osciloscopio, tal y como se indica a continuación (ver Figs.2-3-4):

- Ajustar el selector Volts/Div. del canal CH1 a 50 milivolt/Div. (ver Fig.2) y poner el selector AC-GND-DC del canal CH1 en la posición AC (ver flecha B).
- Puesto que para esta medida normalmente se utiliza CH1 hay que presionar el pulsador CH1 de Vertical Mode (ver flecha D en la Fig.3).

- Ajustar el selector **Time/Div.** a un tiempo de **1 milisegundo** (ver Fig.4) de forma que se vea en pantalla la señal obtenida del **Generador RF** (ver Fig.9).

- Poner el selector **Trigger Source** en la posición **Normal** (ver flecha **G** en la Fig.3).

- Presionar el pulsador **Auto** del selector **Trigger Mode** (ver flecha **H** en la Fig.3). En algunos osciloscopios se utiliza un **conmutador rotativo** o de **palanca**.

- Poner el **conmutador** de la **sonda** del **osciloscopio** en la posición **x1** (ver Fig.6).

RESTO de OPERACIONES

Después de haber ajustado el osciloscopio como hemos indicado hay que conectar el cable de salida del **Generador RF** a la sonda del **osciloscopio** y ajustar el mando **RF OUT** (amplitud de la señal de salida) del **Generador RF** para que en la pantalla se muestre la señal con

- A: Entrada del canal CH1 (izquierda) y Entrada del canal CH2 (derecha).
- B: Selectores AC-GND-DC (Corriente Alterna - Masa - Corriente Continua).
- C: Selectores de Sensibilidad, medida en Volts/Div. (voltios por cuadro).
- D: Pulsadores VERTICAL MODE (ver Fig.3).
- E: Selector de la Base de Tiempos o Time/Div. (ver Fig.4).
- F: Selector TRIGGER COUPLING. Normalmente se posiciona en AC o DC.
- G: Selector TRIGGER SOURCE. Ha de seleccionarse la posición Normal (ver Fig.3).
- H: Selector TRIGGER MODE. Ha de seleccionarse la posición Auto (ver Fig.3).

como IMPEDANCÍMETRO

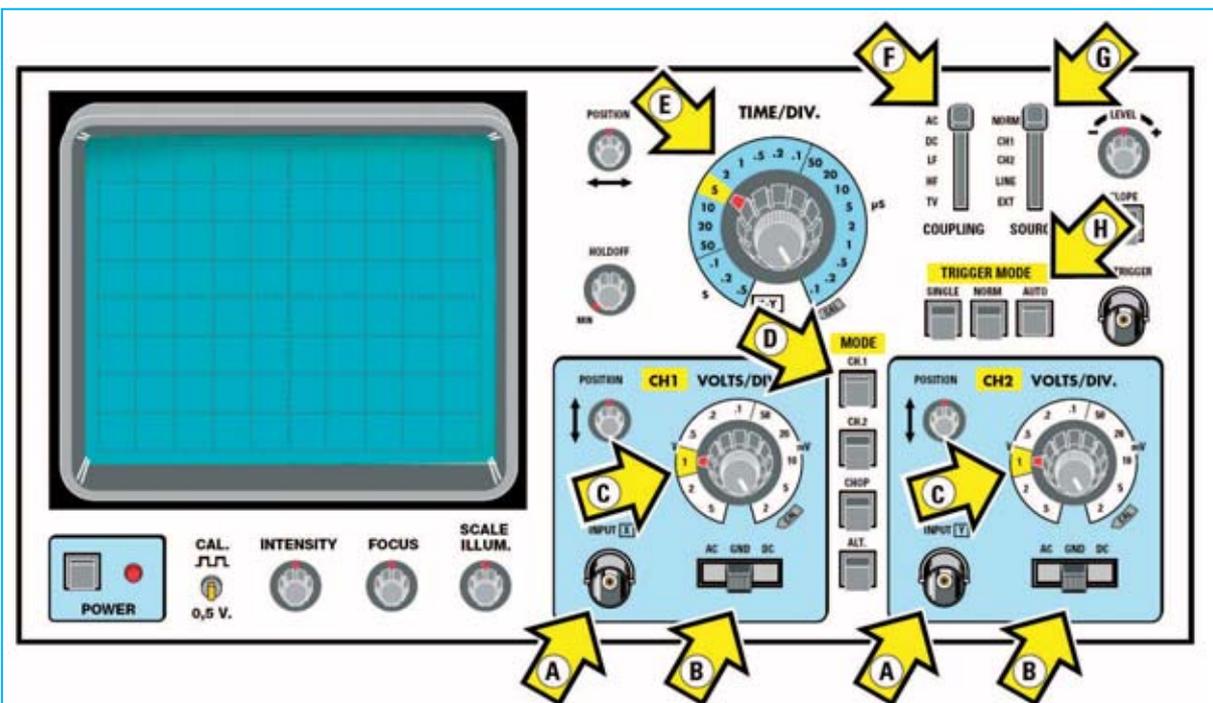


Fig.1 En la Leyenda adjunta se describen las funciones efectuadas por los diferentes controles disponibles en un osciloscopio común.

una amplitud correspondiente a unos **6-7 cuadros** en **vertical** (ver Fig.9).

Nosotros hemos seleccionado para el control **Volts/Div.** del canal **CH1** un valor de **50 milivoltios** (ver Fig.2) porque, incluso los modelos más básicos de **Generadores RF**, pueden proporcionar perfectamente una señal con una amplitud **400-500 milivoltios**.

Una vez ajustada la amplitud a **6-7 cuadros** en **vertical** (ver Fig.9) es aconsejable no volver a tocar el mando **RF OUT** del **Generador RF**.

MEDIR INDUCTANCIAS O IMPEDANCIAS

Para medir el valor de una **inductancia** o de una **impedancia** hay que conectar la salida del **Generador RF** a la **sonda** del **osciloscopio** a través de dos resistencias de **1.000 ohmios 1/4 vatio** conectadas en **serie** (ver Fig.5).

Entre la **unión** de las dos resistencias y **masa** se conecta la **inductancia** o **impedancia** de valor **desconocido** (ver Fig.7), aplicando en **paralelo** un **condensador** de **poliéster** de **1.000 picofaradios**.

En lugar del **condensador** de **poliéster** de **1.000 picofaradios** también se puede utilizar un **condensador cerámico** del mismo valor, eso sí teniendo presente que casi siempre los condensadores **cerámicos** sufren más **variaciones térmicas**, por lo que su capacidad podría alterarse al variar **temperatura**.

Una vez conectada la **impedancia** de valor desconocido entre el **Generador RF** y el **osciloscopio** como se indica en la Fig.7 hay que **variar** lentamente el **control** de **frecuencia** del **Generador RF**, comenzando con una frecuencia **baja**, unos **100 KHz**, hasta llegar a **20-30 MHz**, observando la **señal** que aparece en la pantalla del osciloscopio.

Inicialmente la **amplitud** de la señal que aparece en la pantalla del osciloscopio será muy **pequeña** (ver Fig.8). Según se **aumente** la **frecuencia** con el mando del **Generador RF** también irá **aumentado** la **amplitud** de la señal.

Una vez alcanzada la **amplitud máxima** (ver Fig.9) si se sigue aumentando la frecuencia del **Generador RF** la amplitud **disminuirá** (ver Fig.10).

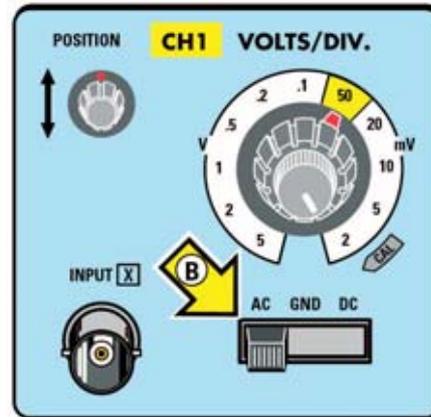


Fig.2 El selector Volts/Div. de CH1 ha de ajustarse a 50 milivoltios y la palanca AC-GND-DC ha de posicionarse en AC (ver flecha indicadora).

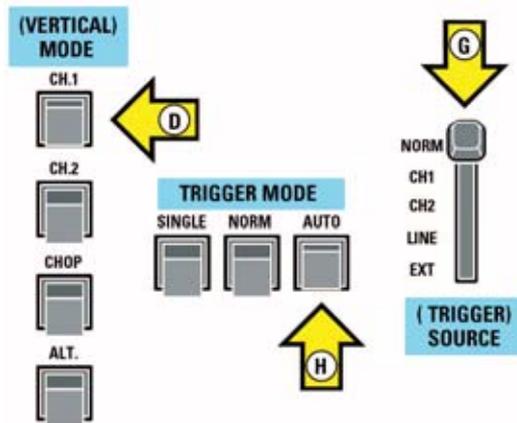


Fig.3 Hay que seleccionar CH1 en VERTICAL MODE (flecha D), AUTO en el selector TRIGGER MODE (flecha H) y NORMAL en el selector TRIGGER SOURCE (flecha G).

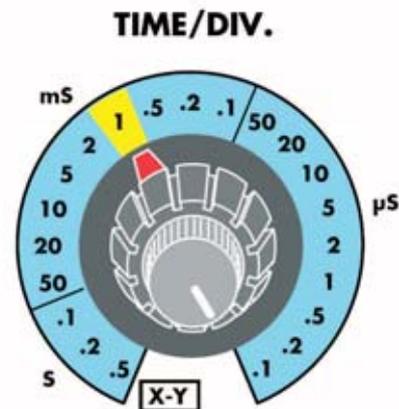


Fig.4 Para ver la señal con el aspecto mostrado en las Figs.8-9-10 hay que posicionar el control Time/Div. en 1 milisegundo.

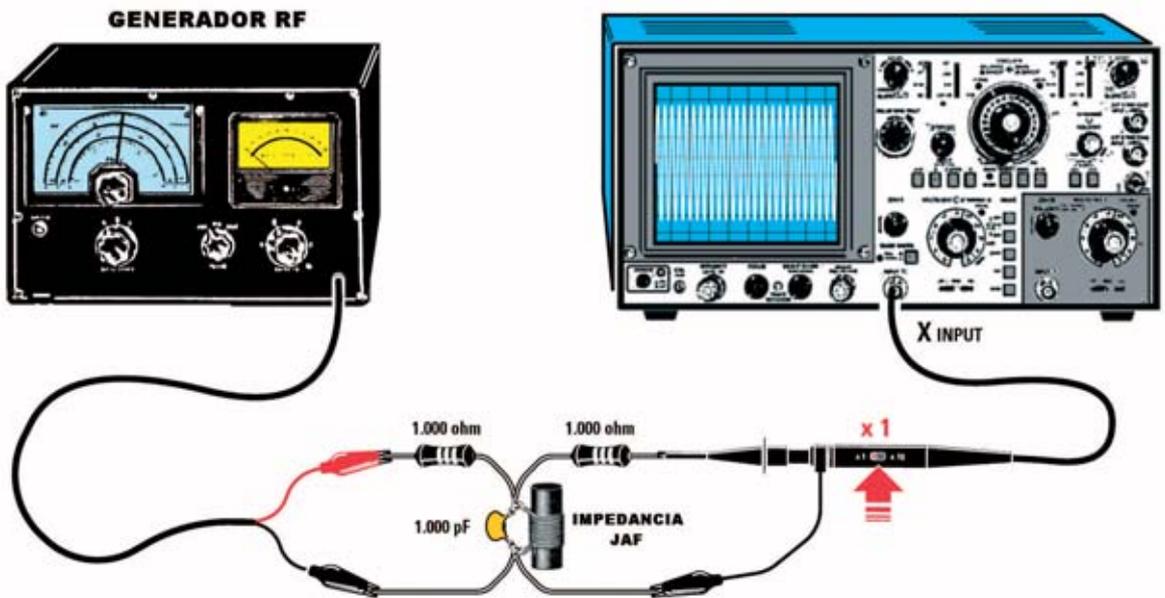


Fig.5 Para medir el valor de una inductancia o de una impedancia hay que conectar entre la salida del Generador RF y la sonda del osciloscopio dos resistencias de 1.000 ohmios 1/4 vatio en serie. A continuación hay que ajustar el mando RF OUT del Generador RF (amplitud de la señal de salida) de forma que la señal presente en el osciloscopio tenga una amplitud de 6-7 cuadros (ver Fig.9).

Fig.6 Es aconsejable poner el pequeño conmutador de palanca situado en la sonda del osciloscopio en la posición x1.

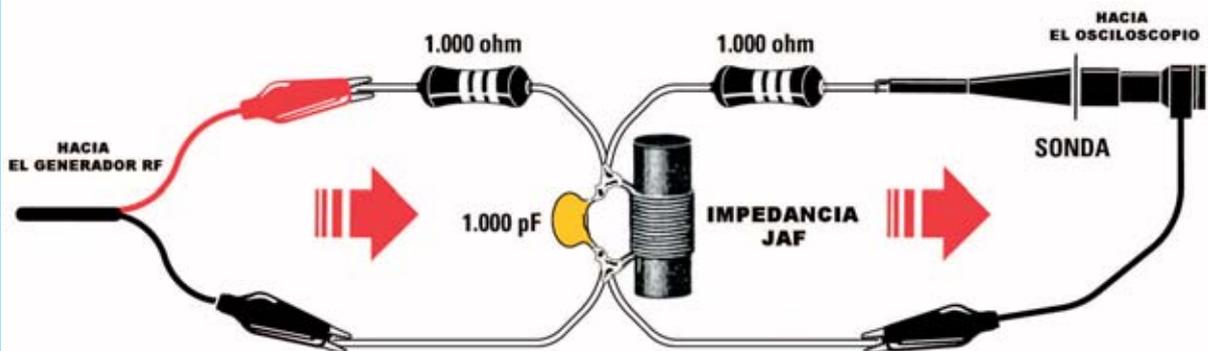
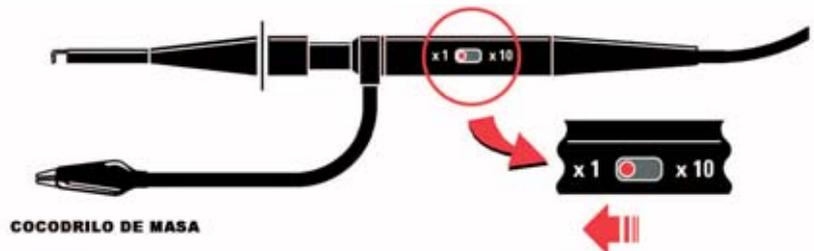


Fig.7 La inductancia o la impedancia de valor desconocido ha de conectarse entre la unión de las dos resistencias de 1.000 ohmios y masa, aplicando en paralelo un condensador de 1.000 picofaradios, preferiblemente de poliéster. En la pizarra reproducida en la Fig.16 se muestran todas las fórmulas utilizadas en los diferentes cálculos.

La frecuencia correspondiente a la **amplitud máxima** (ver Fig.9) es la **frecuencia de sintonía**. En ese momento hay que leer en el **Generador RF** el valor de la **frecuencia**.

Conociendo el valor de la **frecuencia de sintonía** para obtener el valor de la **inductancia** o de la **impedancia**, expresada en **microhenrios**, hay que utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{microhenrios} = 25.300 : [(\text{MHz} \times \text{MHz}) \times \text{pF}]$$

Leyenda:

MHz: Valor de la **frecuencia de sintonía**, expresado en **Megahertzios**, correspondiente al momento en el que la señal mostrada en el osciloscopio alcanza su **máxima amplitud** (ver Fig.9). Este valor se eleva al **cuadrado**, de ahí que en la fórmula aparezca como **MHz x MHz**.

pF: Valor del condensador conectado en **paralelo** a la **impedancia** o a la **inductancia**, en nuestro caso **1.000 picofaradios**.

Suponiendo que la **amplitud** máxima (ver Fig.9) se ha alcanzado con una frecuencia de **2,32 MHz**, podemos afirmar que la **impedancia** tiene un valor de:

$$25.300 : [(2,32 \times 2,32) \times 1.000] = 4,7 \text{ microH}$$

En el caso de que el **Generador RF** indique una frecuencia de **2,33 MHz** se obtiene:

$$25.300 : [(2,33 \times 2,33) \times 1.000] = 4,66 \text{ microH}$$

En este caso también podemos afirmar que el valor de la impedancia es de **4,7 microhenrios**, ya que estos componentes tienen **tolerancias**.

FRECUENCIAS de SINTONÍA bajas (KHz)

Según **aumente** el valor de la **inductancia** o de la **impedancia** **descenderá** la **frecuencia de sintonía**. Incluso puede bajar de **1 MHz**, en cuyo caso es más conveniente expresar el valor de la frecuencia en **KHz** (ver **Tabla N°1**).

Para obtener valores en **microhenrios** utilizando valores de frecuencia expresados en **KHz** hay que **convertir** previamente la frecuencia a **MHz**, dividiendo el valor por **1.000**.

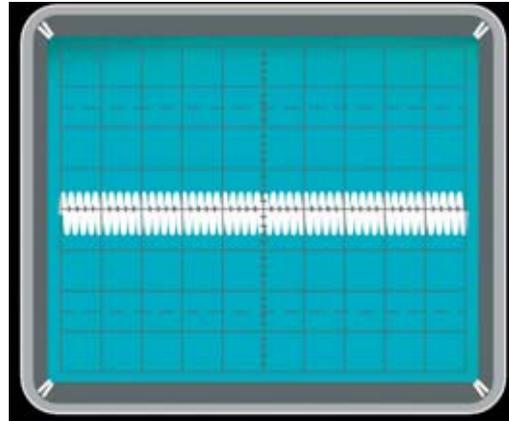


Fig.8 Conectando el osciloscopio al Generador RF tal como se indica en las Figs.7-11-12 en la pantalla del osciloscopio aparece una señal con poca amplitud.

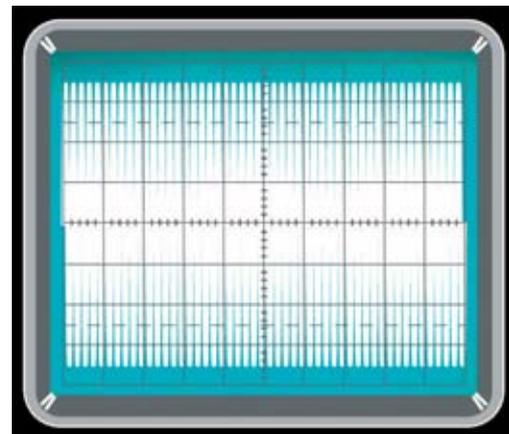


Fig.9 Ajustando la frecuencia del Generador RF se encontrará un valor que hace aparecer la señal con su amplitud máxima (6-7 cuadros).

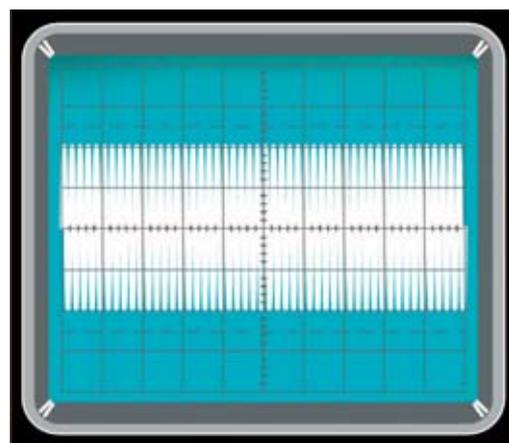


Fig.10 La amplitud máxima corresponde a la frecuencia de sintonía del circuito L/C. Si se cambia el valor de la frecuencia del Generador RF la amplitud se reducirá.

Suponiendo que el **Generador RF** indica una **frecuencia de sintonía** de **175 KHz** al convertirla a **MHz** se obtiene el siguiente valor:

$$175 : 1.000 = 0,175 \text{ MHz}$$

Que ya se puede incluir en la fórmula:

$$\text{microhenrios} = 25.300 : [(\text{MHz} \times \text{MHz}) \times \text{pF}]$$

Obteniendo, en este caso, un valor de:

$$25.300 : [(0,175 \times 0,175) \times 1.000] = 826 \text{ microH}$$

Teniendo en cuenta las **tolerancias** de los componentes **L/C** y de las **capacidades parásitas** podemos afirmar que la impedancia a medir tiene un valor estándar de **820 microhenrios**.

VALOR IMPEDANCIA	FRECUENCIA SINTONÍA	CONTROL VOLTS/DIV.
1,0 microH	5,03 MHz	5 milivolt
2,2 microH	3,39 MHz	5 milivolt
3,3 microH	2,76 MHz	5 milivolt
4,7 microH	2,32 MHz	5 milivolt
8,2 microH	1,75 MHz	5 milivolt
10 microH	1,59 MHz	5 milivolt
15 microH	1,30 MHz	5 milivolt
18 microH	1,18 MHz	5 milivolt
22 microH	1,07 MHz	5 milivolt
33 microH	875 KHz	5 milivolt
47 microH	735 KHz	5 milivolt
56 microH	673 KHz	5 milivolt
82 microH	555 KHz	5 milivolt
100 microH	500 KHz	50 milivolt
150 microH	410 KHz	50 milivolt
180 microH	375 KHz	50 milivolt
220 microH	340 KHz	50 milivolt
270 microH	300 KHz	50 milivolt
330 microH	275 KHz	50 milivolt
470 microH	230 KHz	50 milivolt
560 microH	210 KHz	50 milivolt
820 microH	175 KHz	50 milivolt
1,0 millIH	159 KHz	50 milivolt
2,2 millIH	107 KHz	50 milivolt
10 millIH	50 KHz	50 milivolt

NOTA Las frecuencias indicadas en esta Tabla son aproximadas ya que dependen de la precisión del Generador RF. Quienes deseen conseguir valores precisos tienen que leer la frecuencia utilizando un frecuencímetro digital.

En la **Tabla N°1** hemos indicado los valores de **frecuencia** del **Generador RF** en función del valor de la **impedancia**.

Cuando se quieran medir valores de **milihenrios**, que precisan utilizar **frecuencias** inferiores a **100 KHz**, es necesario utilizar un corriente **Generador BF** en lugar de un **Generador RF**.

AMPLITUD de SEÑAL BAJA

Midiendo **impedancias** o **inductancias** con valores de algunos **microhenrios** (ver **Tabla N°1**) con una sensibilidad de **50 milivoltios x cuadro** no se pueden conseguir señales que abarquen **6-7 cuadros**.

En estos casos para observar con claridad la señal correspondiente a la **frecuencia de sintonía** hay que ajustar el control **Volts/Div.** a valores de **5-10 milivoltios x cuadro**, o bien ajustar el mando **RF OUT** del **Generador RF** (amplitud de la señal de salida) de tal forma que la señal en la pantalla del osciloscopio cubra **6-7 cuadros** en **vertical** (ver Fig.9).

INDUCTANCIA sobre un NÚCLEO TOROIDAL

Para medir el valor de una **inductancia** hemos aconsejado conectarla entre la **unión** de dos **resistencias** de **1.000 ohmios** y **masa** (ver Fig.7).

Para conocer la **frecuencia de sintonía** de una bobina envuelta sobre un **núcleo toroidal** se puede adoptar la solución mostrada en la Fig.11, es decir aplicar a los contactos de la **bobina** a medir un **condensador** de **1.000 pF**, obteniendo en sus terminales la señal a aplicar al canal **CH1** del **osciloscopio**.

Sobre el **núcleo** hay que envolver provisionalmente **1 o 2 espiras**, utilizando cable de cobre **aislado** en **plástico**, conectando sus terminales a la salida del **Generador RF**.

Ajustando lentamente el mando de control de frecuencia del **Generador RF**, empezando por una frecuencia **baja** y subiendo a frecuencias **más altas**, hay que localizar el valor correspondiente a la **máxima amplitud** de la señal (ver Fig.9).

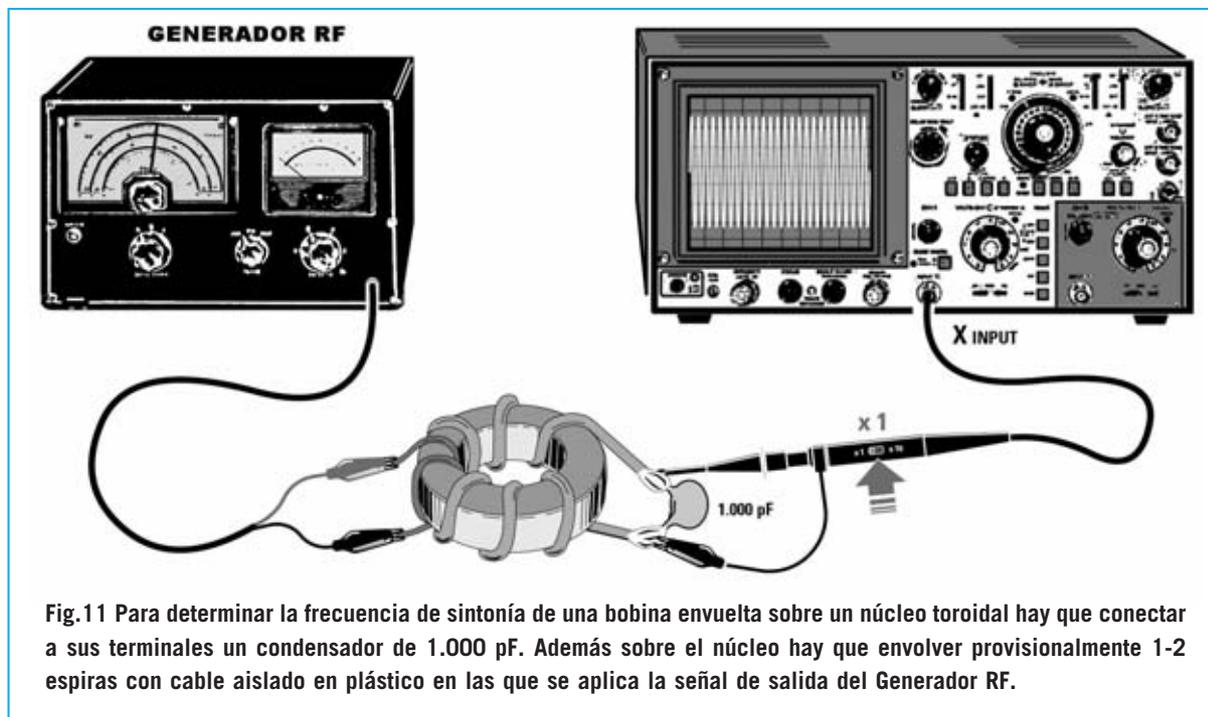


Fig.11 Para determinar la frecuencia de sintonía de una bobina envuelta sobre un núcleo toroidal hay que conectar a sus terminales un condensador de 1.000 pF. Además sobre el núcleo hay que envolver provisionalmente 1-2 espiras con cable aislado en plástico en las que se aplica la señal de salida del Generador RF.

Como ya hemos indicado la **amplitud máxima** corresponde a la **frecuencia de sintonía**. Una vez leída la frecuencia en el **Generador RF** se puede obtener el valor de la **inductancia** utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{microhenrios} = 25.300 : [(\text{MHz} \times \text{MHz}) \times \text{pF}]$$

Este mismo sistema, envolver **1** o **2 espiras** sobre el núcleo, se puede utilizar también para obtener el valor de la **inductancia** de una bobina envuelta sobre un **núcleo de ferroxcube** (ver Fig.12).

CAPACIDAD de SINTONÍA

A menudo ocurre que se conoce el valor de una **inductancia** o de una **bobina** y se quiere saber el valor de la **capacidad** a aplicar en **paralelo** para **sintonizar** el circuito **L/C** a un valor de **frecuencia** deseado.

La fórmula para determinar la **capacidad** del **condensador** es la siguiente:

$$\text{picofaradios} = 25.300 : [(\text{MHz} \times \text{MHz}) \times \text{microH}]$$

Suponiendo que se dispone de una **impedancia** de **22 microhenrios** y que se quiere sintonizar a una **frecuencia** de **3,2 MHz**, en paralelo a sus contactos hay que aplicar un condensador de:

$$25.300 : [(3,2 \times 3,2) \times 22] = 112 \text{ picofaradios}$$

Puesto que no se trata de un valor **estándar** se puede utilizar un condensador de **100 picofaradios** y un condensador de **10 pF** conectados en **paralelo**.

Antes de aplicar el condensador de 10 pF hay que controlar la frecuencia a la que se sintoniza el circuito con 100 pF ya que podría pasar que se sintonizase exactamente a 3,2 MHz a causa de las capacidades parásitas presentes en el circuito impreso.

FRECUENCIA de SINTONÍA de una MF

También puede suceder que se disponga de alguna **MF** de valor desconocido, es decir que no se sabe si es de **455 KHz**, **5,5 MHz** o de **10,7 MHz**.

Si se observan las **conexiones** de una **MF** se puede verificar que en un lado hay **2 terminales** mientras que en el lado opuesto hay **3 terminales** (ver Fig.14).

Los **2 terminales** corresponden al **secundario**, compuesto siempre por pocas espiras, mientras que los **3 terminales** corresponden al **primario**, compuesto por más espiras que

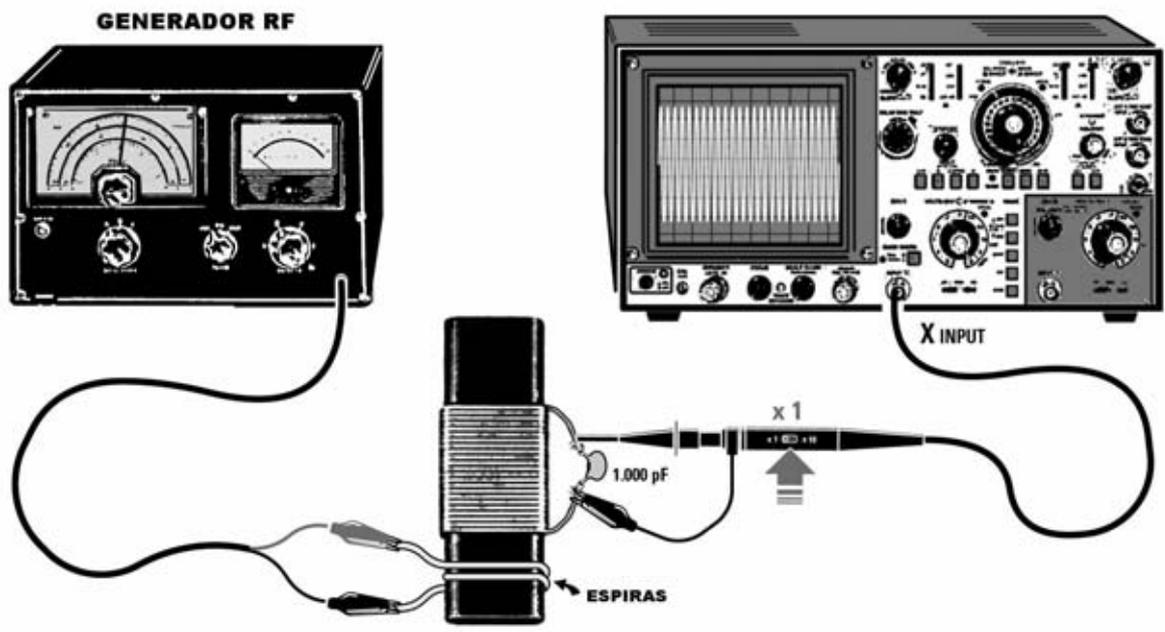


Fig.12 Para determinar la frecuencia de sintonía de una bobina envuelta sobre un núcleo ferrocube también hay que conectar a sus terminales un condensador de 1.000 pF y envolver sobre el núcleo provisionalmente 1-2 espiras con cable aislado en plástico en las que se aplica la señal de salida del Generador RF. La frecuencia de sintonía también puede determinarse utilizando el sistema de dos resistencias de 1.000 ohmios mostrado en las Figs.7-13.

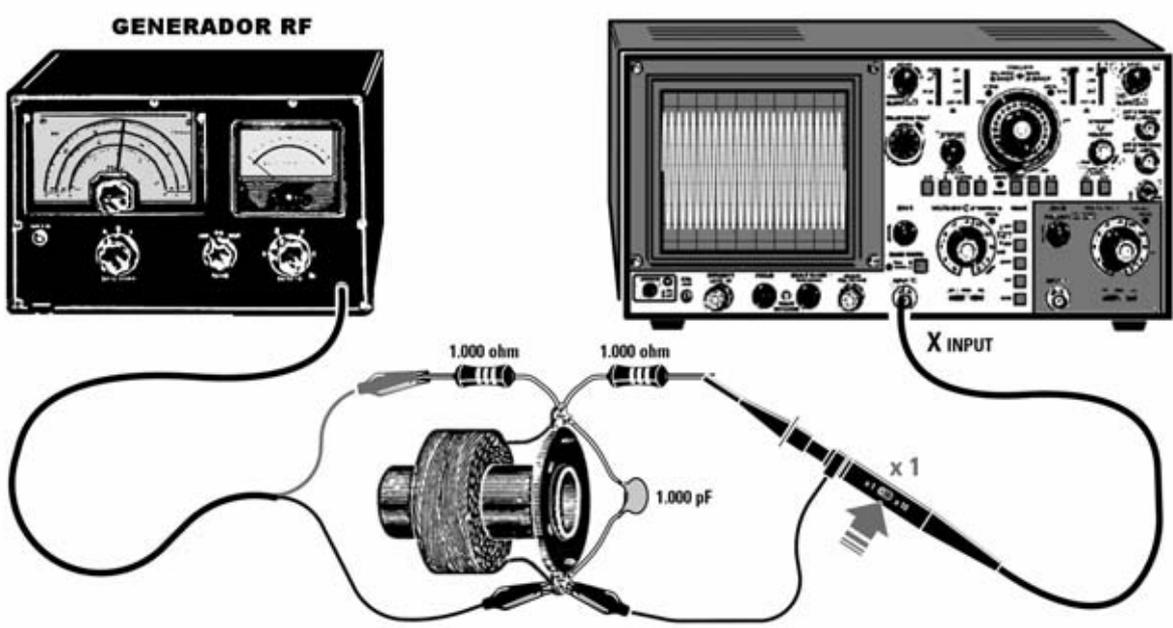


Fig.13 Para conocer la frecuencia de sintonía de una inductancia o de una impedancia la solución mejor consiste en utilizar dos resistencias de 1.000 ohmios, como se indica en la Fig.7, conectando también un condensador de 1.000 pF. Para obtener el valor en microhenrios o milihenrios se pueden utilizar las fórmulas mostradas en la Fig.16.

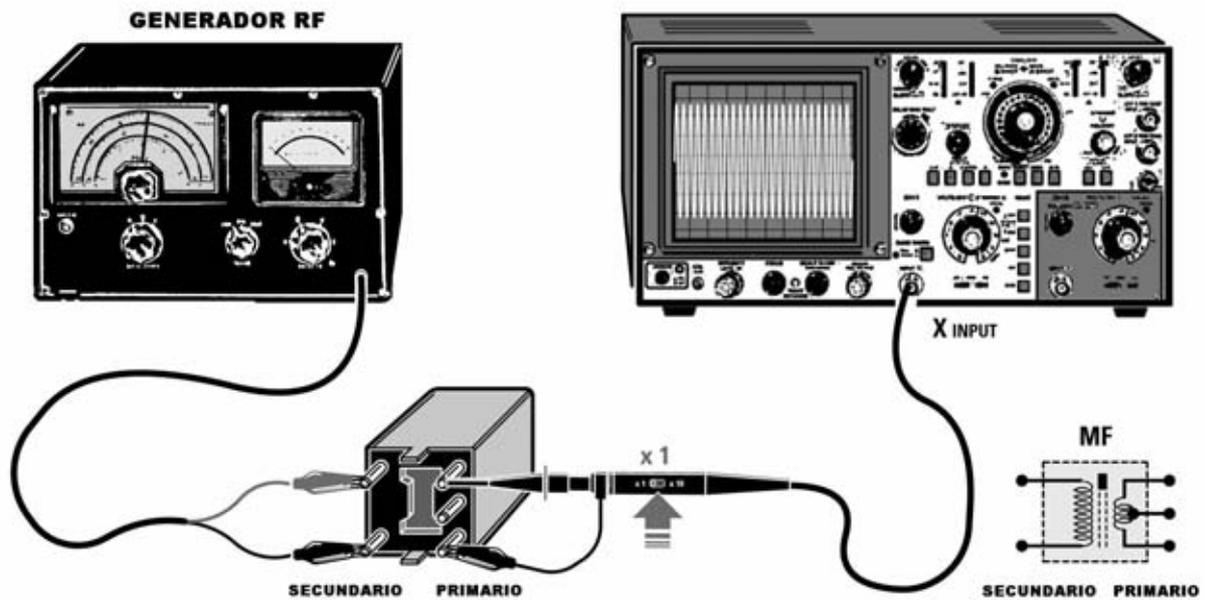


Fig.14 Para obtener la frecuencia de trabajo de una MF hay que controlar la disposición de sus terminales. El Secundario, sobre el que se aplica la señal obtenida del Generador RF, tiene 2 terminales, mientras que el Primario, que se ha de conectar al osciloscopio, tiene 3 terminales. En este caso no hay que utilizar ningún condensador.

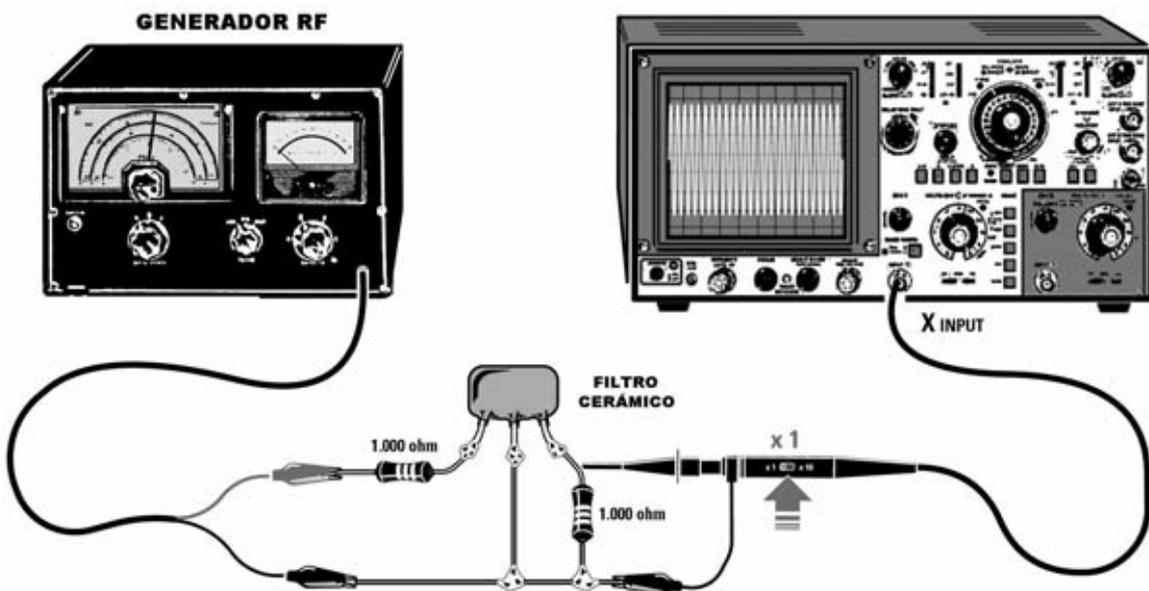


Fig.15 Para determinar la frecuencia de sintonía de un Filtro Cerámico hay que utilizar dos resistencias de 1.000 ohmios. La resistencia sobre la que se aplica la señal del Generador RF para ser enviada a la entrada del Filtro Cerámico se conecta en serie, mientras que la resistencia de la que se obtiene la señal RF a aplicar al osciloscopio se conecta entre el terminal de salida y masa.

el secundario y dotado de una **conexión intermedia**.

Para conocer la **frecuencia de sintonía** de una **MF** se puede conectar la señal de salida del **Generador RF** al **secundario** y la **sonda** del osciloscopio al **primario**, tal como se muestra en la Fig.14.

Ajustando lentamente el **mando de frecuencia** del **Generador RF**, partiendo de **450 KHz** subiendo a **5,5 MHz** y llegando a **10,7 MHz**, hay que encontrar el valor de **frecuencia** que corresponde a la **amplitud máxima** de la señal.

Nuevamente la **amplitud máxima** de la señal corresponde a la **frecuencia de sintonía** exacta de la **MF**.

Hay que recordar que en su interior hay un **núcleo ferromagnético** de ajuste. Suponiendo que la **amplitud máxima** de la señal corresponde a una frecuencia de **448 KHz** o **463 KHz**, girando el **núcleo ferromagnético** la **MF** se sintonizará a **455 KHz**.

Si la **máxima amplitud** de la señal corresponde a una frecuencia de **10,2 MHz** o de **10,9 MHz** la **MF** es de **10,7 MHz**. Girando su **núcleo ferromagnético** se puede sintonizar a **10,7 MHz**.

FRECUENCIA de FILTROS CERÁMICOS

La progresiva **miniaturización** de los circuitos electrónicos hace que hoy en día se utilicen muy poco las embarazosas **MF**, ya que están siendo sustituidas por minúsculos **filtros cerámicos**.

Si la **serigrafía** de estos **filtros cerámicos** no se puede leer **no** se podrá determinar directamente si se trata de un filtro de **455 KHz** o de un filtro de **10,7 MHz**.

En este caso para conocer la **frecuencia** de sintonía del **filtro cerámico** basta con hacer llegar la señal de salida del **Generador RF** al terminal de **entrada** mediante una resistencia de **1.000 ohmios** (ver Fig.15) y conectar entre el terminal de **salida** del filtro y **masa** una segunda resistencia de **1.000 ohmios**, conectando a esta la **sonda** del **osciloscopio**.

Ajustando lentamente el **mando de frecuencia** del **Generador RF**, partiendo de **400 KHz** hasta llegar a **11 MHz**, hay que encontrar el valor de **frecuencia** que corresponde a la **amplitud máxima** de la señal.

Nuevamente la **amplitud máxima** de la señal (ver Fig.9) corresponde a la **frecuencia de sintonía** exacta del **filtro cerámico**.

CONCLUSIÓN

Utilizando un **osciloscopio** y un **Generador RF** cuya **frecuencia** se pueda leer en su **indicador** (display o escala graduada) se puede obtener el valor de **inductancia**, en microhenrios o milihenrios, con una **tolerancia** del **+/-10%**.

Con los sencillos sistemas expuestos en este artículo se pueden conocer, con una buena aproximación, además del valor de la **inductancia**, la **frecuencia de sintonía** de una **MF** y de un **filtro cerámico**.

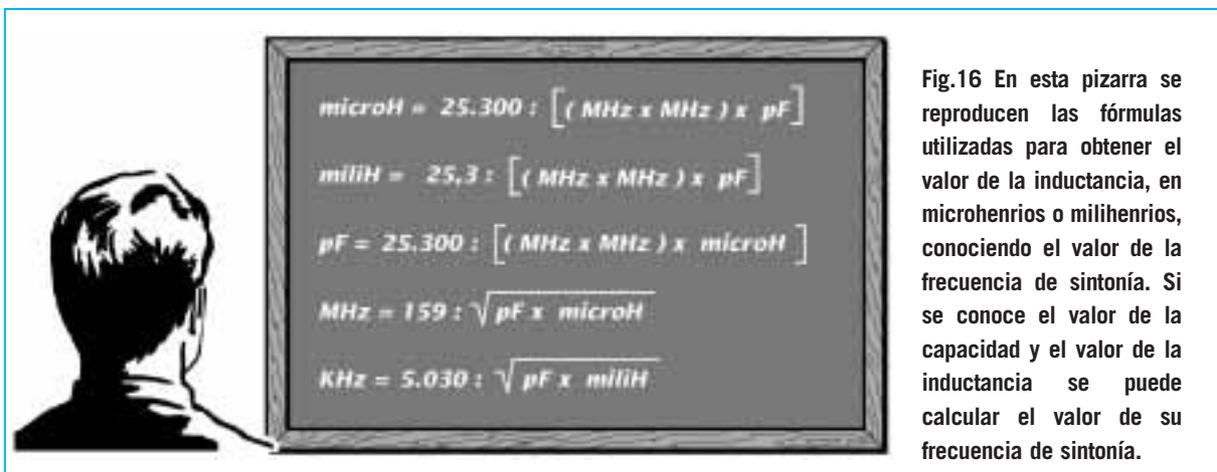


Fig.16 En esta pizarra se reproducen las fórmulas utilizadas para obtener el valor de la inductancia, en microhenrios o milihenrios, conociendo el valor de la frecuencia de sintonía. Si se conoce el valor de la capacidad y el valor de la inductancia se puede calcular el valor de su frecuencia de sintonía.



EL OSCILOSCOPIO

Si preguntásemos qué tipo de instrumento es necesario para medir la **frecuencia** de una señal seguramente la mayoría respondería un **frecuencímetro digital**.

Esta medida se puede realizar también con un **osciloscopio**. Precisamente el objetivo de este artículo es explicar la forma de proceder para **medir** con un **osciloscopio** la **frecuencia** de una señal con cualquier tipo de **forma de onda**.

MEDICIÓN de FRECUENCIA

Puesto que todos los osciloscopios disponen de un **selector** para la **Base de Tiempos** escurpulosamente calibrado en **segundos-mili-segundos-microsegundos** (valores indicados en el panel del instrumento como **Time/Div.**,

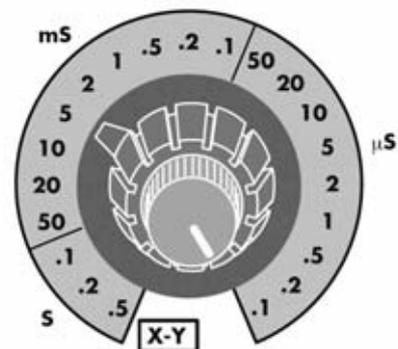


Fig.1 Para medir frecuencia con el osciloscopio hay que utilizar el control Time/Div. Los valores precedidos por un punto, es decir .5 - .2 - .1, deben leerse como si estuvieran precedidos por un 0, esto es han de interpretarse como 0,5 - 0,2 - 0,1.

ver Fig.1), podemos obtener el valor de la **frecuencia** con una gran precisión.

Para conocer el valor de la **frecuencia** basta con contar cuantos **cuadros** ocupa en sentido **horizontal** la **forma de onda completa** y observar la posición en la que está ajustado el selector **Time/Div.** de la **Base de Tiempos**.

Para determinar la **forma de onda completa** se tiene que considerar la distancia entre el **principio** y el **fin** de la onda, por ejemplo tomando la distancia entre dos picos máximos consecutivos (ver ejemplos en las Figs.4-5-6-7).

Conociendo el **número** de **cuadros** ocupados por una **forma de onda completa** basta con identificar la posición del selector **Time/Div.**, es decir el valor seleccionado en **segundos**, **milisegundos**, o

microsegundos, y con estos dos datos calcular, con extrema sencillez, el valor de la **frecuencia** utilizando las fórmulas indicadas en la **Tabla N°1**.

AJUSTE del OSCILOSCOPIO

En la Fig.3 se reproduce el **panel frontal** de un osciloscopio estándar con las diferentes funciones identificadas mediante **flechas** con **letras** asignadas.

A continuación se describen las **funciones** utilizadas, las letras que identifican cada una de ellas y la posición adecuada de cada control para realizar medidas de **frecuencia**.

- **TRIGGER MODE** (flecha **H**): Seleccionar **Auto**.

- **TRIGGER SOURCE** (flecha **G**): Este selector, normalmente en forma de conmutador deslizable, tiene que ajustarse en la posición **Normal**.

Aunque no se disponga de un frecuencímetro digital se puede conocer el valor de la frecuencia de una señal utilizando el osciloscopio como instrumento de medida. En este artículo explicamos como medir la frecuencia de señales sinusoidales, cuadradas, triangulares, en diente de sierra y trenes de impulsos utilizando un osciloscopio.

como FRECUENCÍMETRO

TABLA N. 1



$$\begin{aligned} \text{Hz} &= 1 : (\text{segundos de Time/Div.} \times \text{número cuadros}) \\ \text{Hz} &= 1.000 : (\text{miliseg. de Time/Div.} \times \text{número cuadros}) \\ \text{KHz} &= 1.000 : (\text{microseg. de Time/Div.} \times \text{número cuadros}) \\ \text{MHz} &= 1 : (\text{microseg. de Time/Div.} \times \text{número cuadros}) \\ \text{número cuadros} &= 1 : (\text{segundos de Time/Div.} \times \text{Hz}) \\ \text{número cuadros} &= 1.000 : (\text{miliseg. de Time/Div.} \times \text{Hz}) \\ \text{número cuadros} &= 1.000 : (\text{microseg. de Time/Div.} \times \text{KHz}) \\ \text{número cuadros} &= 1 : (\text{microseg. de Time/Div.} \times \text{MHz}) \end{aligned}$$

Fórmulas utilizadas para gestionar frecuencias

TABLA N. 2



TIME/DIV.	UNA ONDA COMPLETA OCUPA		
	1 CUADRO	2 CUADROS	4 CUADROS
0,5 segundos	2 Hz	1,0 Hz	0,5 Hz
0,2 segundos	5 Hz	2,5 Hz	1,25 Hz
0,1 segundos	10 Hz	5 Hz	2,5 Hz
50 milisegundos	20 Hz	10 Hz	5 Hz
20 milisegundos	50 Hz	25 Hz	12,5 Hz
10 milisegundos	100 Hz	50 Hz	25 Hz
5 milisegundos	200 Hz	100 Hz	50 Hz
2 milisegundos	500 Hz	50 Hz	125 Hz
1 milisegundo	1 KHz	500 Hz	250 Hz
0,5 milisegundos	2 KHz	1 KHz	500 Hz
0,2 milisegundos	5 KHz	2,5 KHz	1,25 KHz
0,1 milisegundos	10 KHz	5 KHz	2,5 KHz
50 microsegundos	20 KHz	10 KHz	5 KHz
20 microsegundos	50 KHz	25 KHz	12,5 KHz
10 microsegundos	100 KHz	50 KHz	25 KHz
5 microsegundos	200 KHz	100 KHz	50 KHz
2 microsegundos	500 KHz	250 KHz	125 KHz
1 microsegundo	1 MHz	0,5 MHz	0,25 MHz
0,5 microsegundos	2 MHz	1 MHz	0,5 MHz

Fig.2 Ajustando el mando Time/Div. (ver Fig.1) a una de las posiciones indicadas en la columna izquierda aparecerá en la pantalla del osciloscopio una onda completa, bien sea sinusoidal, cuadrada, triangular o en diente de sierra, que cubre 1-2-4 cuadros. Utilizando esta Tabla se puede determinar el valor exacto de su frecuencia.

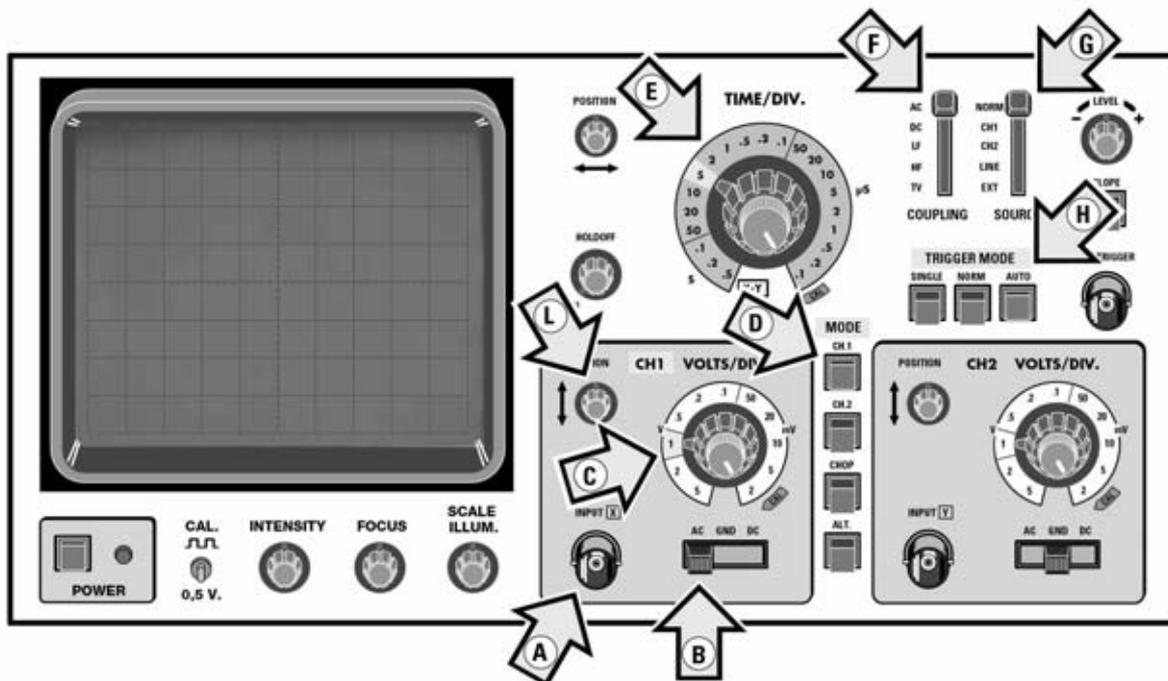


Fig.3 Para realizar medidas de frecuencia hay que desplazar la palanca del selector AC-GND-DC a la posición AC (ver flecha B). En el artículo se detallan las funciones señalizadas por el resto de flechas presentes en el panel.

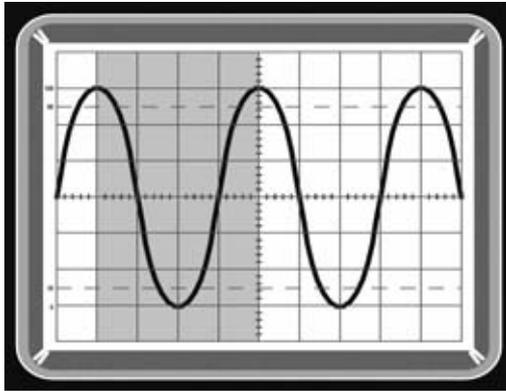


Fig.4 Para medir la frecuencia de una onda sinusoidal hay que contar el número de cuadros ocupados en horizontal por una senoide completa. En este ejemplo la onda ocupa 4 cuadros.

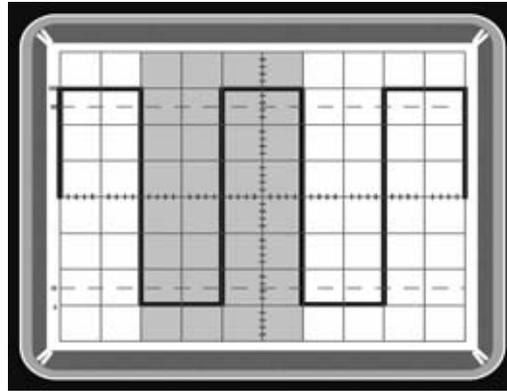


Fig.5 Para medir la frecuencia de una onda cuadrada hay que contar el número de cuadros ocupados en horizontal por una onda cuadrada completa, que en este ejemplo es 4.

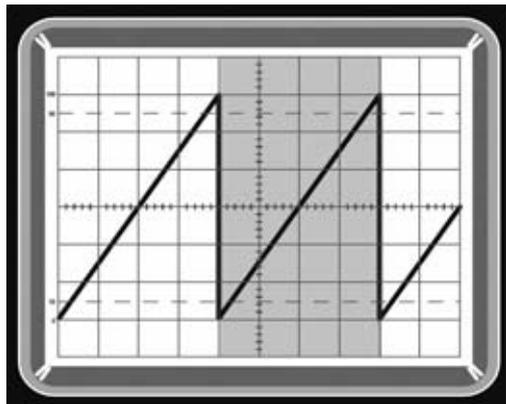


Fig.6 Para medir la frecuencia de una onda en diente de sierra también hay que contar el número de cuadros ocupados en horizontal por una onda completa. En este caso de nuevo son 4 cuadros.

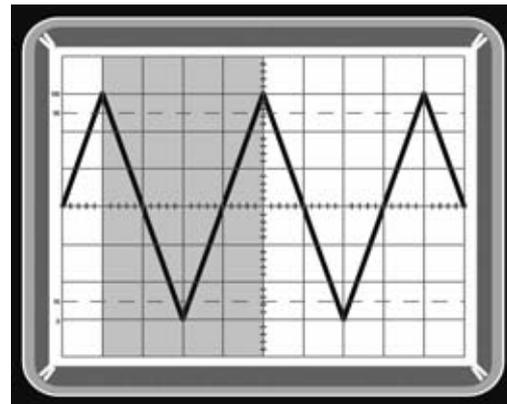


Fig.7 Para medir la frecuencia de una onda triangular hay que contabilizar el número de cuadros ocupados en horizontal por una onda completa, que también en este caso son 4 cuadros.

- **TIME/DIV.** (flecha **E**): Este mando ha de ajustarse para visualizar en la pantalla **1, 2, o 3 ondas completas**, tanto si son **sinusoidales, cuadradas o triangulares**.

- **VERTICAL MODE** (flecha **D**): Puesto que se utiliza normalmente la **entrada** correspondiente al **canal CH1** hay que seleccionar **CH1**.

- **Selector AC-GND-DC** (flecha **B**): Puesto que hemos decidido utilizar la **entrada** de **CH1** debemos posicionar la palanca del conmutador **AC-GND-DC** de **CH1** en **AC**, es decir **CH1** ajustado para medir **corriente alterna**.

- **Selector VOLTS/DIV. de CH1** (flecha **C**): Puesto que la señal alterna a medir normalmente tendrá

un valor de tensión desconocido hay que ajustar este control de tal forma que las formas de onda se **visualicen** en la pantalla con una **amplitud vertical** de unos **3-4 cuadros**, utilizando también, si es necesario, el conmutador **x1 - x10** presente en la **sonda** del **osciloscopio**.

- **Mando POSITION** (flecha **L**): Este pequeño mando debe ajustarse para que las señales tengan el aspecto mostrado en las Figs.4-5-6-7.

EJEMPLOS de MEDIDA de FRECUENCIA

Después de estas breves y necesarias indicaciones vamos a exponer varios **ejemplos prácticos**, con descripciones detalladas y representaciones gráficas adecuadas.

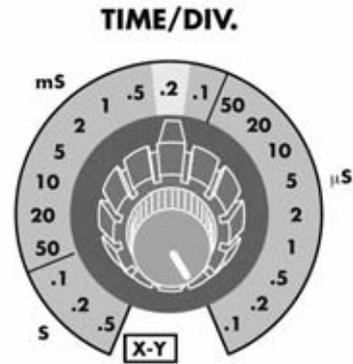
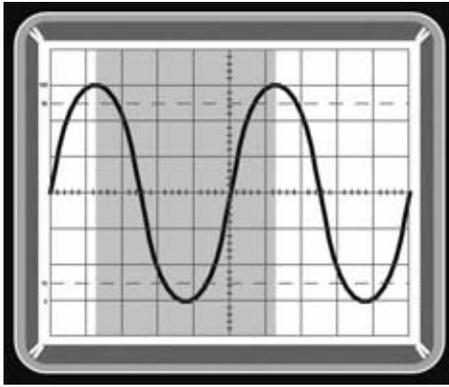


Fig.8 Si una onda sinusoidal ocupa, como en este ejemplo, 5 cuadros y el mando Time/Div. está ajustado a 0,2 milisegundos, el valor de su frecuencia es igual a $1.000 : (0,2 \times 5) = 1.000$ Hertzios.

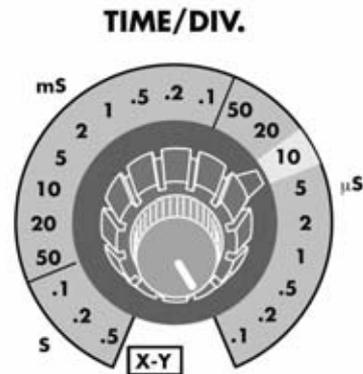
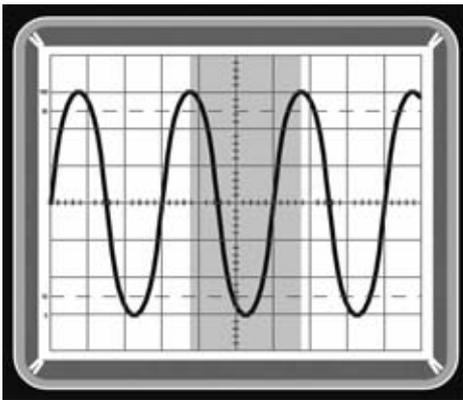


Fig.9 Si, como en este ejemplo, la onda sinusoidal ocupa 3 cuadros y el mando Time/Div. está ajustado a 10 microsegundos, el valor de su frecuencia es igual a $1.000 : (10 \times 3) = 33,33$ Kilohercios.

FRECUENCIA de una onda SINUSOIDAL

Cuando se realizan **osciladores BF** es muy importante conocer cual es la **frecuencia mínima** y la **frecuencia máxima** que puede proporcionar.

Para **calcular** el valor de la **frecuencia** hay que utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Hz} = 1.000 : (\text{miliseg.} \times \text{número cuadros})$$

Suponiendo que una **sinusoide completa** cubre exactamente **5 cuadros**, como se muestra en la Fig.8, y que el mando **Time/Div.** está ajustado a **0,2 milisegundos**, obtendremos:

$$1.000 : (0,2 \times 5) = 1.000 \text{ Hertzios}$$

En cambio, si la sinusoide completa ocupa **3 cuadros**, como se muestra en la Fig.9, y el mando **Time/Div.** está ajustado a **10 microse-**

gundos, para **calcular** el valor de la **frecuencia** hay que utilizar la fórmula:

$$\text{KHz} = 1.000 : (\text{microseg.} \times \text{número cuadros})$$

El valor obtenido queda expresado en **Kilohercios**. En efecto:

$$1.000 : (10 \times 3) = 33,33 \text{ Kilohercios}$$

Que corresponden a **33.330 Hz**.

FRECUENCIA de una onda CUADRADA

Se puede determinar fácilmente el valor de la frecuencia proporcionada por un **Generador** de **onda cuadrada** midiendo cuantos **cuadros** ocupa una **onda completa**.

Suponiendo que la **onda completa** cubre exactamente **2 cuadros**, como se muestra en la

Fig.10, y que el mando **Time/Div.** está ajustado a **0,2 milisegundos**, para **calcular** el valor de la **frecuencia** hay que utilizar la fórmula:

$$\text{Hz} = 1.000 : (\text{miliseg.} \times \text{número cuadros})$$

Con los valores citados obtenemos:

$$1.000 : (0,2 \times 2) = 2.500 \text{ Hz}$$

En el caso de que la onda también cubra **2 cuadros** pero el mando **Time/Div.** esté ajustado a **0,5 milisegundos** la **frecuencia** tendría un valor de:

$$1.000 : (0,5 \times 2) = 1.000 \text{ Hz}$$

FRECUENCIA de una onda en DIENTE DE SIERRA

Trabajando con circuitos electrónicos es posible encontrarse con señales que formen **tre-**

nes de impulsos con forma de dientes de sierra, como la señal mostrada en la Fig.12.

Los **cuadros** que ocupa una **onda completa** de una señal en diente de sierra se cuentan tomando como referencia el **principio** y el **fin** de una onda, en este caso basta con tomar como referencia la **distancia** entre **dos vértices superiores** (ver Fig.12).

Suponiendo que la **onda completa** cubre exactamente **4 cuadros** y que el mando **Time/Div.** está ajustado a **20 microsegundos**, para **calcular** el valor de la **frecuencia** hay que utilizar la fórmula:

$$\text{KHz} = 1.000 : (\text{microseg.} \times \text{número cuadros})$$

Con los valores citados obtenemos:

$$1.000 : (20 \times 4) = 12,5 \text{ KHz}$$

Que corresponden a **12.500 Hertzios**.

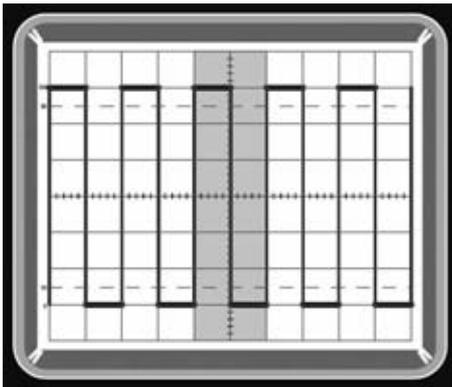


Fig.10 Con una onda cuadrada que ocupa exactamente 2 cuadros y el mando Time/Div. ajustado a 0,2 milisegundos podemos afirmar que el valor de la frecuencia es igual a $1.000 : (0,2 \times 2) = 2.500$ Hertzios.

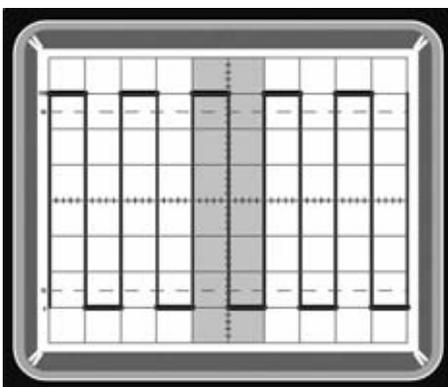
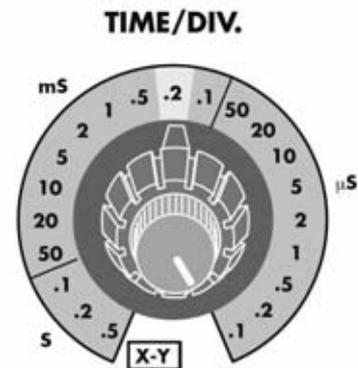
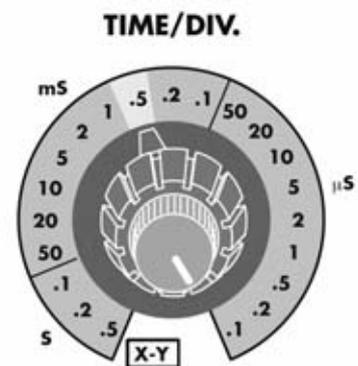


Fig.11 Con una onda cuadrada que ocupa exactamente 2 cuadros y el mando Time/Div. ajustado a 0,5 milisegundos el valor de la frecuencia es igual a $1.000 : (0,5 \times 2) = 1.000$ Hertzios.



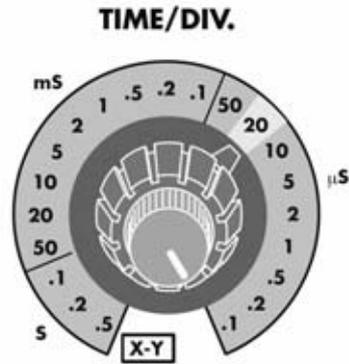
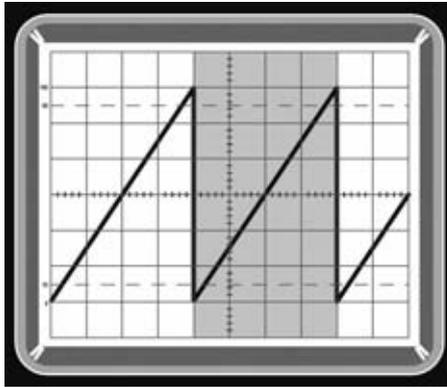


Fig.12 Si la onda completa de una señal en diente de sierra ocupa 4 cuadros con el control Time/Div. ajustado a 20 microsegundos, el valor de la frecuencia es igual a $1.000 : (20 \times 4) = 12,5$ Kilohercios.

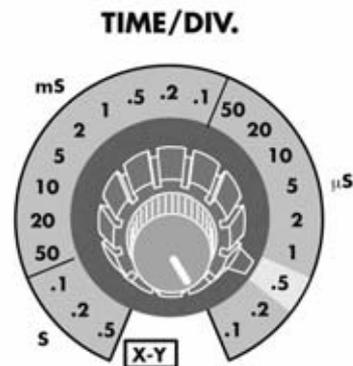
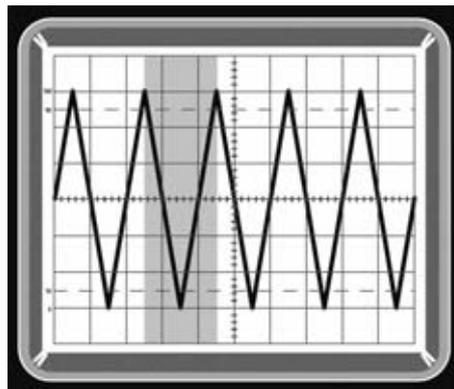


Fig.13 Si la onda completa de una señal triangular, medida entre dos vértices superiores consecutivos, ocupa 2 cuadros con el control Time/Div. ajustado a 0,5 microsegundos, el valor de la frecuencia es igual a $1.000 : (0,5 \times 2) = 1.000$ Kilohercios.

FRECUENCIA de una onda TRIANGULAR

Aunque esta forma de onda (ver Fig.13) es menos común que las ondas **sinusoidales** o **cuadradas** también pueden aparecer, en cuyo caso podemos utilizar las fórmulas indicadas en la **Tabla N°1**.

Los **cuadros** que ocupa una **onda completa** también se pueden contar tomando como referencia la **distancia** entre **dos vértices superiores** (ver Fig.13).

Suponiendo que la **onda completa** cubre exactamente **2 cuadros** y que el mando **Time/Div.** está ajustado a **0,5 microsegundos**, para **calcular** el valor de la **frecuencia** hay que utilizar la fórmula:

$$\text{KHz} = 1.000 : (\text{microseg.} \times \text{número cuadros})$$

Con los valores citados obtenemos:

$$1.000 : (0,5 \times 2) = 1.000 \text{ KHz}$$

Que corresponden a **1 Megahertzio**.

LAS MUESCAS en los CUADROS

Mirando detenidamente la pantalla del osciloscopio se puede observar que cada cuadro dentro de la **línea central horizontal** está subdividido en **5 partes** (ver Fig.14) que permiten de realizar las medidas de frecuencia con mayor precisión. En realidad se ven **4 muescas** dentro de cada cuadro que dan lugar a las **5 divisiones**.

En ninguno de los ejemplos anteriores hemos utilizado estas **muescas** ya que las señales utilizadas coinciden exactamente con las líneas de delimitación de cada cuadro.

Ejemplo 2: Tenemos una onda **sinusoidal** que cubre **5 cuadros** y **2 muescas** (ver Fig.16) con el mando de **Time/Div.** ajustado a **10 microsegundos**. Para determinar su **frecuencia** hay que proceder como se indica a continuación.

En primer lugar hay que tener en cuenta el valor de la **segunda muesca** (ver **Tabla N°3** en la Fig.14), que es **0,4**, al cual sumamos los **5 cuadros** obteniendo:

$$5 + 0,4 = 5,4 \text{ cuadros}$$

Utilizando la siguiente fórmula (**Tabla N°1**):

$$\text{KHz} = 1.000 : (\text{microseg.} \times \text{numero cuadros})$$

Y sustituyendo los valores conocidos se obtiene:

$$1.000 : (10 \times 5,4) = 18,518 \text{ Kilohercios}$$

La **frecuencia** de la onda **sinusoidal** que aparece en pantalla es **18,518 KHz**, igual a **18.518 Hz**.

SEÑALES alternas RECTIFICADAS

Prácticamente todo el mundo sabe que, en **Europa**, la señal presente en la **red eléctrica** es **alterna sinusoidal** y tiene una **frecuencia estándar** de **50 Hertzios**.

Con el osciloscopio se puede observar como la **frecuencia sinusoidal** de **50 Hz** se transforma en una **frecuencia pulsante** de **50 Hz** si se **rectifica** con **1 diodo** (ver Fig.17) o de **100 Hz** si se **rectifica** con un **punte** formado por **4 diodos** (ver Fig.18).

Si en el **secundario** de un transformador que proporcione una tensión entre **5 y 18 voltios** conectamos **1 diodo** de silicio (ver **DS1** en la Fig.17) en la pantalla aparece una señal compuesta únicamente por las **semiondas positivas**. En el lugar que en la señal presente en el primario corresponde a las semiondas negativas ahora hay **0 voltios**.

Ajustando el mando **Time/Div.** a **5 milisegundos** se puede observar como entre las partes **más altas** de **dos semiondas positivas** consecutivas hay **4 cuadros** de separación (ver Fig.17). Utilizando la siguiente fórmula (**Tabla N°1**):

$$\text{Hz} = 1.000 : (\text{miliseg.} \times \text{numero cuadros})$$

Y sustituyendo los valores conocidos obtenemos:

$$1.000 : (5 \times 4) = 50 \text{ Hertzios}$$

Si en el **secundario** del transformador conectamos **4 diodos** con la disposición mostrada en la Fig.18 en la pantalla aparece una señal compuesta por dobles **semiondas positivas**.

Ajustando el mando **Time/Div.** a **5 milisegundos** se puede observar como entre las partes **más altas** de **dos semiondas positivas** consecutivas hay **2 cuadros** de separación, por lo que el valor de la frecuencia, utilizando la fórmula anterior, es:

$$1.000 : (5 \times 2) = 100 \text{ Hertzios}$$

Aplicando a la salida de estas dos **señales pulsantes** (ver Figs.17-18) condensadores **electrolíticos** de una capacidad adecuada se transforman en una **señal continua**.

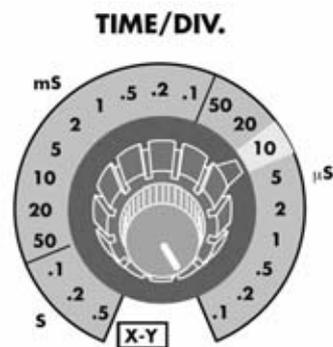
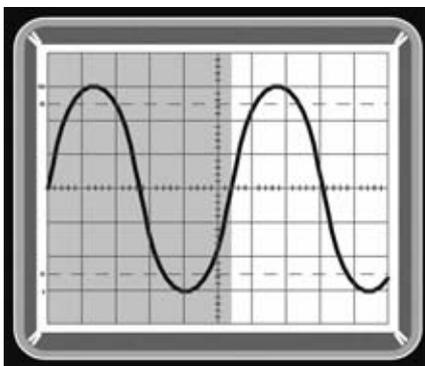


Fig.16 En el caso de una onda que ocupe 5 cuadros y 2 muescas (valor 0.4, ver Fig.14) con el mando Time/Div. ajustado a 10 microsegundos, el valor de la frecuencia es igual a: $1.000 : (10 \times 5,4) = 18,518$ Kilohercios.

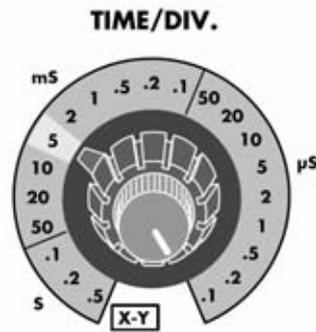
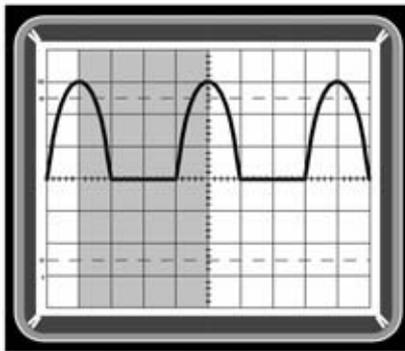
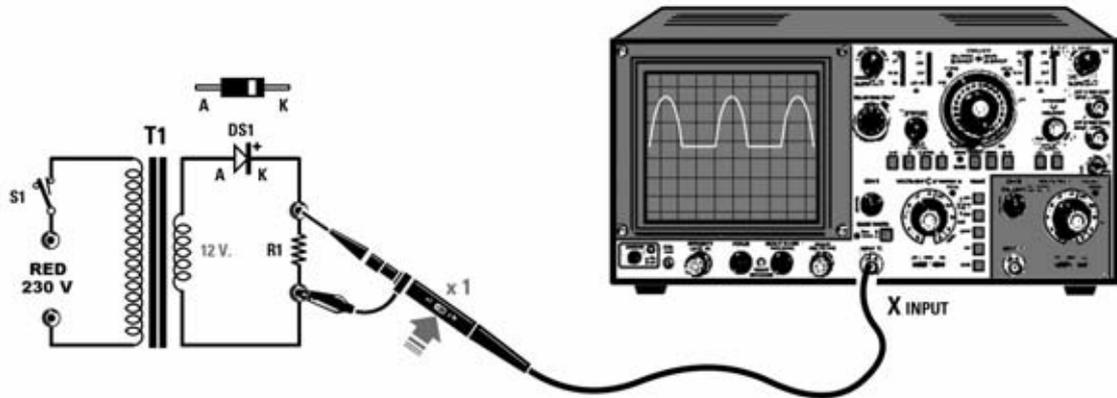


Fig.17 Si ajustamos el mando Time/Div. a 5 mS y luego medimos la señal alterna rectificad únicamente por un diodo, en la pantalla aparecen las semiondas positivas separadas 4 cuadros entre sí (frecuencia 50 Hz). A la salida se ha aplicado una resistencia de carga (R1) de 1.000 ohmios.

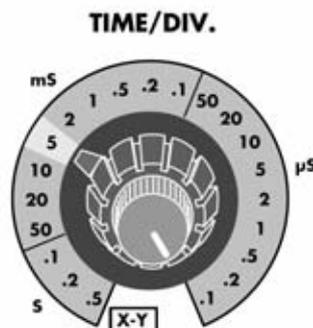
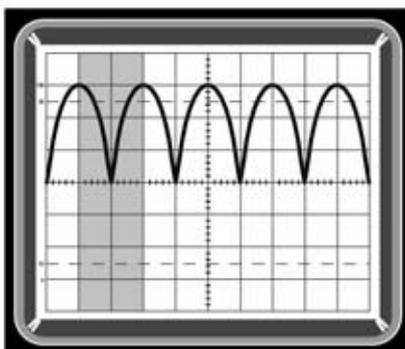
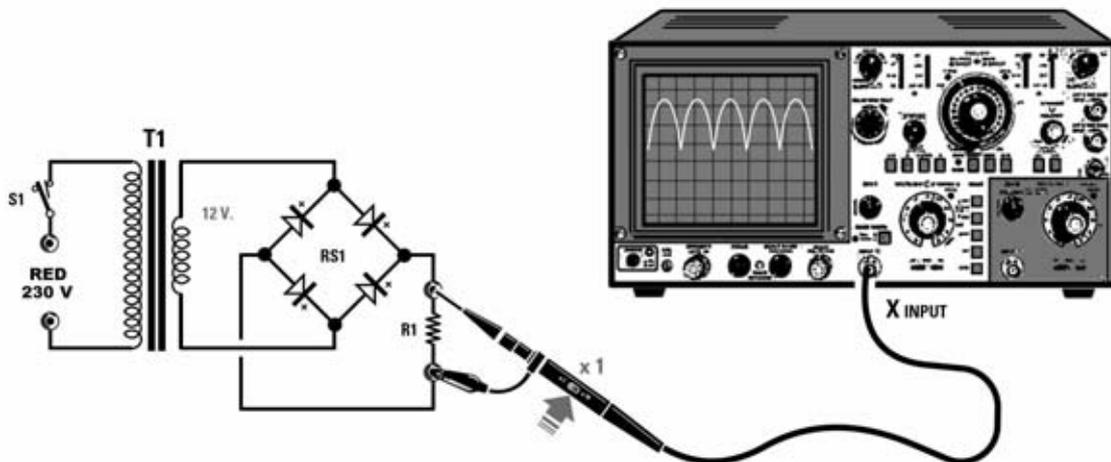


Fig.18 Si con el mando Time/Div. a 5 mS medimos la señal alterna rectificad por un puente de 4 diodos, en la pantalla aparecen las semiondas positivas separadas 2 cuadros entre sí (frecuencia 100 Hz). A la salida se ha aplicado una resistencia de carga (R1) de 1.000 ohmios.

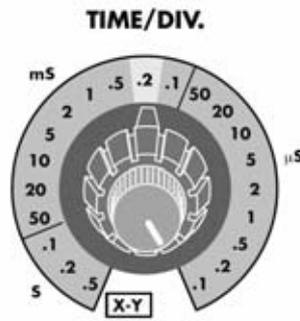
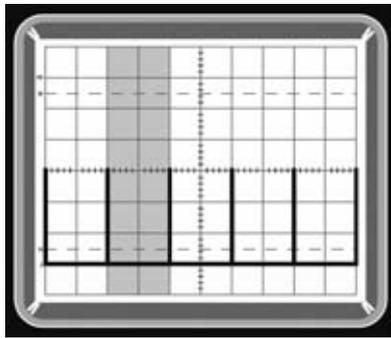
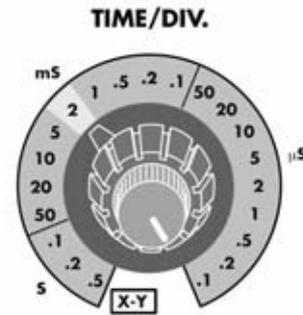
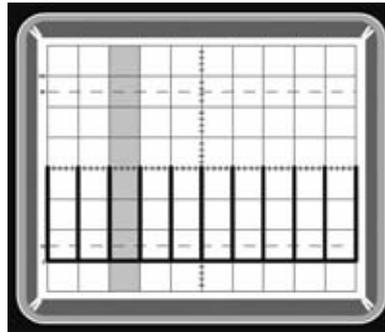


Fig.19 En el caso de que en pantalla aparezcan impulsos consecutivos separados por 2 cuadros y el control Time/Div. esté ajustado a 0,2 mS la frecuencia de la señal es 2.500 Hertzios.

Fig.19 En el caso de que en pantalla aparezcan impulsos consecutivos separados por 2 cuadros y el control Time/Div. esté ajustado a 0,2 mS la frecuencia de la señal es 2.500 Hertzios.



FRECUENCIA de una serie de impulsos

Si se precisa conocer la **frecuencia** de una serie de **impulsos** hay que proceder contando los **cuadros** que separan **dos impulsos**.

Suponiendo que **dos impulsos** están separados exactamente por **2 cuadros** (ver Fig.19) y que el mando **Time/Div.** está ajustado a **0,2 milisegundos**, para **calcular** el valor de la **frecuencia** hay que utilizar la fórmula:

$$\text{Hz} = 1.000 : (\text{miliseg.} \times \text{número cuadros})$$

Con los valores citados obtenemos:

$$1.000 : (0,2 \times 2) = 2.500 \text{ Hz}$$

En el caso de que los impulsos estén separados por **1 cuadro** y el mando **Time/Div.** esté ajustado a **2 milisegundos** la **frecuencia** tendrá un valor de:

$$1.000 : (2 \times 1) = 500 \text{ Hz}$$

Para calcular con **más precisión** el valor de estas frecuencias habría que controlar si hay **muestras** (ver Fig.14) incluidas entre los **dos impulsos**. En este caso se procede **sumando** al número de los **cuadros completos** el valor correspondiente a las **muestras**.

CONCLUSIÓN

Controlando el valor **límite** del mando **Time/Div.** se puede determinar la **frecuencia máxima** que se puede medir con vuestro osciloscopio, teniendo en cuenta que para conseguir **valores precisos** una forma de onda completa no debe ocupar un espacio inferior a **1 cuadro**.

En el caso de que el mando **Time/Div.** tenga un alcance máximo de **0,5 microsegundos** se puede leer con precisión una **frecuencia máxima** de **2 MHz**, como se indica en la **1ª columna** de la **Tabla N°2** (ver Fig.2). En efecto, tomando como referencia la fórmula de la **Tabla N°1** se obtiene:

$$1 : (0,5 \text{ microseg.} \times 1 \text{ cuadro}) = 2 \text{ MHz}$$

En cambio si se dispone de un osciloscopio cuyo **Time/Div.** llega hasta **0,1 microsegundos** se puede leer con precisión una **frecuencia máxima** de **10 MHz**:

$$1 : (0,1 \text{ microseg.} \times 1 \text{ cuadro}) = 10 \text{ MHz}$$

NOTA: Muchos osciloscopios disponen de la función **XMAG**. Esta función permite ampliar el eje horizontal **10 veces**. Activando la función **XMAG** los valores de frecuencia calculados en los dos ejemplos anteriores se **multiplican** por **10**, **aumentando** así el **rango** de medición de **frecuencia**.

HI-FI: CAJAS ACÚSTICAS Y FILTROS

Los altavoces presentes en el medio emiten, generalmente, una onda acústica en cada una de las caras de su membrana o diafragma. Ahora bien, estas ondas están en oposición de fase. Por este motivo, cuando la longitud de onda acústica que se va a reproducir es grande respecto a las dimensiones del altavoz, habrá en él un cortocircuito acústico debido a que se produce difracción alrededor del cono. Este fenómeno atenúa el nivel del sonido y provoca un rendimiento muy pobre en las bajas frecuencias.

En efecto, supongamos un altavoz que en un momento dado produce un desplazamiento hacia adelante, provocando así una compresión de la masa de aire que se encuentra en su parte anterior. En este mismo instante se está produciendo una depresión o enrarecimiento de la masa de aire situada en la parte posterior. Por ello, el frente de presión producido en la zona anterior avanza en todas direcciones y provoca una compresión en la zona anterior del altavoz, rodeando el contorno de éste y alcanzando su cara posterior. De esta forma, se atenúa en parte la depresión que allí se había originado, como se puede observar en la Figura 1.

Para evitar el efecto producido hay que proveer al altavoz o altavoces de un sistema que evite en lo posible el cortocircuito acústico entre las dos ondas producidas por las diferentes caras del altavoz, aislando una de otra. Es posible atenuar o suprimir este efecto aumentando la distancia que separa las dos caras de la membrana mediante un baffle (deflector), nombre que reciben genéricamente las cajas o pantallas acústicas que encierran en su interior herméticamente los altavoces utilizados en HI-FI.

Un baffle es, pues, un dispositivo que impide la interacción perjudicial entre las dos ondas generadas en las caras anterior y posterior del altavoz.

Por otra parte, es muy difícil que un solo altavoz pueda reproducir toda la gama de frecuencias audibles. Por ello, se recurre a un sistema de varios altavoces de diferentes características en cuanto a su respuesta de frecuencia acoplados entre sí mediante un filtro divisor de frecuencias, con el fin de que cada uno de ellos reproduzca la gama de frecuencias más apropiada a sus características.

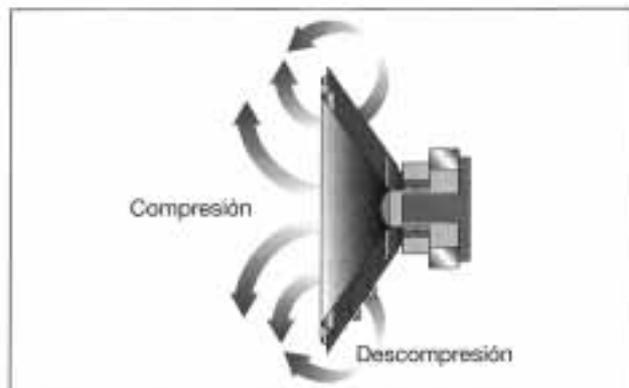


Figura 1. Los frentes de presión producidos en la cara anterior de un altavoz alcanzan la cara posterior de éste y anulan la descompresión producida en ella, reduciendo el rendimiento del transductor.



1. FILTROS DIVISORES DE FRECUENCIA

Es ampliamente conocido que los altavoces pueden utilizarse para reproducir diferentes zonas del espectro de audio, dando lugar a una especialización de los mismos. Dada la dificultad técnica que entraña que un solo transductor (altavoz) reproduzca, con la necesaria fidelidad y potencia, todo el espectro de audio, la

solución idónea es utilizar varios altavoces específicos para cada zona de frecuencias (graves, medios y agudos) de forma que, solapándose, cubran toda la banda de audiofrecuencia.

Efectivamente, si queremos reproducir toda la gama de frecuencias de audio, lo lógico es utilizar varios al-

tavoces para que cada uno de ellos trabaje en su zona adecuada. Así, obtendremos un mayor rendimiento y calidad de los sonidos emitidos. Si empleamos, por ejemplo, tres altavoces, ¿cómo debemos acoplarlos a la salida del amplificador? Una solución posible es acoplarlos en paralelo; pero en este caso llegan al altavoz de graves las mismas frecuencias que al de agudos, y si bien el primero reproduce perfectamente los graves, permanece prácticamente impasible frente a los agudos, perdiéndose, por tanto, una parte de la energía correspondiente a las notas altas. Lo mismo podríamos decir del altavoz de agudos frente a los graves, y del altavoz de medios frente a los extremos de la banda de audio.

En definitiva, conectando así los tres altavoces se perdería una energía considerable y, por consiguiente, el rendimiento del sistema sería muy bajo y no obtendríamos la calidad deseada. Así pues, a cada altavoz debe aplicársele únicamente la gama de frecuencias que puede reproducir y para la que se encuentra diseñado. De ahí la necesidad de separar las frecuencias del espectro de audio para entregar cada gama de frecuencias al altavoz apropiado que saque el mayor rendimiento de ellas. Ésta es la finalidad de los filtros divisores o separadores de frecuencias.

Gracias al filtro es posible igualar las curvas de respuesta y de impedancia, trabajar las rotaciones de fase y conseguir un mayor rendimiento en la calidad de la reproducción del sonido.

En general, se utilizan dos tipos de filtros para la separación de las frecuencias en audio frecuencia: los filtros pasivos y los filtros activos. Éstos, a su vez, pueden subdividirse en varios tipos, como tendremos oportunidad de estudiar.

El tipo de filtro más utilizado para los divisores de frecuencia en las pantallas acústicas es el de configuración pasiva, constituido por elementos inductivos y capacitivos (bobinas y condensadores) que, en función de la impedancia variable que poseen con la frecuencia, de-

jan pasar cierta banda del espectro de audio. De esta manera forman las redes pasivas que constituirán los diferentes tipos de filtros que se intercalarán entre la salida del amplificador y los altavoces (normalmente se alojan en el interior de las pantallas acústicas). Funcionan a baja impedancia y alta potencia (Fig. 2.a).

El filtro activo se utiliza en multiplificación (varios amplificadores), estando cada altavoz excitado por su propio amplificador. En este caso, el filtro se sitúa entre el preamplificador y los amplificadores de potencia. Un filtro de este tipo funciona en alta impedancia y baja potencia (Fig. 2.b).

Este sistema tiene la ventaja de que no debe manejar potencias elevadas y que puede conseguir mayores pendientes de atenuación.

Como inconvenientes, es obvio que se utilizan tanto amplificadores como grupos de señales que precisen el sistema, y ello implica un mayor costo. Los filtros pasivos son los más empleados en la práctica debido a su mayor economía, aunque presentan el inconveniente de que toda la potencia debe pasar a través de los mismos, y ello tiene la desventaja de la pérdida de potencia.

Las características principales de los filtros pasivos utilizados en las cajas acústicas son:

- El número de vías.
- La frecuencia de cruce o transición (crossover).
- La pendiente del filtro.
- La impedancia de carga.

1.1. El número de vías

Normalmente, las cajas acústicas que se encuentran en el mercado pueden tener dos o tres vías y estar formadas por simples circuitos o redes compuestas por inductancias, condensadores y resistencias. Su principio de fun-

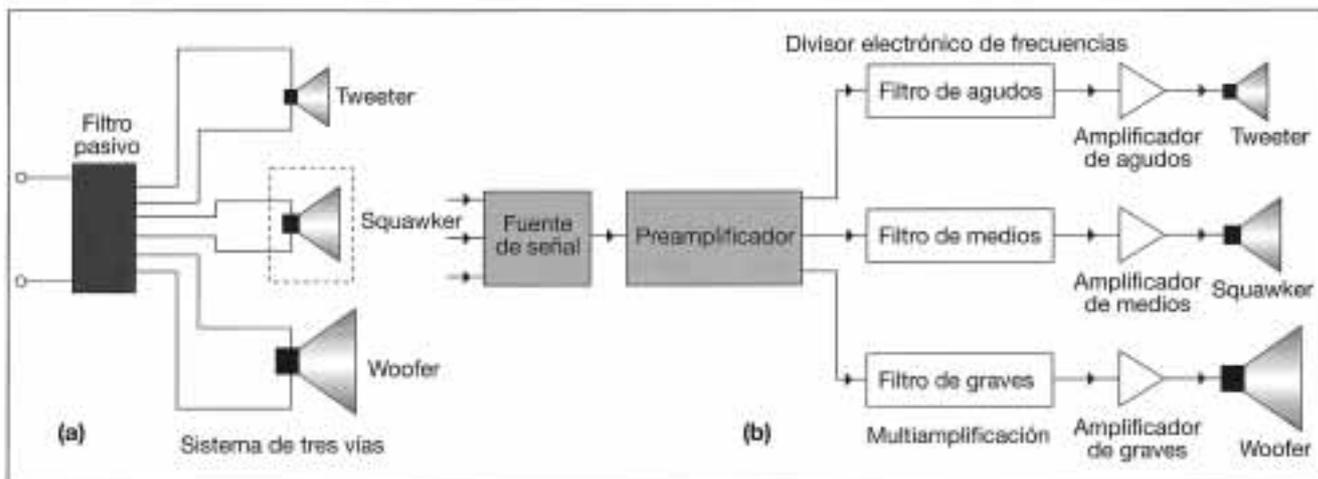


Figura 2. a) Diagrama de bloques de un filtro pasivo. b) Diagrama de bloques de un filtro activo utilizado en multiplificación.

cionamiento está basado en el efecto que presentan las reactancias capacitivas de los condensadores e inductivas de las bobinas frente a la frecuencia.

Quizá la red más simple que podemos obtener es la que aparece en la Figura 3, formada por un solo condensador conectado en serie con el altavoz de agudos o bien una bobina conectada con un altavoz de graves. Como la reactancia capacitiva (resistencia del condensador a la corriente alterna) disminuye con la frecuencia, el condensador en serie con el altavoz actuará de manera que ofrezca una resistencia muy pequeña a las altas frecuencias, dejando que éstas pasen fácilmente, a la vez que impide el paso a las bajas frecuencias. En resumen, el condensador en serie es un filtro paso-alto (deja pasar las altas frecuencias y bloquea las bajas). De este modo, al altavoz de agudos sólo llegan las frecuencias que deje pasar el condensador, las altas, mientras que el de graves recibirá todas las frecuencias de la banda de audio, ya que no tiene ningún elemento reactivo que lo impida.

Podemos modificar esta red divisora y evitar la llegada de las altas frecuencias al altavoz de graves colocando en serie en su circuito una inductancia, puesto que ésta actúa de filtro paso-bajo (deja pasar las bajas frecuencias y bloquea las altas) (Fig. 4.a).

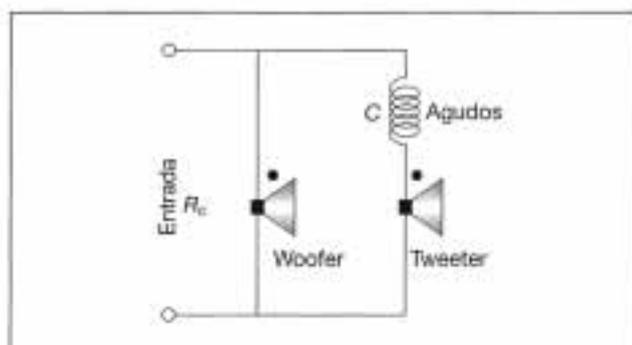


Figura 3. Filtro elemental de 6 dB/octava formado por un simple condensador en serie con el altavoz de agudos. (Cortesía de Niniwatt.)

Otro sistema parecido al anterior, pero con los altavoces alimentados en serie, es el de la Figura 4.a. El condensador, en paralelo con el altavoz de graves y en serie con el de agudos, cortocircuita al altavoz de graves cuando la frecuencia de la señal es muy elevada, por lo que dicha señal quedará aplicada al altavoz de agudos. Igualmente, la bobina conectada en paralelo con el altavoz de agudos y en serie con el de graves cortocircuita al altavoz de agudos cuando la frecuencia aplicada al conjunto es baja, por tanto la señal quedará aplicada al altavoz de graves.

Los filtros de dos vías que se muestran en las Figuras 4 a-b son de resistencia constante, donde la impedancia de R_0 es constante e igual a $R_0 = \sqrt{LC}$ para todo el espectro de audio.

En el caso de los filtros con 6 dB/octava, Figura 4, la impedancia de los elementos capacitivo e inductivo a la frecuencia de cruce es igual al valor de R_0 .

Unos filtros de dos vías, más usuales y de mejores prestaciones en su pendiente (12 dB/octava) que los anteriores, son los que aparecen en las Figuras 5.a y b.

Para los filtros con pendiente de atenuación de 12 dB/octava, el valor de las impedancias a la frecuencia de cruce se hace igual a $R_0 \times \sqrt{2}$ en el caso de montaje paralelo (Fig 5.a), y en el caso del montaje en serie (Fig 5.b) se hace igual a $R_0/\sqrt{2}$. Esto significa que en este tipo de montajes, las dos inductancias tienen el mismo valor; lo mismo se puede afirmar de los condensadores.

En la Figura 5.a podemos observar un filtro paralelo de dos vías que está formado por dos redes que funcionan independientemente para cada altavoz. La red del altavoz de graves está constituida por una inductancia L_1 en serie con el altavoz (filtro paso-bajo) que deja pasar la banda correspondiente de frecuencias bajas acorde al valor de la inductancia, y un condensador C_1 en paralelo con él (filtro paso-alto) que cortocircuita las altas frecuencias de audio que puedan llegar al mismo a masa. Igual le sucede a la red del altavoz de agudos, que está constituida por un condensador en serie C_2 (filtro paso-alto) y una bobina en paralelo L_2 (filtro paso-bajo).

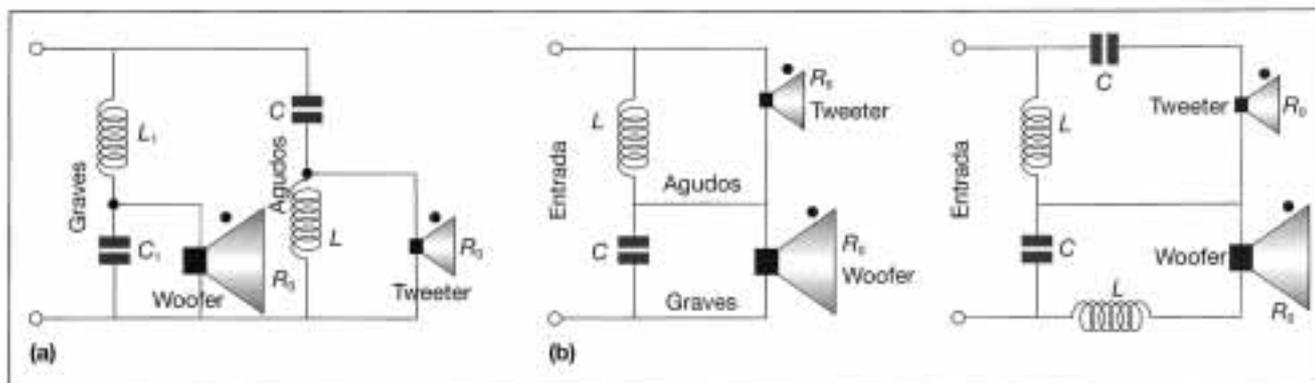


Figura 4. a) Circuito de un filtro divisor de frecuencias paralelo de dos vías para las frecuencias de graves y de agudos con una pendiente de 6 dB/octava. b) Circuito de un filtro de dos vías conectando a los altavoces en serie.

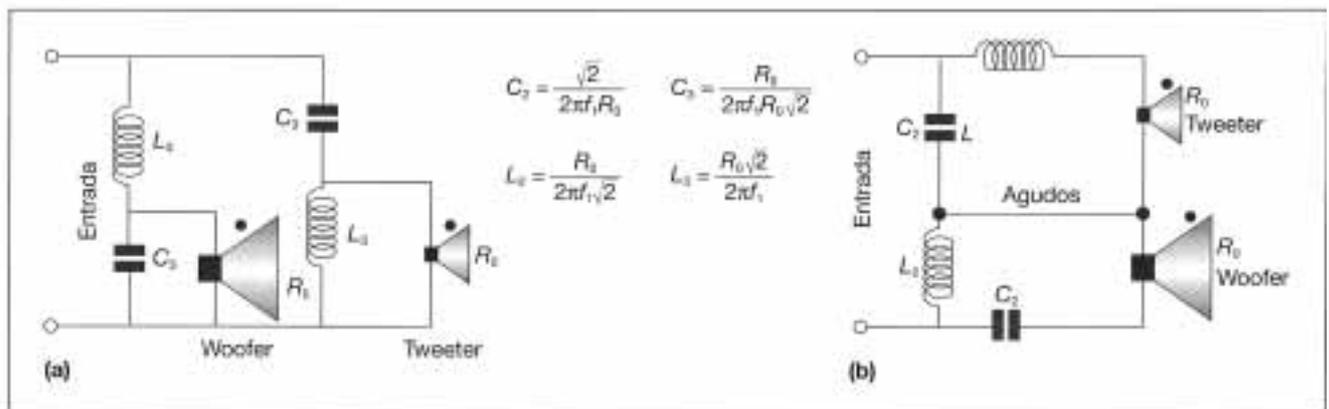


Figura 5. a) Circuito de un filtro de dos vías con una pendiente de 12dB/octava con altavoces conectados en paralelo. b) Circuito de un filtro de dos vías con una pendiente de 12 dB/octava con altavoces alimentados en serie.

En la Figura 5. b se representa un circuito de dos vías, para el caso de que los altavoces estén conectados en serie. El funcionamiento es similar a los anteriores, en él la red del altavoz de graves funciona mediante una bobina L_2 en paralelo con el altavoz de agudos (filtro paso-bajo) cortocircuitando la señal de baja frecuencia que pueda quedar aplicada a dicho altavoz y aplicándola sólo al altavoz de graves. El condensador C_2 en paralelo con el altavoz de graves (filtro paso-alto) tiene por misión cortocircuitar las altas frecuencias que puedan llegar al altavoz de graves y la bobina L_2 que se encuentra en serie con el altavoz de graves forma un filtro paso-bajo, que tiene por misión bloquear las altas frecuencias y evitar su paso hacia el altavoz de graves dejando pasar sólo las bajas frecuencias.

La red del altavoz de agudos funciona de forma similar a la anterior.

En las cajas acústicas utilizadas para HI-FI se uti-

lizan generalmente tres vías. Son muy empleadas las dos vías frecuentemente en líneas domésticas de bajas prestaciones, donde la calidad de sonido no es muy notable.

A continuación vamos a estudiar los filtros divisores de tres vías: una de graves, otra de medios y la tercera de agudos. Este circuito se basa en los mismos principios estudiados con anterioridad, asociando filtros paso-bajos, paso-altos y paso-bandas en serie y paralelo y utilizando los valores de las inductancias y condensadores para determinar el paso de una banda de frecuencias y atenuar otras.

Los circuitos de la Figura 6 están compuestos por dos filtros de tres vías y 6 dB/octava en serie y paralelo respectivamente. La vía de graves del circuito paralelo está formada por una inductancia L_4 en serie con el altavoz de graves, la cual está calculada para oponerse al paso de las frecuencias medias y altas hacia el citado altavoz. La segunda vía de medios está constituida por un filtro paso-banda constituido por C_6 y L_6

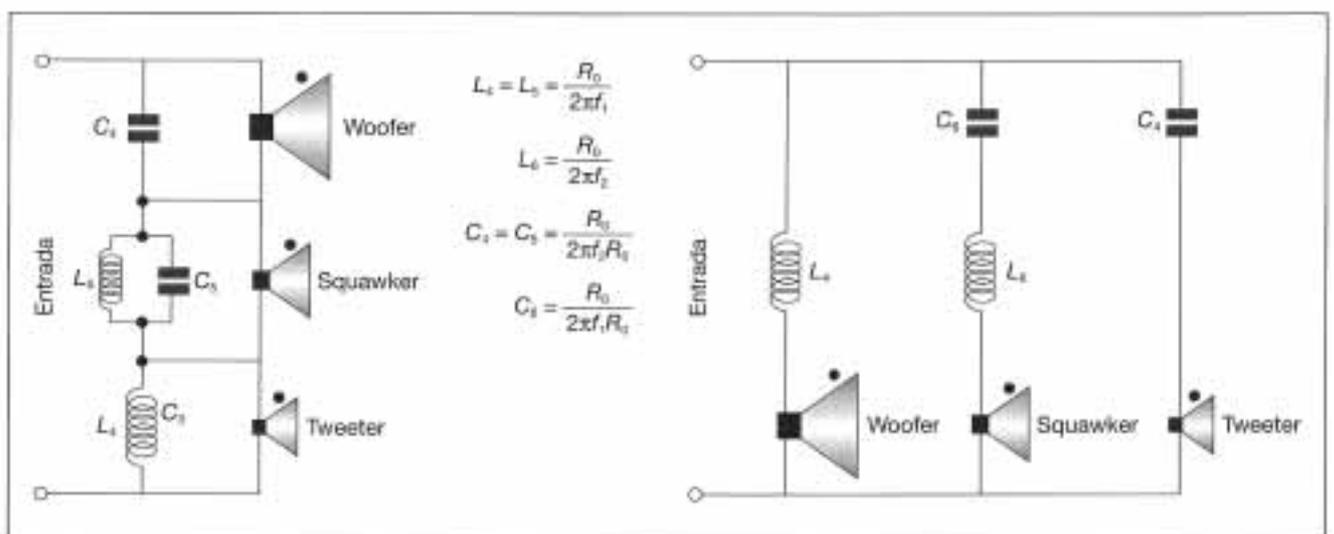


Figura 6. Filtros de tres vías con una pendiente de 6 dB/octava en serie y paralelo respectivamente.

que deja pasar todo el espectro de las frecuencias de medios y atenúa las demás. Por último, la vía de agudos la forma un filtro paso-alto, que está constituido por un condensador de valor adecuado C_4 en serie con el altavoz de agudos que permita el paso de las altas frecuencias hacia el altavoz y atenúa el resto.

También podemos encontrar en el mercado filtros pasivos de tres vías más eficientes y con atenuaciones mayores en sus pendientes que utilicen a los altavoces conectándolos en serie o paralelo, como los circuitos de la Figura 7.

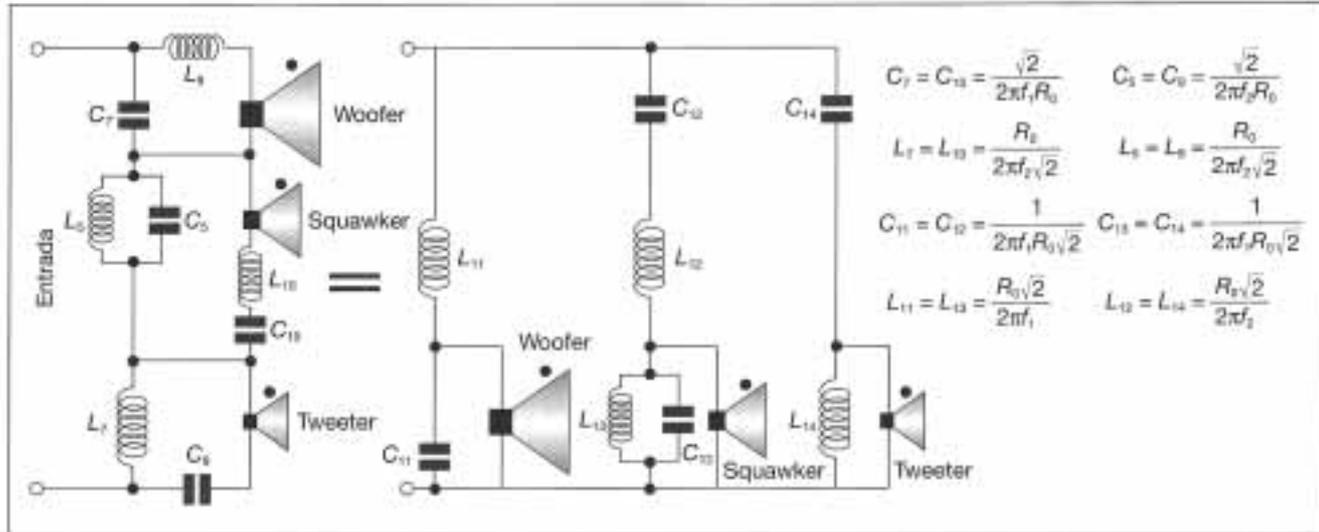


Figura 7. Filtros divisores de tres vías con una pendiente de 12 dB/octava, con altavoces asociados en serie y paralelo respectivamente.

Para calcular un filtro de 3 vías y 12 dB/octava se pueden utilizar las siguientes expresiones:

$$L_1 = (1000 \times Z)/(6,28 \times f_2) \quad L_2 = (1000 \times Z)/(6,28 \times f_1)$$

$$L_3 = (1600 \times Z)/(6,28 \times f_2) \quad L_4 = (1600 \times Z)/(6,28 \times f_1)$$

$$L_5 = (1000 \times Z)/(6,28 \times f_1) \quad L_6 = (1600 \times Z)/(6,28 \times f_2)$$

$$C_1 + C_2 = 1000000/(10,048 \times f_2 \times Z)$$

$$C_3 + C_4 = 1000000/(10,048 \times f_1 \times Z)$$

$$C_5 + C_6 = 1000000/(6,28 \times f_2 \times Z)$$

$$C_7 + C_8 = 1000000/(6,28 \times f_1 \times Z)$$

El dicho filtro f_1 es la frecuencia de cruce inferior en hercios (500 Hz), f_2 es la frecuencia de cruce superior en hercios (4000 Hz), Z es la impedancia de los altavoces en ohmios, L es la inductancia en mH y C es la capacidad en faradios (Fig. 8).

1.2. Frecuencias de cruce o transmisión

Al hablar de filtros divisores de frecuencia es imprescindible mencionar la **frecuencia de cruce**, que se con-

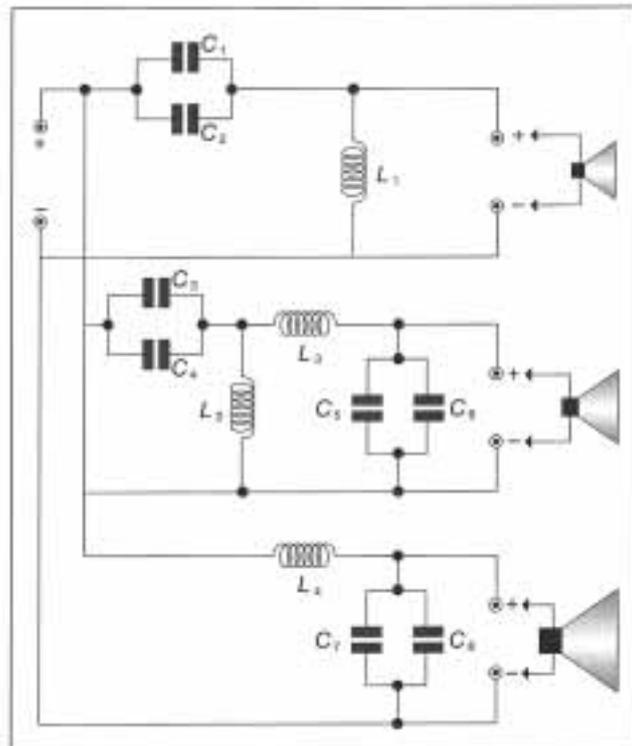


Figura 8. Filtro divisor de tres vías con 12 dB de atenuación por octava, con altavoces en paralelo.

sidera como la frecuencia cuya amplitud es un 70,7 por 100 del valor de la amplitud máxima de la señal tratada o, lo que es lo mismo, $1/\sqrt{2}$ de la amplitud máxima (punto de potencia media -3 dB). En la Figura 9 se ha representado una curva de respuesta de un filtro de una red pasiva; en él podemos observar la frecuencia (f_0) para la cual la amplitud de la tensión es máxima y las dos frecuencias de corte tanto inferior (f_i) como superior (f_s). Por debajo y por encima de estas frecuencias la tensión en bornes de salida es inferior al 70,7 por 100 de la tensión máxima. El ancho de banda Δb del citado circuito estará, por tanto, comprendido entre estas dos frecuencias de corte inferior (f_i) y superior (f_s). Todo cuanto se ha expuesto se refiere, pues, a un filtro pasivo compuesto por una inductancia y un condensador en paralelo (circuito resonante).

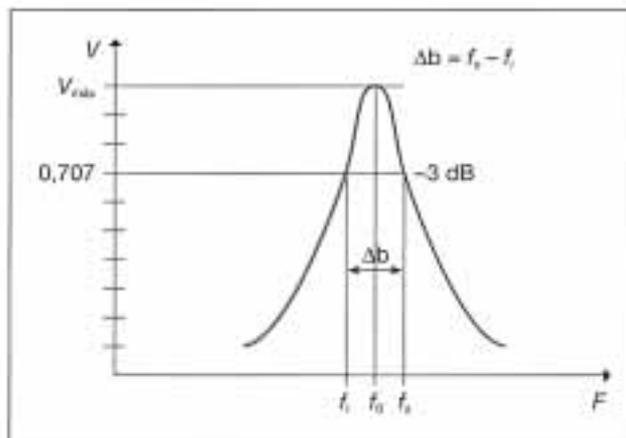


Figura 9. Curva de respuesta de un circuito de filtro pasivo donde se representan las frecuencias de corte inferior (f_i) y superior (f_s) que tienen una amplitud igual al 70,7 por 100 de la amplitud máxima.

Ahora bien, en el caso de los filtros pasivos divisores de frecuencia que se encuentran formados por una sola red pasiva (filtro paso-bajo, paso-alto), existirá sólo una frecuencia de corte.

Como hemos podido observar, las redes constituidas por inductancias y condensadores forman los diferentes filtros, que tendrán por misión actuar sobre una determinada banda de frecuencias a la que facilitarán su paso a través de la red constituida por el filtro, atenuando o eliminando al resto de la banda. ¿Qué factor determina ese límite de paso? La frecuencia de corte.

En el caso de los condensadores, en los que la reactancia capacitiva disminuye proporcionalmente con la frecuencia aplicada, considerando un circuito abierto para la componente continua, la frecuencia de corte será sólo una, aquella para la cual la tensión en sus bornes de salida alcanza un valor superior al 70,7 por 100 de la tensión aplicada a su entrada.

Consideremos un condensador en serie con un altavoz de agudos. Si mantenemos constante la tensión efi-

caz aplicada en sus bornes de entrada, observaremos cómo la tensión en los extremos del condensador aumentará al disminuir la frecuencia (a mayor reactancia del condensador, mayor tensión entre sus extremos), mientras que en el altavoz disminuirá (diferencia entre la tensión aplicada a la entrada del filtro y la tensión en los extremos del condensador).

Idénticas consideraciones podemos aplicar al caso de las inductancias, con la diferencia de que en ellas la reactancia inductiva se reduce al disminuir la frecuencia y viceversa.

Para conocer el principio de funcionamiento de los filtros divisores de frecuencia de dos vías, podemos aplicar una tensión de baja frecuencia variable en todo el espectro de audio mediante un generador de BF a la entrada de un amplificador, para estudiar la curva de respuesta del conjunto amplificador-filtro. La curva de respuesta será distinta en función de que la tensión de salida se tome en la salida del filtro de agudos o de graves. En la Figura 10 se pueden observar las curvas de salida de un filtro de dos vías.

Pues bien, las dos curvas de respuesta deben ser complementarias, de tal forma que, consideradas en conjunto, la respuesta del sistema sea plana en todo el espectro de audio. Es decir, se trata de que la tensión de salida del conjunto se mantenga por encima del 70,7 por 100 de la tensión máxima. Esto se consigue logrando obtener una misma frecuencia de corte, o sea, allá donde el filtro paso-bajo comienza a atenuar las frecuencias altas, el filtro paso-alto empieza a permitir su paso (Fig. 10.c).

Para ello es imprescindible que la frecuencia de corte superior de la red de graves coincida con la frecuencia de corte inferior de la red de agudos. A esta frecuencia común de las dos redes se le denomina **frecuencia de cruce o transición**. En la Figura 10.a de nuestro ejemplo dicha frecuencia de cruce es de 2 kHz.

Por consiguiente, al conectar un filtro de dos vías con frecuencia de corte en 2 kHz a un amplificador que desarrolle 60 W, al altavoz de graves esta frecuencia llegará con tan sólo 30 W. Así, este altavoz reproduciría esta frecuencia con tan sólo 30 W, pero no debemos olvidar que también el filtro paso-alto sólo dejará pasar hacia el *tweeter* esta misma frecuencia atenuada en 3 dB, por lo que este segundo altavoz reproducirá los 2 000 Hz con otros 30 W. Sumando los 30 W del *woofer* con los 30 W del *tweeter*, obtendremos de nuevo la potencia total de 30 + 30 W.

Cuando se utilizan filtros de tres vías, además del filtro paso-bajo (para el *woofer*) y del paso-alto (para el *tweeter*), existe también un filtro paso-banda (para el *squawker*), que sólo permite el paso de las frecuencias de los medios.

En los filtros de tres vías existen dos frecuencias de cruce, la correspondiente a la frecuencia de cruce entre la banda de graves y medios, que se suele calcular entre 500 y 800 Hz, y la frecuencia de cruce, que se encuentra entre la banda de medios y agudos y se suele calcular para una frecuencia de corte comprendida entre 4 000 y 5 000 Hz. En la Figura 11 se aprecia que las dos frecuencias de cruce de este filtro de tres vías son de 500 y 4 000 Hz.

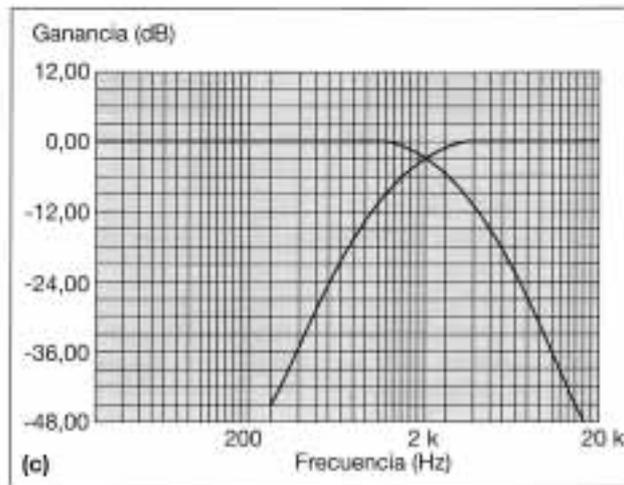
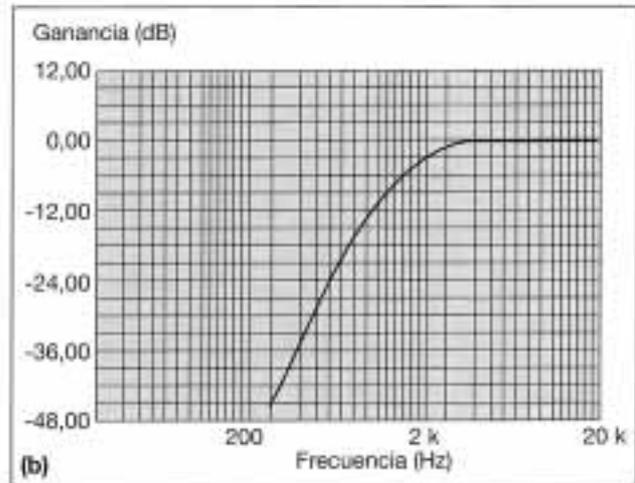
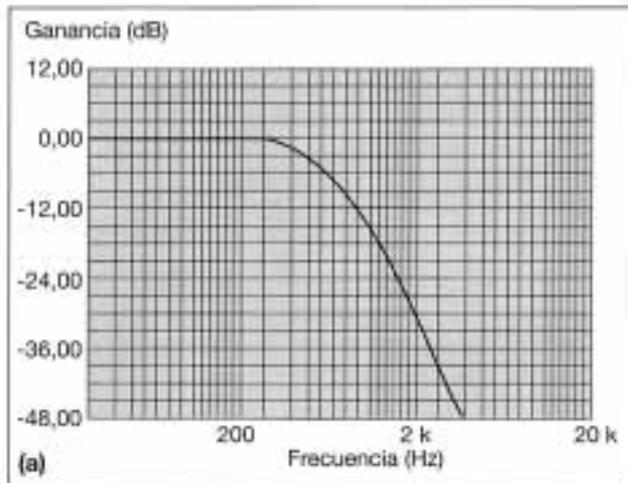


Figura 10. **a)** Curva de respuesta de salida del filtro de graves. **b)** Curva de respuesta de salida del filtro de agudos. **c)** Curvas de respuesta complementarias de un filtro de dos vías para graves y agudos.

Hay que indicar, por último, que cuando las vías del filtro son dos, los altavoces utilizados para graves y agudos deberán cubrir una banda más amplia en su respuesta de frecuencias que cuando se trate de filtros de tres vías. En las Figuras 10.c y 11 la respuesta de frecuencia para los diferentes altavoces de graves y de agudos difiere considerablemente.

1.3. Pendiente de un filtro

No hay que confundir el concepto de atenuación de un filtro a la frecuencia de corte, que está normalizada para todos los filtros en -3 dB, con el concepto de pendiente de un filtro, el cual se expresa en decibelios por octava (Figura 12).

Para comprender este concepto pasaremos a ilustrarlo con un ejemplo. Si tomamos la Figura 12, constituida por la curva de respuesta de un filtro paso-

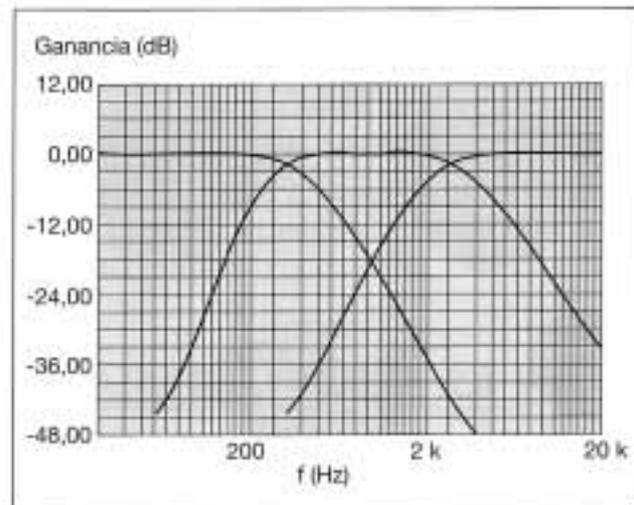


Figura 11. Curva de respuesta de un filtro de tres vías que dispone de dos frecuencias de corte.

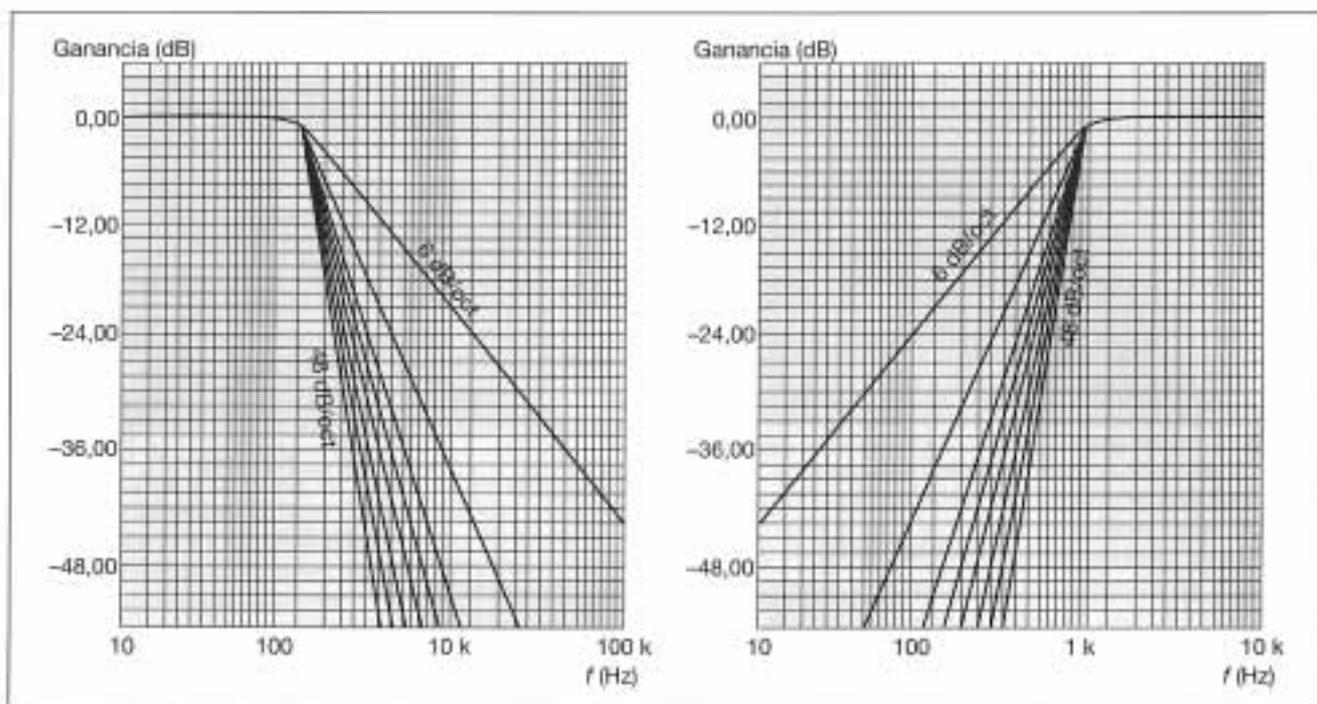


Figura 12. Curvas de respuesta de varios tipos de filtros paso-bajo y paso-alto con diferentes grados de atenuación.

alto, observaremos que la frecuencia de cruce está en 1 000 Hz. A esta frecuencia la atenuación es de -3 dB, pero la pendiente puede ser diferente tomando valores de 6, 12, 18 o hasta 48 dB/octava.

Efectivamente, cuando se dice que un filtro produce una atenuación de 6 dB/octava, significa que, por cada octava, la señal queda atenuada 6 dB. Es decir, que la primera octava superior 2 kHz e inferior 500 Hz son atenuadas en 6 dB, y así sucesivamente para cada octava con respecto a la señal de referencia o de máxima amplitud, 0 dB.

Si tomamos un filtro con atenuación de 18 dB/octava, la atenuación será mayor y, por tanto, el filtro será más selectivo. En la Figura 12 se muestran las curvas de respuesta de tres filtros de distinta pendiente y con una frecuencia de corte común de 1 kHz (frecuencia de corte).

Como se puede comprobar, las distintas curvas se cruzan en -3 dB, circunstancia común para la frecuencia de cruce, pero, sin embargo, las pendientes son di-

ferentes para cada una. Atenúa más el filtro de mayor pendiente, por tanto, será el más selectivo, al poseer un ancho de banda más estrecho.

1.4. Efecto de impedancia de carga de un altavoz

La **impedancia de carga** de un filtro nos da la *resistencia que éste debe presentar a su entrada y a su salida para adaptar la impedancia del amplificador a la de los altavoces a los que va a alimentar*. Como los valores de las inductancias y de las capacidades están calculados para conseguir una frecuencia de cruce concreta para un valor exacto de impedancia, si se modifica éste se consigue un filtro que no desarrolla como es debido la función para la que ha sido previsto.



2. REDES COMPENSADORAS

Con objeto de obtener una curva de impedancia más regular y ajustar los diferentes filtros divisores de frecuencia a la curva de respuesta de cada altavoz, y conseguir que la carga eléctrica vista desde el amplificador sea mucho más estable, se compensan las curvas de impe-

dancia de los diferentes altavoces. El **principio de la compensación** es sencillo, pero su puesta en práctica es más complicada. *Es posible compensar la frecuencia de resonancia de los altavoces colocando una célula LRC en paralelo con los altavoces, que suprimirá la cresta de*

la frecuencia de resonancia de los altavoces. Esta corrección se aplica sólo a los altavoces de medios y de agudos.

Si se utiliza un altavoz convencional, es frecuente comprobar una fuerte subida de la curva de impedancia en alta frecuencia. Esta anomalía es debida al efecto autoinductivo de la bobina del altavoz. Se puede co-

rregir mediante un circuito RC cableado en paralelo con los bornes del altavoz, llamado red de Zoobel.

En caso de un altavoz de graves o medios, el hecho de añadir este circuito de compensación permite una puesta a punto más cómoda del filtro divisor de frecuencia. En el caso del altavoz de agudos, este circuito evita los fuertes tonos de agudos.



3. RECINTOS ACÚSTICOS O CAJAS ACÚSTICAS

Independientemente del altavoz que se utilice para radiar energía sonora, será preciso separar la señal sonora emitida por la parte anterior de la emitida por la parte posterior, ya que las ondas generadas a cada lado del diafragma del altavoz están desfasadas 180° y cuando se encuentran tienden a anularse entre sí. Esto ocurre parcialmente en baja frecuencia, donde existe difracción alrededor del cono, ya que la fuente es omnidireccional y se produce una atenuación del sonido (cortocircuito acústico), debido a que existe una oposición de fase entre las señales emitidas por la parte anterior y posterior del altavoz (Fig. 1).

Para evitarlo, se debe utilizar un panel de gran superficie o pantalla acústica de una longitud igual a la longitud de onda de la frecuencia más baja que se quiera reproducir. Esta solución escapa a la posibilidad de instalarlo en cualquier habitación o recinto, y por ello se ha recurrido a otras soluciones mucho más prácticas y eficaces.

El efecto que produce la pantalla acústica al aislar las dos ondas emitidas por el altavoz en sus caras anterior y posterior se conoce con el nombre inglés de *baffle* (*deflector*). Con este nombre se conocen las pantallas o cajas acústicas que alojan en su interior los altavoces y los filtros que se utilizan en HI-FI.

Una de las soluciones aportadas para corregir este efecto consiste en plegar las paredes del panel utilizado para separar las ondas anteriores de las posteriores hasta formar una caja o recinto donde se deje *encerrada* la señal emitida por la parte posterior del altavoz. Esta medida plantea varios problemas; el más importante es que dentro de la caja donde se encierra el altavoz se producen resonancias debidas a las dimensiones del recinto y que son difíciles de eliminar. Para atenuar tal efecto se suelen emplear materiales absorbentes (fibra de vidrio, lana, etc.) que se colocan revistiendo todas las paredes interiores de la caja acústica para amortiguarlo en gran medida absorbiéndolo.

Además, si se quiere prever una buena reproducción de las bajas frecuencias hay que realizar una caja bastante grande, ya que la impedancia que ve la parte interior del altavoz aumenta a medida que el volumen de la caja disminuye. Además, el aire encerrado dentro del recinto ofrece una resistencia al ser comprimido, lo que produce un aumento de la frecuencia de resonancia del

altavoz y, como consecuencia, una pérdida en el ancho de la banda de reproducción de las frecuencias de graves. En la Figura 13.b se aprecia esta influencia sobre la frecuencia de resonancia.

Para evitar, en buena parte, estos problemas se han desarrollado varios sistemas de cajas o recintos acústicos que pasamos a estudiar.

En las curvas características de impedancia de estos recintos se pueden apreciar cuatro zonas en función de la frecuencia, que denominamos *A*, *B*, *C*, *D*, y que se corresponden con los diferentes factores que integran la impedancia de un altavoz con el recinto acústico que lo aloja y que pasamos a describir:

- La zona *A* indica la resistencia en corriente continua (0 Hz), que es la que se mide con un polímetro en la función de óhmetro entre los bornes del altavoz. Es importante indicar que ésta no se corresponde con la que se marca como impedancia característica sobre el altavoz, sino que es algo inferior.
- La zona *B* se corresponde con la impedancia que tiene el altavoz a su frecuencia de resonancia y se encuentra muy afectada por la construcción y colocación del altavoz.
- La zona *C* se sitúa aproximadamente entre los 400 y 1 kHz y no está afectada por la ubicación que toma el altavoz. Es la que realmente presenta la impedancia de un altavoz y con la que normalmente los fabricantes los marcan.
- La zona *D*, correspondiente a las más altas frecuencias, presenta un aumento paulatino de su impedancia debido al incremento de la impedancia que toma la bobina móvil.

3.1. Recinto infinito o *baffle* perfecto

La misión del *baffle* era evitar la radiación frontal del altavoz con la radiación posterior de éste, para así eludir el cortocircuito acústico. En la práctica, es necesario un panel con dimensiones superiores a la longitud de onda más baja que se quiera reproducir, lo que impide que este sistema sea utilizado.

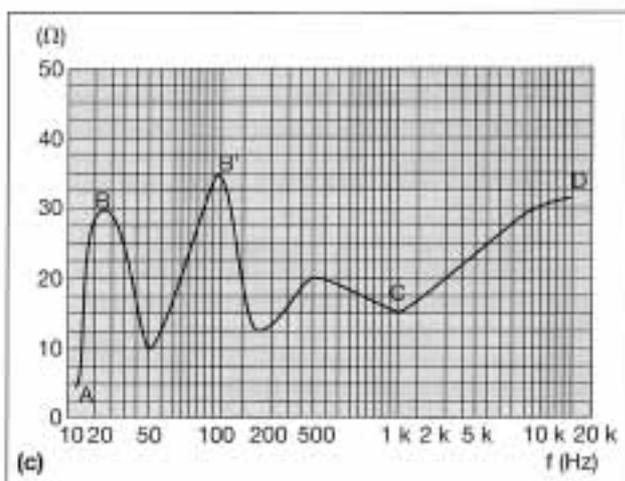
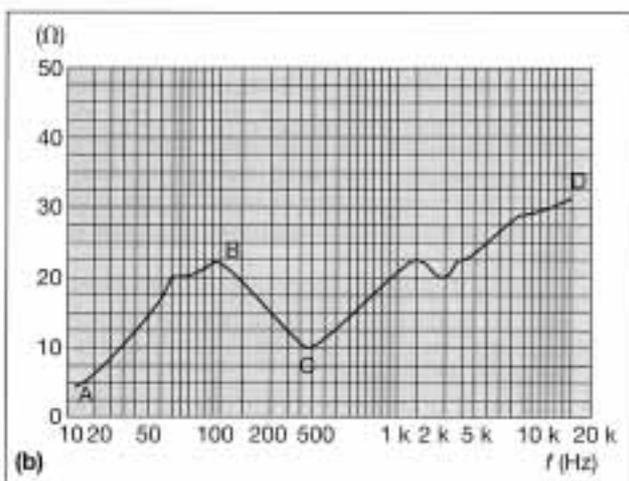
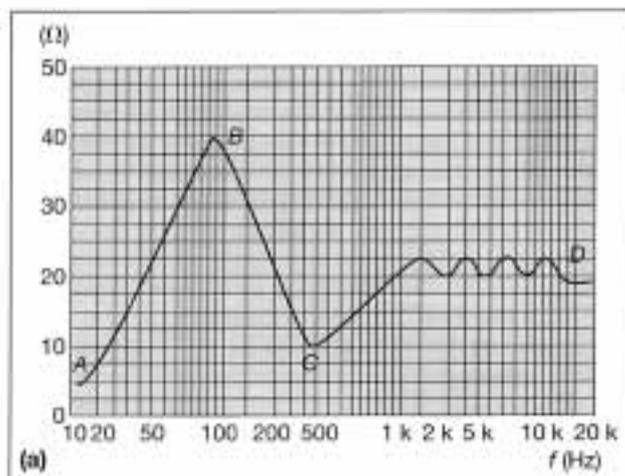
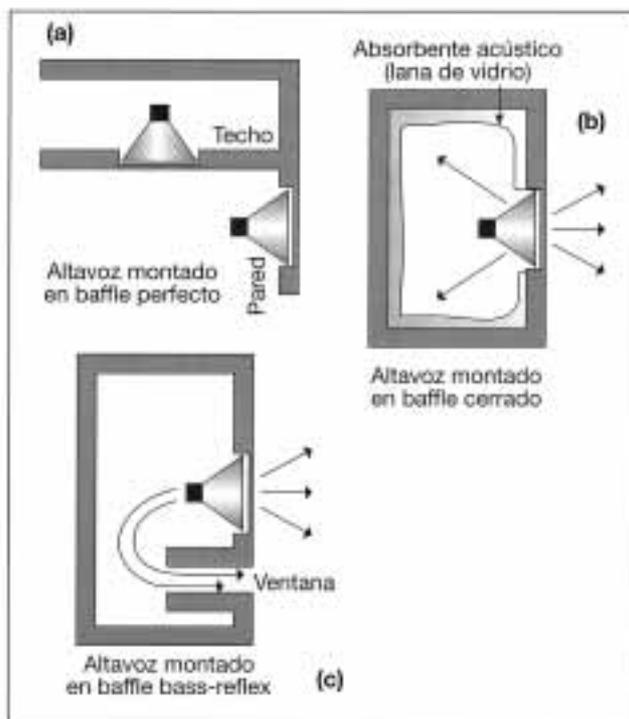


Figura 13. Constitución de los diferentes recintos acústicos que acogen a los altavoces y sus curvas típicas de impedancia en función de la frecuencia.

El sistema idóneo sería disponer de dos habitaciones separadas por un tabique en el falso techo en el cual se instalaría el altavoz. De esta forma, las ondas emitidas por las diferentes caras del altavoz no se relacionarían entre sí y se evitaría la interacción de ambas, llegando al oyente sólo las ondas emitidas por la cara anterior del altavoz. En sonorización es muy habitual este montaje, es el caso de los altavoces empotrados en techos, huecos de armarios, etc. (Fig. 13.a).

Cuando el altavoz se encuentra montado en el techo, la zona B de la curva de impedancia coincide con la **frecuencia de resonancia del altavoz**, que será la **mínima frecuencia a la que el altavoz funcionará a pleno rendi-**

miento. Ante la resonancia, la potencia que consume el altavoz es mínima, de ahí el elevado valor de su impedancia. La curva de impedancia se observa en la Figura 13.a.

3.2. Recinto cerrado o *baffle* cerrado

Una solución más práctica y que permite eliminar el cortocircuito acústico es el **recinto cerrado**, que *consiste en montar el altavoz o altavoces en una caja completamente cerrada, de forma que la propagación de la onda*

posterior no pueda salir del interior de la caja y se consiga una total separación entre las dos ondas generadas por el altavoz. Sin embargo, esto se logra a costa de modificar de forma inconveniente las condiciones de trabajo del altavoz o altavoces alojados en el interior de la caja (Fig. 13.b).

Este recinto cerrado tiene varios inconvenientes, ya que si elegimos una caja pequeña para contener el altavoz, la masa de aire que contiene ésta en su interior está sometida a sobrepresiones mucho mayores que las del aire de la habitación que formaba el *baffle* perfecto.

Aparentemente, es como si las suspensiones del altavoz se hubiesen hecho más rígidas, lo que tiene como consecuencia elevar la frecuencia de resonancia del altavoz y reducir, por tanto, el espectro de frecuencias en la zona de graves. Así pues, cuanto mayor sea el volumen del aire dentro de la caja acústica, menor será la frecuencia de resonancia y más amplia será la curva de respuesta de audio en el extremo de graves, lo que obliga a utilizar con este sistema cajas de dimensiones grandes.

En el caso del recinto cerrado, la emisión acústica producida por la parte trasera de la membrana del altavoz se pierde en parte en forma de calor a través del material absorbente que recubre todas las paredes interiores de dicho recinto y que está constituido por fibra de lana.

3.3. Recinto *baffle* de reflexión de graves (*bass-reflex*)

El sistema de reflexión de graves, en inglés *bass-reflex*, es una variante del recinto cerrado al que se le ha practicado un orificio en su parte anterior por el que sale la señal producida por la parte posterior del cono buscando aprovechar la radiación posterior del altavoz para recuperar las ondas perdidas en baja frecuencia por efecto de la caja. El objetivo es corregir el pico de resonancia del altavoz y extender la zona de reproducción de las frecuencias de graves más allá de lo que se conseguiría con una caja cerrada de las mismas dimensiones (Fig. 13.c).

El sistema *bass-reflex* basa su principio de funcionamiento en la resonancia mecánica, factor que depende del volumen de la caja acústica, del área del orificio

practicado a la caja y del volumen del aire puesto en vibración por el cono del altavoz, así como de la forma de la caja y de la suspensión del altavoz.

Dar una explicación clara y detallada de los fenómenos que tienen lugar en una caja *bass-reflex* requiere hacer uso de conocimientos de electroacústica que están fuera de nuestro estudio. Sin embargo, conviene saber que la masa de aire contenida por la caja, y que la parte posterior del cono pone en vibración, puede entrar en resonancia mecánica a una frecuencia que depende del volumen de la caja y del área de la ventana y que se denomina frecuencia de sintonía.

En las proximidades de la frecuencia de resonancia del sistema, la onda sonora provocada por la parte posterior del cono sufre en la caja una inversión de fase, de manera que emerge por la ventana en concordancia de fase con la onda generada por la cara anterior del altavoz y ambas, por consiguiente, se refuerzan aumentando la presión acústica a estas frecuencias.

Por otra parte, es importante dejar claro que a la frecuencia de resonancia, la carga que el aire contenido en el interior del recinto acústico ofrece al altavoz es mayor que a las demás frecuencias, por lo que a la frecuencia de resonancia, las vibraciones del cono tienen, para una misma señal de entrada, una amplitud menor que para otra cualquiera.

Pues bien, si las frecuencias de resonancia del altavoz y del sistema *bass-reflex* coinciden, el pico de resonancia del primero queda enérgicamente amortiguado por la mayor carga ofrecida por el segundo, y el margen de frecuencias reproducibles se extiende debido al refuerzo originado por la radiación a través de la ventana.

En la Figura 13.c podemos observar una curva característica típica de un sistema *bass-reflex*, donde la impedancia que presenta el gran pico alrededor de los 70 Hz indica la frecuencia de resonancia de la caja acústica-altavoces. El valle creado en torno a los 40 Hz es la frecuencia de resonancia de la ventana del sistema *bass-reflex*, donde ésta radia la máxima energía en baja frecuencia y el altavoz de graves radia la mínima energía.

Para frecuencias superiores, los fenómenos estudiados no tienen lugar y la caja se comporta como un *baffle*, si se ha tenido la precaución de no colocar la ventana muy próxima al altavoz.

La publicación de este artículo ha sido posible gracias a McGRAW HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA S.A.U. que ha concedido permiso para publicar este extracto de su libro EQUIPOS DE SONIDO y a SONY ESPAÑA S.A., que ha cedido la información contenida en este artículo.

FAMILIA	Código	Descripción	PVP	Revista	Mueble	
TELECOMUNICACIONES	LX 1349	Simple TX-FM para la gama 144-146 MHz	46,43€	170	*	
	LX 1489	Transmisor en CW de 12 vatios en 3 MHz	41,60€	207		
	LX 1555	Radiomicrofono de onda Media	45,65€	229	*	
EMISIÓN	LX 1029	VFO válido de 2 a 200 MHz	36,36€	95		
	LX 1385	VFO programable modulado FM 26-160 MHz	143,46€	182	*	
	LX 1447-48	Timbre portátil red eléct.Emisor/receptor	27,02€	193	Incluido	
	LX 1462	Activador para transmitir en SSB	86,13€	200	*	
	LX 1463	Final RF de 1 vatio	22,84€	199		
	LX 1464	Oscilador para SSB	11,66€	199		
	LX 1490	Microtransmisor FM en 170-173 MHz	112,70€	209	*	
	LX 1557	Transmisor Audio/Vídeo a 2,4 GHz de 20 milivatios	103,70€	232	Incluido	
	ANT.24.8	Antena emisora/receptora para banda 2,4 GHz	96,55€	232		
	LX 1565	VFO programable de 50 180MHz con micro ST7	97,65€	233	Incluido	
	LX.1566	Etapa VCO de 100 mW de potencia	60,50€	233		
	LX 5039	Superheterodino para onda media	63,29€	193	*	
	KM 1507	Emisor radiomicrofono FM en 423 MHz	46,90€	214	*	
	EMISIÓN T.V	LX 1413	Modulador VHF para TV sin Euroconector	29,54€	184	Incluido
		KM 1445	Transmitir en 49 canales TV en gama UHF	131,77€	196	
EMISIÓN F.M.	LX 010	Emisora de FM de 1 vatio	40,05€	72-144		
	LX 5036	Radiomicrofono FM Banda 88-108 MHz	15,24€	189		
EMISIÓN C.B.	LX 5037	Sonda de carga para LX 5036	3,43€	189		
	LX 5040	Transmisor 27 MHz modulado en AM	33,78€	196		
	LX 5041	Transmisor 27 MHz modulado AM Modulador	26,17€	196		
EMISIÓN COMPLEMENTOS	LX 5042	Transm.27 MHz mod, AM sonda de carga	4,33€	196		
	LX 1248	Codificador estéreo	96,01€	145		
RECEPCIÓN	LX 662	Mini receptor FM	32,45€	23		
	LX 887	Superheterodino didáctico para OM	58,90	64		
	LX 1295	Receptor AM-FM para la gama 110-180 mHz	130,81€	157	*	
	LX 1346	Receptor AM-FM de 38 MHz a 860 MHz	256,66€	171	*	
	KM1450	Módulo SMD para LX. 1451	29,54€	195	*	
	LX 1451	Sintonizador para onda media y FM estéreo	78,52€	195		
	LX 1452	Etapa display para LX 1451	57,40€	195		
	LX 1453	Circuito de ajuste para LX 1451	12,68€	195		
	LX 1519	Recibir onda media con dos integrados	35,10€	217	Incluido	
	LX 1529	Receptor FM con solo 3 integrados	51,80€	221		
	LX 1558-58/B	Receptor para la banda de 2,4 GHz	198,70€	232	Incluido	
	KM 1508	Receptor Radiomicrofono en FM 423 MHz	83,40€	214	*	
	RECEP.O/CORTA O/LARGA RECEP.COMPLEMENTOS	LX 1532	Redescubrir la fascinante Onda Corta	57,95€		
		LX 1467	E.Alimentación + conmutación para KM1466	46,43€	199	
	KM 1466	Preamplificador de antena de 20 a 450 MHz	5,49€	199		
SATELITES METEREOLÓGICOS		Parábola rejilla con antena para METEOSAT	164,98€	119		
		ANTENA para satélites polares (doble V)	64,91€	116		
		PREAMPLIFICADOR satélites polares	37,56€	116		
	LX 1148	Interface DSP para JVFX	168,88€	125	*	
	LX 1375	Receptor para Meteosat y polares	337,53€	180	Incluido	
	TV.970	Convertor de frecuencia para meteosat	158,22€	180		
LABORATORIO FRECUENCIMETROS	LX 1374	Frecuencímetro digital que lee hasta 2 GHz	167,08€	177	*	
	LX 1374/D	Placa premontada de SMD para LX 1374	29,54€	177		
	LX 1525	Frecuencímetro de 550 MHz con LCD	73,70€	219	Incluido	
	LX 1526	Fuente de alimentación LX.1525	23,70€	219		
	LX 1572	Frecuencímetro de 2,2 GHz con 10 dígitos	121,85€	236	Incluido	
	LX 5047	Medidor de frecuencia analógico	44,72€	204	Incluido	
	LX 5048	Medidor de frecuencia digital de 5 dígitos	139,25€	203	Incluido	
	LX 1142	Generador de ruido 1MHz.-2GHz.	79,93€	122	*	
	LX 1234	Generador de VFO sintetizado 1,2 GHz	69,63€	142	*	
	LX 1234/B	Etapa de conmutación completa LX 1234	89,40€	142		
LABORATORIO GENERADORES	LX 1235	Módulos para LX 1234	24,04€	142		
	LX 1344	Etapa de comando	124,89€	170	*	
	LX 1345	Etapa base	168,76€	170		
	LX 1464	Oscilador para SSB	11,66€	199		
	LX 1542	Generador BF con tres formas de ondas	86,10€	222	*	
	LX 1543	Frecuencímetro digital	62,30	222		
	LX1563	Generador de señal RF 40 KHz -13,5 MHz	60,50	233	Incluido	
	LX 1151	Generador de BF	31,07€	124	*	
	LX 1337	Generador de BF	56,56€	166	*	
	LX 1513	Generador Sweep B.F.	91,30€	214	*	
LABORATORIO GENERADOR BF	LX 5031	Generador de señal BF	39,67€	178	Incluido	
	LX 5032	Generador de señal BF	55,71€	178	Incluido	
	LX 1351	Gen.de monoscopio TV/MONITOR VGA	126,57€	171		
	LX 1125	Medidor flujo magnético	56,04€	119		
	LX 1192	Impedancímetro y Reactancímetro	179,31€	134	*	
LAB.GENERADOR TV LABORATORIO MEDIDORES	LX 1310	Medidor de campos electromagnéticos	84,44€	159	Incluido	
	LX 1393	Para medir imped. característica de antena	25,33€	185		
	LX 1421	Localizador de terminales de un transistor	46,85€	187	Incluido	

FAMILIA	Código	Descripción	PVP	Revista	Mueble
	LX 1431	Analizador RF para osciloscopio	105,48€	192	*
	LX 1432	Fuente de Alimentación para LX 1431	37,98€	192	
	LX 1435- /B	Contaminación e. irradiada por enlaces RF	115,60€	193	
	LX 1512	Medidor de Tierra	66,20€	215	*
	LX 1518	Medir la ESR de un condensador electrolítico	36,85€	216	
	LX 1522	Como controlar el valor de una inductancia	38,60€	216	
	LX 1538	Trazador de curvas para Transistores-Fet,SCR etc.	122,85€	224	*
	LX 1556	Voltímetro-Amperímetro digital	74,30€	232	*
	LX 1570	Termómetro a distancia	126,15€	235	incluido
	LX 1576	Inductancímetro de 0,1 a 300 microHenrios	60,50€	237	
LAB. COMPROBADORES	LX 1272	Comprobador de Mospower Mosfet e IGBT	23,65€	152	
	LX 5014	Comprobador de transistores	61,60€	160	incluido
	LX 5019	Comprobador para SCR y TRIAC	72,15€	166	incluido
LAB. COMPLEMENTOS	LX 1169	Preamplificador 400 KHz.- 2GHz.	27,05€	128	
	LX 1456	Preamplificador de antena de 0,4 a 50 MHz	18,18€	197	
SONIDO HI-FI	LX 1113	Ampl. HI-FI estéreo con válvulas. EL34	325,63€	115	*
SONIDO AMPLIFICADORES	LX 1114	Ampl. HI-Fi estéreo con válvulas KT88	371,43€	115	
	LX 1114	Fuente de alimentación para LX 1113	142,08€	115	
	LX 1115	Vú-meter para amplificadores	18,00€	115	
	LX 1239	Fuente de alimentación para LX 1240	56,28€	142	
	LX 1240	Amplificador estéreo para EL 34	159,00€	142	*
	LX 1257	Fuente de alimentación para LX 1256	69,72€	148	
	LX 1258	V-Meter para LX 1256	39,85€	148	
	LX 1309	Amplificador a válvulas para auriculares	139,25€	160	*
	LX 1320	Amplificador compacto a válvulas	171,89€	161	*
	LX 1321	Etapas final para LX 1320	421,91€	161	
	LX 1322	Etapas Vu-meter para LX 1320	62,51€	161	
	LX 1323	Fuente de alimentación para LX 1320	179,70€	161	
	LX 1471	Final estéreo Hi-Fi de 110+110 vatios musicales	75,25€	211	incluido
	LX 1472	Amplificador HI-Fi de 200 W con finales IGBT	66,25€	213	*
	LX 1473	Final con mospower de 38-70 vatios RMS	44,20€	212	*
	LX 1553	Amplificador SUB-WOOFER con filtro DIGITAL	171,10€	231	*
	LX 1577	Amplificador HI-FI 30 vatios RMS sobre 8 Ohmios	39,75€	236	*
	LX 1578	Etapas de alimentación para LX.1577	51,55€	236	
	LX 5043	Convertir la gama de 27 MHz en onda media	26,17€	197	
SONIDO HI-FI PREVIOS	LX 1139	Etapas entrada LX 1140	46,28€	122	
	LX 1140	Previo estéreo a válvulas	214,26€	122	*
	LX 1141	Etapas alimentación LX 1140	82,94€	122	
	LX 1149	Previo HI-Fi a Fet	63,23€	125	
	LX 1150	Previo HI-Fi a Fet	53,88€	125	*
	LX 1169	Amplificador de 400 khz a 2 GHz	27,05€	128	
SONIDO HI-FI COMPLEM.	LX 1073	Filtro estéreo paso alto	24,04€	104	
	LX 1074	Filtro estéreo paso bajo	23,14€	104	
	LX 1198-/B	Filtro cross-over estéreo	71,73€	135	*
	LX 1241	Mezclador a fet	58,45€	144	*
	LX 1242	Mezclador a fet (00es)	44,78€	144	
	LX 1275	Micrófono para escuchar a distancia	40,51€	154	
	LX 1282	Compresor ALC estéreo	98,75€	153	
	LX 1357	Ecuador RIAA con filtro antiruido	36,30€	174	
	LX 1564	Karaoke con efecto eco	63,10€	234	*
FUENTES DE ALIMENTACIÓN	LX 1131	Fuente de Alimentación 3-18 V 2A.	27,05€	121	
	LX 1138	Cargador de baterías plomo	84,74€	122	
	LX 1364	Al. de 2,5 a 25 V. max.5 amp. Etapa base	61,90€	175	*
	LX 1364/B	Al. de 2,5 a 25 V. max.5 amp. Etapa final	16,50€	175	
	LX 1364/C	Al.de 2,5 a 25 V. max.5 amp.Etapas voltímetro	39,88€	175	
	LX 1449	Inversor de 12 volt. CC a 220 volt. AC 50 Hz	202,54€	197	*
	LX 1545	Alimentador estabilizado	78,95€	226	*
CARGADORES	LX 1069	Cargador de baterías de níquel-cadmio	64,91€	103	*
	LX 1428	Cargador bat. automáticos con diodos SCR	121,07€	190	
	LX 1479	Cargador de pilas NI-MH	109,71€	201	*
SEGURIDAD ALARMAS	LX 1396	RADAR antirrobo de 10 gHz	50,49€	184	incluido
	LX 1424	Antirrobo banda UHF 433,9 MHz transmisión	56,98€	190	incluido
	LX 1425	Antirrobo banda UHF 433,9 MHz recepción	60,76€	190	incluido
	LX 1506	Alarma por sensor volumétrico	40,40€	209	*
SEGURIDAD SIRENAS	LX 5025	Sirena bitonal digital	19,41€	170	
SEG. COMPLEMENTOS	LX 5027	Contador 2 cifras	27,86€	172	
	LX 5028	Contador 2 cifras	25,33€	172	
SEGURIDAD DETECTORES	LX 1216	Detector para fugas de gas	77,74€	137	
	LX 1287	Detector para micrófonos	35,46€	155	
	LX 1407	Nuevo y eficaz contador geiger	139,25€	185	incluido
	LX 1433	Buscador de cables instalaciones eléctricas	16,47€	192	incluido
	LX 1465	Sensible detector de metales	88,60€	216	*
	LX 1517	Detector de fugas para Micro-ondas	34,75€	217	incluido
	LX 1568	Emisor de Barrera de Rayos infrarrojos	10,40€	234	incluido
	LX 1569	Receptor de Barrera de Rayos infrarrojos	20,75€	234	incluido

FAMILIA	Código	Descripción	PVP	Revista	Mueble
<u>MEDICINA ELECTRONICA</u>	LX 559	Detector de acupuntura	17,13€	8	
	LX 654	Acupuntura portatil	23,14€	24	
	LX 811	Electromagnetoterapia reforzada en A.F.	66,71€	55/147	*
	LX 811/B	Disco radiante para LX 811	12,32€	55	
	LX 950	Electromagnetoterapia en baja frecuencia	49,58€	77	*
	LX 950/B	Difusor para LX 950	10,82	77	
	MP 950	Difusor magnético	10,82€	77	
	LX 987	Etapas de potencia para LX 950	21,34€	85	
	LX 1003	Estimulador analgésico	41,47€	90	
	LX 1010	Iones negativos para coche	39,07€	90	
	LX 1072	Banda radiante para LX 811	15,93€	104	
	LX 1146	Magnetoterapia BF alta eficacia	212,01€	123	incluido
	MP 90	Difusor magnético	28,25€	123	
	LX 1176	Cargador de baterías para LX 1175	37,83€	129	
	LX 1293	Magnetoterapia de AF	156,11€	157	incluido
	PC 1293	Paño radiante para LX.1293	37,98€	157	
	LX 1343	Depurador antipolución	101,27€	169	incluido
	LX 1365	Nueva Iontoforesis con microprocesador	25,97€	175	*mo 1365
	LX 1365/B	Circuito display	24,91€	175	
	LX 1365/P	Placa de aplicación	16,47	175	
	LX 1387	Tens, electromedicamento elimina el dolor	84,74€	181	*
	LX 1387/B	Placa de visualización	40,93€	181	
	LX 1408	Tonificar los músculos con la electrónica	118,16€	186	
LX 1480	Ionoterapia	106,38€	202	incluido	
LX 1480-B	Etapas Voltímetro para LX.1480	36,66€	202		
<u>LUCES-ILUMINACIÓN</u>	LX 1011	Generador de albas y ocasos digital 1 salida	61,90€	91	
	LX 1061	Luces tremolantes	50,49€	107	
	LX 1326	Luz que apaga y se enciende gradualmente	47,69€	165	*
	LX 1493	Generador de Alba y ocaso	101,27€	206	incluido
<u>MISCELANEA</u>	LX 1025	Termostato con relé	44,47€	96	
	LX 1182	Temporizador variable	46,43€	130	
	LX 1238	Circuito simulador de rayos	35,79€	143	
	LX 1259	Ahuyentador de mosquitos	44,75€	151	Incluido
	LX 1332	Ahuyenta-ratones ultrasónico	39,25€	167	*
	LX 1398	Vallas con descargas de Electroshock	27,02€	186	
	LX 1562	Alimentador PWM para TRENES ELECTRICOS	112,35€	232	*
	LX 5035	Reloj digital	84,44€	185	*
	LX 5044	Temporizador con el NE.555	24,07€	198	*
LX 5045	Temporizador con el NE.555	26,17€	198		
<u>CIRCUITOS DIDÁCTICOS</u>	LX 1325	Programador para MICRO ST6 60/65	84,44€	165	*
	LX 1329	Entrenador para ST6/60-65	32,09€	166	
	LX 1329/B	Interface para ST6/60-65	14,36€	166	
	LX 1546	Programador para ST7-lite 09	26,65€	227	
	LX 1547	Entrenador para LX.1546	53,60€	227	
	LX 1548	Tarjeta experimental reloj para ST7	23,70€	228	
LX1549	Tarjeta experimental display para ST7	36,05€	228		
<u>CIRCUITOS TELÉFONO</u>	LX 1510	Excitar un relé con un teléfono	109,10€	213	*
	KM 1515	Leer y escribir en las tarjetas sim de los móviles	78,95€	216	
<u>MANDO A DISTANCIA</u>	LX 1409	Telemando codificado de 4 canales Transmisor	24,49	184	incluido
	LX 1410	Telemando codificado de 4 canales Receptor	58,24	184	*
	LX 1411	Salida de 2 relés para el LX.1410	21,94	184	
	LX 1412	Salida de 4 relés para el LX.1410	32,06	184	
	LX 1474	Mando a distancia a 433 MHz via radio -Transmisor	63,80	199	incluido
	LX 1475	Mando a distancia a 433 MHz via radio - Receptor	84,44	199	incluido
	LX 1501	Mando Emisor codificado a traves de red eléctrica	58,15€	210	incluido
	LX 1502	Receptor de LX1501	64,65€	210	incluido
<u>ORDENADORES</u>	LX 1574	Programador de EPROM para puerto paralelo	82,95€	237	
	LX 1575	Etapas de soporte para LX 1574	31,10€	237	

¡MAS DE 800 MONTAJES DISPONIBLES! www.nuevaelectronica.com

Nº238 - ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A. Esta lista anula las anteriores. * consultar precio del mueble 91 542 73 80

No todo el mundo conoce que existen integrados convertidores de frecuencia a tensión que permiten medir fácilmente, con un téster común, frecuencias desde pocos Hertzios hasta 0,1 Megahertzios. Aquí presentamos un dispositivo que permite convertir un téster en un económico frecuencímetro. Además este tipo de circuito tiene múltiples aplicaciones relacionadas con la contabilización de eventos.



FUNCIONAMIENTO Y ESQUEMA ELÉCTRICO

Para medir frecuencias utilizando un **téster** común solo hay que utilizar un integrado capaz de convertir una **frecuencia** en **tensión**.

Si el circuito se calibra, por ejemplo, para obtener una tensión de **10 voltios** cuando en la entrada del convertidor se aplica una frecuencia de **10.000 Hz**, aplicando una frecuencia de **8.000 Hz** se obtendrán **8 voltios** y aplicando una frecuencia de **4.500 Hz** se obtendrán **4,5 voltios**.

Los integrados capaces de convertir **frecuencia** en **tensión** pueden efectuar también la operación **inversa**, es decir son capaces de convertir una **tensión** en **frecuencia**. De hecho, si a nuestro circuito le aplicamos a su entrada una tensión **continua** de **1 a 10 voltios** podemos obtener en la salida una señal en forma de **onda cuadrada** con una frecuencia proporcional al valor de la tensión aplicada.

A la entrada de este convertidor podemos aplicar cualquier forma de onda, es decir **cuadrada**, **sinusoidal**, **triangular** o en **diente de sierra**. La señal aplicada a la entrada, pasando a través de la resistencia **R1** y del condensador **C2**, alcanza la entrada **no inversora** de **IC1**, un operacional **LM.311** utilizado como Trigger Schmitt.

De la salida de este operacional se obtiene una **onda cuadrada** con una amplitud máxima de unos **11 voltios**, independientemente de la forma de onda y del valor de la amplitud aplicados a la entrada.

Para un correcto funcionamiento la **mínima** amplitud aplicable a la entrada no ha de ser **menor** de **0,2 voltios pico-pico** y la amplitud **máxima** no ha de superar la tensión de alimentación (en nuestro caso **12 voltios**). No obstante los diodos **DS1-DS2** se

ocupan de limitar la amplitud de la señal de entrada si esta supera **6 voltios positivos** o **6 voltios negativos**.

La señal en forma de **onda cuadrada** presente en el terminal de salida alcanza la entrada de **IC2**, un doble divisor **x10 CMOS 4518**. Conectando en **serie** dos divisores la frecuencia aplicada a la entrada puede obtenerse en las patillas **6-10** dividida **x10** y en la patilla **14** dividida **x100**.

Si, mediante el **trimmer R13**, el convertidor **frecuencia/tensión IC3** se ajusta para proporcionar en salida una tensión de **10 voltios** con una frecuencia de **1.000 Hz** y conectamos su entrada al terminal de salida del operacional **IC1** obtendremos **10 voltios** con una frecuencia de **1.000 Hz**.

Si conectamos su entrada a los terminales de salida **6-10** del divisor **IC2** obtendremos **10 voltios** aplicando en la entrada una frecuencia de **10.000 Hz**. En cambio si conectamos su entrada al terminal de salida **14** del divisor **IC2** obtendremos **10 voltios** aplicando en la entrada una frecuencia de **100.000 Hz**.

Por lo tanto mediante un sencillo conmutador de **3 posiciones (S1)** podemos leer en el téster **1.000-10.000-100.000 Hz** fondo de escala. Con estas tres escalas podemos medir cualquier señal **BF**: Frecuencias **bajas (100 Hz)**, frecuencias **agudas (20.000 Hz)** y también frecuencias **ultrasónicas (100.000 Hz)**.

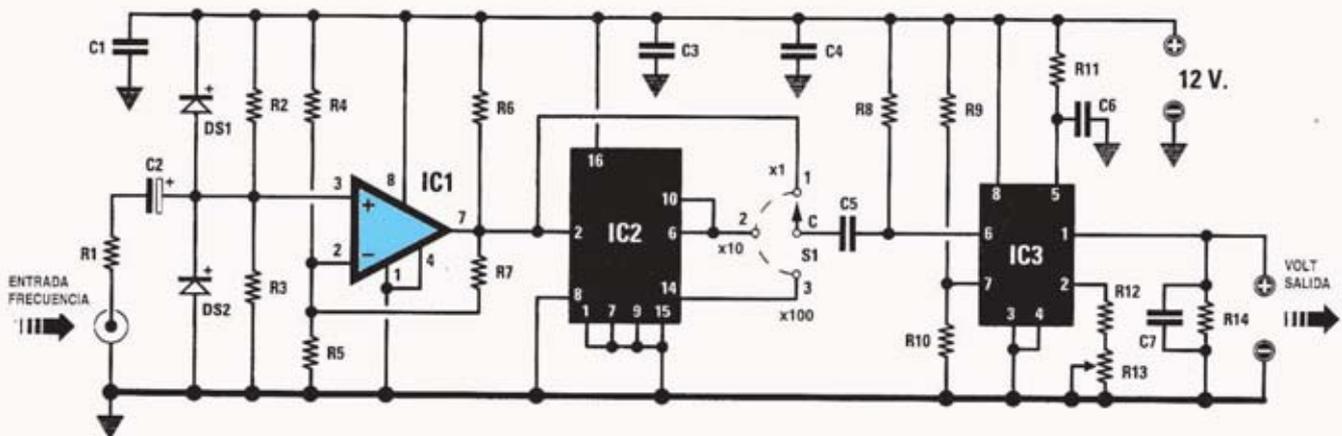
Para alimentar el **convertidor** hay que proporcionarle una tensión estabilizada de **12 voltios** que podemos obtener del kit **LX.1348**, publicado en la revista **Nº171**, o de cualquier otro alimentador similar.



LISTA DE COMPONENTES LX.1414

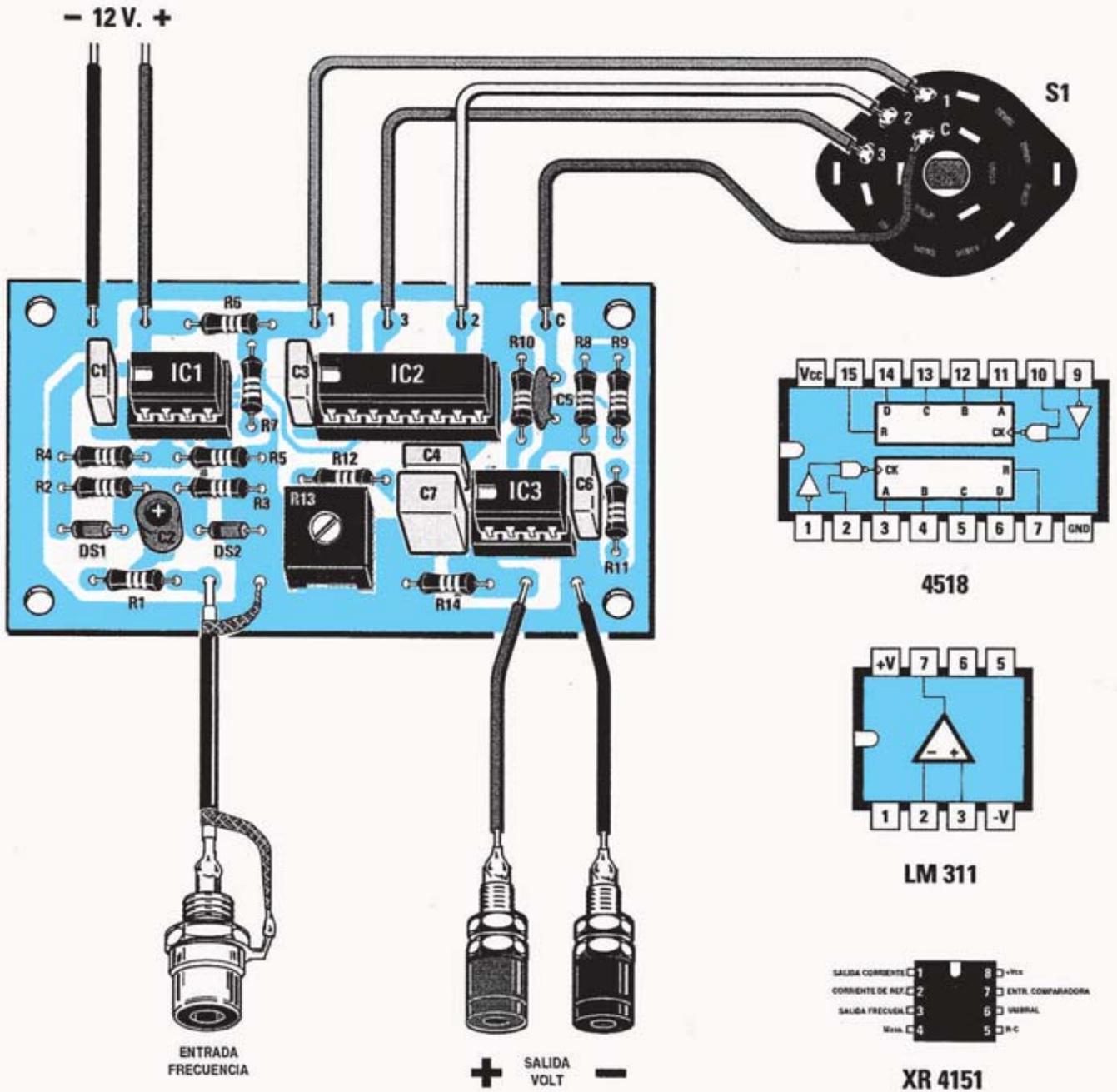
R1 = 4.700 ohm
R2 = 100.000 ohm
R3 = 100.000 ohm
R4 = 10.000 ohm
R5 = 10.000 ohm
R6 = 3.300 ohm
R7 = 330.000 ohm
R8 = 10.000 ohm
R9 = 10.000 ohm
R10 = 68.000 ohm
R11 = 5.600 ohm
R12 = 10.000 ohm
R13 = 5.000 ohm trimmer
R14 = 100.000 ohm
C1 = 100.000 pF poliester
C2 = 10 microF. electrolítico
C3 = 100.000 pF poliester
C4 = 100.000 pF poliester
C5 = 100 pF cerámico
C6 = 100.000 pF poliester
C7 = 1 microF. poliester
DS1 = diodo tipo 1N.4148
DS2 = diodo tipo IN.4148
IC1 = integrado tipo LM.311
IC2 = C/Mos tipo 4518
IC3 = integrado tipo XR.4151
S1 = conmutador 3 pos.

Nota: Todas las resistencias utilizadas en este circuito son de 1/4 de wat.



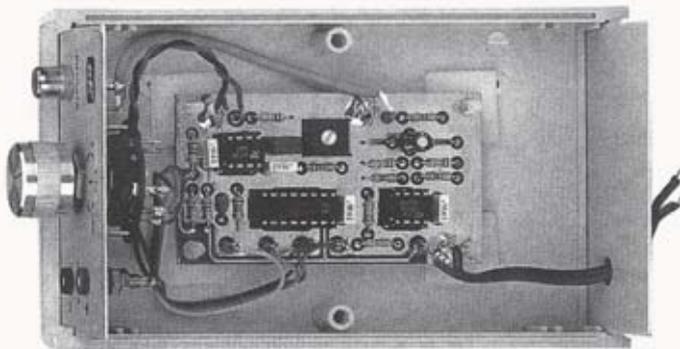
Esquema eléctrico y lista de componentes del Convertor Frecuencia-Tensión LX.1414.

MONTAJE Y AJUSTE



Esquema de montaje práctico de la placa LX.1414 y disposición de terminales de los semiconductores utilizados en el circuito.





Aspecto final del circuito LX.1414 instalado en el mueble contenedor MO.1414, servido bajo petición expresa.

Para realizar el Conversor Frecuencia-Tensión se necesita un **circuito impreso** de doble cara: El **LX.1414**, circuito que soporta todos los componentes. Para el montaje es importante tener presentes las siguientes consideraciones.

Zócalos: Al montar los **zócalos** para los circuitos integrados **IC1, IC2** e **IC3** hay que respetar la muesca de referencia presente en la serigrafía del circuito impreso y no utilizar mucho estaño para no provocar cortocircuitos.

Resistencias: Cuando se monten las **resistencias** que incluye el circuito (**R1-R12, R14**) hay que controlar su valor óhmico, si es preciso con la ayuda de una tabla de colores. En el caso del **trimmer horizontal (R13)** el valor se controla mediante la serigrafía impresa sobre su cuerpo.

Condensadores: Hay que controlar su valor por la serigrafía impresa en su cuerpo. Al montar los de **poliéster (C1, C3-C4, C6-C7)** y el **cerámico (C5)** no hay que preocuparse por la polaridad ya que carecen de ella. En cambio, al montar el condensador **electrolítico (C2)** sí hay que tener en cuenta la polaridad de sus terminales.

Semiconductores: Al realizar el montaje de los **diodos (DS1-DS2)** hay que respetar su polaridad, para lo que hay que orientar su franja de color negra tal como se indica en el esquema de montaje práctico.

Conectores: El circuito incluye un **conector RCA** para la **entrada** de la señal que se desea convertir a tensión (o frecuencia) y de **dos bornes de salida** con la señal convertida. Todos estos conectores se fijan al **panel frontal** mediante sus propias **tuercas** y se conectan al impreso a través de cables, **coaxial** en el caso del **conector RCA**.

Conmutadores: El **conmutador** rotativo para la selección de **escala (S3)** se fija al **panel frontal** mediante su propia **tuerca** y se conecta al impreso a través de cables siguiendo las indicaciones mostradas en el esquema de montaje práctico.

Circuitos integrados con zócalo: Los integrados **IC1, IC2** e **IC3** se han de introducir en sus correspondientes zócalos

haciendo coincidir las muescas de referencia en forma de **U** de los integrados con la de los zócalos.

MONTAJE EN EL MUEBLE: Este circuito dispone de un **mueble específico (MO.1414)**, con su panel frontal serigrafiado, que se sirve bajo petición expresa.

En el **panel frontal** se instala el **conector RCA de entrada**, los **bornes de salida** y el **conmutador** de selección de escala (**S1**), mientras que en el **panel posterior** solo hay que hacer pasar los **cables de alimentación de 12 voltios**.

Como se puede observar en la fotografía correspondiente el circuito se fija en la base del mueble utilizando **4 separadores** de plástico con base autoadhesiva.

AJUSTE Y PRUEBA: Únicamente es preciso ajustar **R13** aplicando una señal de entrada de frecuencia conocida: Por ejemplo si se calibra para leer una tensión de **10 voltios** a la **salida** cuando a la entrada del convertidor se aplica una frecuencia de **1.000 Hz**, aplicando una frecuencia de **100 Hz** se obtiene en salida **1 voltio** y aplicando una frecuencia de **300 Hz** se obtienen **3 voltios**.

UTILIZACIÓN: Este circuito sirve, de forma directa, para leer con un **téster** el valor de una **frecuencia** o para generar una **onda cuadrada** aplicando a su entrada una **tensión continua**.

Ahora bien, agregando pocos componentes externos podemos utilizar el circuito para leer el número de **giros** de un **eje**, las **revoluciones** del **motor** de un **coche** o para medir la **temperatura** utilizando una sonda. Circuitos de este tipo se detallan en la revista en la que se ha publicado el kit completo (revista N°187).

Para medir el número de giros de un eje hay que fijar sobre el eje con cinta adhesiva un minúsculo **imán** y utilizar un **sensor** de **Hall** cuyo terminal de salida se aplica a un **circuito de adaptación** al Conversor Frecuencia/Tensión **LX.1414**.

Para conocer las revoluciones del motor de un automóvil se puede utilizar un circuito de adaptación al Conversor **LX.1414** que tome como referencia el **distribuidor**.

También se puede **convertir** una **temperatura** en una **frecuencia** utilizando una etapa de adaptación y una sonda de temperatura.

PRECIOS Y REFERENCIAS

LX.1414: Todos los componentes necesarios para la realización del kit, incluido circuito impreso, excluido únicamente el mueble contenedor.....	27,86 € + IVA
MO.1414: Mueble contenedor serigrafiado.....	8,47 € + IVA
LX.1414: Circuito impreso.....	6,25 € + IVA

Hoy en día se pueden encontrar muchos integrados que contienen todas las etapas de un receptor superheterodino OM. Aquí presentamos un receptor realizado con componentes discretos que permite controlar todas las etapas y es más utilizable desde el punto de vista didáctico.



FUNCIONAMIENTO Y ESQUEMA ELÉCTRICO

Para realizar un **receptor superheterodino OM** la señal captada por la **antena** debe **mezclarse** con la señal generada por una etapa de **oscilación RF** de manera que se obtenga una frecuencia de **455 KHz**.

La señal presente en la antena, en nuestro caso utilizamos un cable de de **3-4 metros** conectado al borne **antena**, pasa a través de **C1** y llega al circuito de **sintonía** compuesto por la bobina **L1** y por los **diodos varicap DV1-DV2**, que permiten sintonizar el rango de frecuencias incluido entre **500 KHz** y **1600 KHz** (espectro **OM**).

Para sintonizar la bobina **L1** en la emisora deseada hay que modificar la **capacidad** de los varicap **DV1-DV2**. Puesto que la capacidad de **cada** varicap es de **500 pF** al conectarlos en **serie** se obtienen **250 pF**.

Para variar la **capacidad** de los **varicap** y así sintonizar el espectro **OM** se les aplica, a través del potenciómetro **R18**, una tensión **continua positiva** desde **0 a 10,5 voltios**. Los **12 voltios** de alimentación, antes de alcanzar los varicap, pasan a través del divisor compuesto por **R19-R21-R22**, que se encargan de reducir la tensión a **10,5 voltios** (el potenciómetro **R22** presente en este divisor permite **ajustar** con mucha precisión la bobina L1).

La frecuencia **sintonizada** mediante **L1-DV1-DV2** se aplica al **Gate1 (puerta1)** del **MOSFET** de dos puertas **MFT**. La señal sale **amplificada** del **Drenador** en proporción a la tensión positiva aplicada al **Gate 2**: Con una tensión **positiva** de **4 voltios** se amplifica **12 veces**, mientras que con **1 voltio** se amplifica **3 veces**. Variando la **tensión** del **Gate 2** varía la **ganancia** de esta fase de preamplificación.

Para **convertir** la señal aplicada al **Gate 1** a una frecuencia fija de **455 KHz** se aplica en el **Surtidor** una señal **RF** que tiene una frecuencia **455 KHz** mayor respecto a la sintonizada con **L1-DV1-DV2**. Para obtener esta frecuencia se utiliza como etapa de **oscilación** el FET **FT1** y sus componentes auxiliares.

El circuito de **sintonía** compuesto por la bobina **L2** y por los **diodos varicap DV3-DV4** permite generar una señal **RF** que cubre el rango de **955 KHz** a **2.055 KHz**. El potenciómetro **R18** se utiliza para variar la tensión de los diodos varicap **DV1-DV2** y también de **DV3-DV4**.

Por otro lado del secundario de **MF1** se obtiene una frecuencia de **455 KHz** para aplicarse a la **Base** del transistor **TR1** que se encarga de amplificarla y filtrarla mediante el **filtro cerámico (FC1)** de **455 KHz**.

El **Colector** del transistor **TR2** está conectado al primario de **MF2**, también ajustada a **455 KHz**. La señal presente en el **primario** se transfiere por inducción al **secundario** y luego es **rectificada** por el **diodo de germanio DG1**.

La señal **BF** es transferida, a través de **C14**, a la patilla **2** de **IC1**, un pequeño **integrado** amplificador **BF** de **1 vatio**. En sus terminales **5-8** se aplica un **altavoz** para escuchar la señal **BF** de la emisora seleccionada (el potenciómetro **R15** conectado a la patilla **4** de **IC1** sirve para controlar el **volumen**).

El circuito dispone de la función **AGC (Automatic Gain Control)** que significa **Control Automático de Ganancia**, lo que hace que aunque la intensidad de las señales de diferentes emisoras sea muy distinta se nivelen.

El instrumento **mA**, además de medir la **intensidad** de la señal (**S1** en posición **S-Meter**) también se utiliza (**S1** en posición **Sintonía**) para conocer la tensión que se aplica a los **diodos varicap** y saber, con una buena aproximación, si ha sido sintonizada una frecuencia de **1.600 KHz** (aguja al **máximo**) o de **1.000 KHz** (aguja en el **centro**) o de **500 KHz** (aguja al **principio** de la escala).

Para **alimentar** este receptor se utiliza una tensión estabilizada de **12 voltios** que se obtiene de la etapa de alimentación compuesta por el transformador **T1**, el puente rectificador **RS1** y un integrado estabilizador **L.7812**.

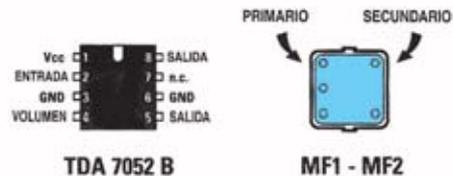
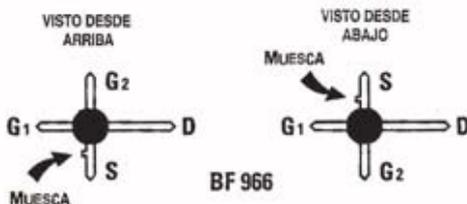
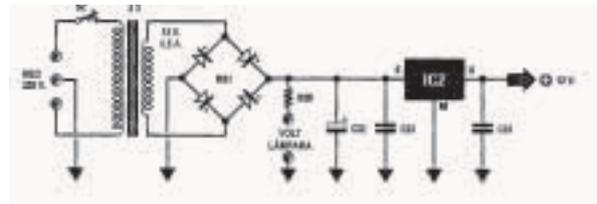
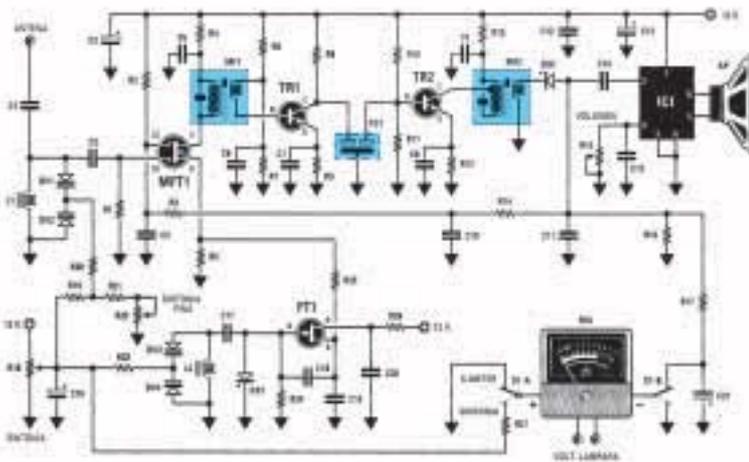


**LISTA DE COMPONENTES
LX.5039**

R1 = 220.000ohm
 R2 = 120.000 ohm
 R3 = 22.000 ohm
 R4 = 100 ohm
 R5 = 2.200 ohm
 R6 = 120.000 ohm
 R7 = 12.000 ohm
 R8 = 1.500 ohm
 R9 = 680 ohm
 R10 = 10.000 ohm
 R11 = 1.800 ohm
 R12 = 680 ohm
 R13 = 100 ohm
 R14 = 22.000 ohm
 R15 = 100.000 ohm pot. Lin.
 R16 = 22.000 ohm
 R17 = 22.000 ohm
 R18 = 10.000 ohm pot 10 lin.
 R19 = 1.200 ohm
 R20 = 41.000 ohm
 R21 = 8.200 ohm
 R22 = 2.200 ohm pot. lin.
 R23 = 47.000 ohm
 R24 = 47.000 ohm

R25 = 100 ohm
 R26 = 100 ohm
 R27 = 68.000 ohm
 R28 = 100 ohm 1/2 wat.
 C1 = 27 pF cerámico
 C2 = 100 pF cerámico
 C3 = 100 microF. electrolítico
 C4 = 1 microF. poliester
 C5 = 100.000 pF cerámico
 C6 = 100.000 pF cerámico
 C7 = 100.000 pF cerámico
 C8 = 100.000 pF cerámico
 C9 = 100.000 pF cerámico
 C10 = 1 microF. poliester
 C11 = 15.000 pF poliester
 C12 = 100.000 pF poliester
 C13 = 220 microF. electrolítico
 C14 = 470.000 pF poliester
 C15 = 100.000 pF poliester
 C16 = 10 microF. electrolítico
 C17 = 100 pF cerámico
 C18 = 150 pF cerámico
 C19 = 150 pF cerámico
 C20 = 100.000 pF cerámico
 C21 = 4,7 microF. electrolítico
 C22 = 1.000 microF. electrolítico

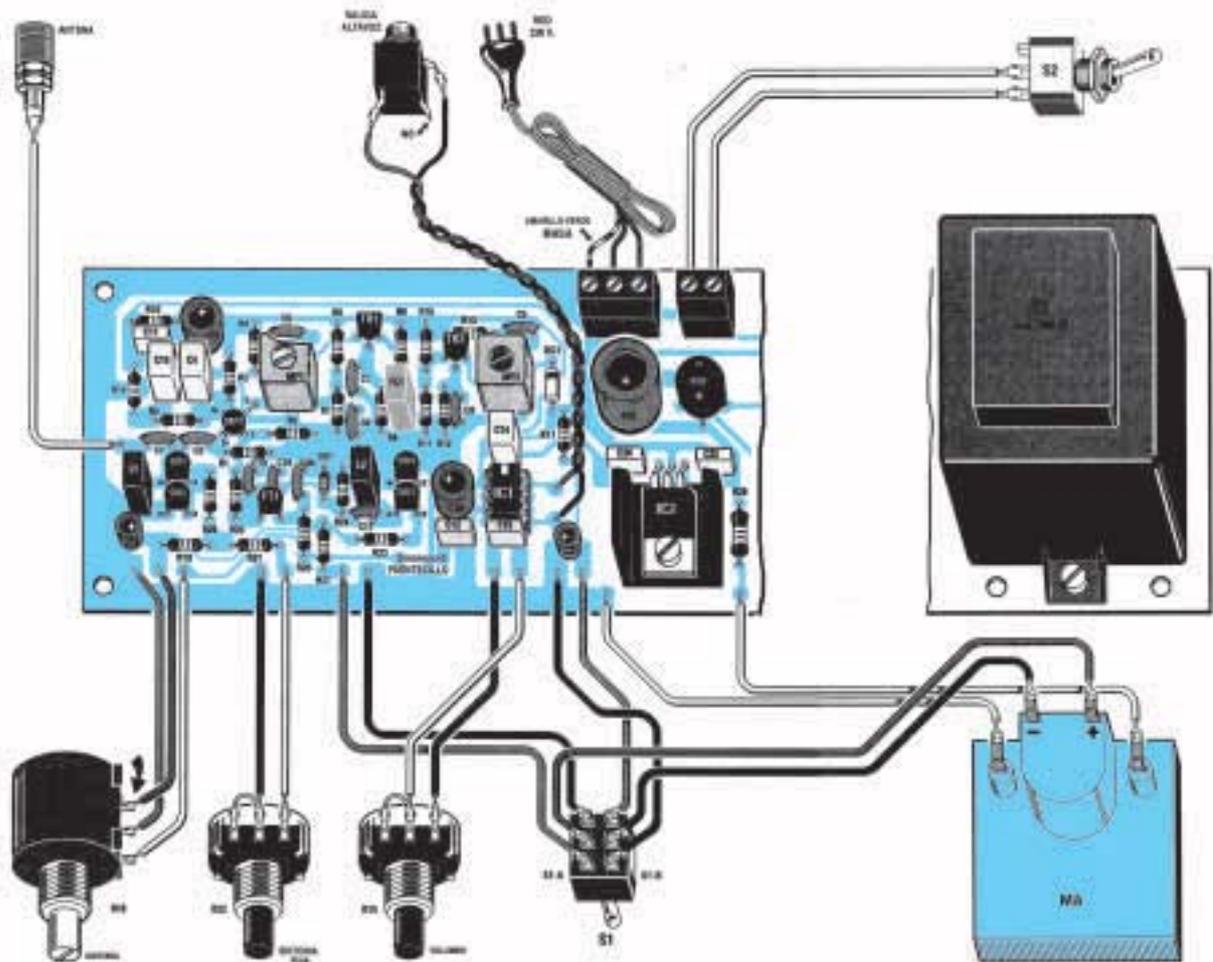
C23 = 100.000 pF poliester
 C24 = 100.000 pF poliester
 L1 = Impedancia 220 microhenrios
 L2 = Impedancia 100 microhenrios
 MF1 = media frecuencia amarilla
 MF2 = media frecuencia Negra
 FC1 = filtro cerámico 455 KHz
 DG1 = diodo tipo AA.117
 DS1 = diodo tipo 1N.4148
 R51 = puente rect. 100 V 1 A
 Dv1 = varicap tipo 65.112
 DV2 = varicap tipo 56.112
 DV3 = varicap tipo 65.112
 DV4 = varicap tipo 55.112
 TR1 = transistor NPN - 5F.495
 TR2 = transistor NPN - 6F.495
 FT1 = fet tipo 2N.5248
 MFT = mosfet tipo BF.966
 IC1 = Integrado TDA.70525
 IC2 = Integrado L7812
 T1 =transf. 6 wat (mod. T006.02)
 secundario 8-15 V 0,4 A
 S1 = doble conmutador
 S2 = interruptor
 MA = instrumento 200 microA.
 AP = altavoz 8 ohm

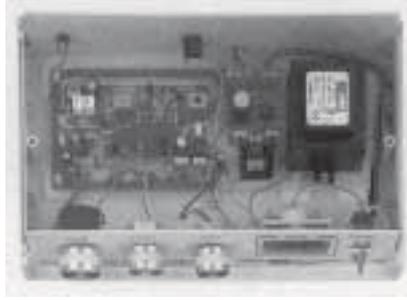


Esquema eléctrico, incluyendo etapa de alimentación, y lista de componentes del Receptor superheterodino LX.5039. También se muestra disposición de terminales de los semiconductores utilizados en el circuito y de las MF.

MONTAJE Y AJUSTE

Esquema de montaje práctico de la placa LX.5039 y caja acústica.





Aspecto del circuito LX.5039 con todos sus componentes montados e instalado dentro del mueble contenedor MO.5039, servido bajo petición expresa.

Para realizar el Receptor Superheterodino se necesita un **circuito impreso** de simple cara: El **LX.5039**, circuito que soporta todos los componentes. Para el montaje hay que tener presentes las siguientes consideraciones.

Zócalos: Al montar el **zócalo** para el circuito integrado **IC1** hay que respetar la muesca de referencia presente en la serigrafía del circuito impreso y no utilizar mucho estaño para no provocar cortocircuitos.

Resistencias: Cuando se monten las **resistencias** que incluye el circuito (**R1-R14, R16-R17, R19-R21, R23-R28**) hay que controlar su valor óhmico, si es preciso con la ayuda de una tabla de colores. En el caso de los **potenciómetros lineales (R15, R18, R22)** el valor se controla mediante la serigrafía impresa sobre su cuerpo.

Condensadores: Hay que controlar su valor por la serigrafía impresa en su cuerpo. Al montar los de **poliéster (C4, C10-C12, C14-C15, C23-C24)** y los **cerámicos (C1-C2, C5-C9, C17-C20)** no hay que preocuparse por la polaridad ya que carecen de ella. En cambio, al montar los condensadores **electrolíticos (C3, C13, C16, C21-C22)** sí hay que tener en cuenta la polaridad de sus terminales.

Semiconductores: Al realizar el montaje del **diodo DG1** hay que respetar su polaridad, para lo que se ha de orientar su franja de color negra hacia arriba. Para el montaje de los **diodos varicap (DV1-DV4)**, de los **transistores (TR1-TR2)** y del **FET FT1** hay que soldarlos respetando la disposición de terminales, para lo cual hay que orientar su lado plano tal y como se indica en el esquema de montaje práctico. El **MOSFET MFT** se monta siguiendo las indicaciones del esquema de montaje práctico. El **circuito integrado IC2** ha de fijarse horizontalmente con su **aleta de refrigeración** utilizando un **tornillo** y su **tuerca**. Por último, el **punteo rectificador (RS1)** se instala con el terminal **+** orientado hacia abajo.

Conectores: El circuito incluye **una clema de 3 polos** para la conexión de la tensión de red de **230 voltios** (con toma de tierra) y **una clema de 2 polos** para la conexión del interruptor de encendido **S2**. También se incluye un conector tipo **jack hembra** para la conexión del **altavoz** y un **borne** para la conexión de la **antena**, ambos se instalan en el **panel trasero** del mueble y se conectan al impreso a través de cables.

Interruptores: El **interruptor** de encendido (**S2**) y el **conmutador** de selección de función del instrumento de medida **S1 (S-Meter / Sintonía)** se han de fijar, mediante sus propias tuercas, en el **panel frontal** del mueble. El conmutador **S2** se suelda al circuito impreso mediante pequeños trozos de cable (ver esquema de montaje).

Circuitos integrados con zócalo: El integrado **IC1** se ha de introducir en su correspondiente zócalo haciendo coincidir la

muesca de referencia en forma de **U** del integrado con la del zócalo.

Elementos diversos: Además de los componentes ya relacionados, el circuito incluye un **transformador (T1)** y dos **MF (MF1-MF2)** que se instalan directamente en el circuito impreso en la única posición que permiten sus terminales. También se incluyen dos **bobinas (L1-L2)** y un **filtro cerámico (FC1)** que se instalan directamente en el impreso. El **instrumento** de medida **mA** se fija en el panel frontal del mueble y se conecta al impreso siguiendo el esquema de montaje práctico. Por último hay que tener presente que el circuito incluye un **punteo de cable**.

MONTAJE EN EL MUEBLE: Para este kit hemos diseñado un mueble contenedor serigrafiado que se sirve bajo petición expresa. En el **panel frontal** del mueble se instalan los **3 potenciómetros**, el **interruptor** de encendido (**S2**), el **conmutador** de selección del instrumento **mA (S1)** y el propio **instrumento mA**. En el **panel trasero** se instala el **borne** para la conexión de la **antena** y el **conector jack** para el **altavoz**. El circuito impreso se fija a la base del mueble utilizando **6 separadores** de plástico con base autoadhesiva. Hay que prestar **ATENCIÓN** para no **tocar** las **PISTAS** conectadas a los **230 VOLTIOS de RED**.

AJUSTE Y PRUEBA: Para obtener la máxima **sensibilidad** hay que ajustar los núcleos de **MF1-MF2**. Para realizar este **ajuste** es necesario un **destornillador** y seguir los siguientes pasos: **(1)** Insertar en el borne de la **antena** un cable de 3-4 metros, manteniéndolo a ser posible en posición vertical. **(2)** Ajustar el potenciómetro **R22** a mitad de recorrido. **(3)** Poner el conmutador **S1** en la posición **S-Meter**, la aguja se desviará en proporción a la intensidad de la señal captada. **(4)** Girar lentamente el potenciómetro de **sintonía** hasta captar una emisora, la aguja del S-Meter se desviará hacia la derecha. **(5)** Ajustar el núcleo de **MF2** hasta encontrar la posición que haga desviar la aguja del instrumento lo más posible hacia la derecha. **(6)** Repetir el Paso 5 con **MF1**. **(7)** Repetir el Paso 5 con el potenciómetro **R22**. Una vez completadas todas estas operaciones el receptor está **ajustado**, pero para obtener la máxima **sensibilidad** hay que retocar los núcleos de **MF2** y de **MF1** con una señal **muy débil**. Una vez captada una emisora que haga que la aguja se desvíe hasta **1/4** de escala hay que girar un poco en sentido horario el núcleo de **MF2** para ver si la aguja del aparato desvía, después el núcleo de **MF1**, sin olvidar corregir el **ajuste** por medio del potenciómetro **R22**.

UTILIZACIÓN: No hay mucho que explicar sobre el funcionamiento de un **receptor OM**. Simplemente hay que tener en cuenta que durante el **día** se captarán **menos** emisoras que por la **tarde** y por la **noche**. La **longitud** del cable que se utiliza como **antena** es determinante, de hecho cuanto más largo sea, más emisoras se podrán captar.

PRECIOS Y REFERENCIAS

LX.5039: Todos los componentes necesarios para la realización del kit, incluyendo circuito impreso, transformador y V-Meter, excluido el mueble contenedor	63,29 € + IVA
MO.5039: Mueble contenedor serigrafiado.....	19,41 € + IVA
LX.5039: Circuito impreso.....	14,78 € + IVA

Para conectar en fase los altavoces de un equipo estéreo, cuadrafónico o surround hay que conocer la polaridad de sus terminales. El circuito que aquí se presenta permite identificar, con extrema facilidad, el polo positivo y el polo negativo de un altavoz o de una caja acústica.



FUNCIONAMIENTO Y ESQUEMA ELÉCTRICO

Quien haya instalado etapas finales **estéreo**, **cuadrafónicas** o **surround** habrá notado que **al invertir** en las **clemas** de salida los cables que van a las cajas acústicas se tiene la sensación de que el sonido se **atenúa**, aunque la **potencia** no varíe. Esto sucede porque si se conecta una señal a varias cajas acústicas de manera que los **conos** de los altavoces se desplacen en **fase (mismo sentido)** el sonido que llega a nuestros oídos se **potencia**, en cambio, si se conectan en **oposición de fase (distinto sentido)** muchas vibraciones sonoras se **anulan**.

Para evitar este inconveniente es necesario conectar las cajas acústicas en **fase**. Para ello hay que identificar los polos de la caja acústica o altavoz, normalmente el **positivo** está marcado con un **+** o con una marca **roja** pero ... si estas marcas faltan ¿cómo se pueden **identificar**? Para resolver este problema se puede realizar este circuito.

Una vez conectados los bornes de entrada (**INPUT**) del circuito a las **contactos** de un **altavoz** basta con dar un pequeño golpe a su **cono** (con un dedo o con un bolígrafo) para hacer que se generen una serie de **impulsos** que, pasando a través del condensador **C3**, llegan a la entrada **no inversora** del operacional **IC1/A** y a la entrada **inversora** del operacional **IC1/B**.

Si el terminal **positivo** del altavoz se conecta a **C3** el **primer frente** del impulso es de polaridad **negativa**, en cambio si se conecta a **C3** el terminal **negativo** del altavoz el **primer frente** del impulso es de polaridad **positiva**. De la salida del altavoz sale, por lo tanto, un impulso de **polaridad opuesta** respecto a la polaridad del terminal conectado a **C3**. Esto es debido a que cuando se golpea el **cono** la membrana se comprime hacia el **interior** y no hacia el **exterior**.

Los operacionales **IC1/A-IC1/B** se utilizan como **comparadores** para **encuadrar** los impulsos que llegan a sus entradas. Las semiondas **positivas** las encuadra el operacional **IC1/A** y las **negativas IC1/B**. De las salidas de ambos operacionales salen siempre impulsos **positivos**. Para determinar la polaridad de un altavoz se toma como referencia el **primer impulso** que sale del condensador **C3**.

Las señales que salen de los operacionales **IC1/A-IC1/B** se aplican a las entradas de reloj (**clock**) de los dos flip-flop **IC2/A-IC2/B** utilizados como **indicadores de polaridad**.

Para mantener **apagados** los dos diodos **LED** al encender el circuito, en cuanto se suministra la tensión de **9 voltios C5** envía un impulso **positivo** a las patillas de **Reset** de los dos flip-flop.

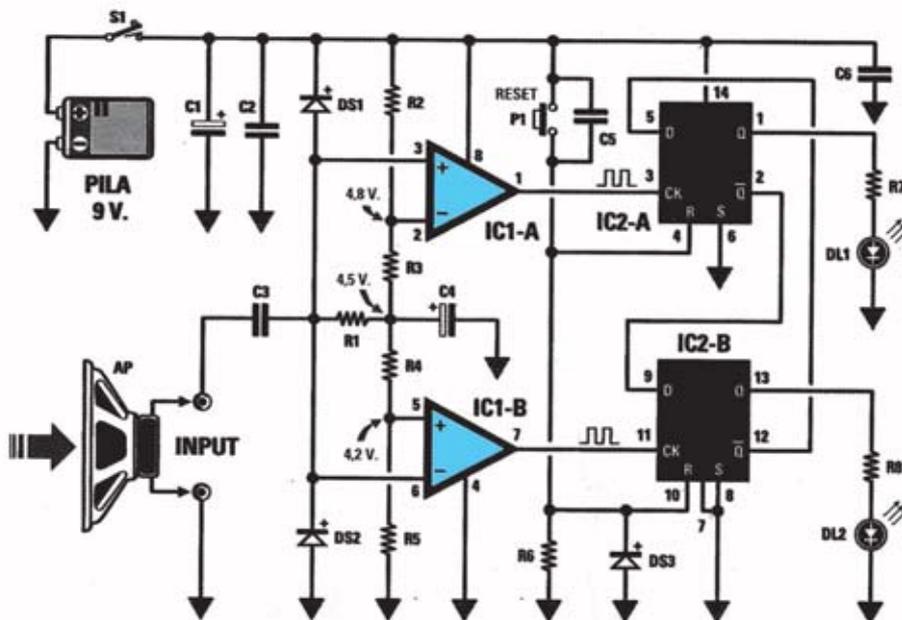
Si el **primer impulso** llega a la patilla **CK** de **IC2/A** su salida **Q** se pone a **nivel lógico 1** y, por consiguiente, se **encenderá** el diodo **LED DL1**. Automáticamente la salida **-Q** se pone a **nivel lógico 0** y, puesto que esta patilla está conectada al terminal **D** de **IC2/B**, este flip-flop **se bloquea**. Por este motivo el diodo **LED DL2** permanece **apagado**.

Si el **primer impulso** llega a la patilla **CK** de **IC2/B** su salida **Q** se pone a **nivel lógico 1** y, por consiguiente, se **encenderá** el diodo **LED DL2**. Automáticamente la salida **-Q** se pone en **nivel lógico 0** y, puesto que esta patilla está conectada al terminal **D** de **IC2/A**, este flip-flop **se bloquea**. Por este motivo el diodo **LED DL1** permanece **apagado**.

Una vez determinada la **polaridad** del altavoz basta con pulsar **P1 (Reset)** para apagar el diodo **LED** que se ha **encendido**.

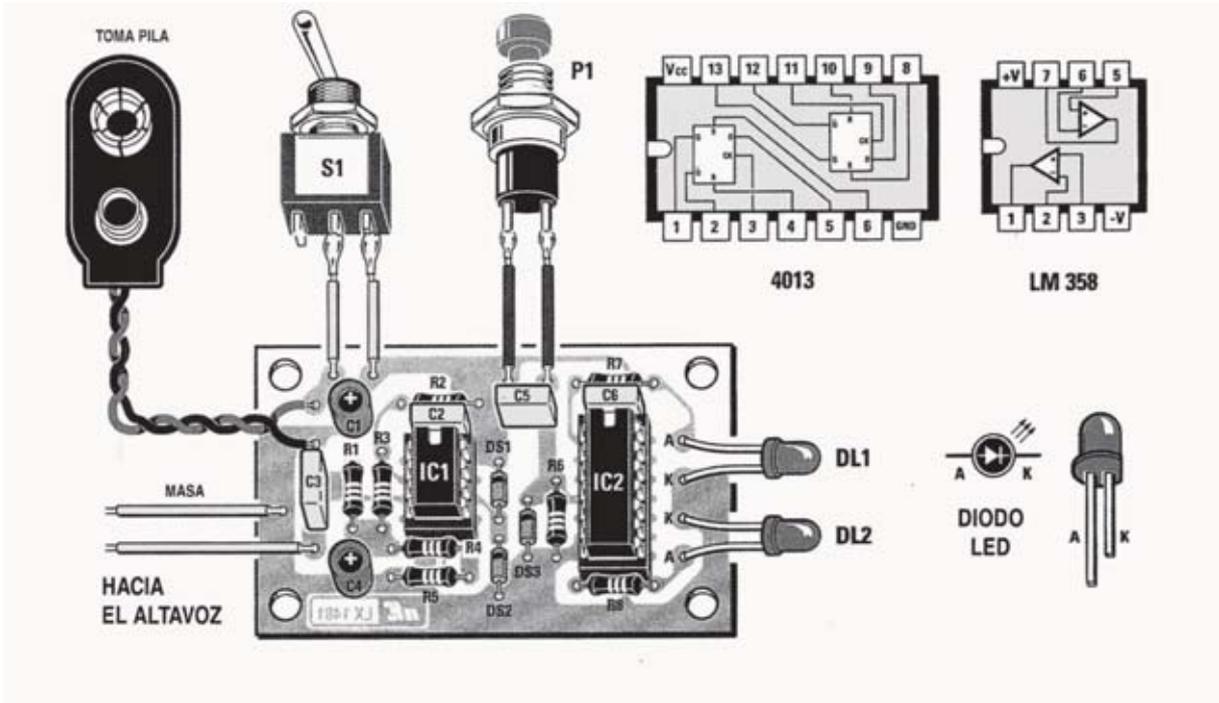
LISTA DE COMPONENTES LX.1481

R1 = 47.000 ohm
 R2 = 47.000 ohm
 R3 = 3.300 ohm
 R4 = 3.300 ohm
 R5 = 47.000 ohm
 R6 = 47.000 ohm
 R7 = 560 ohm
 R8 = 560 ohm
 C1 = 47 microF. Electrolytico
 C2 = 100.000 pF poliéster
 C3 = 100.000 pF poliéster
 C4 = 10 microF. Electrolytico
 C5 = 100.000 pF poliéster
 C6 = 100.000 pF poliéster
 DS1 = diodo tipo 1N4148
 DS2 = diodo tipo 1N4148
 DS3 = diodo tipo 1N4148
 DL1 = diodo led
 DL2 = diodo led
 IC1 = integrado tipo LM.358
 IC2 = C/Mos tipo 4013
 S1 = interruptor
 P1 = Pulsador



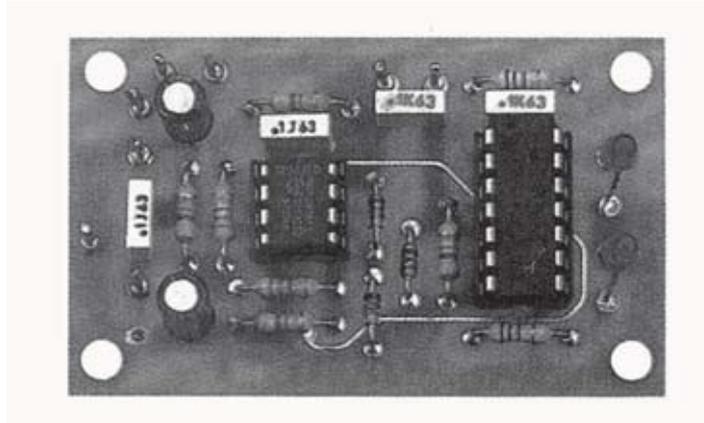
Esquema eléctrico y lista de componentes del Detector de polaridad de altavoces LX.1481.

MONTAJE Y AJUSTE



Esquema de montaje práctico de la placa LX.1481 y disposición de terminales de los semiconductores utilizados en el circuito.





Aspecto final del circuito impreso LX.1481 con todos sus componentes montados.

Para realizar el Detector de polaridad de altavoces se necesita **un circuito impreso** de doble cara: El **LX.1481**, circuito que soporta todos los componentes. Para realizar el montaje es importante tener presentes las siguientes consideraciones.

Zócalos: Al montar los **zócalos** para los circuitos integrados **IC1** e **IC2** hay que respetar la muesca de referencia presente en la serigrafía del circuito impreso y no utilizar mucho estaño para no provocar cortocircuitos.

Resistencias: Cuando se monten las **resistencias** que incluye el circuito (**R1-R8**) hay que controlar su valor óhmico, si es preciso con la ayuda de una tabla de colores.

Condensadores: Hay que controlar su valor por la serigrafía impresa en su cuerpo. Al montar los de **poliéster (C2-C3, C5-C6)** no hay que preocuparse por la polaridad ya que carecen de ella. En cambio, al montar los condensadores **electrolíticos (C1, C4)** sí hay que tener en cuenta la polaridad de sus terminales.

Semiconductores: Al realizar el montaje de los **diodos (DS1-DS3)** hay que respetar su polaridad, para lo que hay que orientar su franja de color negra como se indica en el esquema de montaje práctico.

Diodos LED: Al montarlos hay que respetar la polaridad, el **Ánodo (A)** es el terminal **más largo**. Este circuito incluye **dos diodos LED (DL1-DL2)** que se sueldan directamente al circuito impreso.

Conectores: Este circuito incluye un **portapilas de 9 voltios** cuyos cables de conexión se sueldan directamente al impreso, teniendo cuidado en respetar su polaridad (cable rojo al positivo y cable negro al negativo).

Interruptores y pulsadores: El **interruptor** de encendido (**S1**) se suelda al circuito impreso a través de dos pequeños trozos de cable (ver esquema de montaje). El **pulsador** de reset (**P1**) se suelda también al circuito impreso a través de dos pequeños trozos de cable.

Circuitos integrados con zócalo: Los integrados **IC1** e **IC2** se han de introducir en sus correspondientes zócalos haciendo coincidir las muescas de referencia en forma de **U** de los integrados con la de los zócalos.

Elementos diversos: Además de los componentes ya relacionados es conveniente soldar **dos cables** en los agujeros destinados a conectar el altavoz a los cuales se conectará el altavoz o caja acústica a probar. No obstante esta conexión cada uno la puede **personalizar** añadiendo **bananas** o **puntas de cocodrilo** a estos cables.

MONTAJE EN EL MUEBLE: No hemos diseñado ningún mueble contenedor específico para este circuito. Quien lo desee puede utilizar un **mueble contenedor estándar**.

AJUSTE Y PRUEBA: Este circuito **no** precisa ningún ajuste.

UTILIZACIÓN: Para verificar la polaridad de un **altavoz** o de una **caja acústica** hay que conectar los dos cables que salen por el lado izquierdo del circuito impreso a sus terminales y, a continuación, dar un pequeño golpe en el **cono** con un objeto no punzante o con un dedo.

Si se enciende el diodo LED **DL2** significa que el terminal **positivo** del altavoz está conectado al cable **inferior** situado junto al condensador **C3**, mientras que si se enciende el diodo LED **DL1** el terminal positivo del altavoz será el que esté conectado al cable de **masa**.

Una vez identificada la polaridad, antes de comprobar otro altavoz o caja acústica, hay que presionar el pulsador de Reset (**P1**) para borrar la medida anterior.

PRECIOS Y REFERENCIAS

LX.1481: Todos los componentes necesarios para la realización del kit	11 € + IVA
LX.1481: Circuito impreso.....	4,15 € + IVA