



# MEDIR UNA INDUCTANCIA

Con este circuito es posible leer, utilizando un polímetro analógico o digital, el valor en mili henrios o microhenrios de una impedancia o inductancia, de un mínimo de 10 microhenrios para llegar a un máximo de 100 mili henrios

En este caso, consideramos la realización de un **inductámetro** análogo, es decir, una herramienta que puede leer el valor en microhenrios o mili henrios de una bobina o de un **impedancia** RF empleando un **polímetro** común.

No hace falta preguntarse por qué en su banco de trabajo no está presente esta herramienta ya que sabemos la respuesta y es que la mayoría de distribuidores no vende este tipo de equipos y si se decide realizar la búsqueda en Internet descubriremos que su precio resulta demasiado alto.

Antes de comenzar a describir nuestro **inductámetro**, debemos aclarar que, además

de las fuentes de alimentación de **tensión** estabilizada, que ya sabemos entrega una **tensión** de un valor constante, así mismo, tenemos fuentes de alimentación de **corriente** estabilizada, conocidas también como generadores de **corriente** constante, porque son capaces de proporcionar una **corriente** con el valor de miliamperios que deseemos.

Al aplicar una **corriente** constante a una **resistencia**, en sus terminales ha de existir una **tensión** cuyo valor corresponderá a la siguiente **fórmula**:

$$V = (mA \times ohmios): 1.000$$

Por lo tanto, si tenemos una **corriente** constante de 4,5 miliamperios y una **resistencia** de 160 ohmios (véase fig.1), en sus terminales mediremos una **tensión** de:

$$(4,5 \times 160) : 1,000 = 0,72 \text{ voltios}$$

Si, en lugar de ello, circulan estos 4,5 mA sobre un valor de **resistencia** desconocida, y en sus terminales detectamos una **tensión** de 0,99 **voltios** (véase fig.2), podemos calcular el valor óhmico utilizando la **fórmula**:

$$\text{Ohmios} = (\text{V} : \text{miliamperios}) \times 1000$$

por lo que este tendrá un valor de **resistencia**:

$$(0,99 : 4,5) \times 1,000 = 220 \text{ ohmios (ver fig.2)}$$

Si aplicamos los 4,5 mA a los terminales de una **resistencia** de valor desconocido (ver figura 3) y encontrar a sus extremos un voltaje de 2,25 **voltios**, podemos decir que esta tiene un valor óhmico igual a:

$$(2,25 : 4,5) \times 1,000 = 500 \text{ ohmios}$$

Si intentamos aplicar una **corriente** constante a una **impedancia**, en sus terminales no detectaremos ninguna **tensión**, porque, para obtenerla, hay que utilizar una señal alterna y en este caso su valor óhmico será definido como reactancia inductiva y se indica con el símbolo XL.

Para obtener el valor de XL en una **inductancia** o una **impedancia** pueden emplearse estas dos **fórmulas**:

$$\text{XL en ohmios} = \text{KHz} \times 0,00628 \times \text{microhenrios}$$

$$\text{XL en ohmios} = \text{KHz} \times 6,28 \times \text{millihenrios}$$

Conociendo el valor expresado en ohmios de XL, podemos obtener los microhenrios o los mili henrios mediante las **fórmulas**:

$$\text{microhenrios} = \text{XL en ohmios} : (0,00628 \times \text{KHz})$$

$$\text{millihenrios} = \text{XL en ohms} : (6,28 \times \text{KHz})$$

## CON EL TÉSTER

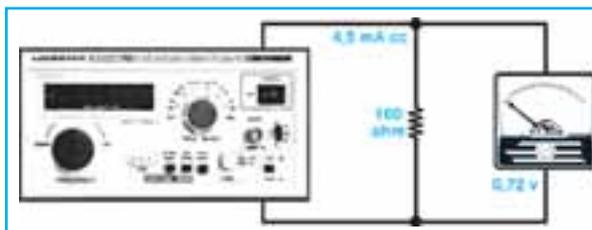


Fig.1 Cuando circula por una resistencia de 160 ohmios una corriente de 4,5 mA, la tensión en sus extremos será de  $(4,5 \times 160) : 1,000 = 0,72$  voltios.

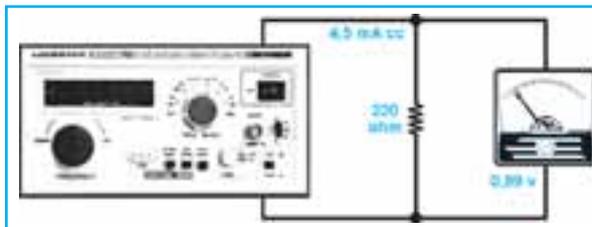


Fig.2 Cuando circula por una resistencia de 220 ohmios una corriente de 4,5 mA, la tensión en sus extremos será de  $(4,5 \times 220) : 1,000 = 0,99$  voltios.

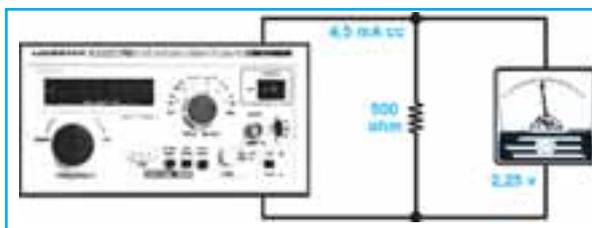


Fig.3 Cuando circula por una resistencia de 500 ohmios una corriente de 4,5 mA, la tensión en sus extremos será de  $(4,5 \times 500) : 1,000 = 2,25$  voltios.

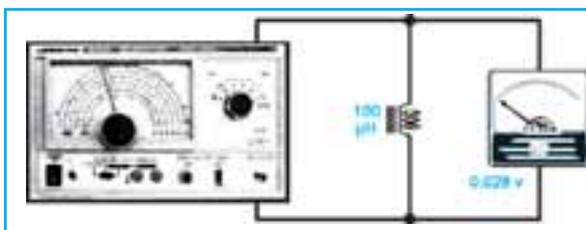


Fig.4 Para medir una tensión en los terminales de una inductancia será necesario aplicar una corriente alterna de frecuencia y corriente fija. En el caso de una inductancia de 100 microHenrios se medirán 0,028 voltios.



Fig.5 Si la inductancia conectada al generador BF es de 1 miliHenrio, le aplicamos una señal de 10 KHz y una corriente de 4,5 mA, en sus extremos mediremos una tensión de 0,28 voltios.

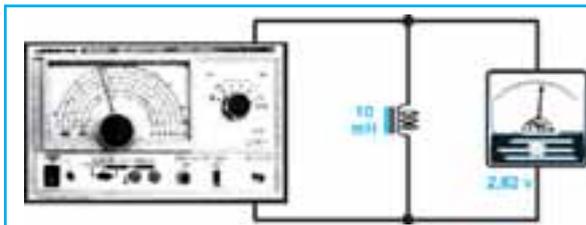


Fig.6 Si la inductancia conectada al generador BF es de 10 mili Henrios, le aplicamos una señal de 10 KHz y una corriente de 4,5 mA, en sus extremos mediremos una tensión de 2,82 voltios.

Suponiendo que contamos con 6 **inductancias** de los siguientes valores:

47 microhenrios  
100 microhenrios  
330 microhenrios

1 mili henrio  
10 mili henrios  
100 mili henrios

Si aplicamos una señal con una frecuencia de 10 KHz, su valor XL es igual a:

$0,00628 \times 10 \times 47 = 2,95$  ohmios de la **impedancia** de 47 microhenrios

$0,00628 \times 10 \times 100 = 6,28$  ohmios de la **impedancia** de 100 microhenrios

$0,00628 \times 10 \times 330 = 20,7$  ohmios de la **impedancia** a partir de 330 microhenrios

$6,28 \times 10 \times 1 = 62,8$  ohmios de la **impedancia** de 1 mili henrio

$6,28 \times 10 \times 10 = 628$  ohmios de la **impedancia** de 10 mili henrios

$6,28 \times 10 \times 100 = 6280$  ohmios de la **impedancia** de 100 mili henrios

Conociendo el valor de la **impedancia** y de XL

aplicando la **corriente** de 4,5 mA, se puede calcular la **tensión** que estará presente en sus terminales utilizando la **fórmula** siguiente:

$$V = (\text{mA} \times \text{XL en ohmios}): 1.000$$

entonces tenemos:

$(4,5 \times 2,95): 1,000 = 0,013$  **voltios** de la **impedancia** de 47 microhenrios

$(4,5 \times 6,28): 1,000 = 0,028$  **voltios** de la **impedancia** de 100 microhenrios (véase fig.4)

$(4,5 \times 20,7): 1,000 = 0,093$  **voltios** de la **impedancia** a partir de 330 microhenrios

$(4,5 \times 62,8): 1,000 = 0,28$  **voltios** (véase fig.5) de la **impedancia** de 1 mili henrio

$(4,5 \times 628): 1,000 = 2,82$  **voltios** de la **impedancia** de 10 mili henrio (ver Fig.6)

$(4,5 \times 6280): 1,000 = 28,26$  **voltios** de la **impedancia** de 100 mili henrios

### DIAGRAMA ELÉCTRICO

Ahora que sabemos lo que es la XL, y como se calcula, se puede presentar el esquema de este **inductámetro** (ver Fig.8).

Comenzamos diciendo que el integrado IC2 es un 78L05, regulador-estabilizador, que se

Tabla N ° 1 muestra el valor de la XL para impedancias a las que aplicamos una frecuencia de 10 kiloHercios.

TABLA 1

microH	XL ohm	milliH	XL ohm
1,0	0,05	1,0	63
2,2	0,1	2,2	138
3,3	0,2	3,3	207
4,7	0,3	4,7	295
5,6	0,4	5,6	352
8,2	0,5	8,2	515
10	0,6	10	628
15	0,9	15	942
18	1,1	18	1.130
22	1,4	22	1.382
27	1,7	27	1.695
33	2,1	33	2.073
47	2,9	47	2.952
56	3,5	56	3.517
82	5,2	82	5.150
100	6,3	100	6.280
120	7,5	120	7.540
150	9,4	150	9.420
180	11,3	180	11.300
220	13,8	220	13.820
250	15,7	270	15.700
300	18,8	300	18.840
330	20,7	330	20.725
470	29,5	470	29.520
560	35,2	560	35.170
680	42,7	680	42.700
820	51,5	820	51.500

utiliza para obtener una **tensión** estabilizada de 5 **voltios** necesaria para alimentar el integrado IC1, que es un C / Mos 4060 compuesto por una etapa osciladora y 11 etapas divisoras (ver fig.7).

Aplicando sobre los terminales 10-11 de este integrado un resonador cerámico de 640 KHz (véase C1) lo haremos oscilar exactamente en esta frecuencia, pero como para el cálculo de las XL, hemos decidido utilizar una frecuencia de 10 KHz, debemos tener la señal generada por el resonador FC1 en el pin 4 dividida x64, entonces:

$$640: 64 = 10 \text{ KHz}$$

El consta de la **impedancia** JAF1 de 47 mili henrios y **condensador** C5 de 5600 pF conectados al pin 4 del IC1, que entrega la frecuencia trabajo de 10 KHz.

En paralelo a este se encuentran dos **trimmer** (véase R6-R7) necesarios para calibrar el valor máximo de la escala del medidor 100-10-1 mili henrios

Del pin 4 del integrado IC1 sale una onda cuadrada de 10 KHz, pero como nuestro **inductámetro** requiere una onda sinusoidal, para convertirla necesitamos al integrado IC4 / B, configurado como un filtro de paso bajo. Con la salida de IC4 / B, de una onda sinusoidal 10 KHz, solo es necesario para nuestro **inductámetro** un generador capaz de proporcionar una **corriente** constante de 4,5 miliamperios y esta función se realiza con el **operacional** IC5 / A.

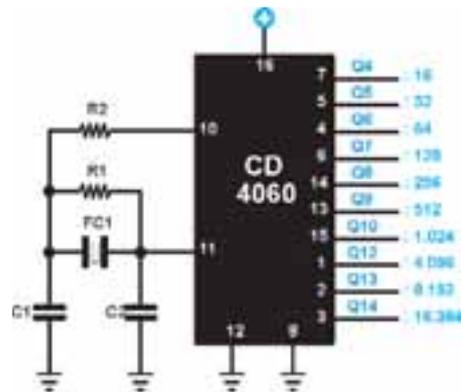
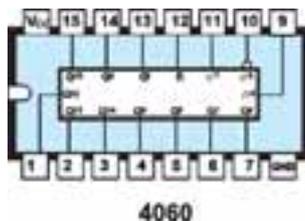
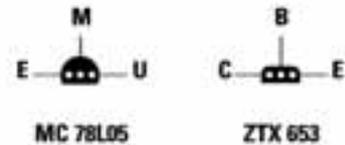


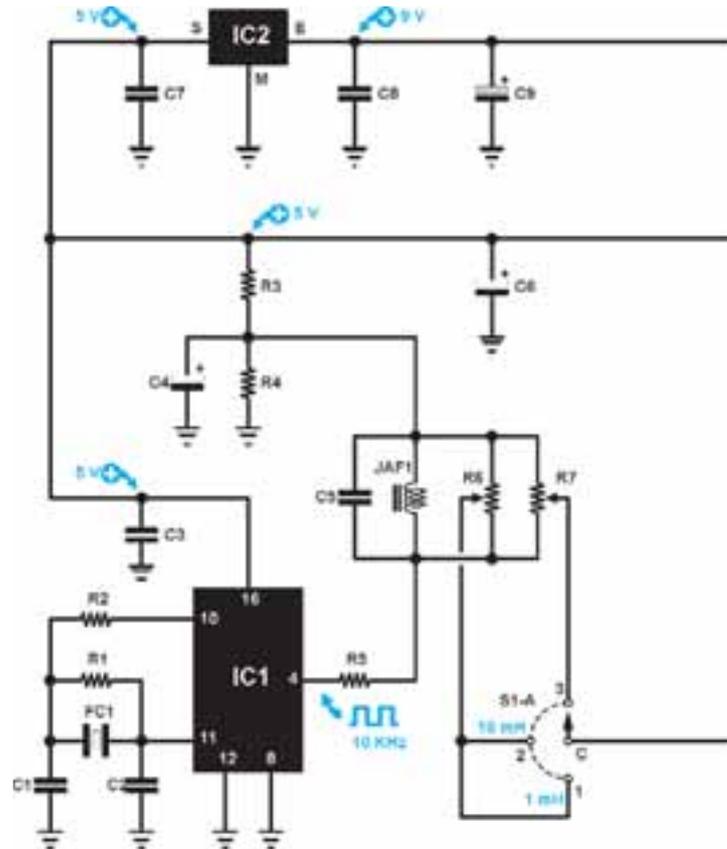
Fig.7 Conexiones del integrado 4060 visto desde arriba. En los terminales 10-11 se aplica un resonador de 640 KHz, se puede tomar esta frecuencia "dividida" de los distintos terminales del integrado.

## LISTA DE COMPONENTES LX.1731

R1 = 1 megaohmio  
 R2 = 22.000 ohmios  
 R3 = 1.000 ohmios  
 R4 = 1.000 ohmios  
 R5 = 47.000 ohmios  
 R6-R7 = 1 megaohmio trimmer multivuelta  
 R8 = 20.000 ohmios 1%  
 R9 = 20.000 ohmios 1%  
 R10 = 10.000 ohmios 1%  
 R11 = 20.000 ohmios 1%  
 R12 = 20.000 ohmios 1%  
 R13 = 560 ohmios  
 R14 = 1.000 ohmios  
 R15 = 560 ohmios  
 R16 = 100.000 ohmios  
 R17 = 100.000 ohmios  
 R18 = 100.000 ohmios  
 R19 = 10.000 ohmios 1%  
 R20 = 10.000 ohmios 1%  
 R21 = 10.000 ohmios 1%  
 R22 = 10.000 ohmios 1%  
 R23 = 100 ohmios 1%  
 R24 = 100.000 ohmios  
 R25 = 90.900 ohmios 1%  
 R26 = 10.100 ohmios 1%  
 C1 = 150 pF cerámico  
 C2 = 150 pF cerámico  
 C3 = 100000 pF poliéster  
 C4 = 10 microF. electrolítico  
 C5 = 5.600 pF poliéster  
 C6 = 10 microF. electrolítico  
 C7 = 100.000 pF poliéster  
 C8 = 100.000 pF poliéster  
 C9 = 10 microF. electrolítico  
 C10 = 100.000 pF poliéster  
 C11 = 100.000 pF poliéster  
 C12 = 100.000 pF poliéster  
 C13 = 100.000 pF cerámico  
 C14 = 220 pF cerámico  
 C15 = 100 pF cerámico  
 C16 = 100.000 pF poliéster  
 C17 = 100.000 pF poliéster  
 C18 = 100.000 pF poliéster  
 C19 = 100.000 pF poliéster  
 JAF1 = impedancia 47 mili Henrios  
 FC1 = resonador cerámico 640 KHz  
 DS1 = diodo tipo 1N.4148  
 DS2 = diodo tipo 1N.4148  
 DZ1 = Zener 6.2 voltios 1 / 2 watio  
 TR1 = NPN tipo ZTX653  
 IC1 = integrado C / Mos tipo 4060  
 IC2 = integrado tipo MC78L05  
 IC3 = integrado tipo NE5532  
 IC4 = integrado tipo NE5532  
 IC5 = integrado tipo TL082  
 S1A y B = conmutador 4 cir. 3 pos.  
 S2 = interruptor



Conexiones del 78L05 y del ZTX.653 visto desde abajo.



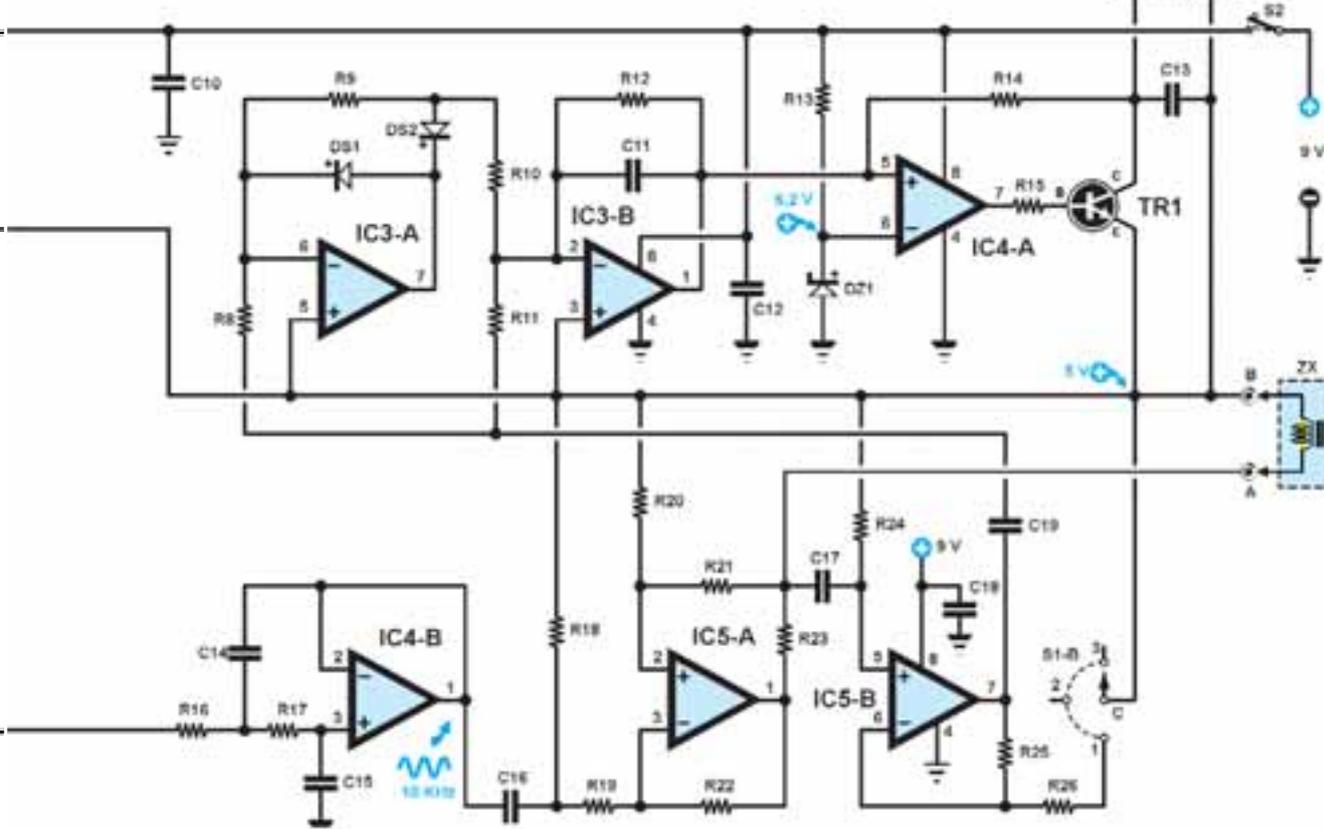
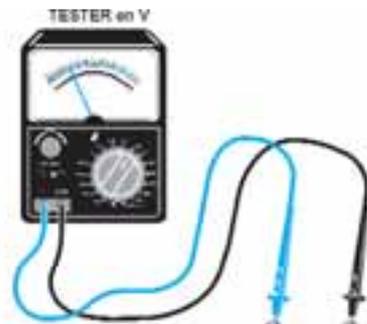
Al aplicar a los terminales AB (visible en el lado derecho del esquema) la **impedancia** a medir, en su terminales obtendremos una **tensión** alterna proporcional al valor de XL.

La **tensión** alterna presente en el terminal A de la **impedancia** de prueba, se aplicará mediante el **condensador** C17 a la entrada no inversora del **operacional** IC5 / B, que procede a amplificarla 10 veces, sólo cuando el interruptor S1 / B se encuentre conectado a +5V y la **resistencia** de 10.100 ohmios R26 (posición 1 de 1 mili henrio máximo de escala).

En los otros dos rangos de 10 y 100 mili henrios esta **resistencia** R26 queda desconectada de los 5 **voltios**, y los **amplificadores**

Fig.8 Esquema del circuito que permite medir el valor de una inductancia o una bobina, utilizando un común tester analógico o digital.

Si se lee detenidamente este artículo, entenderemos cómo convertir una onda cuadrada de 10 KHz en una onda sinusoidal y cómo podemos rectificarla sin caídas de tensión.



**operacionales** se comportarán como una simple etapa de separación con **ganancia** unitaria, por lo que vamos a encontrar el mismo voltaje de salida que el que apliquemos a la entrada (pin 5).

Muchos se preguntarán la razón de elegir para la **resistencia** R26 de IC5 / B un valor *no estándar*

de 10.100 ohmios, y para la **resistencia** R25 90.900 ohmios.

La razón es simple, la **ganancia** en un amplificador **operacional** por un entrada no inversora se calcula mediante la **fórmula** siguiente:  
**ganancia** = (R25: R26) + 1

Así, si empleamos dos **resistencias** de valor 10.000 y 100.000 ohmios se obtiene una **ganancia** de:

$$(100.000: 10.000) + 1 = 11 \text{ veces}$$

Utilizando los valores elegidos, obtenemos una **ganancia** que es exactamente:

$$(90.900: 10.100) + 1 = 10 \text{ veces}$$

Luego multiplicando x10 las tensiones en los terminales de las **impedancias** de 47-100-330 microHenrios y 1 mili henrio se obtiene:

$$0.013 \times 10 = 0,13 \text{ voltios para la impedancia de 47 microhenrios}$$

$0,028 \times 10 = 0,28$  **voltios** para la **impedancia** de 100 microhenrios

$0,093 \times 10 = 0,93$  **voltios** para la **impedancia** de 330 microhenrios

$0,28 \times 10 = 2,8$  **voltios** para la **impedancia** de 1 mili henrio

Dado que estas tensiones son alternas, no podemos utilizar un **diodo** rectificador normal porque este tiene una caída de **tensión** de aproximadamente 0,7 **voltios**, que es un valor demasiado alto en relación a las tensiones irrisorias que tenemos a nuestra disposición. Para evitar esta **pérdida**, debemos utilizar necesariamente un doble rectificador, que es incluso capaz de convertir los valores de unos pocos micro**voltios** sin introducir ninguna **pérdida**

En este **inductómetro** el rectificador lo compone los **amplificadores operacionales** IC3 / A y IC3 / B, entonces, al aplicar a las entradas inversoras (véase **resistencias** R8-R11), la señal alterna recogida a través del **condensador** C19 de la salida de IC5 / B, obtenemos una **tensión** de salida que podemos calcular con la **fórmula**:

**voltios** Continua = **voltios** AC eficaces: 2,82

En este momento, si aplicamos la **tensión** ya amplificada x10, podemos retirar de la salida de este rectificador ideal (ver pin 1 de IC3 / B), estas tensiones:

0,13:  $2,82 = 0,0461$  **voltios** (redondeando a 0,047) para una **impedancia** de 47 microhenrios

0,28:  $2,82 = 0,0993$  **voltios** (redondeando a 0,100) para una **impedancia** de 100 microhenrios

0,93:  $2,82 = 0,3298$  **voltios** (redondeo a 0,33) para una **impedancia** de 330 microhenrios  
2,8:  $2,82 = 0,993$  **voltios** (redondeado a 1) para una **impedancia** de 1 mili henrio

Estas tensiones se aplicarán a la entrada no inversora del **operacional** IC4 / A que encargará de hacer conducir la base del transistor TR1.

En consecuencia, al aplicar en los terminales colector y emisor de este transistor un **tester**

analógico con una escala de 1 voltio CC máximo se pueden leer los siguientes voltajes:

0.047 **voltios** con la **impedancia** 47 microhenrios

0,10 **voltios** con la **impedancia** de 100 microhenrios

0,33 **voltios** con la **impedancia** de 330 microhenrios

1 V con **impedancia** de 1 mili henrio

Si en la salida en lugar de un **tester** analógico se conecta uno digital con un rango de 2 **voltios** o 200 **milivoltios** fondo de escala puede leerse con precisión incluso **impedancias** con valores inferiores a 10 microhenrios.

### LA impedancia de CALIBRACIÓN

Dado que sabemos que no es fácil de encontrar en el mercado **impedancias** de una tolerancia que no supere un 0,2%, se ha decidido incluir en el kit varias de forma gratuita.

Muchas de estas **impedancias** presentan una forma ovalada (Fig. 9), mientras que otras tienen la forma de un pequeño paralelepípedo (véase Fig.10).

El valor en microhenrios de la **impedancia** esta indicado utilizando el código de colores de las **resistencias**, por lo tanto, el primer punto de la izquierda es el 1º dígito, el segundo punto es el 2º dígito y el punto grueso a la derecha es el multiplicador.

oro	= x	0,1
negro	= x	1
marrón	= x	10
rojo	= x	100
naranja	= x	1.000

Por lo tanto, si una **impedancia** tiene los dos primeros puntos de color naranja y el último punto oro leeremos  $33 \times 0,1 = 3,3$  microhenrios.

Si en su lugar los dos primeros puntos son de color naranja pero el último punto es de color negro leeremos  $33 \times 1 = 33$  microhenrios.



Fig. 9 En estas inductancias los dos primeros "Puntos" representa los dos primeros dígitos mientras que el de mayor tamaño es el multiplicador.



Fig. 10 En estas inductancias, el número que aparece en su cuerpo expresa su valor en microhenrios, después de el número si hay una K el valor se expresa en mili henrios

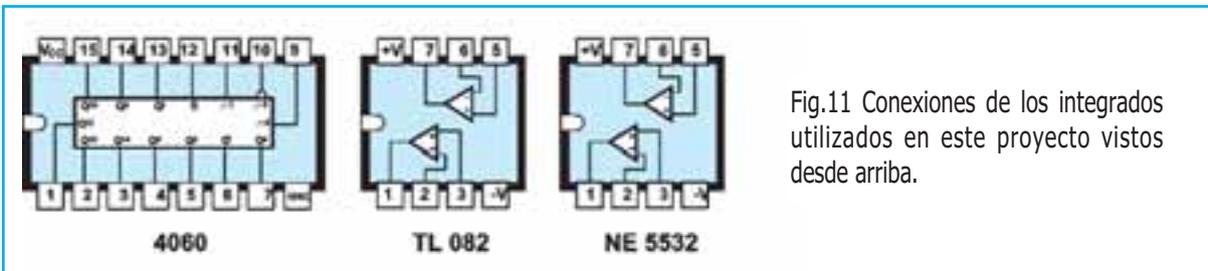


Fig.11 Conexiones de los integrados utilizados en este proyecto vistos desde arriba.

Por consiguiente, si el último punto es de color marrón leeremos  $33 \times 10 = 330$  microhenrios. Si el último punto es de color rojo leeremos  $33 \times 100 = 3.300$  microhenrios que corresponden a 3,3 mili henrios

Por último, si el punto es de color naranja leeremos  $33 \times 1000 = 33.000$  microhenrios correspondiente a 33 mili henrios

En cuanto a la **impedancia** en forma de paralelepípedo, la cifra marcada en su envoltorio esta expresada en microhenrios, y 3.3 - 10 - 100 son microhenrios.

Si, sin embargo, después de el número aparece la letra K, por ejemplo 1K - 2.2K - 4.7K - 10K, se debe considerar mili henrios y, por tanto esto indica 1 - 2,2 - 4,7 - 10 mili henrios

### REALIZACIÓN PRÁCTICA

Según el esquema eléctrico del LX .1731 podría parecer una realización algo complicada, pero esta sensación se disipa al observar la figura12 y las fotos de la figura 14.

Es cierto que podemos comenzar este montaje por cualquier componente, pero con el fin de limitar lo más posible cualquier error, recomendamos seguir un determinado orden, comenzando por insertar los cuatro **zócalos** para los **integrados** con la de la pequeña

muesca de referencia en "U" orientada como se muestra en la serigrafía del impreso.

Concluido esto, podemos continuar con el **conmutador** giratorio S1 apretando su tuerca de manera que quede bien fijado en su posición.

Continuaremos con las **resistencias**. Dado que muchas de estas son de precisión cuentan con 5 bandas de color, que es posible no sean fáciles de identificar.

100 ohm  
marrón - negro - negro - negro - marrón

10.000 ohmios  
marrón - negro - negro - rojo - marrón

10.100 ohmios  
marrón - negro - marrón - rojo - marrón

20.000 ohmios  
rojo - negro - negro - rojo - marrón

90.900 ohmios  
blanco - negro - blanco - rojo - marrón

Si leemos estos colores desde el lado equivocado obtendremos valores que no están presentes en el kit, y comprobaremos el error.

Por ejemplo, la lectura de la **resistencia** R26 de 10.100 ohmios puede resultar de 12.101 ohmios.

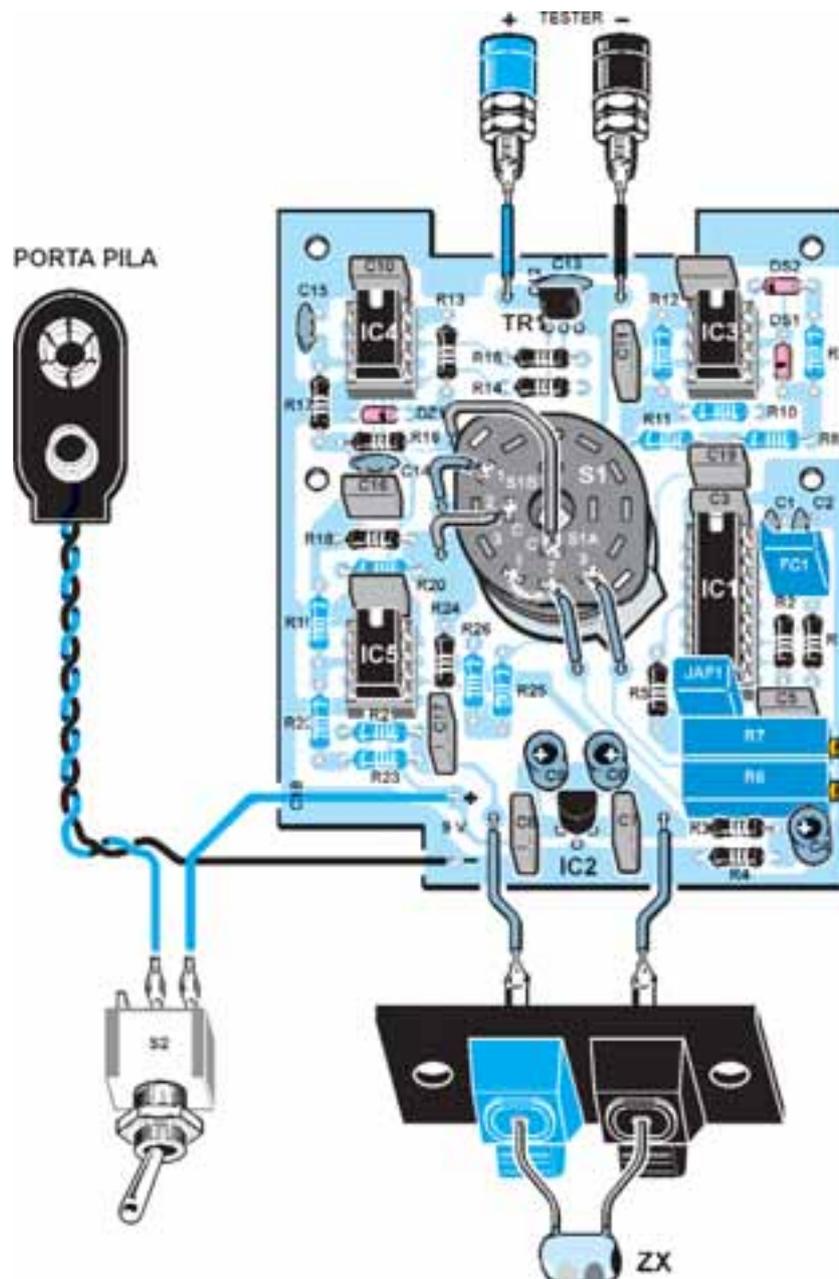


Fig.12 Esquema práctico de montaje del medidor de inductancia. Prestar especial atención a la conexión entre los terminales del conmutador giratorio S1/A-S1/B y la placa de circuito impreso. El cable del conmutador S1 C / A se debe conectar al taladro junto a DZ1-R16, los dos terminales 1-2 han de unirse entre ellos y conectarlos mediante un cable al taladro de la parte inferior izquierda, mientras que el terminal 3 ha de conectarse al taladro próximo a la resistencia R5. El cable C del interruptor S1 / B está conectado al taladro cerca a R18-R20, mientras que el terminal 1 lo conectaremos con el taladro cercano al condensador C16.

El portapilas debe incluirse en el compartimiento de la batería de la parte inferior del mueble.

A menudo, la banda de color rojo es tan oscura que puede confundirse fácilmente con el marrón, ante cualquier duda realizaremos un control con un óhmetro.

Después de las **resistencias** se pueden montar junto al integrado IC3 los **diodos** de silicio DS1-DS2, orientando su lado rodeado de una banda de color negro como se aprecia en la figura 12.

Continuaremos con el **diodo** Zener DZ1 de 6,2 **voltios** posicionando correctamente su cuerpo. Algunos podrían confundir este **diodo** Zener con los **diodos** de silicio DS1-DS2, pero si observamos cuidadosamente su cuerpo constataremos la presencia del número 6,2 V, aunque con una letra pequeña

Concluido esto, se pueden tomar los **condensadores** de poliéster y los cerámicos y colocarlos en sus posiciones como se aprecia en el esquema de la figura.12, con atención en no cambiar ninguno.

Junto al integrado IC1 insertaremos la **impedancia** en forma de paralelepípedo JAF1 de 47 mili henrios y los dos **trimmers** R6-R7.

Hasta este punto estamos seguros de que no hemos encontrado ninguna dificultad, por lo que proseguiremos con los tres electrolíticos respetando la polaridad de sus terminales, recordando que el terminal mas largo se ha de inserta en el taladro marcado con un +.

Tomaremos el transistor TR1 y lo posicionaremos con su parte plana hacia el **condensador** cerámico y su lado ligeramente redondeado hacia el interruptor giratorio S1.

En la parte inferior de la placa de **circuito** impreso quedará insertado el integrado IC2 con su parte plana hacia el **conmutador** S1 (véase Fig.12).

El cuerpo del transistor TR1 y del IC2 deben quedar a unos 3-4 mm sobre el impreso.

El siguiente paso es conectar los terminales del interruptor S1 a la placa de **circuito**.

En la figura 12 podemos observar que la sección del interruptor S1 / A se coloca en la parte inferior, mientras que la sección del interruptor S1 / B se coloca a la izquierda.

A la derecha de la **resistencia** R16 y el **diodo** Zener DZ1 se encuentra el terminal que tendremos que unir, mediante un trozo de cable, al terminal C de la sección central de S1 / A.

Junto al terminal C se encuentran los terminales 1-2-3 (véase Fig.12), de los cuales el 1 y el 2 han de unirse entre ellos, y conectarse al taladro que se encuentra bajo el conmutador S1.

El terminal 3 estará conectado al taladro visible junto a la **resistencia** R5.

En la sección S1 / B, el terminal central C estará conectado con un cable al taladro entre las dos **resistencias** R18-R20, mientras que el terminal marcado 1 debe estar conectado al taladro situado en el lado derecho del **condensador** de poliéster C16.

Terminada esta operación, insertaremos en sus **zócalos** los **integrados** IC1-IC5 ambos, con su muesca de referencia hacia arriba.

En cuanto a los dos **integrados** IC3-IC4 del tipo NE.5532 en lugar de la habitual muesca en forma de "U" cuentan con una pequeña hendidura junto a su pin número 1

## INSTALACIÓN en el MUEBLE

Antes de la fijación de la placa de **circuito** impreso en el interior de la pequeña caja de plástico, debemos conectar a los terminales, los cables que unirán los conectores para el **tester**, el interruptor de palanca S2, el portapi-las y los terminales a presión que se emplean para medir la **impedancia**.

Al mueble perforado se aplicará el panel de aluminio (véase la Fig.13), fijado con los dos conectores para el **tester** y los tornillos para fijar el terminal que permite medirse las **inductancias** (véase ZX en Fig.12).

En el taladro situado encima de este terminal se fijará el interruptor de palanca S2, con su adecuada tuerca.

Tendremos en cuenta que la pila de 9 **voltios** se aloja en la parte inferior de la caja y son necesarios dos cables conectados como se se ilustra en la Fig.12.

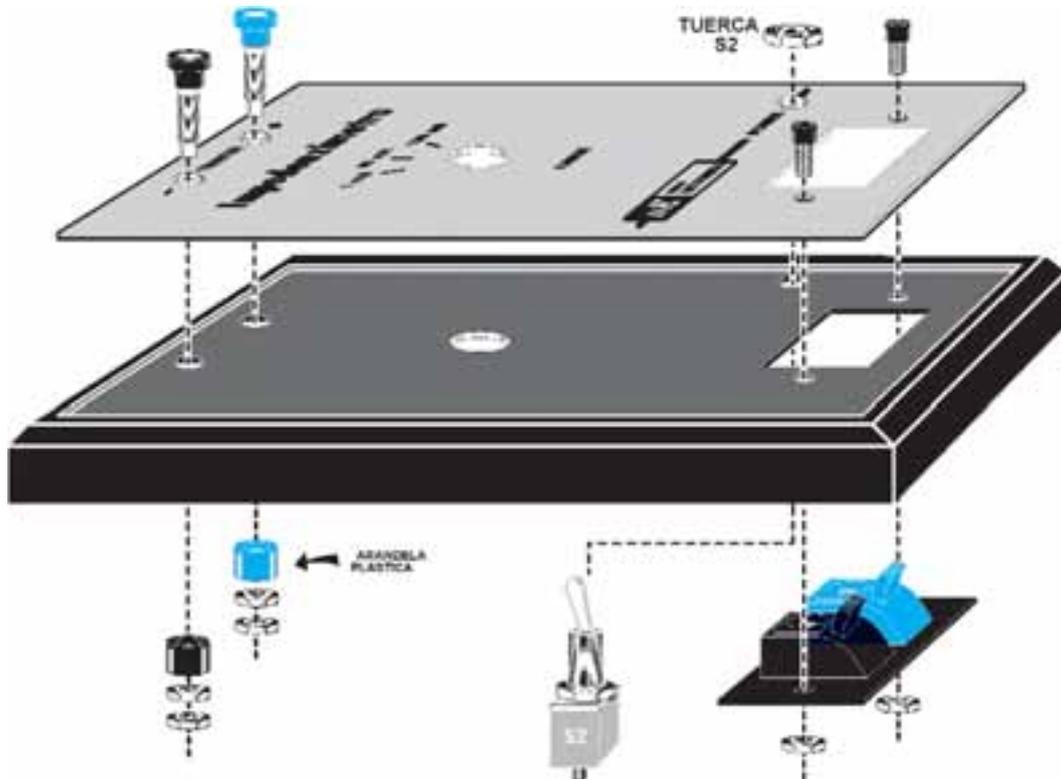


Fig.13 El panel de aluminio ya perforado y serigrafiado debe aplicarse al mueble de plástico. Hay que fijar los terminales utilizados para medir las inductancias, el interruptor de palanca S2 y los terminales para conectar el tester. Antes de insertar los terminales, tendremos que retirar de sus cuerpos las arandelas de plástico para volver más tarde a colocarlas en el panel, como se muestra en la figura.

## CALIBRACIÓN

Si la calibración se realiza utilizando un **tester** analógico, hemos de conmutarlo al rango de 1 voltio DC y para la lectura utilizar la escala de 0 a 100 (véase Fig.15).

Para iniciar la calibración hemos de girar el **conmutador** giratorio S1 del inductámetro a la posición de 100 mili henrios conectando en serie al terminal de entrada, dos **impedancias** en forma de paralelepípedo de 47 K y 22 K con el fin de obtener:

$47 + 22 = 69 \text{ K}$  correspondiente al 69 mili henrios

Ahora ajustaremos el cursor del **trimmer** multivuelta R7 para leer en el **tester** el número 70 (véase fig.16).

Después de esta condición, podemos considerar el alcance de los 100 mili henrios ya

calibrada, por lo que si al terminal de entrada conectamos una **inductancia** de 1K - 2,2K - 4,7 K, hemos de obtener medidas como las indicadas en la figura 16.

Para calibrar el rango de 10 y 1 mili henrio cambiaremos a la posición 1 el **conmutador** S1 y luego tomaremos la **inductancia** en forma de paralelepípedo de 1K y la inserta en el terminal de entrada.

Ajustaremos el cursor del **trimmer** multivuelta R6 hasta desviar la aguja al número 100 (véase la Fig.17).

Sabiendo que el número 100 corresponde a 1 mili henrios, es evidente que otros números 80-60-40-20 corresponden a 0,8-0,6-0,4-0,2 mili henrios

Dado que los valores más bajos de mili henrios se leen más cómodamente en microhenrios, sólo tenemos que añadir un 0 a los números

que aparecen en el dial 80-60-40-20 para convertir 800-600-400-200 microhenrios en mili Henrios

Al conectar en la entrada **inductancias** de 100 o 330 microhenrios, el **tester** indicará como se muestra en la figura 18.

Si utilizamos un **tester** digital en lugar de uno analógico, lo conmutaremos a una escala de 2 **voltios** CC y, a continuación, colocaremos el **conmutador** S1 en la posición 100 mili henrios, conectaremos al terminal de entrada la **impedancia** de 1 mili henrio y, a continuación, giraremos el cursor del **trimmer** R7 hasta leer 100 (véase la Fig.19).

Después de esta condición, a sabiendas de que el alcance de 100 mili henrios ya está calibrado, si conectamos a la entrada una **inductancia** de 47 mili henrio aparecerá en la pantalla 4,7.

Para calibrar el rango de 10 y 1 mili henrio giraremos el **conmutador** S1 a la posición de 1 mili henrio y a su vez el interruptor del **tester** digital a 200 milivoltios fondo de escala.

Insertando en el terminal de entrada una **inductancia** de 100 microhenrios y giraremos el cursor del **trimmer** R6 para leer 100.

Si se conecta una **impedancia** de 47 microhenrios obviamente leeremos 47.

Después de esto, podemos considerar el instrumento perfectamente calibrado.

Como sabemos que las **impedancias** tienen una tolerancia de aproximadamente el 2%, no tenemos que preocuparnos si al realizar la medición de una **impedancia** de 100 microhenrios en la pantalla, aparece un valor comprendido entre los valores 101-102 microhenrios o entre 98-99 microhenrios.

### LEER valores bajos de microhenrios

Si disponemos de un probador digital es fácil leer el valor de **inductancias** de poco valor, quien utilice un medidor analógico tendrá dificultad en leer los valores de unos pocos microhenrios.

Fig.14 Montaje del circuito, tendremos que fijar éste con tornillos dentro del mueble de plástico suministrado con el kit.

En la parte superior se aplicará el frontal de aluminio ya perforado (véase Fig.13), mientras que en la parte inferior debemos colocar la batería.





Fig.15 Si se utiliza para la lectura un tester analógico, lo conmutaremos al rango de 1 voltio DC y emplearemos para la lectura la escala de 0 a 100, de forma que resultará más fácil la medida de las escalas de 1-10-100 mili henrios de fondo de escala.

Fig.16 Para calibrar la escala de 100 mili henrios, giraremos el conmutador S1 a 100 mili henrios, introduciremos en los terminales de medida dos inductancias en serie de 47K y 22K para obtener 69 mili henrios y ajustaremos el trimmer R7 para leer un valor próximo a 70.



Fig.17 Para calibrar los otros dos rangos, cambiaremos el conmutador S1 a la posición de 1 miliHenrio, conectaremos una inductancia de 1K y giraremos el trimmer R6 hasta desviar la aguja al final de la escala.  
Recordamos que 1 miliHenrio corresponde a 1.000 microHenrios.

Fig.18 Sabiendo que el número 100 de fondo de escala corresponde a 1,000 microHenrios, añadiendo a los números mostrados un "0" debemos indicar "microHenrios".  
Por lo tanto, si se detiene la aguja en el número 20 leeremos 200 microHenrios equivalente a 0,2 mili henrios





Fig.19 Si utilizamos un comprobador digital lo conmutaremos al rango de 2 voltios y, a continuación, giraremos el conmutador S1 a la posición de 100 mili Henrios y, después de conectar una inductancia de 1 miliHenrio, ajustaremos el trimmer R7 hasta que aparezca en la pantalla 100.



Fig.20 Para calibrar los otros dos de rangos de 1-10 mili Henrios cambiaremos en el tester a la escala de 200 milivoltios. Insertado en el terminal de pruebas una inductancia de 1 miliHenrio, correspondiente 1000 microHenrios, hemos de ajustar el trimmer R6 para que aparezca en la pantalla el número 100.

De hecho, incluso si usamos el dial del **tester** graduado de 0 a 100 y el rango de 1 mili henrio fondo de escala, sabemos que cada marca en el cuadrante corresponde al 20 microhenrios, por lo que si medimos una **inductancia** de 100 microhenrios la aguja del instrumento se moverá:

$$100: 20 = 5^\circ$$

Si medimos una **inductancia** que tiene un valor de 47 microhenrios la aguja del instrumento se moverá:

$$47: 20 = 2,35^\circ$$

Para leer con precisión los valores mas bajos se aplicará en serie con la **inductancia** de bajo valor otra con un valor más alto.

Por ejemplo, si se conecta la **impedancia** de 47 microhenrios en serie con una 100 microhenrios la aguja del instrumento se moverá:

$$(100 + 47): 20 = 7,35^\circ$$

resulta más visible que la posición de 2,35°.

Sin embargo, si usted tiene un **tester** digital la lectura resulta más fácil, ya que aparece un número en la pantalla que indica el valor en microhenrios o millihenrios (véase figs.19-20).

Ejecutando algunas pruebas con las **inductancias** incluidas en el kit, será fácil manejar de forma correcta tanto el **conmutador** del **inductámetro**, como la elección de la escala en el **tester**.

### COSTE DE REALIZACIÓN

**LX 1731:** Todos los componentes necesarios para este inductámetro para tester (véase Fig.12), incluida la placa de circuito impreso, los terminales y el mueble MO.1731 con su frontal serigrafiado (Fig.13):.....**99,17 €**

**CS 1731:** Circuito impreso:.....**9,48 €**

Nota: En el kit hemos incluido 10 inductancias de varios valores (véase figs.9-10) con una tolerancia de + / - 0,2%, que pueden ser utilizadas para la calibración de los dos trimmer R6-R7.

Estos precios no incluyen el IVA