

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 501 290**

21 Número de solicitud: 201300292

51 Int. Cl.:

**G05B 15/02** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

**22.03.2013**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**01.10.2014**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDADE DA CORUÑA (100.0%)  
OTRI - Edificio de Servicios Centrales de  
Investigación, Campus de Elviña, s/n  
15071 A Coruña ES**

72 Inventor/es:

**PÉREZ CASTELO, Francisco Javier;  
FERREIRO GARCÍA, Ramón y  
PIÑÓN PAZOS, Andrés José**

54 Título: **Dispositivo Transmisor industrial universal**

57 Resumen:

La invención consiste en un dispositivo Transmisor Industrial Universal que permite mediante los procedimientos implementados en su firmware y dentro de entornos industriales distribuidos: la captación (directa o virtual), configuración, calibrado, acondicionamiento, procesamiento y transmisión de las magnitudes procedentes de distintos tipos de sensores cuyas características pueden diferir en lo que se refiere al tipo de magnitud física medida y al tipo de interface de salida con el que presentan dichas medidas (0/4mA-20mA, mV, ohm). La captación de la magnitud procedente de sensores diversos se adapta dinámicamente con el objetivo de obtener alta resolución en las medidas, por medio de un circuito electrónico de acondicionamiento programable cuyo elemento fundamental es el circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable con potenciómetros digitales.

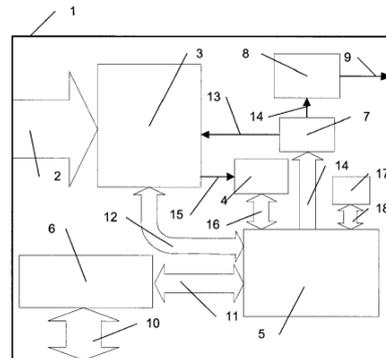


FIGURA 1

## **DESCRIPCIÓN**

### **DISPOSITIVO TRANSMISOR INDUSTRIAL UNIVERSAL**

#### **OBJETO DE LA INVENCION**

5

El objeto de la invención es la captación por medio de un único transmisor industrial de las magnitudes procedentes de sensores que pueden diferir en cuanto a la magnitud física medida y tipo de interface de salida y la integración del transmisor en entornos industriales distribuidos. Con esta invención se consigue disponer localmente y con un único transmisor de magnitudes procedentes de diversos sensores, permitiendo la captación directa o virtual en el mismo transmisor. Además, la posibilidad de operar en entornos industriales distribuidos, permite proporcionar funciones adicionales, como configuración, calibrado y captación en línea. Así se consigue respecto a los transmisores tradicionales un dispositivo más versátil y con capacidad de dar respuesta a un mayor rango de posibles aplicaciones industriales

10  
15

#### **SECTOR DE LA TÉCNICA**

La invención pertenece al sector industrial de la instrumentación electrónica, tales como transmisores, sensores, circuito electrónicos acondicionamiento y buses de campo. En particular, la invención se refiere a un transmisor industrial capaz de procesar en entornos industriales distribuidos magnitudes procedentes de diversos sensores.

20  
25

#### **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Se efectúa una revisión de los transmisores disponibles en el mercado y que pudieran tener características similares al transmisor propuesto y se aprecia que los transmisores disponibles están enfocados para dar respuesta a la medida de una determinada magnitud física (temperatura, presión, densidad, etc.), con la posibilidad de múltiples entradas y admitiendo distintos interface de salida para el sensor (0/4mA-20mA, mV, ohm). El estado del arte permite indicar que aunque algunas características del dispositivo propuesto ya están disponibles en el mercado, no existe un transmisor que englobe todas las

30  
35

prestaciones del dispositivo propuesto, ni que disponga de una arquitectura flexible que permita dar respuesta a aplicaciones diversas. Se puede afirmar que el transmisor propuesto tiene un carácter innovador y está basado en tecnologías actuales, mejorando en distintos aspectos a los dispositivos disponibles en el mercado a día de hoy.

Con respecto al diseño del transmisor, existen distintos elementos del mismo afectados por patentes registradas. Algunas de esas patentes son US5243535 de Dallas Semiconductor Corporation (potenciómetro digital) , US 7953073 de HMS Industrial Networks AB (módulo de comunicaciones), US5608345 de Pilkington Micro-Electronics Limited (filtro programable), US 4074351 de Texas Instruments Incorporated (microcontrolador) y US2401779 Bell Telephone Laboratories US (amplificador operacional). También están afectadas distintas patentes relacionadas con las tecnologías y estándares de comunicación industrial; algunas de ellas son CAN bus, Ethernet/IP, Devicenet, Profibus. etc.

### DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para iniciar la descripción de la invención y con objeto de ayudar a una clara comprensión de sus características, se acompaña a la presente memoria descriptiva, como parte integral de la misma, un juego de figuras en el que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se representa lo siguiente:

La Figura 1 representa el diagrama de bloques del dispositivo Transmisor Industrial Universal compuesto por:

25

- circuito electrónico de acondicionamiento programable (3)
- convertidor analógico digital (4)
- convertidor digital analógico (7)
- microcontrolador (5)
- 30 - circuito electrónico convertidor tensión corriente (8)
- sensor de temperatura con interface digital (17)
- módulo de comunicaciones (6)

La Figura 2 representa el diagrama de bloques del circuito electrónico de acondicionamiento programable compuesto por:

35

- multiplexor analógico diferencial (24)
- circuitos electrónicos de conversión corriente tensión (22)
- circuitos electrónicos puente de Wheastone (23)
- circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27)
- filtro programable (30).

La Figura 3 representa el diagrama de bloques del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable compuesto por:

- cuatro amplificadores operacionales (35) (36) (37) y (38)
- tres potenciómetros digitales (39) (40) y (41)
- tres resistencias (42) (43) y (44).

### DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

15

La invención se refiere a un dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) que incluye un circuito electrónico de acondicionamiento programable (3), un convertidor analógico digital (4), convertidor digital analógico (7), un microcontrolador (5), un circuito electrónico convertidor tensión corriente (8), un sensor de temperatura con interface digital (17) y un módulo de comunicaciones (6). Los sensores se conectan al circuito electrónico de acondicionamiento programable (3) del dispositivo Transmisor Industrial Universal mediante las entradas habilitadas (2). El microcontrolador (5) gestiona la programación, configuración y control del circuito electrónico de acondicionamiento programable (3), del módulo de comunicaciones (6), del sensor de temperatura con interface digital (17), del convertidor analógico digital (4) y del convertidor digital analógico (7), mediante las interconexiones digitales habilitadas (12), (11), (18), (16) y (14) respectivamente. El circuito electrónico de acondicionamiento programable (3) dispone de una salida que se conecta al convertidor analógico digital (4) mediante la interconexión analógica habilitada (15). El convertidor digital analógico (7) tiene dos salidas una que va al circuito electrónico de acondicionamiento programable por medio de la interconexión analógica habilitada (13) y otra que va al convertidor tensión corriente (8) por medio de la interconexión analógica habilitada (14). Las salidas del dispositivo Transmisor Industrial Universal son dos; una

bidireccional a la red de comunicación industrial (10) y otra del tipo 0/4-20mA (9).

5 El circuito electrónico de acondicionamiento programable (3) está compuesto por un multiplexor analógico diferencial (24), circuitos electrónicos de conversión corriente tensión (22), circuitos electrónicos puente de Wheastone (23), un circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) y un filtro programable (30). El circuito electrónico de  
10 acondicionamiento programable (3) dispone de entradas analógicas para sensores (45) con distintos tipos de interface de salida y procedentes de las entradas habilitadas (2). Los distintos tipos de interfaces de salida disponibles son: interface de salida en tensión (19), interface de salida en corriente (20) e interface de salida resistivo (21). Las entradas de sensores con interface de salida en corriente (20) requieren de circuitos electrónicos de conversión  
15 corriente tensión (22) y los de sensores con interface de salida resistivo (21) requieren de circuitos electrónicos puente de Wheastone (23). Están habilitadas entradas analógicas al multiplexor analógico diferencial (24) para conectar las señales en tensión procedentes de sensores con interface de salida en tensión (19), con interface de salida en corriente (26) y con interface  
20 de salida resistivo (25). El multiplexor analógico diferencial (24) se configura y controla desde el microcontrolador (5) mediante el conjunto de líneas de interconexión digitales (33), recibidas desde el microcontrolador (5) a través de las entradas digitales (46) y las interconexiones digitales habilitadas (12). Las salidas del multiplexor analógico diferencial se conectan a la entrada inversora  
25 (49) y a la entrada no inversora (50) del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) por medio de las respectivas interconexiones analógicas habilitadas (28) y (29). El circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) permite la adaptación dinámica de su ganancia y offset en función del tipo de medida a  
30 realizar. La ganancia se establece desde el microcontrolador (5), mediante el conjunto de líneas de interconexión digitales (31), recibidas desde el microcontrolador (5) a través de las entradas digitales (46) y las interconexiones digitales habilitadas (12). El Offset se establece desde el convertidor digital analógico (7) a través de la entrada analógica (47)  
35 conectada a la línea de interconexión analógica habilitada (13). La salida (51)

del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) se conecta a la entrada del filtro programable (30) mediante la interconexión analógica habilitada (34). El filtro programable (30) se programa y controla desde el microcontrolador (5) mediante el conjunto de líneas de interconexión digitales (32), recibidas desde el microcontrolador (5) a través de las entradas digitales (46) y las interconexiones digitales habilitadas (12). La salida (48) del filtro programable (30) se conecta a la entrada del convertidor analógico digital (4) mediante la interconexión analógica habilitada (15).

El circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) es un circuito electrónico compuesto por cuatro amplificadores operacionales (35) (36) (37) y (38), tres potenciómetros digitales (39) (40) y (41) y tres resistencias (42) (43) y (44). Las resistencias (43) y (44) son iguales y de valor la mitad que la resistencia (42). Desde el microcontrolador (5) se programan y controlan las características de la función de transferencia del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) por un lado actuando sobre los cursores de los potenciómetros digitales (39) (40) y (41) mediante el conjunto de líneas de interconexión digitales (33), recibidas desde el microcontrolador (5) a través de las entradas digitales (46) y las interconexiones digitales habilitadas (12) y por otro actuando sobre la entrada analógica (52) conectada mediante la interconexiones analógicas habilitadas (13) y (47) a la salida del convertidor digital analógico (7); mediante el conjunto de líneas de interconexión digitales habilitadas (14). La función de transferencia del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) es la siguiente (0.1):

$$V_{51} = \left( 1 + \frac{R_{41b}}{R_{41a}} \right) \left( V_{52} + 2(V_{50} - V_{49}) \frac{R_{40b}}{R_{40a}} \right) \quad (0.1)$$

donde la ganancia se corresponde con la ecuación (0.2) y el offset con la ecuación (0.3).

$$Ganancia = 2 \left( 1 + \frac{R_{41b}}{R_{41a}} \right) \frac{R_{40b}}{R_{40a}} \quad (0.2)$$

$$Offset = \left( 1 + \frac{R_{41b}}{R_{41a}} \right) V_{52} \quad (0.3)$$

siendo  $V_{51}$  la tensión que hay en la salida analógica (51) del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27),  $R_{41a}$  el valor de la resistencia entre el cursor del potenciómetro digital (41) y su terminal (41<sup>a</sup>),  $R_{41b}$  el valor de la resistencia entre el cursor del potenciómetro digital (41) y su terminal (41b),  $V_{52}$  la tensión que hay en la entrada (52) del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27),  $R_{40a}$  el valor de la resistencia entre el cursor del potenciómetro digital (40) y su terminal (40a),  $R_{40b}$  el valor de la resistencia entre el cursor del potenciómetro digital (40) y su terminal (40b),  $V_{50}$  la tensión proveniente de la salida del multiplexor analógico diferencial (24) que se conecta a través de la interconexión analógica habilitada (29) a la entrada no inversora (50) del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) y  $V_{49}$  la tensión proveniente de la salida del multiplexor analógico diferencial (24) que se conecta a través de la interconexión analógica habilitada (28) a la entrada inversora (49) del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27). El potenciómetro digital (39) tiene que ser igual que el potenciómetro digital (40) y la posición de sus cursores tienen que ser siempre las mismas, de manera que la resistencia entre el cursor de el potenciómetro digital (39) y su terminal (39a) sea igual que  $R_{40a}$  y la resistencia entre el cursor de el potenciómetro digital (39) y su terminal (39b) sea igual que  $R_{40b}$ . El diseño del circuito amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) comprende las siguientes prestaciones: permite programar dinámicamente la ganancia y offset de su función de transferencia por medio de tres potenciómetros digitales (39) (40) y (41), disponer de un amplio conjunto de valores de ganancia a elegir, cancelar los efectos perjudiciales de las resistencias de los cursores de los potenciómetros digitales, optimizar el rechazo en modo común y maximizar la resolución de las medidas del dispositivo transmisor industrial universal.

Cuando se conectan termopares al dispositivo Transmisor Industrial Universal (1), el sensor de temperatura con interface digital (17) permite medir bajo control del microcontrolador la temperatura de la unión fría del termopar.

La salida analógica (9) del dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) de tipo 0/4-20mA generada por el circuito electrónico convertidor tensión corriente (8) proporciona un medio para disponer de una salida analógica en forma de

corriente que permite por un lado realizar tareas de calibración local en ausencia de dispositivos analizadores de comunicaciones digitales y por otro conectarse a entornos industriales centralizados basados en tecnologías en lazo de corriente.

5

El módulo de comunicaciones (6) es un módulo específico para el entorno industrial en red en el que vaya a operar el transmisor y se configura y controla desde microcontrolador (5) mediante el conjunto de líneas de interconexión habilitadas (11). El módulo de comunicaciones (6) implementa las especificaciones y protocolos correspondientes y establecidos para la red de comunicaciones industrial a la que esté conectado el dispositivo Transmisor Industrial Universal (1).

El conjunto de elementos que forman el dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) descrito, interaccionan bajo control del microcontrolador (5) y por medio del programa desarrollado para el mismo (firmware), para realizar diversas tareas entre las que se encuentran:

- i) captar y procesar las magnitudes procedentes de sensores que pueden diferir en cuanto a la magnitud física medida y tipo de interface de salida con alta resolución, adaptando dinámicamente las características de ganancia, offset y filtrado del circuito electrónico de acondicionamiento programable (3).
- ii) interaccionar con una red de comunicación industrial como dispositivo de medida directa o virtual de magnitudes físicas.
- iii) Interaccionar con una red de comunicación industrial para ser configurado en línea.
- iv) realizar tareas de calibración y/o compensación local o remota.

El procedimiento de funcionamiento del dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) e implementado por el programa desarrollado (firmware) para ser ejecutado en el microcontrolador (5), ejecuta el procedimiento de medida directa de magnitudes físicas en entornos industriales distribuidos que comprende las siguientes prestaciones:

35

- Permitir la captación directa con alta resolución a partir de distintos tipos de sensores cuyas características pueden diferir en lo que se refiere al tipo de magnitud física medida y al tipo de interface de salida.
- Permitir operar en entornos industriales distribuidos tales como Devicenet, Ethernet/IP, Controlnet y otros compatibles comercialmente en uso, y según las especificaciones y protocolos correspondientes y establecidos.

5

y que realiza las siguientes acciones cuando se solicita al dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) una determinada medida directa:

10

- i) programación de la ganancia y offset del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) a través de las interconexiones digitales (31) para maximizar la resolución de la medida adaptando la función de transferencia del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) a la del convertidor analógico digital (4) y en función del rango de medidas físicas que vaya a medir el sensor y que previamente habrán sido configuradas.
- ii) programación del filtro programable a través de las interconexiones digitales (32) para el establecimiento de la frecuencia de corte y tipo de filtro requeridos para el sensor que proporciona la medida solicitada.
- iii) selección de la entrada del multiplexor analógico diferencial (24) correspondiente al sensor que proporciona la medida solicitada y mediante las interconexiones digitales (33).
- iv) lectura a través del convertidor analógico digital (4) mediante las interconexiones digitales (16) del valor digital correspondiente a la medida de solicitada.
- v) procesamiento de la magnitud captada, para la implementación de medidas directas y ajuste de unidades, factores de escala, etc.
- vi) presentación por medio del módulo de comunicaciones (6) y a través de las interconexiones digitales (11) de la medida solicitada, en la red industrial a la que esté conectada el dispositivo transmisor

15

20

25

30

industrial universal (1) y según las especificaciones y protocolos correspondientes y establecidos.

5 El procedimiento de funcionamiento del dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) e implementado por el programa desarrollado (firmware) para ser ejecutado en el microcontrolador (5), ejecuta el procedimiento de medida virtual de magnitudes físicas en entornos industriales distribuidos que comprende las siguientes prestaciones:

- 10 – Permitir la captación virtual con alta resolución a partir de distintos tipos de sensores cuyas características pueden diferir en lo que se refiere al tipo de magnitud física medida y al tipo de interface de salida.
- Permitir operar en entornos industriales distribuidos tales como Devicenet, Ethernet/IP, Controlnet y otros compatibles comercialmente
- 15 en uso, y según las especificaciones y protocolos correspondientes y establecidos.

y realiza las siguientes acciones cuando se solicita al dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) una determinada medida virtual:

- 20 i) para cada una de las medidas directas requeridas para la obtención de la medida virtual, se realizan los pasos i) ii), iii) y iv) correspondientes al procedimiento de medida directa previamente descrito.
- 25 ii) procesamiento de las magnitudes captadas, para la estimación por medio de un modelo matemático de medida virtual y ajuste de unidades, factores de escala, etc.
- iii) presentación por medio del módulo de comunicaciones (6) y a través de las interconexiones digitales (11) de la medida solicitada, en la
- 30 red industrial a la que esté conectada el dispositivo transmisor industrial universal (1) y según las especificaciones y protocolos correspondientes y establecidos.

El procedimiento de funcionamiento del dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) e implementado por el programa desarrollado (firmware) para ser ejecutado en el microcontrolador (5), ejecuta el procedimiento de calibración y/o compensación en línea de un determinado sensor que comprende las siguientes prestaciones:

- permitir implementar funciones de calibrado y/o compensación en línea en entornos industriales distribuidos.

10 y realiza las siguientes acciones cuando se solicita al dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) su calibración y/o compensación en línea de un determinado sensor:

- 15 i) se utiliza para la calibración un sensor patrón que se conectará a un segundo dispositivo transmisor industrial universal, preparado para realizar de forma simultánea la misma medida que el sensor a calibrar.
- 20 ii) de forma simultánea se realizan para el sensor patrón como para el sensor a calibrar los pasos i) ii), iii) y iv) correspondientes al procedimiento de medida directa.
- 25 iii) presentación por medio de los módulos de comunicaciones (6) y a través de las interconexiones digitales (11) de la medida captada por el dispositivo transmisor industrial universal al que este conectado el sensor a calibrar y por el dispositivo transmisor industrial universal al que este conectado el sensor patrón; en la red industrial a la que estén conectados los dispositivos transmisores industriales universales y según las especificaciones y protocolos correspondientes y establecidos.
- 30 iv) procesamiento de la información de calibración en el dispositivo de red industrial solicitante de la calibración, para su comparación y determinación de si se verifican las especificaciones de calibración.
- v) en el caso de requerirse la compensación de un sensor descalibrado deberán repetirse los pasos i) ii) y iii) para distintos puntos del rango de medidas en el que vaya a operar el sensor.

- vi) una vez determinadas las desviaciones de calibración a lo largo del rango de medida en el que vaya a operar el sensor se generarán las correspondientes tablas y/o funciones de compensación que permitirán de forma previa, por medio del offset del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) o a posteriori sobre la medida directa obtenida, reajustar la medida obtenida por un sensor descalibrado.

El procedimiento de funcionamiento del dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) e implementado por el programa desarrollado (firmware) para ser ejecutado en el microcontrolador (5), ejecuta el procedimiento de calibración local de un determinado sensor que comprende las siguientes prestaciones:

- permitir implementar funciones de calibrado local sin la necesidad de usar equipos analizadores de comunicaciones digitales.

y realiza las siguientes acciones cuando se solicita al dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) su calibración local de un determinado sensor:

- se utiliza para la calibración un sensor patrón que se conectará a un segundo dispositivo transmisor industrial universal, preparado para realizar de forma simultánea la misma medida que el sensor a calibrar.
- de forma simultánea se realizan para el sensor patrón como para el sensor a calibrar los pasos i) ii), iii) y iv) correspondientes al procedimiento de medida directa.
- presentación por medio la salida analógica (9) de tipo 0/4-20mA correspondiente al dispositivo transmisor Industrial Universal (1) al que está conectado el sensor a calibrar de la medida captada.
- presentación por medio la salida analógica (9) de tipo 0/4-20mA correspondiente al dispositivo transmisor Industrial Universal (1) al que está conectado el sensor patrón de la medida captada.
- medición de las señales generadas en los pasos iii) y iv) para su comparación y determinación de si se verifican las especificaciones de calibración.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) para medida de magnitudes físicas en entornos industriales distribuidos, que comprende:

5

i. un convertidor analógico digital (4), el cual recibe una señal analógica procedente de un circuito electrónico de acondicionamiento programable (3) por medio de una conexión analógica (15) y transfiere un valor digital por medio de interconexiones digitales (16) a un microcontrolador (5);

10

ii. un convertidor digital analógico (7), el cual mediante interconexiones digitales (14) a un microcontrolador (5) configura una salida analógica (13) hacia un circuito electrónico de acondicionamiento programable (3) y una salida analógica (14) hacia un circuito electrónico de conversión corriente tensión (8);

15

iii. un circuito electrónico de conversión corriente tensión (8), conectado a una salida analógica (9) y a una entrada analógica (14);

iv. un sensor de temperatura con interface digital (17) conectado a un microcontrolador (5) mediante interconexiones digitales (18);

20

v. un módulo de comunicaciones (6) el cual está conectado a un microcontrolador (5) mediante interconexiones digitales (11) y a una red de comunicación industrial por medio de interconexiones digitales (10);

vi. un circuito electrónico de acondicionamiento programable (3) el cual se conecta que a un microcontrolador (5) a través de interconexiones digitales (12) para configurar el acondicionamiento de alguna de las entradas analógicas (2) y transferirla a su salida, conectada mediante una conexión analógica (15) a el convertidor analógico digital (4) y que comprende:

25

i. un filtro programable (30) cuya salida analógica (48) se conecta a la conexión analógica (15) y el cual se conecta a un microcontrolador (5) para su configuración, a través de interconexiones digitales (32), que su vez están conectadas a las interconexiones digitales (46) y por último éstas a las interconexiones digitales (12);

30

35

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- ii. un circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) el cual se conecta a un microcontrolador (5) para su configuración, a través de interconexiones digitales (31), que su vez están conectadas a las interconexiones digitales (46) y por último éstas a las interconexiones digitales (12), cuya salida se conecta a la entrada del filtro programable (30) mediante una conexión analógica (34) y cuya entrada analógica (47) se conecta a la salida del convertidor digital analógico (7) a través de la conexión analógica (13);
  - iii. un multiplexor analógico diferencial (24) que se conecta a un microcontrolador (5) a través de interconexiones digitales (33); que su vez están conectadas a las interconexiones digitales (46) y por último éstas a las interconexiones digitales (12); para transferir alguna de las entradas analógicas (19) (26) (25); procedentes de las entradas analógicas (2) e interconectadas a través de interconexiones digitales (45); a su salida diferencial, estando ésta conectada a las entradas del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) mediante conexiones analógicas (28) y (29);
  - iv. circuitos electrónicos de conversión corriente tensión (22) conectados a entradas analógicas en corriente (20); procedentes de las entradas analógicas (2) e interconectadas a través de interconexiones digitales (45); y cuyas salidas analógicas en tensión (26) se conectan al multiplexor analógico diferencial (24);
  - v. circuitos electrónicos puente de Wheastone (23) conectados a entradas analógicas resistivas (21); procedentes de las entradas analógicas (2) e interconectadas a través de interconexiones digitales (45); y cuyas salidas analógicas en tensión (25) se conectan al multiplexor analógico diferencial (24);
  - vii. un microcontrolador (5) conectado a elementos que comprenden el Dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) tal como se describe en los puntos i), ii), iv), v) y vi) de esta reivindicación.

2. Dispositivo Transmisor Industrial Universal según reivindicación 1 caracterizado porque el circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) comprende:

- 5 i. tres potenciómetros digitales (39) (40) y (41) con interconexiones digitales (31) para configurar la ganancia, con el terminal (40b) del potenciómetro digital (40) conectado a una entrada analógica para el establecimiento del offset y con el terminal (41a) del potenciómetro digital (41) conectado a masa;
- 10 ii. una resistencia (42) y dos resistencias (43) y (44) del mismo valor e igual a la mitad del valor de la resistencia (42);
- 15 iii. un amplificador operacional (35) con su salida conectada al terminal (39a) de potenciómetro digital (39) y a un terminal de la resistencia (43) y con su entrada inversora conectada al otro terminal de la resistencia (43) y a un terminal de la resistencia (42);
- 20 iv. un amplificador operacional (36) con su salida conectada al terminal (40a) del potenciómetro digital (40) y a un terminal de la resistencia (44) y con su entrada inversora conectada al otro terminal de la resistencia (44) y al otro terminal de la resistencia (42);
- 25 v. un amplificador operacional (37) con su salida conectada al terminal (39b) del potenciómetro digital (39), con su entrada inversora conectada al cursor del potenciómetro digital (39) y con su entrada no inversora conectada al cursor del potenciómetro digital (40);
- 30 vi. un amplificador operacional (38) con su salida conectada al terminal (41b) del potenciómetro digital (41), su entrada inversora conectada al cursor del potenciómetro digital (41) y su entrada no inversora conectada a la salida del amplificador operacional (37);

y que capta la señal diferencial a amplificar por medio de entradas analógicas (49) y (50), conectadas a la entrada no inversora del amplificador operacional (35) y a la entrada no inversora del amplificador operacional (36) respectivamente y transmite la señal amplificada por

medio de la salida del amplificador operacional (38) a través de una conexión analógica (51).

3. Procedimiento de medida de magnitudes físicas en entornos industriales distribuidos mediante el dispositivo transmisor industrial universal de la reivindicación 1 caracterizado porque para la medida directa de magnitudes físicas se realizan los siguientes pasos:

5

10

15

20

25

30

- i. programación de la ganancia y offset del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) a través de las interconexiones digitales (31) para maximizar la resolución de la medida adaptando la función de transferencia del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) a la del convertidor analógico digital (4) y en función del rango de medidas físicas que vaya a medir el sensor y previamente configuradas;
- ii. programación del filtro programable (30) a través de las interconexiones digitales (32) para el establecimiento de la frecuencia de corte y tipo de filtro requeridos para el sensor que proporciona la medida a realizar;
- iii. selección de la entrada del multiplexor analógico diferencial (24) correspondiente al sensor que proporciona la medida a realizar, mediante las interconexiones digitales (33);
- iv. lectura a través del convertidor analógico digital (4) mediante las interconexiones digitales (16) del valor digital correspondiente a la medida realizada;
- v. procesamiento de la magnitud captada, para la implementación de medidas directas, ajuste de unidades y factores de escala;
- vi. presentación por medio del módulo de comunicaciones (6) y a través de las interconexiones digitales (11) de la medida a realizar, en la red industrial a la que esté conectada el dispositivo transmisor industrial universal (1) según las especificaciones y protocolos correspondientes y establecidos.

4. Procedimiento según la reivindicación 3 caracterizado porque para la medida virtual de magnitudes físicas se realizan los siguientes pasos:

- 5
- i. obtención de las medidas directas requeridas para la obtención de la medida virtual a realizar siguiendo para cada una de ellas, los cuatro primeros pasos correspondientes al procedimiento de medida directa de la reivindicación 3;
  - ii. procesamiento de las magnitudes captadas, para la estimación por medio de un modelo matemático de la medida virtual a realizar, ajuste de unidades y factores de escala;
  - iii. presentación por medio del módulo de comunicaciones (6) y a través de las interconexiones digitales (11) de la medida realizada, en la red industrial a la que esté conectada el dispositivo transmisor industrial universal (1) y según las especificaciones y protocolos correspondientes y establecidos.
- 10
- 15

5. Procedimiento según la reivindicación 3 caracterizado porque para la calibración y/o compensación en línea de un determinado sensor se realizan los siguientes pasos:

- 20
- i. conexión de un sensor patrón a un segundo dispositivo transmisor industrial universal, preparado para realizar de forma simultánea la misma medida que el sensor a calibrar;
  - ii. ejecución de forma simultánea para el sensor patrón como para el sensor a calibrar de los cuatro primeros pasos correspondientes al procedimiento de medida directa de la reivindicación 3;
  - iii. presentación por medio de los módulos de comunicaciones (6) y a través de las interconexiones digitales (11) de la medida captada por el dispositivo transmisor industrial universal al que este conectado el sensor a calibrar y por el dispositivo transmisor industrial universal al que este conectado el sensor patrón; en la red industrial a la que estén conectados los dispositivos transmisores industriales universales y según las especificaciones y protocolos correspondientes y establecidos.
- 25
- 30

- iv. procesamiento de la información de calibración en el dispositivo de red industrial solicitante de la calibración, para su comparación y determinación de si se verifican las especificaciones de calibración;
- 5 v. repetición de los tres primeros pasos de este procedimiento para distintos puntos del rango de medidas en el que vaya a operar el sensor, en el caso de requerirse la compensación de un sensor descalibrado;
- 10 vi. generación, una vez determinadas las desviaciones de calibración a lo largo del rango de medida en el que vaya a operar el sensor, de las correspondientes tablas y/o funciones de compensación que permitirán de forma previa, por medio del offset del circuito electrónico amplificador de instrumentación de ganancia programable (27) o a posteriori sobre la medida directa obtenida, reajustar la medida obtenida por un sensor descalibrado.
- 15
6. Procedimiento según la reivindicación 3 caracterizado porque para la calibración local de un determinado sensor se realizan los siguientes pasos:
- 20 i. conexión de un sensor patrón a un segundo dispositivo transmisor industrial universal, preparado para realizar de forma simultanea la misma medida que el sensor a calibrar;
- ii. ejecución de forma simultanea para el sensor patrón como para el sensor a calibrar de los cuatro primeros pasos correspondientes al
- 25 procedimiento de medida directa de la reivindicación 3;
- iii. presentación por medio la salida analógica (9) de tipo 0/4-20mA correspondiente al Dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) al que está conectado el sensor a calibrar, de la medida captada;
- iv. presentación por medio la salida analógica (9) de tipo 0/4-20mA
- 30 correspondiente al Dispositivo Transmisor Industrial Universal (1) al que está conectado el sensor patrón, de la medida captada.
- v. medición de las señales generadas en los pasos tercero y cuarto de este procedimiento para su comparación y determinación de si se verifican las especificaciones de calibración.
- 35

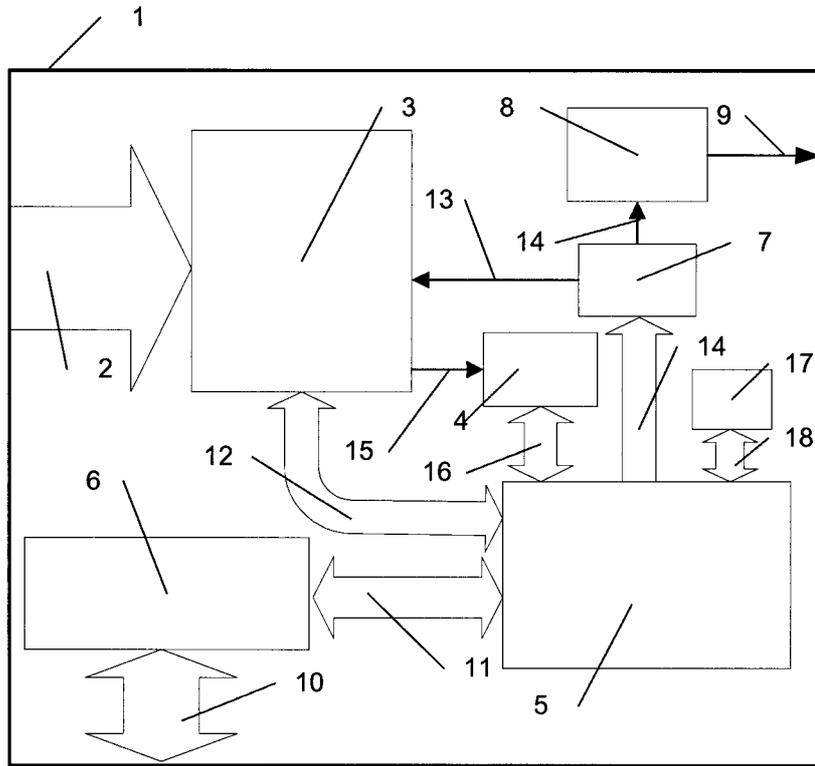


FIGURA 1

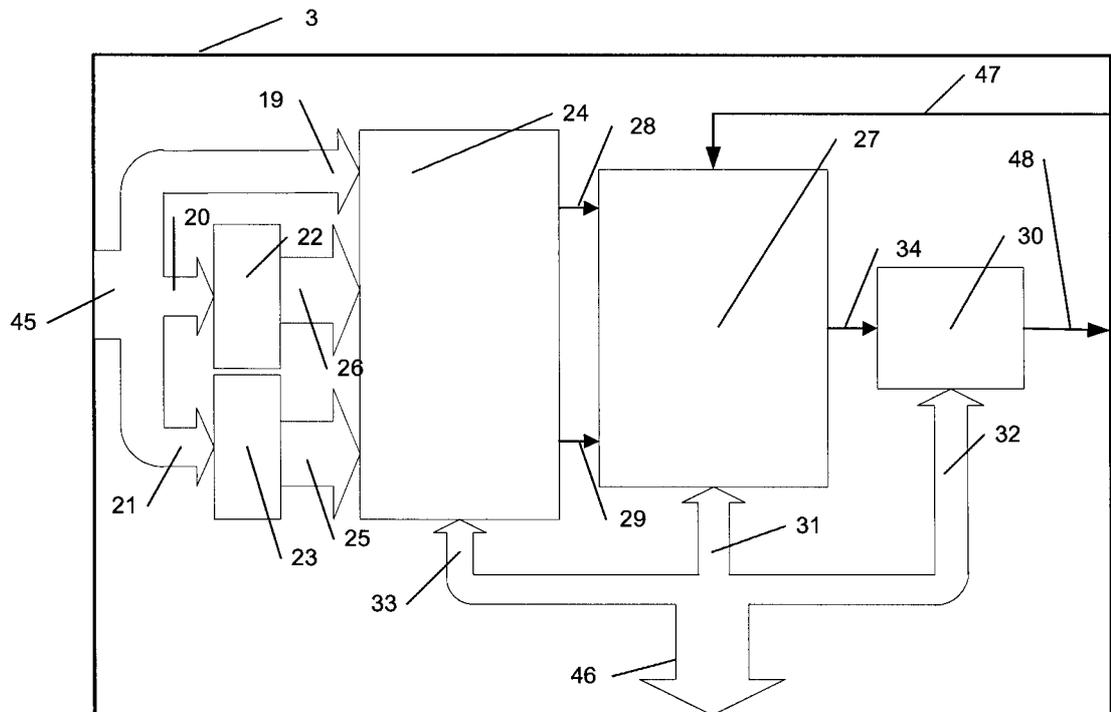


FIGURA 2

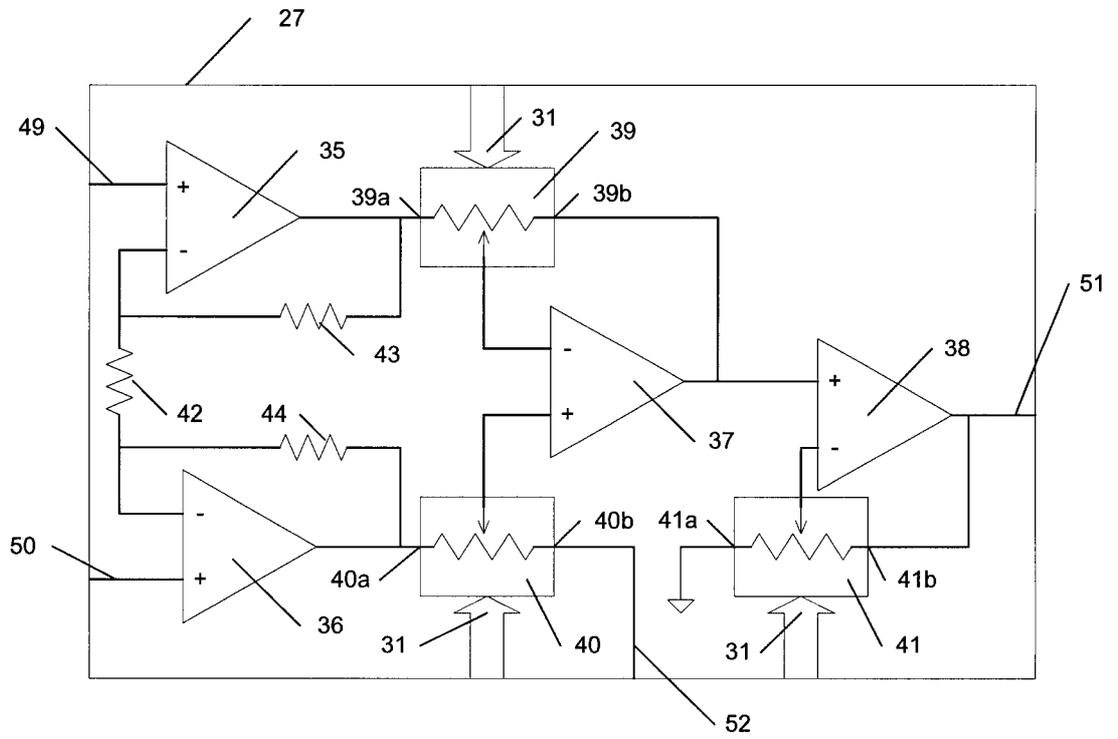


FIGURA 3