

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 681 958**

51 Int. Cl.:

**G08G 1/015** (2006.01)

**G08G 1/042** (2006.01)

**G08G 1/052** (2006.01)

**G08G 1/08** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2014 PCT/US2014/055172**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2015 WO15199745**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2014 E 14772042 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018 EP 3161809**

54 Título: **Sistema y procedimiento de clasificación de vehículos**

30 Prioridad:

**25.06.2014 US 201414314637**

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

**17.09.2018**

73 Titular/es:

**GLOBAL TRAFFIC TECHNOLOGIES LLC (100.0%)  
7800 Third Street North  
St. Paul, MN 55128, US**

72 Inventor/es:

**NEUMAN, JEREMY, WILLIAM**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 681 958 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 de clasificación de vehículos

**Campo de la invención**

5 La divulgación se dirige en general a clasificar vehículos a partir de señales generadas a medida que los vehículos pasan por un bucle inductivo.

**Antecedentes**

10 Las señales de tráfico se han utilizado durante mucho tiempo para regular el flujo de tráfico en las intersecciones. En general, las señales de tráfico se han basado en temporizadores o sensores de vehículos para determinar cuándo se deben cambiar las luces de las señales de tráfico, indicando de esta manera direcciones alternantes para que el tráfico se detenga, y otras para que continúe.

En muchas instalaciones, los sensores de vehículos incluyen bucles inductivos integrados en la carretera. Una intersección puede tener bucles para cada carril de tráfico. Los bucles también se pueden usar para la recopilación de datos, tal como el recuento del número de vehículos que pasan por una intersección. Los datos recopilados se pueden usar para mejorar la temporización de la señal y planificar mejoras viales.

15 Dos parámetros que son de particular interés en el control del tráfico y la planificación vial son la clase de vehículo y la velocidad. La clase de vehículo típicamente se refiere al tipo de vehículo, tal como un automóvil, camioneta de reparto, furgoneta, vehículo con remolque, camión de caja con 2 ejes, camión de caja con más de 2 ejes, autobús y tractor - remolque. El tamaño de los vehículos y sus velocidades pueden afectar significativamente las decisiones que se toman para mejorar el flujo de tráfico.

20 Los enfoques anteriores para recopilar datos de vehículos se han limitado a sistemas de bucle dual o han proporcionado resultados inexactos. Un enfoque se basa en dos bucles inductivos integrados en un carril de una carretera. El espacio que separa los bucles y los tiempos en los que se detecta un vehículo en cada bucle se utilizan para calcular la velocidad y la longitud del vehículo. La longitud puede ser utilizada para clasificar el vehículo. El enfoque de bucle dual está limitado por la cantidad de carreteras que tienen bucles duales integrados, ya que puede haber muchas ubicaciones de carreteras en las que se desea recopilar datos de tráfico, pero esas ubicaciones solamente tienen un bucle único integrado en la carretera.

25 Aunque algunos enfoques utilizan un bucle único para estimar la velocidad de un vehículo, los resultados pueden ser inexactos. Cuando se utiliza un bucle único para recopilar datos del vehículo, es común suponer que todos los vehículos tienen la misma longitud. La velocidad puede ser estimada en función de la longitud supuesta y la cantidad de tiempo durante la que el vehículo se encuentra sobre el bucle. Sin embargo, la velocidad puede ser inexacta ya que puede haber una gran variación entre la longitud real del vehículo y la longitud asumida.

30 El documento JPH0449498 divulga un sistema de clasificación de un vehículo que pasa por un único bucle inductivo, que comprende: un oscilador acoplado al único bucle inductivo; un comparador de impulsos acoplado al oscilador, estando configurado el comparador de impulsos para generar un tren de impulsos en respuesta a una señal de salida del oscilador; un procesador acoplado al comparador de impulsos; y una memoria acoplada al procesador, en el que la memoria está configurada con una pluralidad de formas de onda modelo y con instrucciones que cuando son ejecutadas por el procesador hacen que el procesador: genere una forma de onda de señal a partir de una señal en el único bucle inductivo, generada por el paso de un vehículo; comparar la forma de onda de la señal con una primera pluralidad de formas de onda de modelo, en el que cada forma de onda de modelo está asociada con una clase de vehículo respectiva; determinar una primera forma de onda de modelo de la primera pluralidad de formas de onda de modelo que coincida con la forma de onda de la señal; datos de salida que indican la clase de vehículo correspondiente asociada con la primera forma de onda de modelo.

**Sumario**

35 La presente invención se refiere a un procedimiento de clasificación de vehículos de acuerdo con la reivindicación 1 y a un sistema de clasificación de un vehículo de acuerdo con la reivindicación 7.

El sumario anterior de la presente invención no pretende describir cada realización descrita de la presente invención. Las figuras y la descripción detallada que sigue proporcionan realizaciones ejemplares y aspectos adicionales de la presente invención.

**Breve descripción de los dibujos**

50 Otros aspectos y ventajas de la invención serán evidentes con la revisión de la descripción detallada y con referencia a los dibujos, en los que:

la figura 1 ilustra un sistema de clasificación de vehículos usando un único bucle inductivo;

la figura 2 es un diagrama de flujo de un proceso de clasificación de vehículos usando un único bucle inductivo;

5 la figura 3 es un diagrama de flujo de un proceso para determinar qué forma de onda de modelo de un conjunto de formas de onda de modelo diferentes para diferentes vehículos coincide con una forma de onda de señal generada por un vehículo;

la figura 4 es un gráfico de una forma de onda ejemplar generada por un automóvil que pasa por un único bucle inductivo;

10 la figura 5 es un gráfico de una forma de onda ejemplar generada por un tractor - remolque que pasa por un único bucle inductivo;

la figura 6 es un gráfico de una máscara de límites para un automóvil y la forma de onda de la señal generada por un automóvil superpuesta sobre la máscara de límites ; y

la figura 7 es un gráfico en el que la forma de onda de la señal generada por un automóvil no cae completamente dentro de la máscara de límites.

15 **Descripción detallada**

Los procedimientos y sistemas divulgados clasifican los vehículos que pasan por un único bucle inductivo. Además, una vez que se ha determinado la clase de un vehículo, la longitud asociada con esa clase de vehículo y el tiempo que el vehículo estuvo sobre el bucle, se pueden usar para calcular la velocidad del vehículo.

20 En una implementación, se captura la forma de onda de la señal generada por un único bucle inductivo por un vehículo que pasa. Esta forma de onda se puede denominar *forma de onda del vehículo* o *forma de onda de la señal*. La forma de onda de la señal se compara con las formas de onda de modelo en un conjunto de formas de onda de modelo. Las formas de onda de modelo están asociadas a diferentes clases de vehículos. La forma de onda de modelo que coincide con la forma de onda de la señal indica la clase del vehículo. En otra implementación, las longitudes respectivas están asociadas con las formas de onda de modelo y las clases de vehículos. En base a la longitud asociada con la forma de onda coincidente y el tiempo empleado por el vehículo para pasar por el bucle inductivo, se puede calcular la velocidad del vehículo. Los datos que representan tanto la clase del vehículo como la velocidad del vehículo pueden ser emitidos como salida para su acumulación y procesamiento posterior por medio de una aplicación de recopilación de datos.

30 La figura 1 ilustra un sistema de clasificación de vehículos usando un único bucle inductivo. En una implementación, el bucle inductivo 102 es un cable conductor aislado que está integrado en una ranura poco profunda en el carril 104 de una carretera 106. El tamaño, la forma y el número de vueltas en el bucle inductivo pueden variar de acuerdo con los requisitos de implementación. Alternativamente, el bucle podría ser un magnetómetro que está integrado en el pavimento o colocado en un conducto debajo del pavimento.

35 El bucle está acoplado a un oscilador 108 en el detector 110. El detector funciona en conjunto con el bucle 102 para generar señales de salida y datos de salida discretos en base a cambios inductivos en el bucle. El oscilador es un circuito LC en una implementación ejemplar y genera una frecuencia de resonancia basada en la inductancia presente en el bucle. La frecuencia del oscilador depende del nivel de inductancia en el bucle, y la presencia de un vehículo 111 cambia el nivel de inductancia que produce un cambio en la frecuencia.

40 El comparador de impulsos 112 está acoplado al oscilador, y recibe el nivel de voltaje analógico generado por el oscilador y convierte el nivel de voltaje en un tren de impulsos digitales. La frecuencia de salida del comparador de impulsos es la misma que la frecuencia de entrada del oscilador del bucle.

45 Un procesador 114, tal como un microcontrolador, está acoplado para recibir como entrada el tren de impulsos desde el comparador de impulsos. El procesador mide la frecuencia del tren de impulsos generado por el comparador de impulsos y de esta manera establece un bucle de control sin realimentación. La frecuencia del tren de impulsos de entrada se mide contando un número específico de impulsos. El número de impulsos especificado puede ser determinado por la configuración de sensibilidad del dispositivo que es un valor de entrada configurable. Se establece un período de tiempo de referencia determinando el tiempo requerido para contar el número especificado de impulsos en la inicialización del bucle de control. Una vez que se establece el período de tiempo de referencia, el procesador calcula las duraciones respectivas de los períodos de tiempo activos sucesivos. La duración de cada período de tiempo activo es el tiempo necesario para contar el número especificado de impulsos. Un cambio en la frecuencia, tal como el causado por un vehículo en el bucle, cambia el tiempo requerido para contar el número especificado de impulsos.

Un gráfico de forma de onda puede ser construido a partir de las duraciones de los períodos de tiempo activo con relación al período de tiempo de referencia, y los tiempos relativos actuales al final de cada período activo. La coordenada "y" de un punto del gráfico de forma de onda se calcula como la diferencia entre el período de tiempo de referencia y un período de tiempo activo, y el tiempo relativo actual al final del período de tiempo activo es la coordenada "x". La figura 4 muestra un gráfico de forma de onda ejemplar. Cuando los valores de la coordenada "y" de la forma de onda son menores que un umbral, que puede estar basado en una configuración de sensibilidad configurable, los puntos pueden ser almacenados para representar un vehículo individual. Los puntos almacenados pueden ser denominados como una *forma de onda del vehículo* o una *forma de onda de la señal*. Estos puntos almacenados se pueden usar para ejecutar el algoritmo de clasificación que se describe a continuación. Cuando el valor calculado de la coordenada "y" es mayor que el umbral, el valor puede ser descartado, lo que indica que no hay ningún vehículo presente.

El procesador 114 está acoplado a la disposición de memoria 116. La disposición de memoria 116 está configurada con formas de onda de modelo 118 y puede incluir múltiples niveles de memoria caché y una memoria principal. La disposición de memoria también puede ser configurada con un código de programa que es ejecutable por el procesador para realizar los procesos y algoritmos que se describen en la presente memoria descriptiva. El procesador compara la forma de onda del vehículo con las formas de onda de modelo 118 almacenadas para determinar el tipo de vehículo que pasa. En función de un valor de longitud asociado con el tipo de vehículo que pasa y la duración de la forma de onda del vehículo, el procesador calcula la velocidad del vehículo.

La circuitería 120 de entrada / salida y comunicación está acoplada al procesador. La circuitería de E / S y comunicación puede proporcionar interfaces para la comunicación inalámbrica y / o por cable, de los datos generados, por ejemplo. La circuitería de E / S y comunicación puede proporcionar además una interfaz para el almacenamiento retentivo de datos generados, tal como en una memoria no volátil (no mostrada). El procesador 114, que ha determinado el tipo de vehículo y la velocidad del vehículo, puede emitir de salida datos que indican el tipo y la velocidad. El procesador también, alternativamente, puede almacenar en la memoria 116 o en la memoria no volátil la información asociada con cada vehículo detectado, tal como el tipo y la velocidad.

Aunque se ilustra único un bucle inductivo de un carril de tráfico, se apreciará que el detector puede ser expandido para clasificar los vehículos que se desplazan en múltiples carriles de tráfico. Por ejemplo, el detector 110 puede ser configurado con múltiples osciladores que están conectados a bucles inductivos respectivos en diferentes carriles de tráfico. El detector puede ser configurado adicionalmente con múltiples comparadores de impulsos que están conectados a múltiples osciladores, respectivamente. Los comparadores de impulsos pueden estar acoplados al procesador para proporcionar trenes de impulsos respectivos como se ha descrito más arriba. El procesador procesa cada tren de impulsos como se ha descrito más arriba y clasifica los vehículos en cada uno de las carriles de tráfico como se describe a continuación.

En una implementación ejemplar, las formas de onda de modelo pueden ser diferentes para diferentes bucles inductivos. Por ejemplo, la memoria 116 en el detector 110 puede estar configurada con formas de onda de modelo 118 que están adaptadas para el bucle inductivo 102. Puede haber múltiples conjuntos de formas de onda de modelo, siendo adecuado cada conjunto para un bucle inductivo particular o un tipo de bucle inductivo, y el procesador puede ser instruido para seleccionar y usar uno de los conjuntos de formas de onda de modelo para que coincida con la forma de onda de la señal de acuerdo con el bucle inductivo particular.

La figura 2 es un diagrama de flujo de un proceso de clasificación de vehículos usando un único bucle inductivo. En el bloque 202, se genera una forma de onda de señal a partir de una señal generada en un único bucle inductivo por un vehículo que pasa. La forma de onda de la señal generada se puede representar como un conjunto ordenado por tiempo de valores de datos muestreados, que pueden ser procesados por un microprocesador programado.

En el bloque 204, la forma de onda de la señal se compara con las formas de onda en un conjunto de formas de onda modelo. Las formas de onda de modelo pueden ser configuradas en una memoria antes de operar el sistema para recopilar datos del vehículo. Las formas de onda de modelo son representativas de los vehículos en una clase, y cada una puede ser un conjunto de valores de muestra ordenados por tiempo. Alternativamente, cada forma de onda de modelo puede estar representada por un valor que indica el número de picos negativos en una o unas formas de onda generadas por uno o más vehículos representativos de la clase. Los *picos negativos* pueden ser denominados alternativamente como *valles*. Cada forma de onda de modelo puede ser generada a partir de un único vehículo representativo o puede ser una composición de varios vehículos representativos. Como se explicará más adelante, en algunas implementaciones las máscaras de límites respectivas pueden representar algunas formas de onda de modelo.

La forma de onda de modelo que coincide con la forma de onda de la señal es determinada en el bloque 206. Se puede determinar una coincidencia usando enfoques alternativos. En un enfoque, que se muestra en las figuras 3 - 7 y se describe con más detalle a continuación, la coincidencia se desarrolla en dos fases. En la primera fase, la forma de onda de la señal se compara con las formas de onda de modelo de clases maestras. Cada clase maestra tiene una forma de onda de modelo asociada, y al menos algunas de las clases maestras tienen subclases respectivas.

5 Las subclases respectivas de cada clase maestra también tienen formas de onda de modelo asociadas, que en una implementación ejemplar son máscaras de límites. Cada clase maestra generalmente categoriza un rango de longitudes de vehículo. Por ejemplo, una primera clase maestra puede abarcar automóviles de pasajeros, camionetas de reparto y furgonetas; una segunda clase maestra puede abarcar vehículos con remolques y camiones de caja; una tercera clase maestra puede abarcar camiones de caja, autobuses y otros vehículos con más de 2 ejes; y una cuarta clase maestra puede abarcar tractor - remolques.

En otro enfoque, la forma de onda de la señal se compara con las formas de onda de modelo para diferentes vehículos sin el uso de clases maestras y subclases. Una coincidencia puede ser determinada como la forma de onda de modelo que tiene valores de muestra que coinciden más estrechamente con la forma de onda de la señal.

10 En el bloque 208 se determina la clase de vehículo asociada con la forma de onda de modelo coincidente, y en el bloque 210 se determina la longitud del vehículo de la clase de vehículo. En una implementación ejemplar, los datos que indican las clases y longitudes del vehículo pueden ser almacenados en una memoria en asociación con las formas de onda de modelo. Por lo tanto, una vez que es determinada la forma de onda de modelo coincidente, los datos asociados que indican la clase y longitud del vehículo se pueden leer de la memoria.

15 La velocidad del vehículo se calcula en el bloque 212. La longitud del vehículo y la duración de la forma de onda de la señal se pueden usar en el cálculo. Una longitud de campo del bucle 102 está almacenada en la memoria. La longitud asociada con la clase de vehículo y la forma de onda de modelo se puede utilizar para calcular la velocidad con la siguiente ecuación:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Longitud del vehículo} + \text{Longitud del campo}}{\text{Duración de la forma de onda}} * \text{Factor de conversión}$$

20 El factor de conversión traduce las unidades de longitud y las unidades de duración de forma de onda en unidades adecuadas para transmitir información de velocidad del vehículo.

En el bloque 214, los datos que indican la clase y la velocidad del vehículo se emiten de salida a una aplicación de recopilación de datos, por ejemplo. Alternativamente, la emisión de salida de los datos puede implicar almacenar los datos en una disposición de memoria local.

25 La figura 3 es un diagrama de flujo de un proceso para determinar qué forma de onda de modelo de un conjunto de formas de onda de modelo diferentes para diferentes vehículos coincide con una forma de onda de señal generada por un vehículo. El proceso de la figura 3 incluye dos fases generales. En la primera fase, el proceso determina qué forma de onda de modelo de una clase maestra coincide con la forma de onda de la señal. En la segunda fase, el proceso determina qué forma de onda de modelo de una subclase de la clase maestra coincidente coincide con la forma de onda de la señal.

30 La primera fase examina el recuento de picos negativos de la forma de onda de la señal frente a los recuentos de picos negativos de las formas de onda de modelo de las clases maestras. En el bloque 302 se determina el recuento de picos negativos de la forma de onda de la señal. En una implementación ejemplar, se puede usar un algoritmo de detección de picos como se implementa en el software generalmente disponible que se ejecuta en un procesador para determinar el número de picos negativos. Se puede introducir un parámetro de configuración al algoritmo de detección de picos con el fin de hacer coincidir la sensibilidad del algoritmo con la sensibilidad de los circuitos que produjeron la forma de onda de la señal del bucle inductivo.

35 Ejemplos de picos negativos en formas de onda para un automóvil y para un tractor - remolque se muestran en las figuras 4 y 5, respectivamente. La forma de onda 400 en la figura 4 tiene un pico negativo en el punto de la curva indicada por el número de referencia 402. La forma de onda 500 de la figura 5 tiene cuatro picos negativos en los puntos 502, 504, 506 y 508.

40 Volviendo a continuación a la figura 3, en el bloque 304 el recuento de picos negativos de la forma de onda de la señal se compara con el recuento de picos negativos de la forma de onda de modelo de la clase maestra. Puesto que la coincidencia de la forma de onda de la señal con una clase maestra implica comparar recuentos de picos negativos, la forma de onda de modelo de una clase maestra no necesita almacenarse como un conjunto de valores de muestra ordenados por tiempo. Por el contrario, la forma de onda de modelo de cada clase maestra puede indicarse mediante el número de picos negativos. Se determina que la clase maestra que tiene un número de picos negativos igual al número de picos negativos en la forma de onda de la señal es la clase maestra coincidente.

45 Una vez que la forma de onda de la señal se ha hecho coincidir con una forma de onda modelo de una clase maestra, la segunda fase procede a hacer coincidir la forma de onda de la señal con una forma de onda de modelo de subclase de la clase maestra coincidente. Las formas de onda de modelo de subclase de las clases maestras se

establecen antes de operar el sistema de clasificación de vehículos. Se debe tener en cuenta que todas las subclases de vehículos dentro de una clase tienen formas de onda modelo que tienen el mismo número de valles.

Antes de activar el sistema de clasificación de vehículos, las formas de onda de modelo de subclase son configuradas en el sistema, ya sea por el usuario final, tal como un ingeniero de tráfico o por el fabricante del sistema. Para cada subclase, se captura la forma de onda de la señal generada por un vehículo representativo de la subclase. Alternativamente, las formas de onda de señal generadas por múltiples vehículos representativos de la subclase se pueden capturar y combinar en una única forma de onda. La forma de onda resultante se puede interpolar para aumentar la resolución hasta un tamaño de muestra deseado. Se ha determinado que un tamaño de muestra de aproximadamente 1000 puntos proporciona una resolución suficiente para determinar la subclase del vehículo. El factor de interpolación para acomodar este tamaño de muestra se puede calcular en función de la sensibilidad del bucle (cada nivel de sensibilidad produce una frecuencia de muestreo fija) que se ha establecido en el dispositivo. Después de la interpolación, se puede generar una máscara de límites. La máscara de límites tiene límites positivos y negativos para cada muestra de la forma de onda representativa. Por ejemplo, para cada valor de muestra de la forma de onda interpolada, un valor límite positivo es igual al valor de muestra aumentado en una cantidad seleccionada, y un valor límite negativo es igual al valor de muestra disminuido en una cantidad seleccionada. Los desplazamientos positivos y negativos de la máscara de límites dependen del número de formas de onda maestras de subclase que se utilizan para clasificar el vehículo. Las cantidades desplazadas son mayores en los límites positivo y negativo si hay menos clases para acomodar las posibles formas de onda del vehículo a clasificar. Si hay un mayor número de subclases dentro de las formas de onda maestras, las cantidades de desplazamiento son menores para los límites positivo y negativo con el fin de clasificar más particularmente a los vehículos que pasan. Antes de activar el sistema de clasificación de vehículos, las máscaras de límites de forma de onda de modelo de subclase son configuradas en el sistema por el usuario final, tal como un ingeniero de tráfico o por el fabricante del sistema. Por lo tanto, las formas de onda de la máscara de límites se ajustan a la forma de onda interpolada.

La figura 6 muestra una máscara de límites para un automóvil. Los límites positivos son mostrados por la forma de onda 602, y los límites negativos son mostrados por la forma de onda 604. Volviendo a continuación a la figura 3, en el bloque 306 la forma de onda de la señal está normalizada para que coincida con las formas de onda de modelo de subclase de la clase maestra coincidente. La forma de onda de la señal se interpola para que coincida con el tamaño de muestra de las formas de onda de modelo de subclase, y el tiempo entre muestras en la forma de onda de la señal se cambia para igualar el tiempo entre muestras en las formas de onda de modelo de subclase.

En el bloque 308, la forma de onda de señal normalizada se compara con las máscaras de límites de las subclases de la clase maestra coincidente para determinar qué máscara de límites coincide con la forma de onda de la señal. La forma de onda de la señal coincide con una máscara de límites si todos los puntos de la forma de onda de la señal se encuentran entre los límites positivo y negativo de la máscara de límites. La figura 6 muestra un ejemplo en el que la onda de señal 606 generada por un vehículo que pasa por un bucle inductivo, coincide con la máscara de límites que tiene límites positivos de la forma de onda 602 y límites negativos de la forma de onda 604. Todas las muestras de la forma de onda de señal 606 están entre los límites positivos de forma de onda 602 y los límites negativos de forma de onda 604. Si la forma de onda de la señal coincide con más de una de las máscaras de límites, los desplazamientos positivos y negativos de esas formas de onda coincidentes se reducen, haciendo que la máscara de límites se estreche y se aproxime más a la señal real. La señal normalizada se puede comparar con cada máscara de límites coincidente de nuevo. Este proceso puede ser repetido hasta que la forma de onda normalizada solamente coincida con una máscara de límites de subclase única.

En algunos casos, la forma de onda de la señal puede no coincidir con ninguna de las máscaras de límites de las subclases de la clase maestra coincidente. La figura 7 muestra la máscara de límites para un automóvil y una forma de onda de señal 702. La forma de onda de señal 702 no coincide con la máscara de límites porque no todas las muestras se encuentran entre los límites positivos 602 y los límites negativos 604. Entre los puntos 712 y 714, las muestras de la señal de forma de onda son mayores que las muestras correspondientes de los límites positivos 602. Las muestras que se encuentran fuera de la máscara de límites pueden ser denominadas *puntos de fallo*. En una implementación, si la forma de onda de la señal no coincide perfectamente con ninguna de las máscaras de límites de las subclases de la clase maestra coincidente, la máscara de límites para la cual la forma de onda de la señal tiene el menor número de puntos de fallo se puede seleccionar como la máscara de límites coincidente.

En el bloque 310, el proceso emite datos que indican la máscara de límites coincidente, y los datos asociados con la máscara de límites coincidente se pueden usar entonces para determinar la longitud del vehículo como se muestra en el bloque 208 en la figura 2 y que se ha descrito más arriba.

Aunque los aspectos y características pueden en algunos casos ser descritos en figuras individuales, se apreciará que las características de una figura se pueden combinar con características de otra figura, aunque la combinación no se muestre explícitamente o se describa explícitamente como una combinación.

Se cree que la presente invención es aplicable a una variedad de sistemas de clasificación de vehículos. Otros aspectos y realizaciones de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la consi-

deración de la memoria descriptiva y la práctica de la invención que se describe en la presente memoria descriptiva. Se pretende que la memoria descriptiva y las realizaciones ilustradas se consideren solamente como ejemplos, estando indicado un alcance verdadero de la invención por las reivindicaciones que siguen.

**REIVINDICACIONES**

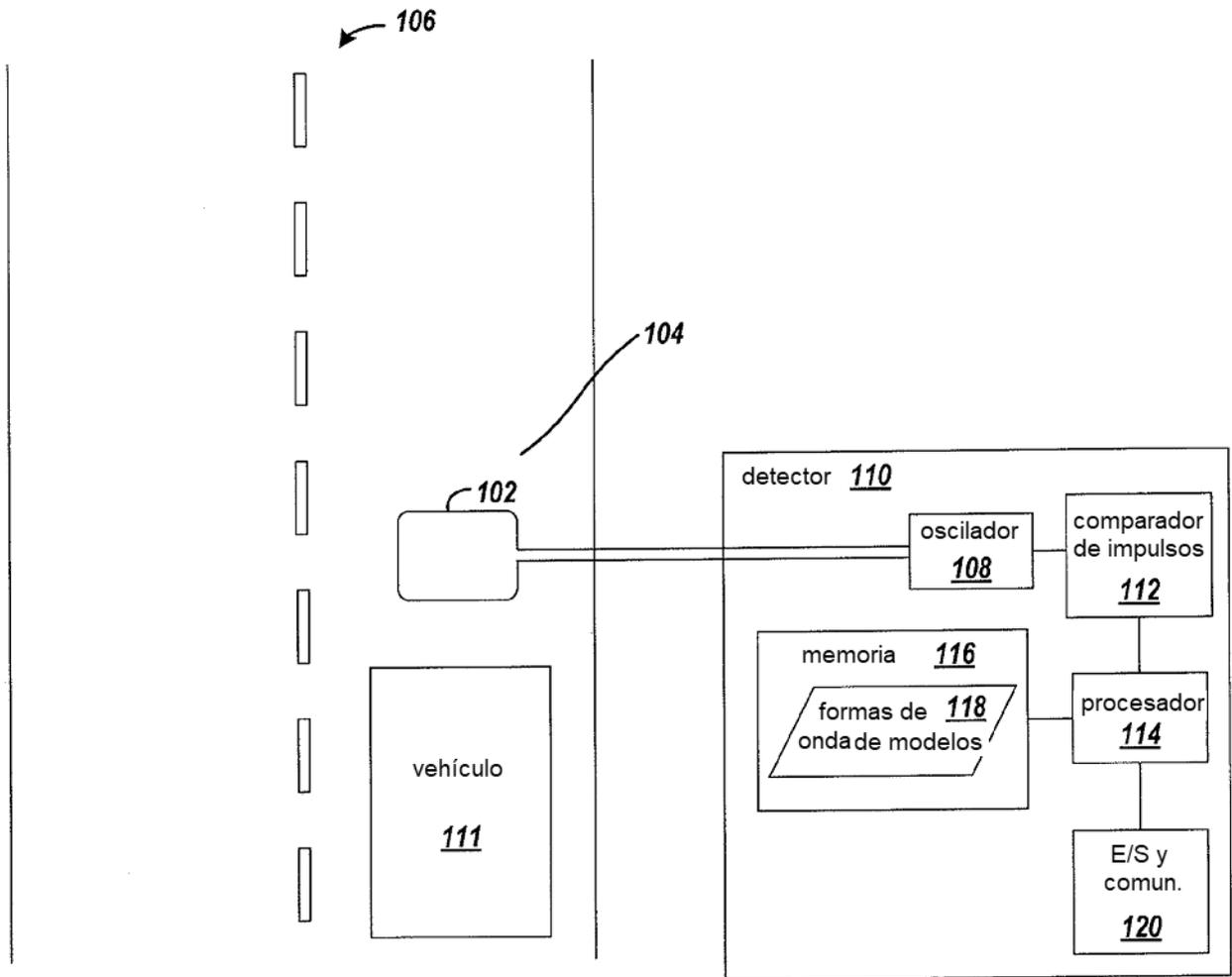
1. Un procedimiento de clasificación de vehículos, que comprende:
  - generar una forma de onda de señal a partir de una señal en un único bucle inductivo, generada por un vehículo que pasa;
  - 5           comparar la forma de onda de la señal con una primera pluralidad de formas de onda de modelo, en el que cada forma de onda de modelo está asociada con una clase de vehículo respectiva;
  - determinar una primera forma de onda de modelo de la primera pluralidad de formas de onda de modelo que coincida con la forma de onda de la señal;
  - 10           emitir de salida datos que indican la clase de vehículo respectiva asociada con la primera forma de onda de modelo;
  - en el que una o más de las clases tiene dos o más subclases de vehículos, y cada una de las subclases tiene una forma de onda de modelo asociada de una segunda pluralidad de formas de onda de modelo;
  - comparar la forma de onda de la señal con la segunda pluralidad de formas de onda de modelo de la clase respectiva; determinar una segunda forma de onda de modelo de la segunda pluralidad de formas de onda de modelo que coincida con la forma de onda de la señal; y
  - 15           emitir de salida datos que indican la subclase respectiva del vehículo asociada con la segunda forma de onda de modelo.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que cada clase respectiva de vehículo tiene un valor de longitud de vehículo asociado y el procedimiento comprende además emitir de salida el valor de la longitud de vehículo asociado con la primera forma de onda de modelo.
- 20           3. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende además:
  - determinar una duración de la forma de onda de la señal;
  - determinar una velocidad del vehículo como una función de la duración y el valor de longitud del vehículo asociado con la primera forma de onda de modelo; y
  - 25           emitir de salida datos indicativos de la velocidad del vehículo.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:
  - determinar una duración de la forma de onda de la señal;
  - determinar una velocidad del vehículo como una función de la duración y un valor de la longitud del vehículo asociado con la subclase del vehículo que está asociada con la segunda forma de onda de modelo; y
  - 30           emitir de salida datos indicativos de la velocidad del vehículo.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la determinación de la primera forma de onda de modelo de la primera pluralidad de formas de onda de modelo que coincide con la forma de onda de la señal incluye:
  - comparar un número de picos negativos en la forma de onda de la señal con los respectivos números de picos negativos en las formas de onda de modelo de la primera pluralidad de formas de onda de modelo; y
  - 35           determinar que la primera forma de onda de modelo es una forma de onda de modelo de la primera pluralidad de formas de onda de modelo que tiene un número respectivo de picos negativos más cercano al número de picos negativos en la forma de onda de la señal.
6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que la determinación de la segunda forma de onda de modelo de la segunda pluralidad de formas de onda de modelo que coincide con la forma de onda de la señal incluye:
  - 40           comparar la forma de onda de la señal con las máscaras de límites respectivas correspondientes a las formas de onda de modelo de la segunda pluralidad de formas de onda de modelo;
  - determinar si alguna de las máscaras de límites cubre o no todos los puntos de la forma de onda de la señal; y

determinar la segunda forma de onda de modelo para que sea una forma de onda de modelo de la segunda pluralidad de formas de onda de modelo que tiene una máscara de límites correspondiente que cubre todos los puntos de la forma de onda de la señal.

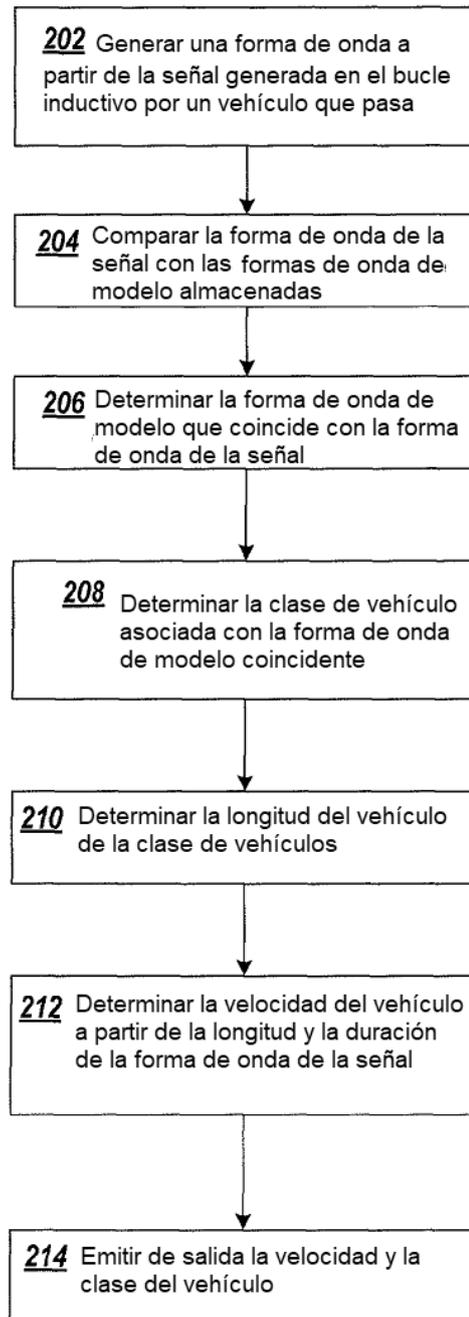
7. Un sistema de clasificación de un vehículo que pasa por un único bucle inductivo, que comprende:
- 5 un oscilador acoplado al único bucle inductivo;
- un comparador de impulsos acoplado al oscilador, estando configurado el comparador de impulsos para generar un tren de impulsos en respuesta a una señal de salida del oscilador;
- un procesador acoplado al comparador de impulsos; y
- 10 una memoria acoplada al procesador, en el que la memoria está configurada con una pluralidad de formas de onda de modelo y con instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, hacen que el procesador realice el procedimiento de la reivindicación 1.
8. El sistema de la reivindicación 7, en el que cada clase de vehículo respectiva tiene un valor de longitud de vehículo asociado, y la memoria está configurada además con instrucciones que cuando son ejecutadas por el procesador hacen que el procesador muestre el valor de longitud de vehículo asociado con la primera forma de onda de modelo.
- 15 9. El sistema de la reivindicación 8, en el que la memoria está configurada además con instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, hacen que el procesador:
- determine una duración de la forma de onda de la señal;
- 20 determine una velocidad del vehículo como una función de la duración y el valor de la longitud del vehículo asociado con la primera forma de onda de modelo; y
- emita de salida datos indicativos de la velocidad del vehículo.
10. El sistema de la reivindicación 7, en el que la memoria está configurada además con instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, hacen que el procesador:
- 25 determine una duración de la forma de onda de la señal;
- determine una velocidad del vehículo como una función de la duración y un valor de longitud del vehículo asociado con la subclase del vehículo que está asociada con la segunda forma de onda de modelo; y
- emita de salida datos indicativos de la velocidad del vehículo.
11. El sistema de la reivindicación 7, en el que las instrucciones que hacen que el procesador determine la primera forma de onda de modelo de la primera pluralidad de formas de onda de modelo que coincide con la forma de onda de la señal incluyen instrucciones que hacen que el procesador:
- 30 compare un número de picos negativos en la forma de onda de la señal con los respectivos números de picos negativos en las formas de onda de modelo de la primera pluralidad de formas de onda de modelo; y
- 35 determine la primera forma de onda de modelo para que sea una forma de onda de modelo de la primera pluralidad de formas de onda de modelo que tiene un número respectivo de picos negativos más cercano al número de picos negativos en la forma de onda de la señal.
12. El sistema de la reivindicación 11, en el que las instrucciones que hacen que el procesador determine la segunda forma de onda de modelo de la segunda pluralidad de formas de onda de modelo que coinciden con la forma de onda de señal incluyen instrucciones que hacen que el procesador:
- 40 compare la forma de onda de la señal con las máscaras de límites respectivas correspondientes a las formas de onda de modelo de la segunda pluralidad de formas de onda de modelo;
- determine si alguna de las máscaras de límites cubre o no todos los puntos de la forma de onda de la señal; y
- 45 determine la segunda forma de onda de modelo para que sea una forma de onda de modelo de la segunda pluralidad de formas de onda de modelo que tiene una máscara de límites correspondiente que cubre todos los puntos de la forma de onda de la señal.

13. El sistema de la reivindicación 12, en el que la memoria está configurada además con instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, hacen que el procesador:

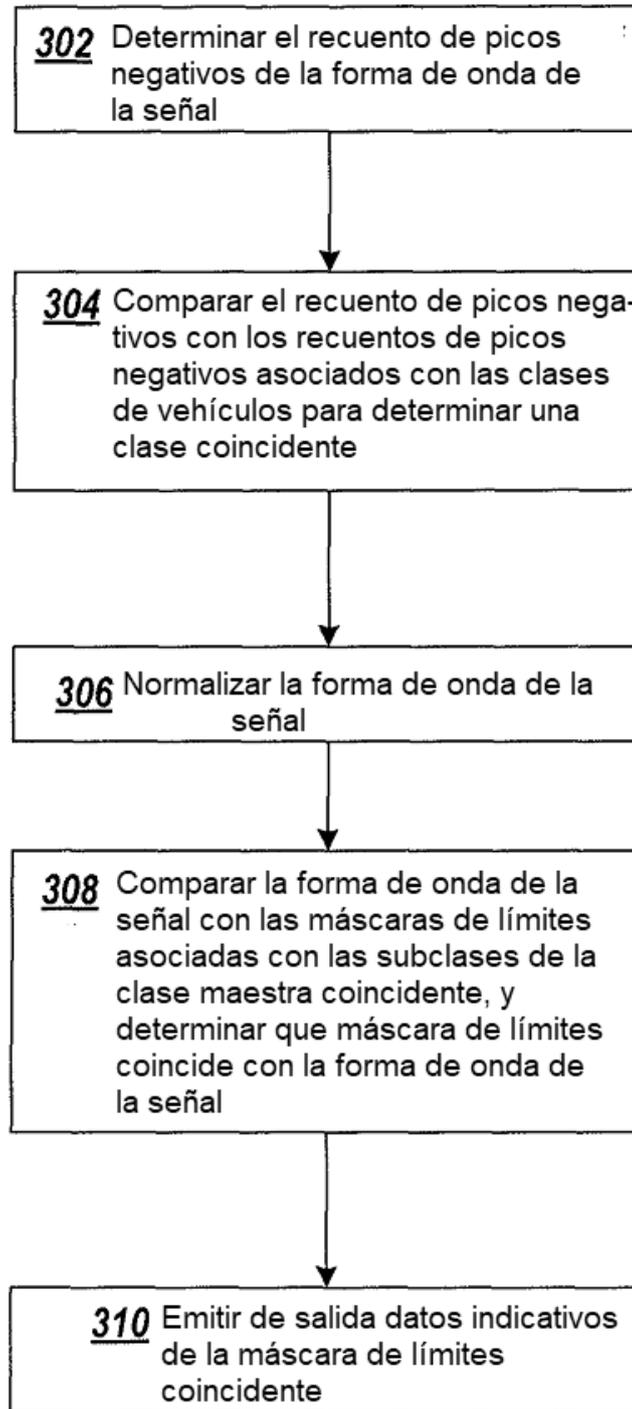
5 determine, en respuesta a la determinación de que ninguna de las máscaras de límites cubre todos los puntos de la forma de onda de la señal, que la segunda forma de onda de modelo es una forma de onda de modelo de la segunda pluralidad de formas de onda de modelo que tienen una máscara de límites correspondiente para la cual al menos un número mínimo de puntos de la forma de onda de la señal cae fuera de la máscara de límites.



**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**

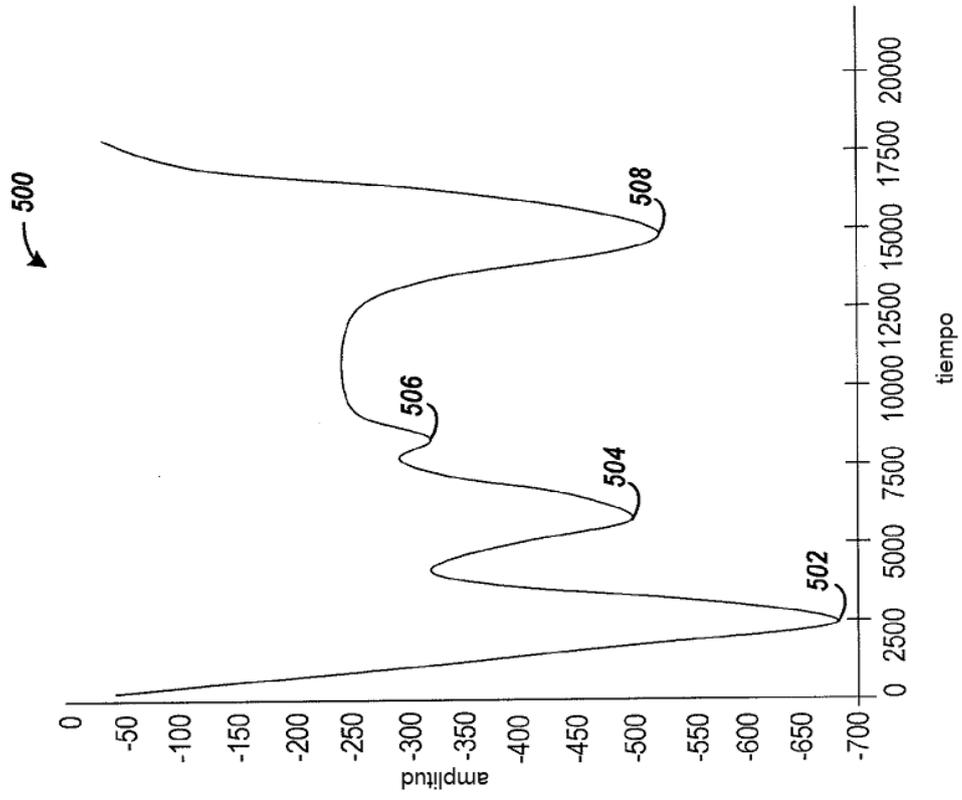


FIG. 5

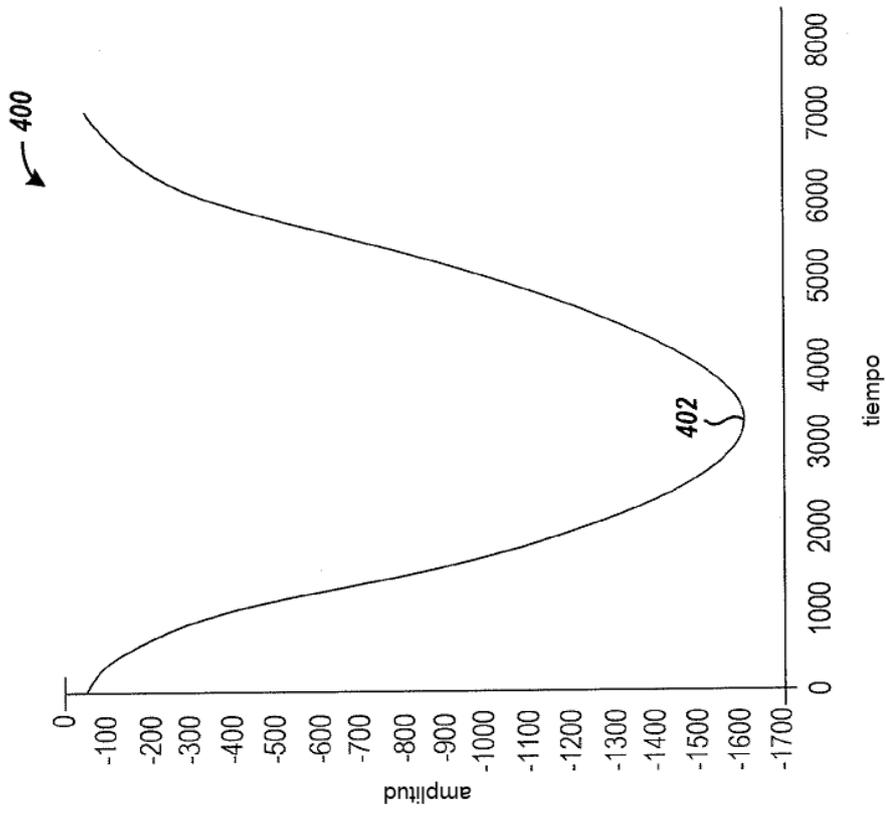
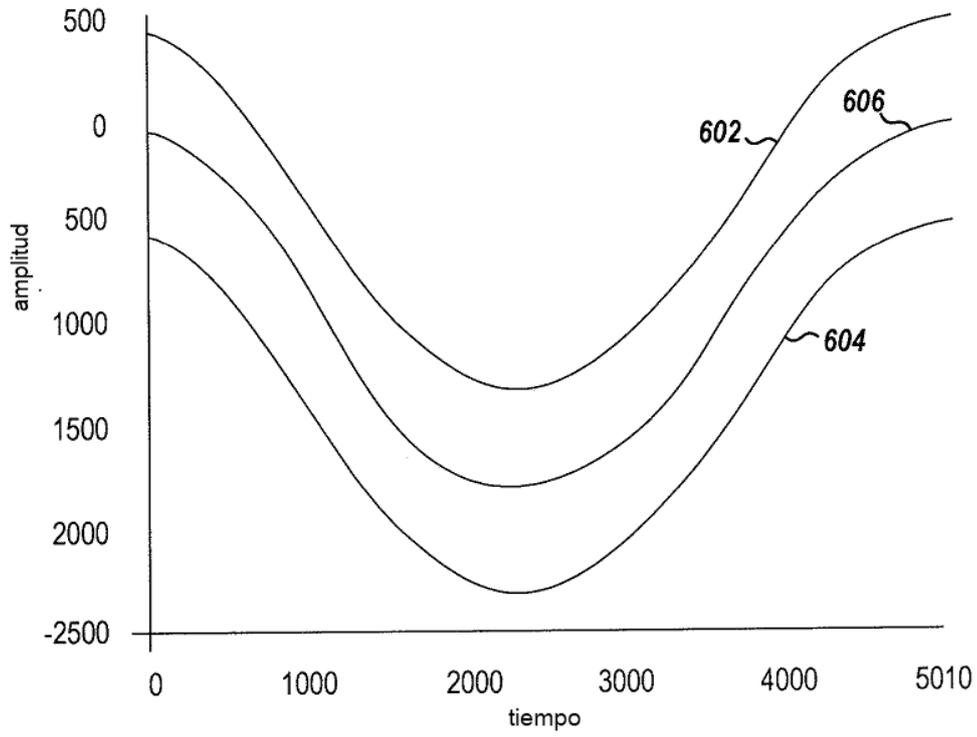
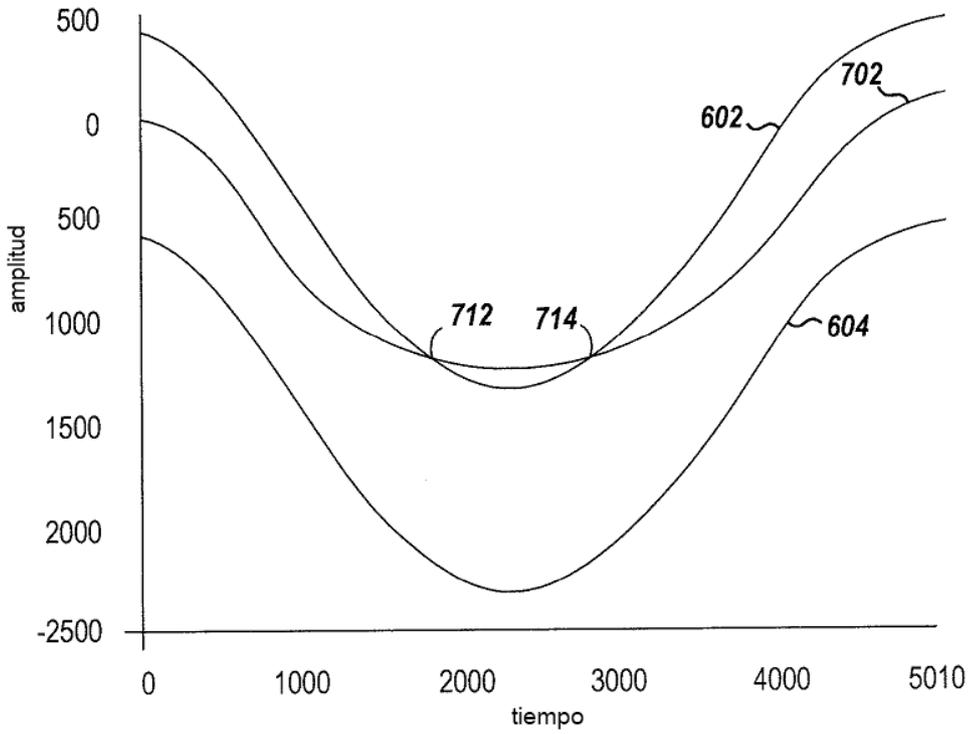


FIG. 4



**FIG. 6**



**FIG. 7**