



# ÚTIL PROYECTO

El circuito que aquí presentamos utiliza dos cápsulas ultrasónicas, la frecuencia generada por la cápsula transmisora no es audible ya que trabaja a 40 KHz. Gracias a este proyecto descubriréis como se puede enviar, recibir y amplificar una señal ultrasónica y sus aplicaciones.

Muchos lectores seguramente sepan que las **cápsulas ultrasónicas** funcionan a una frecuencia por **encima** del **espectro de audio** para que precisamente las señales **no** resulten **audibles** para las **personas**.

Las **cápsulas ultrasónicas** en el pasado han sido muy utilizadas en **proyectos industriales**, estando actualmente “algo olvidadas”. Por este motivo, para rescatar del olvido estos componentes tan interesantes, hemos decidido diseñar este sencillo circuito.

Es un hecho bastante conocido que los **murciélagos** se pueden **orientar** perfectamen-

te en la más absoluta **oscuridad**, precisamente gracias a su **radar ultrasónico**.

Quienes realicen este proyecto podrán comprobar este mecanismo acercando el circuito al borde de una mesa, previo ajuste del potenciómetro **R8**, que regula la **distancia**.

Al acercar frontalmente a las dos cápsulas **cualquier objeto reflectante** el **relé se excitará** y el **diodo LED DL1 se encenderá** como confirmación de la **detección del obstáculo** gracias a la emisión, rebote y recepción de una **señal ultrasónica**.

Esta aplicación de los ultrasonidos a menudo se utiliza en **pequeños robots** para hacerlos **parar** o **cambiar de dirección** cuando encuentran un obstáculo, o bien para el **control del llenado** de **cisternas** y **depósitos**.

En este último caso colocando hacia abajo el circuito ultrasónico sobre la tapa del contenedor cuando el líquido, el cereal o el elemento a almacenar haya **alcanzado el nivel requerido** el relé puede **desconectar automáticamente** el **motor** que realiza el **llenado**.

También tienen aplicaciones en el campo de la **seguridad**, sustituyendo los detectores infrarrojos por **volumétricos ultrasónicos**.

Actualmente la utilización más común de los ultrasonidos es el circuito del **automóvil** que **controla la distancia** a los obstáculos cuando se está efectuando un **aparcamiento**.

El circuito de protección también puede colocarse en el **muro del garaje** si queremos proteger **cualquier coche** que utilice nuestra

plaza. Utilizando nuestro circuito se puede conectar al **relé** una **lámpara** o una **sirena** que avise del choque inminente contra el muro.

Sin duda las posibles **aplicaciones** de los **ultrasonidos** son **innumerables**.

## ESQUEMA ELÉCTRICO

Observando el esquema eléctrico de la Fig.3 puede parecer, por el número de componentes, que el circuito es bastante complejo .... Todo lo contrario, al analizarlo veremos que sus **principios de funcionamiento** son muy **sencillos**.

Comenzamos su descripción por la puerta NAND **IC1/A**, utilizada como **etapa de oscilación**.

Girando el cursor del **trimmer R3** en **TP1** se obtiene una **onda cuadrada** que puede variar entre **65 KHz** y **95 KHz**. Esta frecuencia se **divide** posteriormente por **2** a través del flip-flop **IC2/A**.

# con ULTRASONIDOS



Fig.1 En el reverso de la cápsula TRANSMISORA se encuentra serigrafiada la referencia 400ST. El resto de indicaciones no son significativas.



Fig.2 En el reverso de la cápsula RECEPTORA se encuentra serigrafiada la referencia 400SR.

El **trimmer R3** es imprescindible para poder **ajustar la frecuencia generada** de forma que coincida con la señal captada por la **cápsula receptora (RX)**.

En efecto, aunque la frecuencia de trabajo declarada para ambas cápsulas ultrasónicas es de **40 KHz** a causa de las **inevitables tolerancias** de todo componente electrónico pueden desviarse y tomar cualquier valor incluido entre **39 KHz** y **41 KHz**.

La frecuencia generada por la puerta NAND **IC1/A** se aplica al terminal **11 (Clock)** del flip-flop **IC2/A**. En sus salidas (terminales **8-9**) hay una señal de **39-41 KHz** en oposición de fase utilizada para **duplicar la tensión**, y por tanto la potencia, proporcionada por la **cápsula transmisora TX**.

Así, a los terminales de la **cápsula transmisora** llega una señal de **10 voltios pico/pico** con una frecuencia entre **39 y 41 KHz**.

Como en los **radares**, la señal transmitida se **separa por pausas** para permitir a la **señal reflejada** por un objeto poder alcanzar la **cápsula receptora RX**.

La función de **pausa** es realizada por la puerta NAND **IC1/B** que controla la terminal **13 (Clear)** del flip-flop **IC2/A** y el terminal **1 (Clear)** del flip-flop **IC2/B** a través de **IC1/D**.

Resumiendo, las puertas NAND **IC1/B-IC1/D** sirven para conseguir una **pausa de 33 milisegundos** entre los impulsos de **39-41 KHz**.

Como se muestra en las Figs.4-5 el **primer impulso de 39-41 KHz**, de una duración de **0,5 milisegundos**, es seguido por una pausa de **33 milisegundos**, luego se produce un segundo impulso de **39-41 KHz**, siempre de **0,5 milisegundos**, al que sigue una nueva pausa de 33 milisegundos. Este ciclo se **repite indefinidamente**.

Puesto que la **velocidad** de una **señal ultrasónica** está alrededor de unos **340 metros por segundo**, podemos afirmar que en un tiempo de **1 milisegundo** ésta recorrerá una distancia de:

$$340 \times (1 : 1.000) = 0,34 \text{ metros}$$

Luego en **33 milisegundos** la señal ultrasónica logrará cubrir una **distancia** de:

$$0,34 \times 33 = 11,22 \text{ metros}$$

Puesto que la señal captada está **reflejada** la distancia es el **valor medio**, ya que tiene un recorrido de **ida y vuelta**. Por tanto, en teoría, la máxima distancia operativa no podrá superar nunca:

$$11,22 : 2 = 5,61 \text{ metros}$$

No obstante hay que tener presente que según  **aumenta la distancia la amplitud de la señal reflejada disminuye**, aumentando también esta atenuación en presencia de **elementos absorbentes**. De esta forma en la práctica la **distancia máxima** se reduce a unos **3,5-4m**.

## LISTA DE COMPONENTES LX.1722

R1 = 100 ohmios  
R2 = 2.700 ohmios  
R3 = Trimmer 2.000 ohmios  
R4 = 2.200 ohmios  
R5 = 680.000 ohmios  
R6 = 10.000 ohmios  
R7 = 4.700 ohmios  
R8 = Potenciómetro 100.000 ohmios  
R9 = 1 megaohmio  
R10 = 10.000 ohmios  
R11 = 820 ohmios  
R12 = 4.700 ohmios  
R13 = 4.700 ohmios  
R14 = 100.000 ohmios  
R15 = 10.000 ohmios  
R16 = 820 ohmios  
R17 = 3.900 ohmios  
R18 = 100.000 ohmios  
R19 = 68.000 ohmios  
C1 = 2.200 pF poliéster  
C2 = 100.000 pF poliéster  
C3 = 100.000 pF poliéster  
C4 = 220.000 pF poliéster  
C5 = 100.000 pF poliéster  
C6 = 100.000 pF poliéster  
C7 = 100.000 pF poliéster  
C8 = 100 microF. electrolítico  
C9 = 330.000 pF poliéster  
C10 = 100.000 pF poliéster  
C11 = 10 microF. electrolítico  
C12 = 100.000 pF poliéster  
C13 = 1.000 pF poliéster  
C14 = 10 microF. electrolítico  
C15 = 1.500 pF poliéster  
C16 = 1.500 pF poliéster  
C17 = 100.000 pF poliéster  
DS1 = Diodo 1N.4148  
DS2 = Diodo 1N.4148  
DS3 = Diodo 1N.4007  
DS4 = Diodo 1N.4148  
DS5 = Diodo 1N.4148  
DL1 = Diodo LED  
TR1 = Transistor NPN BC.547  
IC1 = Integrado TTL 74HC132  
IC2 = Integrado TTL 74HC74  
IC3 = Integrado TTL 74HC132  
IC4 = Integrado MC78L05  
IC5 = Integrado TL081  
IC6 = Integrado TL082  
RELÉ1 = Relé 12V 1 circuito  
TX = Cápsula ultrasónica SE5.2  
RX = Cápsula ultrasónica SE5.1

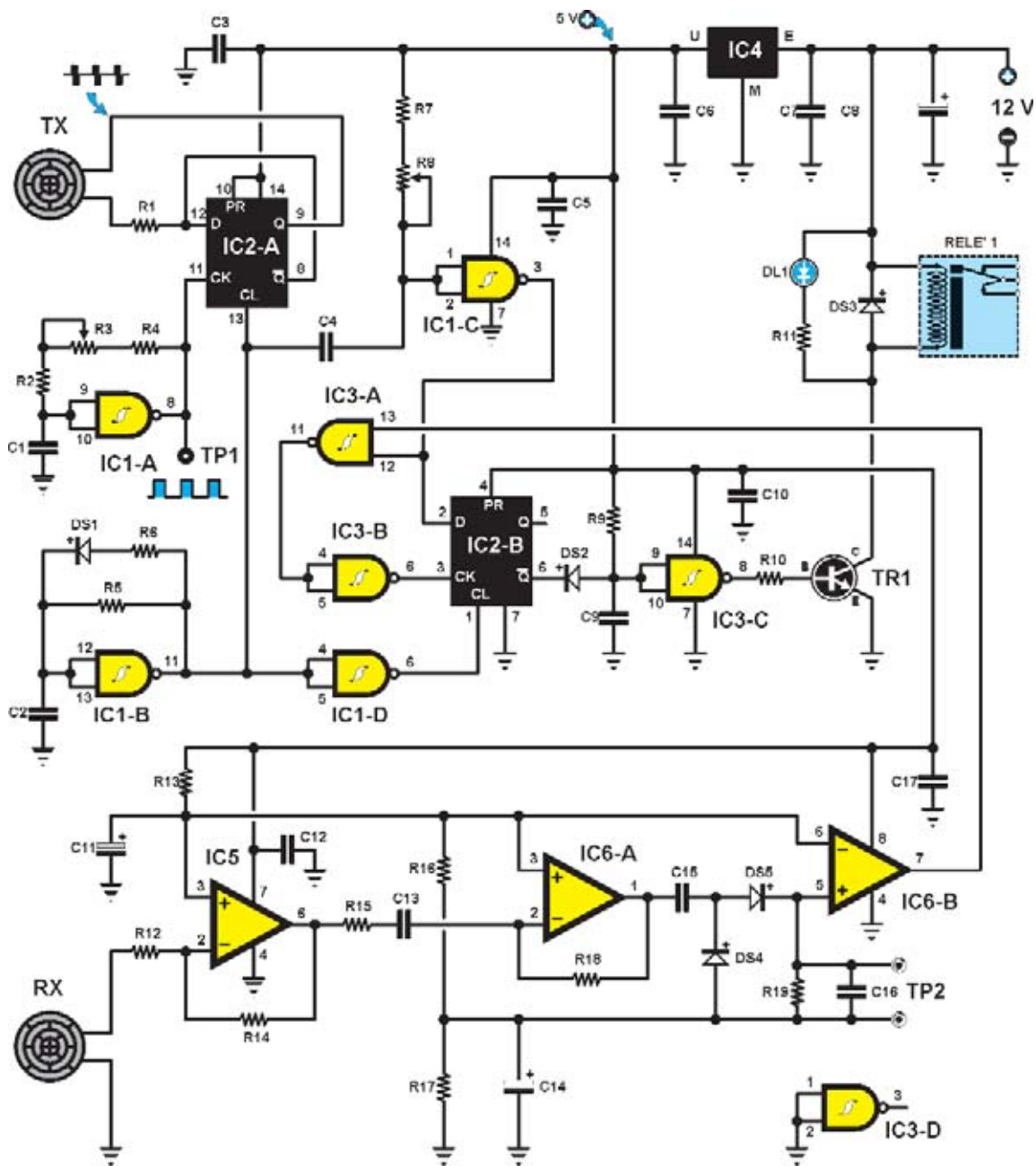


Fig.3 Esquema eléctrico de la etapa transmisora (TX) y receptora (RX) del proyecto. El punto de prueba TP1 se utiliza para controlar la frecuencia generada por el oscilador IC1/A, que ha de ser de unos 80 KHz, mientras que el punto de prueba TP2 sirve para medir la amplitud de la señal reflejada que capta la cápsula RX. El trimmer R3 tiene como función ajustar la frecuencia generada por IC1/A, mientras que el potenciómetro R8 se utiliza para ajustar el valor de la distancia. Puesto que la puerta IC3/D no se utiliza sus entradas (1-2) se conectan a masa.

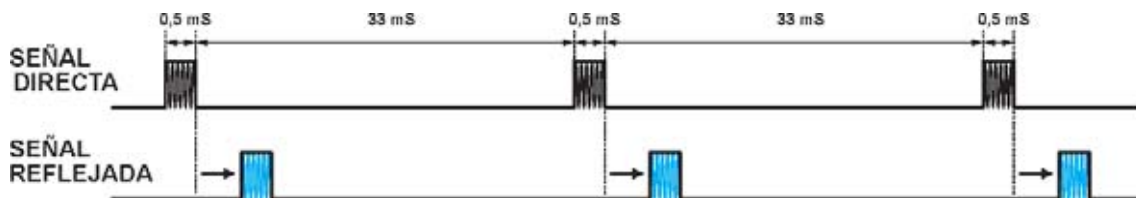


Fig.4 La cápsula transmisora irradia la señal de 40 KHz durante un tiempo de 0,5 milisegundos, luego se realiza una pausa de 33 milisegundos para dejar a la señal reflejada tiempo suficiente para alcanzar la cápsula receptora. Este ciclo de emisión y pausa se repite indefinidamente.

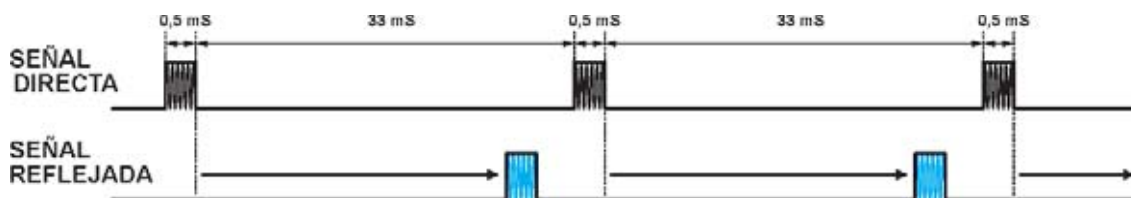


Fig.5 Si la señal de 40 KHz encuentra un obstáculo muy cerca vuelve casi inmediatamente hacia la cápsula receptora (ver Fig.4), mientras que si encuentra un cuerpo reflectante a una distancia de varios metros alcanzará la cápsula receptora algunos milisegundos antes de que se mande un segundo impulso de 40 KHz.

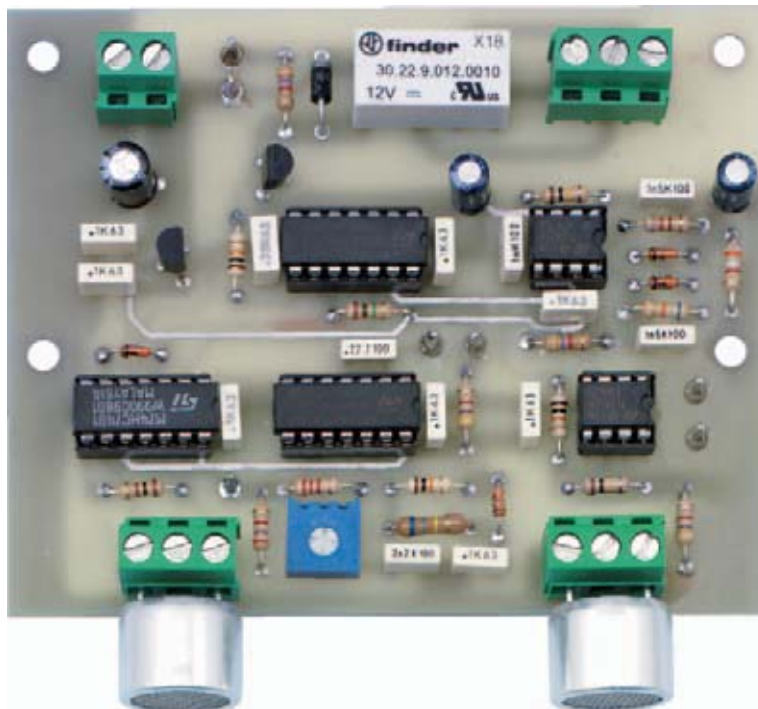


Fig.6 Fotografía de uno de nuestros prototipos montados. Las cápsulas ultrasónicas se conectan al circuito impreso mediante 3 clemas (ver parte inferior).

La **distancia mínima** se puede regular hasta unos **5-6 centímetros** regulando el **potenciómetro R8** situado en las entradas de la puerta NAND IC1/C.

El flip-flop **IC2/B** es utilizado para **controlar** si la **señal reflejada** llega a la **cápsula receptora RX** dentro del tiempo de **pausa**, que no tiene que superar los **33 milisegundos**.

Cuando se **capta** la **señal reflejada** la salida del flip-flop **IC2/B** pasa a **nivel lógico 0** y, por lo tanto, la **tensión positiva** que alcanza las entradas de la NAND **IC3/C** mediante la resistencia **R9** queda cortocircuitada a **masa** a través del diodo **DS2**.

Puesto que esta puerta NAND está conectada como **inversor** cuando en sus **entradas** hay un **nivel lógico 0** en su **salida** habrá un **nivel lógico 1**, es decir una tensión positiva. Esta tensión, polarizando la **Base** del transistor NPN **TR1**, lo llevará a **conducción** excitando el **relé** y encendiendo el **diodo LED DL1**.

La **etapa receptora** es mucho más sencilla ya que está compuesta por **tres amplificadores operacionales (IC5 e IC6/A-IC6/B)**. El primer operacional (**IC5**) es un común **TL081**, mientras que los operacionales **IC6/A-IC6B** están contenidos en un **TL082**.

La señal captada por la **cápsula receptora RX** alcanza la entrada inversora del operacional **IC5** para ser amplificada unas **21 veces**, como confirma la fórmula:

$$\text{Ganancia} = R14 : R13$$

Sustituyendo valores:

$$100.000 : 4.700 = 21,2 \text{ veces}$$

La señal amplificada presente en la salida de **IC5** es aplicada a la **entrada inversora** del operacional **IC6/A**, que la **amplifica** otras **10 veces**. La **ganancia total** es, por lo tanto, de **210 veces**.

Los impulsos de **39-41 KHz** presentes en la salida de **IC6/A** son **rectificados** y **duplicados en tensión** mediante los diodos **DS4-DS5**. La tensión positiva obtenida se aplica a la **entrada no inversora** del operacional **IC6/B**.

Cuando la **cápsula receptora RX** capta la **señal reflejada** en la salida del operacional **IC6/B** habrá un **nivel lógico 1**, que alcanzará el terminal **13** de la puerta NAND **IC3/A**.

En la salida de esta puerta habrá un **nivel lógico 0**, que será **invertido** por la NAND **IC3/B** que controla el terminal **3** de **IC2/B**.

Todos los **circuitos integrados** utilizados en este esquema se **alimentan** mediante una **tensión estabilizada** positiva de **5 voltios** obtenida de la salida del estabilizador **IC4**.

Únicamente el **relé** y el **transistor TR1** se alimentan directamente de la tensión de **12-13 voltios** procedente del exterior, **no necesariamente estabilizada**.

### REALIZACIÓN PRÁCTICA

Todos los componentes requeridos para este proyecto se montan en el **circuito impreso CS.1722**, tal como se muestra en la Fig.8.

Como de costumbre aconsejamos comenzar el montaje con la instalación de los **zócalos** para los **integrados**, soldando con precaución sus

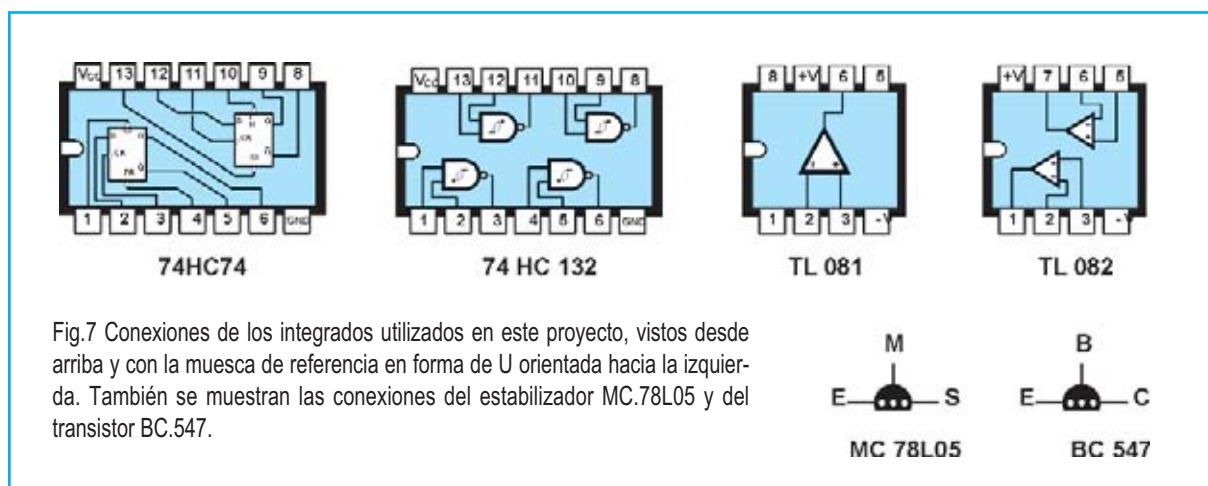


Fig.7 Conexiones de los integrados utilizados en este proyecto, vistos desde arriba y con la muesca de referencia en forma de U orientada hacia la izquierda. También se muestran las conexiones del estabilizador MC.78L05 y del transistor BC.547.

terminales y respetando la **orientación** de sus **muestras** en forma de **U** para facilitar posteriormente la correcta inserción de los integrados.

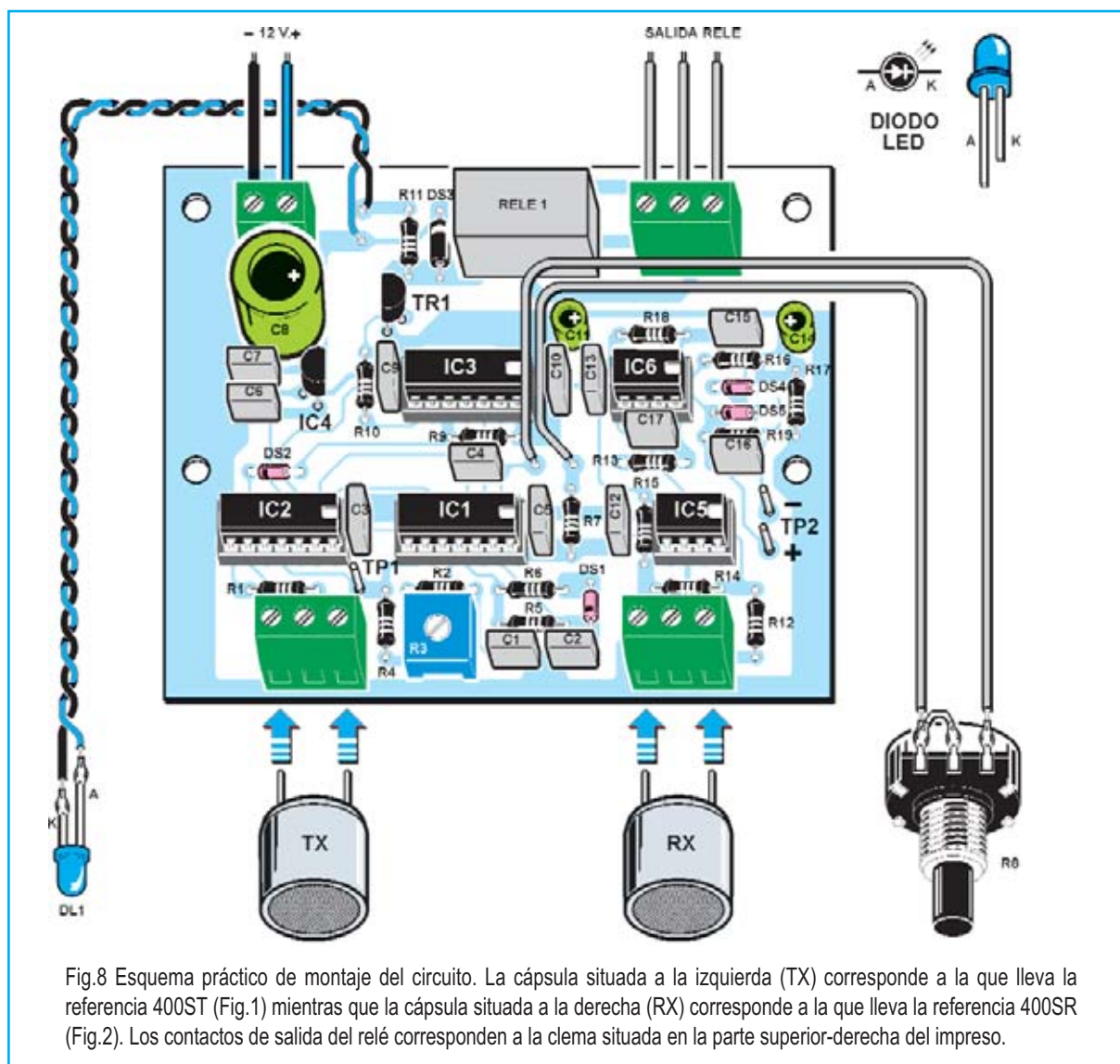
A continuación se puede proceder al montaje de las **resistencias**, controlando sus valores en la **lista de componentes** y en las **franjas de color** presentes en sus encapsulados. En la parte inferior, al lado de la clema de la **cápsula TX**, hay que montar el **trimmer R3**.

Es el momento de montar los **diodos** con encapsulado de **vidrio**, orientando las finas **franjas** de color **negro** presentes en uno de sus lados tal como se muestra en el esquema de montaje práctico (ver Fig.8). Después hay que montar el único **diodo** con encapsulado **plástico (DS3)**, cuya franja **blanca** de referencia ha de orientarse hacia la parte **superior**.

Acto seguido hay que instalar todos los **condensadores de poliéster**. Recordamos una vez más que en nuestra **página Web (www.nuevaelectronica.com)** disponemos de **utilidades de identificación de componentes** por si se tiene dificultad en su reconocimiento.

Ahora se pueden montar los tres **condensadores electrolíticos**, respetando en este caso la **polaridad** de sus terminales (el **terminal positivo, más largo**, ha de asociarse al agujero identificado con un **signo +** en el **circuito impreso**).

Una vez instalados los condensadores se puede proceder al montaje de las **clemas de 2 y 3 polos**, utilizadas para entrar con la tensión de alimentación de **12 voltios**, para conectar



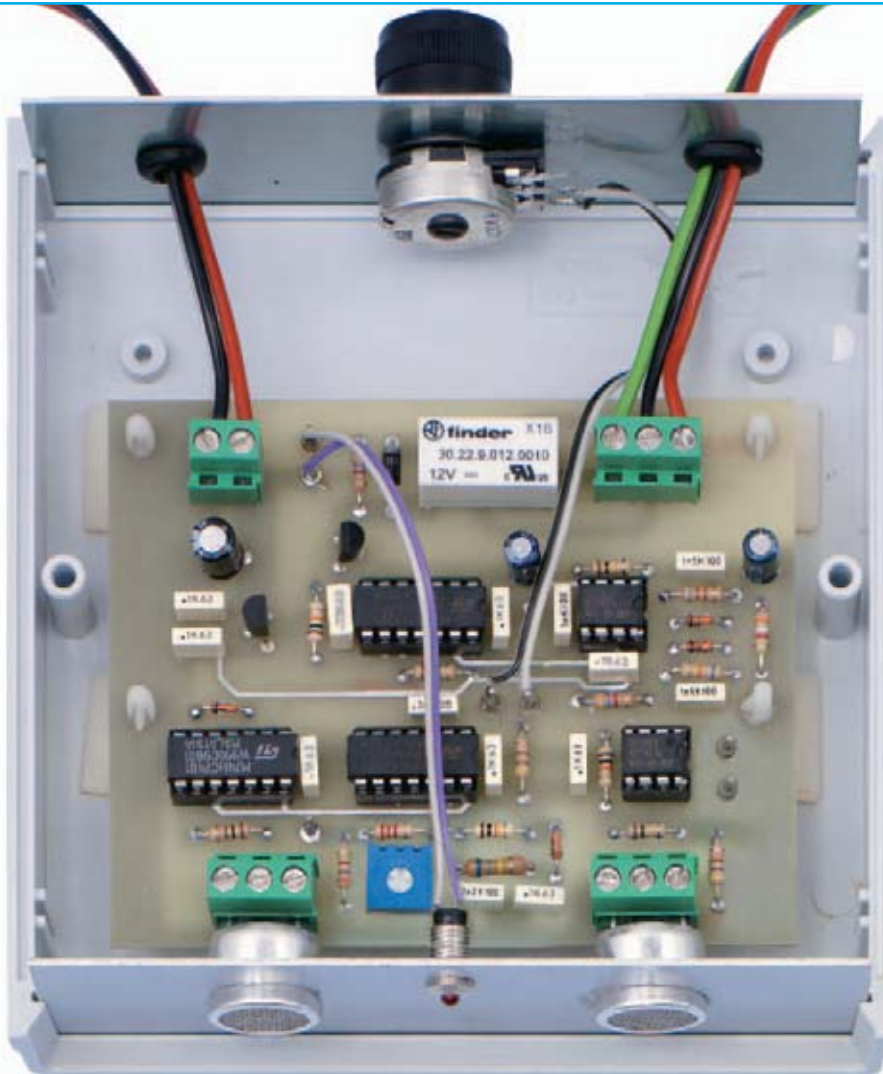


Fig.9 Una vez completado el montaje el circuito ha de instalarse en el interior del mueble contenedor, fijándolo mediante los 4 separadores de plástico con base autoadhesiva incluidos en el kit. El potenciómetro que regula la distancia se fija en el panel posterior del mueble, mientras que el diodo LED, con su correspondiente portaled metálico, se fija en el panel frontal.

las **salidas del relé** y para fijar las dos **cápsulas ultrasónicas**.

Los últimos componentes a soldar en el circuito impreso son el **relé**, el integrado estabilizador **IC4**, orientando su **lado plano** hacia la **derecha**, y el transistor **TR1**, cuyo **lado plano** ha de orientarse hacia la **izquierda** (ver Fig.8).

Una vez soldados los componentes solo queda realizar la inserción de los **circuitos integrados** en sus correspondientes zócalos, respetando la orientación de las muescas de referencia, y de las **cápsulas ultrasónicas** en las **clemas**.

La **cápsula transmisora TX** se instala en la

clema situada a la **izquierda** mientras que la **cápsula receptora RX** se instala en la clema situada a la **derecha**.

A primera vista las dos cápsulas podrían confundirse ya que son **casi idénticas**. Para **identificarlas** hay que mirar el **reverso**, es decir del lado de los terminales (ver Fig.12):

- La **cápsula transmisora TX** tiene serigrafía a la referencia **400-ST (Sonda Transmisora)**.
- La **cápsula receptora RX** tiene serigrafía a la referencia **400-SR (Sonda Receptora)**.

El resto de referencias serigráficas **no** son significativas.



## MONTAJE en el MUEBLE

Una vez montados los componentes del circuito impreso hay que instalarlo en el **mueble contenedor**, que solo proporcionamos bajo **petición expresa**.

Como se puede observar en la Fig.9 en el **panel posterior** se fijará el **potenciómetro R8**, utilizado para **ajustar** la **distancia operativa**.

En el **panel frontal** se instala el **portaled metálico** con su correspondiente **diodo LED**. Al realizar su conexión al circuito impreso hay que prestar mucha atención en respetar la **polaridad** de los **terminales A-K**.

Antes de fijar el circuito impreso dentro del mueble hay que instalar los **separadores de plástico** con **base autoadhesiva** en el circuito impreso. Una vez fijados hay que quitar el papel protector de los separadores y apoyar el circuito en el fondo del mueble controlando que el panel frontal se introduzca adecuadamente en las estrías presentes en los laterales del mueble.

## AJUSTE

Una vez insertado el circuito impreso dentro del mueble y **alimentado externamente** con una **tensión continua de 12 voltios** el circuito ha de **ajustarse** para que funcione correctamente.

En efecto, ya hemos indicado que las **cápsulas ultrasónicas**, al igual que el resto de componentes electrónicos, tienen **tolerancias de fabricación**, por lo que su frecuencia puede oscilar entre **39 KHz** y **41 KHz**.

Si sólo se dispone de un **téster**, hay que ajustarlo para medir **tensión continua** a un alcance de **0,3 voltios fondo de escala** y conectarlo a **TP2**.

A continuación hay que situar frente a las **dos cápsulas**, a una distancia de **10 centímetros**, un **libro**, o cualquier otro objeto reflectante, y girar el mando del **potenciómetro R8** completamente en el **sentido** de las **agujas del reloj**.

Lentamente, y **sin mover el mueble**, hay que ajustar el **cursor** del **trimmer R3** hasta leer en el **téster** la **máxima tensión posible**, que suele estar en torno a **0,06 voltios**.

En estas condiciones las **cápsulas** ya están **ajustadas**, por lo que se puede proceder a **cerrar el mueble contenedor**.

Si además del **téster** disponéis de un **osciloscopio** y de un **frecuencímetro** el ajuste resultará mucho **más fácil** y **preciso**.

El **frecuencímetro** ha de conectarse a **TP1**. Después hay que girar lentamente el cursor del **trimmer R3** hasta leer una frecuencia de **40.000 Hz**.

Para establecer exactamente la frecuencia de trabajo de las dos cápsulas hay que conectar el **osciloscopio**, ajustado en **AC** y a un **alcance** de **0,2 voltios**, entre el **condensador C15** y **masa**.

Acto seguido hay que situar las **dos cápsulas** frente a una **pared** a una distancia de unos **10 centímetros** y, a continuación, ajustar el **cursor** del **trimmer R3** hasta visualizar en la pantalla la **sinusoide** de **40 KHz**.

**Sin mover el mueble** hay que ajustar el cursor del **trimmer R3** hasta conseguir la **máxima amplitud posible** en la señal. El **ajuste queda finalizado** con esta operación.

Hay que tener presente que el **potenciómetro R8** regula la **distancia operativa**: Ajustándolo completamente en el **sentido** de las **agujas del reloj** la distancia es la **mínima posible**, en **sentido contrario** la distancia **incrementa** hasta el **máximo permitido**.

## PRECIO de REALIZACIÓN

**LX.1722:** Todos los componentes necesarios para realizar el proyecto (ver Fig.8), **incluyendo circuito impreso** y las **cápsulas RX** (SE5.1 = 400SR) y **TX** (SE5.2 = 400 ST), **excluido** el mueble contenedor .....**57,80€**

**MO.1722:** Mueble contenedor con paneles perforados y serigrafiados .....**17€**

**CS.1722:** Circuito impreso.....**10,60€**

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.**