



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 310 854**

⑤1 Int. Cl.:
G08B 13/24 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨6 Número de solicitud europea: **05816440 .1**

⑨6 Fecha de presentación : **03.11.2005**

⑨7 Número de publicación de la solicitud: **1810258**

⑨7 Fecha de publicación de la solicitud: **25.07.2007**

⑤4 Título: **Sistema y procedimiento para detectar etiquetas EAS/RFID utilizando la detección por saltos.**

③0 Prioridad: **08.11.2004 US 626063 P**
26.01.2005 US 43501

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.01.2009

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.01.2009

⑦3 Titular/es: **CHECKPOINT SYSTEMS, Inc.**
101, Wolf Drive
Thorofare, New Jersey 08086, US

⑦2 Inventor/es: **Salesky, Ronald;**
Paranzino, John y
Shah, Nimesh

⑦4 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 310 854 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

Sistema y procedimiento para detectar etiquetas EAS/RFID utilizando la detección por saltos.

5 **Antecedentes de la invención****1. Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a las etiquetas de identificación y, más particularmente, a un sistema y
10 un procedimiento para la detección simultánea de etiquetas EAS de 8,2 MHz y etiquetas RFID ISO 15693 de 13,56 MHz.

2. Descripción de la técnica relacionada

La utilización de etiquetas de vigilancia electrónica de artículos EAS y etiquetas de identificación por radiofrecuencia RFID para una gran variedad de aplicaciones de lectura, seguimiento y detección está experimentando un rápido crecimiento. Un tema recurrente entre los usuarios interesados en la RFID es el establecimiento de un puente libre de obstáculos entre las funciones EAS y RFID existentes, que les permita obtener los beneficios de la RFID, conservando al mismo tiempo su inversión en tecnología EAS y su utilidad en la protección de objetos para la venta de bajo coste que por sí mismos no justificarían el mayor coste de implementación de la RFID. No obstante, cuando las etiquetas de identificación son capaces de recibir tanto frecuencias EAS como RFID, la manera convencional en que se procesa el respectivo retorno de señales EAS o RFID a partir de dichas etiquetas presenta ciertas deficiencias o limitaciones. Por ejemplo, el lector de estas señales comprende un transceptor EAS de 8,2 MHz y un transceptor RFID de 13,56 MHz en el mismo paquete que controla antenas separadas. La interferencia entre las dos tecnologías se trata mediante técnicas de filtrado de señales analógicas tradicionales. No obstante, la utilización de dicha configuración conlleva redundancia de componentes (es decir, la duplicación de componentes de transceptor, la duplicación de antenas, etc.), requiere un elevado grado de filtrado (estimado en 100 dB) debido a la gran cercanía en frecuencia (inferior a 1 octava) y las diferencias en las amplitudes relativas de las señales permitidas para las 2 bandas de transmisión, requiere una estructura mucho más grande (aproximadamente el doble) que la de cada tecnología por separado debido a la necesidad de disponer de 2 antenas y, pese a comprender ambas técnicas, el rendimiento es inferior al de cada tecnología por separado.

Aunque las metodologías de detección de impulsos (por ejemplo, la transmisión de una secuencia de señales de ráfagas RF a diferentes frecuencias para que por lo menos una de las ráfagas de frecuencias se sitúe cerca de una frecuencia resonante de la etiqueta de identificación) están relacionadas con la presente invención, por ejemplo, patente US nº 6.249.229 (Eckstein *et al.*), una de las desventajas de éstas es que cuando se utilizan etiquetas RFID, se necesita una emisión de señal continua desde el lector para accionar el chip RFID. En el documento US nº 6.356.197, se da a conocer un sistema combinado de etiquetas EAS y RFID.

La comunicación con etiquetas RFID puede comprender dos modalidades de funcionamiento: “la etiqueta habla primero” (TTF) o “el lector habla primero” (RTF). En la modalidad TTF, la etiqueta transmite su información tras recibir la señal del lector. Por el contrario, en la modalidad RTF, el lector emite mandatos a la etiqueta (para evitar colisiones) y la etiqueta emite respuestas a estos mandatos. Por lo tanto, de ambas modalidades la RTF es la más compleja. La presente invención se refiere al funcionamiento RTF.

Por consiguiente, se plantea la necesidad de obtener un sistema y un procedimiento que puedan detectar simultáneamente señales de etiquetas de identificación EAS y RFID y que carezcan de las deficiencias descritas anteriormente.

Breve resumen de la invención

El concepto “el lector habla primero” (RTF) RFID de la presente invención requiere la modulación en amplitud de la portadora de 13,56 MHz para transmitir mandatos a la etiqueta RFID. Esta modulación adopta la forma de un espacio de índice de modulación del 10% en la portadora para dichas tecnologías RFID punteras como la ISO 15693 o EPC (Electronic Product Code). El índice de modulación m se define de la siguiente forma:

$$m = \frac{(V_{\max} - V_{\min})}{(V_{\max} + V_{\min})}$$

y constituye una medida de la caída en amplitud en relación con la amplitud en estado estacionario de la señal R-T (lector-etiqueta). La temporización de estas caídas constituye el procedimiento de comunicación R-T. La norma ISO 15693 especifica dos opciones para m : $m = 10\%$ y $m = 100\%$ (en particular, la norma ISO 15693 especifica que la etiqueta debe ser operativa con un índice de modulación del lector del 10 al 30% o el 100%). La mayoría de fabricantes de lectores y etiquetas utilizan el valor $m = 10\%$.

El flanco de la envolvente de la portadora formado durante esta modulación provoca una respuesta transitoria en cualquier circuito LC resonante del campo magnético del sistema, debido al exceso de energía almacenada en dichas etiquetas que se disipa cuando la amplitud de la función forzada de la portadora se reduce. La detección de este transi-

ES 2 310 854 T3

torio de energía almacenada (denominado también “respuesta natural”) constituye la esencia de la detección RF/EAS utilizada en el sistema de detección de impulsos del Cesionario (es decir, Checkpoint Systems, Inc.), por ejemplo. Gracias a la utilización de estas características físicas inherentes asociadas a la señalización RFID, las funciones EAS pueden incorporarse como un aspecto inherente natural del sistema. Además, la presente invención permite la utilización común de la mayoría de secciones del transceptor, hecho que a su vez permite el ahorro del coste y el espacio asociado a la duplicación de los circuitos, así como de una estructura de antena compartida.

El sistema y el procedimiento de detección por saltos de la presente invención ofrece ventajas en el rendimiento de las etiquetas, el rendimiento de detección de ambas tecnologías y en los costes de fabricación.

Como se describirá con mayor detalle a continuación, el sistema y el procedimiento detectan concurrentemente etiquetas EAS y etiquetas RFID HF (alta frecuencia) de 13,56 MHz. La tecnología RFID recomendada (a título de ejemplo) cumple la norma ISO 15693, así como la utilización de códigos personalizados que son específicos para el chip SLI.

La sincronización de mandatos RFID es correctamente considerada como una importante restricción del rendimiento en la puerta de seguridad. Es necesario mantener dos niveles de sincronización: la sincronización de la portadora RF en la puerta de seguridad y la sincronización de mandatos AM (modulación en amplitud) entre todas las puertas de seguridad. El requisito de sincronización de mandatos AM tiene implicaciones de rendimiento de amplio alcance. Las etiquetas RFID son sometidas a un procesamiento en el POS (punto de venta), cuya interfaz puede ser controlada mediante niveles inferiores de potencia y la direccionalidad de la antena para reducir al mínimo el acoplamiento y apantallamiento en torno a la antena POS, permitiendo de ese modo el funcionamiento autónomo de éstas. No obstante, las puertas de seguridad detectan la actividad en las demás puertas de seguridad del establecimiento. Esto requiere que haya sincronización de la modulación de mandatos del lector entre todas las puertas de seguridad. Un factor que complica la sincronización de mandatos es el hecho de que la norma ISO 15693 designa al lector como responsable de la detección y la resolución de las colisiones. Esto significa que, si se desea que se resuelvan todas las colisiones de etiquetas RFID en todas las puertas de seguridad, todas las puertas de seguridad deben ser capaces de comunicar la presencia de colisiones a la fuente de sincronización central, que entonces ordenará a todos los lectores que emitan nuevos mandatos para resolver la colisión, independientemente de si la colisión se ha producido dentro de un régimen no determinista en las puertas de seguridad, de conformidad con las probabilidades de colisión de una puerta, el número de puertas y el número de etapas de resolución necesarias. Se supone que la densidad de etiquetas en cualquier puerta de seguridad determinada es considerablemente inferior a 16 en cualquier momento determinado.

Por lo que a la sincronización se refiere, el código I “de inventario rápido” SLI personalizado se utiliza para realizar un sondeo de etiquetas RFID con 16 intervalos de tiempo. Debido a consideraciones de complejidad y rendimiento, no se realiza la resolución directa de las colisiones. No obstante, puesto que un ciclo de sondeo de 16 intervalos lleva alrededor de 73,2 ms, puede aplicarse de manera rotativa una máscara automática para detectar colisiones de 4 etapas de la manera siguiente: sin máscara (todas las etiquetas responden), máscara = 1 (sólo responden las etiquetas de número impar), máscara = 2 (sólo responden las etiquetas que terminan por el bit inmediatamente anterior al conjunto de LSB) y máscara = 3 (sólo responden las etiquetas con los 2 LSB = “11”). Esto permite la resolución automática de la mayoría de colisiones, mientras permite un funcionamiento cíclico razonable de 292,8 ms para toda la secuencia anticollision programada.

El enlace de sincronización se puede crear de dos maneras diferentes. Una de ellas consiste en conectar físicamente todas las puertas de seguridad entre sí. La segunda consiste en utilizar el propio efecto que requiere la sincronización. Por lo tanto, un sistema de sincronización inalámbrico transmite la modulación del mandato en una portadora de 13,56 MHz como es habitual. Las demás puertas de seguridad del sistema buscan el flanco de modulación del mandato, se sincronizan con la fase de éste y retransmiten la señal en sus respectivas ubicaciones. Se emplea un procedimiento de sincronización similar para la portadora RF de 13,56 MHz dentro de cada puerta de seguridad.

Como se ha mencionado anteriormente, la detección simultánea y concurrente en tiempo real de etiquetas RFID de 13,56 MHz y etiquetas EAS de 8,2 MHz constituye un reto, debido a la relativa proximidad (inferior a una octava) entre ambas frecuencias. Las técnicas de filtrado pasabanda son particularmente problemáticas para la parte de la EAS de 8,2 MHz, debido a la relación inversa entre el dominio del tiempo y el dominio de la frecuencia, es decir, cuanto más fino es el filtro en el dominio de la frecuencia, más larga es la respuesta transitoria en el dominio del tiempo. Puesto que la detección de las etiquetas EAS es intrínsecamente un procedimiento del dominio del tiempo, no resulta una buena opción situar los dos sistemas en el mismo lugar para que se ejecuten simultáneamente. Existen dos maneras de resolver esta cuestión, requiriendo cada una de ellas un esfuerzo técnico diferente.

Breve descripción de diversas vistas de los dibujos

A continuación, la presente invención se describe conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los que se utilizan números de referencia similares para designar elementos similares y en los que:

la figura 1 es un diagrama de bloques de la presente invención;

la figura 2 es una vista isométrica de los ejemplos de pedestales utilizados con la presente invención;

ES 2 310 854 T3

la figura 3 es una de las bases de uno de los pedestales, que representa la parte donde se instala preferentemente el sistema electrónico de la presente invención;

la figura 4 representa una señal de estímulo RTF habitual del lector RFID (por ejemplo portadora de 13,56 MHz);

la figura 5 representa una señal de etiqueta RFID (por ejemplo, una portadora de 13,56 MHz) como respuesta a la señal de estímulo RTF;

la figura 6 representa una señal de decadencia de respuesta natural EAS (por ejemplo, de 8,2 MHz) como respuesta a la señal de estímulo RTF;

la figura 7 es un diagrama de bloques de un transceptor de detección de impulsos EAS genérico;

la figura 8 es un diagrama de bloques de la parte de transmisor modificada de un transceptor de detección de saltos para funcionamiento a 13,56 MHz durante la comprobación de la parte conceptual;

la figura 9 es un diagrama de bloques de la configuración de prueba de detección por saltos de la presente invención;

la figura 10 es un diagrama de bloques del sistema de detección de impulsos EAS modificado para formar el receptor de detección por saltos de la presente invención;

la figura 11 representa las trazas de osciloscopio de la banda base del receptor EAS en las que no está presente ninguna etiqueta EAS;

la figura 12 representa las trazas de osciloscopio de la banda base del receptor EAS en las que está presente una etiqueta EAS;

la figura 13 representa una forma de onda de antena de bajo Q en la que se observan flancos de modulación pronunciados;

la figura 14 es un esquema de una antena de bajo Q y la red de adaptación de impedancia del lector RFID;

la figura 15 es un diagrama amplitud-tiempo de la frecuencia portadora preferida y una frecuencia portadora menos preferida para obtener una transición brusca durante la modulación;

la figura 16 es un gráfico energía-tiempo de la señal portadora mientras se produce la modulación, en el que se compara la reducción de energía en la presente invención, que se manifiesta como una transición de descenso brusco, con la reducción de energía en otros lectores RFID que utilizan modulación; y

la figura 17 es un esquema de un circuito de antena alternativo, en particular, un circuito de antena de Q conmutado, para el lector RFID.

Descripción detallada de la invención

La presente invención 20, representada en la figura 1, comprende básicamente un lector RFID 22 y un receptor de detección por saltos EAS 24 que pueden colocarse dentro de un armazón único 26, presentando cada uno de ellos una respectiva antena 28 y 30. En funcionamiento, el lector RFID 22 emite el estímulo 32 (figura 4) que comprende una frecuencia portadora RFID (por ejemplo, de 13,56 MHz), modulada con mandatos RTF. Si está presente una etiqueta RFID 10 y la etiqueta está sintonizada con dicha frecuencia RFID, la etiqueta RFID 10 emite una respuesta 34 (figura 5) que es detectada por el lector RFID 22. Si en una posición cercana también se encuentra una etiqueta EAS 12 que está sintonizada con una frecuencia EAS (por ejemplo, de 8,2 MHz), la etiqueta EAS 12 emite (figura 6) una señal de decadencia de respuesta natural 36 (provocada por el estímulo 32) que es detectada por el receptor de detección por saltos EAS 24. Debe tenerse en cuenta que el estímulo 32 y la señal de decadencia 36 son casi concurrentes en el tiempo, mientras que la respuesta RFID 34 tiene lugar en un tiempo posterior.

La figura 2 representa un ejemplo de par de pedestales de seguridad 71A/71B (por ejemplo, pedestales Checkpoint Strata™ PX, etc.) situados en la entrada/salida de un establecimiento comercial 73. El armazón único 26 de la presente invención 20 puede disponerse en uno de los dos pedestales 71A/71B, habitualmente en la base 75, como se representa en la figura 3. Una fuente de alimentación interna 77 suministra energía al lector RFID 22, el receptor de detección por saltos EAS 24 y otros elementos electrónicos relacionados. Debe tenerse en cuenta que, en su alcance más amplio, la presente invención también comprende el lector RFID 22 y el receptor de detección por saltos EAS 24 dispuestos en respectivos pedestales 71A y 71B.

El sistema de la presente invención 20 descrito ofrece un ejemplo de forma de realización operativa de un sistema y un procedimiento para la detección simultánea y concurrente en tiempo real de etiquetas de identificación RFID de 13,56 MHz y EAS de 8,2 MHz mediante la tecnología de detección por saltos. En esta forma de realización operativa, se utiliza el protocolo RFID ISO 15693 (que se describirá más adelante) en. La forma de realización operativa conlleva la comprobación de dos partes:

ES 2 310 854 T3

- (1) una parte conceptual, en la que se utiliza solo el sistema de detección de impulsos EAS (denominado también transceptor EAS 23 que presenta un transmisor EAS 23A, un receptor EAS 23B y una antena de detección de impulsos 23C, como los representados en la figura 7), por ejemplo, un dispositivo de detección de impulsos TR4024 de Checkpoint, pero cuyo transmisor EAS 23A' está modificado para transmitir a 13,56 MHz (véase la figura 8, en la que se inhabilita un amplificador RF conectado a un sintetizador digital directo (DDS) de 8,2 MHz (indicado mediante el símbolo "X" en la figura 8) y un generador de señales externo de 13,56 MHz suministra señales a un filtro pasabanda (BPF) del transmisor EAS modificado 23A'). Se utiliza como objetivo una etiqueta de prueba Checkpoint EAS n° 410 12.
- (2) una parte de detección por saltos (figura 9), en la que se utiliza un lector RFID que cumple la norma ISO 15693 22 (por ejemplo, el lector Philips de largo alcance) combinado con un receptor de detección por saltos EAS 24, tal como otra parte receptora del TR4024 que está modificada para formar el receptor de detección por saltos EAS 24, junto con una antena de detección por saltos 30, de la forma representada en la figura 10. La parte transmisora 23A del sistema de detección de impulsos EAS (o transceptor) 23 se inhabilita (indicado mediante el símbolo "X" en la figura 5A), puesto que el lector RFID 22 (por ejemplo, el lector de largo alcance Philips) suministra la señal de estímulo 32. Se utilizan como objetivos la etiqueta de prueba Checkpoint EAS n° 410 12 y la etiqueta Checkpoint RFID n° 551246 10.

Debe tenerse en cuenta que el lector Philips y el sistema de detección de impulsos Checkpoint TR4024 solo constituyen ejemplos y que la presente invención puede implementarse utilizando otros transceptores y lectores convencionales.

Como se ha indicado anteriormente, el ejemplo de sistema de detección de impulsos o transceptor EAS 23 es un dispositivo TR4024 que es el módulo electrónico estándar utilizado en la línea de productos Checkpoint Liber™. Como se representa en la figura 7, el TR4024 comprende básicamente un transmisor EAS 23A y un receptor EAS 23B que utiliza la tecnología de procesamiento de señales digitales (DSP), junto con la tecnología de sintetización digital directa (DDS), para realizar la función de transmisión y de recepción. Además, el TR4024 admite tanto hardware como software que pueden ser fácilmente modificados para realizar la comprobación como se describirá en detalle más adelante. Asimismo, el TR4024 tiene la capacidad de comunicarse con otros productos Checkpoint a través de Internet.

La primera parte ("conceptual") de la comprobación consiste en un sistema electrónico de detección de impulsos EAS estándar (figura 7), a excepción del transmisor EAS 23A que está modificado (véase el transmisor EAS 23A' de la figura 8) para transmitir a 13,56 MHz exactamente, en todas las ráfagas de transmisión. El patrón de transmisión no se modifica en ningún otro aspecto, es decir, el ciclo de trabajo, la anchura del impulso y los tiempos de impulsos se mantienen iguales. El sistema electrónico se coloca y se conecta a un dispositivo para pruebas de antena Checkpoint Strata™ PX. El sistema es capaz de detectar una etiqueta de prueba Checkpoint EAS n° 410 12. En particular, el sistema electrónico genera una alarma cuando la etiqueta 12 se sitúa a una distancia de 12". La etiqueta de prueba 12 se mantiene paralela a la antena, a lo largo del eje central de la parte superior de la antena de 2 bucles. Debe hallarse una orientación etiqueta- antena que se considere favorable para la detección. El patrón de transmisión de detección de impulsos puede considerarse como una forma de modulación por desplazamiento de amplitud (ASK). Por consiguiente, este tipo de comprobación es similar al de un interrogador ISO 15693 que funciona a una velocidad de modulación del 100%.

En particular, este experimento inicial se realiza para verificar la decadencia EAS con un transmisor de 13,56 MHz. Esta propuesta puede considerarse una propuesta razonablemente equivalente a la operación de detección por saltos con un índice de modulación del 100% (modulación tipo todo o nada). Cuando se trabaja con un índice de modulación completo del 100%, el sistema puede clasificarse como un sistema de "detección de impulsos" en lugar de un sistema de "detección por saltos". Cuando se desconecta el transmisor de 13,56 MHz mediante el interruptor 14 (utilizado normalmente en el transmisor EAS 23A para crear la característica de detección de impulsos), como se representa en la figura 8, durante el período de detección, se evita la necesidad de disponer de un filtro de supresión de banda de 13,56 MHz de requisitos estrictos. Esta prueba es una primera etapa simple hacia la consecución de la detección por saltos con un índice de modulación más habitual del 10%.

Solo se necesita un sistema de detección de impulsos EAS modificado y una antena Checkpoint Strata PX para este experimento. Es necesario realizar un cambio en el sistema electrónico de detección de impulsos EAS: la cadena del transmisor se rompe para permitir que una señal de 13,56 MHz suministrada externamente active el amplificador de potencia y, en última instancia, la antena. El receptor y el algoritmo de detección no se cambian, es decir, todas las anchuras de impulsos, los tiempos de muestra RX y los niveles de señales se mantienen iguales. En la figura 8, se representa un diagrama de bloques del transmisor de detección de impulsos EAS modificado 23A'.

Se introduce una etiqueta de prueba Checkpoint EAS n° 410 en la zona de interrogación, con una orientación preferida. El sistema EAS genera sistemáticamente una alarma cuando la etiqueta se halla a 12" de la antena Checkpoint Strata™ PX.

Los diversos organismos reguladores existentes imponen las emisiones de radiación permitidas. Hay una diferencia significativa entre lo que se permite en la banda EAS habitual y en la banda ISM de 13,56 MHz. Si se supone un incremento de 8,8x en una corriente permitida cuando se transmite a 13,56 MHz, dada la misma geometría de antena, se obtiene un incremento máximo de 2,1x cuando se utiliza la función detección-corriente $x^{1/3}$. Basándose en los

ES 2 310 854 T3

resultados anteriores, se predice una zona de detección máxima de 25" por "puerta". Esta estimación no tiene en cuenta los requisitos de banda lateral en la banda ISM de 13,56 MHz. En una parte posterior de la presente memoria, se tratan los temas de regulación de una manera más completa.

La segunda parte (de "detección por saltos") de la comprobación (figura 9) se realiza utilizando el receptor de detección por saltos EAS 24 (figura 10) y el lector RFID 22. El transmisor EAS 23A no se necesita y, por lo tanto, se inhabilita. Además, el receptor de detección por saltos EAS 24 se une a una antena de cuadro pequeña de 3 espiras circulares 30. Esta antena separada de recepción solo 30 reduce la cantidad de energía de 13,56 MHz acoplada en el receptor de detección por saltos 24 y, en consecuencia, el nivel de filtrado del receptor necesario. El lector RFID 22 se utiliza en la configuración para transmitir el "salto" en la detección por saltos. Además, este lector 22 continúa ofreciendo sus funciones habituales, es decir, el suministro de energía y la lectura de las etiquetas RFID ISO 15693 10. La antena corriente suministrada por el fabricante del lector se sustituye por una antena prototipo de bajo Q 28. La antena de bajo Q 28 se necesita para obtener tiempos de subida y caída rápidos en los flancos de modulación, como se describirá en detalle más adelante. Estos flancos pronunciados se necesitan para obtener un "salto" adecuado antes de la "detección". Los resultados de las pruebas demuestran que una etiqueta EAS de 8 MHz 12 situada a seis pulgadas de las antenas 28/30 provocan una decadencia de energía similar a la observada en un sistema EAS de detección de impulsos corriente. Nuevamente, se coloca la etiqueta 12 en una posición favorable con respecto a ambas antenas 28, 30. Las trazas concretas del osciloscopio se representan en las figuras 11 y 12.

Antes de describir el sistema y el procedimiento, se describe la metodología de detección por saltos, así como la norma ISO 15693.

Tecnología de detección por saltos

ISO 15693

El protocolo RFID normalizado, conocido como ISO 15693, especifica el procedimiento de comunicaciones lector-etiqueta RFID. La interfaz aérea especifica las comunicaciones lector-etiqueta utilizando una portadora de 13,56 MHz. Los mandatos del lector para la etiqueta se establecen mediante cambios separados de forma periódica (denominados también "flancos de modulación") en la portadora de 13,56 MHz. Estos cambios, o caídas, de la amplitud de la portadora constituyen la base del "salto" de la tecnología de detección por saltos. Por lo tanto, la detección por saltos puede considerarse un subproducto de la norma RFID ISO 15693. No obstante, debe tenerse en cuenta, como se indicará en mayor detalle más adelante, que en la presente invención 20 estos cambios o caídas deben ser "pronunciados" y no redondeados; por consiguiente, en lo sucesivo, se denominarán "transiciones de caída" 32B (véase las figuras 4 y 13). Una de las características clave de la presente invención 20 es que el transmisor del lector RFID 22 está modificado para generar dichas transiciones de caída bruscas 32B en la señal de estímulo 32.

La portadora ISO 15693, con los cambios de amplitud, puede dividirse en dos fragmentos diferenciados. El primer fragmento es simplemente una portadora RF de amplitud constante. En cambio, el segundo fragmento corresponde a la modulación "todo o nada", también a 13,56 MHz, y está en fase con el primer fragmento. Esta separación conceptual de la señal ISO es posible gracias a la ley de la superposición. Puesto que una etiqueta EAS va a decaer a su frecuencia natural, independientemente de la frecuencia del estímulo, se produce una disminución exponencial de 8 MHz en los flancos de modulación de los mandatos (caídas en amplitud), una vez que se ha introducido una etiqueta EAS en la zona de interrogación. En consecuencia, puede considerarse que la señal de estímulo 32 de la presente invención 20 comprende una señal continua que presenta los componentes siguientes: un primer componente no modulado 32A, la transición de caída brusca 32B, el componente modulado 32C y una transición de subida brusca 32D que viene seguida del siguiente componente no modulado 32A.

Como puede observarse, la etiqueta RFID 10 responde a la señal de estímulo 32 con la señal de respuesta RFID 34, basándose en la serie de cambios separados periódicamente de la portadora de 13,56 MHz que recibe la etiqueta 10. Por el contrario, la etiqueta EAS 12 emite su señal de "decadencia" 36 cada vez que una transición de caída 32A excita la etiqueta 12. Las pruebas demuestran que el lector REID 22 y el receptor de detección por saltos EAS 24 pueden detectar sus respectivas etiquetas con una diferencia mutua de aproximadamente 0,1 segundos.

Flancos de modulación y Q de antena

La norma ISO 15693 especifica los tiempos de subida y caída máximos de los flancos de modulación. Aunque este límite máximo es fácil de implementar, da como resultado flancos de modulación redondeados. Cuanto más redondeados son estos flancos, más difícil es observar la decadencia EAS. En consecuencia, la detección por saltos no funcionará con ningún lector o antena que cumpla la norma ISO 15693.

Para facilitar la comprensión de esta cuestión, a continuación se comenta la definición de Q. Q se define como el "factor de calidad" y es una medida de la selectividad de frecuencia o la agudeza del pico de un circuito de antena y se define matemáticamente como:

$$Q = f_r / BW, \quad (1)$$

ES 2 310 854 T3

siendo f_{cf} la frecuencia central de las frecuencias del transmisor del lector RFID; y

siendo BW la banda de frecuencias alrededor de la frecuencia central a la que la respuesta no supera en más de 3dB la frecuencia central del circuito de antena del lector RFID.

Q también se considera una medida de la energía almacenada en relación con la energía disipada a la frecuencia resonante, o dicho de otro modo:

$$Q = \omega_0 \cdot \frac{L}{R} \quad (2)$$

siendo ω_0 la frecuencia angular resonante del circuito de antena y L y R son la inductancia y la resistencia del circuito de antena. Debe tenerse en cuenta que L y R solo constituyen ejemplos y que es posible utilizar otras configuraciones del circuito de antena en las que Q también se define en términos de capacitancia (C), resistencia (R) o inductancia (L).

Existe una relación lineal entre la constante de tiempo τ (definida como el tiempo que tarda la respuesta en subir/caer hasta el 36,8% de su valor inicial) y el factor Q del circuito de antena que utiliza la frecuencia f_0 . Particularmente,

$$\tau = \frac{Q}{\pi \cdot f_0} \quad (3)$$

$$Q = \tau \cdot \pi \cdot f_0 \quad (4)$$

Eligiendo un tiempo de subida/caída similar a un sistema de detección de impulsos TR4024 ($\tau \approx 100$ ns), se obtiene:

$$Q = 4,3$$

Este valor bajo de Q hace necesario disponer de una antena diferente a la antena estándar suministrada con el lector RFID 22 o la especificada indirectamente por los requisitos de tiempo de subida/caída ISO 15693.

La detección por saltos impone otro requisito Q. Para trabajar con las bandas EAS y RFID, un sistema de antena necesita transferir energía adecuadamente a través de un amplio espectro de frecuencias. En particular, la banda EAS tradicional se extiende desde 7,4 MHz hasta 8,7 MHz. Por lo tanto, el sistema de antena necesita funcionar a partir del valor de 7,4 MHz hasta un valor por encima de los 13,56 MHz.

$$Q = f_d \div BW \quad (1)$$

$$Q = 1,1$$

En lugar de bajar el factor Q todavía más, y desperdiciar una valiosa potencia del transmisor, es preferible utilizar una antena separada para la recepción EAS. Esto también reduce la carga de los filtros de rechazo de banda de 13,56 MHz necesarios en el receptor de detección por saltos EAS 24.

Debe observarse que la disminución del Q de un sistema de antena requiere la inserción de resistencias serie en línea con el cuadro de la antena. El incremento de la potencia del transmisor puede compensar esta pérdida de potencia del transmisor. Esto añade un coste al conjunto del producto y puede incidir negativamente en las emisiones de radiación (las emisiones de radiación se describen más adelante en la presente memoria).

Requisitos de filtro

Para detectar la decadencia de 8 MHz, es necesario que un receptor EAS elimine mediante filtrado la energía acoplada del transmisor del lector ISO 15693. Esta señal grande de 13,56 MHz cegará fácilmente cualquier receptor, dada su gran amplitud, comparada con una señal de decadencia EAS pequeña. En esencia, el estímulo no es deseable, pero la respuesta sí.

Es difícil de implementar el filtro necesario para eliminar la portadora de 13,56 MHz. Las bandas EAS y RFID se hallan a una distancia inferior a una octava una de otra. La teoría de circuitos establece que cuanto más cerca está la banda de paso del filtro de la banda de rechazo, más polos (elementos de circuito) se necesitan para obtener una cantidad determinada de atenuación. Debido a la relación inversa entre el ancho de banda y el tiempo de respuesta, el número significativo de polos necesarios incide negativamente en la respuesta transitoria. Particularmente, la disminu-

ES 2 310 854 T3

ción de energía de los componentes del filtro durante las etapas de modulación puede enmascarar la decadencia de la etiqueta EAS. El problema es frecuente en todos los sistemas de detección de impulsos.

La solución conlleva utilizar filtros activos colocados en emplazamientos clave en toda la trayectoria del receptor de detección por saltos EAS 24. Los filtros de banda de paso de retroalimentación múltiple (MFBP) reducen la respuesta transitoria, pero mantienen las características de la respuesta de frecuencia. Utilizando filtros activos, se reduce (o se elimina) la necesidad de disponer de inductores.

Los filtros activos requieren amplificadores operacionales. Puesto que el precio de los amplificadores operacionales es significativamente más alto que el de los inductores, esto provoca un aumento del coste del sistema electrónico. Los amplificadores operacionales también añaden ruido de banda ancha a cualquier sistema. Gracias a esta implementación de filtro/retroalimentación, el ruido añadido se halla en la banda de paso. Por lo tanto, deberán utilizarse los amplificadores operacionales de ruido más bajo ($\sim \text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$). También se necesita una gran rapidez de respuesta ($> 500 \text{ V/us}$).

Un compromiso que se asume es el de utilizar varios circuitos resonantes en serie conectados a las entradas de los filtros MFBP y la conexión a tierra del circuito. Esto reduce la carga de la parte activa del filtrado pero prolonga la respuesta transitoria. En general, los inductores tienen amplias tolerancias y, por ello, es necesario utilizar inductores sintonizables o condensadores.

Por último, la mejor manera de reducir los requisitos de filtro es utilizar una antena separada para recibir las señales EAS. El acoplamiento entre la antena RFID y la antena de recepción solo EAS puede reducirse al mínimo sin afectar al intervalo de detección del sistema.

Cómo elegir la frecuencia EAS

Los organismos reguladores existentes en todo el mundo confinan el funcionamiento EAS a una banda de frecuencias específica. Estas restricciones se aplican al transmisor del sistema, pero no a la etiqueta EAS pasiva. La etiqueta puede ser resonante a cualquier frecuencia deseada.

Cuando se eligen las frecuencias, deben tomarse en consideración algunos aspectos relacionados con el rendimiento. Cuanto más cerca esté la frecuencia de excitación (transmisor) de la frecuencia resonante natural de la etiqueta, más energía almacenará la etiqueta. El intervalo de detección del sistema es resultado directo del almacenamiento de energía de la etiqueta. Esta ley física recomienda que la frecuencia resonante de la etiqueta sea de 13,56 MHz o un valor cercano a éste, la única fuente de excitación en la operación de detección por saltos.

No obstante, se plantean diversas disyuntivas. La utilización de una etiqueta EAS con una frecuencia resonante de 13,56 MHz o un valor cercano a éste da por resultado un almacenamiento de energía máximo que no precisa ningún filtrado especial, lo cual es un beneficio aparente. La dificultad, sin embargo, radica en la detección del decrecimiento exponencial de la etiqueta EAS. La decadencia EAS es enmascarada por el transmisor del lector RFID que, de conformidad con la norma ISO 15693, está continuamente activo. En la detección por saltos, se intenta descubrir la presencia de una etiqueta EAS durante las etapas de modulación de mandatos RFID o de transiciones de amplitud. La observación de la diminuta descarga de energía de la etiqueta durante este tiempo de transición resulta difícil aunque las frecuencias de excitación y resonantes estén muy separadas. Al igualarse las frecuencias, el problema se agrava.

La utilización de una etiqueta EAS con una frecuencia resonante significativamente diferente a 13,56 MHz provoca un almacenamiento de energía muy inferior. No obstante, esta propuesta aporta un beneficio importante, ya que separando mucho las frecuencias EAS y RFID se rebajan los requisitos de filtro. Dejando de un lado este beneficio, la conclusión es que obtener especificaciones de filtro menos rigurosas a expensas de la señal de la etiqueta no constituye un compromiso válido. Así pues, el empleo de una etiqueta EAS con una frecuencia resonante inferior no es una buena solución.

La banda de frecuencias EAS existente (7,4 MHz a 8,7 MHz) es la mejor opción para la operación de detección por saltos. La etiqueta puede almacenar una cantidad de energía satisfactoria del estímulo de 13,56 MHz. Al mismo tiempo, la frecuencia de decadencia está suficientemente separada de los 13,56 MHz para ser detectada. Es decir, los requisitos de filtro EAS son estrictos pero practicable.

La utilización de las presentes etiquetas EAS aporta otros beneficios también. El desarrollo durante años de los sistemas electrónicos EAS ha permitido acumular una gran cantidad de información sobre la interacción de los sistemas de etiquetas. Los circuitos electrónicos y algoritmos existentes pueden migrarse al sistema de detección por saltos. Realmente, como se ha mencionado anteriormente, se utiliza un receptor EAS modificado durante la partes conceptual y la parte de detección por saltos.

Detalles de la comprobación de la detección por saltos

En este experimento, se utilizan tres elementos de hardware clave: un lector de código I Philips SLRM900 (para el lector RFID 22), un dispositivo TR4024 modificado (para el receptor de detección por saltos EAS 24) y un par de antenas (28, para el lector RFID 22 y 30 para el receptor de detección por saltos EAS 24). El equipo de pruebas

ES 2 310 854 T3

adicional utilizado comprende una fuente de alimentación doble, un ordenador portátil, un generador de funciones y un osciloscopio. En la figura 9, se representa el diagrama de bloques correspondiente.

Lector Philips RFID

El módulo de lector Philips SL RM900 I*code Long Range Reader se suministra a los usuarios como una parte del equipo de evaluación SL EV900. Este equipo comprende también una antena de cuadro rectangular y la red de adaptación, software de demostración y una selección de etiquetas RFID de código I.

La antena suministrada presenta un factor Q de alrededor de 27. Como se ha mencionado en los párrafos precedentes, este factor de alta calidad determina que los flancos de modulación sean más redondeados de lo necesario para la detección por saltos. La antena de recambio y la red de adaptación se describen más adelante.

El software de demostración entregado con el equipo es el code I Demo v3.03. Se necesita un ordenador portátil para la configuración y la puesta en marcha inicial.

Se utilizan etiquetas de código I para verificar continuamente el rendimiento RFID durante todos los experimentos de detección por saltos.

El propio lector 22 está configurado para un índice de modulación del 10% y una potencia de salida de 3,75 vatios. El lector Philips SL RM900 I*code Long Range Reader presenta un intervalo de potencia de salida ajustable comprendido entre 0 y 4 vatios, aunque a efectos de la presente comprobación la potencia de salida se mantiene en 3,75 vatios y, por lo tanto, los valores no se cambian durante todos los experimentos. El sistema se utiliza en la modalidad de "lectura de números de serie". El hardware del lector tampoco se cambia, aunque se utilizan varias señales digitales para sincronizar el receptor de detección de impulsos TR4024 de una manera no invasiva.

Modificaciones del TR4024

Puesto que la fuente de energía para la detección por saltos pertenece al lector RFID 22, el transmisor TR4024 23A no se necesita y, por consiguiente, se inhabilita tal como se observa en la figura 10. Debe tenerse en cuenta que para inhabilitar el transmisor 23A no basta con poner a cero los niveles del transmisor TR4024. Esto simplemente establece en 0 VCC las líneas de alimentación CC del FET. También se produce cierta diafonía desde las puertas del FET hasta la antena 30. Esto da lugar a algunos resultados engañosos en los primeros experimentos. Además, se retira la combinación de condensador/inductor paralela (C 112/L10, no representada) para evitar que la decadencia EAS retroceda a través del transmisor inhabilitado 23A.

La mayor parte de modificaciones del TR4024 conciernen al circuito del receptor. Esto se hace fundamentalmente para impedir mediante filtrado que la señal de estímulo de 13,56 MHz llegue al lector RFID 22. Además, el mecanismo de apertura/cierre de compuerta del receptor, normalmente controlado por una FPGA (matriz de puertas programables) del TR4024, se lleva a cabo mediante el impulso de modulación de mandatos del lector RFID 22.

Se colocan filtros en varios lugares de la trayectoria del receptor. Empezando por la puerta de la antena, se crea un circuito resonante paralelo de 13,56 MHz en L3 (no representado), añadiendo condensadores en derivación. Puesto que solo se necesita una de las diversas entradas del receptor, se dispone un puente entrada-salida en K6-A (no representado). Se añade una tarjeta de filtro en lugar de C192 (no representada). Esta tarjeta secundaria de filtro pequeña es un diseño de Scientific Generics, obtenido de la sección 4 del documento "RFID/RF-EAS Combined Systems". Para realizar la función de compuerta del receptor, se retira la R79 (no representada) y se sustituye por un puente desde el lector REID. Esta señal de compuerta es la modulación de los mandatos. En esencia, el flanco de caída de la señal de modulación (el "salto") habilita el mezclador/demodulador U17. El flanco de subida inhabilita este chip.

En una configuración de software de simulación de elementos enfasados (PASS), la ganancia de receptor se establece en el valor máximo y la salida del transmisor en el valor cero. Puesto que sólo se necesita la sección analógica del receptor, todos los demás valores palm son irrelevantes.

Para facilitar la detección EAS, el oscilador local se ajusta a una frecuencia fija. Esta frecuencia establecida se halla muy cerca de la frecuencia resonante de la etiqueta EAS 12. Esto permite detectar con más facilidad la decadencia de la banda base en un osciloscopio 13 (figura 9). Esta condición es favorable para el receptor y no es posible cuando se utiliza una gran variedad de etiquetas EAS. La señal se suministra desde un generador de señales externo (por ejemplo, un generador de funciones) conectado a TP7 (no representado) en el TR4024. La R41 (no representada) se suprime para impedir el acoplamiento del oscilador local incorporado (U8, no representado).

El receptor de detección por saltos EAS 24 necesita saber cuando debe detectar la decadencia de la etiqueta. Para ello, se utiliza la señal de modulación de mandatos del lector RFID 22. La señal está conectada a un terminal AGC (control automático de ganancia) del mezclador/demodulador del TR4024 U17 (no representado). Este procedimiento de conexión es no invasivo, es decir, no precisa de una memoria tampón. Se utiliza una versión invertida de esta señal para realizar el mecanismo de compuerta del generador de señales externo (por ejemplo, generador de funciones), denominado también "OL externo". Esto mantiene la concordancia de la relación de fase entre la modulación de mandatos y el oscilador local, en cada "salto". Se utiliza cualquiera de estas señales para activar el osciloscopio 13.

ES 2 310 854 T3

Antena RFID de bajo Q y par de antenas EAS de recepción solo

El factor Q necesario de la antena está directamente relacionado con las señales necesarias que pasan a través de ésta. El transmisor del lector RFID debe suministrar una señal de estímulo 32 que presente flancos de modulación pronunciados. La detección por saltos se basa en la presencia de “saltos” suficientemente marcados en estos flancos. Como se ha mencionado anteriormente, el factor Q de la antena suministrada con el lector RFID 22 es de alrededor de 27. Esto proporciona un BW (ancho de banda) de solo 502 kHz, lo cual determina que el tiempo de subida mínimo t_r (tiempo que lleva la transición de la señal desde el 10% hasta el 90% de su valor final) de cualquier señal sea:

$$t_r = \frac{1}{\pi \cdot f_0} \quad (5)$$

$$t_r = 0,6\mu s$$

Con esta antena no se puede realizar la detección por saltos.

Se necesita, pues, una antena y un circuito nuevos. En la figura 14, se representa una forma de realización preferida de esta antena y circuito de antena nuevos. Cuando se crea la red de adaptación adecuada 38 para la antena del lector RFID 28 utilizando las resistencias “de-Q-ing” 40, se mide la inductancia (L) y la resistencia (R) a la frecuencia central (f_{cf}) de 13,56 MHz y a continuación se calcula el factor Q utilizando la ecuación (2). Una vez que la red de adaptación se ha conectado a la antena 28 y las resistencias de-Q-ing, se mide la respuesta de frecuencia del circuito resultante. A partir de la resonancia máxima de 13,56 MHz o un valor cercano, la respuesta decrece a medida que la frecuencia de la señal de estímulo 32 se desvía respecto del valor 13,56 MHz, en cualquier sentido. Las frecuencias a las cuales la respuesta es 3dB inferior al valor máximo constituyen el ancho de banda (BW) del circuito. Mediante la ecuación (1), se calcula el factor Q y éste se compara con el obtenido mediante la ecuación (2), comprobándose que los resultados de ambos cálculos son parecidos.

El tiempo de subida del transmisor TR4024 es del orden de 100 ns. Sustituyendo este valor en la ecuación (2), se obtiene un factor Q de antena de 4,26. El problema que se plantea es que, con una antena con un factor Q tan bajo, el intervalo de detección del sistema RFID se resentiría. Como solución de compromiso, en los experimentos se utiliza un Q de 6,4. Se llega a este valor de Q añadiendo en serie las resistencias de-Q-ing (1%) disponibles, con lo cual el valor Q del circuito de antena se reduce hasta un valor lo más cercano posible de 4,26. El resultado es la presencia de flancos de caída pronunciados en la señal de estímulo 32. Debe tenerse en cuenta que es posible utilizar un intervalo de valores de Q por ejemplo de 6 a 7, en el que el valor máximo de Q viene limitado por la necesidad de mantener un flanco de modulación pronunciado, mientras que el valor mínimo de Q viene limitado por la capacidad del lector RFID de hacer frente al ruido dentro de banda, ya que cuanto más bajo es Q, más alto es el ancho de banda y el ruido dentro de banda.

El factor Q medido de la nueva antena 28 es de alrededor de 6,4. Esto da por resultado un tiempo de subida de 150 ns, cercano al objetivo de 100 ns. La forma de onda medida en la antena de bajo Q se representa en la figura 13.

Como se ha mencionado anteriormente, este factor Q más bajo se obtiene simplemente añadiendo las resistencias de-Q-ing en serie a cada lado del bucle inductivo. La R añadida y el hecho de que la L del nuevo cuadro sea mayor exigen una red de transformación de impedancia nueva. Se utiliza la misma topología en la nueva adaptación. En particular, se incorpora una red tipo L diferencial 38 (figura 14) que transforma la impedancia de la antena en 200 ohms (solo real, es decir, resistiva). Un simetrizador 42 (preferentemente, un simetrizador Ruthroff) convierte esta impedancia diferencial de 200 ohms en una carga en modo común de 50 ohms (solo real también), capaz de ser excitada por el transmisor de 50 ohms por medio de un cable coaxial (no representado). En la figura 14, se representa un esquema de la antena y el circuito de adaptación nuevos.

El simetrizador 42 es de uso común en la transmisión RF, ya que provee la interfaz entre una red de transmisión desequilibrada (señal inalámbrica de entrada) y un sistema equilibrado (la demodulación RF), de ahí la denominación en inglés “balun” (BALanced-Unbalanced). En particular, la estructura de la antena es la de una antena de cuadro de alambre (equilibrada), mientras que la salida del lector RFID 22 requiere una terminación única con referencia a tierra (desequilibrada). El simetrizador Ruthroff utiliza 10 espiras desequilibradas por 20 espiras equilibradas. En general, una red de tipo L transforma una impedancia (real y reactiva) en otra impedancia (por ejemplo, real solo). En particular, la salida del lector RFID 22 espera detectar una impedancia de 50 ohms (real solo). El simetrizador transforma los 50 ohms de impedancia desequilibrada en 200 ohms de impedancia equilibrada de la red de tipo L 38.

Se utiliza una antena de recepción separada para detectar la decadencia de la etiqueta EAS. La finalidad de esta antena separada es reducir la energía de 13,56 MHz acoplada en el receptor EAS. Solo como recordatorio, la decadencia de la etiqueta EAS se produce a la frecuencia resonante natural de la etiqueta, u 8,2 MHz nominalmente. La capacidad de detectar esta señal pequeña en presencia de una señal RFID de 13,56 MHz mucho mayor es clave para la operación de detección por saltos. Cuando se reduce la energía RFID acoplada en el receptor EAS, utilizando antenas separadas, se reduce la carga de los filtros del receptor.

ES 2 310 854 T3

La nueva antena 30 es una antena de cuadro de 5 espiras con un diámetro de 5". El número de espiras se elige de tal forma que la impedancia resultante de la antena sea similar a la que normalmente detectará el TR4024 con el cuadro Checkpoint Liberty™ PX2.

Para obtener una transición de caída brusca 32B, la modulación de la frecuencia portadora de 13,56 MHz da mejores resultados que la modulación de frecuencias portadoras más altas. Como puede observarse muy claramente en la figura 15, cuando se produce la modulación, la amplitud de la portadora se atenúa con un único ciclo de la señal de 13,56 MHz, generándose de ese modo una pendiente pronunciada entre el componente no modulado 32A y el componente modulado 32C. Por el contrario, una frecuencia portadora más alta (por ejemplo, de 20 MHz) requiere algunos ciclos de amplitud intermedia para obtener el componente modulado 32C' (a partir del componente no modulado 32A'). En este caso, se produce una transición de caída menos pronunciada y más redondeada (por lo tanto, menos deseable) 32B'. En la figura 16, se representa la caída de energía rápida (durante la modulación) obtenida utilizando el lector RFID modificado 22 de la presente invención 20 en comparación con la caída de energía obtenida utilizando lectores RFID convencionales.

Emissiones de radiación según la regulación europea

La energía que acumula la etiqueta EAS cuando se estimula a 13,56 MHz es inferior a la que acumula cuando se estimula a los valores EAS habituales comprendidos entre 7,4 y 8,7 MHz. No obstante, este problema puede mitigarse en parte utilizando un estímulo de mayor magnitud, siendo limitado el valor máximo de éste por los organismos reguladores. En los párrafos siguientes, se trata de cuantificar el incremento permitido de la corriente de la antena cuando se utiliza una fuente de energía de 13,56 MHz.

Existen diferencias significativas entre los campos magnéticos permitidos en la banda EAS de 8 MHz y los permitidos en la banda ISM de 13,56 MHz. La banda ISM es una banda sin licencia y, en consecuencia, permite un campo magnético mucho más grande. Debido a los diferentes patrones de frecuencias e impulsos relacionados, no es aplicable la comparación directa. No obstante, si se combinan los datos de las pruebas y una fórmula de campo magnético básica, se puede alcanzar un resultado. Se supone que se utiliza la misma antena para la comparación.

Las especificaciones establecen que para la banda EAS está permitido un valor de 51 dBuV/m a 30 m. El detector utilizado es de tipo casi cresta. En la banda RFID ISM, el límite es de 84 dBuV/m a 30 m. El detector también es de tipo casi cresta.

Un detector de casi cresta aporta una medida del "factor de molestia" de una señal particular. Este detector tiene en cuenta el ciclo de trabajo de la señal y la frecuencia de repetición de impulsos (PRF). Cuanto más baja sea la PRF, más baja será la medición de casi cresta, en comparación con una medición de cresta. Para una señal CW, no existe ninguna diferencia entre una medición de casi cresta y una medición de cresta. El patrón de transmisión Checkpoint Strata™ habitual presenta una diferencia de 5,4 dB entre las mediciones de cresta y de casi cresta.

Además, es necesario considerar los efectos de frecuencia. Se utiliza la siguiente fórmula de campo magnético para campo magnético lejano:

$$H_{\theta} = \frac{-\pi^2 \cdot a^2 \cdot I \cdot e^{-jkr} \cdot \sin \theta}{\lambda^2} \quad (6)$$

en la que H_{θ} es la intensidad de campo magnético y λ es la longitud de onda (por ejemplo, 22,1 m). Teniendo en consideración la dependencia con la longitud de onda expresada en el denominador, se produce un incremento del campo magnético de 8,7 dB cuando se utiliza la banda de 13,56 MHz, en comparación con la banda de 8,2 MHz. En la Tabla 1, se calcula el incremento de corriente permitido.

TABLA 1

Comparación entre los niveles de emisiones de radiación europeos de 8,2 MHz y 13,56 MHz

Banda	Límite de casi cresta a 30 m	Conversión de límite de cresta
Banda EAS de 8,2 MHz	51 dBuV/m	56,4 dBuV/m
Banda ISM de 13,56 MHz	84 dBuV/m	84 dBuV/m
	ganancia	27,6 dB
	Efectos frec.	-8,7 dB
	neto	18,9 dB

En resumen, la corriente del transmisor puede experimentar un incremento de 18,9 dB o de 8,8x.

ES 2 310 854 T3

Hasta ahora, la descripción se ha centrado en la portadora de 13,56 MHz. Existen límites estrictos para las denominadas bandas laterales o la energía emitida a frecuencias distintas a $13,56 \pm 7$ kHz. En particular, los límites experimentan un descenso de 33,5 dB para la energía fuera de la banda de ± 7 kHz. A 150 kHz de la portadora, el límite desciende otros 10 dB. Estas restricciones de banda lateral deben tenerse en consideración cuando se incrementa la corriente del transmisor o cuando se utiliza una antena de bajo Q para obtener flancos de modulación pronunciados. Hasta ahora, no se observa ningún incremento detectable en las bandas laterales cuando se utiliza la antena de bajo Q en los experimentos.

Obstáculos

Una antena de bajo Q deja entrar más ruido de banda ancha en el receptor RFID. Se supone que la pequeña caída de detección RFID es debida a la menor cantidad de corriente de antena desde el transmisor y no al ruido de banda ancha introducido en el receptor. Se desconoce la degradación exacta del rendimiento RFID. Se desconoce qué porcentaje de la disminución de rendimiento corresponde al ruido de receptor añadido.

La antena de bajo Q también desperdicia energía. La caída de corriente de la antena puede calcularse mediante la ecuación siguiente:

$$\Delta I = \sqrt{\frac{Q_2}{Q_1}} \quad (7)$$
$$\Delta I = \sqrt{\frac{6,4}{27}}$$
$$= 0,49$$

Parte de esta energía desperdiciada puede ser compensada conmutando activamente las resistencias Q. De hecho, cambiando los valores de las resistencias en paralelo con la antena, es posible cambiar la amplitud y el factor Q. Esto da por resultado una antena (y un factor Q) fija para amplitudes del 100%. En el momento de la modulación, pueden añadirse resistencias adicionales para bajar la amplitud en un 18% de conformidad con la especificación ISO 15693. Las resistencias añadidas reducen el Q de la antena y, todavía más importante, generan los flancos de modulación pronunciados deseados para la operación de detección por saltos. Debe tenerse en cuenta que cualquier resistencia en serie con la antena puede convertirse en una resistencia en paralelo equivalente. Es esta resistencia en paralelo equivalente la que puede cambiarse en el momento de la modulación. En la figura 17, se representa un esquema de este concepto. Por último, puede utilizarse un amplificador de clase D como transmisor para reducir todavía más el “desperdicio” de energía.

Para facilitar la implementación, se utiliza un filtro Generics en el TR4024 modificado. La atenuación a 13,56 MHz se mide a aproximadamente 20 dB. No se observa pérdida por inserción. Debe tenerse en cuenta que, como parte del filtro, Generics recomienda modificar la relación de espiras del transformador de salida. Esto no se incluye en los cambios de detección por saltos. Por consiguiente, el rendimiento del filtro puede mejorar.

Pueden conseguirse aumentos de rendimiento con filtros perfeccionados. Un cambio inmediato consiste en implementar por completo los cambios de Generics. A partir de ahí, es necesario colocar filtros activos en varias etapas del receptor. Deberán incorporarse filtros de banda de paso de retroalimentación múltiple (MFBP) con amplificadores operacionales de alta velocidad y bajo ruido. Se puede demostrar que se necesitan 100 dB de atenuación cuando los sistemas EAS y RFID utilizan la misma antena. Con antenas separadas, la cantidad de filtrado necesaria es inferior. Lo que se necesita exactamente depende del coeficiente de acoplamiento entre las dos antenas. Como sucede con los sistemas de detección de impulsos, la respuesta transitoria de cualquier filtro resulta crucial para una arquitectura de receptor basada en el dominio del tiempo.

El éxito global de la detección por saltos depende de los filtros del receptor EAS. La capacidad de eliminar la portadora de 13,56 MHz de la que están dotados dichos filtros afecta directamente a la distancia de detección EAS. Una vez que se ha determinado la configuración de la antena y el coeficiente de acoplamiento, pueden calcularse los requisitos de filtro exactos. En una etapa inicial, deberá implementarse por completo el filtro Generics. Con esta información, puede establecerse la correlación entre el rendimiento del filtro y la distancia de detección EAS. Se recomienda encarecidamente la implementación de un filtro activo.

Como se ha mencionado anteriormente, el factor Q de la antena es muy importante. El sistema lector de etiquetas RFID requiere un transmisor/antena de Q relativamente alto para excitar la etiqueta. En cambio, la recepción EAS depende de un sistema de bajo Q, en virtud de la separación de frecuencias de las bandas EAS y RFID. Una antena de Q conmutado activa resulta útil en ambos aspectos.

Debe tenerse en cuenta que, aunque en la forma de realización preferida el receptor EAS realiza la detección cuando la transición de modulación es una “transición de caída” 32B (en la que la señal es inferior a la señal de 13,56 MHz de la “transición de subida”), la detección de la respuesta natural de la etiqueta EAS debida a la transición de subida 32D está comprendida dentro del alcance más amplio de la presente invención 20. Preferentemente, la transición de subida 32D también es pronunciada por las mismas razones descritas previamente con respecto a la transición de caída 32B.

ES 2 310 854 T3

Debe tenerse en cuenta también que las pruebas han demostrado que el receptor de detección por saltos EAS 24 y el lector RFID 22 pueden detectar sus respectivas etiquetas a una distancia de aproximadamente 0,1 segundos uno del otro. Debido a que la operación de detección por saltos es una operación simultánea RFID y EAS, no se produce ninguna pérdida de rendimiento de la operación RFID. Lo que percibe el usuario del sistema es funcionalidad en tiempo real. Por otra parte, debido a que se utiliza un único transmisor (por ejemplo, el lector RFID 22) tanto para las funciones RFID como EAS, se obtiene una reducción de costes y del tamaño del empaquetado. Por el contrario, cuando en otros casos se trata de acoplar los sistemas RFID con los sistemas EAS, se utilizan los respectivos transmisores con una antena compartida o separada. Para evitar la interferencia RF, es necesario utilizar los sistemas en secuencia, en un formato de multiplexación por división del tiempo. En esencia, en dicha configuración solo funciona un sistema, el RFID o el EAS, en un momento determinado, mientras el otro sistema se mantiene a la espera. El resultado es una degradación del rendimiento en ambos sistemas y una funcionalidad que no llega a ser de tiempo real.

Aunque la presente invención se ha descrito en detalle y haciendo referencia a ejemplos particulares, los expertos en la materia deducirán fácilmente que es posible realizar diversos cambios y modificaciones sin apartarse, por ello, del alcance de la misma.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para detectar una primera señal de una etiqueta de circuito resonante de vigilancia electrónica de artículos (EAS) que está sintonizada con una frecuencia de una banda de frecuencias EAS, y una segunda señal de una etiqueta de identificación por radiofrecuencia (RFID) que está sintonizada con una frecuencia de una banda de frecuencias RFID, comprendiendo dicho sistema:
- un transmisor para emitir una señal de transmisión, comprendiendo dicha señal de transmisión una señal portadora con una frecuencia de dicha banda de frecuencias RFID y que se modula en amplitud para enviar mandatos a la etiqueta RFID, comprendiendo dicha señal de transmisión unos flancos de modulación que provocan la emisión, por dicha etiqueta EAS, de dicha primera señal cuando dicha señal de transmisión incide en dicha etiqueta de circuito resonante EAS;
- un primer receptor, sintonizado con una frecuencia de dicha banda de frecuencias EAS, para recibir dicha primera señal, comprendiendo dicha primera señal la respuesta natural de dicho circuito resonante EAS y
- un segundo receptor, sintonizado con una frecuencia de dicha banda de frecuencias RFID, para recibir dicha segunda señal.
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicho transmisor y dicho segundo receptor comprenden un lector RFID.
3. Sistema según la reivindicación 2, en el que dicho transmisor y dicho segundo receptor comparten una segunda antena para transmitir dicha señal de transmisión y para recibir dicha segunda señal.
4. Sistema según la reivindicación 2, en el que dicho primer receptor también utiliza asimismo dicha segunda antena para recibir dicha primera señal.
5. Sistema según la reivindicación 4, en el que dicha antena común comprende un factor Q de aproximadamente 6,4.
6. Sistema según la reivindicación 5, en el que dicha antena común comprende una red de tipo L diferencial.
7. Sistema según la reivindicación 6, en el que dicha antena común comprende un simetrizador para convertir la impedancia diferencial en una carga en modo común.
8. Sistema según la reivindicación 5, en el que dicha antena comprende un circuito de Q conmutado.
9. Sistema según la reivindicación 4, en el que dicho primer receptor comprende una trayectoria de receptor y en el que dicha trayectoria de receptor comprende por lo menos un filtro activo para bloquear dicha señal de transmisión.
10. Sistema según la reivindicación 4, en el que dicho primer receptor comprende una trayectoria de receptor y en el que dicha trayectoria de receptor comprende unos circuitos resonantes en serie para bloquear dicha señal de transmisión.
11. Sistema según la reivindicación 3, en el que dicho primer receptor comprende una primera antena diferente a dicha segunda antena.
12. Sistema según la reivindicación 11, en el que dicha primera antena comprende una pluralidad de bucles.
13. Sistema según la reivindicación 12, en el que dicha pluralidad de bucles comprende cinco bucles.
14. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicho transmisor está configurado para un índice de modulación de aproximadamente el 10%.
15. Sistema según la reivindicación 1, en el que la potencia de salida de dicho transmisor es de 3,75 vatios.
16. Sistema según la reivindicación 1, en el que dicho flanco de modulación comprende un flanco de modulación de caída.
17. Sistema según la reivindicación 3, en el que dicha banda de frecuencias EAS comprende el intervalo de frecuencias de 7,4 MHz a 8,7 MHz.
18. Sistema según la reivindicación 17, en el que dicha frecuencia de dicha banda de frecuencias EAS es de aproximadamente 8,2 MHz.

ES 2 310 854 T3

19. Sistema según la reivindicación 3, en el que dicha frecuencia de dicha banda de frecuencias RFID es de 13,56 MHz.

20. Sistema según la reivindicación 11, en el que dicho transmisor, dicho primer receptor y dicho segundo receptor están contenidos en un único armazón.

21. Sistema según la reivindicación 20, en el que dicho único armazón está contenido en un pedestal de un par de pedestales situados en la entrada de un establecimiento comercial.

22. Sistema según la reivindicación 11, en el que dicho transmisor, dicho primer receptor y dicho segundo receptor están contenidos en un pedestal de un par de pedestales situados en la entrada de un establecimiento comercial.

23. Sistema según la reivindicación 16, en el que dicha señal de transmisión comprende asimismo un primer componente no modulado, dicho componente de flanco de modulación de caída, un componente modulado, un componente de modulación de subida y un segundo componente no modulado.

24. Sistema según la reivindicación 23, en el que dicha señal de transmisión comprende una frecuencia de 13,56 MHz.

25. Sistema según la reivindicación 24, en el que dicho flanco de modulación de caída comprende un decrecimiento brusco de la amplitud entre dicho componente no modulado y dicho componente modulado.

26. Sistema según la reivindicación 24, en el que dicho flanco de modulación de subida comprende un incremento brusco de la amplitud entre dicho componente modulado y dicho segundo componente no modulado.

27. Sistema según la reivindicación 24, en el que dicho transmisor está configurado para un índice de modulación de aproximadamente el 10%.

28. Procedimiento para detectar concurrentemente una primera señal de una etiqueta de circuito resonante de vigilancia electrónica de artículos (EAS) que está sintonizada con una frecuencia de una banda de frecuencias EAS, y una segunda señal de una etiqueta de identificación por radiofrecuencia (RFID) que está sintonizada con una frecuencia de una banda de frecuencias RFID, comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes:

(a) modular en amplitud de una señal portadora que presenta una frecuencia en dicha banda de frecuencias RFID para formar una señal de transmisión, comprendiendo dicha señal de transmisión unos flancos de modulación;

(b) emitir dicha señal de transmisión para que incida en dicha etiqueta de circuito resonante EAS y en dicha etiqueta RFID;

(c) emitir dicha primera señal por dicha etiqueta de circuito resonante EAS como respuesta a dichos flancos de modulación de dicha señal de transmisión, comprendiendo dicha primera señal la respuesta natural de dicho circuito resonante de dicha etiqueta de circuito resonante EAS;

(d) emitir dicha segunda señal por dicha etiqueta RFID como respuesta a dicha señal de transmisión; y

(e) detectar dicha primera y segunda señales.

29. Procedimiento según la reivindicación 28, en el que dicha etapa de detección de dicha primera y dicha segunda señales comprende la utilización de unas respectivas antenas para recibir dicha primera y dicha segunda señales.

30. Procedimiento según la reivindicación 28, en el que dicha banda de frecuencias EAS comprende el intervalo de frecuencias de 7,4 MHz a 8,7 MHz.

31. Procedimiento según la reivindicación 30, en el que dicha frecuencia de dicha banda de frecuencias EAS es de aproximadamente 8,2 MHz.

32. Procedimiento según la reivindicación 28, en el que dicha frecuencia de dicha banda de frecuencias RFID es de 13,56 MHz.

33. Procedimiento según la reivindicación 28, en el que dicha etapa de modulación en amplitud de dicha señal portadora comprende la implementación de un índice de modulación de aproximadamente el 10%.

34. Procedimiento según la reivindicación 28, en el que dicha etapa de emisión de dicha señal de transmisión comprende la emisión de dicha señal de transmisión con una potencia de salida de aproximadamente 3,75 vatios.

35. Procedimiento según la reivindicación 29, en el que dicha etapa de detección de dicha primera y dicha segunda señales comprende la filtración activa de dicha primera señal recibida por dicha respectiva antena.

ES 2 310 854 T3

36. Procedimiento según la reivindicación 35, en el que dicha etapa de detección de dicha primera y dicha segunda señales comprende la conmutación de resistencias Q en dicha respectiva antena.

37. Procedimiento según la reivindicación 28, en el que dicha etapa de modulación en amplitud de una señal portadora comprende las etapas siguientes:

proporcionar una señal portadora continua que no está modulada;

modular en amplitud dicha señal portadora continua para formar una señal portadora modulada en amplitud, generándose un decrecimiento brusco en amplitud al empezar dicha modulación en amplitud y formar uno de dichos flancos de modulación; y

desactivar dicha modulación en amplitud para generar dicha señal portadora no modulada, formándose otro flanco de modulación cuando se produce dicha desactivación.

38. Procedimiento según la reivindicación 37, en el que dicha etapa de desactivación de dicha modulación en amplitud comprende asimismo la creación de un incremento brusco en amplitud para formar dicho otro flanco de modulación.

39. Procedimiento según la reivindicación 37, en el que dicha señal portadora continua comprende una señal de 13,56 MHz.

40. Procedimiento según la reivindicación 39, en el que dicha modulación en amplitud comprende un índice de modulación de aproximadamente el 10%.

41. Procedimiento para detectar concurrentemente una primera señal de una etiqueta de circuito resonante de vigilancia electrónica de artículos (EAS) que está sintonizada con una frecuencia de una banda de frecuencias EAS, y una segunda señal de una etiqueta de identificación por radiofrecuencia (RFID) que está sintonizada con una frecuencia de una banda de frecuencias RFID, comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes:

(a) generar una señal de transmisión que presenta las características siguientes: un primer componente de señal oscilante que presenta una primera amplitud, un segundo componente de señal oscilante que presenta una segunda amplitud inferior a dicha primera amplitud, existiendo un decrecimiento brusco entre dicha primera amplitud y dicha segunda amplitud, y un tercer componente de señal oscilante que presenta dicha primera amplitud, existiendo un incremento brusco entre dicha segunda amplitud y dicha primera amplitud de dicha tercera señal oscilante;

(b) emitir dicha señal de transmisión para que incida en dicha tarjeta de circuito resonante EAS y en dicha tarjeta RFID;

(c) emitir dicha primera señal por dicha etiqueta de circuito resonante EAS como respuesta a dicho decrecimiento brusco de dicha señal de transmisión, comprendiendo dicha primera señal la respuesta natural de dicho circuito resonante de dicha etiqueta de circuito resonante EAS;

(d) emitir dicha segunda señal por dicha etiqueta RFID como respuesta a dicha señal de transmisión; y

(e) detectar dicha primera y dicha segunda señales.

42. Procedimiento según la reivindicación 41, en el que dicha primera señal oscilante, dicha segunda señal oscilante y dicha tercera señal oscilante comprenden una frecuencia de 13,56 MHz.

43. Sistema según la reivindicación 42, en el que dicho transmisor está configurado para un índice de modulación de aproximadamente el 10%.

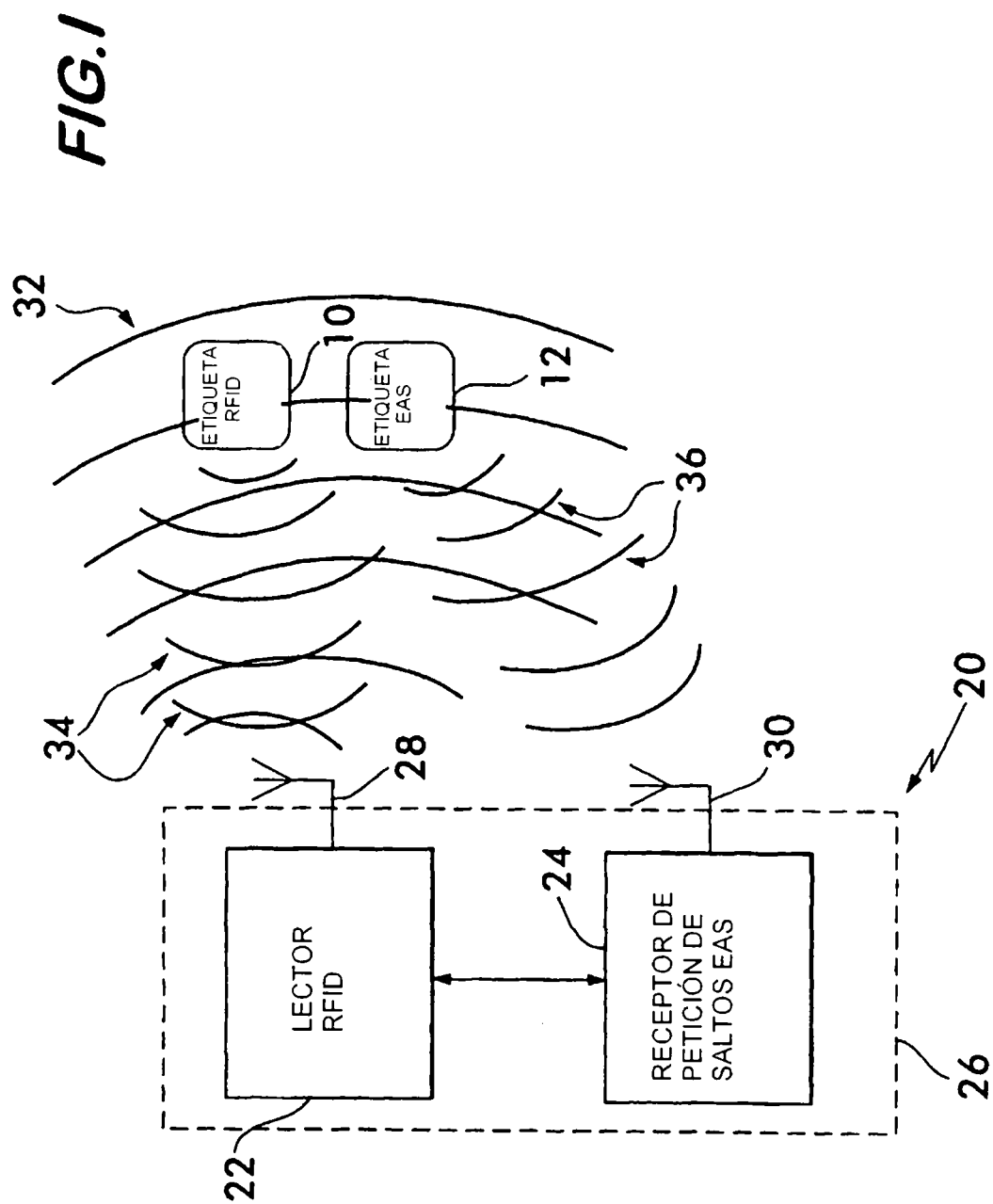


FIG.2

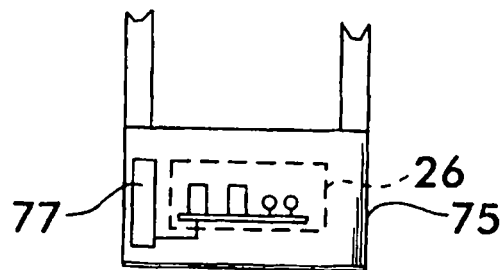
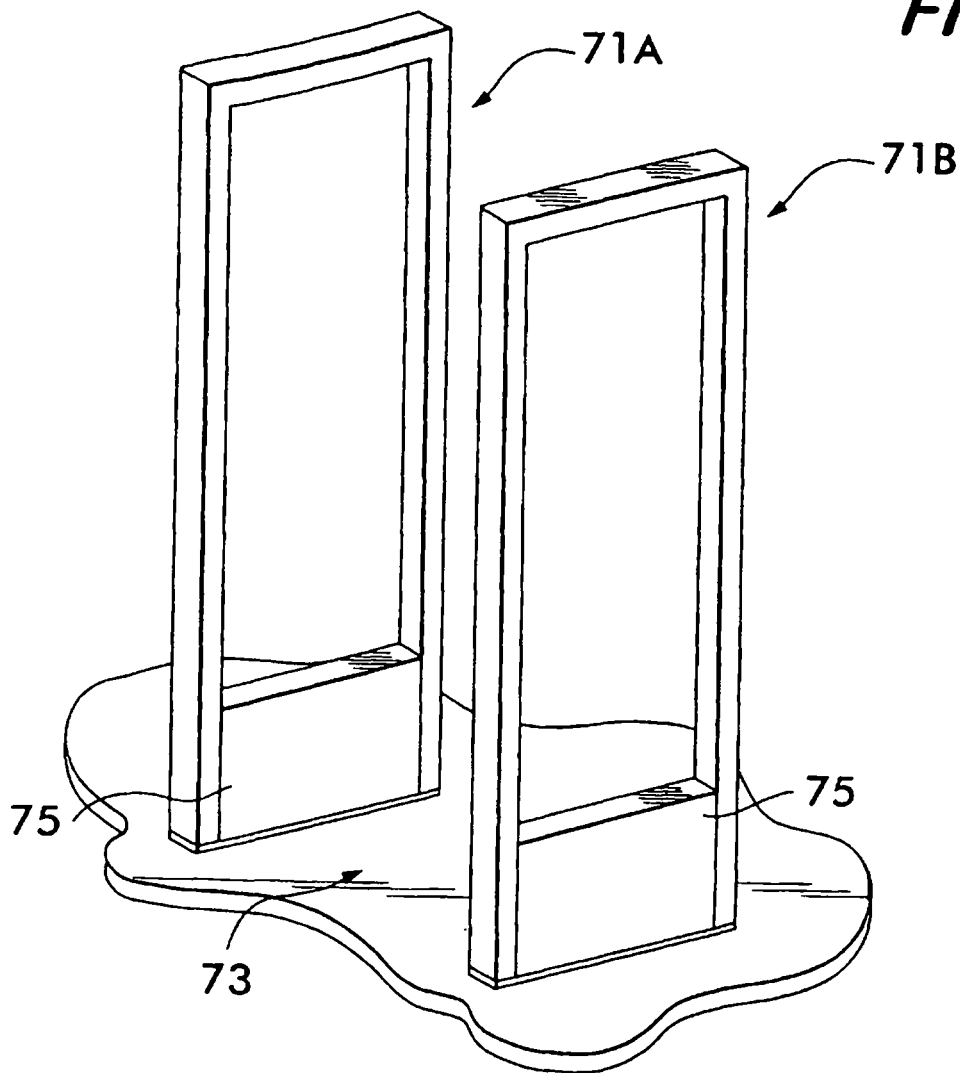


FIG.3

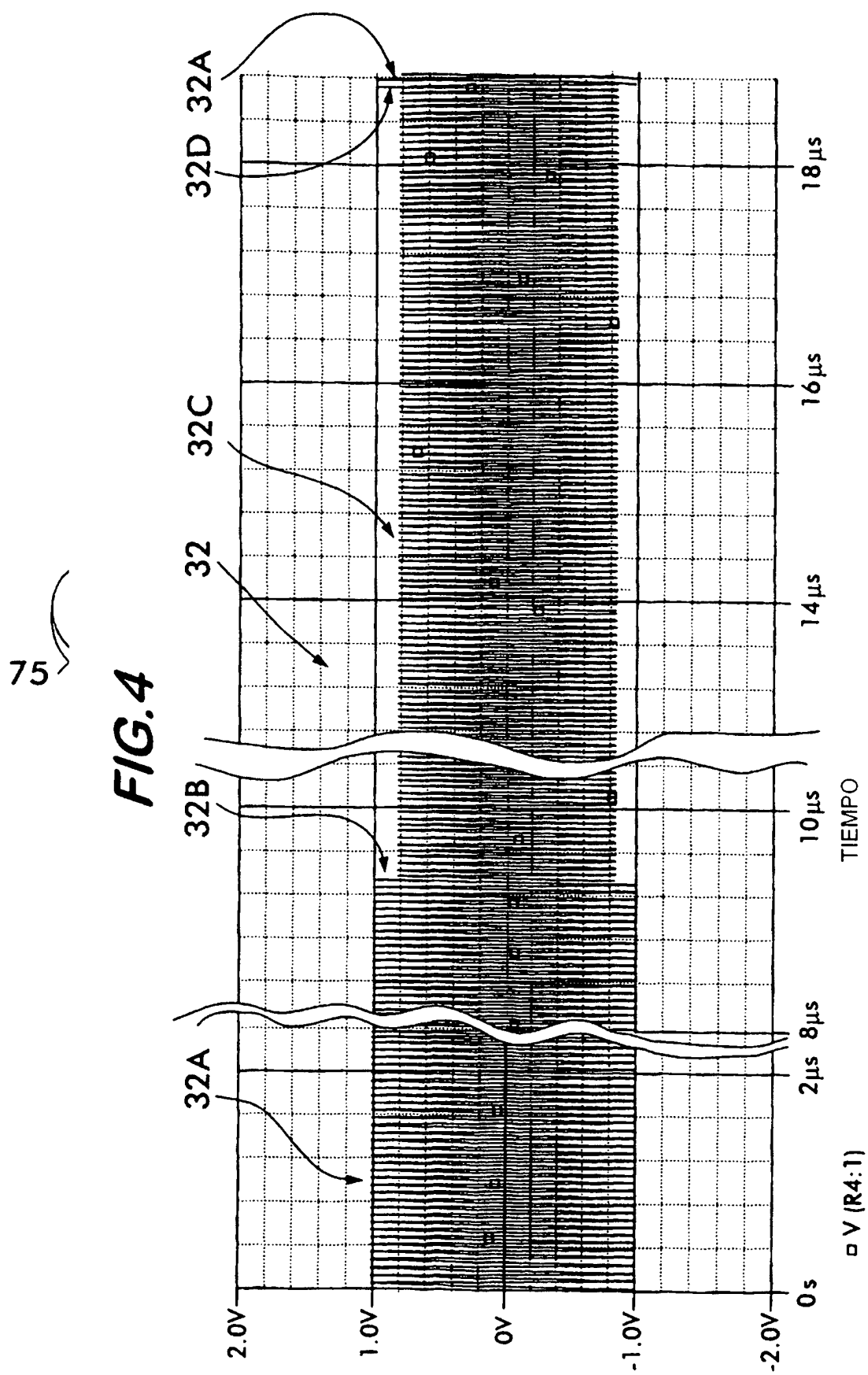
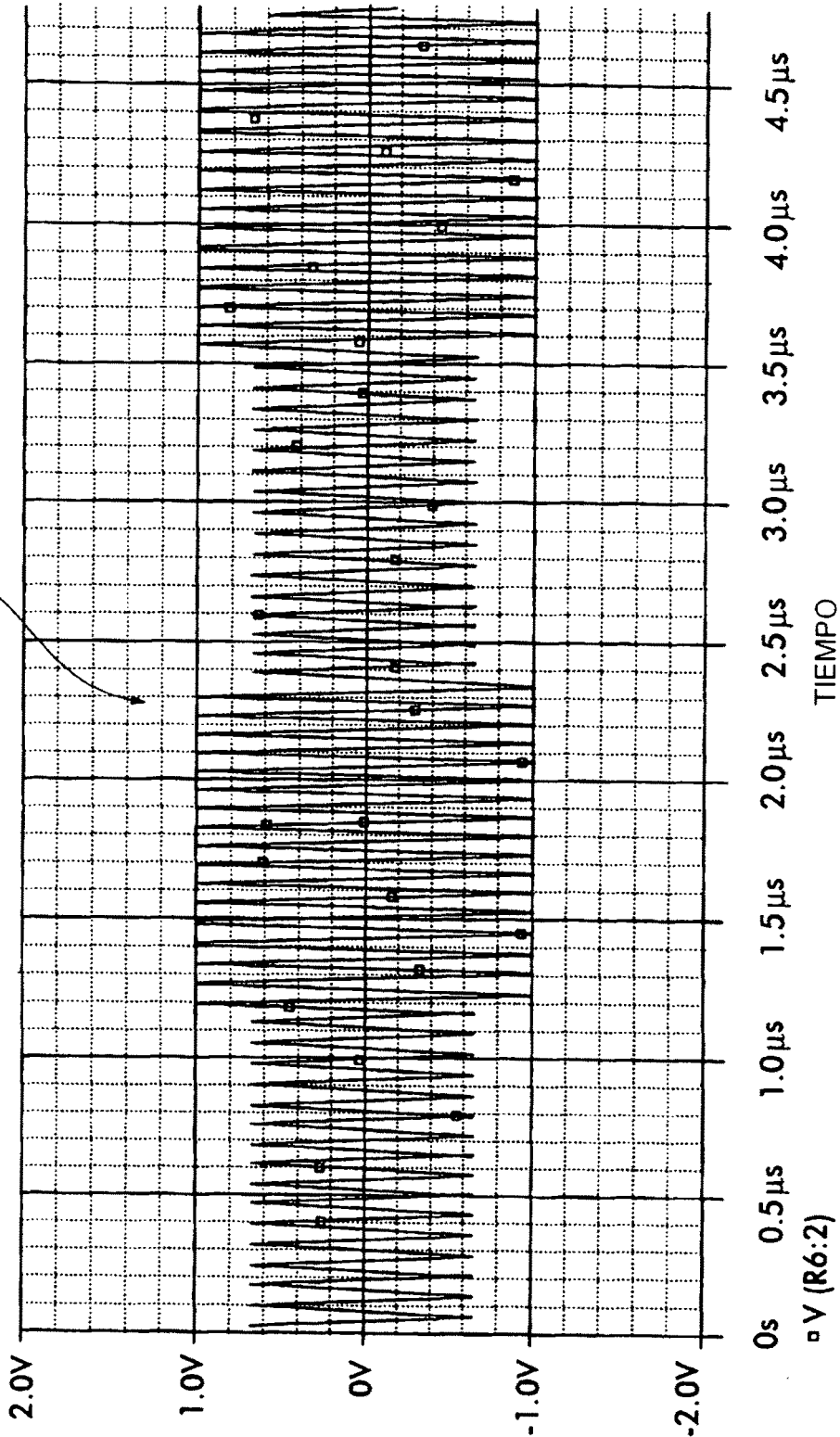


FIG.5

34



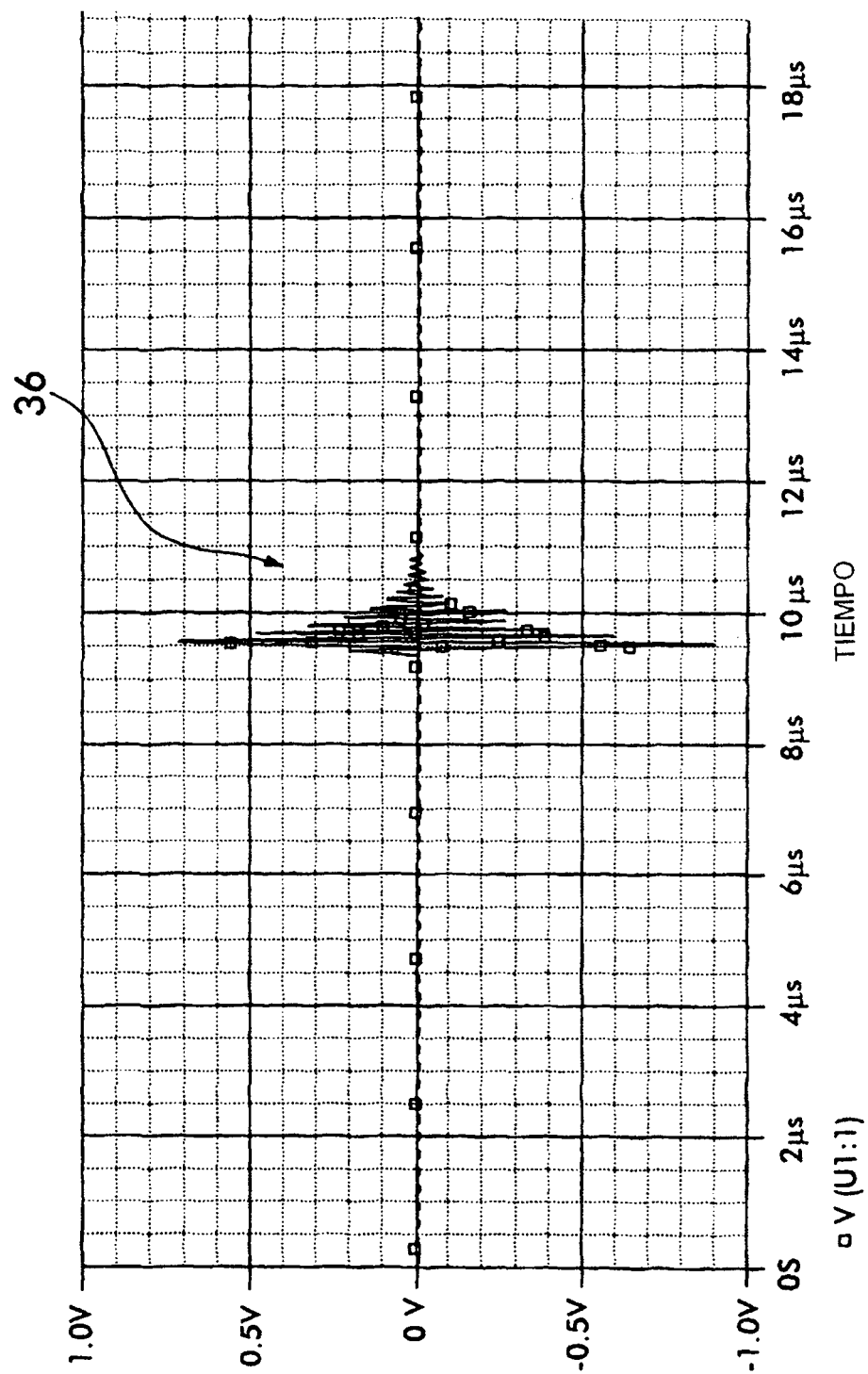


FIG.6

FIG. 7

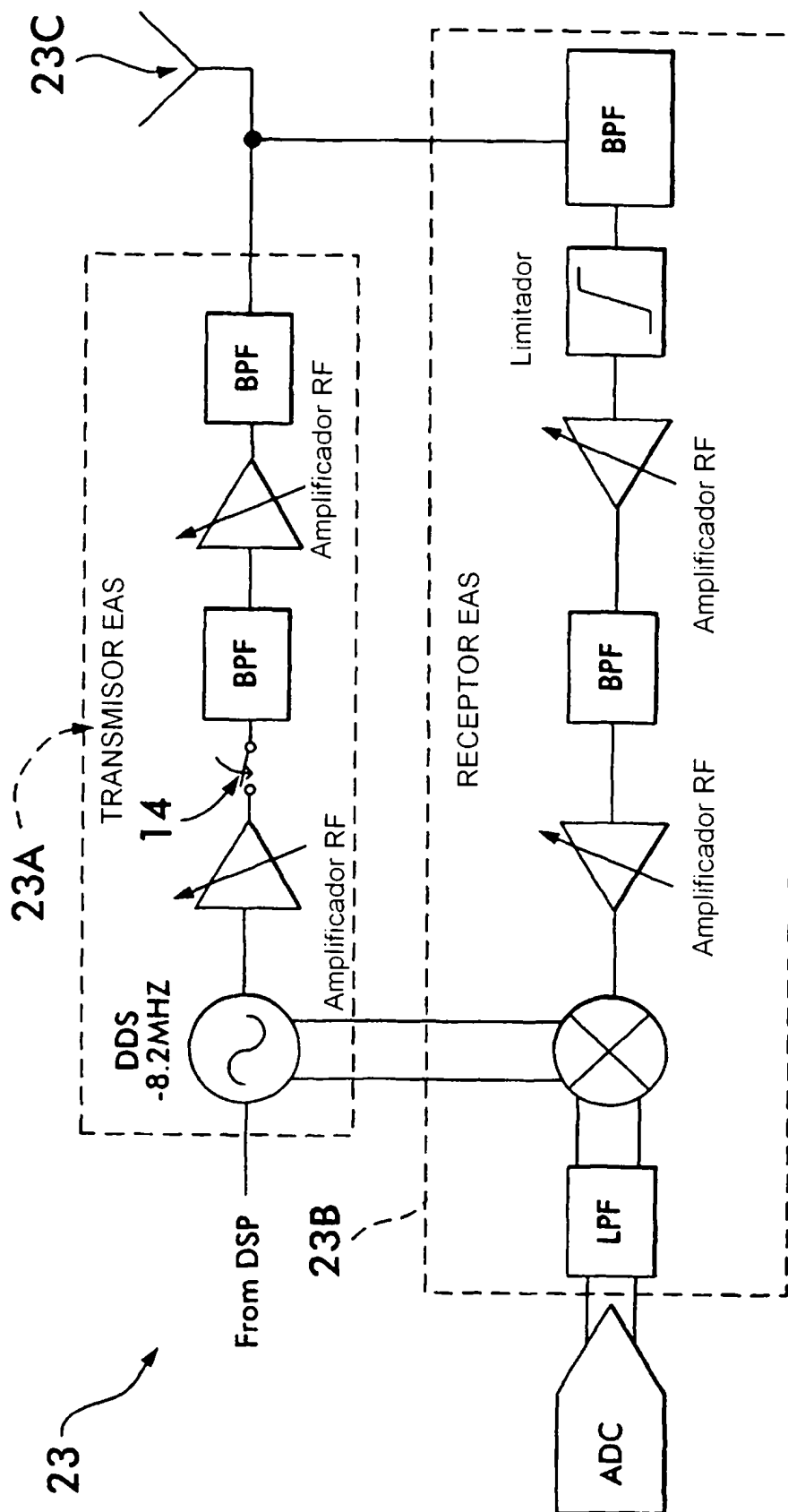


FIG.8

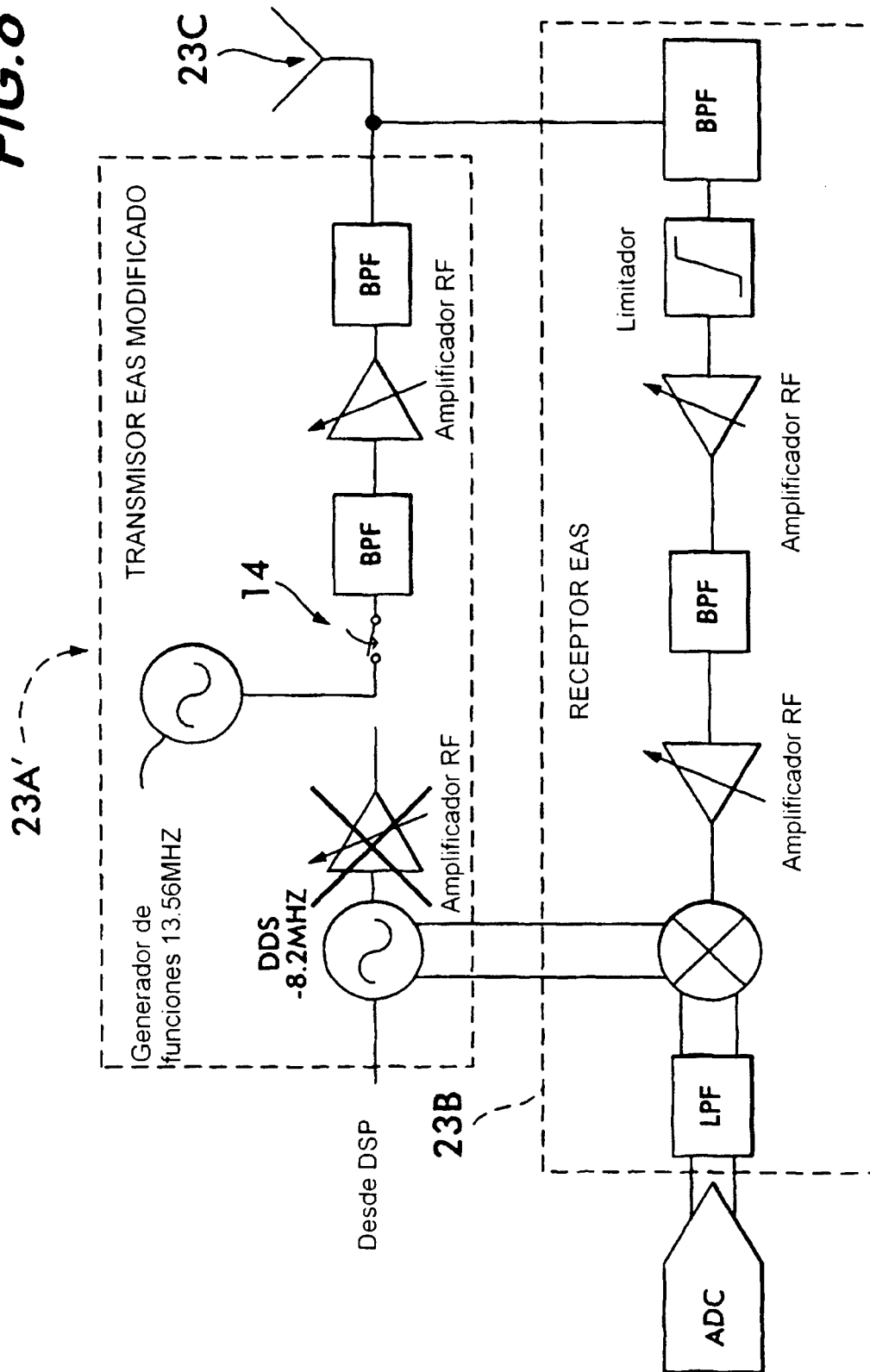


FIG.9

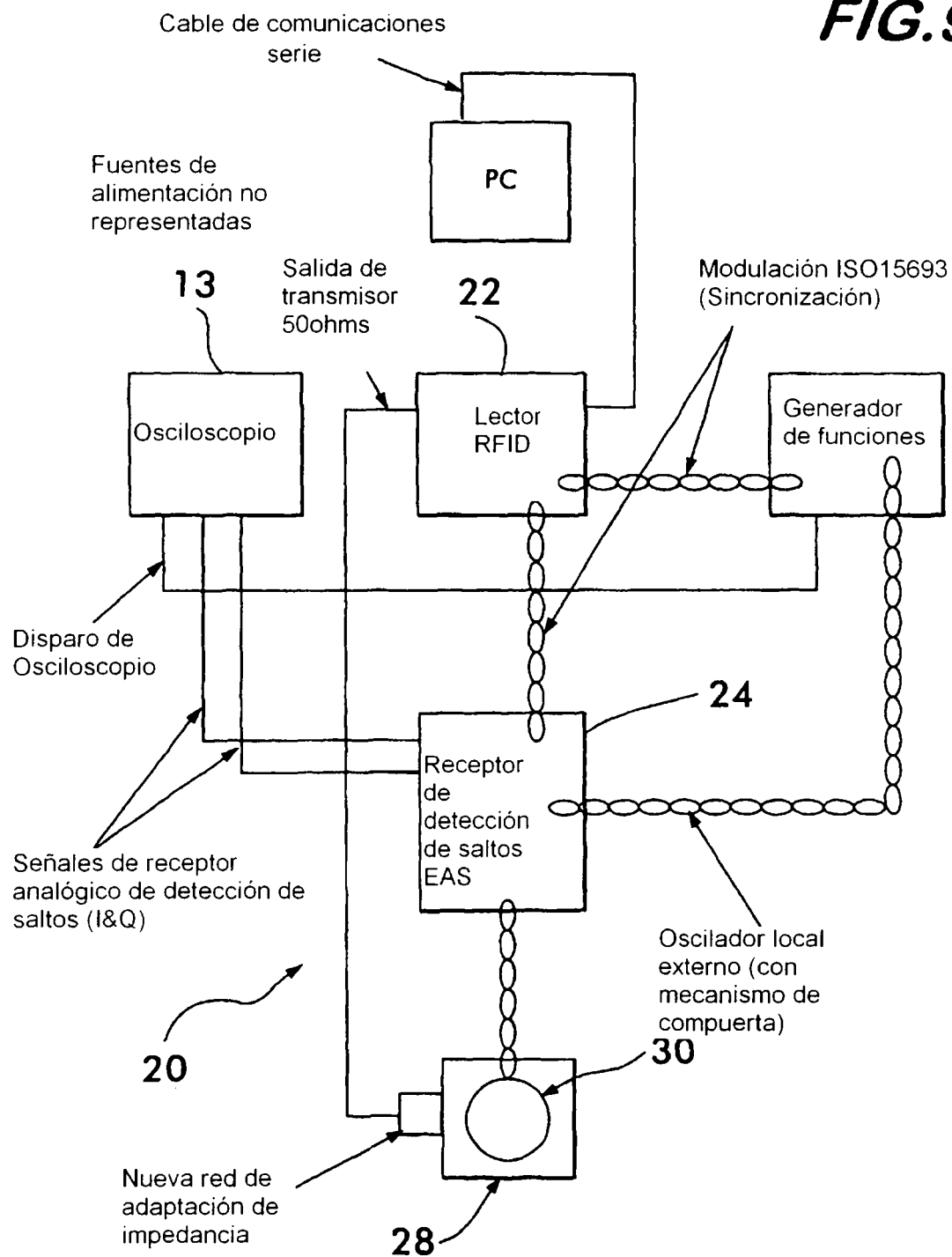


FIG.10

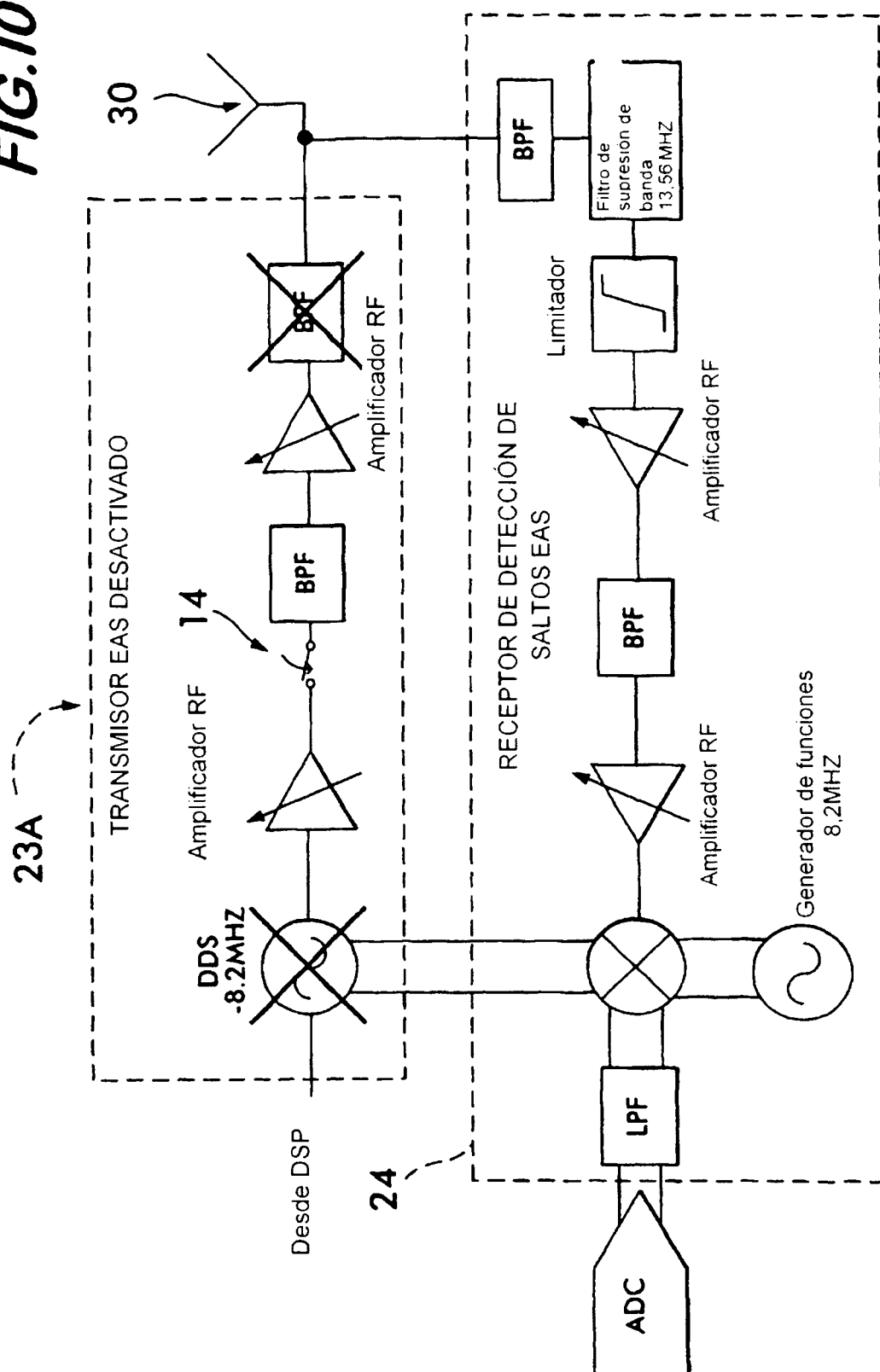


FIG.11

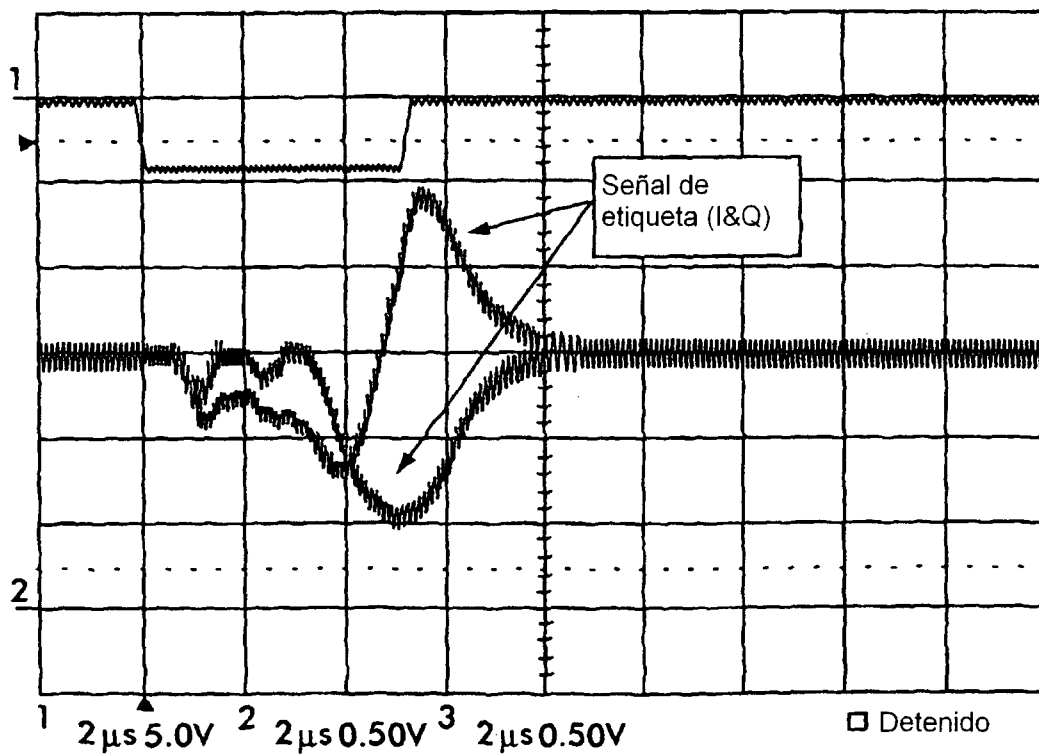
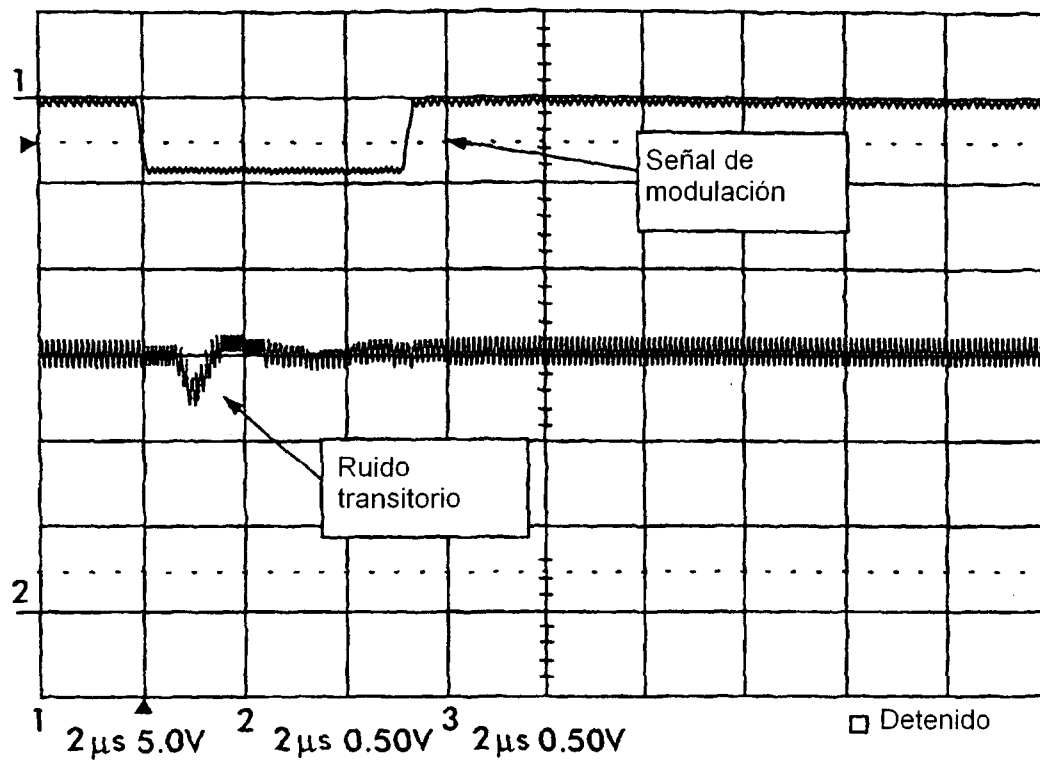


FIG.12

FIG.13

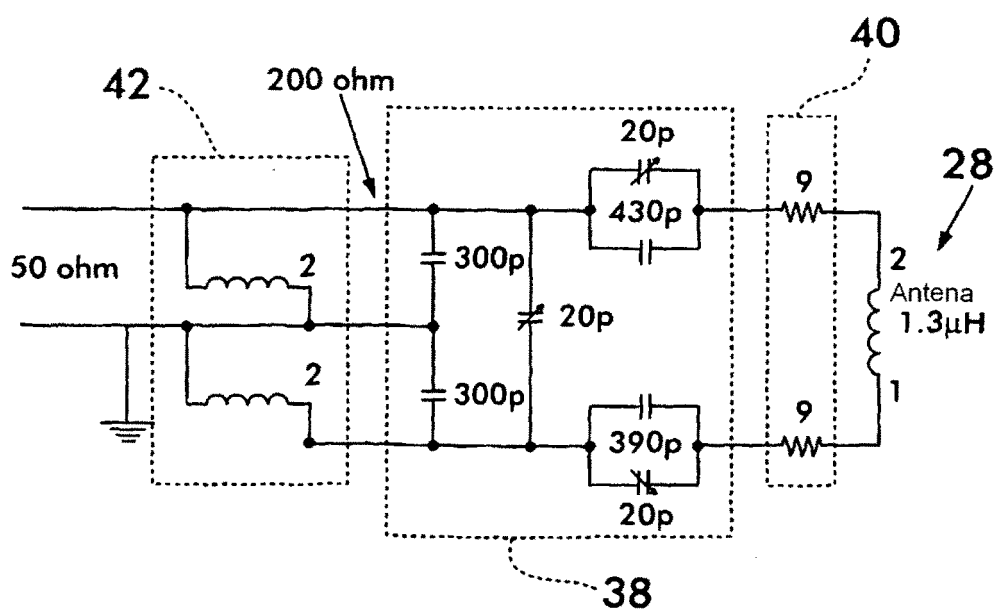
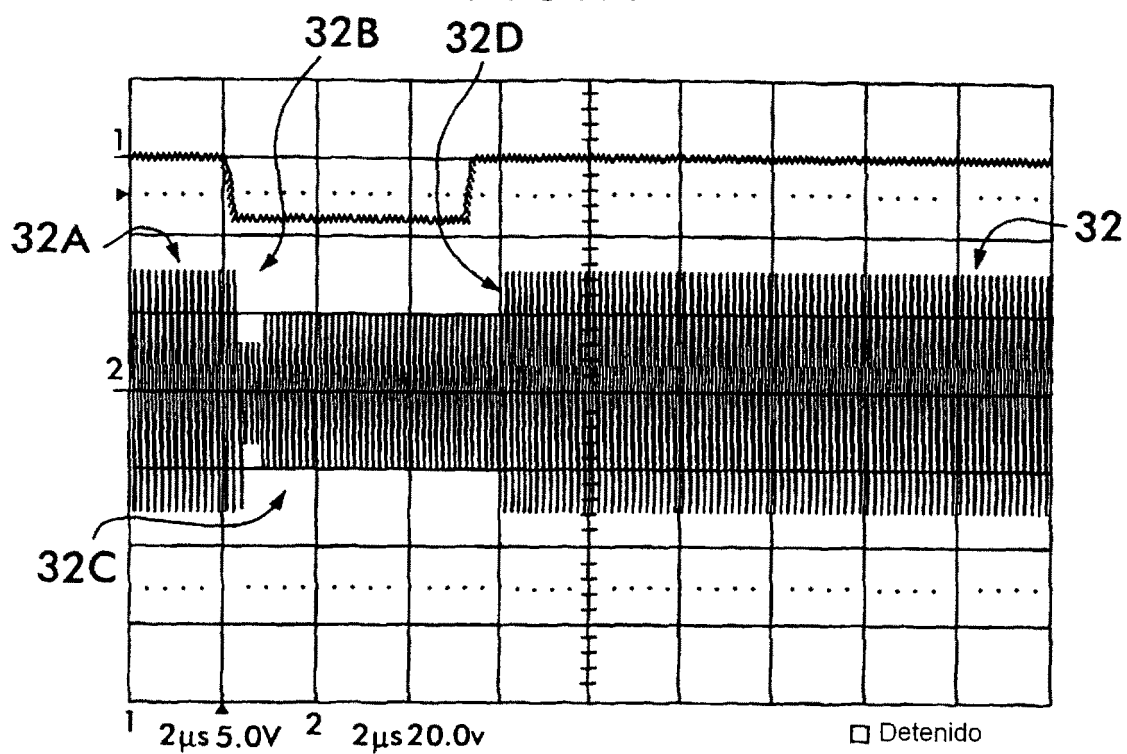


FIG.14

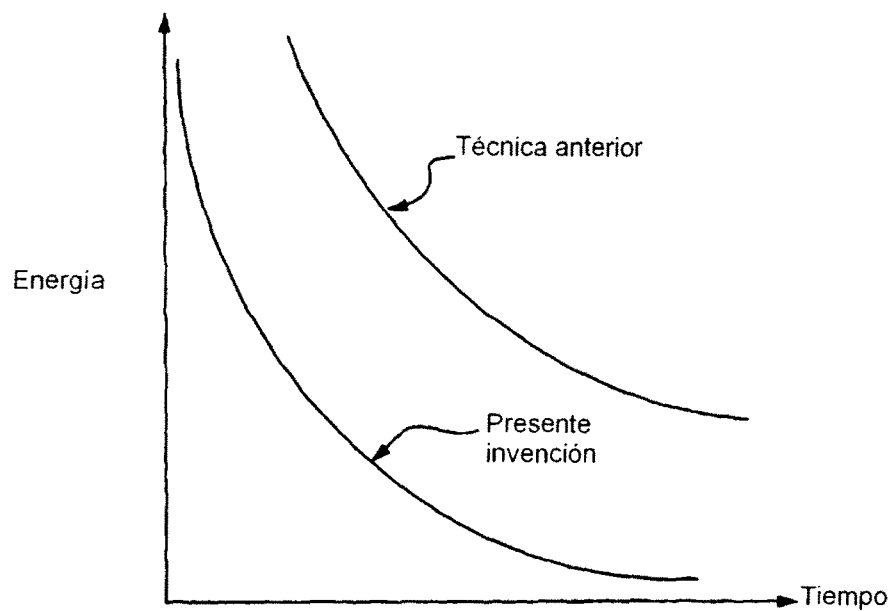
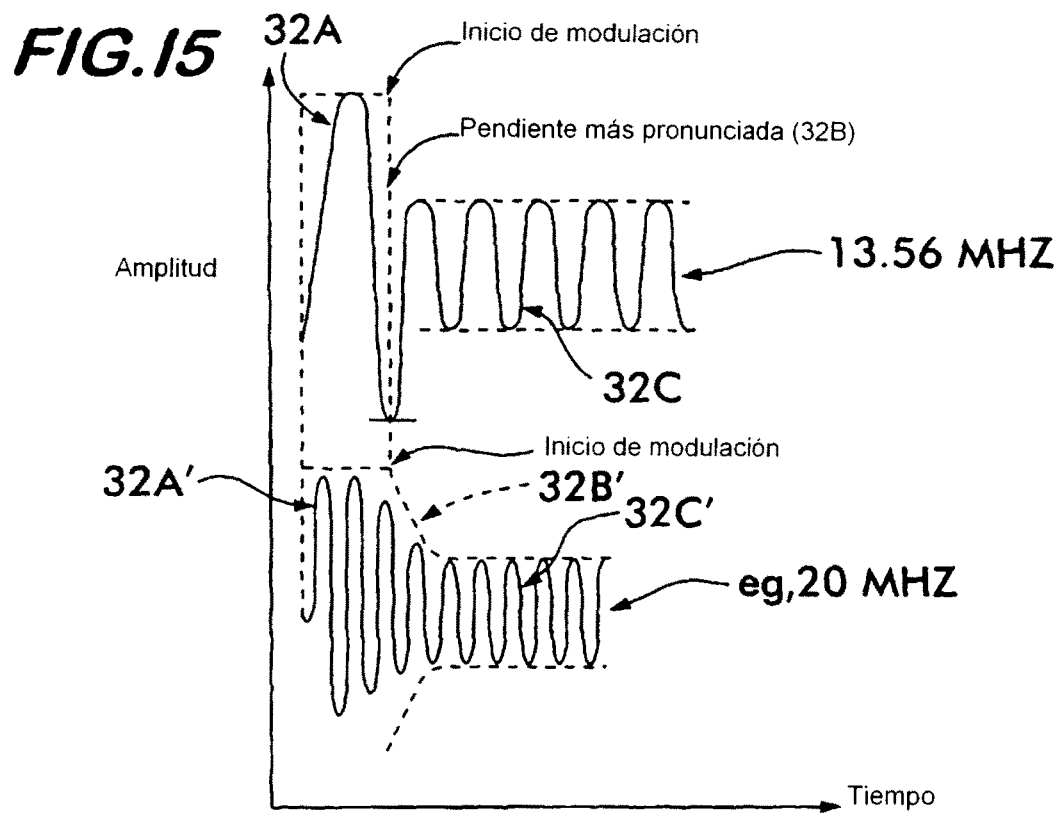


FIG.16

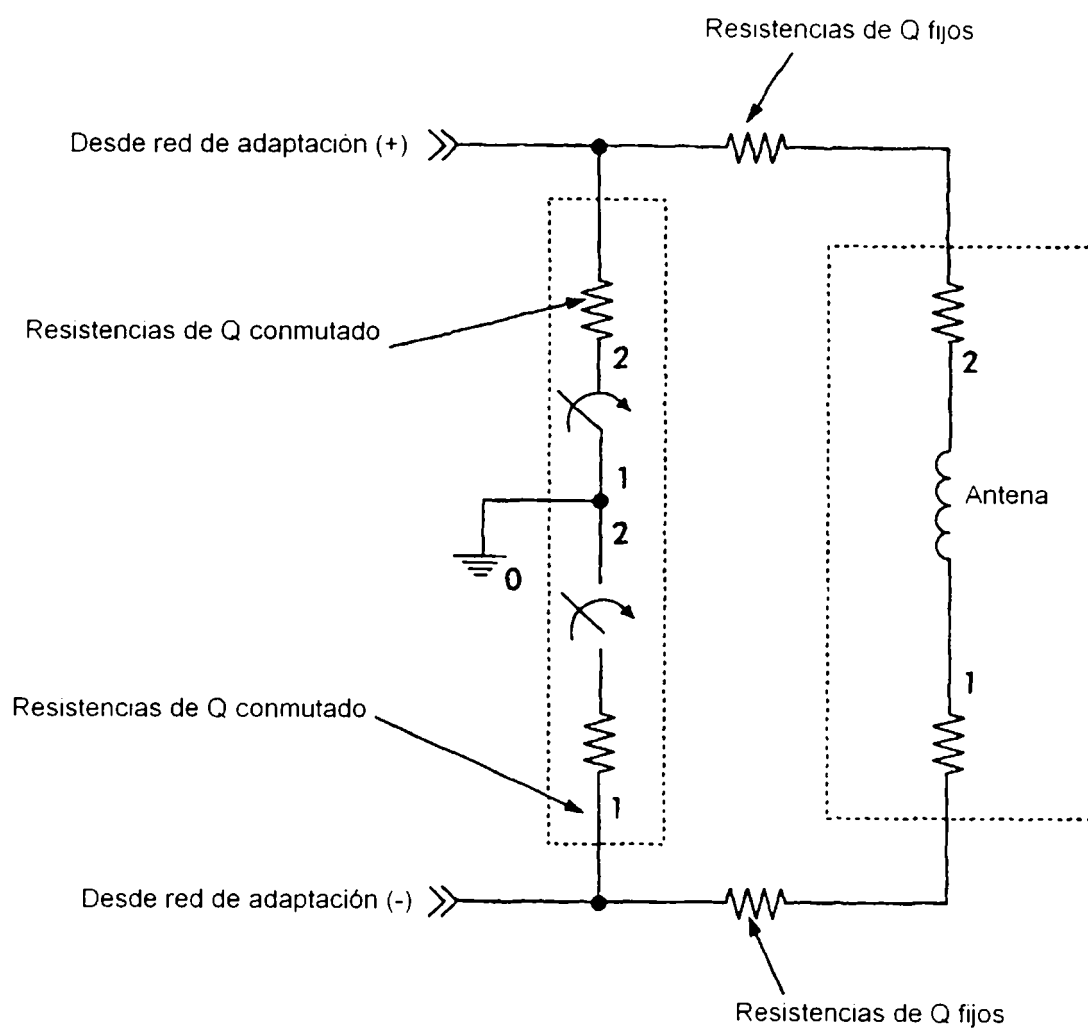


FIG. 17