



# CONVERTIR los ULTRASONIDOS

Existe todo un mundo de sonidos al nuestro alrededor que se nos escapan debidos a los límites de nuestros oídos.

Este aparato, que convierte los ultrasonidos en sonidos audibles, nos permite realizar interesantes captaciones del rico y variado mundos de los sonidos no perceptibles.

En las noches de invierno podemos ver en ocasiones volar a bajo altura a nuestros “queridos amigos” los murciélagos.

Existe todo un mundo de sonidos al nuestro alrededor que se nos escapan debidos a los límites de nuestros oídos.

Este aparato, que convierte los ultrasonidos en sonidos audibles, nos permite realizar interesantes captaciones del rico y variado mundos de los sonidos no perceptibles.

En las noches de invierno podemos ver en ocasiones volar a bajo altura a nuestros “queridos amigos” los murciélagos.

Les llamamos “amigos” porque seguramente todo aquello que se ha dicho de negativo sobre ellos, es debido a la imaginación de algunos escritores que probablemente ni conocen ni quieren conocer nada sobre estos fantásticos animales.

El murciélago tiene una vista muy reducida, pero un gran oído y un sistema de navegación basado en los ultrasonidos, que emiten durante el vuelo, ya que al chocar estos contra los diferentes objetos se genera un eco, que les permite identificar los obstáculos.

Se trata de sonidos no audibles por nuestros oídos, debido a que se emite a una frecuencia muy superior al del límite humano, que es de unos 15-18 Mhz.

Los murciélagos con los ultrasonidos son capaces de reconocer en el espacio diminutos insectos, como los mosquitos, que al ser su plato preferido se lanzan sobre ellos en una fracción de segundo.

De este modo durante una noche pueden llegar a comer hasta a 2000 mosquitos, contribuyendo a limpiar el ambiente de estos fastidiosos insectos.

Para entender mejor como los quirópteros usan este "radar" para la caza, podemos realizar un divertido experimento: si cuando vemos un murciélago volar sobre nuestra cabeza, tiramos una piedrecita, podremos ver como el animal se lanza hacia arriba en busca de la piedra. Esto se debe a que el murciélago ha confundido la piedra con una presa, yendo a por ella. Una de las especies más comunes emite sonidos de los 45.000 Hz a los 76.000 Hz. Los perros y gatos pueden llegar a percibir sonidos que alcancen los 50.000 Hz.

Lo que aquí os ofrecemos es un convertidor de audio capaz de convertir las frecuencias ultrasónicas, desde los 15.000 Hz hasta los 70.000 Hz, al oído humano.

Gracias a este dispositivo es posible comprobar la contaminación acústica de nuestras casas que producen los electrodomésticos, la que producen los ordenadores y las máquinas en nuestro lugar de trabajo, o la producida por los coches en la calle.

Por otro lado también podemos experimentar con la capacidad auditiva de nuestras mascotas, y entender porque en ocasiones reaccionan de forma que no comprendemos, ya que tienen un oído más desarrollado que el nuestro.

## EL MICRÓFONO

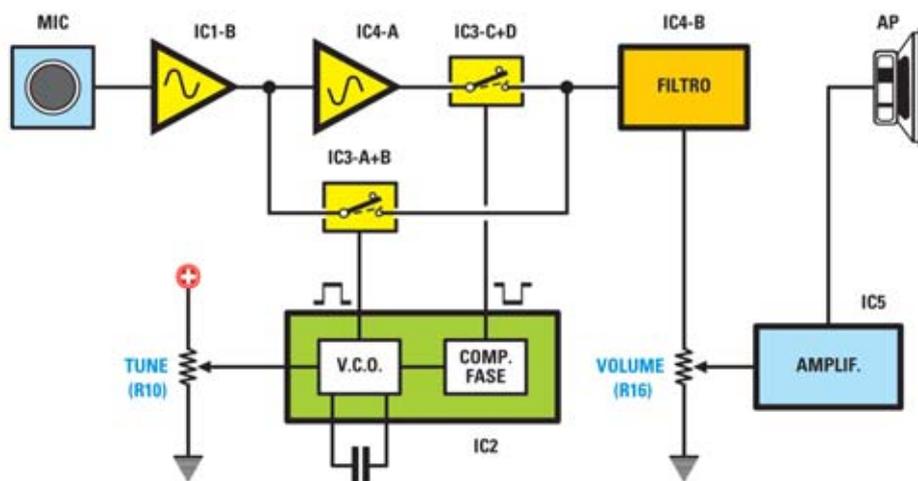
La realización de este proyecto ha sido posible gracias al sensor ultrasónico (micrófono) SPM0204UD5, producido por la empresa Knowles Acoustics, con una tecnología muy avanzada.

Se trata de un componente realizado con tecnología MEMS (Micro Electro Mechanical System) dispositivos que se basan en la mecánica, la electrónica y otras, integrados en un minúsculo dispositivo de sustrato de silicio.

# en SONIDOS AUDIBLES



**Fig.1 en esta foto se puede ver como se presenta el proyecto del convertidor LX.1770 con el que podéis escuchar los ultrasonidos.**



**Fig.2 Esquema del circuito en bloques.**

**El integrado IC2 genera dos ondas cuadradas de frecuencia variables gracias al potenciómetro R10. Estas frecuencias servirán para conducir el estadio mixer (IC3-A+B e IC3-C+D), suministrando en salida una señal igual a la diferencia entre la frecuencia generada por el integrado IC2 y la captada por el micrófono.**

Como tiene unas dimensiones tan pequeñas, os lo ofertamos ya soldado en un pequeño circuito impreso, de modo que lo podáis cablear sin problemas.

Este micrófono tiene una capacidad omnidireccional y una respuesta de frecuencia de 10 Khz hasta los 65 Khz. Por otro lado, la sensibilidad ajusta a -47 dB tomando como referencia el 0 dB como 1V/Pq (Pq = Pascal).

Tratándose de un dispositivo “activo” debe alimentarse con una tensión continua con un valor entre los 1,5 voltios y los 3,6 voltios, la corriente absorbida no supera los 250 microamperios.

La impedancia de salida tiene un valor de unos 300 ohm.

Como es un componente muy sensible es bueno que, durante su uso, se evite tocar con los dedos su ventana, ya que tanto la suciedad como la presión podrían dañar el micrófono.

## ESQUEMA ELÉCTRICO

Comenzamos la descripción del esquema eléctrico reproducido en la fig.3 con el diodo led verde DL1 que, indica el encendido y tensión estabilizada.

Cuando un diodo led verde se polariza directamente, desarrolla una tensión constante de unos 2 voltios que, en nuestro circuito, después de haber sido “taponada” por el operacional IC1/A y filtrada por el condensador C3, es utilizado para alimentar el sensor ultrasónico “MIC”.

El sensor MIC dispone de 4 pin de salida, los pin 2-3 se encuentran a la cabeza de la masa (conectada a nuestro circuito impreso con un solo contacto), el pin 4 es el de alimentación y el pin 1 es de salida de señal (ver fig.3).

Este último, a través del condensador C2 de desacoplamiento de la tensión continua, se aplica a un estadio amplificador inversor IC1/B, contenido en el doble operacional NE5532, que tiene óptimas características respecto al ruido y al ancho de banda.

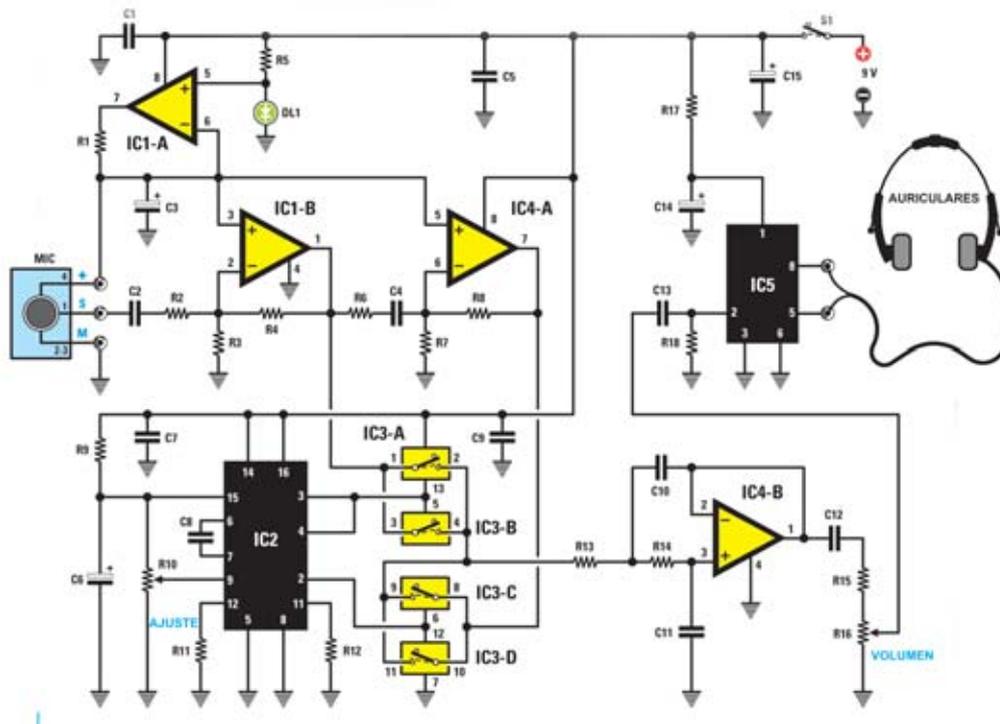


Fig.3 esquema eléctrico del proyecto LX.1770 y, debajo, el listado completo de los componentes necesarios para su realización.

**LISTADO DE LOS COMPONENTES LX.1770**

- |                              |                                       |
|------------------------------|---------------------------------------|
| R1 = 10 ohm                  | C3 = 100 microF. electrolítico        |
| R2 = 1.000 ohm               | C4 = 1 microF. multiestrato           |
| R3 = 100.000 ohm             | C5 = 100.000 pF multiestrato          |
| R4 = 100.000 ohm             | C6 = 10 microF. electrolítico         |
| R5 = 1.000 ohm               | C7 = 100.000 pF multiestrato          |
| R6 = 1.000 ohm               | C8 = 1.000 pF cerámico                |
| R7 = 1.000 ohm               | C9 = 100.000 pF multiestrato          |
| R8 = 1.000 ohm               | C10 = 4.700 poliéstere                |
| R9 = 1.000 ohm               | C11 = 2.200 pF poliéstere             |
| R10 = 10.000 ohm pot. lin.   | C12 = 220.000 pF poliéstere           |
| R11 = 220.000 ohm            | C13 = 220.000 pF poliéstere           |
| R12 = 15.000 ohm             | C14 - C15 = 100 microF. electrolítico |
| R13 = 10.000 ohm             | DL1 = diodo led verde                 |
| R14 = 10.000 ohm             | IC1 = integrado tipo NE5532           |
| R15 = 100.000 ohm            | IC2 = C/Mos tipo 4046                 |
| R16 = 47.000 ohm pot. log.   | IC3 = C/Mos tipo 4016                 |
| R17 = 10 ohm                 | IC4 = integrado tipo NE5532           |
| R18 = 10.000 ohm             | IC5 = integrado tipo TDA7052          |
| C1 = 100.000 pF multiestrato | MIC = microf. ultrasonidos KM02.0204  |
| C2 = 1 microF. multiestrato  | S1 = interruptor su R16               |

La ganancia en tensión de este estadio es igual a la relación  $R4/R2$ , por lo tanto es igual a 100 veces siendo el  $R4$  de 100.000 ohm y la  $R2$  igual a 1.000 ohm. La resistencia  $R3$  sirve para fijar la tensión en reposo de la salida del operacional a unos 4 voltios continuos, de modo que se pueda obtener la mayor amplitud de señales sin distorsiones.

El “secreto” para lograr escuchar los ultrasonidos es el de “trasladarlos” a una frecuencia inferior en la gama de frecuencia audibles por el ser humano.

El mismo sistema se usa en los radios receptores superheterodinos: la señal de alta frecuencia captada por la antena de varias decenas o centenas de Mhz, se “baja” a un valor de media frecuencia enormemente más “bajo” respecto a la frecuencia entrada.

En la práctica este sistema implica el uso de un oscilador de frecuencia variable y de un estadio mixer.

El estadio mixer tiene la particularidad de producir en su salida una señal de frecuencia igual a la

suma de las frecuencias de las señales aplicadas a las dos entradas, y una señal igual a la diferencia en frecuencia de las señales aplicadas a las dos entradas.

En nuestro caso, visto que debemos “bajar” la frecuencia de los ultrasonidos, no se utilizará la “suma”, sino la propiedad de generar una señal igual a la diferencia en frecuencia de las dos señales.

En el circuito el integrado IC2 CD4046 forma el oscilador y en concreto un VCO, es decir un oscilador cuya frecuencia es proporcional a la tensión continua aplicada al pin 9 a través del potenciómetro del TUNE R10.

Girando el potenciómetro aplicaremos una tensión variable entre 0 y +7 voltios.

Para evitar variaciones indeseadas de la frecuencia generada, la tensión de polarización del potenciómetro R10 se estabiliza por un diodo zener contenido en el integrado IC2.

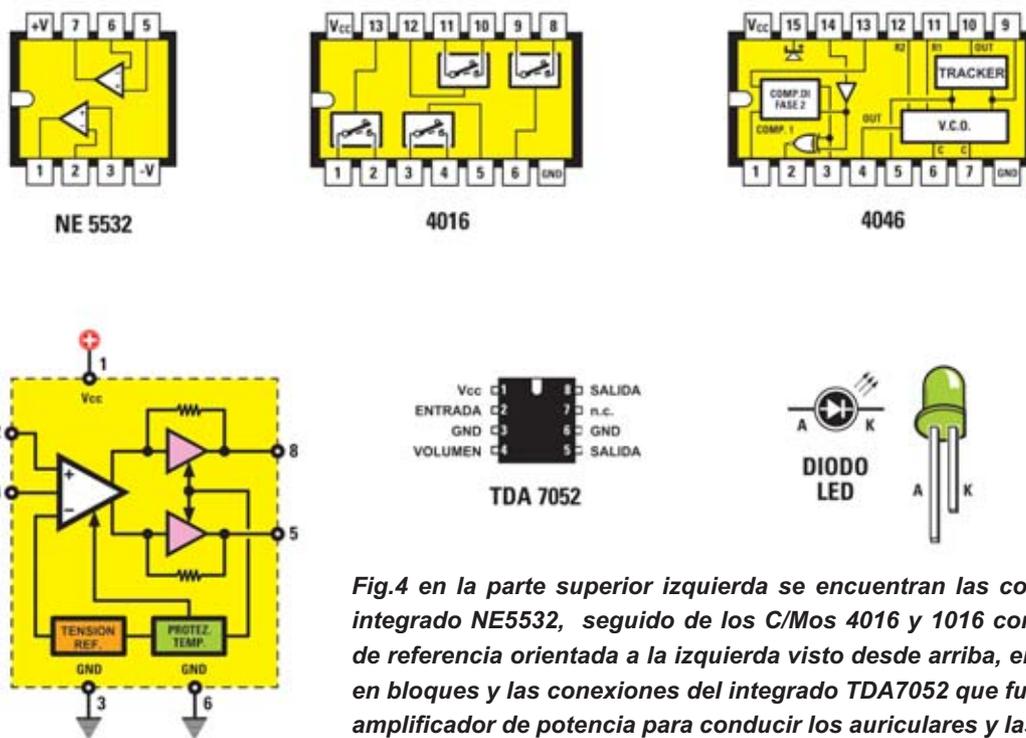


Fig.4 en la parte superior izquierda se encuentran las conexiones del integrado NE5532, seguido de los C/Mos 4016 y 1016 con las muesca de referencia orientada a la izquierda visto desde arriba, en el esquema en bloques y las conexiones del integrado TDA7052 que funciona como amplificador de potencia para conducir los auriculares y las conexiones del diodo led.



**Campo de las frecuencias audibles de algunas de las especies de animales**

Muchos dispositivos, y algunos animales, utilizan el fenómeno de la reflexión de una onda sonora para captar la presencia de un obstáculo (recordad nuestro proyecto de ultrasonidos LX.1722 y el LX.1724 , en el que hemos utilizado los sensores de distancia).

Nuestro oído tiene la capacidad, por razones fisiológicas, de discriminar dos sonidos recibidos a la vez si el tiempo de separación es igual o superior a un décimo de segundo.

Recordando que la velocidad de propagación del sonido en aire de unos 340 m/s, un rápido cálculo muestra que, en el caso de los seres humanos, el método puede ser eficaz solo para la localización de objetos de grandes dimensiones y que estén situados a más de 17 metros.

El principio de la localización es muy simple:

$$D = (V \times T) : 2$$

donde:

$D$  = distancia en metros

$V$  = velocidad del sonido en m/s

$T$  = el tiempo en segundos que transcurre entre la fecha de la señal y el retorno

Con  $T = 1$  décima de segundo la distancia del obstáculo es de 17 metros:

$$(340 \times 0,1) : 2 = 17 \text{ metros}$$

Si se envía una onda a un obstáculo se genera una onda reflejada. Midiendo el tiempo de retraso entre el instante de generación de la onda y el instante de llegada de la onda reflejada es posible volver a la distancia del obstáculo.

Si, por el contrario, conocemos la distancia  $D$  del obstáculo y de la velocidad  $V$  del onda en el medio, es natural que el intervalo de tiempo transcurrido puede ser fácilmente determinado mediante la fórmula:

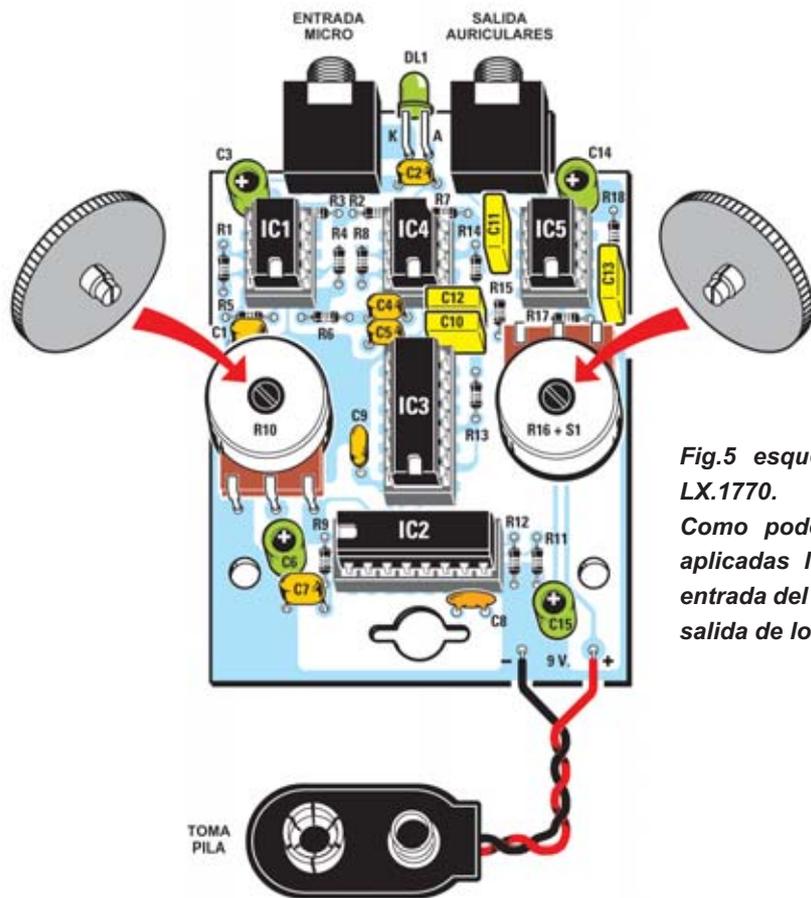
$$T = (2 \times D) : V$$

por ejemplo:

$$(2 \times 17) : 340 = 0,1 \text{ sec.}$$

Es importante subrayar que este método puede funcionar si la longitud de onda incidente es mucho menor de las dimensiones transversales del obstáculo.

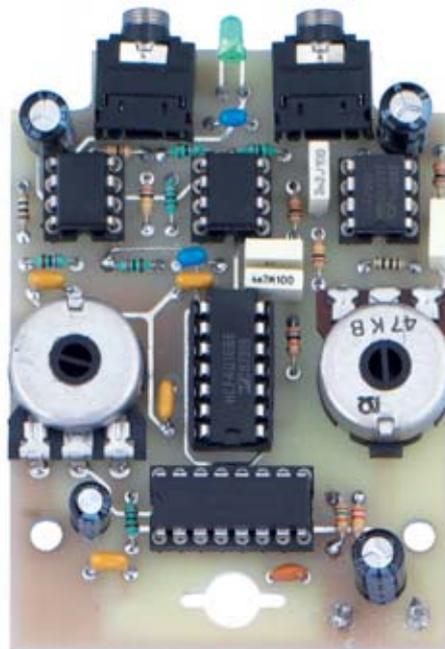
El obstáculo debe ser de grandes dimensiones (por ejemplo las paredes de un edificio) y situado a al menos 17 metros de nuestros oídos.

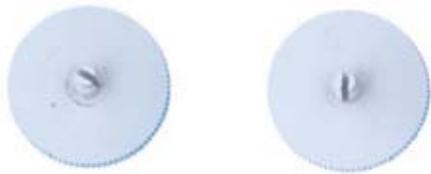


*Fig.5 esquema práctico del montaje del LX.1770.*

*Como podéis observar, arriba, han sido aplicadas las dos tomas destinadas a la entrada del micrófono de ultrasonidos y a la salida de los auriculares.*

*Fig.6 foto del convertidor de ultrasonidos LX.1770, una vez completado el montaje de todos los componentes en el circuito impreso.*





**Fig.7 he aquí cómo se presenta el circuito montado sobre el mueble de plástico. Como podéis observar, en su interior hemos creado un lugar para alojar la pila de 9 voltios. Para no confundir las dos tomas "entrada micrófono" y "salida auricular", Con el mueble cerrado, os aconsejamos marcarles con un rotulador con una M y una C respectivamente.**



Accionando el potenciómetro R10 conseguimos en la salida del VCO (ver pin 3, 4 y 2) dos señales de onda cuadrada con un desfase de  $180^\circ$  y una frecuencia variable entre 10 KHz y 70 KHz.

Estas dos señales conducirán los switch electrónicos contenidos en el integrado IC3, un CD4016 que desarrolla la función del mixer.

El operacional IC4/A tiene el deber de invertir de fase de la señal recibido por el sensor ultrasónico, en cuanto que el estadio mixer solicita la presencia de ambas señales.

En la salida de la etapa mixer se conecta un filtro pasa bajo del segundo orden con una frecuencia de corte de unos 5 KHz, eliminando una señal con una frecuencia superior a este valor.

La señal, limpia, podrá ser conectada a la entrada del amplificador audio para conducir los auriculares, a través del potenciómetro del volumen R16.

Todo el circuito se alimenta por una pila de 9 voltios, y como no absorbe toda la corriente, tendrá una pequeña autonomía.

## REALIZACIÓN PRÁCTICA

En la fig.5 podéis ver reproducido el esquema práctico de montaje de nuestro convertidor ultrasónico LX.1770.

Aunque si no es indispensable, no está de más, sobre todo para aquellos que no tienen una gran experiencia en el montaje, llevar a cabo una secuencia de máximas en su realización.

Comenzad introduciendo en el impreso los zócalos para los 5 integrados (del IC1 al IC5), orientándolos de modo que la muesca de referencia quede tal y como se indica en la figura, soldando los pin es su respectivos terminales.

Continuad soldando sobre el impreso todas las resistencias de  $\frac{1}{4}$  vatios, después de haber identificado cada una gracias a las bandas de colores de sus cuerpos.

Completada esta operación, insertad también todos los condensadores de poliéster, el condensador cerámico y los electrolíticos siguiendo la disposición indicada en el esquema práctico de la fig.5. A propósito de estos últimos, deben ser montados respetando la polaridad de los terminales.

Ahora podéis ocuparos de los dos potenciómetros. Prestad atención cuando montéis el potenciómetro R10 junto con el mando de disco para la regulación de la sintonía del impreso, soldando con cuidado los pines.

Luego, proceded al montaje del potenciómetro R16 destinado a la regulación del volumen con el interruptor de encendido S1 a la derecha del impreso, e introducid en su cuerpo su respectivo mando.

Podéis ahora soldar en la parte superior del circuito impreso las dos bornas destinadas a la entrada del micrófono de ultrasonidos, y a la salida de los auriculares.

Entre una y otra montad tal y como se indica en la fig.5 el diodo led que señala el encendido del circuito, una vez doblado cuidadosamente en L los dos terminales A-K.

Llegados a este punto podéis soldar sobre el impreso los dos cables de conexión a la toma de la pila, respetando la polaridad.

Terminad el montaje insertando en sus respectivos zócalos los 5 integrados, orientando la muesca de referencia en U que hay en su cuerpo tal y como se indica en la fig.5.

Llegados a este punto no debéis hacer otra cosa que meter el impreso dentro del mueble previsto de agujeros para que puedan sobresalir las tomas del micrófono, de los auriculares, de la pila, y los orificios laterales para que puedan sobresalir los mandos para la regulación de la sintonía, del volumen+interruptor.

## COMO se USA

El uso práctico de nuestro convertidor es muy sencillo y comparable al de un radio receptor.

Seguramente os quedaréis perplejos de la cantidad de señales que se consiguen escuchar y que antes podíais oír.

De hecho, muchos aparatos de uso común son una fuente de insospechable de ultrasonidos: por ejemplo un ligero susurro del ventilador de refrigeración de un PC puede transformarse en un sonido ensordecedor al pasar por nuestro convertidor.

Sugerimos regular primero el volumen de salida en un nivel no muy alto, y acercar poco a poco el sensor a la fuente de ultrasonidos.

Pasando al potenciómetro de sintonía (Tune), deberéis lograr “aislar” o “sintonizar” la fuente ultrasónica, como se hace generalmente con la sintonía de una estación de radio.

Para ello utilizaremos una parábola (ver figg.8-9-10) que lleve los sonidos a un micrófono especial.

La parábola tiene un diámetro de unos 150 mm, más que suficiente para captar sonidos más allá de los límite humanos.

¿Por qué una parábola? Para recoger mejor los ultrasonidos.

Con este sistema seguramente se obtendrá un componente de mayor energía al foco de la parábola.

Para llevar a cabo experimentos con este dispositivo, debéis situaros en lugares donde haya máquinas o animales capaces de emitir ultrasonidos.

Podéis, por ejemplo, ir al campo para escuchar los toc-toc de los murciélagos con su “tren de ondas” (los murciélagos emiten sonidos similares a un “chasquido”, también el reclamo de los gatitos hacia su madre o ver como vuestro vecino atormenta al perro con silbido de ultrasonidos.

Entrad en una empresa donde se trabaje con diferentes tipos de máquinas, y veréis como hay unas perfectamente audibles y muchas otras que no percibís a nivel sensorial.

Para daros cuenta de la longitud de onda de estos sonidos, os proponemos un ejemplo bien sencillo.

La velocidad del sonido en aire se calcula del siguiente modo:

$$V_{\text{sonido}} = (\sqrt{(Y \times R \times T) : M}) : 100$$

donde:

Y – R – T son tres constantes del gas “aire”:

Y = 1,4 constante presión de los gases.

R =  $8,3 \times 10^7$  constante universal gas.

M = 29 peso molecular medio del aire.

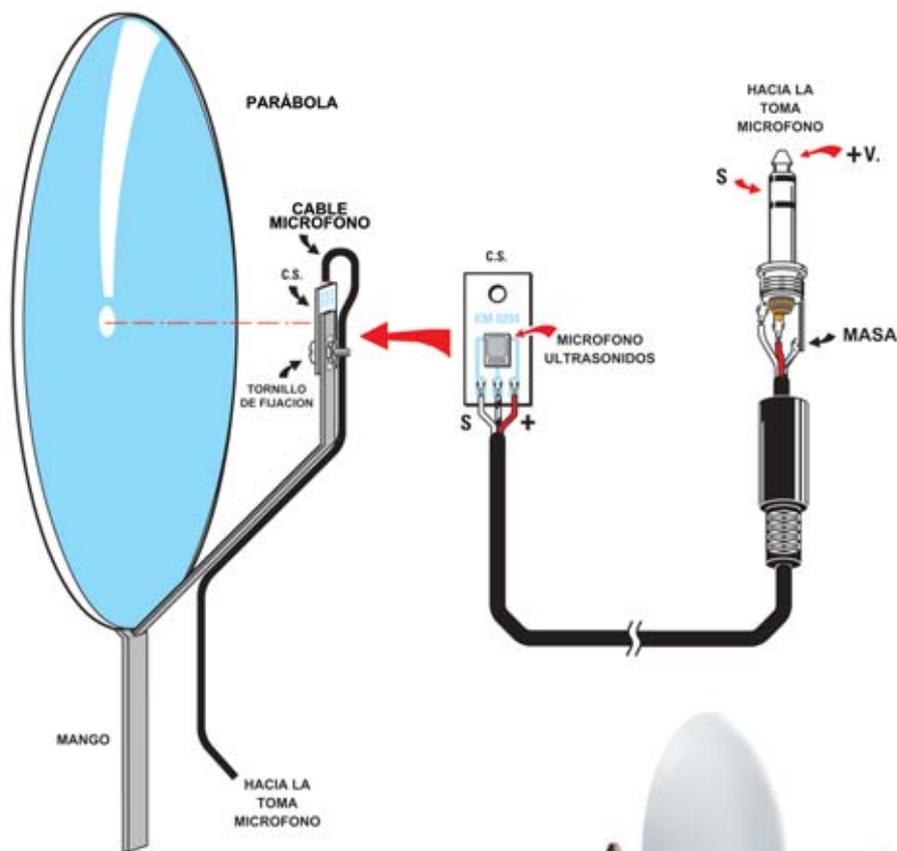
T =  $C^\circ + 279,15$  temperatura absoluta.

si  $C^\circ = 20$  grados

T =  $20 + 279,15 = 299,15$

$V_{\text{sonido}} =$

$$\sqrt{((1,4 \times 8,3 \times 10^7 \times 299,15) : 29) : 100} = 346,2$$



**Fig.9** para facilitar de montaje os suministramos el micrófono de ultrasonidos en SMD, ya montado en el impreso. Vuestro deber será el de realizar el cableado en la entrada que va en la toma del micrófono, y fijad la parábola en su lugar respectivo del impreso, fijando el cable por medio de un trozo de celo. Naturalmente el micrófono deberá quedar direccionado hacia el foco de esta última.

**Fig.8** foto de la parábola que hemos utilizada para realizar las pruebas del laboratorio.



Una nota de 20 Hz (nota baja) corresponde a:

$$342,7 : 20 = 17,1 \text{ metros}$$

Probamos una nota de 20.000 Hz:

$$342,7 : 20.000 = 0,01713 \text{ metros} = 17,13 \text{ cm}$$

Llegados a este punto pensamos que querréis probar personalmente este convertidor de ultrasonidos para captar nuevas informaciones, que seguramente no os esperaréis en vuestro entorno.

## PRECIO DE REALIZACIÓN

**LX. 1770:** Todos los componentes necesarios para realizar el **convertidor de ultrasonidos** (ver fig.5) junto al circuito impreso y el micrófono en SMD que os ofertamos ya montado sobre el impreso (cod. **KM02.0204**), el mueble plástico **MO1770: 70,00 €**

**ANT7.1:** La parábola: ..... **20,00 €**

**CUF 32:** El auricular estéreo ..... **32 OHM: 7,00 €**

**CS 1770:** Circuito impreso para LX 1770: ..... **8,20 €**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA