

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 050**

51 Int. Cl.:

B06B 1/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2003 E 03730331 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.12.2014 EP 1507603**

54 Título: **Alarma acústica con un elemento piezoeléctrico activado con múltiples frecuencias**

30 Prioridad:

23.05.2002 GB 0211987

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

20.01.2015

73 Titular/es:

**GENT LIMITED (100.0%)
NOVAR HOUSE, 24 QUEENS ROAD
WEYBRIDGE, SURREY KT13 9UX, GB**

72 Inventor/es:

BARSON, MICHAEL

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 527 050 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Alarma acústica con un elemento piezoeléctrico activado con múltiples frecuencias

La presente invención está relacionada con alarmas que tienen un elemento piezoeléctrico para emitir un sonido.

5 Los zumbadores o altavoces magnéticos se utilizan como sirenas de alarma, ya que éstas reúnen el requisito de producir un alto nivel de presión sonora (SPL) con componentes de frecuencia en la gama de 500 Hz a 1000 Hz, para cumplir el estándar Británico BS 5839: Parte 1. Un problema de estos diseños conocidos de sirenas es el alto consumo de potencia, se requiere típicamente > 0,5 W para producir > 100 dbA. Además, estas sirenas pueden tener también una alta tensión mínima de trabajo.

10 La alta corriente requerida para las sirenas de potencia es una limitación importante de los sistemas de alarma de fuego. En general, las caídas de tensión en cables limitan la carga total de la sirena y los recorridos máximos posibles de cable. Esta limitación se hace muy severa en sistemas direccionables en los que se requiere un gran número de sirenas y de detectores de humo para funcionar sobre el mismo par de hilos.

Se pueden utilizar elementos piezoeléctricos en los diseños de sirenas de alarma para reducir los requisitos de potencia.

15 Las sirenas más conocidas generan frecuencias muy por encima de 1 KHz y no serán parte del siguiente estudio. EN las figuras 9 y 10 se ilustra una técnica conocida para activar un elemento piezoeléctrico con una onda cuadrada a un tercio de la frecuencia de resonancia. Con esta técnica conocida, no solamente la frecuencia resonante no se excita en la misma medida (más de 6 dB por debajo, en comparación con la presente invención con el mismo elemento piezoeléctrico) sino que el rendimiento se degrada más porque se produce un tono de gorjeo requerido para activar el elemento piezoeléctrico a ambos lados de la frecuencia resonante.

20 Obsérvese que es posible un nivel de presión sonora (SPL) más alto utilizando un elemento piezoeléctrico nodal montado, y esto daría la ventaja de una salida de realimentación desde el elemento (efecto transformador piezoeléctrico). Un problema de esta configuración conocida es que el elemento nodal montado solamente oscilará a una sola frecuencia alta por encima de 1 KHz y esto no cumplirá por tanto con los requisitos de los sistemas de alarma en edificios.

25 Para producir una diferencia tonal distinguible, significa que deben percibirse ambos tonos más alejados de la resonancia, por lo que se obtendrá una menor eficiencia y SPL de salida. Para indicar esto, si tal sirena tiene un tono de gorjeo con un desplazamiento típico de 200 Hz en su frecuencia de activación, entonces los tonos de frecuencia más alta cambiarían en 600 Hz o estarían fuera de resonancia en +300 Hz y -300 Hz, que es claramente un problema porque solamente un pequeño cambio de frecuencia degradará el rendimiento del elemento piezoeléctrico y reducirá muy significativamente el nivel de presión sonora producido.

30 Para ilustrar esto, la figura 9 muestra la forma de onda del sonido de la sirena del elemento piezoeléctrico, mientras que la figura 10 muestra el espectro de frecuencias resultante producido al utilizar una simple activación por onda cuadrada a un tercio de la frecuencia resonante. Debe observarse que la forma de onda del sonido de la sirena de la figura 9 se muestra en una condición resonante ideal cuando el elemento piezoeléctrico se activa con una señal de 923 Hz, que no puede ocurrir en la práctica si se han de producir tonos diferentes. Para producir dos tonos independientes distinguibles, por ejemplo separados en 200 Hz, el tono bajo sería producido activando el elemento piezoeléctrico a 823 Hz, y el tono alto activándolo a 1023 Hz. Para cada uno de esos tonos, el efecto perjudicial en la amplitud de la vibración del elemento piezoeléctrico, en comparación con la amplitud que se obtendría a la frecuencia resonante, sería muy significativo, y se produciría un nivel de presión sonora inadecuado.

35 En otra técnica anterior conocida, un zumbador piezoeléctrico tiene una forma de onda de activación de impulsos fijada en la frecuencia resonante esperada, que es entregada entonces a una frecuencia inferior para hacer que el tono sea un sonido más agradable. A modo de ejemplo, se han identificado los documentos de patente siguientes como divulgación de un zumbador piezoeléctrico: GB 2101452A, EP1174835 y US4724424.

40 Aunque este zumbador mejorará su cualidad tonal por la generación de componentes adicionales de baja frecuencia en el espectro de frecuencias de zumbador, no hay circuitos de control que generen o mantengan la frecuencia inferior con un sub-armónico preciso de la frecuencia resonante o incluso justamente la componente de alta frecuencia en la resonancia.

45 Como una relación armónica fija entre las frecuencias moduladas en la forma de onda de la activación no es deseable si se requiere una escala musical, la baja frecuencia y la frecuencia resonante no pueden reforzarse entre sí. Este refuerzo armónico ocurre en los transductores resonantes de audio y especialmente con transductores piezoeléctricos montados en el borde, porque solamente es posible un cierto número de vibraciones mecánicas discretas en cualquier amplitud significativa del disco de transductores, y todos ellos están relacionados armónicamente. Además, como todos los tonos de baja frecuencia están comprendidos por simples impulsos de salida de la misma duración (que pueden o no ser ondas cuadradas), el contenido de baja frecuencia no puede ser maximizado, incluso después de tener en cuenta que no está armónicamente relacionado con la frecuencia

resonante.

Además, la tensión de activación se aplica directamente a través del transductor piezoeléctrico, que no está libre de sonar en una condición resonante natural. Debido a todas las razones anteriores, es claro que no pueden ocurrir el SPL máximo, la eficiencia y el contenido armónico.

- 5 De acuerdo con la presente invención, se proporciona una sirena de alarma que comprende un elemento piezoeléctrico y un circuito electrónico de activación, en el cual el circuito electrónico de activación está configurado para aplicar formas de onda complejas de activación a un solo elemento piezoeléctrico, caracterizado porque cada forma de onda compleja de activación contiene una frecuencia resonante dominante (F_r) del elemento piezoeléctrico más un sub-armónico de la frecuencia resonante dominante del elemento piezoeléctrico, siendo diferentes entre sí
- 10 los sub-armónicos de cada forma de onda compleja de activación, de forma que todas las frecuencias de activación se refuerzan entre sí y están configuradas para producir el nivel de presión sonora más alto posible sobre una amplia anchura de banda, con el menor consumo de potencia posible.

Un beneficio del elemento piezoeléctrico que esté excitado también a la frecuencia resonante dominante es que se puede obtener un alto nivel de presión sonora.

- 15 Preferiblemente, el circuito electrónico de activación comprende una salida eléctrica para activar el elemento piezoeléctrico y producir un sonido audible percibido como un primer tono, a una primera frecuencia tonal, donde la frecuencia resonante dominante está por encima de la primera frecuencia tonal, estando configurado el circuito electrónico de activación para activar el elemento piezoeléctrico y producir el primer sonido tonal, estando excitado también el elemento piezoeléctrico a la frecuencia resonante dominante, mientras se produce el primer sonido tonal,
- 20 y donde la salida eléctrica está configurada también para producir un segundo tono, a una segunda frecuencia tonal, siendo la primera frecuencia tonal más alta que la segunda frecuencia tonal, estando excitado también el elemento piezoeléctrico a la frecuencia resonante dominante mientras se produce el segundo tono.

- Un beneficio del elemento piezoeléctrico que esté configurado también para producir un sonido a una segunda frecuencia tonal, mientras que el elemento piezoeléctrico está excitado también a su frecuencia resonante dominante, es que la sirena de alarma puede estar configurada para producir dos sonidos alternativos de diferentes frecuencias tonales percibidas, que tienen niveles de presión sonora similarmente altos.
- 25

- Preferiblemente, la forma de onda compleja de excitación cambia alternativamente entre una forma de onda que comprende un primer sub-armónico de la frecuencia resonante dominante más la frecuencia resonante dominante (F_r) y una forma de onda que comprende un segundo sub-armónico diferente de la frecuencia resonante dominante más la frecuencia resonante dominante, de forma que se produce un tono alternativo con la máxima eficiencia con dos tonos de frecuencia con dos tonos de baja frecuencia ampliamente separados en la gama de 500 Hz a 1 KHz.
- 30

Preferiblemente, la forma de onda compleja de excitación cambia alternativamente entre una forma de onda que contiene al menos $FR + Fr/3$ y una forma de onda que contiene al menos $Fr+Fr/4$.

- Preferiblemente, el circuito electrónico de activación comprende además un generador de señales digitales y la salida eléctrica es una señal digital.
- 35

Un beneficio del generador de señales digitales es que se puede obtener un control preciso de la salida eléctrica al elemento piezoeléctrico.

Preferiblemente, la señal digital se controla por medio de una frecuencia variable de control de onda cuadrada que es un múltiplo de la frecuencia resonante dominante.

- 40 Un beneficio de la frecuencia variable de control de onda cuadrada es que la electrónica de control puede ser simplificada.

Preferiblemente, la salida eléctrica comprende una forma de onda digital configurada para activar por impulsos el elemento piezoeléctrico en una condición multi-resonante constantemente reforzada.

- 45 Un beneficio de la forma de onda digital configurada para activar por impulsos el elemento piezoeléctrico en una condición o estado multi-resonante constantemente reforzado es que la sirena es capaz de producir y mantener el sonido en la primera o segunda frecuencia tonal.

Preferiblemente, la salida eléctrica comprende una forma de onda que tiene una pluralidad de frecuencias superpuestas, teniendo al menos una de las frecuencias una frecuencia configurada para estimular la resonancia del elemento piezoeléctrico en la frecuencia resonante dominante.

- 50 Un beneficio de la forma de onda con una pluralidad de frecuencias superpuestas, es que se pueden producir diferentes sonidos, mientras que la al menos una frecuencia asegura que la frecuencia resonante dominante es estimulada, produciendo así un alto nivel de presión sonora.

Preferiblemente, el circuito electrónico de activación está configurado de manera que la salida eléctrica comprende

una forma de onda que tiene una pluralidad de frecuencias superpuestas, teniendo al menos una de las frecuencias una frecuencia configurada para estimular la resonancia del elemento piezoeléctrico a la frecuencia resonante dominante, y variando al menos otra de las frecuencias con el tiempo, para producir un sonido con un tono ascendente o descendente.

- 5 Un beneficio de la al menos otra frecuencia que varía con el tiempo, mientras que la al menos una frecuencia estimula la resonancia del elemento piezoeléctrico a la frecuencia resonante dominante, es que se puede producir un tono ascendente o descendente mientras que se mantiene sustancialmente un alto nivel de presión sonora.

Un beneficio adicional es que, utilizando formas de ondas complejas de activación, se puede producir un diseño de una sirena de alarma de fuego de muy bajo perfil. Tal sirena puede producir un SPL de salida de >100dBA, con un rico espectro de frecuencias, mientras se utiliza una potencia de entrada de <0,1 W.

10 Preferiblemente, el circuito electrónico de activación está configurado para supervisar una respuesta resonante dominante del elemento piezoeléctrico en la salida eléctrica, y está configurado además para ajustar la frecuencia de control de la onda cuadrada para obtener una respuesta resonante dominante máxima del elemento piezoeléctrico resonante.

15 Un beneficio del circuito electrónico de activación cuando está configurado para supervisar una respuesta resonante dominante del elemento piezoeléctrico en la salida eléctrica, y está configurado además para ajustar la frecuencia de control de la onda cuadrada para obtener una respuesta resonante dominante máxima del elemento piezoeléctrico resonante, es que se puede detectar cualquier deriva de la frecuencia real de la frecuencia resonante dominante. Por tanto, el circuito electrónico de activación está configurado así para compensar cualquier cambio en la

20 frecuencia real a la cual ocurre la resonancia dominante.

Preferiblemente, el nivel de presión sonora producido en el primer tono y en el segundo tono están dentro de 15dB uno con el otro.

Más preferiblemente, el nivel de presión sonora producido en el primer tono y el segundo tono están dentro de 3dB uno con el otro.

25 Preferiblemente, el nivel de presión sonora producido en uno de los tonos está dentro de 21 dB de un nivel de presión sonora producido por el elemento piezoeléctrico cuando es activado por la salida eléctrica en un tercer armónico de la frecuencia resonante dominante.

Más preferiblemente, el nivel de presión sonora producido en cualquiera de los tonos, está dentro de 15dB de un nivel de presión sonora producido por el elemento piezoeléctrico cuando está activado por la salida eléctrica en un

30 tercer armónico de la frecuencia resonante dominante.

Un beneficio de los tonos con niveles altos de presión sonora similares es que los tonos serán audibles por encima del nivel de ruido ambiente.

Se describirán ahora modos de realización específicos de la invención, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

35 La figura 1 es un diagrama esquemático del circuito de una sirena de alarma, de acuerdo con la presente invención.

La figura 2 muestra la forma de onda de una tensión de activación y del sonido de la sirena con respecto al tiempo, que resulta de la secuencia de datos desde 11000101 (00010111) generada durante el funcionamiento del circuito de la figura 1;

40 La figura 3 muestra la forma de onda de una tensión de activación y del sonido de la sirena con respecto al tiempo, que resulta de la secuencia de datos desde 000101 generada durante el funcionamiento del circuito de la figura 1;

La figura 4 muestra la forma de onda de una tensión de activación y las formas de onda resultantes de una tensión de sonido de la sirena piezoeléctrica con respecto al tiempo, generadas durante el funcionamiento del circuito de la figura 1;

45 La figura 5 muestra un nivel de realimentación de CC, que es supervisado por el microcontrolador durante la calibración inicial;

La figura 6 muestra un espectro de frecuencias armónicas audibles para la secuencia de datos 11000101;

La figura 7 muestra un espectro de frecuencias armónicas audibles para la secuencia de datos 000101;

La figura 8 muestra un espectro de frecuencias audibles generadas por la forma de onda de calibración de la figura 4;

50 La figura 9 muestra una forma de onda del sonido de la sirena piezoeléctrica conocida, obtenida si se activa con una

onda cuadrada, a un tercio de la frecuencia resonante; y

La figura 10 muestra un espectro de frecuencias conocido que resulta de la onda cuadrada ilustrada en la figura 9.

En la figura 1 se ilustra un circuito electrónico 100 de activación para una sirena de alarma, estando configurado el circuito para activar el elemento piezoeléctrico 10 y producir un sonido audible. El elemento piezoeléctrico tiene una frecuencia resonante dominante que es estimulada cuando se produce el sonido audible. Cuando resuena a la frecuencia resonante dominante, la potencia consumida por el elemento piezoeléctrico para un nivel de presión sonora dado está en un mínimo. Por tanto, cuando el circuito electrónico de activación está activando el elemento piezoeléctrico 10 para producir un sonido particular, el nivel de presión sonora global puede ser significativamente reforzado para un consumo de potencia dado, si el elemento piezoeléctrico está excitado también a la frecuencia resonante dominante.

Con referencia a la figura 3 a continuación, se describe una forma de onda adecuada para producir un primer sonido audible a un primer tono alto percibido, al tiempo que se excita el elemento piezoeléctrico a su frecuencia resonante dominante, y con referencia a la figura 2 a continuación, se describe una forma de onda adecuada para producir un segundo sonido audible en un segundo tono bajo percibido, mientras se excita el elemento piezoeléctrico a su frecuencia resonante dominante.

El tono percibido de la figura 3 incluiría una frecuencia de 923 Hz, mientras que el de la figura 2 incluiría una frecuencia de 693 Hz. Por tanto, la diferencia entre los dos tonos percibidos sería de 230 Hz, y los tonos sonarían de una manera distinguible diferente.

En un segundo modo de realización de la invención, la salida del nivel de presión sonora medida desde el elemento piezoeléctrico cuando se activa a la resonancia por la forma de onda de calibración de la figura 4, estaba por encima de 100 dB. Una salida medida desde el elemento piezoeléctrico cuando se activa por la forma de onda de la figura 3, era inferior a 3dB más bajo. Cuando el elemento se activó por la forma de onda de la figura 2, era menos de 1dB por debajo del nivel de salida producido cuando se activaba por la forma de onda de la figura 3.

En un tercer modo de realización de la invención, el primer y segundo tonos producían un nivel de presión sonora por encima de 100 dB, para una entrada de potencia eléctrica inferior a 100 mW.

Para el tercer modo de realización, la entrada de potencia eléctrica deseada es inferior a 75 mW.

El microcontrolador 1 y el registrador 2 de desplazamiento y el multiplexor 3 comprenden un generador 120 de señales digitales. La señal de salida del generador 120 de señales digitales es amplificada por el amplificador 130 de salida, el cual comprende los transistores 8 y 9 de conmutación.

Se proporciona un circuito 140 de realimentación para que el circuito electrónico pueda configurarse de manera que supervise la respuesta a la frecuencia dominante del elemento piezoeléctrico, cuando la frecuencia de salida se varía en una gama de la frecuencia de calibración. Se proporciona un circuito 150 de detección de mantenimiento de pico para permitir que sea detectada una respuesta resonante de pico del elemento piezoeléctrico.

Aunque el circuito electrónico de activación del modo de realización ilustrado y descrito con referencia a la figura 1 utiliza un generador de señales digitales para producir una forma de onda digital, dispuesta para estimular el elemento piezoeléctrico y producir diferentes sonidos al tiempo que resuena a la frecuencia resonante dominante, un modo de realización alternativo no ilustrado en las figuras está configurado para proporcionar una forma de onda adecuada superponiendo una pluralidad de formas de onda desde un generador de señales analógicas, de manera que se produce una señal de salida que produce a su vez un sonido audible percibido como un primer tono, a una primera frecuencia tonal, teniendo el elemento piezoeléctrico una frecuencia resonante dominante, estando la frecuencia resonante dominante por encima de la primera frecuencia tonal, estando configurado el circuito electrónico de activación para activar el piezo-elemento y producir el primer sonido tonal, estando excitado también el elemento piezoeléctrico a la frecuencia resonante dominante cuando se produce el primer sonido tonal.

En el modo de realización alternativo, se puede proporcionar también un circuito adecuado de realimentación para que la frecuencia de la salida eléctrica desde el circuito analógico de activación pueda ajustarse para asegurar que estimulará al elemento piezoeléctrico para resonar a la frecuencia resonante dominante.

Una ventaja del modo de realización que utiliza un generador de señales digitales es que la fuente de alimentación del elemento piezoeléctrico puede fabricarse fácilmente como una salida eléctrica de impulsos, mientras que con un generador de señales analógicas la forma de onda sería más fácil de producir como una señal de salida eléctrica continua. Con una salida de impulsos, se puede obtener una mejora adicional de la eficiencia, ya que el elemento piezoeléctrico puede tener permitido sonar tras un impulso, en lugar de ser excitado de nuevo inmediatamente, y por tanto la potencia eléctrica consumida por el elemento piezoeléctrico y las pérdidas en el circuito de activación se reducen.

Una ventaja de utilizar el registrador de desplazamiento y el multiplexor para producir la señal digital es que se puede utilizar un microprocesador con una baja frecuencia de reloj para otras tareas, tales como la comunicación

con un panel de control remoto. Por tanto, se pueden conseguir ahorros en el consumo de potencia de la sirena, y en los costes globales de los componentes.

5 La presente invención utiliza formas de onda complejas para activar por impulsos a un elemento piezoeléctrico a una condición multi-resonante constantemente reforzada. La frecuencia resonante dominante es estimulada incluso cuando la sirena produce un tono de gorjeo con dos tonos claramente diferenciados por debajo de 1 KHz. Un bucle de control de realimentación mantiene las condiciones óptimas de activación de las formas de onda complejas, permitiendo producir un diseño pequeño, eficiente y más estético de la sirena.

10 Un elemento piezoeléctrico grande (50 mm de diámetro) que se monta en el borde una cámara Helmholtz y se acopla a una bocina plegada, es una manera práctica de producir tal sirena, que tiene una respuesta en frecuencia por debajo de 1 KHz.

15 Tal elemento piezoeléctrico tendrá un cierto número de picos resonantes en esta configuración, aunque siempre existirá un pico resonante dominante. Para obtener la menor disipación posible de potencia y el mayor nivel de presión sonora (SPL) posible, el elemento piezoeléctrico necesita ser activado a esta frecuencia resonante dominante. Esto produce cierto número de problemas fundamentales, siendo el primero el requisito de que una sirena de alarma de fuego debe producir más de un solo tono distinguible. Un segundo problema es que un elemento piezoeléctrico adecuado con un alto SPL tendrá su frecuencia resonante dominante por encima de 1 KHz. Un problema adicional es que la frecuencia resonante está sujeta a tolerancias iniciales de fabricación, así como a una deriva durante su vida útil debido a condiciones ambientales y envejecimiento.

Estos problemas se superan con aspectos de la presente invención.

20 A continuación se describe con detalle la generación de formas de onda de activación piezoeléctrica y se ilustran en las figuras 2, 3 y 4.

25 Cuando se opera la sirena para producir el segundo tono, ilustrado en la figura 2, se cargan en paralelo 8 bits de datos en un registrador 2 de desplazamiento de 8 etapas, bajo el control del microcontrolador 1. Se selecciona una de las salidas Q6 o Q8 del registrador de desplazamiento para realimentarla en su propia entrada serie (IN), seleccionando la línea AO de control o el multiplexor 3. El microcontrolador 1 selecciona ahora el modo serie del registrador 2 de desplazamiento, utilizando la línea P/S de control. El microcontrolador 1 genera entonces una frecuencia de onda cuadrada de elección libre en la línea CLK de un puerto, que se utiliza para impulsos sincronizados en serie de los datos alrededor del registrador 2 de desplazamiento, de manera que circula en un bucle continuo.

30 Debe observarse que el microcontrolador 1 es capaz de ajustar la frecuencia de la onda cuadrada que genera, y por tanto la anchura de los impulsos de los bits de datos sincronizados.

El microcontrolador está configurado para hacer circular una salida de datos de 8 bits para la forma de onda de la figura 2, y una salida de datos de 6 bits para la forma de onda de la figura 3.

35 El bucle de datos de circulación forma una forma de onda compleja que se verá que contiene una frecuencia fundamental y una frecuencia armónica relacionada, que se usa finalmente para activar el elemento piezoeléctrico 10.

Solamente se examinarán en detalle tres formas de onda, aunque claramente son posibles más. La primera forma de onda ilustrada en la figura 2 está construida a partir de una secuencia de datos como sigue:

P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1
1	1	0	0	0	1	0	1

40 En este caso, la salida Q8 del registrador 2 de desplazamiento es realimentada en su propia entrada serie. Si se supone que la anchura del impulso de bits es de 180,5 μs, puede observarse que en la forma de onda existe una frecuencia fundamental, la cual depende del periodo de su ciclo, de la manera siguiente:

$$1 / (8 \text{ bits} * 180.5\mu\text{S}) = 693 \text{ Hz}$$

También existe una cuarta frecuencia armónica más alta generada en:

45 $1 / (2 \text{ bits} * 180.5\mu\text{S}) = 2770 \text{ Hz}$

La segunda forma de onda a considerar ilustrada en la figura 3, se construye a partir de una secuencia de datos de:

P6	P5	P4	P3	P2	P1
0	0	0	1	0	1

En este caso, la salida Q6 del registrador 2 de desplazamiento es realimentada en su propia entrada serie. Obsérvese que en ambos casos anteriores el microcontrolador 1 ha fijado el bit P5 de los datos en un nivel lógico bajo.

Si se supone de nuevo que el tiempo del bit es 180,5 µs, existe entonces una frecuencia fundamental en:

5 $1 / (6 \text{ bits} * 180.5\mu\text{S}) = 923 \text{ Hz}$

Existirá entonces también un tercer armónico más alto generado en:

$1 / (2 \text{ bits} * 180.5\mu\text{S}) = 2770 \text{ Hz}$

La tercera forma de onda ilustrada en la figura 4 se construye a partir de una secuencia de datos de la manera siguiente:

	P6	P5	P4	P3	P2	P1
10	0	1	0	1	0	1

Esta es una simple onda cuadrada, que se utiliza para la calibración inicial. En este caso, la salida Q6 es realimentada en la entrada serie del registrador de desplazamiento. Sin embargo, el bit P5 de datos se fija en este caso en un nivel lógico alto. Finalmente, si se supone que el tiempo del bit es de nuevo 180,5 µs, entonces una simple onda cuadrada producirá una frecuencia fundamental de:

15 $1 / (2 \text{ bits} * 180.5\mu\text{S}) = 2770 \text{ Hz}$

Esta es idéntica al tercer y cuarto armónicos de las formas de onda complejas anteriores, que es en realidad la frecuencia resonante dominante (Fr) del elemento piezoeléctrico.

Las formas de onda de activación generadas en la salida Q8 son aplicadas a los transistores 8 y 9 de conmutación. El condensador 5 y la resistencia 7 forman una red de diferenciación, de manera que el transistor 9 solamente se activa durante los bordes de subida de las formas de onda aplicadas. De forma similar, el condensador 4 y la resistencia 6 forman una segunda red, de manera que el transistor 8 solamente se activa durante los bordes de bajada de las formas de onda aplicadas. Los colectores de los transistores están conectados al elemento piezoeléctrico 10 en el punto P+, el otro lado del elemento está conectado a tierra de 0 V. La corriente es ahora pulsada hacia dentro y fuera del elemento piezoeléctrico 10 durante los bordes de subida y bajada de las formas de onda de activación.

Después de que el transistor 8 impulse la corriente hacia el elemento piezoeléctrico 10, la tensión se elevará al nivel de la fuente de alimentación (Vcc), y cuando el transistor 8 se desactiva, el elemento piezoeléctrico 10 queda libre para resonar. De forma similar, después de que el transistor 9 impulsa la corriente fuera del elemento piezoeléctrico 10, la tensión a través de él caerá a cero, y el elemento piezoeléctrico 10 queda libre de nuevo para resonar. En este periodo resonante, se producirá una tensión de sonido de la sirena antes de que el transistor 8 se active de nuevo.

Si los impulsos de corriente aplicados ocurren en la frecuencia resonante dominante (Fr) del elemento piezoeléctrico, entonces la tensión del sonido de la sirena en el elemento piezoeléctrico 10, después de activarse el transistor 8, producirá el sonido de sirena a un valor máximo, justamente antes de que se active el transistor 8. Esta tensión de sonido de la sirena, indicada en la figura 4, es detectada por un circuito de detección.

Se utiliza un circuito de detección de mantenimiento del pico para producir un nivel de tensión de CC que es supervisado por el microcontrolador 1, en un puerto de analógico a digital (AN1). La sirena se calibra inicialmente durante su fabricación por el microcontrolador 1 aplicando la forma de onda 3, la simple forma de onda cuadrada de activación, al elemento piezoeléctrico 10 y después el barrido de frecuencias, ajustando la velocidad del reloj del registrador 2 de desplazamiento (CLK) en pasos de frecuencia diferenciados. La duración del reloj de la onda cuadrada aumenta 2 µs en cada paso, para disminuir su frecuencia, y se mantiene durante 40 ms, de manera que el nivel de CC en AN1 es suficientemente estable para las lecturas de analógico a digital que deben tomarse. Se utiliza una amplia gama de captura de frecuencias para esta calibración inicial, que es suficiente para la variación esperada en cualquier frecuencia resonante del elemento piezoeléctrico.

La frecuencia que corresponde al nivel más alto de CC será la frecuencia resonante dominante (Fr) del elemento piezoeléctrico. El nivel de CC obtenido durante la calibración inicial está ilustrado en la figura 5.

Las resistencias divisoras 11 y 12 hacen caer el nivel de tensión aplicado al transistor 14 de detección de picos. La resistencia 15 y el condensador 16 filtran y mantienen el nivel de tensión de pico aplicada al transistor 14, mientras que la resistencia 17 proporciona una lenta descarga del condensador 16.

Como solamente una parte de la tensión del elemento piezoeléctrico 10 indica que está en una condición resonante, el resto de la forma de onda de la tensión debe suprimirse del transistor 14 de detección de picos.

La red de supresión consiste en un diodo 13 de enclavamiento y un transistor 21. El diodo 13 conduce cuando las formas de onda de activación están en un nivel lógico bajo. Esto suprime la tensión originada cuando se activa el transistor 8. El transistor 21 genera impulsos también para suprimir el periodo del borde de bajada de la tensión piezoeléctrica para que no se aplique al transistor 14.

5 Una vez que la frecuencia resonante dominante (F_r) del elemento piezoeléctrico 10 es conocida, el microcontrolador 1 almacena la correspondiente velocidad del reloj del registrador 2 de desplazamiento. El microcontrolador 1 utilizará desde ahora esta misma velocidad de reloj, sin embargo las formas de onda complejas de las figuras 2 y 3 se utilizan ahora para activar el elemento piezoeléctrico 10 en una condición multi-resonante. El valor del nivel de CC se almacena ahora también en el microcontrolador.

10 Si se activa la sirena, y la frecuencia resonante ha variado de su valor inicial, el nivel de realimentación de la tensión de CC al microcontrolador 1 habrá caído en comparación con su valor almacenado. El microcontrolador 1 ejecuta ahora una búsqueda mini-resonante utilizando una forma de onda compleja para encontrar la frecuencia operativa óptima. Si el nivel de tensión de CC ha caído por debajo de un umbral fijo y la sirena es de un tipo direccionable, entonces esta condición de avería será comunicada a su panel de control. A partir de las formas de onda de las figuras 2 y 3, se puede observar que el elemento piezoeléctrico 10 está fuertemente activado en su frecuencia resonante dominante (F_r), que es el cuarto armónico y el tercer armónico, respectivamente, de las frecuencias básicas de las formas de onda complejas de activación.

20 El microcontrolador 1 es capaz de conmutar entre dos formas de onda complejas de activación para producir un tono de gorjeo. Las figuras 6 y 7 muestran el espectro de frecuencias producido en cada caso. Lo que es claro es que se produce un espectro de frecuencias armónicas muy rico en ambos casos, mientras que se genera la misma frecuencia resonante dominante (F_r). Esto confiere la máxima eficiencia con dos tonos de baja frecuencia ampliamente separados en la gama de 500 Hz a 1 KHz.

25 La figura 8 muestra el espectro de frecuencias que se produce debido a la forma de onda de activación de la calibración de la figura 4. Obsérvese que la salida de pico es siempre la frecuencia resonante dominante (F_r) en todos los casos.

Se apreciará que, aunque se ha descrito con referencia a sirenas, y particularmente a sirenas para sistemas de alarma, la invención es también adecuada para uso con sirenas de alarma para uso con alarmas de vehículos, o sirenas tales como las usadas para dispositivos de aviso para vehículos, por ejemplo sirenas de aviso reversible, o sirenas de vehículos de servicios de emergencia.

30

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una sirena que comprende un elemento piezoeléctrico (10) y un circuito electrónico (100) de activación, en la cual el circuito electrónico de activación está configurado para aplicar formas de onda complejas de activación a un solo elemento piezoeléctrico, caracterizada porque cada forma de onda compleja de activación contiene una frecuencia resonante dominante (Fr) del elemento piezoeléctrico, más un sub-armónico de la frecuencia resonante dominante del elemento piezoeléctrico, siendo diferentes entre sí los sub-armónicos de cada forma de onda compleja de activación, de forma que todas las frecuencias de activación se refuerzan entre sí y están configuradas para producir el nivel de presión sonora (SPL) más alto posible sobre un amplio ancho de banda, con el consumo de potencia más bajo posible.
- 10 2. Una sirena como se reivindica en la reivindicación 1, en la que el circuito electrónico (100) de activación comprende una salida eléctrica para activar el elemento piezoeléctrico (10) y producir un sonido audible percibido como un primer tono, a una primera frecuencia tonal, donde la frecuencia resonante dominante (Fr) está por encima de la primera frecuencia tonal, estando configurado el circuito electrónico (100) de activación para activar el elemento piezoeléctrico (10) para producir el primer sonido tonal, estando excitado también el elemento piezoeléctrico (10) a la frecuencia resonante dominante mientras se produce el primer sonido tonal, y donde la salida eléctrica está dispuesta además para producir un segundo tono, a una segunda frecuencia tonal, siendo la primera frecuencia tonal más alta que la segunda frecuencia tonal, estando además el elemento piezoeléctrico (10) excitado a la frecuencia resonante dominante cuando se produce el segundo tono.
- 15 3. Una sirena como se reivindica en la reivindicación 1 o en la reivindicación 2, en la que la forma de onda compleja de activación cambia alternativamente entre una forma de onda que comprende un primer sub-armónico de la frecuencia resonante dominante más la frecuencia resonante dominante (Fr), y una forma de onda que comprende un segundo sub-armónico diferente de la frecuencia resonante dominante más la frecuencia resonante dominante, de forma que se produce un tono alternativo con la máxima eficiencia con dos tonos de baja frecuencia ampliamente separados en la gama de 500 Hz a 1 KHz.
- 20 4. Una sirena como se reivindica en la reivindicación 3, donde la forma de onda compleja de activación cambia alternativamente entre una forma de onda que contiene al menos $Fr + Fr/3$ y una forma de onda que contiene al menos $Fr + Fr/4$.
- 25 5. Una sirena como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde el circuito electrónico (100) de activación comprende además un generador (120) de señales digitales y la salida eléctrica es una señal digital.
- 30 6. Una sirena como se reivindica en la reivindicación 5, donde la señal digital se controla por una frecuencia de control variable de onda cuadrada, que es un múltiplo de la frecuencia resonante dominante (Fr).
- 35 7. Una sirena como se reivindica en la reivindicación 6, donde el circuito electrónico (100) de activación está configurado para supervisar una respuesta resonante dominante del elemento piezoeléctrico (10) en la salida eléctrica y está configurado además para ajustar la frecuencia de control de onda cuadrada y obtener la máxima respuesta resonante dominante del elemento piezoeléctrico resonante (10).
- 40 8. Una sirena como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde la frecuencia resonante dominante (Fr) está por encima de 1 KHz.
- 45 9. Una sirena como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8 en cuanto que depende de la reivindicación 7, donde el circuito electrónico (100) de activación está configurado para ajustar la frecuencia de control de onda cuadrada dentro de una estrecha gama, mientras que el primer y el segundo tono están sonando para descubrir la frecuencia de la respuesta resonante dominante.
10. Una sirena como se reivindica en la reivindicación 9, donde el circuito electrónico (100) de activación está configurado además para supervisar un nivel de tensión de realimentación del elemento piezoeléctrico (10), mientras el elemento piezoeléctrico (10) está sonando, y para comparar el nivel de tensión de realimentación con un nivel de tensión umbral fijo.

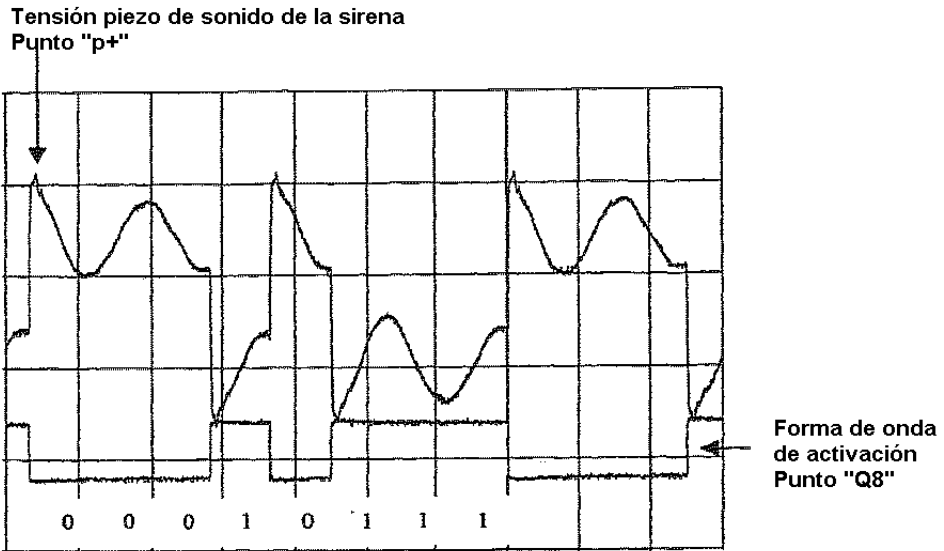


Figura 2: Forma de ondate activación y de sonido de la sirena desde la secuencia de datos 11000101 (00010111) (amplitud = 10 V/div, base de tiempos = 200 uS/div)

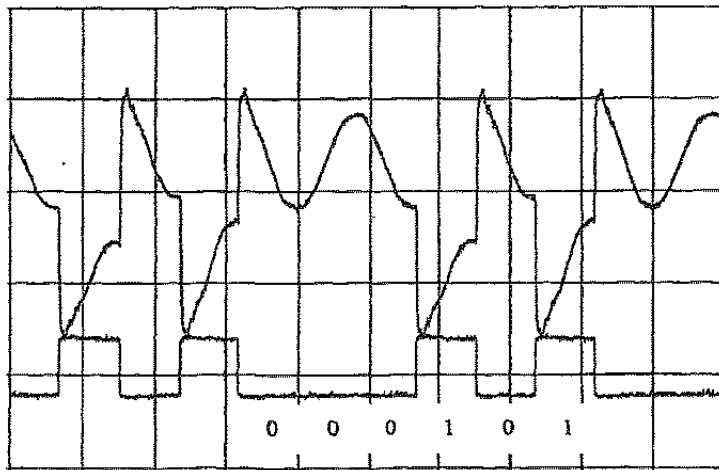


Figura 3: Forma de ondate activación y de sonido de la sirena desde la secuencia de datos 000101 (amplitud = 10 V/div, base de tiempos = 200 uS/div)

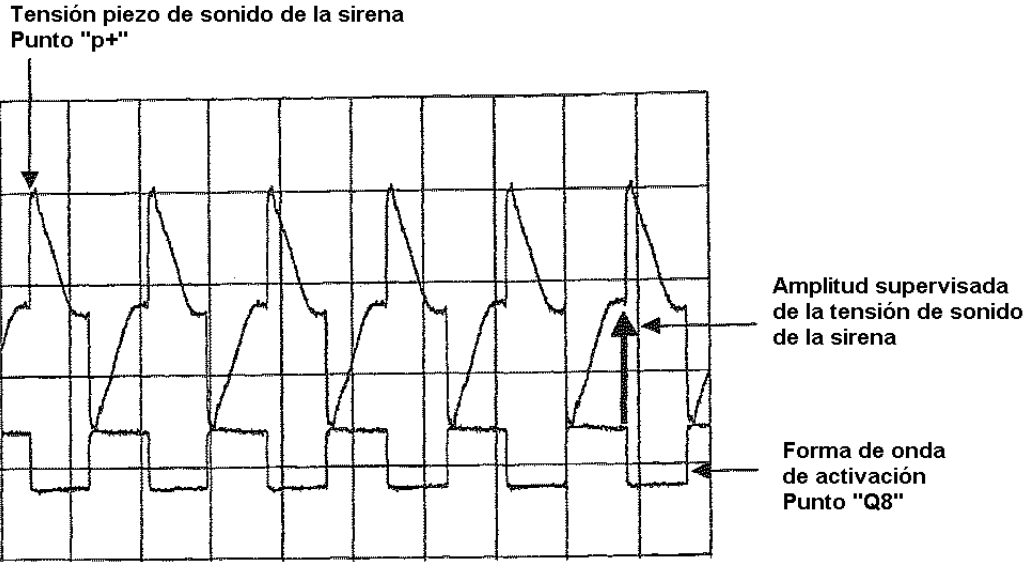


Figura 4: Forma de ondate activación y de sonido de la sirena desde la onda cuadrada de calibración (amplitud = 10 V/div, base de tiempos = 200 μ S/div)

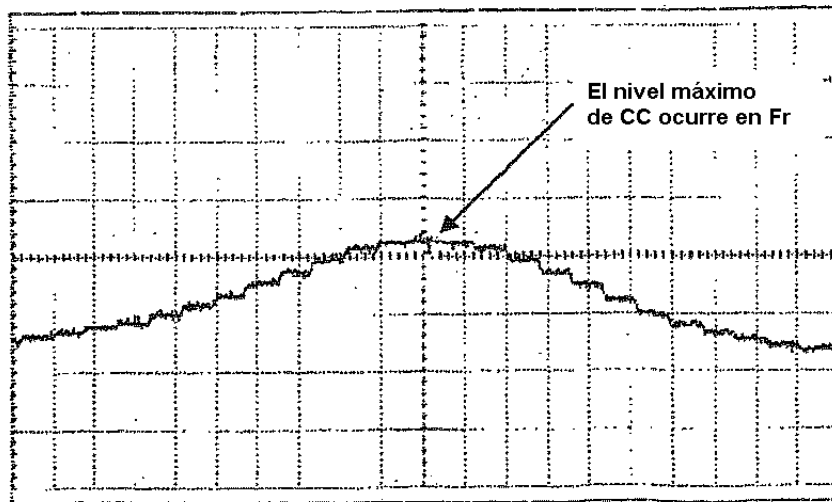


Figura 5: Nivel de realimentación de CC en el punto ANI, obtenido durante la calibración inicial (amplitud = 1 V/div, base de tiempos = 50 mS/div)

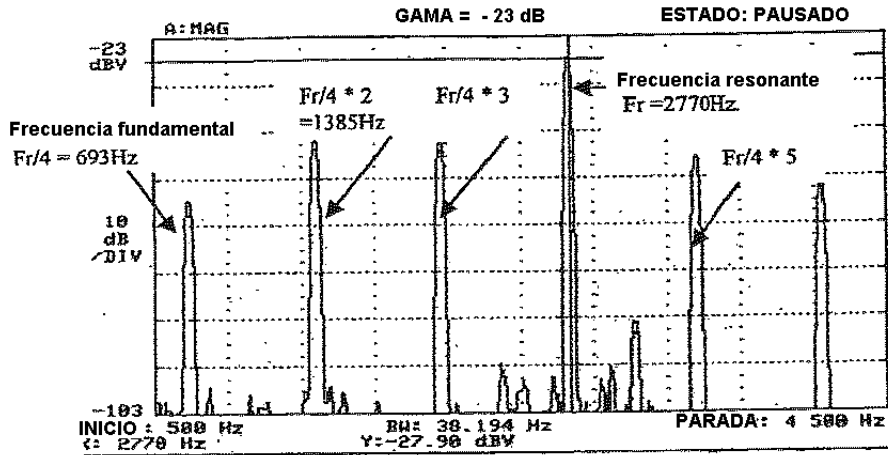


Figura 6: Espectro de frecuencias armónicas para la secuencia de datos 11000101

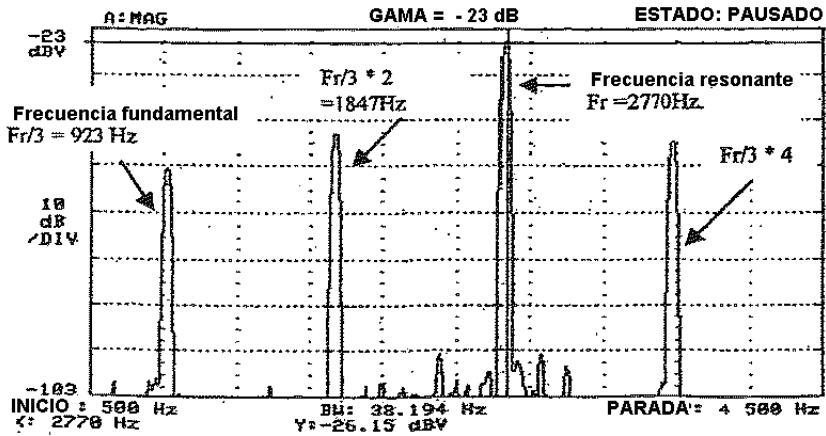


Figura 7: Espectro de frecuencias armónicas para la secuencia de datos 000101

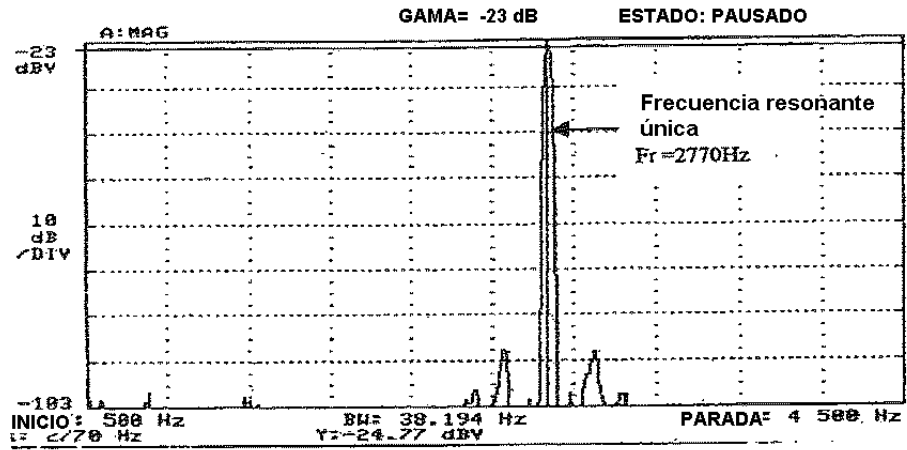


Figura 8: Espectro de frecuencias para onda cuadrada de calibración

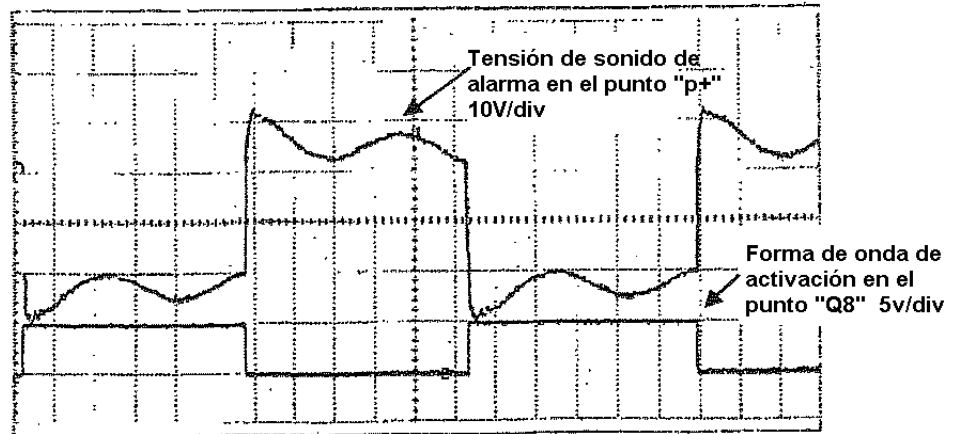


Figura 9: Forma de onda del sonido de alarma piezoeléctrica obtenida a partir de

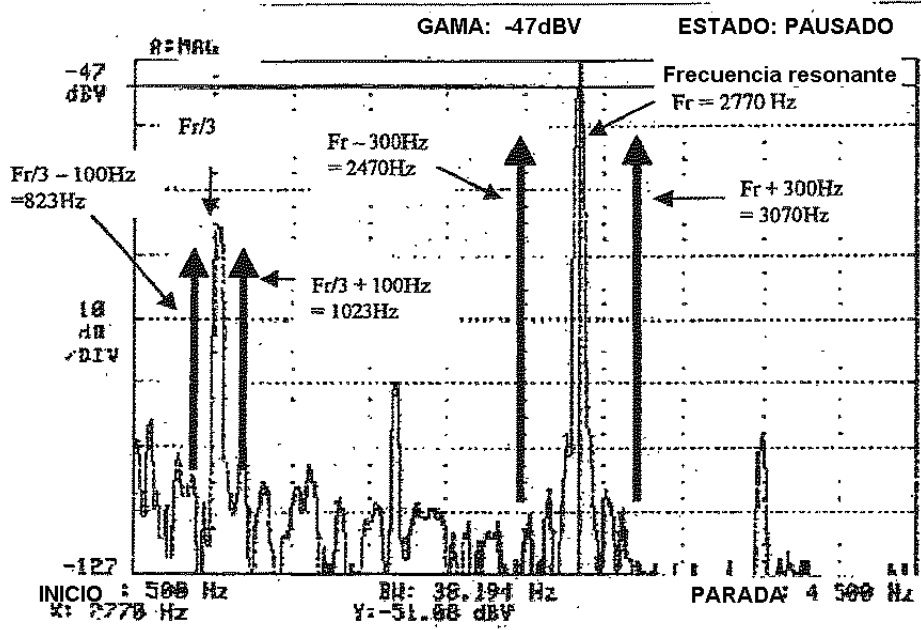


Figura 10: Espectro de frecuencias resultante de una activación de onda cuadrada a