

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 368 507**

51 Int. Cl.:  
**G08C 19/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07121282 .3**  
96 Fecha de presentación: **22.11.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2063403**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.05.2009**

54 Título: **BUS DE SENSORES ANALÓGICO.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**17.11.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**17.11.2011**

73 Titular/es:  
**WHIRLPOOL CORPORATION**  
**2000 M 63**  
**BENTON HARBOR, MI 49022, US**

72 Inventor/es:  
**Parachini, Davide y**  
**Gutierrez, Diego Nefali**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

**ES 2 368 507 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

Bus de sensores analógico.

5 La presente invención se refiere a un sistema de bus de comunicación analógica a través del cual se conecta un sistema de medición común a una pluralidad de sensores pasivos. La conexión física del bus analógico se realiza sólo con dos cables.

10 En el campo de la electrónica, existen sensores que son simplemente transductores, que están opcionalmente dotados de circuitos pasivos simples (por ejemplo, filtros), y otros sensores más sofisticados están dotados de circuitos lógicos adicionales adaptados, por ejemplo, para formatear y comunicar las señales de un modo adecuado. Tales circuitos de comunicación adicionales deben recibir una alimentación eléctrica.

15 En el presente documento, el término "sensores pasivos" hace referencia a sensores que no están dotados de ninguna lógica de comunicación. Los transductores se pueden basar en diferentes principios físicos para traducir la variable física medida en el valor de un parámetro eléctrico. Los transductores más comunes pueden convertir cantidades físicas en: valores de voltaje (termopilas, fotodiodos utilizados en modo voltaje, células solares y sensores magnéticos basados en el efecto Hall), valores de resistencia (resistencias dependientes de la temperatura como los NTC o PT1000, transductores de humedad relativa), valores de corriente (fotodiodos utilizados en modo corriente), valores de capacidad (sensores de posición, sensores de nivel, sensores táctiles, sensores de presión) y valores de inductancia (sensores de posición).

25 Es habitual en el campo de los sistemas de control electrónico conectar una pluralidad de sensores pasivos a un sistema común de control/medida. Esto se puede conseguir fácilmente conectando cada sensor al sistema de control/medida con un cableado cuyo número de conductores sea elevado. De hecho, este número es normalmente proporcional al número de sensores conectados,  $2xn$ , como por ejemplo se ilustra en la arquitectura de la Fig. 1, donde  $n$  es el número de sensores utilizado. Además, con estas arquitecturas, cuando los sensores se deben conectar, de manera que puedan ser posteriormente desconectados, al sistema de control/medida, por ejemplo en el caso de una sonda múltiple de temperatura, el conector debe tener un número de polos igual al número de cables de conexión, lo cual requiere el uso de conectores complejos y costosos.

35 Cuando el número de conexiones y cables debe minimizarse, por ejemplo para reducir el coste, la complejidad u por otras limitaciones técnicas, se puede utilizar la arquitectura de buses de comunicación conocida con un número reducido de cables. Estas arquitecturas se basan típicamente en sistemas de redes de comunicación digitales conocidos como "buses de campo". Dentro de esta categoría existen los buses de comunicación que incluyen circuitos adicionales, conectados a los sensores mediante tres cables físicos, por ejemplo los buses de transmisión en serie "Semi Dúplex". En los buses "Semi Dúplex", un cable transmite la señal de referencia (GND) y los demás transmiten la alimentación de potencia y los datos suministrados por los circuitos en formato digital, y utilizando un protocolo serie.

40 En otras arquitecturas menos sofisticadas, es posible conectar sensores pasivos por medio de una línea de transmisión de dos cables "demultiplexados", que en cualquier caso requiere un circuito de alimentación de potencia y una cantidad relativamente grande de cables para conectar la lógica del "demultiplexor", a los sensores individuales.

45 También son conocidas soluciones que emplean únicamente un cable físico para conectar dispositivos lógicos de la misma red, como por ejemplo el bus de campo Dallas-Maxim, o el bus I2C.

50 Con relación a los esquemas de comunicación, son conocidas en la técnica esquemas/métodos que permiten a los sensores conectados intercambiar datos por un canal de bus de comunicación común (métodos de comunicación por bus) como:

55 Multiplexado de dominio de tiempo compartido (TDM), en el que cada sensor individual se comunica con la unidad de control común a través del canal de comunicación durante una ranura de tiempo definida de la trama de comunicación, como se describe en US 4818994; y

60 Multiplexado de dominio de frecuencia compartido (FDM), en el que cada sensor se comunica utilizando una banda de frecuencia específica, como se describe en US 5200930. El esquema FDM hace los sensores indistinguibles a través de la banda de frecuencias de trabajo, debido a que cada sensor está conectado de manera lógica con circuitos resonantes activos – incluyendo osciladores de pulsos que modulan las señales del sensor. Cada oscilador de pulsos está integrado con su sensor y oscila con una frecuencia de resonancia específica, debidamente espaciada en la banda de frecuencias. El dispositivo integrado está conectado al bus de comunicación.

65 Multiplexado de dominio de código (CDM), donde se emplean sensores conectados al mismo canal de comunicación que se comunican digitalmente, de modo que cada sensor incluye circuitos digitales que

generan un código digital que es "ortogonal" a los códigos generados por los otros sensores, evitándose errores de transmisión.

5 También se pueden utilizar combinaciones de los métodos anteriores para mejorar el funcionamiento.

También son conocidos métodos de comunicación inalámbricos, que requieren complejos circuitos de comunicación.

10 Sin embargo, todos estos métodos mencionados requieren una arquitectura distribuida de sensores equipados con algún tipo de "inteligencia", circuitos lógicos electrónicos como microcontroladores, temporizadores y moduladores. Estos circuitos están adaptados para medir las señales eléctricas generadas en el sensor y para traducirlas a forma digital codificada, adecuada para su transmisión a través del canal de comunicación. Esto requiere también el uso de sensores inteligentes junto con circuitos de alimentación de potencia, lo que eleva aún más el número de conexiones físicas a utilizar.

15 Además, cuando tales "sensores inteligentes" tienen que situarse en un entorno hostil en el que, por ejemplo, la temperatura se eleva por encima de la temperatura máxima que permiten los dispositivos ("inteligentes") de silicio (que está alrededor de 85° para un IC normal), no es posible aplicar ninguna de las arquitecturas y métodos de comunicación antes mencionados sin un gran impacto en el coste.

20 Por el contrario, si se utilizan sensores pasivos, los cuales permiten aumentar la temperatura del entorno de operación por encima de los límites admitidos por los dispositivos "inteligentes", se solucionan estos problemas.

25 El documento WO 00/23146 describe un montaje de sensor dual dotado de diodos de silicio en paralelo con sensores resistivos. Los diodos están dispuestos según una configuración inversa.

La polaridad del voltaje se invierte periódicamente para conmutar al otro sensor.

30 También es obvio a partir de la ley de Ohm que cuando se utiliza una pluralidad de sensores pasivos sencillos, no es posible aplicar ninguno de los métodos y arquitecturas anteriores para identificarlos unívocamente. Por ese motivo, es necesario introducir otros circuitos pasivos en la arquitectura del sistema.

35 Por último, al tratar con los sensores pasivos, el menor número de conexiones/cables para definir un canal de comunicación es dos. En este caso, la información "disponible" en los sensores pasivos debe ser leída selectivamente por el sistema común de control/medida a través del canal de comunicación, que define un bus de comunicación analógico de dos cables. A diferencia de los sensores pasivos, el sistema de control/medida se puede ubicar en un entorno/posición adecuado.

40 Por tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un método barato de leer sensores pasivos conectados a un bus de comunicación hecho de dos cables físicos, y familias de arquitecturas de bus a los que tal método es aplicable, y que no presenten los inconvenientes de la técnica anterior.

45 En consecuencia, los dispositivos de la presente invención y el método de la misma permiten la conexión y comunicación de una pluralidad de sensores pasivos a un sistema común de control/medida a través de un bus de comunicación analógico hecho de dos cables físicos.

Otro aspecto de la presente invención es proporcionar un método de medida selectivo de elementos de impedancia variable incluidos en arquitecturas de circuitos no lineales y conectados a un sistema común de medida por medio de una conexión de dos cables, y arquitecturas relacionadas.

50 Otras características y ventajas de la presente invención serán evidentes para un experto en la materia a partir de la siguiente descripción detallada leída a la luz de las figuras adjuntas, en las que:

- La Figura 1 es un ejemplo de conexión de los sensores comunes a un sistema de control/medida común conocido en la técnica;
- La Figura 2 es un primer ejemplo de arquitectura de circuito de acuerdo con la presente invención a la que se aplica el método de la presente invención;
- La Figura 3 es la curva característica, y su variación con la temperatura, referida al circuito de la Fig. 2;
- La Figura 4 es un extendido similar al mostrado en la Fig. 2, con dos sensores pasivos adicionales conectados;
- La Figura 5 es un segundo ejemplo de arquitectura de circuito de acuerdo con la presente invención en la que se aplica el método de la presente invención;
- La Figura 6 muestra una porción del segundo circuito mostrado en la Fig. 5, donde los sensores pasivos se leen durante el transitorio de un condensador que se descarga;
- La Figura 7 muestra las gráficas de señal del circuito de la Fig. 6 durante el transitorio de descarga;
- La Fig. 8 muestra un tercer circuito de acuerdo con la presente invención a la que se aplica el método;

- La Fig. 9 es una gráfica de la curva característica del circuito mostrado en la Fig. 8 en el dominio de las frecuencias;
- La Fig. 10 muestra un cuarto circuito de acuerdo con la presente invención en el que se aplica el método;
- La Fig. 11 es una gráfica de la curva característica en el dominio de las frecuencias, referido al circuito de la Fig. 10.-

El método de acuerdo con la presente invención consigue sensores pasivos distinguibles en los dominios del tiempo o de la frecuencia a través de un canal de comunicación hecho sólo de dos cables. Esto se consigue en principio aplicando el método a un circuito no lineal dotado de ramas donde se sitúan los transductores de variación de impedancia, siendo tales ramas sensores pasivos de acuerdo con la definición dada previamente. En el método de la presente invención, una o más ramas de las arquitecturas del circuito no lineal que contienen el transductor se activa/activan y lee/leen selectivamente por medio de un sistema común de control/medida que está conectado al canal de comunicación, y a continuación se lee la impedancia del circuito. Una activación selectiva de las ramas (a las que alternativamente se hace referencia como sensores pasivos), se consigue aplicando al circuito no lineal una pluralidad de niveles de voltaje de polarización, o aplicando señales de amplitud variable que cubren los mismos niveles de voltaje de polarización, o con corrientes alternativas a diferentes frecuencias de activación. Las contribuciones de impedancia dadas por los transductores individuales se puede calcular comenzando de los valores de impedancia medidos, a través de operaciones lógicas o algebraicas efectuadas mediante, por ejemplo, el propio sistema de control/medida.

Los circuitos requeridos para activar selectivamente las ramas del circuito no tienen que estar necesariamente integrados con el sistema común de control/medida, incluso si tienen que ser sincronizados con el mismo cuando se realizan las lecturas. También es remarcable que con la expresión "activación selectiva" se pretende hacer referencia bien a la activación de una única rama o la activación simultánea de más ramas con el propósito de excluir los efectos principales de las ramas "no activadas", y con el efecto de obtener una relación esperada entre la impedancia medida y las ramas activadas.

En un primer conjunto de arquitecturas de circuito no lineales de acuerdo con la presente invención, la medida de impedancia de los transductores es tomada por el sistema común de control/medida según diferentes pasos temporales durante los cuales el circuito es polarizado por un generador DC (I1) a diferentes niveles de voltaje DC, y opcionalmente después de haber aplicado una señal ac superpuesta a través de un generador AC (I2) de "pequeña señal".

Con referencia a la Fig. 2, el método de la presente invención se aplica a un primer circuito (NL) no lineal dotado de tres ramas (A, B, C), cada una de las cuales incluye un transductor (R1, R2, R3) resistivo dependiente de la temperatura. Las tres ramas (A, B, C) están conectadas al bus o canal (W1, W2) de comunicación analógico de dos cables. En particular, en la primera rama (A) del circuito (NL) se incluye un primer transductor (R1) de resistencia variable que está conectado al bus (W1, W2) analógico de dos cables. El segundo transductor (R2) de resistencia variable está conectado en serie con un primer diodo (D1) de silicio, que define una segunda rama (B) del circuito (NL) no lineal conectado al mismo bus (W1, W2). Del mismo modo, un tercer transductor (R3) de resistencia variable está conectado en serie con un segundo diodo (D2) de silicio, definiendo una tercera rama (C) del circuito (NL) no lineal conectado al bus (W1, W2). Los dos diodos (D1, D2) de silicio están conectados en serie con polaridad opuesta a sus respectivos transductores (R2, R3) de resistencia.

Un generador DC (I1) está conectado al bus (W1, W2), y suministra a las ramas (A, B, C) del circuito (NL) no lineal un voltaje cuya amplitud se puede regular suponiendo valores positivos, negativos y sustancialmente nulos. Estos valores son útiles para polarizar de modo directo/inverso los diodos (D1, D2) insertados en sus ramas (B, C). Se pueden utilizar dos fuentes DC fijas opuestas (no mostradas) para el mismo propósito en lugar del generador DC (I1) de voltaje variable.

Un generador AC (I2) está conectado en serie al generador DC (I1) para suministrar una pequeña señal (por ejemplo, de una amplitud de 100 mV) a una frecuencia relativamente baja (por ejemplo, entre 5 y 10 kHz). Un circuito electrónico de control/medida adecuado (no mostrado) está conectado a los terminales del cable (T1, T2) del bus (W1, W2) para medir la resistencia diferencial (o más generalmente la impedancia) relacionada con la pequeña señal generada por el generador AC (I2) mientras se suministra un valor de polarización adecuado al circuito mediante la regulación del generador DC (I1) de voltaje. El uso de medidas diferenciales de impedancia reduce la dependencia de los parámetros del diodo de silicio de la temperatura. Al trabajar con su resistencia diferencial, en lugar de con su resistencia estática, que es mayor, la dependencia de las medidas con la temperatura es más baja y despreciable. Este es particularmente el caso cuando los transductores son sensores de temperatura integrados en un dispositivo de sonda de temperatura (para uso en el campo de la cocina o la automoción), que está expuesto a altas temperaturas. En la Fig. 3 se muestra la curva característica del circuito (NL) no lineal de la Fig. 2, que muestra su variación con la temperatura. La zona central, alrededor del origen de los ejes, representa el área de activación de la primera rama (A) solamente, en la que el transductor (R1) puede ser leído sin ningún efecto en los efectos principales de las otras ramas no activadas. En el lado derecho de la curva característica, la primera rama (A) y la segunda rama (B) están ambas activadas. La resistencia leída por el sistema común de control/medida está relacionada con

el primer transductor (R1) en paralelo con el segundo transductor (R2). Similarmente, en la porción izquierda de la curva característica la primera rama (A) y la tercera rama (C) están ambas activadas, estando el primer transductor (R1) en paralelo con el tercer transductor (R1). En las gráficas, la dirección de las flechas indica los valores crecientes de la temperatura. En los casos para los que la temperatura es estable, es decir, cuando el transductor no es para medir la temperatura, es aplicable la medida de resistencia estática en lugar de diferencial.

En un primer paso del método, se aplica un pequeño voltaje de polarización (V0) al circuito (NL) no lineal a través del generador DC (I1), sobre el que se superpone una pequeña señal AC suministrada por el generador AC (I2). La amplitud total de la corriente utilizada para llevar a cabo este paso es lo suficientemente pequeña como para evitar la conducción del primer y del segundo diodos (D1, D2), activando sólo la primera rama (A) del circuito (NL) no lineal. Por tanto, la resistencia diferencial medida en los terminales (T1, T2) por el sistema común de control/medida es igual a la resistencia del primer transductor (R1) de resistencia variable.

En un segundo paso, se aplica una primera polarización DC positiva adecuada (V1) por el generador DC (I1), a la que se superpone la pequeña señal AC suministrada por el generador AC (I2). El primer diodo (D1) queda polarizado directamente, lo que resulta en la activación selectiva de la primera rama (A) y la segunda rama (B) del circuito (NL) no lineal. Al estar el segundo diodo (D2) dotado de una polarización inversa, a través de la tercera rama (C) del circuito no fluye ninguna corriente. La diferencia total de resistencia medida en los terminales (T1, T2) es la resistencia relacionada con la conexión en paralelo de la resistencia del primer transductor (R1) de resistencia variable (que es conocido del primer paso de medida), en paralelo con la serie del segundo transductor (R2) de resistencia variable y la resistencia diferencial del primer diodo (D1) (polarizado un primer valor (V1) de voltaje de polarización DC). Al ser la resistencia diferencial del primer diodo (D1) sustancialmente independiente de la temperatura, se puede considerar constante en los diferentes valores de temperatura e integrado como un todo con la resistencia proporcionada por el transductor.

La contribución de resistencia del segundo transductor (R2) de resistencia variable se puede calcular posteriormente de un modo sencillo con una operación de cálculo (es decir, mediante una unidad aritmética/lógica incluida en el sistema común de control/medida).

En un tercer paso, se aplica un segundo voltaje (V2) de polarización DC mediante el generador DC (I1) con una amplitud invertida en comparación con el segundo paso, y lo suficientemente grande como para polarizar directamente el segundo diodo (D2). De un modo similar, para el segundo paso tanto la primera rama (A) como la tercera rama (C) se activan selectivamente y se superpone una pequeña señal AC suministrada por el generador AC (I2). La corriente fluye a través del segundo transductor (R1) de resistencia variable, así como a través del segundo diodo (D2), ahora directamente polarizado, y a través del tercer transductor (R3) de resistencia variable. La diferencia total de resistencia medida entre los terminales (T1, T2) se refiere a la conexión en paralelo de la resistencia del primer transductor (R1) de resistencia variable (que es conocida del primer paso de medida), en paralelo con la serie de la resistencia compuesta por la resistencia del tercer transductor (R3) de resistencia variable y la resistencia diferencial del segundo diodo (D2) (polarizado con el valor (V2) del segundo voltaje DC de polarización). Al igual que ocurría en el paso anterior, la contribución de resistencia del tercer transductor (R3) de resistencia variable se puede calcular mediante una sencilla operación de cálculo. En caso de tener más de tres transductores resistivos conectados, es necesario introducir más diodos de silicio en el circuito (NL1) no lineal, como por ejemplo se muestra en la Fig. 4, donde se incluyen cinco sensores (R1, R2, R3, R4, R5) y se han introducido los diodos D3, D3A, D4 y D4A en el circuito no lineal. Al dotar el circuito con las polaridades y amplitudes DC adecuadas, se activan selectivamente las ramas. De hecho, con la polaridad del voltaje los diodos se pueden polarizar directamente o inversamente, y por tanto se pueden activar o desactivar las ramas. Al variar la amplitud de polarización DC, las ramas con diodos directamente polarizados se activan siempre que el voltaje aplicado por el generador DC (I1) supere el valor necesario para activar todos los diodos incluidos en una misma rama.

El valor de resistencia asumido por los sensores puede calcularse de un modo similar a través de simples operaciones de cálculo.

Se pueden añadir otros diodos si se utilizan más sensores. También se pueden utilizar diodos zener en lugar de diodos de silicio. En la Fig. 5 se describe una segunda realización (NL2) de la primera arquitectura del circuito no lineal, a la que se aplica el método de la presente invención. Este diseño de circuito (NL2) es aplicable cuando, por ejemplo, no hay fuentes fijas de voltaje DC positivo ni negativo en la placa electrónica a la que se conectan los sensores a través del bus (W1, W2) de dos cables. De acuerdo con esta realización, se alimenta el circuito (NL2) no lineal con un generador DC (I01) que puede suministrar sólo un voltaje positivo o un voltaje negativo.

De un modo similar a los circuitos (NL, NL1) no lineales anteriores, se consigue una activación selectiva de las ramas (F, G, H, I) del circuito para leer la pluralidad de sensores pasivos (sensor 1 RTD, sensor 2 RTD, sensor 3 RTD, sensor 4 RTD) introduciendo en el diseño del circuito un diodo (D1) de silicio y n-2 diodos zener (DZ1, DZ2), siendo n (n=4 en el ejemplo descrito) el número de sensores conectados al bus analógico de dos cables. Los diodos zener (DZ1, DZ2) se utilizan en polarización inversa y dotados de diferentes voltajes Zener, por ejemplo  $VZ(D1)=2,7$  Voltios y  $VZ(D2)=3,3$  Voltios. Su comportamiento es más estable con la temperatura. Este diseño permite medir la

baja resistencia de los diodos Zener combinada con la resistencia dinámica de los sensores pasivos, cuando el circuito (NL2) no lineal es polarizado por el generador DC (I01) con los n valores de voltaje adecuados (V0, V1, V2...Vn-1). También en este caso, se puede superponer una pequeña señal AC generada por un generador AC (no mostrado) al generador DC (I01), cuando se requiera para efectuar una medida diferencial de la resistencia.

5 Las ramas (F, G, H, I) del circuito se activan selectivamente cuando se aplica al circuito no lineal n valores diferentes de voltaje de polarización (V0, V1, V2, ..., Vn-1) por medio del generador DC (I01). Esto se lleva a cabo siguiendo diferentes pasos temporales, en los que también se realizan las medidas para determinar la resistencia variable de los n transductores.

10 Los n valores de voltaje de polarización (V0, V1, V2, ..., Vn-1) son todos de la misma polaridad (bien todos positivos o todos negativos), y tienen una magnitud que puede activar selectivamente las ramas del circuito, incluyendo un nivel (V0) de voltaje de corte para el que, en el paso inicial, ninguno de los diodos conduce y se puede leer el primer transductor (sensor RTD 1) de resistencia variable.

15 Los sensores pasivos, que son las ramas (F, G, H, I) individuales del circuito (NL2) no lineal conectadas al bus (W1, W2), son leídos por el sistema (uC) común de control/medida a través de la corriente que fluye por una resistencia (R derivación) en derivación en serie con una de las líneas del mismo bus (W1 o W2).

20 Las n contribuciones de resistencia de los sensores se obtienen aplicando cálculos directos, como en los casos anteriores.

Se pueden añadir otros diodos si se emplean más sensores.

25 Una conexión (enchufe) desenchufable de dos cables adecuada para funcionar en entornos a alta temperatura conecta el sistema (uC) común de control/medida con los sensores pasivos utilizados en un horno que son parte, por ejemplo, de una sonda de carne dotada de múltiples sensores pasivos de temperatura. Los sensores pasivos, junto con la conexión desenchufable, están ubicados en un ambiente hostil, como el entorno de alta temperatura del interior de un horno, mientras que el sistema común de control/medida y los generadores están situados en el chasis del horno. La conexión física del sistema común de control/medida con los sensores a través de la conexión (enchufe) de dos cables se lleva a cabo con los dos cables del bus (W1, W2). Al ser los sensores pasivos, y adaptados para resistir esa temperatura, se consigue un sistema de detección compuesto de una pluralidad de sensores pasivos que es fiable para ese entorno.

30 Con el apoyo de la Fig. 6, se describe un método alternativo para activar selectivamente la segunda realización (NL2) de la arquitectura del primer circuito no lineal, según una configuración de circuito concreta. De hecho, este método es aplicable sólo a transductores resistivos (sensor RTD 1, sensor RTD 2, sensor RTD 3), tres en el ejemplo descrito, cuando no es posible generar múltiples niveles de voltaje DC de polarización (normalmente, en una placa electrónica normal de bajo voltaje, sólo está disponible una salida de voltaje DC), y también cuando no se requiere una medida diferencial de la resistencia. Bajo estas condiciones en esta realización, los sensores pasivos son los mismos que los mostrados en la Fig. 5, mientras que la activación de las ramas (F, G, H) del circuito (NL2) no lineal se consigue utilizando, en lugar del generador DC, un componente eléctrico de carga-descarga que acumula energía reactiva (como, por ejemplo, un condensador electrolítico estándar de aluminio o una bobina). En el ejemplo, se utiliza un condensador (CC). La señal que provoca la carga del condensador (CC) es, por ejemplo, una señal cuadrada referida a tierra/masa, normalmente generada por cualquier microcontrolador estándar. En una realización preferida, la carga del componente eléctrico de carga-descarga (CC) puede obtenerse bien mediante un tren de pulsos aplicado al mismo componente antes de ser conectado a los sensores pasivos (por ejemplo, por medio de un interruptor controlado), antes de su fase de descarga, o bien con una señal de mayor amplitud.

35 La amplitud de la señal generada por el condensador (CC) que se descarga cubre al menos los n valores de voltaje de polarización (V0, V1, V2,...,Vn-1) que el generador DC de la realización anteriormente descrita tendría que suministrar para activar las mismas ramas (F, G, H). Se deben realizar al menos n medidas, igual que el número de ramas, cuando las ramas (sensores pasivos) están activadas, en solitario o en combinación con otras ramas activadas. De un modo similar a las realizaciones anteriores, las medidas de resistencia se toman durante el intervalo temporal para el que el voltaje, suministrado por el condensador (CC) durante su tiempo de carga o descarga, entre en la banda de voltaje para la que la rama/ramas pasa/n a ser completamente conductora/s.

40 Se toman medidas por medio del sistema (uC) común de control/medida, detectando variaciones de voltaje (B) en el condensador (CC) durante su descarga.

45 También se puede aplicar una adquisición filtrada digitalmente.

50 En la Fig. 7, se representa la señal (A) cuadrada suministrada por el microcontrolador (uC) de la Fig. 6 que alimenta al condensador (CC), y el voltaje (B) medido entre los terminales de dicho condensador (CC). También se representan los voltajes (V\_RTD sensor1, V\_RTD sensor2, V\_RTD sensor3) medidos entre los terminales de los

65

respectivos transductores sensor RTD 1, sensor RTD 2, sensor RTD 3, durante el tiempo de descarga del condensador (CC). También se observa aquí que las constantes de tiempo de descarga del condensador (CC) dependen de los valores asumidos por los transductores resistivos conectados en serie al mismo.

5 Se calculan entonces los n valores de resistencia según se ha explicado anteriormente, con métodos conocidos.

Este método alternativo se ha aplicado a una porción del mismo circuito (NL2) de la segunda realización, pero también se puede utilizar cuando se tienen más sensores pasivos conectados al bus analógico de dos cables.

10 En un segundo conjunto de arquitecturas de circuito no lineales de acuerdo con la presente invención, todas las ramas de los circuitos no lineales, quizá con la excepción de la primera rama, incluyen un componente reactivo (una bobina y/o condensadores). Las ramas, que son todavía sensores pasivos, se pueden activar selectivamente si están dotadas de una fuente (OSC) de frecuencia AC a un valor de frecuencia adecuado FOsci ( $i=0, \dots, n-1$ ) comprendido en el rango admitido de actuación (ver FLO, FL1, FL2 en la Fig. 9), eventualmente incluyendo el valor continuo de 0 Hz.

15 La medida de impedancia de los transductores son tomadas por el sistema común de control/medida cuando se aplican al circuito no lineal diferentes valores de frecuencia por la fuente (OSC) de frecuencia AC variable. Estas arquitecturas de circuito no lineales son particularmente adecuadas para incluir transductores que varían su capacidad o inductancia, pero que se pueden utilizar también con transductores resistivos, como se describe en la siguiente realización. En la Fig. 8 se describe una tercera realización de circuito no lineal (FNL1) que pertenece al segundo conjunto de arquitecturas de circuito no lineales de acuerdo con la presente invención, al que se aplica el método de la presente invención. De acuerdo con esta realización, el circuito no lineal (FNL1) está compuesto por n ( $n=3$  en el ejemplo) ramas conectadas al bus analógico (W1, W2) hecho sólo de dos cables. Una primera rama (J) incluye un transductor resistivo (sensor RDT 1), cada una de las restantes n-1 ramas (K, L) incluye un transductor de resistencia variable (sensor RDT 2, sensor RDT 3) conectado en serie con un condensador de un tamaño adecuado (CBajo, CAlto). Los tamaños de los condensadores (CBajo, CAlto) se eligen para hacer que los sensores (J, K, L) pasivos/ramas individuales sean distinguibles en los dominios de la frecuencia. En el ejemplo, se dimensionan los condensadores (CAlto, CBajo) para conseguir una separación de las n-1 frecuencias características  $F_{ci} (i=0 \dots n-1)$  de las ramas, por ejemplo una década en la escala logarítmica, incluso si esta separación puede ser menor.

20 Gracias a este segundo conjunto de arquitecturas de circuito, cada una de las n ramas se convierte en una red RC dotada de su frecuencia característica ( $F_{c0}, F_{c1}, F_{c2}$ ). Puede existir una excepción para la primera rama, para la que la frecuencia característica puede ser nula ( $F_{c0}=0$ ).

25 La respuesta en el dominio de la frecuencia del circuito RC no lineal de la Fig. 8 se representa en la Fig. 9.

30 En el ejemplo, la primera rama (J) no está dotada con una frecuencia característica, o se podría decir que su frecuencia característica es igual a cero.

35 Las frecuencias características ( $F_{c0}, F_{c1}, F_{c2}$ ) de las ramas individuales (J, K, L) están centradas respectivamente en las porciones (FLO, FL1, FL2) sustancialmente planas de las curvas. En la primera porción (FLO) plana de la curva característica, sólo está activada la primera rama (J) con una señal continua (a una frecuencia nula). En esta porción de la curva característica, se puede medir el valor de la resistencia del primer transductor de resistencia variable (sensor RDT 1).

40 En la segunda porción (FL1) plana de la curva característica, tanto la primera rama (J) como la segunda rama (K) están activadas, y el valor medido de la resistencia es el paralelo de las dos ramas activadas (J, K). En la tercera porción (FL2) plana de la curva característica, están activadas las tres ramas (J, K, L), y el valor medido de la resistencia es el paralelo de las tres ramas activadas (J, K, L).

45 Se toman medidas en las porciones (FLO, FL1, FL2) planas de la curva característica en lugar de en las porciones inclinadas para evitar la influencia de las ramas que no están completamente activadas. De hecho, dentro de cada porción (FLO, FL1, FL2) plana, los condensadores correspondientes a dicha frecuencia característica y el dotado de una frecuencia característica menor se pueden considerar como cortocircuitos, mientras que las ramas dotadas con una frecuencia característica mayor no se activan, mostrando una elevada impedancia, y considerándose aproximadamente como un circuito abierto.

50 Las partes resistivas del condensador (CBajo, CAlto) se pueden considerar como partes fijas de los transductores de resistencia variable ubicados en las ramas respectivas, e incorporadas a los mismos. No se consideran las capacidades parásitas en una primera aproximación. Además, en las zonas (FLO, FL1, FL2) sustancialmente planas, los condensadores con sus tolerancias y envejecimiento no afectan a las medidas.

55 En el ejemplo, se aplica el método de acuerdo con la presente invención para determinar los valores de los transductores resistivos. Esto se consigue mediante la excitación del circuito a través de un circuito (Osc) oscilador

de ondas senoidales de frecuencia variable, al menos a una de los valores de frecuencia FOsci (i=1...n-1) comprendidos en las porciones (FLO, FL1, FL2) planas de la curva característica y con las medidas de la contribución resistiva de las ramas activadas. La amplitud de la señal leída por el sistema común de medida está relacionada con la resistencia del sensor que pertenece a las ramas activadas.

5 Los valores de resistencia del circuito se pueden deducir con un simple cálculo algebraico.

10 En el circuito de la Fig. 8, durante el primer paso de medida se aplica una señal continua DC que tiene un valor de frecuencia FOsc0=0Hz. el valor de resistencia leído por el sistema común de control/medida (uC) corresponde al sensor RDT 1. Por la segunda (K) y tercera (L) rama no fluye ninguna corriente por debajo de su frecuencia de activación. En el segundo paso, se aplica una señal AC que tiene una FOsc1=115Hz, el valor leído está relacionado con el paralelo del sensor RDT 1 y el sensor RDT 2. Por la tercera rama (L) no fluye ninguna corriente por debajo de su frecuencia de activación. En un tercer paso, FOsc2=115kHz, el valor leído corresponde al paralelo del sensor RDT 1, el sensor RDT 2 y el sensor RDT 3. La contribución de resistencia de los sensores individuales se calcula entonces con cualquiera de los métodos conocidos.

20 En la Fig. 10 se describe una realización más general de un circuito no lineal descrito en la Fig. 8. Este circuito está dotado de n ramas (en este ejemplo, n=3, aunque podrían ser más), cada una de las cuales es un circuito resonante LRC y también un sensor pasivo.

Una selección adecuada de las frecuencias de resonancia FRi i=1...n-1 de las ramas individuales separadas suficientemente una de la otra evita la interferencia recíproca de las impedancias de las ramas.

25 En cada uno de los sensores pasivos conectados al bus (W1, W2) de dos cables, el transductor mediante el cual se toma la medida física puede ser bien un transductor Li de inductancia variable, un transductor RTD i de resistencia variable o un condensador Ci de capacidad variable (i=0...n-1). Preferiblemente, sólo se debería colocar un transductor en cada rama individual. En cada rama, componentes distintos del transductor se eligen preferiblemente de precisión, para obtener una frecuencia de resonancia de la rama (FRi) cuya variación dependa sólo de la variación del transductor.

30 En el ejemplo de circuito de la Fig. 10, por ejemplo, la primera rama (M) tiene un transductor de frecuencia variable (RTD 0). El condensador (C0) y la bobina (L0) se eligen como componentes de precisión, definiendo una frecuencia de resonancia  $FR0=1/2*n*\sqrt{L0*C0}$ . También la segunda (N) y la tercera (O) rama incluyen un transductor de resistencia variable (RTD 1, RTD 2), y condensadores (C1, C2) y bobinas (L1, L2) de precisión.

35 En la hipótesis de tener las frecuencias de resonancia (FRO, FR1, FR2) suficientemente separadas, por ejemplo una década logarítmica (o menos), utilizando el oscilador en frecuencias resonantes escalonadas individuales posibilitará activar las ramas (M, N, O) individuales. Las ramas no activadas presentan una impedancia que es significativamente elevada, porque están suficientemente lejos de sus frecuencias de resonancia, y se pueden considerar aproximadamente como circuitos abiertos.

40 En el circuito de la Fig. 10, no están presentes componentes reactivos en cada una de las frecuencias de resonancia (FR0=F0, FR1=F1, FR2=F2) de las ramas (M, N, O); el sistema común de control/medida leería exactamente la componente resistiva del sensor contenido en la rama activada, relacionada con el valor de pico de la señal medida.

45 El mismo circuito también podría incluir un transductor de resistencia variable adicional directamente conectado con el bus (W1, W2) que está en paralelo con los otros sensores pasivos conectados al bus analógico de dos cables.

50 En otras realizaciones de la misma configuración de circuito, cuando el transductor es un condensador Ci variable, entonces los componentes RTDi y Li preferiblemente se eligen como componentes de precisión, para obtener la frecuencia de resonancia de la rama en "condiciones de reposo", separada lo "suficiente" en la frecuencia de las de las otras ramas, por ejemplo de aproximadamente una década logarítmica.

55 De modo similar, si el transductor es un transductor Li de inductancia variable, entonces los componentes RTDi y Ci se eligen preferiblemente como componentes de precisión.

La posición en los dominios de la frecuencia de las n frecuencias de resonancia resultantes (FRi i=0,...,n-1) dependerá del valor de la impedancia de los transductores (RTDi o Ci).

60 En estas dos últimas configuraciones del circuito no lineal (FNL2), la frecuencia de resonancia está relacionada con el valor asumido por el elemento transductor reactivo. Para cualquiera de los sensores pasivos existe, por tanto, la necesidad de detectar el valor de la frecuencia FRi de resonancia, y el valor de pico relacionado.

65 La detección de la frecuencia de resonancia se puede realizar de un modo conocido, por ejemplo detectando el pico máximo de la señal mientras se realiza un barrido de frecuencia.



Para cada tipo de transductor utilizado (RTDi, Ci o Li), habiendo elegido los otros dos componentes como componentes de precisión, siempre es posible calcular, a través de valores rms (relacionados con los valores de pico medidos) su contribución a la impedancia utilizando las siguientes ecuaciones conocidas:

5

$$RTD_i = V_i / I_i$$

$$C_i = 1 / \sqrt{\omega_i \cdot L_i}$$

10

$$L_i = 1 / \sqrt{\omega_i \cdot C_i}$$

En la Fig. 11 se representa la curva característica del circuito resonante (FNL2) de la Fig. 10, dotado de un espaciado nominal de una década logarítmica. Cada una de las tres "campanas" que aparecen en la curva está caracterizada por la ubicación de su frecuencia de pico, la magnitud del pico y por la anchura de su pico. La separación de las frecuencias de resonancia de las ramas se considera "suficiente" cuando las "campanas" se pueden distinguir claramente. Al aplicar el método de la presente invención también al segundo conjunto de arquitecturas de circuito no lineales de acuerdo con la presente invención, es posible leer una pluralidad de sensores pasivos, que son las ramas individuales, conectada al bus de sólo dos cables. Esto se consigue con medidas de la impedancia de todo el circuito en un rango de frecuencias alrededor de su frecuencia característica, o, en particular, midiendo la impedancia del circuito en diferentes frecuencias de resonancia.

15

20

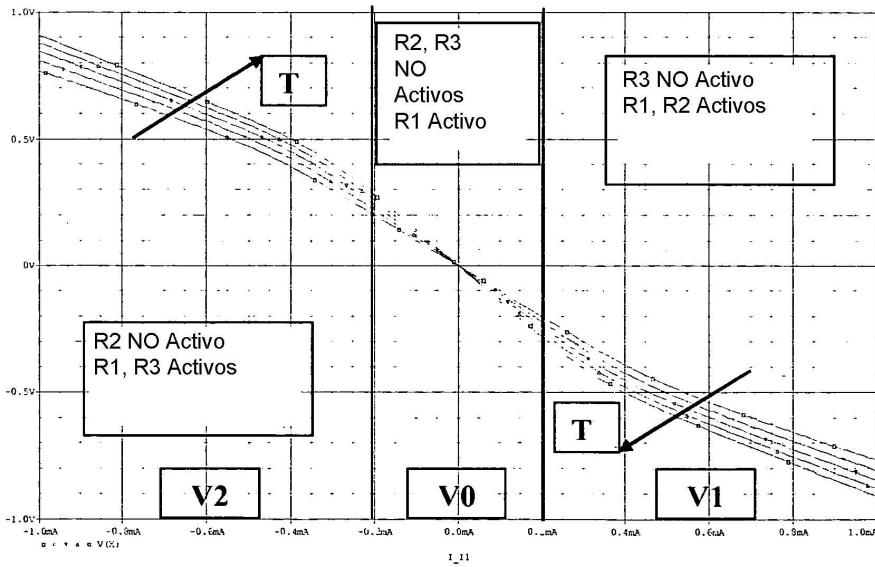
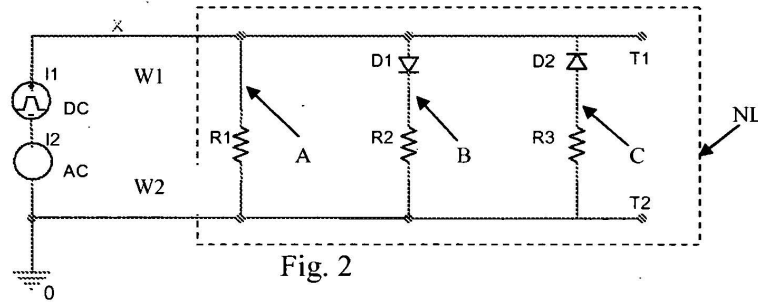
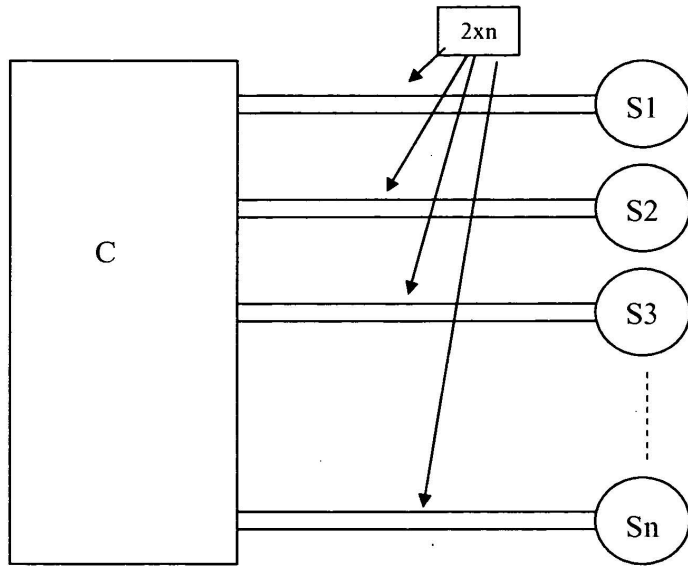
Aunque la invención se ha descrito en términos de varias realizaciones específicas, aquellos expertos en la materia reconocerán que la invención se puede practicar con modificaciones dentro del rango de las reivindicaciones. En particular, se considera que soluciones híbridas que utilicen voltajes y señales oscilatorias para activar el sensor pasivo están dentro del ámbito de la presente invención, así como todas las realizaciones que se puedan derivar de la descrita por aplicación de principios de equivalencia eléctrica conocidos.

25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Aparato para la adquisición de señales generadas por una pluralidad de sensores (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O) pasivos, definiendo dichos sensores pasivos un circuito (NL, NL1, NL2, FNL1, FNL2) no lineal conectado a un sistema (uC) común de medida/control a través de una conexión cableada física, estando formada la conexión cableada sólo por dos cables (W1, W2), **caracterizado porque** la pluralidad de sensores pasivos es una pluralidad de más de dos sensores (A, B, C) pasivos, y **porque** el aparato comprende además medios para dotar al circuito no lineal de una pluralidad de más de dos niveles de voltaje de polarización o medios para aplicar señales de amplitud variable que cubren dichos niveles de voltaje de polarización, o un generador AC (I2) que suministra al circuito no lineal corrientes alternativas a diferentes frecuencias de activación.
- 10 2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** los sensores (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O) pasivos contienen sólo dispositivos analógicos.
- 15 3. Aparato de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado porque** los sensores pasivos están conectados directamente a los cables físicos (W1, W2).
- 20 4. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** cuando el aparato comprende medios para suministrar al circuito no lineal una pluralidad de más de dos niveles de voltaje de polarización o medios para aplicar señales de amplitud variable que cubren los mismos niveles de voltaje de polarización, también incluye un generador (I1, I01, CC, OSC) para la activación selectiva de los sensores pasivos, siendo dicho generador preferiblemente un generador (I2) de pequeña señal.
- 25 5. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** incluye un sensor pasivo dotado de diodos de unión (D1, D2, D3, D4, D3A, D4A) y/i diodos Zener (DZ1, DZ2).
- 30 6. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** al menos un sensor pasivo (J, K, L) está asociado con una frecuencia característica (Fc0, Fc1, Fc2).
- 35 7. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** al menos un sensor pasivo es un circuito (M, N, O) resonante asociado a una frecuencia (FRO, FR1, FR2) de resonancia.
- 40 8. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** los sensores pasivos incluyen transductores resistivos (R1, R2, R3, R4, R5, sensor RDT 1, sensor RDT 2, sensor RDT 3, sensor RTD 0, sensor RTD 1, sensor RTD 2, RTD 0, RTD 1, RTD 2).
- 45 9. Aparato de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado porque** es una sonda para carne adecuada para medir temperaturas en diferentes lugares y adaptada para su uso en un horno doméstico.
- 50 10. Aparato de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** el generador es un oscilador (Osc) para la activación selectiva de los sensores pasivos (J, K, L, M, N, O).
- 55 11. Método para leer una pluralidad o más de dos sensores pasivos, conectados a un sistema común de control/medida a través de una conexión física hecha de dos cables, definiendo dichos sensores pasivos un circuito no lineal, **caracterizado porque** el método comprende un paso de activación selectiva de el/los sensor/sensores pasivo/pasivos mediante el suministro al circuito no lineal de una pluralidad de más de dos niveles de voltaje de polarización o aplicando señales de amplitud variable que cubren los mismos niveles de voltaje, o con corrientes alternativas a diferentes frecuencias de activación, un paso de medida de los parámetros eléctricos del circuito no lineal (NL, NL1, NL2, FNL1, FNL2), y un paso de cálculo.
- 60 12. Método de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado porque** cuando se lleva a cabo el paso de activación selectiva mediante el suministro al circuito no lineal de una pluralidad de más de dos niveles de voltaje de polarización, el nivel de voltaje de polarización es una señal de voltaje escalonada.
- 65 13. Método de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado porque** cuando el paso de la activación selectiva es efectuado mediante el suministro al circuito no lineal aplicando señales de amplitud variable que cubren los mismos niveles de voltaje de polarización, las señales de amplitud variable es una señal de voltaje monotono.
14. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** la señal monotono es generada por un componente (CC) reactivo durante su transitorio de carga y/o descarga.
15. Método de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado porque** cuando el paso de la activación selectiva es efectuado mediante el suministro al circuito no lineal de corrientes alternativas dotadas de diferentes frecuencias de activación, al menos uno de los valores de frecuencia FOsci (i=0...n-1) comprende preferiblemente porciones planas (FL0, FL1, FL2) de una curva característica.

- 5 16. Método de acuerdo con la reivindicación 145, **caracterizado porque** dicha señal de frecuencia tiene una frecuencia igual o cercana a al menos una de las frecuencias (FRO, FR1, FR2) de resonancia del circuito no lineal o al menos una de las frecuencias características (Fc0, Fc1, Fc2) del circuito no lineal.
17. Método de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado porque** el paso de medida comienza cuando se identifica una frecuencia (FRO, FR1, FR2) de resonancia.
- 10 18. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-17, **caracterizado porque** el paso de medida está en sincronismo con la activación selectiva del sensor/sensores pasivo/pasivos.
19. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-18, **caracterizado porque** el paso de cálculo se lleva a cabo utilizando una entrada de medidas tomadas en uno de los pasos precedentes.



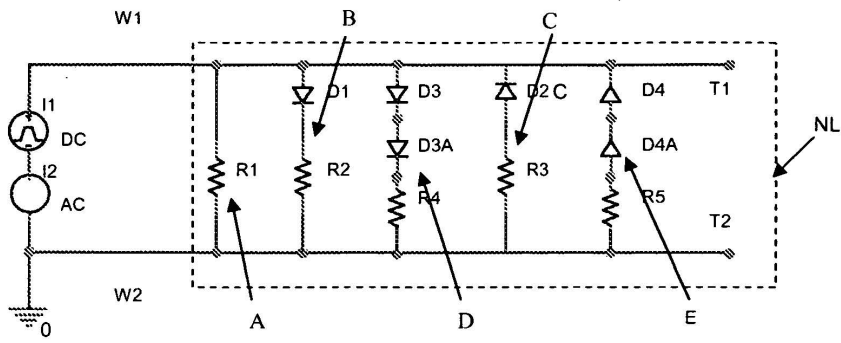


Fig. 4

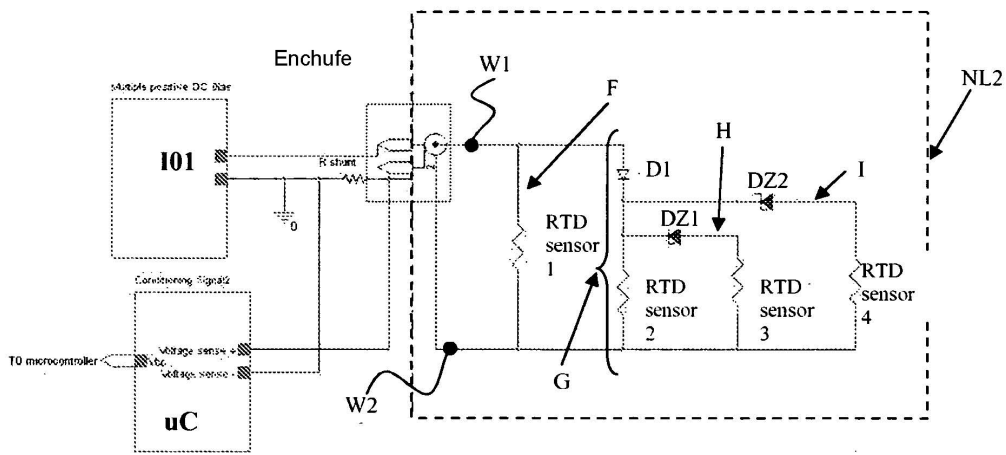


Fig. 5

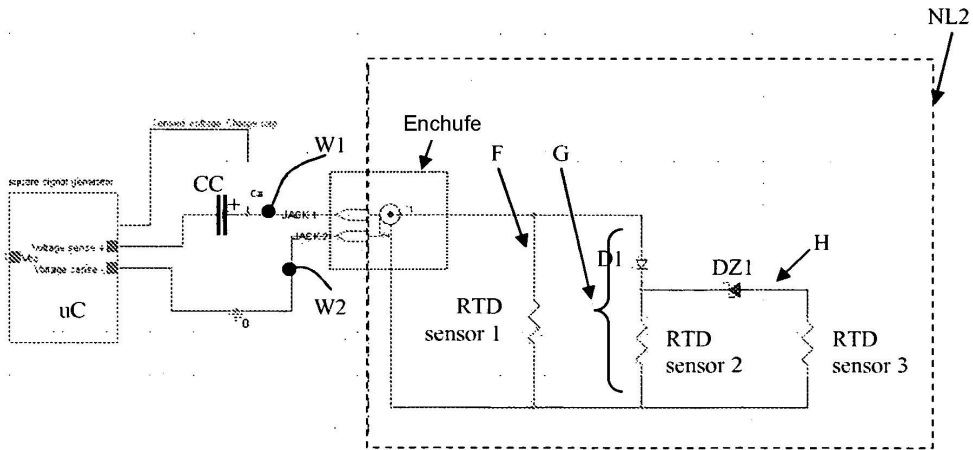


Fig. 6

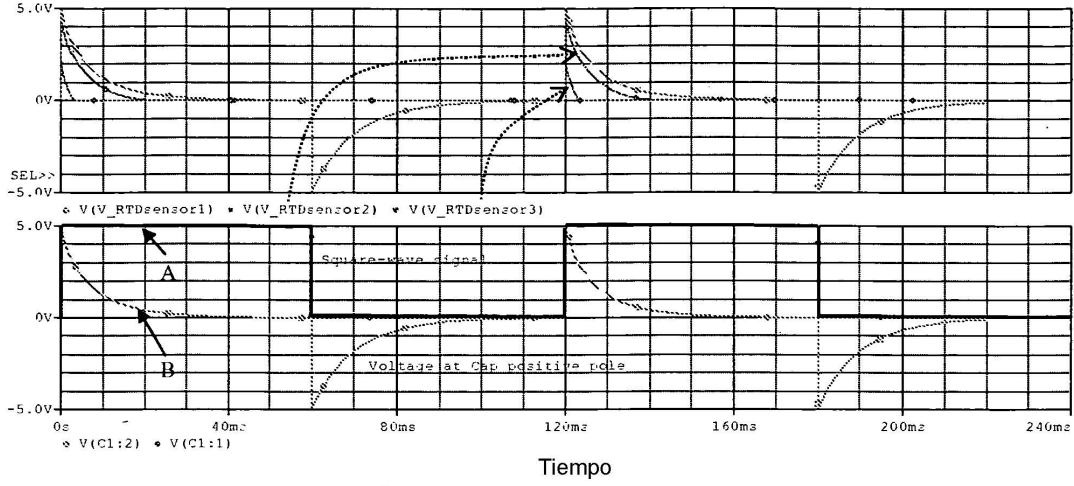


Fig. 7

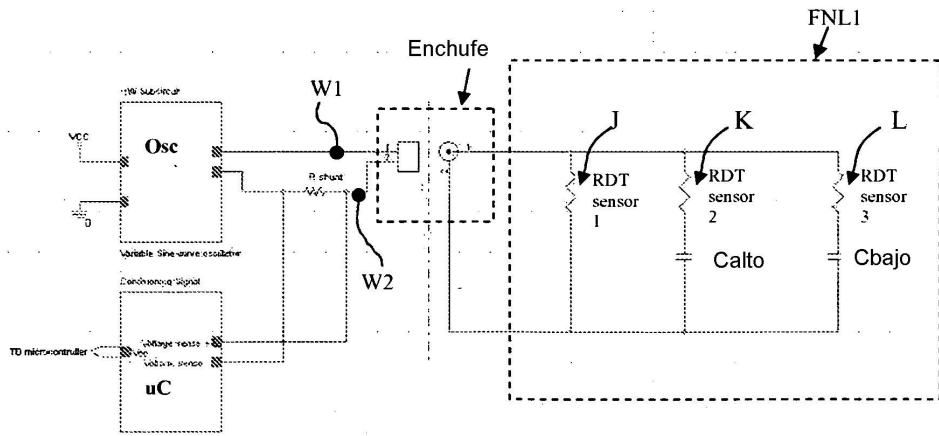


Fig. 8

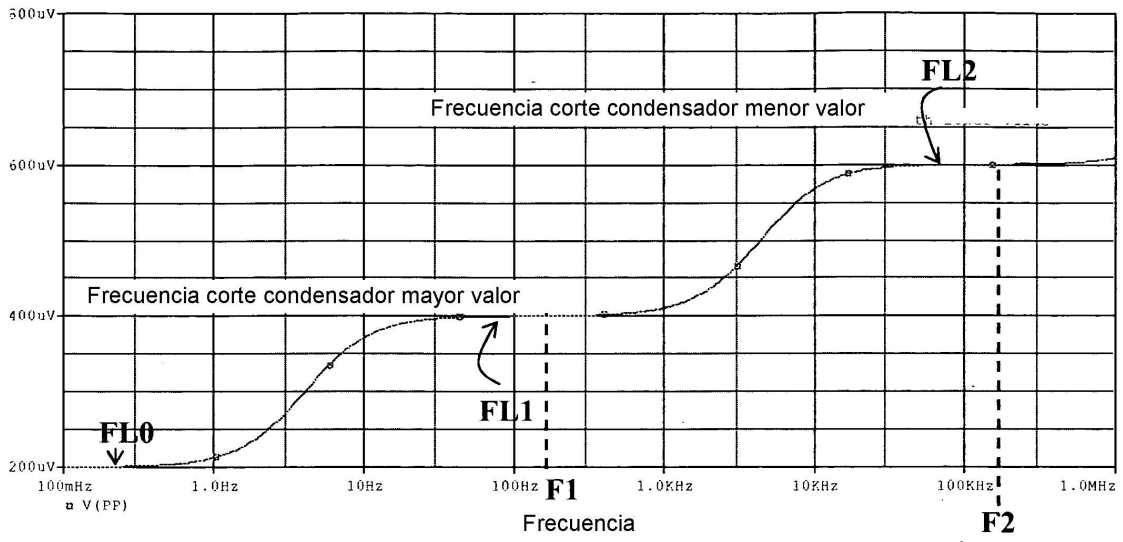


Fig. 9

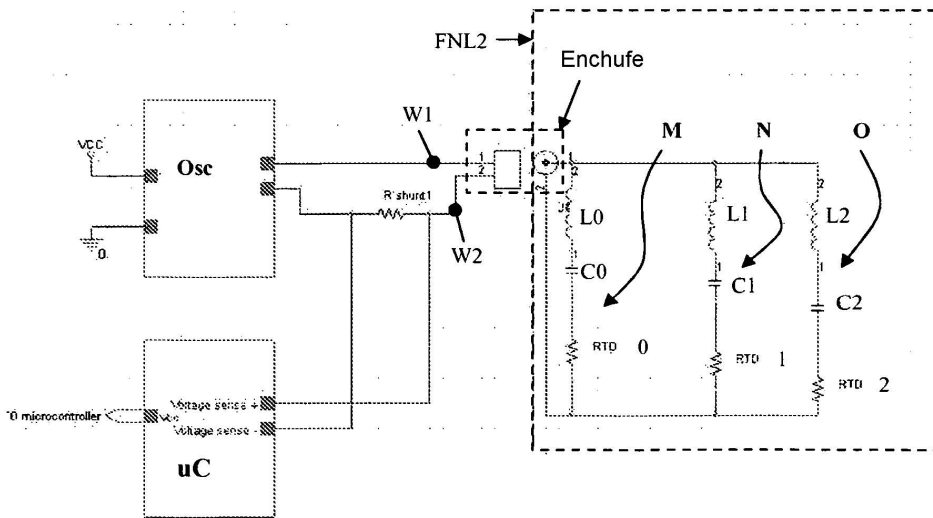


Fig. 10

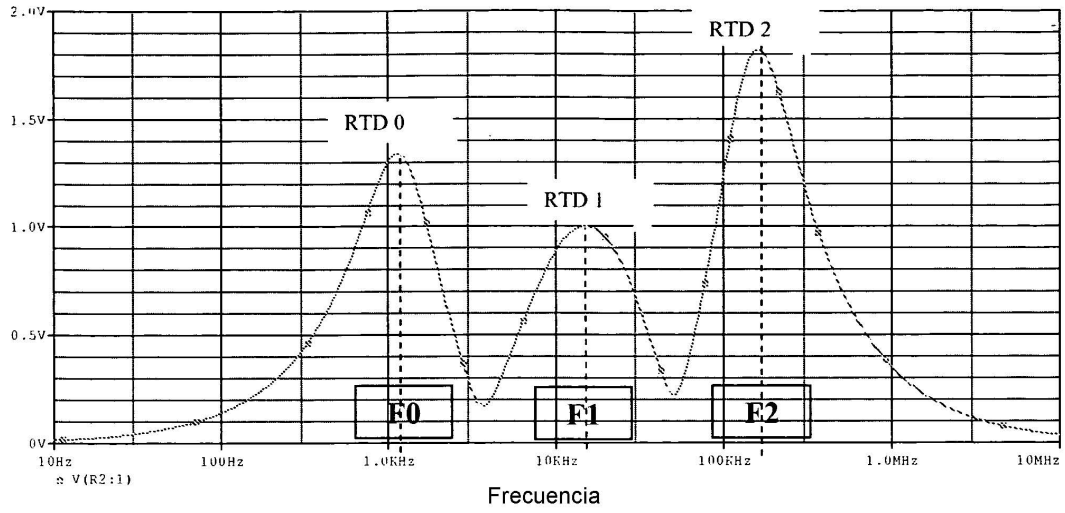


Fig. 11