

EL ULTRASONIDO

El ultrasonido es el estudio y aplicación de las ondas acústicas de alta frecuencia, usualmente, más allá de los 20KHz.

Los generadores modernos de ultrasonidos pueden producir frecuencias tan altas como algunos giga hertz (GHz) mediante la transformación de corrientes alternas en oscilaciones mecánicas.

Las altas frecuencias tienen longitudes de onda cortas, lo cual les permite reflejarse desde cualquier objeto más rápidamente para proporcionar una mejor información sobre esos objetos. Sin embargo, las extremadamente altas frecuencias son difíciles de generar y de medir.

La detección y medida de las ondas ultrasónicas se lleva a cabo principalmente mediante el uso de receptores piezoeléctricos o por medios ópticos. Esto es posible por que las ondas ultrasónicas se vuelven visibles por la difracción de la luz.

El ultrasonido está muy por encima del rango auditivo del ser humano, el cual se encuentra alrededor de 20 a 20.000Hz; sin embargo, algunos animales pueden escuchar por encima de estas frecuencias. Por ejemplo los murciélagos usan la eco localización, para lo cual generan frecuencias tan altas como 100KHz.

Los ultrasonidos no deben ser confundidos con el término supersónico, es cual hace referencia al estudio del fenómeno que ocurre cuando un cuerpo sólido excede la velocidad del sonido.

BREVE HISTORIA

Las raíces de la tecnología ultrasónica puede ser buscada en el efecto piezoeléctrico conducido por Pierre Curie alrededor del año 1880. El encontró que cristales asimétricos como el cuarzo y la sal de Rochelle generaban una carga eléctrica



trica cuando se les sometía a una presión mecánica, alternativamente, también era posible obtener vibraciones mecánicas aplicando una carga eléctrica a los mismos cristales.

Una de las primeras aplicaciones del ultrasonido fue el sonar (que no es más que el acrónimo de Sound Navigation Ranging). Este fue empleado a gran escala por la armada de los Estados Unidos durante la segunda guerra mundial para detectar los submarinos enemigos.

El sonar opera mediante el balanceo de una serie de ondas concentradas de alta frecuencia, sobre un objetivo y grabando el eco. Como la velocidad del sonido en el agua es conocida, es fácil determinar la distancia del objetivo.

Después de la segunda guerra mundial los investigadores inspirados por el sonar desarrollaron técnicas análogas para diagnóstico médico. Por ejemplo, el uso de las ondas ultrasónicas en la detección de objetos metálicos fue discutida a principios de 1929. En 1931 la patente de uso de las ondas ultrasónicas para detectar fallos en sólidos fue obtenida.

Japón jugó un papel importante en el campo del ultrasonido desde muy temprano. Por ejemplo, tan pronto terminó la guerra, los investigadores comenzaron a explorar las capacidades del ultrasonido en diagnósticos médicos. Japón fue también el primer país en aplicar el efecto Doppler en el ultrasonido, con lo cual podían detectar movimientos internos de objetos como la sangre fluyendo a través del corazón.

En 1950 los investigadores de Estados Unidos y Europa comenzaron a interesarse por el progreso en este área en el Japón, y comenzaron a trabajar en otras aplicaciones médicas.

Los primeros instrumentos ultrasónicos mostraban sus resultados con pequeños puntos en la pantalla de un osciloscopio. De aquí siguió la utilización de las imágenes en escala de grises en 2D. Ahora, las imágenes de alta resolución, en color, ampliadas por ordenador son comunes.

La tecnología del ultrasonido es ahora empleada en un amplio rango de apli-

caciones de investigación, la industria y la medicina.

GENERACION DEL ULTRASONIDO

Las ondas ultrasónicas pueden ser generadas usando fuentes de energía mecánicas, electromagnéticas y térmicas. Ellas pueden ser producidas en vidrio, líquidos y sólidos.

Los transductores magneto-resistivos usan el efecto magneto-restrictivo para convertir la energía magnética en energía ultrasónica. Esto se logra mediante la aplicación de fuertes campos magnéticos alternos a ciertos metales.

Los transductores piezoeléctricos emplean el efecto piezoeléctrico inverso usando cristales naturales o sintéticos como el cuarzo o cerámicos como el titanato de bario, el cual tiene comportamiento piezoeléctrico. Los cerámicos tienen ventaja sobre los cristales en que son más fáciles de formar por fundición a presión y extrusión.

El efecto piezoeléctrico fue por primera vez estudiado por Pierre Curie por el año 1880. El encontró que cristales asimétricos como el cuarzo y la sal de Rochelle generaban una carga eléctrica cuando una presión mecánica era aplicada; inversamente, se obtenían vibraciones aplicando oscilaciones eléctricas.

TIPOS DE TRANSDUCTORES

TRANSDUCTORES DE CONTACTO:

Son lo suficientemente irregulares para aguantar directamente pruebas de contacto de metales y suficientemente versátiles para ser usados en materiales como compuestos y plásticos. Características como platinas de desgaste y man-

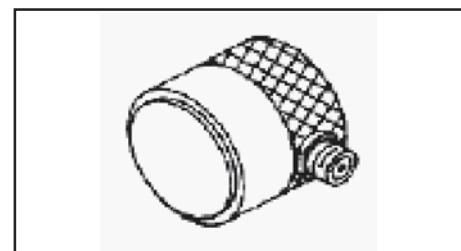


Figura 1

gas ergonómicas hacen de los transductores de contacto altamente durables y fáciles de pegar, y una variedad de estilos de empaque proporcionan suficiente variedad para cubrir un amplio rango de aplicaciones. (Figura 1)

TRANSDUCTORES DE ELEMENTO DOBLE:

Contienen dos dispositivos en dos elementos de operación independientes, transmisor y receptor en un mismo paquete. En transductores de un solo elemento, operando en modo de eco pulso, la electrónica receptor puede saturarse (ser agobiada) durante la transmisión del pulso. Los receptores requieren una cantidad finita de tiempo para recuperarse de la saturación. Los dos elementos son angulados entre ellos para crear un patrón de sonido cruzado en el material bajo prueba (Figura 2).

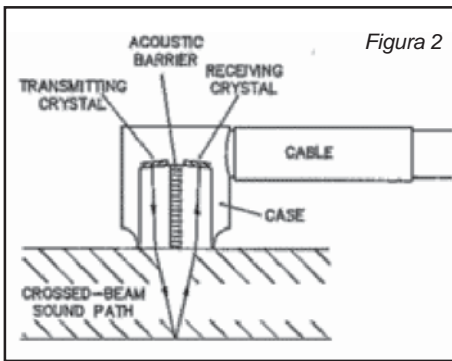
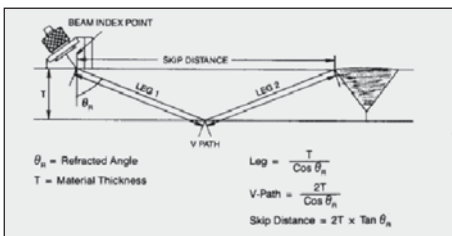
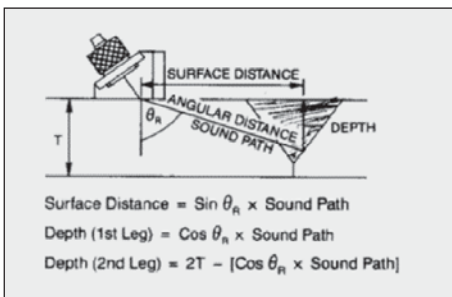


Figura 2

TRANSDUCTORES DE INMERSION

Son diseñados para transmitir el ultrasonido en situaciones donde el elemento de prueba esta parcial o completamente sumergido en agua. Los transductores de inmersión son típicamente usados dentro de tanques de agua en aplicaciones de escaneo o como parte de un sistema de burbujas. Una transductor de inmer-



Figuras 3 y 4

sión enfocado puede mejorar la sensibilidad y la resolución axial mediante la concentración de energía sonora en una pequeña área.

TRANSDUCTORES DE EMISION ANGULAR

Típicamente son usados para introducir una onda inclinada reflejada en el material bajo prueba. La trayectoria angular del sonido le permite al sonido emitido ser reflejado en la pared posterior, mejorando la detección de fallos en y alrededor de las áreas soldadas (Figuras 3 y 4)

TRANSDUCTORES DE LÍNEA RETRASADA

Proporcionan versatilidad con una variedad de opciones de reemplazo. Algunas opciones como línea de retraso removible, membrana protectora y capa protectora de desgaste hacen de un simple transductor, efectivo para un amplio rango de aplicaciones. Las series de transductores estándar de cara protegida son recomendables para escaneo de superficies de propósito general y para el uso en materiales de alta temperatura. Los transductores de línea de retardo reemplazable son recomendables para aplicaciones que requieren un transductor de contacto con una buena resolución de superficie con economía y versatilidad de la configuración de la línea de retardo. Ellos son diseñados para el uso en aplicaciones tales como alta precisión en la medición de materiales delgados y chequeo de materiales compuestos (Figura 5).

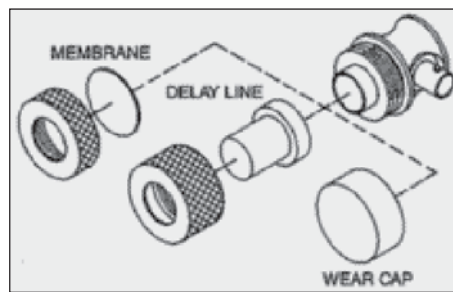


Figura 5

TRANSDUCTORES DE ONDA INCLINADA DE INCIDENCIA NORMAL

Son únicos ya que estos permiten la introducción de ondas inclinadas directamente en la pieza bajo prueba sin el uso de una cuña emisora de ángulo. Cuidadosos diseños han permitido a los fabricantes tener una mínima contaminación longitudinal de onda (generalmente por debajo de -30dB).

TRANSDUCTORES DE ALTA FRECUENCIA

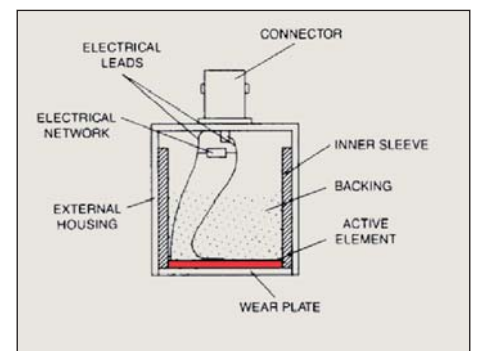
En muchas aplicaciones especializadas el uso de transductores ultrasónicos de alta frecuencia puede mejorar la resolución de imperfecciones y minimizar el espesor de las capacidades de medida drásticamente. Transductores de banda ancha de alta frecuencia entre 20 MHz y 150 MHz están disponibles comercialmente.

Además de los transductores descritos, muchos fabricantes ofrecen diseños especiales y de aplicaciones específicas para aplicaciones médicas, industrial, y de OEM.

CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSDUCTORES PIEZOELECTRICOS

Una característica importante en cualquier sistema de instrumentación ultrasónico es el transductor. Este típicamente incorpora un elemento piezoeléctrico, el cual convierte las señales en vibraciones mecánicas (modo de transmisión) y las vibraciones mecánicas en señales eléctricas (modo de recepción). El campo ultrasónico de semejante transductor es a menudo el rasgo que limita el desempeño del sistema. Muchos factores incluyendo el material, construcción tanto eléctrica como mecánica y condiciones eléctricas y mecánicas externas, influyen el comportamiento del transductor.

La construcción mecánica es un factor que influencia el desempeño, con importantes parámetros como lo son el área de radiación superficial, amortiguación mecánica, alojamiento y otras variables físicas de la construcción.



APLICACIONES DEL ULTRASONIDO

LIMPIEZA

Quizá la aplicación más común del ultrasonido es la limpieza. Esta incluye la remoción de grasa, oxido y pintura de metales, cerámica, vidrio y superficies de

cristal de piezas usadas en la electrónica, aviación, e instrumentos de precisión en las industrias.

Esta limpieza se lleva a cabo mediante el uso del efecto cavitación. La cavitación es la rápida formación y colapso de pequeñas burbujas llenas de vapor o gas en una solución que es irradiada con ultrasonido

El repetido colapso de las burbujas produce pequeños choques de ondas que limpian la contaminación en la superficie de las piezas. Una variedad de soluciones de limpieza pueden ser usadas, incluida el agua, los detergentes y solventes orgánicos.

La limpieza ultrasónica puede resultar altamente eficiente donde se requieran casos extremos de limpieza y también resulta deseable para la limpieza de partes que tienen tallados o figuras bastante complejas.

Ejemplos de aplicaciones específicas son los vidrios para los lentes, los cristales de cuarzo, puentes dentales y pequeños rodamientos

MEDICION DE FLUJO

La medición de flujo mediante el ultrasonido se hace empleando el efecto doppler. Este tipo de medida, tiene la ventaja de que no tiene ningún efecto sobre el flujo y que puede ser usado para medir sistemas cerrados, como lo es el refrigerante en una planta nuclear o el flujo de sangre en un corazón humano

PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

El ultrasonido es particularmente atractivo para las pruebas no destructivas por que este puede ser usado con muchos tipos de materiales, y permite estudiar sus superficies y sus interiores.

La atenuación de las ondas ultrasónicas es muy baja tanto en sólidos como en líquidos, permitiendo así penetrar en mas de 20 pies bien sea como onda continua o como pulsos.

Las pruebas ultrasónicas utilizan las ondas de sonido para detectar imperfecciones en el material y medir las propiedades de este. La técnica más común usada en pruebas ultrasónicas es el eco-pulso, en el cual un sonido es introducido en el objeto bajo prueba y las reflexiones (ecos) devueltas al receptor desde las imperfecciones internas o desde las partes geométricas de las superficies son analizadas. Los defectos y otras irregularidades internas resultan en cambios en el patrón de ondas del eco.

El método de la sombra es utilizado para inspeccionar grandes fundiciones y

fraguados. El método de la reflexión del eco es principalmente usado en la inspección de soldaduras y fundiciones.

El propósito principal de las pruebas ultrasónicas inicialmente fue la detección de defectos, de modo que las piezas defectuosas pudieran ser retiradas. Sin embargo, a principios de los 70's la habilidad para detectar pequeñas fallas llevó a la situación poco satisfactoria que cada vez más las partes tuvieron que ser rechazadas, aunque la probabilidad de fracaso no había cambiado.

MAQUINADO

Otra aplicación industrial de la tecnología del ultrasonido es el maquinado de materiales. El maquinado ultrasónico tenía la ventaja sobre otras técnicas convencionales de maquinado que estaban bien posicionadas para procesar inusuales o complejas formas debido a que no se requiere una herramienta rotativa.

Esta técnica puede ser usada para materiales muy duros y altamente abrasivos por que el corte es hecho por un material abrasivo en un liquido en lugar de una broca o fresa la cual esta sujeta a la abrasión. Algunos de los materiales que pueden ser procesados son acero blando, porcelana, vidrio y tungsteno.

SOLDADURA Y FUSION

El ultrasonido ha también probado ser muy útil en la unión de materiales. Este puede ser muy útil tanto para la soldadura como para la fusión.

En el caso de la soldadura, la cavitación producida por la alta intensidad de las ondas ultrasónicas destruyen la capa de óxido en el aluminio, así permitiendo que las partes sean juntadas con pequeños materiales de soldadura sin el uso de fundente.

En la fusión ultrasónica, la presión y calor generados por la intensa acción vibratoria del material a ser fundido y una cabeza ultrasónica soldadora permiten unir una delgada pieza de metal con una sección mucho más delgada. Las técnicas ultrasónicas pueden de otra forma ser usadas para fundir piezas de plásticos de igual o distinta naturaleza.

ELECTRONICA

El ultrasonido esta íntimamente ligado a la industria de la electrónica. Una razón es, seguramente, debido a que las ondas ultrasónicas son generadas, detectadas e interpretadas por dispositivos electrónicos.

También, la tecnología ultrasónica es usada ampliamente para la prueba, lim-

pieza y soldadura de componentes electrónicos.

Además, los filtros SAW (Surface Acoustic Wave - Onda acústica superficial) son un tipo de componente electrónico el cual opera a frecuencias ultrasónicas. Ellos han sido importantes para el crecimiento de otras aplicaciones electrónicas como lo es el caso de los teléfonos móviles y de los televisores de alto desempeño.

CIENCIA DE LOS MATERIALES

Aplicaciones en la ciencia de los materiales incluye la determinación de propiedades tales como la compresibilidad, las relaciones específicas de calor y la elasticidad. El ultrasonido puede ser usado para producir un «microscopio acústico», el cual es capaz de visualizar detalles tan bajos como un micrón.

Los objetivos van desde la determinación de las características micro estructurales fundamentales como el tamaño, porosidad y textura a las propiedades relacionadas a los fallos de mecanismo como lo son la fatiga, deslizamientos, y dureza de fracturas; aplicaciones en las cuales muchas veces es difícil disputar debido a la existencia de efectos rivalizantes

QUIMICA ACÚSTICA

Muchas de las aplicaciones del ultrasonido usan ondas de bajo poder las cuales pasan através de materiales sin afectar su estructura física o química.

Sin embargo, usan una alta intensidad de ultrasonido, es posible causar cambios físicos y químicos en los materiales. Esto se lleva a cabo por una violenta cavitación la resulta de las ondas, creando fatiga e intenso calor en el área localizada. Entre los procesos químicos que pueden ser producidos son: la aceleración de procesos químicos, oxidación, hidrólisis, polimerización, despolimerización y producción de emulsiones.

Los recientes desarrollos de los generadores de ultrasonido de alta intensidad, han hecho de la química acústica un campo más económico para las aplicaciones comerciales.

AGRICULTURA

El ultrasonido ha sido usado para medir el grosor de grasa en cerdos y vacas como parte del manejo del ganado. Este también ha sido usado en el mejoramiento de la calidad de la leche homogeneizada. Aplicaciones relacionadas son el control de plagas, incluyendo la erradicación de insectos.

OCEANOGRAFIA

Además de rastrear submarinos, las aplicaciones oceanográficas incluyen el trazado de contornos en el fondo del océano, descubriendo embarcaciones hundidas e investigaciones para escuelas de pesca.

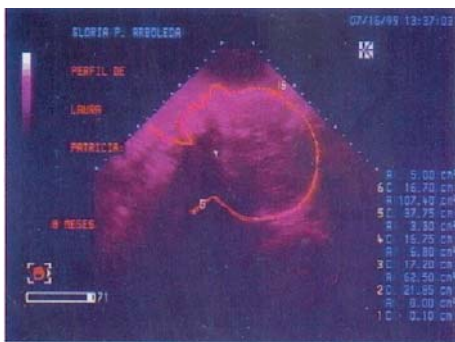
APLICACIONES MEDICAS

Una de las áreas de aplicación de más rápido avance es la medicina. El ultrasonido es usado para “dibujar” el cuerpo humano además de ser una fuente calor para tratar varias dolencias y eso sin contar la esterilización de instrumental quirúrgico

Generalmente, las altas frecuencias son usadas para la representación médica. Las bajas frecuencias, 1MHz o menos, tienen grandes longitudes de onda y grandes amplitudes para una entrada dada de energía, así se logra una gran descripción del medio

Entre los muchos adelantos importantes en recientes años ha sido resolución más alta, supervisión en tiempo real y las imágenes a color.

El escaneo con ultrasonido tiene grandes ventajas frente a los rayos x, ya que estos aparentemente no tienen ninguna contraindicación con respecto al paciente. Por esta razón, este se ha comenzado a difundir para el uso en el monitoreo de la condición del feto y así como el crecimiento de estos en el vientre. La increíble alta precisión de este monitoreo ha hecho posible detectar defectos en etapas tempranas del embarazo.



El escaneo ultrasónico ha sido también extremadamente útil en la obtención de información acerca del flujo de la sangre en el corazón. Otras importantes aplicaciones de diagnóstico son la detección de tumores, cálculos renales y biliares

Algunos ejemplos de aplicaciones en cuanto a tratamientos médicos se refiere, es la cirugía cerebral, para la cual un haz enfocado de alta intensidad muy fino puede destruir tejido muerto con alta precisión. El ultrasonido ha sido usado también en tratamientos terapéuticos de ar-

tritis, bursitis, contusiones, lumbagos y neuroma.

Hay todavía controversia considerable sobre el mecanismo de tal terapia. Hay un pequeño sector sin embargo, que duda que pueda ser eficaz. Una teoría es que los beneficios se logran del calentamiento y posiblemente de un «micro-masaje» como resultado del ultrasonido.

UN DETECTOR ULTRASONICO DE MOVIMIENTO

En esta ocasión proponemos la construcción de un detector de movimiento de personas, animales u objetos mediante el uso de transductores piezoeléctricos.

Este circuito que se propone puede ser utilizado de dos maneras diferentes, bien sea como barrera ultrasónica con un alcance de 5m o como detector de movimiento con un alcance de 2m. Figura 6.



Figura 6

Descripción y Funcionamiento

El diagrama de bloques correspondiente al proyecto se ilustra en la figura 7, en la cual se muestran las partes principales tanto del circuito emisor como del circuito receptor.

En la figura ya 8 se puede observar el diagrama esquemático del transmisor. El núcleo de este, es el muy conocido 555 configurado para trabajar en modo corrida libre, ajustado a una frecuencia de trabajo de 40KHz.

En la figura 9 observamos el diagrama esquemático del receptor, que se ha desarrollado alrededor de un amplificador operacional cuádruple LM324.

Montaje del proyecto

El montaje lo realizamos como siempre empezando por los componentes de

bajo perfil tales como resistencias y diodos, teniendo especial cuidado con los elementos polarizados. Para el montaje de los circuitos, utilizamos las guías que se ilustran en la figura.

Prueba y calibración

Una vez alimentado el circuito transmisor con una alimentación de entre 9 y 12VDC, debemos utilizar un osciloscopio o un medidor de frecuencia para poder ajustar la frecuencia de salida mediante el trimmer P1 hasta alcanzar los 40KHz.

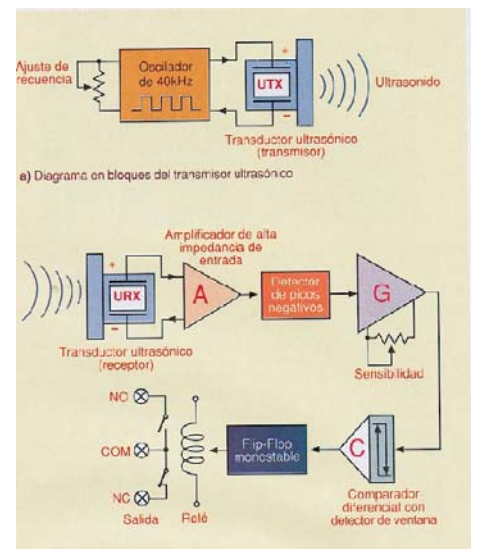
Después de haber logrado la calibración del circuito emisor, pasamos a calibrar el circuito receptor; para ello, llevamos el trimmer a su valor medio (500K), teniendo en cuenta que este no baje de 300K, puesto que el circuito podría dispararse repetida u repentinamente.

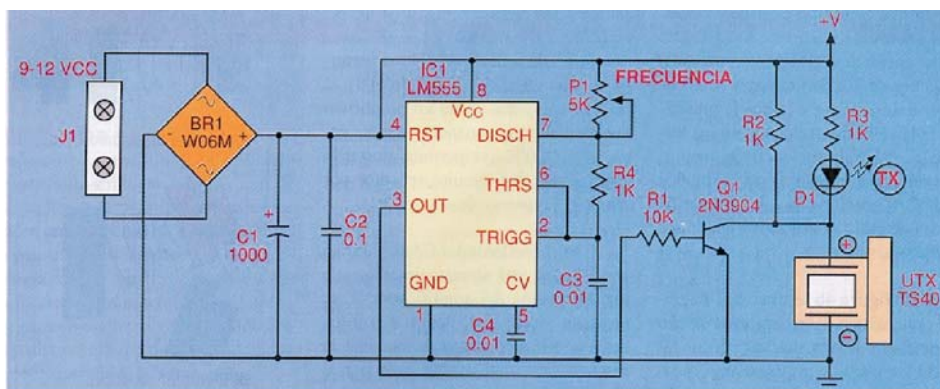
Localicemos los circuitos en una habitación en cualquiera de sus dos configuraciones, los alimentamos y salimos de su rango de acción por un periodo de tiempo aproximado a 10 segundos, posteriormente nos acercamos al circuito y nos fijamos en la distancia en la que hemos sido detectados, si esta no ha sido la esperada ajústela mediante el trimmer de sensibilidad.

Aplicaciones

Debido a su diseño modular, este proyecto puede ser usado en el campo de la seguridad como alarma residencial, comercial e industrial y de detección de cruce, movimiento y proximidad de personas, animales o cosas.

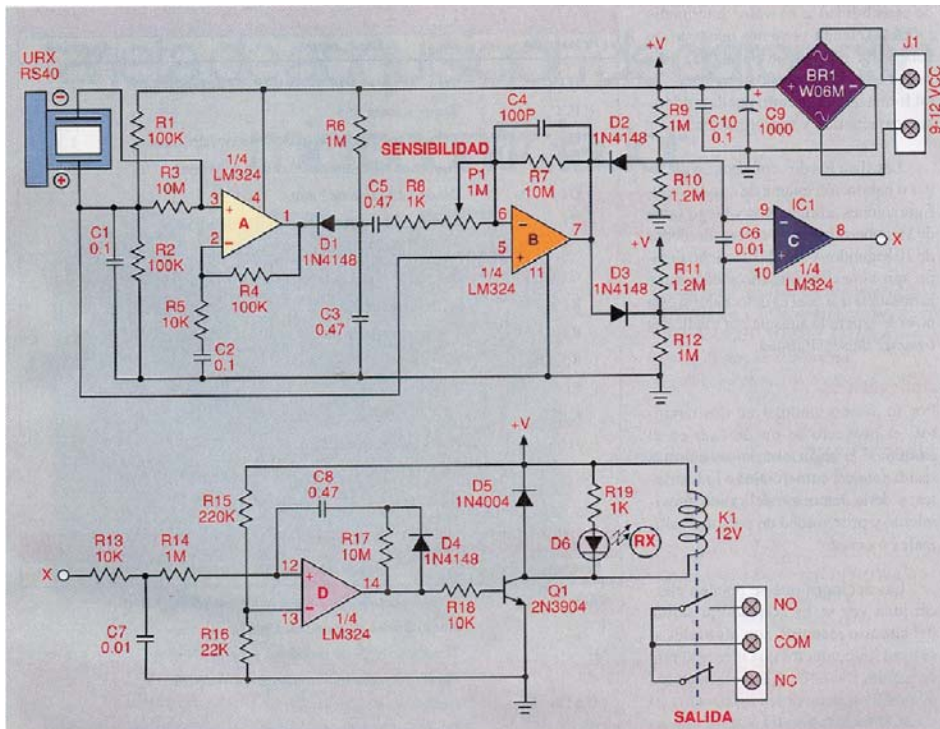
Las acciones que podemos controlar son múltiples, si tenemos en cuenta que como elemento de salida tenemos son los contactos de un rele. Así que con ellos podemos activar una sirena o ejercer ac-



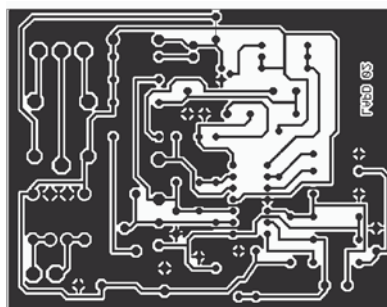
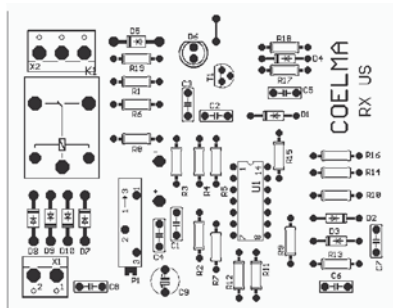
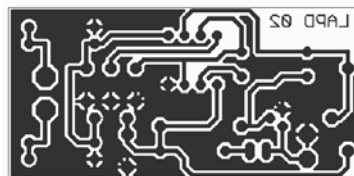
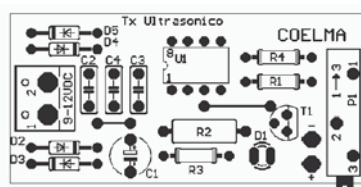


LISTA DE COMPONENTES

- Lista de componentes del Emisor**
 UTX Transductor emisor ultrasónico de 40kHz, TS401
 IC1 Temporizador 555
 Q1 2N3904
 D1 Diodo LED rojo de 3mm
 C1 Condensador electrolítico de 1000µF-25V
 C2 Condensador cerámico de 0.1µF-50V
 C3 y C4; Condensadores cerámicos de 0.01µF-50V
 R1 10k.1/4W
 R2 1k. 1/2W
 R3 y R4 1k. 1/4W
 P1 Trimmer de 5k



- Lista de Componentes del Receptor**
 URX Transductor receptor ultrasónico de 40kHz, RS40
 IC 1 LM324
 Q1 2N3904
 D1 a D4 1N4148
 D5 Diodo rectificador de propósito general 1N4004
 D6 Diodo LED rojo de 3mm
 C2 y C10 Condensadores cerámicos de 0.1µF-50V
 C3,C5 y C8 C. Cerámicos de 0.47µF-50V
 C4 C. Cerámico de 100pF-50V
 C6 y C7 C. Cerámicos de 0.01µF-50V
 C9 C. Electrolítico de 1000µF-25V
 R1,R2 y R4. 100k. 1/4W
 R3, R7 y R17 10M. 1/4W
 R5,R13 y R18 10k. 1/4W
 R6,R9,R12 y R14 1M. 1/4W
 R8 y R19 1k. 1/4W
 R10 y R11 1.2M. 1/4W
 R15 220k. 1/4W
 R16 22k. 1/4W
 P1 Trimmer de 5k
 Rele de 12V



ciones sobre determinado sistema de control.

Debido a la sencillez y bajo costo, es posible implementar varios de estos sistemas para construir redes con múltiples puntos de vigilancia.

También es posible su utilización dentro de un vehículo, donde al detectar movimiento dentro del mismo, se puede disparar una sirena o bien bloquear el sistema de arranque.

Como lo comentamos anteriormente en el desarrollo del artículo, existen una gran variedad de aplicaciones de los ultrasonidos. En el circuito que les presentamos, es tan solo una de ellas, así que si no es exactamente lo que buscamos, en nuestro almacén existen una gran variedad de dispositivos basados en el ultrasonido. Para que se hagan una idea, aquí les mostramos algunos de ellos.



Cebek SC-2. 13.25Ptas
Ahuyentador de mosquitos doméstico. (Ahuyentador portátil **SC-7** - 6.63•)
Cebek SC-9. 36.74•

Ahuyentador doméstico de moscas 30m².

SC-11R. 34.68•
Ahuyentador de Ratas doméstico.
Ahuyenta todo tipo de roedores tales como ratas, ratones y murciélagos.
(Ahuyentador de ratas industrial **SC-12R** 97.19• / Ahuyentador de Ratas portátil **SC-10R** 17.99•)



SC-8H 37.80•
Ahuyentador de hormigas. Varía de forma continuada el campo magnético de la red eléctrica que produce la casa, aturdiendo y molestando las colonias de hormigas, que en breve buscaran un sitio más tranquilo y consecuentemente más lejos de usted.

SC-11C 34.01•
Ahuyentador de cucarachas. Su gran área de cobertura le permite cubrir la mayoría de viviendas y locales.
(**SC-10C** Ahuyentador portátil de cucarachas 17.36•)

K3502. 38.40•
Radar de aparcamiento.
Si ud. tiene problemas al aparcar, este kit puede darle una solución. Mediante la utilización de ondas ultrasónicas, podemos medir una distancia. Consecuentemente, un sensor montado en el para choques trasero de su vehículo le dará indicación de la distancia entre su coche y cualquier obstáculo detrás.. Cuando se alcance la distancia mínima seleccionada se escuchará una señal acústica generada por el circuito.

Los anteriores precios no incluyen el IVA