

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 874**

51 Int. Cl.:

**G06F 19/00** (2011.01)

**G01P 3/489** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.05.2003 E 03733919 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.11.2014 EP 1500026**

54 Título: **Aparato tolerante a fallos y procedimiento para determinar una velocidad de revolución de un engranaje**

30 Prioridad:

**02.05.2002 US 136334**

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

**30.12.2014**

73 Titular/es:

**INVENSYS SYSTEMS, INC. (100.0%)  
15345 BARRANCA PKWY  
IRVINE, CA 92618-2501, US**

72 Inventor/es:

**BROWN, DAVID, R.;  
MEYER, MATTHEW, C.;  
MISHRA, AJAY, P.;  
NORRIS, JEFFREY, A. y  
RASMUSSEN, DAVID, C.**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 525 874 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

Aparato tolerante a fallos y procedimiento para determinar una velocidad de revolución de un engranaje

La invención se refiere en general a mediciones de alta precisión y, más particularmente, a un sistema tolerante a fallos y procedimiento para determinar con precisión una velocidad de revolución de un engranaje giratorio. Los sistemas de medición conocidos pueden medir la velocidad de revolución de un engranaje giratorio en base al tiempo transcurrido para un punto en que el engranaje pasa por encima de un sensor durante un giro completo. Un engranaje giratorio de este tipo puede ser, por ejemplo, una turbina o compresor.

Estos sistemas de medición, sin embargo, presentan desafíos especiales cuando se utilizan en aplicaciones que implican alta fiabilidad. Por ejemplo, el ruido transitorio, si no se rechaza correctamente, puede causar errores de medición. Tal ruido transitorio puede introducir en el sistema de medición, por ejemplo, señales de baja amplitud y entrada lenta o; transitorios de compatibilidad electromagnética (EMC); o insertos calientes modulares o sustracciones de repuestos. Del mismo modo, las sobrecargas de energía, si no se abordan adecuadamente, pueden causar que el sistema de medición falle. Además, cualquier fallo en el sensor (por ejemplo, en relación con un sensor roto o cable roto en el sensor) se debe detectar rápidamente para que puedan realizarse las reparaciones y asegurarse el correcto desempeño del sistema de medición.

Por lo tanto, existe la necesidad de un sistema tolerante a fallos y procedimiento para determinar con precisión una velocidad de revolución de un engranaje giratorio.

El documento de patente alemana DE 3925889 describe un sistema para el cálculo de la velocidad de rueda de un vehículo de motor mediante el uso de un rotor dentado.

### **Sumario de la invención**

Un aparato para determinar una velocidad de revolución de un engranaje de acuerdo con la reivindicación 1 y un procedimiento correspondiente de acuerdo con la reivindicación 2

### **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 muestra un diagrama de bloques del sistema de un sistema de medición, de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 2 muestra un engranaje y una porción del sistema de medición que se muestra en la Figura 1.

La Figura 3 muestra un ejemplo de una señal producida por el sensor en base al engranaje que se muestra en la Figura 2.

La Figura 4 muestra un diagrama de bloques del sistema del módulo de impulsos de entrada que se muestra en las Figuras 1 y 2.

La Figura 5 muestra un diagrama de bloques del sistema de la red de filtro de la pata de impulsos de entrada que se muestra en la Figura 4.

La Figura 6 muestra un diagrama de bloques del sistema de la red del comparador de la pata de impulsos de entrada que se muestra en la Figura 4.

La Figura 7 muestra un diagrama de bloques del sistema de un ASIC de impulsos de entrada, de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 8 muestra un diagrama de flujo del funcionamiento de un motor de captura de un detector de flancos, de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 9 muestra un ejemplo de una señal de datos de entrada y una señal de datos filtrada en base a un filtro de estabilización adaptivo, de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 10 muestra un diagrama de flujo del funcionamiento de los procesadores principales, de acuerdo con una realización de la invención.

### **Descripción detallada**

Un sistema de medición comprende un detector de flancos, una memoria y un motor de impulsos de entrada. El detector de flancos recibe una señal de entrada que tiene impulsos correspondientes a los dientes de un engranaje giratorio que se miden. El detector de flancos recibe también una contraseñal. El detector de flancos detecta las transiciones de flancos de la señal de entrada y envía un conjunto de valores de tiempo en base a la señal de entrada y a la contraseñal. Cada valor de tiempo del conjunto de valores de tiempo está asociado únicamente con la transición de flanco detectada de la señal de entrada. La memoria recibe desde el detector de flancos el conjunto de valores de tiempo, y almacena el conjunto de valores de tiempo. El motor de impulsos de entrada calcula un conjunto de demoras de impulso a impulso en base al conjunto de valores de tiempo almacenados en la memoria. Un conjunto de procesadores principales puede calcular las revoluciones por minuto (RPM) del engranaje medido en base a las demoras de impulso a impulso.

En una realización, el sistema de medición es un sistema redundante triple que tiene tres canales de entrada independientes dentro del módulo de impulsos de entrada, estando cada uno asociado únicamente con uno de los tres procesadores principales. Los tres canales de entrada pueden funcionar en paralelo y aislados unos de otros.

Por lo tanto, si se produce un fallo de hardware en un canal, los otros canales pueden anularlo. Además, el módulo de fallos se puede retirar y reemplazar fácilmente sin interrumpir el funcionamiento de los módulos restantes. Los tres procesadores principales pueden utilizar una votación de dos de tres para proporcionar operaciones de proceso ininterrumpido y sin errores de alta integridad sin un solo punto de fallo.

5 La Figura 1 muestra un diagrama de bloques del sistema de un sistema de medición, de acuerdo con una realización de la invención. Como se muestra en la Figura 1, el sistema 100 de medición incluye un sensor 110, una placa 120 de base, un módulo 130 de impulsos de entrada, bus 140 de entrada/salida (E/S) triplicado, los procesadores 150, 160 y 170 principales y el dispositivo 180 de entrada del módulo. El módulo 130 de impulsos de entrada incluye un conjunto de patas 132 de impulsos de entrada y un conjunto de controladores 135 de E/S. Cada controlador 135 de E/S incluye un circuito 137 integrado de aplicación específica de impulsos de entrada (ASIC) y un transceptor 138 de bus aislado. El sensor 110 se acopla a la placa 120 de base, que se acopla al módulo 130 de impulsos de entrada. El módulo 130 de impulsos de entrada se acopla al bus 140 de E/S triplicado, que se acopla a los procesadores 150, 160 y 170 principales.

15 El sensor 110 mide el giro de un engranaje giratorio dispuesto de forma adyacente. El sensor 110 puede ser, por ejemplo, un sensor magnético pasivo o un sensor de velocidad activo. Un sensor magnético pasivo puede tener, por ejemplo, un imán permanente envuelto con una bobina de alambre. Cualquier cambio en la inductancia a la entrada del sensor produce un cambio en el flujo y da como resultado una tensión de salida. La salida de un sensor de tipo magnético de este tipo es proporcional a la velocidad de y la proximidad a los dientes del engranaje giratorio. Un sensor de velocidad activo puede tener, por ejemplo, una fuente de energía y sensores de efecto Hall, y emitir una señal conectada a tierra. Un sensor de velocidad activo de este tipo puede incluir una fuente de alimentación, por ejemplo, una fuente de alimentación de 5V, 12V o 24V, etc. adecuada para el sensor de velocidad activo particular. Aunque no se describe explícitamente en la presente memoria, en una realización, el sistema de medición se puede configurar para controlar el funcionamiento de la fuente de alimentación.

20 La placa 120 de base proporciona las conexiones de campo de potencia y de E/S para el sensor 110, y conecta el sensor 110 al módulo 130 de impulsos de entrada. La placa 120 de base puede tener una red de cabezales, puentes y resistencias para que cualquiera de los diversos tipos de sensores se puedan acoplar a la placa 120 de base y operable con el módulo 130 de impulsos de entrada.

25 El módulo 130 de impulsos de entrada recibe una señal desde el sensor 110 a través de la placa 120 de base. La señal recibida indica las transiciones de tensión procedentes del sensor 110 y corresponde a los dientes del engranaje que giran en la proximidad del sensor 110. Cada transición de entrada se muestrea y se mide el tiempo para un número optimizado de impulsos engranaje de entrada. Los valores de tiempo resultantes se utilizan para generar demoras de impulso a impulso, que se proporcionan en los procesadores 150, 160 y 170 principales a través del bus 140 de E/S triplicado.

30 Más específicamente, el módulo 130 de impulsos de entrada incluye un conjunto de canales de entrada independientes, cada uno de los que incluye su propia pata 132 de impulsos de entrada y controlador 135 de E/S. Por ejemplo, el módulo 130 de impulsos de entrada puede incluir tres canales A, B y C de entrada independientes. Cada uno de estos tres canales A, B y C de entrada independientes pueden incluir su propia pata 132 de impulsos de entrada, también denominada en el presente documento como patas A, B, C de impulsos de entrada, respectivamente, y sus propios controladores 135 de E/S, también denominados en el presente documento como los Controladores A, B, C de E/S, respectivamente.

35 El dispositivo de entrada 180 recibe información del sensor desde un usuario y proporciona esa información del sensor al módulo 130 de impulsos de entrada. La información del sensor puede incluir, por ejemplo, una indicación del tipo de sensor, una indicación del número de dientes del engranaje, una indicación del tipo de flanco y/o una indicación de campo de tensión si la indicación del tipo de sensor es una indicación de sensor activo. En base a estas indicaciones, el módulo 130 de impulsos de entrada puede realizar cálculos que tienen en cuenta las características del sensor 110 que se mide. En particular, los diversos cálculos descritos a continuación en referencia al módulo 130 de impulsos de entrada se basan en, por ejemplo, el número de dientes del engranaje, etc.

40 Nótese que aunque las realizaciones descritas en el presente documento se refieren a un sistema redundante triple (por ejemplo, con tres canales de entrada independientes dentro del módulo de impulsos de entrada estando cada uno asociado únicamente con uno de los tres procesadores principales), cualquier número de subsistemas es posible incluyendo solo un subsistema único. En otras palabras, en otras realizaciones del sistema de medición, el número de canales de entrada independientes dentro del módulo de impulsos de entrada y los correspondientes procesadores principales pueden ser uno o más según sea apropiado para una aplicación dada. Para aplicaciones que requieran un grado significativo de seguridad y disponibilidad, tales como la generación de energía, al menos la redundancia triple es típicamente apropiada.

45 La Figura 2 muestra un engranaje y una porción del sistema de medición que se muestra en la Figura 1. Como se muestra en la Figura 2, el engranaje 10 se dispone adyacente al sensor 110 del sistema 100 de medición. El giro del engranaje 10 (que se muestra en la Figura 2 en sentido horario) se mide por el sensor 110, que proporciona una señal a la placa 120 de base. La placa 120 de base establece que la señal a las tres patas 132 A, B y C de impulsos

de entrada, cada uno de los que incluye una red de filtro que realiza el filtrado de aislamiento de pata a pata, y una red del comparador. Las Patas 132 A, B y C de impulsos de entrada, y los controladores 135 A, B y C de E/S, respectivamente, calculan de forma independiente las demoras de impulso a impulso y proporcionan los valores de los procesadores 140, 150 y 160 principales, respectivamente. Los procesadores 140, 150 y 160 principales determinan después colectivamente un valor de tasa de impulsos votado, también denominado en el presente documento como una medición votada de las revoluciones por minuto (RPM).

La Figura 3 muestra un ejemplo de una señal producida por el sensor en base al engranaje que se muestra en la Figura 2. Como se muestra en la Figura 2, la señal 300 producida por el sensor 110 es una señal sinusoidal que corresponde a cuatro dientes del engranaje 10. Estos cuatro dientes del engranaje 10 están etiquetados en la Figura 3 como 1 a 4. La señal 300 se proporciona desde el sensor 110 hasta el módulo 130 de impulsos de entrada, que detecta los flancos ascendentes o flancos de salida de la señal recibida. Cada uno de estos flancos ascendentes o flancos de salida corresponde a un diente del engranaje que gira hasta una posición adyacente al sensor 110.

La Figura 3 muestra el caso en el que se detectan los flancos ascendentes de la señal recibida. Más específicamente, dado que el flanco ascendente de la señal 300 alcanza el nivel 310 de activación de impulsos, se genera un impulso. Por lo tanto, a medida que la señal 300 alcanza el nivel 310 de activación de impulsos para los dientes 1 a 4 de engranaje, se generan los impulsos 320, 330, 340 y 350, respectivamente.

La Figura 4 muestra un diagrama de bloques del sistema del módulo de impulsos de entrada que se muestra en las Figuras 1 y 2. Como se muestra en la Figura 4, el módulo 130 de impulsos de entrada incluye patas 132 de impulsos de entrada y controladores 135 de E/S. Cada pata 132 de impulsos de entrada incluye una red 133 de filtro y red 134 del comparador. Cada red 134 del comparador incluye un conjunto de interruptores que permiten que la red 134 del comparador reciba una señal de prueba de impulsos desde el probador 740 de velocidad cero (que se muestra en la Figura 7). Cada controlador 135 de E/S incluye ASIC 137 de impulsos de entrada y el transceptor 139 de bus aislado.

La Figura 5 muestra un diagrama de bloques del sistema de la red de filtro de la pata de impulsos de entrada se muestra en la Figura 4. La red 500 de filtro incluye transzorbs 510 y 520 bidireccionales, las resistencias 530 y 540, y los condensadores 550, 560, 570, 580 y 590. La red 500 de filtro recibe las señales de tensión de entrada de la placa 120 de base en los puntos 501 y 502 y reenvía las señales condicionadas a la red 600 del comparador (que se muestra en la Figura 6) de los puntos 591 y 592.

La red 500 de filtro restringe las tensiones de entrada de la señal recibida, proporciona aislamiento de pata-pata y filtra la señal recibida. Más específicamente, los transzorbs 510 y 520 bidireccionales restringen el ruido de entrada y los transitorios de compatibilidad electromagnética (EMC). Las resistencias 530 y 540 forman un filtro de paso bajo y proporcionan aislamiento de pata a la pata. Los condensadores 560 a 590 realizan un acondicionamiento de la señal. En esta realización, los transzorbs 510 y 520 bidireccionales son transzorbs de 36 V y cada una de las resistencias 530 y 540 tiene una resistencia de 15 K ohmios. En otras realizaciones, estos componentes pueden tener otros valores.

La Figura 6 muestra un diagrama de bloques del sistema de la red del comparador de la pata de impulsos de entrada que se muestra en la Figura 4. La red 600 del comparador corresponde a la red 134 del comparador que se muestra en la Figura 4. Como se muestra en la Figura 6, la red 600 del comparador recibe las señales en los puntos 601 y 602 y envía señales desde los puntos 603 y 604. Aunque no se muestra, se pueden disponer circuitos de protección entre los puntos 601 y 602 de la red 600 del comparador y los puntos 591 y 592 de la red 500 de filtro (mostrada en la Figura 5).

La red 600 del comparador incluye el comparador 610, los condensadores 620 y 640, las resistencias 630 y 650, y el tampón 660. El comparador 610 incluye los puertos 1 a 8. El comparador 610 tiene equilibrado la entrada con histéresis en ambos lados. Por ejemplo, la resistencia 680 acopla los puertos 3 y 8 del comparador 610. Del mismo modo, la resistencia 650 acopla los puertos 2 y 7 del comparador 610. El puerto 1 del comparador 610 se acopla al condensador 620, que está conectado a tierra. Del mismo modo, el puerto 4 del comparador 610 se acopla al condensador 640, que está conectado a tierra. Además, los puertos 5 y 6 del comparador 610 se acoplan a tierra.

El puerto 7 del comparador 610 se acopla al tampón 660. El puerto 7 del comparador 610 emite una señal que tiene un tren de impulsos, que es tamponada por el tampón 660. Los impulsos de la señal pueden tener, por ejemplo, una frecuencia de 0,5 a 32.000 Hz. Estos impulsos de la señal son la salida del tampón 660 al ASIC 137 de impulsos de entrada (mostrado en las Figuras 1 y 4).

La Figura 7 muestra un diagrama de bloques del sistema de un ASIC de impulsos de entrada, de acuerdo con una realización de la invención. El ASIC 700 de impulsos de entrada puede corresponder, por ejemplo, al ASIC 137 de impulsos de entrada mostrado en las Figuras 1 y 4. Como se muestra en la Figura 7, el ASIC 700 de impulsos de entrada incluye el detector 710 de flancos, la memoria 720, el motor 730 de impulsos de entrada, el probador 740 de velocidad cero, el acumulador 750 de recuento, el contador 755 y el reloj 760. Aunque el ASIC 700 de impulsos de entrada se muestra como un ASIC, otra son posibles realizaciones donde este componente tiene circuitos analógicos y/o digitales.

El detector 710 de flancos incluye circuito 715 de activación de impulsos de entrada y el motor 717 de captura. El motor 717 de captura se acopla al acumulador 750 de recuento, que a su vez se acopla al contador 755. El contador 755 se acopla también al reloj 760. El motor 717 de captura se acopla también a la memoria 720, que a su vez se acopla al motor 730 de impulsos de entrada. El probador 740 de velocidad cero se acopla tanto al detector 710 de flancos como al motor 730 de impulsos de entrada.

La Figura 8 muestra un diagrama de flujo del funcionamiento de un motor de captura de un detector de flancos, de acuerdo con una realización de la invención. En la etapa 800, comienza el proceso. En la etapa 810, el circuito de activación de impulsos de entrada con filtro 715 anti-rebote adaptativo recibe la señal de entrada de la red 600 del comparador. En la etapa 815, el filtro anti-rebote adaptativo del circuito 715 de activación de impulsos de entrada filtra los transitorios de ruido y las oscilaciones de flancos asociadas con la señal de impulsos de entrada recibida.

El circuito 715 de activación de impulsos de entradas incluye un filtro anti-rebote adaptativo que filtra los transitorios de ruido y las oscilaciones de flancos asociadas con la señal de impulsos de entrada recibida. El filtro anti-rebote adaptativo puede, por ejemplo, implementarse como hardware o software en el circuito 715 de activación de impulsos de entradas. Por ejemplo, los filtros anti-rebote adaptativo se pueden implementar en el software (por ejemplo, utilizando el software de Lenguaje de descripción del Hardware VHSIC (VHDL)), que se convierte después en hardware dentro de, por ejemplo, un ASIC. El filtro anti-rebote adaptativo puede tener una longitud de filtro anti-rebote asociada, por ejemplo, de ocho veces el período del impulso anterior de la señal de entrada. Por lo tanto, para esta realización, una señal de entrada puede acelerar a lo sumo en un factor de ocho la señal de entrada anterior. En otras palabras, el período de una señal de entrada puede aumentar como máximo en un factor de ocho a partir del período de la señal de entrada para un impulso anterior. La longitud del filtro anti-rebote adaptativo inicial se puede ajustar, por ejemplo, a 12,6  $\mu$ segundos si el sistema de medición está empezando, si se detecta un impulso que falta (tal como se describe a continuación en referencia a la etapa 870) o si la velocidad detectada del engranaje cae por debajo de un mínimo detectable (por ejemplo, por debajo de 0,5 Hz). La longitud del filtro anti-rebote adaptativo específica puede cambiar posteriormente a medida que continúa el funcionamiento del circuito 715 de activación de impulsos de entradas.

La Figura 9 muestra un ejemplo de una señal de entrada y una señal filtrada en base a un filtro anti-rebote adaptativo, de acuerdo con una realización de la invención. Como se muestra en la Figura 9, la señal 900 de entrada puede incluir típicamente transiciones de flancos espurias, tales como un transitorio 910 de ruido y una oscilación 920 de flancos. La señal 950 filtrada muestra la señal 900 de entrada después de que se ha filtrado por el filtro anti-rebote adaptativo. Tenga en cuenta que la señal 950 filtrada cambia en el tiempo desde la señal 900 de entrada en una magnitud correspondiente a la demora 980 del filtro. El transitorio 910 de ruido y la oscilación 920 de flancos de la señal de entrada se han eliminado de la señal 950 filtrada. En consecuencia, tales transitorios indeseables son menos propensos a identificarse erróneamente como impulsos asociados con los dientes del engranaje. En consecuencia, los valores de tiempo calculados son más propensos a asociarse con precisión con impulsos asociados con los dientes del engranaje.

Volviendo a la Figura 8, en la etapa 820, el motor 717 de captura recibe la señal de entrada filtrada del circuito 715 de activación de impulsos de entrada y periódicamente muestrea la señal de entrada para las transiciones de flancos. El motor 717 de captura puede muestrear cualquiera de las transiciones de flancos ascendentes o las transiciones de flancos de salida de la señal de entrada. En la etapa 830 condicional, el motor 717 de captura determina si se ha detectado una transición de flancos. Si se detecta una transición de flanco, el proceso pasa a la etapa 840. En la etapa 840, un contador de posición dentro del motor 717 de captura se incrementa. En la etapa 850, el valor de tiempo asociado con la transición de flanco detectada de la señal de entrada se proporciona en la memoria 720. El valor de tiempo puede ser, por ejemplo, un valor de tiempo de 24 bits en base a una contraseñal recibida en el motor 717 de captura por el acumulador 750 de recuento.

El valor de tiempo se puede almacenar en la memoria 720 que tiene, por ejemplo, una estructura de memoria de matriz circular. La matriz circular puede ser, por ejemplo, una matriz de  $N_g$  por 24 bits, donde  $N_g$  es igual al número máximo de dientes del engranaje que pueden introducirse en el engranaje que se mide. La matriz circular puede, por tanto, almacenar impulsos asociados con una o más revoluciones. En esta realización, por ejemplo, el engranaje 10 tiene 256 dientes;  $N_g$  es 256; y 256 valores de tiempo se almacenan en la memoria 720 de manera circular. Una vez que se han almacenado los 256 valores de tiempo, correspondientes a un patrón de revolución completa del engranaje, en la memoria 720, los nuevos valores de tiempo se pueden almacenar en los valores de tiempo almacenados previamente en una forma circular. Los valores de tiempo almacenados por la memoria 720 se proporcionan al motor 730 de impulsos de entrada. En otra realización, por ejemplo, el engranaje tiene 60 dientes; la matriz circular puede almacenar cuatro revoluciones del engranaje para un total de 240 impulsos dentro de los 256 campos dentro de la estructura de memoria de matriz.

Volviendo a la etapa 830 condicional, si no se detecta una transición de flanco, el proceso pasa a la etapa 860 condicional. En la etapa 860 condicional, el motor 717 de captura determina si el tiempo transcurrido desde la última transición de flanco detectado supera un umbral. Si el tiempo transcurrido desde la última transición de flanco detectado no supera el umbral, el proceso avanza a la etapa 810.

Si el tiempo transcurrido desde la última transición de flanco detectado supera el umbral, el proceso pasa a la etapa 870. El umbral puede ser, por ejemplo, en base a la frecuencia de la señal de entrada. Por ejemplo, el umbral puede ser un cuarto de la frecuencia de la señal de entrada, o cuatro veces el período de tiempo entre impulsos anteriores. Si no se detecta nuevo impulso dentro de un período de tiempo transcurrido que exceda el umbral, entonces se asume un impulso ausente. En la etapa 870, una señal de ausencia de impulsos se envía al probador 740 de velocidad cero. El probador 740 de velocidad cero puede después realizar una prueba de entrada mediante la que se genera una señal de prueba de impulsos y verifica a través de la red 134 del comparador. En particular, los interruptores que se muestran en la Figura 4 se pueden utilizar para enviar un impulso desde el probador 740 de velocidad cero para realizar la prueba de entrada.

En una realización, cuando se detecta un impulso ausente, se proporciona la señal de ausencia de impulsos a un indicador, que indica rápidamente al usuario que se ha detectado un impulso que falta. La indicación de ausencia de impulsos se puede terminar una vez que se detecta una señal de entrada válida. La señal de entrada se establece en cero, sin embargo, después de que haya transcurrido un período de tiempo de espera con la detección de una señal de entrada válida. El período de tiempo de espera permite que el usuario espere durante un período de tiempo antes de apagar el equipo asociado con el engranaje que se mide (por ejemplo, una planta de energía asociada con un engranaje de turbina que se mide).

En otra realización, cuando se detectan de forma intermitente impulsos ausentes, la señal de ausencia de impulsos se puede utilizar para diagnosticar si la señal de entrada tiene un problema o es ruidoso. En esta realización, la indicación de ausencia de impulsos se puede activar para indicar que el sistema de medición tiene un problema de ruido o en el sensor.

Como se ha descrito anteriormente, el motor 730 de impulsos de entrada recibe los valores de tiempo almacenados en la memoria 720. El motor 730 de impulsos de entrada calcula las demoras de impulso a impulso en base a estos valores de tiempo recibidos. En otras palabras, el motor 730 de impulsos de entrada recibe los valores de tiempo indicativos de las transiciones de flancos detectadas en la señal de entrada recibida, y calcula después las variaciones de los tiempos entre las transiciones de flancos adyacentes.

El motor 730 de impulsos de entrada calcula las demoras de impulso a impulso de manera diferente en base a un umbral predefinido, que se refiere a la velocidad de giro del engranaje y el número de dientes del engranaje. Por lo tanto, cuando el engranaje está girando desacelerándose, la demora de impulso a impulso puede medirse en una base por impulsos de manera que un nuevo valor se calcula para cada diente del engranaje. Cuando el engranaje gira más rápido, la demora de impulso a impulso se puede promediar sobre múltiples impulsos de manera que un nuevo valor se calcula a través de múltiples dientes del engranaje. Cuanto más rápido sea el giro del engranaje, más dientes del engranaje girarán más allá del pasado 110 durante un período de tiempo dado.

El cálculo de las demoras de impulso a impulso de manera diferente en base a un umbral predefinido ofrece el beneficio adicional de optimizar la precisión de la medición cuando el engranaje está girando de forma relativamente lenta o con relativa rapidez al tiempo que proporciona un tiempo de respuesta de medición relativamente rápida. En particular, la precisión de medición debe ser mayor para las más altas velocidades de rotación del engranaje. Por ejemplo, para velocidades de giro del engranaje de 2000 RPM a 32.000 RPM, es deseable una precisión con menos de un error del 0,01%, mientras que para las velocidades de giro de engranajes de 0,5 RPM a 2000 RPM, es aceptable una precisión con menos de un error del 0,1% para lograr una rápida respuesta de medición. En esta realización, se mantienen las precisiones deseadas mientras que se proporciona una respuesta de medición relativamente rápida tal como, por ejemplo, en el intervalo de 100 mseg. En aplicaciones de control críticas, tales como las de una turbina de alta potencia, esta respuesta de medición relativamente rápida detecta ventajosamente los problemas rápidamente para que el sistema de medición se pueda controlar rápidamente.

Existen diversas posibles fuentes de error de las mediciones de RPM de un engranaje giratorio, incluyendo, por ejemplo, los errores debidos al muestreo de datos, errores debidos a las imperfecciones del engranaje, y los errores debido a los cambios en la velocidad angular. Como se describe a continuación, el ASIC 700 de impulsos de entrada muestrea la señal de entrada a una frecuencia de muestreo determinada (por ejemplo, de 4 MHz). Por lo tanto, el muestrear tantos dientes del engranaje como sea posible puede minimizar los errores causados por el muestreo de datos. Al mismo tiempo, el tiempo de respuesta de medición no debe exceder un tiempo deseado. Por lo tanto, mediante el cálculo de las demoras de impulso a impulso de forma distinta de acuerdo con un umbral predefinido, se pueden minimizar los errores debido al muestreo de datos para altas velocidades de giro del engranaje mientras que el tiempo de respuesta de medición se puede mantener para velocidades de giro del engranaje inferiores.

En cuanto a errores debido a la imperfección del engranaje, los engranajes que se están midiendo inherentemente tienen imperfecciones en su forma y construcción, lo que da como resultado una cantidad de fluctuación del tiempo para cada medición. Esto a su vez se traduce en errores de medición debido que la fluctuación del tiempo se refiere directamente a los errores de medición de los RPM. En consecuencia, el cálculo de las demoras de impulso a impulso a través de múltiples impulsos (es decir, sobre múltiples del número de dientes del engranaje), cuando se supera un umbral predefinido, reduce la fluctuación de la medición debido a que la detección de flancos se puede activar en el mismo evento de cada medición. Al mismo tiempo, el cálculo de las demoras de impulso a impulso en función de cada impulso (es decir, sobre un solo diente del engranaje) cuando un umbral predefinido no se excede,

permite que el sistema mida los engranajes que giran lentamente. Por lo tanto, la precisión de la medición de la velocidad se optimiza para ambos casos.

En cuanto a los errores debidos a los cambios en la velocidad angular, ciertos tipos de sistemas que se tienen que medir (por ejemplo, motores diesel) funcionan con el cambio de velocidad angular. Por ejemplo, un motor diesel de cuatro cilindros que tiene un volante de inercia y produce un tipo de patrón de aceleración-deceleración que tiene un promedio de RPM. En lugar de medir y promediar el RPM durante un período prolongado de tiempo para obtener una medida exacta de los RPM, midiendo alrededor de todo el engranaje o múltiplos de todo el engranaje permite una medición precisa de los RPM dentro de un tiempo de respuesta de medición deseada. Por lo tanto, la precisión de la medición de la velocidad se optimiza tanto cuando se excede un umbral predefinido como cuando no se excede el umbral predefinido.

El cálculo de las demoras de impulso a impulso diferentemente en base a un umbral predefinido se puede implementar utilizando histéresis. Esto permite que se minimice la oscilación innecesaria entre la medición en una base por impulso y la medición sobre múltiples impulsos.

La Figura 10 muestra un diagrama de flujo del funcionamiento de los procesadores principales, de acuerdo con una realización de la invención. En la etapa 1000, se inicia el proceso. En la etapa 1010; los valores de demora de impulso a impulso se reciben en cada uno de los procesadores 140, 150 y 160 principales. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 2, los módulos 135 A, B y C de impulsos de entradas proporcionan valores de demora de impulso a impulso en los procesadores 140, 150 y 160 principales, respectivamente. En la etapa 1020, cada uno de los procesadores 140, 150 y 160 principales calcula una tasa de impulsos en base a los valores de demora de impulso a impulso recibidos en que el procesador principal. La frecuencia del impulso corresponde a los RPM del engranaje 10 (que se muestra en la Figura 2).

En la etapa 1030 condicional, se realiza una determinación en cuanto a si los tres canales independientes dentro del módulo de impulsos de entrada (por ejemplo, patas 132 de impulsos de entrada y controladores 135 de E/S) y los procesadores 140, 150 y 160 principales son funcionales. Si los tres canales independientes dentro del módulo de impulsos de entrada y los procesadores 140, 150 y 160 principales no son funcionales, el proceso pasa a la etapa 1050 condicional. Una posible indicación de que un canal independiente dentro del módulo de impulsos de entrada no es funcional es, por ejemplo, que el procesador 140, 150 o 160 principal correspondiente excede de un umbral de precisión en relación con el valor votado durante un período de tiempo predefinido.

Si los tres canales independientes dentro del módulo de impulsos de entrada y procesadores 140, 150 y 160 principales son funcionales, el proceso pasa a la etapa 1040, donde se selecciona el valor de la mediana. Por ejemplo, si el procesador 150 principal recibe el valor más bajo, el procesador 140 principal recibe el valor medio y el procesador 160 principal recibe el valor más alto, a continuación, se selecciona el valor de procesador 140 principal. Los valores restantes de los principales procesadores 150 y 160 principal 160 se descartan para este momento de análisis.

En la etapa 1050 condicional, se realiza una determinación en cuanto a si dos de los tres canales independientes dentro del módulo de impulsos de entrada (por ejemplo, patas 132 de impulsos de entrada y los controladores 135 de E/S) y los correspondientes procesadores 140, 150 y 160 principales son funcionales. Si dos de los tres canales independientes dentro del módulo de impulsos de entrada y los procesadores 140, 150 y 160 principales correspondientes no son funcionales, el proceso pasa a la etapa 1070 condicional. Si dos de los tres canales independientes dentro del módulo de impulsos de entrada y los procesadores 140, 150 y 160 principales correspondientes son funcionales, el proceso pasa a la etapa 1060, donde se selecciona el valor más alto y el valor inferior se descarta. La selección de la tasa de impulsos más alto (correspondiente al valor de RPM más alto medido para el engranaje) asume el peor de los casos maximizando así la seguridad. Por ejemplo, para una turbina que tiene un engranaje que se mide, es más seguro seleccionar el valor más alto de RPM de modo que se considera potencialmente el peor de los casos del rendimiento de la turbina. En una realización alternativa, cuando dos de los tres canales independientes dentro del módulo de impulsos de entrada y los procesadores principales correspondientes son funcionales, los valores distintos de cero se promedian y se presentan como el valor de RPM seleccionado.

En la etapa 1070, se selecciona el valor para el canal independiente funcional dentro del módulo de impulsos de entrada y el procesador 140, 150 o 160 principal correspondiente. Este valor distinto de cero se selecciona como el valor de RPM y los dos valores de cero se descartan.

Aunque el proceso descrito en referencia a la Figura 10 ha implicado un sistema redundante triple (por ejemplo, que tiene tres canales de entrada independientes dentro del módulo de impulsos de entrada estando cada uno asociado únicamente con uno de los tres procesadores principales), el proceso se puede aplicar a otras configuraciones. Por ejemplo, en un sistema redundante cuádruple, la votación entre los cuatro procesadores principales puede ser similar. Por ejemplo, cuando los cuatro procesadores principales reciben valores distintos de cero para los valores de demora de impulso a impulso, un promedio de los dos valores centrales se puede utilizar. Cuando menos de los cuatro procesadores principales reciben valores distintos de cero para los valores de demora de impulso a impulso, el proceso descrito en referencia a la Figura 10 se puede utilizar.

**Conclusión**

5 Si bien diversas realizaciones de la invención se han descrito anteriormente, se debe entender que las mismas se han presentado a modo de ejemplo solamente, y no como limitación. Por lo tanto, la amplitud y alcance de la invención no deben estar limitados a ninguna de las realizaciones descritas anteriormente, sino que deben definirse solo de acuerdo con las siguientes reivindicaciones.

La descripción anterior de las realizaciones se proporciona para permitir que cualquier persona experta en la material realice o utilice la invención. Si bien la invención se ha mostrado y descrito particularmente con referencia a realizaciones de la misma, se entenderá por los expertos en la material que diversos cambios en su forma y detalles se pueden hacer en la misma sin apartarse del alcance de la invención.

10



**REIVINDICACIONES**

1. Aparato para determinar una velocidad de revolución para un engranaje, que comprende:

un detector (710) de flancos, configurado el detector (710) de flancos para recibir una señal de entrada procedente de un sensor (110) y una contraseñal, la señal de entrada correspondiente a una señal asociada con un engranaje (10) giratorio que tiene una pluralidad de dientes del engranaje, cada diente del engranaje de la pluralidad de dientes del engranaje correspondiente a una transición de flanco de la señal de entrada, el detector de flancos configurado además para enviar una pluralidad de valores de tiempo en base a la señal de entrada y la contraseñal, estando cada valor de tiempo de la pluralidad de valores de tiempo asociado únicamente con una transición de flanco detectada a partir de la señal de entrada;

una memoria (720) acoplada al detector de flancos, configurada la memoria para recibir desde el detector de flancos la pluralidad de valores de tiempo, estando la memoria configurada para almacenar la pluralidad de valores de tiempo;

un motor (730) de impulsos de entrada acoplado a la memoria (720), configurado el motor (730) de impulsos de entrada para calcular una pluralidad de demoras de impulso a impulso en base a la pluralidad de valores de tiempo almacenados en la memoria (720), y

un procesador (150, 160, 170) principal configurado para determinar la velocidad de revolución para el engranaje mediante el cálculo de una tasa de impulsos en base a las demoras de impulso a impulso.

**caracterizado por**

un módulo (130) de impulsos de entrada que comprende el detector (710) de flancos, la memoria (720) y el motor (730) de impulsos de entrada, y

un dispositivo (180) de entrada acoplado al módulo (130) de impulsos de entrada, configurado el dispositivo (180) de entrada para proporcionar la información del sensor recibida desde un usuario al módulo (130) de impulsos de entrada, comprendiendo la información del sensor uno o más de un indicador del tipo de sensor, un indicador de del número de dientes del engranaje, un indicador del tipo de flanco y un indicador del campo de tensión de sensor activo.

2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un conjunto de procesadores (150, 160, 170) principales que está configurado para determinar la velocidad de revolución del engranaje mediante el cálculo de una tasa de impulsos en base a las demoras de impulso a impulso.

3. Aparato de acuerdo con la reivindicación 2, incluyendo el módulo (130) de impulsos de entrada un conjunto de patas (132) de impulsos de entrada.

4. Aparato de acuerdo con la reivindicación 3, en el que cada pata (132) impulsos de entrada incluye una red (133) de filtro y una red (134) del comparador.

5. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

el detector de flancos incluye además un filtro de entrada, el filtro de entrada incluye un contador de datos válido y un selector de umbral, el filtro de entrada está configurado para proporcionar una indicación válida cuando el contador de datos válido supera un umbral predeterminado, el selector de umbral del filtro de entrada está configurado para seleccionar el umbral predeterminado en base a una frecuencia de entrada asociada con la señal de entrada.

6. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:

un probador (740) de velocidad cero acoplado al detector de flancos y al motor (730) de impulsos de entrada, estando el comprobador (740) de velocidad cero configurado para recibir una señal de prueba desde el detector de flancos y para enviar una señal de prueba de impulsos a un comparador acoplado al detector de flancos, el detector de flancos configurado para enviar la señal de prueba al probador de velocidad cero cuando el detector de flancos mide una frecuencia de la señal de entrada por debajo de un umbral predeterminado.

7. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el módulo (130) de impulsos de entrada está configurado para comprobar para un intervalo de tiempo entre los impulsos de la señal de entrada en una base por impulsos, el módulo (130) de impulsos de entrada está configurado para enviar una indicación de ausencia de impulsos si el intervalo de tiempo excede de un umbral predeterminado, estando el umbral predeterminado en base a una frecuencia de la señal de entrada.

8. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el detector (710) de flancos incluye además:

un filtro anti-rebote adaptivo que tiene una longitud de filtro anti-rebote asociada mayor que una longitud de una transición de flanco espuria, el filtro anti-rebote adaptivo configurado para ajustar la longitud del filtro anti-rebote asociado en base a una frecuencia de la señal de entrada.

9. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

la memoria (720) incluye un puerto de entrada y un puerto de salida, estando el puerto de entrada de la memoria acoplado al detector de flancos, estando el puerto de salida de la memoria acoplado al motor (730) de impulsos de entrada, la memoria (720) configurada para almacenar el valor de tiempo para cada transición de flanco detectada de manera circular.

5 10. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la señal de entrada tiene una pluralidad de impulsos que tienen una frecuencia entre sustancialmente 0,5 Hz y 32.000 Hz.

11. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10, que comprende además:

10 un segundo detector de flancos, configurado el segundo detector de flancos para recibir la señal y la señal del temporizador sincronizado, configurado además el segundo detector de flancos para enviar su propio valor de tiempo para cada transición de flanco detectada a partir de la señal de entrada;

una segunda memoria acoplada al segundo detector de flancos, configurada la segunda memoria para recibir desde el segundo detector de flancos su propio valor de tiempo para cada transición de flanco detectada de la señal de entrada, estando la segunda memoria configurada para almacenar el valor de tiempo para cada transición de flanco detectada para el segundo detector de flancos;

15 un segundo motor de impulsos de entrada acoplado a la segunda memoria, el segundo motor de impulsos de entrada configurado para calcular un demora de impulso a impulso en base al valor de tiempo para cada transición de flanco detectada almacenada en la segunda memoria;

un tercer detector de flancos, configurado el tercer detector de flancos para recibir la señal y la señal del temporizador sincronizado, el tercer detector de flancos configurado además para enviar su propio valor de tiempo para cada transición de flanco detectada a partir de la señal de entrada;

20 una tercera memoria acoplada al tercer detector de flancos, configurada la tercera memoria para recibir desde el tercer detector de flancos su propio valor de tiempo para cada transición de flanco detectada a partir de la señal de entrada, estando la tercera memoria configurada para almacenar el valor de tiempo para cada transición de flanco detectada para el tercer detector de flancos; y

25 un tercer motor de impulsos de entrada acoplado a la tercera memoria, configurado el tercer motor de impulsos de entrada para calcular un demora de impulso a impulso en base al valor de tiempo para cada transición de flanco detectada almacenada en la tercera memoria.

12. Aparato de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende:

30 al menos tres motores de impulsos de entrada,

un primer procesador (150) acoplado al primer motor de impulsos de entrada, calculando el primer procesador (150) una tasa de impulsos en base al demora de impulso a impulso desde el primer motor de impulsos de entrada;

un segundo procesador (160) acoplado al segundo motor de impulsos de entrada y al primer procesador (150), calculando el segundo procesador (160) una tasa de impulsos en base a la demora de impulso a impulso desde el segundo motor de impulsos de entrada; y

35 un tercer procesador (170) acoplado al tercer motor de impulsos de entrada, al primer procesador (150) y al segundo procesador (160), calculando el tercer procesador (170) una tasa de impulsos en base a la demora de impulso a impulso desde el tercer motor de impulsos de entrada,

40 el primer procesador (150), el segundo procesador (160) y el tercer procesador (170) calculando una tasa de impulsos votada en base a la frecuencia del impulso calculada por el primer procesador (150), la frecuencia del impulso calculada por el segundo procesador (160), y la frecuencia del impulso calculada por el tercer procesador (170).

45 13. Procedimiento para determinar una velocidad de revolución para un engranaje que tiene una pluralidad de dientes de engranaje que incluye un primer diente del engranaje y un segundo diente del engranaje que es diferente del primer diente del engranaje, que comprende:

detectar una pluralidad de transiciones de flancos dentro de una señal de entrada, incluyendo la pluralidad de transiciones de flancos una primera transición de flanco y una segunda transición de flanco, estando la primera transición de flanco asociada con el primer diente del engranaje, estando la segunda transición de flanco asociada al segundo diente del engranaje;

50 almacenar un valor de tiempo para cada transición de flanco de la pluralidad de transiciones de flancos;

recibir información del sensor que comprende uno o más de un indicador del tipo de sensor, un indicador del número de dientes del engranaje, un indicador del tipo de flanco y un indicador del campo de tensión de sensor activo de un usuario que utiliza un dispositivo (180) de entrada;

55 calcular una pluralidad de demoras de impulso a impulso en función del valor de tiempo para cada transición de flanco de la pluralidad de transiciones de flancos, estando el cálculo de la pluralidad de las demoras de impulso a impulso en base a la información recibida del sensor; y

determinar la velocidad de revolución para el engranaje mediante el cálculo de una tasa de impulsos en base a las demoras de impulso a impulso.

14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que la etapa de detección, la etapa de almacenamiento y la etapa de cálculo se realizan por separado para cada uno de al menos tres subsistemas que funcionan en paralelo.

15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, en el que cada subsistema realiza además:

- 5        la medición de un intervalo de tiempo entre una primera transición de flanco y una segunda transición de flanco a partir de la pluralidad de transiciones de flancos; y  
      el envío de una indicación de ausencia de impulsos si el intervalo de tiempo excede de un umbral predeterminado.

16. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14 o 15, en el que cada subsistema realiza además:

- 10        la detección de una señal de prueba que tiene una frecuencia por debajo de una frecuencia predeterminada;  
      el envío de un impulso de prueba de velocidad cero a un comparador antero-posterior cuando se detecta la señal de prueba; y  
      la suspensión de la etapa de almacenamiento para el impulso de prueba de velocidad cero cuando se detecta la señal de prueba.

- 15        17. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en el que cada subsistema realiza además:

- la medición de un intervalo de tiempo entre una primera transición de flanco y una segunda transición de flanco a partir de la pluralidad de transiciones de flancos; y  
20        el filtrado de la primera transición del flanco cuando el intervalo de tiempo está por debajo de un umbral predeterminado, estando el umbral predeterminado en base a una frecuencia de la señal de entrada.

18. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, que comprende además:

      recibir un indicador de campo de tensión cuando el indicador del tipo de sensor indica un sensor activo.

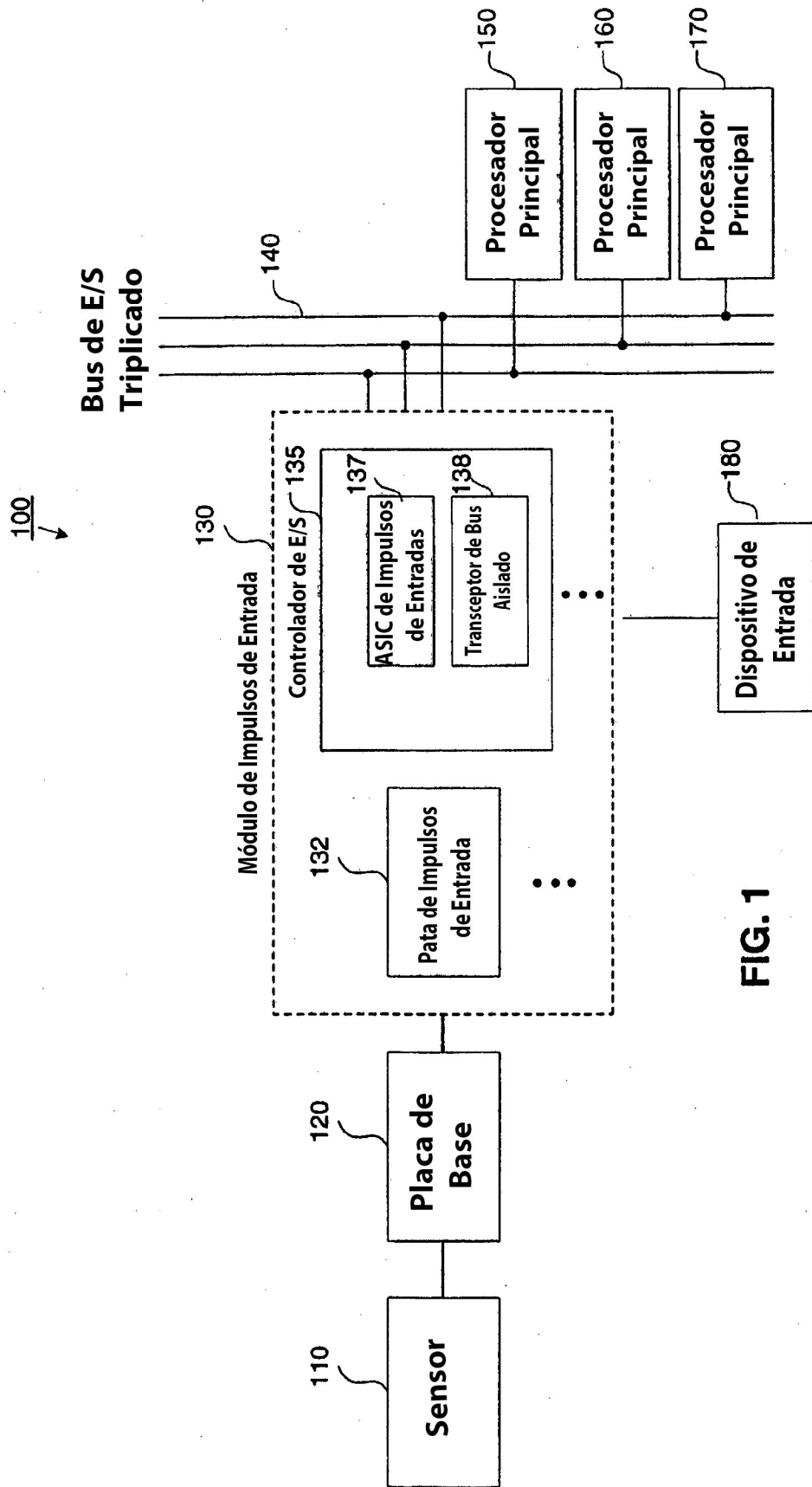


FIG. 1

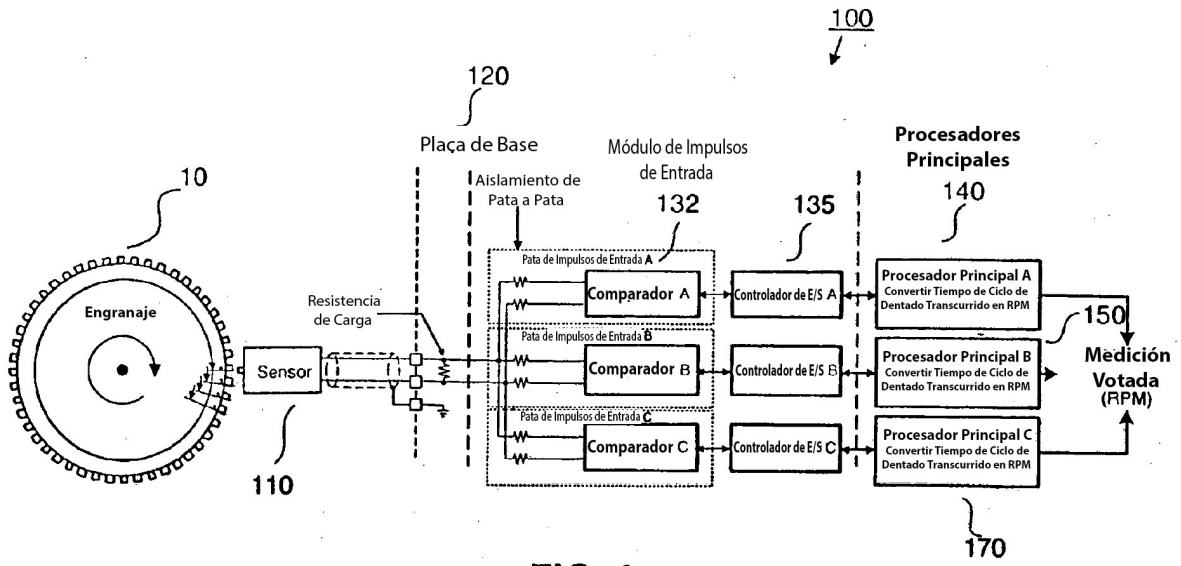


FIG. 2

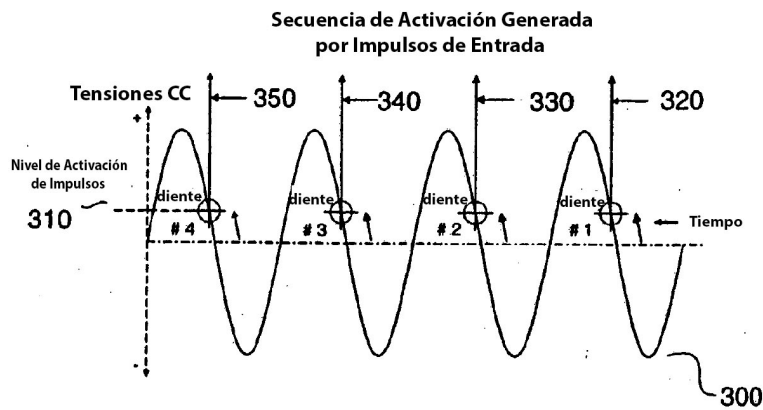


FIG. 3

130  
↙

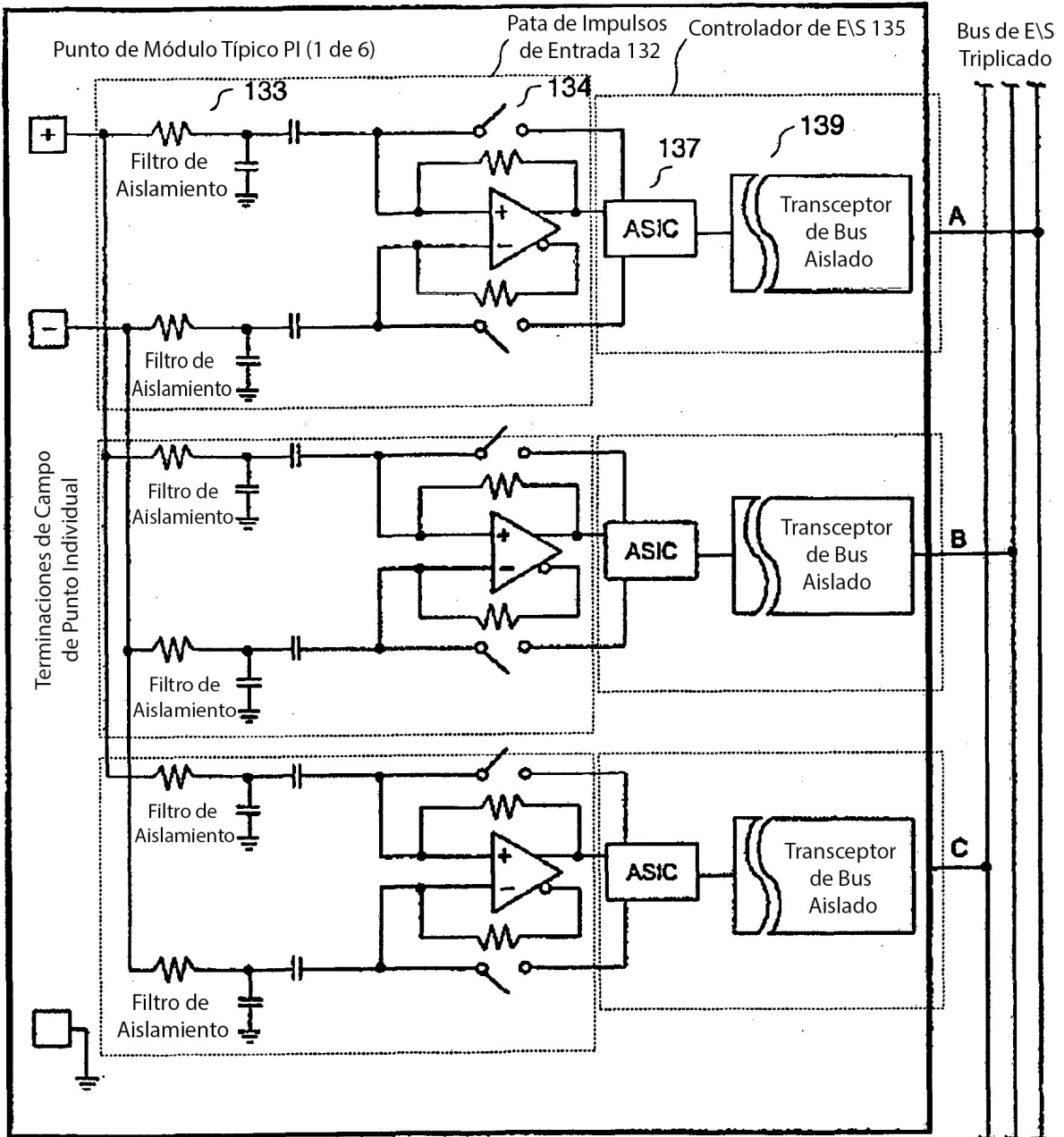


FIG. 4

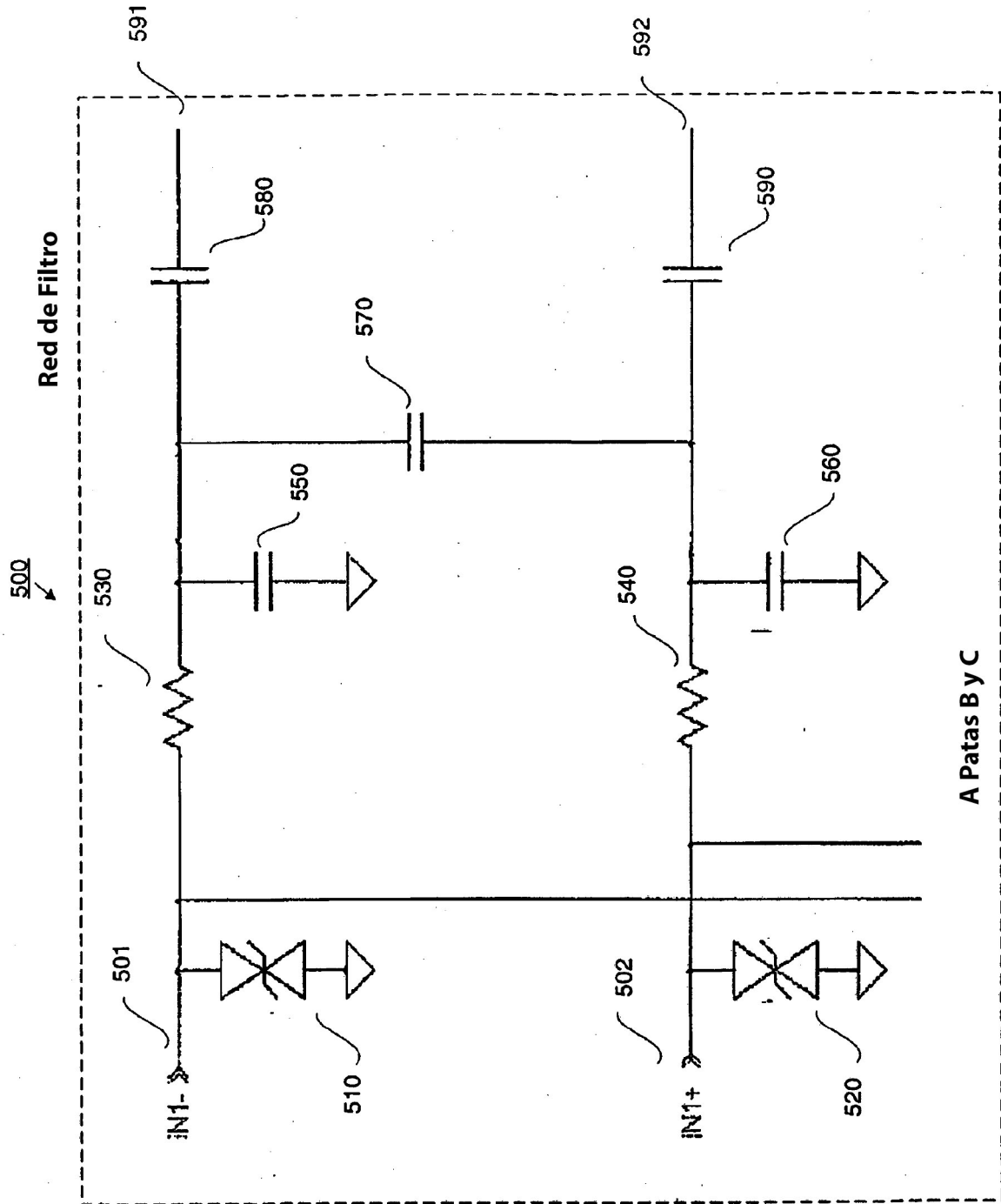


FIG. 5

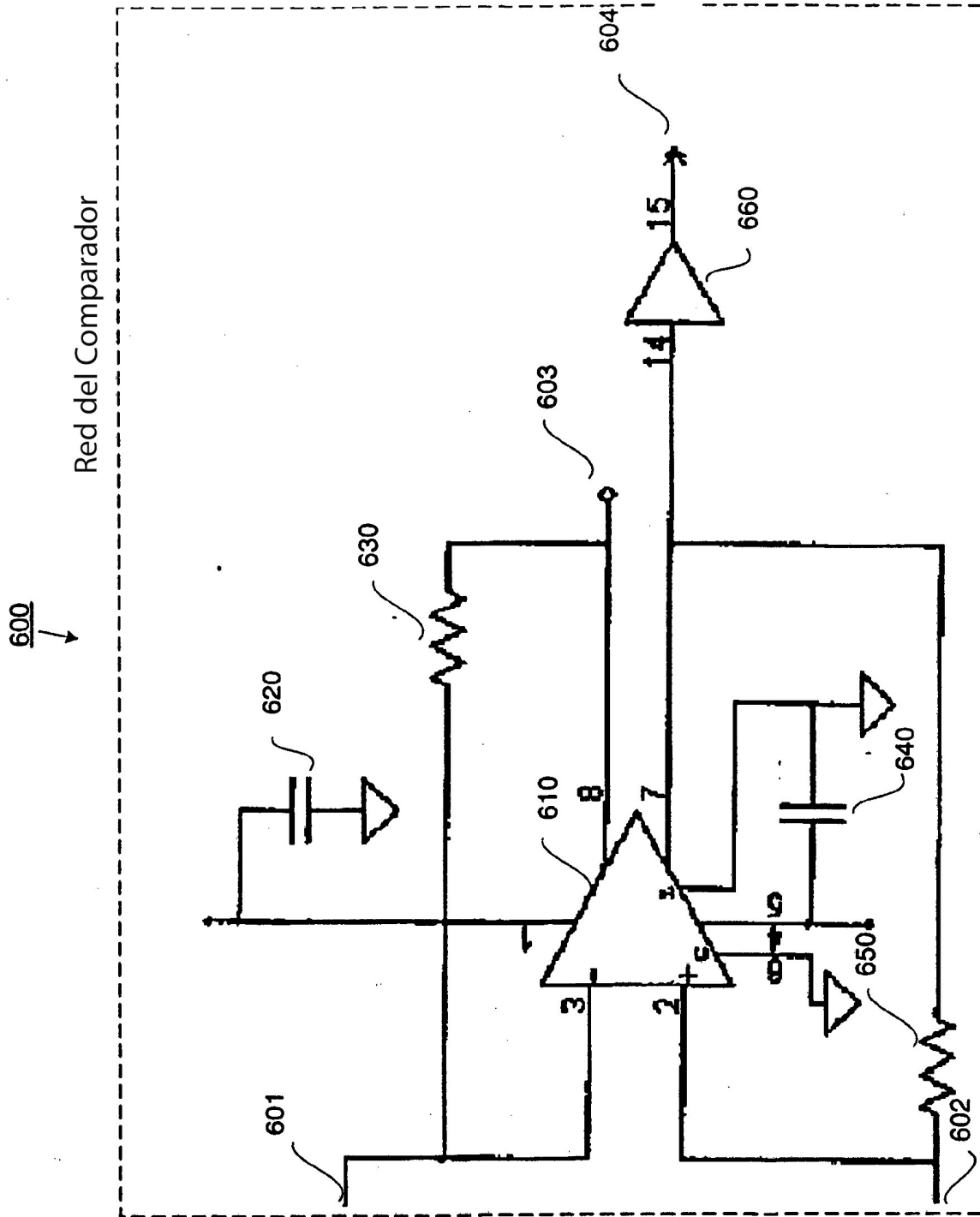


FIG. 6



ASIC de Impulsos de Entrada 700

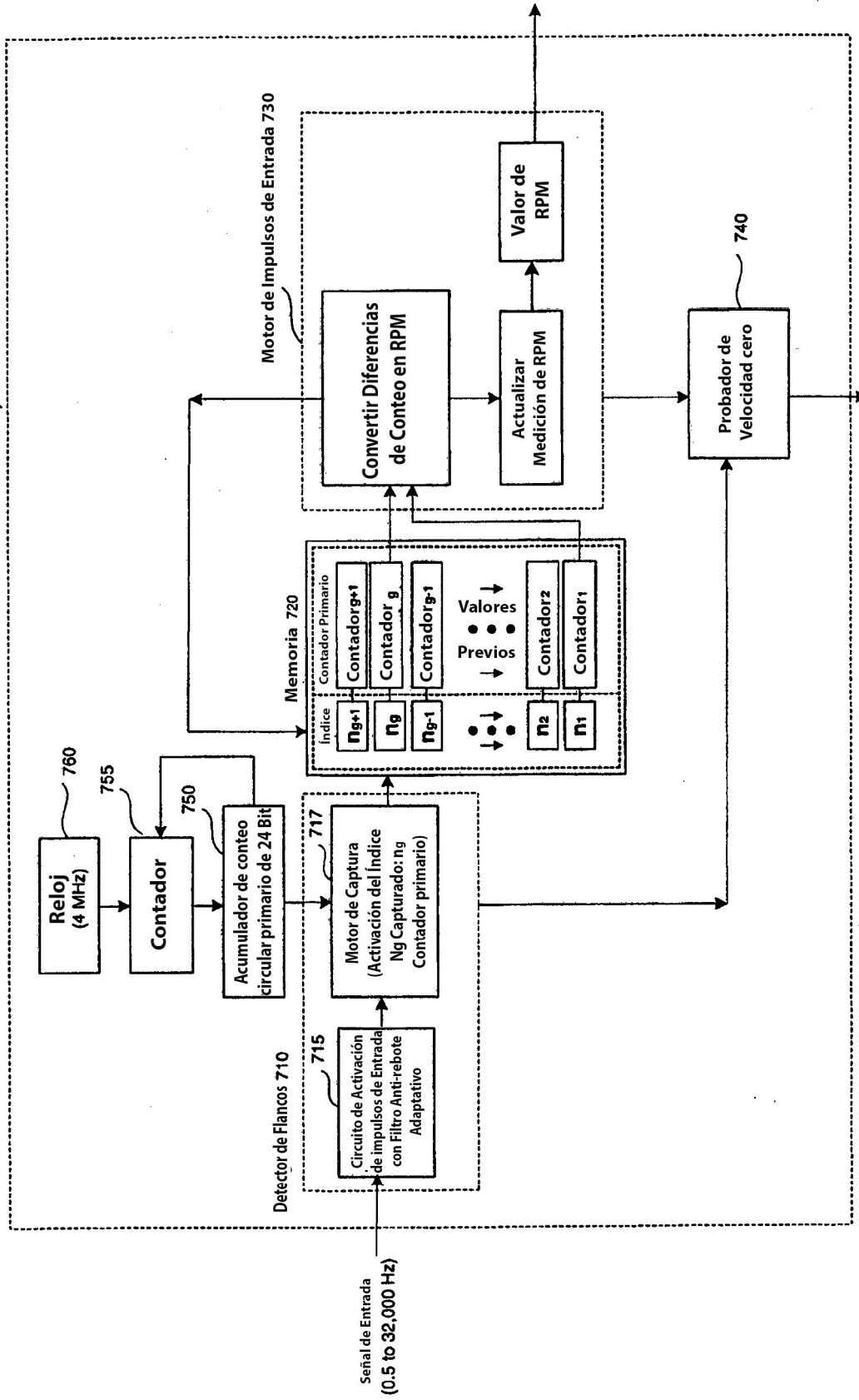


FIG. 7

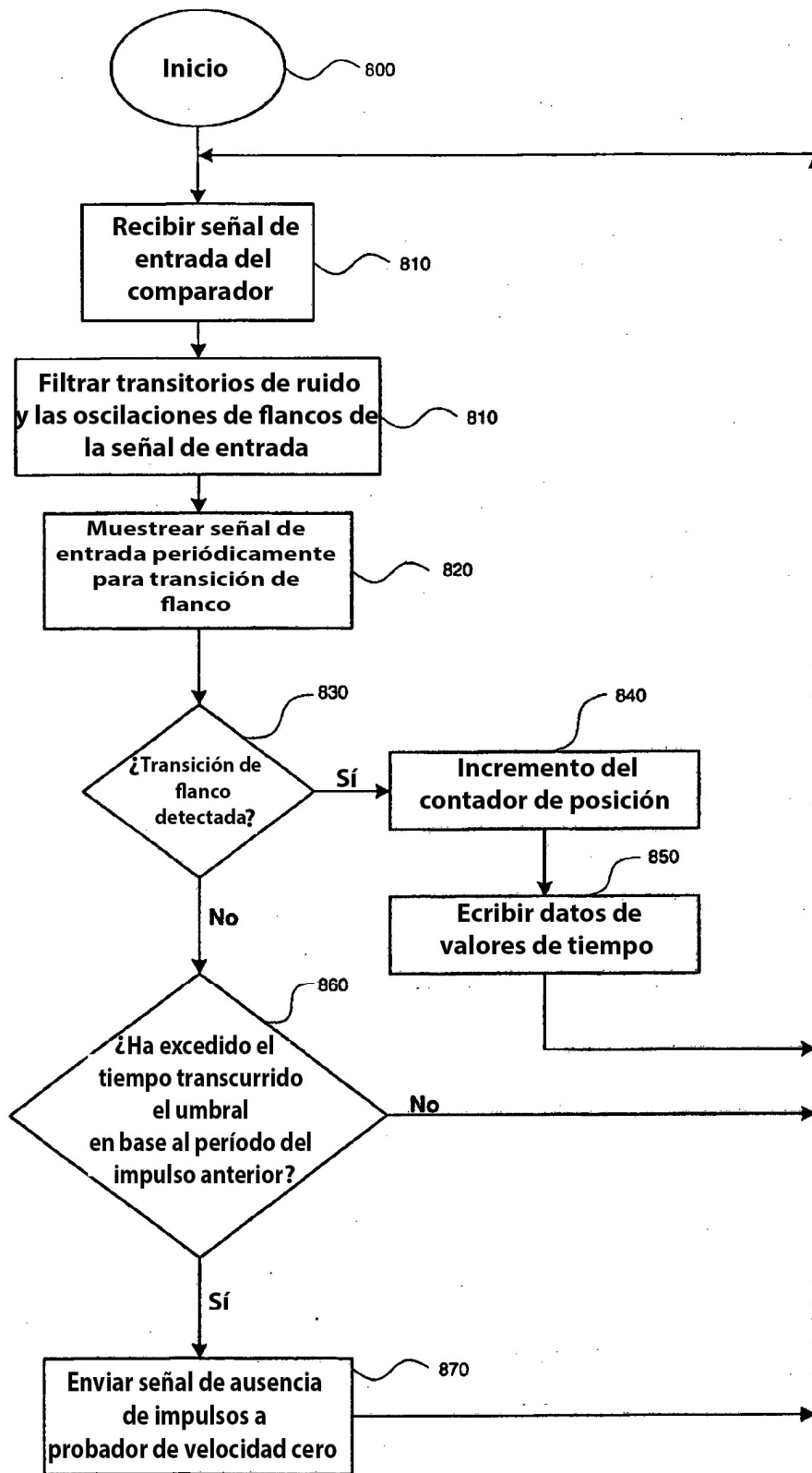


FIG. 8

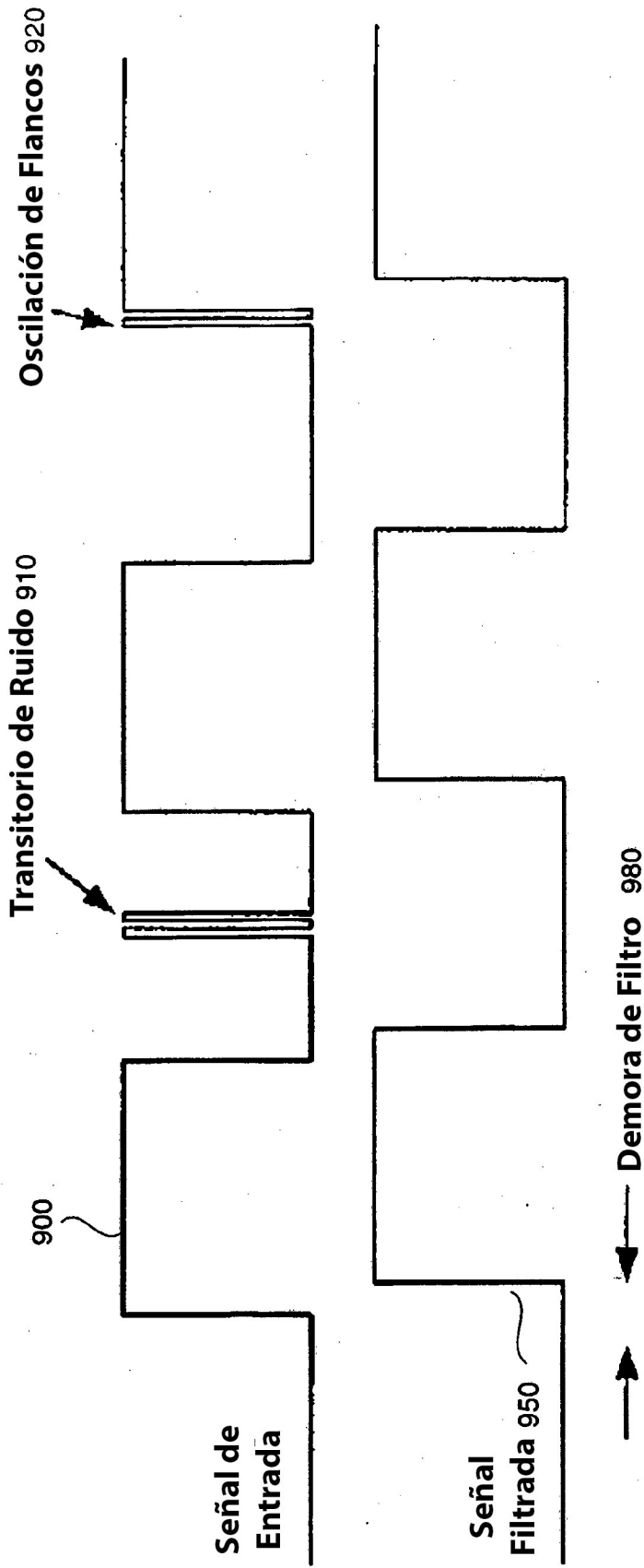


FIG. 9

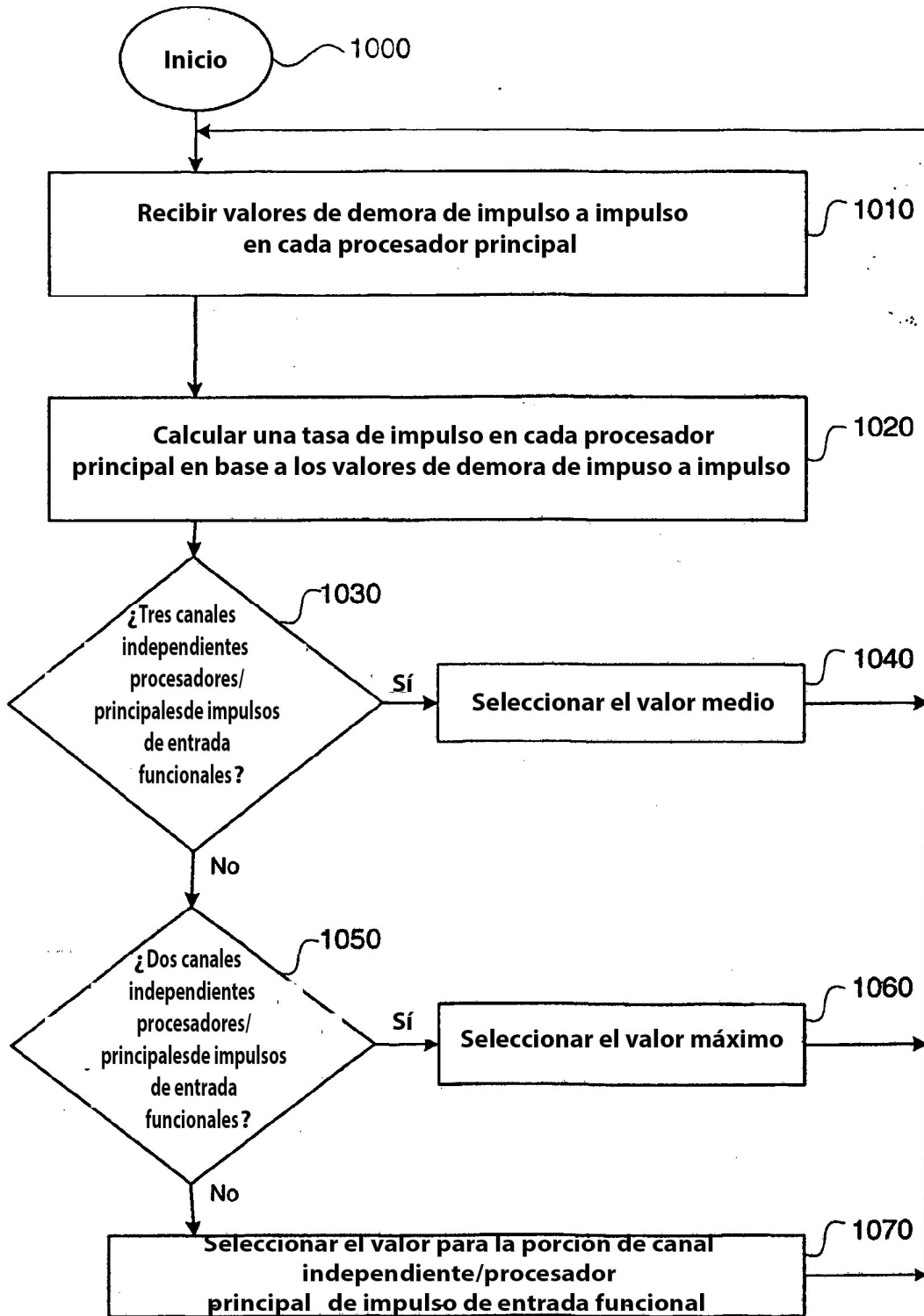


FIG. 10